

## ランチオンセミナー

次世代臨床検査システムの構築  
～人とロボット・AIの共生～

伊藤 弘 康\*

## はじめに (Society 5.0 について)

Society 5.0 は、日本が提唱する未来社会のコンセプトである。科学技術基本法に基づき、5年ごとに改定されている科学技術基本計画の第5期(2016年度から2020年度の範囲)で登場した考え方である<sup>1)</sup>。サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する新たな未来社会を“Society 5.0”として提唱している。内閣府ホームページでは、「医療・介護」に関しても Society 5.0 での新たな形が提案されている<sup>2)</sup>。各個人のリアルタイムの生理計測データ、医療現場の情報、医療・感染情報、環境情報といった様々な情報を含むビッグデータを AI で解析することにより、「ロボットによる生活支援・話し相手等により一人でも快適な生活を送ること」、「リアルタイムの自動健康診断等での健康促進や病気を早期発見すること」、「医療データの共有によりどこでも最適な治療を受けること」「医療・介護現場でのロボットによる支援で負担を軽減すること」等が可能と社会構造の発展を目指している。さらに、社会全体としても医療費や介護費等の社会的コストの削減や医療現場等での人手不足の問題を解決できるようになると考えられている。このように、ロボット・AI の活用が

必須となる社会が目前にきているが、病院検査部として今後どのような取り組みをする必要があるのか、どのような業務がロボット・AI により可能となるかしっかりと考えていく必要がある。本稿では、主に現在日立ハイテク株式会社と取り組んでいるロボット・AI の病院検査部への導入を目指した取り組みについて紹介する。また、川崎重工業株式会社およびシスメック株式会社と行っているロボットを活用した COVID-19 の自動 PCR 検査システムの概要についても言及する。

I. 藤田医科大学と株式会社日立ハイテクとの  
AI・ロボティクス化へ向けた取り組み

藤田医科大学では、2020年10月1日より共同研究講座「先端臨床検査技術開発講座」を株式会社日立ハイテク(以下日立)と開設し、次世代の臨床検査を支える先進デバイスの開発および検証に着手している。Society 5.0 に掲げられているロボット・AI を可能な限り病院検査部へ導入し「体外診断における省力化・高度化に向けた先進技術導入に関する研究」を推進する目的で行っている。具体的な研究テーマは① AI 関連(検査オーダー推奨・音声サービス・採血呼出時間予測)、② 検査部へのロボット導入に向けた研究、③ 自動手指採血装置の検証、である(図1)。本章では3つのテーマについて現在の取り組みを紹介する。

\* 藤田医科大学 医学部 臨床検査科 hiroyasu.ito@fujita-hu.ac.jp

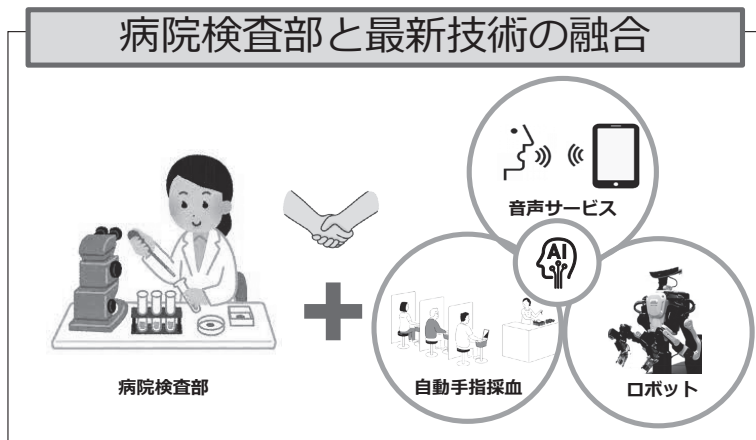


図1 AI・ロボティクス化へ向けた取り組み

① AI 関連(検査オーダー推奨・音声サービス・採血呼出時間予測)

Society5.0の大きな柱であるAIの検査部への導入であるが、機械学習により確実性の高い解を選択し、装置およびロボットに指示をすることで業務の質をさらに向上させることを目的としている。AIによる予想を立てることで、自動化による処理進捗との比較をして、フィードバック制御に代表される処理効率も改善できると考えられる。現在藤田医科大学病院検査部ではAI関連の研究として3つのテーマで進めている。i) AIによる推奨検査オーダーの構築、ii) スマートデバイスを用いた音声サービス(Smart User Interaction)、iii) AIによる採血呼出時間予測である(図2)。

i) AIによる推奨検査オーダーの構築では、医師の業務負荷軽減や効率的でコストパフォーマンスに配慮した検査オーダーを提案できるAI技術の開発を目指している。現在の診療では、検査オーダーの立案は主に医師によって行われている。医師は問診や身体診察により患者の情報を収集した後に鑑別疾患の想定を行う。その後、その鑑別に適した検査オーダーを立案する。AI技術を活用してこれらの過程をサポートすることにより、医師の業務負荷軽減(短時間で高品質なオーダー作成、候補疾患の確実な想起を支援)、患者利益の最大化(根拠に基づく効果的な検査をコストも

抑えつつ行える)、検査運営への貢献(コストパフォーマンスに配慮した検査オーダーの実現)等のメリットが想定される。現在、患者データ等の入力方式につき検討中であるが、できるだけ早期に本システムを確立し、その効果を検証したい。

ii) スマートデバイスを用いた音声サービス(Smart User Interaction)では、スマートデバイス(スマートフォン、タブレット、ヘッドセット、スマートウォッチ等)を活用し、検査部の業務改善を目指している。臨床検査技師は、検体の仕分け作業や自動分析装置のアラームへの対応、医師からの問い合わせ対応等、非常に多忙であり業務負担が大きい。そこで両手が検体等で塞がっていてもヘッドセット音声やスマートウォッチを介して装置アラームが通知される機能や、AIによる音声認識技術を用いて装置のリアルタイムな情報を音声で問い合わせできる機能、臨床検査技師間のコミュニケーションを支援する機能等の開発と効果検証を予定している。本システムの利用により、臨床検査技師の業務負荷の軽減、検査部全体での業務効率向上のメリットが想定される。臨床検査技師へのヒアリングを行い、音声サービスのさらなる活用方法も模索していく予定である。

iii) AIによる採血呼出時間予測では、採血の呼び

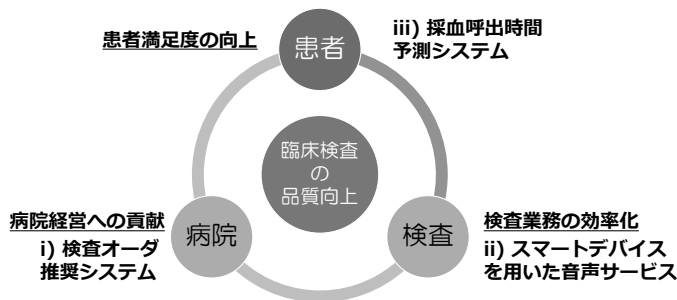


図2 AIに関する3つのテーマ

出し時間をAIにて予測することで、患者の待ち時間の有効活用および待合室の混雑の改善を目指している。厚生労働省の統計調査<sup>3)</sup>から診察の待ち時間が1時間以上になると「不満」を感じる患者さんの割合が5割を超えてくるといふ報告がある。採血に関しても受付から実際の採血までの時間が長くなれば、患者満足度は低下する。今回の採血呼出時間予測によりそのデータを患者と共有することにより待ち時間を有効活用してもらい満足度向上を目指している。また、待ち時間の予測により常に採血待合室で待機する必要はなくなり待合室の混雑解消へも繋がるものと推測される。予備実験で検討を行ったところ待ち時間の実測値とAIによる予測値を比較すると概ね良好な結果が得られている。今後は、試験的に病院検査部業務に組み込んで現在の性能を詳細に検討し、より進んだAIによる採血呼出時間予測システムの構築をする予定である。

## ② 検査部へのロボット導入に向けた研究

近年、臨床検査技師に求められる業務範囲が広がっており(採血・検体採取・心電図/脳波/筋電図検査・他)、その範囲は今後も広がっていくものと考えられる。従来から検体検査は、前工程、検査工程、後工程のそれぞれにおいて、検体前処理システムや生化学自動分析装置等を用いた自動化が行われてきた。しかしながら、現在も臨床検査技師の業務負荷は大きく、さらなる自動化による臨床検査技師の業務負荷軽減が求められている。この負荷軽減は、臨床検査技師が高度な

思考や技術を要する業務へ注力することを可能とし、さらなる医療の質の向上につながると考えられる。これらの目的のため、藤田医科大学病院臨床検査部内、特に検体検査部門におけるロボットの導入を検討している。昨年度から当院臨床検査部内にてエスノグラフィ調査(行動観察調査)を行い、臨床検査技師が無意識に取っている行動とその理由を分析し、臨床検査技師にとって望ましいロボットとその導入方法を議論している。これらの分析により、市販されているロボットの検討やそれができない場合の新規ロボット開発への準備を行うことが可能となる。現在、検体前処理(仕分け・遠心・開栓・分注)の部分へのロボット活用を検討している。これらの作業は、現存するロボットによって代替可能であることが推測される。検体の認証、検体の質の確認等、調整しなければならない部分は多くあるが、近々実証実験を開始する予定である。現場の臨床検査技師からは試薬、消耗品等の自動での交換を希望する声もあるが、ロボットの新規開発や装置・システム的大幅な改良が必要であり、今後の課題となっている。本プロジェクトの最終目標は、自走できるマルチタスクロボットの開発・導入である。

## ③ 自動手指採血装置の検証

ヘルスケア分野では、手指からの自己採血で簡易検査を提供するサービスが普及しつつある。医療分野においては、医療スタッフの負担軽減や在宅診療への取り組みが一層強く求められる状況にある。このような背景から、手指からの自己採血が利用される機会は、今後増加するものと予想される。本プロジェクトでは、病院や健診センター

での採血業務において、採血量低減による被験者負担の軽減および採血に係わる医療専門職の業務負荷軽減を目的として、手指採血の自動化(自動手指採血装置の導入)を目指している。現在、日立が開発した自動手指採血装置(試作機)の性能を評価している。本装置は、自動的に被験者の手指をランセット(管理医療機器)で穿刺し、血液を微量採血管に採取するものである(図3)。得られた検体は、血算項目、生化・免疫項目等の測定に使用される。これまで健康なボランティア被験者において手指採血による検体と上腕静脈採血による検体を比較検討してきた。結果の詳細に関しては本稿では割愛するが、概ね上腕静脈採血と比べて大きな差はない良好な検査結果が得られている。また、被験者に対するアンケート調査においても苦痛のレベルや採取時間の印象において上腕からの採血と比べ同等の評価であった。今後の課題の一つとして、手指採血において採血量が十分に得られない被験者があり、安定して十分な採血量を得るための工夫が必要であると考えられる。

## II. 藤田医科大学の新型コロナ遺伝子検査自動化の取り組み

現在、藤田医科大学では新型コロナウイルス感染症のPCR検査を3病院(藤田医科大学病院、



図3 自動手指採血装置(デザインプロトタイプ)

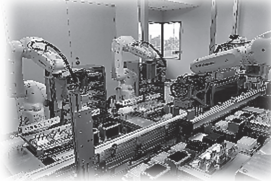
藤田医科大学ばんだね病院、藤田医科大学岡崎医療センター)、藤田医科大学産学連携推進センター受託解析研究ユニット、中部国際空港PCR検査センター、川崎重工業藤田医科大学内PCR検査センターにて行っている。この中で藤田医科大学産学連携推進センター受託解析研究ユニットと川崎重工業藤田医科大学内PCR検査センターでは、ロボットを活用したPCR検査システムを導入している。産学連携推進センター受託解析研究ユニットでは、採取容器の開栓・分注に使用している。検体の開栓および分注はウイルス暴露の危険性が高い作業であり、検査者が最も神経を使う工程である。本ユニットでは、この工程をロボット専用陰圧ブース内でロボットアーム2台による作業を行っている。これにより検査者の負担(特に精神的負担)は大幅に軽減されたと思われる。RNA抽出に関しても全自動の多検体処理可能な機器(chemagic360; PerkinElmer Co., Ltd.)を使用しており、最大で1500検体の処理が可能となっている。川崎重工業藤田医科大学内PCR検査センターは、川崎重工業株式会社が立案・作製を行い藤田医科大学でその性能試験および運用を行う目的で本学に設置をした。本センターでは、開栓・分注器を含めた検査機器等がすべて12m×2.5m×2.9m大のコンテナ内に収納されており検体を一度外部から投入した後は全く人の手を介さずに検査結果を得ることが可能なシステムとなっている(図4)。コンテナ内には、13本のロボットアーム、5台の核酸抽出器、16台の8連PCR装置を有している。検体投入後おおよそ90分前後で結果を得ることができ、理論上は1日2500検体の処理が可能である。検査性能の実証検討においても国立感染症研究所のCOVID-19検出PCR法に準じた用手によるPCR検査と同等の陽性検出能・陰性検出能を有していることを確認した。このシステムを活用することにより、検査者のウイルス被曝の危険性が大幅に軽減されると考えられる。また、すべて自動で検査を行うため大量の検体を、高精度を保ったまま処理できることが可能である。このように、PCR検査においてロボットを活用したシステムを構築すること



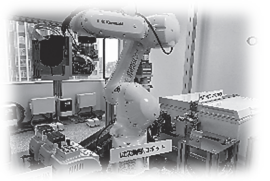
## 開栓分注工程



## 核酸抽出工程



## 試薬調整工程



## PCR測定工程

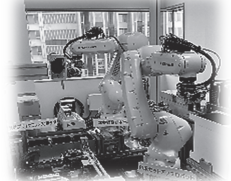


図4 コンテナ内自動PCR検査システム

により、検査者の安全性の確保並びに大量の検査サンプルの処理が高精度で行うことができると考えられる。さらに、これらのPCR検査システムは試薬の変更により様々な病原体の核酸検査が可能であり、今後未知のウイルスが出現した場合においても迅速に対応が可能である。

## おわりに

今後、日本社会は Society5.0 時代へと進んでいくが、医療分野においても大きな変革が必要になると考えられる。これまで、病気の治療を主に行っていたことが未病ケア・予防に置き換わり、画一的な治療を行ってきたことが個別化治療中心の医療体制になっていくことが予測される。その中で病院検査部としてどのようなことを行っていく必要があるのかをしっかりと考え準備していく必要がある。2018年11月13日に日本経団連からの提言の「Society 5.0 —ともに創造する未来—」中で Society3.0 から 5.0 の特徴がまとめられている<sup>4)</sup>。現在の病院検査部において、提言の中の Society3.0 にあたる業務の標準化・マニュアル化等は ISO 15189 の普及に伴い徐々に浸透しつつあるものとする。Society4.0 の特徴である ICT による省力化・自動化・リモート化の構築は病院検査部内でも行われつつあるが、Society5.0 に掲げられている AI・ロボットによる代替については手付かずの施設がほとんどではないだろうか。したがって、我々は Society5.0 時代の到来に向けて積極的に検査部へ AI・ロボットの導入を行っていくことが重要であると考えている。日本経団

連合会の資料にもあるように「定型業務は AI・ロボットが代替」が目標となる<sup>4)</sup>。このため、検査部においてどのような業務が代替可能か十分な精査も必要となる。さらに、定型業務が AI・ロボットに置き換わっていく中で、今後病院検査部においても求められる人材像も変化することが予測される。自ら課題を抽出しそれらをロボット・AIを活用することにより解決できる人材が必要になってくるだろう。病院検査部はいわゆる「標準化」が重要となる部門の一つであり、院内業務においても定型業務が比較的多いとされている。ロボット・AIの導入が病院の他部門に比べれば比較的容易であり、率先して取り組んでいく必要があるのではないだろうか。

## 文 献

- 1) 内閣府ホームページ．第5期科学技術基本計画(平成28～平成32年度).  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>
- 2) 内閣府ホームページ．Society 5.0 新たな価値の事例(医療・介護).  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/medical.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/medical.html)
- 3) 厚生労働省ホームページ．厚生労働省大臣官房統計情報部：平成17年受療行動調査の概要(確定).  
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jyuryo/05/index.html>
- 4) 日本経団連会．Policy(提言・報告書)「Society 5.0 —ともに創造する未来—」, 2018年11月13日.  
[https://www.keidanren.or.jp/policy/2018/095\\_honbun.pdf](https://www.keidanren.or.jp/policy/2018/095_honbun.pdf)