Virtual Reality (仮想現実感) 体験下における 生体諸機能の変動

○三宅晋司、高山正範、神代雅晴 (産業医科大学・人間工学)

村上貴敏、平尾浩一 (ダイキン工業)

Effects of Virtual Reality on Man

Shinji MIYAKE, Masanori TAKAYAMA, Masaharu KUMASHIRO (UOEH, Japan)

Takatoshi MURAKAMI, Hirokazu HIRAO (DAIKIN Ind., Ltd.)

【はじめに】仮想現実感(VR:Virtual Reality)または人工現実感(AR:Artificial Reality)とはコンピュータグラフィックス画面の中に人間の動作をそのままフィードバックするもので、図1に示すような頭部に装着する立体視用の小型ディスプレイ(HMD:Head Mounted Display)を用いると、あたかも自分自身がその仮想空間の中で作業しているような臨場感を得ることができるものである。また、VRシステムをリモートマニピレータに取り入れることによりテレグジステンス (Tele-existence)と呼ばれる新しい操作形態が生れる。このような技術はコンピュータ工学、ロボティクス、3次元画像工学などの進展によって急速に発展していくことが予想され、その範囲はアミューズメントをはじめ、設計・製造 (CAD/CAM)、制御、通信、医療などの広い領域にわたる。一方、VRシステムにおけるコンピュータ画像の表示形態 (一般的にはステレオグラムによる3次元画像) や身体に装着する種々の装置類は作業者に新たな負担を引き起こすことが予想される。特に、視野のほぼ全体に表示される3次元画像により、視覚系の負担や酔感等を誘発する恐れがある。本実験では、このようなVRシステム使用を用いて作業を行っている際に生じる生体負担について検討することを目的とした。

【方法】23~32歳の成人男子被験者7名 (平均年齢26歳) にVPLリサーチ社製RB2システムを使用して15分間の作業 (以下、VR作業) を行わせた。一連続作業時間は使用VR装置の限界時間から設定した。作業は、テーブルの上に置かれたボールを手で掴んで別のテーブルの上に移動し、再びもとのテーブルにもどすという動作を繰り返し行うものである。被験者は全員VR使用の経験がない者を意図的に採用し、作業のための練習も行なわなかった。計測項目は、フリッカー値 (SHIBATA DF-1)、近点・遠点距離、眼調節時間 (KOWA HS-9E)、心電

図、眼球運動電位、呼吸、脳波および NASA-TLX (National Aeronautics and Space Administration Task Load Index) による主観的ワークロードである。作業前にフリッカーおよび眼調節機能の測定後、開眼椅座位安静で5分間の上記生体信号の記録を行った。次に、HMDとデータグローブを装着し、システムの校正終了後、作業を15分間連続で被験者の任意速度で行わせた。作業終了後HMDとデータグローブをはずし、フリッカー値と眼調節機能を測定した。その後、さらに5分間の安静時の記録を行い、最後にTLXと内省報告を求める簡単なインタビューを行った。対照実験として、被験者に頭部位置を検出する空間センサ (ポヒマスセンサ) を取り付けしたヘルメットおよびデータグローブを着用させ、同一の作業をVDT画面を見ながら行わせた (VDT作業)。実験は、VR作業を1日目、VDT作業を2日目の同一時刻に行った。

生体信号はテレメータ (日本電気三栄マルチテレメータ511) を用いてデータレコーダ (TEAC RD-110T) に記録し、記録中はオシロスコープにて心電図波形をモニターするとともにパルスオキシメータ (Ohmeda Biox 3740: 左手親指に脈波センサ装着) にて心拍数のモニターを行った。近点・遠点距離より眼調節力 (dioptr) を求め、EOG 波形

図1. Head Mounted Display

からまばたき回数を計測した。また、心電図を 1 msecで A/D変換して、自己回帰スペクトル要素波解析により作業前安静5分間と作業開始後5分間の心拍変動性の 0.1Hz成分(LF)と呼吸性不整脈成分(HF)を求めた。これらの成分について、total power に対する%値を求め、%LFと%HFの差を自律神経系の指標とした。

VR実験においてはノイズの影響により作業前安静の記録が解析できなかった1名の被験者を除いた6名、VDT実験においては7名の被験者のデータについて検討した。

【結果】①フリッカー(図2)：VR作業、VDT作業ともに作業前値に比べて作業後に減少傾向を示した($p<0.10$, $P<0.10$)が、条件間で有意差は認められなかった。②眼調節機能(図3)：調節力(D)および調節時間ともに作業前後で有意差は認められず、また条件間の差も認められなかった。③まばたき回数(図4)：作業前後および作業中5分間毎のまばたき回数に有意差は認められず、条件間でも有意差は認められなかった。④心拍変動性：表1に%LF-%HFの条件毎の値を示した。個人差による変動要因が大きく、有意差は認められなかった。⑤主観的ワークロード：重み付けされたTLX(WWL)の平均値±標準誤差は、VR作業で 64.28 ± 3.87 、VDT作業で 65.58 ± 3.66 であり、条件間で有意差は認められなかった。⑥内省報告：7名中5名がVR作業の方がやりやすいと答えた。また、1名の被験者が、VR作業中に気分が悪くなり嘔吐感があったことを訴えた。

【考察】今回用いた指標はいずれもVR作業とVDT作業の間で明確な有意差が認められなかった。これは作業が非常に単純で、かつ作業時間が15分間と短かったことが原因の一つと考えられる。心拍変動性の指標では、作業者の呼吸統制および測定時刻の統一を行っていないために、変動要因が多く、一貫した傾向が見られなかった。しかし、被験者のうち1名が船酔感を訴えたことは興味深くVR作業に特徴的な負担の現れと考えられた。

表1. 作業前と作業中の心拍変動性と心拍数

	(下段は標準誤差)			
	%LF-%HF		HR	
	作業前	作業中	作業前	作業中
Virtual Reality	27.63	36.64	75.94	80.39
	27.86	29.69	4.66	4.94
VDT	60.98	49.32	78.11	80.59
	15.48	16.00	3.86	4.23

図2. フリッカー値の変化率

図3. 眼調節機能の変化率

図4. まばたき回数の変化