

図3 シャワー浴の等価回路

インダクタンスによる高域側周波数に対する減衰は能動的に補償することにより平坦な特性を得ることが出来た。また、回路素子の推定定数から計算すると共振周波数が観測周波数内にあるが、詳細は今後の課題である。

#### E. 結論

諸外国では、近隣アジア圏も含めて、浴槽浴よりもシャワー浴の習慣を持つ国が多い。ここに開発した心電図計測システムは、筋電の混入はある程度弊害となるものの、労作中の心拍変動の監視に、国内のみならず諸外国においても有用となる可能性を持つと考えられる。

#### F. 健康危険情報

ここに開発したシステムは、身体から発する生体電気を利用して健康の危険を監視する

ものであるため、装置の電気的安全を確実にすることで計測機構自身が健康を害することはない。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

M. Ishijima, Acquisition of long-term cardiac signals for chronodiagnostic utility, *Frontiers Med. Biol. Engng.*, 10(3) Part 2: 261-267, 2000.

##### 2. 学会発表

石島正之, 生活習慣上での心電図の個人基準値の検出法, 第28回日本総合健診学会, 大会論文集: 206, 2000.

石島正之, 微弱な負荷における心拍回復速度の年間変動, 第10回体表心臓微小電位研究会, 抄録集: 12, 2000.

石島正之, 自律神経活動の不定周期の抽出とその予測, 第39回日本ME学会大会, 医用電子と生体工学, 38 suppl: 230, 2000.

M. Ishijima, Chronodiagnostic monitoring of stress reserve for the sudden cardiac disorders. The 10th International Conference of Biomedical Engineering., Proceeding 153, 2000.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許出願

整理番号 P-1132012

名称 生体由来の電気信号測定装置および測定方法

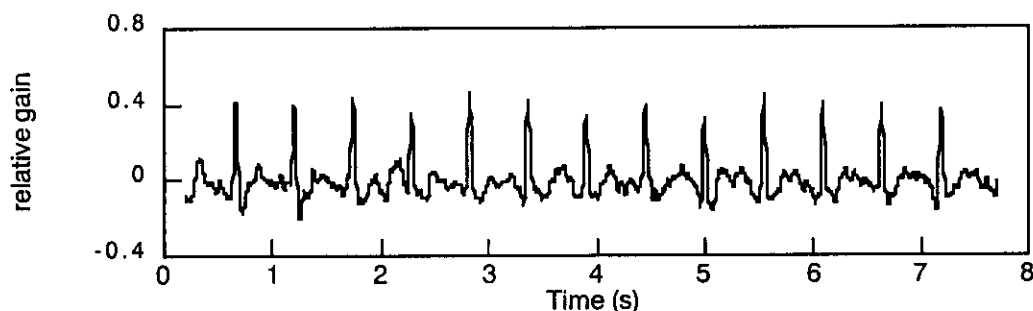


図4 シャワーを通して得られた心電図

## 健康自動計測を導入した住宅設計

分担研究者 川原田 淳 広島県立保健福祉大学教授

**研究要旨:** ウェルフェアテクノハウス高岡において性能評価等を行ってきた在宅健康計測システムの実用化を目指し、今年度は本システムを一般家庭に導入するために重要と考えられる易整備性に関する検討を重点に行った。コスト面、屋内配線、設置スペース等を考慮した結果、住宅内に蓄積された生体情報を病院や診療所等へデータ伝送する際に、電灯線ネットワークや特定小電力型無線機器等の利用が有効であることを示した。また、データ伝送の際に必要なデータ圧縮技術に対しても検討を行った。

### A. 研究目的

在宅健康計測システムは、各種生体情報のためのセンサが内蔵された家庭用調度品を利用し、高齢者を始めとする居住者が快適に健康管理・維持が行えるよう煩わしい電極やセンサ等の装着をしない無意識生体計測を実施することにより、健康指標の長期間継続的な測定の実現を目指しており、従来の在宅医療における治療や発病後のケアを目的とした方法とは異なる立場から、健康制御（管理）を行うことを目的とする。

今年度は、在宅健康計測システムを実用化するための予備研究として、本システムを一般家庭に導入するために特に重要と考えられる易整備性に関する検討を重点に行った。昨年度に引き続き、在宅健康計測システムの各機器間のデータ伝送に電灯線ローカルエリアネットワークを使用した統合化システムの開発を行うとともに、本システムが設置されたウェルフェアテクノハウス高岡と国立療養所中部病院長寿医療研究センター間でのデータ伝送や外部からの遠隔モニター実現のために、インターネットを利用した双方向データ伝送システムとしてウェブサーバーを立ち上げ、インターネット上においてクライアントコンピュータからブラウザを介して情報を得るシステムの構築を試みた。また、富山県工

業技術センターが開発を行っている無線式高齢者生活状況確認システムの情報チャンネルを用いて、本法より得られたバイタルサインを伝送し、健康管理を行う方法の可能性について検討した。

### B. 研究方法

#### 1. 在宅健康計測システムの統合化

これまでに在宅健康計測システムとして、便器周囲に高精度体重計を組込んだ体重・排泄量測定装置、浴槽内壁に電極を設置したバスタブ心電図測定装置、ベッドに導電性の布による布帛電極を設置した心電図測定装置を富山県高岡市に建設されたウェルフェアテクノハウスに設置し、電灯線 LAN(Local Area Network)を利用して装置の統合化をはかってきた。

その概要はトイレ体重測定システム、浴槽やベッドを利用した心電図測定システムを始めとする各種生体情報計測システムをそれぞれパーソナルコンピュータ(PC)に接続し、これらの各PCを電灯線 LANを経由して、一台のサーバーコンピュータに統合化するものである。サーバーは各PCからの計測データを収集し、インターネットを介して、クライアントである病院や診療所等にデータをウェブ(WWW)配信する。これにより、医師等が所

在や時間を問わず、高齢者の生体情報の閲覧が可能であり、その閲覧のためにはウェブブラウザのような汎用ソフトウェアが利用できる。今回はこのようなシステム構築のための基盤技術となる最適なデータ圧縮の手法についても検討を行う。

本システムでは、宅内に実装された計測装置により獲得された高齢者の生体情報を宅外に伝送することを想定しており、特に緊急時にはリアルタイムのデータ伝送が可能なのが望ましい。また診断側のデータ閲覧には、携帯型情報機器等も使用可能であれば、より有用となる。したがって、圧縮・伸張の計算量をできるだけ少なくなるように考慮した。一方、携帯電話のような低容量回線を用いてもリアルタイム伝送が可能であることが要求される。本研究では、在宅で獲得可能な情報の内、最も容量が大きい心電図データについて、その特性を考慮したデータ圧縮手法を提案する。本手法では、心電図のデータを2秒毎に区分し伝送パケットを構成する。通常心拍数は毎分30～200回程度であり、これは2秒間で1～4回ほどの心拍数に相当する。圧縮はこのパケット単位で行われ、伝送によるデータの欠落が発生したとしても2秒間分に留められる。まず抽出した2秒間のデータの内、最初のデータをキーデータとし、それ以降はデータの差分のみでパケットを構成する。図1に本法で用いたデータ圧縮手法の概要を示す。周波数が既知の信号を $n$  bitの分解能でサンプリングするとき、入力信号の周波数を $f_i$  Hz、サンプリング周波数を $f_s$  Hzとすると、 $f_i \ll f_s$ であるならば、離散化されたデータ $d_i$ と $d_{i+1}$ の差分の絶対値は $n/2$ より小となる。したがって $n$  bitでサンプリングされたデータは高々 $n/2$  bitで表現可能である。すな

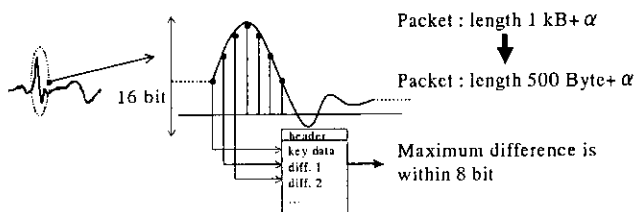


図1 本法で用いたデータ圧縮手法の概要

わち、元のデータの50%でパケットを構成可能となる。

## 2. 無線式高齢者生活状況確認システム

この無線伝送システムは、独居高齢者宅内に各種環境センサを設置し、人体の移動、ドアの開閉、家電機器の使用、照明器具の使用等を検出し、各センサから得られた情報を無線電波により送信し、集中管理を行うことにより、高齢者の行動を遠隔の施設においても的確に把握し、適切な生活支援を提供することを目的として開発された。現在、富山県内の高岡市及び大山町の高齢者宅において実験が行われている。今回はこれらの環境センサの情報に加えて、在宅健康計測システムにより得られた心拍数等のバイタルサインを同時伝送し、より高度な生活状況・健康管理を実現することを目指して、この無線システムにおける伝送可能な生体信号の情報量やトラフィック等の試算を行った。

### (倫理面への配慮)

本研究においては、被験者のプライバシーの確保が大きな問題となるため、被験者の実名、居住地等が特定されないように注意を払った。また、高齢者による実験では、測定上の危険性が無いことを確認し、終夜実験においては、インフォームドコンセントを書類で確認し、実験に際しては学生等の実験補助者を配置し、安全性を確保する等の倫理面への配慮を行った。

## C. 研究結果

### 1. 在宅健康計測システムの統合化

提案する圧縮手法と適応型ハフマン符号化による圧縮を用い伝送実験を行った。伝送されたデータは、ジャバ(Java)アプレットを用いたウェブブラウザによって表示を行った。伝送路には、32 kbpsの携帯電話(PHS)回線を用いた。その結果、圧縮率、表示の際のデータ欠落は、提案手法において、圧縮率:50%、データ欠落:0%に対して、ハフマン符号化圧縮において、圧縮率:25%、データ欠落:50%となった。ハフマン符号化圧縮を用いた

場合のデータ欠落は、伸張に時間を要したことに起因している。本手法では圧縮率は50%に制限されるが、心電データを携帯電話回線経由で伝送する際には、データの欠落なしで伝送が可能であった。また、本手法はデータ伸張のために要する計算コストが小さくジャバアプレットのよう大容量の計算に向かないシステムでもリアルタイムで伸張が可能である。さらに、ロスレス圧縮のためデータ解析の際、圧縮によるデータ欠落を考慮する必要がない。そのため、携帯情報端末等によるリアルタイムデータ伝送・閲覧に最適であると考えられる。

図2は本法により心電図データの圧縮、伝送を行い、ジャバアプレットを用いて汎用ウェブブラウザ上に表示させた結果の一例を示している。本例では圧縮率：50%、パケットサイズ：250 byte、転送速度を1秒間に250 byteすなわち2 kbpsにて、225 kbyteの容量の心電図のデータ伝送を行った。

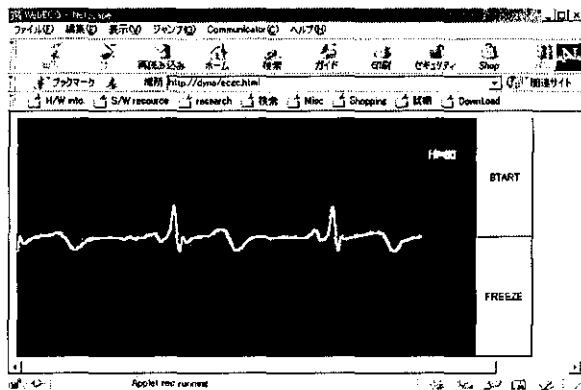


図2 ジャバアプレットを用いてウェブブラウザ上に伝送心電図波形を表示した一例

## 2. 無線式高齢者生活状況確認システム

高齢者生活状況確認システムは、独居高齢者の在宅生活支援を目的として、屋内における生活行動や家電製品の使用状況を計測するために開発されたもので、図3にその構成概要を示す。本システムは、①基礎データを収集するための各種センサ、②データを伝送するためのセンサ用無線機（送信機）、③センサからのデータを受信し、一時記憶し、遠隔の監視センターへ通信するための情報コント

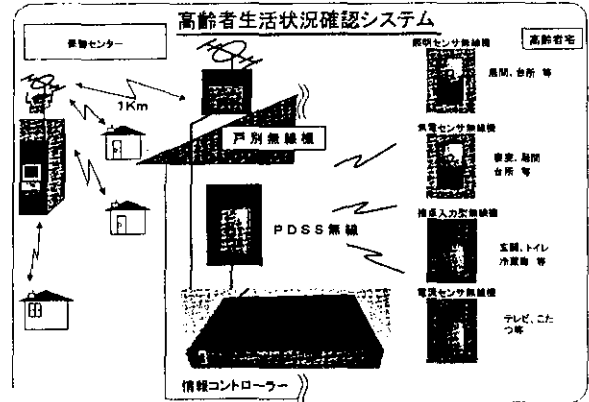


図3 高齢者生活状況確認システムの構成概要

ローラと受信機、④高齢者宅とセンター間の通信をおこなう戸別無線機、⑤センター内で情報の収集と分析を行うコンピュータシステムから構成される。その特徴は、高齢者宅と監視センター間を無線で接続しており、通常の電話回線等とは異なる専用の通信回線であるため、高齢者宅から生活状況を収集する際において回線が使用中であることが少なく、任意のタイミングで通信を行うことができる。地域密着型の小規模システムでは、新たに電話回線を施設するよりも安価に設置することができ、通信費用、固定費もかからない。

現在までに本システムは、富山県高岡市および大山町のモニター宅（計8軒）において実施されており、その有用性が確認されているが、収集を行っている基礎データとしては、照明センサ、焦電センサ、ドア開閉等接点入力、電気器具等の電流センサによる各種環境情報のみであり、生体情報に直接関連したデータは計測されていない。このような状況を鑑みて、これまで本研究班で開発を行ってきた在宅健康計測システムを上記の生活状況確認システムとリンクさせ、より有効にシステムを運用する方法について検討した。

表1は、高齢者宅と監視センター間の通信を行う戸別無線機であるPDSSワイヤレスモデム（WPM10-1；立山科学工業）の性能仕様を示している。同表に示す通り、本モデムはPDSS（Pre-Detection Spread Spectrum；事前検波スペクトラム拡散）方式を利用した特定小電力型無線機であり、①雑音や振動に強い

表1 戸別無線機の性能仕様

一般規格	
無線局の種類	特定小電力テレメータ・テレコントロールシステム (RCR STD-16A)
通信方式	単信方式 センターポーリングによる通信
送信周波数	40波から選択設定 (DIPスイッチ) 429.2500 MHz~429.7374 MHz, 12.5 kHz間隔
発振方式	PLL周波数シンセサイザ
発信制限時間	連続通信バンド
無線部	
電波方式	F1D
変調方式	PDSS方式
変調速度	4800 bps
空中線電力	10 mW
占有周波数帯域	12 kHz以下
電源部, 機構, その他	
電源	12 V, 1500 mA以下
外形寸法	153(W) x 96(H) x 30(D) mm (アンテナ, 突起部を除く)
使用周囲温度範囲	-10~50℃

(ランダム雑音が生ずる信号の2~10倍に達しても安定通信が可能)、②高品質のデータで遠距離通信ができる(見通しのできる範囲で2~3 km)、③秘話性が高い(擬似雑音符号で拡散化)、④無線機の資格が不要である(特定小電力型無線機使用)等の特徴を有している。

データ転送速度は最大で4.8 kbpsであるが、実用性を考慮して2.4 kbpsの転送速度を用い、前述のデータ圧縮を適用した心電図を送ったところ、ジャバアプレットを用いた汎用ウェブブラウザに表示が可能であった。

#### D. 考察

在宅健康計測システムの実用化のためには、各種生理情報を無意識計測するモニタリング機器の統合化や住宅に蓄積されたデータを病院やケアセンター等に伝送するシステムの構築が必要となるが、本研究では、システム統合化のために電灯線LANの使用や、住宅外に各種生体情報を伝送する際に必要となる基礎技術について、検討・考察を行った。

ここ最近の情報ネットワーク技術の発展にはめざましいものがあり、現在数多くのネットワークシステムが利用されている。しかし、すべてのネットワークシステムが在宅において利用可能とは限らない。例えば、ATM(Asynchronous Transfer Mode)やFDDI(Fi-

ber Distribution Data Interface)等のような光ファイバを利用した超高速ネットワークシステムは、高価なネットワーク機器や施線を要するため、家庭内での利用には適さない。現在、在宅において利用可能なネットワークの種類について表2に示す。Ethernetのような専用線によるネットワークシステムは、動画のような大規模サイズのデータの伝送に対しても十分な容量を有しているが、配線が固定され、施線のためのコストも高い。一方、電話線や電灯線によるネットワークは現存する敷設の配線を利用することができ有用であるが、データ伝送のための回線の容量は十分とは言えない。また、IEEE-802.11やBluetoothのような電波を利用した無線伝送技術によるネットワークシステムは、高容量であり、既設の伝送線を必要としない等の新しい可能性を秘めているが、電波による他の機器への電磁障害が発生する恐れがあり、特に精密医療用機器に対する弊害が懸念されるとともに、その仕様規格がまだ十分に定まっていないのが現状である。

表2 在宅で利用可能なネットワークの種類

Name	Speed (bps)	Cost
Ethernet	100 M / 10 M	High
IEEE-802.11	11 M	Moderate
Bluetooth	1 M	Moderate
Telephone Line (digital/analog)	128 k / 64 k	Low*
Power Line	100 k	Low

\* depend on the existing system

以上の状況を鑑みて、本研究では在宅利用に適するネットワークシステムとして、これまで電灯線LANと独自の規格による無線伝送について検討を行ってきたが、どちらのシステムにおいても伝送データのファイルサイズを減少させることは重要かつ必須のことであり、今回はデータ圧縮の方法についても検討を行い、圧縮率は50%と必ずしも高くないが、高信頼性のデータ圧縮手法について提案を行った。

次に本研究においては、電灯線LANの利用以外に、PDSS方式による特定小電力型無線機を利用したデータ伝送に対しても検討を

行った。ワイヤレスモデムの最大定格仕様に対し、十分な余裕を見積もって変調速度を2.4 kbpsとしてデータ伝送実験を行ったところ、通信障害やデータの欠落もなく良好な結果が得られた。これは前述の電灯線LANを使用したときの伝送速度とほぼ等しく、適切なデータ圧縮を行えば、十分に心電図等の連続波形データの送信も可能であると思われた。

最後に、現在、客観的な健康度という指標は確立されておらず、その定義も定められていないが、在宅健康計測システムを用いて心拍数や体重等の日々の変化を記録しておき、そのトレンドを示すことが健康制御（管理）のための重要な目安になると予想される。このためには、利用者が各自の生体情報トレンドを十分に把握しておく必要があるが、心電図のような専門家にしか理解できない情報の表示では利用が困難なため、在宅蓄積データを一般にも理解しやすい形で表示・記録する方法についても検討が必要である。この点について、今年度の研究では十分な検討が行えなかったが、来年度への課題としたい。

#### E. 結論

ウェルフェアテクノハウス高岡において性能評価等を行ってきた在宅健康計測システムの実用化を目指し、これを一般家庭に導入するために重要と考えられる易整備性に関する検討を行った。コスト面、屋内配線、設置スペース等を考慮した結果、住宅内に蓄積された生体情報を病院や診療所等へデータ伝送する際に、電灯線LANや特定小電力型無線機器等の利用が有効であることを示すとともに、これら伝送媒体に対する適切なデータ圧縮技術を提案し、その有効性について確認した。

#### F. 健康危険情報

該当しない

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

① 川原田淳, 南部雅幸, 田村俊世, 石島正

之, 山越憲一, 戸川達男: 健康自動計測システムのウェルフェアテクノハウスへの導入. 電子情報通信学会技術報告, Vol.100, No.190, pp.91-98, 2000.

##### 2. 学会発表

② 川原田淳, 石島正之, 田村俊世, 戸川達男, 山越憲一: 在宅高齢者のための健康自動計測システムとその性能評価. 第39回日本ME学会大会, 東京, 2000 [医用電子と生体工学, Vol.38, Suppl., p.379, 2000.]

③ A. Kawarada, M. Nambu, T. Tamura, M. Ishijima, K. Yamakoshi & T. Togawa: Fully automated monitoring system of health status in daily life. World Congr. Med. Phys. & Biomed. Eng., Chicago, U.S.A., 2000 [Proc. of 22nd Ann. Intern. Conf. of the IEEE Eng. in Med. & Biol. Soc., CD-ROM, MO-FXH-66, 2000.]

④ M. Nambu, K. Nakajima, A. Kawarada & T. Tamura: A system to monitor elderly people remotely, using the power line network. World Congr. Med. Phys. & Biomed. Eng., Chicago, U.S.A., 2000 [Proc. of 22nd Ann. Intern. Conf. of the IEEE Eng. in Med. & Biol. Soc., CD-ROM, TU-Aa201-03, 2000.]

⑤ M. Nambu, K. Nakajima, A. Kawarada & T. Tamura: The automatic health monitoring system for home health care. Intern. Conf. on Inform. Techn. Appl. in Biomed., Arlington, U.S.A., 2000 [Proc. of IEEE Intern. Conf. on Inform. Techn. Appl. in Biomed., pp.79-82, 2000.]

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍 なし

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
落合嗣郎, 小川充洋, 庄司健, 西原美敬, 戸 川達男	健康管理への応用を目指した 家庭内モニタリングシステム の開発	医用電子と生体 工学	38 巻特別号	376	2000
小川充洋, 落合嗣郎, 戸川達男	家庭内健康モニタリングシス テムの開発と独居高齢者モニ タリングの一例	第16回ライフサ ポート学会徳島 大会講演予稿集		36	2000
Mitsuhiro Ogawa, Tatsuo Togawa	Attempts at Monitoring Health Status in the Home	Proc. Conf. Microtechnologies in Med. & Biol.		552-556	2000
Mitsuhiro Ogawa, Tatsuo Togawa	Monitoring Daily Activities and Behaviors at Home by Using Brief Sensors	Proc. Conf. Microtechnologies in Med. & Biol.		611-614	2000
Mitsuhiro Ogawa, Shiro Ochiai, Ken Shoji, Minori Nishihara, Tatsuo Togawa	An Attempt of Monitoring Daily Activities at Home	22nd Ann.Int.conf. IEEE Eng.in Med.& Biol.Soc.		CD-ROM	2000
Mitsuhiro Ogawa, Tatsuo Togawa	Preliminary Result of Fully Automates Simultaneous Physiological Data Acquisition for Health Monitoring at Home	東京医科歯科大 大学生体材料工学 研究所報告	34 巻	46-49	2000
Masa Ishijima	Acquisition of long-term cardiac signals for chronodiagnostic utility	Frontiers of Medical & Biological Eng.	Vol.10 no.3	261-267	2000
前田剛宏, 大嶋章寛, 岡本明男, 中川原実, 田中志信, 山越憲一	トイレを利用した無意識生体 情報計測システムの開発研究 —トイレ前場を利用した血圧 計測法に関する基礎的検討—	信学技報	MBE2000-26		2000
Ken-ichi Yamakoshi	Unconstrained physiological monitoring in daily living for health care	Frontiers of Medical & Biological Eng.	Vol.10 no.3	239-259	2000
川原田淳, 南部雅幸, 田村俊世, 石島正之, 山越憲一, 戸川達男	健康自動計測システムのウェ ルフェアテクノハウスへの導 入	信学技報	MBE2000-52	91-98	2000
川原田淳, 石島正之, 田村俊世, 戸川達男, 山越憲一	在宅高齢者のための健康自動 計測システムとその性能評価	医用電子と生体 工学	38 巻特別号	379	2000
Atsushi Kawarada, M. Nambu, T. Tamura, M. Ishijima, K. Yamakoshi, T. Togawa	Fully Automated Monitoring System of Health Status in Daily Life	22nd Ann.Int.conf. IEEE Eng.in Med.& Biol.Soc.		CD-ROM	2000
Masayuki Nambu, K. Nakajima, A.Kawarada, T. Tamura	A System to Monitor Elderly People Remotely, using the Power Line Network	22nd Ann.Int.conf. IEEE Eng.in Med.& Biol.Soc		CD-ROM	2000
Masayuki Nambu, K. Nakajima, A.Kawarada, T. Tamura	The Automatic Health Monitoring System for Home Health Care	Proc. IEEE Int. Conf.Infrom.Tech. Appl. Biomed.		79-82	2000

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
品川佳満, 岸本俊夫, 谷川智宏, 難波克司, 井筒岳, 太田茂	赤外線センサによる独居高齢 者の在宅行動モニタリングシ ステム	第16回ライフサ ポート学会徳島 大会講演予稿集		18	2000
S. Uchida, K. Iramina, K. Goto, S. Ueno	Current Source Imaging for High Spatial Resolution Magnetocardiography in Normal and Abnormal Rat Cardiac Muscles	Journal of Applied Physics	Vol.87, No.9	6205-6207	2000
S. Uchida, K. Iramina, K. Goto, S. Ueno	A Comparison of Iterative Minimum Norm Estimation and Current Dipole Estimation for Magnetic Field Measurements from Small Animals	IEEE Transactions on Magnetics	(in press)		2000
S. Uchida, K. Goto, A. Tachikawa, K. Iramina, S. Ueno	Measurement of magnetic fields and current source localization in auditory cortical activity of rats by a 12-channel de- SQUID gradiometer	Proceedings of Biomagnetism 2000	(in press)		2000
S. Uchida, K. Goto, A. Tachikawa, K. Iramina, S. Ueno	Measurement of high spatial resolution magnetocardiogram and source localization in rats with occlusion	Proceedings of Biomagnetism 2000	(in press)		2000
内田誠也, 立川光, 後藤恵一, 伊良皆啓 治, 上野照剛	最小ノルム法を用いた心筋虚 血ラットの電流源の推定	応用磁気学会誌	(in press)		2000



20000205

以降のページは雑誌／図書等に掲載された論文となりますので  
「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。

「研究成果の刊行に関する一覧表」