

# 第19回 創発システムシンポジウム

## 「創発夏の学校2013」

### 資料

期日：2013年8月31日～9月2日

会場：大阪アカデミア（大阪市住之江区南港北1-3-5）

主催：公益社団法人計測自動制御学会 システム・情報部門

共催：ロボット系若手研究者交流会『ヒューロビント (HUROBINT)』

協賛：東北大学加齢医学研究所

公益社団法人精密工学会

身体性認知科学と実世界応用に関する若手研究会 (ECSRA)

関西ロボット系若手研究者ネットワーク (関ロボ)

科学研究費補助金特別推進研究「神経ダイナミクスから社会的相互作用へ至る過程の理解と構築による構成的発達科学」

CREST「生物ロコモーションに学ぶ大自由度システム制御の新展開」

企画：システム・情報部門 自律分散システム部会, 知能工学部会, システム工学部会

## 歩行リズムの変動とゆらぎ特性による パーキンソン病患者の重症度の評価

○太田玲央<sup>1</sup> 内富寛隆<sup>1</sup> 小川健一朗<sup>1</sup> 織茂智之<sup>2</sup> 三宅美博<sup>1</sup> (1: 東京工業大学, 2: 関東中央病院)

### 1 研究背景と目的

人間の歩行リズムは個体としての特性のみではなく、他者を含む環境との相互作用を通して生成されることが考えられる。そこで我々はこのような仮説に基づいて、二者間の歩行リズムの相互同調を実現する歩行支援システム“WalkMate”を構築した<sup>1)</sup>。そしてこのシステムをパーキンソン病(PD)の歩行支援に適用し、有効性を示した<sup>2)</sup>。しかし、上記の仮説に基づき個体としての特性と環境との相互作用の両側面を考える上では、それぞれに対応する特徴量を組み合わせて歩行を評価することが重要と考えられる。そこで本研究では、先行研究を踏まえ、環境との相互作用が歩行周期ゆらぎの長時間相関に反映されること、個体としての特性が歩行周期ゆらぎの大きさに反映されることを仮定した。そして、PD患者の歩行リズムの生成ダイナミクスを、個体としての特性と環境との相互作用の二つの観点から評価することを目的とした。

### 2 方法

ここでは歩行周期ゆらぎの長時間相関とゆらぎの大きさの両指標を組み合わせてPD患者の重症度と対応づけることで仮説を検証することをめざした。被験者は45名のPD患者(70.1±7.9歳)と35名の健常者(46.8±23.3歳)で、200mの平地歩行時の歩行周期を計測した。ゆらぎの大きさは変動係数(CV)で<sup>3)</sup>、ゆらぎの長時間相関はトレンド除去ゆらぎ分析(DFA)で評価した<sup>4)</sup>。DFAによって得られるPD患者の歩行周期ゆらぎのスケーリング指数 $\alpha$ の値は健常者より低く、長時間相関が弱いといわれている<sup>5)</sup>。CVと $\alpha$ を組み合わせ、PD患者の重症度と対応づけるためにフィッシャーの判別分析を用い<sup>6)</sup>、一つ抜き交差確認法で、判別率を求めた<sup>6)</sup>。また、判別関数の傾きから各指標の影響を比較した。特にHoehn-Yahrの重症度分類(H&Y)<sup>7)</sup>の中程度(H&Y2.5, 11名)と姿勢反射障害の見られるやや重度(H&Y3-3.5, 15名)の差に注目した。

### 3 結果と考察

Fig. 1にCVと $\alpha$ による特徴空間上のPD患者と健常者の分布を示す。健常者は $CV < 2.5$ 、PD患者は $CV > 3$ に多く分布していた。PD患者と健常者の判別率は76%であった。CVの軸と2群間の境界線の角度が大きいため、CVがPDの有無と関係すると考えられる。このことから歩行周期ゆらぎの大きさが、歩行リズム生成の個体としての特性に関わることが示唆された。

Fig. 2に重症度がH&Y2.5とH&Y3-3.5の群の分布を示す。H&Y2.5の分布よりも姿勢反射障害の見られるH&Y3-3.5の分布は $\alpha < 0.8$ に集中していた。重症度間の判別率は73%であった。 $\alpha$ の軸と群間の境界線の角度が大きいため、姿勢と環境の両方の状態に関わる姿勢反射障害は $\alpha$ と関係すると考えられる。このことから歩行周期ゆらぎの長時間相関が、歩行リズム生成に

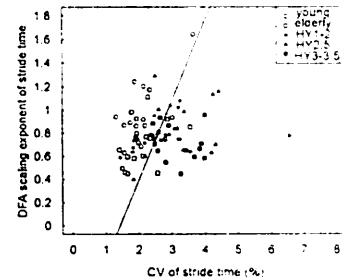


Fig. 1: 歩行周期のCVとスケーリング指数によるPD患者と健常者の判別。○ 健常若年者, □ 健常高齢者, ● H&Y1-2, ▲ H&Y2.5, ■ H&Y3-3.5. 実線は健常者とPD患者の境界線である。

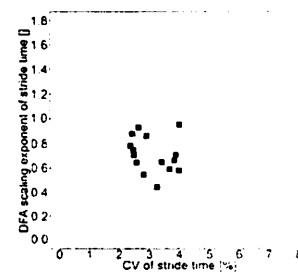


Fig. 2: 歩行周期のCVとスケーリング指数による重症度の分類(▲ H&Y2.5, ■ H&Y3-3.5). 破線はH&Y2.5とH&Y3-3.5を分類する境界線である。

おける環境との相互作用と関わることが示唆された。

以上より、人間の歩行リズムは個体としての特性だけでなく、他者を含む環境との相互作用を通して生成すると考える仮説が根拠づけられるとともに、そのような仮説に基づくPD歩行評価方法の妥当性も支持された。

### 参考文献

- 1) Miyake, Y: Interpersonal Synchronization of Body Motion and the Walk-Mate Walking Support Robot, *Robot IEEE Trans*, **25**, 638/644 (2009)
- 2) Hove, MJ, et al.: Interactive Rhythmic Auditory Stimulation Reinstates Natural 1/f timing in gait of Parkinson's Patients, *PLoS ONE*, **7**, e32600, 428/437 (2012)
- 3) Hausdorff, JM, et al.: Gait Variability and Basal Ganglia Disorders: Stride-to-Stride Variations of Gait Cycle Timing in Parkinson's Disease and Huntington's Disease, *Movement Disorders*, **13**-3, 428/437 (1998)
- 4) Peng, C-K, et al.: Mosaic organization of DNA nucleotides, *Physical Review E*, **49**-2, 1685/1689 (1994)
- 5) Hausdorff, JM: Gait Dynamics, Fractals and Falls: Finding Meaning in the Stride-to-stride Fluctuations of Human Walking, *Human Movement Science*, **8**-1, 18/25 (2007)
- 6) Duda, R, et al.: Pattern Classification 2nd Ed., John Wiley & Sons (2001)
- 7) Hoehn, MM & Yahr, MD: Parkinsonism: Onset, Progression and Mortality, *Neurology*, **17**-5, 427/442 (1967)