

修士論文（要旨）  
2020年1月

眼球運動の非線形解析による抑うつ状態推定可能性の検討

指導 鈴木 平 教授

心理学研究科  
健康心理学専攻  
218J4059  
吉田 翔悟

Master's Thesis(Abstract)  
January 2020

An Examination of Depression State Estimation by Nonlinear Analysis of Eye  
Movement

Shogo Yoshida  
218J4059  
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 うつ病について	1
1.2 その他の抑うつ症状について	3
1.3 生体信号の解析によるうつ病の評価	3
1.4 非線形解析について	3
1.5 眼球運動と抑うつの関連について	4
1.6 目的	6
2.予備調査	7
2.1 目的	7
2.2 方法	7
2.2.1 調査協力者・調査期間	7
2.2.2 質問紙の構成	7
2.2.3 調査手続きと倫理的配慮	7
2.3 結果	8
2.3.1 実験協力者の選出	8
3.本実験	9
3.1 目的	9
3.2 方法	9
3.2.1 実験協力者・実験期間	9
3.2.2 実験場所	9
3.2.3 実験材料	9
3.2.4 実験環境	11
3.2.5 実験手続きと倫理的配慮	12
3.2.6 データ分析	13
4.結果	14
4.1 記述統計量	14
4.2 抑うつの高低と刺激の種類による眼球運動の LLE の検討	14
4.3 状態抑うつの高低と刺激の種類による眼球運動の LLE の検討	16
4.4 抑うつの高低と刺激の種類による眼球運動の LLE の SD の検討	18
4.5 状態抑うつの高低と刺激の種類による眼球運動の LLE の SD の検討	19
5.考察	22
5.1 結果のまとめ	22
5.1.1 抑うつの高低による眼球運動の LLE の比較	22
5.1.2 状態抑うつの高低による眼球運動 LLE の比較	22
5.2 仮説の検討	22
5.2.1 仮説 1 について	22
5.2.2 仮説 2 について	23
5.3 まとめと課題	23

## 引用文献

資料 1

資料 2

# 1.背景

うつ病などの精神症状と眼球運動と間に関連性があることは、医学、精神生理学、生理心理学、心理生理学などで研究報告がなされている。うつ病患者の眼球運動は、追跡眼球運動、水平追跡眼球運動、円滑性追跡眼球運動およびサッケードにおいて異常がみられるという報告がされている(Lipton et al., 1980, Abel et al., 1991, Flechtner et al., 2002)ことや、外傷後ストレス障害の治療法として開発された EMDR(眼球運動による脱感作と再処理)によって気分障害の治療が可能であると示唆されている(有村他, 2000)ことは、うつと眼球運動の関連性について興味深い報告である。また、実際に Alghowinem et al. (2013)の研究によって、眼球運動からのうつ病のスクリーニングは行われているが、その精度は 75%であるため、万全とはいえない。眼球運動に対してあまり検討されていない解析手法を用いてうつとの関係を検討することで、知見の蓄積が必要とされるのではないだろうか。

そこで、本研究では非線形解析の一種であるカオス解析に着目した。今西他(2008)は生体信号に対してカオス解析を行うことにより、人間の生理・心理状態の推定が行うことが可能であるとしている。カオス解析は、データに内在するカオス強度を定量化することにより、データの状態を把握するものであり、カオス強度の指標は一般的に Largest Lyapunov Exponent(以下 LLE)を用いることが多い。眼球運動のカオス解析を行っている研究はまだ少ないが、例えば、Murata et al.(2015)は、視覚探索時の眼球運動の LLE は刺激の複雑性が上がるほど上昇すると報告している。また、眼球運動の非線形解析について、Hamidreza (2018)は外部刺激のフラクタル次元が生体信号のフラクタル次元に影響を与え、外部刺激のフラクタル次元が高いほど生体信号のフラクタル次元は高くなるとしている。

## 1.1 目的

以上から、本研究では眼球運動の時系列データのカオス解析を行い、眼球運動のカオス性と抑うつ間に関係があるのかどうか、また視覚刺激のフラクタル次元は抑うつおよび眼球運動のカオス性にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的とする。具体的には、異なるフラクタル次元を持つ視覚刺激 3 種類と無刺激の計 4 条件の眼球運動の時系列データに非線形解析を行い、カオス性の指標である LLE を算出し、抑うつ高低と刺激条件による 2 要因分散分析を行う。

Saime et al.(2015)の結果から、抑うつが高い人ほど生体信号の複雑性が高いということが示唆されていること、また、Hamidreza(2018)の結果から、刺激図版のフラクタル次元が高まるほど眼球運動の複雑性が高くなるということが示唆されていることから以下の仮説を立てる。

仮説 1:抑うつ高群と抑うつ低群では、抑うつ高群のほうが眼球運動の LLE が有意に高い。

仮説 2:刺激条件間では、フラクタル次元の高い刺激ほど眼球運動の LLE が有意に高い。

## 2.方法

### 2.1 実験期間

2019年10月16日から2019年12月5日の間に行われた。

### 2.2 実験協力者

学生約295名への調査からスクリーニングされた学生30名(抑うつ高群16名, 抑うつ低群12名, 抑うつ高低両方群2名)であった。

### 2.3 実験材料

・質問紙

使用する尺度

CES-D(島他, 1985)

J-DSC-R(長谷川他, 2010)

・実験用チェックシート(日本語版 POMS 短縮版(横山, 2010)より D 尺度を使用)

・Lyspect3.6.1((株)カオテック社製)を用いて眼球運動の LLE の算出を行った。

・Eyelink2((株)SR Reserch 社製)に付属の赤外線カメラと 16 mmレンズを接続して使用した。

・視覚刺激図版 3 種: ImageJ (Schneider et al., 2012)により作成した反復数が 1・2・4 のフラクタル次元が異なる 3 つの Sierpinski carpet を使用した。反復数 1 のフラクタル次元は 1.47, 反復数 2 のフラクタル次元は 1.64, 反復数 4 のフラクタル次元は 1.84 である。

無刺激図版 1 種: 白一色の画像を無刺激図版として使用した。

### 2.4 実験手続き

予備調査では, 学生 295 名に質問紙調査を行い, CES-D もしくは J-DSC-R の得点が平均値 +0.5SD の抑うつ高群から 16 名, 抑うつ低群の得点が平均値 -0.5SD の抑うつ低群から 12 名, の学生に実験協力を依頼する。

実験時, 眼球運動の測定は 4 刺激条件をそれぞれ 2 分間ずつ測定する。1 つの刺激の測定が終わったら 2 分間の休憩をはさみ, 刺激図版を入れ替えて同様の手順で眼球運動の測定を行うという手順で 4 条件分の眼球運動を測定する。刺激図版の提示の順序はランダム化する。

### 2.5 データの分析

測定されたデータに対して, Lyspect を使用し LLE を算出する。その後, 4 刺激条件間, および抑うつ高群と抑うつ低群間に有意な差が存在するかどうかを明らかにするため, 2 要因分散分析を行う。また, 実験参加者をチェックシートの得点から実験時の状態抑うつ高群と状態抑うつ低群に分け, 4 刺激条件感, および状態抑うつ高群と状態抑うつ低群間に有意な差が存在するかどうかを明らかにするため, 2 要因分散分析を行う。

## 3.結果と考察

眼球運動の LLE について, 抑うつの高低および刺激のフラクタル次元との関係性を検討した結果, 抑うつ低群と抑うつ高群では抑うつ高群の方が眼球運動の LLE が高いこと, 刺激のフラクタル次元間では一貫した結果が得られないということが明らかとなった。

抑うつ・状態抑うつ共に高群のほうが眼球運動の LLE が高かったことから, 本研究において立てた「仮説 1:抑うつ高群と抑うつ低群では, 抑うつ高群のほうが眼球運動の LLE が有意に高い。」

は支持された。

しかしながら、刺激の種類による差は一貫した結果が得られなかったため、本研究において立てた「仮説 2:刺激条件間では、フラクタル次元の高い刺激ほど眼球運動の LLE が有意に高い。」は支持されなかった。

### 3.1 まとめと展望

抑うつ的高低については感覚・知覚の敏感さとの関連性を考慮した研究をさらに進めていくこと、刺激のフラクタル次元については異なった環境での実験を行うことで知見を蓄積させ、考察の材料とすることが必要であると考え。さらに、実験協力者の数が少なかったため、適切なサンプルサイズを計算し統計解析の制度を向上させることも今後の課題として挙げられる。

また、本研究はあくまで抑うつ的高低を独立変数としているため、うつ病とは異なるということに注意しなくてはならない。うつ病患者の眼球運動についても検討を行う必要があるだろう。

これらの課題に取り組み研究を進めることによって、今後の眼球運動の LLE と心身状態の関係を明らかにし、将来的には抑うつ状態の推定のみならず、うつ病の治療や予防などに役立つ研究の足掛かりとなることが期待される。

## 引用文献

- Abel L.A., Friedman L., Jesberger J., Malki A., & Meltzer H.Y.(1991). Quantitative assessment of smooth pursuit gain and catch-up saccades in schizophrenia and affective disorders. *Biol Psychiatry*, 1;29(11), 1063-1072.
- Alghowinem S., Goecke R., Wagner M., Parker G., & Breakspear. (2013). EYE MOVEMENT ANALYSIS FOR DEPRESSION DETECTION Image Processing (ICIP), 2013 20th IEEE International Conference. 4220-4224.
- American Psychiatric Association(2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental disorders (5thed)*. Washington, D.C.:APA, pp.123-134, 155-169. (高橋 三郎・大野 裕(監訳) (2014). *DSM-5 精神疾患の診断・統計マニュアル* 医学書院)
- 有村達之・高瀬元治・早川 洋・久保千春(2000). 心理的外傷体験に EMDR を用いて改善した二例 *心身 8 医学*, 40 卷 supplement 号, p. 144.
- Aron EN., & Aron A.(1997). Sensory-processing sensitivity and its relation to introversion and emotionality. *Journal of Personality and Social Psychology*, 73, 345–368.
- 浅野裕俊・中込正樹・井出英人(2011). カオス解析を用いた快 - 不快情動の定量評価 Quantitive Evaluation of Pleasant and Unpleasant Emotions using Chaos Analysis. *電子情報通信学会技術研究報告*. MBE, ME とバイオサイバネティクス, 111(217), 51-55.
- Atsuo Murata & Tomoya Matsuura(2015). Nonlinear dynamical analysis of eye movement characteristics using attractor plot and first lyapunov exponent. *Human-Computer Interaction, Part II* , pp. 78-85.
- 藤田悦則・小倉由美・落合直輝・安田栄一・土居俊一・村田幸治・亀井 勉・上野義雪・金子成彦(2004). 指尖容積脈波を用いた領事館着座疲労の簡易評価法の開発 *人間工学*, 40 卷 5 号, 254-263.
- 藤田悦則・小倉由美・落合直輝・苗 鉄軍・清水俊行・亀井 勉・村田幸治・上野義雪・金子成彦(2005). 指尖脈波を用いた入眠予兆現象計測法の開発 *人間工学*, 41 卷 4 号, 203-212.
- Flehtner KM., Steinacher R., Sauer R., & Mackert A.(2002). Smooth pursuit eye movements of patients with schizophrenia and affective disorder during clinical treatment. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*, 252(2), 49-53.
- Hamidreza Namazi.(2018). Complexity Based Analysis of the Correlation between External Stimuli and Bio Signals. *ARC Journal of Neuroscience*, 3(3), 6-9.
- 長谷川晃・伊藤義徳・矢澤美香子・根建金男(2010). 日本語版抑うつ状態チェックリストの改

- 訂 パーソナリティ研究. 19(1), 68-71.
- 井庭 崇・福原義久(1998). 複雑系入門 知のフロンティアへの冒険 NTT 出版株式会社, pp.34-48.
- 今西 明・雄山真弓(2005). モニタ監視作業における判断・操作ミス測定のためのシステム開発とその応用 情報科学技術フォーラム, FIT2005, 情報科学レターズ, 253-256.
- 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: 生体信号の非線形解析 人文論究. 58(3), 23-42.
- 今西 明・雄山真弓(2009). カオス解析における設定値の差異が解析結果に与える影響— 指尖容積脈波における検討— 人間工学, 45 卷 2 号, 141-147.
- 胡 毓瑜・三好恵真子(2014). 脈波における非線形解析の技術開発と展望: 中国における心理問題への対処法としての応用展望の可能性 大阪大学大学院人間科学研究紀要. 40, 27-46.
- 厚生労働省 (2014a). 平成 26 年 (2014) 患者調査の概況 <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/14/>. (2020 年 1 月 7 日閲覧)
- 厚生労働省 (2014b). 自殺の統計: 各年の状況 [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi\\_kaigo/seikatsuhog/o/jisatsu/jisatsu\\_year.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/seikatsuhog/o/jisatsu/jisatsu_year.html). (2020 年 1 月 7 日閲覧)
- Lipton RB., Levin S., & Holzman PS.(1980). Horizontal and vertical pursuit eye movements, the oculocephalic reflex, and the functional psychoses. *Psychiatry Res*, 3(2), 193-203.
- Liss, M., Timmel, L., Baxley, K., & Killingsworth, P.(2005). Sensory processing sensitivity and its relation to parental bonding, anxiety, and depression. *Personality and Individual Differences*, 39, 1429-1439.
- Miho Ota, Masanori Ishikawa, Noriko Sato, Hiroaki Hori, Daimei Sasayama, Kotaro Hattori, Toshiya Teranishi, Takamasa Noda, Satoko Obu, Yasuhiro Nakata, Teruhiko Higuchi, & Hiroshi Kunugi(2013). Discrimination between schizophrenia and major depressive disorder by magnetic resonance imaging of the female brain. *Journal of Psychiatric Research* 47(10), 1383-1388.
- Mund JC., Synder PJ., Cannizzaro MS., Chappie K., & Geralts DS.(2007). Voice acoustic measures of depression severity and treatment response collected via interactive voice response (IVR) technology. *J Neurolinguistics*, 20(1), 50-64.
- 雄山真弓(2012). 心の免疫力を高める「ゆらぎ」の心理学 祥伝社, pp.48-49.
- 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, p. 4.
- Saime A. Akar., Sadık Kara., Sümeyra Agambayev., & Vedat Bilgiç.(2015). Nonlinear analysis of EEG in major depression with fractal dimensions.

- Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE. 7410-7413.
- Schneider CA., Rasband WS., & Eliceiri KW.(2012). NIH Image to IMAGEJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9, 671-675.
- 島 悟・鹿野達男・北村俊則・浅井昌弘(1985). 新しい抑うつ性自己評価尺度について *精神医学*, 27(6), 717-723.
- 清水裕士(2016). フリーの統計分析ソフト HAD : 機能の紹介と統計学習・教育・研究実践における利用方法の提案 *メディア・情報・コミュニケーション研究*, 第 1 巻, 59-73.
- Taylor RP., Milcolich AP., & Jonas D.(2000).Using science to investigate Jackson Pollock's Drip paintings. *Journal of Consciousness Studies*, 7(8-9), 137-150.
- 横山和仁 編著 (2010). POMS 短縮版:手引と事例解説 金子書房, pp.1-9.