Head mounted display(HMD)による 3次元立体視における循環動態の非線形解析

山家智之、*吉澤誠、南家俊介、永沼滋、小林信一、*高安秀樹、**田中明、**阿部健一、***杉山由樹、***間野忠明、仁田新一、

東北大学加齢医学研究所病態計測制御、
*同大学院情報科学研究科、**同工学部電気工学科
***名古屋大学環境医学研究所自律神経行動科学

3-D VIRTUAL REALITY WITH HEAD MOUNTED DISPLAY AND HEART RATE VARIABILITY

Tomoyuki Yambe, Shun-suke Nanka, Shigeru Naganuma, Shin-ichi Kobayashi, *Makoto Yoshizawa, *Hideki Takayasu, **Akira Tanaka, **Ken-ichi Abe, ***Yoshiki Sugiyama, ***Tadaaki Mano, Shin-ichi Nitta

Department of Medical Engineering and Cardiology, Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University, *Graduate School of Information Sciences, Tohoku University, **Faculty of Engineering, Tohoku University, ***The Research Institute of Environmental Medicine, Nagoya University

バーチャルリアリティが生体に与える影響を解析するために、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) による3次元立体視のテレビゲームを用い、心拍変動のゆらぎを記録した。健康成人男子7名において、HMDによる3次元立体視のゲームを行わせ、心電図の記録を行い、コンピュータディスプレイ上の2次元の同じテレビゲームを行わせた際の心拍変動と比較検討した。その結果、5例の中、初心者2例においては3次元ゲーム中に軽い吐き気を訴えた。吐き気のある症例においては、若干のフラクタル次元の減少を認めた。3次元立体視による人工現実感生体の循環動態を制御する自律神経機能に若干の影響を与えている可能性があるものと考えられた。

Key words: 3-DVirtual reality, Head mounted display, Heart rate variability, Chaos, Fractal dimension

1. 緒言

次世代の画期的なヒューマンインターフェースの一環としてバーチャルリアリティの技術が注目されているが、この知覚刺激はこれまで人類が経験したものでないものなので、その生体への影響を厳密に検証する必要があることは自明である。特にアミューズメントにおいてはテレビゲームに熱中した子供の健康問題が注目を集めつつあり¹⁾、ファミリーコンピュータに夢中になった子供たちにおける、いわゆるファミコン癲癇の問題等²⁾、ブラウン管の点滅等が脳神経系に与える影響が注目されている。より精緻な人工現実感をもたらすものであればあるほど、その生体に与える影響を厳密に検証する必要があることは自明であるが、かかる観点から人工現実感にアプローチした報告はまだ極めて少なく、medline 等にて医学系論文を検索してもバーチャルリアリティに関係する論文は少

なく、コンピュータ外科関係のものがほとんどである^{4, 5)}。本研究では3次元立体表示の人工現実感が自律神経機能に与える影響について、心拍変動等の循環動態のゆらぎの観点から解析を試みた⁴⁾。本研究ではゆらぎの解析に従来多く用いられていたスペクトル解析とともに、非線形数学理論を応用して心拍変動のフラクタル次元解析を試みた。

2. 対象と方法

バーチャルリアリティによる人工現実感が生体の自律神経機能に与える影響を解析するために、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着し、シューティングゲームを能動的に行っている生体における心拍変動を記録した。HMDはVirtual I/O社製 i-glasses を Gateway-2000社製 P5-100に接続して、3次元のトンネル内を飛びながら相手を打ち落とす3次元

シューティングゲームを行わせた。対象としてコンピュータディスプレイ上で同じゲームを行わせた。特に既往症を持たない20-36才の健康成人男子5例を対象に、コンピュータディスプレイと、HMDによる人工現実感を、同一のソフトを同一の対象において交互に視聴させ、比較検討を行った。

交感神経機能と副交感神経機能について検討するために、Course Graining Spectral Analysis 法 (CGSA法) を用い、0.1Hz前後の周波数成分と、呼吸性周波数領域のゆらぎ成分のパワースペクトル密度のピーク値について解析を行った。更にゆらぎ成分の全体論的な解析を試みるために、心拍変動の時系列曲線の拍数単位のリターンマップを作成し、再構築したアトラクターを用いてボックスカウンティング法によってフラクタル次元を求めた。

3. 解析結果

ソフトウェアにおけるバーチャルリアリティを視聴している状態において、いずれの症例においても心拍数や血圧は正常範囲に保持されていた。HMDによるシューティングゲーム負荷時の心拍変動時系列曲線のスペクトルにも従来の報告にあるように 0.1 Hz 前後の Mayer wave 変動成分及び、呼吸性変動成分の周波数成分のスペクトルピークがに明瞭に認められていた。しかしながら、このゲームの経験のない2例の被験者においては、軽い吐き気の発生が認められた。また吐き気を訴えた症例においては、Mayer wave変動成分及び呼吸性変動成分のピーク値の減少が認められたが、5例全体の統計処理では有意の差は認められなかった。

更にこのようなゆらぎ成分の変化をシステム全体の動特性に注目して全体論的に解析するために、リターンマップに埋め込んだ心拍変動の時系列曲線のフラクタル次元を求めた。その結果、吐き気を訴えた初心者の方の症例においてはフラクタル次元の減少する傾向が認められたが、全体の症例をまとめると統計学的な有為さは観察されなかった。

4. 考察

本研究では、バーチャルリアリティによる人工現実感が生体に与える影響を評価するために、心拍変動時系列曲線の周波数解析と、非線形解析によるゆらぎの解析を行った。その結果、症例によっては心拍変動に大きな影響を受けていることが判明した。この結果は、敏感な症例や3次元立体視に慣れていない症例では、循環動態を支配する自律神経機能が、バーチャル

リアリティによって影響を受けていることを示唆しているものと考えられる。

生体の循環動態などの時系列曲線におけるカオス的ダイナミクスについては多くの報告があり、生体の恒常性を維持する動特性として脚光を浴びつつある。すなわち生体は非線形ダイナミクスによって外乱に追従し、アトラクターの移行によって能動的な自発性に至るカオス的な遍歴の可能性の示唆である。かかる観点から本研究の結果を考察すると、バーチャルリアリティによって循環動態の非線形アトラクターのシフトが起こる可能性を示唆する点で、興味深いものとも考えられた⁶⁾。

これらの自律神経系の変動を従来の報告におけるストレス負荷や病的な状態におけるものと比較検討することにより、生体にとって安全性が高く生理学的にも理想的なバーチャルリアリティのシステムが具現化する可能性もあるものと期待される。

謝辞

本研究の解析法の一部は、国際高等研究所における数理科学ワークショップ「複雑系の秩序と構造」において討論された。また本研究の結果の一部は、文部省重点領域研究「人工現実感」研究成果報告会において発表された。本研究の研究費の一部は文部省科学研究費重点領域研究(2):08234201、基盤研究(B)(2):06558118によった。

引用文献

1. Haier RJ, et al. Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: a positron emission tomographic study. *Brain Res* 570: 134-43, 1992.
2. 村中秀樹他. テレビゲームにより誘発される発作を主訴とするてんかん4例について. *臨床脳波* 34: 131-133, 1992
3. 吉澤誠他. 心拍数・血圧解析によるヘッドマウンテッドディスプレイの評価. 第10回生理生体工学シンポジウム論文集:69-72,1995
4. 三宅普司, 赤津順一, 神代雅晴. Virtual reality体験下における生理的諸機能の変動. *人間工学*30(Suppl): 298-299, 1994.
5. 杉岡由喜子他. 仮想現実システムの人体に対する生理学的及び衛生学的影響. *Hum Interface News Rep* 9: 303-308, 1994.
6. 山家智之他. 精神作業負荷における循環動態の非線形解析によるストレス評価. *疲労と休養の科学* 10: 93-99, 1995