

距離画像センサを用いた重心動揺解析

Body Sway Analysis Using The 3D Camera

○秋元 俊成(日工大) 根岸 智哉(日工大)

Toshinari AKIMOTO, Nippon Institute of Technology

Tomoya NEGISHI, Nippon Institute of Technology

Abstract: In this paper, we present a method for measurement of body sway using the 3D camera. The results were validated with a stabilometer G-5500 (Anima Corp., Tokyo, Japan). Experiments were conducted in which subjects stand on the stabilometer with both eyes open and eyes-closed conditions.

Through the experiment, the stabilometer recorded the position of the center of pressure, and 3D camera measured neck position. Good agreement was found with our system compared to the stabilometer results. The development of this technology provides potential capability of measuring body sway in daily living environment for elderly people, and can be used as part of a balance, stability and fall risk assessment tool.

Key Words: Body Sway, 3D Camera, Kinect, Fall Risk, Elderly People

1. はじめに

現在の日本は、全人口に占める高齢者（65歳以上）の割合（高齢化率）が26.7%（2015年10月1日時点）まで上がり、2060年には高齢化率は39.9%にまで達すると言われている⁽¹⁾。高齢者にとって、転倒は骨折を引き起こし要介護状態になる原因の1つである。また、2014年のデータでは、転倒転落による死者数（7,454人）が交通事故による死者数（5,626人）を上回る等、転倒の予防は社会問題になってきている⁽²⁾。

転倒の原因は歩行障害、バランス障害や筋力低下が主原因とされており、その為、転倒予防に関する運動教室が市町村の取り組みとして開催されている。これらのトレーニングは主に、筋力向上を目的としたものが多いが、歩行時のバランス維持能力には、筋力以外にも多くの能力が関係しており、筋力評価だけでは歩行能力の評価を行う事が出来ず、転倒予防に関するトレーニングの効果を定量的に評価する事は困難である。

バランス維持能力の評価指標として、重心動揺検査がある。この検査は、フォースプレートと呼ばれる板の上に立ち、フォースプレートにかかる荷重の中心位置の変動を計測する事で、重心位置の変動を計測しその安定性を指標としてバランス維持能力を推定するものである。

この手法は、古くから利用されている事もあり、臨床データも十分にあり、高齢化によるバランス能力の低下だけでなく様々な病状の推定にも利用されている。

しかし、フォースプレートによる重心動揺解析手法は、静止立位での計測を想定しているため、歩行時のバランス維持能力や運動能力の評価指標としては不十分な点がある。

歩行時のバランス評価を行うためのシステムとして、トレッドミルの内部にフォースプレートを埋め込んだ装置等もあるが、装置が大掛かりである為、容易に計測できない。

本研究では、上記の内容をふまえ、以下の項目を目的として装置の開発を行った。

- ・簡易的にバランス維持能力が評価できる事
- ・外部刺激を加えた際のバランス維持能力が評価できる事
- ・運動時のバランス維持能力が評価できる事

本報では、その基礎段階として開発したシステムで静止立位での重心動揺を計測し、評価検証を行ったので報告する。

2. 計測システム

本研究では、距離画像センサ（Microsoft社製：Kinect V2）を利用して重心動揺計測システムの開発を行った（図1）。

システムの構成は距離画像センサとPCのみの非常に単純な構成にした。

ソフトウェアの開発はMicrosoft社製のVisual studio 2013上においてC++言語を用いて開発を行った。

距離画像センサからのデータ読み込みにはKinect V2用の専用ライブラリKinect for Windows SDK 2.0を利用し、距離画像のデータ処理にはオープンソースのコンピューター・ビジョン・ライブラリOpenCVを利用した。

画像処理の主な流れは以下の通りである。

- 1, 距離画像の取り込み
- 2, 画像中心点の距離を抽出し、中心点に対し、任意の範囲の距離（±100mm）の画素を選び、それ以外の範囲を背景として除去
- 3, 背景除去した画像をラベリング処理し、最大面積になる部分を抽出
- 4, 画像上の各高さにおける抽出結果の画素数を計測し最大の幅を検出
- 5, 画像上の上から各高さにおける幅と最大幅を比較し任意の割合（60%）になった点を頸部の高さとする。
- 6, 頸部の高さで抽出画素の左右中心を頸部の点とし、画像上のXYと距離から実世界でのXYZに変換
- 7, 頸部のXYZのデータをファイルに保存。
- 8, 1に戻って繰り返す。

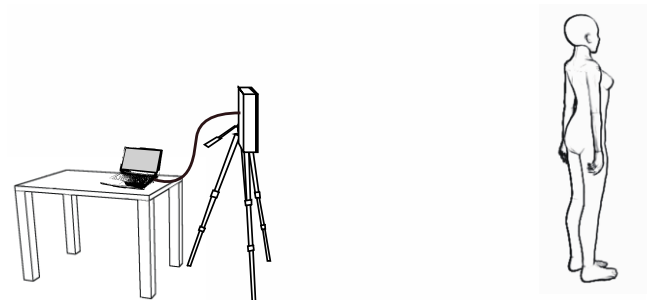


Fig. 1 Configuration of the measurement system

3. 実験方法

開発したシステムの評価実験として、既存のフォースプレートを用いた重心動揺計測システム（アニマ株式会社，G-5500）との比較を行った。

今回の実験では、静止立位を対象として、開発したシステムとフォースプレートによる計測を同時に行った(図2)。

実験では、著者（身長 178cm，体重 73kg）を被験者として、開眼状態で60秒，閉眼状態で60秒の計測を10回繰り返し行った。

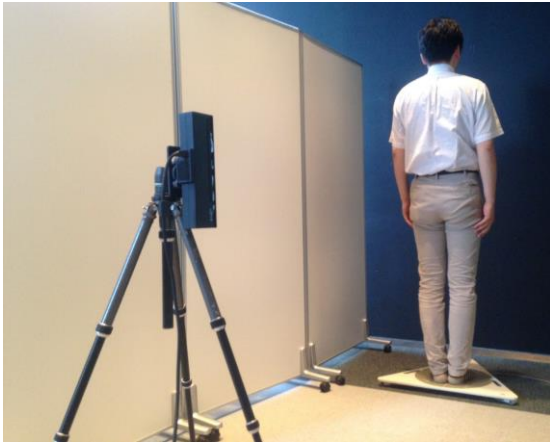
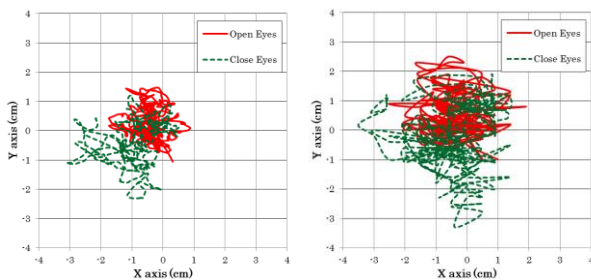


Fig.2 Experimental environment

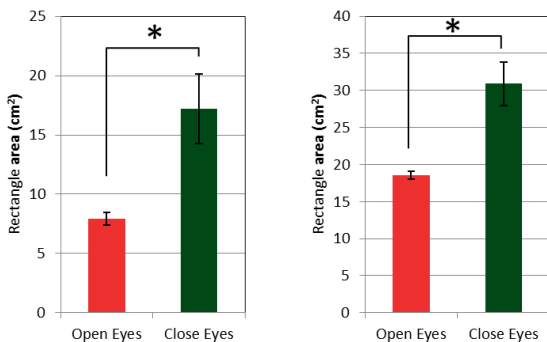
4. 結果

実験を行った結果，開眼時および閉眼時における60秒間の重心位置の変化をXYグラフにしたものの一例を図3に示した。また，XYグラフにした際のXの最大幅×Yの最大幅で求めた矩形面積を開眼と閉眼でそれぞれまとめたものを図4に示した。



(Left:G-5500, Right: developed system)

Fig.3 An Example of Experimental Results



n = 10; *: p < 0.05; mean ± SE

(Left:G-5500, Right: developed system)

Fig.4 Calculation results of the Rectangle area

開眼，閉眼10回のデータで有意差検定を行った結果，従来の重心動揺計測システムと同様に開発したシステムでも閉眼時の振動が大きくなる傾向が確認できた。

開発したシステムは画像処理に比較的時間がかかってしまい，計測データは1秒間に10点程度になってしまった。

5. 考察

今回の実験結果から，XYグラフを見ると重心の経路は2つのシステムで全く同じにはならなかった。ただし，その軌跡の傾向としては比較的同様の動きをしたことから，重心動揺解析システムとして利用できる可能性を示すことができたと考える。

XYグラフの振幅を見ても，開発したシステムの計測結果の方が大きい変化を示している。これは，重心高さが身長に対して55%程度の位置に存在している事によると考える。今回計測している頸部は重心高さに対して上の方に位置している為，変動としては大きく計測されたものと考ええる。身長データを基に重心位置を推定する事が出来ればもう少し従来の計測結果に近い値を求める事も可能になると考える。

計測結果を解析する観点からすると，大きく変化している物を計測する方が詳細に変化を計測できる可能性は高い。

バランス維持機能の評価の観点からすると，重心位置の維持よりも頭部の位置を維持する事が直接的に評価できる部分もある為，頭部の位置が計測できる本手法は有効であるように考える。

矩形面積を求めた結果でも，比較的同様の傾向を確認する事が出来た。軌跡と同様に重心高さの違いから，頸部のデータを基にした結果の方が大きい値になってしまっているが，閉眼時に動揺が広がる傾向をつかむことが可能であった。

今回のシステムでは，距離画像センサの前に立つだけで重心動揺解析を行う事が出来るシステムの為，比較的容易にバランス維持能力が評価できるシステムを開発する事が出来た。これにより，高齢者の日常生活において重心動揺を計測する事が可能であり，高齢者の転倒予防のための評価ツールとして利用する事が出来ると考える。

距離画像センサを用いる事で重心動揺以外の項目も測定する事が可能であり，より多くの項目を計測可能にすることが今後の課題である。

運動時の計測や外部刺激を与えた時の計測も可能なシステムとなっているため，今後，運動時等の計測における評価も行う必要がある。

6. おわりに

本研究では，距離画像センサを用いた重心動揺解析システムを開発し，評価実験を行った。従来の重心動揺計と静止立位での比較実験を行った結果，比較的同様の結果を得ることができた。本計測手法は運動時や刺激時の計測にも対応可能である事から，今後はそれらについても評価を行っていく予定である。

参考文献

- (1) 内閣府，平成28年版高齢社会白書，平成27年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況，内閣府ホームページ。
- (2) 厚生労働省，平成26年人口動態統計，厚生労働省ホームページ。