

重心移動の可視化システムの開発と訓練への活用

大内 拓雄[†] 松田 浩一[†] 熊谷 悠太[†]

岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

高齢化に伴い、運動機能が衰弱化することで、平行機能が低下し、安定した姿勢を維持することが困難になる。安定した姿勢を維持するためには、バランス機能が重要である。バランス機能とは、重力下において身体重心を支持基底面に維持あるいは支持基底面に戻すことにより平衡を維持する能力[1]のことで、バランス機能が低下すると、体幹の安定性が悪くなり、日常生活動作が制限され、転倒のリスクを高まることから、バランス機能の維持・改善の重要性が高まっている。

バランス機能の評価は、理学療法士等が目で見えて評価することが多い。評価の説明は、訓練後に口頭で主観評価に基づいて説明されるため、患者は訓練の効果を実感することが難しい。そのため、訓練の効果を定量的に表現し、評価内容を患者が理解できるように説明することが求められている。

バランス機能の評価という観点では、身体動揺を取得する重心動揺計や足圧測定器等が用いられている。

曾賀野ら[2]は、安価な身体動揺解析手段の提供を目的として、任天堂社製バランス Wii ボードを用いて、体幹の安定性評価に関わる情報を計測できることを示した。

本研究では、従来扱われていない訓練中における状態のフィードバックに着目する。本稿では、体幹の安定性の評価に関わる重心移動に着目し、重心移動の可視化システムの開発を行い、床反力情報取得装置の訓練への活用とその効果の検証を行った。

2. 開発システム

以下、開発したシステムの機能について述べる。

2.1. COP による重心位置の可視化

一般的に用いられている床反力情報取得装置には、重心動揺計や足圧測定器等があるが、これらは

足圧中心 (Center of foot Pressure ; COP) の位置を計測し、評価に用いている。本研究では、COP の位置を重心位置とし、可視化を行った。

COP は、Wii バランスボードに内蔵された 4 つのフォースセンサから、4 点の荷重比率を計算することで求めることができ、Bluetooth により PC 上に継続的に COP の XY 座標が送信される。開発したシステムは、送信された COP の XY 座標を元に、重心位置を表示することができる。また、継続的に COP の XY 座標が送信されるため、重心位置の座標を常書き換えており、重心移動の様子をリアルタイムに表示することができる。

2.2. 移動範囲の計算と表示機能

重心移動の評価を行う指標として、移動範囲を表示する。本稿における移動範囲とは、重心移動の軌跡を全て含む凸包(Convex Hull)のことを指す。この凸包には、重心位置の座標情報である XY で指定される点を全て含めて求めている。

2.3. 重心移動の軌跡の色付け設定と表示機能

重心移動の軌跡は、重心位置の座標情報を元に、作成される線のことで、重心位置が移動した様子を捉えることができる。重心移動の軌跡は、重心位置をつなぐ線として同一の色で表示するのではなく、速度に対応した色付けを行うことで、データの理解を助けることとした。速度は、単位時間当たりの移動距離の平均値を用いた。

速度は、重心位置の座標情報を用いて求める。まず、重心位置の XY 座標の 2 点間距離を求める。求めた 2 点間の距離の値を単位時間ごとに平均値を求める。単位時間は、0.1 秒とし、0.1 秒ごとに重心の移動距離の平均値を求めた。求めた平均値を最大値が 1、最小値が 0 になるように正規化し、色付けの基準値とする。

正規化した値をカラーマップに当てはめ、軌跡の色付けを行う。図 1 に用いたカラーマップを示す。

A gravity center movement visualization system for balance function training

[†]Takuo Ouchi, Koichi Matsuda, Yuta Kumagai, Iwate Prefectural University

速度が速いと軌跡の色は緑色に色付けされ、遅くなるにつれて、黄色、オレンジ色、赤色と色付けが行われる。

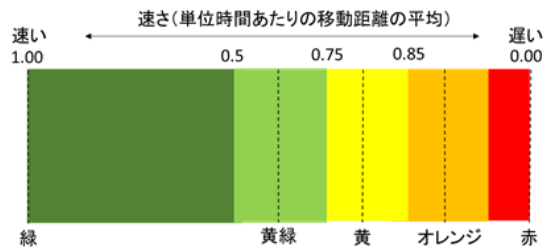


図 1：カラーマップの簡易図

以上のように、速度を段階的に色付けすることで、利用者のウィークポイントを可視化することができる。図 2 に機能を実装した画面の例を示す。

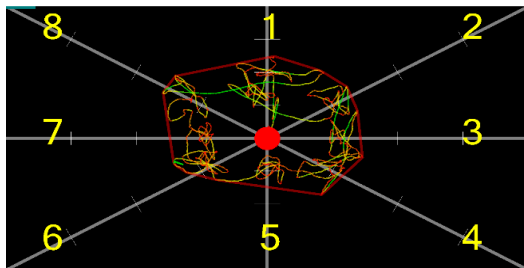


図 2：機能を実装した画面の例

3. 実験方法

システムの訓練への活用と効果の検証のために、実験を行った。実験方法として、通所リハビリの利用者 16 人（男女、要支援 1~2、要介護 1~3 混合）と理学療法士 2 人に、システムを用いた訓練を実施してもらい、利用者のデータの取得と、理学療法士によるシステムの評価を行った。

4. 結果

図 3, 4 に同一被験者の 1 回目と 4 回目の訓練結果を示す。図 3 の訓練 1 回目は、移動範囲が小さく、重心移動の軌跡が乱雑になっており、重心移動がうまく行えていないのがわかる。それに対して、図 4 の訓練 4 回目は、移動範囲が大きくなり、重心移動の軌跡の乱雑性が軽減され、重心位置が混在しなくなっており、利用者の成長を捉えることができた。訓練結果は一部しか示すことができないが、他の訓練結果でも、利用者の状態やリハビリによる変化を捉えることに成功した。

理学療法士へのアンケートから、システムを用いたことで、利用者の状態が分かり、訓練の方向性を決めることができ、また、訓練の前後に行うことで、

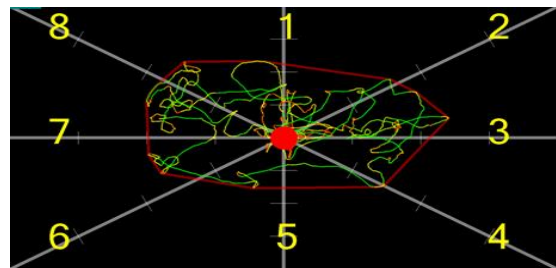


図 3：52 歳男性，要介護 2，訓練 1 回目

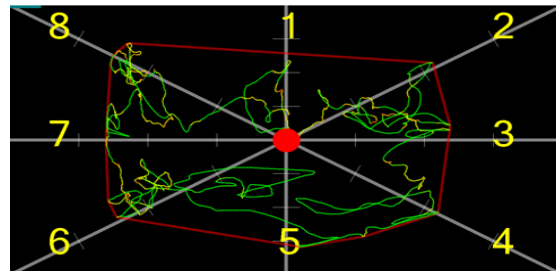


図 4：52 歳男性，要介護 2，訓練 4 回目

介入効果の確認を行うことができることから、訓練の効率化が行えたと評価していて、開発システムが訓練の効率化の一助になったことが示された。

5. おわりに

本稿では、体幹の安定性の評価に関わる重心移動に着目し、重心移動の可視化システムの開発を行い、訓練への活用とその効果の検証を行った。実験においては、訓練結果から利用者の重心移動の様子を可視化することで、利用者に現在の状態やリハビリによる変化を捉えることに成功し、開発システムが訓練の効率化の一助になったことが示された。

謝辞

実験に協力していただいた、盛岡医療生活協同組合川久保病院通所リハビリテーション理学療法士の大坂祐太氏に心から感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Nashncr LM. : Sensory, neuromuscular, and biochemical contributions to human balance. In Balance (ed by Dun · can PM). Proceedings of American Physical Therapy Association forum. APTA, Alexandria (VA), 1990 ; pp 5-12
- [2] 曾賀野 健一, 他: 運動器機能のリハビリ支援を目的とした安価な身体動揺解析技術, 岐阜県情報技術研究所研究報告 (15), 9-14, 2013, 岐阜県情報技術研究所