地域活性化総合特区指定記念

静岡がん会議 2011

がん医療と最先端の医療・介護ロボット等の技術開発

記 録 集



総合特区指定証授与式での首相と静岡県副知事

平成24年3月20日(火)

静岡県立静岡がんセンター研究所

主催：静岡県・静岡がんセンター

地域活性化総合特区指定記念

静岡がん会議
2011

がん医療と最先端の医療・介護ロボット等の技術開発

記 録 集

静岡がん会議 2011 記録集正誤表について

静岡がん会議 2011 記録集の記載について誤りがございました。
お詫び申し上げるとともに、下記のとおり訂正をお願いいたします。

静岡がん会議 2011 記録集正誤表

訂正箇所	正(訂正後)	誤（訂正前）
6頁 15 行目	講演４「早期前立腺癌におけるロボット支援前立腺全摘術の現況	講演４「早期前立線癌におけるロボット支援前立線全摘術の現況」
84 頁演題名	同　上	同　上
84～95 頁見出し	同　上	同　上



開会挨拶

「静岡がん会議2011」の開催にあたり、御挨拶申し上げます。

県内の医療機関、行政機関、県内外の企業、研究機関等、多くの皆様の御出席をいただきますとともに、韓国、モンゴル、中国からも医師の皆様をお招きし、また、モンゴル大統領の御子息のHOPEがんのないモンゴル財団　エルデン・エルベグドルジ専務理事様にも御出席をいただきまして、この富士山の麓、静岡がんセンターにおきまして、本会議がこのように盛大に開催されますことを、主催者として大変ありがたく思っております。心から感謝申し上げます。

がんは全国及び本県におきましても死因の第一位を占めており、がん対策の取組はますます重要になっております。

静岡県では、がん医療の発展に寄与することを目的に、平成10年度から平成14年度まで「静岡アジアがん会議」を開催し、その成果は静岡がんセンターの開院にも活かされました。そして、静岡がんセンターの開院を機会に、平成15年度からは「静岡がん会議」と称し、県民に最善のがん医療を提供すべく、臨床の研究成果等を情報発信するとともに、「ファルマバレープロジェクト」の推進にも寄与することを目的に開催をしてまいりました。

現在我が国では、医師を始めとした人材確保問題など、医療を取り巻く状況は大変大きな変化に直面をしております。本県においては、医師の確保対策を一元的かつ専門的に推進するため、平成22年10月に、「ふじのくに地域医療支援センター」を設置し、魅力ある医療環境づくりを進めております。

また、経済情勢、雇用情勢は大変厳しい状況が続いております。その中で、東部地域を中心とした医療健康産業のファルマバレープロジェクト、中部地域を中心とした食品関連産業のフーズ・サイエンスヒルズ、西部地域を中心とした光・電子関連産業のフォトンバレーといった、地域資源と特徴のある産業基盤を生かした静岡新産業集積クラスターが推進されています。

それに加えて、医療と健康、環境、光など、新成長分野への参入を図る地域企業を支援する「ふじのくに新産業創出プロジェクト」にも取り組んでおり、これまで本県の医薬品と医療機器の合計出荷額が全国第1位となるなどの成果を挙げております。

この度、そうした取組の一環である静岡がんセンターを中核として、地域産業、経済を活性化させていくファルマバレープロジェクトの取組が高い評価を受け、国から「ふじのくに先端医療総合特区」に指定されました。この指定を記念し、「がん医療と最先端の医療・介護ロボット等の技術開発の展望」をテーマとした「静岡がん会議」を開催することといたしました。この会議では最先端のがん医療、医療・介護ロボット等の技術開発を切り口に、医療健康産業の現状と将来の展望について学びますとともに、御参加をいただいた様々な分野の方々との交流と親睦を図り、皆様がお持ちの技術や研究成果が融合することで、新しい発想や革新が生まれることを期待しております。

結びに、「静岡がん会議2011」が、がん医療と医療健康産業の開発技術の一層の発展と関係する皆様のネットワークの構築に寄与することを祈念申し上げ、開会の挨拶とさせていただきます。本日はありがとうございました。

静岡県副知事

岩瀬　洋一郎

Opening Address



It is a great honor and pleasure to address this distinguishing gathering at the Shizuoka Cancer Conference 2011.

On behalf of the organizers, I am profoundly grateful to everyone for their dedicated work in planning a conference at such a grand scale, here at the Shizuoka Cancer Center at the scenic foot of Mt. Fuji. We are delighted to welcome such a large number of representatives of health care facilities and government agencies from within Shizuoka Prefecture, as well as from companies and research facilities both inside and outside the prefecture. I also would like to extend a particularly warm welcome to our honored guests in the field of medicine hailing from South Korea, Mongolia and China. Today we are fortunate to be joined here by the distinguished Mr. Erdene Elbegdorj, Executive Director of the "HOPE" Cancer-Free Mongolia National Foundation and the son of Mongolian President Tsakhiagiin Elbegdorj.

In Japan, cancer is the single leading cause of death both nationwide and within Shizuoka Prefecture. Approaches to fighting cancer, therefore, grow increasingly more important every day.

In Shizuoka Prefecture, with the purpose of contributing to the development of cancer treatment, the Asian Cancer Conference was held from 1998 to 2002. The fruits of that conference were also a major force in the opening of the Shizuoka Cancer Center. With the launch of this Center, furthermore, from 2003 the name of the conference was changed to the Shizuoka Cancer Conference. Ever since, this conference has been convened with the purpose of supplying the optimum cancer treatment to the citizens of Shizuoka Prefecture, disseminating the achievements of clinical research and other valuable information, as well as supporting the promotion of the Pharma Valley Project.

Japan is currently encountering enormous shifts in the conditions surrounding medical treatment, including problems in securing physicians and other human resources. In Shizuoka Prefecture, in the interest of promoting measures to secure doctors in integrated and specialized fashion, the "Shizuoka Prefecture Community Health Support Center" was established in October 2010, with efforts being advanced to realize a truly appealing treatment environment.

On a separate front, Japan continues to experience extremely severe conditions in terms of its economy and employment situation. Against this backdrop, the Shizuoka Triangle Research Cluster is being advanced to take full advantage of the region's resources and distinctive industrial infrastructure. That vision includes the Pharma Valley Project for the medical and health care industry, focused in the eastern part of the Prefecture; Food Science Hills for food-related industries, with a focus on central Shizuoka; and Photon Valley for optoelectronics-related industries, primarily in the western part of the Prefecture.

In addition, we are also promoting the Shizuoka Prefecture New Industry Generation Project as an effective means of supporting regional companies seeking to advance into medical treatment, health, the environment, optics and other promising new growth fields. As one of the results of these endeavors, the total value of pharmaceuticals and medical devices shipped from Shizuoka Prefecture to date ranks No. 1 throughout Japan.

The Pharma Valley Project, which as one phase of the Triangle Research Cluster is positioned to invigorate regional industry and economic endeavor with the focus on Shizuoka Cancer Center, recently received a stellar evaluation and designation by the government as the "Shizuoka Prefecture Comprehensive Special Zone for State-of-the-Art Medical Care." To help commemorate this designation, the decision was made to convene this Shizuoka Cancer Conference under the theme of "Technological Developments in Cancer Treatment and State-of-the-Art Medical and Caregiving Robotics." In keeping with that theme, we want to use this gathering to zero in on the latest technological developments in cancer treatment and medical and caregiving robotics, as a route to learning about the current status and future horizons for the medical and health industry. We likewise look forward to valuable information exchanges and friendly get-togethers with the distinguished participants from so many different fields. I am confident that the ensuing fusion of your technological and research achievements will pave the way for the birth of new ideas and innovations.

In closing, I would like to express my sincere hope for the success of Shizuoka Cancer Conference 2011 in making a solid contribution to furthering the development of medical treatment and the medical and health care industry, while likewise supporting your own work building up networks. Thank you for your kind attention.

Lieutenant Governor of Shizuoka Prefecture

Yoichiro Iwase

来賓祝辞

HOPE がんのないモンゴル財団 専務理事
Executive Director,
"HOPE" Cancer-Free Mongolia National Foundation

エルデン エルベクドルジ
Erdene Elbegdorj

Lieutenant Governor of Shizuoka Prefecture, Yoichiro Iwase, and President of Shizuoka Cancer Center, Dr. Ken Yamaguchi, honorable members, ladies and gentlemen, good morning. On the behalf of the Mongolian delegation, I would like to extend my sincere greetings to you all, and I also convey the warm greetings from the President of the "Hope" Foundation, Bolormaa Khajidsuren, the First Lady of Mongolia.

(和訳)

静岡県副知事 岩瀬洋一郎様、そして静岡がんセンター総長 山口建先生、医師の先生方、ご会場の皆様、おはようございます。モンゴルからの使節団を代表いたしまして、心からのご挨拶を申し上げます。そしてまた、HOPE がんのないモンゴル財団の理事長であり、モンゴル大統領夫人のボロルマー・ハジドスレンからのメッセージもお伝えしたいと思います。

We are delighted and honored to be here today. It is indeed a most wonderful opportunity for our doctors from the Mongolian National Cancer Center and Dornogovi Province to see, learn, and experience the cutting-edge breakthroughs in cancer treatment right here on-site.

In addition, I wish to congratulate Shizuoka Prefecture and its people for receiving the designation as a comprehensive special zone for local revitalization.

(和訳)

私達は本日この場に立つことができ、非常に嬉しく光栄に思っております。また、本日、出席しているモンゴル国立がんセンターとドルゴノビ県の医師にとっても、がん治療の最先端の現場を見学し、学び、じかに触れることは、これ以上ない素晴らしい機会です。

加えて、地域活性化総合特区の指定を受けられたということで、静岡県および県民の皆様にお祝いを申し上げます。

This year marks the 40th anniversary of the establishment of diplomatic relations between our two countries. For 40 years, Japan has been a true friend of Mongolia. Our friendship is both inspiring, and enriching. The Japanese people share with us not only material and financial resources, but also their vast knowledge, skills and know-how. So we the Mongolian people, cherish deep in our hearts the generous support from Japan and its kind people. We are always grateful for your help in the pursuit of development, and I am here today to further advance and deepen this beautiful relationship.

(和訳)

今年は日本とモンゴルに外交関係が樹立してから 40 周年という記念の年にあたります。日本はモンゴルにとって、40 年来の真の友人です。この友好関係は、素晴らしい刺激と豊かさを与えてくれるものです。日本の皆様は、モンゴルの私たちと、様々な資源や財政面で協働し、また、様々な知識やスキル、ノウハウを共有してきました。モンゴルの国民は、日本並びに親切な日本国民から提供された支援に、心から感謝しています。また、我が国の発展へのご助力にも感謝の意をお伝えしますとともに、本日は素晴らしい関係と友好をより深めたいと思います。

Over the years, cancer has become one of the leading causes of death in my country. One out of five deaths is due to cancer. As a result, it adds up to being over 3,000 deaths from cancer

annually. In the last few years, the new cases of cancer have been increasing dramatically. Around 4,200 new cases are reported each year, and from 75 to 80% of those new cases are diagnosed at the late or untreatable stage.

(和訳)

モンゴルでは、がんという病気は、何年も前から主要な死因となっており、5人に1人ががんで亡くなっています。その結果、がんによる年間の死亡者は 3,000 人を超えています。そして、この数年、がんの新症例数は劇的に増え、年間約 4,200 人に達し、その 75%～80%がすでに末期であったり、治療ができない段階であったりするという状況です。

This is mostly due to our nomadic culture, harmful lifestyle, and insufficient knowledge concerning cancer within the general public. In addition, the lack of proper medical equipment for cancer screening and treatment is also a factor.

(和訳)

その理由としては、遊牧文化や不健康なライフスタイル、そして、一般の市民にがんに対する知識が浸透していないことが大きいと思います。それに加えて、がんの検査や治療に必要な医療機器の不足も一因と思われます。

With the purpose to control and combat cancer, the First Lady of Mongolia initiated and established the "Hope" Cancer-Free Mongolia National Foundation two years ago. In November 2010, we signed a Memorandum of Understanding with the Shizuoka Cancer Center. This was a very proud moment in the life of our foundation. Through the aid and the support from the Shizuoka Cancer Center, we have successfully educated hundreds of women in Mongolia about breast cancer, and many others on the ways to avoid cancer. On top of that, I am happy to mention that the National Cancer Center of Mongolia is building a new medical facility.

(和訳)

がん対策を推進し、その撲滅のために、2 年前に、モンゴル大統領夫人が HOPE がんのないモンゴル財団を設立しました。そして 2010 年 11 月に、私達は静岡がんセンターと覚書を締結しました。これは我々財団にとって非常に光栄な出来事でした。静岡がんセンターによるご支援の結果、多くのモンゴルの女性に対して乳がんについての啓発をおこない、また、多くの人にがんの予防について知ってもらうことができました。さらに、モンゴル国立がんセンターは今、新たな医療施設を建設していることをご報告させていただきます。

I believe technological development and innovation are and will continue to be the most important factor in detecting and curing cancer around the world. Shizuoka Prefecture and the Shizuoka Cancer Center have been vital players in such development. Therefore let me state once more that I am truly overjoyed that a Mongolian team of doctors have the chance to be here and be a part of this wonderful event. Our foundation will spare no efforts to promote friendly relations and cooperation between our two countries, especially to promote cooperation and advancement in the health sector. I wish you all the best in the future. Thank you.

(和訳)

私は、世界においても、がんを発見し治癒させるためには、今も、そして将来においても、技術開発とイノベーションが最も重要だと信じています。静岡県、そして静岡がんセンターは、そのような開発に大きな役割を果たしておられます。ですので、重ねて申し上げますが、モンゴルの医師団がこうした機会をいただき、この実り多い会議に参加していることを非常に嬉しく思っております。私達の財団は今後この 2 国間の友好と協力関係の推進、特に医療分野における協力と発展を推進するために、あらゆる努力を傾ける所存です。皆様の今後のますますのご発展を心からご祈念申し上げ、来賓祝辞とさせていただきます。ありがとうございました。

PROGRAM

静岡がん会議 2011

「がん医療と最先端の医療･介護ロボット等の技術開発」

10:00	開会挨拶	静岡県副知事　岩瀬 洋一郎	2
10:10	来賓祝辞	HOPE がんのないモンゴル財団　専務理事　エルデン エルベグドルジ	4
10:20	実行委員長挨拶	静岡県理事・静岡がんセンター総長　山口　建	12
10:40	ふじのくに先端医療総合特区について 静岡県経済産業部商工業局　新産業集積課長　小櫻 充久		26
10:45	セッションⅠ	「手術支援ロボット“ダ･ビンチ”による治療の最前線」	96
10:55	講演 1	「静岡がんセンターにおける胃がん・大腸がんの治療の取り組み」 寺島　雅典（静岡がんセンター　胃外科部長） 絹笠　祐介（静岡がんセンター　大腸外科部長）	32
11:15	講演 2	「韓国における胃がん・大腸がんの治療の現状と将来の展望」 ヒョン　ウジン（延世大学医科大学　外科　准教授） ミン　ビョンソ（延世大学医科大学　外科　助教授）	46
12:05	講演 3	「消化器癌に対するロボット手術の最前線」 宇山　一朗（藤田保健衛生大学　上部消化管外科　教授）	72
12:30	講演 4	「早期前立線癌におけるロボット支援前立線全摘術の現況」 大堀　理（東京医科大学　泌尿器科　教授）	84
12:55	総合討論Ⅰ		
13:10	昼食	※希望者のみ陽子線治療施設の見学	
14:10	特別講演	「最先端フォトニクスによる高精細映像を用いた遠隔医療の実現へ向けて」 当麻　哲哉（慶應義塾大学フォトニクス･リサーチ･インスティテュート副所長）	98
14:40	セッションⅡ	「医療・介護ロボット等の技術開発」①	156
14:45	講演 5	「画像診断支援ロボットの開発」 遠藤　正浩（静岡がんセンター　画像診断科部長）	110
15:10	講演 6	「ハイパースペクトル･イメージャーの医療機器への応用」 宗田　孝之（早稲田大学理工学術院　教授）	120
15:35	休憩		
15:50	セッションⅡ	「医療・介護ロボット等の技術開発」②	
15:55	講演 7	「“力覚・触覚を伝えるロボット技術”が開く未来」 山之内　亘（慶應義塾大学　理工学研究科　総合デザイン工学専攻　G-COE 研究員 (RA)）	132
16:20	講演 8	「介護支援ロボット“RIBAⅡ”の開発」 郭　士傑（東海ゴム工業株式会社　独立行政法人理化学研究所　チームリーダー）	144
16:45	総合討論Ⅱ		
17:00	閉会挨拶		

会場風景




静岡県立
静岡がんセンター研究所
Shizuoka Cancer Center Research Institute
ファルマバレーセンター
Pharma Valley Center
Cancer Conference in Shizuoka 2011
静岡がん会議2011
地域活性化総合特区指定記念
がん医療と最先端の医療・介護ロボット等の技術開発
開催
平成24年3月20日(火)
会場
静岡がんセンター研究所
1階 しおさいホール
主催
静岡県
静岡がんセンター


しおさい
SHIOSAI
Cancer Conference in Shizuoka 2011
静岡がん会議2011
地域活性化総合特区指定記念
がん医療と最先端の医療・介護ロボット等の技術開発
会議プログラム
主催：静岡県・静岡がんセンター















講演等の様子



岩瀬 洋一郎　静岡県副知事



エルデン エルベグドルジ
HOPE がんのないモンゴル財団　専務理事



山 口　建
静岡県理事・静岡がんセンター総長



小 櫻 充 久
静岡県経済産業部商工業局　新産業集積課長



寺島　雅典（静岡がんセンター　胃外科部長）



絹笠　祐介（静岡がんセンター　大腸外科部長）

講演等の様子



ヒョン ウジン（延世大学医科大学　外科　准教授）



ミン ビョンソ（延世大学医科大学　外科　助教授）



宇山 一朗（藤田保健衛生大学　上部消化管外科　教授）



大 堀　理（東京医科大学　泌尿器科　教授）



当麻 哲哉
（慶應義塾大学フォトニクス・リサーチ・インスティテュート副所長）



遠藤 正浩（静岡がんセンター　画像診断科部長）

講演等の様子



宗田　孝之（早稲田大学理工学術院　教授）



山之内　亘
（慶應義塾大学　理工学研究科　総合デザイン工学専攻　G-COE 研究員 (RA)）



郭　士 傑
（東海ゴム工業株式会社　独立行政法人理化学研究所　チームリーダー）





本会議及びファルマバレープロジェクトの紹介
Introduction of the Conference and Pharma Valley projects



静岡県理事・静岡がんセンター総長
Director, Shizuoka Prefecture
President, Shizuoka Cancer Center

山口　建
Ken Yamaguchi

経歴（Curriculum Vitae）

1974　慶應義塾大学医学部卒業
M.D. Keio University School of Medicine, Tokyo

1976　国立がんセンター研究所内分泌部研究員
Research Fellow, Endocrinology Division,
National Cancer Center Research Institute

1986　国立がんセンター研究所内分泌部部長
Chief, Endocrinology Division,
National Cancer Center Research Institute

1987　国立がんセンター研究所細胞増殖因子研究部部長
Chief, Growth Factor Division,
National Cancer Center Research Institute

1999　国立がんセンター研究所副所長
Deputy Director,
National Cancer Center Research Institute

2002　静岡県理事・静岡がんセンター総長
President, Shizuoka Cancer Center

―開　催　趣　旨―

静岡県では、静岡がんセンターを中核として、革新的ながん診断装置・診断薬の研究開発の拠点化を進め、国際競争力を有する製品を迅速に世界へ提供するとともに、医療機器や部品・部材を提供する地域企業による産業クラスターを形成するためのプロジェクトを展開しています。このたび、国に申請した「ふじのくに先端医療総合特区」が、国の地域活性化総合特区に指定されることになりました。

そこで、今年度の「静岡がん会議 2011」では、「地域活性化総合特区指定記念　がん医療と最先端の医療・介護ロボット等の技術開発」をテーマに、手術支援ロボット“ダ・ビンチ”を活用している国内外の医師や医療・介護ロボット等の技術開発をされている研究者の方をお招きして、医療健康産業の現状と将来についての講演をしていただきます。さらに、静岡がんセンターでの研究開発と最先端の医療提供についての取り組みについても紹介します。

—Purpose of the program—

Shizuoka Prefecture, with the Shizuoka Cancer Center at its core, is making strides towards becoming a center for research and development of innovative oncological diagnostic equipment and medical supplies. These activities allow for dramatic advancements in oncological treatment, while at the same time the formation of an industrial cluster of local businesses that provide medical devices and components. Recently, the "Shizuoka Prefecture Comprehensive Special Zone for State-of-the-Art Medical Care" Shizuoka Prefecture established has been designated as one of Japan's comprehensive special zones for local revitalization.

As such, the theme of this year's Shizuoka Cancer Conference 2011 is "Technological Developments in Cancer Treatment and State of the Art Medical and Caregiving Robotics." We have invited domestic and foreign surgeons who are providing cutting edge oncological treatments with the da Vinci Surgical System and researchers engaged in the technological development of medical and caregiving robots, who will give lectures on the current state and future prospects of the health and medical industry. Furthermore, physicians from the Shizuoka Cancer Center will introduce its initiatives in research and development and the provision of state of the art medical care.

（スライド1）

実行委員長挨拶

静岡がん会議について

- ファルマバレープロジェクトの紹介 -

2012年3月20日（火）
静岡がんセンターしおさいホール

静岡がんセンター 山口 建

皆さん、おはようございます。本会議の実行委員長としてご挨拶をさせていただきます。パワーポイントを使いながら、この会議の歴史や今回の内容、そして本日ご一緒にお話を聞かせていただく海外からの講師の皆様のご紹介をさせていただきます。

（英訳）

Good morning, ladies and gentlemen. I would like to welcome you as the chair of the executive committee of this conference. I'll be using a PowerPoint slideshow to offer you some history of this conference, share what this year's event is about, and introduce the lectures we'll be having today from speakers from around the world.

（スライド 2）



先ほど岩瀬副知事のご挨拶にもございましたが、がん会議の歴史は 1998 年に始まりました。最初の 5 年間は「アジアがん会議」として開催されており、この時点で静岡がんセンターの建設が進んでおりましたので、“静岡がんセンターにアジアの知恵を”というキャッチコピーでこの会議を開いて参りました。2002 年に静岡がんセンターが開院し、診療を開始いたしましたので、それ以降、2003 年から 2011 年にかけては「静岡がん会議」と名前を変え、“ファルマバレープロジェクトの推進”をテーマに会議を開いて参りました。

（英訳）

As was noted in the welcome earlier from Yoichiro Iwase, the Lieutenant Governor of Shizuoka Prefecture, the history of the Cancer Conference begins in 1998. For the first five years, it was held as the Asian Cancer Conference, and as construction on the Shizuoka Cancer Center progressed, we took as our motto for the conference, “Wisdom of Asia” for the Shizuoka Cancer Center. The Shizuoka Cancer Center opened in 2002, and subsequently, with the start of treatment, we changed the conference name from 2003 to 2011 to the Shizuoka Cancer Conference, and took our theme for the conference to be the Pharma Valley Project.

ファルマバレープロジェクトそのものはがんセンターの開院とちょうど同じ頃から推進されてきましたので、ファルマバレープロジェクト推進に 10 年間、そして静岡がんセンターも今ちょうど 10 年目を迎えたところです。このがん会議は静岡がんセンターの設置・計画・運営、ならびにファルマバレープロジェクトの推進に大変大きな役割を果たしてきました。

（英訳）

Promotion for the Pharma Valley Project began at exactly the same time as the Shizuoka Cancer Center opened, so it has been ten years of promotion for the Pharma Valley Project and the Shizuoka Cancer Center is also entering its tenth year. This Cancer Conference has played an important role in the establishment, planning and operation of the Shizuoka Cancer Center as well as the promotion of the Pharma Valley Project.

（スライド 3）



「ものづくり」、「ひとづくり」、「まちづくり」、「かねづくり」という、この 4 つがファルマバレープロジェクトの目的となっています。「ものづくり」、「ひとづくり」、「まちづくり」、「かねづくり」の対象の 1 つは地域の患者さんとその家族です。患者さんにできるだけ恩恵を受けていただくことがこのファルマバレープロジェクトの大きな目的で、医療・健康産業の活性化を進めながら、最先端の医療、あるいは心のケアをお届けすることが 1 つの目的です。もう 1 つの目的は、「かねづくり」と書きましたけれども、この地域で企業等のビジネスをされておられる方々が少しでもこのプロジェクトから恩恵を受けていただくことです。この 2 つを主たる目的として、現在まで実践をしてきております。

（英訳）

The Pharma Valley Project has four objectives: to produce drugs and medical

equipment, to foster medical experts, to create communities that have an excellent understanding of healthcare, and to generate money. The first target of these four objectives is all patients and their family members. A big objective of the Pharma Valley Project is for patients to receive as many benefits as possible, so the first target is for the medical and healthcare systems to come together with industry to provide leading-edge medical treatment and heart-felt care. The second target is those conducting healthcare business in this area, that they may receive benefits from this project.

最終目的は、この静岡県東部を中心に、あるいは静岡県全県に亘って、医療健康産業のクラスターを作り上げていくことです。クラスターの元々の意味は葡萄の房で、この１粒１粒が、たとえば静岡がんセンターであり、金融機関それぞれであり、企業であり、それが集まって、毛利元就の３本の矢ではありませんが、力強く相互に助け合い、絆を深めながら、この地域の活性化に努めるということです。産学官金（金：金融機関）が、共同して推進をしていくことを目標にしております。

（英訳）

The ultimate goal is the creation of a cluster for healthcare, not just here in the eastern part of Shizuoka Prefecture, but across the entire prefecture as a whole. The original meaning of the word 'cluster' refers to a bunch of grapes on the vine, so if we imagine individual institutions such as the Shizuoka Cancer Center and various financial agencies, and then businesses, all coming together, working together with a powerful synergy as their bonds grow stronger, it would also serve to revitalize this region. The objective is for industry, academia, government and financial institutions to move forward together.

（スライド4）



ファルマバレープロジェクトには非常に多くの方に参加していただいております。静岡がんセンター、それから三島市に国立遺伝学研究所がございます。そして東京工業大学、東京農工大学、早稲田大学、慶應義塾大学などの首都圏の大学がこの建物の中にそれぞれ研究室を持って活動していただいており、東海大学の開発工学部や沼津工業高等専門学校、地域の大学、さらに静岡県立大学にも参加していただいております。

（英訳）

An extremely large number of people and organizations are participating in the Pharma Valley Project. There is the Shizuoka Cancer Center as well as the National Institute of Genetics in Mishima City. Various universities from within the metropolitan Tokyo area, such as the Tokyo Institute of Technology, the Tokyo University of Agriculture and Technology, Waseda University and Keio University, have active research labs within this building of the Research Institute, working together with schools from the Shizuoka area, such as the School of High-Technology for Human Welfare, Tokai University, the Numazu National College of Technology, regional universities and the University of Shizuoka.

それから金融機関の皆様、そしてアストラゼネカ株式会社やアボットジャパン株式会社のようなグローバル企業、三菱電機株式会社、富士フィルム株式会社、サンスター株式会社、高砂香料工業株式会社、大鵬

薬品工業株式会社等々の国内の大企業、そしてこの地域の企業約 200 社という企業群のネットワークに参加していただいています。

（英訳）

And then there are the financial institutions, the global businesses like AstraZeneca and Abbott Japan Co., Ltd., the major domestic businesses like Mitsubishi Electric Corporation, Fujifilm Corporation, Sunstar Inc., Takasago International Corporation, Taiho Pharmaceutical Co., Ltd., and the roughly 200 regional businesses that are participating in a network.

（スライド 5）



さらに行政機関として、ファルマバレーセンターと静岡県庁特命チームに静岡県東部の全市町が加わり、ファルマバレープロジェクトが運営されてきています。

（英訳）

As far as public institutions are concerned, the Pharma Valley Project is operated through the Pharma Valley Center, the mission team at the Shizuoka Prefectural Government Office, and all the cities and townships in eastern Shizuoka.

（スライド 6）



ファルマバレーセンターは、縁の下の力持ちとして、住民・患者の方々、私ども医療者、それから研究者や企業人を対象に支援しています。

（英訳）

The Pharma Valley Center is the powerful underlying support for the residents and patients, as well as all of us who are doctors, researchers and businesspeople.

（スライド 7）



この会場のちょうど向かい側にファルマバレーセンターの本部がございます。井上所長を中心に約 30 名の方々が現場中心に回っておられますし、県庁にはファルマバレー特命チームとして、数名の方々がこの事業を推進されています。

（英訳）

The headquarters of the Pharma Valley Center lies directly across from this venue. There are roughly thirty people working on site, centered on Director Inoue, and the Pharma

Valley mission team at the Prefecture Office works to promote this project.

（スライド 8）

ファルマバレーのものづくり
（三つの方針）

- **橋渡し研究（ブレイクスルー）**
- **Niche技術（医療者・患者のため）**
- **新機種開発（企業のため）**

このような体制で進めてきたファルマバレープロジェクトですが、ものづくりについては三つの方針を定めております。1 つ目は、誰でも考えるトランスレーショナルリサーチ、橋渡し研究です。ここではホームラン、ブレークスルーを狙う方針です。

（英訳）

The Pharma Valley Project has three types of policies. The first is translational research. This is a policy for putting forward breakthroughs.

2 番目がニッチ（Niche）技術。隙間産業的に、今の医療機関では手に入れることのできない製品を作ります。多くの場合、大量に出る製品ではないが、医療者や患者さんが、「ぜひこういうものがあったら良いな」と望むようなものを作ります。ここでは地域企業の力が大変活きています。

（英訳）

The second policy is niche technologies. The goal is to create things in what are referred to as niche industries that usually might not ever serve large markets but which are currently unavailable at healthcare facilities and would be beneficial for patients from both the doctor's and the patient's point of view. This is where regional businesses are extremely helpful.

そして3番目は企業との共同研究ですが、ある製品を持っている企業がさらに一歩進んだ次世代機を開発しようとする時に、我々医療者の考え・想い、それから患者さんの便利さ・不便さ、そういったものを全て取り込んだ、ユーザーに優しい次世代機を一緒に開発します。この 3 本立てで過去 10 年間、このプロジェクトを運営して参りました。

（英訳）

The third policy is conducting joint research together with businesses when they have a certain product and want to develop it into a next-generation product, because the thoughts and opinions of us doctors, as well as the convenience and inconvenience of our patients can all be combined to develop a next-generation product that is perfect for users. These three policies have been the pillars of projects to produce drugs and medical equipment over the past ten years.

第 1 の橋渡し研究は当たれば大きいのですが、成功率は決して高くありません。私の感覚で言えば 1%以下の成功率です。第 2 のニッチ技術は、でき上ると必ず使ってもらえます。それほど大きな広がりは見せないけれども、小振りですが非常に役に立ちます。これが多分打率 3 割ぐらいだと思います。それから、次世代機がなくなると企業として持たなくなりますので、新機種開発は企業が力を入れます。それでこの成功率はほぼ 100%になります。

私たちは、この 3 つを上手く組み合わせながら、ファルマバレープロジェクトの推進に努めて参りました。

（英訳）

When the first policy of translational research scores, it scores big, but the success rate is not yet very high. From my experience, their success rate is around 1% or less. With the second policy of niche technologies, once they launch, they can always be used. They might not be usable on a wide scale, but even in small ways, they are extremely useful. Their probability of success is around 30%. And the third policy, the involvement on next-generation

products with business, we have to be involved at the stage of brain-storming. Since companies are investing in new device development actively as a means to develop further business, the success rate here is nearly 100%.

While neatly combining these three, we have carried out much work to advance the Pharma Valley Project.

（スライド 9）



結果的に、現在数十の製品、あるいは試作品ができ上っております。橋渡し研究でもできましたし、ニッチ技術もできました。新機種開発もそれなりのものができております。本日の午後は、そのうちの富士フィルム株式会社と共同で行っている、「画像診断支援ロボット」のお話をしていただく予定です。

（英訳）

In terms of results, dozens of products and trials have come about. Translational research has been performed and niche technology has been realized. Results have been achieved in new device development as well. This very afternoon we will hear a talk on the Imaging Diagnostics Support Robot being developed together with Fujifilm.

（スライド 10）



今回このような 10 年間の活動が政府から認められ、「ふじのくに先端医療総合特区」という指定を受けました。小泉内閣の時代には構造改革特区等がありましたが、率直に言って、構造改革特区では大きなメリットはあまり感じられませんでした。

（英訳）

Last December, the ten years of activity of the Pharma Valley Project has received a special recognition and designation from the government: the Shizuoka Prefecture Comprehensive Special Zone for State-of-the-Art Medical Care. Several years ago, during the Koizumi Cabinet, there were several Special Zones for Structural Reform established as special zones, but to be frank, even with a designation, there didn't seem to be much benefit to be derived from being a Special Zone for Structural Reform.

今回の総合特区では規制緩和とともに、財政支援という側面が加わっています。十分な財政支援というところまではまだ行かないとは思いますが、お金が動くために、今回は地域の全ての金融機関の皆様方がこのプロジェクトに大変積極的になっていただいています。この点は、従来のプロジェクトの運用と大きく変わっており、この地域の活性化に役立っています。産学官、それに金（金融機関）の位置付けは非常に大きいものがございます。そういう点で、今回の特区には大きなメリットがあります。私の講演後に、その詳細について、静岡県庁の特命チームの小櫻課長よりお話をいただく予定です。

（英訳）

However, with the loosening of restrictions that comes with being designated a Comprehensive Special Zone, there is the benefit of financial assistance. I wouldn't say that the financial assistance is fully sufficient, but now all the financial institutions in the region have been very positive about the project in encouraging the flow of money. This is a large change from the previous way the project was under operation, and plays a key role in regional revitalization. The positioning of Indus/try, academia, government and financial institutions is very important. From that point, this new special zone designation has very many great advantages to it. Details of that will be given in the talk by Section Chief Kozakura from the Shizuoka Prefecture Office mission team, after my presentation.

（スライド 11）



この地域の特徴、あるいは政府で一番大きく認められた点が、現時点で 200 社余りの企業がこのプロジェクトに参加し、あるいは参加するポテンシャルを持っている点です。ファルマバレーセンターの情報によれば、多くが自動車部品を扱っている企業ですけれども、医療・健康産業に向けて 17 社がすでに二次創業を終えており、さらに 137 社が参入を希望されています。何とかこの 137 社にしっかりとした財政支援を行うことによって、新しい産業に向けて転換を果たしていただきたいと思います。

（英訳）

The largest unique characteristic of this region that the government has recognized is the fact that at present there are just over 200 businesses either participating in the project or with the potential to participate. According to information from the Pharma Valley Center, seventeen companies, most of which handle auto parts, have already completed branching into medical and healthcare business. There are also another 137 companies wanting to participate. If we can get steady financial assistance for these 137 companies, then they will convert to new industries for us.

私からのお願いですが、今非常に厳しい状況の中で、海外に進出する企業が大変多くなっていると伺っておりますけれども、やはり少なくとも機能の一部、特に新しい部分を静岡県内に残していただき、またいずれそこにお戻りいただくということを 1 つの方針にしていただけると大変有り難く思います。

（英訳）

If I could voice a personal request, it would be that some small part, particularly a newer part, of the many businesses that I hear are moving overseas during these difficult economic times could be left behind in Shizuoka Prefecture, and that those companies would someday return in full. That is one policy for which I would be very grateful.

また医療・健康産業というのは 120%右肩上りの産業です。これから日本を始め、全世界で高齢化が進みます。高齢化が進めば、医療あるいは健康産業は間違いなく進化・進歩していく産業ですので、その中で、規制が厳しいとか、その 1 つ 1 つの規模がそれほど大きくないなど、若干問題があるものの、右肩上りの産業であることは間違いありません。この地域でファルマバレープロジェクト推進というのは、そのようなことも最終的な目標にしております。

（英訳）

In addition, the medical and healthcare industries are experiencing 20% growths in

revenue. We are at the beginning of an aging society, not just in Japan, but throughout the world. As aging progresses, there will be, without a doubt, advances and progress in the medical and healthcare industries, and even though regulations are tight and the scale of individual companies might not be very large, even with a few problems, there will undoubtedly be upward growth in the industry. The promotion of the Pharma Valley Project in this region has that as its ultimate objective.

（スライド 12）



特区に指定されたことを受けて、静岡県としては県単独で新たな事業を起そうとしています。これは上空から見た静岡がんセンターで、この右側に新東名高速道路が 4 月 14 日に開業、そして東名高速道路と伊豆縦貫自動車道に繋がる道です。

（英訳）

Having been designated a Special Zone, Shizuoka Prefecture has begun developing new projects at the prefecture level. This is an aerial photo of the Shizuoka Cancer Center, and at right is the New Tomei Expressway, which opened on 14 April, connecting the Tomei Expressway and the Izu Bypass Highway.

余談になりますけれども、今静岡がんセンターの園内では河津桜が満開になっております。10 年前の開設当時に、伊豆の皆様から河津桜をご寄付いただきました。今では多分園内に 100 本か 200 本の桜が育ち、北の方では河津桜の花見のメッカになるのではないかと思っております。普通の桜よりも一ヶ月以上早いので、もう少し経つと、ボランティアの皆さんが動けない患者さんのところにこの桜の花を届けていただきます。もし、今日お時間がありましたら、ぜひ河津桜を観に行っていただけたらと思います。

（英訳）

As an aside, the Kawazu cherry trees within the grounds of the Shizuoka Cancer Center are now in full bloom. When the center was opened ten years ago, those cherry trees were donated by the people of Izu. Now there are between one and two hundred cherry trees growing on the grounds, and Shizuoka Cancer Center has become something of a Mecca for cherry blossom viewing under the Kawazu cherry trees. They bloom about a month earlier than ordinary cherry trees, and after a little while volunteers bring to those patients who cannot move about on their own. If you have time today, I recommend your going to see the Kawazu cherry trees.

この向かい側に長泉高校の跡地がございます。調査費をいただいて、長泉高校の跡地をファルマバレープロジェクトにどのような形で用いていくかを、この一年かけて実践していく予定になっております。また皆様からいろいろなアイデアを賜れば幸でございます。

（英訳）

Across from here are the remains of Nagaizumi High School. We received funding for a study, and will take a year to figure out how the Pharma Valley Project will use the remains of Nagaizumi High School and in what format. We'd be happy if you shared any of your ideas with us.

（スライド 13）



本日はお手元に『Nature』で紹介された文章の日本語版を入れております。この静岡がんセンター、ファルマバレープロジェクト、そして県の考え方、あるいは地域企業の皆さんと状況などが記載されています。

（英訳）

Today we've provided you with the Japanese version of an article that appeared in the scientific journal, Nature. It provides information on the Shizuoka Cancer Center, the Pharma Valley Project, the prefecture's approach and the status of businesses in the region.

（スライド 14）



最後に海外展開について簡単に申し上げます。静岡がんセンターやファルマバレープロジェクトには海外からの多くの視察があり、協働（コラボレーション）も様々な形で始まっています。こちらに記載したような地域から、多くの視察の方がお越しになりました。最近では本日お見えのモンゴルやサウジアラビアなどから、やはりがん医療についての視察や協働のために足を運んでいただいております。

（英訳）

I would like to end with a simple review of developments overseas. Many foreign observers come to visit the Shizuoka Cancer Center and the Pharma Valley Project, and there is also a wide variety of advancing collaborations. As written here, many observers come from a wide variety of regions. Today we have visitors and collaborators from places like Mongolia and Saudi Arabia, all here to further the treatment of cancer.

（スライド 15）



その中でアジアよりご出席の方々について、若干のご説明をさせていただきます。まず中国です。東京にあります日中医学協会の理事長を務めておられるのが安達勇先生です。

（英訳）

I'd like to explain a little more for our participants from Asia. We'll start with China. We have with us Dr. Isamu Adachi who works as the Chief Director of the Japan-China Medical Association in Tokyo.

安達先生は静岡がんセンター緩和医療科の前部長で、この地域で約 10,000 名の方の最期を看取っていただき、現在は静岡がんセンターの顧問です。

先生のもう 1 つのお顔は、お父様が医者としてずっと中国に協力をしておられたので、中国生まれの中国育ちで、北京の八一（はちいち）学校を卒業されております。この八一学校は、中国の太子党と言っているよ

うな方々の師弟が学ばれた学校だそうです。ですので、安達先生の同窓生には、毛沢東主席の娘さんや、習近平副主席ご本人もいらっしゃいます。

(英訳)

Dr. Adachi worked at the Shizuoka Cancer Center as the former chief of the Department of Palliative Care, where he oversaw treatment for approximately 10,000 people in this region who were in the terminal phase of their condition. He currently serves as an advisor to the Shizuoka Cancer Center.

Dr. Adachi wears one more hat, and that is a result of the cooperation his father, who is also a doctor, has long offered China. Dr. Adachi was born in China, grew up there, and graduated from Bayi High School in Beijing. Bayi High School is said to be a school where the students are among the elite of China's Communist Party. Dr. Adachi had many schoolmates, including the daughter of Mao Zedong, China's Chairman, and China's Vice-President himself, Xi Jinping.

日本に帰られてからは新潟大学医学部を卒業され、その後、日中医学協会で公益財団法人笹川平和財団の日中笹川医学奨学金をいただきながら、確か文化大革命の最後の頃からだったと思いますが、2,000 名の中国人医師を日本に招いて研修していただくという事業をずっと続けられています。安達先生を中心に、この 2,000 名の中国人医師で日本語をしっかり喋れる方々のネットワークが今中国にございますので、ファルマバレープロジェクトに参加の多くの一流企業の皆様が、このネットワークを使いながら中国ビジネスに参入しつつあるという状況です。

この中に中国へのことをお考えの方がおられましたら、ぜひ安達先生といろいろご相談していただくといいと思います。

(英訳)

When he returned to Japan, he graduated from the Faculty of Medicine, Niigata University and then went on to found the Japan-China Medical Association followed by a grant from the Sasakawa Peace Foundation. From the end of the Cultural Revolution, I think, he has invited 2,000 doctors from China to Japan for research work, and has continued with that project. Those 2,000 doctors have formed a network in China, centered on Dr. Adachi, of Chinese doctors who can speak Japanese, and for many of the top-ranked businesses participating in the Pharma Valley Project, there is the opportunity to use this network to make connections with businesses in China.

If there are any present who are thinking about going to China, I highly recommend discussing it with Dr. Adachi.

(スライド 16)



本日は韓国からもお二方をお招きしております。韓国からは静岡がんセンターが設立されて以降、多くの方がお見えになっています。韓国は、行くと私達もびっくりするのですが、ソウルに 5 つの巨大な病院があって、この 5 つの病院だけで韓国国民のがんの 50%を診ているという、非常に濃縮された医療を行っている国です。

アサンメディカルセンター、これは現代(ヒュンダイ)自動車の付属病院、それからヨンセ大学付属病院、これは慶応義塾大学のようなプライベートの大学の付属病院です。それからサムスン電子株式会社グループの付属病院、国立がんセンター、ソウル国立大学と、この 5 つががん医療の総本山になっています。

本日はヨンセ大学からお二方をお招きして、後ほどご講演いただきます。

（英訳）

We have also invited two people from Korea today. Since the establishment of the Shizuoka Cancer Center, we have had many visitors from Korea. Whenever we go to Korea, we are always surprised by the five mega- hospitals in Seoul and how they see 50% of all the cancer patients in Korea. In this way, cancer treatment is extremely concentrated in Korea.

There is the Asan Medical Center, which is the hospital connected to the Hyundai Auto Plant, and Yonsei University Hospitals, which are hospitals associated with a private university much like Keio University in Tokyo. Next would be the Samsung Medical Center, associated with the Samsung Group, the National Cancer Center and Seoul National University Hospital, the five of which combined make up the primary base of cancer treatment.

We've invited two doctors from Yonsei University here today, and they will be giving a lecture later on.

この静岡がんセンターはアジアンテイストが非常に強いがんセンターで、現在までにアサン、ヨンセ、サムスンのトップの方が視察され、いろいろと交流をしておりますし、ソウル国立大学やがんセンターからも研修生を受け入れて、いろいろ訓練をしています。逆に私どももこれらの病院からいろいろ学んでいるところです。

（英訳）

Since the Shizuoka Cancer Center has a powerful Asian focus, presidents and leaders of Asan, Yonsei and Samsung have all been to visit so far. We've had fruitful exchanges, and have taken on research students from Seoul National University and the National Cancer Center and have trained them in various ways. In turn, we expect to learn much from these hospitals moving forward as well.

それとはあまり関係ありませんが、女優のチェ・ジウさんも静岡がんセンターに、患者さんとしてではなくて、ドラマの収録に来ていただきました。

（英訳）

This is a little unrelated, but actress Choi Ji Woo also came to the Shizuoka Cancer Center, not as a patient, but to record a TV show.

（スライド17）



それからモンゴルの皆様です。2010年の10月に、ちょうどこの部屋で静岡がんセンターとモンゴルのHOPE財団の協定の調印式をさせていただきました。こちらが先ほどご挨拶いただいた、エルベグドロジさんのお母様である大統領夫人です。川勝知事が後ろで大変嬉しそうに笑っていらっしゃいます。

（英訳）

And then there is everyone from Mongolia. October of 2010 marked the signing ceremony for the agreement between the Shizuoka Cancer Center and the "HOPE" Cancer-Free Mongolia National Foundation held here in this room. Here we see the First Lady of Mongolia, the mother of our earlier speaker, Erdene Elbegdorj. Behind the First Lady is Heita Kawakatsu, Governor of Shizuoka Prefecture, happily smiling.

（スライド 18）



この時に、静岡がんセンターがモンゴル側からいただいたのがこちらの絵です。

（英訳）

It was then that the Shizuoka Cancer Center received this painting from Mongolia.

（スライド 19）



大変明るく、心が癒される絵ですので、我々だけでは勿体無いと思い、静岡がんセンターの受付のこちらの場所に置かせていただき、多くの患者さんを癒しています。

（英訳）

It's a very bright painting, and one that soothes the soul. We thought it would be a shame to keep it just to ourselves so we placed it here in the reception area at the Shizuoka Cancer Center where it could help calm many more patients.

（スライド 20）



一方、私どもからは、乳がんの診断モデルをHOPE がんのないモンゴル財団に寄付させていただきました。これは乳がんの自己検診のための装置です。実際に触って、乳がんがどのように触れるかを見ていただきます。

（英訳）

We then made a gift of a self-diagnostic breast cancer model to the "HOPE" Cancer-Free Mongolia National Foundation, This is a device for performing self-diagnoses for breast cancer. You can touch it to feel what breast cancer would actually feel like.

（スライド 21）



それで、今回これが活用されていることがわかりました。この方は今回お見えになっているヤガーン先生ですけれども、このモデルをモンゴルの皆さんが一生懸命に触って、自己検診に使っていると教えていただきました。

このように、モンゴルと静岡がんセンター、静岡県の

関係は始まったばかりですけれども、将来はしっかりした交流に育っていくのではないかと期待しています。

（英訳）

We have heard that the model is being actively used. Visible here in the slide is Dr. Yagaan, who is also here today. He has told us that the women of Mongolia do their best to feel the model and use it for self-diagnoses.

Although the relationship between the Shizuoka Cancer Center, Shizuoka Prefecture and Mongolia has just begun in this way, we expect that there will be a solid chain of exchanges in the future.

（スライド 22）



最後に今回のプログラムですが、先ほどご挨拶をいただきました岩瀬副知事と、それから滅多にない、眼帯をかけた野田総理の写真をプログラムの 1 番前に使わせていただきました。このような形で総合特区が指定されたわけです。2011 年の静岡がん会議は、「がん医療と最先端の医療介護ロボット等の技術開発」をテーマに、本日はこの後多くの皆様のお話を賜るということで、私も大変楽しみにしております。今日 1 日長丁場ですが、どうぞこのカンファレンスをお楽しみいただければ幸いです。どうもありがとうございました。

（英訳）

Finally, there's our program for this conference. The front of the program features photographs of Lieutenant Governor Iwase and Prime Minister Noda, rarely seen, wearing an eye-patch. This is how we were designated a Comprehensive Special Zone. The theme of the Shizuoka Cancer Conference 2011 is Technological Developments in Cancer Treatment and State-of-the-Art Medical and Care-giving Robotics, and today there will be many talks on that topic, about which I am very excited. Today will be a long day, but I am hoping you will enjoy the conference. Thank you very much.

ふじのくに先端医療総合特区について



静岡県経済産業部商工業局新産業集積課長
小櫻　充久

経　歴
1980　千葉大学人文学部卒業
　　同年　静岡県入庁
1996　がんセンター建設準備スタッフ
2003　ファルマバレーセンター企画部長
2007　建設部都市計画室専門監
2010　経済産業部新産業集積課長（現職）

―要　旨―

平成23年12月に「ふじのくに先端医療総合特区」が内閣府の地域活性化総合特区の地域指定を受けた。当特区の目標は、革新的ながん診断装置・診断薬の研究開発の拠点化を進め、国際競争力を有する製品を迅速に世界へ提供することにより、がん医療を飛躍的に発展させるとともに、製品を支える医療機器や部品・部材を提供する地域企業による産業クラスターの形成により、地域企業の活性化と雇用創出することである。

総合特区の指定により、規制緩和、財政支援、税制支援、金融支援といった国からの支援を受けることができる。

今後は、これらの支援を活用して、より一層のファルマバレープロジェクトの推進に努めていく。

（スライド1）

ファルマバレープロジェクトの推進に向けて
ふじのくに先端医療総合特区

平成24年3月20日
静岡県経済産業部新産業集積課

皆様、おはようございます。静岡県経済産業部の新産業集積課の小櫻です。新産業集積課はこちらのファルマバレープロジェクトの担当課ということで、その担当課の課長をさせていただいております。よろしくお願いいたします。

（スライド2）

総合特区とは・・・

新成長戦略（平成22年6月18日閣議決定）実現のための政策課題解決の突破口

「必然性」と「本気度」があり、実現性の高い区域に国と地域の政策資源を集中

国際戦略総合特区
日本の国際競争力を強化する産業機能の集積拠点の形成（7地域指定）

地域活性化総合特区
地域資源を最大活用した地域活性化の取組による地域力の向上（26地域指定）

- 規制の特例措置、税制・財政・金融上の支援措置を総合的に実施
- 「国と地方の協議会」を通じ、地域のニーズに応じた措置を随時追加

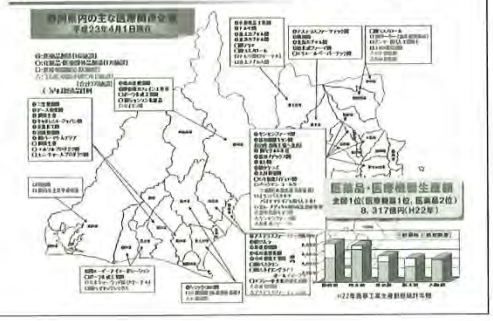
まず、総合特区についての制度的な概要からご説明させていただきます。総合特区制度は、平成 22 年に政府から発表されました、新成長戦略実現のための政策課題解決の突破口ということで、平成 23 年に総合特別区域法という法律が制定され、それに基づいて行われている制度です。

この総合特区制度は、大きく分けて 2 つの特区があります。1 つは国際戦略総合特区で、日本の国際競争力を強化する産業機能の集積拠点の形成ということで、平成 23 年に全国で 7 地域がこの国際戦略総合特区に指定されています。

もう 1 つの地域活性化総合特区は、地域資源を最大限に活用した地域活性化の取組による地域力の向上を目指すということで、全国で 26 の地域が指定されています。私どもの「ふじのくに先端医療総合特区」も、この地域活性化総合特区に指定されています。この特区制度は規制緩和のみならず、税制・財政・金融上の支援措置を総合的に実施するという特徴があり、また、「国と地方の協議会」を通じ、地域のニーズに応じた措置を随時追加していくという制度です。

（スライド3）

静岡県の医療産業のポテンシャル



地域の特性を活かした、地域の活性化を目指すということで、このふじのくに先端医療総合特区が指定されましたが、何はともあれ、とにかくこの静岡県の医療産業のポテンシャルは、先ほど山口総長のお話にもありましたように、平成 22 年の統計では、医薬品や医療機器の生産額の合計が 8,317 億円ということで、全国第 1 位を誇っています。その中でも、特にこの東部地域は医薬品の工場、あるいは医療機器の製造工場が非常に集中している地域ということで、この地域の産業の特徴を活かしてこの総合特区を進めていこうということです。

（スライド 4）



ふじのくに先端医療総合特区は、東部地域の 12 の市町の区域を中心に形成されています。それにこの静岡がんセンターを中心とした産学官に金融機関を入れて、産学官金の連携体制によって進めていくという、協議会の推進の母体がもうすでにでき上っています。この母体を中心に、今後は拠点の整備をし、また、規制緩和や税・財政や金融上の支援をいただきながら、がんの診断装置や診断薬の開発、そして医療機器の開発や部品・部材の供給を進めていくことによって、地域企業の活性化を図るという目的があります。この特区制度自体は平成 27 年までの 5 年間の計画ですが、計画年限の平成 27 年に医療機器の生産額を 4,000 億円まで伸ばそうというのが、この特区の 5 ヵ年の大きな目標です。

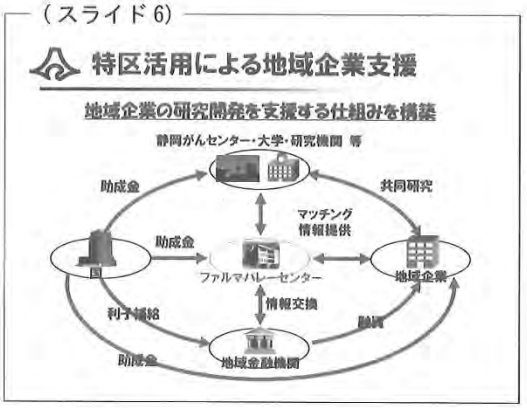
先ほど、平成 22 年は医薬品の生産額と合わせて 8,300 億円余とお話しいたしましたので、この医療機器を中心に伸ばしていくということで、将来はやはり 1 兆円の産業にしていくことが大きな目標です。

（スライド 5）



特区を活用した拠点の整備として、長泉高等学校の跡地を活用し、ここに特区を進めるためのいろいろな拠点機能を整備したらどうかということで、この 1 年間検討を進めて参ります。さらに、このファルマバレープロジェクトの機能を強化するためのいろいろな検討もして参りまして、長泉高等学校跡地で特区の拠点、プラス、ファルマバレープロジェクトの機能をどうやって充実させていくかという検討を、1 年間かけて進めたいと考えています。

（スライド 6）



この特区の制度を活用して地域企業をいかに支援していくかという話ですが、ファルマバレーセンターがコアになり、地域の大学や研究機関、さらに地域の企業に共同研究やいろいろなビジネスマッチングや情報提供をして参ります。

この特区制度により、国から財政的支援として、大学やがんセンターへのいろいろな研究開発費、あるいは企業に対してもいろいろな医療機器等の研究開発の助成金をご支援いただいたり、金融機関からは融資という形でご協力いただきながら、その利子補給という形で国から支援をいただくという、大きなスキームで進めて行く予定でございます。

（スライド 7）

これまでの動きと今後の予定

平成23年	12月22日	地域活性化総合特区地域指定
平成24年	1月18日	国と地方の協議会合同会議 地元説明会
	1月末～	企業訪問
	2月14日	計画認定申請（第1段）
	2月16日	地域協議会
	2月～4月	国との協議
	3月9日	計画認定（第1段）
	5月以降	計画認定申請（第2段、第3段）

※国への追加支援の提案は随時行っていく

これまでの動きを簡単に申し上げます。本日のプログラムの表紙にございましたとおり、平成 23 年の 12 月に地域活性化総合特区の地域指定をいただき、年明けから国と県との間でいろいろな協議を進めています。さらに地域の企業や金融機関の皆様と一緒に、今後のこの特区の進め方についていろいろなご意見をいただきながら協議を進め、このほど、3 月 9 日にまずこの特区の計画の第 1 段ということで、国から認定をいただいたところです。今後 5 月以降は第 2 段、第 3 段ということで、さらにこの計画を充実、追加をさせていく予定です。

（スライド 8）

計画認定申請（第1段） 3月9日認定

2つの事業が計画認定された

事業名	総合特区支援利子補給金
対象事業	医薬品・医療機器の設備新増設や研究開発費
制度概要	5年間、融資金利が最大0.7%減

事業名	経済産業省：課題解決型医療機器開発支援事業
事業主体	ファルマバレーセンターを中心とした共同事業体
制度概要	中小企業、医療機関、研究機関等の共同体による医療機器・関連機器の開発（要素技術の確立、試作品製作、非臨床試験、臨床試験、治験等）に関する取組を支援。 1年間／総額1億円

この 3 月 9 日に認定をいただいた計画の第 1 段の内容ですが、まず 1 本目は金融支援です。企業が医薬品や医療機器等の設備投資、あるいは研究開発費が必要になった場合に金融機関から融資を受けます。その場合の融資利率が 0.7%減になるという利子補給制度です。

2 本目は、経済産業省から課題解決型医療機器開発の支援事業として、1 億円の予算の内定をいただきまして、今後地域の中小企業や研究機関の皆様との共同体によって、医療機器、あるいはその関連機器の開発に取り組んでいただく予定です。この 2 本の事業につきましては、今年度（平成 23 年度）から、今月（平成 24 年 3 月）の末からスタートする予定になっております。

（スライド 9）

計画認定申請（第2段）

国に提案している特例措置

- 総括製造販売責任者・責任技術者の資格要件の緩和
- 総括製造販売責任者の設置要件の緩和
- 医療機器の認証範囲の拡大
- ソフトウエア単独での製造販売承認を認める特例
- PMDAへの相談・申請手数料の割引
- 研究開発費の優先採択制度
- 研究開発費に対する税制優遇
- 新規立地企業に対する法人税の減免　など

国と協議が整った提案について、5月以降に予定されている計画認定（第2段）で申請する。

9

次に今後の第 2 段に向けてのお話ですが、実は第 1 段の中には規制緩和の項目は一切入っておりません。今現在は国のいろいろな関係府省と協議をしているところで、協議をしている内容はこちらの記載のとおりです。特に薬事法に関連する規制緩和を中心に、国と協議をしています。地域の企業が医療機器分野へ参入する際にいろいろな規制がありますが、現在はそれを少しでも緩和いただこうということで、様々な項目について、5 月の第 2 段の申請に向けて協議を進めているところです。

（スライド 10）

計画認定申請（第3段）

提案を検討している特例措置

- 企業の設備投資等に対する法人税の減免
- 特区内企業への個人出資に対する所得控除
- 土地利用規制の緩和
  （農地、市街化調整区域の開発行為など）
- がん患者を就労する企業への支援
- 温泉旅館の健康産業への転換に対する助成

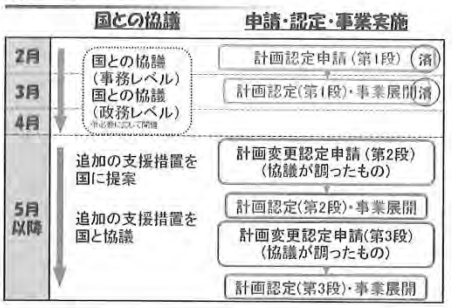
国際戦略特区や東日本大震災復興特区の支援措置を参考に新たな支援措置を国に提案していく。

さらに新たな要望や提案も考えています。これまでに国と協議をしている内容は、医薬品や医療機器の開発という点にテーマを絞って、いろいろな規制緩和や税財政の支援措置を求めておりますが、それ以外にも、企業の設備投資等に対する法人税の減免や、特区内企業への個人出資に関する所得控除、それから、実は地域から土地利用関係の規制緩和という声もかなり上っています。また、がんセンターからは、がん患者が就労する企業への支援のようなこともどうかというご要望も上っていますので、このような要望事項を地域の皆様からこれからいただいた上でいろいろ精査をし、今後また追加の提案も考えていきたいと思っております。

現在は、総合特区の中でも国際戦略特区という、税財政面で非常に支援の充実した制度があります。また、東日本大震災関係の復興特区でも現在いろいろな支援措置が進められておりますので、そういうものを参考にしながら、今後はこの地域活性化特区についての支援措置を国に提案していきたいと考えています。

（スライド 11）

申請スケジュール



これは今後のスケジュールです。今申し上げたとおり、この 4 月ぐらいまでに国との協議を進め、5 月以降に第 2 段の認定申請、さらに秋に向けて第 3 段の認定申請を推し進めて参りたいと考えています。

（スライド 12）

地域向け説明会の日程

主に東部12市町県議会議員や12市町の行政、議員等に対して特区計画を説明し、計画実施の協力依頼。

3月28日（水）15時～	三島会場	三島市消防庁舎
4月10日（火）17時～	富士会場	ふじさんめっせ
4月11日（水）13時30分～	沼津会場	沼津市民文化センター
4月17日（火）13時30分～	裾野会場	裾野市生涯学習センター

そのためには、地域の皆様にこの特区制度についてさらに詳しくご説明をさせていただくということで、3 月末から 4 月にかけて、このような日程で静岡県東部地域の 4 会場で説明会を予定しています。これまで企業関係や商工団体の皆様にはいろいろな説明をさせていただきましたが、市町の行政、あるいは議員の先生方等には充分に PR させていただいておりませんので、そういう関係の皆様、あるいは医療関係の団体の皆様にもぜひご説明をさせていただきたいということで、このような予定を組んでおります。ぜひご参加をお願いしたいと思います。

（スライド 13）

皆様へのお願い

- ファルマバレーセンターの積極的な活用
  （ファルマ関連企業の技術シーズ集への掲載協力）
- 規制緩和・財政支援措置の新たな提案
- 利子補給金制度の積極的な利用

そのような説明に向けて、私どもはどのようなことを皆様方にお願いしていくかということですが、まず、ファルマバレーセンターは地域の企業、あるいは研究機

関との間で様々なコーディネートをしておりますので、ぜひこのファルマバレーセンターのコーディネート機能を活用していただきたいと思います。特に企業の様々な情報、あるいは企業が持っている技術シーズをファルマバレーセンターの方にご紹介いただきたいというのが、まず第一のお願いでございます。

特に、ファルマバレーセンターでは地域企業の技術情報、あるいは企業の様々な分野のデータを集めており、約 200 社の企業の企業名鑑を現在作成しておりますが、今後はこれをさらに 400 社ぐらいまで伸ばしていこうということで、いろいろな企業情報を集めております。特に医療分野への参画を希望されている企業がございましたら、ぜひファルマバレーセンターの方へご紹介ください。さらに規制緩和や税財政支援等の新たな提案についても、情報をお寄せいただきたいと考えております。

3 つ目は、もう今月（平成 24 年 3 月）末から利子補給制度が具体的に始まりますが、地域の 10 の金融機関がこの利子補給制度に参加する予定ですので、特に融資関係のご相談がありましたら、ぜひ積極的にご活用いただきたいと思っております。

このような特区に関するご相談、あるいはお問い合わせにつきましては、県庁で私どもの新産業集積課、それから地域の企業の皆様にはこのがんセンターの研究所にファルマバレーセンターの事務所もございますので、ぜひそちらの方にいろいろなご相談や情報提供をしていただければと思います。

ご清聴ありがとうございました。

静岡がんセンターにおける胃がんの治療の取り組み



静岡がんセンター 胃外科部長
寺島 雅典

経　歴

1983	岩手医科大学卒業
1994-1995	米国ハーバード大学、 ダナファーバー癌研究所留学
2002-2008	福島県立医科大学外科学第一講座助教授
2006	岩手医科大学客員教授
2008～	静岡がんセンター胃外科部長

－要　旨－

近年我が国においては腹腔鏡下胃切除術(LAG)が急速に悲泣しているが、胃癌治療ガイドラインにおいては未だ研究的治療と定義されている。これは LAG の開発導入段階において、臨床試験によって安全性と有効性を明確に証明できなかった事が大きな理由と思われる。そこで、ロボット支援手術(RADG)の導入においても同じ轍を踏まないように、我々は RADG の安全性を評価する事を目的とした臨床第 II 相試験を企画した。本試験の主要評価項目は術後腹腔内感染性合併症とし、副次的評価項目は全生存期間、無再発生存期間、RADG 完遂率、有害事象の発生頻度とした。予定集積症例数は 23 例で、本試験の終了後には多施設共同の無作為化比較第 II 相試験を企画する予定としている。

臨床試験と並行して、ふじの国総合医療特区の一つの事業としてファルマバレーセンターを活用した RADG の機器開発にも取り組んで行く予定である。

将来的には静岡がんセンターがロボット手術の中心的施設となる事を期待している。

皆様、こんにちは。セッションⅠでは、主に“ダ・ヴィンチ”という手術支援ロボットを使った臨床的なお話をいたします。この分野については韓国が非常に進んでおりますが、本日は、韓国からご高名で、最もオピニオンリーダーである先生をお 2 人お招きしております。また、我が国におきましては胃がんの領域で日本でトップを走っておられます、藤田保健衛生大学の宇山先生からもご講演を賜る予定にしております。そして、世界的に見てこの“ダ・ヴィンチ”システムは泌尿器科領域で最も進んでおり、我が国におきまして泌尿器科領域で最も症例数を検出されております、東京医科大学の大堀教授からも前立腺手術についてご講演いただく予定になっております。

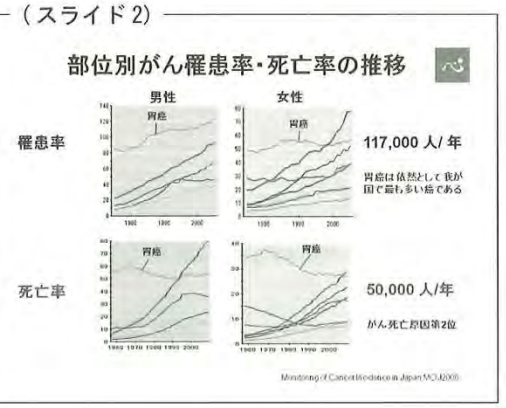
それでは、まず「静岡がんセンターにおける胃がん・大腸がん治療の取り組み」について、私と絹笠部長からお話をさせていただきます。

（スライド 1）



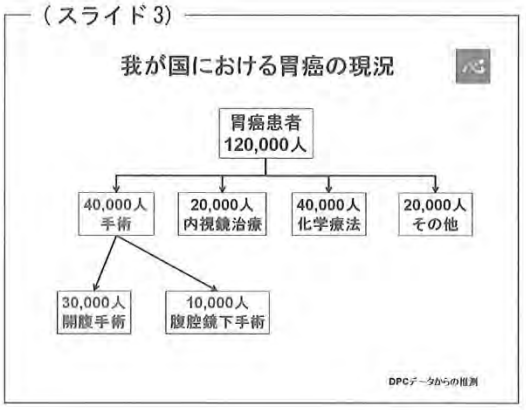
本日は胃がんの話題が非常に多いので、私の方からは胃がん手術の一般的な総論的な内容についてご紹介したいと思います。

（スライド 2）



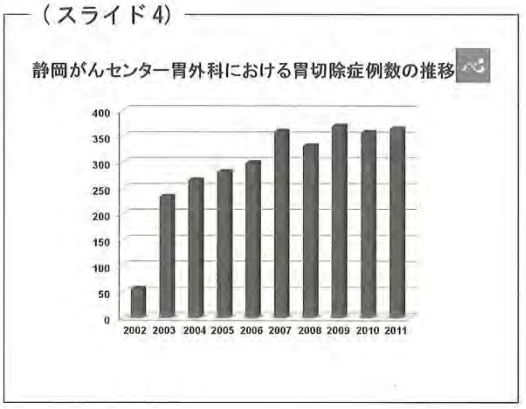
現在胃がんの罹患率は年間約 12 万人程度で、胃がんは減っているとは言われていますが、依然として我が国で最も多いがんです。毎年大体 5 万人の方が胃がんで亡くなり、肺がんに次いで死亡原因の第 2 位になっています。

（スライド 3）



約 12 万人の胃がんの患者さんが実際にどのような治療を受けられておられるかと申しますと、4 万人の方が手術を受けられており、そのうち 3 万人は普通の開腹手術、1 万人は腹腔鏡の手術を受けられています。残りの 2 万人の方は、早期がんで見つかった場合には内視鏡で治療を受けられますし、4 万人の方は、残念ながら少し進行していると化学療法、あるいはもう少し進んでおりますと緩和医療という現状です。

（スライド 4）



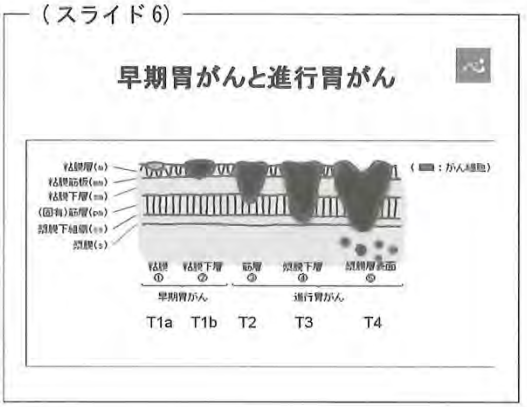
静岡がんセンターにおける胃がんの手術件数について見てみますと、2002 年 9 月の開院以来、地域の先生方や住民の方々のご支援を賜りまして、このように順調に数が伸びて参りまして、2007 年からは年間 350 件から 370 件の胃がんの手術件数がございます。

（スライド 5）



この数字が日本で大体どのような位置付けかと申しますと、静岡がんセンターは、がん研有明病院、国立がん研究センター中央病院に続いて、胃切除では 3 番目ですし、内視鏡治療は当院の小野部長のご尽力により、実に 1 例差ですけれども、がん研有明病院に次いで第 2 位となっております。これは東京の中心にある病院ではない、この静岡県の地方にある病院としましては極めて異例なことで、大変多くの患者さんが当病院にお集まり下さっています。

（スライド 6）



胃がんの治療について簡単にご説明いたします。胃がんはこのように粘膜にできるがんですが、進行するにつれて段々と深くなって参ります。それが粘膜とその下の粘膜下層に留まっていれば T1 という早期胃がん、これがより深くなってきますと、いわゆる進行胃がんとなりまして、T2、T3、T4 というように数字が上がって参ります。

（スライド 7）

進行度分類

	N0	N1	N2	N3	T/NIにかかわらずM1
T1a (M), T1b (SM)	IA	IB	IIA	IIB	IV
T2 (MP)	IB	IIA	IIB	IIIA	
T3 (SS)	IIA	IIB	IIIA	IIIB	
T4a (SE)	IIB	IIIA	IIIB	IIIC	
T4b (SI)	IIIB	IIIB	IIIC	IIIC	
T/NIにかかわらずM1					

このTという、いわゆるがんの深さと、Nというリンパ節転移の数によって胃がんの進行度が決まります。勿論、肝臓や腹膜といった遠隔転移があればⅣ期となるわけですけれども、その他のがんではⅠ期からⅡ期、Ⅲ期というように段々と進んで参ります。

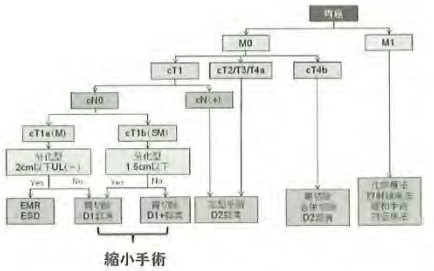
（スライド 8）



では、どのように胃がんの治療を決めるかと申しますと、我々は基本的に標準治療として、2010年10月に改訂されました、日本胃がん学会から公刊されております『胃がん治療ガイドライン』に則って治療方針を決めています。

（スライド 9）

日常診療で推奨される治療選択のアルゴリズム



こちらは標準治療、日常診療で推奨される治療選択のアルゴリズムを示したものですが、ごくごく早期のがん、リンパ節転移がない粘膜内がんでは内視鏡治療が推奨されておりますし、若干それよりも進んでしまったがんに対しては縮小手術、進行がんに対しては定型手術が推奨されています。

（スライド 10）

手術の種類と定義

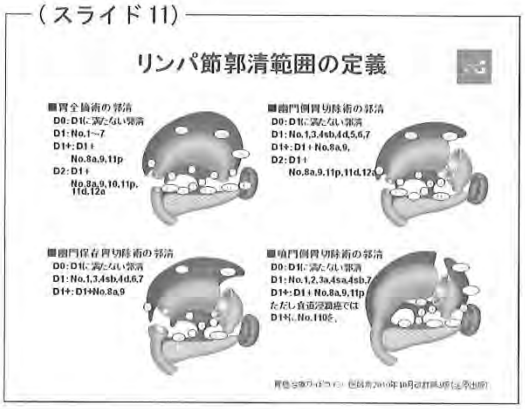
治癒手術	定型手術	主として根治を目的とし標準的に施行されてきた胃切除術. 胃の2/3以上の切除とD2リンパ郭清を行う.
	非定型手術	進行度に応じて切除範囲やリンパ郭清範囲を変えて行う手術. ◆縮小手術: 切除範囲やリンパ郭清程度が定型手術に満たないもの (D1, D1+ など). ◆拡大手術: ①他臓器合併切除を加える拡大合併切除手術. ②D2以上のリンパ節郭清を行う拡大郭清手術.
非治癒手術 根治が望めない症例に対して行う.	姑息手術	切除不能の肝転移や腹膜転移などの非治癒因子を有し, かつ, 出血, 狭窄, 疼痛など腫瘍による症状のない症例に対して行う胃切除術. 腫瘍量を減らし, 症状の出現や死亡までの時間の延長が目的であるが, 明らかなエビデンスはない.
	緩和手術 (姑息手術)	根治切除不能症例における出血や狭窄などの切迫症状を改善するために行う手術. ◆姑息的胃切除: 腫瘍による狭窄や持続する出血に対し, 安全に胃切除が行える場合. ◆バイパス手術: 切除が困難または危険な場合.

胃癌治療ガイドライン 医師用 2010年10月改訂 第3版(金原出版)

これについて簡単にお話ししますと、リンパ節を取る手術(リンパ節郭清)の範囲によってD1やD2と決められていますが、定型手術では、より広範囲なD2リンパ節郭清と胃の広範囲な切除を行います。

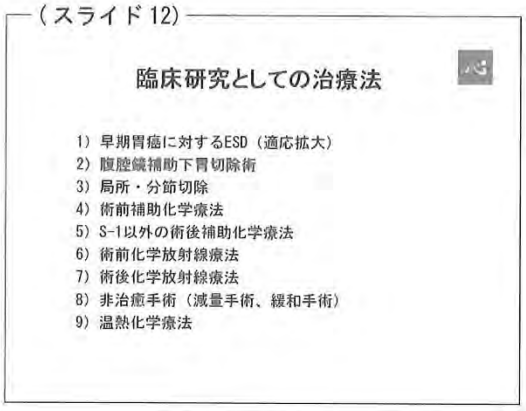
これに対して、非定型手術の中でより縮小した範囲の手術を縮小手術と言います。要するに縮小手術の方が手術は簡単ですので、腹腔鏡手術やロボット手術等が応用しやすいわけです。

（スライド 11）



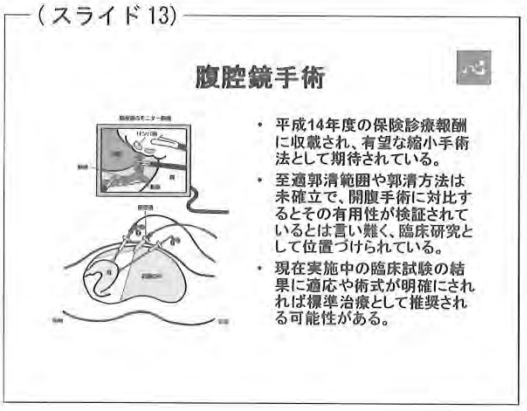
非常に細かいスライドで恐縮ですが、我々日本の外科医はこういったリンパ節の部位毎の番号を全て記録しており、郭清するリンパ節の取るべき範囲がこのように細かく決められております。この D1 は縮小手術で、D2 は定型手術です。このように胃の切る範囲を狭めた幽門保存胃切除や噴門側胃切除等は縮小手術として、このような手術を行っても良いというようにガイドラインに明記されています。

（スライド 12）



こういった縮小手術には腹腔鏡手術が非常にやりやすいのですが、ガイドラインにおいては未だ腹腔鏡補助下胃切除術は臨床研究という位置付けであり、標準治療としては認められておりません。その理由は、これまで数多くの胃がんの手術が腹腔鏡で行われておりますが、開腹手術に勝るという明確な根拠、エビデンスが未だ確立されていないという状況だからです。

（スライド 13）



平成 14 年度にはすでに保険診療報酬に収載されておりますし、今回の平成 24 年の改訂でもかなり腹腔鏡手術が広範囲に認められておりますが、学会で提案している標準治療と保険診療ではどうも若干ギャップがあるという現状です。そのために、現在は臨床試験を行い、エビデンスを構築している段階です。

（スライド 14）



ところが、このように手術の傷を見ますと、腹腔鏡手術はほとんど傷がわからないという、今はもうお臍だけでできるような手術もありますので、昔のような大きな傷と比べますと当然傷の大きさが違いますので、患者さんにとってはより小さい傷の方が良いのは言うまでもありません。

（スライド 15）



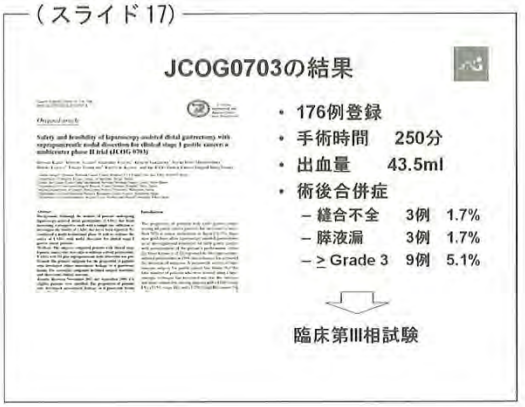
1991 年から腹腔鏡の胃切除が始まりましたが、鰻登りで数が増えて参りまして、冒頭でお話ししましたように、現在では約 1 万人の患者さん、要するに、胃がんの手術を受ける方の 4 人に 1 人は腹腔鏡手術を受けられているという状況です。

（スライド 16）



我々静岡がんセンター、国立がんセンターやがん研病院などが参加しています日本臨床腫瘍グループ（JCOG: Japan Clinical Oncology Group）ではこういった手術のエビデンスを作るために、まず最初にこの手術の安全性に関して第 II 相試験を行いました。

（スライド 17）



170 例の患者さんを予定しておりましたが、最終的には 176 例の患者さんにご参加いただきました。その結果を見ますと、術後の合併症については、縫ったり繋いだところがうまくくっ付かない頻度は僅か 1.7%、それから胃の後ろ側にあります膵臓を損傷して膵液が漏れてくる頻度も 1.7%ということで、むしろ開腹手術よりも少ないぐらいの合併症率でした。これで初めて腹腔鏡手術は安全に行えることが検証されました。

（スライド 18）



現在は臨床第 III 相試験に進んでおります。これは開腹手術と腹腔鏡手術を無作為に割り付け、成績を比較するものです。この場合の最終的な評価項目は生存期間ですから、開腹手術よりも再発率が劣らないことを検証するために、現在我々も中心となってこの試験に参加しております。920 例の患者さんが参加する予定で、昨日現在で 540 数例ですので、おそらく今年一杯でこの登録は終了し、数年後には本当にこの腹腔鏡手術が開腹手術に劣らないということが証明されると考えています。

（スライド 19）

ロボット手術
da Vinci S Surgical System

ロボット手術について見てみます。

（スライド 20）

Summary of reports on robotic surgery for gastric tumors

Ref.	Yr	Country	Study design	Patients	Surgery	Sample
Hashizume et al[16]	2003	Japan	Review		Robot	
Anderson et al[17]	2007	USA	Case series	Gastric adenocarcinoma only	Robot	7
Hyung et al[18]	2007	South Korea	Review, Nonrandomized comparative	Gastric adenocarcinoma only	Initial Robot	60
					Initial Lap	10
					Recent Lap	10
Patriti et al[19]	2008	Italy	Case series	Gastric adenocarcinoma only	Robot	15
Pugliese et al[20]	2009	Italy	Nonrandomized comparative	Gastric adenocarcinoma only	Robot	9
					Lap	9
Song et al[21]	2009	South Korea	Nonrandomized comparative	Gastric adenocarcinoma only	Initial Robot	30
					Initial Lap	30
					Recent Lap	30
Song et al[22]	2009	South Korea	Case series	Gastric adenocarcinoma only	Robot	100
Huy et al[23]	2010	South Korea	Case series	Gastric adenocarcinoma only	Robot	7
Pugliese et al[24]	2010	Italy	Nonrandomized comparative	Gastric adenocarcinoma only	Robot	16
					Lap	16
Kim et al[25]	2010	South Korea	Nonrandomized comparative	Gastric adenocarcinoma only	Robot	16
					Lap	11
					Open	12
Kiya et al[26]	2010	South Korea	Case series	Gastric adenocarcinoma and	Robot	3
				Gastric SMT	Lap	19
Jimbo et al[27]	2010	Switzerland	Case series	Gastric SMT only	Robot	7

Lap: Laparoscopy, SMT: Submucosal tumors

Baek SJ et al., World J Gastrointest Oncol 2011

このようにロボット手術に関しては、韓国を中心として非常に数多くの施設から報告がされております。しかし、後ほどご講演いただくヒョン先生のいらっしゃる延世大学が 100 例ですが、それ以外はどれも 10 例、7 例、9 例というような、非常に少数例の臨床経験の報告しかありませんので、この状況では未だダ・ヴィンチ手術が安全に行われるかどうかについては検証されておりません。

（スライド 21）

我が国におけるロボット支援胃切除の実績

藤田保健衛生大学	100例
佐賀大学	20例
神戸大学	9例
鳥取大学	6例
岡山大学	5例
名古屋大学	4例
静岡がんセンター	2例
京都大学	2例
東京医大	1例
松波総合	1例
計	151例

2012年1月現在

これは国内の現況です。2 月現在でまとめてみますと、後でご講演くださる宇山先生の藤田保健衛生大学が 101 例と、もう断トツでトップを走っていますが、その他は大体 10 例未満です。当院におきましても 1 月から手術を開始して、今やっと 3 例、来週もう 1 例予定しておりますので 4 例という状況ですので、日本ではこういった胃がんにおいてのロボット支援手術がやっと始まったばかりという状況です。

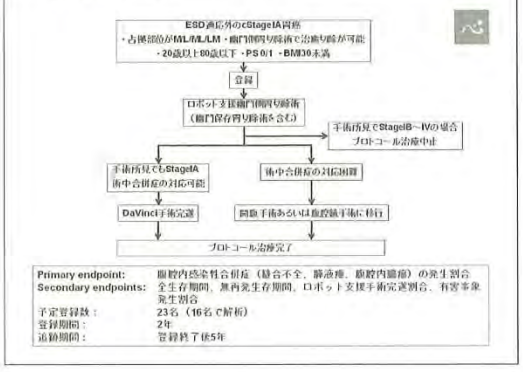
（スライド 22）

ロボット支援胃切除術の臨床第II相試験



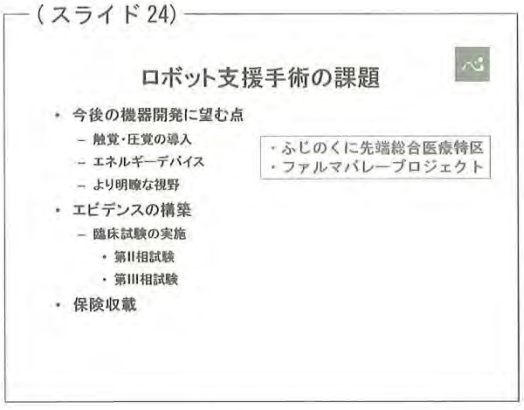
しかし、我々はこういった状況でもやはり今後のエビデンスを作るためにはきっちりとした臨床試験で評価していかなければならないと考え、手術支援ロボットを用いた胃切除の安全性に関する第 II 相試験を企画しています。これは米国の国立がん研究所のクリニカルトライアル、PDQ®（Physician Data Query®）にも登録しております。今このように臨床試験は全て登録されておりますので、登録した臨床試験によってロボット支援手術の安全性を評価したいと考えています。

（スライド 23）



こちらはサマリーですが、対象はステージⅠの胃がんの患者さんで、ロボット支援手術を行って、最終的にその合併症の発生率を、先ほど「腹腔鏡手術は安全ですよ」というお話をしましたが、それと同じような指標を持って安全に行えるか否かを評価していきたいと思っております。予定としては23名の患者さんを登録し、その中で16 名の患者さんで解析していく予定です。おそらく2012 年中、あるいは 2013 年頭初には登録が終了して、評価できるのではないかと考えております。

（スライド 24）



こういったロボット支援手術には幾つかの課題があります。当然今の機械よりさらに良い機械の開発が切望されます。“ダ・ヴィンチ”システムは触った感触がないのが一番の欠点と言われていますので、触覚・圧覚が導入できたらとか、止血するためのもっと新しい機械が使えたら、それからもっとはっきり見えたらさらに手術がしやすいのになど、こういった問題につきましては、ふじのくに先端総合医療特区やファルマバレープロジェクトでぜひ検討していただければと思います。

我々医療者側としては、これが将来的にきちんと認められるように、今後も臨床試験を進行して、第Ⅱ相試験から第Ⅲ相試験に進めて参りたいと考えておりますし、これから外保連（一般社団法人外科系学会社会保険委員会連合）等を通し、中医協（中央社会保険医療協議会）に保険収載についても働きかけていくよう考えています。

（スライド 25）



以上です。ご清聴ありがとうございました。

静岡がんセンターにおける大腸がんの治療の取り組み



静岡がんセンター 大腸外科部長
絹笠 祐介

経　歴

1998	東京医科歯科大学医学部医学科卒業
2007	東京医科歯科大学大学院
	腫瘍外科学分野卒業
2001-2004	国立がんセンター中央病院
	大腸外科レジデント
2005-2006	札幌医科大学解剖学第2講座特別研究生
2006	静岡がんセンター大腸外科
2010.4～	静岡がんセンター大腸外科部長

－要　旨－

直腸癌の手術は、解剖学的に難易度が高いとされている。直腸が狭い骨盤壁に囲まれているなかで、周囲の筋膜と直腸固有筋膜の境界を剝離する必要がある。この手技は Total mesorectal excision（TME）と呼ばれ、直腸癌における世界の標準術式である。一方、日本では、D3（TME に加えて側方リンパ筋郭時滑を併用）を進行直腸癌の標準治療としており、さらに高度な技術を要する。静岡がんセンターではこれまで、TME を腹腔鏡手術、D3 を開腹手術の適応としてきた。2011 年よりロボット手術を導入し、さらなる手技の向上により、今後はロボット支援下直腸癌手術の増加が期待される。

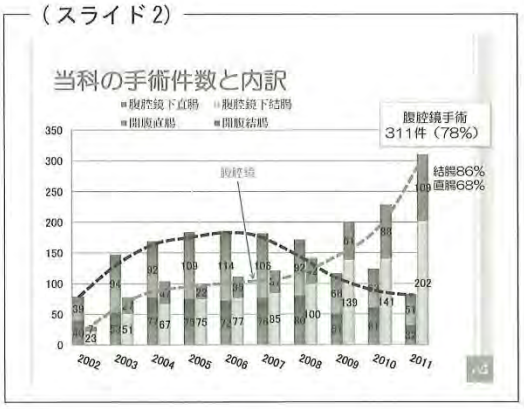
（スライド 1）



静岡がんセンター大腸外科の絹笠です。よろしくお願いいたします。

大腸がんに関しましては、どちらかと言うと、胃がんよりも腹腔鏡手術方の歴史は古いと言うか、今急速に拡大しつつありまして、ガイドライン上でも技術の進行度に合わせて腹腔鏡手術の適用を決めるような拡大の解釈も許されているという状況です。そこで、我々静岡がんセンターでダ・ビンチ手術を導入して、今どのような位置付けでやっているのか、また今後どのようなことを目標にやっていくのかについてお話をさせていただこうと思います。

（スライド 2）



当院も大腸がん症例は比較的多く、こちらの灰色の線が腹腔鏡の手術、黒い線が開腹手術の症例数を示していますが、やはり開院の 2002 年から我々の技術の進歩に合わせて、腹腔鏡の手術の適用が段々と増えております。2008 年にちょうど開腹手術と腹腔鏡手術の症例が逆転し、2011 年は 400 件近くある原発巣切除の中の大体 8 割のがんを腹腔鏡手術で行えるようになりました。

（スライド 3）



腹腔鏡の手術は、お腹の中に腹腔鏡のカメラを挿入して、このようにカメラがハイビジョンでとてもきれいに見えるといった機械も発売されています。鉗子という特殊な手術の機械を使って、今までの開腹手術と同じような手術をやるという具合でやっています。こちらは腹腔鏡の手術のシーンですが、やはりとてもきれいな視野で、今までは見えないような細い血管や神経、これは膵臓や十二指腸が見えている場面ですが、そういったところの手術も開腹手術と比べてもずっとよく見えて手術ができます。傷が小さくて痛みが少ない、整容性に優れる、そして低侵襲なので患者さんの早期退院、早期社会復帰が可能であるという、元々始まった腹腔鏡のメリットよりも、むしろ我々がんを治す立場の者からしてみれば、見難い血管や神経も見えて、手術の精度はより高まると考えており、技術の進歩に伴ってできるだけ適用を拡大していこうという取組でやっています。

（スライド 4）



このような腹腔鏡手術で 8 割のがんを治せるという立場でやっている中で、今年導入になったダ・ビンチシステム（da Vinci S サージカルシルテム）をどのように活用してくのか、導入してみた経験についてお話をさせていただきたいと思います。

（スライド 5）



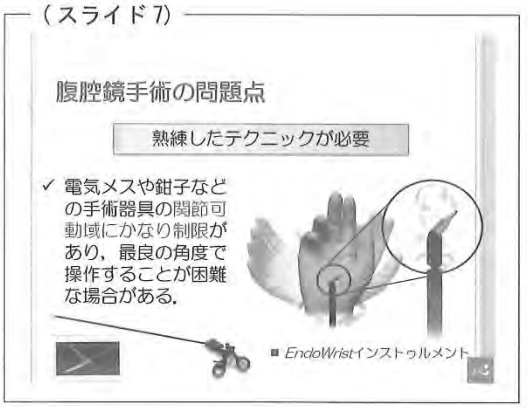
まず、腹腔鏡手術で今何に困っているのかという問題点を挙げさせていただきます。こちらはダ・ビンチのメリットです。何はともあれ、腹腔鏡手術は熟練したテクニックが必要です。当病院も開院して 10 年でようやく腹腔鏡手術でほとんどの手術ができるようになりましたが、かなりトレーニングを積んで、ようやく開腹手術を超える手術になってきたというのが実感です。なぜそんなに難しいのかと申しますと、腹腔鏡の手術はモニター上のテレビ画面を見なくてはなりませんので、我々が両目で見ている立体的な視野は生まれません。しかし、このダ・ビンチの機械は 3D、立体で手術ができますので、奥行きがわかるというメリットがあります。

（スライド 6）



そしてもう 1 つ、腹腔鏡手術の難しいところは、手術は基本的に 3 人で行うのですが、カメラを持つ助手と前側に立って手術を手伝ってくれる助手の先生達も一緒にトレーニングを受けて、手術に精通しなくてはなりません。それでないと腹腔鏡手術はできないのですが、これがダ・ビンチになりますと、自分で操れるものがこちらのカメラ、さらには今まで助手の先生が使っていた鉗子、つまり自分が今まで 2 本しか使えなかったものが 4 本使えるようになるということで、基本的な手技に関しては、助手の先生の力量に問われずに安定した手術ができるというメリットがあります。

（スライド 7）



まだまだたくさんありますが、最後の代表的なものに関して言えば、手と違うのは手術の道具、腹腔鏡手術ではどうしても鉗子は基本的には真っすぐにしか伸びませんし、中で開くか閉じるかという動きしかできません。これではどうしても細かなところ、行きたいところに行けない、切りたいものが切れないというデメリットがありましたが、ダ・ビンチになりますと、人間の手よりも自由度が高

くなります。このような多関節を持つ先端が付きますので、自由自在に思い通りのところが切れるというメリットがあります。

（スライド 8）



こちらは私の手術の 2 例目です。2011 年 12 月に始めて、2012 年 1 月の、まだ始めて 2 例目の手術ですが、血管からリンパ節を取ってこようという場面です。今ちょっと画面から外れた、画面の上の部分が自分が扱っている、普段ですと助手が持っている鉗子です。こういうところを助手の先生に持ってもらいますと大体ちぎってしまうのですが、これは自分で、安定して好きな方向に好きな角度で持てます。そして組織も非常に優しく把持ができるし、思い通りの方向に引くことができるというメリットがあります。

このように血管の薄い膜を持つことも 2D の腹腔鏡ではなかなか難しいのですが、この画面は 2D ですが、実際には僕はこれを立体で見ていますので、血管との位置関係等も非常によくわかります。このように自分で助手の鉗子を思い通りの場所に動かしながら手術ができるので、非常にこの辺りはストレスがありません。そしてテレビ画面も自分で動かせますので、一切「あっち行け、こっち行け」と指図しなくても手術ができるという利点があります。このように普通は腹腔鏡手術でここまで血管を出すと疲れてしまうのですが、ダ・ビンチ手術では意外に簡単に行うことができました。

ただそうは言っても、今までもこういった手術は腹腔鏡で全てこなしておりましたので、これからどういう方向に持って行くのかはまた 1 つの問題点ではあります。

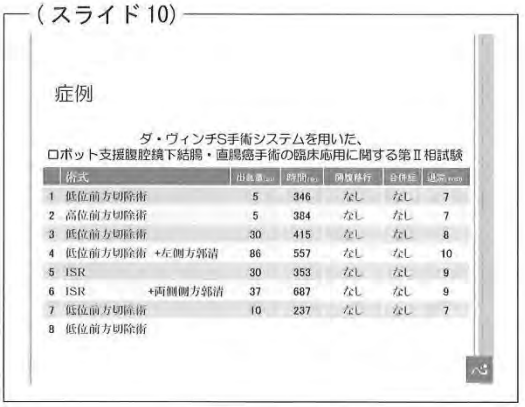
（スライド 9）



我々が腹腔鏡手術でやるには今一番困難であろうという症例は、こちらの我が国独自の手術で、直腸がんに対する側方のリンパ節郭清です。欧米式の直腸がんの手術は、直腸の周りの脂肪と直腸だけを取るといった手術がいわゆる世界標準ですが、日本は昔から手術の技術に関してはトップレベルと自負しており、中でもこの側方リンパ節郭清という、周りの骨盤の血管や泌尿・生殖器の神経、足の血管の中に囲まれている転移を起こす可能性のある脂肪、リンパを取ろうという手技です。これは実際の開腹手術の写真ですが、これが膀胱に向かう神経で、こちらが膀胱に向かう血管、そして脚に行く血管、脚に行く神経というわけで、こういう重要な臓器を残しながら周りの脂肪を取らなければならないという手術です。これは腹腔鏡でやることはちょっと難しいのですが、後でお示ししますダ・ビンチはとても良いのではないかということで、現在 8 例をダ・ビンチの手術で行い、そのうちの 2 例に側方郭清を施行しました。

やってみた感じは、やはり開腹手術の利点と腹腔鏡手術の利点が非常にうまく組み合わさっていて、よく見えるし、痒いところに手が届く、難しいところにも手が届くという具合です。この神経は脚に行く神経です。こちらの太い神経も脚に行く神経です。これが直腸がんの手術の限界の手術ですが、超進行がんに対しても、今まで大きく開腹手術で行っていた手術が、ロボットを使うことによって、小さな傷で、低侵襲で、しかもよく見えて、精度の高い手術ができるのではないかと、2 例行った時点でもうすでに十分実感できるレベルになっているのではないかと思います。専門的になりますけれども、この辺りが神経、そして血管が入って、骨盤、脚の神経、こちらも脚の神経という形で、この部分のリンパを取る手術を行っています。

（スライド 10）



これまでに 8 人の患者さんに手術を施行いたしました。これはまだ先週行ったばかりで、また明後日に 9 例目を行いますが、おそらく今月中に 10 例に届く予定です。

手術時間はやはり最初のうちはまだ時間がかかっていました。ただ、前回の 7 例目の症例に関して言えば、もう大分と腹腔鏡の手術と比べてもそんなに遜色ない時間になってきたかと思います。この私のダ・ビンチの手術は、全てこの後でご講演くださる延世大学のミン先生に教わったやり方で行っています。非常に経験が豊富なので、とても直腸がんの手術に適したやり方であると実感しています。直腸がん領域において言えば、益々ダ・ビンチ手術が今後も世界の主役になっていくだろうと実感しています。

（スライド 11）



私の方からは以上です。ありがとうございました。

The Current State and the Future of Gastric Cancer Treatment in Korea



延世医科大学 外科 准教授
Associate Professor, Department of Surgery,
Yonsei University, College of Medicine

ヒョン ウジン
Woo Jin Hyung

経歴 (Curriculum Vitae)

1986–1988	延世大学医科大学 進学課程 Yonsei University, Premedicine Program
1988–1993	延世大学医科大学 医療院医学博士 Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea; MD
2001–2003	延世大学医科大学 大学院修士課程修了 Yonsei University, Graduate School; BS
2001.5–2003.3	延世大学医学大学 外科 講師 Instructor, Department of Surgery, Yonsei University, College of Medicine
2003.3–2004.2	延世大学医学大学 外科 常勤講師 Full-time instructor, Department of Surgery, Yonsei University
2003–2006	高麗大学大学院博士課程 Korea University, Graduate School, Seoul, Korea; PhD
2004.3–2008.2	延世大学医科大学 外科 助手 Assistant Professor, Department of Surgery, Yonsei University
2008.3–present	延世大学医科大学 外科 准教授 Associate Professor, Department of Surgery, Yonsei University
2011.3–present	延世大学医科大学 医療院 セブランス病院 ロボット&低侵襲手術センター センター長 Director, Robot & MIS Center, Severance Hospital, Yonsei University Health System

Executive Summary

Conventional laparoscopic surgery for gastric cancer does not gain wide popularity sufficiently because particularly D2 lymph node dissection is difficult. It is known that some specific technical disadvantages of conventional laparoscopic surgery makes D2 lymph node dissection difficult. Recently, rapid developments in the technology were adopted in the field of surgery. In this context, robot surgery was introduced as a new minimally invasive method. Herein, current status of robotic surgery for gastric cancer is described in brief. In many retrospective studies performed in Korea, robotic gastrectomy was compared with laparoscopic and open gastrectomy, no difference was determined between open, laparoscopic and robotic groups for complication. Estimated blood loss and duration of hospitalization was found to be less and duration of operation longer in robotic group. However, it was concluded that the surgeons could perform D2 lymphadenectomy easily with robot.

In their series of 60 patients performed 20 robotic gastrectomy with first and last 20 laparoscopic gastrectomy, we found that experienced laparoscopic surgeons may be readily adapted to robotic gastrectomy. In a study comparing learning curves of

conventional laparoscopic and robotic surgeries, it was shown that learning curve of laparoscopic surgery was more perpendicular and robot-assisted surgery could be readily adapted. It is stated that surgical manipulation ability is gained more rapidly in robotic surgery system due to easy maneuverability and productivity may be obtained in a shorter period. It was also demonstrated that robotic surgery reduced the learning curve in complex minimally invasive surgeries. Required case number for stabilizing the duration of operation in robotic distal gastrectomy was reported to be 10.

In conclusion, robotic gastric cancer surgery is a complex operation which can be performed safely with the expected advantages of minimally invasive surgery. Studies of short-term outcomes demonstrate less blood loss, less pain and shorter hospital stay for robotic gastrectomy when compared to laparoscopic gastric cancer operations. As surgeons become more adept at robotic gastrectomies and the clinical and oncologic outcomes remain favorable; robotic surgery may offer a sound alternative to traditional open or conventional laparoscopic gastric cancer operations.

―要　旨―

胃がんに対する従来の腹腔鏡手術は、とりわけ D2 リンパ節郭清が難しいことから、あまり広い支持が得られていない。従来の腹腔鏡手術では、いくつかの固有の技術的欠点がD2リンパ節郭清を困難にしていることが知られている。近年、胃がん手術の分野では技術が急速な発展を遂げている。こうした状況下で、ロボット手術が新しい低侵襲の手術法として導入された。ここでは、胃がんに対するロボット手術の現状を簡単に述べる。

韓国で実施された数多くのレトロスペクティブ研究において、ロボット支援胃切除術と、腹腔鏡手術ならびに開腹胃切除術との比較が行われているが、合併症については、開腹群、腹腔鏡群、ロボット群の 3 群間に差は認められなかった。ロボット群では、予測出血量と入院期間はより少なく、手術時間はより長かった。しかし、ロボットを使うと、術者は D2 リンパ節郭清を容易に行えるという結論が出ている。

患者 60 例のうち 20 例にロボット支援胃切除術を、その前後に 20 例ずつ腹腔鏡下胃切除術を行ったところ、腹腔鏡手術に熟練した術者は、ロボット支援胃切除術にすぐに適応できることが認められた。従来の腹腔鏡手術とロボット手術の学習曲線を比較した研究では、腹腔鏡手術の学習曲線はより垂直で、ロボット支援手術はすぐ適応できることが明らかになっている。ロボット手術システムは操縦性に優れることから、手術での操作能力をより早く習得できるといわれており、より短期間で生産性が上がると考えられる。また、ロボット手術は複雑な低侵襲手術では学習曲線を低下させることが明らかになった。ロボット支援幽門側胃切除術において、手術時間が安定するまでに要した症例数は 10 例と報告された。

結論として、ロボット支援胃がん手術は複雑な手術であるが、低侵襲手術の期待される利点を持ち、安全に施行できるといえる。短期試験結果では、腹腔鏡下胃がん手術に比べて、ロボット支援胃切除術では出血量と疼痛が少なく、入院期間が短いことが示されている。術者はロボット支援胃切除術に熟達することができ、臨床予後および腫瘍学的結果は良好であることから、ロボット手術は、従来の開腹胃切除術や腹腔鏡下胃切除術に代わる安全な代替術式になると考えられる。

Thank you for the introduction. First of all I would like to thank you for the kind invitation here. Actually, I was here about ten years ago to learn gastric cancer surgery here. I am really honored to be here again as a speaker. Ten years makes a big difference to me.

(和訳)

ご紹介ありがとうございます。また、このようにご招待いただきまして感謝しております。実は 10 年前に胃がんの手術を勉強するためにこちらへ参りました。このように講演者として戻ってくることができ、大変光栄です。10 年の歳月で私の立場も随分変わりました。

What I am talking about is our experience about robotic gastrectomy. Let me first introduce our university: The Yonsei University is located in Seoul, as you can see here, in the middle of the Korean Peninsula, and the Yonsei University is near to the Gimpo Airport and Incheon International Airport, and the nearest hospital from the airport.

(和訳)

本日は私どもの胃がん切除におけるロボット支援手術についてお話いたします。まず、私どもの大学についてご紹介します。延世大学はソウルにございます。この朝鮮半島の真ん中にあり、金浦空港や仁川国際空港からも近く、病院は空港から一番近い病院です。

You can see this red line border is the Yonsei University and this green line means the Yonsei University Hospital, which is named Severance Hospital. You can see the night view and daytime view. We have a new building in 2005, and around that time we started to perform the robotic gastrectomy in our hospital. Actually, from that period, our hospital has been known as a very, very cutting-edge technology hospital, using robotic surgery for every field, not only for urology but also even neurosurgeries—neurosurgeons are using the robotic surgery system nowadays.

(和訳)

この赤い線が延世大学の敷地で、緑の線が延世大学医療院のセブランス病院です。こちらが夜景で、こちらが昼間の写真です。2005 年に新しい建物が建ち、その当時から当病院ではロボット支援手術を行っています。それ以降、私どもの病院はロボットを使い、泌尿器科や神経外科手術に至るまで、あらゆる手術を行い、最先端の技術を使っている病院として有名になりました。

Let me talk about the gastric cancer, briefly, in Korea. As Dr. Terashima mentioned, it is quite a similar situation to that in Japan, so the number of gastric cancer patients in our country is highest in Korea and, as far as I know, the incidence of the gastric cancer in Korea is highest in the world – even higher than Japan.

(和訳)

簡単に韓国における胃がんの状況についてお話したいと思います。日本と韓国の状況は大変似ていることが寺島先生のお話でわかりました。韓国で一番多いのが胃がんです。私が知る限り、韓国での胃がんの発症率は日本を超えて、世界で一番高いのではないでしょうか。

In our hospital, we are performing the robotic gastrectomy only for the patients with T1 to T3, or the perigastric lymph node metastasis cases, which means sometimes it necessitates D2 lymph node dissection, that previously Dr. Terashima introduced.

(和訳)

当病院では、ロボット支援手術を T1 から T3 の患者、もしくは、寺島先生がご紹介されたような、D2 のリンパ節郭清が必要な周囲のリンパ節に転移している症例において実施しております。

So we always perform the endoscopy and endoscopic ultrasound and CT scan for every patient to verify the preoperative staging. This is our current standard in our hospital, so the open surgery is usually for serosa-positive cases. But recently, in our country, we just started a class trial, which is comparing

laparoscopic versus open surgery, so in that case we are doing the laparoscopic surgery for serosa-positive cases, even.

（和訳）

私たちは通常、内視鏡検査、超音波内視鏡検査、そして CT 検査によって、術前評価をしています。これが現在私たちの病院での基本となっており、開腹手術は漿膜浸潤陽性の症例にのみ行っています。開腹手術については、最近腹腔鏡手術と比較する臨床試験も始めており、この試験では、漿膜浸潤陽性の症例においても腹腔鏡手術をしているところです。

As you know the technical feasibility and the comparability of robotic surgery has been published about a lot – previously Dr. Terashima showed one table which was published this year. But, as you know, robotic surgery has a lot of disadvantages; lack of tactile sensation and unproven benefit regarding the long term, especially for gastric cancer. However, it has been suggested that for more complicated procedures it might be helpful if we use robotic surgery.

（和訳）

皆さんご存じのように、ロボット支援手術の技術的認容性や同等性については、多くの論文が出ています。先ほど寺島先生が、今年発表された論文をご紹介されました。しかし、ロボット支援手術の欠点もたくさん発表されています。やはりロボットの場合は触覚がない、それから、特に胃がんの場合では長期成績の有効性が証明されていないことです。しかしながら、より複雑な手術においてこそロボット支援手術が役に立つのではないかと言われています。

So, in terms of gastric cancer surgery, D2 lymph node dissection would be a challenging procedure for gastric surgeons if we are trying to perform it through a minimally invasive way.

（和訳）

胃がんの場合は、D2 のリンパ節郭清は外科医にとって非常に難しく複雑な手術ですので、ロボットを使ったできるだけ低侵襲の方法で行いたいと考えます。

There are a lot of benefits compared to disadvantages. So, we may possibly use this robotic technology instead of laparoscopy. Sometimes, when the surgeons are not so skillful. Here, the next speaker from Japan, Professor Uyama – actually, he is my teacher in laparoscopy, but I do not think many surgeons can do the same quality surgery as he is doing nowadays. So, these types of tools could give us fair comparison or competition among surgeons.

（和訳）

このようにロボット手術には欠点よりも多くの利点があります。そこで、腹腔鏡手術に代わって、ロボット支援手術を行う可能性が出てきました。たとえば外科医に経験があまりない場合などです。この後ご講演される宇山先生は、腹腔鏡手術に関する私の恩師でもありますが、現在先生ほどの技術を持つ外科医はなかなかおられないと思います。しかしながら、この種の道具を使用する事により、同じ土俵で、競争する事が可能になります。

As you know, D2 lymph node dissection, although it is performed in Western countries, it has very high morbidities, and especially when we are trying to perform it by laparoscopy. It is very, very difficult, because of the dissection around the vessels is very, very complicated. Also, only very few experienced surgeons are performing D2 lymph node dissection using laparoscopy for every patient. Maybe if the patients are very thin and anatomy is very easy, in that case it might be possible, but most of the cases if we are trying to perform it on patients that are a little bit obese, it might be a technically challenging procedure.

（和訳）

ご存じのとおり、D2 リンパ節郭清は欧米でも非常によく行われていますが、間に合併症の発生率が高く、特に腹腔鏡手術では極めて高率とされています。特に血管周囲の郭清は非常に複雑なため、かなり難しい技術が必要となります。そのため、どんな患者さんに対しても、腹腔鏡手術で D2 リンパ節郭清ができるのは本当に限られた経験豊かな医師しかいないでしょう。もしも患者が

とても痩せていればやりやすいのですが、大抵は肥満ぎみなので、技術的にかなり難しくなります。

So, let me show you two comparable videos; this is laparoscopy and this is robotic surgery. As you can see here, the videos of this area—although the video quality is not good—you can see the images on the right side keeps moving, because the camera is held by the assistant. But as you can see here, the robotic surgery, the camera platform is held by the robot, never moves and you can have very, very stable images.

(和訳)

それでは、ここで比較ビデオをお見せしたいと思います。こちらが腹腔鏡、こちらがロボット支援手術です。ビデオの質があまり良くありませんが、ご覧いただいておわかりになるように、右側では画像が動いています。これはアシスタントがカメラを持っているからです。しかし、こちらのロボット支援手術はロボットがカメラを保持しているので、カメラが動くことはなく、安定した画像が得られます。

The other thing is this one: You can have a very good wristed device, so you can approach that from the right side or from the left side—even though you are single-handed surgeon, you can use both hands. The other thing, also actually previously Dr. Kinugasa already mentioned, that the very, very stable traction by the third arm could give us a very, very stable exposure of the dissection, during the dissection.

(和訳)

それからこのアームです。左側から、または右側から、たとえ片手しか使わなかったとしても、両側からアプローチすることができます。また、絹笠先生がおっしゃったように、ロボットでは3本目のアームを使っての牽引固定も非常に安定してできますので、切除部位の展開も極めて安定しています。

The other thing is that, if we can approach deeper areas, and then behind the tissues, without difficulties, when we properly use the instruments which are provided for the robotic surgery system.

(和訳)

そしてもう1つ、さらに深部、たとえば組織の背面にも、ロボット支援手術の装置を適正に使用する事により、簡単に到達する事が可能です。

As you can see here, this is the splenic vessel area. This area is really deep and if we are using the straight device, it is very, very difficult for us to reach to this place. But with this wristed device, we can easily contact and also we can have a very stable view, and then traction might be very, very easy. Also you can delineate the soft tissues from the pancreas much better than with laparoscopy. Even though we are using the HD system for laparoscopy, it is a bit different.

(和訳)

こちらは脾門部の血管ですが、まっすぐな器具を使うと深い部分まで到達するのは極めて難しくなります。しかし、このアームは手首のように角度が付けられるので簡単に展開が可能で、非常に安定した画像が得られます。牽引固定も非常に簡単にしっかりとできます。また軟部組織を膵臓から分離するには、腹腔鏡の HD システムでもしばしば困難ですが、ロボットではそれほど難しくありません。

This is the OR setup. It is a new device for surgeons, so surgeons have to be very, very familiar with the robotic surgery system, not only for working at the console, but also what is happening at the patient's side. So, the surgeon has to have a console position near to the patient's side. Also, he should identify what is happening at the patient's side. When he removes his head from the console, he can identify what is happening at the patient's side. By doing that, they can solve the problems happening during the operation at the patient's side.

(和訳)

こちらが私たち手術室の配置です。やはり外科医にとっては新しい装置ですので、ロボット手術のシステムに十分に慣れなくてはなりません。操作コンソールの使い方だけではなく、患者側で起きていることも把握しなければなりません。つまり、患者の近くにコンソールを置くことが極めて重要です。患者に何が起きているのかを確認するのです。コンソールから目を離して患者を見れば、何が起きているのか確認できます。そうすれば、手術中に患者に何か起きた場合でも、迅速に対処できます。

Let me show you our trocar placement. We are using five port system, it is quite similar to that of laparoscopy, but in my laparoscopy procedure it is a bit different, trocar placement, but during robotic surgery I use this. We are making reverse Trendelenburg and under the camera view we put the first arm just inferior to the costal angle. The other side we use the other arm, and I use second arm on the patient's right side. It is quite different from that of Japanese procedure, but I tried to use the same dissection plane as while I am doing the laparoscopy, so I am using my left hand doing this surgery for a longer time than my laparoscopic procedures.

(和訳)

さて、トロッカーの配置をお見せしましょう。腹腔鏡システムと同じような 5 ポートシステムで行いますが、私の腹腔鏡での手術法とは少し異なり、ロボット手術ではトロッカーをこのように配置しています。そして、逆トレンデレンブルグにして、カメラの下で、まず1つ目のアームを肋骨角の下に入れます。さらに、もう 1 つのアームをもう一方の側、患者の右側に持ってきます。日本の手術とかなり違いますが、私が腹腔鏡手術と同じ切除面で郭清しています。ロボット支援手術では、腹腔鏡よりも左手を使用する時間が長くなります。

So, this is the docking. The patient is in the reverse Trendelenburg position and the surgical cart is docked just right above the head. When you see this, you can see the very good formation of robotic arms, which can prevent the collision outside during the procedures.

(和訳)

こちらがドッキングです。患者は逆トレンデレンブルグ体位で、頭のちょうど上側にロボットがドッキングします。この位置だとロボットアームの配足がとてもきれいで、体外でアーム同士が衝突するのを避けられるからです。

Let me show you one video of robotic surgery from the beginning. So, the operative procedure is quite similar to that of laparoscopy. I am very sorry that I could not show you the three-dimensional images that I have during the operation, but the images you can have at the console is completely different from that of your laparoscopic procedure.

(和訳)

ロボット手術のビデオを最初からお見せしたいと思います。まずこの手術の手順ですが、腹腔鏡手術と非常によく似ています。立体的に 3D でお見せできなくて申し訳ありませんが、手術中は 3D で見えます。しかし、コンソール上で見る画像は腹腔鏡手術とは全く違います。

As you can see here, the very stable traction is possible but you can see very stable traction and the proper dissection plane is easily identified during the operation, even though the patient was a bit obese. You can see the vascular structure is quite easily detected. Also, that the pulsation of each arterial structure can be easily detected during the dissection. You can see that I am using my right hand and left hand during the operation quite easily.

(和訳)

非常に牽引固定が安定しているのがおわかりになると思います。この患者さんは肥満ぎみですが、非常に簡単に切除面が確認できました。血管構造もしっかりと確認できます。また、切除中に各動脈の拍動も簡単に見てとれます。手術では、右手と左手の両方のアームを容易に使用しているのがわかると思います。

This is the root of the mesentery and we are trying to identify the right gastroepiploic vein here, and dissecting just up until the pancreas.

Now you can see here, I am using both hands for the dissection, so it looks much more skillful than laparoscopy even though you can see only the 2D images here. So, you can see here that we can approach to the vessels from the right side and from the left side at the same time. We are trying to remove the whole soft tissues just up until the pancreas. We can see the ASPDA [anterior superior pancreaticoduodenal artery] here and we are trying to reach to the root of the right gastroepiploic artery. Now, we isolate it, and then we are dividing it.

(和訳)

こちらは腸間膜の基始部です。右胃大網静脈を確認しようとしています。そしてこのように、膵臓のところまで切除しますが、この時両方のアームを使っているのがわかると思います。2D 画像でも、両方使うには腹腔鏡手術よりも高い技術のように見えます。このように、右側そして左側から同時に血管にアプローチできます。ここでは、ちょうど膵臓のところまで軟部組織を全て切除しようとしています。前上膵十二指腸動脈すなわち ASPDA が確認できます。この後右胃大網動脈の基始部まで達し、剥離して切除します。

After dissection above the duodenum, we divide the duodenum. Along the gastroduodenal artery we are trying to dissect along the proper hepatic artery, and try to isolate the right gastric artery around here. You can see the right gastric artery is exposed there. All the soft tissues around the pancreas and around the vessels are being removed now. The very stable traction and exposure of the tissues that I am trying to dissect is possible always without any other assistant's help. This means that our operation is totally independent of assistant quality. That means that you can perform this type of surgery anywhere you are trying to perform. I mean, even without your assistant you can perform the same quality operation.

(和訳)

十二指腸の上の部分まで切除が終わると、十二指腸を切離し、胃十二指腸動脈および固有肝動脈に沿って郭清します。さらに、ここで右胃動脈を剥離します。右胃動脈が露出されているのがわかると思います。膵臓および血管の周囲の軟部組織はすべて取り除かれました。切除しようする組織が非常に安定して牽引固定され、展開されています。これはアシスタントがいなくてもできるのです。すなわち、アシスタントに頼らずに手術できることを意味します。そして、このような手術はどこでもできるということになります。アシスタントがいなくても常に同じ質で手術を行えるのです。

So, we are dissecting the root of the right gastric artery here. Then we isolate it and ligate it. Always the operation can be done with an en-bloc fashion to keep the oncological principle – and the medial side of proper hepatic artery is now being dissected. You can see here the very stable traction by the third arm. When the assistants are retracting these tissues, it is impossible for you to approach these areas without any interruption during the operation. But you can have very good exposure without any movement. Now we are trying to dissect the soft tissues from the retroperitoneum.

(和訳)

右胃動脈の基始部を郭清しようとしています。剥離し、そして結紮します。常に腫瘍学の原則に則った形で en-bloc で郭清します。固有肝動脈の内側を郭清しています。このように第 3 のアームによる非常に安定した牽引が可能です。通常の手術中には、このような組織をアシスタントが牽引しているので、まったく中断せずに、この部位まで到達できることはないでしょう。しかし、このように全く動くことなく、しっかりと視野を確保しながら、後腹膜腔から軟部組織を切除できるのです。

Now we are approaching to the anterior part of the splenic artery and you can see the coronary vein, the left gastric vein is exposed here. So, from the pancreas we are removing all the soft tissues. The proximal part of the splenic artery is exposed here.

(和訳)

脾動脈の前部まで来ました。左胃静脈が露出されています。このように膵臓周囲の軟部組織を全て除去し、近位の脾動脈も露出されています。

Now, the so-called number 8A lymph node was removed. All the soft tissues containing lymph nodes are being removed now in an en-bloc fashion. Now, we are trying to dissect along the celiac artery; try to reach to the root of the left gastric artery. This is the right side of the celiac artery. We try to isolate and skeletonize the left gastric artery there, at this root.

(和訳)

こうして 8a リンパ節を郭清しました。このリンパ節を含む軟部組織を en-bloc に切除しました。こちらは腹腔動脈周囲を郭清しているところです。左胃動脈の基始部に達しようとしています。こちらが腹腔動脈の右側になります。この基始部において左胃動脈を剥離し、周囲の組織を除去していきます。

Another benefit of robotic surgery is that this type of traction by the third arm—you cannot see here—the third arm retracts the tissues quite stably, so you can keep the dissection plane as the dissection goes. So, we are reaching to almost the end of the dissection and then we are trying to reach to the proximal part of the splenic vessels. You can see the splenic vein and artery is exposed here. So, this is the so-called D2 lymph node dissection which can be quite difficult if we are using laparoscopy. It might be very, very difficult, even in open surgery.

(和訳)

ロボット支援手術のメリットとして、このように 3 つ目のアームを使いますと、非常に牽引が安定し、切離面を確保できます。もうこれで郭清はほとんど終りです。近位の脾動静脈に到達しようとしています。脾静脈と脾動脈が露出されています。これがいわゆる D2 リンパ節郭清の手術ですが、腹腔鏡手術では極めて難しくなります。もしかしたら開腹手術でも極めて難しいかもしれません。

Let me show you one more other example of the superiority of lymph node dissection, if we could properly use a robotic surgery system, which is the number 10 dissection – the splenic hilum dissection. Because the splenic hilum area is the farthest area from the actual locking port, so the instrument to reach that area should be very long. That means that the very small movement outside can be exaggerated because of the leverage motion of the laparoscopic instrument.

(和訳)

もう 1 つビデオをお見せしましょう。適切に実施すれば、リンパ節郭清をロボット手術で行った方が優れている例です。これは脾門の 10 番リンパ節の郭清です。実はこの脾門に到達するのは通常極めて時間がかかり、腹腔鏡にはテコのような動きがあるので、周囲を傷つける可能性があるのです。

But, as you can see here, the very, very stable movement of the instrument can guarantee us a bloodless operation, and finer dissection, and accurate and proper dissection. You can see the very good delineation of the tissues from the pancreas, so now you can remove the whole lymph node bearings of tissues, except the vessel and the important organs there.

(和訳)

しかし、このロボット支援手術では、動きが極めて安定しているため、周囲を損傷する可能性が低く、出血もほとんどありません。より細かく、正確に適切なリンパ節郭清ができるのです。そこで、まずこの組織を膵臓から剥離し、血管や重要なもの以外のリンパ節全体をしっかりと切除できるのです。

Previously, many surgeons have some difficulties dissecting the splenic hilum area without splenectomy to complete the lymph node dissection, but it might be possible if we could use the laparoscopy for very, very skillful surgeons. As you can see here, even in that case you cannot remove the tissues behind the

vessel, but by using the robot it is possible to dissect very, very complicated anatomical structures.

(和訳)

以前は、脾臓切除することなしに、脾門リンパ節の郭清は非常に困難と感じている外科医が多かったと思います。また、腹腔鏡手術の場合は、さらに技術に長けた外科医でなければ極めて難しい手術です。ここで示している症例でさえ、通常は血管の後側にある組織を除去できないでしょう。しかし、ロボットを使えば、この極めて複雑な解剖学的な構造からも、リンパ節を郭清できるのです。

In our hospital, we have performed about 500 robotic surgeries and, as you can see, the proportion of the robotic surgery has increased a little bit more. This is my personal experience. You can see here that, in the year 2010, the proportion of robotic surgery in our hospital, in my practice, was a bit higher than laparoscopy. This is the number of robotic gastrectomies in our country; overall it is about 1,000 cases by the year 2011, April. In the country, we are doing the nationwide registration study and prospective study, comparing laparoscopy and robotic surgery; non-randomized patients.

(和訳)

さて、当院では500例のロボット支援手術の症例があると申し上げましたが、最近はこのロボット支援手術の割合はもう少し増えています。こちらは私個人の経験になりますが、2010年には、当院でのロボット支援手術の割合は腹腔鏡手術を超えました。こちらは韓国におけるロボット支援胃切除術の数です。2011年の4月までに韓国全体で合計約 1,000 例となっています。現在私たちは、国全体で登録試験および前向き試験を行っており、非無作為化患者において、腹腔鏡手術とロボット支援手術を比較しています。

This is our initial experience of the 100 cases' report and we found that it was quite comparable to that of laparoscopy. When we compared our initial period with the same operations we did using laparoscopy, in the same period, we found that the operation time was a bit longer, but the post-operative outcome was quite comparable or sometimes better, even with the initial experiences. You can see here the hospital stay and the number of the retrieved lymph nodes was quite comparable.

(和訳)

こちらはその最初の 100 例の報告です。腹腔鏡手術とほぼ同等であることが判明しました。さらに、腹腔鏡手術と同じように行った場合は、ロボット支援手術の方が手術時間はかかりますが、手術後の経過は腹腔鏡と同じかそれ以上であることが示されました。このようにロボット手術では、初期の成績でも優れた結果が得られています。また、入院期間や切除リンパ節数については全く同じでした。

We found that from the initial, we can perform very high-quality surgeries, once the surgeons are experienced in laparoscopy. So, we tried to evaluate the learning curve effect of robotic surgery. With a little bit of statistical method, we found that less than ten cases were needed for us to reach a stable operation time, which means that the surgeon can be familiar with the robotic surgery system – not familiar with the surgical procedures, maybe.

(和訳)

さらに、腹腔鏡手術の経験がある医師であれば、ロボット支援手術も最初から極めて高いレベルで実施できることがわかりました。そこで、ロボット支援手術のラーニングカーブを評価しました。この統計手法から、ロボット支援手術に慣れるには 10 例以下の経験で充分であることがわかりました。この間に医師はロボット支援手術に慣れるのです。これはおそらくこの外科手術自体に慣れたわけではなく、ロボット手術システムに慣れたと言えます。

When we compare all the post-operative outcomes, you can see here that the operation time was about 15 minutes longer in the robotic surgery group, but we found less blood loss in robotic surgery, and more and more patients can follow the clinical pathway after the

operation; almost 60% percent compared to less than 50% in laparoscopy.

(和訳)

さて、術後の結果を比べると、ロボット支援手術では腹腔鏡手術より 30 分手術時間が長くなりますが、出血は少なく、より多くの患者、ほとんど 60%の患者が 5 日目で退院しています。これは腹腔鏡手術では 50%未満なので、ロボット手術の方が手術後の経過が良くなっています。

In terms of the pathological outcomes, actually, a bit more advanced patients were included in those robotic surgery groups. So we tried to validate, from our retrospective data, what could be the benefits of the robotic surgery we have done in the past. As you can see here, only the blood loss was the beneficial effect in the case of D2 lymph node dissection, but in total gastrectomy it was almost the same; only the operation time was longer.

(和訳)

それから、こちらが病理学的な転帰です。ロボット支援手術では、少々進行した患者が多くなっています。こちらが自分たちの後向きデータで確認した、ロボット支援手術のメリットです。D2 リンパ節郭清の場合においては、出血量が少ない事だけがメリットですが、胃全摘症例では差がありませんでした。唯一、ロボット支援手術は、時間が長かったです。

However, when we tried to look into it a bit more thoroughly, we found that more lymph nodes were retrieved in the robotic D2 group. This, coming from the more thorough dissection might be possible – especially these areas which are numbered from seven to twelve – is very, very difficult performing that using laparoscopy. Also, number ten and number eleven was much higher in total gastrectomy cases.

(和訳)

しかしより詳細に見ますと、ロボット支援手術の方が D2 リンパ節郭清においてリンパ節郭清個数が増加しています。特に 7 番から 12 番のリンパ節が、徹底的に郭清されています。腹腔鏡ではこれはとても難しいことです。それから胃全摘症例では、10 番および 11 番のリンパ節郭清個数が多くなっています。

This means that we could perform more thorough lymph node dissection. I do not know whether the thorough lymph node dissection could be beneficial to the patient or not in terms of survival, because there is only one study, a single center prospective study that has been published so far. But if that is the way we have to follow this, this might be the good answer for us to perform the robotic surgery for our gastric cancer patients, especially for advanced diseases.

(和訳)

それだけ徹底的にリンパ節が郭清できるのです。ただ、患者さんにとってこれが生存率の向上などのメリットにつながるか否かはわかりません。これについては、これまで単一施設における前向き試験の結果が発表されているだけです。それによると、胃がんでは、進行癌において、ロボット支援手術の方がよいようです。

When we compare the survival – actually I just mentioned before, the robotic surgery group is a bit advanced – so the recurrence rate looks a bit higher, 5% compared to 3%. But stage-by-stage comparison, there is no difference between the two groups with our 500 cases. In the laparoscopy and robotic surgery, in stage one, two, and three was almost same. We could say that, oncologically, it might be same or superior at least in terms of the lymph node dissection. So robotic surgery has some benefit, especially when we are trying to perform D2 lymph node dissection.

(和訳)

生存率についての比較ですが、ロボット支援手術の方が少し良くなっています。再発率は 5%で、腹腔鏡の 3%より少し高いのですが、500 例でのステージ毎の比較を見ると、2 群間に差はありません。つまりステージ 1、2、3 別に比べると、腹腔鏡とロボット支援手術では違いはありませんでした。ですので、腫瘍学的に言うと、リン

パ節郭清はロボット支援手術は同じかそれ以上である可能性があります。特にD2リンパ節郭清に関しては、ロボット支援手術の方がいくぶんメリットがあると考えられます。

So far, robotic surgery could be an effective alternative, and especially when we are trying to perform D2, that could be an answer for D2 lymph node dissection for advanced cancer patients, especially when the surgeons are not so skillful. However, we do need more evidence regarding that.

(和訳)

以上ロボット支援手術は、特にがんが進行した場合の D2 リンパ節郭清に関しては、有効な選択肢となるでしょう。また特に外科医があまり高い技術を持っていない場合にも有効と思われますが、このことに関してはよりエビデンスが必要になります。

From now on, for about five minutes, I would like to show you how we can use this system more beneficially in our clinical practice. During the operation we can use a lot of things using the console side, which can show us a multiple display of images, so you can have the vascular images during the operation. Previously we used these images made by the radiologist during the operation, so they guide us with where the vessel is and how can we dissect the tissues. It was very, very good for us because every patient has vascular variation and there are no same vascular structures in every patient.

(和訳)

残り5分ですが、より臨床にメリットを与える形で、どのように私たちがこのシステムを使用できるのかを、ビデオを使ってお見せしたいと思います。この手術の最中、このように複数の画像が同時に使えますので、血管の画像も見る事ができます。どこに血管があってどのように組織を切除したらよいのかを知る事ができます。患者さんによって血管構造は1人1人違うので、このシステムは非常に有効です。

So if the surgeons are not so experienced, sometimes that would be a big obstacle for them to perform quite complicated procedures. So, through these ideas, we developed a little bit of different concept; that we could use the videos during the operation. So we divided the gastrectomy procedures into 21 steps.

(和訳)

あまり経験がない医師にとって、複雑な手術を行うことは極めて困難です。そこで、私たちは少し違ったコンセプトを開発しました。手術の際にビデオを使えるようにしたのです。つまり、まず胃の切除手術を 21 のステップに分けました。

We used a prerecorded video, here, so the port placement can be used during the operation; just look at it only 30 seconds and then they can follow the video – just the same. Not only that, but also during the operation you can select the one video clip, like this, and then – this is the right gastric artery dissection – we made a kind of a standard video to reach to the right gastric artery.

(和訳)

事前に録画したビデオを使います。このビデオを 30 秒間だけ見てから手術を行うのです。ビデオと同じようにすればよいのです。それだけではなく、手術中には必要なビデオクリップを 1 つ選択することができます。これは右胃動脈の周囲の郭清ですが、右胃動脈に達するまでのスタンダードビデオのようなものを作りました。

The other arm is holding here, and the dissection of the right gastric artery using this medial and bipolar. We try to mimic the procedures in the same way. So during operations, surgeons can be taught by videos, not by surgeons. If you imitate those procedures, it might be possible for you to perform the same quality operation. So this kind of instructional method could give us a little bit better operative environment, even to the surgeons who have little experience. You know that there are many mentoring systems,

but most of the cases the surgeons are involved, but most of the surgeons are not available when you are operating.

(和訳)

1 つのアームがここを保持しています。鉗子とバイポーラーを使用しながら、右胃動脈の周囲を郭清します。ビデオによってトレーニングを受けながら、リアルタイムでそれを真似して手術できるのです。他の医師が行ったのと同じレベルで手術することも可能かと考えられます。経験が浅い医師でもこのような形で指導を受けながら手術ができます。多くの教育システムはありますが、ほとんどの外科医は、現場で他の医師からトレーニングを受けながら手術する機会はあまりありません。

After that, we tried to develop a little bit more sophisticated use of the CT images here. This is the 3D reconstruction images that we have made in our hospital with some of the industries. We tried to use the CT images – actually, this was the operation that I did last year, during our live surgery demonstration. We used that during the operation to identify the vascular structures.

(和訳)

そしてさらに、CT の画像もより洗練された形で使えるように開発しました。こちらは 3D に再構成した立体的な CT 画像です。私たちの病院と複数の企業とで共同開発した技術です。この CT 画像も使いますが、これは去年、手術のデモンストレーションを実演した時に実際に使ったものです。我々は手術中にこれで血管構造を確認しています。

Now you will see video clips that we are using during the operation. Now you can see this is the arterial system and venal system of this patient. You can see that this left gastric vein is drained to behind the left splenic artery, going down to the splenic vein. Actually, this is quite a rare variation. But, during the operation, if you do not find the left gastric vein around here, you will have some difficulties, or maybe cut it, or there must be some bleeding somewhere.

(和訳)

この手術中に使ったビデオクリップをご覧ください。これが患者の動脈と静脈の構造です。こちらの左胃静脈がこの左脾動脈の後側にきて、さらに脾静脈のところまで下りています。この血管構造はかなり稀なタイプです。この手術の最中に、もしも左胃静脈がこのあたりにあることがわからなかったとしたら、誤って切ってしまうかもしれません。すなわち、どこかから出血するに違いありません。

So by watching this, we can identify the vascular structures here quite clearly, and then we try to dissect after dividing the left gastric artery. We did not worry about anything regarding that, because after this we will find it around here. Actually, we can measure the distance from some position to along the vessels. Now we are trying to identify the left gastric vein, so soon we will find that there. From this position, we were very, very cautious, because we have to find it – now, we have found it.

(和訳)

ですので、このように動脈と静脈の構造を確認できれば、左胃動脈を剥離して、切除できます。この周囲を確認できるので出血の心配はありません。実際に血管に沿って、距離も測定できます。このように左胃静脈を確認し切離します。この場所から非常に注意しなければなりません。

It is quite informative for us during the operation, because we can have the same quality of anatomical information, even though you are just a beginner, even compared to the surgeons who have more than 1,000 or 10,000 experiences of gastrectomies.

(和訳)

そして、ようやく見つけました。このように手術の最中に様々な情報が得られるのです。たとえ初心者であっても、皆同じレベルの解剖学的な情報が得られます。胃の切除術の経験が 1,000 から 10,000 例以上ある外科医と比べても、同等以上の情報が得られるのです。

This type of new technologies could give us

more better surgical environment, so maybe in the future this kind of new technologies could guarantee us a better operative environment, especially even to the novice surgeons, and maybe in the future, our surgical environment might be much more sophisticated than the one we are currently using.

(和訳)

このような新しい技術によって手術環境が改善され、将来的にはこの種の新技術を使うことにより、さらに手術環境は改善されていくでしょう。特に経験があまりない外科医においては有効でしょう。そしてさらに未来には、今よりも洗練された高度な手術環境が提供されるようになると信じています。

That is all for my presentation. Thank you for your attention.

(和訳)

私の発表は以上です。ありがとうございました。

The Current State and the Future of Colon Cancer Treatment in Korea



延世医科大学 外科 助教授
Assistant Professor, Department of Surgery,
Yonsei University, College of Medicine

ミン ビョンソ
Byung Soh Min

経歴 (Curriculum Vitae)

1994–1998	延世大学医科大学 博士課程 M.D. College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea
1999.3–2003.2	延世大学医科大学 医療院 セブランス病院 外科研修医 Resident, Department of Surgery, Yonsei University, Severance Hospital, Seoul, Korea
2002–2008	延世大学医科大学 大学院修士課程修了 M.S. Graduate School, Yonsei University
2004–2006	韓国国防部 軍医外科部長 General Surgeon in Chief, Ministry of National Defense, Seoul, Korea
2006–2008	延世大学医科大学 外科 大腸外科フェロー Fellow in Division of Colon & Rectal Surgery, Yonsei University, College of Medicine
2008–present	延世大学医科大学 外科 助教授 Assistant Professor, Department of Surgery, Yonsei University, College of Medicine

Executive Summary

The robotic colorectal surgery at Yonsei started from 2006. Since then our efforts to develop and utilize robotic technique have grown as such now our experience in robotic colorectal surgery approaches 1000 cases. Colorectal cancer, especially rectal cancer has been our indication for robotic surgery. We have developed a robust technique, "dual docking technique" for the resection of rectal cancer fully utilizing technological advantages of robotic system. We have indulged ourselves into training and propagating the robotic technique. Researching the evidence for robotic technique has been our main interest since the beginning and our recent results show encouraging data.

—要 旨—

延世大学医科大学におけるロボット結腸直腸手術は 2006 年に始められた。以降、ロボット手術の技術発展ならびに活用の努力により、ロボット結腸直腸手術の件数は現在 1,000 例に迫ろうとしている。ロボット手術は、結腸直腸癌、特に直腸癌に適応している。我々は、ロボットシステムの技術的利点を十二分に活用した「デュアルドッキング法」を、直腸癌切除術における確実な方法として開発した。また、これまでロボット手術法のトレーニングと普及にも専心してきた。ロボット手術法のエビデンスの調査は当初から主要な関心事であったが、最新の調査結果ではこの手術法を支持するデータが示されている。

Thank you Professor Kinugasa and thank you Professor Terashima for your kindest introduction. I would like to thank the organizing committee for allowing me have a chance to participate in this wonderful conference here, and I would like to say also that I was impressed by your vision and your insight. I feel very privileged to be here.

(和訳)

絹笠先生、寺島先生、ありがとうございます。非常に過分なご紹介を賜りました。この場をお借りしまして、このような場を与えてくださいました組織委員会の皆様に心から御礼申し上げたいと存じます。そして、皆様のとても素晴らしい考え方に非常に感銘を受けました。ここでお話をさせていただくことを大変光栄に存じます。

My talk is about robotic colorectal surgery at Yonsei University. I will start with a brief introduction, and then review the evolution of our technique. I will also briefly review the evidence from our experience, and introduce you to some of the newer approaches that we are now trying to do. I will conclude with my personal perspective regarding robotic surgery.

(和訳)

本日は延世大学における、直腸手術におけるロボット手術の取組についてお話をさせていただきます。手短に紹介をした後で、我々の手技がどのような変化を遂げてきたのかについてお話をします。また、これまでの経験に基づくエビデンスや、いろいろな新しい取組についてお話したいと思います。そして、私個人的なロボット手術の展望に言及して結語といたします。

Our first robotic surgery was performed by Professor Lee, who was the former chief of our Robot and Minimal Invasive Center, in July 2005. It was a robotic cholecystectomy. It was actually broadcast on the TV news, but the reporter here actually made a mistake; she reported that the surgery was done by a robotic doctor. It was actually not a robotic doctor; Professor Lee did the operation using a robot.

(和訳)

まず延世大学におけるロボット手術は、当大学のロボット低侵襲手術センターの前センター長を務められた李先生により、2005 年の 7 月に初めて行われました。これは胆のう摘出手術で、ニュースでも取り上げられましたが、この時の報道は少々間違っていました。「手術はロボットの先生によって行われた」と報道されたのですが、ロボットの先生ではありません。本当に手術をしたのは李先生であって、先生がロボットを使って手術をしたのです。

But anyway, this is how we started our first robotic surgery, and since then we really focused on expanding our experience in robotic surgery. So, in 2010, we reached more than 6,000 cases of robotic surgery. I can say that one of the features of our center is that our main focus is really on general surgery, which is quite different from other robotic centers. The proportion of general robotic surgery, by far, is accounted for by endocrine surgery; it is about 65%, followed by colorectal and gastric. Recently we also started pediatric robotic surgery.

(和訳)

さて、このようにロボット手術はスタートし、以降私たちは症例の拡大に力を注いできました。このように、2010年の累積症例数は6,000件を超えるに至っています。当センターの特徴の 1 つとして、基本的には一般外科領域が中心であることが挙げられます。他のセンターのロボット手術の領域とはかなり異なるものでしょう。ロボット支援の一般外科手術の領域で一番多いのは、やはり内分泌外科で、大体 65%です。それに続くのが大腸がん、胃がんです。最近では小児外科におけるロボット支援手術も開始しています。

Next I will go over the evolution of the technique in colorectal surgery at Yonsei. Our first da Vinci low anterior resection was performed in November 2006, and it was of course the first in Korea. It was performed by Professor Baik, but at this time he used hybrid technique. "Hybrid" means that the first part of the surgery is done by laparoscopy, and the later

part, usually total mesorectal excision (TME) or pelvic dissection, is performed using robot. Since then, in our service we have five faculty members, and all of us can perform robotic surgery, and our case volume has now reached around 700.

(和訳)

そこで、延世大学において、大腸がん手術にこの手技がどのような形で展開してきたかお話したいと思います。最初にダ・ヴィンチ手術が行われたのが2006年11月でした。もちろん韓国で初めての手術です。執刀医は白(ペク)教授で、ハイブリッド手術という手法でした。これは、最初に腹腔鏡の手術を行い、その後で直腸間膜全切除(TME)または骨盤内切除の部分のみロボットを使った組み合わせの手術で、これを「ハイブリッド」手術と呼びました。現在は5名の外科医全てがロボット手術に対応でき、これまでの症例数はすでに700件を超えています。

After the first experience with hybrid technique, we really wanted to develop some techniques that are fully using robotic systems for the entire operative procedure. So we developed one totally robotic technique, fully using our robot, from vessel handling and colon mobilization through to pelvic dissection.

(和訳)

このように最初の段階ではハイブリッド手術を行っていましたが、その後さらにこの技術を進め、完全ロボット支援の直腸がん手術をしたいと考えるようになりました。こちらが完全ロボット支援直腸がん手術です。血管処理や結腸授動から骨盤リンパ節郭清まで行えます。

It was like this, but after developing this procedure, we actually encountered significant drawbacks, mostly from Western societies. Because there actually was some significant sword-fighting (i.e. collision between robotic arms) during the surgery, especially during colon mobilization, if surgeons were beginners. Also splenic flexure taking down was really overlooked, because in Korea patients usually have long sigmoid colons, so splenic flexure taking down was not really our routine procedure. But things were different in Western societies where colons are shorter, and they routinely do splenic mobilization fully. So with this technique, one of the major drawbacks was that it was hard to take down the splenic flexure.

(和訳)

しかしこの手技を開発した後に、主に欧米から様々な問題が指摘されました。手術中にロボットアーム間に重大な干渉が生ずるという事です。特にこの結腸授動の段階で、医師が初心者の場合などに問題が起きました。この脾弯曲部の授動が韓国では見逃されていました。なぜなら、韓国人の患者は、通常S字結腸が長いので、脾弯曲の授動はルーチンで行っていなかったのです。しかし、欧米では事情が異なり、結腸が短く、完全な脾弯曲の授動がルーチンで行われています。この手技を用いると、脾弯曲の授動が難しいというのが1つの大きな問題になったのです。

We tried to evolve our technique, so we introduced a dual-docking technique. The dual-docking technique really focused on making it easy to do some of the procedures that were difficult to do with laparoscope, including splenic flexure mobilization.

(和訳)

そこで、私たちは自らの手法をさらに進化させることにしました。そこで新しく導入したのがデュアルドッキング法ですが、腹腔鏡手術で簡単にできない手技をより簡単にできるように開発されました。脾弯曲の授動などもこの中に含まれます。

So the evolution of the technique was like this: We started with the hybrid technique, but with the hybrid technique we had some significant drawbacks like inferior mammary artery skeletonization being sometimes demanding using laparoscopic instruments. Furthermore, if we needed to do some anal procedures, because the robotic system is placed between the patient's legs, it was hard to approach the anal region when the robot is docked. So we developed a fully robotic

technique, but again we had significant drawbacks like sword-fighting and splenic flexure taking down difficulty, so we evolved to the fully robotic dual-docking model. This technique also has some drawbacks.

(和訳)

では、その手技の進化についてお話します。まず最初の段階ではハイブリッド法を使いました。しかし、これには様々な問題がありました。たとえば下腸間膜動脈(IMA)の周囲組織の剥離では、時々腹腔鏡の使用が必要になります。また、この経肛門手技をする場合も必要になります。つまり、ロボットシステムは患者さんの脚の間に置くので、ドッキングした時に肛門にアプローチするのが難しいのです。そしてまた、完全ロボット手術に移行した後にもいろいろな問題がありました。先ほどお話ししましたように、脾弯曲の授動などで器具のぶつかり合いが生じます。そこでデュアルドッキング法による完全ロボット手術に移行しましたが、これにも問題がありました。

A major drawback would be that the dual-docking part may be troublesome and take time and labor. I would therefore say our technique is still evolving, and I hope we will have a more improved technique that I can introduce to you in the near future. This is the schema of dual-docking. During the procedure, we will take the patient table and re-dock the system, and we call that "dual-docking."

(和訳)

主な問題は、この2回のドッキングがやっかいで、時間と労力がかかることです。すなわちこのデュアルドッキング法もまだ発展途上なのです。これからも我々はさらに改善を進め、皆さんに新たな技法を近い将来ご紹介できることと思います。これがデュアルドッキング法の図です。手術中に患者さんの手術台を動かして、ロボットシステムに再ドッキングさせます。そこで、「デュアルドッキング」と呼んでいるのです。

This is some of a video clip from the dual-docking technique. In this part, we are mobilizing the colon. So, as previously mentioned, we are fully using a third arm to retract the structures, so we identify all the vital structures, and do the medial to lateral dissection.

(和訳)

こちらのビデオでは、デュアルドッキングのテクニックをご覧いただきます。こちらは結腸の授動を行っているところです。先ほどもお話しましたように、第 3 のアームを使ってこの組織を牽引固定しているので、全組織が容易に確認できます。そして、内側から外側に剥離しています。

This is the pancreas, and we entered the lesser sac from the inferior side. We opened the lesser sac, here, and this is the inferior border of the pancreas. We move on to the lateral side, and this part is easy if you have done enough from the medial side. So all you have to do is just free the colon from the lateral attachment. I have reached the most proximal part of the left colon, I am detaching the mantle from the colon and my assistant is retracting the colon medially and downward.

(和訳)

こちらは膵臓です。下側から進入口を作っています。この小さな進入口を開けます。こちらが膵臓の下側の境界です。次に今度は外側にも移ります。こちらは簡単です。十分に内側を剥離していれば、外側は簡単です。このように、ごく簡単に結腸を付着物から剥離します。これで、左側の結腸の一番近位の部分まできました。さらに結腸から付着物を取り除いています。私の助手が内側から下に向かって牽引固定しているのがわかります。

I continue to mobilize the colon from the inferior border of the pancreas. So I start the mobilization when I encounter the inferior mesenteric vein. This part is the dual-docking part, so after finishing the splenic flexure mobilization, I actually undock the robotic system and rotate the patient table like this. This is manual, not robotic. Like this. And we do re-docking for the pelvic dissection part.

(和訳)

さらに膵臓の下側の方から結腸授動を行っています。この部分で下腸間膜静脈まで到達したら、授動を開始します。この部分がデュアルドッキング部分です。脾弯曲

の授動終了後、ロボットシステムのドッキングを外し、このように手術台を回転させます。これはロボットではなく手で動かします。そして再びドッキングさせます。今度は次の段階である骨盤のリンパ節郭清のためにドッキングさせたのです。

This is the trocar placement for stage two. And this is the pelvic dissection now. This clearly is actually a very old one, but you can clearly see the pelvic floor muscles here. And here I have reached the bottom of the pelvic floor.

(和訳)

こちらは2段階目におけるトロカールの配置です。これは骨盤リンパ節の郭清です。この症例は、かなり高齢者ですが、ご覧のように骨盤底筋があるのが明らかに確認できます。ここで、骨盤底の下部に到達しました。

So our technique has been evolving like this. From now on, I would like to briefly review some of the evidence from our experience. We were questioning from our clinical practice and finding the answer from our clinical practice. The first question was about the safety and feasibility of robotic technique. So we retrospectively reviewed short-term operative outcomes from our earliest experience.

(和訳)

私たちの手技はこのような形で進化して参りました。ここからはごく手短に、私たちの経験から得たエビデンスをお伝えしたいと思います。我々自身の臨床現場での疑問点の答えをその臨床現場から見つけてきました。1 つ目の疑問はロボット手術の安全性や実現可能性についてです。そこで、私たちはこの初期の症例の短期成績について、後ろ向きに検証しました。

Because we started from hybrid technique, a third of our experience at the time was hybrid technique. What was encouraging about our earliest research was a high sphincter preservation rate. It was almost 98%, and the open conversion rate was of course very low. The CRM involvement rate was 3.6%, which was encouraging. The overall complication rate was 19%, and about half of them were pelvic septic complications, including anastomosis leak, and pelvic abscess.

(和訳)

また、当初ハイブリッド法で手術を始めましたので、この時期の 3 分の 1 はハイブリッド法です。最初に評価すべき点は、肛門括約筋の高い温存率で、約 98%です。また、開腹術への移行率も非常に低くなっています。さらに、CRM(環状切除断端)の陽性率も 3.6%と低く、非常に良い結果が出ています。術後合併症は 19%です。そのうち半数が縫合不全関連や骨盤膿瘍等の骨盤内感染性合併症でした。

So we tried to analyze the risk factors for post-operative morbidities, which revealed that male gender, a previous history of abdominal surgery, and low-lying cancers were risk factors for post-operative complication. Large tumor size and pre-operative chemoradiation were significantly related to pelvic septic complications. So from this review, we could say robotic surgery was feasible and safe for the treatment of rectal cancer.

(和訳)

そこで、術後合併症のリスク因子について解析してみました。その結果、男性の開腹手術の既往、及び低位の腫瘍がリスク因子でした。また、腫瘍のサイズと術前の化学放射線療法が、骨盤内感染性合併症と有意に関連していました。これらから、ロボット手術は直腸がんに適用可能であり、かつ安全であると言えます。

Our next question was about the efficacy, so we designed a case-matched study of our retrospective review. We designed three groups: open, laparoscopic, and robotic. In each arm, we located about 100 patients, matched with these demographic variables. Our results showed a significantly longer operation time in robotic because, again, this series includes our earliest experience, so robotic operation time was significantly longer.

(和訳)

次の疑問は有効性についてです。そこで今度は後ろ向き調査によって、症例対照研究を計画しました。ここでは腹腔鏡手術または開腹手術と、ロボット手術を比較しました。この3群について、背景因子を揃えて、それぞれ患者 100 例を選びました。その結果、私たちはまだロボット手術の経験が浅いので、手術時間が長いことが判明しました。

But sphincter preservation rate was significantly higher than open surgery. Also, CRM involvement rate was significantly lower in the robotic surgery group, compared to open surgery. Unfortunately anastomosis leak rate seemed to be higher in the robotic group when compared to open, although it was not statistically significant. There we can find some tendency of a higher instance of anastomosis leak. The reason why, we thought, was because this was the earliest of our experience, we might have needed some more experience to overcome this high anastomosis leak rate.

(和訳)

ところが、肛門括約筋温存率は開腹手術よりも遥かに高かったのです。そして、ロボット手術では CRM 陽性率も他の手法より有意に低かったのです。しかし残念なことに、縫合不全率はロボット手術の方が開腹手術及び腹腔鏡手術より高くなっていました。しかし、統計学的な有意差はありませんでした。縫合不全については傾向としてやや多いということが言えます。その理由は、これらはごく初期の経験をまとめたものだからと考えています。高い縫合不全率を解消するには、もっと経験を積む必要があるでしょう。

One other encouraging result from our review was this. We actually measured post-operative pain scores in each arm, and we revealed parallel curves of the three arms. Open was the highest, and the robotic was the lowest, showing significantly less post-operative pain in the robotic group. And with disease-free survival, two years disease-free survival was almost the same.

(和訳)

また、このように検証していく中で、ロボット手術の別の利点もわかりました。3群において術後の疼痛スコアを見てみると、ご覧のとおり 3 群は大体並行に曲線を描いて推移しているのがわかります。開腹手術が一番高く疼痛が多いことになります。そして一番低いのはロボット支援術です。ロボット手術群では有意に疼痛が少ないことが示されました。また、2 年間の無病生存率についてはほぼ同じであることがわかります。

So although this was our single institutional retrospective review, we can find some of the clues of encouraging results from robotic surgery. But, because of the very nature of a retrospective review, the level of evidence is quite low, so we wanted to prove the benefit of robotic surgery at a higher level of evidence.

(和訳)

これは私たちの 1 施設における後ろ向き調査ではありますが、ロボット手術のメリットに関していくつかの手掛かりが得られたと思います。しかし、後ろ向きの評価という性質上、エビデンスレベルはあまり高いとは言えません。そこで、ロボット手術のメリットについて、もっと高いレベルでエビデンスを明らかにしたいと思いました。

Let me introduce the ROLARR trial. This is an international prospective randomized clinical trial, comparing robotic versus laparoscopic resection for rectal cancer. The principle investigator of this trial is Professor David Jayne from Leeds. He was actually former principle investigator of the MRC CLASICC trial. But one of the hardest issues regarding this trial is the primary end-point, because they set their primary end-point as a conversion to open rate.

(和訳)

そこでローラー(ROLARR: RObotic versus LAparoscopic Resection for Rectal cancer)試験を行いました。これは国際的な前向き無作為化臨床試験です。直腸がんにおいて腹腔鏡手術とロボット支援術を比較しました。治験責任医師は英国リーズのデイビット・ジェイン教授です。先生は英国医学研究審議会(MRC: Medical Research Council)のクラッシック(CLASICC:

short-term endpoints of Conventional versus Laparoscopic-Assisted Surgery In patients with Colorectal Cancer)試験の研究責任医師を務められた方です。このローラー試験の一番重要で難しい問題は、主要評価項目として設定された開腹移行率でした。

We need to understand the circumstances in Western society, because in Western society, laparoscopic surgery for rectal cancer is quite demanding, and their open conversion rate is around 10%–30%, so with robotic systems, if they can lower their conversion rate, that can have some impact to them. But this is not the case in Asian societies like Japan and Korea.

(和訳)

ここで、欧米における状況を理解する必要があります。欧米では、直腸がんに対する腹腔鏡手術の需要は極めて高いのですが、10～30%は開腹に移行せざるを得ない状況となっています。そこで、ロボット手術によって、この開腹移行率を下げることができれば、ロボット手術の印象は良くなるでしょう。しかし、アジアでは、たとえば日本や韓国ではそういった問題はそもそも存在しません。

So we designed and started our own clinical prospective trial, COLRAR: COmparative Study of Laparoscopy- versus Robotic-Assisted Rectal cancer Resection. This is a prospective randomized trial. Actually, five surgeons in Korea are involved in this trial, and we are really comparing oncological outcomes after laparoscopic and robotic rectal cancer surgery. Our primary end-point is the quality of TME, measured by pathologists.

(和訳)

そこで、私たちは自ら前向き臨床試験を計画し開始しました。直腸がんにおいて腹腔鏡とロボット支援術を比較するコーラー(COLRAR: COmparative study of Laparoscopy- versus Robotic-Assisted Rectal cancer resection)試験です。これも前向き無作為化試験です。韓国内の 5 名の医師が本試験に参加し、術後の腫瘍学的なアウトカムを比較しています。主要評価項目は直腸間膜全切除(TME)の質で、病理医が評価します。

We are enrolling, our indication for enrollment in this trial is rectal cancers less than 10cm from the anal verge. We really wanted to focus on low-lying rectal cancer, and try to find what is the real benefit of robotic surgery for the treatment of this kind of patient. We are really looking forward to the results of this trial. Again, one of the issues regarding robotic surgery will be the sexual and voiding function after the robotic surgery, because, with robotic systems, we can see better, we can preserve nerves better, so we might expect better functional recovery after the robotic surgery.

(和訳)

現在も症例集積中ですが、肛門縁から 10 センチ未満の直腸症例を対象としています。非常に低い位置の直腸がんに注目したかったのです。その上でロボット手術がこの種の治療にどのぐらいの有効なのかを確認したいのです。さて、ロボット手術がかかわってくる問題の 1 つとして、術後の排尿機能と性機能障害が挙げられるでしょう。ロボット手術では、おそらく視野が良好なので神経が温存され、より機能が回復することが期待できるでしょう。

So we did prospective cohort observation after laparoscopy and robotic surgery. It showed a better functional recovery after robotic surgery, compared with laparoscopic surgery. You can see three months after the surgery, the robotic recovered IPSS score. Also sexual function showed very similar results. We can observe a functional recovery six months after the surgery, in the robotic group, compared with twelve months after laparoscopic surgery. So we can say robotic surgery may provide better functional recovery after the surgery.

(和訳)

このように、前向きのコホート研究ですが、腹腔鏡手術とロボット支援術を比較しました。その結果、やはり腹腔鏡手術よりもロボット支援手術の方が機能が回復することがわかりました。術後 3 カ月の国際前立腺症状スコア(IPSS)で比較すると、ロボット手術の方が回復していま

す。それから、性機能に関しても同じような結果が認められました。ロボット支援術では6カ月で元の機能に戻っていますが、腹腔鏡の場合には戻るのに1年かかっています。すなわち、術後の機能面の回復は、ロボット手術の方が早いのです。

Some of the fundamental questions regarding robotic surgery would be questions like: Where does the learning curve stop? So we tried to answer these questions. Does lack of experience influence robotic surgery and what is the learning curve of robotic surgery compared with laparoscopic surgery.

(和訳)

ロボット手術に関しては、根本的な疑問がいくつかあると思います。たとえば、ラーニングカーブはどこかで止まってしまうのかという疑問です。そこで、経験がないことがロボット手術に影響するのか、また、ロボット手術と腹腔鏡手術のラーニングカーブを比較するとどのようになるのか、といった疑問を解決することにしました。

To answer the first question, we designed a review of a case series of two surgeons with different surgical backgrounds. Surgeon K, who had expertise in laparoscopic surgery, and surgeon M, who was a beginner in laparoscopic surgery.

(和訳)

最初の疑問を解決するため、手術歴が異なる2名の外科医を対象に検証しました。K医師とM医師です。K医師は腹腔鏡手術の経験を積んだ熟練者で、M医師は経験があまりない初心者です。

This curve seems to be very complex, but this red one shows the operation time of surgeon M, who was a beginner, and the purple one shows the operation time of surgeon K, who had expertise. So you can tell, in respect to operation time, laparoscopic experience has significant influence upon the learning curve. With the short-term operative outcome, you can see in the novice surgeon's results, 17 lymph nodes, and the blood loss was 115, conversion rate was 0%, complication rate was 9%, and the hospital stay was 9.

(和訳)

ラーニングカーブは非常に複雑ですが、赤い線は初心者のM医師の手術時間で、紫が熟練者のK医師の手術時間です。ご覧のように、手術時間に関しては、腹腔鏡手術の経験が、ロボット手術におけるラーニングカーブに有意な影響を与えていることがわかります。さて、短期の術後アウトカムについては、M医師では切除したリンパ節が17で出血量は115、開腹移行率は0%、合併症発生例は9例、さらに入院日数は9日でした。

So you can say these results are acceptable, even with the hands of beginners. We can also say, if you see the results from surgeon K, these were better. So we can say, even with beginners' hands, robotic surgery can provide acceptable results, but with the laparoscopic experience, you can expect better results.

(和訳)

これらの結果は初心者によるものですが、許容範囲と言えます。また、K医師の結果を見ると、さらに良いことがわかります。すなわち、医師が初心者でも、ロボット手術では許容できる結果が得られますし、腹腔鏡手術に熟練している医師であれば、さらに良い結果が得られるのです。

Our next project was comparing the learning curve of laparoscopic versus robotic. This is my personal data, because I started laparoscopic surgery and robotic surgery almost simultaneously. So I compared my own learning curve. I can say that in the first 40 cases, my robotic surgery took longer, but after these 40 cases, my robotic surgery became shorter than laparoscopic surgery. This is quite encouraging because when you do robotic surgery, the preparation time for the surgery is longer than laparoscopic surgery, so considering that, this means a significant reduction in operation time.

(和訳)

次に、腹腔鏡手術とロボット支援術のラーニングカーブを比較してみました。実はお見せしているのは私自身

のグラフです。私は腹腔鏡手術とロボット手術をほぼ同時期から始めました。最初の 40 症例までは、ロボット手術の方がかなり時間がかかっていますが、その後は腹腔鏡手術より短くなっています。さらに、ロボット手術では準備が長くかかることを考えますと、このことは、手術に要する時間が大幅に減っていることを意味します。

And this operation time was mainly influenced by colon mobilization time, which was interesting, because when you do laparoscopic surgery, the colon mobilization part is considered to be the easier part than the pelvic dissection.

(和訳)

さて、手術で最も時間を要する処置は結腸の授動ですが、これは興味深いことに、腹腔鏡手術で行う場合は、骨盤内の郭清より簡単だと考えられています。

Let me briefly introduce some of the newer approaches. First is trans-anal specimen extraction and single-stapling anastomosis. The theoretical benefit of this procedure, by saving on the minilaparotomy that is required for specimen extraction, we can reduce post-operative pain, and also achieve better cosmetic results. By saving on double-stapling anastomosis, we might expect more secure anastomosis, because by doing the double-stapling technique, we cannot but have those two points which are considered to be weak points for anastomosis leakage.

(和訳)

そろそろ時間がなくなってきましたので、次に新しいアプローチをご紹介しましょう。まず、経肛門的標本摘出(TASE)とシングルステープリングの器械吻合法です。この手技の理論的なメリットは、標本摘出に必要な小開腹を省けるので、術後の疼痛が軽減し、見た目にも良い結果が得られることです。ダブルステープリングにならない事で、より安全な吻合が期待できます。ダブルステープリングでは 2 箇所で縫合不全が生じる可能性があるからです。

This is a brief video clip of the procedure. We divide the rectum with our robotic hot shears, like this, and we extract the specimen through the anus, like this. We make purse-string sutures, like this, to apply the single-stapling device, like this. So in this way we do this procedure, and we have also reviewed some of the early results from these procedures, we compared with this conventional minilaparotomy procedures. We could see that the preventive stoma creation rate was significantly lower in the trans-anal specimen extraction group. This might be indirect evidence for more secure anastomosis after the trans-anal specimen extraction procedure. Also, according to our hypothesis, by saving on the minilaparotomy, we can reduce the post-operative pain significantly compared to the minilaparotomy procedure.

(和訳)

短い手術のビデオをご覧ください。ロボットの電気メスを用いて、このように直腸を切断します。そして、肛門から標本を摘出します。さらに、癒着縫合において、シングルステープリングで吻合します。初期の段階ではありますが、その結果を比較してみました。従来型の小開腹術と比べましたご覧のとおり、予防的なストーマ造成率もかなり低いことがわかります。これはより安全な吻合法である間接的なエビデンスになると思われます。また、私たちの仮説では、小開腹をしないため、おそらく術後痛についても TASE の方が小開腹術より少ないと思われます。

The next one was a robotic single port colectomy. A theoretical benefit of single port colectomy is better cosmetic results and less related complications like hernia and pain, but you can say that laparoscopic single port colectomy is an ergonomically demanding procedure. So theoretical ups-and-downs of robotic single port colectomy surgery were like this. Robotics gives us articulation and a stable 3-dimensional view, so we can expect, ergonomically, robotic has benefits, but because the robotic arm is bulkier than laparoscopy instruments, we made need a larger incision,

and currently robotic instruments are limited, so these are theoretical disadvantages.

(和訳)

次は、ロボットによる単孔式結腸切除術です。この理論的なメリットは、整容的な点とヘルニアなどの合併症や疼痛が少ないことです。しかし、腹腔鏡による単孔式結腸切除には、人間工学的にかなりの技術を要します。これはロボット支援単孔式手術の理論的なメリットとデメリットです。ロボット支援手術では、正確にアームが動き、安定した 3 次元の視野が得られます。そこで、人間工学的にロボットにはメリットがあると期待します。しかし、ロボットアームは腹腔鏡よりかなり大きいので、大切開が必要になること、そして、現在ロボット用手術器具がまだ限られているという問題もあります。これらがロボット手術のデメリットです。

So we actually did animal laboratory experiments, and also we did categorical workshops for developing the procedure. Then we started to apply this technique to the real patients. On your left, you can see the robotic single port. I am dissecting the middle colic artery, and ligating the right branch of the middle colic artery. And this a laparoscopic single port. You can clearly tell from this video clip, ergonomically, in terms of a surgeon's stress and fatigue, which one is better. Also, the outside view, this is robotic, this laparoscopic, and these things are not very comfortable. So our early results tell there is a shorter operation time in robotic single port, and also larger lymph node harvest in robotic single port.

(和訳)

そこで、実際に動物実験を行ってきました。手技の開発も様々なワークショップを開き進めてきました。そして、現実の患者さんに使うに至っております。左はロボットによる単孔式手術です。中結腸動脈を切り、右の方で結紮しています。そしてこちらが、単孔式による腹腔鏡手術です。ご覧のように、人間工学的、すなわち疲れやストレスに関して、どちらが良いでしょうか。ご覧のようにこちらは外側から見ています。左がロボット、右側が腹腔鏡手術です。これらはともに極めて快適にやりやすいとは言えません。そこで、初期の結果ではありますが、単孔式のロボット手術では時間が短いこと、また、リンパ節郭清における郭清個数が多いことがメリットになるでしょう。

For the conclusion, this is my personal perspective regarding robotic surgery. Although there are many, many advantages in robotic surgery, I cannot but say that current robotic technique is at the developing stage, and it is really in the infantile stage. It is better to know all of the limitations of robotic systems, as well as their technological advantages, because robotic systems are a mere instrument that helps the surgeon to do better surgery, so it is always the surgeon that decides the quality of the surgery, not the instrument.

(和訳)

そこで結論ですが、私見であることをまずお断わりしておきます。ロボット手術には多くの様々なメリットがあることを今日お話しました。しかし、現在の技術はまだまだ発展途上の黎明期にあると思っています。そこで、技術的なメリットだけでなく、ロボット手術に関する様々な限界についても十分理解すべきです。また、ロボットは医師による適切な手術を助ける単なる道具に過ぎません。手術の質を決めるのは外科医であって機械ではないのです。

But there is no doubt that current robotic surgery is a kind of bridge to the future. The future might be something like augmented reality, simulation, and advanced instruments that we cannot even imagine at the current stage.

(和訳)

しかしそうは言いながら、現在のロボット手術はいわば未来への懸け橋であることは確かだと思います。おそらく将来的には、現段階では想像もつかないような高度な機器類を用い、よりリアルにシミュレーションできるようなものが開発されることでしょう。

So if people ask me, in spite of the level of robotic surgery at the current point, because we do not really have hard proven benefits of robotic surgery yet, "Why are you so enthusiastic about robotic surgery?" I would

answer, "Because we believe that robotic surgery is part of our future, and I would rather participate in shaping the future, rather than just waiting for it." Thank you so much for your attention.

(和訳)

現時点のロボット手術のレベルにかかわらず、確固とした明らかな証拠が得られているわけでもありませんが、もし「なぜそんなにロボット手術に熱心なんですか。」と聞かれたら、私はこう答えるでしょう。「ロボット手術は未来の一部と信じています。そして、それをただ待っているだけではなく、私はその未来を作るのに参加したいのです。」

ご清聴ありがとうございました。

消化器癌に対するロボット手術の最前線



藤田保健衛生大学　上部消化管外科　教授
宇山　一朗

経　歴

1985.4　慶應義塾大学外科学教室入局
1986.5　練馬総合病院外科勤務(医員)
1987.5　国家公務員等共済組合連合会
　　立川病院外科勤務(医員)
1988.5　慶應義塾大学外科学教室助手
1991.5　練馬総合病院外科医長
1997.5　藤田保健衛生大学医学部外科学講師
2002.4　藤田保健衛生大学医学部外科学准教授
2006.5　藤田保健衛生大学医学部外科学教授
　　現在に至る

－要　旨－

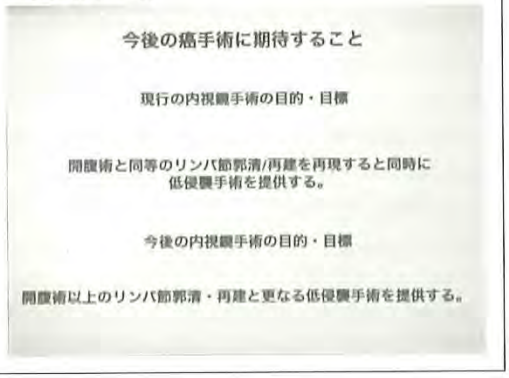
内視鏡手術は低侵襲性を目的として消化器疾患に対しても広く普及しつつある。しかし現行の内視鏡手術では2次元画像下操作、関節機能欠如、不安定画像などの問題がある。そこで、内視鏡手術支援ロボット(da Vinci Surgical System: 以下ダビンチ)によるロボット支援下内視鏡手術が世界中で注目を浴びている。我々は2009年1月より消化器外科領域の悪性疾患に対してロボット手術を導入したので、ビデオ映像を中心にその臨床経験と問題点を供覧したい。2009 年 1 月から現在までに胃癌(103 例)、食道癌(25 例)、肝胆膵癌(33例)の計 161 例のロボット手術を施行した。ダビンチの利点は 3-D 画像下操作、7 度の自由度を有する関節機能、フィルタリング機能による振戦の除去、モーションスケーリング機能、安定した画像などがあり、これらの利点により繊細かつ安全なリンパ節郭清と再建術が可能である。しかし、現時点では薬事法承認機器であるが、先進医療認可はされておらず、自費診療でのみ可能な手技である。購入価格も高額であり、メンテナンスにもかなりのコスト必要である。また、米国社製であり、日本外科医の意見が機器改良に反映されにくいのが現状である。今後、本邦でロボット手術が普及していくためには、日本製のロボットの開発が早急に必要と思われる。

（スライド 1）



一般論ではなく、あくまでも私個人の考えで、延世大学の先生方から比べますとまだまだ経験も足りませんが、今後の癌手術に期待することについてお話させていただきます。

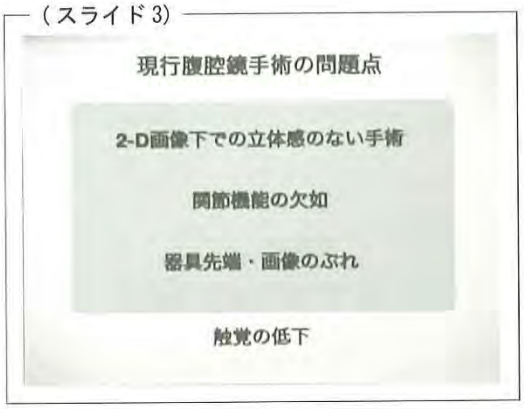
（スライド 2）



現行の内視鏡手術の目的と目標は、あくまでも開腹手術と同等のリンパ節郭清もしくは再建を再現し、傷が小さいということも含めた低侵襲手術を患者さんに提供するということで、我々は今まで 20 年近くずっと癌治療にも内視鏡手術を行ってきました。

今後どのようにしていくかは、やはり絹笠先生がおっしゃったように、拡大視効果を含めてロボット手術を導入することにより、開腹術より質の高いリンパ節郭清と、さらなる低侵襲手術を提供することを目標に頑張っていくというステップになってきたのではないかと思います。更なる低侵襲とは、傷が小さいことだけでなく、合併症率を減らすことも含めた意味で、「更なる」と書かせていただきました。

（スライド 3）



これも全く絹笠先生と同じようなスライドになってしまいますが、そのためには現行の内視鏡手術の問題点を解決しなければ、なかなかステップアップできないのではないかと思います。こちらも一般的に言われていることですが、「触覚の低下」に関しては現時点でも未解決ですが、「2-D 画像下での立体感のない手術」「関節機能の欠如」「器具先端・画像のぶれ」という 3 つの問題点に関しては、内視鏡支援ロボットを導入することでほぼ解決されています。

（スライド 4）



それと、プラスアルファの別のアドバンテージも付加されるという形になってくると思います。

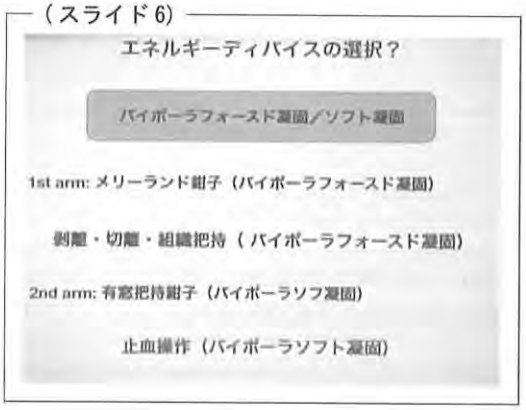
（スライド 5）



大腸癌の領域では普通のメッチェンバウムに電気メスというオーソドックスな形が、腹腔鏡手術で行われていますが，我々上部消化管外科医は超音波凝固切開装置に依存してきたと言うか、現時点でもこれが無いと腹腔鏡手術はできないと思います。

しかし、この超音波凝固切開装置は震動子が長いために関節機能が無く、どうしても少しダビンチシステムの利点を損ないます。関節機能が全てではありませんが、フルパフォーマンスをなかなか使えません。なお且つ最大の問題点は、薬事法が未承認なので法律的にも超音波凝固切開装置は使えないことです。私自身が購入した時はまだ薬事未承認の時代でしたので、個人輸入で超音波凝固切開装置も使用しましたが、なかなか仕様が腹腔鏡で慣れたようにはうまくいきませんでした。

（スライド 6）



エナジーデバイス無しでは癌の手術はできませんので、何を持ってくればいいのかかなり試行錯誤をしました。現時点で一番良いと思われている方法は、バイポーラシステムを使って、とにかくありとあらゆる手術をしてしまおうというところに行き着いたわけです。特殊ではない、VIO システムというスタンダードな電気メスで、1 つのアームにフォースド凝固モードを使います。超音波凝固切開装置では当り前ですが、摘んでアクティベートをすれば凝固されて切れますので、言葉は悪いですが、非常にシンプルと言うか、バカチョンなわけです。そのために、電気メスの進歩に少し置いていかれたような気がして、いろいろ勉強しましたが、その間に電気メスも非常に進歩しました。フォースド凝固は一般的に電圧を制御しませんので、200 ボルトを超えると火花が散ると言うか、スパークします。そのスパークを使って組織を切ることを試みました。本来、バイポーラは凝固、出血を止めることに使い、組織を切るという形では使っておりませんでしたが、そういう形で使ってみました。

両手にバイポーラシステムを使いますが、もう1つはソフト凝固を使います。これはここ 10 年ぐらいで出て来た凝固モードで、電圧が 190 ボルトまでしか上がらないように制限していますので、逆に全くスパークしません。組織爆発を起こさないので切れないわけです。切れないので、安全な凝固モードということで、こちらを使って凝固をします。この 2 つのバイポーラのモードを使い分けて、切開と凝固を瞬時に行うような形で超音波凝固切開装置が使えない欠点を補いつつ、関節機能を持ってダビンチシステムのパフォーマンスをフルに使おうという試みでやってきました。

（スライド 7）



ロボット手術は、現在までにまだまだ多くはないのですが、約 3 年前の 2009 年から始めました。こちらは消化器外科領域だけですが、症例数はこれぐらいです。勿論、泌尿器科や呼吸器外科等も当院で立ち上がっており、消化器外科領域では約 200 例の消化器の手術を

しています。先ほどの肝胆膵のことにお答えできるかどうかわかりませんが、我々の施設の肝胆膵外科の先生はファー・アドバンスのものばかりやっており、あまり内視鏡手術をしておりませんので、私のミッションとして、上部と肝胆膵のロボット手術に関しては私が行っているような状況です。今まで約 170 例のロボット手術を経験してきました。

（スライド 8）



あまり時間がないので端折っていきますが、一番専門にやっている胃癌の手術ですが、一言に言うと、非常に私自身が正しいと思っているリンパ節郭清の層をキープしやすいということです。通常の腹腔鏡手術ではキープするところがずれてきたり、いろいろなことでトラブルになります。それがロボットを使うことによってキープしやすくなります。

（動画 1）



これはバイポーラを使っています。バイポーラでフォースド凝固ということで、スパークを使って組織を切っています。今は切っていますが、組織を切ると同時にディセクション（dissection：剥離）もできます。鋏でも剥離はできますが、この鉗子 1 つで、他にも出血した時にすぐ掴めるという、3 つの機能ができます。

（動画 2）



残念ながら、本日は 3D ではお見せできませんが、勿論切る時に鋏を使うこともありますが、こういう細かい手術にバイポーラで右大網静脈を切っています。バイポーラは少しこつがありまして、微妙に隙間を開けたり閉じたりとせわしなかったり、ラインも線ではないので少し汚い感じがしますが、安全に手術ができると思います。拡大視効果も非常にあります。これは右大網動脈です。右大網動脈に縦に走る神経がありますので、神経の外側で静脈領域のリンパ節を郭清します。普通の腹腔鏡手術をそのように心がけているですが、通常の内視鏡手術では、勿論うまくいく手術もありますが、なかなかこの辺はこのようにきれいに、コンスタントにやるのは難しいです。そしてプレーンが決まれば、あとはもうバイポーラを使って切り上げていくという形になります。

（動画3）



これはスモールクリップです。心臓外科領域ではよく使われていますが、あまり消化器科領域では使われておりません。4.5mm ぐらいの長さしかありませんが、短い分非常に使いやすく、私は好んで消化器科領域にこのクリップを使っています。ただ、やはりこのような比較的太めの血管はいきなりスパークで切ってしまうと血だらけになりますので、前凝固と言うか、プレコアグレーションが必要になります。スパークで切る時はこの今の鉗子の先端を使いますが、血管をあらかじめ凝固する時には、鉗子先端1／3の面積を使って閉じると、ほとんどの血管は凝固できます。接触面積を調節しながらやるのです。

（動画4）



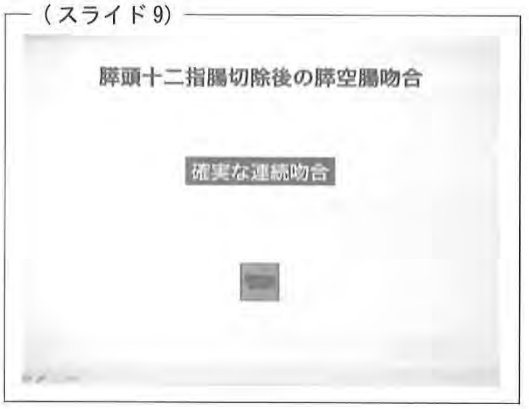
このように、先ほどの超音波凝固切開装置と違って多少こつがあるので、こつがある機械は大体流行らないのが通性ですが、現状ではそのこつを理解しながら使っていくと、非常にやりやすいと思います。

このフェネストレートしているところも、フェネストレートを少し超えたぐらいのところで、隙間を開けずにやや太めの血管を完全に摘むことによって凝固もできます。勿論ソフト凝固の方でも凝固できますが、ソフト凝固は電圧が上がらないために非常にゆっくり焼けていきますので、焼ける範囲が広くなり、腸管の壁に接していると腸管壁が熱損傷します。ですから、電気メスの特性を理解して、使う場所も先端ではなく少し圧をかけ、少し太めに、面積を広めに使っています。

このような形になりますと、私はもう十数年電気メスだけで手術をしておらず、開腹しても超音波凝固切開装置を使っていましたが、ロボットを使うようになって電気メスだけで手術するようになり、また電気メスも結構良いエナジーデバイスかなと思うようになりました。しかし、関節機能がある超音波凝固切開装置等いろいろなものがあると、さらにやりやすいわけです。そういうものを開発していただければ、我々外科医としては非常に嬉しく思います。

現状では、このように現状にある機械でも十分精密な精緻なリンパ節郭清はできると思っています。

（スライド9）



ただ、リンパ節郭清だけではなく、やはり再建という問題も残ってきます。そして HBP サージェリーにおいて、内視鏡でも普通の腹腔鏡でも、実は、切除はある程度簡単にできるのですが、最大の問題はやはり再建です。再建で縫合不全を起こすとフェイタルになる、死亡例も出て来るほどの合併症になるので、そこのハードルが高くてなかなか踏み込めないところがあります。しかし、私自身は自分が開腹手術で縫合するよりも、ロボットを使用する方がきれいに縫合できると思っています。

（動画5）



この症例は、内視鏡手術では一番ハードルが高いと言われている、膵頭十二指腸切除後の膵管空腸粘膜吻合です。

（動画6）



切除は終わっていますが、これが膵管で、これが吸収糸になります。かなりリストを使っていますが、通常の開腹手術ではこんなに手首を曲げて縫うことはないので、自分自身の可動域を超えた動きになるので最初は少し戸惑いますが、慣れてしまえばこんなに便利なことはありません。自分自身の手の動きを超えた動きができるのです。

（動画7）



これは時計で言いますと、6 時方向にステイスーチャーをかけて、ちょっと細かい工夫は要りますが、ある程度重みがないとテンションがかからないので,この糸を血管クランプ用のブルドッグ鉗子の重みを利用していきます。それで 12 時方向から縫っていきます。この症例は比較的膵管拡張しておりますので、連続縫合を選択しています。

（動画8）



ロボットを使っても膵管空腸吻合で解決できない最大の問題点があります。結節縫合で、1針1針縛る場合には、縛ってしまうと縫えなくなるので縛らずに糸を置いておきますが、それが絡んでしまいます。ロボットを使っても絡むことを予防することは非常に難しいですし、絡んでしまうと私の空間能力ではロボットを使っても元に戻せません。そうなると、そこが非常にストレスになります。しかし、連続縫合すれば 1 針しかありませんので、非常にストレスなくできるのです。

針を通して抜く操作は、このロボットの拡大視効果と、手ぶれ防止機能もありますので、人間の生理的トレモー

ルをキャンセリングしてくれます。関節機能も使えますので、見えれば縫うのはそんなに難しくはないので、連続縫合をしていきます。

少し、先ほどの6時方向にテンションをかけながら縫っていくと、段々慣れてくると非常に近接して手術するようになりますので、ヒンジと言うか、関節が見えないくらい膵管側と接写して手術するようになってくると思います。

（動画9）



私も通常の腹腔鏡でも十数例、このような手術をしましたが、これを通常の腹腔鏡で行うと、かなりストレスであると同時に、取るまでに切除の時間が結構かかるので、切除で疲れたところにこの吻合が残っていると、集中力を維持したままやっていくのはなかなか難しいのですが、ロボットを使うことによってそのストレスが非常に減りました。

（動画10）



6時方向の糸を少し弛ませて、この辺は助手にも頑張ってもらわなければなりません。助手も自分では掴めないのですが、術者はロボットを使えば簡単に糸を手渡ししてあげられます。そして吻合していきます。

ロボットで膵頭十二指腸切除を行ったのはまだ8例ですが、8例中1例がここでの合併症を併発しました。その症例では持続洗浄を必要としましたが，フェイタルなことにはなりませんでした。しかし、残りの7例は膵管空腸吻合部の合併症は全く起こしませんでした。8例中7例うまくいったから良いという評価をするには時期尚早ではありますが、7例やった印象では、通常の腹腔鏡手術のハードルをHBP Surgeryの一番コンプリケイテッドな手術の1つに挙げられる膵頭十二指腸切除のハードルを下げて、この手術の普及に寄与できる好い機会ではないかと思っています。

（スライド10）



HBP Surgeryと言えば肝切除のことですが、先ほどCUSA(超音波吸引装置)の話が出ましたが、CUSAは震動子が長いので、短い震動子にしない限りは関節が無いCUSAしか作り得ないということになります。しかし、現時点では関節が長いCUSAすらラインナップとして存在しないわけです。

ただ、やはり肝切除の外側区域切除は腹腔鏡でも非常に進歩しつつありますが、やはりオンコロジカルに通常の腹腔鏡手術と開腹手術で違っているのは、グリソン鞘と呼ばれる、門脈と肝動脈と、胆汁が流れる胆管が1つの膜に包まれた単位と言うか、ユニットがあるわけですが、オンコロジカルにはそれを最初に処理してから肝切離に入るべきですが、腹腔鏡ではなかなか難しいので、少し専門的になりますが、肝切離を入っていって、切離面の中で切っていくような状態になっていきます。これはオンコロジカルにはあまり良くありません。この辺を解決しないと、やはり肝切除の古い先生、大御所を納得させるのはなかなか難しいです。内視鏡手術でもできるエキスパートの先生は勿論いらっしゃいますが、なか

なか一般的な手技にはなりません。しかしロボットを使いますと、私のように肝胆膵が専門ではない者でも比較的容易にグリソン一括処理ができます。

（動画 11）



（動画 12）



これは外側区域切除の一番シンプルなものです。普通はここからいきなり切っていって、その中でグリソンを処理していくのですが、肝円索を下に落として 3 番のアームで固定し、ここに臍静脈ですから臍静脈板という層がありますので、その層を剥していきます。

（動画 13）



そうしますと、ここを鈍的に剥していくので、その時に触覚が無いのは非常に問題なのですが、しかし実際にやってみると、ユーザーとしてはあまり触覚が無くても気にならない、無くても構わないのではないかと最近思っています。それはあった方が絶対に良いのですが、無くてもそんなに困っていないというのが現実です。

これも、触覚がヌルヌルしているとかザラザラしているということはわかりませんが、やはり硬いものや重いものに当たればアームの動きはおかしくなるわけですから、抵抗感はわかります。ですから、触覚と抵抗感を分けて考えて、抵抗感は使えば使い込むほど繊細になってくると思います。

（動画 14）



そして何となく抵抗感でスッと入るところがあれば、臍静脈板にきれいに入ります。

（動画 15）



（動画 16）



（動画 17）



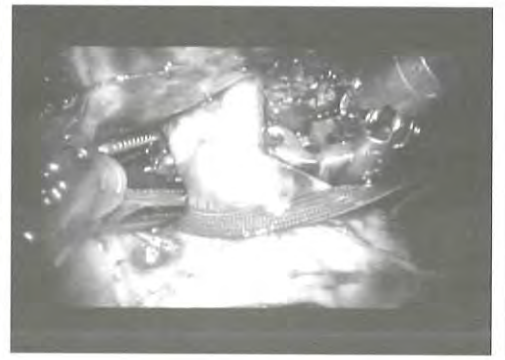
アランチウス板をのけて、ここに臍静脈板の出口があるのですが、これは開腹手術ではこんなによくは見えません。しかし、ここに臍静脈板の門脈と言うか、グリソンと肝実質との隙間がありますので、こういう拡大視効果を使うことと、非常に dexterity の高い関節機能を使うことによって、グリソンの2と3という、外側区域側にまわるグリソンを一括に拾います。

（動画 18）

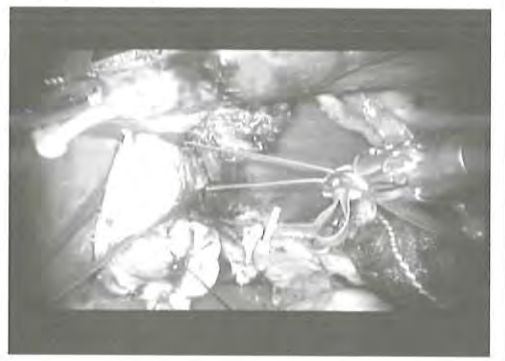


先ほどの臍静脈板の入り口から出口のところは、入り口は開腹手術でもよく見えますが、出口は結構大雑把にやって、専門家は失敗しないかもしれませんが、私がやると下手すると失敗することもあります。これを通常の現行の腹腔鏡手術でやるのはかなりハードルが高いことと、できたとしても再現性をもって毎回できるという手技にはならないかもしれません。

（動画 19）

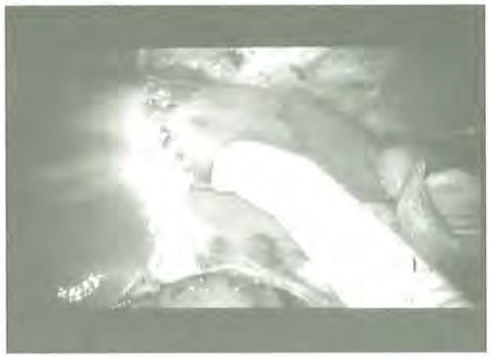


（動画 20）



そして今度は、グリソンの 2 と 3 を一遍に切るのは幅広くて危ないので、グリソンの 3 側を拾います。グリソンの 3 は手前側にありますので、比較的簡単に拾えます。そして、これもやはりこのような関節機能によってグリソンの 3 の後ろ側を安全に通せます。ご経験のある方はわかるかもしれませんが、グリソンの 2 はそこだけを取りに行こうとしますと、肝静脈の根部と近いので結構ひどいことになりますので、それはせずに、一度臍静脈板でグリソンの 2 と 3 を一緒に拾っておいて、安全に拾える方のグリソンの 3 の裏側を通すと、引き算でグリソンの 2 が取れたことになります。これは肝切除の開腹術ではよく行われるサブトラクション法と言って、特別新しい方法ではありませんが、それを使うことによってグリソンの全体、3 と 2 のグリソンが肝実質を切離する前に完全にできます。この辺や先ほどの再建等をやっていかないと、なかなか HBP サージェリーの領域で内視鏡手術が進歩していかない、ロボット手術が進歩していかない、そして普及していかない原因ではないかと思っています。

（動画 21）



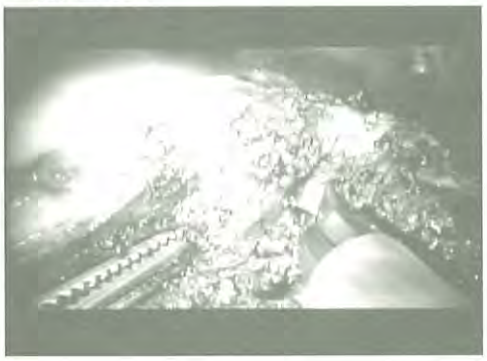
そして肝外でグリソンの 2 と 3 を切ると、はっきりした demarcated line と言うか、血流領域がわかりますので、アナトミカルに一番正しい系統的な解剖に基づいた切除ができます。

（動画 22）



ただ、ここで問題があって、CUSA がありません。CUSA が無いとなりますと、クラッシング法という、非常に CUSA が無い時代に流行った方法で行わなければなりません。要は、鉗子でクシャッと潰して、残ったものは血管かもしれないという形でやっていく Pean fracture 法です。ここで役に立つのは、この心臓血管用の関節機能のあるクリップです。肝静脈はこんな細かいものでもちょっと損傷すると結構出血しますが、関節機能があるので、非常に的確に直角にクリップできます。そして地道ですが、クラッシュして残った静脈の枝をクリップしてきます。ただ難点は、このクリップが結構コストがかかるということです。

（動画 23）



そして、どんどん割っていきますと、左肝静脈の太い枝が出て来ます。この太い枝が出て来た時に、細い短いクリップではどうしようもないということになって、昔はこれを一生懸命エンサークルしようとしたのですが、肝静脈がこう走りますから、尾側から頭側にすくおうとすると、大体股が避けて出血するという痛い目に遭いました。そ

の経験に基づき、今は何も一発で切ろうと思わずに、残る側は二重にクリップして、取る側は一重にクリップします。勿論不完全にしかクリップされていませんが、関節機能と手ぶれ防止がありますから、寸止めと言うか、クリップを超えない少し手前で鋏を止めて、クリップとクリップがオーバーラップするような形でやっていきます。これを繰り返せば、ある程度太い枝でも、人が川を渡るように必ず渡りきれるのです。これをひたすら繰り返せばいいということに気付いてからは、こういう肝静脈の枝からも出血しなくなり，出血が少なくなりました。

（動 画 24）

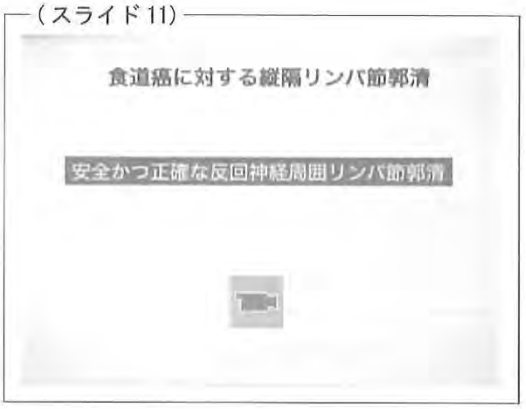


最後に左肝静脈の本幹が出て来ますので、これもランニングスーチャーで縫ってもいいのですが、ここまで来たら大体ステープラーでバチッと切ってしまいます。そうしますと、オンコロジカルに、肝外で肝実質を切離する前にグリソンを処理して、系統的な demarcation line に沿って切除できたことになります。

この手術は、一応ガーゼのカウント上は出血量はカウントできずという形で終わりました。勿論肝硬変もありませんし、全部がそううまくいくわけではありませんけれども、右葉切除、後区域切除、S8 切除と、いろいろな肝切除を行いましたが、今まで全症例で肝外でのグリソン処理はできています。

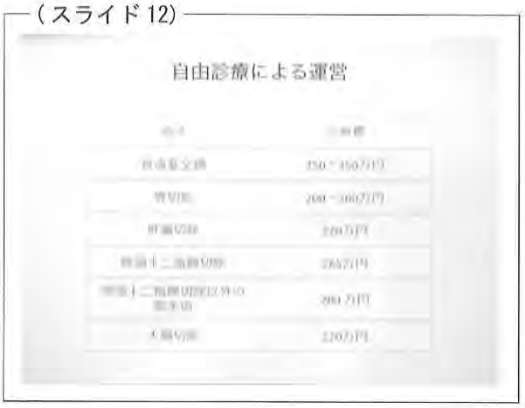
これを小開腹で肋骨弓下で切り、肝切除を直視下に CUSA を使おうとすると、結局肋骨弓下に 7 cm～8 cm の傷が必要となり、痛みの減少があまりありません。しかし、これもスペシーメンバックに回収して、お臍の傷を約 5cm ちょっとに広げることによって取り出せば、痛みは和らぎます。そして、これぐらいしっかりグリソンを処理した場合はもうドレーンも入れませんので、4 日～5 日で肝硬変が併存してない場合は退院可能となります。

（スライド 11）



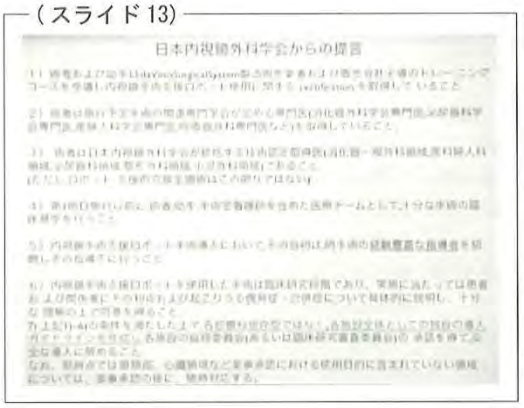
時間がないので食道の方はちょっと飛ばしますが、食道癌においても、30 例近くやりましたが、左反回神経周囲の郭清は非常に良いと思います。

（スライド 12）



ただ、問題は混合診療が認められておらず、自由診療でしかできないので、現時点ではこういう金額で行っています。きちんとメリットを話して、自由に選択していただきますと、今は胃切除は、大体週 1 例ペースで自由診療で行っています。

（スライド 13）



今後のことですが、学界からも提言が出まして、安全に導入するにはまだいろいろ問題があります。今では、ただひたすら施設と個人の技量に依存している形で行っていますが、資格を有することが重要か否かはよくわかりません。たとえば、当初は経験豊富な指導者を招聘して指導を受けることとなっていますが、経験豊富な指導者とはどのような人かという定義も決まっておりません。これから学会を通してきちんと組織を作り、安全な導入をして、データを集積していかなければ、なかなか保険収載の方向には行けないのではないかと思っています。

（スライド 14）



我々の取組としてはアニマルを使ったダ・ビンチトレーニングセンターを、2012 年 4 月 10 日に竣工し、ベーシックトレーニングによる CERTIFICATION の取得コースと、我々としては、ヒョン先生がされているような、胃癌コース、心臓外科コース、食道コースという、各領域に特化したアドバンスコースをどんどんやっていき、安全な普及とレベルの高い、韓国に追いつけるようなロボット手術の進歩を臨んで頑張っていきたいと思っています。

（スライド 15）



以上です。どうもありがとうございました。

早期前立線癌におけるロボット支援前立線全摘術の現況



東京医科大学 泌尿器科 教授 前立線センター長
大堀 理

経 歴

1986	岩手医科大学医学部卒業
1986-1990	北里大学泌尿器科 研修医
1990-1994	米国ベイラー医科大学泌尿器科 研究員、Assistant Professor
1999-2003	Memorial Sloan-Kettering ca center 前立腺診断センター副所長
2004	東京医科大学泌尿器科 准教授
2007	東京医科大学泌尿器科 教授
2008～	東京医科大学泌尿器科 前立腺センター長兼任

―要 旨―

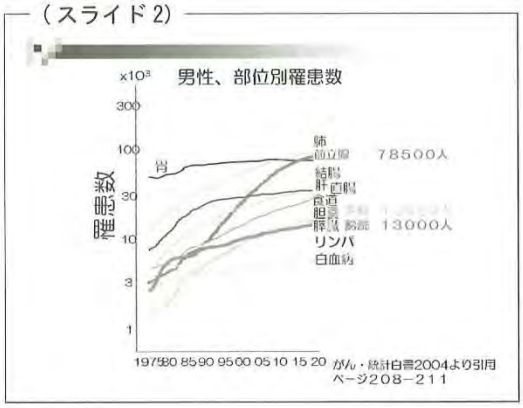
前立腺癌は固形癌では最も頻度の高い悪性腫瘍であり、近年、本邦でも著明に増加している。早期前立腺癌に対する治療には手術、放射線(外照射、小線源)、内分泌治療、無治療経過観察などがある。根治手術は最も標準的な治療と言えるが、生活の質を脅かす尿失禁や性機能障害などの合併症も存在する。ロボット手術の出現により、これらの合併症の減少が期待されており、実際、最近のわれわれの施設における結果でも従来の開腹手術と比較し、術後尿失禁や性機能障害の早期の改善が実現している。さらにロボット手術では出血量も少なく、術後疼痛も少ない。これらの利点を反映してロボット支援前立腺全摘は健康保険の給付対象として認可され、この4月から適応の見込みである。近い将来、本邦においても大多数の前立腺根治術がロボット支援下に実施され多くの患者がその利点を享受できると考えている。

（スライド 1）



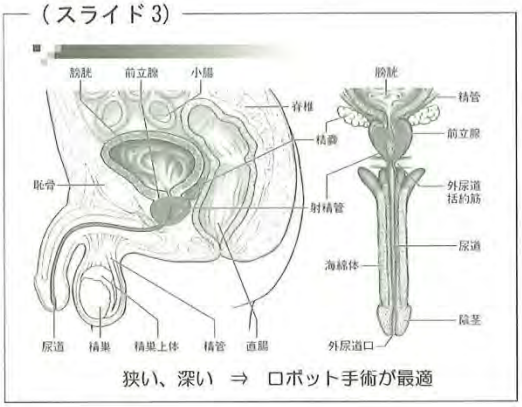
今日は見渡す限り男性ばかりですけれども、男性に非常に関る話ですので、ぜひ聴いていただきたいと思います。ドクターだけではなく、企業の方等が多いと伺いましたので、最初は一般的な話を中心に始めたいと思います。

（スライド 2）



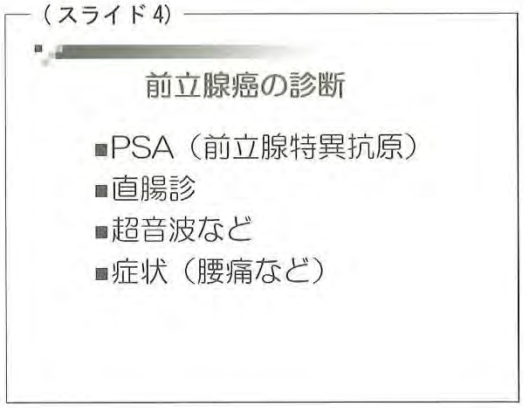
前立腺がんは非常に増えています。アメリカと同様に、近い将来、頻度では 1 番になるのではないでしょうか。また泌尿器関係では腎臓がんも膀胱がんも非常に増えています。

（スライド 3）



最近では芸能人が前立腺がんになったりして、認知度と言うか、皆様もよく聞くようになったと思いますが、それでも一体どこにあるのかわからないと思います。膀胱があって、尿道があって、尿が出ますけれども、前立腺は膀胱の真下にくっ付いています。胡桃大とかプラムの大きさとよく言われます。前は恥骨、後ろは直腸、上は膀胱と、非常に狭い中にあるということが、ロボット手術が一番向いている理由の 1 つだろうと思います。

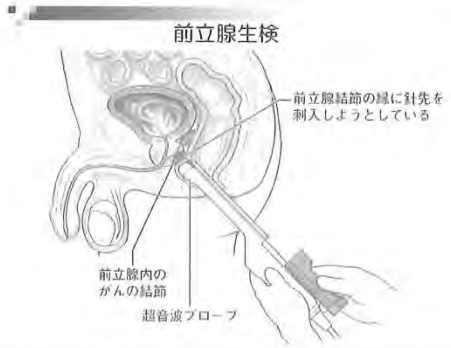
（スライド 4）



前立腺がんの診断について、簡単にご説明します。PSA は血液の前立腺特異抗原ですけれども、血液のマーカーです。直腸から指を入れる検査、超音波の検査、それから今は少ないですが、腰痛などの症状があって見つかる方です。PSA のお蔭で前立腺がんの発見が進んでいるのですが、非常に名誉なことに、元を辿ると日本人が発見したものに由来します。それから超音波も機械を直腸に入れて検査をしますが、その機械を作ったのは日本人で、今これらのお蔭で全世界で早期発見が進んでいます。日本人が多大な貢献をしていると

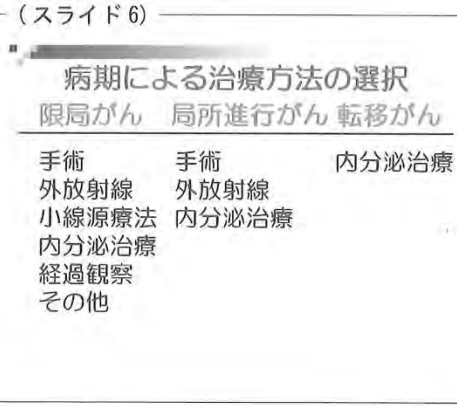
言えると思います

（スライド5）



最初に超音波を直腸に入れたのは、その当時の東北大学グループで、その後、京都府立医科大学の教授になられた渡邉先生が中心に仕事をされました。現在でも超音波で見ながら針を前立腺に刺して診断するのが基本になっています。

（スライド6）



いろいろな治療法がありますが、骨転移やリンパ節転移があるとホルモン治療、転移がなくても、PSA が 20、30、40 と高く、直腸診でゴリゴリと触れるような局所で進行したがんであれば、場合によっては手術をし、ホルモン治療を 2 年から 3 年やって、プラス外から放射線を当てるというのが標準の治療になっています。それから早期がんである限局がんは、手術、外照射療法、小線源療法、ホルモン治療、経過観察、その他の超音波の治療等、選択肢も増えていますし、1 つ 1 つの治療が非常に進歩しており、とても低侵襲な方向に進んでいる状況です。

今日は手術のお話ですけれども、前立腺がんらしい経過観察の話に触れたいと思います。

（スライド7）



日本人で 50 歳以上の男性は約 2,400 万人ですが、このうちの 20%にあたる 480 万人が何らかの形で前立腺がんを持っています。欧米は 30%ぐらいですが、この日本人の 20%というのはやや低めに見積っています。要は、とんでもない数の人が前立腺がんを持っています。勿論 480 万人全てが前立腺がんで命を取られたり、生活が困るわけではなく、そのうちのさらに 20%の 96 万人くらいが臨床的に意味のあるがんがあるだろうと言われています。

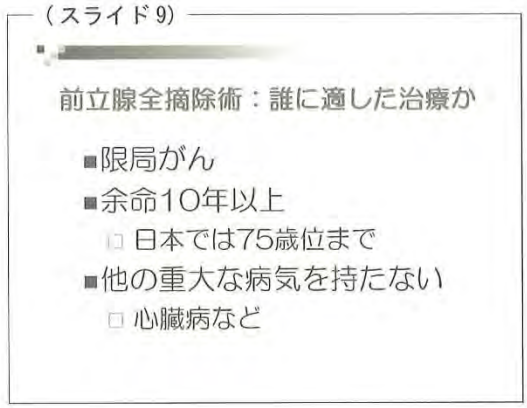
ただ、実際は毎年こんなに発見されるわけではなく、そのうちのごく一部を我々が発見しているということで、例えばこの会場に 200 人の 50 歳以上の男性がいるとすると、40 人は前立腺がんを持っていて、そのうちの 8 人が問題のあるがんを持っていることになります。私は違うと誰もが思いたいですが、残念ながら現実的な数字です。寿命が 50 歳だった時代には前立腺がんの疾患も関係ありませんでしたが、今のように平均寿命が 80 歳という時代になると、前立腺がんのみならず、前立腺肥大症や前立腺の炎症で苦しんでいる男性は非常に多いと言えます。

（スライド 8）



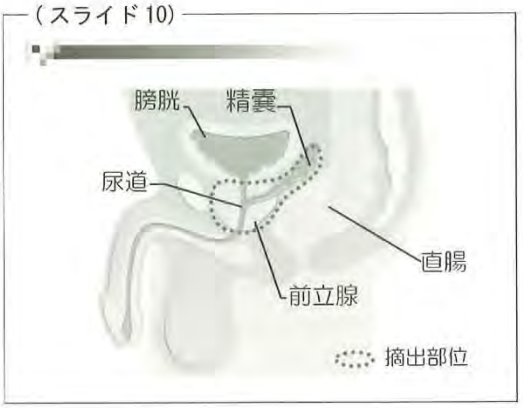
これは前立腺を取った後の全割標本です。我々がよく見るのは、右側の大きながんで、前立腺外に出かかっているところです。左の方は取った後に病理の先生に見てもらっても、本当にこの人を手術して意味があったのだろうかという話になってしまうような小さいがんです。幸い日本ではこういう人はまだ少ないのですが、私がいたニューヨークのがんセンターでは、全割標本を見ると、大体 20%ぐらいは本当に小さいがんでした。ある意味やり過ぎなのかもしれませんけれども、両者の鑑別は、手術前、治療前には区別がつかないものですから、ある程度はやむを得ない話しになってしまいます。転移がんに対する内分泌治療を発見した人が 1942 年にノーベル賞を取りましたが、今これを鑑別する何かしらの機械やマーカーを見つけたら、間違いなくノーベル賞を取れるのではないかと思います。

（スライド 9）



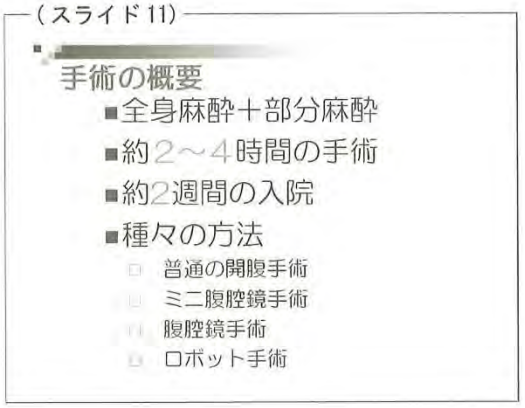
前立腺全摘除の対象はまず早期がんであること。そして基本的に日本では大体 75 歳ぐらいまでで余命が 10 年以上で、やはり大きな手術ですから、心臓病やひどい糖尿病等の重大な病気を持たない方が対象になります。

（スライド 10）



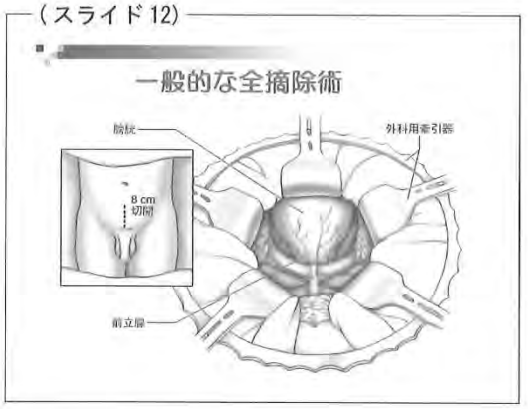
前立腺とその横にくっ付いている精嚢腺を一緒に、一塊として取るのが手術の目的です。

（スライド 11）



手術は全身麻酔と硬膜外麻酔という部分麻酔を併用してやるのが普通で、2 時間から 4 時間で行います。大体どの施設も 2 週間前後の入院です。手術の方法はいろいろあり、従来からある開腹手術や、できるだけ傷を小さくしてやるミニ腹腔鏡手術、それから腹腔鏡手術、ロボット手術、その他にも肛門の上の方の会陰という場所から前立腺を取る手術もあります。

（スライド 12）



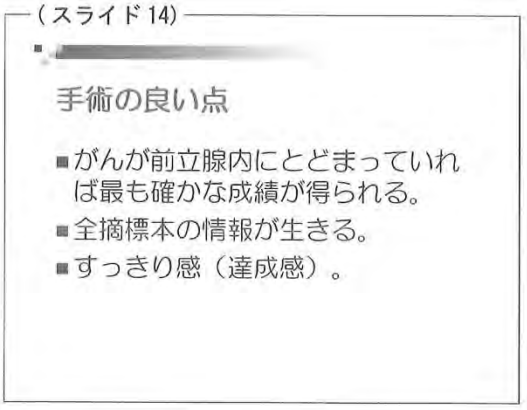
一般的な全摘除術ですが、決してこの手術が悪いわけではなくて、未だに標準の治療の 1 つだと思いますけれども、お腹を 8cm から 10 cm ぐらい縦に切って前立腺を取ります。良くないのは出血が多い点です。予測していても、ある程度出血を覚悟しなければならない手術ですので、前もって自己血を 1,000cc とか 1,200cc 溜めておいて手術の時に使うというような準備をしなければなりません。

（スライド 13）



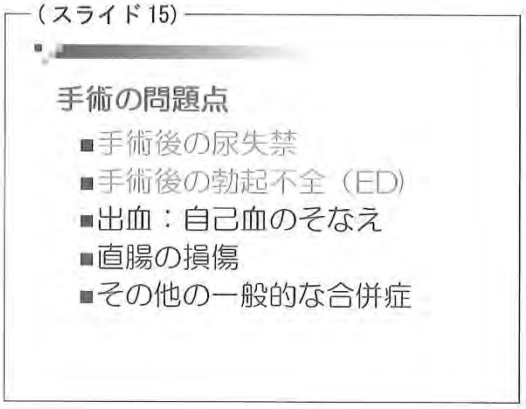
それから腹腔鏡の手術です。先ほどから話題に出ている腹腔鏡と同じです。アメリカではもうほとんど腹腔鏡の手術はなくなりました。世界で一番頑張っているのは日本ではないかと思います。日本の先生はとても器用ですので、技術を高めて、うまくなっている先生は全国にたくさんいらっしゃるので、まだこれからどういう道に進むのかわかりませんが、当分の間、日本だけは腹腔鏡の前立腺の手術は生き残るのではないかと予測しています。

（スライド 14）



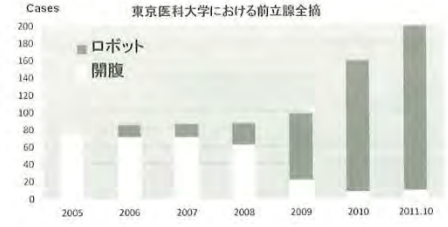
手術の良い点としては、早期がんであれば最も確かな成績が得られること、それから取ったものの標本の情報が非常に活きることです。取ったものの結果次第では追加の治療をするか否かという話になります。私も外照射や小線源等の治療をされた方を多く診ていますけれども、やはり手術で合併症もなく、何事もなくうまくいっていると最も達成感があると感じています。

（スライド 15）



ただし、やはり問題があります。1 つは、よく言われる手術後の尿失禁や勃起不全です。最近は 50 代前半、40 代後半の方もどんどん見つかっていますので、勃起不全は従来よりさらに問題です。それから、開腹手術では自己血を備えなければならないということと、僅かですけれども、前立腺のすぐ裏にある直腸の損傷を起こしてしまう可能性があることです。

（スライド 16）



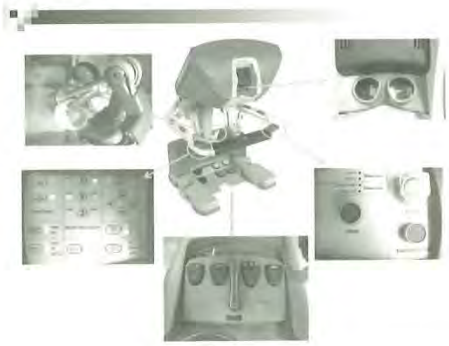
東京医科大学における前立腺全摘手術の現状です。従来 80 例から 90 例、全国の大学の中では 2、3 番目に行っていた施設でしたが、白い棒グラフのお腹を開ける手術は減って、今はもう 10%に満たなくなりました。それに対して、灰色の棒グラフのロボットの手術がどんどん増えて、現在はもう年間 200 例以上、週に最低でも 5 人ぐらいの方はロボット手術をやっています。これは、勿論いろいろな宣伝効果があって、全国から患者さんがいらっしゃいますが、それだけではなく、元から診ている東京医科大学、新宿近辺の患者さんがやはりロボットを選ばれるからです。

先進医療は 2009 年の 1 月から認められまして、72 万円の自己負担プラス保険診療でやっていましたけれども、2012 年の 4 月から保険診療が認められるので、益々希望される患者さんが多くなると想像しています。

（スライド 17）



（スライド 18）



（スライド 19）



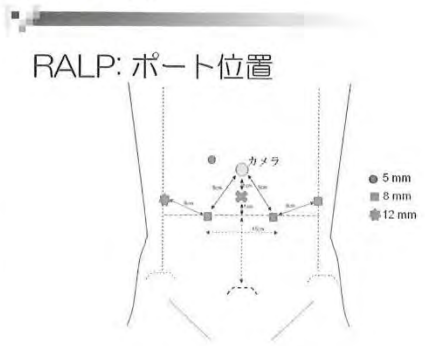
これらは他の発表者とダブりますので省きたいと思います。

（スライド 20）



手術の形は、準備ができてから頭を 30 度低くして、しかも 3 時間も 4 時間も手術しているので、基本的に緑内障や重度の糖尿病には視力の悪化の可能性があるためロボット手術はお勧めできません。

（スライド 21）



それからポートの位置はお臍を中心に挿入し、お臍の上にカメラを入れています。

（スライド 22）



実際の手術時の様子です。ガスを注入し、お腹が膨らんでいますが、ポートを入れて、ここ（臍上部）からカメラを入れています。

（スライド 23）



今は看護師さんも助手も皆 3D 用の眼鏡をかけて、スライドには映っていませんが 3D の大きなモニターがあって、皆でモニターを見ながらやっているという状況です。

（スライド 24）



準備ができて、ポートも入って、30 度頭を低くしたら、看護師がこの本体のロボットを少しずつ押してセットアップします。

（スライド 25）



ロボットのアームとポートを付けます。

（スライド 26）



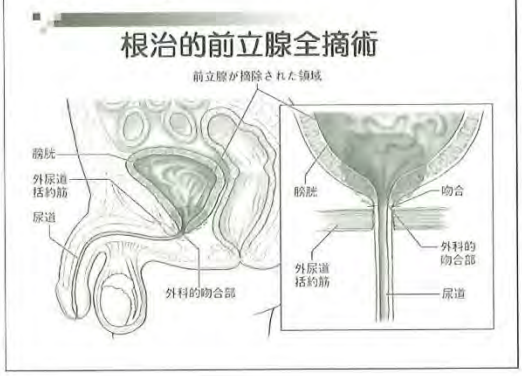
それから鉗子をこのポートから入れて準備をします。

（スライド 27）



ここから手術をしますが、前立腺がんの手術の標準的なやり方としては、右手に鋏、それから左手に鉗子を持ち、左手は足でスイッチし他の鉗子も使います。それから右下が吸引という鉗子ですけれども、これは助手用のポートが 2 本あって、糸を出し入れしたり出血を吸引しています。ロボットの手術は術者と助手 1 人の、基本的には 2 人の手術になっています。

（スライド 28）



手術をして問題なのは尿失禁です。前立腺がなくなって、膀胱の開け閉めをする外括約筋がどうしても一時的に弱くなってしまい、尿漏れに繋がります。

（スライド 29：動画再生）

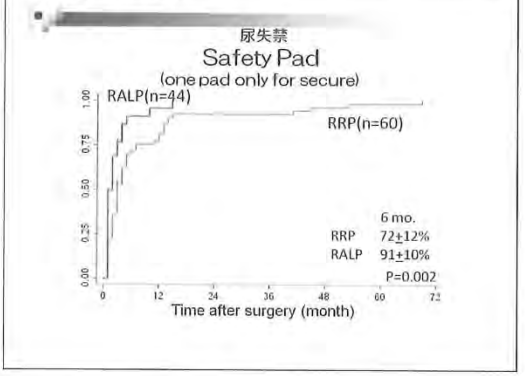
少しだけビデオをお見せしたいと思います。下が前立腺で、こちらが尿道です。今から尿道を切ろうとしています。こちらが恥骨です。やや出血がありますが、お腹を開ける手術よりは少なく、とても視野が良い状態です。尿道がよく見えて、良い場所で切ろうとしています。あまり前立腺側で切ってしまうとがんの取り残しになるので、良いところで切ろうとしています。出血も、尿を入れてせいぜい 200 cc～300cc ぐらいですので今までで輸血している方はゼロです。

前立腺と精嚢腺をバッグに入れて手術が終った時にカメラを入れたポートから、このバッグごと引き出して取っています。

これは膀胱と尿道を縫っているところですがロボット手術の最もすばらしいところですが、これだけ非常によく見えてしっかり縫えるということが、尿失禁が減っている理由ではないかと思います。尿道もかなり長く取れていますし、膀胱の粘膜を確認しながらしっかり合わせることができます。開腹の手術も私も多く実施しますが終った後に何となく大丈夫かなとちょっと思うところがあるのですが、ロボットの手術が終った時は非常に安心感と言うか、問題無いなという感じを受けます。

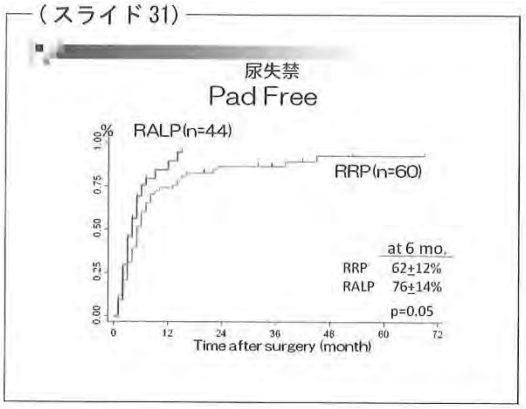
今出し入れしていた黄色い管は、5 日間、もしくは 6 日間ぐらい入ったままです。 5 日後、6 日後に管を抜いて、尿の状態を見て退院になります。

（スライド 30）



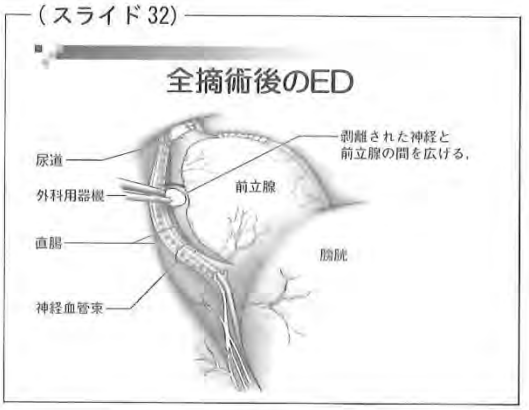
これが結果です。この RALP がロボットで、PRP が開腹手術です。1 日 1 枚、何となく心配だから付けていますよというのを Safety Pad と言いますけれども、手術後明らかにロボットの方が早く改善しています。1 年後ぐらいには、ほとんどの人が Safety Pad になっています。しかもかなり早い時期、半年以内には大体の人がもう Safety Pad になっています。

（スライド 31）



さらに Pad Free、もうパットしていませんというのは、先ほどよりは若干右側に傾いて時間がかかっていますが、それでもお腹を開ける手術よりはロボットの方が良かったという結果でした。

（スライド 32）



もう 1 つ問題なのは勃起不全です。膀胱と前立腺の横をこのように勃起神経が走っているのですが、手術の時に、できればこれを分けます。近くにがんがあるという予測があった時にはやりませんけれども、がんは多分無いだろうという予測の時にこういうことをします。

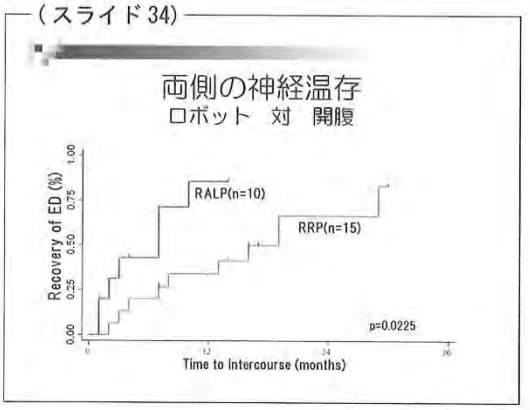
（スライド 33：動画再生）

短いビデオですけれども、前立腺があって、前立腺の横の膜を外していって、これから神経を温存しようというところです。

先ほども少し触れましたが、患者さんがすごく若くなってきて、やはり勃起不全は大きな問題ですので、しっかり対応しなければならないと思います。

これは神経が入った束です。お腹を開ける手術も全く同じようなことをやりますが、やはりうまく膜を見つけて丁寧に剥せるので、結果がとても良くなります。

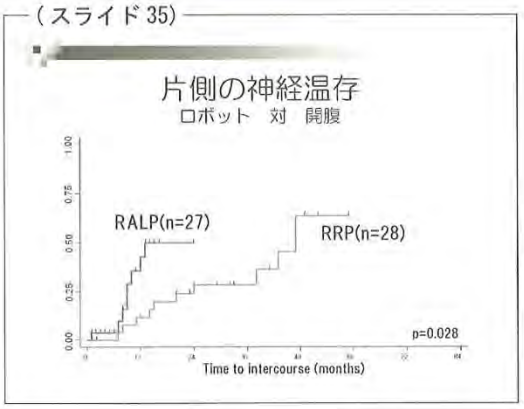
（スライド 34）



左右両方の神経を温存した時にどうなるかと言うと、ロボットの方が 1 年で 7、8 割の方が手術前と同レベルま

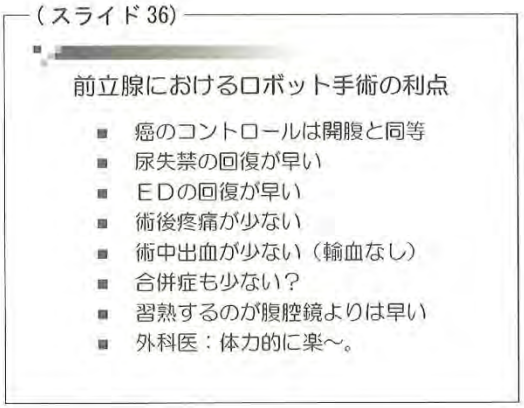
で改善します。それに対して、お腹を開ける手術も 1 年で半分近くが改善します。

（スライド 35）



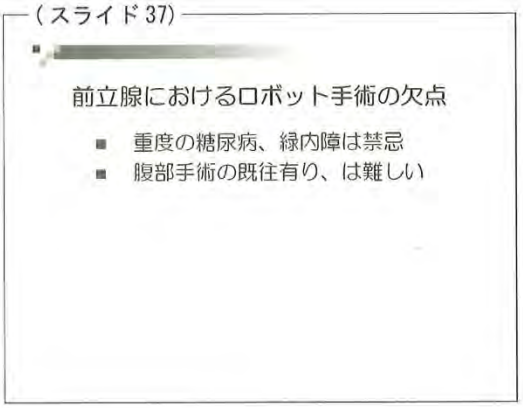
片側の神経だけの場合はやはり成績が少し悪くなりますが、それでも 1 年を過ぎると、ロボットの場合は半分ぐらいの方、お腹を開ける手術では 2 年後でも 2、3 割という結果になります。

（スライド 36）



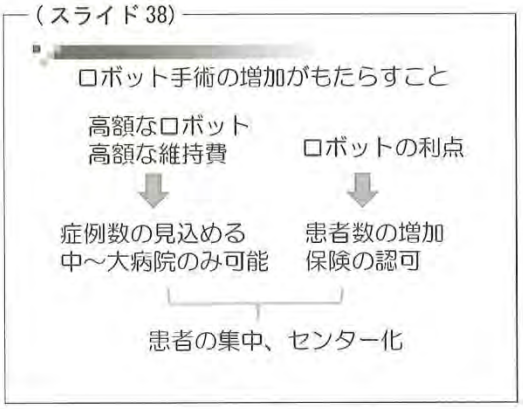
利点はかなり一杯ありますが、がんのコントロールに関しては、ロボットが絶対良いということではありません。開腹の手術とほぼ同等だと言えると思います。尿失禁の回復はやや早く、それから勃起不全の回復もやや早いでしょう。それから手術後の疼痛がや出血が少なく、合併症も多分少ない。それから先ほどからお話出ていますけれども、腹腔鏡の手術よりは明らかにロボットの方が慣れるのが早く、外科医にとっても慣れてくると体力的に非常に楽になりますし、目が悪いからもう外科医ができないという話にはなりにくくなっています。

（スライド 37）



欠点というのは思い浮かばないぐらいで、あまり無いと思うんですけれども、敢えて言うと、糖尿病や緑内障の方は基本的にできないということ。それから、以前大きなお腹の手術をやって傷がたくさんある方は、お腹側を膨らませて視野を作ることができないので簡単にできない場合があり、難しいことがあります。これも実はやり方を変えるとできる可能性があるので、もう絶対ということではありません。

（スライド 38）



高額なロボット、しかも高額な維持費が必要ですので、これを導入しようと思うのは症例数を見込める大きな病院だと思います。ロボットの利点は、特に前立腺あるいは婦人科の子宮の分野ではもう明らかですので、認知度も上がっていますし、患者さんは増えています。さらに保険も認可されたので、益々患者さんは増えると思われます。いかに教育するか、などの問題はありますが、今後さらに患者さんがロボットのある病院に集中して、センター化していき、中小の病院ではなかなか前立腺の手術はできにくくなるという状況が起きていくのではない

かと感じています。

（スライド 39）

まとめ

- ロボット手術は患者に対し低侵襲だけでなく、良好な視野、可動性の豊かな鉗子により、より良い機能的結果をもたらす。
- 従って、米国と同様にロボット手術は近い将来、前立腺がん手術の中心となるであろう。

まとめですが、ロボット手術は良好な視野、可動性の豊かな鉗子により、失禁や勃起不全などの機能的な結果を良くなる可能性が高いと思われます。近い将来、日本でも間違いなくロボット手術が中心になるだろうと感じています。

（スライド 40）



ご清聴ありがとうございました。

ご清聴ありがとうございました。

セッション I「手術支援ロボット“ダ・ビンチ”による治療の最前線」総合討論 I

寺島：それでは総合討論ということで、全体を通じて演者の先生方に何かご質問のある方はいらっしゃいますでしょうか。よろしいでしょうか。もしも無ければ、私の方から４人の先生方にお伺いしたいと思います。今後ロボット手術を普及させる、あるいは機器の改良等で、先生方が考える一番大事な点は何でしょうか。今日はいろいろな企業の方も来られていますので、新しい機器開発の点でも行政の点でも結構ですので、一言ずつご意見をいただきたいのですが、ヒョン先生からいかがでしょうか。

What do you think is the most important issue for developing the DaVinci surgical system in the future?

（和訳）

ダビンチシステムを将来的に更に普及させるためには何が一番重要が教えてください。

ヒョン：Actually, this question is very, very difficult for me to answer. The first issue is that from the viewpoint of surgeons, being familiar with the system would be a very good experience for them to adapt new technologies in their field. For the companies, they have to provide more instruments and try to develop more instruments, especially procedure-specific. One other thing would be they have to invest a lot of money for the development of new procedures. Currently, the surgeons are developing the procedures. The companies have a kind of social or industrial responsibility of having the benefit of profit by selling a lot of instruments and systems, so they have to have some kind of responsibility to deliver these to medical society.

（和訳）

私は今はこの質問に関しては、非常に答えるのが難しいとお答えせざるを得ないんですが、まず第一に、外科的な視点から言えば、この分野において、このシステムに慣れるということは非常に良い方法となります。新しい分野に慣れるためには、まずそのテクノロジーに慣れていくということが重要です。それから、企業に対しては、もっと保険償還となるような形でのテクノロジーが必要だと思います。そのためには、さらに開発に新しい手順を実現できるような形で投資をしていただくことが重要です。現時点においては、医師の方で様々な技術の革新を行っていますが、様々な装置を作るに当たり、多くの責任があります。そのためには、こういった医療機器の社会に対しての償還ができるような、責任がある措置を講ずる必要があると思います。

寺島：Thank you very much. How about Prof. Min?

（和訳）

ありがとうございます。ミン先生、いかがでしょうか。

ミン：Basically, I totally agree with Prof. Hyung's opinion. Actually, Prof. Hyung and I happen to be involved in a number of government projects in Korea, developing a surgical robotics systems. Some of the lessons we learned from there is there really needs to be more communication between the industry and the medical providers, because it's not the technical limitation that prevents us from developing surgical robotics systems, rather I would say it's a misunderstanding of the usage of the development pathway. We therefore need some specified channels or organizing system to make frequent communication and free communication between medical providers and the industry possible.

（和訳）

今の先生のお話に、私も賛成です。ヒョン先生と私の方で、かなりの韓国でロボット手術を推進するための政府のプロジェクトに参画をしています。そこで学んだことは、医療従事者と業界との対話が必要であるということ

です。実績な限界ということではありません。ロボットシステム推進に当たっての限界があるのは、技術ではなく、どのような形で開発を進めていくのかについての誤解があからだと思われるからです。ですから、やはりチャネルを作っていくということ、そしてまたシステムに関してのお互いのコミュニケーションを実現できるような、そして自由な意思疎通を実現するような手法というものが必要だと思います。

寺島：　宇山先生、敢えて将来的に何が必要でしょうか。

宇山：　やはりこの“ダ・ビンチ”そのものはアメリカのものですので、日本の手術に合ったエンドリストと言うか、私も先端のものを作ってほしいとアメリカで何回かお願いしたり、いろいろとプレゼンもしたのですが、なかなか日本人の声はアメリカの本社には届きません。ですので、できればエンドリストはスマートフォンのアプリのように、Intuitiveからサードパーティに開放していただいて、そういうところをファルマバレープロジェクトやベンチャー等、日本だけではなく各国の手術のコンセプトに合ったエンドリストをどんどん作っていくと、もっと発展するのではないかと思います。

それからラポロもそうだったように、やはり日本はなかなか組織立ってものの導入をするのは難しいので、今後保険収載に行くのは、ラポロは非劣性でよかったのですが、ロボットはラポロに対して優性になっていかなければなりません。やはり非劣性と優性では大分違ってくるので、あまり急いで RCT の方向に行かずに、時間をかけて手術手技を確立させ、安全に普及した上でレベルを上げて臨床試験や何かを考えていかなければ、どうしても風潮的に臨床試験でエビデンスがないと保険収載に行かないような感じがあるので、なかなか非劣性でなく優性を出すのは難しいと思います。ですので、そういう慎重な姿勢が必要ではないかと思います。

寺島：　そうですね。おっしゃるとおりで、少し慎重にものを進めていかないと、途中で足元をすくわれる可能性があります。機器の開発については、宇山先生がおっしゃるように、できれば日本でオリジナルなエンドリストができると、確かにいろいろな領域の手術に使えるのではないかと思います。

大堀先生、いかがでしょうか。

大堀：　前立腺の分野ではもうかなり確立されていますけれども、やはり完璧ではなく、リンパ節郭清などはかなり限界があります。先ほどの絹笠先生の直腸がんのリンパ節郭清はとてもきれいで素晴らしいと思ったのですけれども、視野をうまく得るという意味で、カメラももっと改良できるだろうと思いますし、鉗子もいろいろとまだまだこれからではないかと思います。ただ前立腺はもうアメリカから 10 年遅れていますので、全てがかなり後追いという感じです。企業の方に言いたいことは、アメリカ人の良いところは前に進む力がすごくあるのです。良いと思ったら、もうどんどんとそれをまとめてパンと行く。日本人は器用だし、頭は良いのですが、進まないというのがもう基本で、特に医療関係は安全というのがあるのでなかなか進みにくいのでしょうが、決断をしていただきたいと思います。

寺島：　ありがとうございました。なかなか医療行政やいろいろな学界との関連で難しい点もありますけれども、本日伺った宇山先生や大堀先生を中心として、ぜひそういった新しい分野での開発についてもご指導を賜りたいと思います。また、我々もできればそういったものに協力して、日本一丸となってどんどん良い手術の術式や機器を開発していければと考えております。それでは、このセッションを終りたいと思います。ご協力どうもありがとうございました。

最先端フォトニクスによる高精細映像を用いた遠隔医療の実現へ向けて



慶應義塾大学フォトニクス・リサーチ・インスティテュート副所長
当麻　哲哉

経　歴
1988.3　慶應義塾大学大学院理工学研究科
応用化学専攻修士（修了）
Advanced Product Development Specialist,
Optical Systems Division, 3M Company（2007.9 まで）
2007.9　慶應義塾大学大学院
システムデザイン・マネジメント研究科　准教授
慶應義塾大学
フォトニクス・リサーチ・インスティテュート
副所長（現職）
プロジェクトマネジメント協会日本支部
教育担当理事

―要　旨―

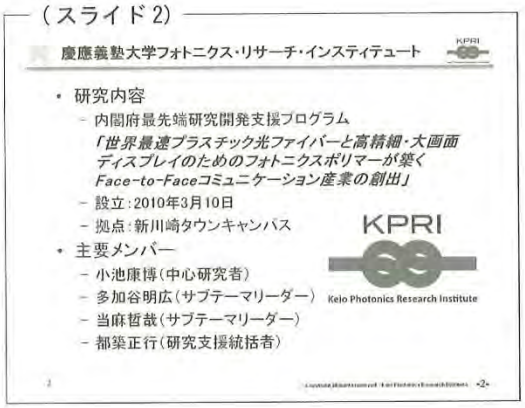
素材技術が日本の医療の未来を変える。慶應義塾大学フォトニクス・リサーチ・インスティテュート（KPRI）では、光を操る新しいプラスチック材料の研究によって、世界最速の光通信技術や新しい高精細大画面ディスプレイの開発を行ってきた。本講演では、こうした素材技術の研究開発の概要を紹介するとともに、それらの技術を医療の世界へ展開を進めているKPRIのこれまでの取り組みについて、事例を挙げて紹介する。

（スライド 1）



ありがとうございます。皆様こんにちわ。アンニョンハセヨ。サエンバエノー。只今ご紹介に与りました、慶應義塾大学の当麻と申します。よろしくお願いいたします。本日は、「最先端フォトニクスによる高精細映像を用いた遠隔医療への実現へ向けて」と題しまして、簡単に私どもの研究のご紹介をさせていただきたいと思います。

（スライド 2）



私どもは KPRI という組織で、慶應義塾大学フォトニクス・リサーチ・インスティテュートの頭文字を取っています。この KPRI は 2 年前に内閣府の最先端研究開発支援プログラム（FIRST プログラム）に採択された研究が基になっており、4 年と 1 カ月の資金によって活動しています。新川崎に慶應義塾大学の研究だけのキャンパスがあり、そちらを拠点にしています。

主要メンバーはこの 4 人で、本来でしたら中心研究者である小池が伺ってお話をすべきところでしたが、本日は都合がつかず、研究のサブテーマリーダーで、KPRI の副所長でもあります、当麻がお話をさせていただきます。

（スライド 3）



この内閣府の最先端研究開発支援プログラムは、全国から 30 人の研究者を選び、集中的に研究資金を援助するというものです。こちらに 2010 年の 3 月に小池が採択され、研究開発を進めています。

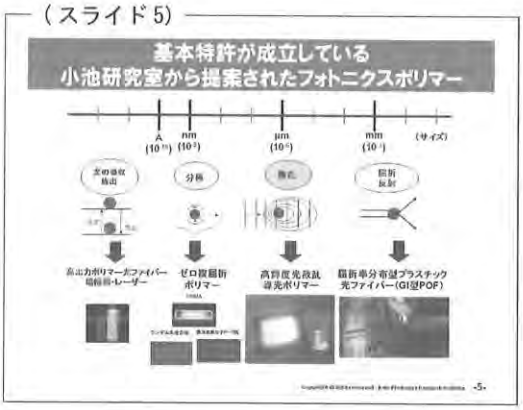
我々はこのプログラムの中で、大きく 3 つのテーマで活動をしています。小池の元々のオリジナルの部分である、光ファイバーを研究する部門。それからディスプレイ関係のポリマーの開発。これも小池が基になっておりますが、現在は多加谷特任教授がその後を引き継いでいます。3 つ目は、その光ファイバーとディスプレイを用いた、コミュニケーションを実現するというグループです。私はこの 3 番目のグループをメインに担当させていただいております。

（スライド 4）



こちらは、プロジェクトの開始とともに、日経新聞 1 面トップで報じられた新聞記事ですが、省略しましょう。

（スライド5）



小池が長い研究活動の中で見つけてきたことは、光が物質にぶつかった時に、どのような挙動を示すのかという基本原理です。その研究でわかったことは、物質に光が当たっても、その物質の大きさ、あるいは微小な揺らぎのサイズによって挙動が変わるということです。

目に見えるようなミリメートルのサイズですと、光はレンズのような形で屈折したり反射したりというような、皆様の目でいつも見ている形になります。ところがサイズが小さくなってミクロンのオーダーになってきますと、光は屈折・反射ではなく、波になって散乱していくという現象が起こります。さらにサイズが小さくなっていきますと、分極を起こし、これは複屈折という現象が現れて、特に液晶産業では非常に嫌われるような部分になってきます。さらに小さくなりますと、光が原子・電子の動きで吸収や放出をするような形になりますが、それぞれの原理から生まれたテクノロジーに対して、小池は、基本特許を押さえています。

本日のメインになる、特に内閣府FIRSTプログラムで研究開発しているのは、この右側の3つの方です。光の屈折や反射を利用した光ファイバーの部分と、光が拡散していくところ、それから複屈折を制御するという3つの部分で内閣府の活動をしています。

（スライド資料なし）

少しだけ配付資料から外れて、簡単にどのような研究をしているかをご紹介させていただきます。まず、最初の光ファイバーの部分は1個1個説明するとこれだけで1時間ぐらいかかるのでちょっと省略します。

（スライド資料なし）

我々がやっている光ファイバーはガラスではなく、プラスチックを使います。ガラスでもプラスチックでも、一般的にはSI型（Step-Index）が多いのですが、従来の光ファイバーはコアとクラッドがあって、その境目で全反射しながら光が進んでいくというものです。これでは真ん中をパッと行く光は速いのですが、ガタガタと反射していく光は距離が長くなるので時間がかかります。ということは、シャープなパルスを入れても、到達する時にブロードなものになってしまいます。そうすると、このパルスの信号をきっちりと送るにはある程度の間隔を空けて送らないと広がって読み取れなくなってしまいます。そこを改善したのが、我々が開発したGI型（Graded-Index）のプラスチック光ファイバー（Plastic Optical Fiber）です。

これは、光の屈折（蜃気楼のような状態）を、どこにも反射しないで光が最も通りやすいところを抜けて通っていくように設計します。基本的には中心が屈折率の高いところになります。そこから同心円状に屈折率を微妙に分布を付けていくと、斜めに入った光は屈折率の高いところから低いところへ入っていき、曲げられながら加速していきます。光の進む速度は1秒間30万キロと言われていますけれども、それは実際には屈折率が1の時だけです。ポリマーは屈折率が大体1.5ぐらいありますので、実際には20万キロぐらいのスピードで進みます。それも、屈折率が変わってきているということは、屈折率の低いところはさらに速く進むことができるのです。そうしますと、真ん中を行く光は屈折率が高いところを通るので光がゆっくり進み、周辺を通る光は加速されますので速く進みます。ここを上手に制御すると、入れた信号を同じように、同じスピードで取り出すことができます。これができると非常に細かいパルスの信号をバーッと入れても、そのとおりに出て来るという現象が起こります。

（スライド　資料なし）

我々はこれを作る時に、従来はプリフォーム法という1本のロットを作って、バッチ処理で熱をかけて延伸するというやり方をしてきましたが、これは非常にコストがかかります。しかし、数年前に我々が開発した方法は、ガラスではなかなかこういうことはできませんけれども、ポリマーなので、熱溶融して押し出す（extrusion）ことにより連続生産できます。しかも材料はアクリルのポリマーですから安いです。安いものを大量に作るというやり方で、ガラスにも匹敵する低コストのものを作ることを実現しました。

（スライド資料なし）

実際にその製法で作られたものが、2010 年から旭硝子株式会社と積水化学工業株式会社の 2 社から商品として販売されています。

（スライド資料なし）

複屈折をコントロールするポリマーについてもいろいろあるのですが、詳細は省略させていただきます。

（スライド資料なし）

そして光の拡散というところでも我々はいろいろな試みをしております。

ここも省略させていただきます。

（スライド資料なし）

この複屈折の制御と光散乱のところを上手に使いますと、液晶ディスプレイを大幅に変えることができます。現在の液晶ディスプレイはバックライトの光が、四方八方に散りながら液晶パネルを通る形になりますが、見ている人からすると、斜めに来た光と真っ直ぐに来た光とで、実際には液晶の分子の中を通る光の経路が違うために、同じ色に見えないのです。液晶はよく、横から見たり上から見たりすると色が変わってしまったり、場合によっては白黒反転するということが起こります。それはこういう現象があるからです。

（スライド資料なし）

我々はこれを全く新しい方法で、バックライトからの光は真っすぐ上げる。つまり液晶の分子に平行に光を上げて表面で拡散させ、この間の部分に我々の複屈折の制御と光拡散の技術を使うことで、どこから見ても色の変化がないものが作れます。

（スライド資料なし）

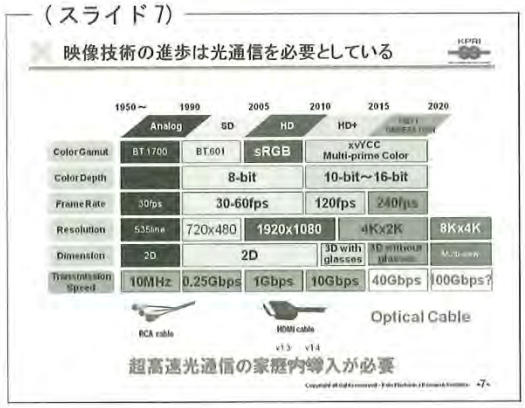
実際にデータをお見せしますと、これは色がどれだけずれているかを、正面から 60 度ななめの視角を全方位で 360 度測って正面の色との差を平均して数値にしたものです。従来の TN 型と VA 型という液晶のタイプに比べて基準の 24 色どの色においても遥かに色の変化が低くなります。我々も、その後もいろいろ測っておりまして、有機 EL などよりもさらに色の変化が少ないものもできています。

（スライド 6）



そのような形で、我々は光ファイバーの開発とディスプレイ関係の材料の開発を組み合わせて、新たなコミュニケーション産業を作ろうとしています。この中のアプリケーションの 1 つとして医療関係がありますので、本日私がここに立たせていただいている次第です。

（スライド 7）



そこへ入る前に、映像が今現状でどのようになっているかをご説明いたします。皆様はもうアナログからデジタルに切り替えられたかと思いますが、実際にハイビジョンの映像がどのぐらいの伝送速度が必要なのかと申しますと、たとえばブルーレイディスクとテレビを繋ぐ時に HDMI というケーブルを使われていると思います。これが大体 1.5Gbps で、1 秒間に 1.5G ビットぐらいの通信速度が必要です。大体、毎秒 10G ビットぐらいまでになると、電気信号ではもう限界に来ます。電気もどんどん進歩しているのでできそうな感じもしますが、毎秒 10 G ビット通信できるケーブルであっても、物理的な限界で距離がとれず、すごく短く、数メートルしか伝送できないという状況です。

しかし、映像技術はどんどん発展しています。現在のハイビジョンは単なる過渡期でしかありません。今後は精細度が4Kとか、フレームレートも2倍、4倍と速くなってきます。そうすると、それに合わせてデータが 2 倍、4倍、8倍とどんどん増えていきます。大体2020年には、場合によっては40G、さらに今 NHK が開発しているスーパーハイビジョンと呼ばれている精細度8Kのものになりますと、数十ギガを超えて、きっと 100G ぐらい必要になるのではないかという世の中になってきます。そういった場合には、ここはもう光で行くしかありません。

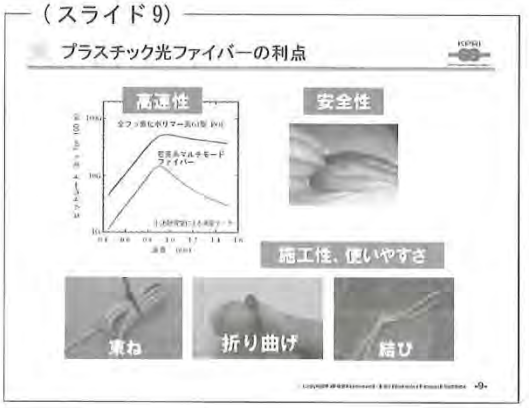
これは、映像のプロの世界だけではなく、家庭にも入ってくると思われます。皆様も通常のテレビからハイビジョンに変わった時に、「ああ、これはすごいな」と思ったかもしれませんが、見ているとすぐ慣れてしまいます。おそらく皆様の中にはまだ4Kとか8Kはご覧になったことがない方もいらっしゃるかと思いますが、明らかに美しく、今のハイビジョンでは満足できなくなります。そういうものが家庭に入ってくる世の中は近いと私は思っています。

（スライド8）



そうなると、従来電気で送っている銅線の HDMI や同軸ケーブルは太すぎて、特に今データセンターは皆様の会社や病院でもすごい状況になっているところもあるかと思いますが、光ファイバーに変えると、重さも太さも軽く細くなり、伝送速度も速くなってすっきりとしてきます。

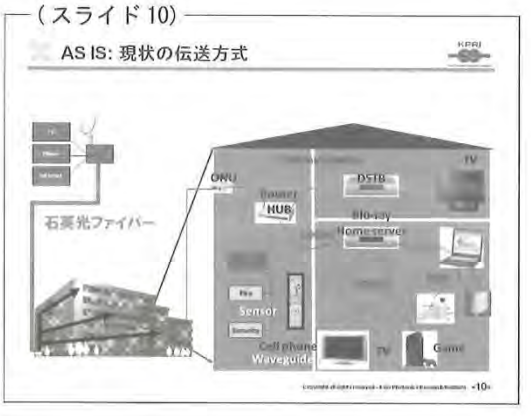
（スライド9）



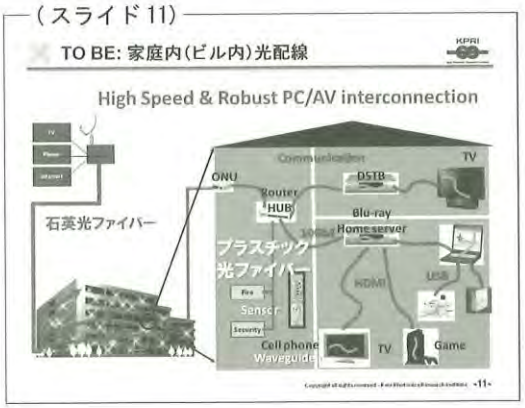
これは我々のデータですけれども、ガラスのマルチモードファイバーよりもさらに高速の伝送ができるようになります。また、ガラスの光ファイバーですと、折れてしまった時にガラスの破片が落ちてきますが、ミクロンサイズのガラスの破片は見えないので、これが体に刺さると、場合によっては血管の中に入ってしまうという危険な現象も起こります。ところが、それがプラスチックですと全く問題はありません。光の配線工事に来られる作業者の皆さんは、手袋をして作業をされたり、配線をカットするところにはテープが置いてあり、万が一破片が落ちたらテープでペタペタして破片を取っていかれます。プラスチックですと全くそういった問題は起こりませんので、配線作業が簡単になります。

それから、家庭の中に入ってくると、やはり余ったケーブルを曲げたり束ねたりしたいですよね。ガラスでこんなことをしますとその瞬間に折れてしまいますが、プラスチックはいくら曲げても束ねても構わないということが大きな差です。

（スライド10）

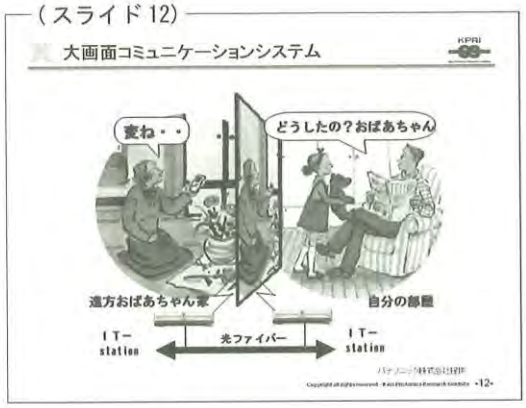


（スライド 11）



このように家庭の中に、全てに光ファイバーが入る時代はすぐに来ると思います。

（スライド 12）



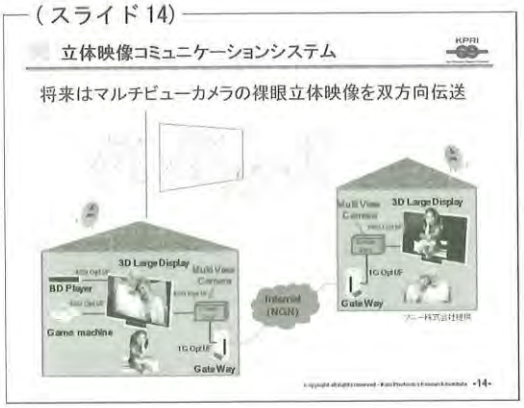
さらに、画面サイズが段々と大きくなっています。皆さんも、5 年前だったら多分 20 インチぐらいのブラウン管のテレビでご覧になっていたかもしれませんが、今は 40 インチぐらいのご家庭が当たり前になってきました。将来はこのように壁サイズのディスプレイが入ってきて、遠くにいる方と本当に目の前にいるようにコミュニケーションできる時代になってきます。こういった場合に、画面が大きくなりますと、ハイビジョンでは、画素の粒だらけで粗くなり、非常に見にくいものになってしまいます。こうなったらハイビジョンではなくスーパーハイビジョンのような高精細なものが出て来て、さらに伝送速度の高速性が求められてきます。

（スライド 13）



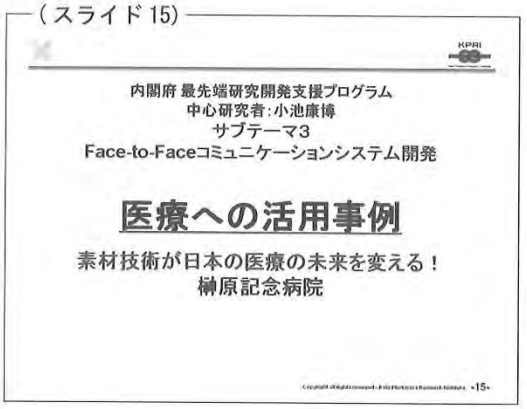
我々はこの大画面で何ができるかをいろいろなシンポジウム等で発表しています。これは日経新聞に載ったものですが、科学未来館にいる毛利宇宙飛行士と慶應義塾大学のキャンパスにいる小池が握手をしているのですが、本当に握手しているのではなく、バーチャルに握手をしています。大画面で等身大の映像が映るということは、目の前に本当に相手がいるような感覚でお話ができるということです。

（スライド 14）



我々が研究開発しているシステムを図にしてみました。映像は立体映像も最近開発が進んでおりますので、そういったものが入ってくると、右目と左目の映像だけでデータ量が 2 倍になります。さらに、今開発されているのは立体メガネをかけなくても裸眼でも見えるというもので、多視点で、9 カ所とか 16 カ所で見ることができるようになります。カメラを 9 台または 16 台置くという世の中になり、データ量がさらに必要になるので、我々はそこで必要な周辺の技術を研究開発しています。

（スライド15）



（スライド16）

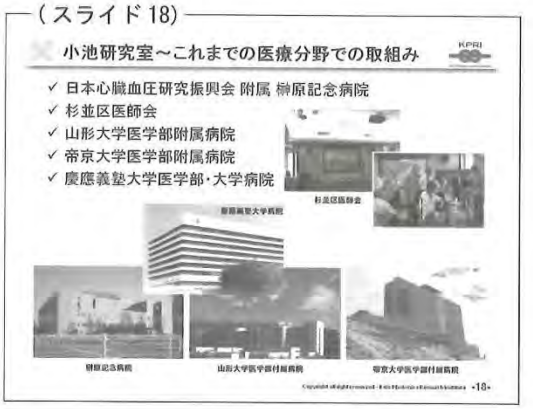


（スライド17）



こうした高精細映像をプラスチック光ファイバーで高速通信する技術を、医療に活用しようということで、様々な医療機関といろいろな試みを行ってきております。

（スライド18）



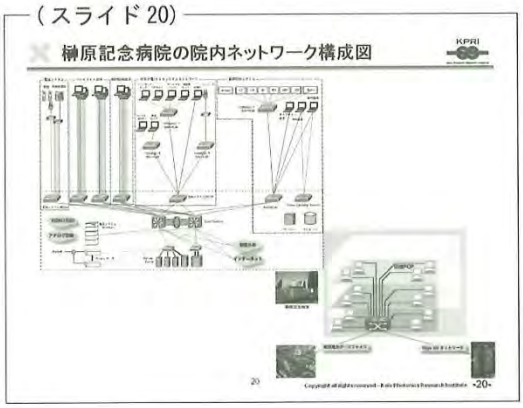
すでに榊原記念病院や杉並区医師会、山形大学医学部附属病院、帝京大学医学部附属病院の建物の中には、プラスチックの光ファイバーが張り巡らされております。慶應義塾大学医学部・大学病院は、現在新病棟の建設で検討してもらっているところですが、すでに医学部における教育の用途では、実験的に使っていただいております。

（スライド19）



榊原記念病院の例をお見せいたします。建物内に全て光ファイバーが入っており、その光ファイバーがサーバ室から全てのベッドの端末まで直結して繋がっています。

（スライド 20）



これは飛ばしましょう。

（スライド 21）



これも飛ばしておきましょう。

（スライド 22）



患者さんが自分の診察券で認証すると、ベッドの端末であらゆる自分のデータを見ることができるという形になっています。勿論自分が見たいというだけではなく、お医者さんが回診してきた時に患者のデータをその場で出して説明をしたり、あるいは新たなデータを取って入力もしております。その際に単なる数字や文字のデータだけではなく、自分のレントゲンや、CT の画像データもたくさん取れるようになっています。さらに、榊原記念病院では手術のシーンを全て動画で収録していますので、自分が手術されているところを見たいという患者さんには、ベッドの脇で観ることができるようになっています。そういった場合に、このあらゆるデータをローカルにベッド脇にダウンロードしてしまうと、個人情報のコピーになって問題が発生しますので、全てサーバからストリーミングで流すという形を取っているそうです。そうしますと、サーバ室とベッドの間の通信は非常に高速性が必要とされますので、そういった用途でご活用いただいております。

（スライド 23）



手術の場面でもご活用いただいております。実際にカテーテルの手術室と画像解析の部屋を光ファイバーで繋いでおり、手術をしながらその場で必要な検体を画像で解析し、すぐにフィードバックをして、お腹を開いたり閉じたりしないで 1 回の手術で全て終えるようにされています。

（スライド 24）



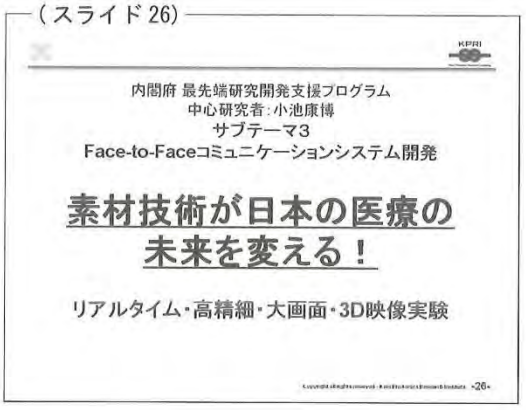
この辺も飛ばしましょう。

（スライド 25）



これもいいですね、飛ばしましょう。

（スライド 26）



そういった現在の活用事例に加え、我々が現在、研究している最先端技術をさらに加えていくと、これからの医療が大きく変わってくるだろうと考えております。

（スライド 27）



特に高精細の映像を伝送するということで、これは杉並区の医師会でいろいろ実験した時の例です。皮膚科や耳鼻科のお医者さんに、実際の映像を観ながら離れた場所にいる患者を診察してもらうという実験を行いました。本日はそちらのホワイエで、これと同じような形のデモを行っております。通常こういうことをしようと思うと、テレビ会議システムや、場合によっては Skype でもそこそこお話はできますが、それらはデータを圧縮して伝送します。H.264 という圧縮方式が一般に使われていますが、圧縮時に遅延が発生します。それからオリジナルのデータを加工してしまうので、画質も変わってしまいます。ところがこの光ファイバーで直結しますと、非圧縮で映像が伝送できるので遅延がありませんし、画質も維持されます。リアルタイムで高画質というところをデモでご確認いただけたらと思います。

（スライド 28）



それから、3D も段々と医療の中に入ってくると思います。今日は、3D もできるようにセッティングをしておりますので、ご確認いただけたらと思います。テレビ会議シ

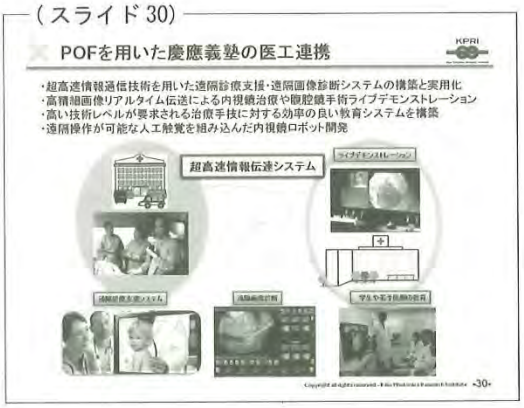
ステムや Skype では、まだ圧縮技術のところで 3D によって IP 伝送する技術が確立されていませんので、今のところ 3D では伝送できません。ところが、我々の技術はデータを圧縮せずに非圧縮で送ります。撮ったカメラの映像をそのまま光に置き換えて送るだけですから、何でもできます。ですから、3D であろうと、今後来る 4K であろうと、スーパーハイビジョンであろうと、全て可能になるという確証を持っております。

（スライド 29）



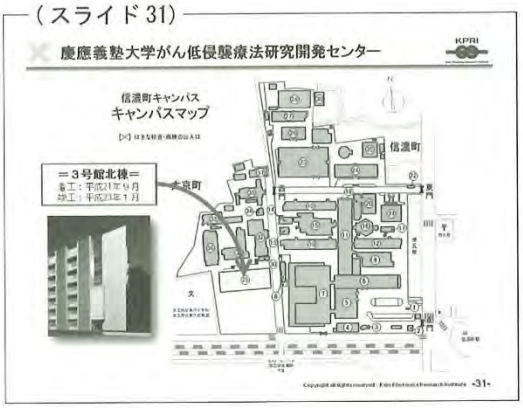
我々は杉並区の医師会や榊原記念病院、慶應義塾大学と一緒に、こういった大画面での遠隔医療実験もしております。

（スライド 30）



特に慶應義塾大学の医学部とはこういったテクノロジーを取り入れていきながら、臨床の部分もそうですが、医学部ですので特に医学教育にも重点を置いて、医工連携で進める動きをしていただいております。

（スライド 31）



医学部は、東京の信濃町にキャンパスがありますが、病院のちょうど裏手に新しい建物が建ったばかりです。

（スライド 32）



ここに 100 インチの立体映像を投影する大きなスクリーンを入れさせていただきました。このスクリーンの面に使われている散乱技術は小池の技術が使われています。また、この映像を送る伝送部分もプラスチックの光ファイバーを使い、我々の技術をフルに投入したスクリーンです。現在は医学部の先生方と一緒にこれを使ったいろいろな研究を計画しているところです。

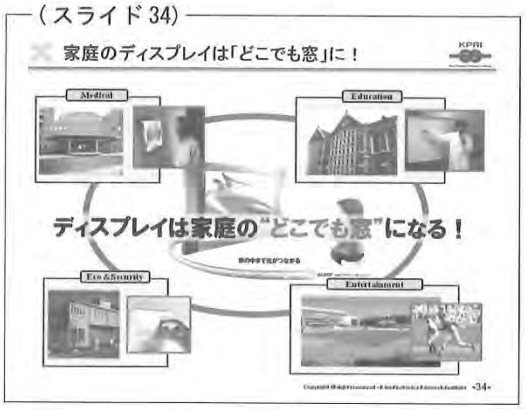
（スライド 33）



こちらは 2010 年に慶應義塾大学でシンポジウムを行った時に、医学部の先生方が作られたビデオのシーンです。こういった大画面で高精細、あるいは立体映像が医療の世界に入ってくると何ができるのかという 15 分ぐらいのビデオです。たとえばこんな感じで、左側は実際に遠隔で内視鏡手術ができるのではないかという例です。右上は、学生に 3D の映像を見せながら授業をしている例です。

慶應義塾大学の医学部は、2017 年に創立 100 年を迎えます。それに当たって、信濃町駅前の今の病院を建て替えようという計画がありまして、この中にこういった我々のフォトニクスポリマーの技術を使っていきながら新しい医療を実現したいということで、今から計画をしております。

（スライド 34）



医療に限ったことではなく、光によって通信速度が速くなると、様々な分野に活用されるようになり、家の中の壁一面のディスプレイがまるで窓のようになり、その外側はもう次の世界です。すぐ隣に病院があったり、学校があるというような世の中になります。ドラえもんの「どこでもドア」ではありませんが、窓をトントンと叩いて、「おばあちゃん」と言うと、「はい、何だい？」と、田舎にいるおばあちゃんが出て来るといったような等身大のコミュニケーションの場所になることを我々のビジョンとして描いております。

（スライド 35）



駆け足でご説明させていただきましたが、ご清聴どうもありがとうございました。

画像診断支援ロボットの開発



静岡がんセンター　画像診断科部長
遠藤　正浩

経　歴
筑波大学医学専門学群卒業
神戸大学大学院医科学研究科修了（博士）
神戸大学医学部附属病院放射線科
兵庫県立成人病センター放射線科
静岡がんセンター画像診断科

―要　旨―

当院と富士フイルムは、過去症例データの利活用を目的とした新しいコンセプトの診断支援システムの実用化に向けて共同研究を実施しており、過去の類似症例の自動提示と画像診断報告書の半自動作成を行うシステム『画像診断支援ロボット』を開発中である。これは当院の『画像診断医の知見と幅広い症例データ』と富士フイルムの『画像解析技術』との融合によって実現されたシステムであり、現在は肺がんCT症例を対象としたシステムの実用化に向けた開発を行なっている。このシステムの概要と、開発状況を紹介する。

（スライド 1）

次世代画像診断ネットワークシステム

画像診断支援ロボットの開発

静岡県立静岡がんセンター画像診断科
遠藤 正浩

今日はファルマバレープロジェクトの一環として富士フイルム株式会社と当院とで行った研究の結果をご報告させていただきます。一種の知能ロボットとは言いませんけれども、機械的なロボットというよりは少し知性に近い部分を持ったものだと解釈していただければいいかと思います。

（スライド 2）

本研究の目的

静岡がんセンター	富士フイルム
診断画像・カルテの完全デジタル化を実現	医療画像情報システム SYNAPSE
確定診断ついた豊富かつ多種多様な症例	長年蓄積された画像処理技術

産学連携

次世代画像診断ネットワークシステムを世界に先行提案する

当院は画像カルテの完全なデジタル化を行っており、非常に多くの症例を持っています。一方、富士フイルム株式会社は、最近は化粧品などもされていますけれども、元々はフィルムの会社ですので、PACS という医療画像を配信するシステムとしての SYNAPSE という技術など、非常に多くの画像処理の技術を持っています。それを利用して、新しく何かを先行提案していこうということで、次世代の画像診断ネットワークシステムの研究は始まりました。

（スライド 3）

画像診断（放射線診断）



本日は一般の方がかなり多いということですので、画像診断とは一体何かをご説明いたします。今はもうフィルムではなく、モニターに写真を映してレポートを書きます。例えば、ここは CT の画像を出していますけれども、右の肺門に空洞があるようながんがあり、簡単に言えば、「右の進行肺がんです」ということを書いて診断していくのが我々の仕事です。この診断の中に少し知的なものを使っていこうということです。

（スライド 4）

画像診断の現状



画像診断機器の進歩と多様化
病院の IT 化

- 一患者あたりの画像の増加とそれに伴う診断医一人あたりの読影量激増
- 絶対的な診断医の不足



今の画像診断の現状は、MRI や CT、あるいは超音波を含めて様々な機器がありますが、非常に進歩し、多様化しています。そして病院も IT 化して、一患者あたりの画像が非常に多くなっています。それをフィルムで出そうと思うと数十枚くらいになり、フィルムをシャーカステンに掛けて見ることはできません。一方で、日本ではやはり放射線の診断医が大変不足しているという現状があります。

（スライド5）

最新CT装置



これはCTの装置の一例です。検出器が16列で、幅が4cmです。右側のCTは、東芝のAquilion ONE（ADCT）で、この幅が16cmあり、1個の検出器が0.5mmですので320列の検出器を持ち、管球が1回転すれば16cmの幅が1回で撮れるというCT装置です。また、1回転が0.35秒ですので、心臓CTを作成しようとすれば、天皇陛下が先日手術をされました冠動脈は、1拍だけすれば画像が作成できるという時代です。

（動画再生）

この160 helicalというのは320列を1mmで、ディテクターを使った場合と64列で撮った場合に、どのくらいスピードが違うかをこちらでお見せします。このくらいスピードが違うのです。患者さんにしてみれば、64 helicalのものより160 helicalの方が非常に楽に撮影できることがわかっていただけると思います。これがこの数年のCTの進歩です。

（スライド6）



これは1つの例ですが、この首から股関節下あたりまでの範囲を、今のように、ほぼ3秒ほどで撮影が終わってしまいます。このデータをもとに輪切りの画像を作成しようとすると、ディテクターは0.5mmですから、700枚以上になります。

（スライド7）

システムのイメージ

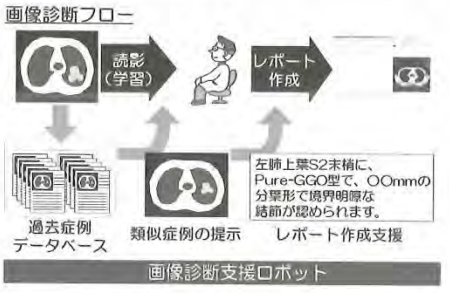


蓄積される一方だった過去の症例データを診療に利用

実際にこの画像診断支援システムを作るイメージです。このように画像データは、今はただPACS（画像保存通信システム：Picture Archiving and Communication Systems）の中に蓄積されているだけです。それを、同じ疾患なら同じ疾患としてデータベース化し、我々が行っている仕事をより効率化、あるいはより精度を向上させるための支援をするシステムを構築することを考えました。これはあくまでも支援ということで、代わりに診断するというレベルにはまだ達していません。先ほど申しましたように、我々は多分、それぞれが頭の中でこのようなデータベースを持っていて、それを対比しながら画像を見て診断していくのです。その対比の部分にコンピュータの力を借りようということです。

（スライド8）

画像診断支援ロボット



実際のフローチャートはこちらに示すとおりです。いわゆる読影という、プロセスの中で、過去のデータベースを探索し、似ているとされる画像をいくつか取り出して見比べます。そして最も似ているものを選択します。すなわち、これは似ているから同じ病気だろうと考えるわけです。そして、そのデータベースの症例にはレポートが付随していますので、それを利用してレポートを作成すれば、効率よく業務が行えるということになります。

（スライド 9）

製品化に向けた開発

プロトタイプシステムを読影室に設置

評価・改良を繰り返し実用レベルの性能に


がん診断、助っ人ロボ

500例DB化　医師の経験補う

（朝日新聞 H21. 4. 23）

こちらは平成21年に朝日新聞に載った記事です。画像診断ロボットのプロトタイプを当院に置き、富士フイルム株式会社の方と常に評価と改良を繰り返して開発してきました。

（スライド 10）

システムの開発

（スライド 11）

システム実現における課題

- 類似症例の検索精度
  「類似している画像」を確実に検索できること
- 類似症例の検索速度
  リアルタイムでストレスなく使用できること
- ユーザインターフェイス
  シンプルで、わかりやすく表示できること
  簡便な操作が可能であること

開発における課題は幾つかありますが、「似ているというのはどういうことか」ということから課題をクリアいくわけです。「類似している画像」を確実に検索できること。要は人間が目で見て「似ている」ことと、コンピュータが提示してくる画像が似ていなければ、全然意味をなしません。ですから、まずその検索が確実にできることが大切です。それから、勿論似ている画像をコンピュータに見つけてもらうわけですが、それに時間がかかってしまっては何の意味もありません。我々が各自の頭の中で考えた方が速くなります。そのようなスピードの問題もあります。そして、システムを使う上では必ず出て来る、使いやすさという点もやはり非常に大切です。このような点が課題として考えられました。

（スライド 12）

課題解決のプロセス

- 実際の症例を交えて、診断のポイントを静岡がんセンター医師から技術者に伝授
- 技術者が診断のポイントを反映した画像解析処理・ソフトウェアを開発
- 医師の評価・技術者の改良の繰り返し



このような問題を解決していくために、富士フイルム株式会社と我々静岡がんセンターが常に意見交換をしながら評価と改良を繰り返してきました。

（スライド 13）

目標実現のための技術課題　①検索精度

医師の『類似症例』とは？

『病変の画像所見が似ている』ということ

課題解決のためのアプローチ

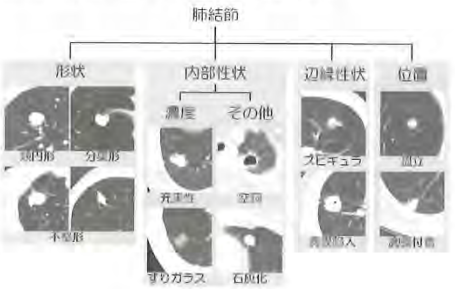
Step 1：病変の画像所見の違いを反映する特徴量の定義

Step 2：特徴量を算出する画像解析アルゴリズムの構築

1 つずつご説明しますが、まずは、技術的な課題の検索精度についてです。いわゆる「似ている」というのはどういうことかということでが、これはなかなか難しく、例えば、私が見て「似ている」と、他の先生が見て「似ている」ということが違うからです。この課題解決していくアプローチとして、2つのステップが考えられました。まずは、画像の違いを反映するために、特徴量をいくつか定義して画像を解析することを考えました。さらに、特徴量を算出するために、画像解析のアルゴリズムを構築していくことを考えました。

（スライド 14）

画像所見に基づいた視覚的分類



具体例ですが、これは拡大した肺の病気ですけれども、一般には肺の結節という言い方をします。それを、肺結節の形状、内部の性状、辺縁という周りの形、そしてどの場所に存在するかという画像所見に基づいて分類したものです。

形状で見てみますと、丸に近いもの（類円形）や、分葉形、あるいは不整な形、それ以外の形というように分けます。内部性状は、内部の中が均等なもの（充実性）、中に空洞のようなものがあるもの、そしてこの図のようにすりガラスのようにみえるもの、さらに、非常に骨に近いような真っ白いもの、つまり石灰化のあるようなものというように分けています。辺縁性状に関しては、医学用語でスピキュレーションという毛羽立ちのような構造であるとか、胸膜嵌入は、昔で言う肋膜から線が入っているような特徴を持っているものです。それから位置は、肺の中心にあるのか、胸膜に接しているのかというように、視覚的にとらえて、まず分類していきます。

（スライド 15）

特徴量の定義

画像所見	特徴量
形状・サイズ	面積、最大径 円形度、モーメント
内部性状： 濃度、石灰化の有無 空気領域の有無・分布	内部CT値の分布 高濃度、低濃度域の分布
辺縁性状： 孤立・胸膜付着、スピキュラ	辺縁の濃度分布 辺縁の線構造（下図）



視覚的な画像所見にあうように、特徴量を十数個定義して、実際にCT画像を解析しました。形、あるいは形状の特徴量は、面積や大きさ、あるいは円形度、モーメント、それから内部性状は CT ですので、CT 値を使うことと濃度分布がどうなっているかということ。具体的にこの図に処理の仕方を示していますが、辺縁性状に関しては、とりあえず中心部を切り取って周りの処理をするというように定義して参ります。

（スライド 16）

目標実現のための技術課題　②検索速度

画像検索技術		評価
従来	画像データそのものを用いて類似度を計算、類似画像を検索	速度が遅い
	画像データから算出される主成分ベクトルを用いて類似画像を検索	精度が悪い
今回	所見を表わす特徴量を画像と関連付けて保存、特徴量に基づいて検索	速度と精度を両立 少数の質の高い特徴量によって達成

なぜそうするのかについては、この検索速度と関係があるのです。ちょっとこの辺は詳しくないのですが、従来の画像検索は類似度を計算して類似画像を検索するので、非常に速度が遅いという欠点がありました。それから、画像データから算出される主要ベクトルを用いると、非常に速いのですが精度が悪いというものでした。今回は、そういう所見を表す特徴量を関連付けて別に保存しておき、それに基づいて検索することで精度と速度を両立させるシステムになっています。

（スライド 17）



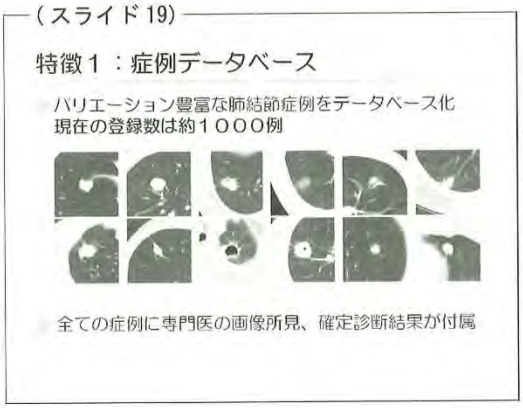
もう１つは操作性です。これも、今はコンピュータ操作はマウスで行われることが多いので、非常にシンプルに、マウスでクリックすることでできることが求められるということです。画面構成もこれがベストかどうかわからないですけれども、非常に見やすい形を考えています。こちらが検索するべきもの、今回調べたいものです。類似のデータはこのような形で、右側に 10 例から 20 例示すことが可能です。1 例 1 例が拡大して表示できます。

（スライド 18）



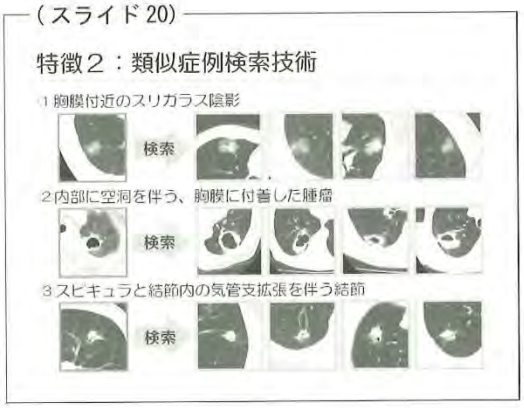
実際のシステムの特徴です。

（スライド 19）



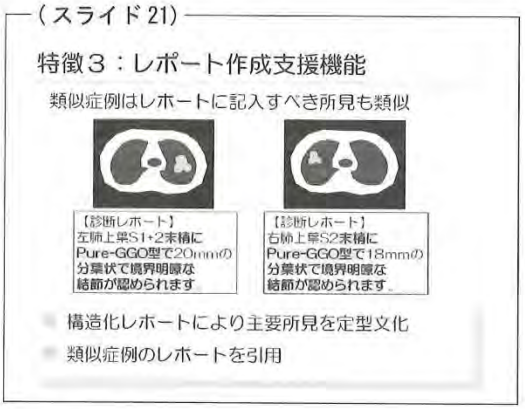
データベースは当院の症例から作成したデータベースを使い、肺の結節に関しては現在ほぼ 1,000 例程度をデータベース化しました。それぞれについて私の方で画像所見をチェックし、病理所見と合わせてレポートを付属してあります。

（スライド 20）



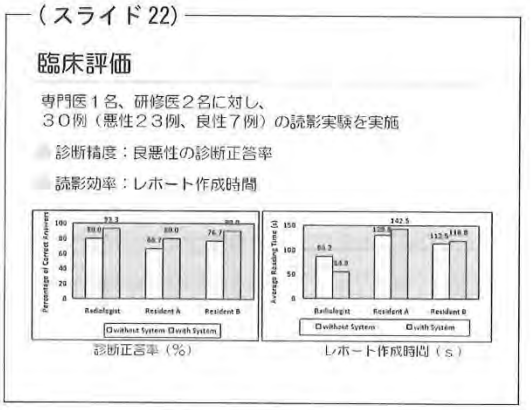
これは１つの例ですが、本システムを使った例ですと、こういうすりガラス状の病変を検索すればこのようなものが順に出て来ます。それから空洞のある病変を検索すれば、こういうものが出てきます。毛羽立ちのある症例で行えばこういう形で出て来ます。皆様に見ていただいても、いずれも「似ている」と言っていただけると思います。

（スライド 21）



レポート作成支援機能は、今後さらに発達させていかなければならない部分です。このような所見も、この灰色（太文字）の部分はいわゆる構造化レポートという考え方で、それぞれの分節に切ってレポートを保存しておき、それを転用するというやり方です。そうしますと、この 2 つの症例は大きさが自動計測できますので、「左」「右」という所見を入れ替えればほぼ同じものが簡単につくれます。患者さんは違っても病気が同じであれば、レポートもほぼ同じでいいだろうということです。ただ、放射線学会の先生の中にはこういう構造化レポートに反対の先生もいらっしゃいます。やはりレポートは生き物ですから、ここまで機械的にやるのはどうかという先生もいらっしゃいますが、病気が同じならば同じレポートができ上がるべきではないかというのが私の考え方です。

（スライド 22）



このシステムを使って実際に臨床的な評価を行いました。左が正答率です。濃いグレーの棒グラフがシステムを使った方で、放射線科医、あるいはレジデントの先生共に診断率の方は効率良くできています。レポート作成時間に関しては、放射線科医は短縮されましたが、レジデントの先生はあまり短縮されていないという現状がありました。ただ、実際にこのような類似画像が出てしまうと、やはり画像をよく見てしまったり、あるいは、「違うのはないかな」と思ってしまい、その時間がどうしても長くなってしまうので、トータルとしてのレポートの作成時間に短縮がみられなかった理由だと思います。

（スライド 23）



これは実際のデモンストレーションです。外にデモ機が置いてありますので見ていただきたいと思いますが、こういう形です。病変をクリックするとワンクリックでこの周りを囲ってくれます。

（スライド 23：動画再生 1）



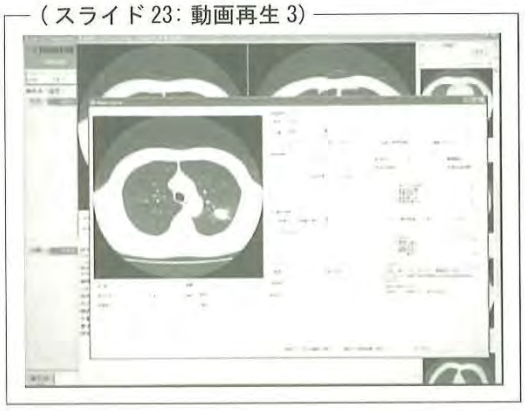
これが 1 つです。そうすると、今の速度で検索されます。このくらいであれば、非常にストレスのない検索になります。見ていただいたように、ほとんど左右の違いはあっても、同じような画像がずっと並んでいるのがわかると思います。

（スライド 23：動画再生 2）



自分で一番適当と思われる画像を選ぶと、これはこの1枚だけではなく全画像が入っていますので、そのレポートと共に見比べてみます。「ちょっと違うな」と思えば、違うものも選べるようになっています。

（スライド 23：動画再生 3）



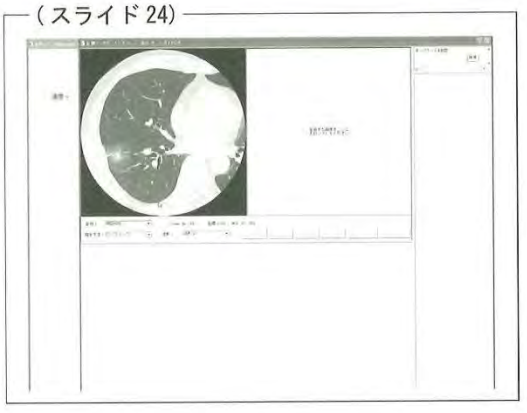
「この症例が最も類似している」となれば、この「レポート作成」で作成画面が、いわゆる構造化されたレポート作成画面が展開されて、あとはこういう形で多少の文章の修正をしていくということになります。

（スライド 23：動画再生 4）



これはまだレポート画面ではないのですが、最終的にはそれを実際の SYNAPSE 上に展開して報告書として完成するというように、今後は取り込む予定です。

（スライド 24）



このようにすりガラスの病変に関しても同じようにやっていきます。時間があまりありませんので、ちょっとここはスキップさせていただきます。

（スライド 25）

課題

- 病変の自動認識機能
- 病変での選択領域のバラつき
  選択スライスによって検索結果が異なる
  → 複数スライス、3Dへの対応
- 複数病変への対応
- 対象病変、疾患の拡大

課題は勿論まだまだ多く抱えていて、1つには病変を自動認識できないということがあります。いわゆるCAD 的な能力はまだありません。それから、病変はやはり立体的なものですから、どの断面を選択するかによっても検索結果が多少変わってしまうというばらつきがあります。今後は複数のスライスであるとか、もっと処理が速く、良くなれば 3D への対応も考えなければなりません。現在は初期ですので 1 つの病変しか対応できておりませんが、今後は複数の病変へ拡大していく、あるいは病変も肺の結節だけでなく、肺炎やびまん性肺疾患と呼ばれるような病気へも拡大していくという課題を持っています。

（スライド 26）

今後の展望

今後の展望です。

（スライド 27）

教育的観点

本システムを使用した教育

- 画像検索による効率化
- 質の高い多数の症例データの学習
- 類似症例の学習（幅広い鑑別）
- 専門医の診断レポートを参照可能

短時間で質の高い症例を学習可能に

1 つには、これが日常診療というだけではなく、教育的にも利用できるのではないかと思うことです。いわゆる本の代わりや、例えば肺がんであれば、肺がんの質の高い症例データ集になるということです。それから、我々の中によくあることですけれども、用語の定義が決まっている、例えば腫瘤という場合と結節という場合は決まっていますが、ただ、人によっては実はその使い分けが違っていたりします。あるいは気管支拡張はどこまでが異常な拡張とするのか、どこまでは拡張としないのかというところもあるので、そういう膨大なデータを蓄積しておくことにより、放射線科医は「このくらいまでは拡張とする」ということと常に対比できるわけです。そうすると、新しく放射線科医になった人がそれを見て、例えば、自分のこの症例に対する確信度はどのぐらいになるかを知ることができ、そういう意味では非常に教育的にも意味のあることではないかと思います。

そして、それぞれのレポートを付けておくことにより、若い先生であっても同時にベテランの先生の所見を見ることができ、非常に短時間で質の高い学習が可能になっていくと思います。

（スライド 28）

臨床的観点

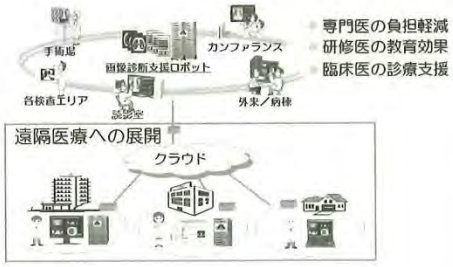
- 病変の自動認識からレポート作成までの自動化
  - 医師はチェックのみ
- コンピュータの画像解析に基づく画像診断の確立
  - 人間とは異なる観点からの診断情報を提供

実際の臨床的な観点からしますと、今の自動認識からレポート作成までを一本化できれば、もしかしたら、我々が行っている、レジデントの先生が書いた所見をダブルチェックするだけという時代が来るのかもしれません。

それからもう 1 点は、コンピュータの画像解析と、我々の内的な画像解析は違うと思いますが、コンピュータの画像解析から何か新しい概念が出て来ないかという点に期待はしております。

（スライド 29）

システムの将来展開



今クラウドということも言われていますので、将来的にはこのようなデータを集積しておくことは人類の財産になるのではないか、そういうところに常にアクセスしていけば、いろいろな会社の本も要らなくなるとは言いませんけれども、付属品として使用していくというような将来展望があるかと思います。

（スライド 30）



以上です。

ハイパースペクトル・イメージャーの医療機器への応用



早稲田大学理工学術院　教授
宗田　孝之

経　歴

1980	早稲田大学理工学部電気工学科卒
1982	同大学院理工学研究科修士課程修了
1985	同博士課程修了 工学博士
1984.4–1986.3	早稲田大学理工学部助手
1986.4–1988.3	静岡大学工業短期大学部専任講師
1986.4–1990.3	早稲田大学理工学部専任講師
1990.4–1997.3	早稲田大学理工学術院助教授
1997～	早稲田大学理工学術院教授

―要　旨―

ハイパースペクトル・イメージャー(HSI)は、リモートセンシング分野で開発された計測装置である。本講演では、HSIの医療機器への応用について述べる。具体例として、静岡がんセンターと共同で開発した非侵襲メラノーマ診断支援装置を少し詳細に紹介するとともに、HSIの内視鏡や眼底カメラへの接続という最近の挑戦についても簡単に紹介する。

（スライド 1）

静岡がん会議2011
2012年3月20日

ハイパースペクトル・イメージャー の医療機器への応用

Application of hyperspectral imager to medical devices

早稲田大学
宗田 孝之

早稲田大学の宗田と申します。よろしくお願いいたします。

皆様よくご存じのように、SF 作家のアイザック・アシモフが唱えたロボット 3 カ条の第 1 条に、「ロボットは人間に危害を加えてはならない」、それから「その危険を看過して人間に危害を及ぼしてはならない」というものがあります。その意味で、実は非侵襲に診断を支援するような装置も、おそらくロボットだと考えることができます。その意味で、本日私がここに呼ばれているのだろうと思っています。

（スライド 2）



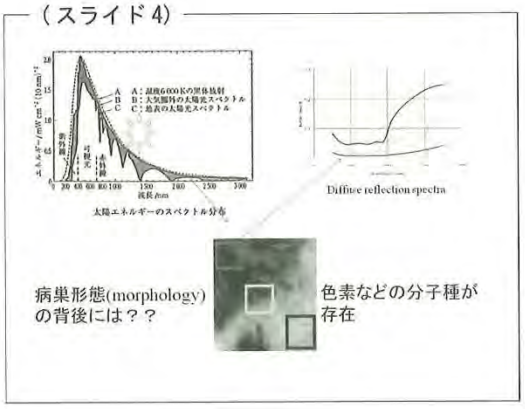
ここに示しているは、皮膚のメラノーマ、大腸腺腫、それから脈絡膜母斑の実際に診断に使われている病巣の画像です。従来の診断法はこのような病巣の形態に基づいた診断を行っています。本日は、人間の目ではなく、機械の目で見たデータに基づいて診断を支援するとどうなるかについてお話ししたいと思います。話のポイントは、実は機械で見ると我々人間の目に比べて客観性が出て来るということ、そして情報量が多くなるという、この 2 点が特徴だと考えています。

（スライド 3）



先ほどのメラノーマの病巣を拡大して肉眼で見ると、このように病巣の形態が見えます。なぜ私たちの目にこのように見えるかについては後で種明かしをするとして、まず先に、これを機械で見るとどうなるかという話をします。

（スライド 4）



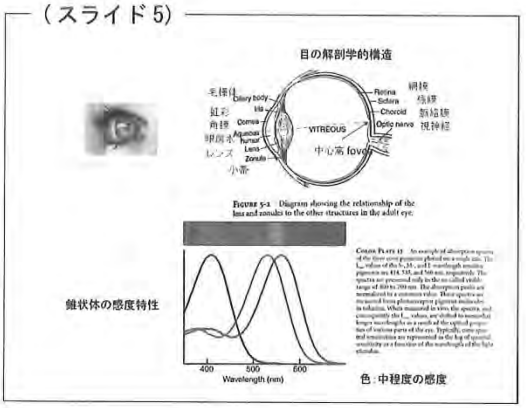
簡単のために、光源は太陽だと考えます。太陽を、要は光を機械で見てやるとこのようになります。

波長毎の光の強度が計測されて、この左上のようなグラフが描けます。これをスペクトルと言います。我々の目に感じる可視光は 380nm～750nm 辺りになりますが、このようなスペクトルをもつ光が病変に当たって、我々の目に飛び込んだ時には、この拡散反射スペクトルのような形に変形しています。これは、光を吸収する分子がこの病変の中に幾つもあり、それらが特徴的な波長の光を吸収することから、このようなスペクトルに変化するのです。

たとえば、この色の濃い部分にはメラニン色素がたくさんあります。そこで跳ね返ってきたスペクトルは、このように高さが非常に低くなっています。光がないところは暗闇ですよね。それを理解していただければいいと思います。このスペクトルの 2 つの谷が特徴的なのですが、実はこの谷は血液の中に存在するヘモグロビン分子の指紋です。

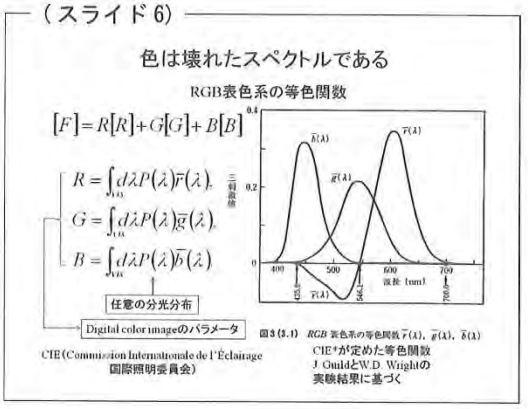
機械で見るとこのようになります。そのスペクトルがなぜ重要かと言いますと、ここのスペクトルの光強度が低いということは、実はその光を吸収する分子が存在するということです。ですから、ここに客観性が生まれてくるわけです。

（スライド 5）



私たちの目に先ほどの形態がどうして見えるかという種明かしですけれども、このようになります。我々の目が 3 つの色、実際は非常にたくさん見えるのですが、3 原色と呼ばれる色を見る種明かしです。網膜の中の錐状体細胞が、赤色領域（625nm～740nm）、緑色領域（500nm～560nm）、青色領域（445nm～485nm）に、吸収スペクトルの強い感度を持っているのです。こういった理由で、我々の目は光の 3 原色を基に物を見ているのです。

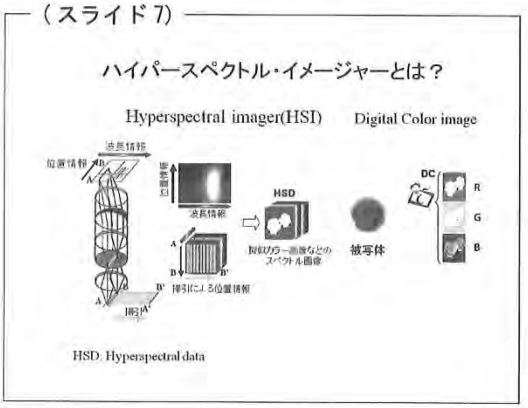
（スライド 6）



先ほどお示しした、スペクトルと光の 3 原色の関係は、国際的な基準に従ってこの式で説明されます。ここにある RGB が光の 3 原色のパラメータです。P が任意の分光分布を表します。先ほどから申し上げている、スペクトルと呼ばれるものです。我々に馴染みのあるカラー画像は、この RGB という 3 つのパラメータからできています。先ほどお示しした、あの 3 つのスペクトルがこの P という形になっています。この式からわかるように、RGB はこのスペクトルを 3 種類に丸めたような形になっているわけです。その意味で、「色は壊れたスペクトルである」と言っても差し支えないことになります。

さて、私たちは診断にこのスペクトルを利用することを提案しています。なぜかと申しますと、この波長域の光強度が低いということは、実はその波長域の光を吸収する分子種が特定できるということです。分子種が特定できるということは、実はそこに客観性が担保されているという話になります。さらに、色に比べてスペクトルは情報量をたくさん含んでいます。こういったことが頭にありますので、我々はスペクトルの利用を考えています。

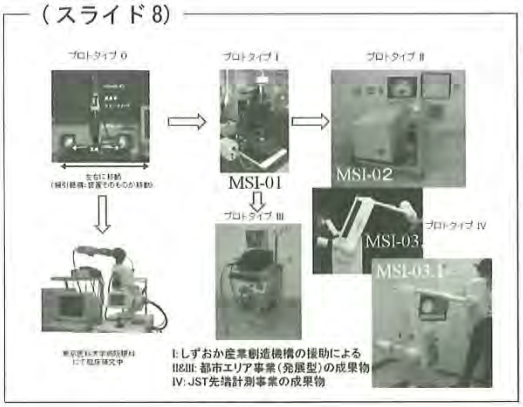
（スライド 7）



スペクトルの賢い計測の仕方として、元はリモートセンシングの分野で開発された計測方法があります。それがハイパースペクトル・イメージング法と呼ばれていて、計測する装置のことをハイパースペクトル・イメージャーと言います。

これは元々宇宙から地球を探査する時の測定器として開発されました。ちょうどデジタルカラーカメラのデータが 1 画素に RGB という、3 つのパラメータを持っているのと同じように、ハイパースペクトル・イメージャーで計測したデータは、1 画素に考えているある波長域の連続スペクトルを持っています。疑似カラー画像などのスペクトル画像を構築できるデータのことをハイパースペクトル・データと呼びます。このハイパースペクトル・データはものすごく膨大な量のデータになっているのですが、実はハイパースペクトル・イメージャーは、その膨大な量のデータを非常に短い時間で取得できるという特徴を持っています。

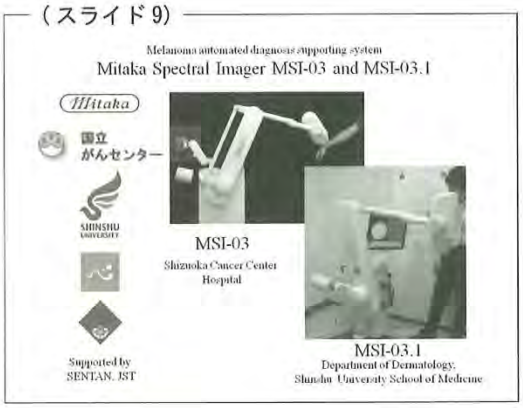
（スライド 8）



我々はこのハイパースペクトル・イメージャーをこのような実験室タイプの装置から始めて、いろいろな診断支援に使えるように試作をし、その性能を試験して参りました。

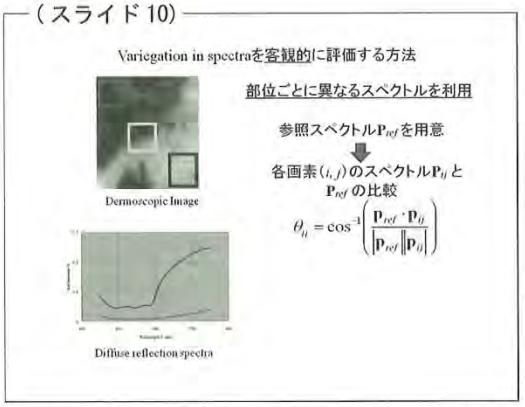
MSI-02、MSI-03、MSI-03.1 がメラノーマの非侵襲診断支援装置になります。このプロトタイプⅢが内視鏡に接続したハイパースペクトル・イメージャーです。そして、左下が眼底用のハイパースペクトル・イメージャーになっています。

（スライド 9）



ホワイエに展示してある装置がこの装置になります。メラノーマの理想的な診断は、非侵襲であること、非接触であること、それから、色素分子のレベルの情報に基づいて客観的、且つ、定量的であることが望ましいと言われています。ところが、我々の目やカラー画像で見た場合、すなわち、形態に依存する場合は、どうしても主観を排除しきれないと言われています。そこで、ハイパースペクトル・イメージャーの登場です。これらの装置は、1 つの病巣（1 つのハイパースペクトル・データ）を十数秒以内で計測することができます。

（スライド 10）



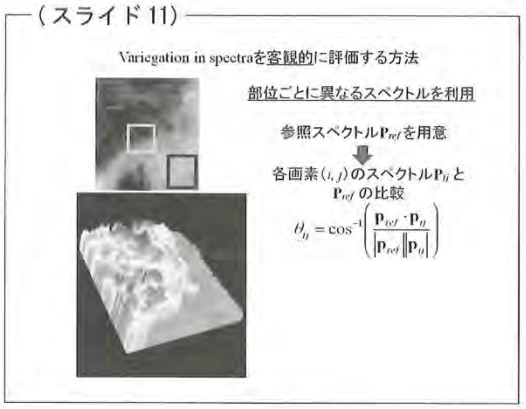
そのハイパースペクトル・データの解析の方法について説明をいたします。

形態で見た時に、メラノーマの本質はそのでたらめさにあると言われています。それは、取りも直さずスペクトルの多様性に起因しています。この 3 つの領域にわたって平均されたスペクトルが、先ほどと同じように記載されていますけども、かなり異なるように見えます。

そこで、1 つ 1 つの画素に格納されているスペクトル

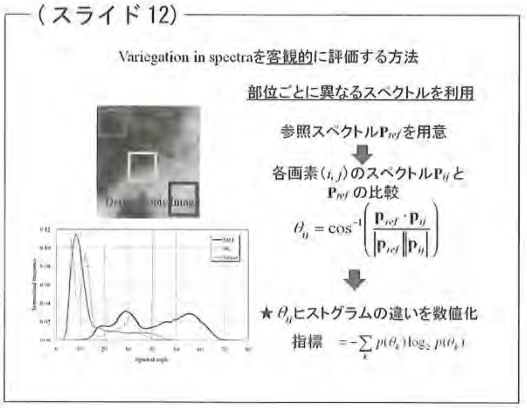
がどのくらい違うかを、パラメータ化することを考えます。それをどのようにするのでしょうか。スペクトルは、波長毎の光強度です。光強度を計測する波長は、計測器が決まってしまうと一義的に決まります。そうすると、光強度だけに注目をしますと、光強度は多くの成分を持っているベクトルと見做すことが可能になってきます。ベクトルの本質を考えると、それは長さと方向になります。我々はスペクトルの違い方、すなわち、ベクトルの違い方を角度で測ることにしました。つまり、スペクトルの質に注目したわけです。参照スペクトルを用意し、それに対応するベクトルと各画素のベクトルが成す角度を画像化すると、このような形になります。

（スライド 11）



高さ方向に角度の値が記載されています。

（スライド 12）



1 つのハイパースペクトル・データに出現する角度の分布を絵に描きますと、このようになります。黒い実線がメラノーマです。点線の二瘤のようなものが脂漏性角化症で、灰色の実線が母斑です。メラノーマの場合は、出現する角度が非常に広い範囲にわたって分布していることがわかります。他の 2 種類とは異なっています。ですから、あとはこのグラフをいかにして数値化するかを考えればいいということになります。私たちはエントロピーの概念を用いてこれらの違いを数値化することにしました。

このようにいたしますと、1 つのハイパースペクトル・データに対して 1 つの指標が決まります。

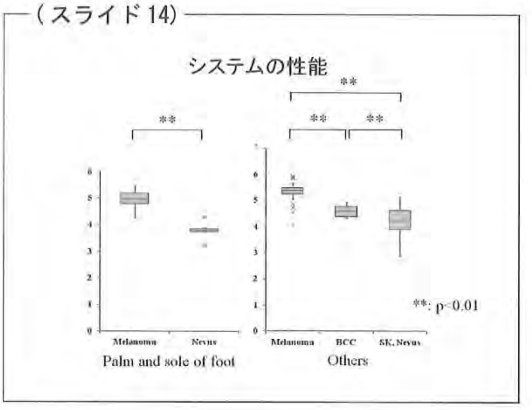
（スライド 13）



症例数			HSD数		
Palm, sole of foot	melanoma	8	Palm, sole of foot	melanoma	18
	nevus	4		nevus	6
Others	melanoma	9	Others	melanoma	42
	BCC	4		BCC	7
	SK, nevus	13		SK, nevus	31

この指標の性能を、静岡がんセンターにおける臨床試験を通して調べています。手のひらと足の裏に対してメラノーマ 8 例、ほくろ 4 例。それ以外の部分に発症したメラノーマ 9 例、基底細胞がん 4 例、ほくろなどが 13 例について調べてきました。それぞれの病巣のハイパースペクトル・データ数はここに記載のとおりになっています。以下お示しする解析には、病巣ごとに示しているハイパースペクトル・データ全てを用いています。

（スライド 14）

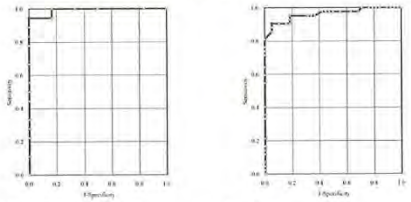


まず、これが結果です。手のひらと足の裏に対して提

案する指標の間には統計的な有意差がありました。ここでは、マン・ホイットニー(Mann Whitney)の U 検定という統計を用いています。それ以外の部位に対しても、それぞれの指標に対して統計的な有意差が認められました。メラノーマとそれ以外を鑑別するという鑑別の仕方を考えますと、この指標、すなわちシステムの性能はこのようになります。

(スライド 15)

システムの性能(ROC curve)



- Palm and sole of foot
  - 閾値: 4. 30
  - 感度: 94. 4%
  - 特異度: 100%
  - AUC: 0. 991
- others
  - 閾値: 4. 99
  - 感度: 90. 5%
  - 特異度: 94. 7%
  - AUC: 0. 961

ここにお示ししたグラフは Receiver Operating Characteristic curve と呼ばれる図で、この曲線が囲む面積が1に近ければ近いほど、その装置、システムの性能が良いということを表しています。

この ROC curve から求めた、メラノーマをメラノーマとして正しく鑑別する性能、感度(sensitivity)、それから、メラノーマ以外をメラノーマ以外と正しく鑑別する性能、特異度(specificity)は、それぞれこのような値になっています。

(スライド 16)

スペクトルに基づく解析は、
BCC(色素性)でも有効

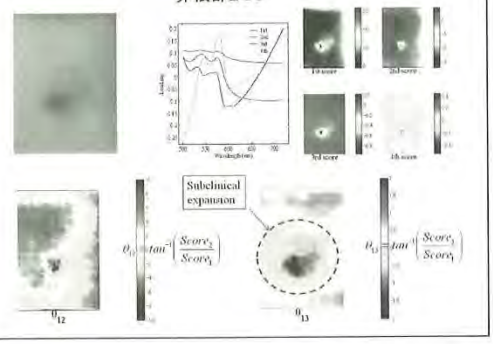
スペクトルを主要な成分に分離することで、
1) 目には見えない皮下の広がりを推定
2) 周堤を自動的に描画
など、有用な情報を提供可能である。

スペクトルをデータとして持っていますので、別の解析方法を適応すると、BCC(色素性)の基底細胞がんについて次のようなことを画像化することが可能になります。

1 つは、目に見えない病巣の皮下の広がり、それからもう 1 つは、周堤と呼ばれる BCC に特有な構造を明示することができます。周堤とは BCC の、ちょうど阿蘇山の外輪山のような構造だと考えていただければいいかと思います。

(スライド 17)

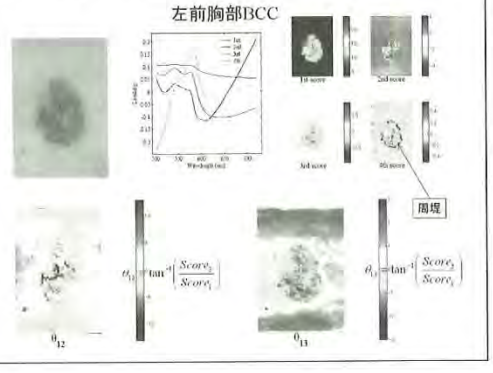
鼻根部BCC



こちらが BCC の皮下に広がっている部分を表した図です。

(スライド 18)

左前胸部BCC



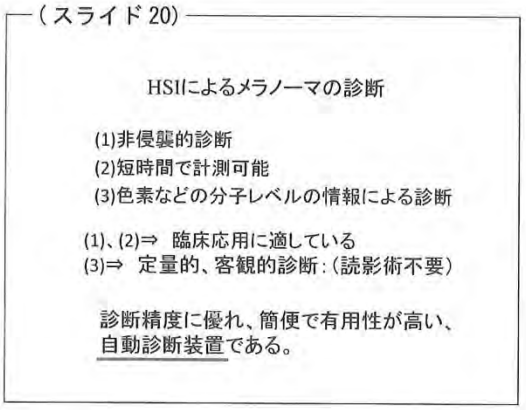
そして、こちらが周堤を捉えた図です。このように、スペクトルを利用することで、今まで人間が独自に判断していたものを機械的に客観的に画像化できることがわかってきたのです。

（スライド 19）



ファイバ仕様のメラノーマ診断装置の性能に関してはこのような結果になっています。ROC curve を見ていただければ、その性能がそこそこ高いことがご理解いただけると思います。

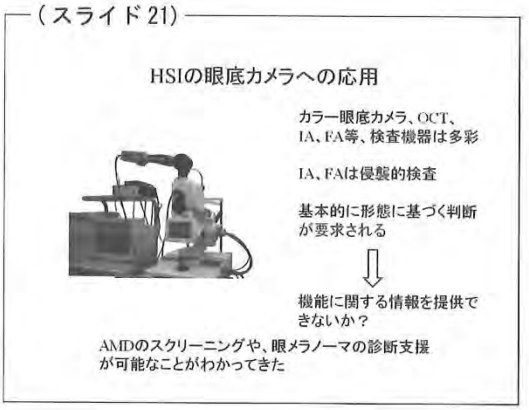
（スライド 20）



さて、ここまでをまとめます。ハイパースペクトル・イメージャーによるメラノーマの診断の利点は、非侵襲的診断であること、短時間でデータを計測できること、それから、色素などの分子レベルの情報による診断が可能であるということです。

1番と2番は、これはハイパースペクトル・イメージャーというシステムが臨床応用に適していることを表していると考えています。さらに、色素などの分子レベルの情報に基づく診断ができるということは、定量的、且つ、客観的情報を診断支援として提供できると考えています。診断精度に優れ、簡便で有用性が高い自動診断装置であると考えています。

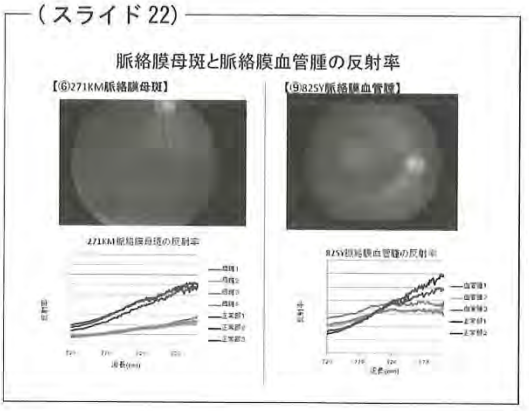
（スライド 21）



次に、ハイパースペクトル・イメージャーの眼底カメラへの応用について少しお話をさせていただきます。つまり、スペクトルを利用する利点について強調したいという意図です。

こちらは、東京医科大学病院の眼科に設置して臨床試験を行っている、眼底カメラ用のハイパースペクトル・イメージャーです。この装置は、約 5 秒で視野角 50 度の眼底のハイパースペクトル・データを計測することが可能です。

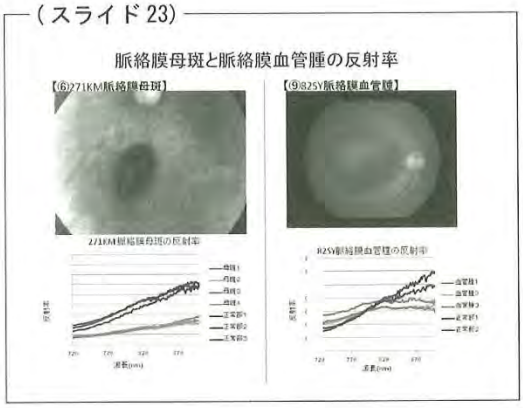
（スライド 22）



ここにお示ししているのは眼底カメラの画像です。この後、800nm における単一波長画像をお示しし、さらに眼底内の幾つかの場所のスペクトルをお示ししていくことにします。

これが脈絡膜母斑です。ここが病巣部になります。

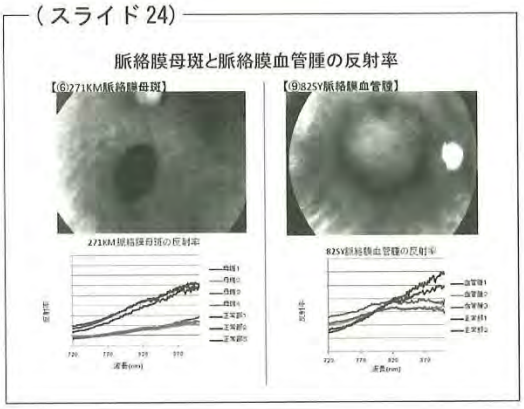
（スライド 23）



これが 800nm の画像です。ここに印を付けたところのスペクトルを見ますと、こういう形になっています。スペクトルは病巣部分（灰色線）とそれ以外の部分（黒線）の、2 つにグルーピングされる傾向があるように見えます。こちらの病巣のスペクトルが低いのは、脈絡膜母斑のこの黒い部分にメラニン色素がたくさん存在するので、このように低く出ているというように意味付けすることができます。

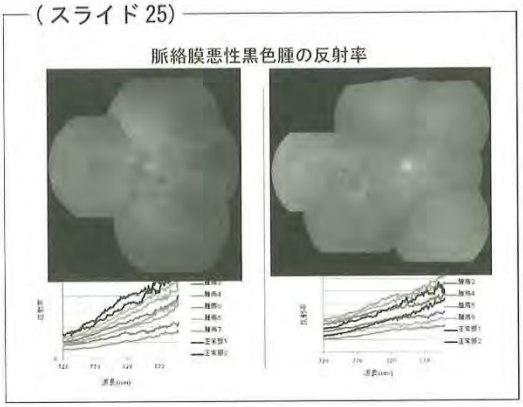
右側が脈絡膜血管腫です。ここら辺が患部になります。

（スライド 24）



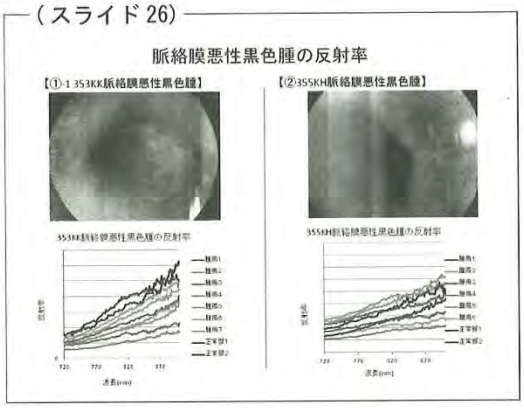
スペクトルを見ますと、やはり病巣部（灰色線）とそれ以外の部分（黒線）で 2 つにグルーピングができるように見えます。病巣部のスペクトルが長波長になるに従って台形状になっていますのは、この病巣部が周りに比べて血液、つまりヘモグロビンをたくさん含んでいることを意味していると考えられます。

（スライド 25）



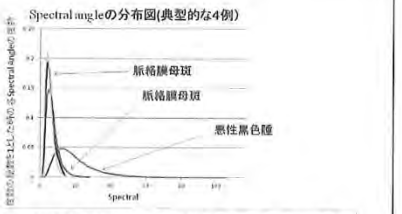
一方メラノーマの方は、画像で見るとこのようになり、よくわかりません。

（スライド 26）



しかし、スペクトルで見るとこのようになっていまして、先ほどの 2 つの病巣とは異なり、スペクトルがグルーピングできるような、そういう性質は見て取れません。そこで、先ほどの皮膚のメラノーマと同様に、スペクトルの多様性を角度で測ってみました。

（スライド 27）



・悪性黒色腫のSpectral angleの分布の仕方は 明らかに非悪性黒色腫の分布の仕方と異なる

→Spectral angleの分布の仕方を数値化

データ名	Index
353KK悪性黒色腫	5.33
271HM脈絡膜母斑	3.50
355KH悪性黒色腫	4.52
369HH脈絡膜母斑	4.31

スペクトルの多様性が明確にでた、サクッと違った。

そのスペクトルの多様性を角度で測ってグラフにするとこのようになります。これは目のメラノーマですけれども、やはりメラノーマの場合は、角度が広い範囲にわたって分布していることがわかります。こちらが脈絡膜母斑です。ここにちょっと見えている黒線のデータが脈絡膜血管腫になります。メラノーマの場合はこの分布が非常に広くなっていますので、先ほどの指標は高い値となってきます。

（スライド 28）

指 標

	データ名	指標
①-1	353KK悪性黒色腫	5.33
①-2	384KK悪性黒色腫(2か月後)	5.74
②	355KH悪性黒色腫	4.52
③	381ST 脈絡膜母斑	2.16
④	236AK 脈絡膜母斑	3.18
⑤	268OC 脈絡膜母斑	4.05
⑥	271HM 脈絡膜母斑	3.50
⑦	369HH 脈絡膜母斑	4.31
⑧	356WN 脈絡膜母斑	3.74
⑨	362CT 脈絡膜血管腫	0.26
⑩	362CT 脈絡膜血管腫	3.04
⑪	701HN 脈絡膜血管腫	0.86
⑫	383HA 転移性脈絡膜腫瘍(乳癌カルチノイドの転移)	3.04
⑬	386TK 詳細不明脈絡膜腫瘍)	4.39
⑭	387YY 詳細不明悪性黒色腫の疑い)	4.09
⑮	398FS 詳細不明(脈絡膜腫瘍)	4.81
⑯	400TK悪性黒色腫疑い	4.14
⑰	402MI 詳細不明転移性脈絡膜腫瘍の疑い)	3.82

これがこれまでに調べた症例についての指標です。先ほど同様、メラノーマの場合、指標が高く出る傾向にあることがわかります。

ここで申し上げたいことは、皮膚のメラノーマと目のメラノーマは、先ほどカラー画像をお示ししましたように、形態は全く違って見えます。ところが、可視域のスペクトルであれ、近赤域のスペクトルであれ、実はスペクトルにはメラノーマの本質であるでたらめさがきちんと刻み込まれているのです。スペクトルを利用する有利さや重要さがこれでおわかりいただけたかと思います。

（スライド 29）

皮膚メラノーマに対するものと同じ鑑別手法が適用可能

⇒波長域が異なっても、スペクトルを利用していることから
色素分子レベルでメラノーマの特徴が捉えている
（スペクトル利用の利点）

ここには示していないが、スペクトルに印象されている
ヘモグロビン、メラニン分子の情報で、
母斑と脈絡膜血管腫も鑑別可能
領域指定も可能

この他に、メラニン分子やヘモグロビン分子の情報を基にして、脈絡膜母斑と脈絡膜血管腫を鑑別することもできますし、病巣の部位を特定することも実は可能になりつつあります。さらに、加齢黄斑変性のスクリーニングも可能になってきていると考えています。

（スライド 30）

消化器がんの
スペクトル診断の可能性

<現在の内視鏡による消化器がん診断>

インジゴカルミン法
色素内視鏡検査の一つ．凹凸にコントラストを付け観察する．

NBI(Narrow Band Imaging)
狭帯域光での観察．粘膜表層の毛細血管や腺管を強調表示させる．

どちらも形態に基づいている

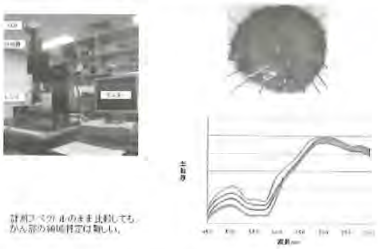
形態の背後の(色素)分子レベルの情報に基づいてがん領域特定は可能か？

実際の患者さんの撮像画像を解析し
がん領域特定法を構築している

解析対象
胃腺がんセンター消化器科にて
門脈腹腔鏡下層剥離術で切除した検体

（スライド 31）

HSIによる
消化器がん切除病巣の計測と解析



計測スペクトルのまま比較しても、
がん部の領域特定は難しい。

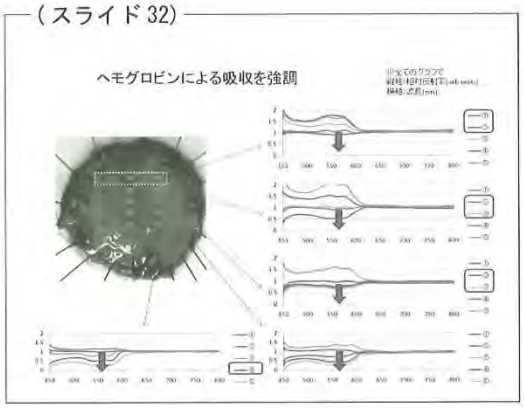
最後に、ハイパースペクトル・イメージャーで計測した

ハイパースペクトル・データの中に刻み込まれている血液の量の情報を基にして、たとえば、消化器がんのがん領域を指定することが可能になるのではないかという話をします。

がんセンターの内視鏡科と共同研究をいたしまして、これまでに内視鏡的に切除した病巣のハイパースペクトル・データを計測して参りました。切除病変ですので、プロトタイプのハイパースペクトル・イメージャーを利用しました。ハイパースペクトル・データを計測した後、すぐさま組織病理学的検査を実施し、がんの領域を特定してもらいました。

我々の課題は、ハイパースペクトル・データから対応するがんの領域を特定できるかということです。スペクトルをいろいろ調べてみましたが、このように、実は上下方向に平行移動しただけのような、何の変哲もないスペクトルでした。これは計測した生のスペクトルになっています。

（スライド 32）



それで、少し工夫をしました。切除時にできたこの傷を避け、比較的広い範囲でスペクトルを平均化しました。それを基準として、各画素のスペクトルを規格化しました。規格化したスペクトルをこのように並べてみますと、組織病理学的検査でがんの部分だと特定された領域のスペクトルは、こういう具合に、500nm から 600nm の波長域の範囲で 1 よりも小さい傾向が見て取れました。これは非常に説明しやすいことで、実はこのスペクトルがこの領域で 1 より小さくなっているということは、がんの領域と指定されたところに、他の正常な部分に比べてより多くのヘモグロビン、すなわち血液が存在するということを意味しています。

（スライド 33）



そこで、ヘモグロビンの量が相対的に多いところを着色してみました。そうしますと、このように組織病理学的検査で指定された領域と一致する場合もあれば、一致しない場合もありました。計測している病変が切除した病変になっていますから、体内にある時の状態とは変わっているということを考慮すれば、実はこれらの違いは、今のところはさほど大きな問題ではないだろうと考えています。今後は内視鏡的に体の中に病変がある時のハイパースペクトル・データを計測できるようにして、今ここで言っているような手法の有効性を確かめていきたいと考えています。

（スライド 34）

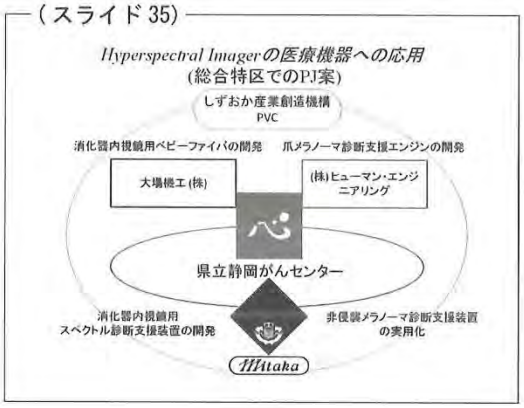
切除病巣のため切除前の血流に関する情報をとどめてはいないと考えられるが・・・・

解析結果は、
ヘモグロビン量が相対的に多い領域が、病理組織学的検査により特定されたがん領域に相当することを示唆している。

また、
BCC（色素性）の時同様に、subclinicalな広がりも検出できるのではないか？

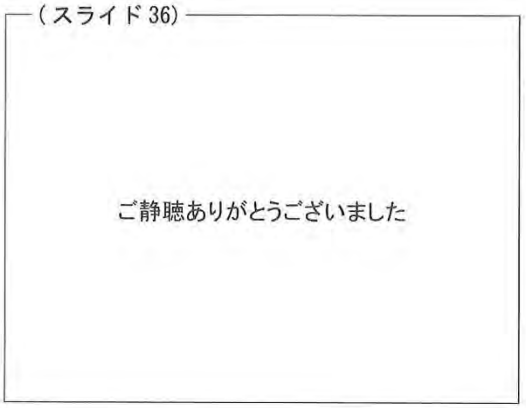
今までハイパースペクトル・イメージャーの医療機器への応用について、3 例紹介をしてきました。我々は、スペクトルを利用することで、形態を形作る分子レベルの情報に基づいて何某か診断支援ができるのではないかと考えています。

（スライド 35）



このがんセンターを含む地域が、医療総合特区に指定されています。早稲田大学といたしましては、今後も静岡がんセンターと協力をして、このようなプロジェクトを推し進めていきたいと考えています。

（スライド 36）



ご清聴ありがとうございました。

"力覚・触覚を伝えるロボット技術" が開く未来



経　歴

2007.3　長岡技術科学大学
　　工学部電気電子情報工学課程卒業
2009.3　長岡技術科学大学大学院
　　工学研究科電気電子情報工学専攻修了
2012.1　慶應義塾大学大学院理工学研究科
　　総合デザイン工学専攻後期博士課程在学中

慶應義塾大学　理工学研究科　総合デザイン工学専攻　G-COE 研究員(RA)

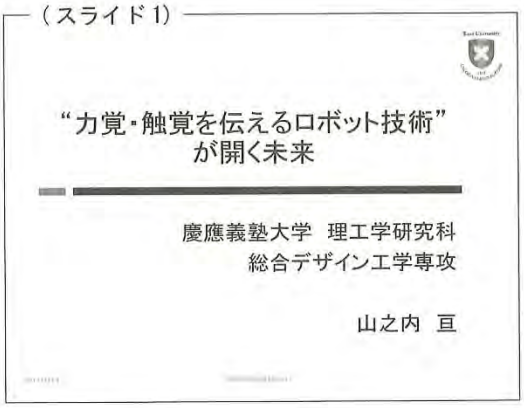
山之内　亘

―要　旨―

近年、視聴覚情報に続く第 3 のマルチメディア情報としてき触覚情報が注目されている。

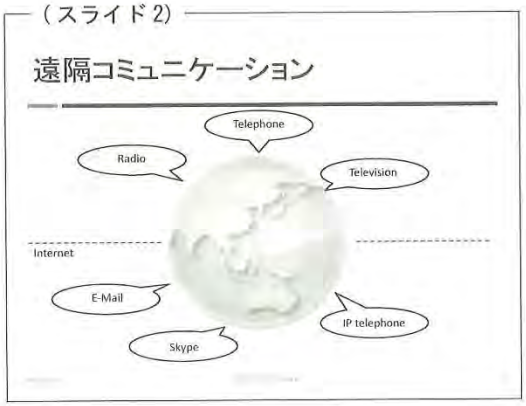
これまでに、慶應義塾大学では様々な触覚伝送の技術の開発を行ってきた。特に、実世界の触覚情報のロボットシステムへの応用技術を提案しており、様々な分野への応用が今後期待されている。

（スライド 1）



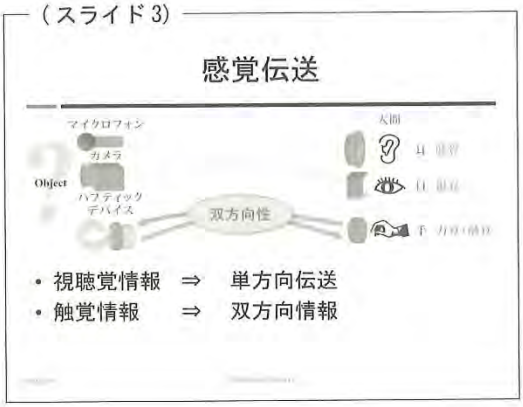
ご紹介をありがとうございます。慶應義塾大学理工学研究科の山之内と申します。来年度からよろしくお願いいたします。今回は、力覚・触覚を持っているロボットについて、少し発表させていただきます。発表の内容は、最初に力覚・触覚を伝えるというのはどういうことかをお話しし、私の所属している研究室のロボットを使った力覚・触覚を伝える技術に関して、動画を交えて幾つかご紹介させていただきます。最後に、私ども慶應義塾大学では、理工学研究科と医学研究科が連携し、触覚を伝える鉗子というプロジェクトを行っておりますので、1つだけではございますが、そちらに関して少しご紹介させていただきます。

（スライド 2）



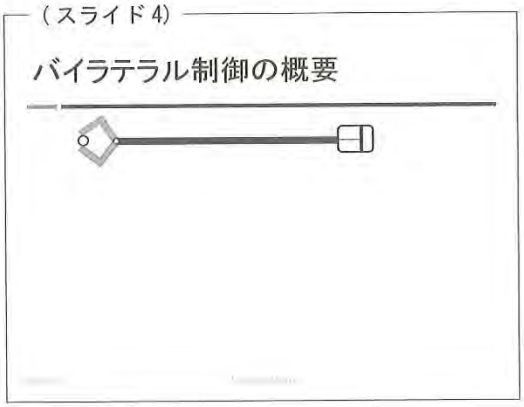
まず、この遠隔コミュニケーションですが、電話がこの世に誕生してからもう 200 年近くになると思います。この電話は音声を遠隔に伝えるものでした。それに続き、テレビやラジオなど放送の業界でも、視覚情報や聴覚情報などを遠くに飛ばす様々な技術が開発されてきました。近年ではインターネット、さらには携帯電話やスマートフォンなどが世界中で普及しています。これにより、人間のコミュニケーションは、いつでも、どこでも、誰とでも音声や画像のやりとりができるようになりました。

（スライド 3）



しかし、これまでの遠隔に飛ばす情報は、マイクを使った音声情報の伝送や、カメラを使って絵を撮り、通信ネットワークに乗せてディスプレイで表示させるような視覚情報を飛ばすという、その 2 つがほとんどでした。基本的に、視聴覚情報を遠隔に伝送することは、撮ったものを遠隔に飛ばすだけの単方向伝送で、様々な研究がなされておりました。しかし、私たちが扱っている触覚情報は、遠隔で物に触るデバイスと人間が操作するデバイスの間で、双方向に情報を伝送する必要がありました。そのために、これまで力覚情報の伝送はなかなか実際に実装されていません。

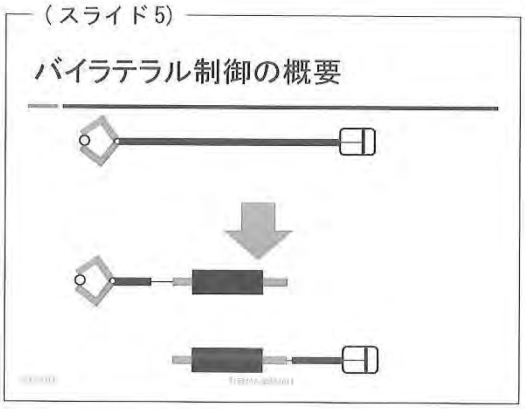
（スライド 4）



力覚情報の伝送がどのようなものかを説明させていただきます。こちらは簡単なマジックハンドのようなもので

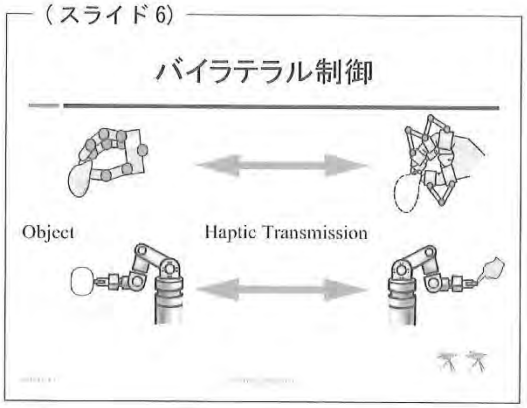
す。右側を人間が操作して、左側の物を掴む方が動きます。物に触れますと、右側の人間が操っている方ではかなり感触は劣化しますが、この掴んだ情報が提示されます。これを伝送路に乗せることを考え、このような方式を採りました。

（スライド5）



物を掴むスレーブ側と人間が操作するマスタ側に分けてモータを接続し、このモータ間で信号の伝送を行います。そうすることにより、人間がマスタ側のモータを操作することでスレーブ側のモータが動き、指先が動きます。その結果、物に触れて、その力覚情報をモータによって取り込み、マスタ側のモータに返して、人間側に力覚・触覚を提示することができます。これが我々のやっているバイラテラル制御です。

（スライド6）



これからは簡単に、我々の研究室でやっております、力覚・触覚情報を伝送するロボットに関して説明をさせていただきます。我々がやっているバイラテラル制御は、たとえば、このように産業用ロボットを人間が操作し、遠隔の環境に接触させたり、人間が手を入れるグローブ型のマスタとハンドロボットなどを使い、相互に触覚を伝送しています。簡単な動画がございますので、ご覧ください。

（動画1）

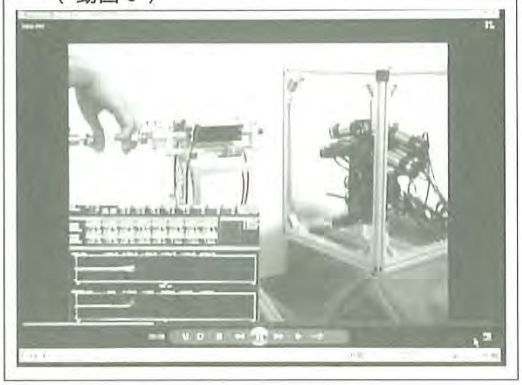


（動画2）

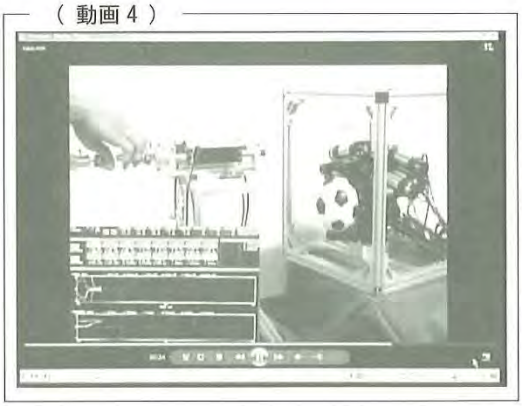


まず初めに、一軸のリニアモータを用いましたバイラテラル制御について紹介いたします。手前が人間が操作するマスタ側、奥が環境に触れるスレーブ側です。このように、ボールなどの柔らかい環境や、鉄のような硬い環境など、環境を問わず接触した情報を、マスタを操作する人間が感じることができます。

（動画３）

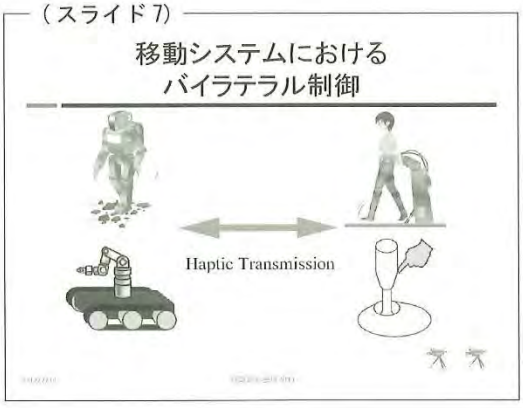


（動画４）



これは会場入り口で展示させていただいております、指の形をしたロボットを使ったバイラテラル制御です。制御手法は、先ほどと同じ一軸のモータを使った人間が操作する側と、多軸のロボットを使ったハンドロボットを使い、ハンドロボットで挟んでいる触感をこの人間に対して提示することができます。

（スライド７）



ロボットは固定されたものだけに限らず、移動するシステムがあります。たとえば、ヒューマノイドロボットや二足歩行ロボットなどの歩行を可能にしているロボット、また、移動ロボットなどの車輪を使って地面を走行するロボットがあります。スライド７の図は、人間に装着するデバイスを使ってヒューマノイドロボットを操り、ヒューマノイドロボットが歩いている路面情報を人間の操作者に返すことができます。さらに、ジョイスティックを用いたモバイルロボットの環境情報を取得するシステム等の研究を行っています。では、動画をご覧ください。

（動画５）



こちらは、二足歩行ロボットを用いた触感のフィードバックシステムです。左上が二足歩行ロボットで、右下がペダルを使った人間の操作側のシステムです。二足歩行ロボットをペダル型のロボットで操り、路面の情報をフィードバックしています。

（ 動画 6 ）



（ 動画 7 ）



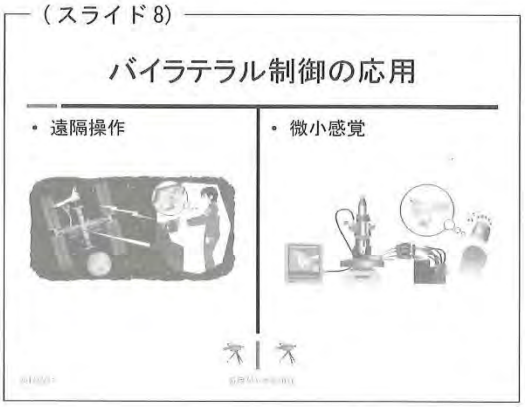
続きまして、モバイルロボットを使った触覚のフィードバックシステムです。こちらが、今は地面には設置していませんが、モバイルロボットと操作側のジョイスティック、そして回転方向を行うステアリングです。ジョイスティックとステアリングによってモバイルロボットが操作されます。ジョイスティックは両方の車輪が並行に動いていますので並進方向、ステアリングではモータが逆方向に動いていますので回転方向を操作します。

（ 動画 8 ）



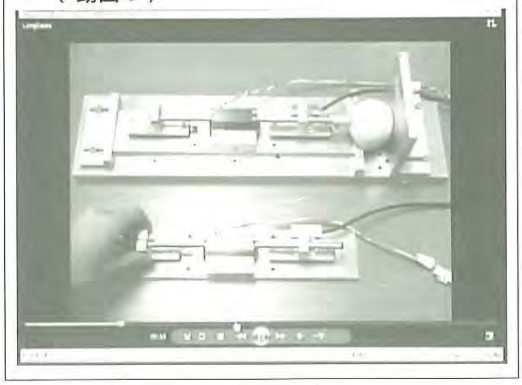
人間がモバイルロボットを操作しますと、操作側の人間の方にもこの触感がフィードバックされます。こちらでは平地を使って行っていますが、悪路などのガタガタした路面や障害物などがあると、操作側のジョイスティックやステアリングに対して触感のフィードバックがなされます。

（スライド 8）



続いて、バイラテラル制御を応用した様々なシステムについてお話をさせていただきます。たとえば、人間の操作する側とスレーブ側が遠くに離れていた場合は、その間で通信の遅延が発生し、操作者に対するフィードバックが鈍くなってしまいます。このため、この通信遅延に対する制御を行い、触感を鮮明にします。こちらがその動画です。

（ 動画 9 ）



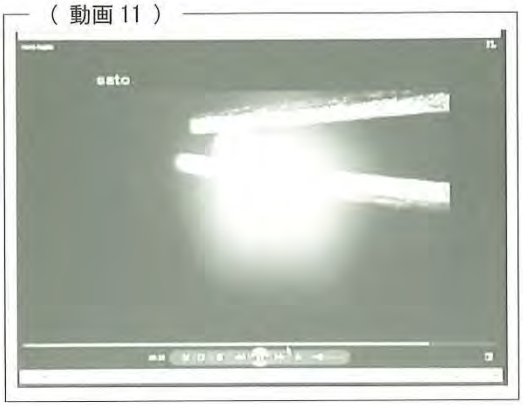
手前が操作側、奥が接触する側です。動画を見ていただけるとわかりますように、操作側に対してスレーブ側が 1 秒ほど遅れています。この遅延は仮想的に作り出したものです。このように 1 秒ほど遅れた状態でも、人間の操作に対してスレーブ側は追従し、このボールなどの環境に当たった感触を人間の操作側にフィードバックしています。

もう 1 つのバイラテラル制御の利点は、マスタ・スレーブシステムの間で機械的に切り離されていますので、マスタ側を大きく、スレーブ側を小さくといった、スケーリングを簡単にかけることができます。このため、このような大きな操作システムと、小さな把持システムを作れば、この間で触感の伝達が可能となります。簡単な実験を行っておりますので、ご覧ください。

（ 動画 10 ）

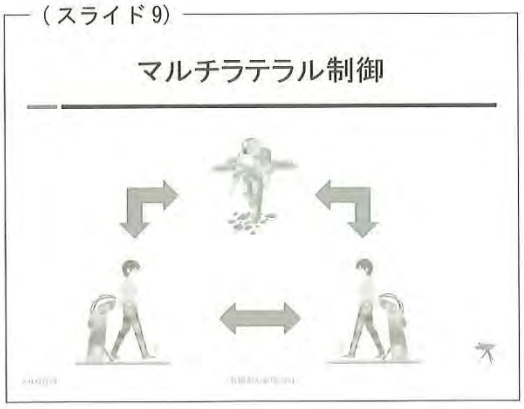


（ 動画 11 ）



モニタの映像が顕微鏡で拡大したピンセットの先で、右下が操作システムです。操作側により、少しですがピンセットが開いたり閉じたりしていることがわかると思います。ピンセットの間に映っているのは、砂糖の結晶 1 粒です。このように、砂糖の結晶に触った時の感覚を操作側の人間にフィードバックすることが可能となっているのです。

（スライド 9）



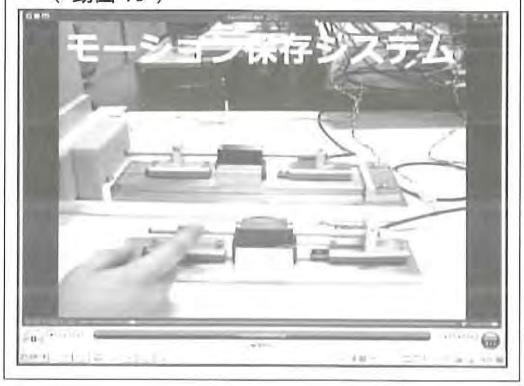
続きまして、今までは 1 対 1 のシステムを用いた触感のフィードバックだったのですが、多数のロボットを使った触感のフィードバックについてご説明いたします。たとえば 1 台のスレーブシステムに対して 2 人の操作者で同じシステムを使用した場合は、この路面の情報を各マスタサイドに触感としてフィードバックすることができます。簡単な動画ですが、ご覧ください。

（ 動画 12 ）



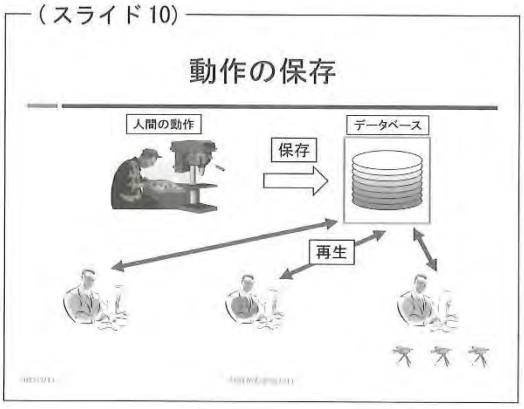
こちらは一軸のリニアモータを用いて触感のフィードバックを行っています。右端が物体に触れているスレーブサイドで、それ以外は全てマスタとなっており、どのモータでも全て同じ感覚を得ることができます。

（ 動画 13 ）



こちらは、簡単にするために一軸での実験を行っています。手前が操作する人間で、奥が動きを覚えているモータです。保存システムは、基本的にはバイラテラル制御と同じことをしています。

（スライド 10）



今度は伝送ではないのですが、音や画像と同じように人間の触感情報を保存することについてお話をさせていただきます。最初は、人間の動作を保存するシステムです。たとえば、このような職人さんの動きをデータベースに保存しておけば、後で訓練を受ける方々に、このデータベースを適用して訓練を行うことができるのではないかということで、我々は研究を行っています。幾つか動画があるのでご覧ください。

（ 動画 14 ）

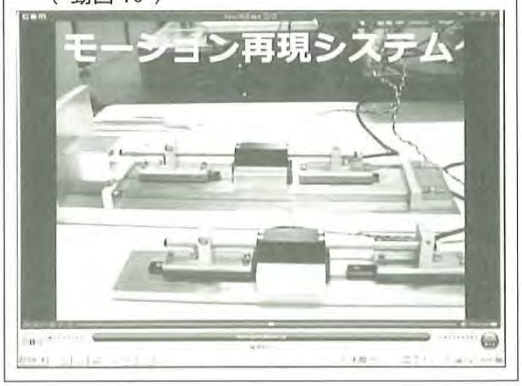


再現システムでは、先ほど覚えた動作をこのスポンジに対して行っております。

（ 動画 15 ）

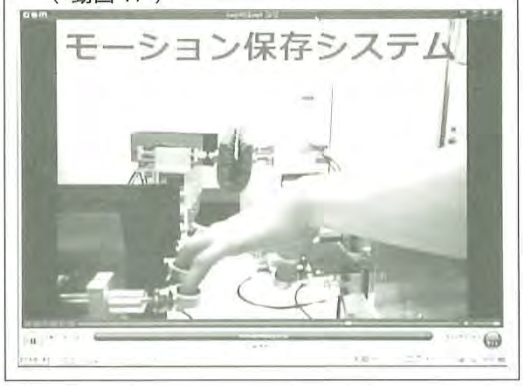


（ 動画 16 ）



同様に、硬い鉄に対して、このようなノックのような動作をして動作を覚えておき、この再現システムを用いて、物に対して叩く動作を再現しています。

（ 動画 17 ）

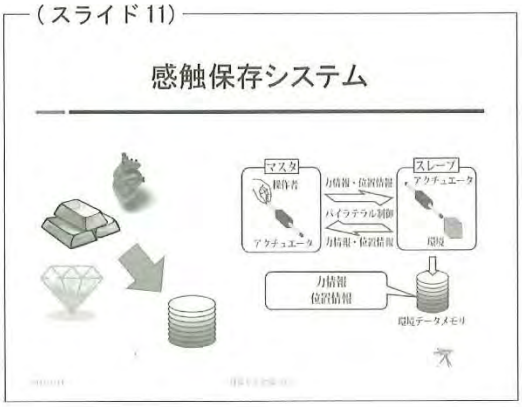


（ 動画 18 ）



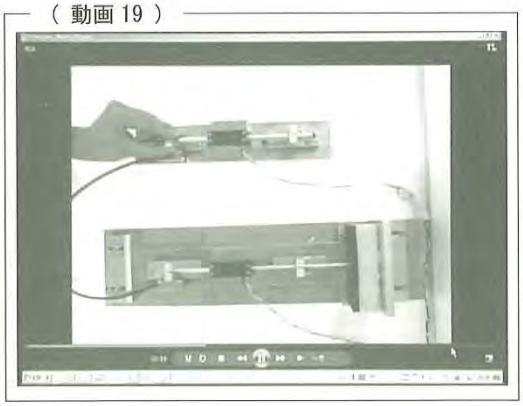
こちらでは、複数の軸を用いて人間の手の動作をシステムで保存、そして再現をするシステムを実装しています。このように、物体に対して何かアクションを保存しておき、後ほど再現することができます。

（スライド 11）



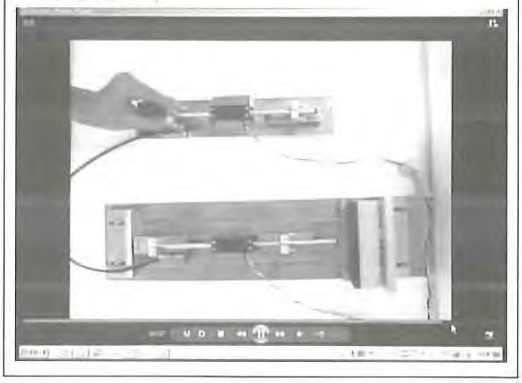
続いては、環境側を保存するシステムについて説明させていただきます。先ほどはこのマスタの動きを保存しましたが、その時の力覚情報、いわゆる消耗できないようなもの、または貴金属などの高価な物の触感を覚えておくことで、人間に対する訓練に使えるのではないかということで研究を行っています。少しわかり辛いのですが、動画をご覧いただきたいと思います。

（ 動画 19 ）



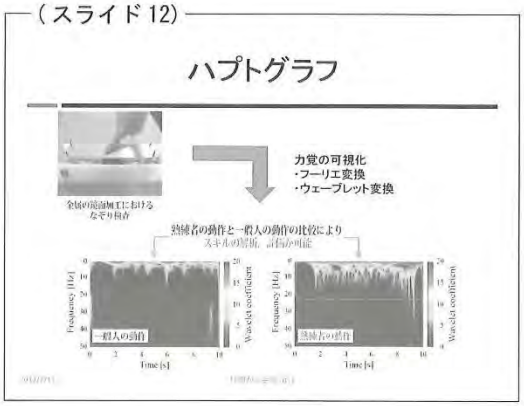
先ほどと同様に、人間は環境に対して何かしらの動作を行い、右下の環境（スポンジ）のデータを蓄えます。

（ 動画 20 ）



この制御では右側には何もありませんが、先ほど保存したスポンジの触感を操作側にモータで再現できています。

（スライド 12）



今までは触感の再現についてお話ししましたが、今度は、触感を見ることができるシステムを開発し、その触感の違いを可視化した図がこちらになっております。実験装置は、一軸のリニアモータの上に加工した金属板を載せ、それに対して、金属の表面の粗さを見る職人さんに手でなぞっていただいたデータと、我々一般人がなぞった時のデータがどのように違うかを実験しました。左が一般人のデータ、右が表面の粗さを見る職人さんのデータです。10Hz付近では、一般人の動作ではあまり波形が出ていないのに対し、職人がなぞった際にはかなり毛羽立った挙動が見て取れます。これにより、職人の動作が鉄板の表面に対して、何かしらの影響を及ぼしていると思われます。

（スライド 13）



最近我々が特に力を入れているのが、熱感覚伝送に関する研究です。この熱感覚伝送は、触感の中でも、触る感覚の他にある感覚で、温度、要は温かさや冷たさを感じる感覚です。それらを伝送し、先ほどの触覚情報と合わせることで、温かさや柔らかさなどを一緒に伝えることができるかどうかという研究を行っています。

（ 動画 21 ）



（ 動画 22 ）



こちらは、熱の流入や流出などをペルチェ素子を用いて測定する動画です。

（ 動画 23 ）



センサを用いずに熱の流入量や流れなどを計測することができ、これを先ほどのバイラテラル制御に応用することで、熱の感覚を遠方にも伝達できるものと考えています。

（スライド 14）

医療分野への応用



最後に、医工連携で医学部と共同で行っております、触覚を伝える鉗子について動画でご説明させていただきます。

（ 動画 24 ）



こちらは大西先生の研究室からお借りしてきた動画です。操作者が握るマスタ側と、モニタがあり、スレーブは他の部屋で、ラットを使って実験をしています。

（ 動画 25 ）



こちらが手術室の方のスレーブ側です。このように回転モータとリニアモータを使って鉗子を作っております。

（ 動画 26 ）



こちらはアップの映像です。このように、開く時と閉じる時の両方の触感が伝わっています。

（ 動画 27 ）



こちらがモニタですが、力の情報を見ています。このように物を握った時や開いた時など、力の情報が上のモニタに左向きの棒状で表示されていることがわかります。

（ 動画 28 ）



これはちょっと何の機械かわかりませんが、鉗子で挟んで引っ張った時に、モニタの右向きの棒グラフが引っ張り力になっていて、引っ張っている時に力情報がどのようになっているかがわかるようになっています。

（ 動画 29 ）



こちらは多分ですが、鉗子を使って物体を把持し、回している情報だと思います。こちらも上のモニタに情報が出ています。

（ 動画 30 ）



これは肝臓を摘んでいるのだと思われます。借りてきた動画なのであまり詳細はわからないのですが、鉗子で挟んでいる情報が見て取れます。勿論、この操作者の方にも力覚がフィードバックされています。

（ 動画 31 ）



このように、我々理工学部と医学部が連携し、現在、触感を感じることのできる鉗子を作成しています。こちらは 10 自由度ぐらいの、かなり自由度がある鉗子を作っています。

このように触覚を医療分野へ応用しているものもありますが、他にも様々な分野への応用が期待されると思うので、今後は、私は沼津工業高等専門学校に来まして、医療との連携をしていきたいと思いますし、慶応義塾大学のこの触覚の分野を様々な分野へ応用していきたいと思います。

以上で発表を終らせていただきます。ありがとうございました。

介護支援ロボット“RIBA II”の開発



東海ゴム工業株式会社　独立行政法人理化学研究所　チームリーダー
郭　士傑

経　歴

1992 年東京工業大学大学院理工学研究科機械物理工学専攻博士課程修了。
現在、理研・東海ゴム人間共存ロボット連携センターでロボット実用化研究開発チームのリーダーとして、ゴムを用いたソフトアクチュエータ、柔軟面状センサ、介護支援ロボット等の研究開発に従事。工学博士、日本機械学会会員。

―要　旨―

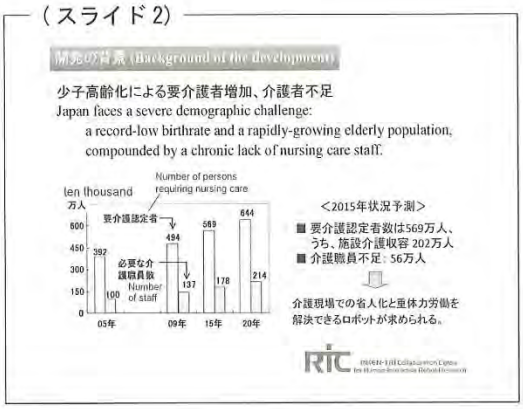
介護者不足の問題を解決するための一助として介護支援ロボットの研究開発を行っており、2011 年に完成した RIBA-II は体重 80kg までの人を、床、ベッド、車椅子の 3 者間で移乗介助できるようになった。移乗介助の重労働を解消し、2 人がかりの作業をロボット 1 台と介護者 1 名の協調作業で実現することは本開発の狙いである。講演では、その機能、動作、操作方法、安全対策、健常者対象の評価結果、そして今後の展開について説明する。さらに、褥瘡予防マットレスの開発についても簡単に紹介する。

（スライド 1）



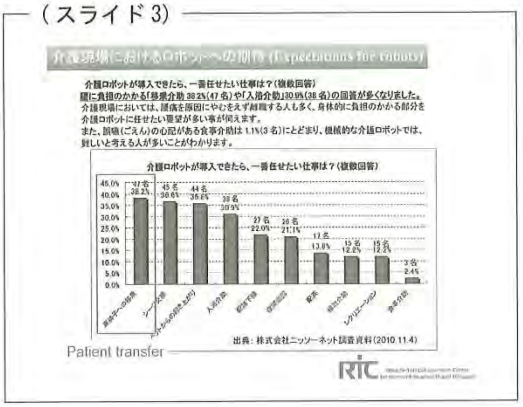
それでは、介護ロボットの話をさせていただきますが、今までの先生方の発表で出て来たロボットはいずれもハイテク的なものですが、これから私の話は、どちらかと言えば泥臭いロボットになります。

（スライド 2）



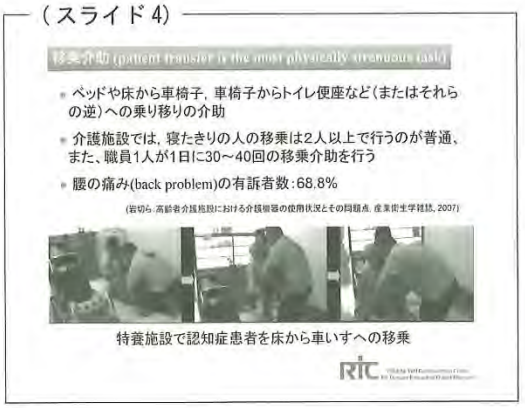
研究開発の背景ですが、この研究は実は10年ぐらい前まで遡りまして、2002 年ぐらいからスタートしたものです。先進国の多くは少子高齢化で介護者不足という問題に直面していまして、中でも日本は突出していると言われています。厚生労働省の予測によりますと、2015年には、介護者の不足は 56 万人にもなります。解決策としては、皆さんもご存じだと思いますが、途上国から労働力、つまり看護婦さんを連れてくるという案もありますけれども、やはり私たち技術者は、何とか科学技術でこの問題を解決したいと、それが我々の使命でもあるという認識を持っています。

（スライド 3）



介護と言っても、一連のプロセスの中でたくさんの業務が含まれています。例えば移乗。移乗は、ベッドから車椅子、あるいは車椅子からベッドへ乗せ替えることですが、その他に入浴介助や排泄処理、ご飯を食べさせたり、散歩したりと、介護にはいろいろな業務が含まれています。アンケートをしますと、その中で最も重労働で大変な作業はやはり患者さんをベッドから車椅子、あるいは車椅子からベッドに移乗することでした。

（スライド 4）



このために、我々も頻繁に介護施設に行きますが、この写真は実際の介護施設で撮った写真です。2 人がかりで床に寝ている方を抱き上げて、車椅子に乗せている最中の写真を撮らせていただきました。

我々の調査では、1人の介護士と言うか、介護施設のスタッフの方は 1 日、このような移乗作業を 30 回～40回行います。そのために、半数以上の人は腰痛に悩まされています。この職場は定着率も非常に低くて、4 分の 1 の人は 1 年未満で辞めてしまいます。

（スライド 5）



この重労働作業を緩和するための、技術で解決しようという試みは、実は従来からありまして、現に介護リフトというものが市販されています。しかし、非常に残念なことに、市販されているもののほとんど使われていないのです。私は少なくとも十数施設を視ていますが、介護リフトを持っているものの、どこも使っていません。その理由を聞きますと、「時間がかかる」、「準備と片付けに手間がかかる」、あとは、どうしても「作業スペースが必要」ということでした。中でも、時間がかかることは最も嫌がられる理由でした。時間がかかるということは、やはり労働時間が長くなり、残業が増えることになりますので、皆嫌がるのです。

10 年ぐらい前から、このような欠点を克服するためのロボット開発をやりたいということで、いろいろ考えまして、双腕型ロボットを 1 つの試みとしてやり始めました。2 本の腕であれば割と患者さんの下に入れやすく、作業性が良くなって作業時間の短縮に繋がるのではないかという狙いでした。

（スライド 6）



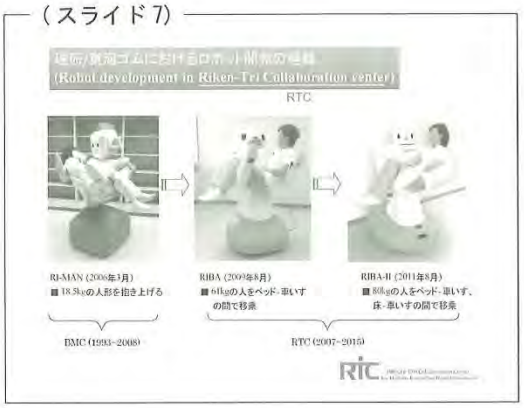
実は、この問題をロボットで解決すると思っている技術者はたくさんいまして、いろいろなロボットが提案されています。大きく分けて、装着型と操縦型に分類できます。装着型の代表的なものとしては、スライド 6 の左下の写真に示す筑波大学の HAL が非常に有名で、ロボットスーツとも呼ばれています。

この装着型は非常にスマートにできていて、人間の服のように体に装着するだけですので、作業スペースを取らないし、時間もあまりかかりません。ただし欠点としては、先ほども紹介しましたが、介護施設で介護士の皆さんの仕事はいろいろな業務が含まれていまして、一連のプロセスの中で移乗はあくまで 1 コマに過ぎないのです。移乗の時は手助けになりますけれども、このような鉄のスーツを着たままでは、やはり入浴介助や食事支援、排泄処理の時はどうしても邪魔です。要らない時に脱いでやればいいのではないかという方もいらっしゃいますが、これは装着した後に調整が必要ですので、やはり 1 時間ぐらい調整しなければならないという欠点があり、結局これも今の技術ではまだ介護士の方が装着して使えるレベルではないのです。

操縦型もいろいろな形のものが提案されていますけれども、これも残念ながら、現時点ではまだ実用例はありません。よく知られていますのは、パナソニック株式会社が開発したトランスファーアシストロボットや、株式会社ダイヘンの C-pam、あるいは株式会社日本ロジックマシンのユリナとかです。どれも非常によくできていますが、できる仕事の内容はベッドからストレッチャーへの移乗だけです。介護士の仕事の一連のプロセスの中で、ベッドからストレッチャーへの移乗しかできない場合は、準備、使用、使用した後の片付けのことを考えると、やはり使わないです。介護士が移乗する場合は大抵 1 ケースで十数秒か、長くても 1 分はかからないのですが、こういうものを使うとどうしても数分かかります。

ここで、我々の双腕型ロボットは優位性があるのではないかということで、少なくともそういう挑戦はしています。双腕型は割と患者さんの下に腕を入れやすく、ストレッチャーだけではなく、さらに車椅子に移乗することもできます。あるいは、車椅子から抱き上げることもできます。欠点としては、おそらく患者さんとの接触面積が小さくて、抱き心地は悪いのではないかと思います。実は、我々の開発はいかにこの抱き心地を改良するかにポイントを絞っています。

（スライド 7）



これまでに 3 台を作ってきましたが、本日はこの RIBA-II を中心に説明させていただきます。

（スライド 8）

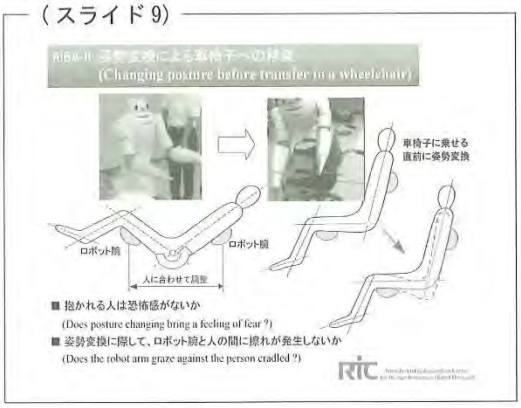


その前に、まず RIBA を説明いたします。3 年前の 2009 年に完成して公開しましたが、介護施設の方に来てもらって見ていただきますと、「やっぱり実用的ではないですね」というコメントをいただいてしまいました。

その理由を聞きますと、まず車椅子に下ろす時に、この写真は健常者だから何とかできていますけれども、お尻が座面に少ししかかからないので、この程度の安定性では患者さんの場合には、まず使わないでしょう。それから、肘掛けのあるタイプの車椅子の方が安いので施設には多いのですが、このようなやり方ですと、どうしても肘掛けを外す必要があるということでした。

さらにもう 1 つの要望は、介護施設では認知症患者が多く、認知症患者の方がベッドから落ちるという問題がたまに発生しますが、そういう方は最初からベッドではなく床にマットレスを敷いてその上に寝かせることが多いのです。床からの抱き上げはもっと大変ですので、そういう移乗にも対応してほしいという要望もありました。

（スライド 9）



そのような要望を受けて開発したのがこの RIBA-II です。まず、肘掛けのある車椅子にどうやって乗せるか、ひたすら車椅子の姿勢とかロボットの姿勢と合わせながら、地道に調整して、最終的にはこのような形にしたら乗せることができるようになりました。ベッド、あるいは床から抱き上げる時は、ロボットの 2 本の腕は平行したままで抱き上げ、車椅子に乗せる前に体を起こす姿勢変換が必要になります。この姿勢変換の時には、患者さんの臀部の真下は車椅子に乗せるためにスペースを空ける必要があり、お尻を支えることはできませんので、こういう姿勢に変換する時には、スライド 9 の右の図のようにお尻の沈み込みが発生するのではないか。そうなると、背中との擦れが問題になるのではないかという心配はありましたが、後ほどその結果について、改めて説明をします。

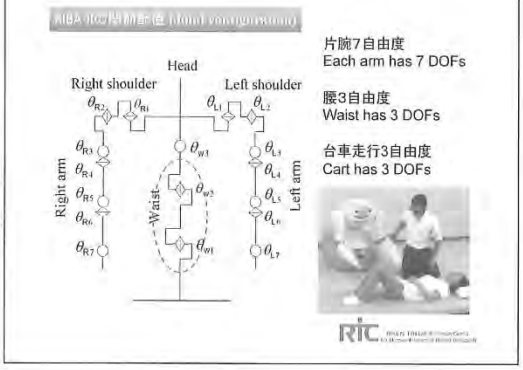
（スライド 10）



もう 1 つ、直接に患者さんを支えるのはロボットの 2 本

の前腕ですが、そのために前腕の形と姿勢は非常に重要になります。これも参考になるものがなく、どういう形にすれば抱き心地が良くなるのか、簡易的な装置を作り、普通の椅子の背もたれを参考に、湾曲度とか柔軟層の厚さ、幅などいろいろな形を変えて、このように試乗しながら、我々の認識で最も良い形にしました。抱き心地の観点からは、ロボットの前の腕の幅を広くしたいのですが、車椅子に下ろすことを考えますと、ここの幅は小さい方がいいのです。妥協案として、成人の大腿骨の長さの平均値の半分としました。これも、設計の時はこれでいいのかと、あまり自信がなかったのですが、できた後の官能評価ではまあまあ良かったのです。

（スライド 11）



もう 1 つ、床からの抱き上げを実現するためには、どうしても腰が曲がるようにする必要があります。スライド 11 の写真のロボットのような姿勢を作るために、腰に 3 つの関節を設けました。ここは結構荷重を持つところですので、市販されているモーターと減速機はどれも大きくて重いものです。

（スライド 12）



その結果、このロボットは重さ 230kg にもなってしまいました。重量低減は今後の課題です。目標はやはり 150kg 以下にしないと使ってもらえないのではないかと認識しています。

もう 1 つ、このロボットの外観ですが、外観は飾り物ですのでどうでもいい、本質ではないと最初は思っていましたけれども、介護施設に相談に行きますと、やはりメカ的なデザインだと親近感がなく、かと言って、人間の形では認知症患者は誤認識してしまう可能性がありますので、動物がいいという意見をいただきました。取りあえず、そういう意見を参考に白熊にしましたが、別に白熊ではなくてもここはどうにでもなります。

人との優しい接触を実現するために、ここは東海ゴムの材料技術を生かして全身柔らかい外装にしています。材料の選定においても、触って冷たくない材料にし、汚れる可能性が大きい職場ですので、汚れを取りやすいように水に強いということを考えました。

さらにもう 1 つのこのロボットのユニークなところは、実は柔軟外装の表皮層の下に触覚センサを埋め込んでいます。

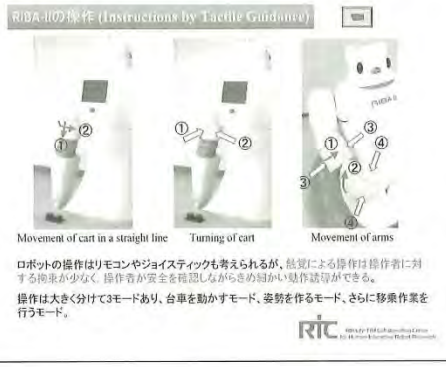
（スライド 13）



この触覚センサも東海ゴム工業株式会社の技術で作ったものです。ゴムシートに導電性ゴムを印刷して作ったものです。低コストで大面積に成形しやすく、いろいろな形状に合わせて作れるものですので、このロボットの外装に採用しました。それによって、このロボットの外装はセンシング機能を持つようになり、この機能を利用して患者さんとの接触具合を検知できるようになりました。特に介護される方は皮膚が弱い方が多いので、許容できる圧力も人によって限界があるかと思いますが、その圧力をこの外装でセンシングし、許容値を超え

そうになると自動的に止まる機能を持たすことを可能にしています。

（スライド 14）



それから、ロボットの操作ですが、ロボットと言えば、自立的に人間のように動くものと思われる方もいるかもしれませんが、実は今の技術ではまだそういうロボットを作ることはできていません。“ダ・ビンチ”ロボットも基本的に医者、つまり人間が操縦して使うものですが、我々のこの介護ロボットも基本的に介護する方が操作して使うものです。ロボットの操作はジョイスティックやリモコンなどいろいろ考えられますが、我々のロボットはせっかく表皮にセンシング機能がありますので、直感的に触って操作するという技術開発をしました。

ジョイスティックにしてもリモコンにしても、介護者が操作に夢中になって患者さんの状態を見なくなると危ないので、外装の触覚センサを利用し、触って動かすことは見なくても、ある意味で直感的にできますので、介護士の方は常に患者さんの状態を見張るという安全対策を取っています。

この触覚操作は昔撮ったビデオがありますので、ちょっと見ていただきます。

（動画 1）



（動画 2）



これは RIBA-II の 2 世代前の RI-MAN の時に撮ったビデオです。腕や胸部を触って、ロボットが動きます。まるでこのロボットは子どものような存在で、我々は子どもの手を持って動かすというような感じです。

（動画 3）



（動画 4）



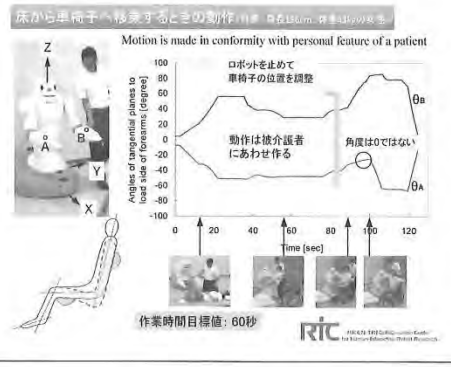
人を抱きかかえて移動するという操作もできます。

（スライド 15）



このロボットが扱う対象は人間です。ものの場合ですと割とやりやすいので、産業用ロボットは日本の一大事業になっています。しかし、人間の場合は柔らかくて多様です。特に介護される人は皮膚の状態を考慮しなければならなかったり、あるいは半身不随の方もいますし、身長も当然違います。非常に多様性があるので、一律の動作では対応できません。そうすると、どのようにこの動作を作ればいいでしょうか。ここは非常に人間を扱うロボットの研究のやりがいのあるところですが、まだ技術的には確立しておらず、現在では、患者さん１人１人に合わせて動作を作るしかないと考えています。

（スライド 16）



なぜ被介護者に合わせて動作を作る必要があるか １例を申し上げます。当然身長の違いもありますが、身長が違うと 2 本腕の間の幅が違います。先ほどお尻の沈み込みを説明しましたが、本来は椅子に座る姿勢ですと太ももを持つ前腕の面は水平になるはずですが、水平になると被験者は「痛い」と言います。抱きかかえる時にお尻が沈み込むと、大腿部は斜めになりますので、もしロボットの腕が水平のままだとエッジにかかるようになって痛いのです。そうすると、このロボットの腕の角度を斜めになる大腿部に合わせて調整する必要がありますが、当然、人によってお尻の沈み具合は違いますので、ロボットの腕の角度も違うのです。ですので、基本的に１人１人に合わせて動作を作るしかないのです。

（スライド 17）



作った動作をロボットに内蔵した計算機の中にセーブしておき、使用時にはタッチパネルで呼び出して使います。

後ほどビデオを見ていただきますが、移乗介助を行う時は基本的に操作者は移乗時の動作を変えることはできません。ただし、ロボットの前腕の握り具合によって動作の速度を変えることができ、行き過ぎてしまった場合は、前腕の外側を肘関節に向かってなでると、その間は動作を戻すことができます。そのように対応しています。

（スライド 18）



これは床から抱き上げて車椅子に移乗する時の一連の動作の写真ですが、ここでビデオをちょっと見ていただきます。

（動画 5）



（動画 6）



（動画 7）

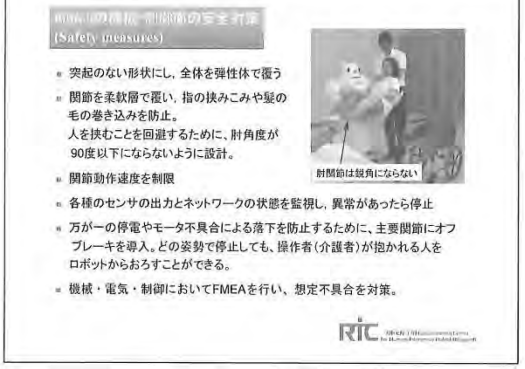


（動画 8）



患者さんを抱き上げる時も課題があります。患者さんによっては頭を持ち上げるのは重いかもしれないです。

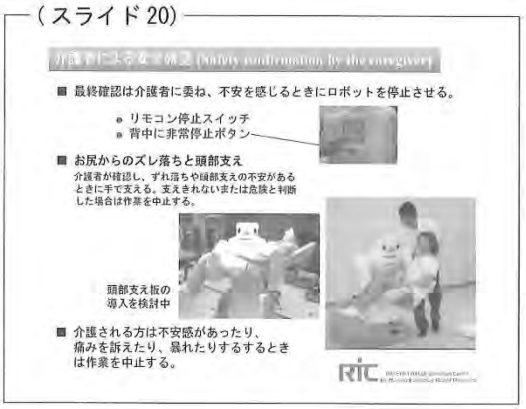
（スライド 19）



このように人間を扱うロボットですので、安全は非常に重要です。これからの評価試験でまたいろいろな課題が出て来るかもしれないですが、今のところは介護施設の助言もいただきながら、我々はいろいろな場面を想定して、可能な限り安全にしています。

安全対策で大きいところは、このモデルは患者さんではなくて健常者ですが、患者さんの髪の毛や指などの挟みこみは回避しなければなりません。そのために、全ての関節の角度が 90 度以下にならないように強制的にストッパーを設けています。もう 1 つは、落下も防止しなければなりません。落下に関しては、仮に動作中に停電やモーターが故障しても、全ての関節にはブレーキを設けていまして、モーターが駄目になると自動的にブレーキが利くようになっています。

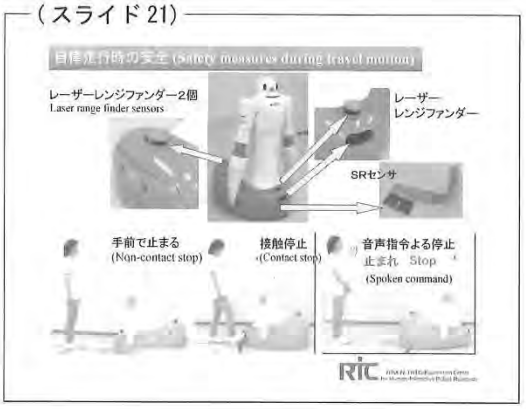
（スライド 20）



介護する方は常に安全を目視で確認していますので、不安と感じる時は、このロボットの背中に非常停止スイッチがありますので、叩けば止まります。万が一、介護者がこの近くにいない場合は、リモコンスイッチも 1 つ用意しています。

2 本腕で抱き上げることは、健常者の場合はできたのですが、介護施設に持っていきますと、やはり患者さんの場合は頭部やお尻の支えが必要となりました。ここは今はまだ良い手段がなく、簡単に考えると、このように板を設ければ確かに抱き心地は良くなりますが、板を設けますと、今度は患者さんをどうやって乗せるかという問題が発生し、2 本腕の良さがなくなります。今のところ、我々はこの板を腕の中に収納するための技術開発をしています。これはもうじき完成しますが、必要な時にだけ自動的に出て来て、要らない時は自動的に中に入るという開発をしています。

（スライド 21）



このロボットは利便性を考えて、特に病室に来てもらったり、片付けのことを考え、自律移動の機能を持たせ

ています。要は、使わない時は自動的にどこかへ行き、使う時には呼び出せば自動的にやって来ます。

（スライド 22）



完成後は、まず人形相手に実験評価をし、介護施設の方にも来ていただき、いろいろアドバイスをいただいたものを改良しました。さらに、最近非常に厳しいのですが、倫理委員会の審議を受けて、許可をいただき、やっと今、健常者を対象に評価をしています。最初はやはりヘルメットを付けたりしていましたが、段々安全を確認して、今は防護具がなくても普通に実験しています。

（スライド 23）



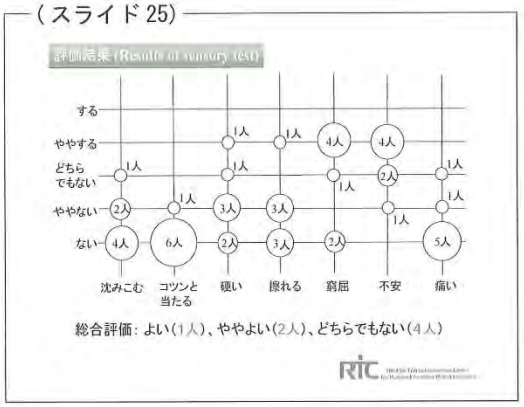
今のところはまだ患者さんを対象にした評価試験はできていません。倫理委員会の許可を待っているところですが、健常者7人を対象に評価試験をしました。体重も年齢もバラバラで、身長もいろいろあります。

（スライド 24）



評価はなかなか定量的な基準がありませんので、基本的に官能評価、つまりアンケートに答えてもらいました。抱かれ心地に沈み込む感じがあるか、硬い感じ、擦れる感じ、痛い感じなど、あてはまるものを記入していただきました。

（スライド 25）



評価結果は7人ですけれども、正直言って、思ったよりは良かったです。心配した擦れる感じとか硬い感じはあまりなかったという結果でした。

（スライド 26）



その理由をよく考えると、車椅子に乗せる姿勢になると人間の体重はほとんど脚側にかかっていますので、背中は擦れてもあまり荷重がなく、少なくとも健常者の場合はあまり問題になりませんでした。患者さんの場合はどうなるかは、これからまた注意深く見ていく必要があります。

窮屈感と不安感はややあったということでした。窮屈感がある理由は、健常者の場合はお尻が沈み込むとどうしても姿勢を正そうと動きたくなりますが、このロボットは位置制御で、人間が動いても腕の間の距離とか姿勢は変わらないのです。非常に硬いので、窮屈感を感じてしまいます。その改良案として、腕の姿勢維持に、人間の腕と同じように、抱かれる人が動くとそれに合わせて弾性を持たすという技術開発を今行っています。

不安感がある原因は、車椅子に下ろされる時に車椅子が見えないので、どこに下ろされているかわからないことと、これは私の推測になりますが、多分機械に抱かれることに対する不慣れがあるのではないかと思います。もう 1 つ、共通して言えるのは時間が長いことです。今は安全を見て 100 秒で行っていますが、車椅子に下ろす状態で 20 秒ほど時間がかかりますので、少し長いのではないかと思います。

（スライド 27）



我々が目指す概念は、従来 2 人の介護者が力を合わせて行う移乗介助を、1 人の介護者が安全を確認しながらロボットを操作して実現することです。これによって介護者を重労働から解放することと、省人化を実現したいと思っています。ただし、まだまだ課題が多いと認識しています。また課題があるからと言って、ここでストップすると進まないので、根気よくコツコツとやっていこうと思っています。以上です。

セッションⅡ「医療・介護ロボット等の技術開発」総合討論Ⅱ

植田：　これからはセッションの総合討論に入ります。先ほど、がんセンターの先生からお話を頂戴しておりましたが、午前中のお話の中でも、“ダ・ヴィンチ”の鉗子等の部分、エンドリフトのインストルメントについて国産化できないかというお話ございました。地域企業の方からも、そういうお話があり、私どもファルマバレーセンターで、ともかく“ダ・ヴィンチ”を知ろうということで、コーディネーターに“ダ・ヴィンチ”に関する特許関係を全部洗ってもらいました。そうすると、残念ながら、エンドリフトのインストルメントの関節部分にいたるまで、ほとんどに特許があるということがわかりました。そこを、今日お話をいただきました山之内先生や大西先生の基礎技術を使うと、何らかの逃げができるのではないかと思っています。私の方から総合討論の中でご質問をするのはおかしい話ですが、その辺りについて、山之内先生、いかがでしょうか。

山之内：　そうですね、少し難しいかとは思いますが、今の時点では何とも言えませんが、触感を返す鉗子ということで、今後、これまでにないシステムを発明できれば、何かしら特許から逃げられるのはあるとは思います。ただ、どうすればいいかというところまでは、ちょっと今のところはまだ考えつかないですね。

植田：　“ダ・ヴィンチ”の基本的な技術が、ワイヤーと滑車に係るものを制御しているところにありますが、本日お話いただいた内容が、リニアモータとサブモータの組み合わせになっていようかと思うのですが、何らかの形で一工夫できるのではないでしょうか。

山之内：　そうですね。まだ機構面では結構やられていないところはあると思うので、特にツインドライブシステムのような、いわゆる2つのモータを使って糸で引っ張るような機構や、腱駆動という、人間の腱の形をしたようなシステムなどいろいろな構造があるので、そういったところを応用していけば、また新しい機構ができるのではないかと思います。

植田：　新しい機構ができるのではないかなということで、今日は、産業界から数多くの皆様方にご参加をいただいておりますので、そういう逃げができるのではないかなというところを一工夫して、ぜひ、この静岡県東部地域で“ダ・ヴィンチ”を超えるような仕組みのロボットができないかと思っているのですが、会場の方から、私がチャレンジしたいというお話をいただけないでしょうか。

いつもご発言をいただいております、東海部品工業株式会社の盛田社長に、ぜひやってみようという力強いお話を頂戴できれば嬉しいのですが。

盛田：　東海部品工業株式会社の盛田と申します。先ほど、午前中ですか、藤田保健衛生大学の先生が講演されていましたけれども、“ダ・ヴィンチ”のトレーニングセンターという話が出ていました。先生方ばかりではなく、私たちの社員・技術者でも、実際にそういったところへ派遣できるのでしたら、私は一緒になって開発ができるのではないかと思います。実際に僕らもお医者さんではないので、先生方の現場でのニーズがわりませんので、一緒になって研究していけばどうなのかなと思っております。それと、ロボットの話が出ていまして、ベッドから車椅子へというような話もありましたけれども、何も患者さんをあちこちへ動かさなくても、最初からベッドと車椅子を一緒にして、ベッドがもう車椅子になっている、車椅子がベッドになっているというようなことも、ちょっと考えていたのですが、もしよろしかったら、そういったトレーニングセンターのようなところへ入れていただければ、何かヒントが掴めるのではないかと思います。ありがとうございました。

植田：　ありがとうございました。トレーニングセンターのお話が出ましたが、“ダ・ヴィンチ”のトレーニングマシンにも一部関係するのではないかと思いますので、がんセンターの寺島先生、何かコメントをいただけますでしょうか。

寺島：　トレーニングセンターは、“ダ・ヴィンチ”の会社であるIntuitive Surgical, Inc.が作るものですから、多分

いろいろな関係があって、技術者の方は入れないのだと思います。ですから、それとは別に、我々の施設で独自にそういった“ダ・ヴィンチ”のトレーニングセンター、あるいは開発センターのようなものを作って、そこで見ていただいた方がいいと思います。ですので、むしろ販売元の Intuitive Surgical, Inc.とは別に独自の、何か長泉高校の跡地でもよろしいですから、アニマルラボみたいなものを作って、そこで公開して一緒に開発していくという形が一番望ましいのではないかと思います。

植田：　ありがとうございました。その他何か会場の方からご意見はございますか。先ほどの山之内先生のお話の中で、モーションコピーシステムというお話が出ました。まさしく、あのシステムを使うとトレーニングマシンができるのではないかと、ふと画面を見ていて思いました。今後、まずそういうトレーニングマシンから入るというのも 1 つの手ではないかと思います。アメリカと日本の文化の違いは、前に進む力のある無しに関っているというお話もございました。進む力はあるのですが、残念ながら、その前にある薬事法という大きな壁も存在することが事実です。まずそれを、トレーニングマシンでトライアルをしながら医療機器にしていくというのも 1 つの手ではないかと思います。たまたまこの地域は総合特区に指定をされております。そういうものが今後の産業界に結びついていくことを祈りまして、総合討論の時間を終了させていただきたいと思います。ありがとうございました。

静岡がん会議２０１１

がん医療と最先端の医療・介護ロボット等の技術開発

平成24年3月

記　録　集

発行

静岡県・静岡がんセンター