

# ヒトを対象にした曖昧画像知覚の 脳研究

東京理科大学 理学部第一部 応用物理学科 助教 **浦川 智和**

## はじめに

2016年4月に、理科大の総合研究院に脳学際研究部門が新たに設置されました（部門ホームページ：<http://www.rs.tus.ac.jp/bird/>）。学内で脳研究を行っている研究室が学部・学科横断的に集結し、理科大において脳研究を推進していくことが本部門の主なミッションです。筆者は本部門にメンバーとして加わり、健全なヒトを対象とした脳研究に携わらせていただくことになりました。

本稿では、これから本部門で行う研究の基礎となる自身のこれまでの研究の一部と、現在筆者が取り組んでいる本部門の活動の一部についてご紹介いたします。

## 脳での視覚情報処理と曖昧画像知覚

日常生活において、私たちは身の回りにあるさまざまなモノや風景を目で見て生活しています。これらの目に入ってくる視覚情報は、「目で見ている」のですが、一つの感覚器官としての「目（眼球）」だけでは、見ているものが何であるのか理解することはできません。目に入る光は、眼球で電気信号に変換され、その後視床とよばれる脳の深く奥まったところにある中継場所を経て、後頭部にある視覚野と呼ばれる脳の場所（脳部位）に運ばれていきます。この視覚野でさまざまな情報処理が行われて、私たちの視知覚は形成されていくのです。

視覚野では、線分の傾きといった画像の中の部分的で単純な視覚情報から、これらの情

報から成る物体の輪郭や顔といった非常に複雑なものまで段階的に処理されていきます。これらの処理はそれぞれの処理に特化した脳部位で行われており、単純な情報処理から複雑な情報処理へと継時的にさまざまな脳部位をまたいで進んでいきます。このような脳内情報処理を経て、私たちは目の前にあるモノが何であるのか判るようになるのです。

注目すべき点として、ある物を見たときに生じる視覚的な知覚・認知は、必ずしもその見ているモノの物理的な特性のみに規定されているわけではないことを挙げることができます。初めは一見して何が描画されているのか分からない画像であっても、ある特定の視覚的な経験をへて再び同じ画像を見ると、モノが見えるようになることがあるのです。

例えば、白と黒の2値で描画された曖昧画像（2値画像、**写真1**）をご覧ください。初めてこの画像を見ると、一見して何が描かれているのか多くの人には理解できません。しかし、**写真3**を見たあと（視覚経験を経たあと）に再び元の**写真1**を見るといかがでしょうか？ 特に何かを見出そうとせずとも半ば自動的に、先ほど見た写真に写っている物体の輪郭が2値画像中に見えるようになりますか？（ただし、2値画像を見る前に非曖昧な写真を見てしまうと、視覚経験の影響は時間的に長く持続しますので、この現象は生じにくくなります。また、見え方には個人差もあります）。私たちが見て理解している眼前のモノは、同じものを見ていたとしても柔軟に変わ

り得るものなのです。

では、なぜこのように曖昧画像に対する見え方が変わってしまうのでしょうか。

脳の中で曖昧な画像情報が階層的に処理されていく過程で、経験によって得られた情報が曖昧な情報を補完していると考えられます。しかしながらこれまでの研究では、段階的に進行する脳情報処理のどの段階から実際に曖昧情報が補完され得るのか、まだ十分に解明が進んでいませんでした。そこで筆者はこのことを明らかにするために、次のような実験を行いました。

この実験では、被験者に2値画像を見てもらう前に、非曖昧な写真を見てもらいます。このとき、2値画像に対する視知覚が補完されやすい条件とそうではない条件を作り出し、それぞれの条件で同一の2値画像に対する脳活動を計測しました。これらの各条件で計測した脳活動を比較することで、視覚経験によってもたらされる視知覚補完が、曖昧画像呈示後に段階的に進んでいく視覚情報処理のどの段階から、つまりどのタイミングでどの脳部位から生じ始めているのか明確にしようとしたのです。脳活動の計測は、脳磁図（magnetoencephalography, MEG、**写真2**）と呼ばれる手法を用いました。MEGは時間分解能が優れており（ミリ秒単位）、空間的な脳活動の広がりもデータ解析を行うことで詳細に捉えることができます。

実験を行ったところ、非常に興味深い結果が得られました。視覚経験により曖昧画像に対する知覚が補完される場合はそうではない場合に比べて脳活動の低下が観察されました（**図1**）。この活動の低下は、曖昧画像呈示後0.12秒後付近の非常に早いタイミングで生じ始めており、その発生部位は線分の傾きなどの基本的な視覚情報処理に関与する脳部位（低次視覚野）ではなく、さらに高度な情報処理を行う物体の輪郭処理に関与する脳部位（外側後頭複合体と呼ばれる高次視覚野）を中

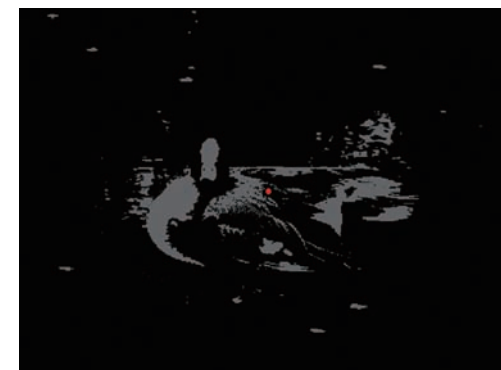


写真1 曖昧な画像  
一見して何が描画されているのか分からない。



写真2 MEG計測の様子

心に生じていたのです。

これまでの理論的な研究では、曖昧な視知覚が経験によって得られた情報によって補完される場合はそうでない場合に比べて、画像知覚を生み出そうとする際の冗長な視覚情報処理が減っていくことにより、曖昧画像に対する脳活動が低下することが予想されています。

これらの実験結果から、実際の脳の中で行われる経験に基づいた曖昧視覚情報の補完は、画像の部分的かつ基本的な視覚情報を処理する低次視覚野から始まっているのではなく、より空間的に広がった「モノの輪郭」を捉える高次視覚野から主に始まっていると考えられます。日常生活において「木を見て森

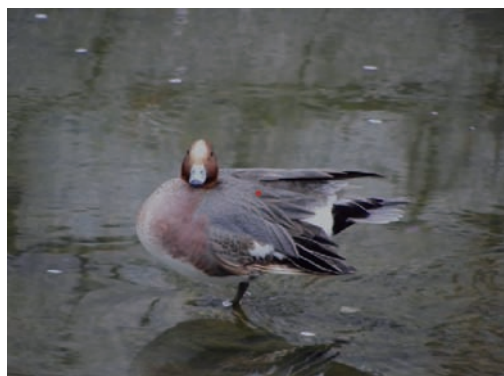


写真3 写真1に対応した非曖昧な写真  
これを見た後に写真1を見ると、描かれている輪郭が見えるようになる。

を見ず」といった言葉を耳にします。この言葉は、部分的な事柄に目が届くだけでは、それに関連する全貌が捉えられていないことを指していますが、脳の視覚情報処理に対してこの言葉は不要のようです。

曖昧な画像に対して行われる実際の脳内視覚情報処理では、その画像を見ている本人が意図せずとも画像が出現して0.12秒といった非常に短い時間の間に“木”ではなくまず“森”を見ている（つまり画像の中にある空間的に広がった骨格を捉えている）ことが考えられるからです。実に、脳の中での情報処理は良くできたものですね。これまでの研究では、経験により曖昧画像に対する視覚が生じる（知覚が安定化していく）脳のプロセスに着目していましたが、現在は逆に知覚を不安定化させる脳内機序に着目しています。複数の知覚を生じさせ得る画像に対して、可能性のある1つの知覚しか生じないとすれば（専門的には、perceptual deadlockと呼ばれます）、私たちが外界に適応していく上で問題が生じます。脳で行われる視覚情報処理では、このような問題を避けるために曖昧画像に対する知覚を探索的にする（知覚を一つに定めないようにして、他の知覚の可能性へと道を開く）ことが行われていると考えられています。

しかしながら、この曖昧視覚知覚の不安定化

に關与する脳情報処理の実態についてはまだ解明が進んでいません。このことを明らかにするために、筆者らはこれまでの曖昧視覚研究では光が当たってこなかった視覚変化検出処理と呼ばれる自動的な脳内処理に注目しています。視覚変化処理とは、画像中に何か変化（例えば点滅する赤色が青色に変わるなど）が生じたときに主に高次視覚野を中心とした視覚野の広い脳領域で生じるもので（刺激変化後0.15秒付近で生じる）、これまでは文字通り、視覚情報の“変化の検出”と理解されてきました。筆者らは現在、刺激の変化が曖昧画像と共に呈示される（刺激変化により脳内視覚情報処理に対して外的摂動を与える）と、視覚変化検出処理が駆動されて曖昧画像知覚を探索的にしているのではないかと仮説を立てています。

実際に実験を行ったところ、視覚変化検出処理を反映する脳活動が大きくなるほど、その後生じる曖昧視覚知覚が一つに定まりにくくなることを明らかにしました。現在筆者が所属する研究室（理学部第一部応用物理学科、荒木研究室）には脳波計が設置されており（写真4）、大学院生・卒研生と共に試行錯誤しながら“曖昧画像知覚を生み出す脳内機序の解明”を目指して、日々研究に励んでいます。

### 脳学際研究部門と研究・教育

この部門には、学内のさまざまな脳科学関連領域の先生方が所属されています。分子、遺伝子、細胞、そして個体レベルに至るまでさまざまな階層で研究されているメンバーに加えて、生命科学以外の情報系、機械系の専門の先生方も多く参画されています。脳研究は非常に高い学際性を持ちますので、このように従来別々の領域で活躍されていた先生方とともに議論する機会をいただけるのは、今後新たな研究を進展させていくうえで大変ありがたいことです。

また、本部門では定期的に学部生や大学院生も参加できる（参加が推奨されている）セミナーが学外から講師を招いて開催されています（開催は、野田キャンパスまたは葛飾キャンパスで行われることが多いです。筆者は、葛飾キャンパスで開催する際の世話役をさせていただいております）。講師の先生方の専門領域は、文系理系の枠を超えて、分子からヒトの行動にいたるさまざまな脳科学関連分野に渡っています。これまでに本部門が主催した主なセミナーは以下の通りです。

- ・2016年12月16日（於 葛飾キャンパス講義棟）  
演題：脳の可塑性とその応用  
講師：自然科学研究機構 生理学研究所 統合生理研究部門 岡本 秀彦 先生
- ・2017年3月13日（於 野田キャンパス機械工学科会議室）  
演題：ERPと集団意思決定時の結果の評価  
講師：関西学院大学 文学部 総合心理科学科 片山 順一 先生
- ・2017年3月24日（於 野田キャンパス機械工学科会議室）  
演題：脳活動データ解析による病態理解に向けた精神疾患判別と脳活動を用いたリハビリテーションロボットの制御  
講師：ATR脳情報研究所 ブレインロボットインターフェース研究室 森本 淳 先生
- ・2017年4月26日（於 野田キャンパス計算科学研究センター会議室）  
演題：アルツハイマー病研究のこれから  
講師：理化学研究所 脳科学総合研究センター 神経蛋白制御研究チーム 齊藤 貴志 先生

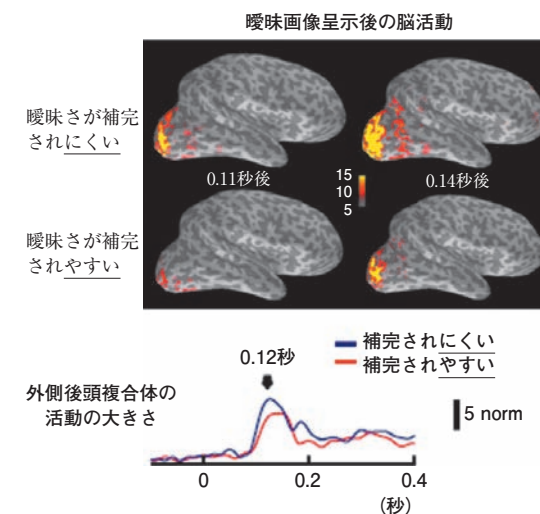


図1 実験結果



写真4 実験室と脳波計測の様子

その他、不定期のセミナーも開催されています。これらセミナーは、学生にとってもさまざまな研究領域における最新の研究成果・動向を俯瞰的に捉えることができる良い機会になっています。

学生が研究を行うにあたって、各学部・大学院の各専攻で行われている脳関連の高度な縦方向の授業のみならず、異なる研究分野間の横方向の繋がりについても視野を広げていくことが、高い学際性を持つ脳科学研究を展開していく上で重要です。本部門はこのようなセミナーの開催を通して、研究面のみならず教育面においても良い効果を生み出していると思います。脳学際研究部門の活動は、本学における脳科学の研究・教育を学部・学科の枠を超えて今後も大きく推進させていく礎になることが期待されています。