



LINK-J シンポジウム

MEDTEC INNOVATION symposium

イノベーションで激変するがん診断の世界

プログラム講演録

2021.11.29 [MON] 13:00～17:00

日本橋ライフサイエンスハブ、ライフサイエンスハブウエスト、オンライン配信

4th

MEDTEC INNOVATION symposium

イノベーションで激変するがん診断の世界

主催者挨拶

◎大阪会場

澤 芳樹 LINK-J副理事長／大阪大学大学院医学系研究科 特任教授／大阪警察病院 院長

3

基調講演

◎東京会場

がん集学的治療時代における外科医の役割～高精度診断が変える治療戦略～

北川 雄光 慶應義塾大学医学部 外科学 教授

4

講演

◎東京会場

がん診断におけるテクノロジーの重要性、深化、最新状況

加藤 容崇 慶應義塾大学医学部 腫瘍センターゲノム医療ユニット 特任助教／北斗病院腫瘍医学研究所

8

◎東京会場

わずかな血液からのがん検出 血中マイクロRNA検出技術

橋本 幸二 株式会社東芝 研究開発センター ナノ材料・フロンティア研究所 フロンティアリサーチラボラトリー

10

◎大阪会場

尿中バイオマーカーを利用したがんの早期発見～名古屋大学発ベンチャー～

水沼 未雅 Craif株式会社COO (最高執行責任者)

12

◎東京会場

7000種類のタンパク質測定技術によるがんや循環器疾患リスクなどの血液サービスについて

和賀 巖 フォーネスライフ株式会社CTO (チーフテクノロジーオフィサー)

14

◎東京会場

医療画像診断AIの第一線

島原 佑基 エルピクセル株式会社 代表取締役

16

パネルディスカッション

◎東京会場 ◎大阪会場

モデレーター

鈴木 寛 東京大学公共政策大学院 教授／慶應義塾大学総合政策学部 政策・メディア研究科 教授

18

パネリスト

澤 芳樹 LINK-J副理事長／大阪大学大学院医学系研究科 特任教授／大阪警察病院 院長

加藤 容崇 慶應義塾大学医学部 腫瘍センターゲノム医療ユニット 特任助教／北斗病院腫瘍医学研究所

橋本 幸二 株式会社東芝 研究開発センター ナノ材料・フロンティア研究所 フロンティアリサーチラボラトリー

水沼 未雅 Craif株式会社COO (最高執行責任者)

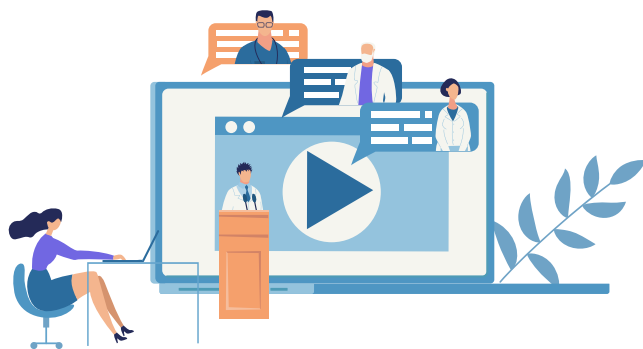
和賀 巖 フォーネスライフ株式会社CTO (チーフテクノロジーオフィサー)

島原 佑基 エルピクセル株式会社 代表取締役

名刺交換会

◎東京会場 ◎大阪会場

23



INTRODUCTION

開会のご挨拶



澤 芳樹

LINK-J 副理事長／
大阪大学大学院医学系研究科
外科学講座 心臓血管外科 教授

第4回となる今回のMEDTEC INNOVATION symposiumは、昨年に続き東京・大阪の2会場とオンラインによる三元開催です。今回は、600名というたくさんの方にご応募いただいています。新型コロナウイルスの影響で始まったオンライン開催ですが、会場開催だけで600名の参加というのはなかなか難しかったかもしれません。オンライン開催という形式は、非常にたくさんの方に共有していただける優れたやり方であろうと思っております。

過去の開催を振り返ると、最初の2回はどちらかというと医療機器開発に対する総論的なお話、課題等が中心でした。そして前回はデジタル、今回はがん診断をキーワードに、より詳細に現場の声をフィードバックするような熱いディスカッションを企画させていただきました。

ぜひ今日のディスカッションが皆様の今後の研究開発、そして日本から世界に打って出るようなイノベーションの一助になることを願っています。

東京と大阪の2会場同時開催

今回は、大阪のLINK-Jハブウエストと東京のLINK-Jハブを、オンラインで結び、両会場だけでなく、オンラインでの参加も可能になっています。パネリストも東京、大阪それぞれの会場から公演するとともに、パネルディスカッションはオンライン上で行われました。オンライン参加者もQ&A機能を使って質問することができ、さまざまな質問が寄せられました。また、いい質問だと思ったときは「いいね」ボタンを視聴者に押し頂き、講演者へのQ&Aに活用されました。



がん集学的治療時代における 外科医の役割 ～高精度診断が変える治療戦略～

北川 雄光

慶應義塾大学医学部 外科学 教授



がんの手術では広い範囲を 切除すればいいわけではない

がん治療、がん診断はこの30年、40年で大きく変わってきたと思っています。それにともない、外科医の役割も変わってきています。その中で診断、特に高感度・高精度診断にどのような役割を期待しているのかということをお話しさせていただきます。

がんというのは、できた場所にとどまらずで大きくなるのであれば、そんなに怖くありません。これが転移する、転移先で増殖することが怖いわけです。そのため、長らくがんの手術の根本は十分な切離断端、すなわち主病巣から離れている部分も広く切除する方法が用いられてきました。たとえ早期がんでも、転移するかもしれないリンパ節はすべて根こそぎ取るというのが標準術式だったのです。

しかし1990年代に、このような手術が本当に役に立っているのかどうか、ランダム化比較試験によって多くの検証が行われました。例えば、すい臓がんに対して通常より広く、大動脈の周りのリンパ節も取るとどうなるかという検証があります。大動脈の周りのリンパ節を取ると、患者さんは長く下痢で苦しむことになります。一方で予後は、広く取らなかった場合と変わらなかったのです。

胃がんに対するD2リンパ節郭清の例もあります。がんのリンパ節郭清範囲というのは1群、2群、3群と広がっていきます。2群の範囲まで取るのが世界に誇る日本の標準手術ですが、3群の範囲まで広げても予後はまったく変わりませんでした。

胸にはい上がってくるような進行胃がんでは、おなかだけ開けて胃を取る手術と、胸も開けて胸にはい上がった胃がんも取る手術があります。当然、胸も開けたほうがしっかりがんを取れるはずですが、合併症が増えて決して予後はよくならないということも分かってきました。

つまり、手術というのは一定レベルで行い、合併症なく終わるのが理想で、合併症を起こすような状態まで無理をしても、予後はよくならないということがこの20年、30年で分かってきたのです。

がん治療は手術単独ではなく 複数を組み合わせるチーム医療

現在のがん治療は私のような外科医だけでなく、腫瘍内科医や内視鏡医、放射線科医、さらには周辺の医療従事者によるチーム医療が行われています。

例えば、腫瘍内科の薬物療法のおかげで、外科医だけでは対応が難しかった進行がんも治療できるようになりました。従来は、食道がんが大動脈や気管に食い込むような進行がんの場合、放射線を照射するしかありませんでした。しかし、薬物療法でがんを小さくしたうえで、切除できる時代になってきたのです。

薬物療法では、免疫チェックポイント阻害薬が注目されていますが、これはいろいろな臓器のがん治療を変えています。私

1980年代における進行消化器癌に対する手術療法の動向

- 食道癌: 頸胸腹3領域リンパ節郭清
- 胃癌: 大動脈周囲リンパ節郭清、開胸縦隔リンパ節郭清
- 膵癌: 大動脈周囲リンパ節郭清
- 直腸癌: 側方リンパ節郭清

すべての領域で拡大リンパ節郭清・拡大切除術に挑戦

たちも食道がんに応用しています。奏効率はそれほど高くありませんが、一旦効くとずっと効く、という患者さんにとっては魅力的な治療です。現在は、普通に手術をしても治る患者さんに対して、術前に化学療法と免疫療法を行うという医師主導治験を実施しています。別の国際共同治験では、手術できれいに切除して、術後に免疫チェックポイント阻害薬を使用すると予後の経過が良くなるという結果が出ています。まさにがん治療は手術単独の時代から、術前も術後もさまざまな治療が行われる時代へと変わってきたのです。

しかし、この免疫チェックポイント阻害薬は、今まで経験したことのない有害事象を起こすという面もあります。例えば、自己免疫的な機序による間質性肺炎などです。術前に、放射線、免疫、化学療法、分子標的などの強力な治療を行うということは、いろいろな変化が起こりうる複雑な状況での手術、術後管理が求められます。私たち外科医にとってはかなり複雑なミッションを負う時代になってきたと言えそうです。

放射線と抗がん剤で治療後に手術をするのも選択肢に

一方、早期がんは私たちの手を離れています。例えば早期の胃がんでは、皆さんよくご存知の口から入れる内視鏡だけでがんを切除することもできます。食道がんでも、内視鏡で切除したときに起こる食道の狭窄を抑える薬が開発されたことで、外科医の手を離れて内科の先生の仕事になっています。患者さんにとって優しい治療を選択できる時代になってきているのです。

内科の先生は1960年代後半から、小さいがんは自分たちでも取れると考えていたようです。1969年から胃の小さいがんは、ポリープを取るような形で取っていました。しかし、その頃は小さくてたちのよい

がん、分化型のがんに限られていました。その後、技術の進歩に伴って、だんだんと大きながんにも対応できるようになり、若干転移する可能性があるがんまで適用が広がりました。さらに近年は、未分化がんというものも一定の条件で内視鏡治療が可能な時代になっています。

つい10年くらい前までは内視鏡治療の範囲がかなり厳しく限定されていて、範囲外になると一気に大きい手術になるというギャップがありました。しかし、この10年で少しずつギャップが埋まってきています。

比較的早期ではあっても、転移の可能性がある食道がんは、すべて手術をしていましたが、放射線と抗がん剤で治るのか、試験を行ったことがあります。患者さんの希望で振り分けただけで、ランダム化はされていませんが、無再発生存率は手術をしたほうが高くなりました。外科医としては胸をなでおろしましたが、放射線と抗がん剤治療後に再発した場合に手術をすれば、ほとんど有意差がありませんでした。つまり、もし手術したくない人がいたら、最初に抗がん剤と放射線で治療をし、がんが再発したらきちんと手術をすればいいということがわかったのです。ただし、「再発したらきちんと」ということがポイントの一つです。早期発見や、再発の兆候をとらえる技術が求められているのです。

手術を最小限にとどめて治療することが可能に

食道を切らずに、放射線と抗がん剤の治療で3年生存率が90%近くになるというデータがあります。食道がんの手術は8時間もかかる大手術で、患者さんはそれなりにダメージ受けますから、手術をせずに治療ができるのであれば、それはすばらしいことです。

乳がんの手術も、かつて患者さんに大き

な負担を強いることがありました。転移を防ぐために脇の下のリンパ腺をすべて取ることで、リンパ浮腫により手が上がらなくなっていたのです。それが今では、整容を重んじる手術が行われるようになり、見た目には手術したかどうか分からないくらいです。

この手術は、センチネルリンパ節理論に基づいています。センチネルとは門番のことです。がんのリンパ節転移が起こるとき、最初にリンパ流を受けるリンパ節は、最初にがんと戦う門番であり、第一関門であることを意味します。そこに転移がなければ、私たちが行っていたリンパ節郭清は必要ないという理論です。乳がんはこの理論を用いたところ、脇の下のリンパ腺をすべて取っても、乳房を残しながらがんだけ切除しても、全く成績が変わらないことが分かりました。

ただし、消化器がんではこの方法を用いることはできないと言われていました。なぜかというと、消化器がんは神出鬼没に転移するからです。それでも私たちは2000年くらいから消化器がんへの応用を試みてきました。ICGという色素を胃がんの近くに注射し、特殊な光を当てるとリンパ管やセンチネルリンパ節が見えるという技術を使い、このセンチネルリンパ節に転移があるかどうか生検で確認するのです。

約400例の患者さんに通常の手術を行った上で、センチネルリンパ節の生検を行うという試みを行ったことがあります。患者さんは全員、CTやエコーでは転移がないと判定された方たちですが、実際には400人のうち57人に転移がありました。ですからすべての人にしっかりと手術して広い範囲を切除する必要があります。しかし、このうち53人はセンチネルリンパ節の生検で転移が見つかりました。つまり、この方法を用いれば、転移のある人、ない人を術中にしっかりと見極めることで、手術は最小限の切除で済むようになったのです。

技術の進歩によって 治療法が変化している

悪性度の高い胃がんでも、術中にセンチネルリンパ節を生検して転移がなければ、胃の3分の2や全部を取らずに、がんのあるところを切除するだけで済みます。また、外科医ががんの部分胃を胃の中に押し込み、押し込んだがんを内視鏡医が口から取るという手術も行われています。外科医と内科医の共同手術です。この方法であれば、術後も胃の機能が温存され、傷跡も残りません。このようなオプションも出てきているのです。

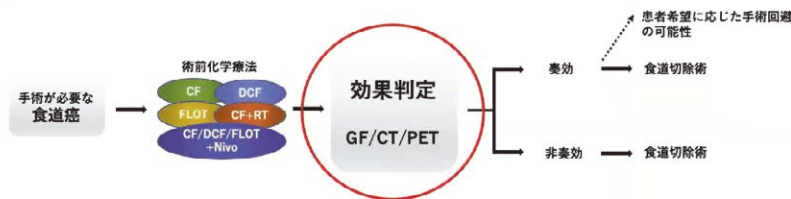
食道がんの場合はもっと複雑です。がんが上方のリンパへ行ったり、下方のリンパへ行ったりするからです。また、食道は胸の奥にあるので、リンパ節の生検をそう簡単にはできないという事情もありました。しかし、ダヴィンチという手術支援ロボットによって、今や首に開けた小さな傷からロボットのアームを侵入させて、手も入らないような奥のリンパ節を取ることができるようになっています。ダヴィンチの登場によって、さまざまなレベルの低侵襲手術が可能になりました。また、8Kや3Dの画像で今までは見えなかったようなものが見えるようになったり、ロボットアームに触覚をつけたり、さらに技術は進歩しています。

がん検出技術が発達し 手術のあり方が変わっていく

手術中にがんが見えたら、こんなにうれしいことはありません。どこまで取ればいいのかが目瞭然になり、それぞれの患者さんに合った手術ができるからです。私が今、いちばん求めているのは、この分野の技術開発です。

例えば肝臓は、中に血管や胆管が通っていますが中身は見えません。手術では、

治療奏効に応じた個別化治療の可能性



重大な決断に際して、腫瘍量の精緻なモニタリング手法が必須

そこを切っていくわけですから、昔は大出血をさせながら行っていました。それが今では、術中にCTを見ながら手術できます。カーナビを見ながら運転するようなものです。

少し個々の技術を紹介します。一つはAIの活用です。もちろん、AIは創薬やゲノム医療、ビッグデータ解析によるベストな治療法の策定など、さまざまな活用が期待されていますが、がん診断の分野、特に画像診断の分野にも応用されています。

もう一つは、miRNA Oligo chipです。血中のmiRNAを解析してがん診断を行うものですが、1,400名の早期胃がん患者さんに用いた例では有用性が示されています。これがすべての臓器に応用できれば、健康診断で内視鏡検査をする必要がなくなります。ただし、現状ではこの診断で陰性でも胃がんではないと言い切れないのが課題です。この点も含めた今後の研究開発に期待しています。

タンパク質を解析して、いろいろな疾患を診断するという技術もあります。がんの予測につながる技術です。画像診断や最適な治療の判断にも応用できると思いますが、これも陰性だった場合ががんではないと言い切れるようにしていくことが求められます。

手術のタイミングを 逃さないための診断が必要

ここまでは、早期がんの高精度・高感度診断技術でしたが、私たちは進行がんにも使いたいと考えています。なぜかという、進行がんでも化学療法などの組み合わせにより、外科手術を回避できる症例が出てきているからです。そのときに、本当に外科手術が必要ないかどうか、タイミングを逸することがないように診断する技術が必要なのです。

例えば、食道がんの患者さんに術前の化学放射線療法を行ったところ、扁平上皮がんの人のうち、約半数の人はがんが消えていたという欧米の研究結果があります。欧米ではがんが消えた場合に、なるべく手術をせずに監視を行い、必要になったときに手術をするというアクティブサーベイランスが試みられています。より深くにある組織をとって生検を行ったり、頻りにPET検査を行ったりするのは、気づいたときには手に負えない状態になっているということもあります。

私たちも、手術を最初の治療として望まない方々に化学放射線療法を行い、がんが残ったり、再発したりした場合は手術を行うという方針を立てたところ、進行がん

でも60%以上の方が食道を切らずに3年生きるというデータが得られました。そうは言っても、現状では本当にがんが消えたかどうかはわかりませんし、手術のタイミングを逸するのも怖いので、結局食道を切除する手術を行っています。そのため、高精度・高感度のがん診断が必要になるわけです。

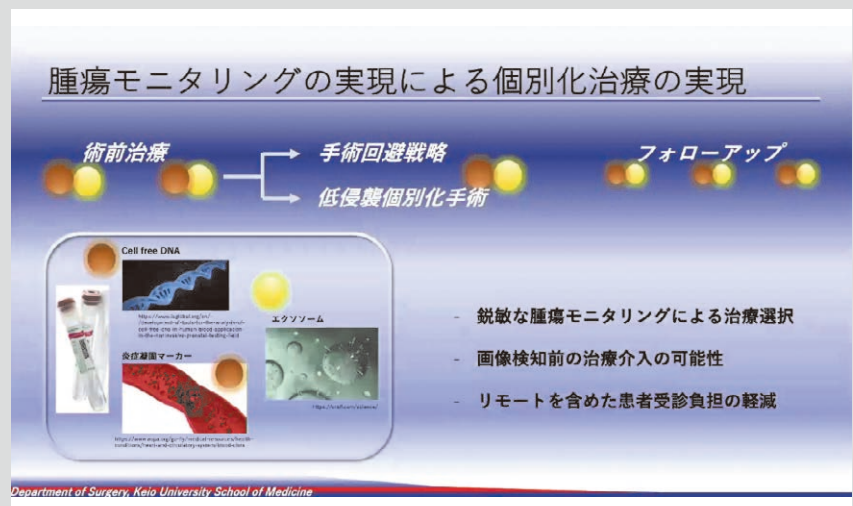
今後の発展が期待される リキッドバイオプシー

現在、私たちが期待しているのは、血液や尿、唾液などの体液からゲノムを解析し、がん診断を行うリキッドバイオプシーです。慶應義塾大学では、すべての手術患者さんから同意を得て術前に遺伝子パネル検査を行い、データを保存しています。したがって、術後にリキッドバイオプシーを行えば、手術の効果を確認することができるのです。そうしたデータを蓄積することで、モレキュラーレミッションが認められ、画像診断でもがんが見つからなければ、その人は手術をしなくてもいいのではないかと発想もできるでしょう。

リキッドバイオプシーにはいろいろな手法があり、Cell free DNAや循環がん細胞、細胞外小胞（エクソソーム）などが研究されています。

海外では、進行食道がんに対する化学放射線療法後の、Cell free DNAの検出の有無が再発を予測する因子として有効であるというデータがあります。モレキュラーレミッションが予後に関係していることを示唆するデータです。

私たちも、進行食道がんの術前化学療法後に手術を行い、その後、血中のCell free DNAで検出される遺伝子変異について研究しています。術前化学療法により肉眼で50%程度までがんが小さくなっ



た例では、TP53変異を有する血中Cell free DNAの検出頻度が減っていくという相関が確認できました。しかし、相関が確認できるだけでは不十分で、より感度の高い診断が求められています。

感度の面でCell free DNAよりも期待されているのがエクソソームです。特にリキッドバイオプシーでエクソソーム表面の糖鎖に着目して検出する方法が登場するなど、いろいろな研究が進んでいます。

私たちも、隣がんの特異的な候補レクチン二つを見だして、これを指標にエクソソームの数を測定してみました。その結果、かなりの相関があることがわかったので、レクチンでのエクソソームの検出という方法が、術後の再発モニターに使えないかどうか研究を進めているところです。

そのほか、血液よりも採取しやすい尿を検体として使用し、そのエクソソームを検出するという方法にも注目しています。

腫瘍モニタリングの 新技術の確立が求められる

がんは再発しても局所再発にとどまらず、手術で切除できればそれほど怖いものではありません。そのようなタイミ

ングのときに、確実にがんを見つけることが大切です。その時期に見つければ、手術をしなくても根治することもありますし、本当に根治したかどうか不安を感じることもなくなるでしょう。そのためには、腫瘍モニタリングのいろいろな新しい技術の確立が欠かせないと思っています。

昭和の時代、私たちは手術一辺倒で教科書通りの標準手術を勉強してチャレンジしていました。しかし、教科書どおりにはいかないこともありました。そして、令和の今は手術だけではなく、さまざまな治療が登場してきています。完璧な低侵襲のがん診断法が確立されれば、毎年のように内視鏡やPETの検査を行う必要はなくなります。放射線被曝も軽減されますし、安心が得られるわけです。

一方、どのフェーズでも早く見つければ、さまざまな治療がそのレベルにおいて提供できます。がん治療は非常にきめ細かいラインナップがそろってきたと言えます。難治がんでも、手術を回避して放射線や抗がん剤や免疫療法で治る人がいます。その人たちがまた再発してきたときに、最後の砦である救済手術を安全に行うための腫瘍モニタリング技術が重要であると感じています。

がん診断における テクノロジーの重要性、 深化、最新状況

加藤 容崇

慶應義塾大学医学部 腫瘍センターゲノム医療ユニット 特任助教/
北斗病院腫瘍医学研究所



低侵襲性が特徴の リキッドバイオプシー

がん治療は、診断から始まり、診断結果に基づいて手術や放射線治療、薬物療法のほか、場合によって既に保険収載されている遺伝子検査を組み合わせるといったのが、現在の標準です。私の研究テーマの一つである、がんのゲノム医療とは、標準治療がない場合、あるいはひと通り標準治療が終了した場合などに行われています。次世代シーケンサーという網羅的に遺伝子を解析できる機械を用いて、一気に複数の遺伝子を解析し、検査結果の遺伝子変異情報に基づいて治療を行います。

現在行われている、がん遺伝子パネル検査にはいくつかの種類があり、保険収載されているものもあります。保険点数は5万6,000点と高額です。

この遺伝子パネル検査とは、組織を採取して、そこから遺伝子を抽出してがんの遺伝子の配列を調べるというものです。そして、組織ではなく血液や尿などの体液から腫瘍由来の物質を採取して解析するのがリキッドバイオプシーです。腫瘍由来の物質としては、エクソソームのような微小な小胞のほか、腫瘍細胞そのもの、あるいは周囲腫瘍組織から出てきたDNAやRNA、あるいは一部のタンパク質などがあります。

リキッドバイオプシーの特徴は、患者さんの負担が少なく、がんが進行して状態が悪い患者さんでも検査ができる点、術後の

フォローアップなどで何度も繰り返し検査ができる点です。目的は大きく分けて四つあります。早期発見、腫瘍自体の性質を調べるプロファイリング検査、再発の検出、治療の反応の評価です。

主なリキッドバイオプシーとしては、血中に腫瘍から出てくるDNAをターゲットにするメーカーが多く、国内外の主流になっています。マイクロRNAをターゲットにしたリキッドバイオプシーの開発では、今のところは日本が世界をリードしています。

社会的価値を生み出す イノベーションを考える

臨床応用が進む日本のゲノム医療ですが、このままでいいのかという思いもあります。疑問に感じているのは高額な費用です。次世代シーケンサーを使った解析は、保険収載されていて1人56万円になります。また、検査しても実際に検査結果に対応する分子標的薬が使えるのは1割～2割の患者さんです。逆に考えると8割、9割は無駄な検査になってしまいます。

医薬品開発の方向性にも疑問を感じています。これまでは、例えば大腸がんを治療するときに同じ抗がん剤を使っていました。しかし、近年はパーソナライズメディスンといわれるように、遺伝子解析によって大腸がんの薬もいろいろな種類があります。このように、新しい抗がん剤が次々と開発されていくと、医療費は加速度的に

上がるという構造的な欠陥を抱えているわけです。つまり、保険収載を目指すことが正解なのかということです。

このことは、イノベーションとは何かを問うことに通じます。一般的にイノベーションというと、一つのシンプルなアイデアが全世界を変えるようなラジカルイノベーションが連想されます。しかし、実際にはそれだけでは不十分で、全世界の人に使われて初めてイノベーションは価値を持つのです。ラジカルイノベーションを実現するための、インクリメンタルイノベーション、要するにフォローイングイノベーション（社会実装のためのイノベーション）が必要で、両方ともそろわないと本当に社会的な価値は生み出せません。この社会的イノベーションを最初から考えながら、開発する必要があるのではないかと考えています。

社会に浸透させるための リテラシーが重要

がん検査の社会的なイノベーションを考えると、教訓的な例が一つあります。実際にツイッターに投稿された内容で、ある検査の結果、陽性疑いになり、心配になっていろいろな検査をしたものの、いずれも陰性でがんは発見されなかったというものです。結局、偽陽性ということで、あらためて感度、特異度、検査前確率をきちんと考えることが大切なのだと思います。

例えば、がんの年間罹患数は大体100万

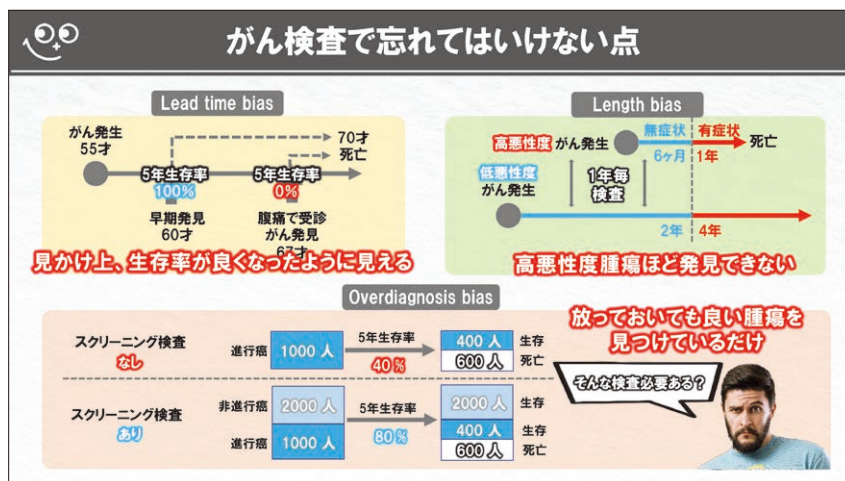
人弱です。がんの人は100人に1人ぐらいなので検査前確率は1%、ツイッターに投稿されたある検査は86%の精度をうたっている、感度特異度86%とします。1万人がこの検査を受けたらどうなるかという、検査前確率は1%なのでがんの人は1万人中の100人です。がんじゃない人は9,900人。次に精度が86%なので、100人のうちがんと言えるのが86人、見逃してしまう偽陰性が14人。逆に特異度は86%なので、9,900人のうちがんでないと言えるのは大体8,514人。逆に見逃してしまう偽陽性が1,386人ということになります。計算すると、陽性的中率は5.8%しかありません。

これを一般の人は全く認識できておらず、86%の確率で陽性だと思っているので不安になります。実際には5%、6%しか本当に陽性ではない検査なので、認識に大きな齟齬があるのです。社会に浸透させるには、科学的・医学的リテラシーを高める必要があるという教訓です。

開発の落とし穴となる バイアスに注意が必要

このような落とし穴は、実はたくさんあります。例えば、早期発見のためのがん検査で考えなければいけないのがリードタイムバイアスです。同じがんの人がいて70歳で亡くなる運命にある場合を考えます。1人は早期発見をできずに67歳で発見されて3年後に死亡し、もう1人は60歳の時に早期発見されたものの、最終的に同じ70歳で亡くなったとします。そうすると、早期発見できなかった人は5年生存率が0%で、早期発見された人は5年生存率が100%となります。実際には長生きにつながっていないのに、ただ早く見つかったというだけで生存率がすぐ上がったように見えてしまうのです。

レングスバイアスという落とし穴もあります。悪性度の高いがんで、無症状の期間6



カ月と有症状の期間1年を経て亡くなったとします。また、悪性度の低いがんで、無症状の期間2年と有症状の期間4年を経て亡くなった場合を考えます。1年ごとに検査を受けるとすると、悪性度の低いがんでは2回のチャンスがあり、悪性度の高いがんでは1回のチャンスがあるかどうかです。つまり、悪性度の低いがんのほうが見つかりやすく、悪性度の高いがんのほうが見つかりにくいといえます。本来は、悪性度の高いがんを見つけて治療しなければならないのに、悪性度の低いがんばかりが見つかってしまうような検査は本当に意味があるのか、ということを考える必要があるのです。

早く見つけて早く切除すれば早く治ると思われがちですが、必ずしも死亡率が下がるわけではありません。

例えば、2021年5月にUKCTOCSという卵巣がんの大規模スクリーニング、ランダム化比較試験の結果が発表されました。卵巣がんの早期発見はできたという結果です。しかし、ステージ1が47%増えて、ステージ4が24%減ったにもかかわらず死亡率は減らなかったのです。

一方、大腸がんの検査では、広く行われている便潜血検査で早期発見できると、死亡率が32%減るという効果が証明されています。大腸がんでは内視鏡の技術が発達しており、診断から治療まで内視鏡で完結できるためです。卵巣がんは有効な

早期の治療介入方法がないので、今のところ治療につながっていないのです。

病院に行きたがらない人への どのように検査へ導くか

忘れてはならないがん検診の問題点として、病院に行きたがらない人が多いということがあります。大腸がんの検査が成功したのはなぜかかという、便潜血の検査を郵送するシステムが一緒に開発されたからです。病院に来なくても郵送で検査が受けられるので、非常にアドヒアランスが高く、離脱率も低かったのです。

アメリカのアラバマ大学では、レイナビゲーターという先進的なプログラムが進められています。おせっかいおばちゃんのような地域のナビゲーターがいて、検査に行かない人たちに対して、検査に行くように注意喚起をします。電子カルテのシステムにつながっており、例えば地域の人が検査の予約をすると、自動的に担当のレイナビゲーターにメールが送られるようになっており、医療システム、広く捉えると社会システムレベルで実装されています。

このような社会実装のためのフォローイノベーションを開発していくことが非常に大事で、世界をリードする検査になるための基礎になるのではないかなと考えております。

わずかな血液からがん検出 血中マイクロRNA検出技術

橋本 幸二

株式会社東芝 研究開発センター ナノ材料・フロンティア研究所
フロンティアリサーチラボラトリー



腫瘍マーカーや画像診断 病理診断には課題がある

日本人の死亡原因は、1980年からずっとがんが1位を占めています。一方で、肺がんを例にすると超早期に発見されれば5年生存率は97%となっており、生存率を高めるために早期発見への期待が高まっています。このような背景を受けて、がんの早期発見につなげるために血中マイクロRNA検出技術の研究開発を進めています。

現在使われている、がん検出技術は、腫瘍マーカー、画像診断、病理診断などです。腫瘍マーカーは、人間ドックなどで広く使われています。血液で調べることができるので、比較的低侵襲であり、検査費用が安く受けやすいという点が特長です。一方で、特定のがんにターゲットを決めて、それぞれに対応した腫瘍マーカーを選択することで初めて効果を発揮するため、網羅性という面では十分でないと考えられます。また、感度・特異度が低いという点も課題として指摘されています。

画像診断は、臓器の特定が可能で、確定診断としてすでに高い実績があります。しかし、方式によって得意ながんと、不得意ながんがあるという課題もあります。また、X線を使うため妊婦さんが利用できないことや、保険適用外のため例えばPET検査では10万円程度と費用が高額なところも課題として挙げられています。

病理診断は、最後の確定診断として実績のある技術です。しかし、被験者に対する身体的な負担が大きいことや、正確で精度の高い検査を行うには高い専門性が必要であることが課題となっています。

簡便性、網羅性、精度の全てを 満たすリキッドバイオプシー

現状では、一つの検査で簡便性、がんに対する網羅性、精度の全てを満たす検出技術が存在しない中で、期待されているのがリキッドバイオプシーという新しい手法です。血液や尿などの体液に含まれる腫瘍細胞や、腫瘍細胞由来のDNA、RNAなどを検出することで早期に、さらには高精度でがんの罹患の有無を検査する技術です。また、リキッドバイオプシーは被験者の負担が少ないことや、腫瘍の遺伝情報を基により適切な治療を提供できることもメリットです。現在は、さまざまなマーカーが研究開発されていて、実用化も始まっている状況です。

いくつかのマーカーを紹介します。血中循環腫瘍細胞 (CTCs) は、国内では自由診療という形で使われている段階で、転移性の乳がんや大腸がんの予後への展開が可能ではないかと言われています。血中腫瘍DNA (ctDNA) は、薬剤選択用途という目的で国内の保険適用が始まっているほか、米国等ではかなり多くの企業が

実用化に向けた研究開発を進めており、実際の医療現場でも使われ始めている状況です。

そして、私たちが研究開発しているマイクロRNAも、自由診療で使われ始めており、早期がんを検出できる可能性を期待されています。

また、代謝産物や線虫を使った例も、自由診療という形で使われています。血液中や尿の中の成分を測定することで、がんのリスクを判定するという使い方をされているようです。このようにたくさんのマーカーが登場しているということは、リキッドバイオプシーに対する期待の表れではないかと考えています。

細胞ががん化すると 特定のマイクロRNAが変化

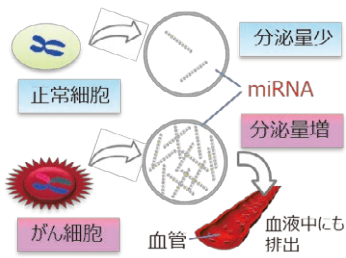
ここからは私たちが研究開発を行っているマイクロRNAについて説明します。マイクロRNAとは、分子の一種ですが、長さが20塩基程度の短いものです。現在、人間では2,600種類くらいの配列が異なるマイクロRNAがデータベースに登録されています。マイクロRNAは、細胞内でメッセンジャーRNAに結合することで、タンパク質の合成、制御に関わっているという報告があり、細胞内で非常に重要な分子であることは間違いのないと思います。

このマイクロRNAが、がんとの関連で

マイクロRNAとがんの関係

各種がんとマイクロRNAの関連性が明らかになり、がんのマーカーとして期待されている

細胞から分泌されるマイクロRNAの模式図



各種がんて報告されているマイクロRNA

がん種	マイクロRNA
大腸がん	miR-17, miR-92
肝臓がん	miR-500
肺がん	miR-25, miR-223
卵巣がん	miR-141, miR-200
乳がん	miR-195
前立腺がん	miR-141
膀胱がん	miR-126, miR-182
口腔がん	miR-125

Kosaka et al, Cancer Sci (2010) 101, 2087から引用

© 2021 Toshiba Corporation

注目され、世界各国で研究開発が進められています。特に日本は数年前に、AMED（日本医療研究開発機構）の大きなプロジェクトが行われたこともあり、マイクロRNAに関しては世界的にも研究が進んでいる状況にあると思っています。

具体的にマイクロRNAとがん細胞の関連を説明します。まず、マイクロRNAは血液中に分泌されています。これはがん細胞に限ったことではなく、正常な細胞からも分泌はされています。その場合、特定のマイクロRNAに着目すると、ある細胞ががん化した場合には血液中にその特定のマイクロRNAの量が増えるという現象があるのです。

中には、細胞ががん化した場合に、正常細胞よりも減少するマイクロRNAもありますが、いずれにしても正常な状態と比較すると、マイクロRNAの量が増減することが分かってきたのです。このことを調べれば、がんの早期発見につなげられる可能性が高いと期待されているのです。

2,600種類ほどあるマイクロRNAには、それぞれ番号がついています。例えば大腸がんの場合は血液中に分泌されている17番、92番のマイクロRNAと関連性が高いということが知られています。乳がんの場合は195番です。このように、それぞれのがんに関連性の高いマイクロRNAに

ついて、血液中の増減を調べることでがんの特定ができる可能性が高いと期待されています。

電気化学的な信号を使った独自の検出技術

私たちは、マーカーとして機能する分子をできるだけ簡単に現場で測定できるようなシステムの開発を目指しています。使い捨てのチップ型の検査装置で、「マイクロRNAチップ」と名付けて、研究開発を進めているところです。

検査は、血清中に含まれるマイクロRNAを抽出し、マイクロRNAチップで測定しやすいように人工的な配列をつけるという前処理の工程を経て、チップ内でマイクロRNAの分子を増幅させながら検出するという流れで行われます。

私たちの技術の大きな特徴は、マイクロRNAの検出に電気化学的な信号を利用している点です。PCRやNJSのように、一般的には蛍光を使った検出系が使われていますが、私たちは昔からDNA検出技術に電気的な信号を使うということを独自に開発しています。今回、マイクロRNAの検知についても電気的なシグナルを活用し、その電池分子としては、ルテニウム錯体というものを使うという方式になっています。

詳細は省きますが、電気的な信号が変化するその挙動を調べることでマイクロRNAの定量が可能になるという技術です。

実際にこのシステムを使って、13種類のがんの保存血清と、健常者の血清に含まれるマイクロRNAの濃度を測定し比較したところ、13種類全てでマイクロRNAの血中濃度が上昇していることが確認できました。識別性能をAUCで見ると0.98ということで、保存血清ではありますが比較的高い識別性能がこの段階では得られていると認識しています。

また、ステージとの関連性についても評価を行いました。その結果、初期のがん患者さんの血清でもマイクロRNAの濃度の変化が起こっていることが確認できました。今後、さらなる検証が必要ではありますが、早期診断も実現できる可能性が十分にあるのではないかと期待しているところです。

実証実験を重ねて早期の実用化を目指す

今のところ13種類のがんについて評価を進めています。今後は健診のような環境で使用を想定しています。そして、できるだけ早期にがん罹患しているかどうかを検出し、その後の確定診断、低侵襲の治療という流れにつなげ、さらには治癒率の向上に貢献できればと思っています。加えて、予後のモニタリング、再発の検証といった部分でも今回のマイクロRNAは検出、利用できる可能性があるのではないかと考えております。

今後も、しっかりと実証実験を行い、医療機関と実際に実用化する形もイメージしながら、実現を目指していきたいと思っております。まだまだ研究開発のフェーズではありますが、できるだけ早期の実用化につなげていきたいと考えています。

尿中バイオマーカーを利用した がんの早期発見 ～名古屋大学発ベンチャー～

水沼 未雅

Craif株式会社COO(最高執行責任者)



痛くもなく、時間もかからず 負担にならない検査

弊社は、名古屋大学工学部の技術を用いました大学発ベンチャーです。半導体技術を用いたエクソソームの捕捉技術を基に立ち上がりました。今は、マイクロ流体ナノワイヤデバイスという工学部発の技術を生かして、尿中のマイクロRNAに着目したがんの早期発見に取り組んでいます。早期がんの検出のためのアルゴリズム開発だけでなく、例えば薬物を使うときに最適な治療ができるような薬剤選択のアルゴリズムの開発や、治療後のフォローアップにも使えないか、さまざまな角度で研究を行っています。

私たちが一貫して目指していることは尿という非侵襲、無侵襲な体液を用いて高精度ながん検査をつくることです。痛くもなく、時間もかからず、患者さんの負担にならないがん検診を実現することに集中しています。現在は北斗病院さん、慶應大学病院さんを含め、多くの大学病院さんとさまざまな研究を行っています。

こうした研究成果で来年以降、ステージ1でも卵巣がんリスクをスクリーニングできる尿検査を自由診療領域で展開していく予定です。この領域でビジネスを展開するに当たって非常にこだわっている点が三つあります。

一つ目は、きっちりと精度管理していくことです。弊社の経験上、マイクロRNAの検出に関してはさまざまなパラメーターに影響され得るので、きっちりと後から振り返って、トレースできるような仕組みをつくっておかないと、精度のよい検査を社会に提供できないと思っており、ラボのDXによってそれを実現すべくずっと取り組んできました。二つ目は尿の特徴を生かすことです。一番貢献できる点は受診率の向上だと思っています。三つ目は、ネクストステップを示すことです。受診だけで終わらず、次に何をすればいいのかを明確にしていくことも、事業開発側として重要なことだと思っています。

検査の簡便性によって 適切な受診頻度に導く

尿は毎日排出されている体液で、痛みを感じることもありません。受診のきっかけをつくりやすい、こうした手軽さ、気軽さは、血液に比べて圧倒的な強みだと思っています。

なぜ、手軽さ、気軽さが大事なのかというと、がんの早期発見を実現する上で最大の敵は受診頻度が低いことだからです。つまり、受診に行きたくないという人を行かせることが非常に重要になります。

アメリカのリキッドバイオプシーのベンチャー企業であるグレイル社が発表したシミュレーションがあります。がんには、1期から4期までの進行度のステージがありますが、たとえ1期で精度よく見つけれられる検査を技術的に開発できたとしても、当然ですが1期のうちに検査を受けなければ、そのステージで発見できません。つまり、適切な頻度で受診することが重要だということです。したがって、受診したいと思えるような仕組みをつくるのが、技術的な進歩と同じくらい、もしくはそれ以上に重要なことなのではないかというふうに考えています。

実際に、受診控えによって問題が生まれています。ニュースで話題になった調査ですが、新型コロナウイルスの感染拡大による健診控えです。病院へ行くことに抵抗を感じて、健診を避けた人が多いということです。健診控えによってがんの診断数が減少したという調査結果もあります。人口は減っていないので、がんの患者さんが減っているわけではなく、がんの診断に結びつく症例が減少しているということです。ステージ別に見ると、1期での発見が一番減っています。つまり、早く見つかるはずだったがんが、健診控えによって見つかっていないということが実際に起こっていて、人々が健診を受けな

いとどうなるかということを実に表して
いると思います。

検査後のネクストステップを 示すことが重要

私たちは、2022年からmiSignalと
いうシリーズで、マイクロRNAの尿検査
を自由診療領域で展開していきたいと
思っています。尿検査なので、今あるも
のよりもさらに手軽な位置づけ、真の
ファーストスクリーニングとしての展開と
なります。痛みがなく、そして一般的な検
査よりもさらに手軽でありながら、その
中でも高精度なものを提供していきたい
と思っています。

その際に、ネクストステップが明確な検
査にすることを非常に重要視してい
ます。最初に技術開発が終わった卵巣がん
の領域から展開していきますが、検査の結
果がハイリスクだった場合は、まずエコー
検査を受けてくださいという案内をしま
す。そして、エコー検査を行う施設にもこ
の検査の説明をした上で、ハイリスクとい
う結果の方の受入れを進めていただけ
るような準備をしっかりと事業開発側で行
っています。そうすることで、何か異常が見
られた患者さんに対してフォローアップが
可能になり、確実に診断に結びつけてい
くことができます。

ファーストスクリーニングの価値を高め
るためには、後ろにつながっていく検査の
精度を高めることも重要だと思いたすの
で、がんの早期発見に取り組む各企業とと
もに、技術を全体として高めていくとい
うことが社会的にも必要だと思っています。

陽性判定の人を 不安にさせすぎない

繰り返しになりますが、ネクストステッ

プが明確な検査をつくるということは非
常に重要だと思っています。実際に、世
の中では検査を受けてハイリスクの判定を
受けた人が、次の検査を受けられてない
という検査難民が生じています。まず受
検者はハイリスクと言われてもどうして
いいかわかりませんし、体のどこかにか
がんがあるけれど、頭からつま先まで、場所
は全くわかりませんという状態なので、
病院側も受入れに困ってしまうというこ
とが起きているのです。同じように、検査
でハイリスクとなったものの、その後全身
CTやPET、腫瘍マーカーでも分からず、
患者さんは不安に取り残されるという例
も起きている。

このような状況に対して、検査の感
度・特異度を高めて精度を上げればい
いかということ、そうとばかりは言えませ
ん。検査というのは事前確率と、検査の
精度がたいへん重要ですが、例えば有
病率がかかなり低い疾患として、0.1%の
疾患の場合を考えてみましょう。これ50
代後半の男性の肺がんの罹患率とほぼ
同じぐらいです。こうした稀な疾患に関
して、被験者が罹患しているか否かを判
定する検査を開発し、検査の精度は感度
98%、特異度98%だったとします。実
際に10万人が検査を受けた場合、検査
で陽性の結果が出た人のうち、実際に罹

患している人の割合はどれくらいかとい
うと、5%です。

感度98%、特異度98%というすばら
しい検査をつくったとしても、風邪のよ
うな割合でかかるわけではない疾患を取り
扱う場合は、陽性的中率が高くなり得な
いのです。したがって、こうしたスクリー
ニング検査を健常者に対してつくるとき
には、陽性と判定された場合に不安にさ
せ過ぎないことが重要です。一方で、確
実にその疾患にかかっている人のネク
ストステップまで含めてきっちり設計し
て、サービスを展開していかなければ検
査としての価値は高まらないと思ってい
ます。


私たちに限らず、がんスクリーニング
検査を展開する上では、まず精度管理を
しっかり行うこと、次に受診しやすさを担
保しておくこと、そしてネクストステップを
明確にすることという三つが非常に重要
だと思っています。

最後になりますが、弊社は人々が天寿
を全うする社会の実現というビジョンの
もと事業に取り組んでおります。がんだけ
でなく、その他さまざまな疾患の検査の開
発に取り組んでいきたいと思っていりま
す。引き続きどうぞよろしくお願いいたします。

③ ネクストステップが明確でないと何が起こるか？
“検査難民”の出現


**ネクストステップが
不明確な検査**

- ・がんはわかるけど、
がんの種類が
わからない
- ・次に何をすればいい
かについて案内がない
etc.




**次の検査にアクセス
できない検査難民に**

- ・どうすればいいかわ
からないので放置
- ・病院に精密検査を断
られる



**検査を受けても、
結局がんの診断につなげ
ることができない！！**



©Creaf inc. All rights reserved.

7000種類の タンパク質測定技術による がんや循環器疾患リスクなどの 血液サービスについて

和賀 巖

フォーネスライフ株式会社CTO(チーフテクノロジーオフィサー)



約8割の病気の原因は ライフスタイルにある

フォーネスライフというのは「体の声」という名前由来の会社で、NECグループのビッグデータを扱う会社です。私自身は、人工のDNAをデザインするという仕事に十数年取り組んでいます。アプタマーというものの特許を世界で3番目に多い百数十件保有しており、アプタマーの特許を世界一保有するソマロジックという会社との合併事業として、このフォーネスライフという会社をつくりました。

今日は、体の声のビッグデータの分析が、がん治療にもつながるということをお話します。まず、私たち人間は700万年の歴史をかけてサルから進化し、道を歩くようになりました。さらに、この2,000年ぐらいで急に人は座るようになり、今では電車に乗って動くようになっています。このようなライフスタイルの変化が、人間の約8割の病気の原因だということが、ビッグデータの分析結果で示されています。

例えば、138万人のビッグデータを解析した結果、ブルーライトによって眠れなくなったり、心に問題が起きたりしています。がんや循環器疾患のリスクにつながる指摘もあります。体の中で何かが変わ

り、がんが生まれるということです。

精製糖質を取りすぎると、がんのリスクが高まり、死亡原因が22%増えるという報告もあります。また、加工食品は体内のマイクロバイオームを破壊し、さまざまながんの原因になるということです。

日本人は椅子をよく使う国民で、日本は世界でも有数の椅子大国です。自室の椅子、ダイニングの椅子、ソファの椅子、それから勤務先やイベント会場の椅子まで計算すると11種類くらいの椅子を使っているといえます。椅子に長く座っていると、がんや循環器系の疾患が起きるといいます。

寂しいと思うだけで がんや認知症になる

精神面の影響もあります。日本では核家族が進んだため、子どもたちが巣立ち、その後夫か妻をなくして独りで暮らす老人が増えています。寂しいと思うだけで寿命が縮まります。循環器系疾患も起こります。最近のがんが起これというデータもまとまっています。また、寂しいと思うだけで認知症も増えていきます。今の世の中の状況は、寂しさを感じる人が多いかもしれません。電話をかける、あるいは声をかける以外に何が

できるのか。体の声を聞いて、対策をつくっていく時代がこれから始まると思っています。

また、都会の生活が基礎疾患を生むという有名な論文もあります。南アフリカで昔ながらの生活をしてきた健常な男女20名をピッツバーグに招いたところ、たった2週間アメリカの平均的な食生活を送ただけで、血液検査の結果、大腸がんの発症リスクが増大し、全身の老化が確認されたのです。つまり、町に住むということは、私たちが700万年かけてたどり着いた最適な暮らしである狩猟採集生活を、攪乱しているという事態が起きているようです。

体の中で何が起きているのか 体の声に潜む暗号を読み解く

人間の体内で何が起きているのかを知るための方法が、血中タンパク質の測定です。最初は遺伝子から分析することを考えました。しかし、カナダの有名な五つ子の話にあるように、一卵性でみんな同じ遺伝子を持っていても、死ぬタイミングも違えば、かかる病気も違います。つまり、遺伝子ではわからないということです。

私自身もいろいろなDNA検査を受け

ていますが、40歳で禿げる確立が70%でした。現在、60歳になりましたが、禿げていませんし、生活習慣の何かで白髪もあまり生えていません。いったい体の中で何が起きているのか、私たちの体の声に潜んでいる暗号をどうすれば解くことができるのか考えました。

そうしてたどり着いたのが、アプタマーという人工DNAです。私がずっと研究してきたDNAのデザイン能力を使います。アプタマーを用いて血中タンパク質を測定することで、体の中で何が起きているか知ることができるのです。

世界では今、アプタマーによるタンパク質の分析に関して百数十のコーラボレーションが行われています。最新のネイチャーやサイエンス、JAMAといった学術誌に二百数十の論文が発表されています。循環器疾患がターゲットにしたものが多いですが、がんに対する研究も行われており、次々と新しい血液のビッグデータが集まりつつあります。

研究例としては、ドイツのメルク社がゲノムとプロテオームの中で新薬を発見したり、スイスのノバルティス社が加齢とは何かを研究したりしています。日本では武田薬品が関節リウマチの治療マーカーを見つけています。


今の血液の状態から 4年後の健康を予測する

アプタマーを用いた血中タンパク質の分析について説明します。もともと結合能力の強いアプタマーですが、疎水性の残基を少量だけ混ぜることで、結合能力をさらに高めます。このようなアプタマーがすでに7,000種類ほどあり、それぞれ特定のタンパク質に結びつきます。それらを血液と反応させ、タンパク質と結合したものを洗浄分離して、タンパク質の量

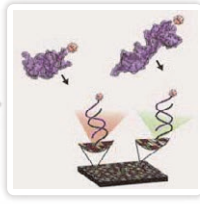
FonesLife

測定技術

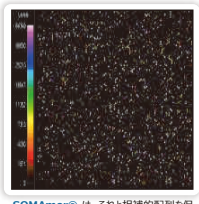
約7,000種の血中タンパク質をアプタマー技術により測定する技術



一般的なアプタマーと異なり、「結合した後解離しにくい」性質を有するSlow Off rateの修飾アプタマー(SOMer®)が約7,000種以上



SOMer®を、個々の生体試料と反応させ、タンパク質と結合したものを以外を洗浄分離して測定する。



SOMer®は、それと相補的配列を保有するDNAチップで定量的。血液中に存在するタンパク質の量は、各ドットの光シグナルの強度として数値化される。

23

を測定するという仕組みです。実は尿の中にもたくさんのタンパク質があります。血中のタンパク質と同じ形でできているので、尿でも同じ分析ができるようになりました。尿タンパクは、腎臓病のマーカーとなります。

この血中タンパク質測定は、すでに北米でサービスを開始してから4年くらいが経過しています。エラー率は5%で、普通の抗体のエラー率10%と比べると、非常に高い感度を示しています。それだけ優れているということなので、検査の質を保証するCLIA認証や、CAP（米国病理医協会）の検査室認定も取得済みです。

こうしてタンパク質を分析することで、たった1滴の血液からさまざまな体内の問題を見つけ出すことができるようになっています。例えば、体脂肪率や除脂肪体重、内臓脂肪の異常のほか、糖尿病や肝脂肪の可能性も分かります。

さらには、初めて循環器疾患で倒れるようになりリスクも分かります。これは、4年以内に倒れるかどうかを示されます。今の血液から4年先を予測できるということです。すぐに倒れると分かった人は、早急に生活習慣を変える必要があると認識できます。そして、スマホを見ないようにするとか、食生活に気をつけるとか、健康を

意識していろいろな対策を取れるようになります。

将来の健康について、不安が大きいのは循環器疾患の再発です。脳梗塞や心筋梗塞に一度なった人は、再発を非常に恐れています。これも血液のビッグデータをもとに、再発する人と再発しない人を予測することが可能になっています。すでに、このような結果を報告する人間ドックを200人近くの人が受けています。

がんについても、最近になって分かってきたことがあります。ビッグデータを読み解くことで、5年後にがんになる人とならない人を分けられるようになったのです。これは非常に高い感度と、特異度が示されています。今後、追試を行って、日本でリリースすることになっています。

日本は世界有数の長寿国で、日本人の平均寿命は伸びているものの、健康寿命との差が大きいなど、さまざまな健康に関する問題を抱えています。体の声である生活習慣のビッグデータを読み解くことで、認知症やほかの病気も含めて50種類くらいの病気が一遍に分かり、それを受けて生活習慣を変えるなど、対策を行えるような世の中になることが期待されます。そのような社会へとつながるような仕事に、これからも取り組んでいこうと思っています。

医療画像診断AIの 第一線

島原 佑基

エルピクセル株式会社 代表取締役



まだまだ黎明期にある プログラム医療機器

エルピクセルは、いわゆる大学発のベンチャー企業で、研究室のメンバー3名で立ち上げた会社です。医用画像のAIと創薬のAIという二つの柱で事業を推進していますが、本日は医用画像について紹介します。

私たちのAIは、医師に寄り添うAIというコンセプトで開発を行っています。自動診断のようなものではなく、先生の診断をサポートするような、そんな寄り添うAIを開発することで、優しい世界を目指しています。

開発の背景には、医用画像大国でありながら専門医が少ないという日本の課題があります。日本は、CTやMRI等の高度画像撮像装置の導入率が世界で断トツの1位です。一方で、この画像を専門に見る放射線科医の数はOECD加盟国中、最下位です。このギャップを埋める存在として、AIに対する業界の期待が高まっています。

医用画像AIのメリットは、主に三つあると思っています。一つは診断精度が確実に向上することです。すでにこういった有効性が認められる医療機器が数多く世の中に出てきています。二つ目は、診断効率の向上です。そして三つ目はまだまだ試作段階ですが、予後予測の部分が注目されています。すなわち、診断結果とともに、その

後の治療法や治療のタイミングも同時にわかるということです。

私たちのAIの特徴としては、深層学習を活用したプログラム医療機器として日本で初めて承認を取得したとされています。2年ほど前のことですが、日本の医療AI、あるいはプログラム医療機器の歴史は、そこから始まったとも言えます。つまり、まだまだ黎明期であり、これから本格的な開発・利用が普及していく、そのようなフェーズであると認識しています。

胸部X線画像診断AIが 医師の見落としを防ぐ

私たちはこれまでに五つのプログラム医療機器について承認を取得し、200を

超える医療機関で利用されています。部位としては、頭部と胸部の二つが中心で、頭部のMRIやCT、胸部のX線が承認済みで、胸部のCTも開発中です。

今回は、胸部X線製品のEIRL Chest Noduleを紹介します。これは、肺がんのX線画像診断をサポートする製品です。肺がんの可能性を示す結節影の候補域を見つけ出して知らせます。専門医で約9.95%、非専門医で13.1%の検出率、感度の向上が認められています。

実際に医師が見落としとして、EIRLが発見した症例のX線画像を見てみると、骨と重なった部分や、心臓などの臓器と重なった部分が、医師にとっては見づらいうです。こういう部分でAIは十分に有用であると考えられます。また、医療安全の観点からも早期発見を実現する手段とし

EIRL Chest Noduleの性能評価



日本放射線技術学会が公開しているデータセットをもとに性能を検証。特に見落としは避けたい症例において、EIRLが読影補助として寄与。特異度も専門医とほぼ同等の為、偽陽性の低さが特徴。

難易度	JSRT 読影医 (感度)	EIRL 旧モデル	EIRL 新モデル	データセット構築及び評価に参加した医師の指標
1	99.58 %	100.0 %	100.0 %	・絶対落としてはいけない明らかなもの ・医師でなくても見ればわかるもの
2	92.6 %	94.6 %	97.4 %	・ObviousとSubtleの中間の難易度
3	75.7 %	81.6 %	90.0 %	・専門医はわかるレベルだが、一般医は見落とす可能性あり ・肺がん検診では見落としを欲しくない
4	54.7 %	37.9 %	62.1 %	・一般医にも見つけてほしいが、見落としでも仕方がない
5	29.6 %	20.0 %	16.0 %	・CT画像と合わせて後から見るとわかるレベル ・専門医(放射線科医及び、呼吸器内科医)でも見落とす
特異度	80.9 %	81.7 %	87.0 %	肺結節の拾い上げの正答率

※(社)日本放射線技術学会が公開・提供する【標準デジタル画像データベース(胸部腫瘍陰影像)】

てAIが注目されています。

ただし、医師からは一つの画像だけで判断するのは不十分だと言われたことがあります。というのも、実際に医師が画像を確認するときには、気になった部分を過去の症例も振り返りながら、その差を見ているからです。そこで、過去の画像と比較して揭示変化を表示する機能も追加し、リリースしました。

例えば、去年はなかったけれども、今年になって新たに発見された結節影や、サイズが大きくなった結節影は二重枠で表示されます。一方で、昨年と同じような状態の場合は一重の四角、去年は確認されたけれど撮像条件や何らかの理由で今年が消えたという場合は赤丸になります。したがって、同じ結節なし、AIが検出しなかったという場合でも、意味合いが異なることがしっかりと分かるようになり、より臨床に近い働きが可能になっています。

専門医よりも優れた AIの感度・特異度

日本放射線技術学会（JSRT）が公表しているデータセットを用いて、単体性能試験の結果を紹介します。結節影の検出の難易度が1から5まであり、難易度1は絶対に見落とさないというレベルです。誰でも見つけられる結節影で、難易度という意味では一番易しいということです。難易度3になると、専門医の感度が75.7%ということで、逆にいうと24.3%の人が見逃してしまうレベルになります。補足説明として「専門医では分かるレベルだが、一般医では見落とす可能性あり」という難易度で、「肺がん検診では見落として欲しくない」とされています。難易度4や5になると見落としても仕方がないというレベルになります。

したがって私たちは、検診の大量の画像に対応することを想定し、検診で必要とされるレベルのAIとして難易度3の結節影をしっかりと検出できることを目指しました。また、大量の画像を見ていく中で誤った検出の表示が多くなると信頼性がそこなわれるので、特異度を上げることも注力しました。承認を取得したのは1年ほど前で旧モデルでの数値となりますが、難易度3の感度は専門医の75.7%に対して81.6%でした。特異度も80.9に対して81.7%と若干上回ることができたので、十分臨床に耐え得るだろうということの中で世の中に出し、一定の評価をいただいています。

また、AIにはバージョンアップがつきまので、最新のバージョンアップ後は難易度3の感度が90%、特異度が87%と、いずれも向上しています。特定の領域においては既に十分なパフォーマンスが発揮できていると言えます。このようなAIが今後もさらに増えてくると、医療のシステムの中で、AIの役割がますます大きくなっていくのではないかと考えています。

既存のワークフローを 壊さずに導入可能

EIRL Chest Noduleのシステムは非常にシンプルで、医療現場に新たなワークフローを組み込む必要はありません。放射線科医や医師の負担にならないよう、私たちとしてはワークフローを壊さないという点を非常に重要視して開発に取り組んできました。その結果、画像が保存されるPACSにゲートウェーサーバーを接続して、そこで画像の通信をして位置情報だけを返すという仕組みにしています。したがって、私たちが画像を管理するのではなく、単に解析してその結果を表示させるだけなので、院外

にデータが漏洩するという心配もなく、既存のワークフローに無理なく加えられるものになっています。

ただし、EIRLゲートウェーサーバーに関しては、VTNで保守回線を引いていません。というのも、高頻度でバージョンアップが行われるためです。この点も、今の医療AIにフィットするシステムではないかと考えております。

医師は、大量の画像を数十秒や1分という短い時間で見なければなりません。そのような状況ではどうしてもミスが起こるため、医師の二重読影というダブルチェックが必要になるという現場の声が聞かれます。逆に言えば、しっかりと安全が保たれていればいいということになるので、AIが十分に期待に応えられるのではないかとされています。

プログラム医療機器の 保険適用について議論が進む

最新の動向として、プログラム医療機器の保険適用が活発に議論されています。2021年春から学会要望やその他の要望もあり、厚労省、中医協などの議論が活発化しています。8月にはどう評価するべきなのかという問題提起もされていて、このように整理したらどうかというようなことが今、明確に示されています。それを受けて中医協においても2021年11月上旬と下旬にも業界団体からの提言がなされています。

この議論の結果次第で、プログラム医療機器の日本の行く末が決まるといっても過言ではありません。ぜひとも、こういったAIが社会的なモーメンタムの基礎をつくっていくということで、産業政策的な観点においても、こういったインセンティブ設計を考えるフェーズにきているのだと思います。

OSAKA



PANEL DISCUSSION



モデレーター

鈴木 寛 (東京大学公共政策大学院 教授 / 慶應義塾大学総合政策学部 政策・メディア研究科 教授)

パネリスト

加藤 容崇 (慶應義塾大学医学部 腫瘍センターゲノム医療ユニット 特任助教 / 北斗病院腫瘍医学研究所)

橋本 幸二 (株式会社東芝 研究開発センター ナノ材料・フロンティア研究所 フロンティアリサーチラボラトリー)

水沼 未雅 (Craif 株式会社 COO (最高執行責任者))

和賀 巖 (フォーネスライフ株式会社 CTO (チーフテクノロジーオフィサー))

島原 佑基 (エルピクセル株式会社 代表取締役)

澤 芳樹 (LINK-J 副理事長 / 大阪大学大学院医学系研究科 特任教授 / 大阪警察病院 院長)

PANEL DISCUSSION

オーディエンスから寄せられた質問

鈴木 北川先生から始まり、5人の講演者の皆様方、大変素晴らしい講演をいただきましてありがとうございます。がん診断の現状について、オーバービューがよく分かったと思います。

議論に入る前にいくつか質問が寄せられていますので、先にお答えいただきたいと思います。まずは加藤先生への質問です。早期ステージのがんに対する介入で、切除以外に注目されている技術、治療、モダリティなどはありますか？

加藤 基本的には侵襲性が低く、かつ効率的な治療になると思います。例えば、集束超音波や、EVのような微小情報の中に薬を入れてドラッグデリバリーシステムを組み

合わせた局所的な治療など、集学的な治療が注目されています。新しいテクノロジーを用いて、手術よりも侵襲性が低く、効果的なものができれば、外科手術に取って代わることになるかと思っています。

鈴木 橋本さんへの質問です。非常に高いAUCが実現されていますが、製品化に向けた課題は何ですか？

橋本 マイクロRNAはまだ研究要素が非常に大きい分野ですので、しっかりと医療機関の先生にも納得いただけるようなデータを積み上げていくことが大切だと思っています。データ管理やサンプルの保管、解析などが確実に担保されるような試験、実用化に向けた申請データにつながるような実験が、国内だけではなく海外での実用化に向けても重要な部分だと考えています。

鈴木 水沼さんへの質問です。同一患者の血液と尿で、マイクロRNAに違いはありますか？





水沼 私たちは、同じ患者さんから血液と尿を採取して解析するという一部取り組んでいますが、かなり類似性があると見ています。相関係数でいうと大体0.8くらいという感触を得ています。また、多数の患者さんのマイクロRNAのシークエンサーのデータを解析したところ、血液と尿

とは比較的近いというデータを発表した論文もありますので、ある程度、コンコーダンスが見られるだろうと思っています。ただし、血液のほうが得意な臓器、尿のほうが得意な臓器があるようなイメージは持っています。

鈴木 島原さんへの質問です。胸部エックス線のAIは、難易度1~3で90%以上の感度でしたが、難易度4の対応はどのようなお考えですか？

島原 これはAIの開発全般に言えることですが、全てを100にするというのは困難です。感度と特異度というのは常にトレードオフの関係にあり、特異なものフォーカスすると、それ以外のところが犠牲になります。そのチューニングがどうしても必要になってきます。何かを変化すると、全体に影響が出てくるという話です。そこで、ゴール設定が非常に重要になります。私たちが何を達成したいのか、検診なのか、大学病院の専門医の業務なのかによって、感度と特異度のチューニングは全く違ってくると思います。私たちは検診を下支えするAIを目指した結果、難易度3で最もスコアがよいAIの性能を選択したということです。

鈴木 和賀さんへの質問です。ビッグデータの分析結果に基づく情報提供が行動変容に結びついていく方法について、何か考えはありますか？

和賀 生活習慣からのアプローチはもう始まっています。がんはまだまだ報告できる話がないのですが、循環器疾患の脳梗塞、心筋梗塞はダッシュダイエットをすると罹患リスクが大きく改善するというようなデータがあり、論文を投稿しているところです。今後も、早期診断というよりはむしろ生活習慣のほうに軸足を置くつもりで取り組んでいます。

実用化へのボトルネックを探る

鈴木 講演を振り返ると、いろいろなシードが実装されつつあり、5合目、6合目くらいに来ている話がたくさんあるという印象です。いよいよ、ここから山登りと

というような状況で、今後はどの辺りが難所になり、それをどう乗り越えるかということをお話していきたいと思っています。島原さんはまさに、プログラム医療機器が保険適用されるかどうかという歴史的な話のただ中に身を置いて、どのようなハードルを感じているのでしょうか。

島原 これまでは厚生労働省あるいはPMDAが承認を与えるときのロジックは、安全性と有効性が非常に重要だったと思います。しかし、AI、プログラム医療機器になると産業政策的な視点が必要だということで、これまでにない正義を求めなければいけないという点が非常に難しく、苦労しているところです。

したがって、厚生労働省単体というよりはデジタル庁や、経産省なのか内閣府なのか、これまでとは違った連携が必要になります。そして、産業政策的な観点をどう評価し、医療機器のアウトカムをどう評価するのかという、そのバランスでどう点数をつけていくのかということになるのですが、どこも答えを持ち合わせていません。ドイツやアメリカといった海外でもまだまだ試行錯誤なので、その答えを導き出していかなければならないことが非常に難しいところだと考えております。

鈴木 澤先生はどの辺りがボトルネックであり、かつ、そのソリューションがあるというふうに見えていますか。

澤 今日、いろいろなお話を聞いて、随分、発展してきているし、裾野の広がりを感じましたが、私は少しコンフュージングになっています。というのは、皆さんは何を目指しているのかという部分です。医療のレベルを上げようという方向なのか、一般の人が安心を得るための材料としてのスクリーニングなのか、それぞれの立ち位置で異なるのだと思います。

私は外科医なので、手術をしていて目で見ても判断できないものを分かるように見せてほしいと思っています。がん細胞がどこに散らばっているのか、今の蛍光色素では分からないレベルがもっと見えたらありがたいです。こうした治療で使われるものなのか、スクリーニング的なレベルなのか、その辺りをもう一度教えてほしいと思います。なぜかということ、目指す方向の違いによって、ボトルネックも異なるのではないかなと思うからです。

鈴木 加えて経済といいますか、エコシステムとして考えたときに、健診の場合は費用を誰が払うのか、という話になります。





一方で、術中に使われるような場合は、診療行為の範囲になるので診療報酬、保険収載の中で吸収することになります。

澤 そういうことです。誰が対価を払うのがポイントだと思います。保険診療なのか、それとも健診レベルなのか、それによって大分違いがあると思うのです。

鈴木 同じ技術でも、適用される局面はいろいろなステージがあって、それぞれの会社ごとに戦略もあると思います。資金回収を図りながらマーケットをどう広げていくか、いろいろな考えがあるでしょう。いろいろな考えがあってよくて、それがいいエコシステムになっていくことが大切です。皆さんのお考えはいかがでしょう。島原さんからお願いします。

島原 私たちは医師に必要とされるAIを目指していますが、医師といっても二つのケースがあると思っています。一つはトップマネジメントが、医療安全の面でリーダーシップをもって導入するというケースです。もう一つは、現場の医師が安心感や効率性の面で導入を求めるといったケースです。

本当は、患者さんにメリットがあることなので、患者さんから求められるケースもあるといいのですが、現状では患者さんから直接評価を受けるというのは難しいので、行政とも協力してこの仕組みを広めていくことが必要になるだろうと分析しています。

鈴木 和賀さんはいかがでしょう。

和賀 そもそも体の声という会社を創立したときに、社長の江川は病気のない世界をつくりたいというビジョンを掲げました。病気のない世界をどうやってつくっていくか、たくさんの医師にヒアリングもしました

が、現状では私たちの血中タンパク質解析技術のエントリーポイントとして非常に評価していただいているのは製薬業界です。個別化医療の対象となる人や、新しい薬のコンセプト、見つからないような薬のターゲットが、7,000種のタンパク質の中から見つけることができるだろうと期待されています。

もう一つのエントリーポイントが、個人の方たちです。日本全国でランダムに5,000人からヒアリングし、さらに2500人に絞って調べたところ、家族のために認知症になりたくない、がんになりたくないという思いから、将来の可能性を早く知って生活習慣を変えたいと考える人たちが、一つのセグメントとして見つかりました。また、アーリーアダプターとでもいうような新しい技術の検査に高い関心を示す人もいます。そのような人たちに、人間ドックを通じたサービスの提供を始めています。

とはいえ、これまでに報告のない、病気と関連するタンパク質が見つかることもありますので、いずれは医師の役に立つものも提供できればと思っていますが時間を要するため、今必要とする人たちに向けたサービスとなっているのが現状です。

鈴木 水沼さん、お願いいたします。

水沼 ポイントは二つあると思います。一つ目は、私たちが目指しているのは、病院任せになっている医療を個人の手に移すことであるという点です。尿中バイオマーカーの活用は、それを実現するためのツールとして提供したいと考えています。私たちはまず、早期検査、スクリーニングの事業から入りますので、保険の範疇外です。未病の領域でそれだけコストをかけられる人に対してサービスを提供していくという形になります。現状では多くの方が、病気になるまでは放置していて手後



れになってから病院で見つけることになり、手後れだからこそインテンシブな治療を受けなければいけないという、悪循環に陥っていると感じています。こうした現状を変えていき、健康になりたい人が自分の責任で健康を保っていくべきだと思っています。

二つ目のポイントは、医療資源の配分の最適化という点です。何でもかんでも健康保険、診療報酬でまかなう必要があるのかということです。すでに、サステイナブルでないような領域に差しかかっている中でも、誰もが同じ内容の健診を受けていて、何も最適化されていないのが現状です。これを個別化医療のように、個人々に最適化して資源配分をスリムにできるような個別化健診の仕組みを構築しなければいけないのではないかと常々感じています。

例えば胃がんを例にすると、内視鏡検査でかなり見つけられる時代になっています。内視鏡の技術がすごく進歩していて、早期のがんでも内視鏡検査さえ受ければほとんど見つかる環境です。とはいえ、世の中の全員が内視鏡検査を頻回に受けるのが正しいのか、そんな資源配分は可能なのか、というような問いが社会に突きつけられているのだと思っています。

私たちが目指している世の中は、現状で達成しているコストでは無理ですが、かなり情報量の多い簡単な検査をまずは受けていただいて、その人に最適なネクストステップ、検査プランを提供していくことで、全員が同じ検査を受けないと病気が見つからないという社会を長期的には変えていけるのではないかと考えています。

鈴木 日本では個人の医療というと、公的保険の範疇と考えがちですが、多くの人は民間医療保険に加入しています。例えば、保険会社が加入者に検診を推奨するという方法もあるだろうと思います。

水沼 おっしゃるとおりでして、弊社も株主に大手保険会社がありますので、新たな保険のあり方を構築していくための事業提携を進めているところです。早く見つければ医療費は少なくなるということに最適化した保険ができるのではないかと考えています。まずは、保険加入者の早期発見を後押しする取り組みを民間の保険会社さんとともに進めていきたいです。

鈴木 橋本さん、お願いいたします。

橋本 私たちは最終的にマイクロRNAの検査が、日本においては対策型健診のような形で採用されることを目指しています。そのために、エビデンスも含めてきちん

と積み上げていくことが重要だと考えています。そのことが検査を受ける人、個人々のメリットにもなりますし、恐らく対策型健診まで認められるということであれば、医療経済的なメリットも国としても認めていただけるという、そういった両者のメリットが実現できるような将来を思い描いています。そのポテンシャルがマイクロRNAに本当にあるかどうかは、これからの研究次第です。まだまだ機能解明など、いろいろなことが必要ですし、時間がかかるとは思いますが、地道に目指していきたいと思っています。

鈴木 橋本さんも、水沼さんもそうだと思いますが、実用化するにしても初期のセルモータを回すところが一番大変だと予想されます。すでに保険収載されている例で56万円という高額な費用が話題になりましたが、回り始めればずっと56万円ということではなく、ボリュームがまとまってくればコストは下がることでしょうか。問題は、どう加速させるかということだと思います。加藤先生からは、ソーシャルイノベーションが大事だという話がありましたがいかがでしょうか。

加藤 鈴木先生と澤先生に質問をよろしいでしょうか。病院にとって人間ドックなどの健診は、大きな収益源になっていると思います。しかし、今日の講演にあったような簡便な検査が普及すると、収益が得られなくなってしまいます。また、医薬品業界が層別化に賛同する背景には、新薬をどんどん開発して、使い続けてもらうことが一番もうかるという市場原理があるのだと思います。分子標的薬は多くの場合、再発します。そのときに再発した後も分子標的薬でつないでいって、亡くならないように何とか維持するというのが一番もうかるということです。その輪廻を断ち切るようなアプローチは、いろいろな業界の反発を生みそうな気がしています。その辺りも含めたソーシャルイノベーションは可能なのか、社会的軋轢、葛藤などを生まないような方策があるのでしょうか。

澤 おそらく、本当に早期発見、医療の再分配が行われ、本当に医療費の削減につながれば、世の中は歓迎するでしょう。現状では、そこまで技術が追いついていないのかということが気になっています。なぜかという、今のレベルでは、あなたはがんになりやすいですよと言われても、検査をしたら何もないという事態が起きているからです。偽陽性であればまだしも、偽陰性の場合は患者さんにとって本当に不幸で、現状ではPCR





検査と変わらないという印象です。誰がレスポンスビリティを取るのかという部分も不透明です。

それでも、本当に精度が上がって確実な診断ができるようになれば、加藤先生のおっしゃることは絶対正論になってくると思っています。

鈴木 私たちは産業史というものをきちんと捉えるようにしていますが、国立科学博物館には産業技術史についての優れたデータベースがあり、製薬についても医療機器についても、それぞれ100ページとか200ページの資料があります。何を言いたいかという、携帯電話の5Gのように、どんな世界でもジェネレーションというものがありません。抗がん剤を見てもジェネレーションが変わってきています。したがって、まさに加藤先生のお話にあった、いいもの悪いものも含めた現在のある種の循環も、いずれ次のジェネレーションへと移っていくわけです。

医療が難しいのは、民間市場に任せていけば、このジェネレーションの進化はどんどん進んでいくのですが、これは、一方で格差の問題などいろいろな問題を生むので、全ていいというわけではないのですが、日本の場合はガバメントソリューションが基軸なので、ジェネレーションの変化に対応するにはたいへんな社会コストがかかるわけです。

そうするとどうしても既得権者と新規参入者の対立が起こります。私は2010年の診療報酬改定で新薬に対する点数を一挙に上げましたが、あのときも大変でした。半分以上から反対される一方で、イノベーション派からは評価されました。一般の政治家あるいは役人は既得権者との関係を気にしますから、あのときのようにイノベーションに偏ったポジションを取ることはできないという中で、どのようにジェネレーションの移行をすすめるべきなのか、というのが難しい問題になっています。

アメリカなどは、相当程度の自由診療の部分があるので、変化させやすいと言えます。日本でも検査の領域は、プライシングにおいても量においても自由な部分があります。そのような検査の領域から、外堀を埋めていくように変化を促すのも一つの手です。

医療の変革にとって、もう一つ課題となるのは、研究開発コストが非常に高いことです。知的集約型産業は全て同じですが、ソフトウェアの開発と似ていて、一つ目ができれば終わったのと同然で、コピーコストはゼロです。

このような産業で、コストをどう回収するかが問題です。本体で回収できればいいですが、現実的にはなかなか難しいですし、時間もかかります。そもそも、保険収載されるためにも大きな政治コストがかかります。どうやって周辺、あるいは海外のマーケットで回収していくかというような戦略が必要になると思います。

私はLINK-Jを立ち上げるときに申し上げましたが、あまり「我が国の医療イノベーション」とは言わないほうがいいでしょう。私はガバメントに長いた人間で、ガバメントからの精神的なサポートはあってもいいし、もらえるものはもらっておけばいいと思います。私が言い続けてきたのは、トランスパシフィック医療イノベーションエコシステムです。それから、産と学、あるいは民で取り組み、官には見ておいてもらうだけにしたいほうがいいでしょう。そうしないと、ジェネレーションが進んでいかないのです。

いずれにしても、今日はいろいろなケースを聞かせていただいて、相当ポテンシャルが高まっていると感じ、本当にうれしい気持ちになりました。逆に、これからはさらに他分野のいろんな人たちとコラボレーションすることで、こういったすばらしいものがちゃんと世の中で使われるようになるのでしょう。そして、それが広がってマーケットにつながっていくのです。そういうエコシステムづくりのためにはとても重要だなということを感じました。

この辺りで終わりたいと思います。最後に澤先生、お願いいたします。

澤 本当に今日は勉強になりました。私が出ているもののマーカ―は、末期になったら使われるようなものですが、きちんと医療につながるような技術が確立されていて、また、安心安全にも役立つという両方の面があることに驚きました。おそらく、ボトルネックは規制であるとか、個人情報保護的なデータ管理やデータの収集法とか、それぞれに悩みがあるでしょう。それらを1つひとつクリアしながら、日本が勝てるシナリオは何か、それをぜひ皆さんと共有していければと思っています。非常に期待を持って皆さんのお話を聞かせていただきました。どうもありがとうございます。

鈴木 話は尽きませんが、パネルディスカッションは以上とさせていただきます。すばらしいお話をいただきましたパネルの皆さんに心から感謝いたします。



名刺交換会

東京会場



大阪会場





[主催] 一般社団法人ライフサイエンス・イノベーション・ネットワーク・ジャパン (LINK-J)

[後援] 文部科学省、厚生労働省、経済産業省、東京都(※名刺交換は後援の対象外)、大阪府、一般社団法人日本医療機器産業連合会

[協力] 一般社団法人日本バイオデザイン学会、

国立大学法人大阪大学大学院医学系研究科・医学部附属病院 産学連携・クロスイノベーションイニシアティブ