

## 元氣な独居高齢者の在宅モニタリングシステム I

品川佳満\*<sup>1</sup> 谷川智宏\*<sup>1</sup> 難波克司\*<sup>1</sup> 太田 茂\*<sup>2</sup>

## 要 約

世界有数の長寿命と少子化の影響で、来世紀の日本が超高齢化社会になることは必至である。こうした背景から、独居高齢者の健康状態モニタリングに関する研究が随所で行われているが、実用段階に達したものは少ない。我々は数年来、独居高齢者のモニタリングに関する研究を続けており、独居高齢者宅で延べ2年余の計測実績も有している。また、前回の論文では<sup>1)</sup>、離れて住む親族がインターネットを介してモニタリングできる仕組みについて報告した。しかしながら、我々の現行システムは、解析方法やコストに関するいくつかの問題を抱えている。そこで、我々は、これまでの経験を活かして、現行のシステムをより実用化する方法について検討した。その結果をここに報告する。

## 1. はじめに

世界有数の長寿命と低出生率の影響で、来世紀の日本は超高齢化社会になるといわれている。そうなると人・物・金などの福祉資源は要介護老人に集中し、元気な高齢者はないがしろにされかねない。元気とはいっても加齢に伴う身体機能の低下は誰も避けられず、怪我をしたり病気になる可能性は高い。特に、独り暮らしの場合が問題であり、本人や周りの人の不安を軽減するために緊急事態に備える体制を整備し、要介護老人の増加を最小限に押さえる必要がある。独り暮らしの高齢者を支援するためのシステムとしては小型の無線発信器を用いる緊急通報システムが著名であり、すでに各企業や地方自治体などで開発、導入がなされている。

我々も独居高齢者の生活を支援するために、赤外線センサを用いて独居高齢者の行動モニタリングを行う高齢者支援システムの開発を数年間にわたり行ってきた。すでに計測データの統計的解析により、生活リズムがほぼ確立されている独居高齢者は日々似たような行動パターンを示すことを実証している<sup>2,3)</sup>。また、インターネットを利用することで離れて住む別居親族からモニタリングできる仕組みを考案し、専用のソフトウェアの開発も行ってきた<sup>1)</sup>。しかしながら、長年にわたるフィールド実験の結果、システム全体の構成や解析方法に、まだ検討の余地があり、新しいシステムの構成、解析方法が必要となった。そこで、本論文ではモニタリングシステムの必

要性をもう一度考え、これまで開発してきたシステムの問題点を明らかにし、今後実用化に向けて再構築していくシステムについて論じる。

## 2. 独居高齢者モニタリングの必要性

ここで、独居高齢者の健康状態を管理する方法について論じる。まず1つの方法として、高齢者が毎日病院へ行き、血圧や心電図などの検査を行い医師に診察してもらえば、間違いなく健康状態の管理はできると思われる。しかし、現実的に毎日病院に行き検査をすることは、容易なことではなく、本人も耐えることができないであろう。また、中には自ら自宅で血圧を測り、定期的に病院に行く人もいるだろうが、希な例で一般的とはいえない。しかし、誰かそばにいて日頃から健康状態をチェックしていれば、ちょっとした顔色の変化からでも健康状態の変化を察知でき、健康状態が悪化する前に何らかの対処が可能である。通常、この役割は家族が行っているが、独り暮らしの場合はそれが期待できない。だからといって家族以外の人を雇って四六時中観察すると、プライバシー等の問題が発生する。それに、現実問題として、すべての独り暮らしの高齢者に家族以外の人を雇って、健康状態の管理を依頼することは不可能である。

しかし、家族の代わりに高齢者を見守る役目を機械に置き換え、それを自動化できれば、いま述べた問題はかなり解決できる。顔色を機械に自動的に判断させることは結構難しいことではあるが、人のよ

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 医療情報学専攻 \*2 川崎医療福祉大学 医療技術学部 医療情報学科  
(連絡先) 品川佳満 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

うに機械は疲労しないため時間的な制約がないことや、人が見ると主観的になりやすい情報が、機械の場合、定量的な記録が残せるため客観的にデータを扱えるなどといったメリットがある。また、機械の場合、他人を雇った場合に比べてプライバシーについても有利である。

以上のことから、人手不足が懸念される未来の超高齢化社会にとって、情報機器の力を利用したモニタリングは不可欠であり、高齢者の独居生活を支援するシステムの開発が強く望まれる。このような状況は日本だけでなく、多くの先進国についてもいえることだが、実際には、独居高齢者のモニタリングの研究開発に熱心に取り組んでいるのは日本とオーストラリアだけのである。

そこで、現在両国のグループが行っている高齢者のモニタリングシステムの研究を一部紹介しておく。

### 3. 独居高齢者のモニタリングに関する研究の背景

日本では現在高齢者のモニタリングに関する研究は盛んに行われ、その多くは日常生活の中から体温、血圧、心拍などのバイタルサインを計測し健康状態を推定するものである。山越らは、トイレを利用し体重、血圧、排泄量、心拍数を計測するシステムを開発している<sup>4,5)</sup>。図1にトイレに設置したシステムを示すが、日常生活の誰もが利用するトイレから生体信号を計測し、被験者に意識させることなくデータを得ることができるという非常に期待されているシステムである。戸川らのグループは、浴槽内で心電図の計測やベッド内に温度センサを取り付け、睡眠時間や寝返り状態のモニタリングを行い健康状態の推定を行っている<sup>6,7,8)</sup>。



図1 トイレに設置するモニタリングシステム（文献4から引用）

また、高齢者の日常生活の中から生体信号などの情報を利用し健康状態の推定を行う研究だけでなく、日常行動のモニタリングから高齢者の異常徴候を早期に発見しようとする研究もある。牧川らは加速度センサやGPS（Global Positioning System）を用いて、被験者の姿勢変化や行動位置を調べ、日常生活における大まかな行動のモニタリングを行っている<sup>9)</sup>。山口らは、トイレ、キッチン、ベッドに赤外線センサ、玄関、冷蔵庫、風呂のドアには磁気接近スイッチを利用したドア開閉を検知するセンサを設置し、宅内での人の行動を記録する実験を行っている<sup>10)</sup>。

さらに、オーストラリアでは、人の接近または通過を検知する赤外線センサを用いて居間、寝室、台所などの使用状況やトイレや冷蔵庫のドアの開閉、就寝パターンなどを計測パラメータとして、複数の高齢者について5ヶ月間の計測を行い、かつ、統計的解析も行っている<sup>11,12)</sup>。図2にオーストラリアのグループの構築しているシステムの構成図を示す。被験者が高齢であることや、センサを用いて計測されたデータを電話回線を介して伝送し、さらに統計的解析を行っている点など、まさに我々の研究と酷似している。

以上のような社会的な取り組みの中で、我々も独居高齢者の宅内行動を継続的にモニタすることによって生活状態を定量的に把握し、普段と異なる徴候から異常事態を発見した場合に、緊急時への対応を行えるシステムの研究を行っている。ここで、これまで我々が開発を行ってきた「元気な独居高齢者の在宅モニタリングシステム」の概要について簡単に述べておく。

### 4. 元気な独居高齢者の在宅モニタリングシステム

「元気な独居高齢者の在宅モニタリングシステム」

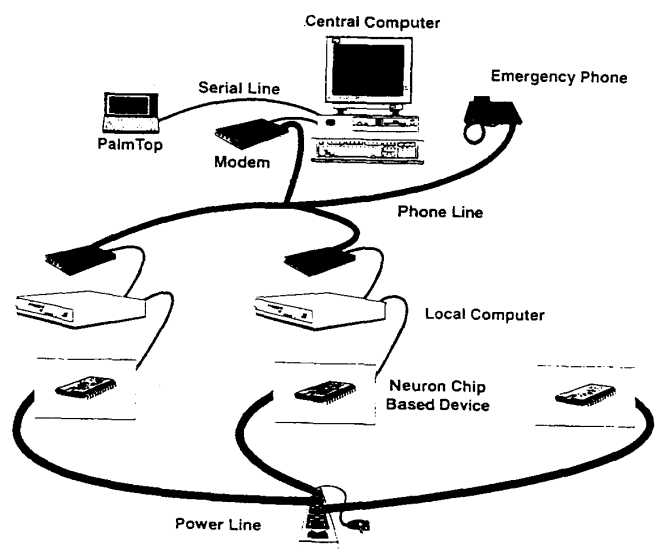


図2 オーストラリアの研究グループが行っている在宅モニタリングシステムの構成（文献11から引用）

の全体のシステム構成については、前回の論文<sup>1)</sup>ですでに示しているのので、ここでは独居高齢者宅での赤外線センサによるデータ計測方法とその解析方法について述べておく。

#### 4.1 赤外線センサによる行動計測

独居高齢者の行動を検知するために、我々は焦電型赤外線センサを利用し、それを図3に示した玄関、台所、寝室、居間、トイレ、脱衣所などに設置し、センサの反応状況により高齢者の行動を把握する。焦電型赤外線センサは検知範囲に、背景と2℃以上の温度差ができるとONとなり、約10秒間状態変化がない場合はOFFとなる特性を有している。この赤外線センサが検知した情報は、行動計測コントローラに収集され、センサ番号、センサ反応時間、ON/OFF状態がセットとして記録される。

#### 4.2 解析方法

赤外線センサにより検知されたデータから独居高齢者の健康状態を推定する方法には、各センサの応答状況を独居高齢者宅の間取図上に動的に表示する行動軌跡図や24時間の移動経路を表示する時刻別遷移図などの目視による確認方法と、センサ相互の時間関係や計測結果の時間変動パターンを過去のパターンと比較する統計的手法がある。詳しくは藤原らの論文<sup>2)</sup>を参照して頂きたい。これらの解析方法には、ある程度の実用性を見いだすことができた。また、行動軌跡図に関してはインターネットを利用したシステムにも採用し、別居親族でも簡単に操作できる専用のソフトウェアの開発も行っている<sup>1)</sup>。

#### 4.3 現システムの問題点

我々が数年来、取り組んできたシステムは独居高齢者の生活状態のみならず、健康状態もある程度まで推測可能である。しかし、実用化するには、次のような問題点があることが分かった。

まず、コスト面の問題である。現在のシステムが開発途上ということもあってセンサや宅内装置などの原価は二の次となっているが、基本方針は「ありふれたセンサを用いて高度の情報を抽出する」ことであり経済性は重要である。赤外線センサは産業界で多用されており、現時点でもそんなに高価ではないが、量産すれば更に安価になり関係者や行政の負担はかなり抑えられる。また、宅内装置のコストダウンも急務である。

次に、計測データの解析方法の問題がある。まず、高齢者の行動状況を間取り図上に表示する行動軌跡図に関しては、従来は部屋と部屋の間にしきりのある日本家屋の住居を前提としていたため、1部屋に1つの赤外線センサを設置しておけば独居高齢者の位置を表示することは容易であった。しかし、現在は

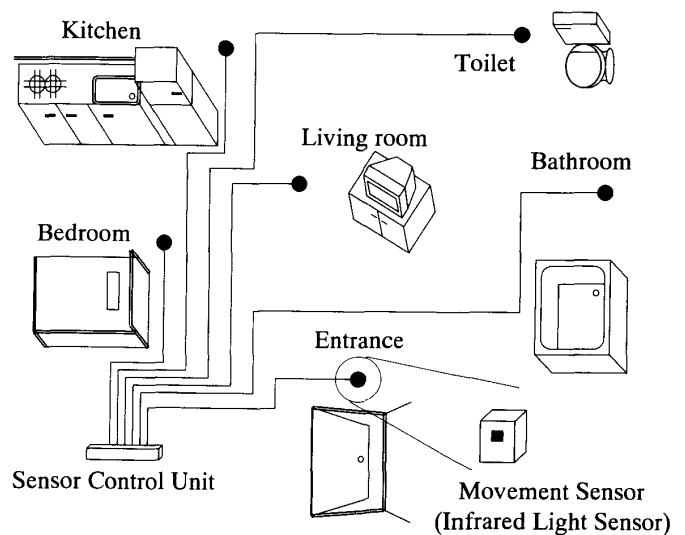


図3 独居高齢者宅での主なセンサ設置場所  
主に玄関、居間、台所、寝室、トイレ、脱衣所などに焦電型赤外線センサを設置する。

ワンルームマンションのような住宅も数多く存在し、そうした場合、部屋ごとに仕切がなく複数のセンサが一度に反応してしまうことが予想される。このような状況で計測されたデータをこれまでのアルゴリズムを用いて解析すると、検知対象である独居高齢者が複数の場所に存在してしまうことになる。これは問題であり、正確な位置を判断するためには現在のアルゴリズムの見直しが必要となる。さらに、統計的手法による解析に関しては、時間的変動要素に対する考慮が不足していたため、例えば起床時間がずれているだけで、全く日頃とは違った行動パターンと判断されてしまうことあり、実用性には問題があることが分かった。この問題に関しては現在、時間的なズレに対応できるDP (Dynamic Programing) マッチング手法を用いた場合の行動パターン解析の有効性を検証中である。

### 5. 実用化を意識したシステム構築

本研究の目的は、情報・通信技術を駆使して独居高齢者の生活状況を離れた場所からモニタリングすることによって、健康状態を推測し緊急事態に備え本人のみならず誤って別居している家族の不安軽減を図る社会システムを構築することである。この目的を達成するため、すでに述べた独居高齢者のモニタリングシステムを開発し、実地での運用を行ってきた。今後は、さらに実用的なシステムにするために4.3節で述べた問題について解決していくとともに、現時点で使用している機器の改良および新たな機器について検討する。図4は今後再構築を計画しているシステムの全体構成であり、以下にその概要を述べる。

赤外線式行動検知センサは自動ドアの開閉制御用

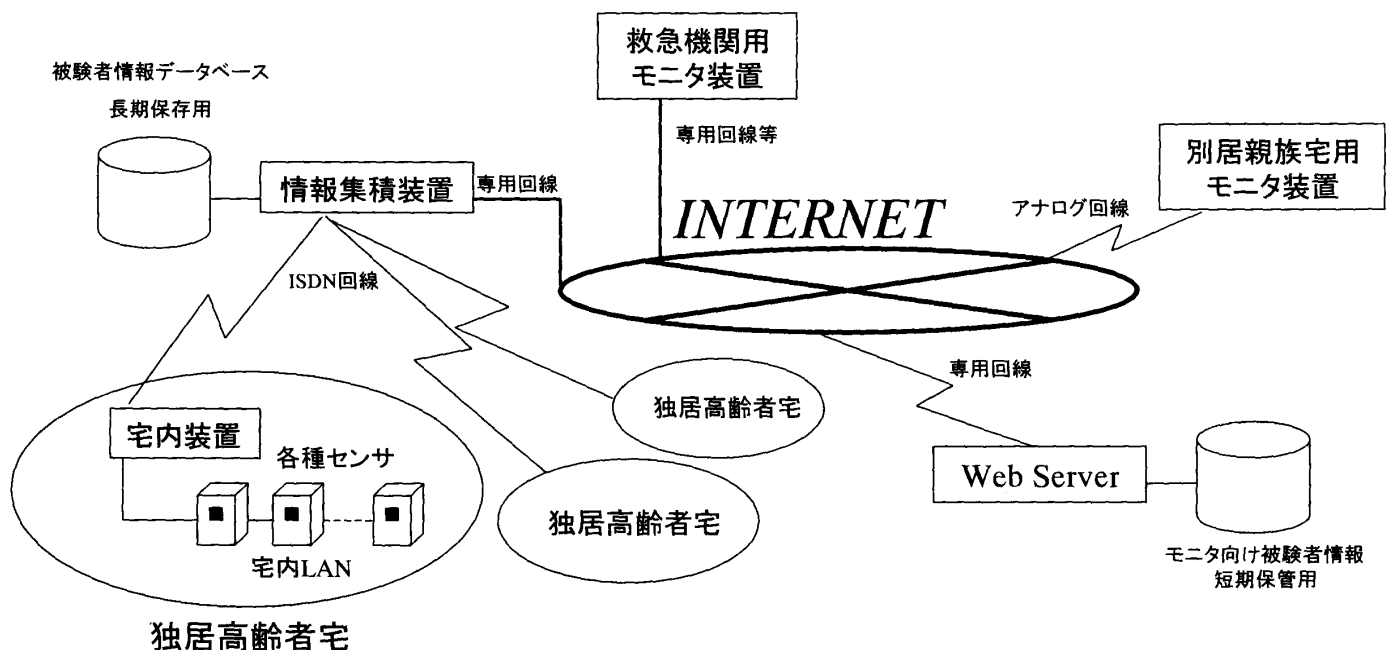


図4 独居高齢者の在宅モニタリングシステム全体構成図

今後開発を予定している独居高齢者のモニタリングシステムの全体構成図である。実用化に向け、これまでの機器の仕様の再検討を行い、経済的な部品を用いて高度な情報が得られるシステムの構築を目指す。

として市販されているものを利用する。独居高齢者の宅内行動を追跡するために、このセンサを本システム専用の宅内 LAN にシリーズ接続を行い、宅内装置にデータを送信する。通信方式については、従来の経験をもとに高信頼性と低価格化が両立できる方式を目指して改良を行う。

宅内装置は、従来のシステムと同様、前述した赤外線センサの最新状態を定期的に収集し、その情報をまとめてパケット単位で後述する情報集積装置に ISDN 回線を用いて送出する。従来は、センサ情報の収集はセンサ制御装置、収集した生データの一次加工は宅内装置で担当していたが、今後は両者の機能を整理統合し、パケット単位でのデータ送出とデータのチェック機能を宅内装置に集約することによって小型軽量化とコストダウンを図る。宅内装置は独居高齢者 1 人につき 1 台必要なので、上記の改良により、実用化に向けて大きな課題であったシステム価格を大幅に低下できる。

情報集積装置とは各宅内装置から送信された独居高齢者の宅内行動情報を集めて統計的解析に利用する装置であり、計測結果をデータベース化して蓄積する。また同時に、最新情報を過去の情報と対比して当該独居高齢者の生活状況ならびに健康状態を推定する。この過程で健康状態に問題がありそうな兆候があれば、モニタリング担当者に電話や FAX で連絡をする。本装置は、従来は中央監視装置と称し、各地区の独居高齢者の健康状態管理センタ（消防署などへの併設を想定）の中核装置とするつもりであったが、今後は、計測情報を保管するデータ基地と位

置づける。これに伴い、同センタの管理者に提示すべき各種統計解析の結果の表示機能は、後述する救急機関用モニタ装置に移管する。この業務分担の変更に伴い、独居高齢者の最新情報を HTML 規約に伴う情報形式（ホームページ化）に変換して、Web サーバに送出する機能を本装置に追加する。解析方法に関しては、従来から利用してきた手法に加え、現在検討している DP マッチング手法を用いる。

Web サーバは、独居高齢者の宅内行動状況をモニタできるように最新計測結果を HTML（ホームページ）形式で蓄え、後述する救急機関用モニタ装置、別居親族宅用モニタ装置でいつでも閲覧できるようにする機能をもつ。本装置は、インターネットのファイルサーバとして機能するので、規模に関係なく高信頼性が要求される。また、対象となる独居高齢者のモニタの人数が増えてくると通信呼量が増大し、高速応対性を補償するためには高性能サーバ機と専用回線が必要となり、設備投資額ならびに維持費がかさむことが予測できる。そのため、我々は市中の実績のあるインターネットサービスプロバイダに本業務を有償で委託することが最善であると考えている。

別居親族宅用モニタ装置は、別居親族が独居高齢者のモニタを行うための装置である。機能を押さえて低価格と使いやすさを優先させる。前述したように、独居高齢者の最新情報はホームページ化してあるので、モニタ担当者は Web サーバ上の特定独居高齢者の宅内行動のホームページを取り込んで、該当する独居高齢者に関する情報を閲覧する。本装置

に求められる機能は、インターネットのブラウザが容易に利用できることであり、その趣旨から汎用のパソコンを用いて、その実用性を実証する。すでに開発した行動軌跡図プログラムは<sup>1)</sup>、操作が極力簡略化されているため、別居親族でも容易に扱うことができると考えている。インターネット資源を活用すれば通信費用を削減できるだけでなく、運用経費も削減可能である。例えば、パソコンやインターネットの操作に慣れるには、適切な導入教育と継続的なアドバイスが不可欠だが、インターネット利用者は全国各地に散在しているので、別居親族宅用の専用のハード／ソフトを開発した場合に要する説明工数や利用中の問い合わせに応ずる体制設備などは不要になる。なお、別居親族のアクセス頻度は1日せいぜい1～2回と思われるので、通信線としては一般の電話（アナログ）回線で充分であろう。

救急機関用モニタ装置は、独居高齢者の健康状態を集中的に管理する各地区の管理センタ（消防署や救命救急設備を要する医療機関などに併設することを想定）に設置してモニタリングを可能にするための高機能モニタ装置であり、前述の別居親族用モニタ装置とは異なり、価格よりも機能を優先させる。しかし、現時点では消防署の救急司令がインターネットの操作に習熟している可能性は低いので、本装置においても使い易さはやはり重要である。Webサーバ上の特定の独居高齢者の宅内行動のホームページを取り出して、該当する高齢者に関する情報を閲覧する機能は、別居親族宅用モニタ装置と同様であるが、救急作業時に備えて、情報集積装置で行っている統計解析機能も本装置で利用できるようにする。この場合、Webサーバだけでは情報が不足するので、情報集積装置上のデータベースや、かかりつけ医の病

歴データベースにもアクセスできるようにすることが望ましい。担当する独居高齢者の数が増えると通信量の増大が予想されるので、通信線としては専用回線あるいは常時接続回線が必要となろう。このような整備は消防署などではまだ珍しいかもしれないが、インターネットが急速に普及しつつある医療機関にとっては、特に珍しいことではないと思われる。

## 6. おわりに

全高齢者人口の1割を占める独居高齢者の数は、今後さらに増加することが予想される。独居高齢者の安全な生活を支援するシステムの必要性は、すでに多くの市町村がペンダント型の無線式緊急通報システムを導入していることから明かである。この通報システムは緊急事態発生後に利用することを原則としているため、対処は後手に回らざるを得ない。これに対し、我々のシステムは独居高齢者の日常生活を継続的にモニタすることによって健康状態の緩やかな変化を見つけ早めに対処することができる。緊急時の対応には救急・医療体制の整備が不可欠であるが、我々のシステムは、社会資源を効率的に運用することに貢献できると思われる。

超高齢社会において高齢者は重要な生産力である。独居高齢者の緊急事態を早期に発見し、大事に至る前に治療できる本システムは、高齢者が安心して生活できる環境を整備し、社会参加し活躍することを可能にするだけでなく、これ以上、要介護老人を増やさないためにも導入が急がれる。住みやすい社会を構築するためには、ハイテクを駆使した福祉施策が欠かせない。本システムはその典型的な応用例といえよう。

## 文 献

- 1) 品川佳満, 太田 茂 (1998) インターネットを利用した在宅モニタリングシステム. 川崎医療福祉学会誌, **8**(2), 347-352.
- 2) 藤原佳代, 太田 茂, 田中昌昭 (1996) 在宅高齢者の行動パターン解析システムの構築. 川崎医療福祉学会誌, **6**(2), 389-393.
- 3) 太田 茂, 田中昌昭, 藤原佳代 (1995) 独居老人の行動パターン解析. 川崎医療福祉学会誌, **5**(2), 191-195.
- 4) 山越憲一 (1996) トイレに設置するモニタリングシステム. BME, **10**(5), 30-38.
- 5) 大嶋章寛, 黒田真朗, 山越憲一, 中川原実, 川原田淳 (1998) トイレを利用した体重関連・心機能情報の無意識計測システム. 医用電子と生体工学, **36**(suppl), 548-548.
- 6) 吉村拓巳, 中島一樹, 田村俊世, 三池英敏, 戸川達男 (1994) 無拘束浴槽内心拍数モニタの開発とその評価. 医用電子と生体工学, **33**(4), 246-253.
- 7) 田村俊世, 宮迫俊一, 藤元登四郎, 戸川達男 (1995) 布団埋め込み型温度センサによる高齢者の睡眠評価. 医用電子と生体工学, **33**(suppl2), 137-137.
- 8) 小川充洋, 依田美紀子, 川原田淳, 田村俊世, 戸川達男 (1998) 在宅モニタリングのための自動生体計測システムの構築. 医用電子と生体工学, **36**(suppl), 550-550.

- 9) 牧川方昭 (1996) 日常行動のモニタリング. BME, **10**(5), 39-48.
- 10) 山口晃史, 小川充洋, 田村俊世, 戸川達男 (1998) ヒト検知センサを用いた在宅での行動記録. 医用電子と生体工学, **36**(suppl), 682-682.
- 11) Celler B, Earnshaw W, Ilsar ED, Betbeder-Matibet L, Hams MF, Clark R, Hesketh T and NH Lovell (1995) Remote monitoring of health status of the elderly at home. A multidisciplinary project on aging at the University of N. S. W. *International journal of bio-medical computing*, **40**, 147-155.
- 12) Celler B, Earnshaw W and Ilsar ED (1997) Remote monitoring of health status of the elderly at home. Preliminary results of a five months trial. World congress on medical physics and biomedical engineering, 1286-1286.

(平成11年5月12日受理)

## A Health Monitoring System for the Aged Living Alone I

Yoshimitsu SHINAGAWA, Tomohiro TANIGAWA, Katsuji NANBA and Shigeru OHTA

(Accepted May 12, 1999)

Key words : HEALTH CONDITION MONITOR, THE AGED LIVING ALONE, MOVEMENT SENSOR

### Abstract

Because Japan has the longest life expectancy and lowest birthrate in the world, it is destined to become an extremely aged society. Therefore, many laboratories have done research on health monitoring systems for the aged living alone. However, most of them are not commercially available yet. For several years, we have been developing such a system, and we have been doing frequent field experiments for more than 2 years. In a previous paper, we reported on a system which can send the health information of the aged to family members living separately via the Internet. However, that system had some problems concerning methods of analysis and cost. This paper reports on attempts to make the system more practical utilizing actual experiences.

Correspondence to : Yoshimitsu SHINAGAWA Doctoral Program in Medical Informatics, Graduate School of Medical Professions, Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
(Kawasaki Journal of Medical Welfare Vol.9, No.1, 1999 87-92)