



VR を用いた高齢者の自律神経活動調整のための基礎的検討 ：ベースラインを統制した若年健常者での検証実験

Basic study of the influence on autonomic nervous activity of older people using virtual reality:
Validation experiment in young healthy participants with controlled base line

嶋彩花¹⁾, 濱田佳歩¹⁾, 二瓶美里¹⁾, 中村美緒¹⁾, 登嶋健太²⁾, 檜山敦²⁾

Ayaka SHIMA, Kaho HAMADA, Misato NIHEI, Mio NAKAMURA, Kenta TOSHIMA, and Atsushi HIYAMA

- 1) 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)
- 2) 東京大学先科学技術研究センター (〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1)

概要：体内の機能を整える自律神経系は、加齢に伴い交感神経と副交感神経のバランスが崩れやすくなり、心身に症状が発生する。本研究では VR 空間の体験により非侵襲的に自律神経系を調整する手法を提案することを目指す。本報告では、特定の心理的負荷課題を与えた後に、覚醒度の異なる VR コンテンツの体験が自律神経活動に与える影響を調査するため、若年者を対象とした実験を行い、高覚醒コンテンツがより交感神経活動を高める効果に優れていることが示唆された結果について述べる。

キーワード：自律神経系, VR 空間, 生理指標

1. 研究背景と目的

体内の機能を調整する自律神経系は、加齢に伴い交感神経と副交感神経のバランスが崩れやすくなり、精神や身体に症状が生じることが報告されている[1]。自律神経のバランスを整えるには、薬物療法や理学療法、精神療法などの方法が用いられる。高齢者に主に使用されている薬物療法では、薬物により精神症状や身体症状が緩和される一方で、加齢に伴う生理的变化や複数の薬剤の服用による副作用の危険性が指摘されている[2]。

本研究では、これまで薬物に頼らずに自律神経活動を調整する非薬物的な新たな方法として、Virtual Reality (以下、VR) 体験による方法を検討してきた[3]。先行研究では、高齢者を対象とした VR 視聴における利用条件として、心身機能負担や転倒リスクを最小限にするために、10 分～15 分程度の VR 視聴を座位で行うことなどの運用条件が設定された。また、若年健常者による予備的検討から、VR 空間体験前後の LF/HF 及び HFnu 変化が認められたことから、交感神経と副交感神経の議論ができる可能性が確認できた。また、VR コンテンツの違いによってそれらの生理指標変化の傾向が異なる事が確認された。さらに、エピソード記憶が自律神経系に特定の影響を与えることが示唆され、映像コンテンツ選定の際にはエピソード記憶を事前に把握する必要があることが示された。

しかし、生理指標の変化には個人差があること、実験前後の変化を見るため、開始時の状況によってはその変化が VR 視聴によるものか判断できないなどの課題が明らかとなった。

そのため、本研究では「自律神経系に関わる精神状況を統制することで VR 体験が自律神経に与える影響を明らかにすること」を目的とする。研究対象は、自律神経機能の低下による症状のある者を含む高齢者であるが、本研究では、その前に実施する若年者を対象とした実験について述べる。

2. 実験方法

2.1 目的

先行研究から、VR コンテンツの覚醒度は自律神経活動に特定の影響を与える要素であり、高覚醒コンテンツが交感神経活動を増加させ、低覚醒コンテンツが副交感神経活動を増加させることが確認された[3]。この結果を踏まえ、次の仮説を立てた。ここで、高覚醒・低覚醒コンテンツとは、実験対象者が定性的に覚醒度が高い・低いと判断した映像コンテンツを示す。

1. 副交感神経活動が高い状態の対象者に対して、高覚醒コンテンツの介入により、介入なしと比較して交感神経活動がより増加する。

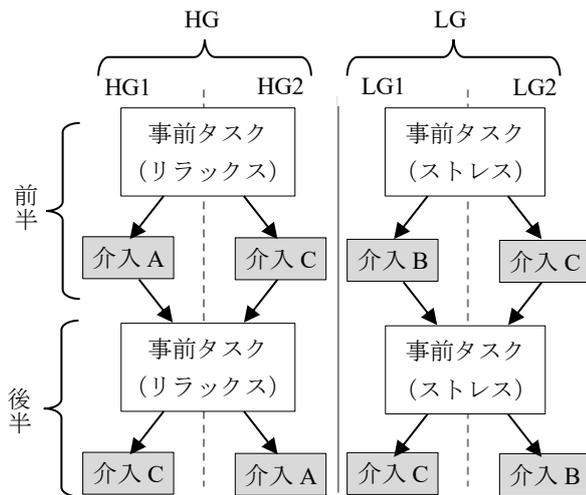


図1：実験プロトコル

表1：実験に用いるVRコンテンツ

覚醒度	場面	場面属性	場面切替
高覚醒	浅草	娯楽	3-4回
	スカイツリー		
	東京駅		
低覚醒	ビーチ	自然	0回
	森林		
	緑地		



(a) 浅草



(b) スカイツリー



(c) 東京駅



(d) ビーチ



(e) 森林



(f) 緑地

図2：視聴コンテンツの一部

2. 交感神経活動が高い状態の対象者に対して、低覚醒コンテンツの介入により、介入なしと比較して副交感神経活動がより増加する。

本実験ではこの仮説を検証するため、特定の負荷を与えた若年者に対し、異なる覚醒度のVRコンテンツによる介入を行った。具体的には、以下の2項目について調査す

ることとした。

1. 交感神経活動もしくは副交感神経活動の一方が高くなっている状態の対象者に対して、VRコンテンツが自律神経活動に与える影響
2. 高覚醒コンテンツや低覚醒コンテンツの介入が、介入なしの場合と比較して自律神経活動に与える影響

2.2 実験デザイン

介入 A を高覚醒コンテンツ、介入 B を低覚醒コンテンツ、介入 C を安静と設定し、図 1 に示す手順で事前タスク及び介入 A, B, C を実施した。VR の視聴時間は各 10 分としたが、対象者が望む場合最大で 14 分間の視聴を可能とした。また、介入内容の違いによりリラックス効果を目的とした事前タスクに取り組む場合を HG、ストレスを与えることを目的とした事前タスクに取り組む場合を LG と大分することとする。順番効果を考慮して各実験をそれぞれ HG1, HG2 及び LG1, LG2 の 2 種類ずつに分類した。HG のうち、介入 A を行った部分を HG-A、介入 C を行った部分を HG-C と表す。LG についても同様に表記する。ベースライン統制のための事前タスクについては 2.3 に後述する。

人数の関係上、実験参加数は 2 回を基本とし、1 回のみでの参加も可能とした。2 回参加の場合、HG と LG の両方を体験することとした。対象は東京大学所属の 22-34 歳の若年者 24 名（うち男性 20 名と女性 4 名、平均年齢 26.0 ± 3.0 歳）である。

2.3 コンテンツの選定

高覚醒コンテンツにより交感神経活動が増加し、低覚醒コンテンツにより副交感神経活動が増加することを想定し、表 1 及び図 2 に示す 6 種類のコンテンツを用いた。

あらかじめ分類した覚醒度に対して、同じ覚醒度を想定するものの効果が大きいと仮定し、個人の認識に合わせるため SAM (Self-Assessment Manikin: 画像や映像に対して感情価、覚醒度、支配度を評定するグラフィック評価尺度[4])、の感情価を用いて、対象者が評価した覚醒度が最も高いコンテンツと最も低いコンテンツをそれぞれ高覚醒コンテンツ、低覚醒コンテンツとして選択した。

VR の視聴には頭部装着型の Oculus Go (Oculus 製) を用いた。

2.4 事前タスク

HG では、ベースライン統制のための事前タスクにモーツァルト音楽とアロマ鑑賞を採用し、介入 A (HG-A) と介入 C (HG-C) を比較する。LG では、事前タスクに内田クレペリン検査を採用し、介入 B (LG-B) と介入 C (LG-C) を比較する。タスクの時間はそれぞれ 15 分間とし、詳細を以下に記す。

2.4.1 モーツァルト音楽とアロマ鑑賞

ヒーリング音楽やクラシック音楽にはリラクセーション効果があり、特にモーツァルト音楽は副交感神経活動を増加させると報告されている[5][6]。また、植物の香り

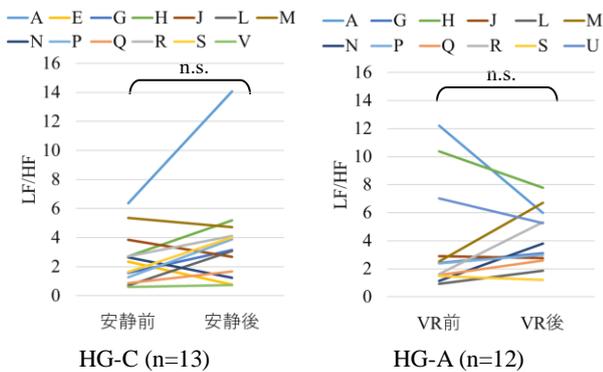


図3: HGの結果 (LF/HFの変化)
n.s.: not significant

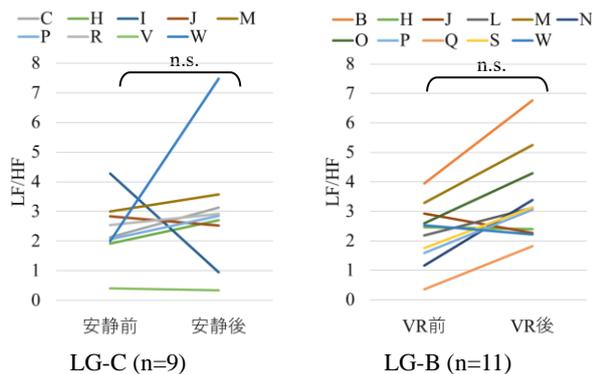


図4: LGの結果 (LF/HFの変化)
n.s.: not significant

には精神安定、鎮静効果、安眠効果などがあり、特にラベンダーアロマは副交感神経活動を増加させることが報告されている[7][8]。よって、HGのタスク時には、対象者にモーツァルト作曲の「クラリネット五重奏曲イ長調K.581 第2楽章」を聞きながら、ラベンダーの香りのするマスクを装着してもらった。

2.4.2 内田クレペリン検査

さまざまなストレスに対する生理的な反応では、副交感神経活動が低下し、交感神経活動が増加する。内田クレペリン検査は、身体的なストレスを含めた「作業負荷」をかけることを前提としており、心理的ストレスを与える課題として用いられている[10]。そこで、LGタスクとして事前タスク時間に、内田クレペリン検査の一部を実施した。

2.5 計測する生理指標

VRで視聴覚刺激を与えている状態で交感神経と副交感神経の特徴を評価できる生理指標として、心拍変動を選定した。心拍間隔の変動を用いた2-5分間の周波数解析により算出される低周波と高周波の比（以下、LF/HF）を利用する。心拍計にはSilme Bar type Lite（TDK製）を選定した。

3. 実験結果

3.1 分析対象

以下の理由により心拍変動のデータを正しく計測できていなかった対象者を分析対象外とした。

- ・ 体毛等により生理指標測定器の装着が困難
 - ・ 解析区間のRRIデータのうち、正常値範囲（400 ms-1200 ms）外のデータが解析区間のうち一割以上存在
- 3.2以降では、分析対象外となったHGの5名、LGの7名を除いた結果について議論する。

3.2 事前タスク後のLF/HF

ベースライン統制のために介入前にタスクを行い、以下の結果を得た。

- ・ HGに対して音楽・アロマの事前タスクを行い、介入Cでは13名、介入Aでは12名の副交感神経活動が増加した（n=16）。
- ・ LGに対してクレペリンのタスクを行い、介入Cでは9名、介入Bでは11名の副交感神経活動が増加した（n=15）。

3.3 HGのLF/HF

事前タスクにより副交感神経活動が増加した対象者に関して介入後のLF/HFを分析したところ、図3に示すグラフと以下の結果を得た。

- ・ HG-Cでは13名中9名の交感神経活動が増加し、4名の副交感神経活動が増加した。
- ・ HG-Aでは12名中7名の交感神経活動が増加し、5名の副交感神経活動が増加した。
- ・ HG-Aでは介入前のLF/HFが7.0以上の3名を除いた9名においては $p<0.05$ で増加傾向が見られた。9名のLF/HFの平均増加率は1.91であった。

3.4 LGのLF/HF

LGもタスク後に副交感神経活動が増加する人が大半だったため、タスク後に副交感神経活動が増加した人に対する介入の効果を評価したところ、図4に示すグラフと以下の結果を得た。

- ・ LG-Cでは9名中6名の交感神経活動が増加し、3名の副交感神経活動が増加した。
- ・ LG-Bでは11名中8名の交感神経活動が増加し、3名の副交感神経活動が増加した。
- ・ LG-Bでは $p<0.05$ で増加傾向が見られ、LF/HFの増加率は1.89であった。

4. 考察

4.1 事前タスク後のLF/HF

音楽・アロマのタスク後はリラックス効果が得られ、副交感神経活動が増加し、クレペリンのタスク後はストレスにより交感神経活動が増加することを想定していた。しかし、いずれのタスクでも副交感神経活動が増加する人が大半であり、クレペリンの効果は想定と異なる結果となった。

クレペリンのタスクに関しては、同様に内田クレペリン検査を15分間行った前後の比較をした結果、生理的リラックス状態になったことを報告した研究も見られた[10]。これらの理由としては、単純に計算を繰り返す計算問題は低強度の精神負荷であり[11]、快なストレスとして受け

取られたことや[10], 1回に半分の15分のみしか検査を行わなかったことなどが考えられる。

4.2 HGのLF/HF

高覚醒コンテンツにより、分析対象者12名のうち3名の副交感神経活動が増加した。この3名は介入前のLF/HFの値が他の対象者と比較して高く、介入前の数値の影響を受けている可能性がある。

介入前のLF/HFが高い3名を除き、高覚醒コンテンツの介入により交感神経活動が増加する傾向があった。人や車が常に存在し、場面も切り替わる高覚醒コンテンツの体験には、ただ安静にするよりも興奮性があったと考えられる。

4.3 LGのLF/HF

副交感神経活動が増加した状態の若年者に対しては、低覚醒コンテンツによっても交感神経活動が増加する傾向が見られた。先行研究では、初めてのVR体験は緊張状態を誘発することが報告されており[12], 不慣れたVRの利用が興奮性を高めた可能性が考えられる。

4.4 HGとLGの比較

HG, LGのいずれにおいても副交感神経活動が増加した対象者に対する介入の効果を評価し、両者とも交感神経活動が増加する結果となった。さらに、HGとLGのLF/HFの平均増加率を比較すると、その値はHGの方が高い結果となった。よって、実験前に提示した仮説1に対し、介入A(高覚醒コンテンツ)と介入C(安静)に有意な差は認められなかったものの、高覚醒コンテンツには交感神経活動をより増加させる効果があることが示唆された。

5. 結言

本研究では、覚醒度が異なるVRコンテンツが特定の負荷後の若年者の自律神経活動に与える影響を調査した。副交感神経活動が増加した若年者に対して高覚醒コンテンツの介入を行ったところ、交感神経活動が増加する傾向が見られた。低覚醒コンテンツの介入でも、交感神経活動が増加する傾向が見られたが、高覚醒コンテンツがより交感神経活動を高める効果に優れていることが示唆された。

謝辞

本研究は、株式会社ユニマツ リタイアメント・コミュニティとの共同研究で実施した。

参考文献

- [1] 田村ら, 自律神経反射に及ぼす生理的加齢の影響, 日本老年医学会雑誌, Vol. 19, No. 6, pp. 563–570, 1982.
- [2] 厚生労働省, 医薬品の効率的かつ有効・安全な使用について, 2017.
- [3] 濱田ら, VRを用いた高齢者の自律神経活動調整のための基礎的検討, 第25回バーチャルリアリティ学会大会論文集. 1C3-5, 2020.
- [4] 山下利之, 総説・特集(3)人間工学のための計測手法 第3部: 心理計測と解析(1)人間工学, Vol.51, No.4, pp.226-233, 2015.
- [5] 小林ら, ストレス負荷後の音楽聴取が心拍のR-R間隔変動に与える影響, 小山工業専門学校研究紀要, Vol.43, pp.75-80, 2010.
- [6] Lin LC et al., Listening to Mozart K.448 decreases electroencephalography oscillatory power associated with an increase in sympathetic tone in adults: a postintervention study, JRSO Open, Vol.5, No.10, 2014
- [7] Lin LC et al., Listening to Mozart K.448 decreases electroencephalography oscillatory power associated with an increase in sympathetic tone in adults: a postintervention study, JRSO Open, Vol.5, No.10, 2014
- [8] 吉田ら, 香りが自律神経系に及ぼす影響, 日本看護研究学会雑誌, Vol.23, No.4, pp.11-17, 2000.
- [9] 坂本ら, 主観的および客観的ストレス応答を増大させる課題の提案, 日本官能評価学会誌, Vol.20, No.1, pp.16-21, 2016.
- [10] 鷺野嘉映&西田弘之, 計算負荷の非浸襲的ストレス評価への影響. 岐阜聖徳学園大学短期大学部紀要, 43, pp.51-57, 2011.
- [11] 高木ら, 精神作業負荷に対する急性ストレス応答の性差, 日本末病システム学会誌, Vol.12, No.1, pp.94-97, 2006.
- [12] 横井ら, VR空間における心理的影響の評価に関する検討, 日本建築学会環境系論文集 第78巻 第683号, 1-7, 2013.