

スクリーン上を動く対象物のスピード感の異方性

矢口 幸康・吉村 浩一（法政大学）

■Anisotropy of a moving target's speed perception in the horizontal and vertical dimensions

YAGUCHI Yukiyasu and YOSHIMURA Hirokazu
(Hosei University)

Abstract:

Y. Tomino, a Japanese famous animator, suggested that leftward motions would be perceived faster than rightward motions. A psychologist Yoshida (2006) found that people held different activity impression to the leftward and rightward motion. The present research aimed at directly catching the directional difference in the speed perception using the method of paired comparisons. Adding to the horizontal motions, we also examined the directional differences in the vertical dimension in which the gravity might influence on the speed perception. The participants were divided into two groups; 31 students were requested to compare the uniform motions and 38 students were requested to compare the accelerated motions. We provided three different speed (accelerated) motions which were moderately difficult to discriminate to each other.

The participants in the uniform motion condition showed consistent tendencies; they perceived the leftward motion to be faster than the rightward motion and upward motion faster than the downward motion. In the accelerated motion condition, however, our participants didn't show any consistent tendency.

Key Words:

speed perception, motion perception, anisotropy,
method of paired comparisons

キーワード:

速さ知覚、運動知覚、異方性、一対比較法

はじめに

心理学では、物理的に同じ刺激が、提示される方向に応じて異なって知覚されることを“異方性”と呼んでいる。よく知られた例に、“月の錯視”がある。水平線近くの月は、天空高く見上げる月より、物理的には同じ視角を張るにもかかわらず、大きく知覚される。しかし、画面上で動く物体が、その動く方向によって速度感を異にするという異方性の存在は、常識的には考えにくい。たとえ違いがあるにせよ、ほんのわずかな、気がつくかどうか分からない程度にすぎないと思われる。ところが、アニメーションの分野で、右への動きと左への動きの速度感に違いがあるという見解が、経験に基づいて主張されている（富野, 2002）。「強いものは、右から出てきますし、右から左に動いているように展開されたほうが正確に伝わります。同時に、自然な流れ、当たり前の流れに見えますし、左から右に動くものよりも、短い時間感覚でとらえられます」（p.45）や「上手[右]から下手[左]に移動するものは、それだけで“流れくだるもの”“大きなものがおりてくる”と感じられますから、右から左に移動するものは、時間的にも短く感じられます」（p.47）と述べている。さらに心理学の分野でも、最近、アニメーションの動きの印象評価を扱った一連の研究の中で吉田（2006）は、セマンティック・ディファレンシャル法（SD法）を用いて、左方向への動きと右方向への動きは、“活動性”に関して異なる印象を与えるとのデータを示している。この点を確認するには、物理的に同じ速さの動きに対して速度感差があるかどうかを直接検討することが不可欠である。本研究では、速度感の違いを敏感に測定できる心理学的技法を使って、客観的に同じ速さで動く図形に、方向による速度差があるかどうかを調べていく。

速度感の異方性の問題は、右への動きと左への動きの違いに関心が集中している。そうした水平方向で異方性があるとは、素朴には考えにくいからである。それに対し、垂直方向の異方性、すなわち図形が上に動く場合と下に動く場合の速度感差は、十分に考えられる。上から下への動きは重力に沿った動きとなり、下から上への動きは重力に逆らう動きである。そうした非

■受稿日：2007年11月30日／received on November 30, 2007.

受理日：2008年2月16日／accepted on February 16, 2008.

対称性が影響し、客観的に同じ速さの動きに速度感差が生じることは十分に考えられるからである。しかし、上方向への動きと下方向の動きは、どちらがより速く感じられるのだろうか。この点は、自明でない。重力に逆らう下から上への動きの方が、より力強く速く感じられるのか。それとも、重さを背負いより遅く感じられるのか。この点は、データに基づいて議論しなければならない。

心理学の古い研究では、Van der Meer (1955) が運動速度感の異方性について、次のような見解を示している（椎名, 1969より引用）。窓（15×15cm）の中に小光点（直径14mm）を動かす（10cm/sec）、1.20mのところからその動きを観察した結果、水平右方向に比べ水平左方向は11%ほど速く知覚される、垂直上下方向には差がないというデータを得た。

そこで本研究では、左右の動きの速度感差の有無の検討に加え、上下の動きの速度感の違いも検討する。特に、左右の速度感差は、たとえあったとしても、わずかであると予想される。人間の感覚では、わずかしかならないいくつかの刺激を、感じられる速度差に基づいて順位づけることは難しい。微妙にしか変わらず、かつ命名できないものを記憶しておくことが難しいからである。この難点を克服するため、本研究では、心理学が開発した尺度構成法の一つである“一対比較法”を用いる。いくつか変法のある一対比較法のうち、今回は、1人の実験参加者がすべての刺激の組合せを一度ずつ評価するThurstone法を用いる（印東, 1973; 佐藤, 1985）。さらに、速度評定の対象となる運動には、等速運動のみでなく、吉田（2006）で用いられた加速運動も加える。これら2種類の運動を対象に、水平運動と垂直運動それぞれにおいて、速度感に異方性があるか否かを検討していきたい。

方法

実験材料

本実験では、黒い正方形を運動刺激とし、教室にいる実験参加者の学生たちに、プロジェクターを用いて前方の大画面ス

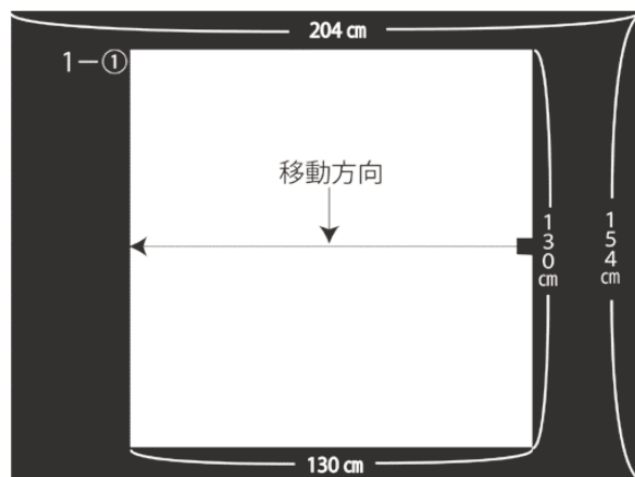


図1a. 本実験で提示した左右運動方向の刺激例（長さは、スクリーン上での実測値）。ここでは、右から左への運動を示したが、左から右への運動も提示された。枠組み（スクリーン全体）と運動点移動範囲（白四角）の相対的比率は、タテ比1.18：1、ヨコ比1.57：1、運動点移動範囲（白四角）と刺激（黒四角）の相対的比率はタテヨコともに26：1であった。

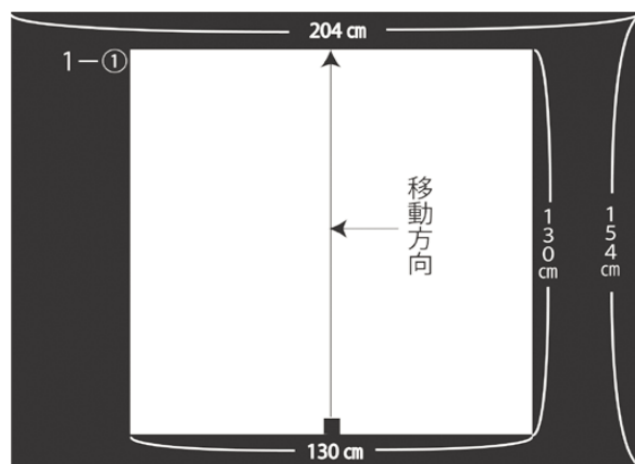


図1b. 本実験で提示した上下運動方向の刺激例（長さは、スクリーン上での実測値）。ここでは、下から上への運動を示したが、上から下への運動も提示された。

クリーン上に投影される2つの刺激の速度感差の評価を求める。スクリーンのサイズは縦154cm、横204cmで、スクリーン中央に130cm四方の白い正方形のフィールド（その周囲は黒色とした）を提示した。その白いフィールド上を、上述した黒い正方形（一辺5cm）が一方向に直線的に動き、フィールドから消える（図1参照）。このような運動現象を2種類続けて観察し、どちらがより速く感じるかを評定してもらった。回答方法は強制選択法とし、たとえ両運動に速度差を明確に感じなくても、どちらかを「より速い」として選ばなければならない2件法を採用した。運動刺激はHot soup processor3.1で作成し、運動刺激のスムーズな動きを実現するため、DirectXを利用した。

運動刺激は、等速・加速運動ともに、3種の速さを用意した。等速運動課題では、白いフィールドを約1.7秒で通過する低等速運動、約1.6秒で通過する中等速運動、約1.5秒で通過する高等速運動であった。加速運動課題は、約1.4秒で通過する低加速運動、約1.3秒で通過する中加速運動、約1.2秒で通過する高加速運動の3種類であった。水平運動条件では、3種類の速さの刺激が右から現れて左に消える運動と、左から右に向かう運動が混在して用いられた。同様に、垂直運動条件でも3種類の速さで、下に向かう運動と上に向かう運動が混在して用いられた。

実験参加者

実験参加者は2クラスの授業に出席する大学生で、一方のクラス（35名）は黒い正方形が等速で動く等速運動課題に、他方のクラス（46名）は初発時より黒い正方形が加速して動き去る運動を観察する加速運動課題に割り当てた。

刺激の張る視角や運動物体の角速度は、着席位置により異なった。実験参加者にはスクリーン中央から左右 $\pm 30^\circ$ の範囲内に着席してもらい、極端な側方位置に着席することを避けた。観察距離は、スクリーンに最も近い人で約2.8m、最も遠い人で7.0mであった。また、着席した姿勢では全員が、スクリーン中央を約1.1m見上げて観察することになった。どの観察者

も、運動刺激の黒い正方形を十分に視認する視力を有していた。

実験手続き

実験参加者は、等速運動課題と加速運動課題のいずれかに、クラスごとに振り分けられた。スクリーン上には常時黒枠内に白色フィールドが提示されており、試行開始のメッセージが消えるとすぐに第1刺激が、続いて第2刺激が1度ずつ提示された。刺激提示時には、図1aと1bに示すように、試行番号の横に刺激番号①（第1刺激であることを示す）か②（第2刺激であることを示す）のいずれかが提示された。運動刺激（一辺5cmの黒い正方形）が、白いフィールドの端から現れ、反対の端に消えるまで直線的に動いた。

左右運動条件では、「実験材料」の項で説明した、低速・中速・高速の3種の速さで、右から左、または左から右に動く、合計6種類の刺激が用意された。上下運動条件でも同様に6種類の刺激が設けられた。6種類のあいだでの総当たり戦の組み合わせは、順序効果を相殺する目的から、第1刺激と第2刺激の提示順序を入れ替えた対も実施した。すなわち、各実験参加者は、左右方向と上下方向で、それぞれ6 $\times$ 30通りのすべての組み合わせを課されたことになる（同速で同方向の運動刺激を対にすることはなかった）。したがって、1人の実験参加者に与えた総試行数は60試行であった。また、先行試行からの影響を抑えるため、左右運動条件と上下運動条件を交互に実施した。

実験参加者は、1から60までの試行番号と①②の数字が記入された回答用紙をあらかじめ配られており、第1刺激の方がより速いと感じたときには①に、第2刺激がより速いと感じたときには②に丸印をつけるよう指示された。実施に際しては、(1) 刺激は対で提示されること、(2) 全てを通して刺激は1回しか提示されないこと、(3) ①か②のどちらかに必ず丸をつけること、(4) 周囲の人と相談しないことを教示した。

結果

分析に先立ち、本実験は授業時間を利用し集団で行ったものであるため、実験参加者の課題遂行態度をスクリーニングすることにした。一度しか提示されないごく短時間の刺激を注意深く観察していなかったと思われる回答者のデータを分析から外すための処置である。各刺激ペアには、移動方向は逆でも物理的に同じ速さ（加速度）のものも含まれており、「速い方を選ぶ」という課題に対して正解をもたないものもあった。しかし、中速を除き、両端の低速と高速ペアでは、注意深く観察していれば相当高い正答率が得られると期待できた。それらは等速運動課題と加速運動課題それぞれに16ペアあった。この16試行において、正答率が80%に満たない回答者を、課題遂行に集中していなかったと判断して、分析対象から外した（除外データをできるだけ少なくするため、除外する基準を厳しくした）。結果として、等速運動課題では31名が、加速運動課題では38名が分析対象となった。

分析対象となった実験参加者の、速度差が小さい試行（低と中、あるいは中と高）と速度差が大きい試行（低と高）ごとの平均正答率を、図2に示した。正答率を角変換した後、 t 検定を行なった。¹⁾ 等速左右、等速上下、加速左右、加速上下のいずれの条件においても、速度差小より速度差大の方が有意に

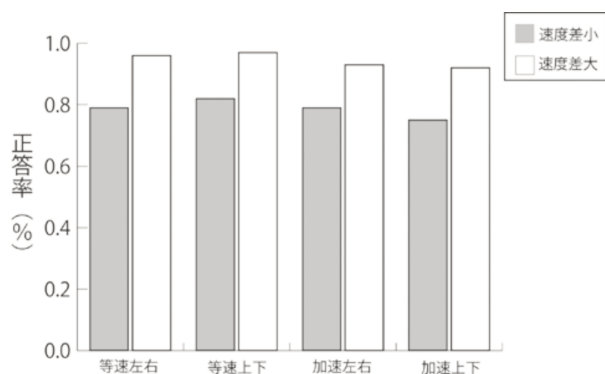


図2. 各条件での速度差小と速度差大別の平均正答率

高い平均正答率を示した ($p < .01$)。このことから、実験参加者らは速度差が大きい場合の方がより正確に評価していたと判断できた。

さらに、速度差の大小を区別せずに運動性質（等速・加速）×運動方向（左右・上下）の4条件における平均正答率を算出し、図3に示した。正答率の角変換後、運動性質（被験者間）×運動方向（被験者内）の2要因混合計画の分散分析を行なったところ、運動性質要因に有意な主効果があり、等速の平均正答率が加速よりも高かった ($F_{(1,67)} = 4.40, p < .05$)。この

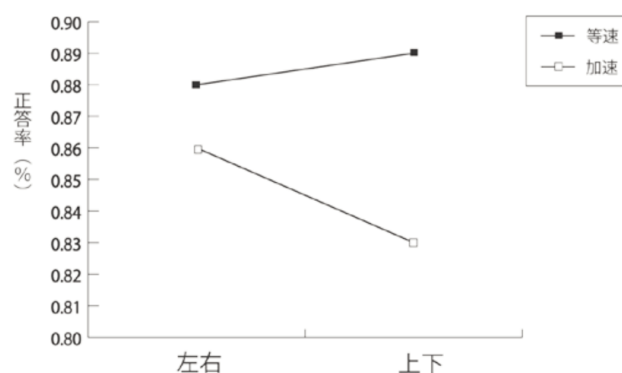


図3. 運動の性質（等速・加速）と運動方向（左右・上下）ごとの平均正答率 (%)

ことから、等速運動での速度評価の方が容易であったと見なせる。運動方向の主効果および両要因の交互作用は有意でなかった。

本研究における主要な測定法である一対比較法の分析は、次のような手順で行った。等速運動課題・加速運動課題別に、左右運動条件と上下運動条件での6種類の運動刺激のすべての組み合わせにおいて、一方の刺激が他の刺激より速いと評価された比率を全員のデータを対象に算出した。その値を正規曲線上における面積と見なし、面積行列から正規曲線上での距離行列

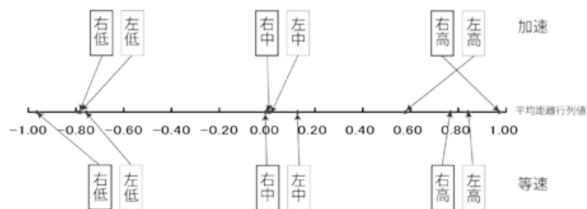


図 4a. 左右運動条件における等速運動課題と加速運動課題別の一対比較法に基づく尺度値

図中、たとえば「右低」とは、等速運動課題では右方向への低速運動を、加速運動課題では右方向への低加速運動であることを表す。

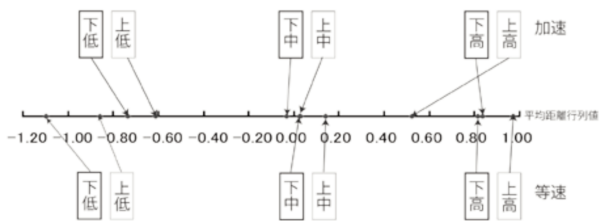


図 4b. 上下運動条件における等速運動課題と加速運動課題別の一対比較法に基づく尺度値

図中、たとえば「下低」とは、等速運動課題では下方向への低速運動を、加速運動課題では下方向への低加速運動であることを表す。

へと変換した。そして、得られた距離行列の刺激ごとの和の平均値から数直線上での位置を算出した。これが、Thurstoneの比較判断の法則による一対比較法の実施プロセスである。その結果を、図4aと4bに示した。

2つの図を見比べると、明確な特徴を見いだすことができる。加速運動課題に比べ平均正答率がより高かった等速運動課題において、一貫した傾向が認められた。左右運動条件では左に向かう運動の方が、上下運動条件では上に向かう運動の方が、反対方向への運動より速いと知覚されたのである。すなわち、低

速度、中速度、高速度のいずれにおいても、一方への運動が速いと評価され、しかも逆方向の動きに比べ数直線上でかなり離れる位置にプロットされた。

それに対し、正答率のより低かった加速運動課題では、一方の動きが他方への動きに対し一貫して速いと知覚されることはなかった。左右運動条件においては、低速と中速で両方向の動きはほぼ同じ速さと捉えられており、高速では右方向への動きの方がかなり速いと知覚された。また、上下運動条件では、低速と中速で上方向への運動の方が速いと知覚されたが、高速では逆に、下方向への運動が速いと知覚された。

全体的に見て、客観的に速さの違う運動間には、速度評価の順位の入替わりはなく、客観的に異なる速さに対する速度差は検出できていた。分析対象者をスクリーニングする作業で、速度差の離れた対（低と高）に対する正答率が80%以上の実験参加者のデータのみを分析対象にしたことも、客観的速度差の検出力を押し上げたと推察できる。

考察

一対比較法により、等速運動では左方向への運動がより速いと評価された。これは、映像制作の世界で経験的に知られてきた、「左方向への運動が時間的に短く感じる」ことを支持する結果である。本研究の第一の目的である、左右方向での速度感の違いは、等速運動においては検出できたことになる。

吉田（2006）は、等速・加速運動において右方向への動きがより「活動的」との結果を得ているが、本実験結果は吉田（2006）と矛盾するように思われる。ただし、吉田（2006）においても、直線等速運動、直線加速運動、sin波形、連続跳躍運動で「活動性」印象に違いが認められていた。本実験で得られた結果と関係づけて、この点について考察していきたい。

「活動性」には、純粋な強度だけでなく、印象や感情など心情的要素も含まれている。具体例をあげると、吉田（2006）がSD法で用いた「活動性」に属する形容詞対には、「鋭い－鈍い」「力強い－弱々しい」といった強度を表現する形容詞のほか、

「積極的－消極的」「元気な－疲れた」「楽しい－悲しい」など心情に関する項目も含まれていた。SD法はさまざまな形容詞を用いることで刺激に対する情緒的意味の客観的分析を行おうとするものである。このことは、富野（2002）があげた「強いもの」「自然なもの」という印象や心情に基づく「活動性」の側面を含み込む反面、「時間的に短く感じる動き」など「速度」と直接結びつく物理的強度を評価するものとは異なっている。運動を見る際の印象を評価するには、心情的な要素とは別に、「速度」など物理的な強度をどのように感じるのかという、より単純かつ基本的な強度評価を第一義に据えるべきである。吉田（2006）は、等速直線運動では、左方向よりも右方向への運動の方が高い「活動性」印象を与えたとの結果を得た。それは、速度感そのものによる本実験結果と競合するものである。両者の矛盾を解消するには、心情的「活動性」の評価と速度の直接的評価とは異なるものと考えるべきである。あるいは、吉田（2006）では、運動対象が約8秒でスクリーンを横切ったのに対し、本実験では1.5秒前後で横切っており、評価を求めた運動の絶対的速さの違いが関わっているのかもしれない。これらについては、今後検討すべき重要な観点である。

上下方向では、等速運動の場合、一貫して上方向への運動がより速いと評価された。上下運動に関しては、重力方向の影響を考えなければならない。本研究を計画する段階の予備的観察では、下方向の運動は重力に従う落ちる方向への動きであることから、より速く知覚されるとの印象を得ていた。しかし、本実験結果は、上方向への運動の方がより速いと評価された。心理学の古い研究では、小川（1938）が、「静止光点が1つ与えられただけで、運動はずっと記述されやすくなり、[4名の観察者とも] 見えの速さは下方向が上方向より速いことが認められる」と述べており、本研究結果と異なっている。その理由として、次のことが考えられる。集団で行った本実験状況では、実験参加者は全員、前方のスクリーンを少し見上げる姿勢で運動刺激を観察した。オバケを用いて跳ね返り運動を検討した千田・吉村（2007）においても、今回と類似する現象が観察され

ていた。すなわち、直前方にあるコンピュータ画面を見つめて行った予備観察では、上（天井）での跳ね返りよりも下（床）での跳ね返りが起こりやすかったが、教室での集団実験状況では全員が見上げる姿勢でスクリーン上を見ていたため、上での跳ね返りを知覚する傾向が著しく強まった。刺激上部に配置された水平線分は、教室の天井近くに位置していたため、天井での跳ね返りと捉えやすかったと考えられた。同様に本実験においても、見上げる姿勢をとっていたため、下方向への動きは床まで近づかず、逆に上方向への運動は視線の先へと向かう運動となり、よりスムーズでスピーディな動きと知覚されやすくなったのかもしれない。この問題を解決するには、今後、画面位置を変数としてデータ収集を行っていく必要がある。

本実験では、加速運動に対する評価が、方向に関して一貫性を示さなかったが、このことには、加速運動課題の平均正答率が等速運動課題に比べて低かったことが関係するかもしれない。等速と比べて加速運動では刺激の提示時間（白いスクリーン上に動く運動物体が見えている時間）がやや短く、かつ提示時間中に速度が変化するため、安定した評価が難しかったに違いない。図2に示したように、いずれの条件でも平均正答率は、等速運動課題より加速運動課題の方が明らかに低かった。公平な比較を目指すとするれば、加速運動課題では、低・中・高の客観的加速度差をもう少し大きくし、より高い正答率を確保した上で再検討すべきかもしれない。

本実験では、一対比較法を用いて、単一物の等速運動という単純な運動事態において、方向による速度感差を検出することができた。しかし、見いだされた速度感の違いはわずかなもので、日常生活で明瞭に感じ取れるほどではないと思われる。今回の一対比較法では、たとえ同じ速さを感じても、どちらかを「より速い」として選ばなければならない強制選択法を用いた。もしも、「分からない」との回答も認める3件法を用いていれば、結果は違っていたかもしれない。そのため、左への動きが速く感じられるという見解は必ずしも安定したものではなく、動く対象物の大きさや形、あるいは動く速さの絶対的な値が違えば、本実験結果とは異なる結果になる可能性も十分考えてお

かなければならない。また、運動観察中、画面上の一点を注視し続ける条件と、運動対象を追視する条件でも、異なる結果が得られる可能性もある。とは言っても、これほど単純な運動事態においてさえ、方向による一貫した速度感差を観測できた事実は、アニメーションなど動きの表現に関わる者にとって、心にとめるべき重要な知見である。実際運動ではなく、representational momentumという本研究とは異なる文脈ではあるが、最近の心理学で、田谷・三浦（2004）のデータを踏まえ、三浦（2007）は、「右から左へ移動する対象に対して移動量の過大視が生じる」との見解を示している。速度感の左右差は、今後さらなる検討を要する動きに関する興味深い知覚現象である。

註

1) 角変換とは、偏りが見られる変数を分析や解釈がしやすくなるように変換する方法の一種である。本実験で従属変数としてもちいた正答率のような確率変数は、平均によって分散が左右されてしまう。今回のように全体的に高い正答率の場合はデータの分散が偏る可能性が高いため、平均に関わりなく分散が一定になるように角変換をおこなう必要があった。具体的な手順としては、得られた正答率(X)を次式によってXiに逆正弦変換した。

$$Xi = \sin^{-1} \sqrt{\frac{X}{N}}$$

引用文献

- 千田明・吉村浩一（2007）“オバケ”をめぐる知覚心理学的研究法の提案 アニメーション研究, **8(1A)**, 19-28.
- 印東太郎（1973）尺度構成（一次元） 日科技連官能検査委員会（編） 新版官能検査ハンドブック 日科技連出版社 pp.447-497.
- 三浦佳世（2007）知覚と感性の心理学 岩波書店
- 小川隆（1938）運動軌道の視知覚的変容 心理学研究, **13**, 307-334.
- 佐藤信（1985）統計的官能検査法 日科技連出版社
- 椎名健（1969）実際運動 和田陽平・大山正・今井省吾（編）

感覚・知覚ハンドブック 誠信書房 5章24節（鷺見成正編著 運動の知覚） p.637-669.

田谷修一郎・三浦佳世（2004）運動対象の消失点判断に及ぼすキャストシャドウの影響 日本基礎心理学会第23回大会論文集

富野由悠季（2002）映像の法則 キネマ旬報社

Van der Meer, H.G. (1955) Phänomenal Geschwindigkeitsunterschiede bei Bewegungen in verschiedenen Richtungen. *Acta Psychologica*, **11**, 475-503.

吉田宏之（2006）点図形が与える感情効果—左右の動き方向の差による印象の違い— アニメーション研究, **7(1A)**, 29-38.

