

修士論文(要旨)  
2021年1月

健康指標としての指尖脈波の Largest Lyapunov Exponent の  
中・長期的な有用性についての検討

指導 鈴木平 教授

心理学研究科  
健康心理学専攻  
219J4052  
柴山 笑凜

Master's Thesis(Abstract)  
January 2021

Mid- or Long-term Usefulness of the Largest Lyapunov Exponent  
for Fingertip Pulse Wave as a Health Index

Eri Shibayama  
219J4052  
Master's Program in Health Psychology  
Graduate School of Psychology  
J. F. Oberlin University  
Thesis Supervisor: Taira Suzuki

## 目次

1.背景.....	1
1.1 超高齢社会における認知症の問題.....	1
1.2 自殺とうつ.....	1
1.3 客観的データの測定の必要性.....	2
1.4 カオス(Chaos).....	3
1.5 カオスを用いた研究.....	4
1.6 本研究の目的と意義.....	6
2.方法.....	7
2.1 実験協力者・実験期間・実験回数.....	7
2.2 実験場所.....	7
2.3 実験材料と分析の手順.....	7
2.4 手続き.....	7
2.5 倫理的配慮.....	8
3.結果.....	9
3.1 安静時における指尖脈波の LLE の検討.....	9
3.2 刺激時における指尖脈波の LLE の検討.....	10
4.考察.....	11
4.1 結果まとめ.....	11
4.2 中・長期的な指尖脈波の LLE の有効性について.....	11
4.3 簡便な指尖脈波の LLE の測定.....	11
4.4 まとめと今後の展望.....	12
謝辞.....	13

## 引用文献

## 1. 背景

現代の日本が抱える心身の健康の問題はいくつか存在し、その一つに認知症が挙げられる。軽度認知障害(MCI)と推計される人を含めると、65歳以上の4人に1人が認知症だといわれている(厚生労働省,2015)。MCIは重症まで進行していなければ治療が可能であることから、認知症患者の増加を抑制するためには、MCIの早期発見が重要となる(三島,2016)。日本が抱える問題として、自殺者の多さもあげられる。自殺者の多くは深刻なうつ状態が原因となっている場合が多く、うつ病は本人の自覚がないまま進行するケースもみられるため、早期発見、早期治療が、自殺を抑制するためにも必要だと考える。

認知症、うつ病などの早期発見や早期治療の重要性が高まってきているといえるが、自覚がないまま進行する可能性がある。そのため主観的な観察だけでは不十分であり、科学的な手法による客観的データの測定が必要であると考えられる(雄山,2012)。脳波の解析や画像診断など、高度な技術や知識を必要とする手法も存在するものの、心の詳細な変化は反映されず、時間やかかる費用などの問題から、日常的に測定するには困難な方法である。

以上の事から、病の早期発見や治療のために、日常的な健康状態の把握が必要と考えられる。本研究では非線形解析のひとつである、カオス解析におけるLargest Lyapunov Exponent(以下、LLEとする)に注目した。カオス解析とは、現象のカオス性を定量化する非線形解析であり、算出されるLLEは精神的に健康な生活を送る上で必要な心身の健康と関係する値であることがわかってきている。LLEが連続して低い状態が長く続く場合は、心身の健康状態は保てなくなる。鬱病や認知症の患者のアトラクタはゆらぎが少なく、LLEが低下することが分かっており、認知症が進むほどLLEは小さくなることが明らかとなっている(雄山,2012)。これまでも脈波のLLEは病態の把握などに応用されている。加えて、生体情報のひとつである指尖脈波は、指先にカフをはめると言った器具の手軽さや、1.2分程度から測定可能であると言った点から、非侵襲的で心身への負担が少ない。そのため、本研究では指尖脈波のLLEが病態の把握のみならず、日常的な心身の健康度の客観的指標として応用可能かということについて検討することとした。

## 2. 方法

### 2.1 実験協力者・実験期間

実験は2016年、2017年、および2020年の10月から12月の間の水曜日13時から、都内A大学の心理学実験室にて集団で行われた。

安静時のデータはA大学3年生の男女29名から、データの不備・不足があった学生4名を除いた、合計25名(男性6名、女性19名)を対象とした。

刺激時のデータは同じくA大学3年生の男女20名から、データの不備・不足があった学生5名を除いた合計15名(男性2名、女性13名)を対象とした。

### 2.2 実験場所

実験は、A大学の心理学実験室にて実施した。室温はエアコンなどで調節し、適温に保たれていた。刺激実験時に他人との会話を挟む場合、十分に相手の顔が見えるような明るさを保っていた。

## 2.3 実験材料と分析の手順

実験では、ノートPC((株)NEC社製, Versa Pro VD-9)に測定用のカフセンサーを接続し、Lyspect3.5((株)カオテック社製)を用いて指尖脈波の計測をした。収集した指尖脈波の時系列データは200Hz,180secであった。

## 2.4 手続き

### 2.4.1 安静時手続き

安静時指尖脈波の測定の際は、右手人差し指または中指に測定用のカフをはめ、「姿勢を測定中は姿勢と呼吸を楽にして、目は閉じたままにせず、自然にしてください」と教示したうえで、3分間、指尖脈波の計測を行った。

### 2.4.2 刺激時手続き

刺激提示時においては、下記の通りの実験を行い、その後安静時と同じように教示し、3分間指尖脈波を測定した。なお、刺激提示はそれぞれ別の日に行われた。

- ①呼吸法：吸気3秒の後、2秒息をとめ、15秒かけて吐く、合計20秒の呼吸法を3分間繰り返してもらった。
- ②黙想：目を閉じて自分の内的な感覚に注意を向けるように指示し、3分間継続させた。
- ③他学生との会話：隣同士で、話題などのテーマを与えず、フリートークを3分間してもらった。

## 3. 結果と考察

本研究では指尖脈波のLLEがどの程度安定した指標であるか、加えて、刺激提示時における指尖脈波のLLEの個人内の変動に、環境などからの影響がどの程度反映されるのかを検討することを目的としている。したがって、個人のLLEの平均値を用いるのではなく、集団でのLLEの変動の大きさを表現することを考え、LLEの平均値のSD値を分析の対象とした。

本研究の結果、安静時において、中・長期的なLLEの変動は、個人内の方が個人間より小さく、刺激提示時には、個人内の方が個人間より変動が大きい傾向にあった。この結果から、指尖脈波のLLEは一定の類似の環境条件下であれば、中・長期間においても個人内での変動は大きくはないことが示唆される。このことから、日常的にLLEを測定することにより、個人のLLEの平均やその幅を導き出し、異常な値が算出された場合や、LLEが高い、または低い状態が続く場合には、自覚していない心身のストレスや、病への気づきへつながるということが推察される。これまでも、脈波のLLEを用い、心身にかかわる疾患を持った患者の病態把握や、様々な疾患のもたらすLLEについて検討されている。しかし、本研究のような、生理データのLLEの中、長期的な変化の研究はあまり行われてきていない。うつ病や認知症などの早期発見が課題となる日本においては、病態の把握のみならず、日常的な心身の健康度を把握することが必要になってくる。

### 3.1 まとめと今後の展望

本研究の結果から、心身の健康度合いを指尖脈波のLLEを用いて把握し、異常な値が算出された際には、自身が主観的に気づくことができなかつた心身の不調に気づくなど、日常的な客観的な指標としての有効性がしめされた。指尖脈波のLLEによる刺激前後の変化の研究や、うつ病・認知症などの評価のみならず、日常生活の中で心身の健康の把握として活用できるよう、今後も研究を進めていく必要がある。

今後は、指尖脈波のLLEによる日常的な心身の健康の把握を目指し、指尖脈波のLLEと心理指標の関連性や、他客観的生理指標と組み合わせて考察するなど、さらなる実用化と生理データのLLEの中・長期的な変化の研究が求められる。

脚注：本研究の一部は日本心理学会第 84 回大会にて発表された。

引用文献

- American Psychiatric Association(2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental disorders(5th ed)*. Washington, D.C.:APA. (高橋三郎・大野裕(監訳)(2014). *DSM5精神疾患の診断・統計マニュアル* 医学書院).
- 合原 一幸(1997). *カオスの数理と技術 — カオス, そしてフラクタル, 複数形への序章 —* 放送大学教育振興会
- 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター (2010). *医療の俯瞰報告書 — 認知症(特にアルツハイマー型認知症)について —* 研究開発戦略センター.
- 今西 明・雄山 真弓(2008). 生理心理学における新たな解析手法の提案 — 生体信号のカオス解析 — *人文論究*, 58(3),23-42.
- 警察庁(2020). 令和元年中における自殺の状況.
- 厚生労働協会(2018). 国民衛生の動向 一般財団法人 厚生労働統計協会.
- 厚生労働省(2014). 自殺の統計:各年の状況  
[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi\\_kaigo/seikatsuhogo/jisatsu/jisatsu\\_year.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/seikatsuhogo/jisatsu/jisatsu_year.html)
- 厚生労働省(2015). 認知症施策推進総合戦略~認知症高齢者等にやさしい地域づくりに向けて~(新オレンジプラン) 厚生労働省.
- 三島 隆章(2016). スマートフォンを用いた軽度認知障害のスクリーニングについて — クラウドサーバーを利用する新たなシステムの導入 日本体育学会予稿集 ,67,pp29.
- 内閣府(2020). 令和2年度版高齢社会白書 日経印刷.
- 沼田 周助・伊賀 淳一・大森 哲郎(2016). 血液を用いたうつ病の生物学的指標の探索 *日本生物学的精神医学会誌* ,27(1)
- 岡 史紘・高橋 知央・皆月 昭則(2013). ハートレートモニター開発によるストレス診断支援の研究 情報処理学会第75回全国大会発表論文集 ,pp929-930.
- 雄山 真弓(2012). 心の免疫力を高める「ゆらぎ」の心理学 祥伝社.
- Oyama-Higa, M., Miao, T., Tanaka, K., & Cheng, H.(2007). Development of a Self-Check System for Mental Health using a Pulse Wave Mouse Proceedings of the Second International Conference on Software and Data Technologies, pp239-248.
- Petersen, RC., Smith, GE., Waring, SC., Ivnik, RJ., Tangalos, EG., & Kokman, E. (1999). Mild Cognitive Impairment—Clinical characterization and outcome. — *Arch Neurol*,56,303-308.
- 坂本真士(1998). 抑うつと自己注目の社会心理学 東京大学出版会.
- Sano, M., & Sawada, Y. (1985). Measurement of the Lyapunov spectrum from a chaotic time series. *Physical Review Letters*,55,pp1082-1085.
- Shibayama, E., & Suzuki, T. (in press). Chaotic Changes in Fingertip Pulse Waves during Autobiographical Memory Retrieval. *SCITEPRESS*.
- 総務省(2013). 平成25年版 情報通信白書.
- 鈴木 平(2016). 複雑系の方法論の可能性 — 非線形力学系から東洋的心理学へ — *理論心理学研究*, 18, 47-48.
- 田原 学(1995). 臨床におけるカオスの応用 *バイオメカニズム学会誌* ,19(2),pp105-116.

富本 秀和(2019). 認知症早期発見のためのバイオマーカー開発の状況 神経治療学,36(6),ppS110.

Tsuda, I., Tahara, T., & Iwanaga, H. (1992). Chaotic pulsation in human capillary vessels and its dependence on mental and physical conditions. *Journal of bifurcation and chaos*,2(02),pp313-324.

Yeragani, V. K., Rao, R., Tancer, M., & Uhde, T. (2004). Paroxetine decreases respiratory irregularity of linear and nonlinear measures of respiration in patients with panic disorder. *Neuropsychobiology*, 49(2), 53-57.