

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

平成11年度研究報告書

研究課題名：在宅健康計測システムの高度化

主任研究者：戸川達男（東京医科歯科大学）

分担研究者：上野照剛（東京大学）

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）

総括研究報告書

在宅健康計測システムの高度化に関する研究

主任研究者 戸川達男 東京医科歯科大学教授

研究要旨

高齢化社会において、すでに発症した疾病に対処する以前にそれを予防することはより重要と考えられる。本研究では、外見上健康な高齢者の日常の生理機能状態を日常の在宅での生活環境下で計測し、長期に渡って蓄積されたデータを個人の健康管理に活用可能な機器・システムの開発を目的とした。具体的には在宅において運用可能なモニタリング機器の開発、それらの機器を統合する計測システム、収集したデータの解析方法の開発の3つの方向で研究を行った。本年度はモニタリング機器の開発として、転倒モニタ、浴槽での光電脈波モニタ、便座を利用した血圧モニタのそれぞれの開発を行なうとともに、より高度な技術を導入することを目指して在宅での心磁図計測の可能性について検討した。統合計測システムに関する研究では、計測機器を設置した住宅設計に関する研究を行い、実際に高齢者宅における行動モニタリング実験を試行した。また、データ解析については、1年間にわたって無自覚的に収集した浴槽内心電図データを時間医学的に解析した。

分担研究者

石島正之 東京女子医科大学助教授

山越憲一 金沢大学教授

太田茂 川崎医療福祉学教授

川原田淳 富山大学助教授

上野照剛 東京大学教授

を日常の生活環境下で計測し、長期に渡って蓄積されたデータを個人の健康管理に活用可能な機器・システムの開発を目的とする。本研究は具体的には、在宅において運用可能なモニタリング機器の開発、それらの機器を統合する計測システム、収集したデータの解析方法の開発の3つの方向での研究を行なう。

A. 研究目的

高齢化社会に向かい、すでに発症した疾病に対処する以前にそれを予防することはより重要であると考えられる。本研究では、外見上健康な高齢者の日常の生理機能状態

本年度はモニタリング機器の開発においては、転倒モニタ、浴槽での光電脈波モニタ、便座を利用した血圧モニタのそれぞれの開発を行なうとともに、在宅での心磁図

計測の可能性について検討した。

統合計測システムの開発に関しては、計測機器を設置可能な住宅設計に関する研究と、実際に高齢者宅における行動モニタリング実験を行なった。

データ解析に関する研究では、長期にわたって記録された浴槽内心電図の時間医学的解析を試みた。

本研究では、これまでに行なわれた研究よりもより高度な技術を用いて、在宅での心磁図や血圧の無自覚的な測定を行なうことや、高度な解析手法によりデータの有用性を高めることを目的とする。また、高度技術を導入する一方で、これまでに開発された機器の実際の家庭への導入に関しても検証実験を行い、実際の家庭でのモニタリング機器およびシステムの運用可能性について検討した。

B. 研究方法

1) 転倒モニタの開発

高齢者の転倒予防および転倒検知は重要な課題である。高齢者の転倒は骨折などの原因となり、骨密度の低下する高齢者においては、寝たきりの原因の一つといえる。今回、加速度センサを利用した転倒検出システムの開発を行なった。今年度は予備実験として、プロトタイプの加速度センサを用いて、日常の基本行動をどの程度把握できるかを検討評価した。今回は基本行動のうち、歩行と転倒について20歳代の健康成人を被験者として計測実験を行なった。歩行は平地を自然に歩いた場合について計測した。転倒には様々な状況が考えられるが、今回は何かにつまずいた場合に的を絞って実験し、加速度データを収集・解析し

た。

2) 浴槽での光電脈波モニタ

これまで、浴室に設置可能なモニタ機器としては浴槽内心電図モニタが開発されてきた。これによって心拍情報の取得が可能であるが、在宅で無自覚的に呼吸情報の計測が可能なモニタは存在しなかった。今回、浴槽での光電脈波の計測の可能性について検討した。光電脈波は、心拍成分に呼吸情報成分が重畳しており、心拍情報と呼吸情報の同時計測が可能であると考えられる。今回は、浴槽座面に設置可能な赤外 LED と受光素子を用いた反射型防水プローブを製作し、被験者臀部より光電脈波を測定し、周波数フィルタリングによって呼吸成分の抽出を試みた。

3) 便座を利用した血圧測定

血圧は生理情報として非常に有用であるが、これを在宅で無自覚的に計測可能なモニタ機器は存在しない。今回、在宅での日常生活環境下での血圧計測法として、洋式トイレの便座を利用する方法を検討した。既成の便座での接触座面圧分布を小形圧センサで計測したところ、100~200mmHg以上の圧分布を観測し、当該計測部位の周囲血管圧閉による血圧計測への影響が考えられた。そこで、既成便座より約1.5倍広い接触面積を有する便座を試作し、座圧を低減し、座圧による血圧計測への影響を小さくした。当該部位の加減圧には局所圧迫法を採用し、種々のサイズのカフ形状を検討した。また、容積検出には、簡便な近赤外 LED とフォトダイオードを組み合わせた反射型光電容積検出法を採用した。

4) 心磁図計測

心磁図の計測は非接触で行われるため、

在宅での日常生活環境下での計測にこれを応用できれば理想的である。今回は、心磁図計測の有用性を検証するため、心臓異常がある場合に心磁図にどのような変化が生じるかを調査した。今回の実験では、心筋梗塞モデルのラットを用い、梗塞前後、並びに梗塞後時間経過に対する心磁図の変化を調べた。心筋梗塞モデルラットの心磁図計測では、麻酔下のラットの左心室の心筋に血液を循環している左環状動脈を結糸したときの心磁図を計測し、心室心筋脱分極時および心室再分極時の変化を分析し、梗塞部位と磁場分布の関係を調べた。その場合、心磁図発生源を表現するための方法として磁場ベクトルのローテーション成分の大きさを求めた。

5) 住宅設計に関する研究

これまでに開発されたモニタは、ウェルフェアテクノハウス高岡に導入され、性能評価等が行われてきた。今回は、在宅健康計測システムの実用化を目指し、その統合化に関する研究を行なった。ウェルフェアテクノハウス高岡には、トイレを利用した体重・排泄量測定装置、浴槽内心電図測定装置、ベッド心電図測定装置が設置されており、これら装置を統合化するためにネットワーク構築が必要である。今回は、屋内配線施工の必要性を減じ、既存の住宅にも容易にネットワークを導入するために電灯線 LAN を利用する方法を試行した。電灯線 LAN によりネットワークを構築し、各モニタのデータの集積を試みた。

6) 実際の高齢者宅での行動モニタ実験

モニタ機器とシステムが実際の高齢者宅で運用可能かどうかを検証するために、実際の高齢者宅に簡便なモニタ機器を設置し、

1 ヶ月間の行動モニタリング実験を行なった。

7) データ解析

これまでに開発した心電図用水中電極を浴槽内に設置し、日々の入浴時に検査のための操作を一切することなく、無自覚的に1年間にわたって心電図を計測した。1年間の入浴心電図より、入浴負荷時の心拍の順応速度を抽出し、時系列化して周期性を自己回帰モデルなどにより算出した。

(倫理面への配慮)

各研究において、必要ある場合は倫理面への配慮を行った。具体的には、被験者への実験参加の意志の確認、実験趣旨の説明を徹底した。また、被験者のプライバシーに配慮し、被験者の氏名が特定できないようにした。

C. 結果

1) 転倒モニタ

歩行時と転倒時の加速度波形を得ることができた。加速度の時系列波形においては特徴抽出が困難であったが、そこでスペクトル解析によって波形の変化を捉えることができた。普通歩行時の加速度波形を図1に、転倒時の加速度波形を図2に示す。

2) 浴槽での光電脈波モニタ

無自覚的に安定に光電脈波を計測することが可能であった。また、光電脈波波形から呼吸波形を抽出することが可能であった。図3に、同時計測された光電脈波、心電図、脈波から抽出された呼吸波形、鼻サーミスタによる呼吸波形を示す。

3) 便座を利用した血圧測定

血圧計測用実験システムを構築し、健常男子を対象とした実測を行ったところ、容

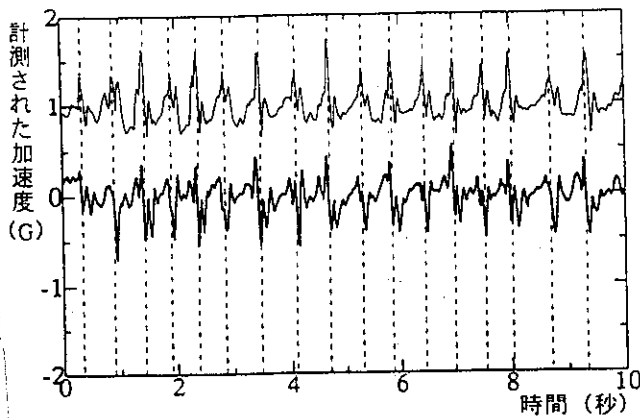


図1 普通歩行時の加速度波形
(太線：X軸、細線：Y軸)

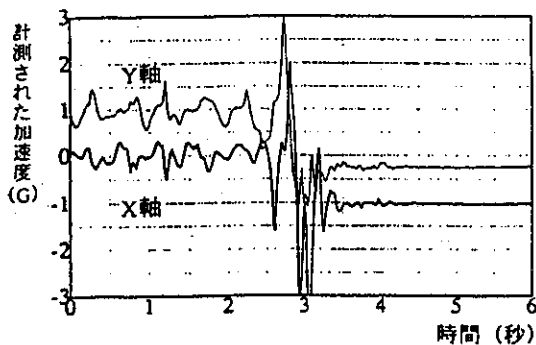


図2 転倒時の加速度波形
(太線：X軸、細線：Y軸)

積振動法でみられる典型的な容積脈波振幅変化パターンが観測され、血圧を間接計測できることが確認された。図4に、大腿部でのカフ圧と容積脈波を示す。

4) 心磁図計測

心磁図の発生源を調べ、梗塞部位との関係を調べた結果、梗塞の個所と磁場ベクトルのローテーションの大きさの分布に相関があったことにより、心磁図計測が心筋梗塞の発見において有効である可能性が示さ

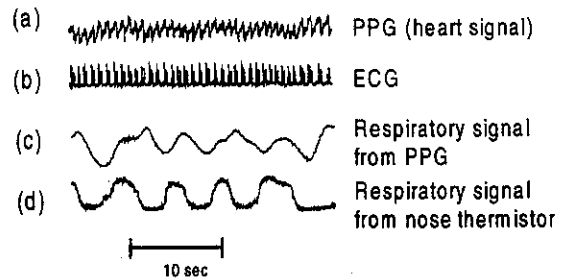


図3 PPGと同時に計測されたECG、PPGから得られた呼吸波形とサーミスタから得られた呼吸波形の比較

れた。

5) 住宅設計に関する研究

トイレ、浴槽、ベッドを利用した生体情報の無意識・自動計測を試み、長期連続データの収集や高齢者における測定・記録を行い良好な結果を得た。また、電灯線LANの通信性能評価では、雑音混入等によりデータ転送に多大の時間を要する場面があったが、データ転送前後においてデータの欠落は発生しておらず、電灯線LANの使用が統合化の一手段として有効であると思われた。また、ウェルフェアテクノハウス高岡と愛知県大府市の国立療養所中部病院長寿医療研究センター間におけるデータ伝送や遠隔モニタ実現の可能性について検討した。

6) 実際の高齢者宅での行動モニタ

実際の高齢者宅において1ヶ月間の無自覚的な計測が可能であり、行動データを収集した。収集されたデータのうち、1日分を図5に示す。

7) データ解析

浴槽内心電図計測は、入浴という日常の行動をとるのみであったため、被検者には努力や苦痛なく1年間以上の継続検査が可

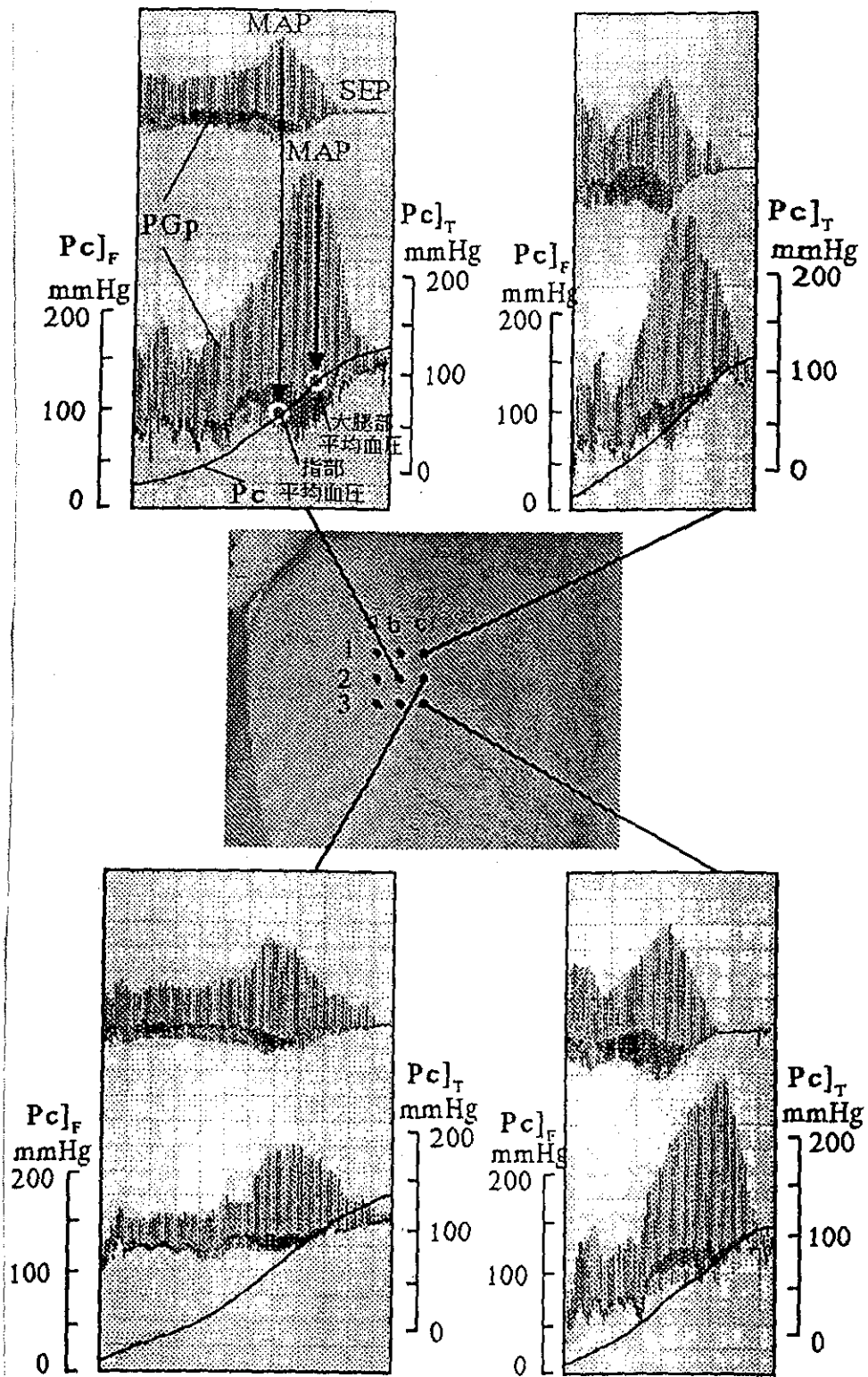


図4 大腿部の各計測点（図中央参照）におけるカフ圧 P_c と容積脈波（PGp）の記録例。記録図上段は参考として指動脈で得た容積脈波を示す、カフ圧は手指部および大腿部での計測を心臓レベルで補正した値（それぞれ $P_c[F]$ および $P_c[T]$ ）を示す、PGpの振幅最大点（MAP）および消失点（SEP）に対応するカフ圧値として平均および最高血圧が間接測定できることに注意

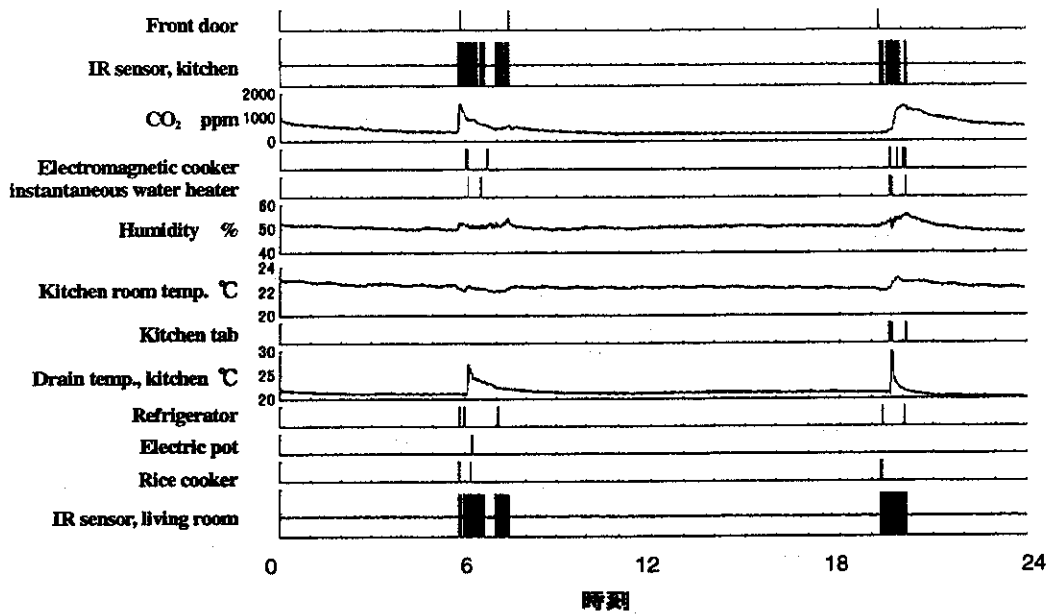


図5 1日間の行動モニタリングデータ

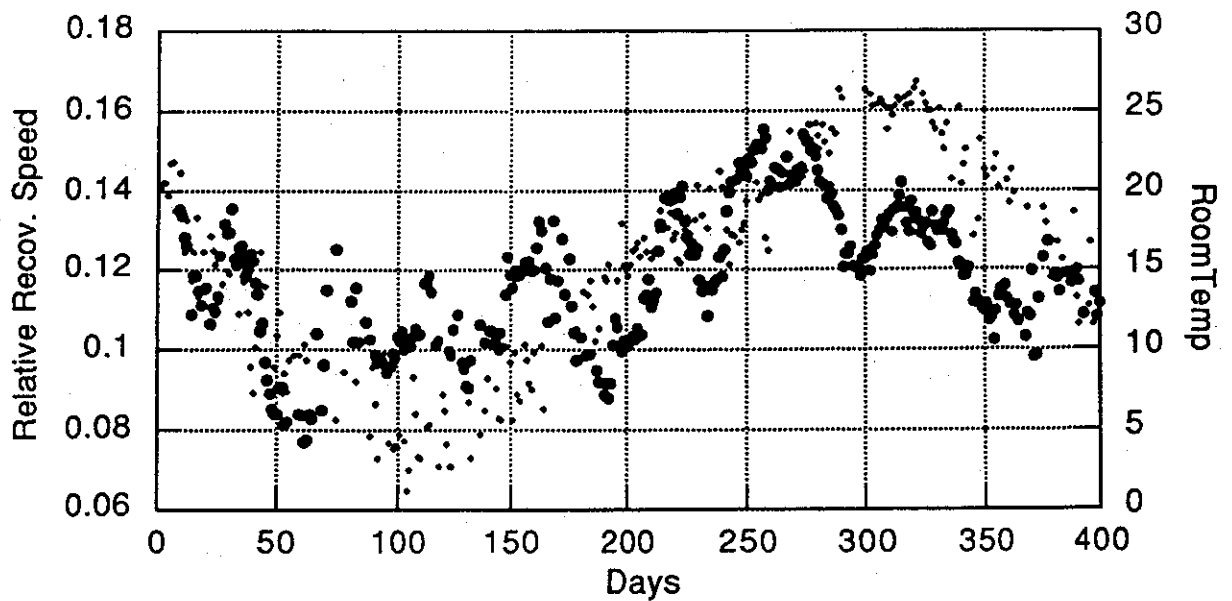


図6 心拍順応速度の年間変動 (小さい点は大気温度)

能であった。入浴負荷の順応速度を解析した結果、1年間と2カ月弱の2つの周期が顕著に見られた。図6に順応速度の年間変動を示す。

C. 考察

1) 転倒モニタ

時系列波形の解析とスペクトル解析によって加速度波形の変化の抽出を試みた。歩

行時は、普通歩行時、摺り足歩行時ともにパワースペクトルのピーク周波数に注目すれば特徴を捉えることができた。転倒時は加速度の急峻な変化と変化量の大きさ、変化前後の加速度の値に注目すれば転倒を検出することができた。

2) 浴槽での光電脈波モニタ

光電脈波波形から呼吸波形を抽出することが可能であった。これにより、入浴中の無自覚的な呼吸モニタの可能性が示唆された。現在は、臀部1点からの脈波計測を行っているが、複数点からの同時計測によって、脈波に重畳するアーチファクトを低減できるものと期待された。

3) 便座を利用した血圧測定

便座にカフを組み込むことにより、血圧を間接計測できることが確認された。ただし、対象とする動脈の走行や便座の座り方などの個人差により血圧計測が困難な場合もあった。また、大腿部血圧と中枢血圧の差は不可避であり、実際に本法を運用するにあたっては大腿部血圧のデータベースが必要と考えられた。

4) 心磁図計測

心磁図計測が心筋梗塞の発見において有効である可能性が示された。実際の家庭での運用にあたっては、センサーのレイアウトやセンサーと身体の相対位置に関する検討が必要と考えられた。

5) 住宅設計に関する研究

電灯線 LAN の使用が統合化の一手段として有効であると思われた。また、データの取り扱いにあたっては被験者のプライバシーの保護が重要と考えられ、データの暗号化などのセキュリティに関する考察が必須と考えられた。

6) 実際の高齢者宅での行動モニタ

行動データより、被験者の生活パターンを定性的に判断することが可能であった。また、複数種類のセンサを導入することで、精度の高いモニタリングが可能であることを示唆する結果を得た。

7) データ解析

解析の結果、負荷順応速度には1年間と2カ月弱の2つの周期が顕著に見られたが、この複数の周期のため、順応速度が遅い期間は冬季のみならず春期などにも出現した。この結果は、負荷に対しての回復力が劣る時期は冬の酷寒の時期のみでなく、春や秋にもあり得ることを示唆するものと考えられた。

E. 結論

転倒モニタについては、加速度を連続して計測することにより高齢者の基本行動を自動的に推定することが可能であると考えられた。浴槽での光電脈波モニタについては、入浴中に無自覚に光電脈波と呼吸波形を計測することが可能であった。便座を利用した血圧測定については、容積振動法による便座からの無意識自動血圧計測の実現可能性が認められたことは大きな成果である。今後、計測箇所を左右されない容積検出法の改良やポンプ系を含めたカフ加圧システムなどの技術的課題を解決しながら血圧計測の自動化を図っていく予定である。在宅での心磁図計測については、心磁図による心臓異常の早期発見の可能性が動物実験により示された。しかし、実際の在宅における計測では、センサーのレイアウトやセンサーと体との位置関係による磁気信号の感度の違いが問題になり、今後の研究で

の詳細な検討が必要と考えられた。住宅設計に関する研究に関しては、システム統合化のために電灯線 LAN の構築を試み、電灯線 LAN の有用性を検証した。実際の高齢者宅での行動モニタについては、実際の家庭におけるモニタリングが可能であることを示した。データ解析に関しては、浴槽内心電モニタを用いた検査法は被検者に負担のない長期的な検査に適すると考えられた。また、長期的に負荷検査を行うことで、その周期性から心臓負荷順応力の予測を可能とすることが示唆された。

高度技術を利用して在宅での心磁図および血圧の計測に関してその可能性が示唆されたことは重要である。また、新たなモニタとして転倒モニタや浴槽内での光電脈波計測の開発も行なわれ、在宅で利用可能と考えられるモニタ機器は増えつつある。また、これらのモニタ機器を家庭に設置するにあたってのシステム構築に関する研究も進展し、電灯線 LAN の有用性が示された。さらに、実際の高齢者宅において1ヶ月のデータ収集を行なったことは大きな成果と言える。これにより、本研究で開発されたモニタが実際に利用可能であることが示唆された。また、収集したデータの有用性を高めるために、高度な解析手法を応用する方法も開発され、1カ年にわたって収集されたデータの解析が行なわれた。本年度の研究により、モニタ機器、モニタ機器を統合するシステム、データの解析手法の各分野において、一定の成果が得られたと考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 戸川達男: 高齢化社会における BME 技術の役割、BME, vol.14(2), p.3-7, 2000
- 2) 戸川達男: 家庭での健康情報の自動検出システム、ヒューマンサイエンス, vol.12(2), p3-8, 2000
- 3) 山越憲一: 無侵襲計測技術の最近の動向、人工臓器、vol.28 (1), p.16-23, 1999
- 4) K. Yamakoshi: Unconstrained physiological monitoring in daily living for health care, Frontiers of Medical and Biological Engineering, (in press), 2000
- 5) A. Kawarada, A. Tsukada, K. Sasaki, M. Ishijima, T. Tamura, T. Togawa & K. Yamakoshi, Evaluation of automated monitoring system for home health care, Medical & Biological Engineering & Computing, Vol.37 (Suppl.2), p.874-875, 1999
- 6) A. Kawarada, A. Tsukada, K. Sasaki, M. Ishijima, T. Tamura, T. Togawa & K. Yamakoshi: Automated monitoring system of home health care at the "Welfare Techno House", Medical & Biological Engineering & Computing, Vol.37(Suppl.1), p.112-113, 1999
- 7) A. Kawarada, A. Tsukada, K. Sasaki, M. Ishijima, T. Tamura, T. Togawa & K. Yamakoshi: Automated monitoring system for home health care, Proceedings of 1st Joint

- BMES/EMBS Conference, Vol.2, 694, 1999.10
- 8) S. Uchida, K.Iramina, K.Goto, S.Ueno: Measurements of auditory and visually evoked magnetic fields of rats using a 12 channel high resolution CD-SQUID magnetometer, Recent Advances in Biomagnetism, p.81-84, 1999
- 9) S. Uchida, K.Iramina, K.Goto, S.Ueno: Measurements of magnetocardiogram of rats using a 12 channel high resolution DC-SQUID magnetometer, Recent Advances in biomagnetism, p.85-88, 1999
- 10) S.Ueno, S. Uchida, K. Kaga, W. Shen, Y. Nonaka, S. Ishikawa, M. Yarita: Measurements of auditory evoked electric and magnetic fields of rats before and after transcranial magnetic stimulation with high frequency repetitive train pulses, Recent Advances in Biomagnetism, p.929-932, 1999
- 11) 内田誠也、後藤恵一、伊良皆啓治、上野照剛: 12チャンネル高分解能 SQUID 磁束計を用いたラットの心磁図計測、日本応用磁気学会誌、vol.23(4-2)、1999
- 12) S. Uchida, K.Iramina, K.Goto, S.Ueno, High resolution magnetocardiography for the study of dynamic propagation of excitation sites in rats cardiac muscles, IEEE Transactions on Magnetics, vol.35(5-2), 4124-4126, 1999
- 13) M. Ishijima, T. Togawa, Chronodiagnostic acquisition of recovery speed of heart rate under bathing stress, Physiological Measurement, vol.20,369-375, 1999
2. 学会発表
- 1) 小川充洋、田村俊世、庄司 健、太田学、木村裕一、戸川達男: 在宅健康モニタリングのための入浴時の無拘束な光電脈波および呼吸数計測の試み、M Eとバイオサイバネティクス研究会、1999年5月、富山市
- 2) 小川充洋、田村俊世、戸川達男: 在宅健康モニタリングによる生態情報・生活習慣の解析、第38回日本エム・イー学会大会、1999年4月、仙台市
- 3) 庄司健、小川充洋、落合嗣郎、田村俊世、戸川達男、土屋喜一: 生活情報計測のための簡便なセンサの試み、第38回日本エム・イー学会大会、1999年4月、仙台市
- 4) Togawa T, Ogawa M: Evaluation of home health monitoring instruments in a model room and pilot house, 11th Nordic-Baltic Conf Biomed Eng, 1999年7月、エストニア共和国タリン市
- 5) 小川充洋、田村俊世、戸川達男: 健康管理のための在宅モニタリングシステム、第10回臨床モニター学会総会、1999年4月、東京都江東区
- 6) 小川充洋、庄司健、落合嗣郎、西原美敬、斉藤浩一、戸川達男: 健康管理のための家庭内モニタリングの実例、第11回臨床モニター学会総会、2000年3月、東京都千代田区

- 7) 庄司健,西原美敬,落合嗣郎,齊藤浩一,小川充洋,田村俊世,戸川達男,土屋喜一:
在宅健康管理のための独居高齢者の行動モニタリング、MEとバイオサイバネティクス研究会、2000年3月、富山市
- 8) 川原田淳,中西智美,高木徹之,塚田章,佐々木和男,石島正之,田村俊世,戸川達男,山越憲一:高齢者健康支援のための在宅健康自動計測システムの開発、第38回日本エム・イー学会大会、1999年4月、仙台市
- 9) 大嶋章寛,吉田秀成,岡本明男,中川原実,田中志信,山越憲一,川原田淳:体重関連・心機能情報のトイレ内無意識自動計測システム?精度検討と長期計測例について?第38回日本エム・イー学会大会、1999年4月、仙台市
- 10) 小川充洋,田村俊世,川原田淳,無意識計測による健康自動計測システム、平成11年度電気関係学会東海支部連合大会、1999年9月、春日井市

G. 知的所有権の取得状況

なし

浴室に設置するモニタリングシステムに関する研究

主任研究者 戸川達男 東京医科歯科大学学生体材料工学研究所教授

研究要旨

本年度は、入浴時に計測可能な生理パラメータとして脈波に着目した。浴槽内壁に反射型の光電脈波計測用プローブを設置し、入浴時に脈波の計測を試みた。その結果、明瞭な脈波の計測が可能であった。また、脈波の心拍由来の成分に重畳する呼吸由来の成分を分離することができ、入浴中の呼吸モニタとして利用することが可能であった。

また、実際に高齢者宅にセンサ群を設置し、日常生活において行動モニタリングを試みた。その結果、1ヶ月間にわたって、高齢者の台所周辺を中心とした生活行動を無自覚的に計測することが可能であった。

A. 研究目的

1) 浴室でのモニタリング

本研究では入浴時の生態情報に着目した。入浴は日本において一般的な日常の習慣であり、浴室ないしは浴槽での生体計測が可能であれば、定期的に生体データが取得できると期待される。これまで、入浴中の心電図を浴槽に張られた水を介して測定するシステムが開発され、入浴中の心拍情報を得ることが可能となっている。われわれは今回、入浴中に光電脈波法を用いて脈波計測を試みた(以後、光電脈波法を用いて計測された脈波をPPGと呼ぶ)。今回、意識的にセンサに接触することなく無意識のうちにPPGが検出できるシステムを開発した。また、PPGでは、心拍に由来する成分が支配的であるが、これに呼吸由来の成分が重畳することが知られている。また、周波数領域におけるフィルタリングを

用いて、非入浴時にはPPGから心拍由来の信号と呼吸由来の信号が分離可能である。われわれは入浴中心拍と呼吸の同時モニタのために、PPGより呼吸信号を抽出することを検討した。

2) 高齢者の行動モニタリング

また、生活習慣のモニターの一つとして行動モニタリングが考えられる。今回は、行動モニタリングの一例として、食習慣の把握を試みた。計測場所には、食生活との関係が大きい台所周辺を選定した。台所での食事の準備や後片付けなどの時間の推移をモニターが可能であれば、食習慣を知ることができ、規則正しい食事ができているか否かの判定の可能性も期待できる。本研究では実際に家庭に導入可能な測定システムを構築し、台所を中心とした日常行動から食習慣を把握することを目的とした。

B. 研究方法

1) 浴室でのモニタリング

入浴中に被検査者に無意識な計測を実現するために、浴槽壁面ないしは底面に PPG 計測用のプローブを埋め込む方法を考えた。入浴中に被検査者の身体が接触する位置にプローブを埋め込めば測定は可能であると考えられる。今回は、浴槽底面にプローブを埋め込むことを考えた。また、プローブの発光・受光には、無意識な計測を実現するために赤外 LED (DN511、ピーク発光波長 850nm、スタンレー電気株式会社) を用いた。受光部には、赤外光に感度のあるフォトダイオード (PP506-1、スタンレー電気株式会社) を用いた。受光用のダイオードはプローブの中心軸上に、発光部はプローブの中心軸を中心とする直径 8mm の円上にそれぞれ配置した。プローブはアクリルによって製作され、受光部および発光部の防水のためにシリコンゴムを用いて防水加工を行った。プローブ形状を図 1 に示す。防水加工の後、プローブはポリウレタン製のマットレスに埋め込まれた。マットレス上面とプローブの受光・発光面は同一平面を構成するように一致させた。また、

PPG にカットオフ周波数 0.5Hz のローパスフィル(SR-4BL1、エヌエフ回路設計ブロック製)によるフィルタリングを行って、呼吸成分の抽出を試みた。

健常成人男子 10 名 (23.6 ± 3.1 歳) を被験者とした。被験者はプローブが設置された浴槽に入浴した。その際、被験者はプローブの受光・発光面上に臀部を接して安静座位をとった。また、心拍および呼吸情報の計測のため、テレメータ式の心電計と鼻サーミスタ式呼吸モニタにより PPG と同時計測を行った。入浴時間は最大 10 分間とし、10 分経過ないしは被験者の申告により入浴を終了した。また、入浴時の湯温は 38.4℃ から 41.2℃ であった。入浴中に追い焚きは行わなかった。

(倫理面への配慮)

被験者には予め実験の主旨と方法について説明を行い、実験に参加する許諾を得た。また、実験中止は被験者の任意とし、実験中は心電図および呼吸波形を監視して被験者の安全を常時確認した。

2) 高齢者の行動モニタリング

行動モニタリングシステムを構築した。

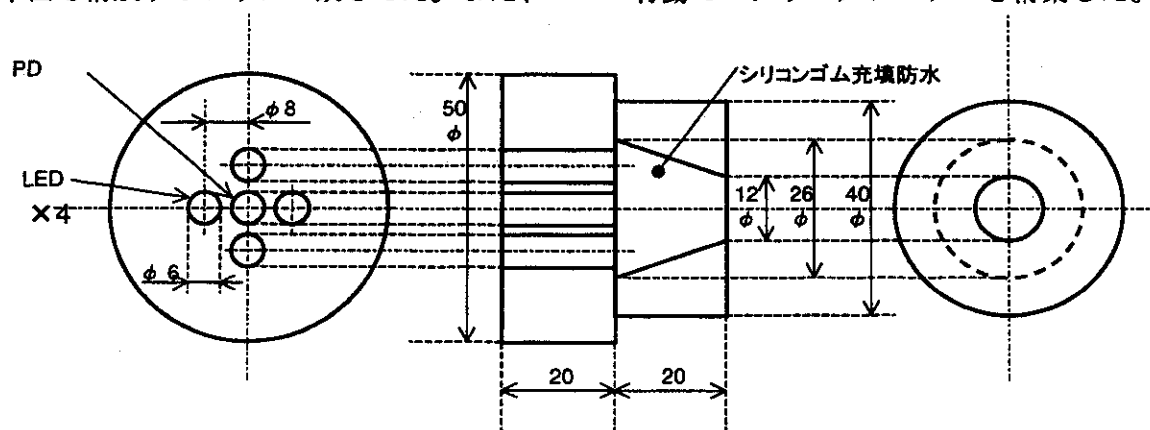


図 1 防水プローブの形状

システムはハードウェア（各種センサおよびデータ収集用パーソナルコンピュータ）とソフトウェア（データ収集プログラム）とにより構成された。

センサには、以下を選定した。

- (a)人の接近、通過を検知するための焦電型赤外線センサ（H5526 HAMAMATSU）
- (b)ポットなど家電製品を使用する際、指や手が触れる部分に取り付け、身体に帯電する静電気や静電誘導を増幅させることで接触を伴う行動を検知する接触センサ
- (c)ドアの使用を検知するドア開閉センサ（GSM-1、オムロン）
- (d)室温と台所排水温度計測のためサーミスタ（44108、日機装 YSI）を用いた温度センサ
- (e)室内湿度センサ（HMP45A、VAISALA）、
- (f)人の呼気に含まれる二酸化炭素ガスを検知するための二酸化炭素ガス濃度センサ（4GS Carbon Dioxide Gas Sensor、Texas Instruments）

計測用ソフトウェアとして LabView ver 5.0（National Instruments）を用いた。信号毎にサンプリング周波数が個別に設定でき、不測の事態におけるデータ損失にも対応可能な記録形式を開発した。各種センサの出力信号は、ノート型パーソナルコンピュータ（CPU:MMXPentium266MHz、Memory:96MB）に取り込んだ。

構築したシステムを用いて、若年健康成人2名の住居にて、台所周辺の行動モニタリングをそれぞれ1ヶ月間以上行い、システムの動作確認を行った。その後、独居高

齢者（70代女性）の協力を得、独居高齢者の住居にて、1ヶ月間の計測を行った。ドア開閉センサは、玄関ドア・居間ドア・冷蔵庫ドア部、トイレドアに、接触センサは、台所流し台蛇口のノブ・ガスコンロのスイッチ・炊飯器・電気ポット・洗面台蛇口のノブに、焦電型赤外線センサは、流し台前と居間に、温度センサは流し台の排水部・洗面台の排水部にそれぞれ設置した。室内温度、湿度、二酸化炭素ガス濃度センサは台所付近に設置した。各センサのサンプリング周波数は、開閉センサ・接触センサ・焦電型赤外線センサは1[Hz]、温度センサ・湿度センサ・二酸化炭素ガス濃度センサは1/60[Hz]とした。

（倫理面への配慮）

いずれの計測に関しても被験者には予め実験の主旨と方法について説明を行い、実験に参加する許諾を得た。また、実験中止は被験者の任意とした。

C. 研究結果

1) 浴室でのモニタリング

全被験者（10名）について、入浴中にPPGを計測することが可能であった。測定されたPPGの一例を図2に示す。図2(a)は10分間の計測波形、(b)は入浴直後の1分間、(c)は入浴終了直前の1分間の波形である。また、PPG、心電図（ECG）、PPGから抽出した呼吸波形と鼻サーミスタから得られた呼吸波形の一例を図3に示す。また、図4にPPGから推測された心拍数とECGによる心拍数を、図5にPPGから推測された呼吸数と鼻サーミスタによる呼吸数を示す。

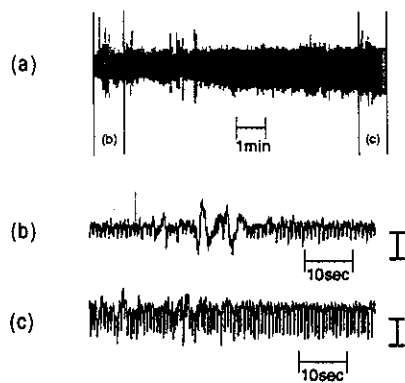


図2 入浴中のPPG計測の1例。(a)は10.分間の入浴における PPG、(b)は入浴開始直後の1分間、(c)は入浴終了直前の1分間

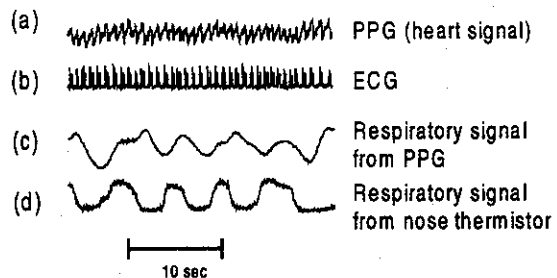
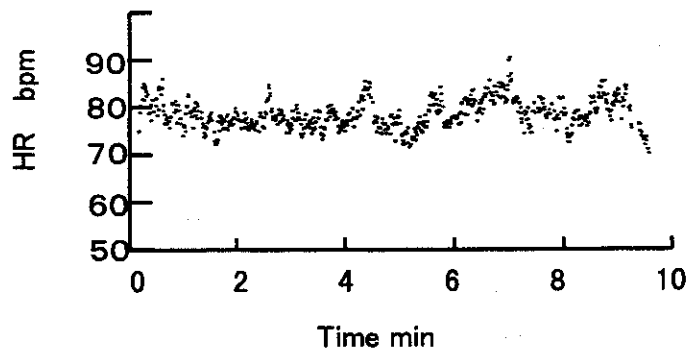
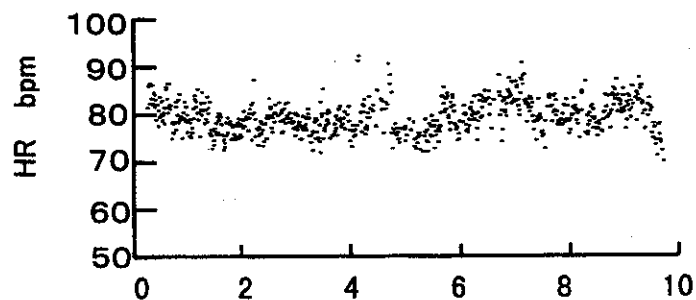


図3 PPG と同時に計測された ECG、PPG から得られた呼吸波形とサーミスタから得られた呼吸波形の比較



(a) Heart rate from ECG



(b) Heart rate from PPG

図4 心拍数の推定

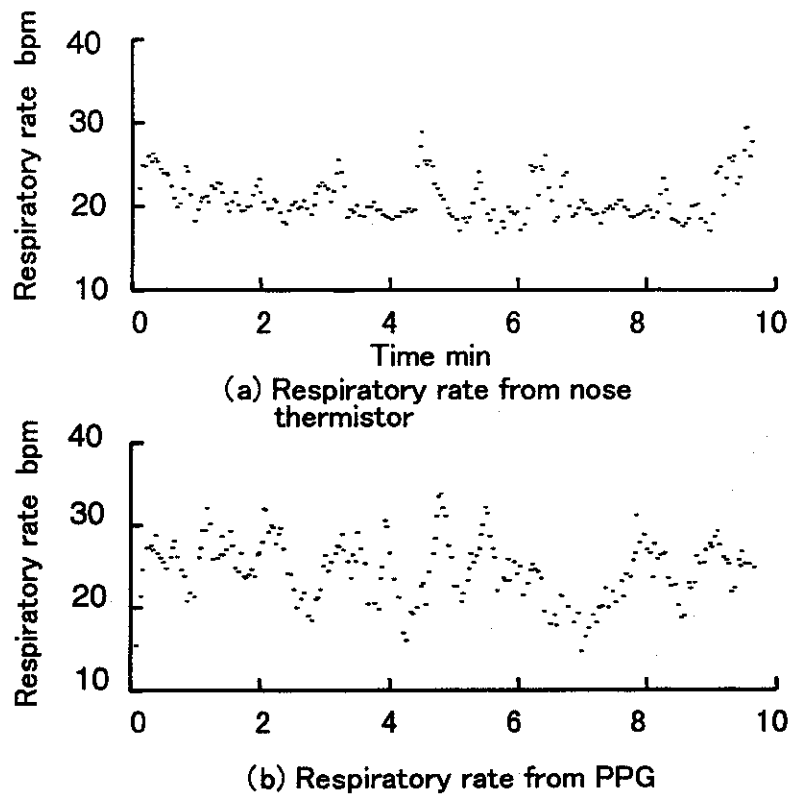


図5 呼吸数の推定

2) 高齢者の行動モニタリング

各被験者宅における実験において、1ヶ月間以上の計測が可能であった。その中の1日分のデータを図6に、1週間分のデータを図7に示す。また、1ヶ月分の冷蔵庫ドア開閉センサの出力を図8に、電気ポットの接触センサを図9に示す。

D. 考察

1) 浴室でのモニタリング

図3より、PPGとECC、PPGから抽出した呼吸波形と鼻サーミスタから得られた呼吸波形がそれぞれ同期していることが確認できる。これより、PPGを用いて入浴中の心拍情報と呼吸情報の同時計測が可能であることが実証された。

プローブは被験者の臀部付近に接触していた。一般にPPGは指先部ないし耳朶から計測されるが、座位では体重によって血管が圧閉し、臀部からPPGを計測することはほとんどできない。しかし浴槽内では浮力のため体重がほとんど作用しなくなり、また加温により皮膚血流が増すため、臀部からでも良好な波形を得られることが実証された。臀部から得られた信号の大きさは、指先部からの信号の80分の1程度であった。

図2(b)と(c)の比較および図2(a)より、PPGの振幅は入浴後時間経過に伴って増大していることがわかる。これは、入浴における温熱負荷に伴う末梢血管の拡張を示すものと考えられる。

図2(b)に見られるアーチファクトは、

運動に起因するアーチファクトであると考えられる。PPG の計測では運動に由来のアーチファクトを防ぐことが重要であるが、

日常の生活条件下での無拘束な計測では運動に起因するアーチファクトの影響を完全に排除することは困難である。また、今回

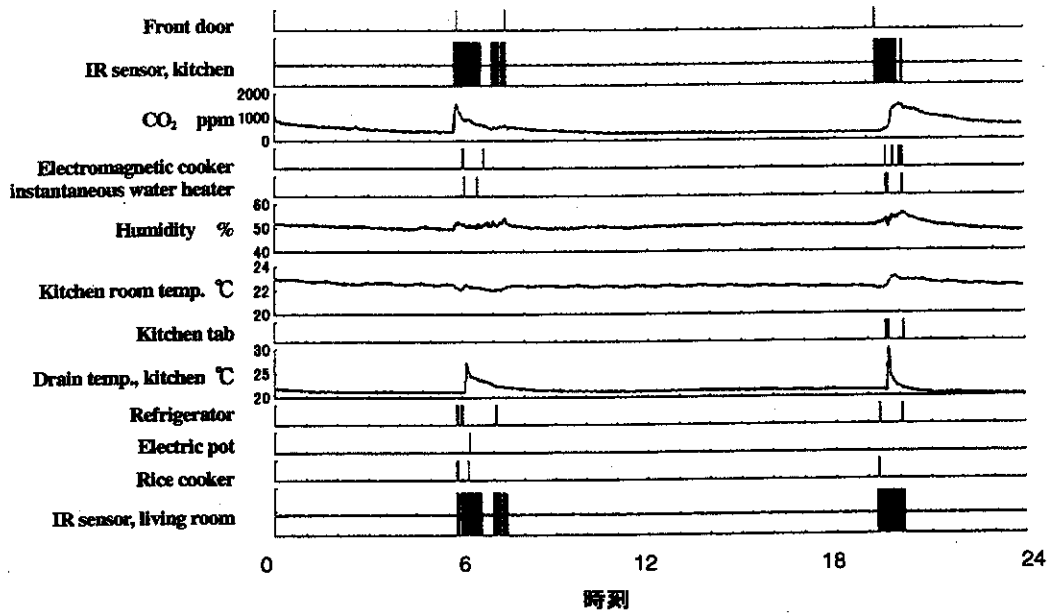


図6 1日間の行動モニタリングデータ

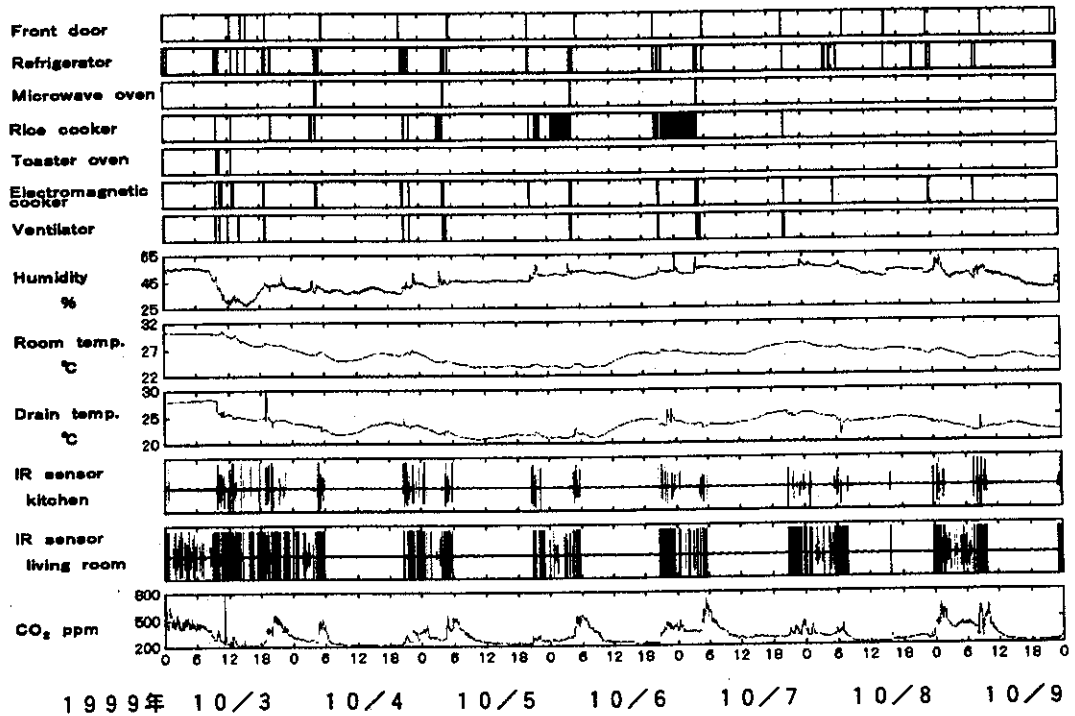


図7 1週間の行動モニタリングデータ

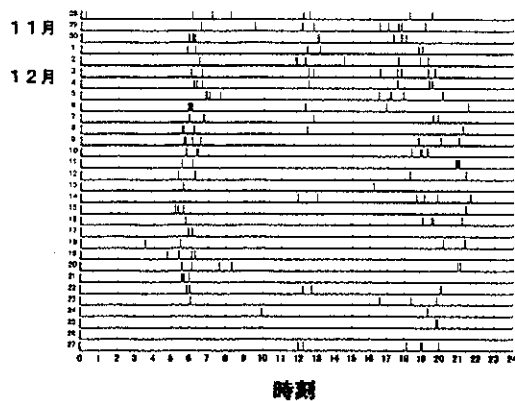


図8 1ヶ月間の冷蔵庫ドア開閉

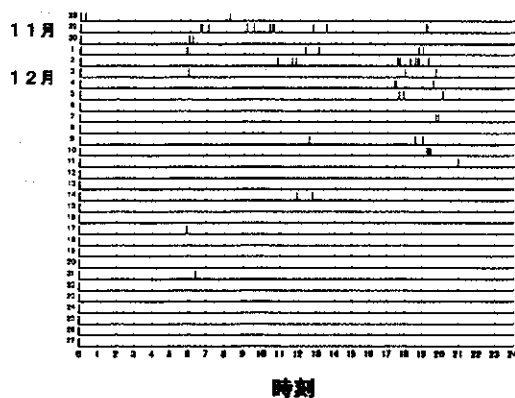


図9 1ヶ月間の電気ポット使用

のモニタでは単一の受光部を用いたため、運動由来のアーチファクトには特に弱いと考えられる。アーチファクトの影響を減ずるには、複数の受光部を設置し、いずれかの受光部を常に身体に接触させ、計測される複数のデータのうちで最も良好な信号を測定データとして用いる方法が考えられる。

2) 高齢者の行動モニタリング

図8および図9より、これらのセンサ出力は食事時間帯に頻度が高いと定性的には判断できる。しかし、単一のセンサ出力から食事時間帯を推定することは難しいと考

えられた。食事に関する行動には必ず含まれる一つの動作があるというよりは、複数のセンサより複数の動作を計測し、食事時間帯を推定する方法が妥当であると考えられた。

複数のセンサの出力を総合的に判断して、食事に関連すると思われる時間帯を推測するために、二酸化炭素ガス濃度センサと接触センサの出力に注目して解析を試みた。実験で得られた1日分のデータを図10に示す。台所作業の際には台所正面の焦電型赤外線センサの反応が顕著であり、食事をとっている時間帯は台所から居室に移動しているため居室内に付けた焦電型赤外線センサが反応した。食後の片付けの時間帯は食器、調を流して洗う作業が主であるので、蛇口センサ及び排水温度センサが応答した。この図において、洗面台の蛇口に設置した接触センサは誤動作であると判断した。ここで、二酸化炭素ガス濃度センサ出力が400[ppm]以上の時間帯で、台所内の調度に設置して正常に動作していると判断できる接触センサやドアセンサの出力が含まれている場合、食事に伴う行動をしていたと推定し、この時間帯に食事をとっていたと判断することとした。この手法により推定した食事をとっていた時間帯を図10の中に赤枠で示す。

若年者の結果では、平日と休日との比較において、異なった生活パターンが観察可能であった。若年者では、休日の行動開始時間は、平日と比べ遅く、食事に関連する行動と推測できる時間帯も集中していなかった。高齢者においては、平日と休日との差は顕著にみられなかった

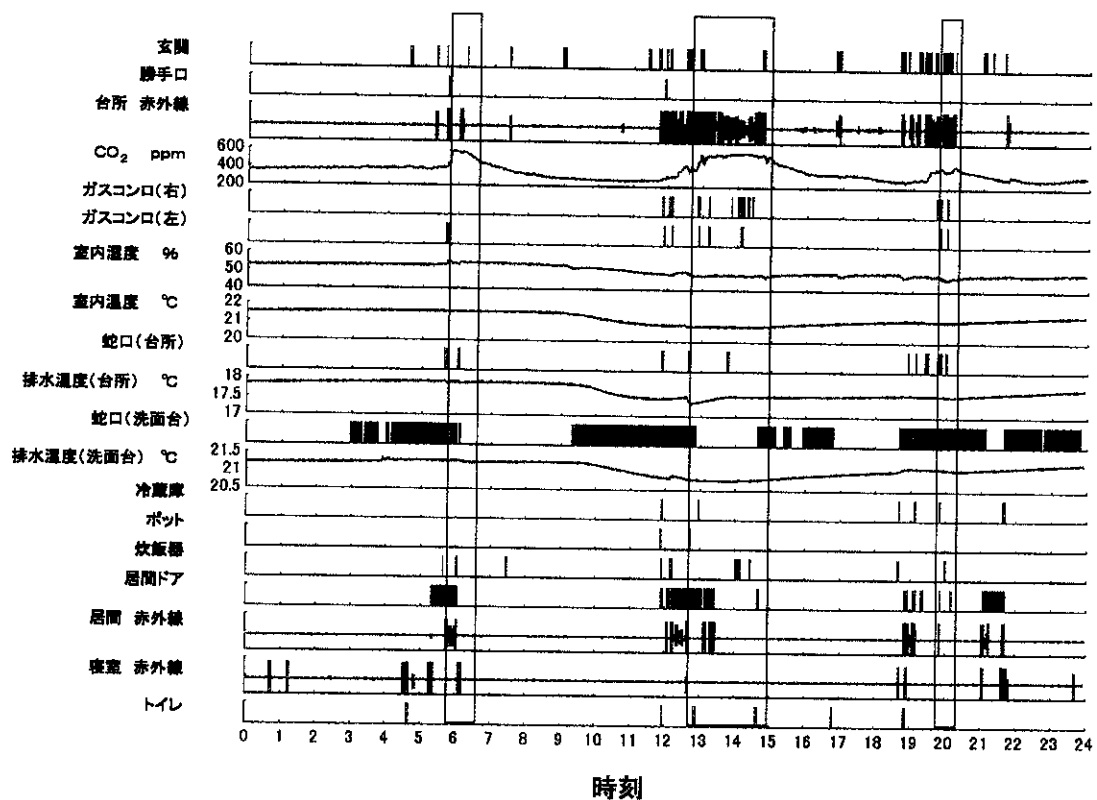


図10 食事時間帯の推定(赤枠部が食事時間帯)

E. 結論

1) 浴室でのモニタリング

赤外 LED を発光部とした防水プローブを浴槽底面に設置して PPG 計測を試みた。その結果、臀部より PPG を自動計測することが可能であることを確認した。また、これをフィルタ処理することによって心拍情報と呼吸情報を同時に得ることができた。

2) 高齢者の行動モニタリング

複数の簡便なセンサを用いて、在宅における行動モニタリングを台所周辺部にて行った。構築したシステムは、何ら煩わしい操作を一切必要とせず、日常生活環境下で、正常に動作しデータを収集した。食事の準備・後片付けの時間に顕著であった複

数のセンサ出力から総合的に判断して、調理や食事後片づけなどの台所作業に関するおおまかな行動の把握ができ、食事時間帯の推測が可能であった。データを解析することで、食事時間帯を客観的に推定することが可能であり、日常生活下での食習慣を把握できた。

F. 研究発表

1. 論文発表

1) 戸川達男: 高齢化社会における BME 技術の役割、BME, vol.14(2), p.3-7

2) 戸川達男: 家庭での健康情報の自動検出システム、ヒューマンサイエンス, vol.12(2), p3-8

2. 学会発表

1) 小川充洋、田村俊世、庄司 健、
太田学、木村裕一、戸川達男: 在宅健康
モニタリングのための 入浴時の無拘
束な光電脈波および呼吸数計測の試み、
MEとバイオサイバネティクス研究会、
1999年5月、富山市

2) 小川充洋、田村俊世、戸川達男: 在宅
健康モニタリングによる生態情報・生
活習慣の解析、第38回日本エム・イ
ー学会大会、1999年5月、仙台市

3) 庄司健、小川充洋、落合嗣郎、田村俊
世、戸川達男、土屋喜一: 生活情報計測の
ための簡便なセンサの試み、第38回
日本エム・イー学会大会、1999年5
月、仙台市

4) Togawa T, Ogawa M: Evaluation
of home health monitoring
instruments in a model room and
pilot house, 11th Nordic-Baltic Conf
Biomed Eng, 1999年7月, エストニア
共和国タリン市

5) 小川充洋、田村俊世、戸川達男: 健康
管理のための在宅モニタリングシステ
ム、第10回臨床モニター学会総会、
1999年4月、東京都江東区

6) 小川充洋、庄司健、落合嗣郎、西原美
敬、斉藤浩一、戸川達男: 健康管理のため
の家庭内モニタリングの実例、第11
回臨床モニター学会総会、2000年3
月、東京都千代田区

7) 庄司健、西原美敬、落合嗣郎、斉藤浩
一、小川充洋、田村俊世、戸川達男、土屋喜
一: 在宅健康管理のための独居高齢者
の行動モニタリング、MEとバイオサ
イバネティクス研究会、2000年3月、
富山市

G。知的所有権の取得状況
なし