

DMIL Journal

Vol.1



一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab.

デジタル医療の 新しい潮流が始まる

DMIL 代表理事

東邦大学大学院 消化器外科学講座 教授

東邦大学大学院 臨床腫瘍学講座 教授

島田 英昭



一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab. (DMIL) は、医師とビジネスパーソンが共に、デジタル医療およびデジタルヘルスケアについての理解を深め、地域や専門領域を越えて交流する場を提供するために 2021 年に発足しました。私たちの学術組織では、デジタル医療およびデジタルヘルスサービスの発展が、医療に関わる取り組みに活かされることで、より多くの人々の命が救われる社会の実現を目指しています。発足後は、1～2 か月に 1 回の WEB 講演会を企画して、医師とデジタル医療開発企業との双方向的なディスカッションの場を提供しています。この WEB 講演会を通じて、デジタル医療およびデジタルヘルスケアの開発や研究において、成果の妥当性などについての議論や、将来的な進展が期待される最新の動向について学ぶことで、デジタル医療技術のみならず、医師会や厚生労働省の方針、声明、動向など、絶え間なく変化するデジタル医療に関連する法整備や規制について学んでまいりました。また、年に 1～2 回の頻度で FACE to FACE の講演会を開催し、学術とビジネスの融合を図ってきました。

ちょうど新型コロナウイルスの感染拡大の時期に一致したことで、デジタル医療への関心が高まり、同時に企業での種々の技術開発が進んでいます。介護・福祉・医療システムを担う人的資本は、人口減少と高齢化の急速な進展の影響で、従来の社会システムをこのまま維持することが困難となりつつある状況です。マイナンバーカードやスマートフォンを利活用したデジタル医療はこれからの日本社会にとって必要不可欠であることは自明ですが、まだまだ個々人の医療支援における利点が活かされているとは言えない状況です。私たちの学術組織の活動を通じて、臨床医の視点から今後の中長期的なデジタル医療の需要を分析し、技術開発を担う企業との共同研究を活発化させることができれば本望です。

この度、当初からの計画通り、デジタル医療およびデジタルヘルスケアの取り組みや各医学分野への展開、未来の医療に対する展望について議論する場として学術ジャーナル「DMIL Journal」を発刊することとなりました。第 1 号として、これまでの WEB 講演会あるいは現地開催講演会でご講演いただいた企業を中心として、最新のデジタル医療情報を発信していただくこととなりました。このジャーナルを通じて、学術的にもさらに質の高い組織として発展することを期しております。

INDEX

- P.4 | 医学情報の受け手としての医師を支える AI 技術と、
生成 AI が見せる革新の可能性
安藤 孝太
- P.12 | 画像ファイリング機能付き手持ち細隙灯顕微鏡
Smart Eye Camera を用いた在宅医療現場での活用事例
西村 裕樹, ケムラニ ローハン, 中山 慎太郎, 清水 映輔
- P.16 | VR を活用した医療人材育成の可能性：
新たな教育ソリューションの提案
岸 敬介
- P.22 | 高精度生体情報モニタリングのための半導体技術
西村 晶夫
- P.29 | 不動産と医療の融合による新たなビジネスモデルの創造
渡辺 鷹秀, 湯藤 善行

編集委員長 島田 英昭 (一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab. 代表理事 /
東邦大学大学院 消化器外科学講座 教授 /
東邦大学大学院 臨床腫瘍学講座 教授)

編集委員 近江 禎子 (東京慈恵会医科大学 麻酔科 客員教授)
鈴木 昭広 (自治医科大学附属病院 麻酔科 周術期管理担当 教授)
市川 仁志 (慶應義塾大学 予防医療センター 専任講師)
横田 将 (ふくろう内科クリニック 院長)
磯谷 善隆 (東京大学病院 循環器内科)

DMIL 運営事務局

医学情報の受け手としての医師を支える AI技術と、生成AIが見せる革新の可能性

安藤 孝太
ニヒンメディア株式会社

キーワード

生成AI/機械学習

顧客(受け手)中心

医療情報の提供・収集

日本の医療に合わせたユースケース

攻めのAI活用

概要

医療情報の提供は従来の「チャンネル中心」アプローチから、個々の医師のニーズに合わせた「受け手中心」のアプローチへとシフトする必要がある、そのためにはデータサイエンスの技術が不可欠となる。また、生成人工知能（AI）は医師の知識のインプットを効率化する可能性を秘めており、人間の自然言語処理技術の拡張により学習の量・質の飛躍的な向上が期待できる。しかし、日本の医療においては「日本語での処理精度の低さ」「医学的な情報の正確性の担保」などの課題があり、ニヒンメディア株式会社（以下、当社）はこれを解決するため、AIの基盤モデルの開発ではなくアプリケーション層の開発とユースケースの提供に取り組んでおり、精度100%ではなく活用度100%を目指す「攻めのAI活用」を目指している。

0. 序文

人工知能（AI）・機械学習の分野は日夜目覚ましい進化を遂げており、AI診断などの分野では実際の活用も進んでいる。他方、診断から治療までの全てのプロセスをAIが行うことは、少なくとも現時点では想定しがたく、最終的には医師の経験・知見に依存する部分が多い。その際、医師自身の知識のインプットにおいても同様の革新が望まれるため、AI・機械学習による学習効率の向上が議論され、実装されていくことだろう。しかし、こうした取り組みは地域や産業固有の課題の理解が求められるため、海外の基盤モデルの発展を待っているのみで実現されるものではなく、また、国内の伝統的な企業からは開発に伴うリスクの懸念から忌避されやすい。筆

者は、日本のスタートアップとしてニヒンメディア株式会社（以下、当社）がこの分野に取り組む意義は大きいと考えており、現時点での課題の理解、および解決への道筋をまとめたい。

本稿は3つの章から成り、第一章で、医療における情報提供というビジネスの文脈で注目されている「受け手中心」の考え方を紹介し、医師の主體的な情報収集について、ビジネスも含むエコシステムにおいてどのような体制が必要かを論じる。第二章では、前章で述べたヘルスケア企業からの情報提供に限らず、学術・臨床の文脈において医師が情報収集する際の課題を取り上げ、その解決策として生成AIが有用である可能性と、その活用を妨げる要素として基盤モデルに内在する課題について論じる。第三章では、前章で挙げられた「医学知識のイ

ンプット」に生成 AI を活用する際の課題を乗り越えるために当社が行っている取り組みを紹介する。特に、生成 AI の基盤モデルの開発ではなく、その上に構築されたアプリケーション層において、ユーザーである日本の医師特有の活用法に焦点を当てたソリューション開発について紹介したい。

本稿に述べることは経験豊かな先生方には釈迦に説法であり、必ずしも新たな知見を提供するものではない。目的としては、①医学とビジネスの接点を明らかにし、医学界で求められる価値を損なわず、かつビジネスとして行う意義を見出していくこと、②技術的に未熟な製品およびその背景の考えを表に出すことで、共感あるいは批判など、肯定的・否定的いずれであっても意見を寄せていただき、医学界とインタラクティブに取り組みを進めていくことを想定している。

この度は、第 1 号の DMIL 一般会員として学会誌の発刊を心からお祝いするとともに、執筆の経験のない筆者にこのような貴重な機会をいただいた DMIL 代表理事の島田英昭先生、DMIL 運営事務局長の小倉康孝氏、執筆に関して助言いただいた Doctors Next 編集部の安部重範氏、普段より DMIL の活動を支えられている学会員の先生方に感謝を申し上げます。

1. 「受け手中心」の医療情報提供の概念と、必要とされる取り組み

本来的に製品を Push して顧客に売ることが使命である企業においても、企業が伝えたい内容・タイミングを起点とするのではなく、顧客の主体的な関心を起点とした「顧客（受け手）中心」の考え方を重視するようになってきている。情報の発信主体と受け手が存在するという意味では、ビジネスにおけるコミュニケーションに限らず、あらゆる医療情報の発信・受容に共通して「受け手中心」の概念を論じる価値がある。また、概念や医師側の行動変容のみならず、技術的な基盤が備わることで、初めて医師にとっての情報のインプットの効率が向上する。本章では、ヘルスケア企業を例に「受け手中心」の考え方を紐解き、必要とされる技術に関し、特にデータサイエンスの面から述べる。

「受け手中心」の情報提供とは？

筆者は前職において、ヘルスケア企業・医療機器メーカーのコマーシャル部門に対するサポートを行い、中でもデータ分析・AI を用いた「受け手中心」の情報提供に注力してきた。

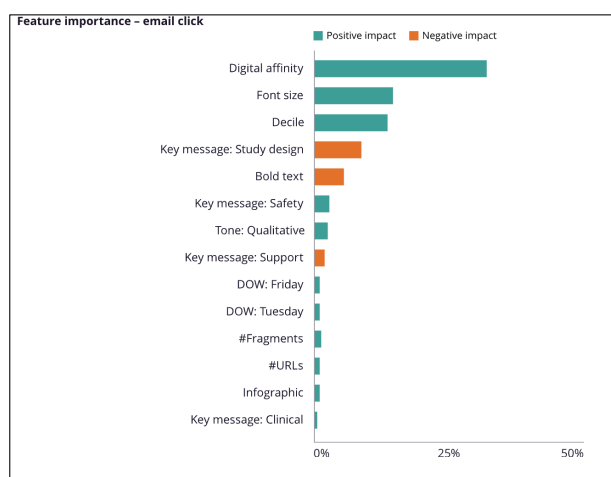
コマーシャル部門は開発・承認後の製品が市場に届くよう、営業担当者（MR）や講演会、メール、デジタル媒体などを通じて対象疾患や新製品の啓発および適正使用のための情報提供を行う。これらの媒体は「チャンネル」と呼ばれ、伝統的にはチャンネルごとに単一の情報資料を用意し、全ての医師に対して一律に届ける「チャンネル中心」の情報提供が行われてきた。この際、能力の高い MR は個々の医師の顔を見ながら話し方や内容を調整するが、近年は「医療用医薬品の販売情報提供活動に関するガイドライン」が設けられるなど、MR が話せる範囲が縮小している。また、個々の MR の経験に依存する部分も大きく、全社的な施策は困難である。

他方、医師のニーズは多様であり、説明の中で重視する内容、情報を求めるタイミング、情報を得やすいチャンネルなどは個人によって異なる。他の分野と変わらず、医療であっても情報提供の肝は、「最適な顧客に、最適なタイミングで、最適な内容を、最適な方法・チャンネルで届け、情報の価値を最大化すること」であり、その結果、最低限のリソースで処方意向の変化に繋がることが示されている¹⁾。

医師のニーズに合わせた情報収集のトレンド

個々の医師のニーズに合わせたパーソナルな情報収集体験を提供するためのトレンドが3つある。第1が「Push から Pull への転換」で、これは企業が届けたいタイミングではなく、医師が能動的に知りたいタイミングで必要な情報を取得できるようにすることである。現状、ヘルスケア企業のマーケティングの大部分が Push に注がれ、特にデジタルの情報提供では、発信の7割が関心の薄い医師に届けられていることが筆者らの調査により示されており、医師・企業の双方にとって望ましくない。臨床や勉強会など医師が情報を欲するきっかけがあり、情報を得るための行動を取った際に、医師が顕在的・潜在的に知りたい情報が提供されるべきである。

第2が「コンテンツの最適化」である。医薬品分野の資料はガイドラインに即して制作する必要があり、他業界と比べて自由度が低い。そのような中でも、複数の資料から個々の医師が重視する側面に合わせて選択する、またはコンテンツをモジュラーという複数のセクションに分け、医師ごとに組み合わせや順番のカスタマイズが行われる²⁾。また、ZS Associates社の調査では、情報の内容のみならず、フォントサイズや画像の数などがメールのクリック率に影響を及ぼすことが示されている(図1)³⁾。



▲ 図1. メールをクリック率に影響を及ぼす因子 (文献3より引用)

オムニチャネルの効果的な運用は人力では困難

第3が「オムニチャネルの実施」である。同じ情報であっても、MRや講演会、デジタルプラットフォームなどさまざまなチャネルが用いられる。Marshall McLuhanが唱えた「メディアはメッセージである」⁴⁾に象徴されるように、表現形式によって受け手側の理解も変容する。複数のチャネルを個別に運用することをマルチチャネルといい、これをさらに発展させて複数のチャネルを統合的に運用することをオムニチャネルと呼ぶ。

近藤・中見の『オムニチャネルと顧客戦略の現在』では、この概念は2011年からアメリカの小売業を中心に発展したものであることが語られている⁵⁾。例えば、顧客がオンライン上で商品の情報を収集しつつ、実店舗で試用し、オンライン上で注文して自宅へ配送するなど、顧客と企業とのコミュニケーションが多層的に行われて購入の意思決定・体験が形成される。ヘルスケア業界でも同

様の取り組みがなされ、MRが講演会の参加を促し、講演会の参加者にデジタルでフォローアップを行うなど、1人の医師との接点を点ではなく連続的な線で捉え、複数チャネルを統合することでより深い情報提供を行っている。また、チャネルもヘルスケア企業主導のものに限らず、医師間の口コミ、患者やコメディカルとの対話、検索行動など、該当する製品や疾患に関するあらゆるコミュニケーションを含む。

このように、個々の医師のニーズに合わせたパーソナライズされた情報収集体験の提供は、医師の能動的な情報の取得を起点としつつ、医師またはその先の患者のニーズを解析し、顕在的・潜在的に関心の高いタイミング・内容を正しく把握し、チャネル横断的に情報を届ける一連の営みにより可能となる。反対に、こうした営みなしには、有用な技術や情報が必要としている対象に届かない可能性もある。

これが経験と勤による人力ではなし得ないことは想像に難しくなく、現在はデータサイエンス技術とそれを支えるデータパイプライン構築や組織構造により成り立つ。特にヘルスケア業界では顧客データが充実しており、顧客単位の過去の営業・マーケティングデータ、施設・クリニック単位の処方データが入手でき、さらにレセプトなどのリアルワールドデータ(RWD)を扱う業者もあり、データサイエンスとの親和性が高い。近年適用されるデータサイエンスの例を挙げると、まず、自然言語処理を行い、資料へのタグ付け(カテゴリカルな変数への分類)や文章をベクトル化した上での内容の類似度計算など、コンテンツ側の整理を行う。その上で顧客の反応や処方方向の変化をデータ上で観測し、時系列上で各接点やコンテンツが与えた影響が機械学習により解析される。また、人間の脳を模した数理モデルであるニューラルネットワークを活用し、接点の連続性をパターン解析して有効なパターンを特定・予測することにより、複雑かつ個別の最適化の達成が試みられている。

2. 「医学知識のインプット」における生成AI活用の可能性と課題

前章ではビジネスの文脈から「受け手中心」の概念と、必要な技術的取り組みを挙げた。本章では、ビジネスの

みならず学術・臨床における情報の受容に話題を広げ、医師の主体的な関心に基づいた「知識のインプット」において、これまでの技術の進展を踏まえた行動変容、および現在生じている課題について述べる。さらに、この課題解決に寄与する技術として、前章で取り上げたAI・機械学習の活用の延長である生成AIの可能性を示唆し、生成AIの活用にあたっての課題を論じる。

知識のインプットにおいて 自然言語処理能力の拡張が必要

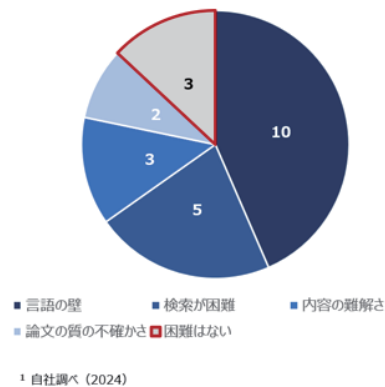
情報がデジタル上に移行したことで「情報革命」が起き、インターネットにアクセスできるあらゆる人が地理的な制約なく、世界中の情報にアクセス可能になった。米国立衛生研究所（NIH）が1990年代後半から手掛けるPubMedに代表されるように、医学文献もオンライン上で情報の発信・アクセスが可能となり、国内でもガイドラインがデジタル化し、さまざまなデジタル医療情報プラットフォームが登場するなど、医学分野においても情報のデジタル化が進展している。

これに伴い、検索機能が重要な役割を持つようになった。情報がデジタル上に置かれただけでは家の目の前に巨大な図書館が建っているに過ぎず、情報を活用するには入館して内容を1冊ずつ確かめる必要がある。その際、検索機能は司書の役割を果たし、関連が高そうな本のリストアップも行う。

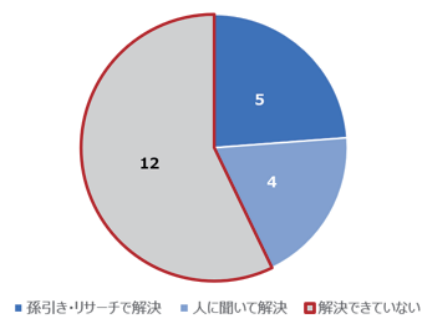
一方、アクセスできる情報量が増大したのに対し、本を「読む」行為は人間に依存するため、人間の処理能力、特に自然言語の処理能力がボトルネックとなる。サンプル数は少ないが、当社の調査でもこの傾向が示されており、「言語の壁」「内容の難解さ」などの「読む」段階での課題が大きな割合を占める(図2)。また、「検索が困難」という声も多かった。情報量の増大により検索の技量や英語力などが求められるケースがあるが、これらも人間の自然言語処理能力に起因する。

また、「医学生教育」という文脈ではあるが、「PubMedの登録文献数は2019年12月時点で3,000万を超えており、その中から適切に情報を得ることは、医学生にとって容易ではない」⁶⁾とされ、さらに言語の壁に関しても、英語での文献検索に課題を感じる学生の割合が76.9%とのデータが示された上で、「将来的に他のアジア諸国

医学文献を読む際の困難 (n=23)



困難の解決方法 (n=21)



▲ 図2. 医学文献を読む際に困難な点とその解決方法 (当社調べ)

と比べ、最新の医学情報を基にしたEBMの実施が困難となることも危惧される」と指摘されている。

医学は知識が成果に寄与する分野だが、「情報革命」に続く知識のインプットに関するブレイクスルーの達成には、人間の自然言語処理能力の拡張が求められる。乗り物が人間の足の外部拡張を、コンピュータが計算能力の外部拡張を達成したように、自然言語の処理能力(大脳)の外部拡張の達成には生成AIの活用が有効と考えられる。つまり、「探して、読んで、咀嚼する」という行為を生成AIが代替し、医師は「内容を確認し、吸収する」ことに注力することで、学習の量・質の飛躍的な向上が期待できる。

日本語対応の生成AIモデルは少なく 開発は高コスト

ただ、もちろん手放しに生成AIが使えるわけではなく、日本の医学における「知識のインプット」においては固有の課題もある。「日本」に関しては「日本語での処理精度の低さをどう乗り越えるか」が、「医学」に関しては「医学的な情報の正確性をどう担保するか」が挙

げられる。

「日本語での処理精度の低さ」については経済的な理由に起因する。多くの生成 AI モデルの開発の中心である英語圏から見た際、インド・ヨーロッパ語族の言語は成り立ちが比較的近似している一方、日本語は隔たりが大きい。自然言語処理においても、日本語が分かち書き（文章内で単語ごとに空白が空いていること）されておらず形態素解析（文章を最小の単位である形態素に細分化し、品詞などを判断する作業）の面で特異で、主語の省略や語順の自由度が高い。そのため、英語に適用される言語処理がインド・ヨーロッパ語族の言語にはある程度適用できるのに対し、日本語への適用は共有できる部分が少ないため、日本語モデルの開発はコストが高い。

また、日本語の固有性を考慮したモデルを開発したとしても、市場は日本の人口 1 億 2,500 万人に限られ、その他に拡大できるマーケットがない。日本企業にとってもこの点は課題であり、米国とグローバルを合わせた巨大な市場規模を見据えることができる米国企業と比べ、投資リターンが圧倒的に小さく投資に踏み切ることが難しい。加えて、日本市場における新技術の浸透スピードの遅さもあり、先進的な技術の実用化を検証する場として日本が選ばれにくい。

生成 AI モデルのマーケットプレイスである Amazon

最新モデル 2024/6/20時点	日本語	英語	スペイン語	フランス語	ドイツ語	ポルトガル語	イタリア語	オランダ語	韓国語	アラビア語	中国語
Amazon Titan Text Premier		○									
AI21 Labs Jurassic-2 Ultra		○	○	○	○	○	○	○			
Anthropic Claude 3	○	○	○	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
Cohere Command R+	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
Meta Llama 3 8B		○									
Mistral AI Mistral Large		○	○	○	○		○				
Stability AI Stable Diffusion XL 1.0		○									

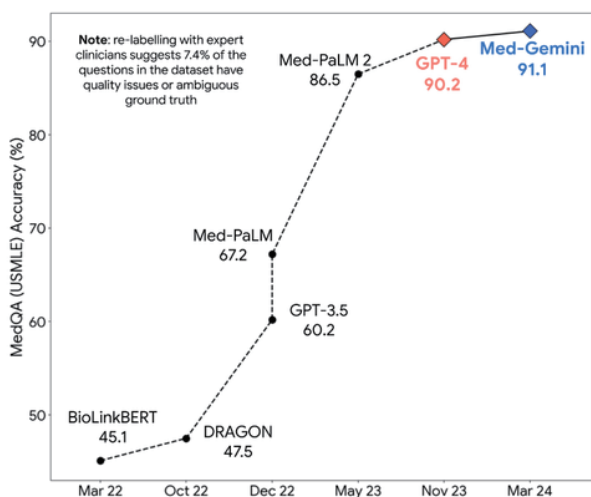
▲ 表 1. AWS Bedrock における対応言語

Bedrock で執筆時点の最新モデルを見ても、日本語に対応するモデルは少なく（表 1）⁷⁾、英語を用いなければ享受可能な技術が著しく制限されることがわかる。ジョンズ・ホプキンス大学の Jared Kaplan と Open AI 社が共同執筆した論文では、「言語モデルの性能がモデルサイズ、データセットサイズ、トレーニングに使用する計算量を増やすにつれて、スムーズに向上（筆者翻訳）」し、「他の 2 つの要素によってボトルネックになっていない場合、経験的な性能は個々の要素とべき乗の関係（筆者翻訳）」となることが示されており⁸⁾、仮に後発で既存の海外モデルと同等の基盤モデルを構築する場合も、小規模なリターンに比して海外モデルと同等の投資が必要とされ、容易ではないことが予想される。また、Anthropic 社 CEO の Dario Amodei も、AI モデルのトレーニングに必要なコストが指数関数的に増え、「今年後半または来年初めにリリースされるモデルのコストは、1 億ドルに近く（筆者翻訳）」、「2025 年と 2026 年には、コストは 5 ～ 10 億ドルに近づく（筆者翻訳）」との予想を示しており⁹⁾、技術の進展により基盤モデルの開発コストが低下するという楽観視もしがたい。

（文献 7 を基に筆者作成）

AIを用いた「医学知識のインプット」の課題とは？

「医学的な情報の正確性の担保」については、Google社などの先行企業が積極的に投資している分野である。その発展は図3のように目覚ましく、2024年5月に発表された最新モデル「Med-Gemini」では米国医師国家試験（MedQA-USMLE）の正答率が9割を超える¹⁰。与えられたインプットから確率的な判断を下すことはAIの得意分野であり、精度は今後も向上すると予想される。他方、実際に患者に相対して、統合的な判断と治療の決定・実施を行うのは医師であり、AIのサポートを受けるにせよ、あるいは受けるからこそ、よりいっそうの継続的な医学知識のインプットが求められる。



▲ 図3. 各生成AIモデルのMedQA-USMLE正答率
(文献10より引用)

AIを用いた「医学知識のインプット」の課題として、第1に、AIの精度が100%ではないことが挙げられる。今後も膨大な学習によりAIの精度が向上し続ける反面、100%の精度は達成しがたく、医学に関してはAIからのインプットを手放しで鵜呑みにできず、ソース、根拠、正確性などのチェックが常に求められる。EBMに基づくインプットを目的とする場合はなおさらで、AIの精度向上のみでは解決できない。第2が、AIモデルのトレーニングに最新情報が含まれていない点である。例えば、執筆時点ではChatGPT（GPT-4）は2023年4月までのデータが学習されているが、それ以降の情報は含まれていない。第3は、AIがユーザーである医師に対して補完的役割を果たす必要があるということである。つま

り、医師が知識をインプットするためにAI医師を生み出した場合、精度の面で優れていれば、博識な同僚のような役割を果たして知識のインプットに貢献できる可能性はあるが、大脳の拡張機能としてインプットの効率を劇的に向上させることへの貢献は薄い。

したがって、Med-Geminiのような医学に特化した基盤モデルの今後の活躍は疑いようがない反面、「医学知識のインプット」のユースケースでは、基盤モデルの精度向上のみでは「正確性の担保」という課題が解決されない。

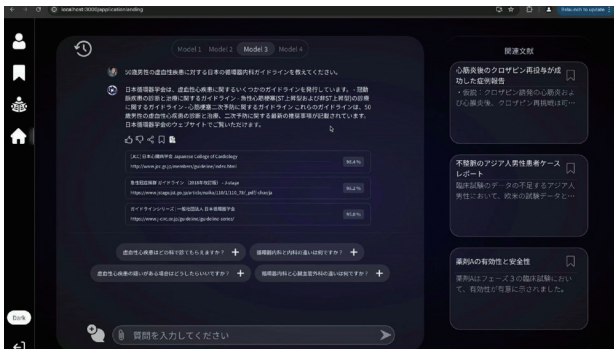
「日本語での処理精度の低さ」「医学的な情報の正確性の担保」という課題により、日本の社会課題の解決が遅れることは憂慮すべき事態であり、高い専門技術を持つ企業による基盤モデルの開発が待たれると同時に、別のアプローチによる課題解決が求められる。次章では、当社が基盤モデルの開発に依存せず、どのようにして日本の医学の「知識のインプット」に固有の課題解決に取り組んでいるかを紹介する。

3. 「知識のインプット」の効率化に向けた当社の取り組み

当社が取り組んでいるのは、「AIの基盤モデルの開発」ではなく、「アプリケーション層の開発およびアプリケーションを基としたユースケース開発・サービス提供」である。そして、アプリケーション層の開発を手掛ける上で重視しているのが、「精度100%ではなく、活用度100%を目指す」ことである。

前章で述べたように、時間がかかると想定される基盤モデルの開発を待たずに課題を解決するには、早い段階から日本および医学特有のユースケースを開発し、海外のモデルを援用しながらそれらをアプリケーション上で実現する必要がある。そのためにはヘルスケアとデータサイエンスに関わる技術が求められると同時に、個々の地域・産業特有の課題を理解し、個別の状況に身を置く顧客との対話を通して「使える」ソリューションを生み出すことが求められる。その後は順次アクセス可能な基盤モデルを組み込み、後追いで精度を高めていくことができる。

AI ベースの検索エンジンと 関連文献の推奨から成るアプリを開発



▲写真. 開発中製品の画面

当社が開発するアプリケーションは、生成 AI ベースの検索エンジンと関連文献の推奨から成る(写真)。生成 AI ベースの検索エンジンでは、キーワード検索ではなく特定の患者の状況や疾患といった文脈で、臨床あるいは研究における疑問を入力できる(当社では「Contextual search」と呼んでいる)。回答はモデルがトレーニングされた知識に基づいて 0 から「生成」するのではなく、まず質問と関連する信頼度の高いソースを検索し、透明性を保持した上でソースの情報に基づき回答を行う。また、基盤モデルの学習データの期間に依存せず、インターネット上の最新情報やユーザーがアップロードした内容に基づき回答する。これは LangChain というオープンソースのフレームワークの活用により可能となる。

関連文献の推奨では、個々の医師の属性、過去の検索、文献の閲覧情報などから、関心を寄せている可能性が高い文献を予測して推奨する。これにより、「能動的には調べないが、潜在的に関心の高い情報」を届けることができる。また、単に原文へのリンクを提供するのではなく、生成 AI による文献のサマリも提供するため、原文が読むに値するかの判断を助けることができる。さらに、当該文献に関する疑問に答えるチャットボットも備える。

「攻めの AI 活用」が可能に

「活用度 100%」を達成するため、「ソ

スの透明性を担保する」「各ソースの質問内容との関連度を計算することで、内容確認の優先度を示す」「回答する基盤モデルも複数の選択肢を用意し、各モデル固有の得手不得手を補完する」といった工夫をしている。これらにより、精度 100% の AI を待ち、それを盲目的に使用するという「守りの AI 活用」ではなく、常にエラーを想定しながらもそれを確認できる仕組みの下、ツールとしての AI を主体的に活用する「攻めの AI 活用」を可能にする。

同時に、試行錯誤の途中ではあるものの、基盤モデルに依存せず精度を向上させる取り組みも行っている。アプリケーションプログラミングインタフェース (API) を用いてプログラムを組む際、ユーザーインタフェース (UI) 上で入力するユーザープロンプトの上位にシステムプロンプトと呼ばれるプロンプトを設定し、そこでモデルに役割や事例を与えたり、モデルが出力した回答を自分で顧みて自己改善を行うように促したりするなど(自己改善プロンプト)、いくつかの工夫を行い、より有用な回答が得られることを確認している。また、基盤モデルの追加学習として、医学用語のトレーニングによる翻訳精度の向上も試みている。

実際に ChatGPT の Playground から得られた回答と、当社プラットフォームから得られた回答を比べたものが図 4 である。安全性の問題からおそらく意図的に設定されていると想定されるが、前者では医学的な質問に対して当たり障りのない一般的な回答がなされ、医師にとってはあまり有用ではない。他方、当社プラットフォームでは学術文献を基に回答し、ソースや関連度の表示によ

Q. 70代のマルファン症候群患者に大動脈置換手術を行ってもいいですか？

ChatGPT Playground

マルファン症候群は大動脈の拡張を引き起こすことがあり、手術が必要な場合があります。ただし、70代の患者に手術を行うかどうかは、個々の状況によって異なります。患者の全体的な健康状態や手術のリスクを慎重に評価する必要があります。医師と相談して、最善の治療法を見つけることが重要です。

弊社プラットフォーム

マルファン症候群患者の70代における上行大動脈の予防的手術置換は、手術リスクが低く、大動脈の破裂を防ぐことができることが示されています。テーセッド手術などの大動脈弁置換大動脈基部置換術は、マルファン症候群患者における大動脈置換手術と同等の結果を示しています。また、研究では、マルファン症候群患者が大動脈基部置換術を受けると、非手術的管理と比較して生存率が改善されることが示されています。

Outcomes of aortic root replacement in patients with Marfan...
関連度: 98%
A Look Back: How Far We've Come in Aortic Surgery for...
https://marfan.org/blog/a-look-back-how-far-weve-come-...
関連度: 97%
Long-term outcomes after aortic root replacement for...
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8743404/
関連度: 96%

関連文献:
1. Treatment of Aortic Disease in Patients With Marfan Syndrome
https://www.wahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR....
Elective prophylactic graft replacement of the in involved aortic segment is recommended if the interval increases in size are...

過去の実験結果に基づいて疑問に回答

回答の根拠となるソースを表示

疑問と各ソースの関連度を表示

▲図 4. 回答の比較(現在開発中であり、医学的正確性は担保しない)

り医師による確認をサポートしている。

テストに参加した医師からは「外来中に患者に質問されたときにすぐに回答しなければならないが、従来のソリューションでは患者の状況に合わせた詳細な検索を行うと最低10～30分かかり、患者に情報を提供できない。このプラットフォームであれば情報に1～3分でたどり着け、患者に提供できる」「意思決定のゴールと、そこに到達するまでの学習プランが瞬時に可視化され、効率率が劇的に向上する」「論文検索と生成AIに長けたごく少数の医師のみができていたことが、多くの医師でもできるようにする」などの声が寄せられている。

4. 結語—将来的な課題と展望

最後に、現在の取り組みの課題と将来的な展望を述べて締めくくりたい。

本稿で示した課題は日本固有のものではなく、特に言語や技術の壁による情報格差は他のアジア諸国でも課題となっており、日本のマーケットで十分な活用が示された場合、諸外国へ同プラットフォームを拡大するポテンシャルを秘めていると考えている（横方向への展開）。また、当社のビジョンとして、「顧客（受け手）中心の医療の実現」を挙げており、医学知識の提供にとどまらず、最終的には個々の医師・患者に合わせた医療サービス・患者ケアを提供できるよう、カバー範囲を拡大していく必要がある（縦方向への展開）。

なお、当社は顧問弁護士との綿密な相談を経て製品化を行っているが、AIと著作権に関する法的な課題も活発に議論されており、今後の動向を注視していく必要がある。ただし、著作権の根本が変わることはなく、上野・奥邨著『AIと著作権』の序文で「生成AIの出現と共に登場したとして、盛んに議論されている論点は、著作権法学的には、既視感があるものがほとんど」¹¹⁾と述べられている通り、基本的には従来と変わらず、落ち着いた対応が求められるだろう。

終わりに

紹介したプラットフォームは開発段階の未熟なものであり、試用した医師の声もまだまだ多くない。今後も寄せられた意見を参考にして、医学界に貢献できるよう改

善していきたいと考えている。試用・テストへの参加やアドバイス・批判、共同開発・研究など、どのような形式であってもかまわないので、もし当社の取り組みに興味を持っていただけた際には、是非お声掛けをいただきたい。

利益相反 (COI)

筆者はニヒンメディア株式会社の共同創業者である。

文献

- 1) Raymond Chan, Minyoung Kim, Franck Le Deu, et al. “Demystifying the omnichannel commercial model for pharma companies in Asia”. McKinsey & Company. 2022-01-05. <https://www.mckinsey.com/jp/en/our-insights/demystifying-the-omnichannel-commercial-model-for-pharma-companies-in-asia>, (参照 2024-06-20) .
- 2) “Modular Content for Life Sciences”. Veeva. <https://www.veeva.com/products/vault-promomats/modular-content/>, (参照 2024-06-20) .
- 3) Saby Mitra. “The intelligent content ecosystem is here. Is your organization ready?”. ZS Associates. 2023-09-14. <https://www.zs.com/insights/is-your-organization-ready-content-hyperpersonalization>, (参照 2024-06-20) .
- 4) Marshall McLuhan. Understanding Media: The Extensions of Man. McGraw-Hill, Canada, 1964.
- 5) 近藤公彦, 中見真也 編著. オムニチャネルと顧客戦略の現在. 千倉書房, 東京, 2019.
- 6) 笠井大, 齋藤合, 伊藤彰一, 他. クリニカルクラークシップ中の医学生における文献検索の現状と文献検索方法の講義によるリテラシー向上についての検討. 医学教育. 2020; 51: 389-99.
- 7) “Amazon Bedrock”. Amazon Web Services. <https://aws.amazon.com/bedrock/>, (参照 2024-06-20) .
- 8) Jared Kaplan, Sam McCandish, Tom Henighan, et al. Scaling Laws for Neural Language Models. arXiv. 2020; 2001.08361.
- 9) Erin Snodgrass. “CEO of Anthropic Says It Could Cost \$10 Billion to Train AI in 2 years”. Business Insider. 2024-05-01. <https://www.businessinsider.com/anthropic-ceo-cost-10-billion-train-ai-years-language-model-2024-4>, (参照 2024-06-20) .
- 10) Greg Corrado, Joëlle Barral. “Advancing medical AI with Med-Gemini”. Google Research. 2024-05-15. <https://research.google/blog/advancing-medical-ai-with-med-gemini/>, (参照 2024-06-20) .
- 11) 上野達弘, 奥邨弘司 編著. AIと著作権. 勁草書房, 東京, 2024, pp. i - iv .

画像ファイリング機能付き 手持ち細隙灯顕微鏡 Smart Eye Cameraを 用いた在宅医療現場での活用事例

西村 裕樹¹⁻³⁾, ケムラニ ローハン^{1,2)}, 中山 慎太郎^{1,3)}, 清水 映輔¹⁻³⁾

1) 株式会社 OUI (OUI Inc.)

2) 医療法人 慶眼会 横浜けいあい眼科 和田町院

3) 慶應義塾大学 医学部 眼科学教室

キーワード

Smart Eye Camera

在宅医療

遠隔診療

多職種連携

医療ICT

概要

近年、日本において高齢化が非常に進んでおり、在宅医療現場における患者数も増加傾向である。しかし、眼科診療が行われていないケースも多く、予防や治療が可能な疾患が取り残されている。一方で、眼科領域ではモバイル化が進んでおり、介護施設や在宅など、病院外での医療の提供も可能になった。

症例は介護付き有料老人ホームに入居中の 97 歳日本人女性で、軽度認知症以外は特記すべき既往はなく、ADL は要介護 2 で車椅子による移動が可能である。眼科は 50 年以上受診しておらず既往歴もなかったが、間欠的な左眼の圧痛と充血を訴えたため往診を実施。検査は視力検査表、手持ち眼圧計 (iCare)、画像ファイリング機能付き手持ち細隙灯顕微鏡 (Smart Eye Camera) を用いて行った。

直像鏡所見 (右 / 左) は視力 0.1 (矯正不可) / 0.2 (矯正不可)、眼圧 24 / 26 mmHg で、結膜充血は両眼で認めず、両眼浅前房と nuclear sclerosis (NS) 4 の水晶体混濁が認められた。また、眼底透見困難で、両眼視神経乳頭は蒼白であった。往診時に主訴は消失していたが、間欠的な眼痛と充血を何度も繰り返していたとの既往から原発閉塞隅角症が疑われた。治療として点眼や白内障手術を提案したが、家族が点眼、入院・頻回通院を拒否。レーザー虹彩切開術を提案したところ、家族の希望と合致したため当院にてレーザー手術を実施した。術後 1 週間の往診では眼圧が 12 / 12 mmHg と下降しており、引き続き経過観察を実施していく予定である。

今回、社会的な背景により手術や点眼治療が困難な原発閉塞隅角症・高眼圧の症例にレーザー虹彩切開術を実施。良好な治療経過を迎えることが可能であった。

1. 緒言

近年、日本において高齢化が非常に進んでおり、在宅医療現場における患者数も増加傾向である。2025年に団塊の世代が75歳以上となり後期高齢者が人口の約18%を占め、超高齢化社会となる2040年には人口の約35%が後期高齢者になると推計されている¹⁾。高齢者の増加により医療や介護のニーズが増大し、今後、医療の需要がピークを迎えることとなる。

在宅医療における眼科診療は、内科や神経内科、外科などと比べて圧倒的に実施率が低く、眼科の在宅医療を行う医療機関も少ない²⁾。その要因として、患者からの依頼が少ないことや検査や治療を十分に行えないことが挙げられている³⁾。実際、眼科は最も検査が多い診療科であり、診療所の入院外医療費の構成割合の半分近く(45.1%)を検査が占めていることが報告されている⁴⁾。そのため、予防や治療が可能な疾患が取り残されている。

一方で、眼科領域ではポータブル・デジタル化が進んでおり、介護施設や在宅など病院外での医療の提供、さらに眼科専門医にオンラインで診断を依頼する遠隔診療も可能になった。先行事例でも離島と本土の間で眼科遠隔診療が実施されている症例が多数報告されている⁵⁾。しかし、在宅医療現場における活用事例は非常に少なく、ポータブルの眼科医療機器があるものの普及率は極めて低い。

今回、社会的な背景により、手術や点眼治療が困難な原発閉塞隅角症・高眼圧の症例にレーザー虹彩切開術を実施し、在宅医療にて良好な治療経過を辿ることが可能であった症例を経験したので報告する。

2. 症例

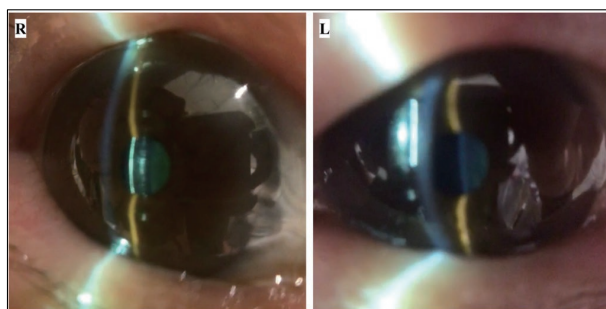
介護付き有料老人ホームに入居中の97歳日本人女性で、軽度認知症以外は特記すべき既往はなく、ADLは要介護2で車椅子による移動が可能。眼科は50年以上受診しておらず既往歴もなかったが、間欠的な左眼の圧痛と充血を訴えたため眼科専門医と視能訓練士が往診を実施した。検査は視能訓練士が担当し、視力検査表、手持ち眼圧計(iCare)、Smart Eye Cameraを用いた(写真1)。視力は右眼0.1(矯正不可)、左眼0.2(矯正不

可)、眼圧は24/26mmHgで、前眼部所見として結膜充血は両眼で認めず、両眼浅前房とnuclear sclerosis(NS)4の水晶体混濁が認められた(写真2)。また、眼底は白内障の影響で透視困難だが、両眼の視神経乳頭は蒼白であった。往診時に主訴は消失していたが、間欠的な眼痛と充血を何度も繰り返していたとの既往から原発閉塞隅角症が疑われた。治療として点眼や白内障手術を提案したが、家族が点眼、入院・頻回通院を拒否。レーザー虹彩切開術を提案したところ、家族の希望と合致したため当院にてレーザー手術を実施した(写真3)。

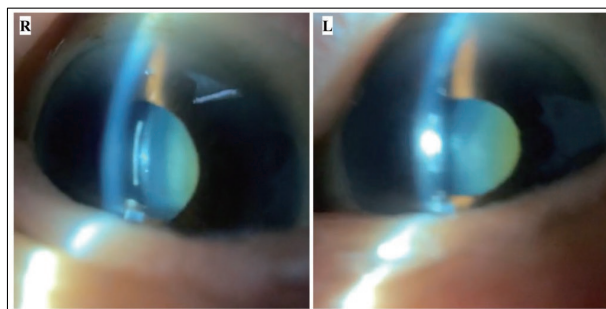
レーザー手術から1週間後に施設にて眼圧検査と前眼部所見を取得(写真4)、眼圧は12/12mmHgと下降し、レーザー虹彩切開術後の所見も確認でき、引き続き経過観察を実施していく予定である。



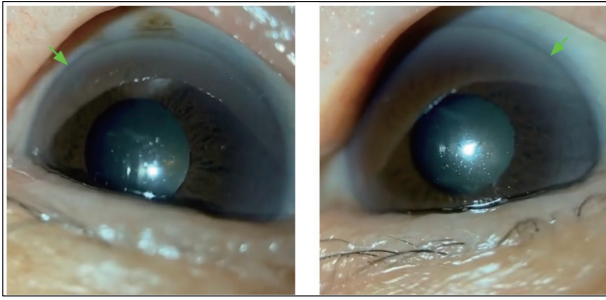
▲ 写真1. 画像ファイリング機能付き手持ち細隙灯顕微鏡 Smart Eye Camera



▲ 写真2. 眼科専門医と視能訓練士往診時の Smart Eye Camera による前眼部所見



▲ 写真3. レーザー虹彩切開術後



▲写真 4. レーザー虹彩切開術後 1 週間の在宅医療現場での前眼部所見

3. 考察

今回、介護付き有料老人ホームに入居中の原発閉塞隅角症例を眼科専門医と視能訓練士による往診で発見し、眼科受診とレーザー虹彩切開術を施行した症例を紹介した。在宅医療の診療体制として医師 + α が推奨されており、今回は眼科専門医と視能訓練士が 1 名ずつ往診し、眼圧検査、Smart Eye Camera による前眼部検査は視能訓練士が担当、診察や手術に関する説明は眼科専門医が行った⁶⁾。Smart Eye Camera は既存の細隙灯顕微鏡と同等の性能および安全性を有しており⁷⁾、経済産業省・厚生労働省のグレーゾーン解消制度により視能訓練士や看護師などのコメディカルも使用可能である⁸⁾。本症例では視能訓練士の検査で閉塞隅角症例を発見し、その後のフォローも可能であった。この背景には、Smart Eye Camera の画像ファイリング機能により医師とコメディカルがアプリを通してコミュニケーションをとれることや、すでに離島やへき地の救急医や家庭医の使用実績を有しているため、遠隔診療ツールとして活用するための知見が集積していることが挙げられる。

また、2024 年 4 月に医師の働き方改革が施行されたことから⁹⁾、今後はタスクシフティングが非常に重要となる。前述の通り眼科は検査数が非常に多いため、視能訓練士による同伴や訪問看護師などが使用することにより、医師の負担軽減だけでなく、施設看護師や患者の身体的・精神的な負担軽減、医療の質の向上に繋がることが示唆される。

緑内障に目を向けると、日本の失明原因の第 1 位として知られ、疫学的背景として、日本人の 40 歳以上の 5% が罹患し、推定患者数は約 500 万人と報告されている¹⁰⁾。また、原発閉塞隅角緑内障の頻度は 40 歳以上

で 0.6% であり¹¹⁾、リスクファクターとして高齢者や女性、浅前房などが挙げられている¹²⁾。医療費については、発見が 10 年遅れて手術が必要な場合の総コストは約 400 万円、失明した場合は約 900 万円であるのに対し、早期に発見して点眼のみで治療を開始できた場合は約 110 万円と報告されており¹³⁾、患者 QOL だけでなく経済的損失の観点からも早期発見・早期治療が重要となる。

在宅医療を行っている診療科の中で、眼科の認知度は極めて低い。しかし、在宅医療における眼科スクリーニングの結果、60% 以上がなんらかの眼科的問題を抱えていたとの海外の報告もある¹⁴⁾。著者は在宅医療現場において、閉塞隅角症例以外にも成熟白内障や糸状角膜炎、角膜潰瘍や緑内障、角膜ジストロフィーなどの症例を経験しており、既報と同様に眼科的問題の頻度は高いと考えている。日本の平均寿命は 84.3 歳と世界第 1 位であり¹⁵⁾、高齢化が進んでいる中、在宅医療における眼科的問題はさらに深刻になると推測される。

一方で、介護施設入居中の症例は受診のハードルが高いため、コメディカルがポータブル眼科診療機器を用いて検査を実施し、遠隔の眼科専門医が緊急性を判断するという遠隔診療が今後の在宅医療でニーズが高いと推察される¹⁶⁾。

倫理的配慮

個人が特定できないように十分な倫理的配慮を行った。また、掲載について患者本人・家族・施設管理人から承諾を得た。

利益相反 (COI)

筆者は株式会社 OUI より報酬を得ている。

文献

- 1) “我が国の人口について”. 厚生労働省. https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_21481.html, (参照 2024-07-22) .
- 2) “在宅医療 (その 3)”. 厚生労働省. 2015-10-07. <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000099999.pdf>, (参照 2024-07-22) .
- 3) 河野智子, 堀貞夫, 河野正寛, 他. 都市近郊における眼科在宅医療 開院後 2 年間の現状. あたらしい眼科. 2021; 38: 839-43.
- 4) 前田由美子, 清水麻生. “診療所の診療科特性について (そ

- の1) 一診療所数, 医師数, 診療行為” . 日本医師会総合政策研究機構 . 2021-09-13. <https://www.jmari.med.or.jp/wp-content/uploads/2021/09/RR113.pdf>, (参照 2024-07-25) .
- 5) 清水映輔 . スマートアイカメラ (SEC) を用いた, 前眼部遠隔診療 . 視覚の科学 . 2021; 42: 32-4.
- 6) 荒木庸輔 (著), 村上典由 (著), 大石佳能子 (監修), 日経ヘルスケア (編集) . Chapter4 事例で見る実践のポイント : 基本編 . 在宅医療経営・実践テキスト . 日経 BP, 東京, 2019, pp.106-7.
- 7) Shimizu E, Ogawa Y, Yazu H, et al. “Smart Eye Camera” : An innovative technique to evaluate tear film breakup time in the murine dry eye disease model. *PLoS One*. 2019; 14: e0215130.
- 8) “グレーゾーン解消制度の活用事例” . 経済産業省 . https://www.meti.go.jp/policy/jigyousaisei/kyousouryoku_kyouka/shinjigyo-kaitakuseidosuishin/result/gray_zone.html, (参照 2024-07-22) .
- 9) “医師の働き方改革” . 厚生労働省 . https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuu/ishihatarakikata_34355.html, (参照 2024-07-22) .
- 10) Suzuki Y, Iwase A, Araie M, et al. Risk factors for open-angle glaucoma in a Japanese population: the Tajimi Study. *Ophthalmology*. 2006; 113: 1613-7.
- 11) Yamamoto T, Iwase A, Araie M, et al. The Tajimi Study report 2: prevalence of primary angle closure and secondary glaucoma in a Japanese population. *Ophthalmology*. 2005; 112: 1661-9.
- 12) Foster P, He M, Liebmann J. Epidemiology, classification and mechanism. Weinreb RN, Friedman DS (eds). *Angle closure and angle closure glaucoma*. Kugler Publications, Netherlands, 2006, pp.1-20.
- 13) 清水映輔, 矢津啓之, 矢島潤一郎, 他 . Smart Eye Camera を使用した人間ドックでの前眼部検診の効果検証 . 第 50 回日本総合健診医学会 . 2022.
- 14) van Nispen R, van der Aa H, Timmermans F, et al. Reducing avoidable visual impairment in elderly home healthcare patients by basic ophthalmologic screening. *Acta ophthalmologica*. 2019; 97: 401-8.
- 15) “World health statistics 2023: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals” . World Health Organization. 2023-05-19. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240074323>, (参照 2024-07-22) .
- 16) 清水映輔, 中山慎太郎, 丹治信 . スマートフォン医療機器 “Smart Eye Camera” を使用した眼科遠隔診療 . 医学のあゆみ . 2023; 284: 828-33.

VRを活用した医療人材育成の可能性： 新たな教育ソリューションの提案

岸 敬介

株式会社キシブル

キーワード

仮想現実(VR)

医療教育

人材育成

現場体験

概要

VRを活用した医療人材育成は、現場体験の不足や教育機会の不平等など従来の医療教育の課題を解決する可能性がある。世界的に医療における仮想現実（VR）ソリューションが注目され、市場は急成長しているが、日本ではコストや標準化の難しさなどから普及が遅れている。株式会社キシブルは自施設での動画撮影、編集不要、運用コスト不要などの特徴を持つVR教育ツール「iVRES」を開発。安全な教室での現場体験や、VR空間でのオン・ザ・ジョブ・トレーニング（OJT）を可能にし、教育の効率を高めることが期待される。

同ツールの導入効果として、①リアルな疑似体験が可能で、初心者や経験不足の医療従事者でも安心して現場で作業できる環境の提供、②理解度と記憶力の向上が期待され、学習者の興味を引き、能動的な参加を促す、③従来のOJTでは困難だった専門性の高い医療技術の習得が容易になる、④言語コミュニケーションの壁を超えた指導、⑤災害などの再現困難な状況の実践的なトレーニング、⑥希少な医療体験の共有などが期待される。

一方、VR教育には初期投資コストや成功事例の不足などの課題も存在する。これらの課題を克服し、VR教育のさらなる普及を目指すためには機器の普及、VR教育コンテンツの共有、トレーニングの標準化などが求められる。VR教育は医療教育の課題を克服し、効率的かつ効果的な学習環境を提供する可能性を秘めており、技術開発を進め、医療教育の新たなスタンダードとして確立することが期待される。

0. はじめに

近年の医療技術の進歩は目覚ましく、医療の高度化とともに医療従事者に対する知識と技術の習得がますます求められるようになってきている。しかし、医療現場における各医療職種の業務負担は大きく、教育の時間を十分に確保できないのが現状である。そのため、従来の教育方

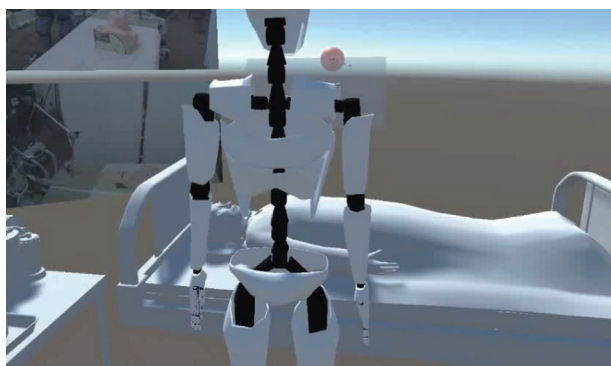
法では現場体験の不足や教育機会の不平等などの課題が生じており、これを解決するには人材育成方法の効率化を図る必要がある。

こうした課題を解決する可能性を秘めた革新的なツールとして、仮想現実（VR）技術が注目されている。本稿ではVRを活用した医療人材育成の可能性について、技術的な特徴や導入効果、今後の展望を含めて考察する。

1. 研究開発の背景

1.1. 世界的な VR ソリューションへの注目

医療教育に対する VR ソリューションが世界中で注目を集めている。医療における VR の世界市場は、2023 年の 41 億 8,000 万ドルから 2030 年には 384 億 6,000 万ドルに達し、期間中の年平均成長率は 32.0% と予測されている¹⁾。日本でも 3 次元 (3D) コンピュータグラフィックス (CG) を活用したシミュレーターなどが既に広く普及しており (写真 1)、また、VR 動画を用いたコンテンツ型教育も活発化している²⁾。



▲ 写真 1. 当社が開発に関わった喀痰吸引 VR シミュレーター

1.2. 日本の VR ソリューション普及の課題

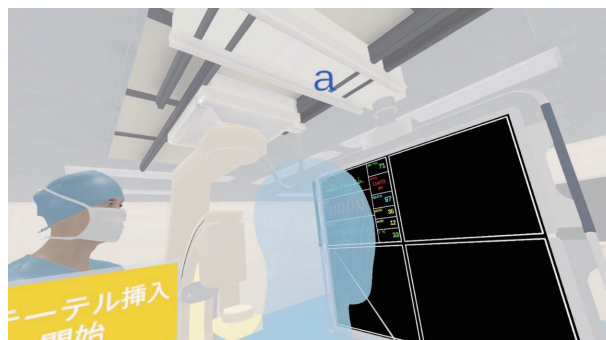
一方、日本では医療教育における VR ソリューションの普及が遅れている。その理由として、コンテンツ作成に関わる以下の課題が挙げられる。

- ・コスト：コンテンツ作成は制作会社に依頼する必要があるため、高コストである
- ・標準化が困難：施設や医師ごとに独自の手法があり、統一的なマニュアルの作成が困難である
- ・ノウハウの継承が困難：各医療機関で属人化したノウハウの継承が鍵となるが、ノウハウが体系化されていない
- ・陳腐化：教科書的なコンテンツは医療の進歩とともに陳腐化する
- ・言語の壁：コンテンツは映像制作やシステムエンジニアなどの専門家が作成するため、本来の教育意図から微妙にずれている

1.2. 開発経緯

山口大学共同獣医学部病態制御学講座准教授の高野愛氏より、「既存の VR 教育ツールは開発会社にコンテンツ作成を依頼する必要があり、導入後に現場でコンテンツを増やせない。こうした課題を解決する新たな教育ツールを開発できないか」という相談を受け、新たな VR 教育ツールの開発に着手した。

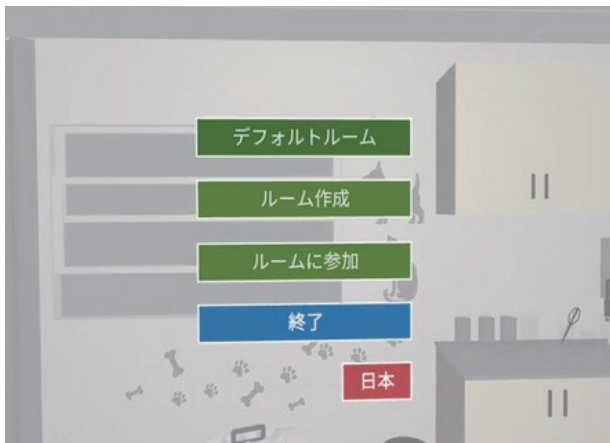
現場で手軽に VR コンテンツを作成し、簡便に実践的な学習ができるツールが求められたが、株式会社キシブル (以下、当社) はすでに VR シミュレーターを用い、インターネットやサーバーを必要としない、安価に運用できるメタバース技術 (写真 2) を札幌看護医療専門学校に提供しており、この技術を基盤とすることで実現可能と判断した。



▲ 写真 2. VR 心臓カテーテル検査シミュレーター

開発にあたっては、エンジニアの自己主張による既存の VR によくあるような機能実装を避け、あくまでも現場の課題解決を最優先とした。これは、当社がスタートアップ企業であり、かつ代表である著者が営業職出身であることから、より現場に近い課題を把握し、プロジェクト単位の利益よりも課題解決による社会貢献を重視していることが背景にあった。

結果として、VR 動画を複数人で同時に視聴でき、仮想空間でコミュニケーションをとりながら擬似的な実習授業が可能な教育ツール「iVRES」が誕生した (写真 3)。本ツールにより、従来の VR コンテンツ制作における高いハードルを大幅に下げ、教育現場における VR 活用の可能性を大きく広げることが期待される。



▲写真 3. iVRES 開発当初の画面

2. 開発内容

2.1. 技術的な特徴

iVRES（写真 4）の特徴は下記の通りである。



▲写真 4. iVRES

- ・自施設での動画撮影：誰でも簡単に、撮影するだけでコンテンツを作成できる
- ・編集不要：面倒な編集作業が不要で、すぐに現場教育に活用できる
- ・運用コスト不要：サーバー維持費などの運用コストが不要である
- ・メタバース体験：当社が有するローカル Wi-Fi を活用したメタバース体験の技術とアバターを活用した VR 動画コミュニケーションを組み合わせている

2.2. 従来の VR ソリューションとの相違

iVRES は以下の点が従来の VR ソリューションと異なる。

- ・安全な教室での現場体験：教育を目的として動画を視聴するだけではなく、安全な教室や会議室でいつでも現場体験およびコミュニケーションが可能である
- ・VR 空間でのオン・ザ・ジョブ・トレーニング (OJT)：アバターを活用して VR 空間と現実空間のコミュニ

ケーションを融合し、教室や会議室でリアルな OJT が可能である

- ・VR 空間マニュアル：VR 空間内で説明した様子を空間ごと保存して再現する機能を備えており、VR 空間を活用したマニュアルの自動作成が可能である（VR 空間内で行われたレクチャーがそのままマニュアル動画として保存される）

3. 導入効果

3.1. リアルな現場体験の実現

iVRES を活用することで、リアルな現場の擬似体験や VR 空間をベースにした教育が可能となり、初心者や経験不足の医療従事者でも安心して現場で作業できる環境を実現できる。これは、従来の動画教材やテキスト教材では得られない、VR ならではの大きな利点と言える。

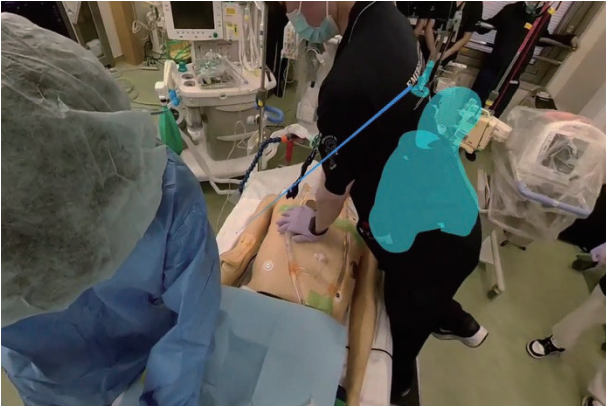
3.2. 理解度と記憶力の向上

VR 動画での教育は従来の映像教育との比較で習得時間 0.64 倍、記憶力 3.87 倍、集中力 5.48 倍の効果が期待できる³⁾。また、VR は学習者の興味を惹起して能動的な参加を促すとも言われている。

3.3. 専門性の高い医療技術の習得

VR による一人称視点での映像を活用することで、通常の OJT では背中越しの視点でしか体験できない専門性の高い医療技術の習得が容易になる。これは、臨床工学技士など高度な技能が求められる医療職種において、特に有効であると考えられる。

実際に、岡山大学病院で行われた従来のトレーニングの様子を検証したところ、参加者の多くは手技がほとんど見えない位置から見学しているため、現実に即したトレーニングを大人数で体験することは難しいことが示唆された。しかし、iVRES を活用することで、臨場感ある視点から教育・体験できるため（写真 5）、教育訓練として有用であると思われる。



▲写真 5. 岡山大学病院でのトレーニングの様子

3.4. 言語コミュニケーションの壁を超えた指導

VR 教育は空間での「体験」により伝えることができるため、言語化せずに「これ」「それ」のような伝え方でも十分伝わるといった利点が想定される。これは海外、特に新興国での日本の高度医療技術の指導や外国人スタッフへの指導など、言語の壁を超えた指導での活用にも期待できる。

3.5. 災害などの再現困難な状況の実践的なトレーニング

VR 教育は災害時の医療体験など再現が困難な状況の実践的なトレーニングにも有効な可能性がある。実際の災害や災害シミュレーションの動画などを臨場感のある VR で体験することで、従来のトレーニングでは得られなかったリアルな体験を提供できる。

3.6. 希少体験の共有

VR 教育は人工心臓の使い方など体験する機会が乏しい状況も共有できる。医療機関であっても医療従事者を集めたトレーニングを頻繁に行うことは困難だが、iVRES を活用することで、効率的かつ効果的にトレーニングを実施できる可能性がある。

3.7. その他のメリット

上記に加え、VR 教育には以下のようなメリットも挙げられる。

- ・場所や時間を選ばずに学習できる
- ・安全な環境で学習できる

- ・反復練習できる
- ・学習状況をデータ化して分析できる

4. 課題と展望

VR 教育は医療分野における教育方法として大きな可能性を秘めている一方、一般的な VR を活用した医療教育においては、以下のような課題も存在する。

- ・初期投資が高コスト
- ・成功事例が乏しい
- ・医療従事者へのさらなる教育環境の充実
- ・時間がない医療従事者における教育時間の確保

これらの課題を克服していくことが、VR 教育のさらなる普及に向けて重要となる。iVRES は、初期コストが他社製品と比べて安価で、既に北海道大学病院や岡山大学病院などでの利用実績もあり、これらの課題解決を一步步進めている。今後は、VR 機器の普及、有効性が確認された VR 教育コンテンツの共有、医療従事者への VR トレーニングの標準化などを進めていきたいと考えている。

5. 他業種への展開と新たな人材育成の可能性

当初、iVRES は医療分野における現場教育の課題解決を目指して開発した。しかし、他の業界においても人材不足や教育環境の制約など、現場教育にはさまざまな課題が存在する。

こうした課題を解決するために、VR 技術を活用した教育ツールが注目されており、特に、建設業、製造業、インフラの保守など、人材不足が深刻な業界から関心が寄せられている。これらの業界においても、現場での実作業は複雑かつ危険を伴うことが多く、従来型の教育手法では十分なスキル習得が難しいという課題を抱えている。

本ツールはこうした業界のニーズに応えるため、さまざまな工夫が凝らされている。例えば、VR 空間上で安全に危険な作業をシミュレーションしたり、遠隔地にい

る指導者とリアルタイムでコミュニケーションを取りながら実習を進めたりすることが可能である。また、VR空間内のオブジェクトを自由に操作することで、反復練習を効率的に行うこともできる。

これらの特徴により、本ツールは従来の教育手法では実現できなかった、より安全かつ効率的な人材育成を実現すると期待されている。また、その革新性からメディアでも取り上げられるなど注目を集めている。

今後は、医療分野での実績を踏まえ、本ツールの更なる普及を目指している。特に、人材不足が深刻な業界への展開を加速させ、社会全体の課題解決に貢献したいと考えている。具体的には、各業界のニーズに合わせたコンテンツの開発や、VR教育に関するノウハウの提供など、さまざまな取り組みを推進していく予定である。本ツールは単なる技術革新にとどまらず、社会全体の改革をもたらす可能性を秘めている。当社はこの革新的なツールを駆使し、より良い社会の実現に向けて貢献していきたいと考えている。

6. ベトナムにおける医療教育改革とグローバル展開

6.1. ベトナム市場選定の背景とニーズ

ベトナムでは医療機器管理に関する法整備が進み、医学教育の質の向上についての関心が高まっている。しかし、実習機会が不足しているため、正しい医療機器の取り扱いができないことも少なくない。誤操作により事故や機器の故障などが生じ、故障した機器を修理できる技術者が乏しいためそのまま放置・廃棄されるなど（写真6）、多くの課題を抱えている。医療機器の故障の20%は不適切な取り扱いに起因するとされており⁴⁾、教育により解決（予防）できる可能性がある。医学教育に関する最先端技術であるVRは教育現場だけでなく医療現場からも求められており、iVRESの貢献が期待される。

・ニーズの大きさ：2024年1月にベトナムにおいて検証を行った結果、医療系大学や専門学校、病院において、VRによる医療教育への高い関心が確認された。特に、医療機器の操作方法や保守管理に関する教育に

大きな需要が見込まれる

- ・社会課題の解決：医療従事者不足や医療機器の誤操作による事故といった、世界共通の社会課題解決に貢献できる可能性がある
- ・日本経済・地域経済への貢献：ベトナムへの導入は日本の医療技術の海外展開を促進し、日本経済の活性化にもつながる



故障し、放置される保育器



故障し、廃棄されている医療機器

▲写真6. ベトナムの医療機器の現状

6.2. ベトナム市場における事業展開

- ・フィジビリティスタディの実施：Viet Duc Hospital や Viet Duc College of Medicine and Medical Device など5つの病院や医療系大学、フィジビリティスタディの協力を得られる機関と連携しており、現地で定量的なデータの収集とマーケティング戦略の立案を行う
- ・実証実験の実施：教育機関や医療機関で実証実験を行い、エビデンスを構築する
- ・販売開始：得られた知見や市場展開戦略に基づき販売を開始する

実証予定先と概要

- ・Viet Duc Hospital
 - 1906年設立
 - 病床数は1,300, 1,900名以上の医療スタッフが勤務
 - 年間7万件以上の手術を実施
 - 大学病院との密接な連携を通じて、多岐にわたる医療専門家のトレーニングプログラムを実施
- ・Viet Duc College of Medicine and Medical Device
 - 医療機器技術の分野で50年近くの歴史を持ち、1万5,000人以上の医療機器技術者を育成
 - 学校は看護、医療画像技術、リハビリテーションなど多様な専攻を提供しており、毎年1,000人以上の学生を受け入れ
- ・Ha Dong Medical College
 - 1960年に設立されたベトナムの公立教育機関で、ハ

ノイ市人民委員会の直轄学校

- 医療技術や看護、薬学、助産などの分野で専門的な訓練を提供し、積極的に国際交流を実施

・ Ha Noi Medical College

- 1902年に設立されたベトナムで最も古い医療教育機関の1つ

- 国際的な研究や医療革新のイニシアティブも活動的で、さまざまな医療教育を実施

・ Hanoi National University

- ベトナムの首都ハノイに位置する総合大学で、脳血管疾患の分野で高品質の教育と研究に注力

- 大学は革新的な研究と国際協力を重視し、熟練した医療専門家の育成と影響力のある研究成果の生産を目指している

6.3. グローバル展開

ベトナムでの事例を踏まえ、他の開発途上国への展開も視野に入れている。具体的には、臨床工学技士のノウハウを活用した事業を国際的に展開している株式会社 Redge との連携のもと、アジア各国やアフリカ各国への拡大を目指す。なお、Redge社は開発途上国における医療機器管理/教育システムの開発に取り組んでいる神奈川県立保健福祉大学/岡山大学/神戸大学発の認定ベンチャーである。

6.4. デジタル空間の安全性・信頼性

iVRESはローカルWi-Fiを活用することで、サーバーを利用せずに安全な学習環境を提供する。NTT東日本が開発している次世代通信規格である「Innovative Optical and Wireless Network; IOWN」での実証実験に成功しており、IOWNを活用することで、将来的には離れた場所でも安全に同時体験での現場教育が可能となる。

6.5. 実装までの課題と解決策

- ・ 海外市場の把握：Redge社との協業により、海外市場の状況を把握し、ネットワークを構築する
- ・ 実証実験：同社がネットワークを有している教育機関や医療機関で実証実験を行う

6.6. まとめ

iVRESは医療教育の質向上に貢献し、社会課題解決につながる革新的なツールになりうる。ベトナム市場を足掛かりにグローバル展開を進め、世界中の医療現場に貢献していく。

7. 結論

iVRESは医療教育の課題を克服し、より効率的で効果的な学習環境を提供する可能性を秘めている。引き続き技術開発を進め、医療教育の新たなスタンダードとして確立することが期待される。

利益相反 (COI)

筆者は株式会社キシブルの代表取締役である。

文献

- 1) “ヘルスケアにおける仮想現実 ((VR) 市場規模, シェアおよび業界分析, コンポーネント別 (ハードウェア, ソフトウェア, およびコンテンツ), アプリケーション別 (疼痛管理, 教育とトレーニング, 手術, 患者ケア管理, リハビリテーションと治療手順, 術後) 心的外傷性ストレス障害 (PTSD), および地域予測, 2024 ~ 2032年”. Fortune Business Insights. [https://www.fortunebusinessinsights.com/jp/業界-レポート/ヘルスケア市場における仮想現実-\(vr\)-101679](https://www.fortunebusinessinsights.com/jp/業界-レポート/ヘルスケア市場における仮想現実-(vr)-101679), (参照 2024-07-10) .
- 2) 中口俊哉, Fundamentals Review 2022; 16: 167-75.
- 3) “What does virtual reality and the metaverse mean for training?”. pwc. <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/emerging-tech/virtual-reality-study.html>, (参照 2024-08-08) .
- 4) “全世界基礎研究「保守契約の活用レビューと機材維持管理の対応策について」基礎研究報告書”. 独立行政法人国際協力機構 (JICA). <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12343216.pdf>, (参照 2024-08-20) .

高精度生体情報モニタリングのための半導体技術

西村 晶夫

アナログ・デバイセズ株式会社

キーワード

高精度・低消費電力化・小型化半導体

ウェアラブル

バイタル・サイン・モニタリング(VSM)

アナログ・フロント・エンド

生体信号処理アルゴリズム

概要

日本の少子高齢化が加速し、日常生活に制限がある「不健康な期間」を抱える高齢者の割合が増加するとされており、医療資源の圧迫や社会保障費の増大、労働力不足が危惧されている。こうした状況を踏まえると、自身の健康状態をリアルタイムでモニタリングし、健康を管理して生活習慣病やその他の疾患の予防につなげることは、医療費の抑制や労働者の確保を図る上でも重要となる。

ウェアラブル機器の市場は、健康志向の高まりやヘルスケアに対する社会的ニーズ、スマートフォンを中心としたIoTアプリケーションや健康管理サービスの拡充に加え、半導体デバイスの小型化や進化に伴う製品の多様化などによっても拡大が期待される。また、生体情報のモニタリングやウェアラブル機器の小型実装などの技術は、遠隔医療や個別化医療にも応用されていくことが見込まれる。

「バイタル・サイン」は人々の健康状態（生命状態）を知る指標で、現在、ウェアラブル機器で測定できるのは「呼吸数」「体温」「脈拍」「血圧」「酸素飽和度（SpO2）」の5つである。アナログ・デバイセズ株式会社（以下、当社）では、これらをウェアラブル機器で高精度に測定するためのさまざまな半導体デバイス（ハードウェア）を開発している。また、ソフトウェア、開発環境、リファレンスプラットフォームなどの提供にも力を入れている。

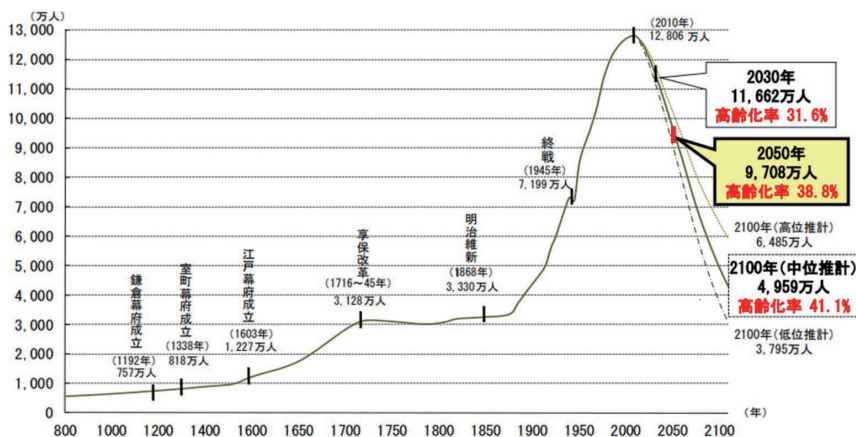
1. 緒言：健康寿命の延長が社会課題のひとつに

日本で少子高齢化が進んでおり、経済産業省が2022年に公表した「健康経営の推進について」に記載されている「総人口の長期的推移と将来推計」では、総人口は2010年の1億2,806万人をピークに、2030年には

1億1,682万人、2050年には9,708万人にまで減少し、かつ、高齢化率（全人口に占める65歳以上人口の比率）が今後急速に高まることが推計されている（図1）¹⁾。

また、2019年の健康寿命（「日常生活に制限のない期間の平均」の値を国民生活基礎調査と生命表を用いて推計したもの）は男性が72.68歳、女性が75.38歳である一方、同年の平均寿命（0歳における平均余命）は男

総人口の長期的推移と将来推計



▲ 図 1. 少子高齢化による人口減少と高齢者の増加の推計

性 81.41 歳、女性 87.45 歳となっている²⁾。この健康寿命と平均寿命との差は日常生活に制限がある「不健康な期間」を表しており、高齢者の 3 割がこの期間を抱え、平均寿命の延伸により今後は 5 割に拡大するとも言われている。

こうした状況は医療資源を圧迫し、健康保険を中心とする社会保障費を増大させるおそれがある。また、「まだ働きたいのに働けない」「働いてもらいたいののに働いてくれる人がいない」といった労働力不足につながるものが危惧される。

さらに、2013 年度の医療費総額 (28.7 兆円) のうち、生活習慣病関連の疾患 (悪性新生物、高血圧疾患、脳血管疾患、心疾患、糖尿病) が 34.4% を占めていることも示されている (図 2)³⁾。

こうした状況を踏まえると、日々の生活において自身の状態をモニタリングし、健康を管理して生活習慣病やその他の疾患の予防につなげることは、医療費の抑制や労働者の確保を図る上でも重要と言える。

2. ウェアラブル市場の展望

日本の医療における情報通信技術 (ICT) の利活用に関しては、情報通信機器を活用した診療の推進を図るため、2020 年の診療報酬改定によりオンライン診療のより柔軟な活用、オンライン医学管理料 (のちにオンライン診療料に統合) の要件の見直し、

対象疾患の見直し、へき地など医療資源の少ない地域への対応、希少性の高い疾患などを対象とした、かかりつけ医と遠隔医療の連携などのガイドラインが定められた⁴⁾。国の方針として、患者の地域や状況によらず医療サービスを提供するため、情報通信機器を用いたオンライン診療の導入拡大を図ろうとする意図がうかがえる。

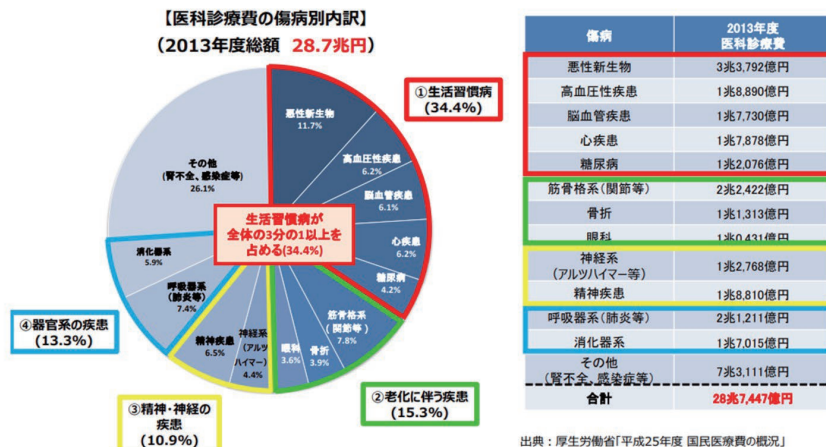
本稿の執筆時点 (2024 年 7 月)

(文献 1 より引用) では、民生用のウェアラブル機器で

取得した生体情報のモニタリング値を診断に用いることはできないが、各個人が日頃の健康データをモニタリングすることは、生活習慣病の予防などに対して十分に意義があると考えられる。個人がモニタリングした生体情報をオンライン診療に活用できるよう規制が緩和されれば、ウェアラブル機器の普及が促進され、ヘルスケア市場はさらに拡大すると予想される。

また、ウェアラブル機器の市場は、人々の健康志向の高まりやヘルスケアに対する社会的ニーズ、スマートフォンを中心とした IoT アプリケーションや健康管理サービスの拡充に加え、半導体デバイスの小型化や進化に伴う製品の多様化などによっても拡大が期待される。例えば、米・MarketResearch.com 社は、リストウェア、ヘッドウェア、フットウェア、ファッションとジュエリー、およびボディウェアのマーケットは、2024 年度

- 医科診療費 (2013年度) の3分の1以上が生活習慣病関連。
- 生活習慣病関連のほか、老化に伴う疾患、精神・神経の疾患の占める割合が高い。



出典：厚生労働省「平成25年度 国民医療費の概況」

▲ 図 2. 医科診療費の傷病別内訳

(文献 3 より引用)

の1,579億ドルから2032年には1兆4,152億ドルに拡大し、年平均成長率（CAGR）は31.5%にも達すると予測している⁵⁾。

加えて、生体情報のモニタリングやウェアラブル機器の小型実装などの技術は、遠隔医療や個別化医療にも応用されていくことが見込まれる。

3. バイタル・サインの基本となる脈拍の計測

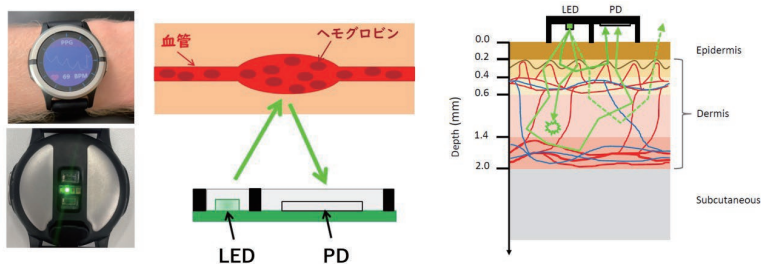
「バイタル・サイン」は人々の健康状態（生命状態）を知る指標で、医療現場や介護現場では「呼吸数」「体温」「脈拍」「血圧」の4つが用いられ、「意識レベル」や「尿量」が追加される場合もある。また、血液中の「酸素飽和度（SpO2）」もバイタル・サインとして扱う場合もある。

これらのうち、ウェアラブル機器で測定できるのは「呼吸数」「体温」「脈拍」「血圧」「SpO2」の5つである。「意識レベル」については声掛けによる判定が必要であり、「尿量」は実際の排尿の必要があるため現状のウェアラブル機器では計測できない。

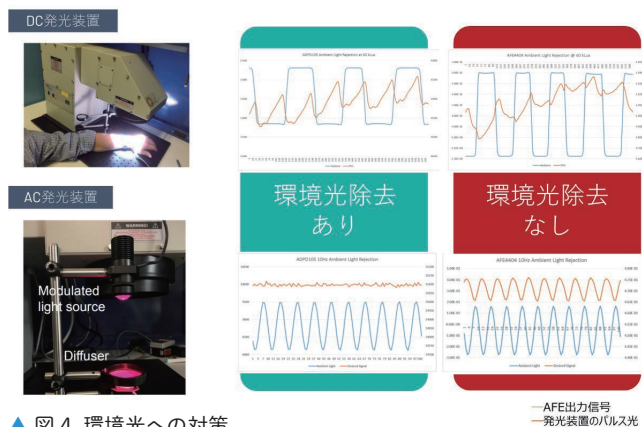
主なバイタル・サイン・モニタリング（VSM）のパラメータとして「心拍数、SpO2」「心電、筋電、脳波」「呼吸数、体組成」があり、測定系はそれぞれ「光電式容積脈波記録法（Photoplethysmography；PPG）」「生体電位測定」「生体電気インピーダンス法（Bioelectrical Impedance Analysis；BIA）」が用いられる。

PPGは血管の容積変化を光学的に非侵襲で検知する方法である。これは、体表近くの血管に発光ダイオード（LED）から光を照射し、その透過量（耳たぶなど）または反射量（手首など）をフォトダイオード（PD）で取得し、内部のアナログ-デジタル変換回路（ADコンバータ）で量子化することで計測し、脈拍を求める（図3）。

PPG測定時は周囲の環境光がノイズとなるが、アナ

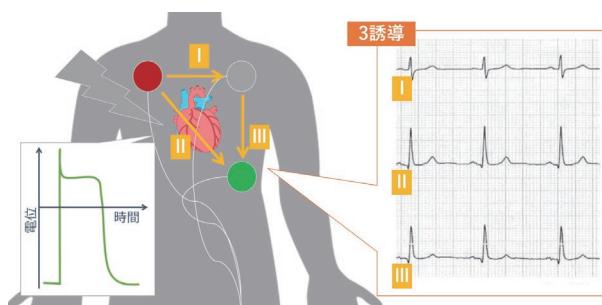


▲ 図3. PPG



▲ 図4. 環境光への対策

ログ・デバイス株式会社（以下、当社）は環境光ノイズの除去により高精度化を実現している（図4）。例えば、光信号を処理するアナログ・フロント・エンド〔センサ出力などのアナログ信号をデジタル信号に変換するために必要な回路を一体化した集積回路（IC）〕は、LEDパルス発光後の対象物からの反射光信号をトランス・インピーダンス・アンプ（TIA、電流出力を電圧に変換する変換器）ではなく電流モードADコンバータに入力するが、その前後にALC（Ambient Light Cancellation；環境光キャンセル）回路を組み込んでいるため環境光ノイズを除去できる。



▲ 図5. 生体電位測定（ECG）

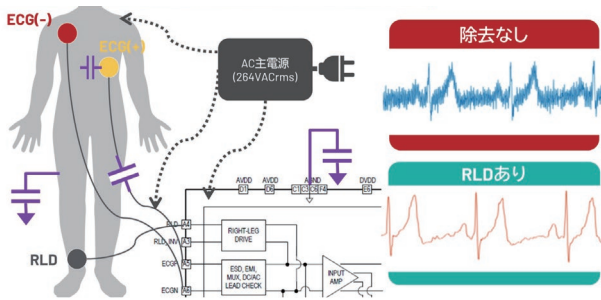
生体電位測定は主に心電波形計測（Electrocardiogram；ECG）であり、本稿では3誘導測定について解説する（図5）。心臓の右上から左下に流れている電気信号を、電極を貼付している部分（赤、黄、緑）のいずれかの方向から捉えるかにより、I誘導、II誘導、III誘導に分類できる。

- ・ I誘導：左肩の黄色の電極から右肩の赤の電極への電気信号を捉える。波形はR波が上向きでP波が見えにくい
- ・ II誘導：左下の緑の電極から右肩の赤の電極への電気信号を捉える。波形はR波が上向きになるので分かり

やすく、P波も見えやすくなる

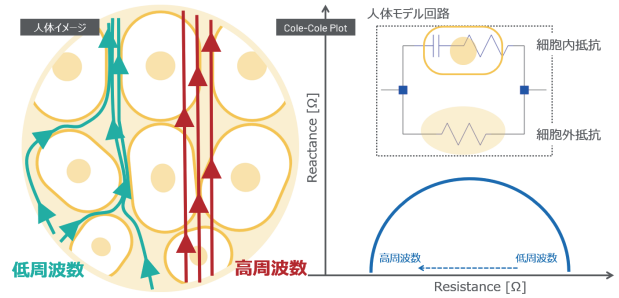
- ・ III誘導：左下の緑の電極から左肩の黄色の電極への電気信号を捉える。R波が上向きで大きく、P波も見やすく II誘導と同じ特徴がある

ECGは差動伝送方式（2つの信号ラインに対して相互に逆相信号を送り、ひとつの信号情報を伝送する方式。詳しくは文献6を参照）により計測するため、交流（AC）電源から生じた人体の心電信号に含まれる同相ノイズにより波形が乱れ、測定精度が低下するケースがある。これを除去する方法として、デジタルフィルタを設計する方法もあるが、当社はICにRight Leg Driver（RLD）を搭載することで同相ノイズを除去している。RLDとはノイズを含んだ心電信号をそのまま反転増幅回路に入力し、人体にフィードバックすることでノイズを除去する機能であり、図6に示すようにノイズの影響が軽減される。

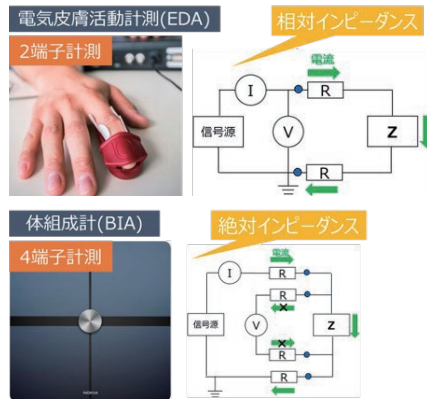


▲ 図6. RLD機能による共通モードノイズ除去

BIAは体内に微弱電流を流し、そのインピーダンス（電流の流れにくさを指す物理量、電圧と電流の比により求められることができる）の程度を測定し、水分量や体脂肪・筋肉量を間接的に求める方法である。筋肉や骨など電解質を多く含む組織は電気を通しやすく、脂肪はほとんど電気を通さない。この特性を利用し、人体組成をモデル化の上では、図7のような電気抵抗とコンデンサ（電荷を充放電する素子）を用いた回路で表現される。インピーダンス計測を用いた応用例としては、電気皮膚活動（Electrodermal Activity；EDA）計測と体組成計がある（図8）。EDA計測は、2端子計測にて接触抵抗などの影響を含めて測定対象の電圧降下を計測する。一方、体組成計は4端子計測により接触抵抗などの影響を取り除いて測定対象の電圧降下を計測するため、小さなインピーダンスでも高い精度で抵抗値を測定することが



▲ 図7. 生体インピーダンスモデル



▲ 図8. インピーダンス計測を用いた応用例。

図中Rは皮膚との接触抵抗とリード線の残留抵抗、Zは測定対象のインピーダンスを表している

可能である。当社製品の「AD5940」は生体インピーダンスと皮膚導電率の測定用に開発された高精度、低消費電力のアナログ・フロント・エンドで、2つの励起ループ（計測に用いるセンサを励起するための信号を発生させる回路）で構成される。1つめの励起ループは最大周波数200Hzの信号を生成し、各種の電気化学セル測定用のポテンシostat（電気化学測定装置の1つ、電位を一定で制御する方式）として構成可能である。低周波数で動作するこのループは消費電力が小さいため低消費電力ループと呼ばれる。一方、2つめのループは最大20万Hzの高周波信号まで対応可能なことから高速ループと呼ばれる。高集積、小型フォーム・ファクタ、低消費電力といった特長を兼ね備えるAD5940は、ウェアラブル機器に最適である。

4. ハード・ソフト・電源などをトータルで提供

次に、バイタル・サインの基本とも言える脈拍をモニタするウェアラブル機器の開発を例に、バイタル・サインを取得するテクノロジーと当社が提供するソリュー

ションについて説明する。脈拍の電子的な計測方法としては ECG や心音計測などがあるが、一般にウェアラブル機器で用いられているのは前述の PPG である。

PPG で脈拍を計測するウェアラブル機器を開発する際、ハードウェア面での課題となるのがセンシング信号の品質である。PD の出力に対し、直流 (DC) 成分や環境光成分を抑えながら AC 成分を高精度に取得しなければならない (図 3)。

当社は、PD のフロント・エンドとして最適な心拍数モニター用アナログ・フロント・エンドである「AD8233」を提供している。TIA、DC 成分や体動などの外乱成分を除去するハイパス・フィルタ、ゲイン (出力が入力の何倍であるかを示す増幅率) 100 倍の計装アンプ (差動入力とリファレンス端子の電圧を基準とした、シングルエンド出力を提供するクローズド・ループのゲイン・ブロックのこと。詳しくは文献 7 を参照) などを 4mm × 4mm サイズのパッケージに集積したソリューションで、消費電力はわずか 170 μ A である。

臨床グレードのアナログ・フロント・エンドとしては「MAX86178」がある。PPG 測定サブシステムのほか、

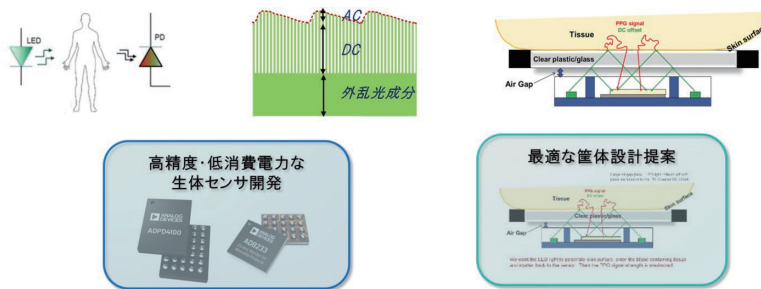
ECG 計測サブシステム、BIA 測定サブシステムを統合したソリューションで、脈拍、心電波形、SpO₂、呼吸数を取得できる。

また、スマートウォッチなどのケース (筐体) の設計もハードウェアにおける課題のひとつである。LED 光を皮膚に効率的に照射するとともに、その反射光を効率的に捉えられるよう、LED や PD の実装位置やガラス厚みの最適化を図らなければならない。当社はウェアラブル機器を開発する顧客向けに、PPG に最適な筐体設計案も提供している (図 9、図 10)。

また、「ソフトウェア開発のリソースが不足している」「すぐに使えるアルゴリズムが欲しい」という顧客向けに、アナログ・フロント・エンドで受けた PD の出力に対し、信号処理を行って脈拍情報などを抽出するソフトウェア・アルゴリズム (図 11) など、各種アルゴリズムを内蔵した超ローパワー生体センサー・ハブ「MAX32664」も提供している。例えば、加速度センサのデータを用いて脈拍数算出アルゴリズムを適用することで、PPG 波形から体動を除去することが可能となる (図 12)。

【脈拍を取得するまでの課題】

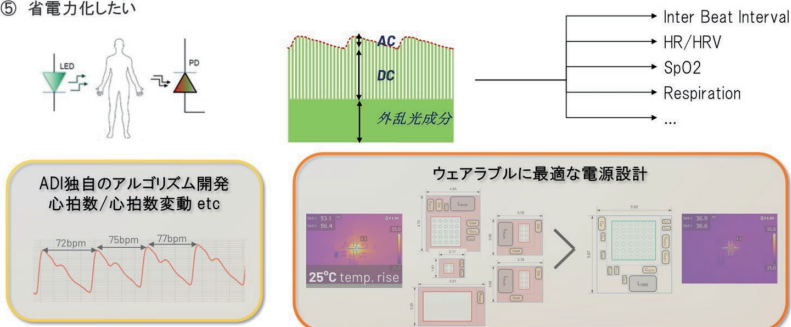
- 課題① SN(信号雑音比)= AC/DC
- 課題② 外乱光の影響を避けたい



▲ 図 9. 脈拍情報を取得するまでの課題とそれに対する当社のソリューション①

【脈拍を取得するまでの課題】

- 課題③ すぐに使えるSWアルゴリズムを試したい
- 課題④ できるだけ小さくデザインしたい
- 課題⑤ 省電力化したい



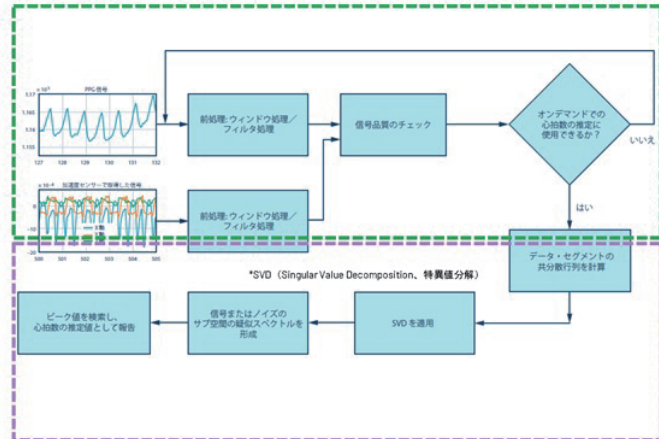
▲ 図 10. 脈拍情報を取得するまでの課題とそれに対する当社のソリューション②

魅力的なウェアラブル機器の開発には電源設計も重要である。小型化が求められるウェアラブル機器は搭載可能なバッテリー容量に制限があり、ソリューションの省スペース化と省電力化は必須となる。

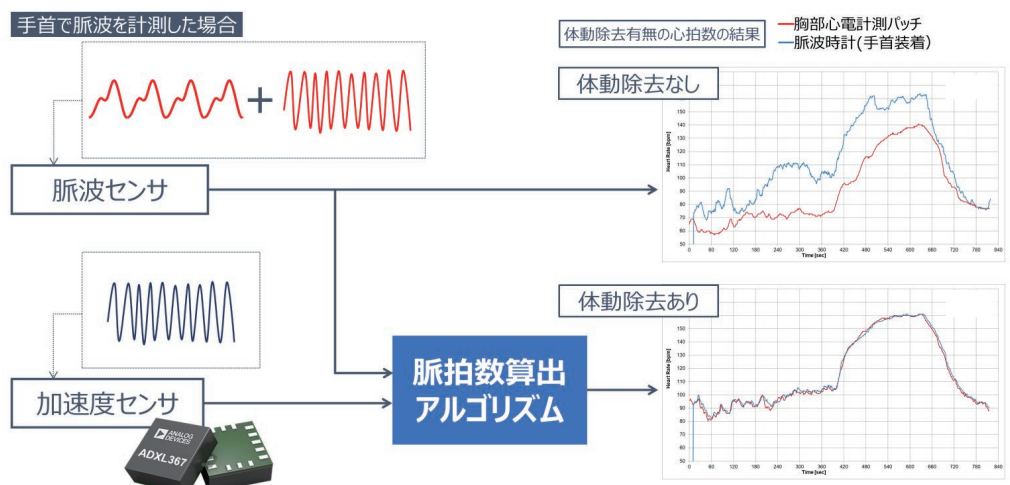
こうした課題に対し、当社は幅広い電源ポートフォリオを展開している。複数のスイッチング・レギュレータ (DC 電圧を異なる値の DC 電圧に変換して出力する DC/DC コンバータの一種) の出力に接続するインダクタ (交流の電気エネルギーを磁気エネルギーの形で蓄える受動電子部品) が 1 つで済む SIMO (Single Inductor Multiple Output) や、バッテリー残量を高精度に計測する Model Gauge ソリューションはその一例である。

- センサー設定の最適化**
- 加速度 / 光学センサーのデータを脈波算出に適した状態に最適化
 - 脈波算出に十分な光強度に設定
 - 不要な周波数帯域のフィルタリング
 - 信号品質 SNR の確認

- 脈波の算出**
- 平均と線形トレンドをデータから除去
 - 取得したPPG信号に対する共分散行列を形成し、データの分散 / 相関情報を集約
 - 特異値分解を共分散行列に適用し、データの主成分を算出
 - ピーク値検出から心拍数の推定値として算出



▲ 図 11. 脈拍検出の信号処理アルゴリズムの一例である MUSIC 法 (Multiple Signal Classification)



▲ 図 12. アルゴリズムによる体動除去機能

5. 未加工信号が得られる 開発用プラットフォーム

当社は実際のアプリケーションを見据えたソリューションの提供にも力を入れており、スマートウォッチまたはリストウェアの開発用プラットフォームが、時計型の「EVAL-HCRWATCH4Z (以下, ADI Study Watch)」である (図 13)。

ADI Study Watch は前述の心拍数モニタ用アナログ・フロント・エンド「AD8233」、高精度な電気化学フロント・エンド「AD5940」、マルチモーダル・センサ・フロント・エンド「ADPD4100」、ローパワー 3 軸加速度センサ「ADXL362」、容量デジタル・コンバータ「AD7156」で構成され、脈拍 (PPG)、心電波形 (ECG)、生体インピーダンス (BIA)、体組成 (EDA)、体表温度、体動を検知できる。また、アルゴリズム研究やアプリケーション開発に向け、USB 経由でソフトウェア処理前の

生信号が取得可能で、開発ツールとして「VSM Wave Tool」を提供している。

現在市場に出回っているバイタル・サインを計測する機器の多くは、脈拍数・心拍数などに焼き直された結果を出力し、脈拍を算出する前の未加工のデータを得ることが出来ないが、ADI Study Watch では未加工のデータを取得できるため、独自研究に応用可能である。脈波信号や心電波形などの生データを活用して新しい研究やアプリケーション開発を行いたい顧客にとって、有用なプラットフォームと言える。

6. 結語

当社は「画像診断機器 (CT, MRI, 超音波診断)」「医療ライフサイエンス機器および分析装置」「疾病管理およびウェルネス」という 3 つのセグメントに対してソリューションを展開しており、本稿ではウェルネス (へ

ADI Study Watch



※本製品は評価用であり医療機器ではありません。



▲ 図 13. ウェアラブル機器の開発プラットフォーム「ADI Study Watch」

ルスケア)を対象に半導体デバイス(ハードウェア)、ソフトウェア、電源、開発用プラットフォームなどの取り組みの一端を紹介した。

高精度・低消費電力化・小型化した半導体デバイスの実現により、従来は病院内で使用されていた医療機器に相当する性能を持ったウェアラブル機器が、今後は病院外でも使えるようになる可能性があり、特に遠隔医療での応用が期待されている。半導体技術の進化に伴い、医療機器の様式が進化していくと考えられる。

より幅広いアプリケーションに対し、より優れたテクノロジーやソリューションを提供できるのが当社の強みである。また、顧客の研究や最終製品の開発を加速するため、ハードウェアだけではなくソフトウェア、開発環境、リファレンスプラットフォームなどの提供にも力を入れている。今後の遠隔医療および個別化医療の普及や浸透に向け、テクノロジーやソリューションを提供するとともに、新たなアプリケーションの提案を続けていきたいと考えている。

利益相反 (COI)

筆者はアナログ・デバイセズ株式会社から報酬を得ている。

文献

- 1) 経済産業省ヘルスケア産業課."健康経営の推進について". 経済産業省. 2022-06. https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/healthcare/downloadfiles/kenkokeyei_gaiyo.pdf, (参照 2024-07-29) .
- 2) 第16回健康日本21(第二次)推進専門委員会."健康寿命の令和元年値について". 厚生労働省. 2021-12-20. <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000872952.pdf>, (参

照 2024-07-29) .

- 3) 経済産業省ヘルスケア産業課."「健康経営銘柄2018」及び「健康経営優良法人(大規模法人)2018」に向けて". 経済産業省. 2017-09-20. https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/healthcare/downloadfiles/2017healthcare_presentation_v2.pdf, (参照 2024-08-09) .
- 4) 厚生労働省保険局医療課."令和2年度診療報酬改定の概要". 厚生労働省. 2020-03-05. <https://www.mhlw.go.jp/content/12400000/000691038.pdf>, (参照 2024-08-09) .
- 5) MarketResearch.com, "Wearable Technology Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Smart Glasses, VR Headsets, Smart Jackets and Smart Rings, Smart Watches, Fit Bands), By Technology (IoT Based, AR and VR, Others), By End Use (Health and Fitness, BFSI, Gaming and Entertainment, Fashion, Travel, Education, Logistics & Warehouse), and Regional Forecast, 2024 – 2032". Fortune Business Insights. 2024-08-05. <https://www.fortunebusinessinsights.com/wearable-technology-market-106000>, (参照 2024-08-09) .
- 6) 石井 聡."TNJ-024:電子回路で生じるコモンモード・ノイズと差動回路の活用". アナログ・デバイセズ株式会社. 2016-11-07. <https://www.analog.com/jp/lp/003/jp-web-lab/tnj-024.html>, (参照 2024-08-07) .
- 7) Charles Kitchin, Lew Counts."計装アンプの設計ガイド 第3版". アナログ・デバイセズ株式会社. 2006. <https://www.analog.com/jp/lp/003/inamp-design-guide-vol3.html>, (参照 2024-08-09) .

参考

- ・"令和2年版厚生労働白書-令和時代の社会保障と働き方を考える-". 厚生労働省. 2020. <https://www.mhlw.go.jp/content/000735866.pdf>, (参照 2024-07-30) .
- ・"令和5年版厚生労働白書-つながり・支え合いのある地域共生社会-". 厚生労働省. 2023. <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/22/dl/zentai.pdf>, (参照 2024-07-29) .
- ・岩崎 正統."遠隔・個別化医療の未来を担うアナログ・デバイセズ". アナログ・デバイセズ株式会社. 2023-04-05. https://www.analog.com/media/jp/technical-documentation/technical-articles/future-of-remote-and-personalized-medicine_jp.pdf, (参照 2024-07-31) .

不動産と医療の融合による 新たなビジネスモデルの創造

渡辺 鷹秀¹⁾, 湯藤 善行^{1,2)}

1) 株式会社シーラ

2) 株式会社シーラテクノロジーズ

キーワード

高齢者

アクティブシニア

シニアテックマンション

医療DX

遠隔サポート

概要

「シニアテックマンション」は「アクティブシニア」向けに開発されたIoT賃貸住宅である。日本では65歳以上の8割以上は介護が不要で、その多くは気力も経済力もあるアクティブシニアと呼ばれる高齢者である。自立した暮らしを望むとされており、株式会社シーラテクノロジーズ（以下、当社）はこうしたニーズを満たす住宅の提供に取り組んでいる。シニアテックマンションは医療デジタルトランスフォーメーション（DX）との融合によりデジタル化された健康状態を可視化できるため、日常生活の中で特に意識することなく健康状態を確認でき、本人も家族も安心感を得ることができると考えられる。

シニアテックマンションには3つの大きな特徴があり、第1がさまざまなIoT機器を導入している点である。その一例がスマートスピーカーの設置で、身体が不自由でも音声で家電の操作が可能となっている。第2が救急のサポートサービスの完備で、介護・看護の有資格者が常駐するコールセンターと通話できる緊急呼び出しボタンを設置している。また、人感・温度センサー、睡眠センサーなどにより健康状態を可視化でき、異常感知時の安否確認や救急の駆けつけが可能となる。第3が「入居者の自尊心を満たすモノづくり」で、あえて小さな段差を設け、また、手すりの代わりに手をかけるスペースや隙間を作り込むなど、年齢を意識させないデザインの配慮を行っている。

入居するシニア世代には「健康的で安心できる生活」「都心に住む子供や孫の近くに住む」「住宅費や介護費を抑制」「プライベートの確保」「アクティブなシニアライフの継続的な享受」などの利点、子世代には「近居が可能」「遠隔での安否確認と健康管理」「自分たちの生活の保持」「親の健康継続による金銭的負担の軽減」などの利点がある。当社には「従来とは異なる顧客層の獲得」「時代に即した不動産事業の展開」などの利点があり、さらに社会貢献にもつながる。

1. はじめに

シニアテックマンション開発のきっかけ

人生 100 年時代…超高齢社会を迎えた日本における 65 歳以上の実に 8 割以上は介護が不要で¹⁾、その多くは気力も経済力もある「アクティブシニア」と呼ばれる高齢者である。そうした介護を必要としない自立した暮らしを望む高齢者の多くは、都心に住む子供や孫の近くに住みたいという要望を持っているとされる。首都圏の持ち家に住むシニア世代に対する住み替えに関する意識調査では、約 8 割が理想の住み替え先として都会を挙げ、住み慣れた環境の中で利便性を高める住み替えを希望していることが示されており²⁾、これらが高齢者向け IoT 賃貸住宅シリーズ「シニアテックマンション」を開発するきっかけとなった。

シニア世代とその子世代を対象にシーラテクノロジー（以下、当社）が行ったアンケートでは、住みたい（シニア世代）／親に住んでもらいたい（子世代）居住地の条件として、「医療、介護、福祉施設が近いこと」「生活関連施設が近いこと」「公共交通機関が使いやすいこと」「治安がよいこと」に加え、「都心にアクセスのよい郊外」を挙げる声が多かったことが示されている（資料 1～8、文末に提示）。また、望ましい設備としては「見守りサービス」と「バリアフリー機能」、重視するサービスは「費用の安さ」に加え、「付帯サービスの充実と緊急時の対応」の割合が高かった。

介護を前提とした老人ホームでは、自立した暮らしやプライバシーの確保が難しい。一方、現在の住まいにはいざという時の不安がある。しかし、それらの懸念を払拭するために提供されている都内に建つサービス付き高齢者住宅は、入居に多額の費用を要することが当社の調査により示されている。そこで当社は、これらのアクティブシニアが抱えている住宅への問題を解決すべく、暮らしにフィットする細やかなりノベーショナル、IoT による一定の距離感のある見守りシステム、そして、万が一の事態をカバーするサポートや保証を 1 つにし、今までにない高齢者向けのニーズを満たす住宅の提供に取り組んでいる。

医療 DX と融合する意図

シニアテックマンションは医療デジタルトランスフォーメーション（DX）との融合を実現している。これによりデジタル化された健康状態を可視化できるため、日常生活の中で意識することなく健康状態を確認し、本人も家族も安心感を得ることができると考えられる。また、健康なうちから IoT 化された住宅に慣れ親しむことで、将来の不安を解消することにつながる。テクノロジーの活用により、予防と不安の解消を可能にする住宅を目指した。

2. 登録商標を獲得した「シニアテックマンション」

シニアテックマンションの概要

「シニアテックマンション」は当社の登録商標であり、さらなる高齢化が進む日本社会において、今後代表的な住宅になり得ると考えている。当社が取得した物件を単身高齢者向けにフルリノベーションし、さらに多くのシステムを組み合わせることで、ハード面においてもソフト面においても、アクティブシニアの満足を得られると思われる住宅設備を作り上げている（図 1）。これまでは 1 部屋ごとの提供に留まっていたが、今後はマンション全体を高齢者住宅とする 1 棟単位での提供を目指している。また、居室内のデバイスの充実やシステムのグレードアップへの注力も考えている。



▲ 図 1. シニアテックマンションの内装イメージ

シニアテックマンションには 3 つの大きな特徴がある。第 1 がさまざまな IoT 機器を導入している点で、例えば Amazon 社のスマートスピーカー「Amazon Alexa（アマゾンアレクサ）」を導入しており、身体が不自由でも

音声で家電の操作が可能となっている。

第2は救急のサポートサービスを完備している点で、介護・看護の有資格者が常駐するコールセンターと通話できる緊急呼び出しボタンを室内の3カ所に設置している。また、人感・温度センサー、睡眠センサーなども設置しており、異常を感知した際に家族やコールセンターに通知するシステムを導入している。これにより、安否確認や救急の駆けつけが可能となる。

第3には「入居者の自尊心を満たすモノづくり」を提供している点が挙げられる。フルフラットな完全バリアフリー化を行うのではなく適度な段差を設け、至る所に手すりを設けるのではなく、代わりに手をかけるスペースや隙間を生活の動線に作り込んでおり、年齢を意識させないデザインの配慮を行っている。

2019年に企画を立ち上げて検証を重ねた結果、他の高齢者向け住宅と比べて差別化が図れる住宅が実現した。保証会社の審査は必要だが、支払能力さえあれば誰でも入居可能である。一般的に、高齢者の入居を認める賃貸住宅は少ないが³⁾、見守りサービスを付帯するシニアテックマンションであれば、入居審査が通りやすくなる。

導入設備とサポート体制

導入設備については以下の通りである(図2)。

- ・音操作：給湯器・照明・エアコン・スピーカーなど。持ち込みの家電も操作可能
- ・緊急呼び出しボタン：ボタンを押すとコールセンターにつながる。寝室・トイレ・洗面室の3カ所に設置
- ・人感・温度センサー：在室中に長時間動きがない状況や、温度、室温の感知
- ・睡眠センサー：睡眠時の心拍・呼吸の計測や、停止を検知(電動リクライニングベッドに備え付け)
- ・扉開閉センサー：玄関扉に設置。開閉を検知し、外出・帰宅を通知

また、入居者の困りごとに24時間対応しており、体調不良時の相談やタクシー手配などが可能である。対応するオペレーターの約3割は看護師、介護福祉士、ホームヘルパーな

どの医療有資格者で、「体調が悪く、病院に行く前に症状を相談したい」など、医療に関する相談については一般のオペレーターから前述の医療有資格者へ取り次がれる。診察が必要と判断された場合、または利用者が希望した場合には訪問診療を受診することも可能である。さらに、時間外救急プラットフォーム「ファストドクター」と提携しており、必要に応じて救急対応も可能となっている。

今後の展望

より便利で健康管理に有益な住宅を提供するためにはいくつかの課題もある。理想の実現に向け、次のような施策を考えている。

- ①医療機関と薬局を併設し、より安心できる暮らしを提供する
- ②カフェやサロンを併設し、1人でも多くの顧客に働く喜びを感じ続けてもらう場を提供する
- ③高層階と下層階で住み分け、高層階には医学部に通う学生が居住し、下層階は高齢者が居住する
- ④保育施設を併設し、積み上げてきた子育ての経験を生かせる場を提供する
- ⑤長年住み続けた、思い出の詰まった住宅から引っ越せない方には、住宅をシニア向け住宅に改装する新しいリフォームサービスを展開する。これにより、更に多くの方を見守ることができる



▲ 図2. 見守り機器とスマートホーム機能

そして、こうした施策をテクノロジーで繋ぎ、少しでも理想に近い住宅を作り上げたいと考えている。

テクノロジー融合による それぞれの利点

テクノロジーの融合により、シニア世代、子世代、そして当社にとって次のようなメリットが考えられる。

シニア世代のメリット

健康的で安心できる生活ができ、都心に住む子供や孫の近くで、住宅費や介護費の負担を比較的安価に抑えることが可能。また、介護施設などのような共同生活ではないためプライベートを確保できる。さらに、日常的にデジタルな数値で健康を管理することにより、アクティブなシニアライフをより長く楽しむことが可能になる。

子世代のメリット

自分たちの近くで暮らしてもらえ、遠隔で安否確認と健康管理ができる。有事の際にはすぐに駆けつけることも可能で、医療機関との連携もあり、大きな安心感を手に入れることができる。親を施設に入れるという罪悪感に駆られることもなく、自分たちの生活も守れる。介護を必要とせず、より長く元気に暮らしてもらえれば、子世代の金銭的な負担も軽減される。

当社のメリット

従来とは異なる顧客層の獲得につながり、事業展開が期待できる。さらに、社会貢献度の高い事業であり、社員の働き甲斐につながる。

おわりに

世に供給していきたいと考えている。孤独死の抑制や予防医学の導入により、医療保険や介護保険の負担を減らすことにつながると信じているからである。アクティブなシニアを増やし、少しでも長く、1人でも多く仕事を続けられる環境を整え、日本経済の活性につなげていきたいと考えている。そして、このような社会貢献度の高

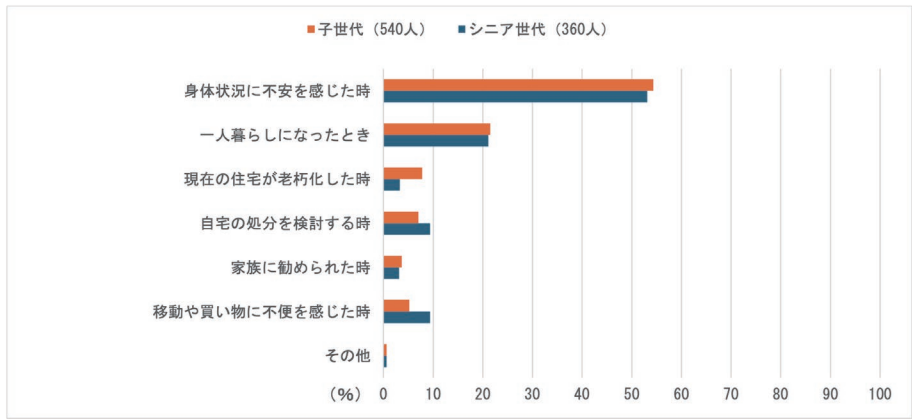
い事業にこれからも力を注いでいくつもりである。

利益相反 (COI)

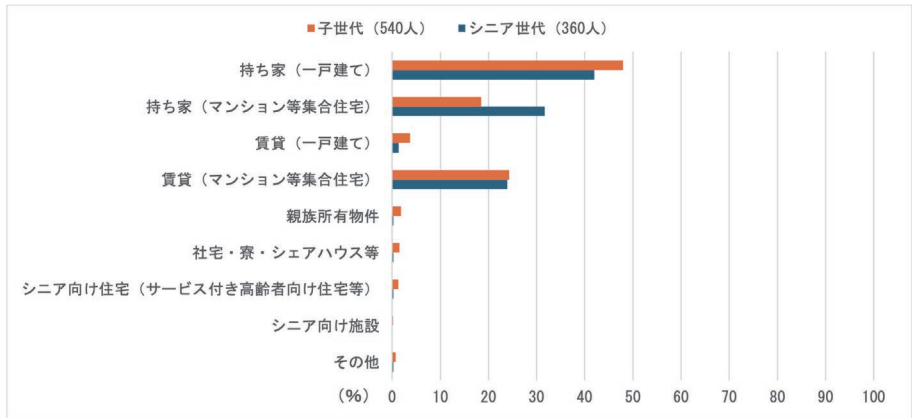
筆者は株式会社シーラより報酬を得ている。

文献

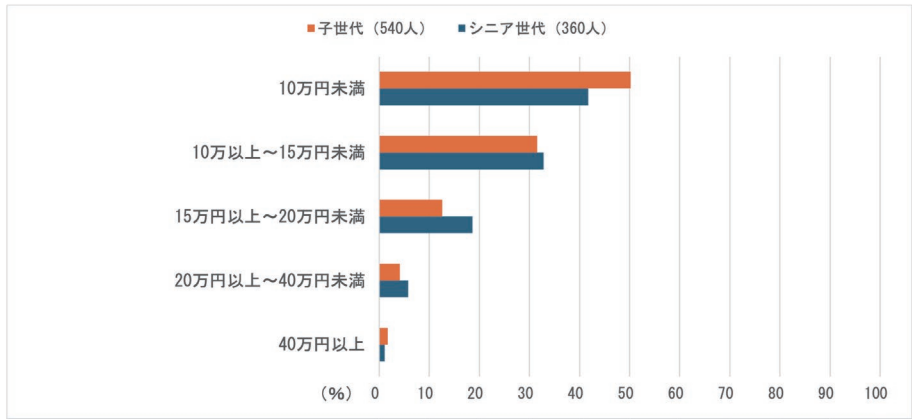
- 1) “みずほ産業調査 Vol.52” . みずほ銀行 . 2015-09-29. <https://www.mizuhobank.co.jp/corporate/industry/sangyou/m1052.html>, (参照 2024-07-17) .
- 2) “首都圏シニアは住み替えも” 都市”、三井不動産販売が調査” . 住宅産業新聞社 . 2011-09-21. <https://www.housenews.jp/house/4903>, (参照 2024-07-17) .
- 3) “【特集】家を借りられない高齢者たち「65歳を過ぎると難しい…」居住支援の現場にカメラが密着” . 日テレNEWS NNN. 2024-03-10. <https://news.ntv.co.jp/category/society/b0f9866c15b84c3093178fb0a167a904>, (参照 2024-07-17) .
- 4) “「シニアテックマンション×趣味人倶楽部」共同キャンペーン！シニア世代の方向けの新しい暮らしを体験宿泊するキャンペーンを共同で実施いたします。” . PR TIMES. 2022-02-24. <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000033.000050760.html>, (参照 2024-07-17) .



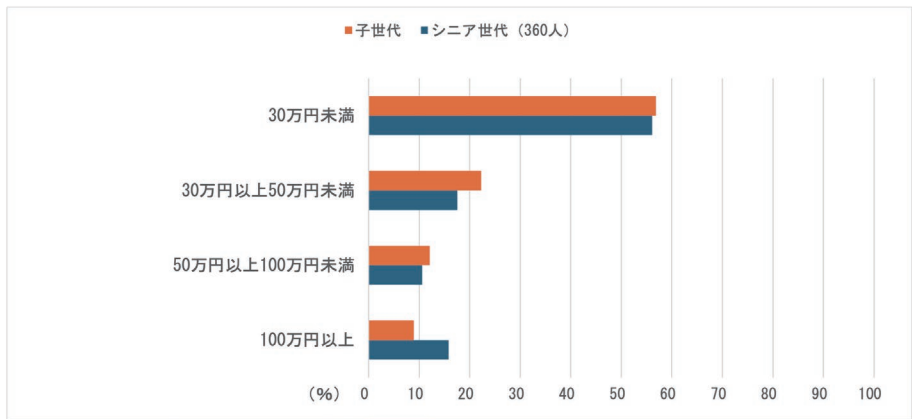
▲ 資料 1. 見守りサービス付き賃貸マンションに入居を検討する理由



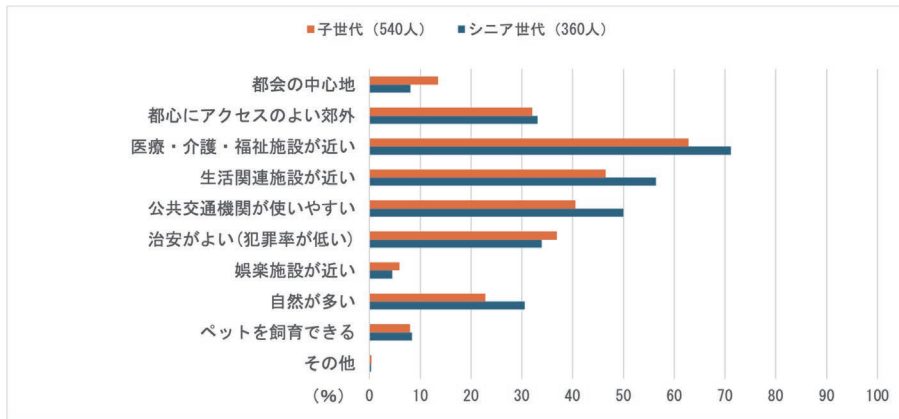
▲ 資料 2. 現在の住まいの種類



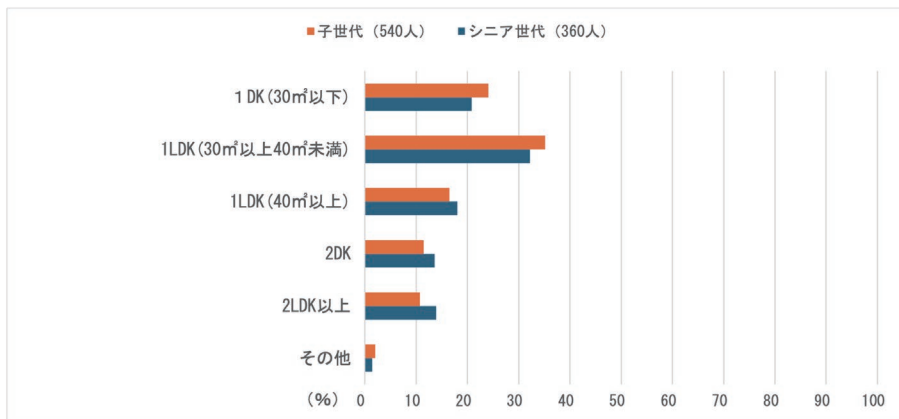
▲ 資料 3. 1人当たりの月額費用の想定



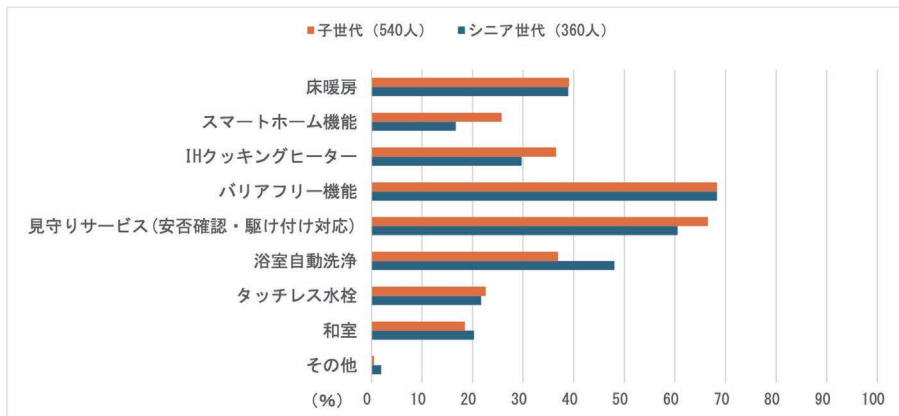
▲ 資料 4. 1人当たりの入居時の費用の想定



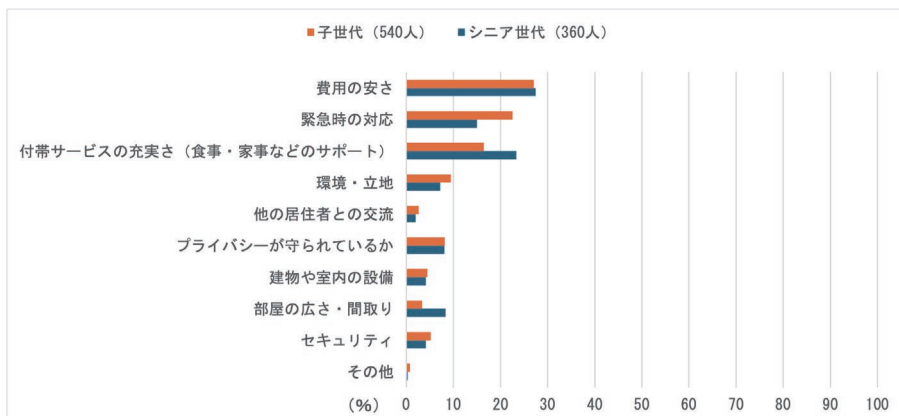
▲ 資料 5. 住みたい・住んでもらいたいと思う理想の居住地の重視する条件



▲ 資料 6. 理想の間取, 広さ



▲ 資料 7. 自宅にあってほしい設備



▲ 資料 8. シニア向け賃貸マンションで重視するサービス

(セルフ型オンラインアンケートツール「サーベロイド」を用いて 2023 年 6 月に実施)

1. 編集方針

「DMIL JOURNAL(一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab. 学会誌)」(以下、本誌と略す)は、一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab.(以下、本会と略す)の機関誌として、デジタル医療やデジタルヘルスに関する基礎的・臨床的研究成果を掲載するものである。本誌に掲載される論文は、医師とビジネスパーソンが、デジタル医療およびデジタルヘルスケアについての理解を深めるためのものであり、会員を含めた多数の読者に寄与するものに限られる。

2. 投稿資格および投稿条件

- 論文の筆頭著者および責任者は、原則として本会の会員であること。
- 他誌に発表されていない、かつ投稿中でないものとす。
- 本文の長さは、原則として10,000字以内とする(図表は1点につき400字に換算)。
- 著者数は原則として10名以内とし、それを越える場合はそれぞれの役割を記載した文書を添付することによって認めることもある。

3. 論文審査(査読)

- 本誌に投稿されたすべての論文は編集委員会の審査によって掲載の可否が決定される。査読の結果によって、掲載条件として原稿の加筆・修正を求め、再査読を行う場合がある。
- 改定稿の投稿は査読結果を受け取ってから1ヵ月以内とする。1ヵ月を経過した論文は新規の投稿論文として扱う。

4. 倫理

- 症例報告など患者情報の記載のある論文については、患者のプライバシー保護に十分配慮し、患者が特定されないよう留意しなければならない。インフォームドコンセントを得た上で投稿する。

- 投稿者および共著者は、ヒトを対象とした研究について世界医師会総会で採択されたヘルシンキ宣言(1964年制定, 2013年10月改正)を遵守し、以下の指針に則したものでなければならない。

- 人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針(令和3年文部科学省・厚生労働省・経済産業省告示第1号[令和4年3月10日一部改正])
- 症例報告を含む医学論文及び学会研究会発表における患者プライバシー保護に関する指針(外科関連学会協議会・平成16年4月6日, 平成21年12月2日一部改正, 平成27年8月28日一部改正)

- 動物を扱った研究は実験動物の飼養及び保管並びに苦痛の軽減に関する基準(平成25年環境省告示第84号)に基づいた各施設のガイドラインに則して行われたものでなければならない。

- 特定臨床研究では臨床研究法(平成30年4月1日施行)を遵守する。

- 論文の投稿者は、投稿に際して論文にその旨を記載し、必要な場合には実施機関の倫理委員会等の承認を得ていることを記載する。

以上、この宣言における事実誤認または虚偽や過失により掲載された論文に対する訴えがあった場合、本会および編集委員会は一切の責めを負わない。

5. COI 状態の自己申告

- 投稿する著者全員は、会員、非会員を問わず論文内容に関係する企業組織や団体との投稿時から遡って1年間のCOI状態を本文末尾に明記すること。利益相反関係がある場合には関係する企業・団体名も明記する。

6. 著者校正

- 著者校正は原則として1回のみとする。編集委員会の指示以外は文章の書き換え、追加補充をしない。

7. 投稿方法

- E-mailの添付ファイルによる投稿を原則とする。件名

の冒頭に「投稿論文」と記載し、添付ファイルはPDFあるいはMS Word フォーマットで保存したものとする（図についてはPPTでも可）。

E-mail:contact@dmil.ne.jp

- ・ファイルの総容量が10MB以上となる場合やE-mailによる投稿ができない場合は、原稿および電子媒体を下記編集部へ郵送する。

〒105-0011

東京都港区芝公園2-3-6 PMO 浜松町II 5階

ドクターズ株式会社 DMIL JOURNAL 編集部

- ・郵送での投稿にあたっては、原稿のコピーを3部用意し、図表を含む原稿を保存した電子媒体（USBなどの記録メディア）を添付する。

8.PDF ファイルについて

- ・著者は掲載版PDFファイルを無料で贈呈される。

9. 問い合わせ先

ドクターズ株式会社

DMIL JOURNAL 編集部

〒105-0011

東京都港区芝公園2-3-6 PMO 浜松町II 5階

TEL:03-6263-8871

E-mail:contact@dmil.ne.jp

10. 著作権

- ・本誌に掲載されたすべての論文の著作権は本会に属する。本誌に掲載された論文の無断掲載を禁ずる。

11. 執筆要項

- ・原稿は次の順序で構成（改頁）し、ページ番号は下中央に記入する。

①表紙*

②要旨（800字以内、研究目的、主な知見と主要な結論を述べる）

③キーワード（5個以内）

④本文（緒言、方法、結果、考察の項目を立てて記す）

⑤文献（主要なものに限り、原則として30個以内）

⑥図表説明

⑦図・表・写真

⑧フォント（遊ゴシック）

*表紙には、①論文のタイトル、②著者名、共著者名、

③所属機関名、④責任者連絡先（氏名、住所、電話番号、E-mail）、を記入する。

- ・原稿は横書き、文体は論文体、表記・送り仮名等は常用漢字および新仮名使いを用い、論文中の固有名詞はすべて原語を、数字はすべて算用数字を使用し、日本語化した外国語はカタカナで記載する（内容に抵触しない範囲で編集部にて統一する）。

- ・略語は、論文中に初めて使用するときには完全な語とその略語を括弧内に示す〔和文（英文完全語：略語）or 略語（英文完全語）〕、原則として新しい略語を用いないが、やむをえない場合は国際刊行物を参照し、適切な略語を選ぶ。

- ・文字の字体（イタリック体など）および上付き、下付き（11C, N1など）は明確に示す。

- ・薬品名はできるだけ一般名を用いる。製品名（商標名）をやむを得ず使用する場合は、製品名（商標名）の右肩に商標登録マーク（®）を記載する。

- ・統計処理を行った際は統計的検定方法を明記する。

- ・引用文献は、本文中に引用順に該当個所の右肩に記し、本文末尾に以下の要領で一括して記載する。

【雑誌】著者名・論文名・雑誌名・発行年；巻数：頁 - 頁。

【書籍】著者名・論文名・編者名（編）・書名・発行所、発行地、発行年、頁 - 頁

【Webサイト】著者名・“ページ名”・Webサイト名・出版年・URL、（アクセス日）。

- ・原則として著者は3名までを列記し、4名以上の場合は「3名、他」「3名、et al」とする。また、欧文誌名略号はIndex Medicusに従って表記する。なお、投稿・掲載予定の引用文献は、その旨を明記のうえ、（ ）内に投稿雑誌名を記入する。

< 例 >

1) Sirinukunwattana K, AhmedRaza SE, Yee-WahTsang, et al. Locality Sensitive Deep Learning for Detection and Classification of Nuclei in Routine Colon Cancer Histology Images. IEEE Trans Med Imaging. 2016; 35: 1196-206.

2) 函尾博司, 伊藤 等, 妹尾亘明, 他. 乳腺部分切除術. 乳癌の臨床. 1989; 4: 851-61.

- 3) Guilford JP. The Nature of Human Intelligence. McGrawHill, NewYork, 1967, pp.141-4.
- 4) 漆崎一朗. サイトカインと癌治療. ライフサイエンス, 東京, 1989, pp.2-13.
- 5) 中央教育審議会. “人口減少時代の新しい地域づくりに向けた社会教育の振興方策について(答申)”. 文部科学省. 2018-12-21. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1412080.htm, (参照 2024-02-02).

図表の扱いに関して

- ・ 図表は、本文中の掲載順に番号をつけ、本文中に挿入位置を明示する。図表原稿は本文とは別紙にし、添付データも本文と区別する。
- ・ 図表には必ず標題を付けること(X軸, Y軸の名称や単位の記入漏れに注意)。
- ・ 図表はパソコンの各種画像加工ソフト, プレゼンテーション用ソフトを用いて作成したもので構わない。その場合, 画像は各 300dpi 以上の解像度のものを用い, プリントアウトとデータ(保存媒体に使用ソフトを明記)を提出すること。
- ・ 電子顕微鏡写真には倍率(バー)を入れる。
- ・ カラー写真を掲載希望の場合は, その旨投稿時に明記すること(カラー掲載料は実費請求する)。指示のない場合は白黒で印刷する。

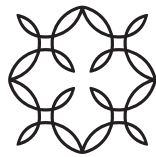
転載許諾に関して

他所の刊行物の図表, 写真および画像, 文書などの全部または一部もしくは改変引用するときは, 原則として著作権規定に照らした引用許可が必要であるため, 投稿者が事前に関出版者(発行者)および著者から転載許諾を得ること。

この規程は, 令和6年2月1日より発効する。



「誰にも言えない」は、
ここでお願いします。

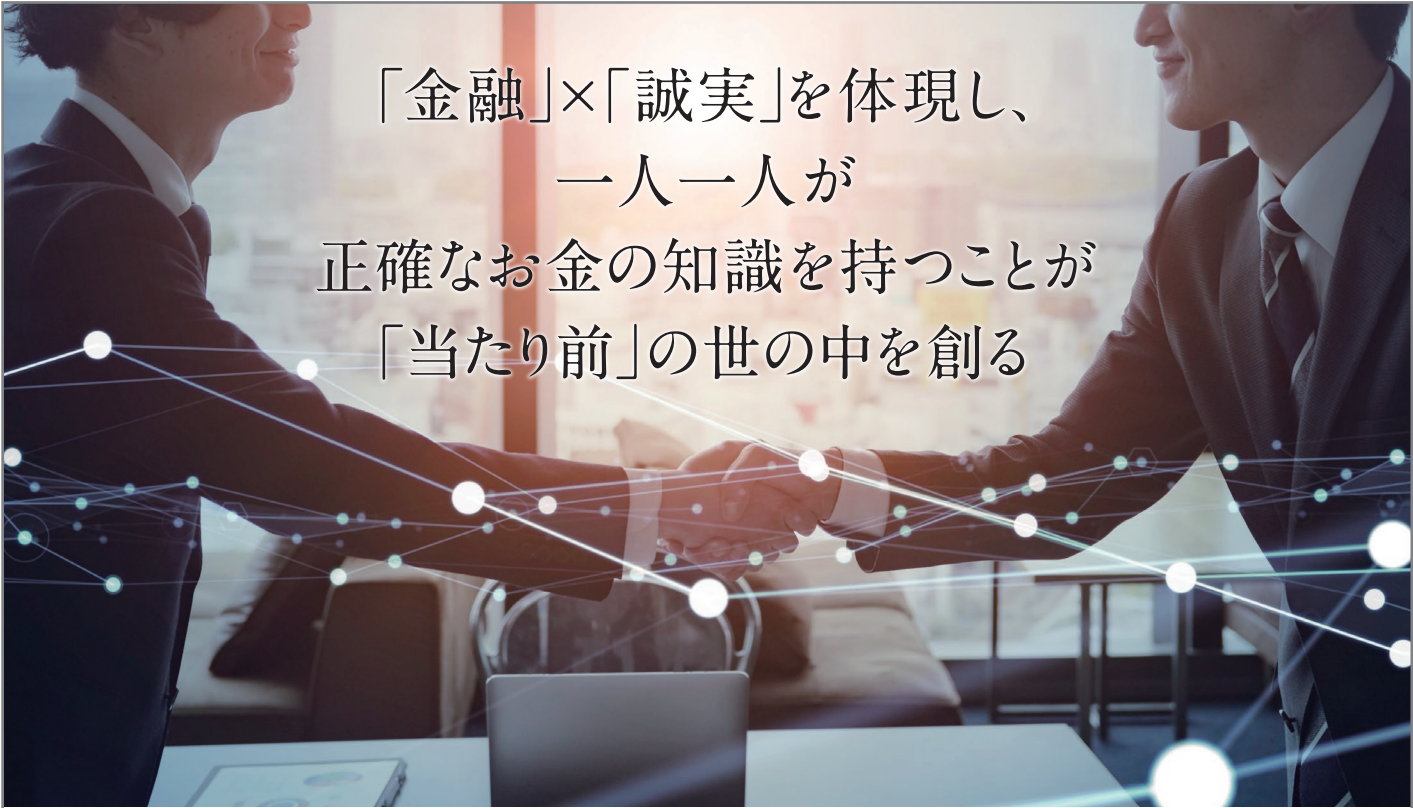


veary clinic

veary clinicは性器形成をはじめとした下半身美容に特化したクリニックです。

人には言いにくい身体的なお悩みを解決する一助になれるように

真摯に医療に取り組んでいます。



「金融」×「誠実」を体現し、
一人一人が
正確なお金の知識を持つことが
「当たり前」の世の中を創る

 Fintegrity



一般社団法人Digital Medical Innovation Lab.^{ディーミル}(DMIL)は、
デジタル医療とデジタルヘルスケアに関する研究や開発について議論し、
医師とビジネスパーソンが学び合い、交流する場を提供しています。



ご入会はこちらから

編集後記

この度、一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab. による学会誌「DMIL Journal」の創刊号を発行する運びとなり、事務局一同、大変喜ばしく思っております。また、ご協力いただいたすべての関係者の皆様にも、深い感謝を申し上げます。

本誌の制作にあたっては多くの課題と向き合いながらも、デジタル医療およびデジタルヘルスの重要性を伝えるという使命感のもと、作り上げてまいりました。初の試みであったため手探りの部分も多く、企画から編集まで多大な時間と労力を費やしましたが、事務局一同の強い連帯感と関係者の皆様からの温かいご支援のおかげで、これらの困難を乗り越えることができました。

DMIL の活動を通じてデジタル医療およびデジタルヘルスの推進に貢献し、社会が抱える課題に対する解決策を提供していきたいと考えております。本誌はデジタル医療およびデジタルヘルスに取り組みされるすべての方々にとって有益な情報を提供できると考えており、皆様の活動の一助となれば幸いです。

今後も新たな知見と技術の発展に寄与し、日本の医療システムの未来に貢献していく所存です。引き続き DMIL の活動にご期待いただくとともに、変わらぬご支援を賜りますようお願い申し上げます。

DMIL 運営事務局長 小倉 康孝
一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab.

編集 DMIL Journal 編集委員会
発行 一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab.
発刊 2024 年 8 月 31 日
一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab.
〒105-0011 東京都港区芝公園 2-3-6 PMO 浜松町 II 5 階
TEL:03-6263-8871 E-mail: contact@dmil.ne.jp
URL: <https://dmil.ne.jp/>