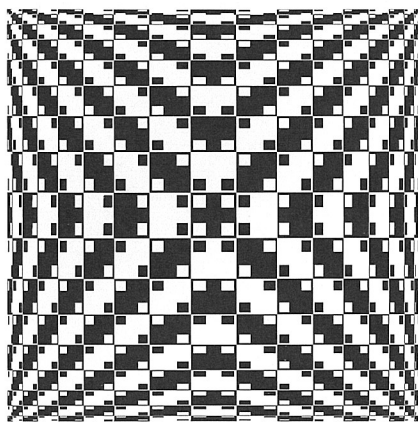


錯視の心理学

北岡明佳



筆者作「クッション」。すべて正方形か長方形でできているのに、カーブが感じられ、手前に膨らんだ感じに見える。

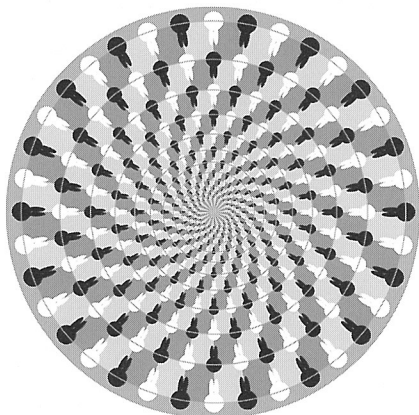
錯視という現象がある。目の錯覚ともいう。錯視の例を図に示した。この錯視図の基本原理は二つあり、一つは、市松模様錯視という傾き錯視（線の傾きが実際と異なるように見える現象）による彎曲錯視（直線が曲がって見える効果）である。もう一つは、きめの勾配による遠近効果である（きめが細かい方が遠くに見える）。

ところで、錯視の研究をやっていると、実にさまざまな質問を受ける。一番多いのは、「ファッションは錯視ですか」といった質問である。本当は貧相な人がおしやれをすることで立派に見えるという視点でファッションを捉えるのであれば、おしやれをしている人には失礼な話であるが、確かにファッションも錯視である。しかし、筆者が研究しているような錯視とファッションの視覚効果の間には、あまり関係はない。

筆者が研究している錯視は、知覚レベルの現象である。対象の大きさや形や色が本来とは違って見えるとか、静止したものが動いて見えるといった現象である。心理学の中でも生理学に近い領域であると表現したらわかりやすいだろうか。

錯視を研究すると何がわかるだろうか。錯視そのものの性質がわかるのはもちろんであるが、トリックでできている視覚のメカニズムの一端が見えてくる場合があって、これは知覚心理学の研究上役立つブロープの一つである。また錯視研究と言えば心理学的アプローチが定番であるが、錯視の神経生理学的アプローチも（これまでなかったわけではないが）実り多い方向性であろう。

渦巻き の錯覚 北岡明佳



筆者作「卯図」。灰色の同心円が時計回りに回転して中心に向かう渦巻きに見える。円盤が反時計回りに回転して見える錯視もある。

渦巻きというものは不思議なものである。カタツムリの殻、台風、銀河系などに見られる造形で、美しい、フラクタルである、黄金分割と関係がある、など魅力が多い。渦巻きには、大きく分けて、ベルヌーイの螺旋とアリストテレスの螺旋（蚊取り線香などに見られる造形）があるが、ここでは前者のことを指すことにする。

渦巻きを正確に描こうとするとコンピュータプログラミングやドローンフットの操作が必要で、専門家以外の人には敷居が高いが、渦巻きの数学的性質を理解することは簡単である。渦巻きは、中心から見て、同じ傾きの線分の集まりである（そのため等角螺旋と呼ばれる）。なお、この定義には例外が二つあり、中心から見て九〇度に傾いた線分の集まりは同心円パターンであり、中心から見て傾きのない線分の集まりは放射状パターンとなる。

この性質を錯視デザインで利用するには、同心円上に描かれた線分に傾き錯視を適用して、それらが傾いて見えるようにするとおもしろい。その場合、同心円のはずの線分が渦巻きを構成しているように見えるのだ。図は、黒白円の錯視という傾き錯視を使って、灰色の同心円が渦巻きに見える効果を示したものである。逆に、放射状の線分を渦巻きのように見せる図も作ることができるが、こちらは出来上がりが渦巻きらしく見えないせいか、人気がない。

渦巻きというと動きを連想させるので、この図には動きの錯視も入れてみた。視線の中心から少し離れたところでこの図を眺めると、ひとりだけで左に回転して見えるかもしれない。

（きたおか・あきよし 知覚心理学）

分析的態度が生んだ錯視図 北岡明佳

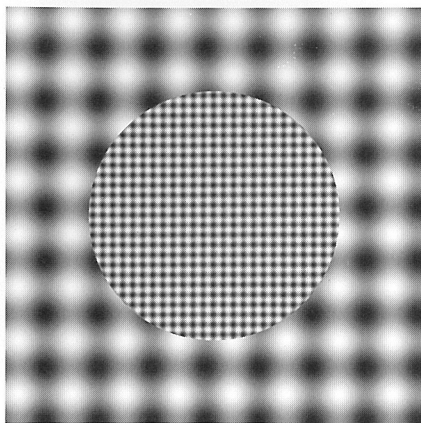


図 筆者作「ミラーボール」。ミラーボールあるいは背景が動いて見える。
ミラーボールがきらきらして見えたり、背景がちらちらして見える錯視もある。

「ある研究が科学的である」ということは、それが実証的であるということがまず第一であるが、それが分析的であるということも好まれる。

聴覚研究では、音波は脳内で時間的にフリーエ解析されて、各時間周波数ごとの音の強さが知覚されると考える。分析された音の時間周波数の違いは、音の高さとして知覚される。

視覚研究では、光の波長に対応して、色が知覚される。この点は聴覚に似ているが、色の知覚はフリーエ解析はしていないようである。例えば、赤い光と緑の光が同時に同地点に与えられると、黄色が知覚される。

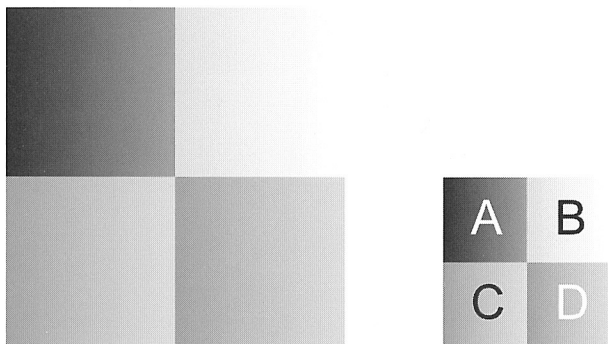
ところが、視覚研究には、「脳は空間的にフリーエ解析をする」というモデルがある。視覚系は、与えられた画像の輝度分布を空間周波数分析し、周波数別に画像を処理し、それらを統合して知覚像を得るのだという考え方である。このフリーエモデルを支持する報告は多い。

図はブラッドというパターンでできている。ブラッドとは、直交した二つの正弦波状輝度変調縞を加算してできる、いわば基本粒子的パターンである。基本粒子ならその性質はシンプルかというところには関係してはさうでもなく、自然画像ではまず観測されることのない錯視が、図には二つ（動く錯視と光る錯視）含まれている。

これを説明するためには、「錯視は基本粒子の段階で起きているもので、統合されて自然画像に近づいていくうちに失われる」という仮説①と、「ブラッドは基本粒子ではなく、特定の錯視に最適な特殊なパターンである」という仮説②が成り立つ。どちらが正しいかは、いずれ明らかにされるだろう。

(きたおか・あきよし 知覚心理学)

不良設定問題を解く錯視図 北岡明佳



筆者作「4つの正方形」。ABCDのうち、どれか2つは同じ輝度（物理的明るさ）のグラデーションで描かれている。それは、どれとどれか。答えは本文参照。

視覚とは一種の計算過程である、という考え方は、現在広く受け入れられている。

それならば、鮮明な網膜像さえ得られれば、自動的に外界を正しく再構成できるかというところ、そうはいかない。 $a + b = c$ は一意に決まるが、 c が与えられてもそれが $a + b$ なのか $a + e$ なのかはわからないのと同じである。たとえば、網膜像は二次元であるが、環境世界は三次元である。このことは、「不良設定問題」と呼ばれている。

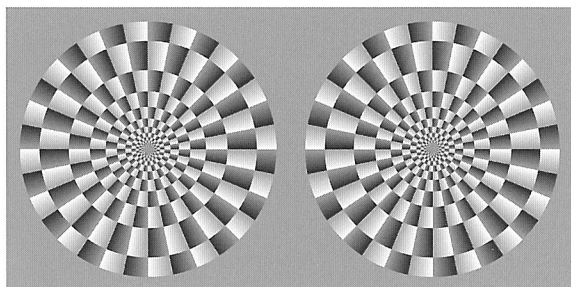
解けないはずの不良設定問題を解く手がかりを、現在は「制約条件」と呼ぶ。たとえば c が与えられたら、それに制約されて a が自動的に決まり、その結果、第二項は計算によって b となるといった具合である。

具体例を示そう。図は、錯視図である。問題を出すと、「四つの正方形 ABCDのうち、物理的に同じものがある。どれとどれか」。

「AとD」あるいは「BとC」と答えてくれれば、出題者の意図にひっかかってくれたことになるが、答えは「CとD」である。「AとD」あるいは「BとC」と答えた人は、視覚が計算して得た解のうち、「表面色」（物体の表面反射率が知覚されたもの）が同じと判断したのである。普通に生活する分には、それが正しい判断である。

網膜に与えられる対象の輝度は、照明×反射率で与えられたものであるから不良設定問題なのであるが、視覚はこの問題を比較的うまく解く。この場合に視覚が利用する制約条件は、輝度の滑らかな変化を照明の強さの勾配として知覚し、輝度が急激に変化する部分（エッジ）を表面の境界であると知覚することである。

（きたおか・あきよし 知覚心理学）

美術作品風になる錯視の図
北岡明佳

静止画が動いて見える錯視の一種。筆者の分類では、「最適化型
プレーザー・ウィルコックス錯視・タイプ」。左の円盤は反時計
回りに、右の円盤は時計回りに回転して見える。

錯視図形はなぜか美術作品風に見える。錯視を発見したり作画したりするのは心理学者であつて芸術家ではないから、錯視そのものに美術的要素があるということだ。

「錯視図形においては、錯視量が多いほど美しいと評定される確率が高くなる」という実験データがある。実際に、錯視図形を選ぶための予備実験をする時には、図形の美しさを錯視の強さの推定に使って便利である。

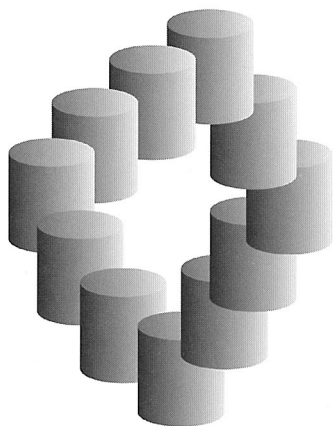
他にも理由がある。例えば、図は静止画が動いて見える錯視の一つの「基本図形」である。その割には装飾的である。サイエンスは単純さを求めるはずなのに、これはどうしたことか。

まず、円盤を二つ描いている理由は、この錯視は中心視よりもやや周辺視で起こるからである。どちらかに視線を合わせている時、もう一方が動いて見えるという仕掛けである。

次に、この図では、グラデーションの放射状パターンを、位相を反転させながら同心円状に繰り返している。そうしないと、錯視量が少なくなるからである。これを脳の話として考えると、受容野の外側に抑制領域のある方位選択性ニューロンの関与が示唆されるということになる。

さらに、この図では、一番外側のリングを除いて、隣接する同心円の大さは等比的になっている。その理由は、円盤が一体として回転して見えて（各偏心度におけるみかけの角速度が揃う）、知覚がすつきりするからである。

このように、一見装飾的で美術的雰囲気のある錯視デザインも、実は単純さを追及するサイエンスの結果なのである。（きたおか・あきよし 知覚心理学）

だまし絵と錯視の違い
北岡明佳不可能図形作品
「芯なし不可能ロール」

だまし絵というものがある。不可能図形、反転図形、絵なのに立体的に見える図形など、いろいろな種類がある。写真の発明以前は、本物のように見える絵、という意味であつたようである。

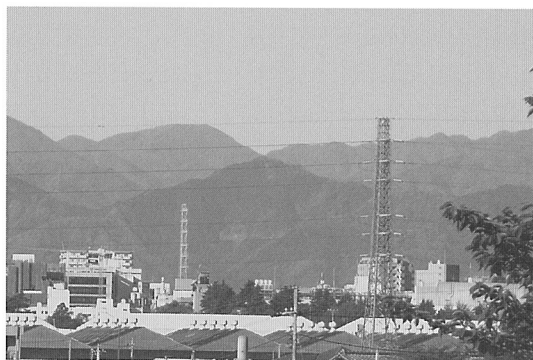
だまし絵と錯視はよく混同される。そのため、錯視の研究者である私のところにだまし絵に関する質問が時々来る。そういう場合、だまし絵も知覚心理学が取り扱う領域なので、丁寧に回答するようにしているが、実際にはだまし絵と錯視は違うものである。どこが違うか一言でいうと、だまし絵は役に立つ視覚メカニズムを「誤用」したものであるが、錯視は役に立たないメカニズムそのものである。

図には、だまし絵の一種である不可能図形を示した。この図では、近くのロール同士は重なりによる奥行き知覚は整合しているが、全体として見ると不可能な配置となっている。物体の奥行きの順番には推移律が成立するはずだからである。

奥行き知覚における「重なり」の要因は、知覚のメカニズムとして機能的である。すなわち、実際の三次元世界を正しく知覚できるといふ点で、生存の役に立つ。だまし絵は、そのような役に立つ知覚を用いて、最終的に現実的でない全体像をつくり上げたものである。

錯視図形も現実的でない絵には違いない。しかし、錯視ではそれを構成する知覚の要素そのものが役に立たないのだ。すなわち、平行な線が平行でなく見えるとか、静止物が動いて見えることが生存の役に立つということはないだろう。

山が透明に見える錯視 北岡明佳



透明に見える山。高島氏提供。

錯視は人工物によく見られ、自然物に錯視が見られる例は少ないが、注意深く観察すると、普通の景色に錯視が見られることもある。

上の写真がその例で、山が透明に見える錯視である。これは、日本大学研究員の高島翠氏が今年の四月に撮影したもので、東京都町田市内の小山馬場谷戸公園付近から西の方角の景色とのことである。確かに山が透明に見える。

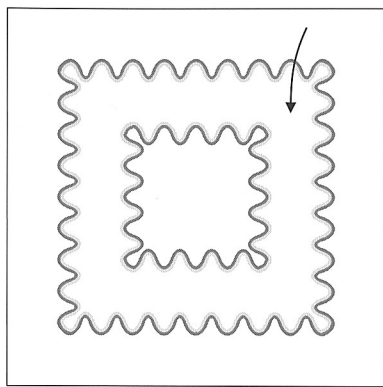
高圧線さえなければもつとよかつたであろうが、撮影ポイントとしてはその位置しかなかったと思われる。なぜなら、この種の透明視が発生するには、二つのエッジ（エッジとは明るさや色の領域の境界のこと）がなめらかに交差する「X接合部」が必要だからである。少しでも撮影位置を変えると、稜線のエッジがずれて、X接合部が消失してしまう。

この種の透明視は、両義的透明視 (bistable transparency) と呼ばれ、この山の写真で言えば、左上から右下への「透明な」稜線が右上から左下への稜線の手前に見える場合と、後者が透明に見えて前者の手前に見える場合があり、これら二つの見え方が反転する。両義的透明視の条件は、X接合部を超えて、エッジのコントラスト極性（どちら側が明るいかということ）がどちらのエッジについても変わらないことである。

なお、「透明に見える山」の報告はこれが初めてではなく、池田（一九九三）（関西大学『社会学部紀要』第二五巻第一号、一六五—一六八頁）によると、大阪府吹田市の一角から遠望した山に見えるとして、写真が載っている。その論文によると、同様な写真が、一九五三年のドイツ語の書籍に載っている。

（きたおか・あきよし 知覚心理学）

明るさの錯視と色の錯視 北岡明佳



水彩効果が回廊部分（矢印）に起きている。

明るさの錯視と色の錯視は兄弟のようなものである。何と言っても品揃えが似ている。例えば、明るさの対比があれば色の対比があり、明るさの同化があれば色の同化があるといった具合である。

一方、種類によつては、明るさの錯視はあるが、それに対応する色の錯視がないことがある。その逆もないわけではないが、おおむね明るさの錯視が兄で、色の錯視は弟といったところである。

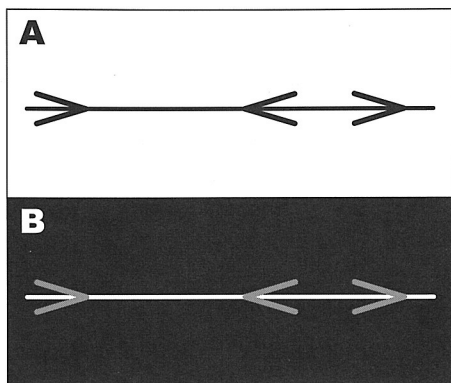
視覚のメカニズムとしては、色の情報は明るさ（輝度）の情報に随伴して処理されるという考え方がある。この考え方に従えば、明るさの錯視と色の錯視の兄弟関係も理解しやすい。

ところが、最近になって、兄弟喧嘩をしていると思われる錯視が目まぐるしく起きている。イタリアの視覚研究者ピナ（Bianco Pina）らが二〇〇一年に発表した水彩効果（watercolor effect）¹⁾である。

図は水彩効果のうち、明るさの錯視を示したものである。濃い灰色と薄い灰色の二重の波線に縁取られた正方形の回廊部分（矢印）がベールに覆われたように白っぽく見える。白く見えると言っても、透明視が成立してそう見えるだけのようで、分析的に見れば、回廊部分はそれ以外の部分よりも暗く見えている。波線は回廊部分側が明るいので、この明るさの誘導は「対比」である。

ところが、色の場合は反対なのだ。ここでは示すことができないが、回廊側の波線を明るい橙にして、回廊の外側を暗い紫にすると、回廊部分が橙色の水彩絵具で塗られたように見える。つまり、色の誘導は「同化」である。興味深い不一致である。

動くミュラー・リヤー錯視 北岡明佳



代表的な錯視を挙げよと言われれば、何はさておきミュラー・リヤー錯視である。線分の両端に外向きの矢羽を付ける（外向図形）と長く見え、内向きの矢羽を付ける（内向図形）とその線分が短く見えるという現象のことである。

しかし、この錯視は発見から百年以上経過しているのに、十分納得の行く説明を聞くことは難しい。例を挙げると、遠近法説という人気のある仮説では、「外向図形は線分が遠くに見える、内向図形は線分が近くに見えるから、大きさの恒常性により前者は過大視され、後者は過小視される」と説明されるのだが、その考え方には合わない見見も多い。

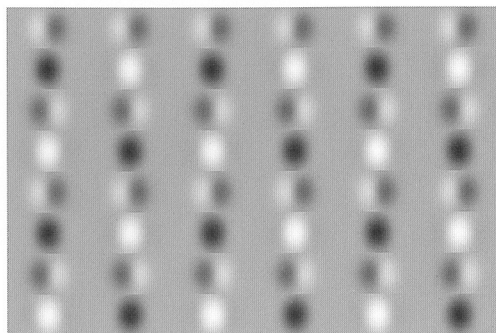
ところがである。昨年私は、ミュラー・リヤー図形に静止画が動いて見える錯視があることに気づいた。外向図形では矢羽は外向きに動いて見え、内向図形では矢羽は内向きに動いて見える（図Aでは、中央の矢羽が右に、左右の矢羽は左に動いて見える）。動きの方向に位置がずれて見える現象がいくつか知られているので、その考え方でミュラー・リヤー錯視が説明できるのではないかと興奮した。

しかし、その画期的な仮説は短命であった。図のコントラストを反転させてから矢羽を灰色にしてみたら、ミュラー・リヤー錯視はそのままなのに、錯視的動きの方向が逆転したのである（図Bでは、中央の矢羽が左に、左右の矢羽は右に動いて見える）。残念無念。

あきらめずに頑張るなら、以下の通り。図Bのミュラー・リヤー錯視は図Aよりも錯視量が少ない。この差は、動きの錯視による位置の変位によるものかもしれない。

（きたおか・あきよし 知覚心理学）

フレイザー錯視研究の新展開 北岡明佳



作品「眼球運動」

傾き錯視という錯視がある。平行に描かれた二本の線分が平行でなく見えたり、直線が曲がって見えたりする現象のことである。傾き錯視の代表例は、ツエルナー錯視、フレイザー錯視、カフェウォール錯視である。ここでは前の二つについて論じてみたい。

たとえば、垂直な線分あるいは配列（被誘導線あるいは主線という）があったとして、それに交差するように斜線（誘導線ともいう）が引かれている場合を考えよう。この場合、被誘導線が誘導線の傾きと反対方向に傾いて見える場合はツエルナー錯視と呼ばれ、同じ方向に傾いて見える場合はフレイザー錯視と呼ばれる。

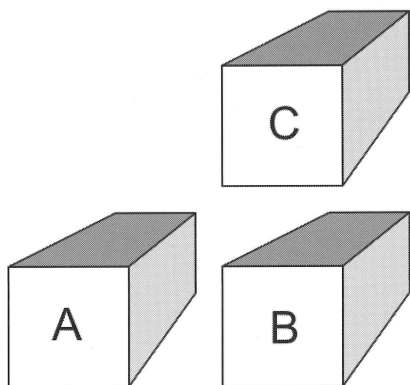
どちらの錯視も研究の歴史は長いが、二〇世紀はツエルナー錯視が優勢であった。その理由は、ツエルナー錯視は製図による作画が容易な上に頑健であるが、フレイザー錯視は作画に手間を要するだけでなく、錯視が起る刺激条件が厳しかったためと思われる。

しかし、二一世紀に入り、傾き錯視と言えばフレイザー錯視となった感がある。ガボールパッチのエンベロープ（コントラスト変調による窓のこと）あるいはその配列を被誘導線とし、キャリア（窓の中の輝度変調縞のこと）を誘導線とすると、広い範囲でフレイザー錯視を得ることができることがわかったからである。そのような図は、パソコンなしに作図することは困難であった。

図では、垂直に配列したガボールパッチが、左から時計回り・反時計回りと交互に傾いて見える。なお、この図は厳密に言えばフェーズシフト錯視あるいはポップル錯視と呼ばれる。

（きたおか・あきよし 知覚心理学）

斜塔錯視の謎 北岡明佳



錯視コンテストというものがある。二〇〇五年の夏、スペインのアコルニヤで開かれた視覚研究の国際学会 (ECVP) のお楽しみ行事としてスタートし、二〇〇七年はアメリカの学会 (VSS) の余興として、五月にフロリダで第三回が開催された。一等賞を取ったのは、マギル大学のキングダム教授らの「斜塔錯視」であった。この錯視は、ピサの斜塔を斜め下から撮影した写真を二つ横に並べると、同じ写真なのに斜塔の傾きが違って見えるというものである (<http://illusioncontestneuralcorrelate.com/>)。

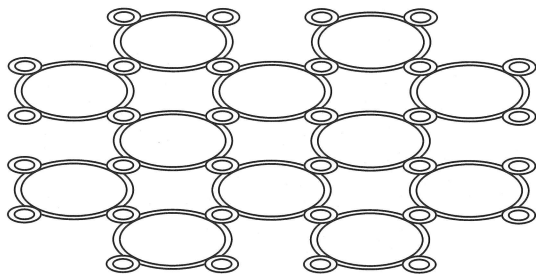
キングダム教授らによると、この錯視の原因は、線遠近法における消失点の不一致である。二枚の写真を一つのシーンとして認識すると、二つの塔の輪郭の消失点が一致しないということは、塔の方向が同じでないことを意味するから、この傾き錯視が起こるといふ。

図のAとBを比較してみよう。二つの「直方体」は物理的には同じ形に描かれているが、AよりもBの方がより右に向いているように見える。次は、図のBとCを比較してみよう。この場合は、BよりもCの方がより上に向いているように見える。それらを合わせて考えると、CはAよりも右上に向いているように見えそうであるが、実際には両者は同じ形に見える。AよりもCの方が大きく見えるが、これはジャストローの台形錯視か回廊錯視の一種である。

もともとAは右上を向いているのだから、右変換と上変換で右上変換になるから元に戻る、という二次元的な考え方を取れば説明できる。しかし、それだとキングダム教授の三次元的な説明とは一致しないと思うのだが、いかがであろうか。

(きたおか・あきよし 知覚心理学)

北岡明佳 学士会館の錯視



「学士会館の錯視」

東京大学の皆様にお馴染みのものに、学士会館がある。東京大学出身ではない私にとっては、学士会館は赤門の南の方にあるあの洒落た建物のことであるが、東大の知り合いによるとあれは分館で、本館はもつと南の方にあるという。また、分館は東大の敷地内にあるように見えるが、敷地の外にあるとのことである。外部の者には、実に錯覚的な会館である。

さらに、学士会館は東大のものと思っていたらそうでもないとか、でも利用するのは東大の人ばかりだとか、にもかかわらず東大の人がいつも利用するというわけでもないとか、外部の者にはその禅問答的でミステリアスな香りも楽しい。

その学士会館に新しい錯視を発見したという連絡が、二年前に私のところに来た。発見者は安形康さん（新領域創成科学研究科）で、学士会館の絨毯の模様に見つけた。その証拠写真は、彼のブログに掲載されている（http://agatashi.cocolog-nifty.com/diary/2005/10/post_33f3.html）。もっとも、本稿の読者の皆様は、実物を見に行った方が早いかもしれない。

その模様を単純な線画にしたものを、私は「学士会館の錯視」と呼んでいる。大きい横長の楕円を斜めに交互に配置し、その間に小さい横長の楕円を置くと、それらが大きい楕円に引っ張られるかのような方向に傾いて見える錯視である。中心視より周辺視で錯視量が多いようだ。私の知る限りでは、新型の幾何学的錯視（形の錯視）である。

この錯視の連載は今回で終わりであるが、京都在住の私に上京する楽しみが一つ増えた。

学問の図像とたち・84 学士会館の錯視
線形代数の世界 齋藤 毅 1

五十年ぶりの『近代日本の思想家』完結 職業としての編集者・後遺 山田宗睦 8

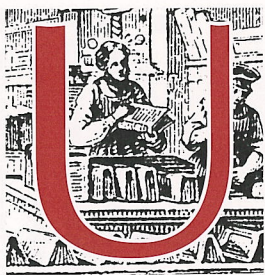
かたち三昧・48 宙にあそぶ視線(1) 高山 宏 14

「U」オデュッセイア¹² 見えないものを見る、あるいは物質と情報 小林康夫 16

海上派と日本との関わり「上海 近代の美術」展 味岡義人 22

科学技術が発達すれば理科離れが加速する 上出洋介 28

宇宙博物館・24(最終回) 天体としての地球 渡部潤一 35



UNIVERSITY PRESS



12

Number 422, December 2007

東京大学出版会

国際関係論のルネサンス 猪口 孝 36

「魔法の Imagination」の 続く? 長谷部恭男 41

『書評』45 海外文学下半期・傑作選 豊崎由美 46

『円山町瀬戸際日誌・渋谷名画座日録抄』6 グラインドハウス A G O G O!! 内藤 篤 51

イメージの記憶 10 塔と貝殻 アルド・ロッシの詩学 田中 純 58

すゝしろ日記 第33回 山口 晃 64

総目次 65 学術出版 67 執筆者紹介 68

U.P. 第三六巻第十七号(通巻四二二号)二〇〇七年十一月五日発行(毎月五日発行)一九七三年三月六日創刊(種郵便物認可)定価一〇五円(本体価格一〇〇円)(送料一〇〇円送料・税別)

学問の図像とたち・78 錯視の心理学 北岡明佳

合衆国海軍の衛生兵をめぐる長年の疑問について クリント・イーストウッド監督『父親たちの星条旗』と『硫黄島からの手紙』 蓮實重彦 1

ベネチアに触れる 港 千尋 6

『新連載』「U」オデュッセイア¹ 帰還への漂流 小林康夫 11

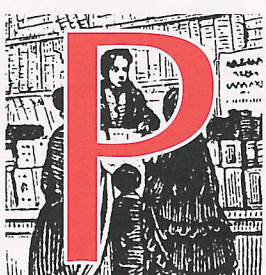
かたち三昧・37 エヴリ・バディに謹賀新年 高山 宏 16

ユダヤ・キリスト教の神とはなにか 『受難の意味—アブラハム・イエス・パウロ』を読む 岩田靖夫 18

宇宙博物館・13 長寿星 渡部潤一 23



UNIVERSITY PRESS



1

Number 411, January 2007

東京大学出版会

魯迅 危険な思想家、救済の文学者 代田智明 24

江戸の中世から近世 齋藤慎一 29

「たまには物理カンタービレ」6 西部戦線タクシーなし 太田浩一 36

『書評』35 コルセットはいかが 渡辺 浩 42

『漢文ノート』2 詩のレッスン 齋藤希史 48

すゝしろ日記 第22回 山口 晃 54

学術出版 55 執筆者紹介 56

U.P. 第三六巻第一号(通巻四一〇号)二〇〇七年五月五日発行(毎月五日発行)一九七三年三月六日創刊(種郵便物認可)定価一〇五円(本体価格一〇〇円)(送料一〇〇円送料・税別)