

7 いよいよ本気で ユビキタスヘルスケア

応
般



井上創造 (九州工業大学) 中島直樹 (九州大学病院)

本特集では、明るい未来を先取りしたような話が多いが、本稿では少々深刻かつ現実的な話をする。

ヘルスケアの「2025年問題」

日本では世界最速の超少子高齢社会が着実に進んでいる。人は歳を重ねるごとに必要な医療（費）が増え、75歳を超えると1人当たりの医療費は65～69歳に比べて2倍以上となる（資料：厚生労働省保険局「医療保険に関する基礎資料～平成23年度の医療費等の状況～」）。2025年には戦後のベビーブーム（1947～49年生）が全員75歳を超える「2025年問題」を控え、厚生労働省は持続可能な社会保障を実現すべく、多種の政策を打ち出している。たとえば、

- 「施設から在宅への転換」：コストのかかる医療介護施設から、できるだけ在宅での自律的なケアを推し進めるため、「在宅医療・介護推進プロジェクトチーム」を作り、医療・介護を連携して予算・制度面からの解決に取り組んでいる^{☆1}。
- 「データヘルス計画」：健康保険組合などの医療保険者が、近年電子化が進んだ健診やレセプトのデータを分析して、健康保持・増進プロセスを改善していくことを推奨している^{☆2}。集団全体のリスクの平均値を下げるポピュレーションアプローチや、リスクが高い人に働きかけるハイリスクアプローチといったアプローチがある。
- 従来の薬事法が2014年11月25日に改正されて、ソフトウェア単体でも医療機器として流通することが可能となった。これまでは医療ソフトウェアはハードウェアとの組合せでのみ薬事法の規

制対象となっていたが、これにより我々の研究対象の多くの部分を占めるソフトウェアシステムについても、医療機器として参入することができるようになった。国際的にも同様の動向があり、国際標準化団体IEC (International Electrotechnical Commission) において医療機器の安全規格を制定するTC 62においても、対象とする機器が「医用電気機器 (Electrical equipment in medical practice)」から「ヘルスケアにおける電気機器・電気システム・ソフトウェア (Electrical equipment, electrical systems, and software used in healthcare)」に変更された。取り扱う範囲が健康分野まで拡張され、ソフトウェアを範疇に含むようになってきている^{☆3,4}。

このような動向から、「いつでもどこでも」を標榜するユビキタス／ウェアラブルコンピューティングの研究が、現実世界で真に役に立つことが強く求められてくる。たとえば、病院で行われていたケアを訪問看護や在宅看護に転換する際には、サービスの質が低下することが容易に予想される。これまで施設では患者やスタッフ同士が近くにいることで容易に把握できたチームワークや患者の様態がブラックボックス化され、時には異常が見過ごされる恐れもある。また家族などの非専門者が介護に従事するなど、行為者そのものの質の低下も起こり得る。こ

☆1 厚生労働省「在宅医療の推進について」
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000061944.html>
☆2 「日本再興戦略」(2013年6月14日閣議決定)
☆3 医薬品医療機器等法における医療機器プログラムの取り扱い
<http://www.jaame.or.jp/mdsi/program.html>
☆4 厚生労働省「薬事法等の一部を改正する法律について」
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000045726.html>

のような状況において、たとえばウェアラブルセンサや照度センサ、スマートメータといった環境に設置する簡単なセンサを用いてケアの業務行動や患者の容態をセンシングし、デバイスやネットワーク、教師あり・なし機械学習、ビッグデータ分析、クラウドソーシング、といった近年発展する技術を活かしてヘルスケアの質を確保し、ひいては家族の介護者の生活の質を含めた労働生産性を担保することが、国家レベルで重要であろう。

ユビキタスヘルスケアの研究・サービス動向

上記のような背景と関連して、近年では健康に関するウェアラブルデバイスやユビキタス・クラウドサービスが多くスタートしている。

大衆から出資を募るクラウドファンディングの有名サイト Indiegogo^{☆5} においては、行動を記録する小型センサデバイス Misfit Shine が、2013年1月にサイト公開後10時間たらずで84万6千ドルの資金を達成したことで話題となった。

アップル社からも、ResearchKit^{☆6} という iOS 向けの医療・医学研究のデータ収集フレームワークがオープンソースで公開され、たとえば人間集団を対象とする疫学研究のために被験者から生体データや問診データを研究者がスマートフォンを経由して収集することができるようになっている。

またヘルスケアに限ったものではないが、Google社からも、Android OS 向けにセンサや種々のサービス履歴から行動認識を行う ActivityRecognition^{☆7} ライブラリが公開され、多くのユビキタスヘルスケアのためのフィールド研究に利用することも可能である。

学術界においても、ヘルスケアやウェルネスのためのユビキタスコンピューティングを研究する学会 Pervasive Health も第9回を迎え、2015年においては、フィットネスやリハビリや鬱といった分野を対象としたヘルスケアやウェルネスを、デバイスやシステム、そしてユーザとのインタラクションを中

心にした論文が活発に発表された^{☆8}。

ユビキタス／ウェアラブルコンピューティングにおいては、多くの小型センサデバイスを用いて大量のデータが蓄積されることが多い。また、現在の人工知能・知的情報処理においては、データから知識を発見する機械学習やデータマイニング技術が盛んである。このようなことから、大量のデータを解析することによってヘルスケアや医療に関する新たな知見を得るという、いわゆるビッグデータアプローチも重要となる。我々もこの分野における先駆的な事例とリアルなデータセットを研究コミュニティに提供すべく、さまざまなプロジェクトを行ってきた。

1つには、いまだ医療が十分に浸透していないバングラデシュ国において16,741人に無線ポータブル健診機器を用いて健康診断および遠隔診療を実施し、リスクの高い患者を機械学習を用いて予測できること、またリスクの高い患者に集中して診療・アドバイスをを行うことによって健康状態を、有意にかつ効率良く改善できることを示した¹⁾。

また、済生会熊本病院の循環器系の病棟において、看護師からのウェアラブル加速度センサデータを、行動ラベル付きデータを22名の看護師から25種類5,749件、行動ラベルなしで60名の看護師から41種類、のべ442人収集し、時間帯や行動の継続時間といった、これまでの小規模・非現実的データセットでは得ることが難しかった事前知識を用いることで行動認識の精度が高くなることを示した。また、提案手法を用いて推定した行動を分析したところ、看護師は電子カルテシステムへのデータ入力に相当の時間を要している、といった客観的な知識を発見することができた²⁾。このデータは患者のバイタルデータや医療データとともにオープンデータとして公開可能であり、今後のユビキタス・ウェアラブルヘルスケア研究の基盤となることが期待できる。

☆5 <https://www.indiegogo.com/projects/misfit-shine-an-elegant-wireless-activity-tracker>
 ☆6 <https://github.com/ResearchKit/ResearchKit>
 ☆7 <https://developer.android.com/reference/com/google/android/gms/location/ActivityRecognition.html>
 ☆8 <http://pervasivehealth.org/2015/>

福岡市の福西会病院の整形外科病棟においては、38名の看護師に加速度および赤外線センサを装着してもらい、223個の赤外線センサを83カ所に設置し、33日の実験期間において看護師の加速度、位置情報、および看護師同士の対面情報を115種類の行動ラベルとともに収集した。このデータを用いて回帰分析および決定木分析を行った結果、対面回数が多く病室に何度も訪れる看護師ほど加速度から得られる1日の活動量が多くなることや、「排泄介助」「体位交換」といった、1日の活動量が多くなる行動を発見できた。これらを看護師に提示することで、看護業務の負荷分散や効率化に寄与することができそうである³⁾。

さらには、在宅看護や介護における患者の見守りへの応用を見据えて、タブレット端末の照度センサデータおよび行動記録をインターネット越しに自動的に収集する端末アプリおよびサーバシステムを開発し、35軒の家庭に約4カ月実験を行い、合計11,745件の行動入力と、7.14GBのセンサデータと23万7,280時間の消費電力データを収集した⁴⁾。このデータが生活習慣を分析、モデル化し、普通の生活と異なる状況を異常として検知したり、より健康になれるような生活習慣へと行動変容を促すような手法を機械学習するための基礎データとなり得る。

「ウェアラブル」業界は、届けるべきターゲットを見誤っている？

このようにウェアラブルまたはユビキタスコンピューティングは、ヘルスケア応用において大きな期待を寄せられていると言える。ところが最近、上記のようなタイトルの記事が、オンライン雑誌WIREDに掲載された^{☆9,10}。そこには、「いま“ウェアラブル”といえば、健康に対するリスクの低い若者たちをターゲットにした、大して意味もない活動記録を集めるデバイスがほとんどだ。高齢者や慢性疾患を抱えている患者など、本来このテクノロジーから最もメリットを享受すべき人たちが置いてき

ぼりにされているのは実に残念だ」とあり、ウェアラブルやユビキタスの分野の「熱気」が、まだヘルスケアの分野においては十分に実を結んでいないことがうかがえる。

さらにはその記事では、「シリコンバレー、サンフランシスコ、オースティン、そしてMITまで、若くて健康的で高等教育を受けた、多くの場合、男性の起業家たちは、自分と似た人をターゲットにして、利用価値の低いアプリやデバイスばかりを開発している。アルファギーク（注：先進・卓越した技術者）が自宅でテクノロジーを開発し、アーリーアダプタがそれに注目し、いつしか母親までもが興味を示すほどに広まっていく。パソコンもインターネットもソーシャルメディアも、シリコンバレーのIT業界は、これまでずっとそのようにして発展してきた。ヘルスケアも、このシリコンバレーの定説に従えば、同じ道を辿ることになるのかもしれない」と指摘する。つまりイノベーションはアーリーアダプタから徐々に広まっていくものだが、ヘルスケアの分野においてアーリーアダプタとは誰なのか、それが定まっていないのが現実ではないか。

上述したMisfit Shineも、当初は別の有名なクラウドファンディングサイトKickstarter^{☆11}において出品を試みたが、Kickstarterが薬品や医療機器は対象としないというポリシーから、拒絶されたという経緯がある⁵⁾。このような領域の製品は偽物や効果のないものが含まれても発見しにくいというのがそのポリシーの理由だと思われるが、この分野がクラウドファンディングのようなアーリーアダプタ向けのサービスとの親和性に課題が残ることを表す出来事でもある。

筆者も、文献6)において、この分野は「言うは易く、行は難し」と形容したが、ユビキタス・ウェアラブルの他の分野のように、新しい技術やサービスをいち早く受容するアーリーアダプタを発見し、

☆9 英語版：<http://www.wired.com/2014/11/where-fitness-trackers-fail/>

☆10 日本語版：<http://wired.jp/2015/01/22/wearable-iot/>

☆11 <https://www.kickstarter.com/>

彼らをターゲットとして研究やサービスのライフサイクルを回す、というパターンに持ち込みにくいことが、この分野の大きな課題ではないかと考える。しかし、冒頭に述べたように、日本は高齢化が世界最速で進む国である。見方を変えれば、最もアーリーアダプタを見つけやすい国である。日本でなんとかアーリーアダプタを見つけ、彼らを対象に研究やサービスのリーン・スタートアップつまりユーザーバックを元に改善し成長させることが、ユビキタスヘルスケアのための研究の鍵であり、また国家財政の健全化、ひいては国民の労働生産性の確保につながるのではないかと考える。

参考文献

1) Nohara, Y., Kai, E., Ghosh, P., Maruf, R. I., Ahmed, A., Kuroda, M., Inoue, S., Hiramatsu, T., Kimura, M., Shimizu, S., Kobayashi, K., Baba, Y., Kashima, H., Tsuda, K., Sugiyama, M., Blondel, M., Ueda, N., Kitsuregawa, M. and Nakashima, N.: Health Checkup and Telemedical Intervention Program for Preventive Medicine in Developing Countries: Verification Study, *J Med Internet Res* 2015;17(1) DOI: 10.2196/jmir.3705, Vol.17, pp. e2 (2014/12/05).

2) Inoue, S., Ueda, N., Nohara, Y. and Nakashima, N.: Mobile Activity Recognition for a Whole Day: Recognizing Real Nursing Activities with Big Dataset, *ACM Int'l Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp)*, to appear, Osaka (2015/09/07).

3) 磯田達也, 野原康伸, 井上創造, 白水麻子, 杉山康彦, 平田真理, 町田京子, 中島直樹: 携帯センサと近接センサを用いた看護師行動センシング実験, *マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム*, pp.581-587, Iwate (2015/07/08).

4) 潘 新程, 峯崎智裕, 磯田達也, 田中翔太, 内野百里, 井上創造: タブレット端末センサと行動入力 Web システムを用いた生活行動と消費電力の分析, *マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム*, pp.1411-1417, Iwate (2015/07/08).

5) <http://mobihealthnews.com/33783/kickstarter-wants-you-to-crowdfund-more-things-but-still-not-medical-devices/>, accessed on 2015/6/12.

6) 井上創造, 村上知子: 特集 ウェルネスのための ICT: 0. 編集にあたって, *情報処理, Vol.56, No.2*, pp.132-133 (Feb. 2015). (2015年6月12日受付)

井上創造 (正会員) sozo@mns.kyutech.ac.jp

九大システム情報・博(工). 同大助教, 准教授の後, 九工大准教授. ユビキタス・ヘルスケア応用に興味を持つ.

中島直樹 nnaoki@med.kyushu-u.ac.jp

1962年福岡生まれ. 九州大学病院メディカルインフォメーションセンター教授. 専攻は医療情報学, 糖尿病学.