



2023年2月2日放送

Society 5.0 の医療薬学

群馬大学医学部附属病院
薬剤部長 山本 康次郎

Society5.0

Society5.0 は、社会や自然との共生のための循環型社会を、信頼性が高い科学技術力と高品質の社会データを結びつけることにより実現する我が国の未来社会像とされています。社会の構造はこれまで、バージョン1 すなわち Society1.0 の狩猟採集社会から始まり、食料生産を開始した農耕社会が Society2.0 人や家畜の限界を超えたエネルギー利用を可能とした工業社会が Society3.0 とバージョンアップが進み、現在は情報社会で、Society4.0 とされています。今後実現するとされるバージョン5 の新しい社会を、Society5.0 と呼ぶのですが、そこでは Internet of Things (IoT) で全ての人と物が繋がり、様々な知識や情報が共有され、人工知能、AI により必要な情報が必要ときに提供されるようになり、ロボットや自動走行車などの技術を利用することで、少子高齢化地方の過疎化、貧富の格差など、現代社会の様々な課題を克服できると期待されています。

2019年に発生した新型コロナウイルス、COVID-19 のパンデミックへの対応において、我が国でも社会の情報化の重要性が強く認識されるようになり、医療の分野にも様々な変革が起こり始めています。以前から遠隔診療は、過疎地域に医療を届ける手段として検討されていましたが、何となく対面診療と同じクオリティを確保するのは難しく、やむを得ない手段のように考えられていたと思います。しかし、実際に体験してみると、画面越しの会話でもそれなりにコミュニケーションをとることができ、わざわざ現地に集まる必要がないというメリットも大きいことがわかりました。現在普及しつつある第5世代移動通信システム 5G では、遠隔医療に応用できる 8K 画像による通信が可能であり、オンラインでのコミュニケーションはますます有利になると予想されます。

現在の病院でも、病室の患者に取り付けたセンサーの情報を、スタッフルームのセントラルモニターで監視していますし、手術ロボットを操作する医師は、モニターを見ながらロボ

ットを操作しています。セントラルモニターの監視や手術ロボットの操作は、遠く離れた場所から行うことも難しくはありません。今のところ、互いに触れ合うとか、暑さ、寒さ、匂いなどの感覚を共有するのは困難ですが、いずれこれらの情報も遠隔通信可能になるだろうと思います。

オンライン診療のメリットは、単にわざわざ出向く必要がないというだけではありません。診療に必要な情報がオンラインで通信できるということは、その情報をコンピュータで処理できるということを意味しています。診療情報だけでなく、スマートフォンに蓄積された日々の生活行動記録などと突き合わせることも可能です。

これらの膨大な情報を AI に解析させることにより、1人1人の生活様式に合わせた個別化医療を設計するなど、医療が大きく進歩することが予想されます。一方で、医療者が患者の生活にどこまで関与できるかというような倫理上の問題も発生するでしょう。

コンピュータの発展と医療薬学との関わり

Society5.0 に対応した医療を行うためには、情報技術の現状と今後の発展可能性を理解した上で、次世代の医療のあり方を考えることが必要です。情報化社会が今後どのように発展していくかを考えるために、まず、これまでのコンピュータの発展と医療薬学との関わり
の歴史を見ておきましょう。

機械による計算の歴史は、Charles Babbage が発明した機械式計算機に始まるとされています。科学が発達するにつれて、理論を裏付ける計算の量も複雑で膨大なものになりました。さらに、計算間違いも多くなったので、計算間違いを防ぐために計算機を開発したとされています。この機械的に計算することにより、間違いを防ぐことができるというのは、コンピュータを利用する大きなメリットです。

その後、Alan Mathison Turing が必要なデータと計算手順を記憶させることにより、あらゆる数学的手順を機械的に実行することができることを証明しました。言い換えると、数学的に解決できる問題、論理的に解決可能な問題であれば、コンピュータに解決できないことは何もないということです。

Babbage の機械式計算機は、歯車を回転させることによって計算を実行していましたが、真空管を用いて電氣的にスイッチのオンオフを行う電子式コンピュータが開発され、処理速度が飛躍的に向上しました。さらに真空管がトランジスタに置き換わり、小型化、高速化が急速に進んでいます。元々は暗号解読など、膨大な計算を間違いなく迅速に実行するために開発されたコンピュータですが、膨大なデータを記憶して間違いなく迅速に処理できる能力を生かし、様々な事務処理やデータベース管理などに利用されるようになりました。

医療現場における有用性も早くから認識されており、1960年には東京大学医学部附属病院の中川富士雄先生が海外で使用されている IBM の病院薬局管理システムを紹介しています。1971年には、生命科学の文献情報を収集したデータベース、Medline のオンライン検索サービスが開始されました。その頃、国内の病院薬剤部でもコンピュータ利用の中毒情報

検索システムや採用医薬品副作用リストなどを、業務の改善に役立てる研究が行われています。1980年代になると、パーソナルコンピュータが普及し、薬物動態解析など複雑な計算をさせることも一般的になりました。

コンピュータがコミュニケーションツールとして情報化社会を支えるようになったきっかけは、インターネットの普及です。今から30年前、1993年に日本で商用インターネットサービスが開始されました。初代iPhoneの発売が2007年、今から16年前で、それまでスマートフォンという言葉は一般的ではありませんでした。コンピュータの小型化や様々なセンサーの開発が進んだことで、生体情報を常にモニターすることが可能になり、2020年には禁煙支援アプリや、スマートウォッチに内蔵された心電計プログラムが医療用として承認されました。2022年には、高血圧治療支援アプリが承認され、不眠症治療アプリも承認間近です。デジタル通信技術を医療に応用することにより、患者が医療機関を受診しなくても、体の状態を常に観察し、適切な指示を与えることで、健康状態を改善できることが証明されたということです。

AIとロボット技術

現在、医療分野で注目されているのは、AIとロボット技術です。生体センサーは、人の目や耳よりも多くの情報を得ることができ、これらの膨大な情報をAIは人の脳よりも早く処理することができます。手術ロボットは、人の関節が曲げられない方向へも自由に曲がるアームを持ち、人の腕では届かない部位の処置を行うことができます。AIとロボットには、人間にはできないことができるのです。そして、生体センサーや手術ロボットは遠隔で操作できるので、患者と医療者が同じ場所にいなくても、検査や治療を受けることができるようになるでしょう。しかも、人間がやるよりも上手にできると予想されます。

現在一般に使用されているビジネス用パソコンのCPUは数GHz、つまり10億分の1秒間に数回の周期で動作しています。一方、人の神経細胞の活動電位は、発火から不応期終了までに数mm/secかかるので、1kHz以上の速度で情報伝達を行うことはできません。コンピュータは人の神経伝達の1,000万倍程度の速度で情報処理できるので、コンピュータの能力が人の脳を超えるのは時間の問題です。

AIと今後の医療

AIに関するニュースは珍しくなくなっているので、皆さんもAIは人が理解できない方法で正解に到達するというご存知だと思います。医療の分野にAIを導入する際、AIの思考過程を人が理解できないにもかかわらず、AIの判断を人が受け入れることができるかという問題が挙げられます。AIが決めた治療方針を、訳もわからないまま信じていることができるかということです。今の時点では、自分の命をコンピュータ任せにするのは不安と感じる方も多いでしょう。しかし、時間をかけて十分な経験を積むことで、AIが人間の意思よりも適切な情報処理ができることは受け入れられるだろうと私は考えます。

例えば、CTは、Computed Tomography・コンピュータ断層撮影の略ですが、CT画像はコンピュータが作り出したものであり、多くの人はコンピュータがCT画像をどのように作っているかを理解していないにも関わらず、CT画像を信じていると思います。これは実際に人間の目を見た臓器がCT画像と一致しているという多くの経験が積み重ねられているからです。

同じように、悪性腫瘍細胞中に存在する膨大な数の遺伝子の発現パターンを調べた結果に基づいて、AIが決定した治療が、他の治療よりも有効だという証拠が積み重ねられれば、AIの診断を信じるようになるのも、それほど遠い将来ではないだろうと思います。

普通の怪我や病気に対しても、患者が日常的に装着している様々なセンサーから得られる膨大な情報をAIが解析し、最適な治療方針を決定する時代が来るだろうと思います。現在でも、スマートフォンを利用すれば、患者の日常生活の大半をモニターすることが可能ですが、様々なウェアラブルセンサーにより、生理機能や感情の変化を24時間監視することもできるようになるでしょう。過去の食生活や行動履歴をさかのぼって調べることができますし、健康によくない行動をとろうとしたとき、「やめた方がいいです」とアドバイスすることもできます。

このような時代が来たときに重要なのは、何ができるかという技術上の問題ではなく、何を行うべきかという判断です。

今でも、電子カルテの普及により、医師はコンピュータ端末に向かう時間が長くなり、患者への対応が疎かになっているという指摘があります。AIとロボット技術の発達により、従来人間が行っていた作業の大半は機械に置き換えることができると考えられていますが、機械に作業を任せるために、本来人間が行うべき作業が疎かになったのでは本末転倒です。

Eric Topol博士は、AIの画像解析能力が放射線界を上回ったのであれば、放射線科医はAIによる解析結果を患者に説明する役割を担えば良いと提案しています。機械ほど上手くできないルーチン作業をAIに任せて時間を節約し、医師は、症状や病歴も含めた包括的な判断を行って、患者の治療に関与する役割を果たすことで、医師としての価値と、職業上の満足感を高めることができると言っています。

現在、多くの調剤ロボットが導入され、様々な監査システムが調剤の妥当性を判断しています。物の取り扱いの機械化が進む中で、薬剤師は対物業務から対人業務へというのが今の薬剤師業界の合言葉ですが、その対人業務にも様々な形で情報技術を取り入れることになるでしょう。その際、最先端の技術に振り回されることなく、医療に求められているものは何かを考えた上で、最善のパフォーマンスを得るために、機械が必要であれば利用し、人間が行うべきことは機械に任せないことが重要です。