

本邦透析医療の現状と未来 —AI, IoT, ロボット工学は未来の透析医療に福音をもたらすのか?—

埼玉医科大学病院総合診療内科, 日本透析医学会理事長

中元 秀友

Hidetomo NAKAMOTO



1. はじめに

末期腎不全患者の延命と社会復帰を目的とした透析療法が広く行われるようになり、すでに50年が経過している。多くの先人達のご努力により本邦の透析療法は大きく進歩してきた。現在多くの患者が透析をしながら、社会の第一線で活躍されている。本邦の透析療法が優れていることは、これまでの多くの研究で明確に示されている。これは本邦の透析医療制度がすでに確立しており、透析患者の自己負担が月に1万円(高額所得者は2万円)で透析を受けられること、計画的な透析への導入、さらに医師、看護師、臨床工学技士のチーム医療が確立していること等によるものである。

しかしながら、本邦の透析療法がいくつかの重要な問題に直面し、大きな変革の時期にきていることも事実である。高齢者の増加に伴い年間の患者数増加率が鈍くなっていること、透析患者数の増加に伴う透析医療費の増大、さらに終末期医療の議論等である。また本邦では血液透析(HD)患者数と比較して、腹膜透析(PD)患者が少ないことも今後考えて行くべき問題点である。特に本邦の高齢者対策として重要なこと、それは高齢者の社会復帰を前提とした在宅医療の推進であり、地域包括ケアを中心とした高齢者医療の確立である。在宅医療であるPDは末期腎不全医療の1つとして、地域包括ケアを目指す国の政策に一致している。

PDは高齢者において日常生活動作(ADL)の自立と痴呆予防に効果がある。また透析施設にとっても人件費がかか

らないため、収益性は決してHDに劣るものではない。平成30年度(2018年度)の診療報酬改定で、PDおよび移植に積極的に取り組んでいる施設に対して維持透析患者の加算が認められた。これは、国が目指している今後の透析医療の方向性を明確に示すものである。また今後の透析医療のkey wordとして、人工知能(AI)、情報技術(IoT)、さらにロボット工学の利用が挙げられる。これらの技術を今後の透析医療にどのように導入していくか、これが今後の透析医療推進の重要なポイントである。今後の透析医療の方向性について、日本透析医学会理事長の立場から考えてみたい。

2. 本邦の透析医療の現状と問題点(2017年12月31日現在の日本透析医学会統計調査より)

表1には、日本透析医学会の統計調査委員会の結果¹⁾から2017年度末の本邦透析患者の現状を示す。2017年12月31日現在で334,505人の患者が透析を行っており、2016年12月31日と比較して4,869人(+1.5%)の増加であった。本邦の透析患者の特徴として、その増加率は減少傾向であったが、2017年度末時点では着実に増加している。その理由は、国民の高齢化に伴い透析患者が高齢化していること、さらに導入理由が慢性腎炎から糖尿病や腎硬化症に変化していることがある。

本邦の現状は、人口の高齢化に伴い透析患者の高齢化も急速に進んでいる。日本透析医学会の統計調査報告によれば、2017年12月31日現在¹⁾で新規透析患者の導入時平均年齢は女性71.41歳、男性68.90歳、全体で69.68歳と、女性は71歳を超え、全体の導入期平均年齢も70歳に迫る状況である。維持透析患者全体でも平均年齢は68.43歳に達している。透析導入の原疾患は、1998年以降糖尿病が第1位を占め、2017年末では42.5%が糖尿病、第2位は16.3%

■ 著者連絡先

埼玉医科大学病院総合診療内科
(〒350-0451 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷38)
E-mail. nakamo_h@saitama-med.ac.jp

表1 本邦の慢性透析療法要約—2017年12月31日現在—

| | | | | |
|--|------------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| 調査対象施設数 | | 4,413施設 | (17施設増0.4%増) | |
| 回収施設数 | | 4,360施設 | (24施設増0.6%増) | |
| 設備 | 透析コンソール台数 | 137,248台 | (2,037台増1.5%増) | |
| 能力 | 同時透析能力 | 135,636人 | (2,136人増1.6%増) | |
| | 最大収容能力 | 450,838人 | (6,646人増1.5%増) | |
| 慢性透析患者 | | 334,505人 | (4,896人増1.5%増) | |
| ※慢性透析患者の総数は、施設調査票患者総数欄の合計であり、患者調査票より算出した透析歴別患者数の合計とは必ずしも一致しない。 | | | | |
| 人口100万対比 | | 2,640.0人 (43.3人増) | | |
| 治療方法 | | 通院 | 入院 | 合計 |
| 血液透析等 | 血液透析(HD) | 203,024(66.7%) | 25,065(83.0%) | 228,089(68.2%) |
| | 血液透析濾過(HDF) | 90,537(29.8%) | 4,603(15.2%) | 95,140(28.4%) |
| | 血液濾過(HF) | 21(0.0%) | 19(0.1%) | 40(0.0%) |
| | 血液吸着透析 | 1,407(0.5%) | 55(0.2%) | 1,462(0.4%) |
| | 在宅血液透析 | 683(0.2%) | 1(0.0%) | 684(0.2%) |
| 腹膜透析等 | 腹膜透析(PD) | 6,946(2.3%) | 379(1.3%) | 7,325(2.2%) |
| | PD+週1回HD(F)等との併用 | 1,475(0.5%) | 30(0.1%) | 1,505(0.4%) |
| | PD+週2回HD(F)等との併用 | 152(0.0%) | 3(0.0%) | 155(0.0%) |
| | PD+週3回HD(F)等との併用 | 25(0.0%) | 12(0.0%) | 37(0.0%) |
| | 上記以外の併用 | 47(0.0%) | 21(0.1%) | 68(0.0%) |
| | 小計 | 8,645(2.8%) | 445(1.5%) | 9,090(2.7%) |
| 2017年末透析患者総数 | | 304,317(100.0%) | 30,188(100.0%) | 334,505(100.0%) |
| 2017年末透析患者のうち、夜間透析患者数 | | 31,916人(515人減) | | |
| 2017年 新規導入患者数 | HD(F)等で新規導入 | 38,842人 | | |
| | PDで新規導入 | 2,117人 | | |
| | 合計 | 40,959人 (1,615人増41%増) | | |
| 2017年透析患者死亡数 | | 32,532人 (742人増2.3%増) | | |

(施設調査による集計)
文献1より引用

であるが、第3位の腎硬化症が14.7%と確実に増加している。糖尿病性腎症は1998年以來第1位を維持しているが、この数年は横ばいから減少傾向に転じている。近年は腎硬化症が増加しているが、この中に一部糖尿病性腎臓病(DKD)が含まれている可能性が考えられる。今後は、この点を明確にしていく必要がある。糖尿病を原疾患とする患者では、心血管合併症等を有する比率が高く、糖尿病患者の増加に伴い合併症を有する患者が増加していることも、近年の透析患者の傾向と言える。一方、原疾患の最近の傾向として、糖尿病の増加は鈍り、腎硬化症の比率が急速に高まっているが、これは人口の高齢化によるものと推測される。本邦の透析患者数はすでに中国に抜かれたものの、2017年末で対100万人あたりの透析患者数としては2,640.0人(+43.3人)と世界でも圧倒的に多く、世界第1位である。これは本邦の透析医療の成績が優れており、圧倒的に死亡率が低いこと、さらに本邦の腎臓移植数が圧倒的に少ないことによるものと推測される。また本邦の特徴として、PD患者数が少なく2017年末で9,090人(+69人)

であり、久しぶりにPD患者数の増加を認めた。しかしながら透析患者中でのPD比率は、あいかわらず全透析患者の2.7%であった。PD患者数の増加は全体の透析患者数の増加に伴うものであり、実際は現状維持であった。

本邦の末期腎不全患者の腎代替療法の選択が圧倒的に施設でのHDであり、PDならびに移植を選択する患者が少ないことも本邦透析医療の特徴と言える。

3. 本邦と世界の透析医療の比較

前述の通り、本邦では2017年12月31日現在で334,505人の患者が透析を行っており、これは米国、中国に次いで世界第3位である。本邦の透析患者数は長く米国に次いで世界第2位を維持していたが、この数年中国の透析患者数の増加が著しく、フレゼニウスメディカルケアジャパン株式会社の2013年の報告²⁾では、中国が33万人と本邦の患者数を超えていた。この2013年の時点でも100万人あたりの透析患者数は本邦が2,505人なのに対して、中国は245人と10倍以上の開きがある。実際中国は人口が13億

表2 2016年の世界の透析患者の現状

| 透析患者数上位国 | 人口 (100万人) | 世界総人口に 占める割合 (%) | 透析患者数 (千人) | 世界の全透析患者数に 占める割合 (%) | 人口100万人あたりの 透析患者数 (人) |
|------------|---------------|---------------------|---------------|-------------------------|--------------------------|
| アメリカ合衆国 | 325 | 4 | 496 | 17 | 1,525 |
| 中国 | 1,376 | 19 | 465 | 16 | 340 |
| 日本 | 127 | 2 | 330 | 11 | 2,605 |
| インド | 1,274 | 17 | 133 | 4 | 105 |
| ブラジル | 206 | 3 | 123 | 4 | 600 |
| 上位6位~15位 | 677 | 9 | 675 | 23 | 1,000 |
| 上位16位~153位 | 3,198 | 44 | 766 | 26 | 240 |
| 上位154~230位 | 167 | 2 | | | |
| 合計 | 7,350 | | 2,988 | | 405 |

文献3より引用

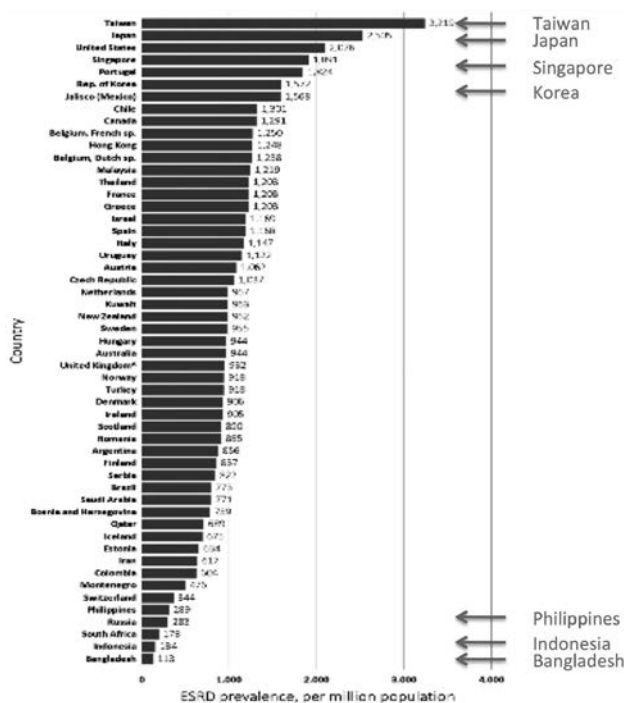


図1 世界の人口100万人あたりの透析患者数の国別の比較 (prevalence)

文献4より一部改変して引用

人以上であることから1億2千万人以上が慢性腎臓病 (CKD) であり, そのうち100万人が末期腎不全 (ESRD) の状態であることが予想され, 今後中国を含めたアジア圏での透析患者の急激な増加が予想されている。

特に近年の中国の状況として, 2015年にはすでに透析患者が38万5千人を超えていることが第34回国際血液浄化学会 (International Society of Blood Purification, ISBP) 総会で報告されている。フレゼニウス メディカル ケア ジャパン株式会社の2016年の報告³⁾では中国の透析患者数はすでに46万5千人に達しており, 今後さらなる増加が予測される (表2)。

アジアの透析患者の状況はUnited States Renal Data System (USRDS) の近年の報告⁴⁾を見ると明らかになる。2014年のアジアの各国別の透析患者の状況, 特に人口100万人あたりの透析患者数の現状を図に示す。図1は維持透析患者 (prevalence) の現状を, 図2はincidenceとしての新規導入患者の報告を示している。この結果から明らかなように, アジアの透析患者の状況は大きく二分されている。1つは日本, 台湾, シンガポール, 韓国のようにすでに多くの透析患者が維持透析を行っているグループである。一方のグループは, インド, フィリピン, バングラデシュのように透析患者が極めて少ない国である。その中にはカンボ

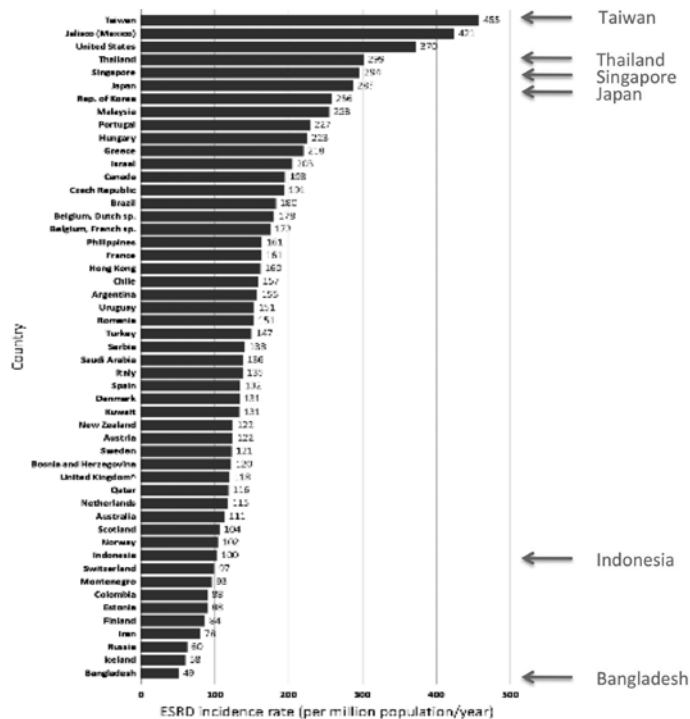


図2 世界の人口100万人あたりの透析患者数の国別の比較 (incidence)
文献4より一部改変して引用

ジア、ベトナム、ミャンマーのように、透析医療が最近になって導入された国々も含まれている。これらの国々の透析医療へのサポートを、日本透析医学会は現在も積極的に行っている。

4. 超高齢化社会の到来と地域包括ケア

近年の超高齢化社会の到来に合わせて、透析患者の高齢化は透析医療においても重要な課題となっている。最近の透析患者の透析導入時の平均年齢は69歳を超え、近いうちに70歳に到達しようとしている¹⁾。さらに透析導入の原疾患は糖尿病が第1位であり、心血管系を含めた多くの合併症を有する患者が増加している。今後本邦の医療システムが、これらの透析患者をどのように支えていくのか、これは現在の本邦が直面している重要な課題と言える。

現在本邦が進めている診療体系の政策に「地域包括ケアシステムの推進」がある(図3)。「地域包括ケアシステム」という用語が初めて使われるようになったのは2005年の介護保険法の改定後であり、今後少子高齢化社会の進行に伴い予想される多くの問題を緩和するための方策であった⁵⁾。その手始めとして、地域住民の介護や医療に関する相談窓口である「地域包括支援センター」の創設が打ち出された。その後、2011年の同法改正(同法の施行は2012年4月より)では、条文中に「自治体が地域包括ケアシステム

推進の義務を担う」と明記され、システムの構築が義務化された。2015年の同法改正では、地域包括ケアシステムの構築に向けた在宅医療と介護の連携推進、地域ケア会議の推進、さらに新しい「介護予防・日常生活支援総合事業」の創設等が取り入れられ、地域包括ケアは一気に推進した。今回の2018年診療報酬改定では、今後目指す医療体制として「地域包括ケアシステムの推進」が明記されており、今後の診療報酬改定も「地域包括ケアシステムの推進」が前提となることが明記された。それでは「地域包括ケア」を基本とした「透析患者のケアシステム」はどのようなシステムなのだろうか。

地域包括ケアシステムとは、超高齢者が住み慣れた環境である地域の自宅で(あるいは施設で)、日常生活を送っていくことを前提とするシステムである⁵⁾(図3)。超高齢者では多くの疾患を持病として持つ患者が多く、また自力での生活維持が困難な患者も多い。このような高齢者を効率よくサポートするために、家族、地域の医療機関、介護施設、さらに自治体等が協力して状況に応じて助け合いながら、サポートしていくことを前提としている。特に、「住まい」「医療」「介護」「予防」「生活支援」といった5つのサービスを一体的に提供できる体制を構築しようとするものが、地域包括ケアシステムである。地域包括ケアシステムは繰り返し述べているように、厚生労働省が強く推奨するシス

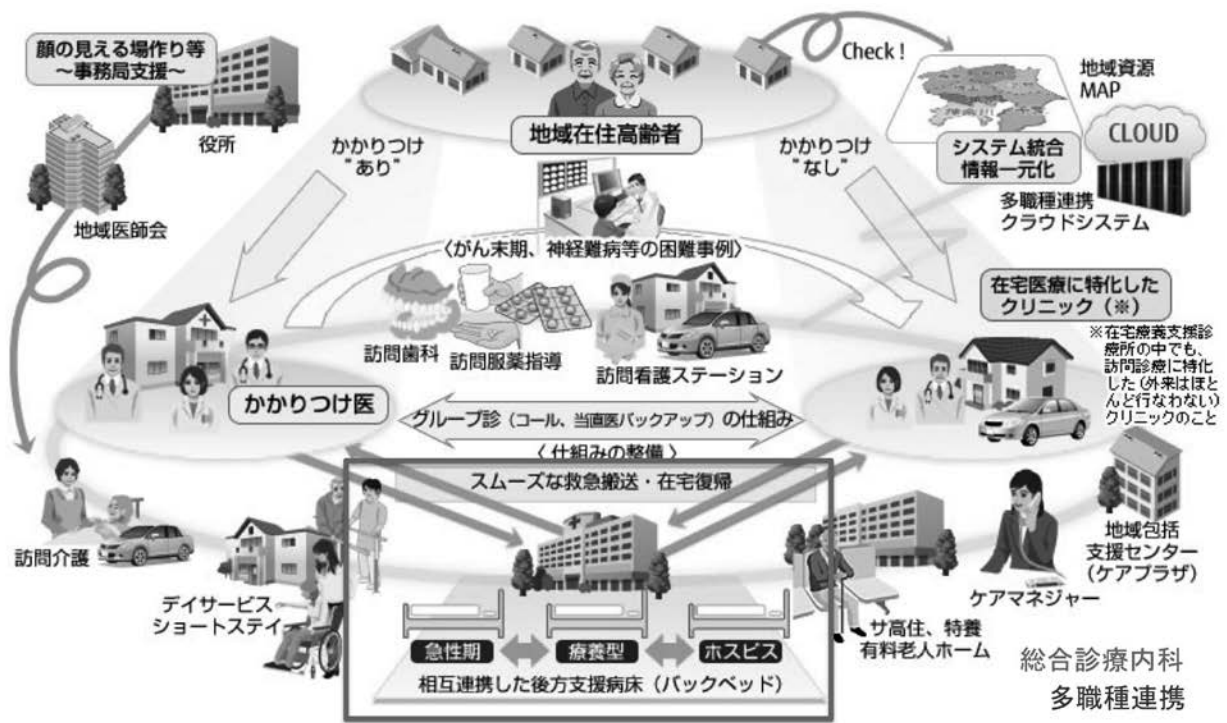


図3 患者やご家族にシームレスな在宅療養サービスを提供—地域包括ケアシステム
 (出典：これからの日本に求められる“地域包括ケア”とは？. 富士通株式会社.
<http://jp.fujitsu.com/solutions/cloud/elderly-care/teamcare/chiiki-houkatsu/> Accessed 22 May 2019)

テムであり、各地域がその実状に合わせて構築していくことを前提としている。その前提の根本は、超高齢者を含む高齢者の生活の場は地域の自宅であり、在宅での治療が基本となる(図3)。

透析医療に関しても、地域包括ケアシステムが前提となる。したがって、今後の透析医療の基本は在宅が基本となる。自宅から通院で透析を行うHDは問題ないが、入院でHDを行っている高齢者の患者も自宅へ戻ることが推奨される。在宅のPD患者、さらに在宅血液透析(HHD)患者を「かかりつけ医」が、「透析主事医」と連携して診療していくことが、今後の医療として考えられる。

地域包括ケアシステムを考えれば、透析医療としてのHHDは最も推奨すべき透析方法であり、在宅療法で自由度が高いPDやHHDは今後国が推奨していく透析方法の一つとなりうる。

5. AIの進歩とdeep learning(深層学習)

近年AIの大きな進歩が報道されている。AIとは機械により人間の知的活動を再現したものであり、機能を細分化し特定の目的に特化することで、人間の能力をはるかに超えた作業を行うことが可能となる(図4)。有名な例では、チェス、将棋、あるいは囲碁の試合でAIはことごとくチャ

ンピオンに勝利しており、チェス、将棋、あるいは囲碁の分野ではAIはすでに人間を凌駕している。最も高度とされた囲碁において、Google社傘下のDeepMind社が開発した囲碁ソフトウェアのAlphaGoが、2015年に初めてプロの棋士に勝って以来大きな進歩をみせ、2017年には世界のプロ棋士を凌駕した。この短い期間で人間のトップ棋士の棋力をはるかに凌駕したことは世界中に衝撃を与え、その後AIは人間との直接の戦いは行っていない。その後に発表された進化版のAlphaGo Zeroは、自己学習し短時間で旧版のAlphaGo、さらにオセロや将棋等のゲームの最強ソフトを超える能力を獲得している。このAIの自己学習能力であるdeep learning(深層学習)の技術が、AIの進歩に伴い大きく貢献した。Deep learningとは、解析機能を人間の脳と同様に多層化して物事を理解解析していく方法であり、その考え方は1957年のパーセプトロンの考案からあったものの、解析能力の問題、排他的な論理思考が難しい等の問題解決ができずなかなか進歩しなかったが、近年のコンピュータ能力の大幅な進歩、記憶容量の急激な進歩に伴い、2000年以後大きな進歩を遂げている。Deep learningの進歩を示す例として、先に示したAlphaGoやAlphaZeroの進歩はよく知られている。その他にも身近な例として電車の経路検索、ウェブの検索等にもdeep learningは使われてい

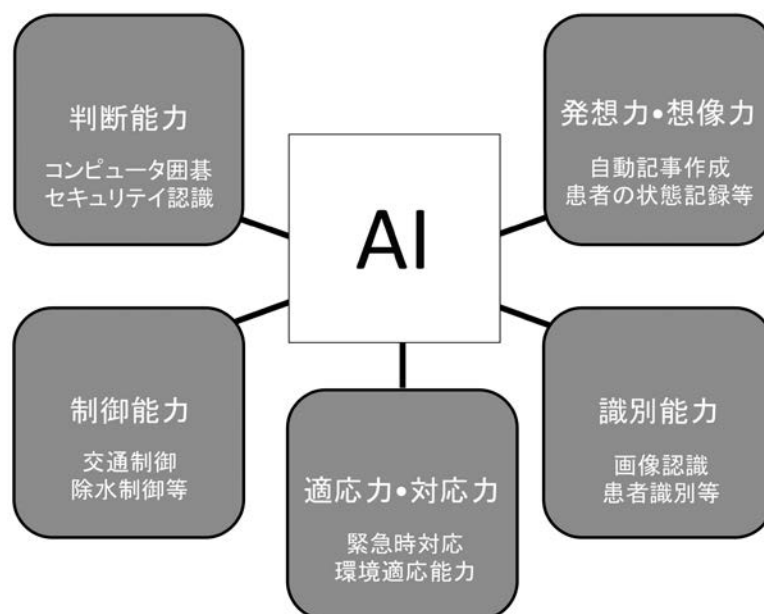


図4 AIとは機械により人間の知的活動を再現したもの

AIとは機械によって人間の知的活動を再現しようとするものである。汎用型のAIでは、人間のあらゆる知的活動を行う人工知能を目指す。この機能を細分化し目的を特化することで、人間をはるかにしのぐ作業を行うことが可能となった。コンピュータ囲碁や情報セキュリティなどは、判断能力に特化し人間以上の機能を獲得している。また近年では独自の発想力や想像力から作文機能、作曲を行う人工知能が開発されている。

る。膨大な数のウェブページの中から合いそうなものを挙げていく。あるいは、検索単語なしでも、利用者のウェブ閲覧履歴から、お勧めの商品・ニュース記事・音楽・映画を選び出して提示するシステムにも個々の情報が利用されており、そこにはdeep learningの機能が生かされている。また、多くの人が利用している翻訳ソフトの急激な進歩もdeep learningの機能によるものである。したがって、deep learningを十分に活用するには多くの情報が必要となる。これがビッグデータの重要性である。Google翻訳は無料で使用できる翻訳ソフトであるが、その進歩には多くの人が知らないうちに多くのデータを提供している。また、道先案内のようなソフトも多くの人が無料と思って利用しているが、それらのデータからAIは最適な経路を学びとっている。ビッグデータを獲得することで、AIの大きな進歩が得られることになる。

6. AIの進歩と医療

AIの大きな進歩は、医療の分野でもすでに応用されている。特に医療用のAIとしてIBMのWatson(ワトソン)はよく知られている。インターネット上の記事では、米国や本邦におけるAIを使ったプロジェクト事例が紹介されている。一例として「メモリアル・スローン・ケタリングがんセンター」がある。ここは患者の個別の症状に応じたがん

治療を実現するため、ワトソンを活用したソリューションで、50万件以上の医学研究結果と医学専門誌200万ページ分のテキストに基づいて、がん専門医の診断をサポートしている。その他にも「メイヨー・クリニック」は同様にワトソンテクノロジーを用い、治療に必要な関連する臨床属性を特定し、迅速に患者の適格性を判断するというものである。画像分析の事例では、皮膚がんの前段階であるメラノーマと単なるシミを並置させた画像から、皮膚がんを鑑別する技術を報告している。IBMはワトソンを用いた画像分析によって、皮膚ガンの早期発見技術を開発したことを発表した。この技術を使い3,000枚の画像をスキャンしたところ、95%の精度でメラノーマとシミの判別ができるようになっている。

本邦でもよく知られた記事として、AIが60歳代の女性に対し血液がんの一種である急性骨髄性白血病の診断を的確に行い、救命に繋がったことがある。女性は抗がん剤治療を半年続けたにもかかわらず、回復が思わしくなかった。そこでワトソンを使って原因を突き止めることになった。ワトソンは過去の報告から可能性の高い診断を提示し、医師はセカンドオピニオンとして、ワトソンの提案を活用した。その結果、女性は数ヶ月で回復し、無事に退院した。AIはこのように診断の補助として利用すると、極めて有用なツールとなる。この報告はAIが人間の診療に適切に利

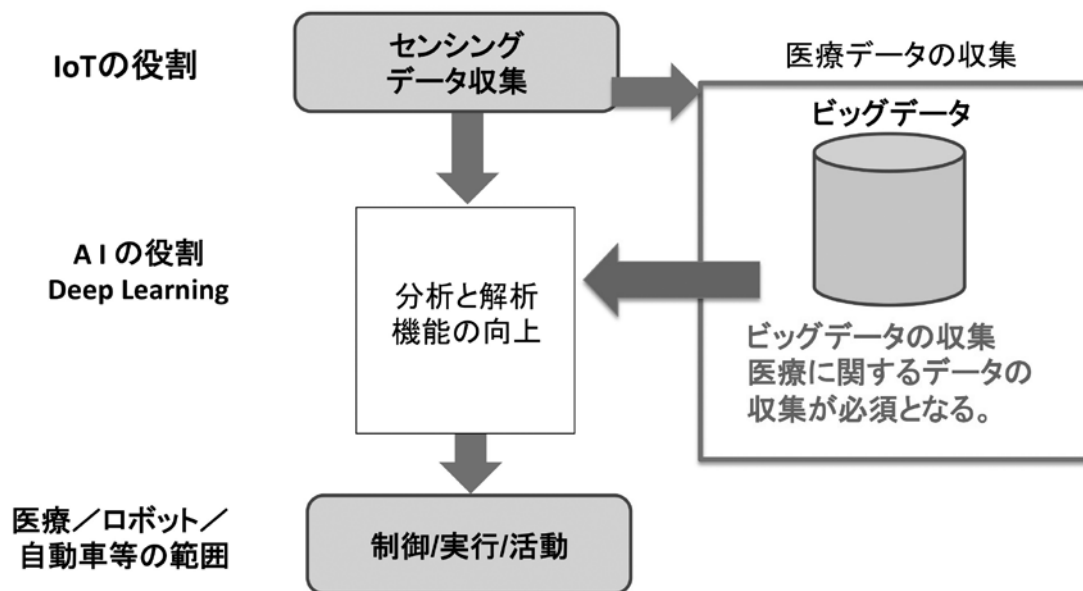


図5 今後の医療の進歩には、AI、IoTの活用とビッグデータの収集が重要な鍵となる

用された例として報告されている。しかし一部では、すでにAIの診断能力は一般の医師の能力を超えたことを示す一例として報道されている。

7. AIやIoT技術の進歩に伴う医療の革命

コンピュータの着実な進歩は、これまでに医療分野でも大きな進歩を示した。例えば流通産業において、AmazonやAlibaba、楽天であらゆる物が安価にたやすく購入できる。日常用の食品や雑貨まで、店舗に行くことなく購入できるようになった結果、多くのスーパーマーケットが影響を受けた。現在でも多くの国民はインターネットを使いこなし、自宅にいながらほとんどの物が手に入る。実際にこの変化はインターネット革命であり、100年以上前に英国で生じた産業革命よりも大きな変化をもたらしている。医療も患者と医療者サイドの間で常にデータのやり取りがあり、メーカーや保健機構、患者、医療者の間で多くの情報のやり取りが行われている。ここではIoT技術は大きな役割を果たすことが可能となる。典型的な例として、電子カルテの医療現場への導入がある。補助金の効果もあり、今では大病院の8割以上の施設で電子カルテを導入している。今後医療の現場では、さらなる革新的な変化が起こることが十分に予測される。最も期待されることは、①遠隔医療の進歩による在宅医療の変化(データ収集、モニタリング等)、②遠隔診療が認められる、③AIの進歩に伴うAI診療、④ロボットとAIを組み合わせた医療、⑤ロボットとAIによる在宅ケア等、考えればきりが無い変化が考えられ

る。そこに電子工学等の進歩が組み合わさることで、予測不可能な未来の医療の展開が期待できる。最近のニュースでも、中学生がバーチャルリアリティの技術を利用した介護ケアシステムを考案していた。バーチャルリアリティを用いて、最愛の人が高齢者の側にいて介護してくれる仮想空間を作り出すものであった。

透析医療はAIやロボット技術の最も入りやすい分野と言える。患者にとって適切な透析条件の計算や、体重や血圧変動による除水と透析のコントロール等は、近いうちに透析制御システムとして十分に確立可能と思われる。そのためにも、本邦の医療機器メーカーとの産学連携が必須である。さらに、基本となる透析医療に関するビッグデータの収集が必須となる。本邦においては、そのような医療データを収集する仕組みがまだ十分に確立していない。今後のAI、IoT、さらにロボット工学のコラボレーションによる未来透析の展開には、十分な産学連携を基本としたシステムの構築が重要であり、そのためには医療に関するビッグデータの収集が必須となる(図5)。今後の本邦の透析医療におけるAI、IoT、さらにロボット工学の医療への貢献、そして大きな進歩を期待したい。

8. おわりに —今後の日本透析医学会の方向性—

日本透析医学会は学術団体として、「透析医療の進歩」、さらに「患者に最良の医療を提供すること」に大きな貢献を果たしてきた。今後もこの役割は継続していくことと思われる。しかしながら、透析医療が大きな問題に直面して

いることも事実である。まず、①患者の高齢化と国民人口の少子高齢化、②透析患者の増加に伴う透析医療費増加、③心血管合併症や感染症を有するADL不良な患者の増加等である。また、④これらの医療を支えていくための人材の不足、過重労働等も、新しく発生している問題といえる。さらに、⑤悪性腫瘍やゲノム医療に比べて研究費の充足が厳しく、研究費の不足等も大きな問題である。これらの問題に対して、AI、IoT、さらにロボット工学の利用は問題解決の重要な鍵となる。

透析患者のADLやquality of life (QOL) が本邦では他国に比べて極めて良好な状況にあるのは誇るべきことであり、これまでの多くの先人達の努力の結果であることは明らかである。世界に誇るべき本邦の優れた透析医療を今後も維持し、そして世界に発信していくために、日本透析医学会は会員の皆さんとともにさらなる努力を継続していくことが重要と考えている。

本稿の著者には規定されたCOIはない。

文 献

- 1) 新田孝作, 政金生人, 花房規男, 他: 日本透析医学会統計調査委員会: わが国の慢性透析療法の現況 (2017年12月31日現在) (解説). 日本透析医学会雑誌 **51**: 699-766, 2018
- 2) ESRD Patients in 2013 - A Global Perspective - 2013年度末期腎不全患者に関する世界の概況. フレゼニウス メディカル ケア ジャパン株式会社
- 3) ESRD Patients in 2016 - A Global Perspective - 2016年度末期腎不全患者に関する世界の概況. フレゼニウス メディカル ケア ジャパン株式会社
- 4) 2016 Annual Data Report Volume 2. End - Stage Renal Disease in the United States. UNITED STATES RENAL DATA SYSTEM. 2016. https://www.usrds.org/2016/download/v2_c13_intComp_16.pdf Accessed 22 May 2019
- 5) 地域包括ケアシステム. 厚生労働省. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/chiiki-houkatsu/ Accessed 22 May 2019