

知と技術の結集が導く、 未来医療のビジョン

Mobile Surgical Unit



Big Data & AI Analytics



Tele-ophthalmology



DX for Kampo Medicine

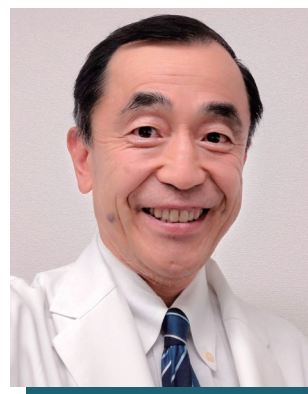


Enhancing Surgical Teams with DX/AI



医療DXが拓く 未来医療のかたち

DMIL 代表理事
東邦大学 名誉教授
JCHO船橋中央病院
島田 英昭

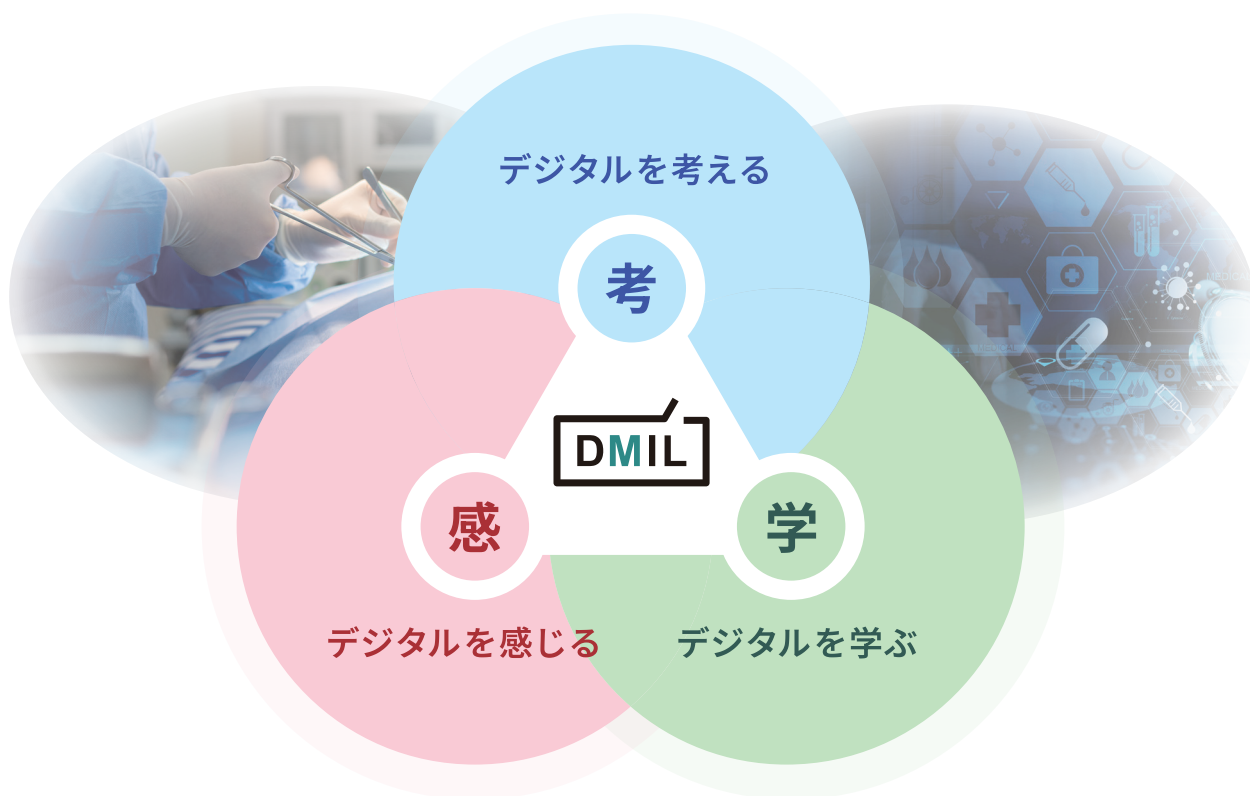


一般社団法人Digital Medical Innovation Lab.(DMIL)は、デジタル医療およびデジタルヘルスケアへの理解を深め、地域や専門領域を越えて交流する場を提供するため、2021年に発足した学術組織団体です。デジタル医療サービスの発展により、低コストで質の高い医療を提供できる仕組みを目指し、隔月でウェブ講演会を企画しています。また、年に2回の現地開催講演会を企画し、医師とデジタル医療開発企業が双方向で議論できる場を提供しています。

デジタル医療サービスの技術開発は目覚ましく、マイナンバーカードやスマートフォンを活用したデジタル医療は、今後の日本社会にとって非常に有益な産業分野です。昨年度から、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「Digital Medical Innovation Lab.(DMIL)ジャーナル」を発刊することとなりました。

今回、第2号として、これまでのウェブ講演会や現地開催講演会でご講演いただいた企業を中心に、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。本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していくことを期しております。本誌は当初、医師が医療DXに関する最新の知見を共有し、臨床に即した実践的な知識を深める場として創刊されました。各分野の専門家による論考、実践事例、政策動向の分析などを通じ、医師やビジネスパーソンが「未来の医療」を構想し、具体化していきたいと考えております。

今号を手にとっていただいたすべての読者が、医療DXを自身の臨床に活かすための一歩を踏み出す契機となることを、心より願っております。



次なるデジタル医療革新へ

一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab.(DMIL / ディーミル)は医療DXの推進を目的に、デジタル医療・ヘルスケアの研究や開発を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。

DMILは、医療DXに関する知見を共有し臨床に活かせる実践的な知識を深める「知のプラットフォーム」です。
医療の質を高め、命を救う「未来の医療」の実現に向けテクノロジーと多様な専門性を活かした取り組みを展開しています。

活動内容

学術総会の開催

医療DX・デジタルヘルスケア分野の最新の研究成果や先進的な実践事例を共有し、学術的な議論を深める場を提供します。

講演会・セミナーの企画

専門家による講演やディスカッションを通じて、臨床現場での活用に直結する実践的な知見を発信しています。

交流会・フォーラムの開催

分野を超えた医師同士が自由に意見交換し、新たな連携を創出・深める機会を設けています。

「DMILジャーナル」の刊行

医療DX・デジタルヘルスケアに関する最新情報や研究成果を発信しています。

contents

01	巻頭言 医療DXが拓く未来医療のかたち 島田 英昭
04	救急集中治療領域の ビッグデータ・AI解析の最前線 中田 孝明
06	外科系医療における ノンコア業務課題へのDX/AI 大谷 隼一
08	漢方をDXする －AIとTechnologyが拓く クリニック経営と臨床研究の未来－ 平野 喜一郎
11	医療DXの現状と 遠隔眼科診療の今後の展望について 清水 映輔
14	モバイルスマート治療室が切り拓く 新たなかたち 北原 秀治
19	投稿規定
21	編集後記

編集委員長 島田英昭（東邦大学名誉教授／JCHO船橋中央病院）

編集委員 近江禎子（順天堂大学医学部附属順天堂医院 麻酔科・ペインクリニック 特任教授）
鈴木昭広（自治医科大学附属病院 周術期センター長／麻酔科教授 病院長補佐）
松田直之（名古屋大学大学院医学系研究科 救急・集中治療医学分野 教授）
加藤格（京都大学医学部附属病院 発達小児科学教室 講師）

DMIL運営事務局

救急集中治療領域のビッグデータ・AI解析の最前線

中田 孝明

千葉大学大学院医学研究院 救急集中治療医学教授
千葉大学病院副院長（経営・イノベーション担当）

keywords

救急集中治療 / ビッグデータ / 人工知能 (AI) / DPC

救急集中治療は、生命の危機に瀕した患者に対して迅速かつ高度な医療を提供する領域であり、その診療は多職種・多施設にまたがる広範なデータの蓄積と解析によって支えられている。従来、個人や単施設での経験則に依拠していた医療の現場において、ビッグデータとAI技術の導入は、質的なパラダイムシフトをもたらしつつある。近年、全国規模の診療報酬データ（DPCデータ）や電子カルテデータを用いたビッグデータ解析、さらには機械学習や生成AIを活用した高度な予測モデルの開発が進展している。本稿では、敗血症を対象とした大規模疫学研究、脳卒中・急性冠症候群の病院前予測アルゴリズム、集中治療領域における尿量予測モデルなどの最新成果を紹介するとともに、AI技術を臨床現場へ実装するための課題と展望を論じる。加えて、臨床ガイドライン作成支援への生成AIの応用、citation screening へのLLM導入事例も取り上げ、医療におけるAIの実装フェーズがすでに到来している現状を概観する。臨床医・研究者・開発者が連携して取り組むことで、救急集中治療の質的転換が可能になる。

はじめに

救急集中治療は、生命の危機に瀕した患者に対して迅速かつ高度な医療を提供する領域であり、その診療は多職種・多施設にまたがる広範なデータの蓄積と解析によって支えられている。従来、個人や単施設での経験則に依拠していた医療の現場において、ビッグデータとAI技術の導入は、質的なパラダイムシフトをもたらしつつある。本稿では、千葉大学における取り組みを中心に、救急集中治療領域のビッグデータ・AI解析の現状と展望を紹介する。

ビッグデータ解析：DPCを用いた敗血症の実態把握

全国のDPCデータを用いた解析により、敗血症の患者数や医療費、予後の実態が明らかになりつつある。日本敗血症同盟（JaSA）による解析では、敗血症の発症件数および死亡数は年々増加しているが、入院期間の短縮や死亡率の改善が示されており、医療の質の向上が推察される¹⁾。

さらに、入院1件あたりの医療費は上昇傾向にあるものの、救命1件あたりの費用対効果（Cost-Effectiveness）は向上していることも示された²⁾。これは、診療の高度化や集中治療の標準化が進んだ成果ともいえる。

AI解析：予測アルゴリズムの構築と臨床実装

AI（人工知能）技術、特に機械学習アルゴリズムの導入により、診療の意思決定支援が可能となりつつある。

1. 気象情報を用いた院外心停止予測

院外心停止が発生しやすい日を過去の院外心停止データと気象データを学習させた予測アルゴリズムが高精度に院外心停止が発生しやすい日を同定可能であることを明らかにしている（図1）³⁾。

2. 病院前脳卒中予測モデル

XGBoostアルゴリズムを用いて構築した病院前脳卒中予測モデルは、救急隊による問診データから脳卒中発症の可能性を高精度に判定する。このモデルは、特徴量ごとの影響を可視化するSHAP解析によって医療者にも解釈可能な形式で提供されている⁴⁾。

3. ICUにおける生命予後・尿量予測

ICU入室患者を対象に、入室時データを用いた生命転帰・入室期間の予測モデル（図2）⁵⁾や入室後の1時間毎のデータを用いた尿量予測（図3）⁶⁾では、ランダムフォレスト、LightGBM等の機械学習を用いた予測アルゴリズム開発では、AUC（曲線下面積）0.9以上の高い精度を達成している。

【背景】

院外心停止の予後は不良。リスク日予測は早期発見・予後改善に寄与する。

【仮定】

気象等の情報から院外心停止の高発生日を予測できる

【方法】

総務省/消防庁のOHCAデータ(2005-2015, n=127万・気象、暦、人口データを用い、機械学習アルゴリズムでOHCA発生予測モデルを作成し、検証データで精度評価

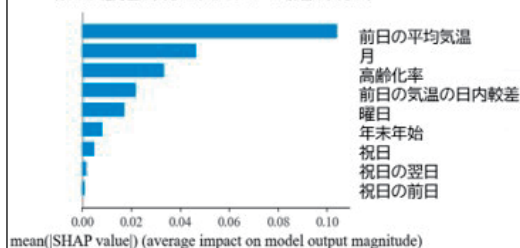
【対象地域】

日本国内の人口上位6都府県（東京、神奈川、愛知、大阪、埼玉、千葉）

	AUROC (95%CI)
東京	0.923 (0.905–0.938)
神奈川	0.882 (0.860–0.904)
大阪	0.888 (0.863–0.911)
愛知	0.889 (0.863–0.912)
埼玉	0.879 (0.855–0.901)
千葉	0.862 (0.831–0.891)

a. SHAP絶対値が示す各変数の重要度

(SHAP絶対値が大きいほどモデルへの影響が大きい)



気象等の情報の機械学習モデルは院外心停止の発生を高精度で予測する

死亡予測 (AUC)

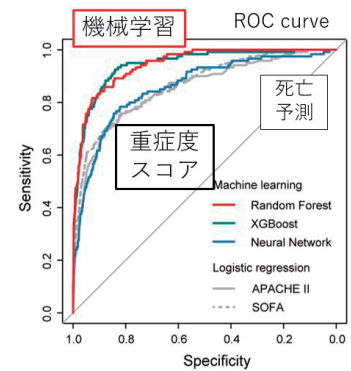
Random Forrest	XGboost	Neural Network
0.974	0.910	0.896

【参考】
重症度スコア

APACHE II	SOFA
0.851	0.865

ICU入室
期間予測

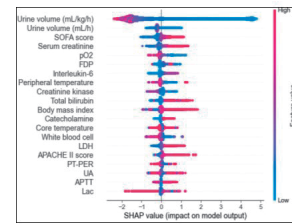
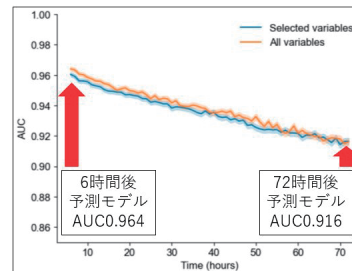
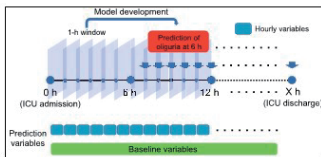
<1週間	0.881
>2週間	0.889



Iwase S, Nakada TA et al. Sci Rep. 2022;12:12912.

▲ 図2 ICU入室時予測 (生命転帰・入室期間) (文献5より引用)

- 千葉大ICU入室患者(n=9,241人)の毎時間データを機械学習(LightGBM)、未来の乏尿(尿量<0.5 mL/kg/hr)発生予測
- 高精度 (6時間後AUC 0.964 72時間後 AUC 0.916)



Yamao Y, Nakada TA, Sci Rep. 2024;14:1054.

▲ 図3 ICUイベント予測 (尿量予測) (文献6より引用)

4. LLM (大規模言語モデル) によるcitation screening

GPT-4 Turboを用いたシステムティックレビューにおけるタイトル・抄録の選別支援が高精度に可能である結果が示されている(7-8)。

終わりに

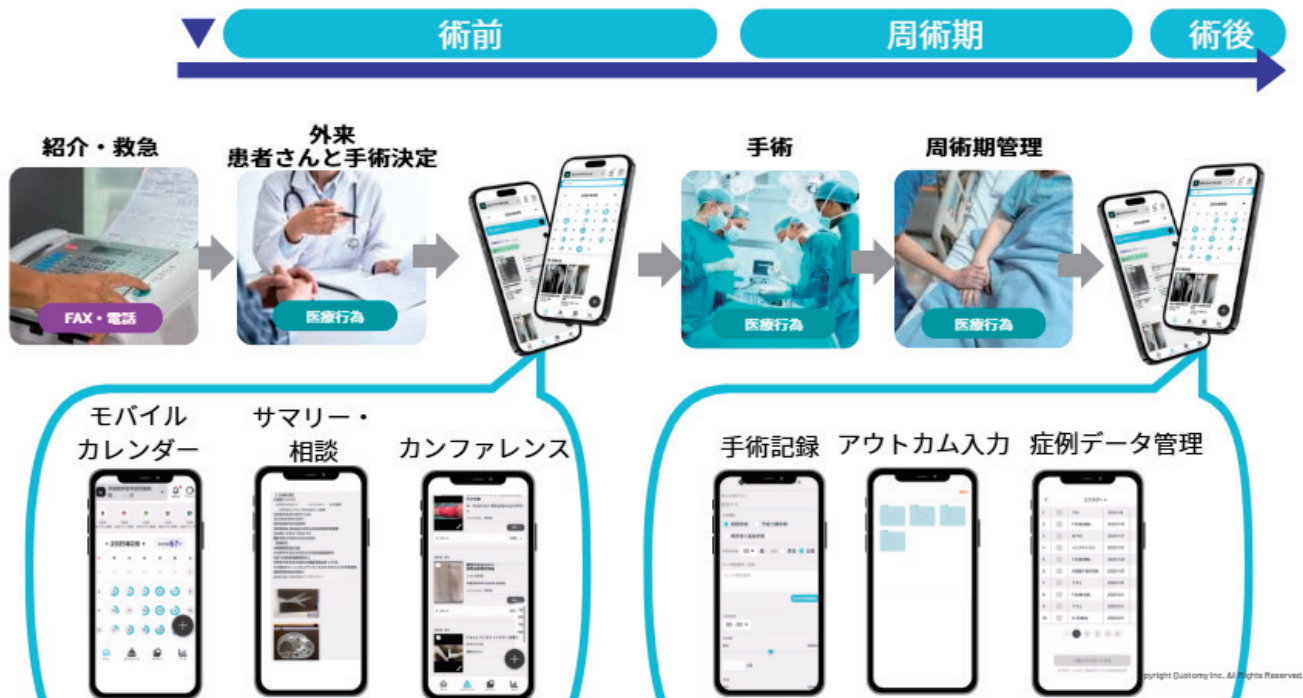
救急集中治療領域におけるビッグデータ・AI解析は、すでに研究段階を超え、臨床実装のフェーズに入っている。今後は、データ科学と医療現場の橋渡しを行う「臨床×データ」人材の育成と、多施設共同研究によるエビデンス創出、AIを社会実装するための制度設計が求められる。臨床医として、またアカデミアと現場をつなぐ立場として、未来の医療の在り方を若手と一緒に研究し、独創的な未来像を提示して行きたい。

◆ 参考文献

- 1) Imaeda T, et al. Trends in the incidence and outcome of sepsis. Crit Care. 2021;25(1):338.
- 2) Oami T, et al. Temporal trends of medical cost and cost-effectiveness in sepsis patients: a Japanese nationwide medical claims database. J Intensive Care. 2022;10(1):33.
- 3) Shimada-Sammori K, et al. Machine learning algorithms for predicting days of high incidence for out-of-hospital cardiac arrest. Sci Rep. 2023 Jun;13(1):9950.
- 4) Hayashi Y, et al. A prehospital diagnostic algorithm for strokes using machine learning. Sci Rep. 2021;11(1):20519.
- 5) Iwase S et al. Prediction algorithm for ICU mortality and length of stay using machine learning. Sci Rep. 2022;12(1):12912.
- 6) Yamao Y, Oami T, Yamabe J, Takahashi N, Nakada TA. Machine-learning model for predicting oliguria in critically ill patients. Sci Rep. 2024 Jan 11;14(1):1054.
- 7) Oami T, Okada Y, Nakada TA. Performance of a Large Language Model in Screening Citations. JAMA Netw Open. 2024 Jul 1;7(7):e2420496.
- 8) Oami T, Okada Y, Nakada TA. GPT-3.5 Turbo and GPT-4 Turbo in Title and Abstract Screening for Systematic Reviews. JMIR Med Inform. 2025 Mar 12;13:e64682.

◆ 利益相反 (COI)

筆者は株式会社Smart119の代表取締役である。



▲ 図2 OpeOneで可能なDX

DX/AIアプローチの可能性

医療分野でのDX/AI導入は、国の取り組みからも本格化していくことは確実です。外科系チーム医療に関してのDX/AI導入は、国の進める「医療DX」とは異なる文脈で、より医療機関に実利をもたらします。OpeOneは、外科系チーム医療を円滑にする目的で、病院向けに開発されたクラウドソリューションです。非構造データを構造化する生成AI活用により、OpeOneでは電子カルテから独立したシステムで、医師たちの業務改善を行うことが可能です。医療機関の基盤システムである電子カルテへの悪影響がなく、ベンダーシステムと独立しているからこそ、導入しやすいシステムです。

業務用のモバイル端末でチーム医療を円滑に行うため、業務の隙間時間に症例の確認やカンファレンスの準備ができます。これまでは特定の場所にいかなければ出来なかったノンコア業務を、いつでもどこでもできるようになったため、業務時間外労働を削減することができます。

OpeOneに入力された情報は、医療情報と業務情報を明確に区別し、API連携などを通して既存ITツールへの業務連絡を自動化することができます。手術室や医療機器企業への連絡などを忘れることも、情報を伝達間違えることもありません。

OpeOne導入効果

1. 外科系医師個人

ある医師は、電子カルテ入力以外に「オーダー用紙を手術室に届ける」「診療科の予定表に記載」「Excelで手術症例を管理」「個人のGoogleカレンダーに手入力」をしていました。OpeOne導入後は、手術予定を入れるだけで4つの行動が不要になりました。

2. 医療機関

これまで現場で業務をまわすために行われていたコミュニケーションツールでの医療情報共有がコントロールできるようになり、医療機関として対策をたてることが出来るようになりました。

業務時間外労働の削減効果に関しては、近日中にまとめて報告

をしたいと思います。

おわりに

外科系ノンコア業務のDX/AI化は、医師の業務負担軽減とチーム医療の品質向上を同時に実現する鍵です。また、医療機関の経営目線においては、増大する業務時間外労働コストに対してのソリューションとなります。OpeOneのような導入コストの低いクラウド型ソリューションを活用し、まずはデジタル活用のメリットを医療機関で働く医療者に体感してもらうことが、DX/AIを進める糸口になると感じています。

◆ 参考文献

- 1) 厚生労働省資料
「医師の働き方改革に関する検討会」報告書（2021年）
- 2) 厚生労働省資料
令和6年度補正予算について「長時間労働の傾向にある診療科を中心とした人材確保のための勤務環境改善調査等事業」
- 3) 総務省・厚生労働省・経済産業省
「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」

◆ 利益相反 (COI)

筆者は株式会社クオトミーの役員、大株主である。

漢方をDXする

—AIとTechnologyが拓くクリニック経営と臨床研究の未来—

平野 喜一郎

VARYTEX株式会社 代表取締役CEO

keywords

漢方医療DX / AI診療支援 / クリニック経営

/ 個別化医療 / リアルワールドデータ

漢方医学は、長い歴史を持つ伝統医療として東アジアで発展し、日本においても独自の進化を遂げてきた。1976年に医療用漢方製剤の保険適用が開始されたことを契機に、漢方は再び臨床の現場で注目されるようになった。特に2000年代以降、漢方薬の有効性や安全性に関する科学研究が進められたことで、現在では全国の医師の約9割が何らかの形で漢方薬を処方した経験を持つに至っている。

さらに、高齢化社会の進行とともに、複数の慢性疾患を抱える患者に対する全人的・補完的アプローチとしての漢方の役割が再評価されており、心身のバランスを重視する「未病」領域においてもその活用が広がっている。一方で、漢方医学は診断や処方において経験と暗黙知に依存する部分が大きく、個別性の高い診療スタイルゆえに、標準化や客観性の確保に課題が残されている。

こうした背景のもと、近年注目されているのが、漢方医療のデジタルトランスフォーメーション（DX）である。AIやビッグデータ、電子カルテ連携といったデジタル技術を活用することで、漢方診療の質の向上やエビデンスの蓄積、教育支援、さらには次世代の漢方医療の構築が期待されている。

本論では、PKSHAアルゴリズム2号ファンド*などから出資を受けるスタートアップ、VARYTEX株式会社が開発する漢方診療支援プラットフォーム「KAMPO 365 works」を取り上げ、漢方医療におけるAI活用の現状と展望を考察する。

*AI技術の社会実装及びAI領域のインキュベーションに強みを持つ株式会社松尾研究所（本社：東京都文京区、代表取締役：川上登福、以下松尾研究所）傘下の株式会社MK Capital（本社：東京都文京区、代表取締役：金剛洙）と共同で、投資・運用を推進。AI領域におけるPKSHAと松尾研究所の知恵と経験を結集する事で、投資先企業の成長を全力で後押ししている。

1. KAMPO 365 worksの概要

「KAMPO 365 works」は非医療機器として提供される漢方診療支援プラットフォームである。同プラットフォームはクラウドベースのSaaSとして提供され、初期投資や保守コストを最小限に抑えながら、インターネット環境さえあれば外来・在宅を問わず利用できる。現在実装されている主要機能は①漢方デジタル問診票、②漢方パスポート、③AI養生アドバイザーの三つであり、全国約200の診療所で導入されている。



▲図1 KAMPO 365 works

2. 漢方デジタル問診票

患者がスマートフォンやタブレットを用いて約40項目の質問に回答すると、日本東洋医学会の公知情報に準拠したアルゴリズムが証の傾向表示及び処方薬検索を支援する。待ち時間中の自己入力を基本とするが、高齢者で操作が困難な場合は診察室内

でスタッフ等が伴走しながら入力でき、情報取得の漏れを減らすと同時にコミュニケーションツールとしても機能する。可視化された結果は患者の理解と主体的な治療参加を促進する。



▲図2 漢方デジタル問診票

3. 漢方パスポート

診察で得られた証・処方情報を基に、①処方薬の構成生薬と薬効、②証別に推奨される養生法、③旬の食材や運動などの情報を自動生成し、月次で更新して患者に提供する。内容はQRコード経由でスマートフォンに送信でき、口頭説明では伝えきれない要点を補完する。養生指導は診療報酬が計上されるわけではないので、医師が時間を割きにくい領域であり、漢方パスポートはこのギャップを埋める仕組みとなる。



▲図3 漢方パスポート

4. AI養生アドバイザー

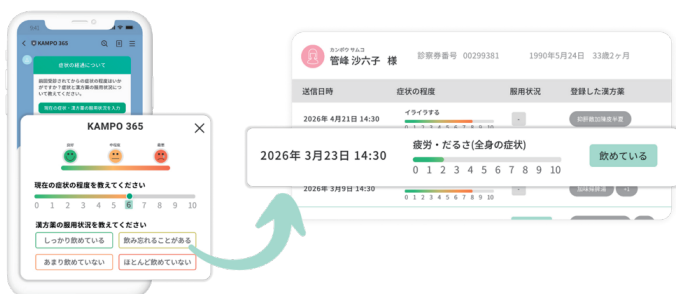
チャットボット形式で24時間365日対応し、証・体質・季節・天候を考慮したパーソナライズド養生提案を行う。たとえば「血虚」の患者には温性食品を推奨するのが原則だが、真夏日の昼間なら常温の水分補給を提案するなど柔軟性を備える。服薬リマインダーや証別レシピ提示など行動変容技術も盛り込み、診療と診療の間の空白期間中の継続的支援を実現する。※一部患者側有料機能



▲図4 AI養生アドバイザー

5. LINE連携による双方向性と経営効果

国内最多利用者を持つメッセージアプリLINEとAPI連携し、友だち追加を通じて自然に患者と医療機関のつながりを強化することが可能となる。患者の症状日記や服薬状況がリアルタイムに共有されるため次回診療が精緻になり、満足度と再診率を高める。例えば電話相談件数が減りスタッフ残業も削減でき、クリニック経営の持続可能性向上に寄与する。



▲図5 LINEとAPI連携

6. 養生マーケット構想

2025年秋正式開設予定のECサイト「養生マーケット」では、証別にカスタマイズされたスープやミールキット等を販売する。購入成立時には医療機関へレベニューシェアが還元され、保険外収入の確保と患者の満足度向上を両立する新たなビジネスモデルを提示する。



▲図6 養生マーケット

7. KAMPO 365 custom と研究支援

「KAMPO 365 works」の問診内容や所見入力画面などを独自にカスタマイズできる「KAMPO 365 custom」は主に研究支援用のシステムとして利用されている。四診所見や脈診・舌診等を詳細に記録しビッグデータを構築。機械学習で証判定アルゴリズムを高精度化し、リアルワールドデータに基づく臨床研究を加速する。エビデンス創出の困難さが課題だった漢方医学に新たな研究基盤を提供する。

8. 技術的実装の詳細

本システムのバックエンドは、ハイブリッドクラウド構成を採用しており、極めて高い堅牢性、拡張性、そして医療情報を扱うに足る最高水準のセキュリティを担保。情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) も取得済み。臨床現場の先生方からのフィードバックを迅速にサービスへ反映し、継続的に進化し続ける開発体制を整えている。

AIは、世界最高水準の先進的な基盤モデルを採用。これに、弊社が独自に収集した質の高いデータを活用し、漢方医学に特化した返答を行えるように開発。これにより、漢方特有の表現の揺れや、個々の医師が持つ暗黙知に近いニュアンスまでをAIが深く理解し、先生方の思考に寄り添う高精度なAIを実現。

フロントエンドは、誰もが直感的かつストレスフリーで操作できる洗練されたUI/UXデザインを追求している。

9. 倫理・規制上の配慮

本システムの開発と運用においては、開発の基本方針として、以下の原則を遵守している。

1. 透明性と説明可能性の確保

本システムでは、生成される情報がAIによるものであることをユーザーが正しく認識できるよう、画面上や説明文に明示。AIの

役割や限界についても適切に開示し、説明責任を果たしている。

2. プライバシー保護とセキュリティ

患者様の機微な情報を取り扱うため、個人情報保護法をはじめとする各種法令を遵守し、データを厳格なセキュリティ基準のもとで管理している。

3. 利用範囲の明確化と誤用の防止

本システムは診断や治療の決定を代替するものではなく、あくまで医師・医療従事者・患者、その他利用者の意思決定を支援するための補助的ツールである。AIの出力は参考情報として提供されるものであり、最終的な判断は常に専門職の責任のもとで行われるべきであるという原則を徹底。また、利用者がAI出力を誤って専門的判断と受け取らないよう、明確な注意喚起を行う。

10. 将来的展望

私たちの究極の目標は、画一的な情報を提供するAIではなく、先生一人ひとりの臨床スタイルや思考の傾向を深く学習し、共に成長していく「パーソナルAI」を育てることである。先生方が日々行われる診断、処方、そして診療録の記述スタイルまでもAIが学習し、使い込むほどに先生にとって最も信頼できる「第二の脳」あるいは「知的パートナー」へと進化していきたい。

患者様に対しては、ウェアラブル端末などから得られる日々の膨大な生体データをAIがリアルタイムに解析。これにより、「証」の動的な変化や体調の微細な予兆を捉え、まさに「パーソナル医療コンシェルジュ」として、その時々々の心身の状態に最適化された養生指導や受診勧奨を、適切なタイミングで行うことが可能になる。

医師と患者、双方にとって深くパーソナライズされた情報支援が、継続的な対話のように提供されることで、真の個別化医療を実現し、漢方医学の進化に貢献するだろう。

補遺

歴史的背景とAI分類

漢方は6世紀に日本に伝わって以来、江戸期の古方・後世派論争を経て独自の臨床体系を構築した。AIはエキスパートシステム、機械学習、生成AIへ進化し、KAMPO 365 works は生成AIを採用し、強化を進めていく。

11. 国際比較

中国ではAI舌診カメラを活用した遠隔中医診療が普及し、欧州ではハーブ療法とAIによる多剤併用最適化研究が進む。日本のKAMPO 365 worksは保険診療制度との親和性、LINE連携、証と養生の統合性に独自性があり、アジア太平洋地域での多言語展開が漢方医学の国際的地位向上に寄与するだろう。

12. まとめと展望

AIと漢方の融合は、伝統医療の叡智をテクノロジーで再解釈し、高齢化社会が抱える複雑な健康課題に包括的解決策を提供する。KAMPO 365 works はその実践的モデルケースであり、リアルワールドエビデンスの創出と国際標準化を通じて漢方の社

会的価値を一層高めることが期待される。医療者がAIを「共進化するパートナー」と位置づけ、患者中心のケア再構築を可能にする未来はもう間近である。

結語

漢方は1500年以上にわたり日本人の健康を支えてきたが、エビデンス創出と診療効率の課題を抱えてきた。KAMPO 365 works はAI・クラウド・モバイルを統合し、これら古くて新しい課題を同時解決する挑戦的な試みである。現代社会における多様な患者に質の高い漢方医療を届けるためには、テクノロジーとヒューマン性の相補関係を保ち、温かなケアと精緻なサポートを融合させることが欠かせない。

◆利益相反 (COI)

筆者はVARYTEX株式会社の代表取締役CEO兼ファウンダーである。

医療DXの現状と遠隔眼科診療の今後の展望について

清水 映輔

株式会社OUI (OUI, Inc) 代表取締役

医療法人 慶眼会 横浜けいあい眼科 和田町院 理事長

慶應義塾大学医学部眼科学教室 特任講師

keywords

医療DX / 眼科遠隔診療 / Smart Eye Camera (SEC)

/ AI診断 / 地域医療

医療DX (Digital Transformation) は、医療の効率化、安全性の向上、医療資源の有効活用を目的に推進されており、眼科領域においてもその重要性が増している。近年は、ポータブル機器の開発や遠隔診療の普及により、病院外での診療が現実のものとなりつつある。特に在宅医療や医療過疎地においては、診療機会の確保が課題とされる中、スマートフォン装着型の眼科診療デバイス「Smart Eye Camera (SEC)」は、遠隔診療や簡便な眼科検診の手段として注目されている。本稿では、SECの開発経緯と導入実績を紹介しつつ、SECを例に、眼科領域における医療DXの現状とその実践例、さらにはAI診断支援の可能性について考察する。また、自治体や企業、家庭など多様な場面での社会実装に向けた今後の展望についても報告する。SECを活用した診療体制の整備は、失明予防や生活の質向上のみならず、国内外における医療体制の持続可能性にも寄与することが期待される。

1. 緒言

医療DX (Digital Transformation) は、医療サービスの効率化と質の向上を通じて、①国民のさらなる健康増進、②切れ目なくより質の高い医療等の効率的な提供、③医療機関等の業務効率化、④システム人材等の有効活用、⑤医療情報の二次利用の環境整備を目指すものである¹⁾。超高齢社会を迎え、保健・医療・介護の需要が増加する我が国において、その推進は喫緊の課題とされている。

眼科領域では、ポータブル機器の普及とデジタル化の進展にて、眼科専門医による遠隔診療の実施も実現している。しかし、特に在宅医療においては、実際の眼科診療の実施率は依然として低く²⁾、予防可能あるいは治療可能な眼科疾患における診断の遅れが懸念されている。

また、世界の失明者は約4,400万人と推定され、今後30年で3倍の約1億2,000万人に達すると見込まれている。その原因の多くは白内障であり、適切な診断と治療があれば視力を回復できる可能性が高い。失明の80%は予防可能とされており、眼科医療資源の不足、専門医の偏在、人口増加や高齢化などが背景にある。これに伴う経済損失は、全世界で推定720兆円にのぼり、早急な対策が求められている。

本稿では、2025年5月に「次なるデジタル医療革新へ」をテーマとして開催された第2回Digital Medical Innovation Lab. 学術総会における筆者の講演内容と今後のアクションの方向性について報告する。

2. Smart Eye Camera開発経緯と導入実績

1. 開発経緯

Smart Eye Camera (SEC) は、眼科専門医である筆者が、日本および開発途上国での診療経験を通じて認識した課題を解決するために発案・開発し、医療機器として実用化に成功したポータブル眼科診療デバイスである(図1)。SECはスマートフォンに装着可能なアタッチメント型の機器であり、既存の細隙灯顕微鏡と同様に眼瞼・角結膜・前房・虹彩・水晶体・硝子体などの観察を行うこと

で、白内障などの疾患診断が可能である。さらに、専用アプリケーションによる画像ファインリング機能を備え、遠隔診療にも対応している。

SECの登場により、いつでも・どこでも・だれでも、眼科診察を可能とし、世界の失明を50%削減するという目標に向けて、社会実装が進められている。



▲ 図1 Smart Eye Cameraの各種デバイスモデル

2. 導入実績

現在、SECは国内では100件以上の施設に導入されており、離島や医療資源の乏しい地域にも普及が進んでいる。国外では、アジア・アフリカ・中南米などへの導入実績があり、海外の公的機関への販売も実現している。また、2024年には世界保健機関(WHO)が発刊したWHO compendium of innovative health technologies for low-resource settingsにおいて、日本の医療機器として唯一SECが掲載され、眼科分野における革新的技術として国際的な認知を得ている³⁾。現在も、様々な診断に対応したアタッチメントやAI診断機能の開発が継続されている。

3. 眼科領域における医療DXの現状

本章では、眼科領域における医療DXの現状を「効率化と安全管理」「遠隔診療」「AI診断補助」の3つの視点から概説する。

1. 効率化と安全管理の視点からの医療DX推進

眼科における医療DXの重要な目的の一つは、診療の効率化と安全性の向上である。特に白内障手術においては、左右の目の取り違いやレンズ度数の誤選択といったヒューマンエラーが重篤な結

果をもたらす可能性があり、画像データや製品情報を活用した確認体制の強化が求められている。

一日に複数の手術をこなす眼科医にとって、効率的なオペレーションと厳格な安全管理の両立は重要であり、医療DXを通じたエラーゼロの実現が期待されている。

2. 遠隔診療の進化と実践例

眼科における遠隔診療は、以下の3つのモデルに分類される。

Doctor to Doctor (D to D)

専門医と非専門医の連携により、診断精度を高める

Doctor to Patient (D to P)

在宅患者や施設入居者に対して、専門医が直接診断・治療を提供する

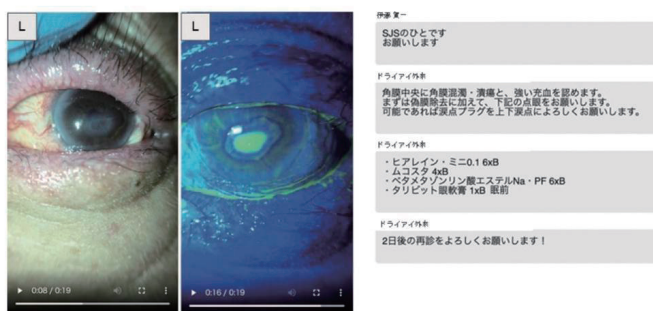
Doctor to Patient with Nurse (D to P with N)

看護師が撮影した画像を専門医が遠隔で診断する

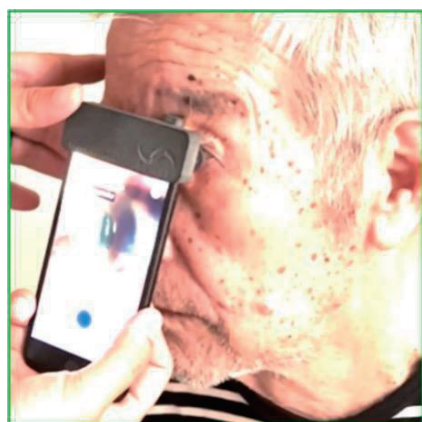
特にD to D型は、専門性の高い眼科において非専門医と連携する有効なモデルであり、地域医療や医療過疎地域での専門医の知見共有の仕組みとして注目されている(図2)⁴⁾。

D to P型の実践例として、白内障手術の適応判断や術後フォローアップを、施設入居者に対して遠隔で行う取り組みもある(図3)⁵⁾。術後には視能訓練士が訪問し、SECを用いて専門医が遠隔で経過観察を行った症例も報告されている。適切な治療により視力が回復することで、歩行、睡眠、認知機能が改善され、QOLや介護度の改善にもつながる。

D to P with Nの事例として、カンボジアの学校で看護師がSECを用いて児童の眼を撮影し、専門医が斜視や先天性眼瞼下垂などの診断を行うモデルがあり、医療資源の限られた地域における実効性の高いアプローチとして評価されている。



▲ 図2 重症ドライアイのD to D遠隔診療例 (Stevens-Johnson症候群の症例)



▲ 図3 Smart Eye Cameraによる施設入居者の診察風景

3. AIによる診断補助の可能性

AIによる診断支援の活用は、今後ますます重要性を増すと考えられる。特に専門性の高い眼科における希少疾患や慢性疾患に対して、AIによる早期診断と適切な治療方針の提供が期待される。

SECのような診断デバイスとAIを連携させた自動診断の精度検証には、国内外におけるさらなるデータの蓄積と、アノテーションの構築が不可欠である。

4. Smart Eye Cameraの社会実装に向けた今後の展望

現状を踏まえ、SECをより広く社会に普及させるための展望を以下に示す。

1. 自治体・高齢者施設での検診への活用

SECを活用した眼科検診モデルは、自治体による住民健診、老人クラブや離島での検診イベントなどにおいて導入が進められている。特に高齢者向けイベントでは、講習と検診を組み合わせ、遠隔診療により専門医がフィードバックを行う形で活用が拡大している。

2. 企業への展開と健康経営の推進

企業における健康経営の一環として、眼科検診の重要性が高まっており、SECを活用した定期健診や啓発活動が展開されている。企業の生産性向上の観点からも、歯科検診や生活習慣病予防と同様に、視機能の維持・管理も重要といえる。特に、産業医が眼科専門医でないことが多いなかで、簡易検査とD to D遠隔診療を組み合わせることで、従業員の健康維持と生産性向上の両立が期待できる。

3. 家庭向けサービスの拡充

一般家庭でも使用可能な低価格かつ汎用性の高いSECの開発が進められており、将来的には体温計や血圧計のように日常的に使用される医療機器となることを目指している。さらに、眼科に限らず、皮膚科・耳鼻科領域への応用も視野に入れた多機能デバイスの開発も検討されており、価格設定や月額制サービスの導入により、薬局や家庭などの生活空間での一次診断体制の構築を目指している。

5. 結論

眼科領域における医療DXは、単なるデジタルツールの導入にとどまらず、医療の効率性・安全性・アクセス性を高めるための本質的な変革を伴っている。本稿では、現在の取り組み状況とともに、Smart Eye Cameraの多層的な展開可能性について示した。今後は、医療機関、自治体、企業、家庭といった多様な場面での実装が期待される。

◆ 参考文献

- 1) 医療DXについて. 厚生労働省.<https://www.mhlw.go.jp/stf/iryoudx.html#1> (参照2025-06-26)
- 2) 中央社会保険医療協議会「在宅医療(その3)」. 厚生労働省.<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000184390.pdf>. 2017 (参照2025-06-26)
- 3) WHO compendium of innovative health technologies for low-resource settings 2024. World Health Organization.<https://www.who.int/publications/i/item/9789240095212> (参照2025-06-26)
- 4) 伊藤賀一, 清水映輔, 佐藤真理, 小川葉子, 根岸一乃. 遠隔診療支援を行った急性期Stevens-Johnson症候群の1例. あたらしい眼科. 39(12), pp108-112. 2022

- 5) 清水映輔, 西村裕樹, Rohan Jeetendra Khemlani, 中山慎太郎, 服部匡志. 施設入居中の高齢白内障患者が往診で白内障を発見, 手術を実施して, 往診でフォローが成功した1症例. 日本在宅医療連合学会誌. 6(1), pp29-33. 2025

◆利益相反 (COI)

Eisuke Shimizu

[F] Japan Agency for Medical Research and Development, Japan

[F] Japan Science and Technology Agency, Japan

[F] New Energy and Industrial Technology Development Organization, Japan

[I] Tsubota Lab, Japan

[P] OUI Inc., Japan

モバイルスマート治療室が切り拓く新たなかたち

北原 秀治

東京女子医科大学

先端生命医科学研究所 先端工学外科学 特任准教授

keywords

モバイルSCOT / 5G・MEC / 災害医療 / 遠隔医療 / 医療DX

本稿は、東京女子医科大学とNTTドコモが共同開発したモバイルスマート治療室「モバイルSCOT (Smart Cyber Operating Theater)」の構想から実装までを俯瞰し、次世代の医療提供モデルとしての可能性と課題を論じるものである。モバイルSCOTは、高度医療機能のモジュール化と5Gを基盤とする通信インフラを統合することで、災害時の即応支援から平時の地域診療、教育、人材育成、国際展開に至るまで多目的な応用が可能である。その社会的意義は、単なる医療機器を超え、分散型医療社会を支えるインフラとしての位置づけにある。

1. 背景と構想

災害多発社会と地域医療の崩壊

日本は世界有数の自然災害多発国であり、地震、津波、豪雨、火山噴火といった災害が繰り返し発生する地理的条件のもとにある。特に近年では、2011年の東日本大震災を契機として、災害対応における医療体制の脆弱性が社会的な関心を集めるようになった¹⁾。2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震では、震源地に近い地域で医療インフラが大きく損壊し、病院の機能停止、医療従事者の避難、救急搬送の遅延といった重大な問題が発生した。その結果、重症患者への対応が遅れ、救命率の低下が指摘された。

こうした災害時の医療崩壊は、単なるインフラの被害にとどまらず、医療人材の偏在、通信障害、移動手段の喪失、さらには地域社会における情報伝達の混乱など、多層的な要因が複合して引き起こされる。したがって、医療支援の機動力を高めると同時に、デジタル技術を用いた「遠隔かつ統合的な診療支援体制」の構築が求められている²⁾。

一方で、平時における日本の地域医療もまた深刻な課題を抱えている。過疎化が進む中山間地域や離島では、医師の高齢化と後継者不足、病院施設の老朽化と民間病院の撤退、さらには交通アクセスの悪化により、患者が必要な医療を受けられない「医療空白地帯」が拡大している。とりわけ、高齢者や障害者、慢性疾患を抱える住民が都市部まで移動することが困難な状況の中では、移動そのものを前提としない「医療の再配置」が求められている。

このように、「災害時の急性期医療支援」と「平時の医療アクセス確保」という一見異なる問題領域は、いずれも「医療の機動性」と「遠隔連携技術」の導入によって共通して解決し得る課題である。こうした背景を踏まえ、私たちはNTTドコモとの共同研究体制のもとで、移動型手術ユニット「モバイルSCOT」の開発と社会実装を開始した。これは単なる移動可能な治療ユニットではなく、都市部に存在する高度な医療支援機能そのものを可視化・遠隔制御し、5G通信とモバイル戦略デスクを通じて現地に届ける、新たな医療インフラのモデルである。

SCOTの開発経緯と技術基盤 - 次世代スマート治療室の設計思想 -

Smart Cyber Operating Theater (以下、SCOT) は、東京女子医科大学が長年にわたり取り組んできた先進的手術環境構築プロ

ジェクトである。従来の医療現場では、手術中の情報が分散しており、執刀医、手術助手、看護師、麻酔科医などがそれぞれの判断に基づいて個別に作業を行っていた。その結果、手術の安全性や効率性に影響を及ぼす場面も少なくなかった。特に、複数の医療機器から得られるデータをリアルタイムで統合・解析し、術中の意思決定に反映させる仕組みは存在していなかった。

SCOTは、こうした医療現場の非効率を是正するため、「手術室をまるごとIoT化する」という構想のもとに誕生した。プロジェクトの中核をなすのは、OPeLiNK (Open Platform for e-Linkage Network of Knowledge) と呼ばれるミドルウェアである。これは、複数の医療機器をネットワークに接続し、時間同期されたデータを取得・管理・解析するためのプラットフォームである。OPeLiNKを活用することで、心電図モニター、内視鏡映像、患者の生体情報、手術ナビゲーションシステム、麻酔情報などをリアルタイムで一元管理することが可能になった。これらの情報は、戦略デスクと呼ばれる統合モニターに集約される。戦略デスクは手術室内外に配置可能であり、現場の医師のみならず、病院内の他の専門医や教育機関の指導医とも情報を共有できる。

実際に東京女子医科大学病院では、脳神経外科においてSCOTが導入されており、年間200件前後の悪性脳腫瘍手術や血管内手術に活用されている。これにより、高精度かつ低リスクな手術の実現に大きく貢献している。また、SCOTの設計においては「拡張性」が重視されている。将来的なAI支援システムの統合、ロボット手術との連携、さらに遠隔医療との接続などを視野に入れたモジュール構成となっている⁴⁾。

このような柔軟性こそが、SCOTの最大の特徴であり、他のスマート手術室構想との差別化要因となっている。こうして、病院内において高度な統合手術支援システムとして実装されたSCOTは、その機能を可搬型に再構成することで、「モバイルSCOT」へと発展することとなった。これにより、災害時やへき地での医療提供を可能とするだけでなく、平時における診療・教育・検診・研究といった多面的な活用が期待されている。

モバイルSCOT構想 - 誕生の必然と技術的ブレイクスルー -

モバイルSCOTは、従来のSCOTの構造を踏襲しつつも、「可搬性」「展開性」「独立性」という3つの新たな要件を満たすことを目指して設計された。これは単なる機器の小型化ではなく、手術室という固定された医療空間を、通信・エネルギー・人員と統合して再構成するという、大胆な発想の転換によって実現されたものであ



▲図1 モバイルSCOT:先進的な5G機能を備え、日常の手術や災害時で最高峰の医療ソリューションを提供

る。東京女子医科大学が開発したSCOTは、病院内における高機能手術支援システムとして定評があり、これまで主に脳神経外科で活用されてきた。しかしながら、このシステムは、高度なネットワーク環境、設備投資、そして専門人材の確保を前提としており、地方の中小病院や災害現場に導入するには大きなハードルが存在していた。

この状況を打開するために発案されたのが、SCOTのモバイル化、すなわち「どこでも高度医療を届ける」ための治療ユニットとしての再構築である。そのコンセプトは、「病院に患者が来るのではなく、病院が患者のもとに行く」という、いわば医療の流通革命ともいえる考え方に基づいている。特に、移動困難な高齢者、障害者、災害被災者などに対して、このアプローチが持つ社会的意義は極めて大きい。

モバイルSCOTの設計にあたっては、いくつかの技術的プレイクスルーが必要とされた。第1に、機器の統合と省スペース化である。車両内部に内視鏡、照明、生体モニター、カメラ、記録装置などを適切に配置しつつ、術者の動線を確保し、感染対策や滅菌にも十分に配慮した空間を構築する必要があった。第2に、通信インフラの確保である。リアルタイムで遠隔地から手術映像を共有し、モバイル戦略デスクを通じて術中支援を受けるためには、超低遅延・高帯域のネットワークが不可欠である。そのため、NTTドコモと連携し、5G商用ネットワークおよびMEC (Multi-access Edge Computing) 環境の導入が進められた。これにより、遠隔地からでも現場の映像・音声・生体情報が同期された状態で伝送可能となった。第3に、エネルギーの自立性である。災害現場では電力供給が断たれる可能性が高いため、モバイルSCOTには自家発電装置(将来のGX化も目指す)が搭載されており、一定時間の連続稼働が可能となっている。あわせて、車両の振動対策、搬送時の耐久性評価、温湿度管理といった物理的条件についても、慎重に設計が施されている。さらに重要なのが、人材の訓練と運用オペレーションである。単に機材を可搬化するだけではなく、遠隔での意思疎通や支援を可能にする体制づくりが不可欠であった。

そのため、東京女子医科大学では、医師・看護師・技術スタッフに対して、現場での運用訓練や模擬シナリオによる演習を継続的に実施している。これにより、有事における即応性と、平時における柔軟な応用性の両立が可能となっている。

2. 技術と実装

外科系ノンコア業務のDX/AI化は、医師の業務負担軽減とチーム医療の品質向上を同時に実現する鍵です。また、医療機関の経営目線においては、増大する業務時間外労働コストに対してのソリューションとなります。OpeOneのような導入コストの低いクラウド型ソリューションを活用し、まずはデジタル活用のメリットを医療機関で働く医療者に体感してもらうことがDX/AIを進める糸口になると感じています。

通信基盤とMECの統合 - 5Gの社会実装モデルとして -

モバイルSCOTの中核を成す技術のひとつが、5Gと、それを補完するMECの融合である³⁾。遠隔手術支援や高度な映像・データ伝送を医療現場に実装するうえで、従来の4GやWi-Fiでは、数ミリ秒単位の遅延や通信の安定性に限界があり、現場での即時性を担保するには不十分だった。これに対し、5Gは「高速大容量」「超低遅延」「多数同時接続」といった特性を備えており、医療の「即応性」と「信頼性」を支える通信基盤として大きな期待が寄せられている²⁾。NTTドコモとの共同実証を通じて、モバイルSCOTにおける5G通信の活用は段階的に展開されてきた。

特に注目すべきは、docomo MEC®との連携によって、病院のクラウドに依存せず、現場のエッジ側で情報処理を完結できる環境が構築された点である。これにより、医療情報の保全性を確保しつつ、映像・音声・生体データをリアルタイムで処理・共有できる体制が整った。たとえば、モバイルSCOT車両内で撮影された手術映像は、5Gネットワークを通じてモバイル戦略デスクへ即時に送信され、遠隔地にいる熟練医が高精細な映像をもとに音声で指示を

送るといった、双方向の遠隔支援が実現されている。この際の映像遅延は1秒未満に抑えられ、手術中の臨場感や判断精度に影響を与えることなく、安定した支援環境を提供する。また、音声通信との同期に加え、画面上でのジェスチャーによる視覚的指示も併用され、より直感的で効果的な支援が可能となっている。さらに、災害時など通信インフラが損傷した環境でも運用可能なように、可搬型5G基地局やローカル5Gとの接続、さらには衛星通信を活用した代替ネットワークも検討されている。

こうした冗長性のある通信体制は、医療の安全性と継続性を支える重要な要素である。加えて、MEC技術の導入によって、AIを活用した診療支援や術中画像解析などを現場でリアルタイムに行うことが可能となり、モバイルSCOTは単なる通信ハブではなく、スマート医療の実行拠点としての機能を担うようになった。今後は、地域医療ネットワークとの統合や、既存の電子カルテシステムとの相互運用性の確保なども視野に入れ、より広範な医療ICT連携基盤の構築が求められている。

段階別実証実験と評価

モバイルSCOTの社会実装に向けては、2020年から現在にかけて、複数の段階的な実証実験が実施されている。これらの実験は、通信の安定性、臨床的有用性、教育的効果、そして災害時の運用可能性を多角的に検証することを目的として設計されたものである。本節では、各フェーズで実施された取り組みと、その成果について報告する。

【第0段階：通信環境の検証】

2020年に行われた第0段階の実験では、主に5G通信とMECの安定性と性能が評価対象とされた。お台会場と東京女子医科大学病院を接続し、商用5Gネットワークおよびdocomo MEC®を活用した環境下で、超音波診断装置を用いた遠隔診断支援や、モバイル戦略デスクの試験運用が実施された。その結果、映像伝送の遅延が1秒未満であること、高精細な画質が安定的に維持されることが確認され、基盤技術としての信頼性が実証された。

【第1段階：模型を用いた遠隔指導】

続く第1段階では、実際の患者ではなく、シミュレーターや模擬臓器を用いた遠隔手術支援訓練が行われた。東京女子医科大学にいる指導医が、遠隔地にいる専門外医師に対して、術中の指示をリアルタイムで送るという形式で、音声・映像・操作手順の整合性が検証された。結果として、視覚的な指示と音声による支援の併用により、医師間の理解の精度が向上し、高い教育効果が得られることが示された。

【第2段階：実践的遠隔手術支援】

第2段階では、より実践に近い環境での実証が行われた。各種展示会や学会の場において、複数の遠隔手術支援シナリオが構築され、臨床に即した条件での検証が行われた。たとえば、外傷患者に対する緊急手術を専門外医師が実施し、遠隔地にいる専門熟練医がそれを支援する形式での運用が試みられた。その結果、映像遅延、指示の反応時間、術中の意思決定支援の有効性について、いずれも実用水準に達していることが確認された。加えて、看護師の動線解析も併せて実施され、AIによる効率的な人員配置の可能性が示唆された。また、ロボティックアームを用いたシミュレーションも行われ、将来的な遠隔ロボット手術への応用可能性についても検討された。

【第3段階：災害時運用と統合訓練】

第3段階では、災害医療を想定した統合的な訓練が実施された。2023年には、足立医療センターにおける総合防災訓練にモバイルSCOTが参加し、救急車両との連携、DMATとの協働、地域自治体との情報共有など、多層的なオペレーションが検証された。実際の訓練シナリオでは、患者のトリアージ、モバイルSCOT車両内での手術実施、モバイル戦略デスクからの遠隔支援が行われ、現場での対応力と即応性の高さが評価された。さらに、2025年の大阪・関西万博開会式においては、実際に要人医療支援対策車両として運用され、平時と有事の両面における活用可能性の広がりが期待された。

これらの段階的な実証実験を通じて、モバイルSCOTは「技術的な可能性」から「現場運用における実効性」へと着実に進化を遂げてきた。今後は、これらの成果に基づいて継続的なフィードバックを取り入れながら、各自治体や医療機関との連携のもと、地域特性に応じた最適なモデルの構築が求められる。

教育・人材育成機能としての活用

モバイルSCOTは、医療教育における革新的なプラットフォームとしても注目されている。特に、若手外科医の術中判断支援や臨床現場における体験型学習、さらには看護師や臨床工学技士などを含む多職種連携の教育資源として、多角的な活用が進んでいる。本システムの教育的応用の中心にあるのは、戦略デスク（COBS: Communication Business System for Medical Provider）を活用したリアルタイムの遠隔指導である。高精細な手術映像、生体情報、ナビゲーションデータが統合されることで、遠隔地にいる指導医が手術手技のみならず、その場の判断プロセスまで支援できる。この仕組みは単なる映像配信にとどまらず、指導者の積極的な介入によって学習の質と緊張感を大きく高める効果がある。

第1・第2段階の実証実験では、模擬臓器や模擬患者モデルを用いた遠隔支援が教育効果の検証に活用された⁴⁾。結果として、受講者の手技の正確性や判断のスピード、対処能力の向上が確認されており、音声と視覚の双方から指示を受けることで理解が深まり、知識の定着を促進するというフィードバックも得られた。さらに、モバイルSCOTを複数の教育病院や研修施設と接続することにより、同期型・非同期型の両面において学習機会を創出することが可能となる。すなわち、ライブによる手術支援だけでなく、収録されたデータをもとにした症例検討や、シミュレーション形式の振り返り学習（debriefing）など、さまざまな教育スタイルに柔軟に対応できる。

看護師教育にも顕著な効果が認められている。SCOTの実証では、器械出しや外回り看護師の動線やコミュニケーションをAIと映像技術を用いて分析し、業務の効率化やストレスの軽減に寄与したと報告されている。また、災害時やへき地医療における限られた人材環境においても、こうした技術に平時から触れることで、将来的な即応力の向上が期待される。加えて、臨床工学技士や救命救急士といった周辺職種においても、モバイルSCOTは機器操作や車両管理、トリアージ支援といった分野におけるトレーニングツールとしての活用が見込まれている。特に災害医療の現場では、職種を越えた横断的な連携が求められており、モバイルSCOTはその共通基盤として機能する可能性を秘めている。

教育的価値におけるもう一つの重要な側面は、「学習の記録性と汎用性」である。モバイルSCOTでは、映像・音声・操作ログといったあらゆる情報を記録・保存することができ、これらを用いた

AIによる技術評価や症例ベースのフィードバック、自学自習支援にも応用が可能である。さらに将来的には、VR/AR技術との連携により、没入型の高度な教育コンテンツへの発展も期待されている。

3. 災害と制度

災害対応モデルの構築（能登地震事例・広域連携）

災害大国・日本において、災害時の医療提供体制の確保は常に喫緊の課題である。災害直後には「医療空白時間」や「診療機能の断絶」が生じやすく、迅速で柔軟な医療支援システムの構築が強く求められている。モバイルSCOTは、まさにこうしたニーズに応える「災害対応型スマート治療室」として開発され、実運用を見据えた整備が進められている。2024年1月の能登半島地震では、道路寸断や通信障害、病院機能の停止、スタッフの避難が重なり、複数地域で医療が麻痺した。特に病院自体が機能を失った地域では、患者受け入れが困難となり、「移動可能な医療拠点」の必要性が再認識された³⁾。モバイルSCOTは、こうした状況で既存医療機能を代替・補完し、初動医療を迅速に提供する移動型プラットフォームとして期待されている。

災害対応におけるモバイルSCOTの強みは、大きく3点に集約される。第1に「機動性と自律性」。トラック型車両に電源・通信・診療機器を内蔵し、外部支援なしでも数日間の独立稼働が可能である。第2に「医療指揮系統との連携力」。自治体、消防、DMAT、自衛隊と連携し、トリアージや外傷治療、小手術などに対応。遠隔地の熟練医師が現場の医療者をリアルタイムで支援できる点も大きな強みである⁵⁾。第3に「情報の一元化と可視化」。SCOTに搭載されたモバイル戦略デスクでは、患者データやトリアージ情報などを統合管理し、現場の混乱を抑えつつ、クラウド経由で指令センター等との連携も可能となっている。さらに、展開時には医療機関だけでなく、自治体、防災部局、土木インフラ部門との連携も欠かせない。道路復旧状況の把握や緊急通行許可、交通統制との調整は、迅速な医療展開に直結する。

こうした「医療×防災×行政」の三位一体の連携により、より実効性の高い災害対応モデルが構築されつつある。将来的には、モバイルSCOTを複数台展開し、拠点病院とネットワーク化することで、広域災害時に対応可能な分散型医療システムの形成も視野に入る。拠点病院を中核に、SCOT車両を衛星的に配置することで、地域全体をカバーする柔軟な医療提供体制が実現するだろう。

医療法制度、BCP、保険制度との整合と提言

モバイルSCOTの社会実装を進めるうえでは、技術的・運用的な課題の克服と並行して、制度・法規・政策面での整備が不可欠である⁶⁾。現行制度では、遠隔手術支援や可搬型医療ユニットに関する法的な位置づけが依然として不明確であり、保険償還や責任の所在といった重要な論点も十分に整理されていないのが現状である。

本章では、モバイルSCOTの本格的な導入・普及に向けて整理すべき制度的課題を、医療法、医師法、電波法、診療報酬制度、そして事業継続計画（BCP）の観点から考察する。

まず第1に挙げられるのは、医療法におけるモバイルSCOTの位置づけの不確実性である。現在、SCOTのような移動型治療室は病院の一部として設置されることが多いが、モバイルSCOTは病院外、すなわち地域や災害現場での運用を想定しているため、施設基準や医療提供施設としての法的整合性の確保が必要となる。とく

に、医療法第1条における「医療機関の定義」に、可搬型ユニットが該当するかどうかの明確化が求められる。

第2に、医師法における「対面診療義務」との整合性が課題となる。モバイルSCOTでは、遠隔地にいる指導医が現地の術者を支援する「分離型医療」の形式が想定されている。こうした状況下で、遠隔医が患者情報にアクセスし、診療方針を指示する際の責任範囲や監督義務の所在について、法的に明確な取り扱いが必要である。

第3に、診療報酬制度との接続も大きな課題である。現行制度では、遠隔手術支援や可搬型ユニットによる医療行為に対して明確な報酬項目が存在せず、制度上の空白が生じている。今後は、モバイルSCOTによる術中遠隔支援、教育支援、AIを用いた診断補助といった新たな医療行為が、正当に評価され報酬化されるよう、「高度診療支援加算」や「デジタル連携加算」といった制度の新設が検討されるべきである。

第4に、BCP（事業継続計画）との整合も見逃せない。多くの医療機関ではBCPの策定が進んでいるが、モバイルSCOTのような外部ユニットをその中に組み込むには、稼働基準、出動タイミング、地域間連携のルール化など、具体的な運用プロトコルの策定が求められる。あわせて、地方自治体との協定、道路使用許可、緊急車両指定など、法的・行政的な整備も並行して進める必要がある。

このように、モバイルSCOTの可能性は、その技術的な優位性だけでなく、制度面での進化によって初めて社会実装が実現する。制度対応が遅れば、せっかくの技術革新も現場への普及にはつながらない。今後は、国・自治体・医療機関・産業界が連携し、複眼的かつ実践的な制度設計を進めることが、スマート医療の実現に向けた鍵となるだろう。

脱炭素・建築連携・災害インフラ設計との融合

モバイルSCOTの社会実装には、医療・通信・制度に加えて、「建築設計」や「地域インフラ」との融合が欠かせない。特に災害時の展開や平時の巡回診療を想定する際には、建築や都市インフラと連携した設計思想が求められる。また、持続可能性の観点から、脱炭素設計や再生可能エネルギーの導入も重要なテーマとなる。まず重要なのは、モバイルSCOTと既存建築の接続性である。移動型ユニットであるSCOTは、停車先での給電・給水・通信・動線確保が必要となる。仮設診療所や集会所、避難所などにあらかじめ電源・通信ポートを整備しておけば、現地での展開時間を大幅に短縮できる。今後の災害拠点病院や医療福祉施設の設計にも、「SCOTレディ設計」として専用スペースや給電口などの受け入れ体制が求められる。また、モバイルSCOTは地域巡回診療や母子健康相談、遠隔検診などの平時活用も想定されており、これは「建築×モビリティ×デジタル」の融合による新たな公共空間モデルと位置づけられる。

環境面でも、SCOTのカーボンニュートラル化や電動化、再エネ活用が進められている。太陽光発電やリチウムイオンバッテリー、燃料電池の導入により、外部電源に依存しない運用が可能になる。また、使用資材の再利用や建築廃棄物の最小化を目指す「サーキュラー・ヘルスケアデザイン」も検討されている。さらに、災害インフラとの接続においては、土木・防災分野との連携が不可欠である。道路寸断時の代替ルート、橋梁の耐震化、避難所情報と医療マッピングの統合など、広域的な防災計画との整合が求められる。とりわけ、自治体の防災計画にモバイルSCOTの展開拠点やアクセス経路を明記しておくことは、実運用上きわめて重要である。

このように、モバイルSCOTの導入は医療にとどまらず、建築・環境・災害インフラといった領域と統合的に企画・設計されることで、本来の価値を発揮する。「いつでも・どこでも・誰にでも」届く医療の実現には、多分野の協働が欠かせない。今後はこうした地域基盤との連携を踏まえ、国際展開や医療外交の可能性も見据えていく必要がある。

総括

本稿では、モバイルスマート治療室「モバイルSCOT」の開発背景から技術構成、災害・地域医療への応用、教育・制度整備、国際展開、未来医療まで多角的に検討してきた。モバイルSCOTは、「どこでも、誰にでも、確かな医療を届ける」という理念を体現する革新的なプラットフォームであり、医療・通信・建築・行政・教育・国際協力など多分野の連携を通じて、スマート医療の社会実装が進みつつある。この取り組みは、単なる技術革新にとどまらず、災害に強く、地域に根ざした、持続可能な医療社会の構築へとつながっている。SCOTとモバイルSCOTの進化は、次世代医療のビジョンを具体化する挑戦であり、テクノロジーと人間の共創による新たな医療文化の形成を目指すものである。

◆参考文献

- 1) Mark Litvak, Katherine Miller, Tehnaz Boyle, Rachel Bedenbaugh, Christina Smith, David Meguerdichian, David Reisman, Paul Biddinger, Adam Licurse, Eric Goralnick. Telemedicine Use in Disasters: A Scoping Review. Disaster Med Public Health Prep, 2022 Apr;16 (2):791-800.
- 2) Yangan Zhang, Guichen Chen, Hang Du ,Xueguang Yuan, Michel Kadoch, and Mohamed Cheriet. Real-Time Remote Health Monitoring System Driven by 5G MEC-IoT. Electronics 2020, 9(11),
- 3) Nadine Mugisha , Olivier Uwishema, Rawan Noureddine, Laura Ghanem, Agnes Zanutto Manoel, Sanobar Shariff. Utilization of mobile surgical units to address surgical needs in remote African communities: a narrative review. BMC Surg. 2024 Oct 12;24(1):304.
- 4) Xin Xie, Yu Tian, Jia Huang, Qingquan Luo, Tianxiang Chen. Surgery without distance: Will 5G-based robot-assisted telesurgery redefine modern surgery?. Transl Lung Cancer Res. 2025 May 30;14(5):1821-1829.
- 5) Erin R Lewis, Carlos A Thomas, Michael L Wilson, Victor WA Mbarika. Telemedicine in acute-phase injury management: a review of practice and advancements. Telemed J E Health. 2012 Jul-Aug;18(6):434-45.

◆利益相反 (COI)

東京女子医科大学先端生命医科学研究所先端工学外科は、モバイルSCOTに関する研究開発について、株式会社NTTドコモとの共同研究契約に基づき、研究費の提供を受けている。

謝辞

モバイルSCOTプロジェクトの推進にあたり、東京女子医科大学先端生命医科学研究所の正宗賢先生、田村学先生、吉光喜太郎先生に多大なるご指導とご助言を賜りましたことに、心より感謝申し上げます。また、株式会社NTTドコモの森広芳文様、堀瀬友貴様、小松周平様、魯宥辰様、大川拓也様には、本プロジェクトの企画・実施において、技術的および運営面で多大なるご尽力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

さらに、社会実装に向けては、東京女子医科大学足立医療センターの庄古知久教授、岩崎恵救急救命士主任をはじめとするスタッフの皆様に多大なお力添えをいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

DMIL JOURNAL 投稿規定

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る。
- ・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。
 1. 人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指(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])
 2. 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
一般社団法人Digital Medical Innovation Lab.
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

一般社団法人Digital Medical Innovation Lab.
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 Detectionand 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) 漆崎一郎. 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ソフトを用いて作成したものでも構わない。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 7 年 4 月 1 日より発効する。

編集後記

本号では、「医療DXが拓く 未来医療のかたち」を基調に、「知と技術の結晶が導く、未来医療のビジョン」へとつながる最先端のご寄稿を、5名の先生方より賜りました。いずれの論考も、医療DXを単なる技術革新として捉えるのではなく、医療現場の課題解決と未来の医療像を具体的に描き出すものであり、学会員にとって大きな示唆に富む内容でした。

私たちDMIL (Digital Medical Innovation Lab./ディーミル)は、医療DXの普及と発展を通じて、より良い未来医療の創造を目指す学会として活動を続けています。医療におけるデジタル技術の活用は、単なる効率化にとどまらず、患者中心の医療を実現するための大きな可能性を秘めています。その実現には、研究者・臨床医・産業界が垣根を越えて協働し、知と技術を結集していくことが不可欠です。本学会は、その架け橋となることを理念のひとつとして掲げています。

今回ご寄稿いただいた先生方の取り組みはいずれも、現場のニーズを起点としながら未来を見据えた挑戦であり、まさに本学会が目指す方向性と響き合うものでした。医療DXは「遠い未来の理想」ではなく、すでに日常の診療・研究・経営の場で具体的な変化を生み出しつつあることを、本号を通じて多くの読者に実感いただけたのではないのでしょうか。

本ジャーナルが読者の皆さまの探究心を刺激し、医療DXのさらなる発展に寄与する一助となれば幸いです。そして本学会は、これからも最前線で活躍される先生方の知見を共有しながら、ともに未来医療のビジョンを描いてまいります。その過程においては、医療従事者・研究者・産業界が垣根を越えて共創できる場を育み、新たな価値の創出を後押ししてまいります。

学会活動は、会員の皆さま一人ひとりのご理解とご支援によって支えられています。今後も継続的なご協力を賜りながら、医療DXが社会に根つき、真に患者と医療従事者双方に価値をもたらす未来を切り拓いていければと願っております。

最後に、ご多忙の中ご寄稿を賜りました先生方、ならびに本誌の発行にご尽力いただいた関係者の皆さまに、改めて心より御礼申し上げます。そして読者の皆さまには、引き続きDMILの活動に関心をお寄せいただき、共に未来医療のビジョンを育ていただければ幸いです。

DMIL 運営事務局長 設楽 英治
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.

〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目3-6 PMO浜松町II 5階

TEL: 03-6263-8871 E-mail: contact@dmil.ne.jp

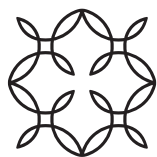
制作 株式会社 MEDW

〒011-0010 北海道札幌市北区北10条西3丁目23-1 THE PEAK SAPPORO 1階

TEL: 011-558-1765

発刊 2025 年 8 月 31 日

本誌の内容を無断で複製、転載することは、著作権および出版社の権利侵害となることがありますのでご注意ください。

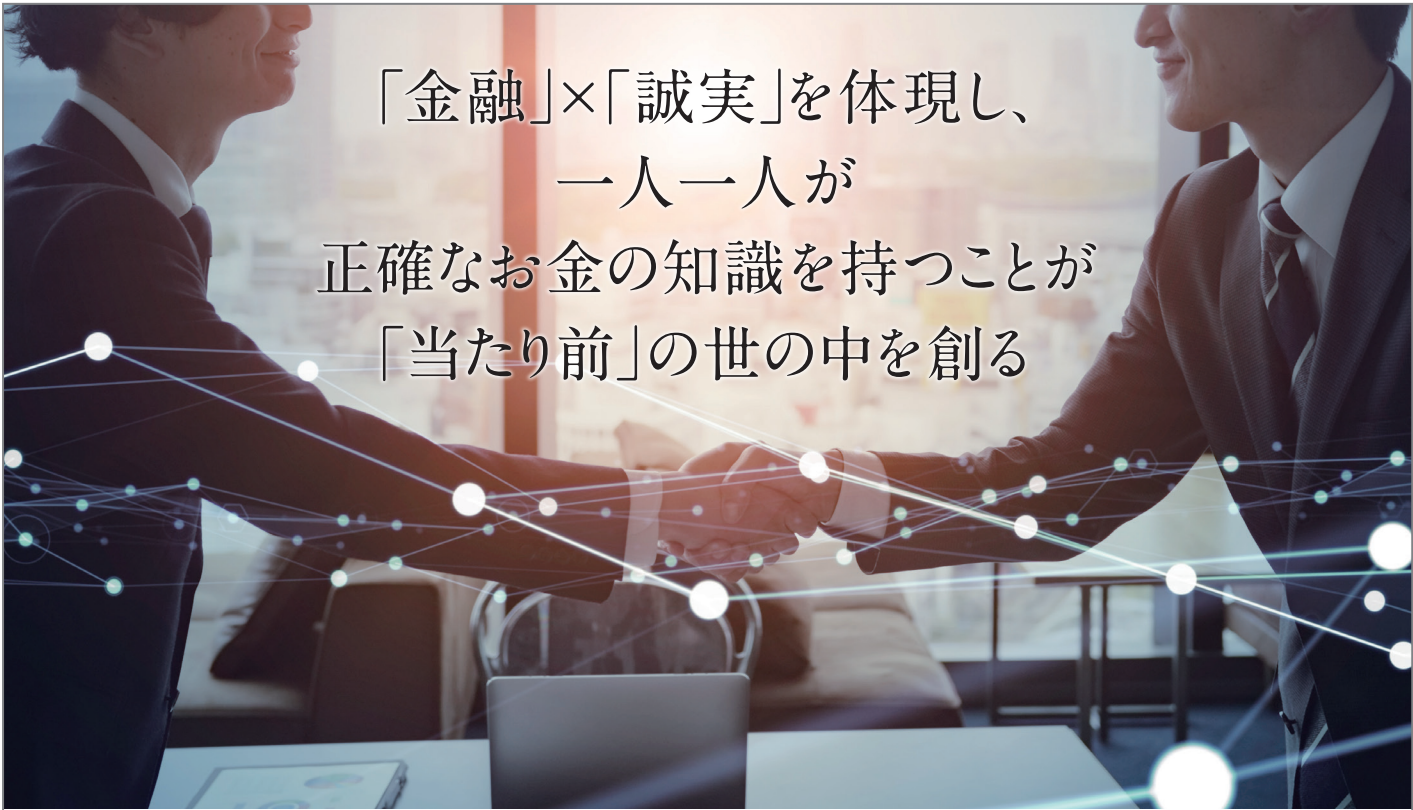


veary clinic

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**

共通の意図に向けて動く組織をつくる

組織が欲しいものを明らかにし
今まで不可能だと思っていたことを可能にする


企業や組織の変革と成長を支援する
コーチングファーム


Principle

お客様と共に成長し
医療機器を通じて社会貢献を果たす



MITHRA

デジタルの力で、驚きと感動を。

株式会社ミスラは
デジタルとアナログが融合する時代において、
人々とともに生き続けるサービスを創出します。



医師とビジネスパーソンが
学び合い、交流する場



ご入会はQRコードから

発行日: 2025年 8月31日

発行元: 一般社団法人 Digital Medical Innovation Lab.