

本田賞 35回記念シンポジウム 2014年11月14日(金)

「人間性あふれる文明を創る」

35th Honda Prize Commemorative Symposium

"Creating a Truly Humane Civilization"

November 14, 2014 (Fri.)







目次(日本語)

| 当日配布プログラム | 3 |
|--|-----|
| 主催者挨拶 (石田 寬人) | 13 |
| 基調講演 人間性あふれる文明の創造へ向けて (小島 明 氏) | 15 |
| 記念講演 | |
| パラダイム・シフト「変容する経済システム」(オーケ・E・アンダーソン博士) | |
| イノベーション「人間性あふれる文明の創造における技術革新の役割」(ラジ・レディ 博士) | |
| ライフ・フロンティア「生物学と医学における水分子エコテクノロジー」(デニ・ルビアン 博士) | 46 |
| パネルディスカッション | 63 |
| [モデレーター] 角南 篤 教授 | |
| [パネリスト] オーケ・E・アンダーソン 博士、ラジ・レディ 博士、 デニ・ルビアン 博士、ヘルムート・クレメンス 博士 | |
| 閉会挨拶(村上陽一郎) | 85 |
| Contents (English) Program distributed on the event day | 91 |
| Opening Speech (Mr. Hiroto Ishida) | 101 |
| Keynote Speech Toward Creation of a Truly Humane Civilization (Mr. Akira Kojima) | 103 |
| Commemorative Speech | |
| Paradigm Shift: "The Changing Economic System" (Dr. Åke E. Andersson) | 114 |
| Innovation: "Role of Technology Innovation in Creating a Truly Humane Society" (Dr. Raj Reddy) | 126 |
| Life Frontier: "Ecotechnology of the Water Molecule in Biology and Medicine" (Dr. Denis Le Bihan) | 134 |
| Panel Discussion | 149 |
| [Moderator] Professor Atsushi Sunami [Panelist] Dr. Åke E. Andersson, Dr. Raj Reddy, Dr. Denis Le Bihan, Dr. Helmut Clemens | |
| Closing Speech (Mr. Yoichiro Murakami) | 169 |

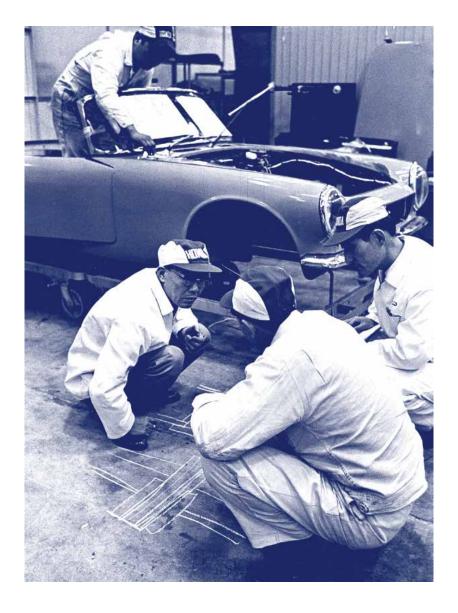


本田賞 35回記念シンポジウム

35th Honda Prize Commemorative Symposium

人間性あふれる文明を創る

Creating a Truly Humane Civilization



2014年11月14日金 日経ホール

東京都千代田区大手町1-3-7 日経ビル

主催:公益財団法人本田財団

後援:日本経済新聞社

November 14, 2014(Fri) Nikkei Hall

Nikkei Building, 1-3-7 Ohtemachi, Chiyoda-ku, Tokyo

Organized by the Honda Foundation Supported by Nikkei Inc.



公益財団法人本田財団 HONDA FOUNDATION

本日はお忙しいなか、シンポジウムにお越しいただき、誠にありがとうご ざいます。

2014年は本田賞の35回目の表彰の年に当たります。これを機会に、産 業の発展、文明の進化によって得られた恩恵と、同時にもたらされた現代社 会が直面する様々な問題との均衡について、現在の課題を再認識・共有す るとともに、その解決に向けて今何がなされるべきなのか、また科学技術が 進む方向性はいかにあるべきかについて議論する場を設けることとしました。

今回開催するシンポジウムでは、基調講演に続く記念講演として、過去 の本田賞受賞者から選ばれた異なる分野を専門とする3名の科学者・経済 学者が、エコテクノロジーの異なる3つの視座に従って、それぞれの持論を 展開します。

最後に、記念講演を行った3名の登壇者に本年の本田賞受賞者であるヘル ムート・クレメンス博士も加わって4つ目の視座「Sustainability」をテーマにパ ネルディスカッションを行い、学際的な討議・意見交換を通じて、現代の視点 で最も重要な課題を認識し、その解決の糸口を見いだし、シンポジウムのテー マである「人間性あふれる文明を創る」ことに向けた提言の発信を目論見ます。

ご参加いただいた皆様にとって、本シンポジウムが有意義な場になること を切に願っております。

「4つの視座〕

Paradigm Shift (パラダイム・シフト)

社会や個人に与える影響という点で大きく変革を遂げた、科学技術に携わ る者に求められる資質と倫理を問う。

Sustainability(持続可能性)

地球環境問題に対し、科学者や技術者がとるべき方向性を探る。

Innovation (イノベーション)

人間と技術の共生という観点から、技術革新のあるべき姿を追い求める。

Life Frontier (ライフ・フロンティア)

生命科学技術の進歩と可能性、さらには生命の尊厳について考察する。



公益財団法人 本田財団

石田夏人

Hiroto Ishida President, Honda Foundation

On the occasion of the 35th Honda Prize, the Honda Foundation has decided to organize a venue to review the current balance between the benefits of industrial development and the evolution of civilization, and various issues facing modern society as the consequence so as to re-realize and share current challenges. Also it aims to discuss what should be accomplished toward the resolution of such pressing issues as well as the role of science and technology in that context.

In this symposium, following the keynote speech, three past Honda Prize laureates in different fields will share their opinions through their speeches in the three different perspectives of ecotechnology.

Finally, joined by this year's Honda Prize laureate, Dr. Helmut Clemens, all four speakers will participate in a panel discussion on the fourth perspective "Sustainability." Through an interdisciplinary discussion and exchange of opinions, the symposium intends to deliver suggestions toward "Creating a Truly Humane Civilization" as we share the recognition of the most important current issues facing this modern civilization and seek for clues to resolutions.

[Four Perspectives]

Paradigm Shift which questions the expected morals and credentials required for an individual engaged in science and technology which have created a big change in terms of impact on society and individuals.

Sustainability which explores the direction scientists or engineers should take to face global environmental issues.

Innovation which pursues the vision of innovative technologies from a viewpoint of coexistence of humans and technology.

Life Frontier which considers advancement and possibilities of life-science technology and, furthermore, the dignity of life

[会場のご利用にあたって]

- ・会場内では係員の指示に従ってください。
- ・会場内外での事故、盗難等、主催者は一切責任を負いません。自己管理をお願いします。
- ・喫煙は喫煙所をご利用ください。
- ・休憩時間に会場前スペースでドリンクサービスを行います。お飲物の会場内への持ち込 みはご遠慮ください。
- ・荷物等は会場内のクロークをご利用ください。
- ・お使いになった同時通訳レシーバーは必ずご返却ください。
- ・会場内へのカメラ、録音機器の持込は可能ですが、撮影・録音はご遠慮ください。
- ・危険物、火薬類、その他法律で禁止されている物の持ち込みはご遠慮ください。
- ・ごみは基本的にお持ち帰りいただくか、きちんと分別の上必ずゴミ箱にお捨てください。

- Please follow the instructions given by the staff.
- ·We cannot be held liable for accidents, theft, etc., that may occur inside or around the hall. We ask that each person exercise their own discretion.
- ·Smoking is allowed only in smoking areas.
- · Soft drinks are served in the space near the entrance during breaks. Do not take drinks into the hall.
- ·Please deposit your personal belongings at the cloak check.
- •Return the simultaneous interpreting receiver to a member of staff when leaving.
- ·Although cameras and recording devices may be brought into the hall, please refrain from photography and audio recording.
- ·Hazardous materials, explosives and other substances prohibited by law are not allowed in the hall.
- · Garbage must be either taken home or sorted carefully before disposing of it in the trash boxes.

11:45 開場 Doors open

12:30 開会あいさつ Opening Remarks

石田 寛人 本田財団 理事長 Mr. Hiroto Ishida President, Honda Foundation

12:40 基調講演 Keynote Speech

「人間性あふれる文明の創造へ向けて Toward Creation of a Truly Humane Civilization |

小島 明氏 本田財団理事、公益社団法人日本経済研究センター参与

Mr. Akira Kojima Director of the Honda Foundation, Advisor of the Japan Center for Economic Research 質疑応答 Q&A



13:20 記念講演 Commemorative Speeches

Paradigm Shift (パラダイム・シフト)

「変容する経済システム The Changing Economic System」 オーケ・E・アンダーソン 博士 Dr. Åke E. Andersson

質疑応答 Q&A



14:00 (休憩15分 15-minute break)

Innovation (イノベーション) 14:15

「人間性あふれる文明の創造における技術革新の役割

Role of Technology Innovation in Creating a Truly Humane Society

ラジ・レディ 博士 Dr. Raj Reddy

質疑応答 Q&A



15:00 Life Frontier (ライフ・フロンティア)

「生物学と医学における水分子エコテクノロジー

Ecotechnology of the Water Molecule in Biology and Medicine

デニ・ルビアン 博士 Dr. Denis Le Bihan

質疑応答 Q&A



15:40 (休憩 20分 20-minute break)

16:00 パネルディスカッション Panel Discussion

Sustainability (持続可能性)

本田賞の受賞者たちがそれぞれの専門分野の視点から、持続可能な社会の実現への想いを語り、未来への扉を開く。 Honda Prize laureates will speak from their respective areas of expertise on achieving a sustainable society.

[モデレーター Moderator]

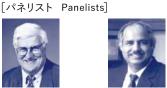


角南 篤 教授 本田財団業務執行理事、 政策研究大学院大学教授

Professor Atsushi Sunami Executive director of the Honda Foundation, Professor of the National Graduate Institute for Policy Studies



アンダーソン 博士 Dr. Åke E. Andersson



ラジ・レディ博士 Dr. Raj Reddy



デニ・ルビアン 博士 Dr. Denis Le Bihan



ヘルムート・ クレメンス 博士 本年度本田賞受賞者 Dr. Helmut Clemens 2014 Honda Prize Laureate

17:25 閉会挨拶 Closing Remarks

村上陽一郎 本田財団評議員 Dr. Yoichiro Murakami Councilor, Honda Foundation

17:30 閉会 Closing

^{*}The themes are subject to change without notice. *Japanese-English simultaneous interpretation available for both lecturers and panel discussion.



小島 明氏 Mr. Akira Kojima

1942年日本生まれ。本田財団理事。公益社団法人日本経済研究センター参与

Born in Japan in 1942. Director of the Honda Foundation, Advisor of the Japan Center for Economic Research

1965年日本経済新聞入社。ニューヨーク支局長、編集員、論説員、常務取締役論説主幹、専務取締役論説 担当などを歴任。2004年日本経済研究センター会長、日本経済新聞社論説顧問などを経て、現在にいたる。 1989年度日本記者クラブ賞受賞。

Joined Nikkei, Inc., in 1965. He has served as New York Bureau Chief, Editor, Commentator, Managing Director/Chief Editorialist and Senior Managing Director and Chief Editorialist, etc. He became Chairman of the Japan Center for Economic Research in 2004 and served as Advisor for Nikkei Inc., etc. He received the Japan National Press Club Award in 1989.

講演要旨

「人間性あふれる文明の創造へ向けて: バランス、価値観、倫理、総合性の視点」

科学技術に支援された活発な経済活動のなかで環境への負荷が増大した現実だが、同時に自然環境だけでなく時に人間さえも置き去りにされてきた発展のあり方を是正する必要がある。自然環境との調和に加え、人間環境との調和も考慮すること。我々が21世紀の価値観としてしっかり受け止めるべきものだ。

ローマ・クラブが『成長の限界:人類の危機』レポートを発表してから40年目の2012年1月に、ブカレストで開かれた40周年記念総会では、資本主義・市場経済と民主主義政治が短期指向・目先指向になり、人類が直面している構造的で深刻な問題に対応できていない指摘が相次いだ。そこで議論されたのが「新しい経済学」の必要性であり、「3つの分断」の問題、つまり①生産と雇用の分断の拡大②金融と実体経済の分断、それと③ economy とecologyの分断一が指摘された。

「新しい経済学」には長期的視点、「科学技術」との総合性、それに時代感覚、倫理観も必要になる。50年前の1964年東京オリンピックの当時、経済の量的な成長が最重要課題だったため、東京の川は黒く濁り魚が消え、大気は喘息になるほど汚染した。当時の社会の危機感、問題認識が公害防止につながる新技術、生産プロセス、個人のライフスタイルなど多面的な、イノベーションをもたらした。

「人間性あふれる文明の創造」へ向けての課題は厳しいが、価値観を点検し、バランス、倫理を織り込んだイノベーションにより実現可能だろう。文部科学省が2014年6月に発表した『科学技術白書2014』は、日本が巨大災害やオリンピック開催国になることを踏まえ、「ライフ・イノベーション」や「クリーン・イノベーション」を推進することによって、このシンポジウムが目指すエコテクノロジーを世界に発信し、各国と協力する発想を示している。

このシンポジウムからの発信を通じて、世界中が享受できる「人間性あ ふれる文明」の創造へと展開することを期待したい。

Abstruct

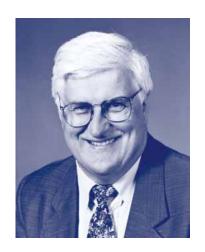
"Toward Creation of a Truly Humane Civilization: Perspective of Balance, Values, Ethics, and Comprehensiveness"

Vigorous economic activity supported by science and technology brings an increasing burden on the environment. We have to change the state of development in which not only the natural environment but sometimes even human beings have been neglected. We should consider harmonizing the human environment and the natural environment. We believe this to be the 21st century value system that we must embrace.

In January 2012, forty years after "The Limits to Growth," the 40th anniversary general assembly of the Club of Rome was held in Bucharest. Repeatedly mentioned and emphasized was the increasing short-term and near-sighted orientation of capitalism/market economies and democracy and the inadequacy with which the world responds to the profound structural problems confronting mankind. The need to create a "New Economics" was debated. The problem of "triple divorces" was raised. "Triple divorces" refers to ①expansion of the divorce between production and employment, ②divorce between finance and the real economy, and ③divorce between the economy and ecology.

In the "New Economics," a long-term perspective, synthesis with technology, a sense of the times and an ethical perspective are all important. Fifty years ago, at the time of the 1964 Tokyo Olympic Games, quantitative economic growth was the primary issue in Japan. And a few years later, the rivers in Tokyo became murky and fish disappeared. The air was so polluted that it caused asthma. But society's sense of crisis and awareness of the problem engendered multifaceted innovation, including new technology, production processes, and individual lifestyle changes, all of which contributed to preventing pollution.

Resolving the obstacles to "creating a truly humane civilization" may be difficult, but it is possible to achieve if we check our values and make progress through innovation into which balance and ethics are woven. The "White Paper on Science and Technology 2014," published by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in June 2014, puts forward the idea of cooperation between countries to spread ecotechnology through the world, which is the very objective of this symposium, by promoting "life innovation" and "green innovation" in light of the huge disaster that struck Japan and Japan's hosting of the 2020 Olympics. We hope that this symposium will work to disseminate these ideas, and we look forward to progress in "creating a truly humane civilization" that will benefit the whole world.



Paradigm Shift (パラダイム・シフト)

オーケ・E・アンダーソン 博士 Dr. Åke E. Andersson

1936年スウェーデン生まれ。1995年第16回本田賞受賞。ヨンショーピン・インターナショナル・ビジネススクール経済学教授。元スウェーデン未来学研究所長

Born in Sweden in 1936. The 16th Honda Prize Laureates in 1995. Professor of Economics at Jönköping International Business School and Former Managing Director of the Swedish Institute for Futures Studies.

環境保全と経済発展を骨子とした地域計画、地域経済学の理論展開、都市づくりなどに多大な功績を上げた。 地球環境問題が深刻化する中、自然環境の保全と地域経済発展の両立を図る理論モデルとして、次世代の産 業社会「C社会」——創造性 (Creativity)、コミュニケーション容量 (Communication capacity)、製品の複 雑性 (Complexity of products) を提唱しているアンダーソン博士が、次世代型産業社会を展望する。

Dr. Anderson has contributed immensely to community planning founded on environmental protection and economic growth, theoretical application of regional economics, urban development, etc. He takes a look at the emerging industrial society from the new perspective of the "C-society" featuring creativity, communication capacity and complexity of products, which is a theoretical model aimed at both preserving the natural environment and developing regional economies in the face of aggravated problems with the global environment.

講演要旨

「変化し続ける経済システム」

世界経済は急速に変化し続けており、高速遠距離通信、知的職業や創造的職業、また文化的差異や対立をとりなす能力への依存度がますます高まっています。

世界経済が変化し続ける以下2つの現象を語ります。

持続的な経済成長

平均寿命を90~100歳とし、そのうちの40~50年における年間労働時間を1,300時間とすると、労働に費やされる時間は、総生存年のわずか7~8%ということになります。これを1900年当時の状況と比較すると、労働時間が70%削減されたことになります。

非常に重要な2つの課題:

- •大幅に増加する余暇の時間をどのように過ごすべきか?
- ●豊かな国の国民は、何歳でリタイアするのか?

相転移

研究/開発/イノベーションのシステムは、科学技術がますます複雑になってゆくことにより、一定の確率で相転移を経験することになります。結果として、以下のような現象が予測されます:

- 基礎科学への財政支援増加のニーズが高まる。
- 基礎科学研究と産業界の研究開発とがより密接に関連し合い、研究活動の組織化の重要性が増す。
- 創造力のある広範な地域であるアジア、欧州、北米の相対的な重要性が増す。
- ●世界の異なる地域同士の研究協力、特にアジアの科学研究が盛んな地域 と、その他の科学研究が盛んな地域との連携が、今後ますます重要となる。
- •各国政府は、国や地域の比較優位性は刻々と変化しており、科学的新発 見の有無に左右されるため、根本的に不確かなものであることを認識する ようになる。

Abstruct

"The Changing Economic System"

The global economy is rapidly changing and becoming increasingly dependent on rapid long distance communication, cognitive and creative occupations, and a capacity to handle cultural differences and conflicts.

The reasons for the changing global economy are to be found in these two

Persistent economic growth

The increasing stock of human capital, technological and organizational knowledge has ensured a steady rate of growth of per capita real income of two to three per cent per annum over the last half century. A fairly safe assumption is that the next 50 years will deliver a similar rate of increases of per capita income, at least in the OECD countries and probably at a faster rate of increase in the developing economies.

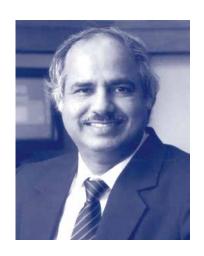
Two crucial issues:

- •How will the massive increase in leisure time be used?
- •At what age will people of affluent countries retire?

Phase transitions

The research, development and innovation system will with some probability be undergoing a phase transition caused by the increasing complexity of science and technologies. This will cause:

- •A greater need for increased funding of fundamental science.
- •A closer interaction between fundamental scientific research and industrial R&D, increased importance of the organization of research activities and increased relative importance of the large creative regions of Asia, Europe and North America.
- Research collaboration between different parts of the world and especially between Asian science regions and other science regions will become increasingly important.
- •Governments will realize that the comparative advantages of regions and nations are dynamic and dependent on scientific breakthroughs and thus fundamentally uncertain.



Innovation (イノベーション)

ラジ・レディ博士

Dr. Raj Reddy

1937年インド生まれ。2005年第26回本田賞受賞。米国カーネギーメロン大学計算機科 学科教授

Born in India in 1937. The 26th Honda Prize Laureates in 2005. Professor of Computer Science and Robotics at Carnegie Mellon University, U.S.A.

コンピュータ科学とロボット工学の世界的先駆者。その広範にわたる研究は教育・医療・福祉に大きく貢献。 中でも音声認識や人工知能に関する研究は現代のコンピュータテクノロジーの基盤となっている。国籍、言語、 年齢・性別、経済格差を問わず誰もがその技術の恩恵を享受できることが、ロボット工学と知能システムの目指 すべき未来だと考えるレディ博士。彼が標榜するガーディアン・エンジェル・テクノロジーとは?

A world renowned pioneer in computer science and robotics. His wide-ranging research has made major contributions in education, medicine and social welfare. In particular, his research on voice recognition and artificial intelligence has laid the foundations of today's computer technology. Dr. Reddy believes that the future that robotics and intelligent systems should aspire to lies in making the benefits of technology available to everyone, regardless of nationality, language, age, gender or economic class. What is this Guardian Angel Technology that he hopes to realize?

講演要旨

「人間性あふれる文明の創造における 技術革新の役割!

真に人間性あふれる社会を作りあげるためには、地球上全ての人類の基本的なニーズに応えるための、拡張性があり、持続可能で、入手可能なソリューションの創造を目指さねばなりません。基本的なニーズには、食/エネルギー/水の安全保障、さらには奴隷制や拷問からの解放等の基本的人権に関する問題も含まれます。

本講演の基本的なテーマは、社会の基本的なニーズが何であれ、課題 に積極的に取り組む姿勢こそが、真に人間性あふれる社会の特性を継続 的に向上することのできる技術革新をもたらし得る、ということです。

一例として、台風や竜巻などの災厄が発生する恐れがある場合に、特定の地域ごとに一人一人が個別の警告を受けられるようにするという要件について考えてみます。本講演では、ガーディアン・エンジェル・テクノロジー(GAT)を開発し、常に改良を加えることにより、自然災害から人類を護り、それによって地球上全ての人々の生存可能性を高めるためのテクノロジーとして、どのような可能性があるのかを考察します。

ガーディアン・エンジェルのコンセプト/システム/ソリューションは、人間性あふれる社会を作る上でのあらゆる面に適用できます。例えば、基本的権利の侵害を事前に特定したり、人間性あふれる社会における個人の基本的なニーズや権利を保護するために利用することができます。

Abstruct

"Role of Technology Innovation in Creating a Truly Humane Society"

To create a truly humane society, we must aspire to create Scalable, Sustainable Affordable Solutions to provide for the basic needs of all human beings on the planet. These needs include topics such as Food Security, Energy Security, and Water Security as well as basic human rights such as freedom from slavery and

The basic thesis of this talk is that, no matter what the basic need of society is, a proactive approach can lead to technology innovations which can continuously improve the attributes of a Truly Humane Society.

As an example, let's consider the requirement that every person should get location specific personalized warnings about potential calamities like typhoons and tornados. In this talk we explore technology options for protecting humanity from natural disasters by creating and continuously improving Guardian Angel Technologies so that every person on the planet has a better chance of survival.

Guardian Angel concepts, systems and/or solutions can be applied to all aspects of creating a humane society. It can be used to identify potential violations of basic rights and to protect the basic needs/rights of the individual within a humane society.



Life Frontier (ライフ・フロンティア)

デニ・ルビアン 博士

Dr. Denis Le Bihan

1957年フランス生まれ。2012年第33回本田賞受賞。フランス・ニューロスピン (NeuroSpin) 超高磁場 MRI 研究センター所長

Born in France in 1957. The 33th Honda Prize Laureates in 2012. Director of NeuroSpin, CEA Saclay, France.

より精細によりスピーディーに人体内部を映像化する拡散MRI技術の基礎から臨床応用までを確立。拡散MRIを用いることで、急性脳梗塞の早期治療が可能になっただけでなく、診断精度が向上したことで手術時に脳繊維を損傷してしまうなどの事故を激滅した。脳内を鮮明に映像化できるため、神経疾患等の治療法の劇的な発見やさまざまな器官に対する応用の期待が高まっている。ルビアン博士は拡散MRIを通して水の知られざる姿に注目する。Dr. Le Bihan created diffusion MRI technology from its initial development through to clinical application in visualizing the inside of the human body in finer detail and at speed. The technology not only made possible the early treatment of acute cerebral stroke but also reduced the number of accidents involving surgical damage to brain tissue through enhanced diagnostic accuracy. With crisp images of the brain now possible, there are expectations for dramatic discoveries in the treatment of neurological disorders, etc., and applications to various other organs. Dr. Le Bihan investigates the hidden potential of water through diffusion MRI.

講演要旨

「生物学および医学における 水分子のエコテクノロジー」

21世紀のはじめ、人類は、炭素原子1つと酸素原子2つという3つの原子から成る、非常に小さな分子に注目しています。大気中の CO_2 の量を制御することは、経済的、社会的、政治的な面での主要な目標となりつつあります。ところで、近い将来に少なくとも CO_2 と同程度に重要な役割を果たす事になるであろう、酸素原子1つと水素原子2つという、同じく3つの原子から成る小さな分子がもうひとつ存在します。

周知のように、大気中における CO_2 の濃度が過度になれば地球上の生命にとって有害である一方、 H_2O は、とくに液体の状態にある時には「ブルー・ゴールド」とも呼ばれ、まさに私達の生活にとって不可欠な存在です。水資源の枯渇は、何世紀にも渡って干ばつ、飢饉、さらには戦争を引き起こし、死をもたらしてきました。充分な質と量の飲料水を確保することは、今世紀各国にとって大きな課題となるでしょう。このことは驚くに値しません。

水は人間の体重の60~70%を占めており、生物学的機構の働きにとって不可欠な存在です。個々の生物は、水を最大限に活用するため、それぞれの生息環境に応じて異なった戦略を採ってきたのであり、水はそのようにして生物多様性に貢献しています。細胞組織による水の活用メカニズムが不全となると、重篤な疾患、または死へとつながる恐れがあります。

脳内の水拡散の状況を画像化する磁気共鳴画像法 (MRI) によって解明された「生体分子」として最も重要な水を語ります。

Abstruct

"Ecotechnology of the water molecule in biology and medicine"

At the onset of the 21st century humankind is focusing its attention on a very small molecule made of three atoms, one carbon atom and two oxygen atoms. Controlling CO_2 in the atmosphere is becoming a major goal, economically, socially, politically. Yet, there is another small molecule, also made of three atoms, one oxygen atom and two hydrogen atoms, which is going to play a similarly prominent role if not more in the near future.

While an excessive concentration of CO_2 might be harmful to life on earth as we know it, $\mathrm{H}_2\mathrm{O}$, especially in its liquid form, the "Blue Gold", is just indispensable to our lives. Over the past centuries lack of access to water has triggered death, through drought, famine or even wars. The preservation of the quality and abundance of drinking water will become a major challenge for nations during this century. This is no surprise.

Water makes 60 to 70% of the human body weight and is crucial to the working of the biological machinery. Different organisms have adopted different strategies in the way they get the most out of water, depending on their environment, and water contributes to the biodiversity. Faulty mechanisms in the use of water by tissues may lead to severe diseases or death.

Lecture about water as most important "biological molecule" to be analyzed by Magnetic Resonance Imaging (MRI) which images diffusion of water in the brain.



ヘルムート・クレメンス博士

Dr. Helmut Clemens

1957年オーストリア生まれ。2014年第35回本田賞受賞。レオーベン鉱山業大学 (オーストリア) 金属物理・材料試験学部長

Born in Austria in 1957. Head of the Department of Physical Metallurgy and Materials Testing at the Montanuniversität Leoben, Austria.

職歴:レオーベン鉱山業大学 物理学部研究助手 (1987年)、プランゼー株式会社 (1990年)、シュトゥットガルト大学 金属物理学研究所 教授 (1997年)、ヘルムホルツ・センター、ゲーストハッハト材料研究所所長 (2000年)、レオーベン鉱山業大学 教授金属物理・材料試験学部長 (2003年~)。

Employment History: Montanuniversität Leoben, Professor, Head of the Department of Physical Metallurgy and Materials Testing (2003-), Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Head of the Institute for Materials Research (2000), University of Stuttgart, Professor, Institute of Physical Metallurgy (1997), Plansee AG (1990), Montanuniversität Leoben, Research Assistant at the Department of Physics (1987).

クレメンス博士は、チタンアルミナイド (TiAl) の分野において国際的に最も高名な専門家の一人です。20年以上にわたる博士の活動および研究の貢献により、γ-TiAl基金属間化合物合金は、次世代の先進ジェットエンジンや自動車エンジンに適用可能な高温構造材料として認知されるようになりました。TiAl合金は、その比重が現在使用されているニッケル基超合金の約半分であることから、燃焼エンジンの設計コンセプトの改良を可能とし、燃料節減やCO。排出量削減の大きな効果が期待されています。

さまざまな研究の後にクレメンス博士が開発したTNM合金は、鍛造および熱処理により室温で一定の延性を保持しつつ、なおかつ現在使用されている鋳造合金の約2倍の強度を示します。この研究開発過程において、クレメンス博士は、TiAl合金の内部組織を原子レベルからマクロスケールレベルにわたって調べるために、最新の実験的手法を用いました。さらに、鍛造や熱処理などのプロセス技術をリアルタイムで調べるのに、斬新なその場観察技術も用いています。

TNM合金はエアバス社製旅客機A320neoおよびイルクート社製MC-21に搭載されるプラット・アンド・ホイットニー社製ギヤードターボファン (GTF) エンジンの低圧タービンブレードに使用される予定です。

燃費の向上およびCO₂排出量の大幅な削減を目指した、次世代の自動車および航空エンジンに使用される新しい構造用材料は、非常に厳しい条件に耐えうる「軽量かつ高強度」な材料である必要があります。TiAl金属間化合物は、この難しい目標を達成するための重要な材料と考えられています。

クレメンス博士が開発したチタンアルミ合金及びその加工技術は、次世代先進低排出ガス・低燃費エンジンにとって不可欠な要素と考えられており、航空機・自動車の環境性能向上が期待されています。人の行き来に必要なエネルギーをより少なくしうるのに貢献したこの功績は、まさに本田財団設立の理念に合致するものです。

Dr. Clemens is one of the internationally most renowned experts in the field of titanium aluminides. His activities and research on intermetallic γ -TiAl based alloys for more than two decades have significantly contributed to the fact that they are presently seen as key structural materials for high-temperature application in advanced jet and automotive engines of the next generation. Due to almost half the specific weight of TiAl alloys compared to presently used Nickel-base superalloys, improved design concepts can be applied to combustion engines. A considerable potential for saving fuel and reduction of CO_2 emission is a further consequence.

After thorough research activities, Dr. Clemens developed TNM alloys which show approximately the double the strength of already used cast alloys, yet maintaining certain ductility at room temperature. The most advanced experimental methods were applied to investigate the internal structure of the developed TiAl alloy from atomic to macroscopic scale. Furthermore, novel in-situ techniques were used to study technological processes, such as forging and heat treatments, in real-time.

TNM alloy will be used for low pressure turbine blades of geared turbofan(GTF)engines manufactured by Pratt & Whitney for Airbus A320neo aircraft and also Irkut MC-21.

New structural materials have to be "lighter and stronger" to withstand the extremely high demanding conditions in the next generation of automotive and aircraft engines, which are targeted to exhibit higher efficiency leading to reduced fuel consumption as well as significantly decreased CO₂ emissions. Intermetallic titanium aluminides are considered as key materials to meet this challenging goal.

The titanium aluminum alloy and the processing technology developed by Dr. Clemens are considered as key elements to be used in the next generation of advanced low-emission/fuel-efficient combustion engines. Thus, improvement in environment performance of aircraft and automobiles is anticipated. His achievements could further reduce energy necessary for transporting humans and are recognized as exemplifying the philosophy of the Honda Foundation.



角南 篤 教授 Prof. Atsushi Sunami

1965年日本生まれ。政策研究大学院大学教授・学長補佐/科学技術イノベーション政策 プログラムディレクター代理/教授

Born in Japan in 1965. Advisor to the President; Deputy Director of Science, Technology and Innovation Policy Program; Professor, National Graduate Institute for Policy Studies.

専門分野:科学・産業技術政策論、公共政策論

Specialty: Science and Technology Policy, Public Policy Analysis

現在の研究対象

国家(地域)イノベーション・システムの比較研究(主に中国)、アジアの科学技術政策、「Evolutionaryアプローチ」を用いた科学技術分野における政策形成過程の分析、「科学技術と社会」(レギュラトリーサイエンスの制度設計)

略歴

1988年、ジョージタウン大学 School of Foreign Service 卒業、89年株式会社野村総合研究所政策研究部研究員、92年コロンビア大学国際関係・行政大学院 Reader、93年同大学国際関係学修士、97年英サセックス大学科学政策研究所 (SPRU) TAGSフェロー、コロンビア大学政治学博士号 (Ph.D.) 取得。独立行政法人経済産業研究所フェロー。2003年政策研究大学院大学助教授、2014年教授、学長補佐 (現在に至る)。主な著書はIntellectual Property Rights, Development, and Catch Up an International Comparative Study (Oxford Univ. Press, 2010), "Environmental Technology: Hong Kong's Innovation System" in Innovation and the Limits of Laissez-faire: Hong Kong's Policy in Comparative Perspective, (Palgrave, 2010), A Comparative Study on the Role of University and PRI as External Resources for Firms' Innovations, (ERIA Project Report 2011, No.10)

Current Research Interests

His research has concentrated on a comparative analysis of national innovation systems and an evolutionary approach in science and technology policy and public policy analysis in general.

Education and career

Professor Sunami holds BSFS from Georgetown University. He obtained MIA and PhD in Political Science from Columbia University. He was a Fellow at Research Institute of Economy, Trade and Industry established by the Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan. He also worked as a researcher in the Department of Policy Research at Nomura Research Institute, Ltd. from 1989 to 1991. He was a visiting researcher at Science Policy Research Unit, University of Sussex, and Tsinghua University, China.

Atsushi Sunami is currently Professor, and Special Assistant for the President, President's Office at National Graduate Institute for Policy Studies, Japan. The recent publications include Intellectual Property Rights, Development, and Catch Up an International Comparative Study, edited by Hiroyuki Odagiri, Akira Goto, Atsushi Sunami, and Richard R. Nelson (Oxford Univ. Press, 2010) and "Environmental Technology: Hong Kong's Innovation System" in Innovation and the Limits of Laissez-faire: Hong Kong's Policy in Comparative Perspective, edited by Doug Fuller, (Palgrave, 2010). A Comparative Study on the Role of University and PRI as External Resources for Firms' Innovations, edited by Atsushi Sunami and Patarapong Intarakumnerd, (ERIA Project Report 2011, No.10)

本田財団設立のきっかけとなったディスカバリーズ国際シンポジウムと本田賞の創設

The DISCOVERIES International Symposia as the origin of the Honda Foundation and establishment of the Honda Prize

社会における自動車のあり方、交通社会の現状と将来のあり方をテーマとし、自由に討議・研究する場として発足した国際交通安全学会(IATTS)。その活動を世界に広く発信すべきだとして、1976年に「ディスカバリーズ(DISCOVERIES*)」と銘打たれた国際シンポジウムが開催されました。

その反響は想像以上に大きく、とりわけ文明論的、学術的なアプローチが高い評価を得て、継続的にシンポジウムを開いていくべきとの機運が高まりました。そして1977年、ディスカバリーズの運営母体として、本田財団は設立されたのです。

以下に引用するのは財団活動の根幹となる3つの取り組みが規定された『ディスカバリーズ宣言』です。この宣言をもって本田賞が設定されました。「ディスカバリーズ国際シンポジウム ストックホルム1979」で発表された文章の端々には、設立前夜の熱気を感じることができます。

*Definition and Identification Studies on Conveyance of Values, Effects and Risks Inherent in Environmental Synthesis. 環境全体において、人間活動に何が本質的問題かを発見する――という意味の英文の頭文字を取ったもの。

The International Association of Traffic and Safety Sciences (IATSS) was established as a venue for free discussion and research to explore the role of the automobile in society and the current state and future of our motorized society. The first DISCOVERIES* international symposium was organized in 1976 to communicate with other countries and to promote its activities across a broader spectrum.

Its impact exceeded the Association's expectations, winning high recognition for its academic focus and theoretical approach to examining our civilization, and it seemed certain that the symposium would continue thereafter. The Honda Foundation was subsequently established in 1977 as the organizing body for the DISCOVERIES symposia.

The following is the "DISCOVERIES" DECLARATION that defined three objectives that serve as the basis for the Foundation's activities. The Honda Prize was established by this Declaration. The passages from the Declaration at the DISCOVERIES International Symposium Stockholm 1979 reflect the momentum building on the eve of its establishment.

ディスカバリーズ宣言

1979年8月17日 ストックホルム

人間尊重の文明を創造することは、今日、われわれ全人類にとっての大きな願望であります。それは、現代に生きる多くの知識人、とりわけ科学技術にたずさわる人々の相互協力によって、はじめて可能になり得るものであります。

本田財団によるディスカバリーズ国際シンポジウムは、こうした理念をもとに、東京にはじまり、文明のふる里ローマ、文化の都パリ、そして学術と科学の薫り高いストックホルムへと引きつがれてまいりました。

われわれは、これまでの国際シンポジウムにおいて、現代文明に内在するものと考えられるカタストロフィーについて討論し、人類が早晩直面するであろうメガクライシスへの認識を深め、これに対処するため"インフォメーション"と"コミュニケーション"という、人間活動にとっての最も基本的な課題について、総合的な検討を行ってきたのであります。

われわれのディスカバリーズ活動の目標は、現代の技術文明が直面している真の問題を見極め、それらに取り組むための方法論を見出し、ついで、この任務を果たすために人間の英知を結集する舞台をつくることであります。

このため我々は次の三つの活動をはじめることを宣言いたます。

1. エコ・テクノロジー確立のための国際的技術協力の推進

人間社会に真に役立つテクノロジーを確立することを目的としています。 エコ・テクノロジーの概念はエコロジーとテクノロジーの調和をはかるもの であり、適合技術(アプロプリエート・テクノロジー)をも含むものであります。

2.本田賞の設定

エコ・テクノロジーの分野で顕著な業績をあげた方に贈呈いたします。 原則として年間一名、副賞として賞金1,000万円。

3.ディスカバリーズ国際シンポジウムの継続

エコ・テクノロジーの分野に関連し、今後も必要に応じ、国際シンポジウムを開催いたします。

"DISCOVERIES" DECLARATION

Stockholm, August 17, 1979

The ardent desire of mankind today is to create a civilization in which utmost respect is paid for the human being as such, and this will be possible only with mutual support and concerted action among the intellectuals of the world, especially among scientists and technologists.

The Honda Foundation, inspired by this philosophy, has sponsored the "DISCOVERIES" International Symposia, first in Tokyo, then in Rome, the cradle of civilization, and Paris, the capital of culture, and now in Stockholm, this serene guardian of academic and scientific achievement.

At these symposia we have discussed the catastrophe deemed inherent in modern civilization, recognized the megacrisis which will sooner or later confront mankind, and, in order that mankind may overcome that crisis, made comprehensive studies of the fundamental prerequisite for human activity, that is, information and communication.

The purpose of "DISCOVERIES" activity is to identify the real problems facing the mechanical and technological civilization of today, to discover the methodology which will enable us to cope with them, and to set a stage for the concentration of the wisdom of mankind on the task,

To achieve this purpose, we now declare that we shall:

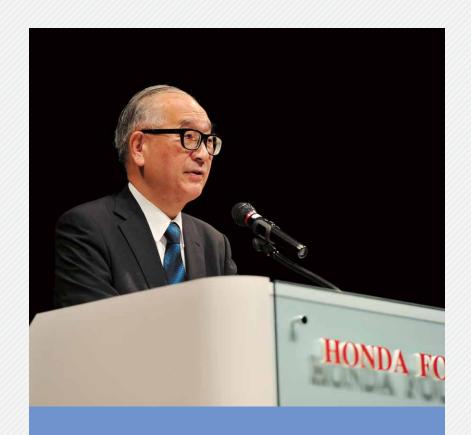
Promote international technical cooperation for the establishment of *Eco-Technology*

The aim here will be the establishment of a technology which will truly serve humanity, *Eco-Technology* being a concept which includes appropriate technology.

2. Establish a HONDA PRIZE

It will be awarded each year to a person who has made an internationally recognized achievement in the field of *Eco-Technology*, with an additional prize of ten million yen (¥10,000,000) going to the same person.

3. Continue the "DISCOVERIES" International Symposia These will continue to be held, as the need arises, in connection with the field of *Eco-Technology*.



主催者挨拶

石田 寛人



主催者挨拶

ただいまご紹介いただきました石田寛人でございます。本日は、皆さま極めてご多用中のところご来臨をたまわりまして、心から厚く御礼申し上げます。人間性あふれる文明の創造を目指しまして本田財団が設立されてから、もう37年になります。その間、さまざまな技術革新が起こり、政治・経済の世界も大きく変わってまいりました。

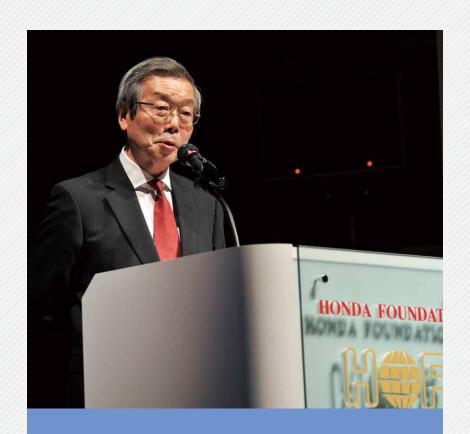
しかしながら、炭酸ガス削減などの活動は広がるものの、危機感が募るばかりの地球温暖化問題、新興国でも顕著になりつつある公害問題、あるいはなかなか終息を見ることのない地域紛争やテロなどのニュースに心を痛めておられる方も多いのではないでしょうか。こうしたさまざまな現実の問題に目を向けて、一つ一つ解決の道を探り、本田財団が掲げている人間性あふれる文明の創造の実現のために、われわれは何をなすべきか。どのような未来を次世代に残していけばいいのか。

こういったことを皆さま方とご一緒に考えてみたいということで、この第35回目の節目というべきものを迎えた本田賞の贈賞式を記念いたしまして、このシンポ

ジウムを開催することにさせていただきました。この本 田賞は当財団の目指す文明の理想へ近づける成果を 上げた方々に差し上げてまいりました。

さまざまな問題を解決する考え方として、本田財団は自然環境と人間環境を調和させるエコテクノロジーを提唱してきていますが、今回お招きしたアンダーソン博士、レディ博士、ルビアン博士、17日に仲間に加わられるクレメンス博士、これらの皆さまもその実践者として大きく評価されました。

本日はこの4名の方にエコテクノロジーの四つの観点から、それぞれの講演やパネルディスカッションを通して、卓越した考え方を披瀝していただき、これから未来に差し込むべき明るい光を語っていただきたいと思っております。どうぞ皆さま方もこの卓越した科学者、巨匠たちの言葉に耳を傾けていただき、われわれは何をなすべきか、ともにお考えいただき、理想とする世の中を作っていくための歩みの一つにして、もしそれが可能であるならば私どもとして非常に幸いだと存じます。皆さま方、本日はどうかごゆっくりお過ごしください。どうもありがとうございました。



基調講演

人間性あふれる文明の創造へ向けて _{小島 明}



人間性あふれる文明の創造へ向けて

本田賞35回記念シンポジウム

「人間性あふれる文明の創造へ向けて :バランス、価値観、倫理と総合性」

小島 明

公益社団法人 日本経済研究センター 参与 本田財団 理事

皆さま、こんにちは。小島でございます。冒頭の映 像およびいま石田理事長がこのシンポジウムのエッセ ンスを的確にお話しされたので、どういう話をしたら いいか少し戸惑っているところでもありますが、この 「人間性あふれる文明の創造へ向けて」という大きな テーマについてシンポジウムを続ける狙い、その発想 というものを整理してお話ししたいと思います。基調 講演というよりもそういうことのご報告と受け取って いただければと思います。

混沌とした現在の世界情勢

「それは、最も優れた時代であり、最も悪い時でもあった。叡智に 充ちているようで、愚昧な世でもあった。信仰の時代であり、不信仰の時代でもあった。光明に輝いたときでもあり、暗黒な時代 とも言える。希望に溢れた春であり、絶望の冬でもあった....」

(チャールス・ディッケンズ『二都物語』1859年)

It was the best of times. It was the worst of times. It was the age of wisdom. It was the age of foolishness. It was the epoch of belief. It was the epoch of incredulity. It was the season of light. It was the season of darkness. It was the spring of hope. It was the winter of despair. We had everything before us. We had nothing before us.

Charles Dickens " A Tale of Two Cities", 1859

まず現在の日本を含めて世界というのは非常に混沌 としていて、想定外のことが次から次に起こり、リスク も大きくなっている現状があります。このスライドはあ るいは懐かしい文章かもしれません。Charles Dickens が『二都物語』の冒頭で言っている言葉です。1958年 に言っていますが、どうも現在の世界の状況を言って

いるような感じもします。

「それは、いままでの世界の中で最も優れた時であるとともに、また最も悪い時でもあった。叡智に充ちているようで、また愚昧な世でもあった。信仰の時代であるとともに、不信仰のみなぎっている時代でもあった。光明に輝いた時とも言えるが、また暗黒な時代とも言える。人々の前にはあらゆるものが備わっているようだが、反対に何もないようでもある」。これは有名な書き出しです。

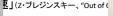
1989年=ベルリンの壁崩壊

H#F

- 1991年=ソ連邦崩壊→40数年続いた冷戦の終わり
- 「ポスト冷戦」で生まれた平和と繁栄への期待。
- 現実=世界の紛争多発。経済は「メガ・グロウス(J・スティグリッツ)」だが、危機多発。「歴史は加速しているが軌道は不安定化。価値観崩壊。世界は自動操縦装置を搭載した飛行機のようで、目的地がないままスピ



ベルリンの壁崩壊(1989)





ズビグネフ・ブレジンスキ Zbigniew Brzeziński

しかしながら、新しい時代も見えつつあるというのが現状ですが、その前に1989年、つい今月の9日にベルリンの壁の崩壊から25周年になりました。それによって冷戦が終わるプロセスが急激に加速しました。1991年にはソ連邦が崩壊しました。四十数年続いた冷戦が終わるというドラマが、ごく最近起こったわけです。

1989年11月9日がベルリンの壁が崩壊した日です。 11とか9というのは、これは偶然ですが、思い出してみると意外と大きな出来事というか、想定外の出来事が起こった日です。11.9の反対、9.11は2001年のアメリカにおける同時多発テロの起こった日です。9.15というのは、2008年9月15日、リーマン・ブラザーズが倒産し、世界を揺るがす金融危機が起こった日です。3.11はわれわれが実感した2011年の大震災ですが、いずれにしてもこの1989年のベルリンの壁崩壊とともに急展開した冷戦の終焉過程のとき、冷戦後の世界というのは平和で安定であると多くの人たちが期待しました。

しかし、必ずしもそうではなくて、91年のソ連が崩壊 した年、日本のバブル景気がはじけて、それ以後、今日 に至る厳しい経済情勢が日本において続きました。日本以外の世界はというと、90年代はJoseph Stiglitzというノーベル賞経済学者が指摘したとおり、メガ・グロウス (大成長)の時代でした。そういう中で世界の多くの人々が、新しい21世紀は平和と繁栄の世紀になると大きな期待を抱きましたが、現実には先ほどの映像が指摘したとおり、世界の紛争は数の上では冷戦時代より多発し、しかもその解決がなかなか難しい。不安定になってきました。

経済は成長しながらも深刻な危機が再三繰り返し起こっています。その世界について、1993年にアメリカの政治学者の Zbigniew Brzezinski が、昔『ひよわな花・日本』という本を書いた人ですが、『Out of Control』という著書でこのように言っています。「歴史は加速しているが、その軌道は不安定になっている。特に世界の先進地域で既成の価値観がほとんど崩壊している。消費を礼賛する風潮が倫理的な基準の代わりになるといわんばかりののさばり方をしている。世界はまるで自動操縦装置を搭載した飛行機のようだが、はっきりとした目的地もないままスピードだけは加速している」というのが、90年代の状況であった。

しかし、そうはいっても、徐々にこれからの方向、あるいは共有される価値観というものがだんだん見えはじめてきました。これはまさに本田財団の先見性ということなのかもしれませんが、本田財団は1977年12月に設立されて、本田宗一郎の理念の「技術は謙虚で血が通っていないといけない。人間を含む全ての自然環境に配慮しないといけない」という考え方に基づいて、財団の活動が続いています。

見えてきた方向、価値観

- 「エコテクノロジー」と「人間性あふれる文明」の創造
- 本田財団設立のきっかけとなった1976年シンポジウムのテーマ「DISCOVERIES」
- " Definition and Identification Studies on Conveyance of Values, Effects and Risks Inherent in Environment Synthesis"

(環境全体のなかで、人間活動にとって何が問題かを発見する)

• エコテクノロジーで重視される21世紀の価値観= 「自然環境」と「人間環境」との調和

きっかけになったのは、1976年に開いた「DISCOVERIES」 というタイトルのシンポジウムでした。これはなかなかしゃ れた「DISCOVERIES」をしたと思います。「Definition and Identification Studies on Conveyance of Values, Effects and Risks Inherent in Environment Synthesis」、 環境全体の中で人間活動にとって何が問題かを発見する という文章ですが、その頭文字をうまくつなげると DISCOVERIES となります。

その「DISCOVERIES」と名づけられたシンポジウム が開かれて、大変な反響がありました。議論の継続と その拡大を期待する声も高まり、そういう要請を受け て実は1977年に本田財団が生まれたわけです。財団 は一貫して重ね合わせたエコテクノロジーを重視する と、当初から問題意識が鮮明でした。生態系および科 学技術を重ねたエコテクノロジーを重視するという姿 勢を維持し、追求してきました。

その間、先ほどの紹介にあったように、1980年には エコテクノロジーの観点から顕著な業績を上げた個人 またはグループを顕彰する本田賞が創設されました。 それが今回、35回目を迎えました。今回この記念する 35回目を迎えて、本田賞の受賞者の方々にご登壇いた だいて、文明のあるべき姿を議論していただくというこ とになりました。

このエコテクノロジーで重視されるのは、科学技術 に支援された活発な経済活動の中で、環境への負荷が 増大しているという現実が一つあります。それと同時に、 自然環境だけではなくて、時に人間さえも置き去りにさ れてきた発展のあり方そのものを是正することが重視 されています。自然環境 (Natural Environment) の 調和に加えて、人間環境 (Human Environment) と の調和を考慮するという発想です。これこそが21世紀、 これからの共通の価値観として世界が真剣に受け止 め、対応すべきものかもしれません。

皆さまもご存じでしょうが、ローマ・クラブというグ ループがあります。ローマ・クラブは1970年にスイス法 人として設立された民間の組織です。世界各国の科学 者や経済学者、教育者、経済人などで構成して、科学 技術と経済発展に伴う諸問題をずっと議論してきまし た。その名前が広まったのは、このクラブが1972年に 発表した『成長の限界 人類の危機』という有名なリ

ポートです。『成長の限界』リポートは、人口動態とか 経済発展によって早急に対応しなければ、環境破壊、 資源枯渇、食糧危機といった問題に人類が直面する危 機があるという警告でした。

ローマ・クラブ『成長の限界』報告から40年目の新リポート 🖁 🗯 🦰

- 『2052年: 今後40年のグローバル予測』 (Jorgen Randers," 2052: A Global Forecast for the Next Forty Years")
- 1. 資本主義、民主主義における目先思考(short term focus)
- 2. ガバナンス問題=気候変動問題は技術の限界 ではなく人間のガバナンス問題
- 3. 課題、負担の先送り、ツケ回し。格差と世代間の 緊張。成長鈍化、人口減少。
- 4. 新興10カ国(インド、南アなど)の経済は成長す るが、グローバルには30億人の貧困が続く
- 5. 人類の要求(需要)はglobal capacityを40%以 上、上回る
- 6. 世界人口は2042年に81億人でピーク。都市 の出生率急速に低下



それに対して、世界の産業界からは抗議と批判の声 も上がりました。ゼロ成長論とか反成長主義はおかし いという議論でした。しかし、翌年の1973年、日本とし ても忘れることができない石油危機が発生しました が、これによってローマ・クラブへの世界の注目度が一 気に高まったことを記憶しています。

2012年には『成長の限界』のリポートの新しいバー ジョンが出されました。『成長の限界』論からちょうど 40年たった2012年1月に、たまたまブカレストで開か れた40周年記念総会に私も出席する機会がありまし た。そこで次の40年を展望する著作が発表されまし た。これは日本語に翻訳もされています。40年前の 『成長の限界』リポートの共同執筆者の一人であった 環境戦略担当の教授のJorgen Randersという人も出 席して、過去40年間の回顧と次の40年の展望、課題を 議論しました。

Randers教授の報告のポイントは、次のようなもの です。次の40年における最も重大な問題は、資本主義 と民主主義におけるshort term focus、目先的な思考 である。これを是正しなければ、長期的な人類の福利 は達成できず、世界は問題対応に手遅れになってしま うという指摘でした。

第2は、ガバナンスの問題です。次の40年に気候変 動問題が解決できないとすれば、それは技術そのもの の限界ではなく人間の問題、ガバナンスの問題による という指摘です。断熱材、断熱住宅とか、電池自動車と か、太陽光パネルとか、風力等々、技術的にはいくらで も存在しています。ところが、社会が短期的利益の極 大化のためにだけ組み立てられてしまうと、この問題 に対する対応が失われます。

第3の指摘は、民主主義も資本主義も、子供や孫の 世代への影響について十分配慮していないのではない かという指摘です。負担や課題は次の世代にツケが回 されている。世代間の緊張がこれから高まるかもしれ ない。実は米国でこの20年、30年において、経済の格 差が著しく拡大しました。その結果、いろいろな対応 をめぐる議論がありました。しかし、単に成長率を止 めるということだけでは問題は解決しないということ です。

第4点は、インドや南アフリカなどの新興10カ国の経 済は成長するけれども、グローバルには30億人の貧困 状態が続くという側面です。第5点は、人類の欲求、あ るいは要求、需要はglobal capacityを40%も上回っ てしまう。これをどうするか。第6点は、世界の人口は 2042年に81億人でピークになるだろう。以後、減少に 向かう。これは都市化の展開で価値観が変わり、出生 率が下がる傾向が顕著に見受けられますが、その問題 の指摘だと思います。

ブカレストの総会で再三言及された、あるいは強調 されたことは、資本主義、市場経済と民主主義がます ます短期の目先的思考になって、世界が人類の直面して いる構造的で深刻な問題に十分対応できていないので はないかという指摘でした。言葉として強く印象を受け たのは Short-termism (目先思考) と Governance (統 治)という言葉でした。

実はShort-termismという言葉は、アメリカにおい て2008年のリーマンショックの後、しきりと耳にしまし た。米国におけるShort-termismは、主として金融偏 重の経済や経営の批判でした。目先の利益ばかり追求 する金融業、その象徴としてのウォール街への抗議デ モなどで話題になりました。

このローマ・クラブのブカレスト総会では、先ほど述 べたRandersの主張の他に、Wirkmanによる「破綻す る自然」、あるいはLietaer教授による「金融と持続可 能性」という報告が出されました。これらの報告を中 心に、未来志向で長期的な視点から議論しようという 会議でした。ローマ・クラブは、地球の危機回避の対 応策として、ゼロ成長あるいは反成長の発想は退けて います。ゼロ成長あるいは反成長では、問題は解決し ない。成長の質が重要であり、国民総生産だけで物事 を考える発想そのものを転換する必要があるというの が、総会のコンセンサスでした。

ローマ・クラブ2012年総会が求めた「新しい経済学」 🖁 🕮 🥫

• 課題としての3つの分断(triple divorces)

分断1 生産と雇用の分断の拡大 分断2 金融と実体経済の分断 分断3 economyとecologyの分断







アンダース・ウィックマン Anders Wirkman

そこで出てきたのが、「新しい経済学」を構築する必 要性があるという議論でした。そこでは、現在の経済 学が時代遅れになり、現実の課題に対応できていない とされ、その理由として三つの分断 (triple divorces) という問題が議論されました。一つは生産と雇用の分断、 第2は金融と実体経済の分断、第3は economy と ecology の分断です。この問題に関する作業グループ の報告もありました。

その中で報告は次のようなことを言っています。新し い経済学は現実主義のドグマではなく、理性的な思考 によって構築されなければならない。目指すべき経済 学は、数学的な厳密さではなく人類の福祉である。現 在の経済学はともかく成長が望ましく、あらゆる形の 成長も望ましいとする間違った会計システムに基づい

現在の会計基準では戦争、汚染、犯罪、石油価格の 上昇、テロ、感染症、自然災害、水資源不足、森林破壊 といったものの経済的な利益と、栄養状態の改善、住 宅、保健、社会との調和などをどう向上させようとする か。そういう視点が欠けているか、あるいは同列に扱っ

ているという指摘でした。「新しい経済学」には何が求められるかというと、科学技術との整合性、バランスと倫理がポイントになるという指摘でした。

「新しい経済学」のポイントとして > 長期的視点 > 科学技術との整合性 > 社会。時代のニーズをとらえた方向性 とパランス > 倫理 • アダム・スミスの『道徳感情論』 • トマ・ピケティ(Thomas Piketty) 現象 ("Capital in the Twenty-First Century")

三つの分断のうち第2の金融と実体経済の分断については、こんな指摘があります。1997年にアジア危機が起こりました。その年の11月には、日本で金融危機が始まりました。そのアジア危機のさなかに開かれた1998年1月のスイスでのダボス会議に参加したときに、朝食をともにしたGeorge Sorosという金融資本のグルーみたいな人と雑談することができました。

彼はこう言っていました。アジア金融危機はアジアの危機ではない。金融の危機でもない。本質はグローバルな金融資本主義の危機である。金融の世界は実体経済とは異なる。実体経済では商品の企画、設計、原材料確保、部品生産、組み立て、加工、販売、アフターサービス、セールスサービスといったプロセスで、時間がかかる。価格はその間、需要と供給で決まり、それがおのずと均衡状態を生み出す方向に作用する。

ところが、金融市場では取引は一瞬、価格は市場の期待(expectation)が生まれると、それに向かって直ちに新たな需要と供給が生まれる。お金の価格というと金利、為替レート、株価ですが、それが決まるとそのあとすぐにまた新しいexpectationが生まれ、新たな価格が形成される格好で、次第に価格が大きく変わってしまう。結局、価格は新古典派経済学でいう均衡論、理論的な均衡点からいくらでも離れてしまう。

それが実際に起こったのがアジア危機であったし、 世界の金融危機であるというのが、George Sorosの 指摘でした。ダボス会議は98年1月にありましたが、その年の暮れには彼はそういう問題をしっかり書き込んだ著作も著しました。ちなみに現在の金融資本市場を見ると、各国の証券取引所が競い合っています。その中で高速取引というのが、異常とも言える格好で進んでいます。100万分の1秒、あるいは1億分の1秒で取引できるシステムを開発しています。その開発を競い合って、その1億分の1秒の単位で投資ができないと、なかなか利益を上げられないような世界を生んでしまっています。

経済制度をめぐる議論における最近のブームだと、 冒頭のビデオにあったような格差の問題が出ています。21世紀の資本主義について、フランスの経済学者の Thomas Pikettyが書いた本が、いま世界的な読者を 集めています。フランス語で書かれていますが、英語に 翻訳されると、あっという間に世界的なベストセラーに なり、英語版が出てから3カ月で40万部、そのうち75% が資本主義の中心であるアメリカで売られています。ア メリカにおける金融資本主義の行き過ぎに対する危機 感は非常に強い。それに対応できないということで、オ バマ政権は最近の中間選挙でだいぶ厳しいしっぺ返し を選挙民から受けたということになります。

新しい経済学に必要なのは長期的視点、科学技術との整合性、それから時代感覚、倫理観などが必要ではないかと思います。経済学にも科学技術にも人間性ある文明の創造に向けて成果を上げるために、社会のニーズ、時代のニーズを、あるいはその方向性についても、しっかりと認識しなくてはいけないということだと思います。

アダム・スミスというと自由競争、自由経済の教祖みたいな人ですが、彼が何度も改訂し、こちらの本のほうが重要だと言った本があります。それは『国富論』ではなくて、『道徳感情論』というタイトルの倫理の側面を重視した著作でした。本当に何度も改訂をしたようです。

私は1990年に、たまたまグラスゴー大学で開かれた アダム・スミス没200年記念の会議に出席する機会が ありました。その会議でも『道徳感情論』という経済に おける倫理の問題が注目されていました。経済におい ても、科学技術においても、原理原則、あるいは原理 主義ではなくて、総合性、倫理性、バランスが今後ます ます必要になると思います。地球環境問題、資源エネルギー問題、高齢化問題、感染症問題、医療問題などを、どういう視点で解決するか。非常に重要な問題です。エネルギーの問題でも、ピークオイルの議論と並んで、ピークウォーター、水資源をめぐる問題が、いま急速に議論されています。

福利厚生を確保するイノベーション

- 「人間性あふれる文明の創造」にはイノベーションが 不可欠。
- イノベーションについての日本の認識の問題点。
- イノベーションは「技術革新」ではない。1958年『経済白書』の翻訳から始まった誤解。
- ジョセフ・シュンペーターが唱えたイノベーションは、 新しい価値の創造、活用、普及にまでつながる新しい「結合」「新機軸」。

いずれにしても、イノベーションがこれから非常に重要な問題になると思います。「人間性あふれる文明の創造」にはイノベーションが欠かせません。ただ、イノベーションは科学技術の分野だけではなく、政府の行政のあり方、政策決定のプロセス、経営のあり方、産学協同など、そういう多面的な包括的なイノベーションが肝心であると思います。

日本においてイノベーションは一般に技術革新と言われています。したがって、たまたまこの技術革新という言葉の翻訳の結果、イノベーションはエンジニアの現場の話というように限定されてしまっている嫌いが一部あると思います。そのきっかけは、1958年の政府の『経済白書』が、イノベーションを技術革新と翻訳したことです。

当時の日本はキャッチアップをしている後発の工業国でしたから、技術革新に限定してもよかったわけでしょうが、いまそれが試練を受けています。もっと広く議論しなくてはいけない。Schumpeterという有名なオーストリア生まれの学者がいました。彼はイノベーション論を体系的に議論した人ですが、彼の言うのは、イノベーションとは新しい価値の創造、活用、普及につながる新しい結合、新結合、あるいは新機軸という意

味です。

具体的に彼は五つの側面を指摘していました。消費者の間でまだ知られていない新しい財貨・サービスの生産、第2は新しい生産方式の導入、第3は新しい販路の開拓、第4は原料や半製品の新しい供給源の確保、第5は新しい組織の実現等々です。現時点で議論すれば、もっと国の政策決定のあり方も含めた非常に多面的な制度イノベーションが重要だと思います。

「選択する未来」へのイノベーション

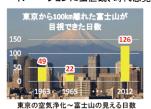
M**#**F

危機感、問題意識がイノベーションにつながる -1970年マスキー法をHondaがクリア



CVCC エンジン

イノベーションに価値観、時代感覚、倫理観が肝要





交通体系革新~東海道新幹線

次は、未来は選択できるというところがイノベーションにおいても重要であると思います。50年前の1964年に東京でオリンピックが開かれました。当時は後発発展段階であった日本にとって経済の量的な拡大が至上命令で、みんな高度成長を喜んでいました。煙突から出る煙を見て、「ああ、日本は元気だ」と喜んだことを私自身も記憶しています。しかし、その数年後には東京など大都市の川は黒く濁り、魚が消えました。大気は喘息になるほど汚染されました。公書問題は1960年代の国会の大問題であり、国会は公害国会と言われるような議論を生みました。

しかし、それが危機感を生み、イノベーションが多面的に生まれました。1970年のマスキー法もこうした公害への対応でしたが、それに対してその厳しい基準、SOx排出量の大幅削減のチャレンジに対応したのは、HondaのCVCCでした。さらには、東京から1日のうち少しの時間でもいいから、富士山が見える日が年間何日あるかを目で観察している人がいます。オリンピックの前の年の1963年は、1年のうち49日見えたそうです。ところが、オリンピックの翌年の1965年には22日、

それから環境はさらに悪化して、ゼロ日になってきたの ではないかと思います。

しかし、機関の中で生まれた新しいイノベーション は、技術そのものもそうですが、経営のスタイル、国の 運営の仕方、ライフスタイルも変わって、その結果、日 本は環境先進国になりました。2012年には1年のうち 126日、富士山がチラッとでも見える。ごく最近は、京 都の人が220kmぐらい離れた京都から、富士山を写 真撮影することに成功したというニュースもあります。 これは、日本がイノベーションを通じて環境問題に対 応した一つのシンボルです。

それから、右下の写真は新幹線ですが、東海道新幹 線ができて50年になります。50年間に5億5000万人 を全く無事故で輸送しました。時間は地震などがない 限り、非常に正確です。これは単に交通技術のイノベー ションということではなくて、それをいかにして運営す るか。その使い方の進歩です。それはまた世界の交通 体系全体に大きな影響を与える。したがって、イノベー ションというのはそういう広い視点から考えることが大 事であると思います。

「選択する未来」へのイノベーション

未来は選択できる。運命論でなく、われわれの意識と選択、 意志が肝要

人間性あふれる文明の創造へ向けての課題は大変 厳しいものがありますが、価値観を点検し、バランス、 倫理を織り込んだイノベーションが、より実現可能に なると思います。運命論ではなくて、われわれの意識 と選択が肝要です。つまり未来は努力によってわれわ れが選択できるという視点、あるいはスタンスが必要 です。高齢化も広義のイノベーションによって克服で き、奥行きのある成熟した社会を作ることができると

思います。

ロボットはアベノミクスの成長戦略の中でも一つの 柱になっていますが、ロボットの可能性も生産の現場 だけではなくて、いろいろな可能性が生まれています。 左の写真は筑波大学の山海教授のグループが開発し た着られるロボットです。これは大変な優れものです。 足が全くない人でも、そのロボットがセンサーで脳とつ ながり、その人が歩きたいと思うと、微細の信号が出る のを探知して、機械そのものが前へ進んでくれる。大 変素晴らしいものです。

実は日本における行政のイノベーションがこの利用 を妨げています。ドイツを中心にヨーロッパではどんど ん病院でも使っています。ドイツでは特にこれを使う と、公的な医療保険の対象にもなります。しかし、日本 ではこれはいまのところ介護、要するに筋肉の助けな らいいけれども、医療用にはまだ駄目だという状況で す。日本において広い意味でのイノベーションであれ ば、この技術的イノベーションは大変な可能性を持って いるという一つの例です。

さらに、植物工場とか、エネルギー分野における再 生可能エネルギー、水素エネルギー、燃料電池、レア アースの機能を確保するためのいわゆる元素戦略と いった分野が、日本の得意芸になっていて、経済と一体 になった科学技術のイノベーションのフロンティアは、 十分挑戦すべきであり、そのフロンティアは大きいと思 います。

米NIC (National Intelligence Council) のGlobal Trend2025報告 🖁 🗰 🖹



- ・ 2025年までに技術的なブレークスルーが考えられる分野の3段階
- ◆ 1段階(probable=恐らくそうなる)
- a. ユビキタス・コンピューター技術=広範な分野で効率あげ、社会を情報化 時代に統合
- b. 浄水技術(clean water)=農業、食品加工、飲料製造。科学製品、薬品、 半導体、それと生活のための浄水が重要。 争奪戦発生も。 安価でエネルギー効率の高い浄水技術を先に開発した国には膨大な地政学的優位。
- c. エネルギー技術=燃料電池、代替可能エネルギーなど
- ◆ 2段階(possible=可能性がある)
- a. クリーン。コール技術
- b. バイオ燃料
- ◆ 3段階(plausible=あるいは可能)
 - サービス・ロボット=増大する高齢人口の介護のありかたを変える

次に米国NIC (National Intelligence Council) の 報告から問題点を拾ってみました。それは可能な技術 イノベーションはどこにあるかというものです。その程度によって三つに分類されていますが、ここではロボットの問題も出てきますし、エネルギー関係、水の浄水施設、ユビキタス・コンピューターの問題と、可能性はいろいろあります。いかにしてそれを選択して、それが実用されるような方向になるか。

『科学技術白書2014』



- ライフ・イノベーション(「ライフサイエンスは生物が営む生命 現象の複雑、精緻なメカニズムを解明。その成果は予防、感 染症克服、創薬研究など医療の発展、高齢者・障害者支援 、食料・環境問題につながり、人々の生活の質(QOL)向上 と経済全体の発展に寄与する」)
- クリーン・イノベーション(「安定的なエネルギーの供給確保と太陽光発電やバイオマス利用など再生可能エネルギー技術の推進、低炭素化、自然共生型まちづくり、気候変動や大規模災害への対応、地球観測の強化・推進など幅広い分野での挑戦が期待される」)
- 人材育成(イノベーションを実現するのは人、 制度面からの改革)

最後に、今年の『科学技術白書』のことをちょっと紹介してみたいと思います。文部科学省が今年の6月に発表した『科学技術白書2014』は、日本が3.11の巨大災害に見舞われたことと、2020年に東京オリンピックが開催されるということを踏まえて、ライフ・イノベーションとか、クリーン・イノベーションを推進することによって、まさにこのシンポジウムが目指すエコテクノロジーを世界に発信し、各国と協力するという発想がうかがえます。

50年前の東京オリンピックは、発展途上国が量的拡大と成長を追求したシンボルです。しかし、50年たったいま、あと数年で開かれる次の第2回東京オリンピックは、日本が成熟社会、新しいイノベーションを社会の福祉、世界の福祉向上のために、いかにしてつなげられるか。環境問題も含めて、まさに本日のテーマである人間性のあふれる文明への貢献を、具体的な格好で示す非常に重要な機会であると思います。

具体的な英知は次にお話しされる本田賞受賞の先生方のお話にぜひとも期待していただきたいと思います。高い席からどうも失礼いたしました。ありがとうございました。





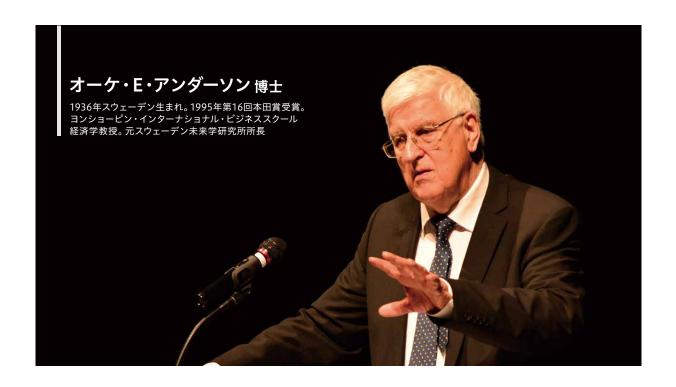


記念講演

変容する経済システム オーケ・E・アンダーソン博士

人間性あふれる文明の創造における技術革新の役割 ラジ・レディ博士

生物学と医学における水分子エコテクノロジー デニ・ルビアン博士



パラダイム・シフト

変容する経済システム

The Changing Economic System - TRENDS AND PARADIGM SHIFTS

Åke E. Andersson JÖNKÖPING INTERNATIONAL BUSINESS SCHOOL HONDA FOUNDATION, JAPAN, NOVEMBER 2014

会場の皆様、私はこうして本田財団様の記念プログラムの一端を担わせていただけることを、大変光栄に存じております。

私達が経済成長について考えるときには、二つのことをはっきりと認識していなければいけません。まず一つ目は歴史上のほとんどの期間において、私達の社会は均衡成長を経験してきたのであり、ほとんどの期間においてかなりの程度まで予測可能な状況を経験して

きた、ということです。

しかし時には経済構造全体の相転移、すなわち大きな変化が起こります。そして産業革命から200年をへた現在の私達の社会では、そのような相転移が起ころうとしているのです。

世界経済は現在急速に変化しており、低コスト遠距離通信容量、知的職業やクリエイティブな職業、また文化的差異や対立をとりなす能力の重要度がますます高まっています。

先ほど申し上げたように世界経済が変化するという 根拠は、私達がまもなく経験することになる相転移、 教育の安定成長による知識・情報の増加、研究機関・ 産業界における研究開発活動、そして研究開発の生み 出すイノベーションによってもたらされる絶え間ない均 衡経済成長に見いだされます。

近年における相転移は(後ほどあらためてお話しますが)、通信・金融取引・貿易関連のソフト/ハードインフラと関係があり、また多くの国のさまざまな側面において開放性が高まっていることにもよります。

長期的な均衡成長の傾向は、知識・情報の進展と関係があります。1960年代初頭、生産にまつわる様々なファクターのもっている相対的な役割について、広範な議論が巻き起こりました。米国人経済学者のロバート・ソローは、米国における一人当たり国民所得の長期的成長率は(非常に限定的ではあるが)、貯蓄や物的資本のストックの増加、あるいは量的労働供給の増加によってのみ説明することができるのではないか、と主張しました。

LONG TERM EQUILIBRIUM TRENDS

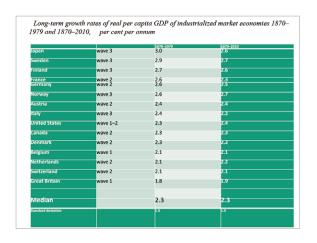
1. KNOWLEGE PROGRESS
2. INCREASED INCOME PER CAPITA
3. DECREASED WORKING TIME PER YEAR
4. INCREASED LONGEVITY OF LIFE
5. NEW VALUES

人的資本や技術的・組織的知識を着実に蓄積し続けていることが、OECD加盟国における一人当たり実質所得の年間2%~3%という安定した成長率、そして実際新興国におけるさらに早い成長率を保証しているのです。

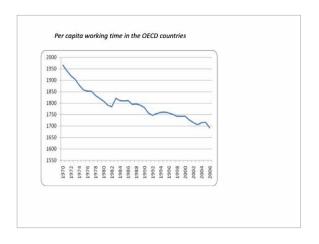
アンガス・マディソンと彼の研究チームが重要な貢献をしてくれたお陰で、数多くの工業国の非常に長期間にわたるマクロ経済的計量データを研究することができるようになりました。これから表でお見せするように、このデータベースにより、実質国民生産の安定した成長率について説明できる可能性が高まりました。

これから様々なファクターについてお話する上で、まずは知識・情報の進展について、および一人当たり所得の増加に及ぼすインパクトについて、そしてそれが年間労働時間、国民の寿命に、またまったく新しい価値構造の出現にどう影響するのかを検証してみましょう。

それでは、経済の成長率について見ていきましょう。 アンガス・マディソンのオリジナルデータを使って 1870年から1979年までを計算してみると、日本が世界 のトップに立っていたことがわかります。実質一人当た り所得でいえば年間3.0%の成長率でした。



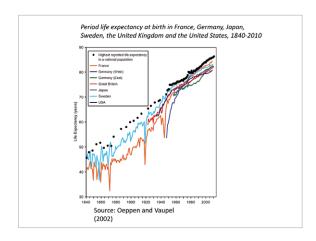
しかし観察可能なもっとも近い年である2010年のデータまで含めると、所得の伸び率は2.6%にまで低下し、OECD加盟国の平均的成長率に近づいています。現在のOECD加盟国における実質一人当たり所得の成長率は、2.0%~2.5%あたりだと思われます。



この傾向が続くとどうなるのでしょうか?重要な点を一つあげれば、労働時間が短くなり、余暇の時間は増えることになります。成長過程にある国における持続する経験的規則性は、一定期間内において一人の労働者が仕事に費やす時間が減ってゆく、ということです。

私はOECD加盟国に関する1870年から1980年までのマディソン氏のデータに基づき、計量経済学的な予測を立てました。その結果、成長過程にある工業国において、たとえば年間2.5%の成長率であるとすると、平均労働時間が年間約0.3%の減少傾向があることがわかりました。

この結果は、後方屈曲労働供給曲線に関する古い仮説を裏付けてくれます。すなわち、生産性が向上すると人々は「もっと働くか、それとももっと消費するか」の選択を行うようになる、ということです。人々はより多くの消費財を購入する余裕があるときには、単純に少し労働を減らしたいと考えます。つまりここでは、経済成長率の増加にともなう消費と需要の間にはあまり関連がないのです。



もう一つの現象は、寿命が延びることです。おそらく 20世紀でもっとも偉大な経済学者であるジョン・メイナード・ケインズは、長期的にみれば誰もが死人である、という有名な言葉を残しました。彼によるとこれは 確率的なことを言っているのではなく、確実性についての意見なのです。

すべての人間の人生の時間は限られたものですが、 世界のほとんどの国において、その限られた時間が延び続けています。日本の皆さんもよくご存知でしょう。世界的にみると、世代ごとの人間の平均余命は3年から4年のびており、増加率は年間0.6%となっています。

アメリカ国立衛生研究所の研究によると、人間の寿命は上限に近づいているに違いないという専門家の見方がある一方、1840年から2007年の寿命に関するデータは、毎年平均約3ヶ月という一定の延び幅を示しています。上の図の示しているように、このことはバウペル氏その他の研究によって裏付けられます。

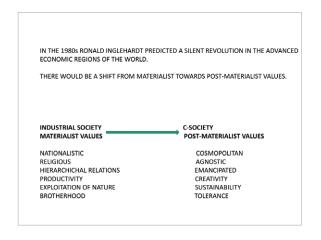
お気づきのように、人間の寿命は長い期間において かなり直線的な延びをしめしていますが、これは何を 意味するのでしょうか?要するに私達の平均余命は相 当なレベルに近づいており、何らかの結果が生じるで あろうということです。

こうした人間の行いに関する長期的傾向の帰結をま とめるとすれば、以下のようになります。相転移が起こ らなくても、知識および情報は安定して成長してゆきま す。つまり私達の社会は、新たな経済システムへと移行 することになるでしょう。

一人当たり所得は年間2%~3%の割合で増加し、 開発国の成長率は約3%、先進国は約2%となるで しょう。

世界のもっとも先進的な地域における平均余命は 100歳に近づいてゆき、そうなると言うまでもなく、人 生における必要な労働時間は長くなります。長期的に みると、標準的な退職年齢は今のように60~65歳ではなく、75歳ぐらいになるものと予測されます。

しかし、年間労働時間の減少は後方屈曲労働供給 曲線の結果によるものであり、人生全体のうち労働 に費やす時間はだいたい7%、もしくは8%ぐらいにな るでしょう。実はこれは、現在の私達が食べたり飲ん だりしている人生の時間よりも短いのです。つまり長 い目でみれば、食べることや飲むことは、働くことより も人生のより根本的な位置を占めていると考えられ ます。

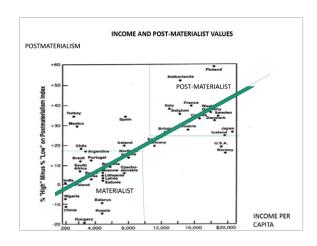


これからは、ポスト物質主義的な価値構造へと次第 にシフトしてゆくでしょう。それは何を意味するので しょうか?つまり、人々が国家主義的で、平均してかな り宗教的で、階層的関係を信奉し、あらゆる意思決定

プロセスにおいて生産性の向上が主目的となり、自然 は搾取されるべきものとしてのみあり、同胞愛が人生 の主要な価値となるという、工業社会的物質主義的な 価値構造から移行し始める、ということです。

私の名付けたポスト物質主義的**C社会**※において、 それはどんなものでしょう?おそらく国家主義的では なく国際的で、不可知論的で、より自由に開かれた、 創造的な、持続可能な、おおいに寛容な社会になると 思われます。つまり、現在の社会とはまったく異なる状 況です。

※地球環境問題が深刻化する中、自然環境の保全と地域経済発展 の両立を図る理論モデルとして、アンダーソン博士が提唱した次 世代の産業社会。「C」は創造性 (Creativity)、コミュニケーション 容量 (Communication capacity)、製品の複雑性 (Complexity of products) を意味する。



ところでそのようなシフトを、どこかで観測すること はできるのでしょうか?答えはイエスです。はっきりと 観測することができます。これはロナルド・イングル ハートの研究からとった古典的な図で、X軸は一人当た り所得を、Y軸はポスト物質主義の発生頻度を示して います。

右上に位置しているのは、今世紀初頭における典型 的なポスト物質主義的社会です。フィンランド、オラン ダ、イタリア、ベルギー、フランス、スウェーデン、ドイ ツ、デンマーク、オーストリア、イギリス、日本、アイルラ ンドといった国々です。図の下部には、ロシア、ナイジェ リア、ベラルーシ、ラトビア、南アフリカ、ブラジル、ポル トガル等の国があります。

つまりこの世界には、ポスト物質主義的国家と物質 主義的国家との隠れた対立のようなものが存在してい

るのです。さらに個々の国内においては、古い構造に 属する人々と、若くて教養のある女性に代表される、新 たな価値構造に属する人々との対立が存在します。

CONCLUSIONS FROM LONG TERM TRENDS

- 1. STEADILY INCREASING GROWTH OF KNOWLEDGE AND INFORMATION
- 2. INCREASING INCOME PER CAPITA AT THE RATE OF 2 3 % PER ANNUM
- 3. INCREASING LIFE EXPECTANCY TOWARDS 100 YEARS
- 4. DECREASING WORKING TIME PER YEAR TOWARDS 7 % OF TOTAL LIFE TIME
- 5. STEADY SHIFT TOWARDS A POST-MATERIALIST VALUE STRUCTURE
- 6. INCREASING CUITURAL CONFLICTS BETWEEN MATERIALISTS AND POST-

MATERIALISTS

それでは次に、私達が直面しているパラダイム変化 についてお話しましょう。パラダイム変化とは、観測 可能な歴史的現象なのです。私達はそうした変化を、 過去千年間を通じて経験してきました。その間におけ る世界経済の歴史は、四度の物流革命や相転移によっ て点在させられた、長期間にわたる均衡成長や停滞 状況 (スタグネーション) に支配されてきました。

PARADIGMATIC CHANGES

- THREE LOGISTICAL REVOLUTIONS FROM AROUND 1000 TO 1990 AD FOLLOWED BY LONG PERIODS OF EQUILIBRIUM EVOLUTION OF THE ECONOMIES
- THE FOURTH LOGISTICAL REVOLUTION LEADING TO THE C-SOCIETY, STARTING IN SCATTERED REGIONS IN THE 1990
- CAUSED AND PRECEDED BY SLOW AND STEADY EQUILIBRIUM CHANGES OF:
- 1. COGNITIVE CAPACITIES
- CREATIVE ORGANISATIONS
- COMMUNICATION AND CONTACT NETWORKS
 CULTURE (INSTITUTIONS, VALUES AND ARTS)
- 5. COMPLEXITY OF PRODUCTS

最初の物流革命は地中海沿岸地域・北ヨーロッパに おける、制度および輸送システムの変化によって引き 起こされました。それにより大幅な貿易拡大が可能に なり、ヨーロッパの貿易市場を実に多くの面で変革し たメディチ家やフッガー家といった商業革新者たちの 富が増大しました。

第二の物流革命は、17世紀頃に起こりました。これも制度改革に基づく商業革命だったのですが、カラベル船や後にはオランダのフリュートといった効率的な船舶の開発によって航海の可能性が大きく開けたということが、より大きな要因でした。

しかしながら、最も重要だったのはやはり制度面の 革新であり、これはオランダとイギリスにおける銀行制 度の創設とも関連しています。この二カ国は政府の保 証に基づく新たな銀行制度を設立することに成功し、 それによって時間的・空間的に非常に大きなスケール での貿易を行うことが可能になったのです。

第三の物流革命もしくは産業革命は19世紀に始まり、さまざまな国々へと波及しました。世界のいくつかの新興工業国は、今もその最中にあります。それらの国々はいまだに、農業構造から産業構造への移行段階にあるのです。

この革命は、自由貿易、適切な財産権、分業のメリットを得るための生産の専門化の組み合わせの効果に立脚していました。そしてもはや過去の二度の革命時のように、貿易が地域間価格差の利用に終止することはなくなったのです。

その代わりに輸入地域の品物の価格と、その品物の 供給にかかる最も安いコストとの差額に着目するとい う産業的なアプローチに変わったのです。

したがって輸入業者は、生産地をふくむチェーン全体の物流コストにおよぼす影響について、そしてマーケティングのプロセスを含む生産の組織化及び製品の市場への輸送コストを含めて、品物を市場に投入するということに関心をもつようになりました。

ですからここアジアやヨーロッパ、そして北米において 私達がその最終的な段階を経験した産業革命とは、ある 種の完結した物流チェーンシステムであるといえます。

そして第四の物流革命は、今現在、かつての産業世界の一部において進行しています。基本的にそれは国家的現象ではなく、地域的現象であると言えるでしょう。その現象に完全に影響されている国はありませんが、実に多くの国家中のもっとも先進的な地域が、それを経験しているのです。

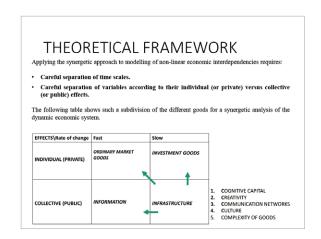
この新たな革命は、知的能力、創造的組織、通信・ 交流ネットワーク、制度・価値観・芸術にまつわる文 化、そして製品の複雑さに根ざしています。製品の複雑 さ、ひいては生産システムの複雑さは、ますます増大し ています。

ノーベル賞受賞者のホーヴェルモ氏や本田賞受賞者のハーケン氏と議論するうちに私は、一見すると逆説に思われるものも解決することができる、ということに気がつきました。逆説とは何なのでしょうか?それは次のようなものです。あらゆる経済学者とほとんどのエンジニアや政治家は、経済システムとは本質的にきわめて非線形なものであると認識しており、そして数学理論によると、常に混沌へと向かうのが非線形的な動的システムの典型的特徴である、ということです。つまり混沌とは、非線形の経済システムに内在している問題なのです。

しかしホーヴェルモ氏とお話したとき、彼はこう言いました。「それは実におかしいですね。なぜなら経済成長に関する統計を見ると非常に安定しているように見えるので、きわめて非線形的な経済システムという理念とは合致しません。」

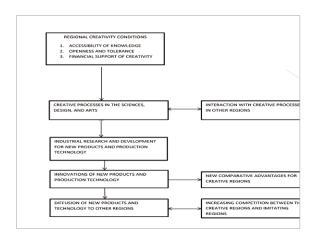
さらに私は、本日お越しいただくことはできませんでしたが、本田賞受賞者であるヘルマン・ハーケン氏とこのことについて議論をしました。そしてシナジェティックスに関する彼の考え方のいくつかは、経済理論にも適用できるかもしれないということに気づいたのです。

では具体的には、何をすべきなのでしょうか?まずは、時間的尺度を慎重に分けなければなりません。そしてさまざまな変数を個々の財、すなわち米国の経済用語でいえば、共同財もしくは公共財に対す財、つまりその資産(財)の名称にしたがって慎重に分けていきます。



それを行ったのがこの表です。ここに変化率の項があります。それは速いのか遅いのか?遅いと言う時は、速いプロセスよりも遅いということになります。もう一つの資産の軸は、個々の財と公共財とに分かれています。

ここで右下の欄を見てみると、「遅い」と「共同財・公共財」という組み合わせがあります。これは私達が通常、インフラストラクチャーと呼んでいるものです。 基本的には、企業や家庭におけるほとんどの経済上の判断は、インフラストラクチャーが提供され、例えば自然災害などによって変動することはないという前提の下におこなわれる、という考えです。インフラは、経済ゲームの行われる舞台として存在しているのです。



ではこの枠組みにおけるインフラストラクチャーとは、何を示しているのでしょうか?それは知的資本、創造的可能性、通信・輸送ネットワーク、文化、製品の複雑性です。これらが重要要素であり、それらに基づいて通常の市場製品の交換が発生し、民間資本の成長が決定づけられているのです。

このような見方をすると、市場の活動はそれが安定 しており大幅に変化したりしない限りは、安定した舞台 の上で起こっていることと解釈できます。産業革命の 時代においては、これは真実でした。

しかし残念なことに、産業構造はその成長過程において、創造的破壊の方向へと進んでゆきます。遅かれ早かれ舞台の様相は大きく変わり、古いタイプの製造会社では適応できなくなる時がやって来ます。それらの会社は崩壊してバラバラになり、その場所には代わり

に他のものが入らなければなりません。これにより、構造的失業と呼ばれる現象が発生します。

The basic argument of this paper is that scientific creativity is becoming increasingly important for the R&D and innovation activities of industry.

This will not only affect the structure of industries and their allocation of knowledge capital.

It will also increase the spatial concentration of scientists and the clustering of research activities in science oriented regions.

本日の講演の基本的なテーマは、産業界において研究開発や革新的事業を行うにあたっては、科学的創造性が今後ますます重要になるであろう、ということです。これからは科学的研究・産業用研究開発・技術革新過程の三つが、より緊密に連携するようになるでしょう。

このことは産業構造および知識資本の配分に影響を与えるだけではありません。科学研究を重視する地域において科学者および研究活動の一極集中が起こることになります。

私がC地域と呼んでいるエリアでは、高度な教育を受けた労働力の雇用はより容易になります。C地域とは新たな資源の豊富な地域のことです。つまりC地域は、知識の集積/創造の力学という観点からすれば、人的資源の入手しやすさの点で有利なのです。これからご説明するように、結果として革新のスピードは速まり、その地域の比較上・競争上の優位性を生み出します。

ある地域の創造性の条件を決定する知識インフラは、空間的に拡張された通信・交流ネットワーク内におけるアクセスしやすさに左右されます。また、その地域の開放性、寛容さ、人々の好奇心、創造的活動に資源をどう配分するか、知的財産権を科学・芸術分野でどう利用するかによっても大きく変わります。

この表 (次ページ) は、各国が研究開発にGDPの何%を投資しているのかを示しています。 スウェーデン、デンマーク、フィンランド、オランダなどの北ヨーロッパの国々は、かなり高い割合です。 特にスカンジナビア

諸国はスウェーデン3.43%、デンマーク3.06%、フィンランド3.89%となっています。OECD加盟国の平均値は、ずっと低いものです。2008年から2011年までの値は、GDPの2.17%です。

| Country | Overall R&D (per cent of GDP) | Scientific research (per cent of GDP) |
|----------------|----------------------------------|--|
| Sweden | 3.43 | .90 |
| Denmark | 3.06 | .90 |
| Finland | 3.89 | .79 |
| Netherlands | 1.83 | .75 |
| Switzerland | 2.97 | .72 |
| Austria | 2.71 | .72 |
| Canada | 1.80 | .69 |
| Norway | 1.69 | .55 |
| Australia | 2.18 | .54 |
| Germany | 2.79 | .51 |
| Ireland | 1.79 | .51 |
| France | 2.12 | .48 |
| United Kingdom | 1.70 | .48 |
| Belgium | 1.97 | .46 |
| Japan | 3.33 | .45 |
| OECD | 2.17 | .44 |
| New Zealand | 1.30 | .43 |
| South Korea | 3.58 | .40 |
| United States | 2.28 | .39 |
| Spain | 1.34 | .39 |
| italy | 1.25 | .36 |
| Greece | .60 | .30 |
| | | |

それでは、科学研究に限ってみるとどうなるでしょう?スウェーデンの場合は、産業用研究開発への投資額よりずっと低い値になります。我々にとっては困った問題です。OECD加盟国全体でみてみると、投資額全体の2.17%のうち0.44%です。日本の場合をみてみると、研究開発全体としては3.33%と非常に多く配分されていますが、皆さんの国民生産のうち科学研究に使われている割合は、わずか0.45%です。科学研究への資金配分の比率としては、驚くほど少ない数値です。

科学分野への資金配分を管理する政治家や官僚は、いま受けのよい国の革新政策こそ、将来的な自国の比較上・競争上の優位性を促進するうえで最良の道である、とよく考えます。しかしその結果として、より大きいかつ広範で長期的な社会的利益を生み出す可能性のある科学研究よりも、産業用研究開発のほうを支援しがちになるものと予測されます。

その例は数多くあげられます。たとえば情報技術は 1980年代から90年代の米国西海岸で最初に生まれた ように思われていますが、その基礎は1930年代にイギリスおよびプリンストン大学の数学者たちによって創られたのです。

これはほとんど、言ってみれば、1930年代のイギリスにおいては研究予算が乏しく、劣悪な条件下において科学研究を行わねばならなかったことに大きな原因

があります。そして今日においても、科学研究への予算 配分の比率が少ないために同様の問題が起こって来る かもしれないのです。

TWO OPPOSING HYPOTHESES ON THE ROLE OF SCIENCE

Baumol's hypothesis: The R&D divisions of the large firm tend primarily to require personnel who have undergone training for mastery of extant information and analytic methods, while the work of the independent entrepreneur and inventor may prove to be more effectively facilitated by avoidance of that sort of preparation to the extent that it impedes imagination and originality. INVENTORS WORK IN ISOLATION FROM SCIENCE

Hollingsworth's hypothesis: The increasing complexity of fields such as biomedicine means that large and multidisciplinary science teams are becoming increasingly important for basic research, which is the domain that has always been responsible for the most revolutionary creative breakthroughs.

INVENTORS ARE INCREASINGLY DEPENDENT ON SCIENCE BECAUSE OF THE INCREASING COMPLEXITY OF PRODUCTS.

What is complexity of products ?

しかしながら科学の役割については、二つの相反する仮説が存在しています。一つめは、ボーモルの仮説と呼ばれています。ボーモルは米国の経済学者で、プリンストン大学に長く在籍しています。彼は、発明家は科学から距離を置いて活動する、と言っています。まったく逆の仮説として、ホリングスワースは、製品がますます複雑になっているため、発明家は次第に科学に頼るようになっていると言い、そのことを苦労して証明しようとしました。

ここで問題になるのが、製品の複雑性とは何か?ということです。製品の複雑性というとき、何を意味しているのでしょうか?複雑性の定義は、数えきれないほどあります。ほとんどは直感的な推論に頼った酒飲み話のようなものです。しかしレイ・ソロモノフ、アンドレイ・コルモゴロフ、グレッグ・チャイティンという三人の著名な数学者が、数学的かつ明瞭な複雑性に関する定義を示してくれています。

彼らは、複雑性とは計測可能なものであり、前もって 定式化された問題に対する厳密解を生み出す最短のプログラムもしくはアルゴリズムである、と主張しています。つまり「最短」が複雑性を定義するのです。

どういう意味でしょうか? それはスライドでお見せする方が早いと思います。例1として、次の数列を考えます。002000300004。次は0が5個の後に5。その次は0が6個の後に6。このようにして無限に続きます。

Complexity of algorithms and products

Kolmogorov and Chaitin provide a mathematical approach to the study of complexity.

Both claim that complexity is measurable: it is the minimal length of a program or algorithm that yields an exact solution to a pre-formulated problem. This can be clarified with two examples.

Example 1: 0020003000040000050000006... Example 2:12154369982134579870981269994333.

It is easy to formulate an algorithm that is shorter than the number sequence of Example 1. In contrast, number 2 has no computation formula shorter than the series itself. It is thus more complex.

もう一つの数列は、121543699821345798709812 69994333。これを見ると、数列全体よりも短い計算式を見いだすことは不可能であるとわかります。したがって、例1の数列を生成するために短いコンピューターコードを書くことは誰にでもできますから、この数列は例1より複雑であると言えます。

COMPLEXITY OF PRODUCTS

It is possible to generalize the complexity of computer algorithms so that this definition of complexity also applies to phenomena such as design of products blueprints and production instructions.

Standard goods must follow strict rules of composition production instructions. An example is the blueprint and production plan for a new automobile.

It has thus become possible to produce an automobile by 3D-computing as recently demonstrated in USA.

それでは、これを工学や科学技術などで活かすことはできるでしょうか?ソロモノフは、コンピューターアルゴリズムの複雑性を一般化することは可能であり、そしてこの複雑性の定義は製品設計や青図、生産指示書などの事象にも当てはまる、なぜなら標準製品は組立て指示や製造指示に関して厳密なルールに従わねばならないからである、とすでに主張しています。

例として、新型の自動車に関する青図や生産計画が あげられます。最近米国の科学者によって実証された ように、この手続きに従うことで、自動車でさえも3D コンピューティングによって生産することが可能になったのです。

Complexity, inputs and cost

The cost and revenue of production will depend on (at least) three factors:

- 1. the complexity of the recipe (blueprint or design);
- 2. the quality attributes of the inputs; and
- 3. the skills of the workers (labour or human capital).

Besides the complexity of production there is also the complexity of consumption. These two types of economic complexity do not coincide. More complex production often causes *less* complex consumption.

それでも限界はあります。一例をあげましょう。スウェーデンでは、スウェーデン・フィッシュ・スープというものを作ります。とても簡単なスープです。対比されるのがフランスのスープ、ブイヤベースです。ブイヤベースというスープは、桁違いの複雑性をもっていると思います。それ用の最も簡単な料理手順でも、スウェーデン・フィッシュ・スープ用手順と比較して、長大なものとなります。

さらに、アルゴリズムの中身である数列と、スープの中身である材料との違いから生じる限界もあることもわかります。スープの材料は、数字よりもずっと広がりのある存在です。画一的ではなく不均一であり、一定数の自由な基本的特性を有しています。

もう一つの限界は、スープは数字とは異なり、レシピを用いる個人の技術に負うところが大であるということです。レシピを用いる個人は、アルゴリズムを用いるコンピューターのように均質ではありません。熟練した料理人は、なんらかの理由で食材の一つが間違っている場合でも、レシピを調整することができます。

ところで、これをどうやって経済的分析に用いることができるのでしょうか?基本的に製品のアルゴリズム的複雑性は、新しい知識にたいする早い時期の投資によって与えられた短い期間が原因です。知識への投資とはある意味で、アルゴリズム的複雑性を計算するための舞台を提供することであると言えます。

In the short term: Algorithmic complexities of the products are given by earlier investments in new knowledge.

In the long term: Algorithmic complexities, input structure, and required skills can all change as a result of creativity in scientific research.

Such changes are possible only on much slower time scales than the typical time scale of ordinary business decisions, which in this case includes R&D-induced incremental improvements.

The accumulation of scientific knowledge thus occurs through a slow and creative process that changes the algorithmic complexity of goods.

しかしながら、長期的には、アルゴリズム的複雑性、インプット構造、また求められる技能の全ては、科学研究において創造性の結果変わることができるのです。ゆえに科学的知識の蓄積は、製品のアルゴリズム的複雑性を変える、主に上向き傾向のゆっくりとした創造的なプロセスを通じて発生するのです。

KNOWLEDGE INFRASTRUCTURE FOR R&D

Firms have to treat the current stock of established scientific knowledge as a fixed constraint on their opportunity set.

We may therefore treat the algorithmic complexity of a specific long time period as the knowledge infrastructure.

Firms would thus treat this infrastructure as a stable basic input into the much more rapid applied and incremental research processes that transform scientific results into product and process R&D and innovations.

The development of science toward increasingly complex theories, models and products causes a need for more complex cognitive capacity among scientists, within laboratories and other research institutes.

したがって長い期間にわたるアルゴリズム的複雑性は、知識のインフラストラクチャーであると見なすことができます。次第に複雑さをましてゆく理論、モデル、製品に対応可能な科学の発展には、研究所その他の研究施設で研究をおこなう科学者に対して、より複雑な知的能力が求められるようになります。

理論上のお話ばかりしてきましたが、すでに検証はなされています。検証を行ったのはホーリングスワースで、彼は科学的複雑性を、創造的なブレイクスルーの発生する頻度、および大学・研究機関・研究所における内部組織と関連づけて問題提起を行いました。彼

は、平素から非常に複雑なシステムの理解や予測には あまり関係のない生体医科学分野に着目しました。で すから今や、バイオテクノロジーが複雑性分析におけ るテーマになります。

ホーリングスワースは、高度な知的複雑性とは、複雑な現象同士の関係を新しい方法によって観察・理解する能力、即ち、しばしば異なる領域の知識同士の関連性を見つけだす能力のことである、と指摘しました。これこそ、偉大な発見の可能性を大きく高める能力なのです。彼はそう結論づけています。

COMPLEXITY, CREATIVITY AND RESEARCH ORGANIZATION

| Attribute | Type A Lab | Type B Lab |
|-----------------------------|---|--|
| Cognitive | High scientific diversity | Low or moderate scientific diversity |
| Social | High and diversified network connectivity | High network connectivity within a single discipline |
| Material | Access to funding for high-risk research | Limited funding for high-risk research |
| Personality of the Lab Head | High cognitive complexity; high confidence; high motivation | Low cognitive complexity; risk-averse |
| Leadership | Excellent grasp of how different fields may be integrated | Not concerned with integrating distinct scientific disciplines |

Table 2: Organizational Attributes of Type A and Type B Laboratories Source: Hollingsworth (2007)

それから彼は、「さまざまなタイプの研究所を見てみよう。それらはどのように組織されているだろうか?」と問います。そして彼は、Aタイプとして分類される研究所が存在することを発見しました。その研究所の特徴は、高度な科学的多様性があり、高度かつ多様なネットワークの接続性をもち、様々な形で国際的な結びつきがあり、リスクの高い研究についても資金調達ができる、というものです。

彼の分析によると、研究所の所長の性格が大変重要な要素になります。そのような研究所長に見られる三つの特徴は、高度な知的複雑性、強い自信、高いモチベーションです。このようなリーダーシップをもつ人物は、異なる領域同士をどのように統合できるのかについて、よく理解しているということを示唆しています。

Bタイプの研究所は、わずかな、またはほどほどの 科学的多様性を有しており、高度なネットワーク伝達 性をもってはいますが、それは彼らの専門領域内に 限ってのものでした。ある化学物質を分析するという 時には、彼らは世界中のその化学物質の研究を専門とする人々との、見事な連携を見せました。彼らの知的複雑性は低く、リスクをとることを嫌い、リスクの高い研究については、限られた予算しか得られていませんでした。

所長は、異なる科学領域を統合することに全く関心をもっていませんでした。学際的科学に興味をもっていなかったのです。

Hollingsworth: "all of the 291 discoveries in our project were made in Type A laboratories. ...

Type B laboratories are at the opposite end of the continuum on virtually all the lab characteristics.

Significantly, none of the 291 discoveries in our research occurred in Type B labs."

それぞれの研究所における研究活動の成功率を評価したところ、驚きの結果が出ました。「我々の研究プロジェクトにおける291の発見のすべてはAタイプの研究所において起こった。重要な点は、我々の研究にまつわる291の発見のただ一つとして、Bタイプの研究所では起こらなかったということである。」これで私達は、研究環境の再組織化をどのように行ってゆけばよいのかについて、明確に理解することができます。

しかし問題は、リスクの高い研究を行うわけですから、Aタイプの研究所においても数多くの失敗はあった、ということです。たしかに彼らは失敗も重ねましたが、リスクを嫌う高度に専門化したBタイプの研究所よりも、全体としてはずっと大きな成功をおさめたのです。

これからは研究をAタイプの学部・研究所・研究機関部門へと再組織化してゆく必要があります。ますます複雑性を増してゆく科学においては、新たな多様化した外部の知識を幅広く、スムーズに得られる環境が求められます。そうなると、このような成長しているAタイプの研究組織を、大規模で開かれていて多様性のあるC領域に設置しようという声が高まります。そうなれ

ば東京のような世界中の大都市圏は有利になります。

INCREASING COMPLEXITY AND REORGANISATION OF RESEARCH

There is a need for reorganization of research into Type A departments, labs and research institutes.

Increasing complexity of science requires good accessibility of new and diversified external knowledge.

This provides strong arguments for locating Type A research organizations in large, open and diverse C-regions. (cf. Andersson, 1985; Kobayashi and Andersson, 1990 (in Japanese), Florida, 2002; Hollingsworth, 2007; Simonton, 2011)

私の息子は世界でトップ12に入る科学都市地域と仕事をしてきました。彼は、研究開発分野において将来においても世界のリーダーになるであろう永続性のあるいくつかの地域が世界にはあることを明らかにしました。

| PI | RIOD 96-98 | papers | 02-04 | papers | 08-10 | papers |
|----|------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|---------|
| 1 | London | 69,303 | Tokyo-Yokohama | 81,798 | Beijing | 100,835 |
| | Tokyo-Yokohama | 67,628 | London | 73,403 | London | 96,856 |
| | San Francisco Bay Area | 50,212 | San Francisco Bay Area | 56,916 | Tokyo-Yokohama | 94,043 |
| | Paris | 49,438 | Osaka-Kobe | 54,300 | Paris | 77,007 |
| | Osaka-Kobe | 48,272 | Paris | 53,005 | San Francisco Bay Area | 75,669 |
| 6 | Moscow | 45,579 | New York | 51,047 | New York | 70,323 |
| | Boston | 42,454 | Boston | 49,265 | Boston | 69,250 |
| | New York | 41,566 | Los Angeles | 44,401 | Seoul | 67,292 |
| | Randstad (Amsterdam) | 37,654 | Randstad (Amsterdam) | 44,094 | Randstad (Amsterdam) | 65,527 |
| 10 | Los Angeles | 37,437 | Beijing | 42,007 | Osaka-Kobe | 60,615 |
| 11 | Philadelphia | 29,376 | Moscow | 41,001 | Los Angeles | 58,176 |

ロンドンはその一例であり、東京や横浜もそうです。 そして将来的には北京もそうなります。この表の示している1996年から2010年までの状況をご覧いただくと、未来型の地域という観点での世界のリーダーは、ずっと変わっていないことがわかります。

私達はこれから、研究システムにおけるパラダイム 変化を経験することになります。まず第一に、研究開 発において複雑性が増加することにより、科学研究が より重要視されるようになります。結果として、すべて の先進国はより多くの資源を科学研究に割り当てるよ うになるべきです。

PARADIGM CHANGES IN THE RESEARCH SYSTEM

- A. FACT :INCREASING COMPLEXITY OF R&D CAUSES HEAVIER RELIANCE ON SCIENTIFIC RESEARCH
 - CONSEQUENCE: MORE RESOURCES OUGHT TO BE ALLOCATED TO SCIENTIFIC RESEARCH IN ALL ADVANCED COUNTRIES
- B. FACT: SCIENTIFIC R&D ON COMPLEX PRODUCTS AND SYSTEMS IS ALREADY CLUSTERED IN LARGE C-REGIONS

 CONSEQUENCE: THE INCREASED COMPLEXITY IMPLIES A FUTURE OF INCREASED CLUSTERING OF SCIENTISTS AND INDUSTRIAL R&D IN LARGE C-REGIONS
- C. FACT: INTERNATIONAL SCIENCE COLLABORATION IMPROVES DIVERSITY AND QUALITY OF KNOWLEDGE INPUTS

CONSEQUENCE: MORE FUNDING OF SCIENTIFIC COLLABORATION IS NEEDED

第二に、複雑な製品やシステムに関する科学的研究開発は、すでに大規模なC地域に集約されています。 結果として、複雑性がさらに増せば、科学者や産業用研究開発は、世界中のより大規模なC地域へとますます集約されてゆくものと思われます。

第三に、ホーリングスワースの研究、および私と協力者による共同研究によれば、科学研究における国際的なコラボレーションによって、知識導入の質と多様性は改善されます。結果として、科学研究における国際的なコラボレーションに対して、より多くの資金調達が必要となります。残念なことに、これを行なうための資源はアジアの一部地域、とくに中国に限定されています。

SUMMARY AND CONCLUSIONS

- The third logistical or industrial revolution has been a great economic success with sustained growth of real per capita income triggering a longer life, increasing leisure time and a value transformation towards openness, creativity and tolerance
- Currently we have a parallell structural transformation from agriculture to industrial society and from industrial into C-society
- Industrial societies carry the seeds of their destruction causing backward-looking nationalistic or secterist movements
- The dynamic and thus long term comparative advantages of the C-regions and C-nations are driven by scientific research on new and complex products and production systems
- Too small resources are allocated to scientific research supporting this change – often only 10 to 30 per cent of total R&D
- There is now a need to reorganize scientific work in universities to handle the increasing complexity of goods and production systems
- Incresingly strong arguments for locating the reorganized scientific institutions in the most diverse cityregions with a post-materialistic value structure

それでは、本日のまとめと結論に入りたいと思います。三度目の流通革命、もしくは産業革命は、実質一人当たり所得の持続的な成長をともなう大きな経済的成功をおさめ、人間の寿命が延び、余暇の時間は増え、開放性・創造性・寛容さに関する価値の転換を引き起

こしました。

現在、世界の一部の国々においては農業社会から産業社会への、そして日本のような国々においては産業社会からC社会への構造転換が、それぞれ平行して起こっています。

産業社会は、今日のヨーロッパに見られるように、後ろ向きの国家主義的あるいは派閥主義的な運動を引き起こすことで自らの破壊をまねく種子を内包しています。

C地域およびC国家のダイナミックかつ長期間にわたる比較優位性は、新しい複雑な製品および生産システムに関する科学研究によってもたらされます。しかしながら、このような変化を支援する科学研究に対しては、しばしば研究開発費全体のわずか10%~30%という資金しか投入されていません。

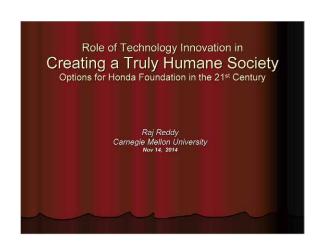
高まり続ける製品および生産システムの複雑性に対応するために、大学における科学研究を再組織することが必要です。ポスト物質主義的価値構造をもつ最も多様性をそなえた都市地域に、再組織化された科学研究機関を設置せねばならないという声は、ますます高まってきているのです。

御清聴ありがとうございました。



イノベーション

人間性あふれる文明の創造における技術革新の役割



こんにちは。少し遅い時間になりましたね。予定されているパネルディスカッションはエキサイティングなものになるでしょうから、どんどん進めるほうが良いでしょう。素晴らしい受賞者の皆様方とともに本田賞記念シンポジウムに参加させて頂き、またこの場に立てていることを、とても光栄に存じております。

今日のシンポジウムのテーマは、真に人間性あふれる文明はいかにして創ることができるのかということ、

そしてエコテクノロジーの観点から、現代社会の直面 するいくつかの問題を見直し解決策を探ることです。

技術革新は歴史的に、私達の生活の質の向上に大きく貢献してきました。200年前を見てみると、女性は一日じゅう台所で料理をしていました。それが彼女たちの仕事の全てでした。そして男性は、一日じゅう田畑で農業に従事していました。アンダーソン博士の指摘によれば、今日私達が毎日の時間の中で労働に費やしている時間は20%より少ないのですが、今後10年、もしくは15年で7%になるだろうと言われています。これは驚くべきことです。

技術革新はさまざまな形で起こりますが、その全てがエコテクノロジーというわけではありません。本田宗一郎氏の定義とは必ずしも合致しませんが、優れたエコテクノロジーと言えそうな発明といえば自動運転車があり、その実現は間近にせまっています。

私は1982年から開発に携わっており、私たちは15年 後には実現できると確信していました。私達はゼネラ ルモーターズ社に赴き、共同で開発を始めないかとも ちかけましたが、彼らは「いや、いや、それについてはもう取り組んでいるんだ。君たちのアイデアで我々をわずらわせないでくれ」と言いました。それから既に20年が経過し、彼らはまだ開発に成功していませんが、グーグルはすでに自動運転車を開発しているのです。また、ホンダが自動運転車の発表を予定しているとも聞いています。ベストセラー車になることをお祈りしています。

しかし残念ながらこの独特な技術は、拡張性や持続可能性、入手可能性といった要件を必ずしも満たしているとは言えません。自動車を保有しているのは世界人口のわずか15%未満であり、そのうちのどれだけの人々が自動運転車を購入できるでしょうか。半分ぐらいでしょうか。その半分の人々にしても、コストが下がるまで恐らく10年から15年くらいは待たねばならないでしょう。

以上、入手可能性についてお話しました。次は持続可能性についてです。化石燃料車を含むあらゆる自動車について私達のかかえている公害をはじめとする様々な問題を鑑みると、本田宗一郎氏の仰っていたようなエコテクノロジーの域に到達しているとは言えません。

今日私は皆さんに、少なくとも私にとっては魔法のように思える技術についてお話したいと思います。その技術によって、地球上のすべての男性・女性・子供にとって真に人間性あふれる社会を実現できるのではないかと思います。また、あらゆる男性・女性・子供が入手しやすいかどうかという点についても、確かにそうだ、と皆さんにご納得いただけるよう努めたいと思います。

お話するのは、常にあなたと一緒にいて、あなたの全てを解っていて、どんな人にも適切な情報を適切なタイミングで提供することができる、「ガーディアン・エンジェル」という技術の開発についてです。あなたにとっての適切な情報は、私にとっての適切な情報と同じではありません。適切な情報を、適切な人々に、適切なタイミングで提供する必要があるのです。

もし私達の一人一人が適切な情報を適切な時間枠で知ることができたら、福島の原発事故や最近の御嶽山の噴火などの大災害、そして認識可能なあらゆる種類の災害を回避するための正しい判断を行うことがで

きるのではないかと思います。このプレゼンテーションを通じて、それは可能であるということ、全ての男性・女性・子供が入手できるということ、またこれが正真正銘の魔法の技術であり、本田宗一郎氏のエコテクノロジーの定義にも合致するということを、皆さんにご納得いただきたいと思います。

Revisiting Honda 1978 Vision

- Honda Foundation's Vision: Help to Create a Truly Humane Civilization
 - Important Today As It Was 35 Years Ago
- Rapid Pace of Technology Innovation has moved the Goal Posts
 - may be desirable to reexamine the processes used in achieving this vision.
- HF needs to explore how it can fulfill the Original Vision in the 21st Century
 - Define future directions by reviewing the current Honda Foundation activities

それでは、1978年の本田宗一郎氏のビジョンの定義をあらためて検討してみましょう。真に人間性あふれる文明の創造に貢献する、という本田財団のビジョンの重要性は、35年をへた現在においてもまったく変わっていません。しかしながら過去50年間における技術革新の加速化を鑑みると、このビジョンを実現するために必要な戦略および戦術については、再検討されることが望ましいと思われます。

A Humane Civilization would create Scalable Sustainable Affordable Solutions that

What is a Humane Civilization?

- •Provide Basic Needs of All Humanity, e.g.,
 - Food, Energy, Water, Transportation, Education, Communication, And Healthcare
- Ensure Basic Human Rights
 - Life, Liberty and Pursuit of Happiness
 - Freedom from slavery and torture etc.
- Ensure Safety and Security of Society from Natural and Man-made Disasters

真に人間性あふれる社会を創造するためには、地球 上の人類すべてにとっての基本的ニーズを提供するこ

とのできる、拡張性・持続性があり、入手可能な解決 策を創造することを目指さねばなりません。次の点は 非常に重要です。真に人間性あふれる社会は、地球上 のあらゆる人間の基本的ニーズを提供するものです。

では、地球上のあらゆる人間の基本的ニーズとは何 でしょうか?人間は誰でも水が必要で、エネルギーも 必要、食料も必要ですし、住居も衣服も必要です。もっ とあげることもできますが、要するにこれらのものは疑 問の余地なく必要です。誰にとっても必要です。すべて の人類がこれらのニーズを保持することができるよう 努力する限りにおいて、私達は人間性あふれる社会の 実現へと近づいてゆけるのです。

また、問題は物質的なことだけではありません。い ま私の言った食料、エネルギー、水、輸送手段その他 様々なものは、いわば原子に基づいた、物理的物質で す。しかし、情報面における解決策もあります。アン ダーソン博士がお話されたように、私達が情報を受け 取ると、それには様々な事象や情報経済があります。し たがって、いわゆる社会のニーズについて見ていく必要 があるのです。

Universal Human Rights of United Nations

- Right to Equality 3 Right to Life, Liberty & Security
- 7 Right to Equality before Law
- 9 Freedom from Arbitrary Arrest 11 Innocent until Proven Guilty
- 13 Right to Free Movement
- 15 Right to a Nationality
- 17 Right to Own Property 19 Freedom of Opinion
- 21 Right to Free Elections
- 23 Right to Join Trade Unions
- 25 Adequate Living Standard 27 Right to Cultural Life
- 29 Free and Full Development

- 2 Freedom from Discrimination
- 6 Right to Recognition as Person
- 8 Right to a Competent Tribuna 10 Right to Fair Public Hearing
- 12 Right to Privacy and Home
- 14 Right to Asylum
- 16 Right to Marriage and Family
- 18 Freedom of Religion
- 20 Right of Peaceful Assembly
- 22 Right to Social Security
- 24 Right to Rest and Leisure
- 26 Right to Education 28 Right to a Social Order
- 30 Freedom from Interference
- 全ての人間の一連のニーズには、人権に関するもの もあります。全ての人間は、奴隷制から自由になる権 利があります。全ての人間は、不条理な酷い苦痛から 自由になる権利があります。私は1948年に国連が取り まとめた全ての人々が有する30の基本的人権に関する

18世紀と19世紀の主要な哲学的議論において、全 ての人間には奪うことのできない確固たる権利、すな

リストを入手し内容を見てみました。

わちジェファーソンとマディソンが独立宣言に明記した ように、「生命、自由、幸福を追求」する権利が存在す る、ということが決定されました。

私の場合、なくても生きていける権利は多くありま す。たとえば、信仰の自由がなくても我慢できるかもし れません。完全には無理かもしれませんが、ご存知の ように今日の世界において、宗教は衝突を引き起こす 巨大な源泉のひとつと化しています。本来そうあるべき ではないのですが。

例えばイスラム教にはスンニー派とシーア派というニ つの宗派があり、お互いにたえず争いあい、殺戮しあっ ています。あってはならないことですし、私達に何がで きるのかも全く分かりませんが、少なくとも奴隷制や 拷問は無くすようにするべきです。

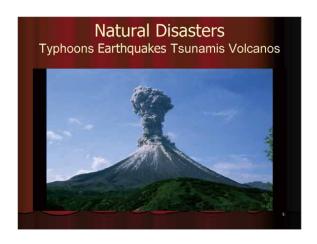
今日、3,000万人の人々が何らかの形で奴隷のよう な境遇を受けています。世界奴隷制度指数 (Global Slavery Index) という指数があります。 グーグルで調 べてみればすぐに見つかりますが、それによると、 3.000万人の人々が奴隷的状況下にあります。

そして残念なことに、米国に50年ほどおりますが私 はインド出身でして、お恥ずかしいのですが、インドは 奴隷的状況下にある人々の数が世界で最も多い国で す。現代の奴隷制の状況は、昔とは異なります。現代の 奴隷制は契約労働と定義されるもので、負債を抱えた かなにかの理由で、親が自分の息子や娘を別の家庭に 売り渡し、彼らはそこで20年、30年と働くのです。これ が今日の奴隷制度です。

人身売買、そして他にもこのような例があります。こ ういった情報が収集されていますが、私は子供のころ には奴隷制の行われている様子を実際に見たことがな かったので、非常に驚きました。13億の人口を抱える巨 大国家であるインドの一部地域には、教育環境がな く、人々がいまだに500年前と同じような生活をしてい る部族地域があります。そこでは紛争解決手段の一つ として、契約労働が受け容れられているのです。

ここで私達は、人間性あふれる社会とは何かという ことを理解し、定義する必要があります。先ほど人間 社会は基本的ニーズを提供し、基本的人権を提供せね ばならないと申し上げましたが、問題は、本田財団と 私達全員が協力して、どうすればそういう社会を実現 できるのか、ということです。人間性あふれる社会を創造するために、私達は何をすることが必要なのでしようか?

私がお話していることの例をあげれば、台風、地震、 津波、火山は、日本にとっての悩みの種でしょう。どれ についても、日本という国には多すぎるように思われま す。日本で最近発生した火山噴火は非常に大規模なも ので、米国にいる私達も驚きました。



世界中のどの場所も自然災害による死亡事故や破壊を免れることはできませんが、その中でも日本はとりわけ多くの災害を被っているように思います。私がご提案したいのは、適切な情報を適切な人に適切な時に伝えられる、ガーディアン・エンジェルという技術を導入することです。そうすることで死亡事故の80%から90%は防ぐことができると思われますし、こういったことがこの技術によって実現できるのであれば、これこそ人間性あふれる社会なのではないでしょうか。

Protecting Humanity From Natural Disasters • Every Person Should Get Location Specific Personalized Warnings About Potential Calamities Like Typhoons And Tsunamis as soon as known • In the future, every person on the planet should have a better chance of survival from natural disasters • Create Guardian Angel Technologies • Every Person on The Planet Has A Personal Guardian Angel Embedded in a Smart Phone • Guardian Angels Perform Future-aware Computation • and whisper that a fornado is heading your way • A social network of guardian angels can learn and predict what events are likely to impact their owner • By sharing anonymized knowledge using publish/subscribe mechanisms of social networking • Facebook of guardian angels?

よって、この講演におけるメインテーマは次のようになります。携帯電話技術が十分に発達した今日においては、台風や津波のような起こりうる災害に関する現在地に応じた個別の警報を、災害の認知後、もしくは認知できた後に一人一人がすぐに受け取れるような環境を想定することが可能である、ということです。

地球上の全ての人々のためにスマートフォン搭載の個人用ガーディアン・エンジェルを制作し、届けることは可能だと思います。ガーディアン・エンジェルは計算によって未来を予測し、起こりうる危機に関する警告を、個人的にあなたの耳にささやいてくれます。フェイスブック、もしくはガーディアン・エンジェルのソーシャルネットワークは、知っていることは何で、知ることができることは何かを発見する目的で交信しあうことが可能であるということを前提にします。地球上の全ての人々がガーディアン・エンジェルとフェイスブックを利用するようになれば、それを発見できるのです。

ただ一つ、プライバシーの問題があります。私もガーディアン・エンジェルに、自分のあらゆる詳細情報について誰にでも話してもらいたくはありません。しかしこれは、間違いなく解決可能な問題です。私達は匿名化という技術を知っています。どんなものが既に利用可能であるのかも理解しています。たとえば、東京都内の交通システムは携帯電話の位置情報によって管理されており、交通渋滞はその位置情報によって認識・予測できます。ですから、私達の問題も解決できるのです。

Structure of a Personal Guardian Angel A Personal Guardian Angel is a Mobile App (like a shadow) for Each Person on the Planet Always-On, Always-Present and Always Working Enduring (life-long) Autonomic and Nonintrusive Always-Learning Ubiquitous: Device Independent (cloud resident or local) PGAs Monitor, Analyze and Learn From Experience; Learn From Own Experience And Experience of Others And share knowledge with a community of Guardian Angels Automated Discovery of Data and Information Sources Data, Suitably Anonymized, can be Used to Learn Appropriate Responses For Every Possible Situation by Iearning preferences by observing user choices, Iearning by task similarity and user similarity, Iearning by error correction and simply learning thru clarification dialog (does that mean yes? Would you care to define it?),

それでは、個人向けガーディアン・エンジェルとはど のようなものかについて、もう少しお話させて下さい。 個人向けガーディアン・エンジェルとは、特定の人物を 護り、案内するという任務を帯びた、バーチャルな分身 です。本人がまだ世界の誰にももらしたことのないよう な暗い秘密を除いては、その人の全てを知っています。 あなたが誰かに何かを言えば、ガーディアン・エンジェ ルはそれを知っています。誰にも言ったことがないよう なことは、ガーディアン・エンジェルも知りません。

技術的には、個人向けガーディアン・エンジェルとは、高いスペックを持つ携帯電話の知的エージェント、すなわちアプリです。ガーディアン・エンジェルは携帯電話の中に住んでいる訳ではないのですが、タップしたり起動したりせずとも24時間常に稼働しており、自律しており指示いらずで、何も尋ねたり話しかけたりしないので、あなたを煩わせません。

ユーザーの癖や好み、命令について、常に学習・適応しています。個人用ガーディアン・エンジェルは、観測・分析をおこない、また経験から学習することで得た知識を、ガーディアン・エンジェルのコミュニティ内で共有することが期待されています。データや情報源を自動的に発見することもできます。

個人用ガーディアン・エンジェルは、人間のユーザーとコミュニケーションをとらねばなりません。あなたが誰から何を得たいのかがわかっている場合には、ソーシャルネットワークの公開/購読システムを利用するのが適当でしょう。では、誰に聞けば良いのかわからない場合は誰に聞きますか?誰を「友人に追加」すれば良いのかわからない場合はどうしますか?

こうした問題の技術的な面は解決可能です。フェイスブックのような環境下にあるガーディアン・エンジェルは、自らがどんな知識を必要としているかを公表・決定し相手を「友人」登録することができます。そのため、あなたの知っていることだけでなく、将来あなたに影響を与えるかもしれない他の人々の知識までもを入手できるようになるのです。

適切に匿名化されたデータを用いれば、想定されうるあらゆる状況において、適切で責任ある対応を学習することができます。システムは勝手に学習してくれます。この点は非常に重要です。決して所有者に問いかけたりすることはありません。あくまで自分で学習するのです。そのやり方は間違いなくわかっています。例えば

今や、グーグルを使えば中国語でもヒンドゥー語でも、 日本語から好きな言語に翻訳してくれます。完全な翻 訳ではありませんが、メッセージの意味をつかむだけ なら、ほぼ十分です。それは、数多くの人々から収集し た文字どおり何十億、何兆という文字データを学習す ることによって得られます。

それほどの大量のデータ、いわゆる「ビッグデータ」があれば、データ分析によってほぼどんなことでも予測することが可能です。タイピングをしていると、予測変換が出てきます。これは、単にたった今入力された言葉に関連する文脈に基づいているのではなく、記憶痕跡、つまりその言葉の前後の四語~五語を使い、あなたがたった今入力したことと照らし合わせて、どのような単語が次に来るのかを予測することができるのです。予測変換はほとんどの場合、あなたが何かタイプする前に出てきます。このように、近年のコンピューターの持っている言語に関する予測能力は、驚くべきものです。

A Humane Civilization Should Use Personal Guardian Angels to Get The Right Information Information about natural and man-made emergencies sunami, hurricanes, earthquakes, severe weather etc. and hazmat, nuclear, biological Information about disruption of water, electricity, food, and transportation Information about traffic, strikes, school closings, stock markets, etc To The Right People Every person on the planet that may impacted At The Right Time Just-in-time, not too soon and not too late In The Right Language Messages in English (or other languages) to be translated into the preferred language of the recipient In The Right Medium of Text or Multimedia and spoken out using text to speech With The Right Level Of Detail (Granularity) Provide summaries of the text as precisely and quickly as a expert

人間性あふれる文明においては、個人向けガーディアン・エンジェルによって適切な情報を適切な人々に、適切な時に、適切な言語で、そして重要なことは、適切な媒体で伝えることが可能であるべきです。なぜなら、全ての人が文字を読めるわけではないからです。識字能力のない人々は数多くいますし、英語がわからない人もいます。英語以外の言語がよいユーザーもいるわけですから、適切な媒体、すなわち文章・マルチメディアを用いることは非常に重要と言えます。

情報の詳細さが適切なレベルであることも重要で す。こうした全てが今日実現可能であることは、すでに お話しました。私達はこれらの条件を、「適切条件」と 呼んでいます。適切な情報を適切な人々に、適切な時 に適切な言語で、適切な媒体によって、適切なレベル の精度で。六つの「適切条件」です。

Scalable Sustainable Affordable Personal Guardian Angels

- By 2020, Everyone on The Planet Has Access to a Smart Phone with Global Connectivity
- A Smart Phone is Expected Cost \$50 Every Man, Woman And Child will have Access to 16GB+ of Space on The Cloud from Facebook, Google And Microsoft
- Everyone on The Planet Has Access to
 - Unlimited Computation. Memory and Bandwidth
- Language divide and literacy divide limits access to the internet-enabled solutions to many people in the world.
 - Providing the right information in the right language and right medium enables scalability to all the people on the planet..
- · Sustainability and Affordability are natural consequences of exponential reduction in size and cost of Information technology.

2020年までに、スマートフォンの価格は20ドルほど になると予測できます。今の約10%です。これによって ガーディアン・エンジェルは、拡張可能な技術となりま す。今日においては、例えばスマートフォンが200~ 300ドルするなどといったコスト面の問題で、世界の約 半分の人々は入手することができません。

しかしコストが90%下がる2020年までには、あらゆ る男性・女性・子供は少なくとも16GB、あるいはもっと 多くのクラウド容量をフェイスブック、グーグル、マイク ロソフトを介して所有できるようになるでしょう。全て の個人情報を管理するのには十分です。

情報はあなたの日常の活動を通じて収集され、ガー ディアン・エンジェルはその情報をクラウド上に保存し ます。そしてそこで行動パターンを探し、他にも同じ行 動パターンをもつ「友人」はいないか、その行動をとっ た時、彼らは何をしたのか、と問います。それから予測 を行い、あなたが適切なタイミングにおいて適切な行 動をとれるようにサポートしようとします。

言語の壁や識字能力の壁については、先ほど触れま した。持続可能性と入手しやすさは、情報技術のサイ ズとコストが大幅に減少すれば、自然にもたらされるも のです。

Affordability

- Free Sensor Intensive Smart Phone to Every Person on the Planet: Current cost of \$200/Unit
- Estimated 2020 Cost per Unit of \$50
- Assuming 8B population
 - One per Family of 4? One per Person?
- Expected Global Cost \$100 to \$400 Billion
 - 0.1% to 0.4% of the Gross World Product
- Funding from Government and Other Stakeholders
 - Smart Phone Manufacturers Telecom Service Providers
 - IT Product and Service Companies

 - Increase in Economic Activity and Productivity
 - Expected Payback Time: Less than 1 year

ここで、入手しやすさについて考えてみましょう。な ぜなら、私は先ほど「全ての人が必ず手に入れられる ようになるでしょう」と申し上げたからです。私達全員 が享受している道路や公衆衛生のようなインフラを有 する水道システムについて、考えてみたことはおありで しょうか?ともかくも社会が、公共の利益のためにそう した基礎的な物が必要だと判断したために、政府は道 路や空港、公衆衛生システムや水供給システムを建設 するのです。

それに対して、社会が民間部門にあるべきだと判断 した物もあります。電話がその一例です。電話が登場 したとき、それはとても金のかかる技術だからお金持 ちにしか使えないと誰もが言い、公益に供しようとはし ませんでした。

いいですか。今日では、あらゆる大人や子供は電話 を必要としていて、コミュニケーションの必要があり、 電話なしではやっていけないのです。従って私達は問 わねばなりません。もし電力や道路、その他のインフラ を建設することが良いことなら、なぜ政府や社会は、 地球上の全ての人々にスマートフォンを提供しようとし ないのでしょうか?ましてや、20ドルしかかからないの だとしたら。

補足しますと、20ドルという金額は、ほとんどの国に おいて一人当たり所得の0.1%未満です。米国と日本を 例にとれば、年間の一人当たり所得は両国ともに 40,000~50,000ドルです。その1%は500ドルです。 0.1%なら50ドルです。ですから20ドルは、0.1%未満で す。もしスマートフォンが私が主張しているほど大きな 力をもたせることができるのだとしたら、なぜ私達は、

社会は、全ての人々にスマートフォンを提供できないのでしょうか。

そういうわけで、ガーディアン・エンジェルを運用するには、結局コストが泣き所なのです。まずは全ての人々が無料で強力なセンサーを備えたスマートフォンを手にすることができる、と仮定することから始まります。これが非常に重要です。過去15年間のコンピューター科学における大きなイノベーションのひとつは、スマートフォンの登場です。それ以前のあらゆるコンピューターやラップトップは、計算はできても、センサーやアクチベーターを備えていませんでした。今日ではどのスマートフォンを買っても(サムソンでも、なんでも構いません)あらゆる種類のセンサーはもちろん、気圧計までついています。

センサーはおよそ10種類あり、もっとも重要なのが位置を感知するGPSです。そしてスマートフォンにはカメラやマイクも付いています。15年前にはほとんどのシステムに付いていませんでしたが、どれもガーディアン・エンジェルを構成するために必要な要素です。

コンピューター環境にセンサー機能がなければ計算しかできず、それではガーディアン・エンジェルを構築する役には立ちません。ガーディアン・エンジェルは、あなたに何が起こっているのかを常にモニターしていなければならないのです。あなたが何を、どのように行っているのか。そうして得た情報をシステムにどう適合させるのか、それ自体が判断できなければなりません。

そういう条件を満たすスマートフォンが、50ドルするとしましょう。全種類のセンサーを搭載した、高スペックなスマートフォンが欲しいからです。たとえばiPhone 6なら、50ドルはするでしょう。電話の製作者、サービスの提供者、政府、IT産業など、この技術関連の受益者は数多くいるわけですから、あらゆる人々がスマートフォンをもてるように、各々がコストの四分の一を負担するべきです。

流通に関すること、その他さまざまな課題がありますので、友人のアンダーソン博士に経済モデルを作ってもらうよう話し合わねばならないでしょう。そうすれば、人々がデータの改ざんによってシステムを悪用することができなくなります。それは可能です。誰でも所有でき誰でもアップグレードできるようなより優れたシス

テムを作り上げることはできます。彼らがより良いシス テムを買うことが出来ることが前提ではありますが。

私がスライドでお見せしたものを信じることができなければ、とにかく私のことを信じていただかねばなりません。ご質問には喜んでお答えしますが、私達は何の問題もなくその実現のための方法を共に思い描くことができると信じています。

...and Privacy

- A Facebook of Guardian Angels Are Able To Share Anonymized Knowledge Using Publish/Subscribe Mechanisms Of Social Networking, and
 - Enabling Each Guardian Angel to Learn and Predict What Events Are Likely To Impact their Protégé
- A Guardian Angel Knows the Location Information of The Protégé at All Times so as to Provide an Alert and/or a Detailed Notification. If Needed, It Must Be Able to Turn-on The Smart Phone.
- No Privacy Breach Since Each Guardian Angel only Shares Information Already Known to the Service Provider

他の最も大きな問題は、プライバシーです。私の身体に装着したガーディアン・エンジェルが私の行動のすべてを知っているとしたら、秘密はなくなってしまうでしょうか?スマートフォンをオフにする方法はあるのでしょうか?その方法はないと言わざるを得ません。電源を切ったとしても緊急事態になれば電源が入り、あなたに警告をするでしょう。

現在の携帯電話はなるべくエネルギー消費を抑えようとするのでこのようなことはできませんが、将来的には、それほどエネルギーを消費せずとも5分おきぐらいに電源が入り、警告システムを作動させられるようになるでしょう。

これが、将来可能な新しい機能になります。私は携帯電話の製造業者とずっと話し合いをしていて、彼らは首を横に振っていますが、そのうち必ず実現すると思います。全ての携帯電話やラップトップにはカメラとマイクが必要だと私が言っていたときにも彼らは同じ反応でしたが、実現には10年しかかかりませんでした。

さて、プライバシーの問題に戻りましょう。ガーディアン・エンジェルは、警告や詳しい通知を提供できるように、所有者の位置情報を常に把握しています。必

要とあらば、勝手にスマートフォンの電源をオンにできなければなりません。ここにおいて、プライバシーの侵害は発生しません。なぜならガーディアン・エンジェルの共有する情報は、すでに他の人々に知られていることのみだからです。例えば、サービスプロバイダーはあなたがどこにいるのかを知っているわけで、これはすでに共有位置情報なのです。

Technology Challenge
In Conclusion

Creation of Guardian Angel Technologies for providing the right information to every man, woman and child on the planet can lead to a Humane Society

While the cost appears to be prohibitive, on a per capita basis it represents less than 0.1% of GWP.

A Social Network Of Guardian Angels that can anticipate and share potential disaster scenarios can save 50% to 80% of all accidental deaths in the world

and save millions of lives and hundreds of billions of dollars of property damage every year

それでは結論に入ります。地球上のあらゆる男性・女性・子供のために適切な情報を良いタイミングで提供するガーディアン・エンジェルの技術を創り上げることにより、人間にとっての予期せぬ驚きをなくし、苦しみや不幸を減らすことができます。大変なコストがかかるように思えますが、一人当たり総生産で考えれば、0.1%未満になります。

地球上の一人一人の生活のなかで遭遇しうる災害や事故を予期し、警告を発し、保護活動を行うことが可能なガーディアン・エンジェルのソーシャルネットワークによって、世界におけるすべての事故死者の50%~80%を救うことができるかも知れません。結果として100万人以上の命を救い、何千億ドルという物的損害を免れることになります。

これは私達21世紀のコンピューター科学者ができるであろう最も重要な研究であることは明らかであり、本田財団が人間性あふれる社会を実現するために将来取り組むことができるであろう、最も重要な研究プロジェクトだと思います。

最後に、21世紀において人間性あふれる文明を創造 するために、本田財団に提言させて頂きたいと思いま す。本田財団におかれましては、年に一度コンペティションを主催し、人間の基本的人権・生命・自由・幸福の追求を護るために、奴隷制度や虐待からの自由を提供するために、自然災害あるいは人為的災害に対する安全性を確保するために、食料・エネルギー・水・輸送・教育等、あらゆる人間社会の基本的ニーズに関する、持続性・拡張性があり、経済的に実現可能な解決策の創造や発見を行っている最も優れた活動を、顕彰・奨励してはいかがでしょうか。



一般にガーディアン・エンジェルのコンセプトやシステム、解決策は、お見せしたような自然災害のみならず、個人を襲いうるほぼどんな問題にも適用することができます。基本的権利の侵害の可能性を同定したり、人間性あふれる社会における人類およびすべての個人の基本的ニーズや権利を確保したりするために用いることができます。したがってこの技術は、人間性あふれる文明を創造するに際して、最も重要な技術であると考えます。

御清聴ありがとうございました。



ライフ・フロンティア

生物学と医学における水分子エコテクノロジー



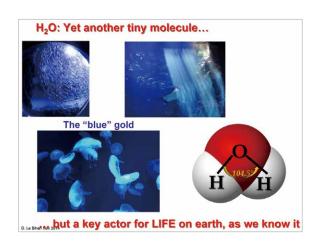
どうもありがとうございます。こんにちは、こうして皆さんの前でお話ができることを大変光栄に存じております。エコテクノロジーの未来についての私の見解の一部をお伝えするために本田財団が再びお招きくださったことに対して、本当に心から感謝しております。

ご存知のようにCO2という微小な分子について、私達は数多くのことを考えています。気候や環境などに影響を及ぼし、地球温暖化を引き起こすと予測されているか

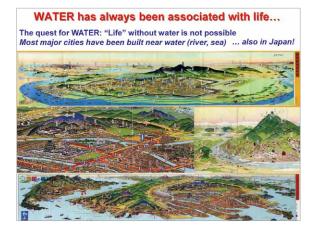
らです。もちろんこれらの気候変動は、例えば台風のような形で水にも非常に大きな影響を及ぼします。今日私が皆さんにご説明したいのは、このことについてです。



この講演では主にもう一つの微小な分子である H₂O、つまり水に着目します。「ブルー・ゴールド」として 知られる水はもちろん非常に美しいものですが、ご承知 のとおり地球上の生命にとって極めて重要な存在であ るということを、皆さんに再認識して頂きたいのです。 そして水は皆さんが考えるよりもさらに重要でさえある ということを、これからご説明します。



水は生命と常に関わってきました。私達の誰もが 知っているように、水なしにはどんな生命も存在でき ません。世界のほとんどの都市は河川や海など、水の ほとりに建設されてきたのであり、もちろん日本におい ても例外ではありません。

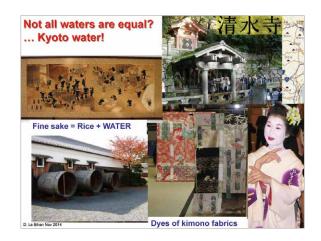


悲しいことに、水は死とも関係のあることがあります。たとえば水が不足すれば、もちろん酷い状況になります。しかし注意を怠っていれば将来本当にそうなってしまうかも知れません。津波や洪水のように水の過剰も良くありません。水は非常に小さな分子ですが大きな力を持っており、無慈悲な破壊を引き起こしうるのです。よって私は、もちろん二酸化炭素もとても重要ですが、今世紀においては水のほうがより大きな役割を果

たすのではないかと思っていますし、水を得るために 争いが起こるかもしれません。



しかし、水ならすべて同じという訳ではないでしょう。私は幸運にもときどき京都で生活する機会があるのですが、京都において水はとても重要な存在です。仏教において水が神聖な価値をもっていることは、偶然ではないと思います。ほとんどの宗教思想に水が取り入れられているのは、人間は水との間に非常に強い結びつきを必要としているからではないでしょうか。そしてもちろん京都の水はとても良質で、美しい着物やおいしい日本酒を作ることができます。これで水が重要であるということは、ご納得いただけたかと思います。



水はとても不思議な分子です。今日完全には説明できない様々な興味深い特性をもっています。もちろん、水が沸騰する温度は100°Cで凍結する温度は0°Cであることはよくご存知かと思いますが、私はある非常に

特殊な特性を指摘したいと思います。氷は、浮くべきではないのに水に浮くのです。他の分子なら、個体化すれば液体の底へと沈みます。



残念なことにこの特性は、例えばタイタニック号の 事故のような大きな悲劇の原因でもあります。しかし、 ウイスキーの中の氷はなぜ浮いているのかを説明する ものでもあるのです。なぜでしょう?それはまだ明らか になっていません。

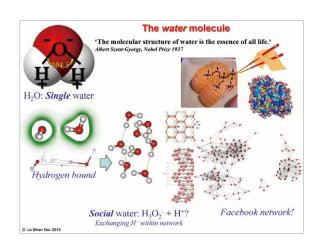
もう一つの非常に重要な特性は、水は温度の制御にとても役立つということです。私達が夏場にたくさん汗をかき、乳幼児が熱にとても敏感のはそのせいです。なぜなら乳幼児は肌の表面積が広く水分がより蒸発するので、蒸発が過度になると危険になりうるのです。

たんぱく質やその他の高分子など、私達の体内のあらゆる分子にとっても水は非常に重要です。これらの分子の形状は、水との相互作用によって形成されます。

これらが私達の知っている事実であり、さらに水とはH2O、つまり二つの水素と一つの酸素から成ることも知っています。しかしD.H.ローレンスは、さらに水を水たらしめる第三の要素があると言いましたが、それが何かはまだ分っていません。よって水分子そのものが未だに謎のままである、と言わねばなりません。

水分子についてさらに詳しく見ていきましょう。くり返しますが、一つの酸素原子と二つの水素原子があるのです。私はこれを一つの水分子と呼びますが、水分子は動的であり、あらゆる物は常に動きつづけています。鮨を例にしましょう。鮨を箸で押すと、魚は死んでいるのに、またとても新鮮な鮨であっても、水分がにじみ出

て来ます。これはどうして起こり得るのでしょうか?

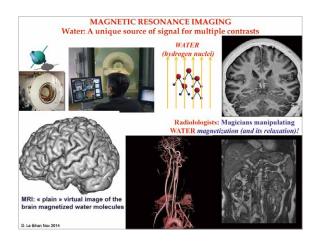


ここで、水素結合と呼ばれている現象を思い出す必要があります。水分子は水分子同士だけでなく魚の中のたんぱく質ともくっつきやすく、これら全ての水分子は他の高分子と常に結合しているのです。私達の知る生命を説明するために、このことは極めて重要です。水素原子二つと酸素原子が104°という特別な角度で水素結合しなければ、地球上に生命は存在しないでしょう。

水はしかし、社会的でもあります。単独の水分子というのは存在しません。水分子は何かと関係をもたねばならないのです。水分子にはコミュニケーションが必要です。そのようにして組織化された水分子のネットワークの統計を取ってみると、水はH2Oではなくなるかも知れません。水はH3Oと表現できるかもしれないと考える物理学者もいます。分子間で水素原子を共有しているからです。フェイスブックのネットワークと水のネットワークを比較してみると、いくつか類似点が見つかります。したがって細胞内の水は一つのネットワークとして組織されている、と見なす必要があります。

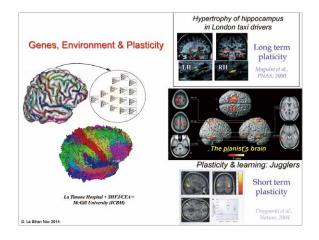
私達が水でできているということも、決して忘れるべきではありません。私達の身体の60%~70%は水でできており、脳の75%、あるいは80%は水なのです。つまり私達は水とともに考えています。これから皆さんにご説明したいのは、このようなことです。

それでは磁気共鳴映像法によって人体を、とくに脳を 調査するという私の研究についてお話しましょう。磁気 共鳴映像法またはMRIは、非常に強力な磁石を用いて 水を磁化する技術です。より正確には水分子の水素原 子核を磁化するのですが、ここでは水と呼びましょう。



例えばこれは、とても活動的で健康な私の同僚の脳を垂直にスライスした図です(右上)。灰色の部分と白色の部分が美しいコントラストを見せており、血管などの細部も確認できます。これは全て水分子を磁化することで得られた画像ですが、灰色の物質と白色の物質で異なっています。なぜそうなるのか?それは分かりませんが、美しいのは確かです。

MRIの技術によって、心臓から血管がのびて脳に向かっている様子や、私達が食べて消化した後に何が起こっているのか等を観察することができますし、もちろん美しい脳の画像も見ることができます(左下)。しかしこれは本物の脳ではなく人工の脳、仮想の脳です。私は脳のアバターと呼ぶこともありますが、この画像は脳がどうできているのかについて、私達に実に豊富な詳細情報を提供してくれます。



いくつか例をあげましょう。私達の脳はとても似通っています。人類という種は一つしか存在しないので、私達全員の脳はほぼ同じなのです。しかし詳しく見ていくと、この赤い線をご覧ください(前スライド・左図)、これは脳の運動系に繋がる領域と、後部の感覚に繋がる領域との境界です。感覚とは、指に触れたときなどのことです。

誰もがこのような脳の構造をもっていますが、各部位の正確な位置やその形には大きな個人差があります。よって私がここで申し上げたいのは、私達はみずからの望むように脳を作っているのだ、ということです。

脳内の非常に小さな領域である海馬は(それほど小さくもないかも知れませんが)、記憶に関連しています。じつは今年のノーベル医学賞受賞者は、このことを発見した方々なのです。ロンドンのタクシー運転手をみてみましょう。彼らはとても優秀なドライバーです。日本人のタクシー運転手も素晴らしいのですが、研究は英国人のタクシー運転手について行われました。その結果彼らの海馬は、タクシー運転手ではない一般人のそれに比べて、大きいことがわかりました(前スライド・右上)。タクシー運転手はナビゲートのために記憶をよく利用するため、海馬が大きくなったのです。

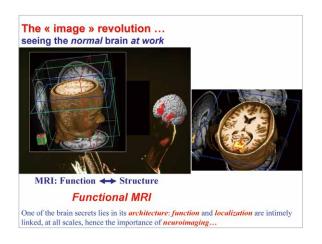
ピアニストも同じです。ピアニストをはじめとする 音楽家の脳も、例えば両手をコーディネートさせたり するのに使われる領域が大きく発達しています(前スラ イド・右中央)。

こうした脳の可塑性は、素早く起こるのです。この例は、毎日10分間ジャグリングを教え込まれた若い学生達の脳です(前スライド・右下)。ほんの数週間後には、このように脳の一部が発達していることがわかります。空間位置確認を集中して行わねばならないからです。

そしてこの現象は、常に起こっています。申し訳ありませんがこの講演の終わるころには、私は皆さんの脳を少しばかり変形させてしまっていると思います。そして私の脳も、すでに起きている相互作用のために変形していることでしょう。

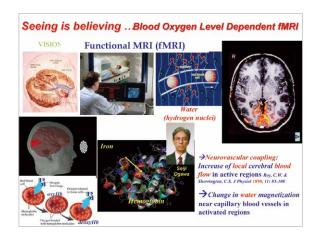
この図 (次スライド) は、脳の形状および構造を示しています。これから私が画像分解能と呼んでいる、さらに踏み込んだ内容へと進みます。私達が何かを考えているとき脳内では何が起こっているのか、私達は見てみたいと思います。事実、機能と部位の間には関係があることを、

私達はよく知っています。脳の各部位は何らかの機能を 司っているため、脳を画像化する事ができ、脳のどの部 分が活性化しているのかを見ることが出来れば、脳が 行っている事についての手がかりが得られるでしょう。



MRIを用いれば今すぐできるのです、いかなる侵襲的技術**も外科手術も用いることなく脳内の奥深くを覗きこむことができます。普通の人に磁気の中をくぐってもらうだけで、多くのことを発見できるのです。この技術を機能的MRIと呼びます。

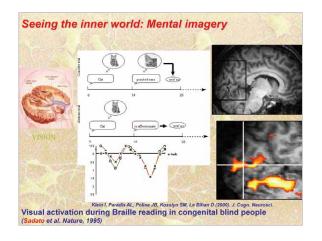
※皮膚内への、または体の開口部への器具の挿入を必要とする手技。



皆さんがスクリーンを見ると、目から入って来た画像 情報は脳の後方へと送られ、さらにその情報は脳の前 方へと送られて、スクリーンに映っているものを認識す ることができます。私のよき友人である小川誠二博士 がこの手法を開発しました。どんな手法なのか簡単に ご説明させて下さい。 私達は、脳内の活性化されている領域には血液が多く流入しているということを知っていますが、分かったのは1880年代で、随分昔のことです。活性化されている領域には、より多くの血液が集まっています。ところで血液が赤いのは血液中の赤血球が原因で、赤血球が赤いのは、赤血球に含まれている非常に重要な分子であるヘモグロビンが原因です。

ヘモグロビンは、肺から脳をはじめとする各組織へと酸素を運びます。ヘモグロビン分子には鉄原子が含まれています。ご想像がつくかも知れませんが、磁石の強力な磁場によって、この鉄原子を磁化することができます。つまり水だけでなく鉄もあるのです。

簡単に言うと、脳内の小血管にはとても小さな磁石が含まれていると見なす必要があるのです。赤血球は、毛細血管のなかを循環しているとても小さな磁石だと考えることができます。脳内の毛細血管中における水分子が血流を感知すると活性化されている領域の血流量が増加し、結果として水分子の磁化にわずかな変化が生じます。私達はそれをMRIと精緻なアルゴリズムで検出することができるのです。



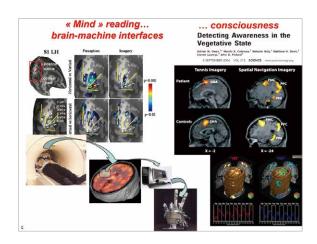
それでは簡単な実験をしてみましょう。目を閉じて、猫について考えてみてください。あなたの脳の中のどこかに猫が見えますが、一体その猫はどこにいるのでしょう?本物の猫は存在しません。ここで問題なのは、現実世界を見るのに使っている脳の領域は、仮想イメージを見るのにも使われているのか、ということです。

そこで、次のような実験を行いました。MRIシステムの磁石の中にいる人に向かって「cat」という言葉を言

います。日本語で言ってもかまいません。そして被験者は猫について考えねばならない。40秒後にまた質問をします。「その猫の耳はとがっていますか?」すると被験者はまた考えねばなりません。

これは脳の画像です(前スライド・右)。この後ろの部分が視覚野で、私達が現実世界を見るときに使う領域です。この画像は、まさに猫について考えたその時に水分子の磁化に変化が起こるということを示しています。考えるという行為は、水分子の磁化に影響をおよぼすのです。これはとても重要なことです。

くり返しになりますが、イメージを想像するのに使われたために、この領域の血流量が増加したことが原因なのです。このとても簡単な実験で分ったことは、現実世界を見るときにも精神世界を見るときにも、いくつかのネットワークを共有しているということです。



次にお話するのは、岡崎国立共同研究機構生理学研究所の定藤教授が米国にいたときに行った実験です。彼は先天的に目の見えない人々、生後ずっと物を見ることのできない人々に、指で点字を読んでもらいました。その結果、点字を読むことによって彼らの視覚野が活性化していることを発見しました。

これは素晴らしいことです。この実験結果は、私達は脳を設計されたのとは違うやり方で使っても、違った方法でなんとか使うことができるということを意味しています。私の考えでは、視覚野には現実の映像と仮想の映像を見る、もしくは点字を読むために共有している回路がいくつか存在すると思います。点字を読むということは要するに空間に並ぶ点を結びつけて文

字を認識する行為ですから、視覚的機能なのです。これらの実験から、目の見えない人も指によって見ることができる、と言うことができます。

もっと面白い事もできます。何かの物体、たとえば縦 長や横長の物体を想像してみると、脳の後部には直接 投射があることを考える必要があります。もちろんそれ は歪んでいますが、縦長の物体を見たときに活性化され る脳内の領域はこのような形をしていて、横長の物体を 見たときには領域は少し異なります(前スライド・左上)。

それゆえ、縦長か横長の物体を思い浮かべてくださいと誰かに尋ねたとすると、脳内の画像を見ればその人の心を読むことができます。例えば、この人物は横長の棒を想像しています。この人物は縦長の棒について考えています。現在では、文字を頭に思い浮かべてもらうこともできます。「H」「E」「L」などと思い浮かべてもらえば、この人物は「HELLO」と言っている、ということまで解読できます。今はこういう所まで来ています。

ロボットを駆動するために脳内の信号活動を計測することさえできます。この人物は、日本でよく知られた遊びをしています。日本だけで有名なのではありませんが、子供の好きなジャンケン遊びです。彼は手を動かしているか、いっさい動かずに、手を動かすことについて考えています。コンピューターは運動野の信号を検出・解読し、義手内の微小なエンジンへ電流を送ります。すると1,000キロもの遠距離であったとしても、MRIの磁石の中にいる人物の思考によって義手を動かすことができます(前スライド・左下)。

より困難かつ取り組みがいがあるかも知れないのは、自動車事故に遭って以来植物状態にある26歳の若い女性の話です。もちろん彼女をつねってみても、何の反応もありません。「あなたのお名前は?」と尋ねても、応えはありません。そこでオーウェン博士のグループは、彼女をMRIにかけてみることにしました。

彼らは女性に「あなたのお名前は?」と尋ねましたが、反応はありませんでした。しかしMRI画像を見ると、ブローカ野などの言語を司る領域が明るくなっています。これは植物状態にある女性が質問を理解しているし、反応までしている、ということを意味しました。

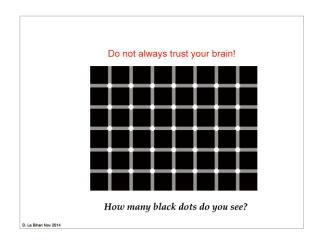
彼らはたいへん感動して、「自分がテニスをしているところを思い浮かべることはできますか?」と尋ねてみ

ました。もちろん反応はまったくありませんでしたが、 普通の人がテニスをすることについて考えるときに活 性化されるのと同じ脳の領域が反応しているのを確認 しました(前スライド・右)。

「お嬢さん、自分の家のなかの色々な部屋を探しまわっているところを思い浮かべられますか?」やはり反応はありません。しかしMRIの画像を見ると、普通の人が同じことをするときに活性化されるであろう脳の領域と同じ箇所が活性化していました。

要するにこの植物状態の女性とは、ある程度のコミュニケーションをとることが可能だったわけです。この種の実験のお陰で、今日では植物状態にある人々の約20%はコミュニケーションができることが明らかになっています。

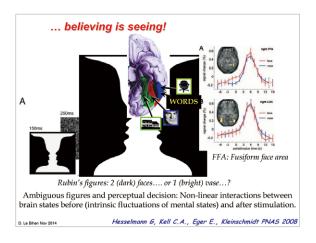
今日では、頭蓋骨表面の信号を検出する目的で EEG (electroencephalogram、脳波計)を使うことができるので、MRI さえ必要ありません。画像化技術によって、こういうことが出来るようになってくるのだと思います。



しかし人間の脳は、具体的な名前は言いませんが、バグのあるソフトウェアのようなものです。皆さんはこの中に複数の黒い点が見えると思いますが、実際にはこの画像に黒い点は一つもありません。それはあなたの脳が作り出したもので、ですから私達は完璧ではないのです。これもとても有名な画像です(次スライド)。一つの壷か、二つの顔が見えますよね?あなたは自分が何を見たいのか、どうやって決めますか?

ここで指摘したいのは、決めるのはあなたではない

ということです。あなたの気がつく前に、脳が決めているのです。画像は150ミリ秒という非常に短い時間MRIの磁石に表示され、それからあなたはボタンを押します。「私は一つの壷を見た」と言いたければ左のボタンを、「私は二つの顔を見た」と言いたければ右のボタンを押します。



脳内のこの赤い部分(中央)が、顔を認識するのに使われています。考慮する必要があるのは、脳の活動は常に変化し続けていますが、私達はそのことに気づいていないということです。それは変動しています。私達はこれを「生命状態の本質的変動」と呼んでいます。

0秒の時点で画像が見えますが、ここを見てください (右上グラフ)、画像が投影される2秒前にこの領域は 自然に活性化したり、非活性化したりできるようです。 画像が投影される2秒前に活性化すれば、あなたは 二つの顔を見ることになります。投影2秒前に活性化 しなければ、あなたば「壷が一つ見えます」と言うでしょう。つまり皆さんは自分で判断していると感じたり信じたりしていますが、実際には何も判断していません。 脳が前もって判断してくれているのです。

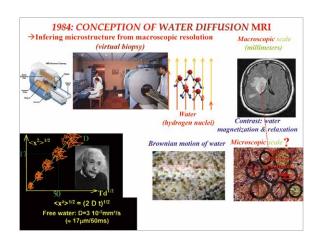
それでは、水のさらなる重要性についてご理解いただくために、別の例をご紹介しましょう。皆さんはこの実験をやらないでください。とはいえ日本酒では上手くいかないのですが。赤ワインと水を混ぜると、どこかの時点で両者は混ざり合います。この現象を拡散と呼びます。拡散の起こる理由については、アルベルト・アインシュタインが博士論文で明らかにしました。

彼はこの混合現象を、水分子などの分子が、帰宅途

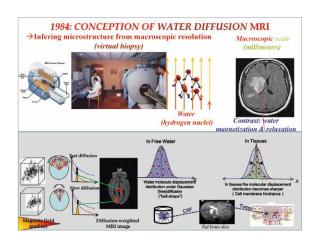
中の酔っぱらいのようにランダムウォークをしていた事実によって説明しました。それは全くランダムな動きなのです。彼は等式を用いたモデルを作りましたがそれは大変洗練されたものでした。相対性理論の等式E = mc²よりは多分皆さんに馴染みが薄いでしょうが、この等式は私にとって非常に重要です。なぜならそれは、水と混ざり合う赤ワインのような目に見える巨視的世界と、分子のような目に見えない微視的世界を結びつける方法だからです。



MRIの話に戻りましょう。ある病変をもつ患者がいるとします。医師としては、何の病気なのか?腫瘍だろうか?いったい何なのだろう?という疑問を抱きます。それを知りたくても画像の解像度は巨視的な、ミリメートル単位のものでしかなく、何も見えません。医師は病変中の細胞を見ることができる仮想生検法があってほしい、と夢見ます。これが私が1984年に拡散MRIによって開発したものです。



アインシュタインの理論を用いたこの着想では、水分子は拡散するため、膜などの障害物に広がってゆくと考えました。私はアインシュタインのモデルと等式を用いて、水の拡散画像を得るための手法を作りました。私達は水分子を一つ一つ見ることはしません。巨視的なスケールで見えるのは、水分子の微視的動作によって伝えられるメッセージだけです。



このような容器に入った水においては、変位は起こりません(下)。つまり、分子は広い領域を動き回れるということです。脳のようなコンパクトで数多くの繊維や細胞をふくむ組織内においては、分子の変位は減少します。

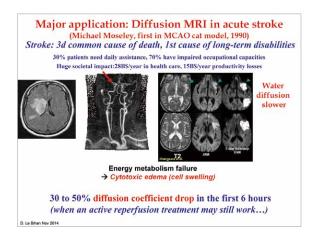
あまり物理学の話で皆さんを煩わせないようにしたいと思いますが、私が作った画像では水分子がどのくらい動いているのかを示す灰色から白色、また黒色から白色のコントラストをつける事は可能でした。数多くの細胞をふくむ腫瘍内においては、拡散は減少します。もしまとまった量の水をふくむ嚢胞があれば、拡散は増加するでしょう。

この技術は1990年に初めて実用化されました。この最初の患者は、実は皆さんにすでにお見せしているのですが、急性脳梗塞でした。つまり彼の脳動脈にはここに見られるような凝結塊があり、この脳動脈の干渉範囲の全てのニューロン**は死んでいくという状態でした。一分ごとに数百万のニューロンが失われているという深刻な状況でした。

※神経細胞/神経単位のこと

多くの患者はこの症状のために死亡し、命は助かっ

たとしても、残念ながら重篤な障害が残ることになります。急性脳梗塞は事実、長期障害の原因の第一位なのです。患者は生涯を通じて麻痺が残ったり、話すことができなくなったりします。いちど脳梗塞になれば、生涯後遺症が残るものと考えねばなりません。



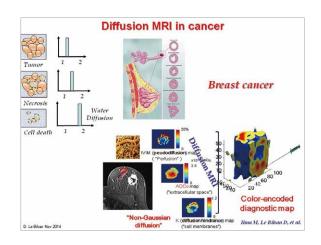
急性期においては、水の拡散はスローになることが明らかにされています。水の動きは減少します。なぜか?説明するのは少し難しいのですが、脳梗塞が進行中の患者においても同じであることが分っています。白い部分を見れば、医者でなくとも何か異常があることは分かります。

従来の普通のMRIでは、何も見えません。拡散MRIによってのみ見ることができるのです。しかし素晴らしいことに現在では血栓溶解剤という薬品があり、患者に投与すれば凝血塊を溶かし、血流を再開させて患者を救うことができ、さらに麻痺も消えてふたたび話せるようになります。

しかしこの処置は発症後6時間以内に、迅速になされねばなりません。さもないと毎分数百万のニューロンが失われてゆくため、手遅れになります。それを可能にするのが拡散MRIであり、また私が2012年度の本田賞を受賞することになった理由でもあります。

水の拡散は、癌においても非常に重要です。たとえば癌のように一つの組織がおびただしい数の細胞を含んでいる場合、水の拡散は減少します。腫瘍が良性だったり、あるいは消滅した場合には、拡散はふたたび増加します。特に乳癌において、この事実はとても重要です。乳癌はマンモグラフィーで検査して、時に何か

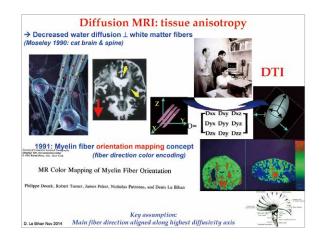
異常らしきものを見つけてもそれが何なのか解らない ため、非常に多くの女性が心配するのです。



例えばある女性が病変を抱えている場合、医者でなくても病変が見えます。画像にコントラストがつくものを注入し、腫瘍をはっきりと見ることができます。しかしこれだけでは、その病変が悪性なのか良性なのか判りません。

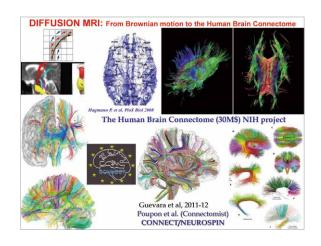
拡散MRIを使えば、病変の各部の悪性の可能性を示す、色別情報を入手することができます。たとえば病変の中心に異常はなく周辺が非常に悪性である、といったことが確認できます。これにより、生検を行うためにどこに針を挿せばよいのか判断することができます。

さらに、コンピュータ・ソフトウェアによって病変を 取り出し、外科医が患者を手術するときのように内部 を見ることさえできますが、これは身体への物理的進 入なしに、拡散を計測するだけで行うことができるの です。



次の実際の適用は、白質内における拡散は異方性を示すというのが分かったことです。これは何を意味するのでしょう?ニューロンを含む灰白質は、脳の周縁部にあります。脳内の異なる部位同士をつないでいるケーブルは、すべて白質です。

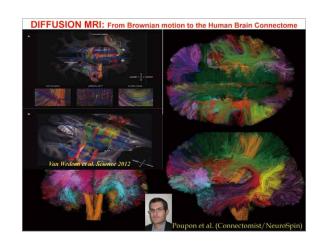
そして繊維細胞に沿った水の拡散は、垂直に交わるものよりも速い、ということが判りました。よって1992~94年当時、私とアメリカ国立衛生研究所のピーター・バサーをはじめとする同僚が考えていたのは、数学的枠組みを構築して複数方向における水の拡散を測定する事により、脳内における繊維細胞の方向を各ポイント毎に一つ一つ予測できるようにする、というものでした。拡散の盛んな方向があれば、繊維細胞はその方向と平行であるということが分かっています。



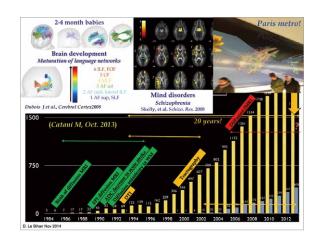
これは1990年代に行われました。目的はもちろん、それらのボクセル、すなわちポイント間のいくつかの接続を得ることでした。今日ではとても簡単に行うことができ、私達はヒューマン・ブレイン・コネクトームと呼んでいます。脳内接続の美しい画像を作成することができます。

米国では、人間の脳内接続に関する地図を作成するために、3,000万ドルを投入しました。ヨーロッパにおける予算はすこし少なくて200万ドルしかなかったのですが、私達はこのような画像を作成するために12のパートナーと連携しました。これらは人間の脳内接続を表した初めての画像です。

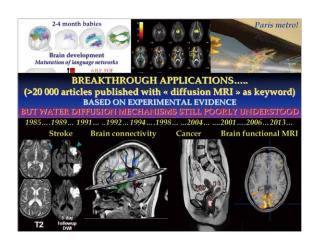
今では100を越えるこのような脳の画像があります。 15分から20分で作成できます。ただ磁石の中に入るだ けでよく、猫について考える必要もないし、眠っている だけでもかまいません。それだけでこのように見事な 脳内接続の画像を手に入れることができます。



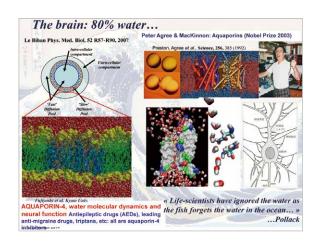
非常に重要なメッセージとしては、新しいアイデアが 実用化されるまでには10年から15年という長い時間が かかる、ということです。私が拡散MRIを開発したのは 1984年ですが、実際に脳梗塞の診断に使われたのは 1994年でした。脳内接続を解析するDTIという技術が 発明されたのは1994年ですが、現在になってようやく 使われるようになりました。



例えば、まだ話しはじめる前、生後2ヶ月から4ヶ月 の新生児における将来的に言語を司る左半球の繊維 細胞が、より豊富なことを確認するために使われまし た。左半球にはすでにより豊富な繊維細胞が存在して いるので、新生児の左脳は言語をとりあつかう準備が できているわけです。 統合失調症患者の中には、脳の前部と音や聴覚を 司っている領域を繋いでいる繊維細胞が不完全なこと が分かります。接続があまり良くないのです。ご存知の ように統合失調症患者には幻聴がありますが、この事 実によって説明可能かもしれません。

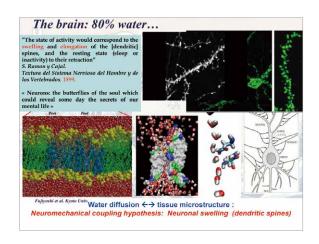


今やこの技術はとても有名になっていて、あるパリの 地下鉄駅では脳の神経回路図をアート作品として展示 しています。私はもっともっと知られる存在になると 思っています。



拡散MRIはさまざまに実用化されており、脳梗塞の診断や脳内繊維細胞の方位マッピング、癌の発見、そして今では脳内における活性化の状況を検出するために用いられています。全てをご説明する時間はありませんがただ一つ、水のことを忘れてはならない、というメッセージをお伝えしたいと思います。水は非常に重要な存在であって、ポラック氏は、海の魚が水のことを

忘れているように生命科学者は水の存在を無視してき たのである、と述べています。



たとえば鮨の中の水は、膜組織やたんぱく質等と隣り合っている時のように組織化することはできないでしょう。2003年度のノーベル賞受賞者であるピーター・アグレ氏とマキノン氏の発見によって、水分子はアクアポリンという特定の経路を使って細胞膜を通過できることが分かっています。

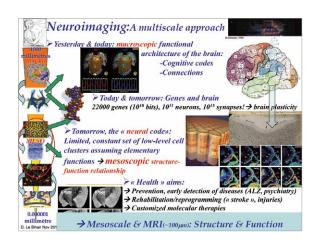
水分子を一つ一つ引き寄せては水素結合を壊している特定の分子が存在していて、そのように自然は水を大いに利用してきたし、例えば水分子に対して水素結合を壊すなどの行為を行ないます。細胞は特定数の水分子を取り込みたい、あるいは吐き出したいということができるのです。この現象は厳格に管理されていて、例えば現在てんかんや偏頭痛患者治療用に、この特性を利用した薬品が設計されています。

ニューロンを見てみると、非常に多くの樹状突起がついています。それはニューロンのアンテナのようなもので、数百も付いています。それら個々のアンテナには、他のニューロンとのいくつかの接続があります。一つのニューロンは、10,000の他のニューロンと接続できます。

皆さんの携帯電話が10,000の他の連絡先と繋がっていると想像してみてください。膨大な数です。私達は1,000億個のニューロンを持っていますから、その繋がりも膨大なものです。ニューロンの概念を発見、あるいは発明したラモン・イ・カハールは、ニューロンとは、いつの日か人間の精神生活の秘密を明らかにしてくれる

魂の蝶である、と言いました。私は彼は完全に正しい ことを言っていたと思います。

彼はまた、これら全ての構造の膨張や収縮という現象は、おそらく脳の働きを理解する上で極めて重要な要素であると述べました。このことも拡散MRIによって明らかにできます。これは私が神経系・機械系結合仮説と呼んでいるもので、水の動きにリンクしたニューロンの一部分のサイズの変化を拡散MRIによって検出することが可能です。この変化は、脳がどう働くのかを示していると思われます。

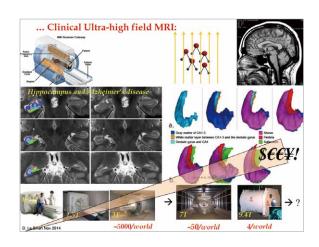


ここが今の私達のいる地点です(上部MRI画像)。 私達は植物状態にある人の脳の活性化の画像さえ入 手でき、脳内の美しい接続画像も得られますが、それ でもまだ十分とはいえません。もっと理解を進める必 要があります。人間はおよそ20,000個の遺伝子を持っ ていますが、先ほど申し上げたように、1,000億個の ニューロンのそれぞれが、最大10,000個のその他の ニューロンと接続しているのです。よって遺伝子では人 間の脳を説明できません。

すべての脳には言語野がありますが、遺伝子はこの 領域をフランス語に使えとか、英語や日本語に使えと か指示できません。これが現状です。これこそ私達が 理解したいと願う、私が神経コードと呼んでいるもの です。大脳皮質に沿ったニューロンの組織がどのよう に言語・視覚・運動力を特定しているのか。このことは 今日においても全く分かっていません。

以上を明らかにするには、正しいスケールを見つける必要があります。脳内の様子をよりよく理解し、疾患

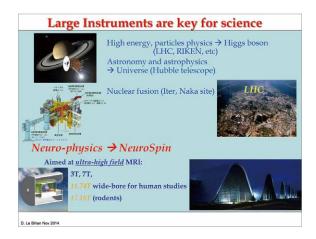
を早期発見できるように、非常に高解像度の画像を用いる必要があります。脳が損傷を受けたら、プログラムし直すことができるかも知れません。今は夢物語ですが、私は実現可能だと思っています。もっと時間が必要でしょう。



では、どうすれば実現できるでしょうか?まずMRIとは、強力な磁場によって水分子を磁化する技術です。 わかりやすく言いますと、皆さんの家の冷蔵庫にある 0.005テスラの磁石です。テスラとは磁場を表すのに使われる単位です。

病院設備の磁場は通常1.5テスラですから、地球磁場の30,000倍です。今日では、日本もそうですが、3テスラ、つまり地球磁場の60,000倍の機器を使っているところがあります。何台かの機器、すなわち今年日本が5台所有することになる機器は7テスラ、地球の磁場の140,000倍あります。9.4テスラで稼動する機器もあります。お気づきのように、より高磁場を目指して競争が起こっています。なぜでしょう?

たとえば海馬を見てみます (前スライド・左中央)。 ロンドンのタクシー運転手の脳において大きく発達 していた脳の領域です。じつはこの記憶とリンクして いる領域は、アルツハイマー病によって最初にやられ る箇所なのです。症状の初期段階にある患者の脳の この領域を非常な高精度で観察する方法があれば、 診断を行なうことによって患者の病状の進行を遅ら せることができるのではないかと私達は考えます。 治療法はありませんが、少なくとも症状を遅らせることは可能です。 たとえば、これが7テスラで得た海馬の画像です(前スライド・右中央)。しかしもっと高磁場の機器を用いることが私達の夢なのです。問題はそれにはとてもコストがかかることで、機器の共有が必要になります。そして物理学者たちは、共有方法をよく知っています。



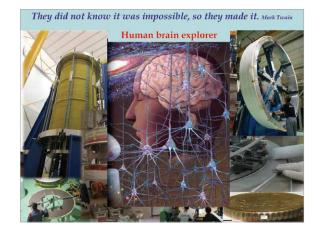
これが最近ヒッグス粒子を発見した大型ハドロン衝突型加速器 (LHC) で、日本の理化学研究所にも巨大施設があることも知っています。核融合について言えば、ご存知のとおりフランスは、核融合によってエネルギーを作り出す国際熱核融合実験炉 (ITER) を保有しています。この分野においては日本もリーダー的存在です。

このような経緯で私は、上司や行政(政治家と言ってもいいですが)に対して、非常に高磁場のMRIシステムを保有できる施設をフランスに建設するよう説得しようと決断したのです。目標は11.7テスラ、つまり地球磁場の220,000倍の設備です。



これは磁石です。長さ5メートル、直径5メートルという巨大なものです。これほどの強度によって脳をスキャンするのは、世界初の試みになるでしょう。私の所属研究機関、アメリカ原子力委員会の物理学者たちが設計したものです。現在完成は間近に迫っており、ニューロスピンに設置されることになります。磁石が適切な磁界強度を得られるように、-271°C、つまり1.8ケルビンにまで冷却されます。

フランスのアルストム社の工場で建造されていて、そこではフランスの高速列車TGVや、日本の皆様のためにも核融合に使われるいくつかの特殊な磁石を製造しています。これが磁石の外観です(前スライド・左)。もうすぐ完成します。まったく見事なものです。



この機器の精密さについてご説明するために、例をあげます。これは硬貨です(右下)。フランス、すなわちヨーロッパの硬貨で、この黒い線は磁石に配置しなければならない170のパンケーキの、一つ一つの位置を示しています。この位置は極めて正確で、そのことは大変重要なのです。私達はいま、私が時おり「脳探査機」と呼んでいる機器を造っており、今から約一年ですべての磁石を用意できる予定です。多くの人は不可能だと思っていました。「彼らは不可能だと知らなかったから成功した」という言葉が好きなのです。これは私達のケースと同じです。

最後に、私の大好きな本田財団のモットーについてお話したく思います。「人間性あふれる文明の創造」。 持続可能性は、決定的に重要です。水が絶対不可欠の存在であることを、今日は皆さんにお分かりいただけた と願っています。地球温暖化によって水の入手経路・方 法が変わるかもしれず、そのせいで人々は争い、戦争が 勃発するかもしれません。水はまた、自然災害とも関連 しています。



地球上に水が誕生し、そして水のおかげで生命が創造されたと考えられています。生命は水、細胞、有機物によって誕生しました。ですから生命の未開拓の分野は、この種の生命とは深いつながりがあるのです。

私達が長く生きるには病気を早期診断・早期治療することが必要ですが、幸せな人生を送れてはじめて、 長生きすることは良いことだと言えます。ですから精神 障害について理解し、その治療法を探すことがどうして も必要なのです。

世界人口は増え続けるでしょうから、水を入手することはさらに困難になってゆきます。水によって生命は生まれることができ、生命によって知能は生じることができました。このことを私は「濡れた」人間の脳、と呼んでいます。脳は水とともに働きます。そしてもちろん科学技術において、私達は状況を分析し、解決策を提案するために脳を使います。

私は科学者を知識の基準枠と考えるべきだと思いますが、ただしそれは彼らが中立的かつ信頼のおける存在であり続ける場合のみに限られます。これは必ずしも簡単なことではありません。そして次にやって来る少々恐ろしい段階は、水から生命へ、生命から知能へ、そしてこれからは私が「乾いた」知能と呼んでいる乾いたコンピュータへと向かっていくという事です。

多分乾いたコンピュータはある時点でもはや私達人

間を必要としないでしょうから、こうした技術をどう制御するか、また私達が水とどのように向き合うのかについては、大いに慎重を期する必要があります。しかし宇宙を探索したければ、このような水の要らない生命が必要になるかもしれません。すなわち私が言いたいのは、本田財団のビジョンはまことに時宜に適ったものであるということです。

このビジョンの根底にあるものを英語で理解するのは簡単ではないかもしれませんが、生命や心の重要さを考えてみると、それらは乾いたコンピュータには見出せないものです。私達は自分達の感情や生き方を維持できるようにしなければならないでしょう。これが私達の進むべき方向であり、向かっている場所であり、いまだに達成されていないことであり、これが私達の研究の推進力となるべきなのです。

生物学的多様性ははっきりしていますが、私達は認知の多様性、人々がそれぞれ異なる考え方を持っているということを尊重しなくてはなりません。それらを尊重し、そして人類の未来をになう若者たちに注目するべきです。私達は彼らに、多様性の大切さを教えなければなりません。

そしてさらに、高齢者に投資し彼らを守るべきです。 なぜなら彼らは膨大な知識をもっており、私達はそれから学ぶことができます。彼らもそうした知識を分かち合うことができねばなりません。ですから私達は高齢者の福祉を守るために、できる限りのことをするべきです。

御清聴いただき、誠にありがとうございました。

質疑応答

福永 私は東京でアブダクション研究会をやっている 福永と申します。非常に興味深い話を聞かせていただいて、感謝いたします。質問ですが、水分子が水分子と離れたりくっついたりする水素結合の過程は、タンパク質などとの相互作用では、生体内の酸素や水素以外の原子や分子とやはりくっついたり離れたりするネットワークを作っているのでしょうか。どんな生体内の水以外の分子や原子が、そのような水とのゆらぎの相互 作用をしているのでしょうか。その点をちょっとお伺いしたいと思います。

ルビアン おっしゃりたい事をすべて理解したかどうか 判らないという事を、まずご承知下さい。もちろん私の 講演は主に水分子に関するものでしたが、実際のところ、水分子は数多くの他の分子の形状も決定づけています。MRI、中でもとくに高磁場のものを用いて、私達はナトリウム等のイオンに加えて、代謝物や神経伝達物質を観察しようとしています。脳の研究においては、異なる分子がどのようにニューロンを活性化するのかを観察することも非常に重要です。

私の考えとしては、水分子はそれらの分子の形状を 決定づけており、ご指摘のように、これら全ての問題に は数多くの力学が働いています。私達はそのことを忘 れがちだと思います。

人々はシステムについて、通常一つの固定した見方を もっています。例えば脳やニューロン、接続についてで す。しかし全てのものは常に動き続けており、水分子が その中で決定的な役割を果たしているということに気 付いていないのです。

あなたのご質問と少し違っているのかもしれませんが、全てについてご説明する時間がないことをご了承ください。

福永 今おっしゃったのは分かりましたが、水の、H2O という水素や酸素の原子、あるいはH2Oという分子が、例えばほかの窒素やリン、マグネシウム、カリウムなど、生体の中の原子や分子の形を作るときに、水の構成要素が他の原子や分子と離れたりくっついたりするゆらぎの相互作用をしているのでしょうか。直接的な相互作用があるのでしょうかということをお尋ねしています。

ルビアン まだ分からない。

質問者 どうもありがとうございました。こうした医療機器の発達や医学の発達というのは、人間が長生きをする上で非常に大きな役割を果たしていると思います。一方では、先日、アメリカ合衆国での女性の尊厳死

の問題のように、人間の生き方とのバランス、長生きをすることが全てかというと、またそれとは違う、難しいところもあるかと思いますが、医療機器や医学の発達というものと、そういう尊厳死、生命維持というようなこと、そのあたりのバランスについて先生はどのようにお考えでしょうか。

ルビアン 特に乳癌についてお尋ねでしょうか、それと もその他の癌も含めて、ということですか?

質問者 がんに限らず、医学全般ということです。

ルビアン 私がとても重要な問題だと考えている乳癌についてお話しますが、今日における問題は、女性の方がマンモグラフィーでなにか異常が見つかると、外科手術や侵襲的治療を受けるかもしれないということです。ところが時に、何も異常が見つからないのです。

こうした治療は言うまでもなく、女性にとって精神的に非常に負荷がかかるだけでなく、外科手術や侵襲的治療を受けねばならないため、経済的にも負担になります。乳房を切除せねばならない時もあれば、癌が見つからないこともあります。

ご紹介したような画像化技術を用いれば、外科医の 判断を助けることができると思います。例えば私達の 作成した画像に赤い箇所があればそれは癌なので、手 術が必要です。問題の箇所が緑ならそれは癌ではない ので、6ヶ月から1年ほどの経過観察だけで済むかもし れません。オレンジ色だと完全にははっきりしないの で生検が必要となり、サンプル採取のために針を使う ことになります。

問題は、針を使うと跡が残ることです。その女性が一年後にマンモグラムを撮ったときに針の跡が見えるため、それが癌の兆候なのかただの針の跡なのか、判別の難しいことがあります。私達は拡散MRI技術が、癌のある女性とない女性を識別できるだけの潜在力を備えていると信じています。

問題は、MRIは非常にコストがかかることです。そのためMRIをスクリーニング手法に用いることはできません。従って、拡散MRIは遺伝的に高リスクを抱えている女性に用いるようにすることです。彼女たちが高確

率で癌になることは分かっている訳ですから、この技 術を利用できると良いかも知れません。もしくは超音 波やマンモグラムによる検査で疑わしい病変が見つ かった女性を対象にすることも考えられます。



パネルディスカッション



パネルディスカッション

角南 ご紹介にあずかりました政策研究大学院大学の 角南でございます。世界中からいろいろな分野の頭脳 が結集されたわけですから、これを一つの方向性にま とめてやれというのは、到底無理な話です。きょうも先 ほどからずっといろいろな最先端の研究を踏まえた将 来のビジョンについて講演がされていましたが、一つの 結論は、これからはおそらく今までのような線形型のリ ニアな発展ではなく、どこかで非線形型のダイナミック な発展形態に変わっていくのだろうと思います。

そういった意味では、このようにそれぞれ異なった分野

の頭脳が結集しているわけですから、このディスカッションもある意味で非線形型に、何が飛び出すか分からないようなダイナミックなパネルになればいいなと、私も非常に楽しみにしていますので、よろしくお願いいたします。

時間が限られていますが、実は今回のこのシンポジウムにいらっしゃる予定であったハーケン博士から、メッセージが届いていますので、まずそちらをご紹介させていただきたいと思います。英語ですが、私のほうで読み上げますので、たぶん通訳の方が日本語にしていただけると思います。



ヘルマン・ハーケン 博士

1927年ドイツ生まれ。1992年第13回本田賞受賞。シュトゥットガルト大学名誉教授。 元ドイツ科学財団顧問

35 回記念シンポジウムに際し、心からのお祝いと、皆様方への想いを送りたいと思います。 非常に大事なイベントと聞き、参加を楽しみにしていたが、病気になってしまい欠席します。 私はお話しようと思っていたサスティナビリティとシナジーに関して申し上げたいと思います。 政治の当事者として世論を形成することは不可欠です。シナジーシステムのたくさんの例から もわかります。新しい発展の先駆者として、小さいが活動的なグループの影響力は決定的なものになり、地球上の生命の持続可能性を目指す政治において、大小合わせてすべての国家間の協力につながります。これはまさに本田財団の活動の重要性を明白にしています。心から皆様方、財団のさらなる成功をお祈りします。

Hermacen Hahen

角南 それでは、ディスカッションに移りたいと思います。このハーケン先生のメッセージも後ほどディスカッションの中で取り上げていきたいと思いますが、このように進めたいと思います。いろいろな方々のプレゼンテーションを、それぞれの先生方も聞いておりますので、そうしたことを踏まえて、さらにメッセージ、あるいはいろいろな考えが出てきたと思いますので、それを一人ずつご紹介いただいて、その後、われわれのほうで少しディスカッションを進めていきたいと思います。

後半には皆さま方からのQ&Aということで、質問を受けながらさらにディスカッションを進めていければと考えておりますので、ぜひ質問、あるいはコメントでも結構ですから、今のうちに準備していただければと思います。

角南 それでは、ディスカッションを始めたいと思います。まず初めに、クレメンス博士のご感想をお聞かせ願えますか?

クレメンス 会場の皆さん、講演の後にまで残っていただいてありがとうございます。私の意見は今日のプログラムについて、そして理事長のメッセージについてのものです。持続可能性の探求こそ、地球環境問題と対峙するために科学者や技術者が進むべき方向です。私はこれが重要なポイントだと思います。

今日は講演を行わなかったので皆さんは私のことを よくご存じないかもしれませんが、私は二酸化炭素と 窒素酸化物の排出量および燃料消費量を削減すること が可能な、新型航空機エンジンに使われている材料を 開発しました。

私はこれこそ本当に持続可能な発明だと思います。 なぜなら現在の世界の抱えている問題は、私達が資源 を使いすぎるのに加えて二酸化炭素等の排出によって 資源を危険に晒しているからです。

私は講演を聞きながらメモを取っていましたが、どのお話も素晴らしい内容で、的を射たものでした。そこで、よろしければ講演についてコメントさせて頂くことから始めたいと思います。

レディ氏は講演の中で、奴隷制度からの自由、信仰 の自由、そして差別からの自由についてお話されまし



た。これらの論点は、ずっと昔に考案されたものです。 しかし今の世界がどう動いているのかをよく見てみる と、現実は大きく違っています。

奴隷制からの自由についてや、非常に多くの人々が 奴隷労働の危機にさらされているインドの現状につ いてのお話を聞いた時には驚きました。そして信仰の 自由という問題もあります。私の意見では、イスラム 戦争など現在の中東の状況を見ると、特にヨーロッ パではいわゆる啓蒙時代に政治と宗教を切り離して 以来、我々は誠に幸せな時を過ごしてきたのだと思 います。

このことはヨーロッパの発展にとって非常に重要だったと思います。ヨーロッパでも宗教がらみの戦争は数多くありましたが、政教分離が契機となりその後の近年200年間においては、宗教戦争は起こっていないからです。アイルランドは問題を抱えているかも知れませんが。しかし政治と宗教を分離するのは良いことだと思います。

差別からの自由という問題も重要です。女性の社会的役割について、また女性がいまだ社会で正当に評価されていないという事実についてお話がありました。女性の賃金はいまだに同じ仕事をしている男性よりも低く、質の高い教育を受ける機会も男性と同じではない、などといったことです。

二酸化炭素と水に関する講演についてもお話させて下さい。私は二酸化炭素と水には密接な関連があり、このことは私の研究にも繋がると思います。大気中における二酸化炭素の量が多すぎれば、気候は変動します。それが今世界のあちこちで、とくに現在のヨーロッパにおいて見られるのです。

過去10年間の大幅な気候変動のために、私達は大きな経済的損失を被りました。ヨーロッパでは豪雨や洪水など、今まで決して起きたことがなかったようなことが起こりました。

これらの現象は二酸化炭素の増加と関係があり、私の発明が関係している、またはこれまでに少しは役立ってきた問題です。気候変動の3.5%を超える部分が航空交通と少なからず関係があるということを、人々は知っています。御参考までに数字をあげると、年間6億トンを越える二酸化炭素が大気中に排出されています。一般的な乗用車一台の排出量は年間4トンですが、世界中の乗用車の数と掛け合わせてみると膨大な二酸化炭素排出量になります。

水分子の拡散は人体にとって非常に重要だとおっしゃいましたので、私の立場から一つだけお話したいと思います。私の場合は材料科学者なので、拡散という現象は全く好みません。高温環境において拡散が起きれば、材料に非常に深刻な問題が発生するからです。ごく簡単に言いますと、回転中のローター・ブレー



ドには力が働いているため高温状態で成分が拡散すると、ブレードは延びてしまいます。これは許されないことなのです。

以上が最初の私の意見です。

角南 ありがとうございました。では、次はルビアン博士にお願いしましょう。日本語で話していただいても構いませんよ。

ルビアン 持続可能性について語らねばならないとすれば、私としては心の持続可能性についてお話したいと思います。人類を地球上の他の動物と比べて少しばかり特別な存在にしているのは、表記システムを開発したからだと思います。

それは大昔の洞窟において始まり、ご存知のように 初期の人類は、コミュニケーションや世代を超えた情報伝達のために絵を使い始めました。それから本当の 表記システムが生まれ、そして私達は本を持ちました。 世代を超えた知識伝達の手段として、本はまさに驚異 的な発明でした。

今日では、ITがあります。フェイスブックやグーグル、マイクロソフトがあり、そしてクラウド技術があり、大量の情報を保存することができます。しかし私が指摘したいのは、伝達できるのは私達の気づいていることだけである、ということです。自分で意識していることのみ、伝達することが可能です。私達がコミュニケーションに使っているもので、どのように説明すればよいのか判らないものも沢山あります。

例えば私達はインターネットを通じてとても簡単にEメールをやりとりすることができますが、相手が自分の書いたものにどう反応して来るのか、はっきりとは判りません。例えばメールを送った後になってとても後悔したという経験は、誰でもあるのではないでしょうか。それは簡単に説明できます。

人間のコミュニケーションは主に、言語を使わずに行われます。例えば私達は表情を使います。アイコンタクトという方法がありますが、自閉症の人は他人と目を合わせられないことを考えると、アイコンタクトはとても重要です。このような知識の伝達方法は維持されなければなりません。

例えばロボットの数を増やすのなら、人間の心の働きにより近いプログラムの作成が可能でなければならないということを忘れてはなりません。

私はMITで行われている実験を見たことがあるのですが、そこには人間の行動を真似するロボットがあったと思います。例えば、にこやかな表情をするとロボットは親切にしてくれますが、不愉快な言葉をかけると、ロボットのほうでも意地悪な反応をします。ロボットには感情がないのにそういう行動をとるので、本物の人間と話しているように人々が反応するのを見るのはとても愉快でした。

ですから私達は、少なくとも人間の心の働きをよく 理解できるようになるまでは自分達のコミュニケー ションの方法を失わないよう、大いに気をつけねばな りません。まだ時間はかかりますが。

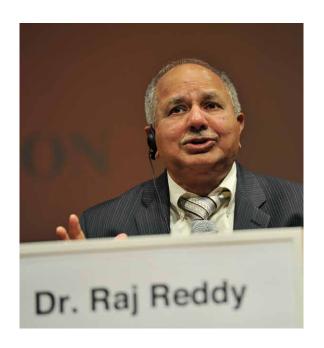
角南 ありがとうございました。それではレディ博士、どうぞ。

レディ たいへん興味深い話題ですね。話し合いたい 色々なアイデアを思いついたのですが、二つだけにさせ て下さい。この二つに関連はありません。

一つ目は、何が私達を人道的でなくしてしまうのか?なぜ今日の社会は人道的でないのか?今日の私達は500年前、1,000年前よりはずっと人道的だと思うので、この質問は公正ではないかもしれません。とは言っても、私達は昔の人間が何をしたのか全て知っている訳ではないのですが。

具体的に見ていくと、たとえばテロリズムの問題があり、他人を殺して回っている人間達がいます。信仰の問題だと思いましたが、イスラム教徒同士でさえシーア派とスンニー派が爆破し合っています。9・11では同様の事件が起こり、ISISとISILも同様の行為を行っています。ヨーロッパにおいて、過去10年から20年において戦争や同じような事がまったくなかったとは思いません。

たとえばボスニア・ヘルツェゴビナがあります。未曾有の大惨事と言えます。この時代の文明社会があのようなことを行なうとは、信じられませんでした。あそこもヨーロッパの一部ですよね?ホロコーストや、さらに



第一次世界大戦における化学兵器の使用を思い返して みると、人間は思慮深く分別のある人間ならやらない ような行動を取るようです。そうですよね?

しかしそういうことは、我々の脳の構造と関係があるように思われます。その意味で私は、ルビアン博士のお話に戻りたいのです。人間は攻撃性を秘めています。ある程度の攻撃性は誰の中にも潜んでいるように思われますし、ある特定の条件下において我々は学習したことを全て忘れてしまい、攻撃的になります。

お聞きしたいのは、水分子を消し去って攻撃性を取り除くような方法はあるのでしょうか? 一つには、こういうことを考えました。

もう一つは、よりポジティブで希望のもてるものです。500年、1,000年、2,000年前日本で起きたことを振り返ってみると、あまり多くの資料は存在していなかったのです。100年前のものでさえ、見つけるのはとても困難です。人々はそうしたものをほとんど保存してこなかったからです。そして残っているものはアーカイブ化されているため、私達のほとんどは見ることができません。幾つかの資料は最終的には地下に保管され、あと数百年たてば結局は朽ち果て、失われてしまうでしょう。

そしてついに私達はテクノロジーによって、自らの文化・遺産・知識、そして日々のあらゆる出来事を保存できるようになりました。かつては書物・音楽・動画を異

なる媒体、異なる物として考えていました。もはやそうではなく、全てはビットであり、私達はそれらを取り込み、永久に保存することができます。

有名なミュージシャン、有名な映画に限らず、自分で映画を作ることができ、YouTubeに保存すれば動画がそこにアップロードされる。1,000年間保存できれば良いなと思います。新聞は発行後2日もすれば不要になるので、とっておく人などいません。しかしデジタル化されれば新聞を取り込むことができ、永久に保存することができます。

情報保存技術の素晴らしい点の一つをお話します。 私は1972年に40メガバイトのメモリを買ったとき、 200万ドルを払いました。今では100万倍の4テラバイトのメモリを100ドルで買うことができます。すなわち、メモリのコストは下がってきています。ここで覚えておいて頂きたいのですが、毎年倍になっています。つまり10年後には、磁気記憶媒体の容量は1,000倍に増加し、20年後には100万倍の増加となり、この流れは今後少なくとも10年から20年以上は続くでしょう。

メモリのコストは下がり続けているため今や何でも 保存できるし、そして私達はそうするべきです。すなわ ち全ての書物・音楽・新聞・動画を保存し、社会全体 で永久に無料で楽しめるようにするべきです。

今の段階では、無料である必要はありません。カルーソーの曲は今無料で聞けるはずです。しかし、利益を生み出しているのなら著作権を担保すれば良いと思います。しかし儲かっていないのであれば、パブリックドメインにするべきでしょう。

そうするための方法は幾つかありますが、これ以上 時間を取りたくはありません。重要なのは、より人間性 あふれる社会を作るためにできることは数多くあり、そ して我々はそれを行うべきだということです。

角南 ありがとうございました。次はアンダーソン博士にお願いしたいと思います。

アンダーソン はい。私はコミュニケーションとその複雑な本質についてルビアン教授が指摘されたことの一つについてお話したいと思います。

どうやらコミュニケーションに関する議論において



は共通して、情報と知識が混同されていると思います。私達はみな教師であるわけですが、絶対に正しい 情報を数多くの学生にメールで送ったとしても、実際 にその情報が真の意味で彼らに伝わるとは考えられ ないことを知っています。

教えることと学ぶことは非常に複雑なプロセスであり、人間は今のITにできることよりもずっと高度な能力を有するという意味で、熟練したコミュニケーターでなければなりません。教えることや学ぶことはある種、情報を知識へと変換することであり、私にとっての知識とは、モデルであり、理論であり、時として迷信でさえありますが、基本的には教えや学びの根幹となる、モデルと理論のことです。

したがって私は情報革命あるいはコミュニケーション革命というものを、それほど深くは信頼していません。それには、人を説得するというような観点が含まれています。あなたは説得しなければならない。実はジョン・メイナード・ケインズは、他人を説得するということについて数多くのエッセイを書いています。その中で彼は、自分の理論を人々に理解させるための秘訣と、非常に難解な本を出版することとは何の関係もなかったと説明しています。

彼は、人々を説得し、古い考えを捨てて新しい理論 やモデルについて学ぶ必要があることを納得してもら わねばならないと言いました。しかしそれには非常に 時間と労力がかかるし、集中的かつ人と人とのコミュニ ケーションが必要となります。その為には両手の動きや アイコンタクト、同じ情報を何度も繰り返し伝えるこ と、また人々に自分の考えに賛同してもらうことが秘訣 のようなものになるのです。

ですから情報およびコミュニケーション革命を、私達の未来の基本的要素として学びを得るという問題への解決策と見なすことには用心が必要です。それにも増して、創造性とイノベーションが発展の重要な要素です。

角南 ありがとうございます。レディ博士、何かご意見はありますか?

レディ では少しだけ。アンダーソン博士のお話には同意しますが、教師がコミュニケーションを取るだろうから本を読んだり授業に出席したりするべきではない、というご意見については納得しかねます。

好むと好まざるとに関わらず情報の伝達プロセスとは不正確なものです。誰かの言ったことが何度もくりかえし言い伝えられるという実験がありました。最終的には法律用語でいう伝聞証拠というものです。数多くの人間によって言い直された言葉はもはや同じ言葉とは言えないため、伝聞証拠は証拠として認められません。従って、このような問題があります。

だがそれにも関わらず、私達は社会において教育を

おこない、コミュニケーションをとり、ともかく不正確な知識がやり取りされ、場合によってはイノベーションその他のことが起きることもあります。しかしコミュニケーションは不正確なものだという問題を忘れてはいけません。しかしそれは本を書くべきではない、ということではありません。

アンダーソン 私は本が大好きですが、まず初めに講義したり個別指導を行ったりしたから、最初に読んでおくべきだった嫌な本を生徒達になんとか読ませることができたのだと思います。それは読書・個別指導・講義・セミナーといったものの相互作用であり、画面を眺めていれば習熟する、というやり方はこのような相互作用の代替案にはなりえません。

特に音楽のような分野では、大成した一流の音楽家で、情報から知識へ、知識から技能への進行の一環として集中的な個別指導を受けたことのない人は存在していません。研究所にいる物理学者や化学者、病院にいる医師にとっても同じことが言えます。彼らはこの非常に重要なプロセスを経なければならず、学習の経験全体のうちで本や画面等から得られる情報が占めているのは、とても小さな部分です。私の申し上げたいことは以上です。

角南 今日の経済学者からモデリングよりも本を読む ことの大切さについてお話を聞くことができ、とても嬉 しく思います。ルビアン博士、どうぞ。



ルビアン あなたの仰ることに同意しますし、私はその考えをさらに発展させてみようと思います。今私達は、脳が扱いきれないほどの膨大な情報が利用可能です。自分の欲しいものだけを得られるように、モデル化しなければなりません。問題は、例えば記憶を保持したり内容を理解したりするためには、脳に沢山インプットしてやる必要があるということが分かっています。

いわゆる古き良き時代、教師は黒板に等式などを板 書したり喋ったりしていて、それを生徒は消されてしま うかもしれないので素早く書き写さねばなりませんで した。そうやって彼らは自分の脳に刻みつけていたの です。

今日では、PDFという厄介なものがあります。なぜなら沢山のことを参照できるような気がしてしまうからで、試験の対策としては十分なのかも知れませんが、私には分かりません。でも数ヶ月後、数年後に何を憶えているでしょうか?何も残りません。

ITに関する問題とは、私達は膨大な情報に侵されているので結局は何も知らないということだと思います。一例をあげましょう。もちろん皆さんの中には戸建住宅に住んでいる方がいらっしゃると思いますが、家の中には階段があります。例えばその階段を想像してみてくださいと私が尋ねたら、皆さんは毎日見ているので、とてもはっきりイメージすることができます。しかしあなたの家の階段は何段ありますかと尋ねられたら、たとえその階段を20年使っているとしても、普通は答えられません。脳は役に立つ情報については記憶しているのですが、階段の段数はそれほど重要な情報ではありません。

私達は情報を選別しているので、たとえ何百冊、何 千冊、何百万冊という本を持っていたとしても、自分の 望むものしか憶えていません。だから私達は互いにコ ミュニケーションを取る必要があり、そうすれば共通の 知識を共有する事ができます。この点は大いに注意し なければなりません。

角南 もう少し展開させてください。私は先週スコットランドにいました。長時間のフライトのときはいつもそうするのですが、帰りの飛行機の中で映画を観ました。 「トランセンデンス」という映画です。2045年における



シンギュラリティーの問題を描いたハリウッド映画なのですが、世界や我々が知っていることの全てを変容させるビッグデータの膨張が描かれています。

そしてヨーロッパでは、例えばビッグデータは我々が新しいアイデアや知識を生み出す方法をどう変えるのか、といった壮大な議論が起こっています。いわゆるサイエンス2.0ですね。なぜなら我々はネットワークによって繋がり、コミュニケーションをしているからです。あなたの分野において、ビッグデータはどのようなインパクトを与えていると感じますか?あなたの分野を変化・転換させることはあるでしょうか?どのような見解をお持ちなのか、また今後どのような影響があるとお考えですか?

ルビアン 私は肯定的な見解も、それほど肯定的ではない見解も持っています。特に脳を理解する上でビッグデータは不可欠であり、ご存知かも知れませんが、現在ヨーロッパにはヒューマン・ブレイン・プロジェクトと呼ばれるものがあります。とても予算の潤沢なプログラムで、その目的は、脳を理解するために膨大な数の脳からできる限り沢山の情報を引き出そうというものです。素晴らしい試みであり、やらねばならない事だと思います。理解を進めるための唯一の方法は、数多くの情報を手に入れることだからです。

しかし私が同僚にいつも言っているのは、情報その ものによってモデルを創ることはできない、ということ です。私達にはとても賢いコンピュータと膨大なデータがありますが、モデルにはそれに対応するプログラムが必要なのです。情報はモデル化されていなければ、見ることができません。例えばダークマターのようなものです。見えも感じもしないので、そこに在ることさえ分からないのですが、事実それは宇宙に存在している大きなエネルギーなのです。

ですから、同じことだと思います。ビッグデータの抱える問題とは、情報の読み出しを確実にするためにはモデルが必要だという事です。少なくとも私の知る限り、残念ながら今のコンピュータにそれはできません。もちろんベクトルマシン等のように情報の確認や分類をおこなうアルゴリズムや学習プロセスを用いることは可能ですが、それは人間の頭脳によって創造された物理学にあるようなモデルを作るのと同じではありません。まだその準備はできていません。

角南 アンダーソン博士、どうぞ。

アンダーソン そうですね、いわゆるニューラルネットワーク理論を用いて理論やモデルの内生的生産を確立する事の試みはなされてきました。しかし残念ながら、詳しく見ていくと、根本的にはどうしても特定の前提に依存せざるを得ないことが判りました。先に進ませるためには、何らかのトリガーメカニズムを用意しなければならないのです。ほとんど目立たないように見えますが、モデルはあるのです。一つにはそういった側面があります。

しかし、株式市場はすでに膨大な情報の流れの影響を受けている、と主張する金融経済学派があります。全ての投資家のあらゆる希望・要求・予測などを集めて相場が決まる株式市場は、「スーパーブレイン」と言われています。残念ながら安定しているとは言えないため、もし機能するとしても、安定性の問題があります。

私の考える巨大データに関する問題とは、たとえば 輸送交通システムの巨大データが、データフローやお 互いの行動に敏感に反応する人々に発信された場合、 実際大惨事を引き起こす可能性があります。彼らは一 斉に行動し、まさにその膨大な量のデータが解決する はずだった問題を引き起こすかも知れないからです。 私達が社会システムにおいて、もしお互いに完全に 独立していて、相互依存関係になければ機能するかも 知れませんが、幸か不幸か私達はお互いに真似しあ い、反応しあう社会的な生き物であり、それによって実 にしばしば迅速処理における深刻な不安定性が発生し ます。

角南 クレメンス博士、どうぞ。

クレメンス 記憶に関する話に戻りたいと思います。なぜかというと、私達は高齢者を特に大切にしなければならない、彼らは沢山の情報を記憶しているからだ、というあなたのプレゼンテーションでの発言に共感したからです。私も義父に関する問題を抱えています。彼はいま79歳で、記憶を失いはじめているのです。アルツハイマーのような病気です。

彼の頭脳には沢山の情報が保存されていて、まだそこに残っていると私は思いますが、今後10年か15年のうちに、脳からそうした情報を読み取れるようになると思いますか?

ルビアン それは難しい質問ですね。いつかは脳から情報を読み出すことができるようになるかも知れませんが、10年20年では短すぎると思います。まだその準備はできていません。問題は、たとえばテープに情報を記録したときのようなことです。テープの内容を知る



には再生機器が必要です。もし再生機器を失くしてしまったら、または機器を持っていなければどうすれば良いのか?

ですから今日において脳から情報を読み出す唯一の 方法は、喋ることではないでしょうか?その他に私達 は、情報を取り出す方法をもっていません。記憶とは何 なのか、ということさえはっきりは解っていないのです。

情報を読み出したければコミュニケーションをしなければならない。従って自分も何かを再生しなければならない。ところがお話したように、例えばあなたの家の階段を考えてみてください。自分の家の階段について憶えているつもりでも、答えられない質問はある。つまりあなたは階段についてちゃんと記憶していなかったことになります。

記憶と呼ばれるものについて、私達は十分に注意しなければならないと思います。なにか事故が発生して、現場近くにいた十人の人間に目撃したことについて尋ねたら、普通は十通りの答えが返ってきますよね?もし全員の脳にカメラがついていたら、一人でも十分ですよね?しかし一つの明確な答えを得るためには、異なる十の答えの平均をとらねばならないのです。

記憶とは何なのかという事については、はっきり解っていないと思います。現在では、私達が記憶と呼んでいるものの幾つかは、実際には再構築されたものであることが分かっています。子供はよく三歳、四歳、あるいは五歳の時に自分がやっていたことを憶えていると主張しますが、その頃の記憶はそれほど鮮明ではないことを私達は知っています。実際には当時自分がやったことを、両親から聞いたのです。いつの間にかそれが自分が何をしたか憶えている」になったけれども、実際にはそうではなく、両親から聞いたことだった訳です。

ですから記憶を人工的に読み出せるようにする前に、私達はまず記憶とは何なのか、どのように働いているのかということを、本当の意味で理解しなければならないと思います。

角南 ご存知のように、いま認知症の問題について世界的な取り組みがなされており、ヨーロッパ諸国・米国・日本は、協力して答えを見つけ出そうとしていると思います。この病気に関連したとても多くの経済的損



失や社会問題が存在していますよね?

ルビアン ええ、しかしつまるところ、記憶を失くしたら日常生活を送ることができない、ということだと思います。例えば車の運転の仕方や自分がどこにいるのかを忘れてしまったら、生活できません。ですから喫緊の課題は、認知症の人々の記憶を失くさないようにすることだと思います。脳内に保存された情報を取り出して他の人々に送ることではありません。

あなたのご質問ですが、情報を吸い出して送信する ということはいつか可能になるだろうと思いますが、そ れがどんなルールに則り、どう機能するのかについて はまだ解りません。

しかし認知症は、とくに長寿に恵まれている日本においては、非常に重要な問題です。フランスにおいても同様に寿命が延びていますし、今や多くの先進国においても同様です。しかし長生きしたとしても、記憶を失くしてしまったり重い認識機能障害のせいで人生を満喫できないのなら、長生きをする意味はあるのでしょうか?

私達は脳内レベルを維持することに本気で注力する べきです。脳は年齢とともに衰えますが、きちんと考え る事さえできれば問題ありません。

角南 レディ博士、ビッグデータのある世界については、どのようにお考えですか? つまり、あなたは文化遺

産や多様性にまつわる数多くの問題に取り組んでおられますが、それらは「我々はこれまでビッグデータを制御してきたし、運用も可能である」という考え方に由来するものですよね?

レディ 基本的に私は皆さんのご意見の多くに賛成しますが、ひとつ付け加えさせてください。私達がデータの過剰という問題を抱えていることは明らかなようです。そのせいで処理しなければならない物事を処理することさえできず、多くはそのままになっています。

この問題は常に存在してきました。なぜなら、要するに私達が過去に晒されたことのないような問題だからです。かつては、それらの本は全て図書館の中にあったので、私達が読むことはできなかったのです。今や全てはPDFになって私のキンドルに入っていますが、いまだに読めていません。

とはいえ、細事にこだわり大事を逸してはならない、 ということには注意を促したいと思います。かつて私 達が憶えなければいけないことは沢山ありました。情 報から知識へ、そして習慣化した技能へというアンダー ソン博士のお話になった技能の事です。しかしそれは もはや必要ではありません。

かけ算九九を憶えておく必要はありません。電話番号を憶えておく必要もありません、コンタクトリストに入っていますから。かつて憶えておく必要のあった多くの事は、憶えなくても良くなったのです。

さらに重要なのは、知っていたかもしれないが忘れ

てしまったこと、また時には知らないかもしれないが探し出したいことは、数多く存在するということです。必要なのはグーグル検索のみです。私は自分がかつて知っていて、いま知っているべきと認識している情報について、検索をしない日はありません。

私は、一日十回は憶えておくべきことを見つけます。 しかし私はもう憶える努力をしていませんが、それでいいのです。もう九九を憶える必要はありません。電話番号を憶える必要もありません。そこにあるからです。

その意味において私達は、自分達がビッグデータを 持っていて、誰かが情報を検索してくれて、あなたに情 報の潜在的な使い道まで示してくれるという事実には 賛辞を表する必要があります。これは非常に重要なこ とです。

たとえば昨日、私は日本航空9便で日本に向かっていました。昔はどんなにお金をかけても分らなかったことなのに、今では検索ボックスに「JL9」と入力するだけで、旅客機の正確な現在位置や到着時間といったすべての情報を教えてくれます。

これはデータの過剰の結果です。全ての旅客機の全ての情報が存在しています。全てを知る必要はありませんが、それでも私達が自分の持っているツールを効果的に使うことができるなら、ビッグデータは役立ちます。データ過剰の問題はありますが、私が取り組む必要はありません。誰かが取り組んでいます。

角南 アンダーソン博士、どうぞ。



アンダーソン ツールボックスを持つのは良いということについては皆同意していますし、そのツールボックスがとても簡単にアクセスでき、ツールボックスの中に情報システムがあれば、以前よりずっと有効に機能すると思います。

ここで、進歩・発展に対して反発し、イラクやシリアで戦ったり、フランス・スウェーデン・ノルウェー・デンマークその他の民主的に非常にうまく機能している国々における過激主義運動に参加したりする人々の数が増加している、という問題に戻ってもよろしいでしょうか。

この問題について幾つかの研究をおこなった結果、これらの国々において極右運動が増加しているのは、昔からの職業が立ち行かなくなって失業した者たちが、新しい仕事で雇ってくれる雇用者を見つけることが不可能だという事実が主な原動力になっている、ということが判明しています。

ヨーロッパ経済の変容につれてこの種の過激主義 運動が伸長することは避けられませんし、事実彼らの 一部はシリア・エジプト・イラク等からの移民であり、 将来どうすればよいのか、二重に戸惑っています。です から過激派のISISの仕事でさえも、無職になるよりは 魅力的なものとして受け容れるかも知れません。

このような変容過程における持続可能性に関する課題の一つは、昔からやってきた仕事が社会で見棄てられてしまい職を失っている人々のために、新たな雇用を生み出す組織や機関を作る、ということだと思います。

角南 それは非常に重要な点ですね。私がコロンビア 大学の博士課程にいたときの担当教授は、異なる部門 を横断するイノベーションについて、また他の部門より 革新的な部門はどれか、という研究をしていました。そ れで判ったのは、教育部門はより革新性の低い部門で あるということです。人々にものを教える方法は、長い あいだ変わっていません。このような社会の変遷をよ り持続可能なものにするために教育が非常に重要であ るというような、極めて難しい状況に私達は置かれて いるのです。

ここで皆さんに、教育についてご意見をいただけま すでしょうか。明日、本田財団では次世代のエンジニア や科学者のためにY-E-Sの集まりを開催しますので。 レディ博士、どうぞ。

レディ それは非常に重要な質問です。前世紀における教育を考えてみると、基本的に教師が行っていたのは、すべての既知の事実を教えることでした。近年ではそうした事実は、もはやインターネット上にあります。今や教育の役割とは何か、ということが問われています。

ルビアン博士のお話に戻って、簡単な例をあげましょう。あらゆるデータその他の情報が存在しています。しかし私がその情報を見つけられることを知らなければ、決して知ることはないかもしれません。この場合、微積分を知っている必要がないのではなく、必要な時に高度な原理をジャストインタイムの学習で使えるように、微積分の基本原理は知っておく必要があるわけです。

課題となるのは、調べればわかるような事実を単純に教えている教育方法をどうやったら再構築できるのか、ということです。問題を解決するために必要で、また問題解決の為に知識を利用するのに求められる論理的思考法を教える必要があります。問題はどうやってそれをやるのか?ということです。

私はフライト情報の例をお話しました。私は問題を 抱えていて、これから何が起こるのか知る必要がありま す。そして私はコンピュータに入力すれば情報を得られ



ることを知っていた。これが問題解決のプロセスです。 ですから私達はあらゆる子供、あらゆる人々に対して、 21世紀を生き抜くための一連のスキルを教え始める必 要があります。それは全ての事実について学習するとい うことではありません。事実はそこにあるからです。

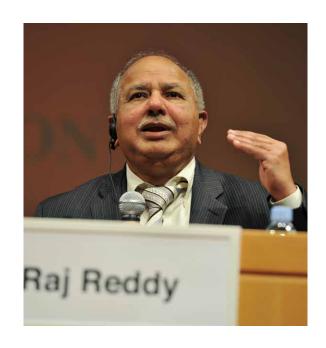
ルビアン 私も発言してもよろしいでしょうか。私達が 学ぶことは二つあります。私達は学習の方法、つまりプロセスについて学ばねばならず、また記憶の方法についても学ぶ必要があります。少なくともフランスでは私が子供で生徒だったころ、数学の得意な人についての論争がありました。たとえば数学では、計算以外は考え方を学ぶのであって、暗記するようなものはありません。新しい着想を得るために考えねばならない。一方、歴史や地理を専攻している人々は、実に沢山のことを暗記しなければなりません。

しかし両方とも必要なのです。私達は記憶する必要もあります。私は少し日本語を勉強していますが、例えば漢字を憶えるには書くことがとても重要です。漢字をコンピュータ上で眺めているだけでは絶対に憶えられないし、意味するところも学べないでしょう。これが私の問題なのです。

私は全てが必要だと思います。そうやって脳は働いているのです。お話したように、入力を沢山して記憶を強化する必要があります。よってグーグルで検索できることを暗記するのも、記憶力の訓練になるので害にはなりません。また、たとえばアルツハイマー病になった人々に対して、私達はありきたりな事を学習させてでも、彼らの記憶を維持しようとします。それで十分なのです。

ですから私達は、見つけられるものの学び方と見つけられないものの学び方のバランスをとる必要があると思いますが、現在では全ての電話番号を入れておいたスマートフォンを失くしてしまうと全てを失うことになり、致命傷になってしまいます。

レディ ルビアン博士のお話に補足させてください。 三つのフレーズが使われています。「学ぶための学習」、「考え、論じ、問題を解決するための学習」、そして三つ目は「記憶することはアンダーソン博士の呼ぶところ



の技能に相当する」です。

あなたが何かをする必要があって、練習を積むほかに漢字を学習する術がないのなら、三つのスキルすべてが必要です。ただし、20世紀において必要と考えられていたスキルは、21世紀ではもはや必要ありません。

たとえば私はインド出身ですが、インドでは発音は同じでも文字が異なるケースがあります。20の異なる言語には、20の異なる文字があります。その点ヨーロッパでは、一種類の文字しか使われないので安全です。問題は、私は20の文字すべてを憶えたくないという事です。そこで私は、自分の言語の文字に対応する文字を音訳して、自分の言語の中に入れました。抑揚のつけかた等の話し方はすべて知っているので、自分の言語の中にあれば、何と言えばいいのか見当はつきます。

このことで分るのは、技術に応じて、またどの時代にいるかによって、私達は覚えるべきこととそうでないことを判別できなければなりません。

たとえば先ほどの漢字学習の問題は、次のような感じで解決するかも知れません。スマートフォンだけあればよく、画像を撮影すると読み取られ、それが何なのか教えてくれます。それなら私は実際に文字を憶える必要はない。現在それは可能です。

翻訳に関しても同じことが言えます。私は外国で会議に参加している。外国語は話せない。でもスマート

フォンさえあれば、送信したものを翻訳して再生してくれます。この技術はこの3、4年のあいだに実証されました。今では音声翻訳が可能になっており、正規の翻訳者が必要ない訳ではありませんが、いつかはどんな言語で育っても他の言語は何も学ぶ必要のなくなる時が来るでしょう。聞けるわけですから。

角南 アンダーソン博士、どうぞ。

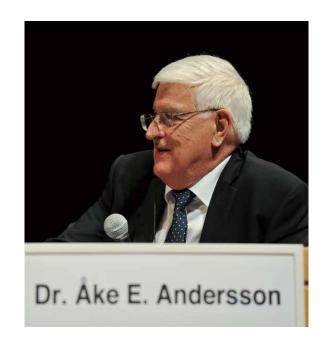
アンダーソン 私はかつてスタンフォード大学教授であったポリアという有名な数学者について学んだことがあるのですが、彼は教師として学んだ事のまとめのようなことを行いました。「いかにして問題を解くか(How to solve it)」という著書で彼の主張していることは、あなたのお話を補完するためにとても役立つと思います。

初めに彼は、人々に理解してもらう上でもっとも大変なのは、いかにして優雅に、かつ生産的に問題を作り出すかということである、と言っています。問題の考案です。どうすれば分析しやすい形で、今まで誰も考えたことのない問題を考案できるでしょうか?

問題が完成できたら、仮にあなたが学生だとしたら、それを創造力の基礎として学んだということです。 その次の質問は、問題はいかにして解けばよいのか? というものです。どうやったらこの今まで知られていなかった問題を解けるだろう、明らかにツールボックスには直接役立つものは何も入っていないのに?

そこで彼は、類推を利用できると言っています。あなたが全く馴染みのない知識分野のどこかに類似するものがあるかもしれません。あなたはどんな物理学者もやったことがないことをやりたい物理学者かも知れません。よってあなたは、類似するものや十分に類似しているものを発掘するために、数学あるいは化学の地下世界へと奥深く入って行くべきなのかも知れません。

私は、これは一部の生徒達の目を開かせるためのとても良い方法だと思いました。彼らが私の所にやってきて何について論文を書けば良いだろうか、問題を考案して欲しいと言うと、私は唯一重要な事は、私のやっていることと全く違うことをすることだと教えます。すると彼らはとても困った顔をします。



しかし彼らのうち何人かは実際に自分で新しい問題を考案して、2,3ヶ月後にまたやって来ます。そこで私達は、この問題を解くためにどんな類似構造があるのかについて議論を始めることができるのです。

ルビアン 事実、今日脳は大いに類推によって機能していることが分っています。基本的に学習とは、すべき事とすべきでない事についての経験を積むことです。たとえば私が「猫」と言ったら、あなたは猫を見たことがあるから、思い浮かべることができます。そうでなければ思い浮かべられませんよね?

特に子供は、類推によって学習します。様々な異なる状況を比較し、真似をしようとします。時にそれは正しくなく、間違えたりしますが、それによって過ちを繰り返さないことを学びます。これはとてもうまい方法です。

たとえば、アインシュタインの着想を得る方法がまさに類推によっていた、ということを明らかにした人々もいます。彼の相対性理論に関する二つの論文を見てみると、1905年の論文ではE = mc²ではなくE/c²であり、Eはある種の質量を表します。アインシュタイン本人も、自分の発見を理解していませんでした。そして二年後の一般相対性理論に関する論文において彼は等式をE = mc²に修正し、この質量こそが正しい質量に違いない、と述べたのです。

私は現在読むことのできるものから当時彼の考えていたことが解るのですが、それはまさに異なる分野あるいは異なる見解を比較することにより、また知識を一つの領域または分野から、別の領域または分野へ伝えようとすることによって成し得たのです。私はこれこそ、人間の頭脳がいかに働くかを示していると思います。私達はデジタルの脳ではなく、アナログ(類推)の脳を持っているのです。

角南 それでは、会場からの質問をお受けしたいと思います。

福永 私はアブダクション研究会の福永ですが、認知科学学会(Cognitive Science Society)で発表をしています。かつてこういう話を聞いております。アンダーソン先生に関係しますが、アンダーソン先生は先ほど複雑系は最短のアルゴリズムであるという重要な発言をされたように思います。

私がカオスの研究者から聞いた話ですが、脳の中にもパイをこねるような、数学でパイこね変換と呼ばれる、カオスの出るような変換活動がある。複雑系が出る。パイを遠くへやったり近くへやったりしてパイを練るわけです。パイこね変換といいますが、そういう過程が脳の中にある。そのような複雑系があって、脳はそれによって広域的な知識をスキャニングしている。そのカオスを生かして広域的な知識(broader knowledge)を走査しているのではないか、スキャンしているのではないかということを、研究者から聞きました。

先ほどアンダーソン先生が言われた複雑系は最短の アルゴリズムであるということと、見事に一致している ように思いますが、先生のご見解と今の私の例の適合 性はいかがでしょうか。同じ例だと思われますか。

角南 アンダーソン博士、いかがでしょう。

アンダーソン この質問にお答えするのには一つ問題があって、私は脳についてほとんど知りません。ですからその部分については、ルビアン博士にお任せしましょう。

複雑性とカオスについての基本的な考え、または両

者の基本的な関係というのは、数学者の間で現在進行中の極めて複雑な議論です。なぜなら複雑なシステムは、ゲーデルの定理の核心に当たるものだからです。このことは、一つの命題が正しいと実際に証明することはできないが、どういうわけか直感的には正しいと分るような特定の問題が存在するということを意味します。

それは特に、ある数列がとても複雑なのでカオス的な表現しかできない状況のことです。その状況においては、たとえば問題を解くためにコンピュータがなくとも、また正常に動作するアルゴリズムが存在するとしても、私達、あるいは脳がそこに何らかの構造があることをどういうわけか捉えることができるのです。

チューリングが既にこの問題と格闘して、汎用計算に適合するゲーデルの不完全性定理の改造版を作りました。ですからこれは私にとっては、特に際立って複雑な問題です。

ルビアン あなたのご回答の脳に関する部分を補足させていただけますか?

脳が複雑であることは明らかですが、説明や定義は行うべきです。今日、脳はまさに複雑性によって機能していることが分っています。事実、ある意味で、根底の分子レベルにまで降りていき、全ての分子を合計しても、分子レベルより上位のレベルを作ることはできません。そこには分子レベルにおける個々の要素から生まれる何らか



の新しいもの、何らかの相乗作用があるのです。

次に細胞レベルを見てみます。ここでもまた全てのニューロンやあらゆるものを一同に集めたとしてもそれだけでは十分ではありません。他の何かが生じており、ニューロンの集積から相乗作用が生まれているのです。次に各部位のレベルを見てみるとまた同様のことが起きている、というように、個々のレベルは単に下位レベルの要素の合計から成るわけではありません。これが複雑性です。

また脳は、線形的に働いているのではないことも 分っています。きわめて非線形的です。量子力学に似て いると考える人さえいます。たとえば脳内における変動 について言えば、このくらいのことが解っています。そ こには変動があり、システムはいくぶんカオス的なもの です。たとえば脳の生み出す電波を説明するために使 われてきた、いくつかのフラクタルがあります。

しかし私達はその事に気づきません。覚醒状態の私達が感じていることは、脳内で恒久的に活動しているメカニズム全体のごく一部でしかないからです。そして皆さんもよくご存知のように、完全に眠りに落ちて夢を見始めるとき、つまり第四段階の睡眠のとき、私達は完全な無意識状態にあります。私達は夢を見ていますが、脳にとっては最も活動的な時なのです。大量の情報がこのあいだに処理され、そしてこの情報処理が脳を形作ります。これが記憶の作られる方法であり、私達の学習する方法でもあります。ですから脳は、本当の意味での複雑性のモデルなのです。

角南では、鈴木先生。

鈴木 本田財団の評議員の鈴木増雄でございます。理 論物理学を研究していますので、先ほどの議論にはコ メントがたくさんありますが、時間を節約するためにそ れには触れずに、一般的な質問をさせていただきたい と思います。

きょうの主題である人間性あふれる文明を創るということに関して、現状から未来を議論しているだけでは、視点が少し狭すぎるのではないか。歴史から学んで、歴史は繰り返すという言葉もありますが、将来のサステーナブルな文明を考えるときに、例えば日本の文

化を取り上げると、平安時代は貴族的な文化、江戸時代になると歌舞伎や、あるいは絵画でも非常に庶民的な文化は発展しているけれども、もったいないという精神で安定した文化があったと思います。

歴史から学んで将来を議論するという視点に立った場合に、ヨーロッパではそのように将来のサステーナブルな社会を考えるときに参考になるような事例があるかどうか。ヨーロッパ、インド、各国の知恵あるパネリストにお伺いしたいと思いますが、いかがでしょうか。

角南 最初にお話したい方はおられますか?

ルビアン とても興味深い質問ですが、それは日本に限ったことではないと思います。物事が安定している時代というのはあります。たとえば中世を例にとると、日本とフランスでは全く違いますが、比較的安定した時代でした。日本では将軍中心の体制がありましたが、ある時点から混沌とし始めました。そうしてあるシステムから別のシステムへ、中世から近代へと移行していきます。

フランスでもまったく同じでした。中世における王と 人民からなるシステムは極めて安定しており、誰もが自 分の領地を持ち大変安定していました。ある時点にお いて何らかの理由で人々の考えが変わり始め、システム は変わらざるを得なくなりました。



歴史は繰り返しているのかどうか私にはよく分りませんが、私達はしばらくの間は社会として安定したものを持っていて、それから別のシステムに転換してきた、ということでしょう。そういうことがアジアとヨーロッパで起こってきて、もちろん米国の歴史はずっと新しいのですが、歴史は同じものを再生産している訳ではないと思います。それは進化しているのですが、全てが安定して見える段階もあるのです。私にはそう感じられます。

角南 解りました。どなたかいらっしゃいますか?アンダーソン博士、どうぞ。

アンダーソン 歴史から学ぶべきことは存在するし、まだ工業社会化を果たしていない国においては特にそうだと思います。日本が目覚ましい成長率を遂げたのは、スウェーデンと同じように工業化に遅れて参入したため、英国の経験したあらゆる誤りや失敗から学ぶ事ができたからだということを私達は知っています。

スウェーデンでも日本でも、革新者たちが英国を(すこし後にはドイツを) 訪れて生産の組織化の方法、または労働の様子を視察するということを、実にあたりまえに行っていました。

そして今日、私達の国がかつて経験したような急速な発展を遂げたことがある国々の歴史を見てみることは、さらに有益です。私達の国は今はゆったりと成長していますが、かつては急速に伸びていたのであり、それは模倣や学習を行ったからです。

今日たとえばアフリカでは、工業化のプロセスを始めたいくつかの国々はベンチマーキング、過去の事例の参照、また有益な組織原理や便利な技術などの利用から恩恵を受け、私達の国が成長したスピードよりもずっと速く成長します。

とても体系的に歴史から学んだ国としては中国が良い例ですが、あまり遡りすぎるべきではないと思います。例えばヨーロッパにおいては、ネガティブな事を除いて、中世にまで立ち戻って学ぼうとすることに意味があるとは思えません。

権力が少数集団に独占され、ヒエラルキーが定着し 開放的でなくなる等のことがあると、どうなるかが分 かります。その他にはずっと前の時代から学べる事は 多くありません。ですが、例えば100年前に戻ってみる ことは開発国にとって非常に有益な歴史研究になりえ ます。

角南 ありがとうございました。ほかにありますか。

質問者 A 本日はどうもありがとうございました。私も「トランセンデンス」の映画を見て、シンギュラリティーをここ3~4カ月ずっと考えていますが、チェスでカスパロフとディープ・ブルーが1996年、1997年で、ディープ・ブルーが勝って、現在、チェスと人間の戦いはチームを組んで、そのチーム同士の戦いをやっています。日本では去年と今年、プロの棋士5人と5つのソフトで戦って、私の記憶では去年も今年もたぶん1勝しかできなかったと思います。人間が負けました。

チェスと将棋の違いは、やはりチェスよりも将棋のほうが駒が多いし、取ったものをもう1回使えるということで複雑ですが、やっとコンピュータが将棋の世界でも追いついたと言われています。おもしろいのは、去年コンピュータに負けた棋士が、そのコンピュータのソフトで勉強して一緒にやっているうちに、彼はスランプにいましたが、今年、非常に成績がよくなりました。今年はコンピュータのソフトを棋士に貸して、それを一生懸命に勉強して作戦を練って、うまくやった人は1人、勝っていました。



それから考えて、人間とコンピュータの関係は、結局、プロの棋士もコンピュータのソフトから思わぬ手を教えられる。今まで自分が勉強してきたことと違う新しい発想が得られるということで、コンピュータから学べるわけです。先ほどビッグデータという話がありましたが、ビッグデータというのは結局、人間にとって見えない世界がどんどん増えていくことになりますから、お医者さんが例えばコンピュータで出てきた結果で、分からないけれどもこれで診断する、みたいなことになってくる。

このように、人間とコンピュータの関係が劇的に変わるのではないかと思いますが、この辺についてどなたかご意見をいただければと思います。

角南ではまず、レディ博士にお聞きしましょう。

レディ あなたの仰ることは実に正しいと思います。 J.C.R. リックライダーが 1962 年に作った言葉があります。 彼はインターネットの生みの親といえる人物です。 実際にこの分野の研究を始めた草分け的存在であり、 「インターギャラクティックコンピュータネットワーク」 というような言葉を生み出しました。

他に彼が生み出した言葉のひとつとして、「人間とコンピュータの共生」があります。要するに、人間と機械が協力し合いそれぞれの得意分野を理解し合えば、常にコンピュータのみまたは人間のみに勝利できる、ということです。なぜならば、ある意味で一方の得意な分野を生かすことができるからです。

特にあなたの話されたチェスや囲碁のようなゲーム

の殆どについては、テラバイトかペタバイトのデータを 用意できれば、これまでに行われた全てのチェスの試 合の、全ての状況における全ての手をコンピュータに 入力することが今や可能です。これは可能なあらゆる 手と同じではありませんが(それは宇宙に存在する原 子の数よりも多いのですが)、これまでに行われた全 てのゲームを取り込むことは可能です。

そうすればあなたは、グーグル検索のように棋譜を探したり検索したりして、その一手が勝利に導く一手かどうかを確かめてから打てば良いだけです。

今まで誰も見たことの無い新しい局面に遭遇したら、あなたはどうしますか?そんな時には、コンピュータの力が役に立つのです。事実それは無数の可能な差し手を調べることができ、最も良い解決策を見つけ出してくれます。一度コンピュータが最も良い解決策を見つけるとそれは伝承の一部となり、あらゆるチェスのプレイヤーはその手を学び、こう言うでしょう。「自分がこの手を知っている場合、それならこう打つことができるな。」

知っての通り、グランドマスターのチェスプレーヤーは50,000通りのパターンを知っていますが、その他大勢の私達が知っているのはたぶん1,000パターンぐらいです。これだけの差があります。ずっと沢山の知識を持っている彼ら名人が新しいやり方、新たな必勝法を見つけたら、彼らの独壇場になります。

要するに、認知科学や認知記憶についての議論に戻りますと、いま証明されているのは、カスパロフとディープ・ブルーの対戦で起こった事が示しているのは、総



当たり的なやり方でほぼ勝利が決まっているということです。少々の知識と、数多くの総当たり的な検索によって。

少なくとも脳の研究を見る限り、いま証明されているのは、脳の仕事内容の多くは総当たり的なものだということです。すなわち、脳内には異なる領域があることが分かっています。10,000通りの顔を見分けることができます。それぞれが自分の母親・父親・兄弟その他の人物を検出する独立したコンピュータをもっています。それは完全に別個にローカライズされています。

同時に、この概念が理解可能であることを教えてくれる複雑性モデルがあってはならないという訳ではなく、それは単純なことです。この点において数学は役立ちます。脳がこのような特定の構造を用いるという訳ではありませんが、それは理解しなければいけません。

同様に、すべての物事をルビアン博士の話されていた数学的原理に当てはめることが可能なわけでもありません。現在私達が知っている多くの物事は、すべて純然たる統計モデルです。それは一つのモデルとして正確に定式化できるものではありません。おそらくあなたは量子力学についてお話されていたと思います。量子力学は主として確率的な力学であり、よって問題は、脳は量子力学的な基盤に則って活動しているのかも知れないということで、それも興味深い可能性かも知れません。

ルビアン 私が70年代の終わりにITを学ぶ学生だったころ、当時の先生が教えてくれたコンピュータの定義のことを良く覚えています。「極めて優れた記憶力をもつ、何だかばかげたもの」。そして私達の脳は実際のところ、その対極にあると思います。私達の記憶はコンピュータほど強力ではありませんが、自分で考えることができます。

脳の長所は、高度な平行処理が行えることです。私 達は数えきれないほど多くの平行処理のできる細胞を もっており、今のところ最も優れたコンピュータをもっ てしても遥かに及びません。

脳はベイズ理論を用いているという証拠もあります。 従ってとるべき最善の行動とは何かを判断するため に、脳は完全に無意識下で異なる結果が出るのを待 ち、それらを学習済みのものと比較するということを 行っています。

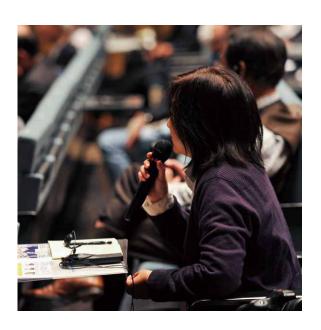
つまり私達は脳のことを、自分自身を守り、死ぬことを避けるための機械と見なすべきです。ですから脳は、学習機械なのです。常に学習しています。高齢者の脳も同じで常に学習し続け、自分にとって何が最善なのかを判断しようとしています。もちろん時には間違いを犯しますが、脳は私達を守り、私達の生命を維持してくれる存在なのです。

角南 時間が迫っていますので、もう一つ質問を受けつけてもよろしいでしょうか。それからアンダーソン博士にお話いただきたいと思います。

角南 そちらの女性の方、先ほど手が挙がっていましたが、質問はありますか。

質問者B 今、私は子供を育てています。今の子は生まれたときからITとかPCが周りにある状態ですが、先生方は今のお年からするとそうではなかったと思います。幼少期の体験の中で、例えば自然に触れ合うとか、そういうことは重要だと言ってくださるとうれしいのですが、コンピュータと触れ合うのは何歳ぐらいからのほうがいいとか、そういうお考えはありますでしょうか。

角南 レディ博士。





レディ 常に触れ合っているのが良いと思いますが、自然の中に出かけてゆくべきでないという意味ではありません。アンダーソン博士が言われたように、私達は人生のたった7%、もしくは10%しか働いていないのですから、子供には時間の10%をITに触れさせて、90%は何でも好きなことをやらせてはいかがでしょうか。

ルビアン そうですね、人生の全てがコンピュータの中にあるわけではないということを、子供達には慎重に教えなければならないと思います。現実の人生があり、それはフェイスブックのような、いわゆるソーシャルネットワークよりも大切です。私はこの言葉が嫌いでして、なぜならそれらにソーシャル(社会的)な要素は何もないからです。私達は大いに気を付けねばなりません。

他方、私は遺伝子と脳についてお話しました。子供にスマートフォンを与えると、マニュアルさえ読めないのに数分で使いかたを覚えます。よって遺伝子は、スマートフォンを使うこととは関係がありません。

ですからそれらのデバイスを上手く使えば、子供達の成長に役立てることができると私は思います。それが彼らにとっては今の私達にとっての鉛筆のようなものになるということを、私達は認識しなければなりません。千年前なら鉛筆は、とても奇妙な道具だったはずですよね?

よって私達はこういうデバイスをタブー視せずに、単なる生活の一部にするべきです。おっしゃるように、自然やコミュニケーションの存在を忘れるべきではありません。残念なことに、例えばインターネットゲームに

興じる十代の若者がおり、それが彼らにとっては社会なのです。もちろん非常に危険なことで、私達は気をつけねばなりません。

角南 アンダーソン博士。

アンダーソン 脳のスペシャリストにちょっと質問させて下さい。私がずっと考えているのは、脳の働きを理解する上で、ハーケン氏の高速・低速プロセッサという概念は有用でないかもしれないと思ってきました。なぜなら私達の脳が非線形的システムだとするならば、脳はほとんど常にカオス状態にあるだろうという理由からです。同時に私達は、自分がカオス状態であることはほとんどないことを知っています。時々そうなることはありますが全体的には、人間の行動は予測しやすいものです。

かつて私はこのことについて、脳をモデル化したかった有名な微分方程式の研究者と議論しました。実際彼は数学的ツールによって脳をモデル化するには二つの部分に分ける必要がある、と言いました。一つは低速の部分、もう一つは高速の部分です。このように脳が実際に二つの相互型プロセッサに分割可能で、片方が他方を安定させるようなことを行っているのでしょうか?

ルビアン そうですね、完全にその通りというわけでは ありません。先ほどお話したように空間において異なる 尺度、つまり分子から細胞、ネットワークに至るまでの 尺度が存在しており、それは時間についても同様です。 分子レベル、細胞レベルにおいて、異なる時間的尺度が存在します。それは例えば、脳が発生する電波によって確認することができます。異なる周波数があります。二種類だけではありません。あるプロセスは低速であったり、別のプロセスは高速であったりしつつも常に相互作用しあっており、カオス状態が存在している時でも、脳全体がカオス状態にあるという訳ではありません。

それは天気のようなものです。私達は天気には大いに非線形性があることを知っていますが、何とか予測することができます。そしてそれはあなたの言われたような時間的尺度によって決定されるのです。

角南レディ博士、どうぞ。

レディ ノーベル賞を受賞したカーネマン氏のスローシンキング、ファストシンキングという概念がありますが、これは認知科学について語るためのもう一つの方法です。

私達に分かっていることは、記憶することがあり、それを記憶したら直ちに認識します。よってこれはファストシンキングだと言えます。あなたのよく知らないこと、論理的に考えねばならないこと、これは一種のスローシンキングです。なにも不思議なことはありません。すべて心理学や認知心理学の分野では何年も前から分かっていることです。

角南 ありがとうございます。もうすぐ時間のようなのでここで質問を締め切ろうと思いますが、終了する前に、あなたの提起した重要な質問が一つあります。そして私も、ずっと考えている質問がいくつかあります。

ある意味で、どうすれば私達はもっと人道的になれるのでしょうか?エコテクノロジー分野のイノベーションが解決策でしょうか?先ほどあなたは国家と宗教、あるいは国家と信仰の分離について話され、それはある種の近代科学の始まりであると思いますが、今の私達は宗教問題も含めた実に多くの複雑な問題に直面しています。このことについて、どなたかご意見をいただけますか?一人ずつ順番に、簡単にお話していただきましょう。

レディ博士。

レディ 私の知る唯一の解決策は、道徳規範についての教育です。これについてはアンダーソン博士が言及されていましたので、もっとお話して頂くべきかも知れませんが、主として私達が次世代に何が正しくて何が間違っているのかについて教育をし、そして彼らが実際に極度の苦痛を強いられている人々の身になって共感を高めるまで、人道的な社会にはならないでしょう。ほとんどの人々はそういう事を教わった事がないからです。彼らは、自分達は何でもできて罰せられることもないと思っています。

ルビアン 私はその問いに、質問をもってお応えしようかと思います。「より人間らしい」というのなら、まず「人間らしい」とはどういう事なのでしょうか?これは難しい問いだと思います。現代の研究者たち、私の同僚は、例えば何が人間と他の動物を区別しているのかを理解しようとしています。違いは存在するのか、それともただ連続しているのか?

特に脳に関しては、何が人間を人間以外から区別しているのかを理解する方法はあるのかという点が注目されていて、私はこれは重要な問題だと思います。私達はより人間らしくなりたければ、まず人間とは何かを理解すべきだからです。そしてそれは簡単な事ではありません。実際、非常に難しい問題です。

クレメンス 私は真の意味で人間性あふれる社会を実



現するための解決策は、とてもシンプルなことではないかと思います。すべての人に将来の機会を与えたら、すべての問題が解決されると思います。世界には人々が、特に若者が未来に希望をもてない地域のあることが問題だと私は思います。

本当に必要なのは若者が十分な良い教育を受けられるようにすることだ、というあなたのご意見には完全に同意します。それから、富の移動も必要です。なぜならヨーロッパ、あるいは日本では皆が高水準の生活をしているからです。もし私達が高い生活水準のうちのほんの少しを他者に分け与えるなら、多くの問題を解決することができると思います。

アンダーソン 私は「寛容」がキーワードになると思います。兄弟愛についてのフランスの古いことわざをご存知かと思いますが、破滅をもたらす考えだと私は思います。なぜなら兄弟愛とは、自分の兄弟のことは大切にしても兄弟姉妹でない人間のことは気にかけないという事を意味するからです。寛容とは、どんな人でも受け容れ、誰でも人間として尊重し、違いを受け容れるということです。まずそれが第一歩だと私は思います。

その他には、あなたの言われたように、全ての人に 社会の中における居場所を提供することです。全ての 人は何らかの形で必要とされるべきです。あなたは雇 用されることで、あるいは他の方法によっても必要とさ れる事ができますが、全ての人が自分は必要とされて いるという感覚を持つべきです。そうしなければその人 は、犯罪組織でも何でも、自分を必要としてくれるなら どんな世界にでも移り住むでしょう。

三つ目は私には分らないことなのですが、一度講演を聴講したことがあります。それは生物学者による講演で、彼は動物学者だったと思いますが、彼は他の霊長類と比べて人間を固有の存在たらしめているのは(これは霊長類の中で人間だけしか持っていないのですが)、教育する能力を生まれつき持っているという事である、と言っていました。私達一人一人は、すでに赤ん坊の頃から教育を始めています。自分の赤ん坊を教育し始め、その後も模倣などによって簡単な問題を解決することを、どんな時でも教え続けます。

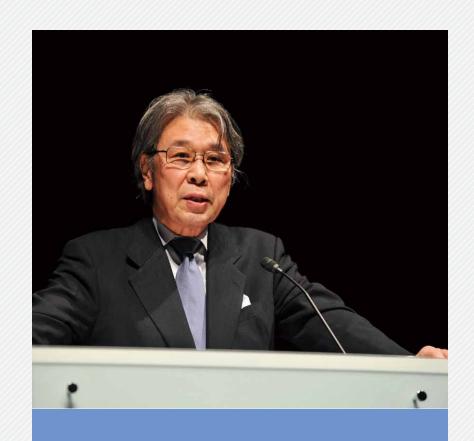
よって特に若い世代にとって寛容さ、社会における居

場所、そして人間に生得の互いに教え合う能力を適切 に用いること、この三つが人間性あふれる社会にとって 不可欠な要素だと思います。

角南 どうもありがとうございます。

角南 それでは時間になりましたので、この辺でパネルディスカッションを終わりたいと思います。今一度、パネリストの先生方に拍手をお願いいたします。

角南 どうもありがとうございました。



閉会挨拶

村上陽一郎



閉会挨拶

村上でございます。いまご紹介いただいたように、現在は本財団の評議員の一人でございますが、ほとんど財団の出発の当時から関わらせていただいて、本田宗一郎さんとも親しく交わりを結ぶことのできた人間の一人として、きょうの第35回の受賞を記念したシンポジウムに参加できたこと、そしてこうやって閉会のごあいさつをさせていただけることを誇りにも思い、また感謝も申し上げたいと思います。

まずはとにかく世界の隅々からこのシンポジウムに参加してくださった4人の受賞者の方々、1人は今年度の受賞者、17日に受賞式がありますので、まだこれからかもしれませんが、今年度の受賞者のクレメンスさんも含めて、4人の受賞者の方々に感謝いたします。それから残念ながら物理的にはおいでいただけませんでしたが、たぶん精神的にはここにいてくださったであろうハーケンさんのような方も含めると、5人の皆さまに感謝の言葉をお贈りしたいと思います。

また、基調講演をしてくださった小島さん、いま立派なモデレーターぶりを発揮してくださった角南さん、さらにいえばこのシンポジウムの企画、準備、そして運営に多大の努力をしてくださった財団の事務局の方々にも感謝申し上げたいと思います。また、5時間という長

い間、辛抱してお付き合いくださった皆さま方にも、あ りがとうを申し上げたいと思います。

皆さまもお分かりのとおり、シンポジウムでわれわれが直面している問題がいかに複雑であり、多様であり、さまざまな様相を呈しているか。自然だけでも災害が激化していること、あるいは温暖化はもちろんですが、砂漠化、緑の減少、あるいは沃土の減少、あるいは水資源の減少、エネルギー資源の枯渇、社会問題として見れば、人口問題、南での増加と北での減少、あるいは市場主義を基礎とする経済や社会システムの持つ問題点があります。

さらにいえば南北格差、あるいは南の中でも格差があり、北の中でも格差がある。そういう格差の問題、あるいは難民、さらにいえば先ほどから問題になっている情報革命の持つプラス面はプラス面として、マイナス面もあるだろう。さらにいえば、人間環境の問題として考えれば、例えば人間存在そのものを脅かす、あるいはそれをめぐる問題も無視できない。むしろspiritual crisisとでも申し上げましょうか、実際に日本でも自殺の増加、死因の第5位に上ろうとしている状況があります。

そういう一つ一つの問題が単独ではなくて、極めて

複雑な相互関係の中でネットワークを作り上げている。したがって、将来像を描くといっても、大変複雑な将来像の描き方しかできないので、シナリオをいくつか考える以外にはないだろう。そうすると、最初の小島さんの基調講演の中にも出てきたローマ・クラブの「これからの40年」というシナリオもありました。どちらかといえば、それらのシナリオは悲観的な側面を持っていると思います。

そうした中で、きょうのシンポジウムの中で示された、あるいは展開された人間の持つさまざまな英知というものだけが、そうした悲観的な将来像を希望に変え、あるいは人類や地球の滅亡を救済に変えることのできる唯一のファクターではないかと思っております。

37年前、本田宗一郎さんが鋭い洞察力と豊かな人間性という個性を持って、そうした希望と救済とを信じ、かつそれに向かってご自分を駆り立て、このシンポジウムを含めて、社会的な働きも続けてこられましたが、私たちもその遺志を継いで、皆さまとご一緒にまたこれからの35年を進んでいきたいと思っております。きょうはどうもありがとうございました。





公益財団法人**本田財団**HONDA FOUNDATION

〒104-0028 東京都中央区八重洲 2-6-20 ホンダ八重洲ビル TEL: 03-3274-5125 FAX: 03-3274-5103 Honda Yaesu Bldg., 6-20 Yaesu 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 104-0028 Tel: +81-3-3274-5125 Fax: +81-3-3274-5103