

分担研究報告書

清水孝一
北海道大学大学院
教授

バイタルサインモニタリングシステム

分担研究者 清水 孝一（北海道大学大学院工学研究科 教授）

高齢者とくに独居老人や在宅患者のバイタルサインを日常生活に支障なくモニタリングすることをめざし、バイオテレメトリ技術を基本とする手法の開発を進めている。昨年度の基礎的検討結果に基づき、脈波を検出しPHS端末に送信する指輪型センサ/テレメータを設計試作した。またPHS端末を用いて屋内屋外共通の広域生体情報伝送を実現するシステムを開発した。さらに、これらそれぞれにより基本動作試験を行った。

キーワード：高齢者，バイタルサイン，モニタリング，自動監視，PHS，脈波，バイオテレメトリ

A. 研究目的

近年、高齢化の進展に伴い、独居高齢者や在宅患者のバイタルサインを常時自動監視（以下「モニタリング」）する必要性が高まっている。日常生活の制約を最小限にしつつバイタルサインをモニタリングするには、テレメトリ技術を用いて無拘束的に遠隔計測する手法と、可搬型ロガーにデータを蓄積記録する方法とが考えられる。バイタルサインに生じた異常から緊急事態を自動通報することを目的とする場合には、リアルタイムモニタリングが可能な前者の方法が必要となる。

テレメトリによるバイタルサインモニタリングは既存技術で十分可能であるが、通常の方法では、計測可能範囲は家屋内程度に限られる。しかし在宅高齢者の場合などには、普段は健康であり、外出することも考慮する必要がある。これに対し、家屋内に加え広域の外出範囲をもカバーする実用的テレメトリ手法は、現在のところ見あたらない²⁾。

またバイタルサインをモニタリングする手法も種々考えられている^{3,4)}。しかし、日常生活に支障なく長時間にわたるリアルタイムモ

ニタリングを可能とする方法で、実用性の高いものも知られていない。

本研究は、このような状況に対し、日常生活で常時利用可能なバイタルサイン検出技術およびその信号を屋内屋外共通に伝送してモニタリングを実現する技術を新たに開発することを目的とする。

B. 研究方法

本手法は、大きく分けて、高齢者のバイタルサインを検出する技術、およびバイタルサイン信号を情報処理部へリアルタイム伝送する技術により構成される。前者では、高齢者の脈波を小型軽量のセンサ装置で検出し、電気信号に変換する。後者では、現在普及の著しいPHSを利用してテレメトリシステムを構成し、広域のバイタルサインモニタリングを実現する。

具体的システムの概要をFig.1に示す。このシステムは、対象者に携帯してもらう移動体部分、伝送された生体信号を解析し自動監視を行う固定局部分、およびそれらを結ぶ伝送回線部分より成る。

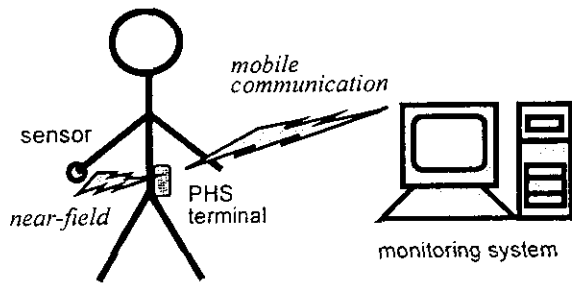


Fig.1 Principle of ambulatory vital sign monitoring.

移動体部分では、対象者から脈派を取得し、携帯する PHS 端末にその信号を近距離無線伝送する。PHS 端末は、この信号を通信回線を介して固定局へ無線送信する。固定局側では、受信信号を復調後、コンピュータで処理解析を行い、異常時にはその結果をホームドクターや別居家族に自動通報する。PHS 端末からの伝送回線としては、対象者が在宅時には、ホームステーションを介してコードレスホン回線を用いる。また屋外では、PHS の公衆回線を利用する。PHS 端末機は、屋外では移動体通信端末として、屋内では通話料の不要な送受信機として両方を同じ端末で使用できる。したがって、経済性の面からも実用性の高いモニタリング手法が期待できる。

初年度は、この原理の基本的可能性を確かめるため、本手法の各部分技術に関し基礎的検討を行った。本年度はこの結果を受け、まず脈波を検出し PHS 端末にそれを無線伝送するセンサ/テレメータ部分を設計試作した。また PHS 端末から、家屋内に設置されたデータ処理装置(パーソナルコンピュータ)へバイタルサインを伝送するシステムの開発を行った。

(倫理面への配慮)

本年度の研究は、実験室における理論的検討ならびにデータ伝送システムのハードウェアやソフトウェアの開発が中心であり、ヒトや実験動物を対象とする実験は行わなかった。また、研究内容自体にも、何ら倫理面に関する問題はないものと判断された。

C. 研究結果

1. バイタルサイン送信機

これまで、独居高齢者のバイタルサインモニタリング手法がいくつか提案されてきた^{3,4)}。それらはそれぞれ有用なもの、まだ実用化のための諸条件を十分に満たすものとはなっていないのが現状である。例えば、長期間にわたって 24 時間モニタリングが可能、体動に影響されない、装着感が少ない、安価なシステムで実現できるなどの条件がさらに求められている。そこで、これらの諸条件を満たすものとして、指輪型バイタルサインテレメータを考案し、その設計試作を行った。

本システムの概要を Fig.2 に示す。本システムは、光電脈波の検出および送信を行なう送信機と、脈波異常の認識および警報の出力を行なう受信・信号処理部により構成される。

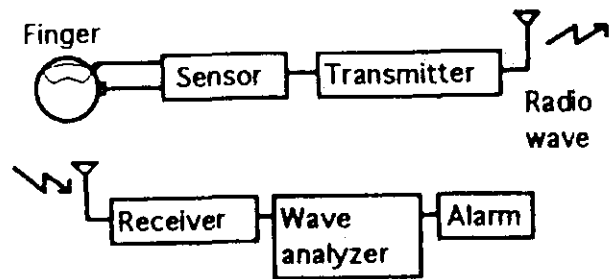


Fig.2 Outline of ring-type telemeter.

本システムの脈波検出部および送信部の構成を Fig.3 に示す。光電脈波は、血管内血液の光吸収変化としてとらえられる。脈波検出には、波長 940 nm の近赤外光を用いた。この波長は、指の透過性が比較的高く、また主な光ノイズ源である蛍光灯の発光スペクトルから十分に離れている。

本装置では、LED から発せられた光を指の組織を介してフォトダイオードで受け、受光強度の変化として脈波を検出する。LED とフォトダイオードは指輪の輪の部分に埋め込まれている。フォトダイオードには可視光遮断フィルタがつけられており、光ノイズの影響を抑えている。

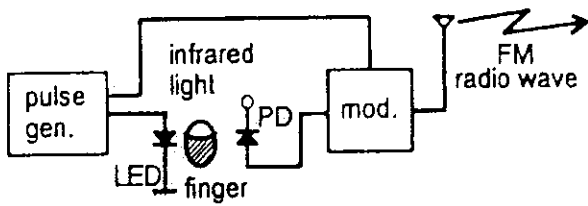


Fig.3 Sensor and transmitter of pulse wave.

2. 送信機の低消費電力化

本システムの送信機は、その目的から小型・軽量化および長寿命化が強く要求される。装置の寸法と重量については電池が大半を占めるため、低消費電力化が重要である。そこで脈波検出のためのLEDをパルス発光させ、さらに高周波電波の送信出力を間欠的に行なうことにより低消費電力化を図った。ここでは、LED駆動用のパルス発振回路、パルス発光のデューティ比、高周波電波送信部の出力方法、そのパルス発振周波数などの検討結果について述べる。

LEDの発光時間を減らすためには、デューティ比の小さなパルス発振を必要とするが、これを実現するためにモノマルチバイブレータを用いた発振回路を工夫した。初めに、LEDをパルス発光させた場合のモノマルチ発振回路消費電流の周波数依存性を調べた。その結果、消費電流は発振周波数にほとんど依存しないことがわかった。次に、同じ条件で消費電流のデューティ比依存性を調べた。その結果をFig.4に示す。

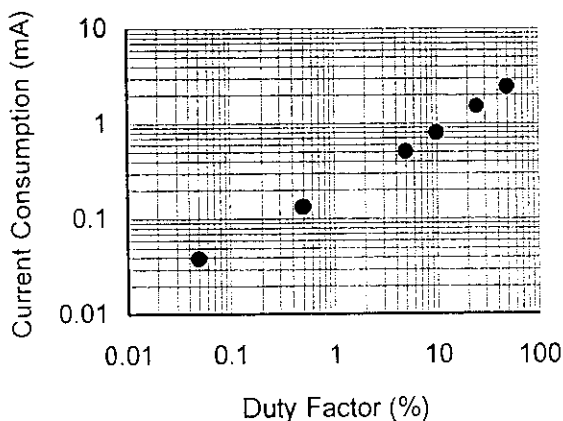


Fig.4 Dependence of current consumption on duty ratio.

消費電流はデューティ比の減少にとまない大きく減少することがわかる。例えばデューティ比を50%から0.5%に減少させると消費電流は約1/20に減少する。ここでは後述の条件を考慮し、発光デューティ比は0.18%とした。

発振回路については、モノマルチ発振回路ではなくVCOなど他の回路を使うことも考えられる。しかし他の回路の場合、デューティ比を50%以下にするのが難しいものも多い。またここで用いたモノマルチ発振回路をVCO(TA7555)で発振可能なデューティ比(50%)で駆動し比較しても、消費電流は1/1.7と小さいものであった。

一般に高周波電波の送信には大きな消費電流を要する。脈波を間欠的にサンプリングする以上、サンプリング信号のない期間も含めて電波を送信するのは効率的ではない。そこで、脈波検出用パルスによりFM搬送波を間欠的に発振させ、高周波出力を駆動した。これにより、連続発振時の2.3%にまで消費電流を減らすことができた。

高周波電波の出力段を脈波検出用パルスで駆動する場合、パルス発振周波数が低くなるほどエネルギー消費は低くなる。しかし、異常脈波である頻脈の判断のためには最低限4Hz程度の信号帯域が必要と考えられる。したがって、本システムの送信機では、モノマルチ発振回路を約8Hz、デューティ比0.18%でパルス発振させることにした。これにより電波送出時間は230 μ sec.と短くなるが、送信電波の立ち上がり時間はその1/25程度、また信号計測時間はその2/3程度とさらに短いため、実用上の問題はない。送信アンテナはフレキシブルなダイポールアンテナとし、指輪のリング部分に沿って装着した。

3. 広域テレメトリ法

近年の移動体通信技術の進歩は著しく、携帯電話やPHSの広域通信網が全国的に整えられつつある^{5,6)}。これを利用できれば、高齢者の外出にも対処できる広域テレメトリが実現できる。そこで我々は、現在普及の著しいPHSに着目し、これをバイオテレメトリに利用できるようにすることを考えた。PHS

は、屋外では移動体通信端末として、屋内では回線使用料の不要な送受信機(コードレスホン)として、両方を同じ端末で使用できる。

上記原理の可能性を調べるため、実験システムを試作した。システムの概略をFig.5に示す。本研究で対象とするバイタルサインは脈波であるが、実験では波形の再現性を考慮して、主に心電図シミュレータからの心電図を利用した。シミュレータからのアナログ心電波形を、PCカード型A/D変換機(KEYENCE, NR-110)を介して、コンピュータ内に取り込んだ。コンピュータは、小型で高速通信プログラムの開発が可能なモバイルコンピュータ(東芝, Libretto70)を使用した。コンピュータからの出力は、モデムカード(NTT DoCoMo, DC-2P)を介して移動電話回線に接続される。移動局と固定局間の通信には、デジタル通信プロトコルであるPIAFS方式⁷⁾を採用した。通信回線を伝送された信号は、固定局のターミナルアダプタ(NEC, IW60HS DSU, 以下TA)で受信され、ホストコンピュータに入力される。ホストコンピュータでは、受信信号をリアルタイム処理し、異常を発見次第、緊急モードを発動させるようにした。

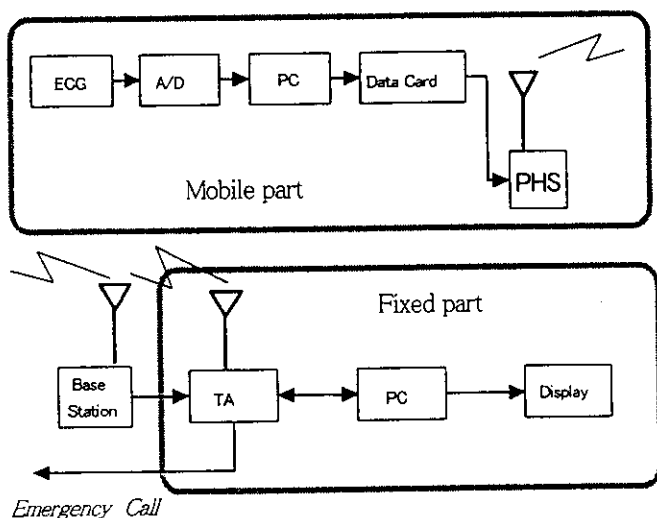


Fig.5 Schematic of experimental system.

信号伝送路は、屋内と屋外の場合に分けられる。屋外の場合、移動局からの信号はまず最寄りのPHS基地局へ無線伝送される。基地局からは、PHS接続装置、市内交換機に

接続され、デジタル公衆回線網(ISDN)により、固定局のTAに出力される。屋内の場合、移動局からの信号は、直接自宅内のTAに無線伝送される。TAは、屋内での無線通信部と屋外からのISDN網接続部の両方を持っており、受信したデータを固定局のホストコンピュータへ出力する。ISDNは、通常2回線供給されることから、緊急通報には、もう一方の回線を利用する。これにより、TAを介して移動局からの信号を受信しながら、同じTAを介して緊急通報を発することが可能となる。

D. 考察

試作システムを用い、動作試験を行った。実験では、心電図データ(200Hz サンプリング, 16 秒間分)の伝送を行った。移動局での通信開始時刻から固定局での接続確立時刻までを接続時間、また心電図データの伝送開始から終了までをデータ伝送時間として計測した。

結果をTable 1に示す。屋内は当大学実験室、屋外は大学構内に対応する。レベルは、PHS端末に表示される電界強度レベル1~3の値である。この程度の実験システムでも、接続時間十数秒、データ伝送時間数秒での伝送が可能であった。電界強度レベルが1程度に低下しても、伝送時間の大幅な増加は認められなかった。16秒分の心電図データを数秒で伝送可能なことから、初期遅れ10数秒でほぼリアルタイムの心電図信号伝送が可能なが確かめられた。

Table 1 Measured connection and transmission times.

	Connection (sec)	Transmission (sec)	Level
Indoor	9±2	6±1	3
Outdoor	13±2	5±2	3
Outdoor	14±2	8±3	1

(Level:Electric Intensity Level)

E. 結 論

高齢者の日常生活を妨げることなくそのバイタルサインを常時リアルタイムモニタリングすることをめざし、バイタルサインのセンサ/テレメータおよび広域伝送システムの設計試作を行った。

バイタルサインとして、手指基部で光電脈波を検出し、電波によりPHS端末に近距離無線伝送する。PHS端末は、屋内ではコードレスホンの送信機として、ターミナルアダプタを介しパーソナルコンピュータにバイタルサイン信号を伝送する。屋外では、PHSの公衆回線を利用し、基地局-回線網-パーソナルアダプタを介し、パーソナルコンピュータにバイタルサイン信号を伝送する。これらを実現するハードウェアやソフトウェアを開発し、動作試験を行った。その結果、通常状態では、ほぼリアルタイムの信号伝送を行い得ることが確かめられた。

以上、今年度の研究をとおし、実用的なバイタルサインモニタリングを実現するセンサ/テレメータ部および屋内外共通テレメトリ用通信システムを設計試作した。今後は、システム各部を結合し全体としてのシステム化を図ること、また試作システムを用いて実験的検討を継続していく予定である。

<参 考 文 献>

- 1) K. Ikeda, A. Watanabe and M. Saito : A vital sign sensor for elderly people at home, *Biotelemetry*, 11 : 373-377, 1991.
 - 2) 稲田 紘, 若松 秀俊, 山本 博美, 清水 孝一, 鈴木 真, 土肥 健純 : 高齢者に優しい技術, *電子情報通信学会誌*, 80 : 812-821, 1997.
 - 3) 稲田 紘, 堀尾 裕幸 : 在宅医療におけるME技術の応用の現状と課題, *BME*, 7 : 1-7, 1993.
 - 4) 松本 博志, 菅原 明彦, 荒井 裕之 : 欧米のHome Health Care Telematic の現状と周辺機器の開発の動向, *BME*, 10 : 11-17, 1996.
 - 5) 羽鳥 光俊 : 移動通信の変遷と展望, *電子情報通信学会誌*, 82 : 102-107, 1999.
 - 6) 高島 達美 : 移動通信ネットワークの進展, *電子情報通信学会誌*, 82 : 153-160, 1999.
 - 7) 後藤 敏, 阪田 史郎 : モバイルコンピューティング教科書, アスキー出版局, 1999.
- ## F. 研究発表
1. 論文発表
 - ① Koichi Shimizu, Kuniaki Kawamura and Katsuyuki Yamamoto, Location system for dementia wandering, *Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, CD-ROM 4928-92332, 2000.
 - ② Nobuyuki Toya and Koichi Shimizu, Application of spread spectrum technique to IR biotelemetry, *Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, CD-ROM 4906-23080, 2000.
 - ③ 戸谷 伸之, 清水 孝一, 間接散乱光を用いたスペクトル拡散多重化伝送の基礎特性解析-光バイオテレメトリの多重化をめざして-, *電子情報通信学会論文誌*, J83-B : 780-788, 2000.
 - ④ 山下 政司, 清水 孝一, 指輪型バイタルサインモニタの試作, *電気学会論文誌*, 120-C : 1130-1134, 2000.
 - ⑤ Koichi Shimizu, Kuniaki Kawamura and Katsuyuki Yamamoto, Practical considerations for location system of moving person, *Biotelemetry*, in press.
 - ⑥ Koichi Shimizu and Takanori Suzuki, Development of indoor-outdoor common biotelemetry technique, *Biotelemetry*, in press.

2. 学会発表

- ⑦ 戸谷 伸之, 清水 孝一, 間接散乱光によるテレメトリのための多重化方式IV—スペクトル拡散伝送の伝送速度限界—, 第39回日本ME学会大会, 東京, 2000.
- ⑧ 戸谷 伸之, 清水 孝一, 間接散乱光によるテレメトリのための多重化方式V—遠近問題発生時の伝送速度限界—, 平成12年度電気関係学会北海道支部大会, 札幌, 2000.
- ⑨ 清水 孝一, 光技術・通信技術の医療応用をめざして, 産学官技術移転フォーラム, 札幌, 2000.
- ⑩ 戸谷 伸之, 清水 孝一, 間接散乱光によるテレメトリのための多重化方式VI—RAKE方式適用時の伝送速度限界—, 第40回日本ME学会大会, 名古屋, 2001(予定).
- ⑪ 西田 茂浩, 清水 孝一, 屋内外共通バイタルサインモニタリングシステムの開発, 第40回日本ME学会大会, 名古屋, 2001(予定).
- ⑫ Nobuyuki Toya and Koichi Shimizu, Performance analysis of spread spectrum data transmission for biotelemetry using indirect IR light, 16th International Symposium on Biotelemetry, Vienna, Austria, 2001(予定).
- ⑬ Takahiro Nishida and Koichi Shimizu, Development of vital-sign monitoring system using mobile phone communication, 16th International Symposium on Biotelemetry, Vienna, Austria, 2001(予定).
- ⑭ Koichi Shimizu and Takahiro Nishida, Ultrawide-range vital sign monitoring using mobile communication, Asia-Pacific Radio Science Conference, Tokyo, 2001(予定).

研究成果に関する一覧表

III. 研究成果に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
田村俊世	2章 エネルギー代謝の測定機器	細谷憲政編	今なぜエネルギー代謝か	第一出版	東京	2000	53-82
藤元登四郎、田村俊世	精神科領域における計測機器	岡田正彦編	生体計測の機器とシステム	コロナ社	東京	2000	196-202
田村俊世	行動のモニタリングシステム	介護・医療・予防研究会	高齢者を知る辞典 気づいてわかるケアの根拠	厚生科学研究所	東京	2000	.354-356
牧川方昭	運動の長時間計測	高橋正明、山本澄子	理学療法MOOK 6:運動分析	三輪書店		50-59	2000

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻名	ページ	出版年
田村俊世	福祉機器とセンサ技術	医器学	70(7)	328-332	2000
Kuno H, Nambu M, Yoshimura T, Ando T, Saito I, Nakajima K and Tamura T,	A practical application of pressure-sensitive film for preventing pressure sores	Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CD-ROM47 51-4263	2000
Tamura T, Yoshimura T, Horiuchi F, Higashi Y, Fujimoto T	An Ambulatory Fall Monitor for the Elderly	Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CD-ROM 5289-311	2000
Sekine M, Tamura T, Fujimoto T, Fukui Y	Classification of Walking Pattern Using Acceleration Waveform in Elderly People	Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CD-ROM 4756-93408	2000

Sekine M, Abe Y, Sekimoto M, Higashi Y, Fujimoto T, Tamura T, Fukui Y	Assessment of Gait Parameter in Hemiplegic Patients by Accelerometry	Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CD- ROM 4679- 2892	2000
関根正樹, 阿部芳幸, 関本満義, 藤元登四郎, 田村俊世, 福井康裕	腓骨頭部加速度波 形を用いた片麻痺 患者の歩行評価の 定量化に関する検 討	電学論 C	120	1110- 1117	2000
Sekine M, Tamura T, Akay M, Togawa T, Fukui Y,	Analysis of Acceleration Signals in Healthy Young Subjects using Wavelet Transform Method	Method Inform Med	39	183-5,	2000
Sekine M, Tamura T, Togawa T and Fukui,	Classification of waist-acceleration signals in a continuous walking record	Med Eng Phys	22	285-291	2000
Tamura T, Kadoya R, Fukunaga S, Horiuchi F, Sekine M, Higashi Y Fujimoto T	Prediction of falls during walking by accelerometry.	Proceedings of IEEE-EMBS Asia-Pacific Conference on Biomedical Engineering		565-6	2000
Sekine M, Tamura T, Fujimoto T, Akay M and Fukui Y	Evaluation of walking pattern using acceleration signal	Proceeding of IEEE-EMBS Asia-Pacific Conference on Biomedical Engineering		161-2	2000
吉村拓巳、 堀内郁孝、 東 祐二、 中島一樹、 藤元登四郎、 千原國宏、 田村俊世	加速度センサを用 いた高齢者転倒モ ニタの開発	第 15 回生体・ 生理工学シン ポジウム論文 集		95-98	2000

久野弘明、 南部雅幸、 吉村拓巳、 一関紀子、 安藤高子、 鈴木恵美子、 中島一樹、 田村俊世	圧力感知フィルム による車椅子使用 時の体圧集中の評 価、	第 15 回生体・ 生理工学シン ポジウム論文 集		241-244	2000
一関紀子、 久野弘明、 吉村拓巳、 後藤純規、 田村俊世	高齢患者の運動療 法評価システム	第 15 回生体・ 生理工学シン ポジウム論文 集		107-110	2000
関根正樹、 関本満義、 藤元登四郎、 田村俊世、 福井康裕、	加速度センサを用 いた脳卒中片麻痺 患者の歩行評価法 の検討	第 15 回生体・ 生理工学シン ポジウム論文 集		127-130	2000
久野弘明、 吉村拓巳、 後藤純規、 田村俊世、	筋電図を用いた新 しい運動評価シス テムの開発	電気学会論文 誌 C	120-C (12)	1840- 1845	2000
吉村 拓巳、 堀内 郁孝、 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	電気学会論文 誌 C	120-C、12	1846- 1853	2000
中島一樹、 南部雅幸、 田村俊世	特集：新しい生命 系と工学系との融 合 高齢者のため の機器開発	BME	15(1)	21-5	2001
牧川方昭、	加速度センサを用 いた無拘束運動・ 行動モニタリング	医用電子と生体 工学、	38(Suppl)	pp.112	2000
中田智哉、 倉田聡、 牧川方昭、 荒木芳尚、 徳江林三	加速度センサ関節 近傍装着法による 歩行速度計測の試 み	医用電子と生体 工学	38(Suppl.)	pp.482	2000

牧川方昭	工学を医療福祉に役立てるためには	第18回日本ロボット学会学術講演会予稿集		pp.419-420	2000
比嘉良樹, 清水健, 牧川方昭, 荒木芳尚, 徳江林三	生体信号無高速計測装置による高齢者の日常生活活動量の長時間計測	第15回生体・生理工学シンポジウム論文集		pp.131-134	2000
Kaburagi,M. Hanoka, K. Horiuch,F. Higash,Y、 Sekine, M. Fujimot,T, Tamura,T,	Assessment of Spatial Motion During Standing in Hemiplegic Patients	Proceedings of World congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CDROM 4885-89384	2000
Kaburagi,M Mori,N、 Yoshida T. Yasuda T. Higashi Y. Fujimoto T. Tamura T.	Evaluation of Rehabilitation Effect with a Three-Dimensional Angle Sensor	Proceedings of World congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CDROM 4919-31302	2000
Higshi,Y、 KaburagiM. NakamuraK YoshidaT、 Yasuda、T, Fujimoto、T Sekine M、 Tamura T	Physical activity in dementia of the Alzheimer type	Proceedings of World congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CDROM 4887-59511	2000
KobayashiM. Sekimoto.M Horiuchi, F Shimabukuro, K, Higashi, Y SekineM Fujimoto T、 Tamura T	Quantitative Assessment of Rolling Pattern for Hemiplegic Patients	Proceedings of World congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CDROM 4887-59511	2000
東祐二, 中村加銘子, 安田大典, 藤元登四郎, 田村俊世	バーコードを用いたタイムスタディ用簡易統計処理システムの開発	作業療法ジャーナル	34(12)	1197-1199,	2000
田中志信	生理機能の在宅モニタ技術	BME	14(2)	8-17	2000

田中志信, 岸上博俊, 村田和香, 和田龍彦, 野川雅道, 中川原 実, 山越憲一	無拘束循環動態モニタシステムによる循環調節機能評価,	第 15 回生体・生理工学シンポジウム論文集		91-94	2000
甲 雅宏, 中川武大, 前田剛宏, 岡本明男, 野川雅道, 中川原 実, 田中志信, 山越憲一	無意識生体計測法を用いた在宅健康管理システムの開発	第 15 回生体・生理工学シンポジウム論文集		223-226	2000
田中志信, 山越憲一	一行動・運動機能の無拘束計測の現状と今後	医用電子と生体工学	38(Suppl.)	111,	2000
反保 明, 北上千晶, 岡本明男, 中川原 実, 田中志信, 山越憲一	無拘束姿勢・歩行速度計測のための歩幅推定法に関する基礎的検討	医用電子と生体工学	38(Suppl.)	373	2000
川崎潤一, 川村将之, 中川原 実, 岡本明男, 田中志信, 山越憲一	電氣的インピーダンス心拍出量計におけるドット電極利用の検討	医用電子と生体工学	38(Suppl.)	532	2000
高橋龍尚, 芦川紘一, 宮本嘉巳	低負荷運動時における心拍数増加の抑制について	医用電子と生体工学	38(Suppl.)	pp.447	2000
高橋龍尚	運動時の呼吸循環応答の解析とその問題点について	第 8 回バイオフィジオロジー研究会抄録集			2000
高橋龍尚, 岡田暁宜, 早野順一郎, 田村俊世, 宮本嘉巳	整理運動後の心拍数と心臓自律神経活動の変化	第 34 回日本 ME 学会東北支部大講演論文集		pp. 16	2000

高橋龍尚	パソコン作業による呼吸循環器系への影響とストレス評価	計測自動制御学会中部支部福祉工学研究会プログラム集		pp.8	2001
Tatsuhisa Takahashi, T Okada, A, Tamura, T., Miyamoto.Y.	Cardiorespiratory responses to walking and running at an incremental speed of treadmill	Advances in Experimental Medicine and Biology	(in press)		
Shimizu,K KawamuraK Yamamoto K	Location system for dementia wandering	Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CD-ROM 4928-92332	2000
Toya N Shimizu,K,	Application of spread spectrum technique to IR biotelemetry	Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering		CD-ROM 4906-23080	2000
戸谷 伸之, 清水 孝一	間接散乱光を用いたスペクトル拡散多重化伝送の基礎特性解析ー光バイオテレメトリの多重化をめざしてー	電子情報通信学会論文誌,	J83-B	780-788,	2000
山下 政司, 清水 孝一	指輪型バイタルサインモニタの試作	電気学会論文誌, 120-C		1130-1134	2000
Koichi Shimizu, K, KawamuraK YamamotoK,	Practical considerations for location system of moving person	Biotelemetry	in press		
Shimizu K Suzuki, T,,	Development of indoor-outdoor common biotelemetry technique	Biotelemetry	in press		

20000202

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」