

日産科学振興財団研究報告書

## 三次元錯視現象による知覚・運動メカニズムの解明

The study of perceptual and motor-skill with 3 dimensional illusory phenomena

研究代表者 電気通信大学情報システム学研究科ヒューマンインターフェース講座特別研究員 日本大学文理学部情報学研究所研究員 吉野大輔

Laboratory for Human Informatics, Department of Human Media Systems, Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications.  
The Institute of Information Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University, Researcher Daisuke YOSHINO

私たちは普段なんの努力もせずに、自身の周囲に広がる「ひとつだけの世界」を知覚しており、このことによって私たちは、世界の中で自身を位置づけ適切に行動することができる。しかし、私たちが普段なにげなく知覚している世界を実現するには、視覚系の働きだけでなく世界に能動的に働きかける運動系の役割も重要であり運転行動もこの例外ではない。本研究では人間の知覚系に運動系がどのような影響を与えているかを検討するために、運動系が人間の実際の知覚においてどのような役割を担っているかを明らかにする。このことを通して知覚系と運動系の相互作用のメカニズムを明らかにし運転行動中のヒューマンエラーの予防に貢献する知見を見出すことである。本研究ではこのような枠組みの中で、三次元錯視を利用して現実世界に近い状態での空間知覚メカニズムを解明する。

In our living environment, we usually perceive the world without any effort. However, not only visual system but also motor system plays an important role to realize the world. In this study, we will investigate the relationship between visual system and motor-skill by using visual illusions. Optical illusion sounds an error, as if exposing a malfunction of the visual system. Rather, vision science views these phenomena as bringing out particular good adaptations of our visual system to standard viewing situations. We will use three-dimensional illusion with binocular stereopsis and a presentation device for three-dimensional spatial structures by non-visual information to examine influences that motor-skill gives to illusions. Then we will show how active action influences perceptual vision system. These findings would contribute to the prevention of human error of the driving action.

### 1. 研究目的

これまでの知覚研究は、主に二次元的で静的な刺激を対象として研究が進められてきた。また、動きに関する知覚研究は盛んに行われてきたが、それは画面上で二次元的に動く刺激を対象としたものがほとんどであった。本研究では人間工学的な視点からデバイスを開発し、さらに心理物理学的な実験も行うことにより三次元空間知覚に関する研究が可能となる。さらに本研究では三次元錯視面を利用した実験心理学的な手法と、非視覚的三次元対象物を提示するシステムを利用した工学的手法という異なるアプローチから、人間の空間知覚メカニズムに対し

て検討する。これにより非視覚対象提示システムにおける聴覚、触覚による三次元対象知覚の工学的実現のみならず、より実際の運転行動に近い状況下での実験の実施、さらには知覚系と運動系の相互作用のメカニズムについて検討することが可能であると考えられる。

本研究の目的は人間の知覚システムにおける時空間的な特性を検討し、現実世界に近い状態での空間知覚メカニズムを解明することである。より具体的には三次元錯視面を利用した実験心理学的な手法と、非視覚的三次元対象物を提示するシステムを利用した工学的手法という異なるアプローチから、人間の空間知覚メカニズム

に対する新たな知見を発見することである。

このような問題を検証するために錯視現象を利用する。錯視現象は視覚メカニズムの一端が極端な形で現れたものであるとして、視覚の情報処理メカニズムを探るために盛んに利用されてきた。しかしながら従来の錯視研究においては二次元的で静的な刺激を使用したものが多かった。そこで本研究では、本来の人間の空間知覚特性をより反映していると考えられる三次元的な錯視を作成し、両眼立体視を利用した三次元錯視図形の提示を行う。

## 2. 研究経過

錯視面を構成するにはパックマンのような形状をした誘導図形と呼ばれる部分が必要である。この誘導図形がもつ情報が錯視面の知覚に影響を与えている。そこで、この誘導図形を運動させることにより錯視面の形状を動的に変化させることを試みた。これにより面が伸び縮みして流動的に変化する現象が知覚される。図1にはそのような錯視面の構造変化の例が示されている。誘導図形の回転角度が45度より小さいA, B, Cの状態では錯視面は一枚の面として知覚される。誘導図形をさらに回転させ45度以上のE, F, Gの状態になると錯視面は分離し、二枚の面として知覚される。誘導図形の物理的なエッジの連続性を考慮すると、Dの状態が、融合と分離の境目となる。実際にA, B, Cの状態を静止させて観察すると、錯視面は融合した状態で一枚として知覚される。一方でE, F, Gの状態を静止状態で観察すると、2枚の面として知覚される。誘導図形を動的に回転させることによってこのような融合状態と、分離状態とを連続的に変化させる現象である。

実験では、液晶シャッター眼鏡を使用して両眼立体視によって提示した3次元の誘導図形を

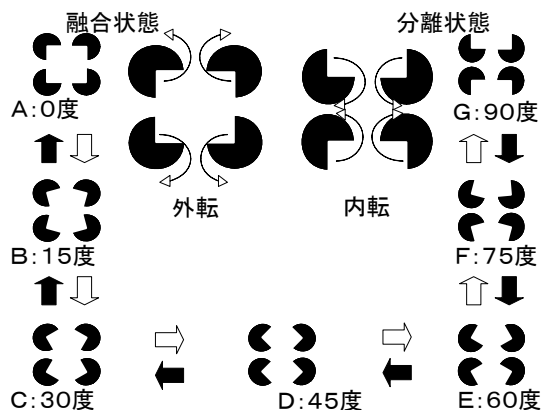


図1. 錯視面の構造変化の例

回転させて面の構造変化を静止状態と比較する実験を行った。その結果、静止状態とは異なる位置で面の分離・融合が知覚されるという結果が示された。さらには1枚の面が2枚に分離する際に粘着性が知覚されることが明らかになった。1枚の錯視面が分離するとき急に2枚になるのではなく、もちがちぎれるときのような粘着性が知覚されるのである。これは静止状態では知覚することのできない運動印象である。

次の実験では誘導図形を回転往復運動させ、その振幅を被験者が調整していく方法を用いて、錯視面の動的構造変化を定量的に捉えることを試みた。実験の結果、面の分離、融合の位置は静止状態と異なり物理的な境目である45度の位置では起こっていないことが示された。融合状態から回転していき面が2枚に分離する条件でも、まだ一枚の面として知覚される結果となった。動きの情報が加わると静止状態と異なりエッジの共線性が保たれていない場合でも一つの面として知覚されることが明らかとなった。

さらに錯視面に関する実験で以下のものを行った。錯視面を回転させると成人は実際にはない拡大縮小回転運動を知覚する (Fujita & Iidesawa, 2001)。この回転変動型錯視は、物理的には誘導図形の一部分を運動させることにより錯視面を回転させる。そうすると錯視面が回転しているだけでなく、拡大縮小運動を伴いながら回転しているように知覚される (図2)。錯

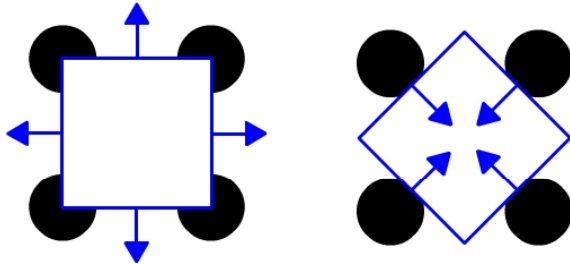


図2. 両眼立体視による三次元錯視面の例

視面を回転運動させることにより物理的な刺激配置とは異なる運動が知覚されるのである。またこの現象はコンピュータ画面上だけでなく図4に(a)のような物理的に対象を作成しても観察することが可能である (Fujita & Iidesawa, 1999)。

そこで回転する錯視面の形状と誘導図形の数を操作して実験を行い、回転変動型錯視の条件分析を行った。実験の結果、回転変動型錯視は回転する多角形の頂点数と誘導図形の数の関係により、形状、位置などが動的に変化して知覚されることが明らかとなった。変化は以下の3種類の動きに分類される。

- ①拡大縮小型：誘導図形＝回転する多角形の頂点数 (図4の(b))
- ②変形型：回転する多角形の頂点の一部が同期的に隠蔽される場合 (図4の(c))
- ③偏心型：誘導図形＝回転する多角形の頂点数 $\pm 1$  (図4の(d))

偏心型においては誘導図形の数が多角形の頂点数より一つ少ないときは回転方向と同じ方向に、誘導図形が多角形の頂点数より一つ多い場合は多角形の回転と逆方向にそれぞれ、回転多角形の頂点数倍の速度で偏心運動して知覚されることが明らかとなった。

これらの研究は、錯視面図形に動きを加えることによって静止状態と刺激配置は同様の条件でもことなる知覚が生じることを示している。

面だけでなく3次元的な体積感を2次元画面上で表現するのは難しいが3次元錯視現象を利用することによって可能となる。その代表的なものにパントマイム錯視がある (図3)。図3の(a)(b)にあるように三角錐を底面が連続した面上に配置するように布置して、その三角錐を同期させて動かすと、物理的には存在しない三角錐を遮蔽するような球体が知覚される。図3では便宜上ドットで表現している部分に体積をともなった球体が知覚されるのである。この錯視を知覚するには、それぞれの三角錐の底面の遮蔽情報を統合する能力と、三角錐の動きを統合する能力が不可欠であるとされている。

このような知見は同じ対象物でも動きの情報を加えることにより静的な状態にあるものとは異なる見えをすること、両眼立体視による提示が単眼視による見えとは異なる独自性を有していることを示している。

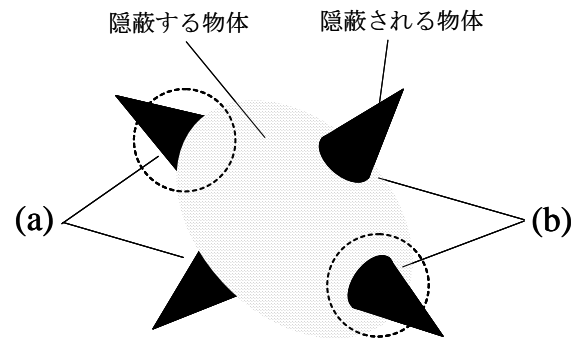


図3. 体積感をともなったパントマイム錯視の例

### 3. 研究成果

助成期間においてこのような心理学的実験を進めることにより次元対象とは異なる3次元対象の独自性が明らかとなった。それとともにそのような知見を応用させて両眼立体視による3次元物体の視覚特性を応用させた3次元刺激提示装置の開発に携わった。2次元で表現されていたものを3次元で表現することにより学習効果の促進が期待できる。さらには対象に能動的に働きかけることにより受身型の学習よりも効果が期待できる。カーナビゲーションシステムなどで、使用する側が能動的に対象に働きかければ、道程や地形などの学習も促進されることが考えられる。

このようなことから心理物理実験から得られ

た知見を、3次元地形図提示システムの開発に応用させた。助成期間中に開発したシステムではVRLMによって作成された3Dコンテンツなどを通して、観察者が受身型ではなく能動的に提示対象や情報などに働きかけ提示された対象の学習を行えるような、従来の地理学習では得ることが難しかった多角的な視点を身につけることを目標としている。このことにより運転行動などに必要な地形学習を促進させることが可能となると考えられる。

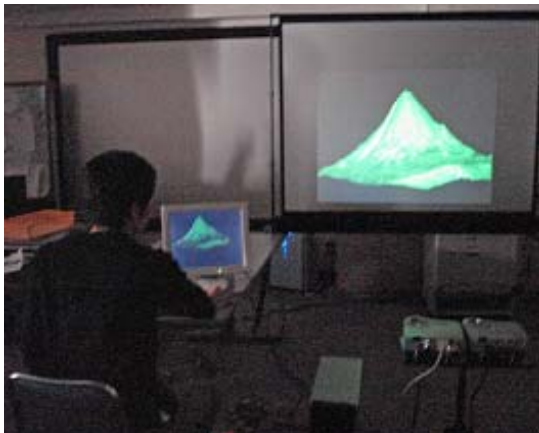


図4. 両眼立体視による三次元提示装置の例

図4には3D地形表示システムの例が表示されている。コンテンツでは学習者が自由に視点を移動させ3Dで表示された地形の特徴を細部まで観察することができる。観察者はバーチャルリアリティを体験しながら実際にコントローラーを使用して自身の視点をあたかも動いているように変更し、その地形を実際に目の前で見ているかのように体験することも可能である。

#### 4. 今後の課題と発展

助成期間におこなった心理学実験により三次元錯視に関する新たな知見が得られた。同じ錯視面でも三次元的な動きを加えることによって、静的で二次元の状態では見ることのできない拡大縮小のような運動印象が得られることなどが明らかとなった。一方でそのような知見を三次元提示システムに反映させるためのプログラム言語の選定などに問題があった。幅広くどのような環境でも使用できるVRMLのような言語を使用すれば三次元提示に問題が生じるという問題をクリアする必要がある。このような問題をクリアするために現在三次元地形図提示シ

ステムの改良に携わっている。

さらには能動的な触覚も取り入れた三次元提示装置の開発を進めていく必要がある。これは運転行動中、人間が周囲に広がる三次元情報からどのように情報をうけとり、さらにはそれに働きかけていくかという点を明らかにする点で重要である。助成研究の知見が応用された三次元提示装置では地形などの情報を両眼立体視装置を通して提示し、観察者がコントローラーで自由に回転させることが可能となっている。今後はさらに触覚の情報のフィードバックも取り入れ、三次元提示対象をマウスで回転させるのではなく、プローブが取り付けられたグローブを着用し実際に体を動かすことにより三次元対象に働きかけるようなシステムに発展させていきたい。その際に触覚情報へのフィードバックを与えて、視覚だけでなく触覚から得られた情報が、三次元対象の見えに与える影響について検討し、その知見をデバイスの改良に役立てたい。

#### 5. 発表論文リスト

Yoshino, D., & Sakaguchi, Y Effects of feature changes of faded objects on its recently to our awareness, *VSS 2006 Florida (US)* May, 2006.

Yoshino, D., & Sakaguchi, Y Some grouping effects observed in perceptual fading, *ECVP-2006 St. Petersburg (RU)*, August, 2006.

吉野大輔, 上原慎也, 夜久竹夫, 牛田伸一, 小笠原喜康, 赤木剛朗, 土田賢省, 宮寺庸造, 3D立体表示による地理・地学教育支援教材の応用可能性, 電子情報通信学会技術研究報告, **68**, pp11-14, 2006

吉野大輔, 赤木剛朗, 上原慎也, 志水 幸, 土田賢省, 宮寺庸造, 夜久竹夫, 3D立体表示によるアニメーション, 演習形式コースウェアを用いた地理・地学教育支援教材について, 教育システム情報学会第31回全国大会, 2006