

書評：H. R. ロス・C. プラグ（著） 『月の錯視のなぞ—大きさ知覚の探求』

東 山 篤 規

A Review of the Book “The Mystery of the Moon Illusion: Exploring Size Perception”

by H. R. Ross and C. Plug

Atsuki Higashiyama

はじめに

本稿は、ヘレン・R. ロス (Helen R. Ross、スターリング大学) とコーネリス・プラグ (Cornelis Plug、南アフリカ大学) が2002年にオックスフォード大学出版局から公刊した『月の錯視のなぞ—大きさ知覚の探求 (*The mystery of the moon illusion: Exploring size perception*)』の書評である。以下この書に言及するときは『月の錯視のなぞ』と記す。

公刊されてから10年以上が経過するので、いまさらの感もあって新鮮味のある書評が書ける気がしないが、月の錯視のみならず、大きさの恒常性や見かけの距離のはたらきについてこの書はかなり重要な提言を含んでいるにもかかわらず、その評価などについて、わが国ではほとんど耳にしたことがなかったので、思い直して、この書の意義について考えてみることにした。それに私ごとになるが、この書は文学研究科の授業用教材として何年にもわたって使ったことがあるが、いずれの年の受講者にも著者たちの論点などをまとめて話していなかった。講師の罪滅ぼしの意味もあって、この書の位置づけとそれに対する若干の私見を書き記したしだいである。

『月の錯視のなぞ』は、前文 (R. L. Gregory による) と序文 (両著者による) のあとに目次が置かれ、つぎに本文となる13章がつづき、さらにエピローグと月の錯視に関連する科学の発展史 (付録) が述べられ、さらに章ごとに注が与えられ、さいごに人名索引と項目索引が付されている。大きさは、幅17.0cm、高さ24.5cm、厚さ2.0cm (ハードカバー)。総枚数277頁、図版76枚の分量である。本書に付けられているカバーには、水平線の上に現れた満月が煌々と水面を黄金色に照らしている合成写真が使われており、扉の中の書名の裏面には、女神アストロノミーに付き添われ天体測量をしているアレキサンドリアのプトレミー (プトレマイオス) を描いた絵 (1508年) が掲げられている。著者たちにどういう意図があって、この2枚の図版が著書の冒頭に置かれたのかは定かでないが、遠い時代の記録 (少なくともギリシャ時代) から現在の科学論文までの学術の変遷をたどったうえで、月の錯視について論考してみようとする意気込みの表出として受け取れなくはない。

本文の構成

『月の錯視のなぞ』の本文は13章より構成されており、1章 天体錯視、2章 月と太陽の実際的大小さ、3章 知覚された大きさ、4章 月の錯視の測定、5章 大気の屈折、6章 空気遠近、7章 観察者の目の中で、8章 天の丸天井、9章 近くにながら遠い、10章 月の大きさの推定、11章 注視角、12章 平衡の問題、13章 結論と謎となっている。各章について簡単な要約を試みる（この要約は、『月の錯視のなぞ』の各章末のまとめをさらにまとめたものである）。

天体錯視（1章） 太陽、月、星座のような天体は、空高くあるときよりも地平線の近くで大きく見える。この錯視は広く気づかれ、紀元前7世紀にすでに記述されている。おもな初期の文献的資料は、ギリシャ語、ラテン語、アラビア語で書かれている。この錯視の関心は、何世紀にもわって、一般的な科学と哲学からはじまり、天文学、それから生理光学と気象光学、最後に視覚心理学へと変遷してきた。またこれに並行して視知覚の理解もまた発展した。もともとは、錯視は物理的現象と仮定されていたが、のちに知覚と実在が区別されるようになり、現代の心理学者は、大脳がどのように網膜の刺激作用から知覚を構成するのかを探求するようになってきている。天体錯視の大きさは、おおくの要因によって変化する。太陽と月の錯視は、水平方向と上空との見え姿のあいだでは約2倍、ときにはそれ以上の違いがあるとする記述がおおい。しかし、星座錯視は2倍よりもずっと少ないといわれてきた。

月と太陽の実際的大小さ（2章） 著者たちは、天体のような対象の大きさを物理的に定義するとき、その直径を表す直線的大小さと、その視角を表す角度的大きさを区別することが重要であると強調する。太陽と月はともに、地球から見ると約 0.5° の角度的大きさをもつ。地球から月までの距離は1年のあいだに変化し、その間の月の角度的大きさは11%まで変動する。月の角度的大きさの年変動は、日変動現象である月の錯視の原因とは考えられない。

地球が自転することによって、一晩のあいだに月はさまざまな仰角に位置するが、地平線上よりも頭上にあるときに、月は物理的に地球に近づき大きな角度を張る。しかし、その視角の差は検出できないほど小さいだけでなく、その視角の変化は、水平方向の月が拡大して見える月の錯視とは逆である。太陽の角度的大きさの年変動や日変動は、月のそれよりずっと小さい。よって、月や太陽の錯視を天体が目のところに張る視角の変化として説明することはできない。

知覚された大きさ（3章） 対象のもつ大きさの主観的な測度は、数を用いた言語による推定によって、あるいは既知の大きさをもつ他の対象と照合させることによって測定されてきた。このとき得られた測度は、知覚された直線的大小さの測度と考えるべきか、知覚された角度的大きさの測度と考えるべきかという問題が生じる。太陽や月の知覚された大きさは、直径が約30cmとよく記述されるが、これが何を意味しているのかは研究者のあいだで定説がない。

一般に、知覚された大きさは、周囲の対象との比較で決まるとする相対的大小さ仮説（このときの知覚された大きさは、角度的大きさを表す）と対象までの距離を斟酌することによって決定されると論ずる知覚された距離説（このときの知覚された大きさは直線的大小さを表す）によって説明される。後者の考え方は、大きさ-距離の不変性仮説とよばれ、知覚された直線的な大きさ S' は、真の角度的大きさ θ と知覚された距離 D' によって決定されるとする（ $S' = \theta D'$ ）。この理論は、プトレミーやクレオメデスの著書に現れ、そののちイブン・アル＝ハイサムによって発展した。近代になって、大きさ-距離の不変性仮説の中に含まれる真の角度的大きさを、知覚された角度的大きさ θ' に置きかえ

るべきであるという論が現れた (McCready, 1969)。しかし、どちらの不変性仮説も支持されたとはいえない。なぜなら、1) 知覚された視角を測定したところ、それは観察距離とともに大きくなり、2) 大きさと距離の知覚は独立して学習される可能性がある (Berkeley, 1709) からである。

月の錯視の理論は、物理学的 (屈折説、空気遠近説)・生理学的 (瞳孔説)・知覚的 (相対的大きさ説、距離説、注視角説を含む自己受容感覚説) 理論に分類することができる。物理学的理論と生理学的理論は、水平方向にある月の真の角度が拡大することを意味する。知覚的理論では、知覚された角度的大きさの拡大、知覚された距離の拡大、あるいはこれらの組み合わせによって水平方向の月の拡大を説明する。

月の錯視の測定 (4章) 月の錯視の初期の測定法は、きわめて遠くにある月の大きさを数メートル先にある比較刺激の大きさに照合させるというものであった。この方法にはいくつかの問題がある。1) この方法によって得られた照合値は、月の知覚された直線的大きさを表すと論じる者がいるが、その結果はそれほど単純でなく、むしろ観察者は、比較円盤と月の知覚された角度的大きさを照合させたと言えなくもない。2) 月と比較刺激の分離角が、照合結果に大きな影響を与える。月と比較刺激のあいだの角度が小さくなると、観察者は完全に視角にもとづいた判断をするので、たとえば月が地平線近くにあっても月の錯視が消失するということが生じる。3) この測定法では、いつも月が標準刺激になり、手もとの円盤が比較刺激になるので、「標準刺激の過誤」(標準刺激が大きく判断される傾向)を避けることができない。

このような初期の測定法がもつ欠点を正すために、鏡とレンズを用いた機器によって、高い仰角と低い仰角の空に人工月の像を無限遠に投影して互いに照合させるという方法がとられるようになった (Kaufman & Rock, 1962a, b)。この方法によってえられた水平方向の月の拡大は、平均して約 1.3 ~ 1.5 倍である。

画家の描いた月の絵も錯視の測度を提供しうる。斜投影法や正投影法を用いた初期の画家は、太陽や月を人の頭とおなじくらいに描写しており、それは知覚された直線的大きさを表現しているだろう。また、線遠近法を駆使した後世の画家は、大きさが角度的大きさに比例するように対象を描いている。知覚された遠近を忠実に描こうとした画家は、通常、前景と比較して背景の相対的な大きさを 2 倍以上に増加させ、おなじ割合で低い月を拡大させて描いている。自然を忠実に描こうとしたスケッチ画の調査においてもまた、地平線上の太陽は上った太陽の約 1.5 倍とされている (King & Hayes, 1966)。ゆえに、典型的な自然の月の錯視量を 2 倍以上とした初期の研究にはバイアスが介入していたと考えるのが妥当だろう。

大気の屈折 (5章) 今日でも、水平方向の月が拡大して見えるのは錯覚ではなく、大気に含まれる蒸気やほこりにあたって光が屈折し、それが光学的に実際に拡大しているからと論じる人がいる。この考えは、アリストテレスの原初的な考え方から発展し、プトレミーやクレオメデス、イブン・アル＝ハイサムによって受け継がれてきた。彼らは、天体錯視を、水を通して見られる対象の拡大になぞらえたが、16、17 世紀になって屈折に関する正確な知識が広まるにつれて屈折理論は徐々に棄てられていった。さらに、水や望遠鏡を通して得られる光学的拡大は、屈折理論からの予測と一致しないことも実験的に示された。

空気遠近 (6章) 大気に含まれる蒸気やほこりを通して対象を観察すると、その輝度対比と色対比が減少する。これを空気 (大気) 遠近とよぶ。この空気遠近が月の錯視に影響すると考えられる。地上の対象は、霧の中では大きく、ふつうは遠く離れて見えるといわれる。パークリは、大気遠近

は天体錯視に貢献すると述べ、大きさと距離に対する独立した手がかりになるとした。しかし、深い霧は天体錯視に貢献しえない。なぜなら、霧によって太陽や月の絶対的輝度が減少するために、小さく見えるからである。見かけの明るさの減少は、知覚された大きさを減少させ、知覚された距離を増大させる。大気によって、地平線近くでは、天体の輝度は、高い空と比べて10倍以上も低下し、水平方向の明るい空とこの天体とのあいだの対比によって、天体の見かけの明るさがいっそう低下する。よって、明るさの効果は、天体錯視を妨げる方向にはたらき、月の生成機を用いた実験では7%の妨害効果が示された。

色標を提示して角度的大きさの照合を行うと、赤い色標の大きさは、灰色の色標よりも13～20%ほど増加するという報告がある。このことから、赤味を帯びた月は知覚的に拡大すると考えられるかもしれないが、月の生成機を用いた実験では、まったくこの効果がえられなかった。地上のさまざまな対象によって対比の勾配が提供されるとき、薄い霧は、天体錯視に貢献するかもしれない。また、低い位置にある太陽や月に対して大気中に含まれる赤の波長を増加させることも錯視に寄与するかもしれない。しかし、これらの効果についてはまだ確証的でない。

観察者の目の中で (7章) ここでは、瞳孔の大きさが月の錯視を説明するかもしれないという仮説に検討がくわえられている。結論を先取りすれば、瞳孔の大きさの変化は、月の知覚された大きさの変化を説明する原因ではないとされた。瞳孔が、色収差、球面収差、夜間近視のいずれかによって拡大して、網膜像にぼけが生じて月月の錯視には関連しないとされた。Iavecchia たち (1983) は、目に見える地勢の性質が、目の調節の状態と知覚された大きさの両方に影響し、ひじょうに遠くの地勢は、月の知覚された大きさを26%まで拡大させることを見出した。彼らは、このことから調節の変化が、知覚された大きさの拡大の原因としたが、地勢が、相対的大きさの効果あるいは知覚された距離の変化を通じて、直接的にはたらきかけたとも考えることもできる。

天の丸天井 (8章) この章とつぎの章は、心理学的理論のうち知覚された距離によって月の錯視が説明されるとする仮説を検証している。ここでは、いわゆる天空ドーム説が検討されている。空は扁平なドームとして見えるといわれてきた。イブン・アル＝ハイサムなどは、天体は、このドームの経路に沿って動いているように見え、その天体までの知覚された距離の変化が、大きさ－距離の不変性を通して、知覚された直線的大きさの変化を説明すると論じた。しかし、空の知覚された形を測定しようとする、その結果は変わりやすく、夜空は昼の空ほどには扁平に見えず、月は空に貼りついているのではなくその前に浮かんで見える。空に投影された残像の知覚された大きさは、天体錯視とおなじように変化するが、その知覚された距離は扁平なドームと一致しない。空までの知覚された距離の推定値と、太陽や月の知覚された直線的大きさの推定値は、古典的な大きさ－距離の不変性と矛盾する。なぜなら、太陽や月の知覚された直線的大きさの推定値と天体の視角から求めた「記銘された距離」が、空までの知覚された距離の推定値に比べて、きわめて短くなるからである。

これに関連して、von Sterneck (1907, 1908) と Heelan (1983) の量的距離の理論は、天体の推定された直線的大きさから空の知覚された形を計算するので、この理論によって、天体の推定された直線的大きさ（すなわち天体錯視）を説明することはできないとされた。

近くにありながら遠い (9章) 天体の知覚された距離は、ふつう空高くにあるときよりも、地平線に近いときに近づくと報告され、これは大きさ－距離の不変性仮説に反している、大きさ－距離の逆説とよばれる。地平線近くの地面にある諸対象すなわち地勢によって、扁平なドーム状の

空までの短い距離と、水平方向にある月の知覚された長い距離を説明することができる。過去のデータは、地勢の存在によって知覚された大きさが約 34% まで増大するが、その増加量は地勢の有効範囲によって異なることを示す。しかし、地勢は、知覚された距離とは独立して、知覚された大きさに影響することも考えられる。このほかに知覚された距離説として、垂直距離よりも水平距離が拡大するとする説、あるいは垂直距離が縮小するとする説があるが、この 2 仮説を区別する実験的証拠は不十分であり、大きさの恒常性や距離の知覚に関する発達の傾向も確定していない。

大きさ-距離の逆説を説明するために、「遠い-大きい-近い」仮説が Reimann (1902a, b) によって導入された。この説では、扁平な天空ドームによって水平方向の月が遠くに見え、それゆえ大きさ-距離の不変性にしがたって大きく見えるが、この知覚された大きさが拡大することによって水平方向の月が近づきには近くに意識的に知覚されると仮定される。この説は 2 段階モデルである。距離知覚に関しては、第 1 段階では記銘された無意識的距離が仮定されるが、第 2 段階では推定された意識的距離が仮定される。大きさ知覚に関しては、第 1 段階では視角が一定のとき距離の増加とともに増加する直線的大きさを仮定し、第 2 段階では、知覚された大きさは、対象が近づくと増加する視角的大きさに似た大きさを仮定する。著者たちは、2 種類の知覚された距離や 2 種類の知覚された大きさの概念が、モデルの中でいつの間にか入れ替っているので、この理論は受け入れがたいと論じる。

月の大きさの推定 (10 章) ここでは相対的大きさの理論による月の錯視の説明を試みた研究が検討されている。この理論には、角度的大きさの対比にもとづいた説明と、既知の大きさをもつ対象への同化にもとづいた説明とがある。単純な対比理論では、エビングハウスの円環錯視のように、月は地平線上の小さな角度的大きさをもつ隣接対象と比べられて、知覚的に拡大されると仮定する。しかし、局所的な対比は月の錯視に大きく寄与しない、なぜなら月の錯視は隣接対象のない海上のようなところでも生じるからである。同化理論では、月は、既知の直線的大きさをもつ地上の対象と比較されるか、遠方にあるすべての対象の知覚された角度的な拡大に同化されると述べる。

上った天体については、さまざまな種類の「恒常性の失敗」を仮定する人もいれば、知覚的大きさの縮減を知覚学習の例として述べる人もいる。大きさの尺度化に関していくつかの神経学的モデルが述べられている。

注視角 (11 章) 月の錯視は自己受容感覚の影響も受ける。自己受容感覚とは、ここでは眼球の注視方向、首の傾き、身体の方角をさす。この章では眼球の注視方向の効果、とくに上方視に関する観察と実験が紹介されているが、その結果は矛盾していることがおおい。その原因として、1) 少ない被験者数、2) 目の方向と体の方向との混同、3) 存在する視覚的手がかりの変化、4) 標準刺激と変化刺激の方向がバランスをとって操作されていないこと、5) 測定された知覚的属性（直線的大きさと角度的大きさ）の曖昧さにあるとされた。よく統制された実験では、目を上あるいは下に動かすことによって、水平方向を観察するときよりも対象は小さく（2～7%）遠くに見える。この効果を説明するために提案された輻輳力による説明は、上方向の凝視にしか適用されないので棄却される。上下両方の凝視に条件づけられた動眼性小視説が推奨される。

平衡の問題 (12 章) ここでは首の傾きと全身の傾きについて論考されている。頭と体の傾きを含む実験では、体を後ろに傾けると、知覚された距離が 27% まで拡大することが示された。このとき、知覚された角度的大きさは 14% ほど小さく調整された。さまざまな身体的定位を含む大きさの照合実験には 22% の低減を示すものがあるが、カウンターバランスのとられた実験ではないので、この

値は確定的でない。この大きさの効果は、動眼性小視によって生じたのかもしれないし、地球の重力を基準にして凝視方向を示す何かの刺激に条件づけられて生じたのかもしれない。さまざまな移動形態の中で人工的に加速を与えて前庭を刺激しても、知覚された大きさに明白な効果が生じていない。航空機や宇宙船から行われた観察も結論が出ていない。これらすべての領域において用いられた実験方法が不十分である。

結論となぞ（13章） 月の錯視を測定すると、水平方向の月は、上った月と比較して、ふつうは約50%ときにはそれ以上に拡大する。それは、いくつかの要因の加算として説明される。もっとも重要なものは、地勢すなわち視覚的光景全体に広がる相対的大きさの効果である。それは約40%の大きさの拡大を生じさせる。眼球運動性の命令、注視角、姿勢にはさらに10%の寄与がある。淡い靄や赤色の影響は正確に測定されていないが、それにも10%以上の寄与がある。

これらの要因は、上った月に比べて水平方向の月の知覚された大きさの拡大に役だち、月が近づいて見えることにも役だつ。しかし、この関係は古典的な大きさ－距離の不変性に矛盾する。しかし、月の錯視が知覚された角度的大きさの変化を含むものとして記述されるのならば、知覚的な大きさ－距離の不変性は維持される。しかし、知覚された角度的大きさの意味は不明瞭であり、うまく測定できないところがある。

大きさ－距離の逆説を説明するためには、空間知覚への幾何学的な考え方を放棄し、複数の意識水準において処理される独立した実体として大きさと距離を取り扱うことが必要かもしれない（遠い－大きい－近い仮説）。これに関連して最近では、相反する空間的表現が、異なる視覚経路にあるとする考えを支持する生理学的証拠が得られている。また月の錯視を特別なものと考えず、大きさ恒常性とおなじ機構が関与していると考えべきである。おなじ方法を用いて測れば、低い位置の月は、水平方向にある陸上の対象とおなじ割合で知覚的に拡大するからである。

貢献と特徴

諸説の優先権の確立 『月の錯視のなぞ』の著者は、他の研究者の追従をまったく許さない圧倒的な語学力を生かして、月の錯視を記した古今東西の文献を渉猟している。その結果、さまざまな説のプライオリティ（優先権）が誰にあるのかをはっきりさせることに成功している。月の錯視を説明するとした説の中には、古代ギリシャの哲学や科学に起源をもつものがあり、それがアラビア語に翻訳され（とくにイブン・アル＝ハイサムの貢献）、中世になってふたたびヨーロッパに逆輸入されたので、誰が、何を、どこまで明らかにしたのかがはっきりしないことが多かった。さらに、月の錯視は特殊な装置を使わなくても観察できるので、誰でもそれなりに一家言をもつことができ、いわゆる素人の言説に振り回されることがあり、そのことが各説のプライオリティをわかりにくくさせていた。

たとえば、大きさ－距離の不変仮説は、誰がはじめて唱えたのだろうか。これには無意識的推論の考えを広めたとされるヘルムホルツあるいはその前の時代に活躍した経験論の哲学者を指定することが多かったのであるが、ロスとプラグの努力により、プトレミーの『光学』の中にこの説の萌芽が確認された。また天空ドーム説は、しばしばプトレミーが始祖とされがちであったが、じつは中世に起源があったことも示されている。さらに、パークリとヘルムホルツは、ともに知覚の経験

論者としておなじ考えの持ち主と考えられがちであるが、パークリは、見かけの距離と見かけの大きさは独立して知覚されるとして条件づけに近い考え方をとったのに対して、ヘルムホルツは、無意識的に見かけの距離を斟酌して見かけの大きさが定まるといった認知的な考え方をとっていた。ほかにも、多数の科学史的事実の誤認の指摘とその訂正が行われている。

測定法と錯視量の確定 月の錯視量を測定するために、伝統的には月を標準刺激とし、手元の近くに設置した変化円盤を調整して大きさを照合させるという方法がとられてきた。その結果、地平線上の月の大きさは、天頂の月に比べて、2倍あるいはそれ以上に見えるという主張がなされた。しかしこの方法にはいくつかの問題があり(4章)、それを解消するために、光学的に無限遠に人工月を提示する方法に代えたところ、1.3～1.5倍の錯視量が得られた。これにより伝統的な測定法には、錯視量にバイアスが介入していることが推量される。測定法に依存する錯視量の変化は些細な問題と考えるむきもあるが、月の錯視に影響する要因の効果を数量的に確定していくためには、測定法の透明性が不可欠であり、その意味において、伝統的測定法に内在する問題を指摘した点は、後進の実験計画などを策定する上でこの上もない有意義な示唆を与えている。

3種類の手がかり ロスとプラグは、月の錯視は複数の要因が関与していることを強調する。彼らは、「月の錯視の大きさを測定すると、水平方向の月は、上った月と比較して、典型的には約50%ときにはそれ以上に拡大する。それはいくつかの要因の加算として説明することができる」として(13章)、視覚的地勢の効果が40%、眼球運動性の命令、注視角、姿勢の効果が合わせて10%、淡い霧や赤色の影響が10%以上と具体的な寄与率を上げている。とくに3番目の輝度と色彩の効果については、過去の研究をかなりよく整理して見通しのいい議論を展開している(6章)。表1は、ロスとプラグの議論を筆者なりにまとめたものである。彼らは、輝度対比の効果と絶対輝度の効果は反対方向にはたらくので、これを別けて考察するべきであると論じた。

見かけの大きさと見かけの距離の関係 月の錯視にもっとも大きな影響を与える要因は、上で述べたように地勢である。ロスとプラグの計算によれば、月の錯視量1.5の3分の2以上が、地勢によって決定される。では、地勢はどのようにして月の大きさに影響するのだろうか。またそのときの月までの見かけの距離は地勢とどのような関係にあるのだろうか。おおくの研究者は、地勢は月までの見かけの距離の拡大に寄与し、その見かけの距離と月の角度的大きさを組み合わせて、月の見かけの直線的大きさが拡大すると考える。これは大きさ-距離の不変仮説にしたがった解釈であ

表1. 大きさと距離の知覚に及ぼす輝度対比、絶対輝度、波長(赤)の効果。

	輝度対比の効果	絶対輝度の効果	波長(色)の効果
適用される条件	霧や霧がかかった地上の発光していない対象	1) 晴れた条件におけるすべての対象 2) 霧や霧の中にあって発光している対象	霧や霧の中にあって、赤く発光している地平の対象
現象	霧や霧によって輝度対比が低下すると、対象は遠く離れて大きく見える ^{a)}	黒い(暗い)対象は、白い(明るい)対象よりも、小さく遠ざかって見える	大きく見える
大きさ-距離の不変性の適合性	一致する	一致しない	
天体錯視への関係	天体錯視に寄与する	天体錯視を妨げる ^{b)}	天体錯視に寄与する

a) 通常の意味の大気遠近法。

b) 水平方向の月の輝度は低いので、絶対輝度の効果にしたがえば、月は小さく遠くに見える。

る。しかしロスとプラグは、この解釈につよい懐疑を投げかける。そのひとつの理由として、彼らは、月の見かけの大きさとその角度的大きさから計算された、記銘された距離が、月までの見かけの距離に比べて極端に小さいことを挙げる（8章）。もうひとつは、大きさ－距離の逆説、すなわち動眼性小視が生じたときにその対象が遠くに見えるという現象を挙げ、これは大きさ－距離の不変仮説によって説明できないとする。あるいは大きさ－距離の不変仮説と矛盾しない理論をつくろうとすれば、遠い－大きい－近い仮説のような大きさや距離の概念の混乱した2段階モデルを考えなければならず、これも受け入れがたいと論じる（9章）。

このようにして、ロスとプラグは、古典的な大きさ－距離の不変仮説の不十分なことを指摘したのち、これに代わるものとして、知覚的な大きさ－距離の不変仮説を提案する。これは視角の代わりに見かけの視角を用いることを提案した McCready (1965) の考え方を踏襲している。しかし、彼らは、この新しい不変性仮説も「知覚された角度的大きさの意味は不明瞭であり、うまく測定できない」（13章）として、好意的なまなざしで見ているわけではないことを示唆する。

そこで、著者たちは、もうひとつの案として、見かけの大きさが見かけの距離に依存するという仮定を捨て、地勢によって見かけの大きさと見かけの距離が独立に決定されるという可能性を追求してはどうかと考える。もしそうならば、どのようにして月の大きさは、地勢の影響を受けるのだろうか。彼らは、いくつかの可能な説明を示しているが、とくに地勢の作り出す視覚的風景への月の同化にもとづいた説明を好んでいるように見える。彼らは、視覚的風景を写實的に描くことに努めたギリーズの絵画を分析して、その描かれた風景は、写真で撮られた風景に比べて、遠景を望遠レンズによる遠近法で描き、近景を広角レンズによる遠近法で描くことを見出した（4章）。彼らはまた、異なる距離に提示された2対象の角度的大きさを照合させた大きさの恒常性の実験を総括して、たとえば300mの観察距離に提示された視標の角度的大きさは、近距離に提示された対象の角度的大きさの3～4倍に拡大されて知覚されることを示した（3章）。さらにロスは、心理学専攻生に、遠くに見える丘が、写真の中よりも実際生活において、どれくらい大きく見えるのか推定させたところ、中央値は3～4倍、範囲は2～8倍の値になったという。これらのことから、著者たちは、視覚風景は遠景において拡大し、遠景の一部をなす水平方向の月は、この視覚風景に同化してその角度的大きさが拡大されると仮定した。このとき、見かけの距離は、見かけの大きさの決定にまったく関与しない。

では天頂方向の月が小さく見えることについては、どのような説明が可能だろうか。著者たちが好んでいると思われる考え方は、何らかの運動条件づけにもとづいたものである。彼らは、そのような条件づけは、頭上あるいは足元の対象が、水平方向に観察された対象よりも、ふつうは接近し大きな視角を張るという事実から得られるとしている。すなわち、われわれは、大きさの恒常性が維持されるように、水平方向にある対象に比べて、この位置にある対象の知覚された角度的大きさを縮小させることを学習し、この学習が天頂方向の月に転移して月の角度的大きさを小さく知覚させると仮定している。

疑問と批判

『月の錯視のなぞ』の著者は、見かけの距離を斟酌して見かけの大きさが決定されるとする「大き

さ-距離の不変仮説」をはじめとする幾何学アプローチの放棄を宣言する。彼らはずぎのように語る：「・・・幾何学的説明をすべて拒絶し、視覚的大きさと視覚的距離は、互いに独立に計算されるとする。おなじ要因が、ふつうは大きさと距離の計算に用いられ、古典的な大きさ-距離の不変性に近似した相関を与える。しかし、状況によっては、異なる要因が大きさと距離の計算に用いられ、月の錯視のような大きさ-距離の逆説を生み出す。この考え方は、複数の種類の視覚的大きさあるいは視覚的距離を必要としないという長所をもつ」(13章)。これは見かけの大きさと見かけの距離が共通の変数(たとえば「弱よわしさ」と個別に連合すると仮定するパークリの考え方をほうふつとさせる(6章)。

しかし、本稿の筆者は、大きさ-距離の不変仮説を幾何学的な仮説としてではなく、精神物理学の関係とみなせば、この仮説は視空間の大きな枠組みを記述する有効な道具になると考える。たとえば、Foley (1967, 1968) や Higashiyama & Shimono (1994, 2004) は、大きさ-距離の不変仮説を $S'/D' = k\theta^n$ と定義し、 k や n が実験条件や観察者に依存することを示した。この式は、ある対象が与えられたとき、 S'/D' は視角だけでなくその他の変数の影響を受けることを意味するが、その他の変数が一定のときには、視角が大きくなれば S'/D' も増加することを意味する。言うまでもないが、ロスとプラグの指摘した問題のいくつかは、大きさ-距離の不変仮説を $S' = \theta D'$ と定義した(プトレミーもこの点では同じ)ところから生じているので、このように精神物理学的关系に書きなおすことによって彼らの疑問の答えることはできる。

ロスとプラグは、水平方向の月が天頂の月に比べて大きくて近くに判断される現象を遠い-大きい-近い仮説によって説明することに懐疑的である。すなわち、ひとつの意識水準では水平方向の月を遠く離れたものとして「知覚」あるいは「記銘」し、別の意識水準では水平方向の月を近くにあるものとして「知覚」あるいは「判断」することは理解しがたく、またそれを支援する内観的あるいは実験的な証拠はほとんどないと述べる。しかし、その一方で最近の脳研究より、第1次視野から2つの視覚伝達路が出ていることを挙げ、腹側にある流れは知覚と認知を受けもち、背側にある流れは行為を受けもちことが知られているとして、知覚された大きさと行為に関連した大きさの2種類の大きさがあってもよいことになり、さらにはおなじ視覚系の中に2つの異なる値をもつ知覚された大きさがありうるかもしれないと述べる(12章)。脳研究のことはさておくとしても、このような著者たちの議論にもかかわらず、内観的に考えて性質の異なる2つの大きさや2つの距離を考えることはできる。たとえば、近くに駐車していた自動車が遠ざかっていくとき、どんどん小さくなってついには豆粒のようになるを感じながら、どうじに一定の大きさをもった自動車が遠ざかっていくと感ずることはできないのだろうか。写真を見ながら、奥行きを感じながら、どうじにその平面性に気づくことはないのだろうか。

ロスとプラグは、上述したように、見かけの大きさと見かけの距離は、互いに独立に計算されると思う。すなわち、水平方向の月が拡大して見えるのは、遠景が知覚的に拡大し、月がその拡大した風景に同化することによって生じ、天頂の月が小さく見えるのは、頭上や足元にある対象は、常には目に近くにあり、その視角が大きすぎるために、視角を小さく知覚するように条件づけられるとする。そして、これらの知覚的はたらきは、すべて大きさの恒常性を維持することにつながると考える。しかし、このように大きさと距離の知覚の生成機構を独立したものと考えすることは、遠い-近い-大きい仮説に比べて、月の錯視の説明がわかりやすくなったといえるのだろうか。また天頂の月の見え姿に関してはパークリの考えに近い条件づけ(連合)の概念を導入しているが、この説

明を検証するためには、知覚の生成の起源や発達過程にまでさかのぼらなければならなくなり、むずかしい作業になることが予想される。バークリの考えが、彼の没後、知覚心理学において多くの追随者に恵まれなかったのは、その辺に事情があると考えている。

おわりに

月の錯視は自然環境の中で観察される知覚現象である。したがって、どのような環境のもとで月を見たのかが問われなければならない。とくに地勢の配列とか大気の影響などの記述(あるいは統制)が不可欠のはずであるが、こういう当たり前のことが、あまり実験的に検証されてこなかった。この点に関して著書たちは、大気遠近の効果に一章を割き、具体的な観察状況の描写を試みており瞠目に値する。

これに関連して、筆者の体験をさいごにひとこと述べたい。いま、筆者はカリフォルニア大学サンタバーバラ校に本務大学の援助を受けて2013年9月から翌年3月まで寄寓することになっている。ここに暮らしてみても、その空の青さと雲の少なさに驚かされる。雲ひとつない晴天は、日本では一年のあいだでおそらく数えるほどしかないが、ここでは、とくに夏のあいだは連日真っ青な晴天が見られる。筆者はこの地を訪れるまでは、空の形は扁平なドームと思っていたが、この空を見ていると天が高いという印象を受け、天空は球ときには卵を立てたようなドームに見えることがあることに気づいた。これはギリシャのエンペドクレスの残した記録と一致する(この地は地中海性気候である)。

それから、月が昼間から青空を背景にくっきり見えることも筆者には珍しい光景である。この地は、月の反射光が、雲や霧によって妨げられることが少ないうえに背景の暗い青空との対比によって、月が明るく輪郭線もはっきりと見える。日本でもときどき昼間に月を見ることがあるが、その月は、もやっているせいなのかどうか輪郭がぼんやりして血の気が失せている。こういう月の表情が、月の錯視や天空の形に影響しそうに思うが、そういう研究をあまり聞いたことがない。天空の形や天体錯視の理解に環境学的視点の必要性を感じる。

引用文献

- Berkeley, G. (1709). *An essay towards a new theory of vision*.
- Foley, J. M. (1967). Binocular disparity and perceived relative distance: An examination of two hypotheses. *Vision Research*, 7, 655-670.
- Foley, J. M. (1968). Depth, size and distance in stereoscopic vision. *Perception & Psychophysics*, 3, 265-274.
- Heelan, P. A. (1983). *Space-perception and the philosophy of science*. Berkeley: University of California Press.
- Higashiyama, A., & Shimono, K. (1994). How accurate is size and distance perception for very far terrestrial objects? Function and causality. *Perception & Psychophysics*, 55, 429-442.
- Higashiyama, A., & Shimono, K. (2004). Mirror vision: Perceived size and perceived distance of virtual images. *Perception & Psychophysics*, 66, 679-691.
- Iavecchia, J. H., Iavecchia, H. P., & Roscoe, S. N. (1983). The moon illusion revisited. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 54, 39-46.

- Kaufman, L & Rock, I. (1962a). The moon illusion, I. *Science*, **136**, 953-961.
- Kaufman, L & Rock, I. (1962b). The moon illusion. *Scientific American*, **207** (1), 120-130.
- King, W. L. & Hayes, M. C. (1966). The sun illusion: individual differences in remembered size and distance judgments. *Psychonomic Science*, **5**, 65-66.
- McCready, D. (1965). Size-distance perception and accommodation-convergence micropsia: A critique. *Vision Research*, **5**, 189-206.
- Reimann, E. (1902a). Die scheinbare Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizont, I. Geschichte des Problems. *Zeitschrift für Psychologie*, **30**, 1-38.
- Reimann, E. (1902b). Die scheinbare Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizont, II. Beobachtungen und Theorie. *Zeitschrift für Psychologie*, **30**, 161-195.
- Sterneck, R. von. (1907). *Der Sehraum auf Grund der Erfahrung*. Leipzig: J. A. Barth.
- Sterneck, R. von. (1908). Die referenzflächentheorie der scheinbaren Grösse der Gestirne. *Zeitschrift für Psychologie*, **46**, 1-22.

(本学文学部教授)