長寿社会に向けた生体計測とセンサ

正員 田村 俊世*

Application of Biomedical Sensor and Transducer in the Elderly

Toshiyo Tamura*, Member

In the elderly society, the sensor and transducers are applied to improve quality of life. Sensors are attached to the furniture or inside a room instead of attached to the human. The non-invasive and unconstrained monitoring are performed in the home and less constrained monitoring using portable-small sensor are used. In this paper, recent development of sensor and transducer in the Gerontechnology field is reviewed.

キーワード：高齢者 無拘束計測，リアルタイムセンシング，在宅健康管理，高齢者支援工学

Keywords: elderly, non-invasive measurement, real-time sensing, home health care, gerontechnology

1. はじめに

65歳以上の高齢者が17%を占める高齢社会において、高齢者の健康増進をはかり、自立した生活を営むために計測技術を生体に応用し、生活の質を高める試みが始まっている。これまでは、福祉機器に関連する計測技術が主であり、歩行支援機器などの安全性を高めるために力覚センサや位置センサなどを装着することや、感覚代行、環境制御装置への入力インターフェイスとしてのセンサの導入などであった。しかし、近年、センサ技術の進歩と多様化と高齢社会と云った社会的ニーズによってセンサそのものを利用して高齢者の自立、介護に役立てようとする試みが始まった。その1つは測定対象者のセンサやトランスデューサを装着することなく、各種生体・行動情報を得て、自立・看護・介護に役立てようとするものである。ここでは、この概念により開発されている遠隔在宅健康管理システムや日常生活活動状態を知るセンサ技術を中心に解説する。加えて、高齢者看護・介護に用いられているセンサ技術についても述べる。

2. 在宅健康管理システム

測定される対象者に負担をかけず、意識しないで生理量を測定するシステムが開発されている。従来の臨床検査技術と異なった概念で、家庭内で日常的に使用する調度品にセンサを埋め込み、測定対象者が家具調度品を使用したときに

センシングする構造となっている。これまでに開発された測定システムはベッド、浴槽、トイレに装着されている。ベッドに温度センサや導電性繊維を敷き、ベッド温度分布、体動、心電図を計測している。前者は、温度センサを複数個体軸に垂直にベッド上に並べ、ベッド内温度変化を測定し、体動、睡眠環境をモニタする⁽¹⁾⁽²⁾。後者は、導電性繊維を混紡したシーツを頭部、胸部、腹部にあたる部分に敷いて、シーツ間の電位差、容量変化を測定することにより、心電図、心拍数、呼吸数を測定する試みがある⁽³⁾。これまでに無意識のうちに測定できる機器の開発は、睡眠の分野で多くなされている。高齢者の不眠、睡眠時無呼吸、寝たきり高齢者の睡眠と体動に関する研究が行われている。不眠や睡眠時無呼吸の測定は、正確には、終夜睡眠ポリグラフを用いるが、睡眠、覚醒のメカニズム、自律神経の研究に有効な手段であるが、あくまで、臨床用であり、在宅でモニタとして用いることは、操作が複雑であり、測定される側ばかりでなく操作者にも大きな負担がかかる。簡便な装置として時計型の加速度センサを用いて手首の活動量を測定する方法があり、簡単な睡眠の指標として用いられている⁽⁴⁾。在宅では、また、寝たきり老人の体動の検出が褥瘡（じょくそう）予防に重要である。体動がない場合には、一般には2時間ごとに体位変換をすることが推奨されている。体動を検出する方法は、ロードセル、圧力センサ、ベッド内温度、圧電素子、光ファイバセンサがある。ロードセルや圧力センサは、古くから試みられており、ベッドの支持脚にロードセルを用いている。近年、集積回路技術の向上とともに、薄膜型の圧力センサが開発され、長時間の睡眠状態の把握が試みられている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。また、エアマットにマイクロフォンを装着し、信号処理によって心拍、呼吸、体動、イビキの検出が行われている。これらのシステムでは、

*国立長寿医療研究センター 老人支援機器開発部
〒474-8522 愛知県大府市森岡町源吾 36-3
Dept. of Gerontechnology, National Institute for Longevity Sciences
36-3 Gengo, Moriokamachi, Obu, Aichi 474-8522

外 観

室内間取り図

図 1 ウェルフェアテクノハウス高岡 高齢者世帯の常時モニタリングシステム実験施設

ベッドで過ごす時間、睡眠時間、入眠時間、起床時間、睡眠潜在時間がわかる⁽⁷⁾⁽⁸⁾。圧力センサを枕に内蔵して睡眠時の心拍数、呼吸数を測定する試みもなされている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。さらに、CCD カメラを用いて画像からその差分やオプティカルフローにより体動を測定する試みもある、ベッドに就寝中の対象者の上半身を撮影し、布団の動きを捉え、連続画像の差分をとりある一定の閾値を越えた場合体動とみなしている。同時に布団の動きの差画像より呼吸回数を測定できることが報告されている⁽¹¹⁾。また、ロボットビジョンで用いられているオプティカルフローを用いて心拍数、呼吸数、体動を測定している例もみられる⁽¹²⁾。

浴槽では浴壁に電極を埋め込み、心電図⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾、脈波伝搬速度を測定している。水道水は電気伝導性であるので、湯を介しての心電図の測定、心拍の監視が可能となる。心電図測定は、電極の工夫と利得をあげるにより比較的簡単に測定できる。電極の材質はステンレスで表面を吸水性スポンジで覆って、水位変化による波形の基線動揺を防いだものや市販品では銀 塩化銀が用いられている。信号特性は、湯を介しているため低周波領域の減衰が生じる。信号特性は、浴槽の形状、湯の電気伝導度の違いにより異なるので、浴槽内心電図を用いての心電図波形そのものの解析は、表面電極から得られる心電図信号と異なるので臨床的には評価できないが、心拍数の測定には、なんら問題がない。入浴は熱負荷となり、末梢循環が良好で血管が拡張していると考えられるので、心臓から駆出される血液の伝搬速度を、心電図の R 波と光電脈波法で得られた脈波信号の時間から伝搬速度や伝搬時間を知ることにより、血圧と高い相関があるデータを得ることができる⁽¹⁵⁾。

トイレでは、尿や排泄成分より血液を含む多岐にわたる化学成分の測定が期待される。しかし、在宅で手軽に長期

間にわたりこれらの成分を測定できるセンサの開発はなされておらず⁽¹⁶⁾、わずかに尿糖の測定システム⁽¹⁷⁾が作られているのみである。山越⁽¹⁸⁾は、超精密ロードセルで便座を支えることにより体重、排泄量を測定する装置を開発し、長期間測定を試みている。検出誤差は 5g 以下で直線性も良く、正確に排泄量を測定できる。

これらのデータはコンピュータで集中的に管理され、長期間にわたり保存される⁽¹⁹⁾。このことは疾病の発症を前にさかのぼって知ることができ、疫学的価値も見いだされる。国内のいくつかのウェルフェアテクノハウスでの運用実験が開始されている⁽²⁰⁾。図 1 は富山県高岡市に建設されたウェルフェアテクノハウス高岡の各種自動計測システムの概要を示したものである。施設内ではベッド心電図、浴槽内心電図、トイレでの体重、排泄量などが自動的に計測され電話回線を通してホストシステムに接続されている。ホストシステムでは、通知情報を受信し、得られたデータから異常を判断したり、情報を加工してポケベルや FAX で配信したり、ホームページの形式で閲覧するための機能を有する。また TV 電話等のとの併用により、合理的で、かつ、高齢者が親しみやすいシステムにできる。さらに、在宅介護のプランニングをする上で、日常生活での生理量のデータを得られるため、より客観的な判断ができると考えられる。同様のシステムは、岩手県水沢市のウェルフェア水沢（快適介護の家）でも運用されている⁽²¹⁾。

3. リアルタイムセンシングによる日常生活活動のモニタ

各種物理センサを用いてヒトの行動を見守り日常生活活動を把握しようとする試みがある。ヒトの動きを赤外線センサで、ドアの開閉、冷蔵庫などの開閉をマグネットスイッ

チで検出し、そのほか、水の使用量、電気の使用量などを連続的にモニタして独居高齢者の安否の確認や生活習慣の把握、緊急事態に対処する方法である。現状では、まだまだ実用化には問題が残るが数多くの試みがある。焦電型赤外線センサはヒトの体温付近に高い感度を有するのでヒトの動きを検知することができる。焦電型センサや圧力センサを内蔵した玄関マット、テレビや照明器具のスイッチの on/off から独居高齢者の生活動態を測定している例は数多くある^{(22)~(26)}。

そのなかで汎用性があるものとして電灯線を通信回線として使用した例を取り上げる⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾。独居老人の家庭内における生活リズムを、宅内の既存の電灯線に接続した焦電型センサ及びテレビや照明器具の使用状況を検知する動作モニタなどにより検出し、ホストシステムに通知するというものである。システムの特長として電灯線を利用しているので、必要な場所への後付けが簡便にできる。なお、水道の遠隔検針や電力、ガスの消費量も監視できるシステムも存在する。被介護者にペンダント型の送信機をもってもらい緊急時に対応する緊急通報システムに比較して、被験者を拘束しない利点があり、被験者が装着を拒否した場合でも計測が可能となる。また、家族、ヘルパー・看護婦・医師等の地域福祉・医療に関わる人々の有効なシステムになるものと期待できる。

焦電型センサは、体温に近い雰囲気下での識別率が悪いことから CCD と画像処理技術あるいは人工網膜を用い、浴室でのヒトの動きを検出する試みもある⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾。浴室事故を早期に発見し、助命することを目的として、CCD カメラによりヒトの動きを検出し信号処理により緊急対応できるアルゴリズムを作成している。センサは検出エリアを 60 分割し、各領域の明るさと色相の情報のみを識別し、各領域の明るさと色の時間的変化から動きの有無を検出し人間の動きだけを検出する。センサを浴室の天井や壁等に取りつけることで、浴室内の事故に対処している。監視カメラと違い動きの情報のみを検出しているので、個人のプライバシーを侵害しないとしている。高感度、高精度の CCD を使用していることから温度による影響も少なく浴室やサウナなどの人体の温度に近い環境下でも誤動作はないという。シャワーの水流や浴槽のブロー機能等による水泡の動きなどによって起こる浴室内の様々な動きによる誤検知を画像処理技術で対処している。そして、動きが一定時間とまると異常と判断し、音声で警告する。さらに電話回線を使って、指定した箇所に緊急電話を掛ける。

また、給湯器の付加機能として浴室安全システムを実用化した例もある⁽³⁰⁾。人の動きを画像認識・処理が行える 1 チップの人工網膜センサで検知し、台所へ自動通報する方法である。人工網膜センサが浴室内を 1024 分割して「入口・洗い場・浴槽」の 3 つのエリアにおける人の動きのみを検知し、意識障害などによって動けなくなった際にセンサがこれを判断して、給湯器の台所側のリモコンに音声と表示によって異常を自動通報できるという。

さらに赤外光輝点による正方格子状パターンを観察領域に照射して、それを CCD カメラで捉え、画像状の輝点移動量を演算処理し対象の 3 次元画像をプライバシーを侵すことなく得ることができるファイバグレーティング (FG) を用いた FG 視覚センサの応用も見られる⁽³¹⁾。

これらのセンサ技術のほとんどは、これまでに開発されたセンサの応用技術で、先端的なものはほとんど見られない。そしてシステムとしての技術的完成度も高い。さらに昨今の通信事情の多様化により運用は容易となっている。しかしながら、システムを受け入れる社会的基盤、例えば、データ送信先の対応、通信コストの負担などを解決しなければシステムが一般に普及するのは難しいと考える。

4. 行動のモニタリング

行動のモニタリングシステムとしては、高齢者の日常行動、一日にどの程度運動したら良いか、健康を保持するためにはどの程度の食物摂取が必要か、あるいは術後、回復までにどれくらいの運動を必要とするかなどを知るために用いられる。摂取した食物を記録していく方法は簡便であり、栄養指導などで効果が上がっている。一般には、酸素摂取量から一日のカロリーを計算する方法が最も正確な方法とされている。しかし、測定される側は、マスクやマウスピースを着着しなければならない。測定した酸素濃度と換気量から酸素摂取量を算出し、エネルギーに変換する。装置が煩雑で測定に熟練を有し、作業中の代謝量を計測した例はあるが、在宅でエネルギー代謝計測に用いられた例はみられない。そこで、体の動きから身体活動を推定する方法が試みられている。日常生活で、どの程度運動したかはカロリー換算つきの歩数計⁽³²⁾などが良く用いられている。これは機械式ふりが歩行や運動に応じて振動し、その回数が計数され、歩数に応じて消費カロリーが計算される。動きの強さや方向によって誤差を生じやすいので、正確には運動や動きによって生じる加速度を計測する機器が開発されている。加速度からエネルギー代謝を推定する方法は、1980 年代に Wang らによって提唱されたもので、重心付近の腰部の加速度と酸素摂取量は高い相関がみられることが基礎となっている。装置は加速度センサと記録計から構成されている⁽³³⁾。その後、手首に装着する時計型の身体活動度計測機器 (アクティグラフ) が開発され、一日のリズムや睡眠の指標として用いられている⁽⁴⁾⁽³⁴⁾。圧電型の 3 軸加速度を内蔵し、ある一定の加速度を閾値として、加速度頻度を計数する機器で連続 2 週間程度の連続計測が可能である。加速度頻度の多少から睡眠特性を知ることが可能となっている。このほかにもいくつかの市販機器があるが、加速度を計測し、頻度や単位時間の積分値を算出し各社独自のアルゴリズムで解析を試みている。IC 技術の進歩により廉価で安定性の高いピエゾ抵抗型の加速度センサが市販されるようになり、加速度計測により異なる環境下でのエネルギー代謝や運動量を計測する試みが再検討されている。さらに加速度センサを複数の部位に装着し姿勢を計測する試み、加速

度センサと他のセンサ例えば Global Positioning System (GPS) センサ、傾斜計、ジャイロなどと組み合わせで身体活動と位置情報を知る機器の開発も行われている⁽³⁵⁾。

ピエゾ抵抗型加速度センサは、加速度変化の直流成分を出力することができる。従って測定対象者の姿勢変化を加速度センサの出力変化から推定できる。立位から座位に姿勢変化する場合は、出力があまり変化しないので、もう1つの加速度センサを直交させて感度の向上と推定誤差を減少させる試みをしている。一方、高周波成分は身体活動に応じて変化するのでこの波形から身体活動を推定することが可能である。時間周波数解析によって階段の昇降と平地歩行を識別した例も見られる⁽³⁶⁾。GPSは地球上のどこでも経度、緯度、高度、時間を知ることのできる世界的衛星航法システムで、マイクロコンピュータを内蔵しており、位置、高度、速度、進行方向などの情報を出力する。このGPSセンサにより、位置情報を得て身体活動度と同時表示し、行動を捕捉する試みもある。これは徘徊の探索にも利用されている。このような試みから、いつ、どこで何をして、生理機能にどのような反応が現れるかを具体的に知ることも可能となる。

姿勢モニタとして傾斜計を用いて日常行動を姿勢から評価する方法も検討されている⁽³⁷⁾。磁気式角度センサを被験者の体幹、大腿、下腿に取り付け、重力方向に対する各部の角度から被験者の姿勢を24時間、少ない拘束で計測、記録できる。独居、家族と同居の高齢者の10時間にわたる姿勢計測より座位の占める割合が多いことが示され、行動パターンを知ることが可能となっている。センサの装着に問題は残り、まだ研究段階ではあるが、行動を視覚的にとらえることができるよう工夫されており、在宅での健康管理機器として使用できると考えられる。ジャイロセンサを用い速度を計測した例も見られる。

5. 転倒モニタ

高齢者にとって骨折は、脳卒中、老衰とならんで寝た切りの原因の1つである。骨折が原因で廃用症候群に至る確率は10%以上と報告されている。高齢者は身体機能の低下によりバランスを崩し転倒しやすくなり、骨折する。他の骨折の原因として運動系の障害や心臓脳血管系の障害によるものも考えられる。これまでの転倒の計測はアンケートによる疫学的調査や、老人施設などで本人や介護者への聞き取りが主であった。記憶や観察に頼ることなく、いつ、どこで、どのように転倒したかを自動的に把握することは転倒の原因を知るうえで重要となる。転倒モニタとしては、水銀センサを用いて積算値から転倒の回数を推定する機器が発表されているがフィールドでの報告はない。われわれは、加速度センサや光遮断スイッチを用いてモニタの開発を進めている⁽³⁸⁾。光遮断スイッチとしてLEDを使用しているため消費電力が大きく1週間程度の使用に限られる。外来患者に携帯させ次回の来院時に回収する方法でデータ収集を試みている。臨床的にも少なくとも1ヶ月継続して

計測が可能な機器が必要である。片麻痺患者の歩行訓練時の腰部の上下加速度の推移を測定したものも開発されている。加速度計測によれば、いつ、どこで、どのように転倒したか明確に知ることが可能である⁽³⁹⁾。装置の長時間使用、装着部位など工夫を有する箇所は多々あるが、早急に商品化されなければならない機器と考える。

6. 徘徊老人監視と探索モニタ

徘徊老人に対しては、外出を監視するシステムの開発が進んでいる。徘徊老人の行動の抑制や制限がストレスとなり、またプライバシーも侵害するという(精神保健福祉法第36条)。また、介護保険の導入とともに身体拘束廃止が推奨され、徘徊老人の行動を束縛することは不可能になった。そのため、できるだけ自由に人間らしく生活をしてもらうためには電子技術を導入したシステムの開発が急務である。一般的なシステムは、送信器や発信器(タグ)を徘徊老人の衣服や履き物に装着し、出入り口や窓にセンサやアンテナを設置し、ヒトの出入りを検知し、警報を発するシステムとなっている^{(40)~(42)}。マグネットセンサによるドアの開閉に連動して監視カメラで徘徊老人を映し出すシステムも開発されている⁽⁴³⁾。

外出後の保護にはGPSやPHSを利用したシステムが見られる⁽⁴⁴⁾。民生用のGPSの精度が劣るので移動するGPSの計測とは別に、位置が既知な場所においても1つのGPSで定点計測し誤差情報を得て位置データを補正する方法をとっている。この場合約±10mの精度で位置計測ができるという。

市販されている徘徊老人の探索システムでは、約15gの発信器とアンテナから構成されているものがある⁽⁴⁵⁾。徘徊老人の衣服に発信器を装着し、発信器から発する微弱な電波を、モニタ受信器で感知し、外出した場合にはモニタ受信器から警報音を発する仕組みとなっている。警報音はモニタ用アンテナからおおよそ20m離れると鳴る。家族が買い物等で外出している場合には、自動的にポケットベルに外出したことを知らせる。電波発信器からは、常に信号が発信されており、徘徊した場合、携帯型探知器を用いて搜索することができる。車載型アンテナでの利用で、約200mの探知距離、手持ちアンテナの利用で約100mの探知距離があるという。

7. 尿意、失禁センサ

言葉で尿意を伝えることができない人や排尿感がない人に、膀胱内の貯尿量を評価し、尿失禁を起こす前にトイレで排尿を促すインピーダンスセンサを利用した失禁予防モニタや尿失禁モニタが使われる。

失禁予防モニタ⁽⁴⁶⁾は4電極法により膀胱内の貯尿量をインピーダンスで評価するために大腿部に接触する部分に電流電極、下腹部に接触する部分に電圧電極を配置したパンツを用いる方法がある。電極の接触状態、呼吸、体位、体動で膀胱の位置が変化しインピーダンスが変動してしまう。

しかし、加速度センサによる体位、体動の測定や電極材料の改良で長時間の使用が可能となってきた。

尿失禁モニタは当初は泌尿器科領域において、尿失禁の原因究明や治療法の開発のために開発された。原理は交流50mVを印可した電極をおむつ吸収シートの中に配置し、排尿によるインピーダンスの変化から排尿量を推測するものであった。その後、センサ部を使い捨てとした製品が開発、販売された。電極をテープ状にし普及をはかった例がある⁽⁴⁷⁾。

そのほか使い捨てのおむつに温度センサや導電性センサを装着し、尿失禁による温度上昇、インピーダンス変化を検出するおむつセンサが開発されたが、施設などでは頻尿による失禁センサの頻回な動作は、介護者の介護量を増加させることにもなり、また、使い捨ておむつの許容貯尿量を考えると経済的にも不利な面があり、実用化には至らなかった⁽⁴⁸⁾⁽⁴⁹⁾。

また、酸化すず半導体臭気センサを用いて、おむつ内のガスを吸引して、においから排尿、排便を検知する試みも見られる⁽⁵⁰⁾。

使い捨ておむつの焼却、あるいは投棄に対する環境問題の高まりから多くの施設では使い捨ておむつから布おむつへの使用へと代わってきている。このような時代の趨勢から、自動的に排尿、排便を検知し、処理するシステムも開発されている⁽⁵¹⁾。排尿はインピーダンスセンサ、排便は光遮断スイッチを用い、排尿、排便を検知し自動洗浄、乾燥を含めたウォッシュレット型のおむつである。吸引時に音が大きい、拘縮が激しい患者の場合にはおむつが良く装着できないなどの欠点は見られるが、6時間程度の連続使用に対しても、褥瘡の原因となる発赤もみられず、おむつ外の汚れもなく動作したという。

8. おわりに

センサ技術を応用した高齢者新機器について解説した。まだまだ、高齢者にとって使い勝手のよい使用者の立場にたった機器の開発は進んでいない。目前の高齢社会に向かい、関係者のよりいっそうの努力を期待したい。

(平成14年12月10日受付)

文 献

- (1) T. Tamura, S. Miyasako, M. Ogawa, T. Togawa, T. Fujimoto: Assessment of bed temperature monitoring for detecting body movement during sleep: comparison with simultaneous video image recording and actigraphy Med. Eng. Phys., Vol.21, pp.1-8 (1999)
- (2) L. Lu, T. Tamura, and T. Togawa, : "Detection of body movements during sleep by monitoring of bed temperature", *Physiol. Meas.* Vol.20, pp.137-148 (1999)
- (3) M. Ishijima : "Monitoring of electrocardiograms in bed without utilizing body surface electrodes", *IEEE trans Biomed. Eng.* Vol.40, pp.593-594 (1993)
- (4) A. Sadeh, P.J. Hauri, D.F. Kripke, and P. Lavie : "The role of actigraphy in the evaluation of the sleep disorders", *Sleep* 18, pp.288-302 (1995)

- (5) C. Acebo, R.K. Watson, L. Bakos, and E.B. Thoman : "Sleep and apnea in the elderly reliability and validity of 24-hour recordings in the home", *Sleep* Vol.14, pp.56-64 (1991)
- (6) 西田佳史・武田正資・森 武俊・溝口 博・佐藤正正 : 「圧力センサによる睡眠中の呼吸・体位の無侵襲・無拘束な計測」, 日本ロボット学会誌, 16, pp.129-135 (1998)
- (7) 渡邊叢崇・渡辺嘉二郎 : 「無拘束エアマットレス型センサによる睡眠段階の推定 - 心拍数変動と睡眠段階」, 計測自動制御学会論文集 37, pp.821-828 (2001)
- (8) S. Tanaka, Y. Matsumoto, and K. Wakimoto : "Unconstrained and non-invasive measurement of heart-beat and respiration periods using phonocardiographic sensor Med", *Biol. Eng. Comput* Vol.40, pp.246-252 (2002)
- (9) 原田達也・坂田昌子・飯田 豊・森 武俊・佐藤正正 : 「圧センサ枕による睡眠時呼吸・体動計測システムの実現」, 計測自動制御学会論文集 Vol.37, pp.593-601 (2001)
- (10) 中島一樹・山小瀬寛・樋口昌男・佐橋 昭・神谷香一郎・塩見利明・田村俊世 : 「呼吸モニタを用いた睡眠時無呼吸症候群の検討」, ライフサポート, Vol.14(1), pp.14-19 (2002)
- (11) K. Nakajima, Y. Matsumoto, and T. Tamura : "Development of real-time image sequence analysis for evaluating posture change and respiratory rate of the subject in bed", *Physiological Measurement*, Vol.22, pp. N21-N28 (2001)
- (12) 石原 謙・山下 馨・山田憲嗣 : 「ビジュアルセンシングシステムによる完全無拘束下での呼吸数の自動計測 - 時系列生体情報としてのビデオレート動画像からの生理機能計測 - 」, 第16回バイオメカニズム学術講演会論文集, pp.279-282 (1995)
- (13) T. Tamura, T. Yoshimura, K. Nakajima, T. Togawa, and H. Miike : "Unconstrained heart rate monitoring during bathing", *Biomed. Instrum. Technol.* Vol.31, pp.391-396 (1997)
- (14) M. Ishijima and T. Togawa : "Chronodiagnostic acquisition of recovery speed of heart rate under bathing stress", *Physiol. Meas.* Vol.20, pp.369-375 (1999)
- (15) 田村俊世・吉村拓巳・陳 文西・ほか : 「入浴中の脈波伝搬時間と血圧」, 医用器材研究所報告 29:104-9. (1995)
- (16) 田村俊世 : 「在宅における生化学量モニターの可能性」, 日本機械学会誌 101(1), pp.22-25 (1998)
- (17) TOTO : <http://www.toto.co.jp/press/1999/08/31.html>
- (18) 山越憲一 : 「トイレに設置するモニタリングシステム」, *BME*, 10(5), pp.30-38 (1996)
- (19) T. Tamura T. Togawa, M. Ogawa, and M. Yoda : "Fully automated health monitoring system in the home Med", *Eng. Physics*, Vol.20, pp.573-579 (1998)
- (20) A. Kawarada, T. Takagi, A. Tsukada, K. Sasaki, M. Ishijima, T. Tamura, T. Togawa, and K. Yamakoshi : "Evaluation of automated health monitoring system at the "welfare Techno House"", *Proc. 20th Annu. Intern. Conf. IEEE/EMBS*, Vol.20, (part 4(6)), pp.1984-1987 (1998)
- (21) 大竹佐子・小川充洋・鈴木亮二・井筒 岳・岩谷 力 : 「ウェルフェアテクノハウス水沢における独居高齢者のモニタリングシステムの開発」, ライフサポート, Vol.13(4), pp.88-95 (2001)
- (22) B.G. Celler, W. Earnshaw, E.D. Ilisar, L. Betbeder-Matibet, M.F. Harris, R. Clark, T. Hesketh, and N.H. Lovell : "Remote monitoring of health status of the elderly at home. A multi-disciplinary project on aging at the University of New South Wales", *Intern. J. Bio-Medical Comput.*, Vol.40, pp.144-155 (1995)
- (23) R. Suzuki, M. Ogawa, Y. Tobimatsu, and T. Iwaya : "Time course action analysis of daily life investigation in the welfare techno house in Mizusawa", *J telemedicine and Telecare*, Vol.7(3), pp.249-259 (2001)
- (24) 鈴木亮二・大竹佐子・井筒 岳・岩谷 力 : 「独居高齢者における生活時間調査による行動解析」, ライフサポート, vol.13(4), pp.104-111 (2001)
- (25) 南部雅幸・末永貴俊・関根子・中島一樹・田村俊世 : 「情報ネットワークを用いた高齢者自立支援システム [e-house] の開発」, ライフサポート, Vol.13(4), pp.112-119 (2001)
- (26) S. Ohta, H. Nakamoto, Y. Shinagawa, and T. Tanikawa : "A health monitoring system for elderly people living alone", *J Telemedicine and Telecare*, Vol.8(3), pp.151-156 (2002)
- (27) 積化学 : 「高齢者の介護情報システムの開発と実用化検証実験の実施について」<http://www.sekisui.co.jp/pr/release/98100201.html>
- (28) アイホン : 「シルバーハウジングシステム」http://www.aiphone.co.jp/index_j.html
- (29) 三洋電機 : 「浴室用動き検知センサの開発」

<http://www.sanyo.co.jp/koho/hypertext4/0003news-j/0329-1.html>

- (30) ノーリツ:「給湯器の付加機能として浴室安全システムを初めて実用化」<http://www.noritz.co.jp/sinpaku/>
- (31) 山口順一:「セキュリティにおける光計測」, 計測と制御, Vol.39, pp.273-278 (2000)
- (32) 歩数計:例えばオムロン社 <http://www.healthcare.omron.co.jp/>
- (33) T.C. Wong, J.G. Webster, H.J. Montoye, and R. Washburn: "Portable accelerometer device for measuring human energy expenditure", *IEEE Trans BME*-28, pp.467-471 (1981)
- (34) 米国 AMI 社: アクティグラフ, 輸入元, サニタ商事
- (35) 牧川方昭:「行動のモニタリング」, 日本機械学会誌, Vol.101, p.14 (1998)
- (36) T. Tamura, M. Sekine, M. Ogawa, T. Togawa, and Y. Fukii: "Classification of acceleration waveforms during walking by Wavelet transform", *Meth. Inform. Med.*, Vol.36, pp.356-359 (1997)
- (37) 田中志信・村田和香・和田龍彦・山越憲一:「無拘束姿勢計測による高齢者の姿勢分析と活動性評価」, 第 13 回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp.275-278 (1998)
- (38) 吉村拓己・堀内邦孝・東 祐二・中島一樹・藤元登四郎・千原國宏・田村俊世:「老人転倒モニタの開発とその評価」, 電学論 C, 120-C, pp.1846-1853 (2000)
- (39) 吉村拓己・長屋政博・千原國広・田村俊世:「高齢者用転倒記録システムの開発とその評価」, 日本生活支援工学会誌, Vol.2(1), pp.38-44 (2002)
- (40) 山本博美・若松秀俊:「施設・在宅における徘徊性老人の電子保護システムによる安全の確保」, 医用電子と生体工学, Vol.29, pp.97-104 (1991)
- (41) 山本博美・若松秀俊:「在宅徘徊老人用電子保護システムの長期家庭運用とその解析」, 医用電子と生体工学 Vol.37, pp.301-303 (1999)
- (42) ニッポン高度紙工業(株): 徘徊センサあんしん
<http://www.kodoshi.co.jp/medical/sensor2.html>
- (43) エルモ(株): ナーシングケア支援システム
<http://www.elmo.co.jp/seihin/seihin.html>
- (44) 清水孝一・河村邦弘・山本克之:「徘徊者定位システムの開発 - パイオテレメトリによる在宅医療支援 - 」, BME, Vol.10(5), pp.3-10 (1996)
- (45) 太陽無線株: 徘徊老人検索ネットワークシステム
<http://www.taiyomusen.co.jp/index.html>
- (46) 山田明夫・布施政好・青柳卓雄・保坂栄弘・柳沢 博・東間 紘:「インピーダンス式尿失禁防止装置の開発と在宅医療への応用」, BME, Vol.7(10), pp.13-20 (1993)
- (47) ニッポン高度紙工業(株): おむつセンサ・さわやか
<http://www.kodoshi.co.jp/medical/sensor.html>
- (48) T. Tamura, K. Nakajima, T. Matsushita, T. Fujimoto, S. Shimooki, and T. Nakano: "A warning detector for urinary ncontinence for hoem health care. Biomed", *Instrum. & Tech.*, Vol.29, pp.343-349 (1995)
- (49) 中島一樹・田村俊世:「看護・介護モニタの現状と今後」, BME, Vol.14(2), pp.30-35 (2000)
- (50) 辻 隆之・藤元登四郎・森反俊幸・土肥健純:「排便センサと施設用排泄処理システム」, クリニカルエンジニアリング, Vol.8(8), pp.664-669 (1997)
- (51) 藤元登四郎・橋本武雄・榎 広光・東 祐二:「自動排泄物処理装置」, クリニカルエンジニアリング, Vol.8(8), pp.670-673 (1997)

田 村 俊 世 (正員) 1949 年 2 月 28 日生。73 年 3 月慶應義

塾大学大学院工学研究科修士課程了。80 年東京医科歯科大学大学院医学研究科了。現在, 国立療養所中部病院長, 寿医療研究センター老人支援機器開発部部長。情報機器を用いた高齢者自立支援機器開発に従事