

# 健康生活を支える IT 技術の動向



(株) 東芝 研究開発センター

亀山 研一 kenichi.kameyama@toshiba.co.jp  
土井 美和子 miwako.doi@toshiba.co.jp

## 健康と IT 技術の関連

健康と IT 技術に何の関係があるのかと不思議に思っておられる読者も多いと思う。実はこの関係は法律と、研究開発と、注目商品の 3 つの分野で明記されているものがあるので、まず、冒頭でご紹介しておきたい。

まず最初に、健康と IT 技術との関係を明記している法律とは「健康増進法」<sup>☆1</sup> のことである。「健康増進法」の第三条に

「(国及び地方公共団体の責務)

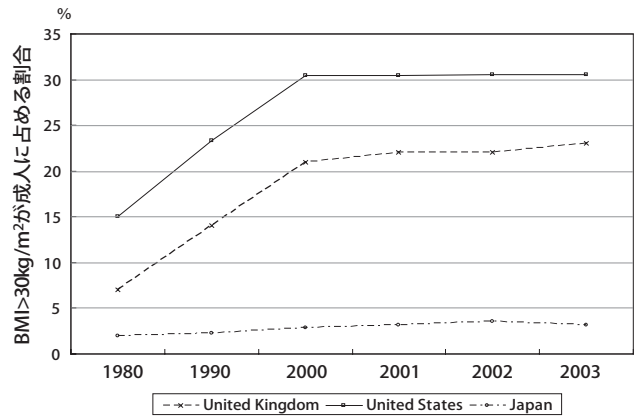
第三条 国及び地方公共団体は、教育活動及び広報活動を通じた健康の増進に関する正しい知識の普及、健康の増進に関する情報の収集、整理、分析及び提供並びに研究の推進並びに健康の増進に係る人材の養成及び資質の向上を図るとともに、健康増進事業実施者その他の関係者に対し、必要な技術的援助を与えることに努めなければならない。」

と、健康増進の情報収集、整理、分析、提供、研究推進が国や地方公共団体の責務と明記されている。これぞ、法律で健康と IT 技術との関連が明確に定義されている例である。

この健康増進法にそって、21 世紀における国民健康づくり運動「健康日本 21」<sup>☆2</sup> というのがある。これは、アメリカの HealthyPeople2000 (現在は HealthyPeople2010) という運動にならって始まったものである。

<sup>☆1</sup> 健康増進法：  
[http://www.kenkounippon21.gr.jp/kenkounippon21/law/index\\_1.html](http://www.kenkounippon21.gr.jp/kenkounippon21/law/index_1.html)

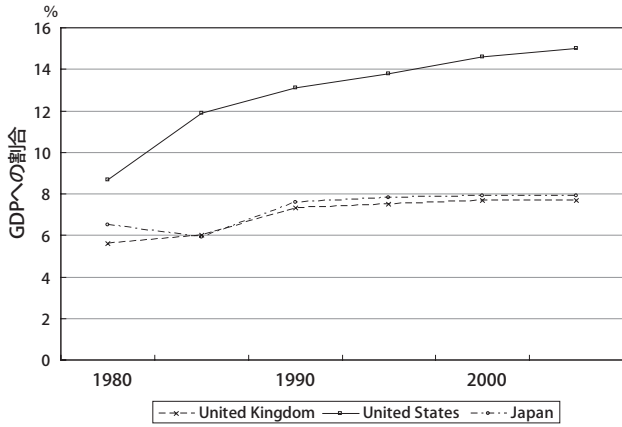
<sup>☆2</sup> <http://www.kenkounippon21.gr.jp/>  
<http://www.cdc.gov/nchs/about/otheract/hpdata2010/about.htm>



(C) OECD HEALTH DATA 2005 (June 2005)

図 -1 肥満割合の変化

そもそもアメリカでこのような政策設定された要因の 1 つが図 -1 に示す肥満である。図 -1 は経済協力開発機構 OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) による統計データからアメリカとイギリス、日本を抽出して示したものである。ここでは肥満は BMI (Body Mass Index) という体重を身長<sup>2</sup>で割ったものが 30kg/m<sup>2</sup> 以上の人を肥満としている。その肥満人口が成人に占める割合が、アメリカでは、1980 年からの 20 年間で 15% から 31% と倍増したわけである。イギリスも同様に 7% が 21% と 3 倍になっている。これを受け、国内総生産 GDP (Gross Domestic Product) に占める健康関連の支出は、図 -2 に示すように、アメリカでは、9% から 15% となっている。世界保健機関 WHO (World Health Organization) でも世界人口 60 億人のうち太り気味まで含めると 10 億人が該当し、「肥満は人類の疫病」と定義づけ、警告を発している。



(C) OECD HEALTH DATA 2005 (June 2005)

図-2 健康関連への支出

日本では肥満の割合は増えたとはいえ4%程度なので、アメリカに比べるとたいしたことはないが、支出は8%であり、決しておろそかにできない額となっている。

2番目の研究分野での健康とIT技術の関連については、この肥満問題を抱えているアメリカの研究開発戦略において明記されている。アメリカでは、毎年肥満が関連する疾患の治療に450億ドルが費やされ、その

ために生産量の低下は230億ドル、体重減少のための製品とサービスには330億ドルが費やされ、毎年30万人のアメリカ国民が過食による病気（たとえば、生活習慣病や高血圧、心血管疾患など）で死亡しているといわれている。このアメリカの国家科学技術会議NSTC (National Science and Technology Council) で作成しているICT (Information and Communication Technology) 戦略「NITRD (Networking and Information Technology Research and Development: ネットワーキングおよび情報技術の研究開発) 計画」では、図-3に示すように、16のグランドチャレンジを設定し、それと解決すべき14の技術的ハードルを掲げている。この16のグランドチャレンジの4番目に「患者の安全と健康の質の改善」があがっている。このグランドチャレンジの達成には、「アルゴリズムとアプリケーション」「高信頼IT」「人間力増加IT」「情報管理」「知能システム」「ITシステムデザイン」「ITの使いやすさ」「ITの管理」「ネットワーク」「ソフトウェア技術」と14の技術的ハードルのうち10の技術的ハードルの解決を必要としていることが図-3に明記されている。アメリカでは、この関連表に沿って、予算投入が行われている。

ILLUSTRATIVE GRAND CHALLENGES	IT HARD PROBLEM AREAS													
	ALGORITHMS AND APPLICATIONS	COMPLEX HETEROGENEOUS SYSTEMS	HARDWARE TECHNOLOGIES	HIGH CONFIDENCE IT	HIGH-END COMPUTING SYSTEMS	HUMAN AUGMENTATION	INFORMATION MANAGEMENT	INTELLIGENT SYSTEMS	IT SYSTEM DESIGN	IT USABILITY	IT WORKFORCE	MANAGEMENT OF IT	NETWORKS	SOFTWARE TECHNOLOGIES
Knowledge Environments for Science and Engineering														
Clean Energy Production Through Improved Combustion														
High Confidence Infrastructure Control Systems														
Improved Patient Safety and Health Quality														
Informed Strategic Planning for Long-Term Regional Climate Change														
Nanoscale Science and Technology: Explore and Exploit the Behavior of Ensembles of Atoms and Molecules														
Predicting Pathways and Health Effects of Pollutants														
Real-Time Detection, Assessment, and Response to Natural or Man-Made Threats														
Safer, More Secure, More Efficient, Higher-Capacity Multi-Modal Transportation System														
Anticipate Consequences of Universal Participation in a Digital Society														
Collaborative Intelligence: Integrating Humans with Intelligent Technologies														
Generating Insights From Information at Your Fingertips														
Managing Knowledge-Intensive Organizations in Dynamic Environments														
Rapidly Acquiring Proficiency in Natural Languages														
SimUniverse: Learning by Exploring														
Virtual Lifetime Tutor for All														

出典) Grand Challenges (NCO/ITR&D, Second Printing (Mar. 2004))

図-3 アメリカの16のグランドチャレンジと14のICT課題

項目				
医療の日常化に資する健康状態簡易計測、健康増進機器技術の開発	在宅での健康管理に資する機器	各種検診の日常化に資する機器		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>血液状態(血糖値等)の簡易計測技術</li> <li>心身機能の時系列簡易計測・評価技術</li> <li>経皮的生体情報測定技術</li> <li>IT等を活用した高齢者の生活・健康状態評価支援技術等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>血管・血液状態の簡易計測技術</li> <li>各種がん早期発見のための簡易検診技術</li> <li>骨密度簡易計測技術 等</li> </ul>		
患者の負担を低減し質の高い医療サービスを実現する医療機器の開発	循環器疾患低侵襲診断治療機器	がんの低侵襲診断治療機器	骨の疾病・損傷に対する低侵襲診断治療機器	診療プロセスおよび医療システムにおける安全確保に資する機器
	<ul style="list-style-type: none"> <li>血液状態の高精度計測技術</li> <li>血管状態(弾力特性等)高精度検査技術</li> <li>付着・浮遊血栓等の除去技術</li> <li>動脈瘤治療技術</li> <li>超微細処置・治療技術等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>局所的治療技術</li> <li>細胞レベル特性(形態・機能)把握技術</li> <li>細胞レベルでの処置・治療技術</li> <li>遺伝子情報に基づく性状診断技術 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生体適合性材料技術・評価技術</li> <li>人工骨置換最適化支援技術</li> <li>骨粗鬆症治療技術 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>治療シミュレーション技術</li> <li>イベントレコーディング技術</li> <li>診療行為評価技術</li> </ul>
医療の高度化・高品質化を実現する先進医療機器技術の開発	個人の特性・各種疾病の状態に基づく高精度診断に資する機器	身体機能代替・回復に資する機器	循環器疾患低侵襲診断治療機器	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>遺伝子、タンパク質等の情報に基づく検査診断技術 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>視覚機能代替技術</li> <li>腎機能代替技術</li> <li>神経機能代替技術 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>細胞分離・培養技術</li> <li>細胞形態・機能評価技術</li> <li>細胞組織保存・輸送技術</li> <li>遺伝子局所導入技術</li> <li>形質発現評価技術 等</li> </ul>	
高齢者等社会参加支援システム・機器の開発	高齢者等の就労作業を支援する機器・システム	高齢者等の日常生活を支援する機器・システム	高齢者等の移動を支援するナビゲーションシステム	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場作業支援システム</li> <li>事務所就労支援システム 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家事支援ロボット</li> <li>情報家電ネットワークシステム 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>歩行者ナビゲーションシステム情報端末 等</li> </ul>	

http://www.the-convention.co.jp/netforum/outline/3-1.doc を編集

表-1 健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラム

また、これにならって、経済産業省でも健康維持・増進のためのバイオテクノロジー基盤技術プロジェクトや健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラムなどの開発プロジェクトを行っている。後者の健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラムでは表-1に示した技術が対象となっている。このうちIT技術と関係があるものを赤字で表示している。

法律や研究開発と並んで、健康とIT技術の関係を明確に示した3番目のものが、電通により発表された2005年上半期の注目商品に関するネット調査<sup>※3</sup>である。消費トレンドとして「加速する“1人内二極化”」「eテクノロジー」「ともだち同心円」「ユビキタロハス」「ご当地創発」「備えあれば、うれしいな」の6つをあげている。「ユビキタロハス」とは、「ユビキタス」と「ロハス」を組み合わせた造語である。「ユビキタス」とは ubiquitous であり、「ロハス」とは LOHAS (Lifestyles Of Health And Sustainability) である。LOHASは健康と環境を志向する新しい生活スタイルであり、バブル経済崩壊以降、従来

の食事のスタイルを見直すスローライフなどもこの一環と見なせる。「ユビキタロハス」とは、あっちにもこっちにも、健康と環境を志向するものがころがっていることを象徴している。具体的な商品としては、進化型体組成計、オール電化住宅、進化型オープンレンジなど、まさにユビキタスコンピュータ (ubiquitous computing) 関連製品が健康食品と一緒に並んでいる。

このような背景のもと、日常生活における健康管理などをユーザに負担なくできるようにするための情報技術の研究が始まっている。本稿では、このような、より健康で健全な生活スタイルを支える情報技術の研究動向を紹介する。

関連する技術分野としては、ウェアラブルコンピュータ、VR (Virtual Reality) 技術、センシング技術、ICタグ技術、データマイニング技術などがある。これらはそれぞれ独自に研究されてきたが、第2次科学技術基本計画で安全・安心が謳われたり、上述のような健康意識の高まりを受け、多くの研究者が、健康管理への応用を目指し始めている。それらのシーズ側の技術動向について、次章で紹介する。

<sup>※3</sup> http://www.dentsu.co.jp/marketing/report/hit/pdf/CS\_0805.pdf

また、健康増進法を受け自治体などの行政でもインターネットなどの IT 活用による健康情報提供が開始されている。従来は病気を発症した患者を対象としていた医療機関でも、発症前に病気を予防する予防医学も開始されている。また、健康保険料の圧縮をはかるため、健康保険組合なども IT 活用による健康管理を開始している。このようなニーズ側の IT 活用状況について、「ニーズ側からの IT 活用」で紹介をする。

さらに健康生活への IT 活用の具体的な事例として、生活習慣病予備軍だけで国内に 1,500 万人が存在するといわれる生活習慣病への応用について「生活習慣病への応用」で、また、健常者の 2 割が不満を持っているという睡眠への応用について「睡眠計測への応用」で、それぞれ紹介をする。

## 健康計測に使用されるデバイスやデータ解析技術

前述のように、健康を維持するために、ユーザが負担なく自分の生体状況を継続的に計測、管理するとともに、良い生活習慣を飽きずに続けられるような技術が開発されている。ここでは、前者を「楽しく健康」、後者を「楽しく健康」と題してそれぞれに利用される技術の動向について述べる。

### ■「楽しく健康」を実現する技術

健康計測・解析技術を階層的に大別すると、体温や血圧など生理指標を計測する技術、食事・運動などの生活状況あるいはユーザコンテキストを認識・把握する技術、および計測したデータの解析およびモデル化技術となる。

#### 1) 生理指標の計測

生理指標の計測技術では、ユーザを傷つけない非侵襲、さらにはユーザの行動を妨げない無拘束がトレンドとなっている。そのために生活環境にセンサを仕込み、日常生活で必ず繰り返される活動中に生体情報を計測する技術が開発されている。たとえば、山越ら<sup>☆4</sup>は、浴槽での心電図計測、トイレでの体重、排尿速度計測、ベッドでの呼吸・体温・心電図モニタリングシステムを試作している。

また、心電（脈拍）や血圧など随時変動する指標の場合、機器をウェアラブルにして継続的に計測する技術が重要である。たとえば、心電の連続計測は、従来よりホルタ型心電計と呼ばれる機器が開発されているが、近年は特に小型化が進んでいる（図-4）<sup>☆5</sup>。



図-4 小型ホルタ心電計（写真は日本光電工業（株）提供）

なお、スポーツ目的の脈波計測では、動脈血の変動を光吸収または反射を LED とフォトトランジスタで計測する光電脈波センサがよく使われ、ランナー用に開発された腕時計タイプのものもある。

一方、血圧は、現在、カフと呼ばれる腕帯により腕または手首を圧迫することで計測するが、拘束感が強いいため、特に夜間の計測が難しい。そこで、より拘束感が少ない連続血圧計測技術の開発が進んでいる。たとえば、脈波の伝播時間の変化が収縮期血圧の変化を反映することから、相対的な血圧変動を計測する試みがある<sup>☆6</sup>。また、山越らはカフによる圧迫圧力をサーボ制御することにより連続血圧値と波形を求める容積補償法を提案している<sup>1)</sup>。

ウェアラブルなシステムは、いわゆる「ながら」でさまざまな生体情報を収集するのに有望だが、今後、以下のような技術的課題がある。

#### ① 装着感の改善

装着感の点では、ウェアラブルモジュールはできるだけ小さく、軽いことが望ましい。特に服のような「着られるもの」が究極と考えられている。たとえば、MIT (Massachusetts Institute of Technology) のメディアアラボでは導電性の糸を利用し、コンピュータチップを埋め込んだ「服」を開発している<sup>2)</sup>。その一方、服であれば「洗濯可能 (Washable)」であることも求められる。たとえば、電子部品をスナップで取り外し可能にするアイデア等が提案されている。

#### ② 電源

継続的にデータを収集する場合、少なくとも 1 週間は小型の電源で長持ちさせる工夫が必要である。低消費電力の部品を利用するとしても、負荷のかかる計算はデータを無線伝送し、外部の計算機で行うなど、アプリケーションに応じた負荷分散が必要である。

<sup>☆4</sup> <http://www.isico.or.jp/cluster/yamakoshig.htm>

<sup>☆5</sup> [http://www.nihonkohden.co.jp/iryo/products/physio/01\\_ecg/rac3103.html](http://www.nihonkohden.co.jp/iryo/products/physio/01_ecg/rac3103.html)

<sup>☆6</sup> 特開 2001-095766。



図-5 ジョーバ® (写真は松下電器産業(株)提供)

### ③ ノイズ除去

日常環境で利用する場合、そのままではセンサに多くのノイズが混入する。たとえば、脈波は体動に影響を受けるため、手を動かしている間は正確なデータをとるのが難しい。装着方法やセンサ位置は、S/N比(Signal noise ratio)のよい場所を選ぶ必要がある。また、信号処理上の工夫も必要となる。

### 2) ユーザコンテキストの認識・把握

一方、生活習慣病の急増に伴い、生理指標以外に「生活習慣をいかに管理するのか」が注目されており、食事や運動、睡眠等の生活状況を自動的に把握する技術が注目されつつある。その理由は、日常の生活状況と生理指標を同時に計測することにより、早期に異常を発見したり、悪い生活習慣を早期に発見して断ち切ることが可能となるためである。従来、このような生活習慣の把握は歩数計による運動を除けば、ユーザが意識して記録するしか方法がなく面倒であった。また、歩数計も単独で持ち歩くより、携帯機器に付属しているのが望ましい。その観点から近年、携帯電話の一機能として歩数計搭載のものが開発されている<sup>☆7</sup>。2軸加速度センサを用いて、携帯電話の向きにかかわらず歩数を計測し、走行距離やカロリーの計算機能も備える(図-4)。

また、食事管理に関しては、施設や企業内食堂の場合にタグが利用できる。たとえば、ICタグと皿上の食物の栄養素やカロリーをリンクさせておけば、決済時に少なくとも1日のうち1食分の食事記録ができる<sup>☆8</sup>。

なお、食事を自動検出できれば、たとえば、食事開始と同時に食べ物を撮影し、解析するシステムも考えられる。現状では、生理指標を元にした食事認識はある程度可能なものの(後述)、食事を自動的に識別するのは、利用には遠いレベルである。しかし、ウェアラブルなシステムであれば、いつでもどこでも使えるため、入力し

忘れの防止になる。

### 3) 計測したデータの解析

健康計測とは直接関係ないが、時系列的な生活状況と生理指標および健康状態とを合わせて解析することで、疾病予測モデルを作ることができる。疫学研究と呼ばれるが、古くは米国のボストン郊外のフラミンガム地区の住民を対象に1940年代から行われてきた大規模な調査研究が有名である<sup>☆9</sup>。

かつて疫学研究では古典的統計解析が主流であったが、現在は、時系列データマイニングを用いて疾病発症のパターンの抽出、モデル化などが可能となってきた<sup>3)</sup>。特に日本では、毎年定期健康診断があるため、ここで取得される検査データと問診アンケートやレセプト情報を利用することで適切な保健指導を行えるようになると思われる。

なお、1)、2)に述べた生理指標やユーザ状況を適宜計測し、健康診断のデータを補完できるようになれば、個人個人の予測精度を向上できると考えられる。そのためには、電子カルテの普及と電子カルテの派生版とも言える介護あるいは在宅健康管理のフォーマット確定が必要である。

### ■「楽しく健康」を実現する技術

健康増進のためには、適度の食事や運動、十分な睡眠、禁煙等が必要である。中でも近年の肥満の増加から運動が重視されているが、比較的単調な動作が多く、長続きしないのが現状である。

そこで、VRの技術を取り入れ、楽しく健康増進を図れるシステムが提案されている。たとえば、馬の背の動きを取り入れたジョーバ(図-5)では、ユーザが動きを相殺する動作を自然にとるため、乗るだけで筋力増強が図れるほか代謝量も向上する<sup>☆10</sup>。また、VRスポーツシステム((株)エルクコーポレーション、ヘルスケア営業本部)は、大画面スクリーンを見ながらさまざまなスポーツをゲーム感覚で体験できる(図-6)。高齢者のリハビリテーション施設での臨床試験の結果、肩関節可動範囲や筋力、平衡感覚の向上が認められた<sup>☆11</sup>。

## ニーズ側からのIT活用

### ■個人の健康生活管理

健康管理を個人レベルで行う場合のIT活用について、情報収集、健康診断、健康データ管理の3つの側面から現状を紹介する。

<sup>☆7</sup> [http://plusd.itmedia.co.jp/mobile/0309/02/n\\_rakuraku.html](http://plusd.itmedia.co.jp/mobile/0309/02/n_rakuraku.html)

<sup>☆8</sup> <http://it.nikkei.co.jp/business/special/iccard.aspx?i=2005060811741uh>

<sup>☆9</sup> <http://www.framingham.com/heart/>

<sup>☆10</sup> [http://national.jp/product/beauty\\_health/fitness](http://national.jp/product/beauty_health/fitness)

<sup>☆11</sup> <http://www.elkc.co.jp/news/p20050315-1.pdf>

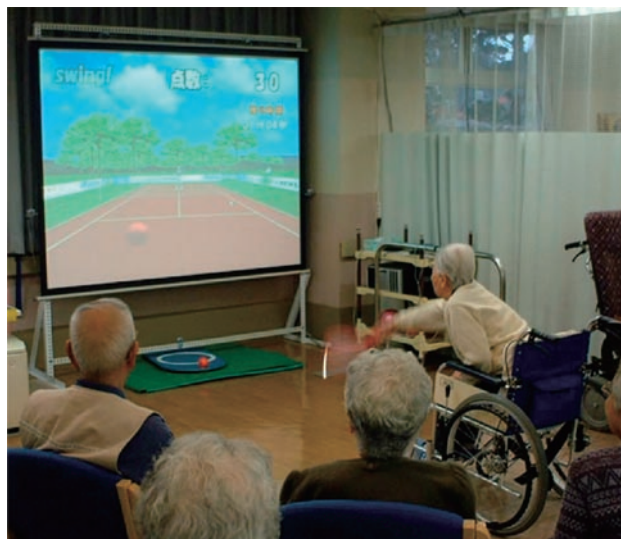


図-6 VR テニス (写真は (株) エルクコーポレーション提供)

## 1) 情報収集

以前なら、健康雑誌や家庭の医学のような健康本で情報を得ていた個人も、最近では、インターネットで情報を得ることが多いであろう。アメリカの米国内に居住する18歳以上の男女914名を対象に実施した電話インタビュー調査で、健康や医療に関する情報をオンラインで入手している実態などを調査している。そのレポート「Health Information Online」は、2004年11月のものであるが、以前の2002年12月の調査との比較も行っている。それによると男性よりも女性の方が、また、子どもがいる家庭ほど、オンラインで医療情報を入手する傾向が強いとされている。インターネット経験の長く、またブロードバンド環境が整っているユーザほど、医師に尋ねる前に、まずインターネット上で熱心に、健康管理や医療に関連した情報を調べることが多い。また、2002年には、インターネットで健康関連情報を調べるのは、何か健康上の問題を抱えたり、新たな診断が出た場合など、差し迫った状況に限られていた。しかしながら、最近では、そのような特別な状況になくとも、まめに日頃から、健康管理に役立つ情報や、病院、医療保険に関連する資料などを、インターネット上で検索するようになっている。

検索できる情報としては、健康相談 Q&A 集、薬の情報、健康食品の安全性や有効性にかかわる情報、栄養情報などさまざまである。これらの Web サイトは増えており、また、インターネット経験の豊富なユーザが増えることなどから、今後、ますますこの傾向は強まると予想される。

## 2) 健康診断

なんとなく体調がすぐれないが、わざわざ病院に行くほどでもないというようなことはよくある。そのような

ときに、在宅のまま、簡単に自分の健康度合いをチェックしたいとは誰しも思うものである。

このようなニーズに応えるものとして、肥満度やストレス度、うつ状態など種々のチェックを Web ページから手軽に行えるようになっている。Web ページにある健康チェックがすべて正しいとはいえないが、たとえば、簡易保険組合の Web ページ<sup>☆12</sup>からは体力、疲労度、ストレス、食生活、歯と口、目、頭痛、胃腸、心臓、肝臓、骨、体質と12の分野についてチェックができるようになっている。

珍しいところでは、カメラ付携帯電話を利用した遠隔診断 Skin-Expert というのがある<sup>☆13</sup>。化粧品会社と人工知能研究者との協業によるもので、10年以上にわたり述べ2万人の肌情報を収集し、データマイニングと画像解析、グリッドコンピューティングを利用して肌の遠隔診断を行えるようにしたものである。100～200万画素のカメラ付携帯電話のズーム機能やルーペなどで10倍程度に拡大して撮影した肌の接写画像を、メールで診断システムサイトに送信すると、約1分後に年齢における平均データと比較したレーダーチャートが送られてくる。「ほお」や「目じり」の拡大した接写画像を解析して皮膚の状態を自動的に解析できる皮膚画像診断ソフトウェアを開発している。画像処理して抽出した「しわの数」や「しわの深さの方向性」などのデータと年齢や睡眠時間などの個人データから肌の荒れ具合や老化の程度などを自動的に分析する<sup>4)</sup>。

労働者は労働基準法により定期健康診断の受診が義務づけられているので、年に1回もしくは2回の健康診断を受け、早めに異常を検知できる。一方、そのような機会が義務づけられていないと、わざわざ病院に出かけて行って、健康診断を受けるというのは、なかなか面倒であり、まして定期的に受診することは困難である。そのような面倒なしに受けられるのが、在宅での健康診断である。Web 上で健康診断の申し込みを行い、血液や便などの検体を自宅で採取し郵送することで、医療機関に出かけることなく、健康診断が受けられる。

また、通常健康診断結果は、検査項目ごとに数値がでていて、適正範囲を逸脱していると精密検査が必要などのコメントが追記されている。単年度の数値だけみてもよく分からないので、もう少し見やすくないかと思う。実際に、健康診断結果をグラフ化して、経年変化が分かるようにするソフトウェアが存在する。また、携帯電話でもグラフ化してみるサービスが KDDI などから提供されている<sup>☆14</sup>。

<sup>☆12</sup> <http://www.kampo.japanpost.jp/kenkou/check/menu/index.htm>

<sup>☆13</sup> <http://www.wisdomtex.com/article.html>

<sup>☆14</sup> [http://www.kddi.com/corporate/news\\_release/2005/0622a/](http://www.kddi.com/corporate/news_release/2005/0622a/)

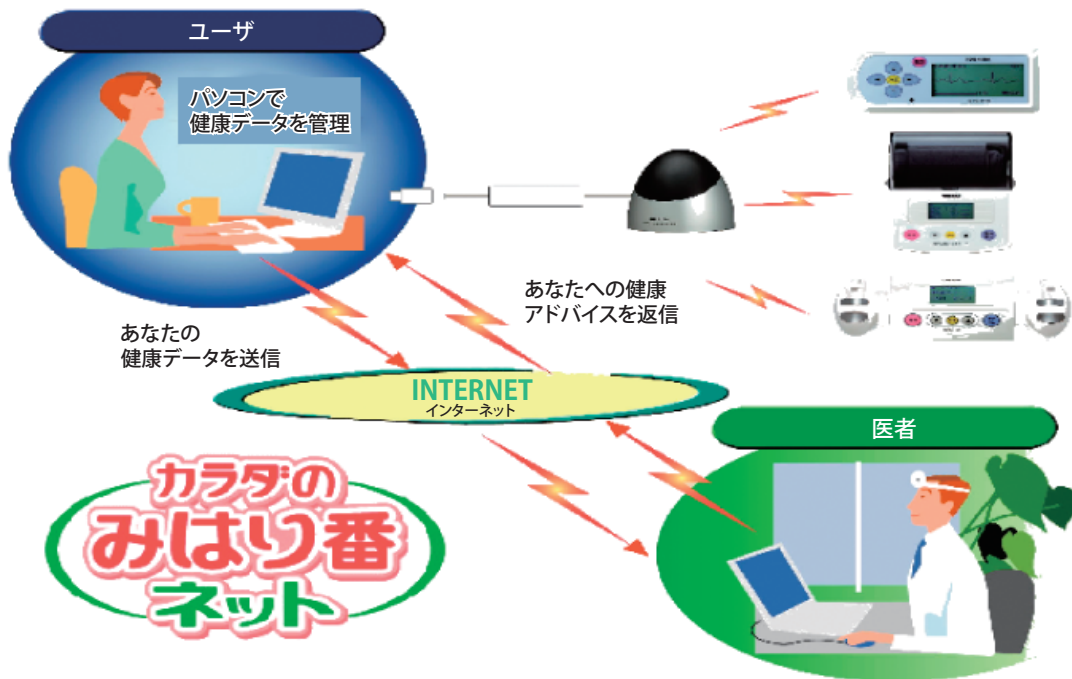


図-7 カラダのみはり番ネット

ユーザが心電図、血圧など自分の健康データをインターネットにより医師に送信し、在宅のまま健康相談を受ける Health care system, Web-based application.

情報収集では、ごく一般的なインターネット技術が活用されているが、健康診断では、そのほかに、データマイニング技術、画像解析技術、グリッドコンピューティング技術などが使われている。

### 3) 健康データ管理

健康管理では、自分の運動量と食事の量が適性であるかどうかを知ることから始まる。

血圧計や体脂肪計、歩数計などで計測したデータを PC に送信できるようにした在宅健康管理システムが東芝、オムロン、松下、タニタ、NEC、TOTO などのメーカーにて開発されている。

方式としては、血圧計などの測定器が、直接センタ側のネットワークに繋がっているタイプと、測定器が赤外線無線や Bluetooth など PC につながり、PC がネットワークでセンタ側に繋がるタイプがある。図-7 にあげたものは後者の例である。

しかし、健康には関心があるが、なかなか毎日きちんと計測するのは難しく、三日坊主で終わってしまうのが人間の性である。そのようなことがないように、朝トイレにいったときに、尿糖値、血圧、体脂肪、体重を忘れずに計れるように、この4つの測定器をビルトインしたトイレ空間も設計されている<sup>☆15</sup>。尿糖値測定器は便器にセット、血圧計は便器横のカウンターに収納してい

るので、便器に座った楽な姿勢でまず尿糖値と血圧計が測定できる。そのあと、手を洗ったあとに体脂肪計を計ることができるように、手洗い器上部に設置してある。体重計は手洗い前の床面に組み込まれているので、歯をみがきながら計ることができる。このようにして、1カ所に配置することで、計測を習慣づけるわけである。

特に生活習慣予備群向けの在宅健康管理システムも多く運営されている<sup>☆16</sup>。

在宅健康管理では、ネットワーク技術のほかに、センシング技術などが使われている。

### ■企業の健康管理

健康保険組合の経費も、肥満などの増加により、赤字になりつつある。赤字脱却のために、手術や入院などにかかる経費の削減などに努めている。その一環として、従来は春と秋に実施していた健康診断を、たとえば、年1回にし、代わりに、前節1)の「情報収集」で触れたような Web ページを利用した健康診断や、健康管理に関する知識を e-learning で学習するなど、積極的にネットワークや DB の利用を行っている。

以前と比較すると、国民全体の栄養状態がよくなった

☆15 <http://www.toto.co.jp/company/press/2005/03/28.htm>

☆16 <http://www.suzuken.co.jp/kenkou/pro/habit/index.html>  
<http://www.tanita.co.jp/products/planet/index2.html>  
<http://www.sankenjin.ne.jp/>  
<http://www.lifecp.com/channel.html>

名称	対象データ	ネットワーク
大阪健康 IT 日記システム	行動	
香川県寒川町等・広域的地域情報通信ネットワーク整備促進モデル構築事業	血圧, 脈拍, 心電図	双方向 CATV 網
香川県生涯健康カルテネットワークを核とする健康サービス産業創出支援プロジェクト		
釜石市うららシステム	問診, 血圧, 脈拍, 心電図, 体温, 体重	CATV 網/固定網
北見市地域共同運用アプリケーションシステム		光ファイバー
くまもとヘルスケア基盤整備事業	血圧・体重, 食事や運動量など	VPN,SSL
栄村安心生活支援事業		ADSL
しずおか健康創造 21 アクションプラン		
島根県仁多町健康診断システム	血圧, 脈拍, 心電図	VLAN
多治見市保健・福祉・医療ネットワークシステム	血圧, 体脂肪	CATV 網/公衆回線 /ISDN 網
知多市情報化計画	血圧, 脈拍	
泊村地域情報化事業	血圧, 脈拍, 独居高齢者の安否を確認	CATV 網, IP 網
登米町在宅ケア支援事業		
福岡県 IT を利用した住民参加型健康づくり支援システムの構築		
三重県高齢者ケアデジタルネットワーク	水道検針による高齢者安否確認, 血圧, 脈拍	

表-2 地方公共団体における健康関連事業

こともあり、企業での健康管理は、後述する生活習慣病予備群の早期発見に重点がおかれるようになってきた。健康管理も体の健康よりは心の健康にシフトしつつある。リストラなどによるストレスや心身の変調、プチうつといわれるうつ状態の対策に焦点が移りつつある。「個人の健康生活管理」で紹介したような Web 上でのチェックリストを利用して、ストレス度を計測するなどの対策を施している。

### ■行政の健康情報収集と提供

冒頭で紹介した健康増進法に国および地方公共団体では、健康に関する情報収集などが規程されている。これを受けて、国家プロジェクトあるいは地方事業として、種々の健康関連事業が行われている。表-2 は、それらから IT 技術と関連がありそうなものを抽出したものである。

前節 3) の「健康データ管理」で紹介した在宅健康管理システムの的なものが多く、家庭端末で血圧、脈拍、体脂肪などを計測し、それに基づき、医師や介護士などが TV 会議などでアドバイスを与えるものである。これに水道検診データなどに基づく高齢者の安否確認などが組み合わされている。表-2 には掲載していないが、電子カルテシステムなどと関連させたものもある。

### ■医療機関の健康管理

病気になった患者を対象として治療するのが従来の医

療であった、これに対し、病気になることを事前に予防しようというのが予防医学である。Harvard 大学 Leavell 教授らによると、予防医学には 3 段階ある。

#### 第 1 次予防 (Primary Prevention) :

健康増進 (Health Promotion), 疾病予防 (Specific Protection)

#### 第 2 次予防 (Secondary Prevention) :

早期発見・早期措置 (Early Diagnosis and Prompt Treatment)

#### 第 3 次予防 (Tertiary Prevention) :

悪化・障害の防止 (Disability Limitation)・リハビリテーション (Rehabilitation)

第 3 次予防は、機能の回復であり、予防接種などは第 2 次予防であり、本稿で扱う健康が第 1 次予防にあたる。健康な人も医療の対象となるわけである。

日本学術会議「次世代の健康問題と予防医学の将来要望」によれば、健康維持の決定因子 (determinants) の 60% は、環境、食事、活動、休養、その他のライフスタイル、遺伝要因が 25%、治療の成果は 15% 程度とのことである。つまり、健康の 60% を占めるライフスタイルについても対象とするのが、予防医学である。

したがって予防医学では、健康診断などにより健康状態を管理することが重要となる。この観点から電子カルテや健診データのデータマイニングの研究が行われている<sup>☆17</sup>。

☆17 <http://www.jst.go.jp/pr/info/info154/>



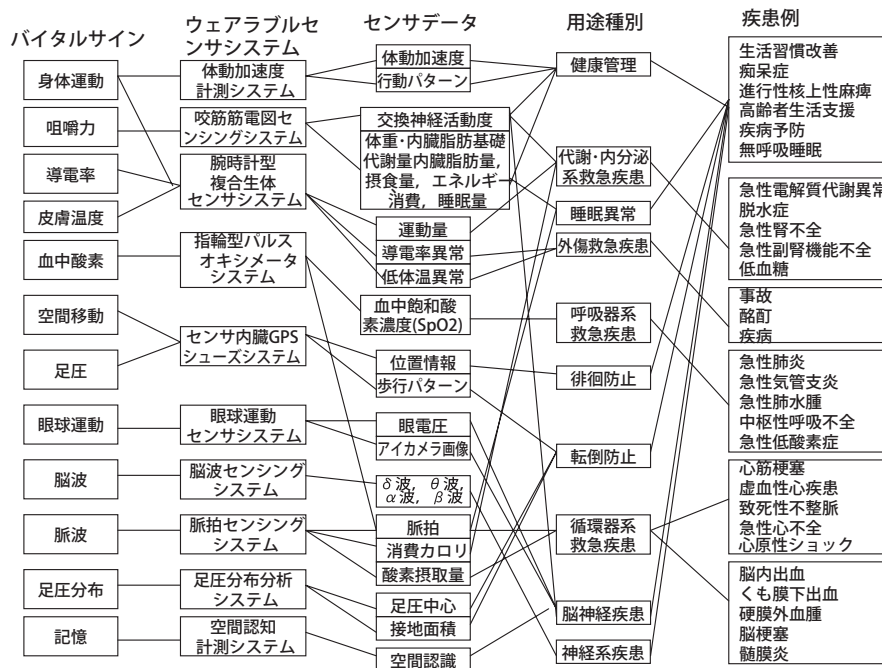


図-8 ウェアラブルセンサでモニタリングできるバイタルサインと対応する疾病例（文献 2）を元に編集

また、XML を使った健診データの交換の標準化は医療福祉情報システム工業会 JAHIS (Japanese Association of Healthcare Information Systems Industry) で検討されている。

## 生活習慣病への応用

健康維持にはライフスタイルが重要である。動物実験であるが<sup>5)</sup>、マウスの離乳後に与える餌のカロリーを 25%、55%、65% と減らして育てた。その結果はすべてのレベルでカロリー制限が健康を改善し、寿命を延長したが、65% と最も減らしたグループでその効果が最大であった。また、摂取量が最低のマウスにおいて、がんの発生頻度が最低で、免疫反応が最も高く、最も長く生きた。食べただけ食べたマウスに比べ、67% も長生きした。

人間に対しては、生活習慣病予備群のライフスタイルを変えることで 2 型糖尿病になることを防げることも報告されている<sup>6)</sup>。標準体重をオーバーしている中高年を 2 つのグループに分け、1 つのグループは、摂取量を減らし、繊維質を増やし、運動をすることで体重を減らすようにカウンセリングを受けた。3.2 年間の試行の結果、カウンセリンググループは 58% が糖尿病のリスクを減らすことができた<sup>18)</sup>。

<sup>18)</sup> 糖尿病には、インシュリン分泌が低下して起こるインシュリン依存型の 1 型糖尿病とインシュリンに対する身体の反応が低下して起こる 2 型糖尿病がある。2 型糖尿病は肥満である場合が多く、生活習慣病の一部として扱われる。

しかし、これは運動や食事などの状況を細かく管理し、改善指導をマンツーマンで行った結果であり、現実には、人的に行うと非常にコストがかかるという問題がある。一方、単に歩数計などにより自己管理をするという方法は、なかなか長続きしないのも現実である。

このような問題を解決するために、IT 技術の活用が試みられている。前章で触れた在宅健康管理システムは生活習慣病の予防を目指したものである。本章では、商用化されていない研究開発段階のものを紹介する。

## ウェアラブル機器の活用

ウェアラブル機器を使って種々のバイタルデータ（生体情報）を取得することが試みられている<sup>7)・8)</sup>。取得できるデータとそれをどのように活用できるかをまとめると図-8 のようになる。図-8 によると、脈拍と加速度の計測が健康管理に必須であることがよく分かる。在宅健康管理システムでも脈拍と血圧を計測しているが、機器が据付型であり、行動しているときの脈拍まで計測できない。これに対し、ウェアラブル機器であれば、行動中も計測でき、行動を加速度により計測することで、行動があたえる脈拍への雑音を減じることが可能となる。

センシングを行う腕時計型の機器としては、試作機であるが、たとえば図-9 のように、脈拍、加速度、皮膚導電率、皮膚温度を計測するものを用いる。計測したデータは図-10 に示すようなものであるが、これらのデータに対し、ニューラルネットワークや回帰木などのデータマイニングを行うことで、食事とそれ以外の動作との識別が行えることが分かっている。



仕様：  
 重量：89.3g  
 寸法：85 × 46 × 26mm  
 消費電力：95mW  
 連続使用時間：約 14 時間（1 秒間隔でデータを送信した場合）  
 Bluetooth Ver.1.1 モジュール内蔵

図-9 ウェアラブル健康管理システム LifeMinder™

### ■ デジタル画像の活用

摂取した食事の量を管理するのに、通常はカードに素材の種類と量を、個人が記入し、それを元に栄養士がカロリー計算を行うというのが従来行われている方法である。記入する代わりに、デジタルカメラやカメラ付携帯電話で食事を撮影し、栄養士などに送付することが行われている。

個人が記入したものと、カメラでの撮影結果を栄養士が判断したものとを比較した実験<sup>☆19</sup>では、カメラで撮影した方がカロリーが低めに出ることが分かった。単品や市販品などは大きな差がなかったが、多くの食材を使っている料理や、他の食材の影に隠れて確認できなかったり、あるいは色彩が不明瞭なものなどがある場合に、正しい判断ができなかった。

### ■ その他

ほかには VR (Virtual Reality) 技術を用いた肥満治療や、健康機器などもある。

## 睡眠計測への応用

最後に、筆者らの取り組みとして、睡眠計測への応用例について述べる。生活習慣の中でも、近年、睡眠への関心が高まっている。これには、不眠による健康・美容への悪影響、日中の作業能率の低下が大きくクローズアップされるようになってきたことが関係している。また、不眠者の数の増加が大きく関係している。厚生労働省の

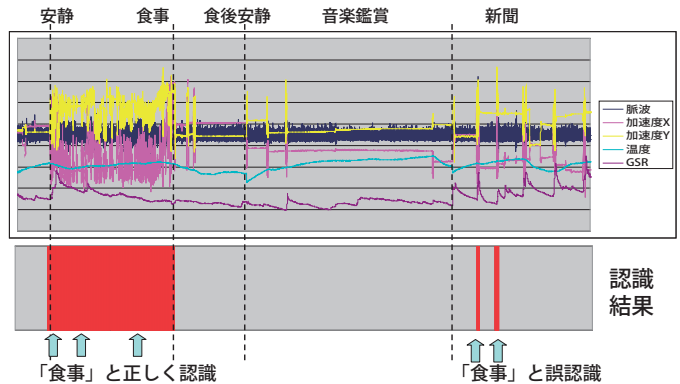


図-10 食事の識別結果の一例

調査によれば、日本では 5 人に 1 人が睡眠になんらかの障害を持つという<sup>9)</sup>。

しかし、睡眠の計測技術はここ数十年、あまり大きく変化していない。今でも睡眠段階（睡眠の深さや種類）の判定は、脳電図 (EEG; electroencephalogram), 眼振図 (EOG; electrooculogram), 筋電図 (EMG; electromyogram) 等と医師の目視によっており、自宅で使えるような簡単な睡眠センサが存在しない。

睡眠状態は、大脳活動状況で決められるため、本来、睡眠の計測にはどうしても脳活動を計測するセンサが必要である。しかし、一方で睡眠状態は脳幹部にある覚醒中枢と睡眠中枢の活動バランスで決まることも知られている。たとえば、健康人であれば、脳波で計測した睡眠段階とこの脳幹に中枢がある自律神経活動には深い相関がある<sup>10)</sup>。

そこで、前章にあげたセンサを利用して、自律神経活動指標を求め、そこから睡眠段階（レム睡眠／ノンレム睡眠（浅い睡眠、深い睡眠）を求める方法を考えた。具体的には、まず、指より取得した脈波から脈拍（心拍）を求め、その拍動間隔のゆらぎ成分から自律神経活動指標を求める。拍動間隔のゆらぎの周波数の 0.1Hz 付近をピークとするものが血圧性成分（交感神経活動を反映する）、0.3Hz 付近をピークとするものが呼吸性成分（副交感神経活動を反映）と言われている。この交感神経、副交感神経活動のバランスを解析することで、睡眠段階を求めるアルゴリズムを構築した。実際には寝返りなどの体動の影響が入るため、腕時計型のモジュール本体に内蔵した加速度センサを用いて、脈波に対する体動の影響を低減させている。また、この方法だけでは個人差や日内変動の自律神経活動への影響を吸収しきれないため、睡眠の周期性（図-11）を利用し、睡眠段階の閾値を適応的に変化させている。具体的には、睡眠周期を十分含む時間窓内で K-means クラスタリング手法を適用している<sup>11)</sup>。

☆19 <http://www.town.yakage.okayama.jp/gyosei/01/houkokusyo.pdf>

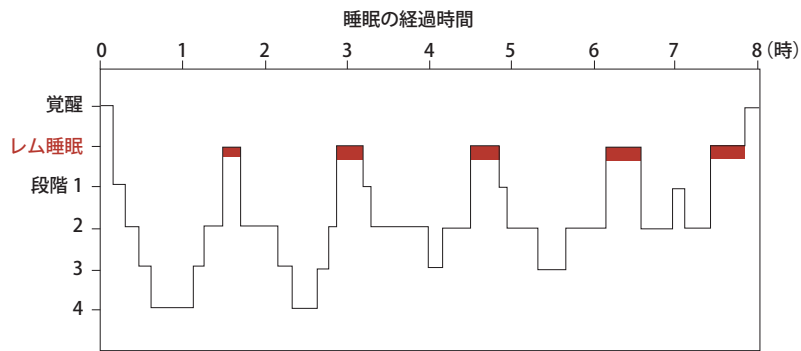


図-11 睡眠段階と睡眠の周期性

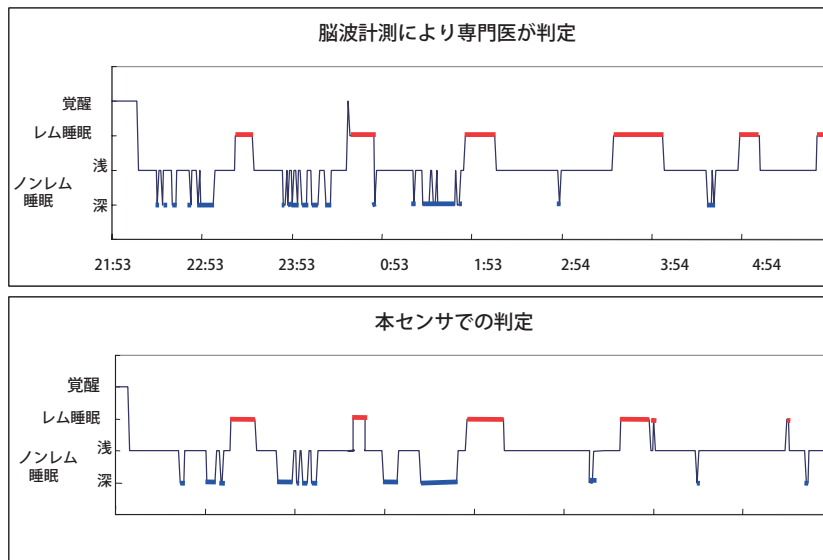


図-12 睡眠判定例

図-12 にこの手法を利用した睡眠計測結果の一例を示す。約 40 名の健常者について、脳波を利用した睡眠判定とこの手法とを比較実験した結果、一致度は 75%であった。この手法の特徴は、実時間で解析ができる点であり、たとえば、睡眠状況に合わせて血圧など他の生理指標を計測することにより、隠れた疾病を事前に予想することも可能となる。また、照明や空調等の情報家電機器と組み合わせることで、人に合わせた健康で快適な住環境を制御することも可能となる。

## 楽しく健康に

実際に自分が日頃何を食べているかをメモすることもなかなか難しい。3 日目ぐらいの夜から朝食食べたもの思い出せなくなって、結局中断してしまう。そのような手間を、ここで紹介した技術が省いてくれるようになるには、使い勝手の点、また、セキュリティの点などで、まだまだ解決すべき問題がある。それらの問題を解決して、管理されているという感覚なく、楽しく健康に暮らせる社会を目指していきたい。

## 参考文献

- 1) 澤田幸展, 山越憲一: 容積補償法を用いた間接的連続血圧計測—その測定原理と血圧バイオフィードバックにおける利用可能性, バイオフィードバック研究, Vol.11 (1984).
- 2) Post, R., Orth, M., Russo, P. and Gershenfeld, N.: E-broidery: Design and Fabrication of Textile-based Computing, IBM Systems Journal 39 (3&4): pp.840-860 (2000).
- 3) 植野 研, 北原洋一, 林 俊夫, 櫻井茂明, 折原良平: 依存関係に着目した系列パターン再構成, 信学技報, AI2005-12 (2005-08), pp.29-34 (2005).
- 4) Hiraishi, H. and Mizoguchi, F.: A Cellular Telephone-Based Application for Skin-Grading to Support Cosmetic Sales, AAAI, Vol.25, pp.17-26.
- 5) Weindruck, R.: Caloric Restriction and Aging, Scientific American, Vol.274, pp.46-52 (Jan. 1996).
- 6) Tuomilehto, J. et al.: Prevention of Type 2 Diabetes Mellitus by Changes in Lifestyle Among Subjects with Impaired Glucose Tolerance, New England Journal of Medicine, 344, pp.1343-1350 (2001).
- 7) 矢作直樹: WIN が開発中の健康情報システム「バイタルケアネットワーク」, ネーチャーインタフェース, Vol.14, pp.24-33.
- 8) Ouchi, K., Suzuki, T. and Doi, M.: LifeMinder: A Wearable Healthcare Support System with Timely Instruction Based on the User's Context, IEICE Trans. Commun., Vol.E87-D, No.6, pp.1361-1369 (June 2004).
- 9) 厚労白書 H9 年度版.
- 10) Fluctuations in Autonomic Nervous Activity During Sleep Displayed by Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability, Neurology, 45: pp.1183-1187 (June 1995).
- 11) 鈴木, 大内, 森屋, 亀山: 心拍変動を用いたウェアラブル睡眠センサの開発, 第二回 生体医工学シンポジウム予稿集, p.339 (2004).  
(平成 17 年 8 月 30 日受付)