慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	運動対象群の体制化についての一研究 : ステレオカイネティック現象とトンネル効果
Sub Title	A study of organization of motion objects : stereokinetic phenomenon and tunnel effect
Author	小松, 英海(Komatsu, Hidemi)
Publisher	慶應義塾大学日吉紀要刊行委員会
Publication year	2001
Jtitle	慶應義塾大学日吉紀要. 自然科学 No.29 (2001.) ,p.1- 16
JaLC DOI	
Abstract	When three objects move to and fro in the horizontal direction， ifthere are differences of velocities among them， they transform from 2-Dmotionto 3-Dmotion. The relatively slower object(s) tends to be the reference of 3-Dorganization. In this case， one object crosses the others， and one of them occludesthe others. Komatsu and Masuda(1998) and Tommasi et al.(1995) suggestedthat occlusion may influence their 3-Dorganization. Whether moving objects cross each other or not， the fastest object move roundthe others. Its trajectory is arc in 3-Dspace. We usually perceive 3-Dtrajectory.2-Dtrajectory is unusual perceived. When one moving object passes the one still object， the shape of the still objectinfluences the appearance of the moving object's trajectory. This change is agreeswith Petter's rule. When the moving object before occlusion is perceived different from it afterocclusion，3-Dorganization of the objects cannot also be perceived.
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN10079809-20010001-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

Hiyoshi Review of Natural Science
Keio University No. 29, 1-17 (2001)

運動対象群の体制化についての一研究

——ステレオカイネティック現象とトンネル効果——

小 松 英 海

A Study of Organization of Motion Objects

——Stereokinetic Phenomenon and Tunnel Effect——

Hidemi KOMATSU

Summary——When three objects move to and fro in the horizontal direction, if there are differences of velocities among them, they transform from 2-D motion to 3-D motion. The relatively slower object(s) tends to be the reference of 3-D organization. In this case, one object crosses the others, and one of them occludes the others. Komatsu and Masuda (1998) and Tommasi et al. (1995) suggested that occlusion may influence their 3-D organization.

Whether moving objects cross each other or not, the fastest object move round the others. Its trajectory is arc in 3-D space. We usually perceive 3-D trajectory. 2-D trajectory is unusual perceived.

When one moving object passes the one still object, the shape of the still object influences the appearance of the moving object's trajectory. This change is agrees with Petter's rule.

When the moving object before occlusion is perceived different from it after occlusion, 3-D organization of the objects cannot also be perceived.

Key words: vision, motion, perceptual organization, stereokinetic phenomenon, tunnel effect

序　論

小松・増田（1998）では，水平往復運動する対象群によるステレオカイネティック現象における基準の役割について論じた。ステレオカイネティック現象とは，静止状態では二次元平面

慶應義塾大学心理学教室非常勤講師（〒223-8521 横浜市港北区日吉4-1-1）：Psychology Laboratory, Keio Univ., Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama 223-8521, Japan.

として知覚されるパターンを運動させると立体として知覚される現象である（Musatti, 1962 ; Metzger, 1968 ; Musatti, 1975)。

ステレオカイネティック現象というと，内側に偏心点を持つ円または楕円などのパターンを回転させると，錐体として知覚されるという現象を指すことが多いが，元来は，そのようなパターンだけでなく，運動によって三次元に変形する現象のすべてを指していた（Musatti, 1962)。近年でも，回転盤上に描かれた直線または2点・3点の回転から知覚される立体についての研究もなされている(Johansson & Jansson, 1968 ; 小松, 1994 ; Komatsu, 1997 ; Zanforlin & Vallortigara, 1988, 1990)。視覚系が対象内の速度差を最小化させることにより立体として知覚されるという仮説がZanforlin（1988 a・b）によって提唱されているが，小松・増田（1998）では，等速度で水平方向を往復運動する対象が三次元立体として知覚される際に，速度が遅い対象がその知覚的まとまりの基準となり，その対象を中心に残りの対象がまとまるように知覚されることを示した。1つの運動対象が往復する軌道が存在するその間の空間にもう1つ別の対象が存在すれば，たとえ，その対象は静止していても，運動軌道の二等分線上になくても，三次元的な軌道は知覚される。ただし，全部が運動対象でない場合においては，対象群全体としての立体の印象は，全対象が動いている時よりは弱い（小松・増田，1998)。

小松・増田（1998）の実験2において，往復する運動対象の運動軌道の垂直二等分線上に等しい大きさの静止対象を縦に2つ並べて配置し，その静止対象間の間隔を変化させた（静止対象間の間隔が0となる場合，静止対象は1つの長方形となる)。運動対象は2つの静止対象の間を往復する。この場合，すべての対象が運動状態にある場合より，全対象間のつながりの印象は弱いが，知覚されている。運動対象は三次元的な弧を描いて往復または回転するように知覚された。ただし，静止対象間の間隔が運動対象の縦の長さが等しいとき，つまり3対象が同じ平面上にあるとすると，運動対象はそれ自体の縦の長さとぴったりの隙間をすりぬけることになるのだが，この場合，運動対象が二次元的な軌道を描くことが多かった。このことから，遮蔽関係が全体としての体制化に影響する可能性がある。どのように遮蔽されるかが問題であるという事が示唆される。Tommasi et al.（1995）も，Petterのルールという局所的な遮蔽情報に基づいて，運動対象の軌道全体の知覚を規定する可能性を示唆した。Tommasi et al.（1995）はPetterのルールについて以下のように解説している。Fig. 1の（a）は単一対象と

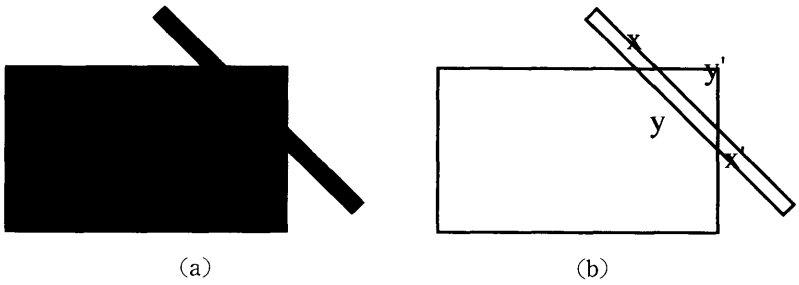

Fig. 1. Petter's rule.

して知覚される可能性があるにもかかわらず，通常，大きな四角形が小さな斜めの帯を遮蔽しているように知覚される。短い輪郭が前に見え，長い輪郭は後ろのままに見えるというもので，この例の場合，（b）のｘとｘ’が短い輪郭で手前となり，ｙとｙ’が長い輪郭で後ろのままに知覚され，短い輪郭ｘとｘ’が属する大きな四角形が手前に知覚されるということになる。なお，Petter のルールは輪郭線の長短を問題としているのであり，相対的大きさという奥行き手がかりとは独立である。

また，静止対象により運動対象が遮蔽される事態は，トンネル効果と共通する。トンネル効果とは，直進している対象が別の対象の背後に入っていき，運動対象全体が一定時間遮蔽され，再びその姿を現すとき，ある条件下では，その遮蔽中も同一対象の運動が知覚され続ける現象である（Michotte, Thinés, and Crabbé, 1964）。この運動対象の同一性・連続性の知覚は多くの条件の影響を受けるが，遮蔽対象の大きさ（トンネルの長さ）と運動対象が遮蔽対象に隠されている時間（entrance - exit interval, E - E interval），そして運動速度が主要な条件としてあげられている（Michotte, Thinés, and Crabbé, 1964）。遮蔽対象の大きさとＥ－Ｅ interval の関係，そして速度の条件が適切ならば，遮蔽前は白，遮蔽後は赤というように，運動対象の色が変わっていてもこの対象の同一性は保持されることが知られている（Michotte, Thinés, and Crabbé, 1964）。それくらいこの運動対象の同一性・運動の連続性は強固であるが，小松（2000 a・b）において，運動対象がすべて覆われた直後にその遮蔽対象の前に運動対象が出現する事態では，遮蔽前の対象と遮蔽後の運動対象が別の対象として知覚されやすいことがわかった。そこで，この論文では，トンネル効果という時間軸上での体制化も視野に入れて水平往復運動する対象群の体制化に対する遮蔽の効果について検討する。

実験 1

目的

水平往復運動の場合，対象間に遮蔽関係が生ずることがある。小松・増田（1998）の実験には，運動対象と静止対象が交差する事態が含まれていた。運動対象が静止対象を通過する場合，運動対象は三次元空間を弧を描いて移動するように知覚されていた。その論文では，運動対象どうしが交差する場合の遮蔽関係については言及されていなかったので，実験１では，まず運動対象どうしの遮蔽関係が三次元的体制化に及ぼす影響について検証する。

運動の開始時には，Fig. 2 のように２つの対象は垂直に並んでいて，もう１つの対象がその左側に位置するような三角形の配置で，左側の対象（Fig. 2 中の対象 A）の提示位置を変化させる。運動開始時に３対象が直角三角形の頂点上に配置されるときのみ，対象間に遮蔽関係が生じ，そうでない場合，対象どうしがすれ違うことはない。

方法

提示パターンおよび装置

提示パターンは３個の直径 8 mm（視角約 0.9°）の円または一辺 8 mm（視角約 0.9°）の正

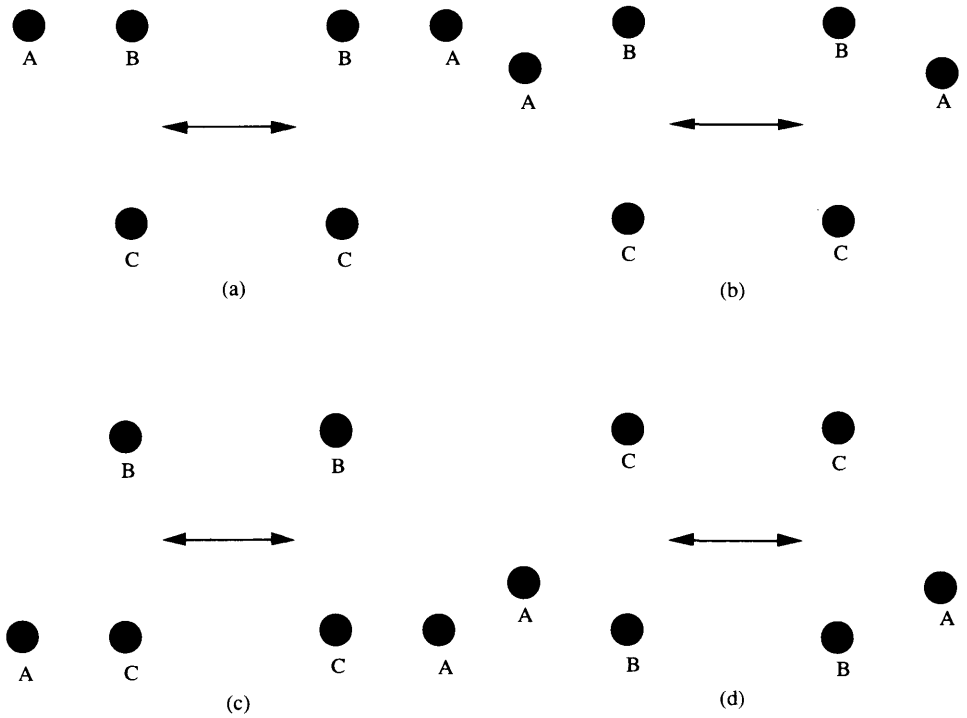

Fig. 2. The diagrams of moving pattern in Experiment 1.

方形で構成される。黒い背景上に白で提示される。Fig. 2 に示す。運動開始時の配置は 4 種類ある。3 対象が三角形を形成するように配置される。どの配置でも，対象 B と対象 C それぞれの中心を結ぶ直線から対象 A の中心までの距離は 4 cm で，対象 B と対象 C 間の距離は 11.2 cm である。∠ ABC が直角の直角三角形（Fig. 2 (a)），∠ ABC が直角の直角三角形の対象 A を 2.8 cm 下方にずらした位置に配置する三角形（Fig. 2 (b)），∠ ACB が直角の直角三角形（Fig. 2(c)），∠ ACB が直角の直角三角形の対象 A を 2.8 cm 上方にずらした位置に配置する三角形である（Fig. 2(d)）。Fig. 2 の（a）と（c）では運動対象どうしが交差するが，（b）と（d）ではしない。対象 A は片道 39.7 cm を移動する。対象 B と C は片道 31.7 cm 移動する。対象は 4 秒で 1 往復する。運動中，対象の速度は変わらない。すべての対象が同じ時間で 1 往復するので，移動距離の長い対象 A が他の対象よりも速い。対象 B と対象 C は同じ速さである。

実験の制御にコンピューター（Macintosh Quadra 700, apple computer）を使用し，パターンの提示に 21×28 cm の CRT ディスプレイ（GVM-1411, SONY）を使用した。

手続き

完全暗室で，被験者は観察を単眼で行い，対象の軌道が三次元の回転か往復か，二次元の往復かを選択し，軌道以外の様相についても図と文章で記述する。観察距離は約 50 cm である。

観察時間には制限を設けない。被験者は心理学関係者５名である。いずれも正常な視力を有する。

結果と考察

Fig. 3 に円・正方形それぞれの図形で，運動開始時に外側にある対象が内側の２対象を通過する位置別に三次元軌道が知覚されたと報告した被験者の数を示す。「最上」を通過する場合が Fig. 2 (a)，「上」を通過する場合が Fig. 2 (b)，「下」を通過する場合が Fig. 2 (d)，「最下」を通過する場合が Fig. 2 (c) にあたる。いずれの通過位置でも，三次元軌道が知覚されている。速度の遅い２対象（Fig. 2 でいえば，対象 B と対象 C）が形成する軸を中心として速度の速い対象（Fig. 2 でいえば，対象 A）が円軌道を描き，３対象が１つの立体としてまとまって知覚される。速度の遅い２対象のつながりは強い。両者を結ぶヴァーチャルな線も知覚されている。正方形の対象の方がつながりの印象は強く，平たい三角柱が知覚されることもある。ただし，円の場合でも，上で対象どうしが交差する場合に，「棒の上にお皿をのせてくるくる回してる」という報告があった。

対象が円であるか正方形であるかによって，軌道の見えにほとんど違いはない。対象の形が円でも正方形でも，運動中に対象が交差するかしないかが，三次元的体制化に及ぼす影響はほとんどない。

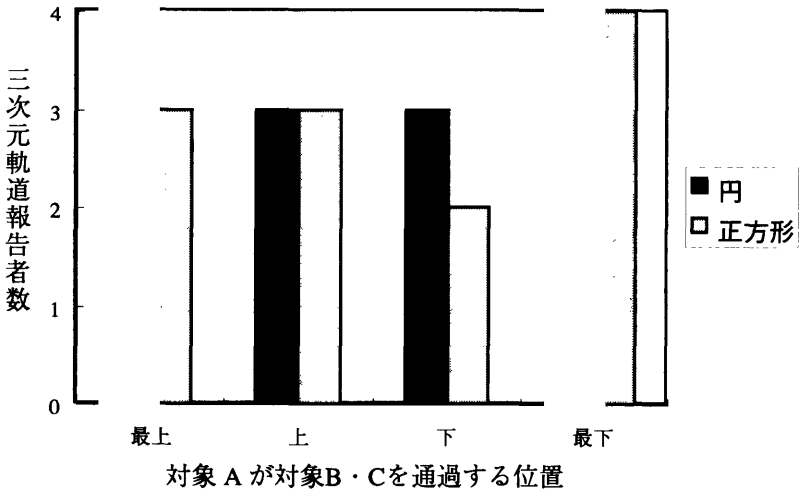

Fig. 3. The number of reports of the 3 - D trajectory in Experiment 1.

実験 2

目的

Tommasi et al. (1995) ならびに小松・増田 (1998) において，遮蔽関係が全体としての体制化に影響する可能性があることが示唆された。Tommasi et al. (1995) によれば，静止対象を通過する際に，両対象に含まれる輪郭線の長さの関係が変化することにより運動対象と静止対象のいずれが手前に見えるかが変わるはずである。

実験 2 では，運動対象の通過中に両対象が重なる部分に生じる輪郭の長さが変化するような 2 種類の静止対象を用いて，静止対象と運動対象が等質ではない場合も含めて，局所的な遮蔽関係が運動の知覚におよぼす影響を検証する。

方法

提示パターンおよび装置

運動対象は黒色または灰色で，静止対象は黒色，背景は白色である。

静止対象の形は 2 種類ある。一方は菱形（一辺約 35 mm，対角線はそれぞれ 21・70 mm）で，もう一方は，その菱形を短い方の対角線で二分した二等辺三角形を頂角どうしで結んだもので，蝶形とする。いずれも一度は運動対象の全体が遮蔽されるようになっている（Fig. 4 参

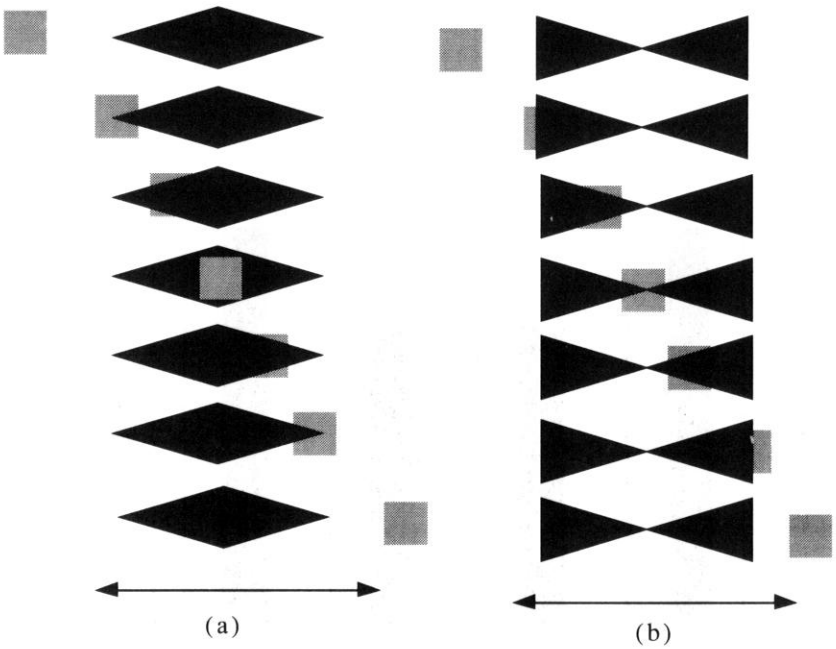

Fig. 4. The diagrams of moving pattern in Experiment 2.
(a) The still object is a diamond.
(b) The still object is a "butterfly".

照)。通過位置により，交差部の輪郭の長短の関係が変化していく。例えば，静止対象が菱形の場合，運動対象の正方形が菱形に重なったとき，最初は菱形に属する辺が長く，だんだんと長方形に属する辺の方が長くなっていく。静止対象から離れていくときはその逆である。

運動方向は0°のみである。運動対象が灰色の場合，静止対象の手前を通る場合，後ろを通る場合，一度完全に遮蔽された後に，静止対象の手前に現れ，再び後ろに戻る場合，静止対象を通過するときに透けて見える場合の4条件があり，それに加えて，静止対象と同じ黒色の条件があり，あわせて運動条件は5条件ある。

提示パターンはMacintosh Quadra 700（apple computer）上でMacroMedia Director 4.0.4J1（MacroMedia）で制御し，24インチCRTディスプレイ（Barco）に呈示した。

手続き

被験者は5名で，暗室で，対象が最長10往復する間観察し，対象の運動軌道，対象の形や色の変化，同一性などについて言語および図で記述する。観察距離は約60 cmである。

結果と考察

Petterのルールからいうと，静止対象が蝶形の場合，運動対象は静止対象の後ろから入り，中央部付近で前に現れ，再び後ろに下がっていくように知覚されることが予測される。また，静止対象が菱形の場合，その逆に，運動対象は静止対象の手前を通り，中央部付近で，静止対象の後ろ側に行き，再び手前に出現し静止対象から離れていく様に知覚されることが予測される。Petterのルールが問題になるのは，分凝する対象が等質の場合のみなので，この実験の場合，運動対象が黒の場合のみである。観察の結果を見ると，その予測通りの知覚がなされていると言える。

運動対象と静止対象が等質でなく，運動対象が前を通過する場合は静止対象の前を通過するように見えるし，後ろを通過する場合は後ろ通過するように見えるのだが，その軌道は，曲線的に膨らむ，またはへこむ様に知覚される。静止対象が蝶形の場合，観察者側に膨らみ，菱形の場合，へこむように知覚されることが多い。蝶形の場合，静止対象の手前を通過していても，静止対象の前で運動対象の軌道は奥へへこむ。その他の条件でも，そのような軌道の変化が知覚されている。静止対象の形の影響を受けている。

中央部のみで手前を通過する条件の場合，明るさの異なる2つの運動対象が同時に知覚されることもあった。

運動対象の形と大きさの顕著な変化が知覚された。静止対象が菱形の場合，運動対象の静止対象側の先端がすぼまるように変形する。縮まりながら重なり，拡大しながら離れていく。蝶形の場合，その逆である。運動対象が静止対象の手前を通過するときは，変形の印象は弱い。

Table 1. The descriptions about the trajectory of moving object.

	蝶形	菱形
黒	後ろに入ってふくらんで手前に出て，また後ろに入る 糸を縫う へこむ 上を通過するが，さしかかると，下に入りこみ，また出てくる 波打ってる 静止図形の手前で波打ちながら動く 向こう側	もぐりこむ 吸い込まれる とけこんでいく へこむ 入るときは上に見えるときもあるが，出てくるときは下から 後ろに膨らむ 上を通過
後ろ	でっぱる 図形の下を山なりに動いている 背後往復 曲線的にふくらむ，またはへこむ	図形の下を通る，へこむ 後ろ通過 背後通過 曲線的に，ふくらむ，へこむ 潜水艦の浮上
中央手前	後ろに入ってふくらんで手前に出て，また後ろに入る 水面をジャンプするイルカ 下に入って波打って浮かび上がり，また下に入っていく 後ろに入って手前に出てくる 角張った動き 上通過	急に向こう側からこっちへ色を変えて出てくる（逆も） 角張った動き 下から入り，上に出て，また下に出る 別対象の動き 運動対象2つある．後ろが濃くて，手前が薄い 手前のは膨らみもするし，へこみもする 薄い灰色の対象は手前部分だけで消える
手前	図形の上を少し山なりに動いている 静止図形の上を往復 上を通過 手前にうきあがってくる，手前に膨らむ へこむ 角張った動き	手前で曲線軌道，へこむ 立体感少ないがへこむ へこむ 前を動く 上を動く 曲線的，動きが滑らか
透明	ぬう 手前から潜りまた手前に出てくる 上を動いているが，三角形にさしかかると，少しぶつかりながらその上方に行く 全体として手前 後ろに入ってふくらんで手前に出て，また後ろに入る サーフィン 立体的には動かない	手前 上を通過 向こうへはいかないがへこむ いったん後ろへ入って前に出て，また後ろへ行く

Table 2. The descriptions about appearance of moving object.

	蝶形	菱形
黒	手前 変形 急に向こう側	小さくなる→大きくなる 縮小 変形
後ろ	収縮拡大 変形 ゆがみ 半透明に見えるときはそのまま平行移動 なめらか	 変形 先がとがる なめらか
中央手前	両端でわずかに拡大収縮 変形弱い 透けない 端で透明度が上がる 明るさ変化	 変形 明るさ変化 別対象 2 運動対象 2 つ，後ろが濃くて，手前が薄い
手前 透明	変形 あまり歪まない 対象間に距離（高さ）がある 両端で透明，途中で不透明 中央で暗い，重なりきっているときだけ明るい	収縮拡大 動きが滑らか 変形（後ろに隠れるときより弱い） 両端透明 色が変わる

実験 3

目的

小松・増田（1998）において，垂直方向に並んだ静止対象を横切って 1 つの正方形が往復運動する際，その正方形の運動軌道は通常三次元空間での円軌道として知覚されたが，静止対象間の間隔が運動対象と等しい高さの時だけ，二次元空間での直線軌道として知覚された。実験 3 では，静止対象間の間隔に加えて，静止対象全体の太さを変えることにより，運動対象の軌道の知覚がどのように変化するかを検証する。

方法

提示パターンおよび装置

提示パターンは黒い背景上に白で提示される。運動対象は一辺 8 mm（視角約 0.9°）の正方形で，片道を 4 秒で 1 往復する。静止対象は運動軌道の垂直二等分線上にある。静止対象どうしは同じ大きさである。太さ 0.8 mm から 15.2 mm まで 2.4 mm 間隔で変化させた。8 mm のものは小松・増田（1998）と同じなので提示しないので，静止対象の幅は 6 種類となる。

Fig. 5にもっとも細いものと太いものを示す。縦の長さを運動対象と同じ長さ（8 mm）から2つの長方形がつながり1つの長方形（120 mm）となるまで5段階変化させるが，それにより静止対象間の間隔が変化する。縦の長さを運動対象と同じ長さ（8 mm）のとき，静止対象間の間隔は最も広く104 mm，運動対象の縦の長さよりも広い条件として64 mm，運動対象の縦の長さと同じ条件として8 mm，運動対象の縦の長さよりも狭い条件として4 mm，静止対象間の間隔がない条件として0 mmである。装置は実験2と同じである。

手続き

被験者は心理学関係者5名である。手続きは実験2と同じである。

結果と考察

Fig. 6に静止対象の太さと静止対象間の間隔ごとの三次元軌道の報告数を表す。静止対象が最も太い条件（15.2 mm）をのぞいて，静止対象間の間隔と運動対象の縦の長さが等しいとき，運動対象の軌道は二次元の直線往復運動として知覚されることが多い。他の条件では，三次元の円軌道が知覚されることが多い。

ここでは，最大の静止対象の幅を15.2 mmとしたが，ここまでの範囲では三次元軌道の知覚に静止対象の太さの影響はなかった。

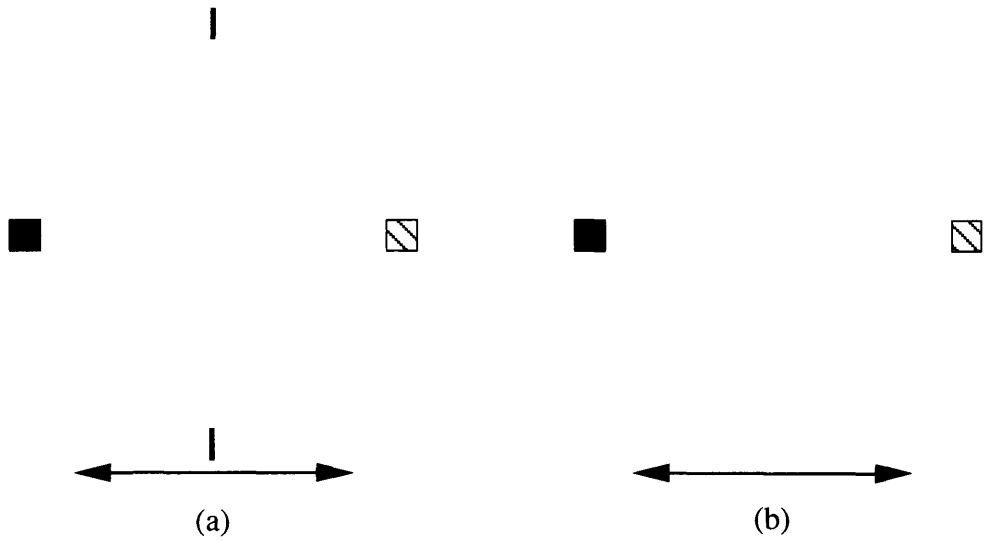

Fig. 5. The examples of objects in Experiment 3.
(a) The width of the still object is 0.8 mm.
(b) The width of the still object is 15.2 mm.

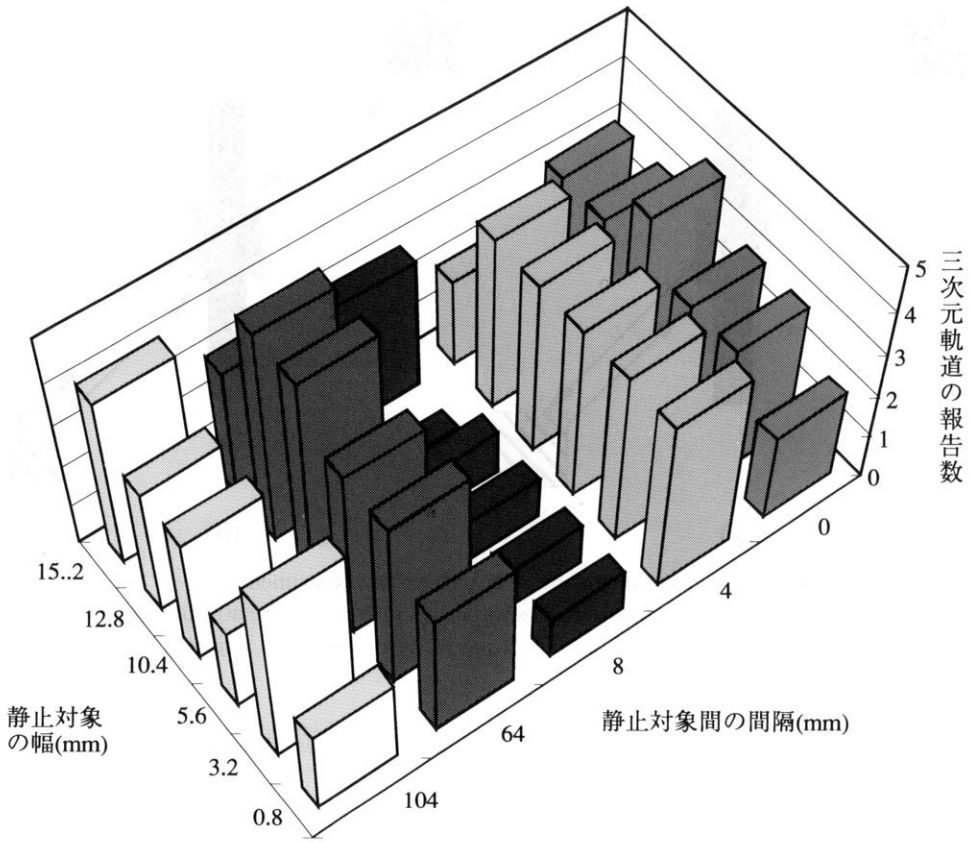

Fig. 6. The number of reports of the 3 - D trajectory in Experiment 3.

実験 4

目的

実験 3 では，三次元軌道の知覚中心に見てきたが，運動対象と静止対象の間に遮蔽関係が生じる事態では，トンネル効果が知覚される可能性もある。実際に，トンネル効果についての研究の小松（2000b）において，運動対象の軌道について水平往復運動でのステレオカイネティック現象との類似が指摘されている。

実験 4 では，実験 3 での静止対象よりも大きな静止対象を加えて，運動対象の三次元軌道に限らず，トンネル効果も含めて，より広い目で，運動する対象を含む対象群の体制化について考察する。したがって，実験 3 と異なり，実験 4 では，静止対象は 1 つの長方形とし，運動対象はその一部または全体が静止対象によって遮蔽される。また，小松（2000a・b）において，運動対象全体が静止対象に遮蔽された瞬間に，静止対象の手前に運動対象が現れる条件では，遮蔽前の運動対象と遮蔽後の運動対象が別の対象として知覚されやすいことが明らかになって

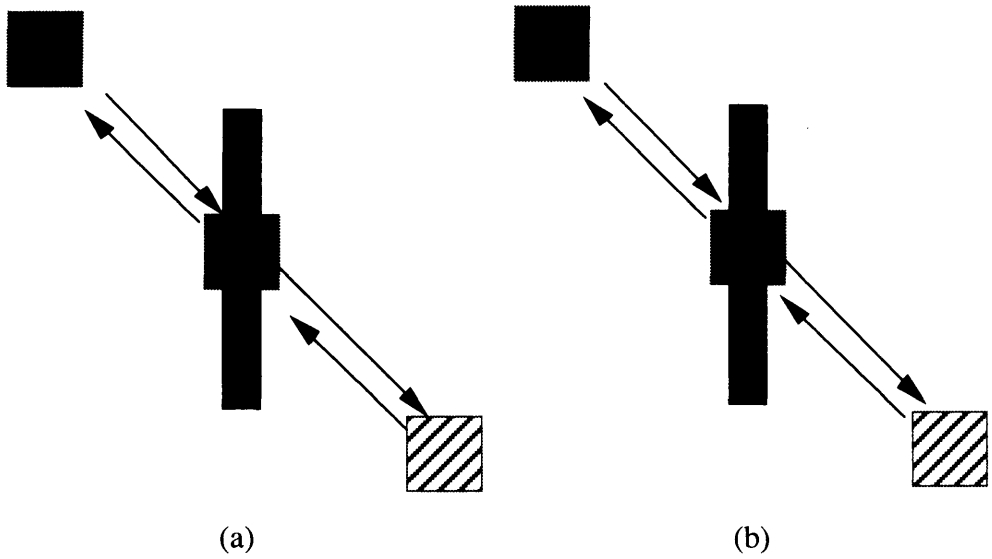

Fig. 7. The diagrams of moving pattern in Experiment 4.
(a) The moving object appears in front of the still object.
(b) The moving object passes behind the still object.

いるので，運動対象の運動方向・遮蔽後の運動対象の再出現の仕方を条件に加える。

方法

提示パターンおよび装置

これまでの実験では，運動対象と静止対象は同じ色であったが，この実験では，小松（2000 a・b）をふまえて，運動対象は灰色（7 cd/m²）とし，静止対象は黒色（1 cd/m²）とする。灰色の運動対象は 14 mm×14 mm の正方形で，白色の背景は 224 mm×168 mm とする。

静止対象の幅は，7・14・28・56 mm で，いずれも高さは 56 mm である。

運動対象は片道 105 mm を静止対象を挟んで往復する。運動方向は 0°または 45°である。運動対象が静止対象に重なったときに運動対象が前になる条件とそのまま静止対象の後ろを通過する条件を設ける。

運動対象の速度は 26.25 mm/sec(30 フレーム/sec）で一定である。装置は実験 2・3 と同じである。

手続き

被験者は 5 名で，暗室で，対象が最長 10 往復する間観察し，対象の運動軌道，対象の形や色の変化，同一性などについて言語および図で記述する。観察距離は約 60 cm である。

Table 3. The descriptions about the moving object's identity.

運動方向	通過位置	静止対象の幅	
45°	後ろ	7 mm	
45°	後ろ	14 mm	
45°	後ろ	28 mm	同一
45°	後ろ	56 mm	同一
45°	手前	7 mm	同一
45°	手前	14 mm	
45°	手前	28 mm	
45°	手前	56 mm	変化　後ろでは普段着，前ではおめかし　突然切り替わる
水平	後ろ	7 mm	
水平	後ろ	14 mm	同一
水平	後ろ	28 mm	
水平	後ろ	56 mm	同一
水平	手前	7 mm	同一
水平	手前	14 mm	別　リレー
水平	手前	28 mm	別
水平	手前	56 mm	別

Table 4. The descriptions about the appearance of motion.

			速さ	明るさ	静止対象
運動方向	通過位置	静止対象の幅			
45°	後ろ	7 mm			透ける
45°	後ろ	14 mm			
45°	後ろ	28 mm	一瞬待たされる		
45°	後ろ	56 mm	中央でゆっくりになる		透ける
45°	手前	7 mm		変化　手前が明るい	
45°	手前	14 mm		変化　手前が明るい	
45°	手前	28 mm		変化	
45°	手前	56 mm		変化	
水平	後ろ	7 mm			
水平	後ろ	14 mm		ぶつかるとき透明，出てくるときは不透明	
水平	後ろ	28 mm		半透明	
水平	後ろ	56 mm	ややもたつく	半透明	
水平	手前	7 mm		半透明　変化	
水平	手前	14 mm		変化	
水平	手前	28 mm		変化	
水平	手前	56 mm	出てから速い		

Table 5. The descriptions about the moving object's trajectory.

運動方向	通過位置	静止対象の幅				
45°	後ろ	7 mm		三次元→平面	横ずれ	
45°	後ろ	14 mm	三次元回転	角度変化		
45°	後ろ	28 mm	三次元曲線			
45°	後ろ	56 mm	やや曲線			
45°	手前	7 mm	直進	三次元		
45°	手前	14 mm	斜め直進	平面→三次元		
45°	手前	28 mm	直線的			
45°	手前	56 mm	斜め	平面→三次元		
水平	後ろ	7 mm	三次元	よけて往復		
水平	後ろ	14 mm	三次元往復			
水平	後ろ	28 mm	三次元往復	浅い		
水平	後ろ	56 mm	回転			
水平	手前	7 mm	角度変化	出てきてから急	高度変化	ワープ（連続性のない高度の変化）
水平	手前	14 mm	角度変化	平面→三次元	高度変化	少し戻る
水平	手前	28 mm	角度変化	高度変化	直線往復運動	
水平	手前	56 mm	角度変化	三次元→平面	高度変化	直線往復運動

結果と考察

Table 3 に運動対象の同一性に関する被験者の報告を示す。運動対象が静止対象の後ろを通過する場合は，対象の同一性は保たれている。

運動対象の中心と静止対象の中心が重なったとき，「突然」または「急な」出現や消失の印象を伴うことがあり，特に，静止対象が運動対象よりも大きい場合，運動の連続性がとぎれたり，別の対象として知覚されることがある。

Table 4 に運動対象の運動の様子についての被験者の報告を示す。静止対象が運動対象より大きい場合，運動対象の同一性が保たれている場合でも，運動対象の速度の変化が知覚されている。静止対象の後ろで，運動対象の速度が遅くなったように知覚されることがある。「ややもたつく」・「待たされる」・「遅くなる」・「出てから速くなる」といった記述がなされている。

Table 5 に運動対象の軌道についての被験者の報告を示す。運動対象が静止対象の後ろを通過する場合，運動対象が静止対象の周囲を弧を描きながら，往復または回転するように知覚される。この実験の場合，運動対象が静止対象に重なった後，静止対象の手前に出現する条件を含めるため，運動対象と静止対象が別の色になっているので，運動対象が静止対象の手前で三次元空間で弧を描くということはなく，三次元軌道を描くという場合，静止対象の後ろでの往復である。

運動対象が静止対象の手前に出現する場合，静止対象の手前に出現する時点で，高さを変える，または角度を変えるように知覚される。「高さ」で表現されているのは，奥行き的な位置

関係のことである。最初，静止対象より奥で進んでいた運動対象が静止対象の手前に出現した瞬間に静止対象より手前で進んでいくということである。「角度が変わる」という場合，静止対象の奥の方から静止対象に向かって近づいてきた運動対象が静止対象の手前に出現した時点で，それまでよりもやや浅い角度で曲がり，進んでいくということである（またはその逆に直線的に進んできた運動対象が静止対象のところから手前に向かってくる）。

運動方向 45° の場合，運動対象の軌道は直線的である。静止対象のところに至るまでは平面上を斜めに進むが，そこから角度を変えて，手前に向かってくるように知覚されるなど，奥行き方向の運動が知覚されている。

水平方向の場合，同様に静止対象のところで，角度を変えて進むようにも知覚されているが，静止対象のところで直角に曲がって，より高い位置で，そのまま水平方向に直進するようにも知覚されている。

全体の考察

小松・増田（1998）の結果と本論文の実験１・２・３の結果をあわせて考えてみると，対象どうしが交差することにより生じる遮蔽関係があるから，運動対象の軌道が二次元に知覚されるということはない。１つの運動対象が別の運動対象を追い抜く場合にも，運動対象が静止対象を通過する場合にも，運動対象群は立体としてまとまって知覚されている（一部の対象が静止状態の場合，対象間のつながりの印象は弱いが，少なくとも三次元的な軌道は知覚されている）。遮蔽関係がないときと同様に三次元空間内で弧を描くように移動するのが知覚される。小松・増田（1998）の実験２で，唯一二次元的な軌道が知覚された条件，つまり静止対象間の間隔と運動対象の縦の長さが等しい条件では，運動対象と垂直方向に並んだ２つの静止対象の間に奥行き的な前後関係はあるものの，運動中，運動対象の全体が見えたままであるので，遮蔽されているとも言えない。実験３においても，小松・増田（1998）の実験２と同様の結果が得られたが，静止対象の幅が運動対象の幅の約２倍である 15.2 mm のときには，三次元軌道が知覚されているので，三次元軌道として知覚される方が自然で，二次元軌道として知覚される条件はかなり狭いと言える。

実験２の結果より，遮蔽関係があるかないかというよりも，どのように遮蔽されるかによって，運動対象の軌道が異なって知覚されることが明らかになった。Tommasi et al.（1995）の指摘のように，すべての対象が等質の場合，Petter のルールにそうように，運動対象と静止対象の前後関係が変わり，それに伴って運動対象の軌道もなめらかな曲線を描く。運動対象は静止対象にとけ込むように沈み，また現れる。そして，Petter のルールが適用できない事態，つまり，運動対象と静止対象が等質でない場合にも，同様の軌道の変化が知覚された。もちろん，灰色の運動対象が黒い菱形の静止対象の手前を通過する場合に，運動対象が静止対象をもぐって，後ろに行くようには知覚されることはないが，静止対象の手前でへこむように知覚される。局所的な遮蔽関係が全体としての運動軌道の知覚に影響している。

実験4では，運動対象が静止対象の後ろを通過する条件では，遮蔽前と遮蔽後の運動対象は同じ対象として知覚され，三次元空間で弧を描くように知覚されているが，静止対象が大きい場合，運動対象の速度の変化が知覚されている。静止対象の後ろで，運動対象の速度が遅くなったように知覚されることがある。対象の同一性は保たれるが，速度の変化または軌道の変化が知覚されている。

運動対象と静止対象が重なった瞬間に，運動対象が静止対象の手前に現れる条件では，別の対象として知覚されることがある。別対象とは言えないまでも，衣装を変えるように変化して知覚されるという記述もあり，何かが違って知覚されている。出現の瞬間の明るさの変化・透明感の変化についての言及が目立つ。手前に出現する際の「突然」の印象そのものや明るさの変化の印象が別対象という知覚の要因と考えられる。

運動対象が静止対象の後ろを通過する場合，運動対象の軌道は直線であれ，曲線であれ，滑らかに変化するように知覚されたが，運動対象と静止対象が重なった瞬間に，運動対象が静止対象の手前に現れる条件での運動対象の軌道の知覚は，静止対象を境に変化するという印象が強い。静止対象の手前に出現する時点で，高さを変える，または角度を変えるように知覚される。三次元的な軌道の変化は知覚されるが，弧を描くという印象はない。この場合，運動対象そのものの同一性も保たれないように知覚されることも多いが，運動対象と静止対象が一つの対象としてまとまるということはない。

引用文献

Johansson, G. & Jansson, G. (1968). Perceived rotary motion from changes in a straight line. *Perception & Psychophysics,* **4**, 165 - 170.

小松英海 (1994). 2点及び3点によるステレオカイネティック現象，慶應義塾大学社会学研究科紀要，**38**, 35 - 42.

Komatsu, H. (1997). The stereokinetic phenomenon from two or three points. *Perception*, **26**, 85. (Abstracts)

小松英海・増田直衛 (1998). ステレオカイネティック現象についての一研究 ── 運動対象の三次元的体制化における基準の役割 ──，慶應義塾大学日吉紀要，**24**, 44 - 60.

小松英海 (2000a). トンネル効果についての一研究 ── 後ろを通るか前に出現するか ──，慶應義塾大学日吉紀要，**27**, 1 - 18.

小松英海 (2000b). トンネル効果についての一研究 (2) ── 遮蔽中の運動方向の変化 ──，慶應義塾大学日吉紀要，**28**, 47 - 59.

Metzger, W. 盛永四郎 (訳) (1968). 視覚の法則. 岩波書店.

Michotte, A., Thinés, G. & Crabbé, G. (1964). Amodal completion of perceptual structures. In G. Thinés, A. Costall, & G. Butterworth (Eds.) *Michotte's experimental phenomenology of perception*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum, Pp. 140 - 167.

Musatti, C. L. (1962). *Stereokinetic phenomena*. Commentary by H. Flock, Mimeo edited by J. J. Gibson, Department of Psychology, Cornell University.

Musatti, C. L. (1975). Stereokinetic Phenomena and their Interpretation. In : *Studies in Perception, Festschrift for Fabio Metelli*. Giovanni. B. D'arcais (Ed). Milano : Matello -Giunti, 166 - 189.

Tommasi. L, Bressan. P, & Vallortigara. G. (1995) Solving occlusion indeterminacy in chromatically homogeneous patterns. *Perception*, **24**, 391 - 403.

山田　亘・増田直衛（1991）．運動視における現象観察的方法試論．心理学評論，**34**，475 - 496.

Zanforlin, M. (1988 a). Stereokinetic Phenomena as Good Gestalts : The minimum principle applied to circles and ellipses in rotation : a quantitative analysis and a theoretical discussion. *Gestalt Theory*, **10**, 187 - 214.

Zanforlin, M. (1988 b). The height of a stereokinetic cone : A quantitative determination of a 3 - D effect from 2 - D moving patterns without a "rigidity assumption". *Psychological Research*, **50**, 162 - 172.

Zanforlin, M. & Vallortigara, G. (1988). Depth effect from a rotating line of constant length. *Perception & Psychophysics*, **44**, 493-499.

Zanforlin, M. & Vallortigara, G. (1990). The magic wand : a new stereokinetic anomalous surface. *Perception*, **19**, 447 - 457.