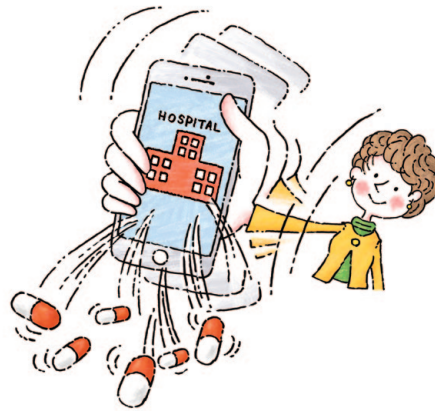


# Nextcom

## 特集 ICTと 次世代医療



### Feature Papers

論文

#### 情報化時代の医療

黒田 知宏 京都大学 医学部附属病院 教授

論文

#### ゲノム医療の実現に向けた 研究開発におけるmissing piece

荻島 創一 東北大学 東北メディカル・メガバンク機構 医療情報ICT部門  
ゲノム医療情報学分野 教授/  
バイオバンク事業部 統合データベース室 室長

特別論文

#### ものづくり現場における AI利活用と競争優位の獲得

—定性的実証研究(企業現場インタビュー調査)からの  
考察—

近藤 信一 岩手県立大学 総合政策学部 准教授

公募論文

#### データプライバシーの国際政治 —EUスタンダードとAPECスタンダード—

須田 祐子 東京外国語大学 非常勤講師

公募論文

#### マルチサイド・プラットフォームにおける ニューレイヤー参入・競争戦略

伊藤 嘉浩 長岡技術科学大学 大学院 工学研究科  
情報・経営システム工学専攻 准教授

### Articles

5年後の未来を探せ

石田 祥子 明治大学専任講師に聞く

#### 折紙に秘められた 新しい課題解決の糸口を探る

船木 春仁 ジャーナリスト

# 明日の言葉

医学はサイエンスに支えられたアートである。  
……ウィリアム・オスラー

19～20世紀にかけて米国の医学教育の基礎を築いたオスラー。  
その大きな影響を受けた日野原重明は、  
オスラーにおける科学とアート（医術）について、  
講演記録に残された言葉をこう訳し、解説した。



特集

# ICTと医療

## 次世代医療



2 | **すでに始まってしまった未来について**  
**身体の痛みと所有感覚**  
平野 啓一郎 作家

4 | **論文**  
**情報化時代の医療**  
黒田 知宏 京都大学 医学部附属病院 教授

12 | **論文**  
**ゲノム医療の実現に向けた**  
**研究開発における missing piece**  
荻島 創一 東北大学 東北メディカル・メガバンク機構 医療情報ICT 部門  
ゲノム医療情報学分野 教授/  
バイオバンク事業部 統合データベース室 室長

24 | **特別論文**  
**ものづくり現場における**  
**AI利活用と競争優位の獲得**  
一定性的実証研究（企業現場インタビュー調査）  
からの考察—  
近藤 信一 岩手県立大学 総合政策学部 准教授

35 | **公募論文**  
**データプライバシーの国際政治**  
— EUスタンダードとAPECスタンダード—  
須田 祐子 東京外国語大学 非常勤講師

42 | **公募論文**  
**マルチサイド・プラットフォームにおける**  
**ニューレイヤー参入・競争戦略**  
伊藤 嘉浩 長岡技術科学大学 大学院 工学研究科  
情報・経営システム工学専攻 准教授

52 | **5年後の未来を探せ**  
石田 祥子 明治大学専任講師に聞く  
**折紙に秘められた**  
**新しい課題解決の糸口を探る**  
船木 春仁 ジャーナリスト

58 | **お知らせ**  
「2018年度 著書出版・海外学会等参加助成」および  
「第8回 Nextcom 論文賞」受賞者  
「Nextcom」論文公募のお知らせ  
2019年度 著書出版・海外学会等参加助成に関するお知らせ

62 | **情報伝達・解体新書**  
**細胞が持つ不思議なコミュニケーション能力**  
影山 龍一郎 京都大学 ウイルス・再生医科学研究所 教授

64 | **明日の言葉**  
**手短かにお願いします**  
高橋 秀実 ノンフィクション作家

すでに始まってしまった未来について——③⑦

文：平野啓一郎

絵：大坪紀久子

# 身体 の 痛み と 所有 感 覚

『WIRED』の記事「その新しいロボット義手は、『手を動かす感覚』まで再現する」(2018.05.28)によると、昨今の筋電義手の発達はめざましく、断端の「筋肉が発する電気信号をプラスチックカバーが読み取り、コンピューター制御された電動の手に伝えることで、思考による操作が可能」なのだという。逆に義手の指先が動く感覚も、「筋肉の腱に周波数70~115ヘルツの振動刺激を与える」ことで擬似的に再現可能らしい。

昨今、3Dプリンターの性能向上により、様々な義手や義足を制作する試みが行われていて、外観的には、元の腕や足を模倣しない、自由なデザインのものも目にするようになった。本物以上に「カッコいい義足」を作るというアイデアは、私が『かたちだけの愛』という小説を書いたたった7年前には、ほとんど理解されなかったものだが。

運動能力に関しても、義手や義足が肉体を凌駕する可能性は大いにあるが、その際、感覚的なリアリティはどのように模索されるのだろうか？ 触覚を義手が獲得するとして、それは本物と同じであるのがいいのか、それとも、選択的であったり、増幅または鈍化されるべきなのか？

痛みというのは、ないに越したことはないと思いがちだが、私たちはその信号のお陰で、身体に対する配慮を維持している。

義足がダメージを受けた時、痛みを代わる何らかの表示でもなされるのであれば、気をつけるかもしれないが、無痛というのは、リアリティを追求するなら気になり続ける欠落かもしれない。一口に痛みといっても程度があり、例えば、ギターを練習していると、左手の指先が痛くなってくることが、それがなくなると寂しいだろう。そうすると、一定以下の痛覚だけを再現できるのが好ましいのか。

不調になった身体を機械が代替することも増えてくるだろうが、痛覚は身体の統一感と万遍のない所有感覚にかなり大きな意味を持っているように思う。

Keiichiro Hirano

小説家。1975年生まれ。1999年京都大学在学中に『日蝕』により芥川賞を受賞。

以後、『葬送』、『ドーン』、『かたちだけの愛』、『空白を満たしなさい』、

『私とは何か—「個人」から「分人」へ』、『透明な迷宮』、

『生命力』の行方—変わりゆく世界と分人主義』、『マチネの終わりに』など、数々の作品を発表。

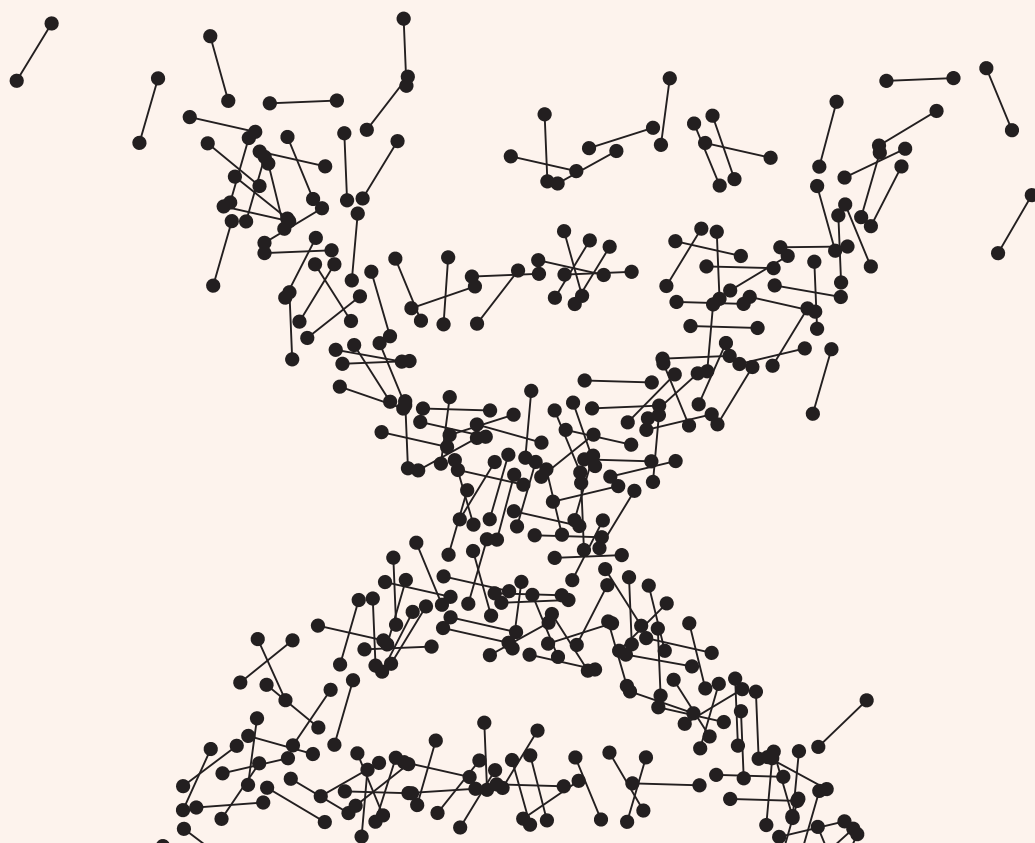
最新刊は『考える葦』(キノブックス)、『ある男』(文藝春秋)。



# 特集

# ICTと 次世代医療

情報通信技術の急速な発展は、医療にも革新をもたらした。  
政府は、医療現場のICTによる高度化、  
および医療データの収集・利活用の仕組みを両輪に、  
次世代医療 ICT 基盤の整備を推進、法整備も進めている。



# ICTと次世代医療 1

## 情報化時代の医療

京都大学 医学部附属病院 教授

黒田 知宏 Tomohiro Kuroda

情報技術の急速な発達は、医療のありようを大きく変えてきた。

特に、2010年代に入って盛んになりつつあるIoTの導入は、遠隔モニタリングの実現を通じて、病院が社会に展開し、社会全体が病院として機能する社会（ソーシャルホスピタル）を創り出し、医療のありようそのものを大きく変えるものと思われる。

加えて、次世代医療基盤の整備によって医療データの流通と商用目的での利用が可能になることで、医療AIをはじめとする情報サービスの実用化への道筋が整いつつある。情報通信技術の急速な発展と、これを取り巻く法制的整備の進展は、情報技術と蓄積された情報を活用する新たな医療の姿を今、まさに描き出そうとしている。

### キーワード

IoT 遠隔モニタリング 次世代医療基盤 ソーシャルホスピタル

### 1. 情報技術は医療現場をどう変えてきたか

1999年の電子カルテ解禁<sup>1)</sup>以来、情報技術は医療現場の隅々に入り込み、その姿を大きく変えてきた。

会計計算の効率化を目指して1970年代に導入された医事システム、各種検査のオートメーションを1980年代に図った各種部門システム、依頼と結果の伝達の効率化を目指して1990年代に部門システムを結ん

だオーダエントリーシステムと進んだ医療現場の情報化の歴史は、他の産業分野同様、効率性追求の歴史であった。しかし、電子媒体と紙媒体に分散した記録の一本化を目指して2000年代に導入された電子カルテは、オーダエントリーシステム導入の副産物である「禁忌チェック」などの情報技術による診療支援（CDSS：Clinical Decision Support System）の最大化を追求して機械可読な情報の入力を医療者に求める中で、いつしか効率化という本来の目標を置き去りにし

た。情報化は医療現場の負担を増大させている<sup>2)</sup>と批判されるゆえんである。

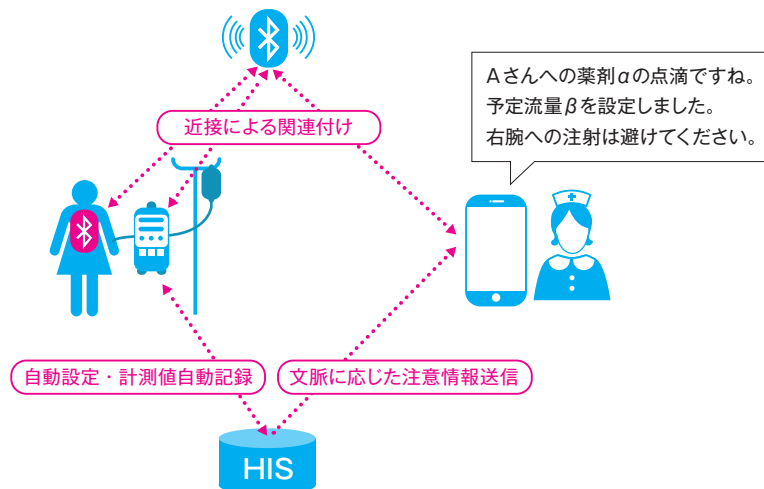
Kevin Ashton<sup>3)</sup>は、情報機器による情報支援を円滑に実施するためには、入力系から「低速・低周波数・不確実」な媒体である人を排除し、機械から直接機械へ情報を伝達する Internet of Things (IoT) が肝要であると述べている。実際、ICU 等の急性期病棟では、人手を介さずに直接電子カルテに記録されているベッドサイドモニターなどの計測情報に基づいて、異常値計測時の警報発報などの情報支援が広く行われている。Mark Weiser<sup>4)</sup>が夢見た、生活環境に埋め込まれた情報機器群が協調して「さりげない情報支援」を提供するユビキタス・コンピューティング (Ubiquitous Computing) を実現し、診療業務の情報支援を行えるようにするためには、機械由来の情報を機械可読なまま情報機器に直接伝達することが欠かせない。

一般病棟のベッドサイドにおいて情報入力を容易にする試みは、臨床活動の最終段階における安全管理の一環として始まった。三点認証システム (ABMA: Auto-ID/Barcode-enabled Medical Administration) は、

リストバンドなどを用いて患者に紐付けられたバーコード、薬剤などに貼り付けられたバーコード、名札などを用いて実施者となる看護師に紐付けられたバーコードの三つのバーコードを読み込んで、指示・患者・薬の三つの対応関係を確認して患者取り違い防止を目指したものである。三点認証システムは、同時に、キーボードやマウス入力なしに実施記録を取れるようにする仕組みとしても機能し、広く臨床現場に導入されている。しかし、三点認証システムが導入された診療現場では、「バーコードを読み取る」作業そのものが目的化し、最終的に情報システムが提示する一致／不一致の情報が見落とされ、医療安全がかえって脅かされる事態が散見される。加えて、シリンジポンプなどの投薬時の医療機器の設定情報は確認の対象とならないため、倍量投与などの致命的なエラーを防ぐことはできていない。このように、情報の入力と主要な情報の確認を人手に頼る現行の三点認証システムは、医療現場の安全性向上に十分寄与できてはいない。

筆者らは、BLE (Bluetooth Low Energy) を用いて計測した医療機器・患者・医療者の互いの近接関係と

図表 1 ゼロ点認証システム



医療機器から直接収集した計測情報から、いつ、誰が、誰に、どこで、どのように、薬剤投与などの医療行為を実施しようとしているのかを推測し、指示・患者・薬・投与速度の四つの対応関係を確認するシステムの開発を進めている<sup>5)</sup>。筆者らが「ゼロ点認証システム」と呼んでいる図表1(前頁)に示すシステムは、医療者に情報入力の手間を一切与えることなく、今この瞬間に医療者に提示すべき情報を提供することで、確認行動に集中させ、臨床現場の安全性を高めることを狙いとしている。

航空機や船舶のように人と機械が協力して目的を達成するシステムを人間機械系システム<sup>6)</sup>と呼び、複数の人間機械系システムが協調して系全体を最適にするように振る舞うシステムをサイバーフィジカルシステム(Cyber Physical System, CPS)<sup>7)</sup>と呼ぶ。CPSは情報化社会のあるべき姿を体現していると考えられ、Ashtonが夢見た効率的な情報収集とWeiserが夢見たさりげない情報支援が実現されることによって現出される。IoTの導入によって、病院は病院情報システム(Hospital Information System, HIS)を介して多くの医療機器と医療従事者が協調して業務を実施するCPSへと変遷することになる。カーナビのように振る舞うHISによって病院業務の安全性と効率性は飛躍的に高まり、IoTが残す記録が医療記録の主役となり、医療者がコンピューター装置の画面に向かって電子カルテをせっせと書くことは無くなるであろう<sup>8)</sup>と考えられる。

後から振り返れば、2010年代はIoT導入の時代であったということになるのかもしれない。

## 2. 遠隔医療の今昔

1971年に和歌山県で行われた遠隔画像診断実験から始まった本邦の遠隔医療<sup>9)</sup>は、2018年4月の診療報酬改定における「オンライン診療」の診療報酬適用を経て、本格的に運用が開始された。

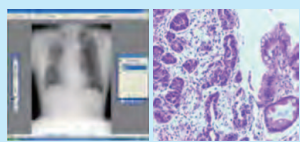

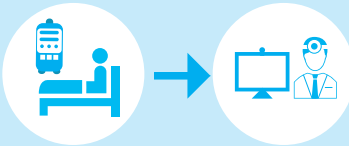
厚生労働省では、図表2に示すように、遠隔医療を遠隔画像診断、オンライン診療、遠隔モニタリングの三つに分けて整理している。このうち、前者二つは旧来から考えられてきた「遠隔医療」のイメージそのものであり、通常の病院で行われる診療を遠隔地で行うにすぎず、距離や時間という障害を緩和し、医療へのアクセシビリティを高める効果はあるものの、医療のありよう全体を変えるには至らない。

一方、遠隔モニタリングは、家庭などの日常生活環境に置かれた医療機器からインターネットなどを通じて特定のサーバーに保存されたデータを医療者に閲覧させることで、患者の「予後管理」を実現するものである。従来は月に1回程度の来院時に初めて医療者が閲覧できた在宅時の状況が、計測とほぼ同時に医療者に届けられるようになることから、医療者がアドヒアランスの低下などの変化を早期に捉えて早期に介入できるようになると期待されている。2018年4月現在では、ペースメーカーと在宅呼吸管理機器だけが保険支払対象とされているが、同じ仕組みはあらゆる機器に適用できるため、今後遠隔モニタリングの適用範囲は広がるであろう。遠隔モニタリングの実現は、日常活動を「見守る」という新たな医療サービスの創出に等しい。見方を変えれば、病院が社会に展開され、社会全体が病院として機能する社会(ソーシャルホスピタル)が産み出されることになる<sup>10)</sup>。

遠隔モニタリングの実現は、患者の視点から見ると福音であろうが、医師の視点から見ると凶報であろう。医療情報は医療者が収集するものから、医療者の所にやってくるものへと変わる。生活環境で産み出される大量のデータを閲覧し、診断することが期待される医師にかかる負担は際限なく増大し、医療資源は際限なく浪費されることになる。筆者らは、2015年に開催された日本医学会総会学術展示において、遠隔医療が発達した未来の医師の憂鬱を描いた映像作品「2025年 不都合な未来」<sup>11)</sup>を発表している。この状況を解消するためには、見守るサービスを他職者や人工知能



図表2 遠隔医療の分類

	診療形態	診療報酬での対応
医師 対 医師 (D to D)	<p>情報通信機器を用いて画像等の送受信を行い特定領域の専門的な知識を持っている医師と連携して診療を行うもの</p> 	<p><b>遠隔画像診断</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>画像を他医療機関の専門的な知識を持っている医師に送信し、その読影・診断結果を受信した場合</li> </ul> <p><b>遠隔病理診断</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>術中迅速病理検査において、標本画像等を他医療機関の専門的な知識を持っている医師に送信し、診断結果を受信した場合（その後、顕微鏡による観察を行う。）</li> <li>（新）生検検体等については、連携先の病理医が標本画像の観察のみによって病理診断を行った場合も病理診断料等を算定可能</li> </ul>
医師 対 患者 (D to P)	<p>医師が情報通信機器を用いて患者と離れた場所から診療を行うもの</p> <p>情報通信機器を用いた診察</p> 	<p><b>オンライン診療</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>（新）オンライン診療料</li> <li>（新）オンライン医学管理料</li> <li>（新）オンライン在宅管理料・精神科オンライン在宅管理料</li> </ul> <p>対面診療の原則の上で、有効性及び安全性等への配慮を含む一定の要件を満たすことを前提に、情報通信機器を用いた診療や、外来・在宅での医学管理を行った場合</p> <p>※電話等による再診</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>（新）患者等から電話等によって治癒上の意見を求められて指示をした場合に算定が可能であるとの取扱いがより明確になるよう要件の見直し</li> </ul> <p>（定期的な医学管理を前提とした遠隔での診察は、オンライン診療料に整理。）</p>
	<p>情報通信機能を備えた機器を用いて患者情報の遠隔モニタリングを行うもの</p> <p>情報通信機器を用いた遠隔モニタリング</p> 	<p><b>遠隔モニタリング</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>心臓ペースメーカー指導管理料（遠隔モニタリング加算） 体内植込式心臓ペースメーカー等を使用している患者に対して、医師が遠隔モニタリングを用いて療養上必要な指導を行った場合</li> <li>（新）在宅患者酸素療法指導料（遠隔モニタリング加算）</li> <li>（新）在宅患者持続陽圧呼吸療法（遠隔モニタリング加算） 在宅酸素療法、在宅CPAP療法を行っている患者に対して、情報通信機器を備えた機器を活用したモニタリングを行い、療養上必要な指導管理を行った場合</li> </ul>

出所)平成30年3月9日  
未来投資会議 厚生労働省資料を基に作成

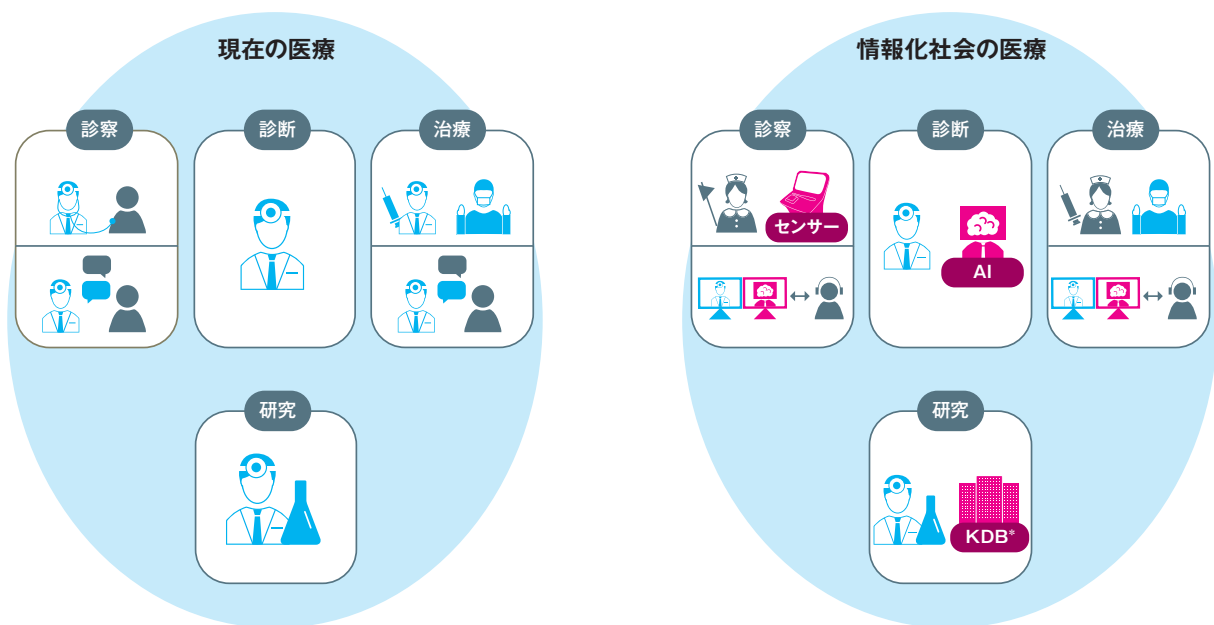
(Artificial Intelligence : AI)などのソフトウェアサービスに委ねるほかない。遠隔モニタリングは医療機器から機械由来の機械可読な情報が直接サーバーに送付されるIoTシステムであることから、AIとの親和性も高い。遠隔モニタリングの普及は、医療AI活用への入口となるだろう。

遠隔モニタリングシステムや訪問看護師によって情報が収集され、電子メールやオンライン診療での介入が可能になり、AIによる見守りや診断支援が広がったとき、図表3に示すとおり、従来医師が行っていた多くの仕事が他者によって提供されることとなる。この時、医師の役割は大きく変わるであろう<sup>12)</sup>。

### 3. 情報流通基盤の未来

複数の機関が協力して健康増進・医療・介護サービスを提供する「地域包括ケア」などを可能にするには、協力する機関の間で患者などのサービス提供対象者に関する情報を共有する必要がある。情報共有のための仕組みとして、複数の医療機関の電子カルテ(Electronic Medical Record : EMR)に蓄えられた医療情報を集積するEHR (Electronic Health Record) や、医療機関以外から送付された健康情報を集積するPHR (Personal Health Record)が提唱され、多くの取り組みが行われてきた。EHR・PHRの維持・運営には一定の費用が必要であるが、EHR・PHRは医療サービスの提供・受領のために「必須のシステム」ではな

図表3 現在の医療(左)と情報化社会の医療(右)



\* KDB: Knowledge Data Base

いことなどから、医療者・患者のいずれにも経費を負わせることができず、ビジネスモデルが確立できないという問題があった。世界的には、社会インフラと位置付け、公的資金を投入して運用している事例が多い<sup>13)</sup>。

2018年5月に施行された次世代医療基盤法(医療分野の研究開発に資するための匿名加工医療情報に関する法律)は、EHR・PHRを「医療情報銀行」と見立て、診療目的で蓄積された情報(預金)を匿名加工・統計処理して企業・研究者に提供して対価を得る(運用すること)で維持・管理経費を賄うことを、政府が認定を与えた「認定匿名加工医療情報作成事業者(認定事業者)」に許すものである。図表4に示すように、情報銀行である認定事業者は、患者本人の依頼(同意)の下に、医療機関や各種サービス事業者、本人の「口座」に蓄えられた医療情報を「自動振込」することも可能

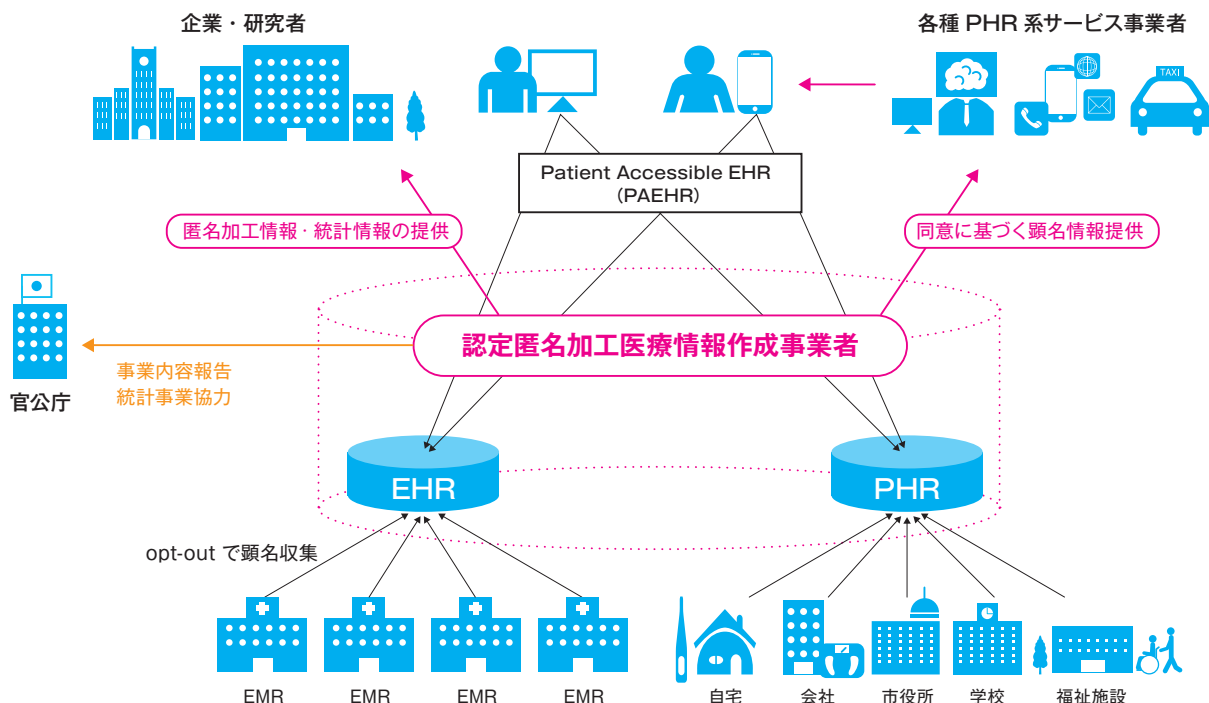
である。同法によって、EHR・PHRは「銀行」のビジネスモデルの下で、持続的な運営が可能になるものと期待されている。

情報基盤が整えば、医療機関などの関係機関の間での情報共有が可能になるほか、匿名加工医療情報が商用目的で活用されることで、大学や研究機関などで開発されたAI診断装置等のデータ活用技術の実用化が促進されると考えられる。加えて、個々の事業者によるインフラ投資が不要になることで、健康増進サービス<sup>14)</sup>などのPHR系サービスの実現が容易になると期待される。

#### 4. 情報革命の本質と医療サービスの在り方

アルビン・トフラーが「第三の波」<sup>15)</sup>と表現したい

図表4 次世代医療基盤法の全体像



いわゆる「情報革命」は、モノの流通と情報の伝達を切り分けることによって、多くの産業の構造を変革してきた。医療においてもその本質は変わり得ない。例えば、京都大学デザインスクールでは、治療の対象である「モノ」となる子どもだけを病院に運び、情報である病態をテレビ電話経由で親に伝送する仕組みを作ることで、「こどもがひとりでいける病院」という新しいサービスを考案している<sup>16)</sup>。医療サービスを「情報の収集と伝達」で実現されることと「物理的な働きかけ」で実現されることに分割し、それぞれに社会的効率性を追求すれば、情報化時代の医療の在り方は、比較的簡単に描き出せるであろう。情報伝達には情報ネットワークを活用してユビキタスに提供し、物理的働きかけは資源を拠点に集積して提供の方が効率的なことは自明であるので、予後管理や簡単な投薬などを生活環境のあらゆる場所で享受できるようにし、手術や介護サービスはできるだけ集約してセンター化する、「医療を社会へ、介護を施設へ」の流れが強まることになるであろう。可能な限り在宅で自律的な生活を行えるようにユビキタスな情報化医療サービスを提供し、物理的介入が必要になれば介護施設に円滑に移行できるような社会システムをデザインすることが望まれる。

一方、産業革命は、Joseph-Marie Jacquard が織工の仕事をパンチカードに書き下して機械（織機）に解釈できるようにすることによって実現された情報革命でもある<sup>17)</sup>。機械化・電算化を実現するためには、実現する対象となる業務を機械可読な形に書き下すほかに、医療もその例外ではない。IoTによって得られた客観的で大量のデータを利用した機械学習の医療への活用は、人工知能に解釈できるように医療行為を書き下す作業にほかならない。医療現場の機械化、遠隔モニタリングの導入、次世代医療基盤という名の情報集積基盤の整備が進展することによって、機械由来・機械可読なデータを正確・大量・高頻度に収集できる環境が整備され、医療を「書き下す」作業はさらに加速

することになるだろう。

情報通信技術の急速な発展と、これを取り巻く法制の整備の進展は、情報技術と蓄積された情報を活用する新たな医療の姿を今、まさに描き出そうとしている。一方で、対面診療と紙面による情報共有を中核とした旧来の医療に併せて整備された現代の社会制度は、新しい医療を生み出す障害になっているように見える。情報通信技術の果実を最大化するためには、医療の在り方をゼロベースで見直し、情報化時代の医療の姿に併せて社会の諸事を整える「維新」が必要であるが、そのために一時的にでも医療制度を壊すことは、医療の社会的役割を考えると許されるものではない。「今そこにある医療」から「情報化時代の医療」に円滑に社会システムを移行させる道筋をデザインすることが、今必要である。



Tomohiro Kuroda

## 黒田 知宏

京都大学 医学部附属病院 教授

1971年生まれ。1994年京都大学工学部情報工学科卒業。1998年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報処理学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。同年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助手。2001年京都大学医学部附属病院講師。2003年同医療情報部副部長(兼任)。2007年大阪大学大学院基礎工学研究科准教授、2009年京都大学医学部附属病院准教授、2013年、京都大学医学部附属病院教授、同医療情報企画部長(兼任)、同病院長補佐(兼任)、同情報学研究科教授(兼任)、現在に至る。仮想・強調現実感、福祉情報学、医療情報学、ウェアラブル・コンピューティング等の研究に従事。日本ME学会阿部賞等受賞。IEEE、電子情報通信学会、日本生体医工学会、日本医療情報学会等の会員。

注

- 1) 厚生省健康政策局長・医薬安全局長・保険局長 (1999・4・22) 診療録等の電子媒体による保存について、健政発第517号・医薬発第587号・保発第82号
- 2) T. Takemura, T. Kuroda, et al. (2008) System Value Analysis of Multipoint Distribution of Realtime Locating System (RTLS) in Hospital. *Journal of eHealth Technology and Application*, vol.6, no.2, pp.124-127.
- 3) Kevin Ashton (2009) That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*.
- 4) Mark Weiser (1991) The Computer for the 21st Century. *Scientific American*. pp.94-104.
- 5) M. Esashi, T. Nakano, et al. (2016) Prototyping Context-aware Nursing Support Mobile System. *Proc. IEEE EMBC*. pp.5397-5400.
- 6) 林喜男 (1971)「人間・機械系の設計(1)」『人間工学』vol.7, no.1, pp.45-22.
- 7) S.K. Khaitan, J.D. McCalley (2015) Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey. *IEEE Systems Journal*, vo. 9, issue.2, pp.350-365.
- 8) T. Kuroda. Do We Still Need Electronic Medical Record? (2018) *European Journal of Biomedical Informatics*. vol.14, no.4, pp.51-52.
- 9) 加藤浩晃、黒田知宏 (2018)「オンライン診療 & 連携の「教室」— 32の質疑応答」『月刊保険診療』vol.73, no.10, pp.7-16.
- 10) 黒田知宏 (2015)「情報通信技術が引き起こす医療改革の行方「医療を社会へ、介護を施設へ」—ソーシャルホスピタルの実現へ向けて」西村周三(編)『医療白書 2015-2016年版』日本医療企画, pp.116-123.
- 11) 小谷卓也 (2015) 2025年、「不都合な未来. 日経デジタルヘルス」<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/event/15/092500005/092800002/?ST=health>.
- 12) 鈴木康裕、武藤真祐 (2018) AIの導入「医師の仕事は3つ残る」『日経デジタルヘルス』<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/column/15/092500130/062200007/?ST=health>
- 13) 吉原博幸 (2011)「世界と日本におけるEHRの現状と問題点」[http://lob.kuhp.kyoto-u.ac.jp/paper/201102NewMed\\_color.pdf](http://lob.kuhp.kyoto-u.ac.jp/paper/201102NewMed_color.pdf).
- 14) 黒田知宏、野間春生、多田昌裕、杉山治、松村耕平 (2017)「ながはま健康ウォークが見据える未来」『行動変容と社会システム』Vol.2.  
[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=182295&item\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=8](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=182295&item_no=1&page_id=13&block_id=8).
- 15) アルビン・トフラー著、徳山二郎監修、鈴木健次・桜井元雄訳 (1980)『第三の波』日本放送出版協会
- 16) 病院のデザイン Bチーム (2013) こどもがひとりでいける病院. 京都大学デザイン学大学院連携プログラム 京都市立芸術大学×京都大学「ANSHINのデザイン」2013 ANSHIN CONCEPT BOOK, pp.24-31.
- 17) J. Al-Khalili (2016) Order and Disorder Episode 2 - Information. BBC  
<https://www.youtube.com/watch?v=ioP0N4zYJeA>.

# ICTと 次世代医療 2

## ゲノム医療の実現に向けた 研究開発における missing piece

■東北大学 東北メディカル・メガバンク機構 医療情報 ICT 部門 ゲノム医療情報学分野 教授／  
バイオバンク事業部 統合データベース室 室長

荻島 創一  
Soichi Ogishima

ヒトゲノムが解読されてから、次世代シーケンス技術 (Next Generation Sequencing: NGS) の登場によりゲノム解読のコストが低下し、個々人のゲノム情報に基づいた医療、いわゆるゲノム医療の研究開発が国内外で急速に進展している。「『ゲノム医療』とは、個人の『ゲノム情報』をはじめとした各種オミックス検査情報をもとにして、その人の体質や病状に適した『医療』を行うこと」であり、遺伝要因や環境要因による、いわゆる個別化医療・予防である。本稿では、ゲノム医療の研究開発の現状について概観し、その研究開発における missing piece について述べる。

### キーワード

ゲノム医療 がんゲノム医療 バイオバンク データ共有 D2K 表現型情報取得

### 1. ゲノム医療研究開発の進展

ヒトゲノムが2003年に解読されてから15年が経過し、次世代シーケンス技術 (Next Generation Sequencing : NGS) の登場によりゲノム解読のコストが低下し、個々人のゲノム情報に基づいた医療、いわゆるゲノム医療の研究開発が国内外で急速に進展して

いる。「『ゲノム医療』とは、個人の『ゲノム情報』をはじめとした各種オミックス検査情報をもとにして、その人の体質や病状に適した『医療』を行うこと」であり、具体的には、「質と信頼性の担保されたゲノム検査結果等をはじめとした種々の医療情報を用いて診断を行い、最も有効な治療、予防及び発症予測」を行うことである<sup>1)</sup>。遺伝要因や環境要因による個人ごとの違いを考慮した医療、いわゆる個別化医療・予防で

ある。

希少疾患、がんではすでに NGS による診断・治療方針の決定が始まっており、多因子疾患へと研究開発が進展している。

### 1.1 希少疾患のゲノム医療研究開発

希少疾患については、NGS による未診断疾患患者の診断の研究開発として、米国の UDN (Undiagnosed Diseases Network)、英国の Genomics England、カナダの FORGE (Finding of Rare Disease Genes) などがある。わが国では、未診断疾患イニシアチブ (Initiative on Rare and Undiagnosed Diseases : IRUD) のプロジェクトが進行している。

IRUD では、未診断疾患患者がかかりつけ医院にかかると、かかりつけ医院では、①2つ以上の臓器にまたがり、一元的に説明できない他覚的所見を有すること、または、②何らかの遺伝子異常が疑われる病状であることを満たし、6カ月以上にわたって持続し(乳幼児は除く)、生活に支障のある症状があり、診断がついていない状態の患者について、IRUDの拠点病院へ紹介する。IRUD拠点病院では、IRUD診断委員会において患者の病状について専門的な検討を行った後、遺伝学的検査等の追加解析結果を含めて診断の確定を目指す。遺伝学的検査は IRUD 解析センターで実施し、依頼された検体についてエクソーム解析等の遺伝学的検査を行っている。また、遺伝学的検査以外の検査や遺伝子変異の機能解析も検討している。

### 1.2 がんゲノム医療研究開発

がんについては、NGS によるパネル検査に基づく抗がん剤の最適投与の医療が始まっている。平成30年3月9日に閣議決定された、第3期がん対策推進基本計画においては、分野別施策におけるがん医療の充実のなかで、がんゲノム医療が第一に挙げられるなど、がんゲノム医療の実現に向けた取り組みとして、①がんゲノム医療提供体制の整備(がんゲノム医療中核拠点病院の整備等)、②ゲノム情報等を集約・利活用する体制の整備、③薬事承認や保険適用の検討、④がんゲノム医療に必要な人材の育成の推進、⑤研究の推進、⑥患者・国民を含めたゲノム医療の関係者が運営に参画する体制の構築が進んでいる。

がんゲノム医療中核拠点病院では、遺伝子検査室(外注を含む)において、シーケンスを実施し、レポート原案を作成、専門家会議においてレポート確定し、患者説明のうえ、治療をするというがんゲノム医療の体制の構築が進んでいる。シーケンスについては、一度に多数の遺伝子変異を検査する、遺伝子パネル検査となっている。これまでは、EGFR 遺伝子検査や ALK 融合遺伝子検査などのあるひとつの遺伝子の変異のみを見て、抗がん剤の投与を決定する、コンパニオン診断が主流であったが、遺伝子パネル検査へ進んでいる状況である。これらの遺伝子検査の結果は、国立がんセンターに設置されたがんゲノム情報管理センターへ集約される。これにより、患者の多いがんで頻度が高く見られる遺伝子変異だけでなく、通常は検

**ゲノム情報**……ゲノム情報とは、生殖細胞系由来 DNA 等に存在する網羅的な多型情報・変異情報を指す。後天的に生じるゲノム変化(がん細胞に生じた体細胞変異)、ゲノム修飾、健康に影響を与え得る微生物群(感染病原体など)のゲノム情報も含む。

**オミックス情報**……ゲノム情報、トランスクリプトーム情報、プロテオーム情報、メタボローム情報等の網羅的な分子情報を指す。ここで、トランスクリプトーム/プロテオーム/メタボローム情報とは、ある状況下において細胞に存在する転写産物/タンパク質/代謝産物の網羅的な分子情報である。

証的(大規模)な治験は患者数が少なく困難な①患者数の少ない希少がん、②新たに発見された頻度の低い遺伝子変異について、集約された膨大なゲノム情報を解析・利用することで最適な治験を実施してゆくことを目指している。

### 1.3 多因子疾患のゲノム医療研究開発と

#### バイオバンクの利活用

多因子疾患については、疾患バイオバンクや前向きゲノムコホートを利活用したリスク予測等の研究開発が進展している。

疾患バイオバンクとしては、バイオバンク・ジャパンを利活用した研究開発が進展している。バイオバンク・ジャパンは、2003年からオーダーメイド医療の実現プログラムにより、ゲノム情報に基づく個別化予防・医療の研究開発に取り組み、第1期および第2期を通じて47疾患、20万人の患者の協力を得て、DNA・血清のバイオバンクを形成してきた。これまでに大規模なゲノムワイド関連解析(GWAS)を行い、疾患感受性遺伝子の探索がなされ、多数の研究結果が発表されている。第3期では、第1期および第2期の10年間で積み上げてきた研究成果をさらに発展させるために、2013年から5年間の計画で、新たに38種類の疾患の患者10万人からDNA・生活習慣の情報・カルテ情報などを収集することを予定しており、こうして形成したバイオバンクから国内の研究機関へ試料・情報の分譲を積極的に進めている。

### 1.4 東北メディカル・メガバンク計画

一方、前向きゲノムコホートとしては、東北メディカル・メガバンク計画が進展している。本計画は2012年から始まった。宮城・岩手両県の住民15万人を対象にしたコホート事業と、コホート調査により提供された血液等の生体試料や情報の複合バイオバンク事業から構成されている。複合バイオバンク事業とは、生体試料を保管するバイオバンクに解析センター

を併設し、生体試料のゲノム・オミックス解析を行い、高品質な解析情報をバイオバンクに格納し、全国の研究機関に提供してきた。生体試料を提供すると枯渇してしまうが、解析情報を提供することで、その事態を防ぐことができ、また、高い品質管理のもとでの高品質な解析情報を利用いただくことができる。このように、東北メディカル・メガバンク計画では通常のバイオバンクが管理する性別、年齢等の基本属性情報や診療情報だけではなく、ゲノム情報やオミックス情報も管理する必要がある。そのため、これらを効率良く有用な研究の対象とするために、統合され整理されたデータベースの構築が不可欠となる。

そこで、東北メディカル・メガバンク計画では、前向きに収集したコホート調査の参加者の健康調査および生体試料の解析情報のすべて、すなわち大規模な基本属性情報、調査票情報、生理学検査情報、検体検査情報、診療情報、MRI画像情報のみならず、ゲノム・オミックス情報等を統合した統合データベースdbTMM(database of Tohoku Medical Megabank)を構築している。収集したすべての情報がひとつのデータベースに統合されていることで、あらゆるゲノム情報や健康調査情報や診療情報等に基づく表現型情報の属性でコホートを精確に層別化することができる。すなわち、診療情報だけでなく、体質(ゲノム・オミックス情報)、体調(検体検査情報、生理学検査情報)、環境要因(調査票情報)などを統合した精確な層別化をすることができる。これにより、精度の高いゲノム医療実現のための解析研究を立案し、実施することができる。遺伝子と環境が複雑に作用して発症する多因子疾患の病因の解明等の研究計画を立案するために、研究機関が、本計画のバイオバンクから試料・情報の提供を受けるには、本計画のバイオバンクにどのような試料・情報があるかを検索し、申請と審査を経て、統合データベースdbTMMからデータシェアリングを受けることができる。

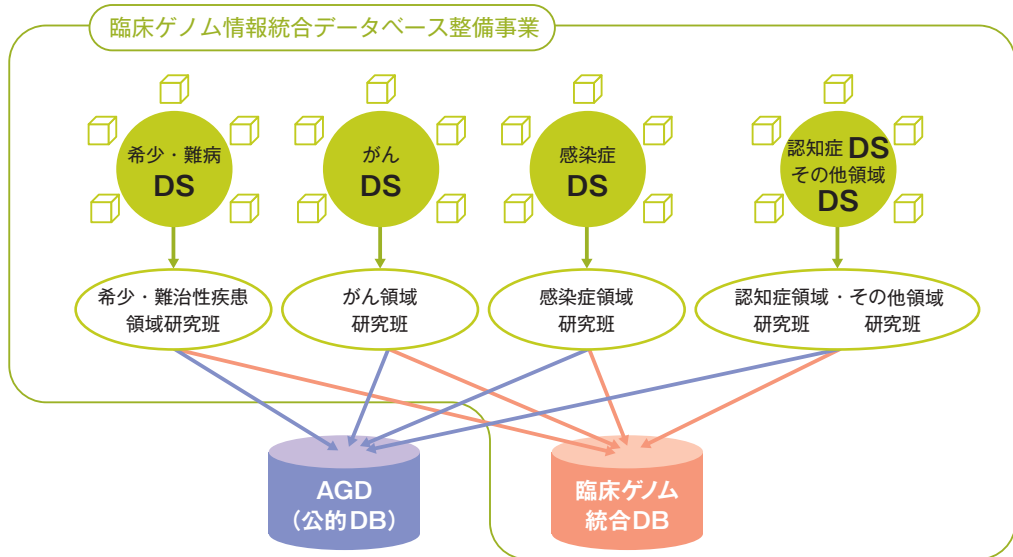


### 1.5 海外におけるバイオバンクの形成

こうしたバイオバンクの形成は世界的な動きとなっている。米国では100万人コホートの All of Us プロジェクトが始まり、バイオバンクの形成が進んでいる。一方、欧州では、英国で50万人の UKBiobank が形成され、バイオバンクに収集された試料から大規模なゲノム解析が進められ、診療情報と併せて、さまざまな研究成果が発表されている。北欧ではフィンランド、スウェーデンなどがバイオバンク法を制定し、国民皆保険制度のもと、医療費の削減のため、国家戦略

として、ゲノム医療の研究開発基盤としてのバイオバンクの形成が進められている。収集された生体試料からは NGS 解析やメタボローム解析によりゲノム・オミックス情報が産生され、また、医療機関からは診療情報が集められ、バイオバンクに集積している。バイオバンクの信頼のもとに、ゲノム・オミックス情報、そしてライフコースにわたる診療情報が集約したバイオバンクが形成され、新しいゲノム医療の研究開発の推進に寄与している。

図表 1 臨床ゲノム情報統合データベース整備事業



**DS:各疾患領域グループのデータストレージ [制限共有]**  
 内容：患者個人レベルの vcf 等 + 高度臨床情報  
 アクセスレベル：共同研究者間で共有

**AGD:AMED が定める公的 DB [制限共有または制限公開]**  
 内容：BAM、VCF 等、ゲノム解析の Raw Data + 限定された臨床情報  
 アクセスレベル（選択可能）：  
 制限共有：共同研究者間で共有  
 制限公開：データアクセス申請を承認された研究者が利用可能

**統合DB: 臨床ゲノム統合DB [非制限公開]**  
 内容：限定された臨床情報 + 診断名 + 変異情報  
 アクセスレベル：オープンアクセス

出所) 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (<https://www.amed.go.jp/program/list/04/01/006.html>) より作成

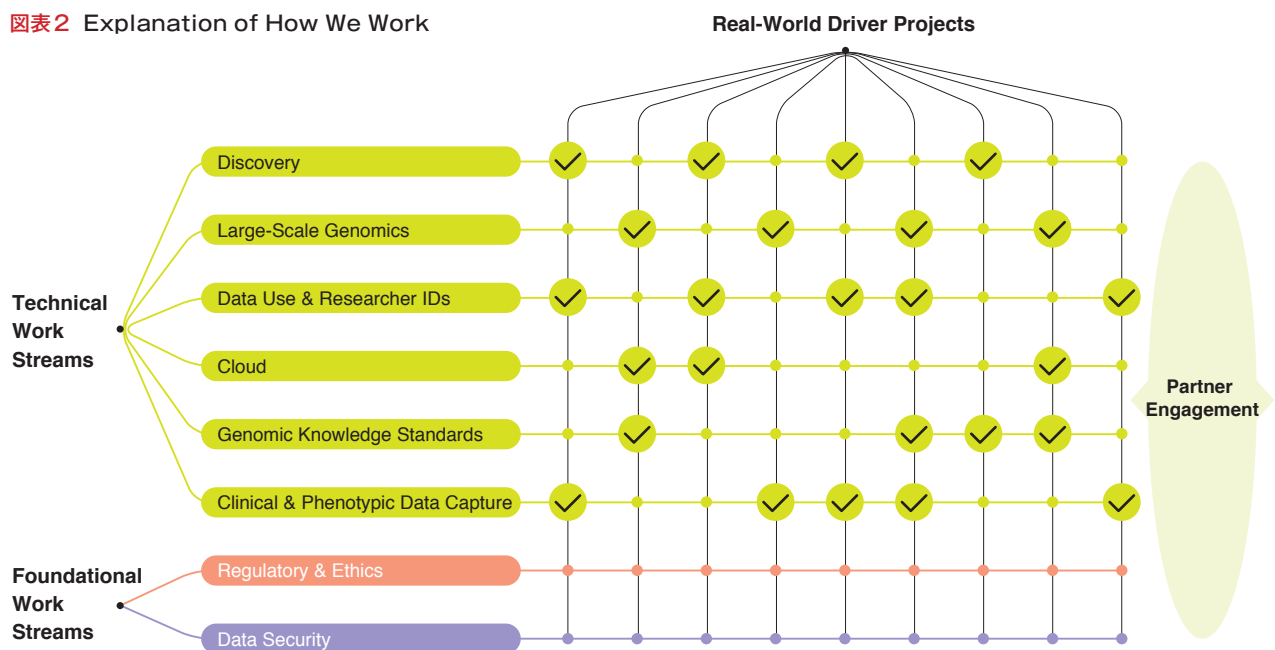
### 1.6 臨床ゲノム情報データベースの構築

希少疾患やがんにおいて、個々人のゲノム情報に基づくゲノム医療の研究開発が進むなか、そのゲノム配列をいかに解釈するか、そのための知識データベースが重要になってきている。この知識データベースを構築し、ゲノム医療の研究開発を推進するため、AMED（国立研究開発法人日本医療研究開発機構）は臨床ゲノム情報統合データベース整備事業を進めている。この事業は、①各疾患領域での臨床ゲノム情報データストレージの整備に関する研究と、疾患領域を超えた②臨床ゲノム情報統合データベース整備に関する研究に分かれている。

各疾患領域での臨床ゲノム情報データストレージの整備に関する研究は、「希少・難治性疾患」「がん」「感染症」「認知症およびその他」の疾患領域について、国内11拠点で検体および臨床情報を収集し、クリニカルシーケンス解析が進んでいる。疾患ごとの臨床ゲノム情報データストレージ（DS）を整備し、収集された遺伝子データや臨床情報のDSへの収載が進んでおり、制限共有という新しい考え方のもとでのデータシェアリングが始まっている（図表1、前頁）。

臨床ゲノム情報統合データベース整備に関する研究は、各疾患領域での臨床ゲノム情報データストレージの整備に関する研究において検証され、臨床的意義付けのなされた疾患ごとの臨床ゲノム情報データについて、その一部の情報を統合し公開する臨床ゲノム情報統合データベースを整備するものである。国外では、米国NIHが運営するClinVarなどがあり、わが国のゲノム医療の基盤として日本人の臨床ゲノム情報統合データベースを整備しようというものである。慶

図表2 Explanation of How We Work



出所) GA4GHホームページより作成 (<https://www.ga4gh.org/how-we-work/>)

應義塾大学の研究グループは希少・難治性疾患領域の病的バリエーションのデータベース DPV (Database of Pathogenic Variant)<sup>2)</sup>を先行して構築し、いち早く公開している。また、京都大学の研究グループは、難病、がん、感染症、認知症等の横断的な疾患分野における、疾患名・年齢・性別などの臨床データと遺伝子変異データとを統合的に扱うデータベース MGeND<sup>3)</sup>を構築し、こちらも公開が始まっている。2018年3月16日の公開時に、論文公開済みの遺伝子変異データ3,968件を収集・登録済みであり、2018年度末までに15,500件、2021年度末までに58,000件のデータ登録を見込んでいる。

## 2. 2040年に向けたゲノム医療実現へ

このように、国内外で、ゲノム医療の研究開発が急速に進展しているが、さらに加速してゆく必要がある。超高齢化社会が進み、国立社会保障・人口問題研究所の推計によると、高齢者の人口は2040年に3,868万人でピークを迎える。人口増加を前提とした社会経済システムが崩壊してゆくなかで、医療費等の問題を鑑みるに、希少疾患、がん、認知症をはじめとする多因子疾患において、ゲノム医療による個別化予防を実現するのは待ったなしの状況である。

## 3. ゲノム医療研究開発の3つの“missing piece”

### 3.1 データ共有 (Data Sharing)

それでは、ゲノム医療の研究開発を加速するうえでの“missing piece”は何であろうか？

データ共有(Data Sharing)、D2K(Data to Knowledge)、表現型情報取得(Phenotypic Data Capturing)が“missing piece”である。

ゲノム医療を研究開発するうえで最も重要となっているのがデータ共有である。ゲノム医療は、遺伝子変

異データに基づき、患者集団を層別化する医療であり、サンプルサイズが小さくなる問題がある。希少疾患ではそもそも患者数が少なくサンプルサイズが小さく、がんにおいても、希少がん、頻度の低い遺伝子変異については同様である。多因子疾患では、疾患群と対照群間でのゲノムワイド関連解析(GWAS)による疾患感受性遺伝子の探索とリスク予測が進んでいるが、やはり膨大なサンプルサイズを必要とする。したがって、データシェアリングをして、十分なサンプルサイズを確保することは重要である。ゲノム医療の実現のために、国際的なデータシェアリングに取り組んでいるのが、GA4GH (Global Alliance for Genomics & Health) である。

GA4GHは、42カ国の433機関が参加する国際団体で、ゲノム医療・医学の促進を目指す対話の場となっている。リアルワールドにおける研究開発プロジェクトをDriver Projectとして、Driver Projectを横串で支えるWork Streamでの先進的な基盤技術の研究開発が進展している(図表2)。

データシェアリングにおいて、特に注目すべき動きは、“bring the algorithms to the data”という動きである。これまでのデータシェアリングは、研究者間でデータをやりとりしながら進んできた。ところが、大量の遺伝子データが産生されるようになり、ペタ(千兆)スケールのデータとなると、もはやHDDでデータをやりとりすることもできず、インターネットでやりとりすることも現実的ではなくなっている。

そこで、新しい動きとして、データをやりとりするのではなく、アルゴリズム(解析プログラムや解析ワークフロー)をやりとりしようという動きがある。ユーザがデータバンクへ解析ワークフローを送り、データバンク側で解析ワークフローを実行し、得られた解析結果をユーザに提供するというスキームである。このスキームの利点は、データをやりとりする必要がないため、そのコストが大幅に削減できること、また、機微なデータのプライバシー保護の問題も解決

できることにある。GA4GH では、Cloud WS において、Common Workflow Language やクラウド技術などの要素技術を用いて、このスキームでの研究開発が進展している。

このようなデータシェアリングが進んでくると、そもそもデータの利用にあたっての契約等の手続きのスキームも変わってくることになる。従来、生体試料をバイオバンクから提供するには、Material Transfer Agreement (MTA) を締結し、生体試料の所有権がバイオバンクから提供を受ける研究機関に移る手続きをとる。これは生体試料が有体物であるからである。データについても、これまでは MTA を締結し、データを HDD に格納して提供するということが行われてきた。ところが、データは有体物ではなく、無体物であり、MTA により所有権が移るのが本質ではなく、Data Use Agreement (DUA) によりデータの利用権を提供することが本質である。ユーザをいかに認証し、どのユーザにどの範囲までのデータの利用権を制御するかが重要となってくる。

### 3.2 D2K (Data to Knowledge)

次に重要になってくるのが、D2K (Data to Knowledge) である。共有されたデータを用いてゲノム医療研究開発で産生された知識をいかに集積してゆくかである。ゲノム医療は、上述の通り、遺伝要因や環境要因による個人ごとの違いを考慮した医療であり、患者背景に合わせた医療である。ゲノム医療研究開発で産生された知識をゲノム医療で実践するにあたり、場合によっては、その知識を産生したデータを参照する必要がある。どのような患者背景のデータからその知識が産生されたかである。すなわち、D2K の産生元となったデータと産生された知識の間にはリンケージが必要になってくる。

そもそも膨大なデータが共有されてくると、従来の解析研究では知識を産生できなくなるかもしれない。いわゆる AI の利活用が必須であり、このとき、産生

元となったデータと産生された知識の間にはリンケージが生まれる。

ある知識が産生された後に、さらにデータが増えてゆくこともありうる。こうしたとき、増えたデータからあらためてデータから知識を産生する必要が出てくる。このとき、産生元となったデータと産生された知識の間のリンケージをたどる必要がある。知識のエビデンスとなるデータとのリンケージはきわめて重要であり、これまで論文発表という形でこのリンケージは担保されてきたが、これからはデータベースと知識ベースの間のリンケージとして担保されてゆく必要がある。

### 3.3 表現型情報取得 (Phenotypic Data Capturing)

最後に重要になってくるのが、表現型情報取得 (Phenotypic Data Capturing) である。

個々人のゲノムに基づく新しい医療、ゲノム医療の研究開発が進展するなかで、ゲノム情報については精度の高い、高深度の情報が得られる一方、表現型の情報についても、病名のみならず、症状などの病態についてのより深い情報を得ることが必要となってきた。しかし、そのためには、観察研究や臨床研究等の一次研究を実施する必要があり、容易ではない。電子カルテに収集する表現型情報の入力テンプレートを留意し、すでに電子カルテにある検査値を参照しながら、医師の判断が必要な部分について入力することになる。当然のことながらコストがかかる方法である。

こうしたなか、リアルワールドデータである診療情報を二次利用して、病態についてのより深い情報を得て、ゲノム医療研究開発に用いようという研究が進んでいる。診療情報により病態を分類することをフェノタイピング (phenotyping) と呼ぶ。フェノタイピングは、医師による診断そのものではなく、ゲノム医療研究開発のために、診療情報の診断病名、検査値や処方薬等から、より深い病態分類を得るものである。

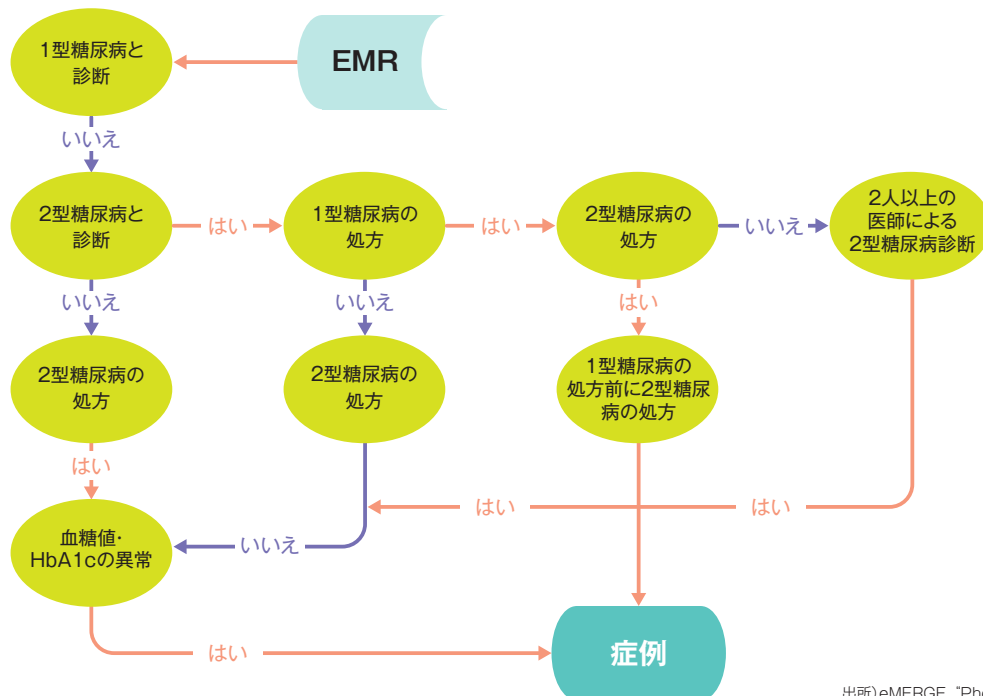
(1) eMERGE プロジェクト

フェノタイピングの研究開発は、米国が先行している。米国では、2007年から、全米の11の大学や病院等施設が参加した eMERGE (Electronic Medical Records and Genomics) Network プロジェクトが始まった。わが国におけるオーダーメイド医療の実現プログラムと同様に、ゲノムワイド関連解析 (GWAS) を行うもので、ただ、ケース群、コントロール群は、一次研究として分類するのではなく、EMR (Electronic Medical Records) を二次利用して分類するプロジェクトである。そもそも診療情報を二次利用して分類した病名をゲノム研究に用いることができるのかというところからのスタートで、フェーズ I (2007 ~ 2011年) では「EHR とバイオレポジトリーが

ゲノム解析のための情報リソースとして活用できるか」、フェーズ II (2011 ~ 2015年) では「臨床的に有用であると判断されたバリエーションを対象とした EHR への実装と電子的フェノタイピングアルゴリズムの構築」、フェーズ III (2015 ~ 2019年) では「大規模ハイスループットゲノム言及のための電子的フェノタイピングアルゴリズムの開発と検証」の研究開発がなされてきた。

eMERGE プロジェクトでは、複数の大学や病院等施設でのフェノタイピングの研究開発である。参加機関は、各々が EHR のシステムを運用しており、すぐに他の医療機関とデータの互換性が成立するわけではなかった。こうしたなか、eMERGE プロジェクトでは、多施設の異なるベンダーの EHR システムか

図表3 2型糖尿病ルールベースのフェノタイピング



出所) eMERGE "PheKB" より作成

ら診療情報を抽出し、フェノタイピングをし、多施設でのGWASを行い、検証してきた。eMERGEプロジェクトでは、その研究開発の成果を、PheKBとして公開している。PheKBは、フェノタイピングアルゴリズムを公開しているフェノタイプ知識ベース(Phenotype KnowledgeBase: PheKB)である。これまでにアルゴリズムが公開されているフェノタイプは2型糖尿病など40種類にも及んでいる。

診療情報によるフェノタイピングのフローは、EHRから診療情報を抽出し、構造化し、傷病名/医薬品/臨床検査コード等を適用して、標準化を行い、フェノタイピングするものである。フェノタイピングの方法には、ありふれた疾患ではルールベース、機械学習ベース、これらを組み合わせたハイブリッドの方法、希少疾患では自然言語処理ベースの方法が用いられる。

ありふれた疾患のフェノタイピングで、最初に研究開発されたのが、ルールベースのフェノタイピングである。これは、診断基準などに従い、IF-THEN-ELSEロジックやAND/OR演算子を用いてフェノタイピングする方法である。ルールベースの例として、ここでは2型糖尿病のアルゴリズムを示す。図表3(前頁)はeMERGEのPheKBに掲載された、2型糖尿病のルー

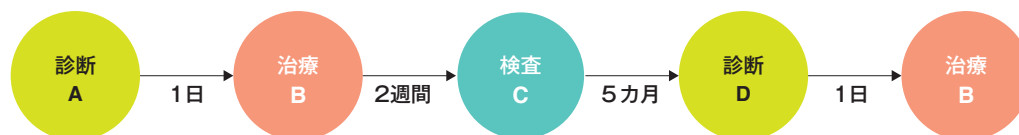
ルベースのフェノタイピングのアルゴリズムである。

病名、HbA1cや血糖値などの検査値、インスリン投与や経口血糖降下薬等の処方薬の診療情報を用いていることがわかる。HbA1cの検査値と1型および2型糖尿病の処方薬の投与のパターンについて、ルールベースで病態分類をしており、医師の診断病名は1型糖尿病の除外に用いていることがわかる。

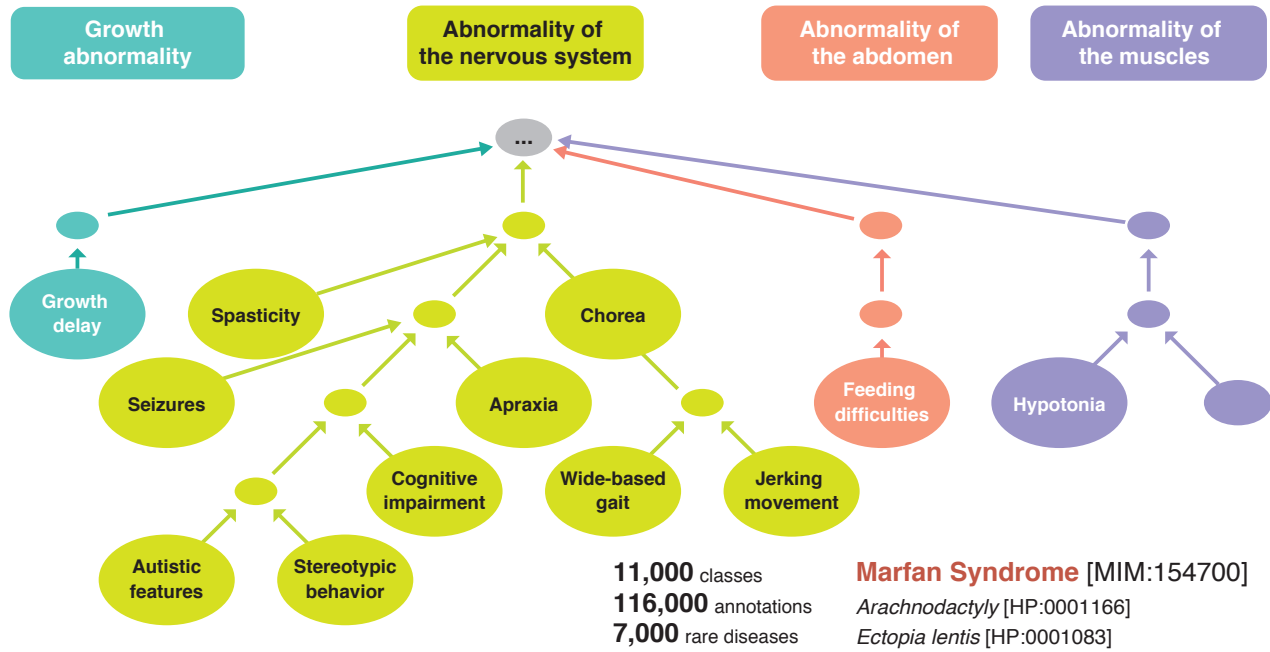
## (2)新たなフェノタイピング方法

最近、新たに研究開発されるようになってるのが、機械学習ベースのフェノタイピングである。これには、教師あり、または教師なしの機械学習によりフェノタイピングする方法がある。ルールベースのフェノタイピングでは必ずしも分類しきれないような複雑な病態でのフェノタイピングが期待されている。教師ありの機械学習の方法としては、SVM(Support Vector Machine)や深層学習等が利用され、DeepPatient、DeepR、DeepCare、Med2Vecなどの深層学習の技術をEHRの診療情報のフェノタイピングに応用したプロジェクトが始まっている。DeepPatientは、70万件の患者の電子カルテ情報を学習することで、PCA、GMM、k-meansなどの手法に比べ、非常に高い精度で1年以内にかんや糖尿病に罹患する可能性が高い患

図表4 時系列フェノタイピング



図表5 ヒト表現型異常の標準語彙 HPO (Human Phenotype Ontology)



出所) HPO (Human Phenotype Ontology) 4) より作成

図表6 HPOの主な構造

<b>NUMBER OF CLASSES:</b>	16232
<b>NUMBER OF INDIVIDUALS:</b>	0
<b>NUMBER OF PROPERTIES:</b>	0
<b>MAXIMUM DEPTH:</b>	15
<b>MAXIMUM NUMBER OF CHILDREN:</b>	33
<b>AVERAGE NUMBER OF CHILDREN:</b>	3
<b>CLASSES WITH A SINGLE CHILD:</b>	1056
<b>CLASSES WITH MORE THAN 25 CHILDREN:</b>	22
<b>CLASSES WITH NO DEFINITION:</b>	6683

- 臨床的修飾
- 頻度
- 遺伝様式
- 死亡 / 加齢
- 表現型異常

の大分類の構造



出所) HPO (Human Phenotype Ontology) 4) より作成

者を分類することに成功しているとされる。教師なしの機械学習の方法としてはクラスタリングが利用され、症候群のような疾患について、より詳細に病態分類し、新規の病態分類を発見するのに有効である。ここで、診療情報のみならず、遺伝型としてゲノム情報、中間表現型としてメタボローム情報等を用いることで、ゲノム医療研究開発のためのより深い病態分類が可能になると考えられる。ただし、ゲノム・オミックス情報、診療情報等で、変数が超高次元になるため、適切な変数選択が重要となる。

ところで、これまでみてきたフェノタイピングでは、例えば、2型糖尿病の場合、ある時点での、診断病名、HbA1cの検査値と1型および2型糖尿病の処方薬の投与のパターンから病態分類するものである。実際には、病態分類とは、発症、来院、検査、診断、治療・処方、経過の時系列の診療情報に基づいて、病態の変化として捉えなければならない。疾患概念はそもそも病態の変化として成り立つものであり、疾患は異常状態の遷移として定義される。時系列での病態の遷移を時系列グラフで表現して、時系列フェノタイピングをする方法等が開発されている。これにより合併症等のフェノタイピングが可能になる(図表4、前頁)。

### (3) 自然言語処理によるフェノタイピング

症状についてはどうだろうか？ 症状を取得するには、患者の主訴も重要となってくる。そこで、患者の主訴のテキストから自然言語処理により症状に関わる表現を抽出し、Human Phenotype Ontology (HPO) とよばれるヒト表現型異常の標準語彙 (layperson terms) にマッピングすることが行われている。ある程度の表現ゆれも許容し、また、否定表現も抽出するなどの自然言語処理技術が実装されている(図表5、6、前頁)。

表現型は患者の主訴を記述した診療テキストにあり、このように自然言語処理によるフェノタイピングは、特に、希少疾患の患者が訴える非常に多様な症状

を捉えるのに極めて有用である。HPOは日本へのローカライズ版も著者らにより研究開発が進んでおり、これを利用することで日本語の診療テキストからHPOで標準化された症状を抽出することが可能である。このとき、次に重要となるのは、標準語彙に、いかに多くの同義語を収載するかであり、同義語の収載の豊かさが、診療テキストからのより精度の高い症状の抽出、標準化につながる。

ここで、HPOはエキスパート向けの標準語彙であるが、患者向けの標準語彙の研究開発も進んでいる。これにより、患者が報告する症状から症状を抽出し、標準化することも進もうとしている。希少疾患においては、いつどのように発症し、年を経るにつれ、どのような症状が出てきたかという自然歴は、患者にしか知りえない非常に重要な情報である。希少疾患は、本来同じ病名であっても、非常に多様な症状があることが知られており、いわゆる表現型ランドスケープ (phenotypic landscape) の解明が進むことが期待される。

## 4. 終わりに

超高齢化社会が進むなか、ゲノム医療研究開発を加速し、2040年までに、認知症をはじめとする多因子疾患について個別化予防、希少疾患、がんについて個別化医療を実現する必要がある。これは次世代に対する私たちの重い責務である。ゲノム医療の研究開発を加速するうえでの“missing piece”として、データ共有 (Data Sharing)、D2K (Data to Knowledge)、表現型情報取得 (Phenotypic Data Capturing) を解説したが、これらはICTにより解決し、埋めることができるはずの“piece”である。われわれに残された時間は非常に少ない。次世代のために、ゲノム医療研究開発をいかに進展させることができるか真剣に考えなければならない。





Soichi Ogishima

## 荻島 創一

東北大学 東北メディカル・メガバンク機構 医療情報ICT部門 ゲノム医療情報学分野 教授／バイオバンク事業部 統合データベース室 室長

東京大学工学部卒業(2000年3月)、東京医科歯科大学大学院修了(博士(医学))。同大学助手・助教、ハイデルベルク大学 定量システム生物学研究所(BIOQUANT) 客員研究員を経て、2012年5月より東北メディカル・メガバンク機構 講師、准教授、2018年4月から現職。専門は、トランスレーショナル・バイオインフォマティクス、システム生物学、医療情報学。

---

### 注

- 1) ゲノム医療実現推進協議会中間とりまとめ(平成27年7月)
- 2) Database of Pathogenic Variant  
<http://dpv.cmg.med.keio.ac.jp/>
- 3) MGeND  
<https://mgend.med.kyoto-u.ac.jp/>
- 4) HPO (Human Phenotype Ontology)  
<https://hpo.jax.org/>

# ものづくり現場における AI利活用と競争優位の獲得 ——定性的実証研究（企業現場インタビュー調査） からの考察——

岩手県立大学 総合政策学部 准教授

近藤 信一  
Shinichi Kondo

近年、AIがキーワードとして急浮上してきている。そこで複数の行政機関や産業支援機関が、中小企業を対象にAIに関するアンケートを実施している。多くの調査結果で、期待度は高い。つまり意識は高いが、導入は進んでいないことが判明した。その理由としては、人材がないこと、どのようにIoTやAIを活用していいかわからないこと、などが挙げられる。本報告では、それでも積極的にAIを導入・利活用している企業（先端事例）に対してインタビュー調査をした実態調査に基づき報告する。

## キーワード

AI 製造業 経営戦略 ビジネスモデル 競争優位

## 1. 問題意識：AIへの過度な期待と 今後への期待

2012年から13年のバズワードとして「スマートコミュニティ」、2014年のバズワードとして「ドローン」がきて、2015年から現在のバズワードとして「IoT」、2016年から現在のバズワードとして「AI」がなりつつある。これまでのIT化の延長線上にあるような製品やサービスが「IoT対応」「AI搭載」機器やサービス

として発表されている。日本経済新聞の「日中韓経営者アンケート」では、「自社のビジネスに最も影響を及ぼす新技術」として1位は「AI」、2位は「IoT」となり、3カ国共通であったことから国際的にも高いAIへの関心がうかがえる<sup>1)</sup>。しかしながら、テクノロジーとアプリケーションの成熟度と採用率をグラフィカルに表示したガートナーのハイブ（誇大な宣伝）・サイクル（2017年）によると、AIのディープ・ラーニング（深層学習）とマシン・ラーニング（機械学習）は「過度な期待のピーク期」にあり、「幻滅期」と「啓蒙

活動期」を乗り越えて「生産性の安定期」に入るにはこれからの取り組みが重要である。

## 2. 研究背景：AI 利活用の現状

### 2.1 企業における AI への期待と取り組みの速度

岩手県内企業の意識(2017年度アンケート調査結果<sup>2)</sup>から AI 関連を抽出)でも、「新市場への参入意向・関心」(参入市場として)については参入済または取り組み中との回答は28%、参入計画中または検討中との回答は13.1%、計画等無いが関心ありとの回答は29.9%となっており、「新技術の活用意向・関心」(活用技術として)については活用中または取り組み中との回答が1.9%、活用計画中または検討中との回答が11.2%、計画等無いが関心ありとの回答が55.1%と、市場としてもユーザーとしても期待は高いものの、取り組み自体は進んでいないことが分かる。IoT は、中小企業でも実証段階にあり、多くの実証事例がある。そして現在では、実装に向けたコストなどの課題の抽出と解決策の検討がされている段階である。しかし AI は、大手企業で実証が始まった段階であり、中小企業では検討段階にあるといえる。

AI・IoT の利活用に係る課題については<sup>3)</sup>、日本企業は他国企業と比較して「通信回線の品質や速度」や「外部との接続性」などといった ICT のインフラに関する課題の回答率が低い、一方で「自社のニーズに対応したソリューションや製品・サービス」「ビジネスモデルの構築」などの事業改革に関する課題、また「組織としてのビジョンや戦略の立案」「組織風土」といった組織改革に関する課題について回答率が高い傾向が見られた。特に後者の点については、前述の導入に係る課題と同様に、AI・IoT の利活用がもたらす効果や、その効果を最大化するための方策について具体的に見えていない可能性が挙げられる。

AI の導入に当たった課題で、日本の特徴は<sup>4)</sup>、

「AI の分析結果を担保できない」、「有用な結果が得られるか不明」等、AI の導入による効果が不透明であるとの回答率が高くなっていることだ。この点については、市場全体で見ると AI の普及がまだまだ黎明期であることが背景として挙げられる。加えて、前述の IoT と同様に、日本企業においては、「AI の導入を先導する組織・人材の不足」の回答率が諸外国と比較して高くなっているという特徴がある。

### 2.2 AI 利活用のビジネスモデル

ビジネスモデルとして何を記述するのかについては幅がある。筆者は、ビジネスモデル(ビジネスシステム、事業システムと同意義)とは、ビジネスプラン(事業化に向かってのアイデアや構想)を、経営資源を活用して経済的価値に変換し、顧客価値を創造して利益を獲得するための構造とプロセスである、と捉えている。ビジネスモデルを単純に言えば、製品やサービスを企画・製造して販売していくための事業の仕組みである。つまり、ビジネスモデルとは、ビジネスプランをもとに、ある特定の製品やサービスで収益を生み出す事業構造のことを指す。

ビジネスモデルで収益を上げる方法は、以下の二つに大別される。一つは、コスト削減(費用を削減するか、生産性を上げて相対的に費用比率を下げるか)をして収益を上げるビジネスモデルである。もう一つが、売上を上げて(新しく売上を創出するか、既存の売上を増加させるか)収益を上げるビジネスモデルである。二つの方法によりある特定の製品やサービスで収益を生み出す事業構造、これをビジネスモデルと捉えている(近藤(2018))。

コストを削減することは、従来から日本企業、特に製造業の得意技であり、AI 導入によるさらなるコスト削減は限定的な効果になってしまう。既存製品やサービスの売上を AI 導入により伸長することは、ほとんど事例がないが、多くの企業はこの領域を求めているといえる。

### 2.3 日本企業の AI 利活用に向けた取り組みの

#### 現状と課題

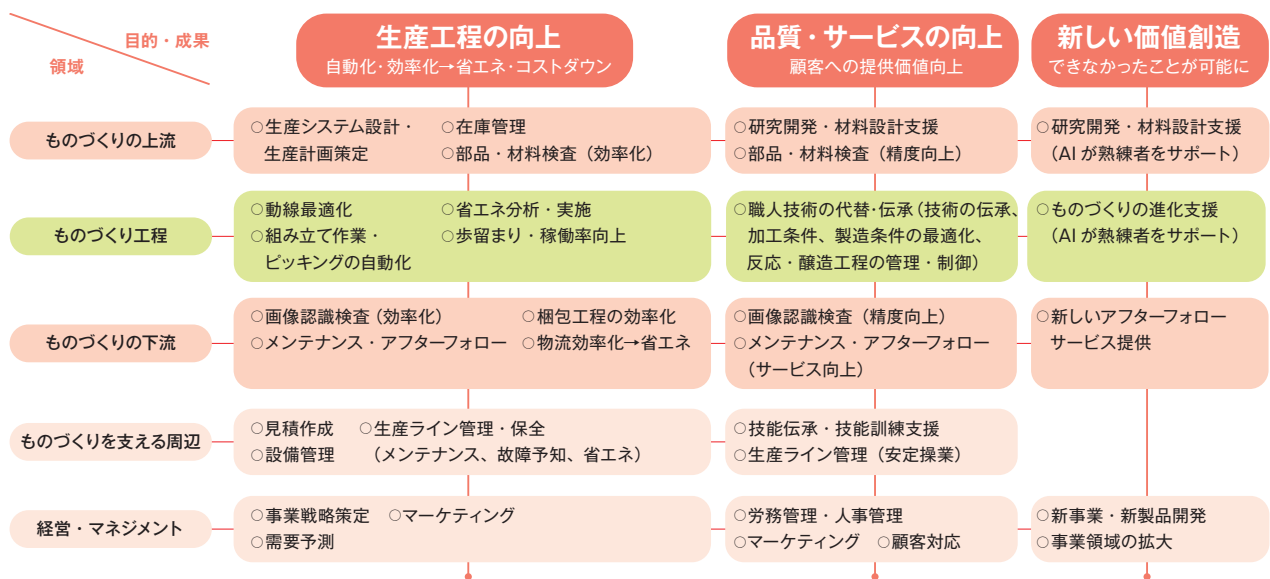
AI 活用の実証実験は多く行われるようになってきた。AI 活用の広がりを示す先行研究は幾つかあり、例えば企業活力研究所(2018)は、AI の適用領域を「顧客体験変革」「業務プロセス革新」「新商品・サービス」という三つのカテゴリーに類型化し、そして AI の能力も「照会応答」「探索発見」「意思決定支援」という三つのカテゴリーに分類して、「適応領域×能力」のマトリクスで AI がどのような場面で活用できるかを整理している。また、情報通信総合研究所(2018)は、人工知能のレベル(作業内容の専門性)と B 向けか C 向けかによって分類しており、分類上にプロットされているのは、個別サービスではなく用途(マーケティング、不正検知、災害予測など)や分野(金融、農業、医療等)となっている。

上記のように利活用の領域が拡大する AI であるが、筆者による有識者インタビュー調査では、「求め

られる AI 技術レベルは高く、期待が高いのが製造業であるが、導入が進んでいないのも製造業である。求められる技術レベルが低いのが、導入が進んでいるのが小売・サービス業である。」という。AI 技術のものづくりへの活用では、直接ものづくりに関わる工程・現場だけでなく、その周辺や経営・マネジメントなど、目的に応じて幅広い領域での活用が期待されている(図表1)。そして、既存研究(三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(2018))において、AI の製造現場での活用事例が少ないが紹介されつつある<sup>5)</sup>。

製造業(ものづくり分野)において、検査工程で AI による画像認識が活用され始めているが、製造業の生産ラインで画像認識が活用される背景には、エラー率の劇的な改善がある。Ajay Agrawal, Joshua Gans, Avi Goldfarb (2018)によると、2010年に28%もあったエラー率は、2012年がブレイクスルーの年となり16%まで低下し、2015年に人間を超える水準となった(図表2)。

図表 1 AI 技術のものづくり分野での利活用



出所)三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(2018)、p6より抜粋

これまで人によって行われてきた作業や業務へのAI技術の利活用だけでなく、人でしか行えないと思われてきた作業や業務へのAIの利活用が進められている。例えば、「匠(職人)はいかに考え、処理しているか」を解明し、技能・知識を伝承するか、熟練技能のデジタル化と技能伝承にAI技術が活用され始めている。その背景としては、IoTで暗黙知のデータ化が進み、AIの活用が可能になり、AIが「暗黙知の形式知化」に有効なツール、つまりナレッジマネジメントのツールとして有効であるとの認識が広がっている。このツールは、既に大手ベンダーからサービスとして商品化されている<sup>6)</sup>。

上記のように、大企業では製造現場でのAI導入が既に始まっている。その目的は、人手不足対策、品質向上(特に検査工程)、生産現場の改善、生産計画の自動作成などであり、特に検査工程(画像認識や動画認識の活用)での実証実験が進められている<sup>7)</sup>。筆者の銀行系シンクタンクへのインタビュー調査でも「製

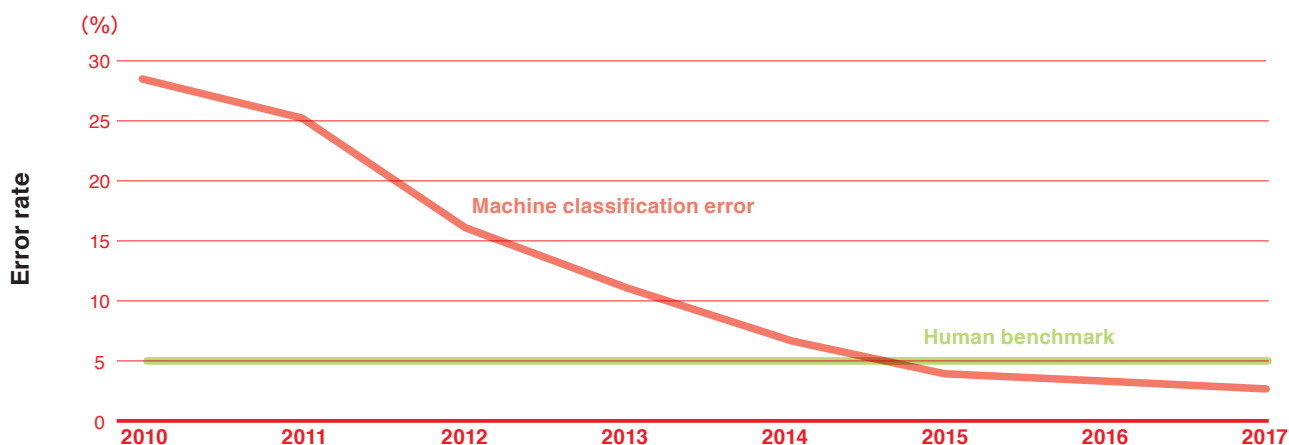
造業では、検査工程でのAIの活用が進んでいる。それは、効果が分かりやすい事例だからである。」という声があった。IoTの実証と社会実装を推進しているIVI(Industrial Valuechain Initiative)でも「AIによる生産ラインの生産性向上と自動化進展」の第一弾として検査工程の実証取り組み事例が3件報告されている(「IVI公開シンポジウム2018-Spring」、2018年3月8日・9日)。そして、中小企業でも先端的企業では実証レベルの導入事例も見られるが<sup>8)</sup>、ただしまだ事例数は少ない。製造業のものづくり現場でのAIの導入と利活用が実証段階では進められてきているものの、社会的実装はまだこれからであり、特に中小企業のものづくり現場においては実証もこれからであるといえる。

### 3. データと分析とインタビュー調査内容

本稿では、製造業における生産現場でのAI導入事

図表2 人間を超えたAIによる画像認識

#### Image classification error over time



出所) Ajay Agrawal, Joshua Gans, Avi Goldfarb (2018) „Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence„ Harvard Business Review Press, pp.28-29より抜粋

例として、①大企業の導入事例<sup>9)</sup>、②みなし大企業での導入事例<sup>10)</sup>、③中小企業での導入事例<sup>11)</sup>、に分けてインタビュー調査の分析を実施している。他にも数社AI導入検討中または導入予定の企業に対してインタビュー調査を実施している。さらに、有識者へのインタビュー調査として、業界有識者や銀行系シンクタンクなどにインタビュー調査を実施している。

主な質問項目は、(1) AI導入の契機、現状と課題、今後の方向性、(2) AIの製造業における普及のポイント、(3) AI時代の競争優位の源泉について、(4)政策的支援について、である。これらの質問項目に基づく半構造化インタビューを実施した。なお、本稿においては、紙面の関係上、個別事例調査の内容については割愛する。

## 4. 考察：AI利活用のポイント

### 4.1 AIの製造業における普及のポイント

以下では、インタビュー調査によりAIの製造業における普及のポイントとして抽出された命題を示す。

**命題①：**AIに対して期待先行で導入サイド(ユーザー)のニーズが曖昧であり、それは経営レベルの問題である。

製造業の課題は、①人手不足、②付加価値と収益向上、である。その手段がAIである。製造業の現場では、データが取れている(ものづくり白書2017年版)。しかし、データ活用の状況は低い。そんな中で、「AIを活用せよ」という経営者が多く、AIがブーム(バズワード化)になりつつある。では、AIはなぜブームになったのだろうか。原因の一つが、深層学習により劇的に改善され、分類エラー率が一気に低下したことである。これを製造データに適用すれば、予測や画像認識が可能となるなど、製造業での適応事例が増えている。

「AIを活用せよ」の本当の意図は、AIを使うことで

はなく、AIを使って収益を上げることである。そのためには、①コンセプト(テーマ)を決めること、②活用するデータを決めること、③手法を決めること、④適用(フィードバック)を決めること、⑤試してみること(PoC、Proof of Concept、概念実証)、が必要である。①「コンセプトを決める」ためには、目的を明確にし、費用対効果を勘案する必要がある。②「活用するデータを決める」ためには、すぐに取り組めるデータであるかと、活用するデータの種類が明確であるか、が選定のポイントとなる。③「手法を決める」ためには、データに対する適切な手法かを検討すること、データの特徴や工程の特徴(“癖”)を捉えているか、が手法選定のポイントとなる。画像認識であればディープラーニングになる。データの特徴と手法の選択は重要な組み合わせである。④「適用を決める」ためには、工程の何(装置、作業員など)に通知するのか、が選定のポイントとなる。⑤「試してみる」ためには、予測の正答率に基準があること、そして一歩前に踏み出す勇気、がポイントとなる<sup>12)</sup>。

**命題②：**AIの導入には経営レベルの理解が必要である。

プロダクト(AIを活用した製品やサービス)を見てばかりいるが、マーケットを見る必要がある。しかし、マーケット、つまり産業界のニーズが“曖昧”なのである。なぜ、曖昧になってしまうのだろうか。需要サイド企業にはAIを活用したいという考えはあるものの、「未来を創るための見込み需要」に対しての経営サイドの理解が乏しいためAIの利活用プロジェクトが“却下”されてしまうのである。従って、製造業では、事例として多くが挙がってこないでいる。日本の多くの企業が、「横(同業他社など)を見てから動きたい」と考えているのだろう。AIバンダーによると、日本企業の多くが「ユースケースを教えてほしい」と望むという。しかし、AIの利活用は事例がまだ多くないのが現状である。従って、導入を行う企業は各業

界でファーストベンギンにならないといえる。自社が先端事例となる意欲を持って取り組む企業は、実施しながらPDCAサイクルを回していく必要がある。このような企業は、組織的なイノベーションを経ている企業であるといえる<sup>13)</sup>。

**命題③**：経営者のITリテラシーの向上と現場の理解が必要である。

多くのユーザー企業では、AIについて2017年にスタディ段階が終わったと考えている。企画部門はどのように利用すればよいか勘所はできたが、社内稟議(壁は経営層)が通らないことが多いという。理由は、①投資対効果(ROI:ROIとは、return on investmentの略で、投資した資本に対して得られた利益のこと)が不透明であること、②製造業の場合は現場の反発が強いこと、があるという。①については、日本の製造業は現場が強過ぎて、導入による効果(生産性の向上)が見込みづらいといえる。②については、日本の製造業では現場が強く、企画部門がAI導入を推進したくても現場の反発が強いという。AI導入により現場で効果が少し上がっても、現場は面倒だと感じてしまう。製造現場の作業者は、日々のオペレーションを変えたくないのである。

また、経営者のITリテラシーも高くない。そのため、AIに対して過度の期待がある。SIer(システムインテグレーター)は、AI導入のコストは算出できるものの、成果の算出は不確定であり、経営層が判断できない。有識者のA氏は、ボトムアップ型の企業より、ファナックのようなトップダウン型の企業で導入が進むと考えている。ただし、経営者の理解を促し、動かすことが大事で、IT部門を社長直結にするところは上手くいっているという。従って、中堅中小のオーナー企業の方が大企業よりも導入が進む可能性がある。トップの理解は重要であり、AIは7割ぐらいの成功確率でスタートしてもいいという判断が必要である。しかしながら、日本企業、特に大企業の多く

は、確実にならないとダメであり、実証ばかりしており、実装に踏み切らない。SIerから見れば、実ビジネスになっていないのである<sup>14)</sup>。

## 4.2 AI人材について

AI人材確保の方法について、既存調査資料では、①社内での育成<sup>15)</sup>、②外部からの獲得<sup>16)</sup>、に分かれた。以下では、インタビュー調査によりAI人材について抽出された命題を記す。

**命題**：AI時代は、外部環境の変化のスピードはこれまで以上に速くなる。従って、内部環境の変化もそのスピードに合わせる必要がある。そのため、組織イノベーションを常に起こしていく必要がある。

ユーザー企業にIT人材が不足していることが問題である。日本では、IT人材の7割がSIerにおり、残り3割がユーザー企業にいる。しかし、米国では、ユーザー企業に7割おり、残り3割がSIerにいる。IT人材がSIerに偏在化している。ユーザー企業サイドでIT人材が増えれば、現場とIT部門との融合が進み、AI・IoTの導入が促進されるといえる。

中堅中小企業では、絶対的にIT人材が不足しているため、SIerに頼らざるを得ない状況がある。IT人材をどう確保するかが課題である。近藤がIoTで調べた(近藤(2018))事例企業は、IT人材を偶然に確保できていた。この偶然を必然に変えるIT人材確保の仕組みの構築が必要だろう<sup>17)</sup>。

前述のように、AI人材が不足している。各社は人材を獲得するか、人材を育成するか、に取り組んでいる。製造業は個々の企業で生産ノウハウが異なるため、AI人材を育成することができればそれにこしたことはないが、AI人材の多くは自身が取り組む課題が“面白くなければ”転職してしまう。AI人材に企業へのロイヤリティを高くすることは難しいといえる。そこで、Acquire(Acquire + Hire)と呼ばれる技術者

を獲得するための買収も行われている。しかし、AI人材不足については別の議論もある。AI人材といっても、機械学習レベルか、深層学習レベルのプログラム構築ができる、つまりツールを作れる人材と、ツールを使いこなす人材では、必要とされる能力は異なる。ツールとしてAIを使いこなすレベルのITスキルを持っているAI人材は社内や大学に多数隠れており、人材を発掘して、育成することができれば、AI人材不足は解消されるという議論である。いずれにしても、AI人材については将来を見据えた人材獲得または人材育成戦略を取っていくべきである<sup>18)</sup>。

#### 4.3 AI人材の確保と組織体制

筆者による実態調査では、①AI人材を採用し、自社の生産現場の流れや業務を学ばせる企業と、②生産現場の人材にAIスキルを学ばせる企業と、があった。

そして、銀行系シンクタンクへのインタビュー調査からは、「実際のプロジェクトの推進では、ユーザーの現場とベンダー企業とのコミュニケーションが重要になってくる。そのためには、AIプロジェクトのリーダーが、AIでできること、できないことを理解することが大事になる。そして、プロジェクトリーダーへの支援を経営者がしっかりと行うことが必要である」と、社長直結の全社横断的なチームが必要であるとの指摘があった<sup>19)</sup>。この指摘のように、AIの導入には、経営者の理解が重要になってくる。また、経営者や組織が「失敗を許す文化」であることも重要である。日本企業の企業風土は「失敗が許されない文化」であるが、AIの導入では試行錯誤をしていく必要があり、失敗を許容する必要がある。

**命題①：**組織イノベーションには、マインドを持った人材が必要である。

オープン・イノベーションを提唱したヘンリー・チェスブロウ教授は、「オープン・イノベーションを

行うためには、オープン・マインドが必要である」と述べている<sup>20)</sup>。

**命題②：**オープン・イノベーションではコミュニケーションが重要である。

大手AIベンダーやAIベンチャーがユーザー企業に対して、導入と利活用を働きかけているが、「会話になっていない」という。ユーザー企業側の期待が過大であり、学習データが不十分であったり、学習データがそもそもない場合もある。一方で、ベンダーサイドもAIで何ができて、何ができないのか、仕分けが十分にできていない。ユーザーサイドは、目標を提示せず、目標自体が曖昧となる。その一方で、AIの導入は試行錯誤をしながら行うことが多いが、そのことを経営層が理解していないことから、現場との乖離<sup>かいり</sup>が出てくる。しかし、ベンダーサイドもそのことをユーザーサイドにちゃんと伝えていないといえる。つまり、ベンダーサイドとユーザーサイドのコミュニケーション不足が起きている。デジタルトランスフォーメーションの時代になってもユーザー企業とベンダーIT企業の関係は従来の受発注関係のまま、つまり、これまでのITシステム導入のスタンスでいることが多いが、従来のITシステム導入とAI導入とは違うといえる。ユーザーサイドとベンダーサイドが対等な関係になることで、両者の関係を、従来の受発注関係から、オープン・イノベーションの関係に変える必要があり、お互いの変化しなければならないのである。特に、ユーザー企業の経営者の意識を変えなければ、プロジェクトが進んでいかない<sup>21)</sup>。

#### 4.4 AI時代の競争優位の源泉

AI時代の競争優位が何になるのか、これまでの多くの研究ではあまり議論がされていないが、今後は経営(学)の重要な課題になるといえる。AIを導入する予定がない企業でも外部環境が変化していくことから、大きな影響を受けることを認識する必要がある。



競争戦略論における競争優位(の源泉)とは「業界平均を上回る収益率を維持すること」であり、具体的には「競合他社と比べて、相対的に高い価格を要求できるか、事業を相対的に低いコストで運営できるか、またはその両方」を意味する。つまり、「優れた業績の達成」と同意である。マイケル・ポーターは、企業に競争優位をもたらす存在が「戦略」であるとした<sup>22)</sup>。

AIを競争優位(の源泉)を確保するためのツールとして導入し、利活用する場合、ツールとしてのAIを“使いこなす”組織能力の差、つまり「どう使いこなすか」が競争優位の源泉となる。例えば「カイゼン」で見ると、システム自体にノウハウはなく、導入した企業におけるカイゼンする意識、実行する組織能力が競争優位の源泉となる。東京大学の藤本隆宏氏はこれを「組織構築能力」とし、日本企業はこの能力を競う企業間での競争を「能力構築競争」において優れているとしている。そして、組織能力を身に付けるためには、「組織イノベーション」が必要である。

**命題：**AI時代はこれまでの日本企業のものづくりでの競争優位の源泉が喪失する可能性がある。生産現場そのものには付加価値がなくなり、現場では付加価値が生まれなくなる。生産現場の改善で付加価値が創出され、作業者は現場改善で付加価値を生み出すことになる。そして、AIを利活用して生産現場を改善することで付加価値を生み出せる組織能力が必要になる。

AI導入によって製造現場に単純作業者は要らなくなる。何かしらの利益を生み出す人の集団になる。「何かしらの利益」とは、経験やノウハウがないと生産現場における改善ポイントを見つけることはできない。次のステップに進むためには、経験とノウハウを持った人が必要になってくる。そして、考えられる人、考えてアイデアを生める人が必要になってくる。つまり、これまでは生産現場(生産ライン)内で付加

価値を創出できていたが、これからは生産現場の改善で付加価値を生む人(集団)になる必要がある。松浪明社長(松浪硝子工業(株)(大阪府岸和田市))は「無から有を生むアイデアこそが利益の源泉になる」と、生産現場の社員を商品企画に移し、改善に生かす案を練っている<sup>23)</sup>。

AI時代は競争優位の源泉が変わる、そしてそれに対応する組織能力と人材が鍵になるといえる。製造業では、大手セットメーカーも下請中小企業も、QCDの高度化が競争優位の源泉となってきた。つまり競合他社よりも安く、競合他社よりも品質の良いものを、競合他社よりもより早く、を追求してきた。しかし、AI時代では「変化に対する対応力」が競争優位の源泉に加わるといえる。AIを使いこなす組織、AI人材がいる組織、AI人材を育てる能力である。AI時代は、「データ」自体が競争優位の源泉の一つとなる。「ゴミを入れれば、ゴミしか出てこない」、つまり質の悪いデータは質の悪い結果しか生まない。AIには質の良いデータを入れなければならない。そのためには、多くのデータの中から質の良いデータを選択しなければならない。どのデータを選択してAIに投入するか、それができる組織でなければならない。インタビュー調査を実施した企業は、この組織を有していた。

## 5. おわりに：AI時代に入り変化する競争優位の源泉

銀行系シンクタンクへのインタビュー調査と意見交換では、「AIは、従来の競争優位の源泉であるQCDのさらなる向上でも活用できる。特に、製造業におけるAIの活用については、この分野が実用レベルで事例が多い。また、AIの導入ではデータが重要になる。AIを使いこなすことが新しい競争優位の源泉になる。ゴミではないデータを集めて、活用する能力である」との意見があった。

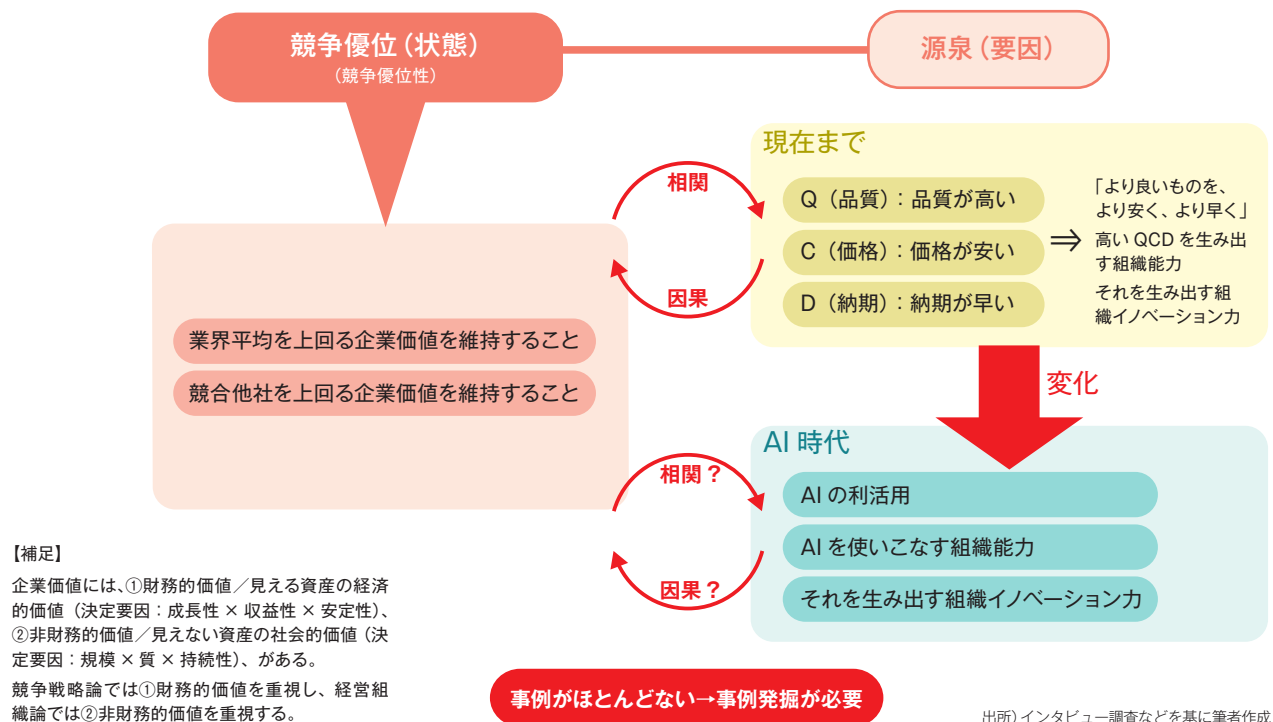
ものづくりでは、アナログのものづくりからデジタ

ルのものづくりに置き換えが進むと、熟練技や製造ノウハウなどアナログ的要素が競争優位の源泉にならなくなる。つまり、誰が、どこで作るかは関係がなくなるのである。現在の製造ノウハウと呼ばれるものや加工そのものは競争優位の源泉でなくなる。つまり、加工そのものには価値がなくなるのである。加工するデジタルプラットフォームを提供する企業と提供されたプラットフォームを使いこなす企業に分かれる。プラットフォーム提供企業は、プラットフォームを販売してより多くのデータを集めてAIのレベルを上げることになる。つまり、製造ノウハウと呼ばれている各社の競争優位の源泉をデータ化して、AIで解析することで、一人勝ちの状態になるのである。その結果、量産型の加工ビジネスでは、収益は減少する。競争優位の源泉でなくなることで薄利多売ビジネスとなり、

レッドオーシャンの世界になる。筆者が調査したある中小企業の先行事例は、下請型ビジネスであるレッドオーシャン戦略から、プラットフォームを提供しデータを集めて、さらに高度化させるというビジネスモデルに転換し、競争優位の源泉を変え、ビジネスモデルを変えることでブルーオーシャン戦略への転換を果たした。

前述のように、AI時代には競争優位の源泉が変化する。つまり、従来の高いQCD（を生み出す組織能力）から、今後はAIの利活用（AIを使いこなす組織能力）に変化するのである。ただし、本研究においては先行取り組み事例が少なく、相関も因果関係も証明されていないといえる。今後は、事例を積み重ね、実証研究を引き続き行う必要がある（図表3）。

図表3 変化する競争優位の源泉





Shinichi Kondo

## 近藤 信一

岩手県立大学 総合政策学部 准教授  
1974年生まれ。97年早稲田大学社会科学部卒業。2005年早稲田大学大学院アジア太平洋研究科国際関係学専攻博士後期課程単位取得満期退学。04年一般財団法人機械振興協会入会（経済研究所で研究員、研究副主幹）。13年岩手県立大学総合政策学部講師、17年同准教授、現在に至る。専門分野は、経営戦略論、国

際経営戦略論。産業学会、アジア経営学会（評議員）、国際戦略経営研究会（研究部会委員）、国際ビジネス研究会などの会員。公職として、福井県立大学大学院経済・経営学研究科、國學院大學経済学部、目白大学経営学部で兼任講師を務めるほか、一般財団法人機械振興協会経済研究所の特任研究員を務めている。

### 注

- 1) 『日本経済新聞』2018年1月11日
- 2) 岩手県工業技術センター（次世代ものづくり研究会）実施によるアンケート調査。（「次世代ものづくり」に関するアンケート調査、実施期間：2017年12月6日～28日、実施方法：Eメールにて配布・回収、実施対象：岩手県内のものづくり企業250社、回答企業数：113社（回収率45.2%））
- 3) 「ICTの導入・利活用への取組状況に関する国際企業アンケート」（三菱総合研究所社会ICTイノベーション本部（2018）より）
- 4) 注3に同じ。
- 5) 例えば、駿河精機(株)は、AIを活用して最適加工条件を自動作成する「金属加工における最適加工条件自動生成」システムを構築しており、また新日鉄住金(株)はAIを活用して最適な生産計画の自動生成システムを構築している。
- 6) 富士通総研（2018）『知創の杜』2018 Vol.2、p17や「“ベテランの勘” AIに NEC」『日刊工業新聞』2018年6月14日などを参照。
- 7) 例えば、「AIで生産計画立案 日立」『電気新聞』2017年10月24日、「フジクラ 製品検査にAI活用 70%超の工程削減」『日刊工業新聞』2018年4月25日、「AIで製品検査 技術者退職補う デンカが100億円」『日本経済新聞』2018年7月21日、などがある。
- 8) 「DAISE AIで生産計画立案 板金加工を平準化」『日刊工業新聞』2018年7月30日、「旭鉄工、AIで生産管理」『日刊工業新聞』2018年7月30日などが挙げられる。
- 9) 武蔵精密工業(株)（2018年6月25日 13時00分から14時30分に実施）
- 10) 丸和電子化学(株)（小島プレス工業(株)グループ）（2018年7月19日 13時30分から15時30分に実施）
- 11) 月井精密(株)／(株)NVT（2018年4月27日 14時00分から15時30分に実施）
- 12) 以上は、展示会（「第2回 AI・人工知能 EXPO」、日時：2018年4月4日～4月6日、場所：東京ビッグサイト）での講演から筆者作成。
- 13) 以上は、有識者へのインタビュー調査から筆者作成。
- 14) 以上は、有識者へのインタビュー調査から筆者作成。
- 15) 例えば、「新日鉄住金エンジニアリング、3～4年で100人規模を育成。専門組織を立ち上げ、2018年5月から社内研修を開始」（『日経産業新聞』2018年7月17日）などが挙げられる。
- 16) 中途採用による。外国企業の場合は技術者を獲得するためのベンチャー企業の買収もある。

## 注

- 17) 以上は、有識者インタビュー調査および意見交換から筆者作成。
- 18) 以上は、有識者インタビュー調査から筆者作成。
- 19) 例えば、「大阪チタニウム、製造現場でAI活用 今夏全社横断チーム立ち上げ」『日刊工業新聞』2018年5月24日などがある。
- 20) ヘンリー・チェスプロウ氏／カリフォルニア大学 バークレー校 ハース・スクール・オブ・ビジネス教授の講演「オープン・イノベーションを活用し、ビジネスを変革 デジタル時代に成功を実現するアプローチ」(日時：2018年5月17日 13:10～14:40、場所：東京国際フォーラム)より筆者作成。
- 21) 以上は、銀行系シンクタンクへのインタビュー調査から筆者作成。
- 22) 關智一(2017)「競争戦略論における業務効果の再検討」『立教経済学研究』第70巻第4号、立教大学経済学部研究会、p.79より抜粋。
- 23) 以上は、「生産性考 新たな分業 AI浸透 変わるカイシャ」『日本経済新聞』2018年11月5日から抜粋。

## 参考文献

- AIネットワーク社会推進会議(2018)「報告書2018——AIの利活用の促進及びAIネットワーク化の健全な進展に向けて——」
- Daugherty, Paul R. / Wilson, H. James (2018) „*Human + Machine : Reimagining Work in the Age of AI*„Harvard Business School Press
- DIAMONDハーバード・ビジネス・レビュー編集部(2016)『人工知能——機械といかに向き合うか』ダイヤモンド社
- エリック・ブリニョルフソン／アンドリュー・マカフィー(2018)「人工知能が汎用技術になる日」『DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー 2018年1月号 特集：テクノロジーは戦略をどう変えるか』ダイヤモンド社、pp.48-61
- 情報通信総合研究所(2018)『我が国のICTの現状に関する調査研究報告書』
- J・サリヴァン、A・ズタヴァーン著／尼丁千津子訳(2018)『人工知能時代に生き残る会社は、ここが違う!』集英社
- 企業活力研究所(2018)『平成29年度調査研究事業 新時代のものづくりにおけるAIの活かし方に関する調査研究報告書』
- ブレット・キング著／NTTデータオープンイノベーション事業創発室解説／上野 博訳(2018)『拡張の世紀—テクノロジーによる破壊と創造』東洋経済新報社
- 近藤信一(2017a)「マザーマシンメーカーのIoT化対応で変わる企業間関係と再編可能性——受発注企業へのインタビュー調査の結果を踏まえて——」『経営センサー』2017年12月号(No.198)、(株)東レ経営研究所、pp.28-35
- 近藤信一(2017b)「中小企業による能動的IoT利活用——経営戦略論におけるビジネスモデルの観点からの考察——」『機械経済研究』No.48、(一財)機械振興協会 経済研究所、pp.1-19
- 近藤信一(2018)「中小企業におけるIoTの利活用の経営戦略とビジネスモデル——受動的対応と能動的対応——」岩手県立大学総合政策学会 Working Paper Series No.132
- 三菱UFJリサーチ&コンサルティング(2018)「ものづくり分野における人工知能技術の活用に関する調査報告書」『ロボット・産業機械分野における人工知能技術の適用可能性と実用化に関する調査報告書』
- 日本経済調査協議会(2018)『人工知能(データ×AI)研究委員会 報告書『人工知能は、経済・産業・社会をひっくり返すのか』
- 日本機械工業連合会(2018)『平成29年IoT・AI時代のものづくりと人の役割への対応調査研究(IoT・AI時代のものづくり人材調査専門部会報告書)』
- 大野治(2017)『俯瞰図から見える 日本型“AI(人工知能)”ビジネスモデル』日刊工業新聞社
- Swaminathan, Anand / Meffert, Jurgen (2017) „*Digital @ Scale : How You Can Lead Your Business to the Future with Digital@Scale*„John Wiley & Sons Inc (ユルゲン・メフェルト 野中賢治著 小川敏子訳(2018)『デジタルの未来——事業の存続をかけた変革戦略——』日本経済新聞出版社)

# データプライバシーの 国際政治

## —EUスタンダードとAPECスタンダード—

東京外国語大学 非常勤講師

須田 祐子  
Yuko Suda

情報化とグローバル化の進展に伴い、個人データを含む膨大な量のデータが、国境を越えて流通し、利用されている。ところが、プライバシー保護の在り方は国や地域によって異なるため、どの国あるいは地域のルールが越境データの保護に適用されるのかが問題となる。

欧州連合(EU)のデータ保護制度は他の国々に影響を与えてきたが、アジア太平洋経済協力(APEC)の情報プライバシー保護の取り組みはこれと競合する可能性があり、当面の間は、データプライバシーについて、EUスタンダードとAPECスタンダードが潜在的に並存する状態が続くと思われる。このことは日本の「プライバシー外交」の今後を考える上で重要である。

### キーワード

プライバシー データ保護 EU APEC プライバシー外交

## 1. はじめに

情報化とグローバル化の進展に伴い、膨大な量のデータが国境を越えて流通し、利用されている。そうした越境データの中には、名前、住所、電話番号、電子メールアドレスといった個人情報を処理したデータ(個人データ)も含まれるため、個人データ保護ないしプライバシー(正確にいえば「データプライバシー」)

の問題も国境を越えるようになっている。

ところがデータプライバシーを保護するためのルールは国や地域ごとに作成、実施される。この実態と制度の乖離<sup>かいり</sup>のために、どの国あるいは地域のルールが越境データの保護に適用されるのかが問題となる。

本稿は、欧州連合(EU)とアジア太平洋経済協力(APEC)のデータプライバシー保護の取り組みを比較、検討し、データプライバシーのスタンダードの競合と協調の可能性を考察しようとするものである。以

下では、まずEUのデータ保護について検討し、次にAPECの情報プライバシー保護について検討する。さらに二つのシステムの関係について触れた後、日本の「プライバシー外交」<sup>1)</sup>への示唆を指摘して論文の結びに代える。

## 2. EUのデータ保護

### 2.1 EUのデータ保護制度

EUでは1995年10月に「データ保護指令」が発行され、1998年10月までにEU構成国は同指令を実施するための国内法を整備することになった。その後、データプライバシーを巡る技術的、社会的、経済的な環境が大きく変化したことからEUのデータ保護法制は全面的に見直されることになり、2016年4月、データ保護指令に取って代わる「一般データ保護規則 (General Data Protection Regulation, GDPR)」が採択され、2018年5月に施行された<sup>2)</sup>。

制度的に見ると、データ保護指令とGDPRは、法形式は異なるものの<sup>3)</sup>、どちらも公的部門と民間部門を区別せずに適用されることを特徴とする。このように公的部門と民間部門を包括的に規制する方式は、政府と民間を分けて規制する方式としばしば対比される。後者の代表的な例はアメリカのプライバシー保護法制である。アメリカでは、連邦政府が保有する個人情報についてはプライバシー法が適用されるが、民間が保有する個人情報については、金融や通信といった事業分野ごとの規制が設けられているだけである。

また、データ保護法の執行が独立した規制機関によって監督されることもEUのデータ保護制度の特徴である。すなわち各構成国にデータ保護機関があり、それらのデータ保護機関は、データ保護指令の下では「第29条作業部会」として、GDPRの下では「データ保護委員会」として連携して活動している。加えてEUレベルのデータ保護機関として欧州データ保護監察官(EDPS)が設置されている。

### 2.2 EUの影響力

EUのデータ保護法制はEU域外の国々に大きな影響を与えてきた<sup>4)</sup>。それはEUが自負するところでもある。EUの執行機関である欧州委員会が2010年11月に公表した文書によれば、「EUのデータ保護の法的枠組みはしばしば第三国がデータ保護規制を行う際のベンチマークとなってきた」<sup>5)</sup>。

実際、EU型の包括的なデータプライバシー規制の枠組みを採用することが世界的なトレンドとなっており、EU域外の国々のデータプライバシー保護法も、ほとんどの場合、政府セクターと民間セクターの両方をカバーする<sup>6)</sup>。重要な例外はアメリカであるが、日本のように、かつては公的部門だけを法律で規制していた国も包括的なデータプライバシー保護法を制定するようになっている。

また、規制の内容についても、EUのデータ保護法は、1980年に公表された経済協力開発機構(OECD)のプライバシー・ガイドライン<sup>7)</sup>と並んで、国際的に影響力がある<sup>8)</sup>。さらに、データプライバシー法を制定した国では、ほとんどの場合、データ保護機関が設置されている<sup>9)</sup>。

### 2.3 「十分性」の要件

データプライバシー分野で、EUは一つには「モデル」を提供することによって域外の国々に影響を及ぼしてきた。しかし、EU型のデータ保護法制は模倣を通じてのみ広まったのではない。EUはそのデータ保護法を域外に適用することによってEUスタンダードを積極的にプロモートしてきた。すなわち、EUは域内から第三国(EU構成国以外の国)への個人データの移転に関する規制を梃子にしてEUのデータ保護スタンダードを受け入れるよう域外の国々に「圧力」をかけてきたのである<sup>10)</sup>。

データ保護指令は、「構成国は…個人データの第三国への移転は…当該第三国が十分なレベルの保護(adequate level of protection)を確保している場合に

限って行うことができるということを規定しなければならぬ」(第25条)と定めていた。つまり指令に従えば、EU域内からEU域外に個人データを移転できるのは、移転先の国が「十分なレベルの保護」を確保しているときに限られる。

この「十分性」の要件は、次のような規定としてGDPRに引き継がれている。

第三国あるいは国際機関への個人データの移転は、当該第三国あるいは領土あるいは第三国内の一つかそれ以上の特定されたセクターあるいは国際機関が十分なレベルの保護を確保すると[欧州]委員会が決定した場合、行われることができる(第45条)。

つまりGDPRの下でも、個人データの第三国などへの移転は、原則として、十分性の決定に基づいて行われる。

データ保護指令では、「第三国によって保障される保護レベルの十分性」は「データ移転の運用に関するあらゆる状況に鑑み評価されなければならない」とされ、「特に、データの性質、予定されている処理の運用の目的および期間、発出国および最終目的国、当該第三国において有効である一般および部門別の法規範、並びに当該国において遵守されている専門職業的ルールおよび安全保護措置が考慮されなければならない」とされた(第25条)。つまり法規範は、十分性の評価に際して特に考慮される要素の一つであったが、GDPRでも「関連する一般および部門別の法律」は特に考慮されるべき要素とされている(第45条)。

要するに、「十分なレベルの保護」を保障すると(EUのデータ保護機関や欧州委員会によって<sup>11)</sup>)見なされるためには、EUスタンダードに適合したデータプライバシー法制を有していることが条件となる。これはEUのルールをそのままコピーする必要があるということではなく、第三国におけるデータ保護のレベルがEUにおいて保障されるレベルと「本質的に同等

(essentially equivalent)」であることが求められるという意味である<sup>12)</sup>。

## 2.4 十分性の決定とEU市場へのアクセス

EU域外の国にとっては、十分性の決定を受けることは世界第2位の経済圏である「EU単一市場への特権的アクセス」<sup>13)</sup>を享受できるようになることを意味する。十分性の決定はEU域内から第三国へ「自由に」個人データを移転することを可能にするが、個人データの越境移転が国境を越える経済活動の一部であることを考えれば、第三国の企業が個人データ移転に関してEU企業並みの扱いを受けるようになる意義は大きい。このため、EU域外の国々もEUのデータ保護法制を意識せざるを得なくなっている<sup>14)</sup>。

# 3. APECのプライバシー保護

## 3.1 APEC プライバシー・フレームワーク

EUはデータプライバシーの分野で大きな影響力を持ってきたが、EUスタンダードと潜在的に競合する存在としてはAPECのスタンダードがある。

APECはアジア太平洋地域の21の国と地域(「エコノミー」と呼ばれる)が参加する「ゆるやかな協議体」であり、貿易と投資の自由化をはじめとする、地域の経済協力を推進する枠組みを提供する。APECでデータプライバシーの問題が取り上げられたのは貿易の一部門である電子商取引との関連においてであり、電子商取引運営グループの下に設置されたデータプライバシー・サブグループで検討が行われてきた。その最初の主要な成果が2004年に承認された「APEC プライバシー・フレームワーク」である。

実は、APEC プライバシー・フレームワークが作成されるきっかけとなったのは、APECエコノミーの一つであるオーストラリアがEUから十分性の決定を受けられなかったことだった。オーストラリアは2000年12月に「プライバシー法」を大幅に修正したが、第

29条作業部会が2001年1月に採択した意見では充分性の基準を満たすには不十分であるとされたのである。その後、「アジア太平洋地域にふさわしいプライバシー」を検討する議論が始まり、これがAPECプライバシー・フレームワークの端緒となったという<sup>15)</sup>。

### 3.2 APEC 情報プライバシー原則

APEC プライバシー・フレームワークは、直接的には「電子商取引の成長のためにはプライバシーに対する消費者の信頼が重要である」という認識から作成された。つまり APEC プライバシー・フレームワークは、電子商取引の促進という文脈で、個人情報の流通と両立するようなプライバシー保護の在り方を示すことを目指しており、具体的には、「APEC 情報プライバシー原則」として、「損害の回避」「通知」「収集制限」「個人情報の利用」「選択」「個人情報の完全性」「安全保護」「アクセスおよび訂正」および「責任(アカウントビリティー)」の九つの原則に従うよう求めている<sup>16)</sup>。

なお、APEC プライバシー・フレームワークは2015年に改定されたが、情報プライバシー原則に変更が加えられることはなかった。

### 3.3 責任(アカウントビリティー)に基づく

#### 個人情報の越境移転

2004年のAPEC プライバシー・フレームワークには個人情報の越境移転を規制(つまり制限)するような条項は特に設けられていない。2015年のAPEC プライバシー・フレームワークも同様である。

APEC プライバシー・フレームワークでは、個人情報の越境移転は責任(アカウントビリティー)の原則に基づくと理解される。責任の原則は、個人情報管理者は情報プライバシー原則を実施するための措置に従う責任を有するという原則であるが、この原則によれば、国内における移転であっても国境を越える移転であっても、個人情報が他の個人あるいは組織に移転さ

れる場合、「個人情報管理者は、個人の同意を得るか、相当な注意を払うべきであり、また、受け取る人物または組織が原則に適合する形で情報を確実に保護するための合理的な措置を講じるべきである」<sup>17)</sup>とされる。

つまり、個人情報管理者が責任を持って移転するのであるから移転先でも個人情報は保護されるはずであるというのがアカウントビリティーに基づく移転の論理である。

### 3.4 APEC 越境プライバシー・ルール

2004年のAPEC プライバシー・フレームワークの「国際的実施のガイダンス」は、APEC 情報プライバシー原則に準拠した越境プライバシー・ルール(Cross Border Privacy Rules)とそれを実施するメカニズムを作成する構想を打ち出していた。この構想は2011年、APEC 越境プライバシー・ルール(CBPR)システムとして具体化した。

CBPR システムは「APEC エコノミー間のプライバシーを尊重する個人情報の流れを促進するための、自主的な、アカウントビリティーに基礎を置くスキーム」<sup>18)</sup>であり、越境個人情報保護の取り組みについて、企業等がAPEC プライバシー・フレームワークの原則に適合していることを認証する仕組みである。この仕組みでは、企業等が自社の越境個人情報保護に関するルールや体制について自己審査を行い、その内容をAPEC が承認した認証機関が審査し、認証を得られた企業等は個人情報の取り扱いがAPEC プライバシー原則に適合していることを示せる。

重要なことに、2015年のAPEC プライバシー・フレームワークは、フレームワークを実行する法規制があるとき、および「CBPRのような適切な措置を含む、十分な安全保護措置が存在するとき」には、「参加エコノミーは自身と他の参加エコノミーの間の個人情報の国境を越える流れを制限することを控えるべきである」としている。つまり、CBPR システムで認証を受けた企業等はAPEC 域内で「自由に」個人情報を流通



させることができることになっている。

これまでに CBPR システムへの参加が承認されているのは、アメリカ、メキシコ、日本、カナダ、シンガポール、韓国の6カ国である。

### 3.5 セーフハーバーのアジア太平洋版としての CBPR システム

CBPR システムの発展を主導したのはアメリカであり<sup>19)</sup>、APEC エコノミーの中で最初に CBPR システムに参加したのもアメリカであった<sup>20)</sup>。この経緯を考えると驚くにあたらないが、APEC の CBPR システムは2000年に EU とアメリカの間で合意された「セーフハーバー・アレンジメント」(後に「セーフハーバー・フレームワーク」と呼ばれるようになる)と類似した仕組みで運用されている。

セーフハーバーは、EU 域内からアメリカに商用目的で個人データを移転するための枠組みである。アメリカには包括的なデータ保護法がないことから十分性の基準を満たさないと (EU 側で) 見なされたので、企業等がデータ保護指令に違反しないで個人データを移転する方策としてセーフハーバーが取り決められ、その仕組みは現在の「プライバシーシールド・フレームワーク」に引き継がれている。

セーフハーバー・アレンジメントの中核は「セーフハーバー原則」と呼ばれるプライバシー原則のセットである。これらの原則を遵守することを宣言してアメリカ商務省の「セーフハーバー・プログラム」に加入した団体(企業等)は「十分なレベルの保護」を提供する、つまり EU からのデータ移転の要件を満たすと見なされる。セーフハーバーは企業等の自己認証を基本とするが、第三者機関がセーフハーバー原則の遵守を証明する認証という手法も併せて用いられた。いずれにせよセーフハーバーは、アメリカ政府が重視する民間の自主規制をベースとし、立法措置を伴わなかったことが特徴であった。

APEC の CBPR システムは、企業等の「自主的」取

組みに依拠する点で、また認証メカニズムを取り入れている点で、米 EU セーフハーバーと共通する。CBPR システムはセーフハーバーのアジア太平洋版といえるだろう。

## 4. EU スタンダードと APEC スタンダードのインターフェース?

### 4.1 相互運用に向けた交渉

データプライバシーについて、EU スタンダードと APEC スタンダードのインターフェースを模索する動きもある。具体的には EU データ保護法に基づく拘束的企業準則 (binding corporate rules, BCR) と CBPR の相互運用が検討されている。

BCR は、企業グループ内で個人データを移転する際に EU 域内にある企業が遵守する個人データ保護方針 (内部規則) であるが、データ移転元の監督機関の承認を受けなければならない。BCR の承認の要件にデータ保護原則の適用が含まれるのはもちろんである。GDPR では、十分性の決定がない場合を想定して「適切な安全保護措置による移転」についての規定が設けられているが、「適切な安全保護措置」の基になるものの一つが BCR である (第46条)。

BCR と CBPR の相互運用に向けた協議は、2012年、EU の第29条作業部会と APEC の電子商取引運営グループが合同作業グループを設置したときに始まった。合同作業グループは、BCR と CBPR の共通の要素をリストアップした「相互参照文書」を作成し、この文書は2014年、APEC の高級実務者会合で承認された。また、第29条作業部会も肯定的な意見を公表している。しかし、相互参照文書は BCR と CBPR の相互運用を目指したものではなく、両方のシステムで認証を受けるための手引きに近かった。

その後、2017年から欧州委員会と電子商取引運営グループの間で協議が行われているが、BCR と CBPR の相互運用が早期に実現する見通しは立っていない<sup>21)</sup>。

#### 4.2. 考え方の違い

BCRとCBPRシステムの相互運用は簡単ではない。一つには、BCRでは明確に規定されている個人の権利がCBPRでは明確に規定されていないといったルール  
の整合性の問題がある。またBCRがデータ保護機関という公的な規制機関によって承認されなければならないのに対し、CBPRは民間の認証機関によって認証されるという実施手続きの違いの問題もある。

そもそもEUのデータ保護法とAPECプライバシー・フレームワークとでは基本的な考え方が大きく異なる。EUのデータ保護法の根底にあるのは、個人データ保護は個人の基本的権利であり、従って政府によって保障されなければならないというヨーロッパのプライバシーの考え方である(EU基本権憲章第8条は、個人データ保護を個人の権利として明確に規定している)<sup>22)</sup>。これに対して、APECプライバシー・フレームワークは、アメリカのプライバシーの考え方、すなわちプライバシーは政府からの自由に関わる問題であるので、政府の規制ではなく民間の取り組みによって確保されるべきであるという考え方を反映している。

#### 5. 結びに代えて

プライバシー保護の在り方は国や地域によって異なる。長期的にはEUの法制度に収斂する可能性も否定できないが、当面の間は、データプライバシーについて、EUスタンダードとAPECスタンダードが潜在的に並存する状態が続くと思われる。このことは日本の

「プライバシー外交」の今後を考える上で重要である。

日本はAPECエコノミーの一つであり、CBPRシステムには2014年4月から参加している。グローバルな展開を念頭に「APECのCBPRシステムの活性化」<sup>23)</sup>の取り組みを進めるとというのが日本の立場である。その一方、日本は2016年4月からEUと、日EU間の個人データの移転についての対話を重ね、2018年7月、相互に充分性を認めることで最終的に合意した<sup>24)</sup>。

つまり、最近の日本のデータプライバシー政策は、EUスタンダードとAPECスタンダードの両方を視野に入れてきたのであるが、グローバルな視点で見ると、日本はEUスタンダードとAPECスタンダードが交差するところに位置することになる。「プライバシー外交」で出遅れた感のある日本だが、その立ち位置を生かし、グローバルなデータの流通と保護を促進するのに積極的な役割を果たすことが期待される。



Yuko Suda

#### 須田 祐子

東京外国語大学 非常勤講師  
上智大学大学院博士後期課程満期退学。国際関係論博士。カリフォルニア大学サンディエゴ校客員研究員、上智大学非常勤講師を経て、現職。著書に『通信自由化の政治学—「外圧」と日本の電気通信政策—』有信堂、2005年(第21回テレコム社会科学賞奨励賞受賞)、*The Politics of Data Transfer: Transatlantic Conflict and Cooperation over Data Privacy*, Routledge, 2018。

#### 注

- 1) 堀部政男「プライバシー・個人情報保護の国際的整合性」堀部政男編著『プライバシー・個人情報保護の新課題』所収、商事法務、2010年所収、10頁。
- 2) 正確に言えば、GDPRは、EU構成国28カ国とアイスランド、ノルウェー、リヒテンシュタインから構成される欧州経済領域(EEA)で適用される。
- 3) 「指令」が構成国によって国内法化されるのに対し、「規則」は構成国に直接適用される。

注

- 4) David Bach and Abraham L. Newman, "The European regulatory state and global public policy: micro-institutions, macro-influence," *Journal of European Public Policy*, 14:6 (September 2007), pp. 833-834; Graham Greenleaf, "Data protection in a globalised network," in Ian Brown, ed., *Research Handbook on Governance of the Internet* (Cheltenham: Edward Elgar, 2013), pp. 230-231.
- 5) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee And the Committee of the Regions A comprehensive approach on personal data protection in the EUropean Union, COM (2010) 609 final, November 4, 2010, p. 16.
- 6) Greenleaf, op. cit., p. 225.
- 7) 「プライバシー保護と個人データの国際流通についてのガイドラインに関する OECD理事会勧告」、勧告付属文書「プライバシー保護と個人データの国際流通についてのガイドライン」。
- 8) Greenleaf, op. cit., p. 237.
- 9) Greenleaf, op. cit., p. 225.
- 10) Colin J. Bennett, "Convergence Revisited: Toward a Global Policy for the Protection of Personal Data?" , in Philip E. Agre and Marc Rotenberg, eds., *Technology and Privacy: The New Landscape* (Cambridge, M.A. and London: MIT Press, 1998), pp. 108-112.
- 11) 十分性の決定を行うのは欧州委員会であるが、決定の基になる第三国のデータ保護の評価を行うのは第29条作業部会である。
- 12) Communication from the Commission to the European Parliament and the Council Exchanging and Protecting Personal Data in a Globalised World, COM (2017) 7 final, January 10, 2017, p. 6. この同等性の議論は2015年10月の欧州司法裁判所のシュレムス判決に基づく。
- 13) COM (2017) 7 final, p. 6.
- 14) 日本では2015年に個人情報保護法が改正されたが、この改正は「グローバル化に伴う国境を越えた個人情報の流通の問題が従来以上に拡大し、特にEUの法制を意識せざるを得なくなったこと」等からなされた。藤原静雄「日本とEUの個人情報保護法制の比較」『ジュリスト』1521号、2018年7月、15頁。
- 15) 堀部、前掲書、11 - 12頁。
- 16) これらの原則は、OECDプライバシー・ガイドラインの「収集制限」「データ内容」「目的明確化」「利用制限」「安全保障」「公開」「個人参加」「責任」の原則を踏まえている。
- 17) 2015 APEC Privacy Framework paragraph 32.A.
- 18) 2015 APEC Privacy Framework paragraph 12.
- 19) 石井、前掲書、5頁。
- 20) アメリカは2012年にCBPRシステムの参加国として承認された。
- 21) Data Privacy Subgroup Meeting with EUropean Union, <https://www.apec.org/Groups/Committee-on-Trade-and-Investment/Electronic-Commerce-Steering-Group/Data-Privacy-Subgroup-Meeting-with-EUropean-Union> (2018年8月24日アクセス)
- 22) 宮下紘『プライバシー権の復権—自由と尊厳の衝突—』中央大学出版部、2015年、103 - 107頁を参照。
- 23) 2016年7月29日個人情報保護委員会決定「個人データの円滑な国際的流通の確保のための取組について」。
- 24) 個人情報保護委員会「日 EU間の相互の円滑な個人データ移転を図る 枠組み構築に係る最終合意」2018年7月17日、[https://www.ppc.go.jp/files/pdf/300717\\_houdou.pdf](https://www.ppc.go.jp/files/pdf/300717_houdou.pdf) (2018年8月22日アクセス)

# マルチサイド・プラットフォーム における ニューレイヤー参入・競争戦略

長岡技術科学大学 大学院 工学研究科 情報・経営システム工学専攻 准教授

伊藤 嘉浩 Yoshihiro Ito

本稿では、情報通信分野を中心とする今日のビジネスで重要性が増しているMSPに関する既存の競争戦略について紹介して説明する。そして、MSPの新たな参入・競争戦略としてニューレイヤー戦略と呼ぶ戦略を提案して、この原理、適応事例および成功条件を説明する。

ニューレイヤー戦略とは、既存のMSPのPFと、あるサイドの市場との間に新たなレイヤーのプロダクトまたはサービスを提供するPFを構築して、既存のMSPのエコシステムに参入することである。この戦略により参入したPFは、既存のMSPの顧客を奪って収益を分け合うか、または全く新しい顧客セグメントを創造することのいずれかにより、顧客市場を獲得することができる。

このことにより、MSPの競争戦略に理論的貢献をするとともに、企業の実務家がMSPのビジネス市場に新規参入し、競争するための実務的貢献を提供する。

## キーワード

マルチサイド・プラットフォーム プラットフォーム戦略 競争戦略 ニューレイヤー戦略

## 1. はじめに

本稿の目的は、マルチサイド・プラットフォーム（以下、MSP）に関する既存の競争戦略を紹介して説明し、さらにニューレイヤー戦略と呼ぶ新たな競争戦略を提案することである。

情報通信分野を中心とする今日のビジネスで、重要

性がとても増加しているプラットフォームにMSPがある。MSPは、二つ以上の顧客や供給業者の市場を仲介するプラットフォームである。アマゾン、アップル、グーグル、マイクロソフトなどITC産業のリーダーは、このプラットフォームを採用して成功してきた。もちろん、クレジットカードや新聞、銀行などの伝統的な業界も、このプラットフォームを用いてきた。

MSPにおいては、Rochet and Tirole (2003)の二面市場のプラットフォームの定式化以降、理論と実証について、経営学と経済学の分野で多くの研究が行われてきた<sup>1)</sup>。本稿では、このMSPの従来の競争戦略を紹介する。そして、新たにニューレイヤー戦略と呼ぶ競争戦略を提案する。なぜなら、MSPに関する有用な競争戦略はまだまだ少なく、新たなものが求められているからである。具体的には、本稿において、MSPの定義と説明、MSPの主な競争戦略を紹介し、新たな競争戦略としてのニューレイヤー戦略の提案と説明を行う。

## 2. MSP とは何か

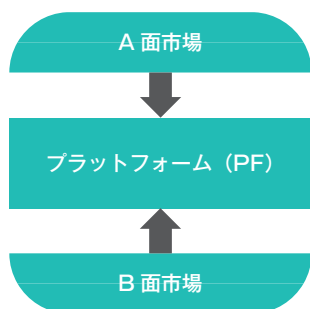
最初に、MSPの定義と説明を行う。MSPの基本となるのは、二面市場プラットフォームである。二面市場プラットフォームは、二つの顧客の市場を仲介するプラットフォームである(Rochet and Tirole, 2003)。従来の仕入れ業者が、商品やサービスを仕入れて、販売し、その差額を収益とするのに対して、二面市場プ

ラットフォームは、二つの市場を仲介し、原則的にそれらの両方の市場から徴収する二つの手数料を収益とするという違いがある。MSPは、二面市場をより一般的にして、二つ以上の市場を仲介するプラットフォームである(図表1)。

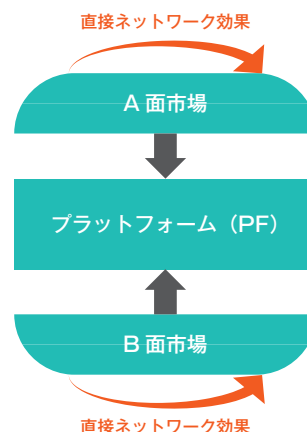
MSPには多くの場合、仲介するそれぞれの市場の面において、直接ネットワーク効果が働くという特徴がある。これは、ある市場の顧客の数が増加するほど大きくなる効果であり、従来からの一般のプラットフォームにも存在する効果である。(Katz and Shapiro, 1985 ; Shapiro and Varian, 1999) (図表2)。よって、MSPのビジネスでは、仲介するそれぞれの市場の顧客数を大きくすることが、プラットフォームの競争力を高めることになり、そのためのマネジメントが必要となる。例えば、MSPである家庭用ゲーム機のビジネスにおいては、そのゲーム機を購入するユーザーが増えれば増えるほど、ゲーム機の魅力が増加して、新たに購入しようとするユーザーが生まれるのである。

また、MSPには多くの場合、仲介する異なる市場間

図表1 MSPの概念



図表2 MSPにおける直接ネットワーク効果



において間接ネットワーク効果(クロスサイドネットワーク効果とも呼ぶ)が働くという特徴がある(Rochet and Tirole, 2003)。これは、仲介するある市場の大きさや魅力が、異なる市場の顧客に与える効果である。また、この効果は、市場間で反対方向にも働く(図表3)。よって、MSPが仲介するある市場の顧客をより多く獲得するためには、仲介する異なる市場の顧客を増加させることが必要となる。例えば、家庭用ゲーム機では、そのユーザーの数が増加すればするほど、そのゲーム機に対応するゲームソフトを開発しようとするゲーム開発者が増加し、その逆に、そのゲーム機に対応するゲームソフトの数が増加すればするほど、そのゲーム機を購入しようとするユーザーも増加するのである。このため、MSPのマネジャーは、仲介する複数の市場の両方の顧客をうまく、増加させていくことが重要となる。

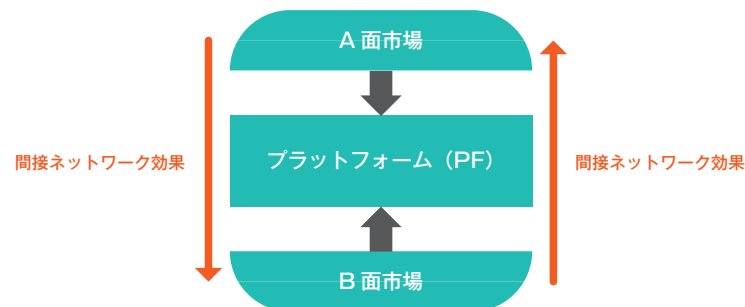
しかし、ここには、チキンアンドエッグという問題が存在する(Caillaud and Jullien, 2003)。これは、MSPのビジネスのスタートアップ時において、間接ネットワーク効果を働かせるためには、最初に少なく

とも一つの市場の顧客を一定数以上獲得する必要があるという困難である。

チキンアンドエッグ問題を解決するためには、いくつかの方策がある。例えば、ゲーム機などのプラットフォーム企業が、ゲームソフトも自社で開発して、ゲーム機の市場導入と同時に提供するという垂直統合戦略が有効である(Lee, 2013)。

MSPのもう一つの競争上の強みは、それぞれの市場における仲介手数料の構造を非対称に設計することができることである。つまり、前述した直接ネットワーク効果と間接ネットワーク効果の大きさの差により、徴収するそれぞれの手数料に価格差別を行うことで、MSPの成長や競争上の強みを有効に操作することができる(Parker and Van Alstyne, 2005; Rochet and Tirole, 2006; Armstrong, 2006; Hagiu, 2007; Hagiu, 2009)。例えば、魅力的な女性が多く集まるナイトクラブでは、女性の入場料を安くして、その分、男性の入場料を高く設定することが有効である(Belleflamme and Peitz, 2010)。ただし、この場合でも競争上の点からは、強力な競合が近隣に存在する場合には、男性

図表3 MSPにおける間接ネットワーク効果



の入場料も高くではなく、競合に比べて安く設定することも必要となる。

以上のように、MSP のビジネスでは、プラットフォームの競争上、これらの三つ、すなわち、直接ネットワーク効果と間接ネットワーク効果を有利に生じさせることと、複数市場で徴収する手数料に上手に価格差別を行うということが、プラットフォームの競争において有効なマネジメントとなる。また、これらをマネジメントすることによる強みから、一度プラットフォームのエコシステムを構築すると、競争上攻撃されにくくなる。

### 3. MSP の競争戦略

では、この MSP に関する競争戦略には、上記の三つ以外にどのようなものがあるのでしょうか。実は、MSP における有効な競争戦略は、まだそれほど多くは提示されていない。Parker et al. (2016) は、MSP の競争方策として六つを提示しているので、以下に詳しく説明する。

一つ目は、プラットフォームへのアクセスを制限することによって、マルチホーミングを防ぐことである。つまり、顧客が自社のプラットフォームとともに競合のプラットフォームも利用しないように、顧客のプラットフォームへのアクセスをコントロールするのである。例えば、Adobe Flash Player は、インターネットコンテンツをユーザーに提供するブラウザのアプリであり、アップルの iPhone OS 上でもアプリ開発者によって使用されようとした。しかし、アップルは、iOS で Flash と互換性のある同様のツールを開発して提供することで、これを阻止した。

二つ目は、プラットフォームのイノベーションを育て、その価値を獲得することである。つまり、プラットフォームは、その市場のユーザーが新しい価値を創出する多くの機会を創造することができるということである。具体的には、プラットフォームのマネジャーは、今後のロードマップを提示することによって、他社との無駄な競合なしに、つまり他社が無駄な時間を投じることなく、そこで生まれた新たな価値を買収や模倣によって獲得できる。

図表4 PFエンベロップメント戦略



三つ目は、データの価値をレバレッジすることである。これは戦術的なものと戦略的なものがある。戦術的なデータの使用では、アマゾンがデータテストの結果、Web ページの右上に購入ボタンを配置することでより売り上げを増加させたように、プラットフォームの機能をテストしてパフォーマンスを向上させる。一方、戦略的なデータの使用では、プラットフォームの内外で価値を生み出し、吸い上げているのがどの企業かを追跡することで、エコシステムの改善を支援するのである。

四つ目は、伝統的な戦略である M&A を再定義することである。しかし、MSP の場合には、この目的と判断基準を修正して、買収しようとする企業が現在提供している一つの顧客市場と、十分に重複する顧客市場に対して価値を創出している企業であるかどうかを M&A を行う判断基準とするのである。

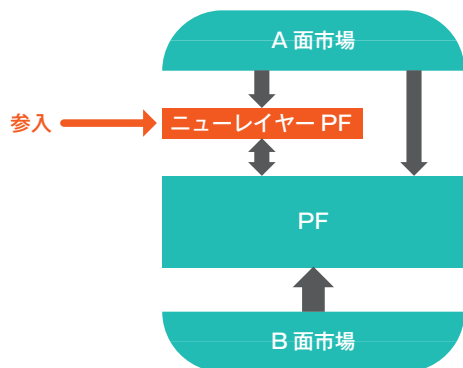
五つ目は、プラットフォーム・エンベロップメント（以下、PF エンベロップメント）戦略である。これはプラットフォーム企業が、隣接市場のプラットフォームに対して、それと同様の機能を直接または間接的に

自社のプラットフォームで提供することである。なお、Eisenmann et al. (2006 ; 2011) によれば、もう少し厳密に、PF エンベロップメントを、隣接市場のプラットフォームに対して、同様の機能を持つプラットフォームを自社のプラットフォームに（多くの場合、無償で）バンドルして提供することと定義している（前頁、図表4）。例えば、1990年代にマイクロソフトが、音楽ストリーミングの RealAudio に対して、自社の OS で同様の機能のアプリをバンドルし、インターネットブラウザの Netscape Communications に対しても Windows に Internet Explorer をバンドルしてこの戦略を取った。

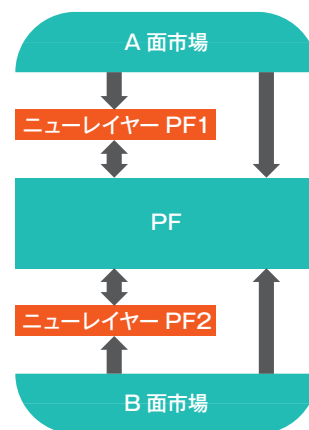
六つ目は、プラットフォームのデザインを拡張することである。従来の産業の企業が競争するときのように、競合プラットフォームよりもより良い質の価値やサービスを提供することである。例えば、ビデオホスティングプラットフォームの Vimeo は、YouTube よりもより良いホスティングサービスを提供し、より広い帯域で可能にしている。

以上のように、MSP の競争戦略として六つの方策

図表5 ニューレイヤー戦略の概念



図表6 PF と複数面市場への複数ニューレイヤーによる参入





があるが、この中で唯一、PF エンベロップメント戦略は、明確に他の MSP を攻撃する参入・競争戦略である。しかし、この戦略は、既に圧倒的優位な PF を持ち、強力な資本を持つ業界の一部の企業しか実行できない戦略である。このため、PF エンベロップメント戦略以外で、業界の大手企業でなくとも攻撃できる MSP の新たな参入・競争戦略が求められているのである。

#### 4. ニューレイヤー戦略

そこで、本稿では、以上の MSP の競争戦略の主なレビューを踏まえて、新たな MSP の競争・参入戦略「ニューレイヤー戦略」を提案する。

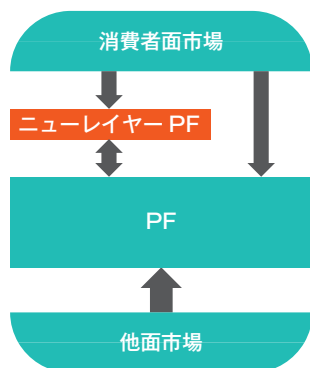
このニューレイヤー戦略とは、既存の MSP の PF とあるサイドの市場との間に新たなレイヤー（ニューレイヤー）のプログラムまたはサービスを提供する PF を構築して、既存の MSP のエコシステムに参入することである（図表5）。この戦略により参入した PF は、既存の MSP の顧客を奪って収益を分け合うか、また

は全く新しい顧客セグメントを創造することのいずれかにより、顧客市場を獲得することができる。また、この戦略は、既存の MSP と競争ないし協調して、自社の MSP を構築するコーペティション (co-opetition) にもとづくものである。

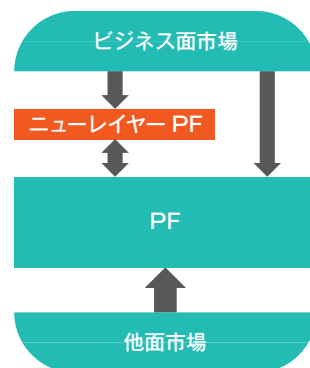
このニューレイヤー戦略は、エンベロップメントと異なり、必ずしも PF エンベロップメントのように、攻撃する対象の既存 MSP と同様（類似）の PF を自社で持っていないなくても、適切なプログラムやサービスを提供するニューレイヤーの PF だけを構築することで、既存の MSP を攻撃・参入できるからである。

このニューレイヤー競争戦略は、同時に一つの新しいレイヤーを構築して、既存 MSP の PF とあるサイド市場の間に参入するタイプと、同時に二つ以上の複数のレイヤーを構築して参入して、既存 MSP の PF とそれぞれのサイド市場の間に、既存 MSP に介入して既存 PF を包み込むタイプ（図表6）がある。前者は、さらに三つのタイプに分類できる。一つは、新たに構築するレイヤーのプログラムやサービスの PF の一つ以上の顧客市場を、最終消費者とする B-C のタイプ

図表7 PFと消費者面市場間へのニューレイヤーによる参入



図表8 PFとビジネス面市場間へのニューレイヤーによる参入



(前頁、図表7)である。もう一つは、そのPFの全ての市場を、産業向けとするB-Bのタイプ(前頁、図表8)である。これらを分類する理由は、PFの一つのサイドの市場を一般消費者向け(B-C)にする場合と、産業向け(B-B)にする場合では、構築するPFの競争状態が大きく異なるからである。つまり、PFの一つのサイドの市場を一般消費者とする方が、そのサイドからの競争圧力がずっと小さいからである。この場合に新たに構築するPFは、アプリケーションPFとなる。さらに残りのタイプは、一つのレイヤーを構築するのみで、既存のMSPの異なる市場間の重複を利用して、既存のPFを包み込むPFである(図表9)。

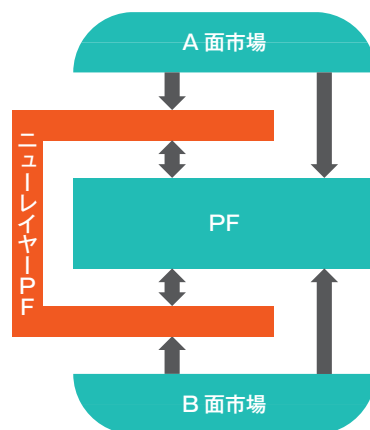
例えば、一つ目のタイプのケースとして、クレジットカード決済をより手軽にして、新たなカード保有者と新たな加盟店を仲介した米国スクエアと、ATM設置のみに集中して、預金者と既存銀行を仲介したセブン銀行がある。二つ目のタイプのケースとして、JavaScriptやHTML5のようなAPIと、産業部品の仲介販売サイトMiSUMi-VONAがある。三つ目のタイプのケースとしてスマートフォンの格安通信サービス

で、消費者とコンテンツデベロッパー、キャリアを包み込むMVNOと、消費者と販売業者の交換を仲介する既存通貨を包み込む仮想通貨ビットコインがある。

では、このニューレイヤー戦略を成功させるためにはどうしたらよいのであろうか。このニューレイヤー戦略が成功するか失敗するかは、以下の条件にあると考えられる。

- (1) 既存MSPが独占状態であると失敗する可能性が高く、多数存在する場合は成功する可能性が高く、寡占状態の場合はこれらの中間である。既存MSPが独占であると、参入するレイヤーよりも既存MSPの方が、市場のコントロール力が強いからである。逆に、既存MSPが多数存在する場合には、市場のコントロール力は弱いため、参入が行いやすいからである。つまり、前述したマルチホーミングを阻害するMSPの動向に注意を払う必要がある。
- (2) 既存MSPが独占かそれに近い場合には、参入に成功した後にPFエンベロプメントの脅威が大きくなる。よって、参入後にPFを素早く成長させることが重要となる。なぜならば、既存MSPが独占の場合に

図表9 PFと複数面市場への単一ニューレイヤーによる参入



は、その圧倒的な市場支配力を用いて、隣接する市場の参入した PF に対して、PF エンベロップメントを行いやすいからである。

(3) 既存 PF からの攻撃が少ないような、オールドエコノミーの業界の方が成功しやすく、素早い反撃を行うような IT 業界やオンライン商取引などでは、前者より成功可能性が低くなる。なぜなら、オールドエコノミーの業界の企業同士は互いに競合はするが、新規参入業者が少ないため、これに対する十分な反撃に慣れておらず、行いにくい傾向にある。一方、IT 業界やオンライン商取引の業界は、業界への新規参入業者や新たなビジネスモデルによる攻撃が多く、また企業行動が素早いから、既存企業は素早く反撃する傾向にあるからである。

(4) 複数のニューレイヤーで参入する方が成功したときの見返りは大きくなる。しかし、参入の際の投資が大きく、かつマネジメントがより難しくなる。なぜならば、複数のニューレイヤーで参入すると、複数の市場面の顧客を獲得できるので、参入プラットフォームの利益プロファイルをより巧妙にコントロールすることができ、多くの利益を得やすいからである。しかし、当然、複数のニューレイヤーを構築するためには、単一レイヤーよりも投資が大きくなり、いくつもの市場をコントロールする必要があるため、そのマネジメントは難しいからである。

(5) すでに既存 MSP へ他企業によるニューレイヤーの参入が行われている場合には、新たな参入の機会と見返りは小さくなる。なぜならば、他企業の参入により既にある程度の規模の市場を獲得されているので、残された市場は少なくなり、新たな参入のメリットは小さいからである。

(6) 顧客や市場のサイド、さらに既存 MSP 自身に、より魅力を提供する PF で参入することが成功可能性を高める。ニューレイヤーによる参入は、既存 MSP の顧客を奪う必要があるため、顧客にとってスイッチするコスト以上に、参入する PF はより魅力ある顧客

価値を提供する必要があるからである。一方、既存 MSP は、参入 PF に顧客や収益を奪われるだけではなく、反撃を行うだろう。このため、参入するニューレイヤーは、既存 MSP の収益を増加するような、市場規模を大きく拡大するような新たな魅力ある顧客価値を提供することが重要となる。

以上のような条件を考慮することで、企業は、ニューレイヤー戦略によって、既存の MSP の市場への参入と競争を行うことで、新たなプラットフォームのビジネスと市場を生み出すことができる。

## 5. 結論

本稿では、情報通信分野を中心とする今日のビジネスで重要性が増している MSP に関する既存の競争戦略について紹介して説明した。そして、新たな MSP の参入・競争戦略としてニューレイヤー戦略と呼ぶ戦略を提案して、この原理、適応事例および成功条件を説明した。これにより、MSP の競争戦略に理論的貢献をするとともに、企業の経営戦略企画部門やマーケティング部門の実務家が今後 MSP のビジネス市場に新規参入し、競争するための実務的貢献を提供した。もちろん、このニューレイヤー戦略の理論は本稿で提示したばかりである。よって、筆者は、今後 MSP の既存理論を利用したニューレイヤー戦略の定式化と、適応事例のさらなる探索を行いたいと考えている。

### 謝辞

本研究は、公益財団法人トラスト未来フォーラムの研究助成を受けて行われました。ここに、感謝いたします。



Yoshihiro Ito

## 伊藤 嘉浩

長岡技術科学大学 大学院 工学研究科 情報・経営システム工学専攻 准教授

早稲田大学理工学部卒業、同大学院理工学研究科修士課程修了、東北大学大学院経済学研究科博士後期課程修了、博士(経営学)。キャノン株式会社研究員、山形大学人文学部法経政策学科准教授を経て現職。専門分野は、ビジネスモデル戦略、ビジネスモデル・イノベーション。*Industrial Marketing Management*をはじめ国内外の有力学術雑誌に論文を多数発表。著書に『新規事業開発のマネジメント』(白桃書房)がある。日本情報経営学会2017年度学会賞「論文賞」受賞。

### 注

- 1) MSPの理論研究については、主なものとしてRochet and Tirole (2003)、Parker and Van Alstyne (2005)、Rochet and Tirole (2006)、Armstrong (2006)、Hagiu (2007)、Hagiu (2009)がある。また、MSPの実証研究としては、例えば、ゲーム機の分析に関するClements and Ohashi (2005)、ゲーム機とソフトの関係に関するHagiu and Lee (2011)、ゲーム出版社の分析のEvans and Schmalensee (2008)、雑誌広告に関するKaiser and Wright (2006)がある。

### 参考文献

- Armstrong, M. (2006) Competition in Two-sided Markets, *The Rand Journal of Economics*, 37: 668-691.
- Belleflamme, P. and Peitz, M. (2010) *Industrial Organization: Markets and Strategies*, Cambridge University Press.
- Caillaud, B. and Jullien, B. (2003) Chicken & Egg: Competition among Intermediation Service Providers, *The Rand Journal of Economics*, 34: 309-328.
- Clements, M. and Ohashi, H. (2005) Indirect Network Effects and the Product Cycle: Video Games in the U.S. 1994-2002, *The Journal of Industrial Economics*, 53: 515-542.
- Eisenmann, T., Parker, G. and Van Alstyne, M. (2006) Strategies for Two Sided Markets, *Harvard Business Review*, 84 (10): 96-101.
- Eisenmann, T., Parker, G. and Van Alstyne, M. (2011) Platform Envelopment, *Strategic Management Journal*, 32: 1270-1285.
- Evans, D. and Schmalensee, R. (2008) Markets with Two-Sided Platforms, *Issues in Competition Law and Policy (ABA Section of Antitrust Law)*, 1: 667-693.
- Hagiu, A. (2007) Merchant or Two-sided Platform?, *Review of Network Economics*, 6: 115-133.
- Hagiu, A. (2009) Two-Sided Platforms: Product Variety and Pricing Structures, *Journal of Economics and Management Strategy*, 18: 1011-1043.

---

参考文献

- Hagiu, A. and Lee, R. S. (2011) Exclusivity and Control, *Journal of Economics and Management Strategy*, 20: 679-708.
- Kaiser, U. and Wright, J. (2006) Price Structure in Two Sided Markets: Evidence from the Magazine Industry, *International Journal of Industrial Organization*, 24:1-28.
- Katz, M. and Shapiro, C. (1985) Network Externalities, Competition and Compatibility, *The American Economic Review*, 75:424-440.
- Lee, R.S. (2013) Vertical Integration and Exclusive in Platform and Two-sided Markets, *The American Economic Review*, 103 (7): 2960-3000.
- Parker, G. and Van Alstyne, M. (2005) Two-Sided Network Effects: A Theory of Information Product Design, *Management Science*, 51: 1494-1504.
- Parker, G., Van Alstyne, M and Choudary, S. (2016) *Platform Revolution*, New York: Norton & Company. (妹尾堅一郎 監訳 (2018) 『プラットフォーム・レボリューション』ダイヤモンド社)
- Rochet, J. C. and Tirole, J. (2003) Platform Competition in Two Sided Markets, *Journal of European Economic Association*, 1: 990-1029.
- Rochet, J. C. and Tirole, J. (2006) Two-Sided Markets: A Progress Report, *The Rand Journal of Economics*, 37: 645-667.
- Shapiro, C. and Varian, H. (1999) *Information Rules*, Harvard Business School Press.

# 5年後の 未来を 探せ

## 石田 祥子 明治大学専任講師に聞く 折紙に秘められた 新しい課題解決の糸口を探る

取材・文：船木春仁 撮影：宇佐見利明

日本の伝統文化の一つである「折紙」を科学的に解明し、新しい科学と産業技術の可能性を探る「折紙工学」が注目されている。そこには自然を理解するための新しいアイデアが多く秘められ、多彩な研究が具体的な提案を始めている。折紙工学による新しい力学的発見をベースにした防振機構の開発に挑む明治大学理工学部の石田祥子専任講師も、折紙工学のフロントランナーの一人である。

### 「折紙工学」の提唱から20年 多くの研究成果が出始める

1枚の紙を折り畳み、途中には折り畳んだものを広げたりもして立体物を生み出す。この「伸縮と展開の技」を高度に駆使しているのが折紙だ。世界で最も古い折紙の本は1797年（寛政9年）に刊行された『秘伝千羽鶴折形』といわれ、折紙は日本の誇る伝統文化の一つだ。芸術作品としての評価も高く、海外でも「Origami」という共通語が定着し、「Sushi」や「Karaoke」などと並ぶ日本発の文化の一つとして知られる。

折紙の「伸縮と展開」を幾何学的に説明したり、出現する機能を工学的に検証したりすることで、実用的で機能的な材料や構造物を作るための基礎的な知見が得られるのではないかと。実際、傘や椅子は折ることで

コンパクトになり、使いやすくなっている。

そうした学際的なアプローチのきっかけになったのが、1970年に東京大学宇宙航空研究所（現・宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所）の三浦公亮氏（現・東京大学名誉教授）が考案した「ミウラ折り」だった。三浦氏が、人工衛星の太陽電池パネルの効率的な展開方法を研究する過程で生み出されたものだ。1995年に打ち上げられた衛星では、折り畳んだ太陽電池パネルの一端を引っ張り、約6メートル四方の平面に効率良く広げ、また、畳むことにも成功した。

2002年には京都大学工学部助手だった野島武敏博士が「折紙工学」を提唱する。「折紙の折り畳み可能という機能が製品の軽量化や保管を容易にするなど新たな価値の付与や産業創出につながる」と訴えた。折紙の特徴や機能を備えた製品のモデル化や加工法なども折紙工学の一ジャンルとされ、現在、数理学と工学の分野を中心に多彩なアプローチがなされている。

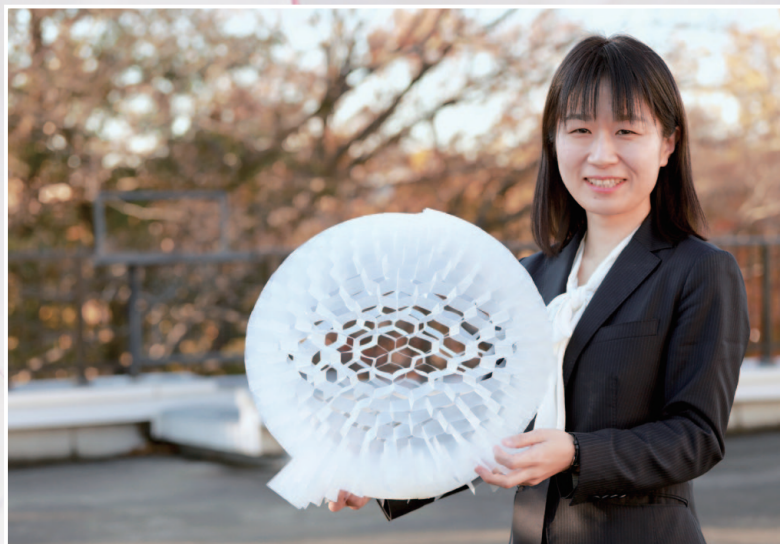
例えば筑波大学の三谷純教授が取り組んでいるのは、幾何学を駆使して折り線や折り方を変えることでどのような形が生まれるかをシミュレーションしたり、その逆に折紙の完成形から、それを作るための展開図を計算して作成する技術の開発に挑んでいる。創りたい形が先にあり、設計データを逆算する形で明らかにするリバースエンジニアリングに通じる研究だ。

明治大学の萩原一郎特任教授の研究室では、自動車

Sachiko Ishida  
石田 祥子

明治大学 理工学部 機械工学科 専任講師  
2004年京都大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻修士課程修了。日本ミシュランタイヤ株式会社を経て14年に東京工業大学で博士号取得。同大学理工学研究科機械物理工学専攻研究員、明治大学先端数理科学インスティテュート研究員を経て、14年明治大学理工学部機械工学科助教、16年より専任講師。

▶持っているのはNPO団体と共同開発した「球状ハニカムコア」の試作品。折り畳んだ状態から拡げると丈夫な球体となり、内部に水を入れて運ぶことができる。干ばつ地域での利用を想定している。



の衝突時に乗員への被害を軽減させるためのエネルギー吸収部材への応用を研究している。北海道大学の繁富香織准教授は、「細胞折紙」とでも表現できる、培養した細胞が持つ力を利用して折紙のようにして立方体や管をつくり、それを人工血管などとして利用する再生医療への展開を探っている。

そして「折紙工学の知見をベースとした新たな防振機構の研究」を進めているのが石田講師だ。その背景には、折紙の物理的な解析から導き出された力学的な発見があり、それは振動に関わる多くの課題を解決に導き、社会実装もできると期待されている。学術と産

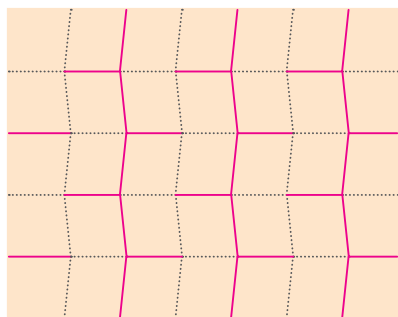
業化の両面から高い評価を得ている研究だ。

## ねじり座屈の折紙から 新たな防振原理を発見

座屈と呼ばれる物理現象がある。構造物に加える荷重を徐々に増やしていくと、ある荷重で急激に大きく変形し、構造物が潰れてしまう現象である。構造物をねじったときに起こる座屈をねじり座屈と呼ぶが、ねじり座屈に現れる変形を折紙で表現したものが「ねじり座屈パターン」だ。円筒形状をしており、ねじると

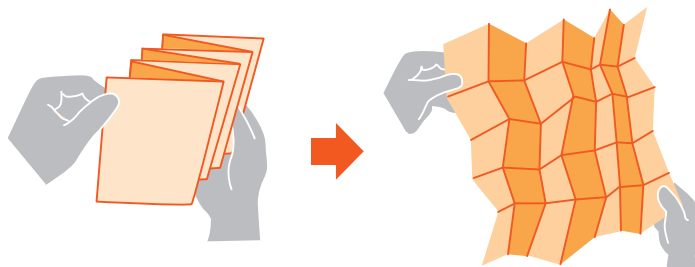
図表 1 ミウラ折り

ミウラ折りの展開図

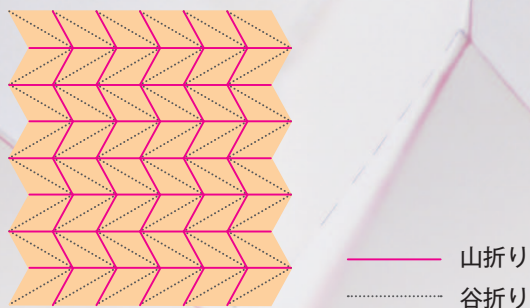


——— 山折り      - - - - - 谷折り

対角にある二つの端を引っ張ると、簡単に開き、押し縮めると畳むことができる



図表2 ねじり座屈パターンを形成する平面展開図



ねじり座屈パターンによる円筒の折り紙

小さく折り畳まれる。石田講師が取り組む新たな防振機構も、ねじり座屈パターンを出発点とする。

ねじり座屈パターンは、三角形の要素の組み合わせで構成されている。つまり折り線に注目すると垂直・水平・対角の3種の部材からなる「トラス構造」としてモデル化できる。

ねじり座屈パターンでは、上から力をかけていくと、途中までは形を保とうと踏ん張るのだが、限界点を超えると自らつぶれるように縮んでしまう。

「その秘密はトラス構造にあります。力が加わると3種のトラス部材は変形します。最初は変形を抑える方向に力が働くのですが、変形が進み限界点を超えると、力の向きが逆になり、変形を促す方向に力が働くのです。その結果、トラス構造は自らつぶれてしまいます」(石田講師)

トラス構造は、圧縮されると元の形に戻ろうとする「正のばね定数を持つばね」として働くが、限界を超えると「負のばね定数を持つばね」として働く流れとなり、構造全体への荷重と垂直方向の変位の関係でグ



ラフにしてみると、S字を寝かせたような挙動になる(図表3)。

## 金属とばねを使って 防振装置を試作

石田講師は、こうしたねじり座屈パターンを折紙ではなく金属でも実現できないかと着想した。金属でできれば、いろいろな産業製品のコンパクト化に道を開けるからだ。

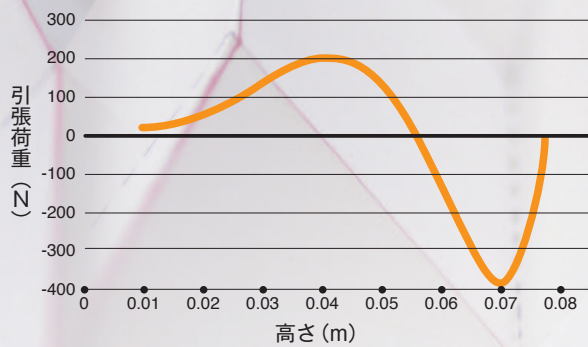
そこでまず、ねじり座屈パターンの折紙の1段部分だけを金属(具体的には、ばねやシャフトといった機械要素)に置き換えてみることにした。上下2枚の六角形の部品を、折紙の折り目に相当する長いシャフトと短いシャフトでつなぐ。この時、長いシャフトと短いシャフトは、垂直ではなく、ねじり座屈パターンの折り目のように斜めにする。

課題はこれだけなのだが、機械要素を用いることによって生じる摩擦の影響や、予期しない方向への変形を抑制しながら、長短のシャフトの長さや硬さがどのようなバランスであれば座屈パターンが出現させられるかの試行錯誤を続けた。何度も失敗を繰り返し、最新バージョンは長短3本ずつの計6本のシャフトを使い、長いシャフトは力を加えられたとき(ねじられたとき)に伸びるばねを、短いシャフトは逆に縮むばねを用いることで、ねじり座屈の挙動をより正確に再現できている。

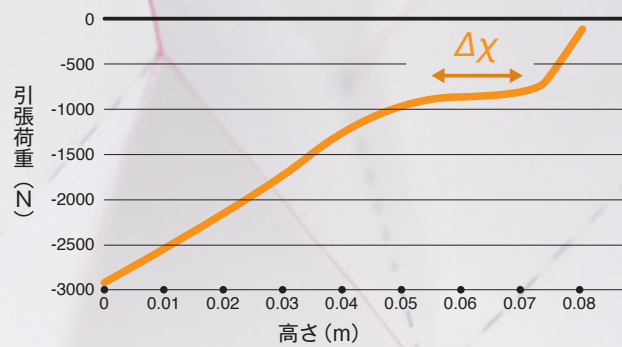
ねじり座屈の挙動が防振とどのような関係があるのか。それは、自ら潰れるように変形する「負のばね定数を持つばね」として働く領域を利用するのである。



図表3 トラス構造の展開収縮時の荷重-変異曲線



図表4 トラス構造に垂直なばねを付加した構造 (提案する防振器) の展開収縮時の荷重-変異曲線



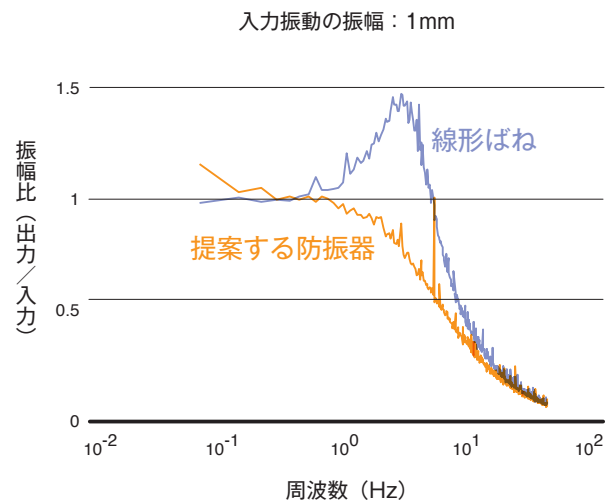
できた金属製ねじり座屈パターンの負のばね定数をちょうどキャンセルするような正のばね定数を持つコイルばねを垂直に取り付ける。同じように上から力を加えた場合、荷重と変位がどのように変わるかを検証してみると、ねじり座屈で見られた限界点を超えて自ら折り畳んでいくような動きがなくなる代わりに、負のばね定数領域がちょうどキャンセルされて、ばね定数がゼロとなる領域が生まれることが分かる。それをグラフにしてみたのが図表4だ。

そして図表にある矢印の領域に注目してほしい。ここでは、機械にかかる力は変位していないことを意味している。

「ばね定数がゼロとなる“静的平衡点”においては、一方に振動が加わっても、他方で感じる力は変わりません。つまり、車で例えると、タイヤに路面からの振動が加わっても、乗客は下から突き上げられる力を感じない。地震で例えると、地震そのものを止めることはできず、地面は揺れるけれども、建物の中にいる人にはその力は伝わらず、振動を感じないということを意味しています」と石田講師。

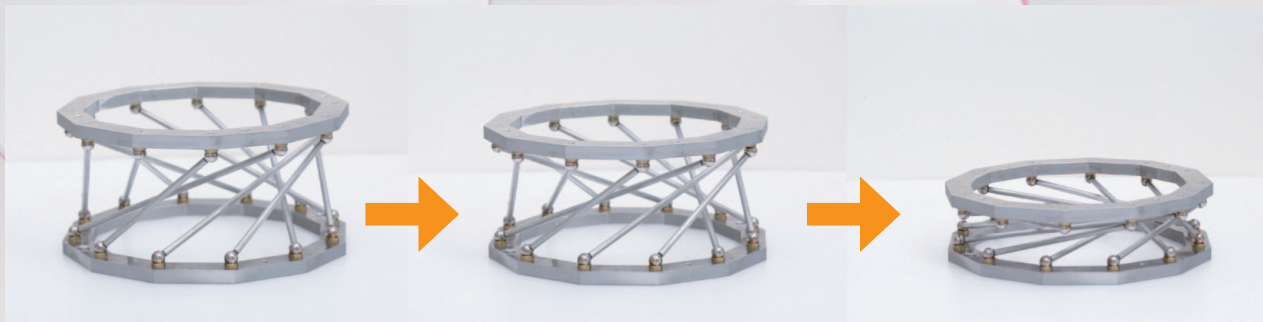
「このように、ねじれ座屈パターンとコイルばねを組み合わせて、ばね定数がゼロとなる領域を生むというのが、折紙の構造を用いた防振原理です。実は、ねじれ座屈パターンのように、負のばね定数を持つ構造として皿ばねという機械要素が知られているのですが、皿ばねは振動の揺れを大きくとることができません。一方で、ねじれ座屈パターンは、折り畳まれた状態から展開された状態まで大きく形を変化させることができますから、ある程度大きな揺れであっても大丈夫です。ここに、折紙の構造を用いる利点と発見がありま

図表5 加振シミュレーションによる提案する防振器と線形ばねの振動応答特性の比較



出所 図表3～5「折り紙の展開収縮構造を用いた防振機構」(石田祥子) [日本機械学会誌] 2016.10 vol.119 No.1175





ねじり座屈パターンによる防振器のモデル。高→中→低と変化する。

す」(石田講師)

折紙に秘められたねじり座屈にコイルばねを加えることで、振動研究に新たな知見が得られたのである。それは同時に、この発見を生かせば有力な防振機構を開発できることの証左でもあった。

### ゆっくりとした揺れ 縦揺れに強い防振装置を開発できる

ねじり座屈パターンをベースにしてばね定数がゼロになる、つまり振動が生じていても振動を伝えない構造は、除振台や輸送機器のシートサスペンションなどへの応用が考えられている。画期的なのは、「ゆっくりとした揺れや、縦揺れなどの地震波に強い防振機構」を生み出す糸口になることだ。

防振装置では、空気ばねや防振ゴム、ダンパーがよく知られ、地震対策としても免震ダンパーが普及している。しかし防振ゴムやダンパーは、速い振動(高い周波数)や横の揺れには効果を発揮するものの、ゆっくりとした振動(低い周波数)や縦の揺れには効かないという難があった。しかし、石田講師が試作した座屈パターンを取り入れた防振機構は、従来の課題を補完できる可能性がある。

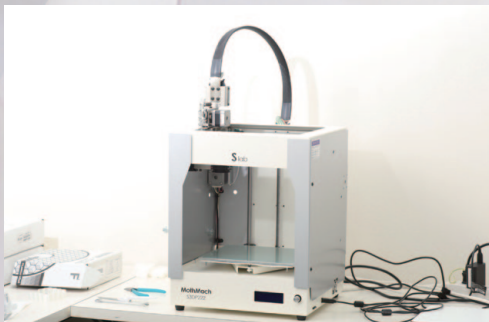
まず、防振原理がうまく働き、防振効果を得られるかの確認のため、数値解析を行った。防振機構に振動を与え、防振効果の指標となる振幅比を周波数帯域別に見ると、広い周波数帯域で振幅比が1以下に抑えられていた。地震の免震でいえば、ゆっくりとした揺れでも速い揺れでも、その震動を抑えられるということだ。ばね定数がゼロということは、理論上、共振は起

こらないため、コイルばねに見られるような共振して出力が急増する鋭い共振ピークも現れなかった(前頁、図表5)。

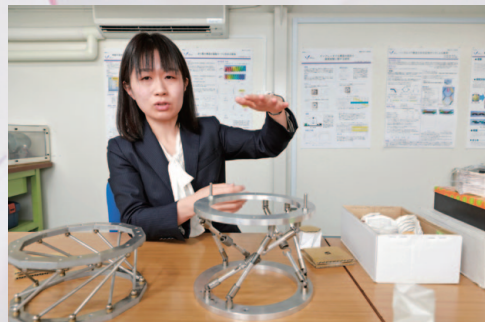
次に行うべきは、実験である。石田講師は、実用化を前提とした防振器を作り、検証してみることにした。実験では東日本大震災の際に茨城県日立市で観測された地震波のうち、高さ(縦)方向のデータのみを防振器に下から与え、防振器の上部での応答値を測定した。すると6Hz以上の周波数域、つまり速い速度で縦方向に揺れる振動域で揺れが大きく低減されるのが確認された。

「試作した防振機構では6Hz以下の振動に対して防振性能を発揮していませんが、高周波数域では、予想通りの好結果でした。ばね定数はゼロが理想ですが、実際には厳密にゼロにすることはできません。そのため、低周波数域でわずかな共振が起き、防振できませんでした。この問題は、より精密に防振器を製作することで改善できると考えています。また、ばね定数ゼロの防振原理では、防振できる周波数域は広くとれても、防振できる荷重域が限定されていたのですが、コイルばねを組み合わせる位置を変えるだけで防振できる荷重域を拡張できることが実験的に確認されました。一台の防振器でも、広い周波数域と荷重域をカバーし、さらに設計変数の異なる防振機構を複数台併用すれば、防振可能領域はさらに拡張できるでしょう」(石田講師)

現実的には、横揺れや速い揺れへの対策としてダンパーを備え、縦揺れやゆっくりとした揺れには石田講師が試作した防振機構を併用したりするアイデアがあるという。しかも試作した機構は、加わった振動を感



3Dプリンターでさまざまな構造の試作を行う



知して応答を制御するフィードバック型ではなく、防振器単体で利用できる自己完結型のものだ。このため実用化の際には、装置を簡略化でき、動力源も要らない。関連する設備開発や投資を抑制できるメリットもある。

石田講師によるねじり座屈パターンの力学的特性の解明や、ねじり座屈パターンと防振を結び付ける斬新な視点は、従来の防振機構が抱えていた課題の解消に道筋を付けるものとなった。

## 物理現象の理解に 「折紙の視点」が入る面白さ

石田講師は、京都大学大学院工学研究科の修士課程を修了した後、大手タイヤメーカー、日本ミシュランタイヤ株式会社に入社した。タイヤの開発技術者として、タイヤの音や振動を減らす研究を続けていた。しかし入社から数年が経ち、経験を積むにつれ、「研究者として、新しい技術や製品を生み出すブレイクスルーになるアイデアを模索していた」という。

ちょうどその頃、折紙工学を推進していた東京工業大学の萩原一郎教授（現・明治大学特任教授）と知り合う機会があった。さらに、京都大学時代の恩師である野島教授との再会が石田講師の大きな転機になる。「折ることで、構造をコンパクトにするだけでなく、構造に新しい機能や特性が出現するのに興味を持ちました。同じ材料でも、折りパターンを変えるだけで、硬い構造や柔らかい構造を設計できます。折りパターンを解明すれば、防振機構のように新しい機能、付加価値を創造することもできるのです。ブレイクスルー

につながる可能性を秘めた折紙工学の魅力と不思議さのとりこになりました。私自身の物理現象の理解に折紙という視点が入り込んだのです」（石田講師）

大学研究者として転身の後、2016年には科学技術分野の文部科学大臣表彰「若手科学者賞」や日本機械学会機械力学・計測制御部門パイオニア賞を受賞。今回紹介した防振機構をはじめとした折紙の工学応用に関する研究で、米国機械学会、日本機械学会などで研究成果を発表している。

防振機構の次なる研究課題は、より容易に実用化を図り社会実装することだ。例えば石田講師が開発した機構は、ばねやシャフトといった機械要素を組み合わせているため、構造が複雑かつ重くなってしまうが、コイルばねでなく空気ばねに置き換えても防振効果は確保できると推測されている。空気ばねに置き換えられれば防振の構造物全体を簡略にできるという。

石田講師は、「これまでの折紙工学の成果は、ミウラ折りの太陽光パネルに象徴的なように一点物であり、応用される分野も限られていました。まだまだ折紙の構造の機能性が知られていないのだと思います。折紙工学の知見を基に、さまざまな研究者と結び付き、これまでにない発想で課題を解決することが世の中への貢献であると思います」と語る。

熨斗<sup>のし</sup>や婚礼で使われる雄蝶・雌蝶も折紙のルーツの一つだという。折紙は世界のどこでも楽しまれているが、日本の折紙は、日本人の美意識を背景に圧倒的な芸術性を備えて今に伝えられてきた。そこには新しい科学の扉を開く可能性も秘められていた。まるで「歴史からの贈り物」であるかのように、だ。

# 「2018年度 著書出版・海外学会等 参加助成」および 「第8回Nextcom論文賞」受賞者

## 2018年度 著書出版助成 受賞者 (五十音順) 助成金：各200万円

本助成は、情報通信に関する社会科学分野の学術出版を助成し、優れた研究成果の公的な流通を支援するものです。受賞者は、Nextcom監修委員会の推薦に基づき、公益財団法人KDDI財団が決定しています。2018年度は、以下の方々が受賞し、2019年2月12日に決定通知書が交付されました。

浅井 澄子 氏 (あさい すみこ) 明治大学 政治経済学部 専任教授

書名 『書籍市場の経済分析』

概要 情報通信技術の書籍市場への影響、ジャンル別書籍需要と価格の決定要因ならびに日米比較、書籍の購入パターン、販売と図書館との関係についての実証分析を通じ、日本の書籍市場の特徴と問題点の指摘、改善策を提言。



菊盛 真衣 氏 (きくもり まい) 立命館大学 経営学部 准教授

書名 『インターネット・クチコミと消費者行動』

概要 現代の消費者にとって重要な情報源であるインターネット上のクチコミ (eクチコミ) が、情報の受け手である消費者にいかなる影響を与えているのかをマーケティングおよび消費者行動の観点から分析。



寺田 麻佑 氏 (てらだ まゆ) 国際基督教大学 教養学部 准教授

書名 『先端技術と規制の公法学』

概要 情報通信分野の規制機関の在り方や先端技術への行政の関わり方について、公法学の観点から分析を行い、政策提言を行うもの。先端技術を巡る国家の役割や行政組織と技術の在り方等について提言した上で、先端技術が関係する社会のさまざまな変化を捉え、個人情報保護等、欧州等の議論も紹介し、政策提言。



## 2018年度 海外学会等参加助成 受賞者 (助成決定順)

海外で開催される情報通信に関わる国際会議、シンポジウムなどに参加する方を主な対象に、渡航費用などを助成するものです。受賞者はNextcom監修委員会の推薦に基づき、公益財団法人KDDI財団が決定しています。2018年度の受賞者には、以下の3名の方々が決定され、2019年2月12日に決定通知書が交付されました。



● 遠山 紗矢香 氏  
(とよま さやか)

静岡大学 情報学部 助教

対象学会: Constructionism 2018  
(2018年8月20日~25日 リトアニア)



● チェン, ジョン・ウィリアム 氏  
(CHENG, John William)

早稲田大学 政治経済学部 講師

対象学会: 29th European  
Conference of the International  
Telecommunications Society  
(2018年8月1日~4日 ドイツ)



● 劉 佳 氏  
(りゅう か)

国立政治大学(台湾) コミュニケーション  
/メディア 博士後期課程

対象学会: PTC(Pacific  
Telecommunication Council)2019  
(2019年1月20日~23日 米国ハワイ  
州)

## 第8回Nextcom論文賞 受賞者 副賞: 30万円

Nextcom論文賞は、若手研究者の方々を奨励するために設けられています。第8回の受賞者は、2017年12月のWinter号(Vol.32)から2018年Autumn号(Vol.35)までの1年間に、本誌に掲載された、45歳以下の著者による論文を対象に、Nextcom監修委員会が選考・決定しました。受賞者には、2019年2月12日、株式会社KDDI 総合研究所から表彰状と副賞(30万円)が授与されました。

大木 良子 氏 (おおき りょうこ) 法政大学 経営学部 准教授

受賞論文 「オンラインプラットフォームと競争」  
(Nextcom Vol.33, pp12-21 掲載)

概要 二面性とデジタル、二つの特性がオンラインプラットフォーム産業における市場支配力の形成の可能性も高めている一方で、イノベーションの実現頻度も高めている。オンラインプラットフォームの静学的・動学的競争の仕組みを理解し、蓄積されつつある事例を丁寧に分析し議論することは、見通しのよい競争のルール作りにつながる。



# 「Nextcom」 論文公募のお知らせ

本誌では、情報通信に関する社会科学分野の研究活動の活性化を図るため、新鮮な視点を持つ研究者の方々から論文を公募します。

## 【公募要領】

**申請対象者：**大学院生を含む研究者

\*常勤の公務員（研究休職などを含む）の方は応募できません。

**論文要件：**情報通信に関する社会科学分野の未発表論文（日本語に限ります）

\*情報通信以外の公益事業に関する論文も含みます。

\*技術的内容をテーマとするものは対象外です。

およそ1万字（刷り上がり10頁以内）

**選考基準：**論文内容の情報通信分野への貢献度を基準に、Nextcom 監修委員会が選考します。  
（査読付き論文とは位置付けません）

**公募論文数：**毎年若干数

**公募期間：**2019年4月1日～9月10日（書類必着）

\*応募された論文が一定数に達した場合、受け付けを停止することがあります。

**選考結果：**2019年12月ごろ、申請者に通知します。

**著作権等：**著作権は執筆者に属しますが、「著作物の利用許諾に関する契約」を締結していただきます。

**掲載時期：**2020年3月、もしくは2020年6月発行号を予定しています。

**執筆料：**掲載論文の執筆者には、5万円を支払います。

**応募：**応募方法ならびに詳細は、以下「Nextcom」ホームページをご覧ください。

**その他：**1. 掲載論文の執筆者は、公益財団法人KDDI財団が実施する著書出版助成に応募することができます。  
2. 要件を満たせば、Nextcom 論文賞の選考対象となります。  
3. ご応募いただいた原稿はお返しいたしません。

「Nextcom」ホームページ

<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/support/>

問い合わせ先：〒102-8460 東京都千代田区飯田橋3-10-10 ガーデンエアタワー  
株式会社 KDDI 総合研究所 Nextcom 編集部

# 2019年度 著書出版・海外学会等 参加助成に関するお知らせ

本誌では、2019年度も公益財団法人KDDI財団が実施する著書出版・海外学会等参加助成に、候補者の推薦を予定しています。

## 【著書出版助成】

**助成内容：**情報通信に関する社会科学分野への研究に関する著書

**助成対象者：**過去5年間にNextcom誌へ論文を執筆された方\*

**助成金額：**3件、各200万円\*\*

**受付期間：**2019年4月1日～9月10日（書類必着）

## 【海外学会等参加助成】

**助成内容：**海外で開催される学会や国際会議への参加に関わる費用への助成

**助成対象者：**情報通信に関する社会科学分野の研究者（大学院生を含む）\*

**助成金額：**北米東部 欧州 最大40万円 北米西部 最大35万円 ハワイ 最大30万円  
その他地域 別途相談（総額300万円）\*\*

**受付期間：**随時受付

\*常勤の公務員（研究休職などを含む）の方は応募できません。

Nextcom誌に2頁程度のレポートを執筆いただきます。

\*\*助成金額が上限に達し次第、受け付けを停止することがあります。

**推薦・応募：**いずれの助成もNextcom監修委員会において審査・選考し、公益財団法人KDDI財団へ推薦の上、決定されます。

応募方法ならびに詳細は、以下「Nextcom」ホームページをご覧ください。

「Nextcom」ホームページ

<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/support/>

問い合わせ先：〒102-8460 東京都千代田区飯田橋3-10-10 ガーデンエアタワー  
株式会社 KDDI総合研究所 Nextcom編集部

## 彼らの流儀はどうなっている？ 執筆：影山 龍一郎 絵：大坪 紀久子

遺伝子発現はどのように起こるのか。

遺伝子の種類だけでなく、リズムに情報がコードされていた。

# 細胞が持つ 不思議な コミュニケーション能力



## 遺伝子発現の リズムと 情報コード

個々の遺伝子には、原則として1種類の蛋白質(実際に機能を発揮する物質)の情報がコードされている。遺伝子情報が読み取られて蛋白質が作られることを生物学の分野では「遺伝子が発現する」という。このとき、遺伝子の種類だけでなく、その量も重要な情報となる。例えば、インスリン遺伝子の場合、その発現する量に比例して血糖値が低下する。最近になって、ある種の遺伝子発現には量の多い少ないだけでなく、リズムも重要ということが分かってきた。発現量が増減を繰り返す(振動する)ことが重要で、その振動の周期に情報がコードされているのである。例えば、遺伝子発現の振動の周期が変わることで細胞の増殖スピードが変わったりすることが知られている。私たちのグループは分節時計と呼ばれる体



1957年生まれ。京都大学大学院医学研究科博士課程修了。京都大学医学部助教授などを経て、1997年12月より現職。医学博士。専門は発生生物学、幹細胞生物学。哺乳動物の形成について研究している。2018年紫綬褒章受章。



節形成に関わる生物時計の研究を行っているが、ここでも遺伝子発現の振動が非常に重要であることが分かってきた。

## 同期する細胞集団

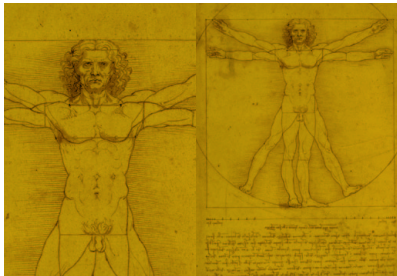
私たちの体は、脊椎骨、肋骨、骨格筋（胸筋や腹筋）のように節状の組織で形作られている。これらは全て体節と呼ばれる節状の組織から分化してくる。体節が癒合すると脊椎骨や肋骨も癒合する。脊椎骨が癒合すると低身長になり、体が曲がらなくなる。また、肋骨が癒合すると胸郭が小さくなり、肺が十分に広がらないため呼吸不全に陥り、死に至る。体節は、胎児期に頭側から尻側へと順番に一つずつ形成される（この過程は分節と呼ばれる）。ヒトの場合は5～6時間ごとに、マウスの場合は2時間ごとに一つずつ体節が形成される。この周期性はHes7と呼ばれる遺伝子によって制御される。Hes7の発現は体節

形成と同じ周期で振動しており、振動を加速化すると、体節形成も加速化する（周期が短くなる）。また、Hes7の発現が全くなくなると体節は全て癒合し、出生直後に致死となる。逆に、Hes7の発現が持続的になっても体節は全て癒合してしまう。マウスの場合、約2000個の細胞集団が一つの体節を形成するが、この集団全体は同じタイミング（位相）でHes7の発現が振動する（同期振動）。次の体節を構成する細胞集団は、約180度ずれた位相で同期振動する。この振動の位相が集団内の細胞間でずれると、体節は奇麗に分かれず、癒合してしまう。従って、細胞集団全体で同期振動することが非常に大事である。

## 指揮者はいずこ？

それでは、いかにして約2,000個の細胞集団が同期振動するのであろうか？ 残念ながら、この問題はまだよく分かっていない。

この細胞群は不思議な能力を持っており、いろいろな位相の細胞を混ぜても、1～2周期のうちに全体で同期するようになる。指揮者がいなくても全体がすぐに同じ位相に同期してしまうのである。個々の細胞は、おそらく隣接する数個の細胞と同期するように連絡し合っているが、これだけでこんなに速く集団全体の振動が同期化するメカニズムがよく分からないのである。細胞間の位相情報のやりとり（情報伝達）にかかる時間も重要で、この時間を遺伝子操作によって長くしても短くしても、途端に振幅が減弱し、極端な場合は振動がほとんどなくなってしまふ（定常発現になる）。このような細胞間の情報伝達のメカニズムが明らかになれば、細胞集団の秩序だった機能制御技術（例えば幹細胞から組織や臓器を構築する技術）の開発につながり、将来の再生医療への応用が期待される。



医学はサイエンスに支えられたアートである。

……ウィリアム・オスラー

# 手短かに願います

高橋秀実

歳をとると話が長くなる。繰り返しや重複が多くなり、話が回りくどくなる。高齢の方々を取材しているとつくづくそう感じるのだが、かく言う私も人に何かを訊かれると返答が長くなっている。自省するに、一からきちんと説明したい、人生経験を踏まえて多少の<sup>うんちく</sup>蘊蓄も垂れたいという欲求があるのだが、聞かされる側からするときっと迷惑なのだろう。かの『徒然草』も「ことば多からぬ」ことを勧めているし、貝原益軒の『養生訓』にも老人の心得として「言(ことば)すくなく」\*1とアドバイスしている。簡潔に語り、怒らず、<sup>とが</sup>咎めず、恨まず、悔いなきことが、養生の基本なのである。

105歳で天寿をまっとうされた日野原重明さんは長寿の医師として尊敬を集めていたが、「話」という点では真似しないほうがよいのではないかと私は思う。なんでも「90歳ともなると、気兼ねをせずに、言いたいことを何でも言えるようになってきま

す」\*2とのことで、「医療上のミスも起きるものなのです」などと発言していた。確かにそうかもしれないが、実際にミスが起きた時、患者からすればこの発言は責任逃れの暴言となってしまう。

ちなみに彼の座右の銘は米国の内科医、ウィリアム・オスラーの「医学はサイエンスに支えられたアートである」。通常、日本で「アート」は「芸術」と訳されるので、これも失敗を正当化するように聞こえる。患者はアーティストに<sup>ひんしゆく</sup>素材を提供をするかのようで<sup>ひんしゆく</sup>響きを買う危険すらある。もちろんそんな意味ではなく、「アート」とは医術のことであり、医師は「肉体ではなくて心や魂、それから疾病そのものではなく、病む人の心を見ます」\*3という高尚な宣言である。先生の講釈によると「disease(病気)」と「illness(病人)」を明確に区別し、医師はdiseaseよりillnessを診るべし。歴史を遡ると、かつて医療は患者に手を当てたり祈ったりするものだった。病む人を癒

article: **Hidemine Takahashi**

ノンフィクション作家。1961年横浜生まれ。東京外国語大学モンゴル語学科卒業。

『ご先祖様はどちら様』で第10回小林秀雄賞、「弱くても勝てます」開成高校野球部のセオリー』で第23回ミズノスポーツライター賞優秀賞受賞。

他の著書に『からくり民主主義』『損したくないニッポン人』『不明解日本語辞典』など。近著に『定年入門 イキキしくなくちゃダメですか』(ポプラ社)。

やすための医術が、科学の進歩によって人ではなく病気そのものを対象とするようになり、延命ばかりが重視されるようになってしまった。ゆえに「アートとしての医学」を忘れてはいけない、患者さんに人として向き合い、コミュニケーションを大切にしてください、という教えなのである。

「医は仁術なり」(『養生訓』)

ではないか、と私は思った。注釈が必要なオスラーの言葉よりこちらのほうが簡潔で有り難味を感じられる。言いたいことより、聞き易い言葉。それもひとつの「アート(術)」ではないだろうか。

\*1『養生訓・和俗童子訓』貝原益軒著 岩波文庫 1961年

\*2『生きかた上手』日野原重明著 ユーリーク 2001年

\*3『日本内科学会雑誌』第103巻第9号 平成26年9月10日

#### 背景

医学教育の基礎を築いたカナダ人医師・ウィリアム・オスラー(1849～1919年)は、基礎と臨床、科学とアートの両面の重要性を説く講演をしばしば行った。この文言はオスラーの講演集『平静の心』(医学書院)にあり、同書の訳者である日野原重明は座右の銘としていた。

## 編集後記

世界保健機関(WHO)は、健康を「肉体的、精神的、社会的に満たされた状態」とし、「病気ではない、弱っていない」だけでは健康とは呼べない、という興味深い定義を掲げています。読者の皆さまには思い当たる節はありませんでしょうか？

今後はICTに裏付けられた次世代医療の発展に伴い、あらゆる疾患に対して、一人一人に合った予防策や治療法が示されることでしょう。病院のお世話になるような事態をできる限り避けるためにも、それぞれが高い健康意識を持ちたいものです。

次号の特集は、「ガス事業(仮)」を予定しています。ご期待ください。

(編集長 しのはらそうべえ)

Nextcom(ネクストコム) Vol.37 2019 Spring  
平成31年3月1日発行

### 監修委員会

委員長 菅谷 実(白鷗大学 経営学部 客員教授/  
慶應義塾大学 名誉教授)  
副委員長 辻 正次(神戸国際大学 経済学部 教授/  
大阪大学 名誉教授)  
委員 依田 高典(京都大学 大学院 経済学研究科  
(五十音順) 教授)  
川濱 昇(京都大学 大学院 法学研究科 教授)  
田村 善之(北海道大学 大学院 法学研究科  
教授)  
舟田 正之(立教大学 名誉教授)  
山下 東子(大東文化大学 経済学部 教授)

発行 株式会社KDDI総合研究所  
〒102-8460 東京都千代田区飯田橋3-10-10 ガーデンエアタワー  
TEL: 03-6678-6179 FAX: 03-6678-0457  
URL: www.kddi-research.jp

編集協力 株式会社ダイヤモンド社  
株式会社メルプランニング  
有限会社エクサピーコ(デザイン)  
印刷 瞬報社写真印刷株式会社

本誌は、わが国の情報通信制度・政策に対する理解を深めるとともに、時代や環境の変化に即したこれからの情報通信制度・政策についての議論を高めることを意図しています。ご寄稿いただいた論文や発言などは、当社の見解を示すものではありません。

- 本誌は当社ホームページでもご覧いただけます。  
<https://rp.kddi-research.jp/nextcom/>
- 宛先変更などは、株式会社KDDI総合研究所Nextcom(ネクストコム)編集部にご連絡をお願いします。(Eメール: nextcom@kddi-research.jp)
- 無断転載を禁じます。

株式会社 KDDI総合研究所 <http://www.kddi-research.jp>

ISSN 2434-6233

