

解説**バーチャルリアリティとその産業応用**

野村 淳二・仲島 了治

松下電工(株)インフォメーションシステムセンター VR 開発室 〒571 門真市大字門真 1048

(1994年3月2日受理)

Virtual Reality and Its Industrial Applications

Junji NOMURA and Ryoji NAKAHIMA

Virtual Reality R&D Group, Information System Center, Matsushita
Electric Works, Ltd., 1048, Kadoma 571**1. はじめに**

バーチャルリアリティ (VR) 技術は、そのコンセプトの斯新さと応用面での期待により近年大きな関心を集めている。現在いくつかの特定分野においてその応用事例が示されつつあり、機能面において満足でない部分はあるもののその将来における多方面への応用の可能性が非常に期待されている。

現在までの VR 技術の産業応用事例として、企業ショールームにおける接客業務に応用することにより顧客満足度を向上させようという試みが報告されている¹⁾。またロボット遠隔制御へのテレグジスタンス技術応用²⁾や手術シミュレーションなどの医療分野への応用³⁾も検討されており、さらに教育・芸術といった分野もこれからの VR 応用分野として注目されている^{4,5)}。

これに対し、我々は健康機器分野とセキュリティ分野において VR 技術応用を図っている。本稿では三つの対象について VR 技術の応用を図った結果を述べる。まず一つめはストレス解消を目的としたリラックス・リフレッシュ・システムである。これは VR のもつ豊かな臨場感や没入感を利用することにより使用者の心理・生理状態を好ましい方向へ導くことを狙いとするものである。二つめは体力増進を目的としたサイクリングシステムである。ここでは VR による仮想体験を楽しみながら固定式自転車をごくことにより、トレーニングの単調さ、退屈さを軽減することを狙う。三つめはセキュリティを目的とした遠隔監視ロボットである。これはテレグジスタンス技術や自律移動技術などの応用により、監視室に

おいてもあたかも監視対象エリアに居るがごとく移動・監視・消火といった作業が行える環境の実現を狙いとするものである。以下では、各分野での応用システムの概要を述べるとともに、実際に開発したプロトタイプの大略を紹介する。

**2. リラックス・リフレッシュ・システム
への VR 技術応用**

現代社会はストレスに満ちた社会と言われている。とりわけ、現代のオフィスにおいてはそのハイテク化に伴って過大な情報の処理・高度な知的判断による精神的ストレス、および作業の単調性や退屈感による中枢性疲労、VDT (video display terminal) 作業による眼精疲労がますます増えてきている。そのような環境下での長時間の活動の結果、精神的・肉体的活動度が低下し、眼が疲れる、肩がこる、眠い、集中できない、なんとなくだるいといったようなさまざまな問題を各人が感じているのが現状である。

これらの疲労を解消するためには活動の持続による疲労を短時間で解消することが必要である。そのためには生体の活性状態を低下させて眠らせ、完全にリラックスした状態を作り出すことが重要となる。またその後にはリラックスによる傾眠状態を解消させリフレッシュ状態に導くことが重要となる⁶⁾。

我々はこのような観点から VR 技術を応用したリラックス・リフレッシュ・システムを開発中である。以下ではシステムの概要および開発したプロトタイプを用いて生体への効果測定実験を行った結果について述べる。

2.1 システムの概要

本システムは、映像と音響による仮想世界の提供ならびにマッサージ・リクライニング機能をその主な特徴としている。システム使用時には体験者はヘッド・マウント・ディスプレイ (HMD) を装着し、マッサージ・リクライニング機能付きチェアに座って仮想の世界を体験する。なお、映像・音響ソースやマッサージメニューは VTR より提供されるものとした。本システムの構成を図1に示す。

なお、ここでは立体映像の生成に NTSC 方式のインターレース走査を利用するとともに、機器制御にはテープ中のオーディオ信号を用いるといった方式により低コストでの実装を実現している。

本システムの生体への効果を測定するにあたり我々は自律神経系の活動度をその評価尺度とした。以下に、その評価方法の概要ならびに結果を示す。

2.2 自律神経系活動度による評価結果

自律神経系の活動度を示す指標として、近年心電図における R-R 間隔 (R 波と次の R 波との時間間隔) を計測し、そのゆらぎを解析することによって、自律神経系の活動度を調べる研究が注目されている⁷⁾。

通常、R-R 間隔ゆらぎのパワースペクトルは、約 0.5 Hz までの周波数帯域に二つのピークが出現し、周波数の低いほうのピークは血圧性変動成分 (MWSA: mayer wave related sinus arrhythmia)、高いほうは呼吸性変動成分 (RSA: respiratory sinus arrhythmia) と呼ばれている。RSA および比 MWSA/RSA がそれぞれ副交感神経系および交感神経系の活動度と相関があるといわれている。

我々はこの R-R 間隔を指標として、次のような実験を行った。すなわち、被験者 (5 名) はある定められた VDT 作業を 40 分間行った後、(1)本システム、(2)休

憩、(3)作業続行、のうちいずれか一つを 10 分間行う。ここで、休憩は VDT 作業椅子に座ったまま安静にしているものとする。その後、2 回目の VDT 作業を 40 分間行う。

上記作業の間、測定した心電図データに基づき、以下のように交感神経系の活動度 α を算出した⁸⁾。

$$\alpha = \int_{0.025}^{0.14} S(f)df / \int_{0.14}^{0.5} S(f)df \quad (1)$$

ここで、 $S(f)$ はパワースペクトル密度であり、R-R 間隔の測定データを高速フーリエ変換することによって求められる。

α の時間変化をプロットした結果を図2に示す。

図2の結果によれば、本システム使用中の 10 分間は α が最も低くなっており、体験前よりリラックス状態になっていることがわかる。また、本システム使用後の 40 分間は α が最も高くなっている。これは本システム体験終了後は、覚醒度合が高まったことを示している。

以上に述べたように、本システムを用いると、単に休憩をとるよりも生体をリラックスに導き、また使用後に交感神経系の活動度も高くなることがわかった。

3. サイクリングシステムへの VR 技術応用

近年、ビジネスマンを中心に健康作りへの関心が高まっており、特にフィットネス・クラブなど手軽に利用できる運動施設は非常に人気である。これは多忙な日々における運動不足の解消をできるだけ短時間でやりたいといったニーズにマッチしたものと考えられるが、一方これらの運動施設に設置されている機器は現実のスポーツに比べると単調・退屈であるといった問題点がある。したがって、ここでは VR 技術により、仮想体験を楽しみながらサイクリングを行えるシステムの構築を試みる。以下では、サイクリングシステムの概要を述べるととも

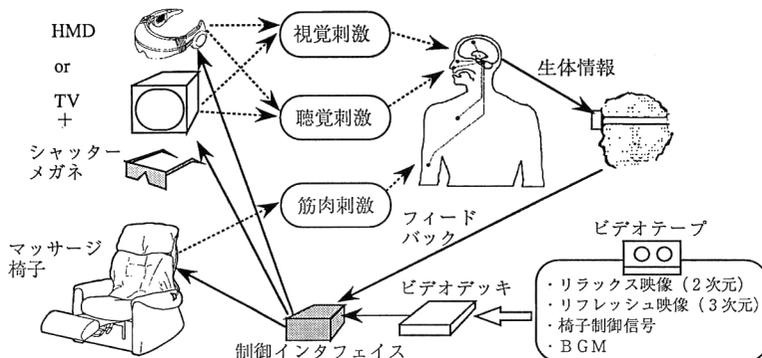


図1 VR リラックス・リフレッシュ・システムの構成

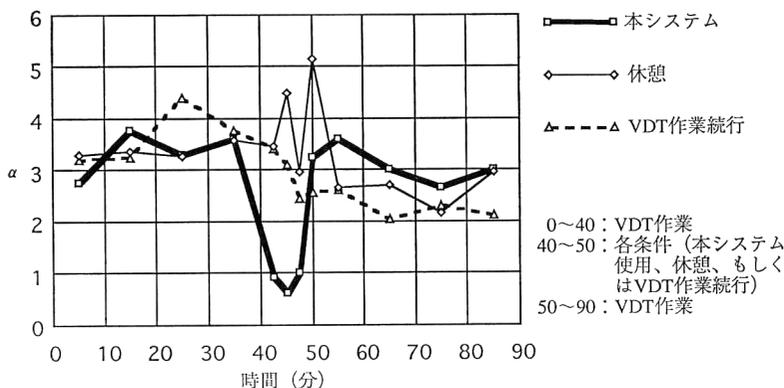


図 2 交感神経系の活動度

に、開発したプロトタイプを紹介する。

3.1 サイクリングシステムの概要

ここでは、本システムの機能を二つの観点からとらえる。すなわち、健康機器として必要な機能と、「楽しめる」機器として必要な仮想体験機能である。以下にそれぞれの概要を示す。

3.1.1 健康機器としての機能

本システムを健康機器としてとらえた場合、1)消費カロリー数の報知、2)脈拍が危険値を越えたときの報知、がその主な必要機能と考えられる。いま、固定式自転車はペダルの重みを検知ならびに制御可能であり、またペダル回転数を検知可能とする。このとき、開始時から時間 T だけ経過したときの累積消費カロリー C_T を次のように設定する。

$$C_T = a \int_0^T P_t \cdot R_t dt \quad (2)$$

ここで、 a : 固定式自転車により定まる定数

P_t : ペダル重み

R_t : ペダル回転速度

である。また、ユーザー i に対する上限脈拍数 HR_i を次のように設定する。

$$HR_i = b \cdot A_i - c \quad (3)$$

ここで、 b, c : 性別により定まる定数

A_i : ユーザー i の年齢

である。

3.1.2 仮想体験機能

仮想体験内容としては体験していて思わずトレーニングしていることを忘れてしまうようなゲーム性、すなわち場面場面での仕掛けの内容が豊富であることが重要と考えられる。ここでは、ペダル・ハンドル・ブレーキにより、走行速度・方向を制御できる、走行中に走行距離

や消費カロリーを音声で報知する、走行中、建物や自動車をハンドルでよけながら進んで行く、路面の状態に応じてペダルの重さが変わる、といった内容を実装している。

3.2 システムの構成

本システムは、コンピュータ・グラフィックス映像および音響を提供するものであり、システム使用時には体験者はHMDを装着し、ペダル・ハンドル・ブレーキ機能付き固定式自転車に座って仮想の世界を体験する。システム構成を図3に示す。

本システムはパソコンに描画面グラフィックスボードを組み込んだ低コストの方式であるが、テスト使用の結果その対話性能は十分であることがわかった。また、音声合成による種々の情報の報知や走行成績の蓄積・表示などさまざまな機能も実装しており、固定式自転車によるトレーニングの退屈さの軽減に寄与すると期待される。

4. 監視ロボットへのVR技術応用

今日、オフィスや店舗の稼働形態の変化に伴いそのセキュリティの確保が重要になってきている。例えば、夜間のコンビニエンス・ストアやビル内コンピュータ室などは無人状態となり、その防災・防犯面での管理を行うために固定式監視カメラや火災報知・防犯通報システムなどが設置されることが多い。しかしながら、こういった監視システムでは死角が存在したり火災発生時の応急消火が行えないといった問題があるため、警報が発生した場合の一次確認や応急消火などは警備員が人手で行っているのが現状である。このため、高層ビルなどでは現場到着まで時間がかかり、結果的に確認遅れ・消火遅れといった事態に至る危険性ははらんでいる。また、人間

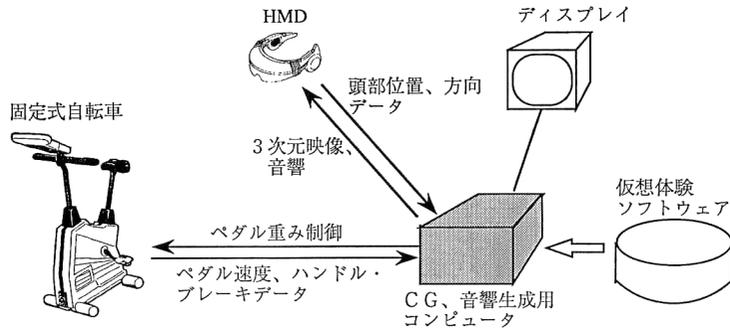


図3 VRサイクリングシステムの構成

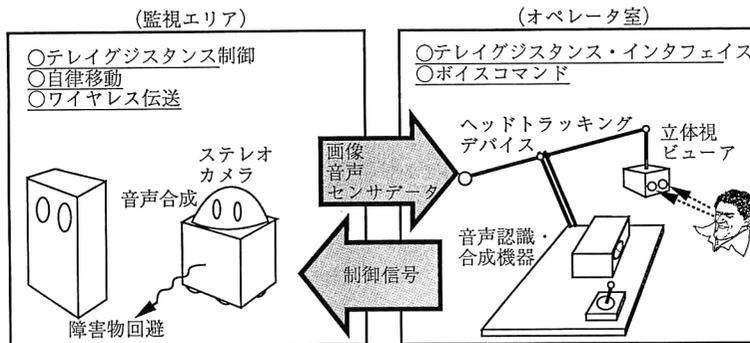


図4 テレグジスタンス・ロボットの構成

を現場に急行させることは災害に巻き込まれる可能性もあるといった問題もある。

このような問題に対し、我々はテレグジスタンス技術の応用によりロボットを用いて遠隔監視・応急消火を行うシステムを研究開発中である。以下にその概要を紹介する。

4.1 テレグジスタンス・ロボットの構成

本システムは監視エリアに配置された自律移動機能付きロボット台車とその上に取り付けられた立体視カメラ、および監視室に配置された立体視ディスプレイとロボット移動制御用インタフェースからなる。本システムの構成を図4に示す。

本システムにおいて、立体視カメラの方向は立体視ディスプレイの方向と連動して制御されるため、監視室にいながらあたかも監視エリアで前後・左右を見渡すかのような臨場感ある監視が行える。また、ロボット台車の移動制御はジョイスティックや音声コマンドにより行われ、台車に取付けた超音波センサーにより障害物の検知や回避といった自律移動を行うことも可能である⁹⁾。

5. おわりに

本稿では VR 技術の産業応用アプリケーションとし

て、リラックス・リフレッシュ・システム、サイクリングシステムおよび遠隔監視ロボットについて述べた。これらはそれぞれビデオ再生による VR 構築技術、パソコンベースの VR 技術、テレグジスタンス技術をベースとしている。また、それぞれについて実際にプロトタイプ開発を行い、一部についてはその生理効果測定も行った。今後は立体画像や HMD をはじめとする VR 技術要素の生体覚醒度への効果測定、ビデオ再生方式のサイクリングシステム開発、およびロボット経路プランニング技術の構築などを行っていく予定である。

VR 技術については画像のリアリティが十分でない、表示デバイスが重たいといった技術的に未成熟な点や立体表示方式の問題などによる人体への影響が不明な点など、残された技術課題は多々あると言われている。その一方で、従来技術にはないイノベティブな応用例が構築可能であるといった夢を我々にあたえてくれるものでもある。今後 VR の本格的な産業応用を図るにあたっては、その時点での VR 技術の限界、問題点を認識した上で対象とすべき分野の絞り込みやその分野に特化した要素技術開発などにより、真の「使える」VR 応用例を積み上げていくことが必要であろう。

最後に、本研究に際しご協力いただいた松下電工(株)

石沢達也取締役, 大石昭インフォメーションシステムセンター所長に謝意を表す。

文 献

- 1) 今村佳世, 山村 彰, 西山高史, 野村淳二: “画像情報を基にしたフェジエキスパートシステムとそのバーチャルキッチンへの応用”, 第9回フェジシステムシンポジウム講演論文集 (1993) pp. 181-184.
- 2) 館 暉: “テレレグジスタンス”, 計測と制御, **30**(1991) 465-471.
- 3) R. W. Mann: “Virtual reality biomedical and rehabilitation engineering,” Proceedings of the 1st IVR Seminar (1993) pp. 24-29.
- 4) 広瀬通孝: バーチャル・リアリティ応用戦略 (オーム社, 1992).
- 5) 岩田洋夫: 人工現実感生成技術とその応用 (サイエンス社, 1993).
- 6) 萩原 啓, 荒木和典, 道盛章弘: “短時間リフレッシュ法とその生理的評価”, 人間工学第27巻特別号 (1991) 206-207.
- 7) 早野順一郎: “心拍変動と自律神経機能”, 生物物理, **28** (1988) 198-202.
- 8) 井邊浩行, 道盛章弘, 北堂真子, 三原 泉: “ストレス・リラックス状態における心拍 R-R 間隔ゆらぎの解析”, 第7回ヒューマン・インタフェイス・シンポジウム論文集 (1991) pp. 313-316.
- 9) R. Schultz, T. Nishiyama, R. Nakajima and J. Nomura: “A software architecture for a telepresence mobile robot,” Proceedings of ISMCR '92 (1992) pp. 413-418.