

氏名(本籍)	堀川悦夫 (新潟県)
学位の種類	博士(情報科学)
学位記番号	学術(情) 第3号
学位授与年月日	平成12年2月10日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
最終学歴	昭和62年3月 愛知学院大学大学院文学研究科心理学専攻 博士前期課程
学位論文題目	可搬型身体運動計測システムの構築と高齢者歩行解析への応用
論文審査委員	(主査) 東北大学教授 塚原保夫 東北大学教授 三浦幸雄 東北大学教授 加藤孝義

論文内容要旨

1. 本研究の目的

我が国の人口構成が急速な勢いで高齢化する中で、高齢者の生活の質や人生の質(QOL)を維持し向上させていくことは高齢者個人においてのみならず、社会においても重要な問題である。特に重要な問題として寝たきりがあるが、その原因の中で、転倒により寝たきりになる比率を推計すると6.9%となる。寝たきり総人数の推計値から、転倒を防ぐことができれば、80,000人を越える高齢者の寝たきりを防ぐことができることになる。

高齢者の転倒の原因には、多くの要因が関与しているが、平衡感覚、姿勢の異常や歩行障害、視聴覚の障害や種々の疾患が挙げられる。多くの研究がなされているが、転倒の予測や予防法は未だ確立されていない。転倒の要因の一つである平衡機能の評価法においても、フォースプレートによる直立時の足圧中心動揺だけでは十分な評価とは言えない。

歩行を加えた平衡機能の総合的評価が求められるものの、設備や対象者の居住範囲などで多くの問題がある。このような状況において、歩行評価を行うシステムが小型軽量で持ち運びできれば、歩行評価の機会のない人々の居住環境まで出向いて測定することが可能

となり、易転倒性の評価や転倒の予防についてもより広範囲のデータを得ることができる。

本研究では、転倒要因解析と易転倒性の評価を将来目標とし、平衡機能の解析法とその問題点について分析を試みる。また、日常生活における姿勢変化を簡便に計測することを目標とし、測定場所を選ばない可搬型計測装置開発のための基礎研究と、その測定システムを応用して歩行時の姿勢変化を日常生活に近い条件で測定して本来の姿勢をとらえ、数量化する手法を得ることを目的としている。

2. 姿勢研究の現況と問題点

転倒のリスクとして平衡機能のが低下があるが、その評価方法として足圧中心計測による方法は簡便で全く非侵襲的な検査で高齢者においてもインストラクションさえ理解できる人にとっては簡単で且つ殆ど苦痛のない検査といえる。

しかしながら測定に伴う誤差、足位、教示及びその理解度などの問題もある。特に易転倒性評価指標としての有効性の検討を行った結果、明確な結果が得られておらず足圧中心動揺によって転倒を説明できないことは、平衡機能についてのより総合的な評価が必要であることを意味していると考えられる

より日常的な場面での歩行評価が必要と考えられ、歩行評価手法の検討を行ったが、方法自体の問題に加えてコストの問題なども多く、新たな観点から歩行評価システムを構築することが必要と考えられた。

3. 可搬型身体運動測定システムの構築と評価

測定方法として、身体運動の自由度が大きいこと、運動に影響を与えないこと、被験者の負担や不快感が少ないもの、測定後の後処理の必要ができるだけ少ないものがのぞましく、その観点から以下のようなシステム構築の基本方針を立てた

- 1) ヒトの身体部位のrolling、pitching、yawing運動の計測する
- 2) 頭、上体、腰を測定の対象とする

- 3) 小型センサを身体に直接的に装着して測定する
- 4) 無拘束測定は記録システムを移動型とすることで対応する
- 5) 臨床現場での測定を可能にするため可搬型システムを構築する

3.1 センサの試験測定と比較検討

センサ特性評価用傾斜装置の制作や水平加速度発生システムの構築を行ったあと、センサの試験測定を行った。それらは、①Rolling, Pitching運動用として光ポテンショ方式傾斜センサ、1軸型傾斜センサ、2軸型傾斜センサ、②Yawing運動用としてフラックスゲート型磁気方位センサ、ホール素子磁気方位センサ、③ジャイロセンサとして圧電振動ジャイロセンサ、④3次元半導体加速度センサ、⑤サーチコイル式3次元角速度位置計測システム、⑥ハイブリッド型センサなどであった。その中で、ハイブリッド型センサによる測定が最も適しているものであった

3.2 測定システムの試作

測定したセンサを使用し、身体運動無拘束測定システムを構築し、多チャンネル化、ヒトへの装着方法の検討、実際の歩行場面で試験測定を行い、性能を評価することが行われた。また信号処理の技法によりデータ解析法が検討された

4. 歩行時の身体運動特性－高齢者群と青年群との比較

対象者は高齢者群23名、学生群12名であった。廊下の10m区間に歩行路を設定し①通常歩行②速足歩行③障害物左右連続回避歩行④障害物上の直線的回避歩行の4条件で構築したシステムを用い測定を行った。

歩行時間計測結果では高齢者群は学生群に比較し歩行の4条件全てにおいて歩行速度が遅かった。しかしながら高齢者学生群ともに、通常歩行との比較において、速歩条件、障害物左右回避条件、障害物跨上条件との変化の仕方は同様の傾向を示していた。障害物回避の2条件においては差が見られなかった。

身体運動の安定度の測定結果によれば、高齢者群は健常学生群に比して歩行時の運動の安定度は少ない値を示していた。健常学生群は歩行速度においてもより速く、高齢者群よりもいわば元気に歩いているといえる歩き方である。これに対し平均角速度の算出結果をみると、通常歩行、頭部Pitching運動において高齢者群の平均角速度は高い値を示している。その傾向は障害物左右回避条件で顕著となっている。

最大角速度では平均角速度で見られた傾向は、最大角速度においても見ることができる。特に障害物左右回避条件の頭部Pitching運動、上体のYawing運動などにその例を見ることができる。

障害物回避条件下での姿勢変化では、左右回避条件において高齢者群と健常学生群において相違が見られた。身体各部位の運動において健常学生群よりも小さな値を示していた高齢者群が、平均角速度や最大角速度において大きな値を示しているということを考察するといくつかの可能性が考えられる。

高齢者の方が角速度が速い、つまり急激な運動を生じているのに運動範囲は小さいと言うことは、急激な運動で構成されていることを示唆するものと思われる。言い換えれば高齢者の身体運動制御が滑らかさを欠いていることの現れであろう。この今回のデータで得られた高齢者群と健常学生群の相違点は高齢者の易転倒を説明する一つの要因となる。

5. 結論

従来の姿勢研究の成果から、直立時と歩行時の姿勢変化について概観し、直立姿勢のみならず歩行を加えた総合的な検討が必要であること、より日常的な場面での姿勢測定が必要であることの2点に着目した。

これらの点から、測定場所や被験者の行動を限定せずに姿勢測定を可能とするシステムが必要となり、可搬型で無拘束計測可能なシステム構築を目指した。

① 測定用センサの選定のための試験測定を行い、その結果をもとにハイブリッド型ジ

gyro sensor used in the measurement system was tested, and it was confirmed that the measurement was effective at the location where the measurement was performed.

② The system was tested using the system for the elderly during walking. The posture change of the head, upper body, and waist movement was measured, and the effectiveness of the system was confirmed. At the same time, it was found that the regularity of walking in the elderly is low, and the angular velocity shows a large value, such as the characteristic of being easily overturned. It was found that it is possible to find such characteristics, and the possibility of being used as an indicator is suggested.

The actual measurement scene of the system has the following advantages: 1) The device and body are connected by a cord, so it is not restricted by the measurement. In other words, 2) The angle change of the wearing part is measured directly, so the error in the calculation is not systematic. 3) It is small and lightweight, so it can be measured with little labor. 4) The minimum floor area is also added to the walking path. 5) The correction measurement is basically once a day.

6) The measurement of walking speed and step length is possible from the 3D angle measurement results of the body.

The current system has the following disadvantages: 1) When measuring yawing, drift occurs. 2) It takes about 15 minutes to reset and measure. 3) The measurement of 3 parts requires a total of 9 channels. The measurement channels are not sufficient for the measurement of the movement of the knee and ankle, which are directly related to walking. 4) It is necessary to use a battery for a long time. 5) The measurement is performed by one person and the measurement target is one person. The measurement target may lose balance and fall during the measurement. Therefore, it is necessary to be able to support the measurement target when the risk of falling is high.

The future topics are: 1) Check the measurement part, 2) Check the drift suppression method, 3) Increase the measurement channels and measurement parts, 4) Reduce power consumption, 5) Further miniaturization and lightweighting, etc.

Currently, a 4-channel sensor system with high sampling rate and high maximum angular velocity is being constructed. In the future, it is expected that the measurement can be performed by the measurement target wearing the device on the back or the body, and the measurement can be performed in a step or up and down, and the measurement of walking for a long time is possible. In addition, it is expected that the measurement can be performed with both hands during the fall.

論文審査の結果の要旨

高齢者の転倒による、怪我、骨折は、長期入院を引き起こしやすく、寝たきり老人の原因の理由の一つとなっている（発症率：脳卒中の約1/4）。その予防、対策のための、高齢者の姿勢制御に関する基礎的研究は十分とは言えない。本研究では高齢者の転倒を予測することを最終の目的として、新しく開発した身体運動計測システムの評価とそれをを用いての成果をまとめたものであり、全編6章よりなる。

第1章は序論である。本研究の目的と、論文の構成について述べている。

第2章は姿勢研究の現況を概観し、現在広く用いられている計測方法の有用性、限界について論じている。さらに、可搬型計測システムの必要性を強調し、システム構成の基本方針について述べている。

第3章は可搬型身体運動計測システムの試作と評価である。各種センサーの評価の後、圧電振動型ジャイロセンサーと加速度センサーを組み合わせた装置を開発し、その可能性を検討した。さらに、歩行時の身体運動解析手順について検討している。この装置は医療現場で使用可能であり、運動性疾患の特徴づけや、転倒予測の基礎データ獲得に大きな可能性を持っている。

第4章は結果である。頭部、上体、腰部の3ヶ所にセンサーを装着しそれぞれ左右傾斜運動、上下傾斜運動、水平回旋運動について計測した。健常若年者群、65歳以上健常者群、各種運動疾患患者について解析を行った。健常者群間には、通常の任意歩行時には予測したほどの差は見られなかったが、簡単なタスクを与えると頭部運動に有意差が見られるようになり、適切な負荷により、特徴が浮き彫りにされる可能性が示唆された。これは重要な結果である。運動性疾患の患者は症例数が少なく一般化は出来なかったが、大きな変動を示す計測値があり、研究の持続が望まれる。若年、高齢者、運動性疾患患者について、多変数を同時に計測した初めてのものであり高く評価される。

第5章は考察である。本システムの実用性、計測における問題点、利点、欠点について検討し、有用性と、現在進行している改良点について述べている。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、高齢者の転倒を予測することを最終の目的とし、装置の試作とその有用性について述べたものであり、臨床医学と生体情報学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（学術）の学位論文として合格と認める。