

厚生科学研究研究費補助金
長寿科学総合研究事業

高齢者の日常活動モニタリング機器の開発に関する研究
(H11-長寿-039)

平成12年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 田村俊世
国立療養所中部病院 長寿医療研究センター 部長

分担研究者
牧川方昭 立命館大学理工学部教授
東 祐二 藤元早鈴病院 リハビリテーションセンター室長
田中志信 金沢大学工学部助教授
高橋龍尚 山形大学工学部助手
清水孝一 北海道大学大学院工学研究科教授

平成13(2001)年3月

目次

I. 総括研究報告書

| | |
|---------------------------|---|
| 高齢者の日常活動モニタリング機器の開発に関する研究 | 3 |
| 田村俊世 | |

| | |
|----|---|
| 資料 | 7 |
|----|---|

II. 分担研究報告

| | |
|--------------|----|
| 1. 行動のモニタリング | 13 |
| 田村俊世 | |

| | |
|------------------|----|
| 2. 日常生活動作のモニタリング | 25 |
| 牧川方昭 | |

| | |
|-------------------------------|----|
| 3. リハビリテーション訓練効果のモニタリングに関する研究 | 37 |
| 東 祐二 | |

| | |
|-------------------|----|
| 4. 循環動態モニタリングシステム | 45 |
| 田中志信 | |

| | |
|-------------------|----|
| 5. ストレスモニタリングシステム | 53 |
| 高橋龍尚 | |

| | |
|----------------------|----|
| 6. バイタルサインモニタリングシステム | 67 |
| 清水孝一 | |

| | |
|------------------|----|
| III. 研究成果に関する一覧表 | 73 |
|------------------|----|

| | |
|-----------------|--|
| IV. 研究成果の刊行物・別刷 | |
|-----------------|--|

総括研究報告書

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
総括研究報告書

高齢者の日常活動モニタリング機器の開発

主任研究者 田村俊世（国立療養所中部病院長寿医療研究センター・部長）

高齢者の日常活動のモニタリングとして高齢者の身体活動の評価、循環動態などを限り少ない拘束で測定する機器を開発することを目的として、本年度は、加速度測定による歩行形態の測定から病態の識別ならびに転倒の予測、関節角度の変化の測定、リハビリテーション訓練時の基本動作の評価、血圧、心拍出量、心電図測定による循環動態の評価、ストレス評価、ならびにバイタルサインのリアルタイム伝送方法について検討した。

〔研究組織〕

田村俊世 国立長寿医療研究センター部長
牧川方昭 立命館大学工学部教授
東 祐二 藤元早鈴病院リハビリテーション室長
田中志信 金沢大学工学部助教授
高橋龍尚 山形大学工学部助手
清水孝一 北海道大学大学院教授

A. 研究目的

高齢者の健康の維持、疾病の予防、QOLの向上のために行動や運動中の循環、代謝ならびに身体活動量を測定することが重要となっている。測定に使用する機器は、身体に違和感なく装着でき、測定のための特別な操作を必要とせず、できるだけ少ない拘束で自動的に生体情報が収集されることが望まれる。本研究では、この点を重視し、日常生活で測定されることを意識しないで長期間にわたってデータ収集が行われるような装置を開発することを目標とする。装置は、生理量や運動量を測定する各種センサと半導体データロガーから構成される。これらシステムでは、測定データをデータロガーに保存し、装置そのものあるいはデータカー

ドを一定期間ごとに病院や医療従事者に転送あるいは持参してデータ解析する必要がある。さらにもう1つの方法としてリアルタイムにデータを伝送する方式も検討していく。本年度は、加速度測定による歩行形態の測定から病態の識別ならびに転倒の予測（田村）、関節運動測定による日常生活動作の推定（牧川）、リハビリテーション訓練効果の定量化（東）、連続血圧測定、心拍出量による循環動態の評価（田中）、心電図波形によるストレスの評価（高橋）を試みた。またPHS端末を利用したリアルタイムセンシング（清水）の可能性についても検討した。

B. 研究方法

1. 腰部加速度測定による加速度測定による歩行形態の測定から病態の識別ならびに転倒の予測（田村）：歩行形態の識別のために3軸加速度センサを被験者の重心周りに近い腰部に装着し、高齢者の平地歩行時の加速度波形を連続的に記録した。その波形に離散ウェーブレット変換を用いたフラクタル解析法を適用し、健常高齢者、パーキンソン患者、片麻痺患者を対象に、連続する加速度信号から病態、片麻痺の

度合いの分類を試みた。

2. 加速度センサによる関節運動測定(牧川)：日常の生活動作をモニタするために加速度センサを関節近傍に装着し、上肢、下肢、体幹などの全身運動を測定し、その出力信号差から関節角度の変化をモニターする方法を検討した。

3. 加速度測定によるリハビリテーション訓練効果のモニタリング(東)：脳卒中の早期リハビリテーションにおいて、寝返り、起き上がり、膝立ち、立位、歩行などの基本的でかつ反復される動作群の早期獲得は患者のADL向上のために重要である。本研究では、無拘束加速度測定法を用い、これらの動作を獲得する訓練システムの構築を試みた。

4. 循環動態モニタリングシステムの開発(田中)：平成9～10年度実施のプロジェクトにより開発した「一心拍毎の血圧を無侵襲・無拘束的に計測・記録する携帯型装置」をさらに発展・改良し、血圧と共に心拍出量を一心拍毎に無拘束的に同時計測する携帯型装置を開発し、健常若年者と高齢者対象にフィールド実験を行った。

5. 生体ストレス反応、評価(高橋)：日常生活中にみられる心拍数で生体ストレス反応、循環器系適応能、機能不全などを評価するために心拍変動の周波数解析を用いた Visual display terminal (VDT)作業時のストレス反応とその評価法について検討した。

6. バイタルサイン伝送方式の設計(清水) 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、バイオテレメトリシステム各部の設計・試作を行った。指輪型センサによる光電脈波計測、およびPHS端末による広域生体情報伝送などにつき、それぞれの基本特性を計測し解析した。

C. 研究結果

1. 加速度波形による病態の識別に関して、腰部加速度信号のウェーブレットフラクタル

解析は、片麻痺患者やパーキンソン病患者の歩行障害を客観的に評価することが可能であると示唆された。すなわち、Br. stage IIIの片麻痺群は、Br. stage IVやBr. stage V&VIの片麻痺群と比較し有意に高いフラクタル次元を示した($P<0.01$)。同様にパーキンソン患者のフラクタル次元も有意に高い値を示した($P<0.01$)。

2. 本年度は下肢運動に着目し、歩行、椅子の立ち座りなど、日常生活における股関節、膝関節、足関節運動のモニタリング方法を検討した。その結果、日常生活における下肢運動がモニタできることが明らかになったほか、股関節の運動データから被検者の歩行速度が推定しうることが示唆された。

3. 3軸加速度センサを利用することによって、トランスファー動作の遂行状況を視覚的に確認でき、運動の変化を定量的に評価することが可能であった。セラピスト1名での計測が可能であったことから、臨床の訓練場面に応用し、リアルタイム評価が可能であることが示唆された。

4. 循環機能をより詳細に評価・解析するための装置として、従来の瞬時血圧と共に心拍出量をも一心拍毎に同時測定するプロトタイプシステムの具現化に成功し、その試用性能評価実験を開始することができた。健常成人を対象としたフィールド試用により日常生活下の様々な行動に伴う循環諸量の応答が詳細に記録可能であること、さらに得られた時系列データを解析することにより自律神経系を介した循環調節機能評価が可能であることが確認された。

5. VDTの代表であるパソコンを用いたタイピングタスクは、交感神経活動の指標である心拍変動の低周波数成分を増加させ迷走神経活動の指標である高周波数成分を減少させた。

6. 指輪型センサによる光電脈波計測、およびPHS端末による広域生体情報伝送など

につき、それぞれの基本特性を計測し解析した。その結果、これらの手法の有効な利用法、ならびに実用上の問題点が明らかとなった。問題点の検討をとおし、それらの解決法を考案した。

D. 考察

加速度測定による歩行評価では、健常高齢者片麻痺患者、パーキンソン患者を対象として重心まわりの加速度波形から算出したフラクタル次元により病態を識別できた。このことはフラクタル次元の評価より加齢による機能低下を知ることができる可能性を示唆している。次に、高齢者に多い転倒を加速度波形を測定することによって予測できることが示唆された。

加速度センサ関節近傍装着方式により、股関節の関節角度を計測し移動距離及び歩行速度の計測が可能であると考えられた。また補正を行なうための比例定数においては、大股、普通、小股の3種類の歩き方を比較しても著しい変化は見られなかった。高齢者独特のすり足歩行も計測可能であった。

加速度センサのリハビリテーション訓練効果の定量的評価への応用は、在宅でのリハビリテーションを行う上で重要な役割を果たすことが期待される。従来リハビリテーション訓練効果は理学療法士の主観に頼るところがおおきく、客観的、機械力学的評価は床反力計や画像処理によるところが大きかった。加速度を用いることは床反力計から得られるデータと同等のデータを得ることができ、かつ測定対象者を拘束しない利点がある。訓練のために表示システムを工夫し、画面でリアルタイムで加速度波形を表示し訓練の修正を行えるようにする。今後、日常的な動作トレーニング場面に応用し、セラピストや本人、家族の訓練支援が可能なフィードバックトレーナーの構築に向けた検討を加える必要がある。

循環動態の評価として血圧、心拍出量の同時測定を行った。高齢者の受容体反射反射感度に

ついては血圧変化に対する心拍応答が鋭敏でないという結果を反映して、起立に伴う血圧変動に対する圧受容体を介した迷走神経系の調節機能が著しく低下していた。加齢とともに動脈硬化が進行し、その結果として伸展受容器である圧受容体の感度が低下するという従来の知見と一致するものであった。このような結果は従来臨床的に行われている受動的な「チルティング負荷」による起立性低血圧の検査では得られないものであり、今後本システムによる「日常生活下」における高齢者の循環機能測定の必要性・重要性が再確認された。

VDTの代表であるパソコンを用いたタイピングタスクは、交感神経活動の指標である心拍変動の低周波数成分を増加させ迷走神経活動の指標である高周波数成分を減少させた。血行力学的情報（心拍出量や血圧などの平均値）には生理的反応は認められなかったが、心拍変動の周波数解析はVDT作業時のストレス反応の評価に有用であることが示された。

最後に、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。

E. 結論

本年度は本研究プロジェクトの2年度目であるため、機器の試作とそれを用いた評価が主であった。本年度での研究から、加速度測定による歩行、身体活動度、生活動作を含めた行動や運動の評価、血圧、心電図による循環動態の評価、ストレス評価が可能であることが示された。リハビリテーション評価を含めた新しいモニターシステムの可能性も示唆された。また、バイタルサインモニターでは新しい信号伝送方式を設計試作した。

高齢者の日常行動モニタリング機器の開発

主任研究者 田村俊世

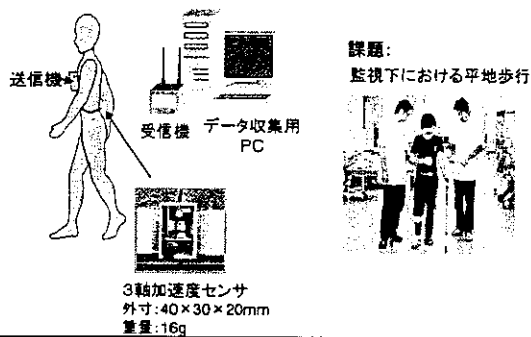
- 行動のモニタリングシステム
- 日常生活動作のモニタリングシステム
- リハビリテーション訓練時のモニタリング
- 循環動態モニタリングシステム
- バイタルサインモニタリングシステム
- ストレスモニタリングシステム

行動のモニタリングシステム

国立療養所中部病院長寿医療研究センター
田村俊世

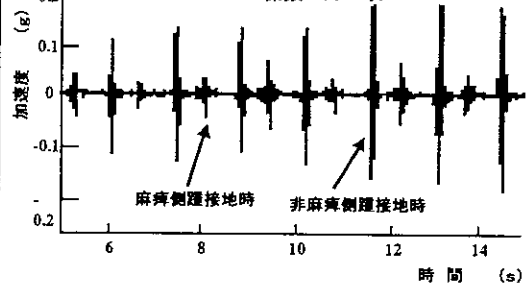
- 加速度計測による転倒検出ならびに予測するモニタ機器の開発
- 片麻痺患者の歩行測定により予測の可能性が示された

測定方法



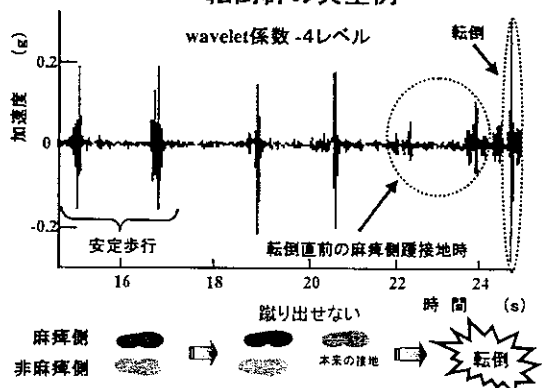
自立群の典型例

wavelet係数 -3レベル



転倒群の典型例

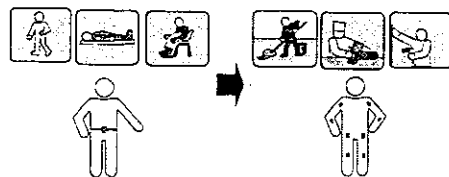
wavelet係数 -4レベル

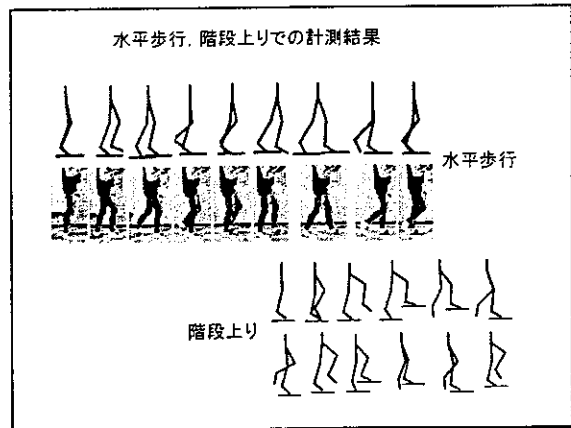
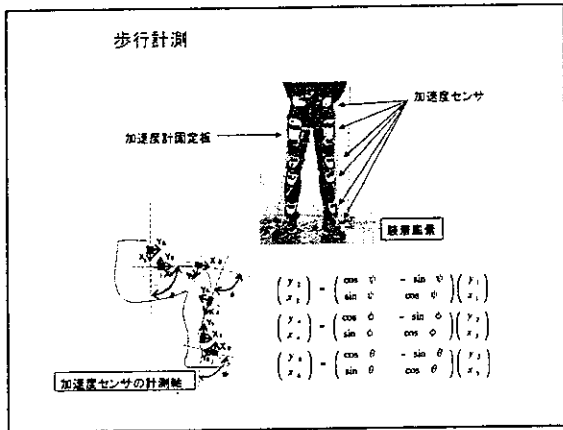


加速度センサの関節近傍装着方式による
日常生活行動のモニタリング

秋川 方昭 (立命館大学理工学部)

“いつ、どこで、何をしていたのか、その結果生理機能にどのような変化をもたらしたのか”に答えることのできるシステムの開発





リハビリテーション訓練時のモニタリング

藤元早稲病院 東 祐二

- 日常のリハビリテーション訓練効果を定量的に把握するために加速度信号の無拘束計測システムを構築
- ベッドから車椅子への移乗動作を測定し効果的な訓練を行えることが示唆された



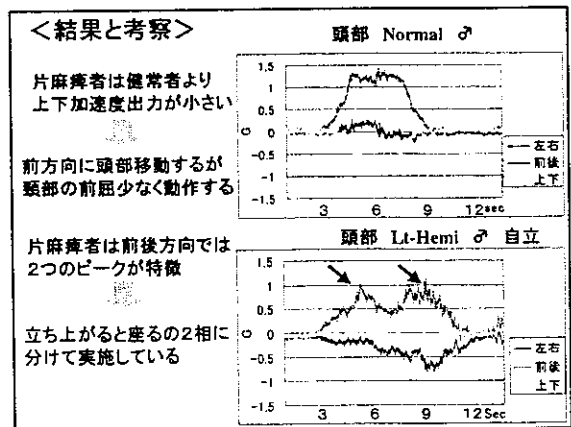
<実験方法>

• 測定課題
車椅子座位(41.5cm)から健側方向のベッド(41.5cm)にトランスファー。
動作の遂行状況はVTRで撮影

• センサ装着部位
頭頂部・第2腰椎部

<結果>

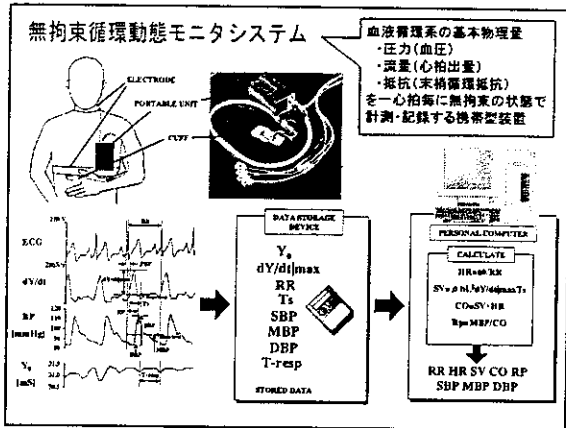
1. 無拘束加速度計測法を用いてADL動作の加速度軌跡を視覚的に確認でき、運動の変化を評価できた
2. 1人での計測が可能であったことから、臨床の訓練場面に応用し、リアルタイム評価の可能性が示唆された。
3. 他のADL動作訓練への応用の可能性が示唆された。



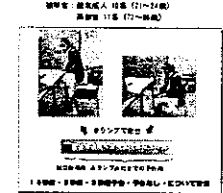
循環動態モニタリングシステム

金沢大学工学部 田中志信

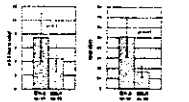
- ・ 循環動態を把握する携帯型装置を開発した
- ・ 高齢者の姿勢変化に伴う循環応答を測定した



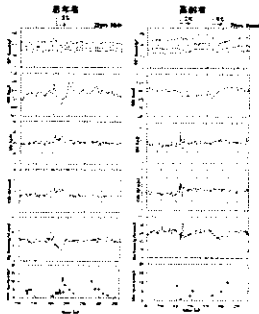
姿勢変化に伴う循環応答計測



解析結果例 (圧受容体反射感度: BRSの比較)



計測結果例 (姿勢変化中における循環動態の変化)



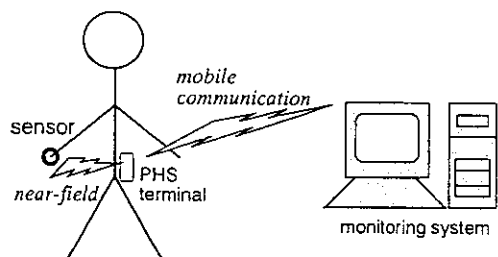
図上段より血圧 (BP)、心拍出量 (CO)、末梢循環抵抗 (RPF) 及び圧受容体反射感度 (BRS)

バイタルサインモニタリングシステム

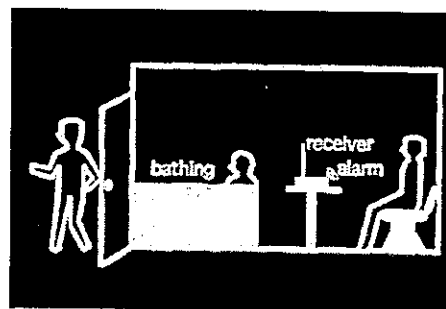
北海道大学大学院工学研究科
 清水孝一

- ・ テレメータシステムを応用したバイタルサインモニタリングシステムを構築した
- ・ 指輪型光電脈波測定装置を開発した

Two-step biotelemetry

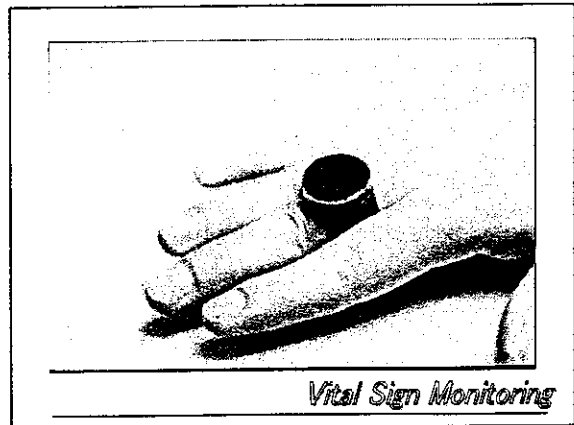


Vital Sign Monitoring



Vital Sign Monitoring

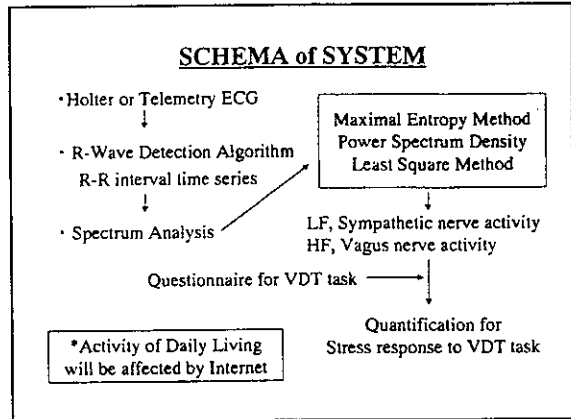
| | |
|-------------------|--------------------------------------------------------|
| Supply voltage | 3 V (Lithium cell) |
| Power dissipation | 15.3 mW |
| Operating life | over 24 hours |
| Carrier wave | Radio wave |
| Modulation mode | PAM / FM |
| Carrier frequency | 74 MHz |
| Frequency range | 0.2 - 2 KHz |
| Linearity | 2.7 % |
| Pulse interval | 12.5 msec |
| Pulse frequency | 80 Hz |
| Pulse width | 60 micro sec |
| Duty ratio | 0.5 % |
| Dimensions | 21 x 21 x 5 mm ³ (Flat part on a finger) |
| Total weight | 7 g |



ストレスモニタリングシステム

山形大学工学部 高橋龍尚

- 心拍数測定によるストレスのモニタリングシステムを構築した
- 周波数解析法によりストレスの評価を行った



| <u>METHODS</u> | <u>RESULTS</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Stress Test</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subjects (n=7) • VDT task (Typing game) • ECG monitor • Spectrum analysis • Examination for autonomic changes | <p>During Task</p> <ul style="list-style-type: none"> SNA increase PNA decrease |

分担研究報告書

田村俊世
国立療養所中部病院
長寿医療研究センター
部長

行動のモニタリング

田村俊世
国立長寿医療研究センター

1. ウェーブレットフラクタル解析による 片麻痺患者およびパーキンソン病患者の歩行評価

A. 研究目的

急速な社会の高齢化が進む中、より長く健康を維持するためには、疾患および障害を予防することが重要である。そのためには、疾患の兆候に対する早期発見および早期治療を行うことが必要である。さらに疾患や障害に至った場合は、その進行を防ぐために機能回復・機能維持が重要となる。

そこで、本研究では最も基本的な運動である歩行に注目し、疾患や障害をもつ高齢者の歩行の評価法を提案することを目的とする。

B. 研究方法

1. 測定装置

測定装置は、1軸のピエゾ抵抗型加速度センサ（type3031-010, IC-Sensors 社）を直交に組み合わせた3軸加速度センサユニット、インタフェース回路、携帯型生体信号記録装置（MICRO8, 島津製作所）、ICメモ리카ード、カードリーダーおよびパーソナルコンピュータで構成される。測定の際に、被験者に装着する装置はICメモ리카ードを内蔵した携帯型生体信号記録装置、加速度センサユニット、およびインタフェース回路のみであるため、測定場所に対する制約がなく日常行動を自然な状態で連続的に測定することが可能である。

2. 測定対象

測定対象者は、自立歩行が可能なパーキンソン病患者12名（年齢 62.6 ± 13.8 歳、身長 155.9 ± 12.8 cm、

体重 50.4 ± 10.7 kg、以下パーキンソン病群）、および片麻痺患者29名（年齢 66.0 ± 10.9 歳、身長 155.6 ± 9.4 cm、体重 55.2 ± 10.2 kg）とした。片麻痺群において、中枢性麻痺による運動障害の程度を表す Br. stage は、stage III :12名、IV:9名、V:5名、VI:3名であった。この Br. stage は運動障害が軽減するにしたがい高い stage となる。

また比較のため、正常歩行が可能な健常高齢者女性6名（年齢 66.5 ± 4.3 歳、身長 147.5 ± 3.3 cm、体重 50.6 ± 4.9 kg、以下健常群）についても測定した。

3. 測定方法

加速度センサユニットの装着部位は被験者の重心位置に近い腰背部とし、屋内廊下にて歩行の測定を行った。なおサンプリング周波数は1024Hzとした。本実験は藤元病院倫理委員会の承諾を得た後、被験者に実験の主旨を説明し書面で承諾を得て実施し

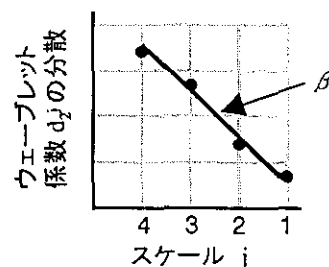


Fig. 1 フラクタル次元の推定法

た。

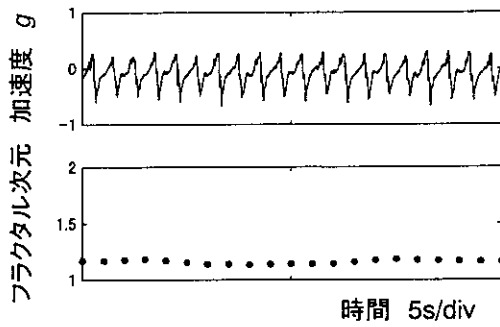


Fig. 2 健常者の前後方向加速度信号とフラクタル次元の典型例

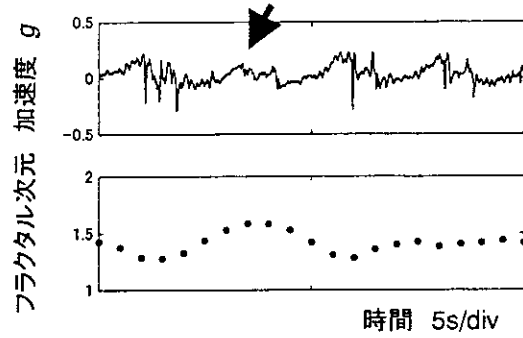


Fig. 3 片麻痺患者の前後方向加速度信号とフラクタル次元の典型例

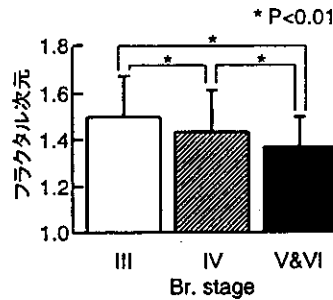


Fig. 4 片麻痺患者における前後方向加速度のフラクタル次元の平均と標準偏差

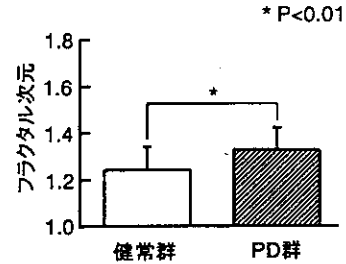


Fig. 5 健常群およびパーキンソン病(PD)群における前後方向加速度信号のフラクタル次元の平均と標準偏差

4. 解析方法

歩行の評価は、加速度信号のフラクタル次元を用いて行った。加速度信号は非定常な信号であり、このような信号の解析に適した離散ウェーブレット変換を用いてフラクタル次元を推定した。フラクタル次元 D は、Fig. 1 のように信号を離散ウェーブレット変換により分解して得られたウェーブレット係数の分散値と分解能(スケール)を対数軸でプロットした図の傾き β から推定することが可能であり、その推定式は $D = (5 - \beta) / 2$ となる。本研究では、スケール 1 から 7 のウェーブレット係数を用いて、歩行時の加速度信号のフラクタル次元を推定した。また、加速度信号の変化を評価するために、1024 点(1 秒)のデータ区間で傾き β とフラクタル次元 D を推定し、解析するデータ区間を 512 点(0.5 秒)ずつずらすことでフラクタル次元の時間変化を捉えた。

C. 結果

1. 加速度信号とフラクタル次元の時間変化

健常者と片麻痺患者の前後方向加速度信号およびフラクタル次元の時間変化を、それぞれ Fig. 2 と Fig. 3 に示す。健常者と運動障害をもつ片麻痺患者の加速度信号を比較すると、片麻痺患者の加速度信号は複雑に変動したパターンとなった。また、Fig. 3 の矢印付近は特に足の振り出しがうまく遂行できなかったときであり、その前後の信号パターンと異なったパターンとなっている。

時系列信号のフラクタル次元は 1 から 2 の範囲になり、信号が複雑なほど 2 に近づく。このフラクタル次元を用いることで、加速度信号の変動パターンの複雑さを定量的に評価することが可能であった。

2. フラクタル次元の平均値

(a) 片麻痺患者

片麻痺群の前後方向加速度信号のフラクタル次元を Fig. 4 に示す。Br.stage ごとのフラクタル次元は、stage III : 1.498, IV : 1.434, V&VI : 1.370 であり、Br.stage が高くなるにしたがいフラクタル次元は有意に低い値を示した ($P < 0.01$)。上下方向のフラクタル

次元は, Br.stage III :1.448, IV:1.312, V&VI:1.320 であり, 左右方向のフラクタル次元は, Br.stage III : 1.375, IV:1.242, V&VI:1.246 であった. 上下方向と左右方向加速度信号においても, Br. stage III の片麻痺群は, Br.stage IV や Br.stage V&VI の片麻痺群と比較し有意に高い値を示した ($P<0.01$),

(b) パーキンソン病患者

健常群とパーキンソン病群の前後方向加速度信号のフラクタル次元を Fig. 5 に示す. 健常群のフラクタル次元は 1.242 であった. これに対してパーキンソン病群のフラクタル次元は 1.327 で有意に高い値を示した ($P<0.01$). しかし, 上下方向と左右方向加速度信号のフラクタル次元については, 両群の間に有意な差はみられなかった.

D. 考察

片麻痺患者は Br.stage が III から VI になるにつれて, 中枢性麻痺による非随意的な運動から随意的な運動を行うことが可能になり, その歩行は円滑で動揺が少なくなる. 腰背部加速度信号のフラクタル次元は身体のゆらぎの評価指標であり, Br.stage が高く

なるとフラクタル次元が低くなることから, 運動障害が回復するにしたがい身体のゆらぎが減少すると推察される. この結果は, 臨床における片麻痺患者の歩行評価とよく一致した傾向であると考えられる.

パーキンソン病では, 不随意運動を抑制する神経伝達物質ドーパミンが不足し, 特有の症状が起きる. その 1 つに歩行障害があり, 歩行が遅い, 歩幅が狭い, 歩き出すと早足になり止まることができない(加速歩行)といった症状が現れる. このような症状によって, パーキンソン病患者の歩行は不安定になるため, 身体のゆらぎの評価指標であるフラクタル次元は健常者に比べ低下したと考えられる.

E. 結論

腰背部加速度信号のウェーブレット-フラクタル解析は, 片麻痺患者やパーキンソン病患者の歩行障害を客観的に評価することが可能であると示唆された. したがって, 疾患・障害の予防, 機能回復・機能維持に貢献でき, 健康を維持するために役立つものとする.

2. 加速度測定による転倒の予測

A. 研究目的

高齢者の歩行の衰えは, 歩行中の転倒をまねき, 骨折やその予後が悪い場合は, 車いす走行, ひいては寝たきりに至ることが多い. 高齢者の転倒に関する研究や転倒を防止する転倒教室などがさかんに行われているが, 質問表やインタビューによるものが主である. 客観的で詳細な歩行解析は大掛かりな装置を必要とし, また, 長時間の歩行を観察することも臨床上困難であり, 実験室内では歩行形態も限られてしまう. 転倒を予防するための計測制御システムの構築は重要な課題であり, 昨年度は, 傾斜角センサを用いて限りなく少ない拘束で転倒の時刻, 頻度をモニターできる転倒検出機器を試作し, 装置の有効性が示された. しかしながら, 転倒に至る経緯を知る必要性から本年度は加速度波形を検出することにより転倒

を予測することができるかを検証し, その結果をもとに転倒モニタを試作した.

転倒の予測は, 片麻痺患者で行った. 脳卒中片麻痺患者は平衡機能障害, 高次脳機能障害などにより転倒の危険性が高く, 転倒の危険要因としては最も代表的な疾患である. そこで片麻痺患者で外乱刺激が加わらなくともバランスを崩すケースの歩行中の加速度を測定し, 転倒直前の加速度波形の特徴のグループ化と転倒パターンとの関連性について検討した.

B. 対象と方法

1. 加速度測定による転倒の予測

歩行に介助を要しない脳卒中片麻痺患者を対象に, 転倒に至ったケース 21 名 (右片麻痺 12 名, 左片麻痺 9 名, 平均年齢 70.5 ± 10.6 歳, 平

均羅患期間 18.1 ± 17.1 ヶ月, 下肢 Br. Stage III 16 名, IV 4 名, V 1 名, 以下転倒群) と転倒に至らなかったケース 10 名 (以下自立群) を対象とした。尚, 本研究は藤元早鈴病院倫理委員会の承認を得て全ての対象者のインフォームドコンセントが得られた後, 実施した。加速度センサの装着部位は第 2 腰椎とし, 前後, 上下, 左右方向の加速度を測定した。測定は, 対象者に日常使用している杖, 補装具を使用して監視下にて平地歩行を行わせた。歩行中, 重心が支持基底面を外れ治療者が転倒すると判断した際, 対象者を支持し終了とした。同時にビデオ録画した。加速度信号は, サンプリング周波数 200Hz で, 携帯型生体信号記録装置 (DR-C2, TEAC) を用いてメモリカードに収集し, 実験終了後データをパーソナルコンピュータに転送した。解析は MATLAB にて, 離散 wavelet 変換により転倒直前の加速度波形の特徴抽出を行った。またビデオ画像から動作分析を行い, 波形変化と転倒パターンとの比較を行った。

C. 結果と考察

離散 wavelet 変換の結果, 自立群においては上下方向加速度の wavelet 係数レベル-3 (12.5 ~ 25Hz) に踵接地時の衝撃加速度に対応するピークが示された。これらのピークは麻痺側と非麻痺側ともに周期的であり, それぞれほぼ一定の値であった。転倒群においては, 全症例とも転倒前に特徴的なピークが, 上下方向加速度の wavelet 係数レベル-3 に認められ, ピークの特徴により 3 つに分類することができた (図 1)。それぞれの特徴は, 転倒群中 8 例は安定歩行時のものに比べ, 転倒直前の衝撃加速度ピークが大きく, 動作分析によると転倒前には麻痺側下肢を振り出す際, 麻痺側下肢が勢いよく振り出されるパターン, 重心の移動, 傾きを修正できずに転倒に至るパターンで麻痺側下肢の踵接地位置が安定歩行時より不安定であることが認められた (図 2)。11 例は転倒直前のピークが安定歩行時と比較して小さく, 動作分析により麻痺側下肢が振り出せず引掛かるパターン, 麻痺側下肢の膝折れにより転倒する傾向にあった (図 3)。2 例は転倒直前には踵接地時のピークの周期が乱れ, 動作分析より転

倒直前に非麻痺側先行になるなど歩行パターンが乱れ, 転倒する傾向にあった。

これらの結果, 一定周期からの逸脱, 衝撃加速度の違いから転倒を予測できることが示唆された。

D. 結論

加速度波形から転倒を予測する可能性が示唆され, 小型の転倒モニターを試作し, 臨床で使用することができた。今後, 転倒予測のアルゴリズムを確立し, 転倒の直前の信号を判断し, 警報システムや, 治療的電気刺激や補装具への入力信号として用い, 転倒防止システムを構築していきたい。

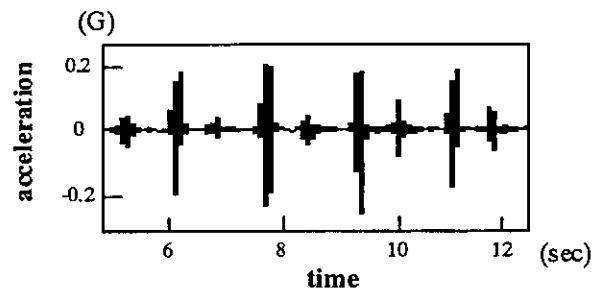


図 1, 自立群の歩行

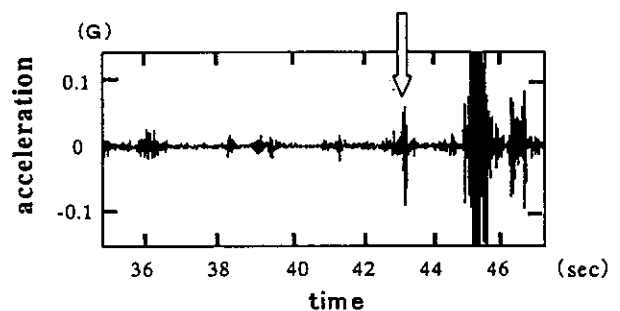


図 2 転倒直前衝撃加速度のピークが大きくなる例

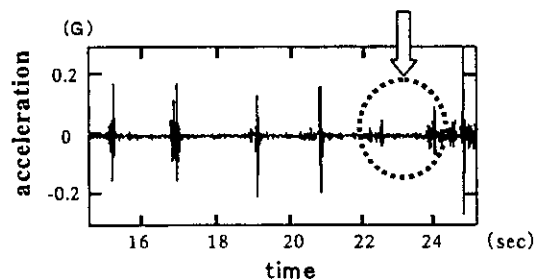


図 3 転倒直前衝撃加速度のピークが大きくなる例

F. 研究発表

論文

1. 田村俊世, 2章 エネルギー代謝の測定機器, 今なぜエネルギー代謝か, pp.53-82, 第一出版, 2000
2. 藤元登四郎, 田村俊世, 精神科領域における計測機器, 生体計測の機器とシステム 岡田正彦編, 日本エムイー学会ME教科書シリーズ, コロナ社, 196-202, 2000
3. 田村俊世, 行動のモニタリングシステム, pp.354-356, 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, 2000
4. 田村俊世, 福祉機器とセンサ技術, 医器学, 70, 7, 328-332, 2000
5. 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-ROM4751-4263
6. 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
7. 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
8. 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
9. 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
10. Sekine M, Tamura T, Akay M, Togawa T, and Fukui Y, Analysis of Acceleration Signals in Healthy Young Subjects using Wavelet Transform Method, Method Inform Med, 39, 183-5, 2000
11. Sekine M, Tamura T, Togawa T and Fukui Y, Classification of waist-acceleration signals in a continuous walking record, Med Eng Phys, 22, 285-291, 2000
12. Tamura T, Kadoya R, Fukunaga S, Horiuchi F, Sekine M, Higashi Y and Fujimoto T, Prediction of falls during walking by accelerometry., Proceedings of IEEE-EMBS Asia-Pacific Conference on Biomedical Engineering, 565-6, 2000
13. 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
14. 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
15. 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
16. 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
17. 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
18. 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
19. 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

20. 中島一樹、南部雅幸、田村俊世(老人支援機器開発部)、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

講演

1. Tamura, T, Current status of Gerontechnology in Japan, April 25-26, KAIST, Taejon Korea
2. Tamura, T, Current research activity in Dept. of Gerontechnology, NILS, April 25-26, KAIST, Taejon Korea
3. 東 祐二、藤元登四郎、田村俊世、施設での介護・福祉機器の運用、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京
4. 堀内郁孝、島袋琴美、東 祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世、無拘束型加速度計測法による片麻痺患者非麻痺側下肢協調性の評価、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京
5. 角屋利恵子、堀内郁孝、東 祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世、離散 wavelet 解析による脳卒中片麻痺患者の歩行分析の試み、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京
6. 東 祐二、吉田哲也、安田大典、藤元登四郎、中村加銘子、関根正樹、田村俊世、無拘束型加速度計測装置によるアルツハイマー型痴呆症の行動評価、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京
7. 阿部芳幸、関根正樹、関本満義、藤元登四郎、田村俊世、戸川達男、福井康裕、3軸加速度センサを用いた片麻痺患者に対する歩行評価法の検討、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京
8. 吉村拓巳、堀内郁孝、東 祐二、中島一樹、藤元登四郎、田村俊世、高齢者用転倒モニタの開発とその評価、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京
9. 中村加銘子、安田大典、松本和香、吉田哲也、東祐二、藤元登四郎、田村俊世、無拘束加速度装置(アクティグラフ)による痴呆症の在宅介護者の実態調査、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京
10. 中島一樹、松本佳昭、田村俊世、無拘

束・無意識モニタリングシステムによるベッド上での生理量評価、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京

11. 南部雅幸、中島一樹、川原田 淳、田村俊世、在来住宅での健康管理・電灯線 LAN はどこまで使えるか、日本エム・イー学会、5月17・19日、東京
12. 鏑木 誠、花岡和江、堀内郁孝、東 祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世、脳卒中片麻痺患者における頭部と腰部の動揺加速度による静的立位の評価、日本理学療法士学会、5月19・20日、鹿児島
13. 関本満義、永迫博幸、東 祐二、榊 広光、藤元登四郎、阿部芳幸、関根正樹、田村俊世、無拘束加速度計測法による脳卒中片麻痺歩行の経時的評価、日本理学療法士学会、5月19・20日、鹿児島
14. 堀内郁孝、島袋琴美、東 祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世、脳卒中片麻痺患者における非麻痺側下肢協調性の定量的評価の試み・無拘束型加速度計測法を用いて、日本理学療法士学会、5月19・20日、鹿児島
15. 角屋利恵子、堀内郁孝、島袋琴美、東祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世、脳卒中片麻痺患者の歩行時転倒のモニタリングについて・離散 wavelet 解析を用いて、日本理学療法士学会、5月19・20日、鹿児島
16. 福永誠司、堀内郁孝、東 祐二、藤元登四郎、関根正樹、久野弘明、田村俊世、大腿四頭筋の筋力評価・健常成人による比較、日本理学療法士学会、5月19・20日、鹿児島
17. 興古田夏子、小林美保子、関本満義、堀内郁孝、鏑木 誠、東 祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世(老人支援機器開発部)、脳卒中片麻痺患者における膝立ち位の定量的評価の試み・無拘束型加速度計測法を用いて、日本理学療法士学会、5月19・20日、鹿児島
18. 小林美保子、関本満義、島袋琴美、堀内郁孝、東 祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世、脳卒中片麻痺患者における寝返り動作パターンの定量的評価の試み、日本理学療法士学会、5月19・20日、鹿児島

19. 安田大典、松本和香、吉田哲也、東 祐二、藤元登四郎、中村加銘子、田村俊世、痴呆性老人の在宅介護実態調査・無拘束加速度計(アクティグラフ)を用いて、日本作業療法学会、5月25・27日、神奈川
20. 東 祐二、安田大典、辻 美和、松本和香、中村加銘子、藤元登四郎、田村俊世、バーコードカウンターを利用した重度痴呆症者のタイムスタディ、日本作業療法学会、5月25・27日、神奈川
21. 森 奈美子、児玉智美、辻 美和、東 祐二、藤元登四郎、田村俊世、脳卒中片麻痺患者の移乗動作における動作分析とその確立・超小型3次元運動センサを用いて(第3報)、日本作業療法学会、5月25・27日、神奈川
22. 東 祐二、安田大典、吉田哲也、中村加銘子、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世、著明な徘徊を呈するアルツハイマー型痴呆症の行動特性に関するモニタリング、日本作業療法学会、5月25・27日、神奈川
23. 中村加銘子、辻 美和、東 祐二、藤元登四郎、田村俊世、痴呆症に対する作業療法の環境条件、日本作業療法学会、5月25・27日、神奈川
24. 南部雅幸、中島一樹、川原田 淳、田村俊世、電灯線LANを用いた高齢者自立支援のためのネットワークシステム、電子情報通信学会MEとバイオサイバネティックス研究会、5月26・27日、富山
25. 中島一樹、田村俊世、介護用モニターの現状と将来、日本老年医学会学術集会、6月15・17日、仙台市
26. Kuno H., Yoshimura T., Goto J. and Tamura T., Development of an exercise-therapy evaluation system for the elderly, The XIII Congress of International Society of Electrophysiology and Kinesiology, June 25-28, Sapporo, Japan
27. 関根正樹、阿部芳幸、福井康裕、関本満義、東祐二、藤元登四郎、田村俊世、加速度センサを用いた脳卒中片麻痺患者の歩行評価、日本リハビリテーション医学会学術集会、6月22・24日、東京
28. 田村俊世、中島一樹、南部雅幸、久野弘明、一関紀子、褥瘡予防と治療のための体圧分布評価、平成12年度看護部院内教育 老人看護専門コース褥瘡研修、6月8日、国立中部病院包括病棟、大府市
29. 中島一樹、松本佳昭、南部雅幸、田村俊世、リアルタイムオブティカルフロー検出によるベッド上での呼吸・体動評価、電子情報通信学会医用画像研究会、7月10日、東京
30. 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, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
31. Tamura T, Yoshimura T, Horiuchi F, Higashi Y, Fujimoto T, An Ambulatory Fall Monitor for the Elderly, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
32. Sekine M, Tamura T, Fujimoto T, Fukui Y, Classification of Walking Pattern Using Acceleration Waveform in Elderly People, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
33. Sekine M, Abe Y, Sekimoto M, Higashi Y, Fujimoto T, Tamura T, Fukui Y, Assessment of Gait Parameter in Hemiplegic Patients by Accelerometry, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
34. Kobayashi M, Kaburagi M, Sekimoto M, Shimabukuro K, Horiuchi F, Higashi Y, Sekine M, Fujimoto T, Tamura T, Quantitative Assessment of Rolling Pattern For Hemiplegic Patients, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
35. Kaburagi M, Fukunaga N, Yoshida T, Yasuda T, Higashi Y, Fujimoto T, Tamura T, Evaluation of Rehabilitation Effect with a

- Three-Dimensional Angle Sensor, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
36. Higashi Y, Yasuda T, Yoshida T, Nakamura K, Fujimoto T, Kaburagi M, Sekine M, Tamura T, Physical Activity in Dementia of Alzheimer Type, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
37. Kaburagi M, Hanaoka K, Horiuchi F, Higashi Y, Sekine M, Fujimoto T, Tamura T, Assessment of Special Motion During Standing in Hemiplegic Patients, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
38. Nakajima K, Matsumoto Y, Tamura T, A Monitor for Posture Changes and Respiration in Bed Using Real Time Image Sequence Analysis, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July 23-28, Chicago, USA
39. 関根正樹、阿部芳幸、関本満義、藤元登四郎、田村俊世、戸川達男、福井康裕、下肢加速度波形による片麻痺患者の歩行評価、第16回ライフサポート学会大会、8月24・25日、徳島市
40. 福永誠司、角屋利恵子、堀内郁孝、東祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世、脳卒中片麻痺患者の歩行時の転倒について、第16回ライフサポート学会大会、8月24・25日、徳島市
41. 阿部芳幸、関根正樹、関本満義、東祐二、藤元登四郎、田村俊世、戸川達男、福井康裕、3軸加速度センサを用いた片麻痺患者に対する歩行評価法の検討、第16回ライフサポート学会大会、8月24・25日、徳島市
42. 辻美和、安田大典、東祐二、藤元登四郎、関根正樹、田村俊世(老人支援機器開発部)、重度痴呆症ケースの行動評価、第16回ライフサポート学会大会、8月24・25日、徳島市
43. Tamura T, Kadoya R, Fukunaga S, Horiuchi F, Sekine M, Higashi Y and Fujimoto T, Prediction of falls during walking by accelerometry., IEEE-EMBS Asia-Pacific Conference on Biomedical Engineering, September 26-28, Hangzhou, China
44. Sekine M, Tamura T, Fujimoto T, Akay M and Fukui Y, Evaluation of walking pattern using acceleration signal., IEEE-EMBS Asia-Pacific Conference on Biomedical Engineering, September 26-28, Hangzhou, China
45. 田村俊世、福祉工学キーノートスピーチ、2000年精密工学会秋季大会学術講演会、10月7・9日、名古屋市
46. 南部雅幸、中島一樹、田村俊世、VRMLを用いた高齢者用行動評価システム、第15回生体・生理工学シンポジウム、10月13・15日、名古屋市
47. 南部雅幸、久野弘明、一関紀子、吉村拓巳、中島一樹、田村俊世、圧力感知フィルムを用いた画像処理による体圧集中評価、第15回生体・生理工学シンポジウム、10月13・15日、名古屋市
48. 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、10月13・15日、名古屋市
49. 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、10月13・15日、名古屋市
50. 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、10月13・15日、名古屋市
51. 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、10月13・15日、名古屋市
52. 南部雅幸、久野弘明、一関紀子、中島一樹、田村俊世、画像処理を用いた体圧分布評価、日本エム・イー学会秋期大会、10月25・26日、徳