

# 触覚モダリティにおける大きさ対比効果の 実験心理学的検討

中 村 哲 之

## 要 旨

錯覚に関する先行研究は視覚に関する錯覚が大半を占め、他のモダリティに関しては研究報告例が圧倒的に少ない。しかしながら、ヒトの知覚システムの全貌を明らかにするためには、視覚との比較を視野に入れた他の感覚モダリティにおける錯覚現象の研究が必要である。本研究では、触覚モダリティにおける大きさの対比効果に関する実験心理学的な検討を行った。大きさの異なる5種類のビー玉を視覚情報を遮断した状態で実験協力者に手で持ってもらい、マグニチュード推定法により大きさを報告を求めた。一連の実験の結果、「実験協力者間の個人差は殆どないこと」「基本的には体積ではなく長さ次元に基づいた判断を行っていたこと」「同化効果ではなく対比効果が生じていたこと」「マグニチュード推定法における標準刺激との比較を求めているにもかかわらず、直前に接触した刺激からの影響を受けやすいこと」が示された。本結果は、錯覚の一つである大きさの対比効果が視覚モダリティと触覚モダリティ間で共通に生じていること、さらにはこの錯覚現象が領域普遍的に生じる可能性を示唆する。

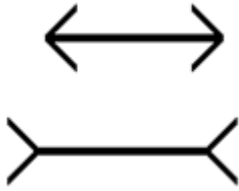
## I 問題と目的

### I 問題と目的

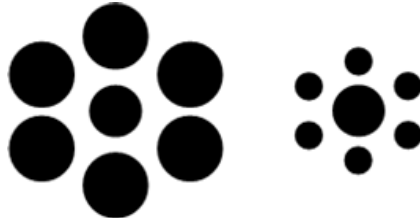
私たちヒトという動物の多くは、「見る」という情報を当たり前のように使って生活している。今、本論文を読んでいるあなたはまさにその機能をフル活用している。その他にも、食事をする際、外出する際、誰かと話をする際など、見るという機能は重要な役割を果たしていることが多い。仮にアイマスクをして一日生活をしてくださいと言われたら、ほとんどのヒトは戸惑いを隠せないだろう。意識せずに呼吸をしているのと同じくらい、見るという機能は多くのヒトにとって身近な心のはたらきである。

そのような身近な心のはたらきであるにもかかわらず、多くのヒトはその機能を過信している。私たちはありのままの世界を見ていて感じている方が多いと思うが、実際にはそれは誤りである。我々ヒトの視覚世界は外界をそのまま映しだしたものではなく、脳内で再構成された世界、すなわち一種の幻想（イリュージョン）である。なぜありのままの世界を見ないのか。それは、外界から眼に入ってきた光情報を、動物の脳がそのままの状態では処理することができないためである。ヒトの場合、眼球の奥側に位置する視細胞（網膜）に届いた光情報は、そこで電気信号に変換されてから脳に送られ、脳内で情報処理が行われる。このような情報の変換プロセスを経る必要がある以上、我々がありのま

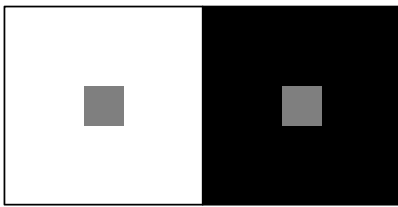
a. ミュラー・リヤー錯視図



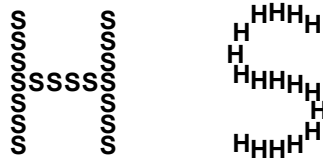
b. エビングハウス・ティチェナー錯視図



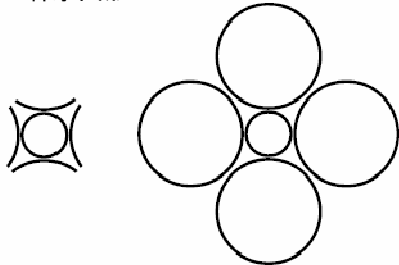
c. 明るさの対比現象錯視図



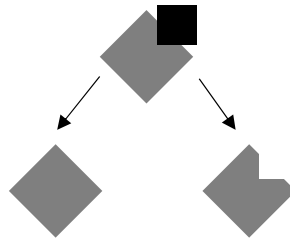
d. 階層構造を持つNavon型図形



e. 森永図形



f. アモーダル補間図(“隠された”部分の認識)



g. 物体の一体性(“隠された”部分の認識)

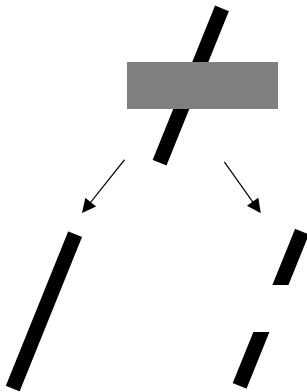


図1. 様々な錯視図の例

まの外界を見ることは生涯を通じて一度も起こりえないのである。しかしながら、我々の脳が実現する視覚システムは非常に優れたもので、外界の情報を非常に高い精度で再構成できてしまうために、多くのヒトが「自分たちはありのままの世界を見ているのだ」と勘違いしてしまうわけである。

そのような優秀なヒトの視覚システムであるが、常に完璧であるかという点、そういうわけにはいかない場合も存在する。その一例が「幾何学的錯視」と呼ばれる現象である。図1に示されたいくつかの錯視図形を眺めてみると、物理世界と知覚世界の著しい食い違いを実感できるに違いない。錯視は眺めているだけでも面白い現象である。しかしそれだけでなく、我々の視知覚の特性を調べるのにも格好の素材である。錯視は視知覚特性を拡大鏡でのぞかせてくれるからである。このような科学的重要性の点から、これまでに数多くの錯視図形が発見され、詳細な実験的検討が行われてきた。

一方で、我々は視覚情報だけに頼って生活しているわけではないことも忘れてはならない。例えば、パソコンで文書作成の作業をしている際、キータッチの音（聴覚情報）やキーボードに触れる感覚（触覚情報）が生じる。作業の合間に楽しむコーヒーの香り（嗅覚情報）や味（味覚情報）も重要である。仮に、これらの感覚を全く感じられなくなった世界を想像してみてほしい。もはや文書作成の仕事どころではなくなってしまうに違いない。実際に、外界から得られる感覚情報を遮断した際、ヒトにどのような影響があるのかについて検討した実験が1950~60年代に盛んに行われ、外界からの日常意識しないような感覚入力がいかに重要であるかが示されている（例えばHeron, 1957）。錯覚に関する先行研究は、視覚モダリティに関する錯視研究が殆どであった。確かにヒトという動物は五感をはじめとする多くの感覚情報のなかでも視覚情報への依存度がかなり大きく、錯視研究を通してその視覚メカニズムを解明することの科学的意義はとても大きい。しかし、錯視研究が盛んな理由には、視覚刺激が最も実験統制が取りやすいという現実的な理由があることも事実である。視覚モダリティ以外の錯覚研究を行うことで、これまでの錯視に関する先行研究から得られた知見が視覚モダリティ特有の心理現象であるのか、感覚モダリティを越えて生じる心理現象であるのかを明らかにすることは、我々の知覚システムの全貌を探るためには重要である。ヒトの感覚情報処理は脳内で実現されているが、その初期段階では感覚情報ごとに別々の処理がされ、その後、複数モダリティの情報を統合する処理が行われている。つまり、視覚モダリティ特有という前者の結果であれば、比較的初期段階の脳内情報処理の結果として生じる錯覚現象であることが示唆されるのに対し、複数感覚モダリティ共通という後者の結果が得られれば、比較的后期の段階における脳内情報処理の結果として生じる錯覚現象であることが分かる。本研究では、触覚モダリティに関する錯覚研究を行うことでこの問題について検討を行った。

これまでの錯覚（錯視）研究から示唆されている重要な概念の1つに「同化効果（assimilation effect）」と「対比効果（contrast effect）」という考え方がある。同化効果とは、標的刺激と文脈刺激の差異が小さくなる方向に標的刺激の知覚が歪みを受ける現象である。例えば、図1aのミュラー・リヤー錯視図に対して、ヒトは内向き斜線（<>）が付加された水平線分を過小視し、外向き斜線（><）が付加された水平線分を過大視する傾向がある。いずれも斜線の向かっている側（前者だと内側、後者だと外側）に引きずられる（同化する）形で水平線分の長さ知覚が歪められる現象であることから

同化効果型の錯視と呼ばれる。一方で対比効果とは、同化効果とは逆に、標的刺激と文脈刺激の差異が大きくなる方向（強調される方向）に標的刺激の知覚が歪みを受ける現象である。例えば、図1bのエビングハウス錯視図に対して、ヒトは大きな円（文脈刺激）に囲まれた中心に位置する標的円に対して過小視、小さな円（文脈刺激）に囲まれた中心に位置する標的円に対して過大視がそれぞれ生じることが分かっている。こうした効果は、長さや大きさ次元だけでなく、色や明るさの次元でも生じることが分かっている（図1c、明るさの対比現象錯視図）。

さらに同化効果については、比較的物理空間的に狭い領域でも生じることが分かっている。例えば、Post et al. (1998) は、ミュラー・リヤー順錯視図内の標的線分をシャープペンシルを使って8等分させる課題をヒトに対して実施した。もし、錯視が標的線分に対して一様に生じているのであれば、線分はきれいに8等分されるはずである。しかし実際には、標的線分は均等に分割されず、矢印に近い部分が他と比べて長くあるいは短く分割される結果となった。つまり、線分と矢印の接点付近に集中して錯視が生じていることが分かった。この結果は、ミュラー・リヤー順錯視が図形全体に働く相互作用として生じているのではなく、線分と矢印の接点付近という図形部分間の「局所的」な相互作用（同化）によって生じることを示している。

一方で、対比現象が生じるエビングハウス・ティッチェナー錯視が生じるためには、図形全体をまとめて処理することが必要であることが示唆されている。例えば、Roberts, Harris, & Yates (2005) は、この錯視が生じる強さと標的円一周囲円間の絶対距離との間には直接的な関係があるとしている。標的円と周囲円が互いに遠く位置するほど錯視が弱まるのは、それらの円をまとめて処理することが難しくなるためであるという形で説明が可能である。

このような大きさ次元の対比効果錯視は、ヒト以外の動物では生じにくいといった報告もある。例えば、Parron & Fagot (2007) は、エビングハウス錯視図をヒトとヒビがどのように見ているかを比較した研究を行い、ヒビではヒトと違って対比効果が生じない（つまり、錯視が生じていない、騙されない）ことを示唆する結果を得ることに成功している。この結果は、これまでの視覚に関する先行研究の知見とも整合性がある。ヒビはヒトに比べて局所志向的な情報処理傾向が強いことが示されてきており、そうした研究において、ヒビがヒトとは異なる結果を示す事例が報告されてきた（e.g., Fagot & Deruelle, 1997; Deruelle & Fagot, 1998）。例えば、図1dに示した階層構造を持つNavon型図形の知覚に関する研究が幾つか存在する。この図を見たとき、多くのヒトは左からSHと並んでいると認識する。つまり、局所（大きなSを構成する小さなHもしくは大きなHを構成する小さなS）よりも全体を重視する傾向が強い（Navon, 1977）。しかしハトの場合、特殊な状況を除いては、左からHSと並んでいると認識する。つまり、全体よりも局所を重視する傾向が強いことが分かっている（Cavoto & Cook, 2001; 関口・牛谷・実森, 2011）。ヒトは「木よりも森を見る」傾向が強いのに対して、ハトは「森よりも木を見る」傾向が強いといえる。なおNavon型階層図形に対しては、アカゲザル（Hopkins & Washburn, 2002）、ヒビ（Deruelle & Fagot, 1998; Fagot & Deruelle, 1997）、フサオマキザル（Spinozzi, De Lillo, & Salvi, 2006; Spinozzi, De Lillo, & Truppa, 2003）、チンパンジー（Fagot & Tomonaga, 1999）といった霊長類でも、ヒトに比べて全体より個々の要素に注意を向ける傾向が強

いことが報告されている（後藤，2009）。そして、エビングハウス・ティチェナー錯視に関しても、ヒヒはヒトとは異なる結果を示すことが報告されている。これらの結果から Parron & Fagot は、ヒトのエビングハウス・ティチェナー錯視は、ヒトの全体志向的な情報処理によって生じるものであろうと論じている。

一方で、図 1b のエビングハウス錯視図に対してハトやニワトリでは、ヒトともヒヒとも違う結果、すなわちヒトとは逆方向のエビングハウス逆錯視が生じるという研究結果がある（Nakamura, Watanabe, & Fujita, 2008, 2014）。この結果も、ハトやニワトリが局所志向的な情報処理傾向をすることが原因であることを示唆している。鳥類が示したこの結果については、ヒトにおいてもある特殊な状況下で生じる錯視現象であるということが分かっている。森永図形と呼ばれる図 1e に対して、中央に位置する円の大きさを比べた場合、実際には左右とも同じ大きさであるが、多くのヒトには左側の円が大きく見える（盛永，1956; Weintraub, 1979）。左の図は、右の図の外側に位置する円の一部（中心から離れた部分 3/4）を削ったものである。つまり、この現象はヒトのエビングハウス錯視が図形全体を知覚的に体制化することによって生じる現象であり（Roberts, Harris, & Yates, 2005）、強制的に中心に位置する円の近傍のみしか知覚できない状況を作り出すと錯視の生じる方向が逆になりうることを示唆すると考えられる。以上の結果をまとめると、エビングハウス錯視図に対して、ヒトは「図形全体との関係性」のなかで中心の円を見るのに対し、ハトやニワトリ、ヒヒは「中心の円に重きを置いた処理」をするということが示唆されていると言える。

この仮説はさらに別の知覚現象からも支持されている。図 1f の上の図形をヒトが見たとき、黒色正方形（■）の背後に 45 度回転した灰色の正方形（ダイヤ型図形◆）の一部が“隠れている”と認識する。つまり、アモーダル補間が生じる（図 1f 左下）。しかし、ハトやニワトリにとっては“隠れている”と認識は生じず、灰色の切り欠け図形として認識される（図 1f 右下）。つまり、これらの動物ではアモーダル補間が生じないことが報告されている（ハト：Fujita & Ushitani, 2005; ニワトリ：Nakamura, Watanabe, Betsuyaku, & Fujita, 2010）。このような現象は、図 1g 上図に対しても生じる。ヒト（厳密には生後 4 ヶ月以降、Kellman & Spelke, 1983）では、1 本の長い棒が直方体の箱の“背後”を左右に動いていると認識するが（図 1g 左下）、ハトでは 2 本の短い棒が動いていると認識することが報告されている（図 1g 右下：Ushitani, Fujita, & Yamanaka, 2001）。これらの図形に対して、ヒトは、見えない部分は手前の物体に“遮蔽”されていると認識し、その部分を補うことによって図形全体を一つのまとまりとして処理する。しかし、ハトやニワトリは、見えない部分は存在しないといったある意味でシンプルな見方をしているといえる。

さらに先述した図 1b のエビングハウス錯視について、ヒトの眼はエビングハウス錯視図によって騙される一方で、ヒトの指先の運動機能は騙されないことを示した研究もある（Goodale, & Milner, 1992）。エビングハウス錯視図に対して、中心円を親指と人差し指で掴むように教示したところ、指は目のように騙されることなく、正確に指先間の距離を広げることができたという。この結果は、知覚（perception）と運動（action）に関する脳内情報処理経路が並列になっていることを示唆するものであると言える。



これらの先行研究を踏まえ、本研究では、触覚モダリティにおける同化効果・対比効果の検討を行った。大きさの異なる球体（ビー玉）を1つずつ経時的に触れる際に、触覚モダリティが受容する大きさ知覚の判断に歪みが生じるかどうかを調べた。視覚モダリティにおいては、エビングハウス錯視図のように空間内に多くの円が存在することは錯視の生起の必要条件ではないことが分かっており、存在する円が2つだけの場合でも、2円の大きさ関係によって同化効果や対比効果が生じる。こうした現象がモダリティを超えて存在するの否かについて本実験では検討した。

## II 方法

### 実験協力者

東洋学園大学の学生と教員10名（男性8名、女性2名。年齢21歳～40歳）が参加した。どの実験協力者も裸眼もしくは矯正（眼鏡もしくはコンタクトレンズ）によって視覚機能に異常が無く、また、触覚機能にも特に異常は認められていない状態であった。一部、本実験の目的を知っている者が実験に参加したが、知覚された通りの大きさを回答してもらうことを教示することで反応を統制した。

### 刺激

松野工業（Matsuno）ブランドから販売されているビー玉商品「いろいろMIX約300g入（図2）」に含まれているもののなかから、大きさの異なる5種類のビー玉を選び出して実験に使用した。ビー玉の直径は、小さいものから10.0、12.5、15.0、17.0、24.0mmであった。以下、本論文ではこれらのビー玉のサイズを便宜上1、2、3、4、5と定義する。5つのビー玉の色は異なったが、いずれも表面はつるつるしており、触った感触に関しては5つのビー玉の間に差異はなかった。ビー玉を実験協力者から見えないようにするための目隠し用の箱を用意した。実験を行う際には、箱の中を実験協力者に見られないようにした。

### 手続き

マグニチュード推定法の手続きで実験を行った。はじめに実験者は、実験協力者に対して目を閉じるように教示した。実験協力者が目を閉じたことを確認してから、実験者はサイズ3のビー玉を実験協力者に手渡した。試行中は目を閉じた状態を維持するように教示した。ビー玉の触り方に関しては特に指定はしなかった。実験者は実験協力者に対して「このビー玉の大きさを10としてください」と教示した。その後、サイズ3のビー玉を目を閉じた状態で手放してもらい、サイズ5のビー玉を実験協力者に手渡した。「先ほど持っていたいただいたビー玉の大きさを10とした場合、このビー玉の大きさはいくつだと思いますか」と実験協力者に対して問い、実験協力者が回答した数値を記録者が記録した。その後、サイズ5のビー玉を手放してもらい、次にサイズ4のビー玉を実験協力者に手渡した。「先ほどと同じ基準を適用した場合、このビー玉の大きさはいくつだと思いますか」と実験協力者に対して問い、実験協力者が回答した数値を記録者が記録した。

その後、実験者は再びサイズ3のビー玉を実験協力者に手渡した。実験者は実験協力者に対して、「この大きさのビー玉を大きさ10としてください」と教示した。その後、サイズ3のビー玉を手放してもらい、サイズ1のビー玉を実験協力者に手渡した。「先ほど持っていたいただいたビー玉の大きさを

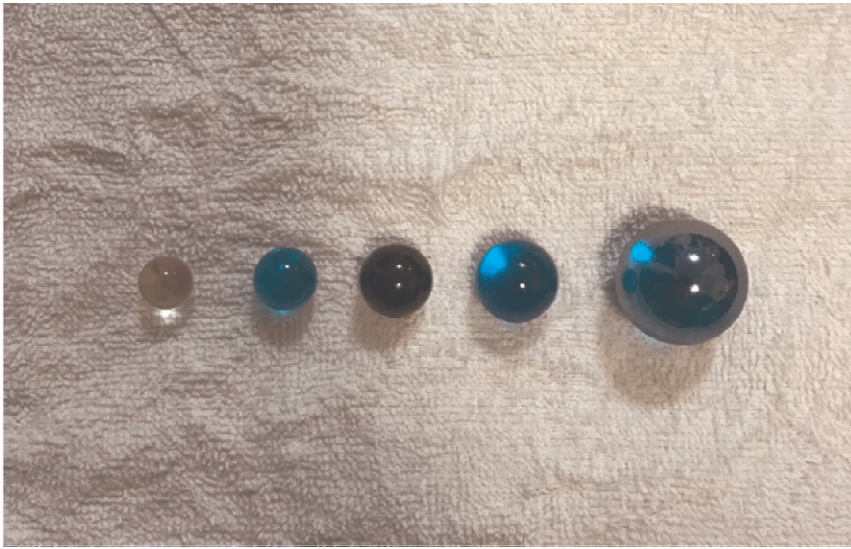


図2. 本実験で使用した5つのビー玉

10とした場合、このビー玉の大きさはいくつだと思いますか」と実験協力者に対して問い、実験協力者が回答した数値を記録者が記録した。その後、サイズ1のビー玉を手放してもらい、次にサイズ2のビー玉を実験協力者に手渡した。「先ほどと同じ基準を適用した場合、このビー玉の大きさはいくつだと思いますか」と実験協力者に対して問い、実験協力者が回答した数値を記録者が記録した。

なお、試行順のカウンターバランスを取るために、サイズ3→5→4→3→1→2と実施する実験協力者（実験協力者1から6）とサイズ3→1→2→3→5→4と実施する実験協力者（実験協力者7から10）を事前に実験者側で分けた。また、分からないことや質問等があれば、実験前だけでなく実験の最中にも受け付けることを事前に教示した。

### 結果の予測

仮に大きさの対比効果現象が、モダリティを超えて存在するのであれば、視覚で生じる大きさの対比効果現象と同様の現象が本実験で試みた触覚モダリティにおいても生じるはずである。逆に、仮に大きさの同化効果現象が、モダリティを超えて存在するのであれば、視覚で生じる大きさの同化効果現象と同様の現象が本実験で試みた触覚モダリティにおいても生じるはずである。

結果の予測を表2に示した。仮に対比効果が生じるのであれば、サイズ3のビー玉の後でサイズ5のビー玉を持った場合に、実際よりも大きく知覚されるはずである。具体的には、サイズ3ないし5のビー玉は直径15.0ないし24.0ミリメートルのため、サイズ3のビー玉を数値10.0とした場合、サイズ5のビー玉に対する真の正解の数値は $16.0 (= 10.0 \times 24.0 \div 15.0)$ となるはずだが、実際に知覚される数値としては16.0よりも大きくなることが予測される。同様に、サイズ4のビー玉についても過大知覚が生じると考えられる（真の数値である11.3よりも大きな数値となる）。一方で、サイズ3のビー玉の後でサイズ1のビー玉を持った場合には、実際よりも小さく知覚されるはずである。具体的には、サイズ3ないし1のビー玉は直径15.0ないし10.0ミリメートルのため、サイズ3のビー

玉を数値10.0とした場合、サイズ1のビー玉に対する真の正解の数値は $6.7 (= 10.0 \times 10.0 \div 15.0)$ となるはずだが、実際に知覚される数値としては6.7よりも小さくなることが予測される。同様に、サイズ2のビー玉についても過小知覚が生じると考えられる（真の数値である8.3よりも小さな数値となる）。以上が、仮に対比効果が生じると仮定した場合の仮説となる。

逆に同化効果が生じると仮定した場合は、上記の予測と逆方向の結果となる。つまり表2に示した通り、サイズ3のビー玉の後でサイズ5のビー玉を持った場合に、実際よりも小さく知覚されるはずである。具体的には、サイズ3ないし5のビー玉は直径15.0ないし24.0ミリメートルのため、サイズ3のビー玉を数値10.0とした場合、サイズ5のビー玉に対する真の正解の数値は $16.0 (= 10.0 \times 24.0 \div 15.0)$ となるはずだが、実際に知覚される数値としては16.0よりも小さくなることが予測される。同様に、サイズ4のビー玉についても過小知覚が生じると考えられる（真の数値である11.3よりも小さな数値となる）。一方で、サイズ3のビー玉の後でサイズ1のビー玉を持った場合には、実際よりも大きく知覚されるはずである。具体的には、サイズ3ないし1のビー玉は直径15.0ないし10.0ミリメートルのため、サイズ3のビー玉を数値10.0とした場合、サイズ1のビー玉に対する真の正解の数値は $6.7 (= 10.0 \times 10.0 \div 15.0)$ となるはずだが、実際に知覚される数値としては6.7よりも大きくなることが予測される。同様に、サイズ2のビー玉についても過大知覚が生じると考えられる（真の数値である8.3よりも大きな数値となる）。以上が、同化効果が生じると仮定した場合の仮説となる。

ただし、サイズ4ないし2の結果については、上記のようにならない可能性もある。上記の予測はあくまで基準となるサイズ3との比較によるものであるが、今回の実験では、サイズ4の直前に実験協力者が手にしたのはサイズ5のビー玉であり、サイズ2の直前に実験協力者が手にしたのはサイズ1のビー玉である。実験協力者には、口頭による教示ではサイズ3のビー玉を数値10とした場合の短期記憶に基づく比較を求めているものの、実際の知覚されるサイズが直前に手にした物体のサイズ（直前の感覚入力）に依存するとした場合、上述した仮説とは逆の結果が予測される。つまり、仮に対比効果が生じていると仮定した場合、サイズ4に対しては、（サイズ3ではなく）サイズ5に対する対比効果となるため、過小知覚が生じる。サイズ2に対しては、（サイズ3ではなく）サイズ1に対する対比効果となるため、過大知覚が生じる。逆に、仮に同化効果が生じていると仮定した場合、サイズ4に対しては、（サイズ3ではなく）サイズ5に対する同化効果となるため、過大知覚が生じる。サイズ2に対しては、（サイズ3ではなく）サイズ1に対する同化効果となるため、過小知覚が生じる。触覚による錯視効果が記憶ベースによるものなのか、直前の感覚入力ベースによるものかについても検討することができるわけである。

さらに、ここまでの結果の予測は全て直径（長さ）ベースのものであった。しかし、ビー玉は球体であるため、体積ベースの判断をする実験協力者がいても不思議ではない。教示では「大きさ」という表現を使っているため、長さか体積のどちらの判断をしているかは分からない。そこで、体積ベースの判断をした場合の予測を表3に示した。過大知覚・過小知覚が生じる方向性（+と-の符号）は上述した長さベースの判断と同じである。しかし、真の正解数値が異なり上下差が大きくなる。例えば、サイズ5のビー玉に対しては、長さベースの場合の真の正解数値は16.0であったが、体積ベース



の場合、真の正解数値は41.0 (= 10.0 × 7235 ÷ 1766) となり、サイズ1のビー玉に対しては、長さベースの場合の真の正解数値は6.7であったが、体積ベースの場合、真の正解数値は3.0 (= 10.0 × 7235 ÷ 523) となる。ただし、球の体積 (V) は以下の公式で求めている。

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

### Ⅲ 結 果

結果を表1に示した。実験協力者1から6については、サイズ3→5→4→3→1→2の順で実施し、実験協力者7から10については、サイズ3→1→2→3→5→4の順で実施した。実施順による顕著な違いは確認されなかったため、以後の分析では、10名の実験協力者の結果について実施順を区別せずにまとめて分析することとした。平均値、中央値、不偏分散、標準誤差、t値、平均値の誤差、平均値の95パーセント信頼区間を求めた結果が表に記載されている。

表1. 実験参加者10名の結果

サイズ	3	5	4	3	1	2
実際の直径	15	24	17	15	10	12.5
実際の体積	1766	7235	2571	1766	523	1022
正解サイズ (直径ベース)	10.0	16.0	11.3	10.0	6.7	8.3
正解サイズ (体積ベース)	10.0	41.0	14.6	10.0	3.0	5.8
協力者1	3→5→4→3→1→2	15	3		5	8
協力者2	〃	20	5		1	5
協力者3	〃	20	10		5	10
協力者4	〃	50	20		5	6
協力者5	〃	30	10		5	10
協力者6	〃	20	10		3	10
協力者7	3→1→2→3→5→4	30	10		1	5
協力者8	〃	20	10		5	7
協力者9	〃	25	10		4	4
協力者10	〃	20	10		3	5
平均値		25.0	9.8		3.7	7.0
中央値		20.0	10.0		4.5	6.5
不偏分散		100.0	19.3		2.7	5.6
標準誤差		3.2	1.4		0.5	0.7
t 値		2.3	2.3		2.3	2.3
平均値の誤差		7.2	3.1		1.2	1.7
平均値の95%CI		32.2	12.9		4.9	8.7
		17.8	6.7		2.5	5.3

表 2. 長さベースに基づくと仮定した場合の仮説と実験結果

サイズ	3	5	4	3	1	2
実際の直径(mm)	15.0	24.0	17.0	15.0	10.0	12.5
真の数値	10.0	16.0	11.3	10.0	6.7	8.3
対比効果(記憶)		+	+		-	-
同化効果(記憶)		-	-		+	+
対比効果(直前の感覚入力)		+	-		-	+
同化効果(直前の感覚入力)		-	+		+	-
真の数値との差分						
平均値		9.0	-1.5		-3.0	-1.3
中央値		4.0	-1.3		-2.2	-1.8
過大評価(+ )人数		9	1		0	3
過小評価(- )人数		1	9		10	7
実験結果						
平均値		25.0	9.8		3.7	7.0
中央値		20.0	10.0		4.5	6.5

表 3. 体積ベースに基づくと仮定した場合の仮説と実験結果

サイズ	3	5	4	3	1	2
実際の体積(mm <sup>3</sup> )	1766	7235	2571	1766	523	1022
真の数値	10.0	41.0	14.6	10.0	3.0	5.8
対比効果(記憶)		+	+		-	-
同化効果(記憶)		-	-		+	+
対比効果(直前の感覚入力)		+	-		-	+
同化効果(直前の感覚入力)		-	+		+	-
真の数値との差分						
平均値		-16.0	-4.8		0.7	1.2
中央値		-21.0	-4.6		1.5	0.7
過大評価(+ )人数		1	1		8	6
過小評価(- )人数		9	9		2	4
実験結果						
平均値		25.0	9.8		3.7	7.0
中央値		20.0	10.0		4.5	6.5

この結果について、実際の直径もしくは体積と、実験協力者が回答した数値との間に有意な差があるかを確かめるために1サンプルの $t$ 検定を実施したところ、長さベースの判断・サイズ5 ( $t(9) = 2.846, p = .019$ )、長さベースの判断・サイズ4 ( $t(9) = -1.104, p > .05$ )、長さベースの判断・サイズ1 ( $t(9) = -5.732, p < .001$ )、長さベースの判断・サイズ2 ( $t(9) = -1.789, p > .05$ )、体積ベースの判断・サイズ5 ( $t(9) = -5.047, p < .001$ )、体積ベースの判断・サイズ4 ( $t(9) = -3.425, p = .008$ )、体積ベースの判断・サイズ1 ( $t(9) = 1.424, p > .05$ )、体積ベースの判断・サイズ2 ( $t(9) = 1.627, p > .05$ )という結果となり、長さベースの判断においてはサイズ5 (有意に過大)とサイズ1 (有意に過小)において、体積ベースの判断においてはサイズ5 (有意に過小)とサイズ4 (有意に過小)において実際の数値との間に統計的に有意な差がそれぞれ確認された。

さらに詳細な検討を行うために、まずは長さベースに基づく判断をしていると仮定した結果を表2にまとめ直した。真の数値との差分の不等号を仮説と照らし合わせると、サイズ5と4に対しては対比効果(直前の感覚入力)と一致し、サイズ1と2に対しては対比効果(記憶)と一致していることが分かった。上述した通り、1サンプルの $t$ 検定の結果からは、サイズ5と1において統計的に有意な差を確認した一方で、サイズ4と2に対しては統計的に有意な差を確認することができなかった。しかし、過大評価もしくは過小評価した人数の結果を見ると、サイズ4についてもかなりの偏りがあることが分かった。そこで、ノンパラメトリック検定(二項検定)を実施したところ、サイズ2を除き、統計的な有意な差を確認することができた(サイズ5ないし4 :  $p = .020$ 、サイズ1 :  $p = .002$ )。サイズ4の有意な差の出方について1サンプルの $t$ 検定と二項検定との間で異なる結果となったのは、予測と逆の結果となった1名の数値が逆方向に大きく触れていたことが原因として考えられる。もしかしたら、この実験協力者だけは別の方略を取っていた(例えば、対比効果(記憶))可能性が挙げられる。いずれにしても、殆どの実験協力者において、サイズ5、サイズ4、サイズ1に対しては、対比効果(直前の感覚入力)が有意に生じていたことが分かった。

体積ベースに基づく判断をしていると仮定した結果を表3にまとめ直した。符号のみに着目すると同化効果(記憶)と一致していることが分かった。しかし、上述した1サンプルの $t$ 検定の結果から、統計的に有意な差が確認できたのは、サイズ5とサイズ4だけであった。さらに二項検定の結果も、サイズ5とサイズ4だけで統計的な有意な差があることを示していた。以上の結果から、今回の実験においては、実験協力者に対比効果(直前の感覚入力)が有意に生じていたと解釈する方が自然であると思われる。つまり、実験協力者は基本的に体積ベースではなく、長さベースに基づいて大きさ判断を行っていたと推測される。

## IV 考 察

本研究では、触覚モダリティにおける大きさの対比効果に関する実験心理学的な検討を行った。実験の結果、以下のことが示唆された。

### 1. 信頼性・再現性の高いデータの取得

実験協力者10名について、個人差は基本的にほとんど無く、一貫した傾向が確認された。このこと

から、本研究では実験遂行にあたりきちんと統制が取れていたことにより、交絡変数の影響を最小限に抑えることができた可能性が高いことが分かった。つまり、本実験結果は信頼性・再現性が高く、ヒトの知覚現象の本質に迫ることができる可能性があることを示唆するものであるといえる。

## 2. 大きさの錯視知覚を「長さ」「体積」の2点から検討

これまでの先行研究では、ヒトの認知機能の特徴を反映していることもあり、視覚モダリティに関する研究が大半を占めていた。視覚モダリティにおける大きさ判断の実験では、多くの場合が2次元平面上の刺激を用いることが多かった（特に、近年はコンピューターモニター上に呈示する実験が多いため、そうした現象に拍車がかかっている）。そのため、「大きさ」とは何を意味するのかを改めて考える際、その定義は長さや面積を意味するケースがほとんどであった。しかし、本実験のように触覚モダリティに関する錯視や知覚現象を調べる際には、「大きさ」というものが、必ずしも長さや面積だけを意味するわけではない可能性が高まる。本研究ではその点に焦点を当てることで、実験協力者が「大きさ」＝「体積」といった判断をしているのかどうか、また、個人差は大きいのか小さいのかについて検討することとなった。

「長さベースの判断」と「体積ベースの判断」の2点から検討を行った結果、部分的には体積ベースの判断を支持する結果もみられたものの、総合的かつ俯瞰的に実験結果を分析することで、実験協力者が体積ベースの判断をしていた可能性は極めて低いことが明らかとなった。触覚モダリティにおいても視覚モダリティ同様、モダリティを超えて「大きさ」判断＝「長さ」判断をしていることが示唆された。

## 3. 同化効果ではなく対比効果が生じていることの確認

本研究では、仮説として対比効果だけでなく同化効果が生じていた場合に起こりうる結果についても仮説を立て、検証を行った。その結果、同化効果が生じている可能性は極めて低く、対比効果が生じている可能性が高いことを示唆する結果が得られた。

視覚モダリティについては多くの先行研究があり、ヒトは他の動物との比較において、空間内の複数の物体をまとまりとして知覚する傾向が強く、そうした認知機能の影響もあってか、対比効果による錯視を知覚する機会が多いことが分かっている。

今回の研究では、そのような傾向が視覚モダリティに留まらず、触覚モダリティにおいても生じていることを示唆するものである。複数の物体をまとまりとして捉える傾向がモダリティを超えて生じているということは、すなわち、そのような認知機能を実現している脳部位が比較的高次元な部位（つまり、複数感覚モダリティが統合された後に位置する部位）にある可能性を示唆するものである。ただし、上記の対比効果による知覚現象が複数感覚モダリティ統合前の各モダリティの機能を担う脳部位でそれぞれ独立に生じている可能性を完全に排除するものでは無い点については注意が必要であり、今後の更なる研究成果を待つ必要があるだろう。

## 4. 対比効果の及ぶ時間的範囲についての検討：「記憶」か「直前の感覚入力」か

本研究では、対比効果の及ぶ時間的範囲についての検討も同時に行った。「時間的に少し離れた過去である記憶」と「判断直前の感覚入力」の両方が使える状況において、実際にヒトがどちらの手がか

りを用いるのかを検討した。その結果、「記憶」手がかりを用いるように言語教示しているにもかかわらず、ほとんどの実験協力者は、「記憶」ではなく直前の感覚入力の影響を強く受けていることが分かった。

この結果は、触覚モダリティにおける対比効果の錯視が、意識的というよりは無意識的（あるいは自動的）に生じていることを示唆するものである。さらに今回の実験では、個人差の影響が極めて小さい結果であったことから、この「無意識的・自動的に生じている対比現象」説の可能性を強く後押しするものであると言える。

## 5. まとめと今後の展望

今回の実験は、ビー玉を手にとってもらい、大きさを数値で報告してもらおうというマグニチュード推定法の方法を採用した。この方法は、実験協力者的には敷居の低い、とっつきやすい方法であると思われる。何かの対象に点数を付ける行為は、例えば、「この料理は●●点」「今日の気分は△△点」などといったように、老若男女問わず日常生活のなかでも自然な形で頻繁に行われているためである。つまり、この実験手法は汎用性が極めて高いものであると言える。

今回の実験協力者は大学生がメインであったが、同様の実験パラダイムを適用することで、高齢者や幼児を対象とした実験、すなわち発達心理学的側面からの検討も可能であると言える。このような比較発達心理学的研究を進めていくことで、触覚モダリティにおける対比効果が発達のどのあたりの段階でどのように成長していくものなのか、あるいは逆に、高齢になるにつれて強まったり弱まったりするものなのか、年齢の影響を受けにくい普遍的なものなのかといったことが明らかになっていくと思われる。さらにこのことが明らかになることで、触覚モダリティにおける対比効果を担う脳内部位の推定等にもつながる可能性がある。

今回は個人差が小さかったが、視覚モダリティの錯視では錯視量の大小といった個人差の存在も知られている。同一実験協力者内において、触覚モダリティと視覚モダリティの両方の対比効果を調べることにより、錯視量の個人差がモダリティを超えて生じるものなのかどうかを検討すること（視覚モダリティにおける錯視量が大きい人は、触覚モダリティにおける錯視量も大きいのかという仮説の検証を行うこと）もできるだろう。

## 謝辞

本論文は、2020年度に鈴木城人氏と松丸勇氣氏が執筆した卒業論文の調査結果をまとめた直したものである。ここに深く感謝の意を示す。また、本論文の執筆にあたり、東洋学園大学個人研究費の支援を受けた。

## 引用文献

- Cavoto, K. K., Cook, R. G. (2001). Cognitive precedence for local information in hierarchical stimulus processing by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 27, 3-16.
- Deruelle, C. & Fagot, J. (1998). Visual search for global/local stimulus features in humans and baboons.



- Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 476-481.
- Fagot, J. & Deruelle, C. (1997). Processing of global and local visual information and hemispheric specialization in humans (*Homo sapiens*) and baboons (*Papio papio*). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 429-442.
- Fagot, J., & Tomonaga, M. (1999). Global and local processing in humans (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*): Use of a visual search task with compound stimuli. *Journal of Comparative Psychology*, 113, 3-12.
- Goodale, M. A. & Milner, D. (1992). Separate pathways for perception and action. *Trends in Neuroscience*, 15, 20-25.
- Heron, W. (1957). The pathology of boredom. *Scientific American*, 196, 52-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0157-52>
- Hopkins, W. D., & Washburn, D. A. (2002). Matching visual stimuli on the basis of global and local features by chimpanzees (*Pan troglodytes*) and rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Animal Cognition*, 5, 27-31.
- Nakamura, N., Watanabe, S., & Fujita, K. (2008). Pigeons perceive the Ebbinghaus-Titchener circles as an assimilation illusion. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 34, 375-387.
- Nakamura, N., Watanabe, S., & Fujita, K. (2014). A reversed Ebbinghaus-Titchener illusion in bantams (*Gallus gallus domesticus*). *Animal Cognition*, 17, 471-481.
- Parron, C., & Fagot, J. (2007). Comparison of grouping abilities in humans (*Homo sapiens*) and baboons (*Papio papio*) with the Ebbinghaus illusion. *Journal of Comparative Psychology*, 121, 405-411.
- Roberts, B., Harris, M. G., & Yates, T. A. (2005). The roles of inducer size and distance in the Ebbinghaus illusion (*Titchener circles*). *Perception*, 34, 847-856.
- 関口勝夫・牛谷智一・実森正子. (2011). ハトにおける階層的複合刺激の部分優先処理効果. *動物心理学研究*, 61, 95-105.
- Spinozzi, G., De Lillo, C., & Salvi, V. (2006). Local advantage in the visual processing of hierarchical stimuli following manipulations of stimulus size and element numerosity in monkeys (*Cebus apella*). *Behavioural Brain Research*, 166, 45-54.
- Spinozzi, G., De Lillo, C., & Truppa, V. (2003). Global and local processing of hierarchical visual stimuli in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 117, 15-23.