



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

Preliminary study of the Influence on Autonomic Nervous Activity of Elderly People using Virtual Reality

濱田佳歩¹⁾, 二瓶美里¹⁾, 中村美緒¹⁾, 檜山敦¹⁾, 登嶋健太¹⁾

Yoshiho HAMADA, Misato NIHEI, Mio NAKAMURA, Atsushi HIYAMA and Kenta TOSHIMA

1) 東京大学 (〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

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。本研究ではその治療法として薬物ではなく非侵襲的な VR 空間の体験を考え、VR 空間が自律神経系に与える影響を定量的に明らかにする。本報告では若年者に対して実施した基礎的な実験として、複数の VR 空間を体験した際の心拍変動解析について述べる。

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、精神や身体に症状が生じる[1]。自律神経系のバランスを整える際には、薬物療法・理学療法・精神療法などの方法が存在する。高齢者に主に利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報告されている[2]。

そこで、本研究では薬物に頼らず非侵襲的に自律神経系のバランスを整える新たな方法として、VR 空間の体験に着目した。HMD を用いた VR 空間の体験は、すでに国内外で複数の介護施設に導入されており、レクレーションやリハビリテーションに活用されている。高齢者が特に好む VR コンテンツとしては、旅行、体験、回想、リラックス等が挙げられており、幸福感の増大や抑うつ解消の効果をもたらすと言われている。一方、先行研究ではアンケートを用いて主観的な評価を行っているものが多く、客観的な検証が行われた例は稀有である[3]。

本研究では「VR 空間の体験が高齢者の自律神経系に与える影響を定量的に明らかにし、その内容の特性により自律神経系を整える非侵襲的な方法を提案すること」を目的とする。自律神経系のバランスの崩れによる症状のある者を含む高齢者を対象とする。自律神経系の制御において適切な VR コンテンツを客観的・定量的に評価して、図 1 のような VR コンテンツを自律神経系の交感神経と副交感神経に関する 2 軸 4 象限に整理したものの作成を最終目標としている。将来的には施設などの現場に導入し、症状に合わせて適切な VR コンテンツを鑑賞することで、高齢

者の自律神経系のバランスを改善するために利用することを想定している。

本報告では、高齢者を対象とした際の利用条件の設定および VR コンテンツが自律神経系に与える影響を調べるための若年者を対象とした予備的検討について述べる。

2. 非侵襲的な刺激と自律神経系に対する影響

非侵襲的な自律神経系の調整方法について、視聴覚的な刺激により自律神経に影響を与える方法を検討する。HMD での VR 空間からの視覚刺激や聴覚刺激の情報は、それぞれ網膜や内耳を介して視床に伝達され、大脳皮質（視覚情報は後頭葉、聴覚情報は側頭葉）、大脳辺縁系を介して視床下部に到達する。視床下部は交感神経と副交感神経機能や内分泌を統合的に調節することで生体の恒常性維持の役割を果たす。交感神経と副交感神経は双方が常に活動しているが、交感神経活動は日中など心身の活性時や緊張状態に増加するため、覚醒度が関係する。一方、副交感神経活動は夜間など心身の休息・安静状態に増加するため、感情状態が低緊張であるリラクゼーションが有効であるといわれている。

自律神経系に影響を与える非侵襲的な方法では、例えば運動をすると筋肉が刺激されて心拍数が増加し、血流が促進されて交感神経活動が増加する[4]。一方、深呼吸やアロマなどで意識的に心身をリラックスさせると副交感神経活動が増加する[5][6]。また、自然環境の体験も副交感神経活動に影響を与えられている。例えば森林は自然環境の中でもリラックス効果が高く、実際に森林環境に身を置く場合も VR で体験する場合にも、ストレス緩和効果があることが明らかになっている[7]。

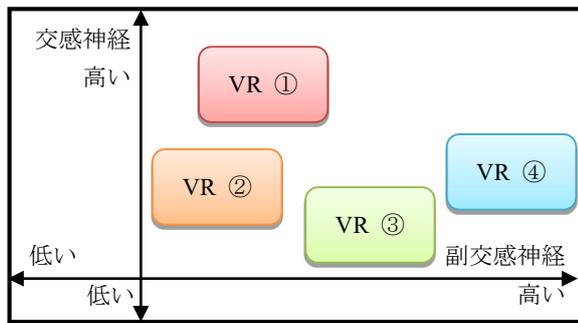


図1：提案するVRコンテンツと自律神経系の関係

視聴覚情報を用いた方法では、画像や映像の視聴が自律神経に与える影響について調べたいいくつかの研究が存在する。例えば、悲しい映像は交感神経活動を増加させる効果があり[8]、覚醒度が高いものや負の感情を引き出すものは自律神経系に与える影響がより大きいと言われている[9]。一方で、面白い映像では交感神経活動が増加した[10]という報告もあれば、副交感神経活動が増加した[11]という研究もあり、それらの影響因子は明らかではない。

視覚刺激に関しては、例えば色情報も自律神経系に影響を与えることが明らかになっており、暖色は交感神経活動、寒色は副交感神経活動を増加させると言われている[6]。また、人工的な室内であっても生花の鑑賞により、交感神経活動を抑制し副交感神経活動を増加させる効果があることが明らかになっている[7]。

これらの先行研究より、視聴覚情報刺激によって交感神経や副交感神経に影響を与えることは可能であるが、どのような種類の映像コンテンツにより交感神経活動あるいは副交感神経活動が増加するかについては明らかでないことが示された。さらに、本研究においては、恐怖映画や負の感情を引き出すコンテンツや、人によって捉え方が異なるストーリー性のあるコンテンツは適切でないことから、コンテンツ選定についてはこれらを考慮する必要があることがわかった。

3. 高齢者を対象としたVR視聴における利用条件

3.1 概要

高齢者が安全にVR体験を行うための制約等利用条件を設定するために、都内障害者福祉センターにおいて高齢者2名（女性2名、年齢不明）の体験状況の参与観察を実施した。体験時間は10-15分程度であった。視聴していたコンテンツは吊り橋のかかっている森林と富士山が見える丘の2種類であり、どちらも自然関連の観光地であった。好きなタイミングでどちらも見れるようになっており、2名ともそれぞれ約5-10分ずつ体験していた。

3.2 VR視聴における利用条件の抽出

参与観察の結果、以下の事項が観察された、

- ・荷重を補償するため、また装着に抵抗があることから頭部に装着せず手持ちで視聴する場面があった。
- ・VR体験中動き回り、軽く酔う場面があった。
- ・すでにVR視聴に慣れており楽しんで視聴していた。

・発語が増え、映像の内容について複数の質問をしていた。次に見たい映像の希望なども話していた。

高齢者のVR体験においては、10-15分程度の視聴において顕著な悪影響は認められなかった。ただし、閲覧中の移動を伴う身体活動や酔いを伴うコンテンツに関しては、転倒リスクなどが想定されるため最小限にするための運用条件を設定する必要があることがわかった。また、その他の安全上の配慮事項として、重量や配線の有無等を考慮する必要があることがわかった。

4. 若年健常者による予備的検討

4.1 VRコンテンツが自律神経系に与える影響に関する予備的検討

4.1.1 実験概要

若年健常者に対して、複数のVR映像の視聴を行い、その際の自律神経系への影響を調べた。実験参加者は、東京大学所属の健常若年者9名（男性7名、女性2名）(A, B, D, E, F, H, I:23歳, C, G:26歳)である。

4.1.2 使用機材・測定方法

HMDにはOculus Go (Oculus製)を選定した。イヤホン内臓のスタンドアロン型である。3DoFの機能を持つ。

生理指標測定に関しては、交感神経と副交感神経の特徴を評価できる心拍変動解析の指標を用いることとした。心拍計測にはSilme Bar type Lite (TDK製)を選定した。鎖骨下中央にジェルパッドで装着する。計測データには心電位、脈波、加速度、皮膚温があり、抽出データには心拍間隔、脈拍間隔、呼吸間隔、体動量、姿勢がある。交感神経活動の指標としてはLH/HF (0.04-0.15Hz 低周波数帯域LFと0.15-0.4Hz 高周波数帯域HFの比)、副交感神経活動の指標としてはHFnu (HFの補正值)を用いる。

4.1.3 VRコンテンツ

VRコンテンツは360度カメラ (Insta360 Pro 2, Insta製) で撮影もしくはインターネット上や共同研究先のコンテンツを利用する。環境音のみの3D360度の定点動画とする。第2章に示した先行研究を踏まえ、覚醒やリラクゼーション、感情を誘発しやすい慣れ親しんだ場所などの条件から選定した4通りのVRコンテンツを選定した。

- ①車通りの多い道路上[8]
- ②晴れた日のビーチ[9]
- ③本郷キャンパス (自身で撮影) (図2)
- ④アシカのいる海辺[10]



図2：VRコンテンツ③の様子



図3：実験の様子

4.1.4 実験方法

実験参加者は回転椅子に座り生理指標測定器を装着し、7分間安静にする。その後VR機器を装着し、3分程度慣れるための体験をした後、以下の①~④のVRコンテンツ4種類を7分ずつ順に体験する(図3)。各体験間に3分ほど休憩をとり、各内容に関するアンケートに回答する。

分析にはVR空間体験開始後の2分間(開始時)と体験終了前の2分間(終了時)のデータを用いる。

なお、本実験は東京大学倫理審査委員会の承認を得て実施した。

4.2 実験結果

(1) 分析対象

指標が計測できていなかったCとGを除くA, B, D, E (②③④), F, H, Iの7名を分析対象とした。また、同様にEもVR空間①のみ指標が計測できていなかったため、分析対象から除外した。

(2) VR空間体験開始時と終了時の比較

VR空間体験開始時と終了時のLF/HF及びHFnuの値の変化を図4に示す。その結果、LF/HFとHFnuが負の相関を示していた。

- ・①ではIを除いて終了時に交感神経活動が増加し、副交感神経活動が減少した。
- ・②ではIを除いて終了時に交感神経活動が減少し、副交感神経活動が増加した。
- ・③ではD, Fでは終了時に交感神経活動が増加し、副交感神経活動が減少したが、それ以外では副交感神経活動が増加し、交感神経活動が減少した。
- ・④ではA, B, Fでは終了時に交感神経活動が増加し、副交感神経活動が減少したが、それ以外では副交感神経活動が増加し、交感神経活動が減少した。

4.3 考察

それぞれのVRコンテンツにおいてLF/HFおよびHFnu指標に負の相関が見られた。これは、交感神経と副交感神経の特徴を表せていると解釈できる。

VRコンテンツの比較については、①(車通りの多い道路上)において6名中5名に交感神経活動の増加と副交感神経活動の減少が認められた。①では多くの車が目の前を走り、その通過音も含まれる。そのため緊張やストレスを感じやすい場面であり、交感神経活動が増加したことが考えられる。

一方、②(晴れた日のビーチ)では①とは反対に、6名中5名に交感神経活動の減少と副交感神経活動の増加が認められた。②は海の波や音などが含まれる自然の映像であり、リラックスに導く効果があったと考えられる。また、唯一逆の傾向が見られたIでは、アンケートより「昔を思い出して落ち込んだ」というネガティブな感情の回答が得られた。Iのみが負の感情を抱き、交感神経活動が増加した可能性が考えられる。

③(本郷キャンパス)では7名中2名で交感神経活動が増加し、5名で副交感神経活動が増加した。本郷キャンパ

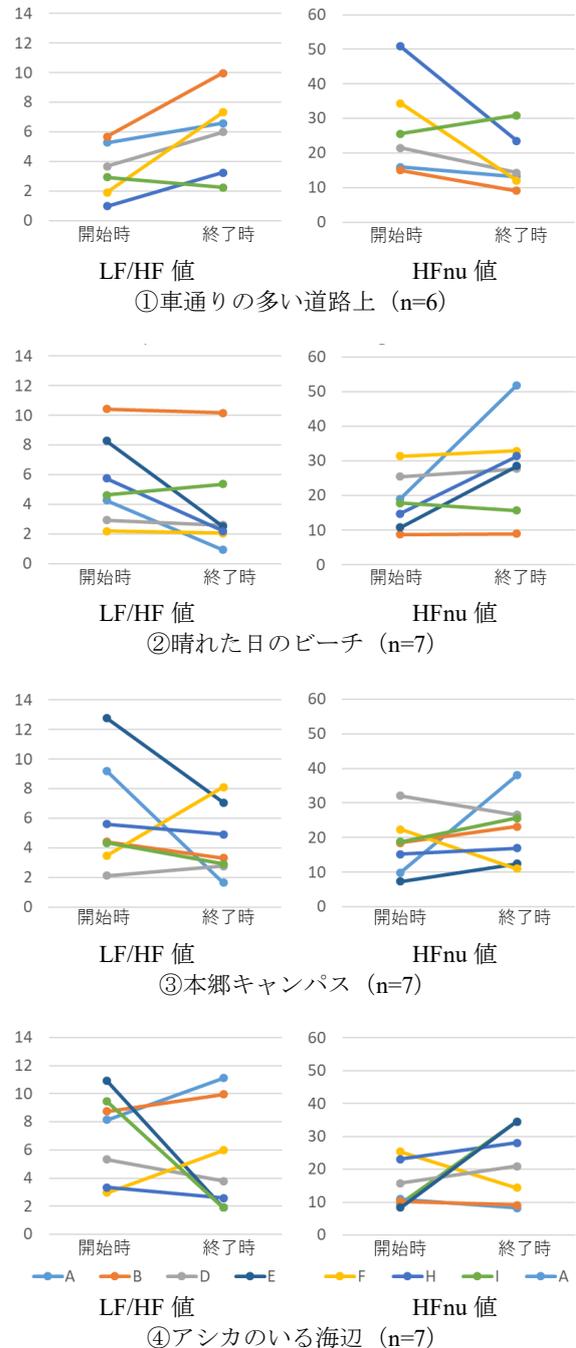


図4: VR空間体験開始時と終了時の指標の変化

スは、本学の学生にとっては日常に深く関する場面として記憶されている。唯一逆の傾向が見られたD, Fでは、アンケートよりそれぞれ「懐かしい」「あの場所にポストがあることを知らなかった」のように以前の記憶を思い出す様子が窺えた。このようなコンテンツがエピソード記憶を想起させることで、交感神経活動が増加した可能性が考えられる。

④(アシカのいる海辺)では7名中3名で交感神経活動が増加し、4名で副交感神経活動が減少した。アシカの存在は癒しと捉えることもわくわくするものと捉えることもでき、人によって自律神経系への影響が異なると考えられる。

5. まとめ

VR 空間体験前後の LF/HF 及び HFnu を比較することでそれらの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ことを確認できた。また、VR コンテンツの違いによりその傾向が異なることが確認できた。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、映像コンテンツの選定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わかった。

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] Dermody et al. : The Role of Virtual Reality in Improving Health Outcomes for Community-Dwelling Older Adults: Systematic Review, J Med Internet Res 2020, Vol. 22, No.6, pp. 1–17, 2020.
- [4] 天田ら：心肺運動負荷試験における自律神経の経時的変化の特徴—heart rate variability を用いた検討—，別府大学紀要， Vol.55, pp.119-124, 2014.
- [5] 田中ら：意識的腹式呼吸がもたらす高齢者の自律神経反応及びホルモン変化，形態・機能， Vol.10, No.1, pp.8-16, 2011.
- [6] Xudong et al., Heartrate variability in autonomic Function and Localization of Cerebral Activity during inhalation of perfumed fragrances, ISLIS, Vol.14, No.2, 2006.
- [7] 香川ら：異なる自然環境におけるセラピー効果の比較と身近な森林のセラピー効果に関する研究，森林総合研究所， pp.1-45, 2011.
- [8] Jang et al. : Reliability of Physiological Responses Induced by Basic Emotions: A Pilot Study, J Physiol Anthropol, Vol.38, No.15, 2019.
- [9] Choi et al. : Is heart rate variability (HRV) an adequate tool for evaluating human emotions? – A focus on the use of the International Affective Picture System (IAPS), Psychiatry Research, Vol.251, pp.192-196, 2017.
- [10] 村瀬ら：視聴覚刺激による情動の変化—心拍変動の分析—， J UOEH, Vol.26, No.4, pp.461-471, 2004.
- [11] Wu et al. : How Do Amusement, Anger and Fear Influence Heart Rate and Heart Rate Variability?, Frontiers in neuroscience, Vol.13, 2019.
- [12] 齋藤ら：カラー映像によるストレス緩和効果の研究，京都大学医学部保健学科紀要:健康科学， Vol.2, pp.1-7, 2005.
- [13] 池井ら：バラ生花の視覚刺激がもたらす生理的リラックス効果 - 高校生を対象として - ，日本生理人類学会誌， Vol.18, No.3, pp.97-103, 2013.
- [14] Seattle Traffic in 5K 360° VR Video - Seattle Highways & Stadiums, https://www.youtube.com/watch?v=znSzP4R_1a8&list=WL&index=4&t=0s, 2020/8/6 取得.
- [15] An Afternoon at Ventura Beach - VR 360 - 4K Video - Soothing Surround Beach Sounds - ASMR CaliScapes, https://www.youtube.com/watch?v=9mlgwus_zew&list=WL&index=3&t=0s, 2020/8/6 取得.
- [16] Beach Seals and Sea Lions - VR 360 - 5K Video - Surround Sounds, <https://www.youtube.com/watch?v=SLs1z8GxqKw&list=WL&index=2&t=0s>, 2020/8/6 取得.