

センサー技術を活用した健康管理の標準化に関する調査研究

# 報 告 書

平成22年3月

財団法人 ニューメディア開発協会



この事業は、競輪の補助金を受けて  
実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>



## 序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、情報・機械産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、都市、防災、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには技術開発力の強化に加えて、多様化、高度化する社会的ニーズに適応する情報・機械システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢の変化に対応するため、財団法人ニューメディア開発協会では、財団法人JKAから自転車等機械工業振興事業に関する補助金の交付を受けて、ニューメディアを開発・普及する補助事業を実施しております。

本「センサー技術を活用した健康管理の標準化に関する調査研究」は、ニューメディアを基礎とした調査・研究事業の一環として、当協会がイデア コラボレーションズ株式会社及び株式会社日立製作所に委託し、実施した成果をまとめたもので、関係諸分野の皆様方にお役に立てれば幸いです。

平成22年3月

財団法人 ニューメディア開発協会

## 目次

1. はじめに	2
2. 健康管理が可能なセンサー技術に関する調査	4
2.1 健康管理が可能なセンサー技術の動向	4
2.2 センサー技術活用による健康管理機器・システムの動向	46
2.3 センサーネットワークの標準化動向	73
3. ネットワークの活用によるリアルタイムな健康管理実現方法の検討	78
3.1 ネットワークの活用によるリアルタイムな健康管理実現における課題	78
3.2 実現イメージの検討	91
4. おわりに	97

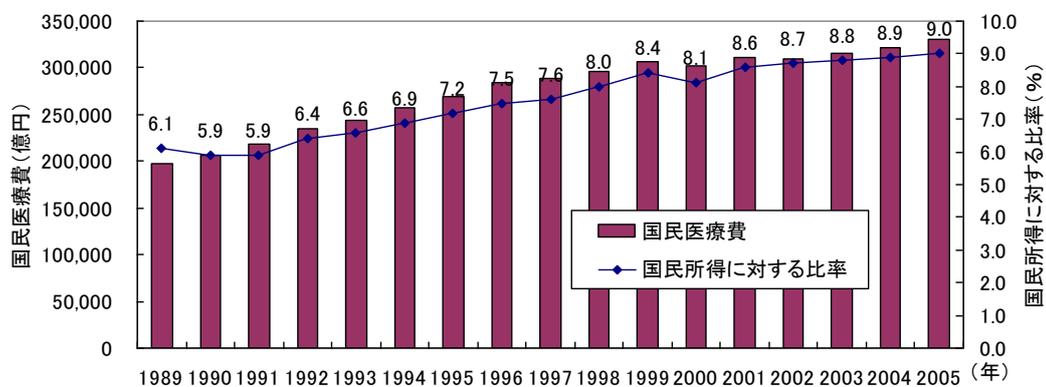
## 1. はじめに

### (1) 年々増大する医療費と医療・生活スタイルの変化

2005年国民医療費は約33兆円を突破して増加し続けており、国民一人当たりの負担額は国民所得の9.0%を超えた。

原因としては、①高齢者の増加、②新しい治療法開発による恒常的な保険適用範囲の拡大、③様々な方法で限りない延命治療を求められる医療現場、④生活習慣病の増加などが上げられる。

図1-1 国民医療費の推移<sup>1</sup>



50年前は、日本人の主な死因は感染症であったが、厚生労働省の2008年人口動態統計によると、がん、心臓病、脳血管疾患の3大死因で57%を超える。心臓病と脳血管疾患のような主要な死因の下地になる病気は、糖尿病・脂質異常症・高血圧・高尿酸血症であり、喫煙を含めて「予防可能な死因」とされている。

厚生労働省の2007年国民健康・栄養調査によると、糖尿病患者は約890万人となっており、メタボリック症候群は予備軍も含め2210万人と推定されている。

2008年4月に特定検診・保険指導の施行に伴い、健康管理が義務化されるようになった。また、特定保険用食品(トクホ)の流行で、健康市場が注目されつつある。治療から予防、更には健康増進へと医療・生活スタイルの変更により、健康寿命の増進と人間らしい質の高い生活(QOL)の実現が求められるようになった。

### (2) 健康管理に資するIT分野の進歩

コンピュータやMEMS技術の発達により、センサー自身への無線通信モジュールの組み込みが進められている。また、ワイヤレスネットワーク、高速大容量通信の進展やモバイルの普及により、セ

<sup>1</sup>: 厚生労働省「平成17年国民医療費の概況」

ンサーが物の状況や周辺環境を認識し、センサー同士の自律的な情報流通が可能となっている。

さらに、センサー単独では実現できない機能を多くのセンサー情報から推論するセンサーフュージョン手法の応用なども進められている。これは単一センサー情報の不確定性を回避するだけでなく、複数のセンサーから情報の質を向上させることが可能となる。このように、ユビキタスネットワークの時代が到来し、ヘルスケアに向けた個人の健康データの収集が容易になりつつある。

本レポートでは上記のような社会及び技術のトレンドを詳細に調査分析した上で、ネットワークの活用によるリアルタイムな健康管理実現方法を検討する。

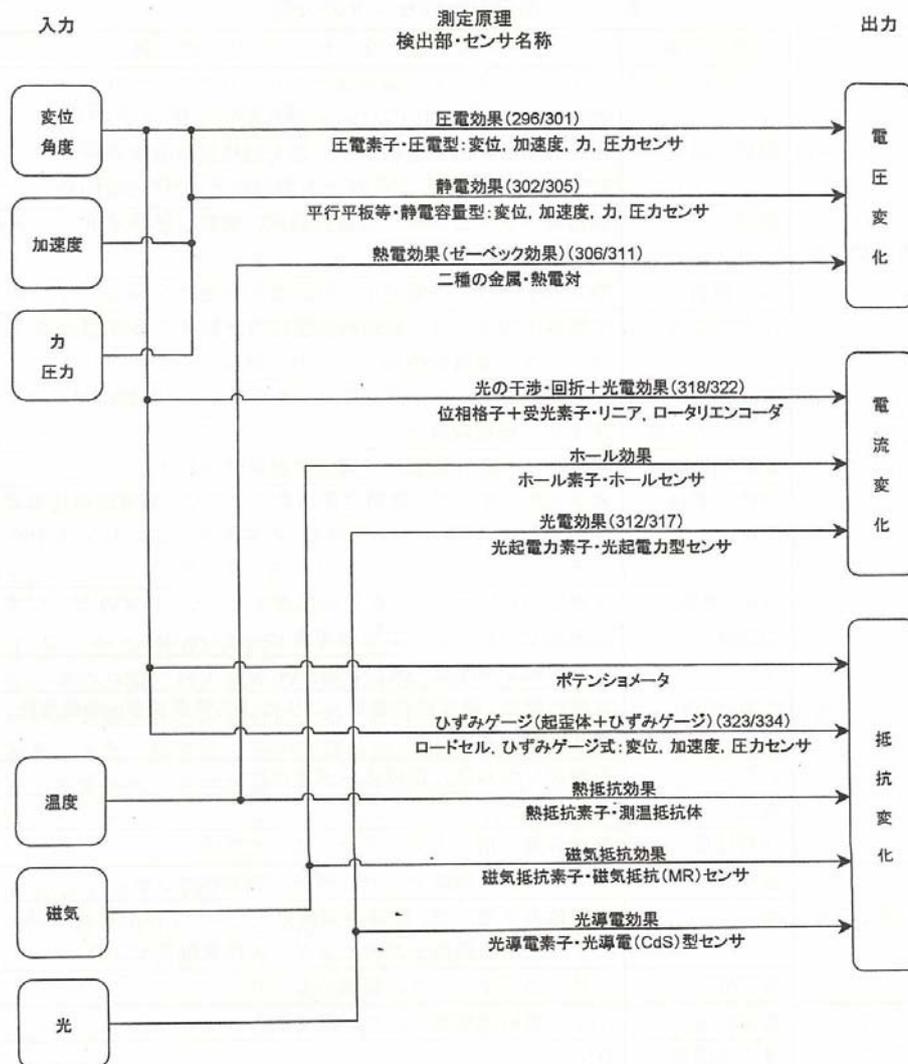
## 2. 健康管理が可能なセンサー技術に関する調査

### 2.1 健康管理が可能なセンサー技術の動向

#### (1) センサーの概要

センサーは測定対象の状態、状況などを計測することで、ものを動かす、制御する、警報を出すなど目的の状態に保つためのコントロールを実施するための情報収集の役割を果たすツールである。センサーを用いた計測技術の活用される分野は、家電、工業分野、ロボット、医療、交通システム、環境分野、セキュリティなど種々あり、その形態も多種多様である。センサーで取り扱う計測技術は、温度、光、磁気、音、速度、加速度、振動、変位、長さ、角度、圧力、流量、環境、ガス、溶液など広範囲に及んでいる。

図2-1 測定原理に基づくセンサーの種類<sup>2</sup>



<sup>2</sup>: 制御と計測 第45巻 第4号 P294(2006.04)

(2) センサーの分類

測定対象別による分類は最も一般的な分類法である。応用分野との対応や人の五感との関連付けも容易で、一般に広く用いられている。しかしながら、同一計測器が複数の測定対象に使用される場合もあるため、必ずしも万能な分類法でない。

ここでは、本分類を元に健康管理に関わるセンサーとして物理センサー(温度、力・重量、圧力センサー、振動・衝撃・加速度センサー)、バイオセンサー(血糖センサー、尿糖センサー)と血圧・血流センサーについて報告する。

表2-1 測定対象別センサーの分類<sup>3</sup>

	測定対象	代表的センサーの例
物理センサー	光(紫外、可視、赤外)	フォトダイオード、紫外線センサ、リニアセンサ 固体撮像素子(CCD, CMOS)、赤外線カメラ
	磁界、磁束	ホール素子、磁気抵抗素子、巨大磁気抵抗効果素子、 MIセンサ、フラックスゲート型磁気センサ、SQUID
	温度	熱電対、サーミスタ、測温抵抗体、感温フェライト、 サーモパイル
	力、重量	ひずみゲージ、圧電力センサ、ロードセル、トルクセンサ
	圧力センサ	半導体圧力センサ、静電容量型圧力センサ、共振(震動)型圧 力センサ、電気抵抗型、ブルドン管型
	音、超音波	超音波振動子、コンデンサマイクリフォン、動電型マイクロ フォン、磁歪振動子
	放射線	電離箱、GM計数管、半導体放射線センサ
	位置、変位、 角度	光学式変位センサ、静電容量型変位センサ、渦電流検出方式 変位センサ、光ファイバ変位計、光学式エリニアエンコーダ、 ポテンショメータ、ロータリーエンコーダ
	振動、衝撃、 加速度	圧電型加速度センサ、容量式加速度センサ、ひずみゲージ式 加速度センサ、サーボ型加速度センサ
	回転力	圧電振動ジャイロ、光ファイバージャイロ
	流量、流速	電磁流量計、超音波流量計、コリオリ式質量流量、渦流量計、 熱式質量流量計
	レベル	超音波レベル計、投げ込み式水位計
	電位	電位センサ
	接触位置	静電容量、抵抗式タッチセンサ、光学式
化学センサー	湿度	セラミックス湿度センサ、高分子膜湿度センサ、
	ガス	半導体ガスセンサ、熱線半導体ガスセンサ、接触燃焼式ガス センサ、水晶振動子ガスセンサ、固体電解質センサ
	溶液成分	イオン感応型センサ、膜電位センサ
バイオ センサー	溶液成分	イオン感応型酵素センサ、微生物センサ、免疫センサ
	遺伝子情報	DNAチップ

<sup>3</sup>: 東レリサーチセンター「ユビキタス時代のセンサー技術」

### (3) 物理センサー

近年、高精度で安価なセンサーの開発が進展している。ここでは、物理センサーとして温度センサー、力・加重センサー、圧力センサー、振動・衝撃・加速度・ジャイロセンサーを取り上げる。

無侵襲で長時間の生体データを計測することができるため、日常生活における人の行動をセンシングが可能である。これにより、日々の体調チェックや行動パターンの分析など、ユビキタスな健康管理が可能となる。

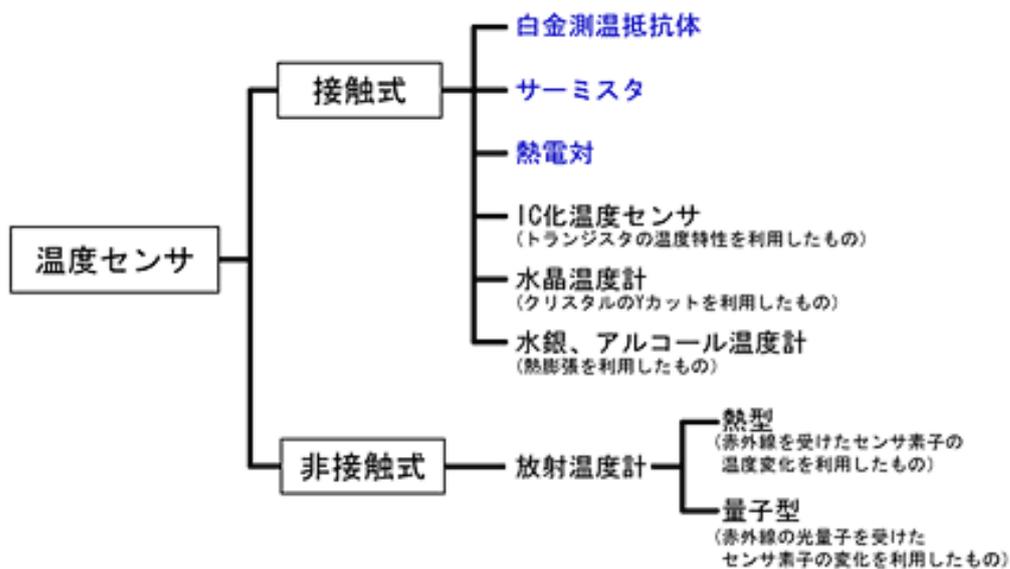
#### ① 温度センサー

##### 【種類】

温度センサーはセンサーの中で最も古いものであり、家電製品の温度制御や化学工場での温度計測だけでなく、水位、湿度、流速や圧力などの計測制御にも用いられている。

また、熱起電力や電気抵抗を利用する接触式と輝度や赤外線強度などで温度を測定する非接触式のものがある。各温度センサーには使用温度に範囲があり、用途に応じて適用種類が異なる。主に利用されるのは、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタであり、以下で説明を行う。

図2-2 温度センサーの種類<sup>4</sup>



<sup>4</sup>: ライン精機HP

表2-2 温度センサーの種類<sup>5</sup>

温度センサーの種類	仕様温度範囲
水晶温度計	-100℃～220℃
サーミスタ	-200℃～800℃
IC化温度計	-55℃～150℃
白金測温抵抗体	-180℃～600℃
水銀温度計	-30℃～350℃
アルコール温度計	-60℃～100℃
熱電対R(白金、ロジウム)	200℃～1400℃
熱電対K(クロメル、アルメル)	0℃～1000℃
放射温度計	0℃～2000℃

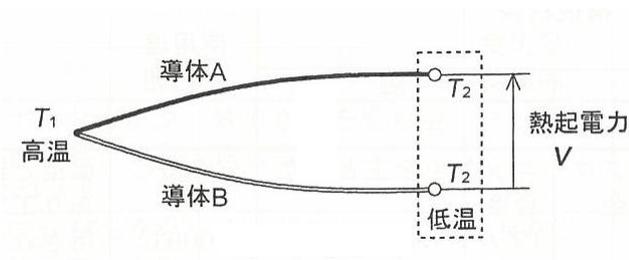
【原理・特徴】

熱電対

2種類の金属で回路を作り、その2つの接合点を異なる温度に保つと熱起電力が生じて電流が流れる原理「ゼーベック効果」を利用している。

熱電対では測温接点と基準接点間の熱起電力を測定する。測温接点の温度を知るためには基準接点の温度を一定にする必要があり、一般に0℃をとって起電力が定義される。

図2-3 熱電対<sup>6</sup>



熱電対は国際規格であるIEC584(JISC1602)に規定されており、白金とロジウムを組み合わせた貴金属熱電対は卑金属熱電対に比べて融点が高い。広範囲で高温領域(0～1400℃)の安定性に優れる。

保護管の中に酸化マグネシウムやアルミナを硬く充填し、内部を電氣的に絶縁したシース型熱電対がある。シース径の5倍以上の曲率ならば曲げも可能で、熱応答性の向上や耐熱性などに特

<sup>5</sup>: ライン精機HP

<sup>6</sup>: 制御と計測 第45巻 第4号 P306-311(2006.04)

長があるが、吸収性が強く、湿気に弱い特性を持つ。

表2-3 熱電対と使用温度 (JISC 1602)<sup>7</sup>

記号	+脚	-脚	使用温度範囲(°C)
K	クロメル	アルメル	-200~1000
E	クロメル	コンスタン	-200~700
J	鉄	コンスタン	-200~600
T	銅	コンスタン	-200~300
N	ナイクロシル	ナイシル	-200~1200
S	白金・ロジウム(10%)	白金	0~1400
R	白金・ロジウム(13%)	白金	0~1400
B	白金・ロジウム(30%)	白金	300~1550

クロメル=ニッケル・クロム合金、アルメル=ニッケル・アルミニウム合金、コンスタン=ニッケル・銅合金

ナイクロシル=ニッケル・クロム・シリコン合金、ナイシル=ニッケル・シリコン合金

#### 白金測温抵抗体

白金、銅、ニッケルは温度に対して電気抵抗が増加する特性を持っており、非常に安定している。特に、白金を用いた測温抵抗体は低温(氷点下)から高温(500°C)まで温度特性が安定しており、JISでも、標準温度計として認められている。

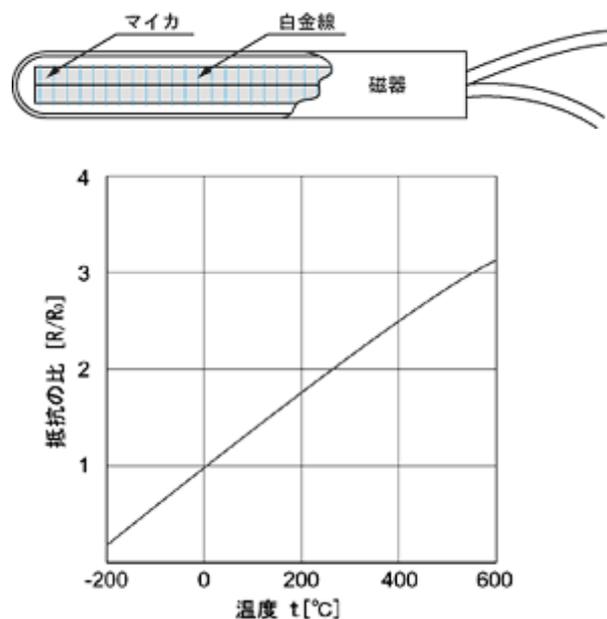
温度検出素子には金属線である抵抗線が巻かれているものと、薄膜型の2種類がある。量産品として普及している薄膜白金抵抗素子は絶縁物の上に白金を蒸着させて作るため、抵抗比の高いものは作れないが、巻き線のものに対して安価である。

近年、測温部の長期安定性や互換性の要求から、サーミスタから白金測温抵抗体への変更が目立つようになってきている。

---

<sup>7</sup>: ライン精機HP

図2-4 白金測温抵抗体<sup>8</sup>



サーミスタ(Thermistor : Thermal Sensitive Resistor)

サーミスタは半導体の温度特性を利用した温度センサーであり、国内における年間の生産量は数億本に達している。白金測温抵抗体に比べて約10倍の感度を持ち、高出力が得られる特性がある。

0.001～0.01℃の微妙な温度差を検出できるため、計測センサーとして分析機器、医用電子機器だけでなく、事務機、空調機や一般家電製品まで幅広く利用されている。

サーミスタの種類はNTC (Negative Temperature Coefficient)、PTC (Positive Temperature Coefficient)、CTR (Critical Temperature Resistor)の3つに分かれる。

NTCタイプは温度の上昇に対して、指数関数的に抵抗値が減少する特性を持ち、常温の抵抗値が高く、温度に対する抵抗変化量が大きいことから、温度検出用途に用いられる。

PTCタイプはチタン酸バリウムを材料としており、温度スイッチとして家電分野での使用が多い。ヒーターの制御や過電流保護用途に使用されている。

CTRタイプは5酸化バナジウムと他の金属を焼結、急冷却して作られており、温度警報などの用途に用いられている。

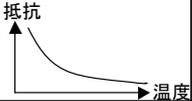
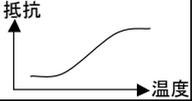
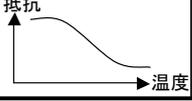
<sup>8</sup>: ライン精機HP

図2-5 サーマスタの特性<sup>9</sup>



サーミスタ概観

表2-4 サーマスタの特性<sup>10</sup>

種類	特性	仕様温度範囲	特性カーブ	利用法
NTC	温度上昇と共に抵抗値が減少 (負の温度係数)	-50~400°C		温度測定
PTC	温度上昇と共に抵抗値が増大 (正の温度係数)	-50~150°C		温度スイッチ
CTR	温度上昇と共に抵抗値が増大 (負の温度係数)	-50~150°C		温度警報 (スイッチング特性)

【技術動向】

村田製作所は温度検知素子部の幅が1.2mmと他社従来品の約半分で、リード線も長いリードサーミスタ「サーモストリング」の量産を始めた。リチウムイオン二次電池内で複数並ぶセル電池のすき間など、狭い個所の温度検知で需要を見込む。リード線は直径0.3mmと細く柔軟性が高く、長さ25~50mmまで対応。設計の複雑な電子機器内部で引き回せるため、サーミスタを搭載する製品のデザイン自由度が高められる。<sup>11</sup>

三菱マテリアルは1日、世界で初めて-40~100°Cの範囲内において、±0.5°Cの温度精度を実現した表面実装型の超高精度チップサーミスタを開発した。来年1月から量産を開始する。同社従来品の高精度NTCサーミスタ「THシリーズ」は、抵抗値公差±1%、B定数公差±1%で、100°Cでの温度精度は1°C程度(抵抗値精度3.5%)。今回、材料プロセスの高精度化により、表面実装型チップサーミスタとしては世界初のB定数許容差プラスマイナス0.3%を実現し、NTCサーミスタの弱点だった低温および高温での抵抗値のばらつきを大幅に改善した。<sup>12</sup>

<sup>9</sup> <sup>13</sup> :ライン精機HP

<sup>11</sup> :2009/10/05 日刊工業新聞

<sup>12</sup> :2009/10/02 鉄鋼新聞

タカラ・サーミスタは、-70～250℃の温度測定ができる白金測温抵抗体を7月に発売する。要望に応じてリード線の長さや種類を変更する。価格は2万円以下で、年1万本の販売を見込む。電気抵抗が温度に比例して増加する性質を利用し、温度変化を測定する。抵抗体に白金を用いることで、微小温度を測定する従来のサーミスタより広範な温度を測定できる。応答性は1.5-10秒。先端部の外径が3.2mmのフッ素系樹脂モールド型と同2.3mmステンレス保護管型の2機種をそろえる。<sup>13</sup>

TDKは広い範囲の温度を高精度に検知できるNTCサーミスタ「リニア出力温度センサー」を開発した。チップタイプでは-40～125℃、ダイオードタイプでは-40～200℃の検知ができる。同社従来品は±3℃以内の誤差で検知できる温度範囲が75℃までだったが、開発品は135℃の高温域まで可能になった。主に車載用途を見込む。<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> :2008/06/23 日刊工業新聞

<sup>14</sup> :2008/05/28 日刊工業新聞

## ② 力・重量センサー

力は直接電氣量に換算できないので、物体に力が加えられた時に発生するひずみを検出する。ひずみの検出にはひずみゲージ、圧電素子、半導体圧力センサーが用いられる。

### ひずみゲージ

ひずみゲージはひずみを金属の伸びによる抵抗変化に変換する素子であり、一般に同じ材料であれば、細長いほど抵抗値が大きくなる。

ひずみが生じる物体に絶縁体をはさんで密着すれば測定体の伸縮に比例してひずみゲージも伸縮し、抵抗値が変化する。

センサー構造のシンプルさ、高応答性、出力の直線性などの理由から応力測定用のセンサーとして広く用いられている。

### 【原理】

抵抗体が直線で断面積が一定の場合、抵抗値 $R$ は次式で与えられる。ここで $a$ は断面積、 $l$ は長さ、 $\rho$ は材料によって決まる比抵抗である。

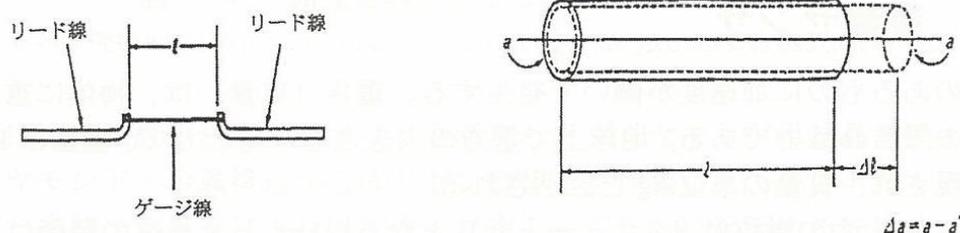
$$R = \rho \cdot \frac{l}{a} \quad (2.1)$$

抵抗体を軸方向に引っ張ると、点線のように $\Delta l$ だけ伸びる。断面積は $a$ だけ減少し、抵抗は $R$ だけ増加する。この時、ひずみ量 $\varepsilon$  ( $\Delta l/l$ )はゲージ率 $K$ を用いて次式で表される。

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{K} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad (2.2)$$

ここで、ゲージ率 $K$ は金属の材質によって異なるが、一般のひずみゲージの場合は2.0となり、ゲージ抵抗の変化を測定すれば、ひずみ量を知ることができる。

図2-6 ひずみの測定原理図

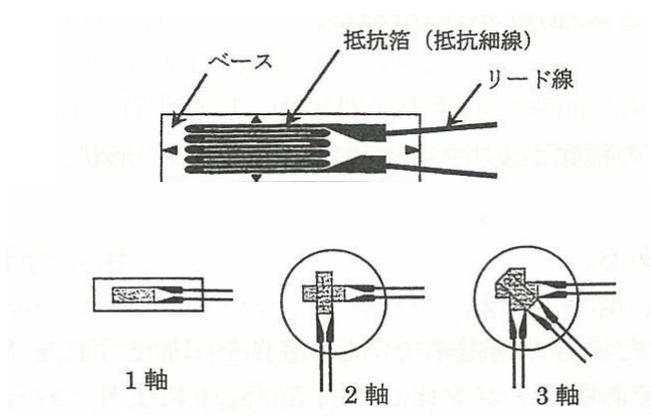


### 【構造】

ひずみゲージの基本構造は、ベースとなる絶縁物の薄板上に銅線またはフォトリソグラフィした金属抵抗箔を接着剤で貼付けし、リード線を取り付けたものである。被測定体に生じるひずみは、銅線または箔に伝わり、伸縮が生じて抵抗が変化する。

ひずみゲージは使用目的や大きさ材質により、種類が分かれる。一般的には抵抗体に銅-ニッケル合金、絶縁物にガラス、ペーパーなどの基材にフェノール樹脂、エポキシ樹脂などが用いられる。単軸ゲージは1方向のひずみを測定し、2軸ゲージは平面の主応力方向がわかっている場合に用いられる。3軸ゲージは主応力方向がわからない場合に利用される。

図2-7 ひずみゲージの構造<sup>15</sup>



【特長】

表2-5 ひずみゲージの特性

長所	欠点
<ul style="list-style-type: none"> <li>・小型軽量である</li> <li>・被測定体への応力影響が少ない</li> <li>・標点距離を短くできる</li> <li>・周波数応答が高い</li> <li>・多点の同時測定、遠隔操作が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・温度変化の影響を受けやすい</li> <li>・比較的湿度に弱い</li> <li>・接着にある程度のテクニックを要する</li> </ul>

圧電力センサー

力を加えると電荷が発生する現象(圧電効果)を利用したものであり、圧電力センサーは1,000kNを超える力も測定可能である。また、剛性も $10^9 \sim 10^{10} \text{N/m}$ と非常に高く、この点がひずみゲージよりも優れている。

【原理】

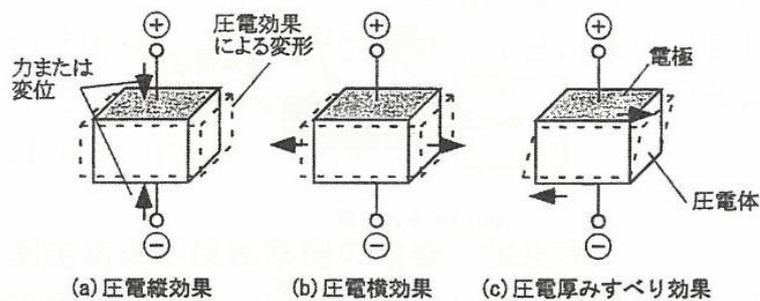
圧電体の表面に電極を付けて、電極に垂直に力を加えた場合に電荷が発生する現象を圧電縦効

<sup>15</sup>: 制御と計測 第45巻 第4号 P323-329 (2006.04)

果、電極に平行に力を加えた場合を圧電横効果、ねじれ(せん断)方向に力を加えた場合を圧電厚みすべり効果と呼ぶ。

逆に、電極に電圧を印加した場合に、変位を発生する現状を逆圧電効果と呼び、アクチュエータとしても利用される。

図2-8 圧電効果<sup>16</sup>



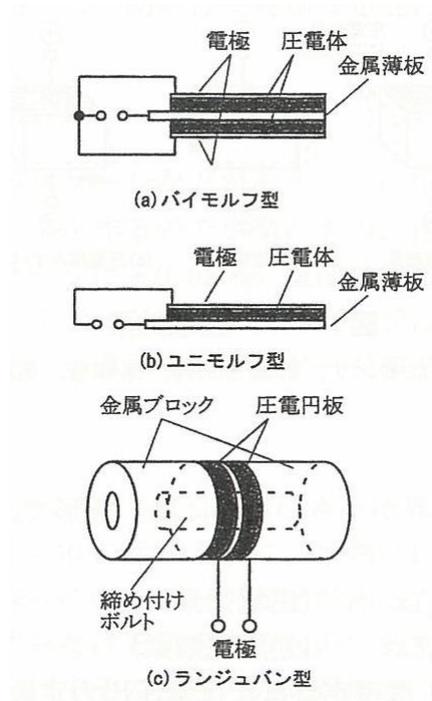
#### 【構造】

プローブや構造体に直接貼り付けてひずみを測定する場合には、圧電横効果を利用する。(a)バイモルフ型では、金属薄板の両面に圧電体が貼られ、その両面に電極を設ける。また、(b)のユニモルフ型では金属薄板の片面に圧電体を貼り付け、その反対側に電極を設ける。

圧電縦効果を利用したものでは、(c)のランジュバン型があり、強力な超音波を発生する目的で用いられる。中央をボルトで締め付けて予圧を加えることで、振動時に発生する応力が圧電円板を破壊することを防止している。

<sup>16</sup>: 制御と計測 第45巻 第4号 P296-301 (2006.04)

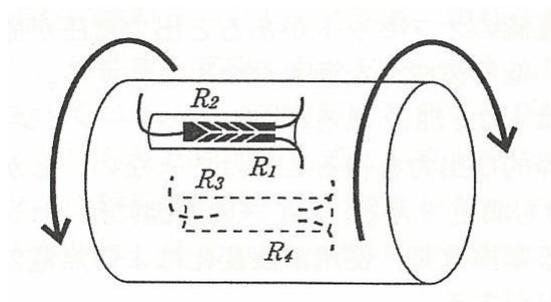
図2-9 圧電素子の形状<sup>17</sup>



トルクセンサー

2軸のひずみゲージ2枚を回転軸に対して斜め45° 方向に設置することで、回転軸に働くせん断ひずみを測定することが可能となる。このせん断ひずみからトルクを算出する

図2-10 トルク計測の原理<sup>18</sup>



<sup>17</sup>: 制御と計測 第45巻 第4号 P296-301 (2006.04)

<sup>18</sup>: 制御と計測 第45巻 第4号 P329-334 (2006.04)

## 【技術動向】

圧電式センサー世界大手のキスラーは、自動車用試験装置製品群を大幅に拡充する。同社はエンジン筒内圧センサーで世界最大手だが、ホイール6分力計、エアバッグ爆発圧計、サスペンションやシャシー各部にかかる力を測定する計測器、衝突試験装置などでも多くのユーザーを抱える。今後は可搬型のデータ解析ボックスなどを用いて、オンボード状態での計測・解析にも対応していく考え。一般的なひずみゲージ式に比べ人工水晶を用いた圧電式は、高精度で耐久性に優れるのが特徴。同社は水晶を内製しており、高温かつ高圧力下での微細な数値変動にも対応できる特徴を生かし、開発・量産双方の分野における製品を展開する。<sup>19</sup>

共和電業は最高使用温度が従来品比150℃高い950℃まで耐えられるひずみゲージを7月1日に発売する。ガスタービンやジェットエンジン、焼却炉などのひずみを高精度に実測できる。価格は26万2,000円からで、初年度100本の販売を見込む。高温になる装置のひずみの測定には通常、コンピュータによるシミュレーション解析が広く用いられている。同社は高温環境下での使用に耐えるよう、ひずみゲージは金属の保護管の中に入れたカプセル型で設計。同ゲージ素子の材料などを見直し、耐熱レベルを引き上げた。<sup>20</sup>

準大手ゼネコンの戸田建設(社長・井上舜三氏)と太平洋セメント(社長・徳植桂治氏)、沖電気工業(社長・篠塚勝正氏)はコンクリート構造物の施工・維持管理を目的とする、電源と外部配線不要のひずみ計測システムの実用化試験に成功した。同システムは電池を搭載しない13.15 MHzパッシブ型ひずみセンサー付RFIDタグをコンクリート内部に埋め込むことで、構造物に作用する様々な荷重や劣化によって生じる変位・変形を外部から電波を当てて非接触で測定する。配線が不要なため、通常の部材と同様の運搬・施工性を保ちつつ、完成後も特殊な配線をすることなく構造物の健全性が確認できる。<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup>: 2009/08/11 日刊自動車新聞

<sup>20</sup>: 2009/06/24 日刊工業新聞

<sup>21</sup>: 2008/06/23 鉄鋼新聞

### ③ 圧力センサー

圧力センサーは物体に力が加えられた時に発生するひずみをセンサーで電気信号に変換する。主にひずみを起電力に変える圧電素子、ひずみによる抵抗変化を利用するストレインゲージなどが利用されている。

構造に関わらず、ほとんどのセンサーは圧力を変位または力に変換して測定している。ダイアフラム方式ではダイアフラムの変位に伴うひずみを測定するために、ストレインゲージ型や半導体拡散抵抗型、薄膜ひずみセンサーなどが用いられる。

#### 半導体圧力センサー

##### 【原理・特長】

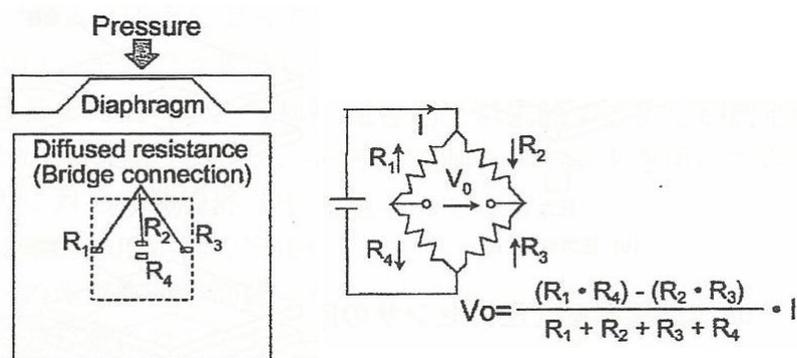
ピエゾ抵抗体を利用した拡散型の半導体圧力センサーであり、シリコンウェアの表面に集積回路の製造技術と同じプロセスで拡散ひずみゲージを形成している。

裏面からのエッチングにより、シリコンを薄くしてダイアフラムが形成されている。圧力がかかるとダイアフラムがたわみ、ひずみゲージの抵抗値が変化する(ピエゾ抵抗効果)。

シリコンを用いた拡散型の半導体圧力センサーは小型・高感度となっており、ヒステリシス等も無く、信頼性が高い。ダイアフラムは上下の圧力差により、容易に凹凸に変形するように、約20μ m～30μ mの厚さに加工されている。

ダイアフラムの表面に4ヶ所のピエゾ抵抗素子を設置し、圧力によるダイアフラムの伸縮により抵抗が変化するため、ブリッジ回路から電圧として検出する。

図2-11 圧力センサーの原理と構造<sup>22)</sup>



#### 静電容量型圧力センサー

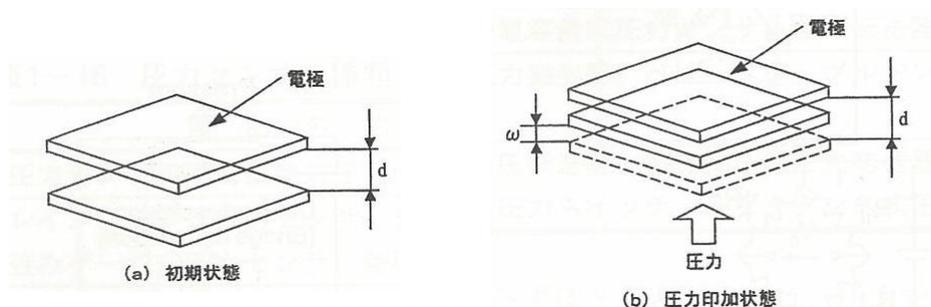
##### 【原理・特長】

静電容量は向かい合う2枚の電極の間に発生し、電極間の媒質の誘電率と電極の大きさが同じであれば、電極間の距離に依存する特徴を持つ。加えられた圧力に応じて、電極間の距離が変

<sup>22)</sup> デンソーテクニカルレビュー P10-18(2004)

化することで発生する静電容量の変化から、圧力を算出する。

図2-12 静電容量式圧力センサーの原理<sup>23</sup>

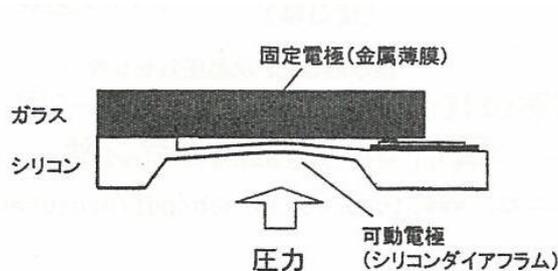


静電容量型圧力センサーは、数 $\mu\text{m}$ ～十数 $\mu\text{m}$ のダイアフラムをエッチングしたシリコンと金属薄膜を形成したガラスを貼り合せた構造である。

シリコンは適当な不純物を注入することで導体となるため、ダイアフラムは圧力によって変形する可動電極の機能を果たす。

実際には可動電極が固定電極に対して平行に動かないため、静電容量は圧力に比例した出力を得られない。そのため、発振回路による周波数変換が必要となる。

図2-13 静電容量式圧力センサー<sup>24</sup>



#### 【技術動向】

フジクラは世界最小クラスの小型絶対圧センサーを開発し、GPS機能付き携帯電話、ナビゲーションシステム、情報記録媒体など高度気圧計測を必要とする小型携帯機器へ採用を見込んでいる。今回開発したのは半導体圧力センサー技術やウェハレベルパッケージング技術などを駆使して、出力増幅回路、温度補償回路を内蔵した絶対圧センサー。パッケージサイズは縦 $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 1\text{mm}$ で出力増幅回路、温度補償回路を1パッケージ化したセンサーとしては世界最小クラスと

<sup>23</sup> <sup>27</sup>: 制御と計測 第45巻 第4号 P302-305(2006.04)

なる。標準の圧力計測範囲は600～1,100hPaで、高度や気圧変化に対応したデジタル出力が得られるのが特徴。<sup>25</sup>

エプソントヨコムは、産業機器向け高精度気圧センサーの民生機器分野での利用例として、微小な気圧の変化まで検知する未来の防犯センサーのデモ機を制作。同社がこのほど開発した高精度な水晶式絶対圧センサーを採用している。これは、小型サイズでありながら、わずか1cm単位の高低差による大気圧変化まで計測可能な0.1Paの高分解能を実現したセンサー。一般的に、圧力センサーには、小型化すると性能が低下し、高性能を求めると構造が大きくなるという技術的課題があるが、同社では感圧素子に音叉型水晶振動子を採用し、安定度の高い発振周波数を得ることで高性能を維持。さらに、独自技術であるQMEMS技術を用いたオリジナルの受圧構造を新たに開発・採用する事で、プラスマイナス10Paの高精度と0.1Paの高分解能でありながら、小型タイプ(25mm×25mm×20mm、体積12.5cc、重量15g)を実現。<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup>: 2009/01/27 鉄鋼新聞

<sup>26</sup>: 2008/11/10 セキュリティ産業新聞

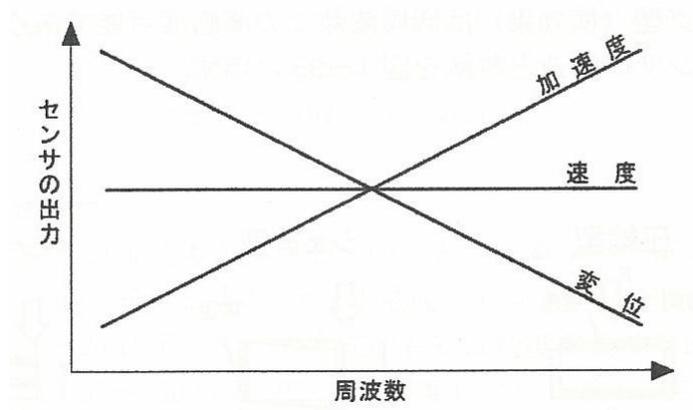
#### ④ 振動・衝撃・加速度センサー

##### 【種類】

振動は直線振動、曲げ振動、ねじり振動に分けられて、振動を定量的に測定するために、変位・速度・加速度の物理量を用いる。変位・速度・加速度の物理量は微分および積分することで相互に変換が可能である。

振動の測定は周波数が低い場合は変位を、周波数が高い場合は加速度を測定したほうが感度の良いデータが得られる。

図2-14センサーによる周波数に対する出力の違い<sup>27</sup>

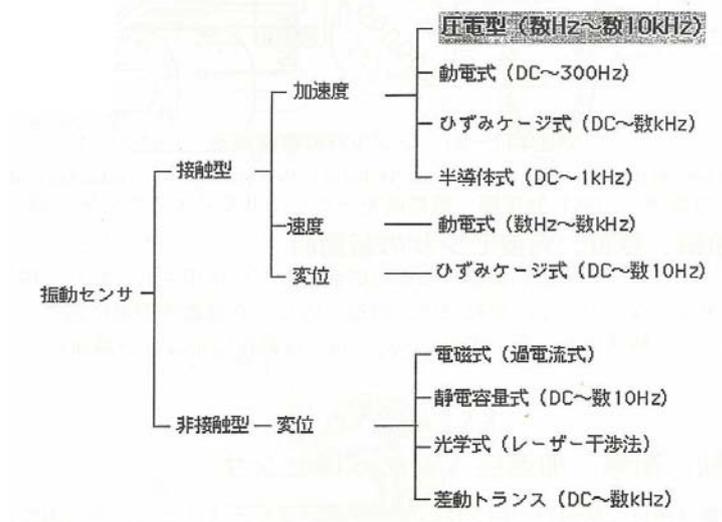


振動センサーには接触式と非接触式のタイプがある。接触式では測定に必要なセンサー面積よりも測定物の面積が十分に大きいことが必要となる。また、測定を行うために取り付けられたセンサーの質量により測定対象体の固有振動数が影響を受け変化してしまう現象(質量効果)に注意しなければならない。

ここでは、圧電型、容量方式、ひずみゲージ式、サーボ型加速度センサーについて説明をおこなう。

<sup>27</sup>:小野測器HP

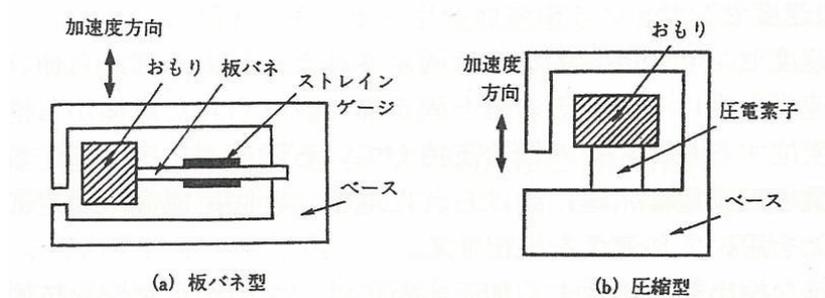
図2-15 センサーによる周波数に対する出力の違い<sup>28</sup>



【原理】

加速度は質量のわかっている物体に働く慣性力の法則によって求められ、可変できる錘の加速度による変位を電気信号に変換するものである。

図2-16 加速度センサーの基本原理



圧電型加速度センサー

【構造・特長】

圧電型加速度センサーは可変できる錘の加速度による変位を、ピエゾ効果により電気信号に変換するものである。圧電素子にかかる応力方向の違いで分類することができる。

圧縮型(縦効果)は機械的強度が強く衝撃計測に用いられる。シエア型(厚みすべり効果)も比較的機械的強度が強い。ベンディング型(横効果)は低周波数で高感度な測定が可能である。

<sup>28</sup>: Fuji CERAMICS HP

図2-17 圧電型加速度センサーの種類<sup>29</sup>

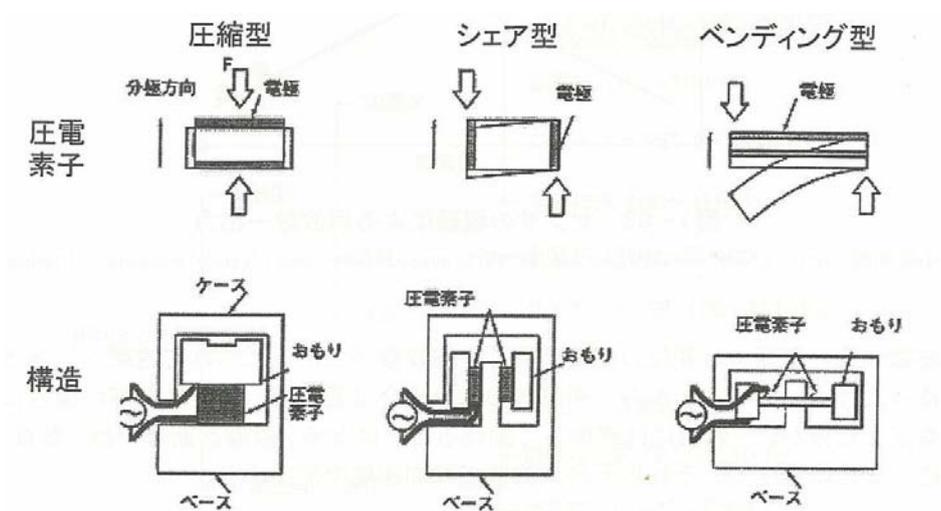


表2-6 圧電型加速度センサーの特性<sup>30</sup>

	特長
圧縮型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機械的強度が高く、高振動、大加速度測定可能</li> <li>・ 共振周波数が高く、広帯域測定が可能</li> </ul>
シエア型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ パイロ電気※の影響が抑制されているため低周波までの測定可能</li> <li>・ 比較的機械強度が高く、共振周波数も高いため広帯域測定が可能</li> </ul>
ベンディング型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高感度化が可能のため、微小振動測定向き</li> <li>・ 共振周波数、機械的強度が低いいため低周波数帯域、小加速度用である</li> </ul>

※パイロ電気: 結晶の一部を加熱したとき、その表面に電荷があらわれる現象

#### 容量方式の加速度センサー

##### 【構造・特長】

容量方式の加速度センサーはばねの役割となる固定されたアンカーから伸びる梁と加速度を受ける錘、その錘と固定部に設けられた電極から構成される。錘の変位量を電極間の容量変化から検出し、加速度を算出する。

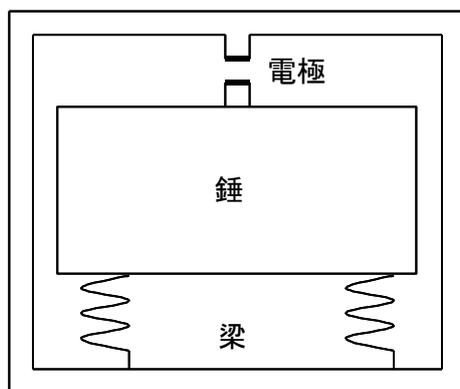
微細な検出部を精度良く加工するにはMEMS技術を用いた作成法が適しており、直行する2方向

<sup>29</sup> :Fuji CERAMICS HP

<sup>30</sup> :Fuji CERAMICS HP

の加速度を1つのセンサーデバイスで検出する2軸化、3方向で検出する3軸化も実用化されている。

図2-18 容量方式の加速度センサー



#### ひずみゲージ式の加速度センサー

##### 【構造・特長】

ひずみゲージ式の加速度センサーは自動車などの移動物体の加速度や構造物の振動を測定するセンサーである。

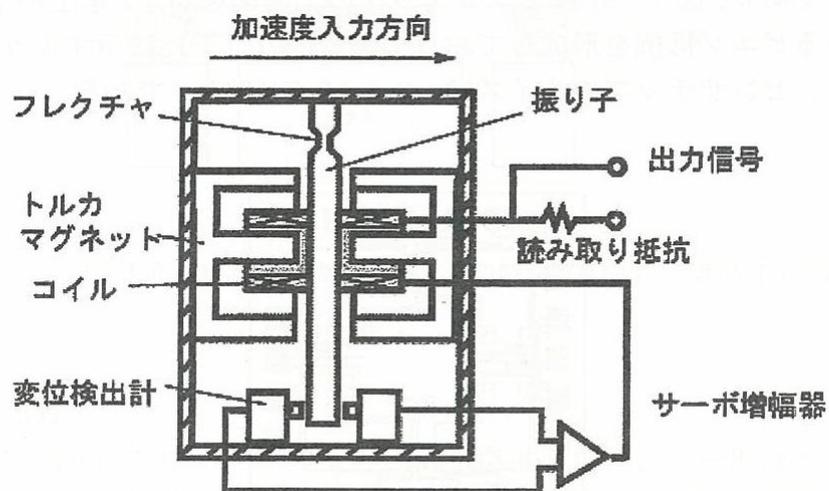
板バネの表裏にひずみゲージを2枚ずつ貼り付けて、ブリッジ回路を構成している。振動により、板バネがたわんで表面のひずみとなる。ひずみの出力は加速度に比例しており、ホイーストンプリッジにより、電圧に変換される。

#### サーボ型の加速度センサー

##### 【構造・特長】

サーボ型加速度センサーは加速度が作用した場合に振り子の質量の平衡点からのずれ位置を検出し、電磁復元力によって元に戻る際の、サーボ電流の大きさを加速度値とするものである。この方式は精度が高く周波数範囲DC～1000Hz、加速度レベル0.001～200Gの測定が可能である。また、低周波の現象にも対応しており、サーボアンプを内蔵しているため、温度安定性も良い。

図2-19 サーボ型加速度センサー<sup>31</sup>



<sup>31</sup> : 日本大学 HP

## ピエゾ式3軸加速度センサー(オムロン(株))

### 【構造・特長】

携帯電話、携帯情報端末用のセンサー、入力デバイス、ゲーム用コントローラなど超小型の3軸加速度センサーへの要求は高い。

梁上の12ヶ所にピエゾ抵抗を用いてブリッジ回路を形成する。本チップはシリコンとガラスの2重構造となっており、速度によって変位する錘を4本の梁で支えている。チップサイズは2.5×2.5×0.5mmである。

動作を以下に示す。

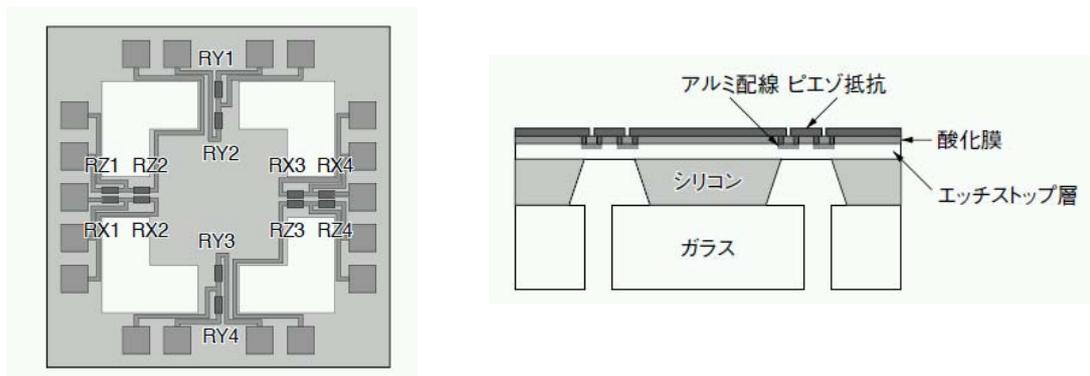
錘が加速度を受けて変位すると梁にかかる応力が変化する。

梁にかかる応力が変化すると、梁上のピエゾ抵抗が変化する。

ピエゾ抵抗の変化により、ブリッジ電圧が変化する。

ブリッジ電圧の変化から加速度を算出する。

図2-20 3軸加速度センサー<sup>32</sup>



### 【技術動向】

ワコーテックは、低価格で最高分解能が±0.1G(重力加速度)と高精度の加速度センサー「サーボ型3軸加速度センサー」を完成、関連会社のワコー販売(東京都千代田区)が9月に発売すると発表した。価格は10万円台に設定予定。地震検知用などに年間3,000個の販売を目指す。同社独自のアルゴリズムを採用。加速度検出部に、微小電気機械システム(MEMS)を核に大日本印刷と共同開発した加速度センサーを用いた。3軸の振動を検出でき、サイズが50mm角で高さ30mmと小さい。従来のMEMS型センサーは分解能に課題がある一方、高精度センサーは高価だった。信号処理回路の改良などでさらに小型化を図る。<sup>33</sup>

愛知製鋼は、GPS携帯電話向けの高機能6軸ジヤー・スクウェア・モーションセンサーを発売したと発

<sup>32</sup> :OMRON TECHNICS Vol.44 No.2 P118-121,2004

<sup>33</sup> :2008/07/29 日刊工業新聞

表した。新センサーはどんな持ち方でも正確な方位を提供でき、消費電流も従来の1/15程度に低減させた。新しいMI素子の開発により方位精度を2倍に向上させ、加えて携帯電話に特有の方位誤差を解消するソフトを開発したことで実現したもので、消費電流は1mA以下に抑えた省エネ設計となっている。今月発売のソフトバンクモバイルのGPS携帯電話に搭載される。新センサーは3軸磁気センサーと3軸加速度センサーからなる姿勢制御センサーで、方位だけでなく、傾きや動きを検出できる。サイズは4.2×6.2×1.1mm。特長としては(1)高い方位精度(2)消費電流が小さい(3)歩数計を内蔵。このため携帯電話の地図画面が滑らかに自動回転するヘディングアップ機能を可能にし、また省電力化、歩行距離や消費カロリー計算が可能になった。<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> :2008/07/03 日刊産業新聞

#### (4) バイオセンサー

糖尿病は21世紀最大の医療問題で、長く続くと重大な合併症を引き起こす。特に神経と血管を中心とした臓器が侵されやすく、神経障害、網膜症、腎症は糖尿病の3大合併症と呼ばれている。糖尿病の治療を大きく変えたものは、食事の影響を受けないHbA1c(糖化ヘモグロビン)の測定と家庭での自己測定が可能になったことである。これにより、少なくとも1~2ヶ月の長期の血糖コントロールができるようになった。

糖尿病治療産業の市場において約30%を占めるのはグルコースセンサーである。ここでは、バイオセンサーとして血糖、尿糖バイオセンサーを取り上げる。

##### ① 血糖バイオセンサー

###### 【原理】

血糖バイオセンサーには酵素法が用いられており、酵素として代表的なものはGOD(グルコースオキシターゼ)法やGDH(グルコースデヒドロゲナーゼ)法である。

どちらも酵素量が一定であれば、反応量がグルコース(血糖)濃度に比例する特性を利用しており、測定法には比色法(吸光度測定)と電極法(電流値測定)がある。

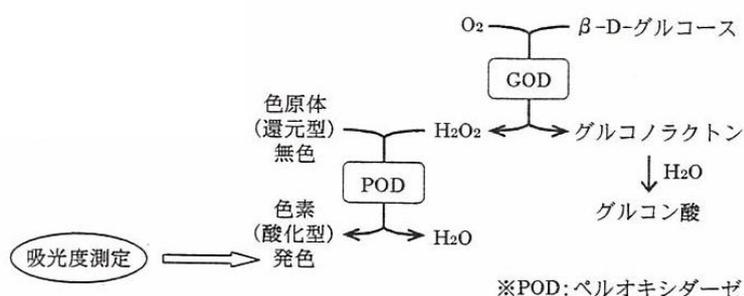
###### GOD(グルコースオキシターゼ)法

###### 比色法

GODはグルコースがグルコン酸に変わる反応を触媒するが、この時酸素が過酸化水素となる。この過酸化水素がPOD(ペルオキシターゼ)により、水に変換する過程で還元型の色原体が酸化され発色する。

この色変化を吸光度測定することで血糖値を得ることが可能となる。

図2-21 GOD比色法の原理<sup>35</sup>



###### 電極法

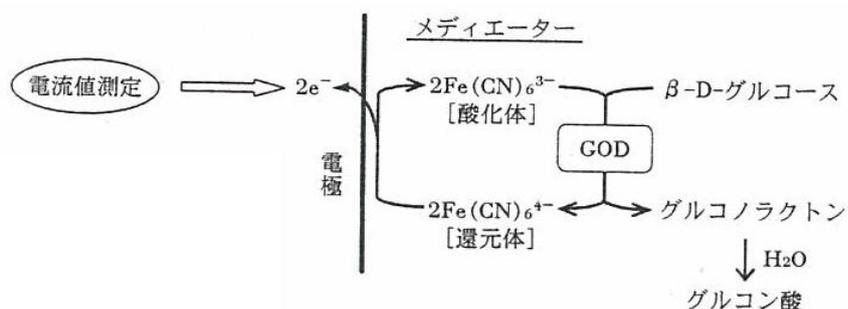
現在市販されている使い捨て型血糖バイオセンサーの主流である。

グルコースがグルコン酸に変わる反応を触媒する際に、メディエーター(電子伝導体)は酸化還元

<sup>35</sup> : バイオセンサー・ケミカルセンサー事典 P289-300(2007.08)

反応を行う。この時電極に電子を渡し、電流量はグルコース(血糖)濃度に比例する。  
 ただし、この方法は酸素が過酸化水素に変わる副反応が同時に起こるため、検体中の酸素濃度の影響を受ける。

図2-22 GOD電極法の原理<sup>36</sup>



#### GDH(グルコースデヒドロゲナーゼ)法

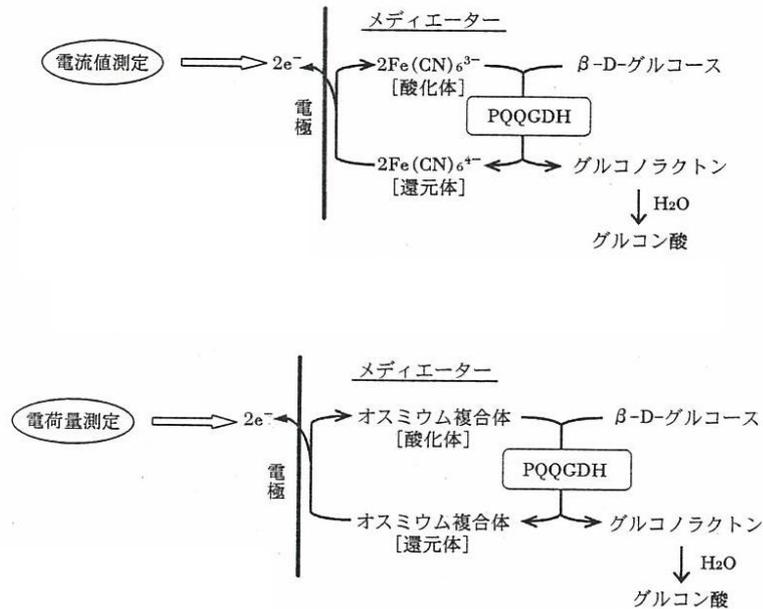
GOD法に比べ触媒の補酵素やメディエーターの種類が異なる。代表的なものとしてはPQQ(ピロロキニリンキノン)やNAD(ニコチンアシドアデニンジクレオチド)を補酵素とするGDHやメディエーターとしてオスミニウム複合体を用いたものである。

GOD法と異なり、検体中の溶存酸素の影響を受けないことが最大の特徴となっている。この利点のおかげで、近年こちらのセンサーが増えてきている。

しかし、GDHの特異性に関する問題も指摘されている。PQQGDHではマルトース、カラクトースなどの糖とも反応してしまうことから、実際の血糖値より高い値が出てしまう危険性がある。

<sup>36</sup> : バイオセンサー・ケミカルセンサー事典 P289-300(2007.08)

図2-23 GDH法の原理<sup>37</sup>



原理に基づく特徴比較

血糖バイオセンサーでは測定試料が全血であるため、Ht(ヘマトクリット:血液中の赤血球量)の問題が避けられない。

同じ血糖値でもHtが低いときには酵素とグルコースの反応量が多く、Htが高いときには反応量が減ってしまう。

各社はHtや温度による測定値の補正を行っているが、公表していないため、各社の機種間でばらつきが存在している。

表2-7 血糖バイオセンサーの特徴比較<sup>38</sup>

測定法	測定原理	溶存酵素 (PO <sub>2</sub> : 130mmHg)	還元性物質 (アスコスビン酸 3mg/dl以上)	マルトース (20mg/dl以上)	Ht
吸光光度法	GOD比色法	不変	低値	不変	-10~10%の 変化
	GDH比色法	不変	高値	高値	
酵素電極法	GOD電極法	約10%低値	高値	不変	
	PQQGDH電極法	不変	高値	高値	
	NADGDH電極法	不変	高値	高値	

<sup>37</sup> <sup>40</sup>: バイオセンサー・ケミカルセンサー事典 P289-300(2007.08)

### 【構造】

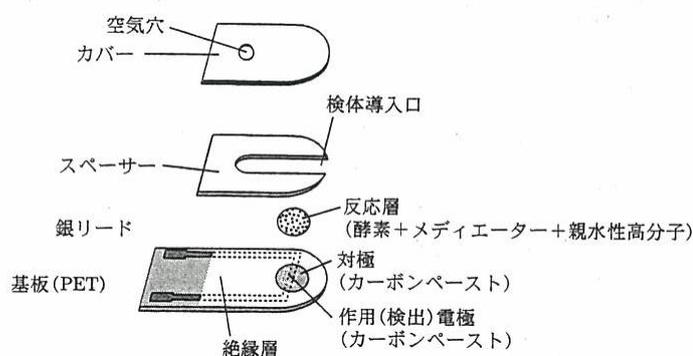
GOD電極法を用いた血糖バイオセンサー(パナソニック四国エレクトロニクス(株))

PET基板上にカーボンペーストをスクリーン印刷したものを作用極と対極として用いる。

作用極と対極間に還元型のメディエーターを酸化するのに十分な電位を印加(+0.5V程度)して、得られた電流値からグルコース濃度を算出する。

測定に必要な血液量は基盤とカバーの間隔をスペーサーなどで調整可能である。間隔を詰めることで血液量を減らすことができるが、電極表面に十分な濡れ性がないと、血液の吸入に支障をきたす。

図2-24 血糖バイオセンサー(GOD電極法)の構造<sup>39</sup>



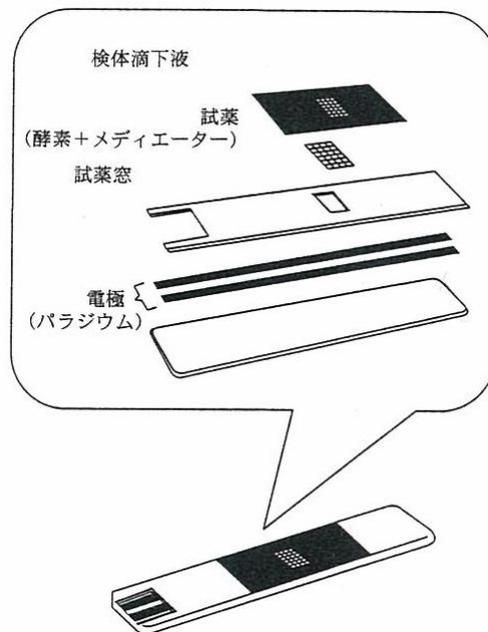
GDH電極法を用いた血糖バイオセンサー(ロシュ・ダイアグノスティックス(株))

作用極と対極にはパラジウム電極を用いており、カーボン電極と比べて電気抵抗が低い。電気化学的な触媒特性も高いため、低い印加電圧(+0.3V程度)で検出が可能である。

このため、アスコルビン酸や尿酸、アセトアミノフェン等の還元性の妨害物質による影響を低減できる。

<sup>39</sup> : バイオセンサー・ケミカルセンサー事典 P289-300(2007.08)

図2-25 血糖バイオセンサー(GDH電極法)の構造<sup>40</sup>



【技術動向】

血糖バイオセンサーは小型・軽量化、操作の簡便性とコスト低下が実現されており、測定値の精度に関しても各社間での大きな差がないのが現状である。最大の問題点は、採血時の指への穿刺に伴う痛みであり、被験者負担のかなりの部分を占める。

無侵襲での測定機器の普及が望まれており、シスメックス(株)が光センシング(近赤外線)を用いて指先の血中ヘモグロビンを測定するASTRIMを製品化している。ディスポーザブルな器具が必要ないため、ランニングコストは低い。

皮膚を介した測定のため、皮膚表面の凹凸や温度、汗などが測定に影響を与える。従来の機器と比較すると測定精度に課題が残るが、今後もより被験者への肉体的・精神的に負担の少ない血糖バイオセンサーの技術開発が期待されている。

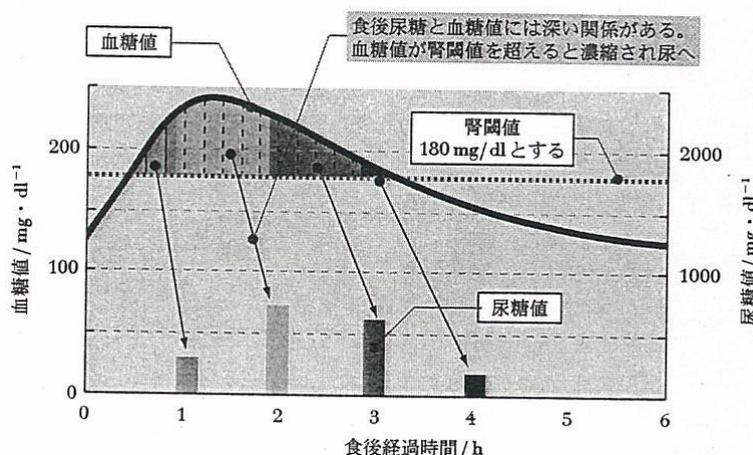
<sup>40</sup> : バイオセンサー・ケミカルセンサー事典 P289-300(2007.08)

## ② 尿糖バイオセンサー

### 【血糖値と尿糖値の関係】

グルコースは糖質の基本となる物質で、食事の際に米、パン、芋類などの炭水化物から摂取される。それらは肝臓の中でグルコースに変換されて、血液循環を通じて生体内で利用される。健康な人の場合、グルコースのほとんどは尿中に排出されないが、血糖値が高い状態の被験者では尿内にグルコースが排出される。日々の尿糖値の変化を測定することで間接的に血糖値の状態を知ることができる。

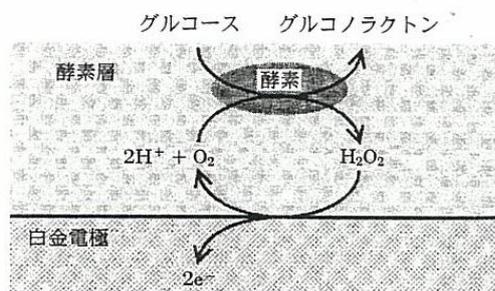
図2-26 血糖値と尿糖値の関係<sup>41</sup>



### 【原理】

測定対象の物質は尿中のグルコースであり、GOD(グルコースオキシターゼ)の酵素反応によってH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を生成する。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>の電極反応により発生する酸化電流によりグルコース濃度を測定する。代表的な干渉物質としては、ビタミンC、尿酸、アセトアミノフェンなどがある。近年は高濃度のビタミンCを含む清涼飲料水が増えているため、尿糖を正確に測定できない問題も指摘されている。

図2-27 尿糖バイオセンサーの原理<sup>42</sup>



### 【構造】

GOD電極法を用いた尿糖バイオセンサー((株)タニタ)

3電極方式を採用しており、作用極と対極は過酸化水素水を高感度で安定的に測定するために、

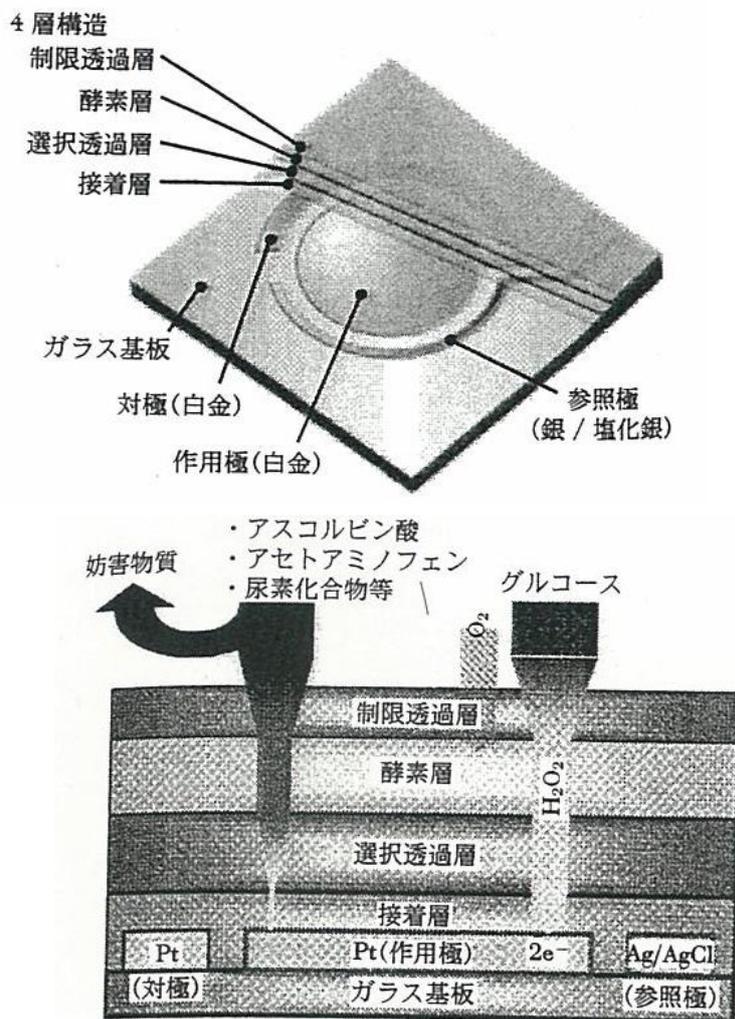
<sup>41</sup> <sup>44</sup>: バイオセンサー・ケミカルセンサー事典 P283-288(2007.08)

白金電極を採用している。また、参照極は薄膜のAg/AgCl電極が採用されている。

尿中の干渉物質を排除するために、4種類(制限透過層、酵素層、選択透過層、接着層)の薄膜機能層で構成されている。

酵素層にはGODが固定化されており、グルコースを過酸化水素水に変換する役割を担っている。過酸化水素は分子量が小さいため、速やかに白金電極に到達して電流値に変換される。選択透過層は過酸化水素を透過する一方で、干渉物質を効果的に排除する機能を持つ。

図2-28 尿糖バイオセンサーの構造<sup>43</sup>



【自己測定の効果】

HbA1c(糖化ヘモグロビン)は赤血球のヘモグロビンにブドウ糖がくっついたもので、食事の影響を受けないことが特徴である。

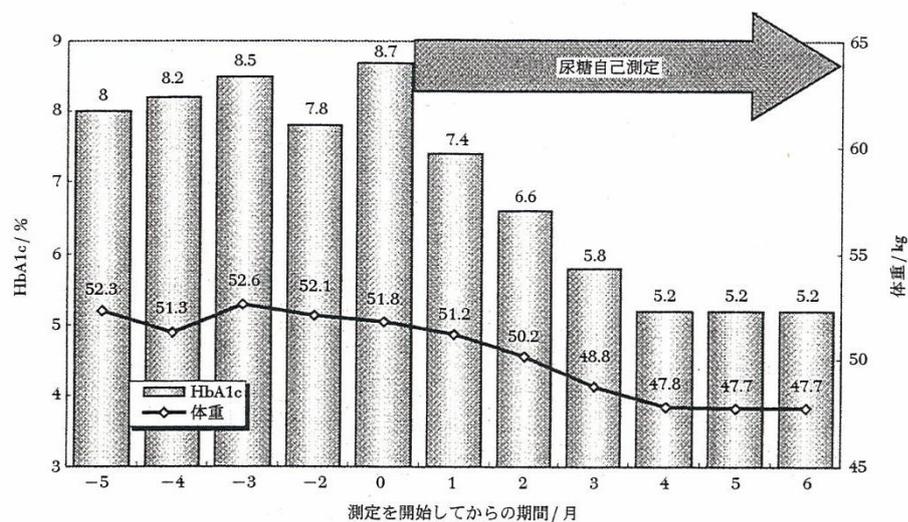
下のグラフは糖尿病歴17年の2型糖尿病患者(69歳、女性、身長:153.2cm、体重:51.8kg)に対し

<sup>43</sup> : バイオセンサー・ケミカルセンサー事典 P283-288(2007.08)

て尿糖測定を6ヶ月間実施したものである。

一日8回(早朝、朝食前後、昼食前後、夕食前後、就寝前)の測定データがダイナミックに変化するため、被験者の血糖コントロールに対する意欲を向上させることが可能となる。

図2-29 自己測定の効果<sup>44</sup>



<sup>44</sup> : バイオセンサー・ケミカルセンサー事典 P283-288(2007.08)

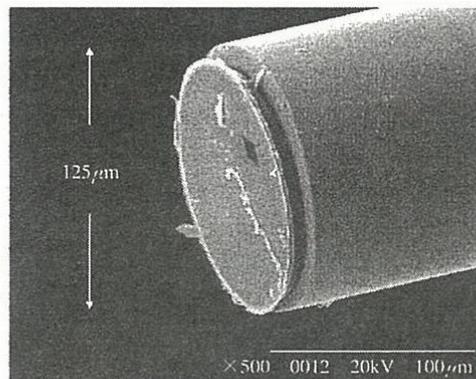
(5) 血圧・血流センサー

① 血圧センサー

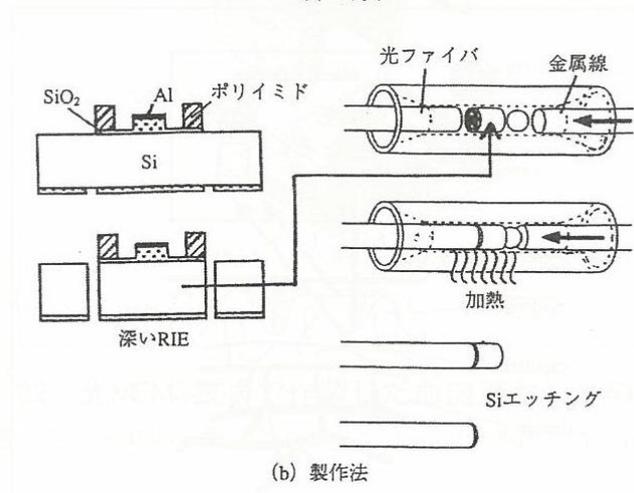
血圧を正確に計測するためには血管内にセンサーを直接挿入して計測する必要がある。直径125  $\mu\text{m}$ の極細光ファイバの血圧センサーは、血圧によって光ファイバ先端に取り付けられたダイアフラムが変形するのを光干渉スペクトルの変化で検出する。

ダイアフラムはシリコン基板上に製作し、ダイアフラム部のシリコンを円柱状に反応性イオンエッチングで加工する。これをガラス管に挿入して、光ファイバ先端に貼り付けて、シリコンをエッチングして制作される。

図表2-30 血圧センサー<sup>45</sup>



(a) 写真



(b) 製法

<sup>45</sup> :成型加工 第18巻 第1号 P42-46,2006

## ② 血流センサー

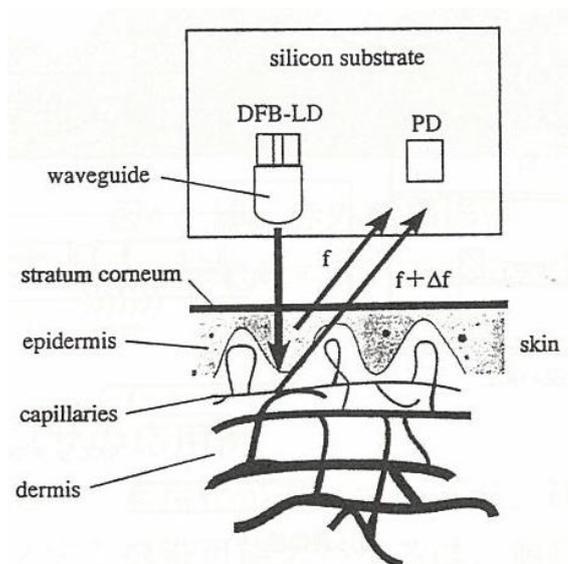
光素子を内蔵した携帯可能なデバイスとして、脈波センサー、パルスオキシメータなどがある。血液循環の悪化は多くの生活習慣病を引き起こすため、血流量速度の測定は無侵襲による血液循環の生体状態測定として有望である。

### 【原理】

LD(レーザードップラー)を利用した血流測定装置が実用化されている。DFB(分布帰還型)-LDから放射されるコヒレント光を皮膚に当てることで、表面および内部で光が散乱し、後方散乱光がPD(フォトダイオード)で検出される。散乱光の一部は赤血球などによりドップラーシフトを受けて、ドップラーシフトを受けていない光と干渉し、脈動に応じた干渉光が得られる。

PDで検出された信号を周波数解析することで、赤血球の移動速度のパワースペクトルを算出することができる。このパワースペクトルはドップラー散乱微粒子の速度と濃度の積として、流量に比例する。

図2-31 血流センサーの原理<sup>46</sup>



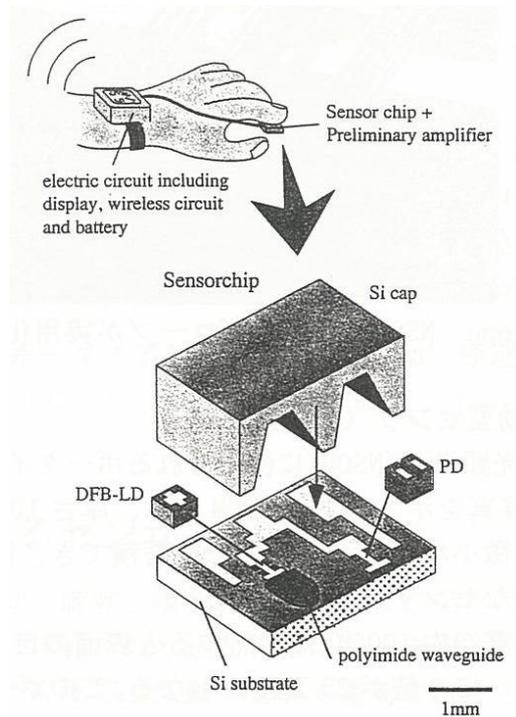
### 【構造・特長】

血流量センサーはシリコンチップの上に半導体レーザー、フォトダイオード、センサーチップ、ポリイミド導波路などから構成されており、光源はInGaAsP/InpDFBレーザーを用いている。

従来の装置では600～800nm波長の可視領域の光源が主に用いられていたが、1310nmの近赤外線レーザー光を用いることで、深部の血流量速度の測定が可能とする。また、InGaAsP/InpDFBのレーザーが数十年の長寿命であることも特長のひとつである。

<sup>46</sup> : OPTRONICS No.12,P87-91,2005

図2-32 血流センサーの構造<sup>47</sup>



【技術動向】

コニカミノルタセンシングは、動脈血酸素飽和度や脈拍を指で測定する指先挿入型パルスオキシメータ「パルスソックスー1」を7月1日に発売する。2mm厚のポリカーボネート製プロテクトカバーを採用し、衝撃性を高めた。価格は5,2290円。アルカリ単4乾電池込みで49gと軽量で携帯性に優れ、病院や介護施設の往診測定に適している。今回、指を抜いたあと、1分間表示する機能を新たに搭載。お年寄りでも余裕を持った測定ができる。<sup>48</sup>

シースターコーポレーションはパルスオキシメータの新製品「SAT-2200 OxypalMini」を発売した。オープン価格で実勢は3万9800円。09年度は1万2000台の販売を見込む。指をクリップで挟むだけで脈拍と血中酸素濃度を測定できる。日本光電が開発、シースターコーポレーションが総販売代理店として扱う。機器本体と測定センサーをコネクタで接続したことで、ケーブルが断線してもケーブル交換のみで使用できる。<sup>49</sup>

産業技術総合研究所は、人工心臓向けに超小型の流量計を開発した。ポンプから血液を取り出

<sup>47</sup> : OPTRONICS No.12,P87-91,2005

<sup>48</sup> : 2009/06/13 日刊工業新聞

<sup>49</sup> : 2009/06/08 日刊工業新聞

すパイプにかかる圧力の変化を利用して流量を測る。センサーは小型でパイプの外側につけることが可能。人工心臓と一体化して体内に埋め込める。各種プラントなど幅広い分野でも流量計として活用が見込める。超音波を使う従来の血流量計は大型で、全体を体内に埋めこめない。このため、通常は人工心臓のポンプの回転数などから、血流量を推測していた。開発した血流量計は人工心臓から血液を送り出すパイプの曲がった部分とその先の直線部分の外側に、ひずみゲージと呼ばれる小型のセンサーを取り付ける。血液の流れが曲がるときに外側の圧力が高くなる性質を利用し、曲がった部分と直線部分の圧力差から流量を計算する。センサー以外には信号を増幅したりする簡単な回路だけでよく、血流量計全体を体内に埋め込める。常に血流量を測定して、寝ているときは人工心臓の動きを遅くするなど、状況に応じて人工心臓を制御できるようになるという。血液以外にも配管内を流れる様々な液体の流量を測れる。原子力関連など配管内にセンサーを取り付けることが難しい分野をはじめ幅広い活用が見込める。<sup>50</sup>

---

<sup>50</sup> :2009/03/10 日経産業新聞

## (6) ネットワーク技術

### ① ワイヤレスネットワーク技術

被験者の生体情報や行動情報を日々継続的に収集するためには、被験者が使用するセンサーネットワーク機器のワイヤレスネットワーク対応が必要。そこでは、省電力、低コスト、他のシステムとの干渉無し、といったセンサーネットワークに適する技術の確立が求められる。

### ② PAN(Personal Area Network)

短距離でのワイヤレスネットワーク技術で、センサーネットワークの核となる技術である無線PANには、ZigBeeとBluetoothがある。

表2-8 PANの規格の比較

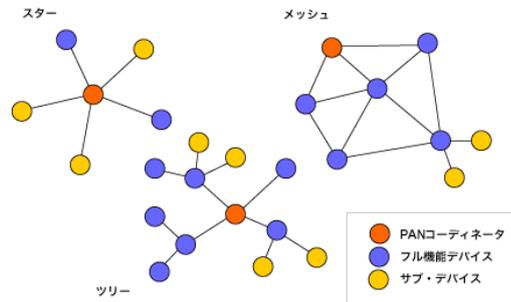
	ZigBee	Bluetooth
準拠仕様	IEEE802.15.4	IEEE802.15.1
通信速度	250kbps(2.4GHz)	1Mbps
周波数帯	2.4GHz 868MHz: 欧州 915MHz: 米国	2.4GHz
通信距離	～50m	～10m
接続数	65,535	8
消費電力(通信)	60mW	120mW

#### ZigBee(IEEE802.15.4)

ZigBeeは、低消費電力・低コストの無線通信として2001年からZigBee Allianceにて研究が進められてきた。末端の装置においては、通信量を抑えることによりアルカリ単3電池2本で数ヶ月から2年間の稼働を目指し、コスト面でもLSI単価で2ドル程度を目指した、新世代の近距離無線通信規格である。

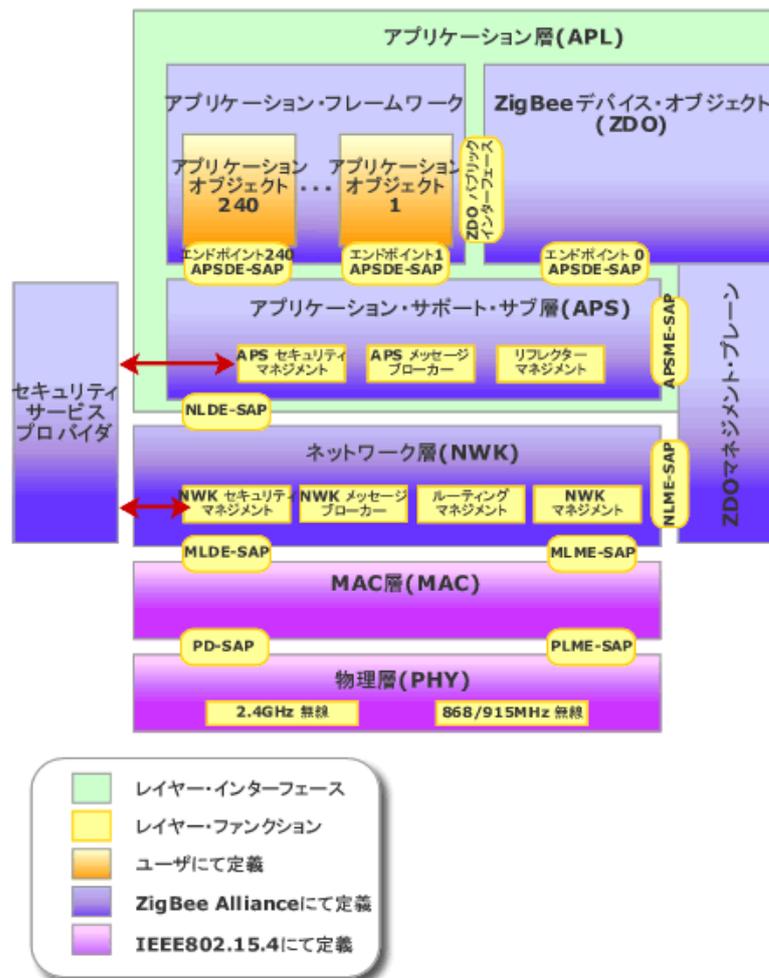
ZigBeeはネットワークトポロジーとして、スター、ツリー(木構造)、メッシュをサポートすることで市場の様々な要求に応える。

図2-33 ZigBeeのネットワーク・トポロジー<sup>51</sup>



ZigBeeがカバーする範囲は、OSI参照モデルのネットワーク層以上の部分で、物理層／MAC層についてはIEEE802.15.4を採用している。

図2-34 OSI参照モデルでのZigBeeがカバーする範囲<sup>52</sup>



<sup>51</sup> :ZigBee Alliance

<sup>52</sup> :ZigBee Alliance

ZigBeeの端末にはフル機能を持ったFFD(Full function device: 図中「フル機能デバイス」と、機能を限定した簡易版のRFD(Reduced function device: 図中「サブ・デバイス」)の2種類がある。ネットワーク管理機能を有したFFDである「PANコーディネータ」を中心として、FFD同士がメッシュネットワークを構成し、FFDに近くのRFDがぶら下がる形でスター型のトポロジーを形成する。FFDを中心に低価格なRFDをスター型に配置することができるため、各部屋にFFDを設置し、部屋間はFFD同士のメッシュ型、部屋内はRFDがFFDにぶら下がるスター型の構成をとることで、センサーネットワークシステムの導入コストを抑えることができる。

#### Bluetooth(IEEE802.15.1)

Bluetoothは、高度なセキュリティを維持したまま、携帯デバイスや固定デバイスのケーブル接続技術の代わりとして機能する、近距離の通信技術です。Bluetoothの主な特徴は、堅牢性、省電力、低コストであり、幅広い範囲のデバイスが相互に接続および通信できるように、統一構造が定義されている。

Bluetooth対応の電子デバイスは、ピコネットと呼ばれる近距離の臨時ネットワーク経由でワイヤレス接続および通信することができる。各デバイスは1つのピコネット内で同時に最大7台のデバイスと通信でき、各デバイスは、同時に複数のピコネットに所属できる。ピコネットは、Bluetooth対応デバイスが無線範囲に入ったときと、範囲から外れたときに、動的かつ自動的に確立される。

基本的なBluetoothの長所は、同時にデータと音声の伝送を処理できることです。たとえば、音声通信機能を持つハンズフリーヘッドセット、印刷機能、FAX機能、PDA、ノートPC、携帯電話アプリケーションの同期機能など、多様な新しいソリューションを実現できる。

Bluetoothは全方位型なので、接続対象のデバイスを視線方向に配置する必要はなく、また物体を通して通信も行える。

### ③ LAN(Local Area Network)

比較的狭いエリアで利用するワイヤレスネットワーク技術で、電波法に基づく無線局の免許を必要としないLANには、特定小電力無線と無線LANがある。

表2-9 LANの規格の比較

	特定小電力無線	無線LAN
準拠仕様	—	IEEE802.11g
通信速度	10kbps	54Mbps
周波数帯	400MHz帯(医療用テレメータ)	2.4GHz
通信距離	~1km	~100m
消費電力(通信)	10mW	10-100mW

### 特定小電力無線

近距離間での簡易連絡用のコミュニケーション手段を求める声の強まりを受けて、「特定小電力無線局」に対する制度が作られた。総務省で定める一定の条件を満たした無線設備であれば無線従事者資格も無線局免許も必要とせずに利用できる。

表2-10 主な用途と利用周波数帯<sup>53</sup>

用途	周波数帯	利用例
データ転送用	400MHz帯, 1,200MHz帯	コンピュータとプリンター等のOA機器の接続、レストラン等の店舗での注文入力、倉庫での在庫管理等
テレメータ用および テレコントロール用	400MHz帯, 1,200MHz帯	遠隔地点における測定器や機器等の機能を電波で制御でき、各種測定データの伝送や産業用ロボットの遠隔操作等で利用
医療用テレメータ用	400MHz帯	病院で、心電図や生体信号を離れた場所へ伝送するために利用
無線呼出用	400MHz帯	限定された範囲のみで利用する簡易なポケットベル
ラジオマイク用	74MHz,322MHz帯 806-809MHz帯	舞台、演劇、放送番組等で、高品質の音声信号伝送に利用
補聴援助ラジオマイク用	75MHz帯	視聴障害者の補聴を援助するための音声その他音響の伝送
無線電話用	400MHz帯	一般用は主にレジャー、業務用は工場内・作業現場での連絡用
音声アシスト無線電話用	75.8MHz	覚障害者の歩行を援助するための情報を音声によって伝送
移動体識別用	2.4GHz帯	コンテナヤードや鉄道において移動する車両を識別して、行先等を管理するために利用
ミリ波レーダー用	60.5GHz,76.5GHz	車両の衝突防止などに利用
ミリ波データ伝送用	59GHz-66GHz帯	ミリ波帯の周波数を利用して、画像伝送やデータ伝送
移動体識別センサー用	10.525GHz,24.15GHz	主に移動する人又は物体の状況を把握するためのセンサーとして利用

無線LAN(IEEE802.11)

主にPCをワイヤレスネットワークに接続する技術として、広く普及。IEEE802.11gは、IEEE802.11bと

<sup>53</sup> :総務省

同じ2.4GHz帯の電波を使用し、IEEE802.11bのおよそ5倍、IEEE802.11aと同様に54Mbpsのデータ通信を可能とする。2003年6月、IEEEの正式な規格として承認された。

④ WAN(Wide Area Network)

数kmという広域でのワイヤレスネットワークにPHSとWiMAXがある。

表2-11 WANの規格の比較

	PHS	WiMAX
準拠仕様	—	IEEE802.11g
通信速度	64kbps	40Mbps
周波数帯	1.9GHz	2.5GHz
通信距離	～1km	～3km
消費電力(通信)	10mW	10-100mW

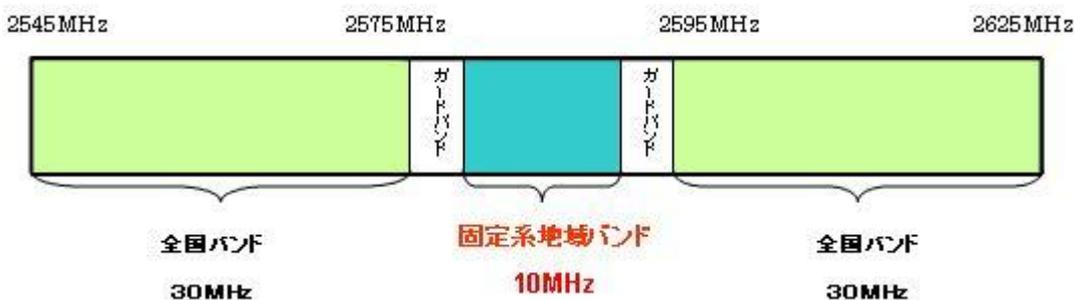
PHS

デジタルコードレス電話から発展したシステムで、携帯電話に比べ、電波の出力が最大で50分の1程度と弱く、低コストで作れることが最大の特徴。一つの基地局の電波出力は小さいが、その分基地局が低コストで作れるため、大量に基地局を配置して面的カバーを実現する「マイクロセル構造」を採用している。携帯電話に比べ、通信の混雑(輻輳)に強い。

WiMAX

現在パソコンなどで使われている無線LAN(IEEE 802.11、通称Wi-Fi)に似た特質を持っているが、通信距離に大きな差がある。Wi-Fiが半径数十mまでの「近距離通信」であるのに対し、WiMAXは半径数kmでの「中距離通信」であり、用途は大きく異なる。2.5GHz帯の電波を使い、携帯電話に似た全国レベルでのモバイル WiMAXサービスと、各地域単位でのラストワンマイル向けの地域WiMAXとがある。

図2-35 モバイルWiMAX(全国バンド)と地域WiMAXの電波使用<sup>54</sup>



<sup>54</sup> 総務省資料

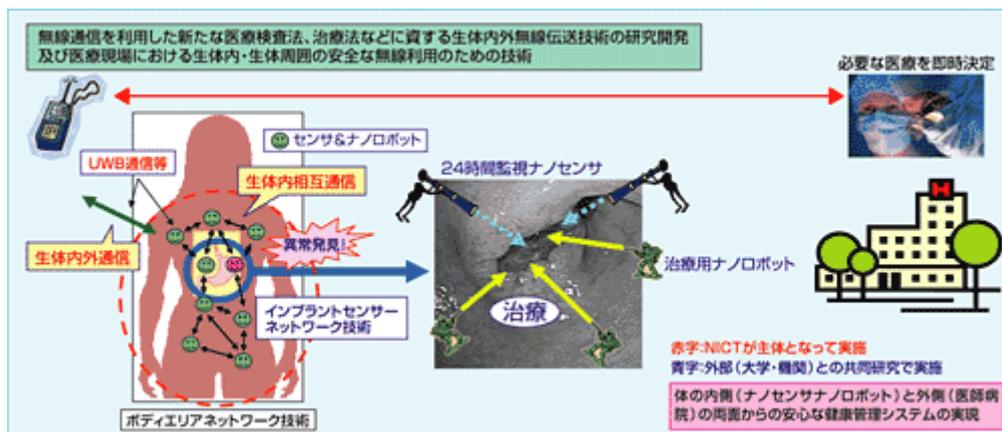
⑤ BAN(Body Area Network)

医療やヘルスケアでの用途を目的とし、PAN(パーソナルエリアネットワーク)よりも更に人体に近い数メートルという近距離の無線通信ネットワーク。人の体内・体表もしくは人体の近傍に配置したウェアラブル機器、インプラントセンサー、カプセル内視鏡などの無線端末によって構成される。IEEE802.15.6標準化委員会が2008年1月より公式標準化へ向けて推進している。

体表に装着する(ウェアラブル)センサーと、それらのセンサーから無線でデータを集めるコーディネータとしての携帯端末で構成されるネットワークをウェアラブルBAN(WBAN)と呼ぶ。

高速のBANとして、UWB(Ultra Wide Band)がある。UWBは帯域幅500MHz以上を持つ無線方式であり、主に測位向けの通信方式と、ワイヤレスUSB向けの二方式がある。低消費電力、低価格、高速、広帯域の無線周波数スペクトラムを使用し、障害物(ドアなど)を貫通する信号を伝達できるという特長を持つ。

図2-36 ボディエリアネットワーク(BAN)を利用した医療検査<sup>55</sup>



<sup>55</sup> :NICT(情報通信研究機構)

## 2.2 健康管理に向けたセンサーネット製品

### (1) 医療・健康管理におけるセンサーネットの活用分野

センサーネットは、ネットワークエリアの大きさによって、4つに分けられる。健康管理・医療分野においても、エリアの大きさによって応用例が変わる。

ウェアラブルセンサーや内視鏡などインプラントセンサーをネットワークするBAN:Body Area Network

バイタルセンサーや健康機器をネットワークするPAN:Personal Area Network

病院内での電子カルテや医療用テレメータなど情報共有のためのネットワークとなるLAN:Local Area Network

遠隔医療や行動モニタリングなどの見守りをネットワークするWAN:Wide Area Network

ここでは、ウェアラブル健康モニタリングシステム、健康機器を活用した据え置き型システム、行動モニタリングシステム、医療用の生体内システムについて以下で説明する。

図2-37 医療・健康管理におけるセンサーネットの活用分野<sup>56</sup>

	BAN	PAN:Personal Area Network		LAN:Local Area Network		WAN:Wide Area Network	
方式	UWB	ZigBee	Bluetooth	特小無線	無線LAN	PHS	WiMAX
特徴	低電力、位置検出	低電力、小型、低コスト	接続容易(携帯電話)	長期実績	接続容易(特にPC)	長距離、音声通話	高速・長距離
IEEE規格	802.15.4a,6	802.15.4	802.15.1		802.11g		802.16
周波数	4.1GHz	2.4GHz	2.4GHz	430MHz	2.4GHz	1.9GHz	2.5GHz
通信速度	~10Mbps	250kbps	1Mbps	10kbps	54Mbps	64kbps	40Mbps
変調方式	パルス	QPSK	FSK	FSK	OFDM	BPSK	OFDMA
送信電力	0.1uW/MHz	1-10mW	10-100mW	10mW	10-100mW	10mW	200mW
伝送距離	~30m	~50m	~10m	~1km	~100m	~1km	~3km
応用例							

BAN:Body Area Network

WiMAX:Worldwide Interoperability for Microwave Access

### (2) ウェアラブル健康モニタリングシステム

<sup>56</sup> :日経エレクトロニクス テクノロジーシンポジウム2009

ウェアラブル健康モニタリングシステムは、体に身につけたセンサーが常時バイタルデータをサーバ(またはメモリ)に送信・記録するものであり、長時間かつ正確な情報を得ることができる。本人が意識することなく、バイタルデータの蓄積が可能となるため、無理なく健康管理を行うことができる。また、データ量が膨大となるため、結果を表示するソフトウェアの開発が重要な役割を占める。

① ライフ顕微鏡((株)日立製作所)

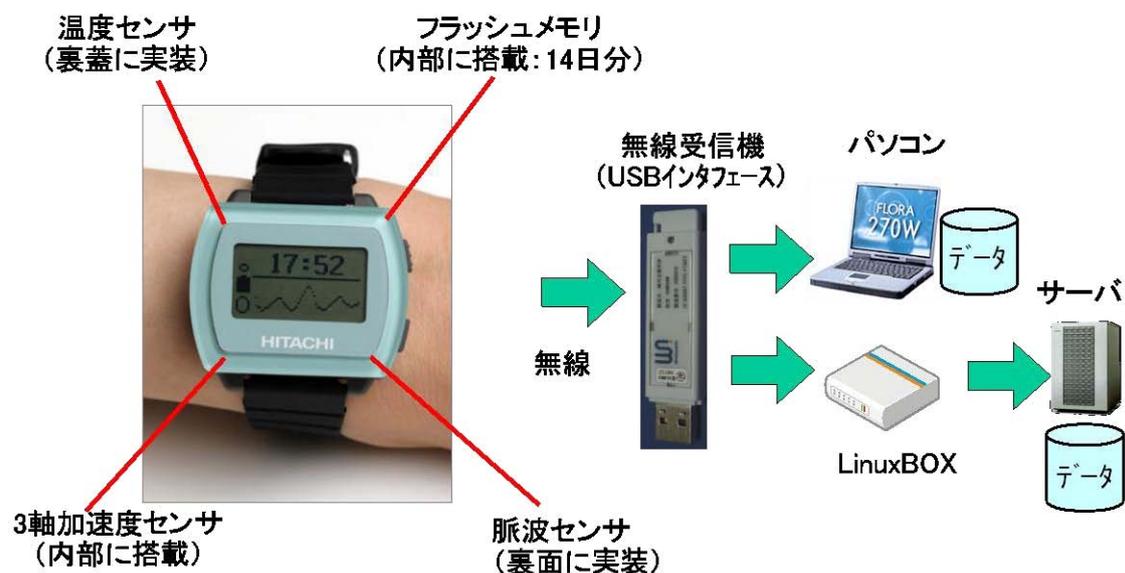
【構造・特長】

ライフ顕微鏡は腕時計型センサーネット端末と無線基地局を接続したPCからなるシステムであり、無線圏外では内蔵しているフラッシュメモリにセンサーデータをバックアップしている。

腕時計型のセンサーネット端末は、3軸加速度センサー・脈波センサー(赤外線センサー)・温度センサーを搭載し、腕の動き・脈拍・皮膚温度を24時間連続で測定する。

動作時・待機時の電源制御による低消費電力技術と20Hzの周期でサンプリングした大量のデータを圧縮する技術の開発により、10日間の電池寿命と10日分のデータを記憶することが可能となった。

図2-38 ライフ顕微鏡のシステム構成<sup>57</sup>



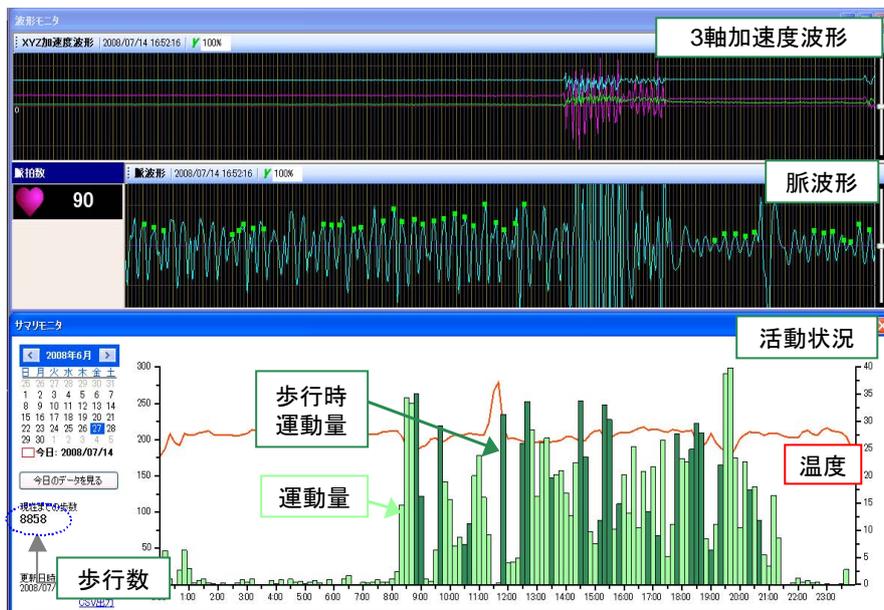
<sup>57</sup> : 日経エレクトロニクス テクノロジーシンポジウム2009

表2-12 ライフ顕微鏡のシステム仕様<sup>58</sup>

	腕時計型センサー
記録データ	脈拍、3軸加速度、皮膚温度
メモリ	全データ記録時：約10日
サンプリング周期	50ms(20Hz)
通信プロトコル	IEEE802.15.4
電池寿命	50ms、24時間連続サンプリング：約10日
寸法	W43×D35×H15mm
重量	約40g
その他	生活防水機能、時計機能(PCと同期)、 押しボタン×2

ライフ顕微鏡では、人間そのものの動きや脈波、皮膚温度といったフィジカル情報をセンシングして記録する。PCや携帯電話の操作のようにパスワードの情報が含まれないため、個人と紐付けされない限りは安全となる。

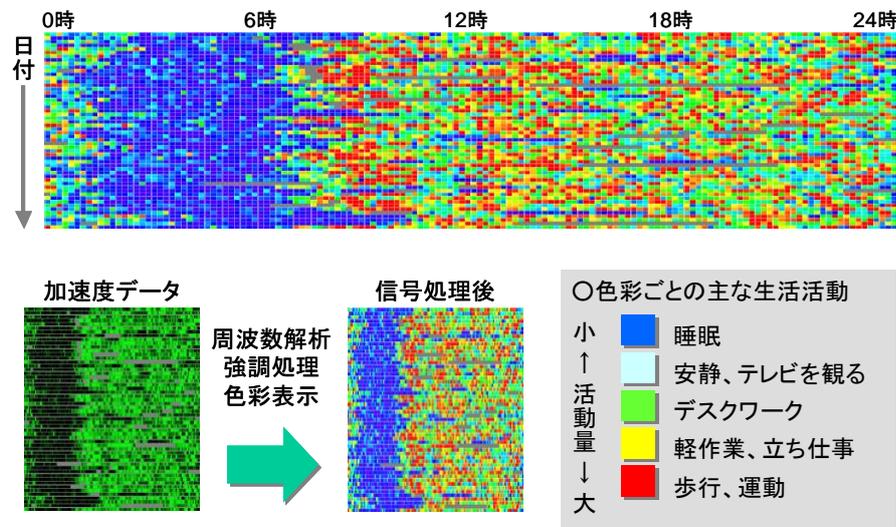
図2-39 ライフ顕微鏡の取得データ表示<sup>59</sup>



<sup>58</sup> <sup>66</sup>: 日経エレクトロニクス テクノロジーシンポジウム2009

ライフタペストリーは、ライフ顕微鏡が見せる人の生活パターンを表す。一定時間における3軸加速度のベクトル量の周波数情報を解析することで、生活行動パターンを数種類に色付けし、日付・時間ごとにビジュアル化ができる。

図2-40 ライフタペストリー<sup>60</sup>



### 【技術動向】

精密センサー製造のマイクロストーンは乗り物の乗り心地を手軽に計測できる新システムを開発した。運転席に取り付けた計測器で振動データを集め、専用ソフトで分析する。内蔵センサーを小型化したことなどから、計測器の重さを他社製品の五分之一以下にあたる約120gに抑え、持ち運びやすとした。乗り心地を正確につかむため、振動データの専用ソフトを使って細かく解析。計測器で測った加速度をもとに揺れの激しさを示す「加加速度」と揺れの方向などを示す「体感傾斜角度」を算出し、グラフ上で時系列に分析する。揺れのタイミングと大きさを一覧できるため、運転手のブレーキのタイミングや強弱が適切だったかななどを特定しやすいという。<sup>61</sup>

カシオ計算機はランニング、トレッキング、釣り、マリンスポーツなど用途別に最適な機能を搭載したスポーツウォッチ4モデルを28日に発売する。ランニング用の「SGW-200」は加速度センサーを内蔵し、計測した走行時の歩数から、走行距離や消費エネルギーを算出できる。アウトドアレジャー用の「SGW-200」は二つのセンサーを搭載し、方位と温度を計測できる。<sup>62</sup>

<sup>60</sup> :日経エレクトロニクス テクノロジーシンポジウム2009

<sup>61</sup> :2009/03/02 日経産業新聞

<sup>62</sup> :2009/02/02 日刊工業新聞

帝国繊維は、新世代早期地震警報装置「フレックルライト」を使った、作業者など一人ひとりのダイレクトで警報を知らせる「+シルウォッチ」を9月から本格発売する。フレックルライトの特長は、P波震動を検知すると、直ちに地震のP波(初期微動)かどうかを識別し、大きな震動になる前に警報を出す。S波でも震動が設定したリアルタイム震動を超えると、直ちに警報を出力する。また、一般の警報地震計のように、設定加速度を超えても警報を発令可能である。リアルタイム震度の最大値は気象庁の計測震度とほぼ同じである。電波の強さは携帯電話の数百分の一程度で、人体・医療機器への影響はない。<sup>63</sup>

---

<sup>63</sup> :2008/08/25 セキュリティ産業新聞

② メタボレンジャー((株)日立製作所、バイセン(株))

【構造・特長】

メタボレンジャーは無線型とメディア型の二種類があり、腰に装着して体の状態を連続的に計測し、運動量を解析することで、行動パターンの識別を行うものである。

図3-5 メタボレンジャー<sup>64</sup>



メディア型

無線型

表2-13 メタボレンジャーシステム仕様

	メタボレンジャー(メディア型)
センサー	3軸加速度ロガーセンサー
メモリ	microSDカード2GB: 約140日(20Hz)
サンプリング周期	50、100、200ms、1s
電池寿命	50ms、連続7日間(600mAh@3.7V)
寸法	W58×D42×H16mm
重量	約36g(電池込み)
その他	スイッチOn-Off、時計機能

	LegLOG(無線型)
センサー	無線3軸加速度センサー
サンプリング周期	5、10、50、100、200、500、1000ms
通信プロトコル	Bluetooth
電源	リチウム2次電池
電池寿命	4.5時間(200Hzサンプリング)
寸法	W38×D38×H11mm
重量	約18.2g
その他	ACアダプター

メタボレンジャーでは万歩計に比べて、消費カロリーの推定制度、生活習慣パターンの解析、過

<sup>64</sup> :バイセンHP

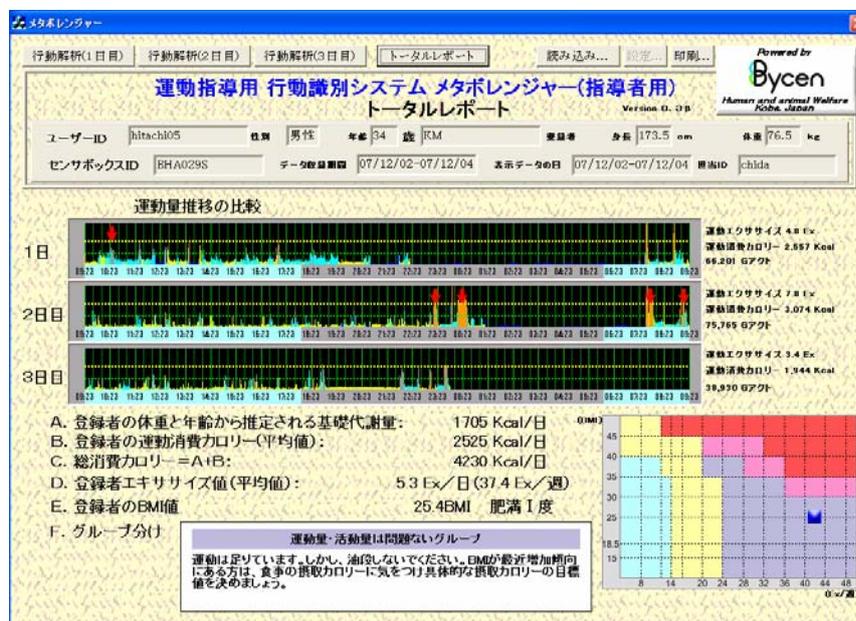
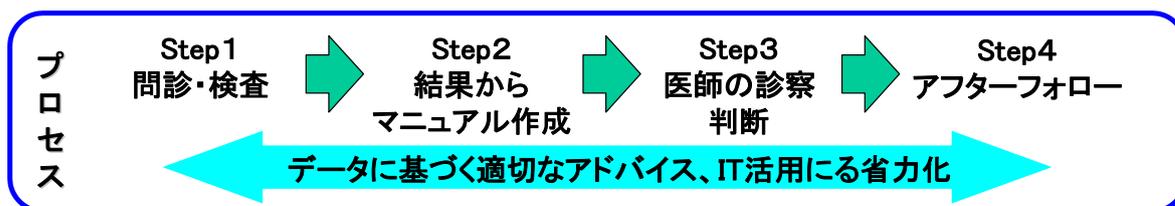
去データの比較などの面で優れている。

また、データに基づく適切な医師の診察判断が可能となるため、特定健康診断への展開が期待できる。

表2-14 メタボレンジャーと万歩計の比較<sup>65</sup>

	万歩計	メタボレンジャー
レポート作成時の時間短縮	×	○
消費カロリー推定値の精度	△	○
生活習慣パターンの解析	×	○
過去データの比較・解析	△	○

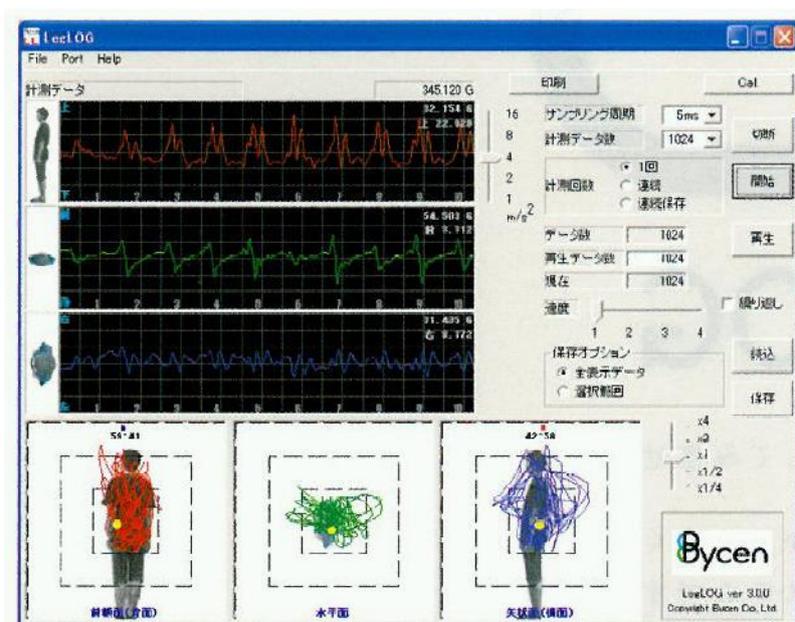
図2-41 メタボレンジャーの保険指導適用<sup>66</sup>



<sup>65</sup> <sup>73</sup>: 日経エレクトロニクス テクノロジーシンポジウム2009

無線型となるLegLOGではリアルタイムで24時間の連続測定ができ、内蔵されている3軸加速度センサーのデータを分析することで、重心位置の変化や歩き方の特徴(リサージュ表示)などを知ることができる。

図2-42 LegLOGリサージュ表示<sup>67</sup>



#### 【技術動向】

健康靴メーカーの快足館は、靴の履き心地や歩きやすさの良否を、画面上で確認できるソフトウェアを開発した。既存の歩行バランス計測と、足裏にかかる圧力データ計測の技術を組み合わせた。職人の技術や勘ばかりでなく、客観的な指標を使って靴を矯正できる。10月に発売の予定。新産業創造研究機構(NIRO)、神戸大学などが開発を支援した。歩行バランスは、腰に装着した「加速度センサー」で、体の重心の変化を上下左右、前後の三方向から読み取る。また、足圧計で足の裏にかかる圧力の違いも測定し、歩きやすさを解析する。靴の矯正前後に、計測すると、結果が画面にわかりやすく表示される。歩行バランスや歩きやすさは赤・黄・青の矢印で表現され、バランスが良ければ青矢印、片方の足に負荷がかかりすぎるなど問題があれば、太さや長さの違う黄や赤の矢印が表れる。システムは百万円程度を予定。<sup>68</sup>

健康靴開発の須磨歩行研究所は、神戸大発のベンチャー企業「バイセン」が開発した装置を使い、歩き方の癖などを調べる「歩行解析サービス」を始めた。両社は昨年秋、歩行を矯正する靴を開

<sup>67</sup> :バイセンHP

<sup>68</sup> :2009/04/15 神戸新聞

発しており、靴と歩き方指導をセットで売り出す。歩行解析サービスは、バイセン社の「三軸加速度センサー」を腰に装着して歩き、歩き方を上下、左右、前後の三方向から分析。同時にビデオでも撮影し、歩行の癖などを判断する。その後、矯正靴を履いてもらい、姿勢の改善などを指導する。矯正靴は「美・フォーム・Lab）」で、足が自然に地面をけり出せるように、指先部分にくぼみや緩やかな傾斜を付けたのが特徴。<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> :2009/02/02 神戸新聞朝刊

### (3) 据え置きシステム

据え置き型のシステムはウェアラブルのシステムと異なり、定期的な計測を行うものである。その中で、健康機器製品である血圧計、体組成計、歩数計などは着実に家庭に浸透しており、健康管理に対する関心が高まってきている。

また、携帯電話によるバイタルデータの確認を行うことで、いつでも、どこでも簡単に、健康管理を行うことができる。

#### ① ウェルネスサポート(NTTドコモ)

NTTドコモは、2009年6月から健康増進サービスや、生活習慣病の改善指導、食事指導などを行う企業・自治体の支援を目的としたサービス「ウェルネスサポート」を提供開始した。

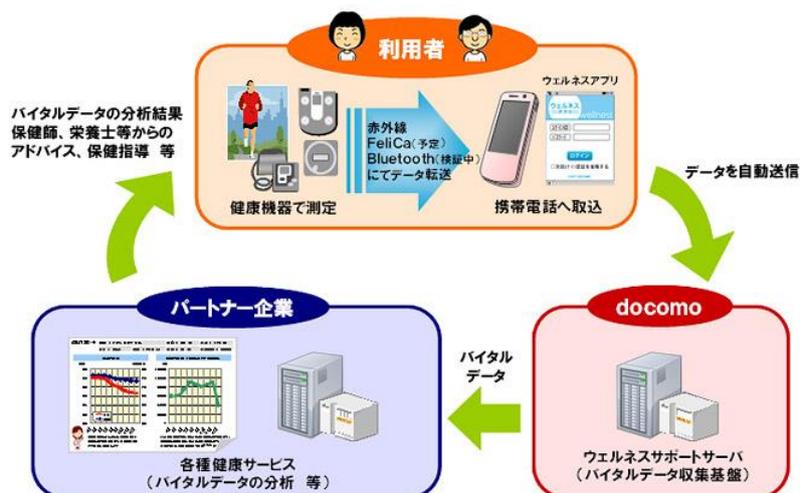
NTTドコモの「ウェルネスサポート」は健康機器と健康サービスを繋ぐものとして定義されている。これまで、健康機器メーカー各社の仕様はバラバラであり、如何にしてデータのやり取りを行うかが課題であった。

また、各保健指導機関やヘルスケア関連企業は、各々が提供する健康サービスと収集されたバイタルデータなどを連携させることで、より効率的・付加価値の高いサービスが実現できる。

#### 【構造・特長】

体組成計・血圧計などの健康機器や、携帯電話内の歩数計などにより取得したバイタルデータなどを、携帯電話を通して「ウェルネスサポートサーバ(バイタルデータ収集基盤)」に収集し、パートナー企業に提供する。

図2-43 ウェルネスサポートシステム<sup>70</sup>



健康機器からの情報取得にはContinua準拠のBluetoothやFelicaを予定している。タニタ、オムロ

<sup>70</sup> :ドコモHP

ンヘルスケア、A&Dなどから、Felica対応の体組成計、血圧計、身長体重計などが発売されており、各社の様々なバイタルデータを簡便に扱うことが可能となる。

図2-44 Felicaによるシステム構成<sup>71</sup>



また、携帯で使用する専用のアプリケーションとして「ウェルネスアプリ」を提供することで、各パートナー企業はアプリケーションの初期開発や新機種検証などに関わるコストを低減できる。

図2-45 ウェルネスアプリ<sup>72</sup>



<sup>71</sup> 79:ドコモHP

表2-15 「ウェルネスサポート」を利用した主な会社のサービス<sup>73</sup>

提供会社	サービス名称および概要
旭化成 ライフサポート	・げんき！食卓 食事写真を利用した栄養指導サービス。カメラで撮影した食事記録をインターネット経由で送信し、管理栄養士が栄養を分析するサービス。
NTT レゾナント	・gooからだログ 健康管理&ダイエットコミュニティ。ダイアリー感覚で日々のデータを記録し、自分の体の変化を感じることができる。コミュニティで目標を共有する仲間を探せるなど、継続をサポート。
NTTアイティ	・ヘルスダイアリー 健康づくり手帳システム。生活習慣改善の実践、継続をサポート。
オムロン ヘルスケア(予)	・健康達人Pro・ウォーキングの達人 企業・保険者における保健指導やウォーキング事業支援のためのASPサービス。
コナミスポーツ& ライフ(予)	・コナミスポーツクラブ i-mode健康増進サービス。食事・運動の記録機能、新サービス「戦国ウォーキング」などのウォーキングラリー機能に対応し、日々の健康増進を多方面から支援。
タニタヘルス リンク(予)	・からだカルテ 健康管理と健康指導のセットサービス。体組成計、歩数計などでの測定結果の記録による健康管理Webサービスと専門家による健康指導を実施。

<sup>73</sup> :ドコモHP

## ② からだカルテ(タニタ)

タニタでは2007年3月より、複数の目で健康管理が行えるヘルスケアサービス事業として、会員制の健康管理サービス「からだカルテ」をスタートした。

通信機能を備えた体組成計、歩数計や血圧計などで測定した身体データを時系列的にグラフ化して表示することで、日々の健康管理に関わるサービスを提供している。

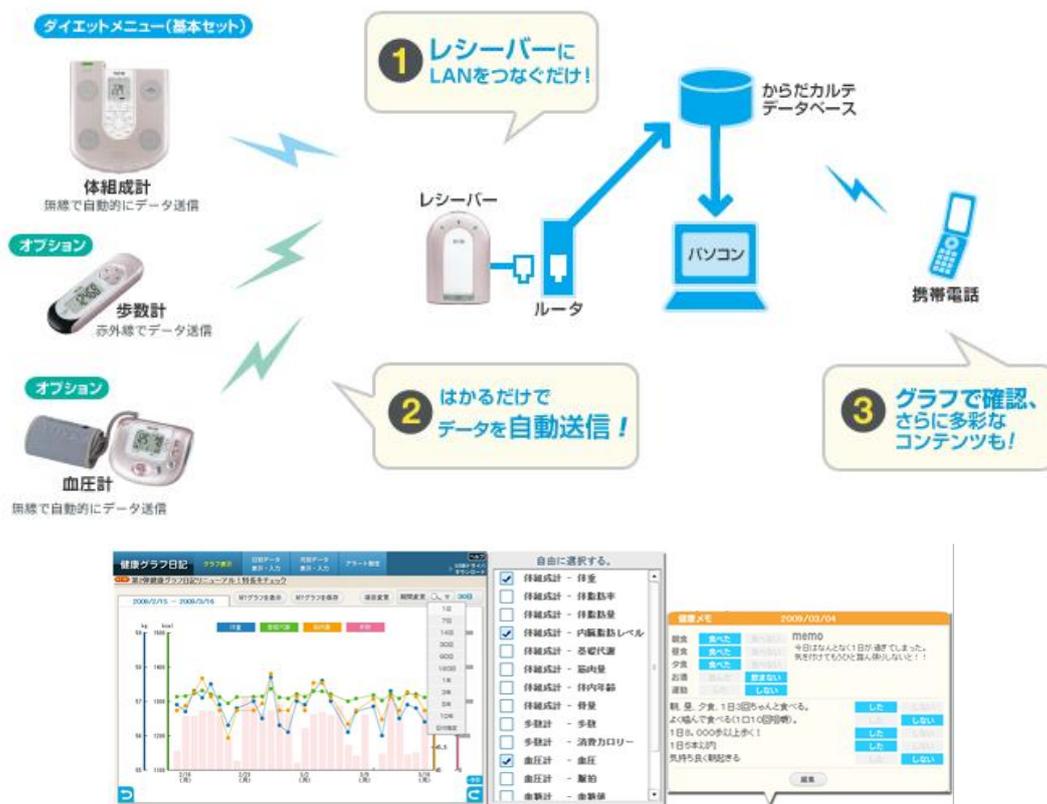
これまでに、「gooからだログ」「JogNote」「WellnessPLUS」など、コンテンツプロバイダー、ソリューションベンダーや通信会社など十数社と提携・協業している。

### 【構造・特長】

体重、活動量や血圧などの身体情報は無線機能を有する体組成計、歩数計、血圧計などから取得し、レシーバー(またはUSBのリレーキーとPC)を介してからだカルテのデータベースに記録される。

記録されたデータは、PCや携帯などからWebコンテンツの「健康クラブ日記」で日々の身体変化を確認することができる。

図2-46 からだカルテのシステム構成<sup>74</sup>



また、毎日の歩数を入力して、世界中のウォーキングコースを疑似体験できる「歩数イベント」や、

<sup>74</sup> :タニタHP

管理栄養士や健康運動指導士などの専門家による「からだサポート倶楽部」などのコンテンツを通して健康管理を行う。

図2-47 からだサポート倶楽部のコンテンツ<sup>75</sup>



【技術動向】

コナミスポーツ&ライフや香川大医学部附属病院などで作る「かがわ健康サポート隊」は12月から、メタボリックシンドロームと早期の軽症糖尿病の被験者を対象にした健康増進プロジェクトを展開する。「メタボ脱出大作戦！」と銘打ち、医師とスポーツジムのインストラクターが参加者の情報をインターネット上で共有。適切な運動や栄養士の食事指導によって、肥満解消を図る。同プロジェクトは経済産業省の「地域総合健康サービス産業創出事業」に採択された実証研究の一環で、運動、食事療法の有効性を検証するのが狙い。<sup>76</sup>

オムロンヘルスケアは近距離無線通信規格Bluetoothを内蔵した血圧計や体組成計など健康機器を2010年2月に日米欧で発売する。計測データは対応するPCや他の健康機器などに送信でき、通信を介した健康管理支援サービスを手掛けたい企業への提供を目指す。製品は米インテルなどが加盟する国際的な企業団体「コンティニュー・ヘルス・アライアンス」が策定した共通規格に基づき開発した。対応する歩数計も日米で発売する。また他の機器との接続を支援する技術担当者を各地域に順次配置する。健康管理支援や在宅医療サービスが効率的に提供できる体制も築く。

77

③ スリープレコーダー（睡眠時無呼吸検査装置）（株）スズケン

就寝時は、生体活動を長時間連続してモニタリングする最適の場であり、心拍、呼吸や体温などを無意識・無拘束にモニタリングする手法が数多く提案されている。

<sup>75</sup> :タニタHP

<sup>76</sup> :2009/11/17 四国新聞朝刊

<sup>77</sup> :2009/07/13 日経産業新聞

特に心拍は不整脈などの心機能のスクリーニング、呼吸は睡眠時の無呼吸症候群(SAS)などの異常スクリーニングに有効である。

ただし、体表面の温度は室温に大きく依存するために、体温として評価することは困難である。寝具を断熱材と見立てて、寝具表面に温度センサーを組み込み、体温との相対的な変動を計測して体温変化を推定する方法も開発されている。

#### 【構造・特長】

マット型センサーであるスリープレコーダーを敷いて寝るだけであるため、睡眠を妨げる不快なセンサーを付ける必要がない。

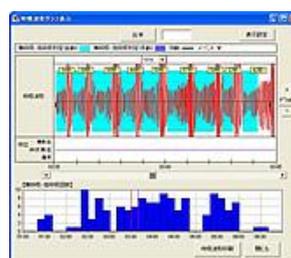
被験者の呼吸に伴う、身体下の圧力変化を感圧センサーが検出し、呼吸波形を計測する。これにより、無呼吸状態を検出できる。また、離床、体位変化や体動も検出可能である。

図2-48 スリープレコーダー<sup>78</sup>



PCで無呼吸・低呼吸指数を自動解析することができ、呼吸波形と体位変化を表示することが可能である。また、被験者のリスト管理も行える。

図2-49 スリープレコーダー解析ソフト<sup>79</sup>



<sup>78</sup> 86:スズケンHP

表2-16 スリープレコーダーシステム仕様<sup>80</sup>

	スズケン(株)スリープレコーダー SD-101
圧力検出センサー数	162点(センサーピッチ間隔40mm)
記録データ	呼吸波形、体位(側臥位、仰(伏)臥位)、体動、イベント信号、外部信号
外部入出力	シリアルRS-232C (1ch)
記録時間	1回最大10時間(合計20時間)
寸法	W1235×D555×H33mm (折りたたみ時:417×555×45mm)
重量	約2.2kg (電池を含む)
電源	単3アルカリ乾電池4本(6V)
対象体重範囲	15kg以上200kg以下

【技術動向】

スズケンはマルチユース心電計「Kenz Cardico1213」の発売を始めた。オプションの専用ソフトをインストールするだけで、同社の睡眠時無呼吸検査装置「スリープレコーダー」や生活習慣記録機「ライフコーダー」での検査結果を解析や、データを基にした運動指導ができる。<sup>81</sup>

帝人ファーマは8月21日、在宅での睡眠時無呼吸症候群(SAA)のスクリーニング検査に適した検査装置「SAS-2100」を発売した。在宅でのスクリーニング検査に一般的に使われているパルスオキシメータは、血中酸素飽和度と脈拍だけしか測定できないが、新製品はより多くの項目を検査することが可能なため、より高精度なスクリーニング検査が期待できる。新製品は、SAS診断の指標となる呼吸(鼻気流の流れ)、いびき、血中酸素飽和度、脈拍などのデータを記録し、専用ソフトで解析して無呼吸・低呼吸の有無や重症度を診断する。<sup>82</sup>

<sup>80</sup> :スズケンHP

<sup>81</sup> :2009/03/21 メディカル&テスト

<sup>82</sup> :2006/09/11 メディカル&テスト

#### ④ インテリジェントトイレ(大和ハウス工業(株)・TOTO(株))

就寝時と並んで、誰もが必ず利用するトイレも日常生活において無意識にモニタリングする最適な場の1つである。特に尿や便などから得られる生化学量のモニタリングが可能となるため、詳細な健康状態の把握ができる。

#### 【構造・特長】

各測定機能はトイレ空間にビルトインされた設計となっており、測り終えた後の煩わしさを解消できる。尿糖値測定器と尿温度(深部温度:体の中心温度)測定器はトイレにセットされている。

血圧計は便器横のカウンターに収納されており、便器に座った楽な姿勢で測定ができる。体重計は鏡の前にセットされており、2008年4月にスタートした特定保険指導に合わせて、BMI値(体格指数:体重と身長から算出した人の肥満度)の表示機能を搭載している。

図2-50 インテリジェントトイレのシステム構成<sup>83</sup>



測定したデータはトイレ内の表示パネルで日々、2週間、6週間のデータを確認することができる。

<sup>83</sup> :大和ハウスHP

また、PCソフト「健康管理くん」により、測定データを自動送信し、日々の変化を週・月・年単位で管理ができる。

図2-51 健康管理くん<sup>84</sup>



#### 【技術動向】

日立製作所とユニ・チャームは、「自動採尿システム」を共同開発した。尿を感知するセンサーを内蔵した採尿パッドと、尿を吸い取るポンプを内蔵した採尿器を組み合わせることで、おむつの交換回数をこれまでの1日あたり5～7回から1～2回程度へと大幅に減らすことが可能になる。介護を受ける人が排尿すると、採尿パッドに内蔵されたセンサーが感知し、採尿器が自動的に作動してポンプで尿を吸い取ってタンクに回収する仕組みとなっている。また、排尿に関するデータを記録し、排尿量や時間帯などのデータを把握できるため、トイレへの誘導や水分補給が必要な時間を把握することが可能になり、介護者の負担を軽減し一人ひとりの体質に合わせた介護の実現が期待できる。<sup>85</sup>

<sup>84</sup> :大和ハウスHP

<sup>85</sup> :2007/05/11 シルバー新報

#### (4) 行動モニタリングシステム

日常生活における行動パターンは、体調変化に起因した行動変化を反映する。行動パターンをモニタリングすることで、健康管理の指標とするものである。また、異常事態が起こってから知らせるシステムと異なり、何か起こる前の情報を把握できる特性を持つ。

特に室内で一日の多くの時間を過ごす高齢者の場合、室内に設置した数種類、複数のセンサーから一日の行動パターンを推定しやすい。

被験者のプライバシーを考慮して、画像情報などは用いず、On-Off情報を検知するものに限定している。これにより、センサーを安価で単純な構造とできるため、家庭への導入が容易となる。

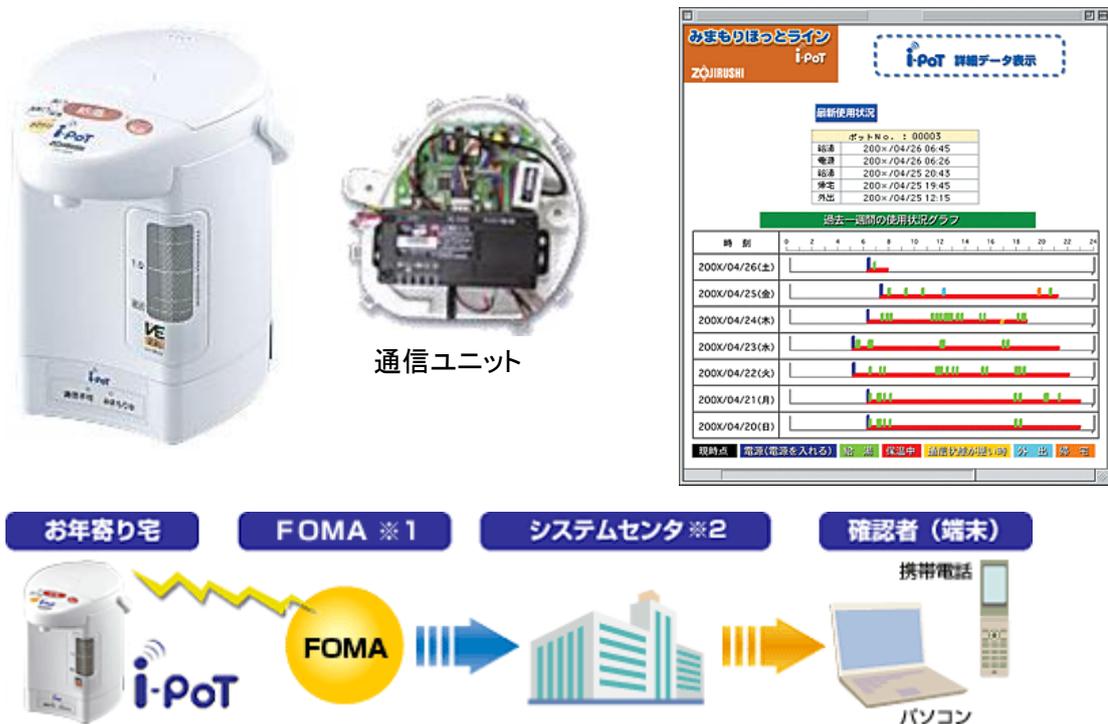
##### ① 見守りホットライン(象印マホービン(株))

###### 【構成・特長】

i-ポットの電源を入れたり、給湯したりする度に内蔵されている無線通信機から信号が発信されて、NTTドコモのFOMA(無線通信回路)を通じて、システムセンターの専用サーバへ送られる。

i-ポットの使用状況を1日2回、Eメールで受け取ることができる。また、専用のホームページで一週間分をグラフで確認可能である。

図2-52 i-ポットのシステム構成<sup>86</sup>



##### ② 見守りネット(パナソニック電工インフォメーションシステムズ(株))

<sup>86</sup> :象印マホービンHP

**【構成・特長】**

赤外線を用いた小型センサーにより、部屋内の在室状況を検知することができる。カメラによる映像情報とは異なり、文字情報を送信するため、プライバシーの保護につながる。

一台のセンサーは約8畳程度までの範囲を検知できる。検知範囲内で動きがあると、センサーが働く。

図2-53 見守りネットのシステム構成<sup>87</sup>

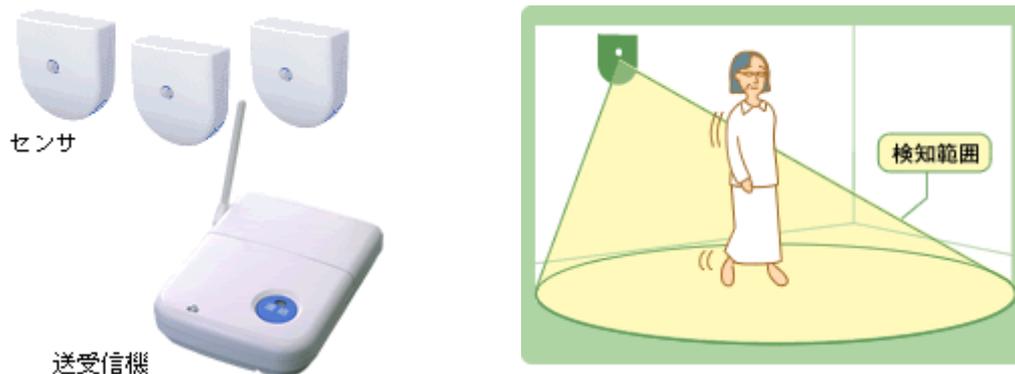


表2-17 見守りネットのシステム仕様<sup>88</sup>

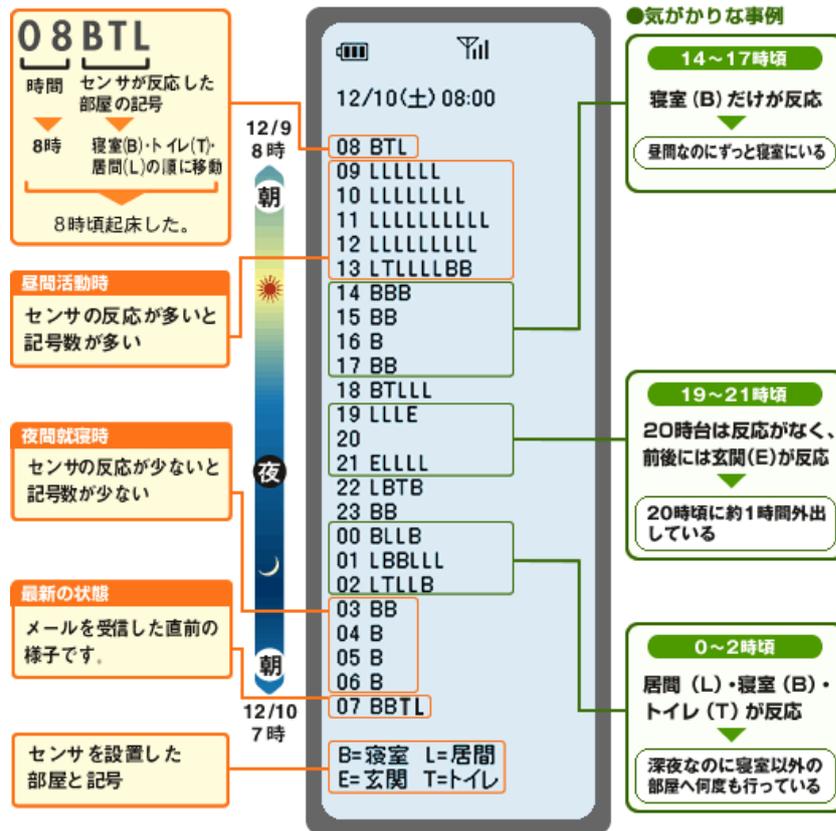
センサー仕様	
電源	リチウム電池
消費電流	通常15μ A、最大35mA
設置台数	2台以上、最大8台まで設置可能
検知方式	受動式赤外線方式 (NaPiOn)
伝送方式	小電力セキュリティ
電池寿命	約4年(条件により異なる可能性あり)
重量	約80g(電池含む)
寸法	H75×W70×D31mm
送信機仕様	
電源	AC100V
消費電力	通常4W、最大9W
通信方式	携帯パッケージ通信方式
重量	約730g(ACアダプタ、通信カード含む)
寸法	H165×W137×D35mm

1回のメールで最新24時間分の情報が分かり、記号一文字はセンサーが一回反応したことを示す。

<sup>87 95</sup>: パナソニック電インフォメーションシステムズHP

ただし、同じセンサーが連続して反応した場合には、表示される記号は省かれる。  
 日中の状態、就寝中の状態などに注意することで、生活パターンの変化や老化傾向に気付き易くなる。

図2-54 携帯電話による情報取得<sup>89</sup>



【技術動向】

行動パターンの計測は長期の計測ができて初めて効果があるため、停電対策やシステム障害時において、復旧の自動化がポイントとなる。

健康管理に利用するための定量化手法の確立と標準化が課題となっている。

行動パターンの急変は室内の事故に起因する場合も考えられるため、事故監視の実現も期待されている。

<sup>89</sup> : パナソニック電工インフォメーションシステムズHP

## (5) 医療用生体内システム

一般的に生体情報を検知する場合、体外に設置したセンサーを用いる場合が多いが、生体内にセンサーを留めることができる感度・精度的に有利となる。また、内視鏡画像など体外からは得られない情報を得ることができる。

生体内にセンサーを留める場合、センサーの生体適合性が厳しく要求されると共に、被験者の違和感や不快感を払拭できるように形状や計測方法の十分な検討が要求される。

### ① カプセル内視鏡(オリンパス)

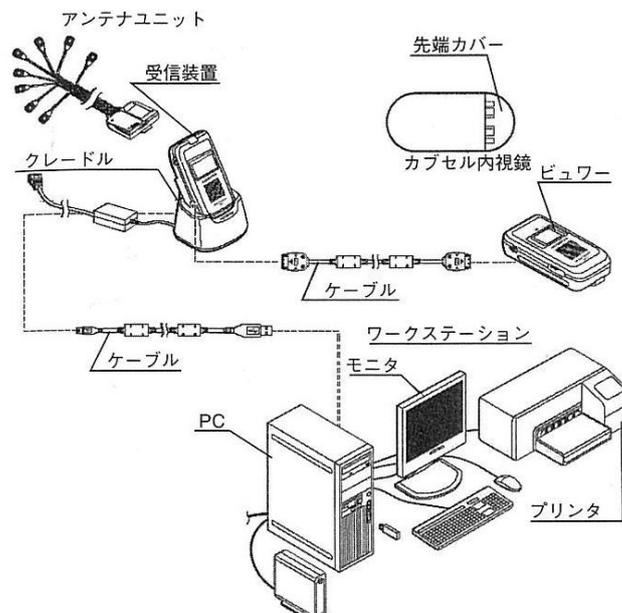
小型カメラや照明を内蔵した錠剤大のカプセルを飲み込んで、小腸全体の撮影を行うシステム。被験者にとって負担の少ないシステムである。検査の8時間前から絶食を行い、体にデータ受信用のアンテナを貼る。カプセル内視鏡を飲み込み、約8時間の検査が完了するまで、受信装置を携帯する。

カプセル内視鏡で撮影された画像データは、アンテナを介して受信装置に記録される。その後ワークステーションに転送して、観察・診断を行う。

#### 【構成・特長】

システムは主として、「カプセル内視鏡」、「受信装置」、「アンテナユニット」、「ビューアー」、「ワークステーション」からなる。

図2-55 カプセル内視鏡のシステム構成<sup>90</sup>



#### カプセル内視鏡

<sup>90</sup> : 日本機械学会誌 Vol.112, No.1088 (2009.7)

外径11mm、全長26mmでカプセルの形状をしており、照明用LED、小型レンズ、CCDイメージセンサー、電気回路、バッテリー等からなる。

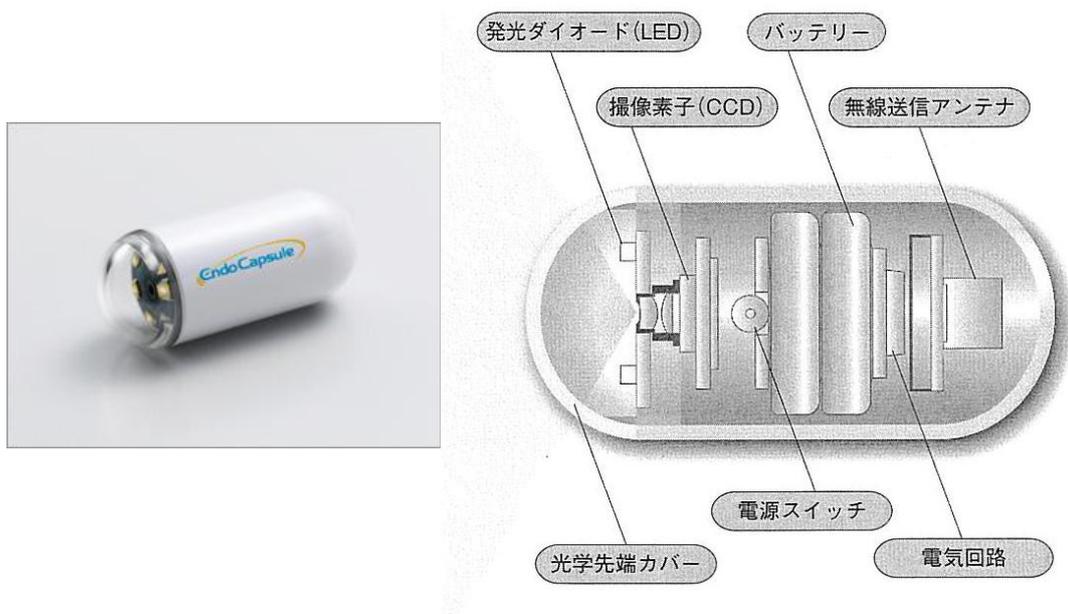
電気回路では、CCDイメージセンサーの駆動、撮影タイミングの制御、LEDへの電力供給など行っており、得られた映像信号の処理と無線送信アンテナへの送出など全体の動作を司っている。

LEDによって照明された人体内の画像はレンズによってCCDイメージセンサーに結像される。観察画像に使用する信号は無線通信用のデータに変換されて、無線送信アンテナから体表面のアンテナに送信される。

また、明るさを検知して、次フレーム画像を適正な明るさになるように光量を変化させる自動調光機能も有している。

カプセル内視鏡は2枚/秒で8時間動作や生体に適合したプラスチックを用いるなどの制約条件があり、小型化、低消費電力化と並んでパーツの配置が重要となる。

図2-56 カプセル内視鏡の構成<sup>91</sup>



<sup>91</sup> :日本機械学会誌 Vol.112, No.1088 (2009.7)

表2-18 カプセル内視鏡のシステム仕様<sup>92</sup>

	オリンパスメディカルシステムズ
視野角	145°
有効視程距離	0~20mm(観察深度)
倍率	5.7倍 (15in.XGAモニター上)
最小検出対象	非公開
センサーの種類	CCD
フレーム・レート	2フレーム/秒
自動調光機能	あり
通信周波数	315MHz
標準稼働時間	8時間
電池の種類	酸化銀ボタン電池(DC1.55V)
筐体材質	ポリサルフォン ポリカーボネイト

#### 受信装置とビューアー

体に装着する8個のアンテナを持つユニットとバッテリーからなり、カプセル内視鏡から送信される極微弱な電波を受信する。

画像データは機内のメモリに記録される。8時間で約5万6千枚のデータ量であり、被験者が装着しやすいように軽量化が求められる。

ビューアーは受信装置からの画像を表示することができ、検査前や途中で画像の確認ができる。

図2-57 受信機とビューアー<sup>93</sup>



<sup>92</sup> <sup>100</sup>: 日本機械学会誌 Vol.112, No.1088 (2009.7)

ワークステーション

医師が記録された画像データを観察し、レポート作成まで行う。画像データの観察においては、約5万6千枚もの画像をいかに効率よく読影するかが重要となる。つまり、ソフトウェアによる画像処理技術が重要な役割を果たす。

図2-58 画像解析ソフト<sup>94</sup>



【技術動向】

内視鏡画像の本質は、観察・診断に寄与する画像データであり、今後も高画質化が求められる。無線でのデータ転送速度の拡大、画像圧縮等の技術開発が進む。

医師が診断する際に、使いやすさの工夫が求められる。これは人間工学を考慮した開発を進める必要がある。また、膨大な画像情報データベースから必要な情報を高速に検索する技術も必要になる。

今後、低消費電力化を進めるとともに、無線給電システムや自己発電技術開発が進むと考えられる。また、内視鏡カプセルの移動には、磁力などを利用することで、外部から操作可能なシステムが求められる。また、投薬や組織採取などの治療機能を持つシステムも期待されている。

ギブン・イメージング日本法人は年内にも、画質と撮影角度を改善させた次世代の小腸用カプセル内視鏡「ピルカムSB2」を発売する。07年5月に欧州でCEマークを、米国では食品医薬品局（FDA）の承認を取得し、欧米で販売されている。日本でもすでに薬事承認を取得済みで、5月に保険適用も認められている。従来の小腸用カプセル内視鏡と外形は同じだが、撮影部分である透明のドームを大きくしており、視野角が140° から156° まで広がった。撮影スピードは毎秒2コマで従来と同じ。また、光量を自動的に調整する機能も新たに搭載した。強い光の当たった部分の周りが白くぼやける現象であるハレーションも発生しにくく、奥行きがある画像を鮮明に得られる。また、ギブンは今年5月、撮影画像に青色のフィルターを被せることで消化管内の赤色を際立たせる

<sup>94</sup> : 日本機械学会誌 Vol.112, No.1088 (2009.7)

画像処理機能を搭載したカプセル内視鏡ワークステーション(WS)用の新ソフトウェア「ラピッド5アクセス」も国内投入し、画質向上と医師の読影のしやすさの2本柱で、競合との差をつけていきたい考え。<sup>95</sup>

龍谷大学の犬塚尚武教授、大阪医科大学の樋口和秀教授らの共同研究グループは2日、遠隔操作で尾ヒレを動かし魚のように進む自走式カプセル内視鏡を開発したと発表した。交流磁場を利用して尾ヒレを振動させ、推進する仕組みで、位置や方向を制御できないという従来のカプセル内視鏡の課題を克服した。犬の胃の中でカプセルを自在に動かし撮影する実験にも成功。臨床試験を1年以内に始め、早ければ3年後の実用化を目指す。カプセルを動かす駆動装置も今回併せて開発した。駆動装置は体外から離れたところに配置し、交流磁場を発生させる。一方、カプセル内視鏡は尾ヒレを含めた長さが48mm、直径14mm、重さ約3.5g。尾ヒレは樹脂製で磁石がついている。カプセルの移動速度や方向は遠隔操作で任意に変えられる。<sup>96</sup>

オリンパスメディカルシステムズは、内視鏡洗浄消毒の記録管理機能を搭載した内視鏡室マネジメントシステム「ソレミオエンドver.3.3」を09年1月5日から国内発売すると発表した。09年4月以降は同社の小腸用カプセル内視鏡システムとの連携も予定している。内視鏡マネジメントシステムは内視鏡部門の受付から、使用する内視鏡の機種、検査中に使用する器材・薬剤など被験者ごとの検査情報を記録するもの。病院情報システム(HIS)とつなげることもでき病院経営全体の効率化に役立つ。従来の内視鏡検査業務に加え、内視鏡の洗浄消毒情報も記録が可能になった。同製品では電波方式認識(RFID)に対応したオリンパスの内視鏡洗浄消毒装置では洗浄者がタグをかざすだけで洗浄消毒履歴が記録できる。また同製品はデータをオリンパスのカプセル内視鏡のワークステーション(WS)に転送することができるため、重複する入力作業の負担軽減や入力ミス防止に役立つ。<sup>97</sup>

---

<sup>95</sup> :2009/07/29 化学工業日報

<sup>96</sup> :2009/07/03 日刊工業新聞

<sup>97</sup> :2008/12/25 化学工業日報

② Wi-Fi対応のペースメーカー(米St.Jude Medical,Inc)

ペースメーカーは心臓を電氣的に刺激して、脈拍を補正するための植え込み型の医療器械である。

心臓の動きを連続的にモニターし、脈拍が病的に遅くなった場合には、弱い電気刺激を心臓に送り、心臓を収縮させることで脈拍を補正することが可能である。

【構成・特長】

一般家庭の電気機器から発生される電波との干渉を抑えるために、MICS (Medical Implant Communication Service) 周波数帯の電波を利用しており、被験者の医療情報を離れた臨床医に伝えることができる。

被験者の不整脈やデバイスの変化を日々感知できるため、被験者の急な疾患や機器のトラブルに即時に対応することが可能となり、命を救うことができる。

被験者自身、機器に対する安心感が持てるため、いつでも見守ってもらっている感覚となる。

図3-24 Wi-Fi対応のペースメーカー<sup>98</sup>



表2-19 Wi-Fi対応のペースメーカーシステム仕様

Model	PM1210
Telemetry	RF
Dimensions	W52 × D52 × H6mm
Weight	23g
Volume	12.8cc
Connector	IS-1

<sup>98</sup> : 米St.Jude Medical,Inc HP

## 【技術動向】

国際的にペースメーカーを持つ人が300万人、毎年60万人以上の人移植している。Steven Greenberg博士は、ワイヤレスの技術は患者の看護に普通のこととなり、患者自身に時間をかけられるようになると述べている。また、「以前できなかったペースメーカーに起こる危険を伴う可能性のある、または、生命を脅かす問題やリズム障害などを見つけ診断する能力を高めることができる」さらに、「将来は心臓の鼓動の遅い人だけにペースメーカーを付けるだけでなく、高血圧をモニターしたり、ブドウ糖を測ったり、心不全をモニターしたりするかもしれない」と語った。<sup>99</sup>

### 2.3 センサーネットワークの標準化動向

#### (1) ISO/IEEE11073

医療機器通信規格の標準化団体IEEE11073にて、健康測定機器のデータアクセス標準化を推進

表2-20 IEEEの標準化対象機器

ISO/IEEE	標準化対象機器
ISO/IEEE11073-10404	パルス酸素濃度計
ISO/IEEE11073-10406	脈拍/心拍計
ISO/IEEE11073-10407	血圧モニター
ISO/IEEE11073-10408	体温計
ISO/IEEE11073-10415	体重計
ISO/IEEE11073-10417	血糖測定器
ISO/IEEE11073-10441	心臓血管
ISO/IEEE11073-10442	体力
ISO/IEEE11073-10471	活動ハブ
ISO/IEEE11073-10472	薬剤モニター

<sup>99</sup> :2009/08/10 ロイター

図2-59 ISO/IEEE11073 標準化作業<sup>100</sup>



<最適化交換プロトコルの要件>

複数のデータタイプに対応(不規則性、ストリーミング、蓄積転送)

移動、可搬用に設計(Bluetooth、USBなど)

データ交換に最適化

効率的な再接続可能

(2) Continua Health Alliance

① Continua Health Allianceとは

ヘルスケア及びテクノロジー産業の有力企業が、より良いホームヘルスケアを実現するために集まった非営利団体である。

“人々や組織が健康やウェルネスをより効果的に管理できるよう、相互運用可能なホームヘルスケア・システムのエコシステムを実現すること”を使命とする。

② Continua Health Allianceの機能

ガイドライン: 各企業が相互運用可能なセンサー、ホームネットワーク、遠隔健康管理プラットフォーム、健康管理・生活改善サービスを開発・提供するために必要なガイドラインを策定する。

接続性認証とロゴ: 他の対応製品との相互運用性を認証するプログラムを策定し、認証された製品には消費者にわかりやすいロゴを添付する。

政府規制への対応: 政府機関と協業し、多くの企業のソリューションを安全かつ効果的に提供するための方策を策定する。

<sup>100</sup> :IEEE (ISO/IEEE11073個人健康データチュートリアル)

サービス報酬のあり方の提案：ヘルスケア業界のリーダーとの協業により、ホームヘルスケア・システムのコストの問題に対処するための方策を策定する。

③ Continua Health Allianceのプロモーター企業

2009年10月23日時点で41社が加盟<sup>101</sup>

表2-21 Continua Health Allianceのプロモーター企業一覧

A&D Medical	ActiveHealth Management	Aetna
SCENSION HEALTH	Baxter	Bayer HealthCare
CA Transforming	CAST	ConnectedHealth
CISCO SYSTEMS	European Centre for Health	GE Healthcare
HOMEDICS	CLINIC BARCELONA	IBM
IMetrikus	Intel	KAISER PERMANENETE
LIFESYNC	Medtronic	NHS
NOKIA	NONIN	NOVARTIS
OMRON	Panasonic	PHILIPS
POLAR	PRICE WATERHOUSE COOPERS	QUALCOMM
Roche	SAMSUNG	SHARP
SIEMENS	Sprint	ST.JUDE MEDICAL
TEXAS INSTRUMENTS	Tunstall	VDE
Viterion	WelchAllyn	

④ Continua Health Allianceのコントリビューター企業

2009年10月23日時点で169社を超える企業が加盟

⑤ Continuaで採用する機器データアクセス標準

パルスオキシメータ、脈拍/血圧測定器などの測定機器と、コンピュータ、携帯電話、セットトップボックスなどの処理機器との間のデータアクセス標準には、IEEE(2.7(1)参照)、ISO、Bluetooth(医療機器プロフィール仕様)、USB(個人医療機器クラス仕様)を採用

<sup>101</sup> : Continua Health Alliance紹介資料

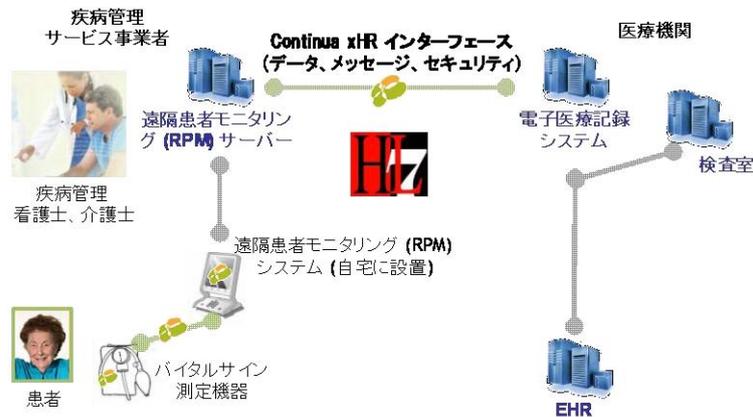
図2-60 Continuaで採用の機器データアクセス標準<sup>102</sup>



⑥ Continuaでの標準化：医療記録標準

疾病管理サービス事業者の遠隔患者モニタリング (RPM) サーバーと、医療機関の電子医療記録システムとの間のインタフェースを、Continua xHRインタフェースとして、データ、メッセージ、セキュリティについて標準化

図2-61 Continuaの医療記録標準化<sup>103</sup>



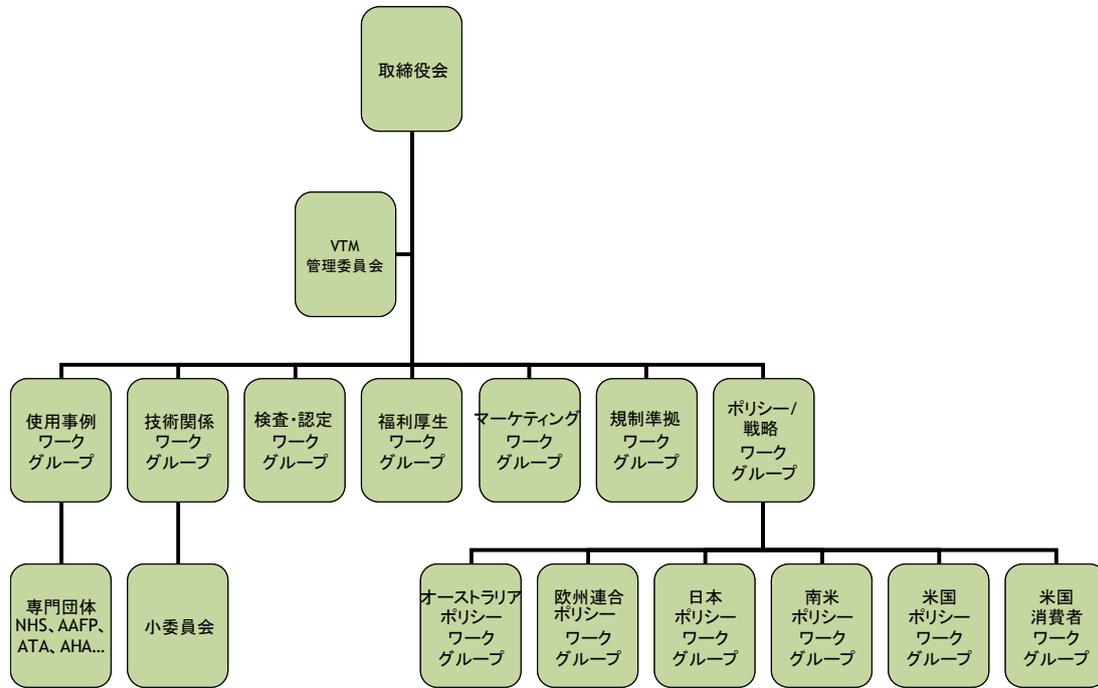
⑦ Continua Health Allianceの推進体制

取締役会の下に7つのワークグループを構成。その一つであるポリシー/戦略ワークグループの下に、地域で分けた6つのワークグループを構成。

<sup>102</sup> : Continua Health Alliance紹介資料

<sup>103</sup> <sup>62</sup>: Continua Health Alliance紹介資料

図2-62 Continua Health Allianceのワークグループ構成<sup>104</sup>



### 3. ネットワークの活用によるリアルタイムな健康管理実現方法の検討

#### 3.1 ネットワークの活用によるリアルタイムな健康管理実現における課題

国家PJなどでセンサーネットワークを用いた最新の健康管理の研究を推進されている知見者の方々にヒアリングを行った。ここでは、その研究内容と今後の方向性について記す。

##### (1) バイセン株式会社（千田 廉 代表取締役社長）

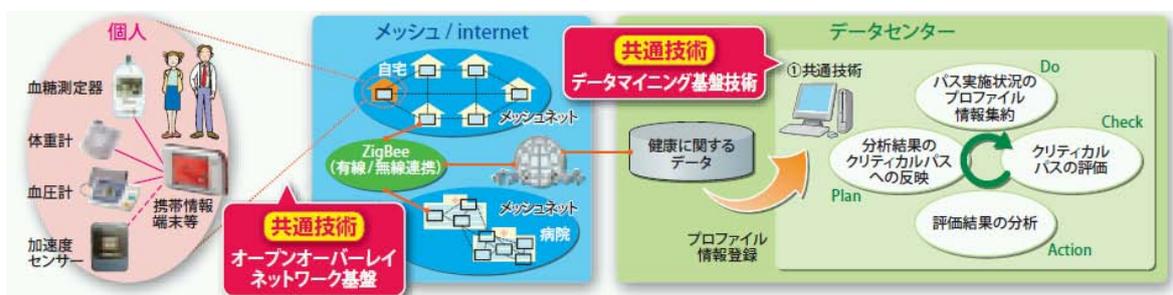
###### 【研究内容】

経済産業省の情報大航海プロジェクトに参画しており、(株)キューデンインフォコム、九州大学、カルナヘルスサポートなどと共に「次世代解析技術を活用した携帯情報端末による健康管理」の実証事業を進めている。

医療業務のマニュアル化・標準化が可能な部分において、治療計画を管理する「クリティカルパス」を臨床現場に普及させるために、各種の生体センサー情報の収集・加速度センサーを用いた行動解析を結合させて、あたかも医療者が見守っているかのように携帯端末で健康情報を伝えるサービスの研究を行っている。

バイセン(株)では、そこで使われるセンサーに、3.2(2)で示した(株)日立製作所と共同で開発した3軸加速度センサーによる「メタボレンジャー」を活用しており、体重計や血圧計(A&D)などの健康機器と連携できるようにしている。

図3-1次世代解析技術を活用した携帯情報端末による健康管理<sup>105</sup>



###### 【今後の方向性に関する意見】

ネットワークは、WiMAXの普及が広がれば、広範囲なデータ取得が可能となる。また、BluetoothやZigBeeのマルチセンサーユニットを使い、体のどこかに繋げるだけで心臓に関する情報まで集められることが理想である。

インフォメディスン(情報薬)と言うコンセプトが存在し、取得したバイタルデータは、速やかに被験者へフィードバックすることで「薬」と同じ様な効果が医療情報から引き出せる。例えば、無呼吸症候群の心電図を翌日にはすぐに見られるようにし、寝返りの行動データと組み合わせるといったこ

<sup>105</sup> :経済産業省 情報大航海プロジェクト HP

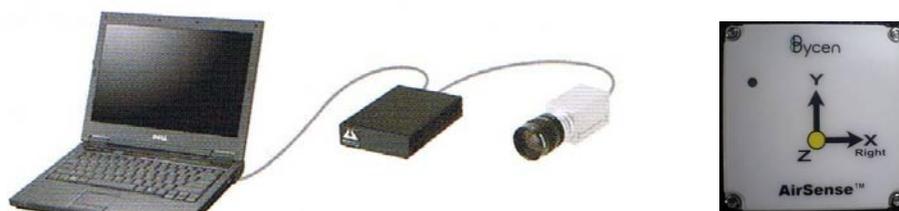
とを実現したい。

センシングのフィードバックによる効果の実例を増やすため、バイセンでは牛の成育管理へのセンサー適用にも取り組んでいる。LegLOGで測定した牛の行動とビデオカメラの撮影を同期させることで、牛の行動パターンを十種類程度に分けて解析を行っている(CamLOG)。

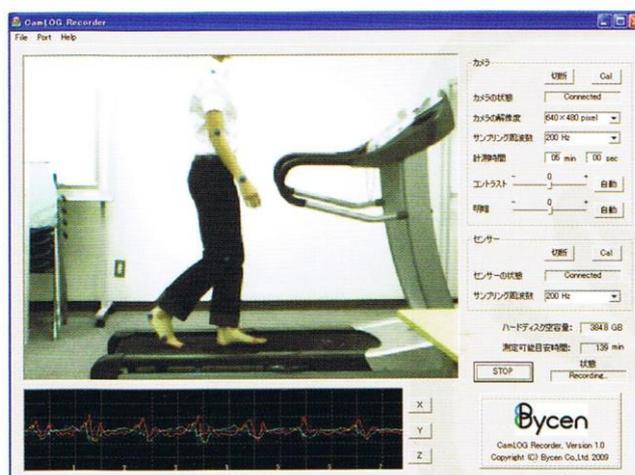
人間の遠隔健康管理で基本となるデータは、血圧、脈拍、体重、身長、運動量であるが、これらのデータ項目は増えるほど良い。健康アドバイスのようなビジネスモデルを考えており、運動量が少ない時は、「帰りは歩きましょう」などの生活へのメッセージを携帯に送るサービスである。このような取組みを普及させた上で、医療機関との連携による高度なメッセージを伝えれば、付加価値が明確になる。

また、老人に生活改善メッセージを伝える方法として効果が期待できるのは、Bluetooth、Zigbeeのインタフェースを持ったドッグ(ホームサーバの形態)に、音声メッセージ機能を持たせることである。

図3-2 CamLOGシステム構成<sup>106</sup>



LegLOG(無線型3軸加速度センサー)



<sup>106</sup> :バイセン作成資料

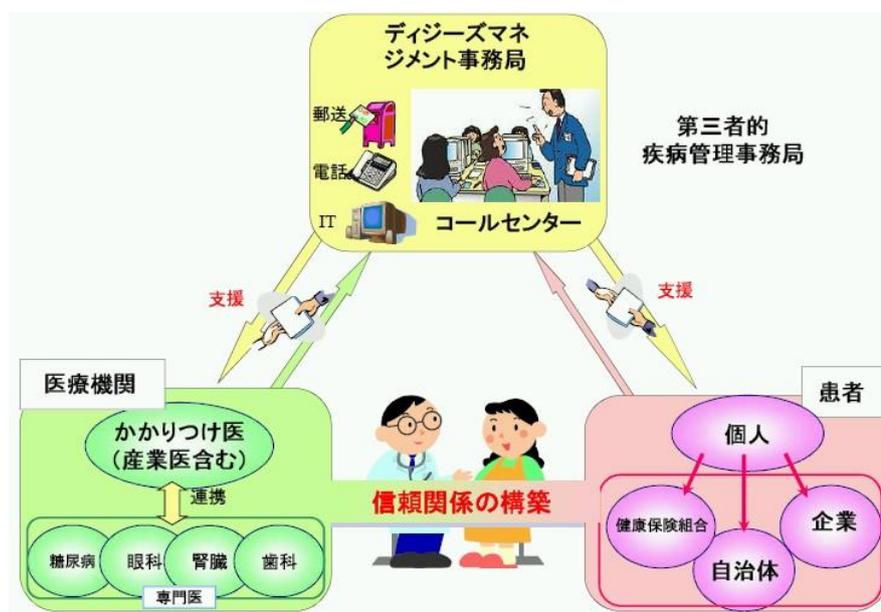
(2) 九州大学 大学病院 (中島 直樹 准教授)

【研究内容】

2002年度からディジーズマネジメント手法(特定の疾患について診療ガイドラインをベースに、医療提供者、患者、住民への働きかけを行い、保健医療コストのコントロールとサービスの質の向上を実現するもの)による糖尿病予防プログラムを産学連携事業「カルナプロジェクト」で開発を進めてきた。

カルナプロジェクトの中核技術はクリティカルパスとコールセンターである。また、4.1で示した「次世代解析技術を活用した携帯情報端末による健康管理」の実証事業をバイセン(株)と協力して進めている。

図3-3 カルナプロジェクトの構成<sup>107</sup>



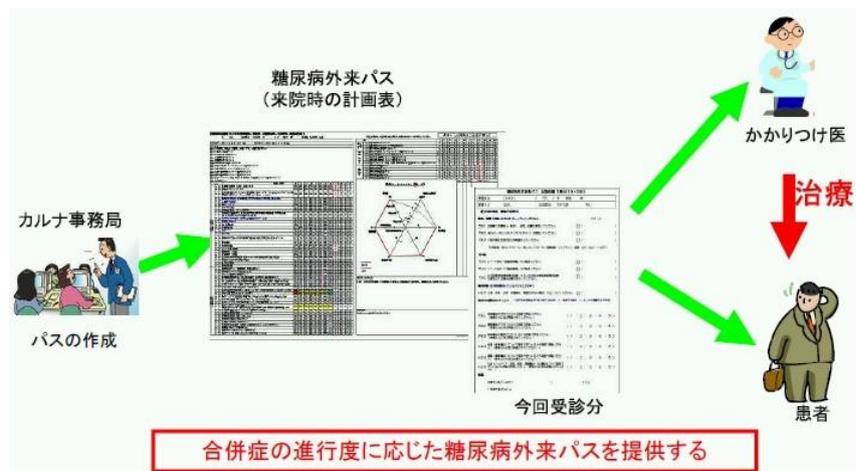
クリティカルパスは、正確な準拠が難しい診療ガイドラインや保健指導プログラムなど時系列に展開することで、その日の業務がひと目見て分かる。

また、糖尿病の患者は合併症を引き起こすことが多い。そこで、クリティカルパスの基本シートに合併症の進行度に対応したオプションシートを重ね合わせることで、個々の患者の病状変化に対応したきめ細やかな治療・検査予定表の作成が可能となる。

さらに、コールセンターのオペレーター(保健指導員)は、多くの対象者に対して、日々のスケジュールを正確に管理できるため、かかりつけ医や患者に適切なアドバイスを提供することが可能となる。

<sup>107</sup> :九州大学中島准教授作成資料

図3-4 クリティカルパスとコールセンター108



#### 【今後の方向性に関する意見】

センサを始めとした様々な情報が急激に増加し、爆発しようとしている。医師に情報を集めて、後は医者の責任というモデルはオーバーフローしようとしている。

ユビキタスの普及、遠隔医療の登場などITは発展しているが、医療の資源(医師)は限られている。IT技術は、医師の負担を軽減する存在(サポートするシステム)になる必要がある。

医療費削減に関して、早期の検診で病人を発掘したら医療費増になるのではと危惧する声もあるが、病気を放置しないことがより重要と考えている。例えば糖尿病で、合併症が出ないための早期の通院回数増による医療費増と、合併症が発生したことでの医療費増を同じレベルで比較すべきではない。合併症が減るのならば、もしも早期の受診回数が増えて医療費増になったとしてもむしろ歓迎すべきである。

これからの時代を支えている40~50歳代の重症合併症が増加しており、患者本人だけでなく患者をサポートする家族を含めて、大きな労働生産性低下となる。単に医療費の増減では表現できない。国力を維持できるかどうかを考えるべきである。

現在、糖尿病患者は紙の糖尿病手帳を持っており、年間100万部以上発行されている。紙ベースのモデルの中で最も完成されており、今後、糖尿病手帳にクリティカルパスをのせる事ができれば良いと考えている。

カルナプロジェクトを進める上で、紙ベースでもきちんと成り立つアルゴリズムと個々のプロファイリングにあわせた対応が重要であった。その際に、患者を階層化することがポイントであり、糖尿病リスクの高い人に介入すべきである。

病状の改善に伴い、医師やコールセンターの介入を減らすことができるため、事業として成立できるようになる。

(3) 東京都老人総合研究所 (青柳 幸利 先生)

【研究内容】

2000年より群馬県中之条町において、高齢者の日常的な身体活動と心身の健康に関する研究を行っており、調査対象は認知症や寝たきりを除いた、65歳以上の全住民5,000名である。

全員に対して、身体活動の頻度や時間などを尋ねる年一回のアンケートを行い、さらに、約1割の対象者に、1軸加速度センサー内臓の体動計を用いた身体活動の実態調査を、24時間連続して8年以上行っている。

図3-5 ライフレコーダーの構成<sup>109</sup>



表3-1 ライフレコーダーのシステム仕様<sup>110</sup>

	スズケン 生活習慣記録機ライフコーダーMe
センサー	1軸加速度センサー
メモリ	14日
通信プロトコル	USB(パソコンへ自動データ送信)
電源	CR2032
電池寿命	約6ヶ月
寸法	W72.0×H42.0×D29.1mm(フック含む)
重量	45g(電池込み)

ある一定基準以上の腰部の上下振動(加速度)が検出されたときに、歩行と認識される。また、身体活動の強度はセンサーからの加速度信号に基づいて10段階以上に分類される。出力はMETsという代謝当量(安静時代謝量の倍数)で評価する。

<sup>109</sup> 112:スズケンHP

図3-6 活動強度の推移<sup>111</sup>

(Aoyagi Y.)



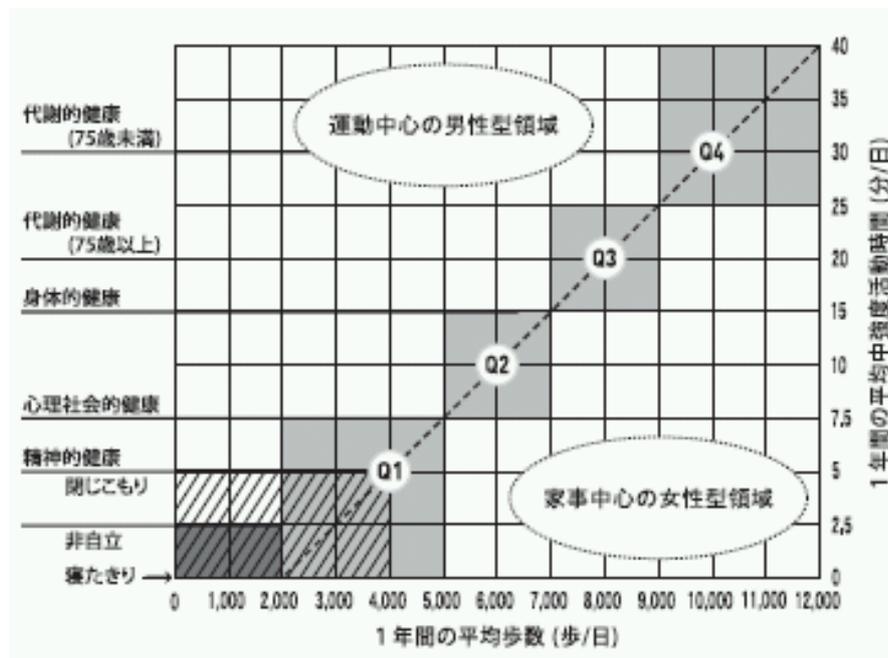
下の模式図は一日の歩数に対する活動時間の年間平均を表しており、一般に高齢者の身体活動は男性の方が女性より多い。歩数と身体活動量をプロットすることで、自身の健康状態を把握することができる。

健康的な生活を行うには、男女とも歩数>7,000~8,000歩/日、かつ中高度活動時間>15~20分/日が必要である。一方、最低限の健康的な生活を行うには、歩数>4,000歩/日、かつ中高度活動時間>7.5分/日と示している。

<sup>111</sup> <sup>114</sup>: MB Med Reha No.104:21-32, 2009

図3-7 歩数と活動強度の関係<sup>112</sup>

(Aoyagi Y.)



【今後の方向性に関する意見】

介護保険をなるべく使わない方向にもって行きたい。要支援では50万円(主に掃除などのヘルパー)、要介護では170万円、重度介護では300万円ぐらいの費用がかかる。特に要支援、要介護を減らしたい。また、病院のサロン化は医療費拡大の観点からも避けたい。

高齢者医療費の6割を占める6疾患は、うつ病、骨粗しょう症、骨折、高血圧、糖尿病、高脂血症であり、体動計との関係付けができています。研究として残っている分野は、体動と寿命、体動と認知症の関係の2つであり、完成が近づいている。

歩数一体動量グラフから、現状より一つ上の段階に上がれば、被験者はどんどん健康になり、医療費が下がることは証明可能である。

また、主要施設からどの範囲の地域が活性化しているかや、数万規模の都市における医療費削減効果の試算など、健康な街づくりに役立てて行きたい。

本研究では65歳以上の高齢者が対象であるが、40～75歳程度のメタボ予備軍を対象に研究を行うのも一つの切り口であると考えている。

(4) 東北大学 大学院 医工学研究科 (永富 良一 教授)

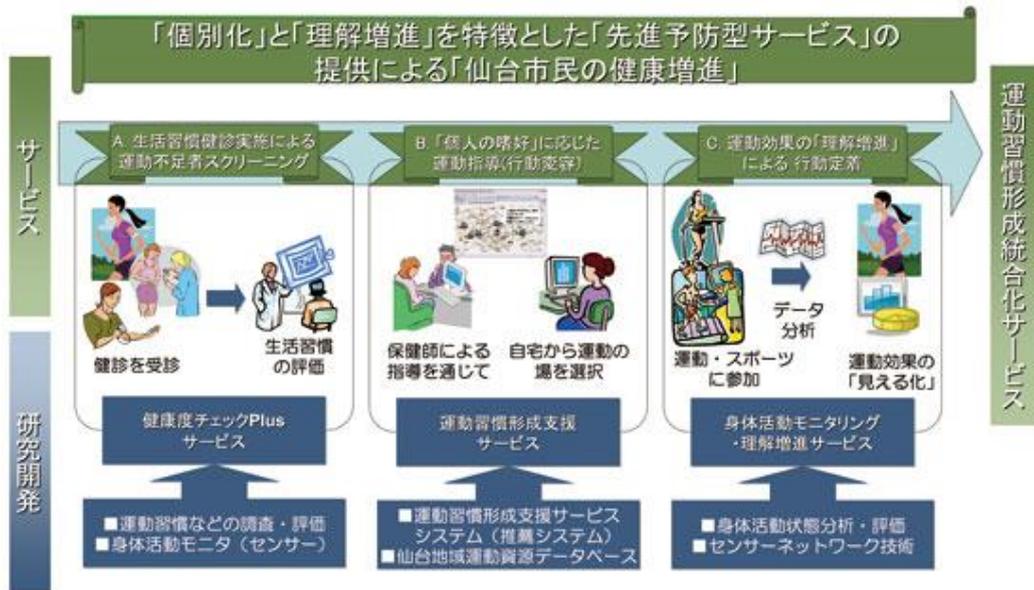
【研究内容】

広域仙台先進予防型健康社会創生クラスターは文部科学省の委託事業であり、地域学術研究機関の研究シーズを地域に展開することを目指す5年間(H19～H23)の事業である。その中で、健康増進を促す医療福祉情報の利活用と行動支援技術(ウェルネス・アプリケーション)を担当している。

疾病の一次予防にあたる、生活習慣の改善による健康増進と生活習慣病の予防に向けて、仙台卸商センター団地の従業員約1,000人を対象に栄養、体力、加速度、エコー、血清、骨密度の調査を行っている。これらの調査により生活習慣のDB化を行い、行動変容につながる疾病の分布、関連因子、因果関係を解明し、住民へ健康情報を提供することを目的としている。

研究テーマは、運動(身体活動)の健康効果について、「生活習慣の評価」、「個別の運動支援」、「運動モニタリング」のサービスについて研究開発を行っている。

図3-8 健康増進を促す医療福祉情報の利活用と行動支援技術<sup>113</sup>



被験者が個人のプロフィール情報を入力することで、個人の嗜好にあわせた保険指導を提供する検索システムを提供している。仙台市内の運動クラブなどと連携することで運動資源情報DBを構築しており、住民はWebで「どこに行けば、どんな運動が、幾らで、出来る」がわかるようになっている。

<sup>113</sup> : 広域仙台先進予防型健康社会創生クラスターHP

図3-9 個人の嗜好にあわせた保険指導を提供する検索システム<sup>114</sup>



### 【今後の方向性に関する意見】

これまでの研究で、住民が自身の生活習慣を把握することが大切であることが分かり、アンケートやセンサー（歩数計、加速度計）などによる行動分類を行ってきた。大事なことは、運動量と食事量のバランスであり、10分程度の運動（歩数で約1000歩）を、継続して行うことであった。今後は疫学的エビデンスに基づく生活習慣の把握に取り組む。ダイエットとは違うことの認識も大切である。

また、健康情報を提供するインフラが整備されておらず、保険指導士の個人の頑張りに頼っていた。そのため、被験者も長くは続かず、半年で約10%にまで落ちていた。本研究では仙台市内の運動クラブなどと連携して、DBを構築し、運動のレベルで分けて提供するようにしている。これにより継続性のある生活習慣の支援方法を確立する。

運動モニタリングに関しては、現在、脈波を研究中である。ただし、数値では継続して関心を持つことは困難となる。例えば「Wii」など（運動レベルの向上）、ゲーム感覚で楽しめるような「運動情報の見える化」による定着を進める。

更に、薬局を拠点とした薬剤師による指導サービスの実証実験を行う予定である。

<sup>114</sup> :Happy Exercise 検索システムHP

(5) 東北大学 サイバーサイエンスセンター 先端情報技術研究部 (吉澤 誠 教授)

【研究内容】

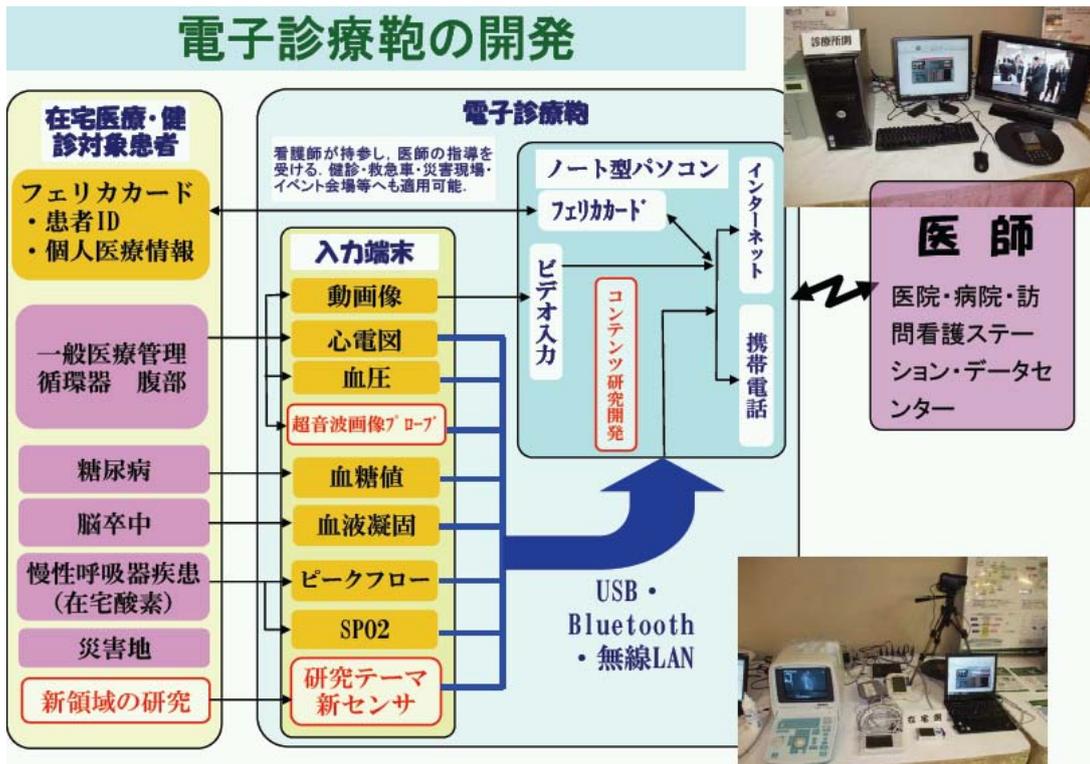
文部科学省知的クラスター創成事業「広域仙台地域 先進予防型健康社会創成仙台クラスター」では、健康把握のための生体反応指標の検出技術とデータベース化(ウェルネス・アルゴリズム)を担当しており、2009年3月に、「モバイル環境における医療情報通信システム開発コンソーシアム」を設立した。

東北大学、ソニー(株)、フクダ電子(株)、オムロンヘルスケア(株)本多電子(株)、(株)ウィルコム、ネットワンシステムズ(株)、(株)スリーリンクスにより構成されている。

PHSや携帯電話によるモバイル環境において、高画質映像や音声ばかりでなく心電図・血圧などの生体情報を遠隔地にいる医師に伝送する「電子診療靴」を開発している。

看護師などの在宅医療支援において、高画質映像通信の利用により、患者と医師間の対面診療に近い環境を実現する。また、インターネット環境が完備していない家庭や救急車などの移動体での利用も可能となる。

図3-10 電子診療カバンのシステム構成<sup>115</sup>



<sup>115</sup> : 東北大学 吉澤誠教授作成資料

また、分散型の生体情報収集システムの開発では、無線式の心電・脈波センサーを活用した、多変量情報の相関解析による自律神経機能推定を行っている。

(株)医療電子科学研究所の超小型無線心電計(RF-ECG)の入力端子に、光電脈波信号を入力する新しいシステムを試作し、心電図と光電脈波の両方の計測を可能とした。

運動を定期的に行っている人とそうでない人の脈波伝達時間と心拍数間の最大相互相関係数を算出することで、自律神経機能推定の実証実験を行っている。

図3-11 心電・脈波センサーのシステム構成<sup>116</sup>



表3-2 心電・脈波センサーのシステム仕様<sup>117</sup>

	(株)医療電子科学研究所 超小型無線心電計(RF-ECG) + 特注脈波センサ
寸法	W40 × H35 × D7.4mm
重量	11.8g(電池込み)

#### 【今後の方向性に関する意見】

分散型の生体情報収集システムに関しては、今後、脈波のみで自律神経機能の推定が可能な方法の開発を推進する。これにより、患者のスクリーニングを可能としたい。

Continualに参加している大手企業が踏み込もうとしない、障壁の高い医療に参入していきたい。また、電子診療靴の市場としては、学校や老人ホームなども想定しているが、薬事法上、医療行為になるかどうかはグレーな点がある。

電子診療靴の実証実験において、カメラ設置位置などの運用面に課題があることが分かった。今後、医師がコントロールできるようなWebカメラも考慮する。

今後の実証実験では、医師・訪問看護師のスケジュールの管理を含めて、医療間の連携を推進して行きたい。

<sup>116</sup> <sup>119</sup>: 東北大学 吉澤誠教授作成資料

(6) ヒアリングのまとめ

質問事項	バイセン株式会社 千田 廉 代表取締役社長	九州大学 大学病院 中島 直樹 准教授	東京都老人総合研究所 青柳 幸利 先生
遠隔医療・健康支援サービスにおいて医師が必要とする情報はなにか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>データベースには、時間の情報(タイムスタンプ)と付随する患者の情報が重要。性別、年齢、過去の病歴、体動値・血圧値・血糖値・身長・体重など。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>体重、心拍数や血糖値である。ただ、心拍計は精度の問題や、Bluetooth未対応など機器面の課題あり。</li> <li>現在、血糖値は携帯経由で手入力をしている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的には体動計のみで対応可能であるが強いてあげるなら、体重、体動値、血圧値である。</li> <li>理想は、誰の指導も無く、患者が自分で進められることが大切である。</li> </ul>
多点・長時間計測と定点計測のアプローチではどちらに有用性があるか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>循環器系の血圧データに関しては24時間のある程度連続した時系列データが有効である。</li> <li>体重の場合、朝起きておしっこした後、昼、夕方、寝る前の4点のデータがあると、日々の活動量周期の予測が可能となる。</li> <li>体調が正常な場合と、病気のと看で比較することができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的に体調に不具合が起こった場合など、緊急対応ができる体制を整えるために、リアルタイムデータが必要である。</li> <li>ただし、医師に情報を集中的に集めて、後は医師の責任という構図は医療資源上成り立たない。</li> <li>エビデンスを残すこと、医療説明(インフォームド・コンセント)のためにもIT化は大事であり、リアルタイムで進めたい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中之条のように既に基本的な情報が集まっている状況では、定点観測でも良い。</li> <li>ただし、精度を上げるためには長時間の計測は欠かせない。(男性の場合、80%の信頼性を得るためには一ヶ月程度のデータが必要。女性の場合は、台所仕事などルーチンワークもあるため、1ヶ月程度で90%の信頼性に達する。)</li> <li>24時間連続のデータ取得は今後も広がる方向である。アメリカでもガイドラインとなる可能性がある。</li> </ul>
個人データを管理すべき主体はどこと考えるか？ (患者、医師、健康サービス業者、サーバ管理者など)	<ul style="list-style-type: none"> <li>管理主体は健康サービス業者と考える。健康サービス業者は、測定したデータを患者がいつでも閲覧できるように公開するという形が良い。</li> <li>PL法のように、2重3重の備えをした上で、できない範囲を明確にすることが大切である。責任を取る範囲を明確にすべきである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>患者のデータを誰が管理するか、ということに関してはそれぞれが責任を持って管理という考えである。</li> <li>EHRは各自治体が倉庫として管理し、PHRに関しては、事業者ごと必要なデータを持つ形が良いと考える。</li> <li>日本の場合、個人の責任でPHRの見せたくないデータを捨ててよいと考える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メーカーが主体となるべきではないか。健保や自治体なども管理する場所になるかもしれない。</li> <li>このビジネスはコミュニケーションがポイントとなる。無機質なデータ送信だけでは、なかなか健康管理を続けられない。褒めてあげる事が大切である。</li> </ul>
IT技術と健康管理の親和性についてどの様に考えるか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>患者に患者自身の情報をフィードバックすることが健康管理に効果的である。</li> <li>情報を患者にわかりやすく伝えると「薬」と同じような効果が期待できる。体重の情報も、自身の活動量と一緒に被計測者に伝えると効果がある。ITを使うと、経時的にかつ連続した自己の状態を把握することが出来る。毎日検診しているようなサービスを受け取ることができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>装着するだけでデータがサーバにあがるのが必須である。ユーザに触らせては駄目。</li> <li>ディジーズマネジメントで必要なのはまずは、業務フローを紙ベースで進めて、改善を行うこと。次にIT化。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的に操作が無ければ、受け入れられる。</li> <li>また、被験者は、自分に合ったコメントを欲しがると。多数の組み合わせでコメントを作成しているが、無機質なものとなる。どこかで人が介在するシステムが理想。</li> <li>老人は一度転倒したりしてしまうと、急激に活動が減ってしまう。看護師や家族からの声かけが必要となる。</li> <li>患者に情報をフィードバックすることが大切であり、自分でも見られるように分かり易くすること。</li> </ul>
情報の標準化についてどのように考えているか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>HL7がようやくスタンダードとなりつつある。バイセンの扱うデータも、ヘッダ情報にプラスして入れると参考できる過去データとして利用ができる。</li> <li>ウェアラブル健康機器ではデータの個人情報の扱いが課題。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国の標準化推進に関わっており、どの様に普及させるかを考えている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>データはどのような形にでも加工できるようになっているので、特に注意を払ってはいない。</li> </ul>

質問事項	東北大学 大学院 医工学研究科 永富 良一 教授	東北大学 サイバーサイエンスセンター 先端情報技術研究部 吉澤 誠 教授
遠隔医療・健康支援サービスにおいて医師が必要とする情報はなにか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乳酸センサーや生理的な汗の成分を測定する経皮センサーなどのMEMS技術が有望と考えている。</li> <li>・また、ジャイロスコープや加速度センサーを組み合わせた間接角度、歩幅などの計測から、運動スキルの評価やリハビリ支援が行える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・血圧値が欲しいと考えるが、絶対値よりも変動が重要だと考える。</li> <li>・現在は規格化した脈波に注目して研究している。</li> <li>・一般に、糖尿病では血糖値センサーなどを用いた運動指導など関節の動きを測定するSpO2(動脈血酸素飽和度)を測定する。</li> </ul>
多点・長時間計測と定点計測のアプローチではどちらに有用性があるか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・場合によって使い分けるべきだと考えている。例えば単純で継続が可能なものは長いスパンで測定し、複雑なものは定点観測でも良いと考える。</li> <li>・何よりも、飽きられないことが大切であり、測定を継続してもらうことに注意を払っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在の研究では、常時モニタリングが難しいため、め込み適用に近い不整脈疾患や見守りなど、特定の用途での必要性が出てくる。ただし、測定データの管理が課題である。</li> </ul>
個人データを管理すべき主体はどこと考えるか？ (患者、医師、健康サービス業者、サーバ管理者など)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・みやぎ生活共同組合との健康サービスの地域展開に関しては会員制であることから、サービス業者が主体である。</li> <li>・予防医療に注力しているフィンランドなどでは、情報量は多くないものの、国がデータベースを管理しており、研究者はアクセスが可能である。この辺りは、日本に比べて障壁は少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・薬事法では病院の管理が義務付けられているが、個人データ管理会社に預けた方が管理しやすい。</li> <li>・K-MIX(香川医療ネットワーク)ではデータの管理を行っている。これは、金融機関の管理に近い。</li> </ul>
(高齢化が進むと)無線などの技術は受け入れられるか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般にセンサーによる数値情報は、関心を保てず、飽きられ易い。ゲーム感覚(Wiiなど)で自分のレベルが上がるようなシステムが受け入れられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電子診療靴では、医師の方々も使っているが、医師の原資に依存している。</li> <li>・また、将来を考えた場合、医師間の連携が重要で、1人で対応している開業医も多いため、連携が求められる。</li> </ul>
情報の標準化についてどのように考えているか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーからスマートフォンなど携帯情報端末に転送する際にはBluetoothを利用している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・標準化には時間がかかる。特に薬事法上の観点では、既に認定を通過している医療機器は標準化が難しい。</li> <li>・また、医療機器の場合、各社プロトコルが異なる。医療画像ではDAICOIなど、プロトコルや規格が統一されたビューワーなどがある。</li> <li>・医療関係の企業はプロトコルの公開が難しい。機器メーカーの方が、障壁は低いと考</li> </ul>

### 3.2 実現イメージの検討

#### (1) 市場機会

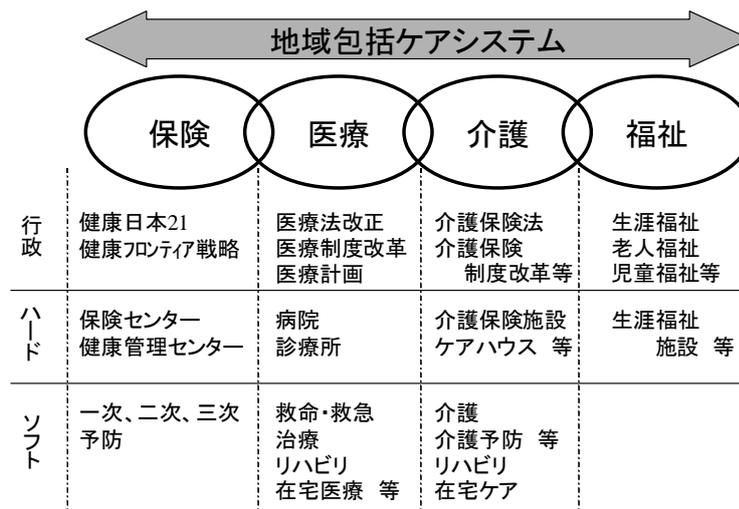
##### ① 医療費削減に伴う地域医療の崩壊

年々増加する医療費に対して、政府は2002年以降度重なる診療報酬の削減を行った(2002年:前年比-2.7%、2004年:前年比-1.0%、2006年:前年比-3.2%)。

医療費の削減は医師不足をもたらし、残った医師は激務を強いられた。これに伴い入院治療から在宅医療への転換が進められて、診療所への過大な期待(入院と同様の手厚い治療、専門的治療、24時間の対応など)が求められた。このため、2005年頃から診療所などの地域医療に疲弊が見られるようになった。

医療の建て直しのため、行政は医療情報化をベースとした保険・医療・介護・福祉にまたがる地域包括ケアシステムを後押ししている。

図3-12 地域包括ケアシステム<sup>118</sup>



##### ② 地域医療レベルの格差

山間部などの僻地、離島などの医療は都市部での医療に比べてレベルが低くなりがちである。地域(県)で同じレベルの医療を提供するために、医療情報ネットワークを手段とした遠隔医療の必要性が高まっている。

課題: 法規制の緩和

##### ③ 病院の機能分化

医療技術の進歩に伴い、医療システムは複雑さを極めている。400~500床以上の大病院では医

<sup>118</sup>: 厚生労働省「新しい医療政策の作成に向けた都道府県と国の懇談会2005.10」参照

療機能のラインアップを揃えられえるが、大半の中小病院や診療所では全ての医療機能を揃えることができない。

診断－治療支援を分担する機能として、医療行為をネットワークで提供する。

課題：中小病院や診療所が負担する多大なインフラ投資

#### ④ 医療ネットワーク支援の必要性

レポートを必要とする各種検査、専門医の意見を必要とする診断、治療方針の決定など医療分野の各種専門知識をネットワークで提供する。

課題：診療報酬の問題があり、浸透が遅い。

#### ⑤ ネットワーク型健康医療コミュニティの形成

ネットワークを介してコミュニティを作り、健康を増進するコミュニティ形成型の支援であり、「インターネット禁煙マラソン」などが有名である。

健康を目指す人々のネットワークを媒体とした健康管理であり、患者同士のバーチャルなコミュニティによる情報交換や相談など、治療への共同努力を支援する仕組みとして価値が高い。

特徴：民間業者が実施主体のものも多い。

#### ⑥ PHR(Personal Health Record)としてのネットワーク健康医療の誕生

ネットワークに自らの健康・医療記録を蓄積し、生涯の健康マネジメントに使用するPHRがある。現在、米国を中心としてGoogle healthやMicrosoft Health Vaultなどをはじめとした多数の試みが行われている。

自らの健康医療情報を絶えず参照することで、生涯の健康を管理することができる。血糖や血圧、コレステロール値などが対象であり、メタボリック症候群に対して効果が期待される。

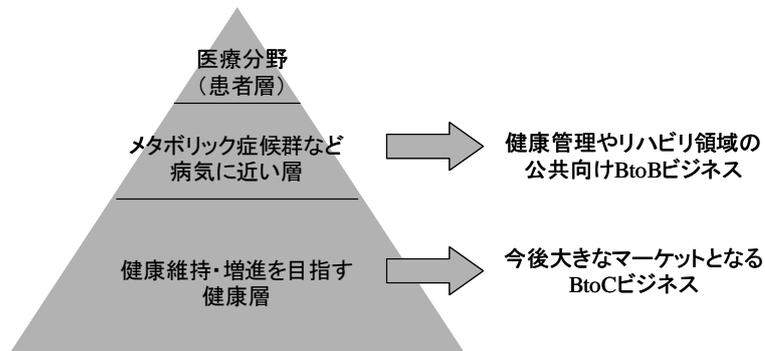
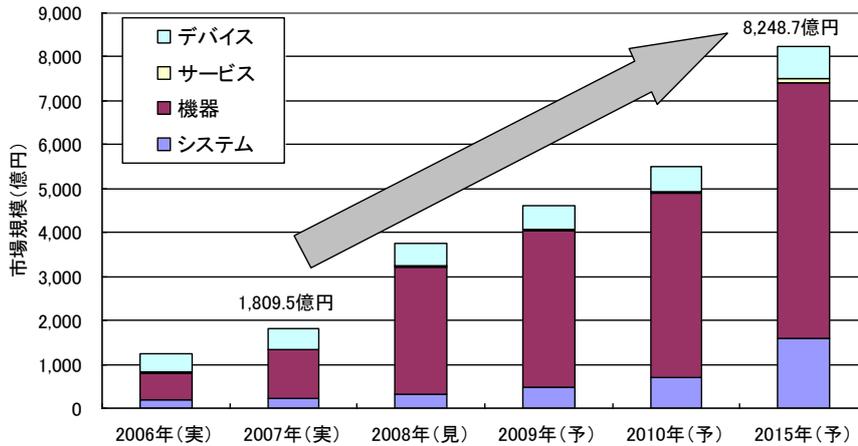
課題：セキュリティ対策、KPKI(保健医療福祉分野公開鍵基盤)対策

(2) 市場セグメントと実現アプローチ

前述の市場機会を捉えたヘルスケアマネジメント関連の市場は2007年の1,810億円から2015年の8,249億円に拡大すると予測されている。まずは特定検診・保健指導の義務化によりBtoB市場が拡大すると考えられるが、いずれはコンシューマ向けのビジネスに転換する。

特に、健康管理対応型携帯電話や通信機能付ヘルスメータなどは標準仕様として普及しつつあり、市場拡大の環境整備は着々と進んでいる。

図3-13 ヘルスケアマネジメント市場の推移<sup>119</sup>

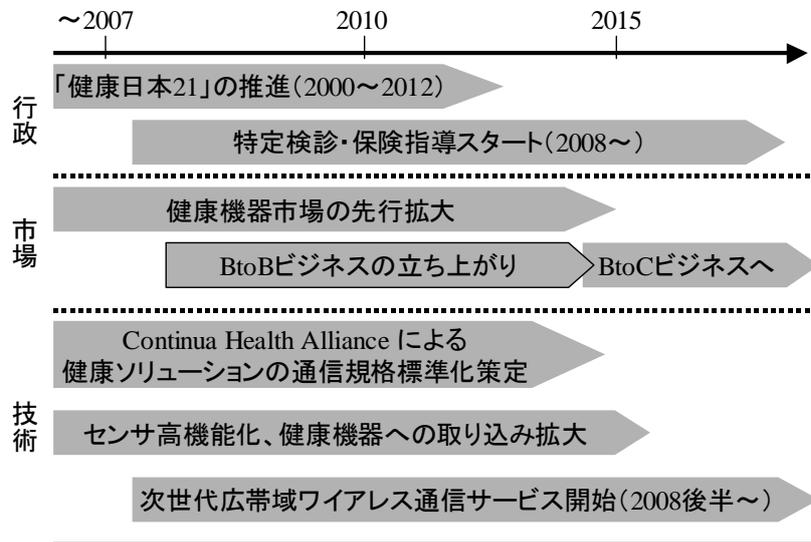


政府が2000年から推進している「健康日本21」に呼応して、市場では健康機器事業が拡大してきている。それに合わせて、2006年からContinua Health Allianceが立ち上がり、健康ソリューションの通信規格基準を策定している。

近年、人の価値観・生活スタイルが変化しており、単に便利で安い商品が売れる時代ではなくなりつつある。人間尊重・個人尊重といった立場からの商品開発が必要となり、今後、センサーは人の感性までも計測するように発展すると考えられる。

<sup>119</sup>: 富士経済「2008ヘルスケアマネジメント関連システム市場の将来展望」参照

図3-14 ヘルスケアマネジメントを取り巻く環境<sup>120</sup>



<sup>120</sup>: 富士経済「2008ヘルスケアマネジメント関連システム市場の将来展望」参照

### (3) 実現イメージ

前項のヘルスケアマネジメントにおけるBtoB市場及びBtoC市場においてネットワークの活用によるリアルタイムな健康管理を実用化するのには更なる技術開発が必要であると考えられる。以下、実用化に向けた技術開発の提言とこの技術に基づいた実現イメージを示す。

#### ① 標準無線互換のバイタルセンサー

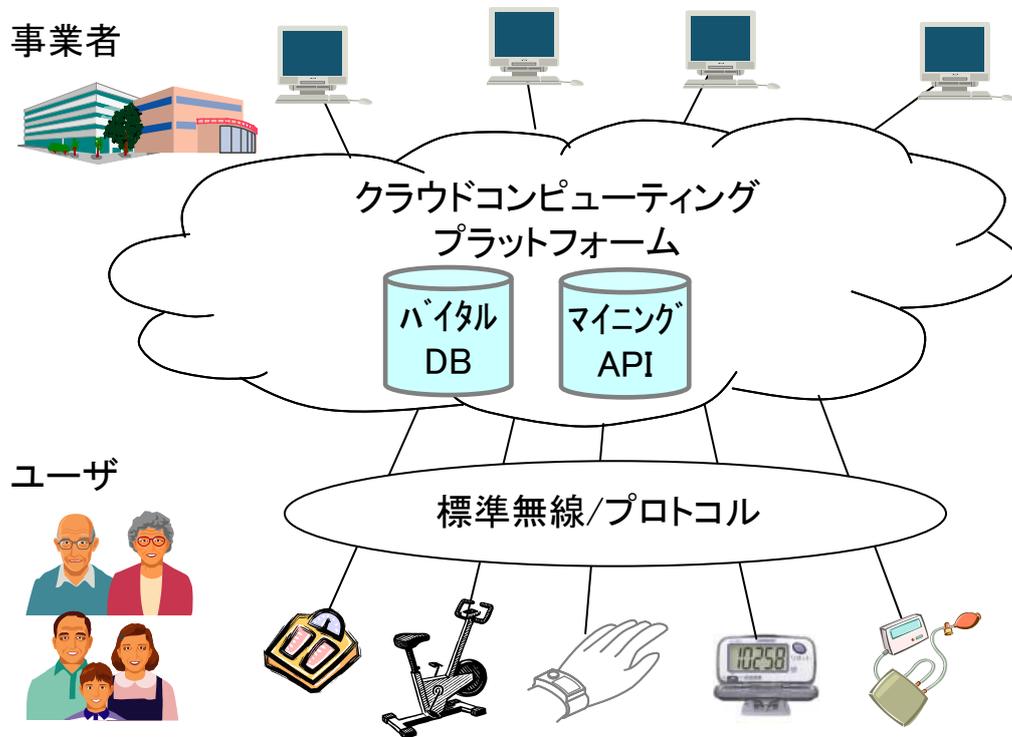
ユーザのバイタルデータを低コストで収集するためには、無線規格に合わせたインフラの整備が必要不可欠であり、Continualに見られるようなプロトコルの一元化だけでは不十分である。実際、個々の健康サービス事業者が単体で、ZigBeeやBluetooth等の無線インフラを個別に整備するのは、コスト面から考えると現実的ではないと考えられる。また、公衆網を介してのデータ収集も運用コストの観点からおのずと限界がある。このため、バイタルセンサー側でインフラ整備が不要な標準の無線技術、例えば、無線LAN等に歩みよるのが好ましいと考えられ、ITと無線技術を活用した技術開発が必要であると考えられる。

#### ② クラウドコンピューティング

ユーザから吸い上がったデータをセキュアで管理して、しかも、幅広いサービスメニューを低い運用コストで提供するには、現在、実用化されつつあるクラウドコンピューティング技術が最適であると考えられる。

具体的には、クラウドコンピューティング技術により、ユーザのバイタルデータを低コストで一元管理するとともに、各種データマイニング技術をネットワーク経由でASP型でアクセス可能なAPIとして整備する。これらの技術により、幅広いサービス事業者が参入して複数の事業者間で運用コストの分担が可能なオープンプラットフォームが実現できるものとして期待できる。結果、サービス事業者は煩雑な管理・運用から開放され、独自のデータマイニング技術の開発に経営資源を集中する事が可能となる。また、運用業者は複数サービス事業者に基盤を提供する事により、さらなる運用コストの削減が期待でき、幅広いサービス事業者の参入が期待できる。同時に、ユーザにとっては、このようなオープン化によって、コストの低減や、サービスメニューが広げられるだけでなく、一握りの事業者によってデータを囲い込まれる心理的な不安も払拭できるため、一気に普及につながるものと期待できる。

図3-15 普及に向けた実現イメージ



#### 4. おわりに

本調査・研究により、各種バイタルセンサー技術の発展、および、無線ネットワークに代表される情報通信技術の進化によって、センサーネットを活用した健康サービスは実用化フェーズに差し掛かりつつあることが確認できた。例えば、小型の無線加速度センサーから得られるユーザの活動状況情報とデータマイニング技術を組み合わせる事によって、メタボリック予防や糖尿病等の特定疾病者に対する生活指導や、高血圧や脳梗塞等の予防、寿命の予測、さらには地域に合わせた医療費の削減方策への活用が実証されつつあり、「インフォメディスン(情報薬)」と称される、様々な新しい健康サービスが期待されている。この他、脈波センサーからの情報を解析して、人間の自律神経の状況が推定可能である事が示される等、「メンタルヘルス」も含めた幅広い健康サービスへの展開が期待される。

しかしながら、バイタルセンサーというハードウェアを使ってユーザのリアルな状況に基づいてサービスを提供するという性格上、センサーシステムの導入コストが普及へのネックである事も明らかとなった。また、現状、バイタルセンサーの小型化・長電池寿命化を狙った無線規格が乱立しており、普及の妨げになりかねないとも懸念される。さらに、システムの運用コストも重大な関心事である。こちらに関しても、本質的に管理するデータが膨大で、高度のセキュリティが必須であるため、実用化には、更なるIT技術の活用が必要不可欠であると考えられる。

以上

— 禁無断転載 —

センサー技術を活用した健康管理の標準化に関する調査研究

平成 22 年 3 月

作 成 財団法人 ニューメディア開発協会  
東京都文京区関口一丁目43番5号

委託先名 アイデア コラボレーションズ株式会社  
東京都港区三田三丁目2番8号

株式会社日立製作所  
東京都江東区新砂一丁目6番27号