

研究種目：基盤研究（C）  
研究期間：2007～2009  
課題番号：19530668  
研究課題名（和文） 空間構造知覚における視覚情報と聴覚情報の役割の解明  
研究課題名（英文） Roles of visual and auditory information in the perception of spatial structure  
研究代表者  
吉澤 達也（TATSUYA YOSHIZAWA）  
金沢工業大学・バイオ・化学部・教授  
研究者番号：90267724

## 研究成果の概要（和文）：

視覚情報と聴覚情報がどのように相互作用し、また統合されているかを空間構造理解の見地から系統的に進めている研究は少なく、その機序は未だ十分に解明されていない。そこで、本研究では視覚情報と聴覚情報が空間構造理解にどのように寄与しているかを解明するために心理物理学実験を行った。

その結果、視覚情報処理過程により生成される空間構造知覚が、聴覚情報が修飾していることが明らかとなった。

## 研究成果の概要（英文）：

In this study, we investigated interaction between vision and auditory and its mechanism in the perception of three-dimension spatial structure by carrying out psychophysical experiments. We found that the understanding of the spatial structure derived from the higher order visual information, such as spatial order of a moving object's location, was modified by the auditory information as well as that derived from the early visual information.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：運動からの構造復元，多義性，文脈依存性，空間構造理解，視聴覚刺激

### 1. 研究開始当初の背景

人が空間構造の理解を行う際に重要となる視覚情報のひとつは観察者から見た奥行情報である。一般に、観察者から近距離範囲では両眼視差を用いた幾何学的解析により2次元画像から3次元空間構造を復元していることが知られている。しかし、単眼情報を含むその他の情報を用いた復元により、より豊富な空間構造の理解を行っている。その一例はUllmanが示した運動からの構造復元(Structure From Motion: 以後, SFM と呼ぶ)と呼ばれる視覚系の機序である。図1に示すような単純なドット群が、ある物理法則に従い運動することにより形成される主観的な面構造が、3次元空間の構造理解を可能にしている。この視覚機序については数多くの生理学的、心理物理学的の先行研究により詳しく調べられている。また、現在も、複数の研究者により研究が行われている。我々も近年、この研究に取り組み、その機序に関して以下に説明する興味深い知見を報告している。3次元空間構造の知覚に寄与する単眼情報の奥行き手がかりとして大気遠近法や陰影が知られている。これらは対象と背景の輝度または明るさの関係が手がかりとなっている。しかし、我々の結果は背景に対するコントラストが奥行き手がかりを与えることを示した(Yoshizawa ら, 2006)。これは、背景からの目立ちやすさ(saliency)が空間構造理解の手がかりとして利用されているという近年のSFMの研究結果と一致している。しかし、視覚刺激による空間構造の決定過程については未だ十分に解明されていない。

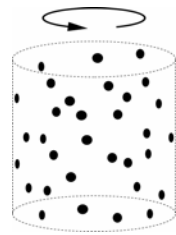


図1: 円筒表面上を運動するドットの2次元投影像を観察した時に得られる知覚

一方、我々が日常生活において空間構造を理解するには視覚情報以外の感覚情報も用いている。特に聴覚情報は視覚情報のように多くの手がかりを提供している。3次元空間における音源の動的または静的な位置を推定するために我々は様々な聴覚情報を抽出し、それらを用いている。例えば、ドップラー効果が動的音源位置を推定するために、また、両耳で異なる位相情報や音圧レベル、周波数の変化が音源の位置を推定するために利用されていることはよく知られている。

このように各様相による空間構造理解については、それぞれ研究が進んでいるが視覚情報と聴覚情報がどのように相互作用し、また統合されているかを空間構造理解の見地

から系統的に進めている研究は少なく、その機序は未だ十分に解明されていない。

### 2. 研究の目的

本研究では視覚情報と聴覚情報が空間構造理解にどのように寄与しているかを両情報間の関係を調べることにより、より高次の空間構造理解の機序の解明を目的とする。

この目的達成のために、

(1) まず、視覚情報によって生起される空間構造知覚について調べる。特に、運動するドット群により形成される面構造の決定とその面により作られる奥行き関係がどのような視覚刺激のパラメータによるものかを心理物理学的に調べる。図2

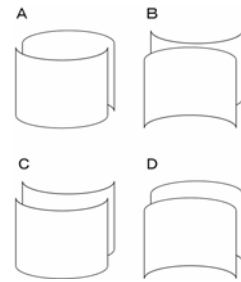


図2: 2つの曲面構造の組み合わせ

群により形成される2つの面構造の奥行き関係はAからDの4通りである。Aのように円筒としての知覚が一意に決定される視覚刺激の特徴量が何かを心理物理学実験および脳機能イメージング解析により調べる。

(2) 次に、視覚刺激で用いた運動するドットの位置に仮定の音源を設定し、聴覚情報だけによる空間構造理解における特性を心理物理学実験と脳機能イメージングにより調べる。

最後に、両情報が提供されたときに得られる空間構造知覚と単独で情報が提供されたときのそれを比較し、両情報が空間構造理解にそれぞれどのように寄与しているかを明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 視覚情報による空間構造知覚に関する心理物理学実験

研究代表者は図1のようなSFM刺激を用いた心理物理学実験により、主観的な面の知覚を生起するドットの背景に対する輝度が運動速度に比例して変化する場合、面の形状を決定するとともに、それら2つの面により構築される空間構造が高い確率で一意に決定されることから、空間構造理解にドットの背景に対するコントラストが特徴量として用いられていることを示した。この結果は背景に対して目立ちやすい対象は観察者により近いという知覚をもたらすことを示唆している(Yoshizawa ら, 2006)。そこで、図3に示すように、腹側系視覚経路により処理されて

いる輝度コントラストだけでなく色コントラストについて調べることにより、背側視覚経路が奥行き手がかりの情報処理に関与しているか、解明に取り組んだ(ボトムアップ的アプローチ)。

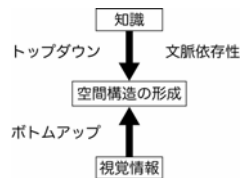


図3：2つのアプローチの位置づけ

次に、図4Bに示すように対象刺激(Bの真中の円筒)の空間構造を理解するとき、その周辺にある刺激が影響を及ぼすかを観察することにより、空間構造理解の文脈依存性について解明する(トップダウン的アプローチ)。図4Aのように対象刺激単独の場合は奥行き構造をきめる面の回転方向が曖昧であるが、図4Bのように周辺に特定方向に回転する知覚が得られる刺激を配置した場合、対象刺激は文脈に従う回転方向に知覚される可能性がある。

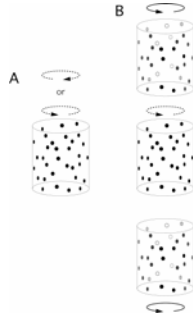


図4：刺激布置

#### (2) 聴覚情報による空間構造知覚に関する心理物理学実験

図5に示すような音源が移動する聴覚刺激を用いて音源の物理的空間位置と知覚の違いを心理物理学的に調べた。

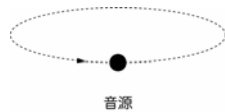


図5：3次元空間内の立体音源の移動

#### 4. 研究成果

##### (1) 視覚情報による空間構造知覚に関する心理物理学実験

このテーマでは、2次元視覚情報より得られる3次元空間構造知覚の文脈依存性について心理物理学実験を行った。実験原理は3の研究方法で述べたように、図4Bの刺激を観察し、対象刺激が3つの主観的円筒のうちの真中の円筒の場合、上下の円筒の回転方向を被験者は答えた。対象刺激が上下の円筒の場合、真中の円筒の回転方向を被験者は答えた。

図6に対象刺激が真中の円筒の場合の結果を背景刺激の輝度条件ごとに示している。V-W, V-B, V-Gはそれぞれ背景刺激が最高輝度、最低輝度、平均輝度の場合の結果を表す。それぞれの背景刺激条件では対象

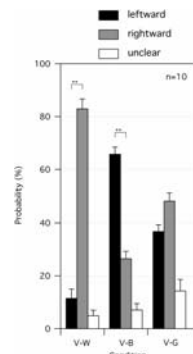


図6：刺激条件による主観的円筒の回転方向の知覚確率

刺激の回転方向は、右回り (leftward), 左回り (rightward), 曖昧 (unclear) であった。黒棒、灰棒はそれぞれ対象刺激と上下の円筒が右回り、左回りに回転したと応答した確率。白棒は上下の円筒の回転方向が曖昧な場合の確率を表す。

この結果より対象刺激とともに上下の円筒が回転していると知覚していたことがわかる。これは、対象刺激と上下の円筒の間に文脈情報が介在し、両者が一つの円筒等して知覚されていることを示唆している。さらにこのことは、3次元空間構造知覚がトップダウン情報により修飾されることを示唆している。

なお、この研究結果は発表論文⑧において報告した。

##### (2) 聴覚情報による空間構造知覚に関する心理物理学実験

この実験では聴覚情報が視覚情報によって生じられた空間構造知覚にどのような影響を与えるかを調べた。

図5のような視覚刺激によって生じられる空間構造の知覚は、奥行き構造の情報が、いわゆる「剛体性の仮説」に基づいて復元される場合は、鳥瞰図上の黒点 (音源) の軌跡によって形成される円筒形として得られる。

しかし、この知覚は図2に示すような奥行き構造の組み合わせが存在するために曖昧性を持つことが知られている。

この奥行き構造における曖昧性が聴覚情報によりどのように修飾されるのかを明らかにするために図7に示す視覚刺激を提示しているときに、異なる聴覚情報を提示した。

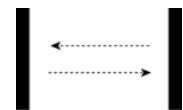


図7：水平に、互いに反対方向に移動する棒。被験者は試行中、+を固視するよう教示された。

その結果、図8に示すような4つの奥行き構造知覚が得られた。(A) 対象 (棒) が主観的円筒形の表面上を時計回り、または反時計回りに半周期分回転し、直後に逆方向に半周期分回転する運動を繰り返す。

(B) 対象が時計回り、または反時計回りに主観的円筒形の表面上を回転する。(C) 対象が互いに、反対方向に運動視通り過ぎる。(D) 対象が中間地点で衝突し、その直後元の方向に運動する。

図8：被験者が知覚した奥行き構造。詳細は本文を参照。

(A), (B) の知覚は、周波数が連続的に変化しながら両耳間を移動するように知覚さ

れる聴覚刺激 (frequency sweep) が提示されたときに生起確率が有意に高かった。

このように、聴覚情報を変えることにより、奥行構造の視覚情報が修飾されていることが明らかとなった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① T. Yoshizawa, M. Kubota & T. Kawahara (2010) Short-term memory of color sensation is robust against luminance distortion, *Color Research and Application*, 査読有, (In press)
- ② 吉澤達也 (2009) 運動の知覚-運動視研究における2元論, *視覚の科学*, 査読無, 30, 96-101
- ③ T. Yoshizawa, H. Kobayashi, K. T. Mullen, C. L. Baker Jr. & T. Kawahara (2008) Color and luminance interactions in the visual perception of motion and depth, *VISION*, 査読無, 20, 72-76
- ④ M. L. Michna, T. Yoshizawa and K. T. Mullen (2007) Chromatic mechanisms mediating motion for S-cone isolating stimuli, *Vision research*, 査読有, 47, 8, 1042-1054

[学会発表] (計8件)

- ① T. Yoshizawa, T. Kawahara and D. Kato (2009) On the mechanism of a movement direction in biological motion perception as inferred from the backscroll illusion, 32nd European Conference on Visual Perception, 2009. 8. 26, Regensbrug, Germany (University of Regensbrug)
- ② 吉澤達也, 河原哲夫, 加藤大介 (2009) バックスクロール錯視を用いたバイオリジカルモーションにおける運動方向知覚の生成機序, 第45回日本眼光学学会総会, 2009. 6. 26, 東京 (東京国際フォーラム)
- ③ T. Yoshizawa, H. Kobayashi, T. Kawahara and K. Maeda (2008) Interaction between y/b chromatic and luminance mechanisms in disparity detection, 31st European Conference on Visual Perception, 2008. 8. 26, Utrecht, The Netherlands (University of Utrecht)
- ④ T. Yoshizawa, H. Kobayashi, T. Kawahara (2008) S-cone channel contributes to the depth perception, Asian-Pacific Conference on Vision, 2008. 7. 20,

Brisbane, Australia

- ⑤ T. Yoshizawa, H. Kobayashi, K. T. Mullen, C. L. Baker Jr. and T. Kawahara (2008) Color and luminance interactions in the visual perception of motion and depth, Proceedings of the first meeting of basic color-vision science in Japan, 2008. 1. 26, Tokyo (Tokyo Institute of Technology)
- ⑥ 吉澤達也, 河原哲夫, 小林逸人 (2008) 両眼視差検出におけるS-coneチャンネルと輝度チャンネルの相互作用, 第56回日本臨床視覚電気生理学会・第44回日本眼光学学会総会, 2008. 9. 6, 東京 (日本教育会館)
- ⑦ T. Yoshizawa, M. Nakade, T. Kawahara and K. Maeda (2007) Effect of contextual cues on motion-surface labeling in structure from motion, 30th European Conference on Visual Perception, 2007. 8. 29, Arezzo, Italy
- ⑧ 吉澤達也, 河原哲夫, 中出雅俊 (2007) 運動からの構造復元における曖昧性解消に及ぼす文脈情報の影響, 第42回日本眼光学学会総会, 2007. 9. 9, 北海道 (旭川市民文化会館)

[図書] (計2件)

- ① 吉澤達也 (分担執筆) (2008) 朝倉心理学講座 第3巻 感覚知覚心理学, 115-139, 朝倉書店
- ② 吉澤達也 (分担執筆) (2007) 講座 感覚・知覚の科学 (第3巻, 視覚II), 1-66, 朝倉書店

[その他]

ホームページ等

<http://www.his.kanazawa-it.ac.jp/~tyoshi/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

吉澤 達也 (TATSUYA YOSHIKAWA)  
金沢工業大学・バイオ・化学部・教授  
研究者番号: 90267724