

# 第 43 回 ATI 公開フォーラム

脳波センシングと AI が生み出す  
医療・ヘルスケア創生  
～ブレインビッグデータが拓く未来社会～

関谷 毅

大阪大学 名誉教授/総長補佐  
産業科学研究所 教授

新型コロナウイルス感染症の疫学  
～人類と感染症の戦い、過去と今後～

浦島 充佳

東京慈恵会医科大学 分子疫学研究室 教授

2020 年 11 月 28 日 (土)  
オンライン開催



公益財団法人 **新世代研究所**

FOUNDATION ADVANCED TECHNOLOGY INSTITUTE



## — 目次 —

### ◇ 開会あいさつ

遠藤 守信 1

### ◆ 脳波センシングと AI が生み出す医療・ヘルスケア創生 ～ブレインビッグデータが拓く未来社会～

関谷 毅 3

### ◆ 新型コロナウイルス感染症の疫学 ～人類と感染症の戦い、過去と今後～

浦島 充佳 35

## 開会あいさつ

理事長 遠藤 守信

財団理事長を務めさせていただいています遠藤と申します。よろしくお願ひいたします。本日の当公益財団法人新世代研究所（ATI）の第43回公開フォーラムはオンライン開催でございますが、ご多忙のところ大勢の皆さまにご参加いただき、誠にありがとうございます。



例年、都内で皆さまにご参加いただき好評を博してまいりました。コロナ禍ではございますが「本年もぜひ」とのお声を頂き、こういった形態での開催になりました。財団事務局ならびに、当財団が種々ご支援を賜っておりますセイコーインスツル株式会社のご協力でオンライン開催が実現いたしました。ご参加賜った皆さま、また講師の先生方には、何かと不行き届きがあるかもしれませんが、どうぞご容赦くださいますようお願いいたします。

まず、主催者である私どもの財団を簡単に紹介させていただきます。公益財団法人新世代研究所（ATI）は既に30年以上の歴史を持っており、主な事業は科学技術の振興です。現在はナノサイエンスとナノテク分野にフォーカスしております。そして、活動は当初よりセイコーインスツル株式会社のお世話になっており、活動資金は100%同社の公益目的寄付で賄われております。

ご承知のように最近世界的に企業活動はESG、すなわち環境、社会、企業統治などを重視して推進される時代でございます。セイコーインスツル株式会社は既に30年以上も前から、科学技術振興を目指した財団活動で社会貢献を継続して果たしてこられました。そのようなご支援に、心より敬意を表する次第でございます。私ども財団運営の関係者は、そのようなご意思に報いるべく財団活動を展開しているところです。

さて、その科学技術振興策としての事業活動ですが、一つはナノサイエンス、ナノテク関係の研究会の企画運営がございます。もう一つは若手研究者への研究

費助成と、二本立てで運営しております。さらに、当財団はもう一つ重要な事業も行っており、それが本日の市民公開講座です。広く社会の皆さまに最新の科学技術の話題を提供し、楽しんでいただこうという趣旨です。

今、先進諸国はイノベーションの創出を競っておりますが、その実現には研究者だけではなく、社会の科学技術リテラシーも大きく寄与いたします。こういった機会に皆さまとともに先端科学について広く理解を深める意義は誠に大きなものと思います。特にこの公開フォーラムのテーマは、最新の科学技術で、かつ社会で話題になっていて、知的好奇心が引かれるものという観点で、毎年、時間をかけて選定しております。本日はご覧のような大変魅力的な二つのテーマが選ばれました。関谷先生、浦島先生、どうぞよろしく願いいたします。

それでは、どうぞこの素晴らしいご講演をお楽しみいただきたいと思います。以上、簡単ではございますが、開会の挨拶とさせていただきます。

## 講演者 関谷 毅 氏 紹介

関谷先生は 1999 年に大阪大学基礎工学部物性物理工学科を卒業し、2003 年に東京大学大学院工学系研究科で博士課程を修了、2014 年に現職の大阪大学産業科学研究所の教授になられ、2017 年に大阪大学栄誉教授の称号を付与されました。

日経ビジネス「次代を創る 100 人」に選出。日本学術振興会賞や文部科学大臣表彰若手科学者賞の受賞など 40 以上の受賞歴がございます。また、大阪大学初のベンチャー企業で、脳のビッグデータを活用して医療、ヘルスケア、企業およびアカデミアの研究開発活動に貢献する企業、PGV 株式会社の創業者であり取締役です。政策提言等を目的とする日本工学アカデミーの若手委員会委員長を務めるなど、幅広く活躍されています。

関谷先生から研究者としてのバックボーンをお聞きしたので、紹介させていただきます。

繊維の技術者であるお父様の仕事の関係で、生まれてすぐにブラジルへ行かれ、幼少期の大半を過ごされました。雄大な自然環境でご両親のおおらかな子育てもあり、自由気ままに過ごされたそうです。日本に帰国してからは文化や言葉の違いに悩まされましたが、その当時、日本人がスペースシャトルで宇宙へ出かけるニュースや、つくば万博を目の当たりにし、科学技術に強い関心を持たれました。学生時代には、世界で最も強い磁力の中での物質の振る舞いについて研究されました。そのときに身に付けた物理学と計測技術が今の基礎になっておられるそうです。その後、軟らかいエレクトロニクスで高精度の計測機器を製作する研究開発に従事して現在に至られますが、幼少期に身に付けたチャレンジ精神と異文化交流が先生のすべての原点との事です。

それでは関谷先生、ご講演をお願いいたします。

脳波センシング技術と AI 技術が生み出す  
医療・ヘルスケア創生  
～ブレインビッグデータが拓く未来社会～

大阪大学 名誉教授/総長補佐  
産業科学研究所 教授

関谷 毅

大阪大学の関谷と申します。本日はこのような大変貴重な機会を頂きまして、皆さまに心から感謝を申し上げます。特にこのようなオンラインでたくさんの方にお聞きいただきますことを大変ありがたく思っております。遠藤理事長をはじめ森田副理事長やたくさんの方にこのような機会を頂きましたことを、あらためて感謝申し上げます。本日は公開フォーラムとお伺いしましたので、



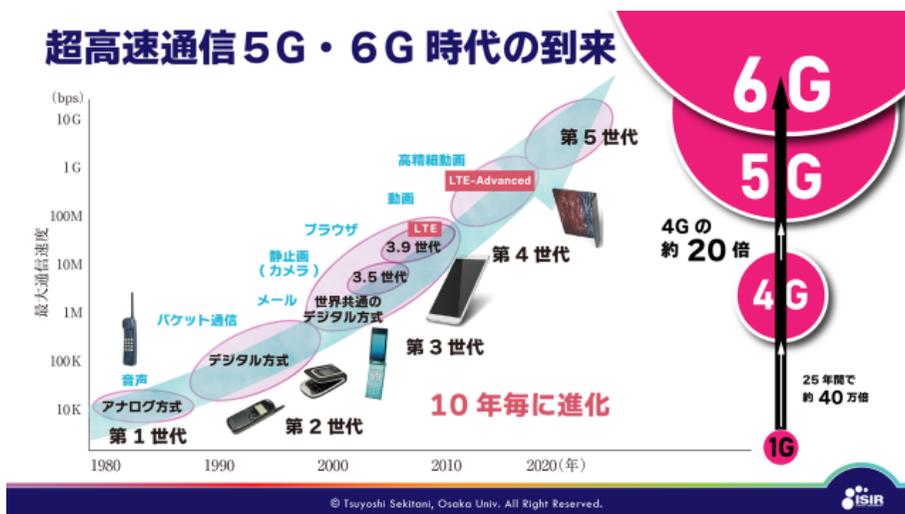
私の研究開発の中でも特に、少し応用の部分にフォーカスさせていただきます。また、その背後にあるナノテクノロジー技術も併せて紹介させていただきたいと思います。それでは、1 時間のお時間を頂戴いたしますが、どうぞよろしくお願いいたします。

本日は脳波センシングと AI を活用した医療、ヘルスケア創生、ブレインビッグデータを活用した新しい医療、ヘルスケアの取り組みについて紹介させていただきたいと思います。

まず、これは言うまでもございませんが、本日、私は大阪から皆さまにお話をさせていただいております。新型コロナが世界的に広がる中で、デジタル技術を用いて、皆さまとこのような形でコンタクトすることができます。さらに、私の話の後に、浦島先生より新型コロナウイルスの疫学についてさまざまなご教示いただけますことを大変楽しみにしております。

最初にデジタル技術について少し紹介させていただきます。コロナウイルス感染症によりもたらされた三つの密。これらを避けてでもなおわれわれはコミュニ

ケーションを取ることができます。それはデジタル技術を用いて、豊かな社会を築くための新しいコミュニケーションであり、益々、その技術への期待が高まっていることは皆さまご存じの通りだと思います。その中で特に重要な、技術としてのブレイクスルーは、なんと言ってもワイヤレス通信技術です。膨大な情報を



いち早く一切の遅延なく提供することができることです。図は縦軸が最大通信速度、横軸は年です。私が生まれたのは 1977 年ですので、まさに私とともにデジタル技術が進化してきているというのがご覧いただけるかと思います。1980 年、90 年、そして現在 2020 年です。私がちょうど大学に入った当時に、携帯電話が普及しはじめました。1995 年のことです。これが第 2 世代のデジタル方式による携帯電話、通信技術です。毎年 10 年ごとに通信技術は大きな進化を遂げてきて、現在が第 4 世代、LTE の世界になっていますが、皆さまご存じのとおり本年から第 5 世代、いわゆる 5G、そしてこの次に Beyond 5G、6G の時代がやってまいります。

ちょうど私が初めて見た 1G から、今もつばら我々が使っている 4G までの 25 年間に、通信速度は 40 万倍早くなってまいりました。さらに現在の 4G から 5G までが約 20 倍早くなります。私が初めてデジタル技術を見た時代から 5G まで 800 万倍早くなっていることが解ります。この通信速度は、4K テレビのムービーがだいたい 3 秒で転送できる速度で、極めて膨大な情報を一切の遅延なく送ることができます。そのような通信技術が、世界に、社会に普及してきたことが私の研究背景にございます。

その中で、本日もこのようなデジタル技術を用いて皆さまとコミュニケーションを取らせていただいております。一人一人が持っているさまざまなデジタル機器から、様々な情報がクラウドへと拾い上げられて、本日のように、人と人、人を介さずとも物と物、そして、人と物がデジタル技術によってつながる時代がやってきました。まさに、サイバー空間を介して、われわれは物理的には離れているかもしれませんが、実際には何十キロ、何百キロ離れていても強固につながって、本日のように、様々な紹介をさせていただく機会を頂くことができます。このようなデジタル技術を用いて、コミュニケーションをする世界、これらはデジタルトランスフォーメーション、DX と呼ばれます。最近では様々な DX が新聞やマスコミ等で報告されています。

このデジタルトランスフォーメーション時代、デジタル革新時代において私が研究開発しておりますのが、装着感のない生体計測センサーです。これによって一切装着感なく、しかも常時、体のこと、頭の中のこと、様々なヘルスケアをする時代がデジタル技術を通してやってきました。例えば心筋梗塞を予測する

ような心疾患のリスクを計測する技術。本日は少し紹介させていただきますが、妊婦さんのお腹に貼ることで、お腹の中の胎児の健康状態や母体の健康状態、また、子宮の収縮から出産タイミングを予測するといっ



た、常時、母子や胎児を見守る技術。安静時のみならず運動時の生体のさまざまな情報を吸い上げる技術。さらに、本日の主題とさせていただくのが、脳関連疾患のリスク予測や睡眠中の計測技術です。

これらの技術の中で、とりわけ脳計測はとても難しい技術であることがお解りいただけるかと思います。実際に Apple Watch など、様々なウェアラブルセンサーを使って運動時の心拍や心電などが計測できるわけですが、“今日は脳の調子が悪い”とか、“頭がさえているな”というような、脳の状態だけはなかなか可視化することが難しい事象です。ご家庭で、皆さまの生活の中で、体温計、血圧

計、体重計、体脂肪計など、我々の健康を、病院に行かなくても見ることができる、非常に重要なセルフケア機器が、社会に広く普及しています。わずか数千円の価格でありながら、自分の身体のことを医療機器として正確に計測してくれます。特に、体温計、血压計、体重計は、私も毎日のように使っておりますが、数値に大きな変動があったときには、心配になって病院に行ってみるといった使い方ができるわけです。しかし唯一、頭の中の健康管理だけはこういった体温計、血压計、体重計では行うことができません。家庭には脳の健康管理をする機器が存在していないことが解ります。

なぜ、家庭で“脳の調子が悪いな”とか、“お父さんやお母さん、おじいちゃんやおばあちゃんの脳の状態を見守りたい”と思っても、測る手段がありません。それは脳計測の信号が非常に小さいからです。例えば、筋肉の動きは、筋電と呼ばれる大きな信号を生み出します。後に、生体活動がどうして信号を生み出すかについて紹介しますが、簡単に言うと、細胞が活動するとイオンの動きにより、生体内の表面に電位が生じます。筋電であれば、1~10mV。眼球運動は 1~10mV。皆さんご存じの心電は 1~10mV。胃の動きも 1~10mV の信号が出ます。そして、

## 生体活動電位



お母さんの子宮も筋肉の一つです。子宮筋電はやはり 10mV の信号が出ています。一方、お母さんのお腹の中にある赤ちゃんは羊水に守られ、さら

に、子宮や体脂肪に守られています。その結果、体の外に出てくる信号は 1~10µV、1V の 100 万分の 1 という極微弱な信号です。また、頭蓋骨に守られて、外に出てくる信号、脳波は 1~50µV。これも 100 万分の 1V です。心電や筋電が 1000 分の 1V の mV オーダーであるのに対して、さらに 3~4 桁信号が小さいのが、脳波もしくはお腹の中にある胎児心電の大きな特徴です。すなわち、信号が非常に微弱なために汗やお化粧品、体の動き、筋電などが外乱ノイズとなって、正確にお腹の中の赤ちゃんの心電や脳波を計測するのが難しいのです。

本日紹介する技術は、印刷で作るシート型のセンサーを、おでこや妊婦さんのお腹に貼っていただくと、非常に小さな生体信号でも体の表面から計測することができる技術です。当然、様々なノイズや外乱、いろいろな信号が混ざって出てくるわけですが、この信号をリアルタイムに分離して、いわゆる AI によって正確に信号を取り出します。これを私どもは、生体のデジタルトランスフォーメーション（生体 DX）と呼んで研究開発を行っています。

それでは、具体的な取り組みを紹介する前に少しデモンストレーションを紹介したいと思います。おでこにぴたっと貼るだけです。音声聞こえます。

（動画再生）

これはおでこに張るパッチ式の脳波計です。電池や通信技術、CPU がすべて入ってわずか 10g の重さです。おでこ表面で計測できる  $0.1\mu\text{V}$  以下の非常に小さな信号を脳波として捉えて、その信号を即座に解析することによってロボットをリアルタイムで動かすデモンストレーションです。

脳の状態はリラックスしたり、興奮したり、脳の左脳から右脳への伝搬、上から下への伝搬など、さまざまな周波数成分が脳の信号分布として表れるわけですが、その信号を捉えることでこのようにロボットを動かしたりすることができます。実際に目を開けると、デモンストレーションビデオで撮っているため、リラックス状態から少し緊張感が高まって、緊張しているデータが出ます。ロボットはリラックス状態から解除され動き出し、次の信号を待っている状態になります。

シートセンサーを 1 枚おでこに貼り付けることにより、脳の中のさまざまな情報を捉えることができること  
がご覧いただけたかと思いま  
す。実際にわれわれの脳波計  
は、おでこにぴたっと貼り付  
けるだけで、様々な脳情報を  
計測することができます。シ  
ート型のフレキシブルな電子  
デバイスですので装着感があ



りません。しかも、小型でワイヤレス、このような形ですので手軽に使えること  
もご覧いただけたかと思いますが、この技術は既に医療機器の認証を受けており、

医療機器として多くの医療機関で実際に使われております。我々は体温計、血圧計、体重計のように、いつでも手軽に脳の偏重や異常に気付ける。そういった脳のセルフケアをご家庭に提供する取り組みをこの技術を通して進めています。

少し前振りが長くなりましたが、私の自己紹介と、これらを支えるテクノロジーについて紹介させていただきたいと思えます。

冒頭に青木様からもご紹介いただきましたとおり、このような研究開発を通して日経ビジネス「次代を創る 100 人」に選出していただきました。これは



「TOMORROW」と書いていまして、まさに一緒に選んでいただいた中に大谷さんや藤井さん、畑岡さん、張本さん、久保さんなど、皆さん世界や国内で非常に活躍し

ておられる若手のポープでいらっしゃいます。私も研究者としてはまだまだ若手の部類です。一方で、人の感情を可視化する脳波デバイスのスペシャリストと大変高く持ち上げていただきました。まさに今ご覧いただいた脳波デバイスを使った人の感情を可視化する取り組みの中で、このようなご紹介を頂きました。もう少し触れさせていただくと、この記事の中にとっても重要なことが書かれています。

“我々自身も知らなかった頭の中を可視化する”、“装着感に違和感がまったく

ない”、そして“人とマシーンが近づく未来、それは会話を超えるコミュニケーションの世界で、着け心地の良いデバイスの先にあるはずだ”と書いていただきました。体の中で、最も小さな信号である脳波を、シート 1 枚



で、ワイヤレスで計測することで、装着感のない、いつもの信号を外に取り出して、医療へと展開していく取り組みとなっております。

私自身はこのようなシート型の電子デバイスを研究開発しておりますが、実は決して脳波の研究開発や医療機器の研究者ではございません。私自身の研究のバックグラウンドは非常に強い磁界、磁力の中で物質がどう変化するかという極限環境物性の研究です。これはまさに前 ATI 理事長でいらっしゃいました伊達宗行先生が開拓してこられた、極限環境物性の、極限的に強い磁力の中で物質がどう変化するか、そして、それを新しい物理現象の探索に利用するというものです。私自身はそれを東京大学の三浦登先生の下で実施してまいりました。

100 万分の 1 秒だけ瞬間的に 1000T と呼ばれる世界最強の磁場を作るシーンを、アメリカのロスアラモスまで行って共同研究してきたものをご覧ください。少し大きな音が出ますが、ご了承ください。

(動画再生)

スイッチを押した瞬間に失敗して爆発したわけではありません。スイッチの瞬間にダイナマイトを発破して、ライナーと呼ばれる鉄の輪をぎゅっと絞ると、あらかじめ入れておいた磁束を濃縮して、中心に、本当に小さな領域ですけれども、100 万分の 1 秒に 1000T という超強磁場を発生させます。もちろん発生させるだけで終わるわけではございません。その極めてノイズが多い瞬間的な時間、この下にはビルほどもある大きな計測器が設置されていますが、この中で瞬間的な磁場下で物質がどのように変化するかを計測する極限環境物性です。この極限的な環境の中で測れる計測器をつくる研究開発をしてまいりまして、その中で酸化物質高温超伝導体がどのように特性変化するかについて、ずっと研究して学生時代を過ごしました。

このような研究で学位を取得したのち、東京大学にてさまざまな研究の場を頂きました。この計測技術をさらに社会へと広く展開していきたいと思い、より体に密着、装着感なく着けられる計測器と取り組んでまいりました。例えば皆さまが使っている食品ラップが、だいたい  $10\mu\text{m}$  の厚みですが、それと同じぐらいの厚みのフィルム上にトランジスターを作製し、本日も紹介しますが、ゴムのように伸びる電極、メモリ、ディスプレイ、伸びるセンサー、食品ラップの  $10\mu\text{m}$  よりもさらに薄い  $1\mu\text{m}$  のフィルム上に光センサーや発光素子、集積回路を作製し

てまいりました。

現在では世界でもっとも薄く、もっとも軟らかいエレクトロニクスとなっており、これらは軟らかく伸びるエレクトロニクス技術ですので、人に貼り付けても装着感がない、人に優しい、薄くて軟らかい計測器を作るとというのが、現在の私の研究開発です。体は 70%以上伸縮しますので、エレクトロニクスも同じだけ伸びなければ体からはがれ落ちてしまいます。これは金属のように電気を流しながらもゴムのように伸びる新素材で、生体適合性材料の上に印刷技術で作成いたします。実際に非常に高い導電性の材料を印刷技術で作製することにより、金属のように電気を流します。

一方で、体に貼り付けるための密着性のあるハイドロゲルを表面に塗る。これは湿布と同じような生体適合性材料を塗るのですが、そうすることによって、体が大きく動いても一切はがれ落ちない、体のしわにまで正確に密着する電極を作製することに成功しました。

良いセンサーをつくるというもう一つの大きな目標として、薄いエレクトロニクスをつくってきたのがこの絵です。これは 1 $\mu$ m のフィルム上に生体活動電位を測るもので、アンプや信号の中にあるノイズを除去するエレクトロニクス回路がこの 1 $\mu$ m フィルム上に実装されています。

## 世界最薄膜・最軽量のエレクトロニクス群

現在



人に優しい“薄く、柔らかい”計測機を創る

© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.



(動画再生)

この薄くて軟らかいエレクトロニクスを用いて、例えば、手術中の脈動する

心臓に、風呂敷のようにエレクトロニクスを張ると、どこで心筋梗塞が起きているかを脈動させながら計測することができます。柔らかい動く心臓に硬いエレクトロニクスを当ててしまうと、心臓に大きな負担がかかりますが、食品ラップのような薄いフィルム上にこのような計測器を作製することができるので、心臓に直接貼り付けて虚血部位を計測することが可能となりました。

この体の外から測っている伸びる電極と電子デバイスに、薄膜の電池や Bluetooth Low Energy と呼ばれる通信機を設置し測定します。この薄膜の  $1\mu\text{m}$  フィルムがノイズをキャンセルする機能を持っています。単に計測するだけですと基線が非常に揺らぎ、後ろに大きなノイズが入ってしまいますが、この  $1\mu\text{m}$  フィルムの信号増幅器、ノイズキャンセル機能を搭載したものを使うと、非常にきれいな心電が取れます。薄くて軟らかく、軽量でありながらも正確に生体計測が可能となります。

本日は具体的な詳細を紹介する時間がございませんが、こういった取り組みは既に論文となっています。この世界最薄、最軽量のノイズキャンセリング型のフ

ィルムセンサーは『Nature Electronics』の表紙を飾らせていただきました。また、同様に生体の電位のみならず、生体磁気を測る世界最薄膜の生体磁気センサーも研究開発しており、今年の『Science Advances』の表紙を飾らせていただきました。

このような薄いフィルムの中ですと、どうしても非常に正確に原子や結

晶をつくるのが難しいというのが従来からの考え方でした。我々は独自の熱処理技術やフラッシュアニール技術といったプロセス技術を用いて、わずか  $150^{\circ}\text{C}$  以



下の低い温度でありながら完全に結晶化できるさまざまな材料を研究開発してまいりました。これが、このフレキシブル電子デバイスの背後にあります。フィルム上ですのでなかなか完全結晶をつくるのは難しい技術なのですが、我々の技術と自己組織化材料によって、フィルム上に低温度でありながら完全結晶材料をつくることに成功しました。

これらの技術を用い、ナノテクプラットフォーム等でさまざまなプロセスを施します。大阪大学は Spring-8 の近くにございますが、そこの輝度放射光を使ってこれらの原子、さらに原子よりも小さいレベルでの結晶制御をしてまいりました。本来であれば様々な原子レベルの材料、物質の紹介をさせていただきたいところですが、あまり踏み込んでしまうと、どういった未来社会になっていくかまでお話がたどり着きませんので、簡単のところだけ紹介させていただきます。

例えば、ゴムのように伸びて、金属のように電気を流す、これは通常は矛盾しているもので、金属は伸ばすと断裂してしまいますし、ゴムはそもそも電気を流さない。それを両立させる電極がどのようにして作られているかという、これらは全て金属のナノワイヤーからの作製です。



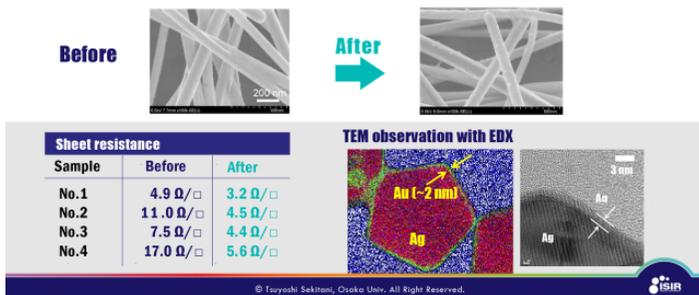
(動画再生)

まずは体に貼り付けている様子ですが、貼り付けると体の細かいしわにも完全に

## ナノ界面制御のための材料&プロセス

### 化学結合力の制御

Nano Research 9, 401 (2016)  
Nanotechnology 30, 37LT03 (2019)



追従している様子が解かります。おでこや皮膚が多少動いても、これらの電極がぺらぺらと剥がれて、外れることはありません。一本一本が数 nm の大きさの金

属のナノワイヤーを印刷で作製し、均一に分散して、軟らかい電極及び配線を作製する手法を開発しました。このようなナノ材料の分散化技術は、我々の技術の大きな特徴です。さらに、銀をはじめとした様々な金属はイオン化して特性が不安定になることがあります。1~2nmの表面一層だけをメッキする技術により、体にとって不都合な金属が直接体に接触できない構造になっています。その上に、生体適合性が認められている医療材料を塗布することにより、体へは一切の影響がないままに測定することができます。

我々はこういった材料を印刷で作成し、熱処理によって非常に高い結晶性を出す事を可能としました。印刷によって塗布後、120℃ぐらいフラッシュアニールを行います。断面図を見ますと、つぶつぶの縦線があります。これは X線によるラウエ回折で、完全結晶状態ということが解りました。我々は印刷技術プラス低温でこのような完全結晶材料をつくることに成功しました。

### 印刷技術による“アトム空間”制御



電子顕微鏡による柔軟電極の断面写真

1 μm

5 nm

断面模式図

生体導電粘着剤は皮膚への糊残り無く、密着強度も調整可能。

Advanced Materials 32, 1902684 (2020).

- Printed Electronics をコアテクノロジーとしたモノづくり
- 完全ドライプロセスによるクリーン&シンプルな量産体制の構築

© Toyochi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.

なぜ完全結晶が軟らかい電極の上でも必要かという、我々が測りたい信号はマイクロボルトだからです。例えば電子がでこぼこの表面上を走る、もしくはへこみがあるところを走ると、これがランダム・テレグラフ・シグナル、いわゆるフリッカーノイズと呼ばれるマイクロボルトレベルのノイズになり、測定不可

### ナノ界面制御のための材料&プロセス

チャンネルにおけるキャリアの捕獲と放出⇒キャリア密度の揺動  
【フリッカーノイズ：Random Telegraph Signal (RTS)】 } μV-ノイズ

電子の伝導界面

キャリアの捕獲&放出

SAM 膜による  
キャリアトラップサイトの抑制  
⇒ノイズの抑制

揺動 → 捕獲・放出 → 自己結晶化分子膜による“界面完全結晶”

界面のみ完全結晶を創り出す  
⇒キャリアの揺らぎを防ぎ、低ノイズ化

© Toyochi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.

となります。これらの電子のゆらぎが許されないレベルの測定ですので、我々は最表面に、完全結晶を塗ることによって電子のゆらぎを防ぐ、すなわち低ノイズ化することが必要なのです。



AI 技術等の、高度な融合技術によって物創りをしております。

AI は何に使うのかを少しだけ触れさせていただきます。それはわれわれの材料やエレクトロニクスでは取り切れなかったノイズを除去するためにあります。実

## 情報処理プラットフォーム【AI の活用】

### 課題

- ①胎児心電図と母体心電図の混合
- ②母体心電は胎児心電の 1000 倍
- ③胎児心電の観測が困難



### 本提案

#### 機械学習を用いた胎児心電図分離アルゴリズム



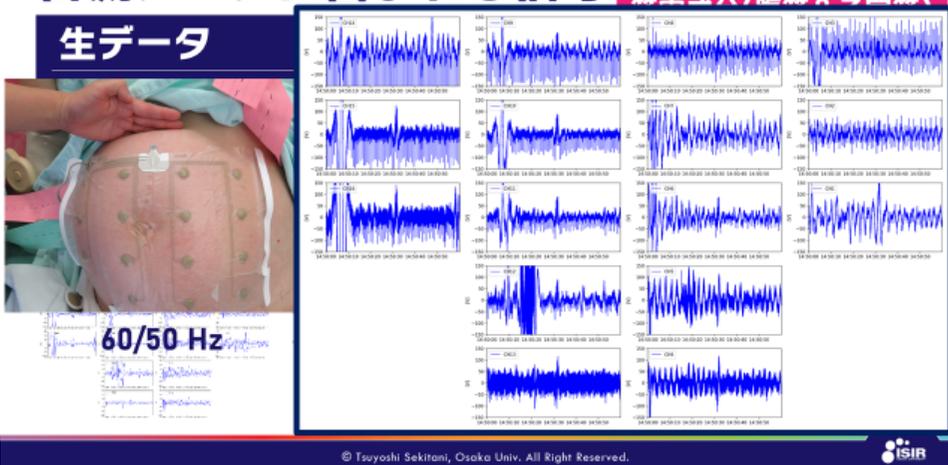
© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.



例として紹介すると、お腹の中にある赤ちゃんは  $1\mu\text{V}$  の信号しか出てきません。ところがお母さんの心電は、その 1000 倍大きい mV です。すなわち、お母さんのお腹に貼ってお腹の中の赤ちゃんの信号を取りたいと思っても、それよりも 1000 倍以上大きいお母さんの信号が取れてしまいます。さらに子宮の動きや汗や動きなどのいろいろなノイズが。すなわち小さな信号を測ろうとすると、それよりも大きいノイズがたくさん見えてまいります。

下図は実際に妊婦さんに貼ったわれわれの柔らかいエレクトロニクスです。これは妊婦さんの臨月のお腹全体を覆うために大きめの電極ですが、この 1 点 1 点から出てくる信号を示します。振幅は約 250mV です。お母さんの子宮の動きと

## 計測データに含まれる信号



© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.

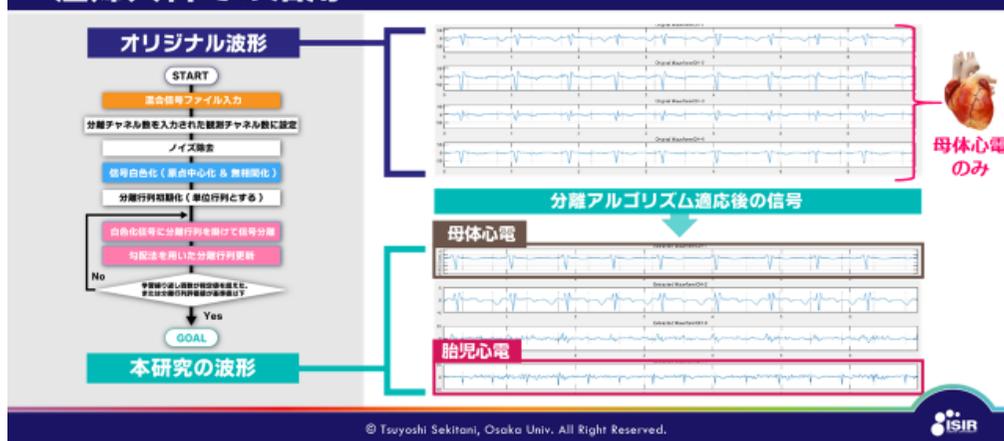


腹直筋で、mV 以上の大きな信号が生データとして計測されます。これを見ますと、この信号の 1000 分の 1 以下の赤ちゃんの心電などはとても取れるわけがないと思われます。信号を分析すると電源ノイズがあり、関西でしたら 60Hz、関東は 50Hz です。それから、お母さんの体の動きと心電、さらに、子宮筋電や腹直筋が入ります。そして、当然ですが胎児心電が含まれている。これらを様々な特徴ある周波数で分類するとともに、我々は機械学習によって信号の音源を特定して、逆演算で消し去る技術を開発しました。これは独立成分分析と呼ばれる、自然言語処理では比較的一般的に使われている信号を分離する AI 技術です。

信号を分離していくと見えてきたのが下図の信号です。これは 4 チャンネルで見っていますが、4 チャンネルとも同じ信号を拾っています。これは 90 拍で、母体の心電です。ところが、独立成分分析の機械学習を利用することによって信号を分離していくと、ここに 120 拍の胎児心電が見えてまいります。これを拡大すると、お母さんの心電 90 拍とは完全に独立した胎児心電 120 拍が見えてきて、ノイズによってかき消されなかった胎児の心電成分が正確に計測できていることが解かります。

## 情報処理プラットフォーム【AI の活用】

### 産婦人科での活用



すなわち計測だけではなく、このような非常に高速の信号処理に AI を使うことによって、人間では見分けられないような小さな信号を見分けられることが解かってきました。

右図はNHKに取り上げていただいたものです。お母さんに貼り付けて出産タイミングの予測を行ったものです。常位胎盤早期剥離と呼ばれ

**遠隔医療への取り組み** 大阪大学 医学部付属病院 × PGV 株式会社

「ソウハク」のこと 知っていますか  
知っているかい？  
ソウハクのこと  
「ソウハク」= 常位胎盤早期剥離

このデバイスはこれまで医療機器では捉えることができなかった新しい信号が取れている！

大阪大学医学部産科  
遠藤誠之教授

大阪大学医学部付属産婦人科  
病院長 木村正 教授との共同研究

これまで難しかった子宮の収縮の強さやその変化を捉えることができた  
→子宮収縮が正常なものか、病気によるものかを見分けることが可能

© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved. ISIR

るだいたい1%程度の妊婦さんが、すなわち1万人近くの妊婦さんが臨月でお腹の中の、突然死のようなリスクがあることを聞かせていただきました。子宮の収縮が異常なのか、それともお子さんが生まれるタイミングなのか、子宮収縮の異常や正常や、お腹の中の赤ちゃんの正常や異常といったものが解かるセンサーとして、現在、大阪大学病院をはじめ関西の多くの産婦人科の先生方に使っています。

次に脳波計の紹介をさせていただきます。何も生体を測るだけではなく、例えば東京電力のグループと一緒にコンクリート構造物の橋梁や、街の見守りセンサーなど、すなわち生体のみならずさまざまな活用の中で使っていただいております。その中でも、今から詳細に紹介させていただくのが、脳波計です。脳のセル

## 誰でも、安心安全に暮らせる社会に！

防災・減災 防災・減災センサ

電柱の活用

脳脊

母子の見守り

高効率物流

高効率農業

パッチ式心電計

心疾患の予兆検出

健康モニタリング

パッチ式血脈計

超微小信号計測 × 柔らかいエレクトロニクス

母子ヘルスクエアシステム

パッチ式心電計

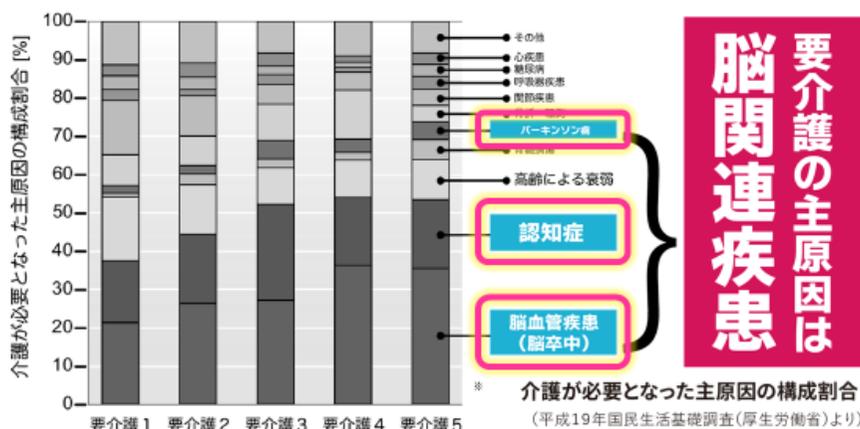
パッチ式血脈計

© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved. ISIR

フケアをご家庭で実現できる時代を夢見て取り組んでおります。

まず、これは釈迦に説法かもしれませんが、高齢者の介護が必要となった主原因です。介護が必要となった主原因の構成要素が縦、横軸は軽度の要介護1から重度の要介護5までですが、かなりの部分が脳血管疾患、認知症、パーキンソン病ということが分かります。これは10年以上前の厚生労働省の基礎調査で、現在はさらに認知症等も増えているということです。要介護になる多くの方が何かしら脳関連の疾患であることが解かります。

## 高齢者の介護要因

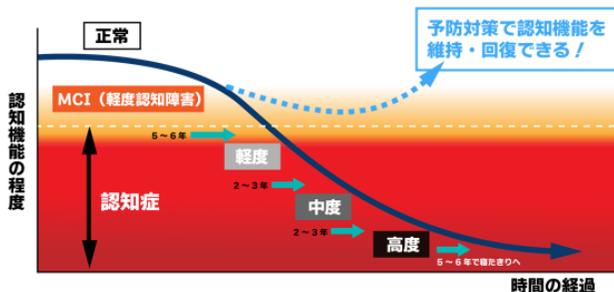


ノバルティスファーマが調べた、「なりたくない病気」という統計があるのですが、1位は認知症です。約57%の方が認知症に最もなりたくないと答えています。もちろん癌にもなりたくないわけですが、癌は今も会社や大学など様々な社会的セーフティーネットによって、検査を受ける仕組みもありますし、装置もあります。一方、認知症は測るチャンスもマシーンもありません。認知症はゆっくりと進む病気だと言われていいますので、すぐに気付けるものではありませんが、2020年の段階で631万人、2025年には730万人になるとの予測です。65歳以上の高齢者の5人に1人は認知症になる可能性があることが言われています。さらに、認知症は早期発見が非常に重要なことです。

縦軸が認知機能の程度、横軸が時間経過を次項の図に示します。正常な状態からMCI (mild cognitive impairment: 軽度認知障害) 状態、この段階であればまだ治りますが、なかなかその状態に気付くことができなくて、軽度、中度、高

度へと至っていくことが知られています。実際に大阪大学の精神科の先生方との共同研究の中でも、病院にやって来た時には 8~10 年ぐらい遅い事が多いそうです。いかにして早く気付くか。早く気付けば、回復する余地があります。

## 認知症は早期発見が重要

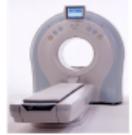


© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.



脳の機能を測るのは大変難しい技術であることはよく知られております。代表的なのは、脳の中の磁界を測る脳磁計 (MEG)、脳の血中酸素飽和度を測る近赤外分光 (NIRS)、そして、よくご存じの核磁気共鳴 (MRI) です。その他は脳波計であり、脳の活動電位を測る EEG と呼ばれるものです。そして、より高度なものになると、ポジトロン (陽子線) CT で PET と呼ばれるものです。PET は放射性同位元素を使いますので、被爆の問題もあり、長時間計測することが困難です。MRI も非常に大型な装置です。簡易的に使おうとするといろいろと制約があることが解かります。

## 脳機能測定の方法

MEG	NIRS	MRI	EEG	PET
脳磁場	近赤外分光	磁気共鳴	脳波電位	陽子線 CT
				
神経の活動を記録	脳血流の変化を記録	脳の構造や血流を記録	神経の活動を記録	代謝や受容体を記録
準備 5分 施行時間 5~10分	準備 5~10分 施行時間 5~10分	準備 5分 施行時間 5~10分	準備: 10~20分 施行時間 5~10分	施行時間 60~90分
拘束が少ない 母親の傍で施行可能 侵襲性なし	拘束が少ない 母親の傍で施行可能 侵襲性なし	狭く、うるさい環境で 安静を保つことが幼児 には困難	電極の装着時に安静を 保つことが幼児には困難	放射性同位元素を使う 幼児には注射そのもの が困難
ストレスが少ない	ストレスが少ない	催眠導入剤が必要	ストレスが少しある	長時間の記録が困難

© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.

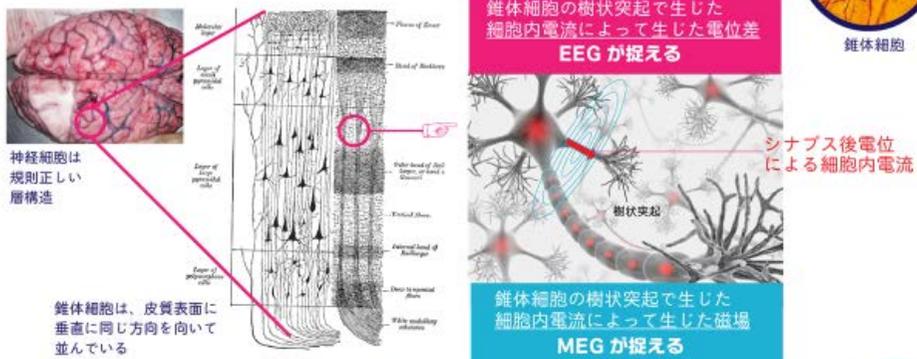


脳は非常に結晶立っていて縦方向に 6 層つながった 2000 億個以上のニューロンによって大脳皮質が形成されています。細胞が活性化されたときの細胞の活動

電位が生じることで、電流が流れます。この神経細胞の中に電流が流れる細胞内電流によって、磁界が生じます。その磁界はいわゆる脳磁と呼ばれるものです。電流が流れて電圧が発生するので電位差が生じます。その電位差が脳波計（EEG）ということです。すなわち、いずれも細胞の活動によって磁界が生じ、電位変化が起こる。これを捉えることができると、脳の活動を見る事ができます。磁界ですとコイルを使って計測します。これが脳磁場計測（MEG）です。脳の中に電位変化があると、これが脳波として頭蓋骨の外に出てくる。これが EEG と呼ばれるものです。

## 脳波や脳磁場の発生源

脳波計（EEG）も脳磁計（MEG）も大脳皮質にある錐体細胞の電気活動を捉える



© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.

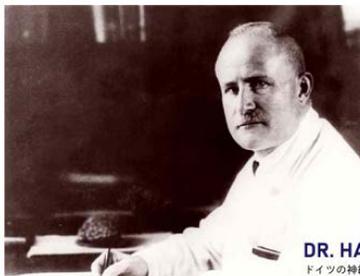


脳波の歴史はまだ 100 年たっておりません。1929 年にハンス・ベルガー博士が発見してから現在 92 年目の技術です。脳の中に生まれる磁界、脳磁図計においてはさらに歴史が浅くて、52 年しかたっておりません。脳の中の磁気情報を取

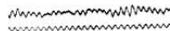
## 脳波の歴史

意外と新しい・・・1929 年に最初の発表

アインシュタインのノーベル賞は 1921 年



DR. HANS BERGER  
ドイツの神経学者、精神科医

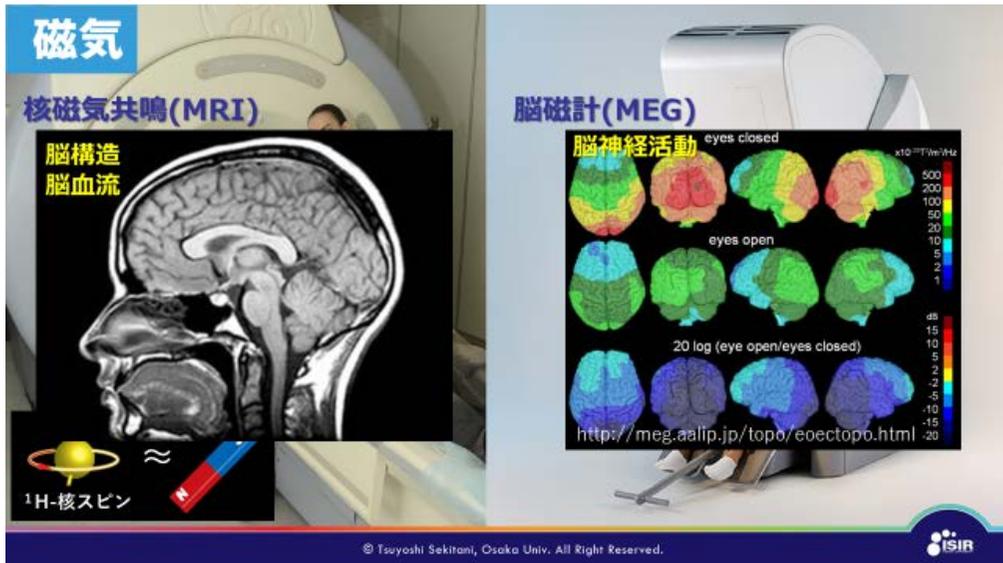


取することで、頭蓋骨の影響を受けることなく脳のさまざまな活動を見ることができる脳磁図は、カナダ出身の物理学者 David Cohen によって世界で初めて計測されました。

© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.



現在では磁気シールドボックスの中に、超電導の技術を用いた大型の装置により、脳の細胞活性が見えることが解かり、脳神経活動を見るのに脳磁図計が用いられています。また、皆さまご存じのとおり MRI は水素の核スピンですので、この脳情報を核磁気共鳴という形で計測すると、脳の構造や血流が見えます。MRI は脳の構造や血流、脳磁図は脳の神経細胞を撮るということが分かっています。



これを簡易的にしていこうという取り組みがあります。これは 2017 年に『Nature』で報告されたイギリスのノッティンガム大学が開発した脳磁計です。



コーヒーを飲みながら少しリラックスした形で脳の活動が測れるということで、大変大きな話題になりました。しかしながら、ケーブルでつながっており、かつ、オペラ座の怪人のようなものをか

ぶることが必要になっています。さらに、磁気情報を取りますので、磁気シールドボックスに入る必要があります。そのため、自由活動時に測定、手軽に測定とはならず、ましてや睡眠計測は困難です。何と言っても脳の磁界は  $10^{-12} \sim 10^{-13} \text{T}$  です。冒頭に私が申し上げた  $1000 \text{T}$  は  $10^3$  ですから、20 桁近く違います。脳磁と

いうのは  $10^{-12} \sim 10^{-13} \text{T}$  と非常に小さいのです。地球は地磁気を持っていますが、地磁気が  $10^{-5}$  です。地磁気の中で脳磁を測ろうとすると、地磁気のほうが 7~8 桁大きいのです。そのため、巨大なシールドボックス中でなければ、脳磁は測定できません。

脳磁計は頭蓋骨などの影響を受けずに測定でき、様々な空間分解能を持っていますので、脳の構造を正確に測れる極めて優れた医療機器で

## 地磁気と脳磁の比較



す。しかしながら、磁気シールドボックス中でなければ測定できません。私自身は磁場の研究をしてきたので磁気に変な興味があるわけですが、家庭で使うとなると、脳の電圧（脳電位）を測る方法しかありません。脳電位の測定は、頭蓋骨の影響を大きく受けるため、空間分解能は取れませんが、コストの観点等を考えると脳波計（EEG）に大きなメリットがあると思います。

医療機器では比較的簡便なヘッドギアタイプの脳波計はありますが、お子さんにかぶせるのが難しく、睡眠中に測るのも難しく、後頭部のさまざまな電極が邪魔になってしまう等の問題があります。ヘッドギアタイプのような、より優れた物もあります。しかしながら、“もっと簡単なもので脳を測りたい”、“家庭で脳のセルフケアを実現したい” 事から開発したのが、冷えピタのような非常に薄

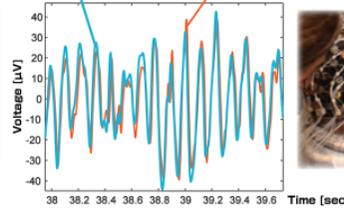


くて軟らかい、おでこにぺたりと貼り付けるだけの脳波計です。これは中がスケルトンタイプになっており、マイクロ USB で充電できます。電極の位置できちっと計測できるように多チャンネル化してあります。

実際に大型の医療機器と比較したデータを示します。前額部での同時計測において、青いデータが私のパッチ式脳波計、オレンジのデータが医療機器です

### パッチ式脳波計

【医療機器認証：302AFBZX00079000】



### 医療用脳波計測機器



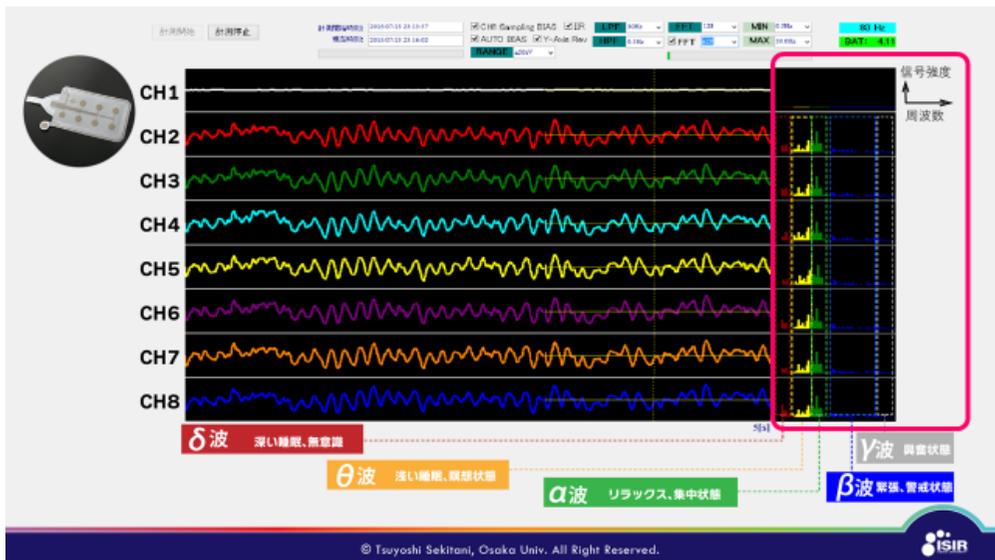
### 額部において同じ信号が計測できる

© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.



が、完全に一致していることをご覧いただけるかと思えます。前額部において、大型の医療機器と全く同じ信号を得ることができました。

信号が取れるとなると、この信号を正確に解析することが必要になります。例えば、7~12Hzだとリラックスしているα波。うとうとと眠いとか、瞑想状態のときには5~7Hzのθ派。そして、3Hz程度かそれ以下の遅い波のδ派が出ているときだけ、しっかり深い睡眠が取れていると言われています。一方、興奮すると緊張、警戒の場合はβ派13Hz以上で、さらに高い20Hz以上になるとγ派、興奮状態となります。下図は横軸が信号、時間、縦軸は10μVのPeak to Peakですが、非常にきれいに取れており、それをリアルタイムに周波数分類したことで、さまざまな精神状態を測定できています。



© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved.



このようにリアルタイムに測ったものを周波数で分類すると、これまでの脳科学的なアプローチから様々な事が解かってきます。特に我々の脳波計は非常に精度が高いことから、 $\beta$  派の中でもロー  $\beta$  とハイ  $\beta$  が区別できます。13~17Hzの、集中しているときや覚醒度が上がっているときに、ハイ  $\beta$  になると集中しているが、より緊張感や警戒感が強い形と分類することができます。



分類	X <sub>i</sub>	計測指標	周波数帯域 (Hz)	定義
脳波	X <sub>1</sub>	Gamma波	γ波 25-45	・激しい緊張や興奮時に出現
	X <sub>2</sub>	High-Beta波	β波 18-25	・集中しているが、緊張感や警戒感なども伴っているときに出現
	X <sub>3</sub>	Low-Beta波	β波 13-17	・集中している時や覚醒度が上がっているときに出現
	X <sub>4</sub>	High-Alpha波	α波 12-12.99	・集中しているときや、やや覚醒度が上がっているときに出現
	X <sub>5</sub>	Mid-Alpha波	α波 10-11	・リラックスしながら集中も見られ、頭が冴えている状態時に出現
	X <sub>6</sub>	Low-Alpha波	α波 8-9	・休息や眠りに向かう際に意識が低下したリラックス状態時に出現
	X <sub>7</sub>	Theta波	θ波 4-7	・浅い睡眠状態、まどろんでいる状態時に出現 ・集中度が高い時にも上昇傾向
自律神経	LF/HF			・LF/HFが上昇すると、交感神経優位の緊張状態を示し、 下降すると副交感神経優位のリラックス状態を示す



また、 $\alpha$  派も非常に特徴的で、 $\alpha$  派は 7~12Hz もしくは 8~12Hz ですが、その中でも例えばロー  $\alpha$  であれば、休息や眠りに向かうときの意識が低下したリラックス状態、ハイ  $\alpha$  はだいたい 13Hz 前後ですけれども、そのときは集中している時や、やや覚醒度が高い時という形で、 $\alpha$  派の中でもさまざまなカテゴリー分類をすることができます。

一方で、皆さまの脳波と私の脳波はもちろん違いますし、朝と夜でも変化が出ます。しかしながら、非常に小さな生体情報の場合は、計測する事は大変困難です。信号が非常に大きい計測であれば従来の手法が使えます。従来の手法とは、既知のデータから仮説、観察、実験、検証、そして知識化します。信号が大きいと実験と検証を正確



にすることができるので容易に知識化されるのですが、脳波のように非常に小さな信号になってくると、この実験と検証が容易ではありません。そのような場合に重要なのが、低コストの脳波計で膨大なデータを取り、統計的にデータを扱うことです。データによって知識化していく、いわゆるデータ駆動型によって脳波の知識を高めていく、すなわち脳波のビッグデータによって、本質的な統計性の中で扱っていくことがとても重要になります。

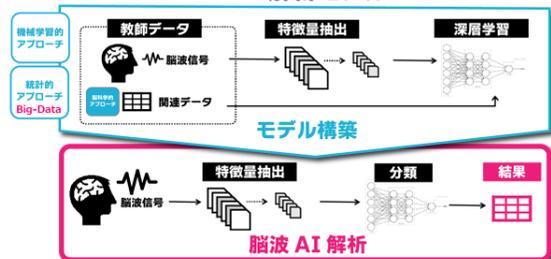


おでこから脳波を正確に測ります。それをビッグデータとして統計的アプローチ、及び信号を様々に分離し、特徴量抽出をする機械学習を行う。この二つのアプローチにより、信号を分析、掘削、意味付け

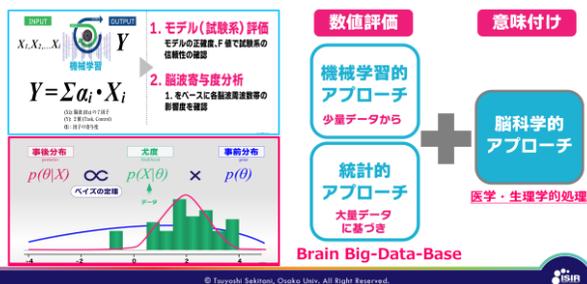
を行います。これまでの脳科学的なアプローチ、医学生理学的な知識を医学の先生方に教えていただきながら新しい機械学習の AI を作るるとともに、それをビッグデータ化していき、統計的アプローチによってそのデータの信頼性を上げていきます。この三つの大きなアプローチによって新しいニューロ AI を実現しています。

実際の事例をこれから紹介していきますが、まず重要なのはたくさんデータを取っていくとともに、脳科学的なアプローチから、多くの脳を扱っている医者と一緒にデータを集めています。かつ、特徴量の抽出をするモデルを作成しています。一旦、モデルができると、あとは全く解らない未知の脳

### ニューロ AI NeuroAI - 解析モデル



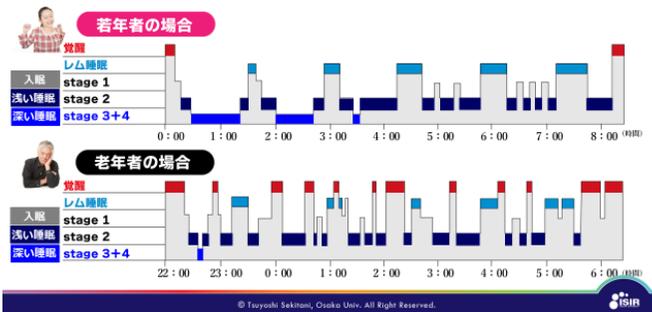
### ニューロ AI NeuroAI - 解析モデル



波が入ってきた場合でも、このアルゴリズムによって特徴量を抽出して、結果を自動的に提出することができます。これらを我々はニューロ AI、ビッグデータに基づく脳波解析と呼んでいます。

最後の 10 分に、これまでの取り組みを少し紹介させていただきたいと思います。まず、最も重要な取り組みはやはり睡眠で、おでこに冷えピタのようなものを貼って、ぐっすり眠ることができます。その間の脳の活動を正確に測ることができます。睡眠中の脳の活動は覚醒と、脳は起きているけれども体が寝ているレム睡眠、そして、いよいよ脳が眠る (stage1)、浅い睡眠 (stage2)、深い睡眠 (stage3+4) となります。

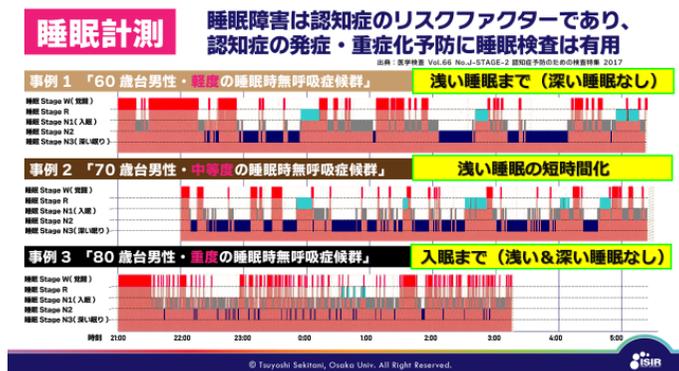
## 成人の夜間睡眠



若年者の場合は日頃の活動量が多いこともあるのですが、横軸 (時間) で見るとしっかりと深い睡眠に入れていることが解かりますが、お年を召されていくと活動量等も低下し、なかなか深い睡眠

にたどり着けないことが一つ大きな課題とされています。

こちらは重度の睡眠時無呼吸症候群等のデータですが、少し色付けをすると、非常に重度の睡眠時無呼吸症候群になると、上のステージが覚醒から入眠、深い睡眠までの変動が



ものすごく小刻みに起きることがこのデータから解かります。睡眠時無呼吸症候群になるとなかなか深い睡眠に行けませんし、重篤になると非常に睡眠ステージの変化が激しくなります。このような睡眠パターンを見ることで、体のリスクを知ることができると言われています。

これは、久山町研究で大変有名な統計データですが、睡眠不足になると 5.73 倍で糖尿病になることが分かっています。また、5.1 倍で高血圧になることが分かっています。また、3.3 倍で脳卒中になることが分



かっており、現在、大変多くの方が生活習慣病の危機にさらされています。例えば高血圧の場合は 4000 万人とも言われています。さらに、糖尿病の方は 3.4 倍で認知症になるとか、高血圧の場合はだいたい 7 倍程度で認知症、脳梗塞だと 2.6 倍で認知症になる。睡眠の計測は生活習慣病や認知症にとっても大きな影響があることが、久山町研究で示されています。

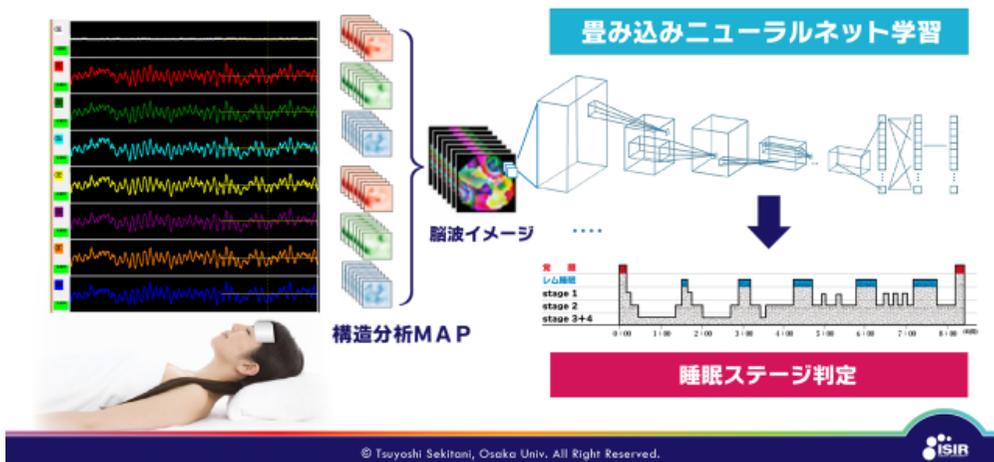
(動画再生)

睡眠はナイーブな時間なので測るのが大変です。一つの医療行為として、睡眠を測るための睡眠ポリグラフがあります。これは、腹と胸にひずみ計を装着し、呼吸やお腹の動きを測定します。顎の動き、歯ぎしりなどもセンサーを装着して検出し、さらに、呼吸中の CO<sub>2</sub>、血中の酸素濃度をセンサーで測定します。その上で、ケーブルがつながった脳波計を装着します。ここに我々の脳波計を装着しました。キャリブレーションをし、検査機が正常に動いているかどうかをチェックします。しっかりと固定することで睡眠ポリグラフの計測に入ります。とても重要な医療行為ですが、病院で 2 日間入院して計測するのは非常に敷居の高いものです。それとともに、この環境で寝るのは大変だということも事実です。

より手軽に睡眠中の脳波を測りたいということで、冷えピタのようなセンサーを貼りデータを取り、機械学習によって睡眠ステージ判定を行います。これまで睡眠ステージの判定は高度睡眠技師と呼ばれる非常に高度な技術を有する技師により判定され、起きている状態からレム、そして深い睡眠までをステージ分けしていました。全て、人の手によって分類されているわけです。今後、脳波計がたくさん普及していくと、睡眠技師が足りなくなります。そこで睡眠技師に代わりステージ判定する AI をつくった結果、計測精度 80%以上で脳のステージを判定で

きるようになりました。

## ニューロ AI *NeuroAI* - 【睡眠モデルの評価】



おでこに  
我々の脳波計  
を貼って睡眠  
を取ると、深  
い睡眠に入る  
までの時間や  
途中で起きた  
時間、深い睡  
眠、浅い睡眠  
のステージ分

## ニューロ AI *NeuroAI* - 【睡眠モデルの評価】

パッチ式脳波計は、装着感なく  
睡眠時脳波を極めて正確に計測



正確度 **80%以上**

深層学習モデルであるため、データ数が増えることで正確度が上がり、80～85%程度に到達すると期待できる。

	Predicted				
	W	REM	N1	N2	N3
W	2,008	157	172	48	21
REM	86	3,121	161	115	1
N1	233	271	1,218	614	15
N2	47	193	318	7,786	893
N3	2	0	2	77	2,241

類等、全て数値として表すことができます。昨今、睡眠の重要性が皆さまに認識されていて、スリープテックと呼ばれる技術で多くの方が優れた技術を提案されていますが、他のスリープテックと我々の脳波計の最大の違いは、脳波を直接観察していることです。この脳波計は医療機器であり、医学的に実証された機器であり、正確な脳の活動を計測していますので、従来の医療計測との連動性が非常に高く、多くの医療機関で使用されています。実際の測定例では、布団に入って3.5分後に睡眠に入ったとか、深い眠りに入ったとか、そういった数分単位以下の小さな違いまで計測することが可能です。

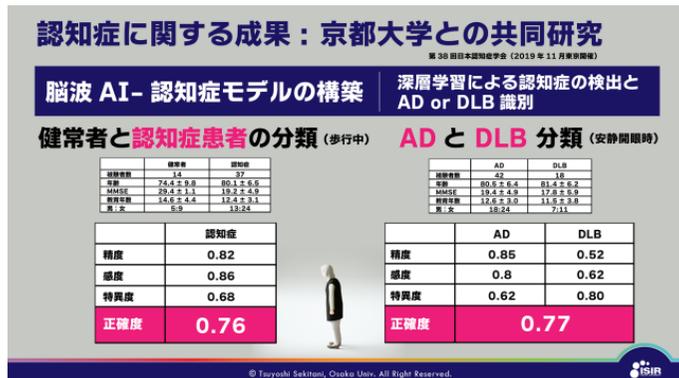
この脳波計を使用し、大阪大学の婦人科の医者が、更年期障害の女性の方たちの計測を行っています。現在 200 例近くの方の計測をしていますが、計測により、ビッグデータからサポートベクターマシンにより自動的にどのような特徴が表れるかを全て抽出してくれます。第一に年齢の相関性が非常に高い。次に、深い睡

## 実績 1 睡眠計測に基づいた「更年期障害」の判別(N=80)



眠に相関性が高く、眠りに入るまでの相関性が高い、というように階層的に、機械学習によってどういう判定をすればいいかが見えてきます。このデータをすべてサポートベクターマシンの中に入れて、入眠するまでの入眠潜時の時間、計測時の年齢、レム睡眠の頻度といった順に特徴量を見分けることで、80%近い精度で更年期障害か更年期鬱かを判定することができます。更年期障害か更年期鬱かによって薬の種類なども全然違うわけですので、重要な判定となります。

また、京都大学との共同研究では、歩行中の脳波を計測して、健常者と認知症を 76%で見分けることができるという結果を得ています。さらに、アルツハイマー型とレビー小体型を安静開眼時に 77%で分類できることも分かってきて、



日本認知症学会で報告させていただきました。

このように、体温計、血圧計、体重計に並んだ四つ目のご家庭でのセルフケア機器として、我々はおでこに貼るだけでいつでも手軽に自分の脳の健康管理ができる電子機器、セルフケアデバイスへと展開する機器の開発に成功しました。

**体温計**



●普及率：90.8%  
●価格：3,000円

**血圧計**



●普及率：27.4%  
●価格：5,000円

**体重計**



●普及率：75.5%  
●価格：3,000円

**脳波計**



●計測精度：0.1  $\mu$ V  
●厚み：5mm  
●重さ：24g

**ワイヤレス貼るだけ！普及価格**

**脳のセルフケアをご家庭で！**

© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved. (Yano Economist in 2007)

さらに、医療機器のみならず、ラッセルの円環モデルと呼ばれる、科学的によく使われているアルゴリズムを用いて脳波から感情や感性を可視化できるモデルを使って、恍惚、興奮、わくわく、集中、緊張と言ったものを定量化する取り組みを現在進めています。

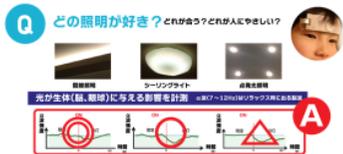
一例を紹介させていただくと、おでこに脳波計を貼って、安静時と暗算を行った時を計測します。計測データは、サポートベクターマシンによって安静時と暗算時で  $\gamma$  派と  $\theta$  派に大きな違いが出ることを簡単に示します。その上、暗算が苦手な被験者Aの場合、安静時から暗算に入った瞬間に興奮度が高まる。要するに一生懸命に計算している方が解かるわけです。一方、暗算が得意な被験者Bは、安静時と暗算の時の差があまり出ません。このように脳の活動量等も手軽に測ることができます。例えば、学習機を買いに来たお子さんにとって、どの学習機が

良かったかの判別、楽しかったアトラクションと全く面白くないアトラクションの判別の可能です。そのため、言葉のし

### 実績3 ニューロマーケティング

**アンケートに頼らない商品開発**

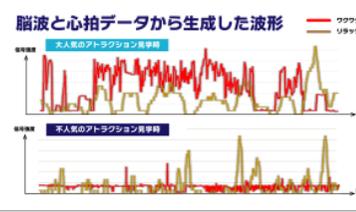
Q どの照明が好き？どれが合う？どれが人気が高い？



Q どのオムツが好き？



**脳波と心拍データから生成した波形**



大人気のアトラクション実演時

大人気のアトラクション実演時

睡眠ワスの効果



ドライブ時の状態



食糧(自己申告)検査



睡眠音源の快適性



読書の質



スポーツ時の状態



サプリメント/機能性食品の効果



© Tsuyoshi Sekitani, Osaka Univ. All Right Reserved. ISIR

やべれない赤ちゃんのおむつの開発等に应用可能であり、本日の講演に対する皆様の反応の判定、私は大学の教員ですので、私の講義の質が授業アンケートをせざるも判定できます。睡眠サプリの効果やドライブ中の楽しさや、居住空間性なども測定できます。

(動画再生)

時間が少なくなってきました。最後に言いたいのですが、おでこに乗せて計測する技術には優れた技術がたくさんありますが、どうしても頭を動かすと様々なシチュエーションによってずれてしまいます。われわれの脳波計はおでこに貼り付けて、動いても貼り付いていますし、そもそも動きに対してとても強いため、全く問題なく日常生活中で計測することが可能です。

この技術を使うとスポーツで、試合前のリラックス度や試合途中の緊張度や集中度など動きの中の脳波を測ることができます。このように我々は脳の疾患や活動量、そして情動や思考を生体デジタルトランスフォーメーションとニューロAIによって実現する取り組みをしております。家庭で手軽に脳を測る。そのビッグデータを集めることによって、脳の活動のパーソナルヘルスレコードによってストレスのない空間を創ったり、感染症に強い空間を創ったり、自宅内でも病院に匹敵するヘルスマonitoringができる世界を目指して取り組んでいます。

## 活動時の脳波計測 スポーツ科学との連携 安静状態でも計測可能

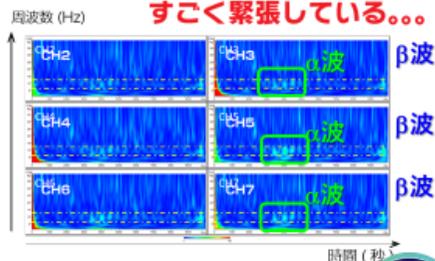
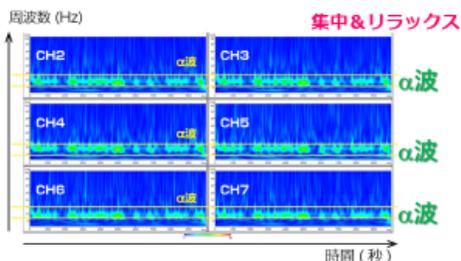


試合前 目を閉じて、椅子に座る、大きく深呼吸

試合前は、よいリラックス状態が保てている

試合中 目を閉じて、深呼吸

試合中は、リラックスできていない

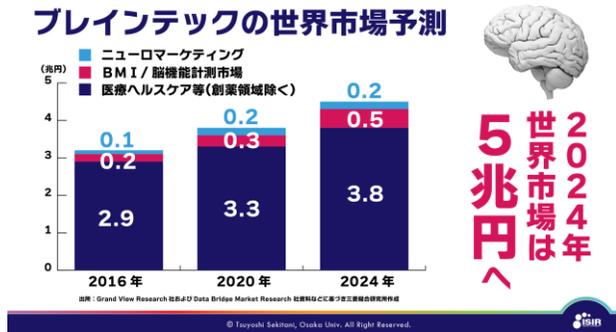




体調管理、空間の快適性、ストレス度、嗅覚、味覚、リラックス、睡眠の質といった、朝から晩までさまざまなセルフケアを実現できると考えており、これはウェアラブル

ではなく、測りたいときにちょっと測るのが重要です。

最後にまとめさせていただきます。三菱総合研究所が表したブレインテック、脳神経活動を利用した世界市場の予測ですが、2024 年までに世界市場は 5 兆円と書かれています。これはコロナが来る前の世界市場で、コロナによって一気にデジタル社会へと突入し、さらにブレインテックの世界市場が大きくなっているわけです。



BRAINTECH LANDSCAPE と呼ばれる、最も有望な、脳に関する会社とサービスが書かれています。世界でだいたい 45 の会社が BRAINTECH の Promising な技術ということでこの統計に表されています。日本の日産、塩野義、資生堂、凸版といった企業も載っています。こういった企業はサービスですが、これはセンサーに関する記載です。EMOTIV などが載っています。NEURALINK はご存じのイーロン・マスクさんがつくった会社で、脳の中に埋め込むことで脳



のさまざまな情報を取り出す BRAINTECH をする NEURALINK です。国内ではほとんど脳波計を作っている会社はなく、ここに私が創業者であるベンチャーの PGV 社が載っています。埋め込むことなく脳のビッグデータからブレインビッグデータをつかって、新しいプラットフォームをつくることを世界に先駆けて取り組んでおります。このようなシート型の電子デバイスによってつながるからこそできる医療、ヘルスケアサービスへと向かっており、これは既に医療機器となっております。



500 万人以上の精神疾患の方がいて、年間 4000 万日の休業日数や 4000 億円の損失コストが出ていると言われていています。その前兆現象として眠れない、体が重い、疲労感が取れない、体調が悪い、いらいらするというのがあるのですが、そこには必ず何かしらの疾患が関連していることがございます。われわれはその未病バイオマーカーを抽出して、予防、リスク予測、そして適切な投薬へとつなげていきたいと考えております。



このようにブレインビッグデータを活用した予防治療の開拓、健康を守るシステムの構築にわれわれのナノテクノロジーを活用した電子デバイスを生かしていきたいと考えています。

以上です。ご清聴、誠にありがとうございました。

## 講演者 浦島 充佳 氏 紹介

浦島先生は 1986 年に東京慈恵会医科大学を卒業され、1993 年に医学博士の学位を取得、1994 年にハーバード大学に留学、1999 年には再度ハーバード大学公衆衛生大学院に留学され、Master of Public Health（公衆衛生修士）を取得されました。2013 年に現職の東京慈恵会医科大学分子疫学研究室の教授になりました。小児科専門医の資格をお持ちです。また、内閣官房危機管理監アドバイザーのご経験や、新型コロナウイルス問題においては専門家としてテレビ出演をして解説されるなど幅広く活躍されています。

浦島先生から研究者としてのバックボーンをお聞きしたので、紹介させていただきます。

小学 6 年のときに広島原爆に関する記録映画を見られ、その後、被爆した子供に白血病が増えたことを知り、医師になることを目指されました。1986 年慈恵医大卒業後、附属病院において白血病や骨髄移植を中心とした小児科の医療に献身され、世界で最初に小児科白血病を抗癌剤で治療されたハーバード大学のダナ・ファーバー癌研究所に 1994 年から 97 年まで留学されました。治療より予防が重要という医の原点に立ち返り、1999 年から 2000 年にハーバード大学大学院に 2 度目の留学をされ、公衆衛生修士を取得されました。2001 年、911 米国同時多発テロに強い衝撃を受け、医師として大勢の尊い命を守るべく活動するようになられました。2013 年より現職です。現在は週 5 日、小児科医として外来診療されています。研究室には 10 人の大学院生が在籍され、予防医学を中心に研究されています。また、学生に対しては疫学と国際保健を教えられています。剣道 3 段、東京マラソン 8 回完走のスポーツマンでもいらっしゃいます。

それでは浦島先生、ご講演をお願いします。

# 新型コロナウイルス感染症の疫学 ～人類と感染症の戦い、過去と今後～

東京慈恵会医科大学 分子疫学研究室 教授

浦島 充佳

ご紹介ありがとうございました。東京慈恵会医科大学の浦島と申します。私は、癌の免疫療法の研究、小児科医なのでアレルギーを予防するための研究、去年はアナフィラキシー反応を10分の1以下に減らせる予防法を開発し小児科のトップジャーナルに載せるなどの研究を行っています。



本日は「新型コロナウイルス感染症の疫学」と題し、人類と感染症の戦い、過去と今後ということをお話させていただきたいと思っております。

最初に、日本の現状、世界の現状をお話いたします。その後、新型コロナの疫学、そして治療薬、特にワクチンは皆さん興味があると思います。そして最後に、コロナとともに生きるにはどうすべきかということをお話させていただきたいと思っております。

まずは日本の現状、世界の現状です。皆さん日々、今日は何人程度のPCR陽性者の患者が出たかということに興味を持たれて、ニュースなどを聞いているのではないかと思います。私がチェックするのは、厚労省のホームページの今日の

\*発生状況（11月27日0:00現在）

	PCR検査 実施人数 ※3	陽性者数	入院治療等を要する者の数		退院又は療養解除と した者の数	死亡者数	確認中 ※4
				うち重症者の数			
国内事例 ※1, ※5 (チャーター便帰国 者を除く)	3,093,909 (+42,634)	138,011 (+2,499) ※2	19,105 (+540)	435 (+25) ※6	116,778 (+1,746)	2,050 (+29)	152 (-69)
空港検疫	323,782 (+1,823) ※7	1,465 (+6)	122 (-5)	0	1,342 (+11)	1	0
チャーター便 帰国者事例	829	15	0	0	15	0	0
合計	3,418,520 (+44,457)	139,491 (+2,505) ※2	19,227 (+535)	435 (+25) ※6	118,135 (+1,757)	2,051 (+29)	152 (-69)

(括弧内は前日比)

サマリーです。これは一昨日 0 時の時点でのデータですが、どのような点を見ているかといいますと、まず、陽性者の数と退院または療養解除となった者の数です。これを単純に引き算して、プラスなのかマイナスなのか。陽性者のほうが多

\*発生状況（11月27日0:00現在）

	PCR検査 実施人数 ※3	陽性者数	入院治療等を要する者の数		退院又は療養解除と なった者の数	死亡者数	確認中 ※4
				うち重症者の数			
国内事例 ※1, ※5 (チャーター便帰国 者を除く)	3,093,909 (+42,634)	138,011 (+2,499)※2	19,105 (+540)	435 (+25)※6	116,778 (+1,746)	2,050 (+29)	152 (-69)
空港検疫	323,782 (+1,823)※7	1,465 (+6)	122 (-5)	0	1,342 (+11)	1	0
チャーター便 帰国者事例	829	15	0	0	15	0	0
合計	3,418,520 (+44,457)	139,491 (+2,505)※2	19,227 (+535)	435 (+25)※6	118,135 (+1,757)	2,051 (+29)	152 (-69)

(括弧内は前日比)

**+753**

ければやはり患者さんは蓄積されていきます。

次に、重症者の数と死亡者の数です。コロナにかかった患者さんの多くは、軽症あるいは無症状の方です。そういった方は普通の風邪と同様です。我々が一番気に留めるのは、重症者の数がどれぐらいのスピードで増えているのか、あるいはどれぐらいの方が1日で亡くなっているのかという点です。陽性者が二桁になったと思っていましたら、すぐに30人前後にまでなる、その様な増加のスピードが大変気になるところです。重症者の方が亡くなれると、重傷者数が減少します。29人の方が重症者数から減少したにもかかわらず、25人の新たな重症者

\*発生状況（11月27日0:00現在）

	PCR検査 実施人数 ※3	陽性者数	入院治療等を要する者の数		退院又は療養解除と なった者の数	死亡者数	確認中 ※4
				うち重症者の数			
国内事例 ※1, ※5 (チャーター便帰国 者を除く)	3,093,909 (+42,634)	138,011 (+2,499)※2	19,105 (+540)	435 (+25)※6	116,778 (+1,746)	2,050 (+29)	152 (-69)
空港検疫	323,782 (+1,823)※7	1,465 (+6)	122 (-5)	0	1,342 (+11)	1	0
チャーター便 帰国者事例	829	15	0	0	15	0	0
合計	3,418,520 (+44,457)	139,491 (+2,505)※2	19,227 (+535)	435 (+25)※6	118,135 (+1,757)	2,051 (+29)	152 (-69)

(括弧内は前日比)

**+54**

が発生しています。死亡者数と新規重傷者数を合計すると 54 人となり、これはかなり深刻な数になってきたと思うわけです。

そして三点目で、私が最も気にしている数値は、PCR の陽性率です。陽性者数を PCR 検査した数で単純に割り算したものが陽性率です。一昨日は 5.86% ということですが、我々の研究データによりますと、4%以上になると確実に死亡率が上がってきています。

\*発生状況（11月27日0:00現在）

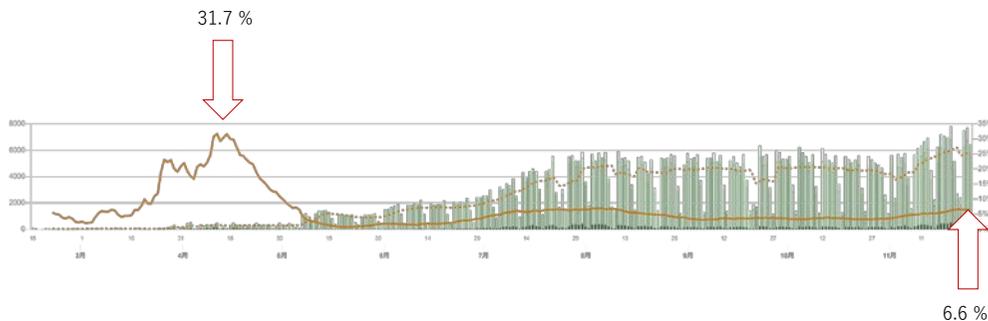
	PCR検査 実施人数 ※3	陽性者数	入院治療等を要する者の数		退院又は療養解除と なった者の数	死亡者数	確認中 ※4
				うち重症者の数			
国内事例 ※1, ※5 (チャーター便帰国 者を除く)	3,093,909 (+42,634)	138,011 (+2,499)※2	19,105 (+540)	435 (+25)※6	116,778 (+1,746)	2,050 (+29)	152 (-69)
空港検疫	323,782 (+1,823)※7	1,465 (+6)	122 (-5)	0	1,342 (+11)	1	0
チャーター便 帰国者事例	829	15	0	0	15	0	0
合計	3,418,520 (+44,457)	139,491 (+2,505)※2	19,227 (+535)	435 (+25)※6	118,135 (+1,757)	2,051 (+29)	152 (-69)

(括弧内は前日比)

PCR 陽性率 5.86%

東京都でこの陽性率がどういう推移だったかを見ていくと、緊急事態宣言が出た 4 月、5 月は非常に大変な状態で 31.7%。つい昨日のデータは 6.6%なので、このときと比べるとかなり良いですが、それでも 4%を超えているので、東京都でもおそらく亡くなる方の数がこれから増えてくると思います。

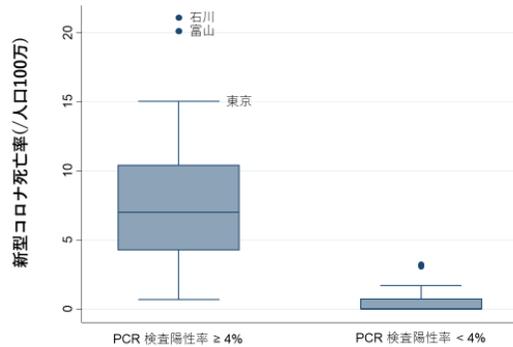
検査の陽性率: 東京都



東京よりもさらに私が気にしているのは大阪です。先程ご講演された関谷先生がいらっしゃるところですが、陽性率が今 2 桁になっているので、これからおそ



境界に以上か未満かで、はつきりと差が生じます。陽性率が高くなればなるほど死亡率が上がります。東京は 30%以上ですので死亡率も高い。東京以外にも石川、富山、北海道、神奈川など



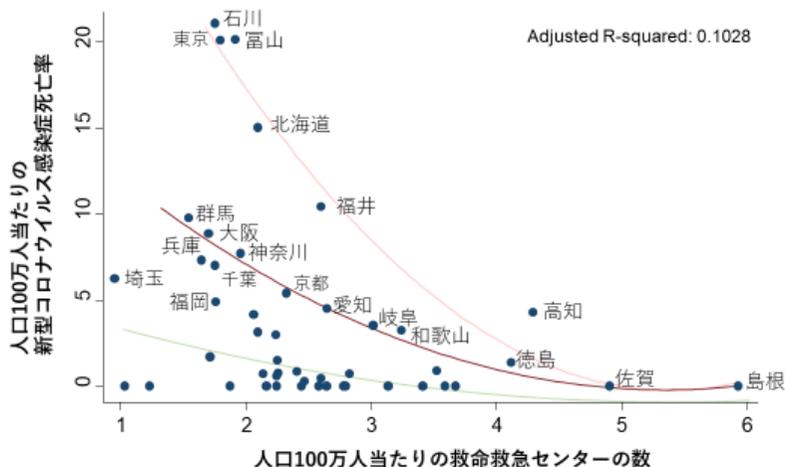
が、陽性率が高く、かつ死亡率が高かった道県です。一方、陽性率が 4%未満であればかなり低い死亡率であることが解ります。

陽性率以外にほかに何か影響する因子があるかどうかを、様々なパラメータを取り多変量解析した結果を下表に示します。最初の頃は保健所が中心となり帰国者接触者センターや、外来の発熱センターのようなものを作りましたが、それらを考慮し、新型コロナに対するキャパシティのパラメータ、500床以上の大病院数、ICUのベッド数等の地域医療のキャパシティなどのパラメータです。

	中央値 (IQR)	Coefficient	95%信頼区間	P
<b>新型コロナに対するキャパシティ</b>				
PCR 検査陽性率 (%)	<b>3.1 (1.7-5.3)</b>	<b>0.988</b>	<b>0.551 to 1.425</b>	<b>&lt; 0.001</b>
帰国者接触者センター数 (人口100万人)	5.4 (3.2-7.4)	-0.118	-0.684 to 0.449	0.67
帰国者接触者外来数 (人口100万人)	14.2 (11.2-20.0)	0.058	-0.266 to 0.382	0.72
コロナ受け入れ可能病床数 (人口100万人)	117 (80-178)	0.009	-0.002 to 0.209	0.12
<b>地域医療のキャパシティ (人口100万人)</b>				
一般病院数	62.6 (49.4-83.3)	0.125	-0.043 to 0.293	0.14
大病院数 (500床以上)	3.25 (2.40-4.18)	0.859	-0.348 to 2.066	0.16
長期療養型病院	30.5 (25.0-45.8)	0.001	-0.222 to 0.223	1.00
救命救急センター	<b>2.26 (1.87-2.83)</b>	<b>-2.703</b>	<b>-4.128 to -1.279</b>	<b>0.001</b>
保健所	5.86 (3.91-8.15)	0.473	-0.356 to 1.303	0.25
<b>病床数</b>				
入院病床数 (人口1万人)	138 (113-164)	-0.085	-0.194 to 0.024	0.12
ICU入院病床数 (人口10万人)	4.90 (4.05-6.46)	-0.384	-1.001 to 0.233	0.21
救急搬送時間 (分) 電話・病院到着	38 (35-40)	-0.118	-0.306 to 0.070	0.21
<b>パロメディック</b>				
救急救命士数 (人口1万人)	2.69 (2.22-3.33)	-0.326	-2.675 to 2.023	0.78
メデフィカル・コントロール数 (人口100万)	12.0 (6.1-20.6)	0.050	-0.108 to 0.209	0.52
<b>交絡因子</b>				
人口密度, /km <sup>2</sup>	266 (174-470)	-0.001	-0.002 to 0.001	0.39
65歳以上の高齢化率 (%)	16.2 (14.5-17.2)	-0.653	-1.726 to 0.421	0.22
大学進学率 (%)	51 (46-56)	0.058	-0.211 to 0.327	0.66
首都における収入, ×10,000円	321 (303-342)	-0.054	-0.121 to 0.012	0.10

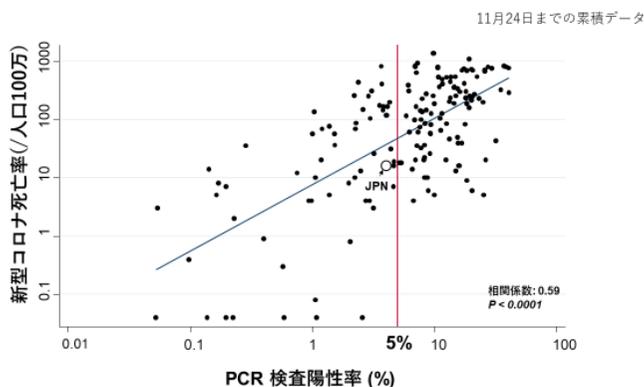
その中で影響する二つの因子が考えられます。一番影響の強い因子が PCR 検査陽性率です。いくら接触者センターを作ろうとも、いくら救命救急士がいようとも、いくら ICU ベッド数があろうとも、それほど大きな影響はありません。

もう一つ重要な因子だったのが人口 100 万人当たり救命救急センターの数です。これは三次医療といいますが、意識障害が強い患者さんを診ることができるような高度な救急センターです。縦軸に新型コロナによる人口 100 万人当たりの



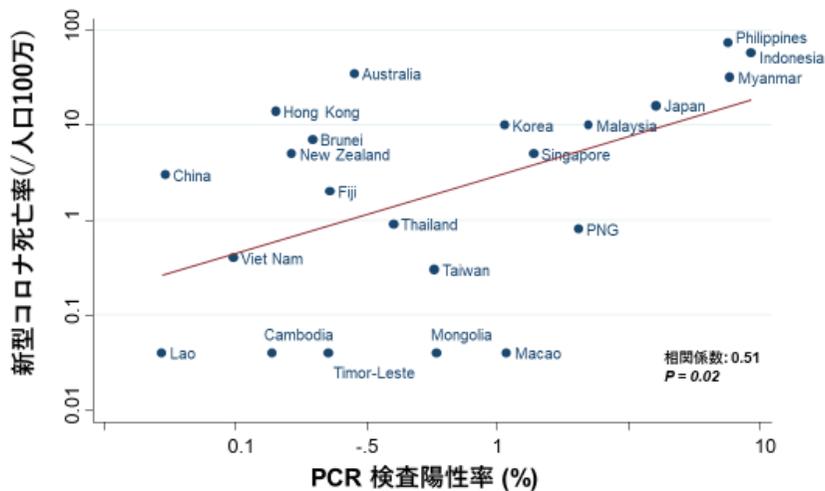
死亡率をとったものです。東京などはもちろん救命救急センターの絶対数は多いのですが、人口が多いので、人口あたりでの数は結構少ないのです。同様に死亡率の高い、石川、富山、北海道、福井といったところは少ないのです。大阪や兵庫、神奈川、この府県も人口を多く抱えているので意外に少ないというのが解ります。その結果、人口数当たりの救命救急センター数が死亡率と高い相関性があると導き出されます。中期的には救急センターをもう少し増やすというのは、一つの方策になってくるのだらうと思います。

さらに、各国の PCR 検査陽性率と死亡率を見たのがこのグラフです。人口 30 万人以上、世界 177 カ国のデータを取ってきました。これは 11 月 24 日までの



データで計算したものです。非常にきれいな比例関係となります。陽性率が高くなればなるほど亡くなる人の数も多くなるということで、11月24日時点では日本も陽性率は5%を切っていましたが、現在は6%になってしまっている状況で、死亡率が高くなる事が心配されます。

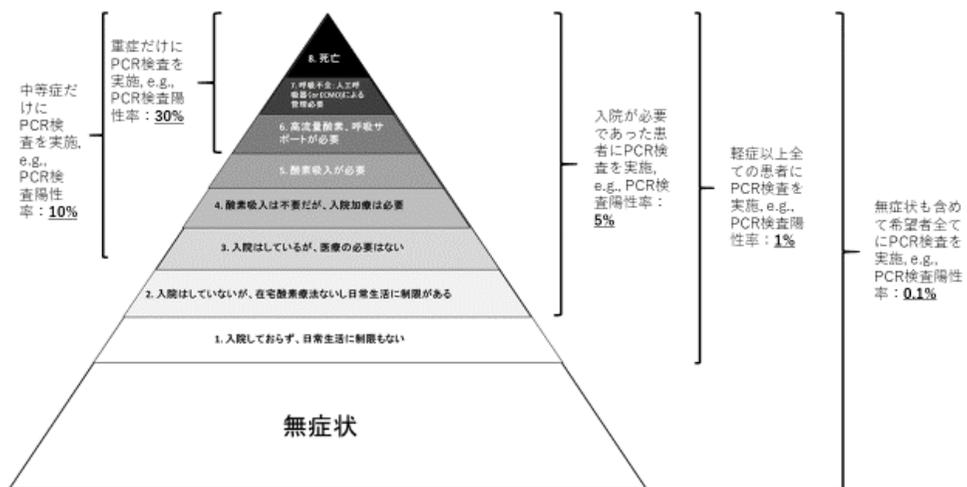
後ほど示しますが、新型コロナによる死亡率は欧米社会、ヨーロッパ、アメリカ、中南米といったところで高くなっていますが、東アジア太平洋地域では非常に低いのです。日本は、死亡率の低い国のグループですが、その中では比較的高いと言えます。PCR検査陽性率を横軸に、縦軸に新型コロナによる死亡率をとり、東アジア太平洋地域の国々をプロットしてみたものです。日本はこの地域では死亡率が高いので劣等生になるわけです。日本以上に高い国は、フィリピン、インドネシア、マレーシア、ミャンマーです。



このように PCR 検査の陽性率が高いと、死亡率は高くなっています。モンゴル、カンボジア、ベトナムやタイなど東南アジア及び東アジアの国々は日本よりも死亡率が低いのです。これは単に偶然の結果ではなく、これらの国は PCR 検査をかなり入念に行い、PCR 検査の陽性率を低く抑えている努力をしているのです。そうする事により、ラオス、カンボジアのように死亡率をかなり低く抑えることができていると思われます。

何故、PCR 検査の陽性率が高くなると死亡率が高くなるかのメカニズムをお

話します。日本では感染症が流行し始めた初期の頃、PCR 検査機器の台数が限られ、検査のキャパシティが上がりませんでした。そのため、例えば呼吸困難の患者が生じ、CT を撮り両側に肺炎が見つかったとします。その様な状況でも、非常に重症な肺炎であり、しかもコロナを疑うような患者さんを優先的に診ていかなければならないのです。そうすると当然ながら陽性率が高くなり、しかも重症率も高いので亡くなるが多くなるという事です。無症状から死亡例まで非常に多岐にわたる症状、これがコロナの特徴の一つでもあります、氷山の一角

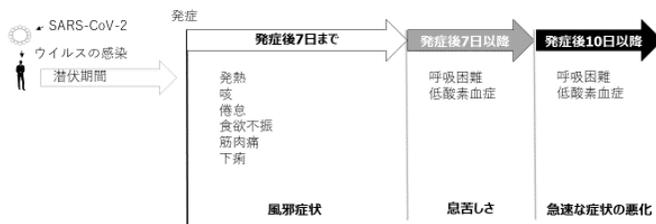


のピラミッドの上のほうだけしか見ていないわけです。検査を拡大して行って、ほとんど症状がない人、軽い風邪症状の人たちにも検査を拡大していくと、陽性率が 10%へ、さらに 5%へと下がっていくわけです。陽性率 30%の場合は、このピラミッドの下の部分に位置する中等症や軽症の人、あるいは無症状の人が検査を受けずにウイルスを持ったまま、職場に行ったり、学校に行ったりして、感染を広げてしまうのです。市中感染が広がるわけです。その結果、高齢者施設や院内感染を起こし、高齢の方、持病を持っている方が亡くなるのです。陽性率が高くなると市中感染を介して間接的に死亡者が増えるメカニズムとなっています。

皆さんよくご存じかと思いますが、もう一度、新型コロナウイルス感染症はどういう症状、経過をたどるかを復習したいと思います。ウイルスに感染し体内に入ると、潜伏期間を経てウイルスが体の中で増殖し症状を発します。これには個人差があり、感染してから 1 日で発症する人もいれば、最長 14 日かかり発症す

る人もいと言われています。一番多い発症タイミングは感染から3日後です。平均値は5日となっています。

最初はどのような名医でも風邪と区別がつかないと思います。発熱する場合もあれば、発熱しない場合も多々あります。数十パーセントの患者は発熱しません。咳に関しては、最初はコンコンという空咳ですが、やがて痰が絡んでくる。その他の症状としては、倦怠感、食欲不振、筋肉痛、おなかの症状、嘔吐、下痢といった症状の方もいます。普通のごくごくよくある風邪です。ところが風邪であれば



ばだいたい 2、3 日で治癒するわけです。それが 1 週間経過してもよくなる。しかも 7 日程度経過すると息苦しく呼吸困難となり重症化の兆しが出てきて、病

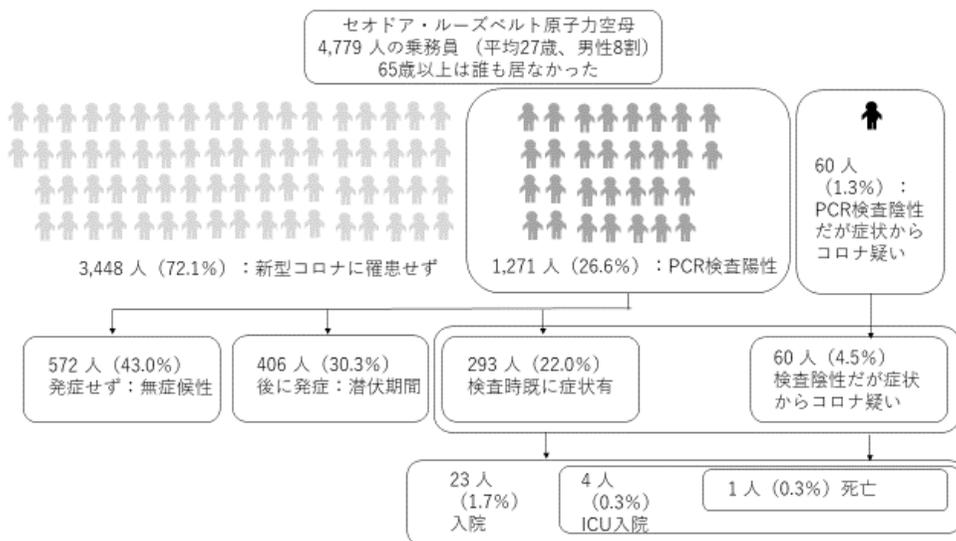
院で検査をし、新型コロナ感染症と診断されます。特に初期の頃は、感染してから発症し、発症してから入院して診断がつくまで、かなりの時間がかかっていました。現在は多少改善されているとは思いますが、それでもかなり時間がかかります。

日本では幸い患者さんは発生しませんでした。2003年に最初の SARS のアウトブレイクがあり、世界で 8000 人の方が発症し、800 人の方が亡くなりました。そのときは、SARS ウイルスは発症してから 3 日ぐらいたってから人に感染する能力が出てきました。ウイルス感染症では院内感染等が起こりますが、発症して熱が出てから 3 日以内に入院させて個室に隔離することができれば、だいたい封じ込めることができたのです。

ところがこの新型ウイルスの非常にやっかいなところは、発症する 2 日ないしは 3 日前から感染力を有している事です。感染者本人さえも自分がウイルスを持ってまき散らしている自覚がまったくないわけです。発症日前後において最も感染力が強いのですが、発症前は自覚がなく、発症したとしても初期は、“ちょっと体調悪いな”、“ちょっと微熱かな”、“ちょっと頭痛いな”というぐらいの

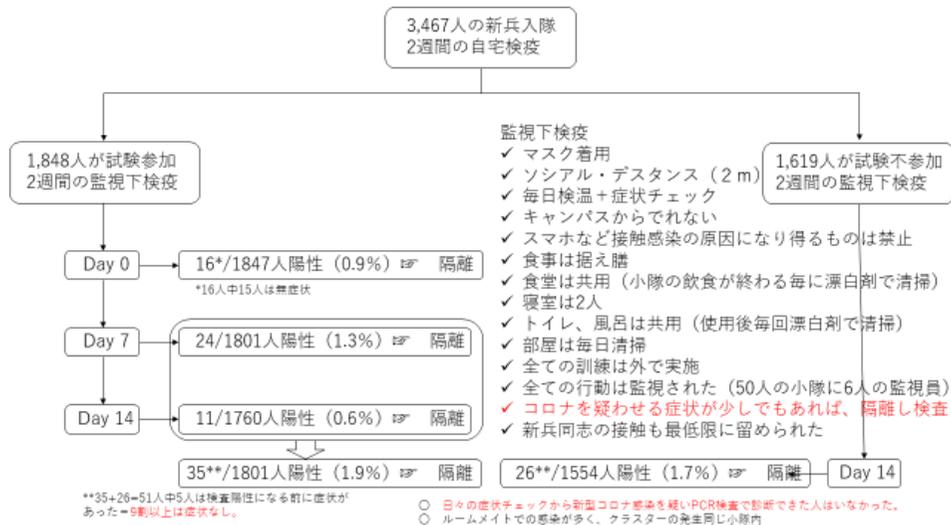
非常に軽い症状なので、知らず知らずに人に感染させてしまうのです。感染させる期間は、発症してから5日以内ですので、発症前を含めトータル8日間程度です。そのあとは急速に感染力がなくなります。発症前後のまだ診断がついていない時期に感染させてしまうので、この感染症を封じ込めるのは非常に難しいのです。

二つの例を紹介したいと思います。日本も新型コロナで大騒ぎになっている3月に、アメリカのセオドア・ルーズベルトという原子力空母で、大きなアウトブレイクがありました。乗組員は4779人、平均年齢27歳、男性8割、65歳以上は誰もいないという比較的若い集団です。ここで大きな感染、アウトブレイクがありました。全乗組員を検査したところ、26.6%はPCR検査陽性でした。陽性者中、検査をしたときに既に症状があった人は22%。検査は陰性だけれど症状があり極めてコロナの疑いが強い乗組員が4.5%、この二つのグループを併せると26.5%。約4人に1人が感染してしまったということです。1271人の検査が陽性だった人で症状があった人は22%ですが、その後30%にあたる406人が発症しました。潜伏期間中にあったわけです。残りの43%は無症状のまま経過しました。潜伏期間でもない、いわゆるキャリアというもので、自分でも症状がないから検査しない限り自分がウイルスを持っているか判らないわけで、そういった人たちが40%おり、さらに感染を広げたわけです。セオドア・ルーズベルト



はほとんどが若い人でしたが、23人が入院して、4人がICUに入って、1人が亡くなりました。本来、空母に乗っている人は若くて健康な人たちだけのはずですから、その中で1人が亡くなったことは、非常に注目しなければなりません。

もう一つ比較したいのが、これもアメリカの海兵隊の話です。3467人の新たに海兵隊に入隊した新人に関する調査です。この人たちは入隊する前に2週間自宅検疫が命じられました。その後、入隊した時点で検査を行いました。その結果、16人が検査陽性で、すぐに隔離されました。14日間自宅検疫を命じられながら、どこかでウイルスを持ち込んでしまい隔離されました。7日後に再検査すると、1.3%が陽性でした。この人たちはまったく症状がありませんでしたが、陽性なので隔離されました。さらに14日目に再検査し、0.6%の人たちが検査陽性になり、この人たちも隔離されました。最初は陰性でしたが、2週間の間に約2%の人がどこかで感染してしまったわけです。2%だったらそれほど高くないかと思うかもしれませんが、彼らは非常に厳しい検疫下に置かれていたわけです。憲兵が全員マスク着用、確実に2メートルの social physical distance をとらせる。毎日検温して症状を見る。症状が少しでもあればPCRの検査をします。キャンパスからは出られません。スマホなどの接触感染の原因になるものはすべて禁止。食事は据え膳となっており、少人数で、現在、皆さんがレストランに行ったときなどにアクリル板の仕切があるような感じで食べている。消毒も漂白剤で、小隊の飲食が終わるごとにきれいにします。寝室は2人で、トイレとお風呂は共用では



あったけれど毎回きれいに掃除する。部屋も掃除。すべての訓練は屋外で行い、全ての行動は監視されていました。50人の小隊に対して6人の監視員がおり、憲兵がついて、少しでも2メートル以内に近づいて会話していたら「おまえら何をしている」と言われてしまう。新兵同士の接触も最低限に留められ、非常に厳しい social distance をキープして、マスク・手洗い必須という形でやってさえも2%の人が14日間の間に感染してしまうというものでした。しかも、その2%の人のほとんどは症状がない。ですから自分でも気が付かないうちに感染を広げてしまうのです。

これを見ると、social distance をとることによって、前の空母の例では2、3割の人が感染したのに比べ、2%に抑えられたことは、確かに効果はありますが、完璧にこれを0にすることはできないということを示します。

そしてそのように難しい感染症をどう収めるかということですが、下図は4月から最近までの東京都のデータで、日々の陽性者数において、濃い緑は誰から感染したかが判っている人、薄い緑は誰から感染したかよく判らない人たちです。感染経路不明の人たちが増えてくるということは、先ほど示したようにいわゆるキャリアや潜伏期間があるような人、あるいは無症状の人からうつったこととなります。感染経路不明者は、既に市中感染が広がっているパラメータにもなるわけです。



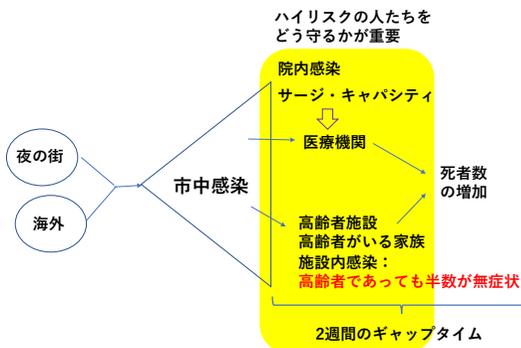
よくある感染パターンは、夜の街で感染がくすぶっている。あるいは3月頃に見られた、海外からウイルスが持ち込まれて、それが市中で広がって、医療機関あるいは高齢者施設に飛び火してクラスターが発生し、死亡者が増えるというパターンです。感染の高波が来たときにどれだけ持ちこたえられるかという、医療

機関のサージキャパシティを上げる  
こと、院内感染対策、施設感染対策  
を行うことが非常に大事だと思いま  
す。

アメリカのデータから、あるいは  
ダイヤモンド・プリンセスのケース  
から、高齢者ですと感染すれば発症

するイメージを持っている方が多いと思います。しかしながら、クラスターが発生した施設で全員を検査すると、半数ぐらいが高齢者であっても無症状、キャリアであることが多いのです。そのため、クラスターが発生した時は徹底的な検査が必要になってくると思います。現在、市中感染が広がってきて、夜 10 時で帰宅を促す等の規制を行っても、それで市中感染を押さえ込むのは難しいと思っています。感染した場合に死亡リスクが高い、年齢が高い人や持病を持っている人をどう守っていくかが大事になってくると思っています。

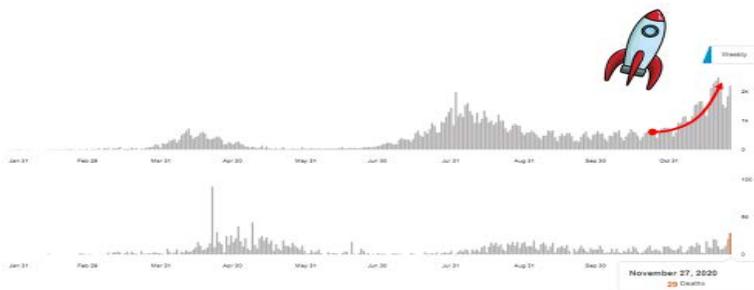
現在の日本の状況は、第 2 波、第 3 波と言われています。通常、気道感染症というのは冬に流行し重症化しやすい特徴がありますので、今後、患者数は増える可能性は高く、12 月後半に向けて患者数・死亡者数が増加していくものと思います。年末年始、皆さん実家に帰らずに留まり、仕事も休みの人が多いと思いますので、そこで少し収束するかも知れませんが、その後の 1 月からの社会経済生活の再開について気を付けなければ、第 4 波の襲来をきたすのではないかと感じています。このようにスカイロケットがどうなるかというところです。



Japan Situation  
**139,491**  
confirmed cases

**2,051**  
deaths

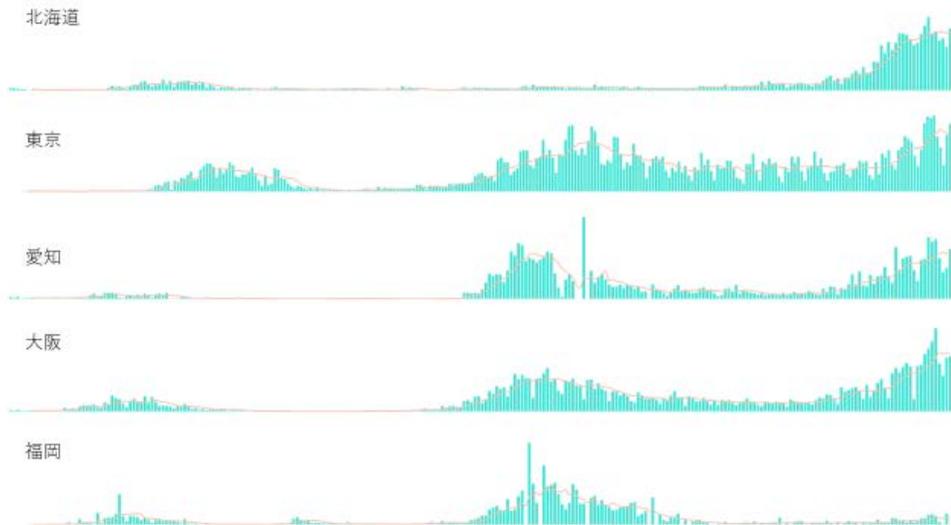
Source: World Health Organization



ウイルスの流行曲線を見ていると、いくつかのヒントがあると思います。“ど

のように対策をしたらいいと思いますか”とよく聞かれますが、私はまず1に換気、2に換気、3、4がなくて、5に換気ということをよく言います。

北海道はすすきの、東京は歌舞伎町、愛知は栄、大阪はミナミ、福岡は中州と、大きな繁華街があり、感染をゼロにできにくい都道府県だと思います。東京はきれいに第2波、第3波まで来ているといえますし、愛知、大阪も似たようなパターンだと思います。しかしながら、北海道は今来ているものは第2波です。夏もさざ波のような小さな波はありましたが、現在が第2波です。北海道の新聞記者



さんと話していると、「夏に北海道は波がなかったですね。窓は閉めていますか、開けていますか」と聞くと、開けているとのこと。夏の北海道は換気をしているわけです。しかし皆さん思い出してください、今年の東京の夏は暑かったですよね。37、38度と暑くなるので、窓は閉めきって、クーラーをガンガンに入れる状況でした。たぶん愛知、大阪、福岡も似たような状況だったと思います。現在、どこに波が来ているかというと北海道です。北海道は気密性の高い建物が多く、窓を閉め切って暖房を入れます。しかも二重窓だったりするわけです。ところが福岡はまだほとんど波が来ていません。まだ福岡は暖かいのだと思います。窓を閉め切らなくても、それほど寒くない。そのように考えると、皆さんマスクや手洗いを十分にされていると思いますので、やはり換気というものが一つキーになるのではないかと感じています。

大事なのは、常に風の流れをつくることです。特に新型コロナウイルスはエア

ロゾルの感染も十分に考えられますので、例えば、子供たちがマスクをしないでしゃべると大きな唾は放物線を描いて下に落ちますが、それと同時に、空気中にしばらく漂うわけです。私がニンニクを食べた後に人と会話すると、“先程、ニンニクを食べた”というのが判ります。それはどういうことかということ、私の呼気の中にある小さな水蒸気の中にニンニクの成分が入って、それが相手の鼻粘膜について、そこにある嗅神経、においを感じる神経のセンサーに感知され、それが脳に伝わって“ニンニクの臭いがするな”とを感じるわけです。その水蒸気の中にニンニクの成分ではなく、ウイルスが入っているとしたらどうでしょう。そこで感染を起こるわけです。皆さん、私がニンニクの臭いをしているとしたら、どうしたらニンニクの臭いがとれると思いますか。それは簡単で、窓を開ければいいわけです。窓を開けて、換気して空気が入れ替わると、たちどころに私の呼気中にあるニンニクの臭いが消え去るわけです。それと同じ原理で、エアロゾル中にあるウイルスもすぐに外に出て、無くなってしまいうわけです。要するに、換気が重要という事です。

もう一点、換気が大事という理由は、2003年にあった SARS の対策でも同様だった事からです。戸山にある国立国際医療研究センターでは、エボラ出血熱などの深刻な感染症の患者が来ると、陰圧個室という嚴重な部屋に入ることになっています。片や、ベトナムは SARS が流行していた国で、一番早く SARS を終息させた国です。陰圧室のようなすごい施設の部屋はありません。彼らがどのよ

### ベトナムがSARS 封じ込めに成功



国立国際医療  
センター  
陰圧個室



注目！  
中庭に窓が空け  
はなたれている



感染者は既に36名に広がっていた。これに対してベトナム保健省は患者さん家族の見舞いを禁止し、診療医師も病院に寝泊りするなどして徹底的な隔離を行った。さらに、SARS 疑い例に対して発症24時間以内に最近の行動に関して詳細な聞き取り調査を行っている。また、死亡患者さん名までも含めて徹底的な情報公開に踏み切ったのである。もちろん、海外からベトナムに入る人たちも入念にスクリーニングされた。

うに対応したかといいますと、窓を中庭に向けて開け放ちました。こういった非常にシンプルなことで感染拡大を食い止めました。



これはシンガポールです。

SARS はシンガポールでも大流行しましたが、どうやってシンガポールが感染拡大を食い止めたか、学生を連れて見学に行きました。最初に待ち

合わせた病院はタントクセン病院というところでしたが、非常に近代的な建物でした。ところが、SARS を封じ込めたのはそこではなく、バラックの感染病棟だったのです。非常にシンプルなつくりです。病棟とはなっておらず、屋外の廊下でコンテナの病室が繋がっています。病室は下記の写真です。換気に非常に気を付けていることが判ります。このコンテナは、確か日本から寄付されたと言っていました。このようなシンプルなコンテナ病室で彼らは SARS を封じ込めたわけです。最初は先ほどの近代的な建物の病院で大流行してしまい、患者さんをこちらに移したそうです。このようなシンプル



な造りで、トイレも付いていて、窓を開ければ、ドアを開ければ、さらに換気

扇も設置され、すぐに換気されウイルスが除去されます。今回の新型コロナウイルスの流行で、この病院はどうしているかと思いサイトに行ってみました。そうしたら、先ほどのタントクセン病院よりも大きい、感染症の患者さんが入院する国立の感染症専門の病院が昨年完成していました。彼らはこの SARS の経験をレガシーとしたわけです。感染症専門病院の

## LEGACY



Operational in May 2019, the new facility has a 330-bed capacity and is designed to manage an outbreak the size of the SARS outbreak.

330床の病室を使ってシンガポールは現在頑張っているようです。

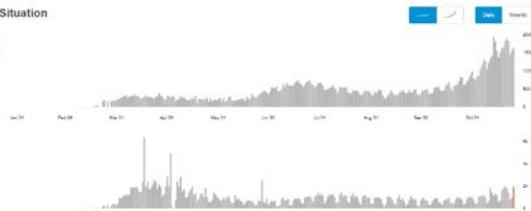
もう一度世界の現状に戻ると、アメリカでまた死亡者が1日1975人ということで、桁違いですよ。患者数も1日すごい数が出ています。

続いてイギリスです。イギリスはロックダウンまではいかないけれど、少し制限したことによって下がってきています。フランスも下がってきています。流行し感染者が増えてから、だいたい2週間ぐらい遅れて死亡者が増えるので、死亡者はやがては減っていくと思います。フランスも危機は脱しつつある。ドイツはまだちょっと頭打ちというところですよ。スペインも減り始めています。ヨーロッパは大変なことにはなりましたが、今はピークアウトしつつあるところかと思えます。

#### United States of America Situation

**12,441,925**  
confirmed cases

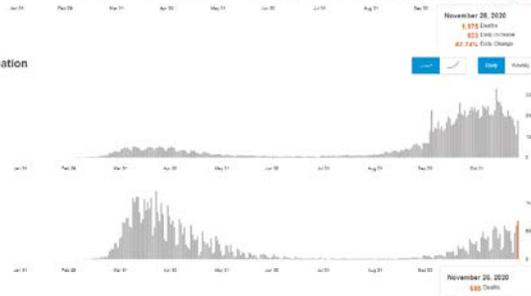
**257,825**  
deaths



#### The United Kingdom Situation

**1,557,011**  
confirmed cases

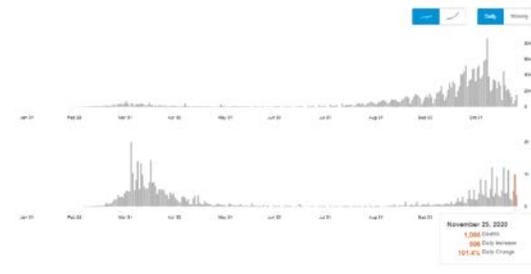
**56,533**  
deaths



#### France Situation

**2,131,376**  
confirmed cases

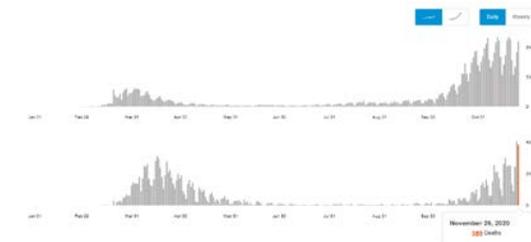
**50,259**  
deaths



#### Germany Situation

**983,588**  
confirmed cases

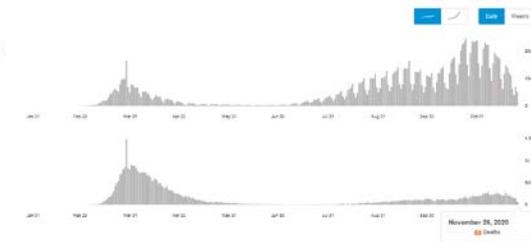
**15,160**  
deaths



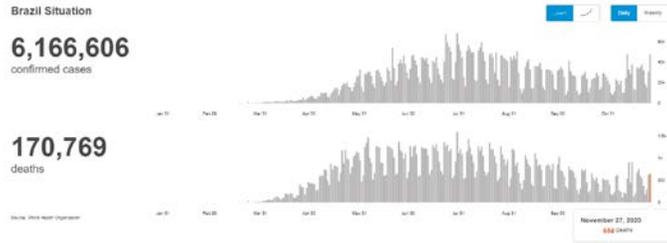
#### Spain Situation

**1,605,066**  
confirmed cases

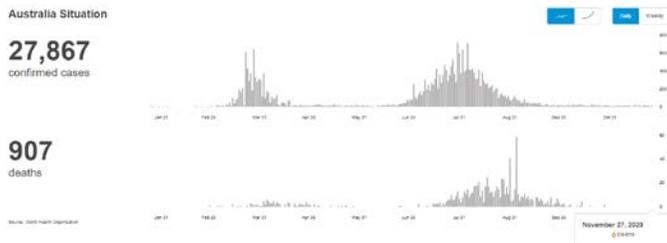
**44,037**  
deaths



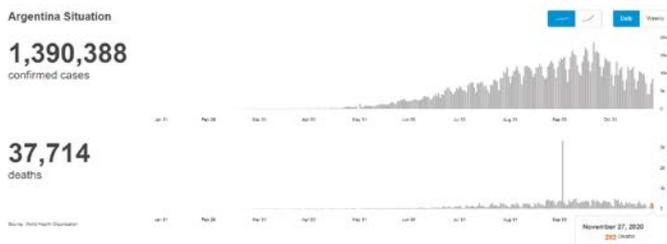
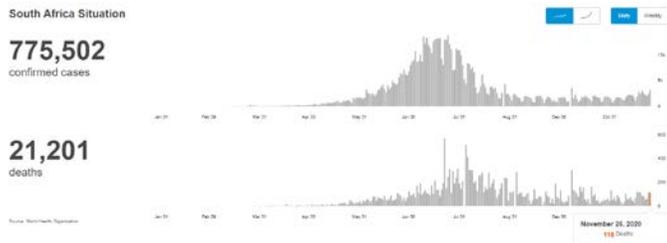
ブラジルは何か対策をやっているのか分からないですが、ずっと慢性的に患者数が継続している状態です。



南半球はどうかというと、だいたい 7~8 月に流行しています。やはり季節は関係あるだろうと思います。しかしながら、気温と湿度が直接関係しているのか、それとも気温が非常に高くなる、あるいは非常に寒くなることにより、窓を閉め切ってしまうことが関係しているのかは、まだ明確にはなっていません。冬にピークが来ていることを考えると、日本のピークはひょっとすると来年の 1~2 月になるかもしれません。



一方、これは南アメリカです。そうは言いながらも、ピークは確かに冬にありましたが、まだくすぶっています。同じ南半球ですがアルゼンチンもこのようにくすぶっているため、インフルエンザのように明確な季節による依存性は無いのかもしれない。



それでは、次に新型コロナの疫学についてお話します。私が常に興味を持っているのは、同じ病気、同じ病名であるにもかかわらず、この新型コロナウイルス感染症は、日本では 100 万人当たりの死亡率がだいたい 16 人の状態ですが、

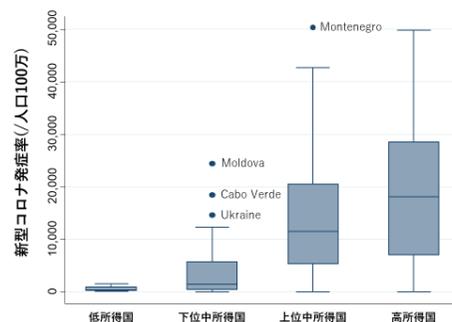
一番高いヨーロッパのベルギーで 1000 人を超えています。アメリカもヨーロッパの国々も、人口 100 万人当たりで日本の死亡率の 50 倍です。このように死亡率の大幅に異なる感染症は聞いたことがありません。しかも、亡くなられる方が多いのは先進国ばかりです。

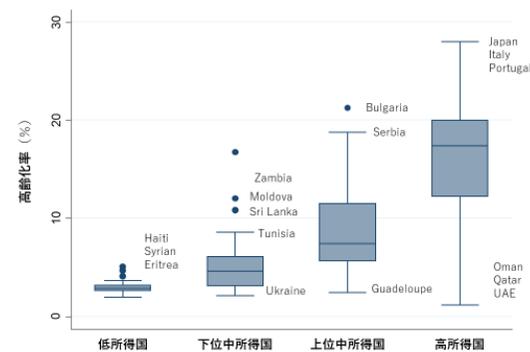
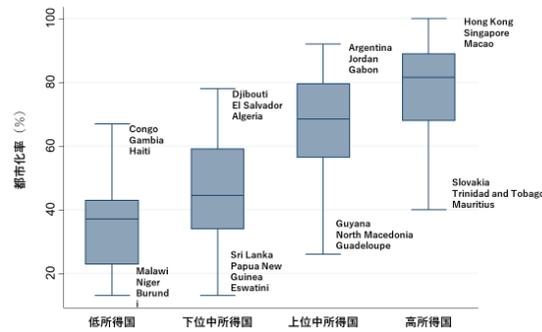
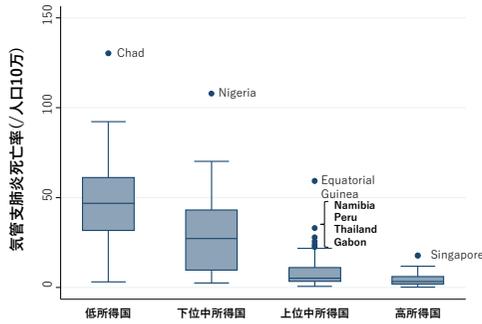
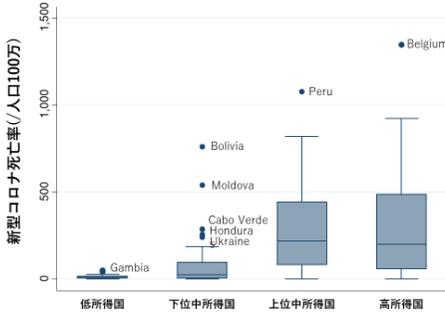
G20 の国で死亡率は、イタリア、アルゼンチン、イギリス、アメリカ、ブラジル、メキシコという順で高く、日本は中国、韓国に次いで 3 番目に低い国です。

ところが東アジア太平洋地域で見ると日本はむしろ劣等生で、日本よりも新興国であるカンボジア、ラオス、モンゴル、東ティモール、台湾やベトナム、台湾は新興国ではありませんが、主に新興国と思われる国のほうが死亡率ははるかに低いのです。日本より高い死亡率の国はミャンマー、オーストラリア、インドネシア、フィリピンくらいですので、日本は東アジア・太平洋地域の中では劣等生であると言えます。

1918 年のスペイン風邪を経験された、100 歳を超える方のインタビューが 2008 年の日経新聞に出ていました。そのインタビューによると、悪夢は今でも覚えているようで、“村人はバタバタと倒れた。たった 1 人の医者もすぐ寝込んだ。重症者は戸板に乗せられ隔離病棟へ。誰一人戻ってこなかった。3 日に 1 度はお葬式。しかし、伝染を恐れ参列者はいない。貧しく栄養状態の悪い人から犠牲になった。”と話されていました。このときは人口の約 1%、日本では 50 万人の方が亡くなりました。約 4 割の方が感染しましたので、周囲の知り合いが次から次へと倒れていった状態だったのではと思われます。

ワールドバンクの各国のインカム別の分類を見ますと、日本は高所得国に入り、上位中所得国、下位中所得国、低所得国の 4 つに分けています。この分類に則り、新型コロナウイルスの発症率、死亡率を見ます。普通の感染症であれば低所得国が高い率を示しますが、今回に限っては所得の高い国のほうが発症率、死亡率ともに高いという非常に不思議な現象です。





昨年までの気管支炎肺炎による死亡率を同じ分類で見ると、低所得国、アフリカなど新興国の多くの国のほうが肺炎で死亡する人ははるかに多いという状況なので、まったく逆の状況が発生しているわけです。

これをさらに疫学的に分析して見ます。都市化率で見ると、高所得国は都市に住んでいる人の割合が非常に高くなっています。この新型コロナウイルスは、繁華街がある、人と人との接触が多い、例えば1日当たり100人、200人の人と会うビジネスマンが多いなど、都市部で流行しやすい特徴を持っている点が、高所得国で感染が多い理由なのかと思います。

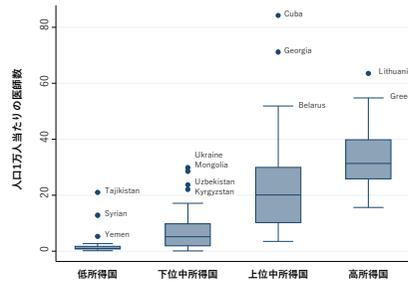
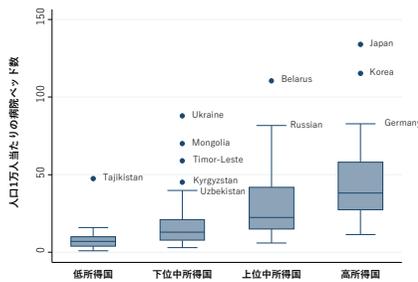
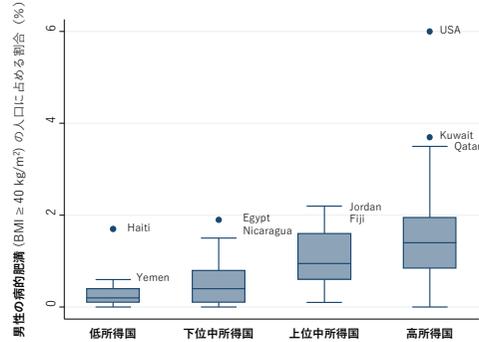
また、高齢者で死亡率が高くなっています。高所得国ではどうしても高齢者が多く、高齢化率も高いので、死亡率も高くなっているということかもしれません。

非常に興味深い現象は

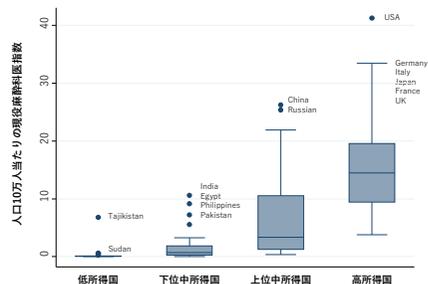
肥満です。人口に占める肥満の割合ですが、やはり高所得国のほうが肥満率は高くなっています。BMI40以上となると日本ではほとんどいませんが、アメリカでは6%程度います。私は

身長165cm、72kgぐらいですが、ちょうど過体重に入ったかなぐらいの肥満度です。肥満度が40ということ、私の身長で110kg以上が必要です。相当の肥満の人が多くというのが判ります。高脂血症も高所得国では非常に多くなっている。糖尿病、高血圧患者の患者さんも中所得国、高所得国で多くなっています。

それでは、医療のキャパシティを見てみると、当然、高所得国のほうが高くなっています。人口1万人当たりのベッド数、医師数、看護師数、麻酔科医の数



いずれを見ても高所得国のほうが多くなっています。麻酔科医の数が多ければICUで重症の患者さんを診る医者が増えます。死亡率が高いイタリア、フランス、イギリス、アメリカでは麻酔科医の数は非常に多いのですが、それでも死亡率が高いということは、麻酔科医の数を増やせば死亡者数を減らせるわけではないと示しています。

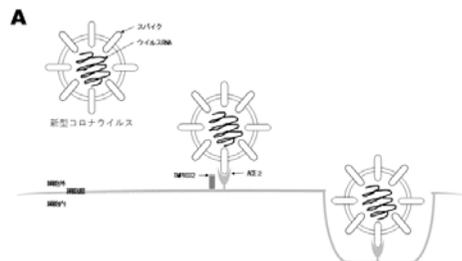
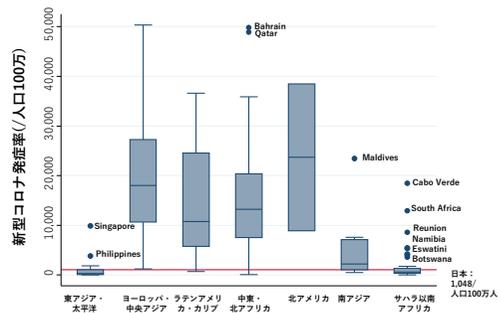
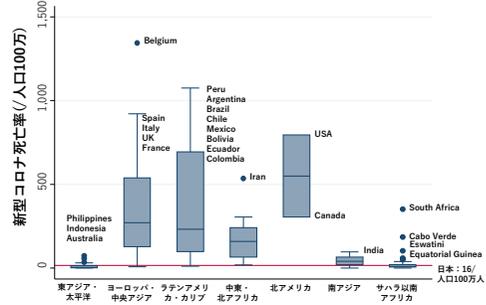


次にワールドバンクの地域別で見てみたいと思います。新型コロナウイルスの発症率を、東アジア・太平洋、ヨーロッパ・中央アジア、ラテンアメリカ・カリブ、中東・北アフリカ、北アメリカ、南アジア、サハラ以南アフリカの七つの地域に分類したものです。東アジア・太平洋とサハラ以南アフリカ、南アジアなどの地域は一部に発症率の高い国もありますが、それ以外の地域と比較し極めて低くなっています。死亡率を見ましても、東アジア・

太平洋、アフリカはヨーロッパ・中央アジア、中南米、北アメリカ等の地域に比べると 50 分の 1 ぐらいに抑えられています。これは何故なのかという疑問がわいてきます。

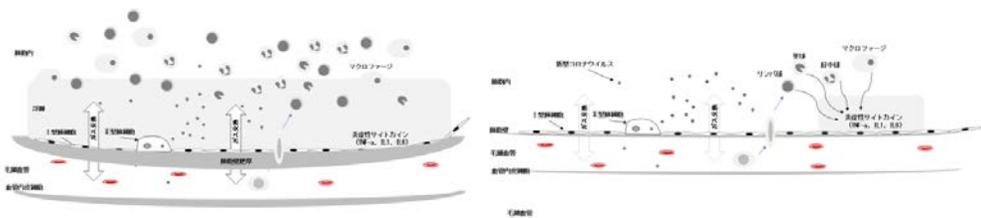
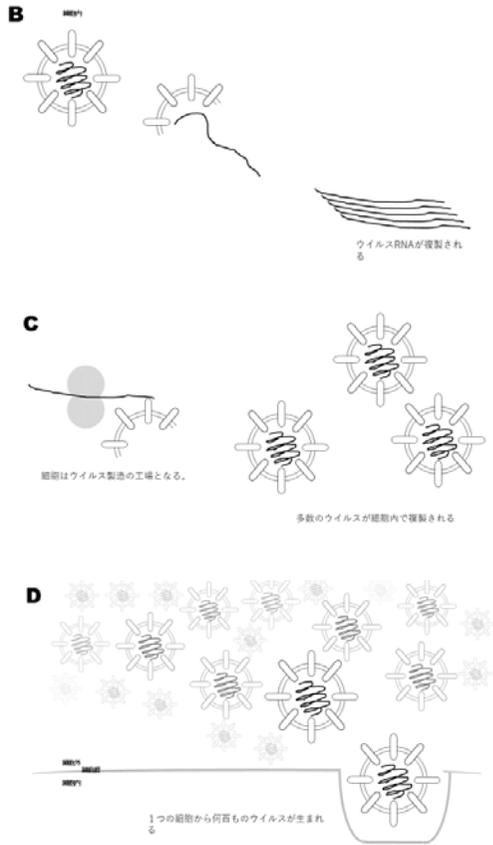
調べてみると、『Nature』誌に非常におもしろい論文を見つけました。COVID-19の重症化にはネアンデルタール人の遺伝子が関係しているのではないかという論文です。彼らは GWAS (Genome Wide Association Study) で、COVID-19で重症になった患者さんと、健康な人たちのゲノムを比較しました。そうしたところ、3番目の染色体のある領域に非常に高いCOVID-19の重症化遺伝子群を発見しました。免疫に関係するサイト、特にインターフェロンという自然免疫に関係する部分が重要ということが解ってきました。

どのようにウイルスが感染するかが存じないと思うので、少し説明します。ウイルスは遺伝子を持ち、その周りに脂肪の膜で包まれている非常にシンプルな構造をしています。スパイクという突起を持っていて、自分自身で

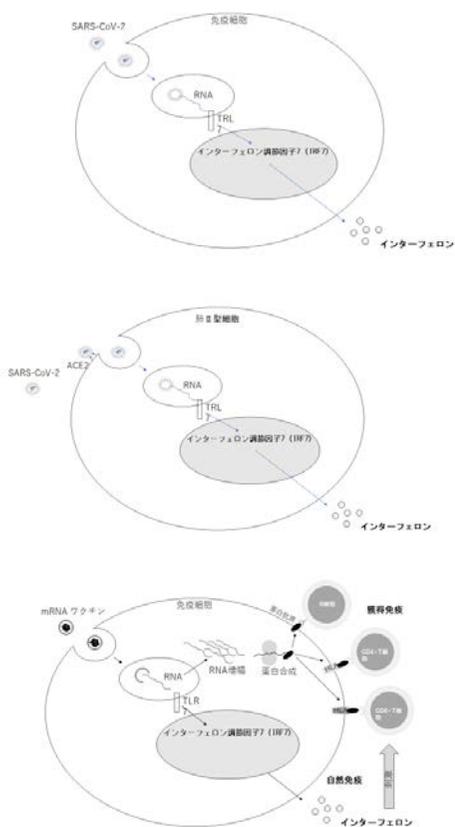


増えることはできないのです。細胞という、ウイルスにとっては巨大な工場を借りて、自分と同じものを複製します。高血圧と関係があるACE2という膜表面の蛋白質を足がかりにして、これをきっかけに細胞内に感染します。

細胞内に感染した後に、自分の中のRNAを出してそれを複製し、さらに細胞の工場を借りて自分と同じウイルスを複製し、細胞を破壊しながら感染を広げていくというパターンです。ACE2という受容体を肺の細胞が持っています。気道からこのウイルスを吸い込み、肺に到達すると、II型胚細胞が感染し、ウイルスを増幅させます。免疫応答を起こすことによって肺で炎症が起こり、水がたまり、むくみが生じます。そのため、肺に入ってきた空気、酸素と毛細血管の間のガス交換ができなくなってきて、呼吸困難に至るとというのがコロナの病態です。



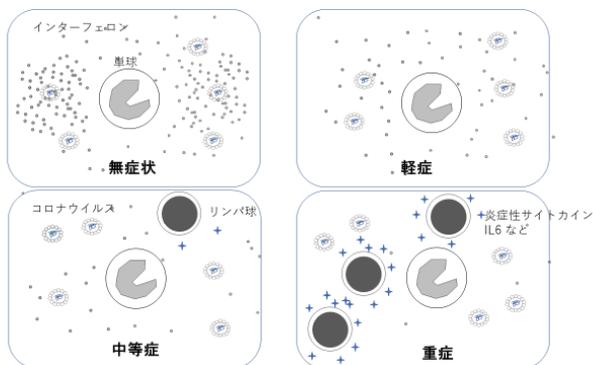
免疫細胞はどうやって反応するかというと、SARS ウイルスだけではなく、ありとあらゆるウイルスに対して免疫細胞が“何か変なのがいる”とパクッと食べます。そうするとウイルス特有のRNAを検知して、免疫細胞の中でこれに対し



てインターフェロンを出すようになります。インターフェロンを出すまでの応答が悪い場合には、ウイルスが増殖し、感染を起こし、炎症を起こしてしまうのです。インターフェロンが出ると新しいウイルスだろうと、古いウイルスだろうと掃除してくれます。インターフェロンというのはそのような役割があるのです。

オランダで 20~30 代の 4 人の患者が重症化で ICU に入り、1 人の方が亡くなりました。医師は、重症化するの多くは高齢者の場合であるが、何故この若い人たちが亡くなったのか調査するため、ゲノム解析をしました。全ての遺伝子を調べた結果、インターフェロンに関わる遺伝子が欠損している、も

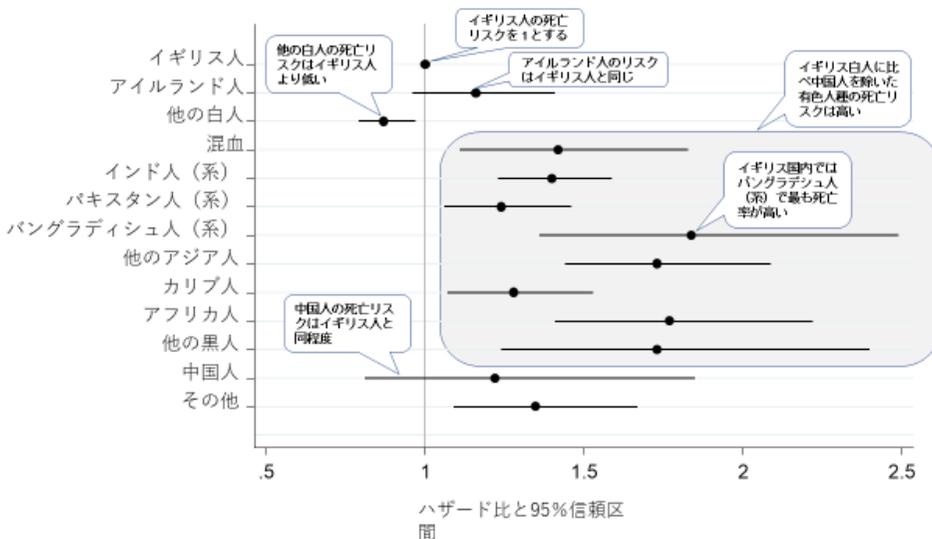
しくは変異している人たちで、しかも兄弟でした。この遺伝子は X 染色体にあるので男性にしか出ません。原因の全てではありませんが、その遺伝子が欠損していたことによって、この人たちはウイルスに感染した時に、免疫反応を起こすことができなくて重症化したのだらうと考えられます。高齢になるとどうしても、免疫の反応がエージングによって応答が悪くなります。インターフェロンが迅速に応答できなくなるので、感染を許してしまうと考えられます。これが重症化のメカニズムです。



その 3 番目の染色体のある領域にネアンデルタール人の遺伝子が入っていると、

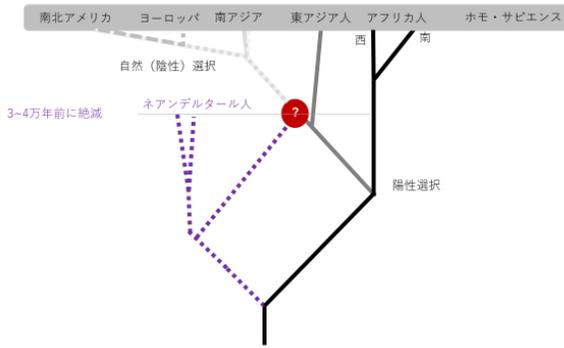
インターフェロンの反応が悪いことまで解ってきました。ネアンデルタール人の遺伝子が入っている民族はどこに多いかというと、南アジアです。バングラデシュが一番多く、南アジアの国々。その次にイランや中東の一部の国。そしてヨーロッパ、アメリカ、中南米です。オーストラリアにもそれなりにいて、インドネシア、パプアニューギニアの周辺や、東南アジアにもごく少数います。ところが東アジアやサブサハラ・アフリカの人たちは、コロナで重症化しやすい遺伝子を持っていません。この重症化リスクの遺伝子の継続を、“ネアンデルタール人の呪い”という人たちもいるようです。

しかしながら、この遺伝子を有する民族の住む、南アジアでは必ずしも死亡率が欧米諸国と比較し高くはありません。その理由は後に説明します。イギリスを例にとって説明します。イギリスはメルティングポットといっているいろいろな人種が住んでいます。詳細に見ますと、古くから居住していたイギリス人の死亡リスクを1とした場合、インド人、パキスタン人、バングラデシュ人等の、南アジア系の人たちの死亡リスクは1.5~2倍ぐらい高くなっています。



私は医学が専門なのでこのへんはまったく素人ですが、昔はネアンデルタール人とホモサピエンスは全く別の人間だと考えられていました。ネアンデルタール人はだいたい3、4万年前に絶滅しています。2010年に『Science』に出た論文によると、ホモサピエンスの中に10%ぐらいネアンデルタール人の遺伝子を持

っていることが判っているようです。遺伝子が引き継がれているということは、一緒にの地域で同じ時代に住んでいたという証明でもありますので、どこかで交配していたのではということが、言われるようになりました。

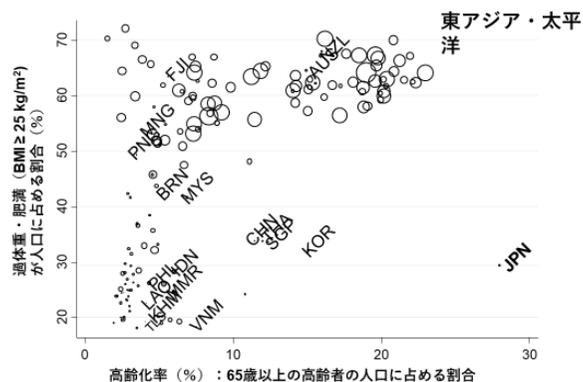


一方、ネアンデルタール人とホモサピエンスに分かれてから最初に出現したのがアフリカ人と言われています。アフリカ人の中にはネアンデルタール人の遺伝子の痕跡はありません。東アジア人

の中にもない。その点を考えると、ひょっとすると東アジア人が分かれたあとに交配が起こったのではないかと、考える事もできると思います。

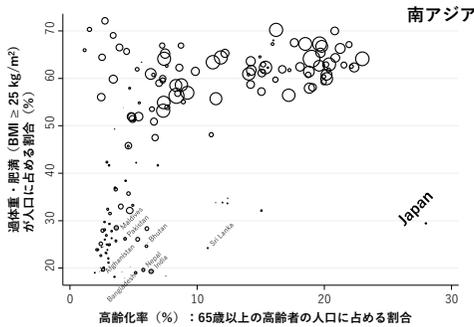
南アジア人、ヨーロッパ人、南北アメリカ人とそれぞれ持っているネアンデルタール人の遺伝子の比率が違ってきます。歴史上は書かれたものはありませんが、どこかの地域でコウモリ等から新型コロナウイルスが人に感染して流行を起こし、多くの人が亡くなり、ネアンデルタール人の遺伝子を持っている人たちが自然選択的に淘汰され、遺伝子の持っている比率が微妙に変わってきたのではないかとというようにも考えられます。

先ほど触れた肥満というものにもう一度立ち返ってお話したいと思います。右図は横軸に65歳以上の高齢者の人口に占める割合、縦軸に過体重、肥満(BMI



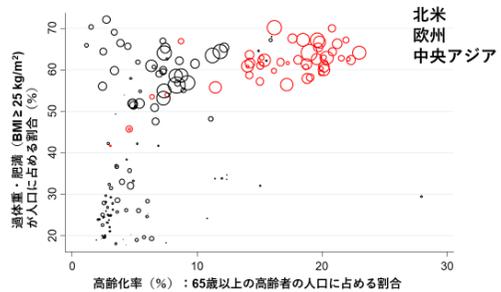
が25以上の人)が人口に占める割合を示したものです。日本は一番高齢者が多く、65歳以上が28%で、世界で圧倒的に1番です。それから過体重、肥満、BMIが25以上の人々が人口の何パーセントを占めるかということで、日本は29%

に対してアメリカは 70%います。肥満が普通という国も結構あります。丸の大きさは新型コロナによる 100 万人当たりの死亡率の高さを示しています。丸が大きいと死亡率が高いという事です。肥満の人が多く、高齢者が多い国のほうが、当然円が大きくなるわけですが、日本は高齢者の数は多いのですが、肥満の人が少ないことで、死亡率が低くなっていると思います。

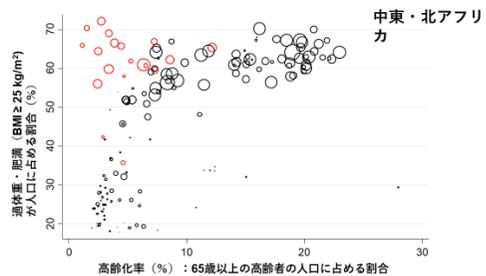
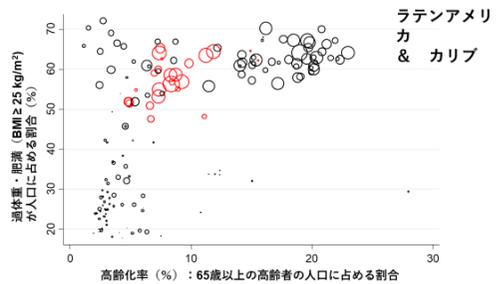


南アジアはネアンデルタール人の遺伝子を持っている人が多く、そのわりに死亡率が少ないのですが、65 歳以上の高齢者が数%しかいません。ほとんど 90%以上は若い人たちなので、新型コロナウイルス

スが流行しても、多くの人たちが風邪、または、少しひどい程度の風邪程度で済んでしまうわけです。南アジア人はネアンデルタール人の遺伝子を受け継いでいますが、死亡率は低いというのは、このメカニズムで説明できると思います。



死亡率が高い北米、欧州、中央アジアはどうでしょう。高齢者が多く、肥満が多い国を赤丸で示しますが、大変多くなっています。二重苦ですので、当然死亡率は高くなります。ラテンアメリカ・カリブも高いです。高齢者は割りと少ないのですが、肥満が多いため、死亡率が高くなって



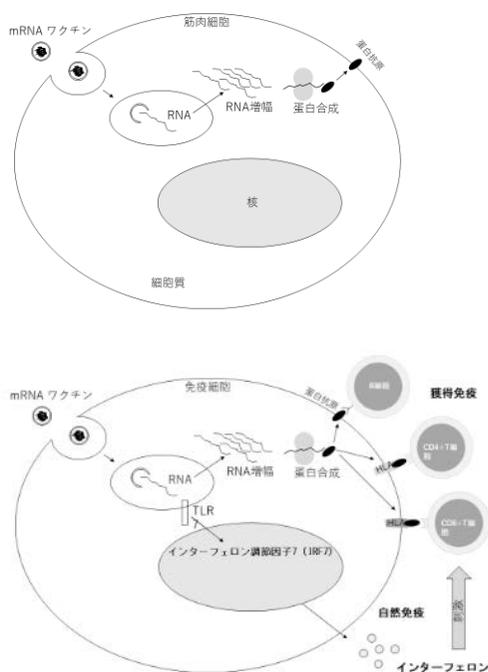
と思われる。中東・北アフリカはそれほど高くはないけれど、やはり肥満が多い。ただし高齢者が少ない分、死亡率が低くなっているのだろうと思います。

だいぶ時間が差し迫っていますが、ここから本日のメインイベントを話したいと思います。皆さんワクチンのことを一番知りたいのではないかと思いますので、治療薬のところは割愛し、ワクチンの話をします。

今回は、特に多くのところでワクチンが開発され、色々な種類のワクチンが出ましたが、私が一番注目しているのは mRNA ワクチンというものです。RNA というのは、学生の頃、皆さん生物で習ったと思います。核の DNA から設計図を読み取り RNA に移し替えられ、それを基に蛋白質がつくられます。設計図の橋渡し役をするのが RNA です。この新型コロナウイルスは DNA を持たず RNA を持っています。先程、図で示したように、スパイクという細胞が感染する発端となる蛋白質を構成する RNA を、脂肪の膜に入れて、それをワクチンとして筋肉注射します。そうすると、筋肉細胞の中に RNA が取り込まれ、ウイルスのスパイクという、ウイルスの一部だけをつくります。それを免疫細胞が認識し、免疫反応、抗体をつくるというメカニズムです。

筋肉細胞の中にワクチンが取り込まれると RNA が入り、筋肉細胞という大きな工場を借りて RNA を増幅し、リボソームというところで蛋白質をつくり、これを蛋白質抗原として出すわけです。

さらに、先程のように RNA が細胞の中を刺激してインターフェロンを出します。そのため、抗体をつくらせるだけではなく、B 細胞、T 細胞、ナチュラルキラーセル、獲得免疫プラス、自然免疫をも刺激する能力があると言われていいますので、理論的には大変優良な



ワクチンです。しかしながら、このようなワクチンがつくられたのは今回が初めてです。そのため、私は、そんなにうまくいくわけがない、効果があるのかと、6、7月には思っていたわけです。『The New England Journal of Medicine』という世界の有名な雑誌に掲載された事をきっかけに考えが変わりました。

7月28日に論文が出版されて、この日からワクチンの第三層試験が始まりました。どういう試験かと簡単にいいますと、ワクチンを打って抗体ができれば、このワクチンは有効であり、販売していいという手続きです。既にそのような手続きで中国やロシアでは接種が始まっています。この論文において次のような試験が行われていました。アカゲザルにまずこのワクチンを打ちます。それから4週間してからもう1回打ちます。人間に対しては決してできませんが、ウイルスがたくさん入った生理食塩水を気管に吹きかけます。そして1~2週間様子を見て、肺炎を起こしたかどうか病理検査をしました。

ワクチンを100 $\mu$ g打って肺炎にならなかったサルは、空気と血液をガス交換する肺胞が開いていて、ほぼ正常の肺の構造をしています。ところが、10 $\mu$ gという少し少ない量の接種のサルは、紫色の点々が増え炎症が起こってきます。ワクチンではないTBS（生理食塩水）を打ったコントロール（比較対照群）では、肺胞がほとんど潰れてしまい、ほとんど空気のガス交換ができない状況で、免疫細胞で占拠されてしまっています。たぶん最後は相当苦しただろうと思われる、重度の肺炎を起こしています。3匹ずつのサルの実験と数は少ないのですが、明確な結果となっています。予防だけではなく、重症化も防ぐという事が想定できます。

11月に皆さんもニュース報道を聞いたと思いますが、モデルナ社及び、ファイザー社とドイツのバイオンテック社の合作で、2種類のmRNAワクチンが出てきました。

他の製薬会社は別の種類のワクチンをつくっていません。mRNAワクチンはこの

Moderna社				
csi	5	90	15000	15000
		Exposed	Unexposed	Total
Cases	5	90	95	
Noncases	15000	15000	30000	
Total	15005	15090	30095	
Risk	.0003332	.0059642	.0031567	
		Point estimate	[95% Conf. Interval]	
Risk difference		-.005631	-.0068937	-.0043682
Risk ratio		.0558703	.0227093	.1374541
Prev. frac. ex.		.9441297	.8625459	.9772907
Prev. frac. pop		.4707316		
		chi2(1) = 75.81 Pr>chi2 = 0.0000		

2社だけです。いずれもアメリカです。モデルナ社は、3万人を対象に試験を行いました。半数はこのワクチンを打つグループ、残りの半数はプラセボとって、偽ワクチンを打つグループに分けて2、3カ月見て中間解析データを出しました。それによると、ワクチンを打ったほうでは5人しかコロナにかかっていないが、プラセボ、偽ワクチンを打ったほうでは90人が感染しました。単純に比を取ると94%予防率があります。これは画期的な予防率です。皆さんインフルエンザワクチンを打たれると思いますが、これは、30%ぐらいの予防率です。95%というのはほとんどない、非常に高い予防率です。

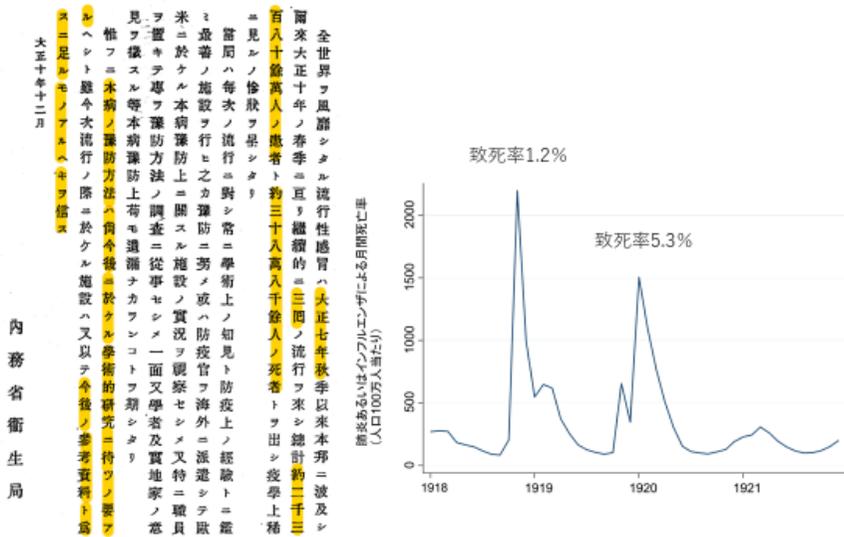
Pfizer社				
	Exposed	Unexposed	Total	
Cases	8	162	170	
Noncases	22000	22000	44000	
Total	22008	22162	44170	
Risk	.0003635	.0073098	.0038488	
	Point estimate		[95% Conf. Interval]	
Risk difference	-.0069463		-.0080957    -.0057969	
Risk ratio	.0497283		.0244581    .1011075	
Prev. frac. ex.	.9502717		.898925    .9755419	
Prev. frac. pop	.4734793			
chi2(1) = 138.97 Pr>chi2 = 0.0000				

ファイザー社のワクチンも同じぐらい効果があります。4万4000人を対象に行つて95%の予

防効果を示しました。しかも、インフルエンザのワクチンだと有精卵の中でウイルスを増やし、それを精製してつくるので非常に時間もかかりますし、量産となると大変な労力を要します。ところがRNAを増やすのは非常に簡単な作業なので、何千万人分という量がどれぐらいでできるかは、私には想像はつきませんが、決して無理難題ではないだろうと思います。12月に入ってからアメリカでは実際に接種を始めるようですので、早く日本にも入ってきてほしいと思います。

ファイザー社と組んで開発した会社がドイツの会社でしたが、ドイツにまで目を配り、そこでキャプチャーしてきたのはすごいことです。このドイツの会社はドイツ生まれのトルコ移民の夫婦が社長です。最初は癌の研究をmRNAで行っていました。ファイザー社が注目し、2年前に新型インフルエンザ用のワクチンを一緒に開発しないかということで声をかけました。今回、新型コロナウイルスが出現したため、対象を切り替え、研究開発を行いました。日本は研究開発において、若干取り残されている気がします。このワクチンが接種できるようになりましたら、ハイリスクの人たちから接種していくべきだと思います。

最後に数分だけお話しして終わりたいと思います。最初に話したとおり、私は基本的には癌やアレルギーなど免疫の研究、予防研究をしています。これから新型コロナウイルスが流行るかもしれないということで、いろいろなところで講演を頼まれました。スペイン風邪は世界では数千万人の人が亡くなったと言われていますが、日本での状況を調べても、論文はほとんどありませんでした。行き着いたのが、国会図書館にある内務省がまとめた『流行性感冒』というマイクロフィルムに入った報告書です。それを全部コピーして読んだところ、スペイン風邪のときは、日本では検査もできなかったもので、38 万人が亡くなったと書いてありました。今後の“学術的研究ニ待ツノ要アルヘシト”と記載されています。“我々は

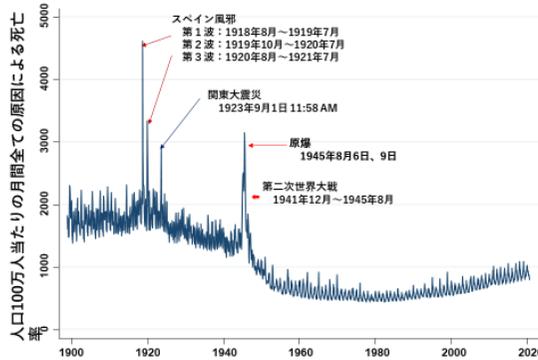


一生懸命やったけれど、データをここにすべて示すので、未来の研究者に役立ててほしい、またこういうことが起こるだろう”と書かれています。それがちょうど 100 年前だったのです。

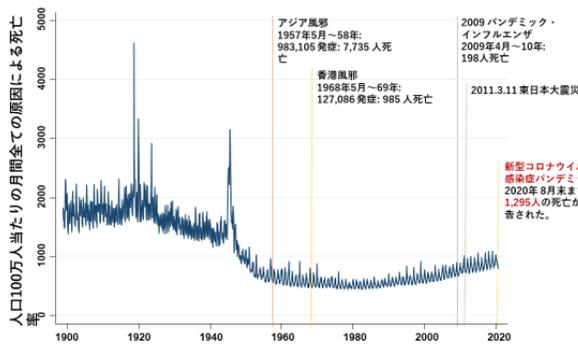
大正時代でしたが、そのときの情報を見ると今と同じで、“近寄るな、咳する人に。鼻口を覆へ”、“マスクしろ”などというものがあ、非常に興味を持って感染症というものを見るようになりました。この 120 年間のデータを集めて、日本はどのように感染症というものを乗り越えてきたのかを解析しました。

このグラフは 1899 年から 2020 年 8 月までの、一月あたりの人口 100 万人当たり何人死亡したかというデータになっています。1918 年のスペイン風邪のときには非常に大きな

シャープな波を二つ認めています。そして次の波、スパイクが関東大震災です。さらにその後が第二次世界大戦で、1945 年 8 月には原



爆のピークを認めています。ところが、そのあと何回かパンデミックがありました。アジア風邪、香港風邪、2009 年の新型インフルエンザのパンデミック、い

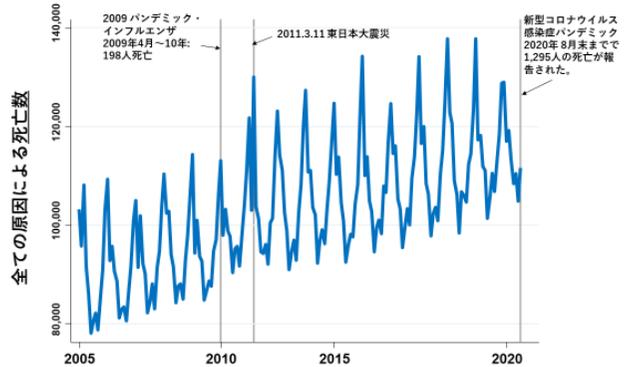


ずれもピークがありません。もう少し拡大してみると、季節性のインフルエンザのほうがはるかにピークを示すぐらいです。ちょうどバブル期が 100 万人当

たりの死亡率が少なく、

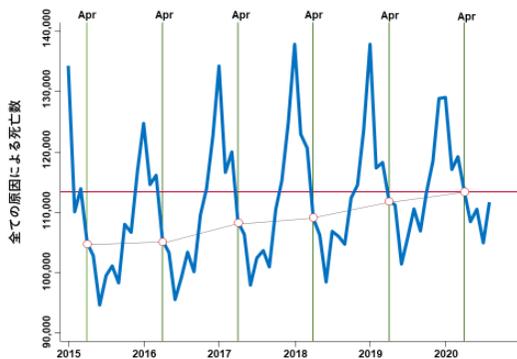
日本の場合には高齢化率が高いので、基線が年々上がっているのが分かります。要するに高齢者が増えれば増えるほど、肺炎などで亡くなる人が増えている現状があります。

これはさらに拡大したもので、2005 年から 2020 年の 15 年



間を見えています。2009年のパンデミックでは全くピークがありません。この時のデータでは198人の死亡しか確認できていません。ところが2011年の東日本大震災ではしっかり3月にピークが見られます。今回の新型コロナウイルスでは全くピークがありません。

この5年間に限ってみます。縦軸は死亡率ではなく絶対数で見えています。一月に何人死亡するかです。1月が毎年高く、この2015年は13万人がお亡くなりになり、6月が一番少なくて、この年は10万人を切っています。翌年1月が増加



して12万人、6月が少なくなるというアップダウンを繰り返しています。毎年1月に死亡者数が、一番多いのです。最も少ない6月との差は3万人いるわけです。

同じ日本なのに6月は3万人死亡者数が少なくて、冬はどうしても風邪などを悪化させて持病が悪化し多いのです。

4月を点線で結んでみると、コロナが流行する前から毎年高齢者が増えているため、基線が上昇しており、死亡者数は増えています。ところが、緊急事態宣言が出ていました本年4月でさえ、死亡者数は増えていません。7、8月までを見ても増えてはいないのです。日本においても、戦々恐々として、この先どうなってしまうのかという雰囲気にはなっていますが、この120年という長い時間軸で見たときに、そんなに心配するレベルではないといえるのかも知れません。

これは最後のスライドになりますが、これからコロナとどう生きていくかを考えていかなくはいけない時代ではないかと思えます。“強い

## Charles Robert Darwin

**“It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent that survives. It is the one that is the most adaptable to change.” –**

者だけが次の時代に生き残れるわけではなく、頭がいい生き物が生き残れるわけではなく、環境にアダプトしたものだけが生き残ることができる。”ダーウィンの言葉です。

新型コロナウイルスということで世界の環境が変わり始めています。新型コロナウイルスとともに生きる、アダプトできた国だけがたぶん生き残ることができるだろうと思います。

以上です。ご清聴ありがとうございました。

## 公益財団法人 新世代研究所

〒 101-0063

東京都千代田区神田淡路町 1-23-5

淡路町龍名館ビル 4階

TEL 03-3255-5922

FAX 03-3255-5926

<http://www.ati.or.jp/>

