

Virtual reality 画像が及ぼす自律神経活動への影響

中部大学 生命健康科学部 臨床工学科 川畑 駿太郎

要旨

自律神経系の乱れを非侵襲的に整える方法として、VR空間の疑似体験（virtual reality：仮想現実）に着目した。本研究では、森林のリラックス VR 画像の視聴覚刺激に対する心拍変動を周波数解析し、自律神経活動の評価を行い、視聴下と非視聴下を比較した。その結果、視聴下では、交感神経活動が抑制されたことを示した。従って、VR空間の疑似体験は、自律神経系のバランスを非侵襲的に整えるのに有効である可能性が示された。

1. 背景

コロナ禍の現在とコロナ禍前の 2019 年を比較すると、現在ストレスを感じている人の割合は 58.0%で、2019 年に感じた人の 1.4 倍増加しており、ストレスを感じる頻度が高くなっている。ストレスを感じると交感神経が優位に働き、ストレス状態が長期間続くと精神的ストレスから自律神経失調症などを誘発する恐れがある。ストレスによる興奮状態を落ち着かせるには、交感神経活動を抑制させ、副交感神経を優位に働かせる必要がある。ストレスに起因する自律神経系の乱れを整える方法として、ベンゾジアゼピン受容体作動薬に分類される睡眠薬や抗不安薬などを用いた薬物療法があるが、依存の形成による離脱症状や耐性の形成による薬物の服用量の増加などの危険性がある。従って、ベンゾジアゼピン受容体作動薬は、不必要ならば服用しないこと、服用した場合でも短期間の使用に留めることが望ましいとされている²⁾。そこで、本研究では、VR空間の疑似体験に着目した。VR画像を用いることで、乱れた自律神経系のバランスを非侵襲的に整えることができるのではないかと考えた。

VR空間の疑似体験による視聴者への効果に着目した先行研究としては、HyewonらによるVR画像が及ぼす高ストレス者の心拍変動への影響についての研究事例がある。この事例では、自然環境とリラックスサウンドによって構成されているVR画像の視聴によって、高ストレス者のストレスが軽減されたことが報告されている³⁾。

自然環境には生理的セラピー効果が存在し、自律神経系に影響を及ぼす。李らが行った15分間の座観実験によると、都市部と比べ、森林環境では、副交感神経活動が有意に上昇し、交感神経活動が有意に減少したことから、森林環境にはリラックス効果が存在することが報告されている⁴⁾。

これらの背景を踏まえ、森林のVR画像を用いること

で、リラックス効果を発揮し、ストレス軽減効果が得ることが心拍変動（Heart rate variability：HRV）の周波数解析から証明できるのではないかと考えた。

2. 目的

リラックス VR 画像による視聴覚刺激が及ぼす自律神経活動への影響を検討する。

3. 方法

1) 対象

若年健常者 27 名（男性 23 名、女性 4 名）を対象とした。

本研究は、中部大学倫理審査委員会での審査と承認を得て行った（承認番号：20210006、承認年月日：2021年4月30日、承認期間：2021年4月30日-2024年3月31日）。

2) 実験概要

本研究では、生理的リラックス効果を期待するリラックス VR 画像を用いて、非視聴下と視聴下における自律神経活動の比較を行った。

実験参加者は回転座椅子に座り、生理指標測定器を装着し、5分間安静にする。その後、ヘッドマウントディスプレイ（Head Mounted Display：HMD）を装着し、リラックス動画を5分間視聴する。VR空間体験終了後、HMDを取り外す。最初の5分間安静時をコントロール状態（control）、5分間視聴時をリラックス状態（relax）とし、非視聴下（control）と視聴下（relax）の2群で自律神経活動を比較する。

3) 使用機材とVRコンテンツ

(1) 使用機材

HMDにはOculus Rift S（Oculus製）を用いた。同機種はPC接続型でイヤホンを内蔵し、自由度6（six degrees of freedom：6DoF）の機能を持ち、頭の動きに加えて体の動きを認知することができる。

生理指標測定では、心拍の揺らぎ（自発変動）を定量化し、自律神経活動を評価することができるHRVの周波数解析を用いた。心拍RR間隔の時系列を周波数解析にかけると、スペクトルの低周波数帯域（Low Frequency：LF）と高周波数帯域（High Frequency：HF）のパワー値が算出される。低周波数帯域は交感神経と副交感神経の活動を反映し、高周波数帯域は副交感神経の活動を反映する。本実験では、0.04-0.15 Hzを低周波数帯域、0.15-0.4 Hzを高周波数帯域として、各周波数成分のパワー値（LF power及びHF power）と比率（LF/HF）から、自律神経活動を評価

する。

心電図記録のためのパッド電極は、左胸部下のみぞおちと同じ高さに装着した。心拍周期(R-R interval : RRI)の計測には、my Beat 心電計® (UNION TOOL 製)を選定した。my Beat 心電計®のサンプリング周波数は1,000 Hzで、HRVの周波数を解析する上で十分に高い精度でRRIを記録することができる。心臓の拍動は自律神経によってコントロールされているため、心理状態の変化によってRRIが変化する。従って、そのRRIの変化を計測することで、自律神経系のバランスの偏りを検知することができる。

(2) VR コンテンツ

VR コンテンツは、YouTube VRの天然県立自然公園の映像を選定した。被験者は自然の広がるリラックスVR画像を視聴する。

4) 統計学的検討

比較検定はLF power, HF power, LF/HF, 心拍数(heart rate : HR)をHMD装着前の準備状態(control)と、HMD装着後にリラックス映像を視聴している状態(relax)の2群で行う。

各測定値に対し Shapiro-Wilk の正規性の検定を行い、正規性を認める場合には T 検定を用い、正規性を認めない場合には、Wilcoxon の符号付き順位検定を用いる。いずれも $p < 0.05$ を統計学的有意差と判定する。

4. 結果

1) control と relax VR の比較

LF power [msec^2]における control と relax VR を比較した結果、平均値±標準偏差は 928.0 ± 545.4 vs 718.6 ± 497.1 、中央値 [四分位範囲] は 868.0 [467.4 - 1201.4] vs 499.2 [373.5 - 956.2]となった (図1, 表1)。

HF power [msec^2]における control と relax VR を比較した結果、平均値±標準偏差は 637.9 ± 518.1 vs 696.8 ± 607.7 、中央値 [四分位範囲] は 524.0 [218.5 - 1032.6] vs 564.1 [213.1 - 948.8]となった (図2, 表2)。

LF/HFにおける control と relax VR を比較した結果、平均値±標準偏差は 2.11 ± 1.36 vs 1.60 ± 1.28 、中央値 [四分位範囲] は 1.74 [1.14 - 2.93] vs 1.36 [0.67 - 2.01]となった (図3, 表3)。

HRにおける control と relax VR を比較した結果、平均値±標準偏差は 79.9 ± 12.8 vs 76.1 ± 10.8 、中央値 [四分位範囲] は 79.2 [72.6 - 86.5] vs 74.2 [68.3 - 82.2]となった (図4, 表4)。

2) 正規性の検定

Shapiro-Wilk による正規性の検定の結果、control LF power, control HF power, relax LF power, relax HF power, control LF/HF, relax LF/HF は正規性を認めず、control HR, relax HR は正規性を認めた。

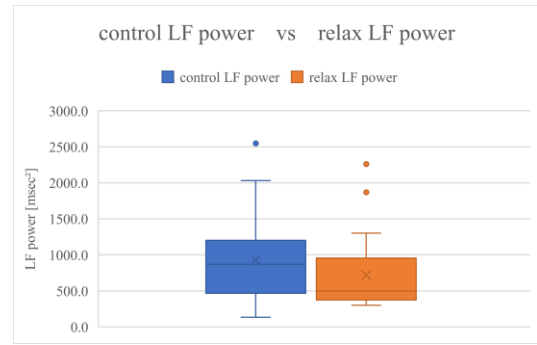


図1: control と relax VR の比較(LF power)

表1: LF power [msec^2]

	control	relax VR
平均値±標準偏差	928.0 ± 545.4	718.6 ± 497.1
中央値	868.0	499.2
四分位範囲	467.4-1201.4	373.5-956.2

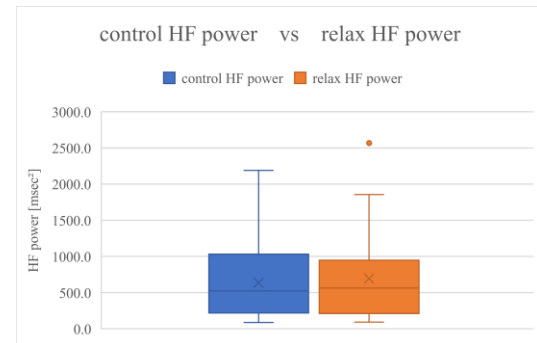


図2: control と relax VR の比較(HF power)

表2: HF power [msec^2]

	control	relax VR
平均値±標準偏差	637.9 ± 518.1	696.8 ± 607.7
中央値	524.0	564.1
四分位範囲	218.5-1032.6	213.1-948.8

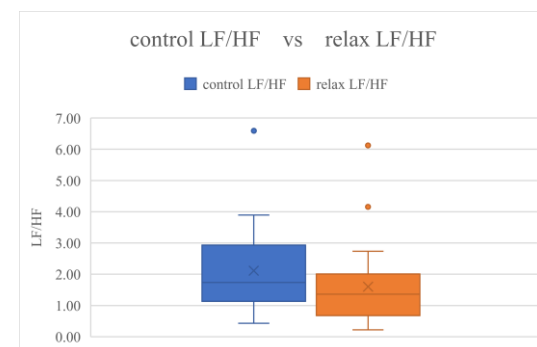


図3: control と relax VR の比較(LF/HF)

表 3: LF/HF

	control	relax VR
平均値±標準偏差	2.11±1.36	1.60±1.28
中央値	1.74	1.36
四分位範囲	1.14-2.93	0.67-2.01



図 4: control と relax VR の比較(HR)

表 4: HR

	control	relax VR
平均値±標準偏差	79.9±12.8	76.1±10.8
中央値	79.2	74.2
四分位範囲	72.6-86.5	68.3-82.2

3) ノンパラメトリック検定

正規性を認めなかった項目は Wilcoxon の符号付き順位検定を用いて control と relax VR の比較した。

LF power [msec²]は, 868.0 [467.4-1201.4] vs 499.2 [373.5-956.2] p=0.012 と有意に relax VR で減少した(図 1, 表 1)。

HF power [msec²]は, 524.0 [218.5-1032.6] vs 564.1 [213.1-948.8] p=0.648 と有意差を認めなかった(図 2, 表 2)。

LF/HF は, 1.74 [1.14-2.93] vs 1.36 [0.67-2.01] p=0.005 と有意に relax VR で低下した(図 3, 表 3)。

4) T 検定

正規性を認めた HR は, T 検定を用いて control と relax VR の比較を行い control vs relax VR は, 79.9±12.8 vs 76.1±10.8, P<0.001 で有意差を認め, relax VR で低下した(図 4, 表 4)。

5. 考察

森林のリラックス VR 画像を視聴することで, HF power に有意な変化は見られなかったが, LF power, LF/HF, HR は有意に低下したことから, 副交感神経活動の強度は変わらなかったが, 交感神経活動が抑制されていることを示していると思われる。

1) 森林と自律神経系の関係性

森林などの自然環境には生理的セラピー効果が存在し,

自律神経活動に様々な影響を与える。池井らが行った, 森林部と都市部の座観中における心拍変動性の分析では, 森林部の座観時には副交感神経活動が 40.6%の有意な上昇を示し, 交感神経活動が 11.6%の有意な低下を示し, 都市部の座観時に比べて心拍数が有意な低下を示したことから, 森林の座観は生理的リラックス効果に有効であることが報告されている⁵⁾。また, 高山らが行った, 森林, 農地, 海岸の 3 つの異なる自然環境における歩行及び座観実験から, 森林が最もリラックス効果が高いことが報告されている⁶⁾。

以上の事から, 森林には生理的セラピー効果が存在することが分かった。また, 様々な自然環境と比べ, 森林が最も生理的セラピー効果が高いことが分かった。従って, 森林による生理的セラピー効果が自律神経活動へ影響を及ぼし, 交感神経活動が抑制されたと考えられる。

2) 色彩と自律神経系の関係性

視覚刺激は自律神経系に影響を及ぼす。森林の特徴として, 木々が生い茂り, 緑が豊かであることが挙げられる。松井らは, 一般蛍光灯下と緑色蛍光灯下での安静臥床状態における自律神経活動への影響について研究を行った。その結果, 一般蛍光灯下と比べ, 緑色蛍光灯下では副交感神経活動が活性化されたことが報告されている⁷⁾。

以上の事から, 緑色の視覚刺激によって, 生理的リラックス効果が得られることが分かった。本研究では, HMD を介して森林のリラックス VR 画像を視聴したことから, ディスプレイの光による森林の緑色の視覚刺激が自律神経系に強く作用し, 交感神経活動が抑制されたと考えられる。

3) 自然音と自律神経系の関係性

自然音, 人の話し声, モーツァルト音楽などの中には, 人間に心地良さを与えるとされている 1/f ゆらぎが含まれている。ゆらぎとは, 規則性を持つが, その周期や強さが一定ではなく, 時間的又は空間的に変動する現象のことを示し, 1/f ゆらぎは周波数に反比例するゆらぎのことである。人間は, リラックス時や安静時に脳波の α 波が発現する。1/f ゆらぎは, この α 波と周波数が近似していることから, 1/f ゆらぎが含まれる自然音などを認識すると α 波が増加し, リラックス効果が得られると言われている。

Rachel らの報告によると, 自然音を聴くことで, 痛みの緩和, 認知機能の改善, 気分の高揚, ストレス軽減の効果を見込めることが分かっており, 自然音ごとに効果が異なることが明らかになっている。例えば, ストレス軽減に最も効果的なのは小鳥のさえずりであり, 気分の高揚やメンタルヘルスには水の音が効果的である⁸⁾。本研究で使用した森林の VR 画像からは, 小鳥のさえずりの自然音が聞こえる。従って, 交感神経活動が抑制されたのは, 1/f ゆらぎが含まれる自然音による聴覚刺激が影響したことが考えられる。

大塚は、快適要素を含む森林の音によるストレス低減効果における性差の影響について研究を行った。その結果、女性に比べ、男性はストレス負荷後の回復時の皮膚血流量が有意に増加し、男性の方がストレス低減効果の影響を受けやすい可能性があるとして報告されている⁹⁾。本研究では、実験参加者 27 名のうち、男性が 23 名で 8 割以上を占めている。従って、実験参加者の過半数がストレス低減効果の影響を受けやすい男性であったことが、本研究の結果に影響したと考えられる。

4) VR 画像によるリラックス効果

Hyewon らの研究から、VR リラクゼーションは、高ストレス者のストレス軽減効果に有効であることが報告されている³⁾。交感神経活動が抑制されたことから、本研究の結果においてもストレス軽減が確認できたため、VR 画像の活用はストレス軽減をもたらすのに有効な可能性があると考えられる。

本研究の結果から、森林によるリラックス効果は VR 画像を介しても効果が発揮されることが分かった。現在の VR 画像では、画像による視覚刺激と、音による聴覚刺激によって、リアリティを生み出している。しかし、近い将来には、コンピュータ技術や映像技術などの発展に伴い、触覚、味覚、嗅覚などの多様な感覚が VR デバイスを介して疑似体験できるようになることが予想される。木材の触覚刺激に関する池井の研究から、副交感神経活動の亢進と交感神経活動の抑制を示し、リラックス効果をもたらすことが報告されている¹⁰⁾。また、ヒノキ葉油の嗅覚刺激は、副交感神経活動の亢進を示し、リラックス効果をもたらすことが報告されている¹¹⁾。従って、今後の VR 画像の発展により、多様な感覚による刺激の感知が可能となれば、森林に直接触れたときと同等のストレス軽減効果が得られるのではないかと考えられる。

リラックス VR 画像として選定した森林の特徴として、小鳥のさえずりによる自然音、緑が豊かであること、木々などの感触や香りなどが挙げられる。本研究では、VR デバイスを介して森林を視聴したことから、主に緑色の視覚刺激や自然音による聴覚刺激が自律神経系に影響を及ぼし、交感神経活動を抑制させ、ストレスを軽減させたことが分かった。また、VR 画像の発展によって、多様な感覚による刺激を感知することが可能となれば、更なるリラックス効果に期待できる。

6. 結論

HMD を用いた森林の VR 空間の疑似体験は、ストレスによって乱れた自律神経系のバランスを非侵襲的に整えるのに有効である可能性が示された。

7. まとめ

臨床工学技士は、人工呼吸器、血液浄化、人工心肺など、生命維持に直結する業務に多く携わる。侵襲性を伴う治

療も多く、臨床工学技士が関与する治療法が、どれほど患者に影響するかは常に考慮すべき課題であると考えられる。本研究では、侵襲的介入とは相反するリラックス VR 画像による視覚刺激が生体に及ぼす影響を検討することによって、侵襲的な介入の影響を検出する手段の開発に繋がるのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 株式会社インテージ. 知るギャラリー. コロナ禍の生活者 今のストレスの主な要因は？(2021 年 5 月 31 日公開記事). [2022/5/17 参照] <https://gallery.intage.co.jp/stress2021/>から利用可.
- 2) 厚生労働省. 重篤副作用疾患別対応マニュアル ベンゾジアゼピン受容体作動薬の治療薬依存. 2021.
- 3) Hyewon Kim, Dong Jun Kim, Seonwoo Kim, et al. Effect of Virtual Reality on Stress Reduction and Change of Physiological Parameters Including Heart Rate Variability in People with High Stress: An Open Randomized Crossover Trial. *Front Psychiatry*; 2021 Aug 10; 12: 614539.
- 4) 李 宙宮, 朴 範鎮, 恒次 祐子, 香川 隆英, 宮崎 良文. 森林セラピーの生理的リラックス効果—4 箇所でのフィールド実験の結果. *日本衛生学雑誌*. 2011; 66(4): 663-669.
- 5) 池井 晴美, 宋チョロン, 香川 隆英, 宮崎 良文. 日帰り型森林セラピーがもたらす生理的・心理的リラックス効果—座観時における検討. *日本衛生学雑誌*. 2014; 69(2): 104-110.
- 6) 高山 範理, 香川 隆英, 森川 岳, 朴 範鎮, 李 宙宮, 宮川 治郎. 多様な自然環境や森林環境における生理効果等の解明. *森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集*. 2011: 14-19.
- 7) 松井 美由紀, 乗松 貞子. 緑色の照明が人間に及ぼす生理的・心理的影響. *一般社団法人日本健康心理学会健康心理学研究*. 2012; 25(2): 1-9.
- 8) Rachel T. Buxtona, Amber L. Pearsonb, Claudia Alloud, Kurt Frisstrupe, George Wittemyerf. A synthesis of health benefits of natural sounds and their distribution in national park. *PANS*; 2021.
- 9) 大塚 雄記. 自然音のストレス軽減効果における性差の影響. *日本生理人類学会誌*. 2012; 17(3): 140.
- 10) 池井 晴美. 木材への接触が人にもたらす生理的リラックス効果. *森林科学*. 2019; 86: 36-39.
- 11) Ikei H, Song C, Miyazaki Y. Physiological effect of olfactory stimulation by hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) leaf oil. *Journal of Physiological Anthropology*. 2015; 34: 44.

指導教員

中部大学 生命健康科学部 臨床工学科
平手 裕市