

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

平成10年度研究報告書

研究課題名：在宅高齢者の健康モニタリングシステム

主任研究者：戸川達男（東京医科歯科大学）
分担研究者：石島正之（東京女子医科大学）
山越憲一（金沢大学）
太田 茂（川崎医療福祉大学）
川原田淳（富山大学）

在宅高齢者の健康自動計測システム

主任研究者 戸川達男（東京医科歯科大学生体材料工学研究所教授）

研究要旨 高齢者の健康管理のためのデータ収集を目的として、家庭に設置でき日常の生活活動をみだすことなく生体情報を自動計測するシステムを開発した。各種生体情報の自動計測の可能性について検討し、ベッドあるいは寝具に装着する電極による心電図、呼吸、体動の計測、浴槽に設置する電極および光電脈波センサによる心電図および脈波の計測、トイレに設置するロードセルによる体重、排尿排便量、心拍数の計測、赤外センサによる生活行動の計測システムを実現し、実験住宅（ウェルフェアテクノハウス）および一般家庭において評価を行い、自動計測が可能であることを確認し、健康管理への応用が期待できることを示した。

〔研究組織〕

- 戸川達男（東医歯大生体材料研教授）
- 石島正之（東女医大医工研助教授）
- 山越憲一（金沢大工学部教授）
- 太田 茂（川崎医療福祉大教授）
- 川原田淳（富山大工学部助教授）

A. 研究目的

従来の医療技術は病院等の医療施設における疾病の診断、治療が中心であったが、社会の高齢化、医療費の増大、QOLの追求などの社会的要請に応えるには、健康の維持管を徹底し、医療の必要を減らすとともに、健康をよりよい状態に保つことが望ましい。本研究は、この要請に応えるために、高齢者の日常の健康情報を自動計測してデータを保存し、健康に関係する各種パラメータを抽出し、各個人について正常値を決定し、健康管理に役立つ情報を提供するとともに、疾病

の発症時にはデータを過去に遡って読み出すことのできるシステムの開発を目的とした。

B. 研究方法

次の5項目を5人の班員が分担して研究を行った。

- ・浴槽に設置するシステム（戸川）
- ・ベッドに設置するシステム（石島）
- ・トイレに設置するシステム（山越）
- ・行動のモニタリングシステム（太田）
- ・実験住宅における評価（川原田）

1. 浴槽に設置するシステム

浴槽内壁に電極を設置することによって心電図を記録できることをすでに示したが、それに加えて循環の指標となる脈波の自動計測を試みた。脈波の検出には光電脈波センサを用い、浴槽に入ったときに臀部が接する位置にセンサを設置した。

2. ベッドに設置するシステム

ベッドシートおよび枕に導電性の布（布帛電極）を逢着し、枕と下肢部の電極から心電図を、また胸部の電極の電気容量変化から呼吸を検出した。また、雑音除去のための信号処理法の開発を試みた。

3. トイレに設置するシステム

便器に密着して設置し、便座にかかる荷重と床荷重の和から体重を計測し、その変化から、排尿量、排便量、排尿速度、心拍数を計測した。また、トランスポンダーを装着させることによる個人識別を試みた。さらに、便座からの血圧計測の可能性について検討した。

4. 行動のモニタリングシステム

焦電型赤外センサを住宅の各部屋に設置し、人の動きを検知して行動パターンを自動検知し、その情報を中央監視用のコンピュータに蓄え、別居している家族が任意にアクセスできるシステムの構築を試みた。

5. 実験住宅における評価

高岡市に建設されているウェルフェアテクノハウスを利用し、ベッド、浴槽、トイレに本研究班で開発したセンサを設置し、若年者および高齢者に実際に生活してもらい、システムの評価を行った。

C. 研究結果

1. 浴槽に設置するシステム

浴槽中の脈波計測のために製作した光電脈波センサを浴槽の底面の臀部が接する位置に設置して、脈波の計測を行った結果、良好な脈波記録ができることが示された。同じ姿勢で浴槽外計測した場合にはほとんど脈波は記録できなかったが、

浴槽内では末梢循環が良くなることと、水の浮力によりセンサにかかる体重の影響がほとんどなくなるために、計測が容易になることが確認された。また、心電図との同時計測により、脈波伝搬時間が計測できることを示した。

2. ベッドに設置するシステム

心電図、呼吸ともに良好な記録が得られることを確認した。体動によって大きな雑音が発生するが、信号処理により雑音の影響を軽減することができ、就寝中の約90%の時間について信号が記録できた。また、雑音の出現は体動によることから、雑音を体動情報として利用できることを示した。

3. トイレに設置するシステム

トイレに設置する体重計測用のロードセルにより、自動的に体重を計測するとともに、データをコンピューターに読み込むシステムが確実に動作することを確認した。複数の人がトイレを使用する場合の個人識別の一方法として、無電池式のトランスポンダーを手首に装着させ、個人の識別情報を自動的に読みとり、各個人ごとの情報としてデータを記憶できることを確認した。また、排尿と排便の区別の自動化を試みたが、これについては体重変化だけでは誤認を避けることは困難であった。排尿については、排尿量および排尿速度の自動計測が可能であることを確認した。便座における自動血圧計測については、基礎的実験結果から、その可能性を示唆する結果を得た。

4. 行動のモニタリングシステム

焦電型赤外センサによって行動の検知が可能なのはすでに確認しているの

その情報を中央監視装置に送り、随時データをアクセスして行動軌跡を読み出して画面表示するシステムを構築してその動作を確認した。実験は学内 LAN を用いたが、これはインターネットに置き換えることができるので、遠隔地に住む家族からアクセスすることも可能であることを示した。

5. 実験住宅における評価

高岡市のウェルフェアテクノハウスにおいて、被検者の夜間滞在実験により、システムの評価を行い、浴槽内心電図、ベッド心電図、トイレでの体重の自動計測が支障なくできることを確認した。若年者と高齢者の比較実験では、排尿量および排尿速度に顕著な違いが認められることなどを確認した。

D. 考察

家庭に設置して健康管理のための生体情報を無意識のうちに自動計測しようという構想は、本研究班の研究によりきわめて有望であることが示された。今年度までには各分担者それぞれが長期のモニタリングデータを提示することができ、計測システムが確実に機能することが確認された。

長期間のデータはまだあまり多くはないが、それでも、毎日の排尿量と排尿速度のトレンドを記録することなどのように、従来の検査法ではまったく検知できないと思われる興味あるデータが得られており、今後長期間のデータを蓄積していくことによって、多くの新しい知見が得られることが期待される。

本研究班で開発した個々のシステムは、そのまま一般家庭に設置して使用するに

はまだ完成度が十分ではないが、企業がこれらを一つのシステムとして製品化できる可能性は高く、次の段階は、統一した規格の装置を実際に多数の家庭に設置して試験使用することであろう。

自動計測されてデータを健康管理に応用するには、健康管理のアルゴリズムを開発しなければならないが、そのためにも長期のデータを収集していかなければならない。

さらに、生体情報の自動計測には多くの高度技術を導入する可能性が残されている。本研究でとりあげた便座における血圧計測も高度技術を要するが、このほか、においセンサ、ベッドでの心磁図計測、自動微量採血、食物摂取量の計測、画像による個人識別など有望な多くの技術が考えられ、研究分野としてはきわめて大きな可能性に満ちている。

本研究班が開発を進めてきた研究は産業界からも注目されており、多くの問い合わせや資料請求、講演依頼などがあり、新しいビジネスの創成としての関心も高くなっている。

また、家庭での生体情報の自動計測は、この研究班が世界に先がけて進めてきた研究であり、最近多くの国の研究者からも注目されるようになってきた。そのうちの多くの研究者は本研究班の研究者に協力を求めて来ており、この分野は今後国際協力による飛躍的な発展が期待される。

浴槽に設置するモニタリングシステム

戸川達男 (東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 教授)

本研究では、入浴中の光電脈波の測定手法を確立することを目的とする。入浴は日常的な行為であり、これによって、無心無拘束の状態、入浴中の循環系由来の情報を測定することが可能となる。

キーワード: 無侵襲無拘束測定, 光電脈波, 入浴

A. 研究目的

高齢社会において、高齢者の QOL を高めるためには、疾病や事故による障害に対処する以外に、その発生を防止することが根本的な対策ないしは対応であると考えられる。しかし、現実には工学的な手法を用いてそのような対応を試みた例はほとんどない。日常生活環境において生理量の把握が可能になれば、疾病発症や疾病の自覚以前に、疾病を早期ないしは発症以前に検知することが期待できる。また、生活習慣の客観的な把握は、生活習慣に起因する疾病や障害を未然に検知するためにも有用であると考えられる [1,2]。

われわれは、日本人に特有の習慣である入浴に注目した。入浴時に何らかの生理パラメータを計測できれば、1日に1回程度、データを計測できることが期待できる。これまでにわれわれは、入浴中に心電図計測が可能であることを示しているが、これに加えて、入浴中の光電脈波法による脈波計測を試みた。

B. 研究方法

1. 実験装置

入浴時に無意識に脈波を計測するためには、プローブを浴槽壁に埋め込む方式が考えられる。今回は、浴槽底面にウレタン製のマットレスを敷き、入浴時には右臀部から右大腿部が接する位置に、光電脈波計測用プローブを埋め込んだ。図1に、プローブの構造を示す。

プローブ本体は、透明アクリル樹脂で作成されており、中央部に、発光および受光用の素子

を埋め込んだ防水構造となっている。プローブは、水深1 m (水圧0.1気圧)において動作試験を行い、正常動作を確認した。

大腿部ないしは臀部付近での脈波は、通常、光電脈波計測においてプローブを設置する耳朶ないしは指尖部よりも振幅が小さいことが知られている。信号の大きさを確保するために今回は、プローブ中央に設置したフォトダイオードを中心とする円周上に、4個のフォトトランジスタを発光素子として配置することによって、これに対応した。被験者に無意識な計測を実現するために、発光ダイオードの発光波長は赤外領域を選択し、ダイオードの発光波長に対応したフォトトランジスタを用いた。

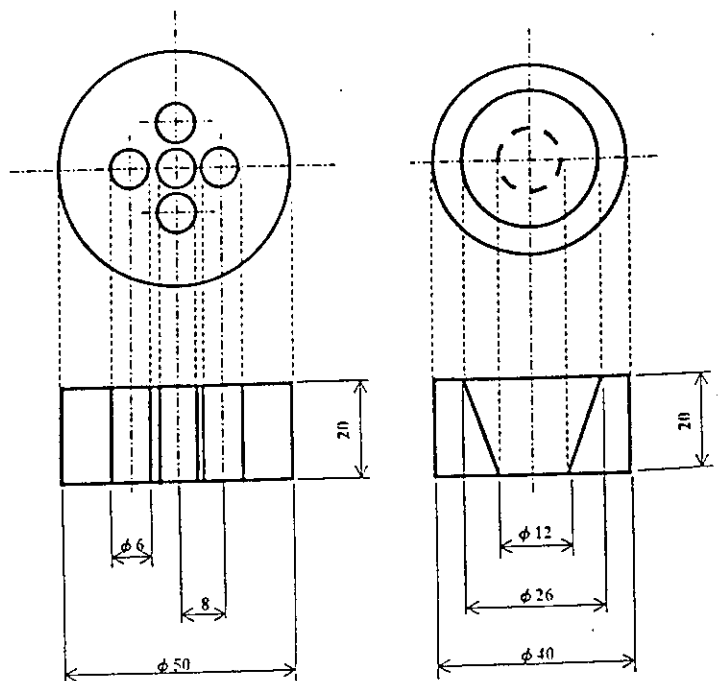


図1: 浴槽内脈波測定用プローブ

フォトトランジスタからの信号を処理する回

路を、図2に示す。フォトトランジスタからの信号は、アンプによって増幅され、脈波信号として取り出される。この際、測定環境周囲の照明の、商用電源周波数による輝度変動がアーチファクトとして混入するために、ハムフィルタによってこれを除去した。また、入浴下においてより大きな脈波信号を得るために、フォトトランジスタおよびフォトダイオードは、十分大きな電流によってドライブされている。

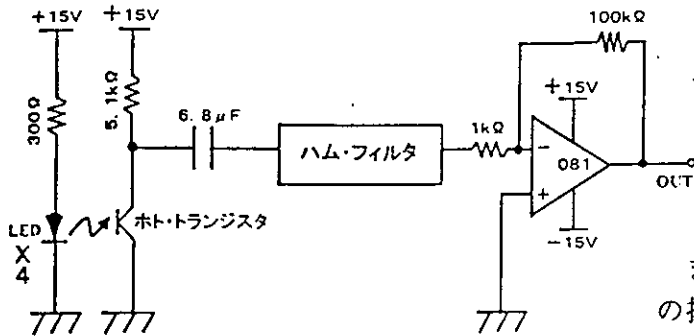


図2：浴槽内脈波測定回路

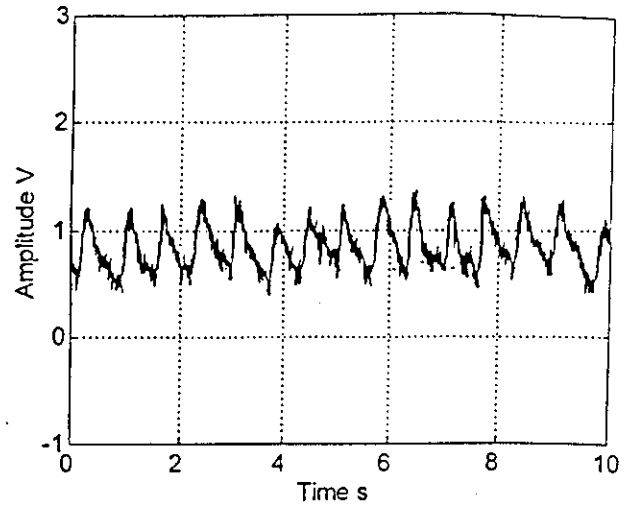


図3：浴槽内脈波

また、浴槽内脈波から得た、入浴時の心拍数の推移を図4に示す。心拍数は、脈波よりそのピークを検出し、隣接するピークの間隔より算出した。

2. 実験方法

上述した装置を用いて、脈波の計測実験を行った。被験者は成人男子5名とした。被験者は入浴前に、浴槽外でプローブに右大腿部ないしは右臀部が接するような位置での座位をとり、脈波計測を試みた。その後、被験者はプローブが設置された浴槽で入浴し、脈波計測を試みた。入浴時間は最大10分とし、被験者の申告によって適宜入浴を終了するものとした。

C. 結果

浴槽外での座位においては、どの被験者においても、明確な脈波を測定することはできなかった。

入浴時においては、全被験者において脈波を確認することができた。脈波の一例を図3に示す。

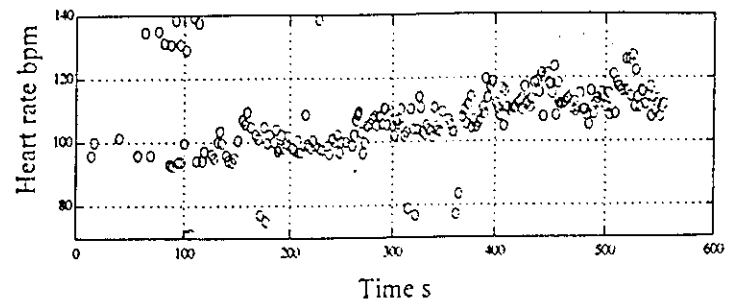


図4：入浴中の心拍の推移

D. 考察

入浴中に光電脈波を無意識で計測できる可能性が示唆された。今回用いた回路は単純なものであるが、計測は極めて容易であった。これより、実用化は容易であった。

われわれはこれまでに、入浴中に心電図が計測可能であることを示している。心電図と脈波より、脈波伝播時間の推定が可能であり、心機能ないしは循環器機能に関するパラメータを得ることができる。本法を改良することにより、入浴中に脈波伝播時間を測定するシステムの構築が可能であると考えられる。

入浴中には脈波の計測が可能であったが、浴槽外では脈波を認めることができなかった。こ

の理由としては、

- (1) 浴槽外においては被験者の自重により末梢血管が圧閉されたため、脈波が減衰ないしは消失した
- (2) 入浴時においては温水浴により末梢循環が亢進したため、脈波信号の大きさが増大した。

の2点が考えられる。

実際の波形を観測すると、脈波の振幅は入浴開始直後から時間経過に伴って増大している。これは、末梢循環の亢進を意味する。これは、上記2の仮定を裏付けるデータである。

また、身体の比重は1に近く、入浴時には浮力によって自重の大部分が相殺される。したがって、プローブに接する部位付近への荷重は、入浴時は浴槽外に比べて小さいと考えられる。原理的には、上記1の仮定は正しいと考えられる。

実際には、上記1および2の仮定の双方の相乗効果により、入浴時に容易に脈波が計測されたものと考えられる。

入浴時に無意識で計測可能なパラメータとしては、心電図、脈波の他には心音が考えられる。水中マクロホンを用いれば、入浴時の心音計測は原理的には可能であるが、浴槽掘付部から外部の振動が浴槽に伝播し、雑音となる可能性がある。一方、光電脈波法によれば、プローブの上面は人体に接触するため、外部の雑音源が計測に影響する可能性は小さい。この点からも、入浴中の脈波計測は優れた方式であると考えられる。

E. 結論

入浴時における無意識での光電脈波法による脈波計測の可能性が示唆された。回路は単純であり、実用化は容易であると考えられ、無意識での脈波伝播時間の測定の可能性なども期待できる。

F. 引用文献

- [1] Tatsuo Togawa, "Home health monitor-

ing", Journal of Medical and Dental sciences, Vol.45, No.3, Sep 1998, pp.151-160.

- [2] Mitsuhiro Ogawa, Toshiyo Tamura and Tatsu Togawa, "Automated Acquisition System for Routine, Noninvasive Monitoring of Physiological Data", Telemedicine Journal, Vol.4, No.2, 1998.

G. 論文発表

- (1) 庄司健, 小川光洋, 田村俊世, 戸川達男 他, "在宅健康モニタリングのための光電脈波法による入浴時の心拍数・呼吸数計測", 電気情報通信学会技術報告書, MBE98-18~25, pp.9-14, 1998.5.
- (2) Tatsuo Togawa, "Home health monitoring", Journal of Medical and Dental sciences, Vol.45, No.3, Sep 1998, pp.151-160.
- (3) Mitsuhiro Ogawa, Toshiyo Tamura and Tatsu Togawa, "Automated Acquisition System for Routine, Noninvasive Monitoring of Physiological Data", Telemedicine Journal, Vol.4, No.2, 1998.
- (4) 戸川達男, "長寿科学におけるハイテク技術導入", 老年医学, Vol.36, No.1, pp.59-62.
- (5) Linhai Lu, Toshiyo Tamura and Tatsuo Togawa, "Detection of body movements during sleep by monitoring of bed temperature", Phys.Meas., 1999, in press.

H. 学会発表

- (1) 依田美紀子, 小川光洋, 田村俊世, 戸川達男 他, "入浴中の無拘束呼吸・心拍数モニタのための光電脈波計測法", 第37回日本ME学会大会, 1998.5, 倉敷, 医用電子と生体工学, 36(Suppl 1), pp.154.
- (2) 小川光洋, 田村俊世, 戸川達男, "在宅健康管理のための生体・環境パラメータ収集システム", 第11回バイオエンジニアリング講演会, 1999.3, pp.126. 筑波.

長期的な観察を目的とした心肺機能
モニタリングに関する研究

分担研究者 石島正之 東京女子医科大学・医用工学研究施設

研究要旨 被検者が検査を意識しなくても行える無自覚的な検査を、呼吸機能と心機能に関して、日常生活習慣の中で健常人を対象として長期的に実施した。この生理機能モニタリングは就寝時のみの検査ではあるが日々の連続収集が可能であり、生命の監視に適した計測法であった。呼吸波形と心電波形について雑音信号処理した結果、約90%の有効成分が抽出された。

A. 研究目的

定期的な生理機能や生化学的な検査は、疾病の早期発見に寄与し、時間医学的な見地からもその効果が期待されている。しかし、外出が容易でない高齢者や仕事に多忙な中高年者にとっては、頻回な検査を病院でおこなうことは現実的ではなく、在宅でおこなわれることが適切になる。ただし、在宅で長期的な検査をおこなう場合、どのように簡単な操作でも、例えば体表に電極を装着するような単純なことで、生活習慣とは異質な行動は忘れるか負担となってくる。とくに自覚症状もない患者では、義務的な検査はストレスとなり、そのことから疾病を引き起こしかねない。また環境によっては、このような日課は介護者の負担が増すことにつながる。

この研究では、在宅高齢者にまったく負担のない、被験者が検査すら意識せずに行なわれる心肺機能のモニタリング・システムを開発することにある。ここでは特に、一日の1/3の時間を費やすベッドを利用して、就寝時の呼吸活動と心電図を連続的に測定し、そこで得られた長時間データの臨床応用の可能性を検討した。この測定で

は、検査のために横になるのではなく生活習慣の中で床につくため、就寝直前にセンサーを装着するような操作をいっさい行わないことを特長としている。

B. 研究方法

個人用のベッドシート上で、被検者の胸郭が位置する部位に、導電性の繊維をもちいて織った布帛（ふはく）電極を設置した。被検者の胸部とこの電極間から生成される静電容量の変化を電気容量検出回路で検出することで、呼吸活動を非接触的に観察する方式とした。また、同ベッドシート上の頭部と脚部にも同様な布帛電極を配した。これらの布帛電極は寝間着を着た状態で、どのように寝返っても足を縮めても身体皮膚が直接接するような寸法を選択した。外界の電気雑音、特に商用周波の電気雑音を減衰させるため、ベッドシートと同等の面積の導電性布帛を電極シートの下側に設置した。

胸部電極からの信号は容量検出回路を経て、その静電変化をアナログ量として出力した。首部と脚部電極からの信号は生体用微小電位増幅器に導いた。信号前処理用と

してのフィルターの周波数帯域を、静電容量ではDC～40Hz、微小電位では0.5～100Hzとした。これらの両アナログ信号を、A/D変換（標本頻度200Hz）のちにハードディスクに連続的に格納した。その後バッチ方式でデジタル処理により呼吸活動波形と心電図波形ならびに心拍を抽出した。

C. 研究結果

就寝開始から1時間弱の心電波形の例をFig.1に示す。起床するまでこのような安定した波形が得られた。寝返りなどの体動中は、基線の揺れがはげしいため心電波形が確認できなかった。健常成人において、体位により波形とそのゲインに差異があった。Fig.2に心電波形から抽出された一晩の心拍変動を示す。これは心拍の変動が激しい例であるが、大きな変動部分は寝返りなどにより発生したためであり、全体に散在する極端な心拍数は雑音が混入したためである。心電波形と同時に得られた呼吸波形をFig.3に示す。体動があるときには心電波形同様、呼吸波形も観測することが出来なかった。

D. 考察

体動中は目的とする信号がほとんど得られなかったが、安静時には自由な就寝状態で呼吸活動と心電図の1誘導が得られた。6名の健常人における不測の割合は10%前後であり、日々の長期的な観察を目的とした場合には大きな障害にはならなかった。

高齢の被検者においては、皮膚の乾燥などにより、布帛電極との接触インピーダンスが増加する傾向が見られた。このために、若年者よりも電気雑音が多く発生することがあった。しかし、フィルタ処理によ

り心拍の抽出は可能であった。

収集したデータは1日で約25Mbyte、1ヶ月で約700Mbyteになった。このデータからの波形抽出は、演算時間は要するものの汎用の計算機で可能である。しかし、そこから得られる日々の結果から、時間医学的な病態なり傾向を客観的に見いだすことはまだ明白容易ではなく、これからの研究にゆだねられる。

E. 結論

以上の観測から、ここに示した就寝中の心肺機能の無自覚モニタリング法は、高齢者にもまったく負担のない様式であることがわかった。よって、生命の監視には適切な計測法である。また、呼吸活動と心活動の検査においては、長期間にわたって有効なデータを提供するものと考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表

M. Ishijima, Acquisition of Long-Term Cardiac Signals for the Chrono-diagnostic Utility, *FrontereMBE*, in press.

石島正之, 心電信号計測の可能性と限界, *心電図*, 18(6): 895- 901, 1998.

2. 学会発表

M. Ishijima, Acquisition of long-term cardiopulmonary function, The 3rd Polish-Japan Seminar on Biomedical Engineering, Abstract: 67, 1998.

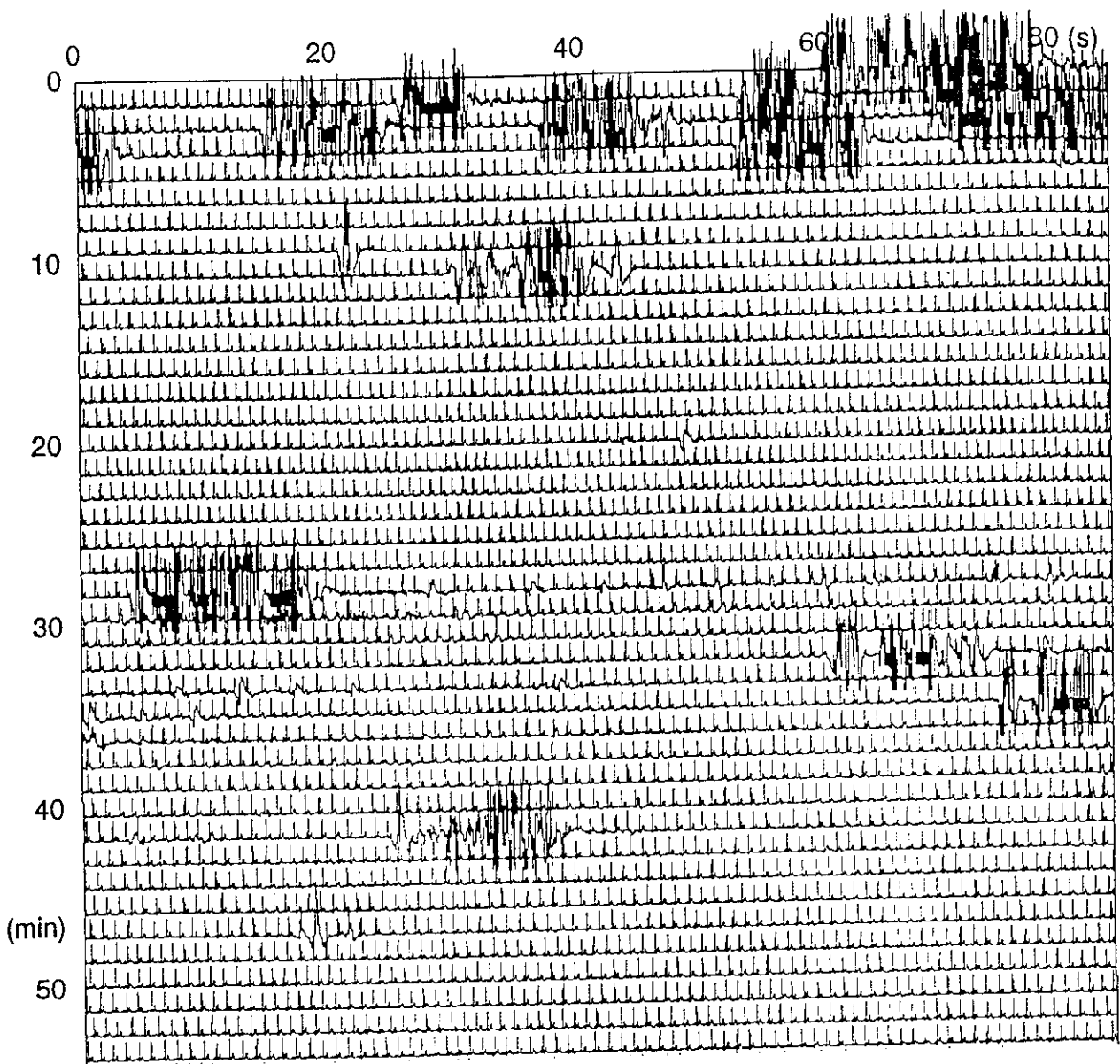


Fig. 1 Part of Overnight ECG Waveform
Obtained by the Textile Electrodes in Bed

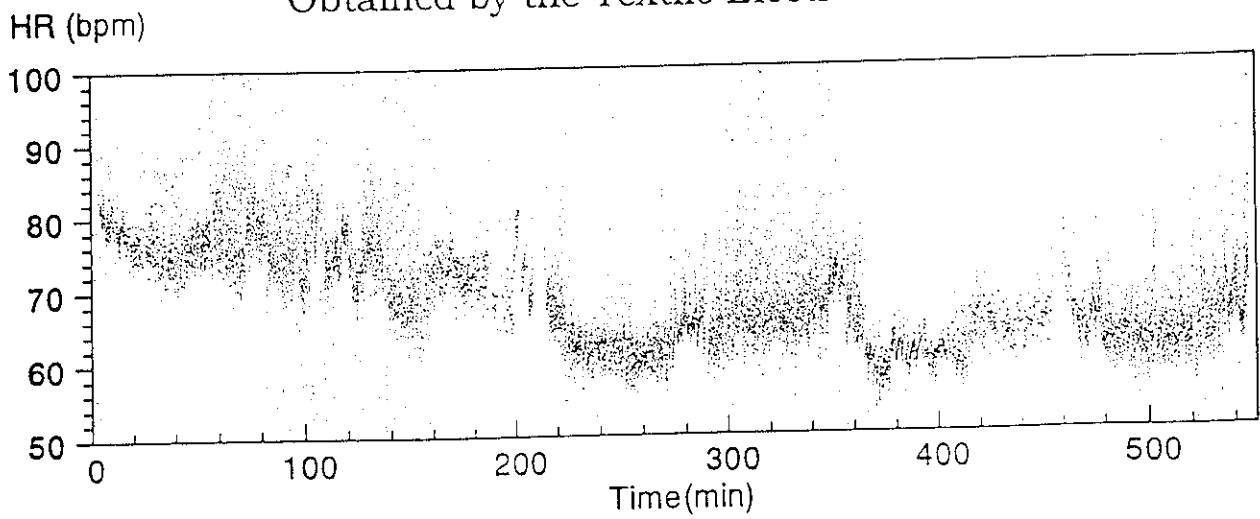


Fig. 2 Example of Overnight Heart Rate Shift

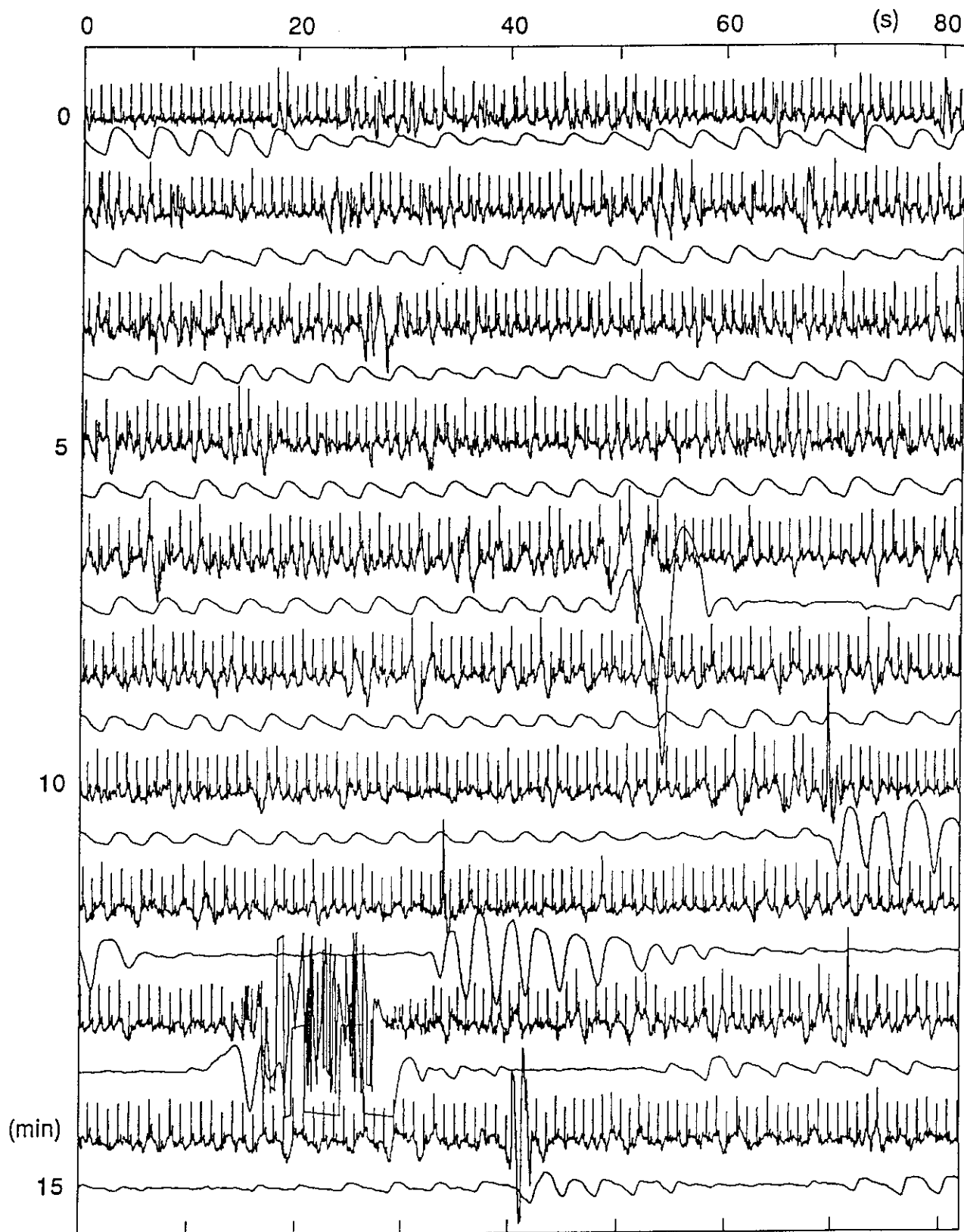


Fig. 3 Example of Respiratory activity and ECG
 Obtained by the Textile Electrodes in Bed
 (Paired expression in time).

トイレに設置するモニタリングシステム
一体重関連・心機能情報の全自動計測システムの開発研究(第III報)一

分担研究者 山越憲一（金沢大学工学部・教授）

健康支援システムの一つとして、トイレ使用中に被測定者が測定の為に何ら操作を行わず、センサも身に付けず、測定されていることも気付かずに健康情報を取得できる完全自動計測システムの開発を目標に本研究は実施された。本年度はこれまでの研究成果に基づき、(i)学内トイレに設置したプロトタイプ全自動モニタシステムの構築と実際使用、(ii)実用可能な個人識別の開発、(iii)排尿・排便の自動識別の検討、及び(iv)トイレ便座からの血圧計測可能性の基礎的検討に絞って研究を行った。

キーワード：無意識在宅計測、トイレ内全自動健康情報モニタリング、高精度体重計測、体重、排泄量、バリストカーディオグラム、血圧計測

A. 研究目的

高齢社会が着実に目の前まで迫っている現在、国民医療費は1998年の厚生省調査では、年間28兆円以上にも昇り、毎年約6%の増加が見込まれている。このような長寿社会において、「健康に生きたい」という気持ちは誰もが共通した願いであり、また医療費削減のためにも、従来の病院や医療施設のみに頼らず普段の日常生活の中で自己の健康維持や疾病予防を管理する自立型の医療、すなわち在宅医療(ホームケア)が望まれている。

このようなホームケアの早期実現に向けて、国や地方団体等で各種プロジェクト研究が進められているが、特にホームケアの基盤であるセルフケア計測は必ずしも工学技術を十分に活用していないのが実情である^{1,2)}。この場合、各種健康情報を簡易且つ測定されていることを意識せず自動的に入手することができれば、これに越したことはないであろう³⁾。

本研究は、このようなセルフケア計測技術の確立を目指し、日常の健康状態をモニタするバイタルサイン³⁾として体重・排泄量・排便量、及び心臓の血液駆出機能を反映するバリストカーディオグラム(BCG)を取り上げ、家庭に設置されているトイレ内のスペースを利用し

て、無意識的にこれらを計測し、かつデータ収集する体重関連・心機能情報モニタシステムの開発を行ってきた^{4,7)}。

本研究はこれまでの成果に基づき、完全自動計測システムの開発を目標として実施された。特に本年度では、(i)学内のトイレに試作装置を設置した全自動計測システムの構築と実際使用、及びシステムの全自動化のための(ii)実用可能な個人識別の開発と、(iii)排尿・排便の自動識別に関する検討、更に今後不可欠の生体情報として血圧を取り上げ、(iv)トイレ便座からの血圧計測可能性について研究を行ったので、その成果の概要を報告する。

B. 研究方法

1. プロトタイプ全自動モニタシステム

前年度までに試作開発してきた高精度・高分解能体重計測装置を、本学工学部機械系校舎5Fの洋式トイレに設置し、パーソナルコンピュータをベースとした全自動モニタシステムの再構築を図った。昨年度と異なる主な点は、全自動化のために後述する個人識別システムを導入したこと、また排尿/排便の自動識別は排泄曲線パターンから信号処理するアルゴリズムをパーソナルコンピュータに内蔵

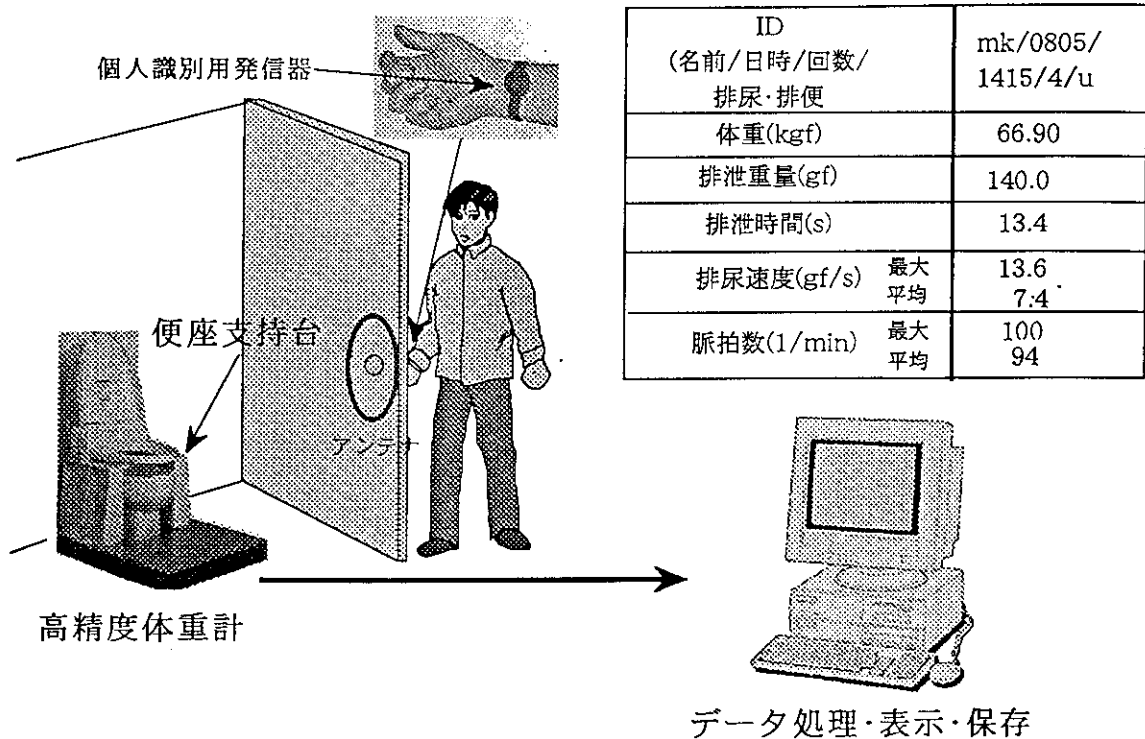


図1：プロトタイプトイレ設置型全自動体重関連・心機能情報モニタシステムの構成概要とデータ表示例

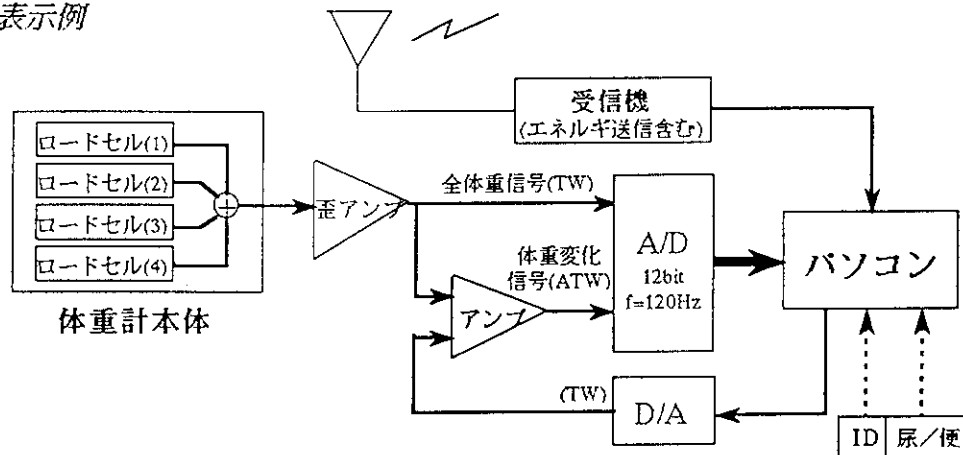


図2：システムの全体ブロック図

させたことである。図1はシステムの構成概要、図2は全体ブロック図を示したものである。システムは、(i)床面に設置した体重計本体、(ii)信号増幅・12bitA/D変換部、(iii)個人識別用受信アンテナと受信機、及び(iv)パーソナルコンピュータ(各種処理データはモニタ表示)から構成されている。なお、本システムによる個人識別の識別能、及び排泄曲線から排泄物を認識する誤認率を評価するため、各人がトイレ使用時にイニシャル名(例えば、ky)と排尿/排便(排尿含む)の区別(例えば、uとかu*f)の2項目をキーボードで手入力するようにした。

計測手順は、受信機からの個人識別信号を

RS232Cを介してパソコンに取り込む以外は、前年度報告で記した方法と同様であるので、文献7)を参照されたい。

計測のための制御や信号処理/データ保存は全てパソコンで実施され、データ表示項目は、図1挿入図に示すように、個人名、日時、トイレ使用回数、尿(u)/便(f and/or u)の区別、体重(排泄後)、排泄量、排泄時間、排尿速度(最大及び平均値)、及びBCGから演算される脈拍数(又は脈波間隔；最大と平均値)の8項目で、これらは登録された個人ファイルに保存される。なお、これらのデータ処理/アルゴリズムについて

は前年度報告で述べた通りであり、詳細は文献7)を参照されたい。また、TW及びATW信号はハードディスク上に保存され、データ処理／アルゴリズムの今後の更なる改良化検討に供するようにした。

2. 個人識別及び排泄物自動識別法

これまで簡便な個人識別法に関して、顔画像から特徴点を抽出する方法⁶⁾、身長や体重、その他の身体情報を組み合わせる方法⁷⁾について検討してきた。前者の方法では、画像処理技術が要求され、顔画像の取り込み角度で特徴点の抽出が困難となること、後者では家族の年代構成によっては簡便な方法であるが、身体情報の検出にいくつかのセンサ類が必要となり、システムが煩雑となること、いずれの方法も識別率100%を実現することが困難であったこと、などのため実用的な方法とは言えないことが判明した。

セルフモニタケアにおける識別率は100%であることが必須であることから、今回はTI社の物体認識(TIRIS)システムを応用した以下の方法を本システムに採用した。

図3に示すように、本個人識別システムは被測定者が装着するトランスポンダと呼ばれる発信器、この発信器に電力を供給して作動させ、次いで発信器からの情報を受信するアンテナ、及びアンテナと結合している受信機から成っている。トランスポンダは、無電池方式であり、永久使用可能であり、今回は十

円玉大の手首装着タイプを用いた。この発信器に予め個人番号(IDナンバー)を登録しておき、受信されたIDナンバーをパソコン上で照合して、登録された個人ファイルにデータが保存されるようにした。

一方、排尿と排便の識別には、臭いセンサなどを便器に取り付ける方法が考えられるが、今回はこのようなセンサ類を一切使用しない方法として、排泄曲線パターンから排尿と排便を自動識別する方法について試みた。

通常、排尿は体重の緩慢な減少を伴う(女性は男性より多少排尿速度は大きい)のに対して、排便は急激な体重減少となる(図4参照)。このような排泄曲線パターンを利用するものであるが、排尿と排便が同時に伴う場合には、この方法ではそれを識別することは不可能となる。しかし、少なくとも排尿については識別可能と考え、今回はこの方法について識別率がどの程度得られるか検討した。

以上の構築システムを用い、個人登録された男子学生12名(22~24歳)、男子教職員3名(48~51歳)を対象に、これまで約1年間に渡り学内生活時における体重関連/心機能情報のデータ収集を行った。

3. トイレ便座からの血圧計測の可能性の検討

洋式トイレの場合、男子排尿時を除きトイレ使用中は便座に座るが、この時、便座と接触する大腿後部で血圧測定できれば、血圧管理に極めて有効と考えられる。このような試みは、国内外をみても皆無であり、今年度はその可能性を探ってみた。

血圧測定法は著者らの考案した容積振動法⁸⁾を採用し、20mm□のカフを用いて局所加圧方式を試みた。カフ圧迫はカフ上に加圧板を置き、手式的に加圧板を押圧した。また大腿部動脈(解剖学的に貫通動脈が対象血管となる)の容積検出には反射型光電センサを用いた(図6参照)。

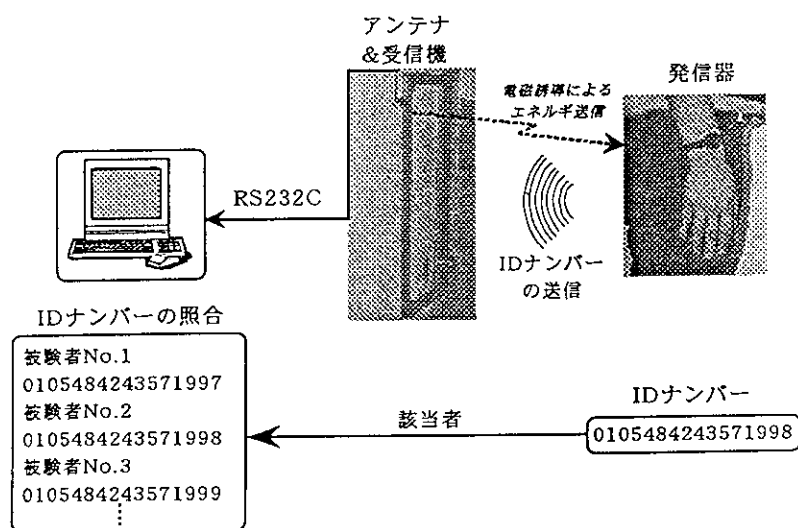


図3: TIRISシステムを応用した個人識別のシステム構成

C. 研究結果

1. 個人識別率及び排尿／排便の識別

実験に供した15名の被験者について、約1年間にわたる本システムの使用において、導入した個人識別システムの識別率は、試行約2400回で100%(誤認率0%)であった。

一方、図4は排便と排尿が別々に行われたときの体重変化曲線(排泄曲線)の原波形と平滑化曲線、及び平滑化曲線から得られた排泄曲線の記録例である。このような明確に排尿と排便が分離できる場合、排泄曲線からそれらの識別を行うことは容易であった。しかし、主に排泄時の体動アーティファクトが排泄曲線に重畳して排泄物識別が困難であったことに起因して、表1で示されるように、排便(排尿を含む場合もある)の識別率は全体として28.6%であった。しかし、排尿識別率は誤認もあったが、全体として98.3%となり、良好な識別率が得られた。

2. システムによる長期モニタ例

構築システムを用い、これまで延べ約4000回以上の自動計測が行われ、システム動作上特に問題なくデータの取得が可能であった。図5は学内生活時でのモニタ例の結果で、左は51歳男性、右は24歳男子学生で得たもの

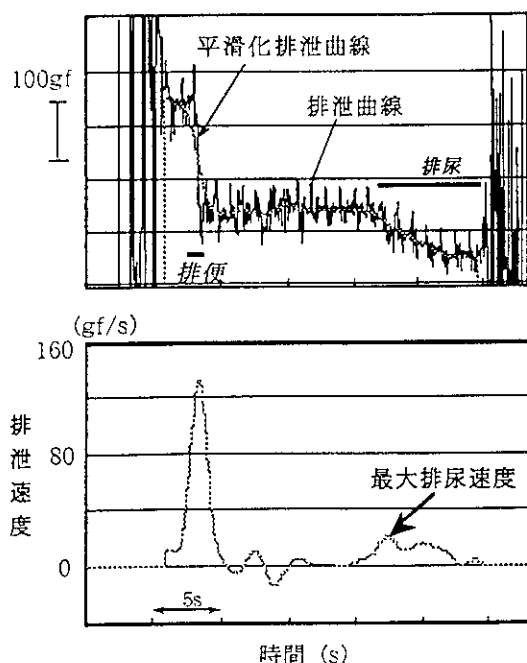


図4：排泄曲線の原波形とデジタルフィルタを用いた平滑化曲線、及び平滑化曲線から得られた排泄速度曲線の一例

で、体重、排尿量、排尿速度、及び脈拍数について示している。休暇や不在等でデータの欠損があるが、左の例では、秋から冬にかけて体重の増加が観られ、また右の例では体重の増加傾向を示し、本人の運動量の減少に伴っていることが確認されている。排尿量データはバラツキが大きい、注目すべきは、排尿速度が左の例(高年者)の方が右の例(若年者)より小さいことである。

排尿速度は前立腺肥大症と深く関わっていることは医学的にも知られているが、本システムはこの点でも有効な手段となろう。勿論、排尿速度にも他の生理量と同様に個体差があり、一概に排尿速度と前立腺肥大とを関係付けることはできないが、少なくとも一個体内で長期モニタした場合には前立腺肥大と強く関わっていることは予想できる。今後の長期データ収集が重要であろう。

3. トイレ便座からの血圧計測

図6は、大腿後面便座接触部位の3カ所で容積振動法を適用したときの、光電容積脈波(PG)とカフ圧(Pc：心臓レベルで補正した値)と

表1：排泄曲線パターンからの排尿／排便の識別結果 1997.4/1～1999.1/31

被験者	コンピュータによる自動識別			
	排便／排尿		排尿	
	自己申告との照合 正解	誤認	自己申告との照合 正解	誤認
SU	13	8	24	2
TM	7	17	76	1
RU	3	68	288	2
CO	10	6	51	2
MN	0	33	116	0
MK	15	27	151	0
KY	24	23	202	5
KK	2	4	28	0
HT	12	13	61	3
AO	0	53	226	0
KM	1	17	59	0
ZK	0	1	34	0
MA	18	4	12	7
HY	6	3	23	1
AW	0	4	26	0
全体	111	281	1377	23
識別率	28.6%		98.3%	

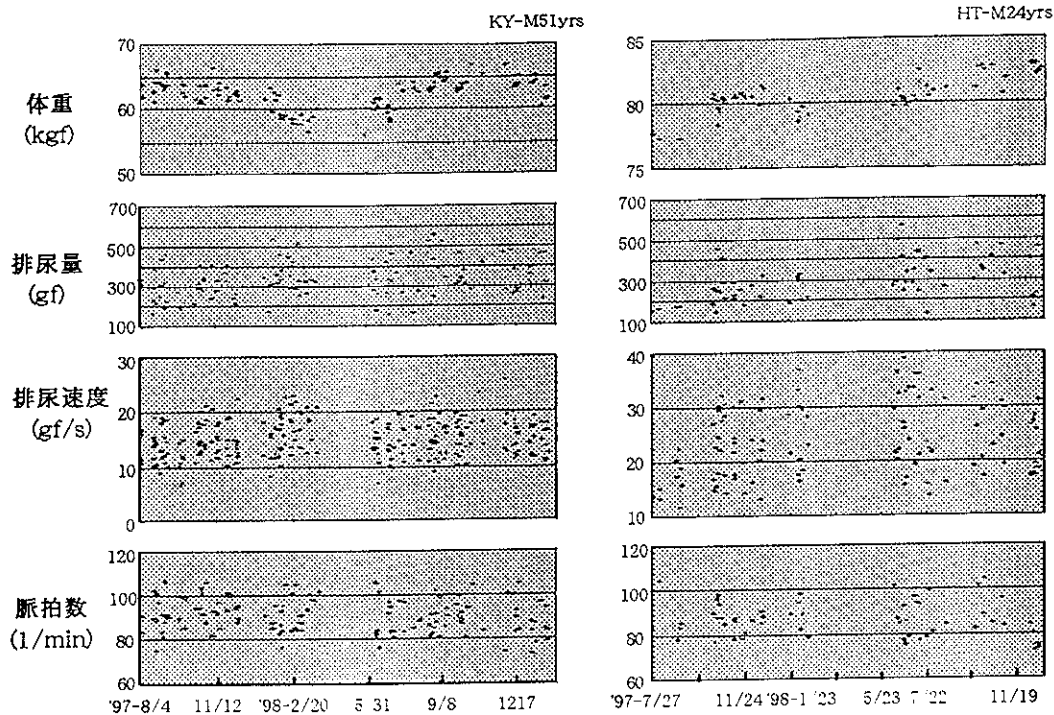


図5：約1年半にわたる学内生活時の体重、排尿量、排尿速度及び脈拍数の長期モニタ例

の同時記録例である。同図右上挿入図に示すように、比較的簡単な局所圧迫カフにより、容積振動法でみられる典型的な容積脈波振幅パターンが計測され、振幅最大点(MAP)も良好に捉えることができ、これより血圧計測が十分可能であることが示唆される。

モニタシステムの構築と実際使用を行い、長期使用に対しても十分実用に供することが確認された。本システムでは、個人識別に市販のTIRISシステムを応用し、識別率100%が得られた。しかし、小形発信器を在宅時に常に装着していなくてはならず、それを忘れることも考えられ、今後その対策が必要となろう。

D. 考察

以上述べてきたように、本年度はこれまでの研究成果に基づき、プロトタイプ全自動モ

一方、排泄物識別に関しては、前年度の所

見に基づき排泄曲線パターンを利用した。この方法は、識別のためのセンサ類もなく、簡便な方法であり、実際排尿の識別は実用上問題なく自動認識可能であったが、排便(排尿を含む)の識別率は30%程度となり、アーティファクト対策を重点において今後より高精度の解析アルゴリズムの開発が必要であろう。

以上、本年度は本研究課題の一つの節目を迎えたが、当初の研究計画以上の成果が得られたもの

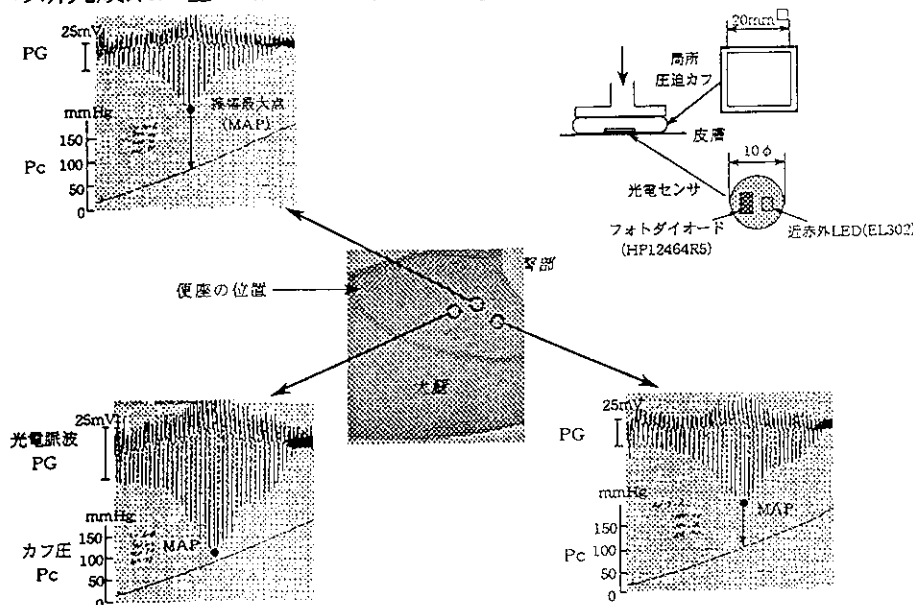


図6：便座接触部位での大腿後面で容積振動法を適用したときの光電容積脈波(PG)とカフ圧(Pc)の同時記録例。説明本文参照。

と考えられる。すなわち、トイレ設置型の全自動モニタシステムの具現化に成功し、副産物として心臓血液駆出機能を反映するバリスタカーディオグラムが本システムで計測可能であったこと、これを利用して心拍出量の推定が可能であること、心拍出量推定にも必要で、かつ循環機能評価上重要な生理量である血圧の計測可能性も本研究を通して得られたこと、などである。

今後、本研究で得たシステムに基づき、心拍出量や血圧情報、更に尿成分などの情報を無意識計測できる次世代のトイレ設置型総合生体情報モニタシステムの研究開発を推進していくことが重要となろう。

E. 結論

日常生活で容易に健康モニタリングできる簡易システムの家庭内導入を行うことを目指し、トイレ使用時に無意識的に体重関連/心機能情報を計測・データ収集する全自動モニタシステムの開発に成功し、その有効性と実用性を実際長期使用を通して確認された。しかし、個人識別及び排泄物識別については、今後更に実用性を考慮した研究開発が必要であることが示された。また、容積振動法を利用し、トイレ便座から大腿後部での血圧計測の可能性が示唆され、この点は心拍出量計測の具現化を含めた本システムの今後の発展に大きく寄与できる重要な成果であることが示された。

F. 参考文献

- 1) 戸川達男：無拘束計測の展望, BME, 4巻, 8号, 1-6, 1990
- 2) 山越憲一：無侵襲・無拘束生体計測, 病態生理, 10巻, 6号, 477-487, 1991
- 3) 山越憲一：日常生活のバイタルサインとそのセンシング法, セキュリティ, No.63, 56-59, 1991
- 4) 山越憲一：トイレに設置するモニタリングシステム, BME, 10巻, 5号, 30-38, 1996
- 5) K. Yamakoshi, et al: Non-conscious and automatic acquisition of body and excreta

weight together with ballistocardiogram in a lavatory, Proc. 18th Ann. Conf. IEEE EMBS, 1.1.6-4(CD-ROM), 1996

- 6) 山越憲一：トイレに設置するモニタリングシステム—全自動計測システムの開発研究—, 長寿科学総合研究平成8年度研究報告, Vol. 8, 100-107, 1997
- 7) 山越憲一：トイレに設置するモニタリングシステム—体重関連・心機能情報の全自動計測システムの開発研究—, 長寿科学総合研究平成9年度研究報告, Vol. 9, 1997
- 8) K. Yamakoshi, et al: New oscillometric method for indirect measurement of systolic and mean arterial pressure in the human finger, Med. & Biol. Eng. & Comput., 20, 314-318, 1982

G. 研究発表

1. 論文発表

- ① 大嶋章寛, 山越憲一, 中川原実, 黒田真朗, 川原田淳：トイレを利用した体重関連・心機能情報の在宅無意識計測システム, 信学技報, Vol. 98, No. 95, MBE-98-18/25, 15-21, 1998
- ② 大嶋章寛, 吉田秀成, 山越憲一, 中川原実, 川原田淳：健康支援を目的とした体重関連・心機能情報のトイレ内無意識モニタリング, 第13回生体・生理工学シンポジウム論文集, 485-488, 1998
- ③ K. Yamakoshi: Unconstrained physiological monitoring in daily living for health care, Front. Med. Biol. Eng., (in press), 1999

2. 学会発表

- ④ 大嶋章寛, 黒田真朗, 山越憲一, 中川原実, 川原田淳：トイレを利用した体重関連・心機能情報の無意識自動計測システム, 第37回日本本エム・イー学会大会, 1998, [医用電子と生体工学, 36(特別号)]: 296, 1998]
- ⑤ 山越憲一：生体計測技術の新展開, 平成10年度日本エム・イー学会北陸地方会(特別講演), 2月, 金沢, 1999
- ⑥ 山越憲一(取材記事)：在宅で気軽に健康情報が得られるトイレモニタリングシステム, トリガー, (日刊工業新聞社), 18巻, 4号, 110-113, 1999

在宅での行動モニタリング

太田 茂（川崎医療福祉大学教授）

我々は独居高齢者の生活状態を連続的にモニタし健康状態の推定を行うシステムを開発してきた。従来のシステムでは独居高齢者の宅内行動状況は管理センタに常駐する管理者のみがモニタしていたが、今回は離れて住む別居親族がインターネットを經由してデータを取得し、独居高齢者の行動を過去に遡ってモニタできるようにした。

キーワード：高齢者，独り暮らし，インターネット，行動，モニタリング

A.研究目的

急速な高齢化や核家族化により、独り暮らしの高齢者が増えている。現在、我が国の65歳以上の高齢者は約2000万人、その中で独居高齢者は約230万人であり、全高齢者の1割以上を占めている。高齢者の独り暮らしは病気や怪我に対するリスクが高いため本人の不安は大きい上に、離れて暮らす肉親や親族が心配している場合も少なくない。かといって老人ホームや老人病院のような高齢者施設の収容能力には限界があるし、そもそも住み慣れた環境から剥離することは望ましくない。そのため高齢者の在宅での自立生活をさまざまな面から支援していくことが求められている。

このような背景の中、我々はハイテク技術を応用した「元気な高齢者の独り暮らし応援システム」の開発を行ってきた。本システムは独りで暮らしている高齢者の就寝中の心電図と起床中の宅内行動状況を無意識のうちに計測し、長期間にわたる生活状態を定量的に観察し、統計的に解析することによって

健康状態の変化を推定するものである。

「元気な高齢者の独り暮らし応援システム」は高齢者宅から離れたところにある中央監視装置と高齢者宅の宅内装置、行動検知センサから構成されている。行動検知センサは高齢者の行動を連続的にモニタし、その情報を宅内装置が記録する。中央監視装置は電話回線を通して定期的に宅内装置から高齢者の行動状況を収集し分析する。

これまで我々は、消防署や公立病院などの市町村が運営に関与する公的機関に管理センタを設置し全計測データを集約させ、その地区の独居高齢者全員の生活状態を集中的にモニタする方式を想定してきた。しかし、この方式には高齢者のプライバシーの問題や管理センタ側の負担（人件費や通信費）が大きい等の問題を含んでいる。一方で多くの独居高齢者には離れて住んでいる肉親や家族がおり高齢者の独居生活を心配していると思われる。そこで今回我々は、上記の問題点を解決するために、インターネットを利用することで、別居している親族がモニタリ

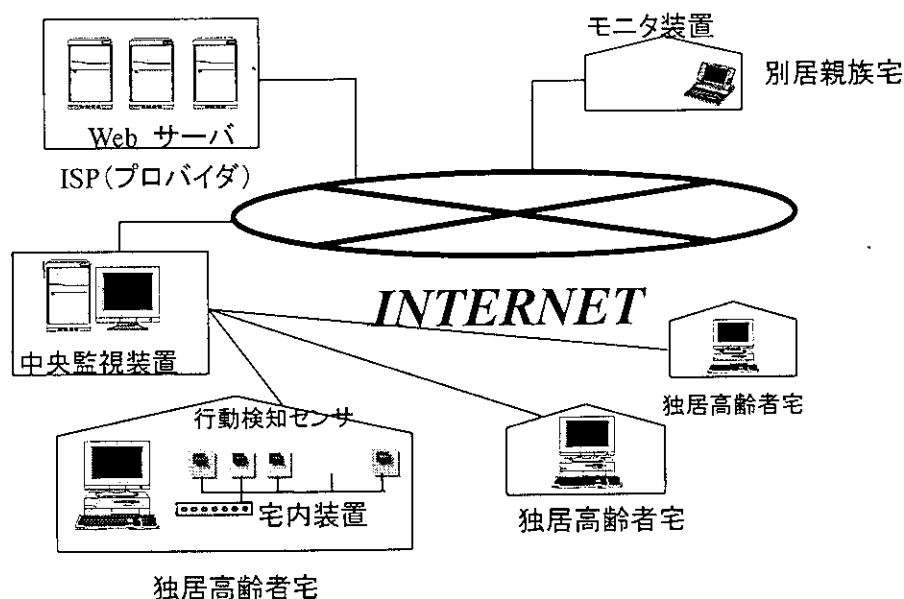


図1 システム構成図

ングできる方式を考案した。

そのシステムは次のようなものである。

- (1)中央監視装置が独居高齢者宅の宅内装置から行動状況データを収集する。
- (2)中央監視装置に集まった行動状況データを FTP により Web サーバに転送する。
- (3)別居親族宅の PC からインターネット経由で Web サーバにアクセスする。
- (4)ホームページ上で観測したい行動状況データを選択する。
- (5)行動状況データが自動的に別居親族宅の PC へダウンロードされ、行動軌跡図プログラムにより高齢者の行動状況を知ることができる。

B.研究方式

1. 想定している実際のシステム構成

インターネットを利用したシステムは図1のようになる。

- (7)宅内装置で計測された宅内行動状況データを

収集する「中央監視装置」

- (i)インターネットのプロバイダに設置される「Web サーバ」
- (ii)行動検知センサにより高齢者の行動状況データを蓄積する「宅内装置」
- (I)別居親族宅に設置する「モニタ装置」

行動検知センサを用いて計測したデータは宅内装置を経て、いったん中央監視装置に集約されるが、その後 Web サーバに転送されるため、別居親族宅はインターネットのホームページを通じて、データを取得し高齢者の行動を常時チェックすることができる。

2. 実験装置

図1に示すインターネット上でテストする前に、図2に示すローカルな LAN を利用してイントラネットを構築し実験を行った。

実験のハードウェア構成を以下に述べる。

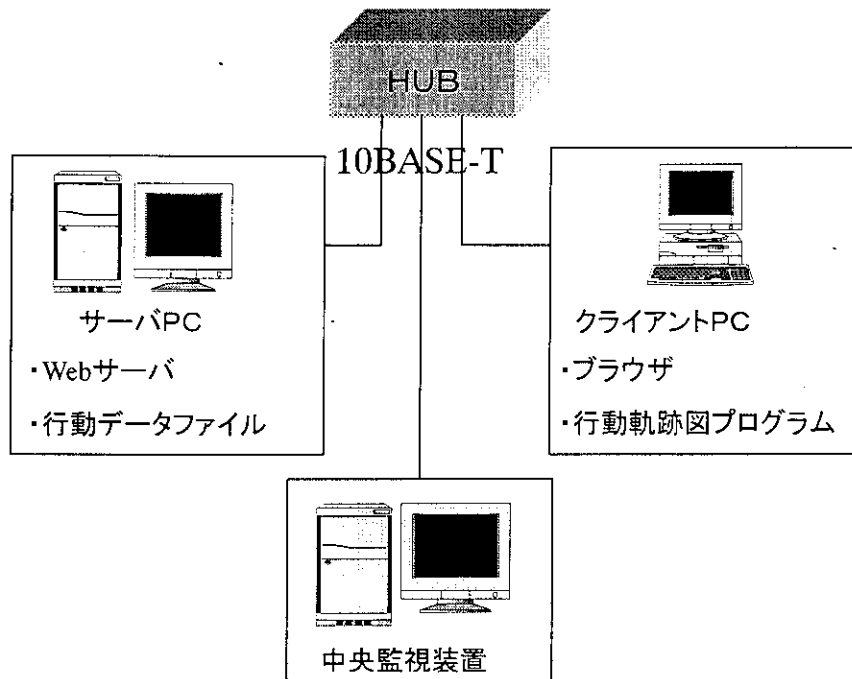


図2 イン트라ネットによる実験

(7)サーバ PC：インターネットサーバに相当し、中央監視装置に集信されたデータは FTP によりこのサーバ PC に転送される。サーバ PC と別居親族宅の PC に相当するクライアント PC は 10BASE-T Ethernet で接続されている。

(4)クライアント PC：被験者の別居親族宅に設置するモニタ装置に相当し、イン트라ネット上のサーバ PC にある行動状況データをインターネット・ブラウザによりホームページを通して取得する。

(5)HUB：インターネットに相当する部分として機能する。

この実験装置上で正常に動作することが確認できれば、LAN の部分をインターネットに置き換えても同じように動作するはずである。

サーバ PC、クライアント PC、中央監視装置のソフトウェア構成は以下のようになっている。

(7)サーバ PC：

基本 OS：WindowsNT Server4.0

Web サーバ：Microsoft Internet Information Server

(4)クライアント PC：

基本 OS：WindowsNT Workstation4.0

インターネット・ブラウザ：Microsoft Internet Explorer または Netscape Communicator
行動軌跡図プログラム：本研究において開発したもの。

(5)中央監視装置：

FTP 転送プログラム：本研究において開発したもの。

3. 実験方法

上述したハードウェア・ソフトウェア構成により、学内 LAN を利用して、以下のような実験を行った。

(7)電話回線から中央監視装置に集信された行動状