

ヘルスケア・デバイスとサービスの 開発について

—データ・インテリジェンスの活用—

中嶋 宏

日本は超高齢社会をむかえ、生活習慣病への対策はますます重要な課題である。本稿では、まずメタボリックシンドロームおよびその背景について簡単に触れる。この予防・改善のため、システムヘルスケアと呼ぶ健康管理へのシステム論アプローチについて概要を述べる。加えて、ヘルスケア・デバイスおよびサービスの開発事例について、データ蓄積および解析、すなわちデータ・インテリジェンスの視点から紹介する。デバイス開発事例として内臓脂肪計測装置について詳細に述べる。またヘルスケア・サービスのプラットフォームについて述べ、血圧、睡眠、体重、活動量といった指標について簡単に触れる。

キーワード：Systems Health Care, Healthcare Informatics, Data Analysis

1. はじめに

少子高齢化は世界中で顕著化している重要な社会的問題である。ここでは、高齢化に伴って発症率が上昇すると考えられる生活習慣病および、それが引き起こす要介護状態という問題を取り上げることとする。平成 22 年の国民生活基礎調査には、要介護度別の介護が必要となった原因の構成割合が示されている [1]。これによると、脳卒中などの脳血管疾患が総数中では約 20～40% 程度を占め、要介護度が高まるとともに増加傾向を示し、要介護 5 においては約 45% を占めている。医療システムの崩壊や老老介護などと社会的な不安材料が多いなかで、生活習慣病の撲滅は非常に重要な課題であることは明確である。わが国においては、2008 年に始まった特定検診・特定保健指導をきっかけに、メタボリックシンドロームという言葉が社会に浸透している。

本稿では、生活習慣病の予防および改善に向けたヘルスケア・デバイスとサービスの開発事例について紹介する。まず、メタボリックシンドロームについて概観し、その予防・改善に対する生活習慣の影響について議論を行う。また筆者らが提案するヘルスケアにおけるシステム論的アプローチについて紹介する。つづいて生活習慣の改善に向けたデバイスとサービスの開発事例について述べる。特にデータの蓄積および解析、

すなわちデータ・インテリジェンスの活用を主題として技術概要を紹介する。

以降の構成は次のとおりである。まず、第 2 章にて生活習慣病と日常生活における計測の重要性について指摘する。第 3 章にてヘルスケアに対するシステム論的アプローチについて議論を展開する。その後、第 4 章では具体的な開発事例について紹介し、第 5 章で本稿をまとめることとする。

2. 生活習慣病と日常生活における計測

ここでは生活習慣病のなかでも、近年話題に上がることの多いメタボリックシンドロームについて取り上げ、日常生活における計測の重要性について指摘する。

2.1 メタボリックシンドロームおよびその背景

わが国の高齢化は急速な勢いで進んでおり、65 歳以上の高齢者が占める人口は 2005 年に主要国中第一位の約 2 割に達し、2050 年までにはさらに進んで約 4 割を占めることとなる [2]。今後の高齢化社会においては、高い生活の質 (Quality Of Life, QOL) を維持していくため、個人にとって適切な生活習慣に基づく健康づくりがきわめて重要である。寝たきりや要介護の要因となるものに、ロコモティブシンドローム (運動器症候群) が日本整形外科学会より提唱されている。メタボリックシンドローム (内臓脂肪症候群) とならび、健康寿命の阻害や QOL 低下につながる要因として認知されつつある。

生活習慣に関連した健康の三本柱として、睡眠 (休養)、食事 (栄養)、運動がよく知られている。これら

なかじま ひろし
オムロン株式会社 技術本部
〒619-0283 京都府木津川市木津川台 9-1

の生活習慣が先の2つのシンドロームに与える影響は大きい。したがって、生体情報や生活習慣と結びつく行動情報の計測に基づく「見える化」が、自らの発症リスクの把握および生活習慣の改善にきわめて重要である。

わが国のメタボリックシンドロームの診断基準は、表1のように定められている [3]。メタボ関連研究においては、高血圧、高血糖、高トリグリセライド（中性脂肪）あるいは低善玉コレステロールなどの危険因子をあわせ持つことで、心血管病の発症リスクが高まることが知られている [3, 4]。また、疫学研究 [5] においては性別や年齢などに加えて診断基準として採用されている血圧、血糖、トリグリセライドなどの生体情報（リスク因子）に基づいた心血管疾病（冠動脈性心疾患、脳卒中）による10年後の死亡リスクが推計されている。

厚生省の調査 [6] によると、高血圧症有病者は30歳以上の男性60.0%、女性44.6%、糖尿病が強く疑われる者の割合は男性17.4%、女性9.6%に達している。これらの割合は2002年の同調査結果と比べると、女性の高血圧症患者数以外はすべて増加傾向にある。また2007年の同調査では、40~74歳でみると男性の2人に1人、女性の5人に1人が、メタボリックシンドロームが強く疑われる者またはその予備群と考えられる者となっている。メタボリックシンドロームへの対策として、その要因となる生活習慣に着目した予防医学への取り組みが重要となる。個人に適した運動や食事習慣の改善による疾病予防および健康増進につながる技術、環境、各種支援制度を整えることが健全な高齢化社会の実現に必須であろう。このためにも生活習慣の把握、すなわち、日常生活における生態情報および行動情報のセンシングが重要な位置を占める。

2.2 日常生活における計測の重要性について

病院での診療時間に比べると家庭や職場などで過

表1 メタボリックシンドロームの診断基準

内臓脂肪蓄積（腹腔内脂肪）蓄積	
ウェスト周囲径	男性 85cm 以上, 女性 90cm 以上
上記に加え以下のうち 2 項目以上	
血清脂質異常	トリグリセライド値 150mg/dL 以上かつ/または HDL コレステロール 40mg/dL 未満
高血圧	最高血圧 130mmHg 以上かつ/または 最低血圧 85mmHg 以上
高血糖	空腹時血糖値 110mg/dL 以上

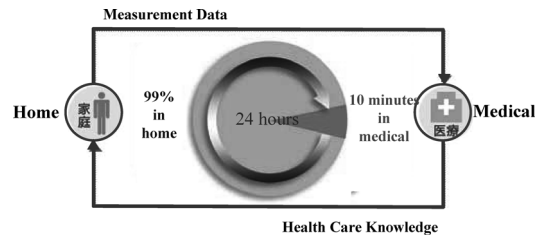


図1 日常生活における計測と医療現場における知見

ぎず時間のほうが圧倒的に多い。また、先に示したメタボリックシンドローム予防のためにも、生活習慣である運動・食事・睡眠に関する生体情報や行動情報の計測、蓄積、解析からエビデンスや知見として活用することが重要である（図1参照）。

高血圧治療ガイドライン 2009 [8] には、早朝高血圧や夜間高血圧など、病院では見つけにくい高血圧症の分類が示されており、家庭での血圧測定的重要性がますます強く認識されている [7]。このため、家庭血圧が同ガイドラインでは明記されている。家庭での計測は、血圧のような生体情報ばかりではなく、先に述べた生活習慣にかかわる行動情報の計測も同時に重要となる。

3. システム論的アプローチ

システムヘルスケア (Systems Health Care, SHC) に関連する議論および技術フレームワークを紹介する [9, 10]。まず、SHC の全体像を図2に示す。

3.1 指標、基準、因果

SHC における重要な3つの開発要素について示す。

- 指標：現象の定量化のためのもので、計測値やその特徴量が用いられる。例えば、血圧、体重、身長、

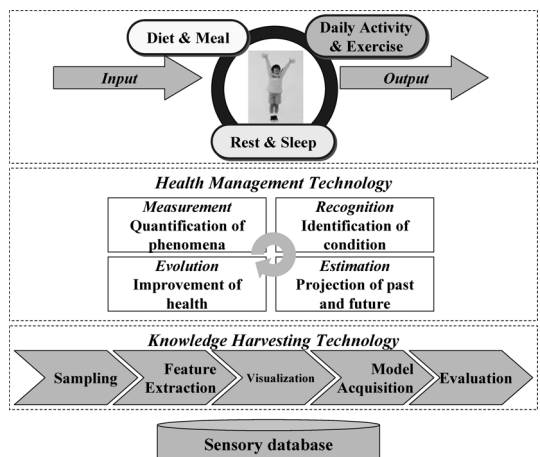


図2 システムヘルスケアのフレームワーク

BMI (Body Mass Index) や身体活動の定量指標として後述する METS (活動強度) や EX (活動量) などがある。

- **基準**：対象状態の識別や判別，異常の検出などに利用される閾値である。例えば，「高血圧症の診断基準は収縮期血圧 140mmHg (診察室血圧)」[8] などがこれに相当する。
- **因果**：診断や予測に用いられる。診断とは果 (Effect) から因 (Cause) の方向，予測とは逆の因から果の方向によって実現される。例えば，疫学研究から得られるエビデンスとして知られる「体重減少による降圧効果」などがある。このように，因果によって得られる知見は健康の維持・向上に大きく貢献する。

3.2 ヘルスマネジメント技術

われわれの世界は人類・人工物・自然環境から構成されると理解されよう。これらの対象システムの健全性の維持向上を目指す技術として Health Management Technology (HMT) を提案している [11]。本技術は以下の 4 機能から構成され，対象システムおよび環境の動的な変化への対応として，円環的な健全性の維持向上サイクルの実現を意図している。

- **計測**：対象システムにかかわる現象の定量化。結果は指標として活用する。
- **認識**：同システムの状態の識別，正常・異常状態の識別を行う。識別時に基準を活用する。
- **推定**：同システムの現在に至った原因の診断，現在から未来の状態予測。現在から過去・未来への因果を活用する。
- **進化**：対象システムにおける新たな計測，認識，推定による円環的な進化を行う。開発される指標は，主にデバイスとして，基準・因果は主にサービスとして具現化される。

3.3 インテリジェンスの分類とそれらの統合

ところで前節で述べた指標・基準・因果の精度と効果性を確保するには，それらの開発時に活用するインテリジェンスの質・量が重要になると考える。インテリジェンスの定義自体は容易ではないが，インテリジェントシステムの構築にはさまざまな方法論が提案されている。それらの内容を検討することによって，インテリジェンスの分類を行うことができることに気づく。特にその源という視点で分類することは可能であり，またそれらの性質の異なったインテリジェンスの作用を期待する。ここでは下記の 4 つの分類を提示しておく。

- **Text Intelligence (教科書知)**：教科書に掲載

されるような一般的な知として理解される。

- **Human intelligence (人間知)**：人間が持つ知性。特に専門家の暗黙知に代表されるもの。従来より，エキスパートシステムなどで活用されてきた。ファジィ論理はこの直感的な知識表現を強力に実現することができる [12]。
- **Data intelligence (データ知)**：データから得られる知。データマイニングや知識発見などのアプローチで実現されている。本稿では次節にて，Knowledge Harvesting Technology として取り組みを紹介している。近年では，クラウドコンピューティングやビッグデータなど注目を浴びている研究領域である。
- **Nature intelligence (自然知)**：自然界における現象や生物に学んだことによる知能。

ここで示したようなインテリジェンスを駆使して，先に示した指標・基準・因果の開発と活用を行うことが重要である。

3.4 ナレッジハーベスティング技術

前節で述べたように，HMT は対象システムの計測値 (センサ・データ) に基づく因果構造を問題解決に活用しようというものであった。ここでは，Knowledge Harvesting Technology (KHT) として，指標・基準・因果の開発プロセスを以下のように定めている。

- **サンプリング**：目的に応じたデータの層別，外れ値除去。
- **特徴抽出**：因果を構成する変数の定式化。
- **可視化**：人間—機械協調による人間知の抽出と活用。
- **因果獲得**：統計解析，機械学習による因果構造の設計と最適化。
- **評価**：性能評価とさらなる，指標・基準・因果のチューニング。

4. 開発事例の紹介

本章では，前章で示した指標・基準・因果開発の具体事例として，まず内臓脂肪測定装置について紹介する。つづいて，ネットヘルスケアと呼ぶ健康・医療データの収集と管理を行うプラットフォームを概観する。これに基づいて開発を進めている，医療支援サービス “MedicalLINK，” そして一般消費者向けのセルフケアサービス “WellnessLINK” の提供価値について述べる。

4.1 内臓脂肪測定装置の開発

表 1 にメタボリックシンドロームの診断基準を示した。現行の診断基準では，表中にあるように内臓脂肪蓄積は必須とされている。これは，内臓脂肪の過剰蓄

積がキーファクターとして、高血圧症、糖尿病、高脂血症を引き起こし、結果として動脈硬化を発症するというメカニズムが解明されてきたからである。内臓脂肪蓄積を計測するゴールドスタンダードはX線CTスキャンによるもので、臍位置の断面における内臓脂肪面積 100 cm^2 以上とされており、文献 [3] においてもウェスト周囲径の基準において、「CT スキャンなどで内臓脂肪測定を行うことが望ましい」と記載されている。ところが、CT スキャンを利用した場合、被測定者が被曝してしまうという問題がある。これは、メタボリックシンドロームのリスクの低い患者、すなわち先の第一次予防から第二次予防の初期段階の患者においては、無駄な被曝をさせる可能性は否めない。このため、スクリーニングにおいてはウェスト周囲径といった簡略で侵襲性の低い計測法が導入されている。また、経過観察時においても、複数回の計測を行うことが必要となる。しかし、CT スキャンのこのような利用のされ方は重篤な被曝につながるために現実的ではなく、被曝のない低い侵襲性を持ち、かつ精度の高い計測法が求められている。

内臓脂肪蓄積の計測法として、低い侵襲性かつ高い精度を持つものが強く望まれている。これに対して、体脂肪率などを計測する体重体組成計において採用されている生体インピーダンス法 (BIA, Bio-Impedance Analysis) を応用した方式にて研究開発が進められてきた [13–16]。

内臓脂肪の直接計測は困難であるため、式 (1) に示すように、全断面積 (CSA) より皮下脂肪面積 (SFA) と骨や筋肉などの脂肪以外の除脂肪面積 (LBA) を引くことで内臓脂肪面積 (VFA) を得ることが考えられる。

$$VFA = CSA - SFA - LBA \quad (1)$$

本装置の計測はCTスキャンと同様に仰臥位にて行う。計測値は、臍位置の腹部断面の横長 a および縦長 b 、さらに腹部表面および両手足と腹部の2種類のインピーダンス Z_S , Z_T を用いる。前者のインピーダンス Z_S は皮下脂肪面積、後者 Z_T は除脂肪面積に関連する項として推定式を組み立てている [14–16]。式 (1) に示す計測原理と各計測値間の関係について、図 3 に示す。ただし、各計測値をそのまま説明変数として用いるだけでは推定性能が得られない [13]。このため、CT スキャンおよび BIA 法によって計測した 196 名分のデータ (女性 95 名、男性 101 名、年齢 30–69 歳、内臓脂肪面積 $8.1 \sim 213.4 \text{ cm}^2$) を活用した。まず、表 2 に示すような変数間の意味ある組み合わせを準備する。さらにオーバーフィッティングおよび多重共線性の問題を

回避するために、各変数の組み合わせに対して、赤池情報量基準 (Akaike Information Criterion, AIC)[17] と分散拡大要因 (Variance Inflation Factor, VIF)[18] を用いた変数選択を実施している [16]。その後、同データによる重回帰分析を適用することで式 (2) に示す推定式における各説明変数に対する係数を決定した。

$$\tilde{A}_{VFA} = \alpha_1 a + \alpha_2 b^2 + \alpha_3 Z_S \sqrt{a^2 + b^2} + \frac{\alpha_4}{Z_T} + \varepsilon \quad (2)$$

評価用として、推定式に変数として採用しない性別・年齢・ウェスト周囲径について均質化した 180 名からなるデータセット (女性 90 名、男性 90 名、年齢 22–80 歳、ウェスト周囲径 $65.8 \sim 120 \text{ cm}$) を新たに準備した。同データを利用したCTスキャンによる内臓脂肪面積と BIA 法による推定内臓脂肪面積について比較評価したところ、相関係数 0.88、誤差平均 -1.38 、誤差標準偏差 27.28 という結果を得た。

なお、本計測装置は被曝の恐れがないため、月単位や週単位での計測が可能となる。体重変化には現れないような内臓脂肪の現象を把握することができ、生活習慣改善に向けてのモチベーションの維持・向上という効果が期待される。

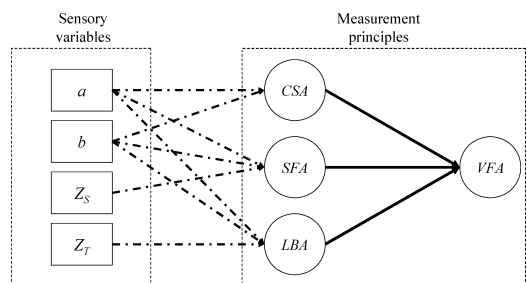


図 3 内臓脂肪面積計算原理と計測変数の関係

表 2 変数候補

関連因子	変数候補	概要
全断面積 (CSA)	a, b	計測変数
	$a^2, b^2, ab, \sqrt{a^2 + b^2}$	全断面積の変数候補
皮下脂肪面積 (SFA)	a, b, Z_S	計測変数
	$aZ_S, bZ_S, a^2Z_S, b^2Z_S, abZ_S, \sqrt{a^2 + b^2}Z_S$	皮下脂肪面積の変数候補
除脂肪面積 (LBA)	a^2, b^2, Z_T	計測変数
	$1/Z_T, a/Z_T, b/Z_T, a^2/Z_T, b^2/Z_T, ab/Z_T, \sqrt{a^2 + b^2}/Z_T$	除脂肪面積の変数候補

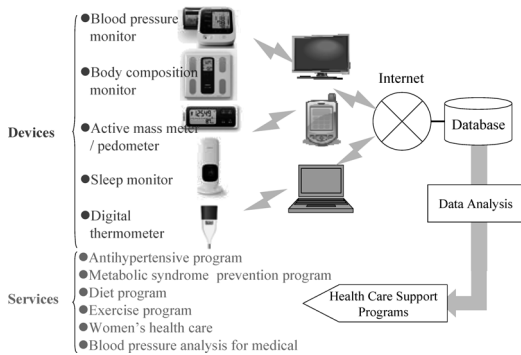


図 4 ヘルスケア・プラットフォームのシステム構成

4.2 ヘルスケアデータ活用プラットフォーム

さまざまなヘルスケア・デバイスが提供されているなかで、ICT (Information and Communication Technology) の発展によりネットワーク接続の簡便性が高まると同時にデータ収集の信頼性や安全性が確保されるようになった。消費者向けサービス WellnessLINK[19]、および医療向けサービス MedicalLINK[20] を支えるプラットフォームのシステム構成を図 4 に示す。図のように各種ヘルスケア・デバイスがパソコン、テレビ、携帯電話、スマートフォンを介してデータをデータベースに蓄積する仕組みを提供する。同時に蓄積されたデータの解析を通じて、健康管理に役立てる各種プログラムをサービスとして提供している。

以降では各種計測データの解析・集計例について紹介する。生体信号として血圧、生活習慣関連として睡眠、食事の代替指標として体重、活動量の各指標簡単に取り上げることとする。

4.3 血圧

高血圧治療ガイドライン 2009 [8] では、家庭にて計測する血圧の重要性が指摘されている。関連して、早朝高血圧・夜間高血圧・白衣性高血圧・仮面高血圧などの病院やクリニックでは診断できない種類の高血圧症が紹介されている。さまざまな要因で血圧は変化するが、その一例を図 5、図 6 に示しておく [21]。

4.4 睡眠における指標と状態分類

睡眠はわれわれの日常生活の重要な位置を占め、多くの現代人が睡眠に悩みを抱えている。医療における睡眠障害や睡眠時無呼吸症候群の診断には Polysomnography (PSG) と呼ばれる大がかりなシステムが用いられている。これは、脳波図 (Electroencephalogram, EEG)、心電図 (Electrocardiogram, ECG)、眼球運動図 (Electro-oculogram, EOG)、さらに呼吸計測のための流量計やチェストベルトなどから構成される。非

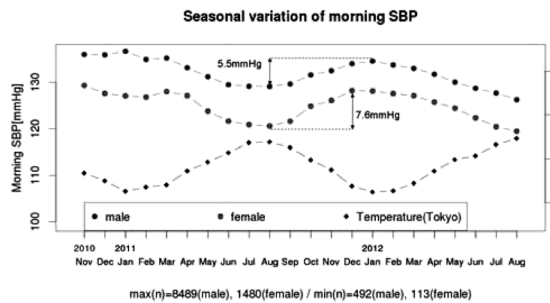


図 5 血圧の季節変動と気温変化

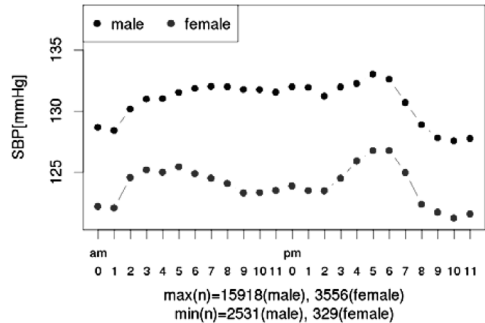


図 6 血圧の日内変動

常に拘束性が高く、日常生活における睡眠環境とは大きく異なっている。

ここではベッドサイドに置くだけで計測可能な電波センシング技術 [22] を活用した睡眠モニターとその解析プログラムについて簡単に紹介する。図 7 に利用の様子を示す。電波を利用し、体動および胸郭運動をとらえることで、睡眠状態を分類する指標と基準の開発を行った。これらにより、睡眠時の状態を図 8 に示すようなグラフにて提示する。これにより、睡眠の特徴を定量的に把握することができる。

4.5 体重計測と減量支援

論文 [23] で提案されている手法は、糖尿病の減量指導を簡略化し、体重体組成計というデバイスと減量支援プログラムというサービスを実現したものである。体重は起床後が最も軽く、寝る前が最も重い。この性質を利用し、1 カ月間の減量目標に従い、朝の体重計測時に夜の体重目標を体重計が提示する。日々、朝晩の計測を繰り返すことに対する確な目標提示を行うことで減量成功に導くものである。この支援プログラムを利用した約 4,500 名のデータを活用し、減量成功パターンを抽出した。結果、図 9 に示す、日々の上限体重(夜)と下限体重(朝)のゾーンによるガイドを提示することが可能となった。



図7 非接触型睡眠モニター

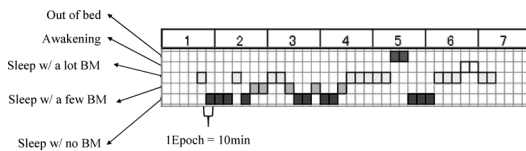


図8 一晩の睡眠状態

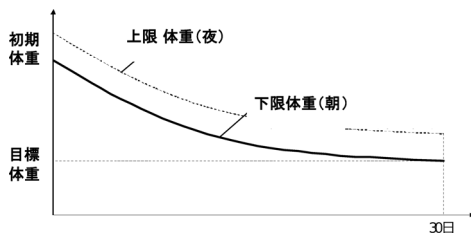


図9 体重ゾーンによる減量支援

4.6 活動量計と身体活動解析プログラム

2006年に厚生労働省より生活習慣病を予防するための身体活動・運動量および体力の基準値が示されている[24]。この指針によると、以下のように身体活動や運動が定義されている

- **身体活動**：安静にしている状態より多くのエネルギーを消費するすべての動き。
- **運動**：身体活動のうち、体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施するもの。
- **生活活動**：身体活動のうち、運動以外のものをいい、職業活動も含む。

また、身体活動の強さを表す単位として「メッツ (METS)」, 量を表す単位として「メッツ・時」を「エクササイズ (EX)」として定義した。身体活動の強さを安静時の何倍に相当するかを表し、座って安静にしている状態が1メッツ、普通歩行が3メッツに相当する。したがって、ある強度の運動をどれくらいの時間をかけて行ったかを表す単位がエクササイズとなる。なお、

カロリーは体重差によって変動するために、身体活動の単位には用いていない。ただし、エクササイズと体重と係数 1.05 を掛け算することで、エネルギー消費量 (カロリー) は簡単に換算できる。従来の歩数計は、炊事、掃除や洗濯などの家事における生活活動の強度が過小評価する傾向がある。一方、活動量計では身体の動きと姿勢変化をとらえるアルゴリズムにより、さまざまな生活活動の強度・量をより正確に計測することができる [25]。このデバイスによって、従来の歩数よりも正確に身体活動の強度および量を計測、蓄積が可能となる。

5. おわりに

生活習慣病の予防と改善に向けた、システムヘルスケアと呼ぶ健康管理へのシステム論的アプローチについて紹介した。開発事例としてネットワークを介した健康管理のためのデバイスとサービス開発について、特にデータ・インテリジェンスに着目する形で述べた。血圧および生活習慣に関連する指標について、十分な議論をすることはできなかったが、このようなプラットフォームによってデータの蓄積と活用を行うことが可能となった。今後は蓄積されたデータを元にしたデバイスとサービスの洗練がますます加速されることが期待される。

参考文献

- [1] 厚生労働省, 平成 22 年国民生活基礎調査の概況, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/>, 2011.
- [2] 国立社会保障・人口問題研究所, 人口統計資料集, <http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Popular/Popular2010.asp?chap=0>, 2010
- [3] メタボリックシンドローム診断基準検討委員会, メタボリックシンドロームの定義と診断基準, 日本内科学会雑誌, **94**(4), 794-809, 2005.
- [4] The Examination Committee of Criteria for 'Obesity Disease' in Japan, Japan Society for the Study of Obesity, New Criteria for 'Obesity Disease' in Japan, *Japanese Circulation Society Journal*, **66**(1), 987-992, 2006.
- [5] NIPPON DATA 80 Research Group, Risk Assessment Chart for Death From Cardiovascular Disease Based on a 19-year Follow-up Study of a Japanese Representative Population—NIPPON DATA 80, *Japanese Circulation Society Journal*, **70**, 1249-1255, 2006.
- [6] 厚生労働省・健康局総務課生活習慣病対策室:平成22年国民健康・栄養調査結果の概要, <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000020qbb.html>, 2012.
- [7] F. H. Messerli and D. Cotiga, Masked Hypertension and White-coat Hypertension—Therapeutic Navigation Between Scylla and Charybdis, *Journal of the American College of Cardiology*, **46**(3), 516-517, 2005.
- [8] 日本高血圧学会, “高血圧治療ガイドライン 2009,” 2009.

- [9] H. Nakajima, T. Shiga, and Y. Hata, Systems Health Care—Coevolutionary Integration of Smart Devices and Smart Services, *Proc. Service Research & Innovation Institute (SRII)*, Global Conference 2012, 2012.
- [10] H. Nakajima, T. Shiga, and Y. Hata, Systems Health Care—Daily Measurement and Life Style Change, *Proc. SPIE Defence, Security+Sensing*, 2012.
- [11] H. Nakajima, Y. Hasegawa, H. Tasaki, T. Iwami, and N. Tuchiya, Health Management Technology as a General Solution Framework, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration (SICE JCMSI)*, **1**(3), 257–264, 2008.
- [12] H. Nakajima, Fuzzy Logic and Data Mining, Proceedings of 1996 Asian Fuzzy System Symposium, Kenting Taiwan, 133–138, 1996.
- [13] M. Ryo, et al: A New Simple Method for the Measurement of Visceral Fat Accumulation by Bioelectrical Impedance, *Diabetes Care*, **28**(2), 451–453, 2005.
- [14] 志賀利一, インピーダンス法による新規の内臓脂肪測定法, 最新医学, **61** (3月増刊号), 615–623, 2006.
- [15] T. Shiga, T. Hamaguchi, Y. Oshima, H. Kanai, M. Hirata, K. Hosoda, and K. Nakao, A New Simple Measurement System of Visceral Fat Accumulation by Bioelectrical Impedance Analysis, *WC 2009 IFMBE Proceedings 25/VII*, 338–341, 2009.
- [16] H. Nakajima, H. Tasaki, N. Tuchiya, T. Hamaguchi, and T. Shiga, Visceral Fat Estimation Method by Bioelectrical Impedance Analysis and Causal Analysis, Proc. SPIE 8058, Independent Component Analyses, Wavelets, Neural Networks, Biosystems, and Nanoengineering IX, 80580Z, 2011.
- [17] H. Akaike, A New Look at the Statistical Model Identification, *IEEE Trans on Automatic Control*, **AC-19** (6), 716–723, 1974.
- [18] P. Armitage, G. Berry, and J. N. S. Matthews, Statistical Methods in Medical Research, Wiley-Blackwell, 358–360, 2001.
- [19] <http://www.wellnesslink.jp/p/>
- [20] <http://www.ml.omron.co.jp/>
- [21] C. Miyabashira, K. Miura, A. Fujisaki, N. Tuchiya, H. Nakajima, T. Shiga, and H. Ueshima, Proposal of New System to Support Lifestyle Modification for Hypertensive Patients and Its Prospects, *Journal of Hypertension*, **30**, September, 2012.
- [22] P. D. Chazal, N. Fox, E. O’hare, C. Henegan, A. Zaffaroni, P. Boyle, S. Smith, C. O’Connell, and W. T. McNicholas, Sleep/wake Measurement Using a Non-contact Biomotion Sensor, *Jornal of Sleep Research*, **20**(2), 356–366, 2011.
- [23] Y. Oshima, et al. Effect of Weight-loss Program Using Self-weighting Twice a Day and Feedback in Overweight and Obese Subject: A randomized controlled trial, *Obesity Research & Clinical Practice* (in press), 2012.
- [24] 運動所要量・運動指針の策定検討会, 健康づくりのための運動指針 2006～生活習慣病予防のために～, <エクササイズガイド 2006>, <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou.html>, 2006.
- [25] Y. Oshima, K. Kawaguchi, S. Tanaka, K. Ohkawara, Y. Hikihara, K. Ishikawa-Tanaka, and I. Tabata, Classifying Household and Locomotive Activities Using a Triaxial Accelerometer, *Gait & Posture*, **31**(3), 370–374, 2010.