

足底圧変化からみた人の姿勢制御特性

4 D - 1

宮崎 勲 松永 勝也 志堂寺 和則 伊藤 大輔

九州大学大学院システム情報科学研究科

1. はじめに

2 本足での直立は、ヒトの基本機能といえる。ヒトの立位姿勢の制御メカニズムは、平衡機能障害の発生機序の研究や、感覚系が姿勢制御に及ぼす影響に関する研究などによって、次第に明らかにされつつある。そしてその多くの研究での測度として、重心動揺が用いられてきている。

ヒトのからだを支える足(足首より下の部位)は、柔軟性と適度な硬さを併せ持ち、またヒト特有の特徴である足弓(土踏まず)を持っている。足のこのような特徴は、凹凸面の歩行や長時間の歩行・走行に関して、ヒトが他の動物より優れている大きな要因となっていると考えられる。身体動揺の際には、けい骨(足首)にかかる力の変化に対し、接地面である足裏内に重心点が来るように力を足内で分散し、身体の平衡を維持する。この姿勢制御に伴って、足裏の圧力分布は刻一刻と変化している¹⁾。

よって、重心動揺に加え、足底圧の変化を測定することで、更なる姿勢制御機能の解明につながることを期待されている。

今回、我々は圧・光変換方式による足底圧分布測定システムを構成し、姿勢維持に伴う足底圧分布の変化の測定・分析から、ヒトの姿勢制御特性について検討した。

2. 測定システム

2.1 ハードウェア

本システムの構成図を図1に示した。ヒトが上

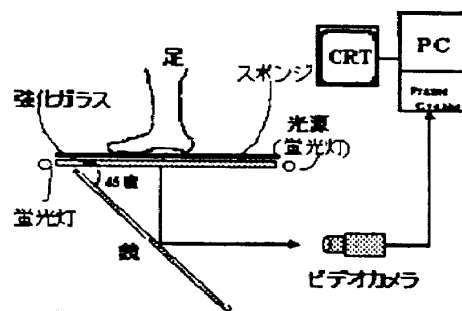


図1 足底圧分布測定システムの構成図

に立てるようにガラス板(690 mm×600 mm×15 mm)を水平に固定し、ガラス板の下にはガラス板を撮影できるようにビデオカメラを設置した。ガラス板の2辺には光源を配し、ガラス板の横から光を照射する。光はガラス板の中を全反射しながら伝播していく。しかし、ガラス板の上に空気より屈折率の大きい媒体が接すると、その接触面では臨界角が小さくなるため、光は媒体中に進入し乱反射をおこす。このためガラス板を下から見ると、接触面は乱反射により明るく光って見える。この乱反射をおこす光の量は、ガラス板と媒体の接触面積に比例するが、接触面積は(媒体が柔構造物質の場合: 現在、厚さ10 mmのスポンジを用いている)圧力に比例するので(柔構造媒体として)、最終的に乱反射した光量から圧力を知ることができる²⁾。乱反射してガラスの下に出てくる光をビデオカメラで撮影し、その画像の濃度値をパーソナルコンピュータで解析することで、足底圧分布を観測することができる。

2.2 ソフトウェア

ビデオカメラで撮影した画像をパーソナルコンピュータ(PC)で取り込み、解析を行う。プログラムはWindows95/NT (Microsoft社製) OS上で動作し、開発にはDelphi2.0 (Borland社製)を用い、GUIにより操作性を向上させている。撮影範囲(変更可能)36×27 cm²、検出点数 320×240 pixels で

The study on the control of standing posture from the analysis of foot pressure

Isao Miyazaki, Katsuya Matsunaga, Kazunori Shidoji, Daisuke Itoh

Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

ある。重心動揺測定では、x、y 方向それぞれ 1.125 mm の精度で測定が可能である。また、1 pixel 当りの濃度値を 256 段階で表現している。足底圧分布の表示及び重心動揺測定、画像データの保存においては 100 ミリ秒での実時間処理が可能である。

2. 3 圧・光変換特性

図 2 に柔構造物質が 10mm 厚スポンジの場合の圧・光変換特性を示した。この直線をもとに、ビデオカメラの輝度値から圧力を求めることができる。

3. 実験

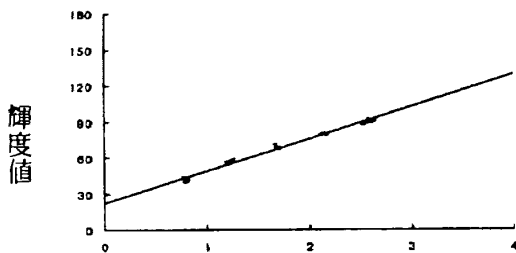


図 2 圧・光変換特性

3. 1 目的

ヒトが姿勢制御をする際の 足底圧変化を調べた。

3. 2 被験者

被験者は 17 歳から 25 歳の健康な学生 20 名とした。

3. 3 方法

積極的に姿勢制御を行う状況として、開眼片足支持時の足底圧分布変化を測定した。測定時間は 5 秒間とし、サンプリング間隔は 100 ミリ秒とした。

3. 4 データ処理

図 3 にデータ処理の流れを示した。各被験者毎に 5 秒間で 50 枚の圧力分布図が得られる。その 1 枚 1 枚から各測定点の圧力変化量を計算する。5 秒間の変化量の和を分布図としたものが足底圧変化分布図(図 4)である。図 4 において矢印で示した部分は姿勢維持中、圧力変化が大きかった点を示している。

4. 結果

立位姿勢を維持している間の圧力変化量が大きな部位は姿勢制御のためによく働いている部分であると考えられる。

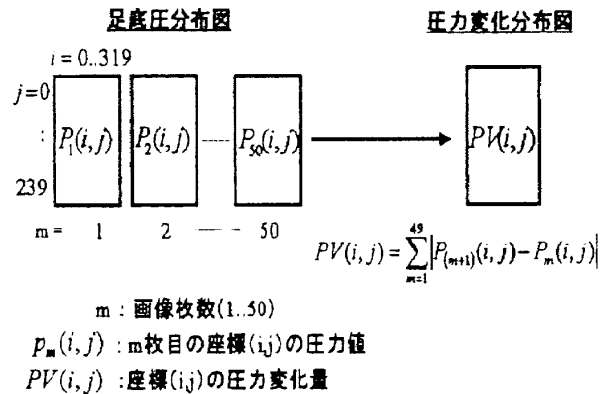


図 3 データ処理の流れ

足底圧分布変化を分析した結果、第 1 中足骨頭(母指付け根)または第 1 指節骨(親指)の圧変化量が最も大きく、これらの点が支点・支点となつて姿勢を制御していることが分かった。



図 4 足底圧変化分布図の例

また、これらの点の圧力の増減は、重心(荷重中心)の左右の動きと一致していた(図 5: 20 人平均 $r=0.84$)。

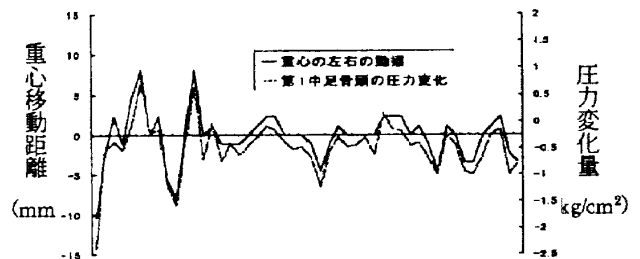


図 5 親指圧変化と重心動揺

5. まとめ

開発した圧・光変換方式による足底圧分布測定装置を用いて、身体動揺時の足底圧変化からヒトの姿勢制御に関わる足部の特性について分析をした。その結果、ヒトの姿勢制御における第 1 中足骨頭、第 1 指節骨、すなわち親指の働きの重要性が明らかとなった。

6. 参考文献

- 1) 野田雄二: 足の裏からみた体, 講談社, 1998
- 2) 松永勝也 他: 足底面における接触荷重分布測定装置の開発—ガラス板製の圧・光変換装置による—, 熊本大学教養部紀要 人文科学編 12: 1-8, 1977