

米国の医療制度改革を支えるセンサー技術

Sensor Technologies That Support US Healthcare Reform

木村康則 Yasunori KIMURA
谷岡秀昭 Hideaki TANIOKA

Matthew DEPETRO

アブストラクト 米国で医療制度改革法案が成立したことにより、医療現場の効率化や健康保険制度の改革などが進んでいる。本稿では、これらを推進するための有効な手段と考える mHealth と呼ばれる考えを紹介し、それを実現するための生体情報を取得するためのセンサ技術特に血圧と血糖値の測定手法に関して現状を紹介する。また、このアプローチが真に実現されるための課題も述べる。

キーワード 米国医療制度改革, mHealth, non-invasiveness, 血圧測定, 血糖値測定

1. はじめに

2010年3月に米国で医療制度改革法案が成立した。この動きと連動して、医療現場、健康保険制度等の改革が進んでいる。

本稿では、この動きを概観した上で、国民の健康の維持、増進をサポートするための mHealth (Mobile Health) を中心に説明する。その際、mHealthを実現するためのキー技術である生体情報を取得するためのセンサ技術の現状を中心に説明する。

2. 米国の医療制度

本章では、米国の医療制度について要点を述べ、その持つ問題点を明らかにする。また現在米国で進められている医療制度改革の方向について述べる。

2.1 制度の特徴(日本との違い)

米国では2010年3月の法律成立まで、州により多少の違いはあっても、健康保険に入るのは任意であった。一般的には、人口の約10%にあたる3,200万人が無保険の状態にあるといわれている。これら無保険者は病気になっても医者にかからず、重篤になって初めて救急病院に連れて行かれることが多いといわれている(救急病院は無保険者でも診察を拒めない)。このような重篤になった患者は、高度医療を必要とし、また治療期間の長期化を招くことが多く、結果的に医療費の

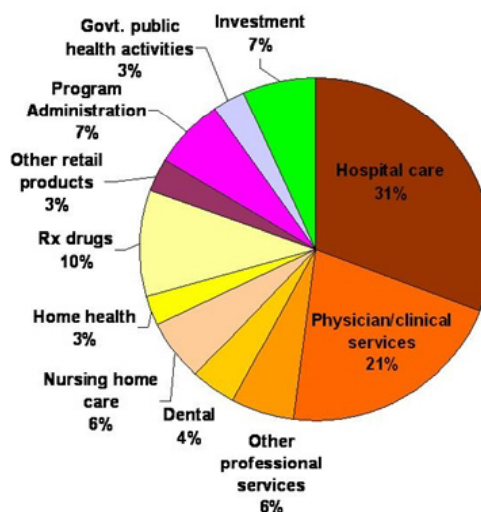


図1 米国の医療費用の内訳 病院、診療所での費用が半分超を占め、投薬費用がその次に多い⁽¹⁾。

高騰を招く一因といわれている。

次に医療費の高さが上げられる。しかも年々、大幅な費用の増加が見られることが特徴である。ある調査によれば⁽¹⁾、米国の医療にかかる費用は、2,530億ドル(1980年)、7,140億ドル(1990年)、2.3兆ドル(2008年)となっている。図1にその内訳を示す。一人の国民としては、平均で7,681ドル払っており、これは米国のGDPの16.2%に相当する(2008年)。多くの米国民は健康に暮らしていることを想定すれば、いったん病気になった場合の負担の大きさは想像を超えるものになる。

また、米国ではいわゆる、高度医療と呼ばれる最新の医療が施される傾向が強いといわれている。これが医療費の高騰を招く一因である。更に、投薬の回数、量も多いといわれ、その一方で患者は処方された薬を指示どおり飲まないともいわれている。医療費が無駄に使われている。

更に、医療制度改革法案の通過により、必要される医療従事者数が増え、加えて65歳以上の高齢者の爆発的な増加がそ

木村康則 正員 米国富士通研究所
E-mail ykimura@jp.fujitsu.com
Matthew DEPETRO 米国富士通研究所
E-mail matthew.depetro@us.fujitsu.com
谷岡秀昭 米国富士通研究所
E-mail htanioka@us.fujitsu.com
Yasunori KIMURA, Member (Fujitsu Laboratories of America, Inc., State of California, USA), Matthew DEPETRO, and Hideaki TANIOKA, Non-members (Fujitsu Laboratories of America, Inc., State of California, USA).
電子情報通信学会 基礎・境界サイエティ
Fundamentals Review Vol.4 No.4 pp.311-317 2011年4月
©電子情報通信学会 2011

れに拍車を掛けている状況にある。アメリカ医科大学協会が2010年6月に実施した最新の調査結果⁽²⁾によれば、2010年では年約1万4,000人が、2010年までに約9万2,000人以上の医療従事者が不足するとされ、人的リソースの確保を含めどうこのギャップを埋めるかが課題となっている。なお、日本でも厚生労働省の2010年度全国調査⁽³⁾によれば、2万4,000人もの医師が不足しているとの発表がされ、医療システムの崩壊が叫ばれている。

2.2 対策

この医療制度の危機に対応するためにオバマ政権が取り組んだのが、医療制度改革である⁽⁴⁾。これには大きく分けて、全米国民に健康保険に入することを要求する国民皆保険制度の導入と、医療制度の改革(効率化)がある。

国民皆保険制度は2014年までに米国民全員に何らかの健康保険制度に加入することを義務付けるものである(正当な理由なく入らない場合はペナルティが科せられる)。

ここで問題となるのは、今まで無保険だった国民にも強制的に加入させるわけであるから、制度として見た場合、費用をどのように負担するかである。

これについては、比較的病気になりにくいと予想される若年層(18歳から加入の義務がある)の加入費用や、保険会社等に拠出金を要求することにより、不足分を補おうとしているように見える。

もう一つの改革は、医療制度そのものを効率化しようとする試みである。例としてEMR(Electric Medical Record)と呼ばれる「カルテ」の電子化がある。2014年までに全ての病院、診療所はカルテを電子化し、他からアクセスできるためのインターフェースを自病院で準備しない場合、政府からの医療補助が削減される。

一方、2011年1月からは、各病院や任意の病院、薬局等でグループを組み(ACO: Accountable Care Organizationと呼ばれる)、Medicare(65歳以上の高齢者に対する連邦政府の健康保険制度)における医療費の削減を達成した場合、削減分の一部がその主体(ACO)に政府から還元されるようなシステムも稼動する⁽⁵⁾。

これらは医療システムそのものの効率化を狙ったものであるが、もう一つ米国で特徴的なのは、予防医療、在宅医療に対する投資である。米国では先に述べたように政府による皆保険制度がなかったため、企業がその従業員に対する健康保険制度を用意することが多かった。例えば、従業員5,000人以上の企業の86%が何らかの健康保険制度を従業員に対して用意し、7,500万人の企業従業員がこの種の保険でカバーされているといわれている⁽⁶⁾。したがって、企業経営者にとっては、健康保険制度にかかる費用を低減させることが企業の業績につながることであり、従業員(とその家族)の健康維持に対する強いインセンティブが働くことになる。例えば、IBM社は従業員とその家族にVirtual Fitness Center, Family Value Program等を用意することにより、2005年から2008年の4年

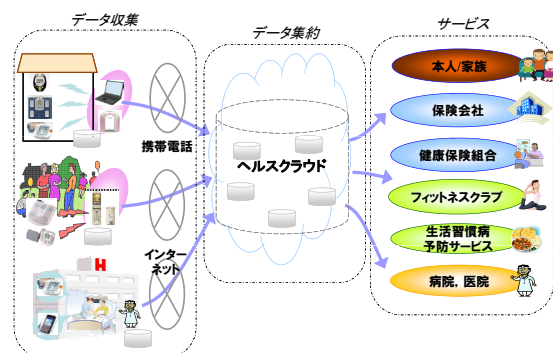


図2 mHealthの実現例 病院、家庭、戸外で人や環境のモニタリングを行い、そのデータを集約、活用することにより、医療改革、健康増進に役立てる。

間で合計1億1,200万ドルの健保費用が節約できたとしている⁽⁷⁾。

また、前述のように米国では入院費用が膨大になることが多いことから、患者は早く退院したがる傾向にある。したがって、家庭で病気の経過観測をすることに対する需要が大きい。

3. 具体的な試み

3.1 mHealth

前章で述べた予防医療、在宅医療に関する取組みの一つとして注目されているのが、mHealthである。mHealthはMobile Healthの略であり、現状で確立された定義はなく、使用者により異なっている。最大公約数的には、単語が示すとおり、モバイル機器を用いた医療(medical)、あるいは公衆衛生(public health)にかかる行為、あるいはそのシステムを意味する言葉と考えることができる⁽⁸⁾。

本稿では、mHealthの一例として、図2で示すようなシステムを考える。

すなわち、人は病気になれば病院に行くし、健康なときには、家族で公園に行ったり自宅でくつろぐ。また仕事に出かけたりもする。これらの生活の各局面で人やその周囲の環境のデータを測定し、それを何らかの手段でデータベースとして効率良く集約する。次に構築したデータベースから本人や社会全体に対して意味のある情報を取り出して医療や生活習慣病の予防、生活の質の向上に活用するというシステムである。ここで扱うデータとしては、血圧、血糖値などの医療に関わるデータから、歩数計、カロリー消費量など健康に関わるものなど多数に及ぶ。

ここで、mHealthはデータを観測、採取しデータベースへの格納までを担うことになる。以下では病院、家庭、一般的な環境の三つの場合を想定して、mHealthの役割と要求される技術について概説する。なお、データベースの活用部分以降のいわゆるサービスに関連する部分は他稿に譲る。

3.2 Hospital Monitoring

病院での入院患者に対するモニタリングを意味する。入院患者に対しては、心電図、血圧、血糖値など種々のデータが測定される。重篤な患者に対しては、24時間継続して採取される。これらは電子カルテの一部データとして管理、保存され、医療行為に活用されるが、膨大なデータを効率良く管理する技術が必要とされる。

3.3 Home Monitoring

病院から退院したが経過観測が必要な患者や生活習慣病が懸念される健常者のためのモニタリングシステムである。

米国では、入院費用が高いため（保険適用の範囲が限定されている場合が多い）、患者は一般には早く退院したが、また、医療機関としても医師の数の減少などがあり、早く患者を退院させたいという意図が働く。したがって、家庭で定期的に（あるいは常時）血圧や血糖値を測定したり、投薬の時間を知らせたりして患者の状態を監視するシステムに対する需要がある。

また、現在は特に問題はないが、将来生活習慣病に移行する恐れがある潜在患者の観測を行うツールとして使われることも意図している。

図3はその一例を示したものである⁽⁹⁾。患者は置き時計のようなデータ収集装置を使う。この装置には体重計、血圧計、SpO₂（血中飽和酸素濃度）などの測定装置がケーブルにより接続されている。患者はあらかじめ設定された時間に、この装置からのアラームに誘導されて必要とされる測定を行う。また投薬の時間もアラームにより知らせてくれるようになっており、実際に薬を摂取した時間を入力することができる。これらの測定されたデータは電話回線あるいはインターネットを経由して病院等のデータベースに格納される。医師、看護師、患者自身がWebサイトや携帯電話から閲覧できるようになっており、医師の立場で問題があれば、患者に対してアドバイスをしたり来院を促すことができるようになっていく。

技術的には、家庭というある限定された空間内でのモニタリングシステムということができる。現状では測定装置がデータ収集装置からケーブルで接続されているので、患者の「移動の自由度」の観点からは制約が大きい。また、測定装置

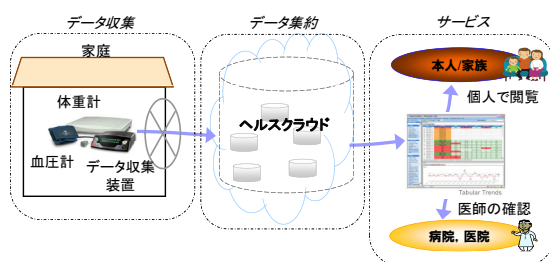


図3 Home Monitoringの例 家庭に滞在する患者は必要な測定を規則的に行い、その結果をWebsiteや携帯から参照できる。

等も現在市販されているものを使っている。これは、医療機器という観点から承認を得る必要があるため、また安全性を考慮して「枯れた」技術を使っているものと考えられる。

3.4 Ubiquitous Monitoring

戸外や職場では、自由に動き回る人間のモニタリングが必要となる。Home Monitoringでは測定装置は備付け型であった。しかしこれでは、家庭の外に出て活動したい場合には、障害が大きい。広範囲にわたるデータ収集手段と人間にとって不快にならないデータ取得端末が必要となる。

これを克服するためには、測定装置等がその人にとって気にならない程度に小さく、かつ電源的にも十分な長さで使えることが重要である。また、移動の自由度を考えると、採取したデータは物理的なケーブル等で転送するのではなく、ワイヤレスで効率良く転送できることが必須となる。

以上、多くの解決すべき課題があるが、本稿では、生体情報を取得するためのセンサ技術に焦点を当てて述べる。

4. 個別の技術：キーになる技術

既に述べたように、リモートセンシングが、Home MonitoringからUbiquitous Monitoringまで進歩するためには、センサ自身が装着する人間にとって気にならない存在である必要がある。これをnon-invasiveあるいはhassle-freeなどと表現する。本章では、高齢化や生活習慣病対策で最も重要でかつ効果が大きいと思われる血圧測定と血糖値測定における現状技術と今後の動向について説明する。

4.1 血圧測定

測定の際、カフ（血圧測定時に腕に巻く装置）を用いると戸外での測定や、連続した測定において大きな障害となる。したがってカフを用いない血圧測定手法の研究開発が種々の研究機関、個別企業で進められている。カフを用いない血圧測定としては、

- ①脈波伝搬速度を用いる方法
- ②連続ウェーブレット変換(CWT: Continuous Wavelet Transform)を用いる方法^{(10)~(12)}
- ③光電脈波信号(PPG: Photoplethysmograph)と静水圧(末しょう毛細血管を流れるときの血圧)を用いる方法^{(13)~(16)}

の三つの異なるアプローチがあるとされる⁽¹⁷⁾。以下では紙面の都合上、①、③についてその概要を説明する。

(ア) 脈波伝搬速度を用いた血圧測定

脈波伝搬速度(PWV: Pulse Wave Velocity)とは、図4のように距離をあらかじめ特定した二つの計測点<A,B>の脈波(心臓の拍動に伴う末梢血管系内の血圧・容積変化)を計測し、

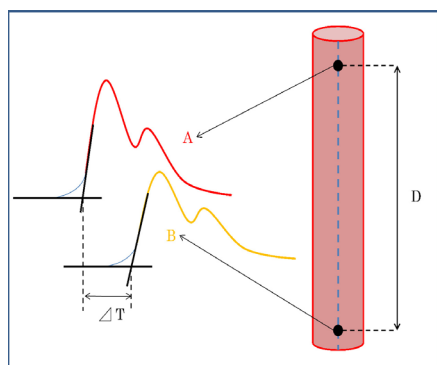


図4 カフを使わない血圧測定の原理 脈波伝搬速度より推定する。文献(17)を参考にして作成。

脈波の立ち上がり点の時間差(ΔT)と二点間の距離(D)から次の公式 $PWV = \text{距離}(D) / \text{時間差}(\Delta T)$ から導き出す医学的指標の一つとされる。

元々PWVは、動脈硬化を測定する指標として人間ドックで普及が進み、高血圧性臓器障害の進展を予測するための指標として注目され、また、血管年齢の測定にも用いられている。その後、血圧など心臓の収縮によって生じた脈波が特定の部位に伝わる脈波伝搬速度(PWV)と血圧の変化量が強い相関関係があるとされ、脈波伝搬速度を知ることによって血圧を測定することが可能となった。

本方式では、従来のように測定のためにカフによる加圧の必要がなく、患者への負担が軽減され、かつ、機器の小形化が可能になり携帯性が向上するメリットがある。一方で、推定計算により血圧を求めるため、誤差が含まれ、血圧以外の要因にも関連するため、それらの要因を無視して単に脈波伝搬時間を用いて、血圧を推定するのは信頼性が低いという指摘もある⁽¹⁸⁾。

(イ) 光電脈波信号と静水圧を用いる方式

血中ヘモグロ빈は、特定の波長帯の光に対して強い吸収スペクトルを持つ特徴があり、この波長帯の光を照射した際、指先／耳たぶなど身体の一部を透過する光は、血管の容量変動に伴い変化するヘモグロ빈量に応じて変化する。その透過光の強度を電気信号に変えて脈波を検出する^{(19), (20)}。これを光電脈波信号と呼ぶ。

ここでは、マサチューセッツ工科大学(MIT)で研究・開発が進められているウェアラブル血圧計の例を用いて説明する^{(21), (22)}。

光電脈波センサを内蔵した機器を図5にあるように手首と

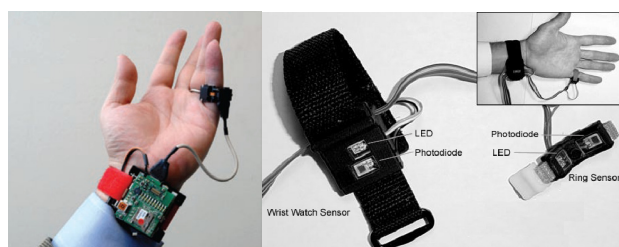


図5 MITの方式による血圧測定 指と手首における脈波伝達時間を基にPWVを計算。

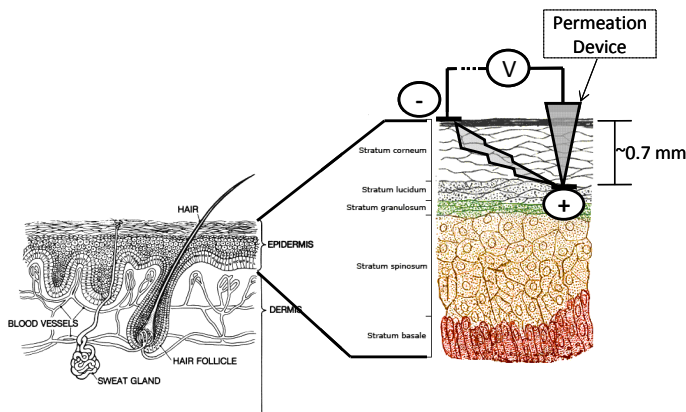


図6 検体採取位置を決定する方式の原理図 皮膚の角質層の下まで測定用の装置を挿入し、検体採取位置を決定する。

小指の付け根に取付け、取付け地点距離(Δx)とそれぞれの取付け地点で読み取った脈波から算出される脈波伝達時間(PTT:Pulse Transit Time)を基にPWVを計測する。ここで、手に機器を取り付けて計測する本方式の場合、測定部位と心臓の位置関係により得られる血圧値が変化する。すなわち、腕が心臓の位置より高い場合、腕が心臓の位置より低い場合に比べ、測定される血圧値は高くなる。この位置の高低差による誤差を解消するため、加速度センサを用いて心臓に対する手の位置を算出し、静水圧を校正することで、精度の高い血圧値を導き出す。

本方式に基づいた血圧計は、企業との共同で進められており、5年以内(2009年4月時点)の実用を目指している。

4.2 血糖値の測定

血圧測定と並んで重要な測定項目が血糖値である。

家庭で血糖値を測定することは米国では既に一般的になっている。特に糖尿病患者は1日に1回は測定することが一般的である。理想的には1日に数回、あるいは日を通して連続的に測定できることが望ましい。しかし従来方式での測定の場合、指や足に針を刺して検体(血液)を採取する必要がある。これは患者にとって負担が大きい。更に検査ごとに新たなテスト片が必要になりコストも増大する。このような状況に堪え、多くの企業が家庭などで安価で連続的に測定できる血糖値測定手法の開発を進めている。

現状の研究開発では、“less invasive”な血糖値測定手法の開発に力が注がれており、幾つかの方式が提案されている。現在の針を使ったものよりも苦痛が少ないもの、生体埋込形で連続測定が可能な血糖値センサなどである。更に、息や目、耳から血糖値を測定しようとするものもある。

(ア) 血液等を針を使って直接採取する方法よりも苦痛が少ない方式

血糖値を測定するためには、検体(血液)が必要である。ここでは、皮膚の角質層(stratum corneum)の直下まで皮膚を“こすって”(英語では、permeateという単語を使っている)皮膚



図7 Less-invasiveな血糖値センサの例 左側の装置を使って検体(血液)を採取する箇所を決定する。右側は実際に人体に装着されるセンサ。

の硬い箇所を取り、そこににじみ出てきた血液を計測することにより、血糖値を測定する。ここで皮膚最上部の角質層の幅は個人差もあるが1mm以下であり、この処置による痛み等はほとんど感じない。具体的には、図6に示すように、二つ電極を用意し、その間に一定の電圧をかける。一方の電極は皮膚表面に置き、もう一方を角質層の中に入れていく。このとき、この回路を流れる電流量は増えていく。最大になったとき、角質層を抜け、その下の層に到達したとみなされる。この箇所には更に下の層から血液がにじみ出てくるので、その血液を取り、血糖値を測定(推定)する。詳細な技術は、各社の知的財産として扱われ、詳細は公表されていない。ここでは、特許⁽²³⁾によった。

次に、測定位置が決定すると、その上に測定用の小さな装置を装着する。その例として米国の会社で開発されたものを図7に示す⁽²⁴⁾。図7の左は測定用位置を決めるために皮膚を“こする”ために使われる。右は測定位置上の皮膚に装着される装置である。この装置は、血糖値を連続して測定する機能を持ち、結果をワイヤレスで近傍のデータ収集装置に送る機能を持っている。また、患者の血糖値がある範囲を越えた場合にはアラームをあげるようになっている。図8にこのセンサで測定した血糖値と通常の指先などから採取して測定した血糖値の履歴を示す。横軸が時間、縦軸が血糖値である。実線で示したものが本方式による測定値、点で示したものが通常の方式による測定値である。2箇所両者間の補正を行っている。

(イ) 生体埋込形で連続測定が可能なセンサ

次に人間の体の中に埋め込む形のセンサ例を説明する⁽²⁵⁾。この方式では図9に示すような指先大のセンサを体に埋め込

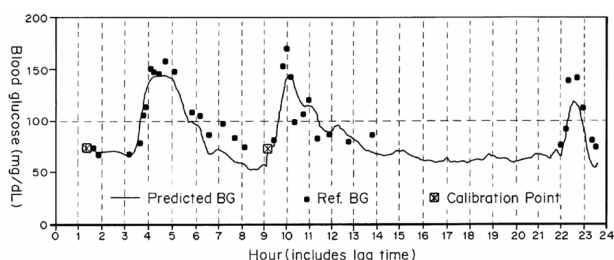


図8 血糖値測定の例 実線が本方式、点が通常の方法による測定値。



図9 埋込形のセンサの例 左の指先大の装置が埋め込まれる。右の装置はデータを収集するためのデバイス。

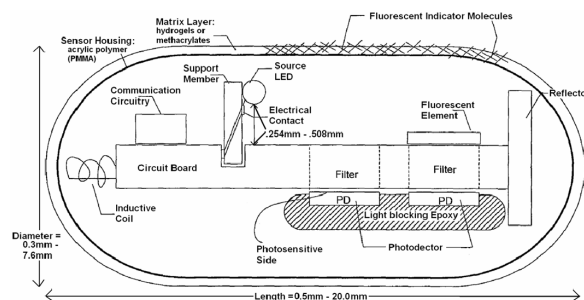


図10 埋込形センサ(図9の左側の装置)の内部構成⁽²⁶⁾

む(図10にその内部構成を示す⁽²⁶⁾)。このセンサは、LEDと受光素子から構成されており、グルコースの存在により蛍光を発する物質を使って、その蛍光量により血糖値のレベルを測定するものである。

この方式では、患者の直接の介入なく、連続的に血糖値が測定でき、前記の方式と同様に測定値が一定の範囲を越えた場合にはアラームにより知らせるようになっている。

4.3 測定されたデータに関するコメント

本章で解説した方法で測定されたデータは、測定方法や誤差のレベルから、医療現場での定義での血圧や血糖値とは厳密な意味では異なるものとみなされる。一方で、予防医療の観点から見れば、測定されたデータがある一定の許容される誤差範囲に収まることが保証されれば、意味のあるデータとして扱えると考える。すなわち、大きな変化がなければ症状は安定しており、急いで医師の診断を受ける必要はない。急激な変化が生じた場合にのみ、病院や診療所で医師の診断を受けるという体制ができれば、医療費の低減に寄与するし、患者の通院等の負担の軽減にもつながると考える。

5. 展望と課題

mHealth技術が実現されれば、医療の立場からは、多忙で十分な時間を診療に当てることが困難な医療提供側と医療行為を受けるまで待つゆとりがなくケアが遅れがちな患者とのギャップを埋めることができる。

遠隔モニタリングを含めmHealth技術に患者に適用することで、受診に訪れる患者数を11から30%軽減できるとの見方もある⁽²⁷⁾。結果的に医療費の低減に貢献すると期待される。

また、企業がこのようなシステムを社内に展開した場合には、従業員の生活習慣病の予防をはじめとする健康管理/増

進に有効であると期待できる。

一方で、mHealthの現在の状況は、ガートナーなど調査会社の分類でいえば、いわゆる「ハイプ (Hype)」の状態である。皆が興味を持ち、何らかの成果を出したいと思っているが、もくろみどおり行かず、懐疑的な意見が出始める直前という意味である。

今後、mHealthが成功するために検討が必要な項目として、ビジネスモデルの確立、法制度の整備、セキュリティ／安全性の確立がある。

(1) ビジネスモデルの確立

mHealthでは、利用者は何らかの装置を体に装着する必要がある。これは厄介なことであり、本当に必要でない限り長続きしないことが多い。例えば、治療を必要とする病気であれば我慢できても、単に健康の維持／増進のためだけに毎日何らかの測定をするのは苦痛である。最初は興味半分で参加してみたものの、途中でやめてしまったということになりがちである。

このためには、mHealthを使った健康ビジネスの提案者やその利用者に対して何らかのインセンティブを与えることが必要になる。例えば、先のIBMの例では、目標達成者に対しては現金を与えるなどの仕組みを設けて参加を促し、また企業体としては健保費用の削減という明確な目標があった。

(2) 法制度の整備

予防医療といっても、医師の行う医療行為から、歩数計のような健康増進まで種々のアプローチがある。現在の課題はその垣根が明確でないことである。医療行為となれば、医師あるいは医師の監督の下での行為でなければ違法行為となりかねない。しかし、本稿で述べたような血圧測定や血糖値測定を医療行為とみなせば、このようなアプローチは許容されないことになる。今後は、安全性を確保した上で何らかの承認、制約のもとで、本稿で解説したような行為が一般の利用者にも行えるような法の整備が必要になる。

(3) セキュリティ／安全性の確保

本稿で話題にした装置では、血圧や血糖値を測定する。これは見方によれば究極の個人情報である。測定したデータを転送するとき、データとして格納、保存する際には、セキュリティやプライバシーの面で最大限の保障が必要になる。そうでなければ、利用者はデータ提供に消極的になり、結果としてこのようなアプローチは頓挫する可能性が大となる。本稿では、この観点における技術的な議論は割愛したが、今後早急にきちんと議論されることが必須である。

6. まとめ

本稿では、米国の医療制度改革の現状について、特にmHealthの状況とそれを支える生体センサ技術について解説した。

日本への適用を考えた場合、医療制度そのものや医療現場、国民性等の違いがあり、そのままでは適用できない。しかし我が国でも高齢化が急速に進み、医療費の高騰が問題となっている。米国でのこのような改革の試みは参考になる面も多いと考える。

米国に住んでいて感じるのは、米国という国はその成り立ちからも分かるように、何事にも理想主義的に取り組むことである。往々にしてそれが新たな問題を提起し、当初のもくろみどおりには進まないことも多い。しかし、米国の強みは、その「大胆さ」と「柔軟さ」にあるように思う。医療制度改革はまさに大胆に変革を起こしている最中である。政治の不安定さも加えて、これがそのまま進むとは思えない。しかし、問題が起きれば更に大胆に変更を加えて何とか成し遂げてしまいうに違いない。何事にも慎重な我々も学ぶべきところは謙虚に学びたいと思う。

文 献

- (1) http://www.cms.gov/NationalHealthExpendData/25_NHE_Fact_Sheet.asp#TopOfPage
- (2) Recent Studies and Reports on Physician Shortages in the U.S., <https://www.aamc.org/download/100598/data/recentworkforcestudiesnov09.pdf>
- (3) 病院等における必要医師数実態調査の概況, <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000000ssez.html>
- (4) http://en.wikipedia.org/wiki/Health_care_reform_in_the_United_States
- (5) http://en.wikipedia.org/wiki/Accountable_cre_organization
- (6) <http://pwc.com/us/hr-management/assets/health-wellness-touchstone-survey.pdf>
- (7) <http://www.almaden.ibm.com/institute/>
- (8) mHealth in Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/MHealth>
- (9) <http://www.hommed.com/>
- (10) A. Stefanovska, M. Bračič, and H. D. Kvernmo, "Wavelet analysis of oscillations in the peripheral blood circulation measured by laser doppler technique," IEEE Transac. Biomed. Eng., vol.46, no.10, pp.1230-1239, Oct. 1999.
- (11) K. Keissar, L. R. Davrath, and S. Akselrod, "Coherence analysis between respiration and heart rate variability using continuous wavelet transform," Philos. Transac. R. Society A 367, pp.1393-1406, Oct. 1999.
- (12) V. Ashok, A. N. Kumar, S. T. S. Kumar, and N. Kasthuri, "Continuous wavelet transform analysis of blood flow for the determination of hyper and hypo glycemic conditions," Procedia Computer Science 2, pp.291-297, 2010.
- (13) P. Shaltis, A. Reisner, and H. Asada, "A hydrostatic pressure approach to cuffless blood pressure monitoring," Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp. 2173-2176, San Francisco, CA, USA, Sept. 2004.
- (14) P. A. Shaltis, A. Reisner, and H. H. Asada, "Wearable, cuff-less PPG-based blood pressure monitor with novel height sensor," Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference New York City, USA, Aug. 30/Sept. 2006.
- (15) S. Suzuki and K. Oguri, "Cuffless blood pressure estimation by error-correcting output coding method based on an aggregation of adaboost with a photoplethysmograph sensor," 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp.6765-6768, Minneapolis, Minnesota, USA, Sept. 2009.
- (16) X. F. Teng and Y. T. Zhang, "Continuous and noninvasive estimation of arterial blood pressure using a photoplethysmographic approach," proceedings of the 25 Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp.3153-3156, Cancun, Mexico Sept. 2003.
- (17) C. K. Wei, "Photoplethysmography blood pressure measurement," AY 04/05 Project Reports,

<http://memslab.nus.edu.sg/me4284/AY%200405%20Report/Photoplethysmography%20Blood%20Pressure%20Measurement.pdf>

- (18) 陳 文西, “脈波伝播時間及び間欠校正による収縮期血圧の連続且つ高精度推定,” 独立行政法人科学技術振興機構平成17年度技術説明会, <http://jstshingi.jp/2005/1124.html>
- (19) <http://www.si.t.u-tokyo.ac.jp/pim/project/33higurashi.html>
- (20) <http://www.jpo.go.jp/shiryousonota/map/ippan04/4/4-2.htm>
- (21) <http://web.mit.edu/newsoffice/2009/blood-pressure-tt0408.html>
- (22) <http://darbelofflab.mit.edu/node/28>
- (23) H. Chuang, J. Eslava, J. Hurley, D. Ghosh, K. Krystyniak, S. Kellogg, U.S. Patent Application No.2008/0275468, “Skin permeation device for analyte sensing or transdermal drug delivery” Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- (24) <http://www.echotx.com/>
- (25) A. Colvin Jr., C. O’ Connor, and A. DeHennis, U.S. Patent no.7, 822, 450, “Optical-based sensing devices” Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 2010.
- (26) <http://www.s4ms.com/>
- (27) <http://mobihealthnews.com/8807/survey-monthly-mhealth-fees-must-be-5-or-less/>

(R研究会提案, 平成23年1月17日受付
平成23年2月24日最終受付)



木村 康則 (正員)

1981 東工大大学院・総合理工学研究科・修士課程了。同年(株)富士通研究所入社。第五世代コンピュータ, 並列化コンパイラ, システム性能評価, スーパーコンピュータ等の研究開発に従事。2009から米国富士通研究所。元本学会コンピュータシステム研究専門委員会委員長。元東大, 九大客員教授。オーム技術賞, 情報処理学会業績賞各受賞。情報処理学会, IEEE-CS各会員, 博士(工学)。



Matthew DEPETRO

Matthew DePetro is a researcher in the Marketing and Business Innovation Group at Fujitsu Laboratories America. He joined Fujitsu in 2005 and spent several years developing supercomputer CPUs. Recently, he has been focusing on commercializing laboratory technologies in the health care domain. Matt received a BSc in electrical engineering and computer science from Harvard University in 2005.



谷岡 秀昭

1999 大阪大・工・情報システム卒。2001 同大学院工学研究科情報システム工学専攻修士課程了。2004 同博士課程了。同年 富士通株式会社入社, モバイルフォン事業本部にてソフトウェア開発に従事。現在, 同社米国研究所にて携帯電話に関するマーケットリサーチに従事。博士(工学)。