

三次元空間の認識(経験か必然か)： 錯覚と現実の境界

岸本清行¹⁾

タイトルは大きですが、内容は日常的に経験している錯覚を実験的に確かめてみようということです。

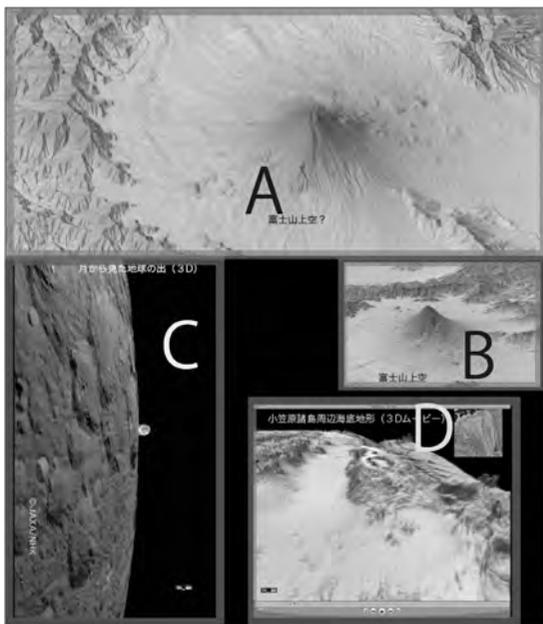
まず簡単に表紙の図の説明をします。(A)は富士山周辺の地形を地下深部から斜め上に見上げた場合の単眼の透視図。(B)は同じく富士山を上空から見下ろした場合の単眼透視図。(C)は宇宙航空研究開発機構(JAXA)のウェブサイトからダウンロードした、通称「かぐや」による月面ハイビジョンムービー『地球の出』を画像シークエンス(駒画像)に分解し、ある程度の視差を生じる2枚の画像を選択し、アナグリフ立体写真として合成したものです。人間は左右の視差でしか立体感を感じないはずなので、元の画像を90度回転して表示しています。(D)は小笠原諸島周辺の広域海底地形データから複眼(2つの視点)の鳥瞰図(最近は鯨瞰図ともいう)を多数作ってムービーに合成したもので、(C)同様に青赤メガネを用いると立体視ができます。

なお、画像作成に用いたデータは、陸域は国土地理院作成の50mメッシュDEM、海域は、海上保安庁海洋情報部でコンパイル作業中の未公表の海底地形DEMの一部を用いています。

さて、第2図を見てください。2007年に亡くなった米国のマジシャンJerry Andrus (*1)が考案した『視覚的錯覚』を引き起こす三次元オブジェクト(ドラゴンの紙模型)を、いろんな角度からデジカメで撮って並べたものです。紙模型は動かないのですが、画像中に矢印で示したように、台座の向きとドラゴンの頭の向きの関係が、カメラの撮影方向に応じて変化します。つまりドラゴンが首を振っているように感じます。実際は、ドラゴンの頭は動いていません、見ている人がそう感じているだけです。ヒントはアナグリフのドラゴンを青赤メガネで見てください。紙模型の実際の三次元構造が分かります。このドラゴンの錯視体験の面白

さは、直接、肉眼で三次元模型のドラゴンを見ても、ビデオで撮影された動画を見ても、同じように体験できる(騙される)ことでしょう。つまり、人の目は騙せても、機械の目は騙せないはずだ、という先入観を裏切られるからかもしれません。

三次元物体や投影された二次元画像を見たときに我々が感じる『錯視現象』を生じさせる二つの例(地下から見上げる富士山と首振りドラゴン)を示しました。実際には凹んでいるものが膨らんでいるように見えたり、その逆に感じたりするのはどうしてかという説明には、人の知覚と認識のメカニズム(脳の機能)についても知る必要があるはずですが、私の専門外です。しかし、人(脳)に錯覚を引き起こしている外部要因に関しては、以下のようなことが言えます。それ



第1図 表紙画像。

1) 産総研 地質情報研究部門 地球変動史研究グループ

キーワード：空間認識，錯視，バーチャルリアリティ(VR)，アナグリフ，知覚，認識，理解



第2図 錯視を生じる三次元模型のスナップショットとその三次元構造を示すアナグリフ画像. ドラゴンの頭部が常識的な形状とは異なり, 観察者に対して凹んでいる. この模型の作り方や錯視のビデオは, <http://jerryandrus.org/> からたどることもできる.

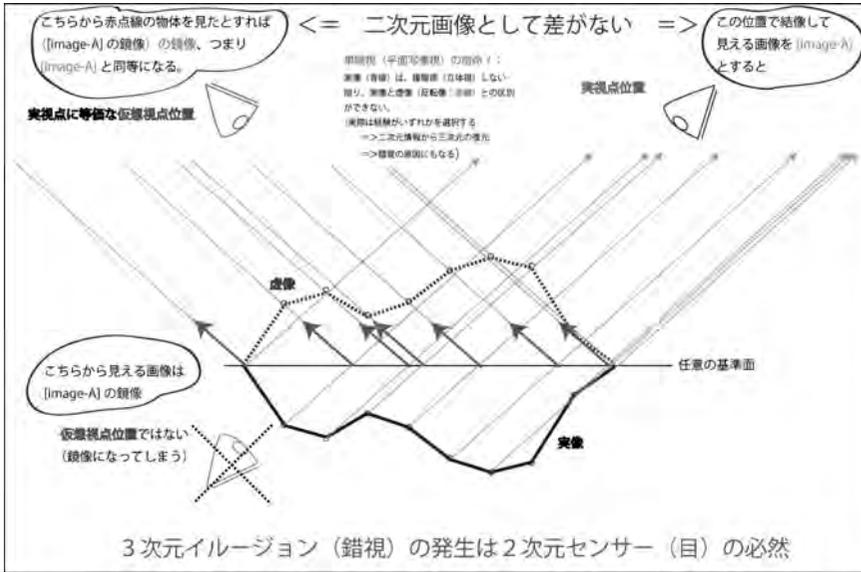
は、『三次元情報(富士山も, ドラゴンも)を, 二次元平面に投影した情報からだけでは, 元の三次元情報に復元できない』という, ごく当たり前(?)のことで, つまり, 人の目(単眼)に写った画像も, ビデオや写真で撮影された画像も二次元なので, 情報が失われている(足りない)のです. しかし, 脳は(経験からか)特殊な能力を発揮して, 二次元情報から三次元を復元することができるため, 我々は三次元をちゃんと認識したり, 錯視したりしていると考えられます.

この錯視を引き起こす『外部要因』についての説明を, 今度は図に示します. 第3図をよく見て考えていただければ容易に理解できると思いますが, 結論をまず言葉で表現しておきます. 『“ある三次元物体”を任意の視点で, 二次元平面に投影した画像と, “その三次元物体の鏡像”が実像だと仮想した場合に生じる投影画像とが区別できない(二次元画像として同一である)別の視点が存在する』ということです.

それでは, 図の説明をします. (1) 実際の物体の輪

郭線を下部の太線とします. (2) 実際の視点を右上の目の位置とします. 左下から右上の矢印は, 実際の物体から目に届く光線です. (3) 左下の目の視線は, 右上の目の視線と同一線上(平行)ですが, 向きが逆です(実際の物体を裏側から見た場合と考えるとください). (4) 真ん中にある点線は, 任意の基準面に対する, 下部の太線の鏡像です. (5) 左上の目と, その方向への矢印は, 左下の目とそこから見た場合の視線の鏡像です. そしてこれが, 実際の視点の画像と区別のつかない仮想的な物体からの光線と目の位置になります.

地下から見上げた富士山もドラゴン紙模型も, 実際の視点からは, 図で下部太線に示したように, 観察者に対して凹んでいるにも関わらず, あたかも点線で示したように, 飛び出したような表面をもっていると錯覚していることから生じていると考えられます. なぜ錯覚するかといえば, 見えている物体の表面のテクスチャーが経験的に膨らんでいるもの(場合によ



第3図

三次元物体が錯視を起こす外的要因の説明図。右上の目の位置から見た下部太線の物体(実体と仮定)の像は、左上の目の位置から、点線の物体(実体の鏡像)を見たときの像と区別がつかない。そして、右上の目の位置を連続的に変化させれば、左上の目の位置も連続的に変化するため、人(脳)は、はじめに認識したのが虚像であってもそうとは気がつかないのだと考えられます。

ては凹んでいる)と思い込んでいるからではないでしょうか。物理的には、我々の網膜上に結像する実際の画像の各光点の発信源は、もともと太線上にあったものなのか、それとも点線上にあったのかは単眼(投影された網膜上の二次元画像)では区別できないことは先に説明したとおりです。

我々は今のところ(Lisa Randall*2が予測している4次元空間が証明されるまでは)三次元空間に住んでいます。そのままでは情報量が多すぎて認識しにくいから、あるいは、もともと目が二次元センサーであるため、二次元や一次元に還元して、空間を理解していると考えられます。私たちは、実際には、見えない、見ていない、見ていると思い込んでいるものが混在したものを認識していると考えられます。

最後に、この錯視現象が地球科学とどんな関係があるのかを少し述べます。コンピュータの可視化技術の発達によって、VR(バーチャルリアリティ)という技術体系が多くの分野で覇を競っています。文字通りに足を着けた分野である地球科学も、GISや可視化技術の大きな恩恵を受けています。例えば、実際に行くことのできない海底や地下深部の観測データやその成果などが、コンピュータグラフィックスを使って再構成され、疑似体験(可視化されたVR体験)できるというわけです。しかし、VRの最終目標を、人の知覚能力に対して、現実世界と本質的に変わらない

刺激環境を作り出すことと考えれば、“究極のVR”世界は、自然そのものではなく、自然のもつ感覚刺激環境の複製のことだといえます。“究極のVR”世界を構築するためには、自然の深い理解が必要ですが、“究極のVR”世界そのものは、人の知覚の総体を超えるものではないと考えられます。我々が自然を科学的に知るという行為に、知覚(perception)→認識(recognition)→理解(understanding)という段階があると考えれば、VRはすべての段階での知識を前提としながらも、perceptionの世界に目標をもっていると言えます。そして、このperceptionのレベルでは、人は本質的に騙されている(錯覚と現実の狭間を行き来している)のだと考えられます。

*1 Jerry Andrus: アメリカのマジシャン(2007年没).
<http://jerryandrus.org/>を参照。

*2 Lisa Randall(リサ・ランドール): ハーバード大学物理学教授。著書、『Warped Passages: Unraveling the Mysteries of the Universe's Hidden Dimensions』, 邦訳、『ワープする宇宙-5次元時空の謎を解く』参照。

KISIMOTO Kiyoyuki (2009): Perception and Recognition of 3D-Space: Illusion or Reality?

<受付: 2008年9月1日>