

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	歩行リズムゆらぎに基づくパーキンソン病の評価プラットフォーム構築
Title(English)	Construction of Rhythm-Fluctuation-Based Evaluation Platform of Parkinson's Disease
著者(和文)	太田 玲央
Author(English)	Leo Ota
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10100号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:三宅 美博,中村 清彦,新田 克己,山村 雅幸,小野 功
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10100号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 知能システム科学 専攻  
Department of  
学生氏名： 太田 玲央  
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (理学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員 (主)： 三宅 美博 教授  
Academic Advisor(main)  
指導教員 (副)：  
Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

パーキンソン病(PD)は患者数が多い神経変性疾患であり、高齢者に好発であるため、高齢化の背景からその患者数の増大傾向が見込まれる。この疾患の主な症状は運動障がいである。その症状は、徐々に進行していくため、薬物を用いた継続的治療が必要となる。しかしながら、その治療によっても、進行を遅らせることは困難であるため、その運動症状の早期発見、継続的診断が必要となる。臨床的診断手法としては、問診と運動検査があり、その定量性が低い。また、精密診断を行う場合は、多くの調査項目と大規模な検査を必要とするため、継続的診断には不向きである。そこで、早期発見、および継続的診断を可能とすることが求められている。このような背景から本研究では、PD患者の軽度の症状を定量的かつ簡便な手法で評価するフレームワークの提案とそれに基づいたプラットフォームの構築を目的とする。方針としては、PDの運動障がいを歩行リズムゆらぎの側面から診断する。PDにはリズム生成障がいが存在し、歩行においても、すくみ、加速歩行などの臨床的症狀が報告されており、これらの症状は精度よく簡便に定量化することができる。

歩行リズムゆらぎを用いるPDの診断に関する研究は、2つの側面から進められている。1つ目は、静的指標としての変動係数  $CV$  である。この指標は歩行リズムの変動の大きさを評価する指標であり、PD患者ではその値が大きくなることが報告されている。2つ目は、ゆらぎの動的指標としてのスケーリング指数  $\alpha$  である。この指標は歩行リズムのゆらぎ特性を評価する指標で、健常若年者では1付近の値を示すが、PD患者では0.5に近い値を示しホワイトノイズ特性を示すと報告されている。これら2つの指標はこのように個別にPDの臨床的重症度との関係が調べられてきたが、症状の異なる側面を表していると考えられるため、両者をともに評価することでPD患者にみられる歩行リズム生成障がいの相補的な評価ができる可能性がある。 $CV$ は歩行時に生成される神経リズム活動の随意的生成機能の異常を捉えることができると考えられる。一方で、 $\alpha$ は動的に生成される歩行ダイナミクスの自動的生成機能の障がいを捉えることができると考えられる。したがって、歩行リズムゆらぎのこれら2つの指標を組み合わせることによってPDの軽度の症状を定量的に捉え、PDの臨床的重症

度を診断することを具体的方針とした。本研究では、2つの歩行実験を行った。

実験1では、歩行リズムを検出するためフットセンサを使用し、歩行リズムゆらぎの2つの指標とPDの臨床的重症度との関連を分析し、PDの臨床的重症度として広く用いられている改変Hoehn-Yahrの重症度分類(mH-Y)に基づいて、重症度を分類した。対照条件として健常高齢者と比較したところ、mH-Y 2以下のPD患者との間には、CVと $\alpha$ の双方において有意差が見られなかった。そこで、mH-Y 2以下のPD患者と健常高齢者をまとめると、CVにおいてmH-Y 2以下とmH-Y 2.5の間とmH-Y 2以下とmH-Y 3の間に有意差が確認された。また、 $\alpha$ においてmH-Y 2.5とmH-Y 3の間に有意差が見られた。したがって、2つの指標を組み合わせることで定量的に軽度の臨床的重症度を分類できると考えた。mH-Y 2以下とmH-Y 2.5以上の違いとしては、PDの代表的症状の姿勢反射障がいの有無に関わる。また、mH-Y 2.5とmH-Y 3の間の分類では、姿勢反射障がいのある中での重症度の軽重の分類を行うことと対応する。これら2段階の分類を行った結果、それぞれフィッシャーの線形判別分析で平均71.5%、サポートベクターマシンで平均75.5%の精度で分類ができ、指標を組み合わせた評価プラットフォームを用いると軽度の症状が見られるmH-Y 2.5の分布する領域が示された。また、先にCVが増大し、後に $\alpha$ が減少する傾向も見られ、神経と身体の相互作用が重症度進行に関与することが示唆された。

実験2では、2つの歩行リズムの指標に関する評価プラットフォームのPDの継続的評価への適用例として3種類の歩行訓練の評価を行った。それらはリズム音相互作用型歩行訓練と一定リズム音提示型歩行訓練とリズムを提示しない無音歩行訓練であった。無音歩行訓練では2つの指標の両方において効果が見られなかったが、リズム音を用いた2つの訓練ではCVにおいて効果が見られる傾向が見られた。一方で、 $\alpha$ に注目するとリズム音相互作用型歩行訓練と一定リズム提示型歩行訓練の間に有意差が確認された。以上よりそれぞれの訓練効果をそれぞれの指標の変化として評価することができ、訓練間の効果の違いも確認できた。

本研究では、歩行リズムからPDの臨床的重症度を診断する評価プラットフォームを構築した。ウェアラブルセンサ技術を活用することによって簡便に計測した歩行リズムの2つの指標から軽度の臨床的症状を定量評価することができ、歩行訓練効果の評価も行えたため、早期発見・継続的診断に役立つことが示された。さらにこれらの指標とリズム生成機序の関係を相互作用の観点から明らかにした。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 知能システム科学 専攻  
Department of  
学生氏名： 太田 玲央  
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (理学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員 (主)： 三宅 美博 教授  
Academic Advisor(main)  
指導教員 (副)：  
Academic Advisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)  
Thesis Summary (approx.300 English Words)

Parkinson's disease (PD) is one of the progressive disorders and PD patients do not completely recovered. Both of early diagnosis and continuous evaluation of PD are very important. The purpose of this study is to construct a quantitative and convenient evaluation platform of PD. We focused on gait analysis as a convenient quantitative analysis method. Stride interval was measured and the severity of PD was evaluated using 2 indicators of gait rhythm fluctuation. One is coefficient of variation  $CV$ , as a static indicator of fluctuation and the other is scaling exponent  $\alpha$ , as a dynamic indicator of fluctuation. This study was composed of 2 experiments. In experiment 1, rhythm-fluctuation-based evaluation platform of PD was constructed. Forty-five PD patients and 17 healthy elderly people walked 200 m. Two cases of discriminant function were calculated, based on a clinical indicator of PD, modified Hoehn-Yahr scale (mH-Y). Based on the data distribution of  $CV$  and  $\alpha$ , PD with mH-Y score of 2 or less is classified from PD with mH-Y score of 2.5 or more by mainly  $CV$ , and PD with mH-Y score of 2.5 is differentiated from PD with mH-Y score of 3 by mainly  $\alpha$ . Average accuracy of the 2 classification cases are 71.5% in Fisher's linear discriminant analysis, 75.5% in Support Vector Machine. Therefore, PD patients with mild symptom (mH-Y2.5) is quantitatively evaluated using the 2 indicators. In experiment 2, the evaluation platform was used to evaluate 3 types of gait training. The significant difference between 3 types of gait training on  $\alpha$  was confirmed. From these results, the mild symptom of PD is quantitatively evaluated and the severity change of PD patients is evaluated. These results suggest that rhythm-fluctuation-based evaluation platform of PD is useful for early diagnosis and for continuous evaluation of severity of PD. Therefore, gait rhythm generation disorders of PD is suggested to be related to clinical symptoms, such as physical disability.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。  
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。  
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).