

ビッグデータ解析を用いた COVID-19 による 身体加速度日内変動への影響

湯田恵美¹ 金子格² 早野順一郎³

概要: 本研究では、新型コロナウイルスの蔓延に起因する外出自粛などの生活変転がもたらしたヒト生体リズムの遷移について、日本全国で記録された百万例規模のホルター心電図・身体加速度の時系列データベースである ALLSTAR データ (Allostatic State Mapping by Ambulatory ECG Repository) を解析して検証した。結果、2020 年 4-5 月の新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言時の身体加速度は、男性では過去 5 年間で最低値、男女とも 2020 年 8 月に最低値が見られた。65 歳以上の高齢者では、男女とも 2020 年 2-7 月の身体活動量が例年より低い結果となった。また、緊急事態宣言による明らかな低下は見られなかった。COVID-19 の感染蔓延は日本人の身体活動量を低下させ、特に高齢者の活動量低下は緊急事態宣言発令前から減少していることを明らかにした。

キーワード: COVID-19, 身体加速度, ビッグデータ解析, バイオリズム

Effects of COVID-19 on Diurnal Variation of Body Acceleration using ALLSTAR Big Data

EMI YUDA^{†1} ITARU KANEKO^{†2} JUNICHIRO HAYAO^{†3}

Abstract: In this study, we analyzed transition of human biological rhythms caused by lifestyle changes such as refraining from going out due to the spread of the COVID-19 using ALLSTAR (Allostatic State Mapping by Ambulatory ECG Repository) data; a time-series database of Holter ECGs and body accelerations of one million cases recorded in Japan.

The results showed that the physical acceleration during the declaration of the state of emergency for new coronavirus infection in April-May 2020 was the lowest in the past five years in males and the lowest in August 2020 in both male/female. In addition, there was no apparent decrease due to the declaration of a state of emergency. We found that the spread of COVID-19 infection reduced the physical activity of Japanese, especially the elderly, whose physical activity decreased before the declaration of the state of emergency.

Keywords: COVID-19, body acceleration, big data analysis, biorhythm

1. 諸言

生物は概日リズム、光、季節などの外的環境により周期的な影響を受ける。体内時計によってヒトは昼夜の変化に合わせて体内の環境を変動させており[1-3]、その変動は心電図や呼吸曲線などの生体信号連続時系列データから推定しうる。ウェアラブル生体センサが普及する中で、センサに組み込まれた 3 軸加速度計はベッドタイムを推定することが可能である[4]。また、マット型圧力センサによる睡眠時の生体振動データ解析や、iPhone に搭載されているベッドタイム機能からもベッドタイム時刻や起床を推定することができる。ただし、入眠・覚醒の推定の際に主に体動のみを用いた睡眠状態推定のため、十分な精度で入眠と覚醒のタイミングが把握することができない。覚醒状態から眠りに入るまでの所要時間である入眠潜時については、近年、Hayano, Yuda ら(2021)の心拍変動指標 Hsi から推定できるようになった[5]。入眠潜時は眠気の強さや寝つきの良し悪しを示す客観的指標として用いられており、入眠潜時、徐波睡眠 (slow wave sleep, SWS) 量、睡眠周期と並んで睡眠

の質を表す重要な睡眠指標として知られている。入眠潜時は、30 分を上回る場合に寝つきが悪いと判断され、うつ病患者の 90%が睡眠の質を訴えていると言われている[6]。うつ病の典型的な症状は不眠であり、睡眠障害におけるうつ病の双方向の関係性やその疾患メカニズムに関しては多くの研究から明らかになっている[7-11]。Difrancesco (2019)は、アクチグラフを用いることで睡眠、概日リズム (circadian rhythm, CR) 身体加速度 (physical activity, PA) に関する生態学的に有益な情報を提供し、自己申告による質問票のデータを強化すること、および重度の不安障害者は PA が最も低く、CR の障害が最も大きいことを示している[11]。

新型コロナウイルス感染症の流行により自粛やリモートワークといった日常生活や環境の変化はストレスの原因となり、感染に対する不安はうつ状態を招くおそれがある[12-14]。在宅勤務がもたらした人とのコミュニケーションの減少や、外出機会の減少による運動不足、失業や所得の減少によるメンタルの不調は、若年層において深刻化している。

1,2 東北大学データ駆動科学・AI 教育研究センター
Center for Data-driven Science and Artificial Intelligence Tohoku University

3 株式会社 ハートビートサイエンスラボ Heartbeat Science Lab, Co.,Ltd.

近年、生活習慣や運動、規則的な睡眠がうつ病の改善に効果的であることが示されており[15,16]、生活が不規則性とうつ病には相関がみられ、不安や落ち込みによる睡眠不足はうつ病の大敵であることから、睡眠や起床などの生活リズムを乱さないことが重要視されている。しかし、そもそもCOVID-19の影響によって同一体内でどの程度リズムのずれが生じているのかについては、睡眠・覚醒リズムが後ろ倒しになり、明け方まで眠れず、極端な夜型になってしまう睡眠覚醒相後退型の睡眠相後退症候群にどの程度寄与しているのかなど、体内環境の調整リズムへの影響については明らかになっていない。そこで本研究では、日本全国で記録された百万例規模のホルター心電図・身体加速度の時系列データベースである ALLSTAR データ (Allostatic State Mapping by Ambulatory ECG Repository) を解析することで、COVID-19 の蔓延に起因するヒト生体リズムの遷移について検証する。

2. 方法

2016年4月～2021年3月の間に日本において、加速度センサー内蔵 Holter 心電計によって記録された男性 88,171例 (平均 64 ± 18 歳)、女性 103,169例 (平均 66 ± 18 歳) の ALLSTAR データを抽出した。データは3軸加速度センサー内蔵ホルター心電計(Cardy 303 series, Suzuken)を前胸壁に添付し、自由行動下24時間、3軸加速度(xt, yt, zt)を31.25 Hzで記録されたものである。本研究ではビッグデータ解析のため有意性の評価にP値を使用せず、effect size に注目した。

なお、本研究は ALLSTAR データベースを管理する名古屋市立大学大学院医学研究科及び医学部附属病院における医学系研究倫理審査委員会規程に基づき、名古屋市立大学医学研究科 倫理審査委員会 (Nagoya City University Graduate School of Medical Sciences and Nagoya City University Hospital Institutional Review Board, IRB) の承認を得て実施した (承認番号:709)。

3. 結果

ALLSTAR database の3軸加速度 big data を用いて、日本人の身体活動の長期変動とそれに対する COVID-19 感染蔓延の影響を解析した結果、女性は男性よりも活動量が7%高く、臥位で過ごす時間が8.7% (125分) 短いことが明らかになった。加齢とともに男性は活動量が単調に減少し、臥位で過ごす時間が増加した。女性では加齢に伴って活動量が減少し、臥位で過ごす時間が増加した。

2020年4-5月の緊急事態宣言時の身体活動レベルは、男性では過去5年間で最低値となった。男女ともに例年最低値は8月に見られたが、2020年は8月より5月が低値であ

った。65歳以上の高齢者では、男女とも2020年の2-7月の身体活動量が例年より低かったが、緊急事態宣言による明らかな低下はみられなかった。

4. 考察

ヒトの身体加速度には性差があるとする研究結果が多く報告されており[17,18]、本研究においても、同様に男女の身体加速度が異なる結果となった。COVID-19 感染症拡大の影響による生活リズムの変化については、質問紙調査など主観評価を用いた報告が複数なされている[19-24]。Leone ら(2020)は、COVID-19 感染症拡大により多くの国で実施されたロックダウンがヒトの睡眠と概日リズムに破壊的な影響を与えただけでなく、クロノタイプの遅れを引き起こしたことを報告し、質問紙調査からの結果、自粛期間中の平日は、被験者の睡眠時間が長くなり、明暗サイクルの弱体化が起こり、人々のパフォーマンスや健康に影響を及ぼした可能性を示唆している[25]。

クロノタイプとは、一人ひとりがかつ時間的なタイミングの傾向である[26]。ヒトは昼行性で、通常は昼に活動的で夜に休息(睡眠)を取る動物であるが、そのタイミングは一人ひとり少しずつ異なる。一般には朝型夜型と呼ばれ、体内時計によって強く影響されている。朝型・夜型を比較すると、体温やメラトニンなどの体内時計を反映する機能のタイミングが朝型で早く夜型で遅いことが知られている[26]。また、夜型の人ほど体内時計が持つ周期が長く、クロノタイプは50%程度遺伝的に決定されていることが明らかになっている。このように、本来クロノタイプは個人が生まれつき持っている体内時計の特徴を反映したものと考えられているが、Leone らの研究では、クロノタイプがリスクに対して脆弱であることを示している。本研究は、加速度ビッグデータを用いた生体データ解析によってヒトのバイオリズムの変化を検証した初めての研究である。感染症と共存して暮らす時代において、持続的なセルフモニタリングによって自らの健康やリズムを把握し、心身の健康維持に努めることが睡眠障害やうつ病の予防につながると考えられた。とりわけ高齢期における心身機能の変化は、個人差が大きく、栄養・生活習慣・環境などの外的要因が影響を与えていることが先行研究から明らかになっており[27]、本研究の結果を踏まえて、望ましい自己健康管理行動について模索していく必要がある。

5. 結言

本研究では、COVID-19 感染症の蔓延が日本人の身体活動量を低下させ、特に高齢層では緊急事態宣言の発令前から活動量が低下していたことを明らかにした。加速度ビッグデータを用いた生体データ解析を用いて COVID-19 感染症

に起因するバイオリズムの変化を検証した初めての研究であり、効果的なセルフモニタリングによる健康管理の重要性を示唆した。

謝辞

本研究は 2021 年度東北大学感染症共生システムデザイン学際研究重点拠点若手研究者支援プロジェクト支援事業の助成金により研究が遂行されたものです。この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Mol Vis.* 24;22:61-72. eCollection 2016.
- [2] Ostrin LA. Ocular and systemic melatonin and the influence of light exposure. *Clin Exp Optom.* 102(2):99-108, 2019
- [3] Brainard GC, Hanifin JP. Photons, clocks, and consciousness. *J Biol Rhythms.* 20(4):314-25, 2005
- [4] 河村健太ほか, ウェアラブル型 3 軸加速度計を用いた ベッドアップ姿勢と歩行の検出. *理学療法科学* 32(3):435-438, 2017
- [5] Hayano J, Ueda N, Kisohara M, Yoshida Y, Tanaka H, Yuda E. Non-REM Sleep Marker for Wearable Monitoring: Power Concentration of Respiratory Heart Rate Fluctuation. *Appl. Sci.* 10(9), 3336, 2020
- [6] Tsuno N, Besset A, Ritchie K. Sleep and depression. *J Clin Psychiatry.* 66(10):1254-69., 2005
- [7] Fang H, Tu S, Sheng J, Shao A. Depression in sleep disturbance: A review on a bidirectional relationship, mechanisms and treatment. *J Cell Mol Med.* 23(4):2324-2332, 2019
- [8] Murphy MJ, Peterson MJ. Sleep Disturbances in Depression. *Sleep Med Clin.* 10(1):17-23, 2015
- [9] Pandi-Perumal SR, Monti JM, Burman D, Karthikeyan R, BaHammam AS, Spence DW, Brown GM, Narashimhan M. Clarifying the role of sleep in depression: A narrative review. *Psychiatry Res.* 291:113239, 2020
- [10] Byrne EM, Timmerman A, Wray NR, Agerbo E. Sleep Disorders and Risk of Incident Depression: A Population Case-Control Study. *Twin Res Hum Genet.* 22(3):140-146, 2019
- [11] Difrancesco S, Lamers F, Riese H, Merikangas KR, Beekman ATF, van Hemert AM, Schoevers RA, Penninx BWJH. Sleep, circadian rhythm, and physical activity patterns in depressive and anxiety disorders: A 2-week ambulatory assessment study. *Depress Anxiety.* 36(10):975-986, 2019
- [12] Fitzpatrick KM, Drawve G, Harris C. Facing new fears during the COVID-19 pandemic: The State of America's mental health. *J Anxiety Disord.* 75:102291, 2020
- [13] Matsushima M, Horiguchi H. The COVID-19 Pandemic and Mental Well-Being of Pregnant Women in Japan: Need for Economic and Social Policy Interventions. *Disaster Med Public Health Prep.* 10:1-6, 2020
- [14] Awano N, Oyama N, Akiyama K, Inomata M, Kuse N, Tone M, Takada K, Muto Y, Fujimoto K, Akagi Y, Mawatari M, Ueda A, Kawakami J, Komatsu J, Izumo T. Anxiety, Depression, and Resilience of Healthcare Workers in Japan During the Coronavirus Disease 2019 Outbreak. *Intern Med.* 59(21):2693-2699, 2020
- [15] Mendoza J. Circadian insights into the biology of depression: Symptoms, treatments and animal models. *Behav Brain Res.* 30;376:112186., 2019
- [16] Wittmann M, Schreiber W, Landgrebe M, Hajak G. Circadian rhythms and depression. *Fortschr Neurol Psychiatr.* 86(5):308-318, 2018
- [17] Rosenfeld CS. Sex-dependent differences in voluntary physical activity. *J Neurosci Res.* 2;95(1-2):279-290, 2017
- [18] Liao YH, Kao TW, Peng TC, Chang YW. Gender differences in the association between physical activity and health-related quality of life among community-dwelling elders. *Aging Clin Exp Res.* 33(4):901-908, 2021
- [19] Morin CM, Carrier J, Bastien C, Godbout R; Canadian Sleep and Circadian Network. Sleep and circadian rhythm in response to the COVID-19 pandemic. *Can J Public Health.* 111(5):654-657, 2020
- [20] Silva FRD, Guerreiro RC, Andrade HA, Stieler E, Silva A, de Mello MT. Does the compromised sleep and circadian disruption of night and shiftworkers make them highly vulnerable to 2019 coronavirus disease (COVID-19)? *Chronobiol Int.* 37(5):607-617, 2020
- [21] Partinen M, Bjorvatn B, Holzinger B, Chung F, Penzel T, Espie CA, Morin CM; ICOSS-collaboration group. Sleep and circadian problems during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: the International COVID-19 Sleep Study (ICOSS). *J Sleep Res.* 30(1):e13206, 2021
- [22] Jahrami H, BaHammam AS, Bragazzi NL, Saif Z, Faris M, Vitiello MV. Sleep problems during the COVID-19 pandemic by population: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Sleep Med.* 1;17(2):299-313, 2021
- [23] Ray S, Reddy AB. COVID-19 management in light of the circadian clock. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 21(9):494-495, 2020
- [24] Wright KP Jr, Linton SK, Withrow D, Casiraghi L, Lanza SM, Iglesia H, Vetter C, Depner CM. Sleep in university students prior to and during COVID-19 Stay-at-Home orders. *Curr Biol.* 20;30(14):R797-R798, 2020
- [25] Leone MJ, Sigman M, Golombek DA. Effects of lockdown on human sleep and chronotype during the COVID-19 pandemic. *Curr Biol.* 17;30(16):R930-R931, 2020
- [26] DEPARTMENT OF SLEEP-WAKE DISORDERS, NIMH, NCNP. <https://mctq.jp/about/>
- [27] 柴田博ほか, 老年学要論—老いを科学する. 建帛社, 2007