

# 健康認知の機能デザイン

東京理科大学 先進工学部 機能デザイン工学科 教授 森 武俊<sup>もり たけとし</sup>

## 1. はじめに

世界的な長寿社会が近づき、多くの国や地域で少子化と併せ高齢シフトの課題が様々浮かび上がってきている。なかでも日本は2007年に高齢者率が21%を越え超高齢社会を迎えている。現在は65歳以上人口が30%前後となっている。高齢者の就業率は25%以上で、農業や林業では50%以上、サービス業や建設業でも20%前後が65歳以上とされることから、かなりの割合の方は元気で、高齢者の定義を75歳以上に定め直すことも議論され始めている<sup>1)</sup>。それでも生産年齢人口の主体が15歳から65歳の間なのは変わり難いことから、要介護高齢者の増加による医療制度や介護システム、社会保障における負担・給付バランスといったこととともに、経済成長力やQOLの低下が強く懸念される。

このようななか、生活に活力を生み出し、社会保障を支える方策として、1つだけでなくいくつかの方向からのパラレルアプローチが重視されている。まず第一は「元気高齢者」であろう。すでに述べたように65歳以上でも様々な働き場所がある。健康寿命を延ばすこと、スキルアップデートの機会を増やすことで、やりがいのあるところで働き続けていただき結果として生産年齢人口を拡大するという考え方である。2つ目は、若い就業者の「外国からの受け入れ」である。特に医療・介護分野の人材不足が想定されており、課

題先進国において育成を進めやがて母国に戻って展開してもらおうという理想像が描かれている。ただ、これは日本と東南アジアの間など、高齢化にディレイがある関係でのみ成立することで、10年、20年程度後には適用が難しくなる。

残る構想は、3つ目、「テクノロジー導入」である。高齢者や有病者の自立を支援し、介助者の負担を軽減する情報処理技術やロボット技術を積極的に活用することで、心身機能の維持・向上、さらには多様なアクティビティへの参加を促すことを目指す戦略である<sup>2)</sup>。健康寿命を引き伸ばすということ以上に、社会の様々な状況でのDX（デジタルトランスフォーメーション）やRX（ロボットトランスフォーメーション）で生産性を向上し、効率化することで、余裕のある豊かな幸福寿命を延伸しようというねらいである【図1】。テクノロジーの展開・普及により、すなわち人のカラダそしてココロも助けることを目指すというわけである。

## 2. 看護と介護、医療と福祉

高齢者の多い社会への転換は、すなわちいわゆる医療重点から福祉重視への変化である。あるいは、治す医療から支える医療へ、キュアからケアへのパラダイムチェンジといってもよい。独居や少数家族を社会で相互に支え、必要に応じて住まいや専門機関で医療が提供される。

互助ヘルスケアへの誘導は、必然的に医療や福祉に関わる人を増やす必要、足りなくなるということの意味している。スムーズに進めるには社会がタスクシフトを受容することが求められる。医師がしてきたことを看護師に、看護師がしていたことを看護助手や補助者に、療養生活や日常生活支援で可能な部分は医療プロフェSSIONAL以外でタスク共有していくことである。これは、医師に比べ看護師が、看護師に比べ准看護師や看護助手が、医療エキスパートに比べ医療資格のないヘルスケアプロフェSSIONALの人数が多いということが前提となっている。しかしながら、移動介



【図1】ウェルフェアテクノロジー浸透社会

助や移乗介助、排泄補助といったエッセンシャルなタスクは、重労働かつ低賃金で、離職率は低くなく、高齢化によって人手不足となる社会において職業として選択されなくなる可能性を強く含んでいる。

看護者、介助者の就業環境の整備、雇用管理の改善、高負荷業務の軽減、キャリアデザイン・将来展望の提示や保障などが望まれるものの、IoTやAI技術による効率化、ロボット技術による代替が無ければ、タスクシフトでずれてきた仕事を請け負う少ない働き手に労働が集中していくことは不可避であろう。

楽しく、格好良く、やりがいがある仕事として介護・看護・療養ケアが社会に映し出され、若い担い手を選択する魅力的な働き方のイメージが共有されることが必要である。看護師が医療のプロとして診療の補助や療養の世話に関わるように、介護福祉士にもより明確な独占的業務が必要かもしれない。社会福祉士、訪問介護員あるいはケアマネージャーについてもシステムのリフレッシュが業務整理が望ましいであろう。

### 3. ナーシングテクノロジー

看護や介護といったケアが、医療あるいは福祉における主軸となってくるなか、これまでの治療や修復のための技術とは異なる研究・開発視点が必要となると考えられる。おそらく、1) 人・人間関係性、2) 非侵襲性、3) リアルタイム性・プレゼンス性ではないだろうか。医学が、極端な見方をすれば細菌やウイルス等とのタックルを対象としているのに対し、看護や介護はやはり人や家族・地域が対象である。ケアのためには身体内深くまで介入することが必要なことは多く避けたいが、ケアにおいては侵襲も拘束も少ない方が望ましい。即時性やその場性は、高齢の人生経験豊富な人との関わり、広い意味でのコミュニケーションにおいて重要であろう。

ナーシング (Nursing) は、食事や睡眠、排泄といった基本的な生活全般、非常に広範囲を現場感を重視し扱う領域ということもあるせいか、工学あるいは情報学その深化に果たしている役割、逆にナーシングが工学や情報学の拡大につながる位置は、いずれもがまだまだ限定的である。生体工学、ICTやAI、ロボット技術などと融合してイノベーションを生み出し、そこで新しい分野を形成することへの希望や期待は大きい<sup>3)</sup>。ナーシングテクノロジーは、看護・介護のケアにおけるQOL・ウェルビーイングの観点を重視しつつ、人とシステムとがともに協調することで健康維持・生活

向上・虚弱化予防を目指す方向性で新たな技術の研究・開発を行う領域である。

ナーシングテクノロジーの重点分野は、a) 観察・測定・分析の手法、すなわち客観的なアセスメントを支援する計測・認識システム、b) 機器・ソフトウェア・システムの開発の方法で、仕様→実装法→設計→実装→検証のプロセス、つまりケア行為を側方支援する道具・機械の開発メソッドである<sup>4)</sup>。

デザインのフレームワークは基本的に次の通りである。まず、現場の実態を把握することから始める。現場課題を明確にしてニーズを抽出する。続いて、それを概念化し、ターゲットを理解する。事象の明確化のため、メカニズムの解明を試みる。すなわち問題の解決改善ポイントを絞り込む。研究フェーズであれば、ここでリサーチクエッションを設定する。これはシーズを具体化するプロセスとも言える。そして、a) 客観的計測法や、b) 支援プロダクトの開発を行う。

機能のデザインにおいては、要求仕様と実現機構の区別と明確化、さらには実装・検証のセットを重視する。このシーズの具現化プロセスから、計測法や機器・ソフトウェアの適用や実証へと必ず進める。現場調査、臨床試験やそれに近い方法論で、現場でのフィージビリティ・適合性を検討し、問題が実際に解決・改善あるいは向上・効率化されたかを評価する。その後、事後的検証、さらにはスパイラル的に次の対象課題を捉えて発展させていく。

開発する計測法や機器・ソフトウェアとしては、例えばバイタル情報と周辺環境情報の計測・収集、検査行為や記録の補助、日常生活を含む状態や状況のモニタリングや異変の検知、療養情報や医療情報の記述や管理が想定される。さらに、回復促進や改善遅延解消を実現する機器や、必ずしも直接的な介入ではなく、計測・可視化で高齢者ほか生活者の行動変容による状態改善を支援するシステムも考えられる。

ナーシングテクノロジーのデザインアプローチで研究したベッド・マットレスの例を示す。**【図2】**は、薄型の分布圧力センサにより人の寝姿を捉えるセンサシステムの様子である。分布圧力センサの圧分布画像とその変遷すなわち圧分布動画像から、臥床環境であるマット上での姿勢をリアルタイムに機械学習モデルに基づき三次元認識することが可能で、例えば寝返りの小ささや過剰な力やずれによる褥瘡<sup>じよくそう</sup>の発生リスクを予測できる。また首筋や膝裏に現れる微小な圧振動から拍動バイタルも推定できる。腹胸部の圧変動から得られる呼吸動と合わせることで、睡眠状態や深度も



【図2】 分布圧力センサによる臥床モニタシステム

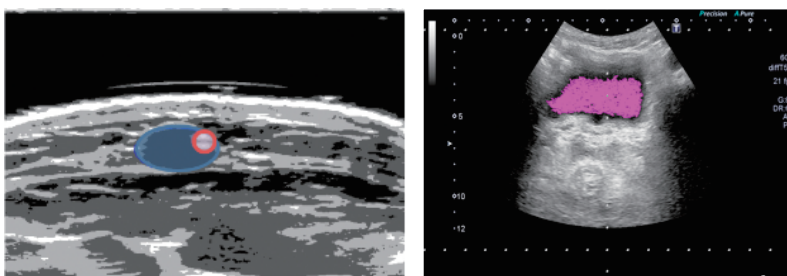
推測できる技術である。睡眠時無呼吸症候群や乳幼児のSIDS（突然死）の原因解明や予防を念頭にデザインし、開発を始めたテクノロジーであるが、創傷ケアや療養支援にも広がりうるものとなった。

#### 4. ポータブルなテクノロジーとヘルスケア

医療職、ヘルスケアプロフェッショナル、介助者のタスクシフトや業務スライドに伴い、病床や療養家庭における予防的計測や検査は、看護師や家族、本人が行うようになってきている。この際、コンパクトで軽量、ポータブルな機器が求められている。聴診器のように首からかけて、いつでもさっと使えるような特長を持つデバイスも増えている。

リアルタイムプレゼンス性、無拘束非侵襲性という特性とイメージングとは相性が良い。イメージプロセッシングは現代の人工知能技術を代表する領域で、人と同等あるいはそれ以上の画像認識性能が実現しつつある。これまでは機械も大きく、読み取り・読影も難しかった超音波エコーやサーモグラフィーが療養ケアの現場へ広がり始めている。将来的には多様な波長の光・電磁気による非侵襲センシングの可搬型デバイスも開発・普及していくであろう。

ケア医療の場では、イメージング機器の計測結果のオンサイトでの可視化・データ化とともに、そのケア



【図3】 超音波エコー動画の識別 AI

計画の立案・変更やケア実施に即座に活用したいという状況がある。深層学習をはじめとする機械学習手法の開発と大量のラベル付き画像をビッグデータとして収集・蓄積する価値の再認識が起こったことから、判断を支援するデータ提供の計測器としてのイメージング機器が、判断行為自体を支援するシステムへとある意味転換してきているとも言える。

超音波エコー機器は、据え置き型やカートで運搬するタイプが主流だったのが、ワイヤレスでタブレットやスマートフォンに画像を伝送し、しかもリニア・コンベックスのデュアルプローブで200g程度といった製品も販売されはじめています。AI画像処理アルゴリズムによる読影支援ソフトウェアも、ハードウェア機器の開発とは独立で、アドインとして複数のメーカー間にまたがって利用できる形で開発提供することが可能となる状況が近づきつつある。

末梢静脈留置カテーテルの血管穿刺時の支援【図3左】や、下部尿路機能障害の疑われる人の膀胱内残尿量の推定【図3右】などの研究開発も、エキスパートによる正解アノテーション画像の収集蓄積が進むことで実現可能となっている。看護師や理学療法士の撮像する経腹超音波画像に基づく骨盤底筋トレーニングによるリハビリテーションの経過評価やプラン変更の支援にもAIによる動画像認識処理の開発が進みつつある<sup>5)</sup>。

ヘルスケアプロフェッショナル、家族や施設の介助者、本人、それぞれによってポータブル機器を利用するシーンや活用法は異なる可能性がある。ソフトウェア可換なデバイス機器という考え方でデザインがこれからは強く求められることであろう。

#### 5. ビッグデータとみまもり工学

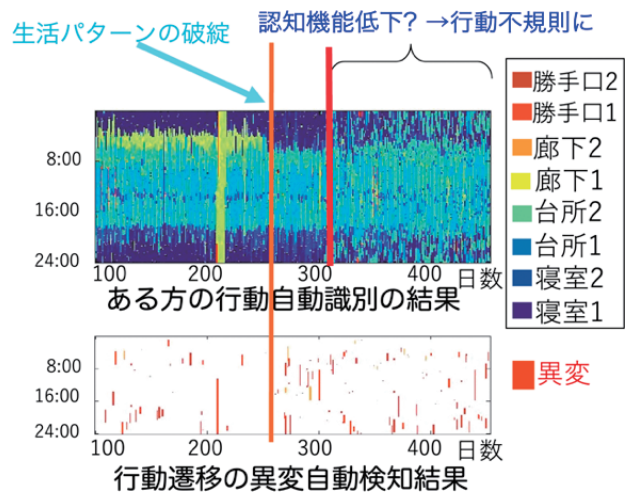
ヘルスケアに関わるデータの蓄積・利活用推進の流れは、次世代医療基盤法を背景に始まりつつある。看護ケアに関しても、DPC対象病院の重症度、医療・看護必要度データの収集などから始まっており、患者の状態と処置・ケアが記録される。また、VISIT（通所・訪問リハビリテーションデータ収集システム）やCHASE（Care, HeAlth Status & Events）をベースに、LIFE（Long-term care Information system For Evidence）と呼ばれるデータベース構築もエビデンスに裏付けされた科学的介護を目的として推進されている

る。

ただ、今後何より大きいのは人の手によらず機器・センサによって生成される多種かつ膨大なビッグデータの活用であろう。常時自動的に収集記録されるデータは、本人のみならず類似の症状経過をたどる人などパブリックに役立つことが期待される。

病棟では、スタッフコールの起こるタイミング・応答時間や実際の対応までの時間、コールボタンを押しがちな人・ほとんど押さない人の病態やケア記録が収集されている。これらを統合して解析し、コール軽減可能ケースなどを提示することで、看護師や介助者のフロアでの繁忙度を主観的にも客観的にも緩和する試みも行われている。フロアにおけるコール総数とインシデント、特に転倒数との関連を見たところ、相関関係が得られた。フロアの繁忙度は多様な要因に基づくと思われるが、センサをスタッフコールシステムに接続する自体も要因となっている可能性は十分推察される。インシデントとスタッフコールとの相関は、転倒・転落リスクアセスメントを進め離床センサを導入してインシデントを減少させることを目指しても目論見通りに予防できるとは限らず、フロアの緊張感を下げ、安全性とバランスさせた総合的なプランニングと試行に基づく導入が求められることを示していると思われる。

独居高齢者の遠隔ナースコールサービスに、宅内の各部屋での人感センサによる動き検出データに基づく異変検知を付加する見守りサービスが展開されている。リモートの支援センターで待機するスタッフは、コールボタンや異変自動検知により通知されるアラートに対しハンズフリーホンで応答する。本人と対話し問題なければ日常の状況を聴き取り、心配な状態であれば駆けつけ業者や救急車呼出へつなげるような‘サービス事業’である。独居者の宅内動き検出データの数百日にわたる長期ビッグデータ履歴を解析すると、生活のパターンが急変している時点、夜の就寝時間帯での不規則行動が続く期間などが見つかることがある【図4】。これらは認知機能が運動機能とともにフレイルからさらに低下していることを示している可能性も高い。ケアワーカーは24時間365日常に見守ることはできないが、センサシステムは異変の予兆や異常の継続を、自動アルゴリズムで十分に気づけるというわけである。プロフェッショナルがすべきことできること、テクノロジーができることを総体としてデザインするのがこれから求められる方法論であることは疑いない。



【図4】 高齢者宅内モニタシステムによる認知症予測

## 6. おわりに

健康を維持すること、高齢者の身体機能や認知機能の虚弱化を遅延・予防することへ技術革新ができることは多い。ナーステクノロジーのデザインでは、即時性、臨場性、低拘束・非侵襲性、が肝要である。信頼性・信頼感が必須であるとともにコストエフェクティブネスも重視される。専門知識と高い実行力をもつプロフェッショナルの活動の客観化とダイレクト化を支えるAIシステムやロボティックシステムの働きこそがこれからの社会に求められる。長期にわたり、常に客観的モニタリングを続けることで、そのデータで日常の状況の認識・可視化や特異な状況の見える化、予見・予防を行えるようになる。病気、虚弱の状態しか見ることができない現在の医療・福祉の姿を、テクノロジーによって「ふだん・ふつうに基づくヘルスケア」へとシフトして行くことで未来を切り拓いていくことが、より大きなデザインであろう。

### 【参考文献】

- 1) 総務省統計局, 統計トピックス No.132, <https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1320.html>, 2022.
- 2) 福祉用具・介護ロボットの開発および普及に関する取り組み, 五島潔, 医工学, Vol. 93, 2023.
- 3) 森武俊, 看護プロフェッショナルと協働するAI, 人工知能学会誌, Vol. 35, 2020.
- 4) 真田弘美, 森武俊, 看護理工学, 東京大学出版会, 2015.
- 5) M. Yoshida, *et al.* Evaluation of pelvic floor function by transabdominal ultrasound in postpartum women, J. of Medical Ultrasonics, 2010.

