

## 【巻頭言】

## 進化論的な見方

梶本裕之

電気通信大学



バーチャルリアリティの研究において人の感覚機能を理解することはいうまでもなく重要である。では何をもって理解したというべきだろうか。

理解というのは結局主観的な現象であるから統一的な答えはないと思われるが、例えばエンジニアリングであれば、感覚機能のモデル化と再現ができれば理解できたといえそうである。またサイエンスの分野での理解にはおそらく際限がないのではないかと想像される。一方で私のように中途半端な立場で研究をしている者にとっては、どのあたりを理解の終点とすべきかという問題は時に深刻である。

我々はまれに錯覚現象を発見してしまう幸運に巡りあう。それ自体は面白い、応用先はまあ十分面白い錯覚なら自然に出てくるだろう。しかしここで、その錯覚現象の解明をどこまで掘り下げるべきか悩むのである。心理実験で特性を調べたとして、その特性だけで「わかった」気はしない。脳機能を計測したらと勧められることもあるが、うーん、計測できたとして私は「わかった」と思うのだろうか、とやる前から悩んでしまうのである。脳機能計測への不満を述べているのではない。理解の終点を想像できないことへの不安を述べているのである。

この理解の終点の一つとして、進化論的な説明ができること、を挙げるのが本稿の目的である。これはオリジナルなアイデアでは全くない。進化論とはある種の最適化論であり、工学の分野で設計の最適性を論じることは常識である。また生理学の分野でも同じマインドは共有されている。例えば著名な神経科学の教科書の序論では

次のように述べられている。

『自然淘汰の原則は生理心理学の研究を行うすべての研究者の考えに何らかの影響を及ぼしている。(中略)つまり、さまざまな種の動物の神経系を比較して、進化的発達に一致する、脳の構造と行動能力の進化に関する仮説をたてようとしている。このように、多くの研究者は進化の問題に直接かかわっていないが、自然淘汰の原則は生理心理学の考えにある方向性を与えている。』(カールソン神経科学テキスト 脳と行動第3版より)

このように進化論的な考え方は多くの研究者にとって自明のことであろうが、一方でこうした考え方をどこで習うのかと聞かれると意外にそのような機会は少ないようにも思われるので、以下にいくつか私のまわりの、触覚研究に関連する事例を紹介したい。

**温度感覚の不思議**

温度感覚は皮膚感覚の中でも不思議な感覚である。特に不思議なのは、冷覚から温覚まであわせて6種類もの異なる神経が存在していることである。神経伝達速度の異なる2種類の神経(C繊維:遅い, A $\delta$ 繊維:速い)が冷覚, 温覚それぞれに存在する。侵害性の冷覚(閾値26-27 $^{\circ}$ C)はC繊維が, 皮膚温に近い冷覚(同34 $^{\circ}$ C)はA $\delta$ 繊維が, 皮膚温に近い温覚(同36 $^{\circ}$ C)はC繊維が, 侵害性の温覚(同42 $^{\circ}$ C)はA $\delta$ 繊維が担当している。

ここまでの教科書的な事実である。しかし教科書には私の知る限り、なぜこのような神経線維の役割分担があるのかは書かれてはいない。侵害性の冷覚は侵害性の温

覚と同様に危険だとすれば、伝達速度の速い A $\delta$  繊維が担当すべきなのになぜ遅い C 繊維なのか。また通常の冷覚はなぜ温覚と異なり速い A $\delta$  繊維が担っているのか。

このような疑問に対して、進化論的な想像をしてみると次のような解釈が可能と思われる（定説ではない）。我々が日常的に触る物体はほとんどが皮膚温よりも低い温度である。そして触った瞬間の皮膚温低下は対象の材質を推定する強力な手がかりとなる。こうしたことから、通常の冷覚については速い A $\delta$  繊維を採用することが生存にとって有利であったと思われる。一方で身の危険を感じるような冷覚は、自然界で瞬時に生じることはない（我々の祖先が氷水に頻りに飛び込まなかったとすれば）。だから侵害性の冷覚は C 繊維で十分であったと思われる。ではなぜ侵害性の温覚は速い A $\delta$  繊維なのか。これは想像するしかないが、例えば直射日光を避けて歩くことが生存に重要だったのかもしれない（この原稿を猛暑の中書いている私には直感的に正しく思われる）。

こうした理解の仕方は、一見役に立つとも思えない。しかしこのような仮説を持っておけば、例えばどのような時間変化をもたせた温度感覚提示が人にとって心地よいのか、といった設計の際には役に立つかもしれない。

### 錯覚はなにを教えるか

触覚の有名な錯覚の一つに仮現運動がある。身体の離れた 2 箇所以上に振動子を並べ、適当な時間間隔で振動させると、振動子の間に運動を感じるものである。

これはひとつの錯覚現象であるが、我々が錯覚という言葉を用いるときに含めている「バグ」というニュアンスは、錯覚現象がせつかく見せている進化論的側面を曇らせてしまう可能性がある。我々の日常では「離れた二箇所が適当な時間間隔で振動する」という状況などほぼ存在しない。これを検出する能力を持つことは無駄である。だから皮膚上で生じうるあらゆる時空間的パタンのなかで、ほとんど可能性のないことは検知しないように進化したのが我々の触覚機能というわけである。もちろん進化を発達と言い換えても良い。

こう考えると仮現運動を含む様々な触覚の時空間的な錯覚現象で我々が本当に理解すべきは、自然界で多く存

在する触覚の時空間パターンとはなにか、なにを識別することが生存に有利なのか、という問いへの答えだろう。錯覚を生じる脳内部位も、知覚モデルも、この問いへの回答を得るために重要なものであるが、それ自体が理解のゴールではない。

### 何のための観察か

触覚の研究ではある整えられた環境で皮膚変形と知覚の対応を観察することがよくある。ここでは 2 つの例を挙げよう。ひとつはガラス平面に指を接触させた際の皮膚の挙動観察であり、例えば指紋の働きなどが議論される。もう一つは私の研究室で行っていた研究で、水に腕を入れ、上下運動させた際に明瞭な水面が知覚される現象を扱ったもので、主に体毛の動きが関与していることが発見された。

ただこうした知見は、進化論的な見方からすると少し具合が悪い。我々の祖先がガラス平面に触ることが出来たのはごく最近であろうし、水面知覚に関しても我々の祖先が頻りに風呂に入っていたことは（さらにそれが生存に有利に働いたことは）想像しにくいからである。

もちろんシンプルな状況を作るのは科学的観察の基本であるし、現代の我々がガラス面や水面をどう知覚しているかは有用な知見である。しかしこうした知見が、我々の感覚機構が「なぜ」そうなっているのか、にまで拡大解釈されてしまうと危険ではないかと感じている。例えばガラス平面であればスティックスリップ現象が生じるわけであるが、我々の皮膚がスティックスリップを検出する「ために」最適な構造を作ったと考えるのは、我々の体毛が風呂の水面を知覚する「ために」作られたと考えるくらい危険かもしれないということである。

以上のように進化論的な見方は、我々自身が納得するためには重要ではあるが、論文に書こうとすると難しい。そもそも進化の過程を直接検証できるわけではないためである。ある仮説を導く際に仮定として導入するか、考察の章に紛れ込ませるくらいが穏当だろう。あるいは査読のないこのような雑文に紛れ込ませるのもひとつの方法かもしれない。

【略歴】梶本 裕之 (KAJIMOTO Hiroyuki)

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 准教授

1998 年 3 月東京大学工学部計数工学科卒業、2003 年 3 月同大学大学院情報理工学研究科システム情報学専攻博士課程中退、2003 年 4 月東京大学助手、2006 年 9 月電気通信大学電気通信学部助教授、2007 年 4 月より現職。専門は触覚インタフェース、バーチャルリアリティ