

K-047

## 加速度センサを用いた日常歩行における高齢者のバランス評価 Dynamic Balance Evaluation of Elderly Daily Walking with Acceleometers

埜口 良太<sup>†</sup>  
Ryota Noguchi

原田 史子<sup>†</sup>  
Fumiko Harada

島川 博光<sup>†</sup>  
Hiromitsu Shimakawa

### 1. はじめに

近年, 高齢化社会に突入し, 高齢者が健やかな老後生活を営む上で高齢者の運動機能に関する研究がますます重要となっている. 加齢により高齢者の体力の各要素は衰えるが, その中でもバランス能力の低下が著しい. バランス能力は歩行にも強く影響を及ぼす. 歩行は自立生活を営むうえで基盤となる動作であり, 高齢者にとっては重要な運動要素のひとつである. しかし, 加齢により筋力などの身体機能は低下するとされ, これらは日常生活を制限する一要因となりうる. また, 歩行障害の有無に関じこもりに関与するとの報告もあり, 高齢者の自立生活にはバランス能力が重要といえる.

本論文では, 加速度センサを用いて日常生活における歩行におけるバランス評価を可能にする手法を提案する. 本手法により, 日常生活の中でのバランス評価が可能となる. また, 健康なときのバランスと比較することにより, バランス能力低下の早期発見も可能となる.

### 2. 高齢者のバランス評価

#### 2.1 高齢者とバランス能力

近年, 高齢化や核家族の増加により高齢者のみの世帯が増加している. その中でも特に高齢者の1人暮らしが問題視されている. 高齢者は健康な自立生活をできるだけ続けることを望んでいるため, 高齢者の生活をサポートする研究が今後必要である. 健康な自立生活には日常生活における基盤動作である歩行が重要とされている.

高齢者は加齢により体力や筋力が低下するが, その中でもバランス能力の低下が著しい [1]. バランス能力は歩行に強く影響を与えるため, バランス能力が低下すれば, 生活全体の歩行量の低下につながる. また, 歩行量の低下は閉じこもりを引き起こすという報告もある [2]. そのため, 高齢者が健康な自立生活を続けるためには, バランス能力を維持することが必要であり, バランス能力の低下を早期発見することが重要である.

#### 2.2 バランス評価と問題点

バランス能力を把握するためにバランス評価があり, バランス評価は歩行能力の把握に有効である. バランス評価には, 立位状態のバランスを評価する静的バランス評価と, 歩行状態のバランスを評価する動的バランス評価からなり, 動的バランス評価は歩行能力や歩行特性を見出すことに有効である.

現在さまざまなバランス評価手法が提案されている. 重心動揺計などの計測機器を用いたものや指定した動作のパフォーマンスを評価するものがある. 前者として足底圧 [3] や重心動揺計 [4] を用いた手法がある. しかし, これらの計測機器は高価で携帯性の不便さが問題点に挙

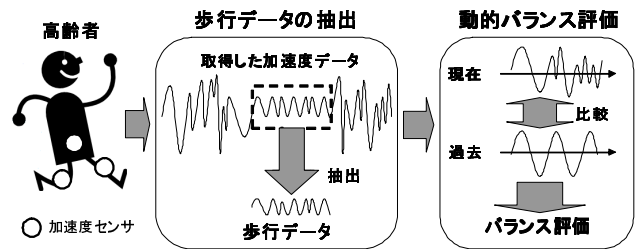


図1: 日常生活におけるバランス評価

げられる. また後者として Berg Balance Scale(BBS) がバランス評価手法として確立されている. BBSは高齢者のバランス能力の評価を目的に開発された機能的評価法であり, 「立ち上り」「片足立ち」などの日常生活と関連のある14の検査項目から構成されている. 各動作において安全性・時間・距離の要素から点数化し, その総合得点によりバランスを評価する. しかし, これらのほとんどの手法が臨床の現場での使用を想定しており, 日常生活での適用は困難である. 具体的には, 高齢者の状態を把握する計測機器の大きさやコスト, 医師などの試験官がそばで高齢者の様子を見ていなければならない. そのため, 日常生活を送っている1人暮らしの高齢者のバランスを評価するのは難しい.

### 3. 日常歩行に着目したバランス評価手法

#### 3.1 日常生活におけるバランス評価

本論文では, 日常生活の歩行からバランス評価をする手法を提案する. 本手法では, 高齢者は加速度センサを腰と両足に装着して生活することを想定する. 加速度センサにより, 高齢者の日常生活の加速度データを取得する. 加速度センサを用いる理由として, 動作の動きを取得するためには携帯性に優れており, 高齢者の負担が少ないからである. 加速度センサにより取得できる日常生活のデータはさまざまな動作を含んだデータである. 多様な動作を全部まとめてバランス評価するのは困難である. そのため, 歩行時のデータのみを抽出し, 評価する. 本論文では, この歩行時のデータを歩行データとする. 最後に抽出した歩行データを用いてバランスを評価する. 本手法では, 歩行時の動きの規則性に着目する. 過去の健康なときと規則性を比較することで, ふらつきや足腰の異常を見つけることができる.

本手法により, 加速度センサを装着し生活することで高齢者のバランス能力を評価することが可能となる. また, 規則性について過去と比較することにより, バランス能力の低下を早期発見することも可能となる.

<sup>†</sup>立命館大学 情報理工学部

<sup>‡</sup>立命館大学大学院 理工学研究科

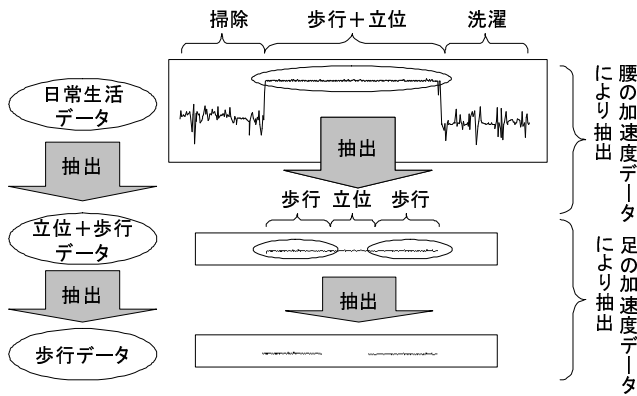


図2: 歩行データの抽出

### 3.2 歩行データの抽出

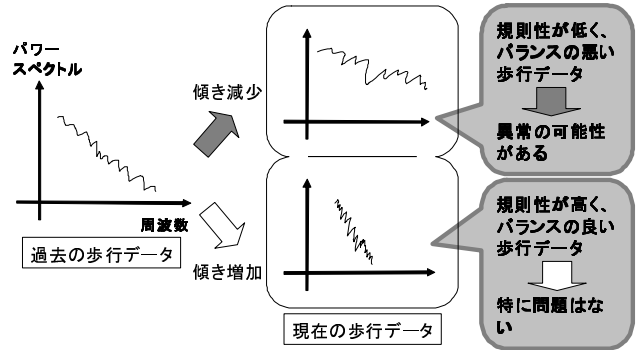
日常生活のデータはいろいろな動作からなり、それらの動作をまとめて、バランスを評価するのは困難である。そのため、動作の中からバランス評価に使用するデータを抽出する必要がある。本手法では、足や腰の加速度データを用いて歩行データを抽出する。

図2に歩行データの抽出手順について示す。図2に示されたグラフは過去に腰につけて実験を行ったさいのデータをグラフ化したものである。まず、腰の加速度センサにより得られた加速度データの値から、歩行や立位状態を抽出する。歩行や立位状態は何か作業をしているときと異なり、腰を屈んだりなどの体勢変化がなく、加速度変化が少ないため判別が可能である。次に、歩行と立位状態を判別するために足の加速度データを用いる。立位状態では、足はほとんど動かないため加速度変化が小さくなるのに対し、歩行状態では加速度が激しく変化する。これにより、歩行と立位状態の判別ができ、歩行データの抽出が可能となる。歩行データの抽出により、バランス評価に必要なデータの抽出が可能となり、日常生活におけるバランス評価が可能となる。

### 3.3 $1/f$ ゆらぎの用いたバランス評価

歩行は、同じ動きの繰り返しで構成される規則性のある周期運動である。そのため、バランスの悪化によるふらつきはテンポなどの規則性のズレとして表れる。本手法では、バランスを評価するために歩行データの規則性に着目する。この歩行データの規則性を定量化することで、バランスのとれた歩行であるかを判定する。本手法では、 $1/f$  ゆらぎを用いて歩行データの規則性を定量化する。人は歩くとき、一定のリズムで体が揺れており、この揺れは通常  $1/f$  ゆらぎの法則に当てはまる。しかし、加齢による衰えや怪我などにより、このリズムは崩れる。本手法では、 $1/f$  ゆらぎを用いて規則性の変化を発見し、バランスの評価をする。

本手法では、現在と過去の歩行データを比較し、 $1/f$  ゆらぎの傾きの変化からバランスの変化をみる。 $1/f$  ゆらぎには足の歩行データを用いて比較する。腰のデータで  $1/f$  ゆらぎの法則が当てはまったという報告もあるが、実際に我々の過去の実験データで試したところ、 $1/f$  ゆらぎの法則には当てはまらなかった。これは歩行テスト

図3:  $1/f$  ゆらぎを用いたバランス評価

のようにただまっすぐ歩いているときには、 $1/f$  ゆらぎに当てはまるが、日常生活中など、まっすぐ歩くとは限らない場合には、腰のように元々加速度変化の少ないデータではノイズの影響を強く受けるため、困難であると分かった。そのため本手法では、腰とは異なり、加速度変化がはっきりしている足の歩行データを使用する。

傾きが減少した場合は、歩行のテンポなどの規則性が低下したと判断できるため、高齢者に何か異常の可能性があると判定できる。また傾きが増加した場合は、特に問題ないと判定する。

### 4. 実現可能性

本手法では複数の加速度センサを用いるため、加速度センサの装着位置と個数が重要となる。装着個数については、高齢者が装着して日常生活をすることを想定しているため、少ない方が望まれる。しかし、少なすぎるとデータ量が少なくなるため、バランス評価の精度も低下すると考えられる。システム稼働を考慮すると、装着個数の検討が必要である。装着箇所については腰と足を考えている。しかし、足のどの箇所にも装着するのが適当であるのか検討が必要である。装着個数と箇所については今後実験を行い、決定する。

### 5. おわりに

本論文では、加速度センサを用いて日常生活でもバランス評価を可能とする手法を提案した。今後の課題として、センサの装着位置を実験によって決定し、システムを実装後、手法の有用性を評価する予定である。

### 参考文献

- [1] 丸山仁司：高齢者リハビリテーションの動向，理学療法科学，Vol.19，No.3，pp163-167，2004
- [2] Leiper CI, Craik RL: Relationships between physical activity and temporal-distance characteristics of walking in elderly women, Phys Ther, Vol.71, pp791-803, 1991
- [3] 井上裕美子, 大須賀美恵子, 橋本渉, 中泉文孝: 足底圧プレートを用いた高齢者のバランス機能と歩行の特徴の抽出, 生体医工学, Vol.46, No.1, pp.109-116 2008
- [4] 松田雅弘, 塩田琴美, 高梨晃, 野北好春, 川田教平, 宮島恵樹, 細田昌孝, 渡邊修: 腰部ベルト装着時の静的・動的立位バランスの特性, 理学療法科学, vol.24, No.4, pp.489-492, 2009