

2401

早稲田大学審査学位論文(博士)の要旨



博士（人間科学）学位論文概要書

# 二眼式立体映像の空間特性と視覚特性の研究

1997年1月

早稲田大学大学院人間科学研究科

趙 巖

## 論文概要書

### 1 はじめに

本研究では、使用者の観点とヒューマンファクターの面から有効な二眼式立体映像（二眼式3D映像）の使用方法を提示するために、二眼式3D映像の人間工学的な研究を行った。研究の内容は、4つに大別される。1つめは二眼式3D映像の空間特性に関する問題、2つめはその視覚特性に関する問題、3つめは視覚負担に関する問題、4つめは現場への応用の問題である。具体的には、二眼式3D映像の持つ空間特性を調査するために、①二眼式3D映像と平面映像（2D映像）での奥行き量の主観的判断と、②二眼式3D映像の奥行き方向の客観的な識別について実験を行った。次に、視覚特性については、③二眼式立体映像の焦点調節機能への影響、④二眼式立体映像までの視距離による調節への影響について実験を行った。さらに、二眼式3D映像の問題点となる眼の疲労や眼球運動等も明らかにする必要がある。それを把握するためには、⑤二眼式立体映像観察前後の瞳孔面積の変化について、及び⑥二眼式立体映像観察時の眼球運動の変化に関する実験を行った。以上で得られた知識を基本として、二眼式3D映像と2D映像による作業者の作業能率を比較・評価するために、⑦ロボット・マニピュレーションへの応用の実験を行った。

それらの結果から、人間にとって疲労感が少ない、最適な二眼式3D映像呈示条件を探り、そのガイドラインを作成するため基礎的な資料を示した。

### 2 二眼式立体映像の持つ空間特性

視覚の奥行き感覚特性を明らかにすることは、二眼式3D映像の持つ空間特性の調査と視覚特性の解明や映像システムの基礎として重要である。

#### 2-1 二眼式立体映像と平面映像における奥行き量の主観的判断（実験①）

この研究は、二眼式3D映像の実用化において、どのような用途なら大きな効果が期待でき、どのような使い方なら利点があるかを主観的方法によって調べることである。

結果と考察：二眼式3D映像の場合、奥行き差が大きくなるほど、主観的に前後を認識出来る率もわずかながら向上している。また、基準となる映像よりも手前に再生された3D映像を用いた場合、または基準となる映像よりも奥に再生された二眼式3D映像をみた

場合の方が、基準となる映像の手前と奥に再生した場合よりも、奥行き差を弁別しやすい傾向があった。さらに、僅かな奥行き差をつけた場合、二眼式3D映像の時に奥行き弁別の正答率が高かった。しかし、奥行き差を顕著にした場合、2D映像の時と差は認められなかった。以上の結果、両眼視差によって二眼式3D映像を再生した時の方が弁別能力の高いことが示された。このことから二眼式3D映像の有効な応用方法として、僅かな奥行き差を伴った二眼式3D映像の再生が、精密な判断を必要される分野の作業に適合していることが示唆された。

## 2-2 二眼式立体映像の奥行き方向の客観的弁別 (実験②)

実験①においては、二眼式3D映像の奥行き弁別能力を主観的に検討した。そこで実験②においては、客観的に奥行き方向の弁別能力を検討するため、二眼式3D映像の再生位置とマッチングマーカを用いて被験者に指示させることにより、二眼式3D映像の理論的位置(呈示位置)との差を測定した。

結果と考察：二眼式3D映像が再生された呈示位置と被験者が実際に知覚した位置との間にずれを生じた。このことから、二眼式3D映像システムを使用して行なう作業、例えばロボット・マニピュレーション作業などにおいては、二眼式3D映像呈示位置とそれが知覚される位置にずれの生じることが考慮されなければならないことが示唆された。

## 3 二眼式立体映像の視覚特性の調査

二眼式3D映像が持つ問題のひとつに、映像のもつ距離情報が視覚系の調節(焦点合わせ)と輻湊(視線合わせ)に対して一致しないことが挙げられる。そのことによって、二眼式3D映像の観察は他の映像表現法に比べて視覚負担が大きいと考えられ、眼精疲労や視覚機能の障害が危惧される。そこで、二眼式3D映像観察による視覚機能への影響を通して、その視覚特性を検討した。

### 3-1 二眼式立体映像の焦点調節機能への影響 (実験③)

2D映像と二眼式3D映像の観察後の調節反応の経時的変化を比較した。

結果と考察：観察後の調節緊張時間の延長が認められた。2D映像観察ではこの現象がはっきりと認められないこと、また、映像のもつ視差量が大きいほど顕著であったことから、この現象は映像の視差の影響によるものと思われる。従って、二眼式3D映像を設計する際は、調節と輻湊の距離情報に影響を与える視差量に考慮が必要である。

### 3-2 二眼式立体映像までの視距離による調節への影響の変化（実験④）

二眼式3D映像で視距離（観察距離）を変化させた場合に観察後の調節機能にどのような変化があるかを比較した。

結果と考察：視距離の違いにより観察後の変化の違いが見られ、また、観察後の調節量の低下も認められた。近方では調節弛緩時間が延長し、遠方では調節緊張時間が延長した。また被験者の調節安静位付近では大きな変化が見られなかった。これより、二眼式3D映像を負荷する場合、視距離の違いによって調節への影響が異なると考えられた。

## 4 二眼式立体映像観察による視覚負担

作業環境における眼の疲労現象を把握するとともに、眼の疲労と生体機能との関係を研究することが必要である。

### 4-1 二眼式立体映像観察前後の瞳孔面積の変化について（実験⑤）

二眼式3D映像観察時の瞳孔面積の変化と室内の照度の設定条件を把握する一環として、二眼式3D映像と2D映像を負荷した場合の観察前後の瞳孔面積の変化を測定し、その結果を比較検討した。

結果と考察：2D映像、二眼式3D映像のいずれの負荷においても、縮瞳量の変化に対して、室内照明の有・無による影響が認められた。特に、二眼式3D映像負荷時の照明の有無は、瞳孔機能に大きな影響のあることがわかった。二眼式3D映像を観察するにあたっては、瞳孔機能だけを考えた場合、縮瞳の変化が少なかったことより、室内照明をつけた方が良いと考えられた。

### 4-2 二眼式立体映像観察時の眼球運動の変化（実験⑥）

二眼式3D映像観察時の眼球運動をEOGの測定をもとに解析した。さらにここでは、視認性の良否を把握するため、眼球運動の変化と合わせて実作業時の作業成績（正答率と選択反応時間）について検討した。

結果と考察：二眼式3D映像観察時の方が、2D映像観察時に比べて、眼球の共同運動の崩れと考えられる反応が多く認められた。さらに視差量を増すと、その崩れは増加した。ところが正答率と選択反応時間に関しては、逆に視差量を増した方が、正答率が上昇し反応時間も速まっていた。これらのことより、視差を増して立体感を上昇させると、眼球運動への影響は大であるが、作業成績は向上した。

## 5 ロボット・マニピュレーションへの応用（実験⑦）

遠隔操作の作業に大きな問題点はロボット・アームの正確性である。この実験では二眼式3D映像の空間特性を活かし、ロボット・マニピュレーション作業への使用の可能性の把握、及び二眼式3D映像を観察する際の観察者の意思と作業結果の関係と応用について研究した。遠隔操作時における二眼式3D映像、2D映像及び実環境を使用して作業者にロボット・マニピュレーションを操作させ各映像による作業者の作業成績を調査・分析した。

結果と考察：実験からは、二眼式3D映像の作業習得に関する有効性が認められた。時間短縮の差についてDUNCANのmultiple range testを実施した結果、実環境、二眼式3D映像、2D映像の順に時間の短縮に差が認められた。これらの結果は、実環境に近い二眼式3D映像方式を産業の現場に使用して良いと示唆している。

## 6 結論

二眼式3D映像を有効に使用するためには、人間の眼と二眼式3D映像の間のマンマシンインタフェースに関する人間工学的ガイドラインの作成が必要である。実験で得られた結果から視覚負担のより少ない二眼式3D映像のガイドラインを作成するため基礎的な資料を提案した。

### (1) 二眼式立体映像の持つ空間特性

奥行き量の厳密な正確さを要求する応用のため、二眼式3D映像の観察者が入力を行うようなシステムでは呈示位置と知覚位置のずれを補う考慮が施されることが必要と考えられる。

### (2) 二眼式3D映像の視覚特性

二眼式3D映像観察後には調節機能が低下することがわかった。また、視距離により視覚負荷の調節への影響が異なると考えられる。

### (3) 二眼式3D映像の観察後の視覚負担

瞳孔機能に関しては、負荷後の瞳孔面積が狭くなった。室内照明をつけた方が瞳孔面積の変化が少ない。これより、二眼式3D映像を観察する際、瞳孔機能へ与える影響の実験結果だけを見たら室内照明をつけた方が負担がかからないと考えられる。

### (4) 二眼式立体映像のロボット・マニピュレーションへの応用

二眼式3D映像の作業習得に関する有効性が認められた。産業現場で映像を利用して作

業あるいは遠隔操作をする場合、二眼式3D映像と2D映像は釣り合いのとれた運用方法が良いと考えられる。精密な作業を要求する場合、二眼式3D映像を利用するのが良いと思われる。

(5) 利用者の視点に立った二眼式3D映像のガイドライン作成のための提案

二眼式3D映像の設計と使用者の眼の疲労が少ないガイドラインを作成するための基礎的な資料を示した。