



## 認知における階層性の仮構と混同

中村, 友昭

---

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2015-03-25

(Date of Publication)

2016-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6329号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006329>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博士論文

認知における階層性の仮構と混同

神戸大学大学院理学研究科 地球惑星科学専攻

中村友昭

# 目次

1 序論	4
2 顔認識における複数性と自他境界	9
2.1 実験背景	9
2.2 実験装置と実験手順	10
2.3 結果と考察	13
3 運動予期における視聴覚間相互作用	17
3.1 実験背景	17
3.2 実験装置と実験手順	18
3.3 解析手法と実験結果	21
3.4 議論と考察	23
4 色知覚における聴覚刺激の影響	25
4.1 実験背景	25
4.2 実験装置と実験手順	25
4.3 解析手法と実験結果	29
4.4 議論と考察	33

5 連続再認タスクにおける記憶色の時間特性 . . . . .	3 5
5.1 実験背景 . . . . .	3 5
5.2 実験装置と実験手順 . . . . .	3 5
5.3 解析手法と実験結果 . . . . .	3 7
5.4 議論と考察 . . . . .	4 0
6 全体の考察 . . . . .	4 1
引用文献 . . . . .	4 4

# 1 序論

知覚、感覚の歴史は古く、古代ギリシャ時代のプラトン、アリストテレスの認識論まで遡る。プラトンもアリストテレスも認識について語るにあたり、知覚/感覚について述べていたとされる。プラトンは、知覚と感覚は区別され、知覚には判断が含まれ、感覚に還元されないとした。他方アリストテレスは、知覚と感覚をほとんど区別せず、どちらも同じように受動的な働きをするとし、思考や記憶などの働きと区別していたとされている(村田 1998)。

その後、中世ではトマス・アクィナスに代表される存在論が隆盛となり、さらに近代に入ると、デカルト、ライプニッツらの合理主義、ロック、バークレーらの経験主義などへ続いていく。これら、合理主義と経験主義の対立、さらには続くカントにおける経験的実在論、超越的観念論への展開は非常に複雑な過程を辿っていく。また、合理主義、経験主義内部で起こる各々の流れも様々に展開され、非常に多岐に渡っている。これらの歴史の流れは扱うべき範囲を遥かに超えているが、非常に大まかには、認識が、対象とは独立の認識主体の理性などを起源とするのか、または知覚によって対象を経験することにより初めて成し遂げられるのかといった対立であったと考えられる。

約300年前にロックの信奉者であったモリヌークスは以下のような問題を提起した。それは、生まれつき目の見えない盲人が触覚を用い、正確に立方体と球体の区別を認識していたとする。この盲人が視覚を取り戻したとして、生まれて初めて視覚を通して立方体と球体を眺め、触れることなしにそれらの区別をすることが可能か、というものである(ロック 1972)。

当時、この問題に対し経験主義者と合理主義者の間で多くの論争があった。しかしながら、ごく近年、角膜移植手術により視覚を取り戻した患者の報告によって、大部分が理解された。これらは鳥居 修晃氏の先天盲開眼者の臨床、事例研究によるものである。鳥居らによると、先天盲(生まれつき視覚喪失者)開眼者は手術後すぐに視覚的に認識することがほぼできず、その後訓練によって、見る機能が健常者と同程度まで回復することはなかったという。これは先天盲の場合であり、後天的に視覚能力を失った患者は、健常者にほとんど同程度まで回復することができたという(鳥居 2000)。

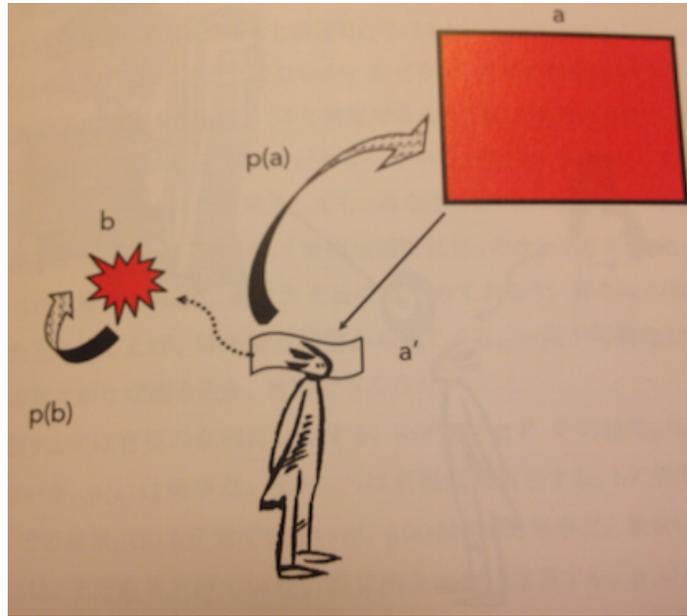


図1 知覚と感覚のモデル(Humphrey 2006より引用)

これは一体どういうことを示唆しているのだろうか。神経科学者のハンフリーはヘレンという猿の研究を通して、視覚認識には当初考えられていたより複雑な様相があることを突き止めた。

ヘレンは、目そのものの機能は正常であるが、視覚野を外科手術により切除されていた。ヘレンは当初、ものを見ることを断念しているかのように見えたが、しばらくすると、障害物を避けたり、床に落ちた小さな果実を拾い上げ食べることができるようになった。しかしその後、六ヶ月経った後も物体の同定自体はできるようにならなかった。形や色といったものを認識できなかつたのである。(Humphrey 1992)

これらは今日、盲視と呼ばれるようになる現象の初めての報告例であった。彼女はある種見ることによって得られる視覚情報を資源として用いて、行動をすることができるようになっているが、明らかに私たちが持っている視覚的意識と異なっていた。

ハンフリーはこれらの実験的研究の経験やその後次々に発見される、視覚認識の神経病理学の知見を踏まえ、「赤を見る」といった素朴な現象を例に取り、知覚と感覚におけるモデルを提出した。(Humphrey 2006)。

知覚、感覚といった用語は使用者、分野によって意味合いが異なることが多い。今日の心理学まで伝わっている知覚、感覚といった用語は、一般的に後で述べる、ハンフリーの定義とは逆のように解釈される。一般的に感覚は末梢神経や反射といった行動につながる、ごく低次の神経系、脳機能であると解釈され、知覚は感覚入力に対して、記憶や思考を働かせる、高次の働きであると考えられている。

しかしながら、彼のモデルによると、知覚と感覚は独立のプロセスであり、知覚システムは感覚からの影響を受けることなく働くことが可能であるとする。大まかにいうと以下のように考える(図1)。外界の対象a(赤のスクリーン)が主体Sに刺激を感覚器官 a'に送る。主体Sは能動的反応として、それとは別のbという感覚を生む。さらにSはbに対しての情報を読み取りp(b)という評価を行う。またその経路とは独立の刺激aに対するp(a)という経路をSは持つ(ibid)。

このモデルより、盲視や変視症、視覚的失認症が説明される。盲視は知覚の経路は正常であるが、感覚を丸ごと失ってしまっていると考えられる。また変視症は感覚の変容であり、これも依然、知覚経路は保たれたままであるので、 $a' \rightarrow p(a)$ の反応を行うことができる。一方で視覚失認は、感覚は正常であるが、知覚経路のうちp(a)がうまく働かない。患者は感覚が正常であるため、できていると「感じて」いるが、第三者から見ると、全くできていないという現象が起こるとされる。

また、ハンフリーの感覚、知覚とは異なる表現であるが、ミルナーやグッデイルらの説に形式的に類似の区別がみられる。彼らは視覚の解剖学的な二つの脳内経路、何(what)を担うとされる腹側経路、どのように(how)を担う背側経路を証拠に、二重視覚システム仮説を提唱した(Milner and Goodale 1992)。彼らによると、腹側経路は対象認識や形状認識などが関わっており、背側経路は運動制御や空間認識に関係すると述べている。見る機能が解剖学的にも二様に存在するため、どちらかの経路が損傷することで、ハンフリーの例で述べたような様々な病理的現象が説明できるとする。

しかしながら、解剖学、神経科学などでも述べられているが、腹側、背側の神経接続は思った以上に複雑であり、細かなパス(経路)がさまざまな領野に投射されており、提唱される仮説のようにはうまくいかない場合が多い。またハンフリー自身も視覚野を丸ごと切除するなどの外科的処理を行わない限り、盲視の現象はまれであると述べている。

物理的な切除処置や病理的な要因から、発見される認知の働きはその神秘的な現象とは裏腹に機械的なものになる。しかしながら、これは遺伝子の機能を探るために用いられるノックアウトマウスに似ている。全体から切り離された個の性質、機能は理解できるが、個が全体に戻され調和したときにもたらされる働き、現象を余すことなく知ることには必ずしもならない。

我々は、ハンフリーによって提出された、感覚/知覚のモデルを、対象や環境から感覚器が刺激を受け取る受動性と「主体」からの運動を介した環境への能動的行為の関わり、さらには一旦構想された階層や区別(ここで述べられている知覚と感覚)の混同、そこから浮かび上がる主体の捉え方を考慮し、これを以下のように改変した。

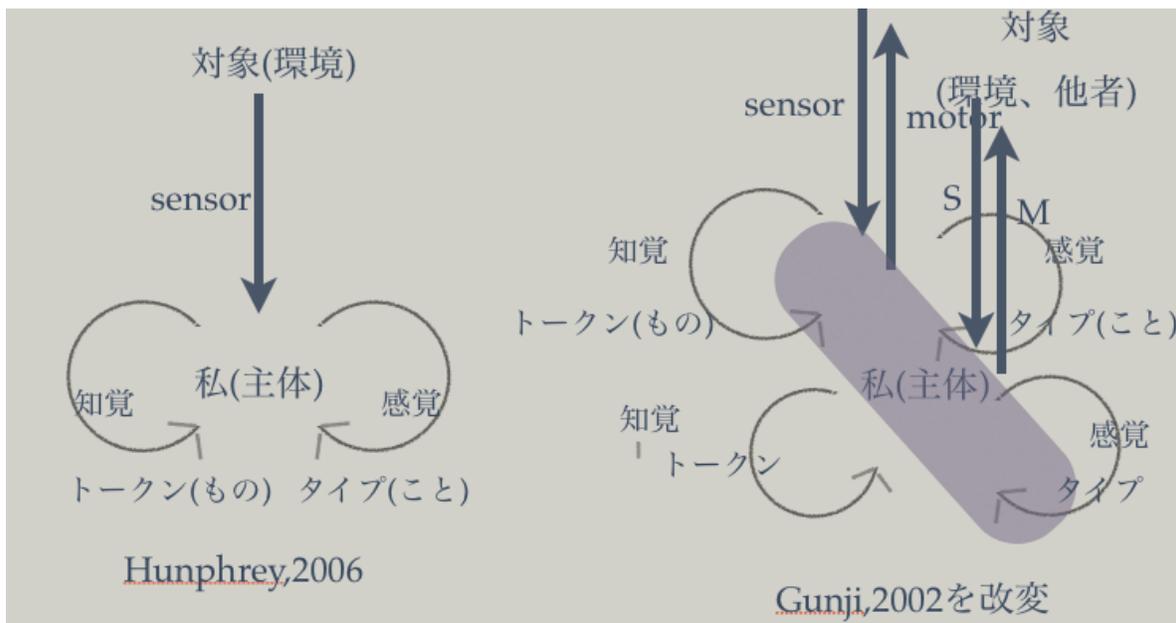


図2 対象と知覚/感覚、主体のモデル

知覚、感覚はハンフリーの定義に従っている。しかしながら、感覚と知覚は主体にとって区別されていないといった性質をつねに潜在的に持つ。つまり、健常者においては、それぞれが独立に働きながらもp(a)の働きを垣間見るp(b)、またはp(a)とp(b)を同一化してしまうような働きが想定される。ハンフリーのモデルにおいては主体が行為/運動により能動的に対象に対して働きかけることはなく、また主体は固定されており静的であると解釈されうる(しかしながら、ハンフリーはこのモデルとは別に経験について語っており、経験から主体が導かれるとし、主体形成の受動性などを意識していた)。

主体は、外界の対象(環境、事物、他者...)からの刺激を受け取り、運動や行為によって対象に能動的に働きかける。それらの絶え間ない更新の中でシステムはsensorとmotorの「ずれ」を調節(調停)し続ける。しかしながら、「ずれ」は環境だけに起因するものでなく、知覚/感覚それぞれを未分化なものへ解体し、ずれを生み出そうとする力が主体そのものの中で蠢いている(図2 右図)。

不断に調整し、動いてきた痕跡、その都度創りだされ(るであろう)た輪郭を「私」として感じる。我々は何かに没頭している時、自分を忘れていると時に述べられるが、主体はその都度、その都度、意識の主人は私であることを作りださなくてはならない。

このモデルの枠組み、成り立ち、それぞれの考察すべき事象は検証が不十分であり、常に実験の結果によって修正され、様々な知見によって改変されなくてはならない。

以下続く第2章から5章では実験により、健常者における心理物理実験を通して自己の様相、知覚や感覚、記憶の様相を限られた題材からであるが、検証し考察していく。また6章は全体の簡単なサマリーである。

## 2 顔認識における複数性と自他境界

### 2.1. 実験背景

社会性とは、個人と他者との関わりであり、他者認識、想起は顔に依るところが大きい。実際、顔は日々ごく当たり前に目にするものであり、顔が存在しない世界を想像することは難しい。顔認識には主に、全体的処理(holistic processing)と部分的処理(feature processing)が関わっているとされている。全体的処理は、顔それぞれのパーツ、それらの配置に関する情報や顔の輪郭に関するものであり、さらに全体処理自体は、一次処理(first-order processing)と二次処理(second-order processing)に分けられる。部分的処理は目や鼻、口といった顔の部分のみに特化した認識である。後天性相貌失認といわれる脳疾患では、特に顔の全体処理機能が失われ、顔の認識(同定)ができなくなるといわれている(Ramon *et al.*, 2010)。

近年、顔認識の脳機能を対象にした研究が盛んに行われている。その一つに顔が他の物体(object)、例えば家や車などと異なる働きをするか否か、評価したものがある。Kanwisherらは、顔は他の物体とは異なる脳部位で処理されるといったモデルを提案している。それは、紡錘状回領域(fusiform face area: FFA)と呼ばれる部位で、顔に対し特異的に反応することが、fMRI(functional MRI)解析から明らかにされている(Kanwisher *et al.*, 1997)。また顔認識の特異性は、顔の一部(口、目など)を上下入れ替えても、顔自体を倒立させると顔全体の情報が保存され、入れ替わっていることに気付かないという倒立顔の研究などによっても示されている。

一方で、それらの特異的な反応は顔に限らないものであり、何度もその対象の刺激に晒されたことにより鍛えられ獲得された、より一般性の高い機能であるという主張かも、ある(エキスパート仮説)(Gauthier *et al.*, 1999)。顔特異的な脳内部位存在に対する論争は、未だはっきりと決着は着いていないが、FFAが顔に対し特異的に働くとする、前者の主張が勢になっている。

また近年、顔の親近性(familiarity)に注目した研究も行われている。顔という対象は全体/部分の認識といった関係の他、そのオブジェクトにおける親近性が特に重要な意味を持つ。顔には、自分の顔、親しい知人の顔、見知らぬ他者の顔といった三つの様態があり、既に知っている他者(既知顔)と見知らぬ他者の顔(未知相貌)との関連性について言及した研究が多く知られている。既知顔は、脳内の顔を、認識する領域における表象と照合

することで行われる(Bruce *et al.*, 1986)。未知相貌と 既知顔に対する検出能力の実験では、顔ユニットの情報を資源として用いることができる分、既知顔の検出が、未知顔に対して速くなるといわれている。

さらに未知相貌、既知顔に加えて自己顔に対する検証も行われており、自己顔に特異的な脳内領域を特定する研究も進んでいる(Kicher *et al.*, 2001; Devue *et al.*, 2007; Sugiura *et al.*, 2008, 2012)。しかしながら未だ多くの論争があり、自己顔特異的な領域の特定には至っていない。さらには注意の文脈で自己顔が研究されており、自己顔の検出は他の顔に比べ速くなるといったものではなく、注視時間が単に長くなるといった結果が報告がされている(Devue *et al.*, 2009)。

本研究では自分の顔(自己顔)、親しい知人の顔(既知顔)、見知らぬ他者の顔(未知相貌)といった三つの様態を、ターゲット刺激に対する視覚探査といった方式でなく、顔の重複を検出する実験パラダイムにより評価した。これは、ターゲット刺激による視覚探査の場合、記憶によるトップダウンの影響が色濃く出てきてしまうため、これを回避する方法として考案されたものである。

## 2.2 実験装置と実験手順

### 2.2.1 被験者

被験者の総数は10名(全て男性)であった。被験者はいずれも視覚に問題がなく、実験目的を知らないナイーブな被験者であった。被験者にとっての既知顔は、お互い知り合ってから2年以上を下限とした。お互いの関係性は友人、同僚、上司などであった。

### 2.2.2 視覚刺激

全部で20人(全員男性)が顔の視覚刺激として用いられた。それぞれの顔画像はデジタルカメラを用いて撮影され、Photoshopで楕円形に加工し、白黒画像へ変換した。さらに重複に対する検出の実験であるため、画像の輝度(分布)の影響を考慮に入れる必要がある。そのため各画像はSHINE toolbox (Wilenbockel *et al.*, 2010)により輝度分布が一様になるよう加工、調整した。

### 2.2.3 実験手続き

参加者は暗室でそれぞれ個別に実験された。視覚刺激が呈示されるディスプレイから眼球までの距離は顎のせ台により固定されており、その距離は75cmであった。実験に

用いたディスプレイの解像度は1280×960で垂直走査周波数は90Hzであった。実験制御はMATLAB上で拡張ツール Psychtoolbox を用いて行われた (Brainard, Pelli, 1997; Kleiner *et al.*, 2007)。実験の手続きは以下のとおりである (fig. 1 参照)。まず始めに、6名の顔が2秒間提示される。その後1秒間固定点が提示され、その後同じ位置に6名の顔が現れる。2回目の提示は4秒間続けられ、その間被験者の反応が得られれば直ちに次の試行へと移る。1回目の提示は各顔刺激の位置情報を一旦実験参加者に見せるため、テスト刺激での位置情報の手がかりとなるようにした。これは、平面座標上(ディスプレイ上)の各顔刺激の分布が探索時間に影響を与える効果を最小限にするためである。

テスト刺激は1回目に提示された特定の人物が重複しており、その人物以外は変わらない。つまり初めに提示された6名の顔のうち数名の顔が2回目に提示された時には入れ替わっていることになる。重複数は2~4で、被験者にはこの重複数を2~4の反応キーで回答してもらった (fig. 2 参照)。

実験2.1は未知相貌(5名)+自己顔の環境で行われた。試行回数は120回で、初めにトレーニング課題として30回の練習が行われた。

実験 2.2 は既知顔(5名)+自己顔の環境で行われ、試行回数は実験1に同じであった。実験 2.3 は未知相貌(3名)+既知顔 (2名)+自己顔で行われ、試行回数は実験2.1、2.2に同じであった。実験2.1、2.2の順番は被験者間で入れ替えられカウンターバランスがとられた。

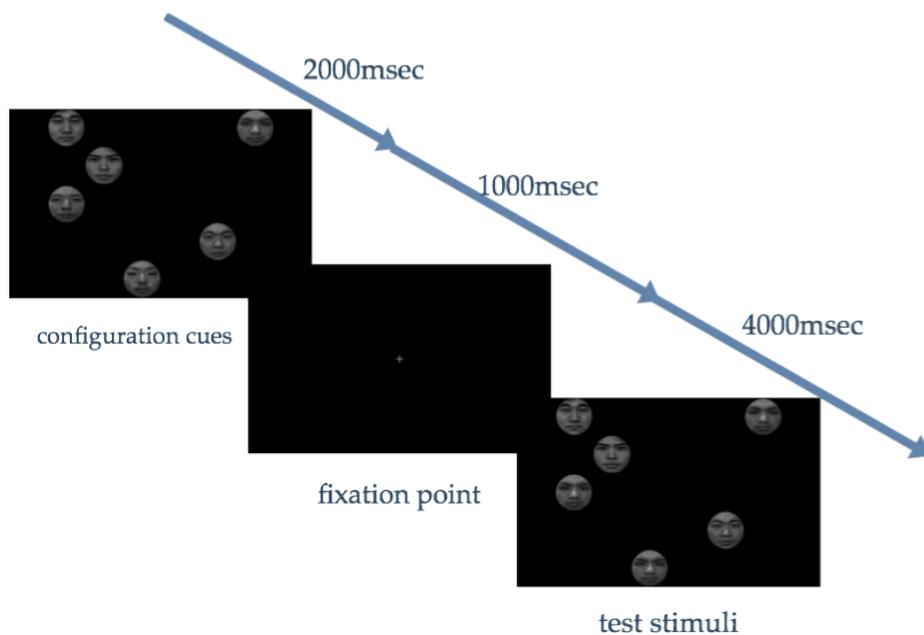


図1. Presentation procedure in Experiment 1

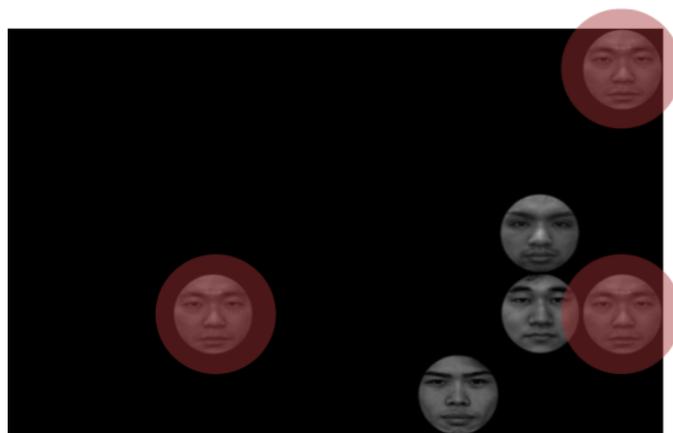


図2. Example of face stimuli. In this case the answer is 「3」 as indicated in red circles.

#### 2.2.4 解析

各実験における重複に対する回答反応速度を自己顔 vs.既知顔 (実験 2.1)、自己顔 vs.未知相貌 (実験 2.2)、自己顔 vs.既知顔 vs.未知相貌 (実験2.3)で分析した。また実験 2.1、2.2 から得られた結果から、周囲の環境が異なるそれぞれの自己顔同士の 反応速度の差についても分析した。

正答率については、被験者により多少のばらつきはあるものの、テスト刺激の提示時間が4秒であったため、全体で約95%以上の正答率になっていた。そのため、誤回答は解析データから単純に除かれた。

また、顔刺激の平面上の分布が反応速度に強い影響を与えていないかを調べた。各顔刺激の平均的位置を計算しその差分の2乗を偏差とした。反応速度との相関係数は約0.13で相関の程度はほとんどないことが分かった。

## 2.3 結果と考察

### 2.3.1 結果

実験2.1において、重複に対する平均反応速度の差をWelchのt検定により調べた結果、自己顔vs.未知相貌で、自己顔が未知相貌より重複の検出が速く、有意差がみられた( $p < 0.001$ )。

実験2.3では、分析要素が複数(自己顔、未知顔、既知顔)であるため、まずANOVAによって一要因(顔のタイプ)分析を行った。その結果、顔のタイプによる有意差が確認された( $P < 0.001$ ) (fig.4)。また実験2.3における自己顔と既知顔の平均反応速度の差を調べると、こちらは有意差が確認されなかった( $p = 0.36$ )。さらに実験2.1環境下(未知相貌環境下)での自己顔と、実験2環境下(既知顔環境下)での自己顔との比較において、平均反応速度に有意差が確認された( $P < 0.05$ ) (fig.5)。

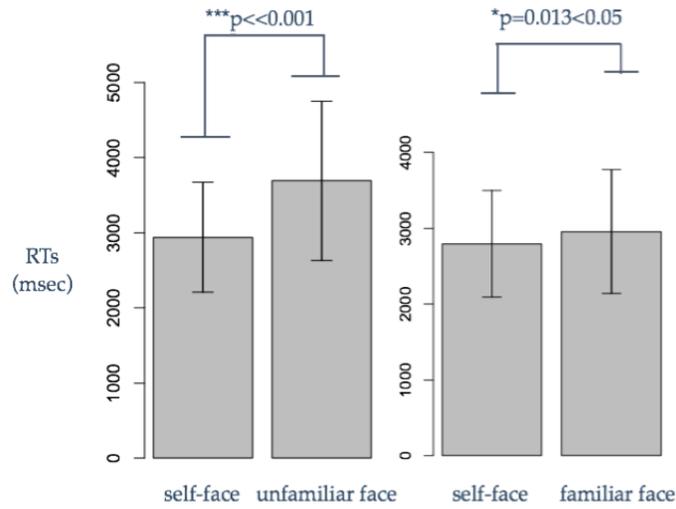


図3. Mean RTs in detection of overlaps. Self-face vs. unfamiliar face (left) Self-face vs. familiar face (right)

実験2.2では自己顔vs.既知顔で実験1と同じように平均反応速度の差を検定した。結果こちらも同じく自己顔が既知顔に対し検出が速く、有意差が確認された(p=0.013<0.5) (fig.3)

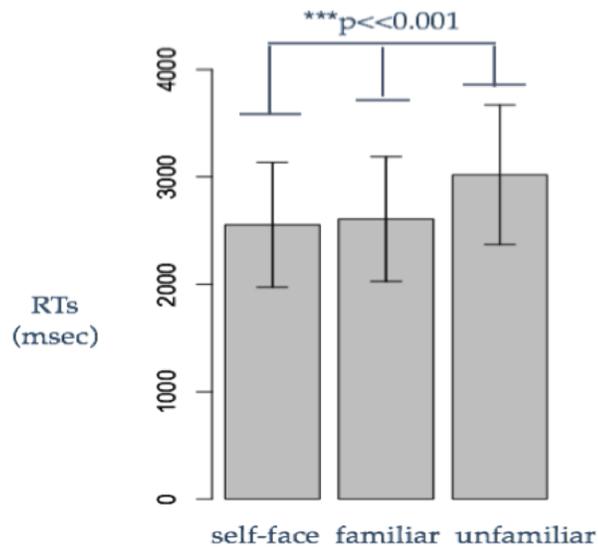


図4. Mean RTs in detection of overlaps. Self-face vs. unfamiliar face vs. familiar face

### 2.3.2 考察

実験 2.1より、自己顔の重複検出は未知相貌に対し速くなることが分かった。この結果はこれまでの未知相貌、既知顔(自己顔ではない)の視覚探査課題の反応速度に対する違いと類似した結果である。また実験 2.2の結果より既知顔に対して自己顔の検出速度が速いことが示された。自己顔と既知顔の違いについては様々な文脈で研究されているが、自己顔と既知顔の差については未だはっきりとしない面が多い。そればかりか既知顔(親しい友人)と自己顔で活性化する脳部位が類似しており、脳の反応として区別がつかないといった報告もある(Sugihara *et al.*, 2012)。

今回実施した実験は、顔の重複数に注目して実施された。つまり目的となる刺激が予め示される実験(goal-directed:目的指向型)でのトップダウン効果(記憶表象による)よりむしろボトムアップ検出の影響が表出されると予想される。

しかしながら結果から考えると、予め形成されている顔の記憶が検出力に大きな影響を与えていると推測される。そのため、顔のより速い類似性検出(全く同じ対象の検出)には特徴検出や顔の全体処理を促進する親近性の影響があることが示唆される。また実験 2.3の結果から(fig.4)、これまで行った実験 2.1、実験 2.2の結果からも推察されるように、未知相貌が自己顔、既知顔に対し反応速度が遅く、認識までの時間を多く要することが判明した。

興味深いのは、実験3において、実験 2.2で確認された、自己顔と既知顔における反応速度の差が消えていたことだ。実験 2.2と実験 2.3の実験環境の違いは未知相貌が含まれるかどうかであった。実験 2.2において、自己顔と既知顔は区別されるという結果が得られていたが、これに対し、実験3の結果は、そこに未知相貌が含まれると自己顔と既知顔が区別されなくなることを示唆するものである。今回行った実験系が、顔の親近性を色濃く反映するものであると仮定すると、自己と親しい友人(知人)はそれ以外の見知らぬ他者が含まれない場合は、親近性の異なる対象としてある程度認識されると考えられる。また、一方で自己と親しい友人(知人)の他に見知らぬ他者が含まれる集団内では自己と親しい友人(知人)における親近性の境界はなくなる、と考えられる。

またfig.5に示すように、未知相貌環境下の自己顔と既知顔環境下の自己顔で平均反応速度に違いが認められた。これは同じ自己顔であっても、周囲の環境が異なると、類似性の検出に違いが出るためと考えられる。直観的には、周囲に見知らぬ他者が多くいる環境下では、自己顔が、周囲に対し視覚的にポップアウトされると推測される。しかし

ながら得られた結果は逆であり、親しい友人(知人)が周囲に多く存在する状況では、見知らぬ他者が多く存在する状況より、複数の自己顔に対する検出力は高まっていた。つまり、見知らぬ他者が多く存在する集団内では親近性の低さが自己顔に移行することが推測され、親しい他者環境下ではその逆の現象が起こっていることが、示唆された。

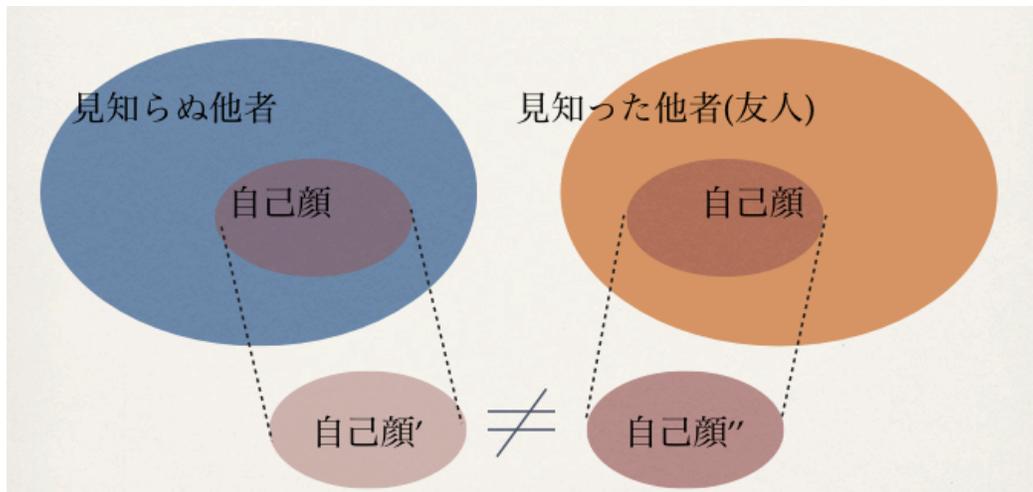


図5. 実験2.1と実験2.2の比較から考えられる自己顔のモデル

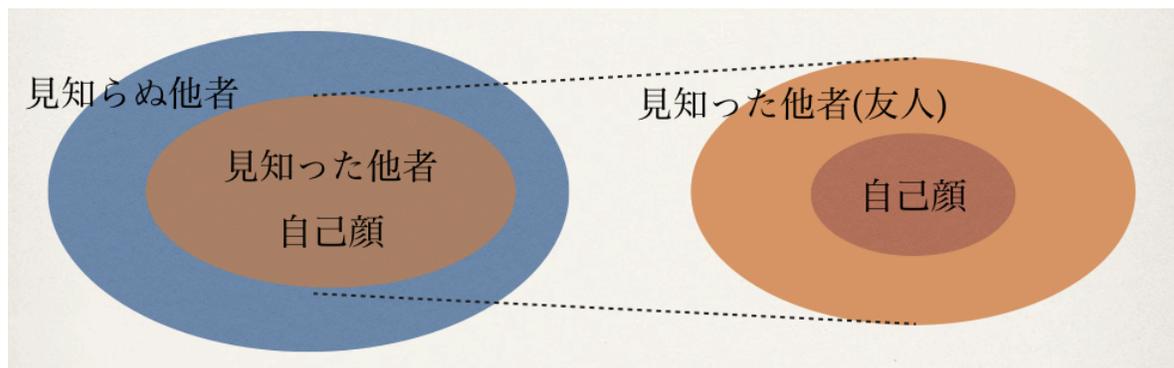


図6. 実験2.2と実験2.3の比較から考えられる自己顔のモデル

## 3 運動予期における視聴覚間相互作用

### 3.1 実験背景

日々の生活において、私たちは環境から様々な種の刺激を受け、それらの対象を知覚的に処理し、意識的にもしくは無意識的に様々な感覚をもつ。スピーカーからの音楽、コップを置く音、薄暗い照明、コーヒーの香り、木製の椅子に触れている皮膚感覚。私たちは、ほとんどの事象に対し、思考を介すことなく即座に処理することが可能である。言い換えると、私たちは何故そうしているかを知らずに多くの事象を処理している。様々な感覚刺激に対する入力器官は基本的に分断しており、処理系統も分かれているが、それらを感じ覚する「私」はそれらを一つの「こと」として経験する。

視覚システムに限っていえば、近年の神経科学の発展により一つの対象は、それぞれの要素、つまり対象の色、形、傾き、運動などに別れ、異なる脳部位で処理されていることが分かっている。Anne Treismanらは特徴統合理論を提唱し、各要素が一旦各々の特徴マップとして表象された後に、それらを統合する顕著性マップがあると考えた。特徴統合理論は注意についてのモデルであり、注意は顕著性マップに対して向けられるとした (Treisman, A.M and Gelade., 1980)。

しかしながら、複数の感覚に渡る事象を統合する働きについては近年、研究対象として比較的活発になってきていはいはいるものの、確認される現象自体が多岐に渡り、未だ明らかにされていない部分が多い。これらの問題に取り組んでいるテーマ (分野) は異種感覚統合(クロスモダリティ)もしくは多感覚間相互作用と言われている。異種感覚統合を対象にした研究の中で典型的なものに、視聴覚間相互作用がある。視聴覚間相互作用でみられる現象は、大部分のケースで、視覚の働きによって聴覚が何らかの影響を受けるものである。Mcgurk効果 (Mcgurk., et al 1976)がその代表例であり、視覚情報 (発声時の口の形状)が聴覚情報 (音韻、gaがdaに聞こえる)に対し、顕著に影響を与える一つの例である。その他には腹話術師効果(Howard., et al., 1966)などが代表的あり、視覚優位の現象で確認されている例はかなり多い。一般的に、他のモダリティと比較して視覚はかなり頑健な感覚であるといわれ、クロスモデルに関する錯覚のほとんどは、視覚により他のモダリティの感覚が変わるものである。

これに対し、近年、聴覚刺激が視覚情報に影響を与える例が確認されてきている。例えばShamらによって発見されたダブルフラッシュ錯覚(double flash illusion)では、短時間に2回の連続した音(聴覚刺激)を与えるタイミングと同期して視覚刺激(円など単純なオブジェクト)を1回だけ提示すると、観察者は視覚刺激が2回提示されたように錯覚する(Sham., et al., 2000)。また渡辺らによるbounce-inducing effect (Watanabe., et al 2001)では、運動する2つのオブジェクト(一方は右上から左下、もう一方は左上から右下)が交差する瞬間に衝突音を同期させると、被験者は2つのオブジェクトが跳ね返ったように感じ、衝突音がない場合はお互い通り抜けたように感じる。さらに最近では、聴覚刺激が静的なオブジェクトの運動知覚を誘導すると報告されている(Hidaka., et al 2009; Teramoto., et al 2010)。左右から発せられる音源の切り替えが静的なオブジェクトの近くに影響を与える事を示し、錯覚の強さは網膜偏心度が大きくなるにつれて増大することを確認した。

聴覚刺激(とそれを担う聴覚システム)が視覚に対し優位に働く事例は、ほとんどの場合、視覚情報に対する知覚が厳しい解像度であるか、二重に解釈可能な状況になっているかである。しかしながら、それぞれの事例の個別の解釈に留まることが多く、一般的にどのような条件(もしくは環境)がそのような錯覚に寄与しているかは、未だ完全には理解されていない。

我々は、知覚的な視覚情報の連続性が失われた時に、聴覚系がそれを埋め合わせ形で意識的な対象として現れ、視覚を積極的に改変するという仮説を立てた。この仮説を検証するために、視覚的情報が失われた時に聴覚情報(音の高低)が失われた視覚情報の予期にどのような影響を与えるかを評価した。

## 3.2 実験装置と実験手順

### 3.2.1 被験者

被験者は全部で6名。その内1人かは共著者であった(Y.P.G)。全ての参加者は正常もしくはほとんど正常の視覚、聴覚能力を持っていた。共著者を除く全ての人は実験の目的を知らなかった。

### 3.2.2 刺激

視覚刺激はCRTモニター(Mitsubishi RD21G)上で呈示された。実験に用いたCRTモニターの解像度は1440×1080で垂直走査周波数は90Hzであった。聴覚刺激はヘッドホ

ン (AKG K272HD) を経由して提示された。また聴覚刺激はオーディオインターフェイス (Rolland QUAD-CAPTURE) を用いてデジタル信号からアナログ信号へ変換された。

### 3.2.3 実験設定

実験はPC (Macbook pro 2009 mid) とMATLAB (The Mathworks, Inc.)を用いて制御された。さらに複雑な時間同期や視聴覚呈示は psychophysics toolbox (Brainard DH 1997 ; Pelli DG 1997)を用いた。実験は暗室で行われた。被験者は椅子に座り、頭の動きは顎のせ台によって固定された。目からCRTモニターまでの距離は62.5cmであった。MATLABの関数を用いて視覚刺激と聴覚刺激の同期状況をチェックした。同期は約20msec以内であり概ね実験可能な範囲で同期していた。

### 3.2.4 実験手順

被験者は視覚固定点に目を向けるよう教示されていた。500msecの持続時間の後に視覚刺激 (黒い円、視野角約 $2^\circ$ )がモニターの右端から現れ、水平方向に右端から左に運動する。オブジェクトの速度は固定されており、その速度は  $13.2 \text{ deg/s}$ であった。図8のようにオブジェクトは右端から水平に運動し中心部の遮蔽領域 (黒い矩形、視野角 $18.2^\circ$ )に侵入する。

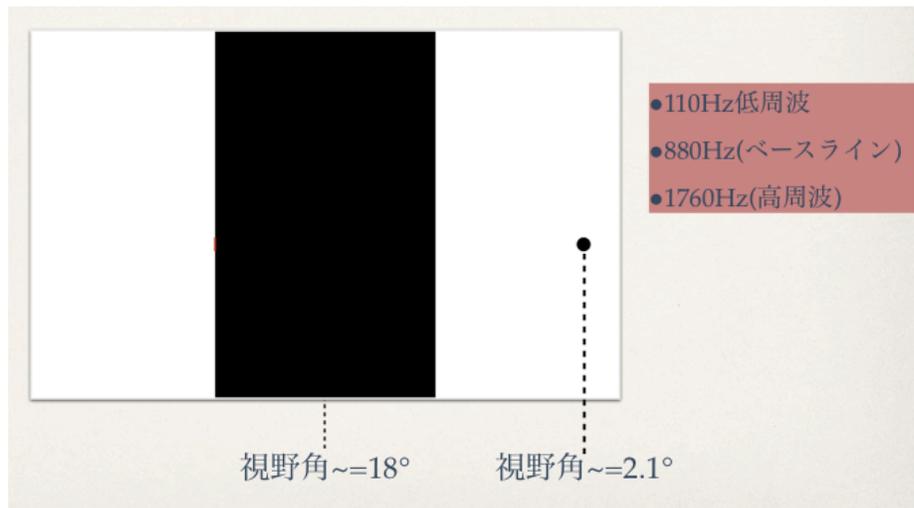


図7. 実験呈示画面の例

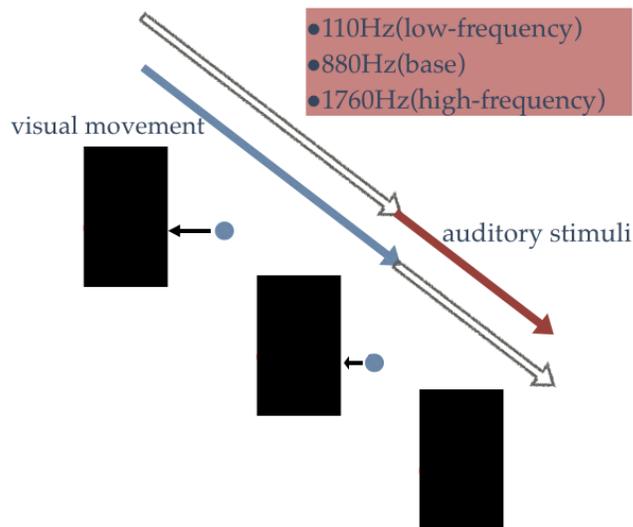


図8. 実験3.1の手順

オブジェクトは中心部の領域に侵入すると視覚から見えなくなる(図7を参照)。被験者は遮蔽領域にオブジェクトが侵入した後もその見えない領域で、運動が続いていると想像するよう教示されていた。実験3.1では侵入のタイミングに同期して、聴覚刺激をヘッドフォンを介して提示する。聴覚刺激は3条件あり、純音(サイン波)で呈示された。周波数はそれぞれ 110Hz, 880Hz, 1760Hz、サンプリング周波数は44.1kHzであった。110Hzの聴覚刺激を低周波数条件、880Hzをベース周波数条件、1760Hzを高周波数条件とした。被験者には、遮蔽領域からオブジェクトが出てくるであろうと推定されるタイミングをキーボードのエンターボタンで報告してもらった。

実験2では画面の右端からオブジェクトが出てくるタイミングで、聴覚刺激が提示された。提示された音は880Hzのベース周波数であった。さらに、遮蔽領域に侵入するタイミングで、実験1と同じように、高周波数もしくは低周波数条件に変更した。また、880Hz→880Hzの条件も他の条件同様の確率で提示された。その他の条件や被験者に要求されるタスクは実験1と同様である。それぞれの実験セッションはタスクに慣れるためのトレーニング試行の後に30×2回のテスト試行を行った。各セッション中の聴覚刺激条件の順序はランダム化されていた。

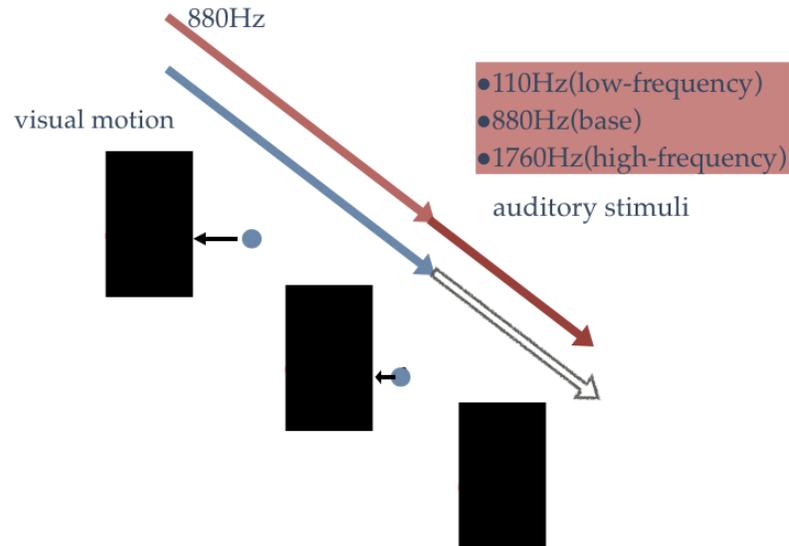


図9. 実験3.2の手順

### 3.3 解析手法と実験結果

#### 3.3.1 Experiment 1

聴覚刺激の条件 (低周波条件、ベース条件、高周波数条件)における差異を繰り返しのある分散分析 (ANOVA) を用いて被験者内要因 (一要因)で解析した。

しかしながら、それらの条件では有意差を確認する事はできなかった ( $p=0.36 >> 0.05$ ) (図10を参照)。この結果は、音の高低が、被験者が予測していた視覚運動の速度に、直接的には影響を与えてない事を示している。また傾向として、条件に関係なく被験者内での分散値が大きく、聴覚刺激が何らかのタスク非関連性の干渉を受けている可能性がある。

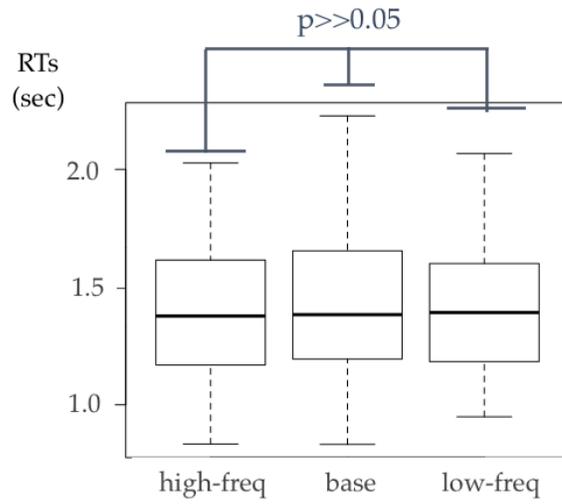


図10. 実験2.1の結果

### 3.3.2 Experiment 2

実験1と同様に聴覚刺激の条件(880Hz→110Hz, 880Hz→880Hz, 880Hz→1760Hz)に関して、分散分析 (ANOVA) を行った。こちらも被験者内効果 (一要因) で解析した。

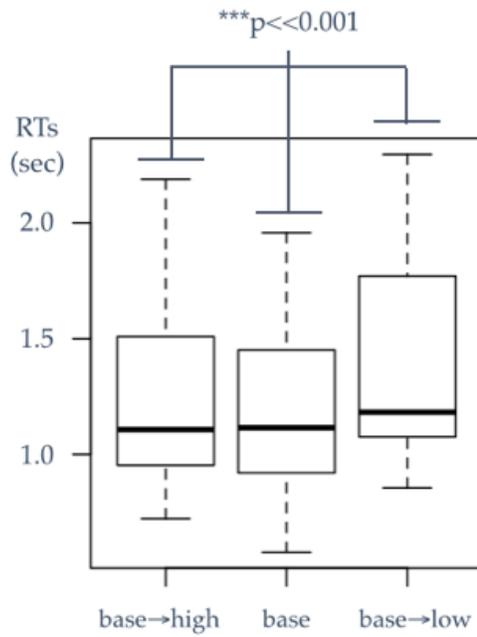


図11. 実験2.2の結果

解析の結果、聴覚刺激条件による主効果に有意差が確認された ( $p < 0.001$ ) (図11を参照)。さらに反応時間の平均値についてウェルチのt検定を行い、2条件間の差異をそれぞれ調べた。解析の結果、低周波数条件より高周波数条件、ベース条件の方が反応時間が有意に速かった ( $**p < 0.01$ ) しかしながら、高周波数条件とベース条件では有意差が見られなかった。

### 3.4 議論と考察

実験3.1において、視覚刺激が消えるタイミングで提示される聴覚刺激は、運動予期に対し有意な影響を与えなかった。得られる影響は限定的であり、あったとしてもタスクに対する干渉作用としてあることが示唆される (図7左図参照)。

しかしながら、実験3.2においては聴覚刺激条件間に有意差が認められた。実験3.1と実験3.2で異なる点は、オブジェクトの運動開始 (onset) から遮蔽された領域に至る範囲において聴覚刺激 (880Hz) が呈示されていたかどうかである。この違いから、予め聴覚情報と統合されたオブジェクトが遮蔽領域に侵入したタイミングで、聴覚刺激の周波数を相対的に変化させることが運動予期に影響を与えていると考えられる。また、視覚は聴覚に対し空間分解能がより優れているが、聴覚は時間分解能で視覚より優れているといわれている。聴覚優位の視聴覚クロスモダリティ錯覚は視覚情報がほとんど時間的に弁別できない場合に起こるケースが多い。しかしながら今回の結果を踏まえると、それに加えて、視覚情報と聴覚情報が各被験者の感覚上もしくは思考上で予め統合されている必要があることが示唆された (図7右側を参照)。

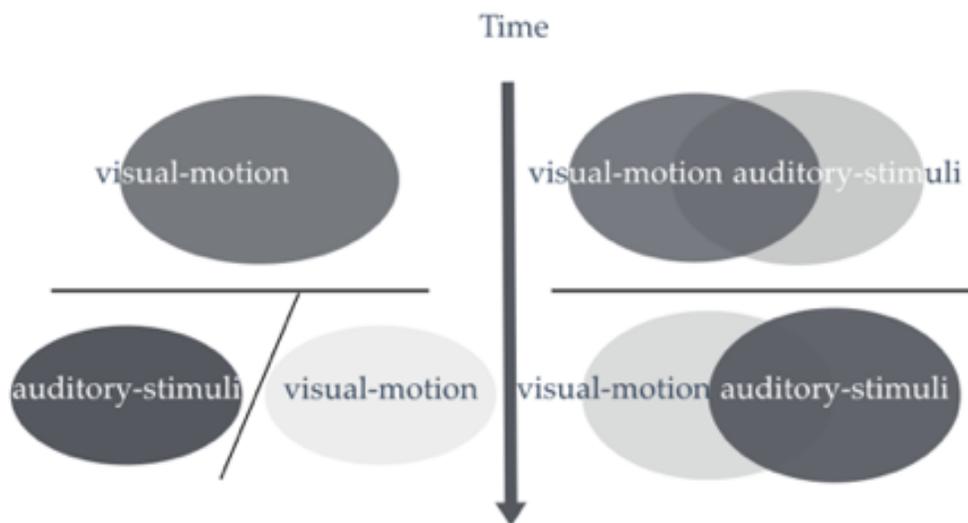


図12 視聴覚相互作用のモデル(概念図)

他方、二重フラッシュ錯覚に見られるように、ほとんど知覚レベルのみで起こっていると考えられる錯覚がある。錯覚の強度はその現象が知覚レベルに根ざすほど、より一般的な傾向が得られ、頑健なものになる。反発誘導効果(bounce-inducing effect)による錯覚は今回の現象にやや近い現象であり、ある程度の個人差、錯覚の程度に幅がある。つまり、ボトムアップ的な錯覚現象には、今回提示するモデルは適さないが、ある程度の経験、推論、それに伴う感覚が必要とされる場合には有効であると考えられる。少なくとも今回の実験に限定していえば、視覚情報と聴覚情報が前もって、感覚的に一致させる必要があったといえ、また視覚情報がなくなるタイミングでの相対的な(ある程度情報を保った)変化が必要である事が分かった。

## 4 色知覚における聴覚刺激の影響

### 4.1 実験背景

共感覚とは、通常は分かれている感覚モダリティーが、一方方向もしくは相互に連絡している現象である。特に多く見られる現象は、言葉や数字に対し色が知覚される場合や、音に色彩を感じる例である。共感覚現象の報告自体はかなり古くから認められるが、現象の特異性、内在性により、その存在証明は感覚の主観報告のみに頼ることになり、科学的に認知されるまでに長い年月を要した。しかしながら、近年、サイトウィック (Cytowick, RE 1989)やイーグルマン (Eagleman, DM., et al 2007)、ラマチャンドランやハバード (Ramachandran VS,)らを皮切りに、盛んに研究されるようになってきており、様々な提出された証拠、例えば色字共感覚者に対するストループ干渉の実験 (Azoulay, Hubbard, Ramachandran, 2005)やfMRIの脳機能解析 (Hubbard, EM., et al 2005)から、共感覚という現象は、次第に科学的に認知されつつある。

さらに、共感覚者と健常者の類似性や共通点に関する検討を行った研究が、進んでいる。マークらは共感覚者と非共感覚者とで、明るさと音の高さの間に、良く似た線形の関係があることを確認した (Mark, 1974)。近年、ハバードやワードらも類似の結果を得ている (Hubbard, 1996; Ward et al., 2006)。これらの研究から非共感覚者は共感覚者と似た感覚マッピングを持っていることが示唆された。しかしながら、これらの実験系は全て、主観報告やイメージに依存する面が大きく、知覚/感覚上で認められる現象というより、むしろ、高次の記憶連想に近いものであった。

そこで本実験では、マークらが確認した明度-音程の共感覚者様現象にどの働きが関与しているかを確認するため、従来の実験系よりも、より低次の知覚、感覚における反応を対象として実験を行った。

### 4.2 実験装置と実験手順

#### 4.2.1 被験者

##### 実験4.1

被験者は全部で10名。全て正常もしくはほとんど正常の視覚、聴覚能力を持っていた。また、事前にインフォームドコンセントがとられた。参加者は全て実験の目的を知らず、ナイーブな被験者として参加した。

#### 実験4.2

被験者は全部で8名。被験者の状況は、実験4.1と同じである。

#### 実験4.3

被験者は全部で6名。被験者の状況は、実験4.1と同じである。

### 4.2.2 実験設定

#### 実験4.1

実験はPC (Macbook pro 2009 mid) とMATLAB (The Mathworks, Inc.)を用いて制御された。さらに複雑な時間同期や視聴覚提示には psychophysics toolbox (Brainard DH 1997; Pelli DG 1997)を用いた。実験は暗室で行われた。被験者は椅子に座り、頭の動きは顎のせ台によって固定された。目からCRTモニターまでの距離は約75cmであった。

被験者にまず、中心部に提示される円(水平方向、視野角約11°)を記憶してもらった。ここで、提示される円の視覚刺激に同期して、聴覚刺激が提示された。聴覚刺激の環境は3種類で、音は2000Hz、低音は200Hzの純音(sin波)刺激であり、統制環境は聴覚刺激をなしとした。聴覚刺激はヘッドフォンを介して提示された。提示される円の持続時間は1秒で、その後視覚刺激(円)は消え、続いてHSV色空間のカラーパレットが提示される。被験者はその提示されるカラーパレットから記憶した円の色を次々に報告してもらった。カラーパレット平面は色相が一定で、水平方向が彩度、垂直方向が明度となっていた。提示される円の明度と度は試行ごとにランダムに変更された。被験者には50×2ブロックの100回の試行を行ってもらった。

#### 実験4.2

実験設定は実験4.1と同じであった。被験者にまず、中心部に提示される円(水平方向、視野角約10.5°)を見てもらい、次に500msecのISIの後に2度目の円が提示される。さら

にまた、500msecのISIの後に3度目の円が提示される。全ての円の提示時間は500msecであった。視覚刺激に同期して聴覚刺激が呈示された。聴覚刺激の種類は2種類で、高音は6300Hz、低音は400Hzの純音(sin波)であった。被験者に課せられたタスクは、2番目に示された円と3番目に示された円のどちらが明るかったか(実験4.2.1)、どちらが鮮やかだったか(実験4.2.2)を答えてもらう2肢強制選択課題(2AFC)であった。ここで1番目に提示される円は例示であり、また視覚情報のリセット刺激として用いた。また、聴覚刺激が同期するタイミングは2度目の視覚刺激、3度目の視覚刺激時と2パターンあり、それぞれpre-synchとpost-synchとした。試行回数は60回×2ブロックで被験者一人当たり、120回行ってもらった。

実験の手順は図13に示す。視覚刺激に同期する聴覚刺激は、2番目の視覚刺激、3番目の視覚刺激に同期する2つのパターン以外に、対照実験として聴覚刺激を与えないパターンも用意された。

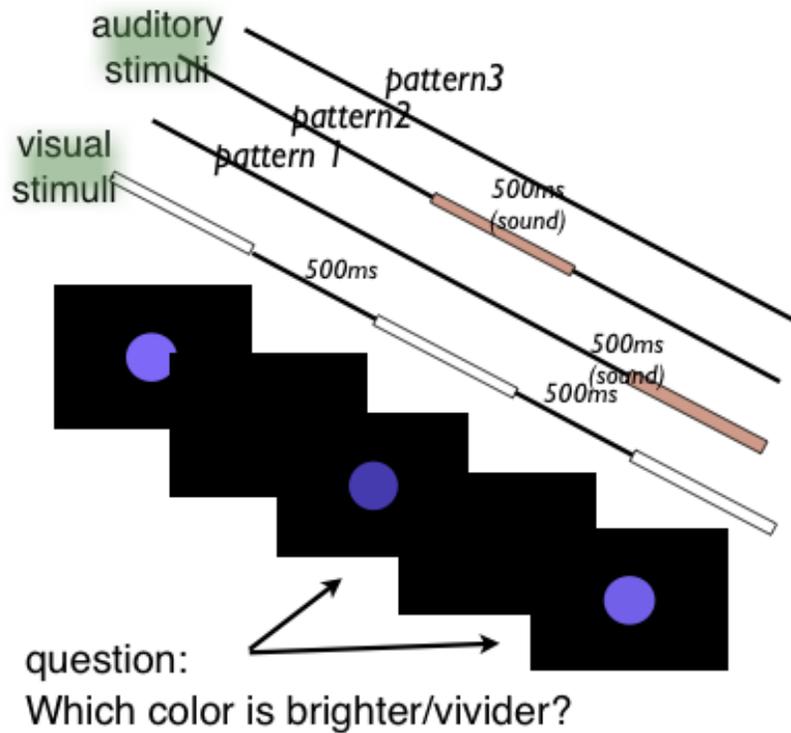


図13 実験4.2 の提示手順

実験4.3

基本的な実験設定、実験手順は実験4.1、実験4.2と同じである。以下の点が実験4.2と異なるよう設定した。

すなわち、\* 視覚刺激として、主観的輪郭を用いたのである (図14)。主観的輪郭はカニツツアによって発見された錯視で、物理的にはないはずの輪郭 (三角形や四角形が典型) を知覚する (Kanizsa, G. 1955) という現象である。

\* 色相として3つの基本色、赤系統の色、青系統の色、緑系統の色を採用した。

\* 聴覚刺激として、高周波数を3520Hzの純音、低周波数を220Hzの純音を用いた。

図14に示すように、実験4.3に示す視覚刺激は4つのパックマンで囲われたカニツツア図形である。このとき、4つのドットが与えられ、4つのドットの各々の一部を画するように四角形が覆っているように感じられる。そのように知覚される四角形の輪郭こそ、パックマン欠損部の線分を延長して知覚される、主観的輪郭である。

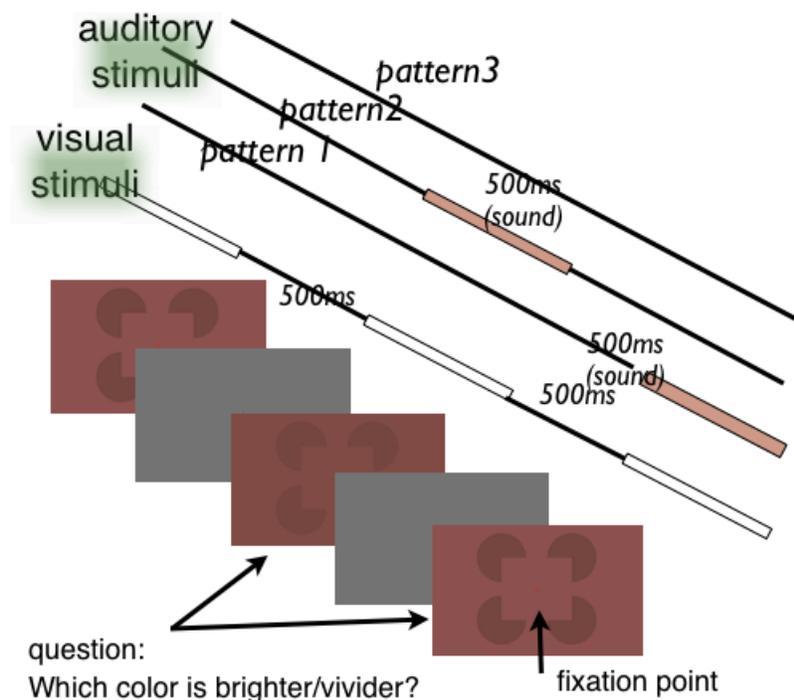


図14 実験4.3の実験手順

### 4.3 解析手法と実験結果

#### 実験4.1

被験者に記憶してもらった色、つまり実際提示された円の色 (真値)から被験者が選択した色の差異の値の分布を解析した。解析にはF検定を用い、ずれの差異について解析した。結果、統制環境下と比べて、高音、低音環境下は有意な差を示していた。高音環境下 (2000Hz) ( $p=0.007^{**}<0.01$ )、低音環境下(200Hz) ( $p=0.002^{**}<0.01$ )、統制環境下と聴覚刺激条件下では、ずれに関して、大きな範囲で違いが認められた。聴覚刺激環境下が、統制環境下に比べ、特にずれの高領域 (真値とのずれが10%以上の領域) が認められた (図15)。

さらに、統制環境下と各聴覚刺激環境下と平均値の差の検定をt検定を用いて行った。その結果、彩度において低音刺激環境はコントロールに比べて有意に大きくなる傾向が確認された( $*p=0.02783<0.5$ ) (図16)。

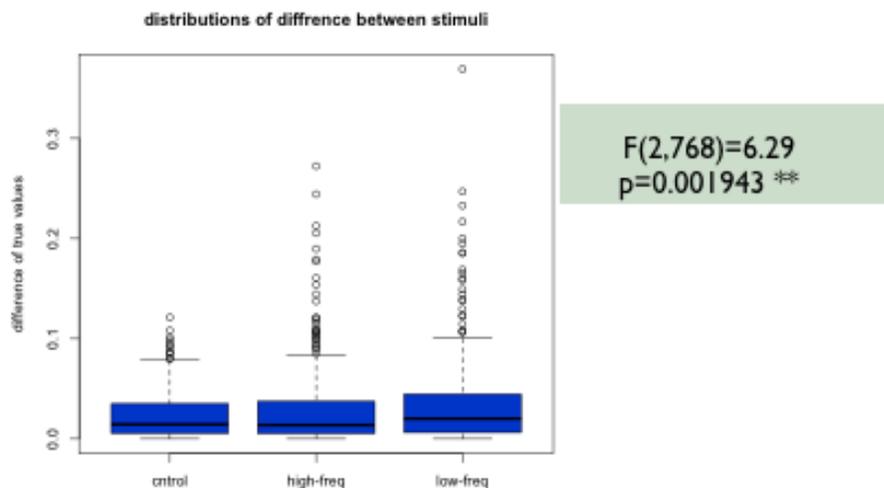


図15 聴覚刺激条件別の真値からのずれの分布

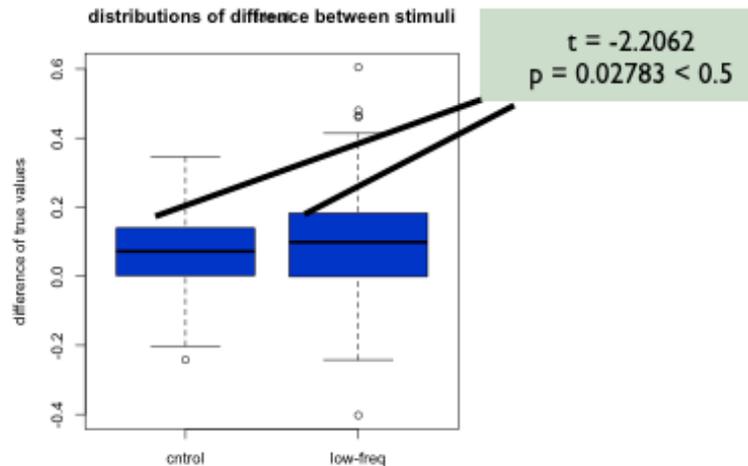


図16 彩度成分の真値からのずれ (統制環境、低周波数刺激)

#### 実験4.2

2番目と3番目のオブジェクト(視覚刺激)で2番目に提示されたオブジェクトの色の明度が大きい、もしくは彩度が大きいと被験者が報告する確率を解析した。垂直方向はそれぞれ明度、彩度に関する、先の確率を表しており、水平方向は2番目と3番目のオブジェクトの明度/彩度の差の比率(%)を表している(図17を参照)。さらにその報告率をゴンペルツ曲線によって近似した。

図17赤の曲線は高周波数条件を、青の曲線は低周波数条件を、黒は統制環境条件を表している。このとき、明度に関しては有意差が認められなかった。しかし、彩度に関しては、水平成分が0以上の範囲において、コントロールに対する上方向のシフト(高周波数環境)、下方向のシフト(低周波数環境)が確認され、有意差が認められた(\* $p=0.032<0.5$ )。

また、順序効果についても解析した。つまり、聴覚刺激が同期されるタイミングが2番目、もしくは3番目で報告の確率が変化したかを調べた。結果pre-synchとpost-synchで明度、彩度ともに有意な違いを示していた(図18参照)。これは音の高低に関係なく、視聴覚同期のタイミングを、後のオブジェクトにした時程、前のオブジェクトが明るい/鮮やかであると報告する率が高い事表している。

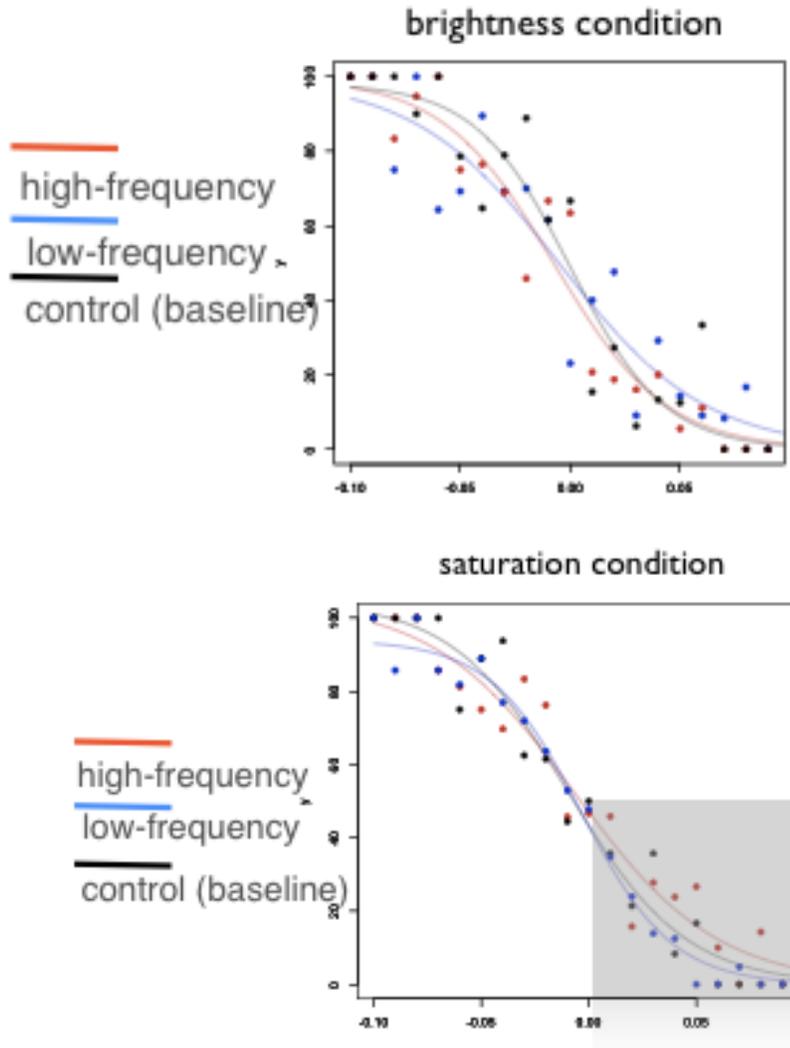


図 17 彩度/明度差における報告確率

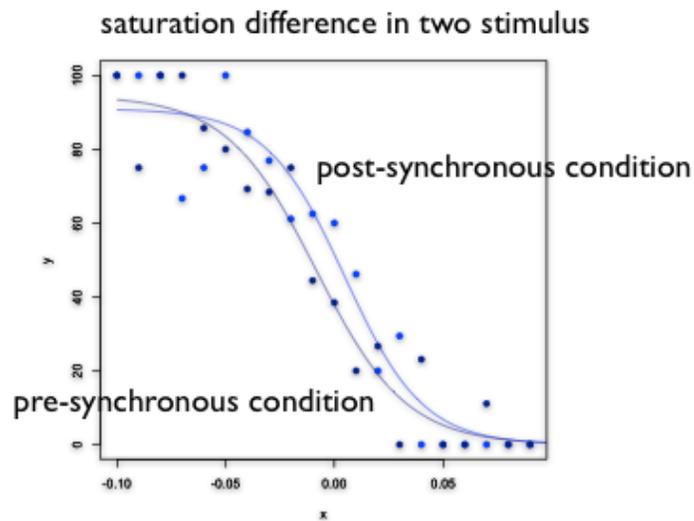
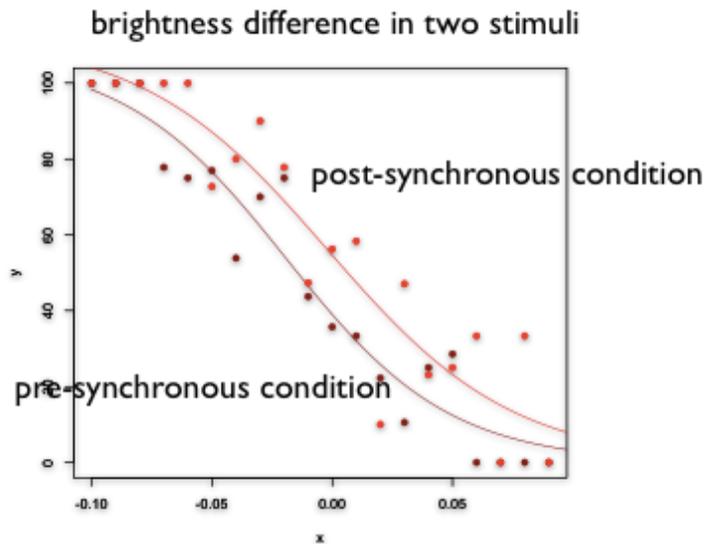


図 18 明度/彩度条件におけるpre/post-synchの比較

### 実験4.3

2番目と3番目のオブジェクト(主観的四角形)で2番目に呈示されたオブジェクトの色の明度が大きい、もしくは彩度が大きいと被験者が報告する確率を実験4.2同様解析した。垂直方向、水平方向が実験4.2と同じものとした。結果、post-synch条件について、色相に依存して異なる特徴を示していた (ANOVA , $p=0.0126^* < 0.5$ ) (図 19の破線部を参照)。赤

系色vs.緑系色 (t-test,  $P=0.0117 < 0.05$ , red > green \*) 緑系色vs. 青系色 (t-test,  $P=0.0335 < 0.05$ , green < blue \*)。また、緑系統の条件下で統制環境に対し低周波数条件が有意に大きくなっていた (上方向にシフトしていた)。

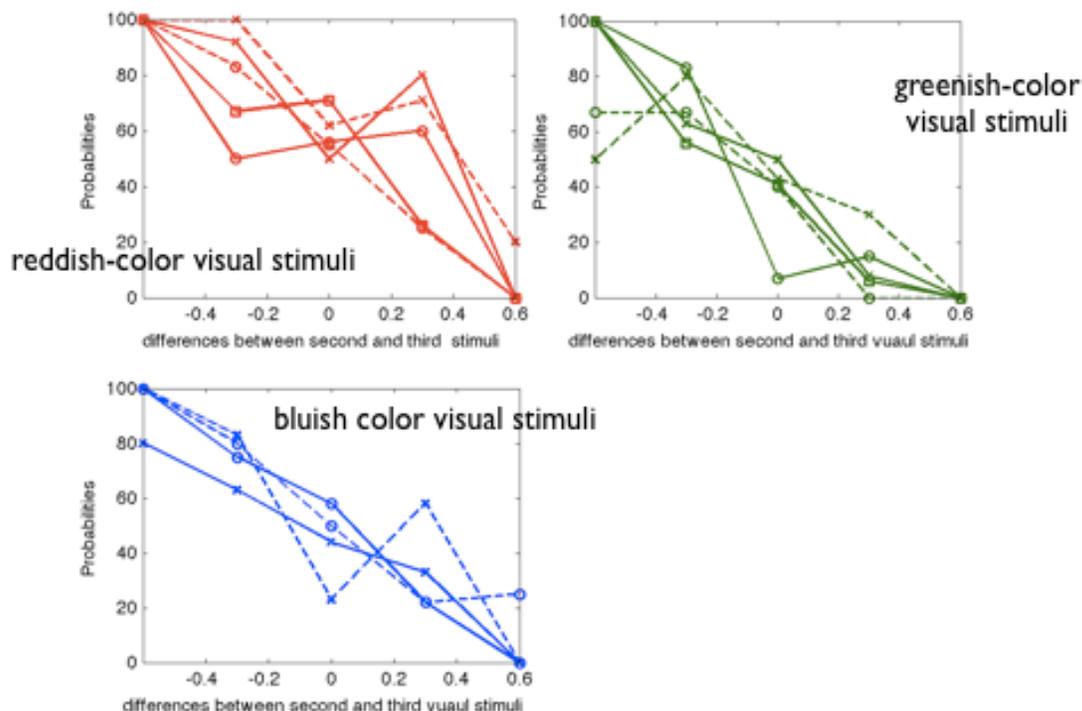


図19 実験4.3の結果

#### 4.4 議論と考察

実験4.1から、色彩の感覚記憶ないし短期記憶は、聴覚情報によって干渉作用が生じている事が確認された。実験4.1の場合、明度に対して線形の相関がみられたMarkらの結果とは異なり、聴覚刺激が低音条件下、彩度要素に対して弱い関係がみられたのみであった。聴覚刺激はタスク非関連性の刺激のため、500ms-2sの色彩の感覚記憶は何らかの干渉が起こっていた事が推測される。Markらの連想を介したテストで認められた強い相関は、今回の実験方法では有意差の方向性自体が弱く、不規則であった。また、低周波数条件下の彩度においては統制環境下に対して有意な変異を示していたものの、高周波数条件下においては確認できなかった。

実験4.2においては、音の周波数とオブジェクトの色の彩度に対して有意差を示してはいたが、明度に対しては聴覚刺激条件による目立った違いは確認できなかった。実験4.3

から、主観的輪郭において知覚された色、特に緑系統の条件下で統制 環境下と低周波条件で有意な差が確認された。

全体を通して以下のような傾向が確認される。実験4.1、4.2から認められたように、物理的に知覚されるオブジェクトの色彩情報は、明度条件ではなく、彩度条件において影響を受けることが分かった。しかしながら、主観的輪郭上の色彩に関しては、特定の色相にのみ有意差を確認できたに留まった。近年、共感覚にはある種の選択的注意が必要であるという実験報告がなされている (Rich et al., 2010)、また主観的輪郭の知覚にも注意の働きが必要とする見解が出されている(Gurnsey, 1996)。

これらの結果をふまえ、本章の冒頭で述べた、非共感覚者にみられる。明度-音程の共感覚様現象は知覚や感覚といった比較的低次の領域が関係しているのではなく、ある種の注意の働きや、記憶連想などの高次の能活動が関係していることが示唆された。

## 5 連続再認タスクにおける記憶色の時間特性

### 5.1 実験背景

色彩の長期記憶 (LTM) は、ある程度、物体の種類に依存はするものの、実際の物理的な色と比べ、より明度や彩度が大きく感じられる。また、ハンセンらの研究により、色彩感覚が単純に感覚入力によって決定されているのではなく、高次の視覚的記憶の作用によって変調 (modulate) されていることを示された (Hansen et al, 2006, Nature Neuroscience, 9(11), 1367-1368)。ここで、私たちは比較的短い時間スケール (最大1時間) における記憶色の時間特性について評価する実験を実施した。実験5.1では特に感覚記憶や短期記憶 (STM) について、実験5.2では短期記憶ないし長期記憶の時間特性について評価した。実験5.1では二肢選択課題 (2AFC) を用い、HSV空間上の明度、彩度に関する評価を行い、実験5.2では一度のみ提示される色彩の記憶についての時間的変遷をDKL色空間を用い調査した。DKL色空間は近年、人の網膜以降の処理系統、一次視覚野のLGNニューロン応答をうまく模倣しているとして注目されている。

### 5.2 実験装置と実験手順

#### 5.2.1 被験者

##### 実験5.1

被験者は全部で8名で、全員、正常もしくはほとんど正常の視覚 (色覚)、聴覚能力を持っていた。実験に関して、事前にインフォームドコンセントがとられていた。被験者は全て実験の目的を知らずに参加した。

##### 実験5.2

被験者は全部で5名。被験者の状況は実験5.1と同じである。

#### 5.2.2 実験手順

## 実験5.1

実験環境は実験4-1~3のものと同じである。被験者にまず、中心部に提示される円(水平方向、視野角約9.5°)を見てもらい、次に500msecのISIの後に2度目の円が提示される。さらにまた、500msecのISIの後に3度目の円が提示される。全ての円の提示時間は500msecであった。被験者に課せられたタスクは、2番目に呈示された円と3番目に呈示された円のどちらが明るかったか(実験4.3.1)、どちらが鮮やかだったか(実験4.3.2)を答えてもらう2肢強制選択課題 (2AFC)であった。ここで、1番目に呈示される円は例示であり、情報のリセット刺激として用いられた。試行回数は、60回×2ブロックで、被験者一人当たり、120回行ってもらった。試行ごとに提示されるオブジェクトの彩度と明度はランダムに変更された(図20)。

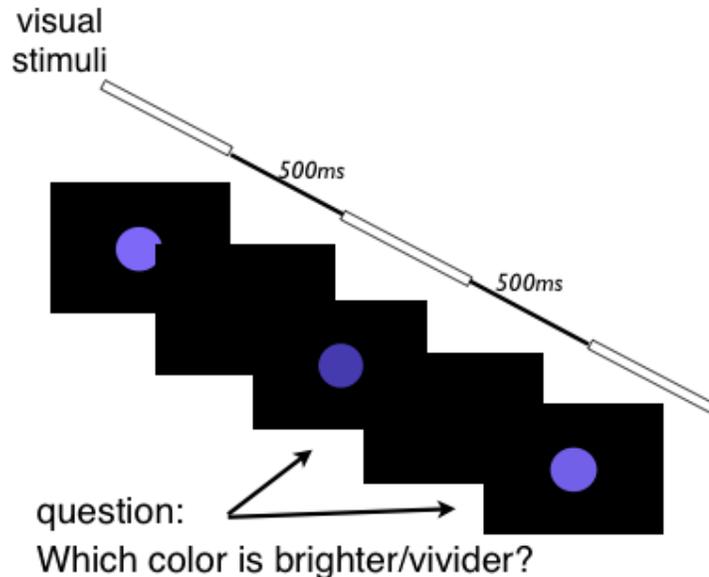


図20 実験5.1のタイムライン

## 実験5.2

被験者はまず、視覚刺激に一度だけさらされる。持続時間は3秒間であり、オブジェクト(円, 視野角約10.5°, 輝度  $50\text{cd/m}^2$  色度(x,y)=(0.35,0.45))に注意を向けてもらい、その色相、明るさ、鮮やかさ(濃さ)などを記憶してもらう。実験5.2.1において、被験者は等明度平面(輝度、 $50\text{cd/m}^2$ )から記憶した色を答えてもらった。報告回数は50回で、報告の度に等輝度平面はシャッフルされ位置を記憶する可能性を取り除いた(セッション1)。続

くセッションでは、15分の休憩を挟み、同じように始め一度だけ呈示され、記憶した色を再び選択し、5回報告してもらった(セッション2)。被験者によってばらつきがあるものの、実験全体で30分から50分の時間を要した。実験5.2.2においては輝度勾配平面 (輝度、 $10\sim 50\text{cd/m}^2$ )から実験5.2.1と全て同じ要領で実験を行ってもらった (図21)。

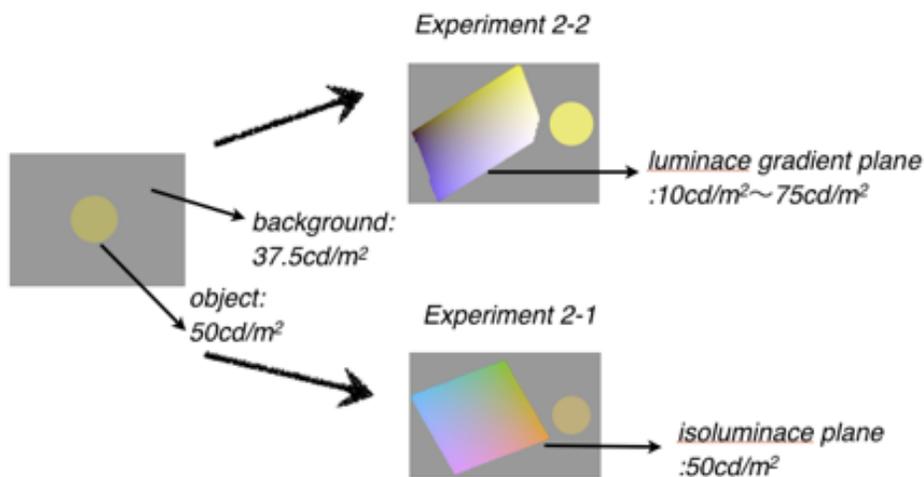


図21 実験の流れ、提示方法

### 5.3 解析手法と実験結果

#### 実験5.1

被験者は、「後に呈示されたオブジェクトの色よりも先に呈示されたオブジェクトの色が明るく感じた」と報告する傾向があった (図22、図23)。明度曲線は、チャンスレベルを下回っていた。

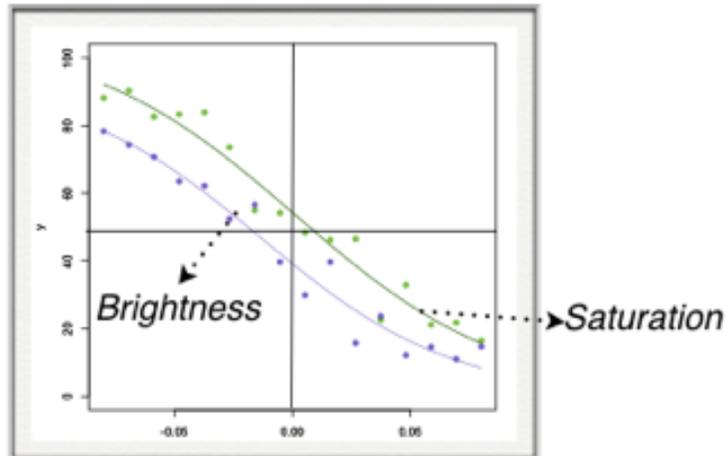


図22 実験5.1の結果

被験者は後に提示されたオブジェクトの色と先に呈示されたオブジェクトの色は、鮮やかさに関して、同じかほとんど変わらないと報告する傾向にあった (図22、図23参照)。

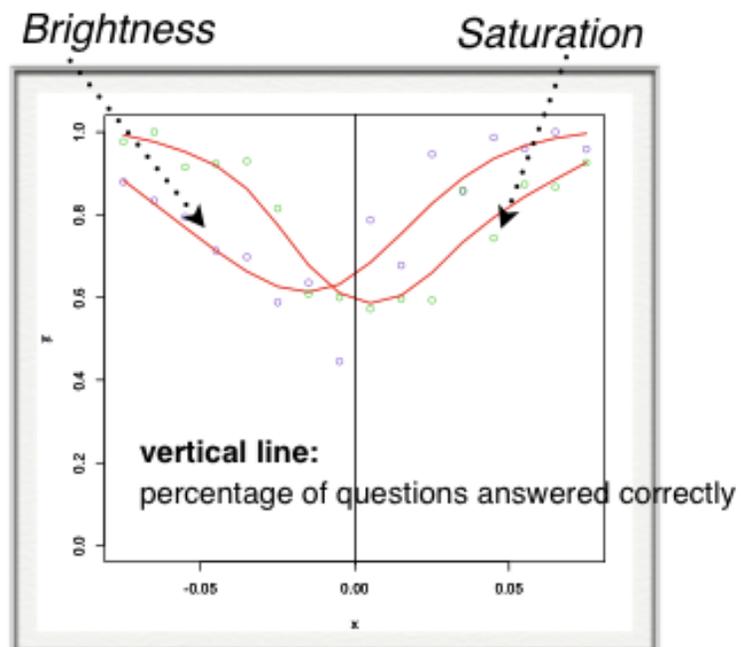


図23 実験5.1の結果 (垂直方向は正答率)

## 実験5.2

色空間の構成成分それぞれに対する時間変化を調べた。水平方向は時間経過で、途中の空白領域は休憩時間である。垂直軸は図24において、等輝度平面における偏角

( $\theta$ )、図25で等輝度平面における中心からの距離、図26では、輝度勾配平面におけるL+Mの値を示している。実験5.2.1において、偏角(色相)が全体を通して単調に増加もしくは減少する傾向があった。また、等輝度平面上の中心からの距離については、時間を追うごとにテストカラーの値より大きくなる傾向を示した。

実験5.2.2において、輝度勾配平面におけるL+Mの値は休憩を挟んだ30分以降、軒並みベースの値(テストカラーの輝度)よりも大きな値を選択する傾向にあった。

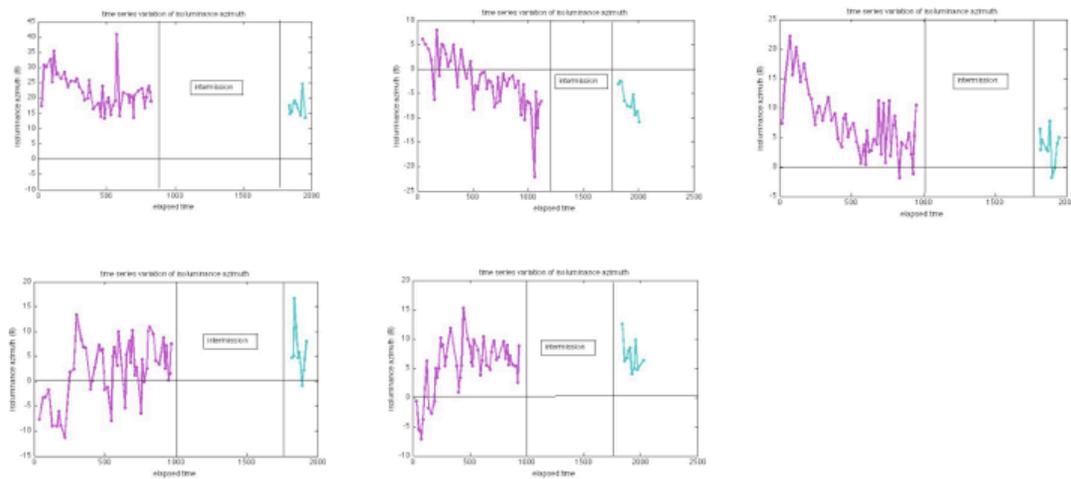


図24 等輝度平面における偏角の時系列変化

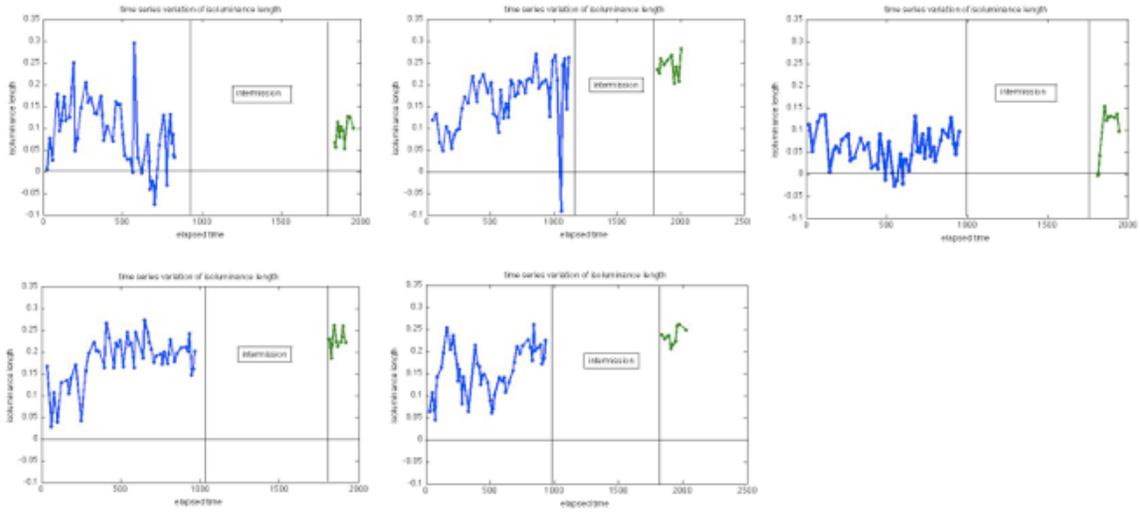


図25 等輝度平面における原点からの距離の時系列変化

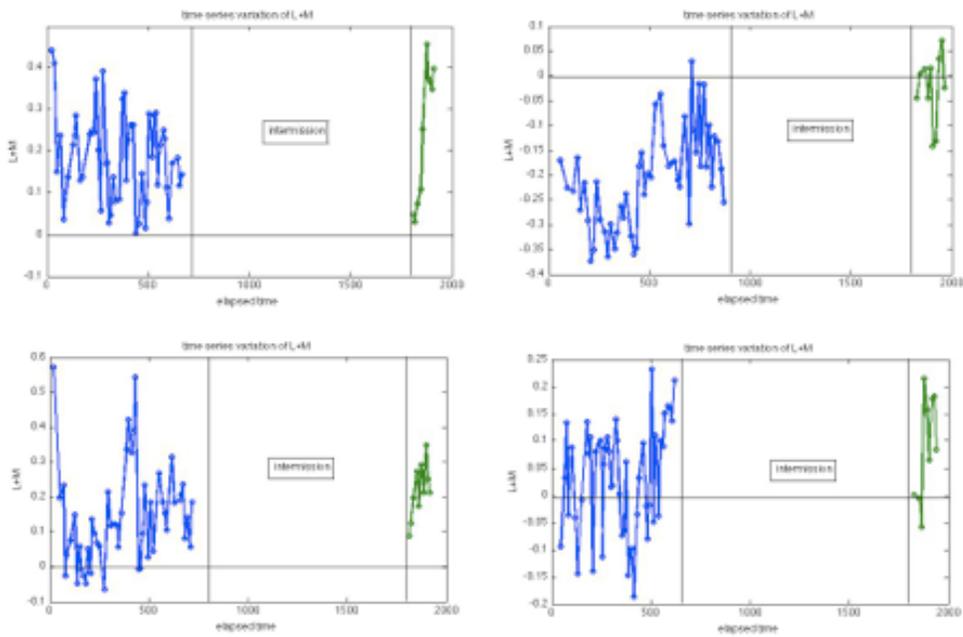


図26 輝度勾配平面におけるL+Mの時系列変化

## 5.4 議論と考察

先行研究では、長期記憶 (LTM)や短期記憶 (STM)上の色表象はある程度オブジェクトの種類に左右されるものの、物理的な色よりもより明るく、鮮やかなものになることが示されていた。実験5.1.1の結果から、比較的短い時間経過(<1s)における色彩記憶の特徴

は、これらの結果とはやや異なる形で得られた。彩度成分に関してはLTMにおける記憶色と良く似た特徴がみられたが、明度成分に関しては、時間的に先に提示されたオブジェクトよりも、後に提示されたオブジェクトの方が明るいと報告される傾向が認められた。

実験5.2.1では、色相 (等輝度平面上の偏角)の変化が2パターンあった。偏角の値の減少は、選択された色相がオリジナルの黄緑系統の色からオレンジ系統の色相に変化していることを示しており、増加はその逆を表していた。また、色の鮮やかさ(vividness)に関しては、比較的早い段階(<10s) から彩度の増加が確認され、その効果は実験終了まで持続した。

実験5.2.2から、輝度 (明るさ)に関しては、彩度と比べ早い段階でのベースラインを上回る値の報告が認められたが、被験者によってばらつきがあった。しかしながら、時間を追うごとに徐々に輝度の値も増加し、30分をこえた時点で、ほぼ全ての被験者でベースラインを上回る値を示していた。これらの結果を踏まえると、記憶色の時間特性は輝度 ( $cd/m^2$ 、物理的な光量)と彩度では異なることが示された。つまり、輝度は提示された時点から早い間帯で、減少ないし変化なしであるが、彩度は即座に増加する傾向にあり、ある程度の時間が経過すると(>20分)、輝度(明るさ)、彩度ともに物理的な色より記憶表象の色が大きくなることが示された。

## 6 全体の考察

まず第1章(序章)において、主体、知覚/感覚と対象(環境)のモデルを提起した。ハンフリーの知覚/感覚の並列モデルは、神経病理学的な知見と整合的になるような形式に整備されていた。私たちは、環境と主体の不断の調整、および、知覚・感覚という階層の構築と混同(階層化と脱階層化)を、ハンフリーモデルの改変によって実装し、主体そのものを、或る構造を作り出す働きと未分化なものへ解体する働きに取り込まれ、取り込む或る種の場所として構想した。それは、生物、ヒトの認知に見られる様々な神経発達の柔軟性とダイナミクス、認識におけるトップダウンとボトムアップの決定不能性を包括的に捉えようとする試みとも考えられる。

第2章において、自己顔、既知顔、未知相貌の認知を通した社会性認識から、自己の枠組みが、背景や周りの環境などにより、様々に変化することを確認した。見知らぬ他者の(「こと」に支えられる)親近性は、「もの」であり「こと」である顔(自己顔)を普段よりも少し見知らぬものに変え、また、強力な他者(親近性の非常に高い他者)を背景にすることにより、自己もその「場(親近性)」に影響を受け、慣れ親しんだ顔であるという「こと」の強度が増すという実験結果が得られた。さらに、見知らぬ他者、親しい他

者、自己が見知らぬ他人を背景にすると、自己は親近性の強い他者がつくる場と同一化する、ということを確認した。

自己はどこにあるか。メッツィンガーは「自己は存在しない」という見解を近年出している。自己というのは、かつて一度もそうであったり、「所持」したことのないものであるとし、表象的構築物にすぎないとしている(Metzinger 2003)。また初期のラカンは、幼児の発達から鏡像段階説を提唱し、自己(身体)の発生は他者そのものの中にあるとしている。しかしながら、様々な精神病理から、自己は解離されバラバラになり、時に自己は他者との区別がなくなり、また別の人格に変容することも起こるとされる。精神病的にみられる障害は、全て私たちの脳、認知が潜在的に所持する機能、働きである。健常者であっても、慣れ親しんだ土地に帰ると、労苦なしに適応し、ある種の自己を取り戻したりする。自己は「内部」で虚構として形成されるとともに、環境にも偏在している。その絶えざる調停が「私」という現象をもたらしているのかもしれない。

第3章から5章においては、健常者における運動、色彩、聴覚を素材とした感覚間相互作用、および、記憶における色彩知覚/感覚の時間的変化についての実験について述べている。第3章では、感覚の不在という現象を手がかりに、感覚間のダイナミクスについて論じた。つまり一方のモダリティの知覚的な手がかり(感覚入力)がなくなると別のモダリティにおける感覚の働きが変容するかどうかを実験・評価した。ここでは、視覚的運動が消えると同時に聴覚刺激を与えるだけでは、モダリティ間の相互作用を作ることはできないという実験結果が得られた。予め視覚的運動と聴覚刺激を感覚や連想を通して関係付ける必要があり、結びつけられた後の聴覚刺激の「相対的」変化が重要であった。

第4章では、共感覚の色聴現象を手がかりに、健常者における、高次の記憶連想でなく、低次の感覚/知覚に注目した実験を実施した。色空間はHSVを用い、色彩の明るさ、と鮮やかさの認知を定量的に評価した。まず、明るさに対し知覚的な働きが、彩度に対し感覚的な働きが、比較的高程度に寄与していると仮定した。このとき、物理的な明るさに対しては、聴覚刺激による影響がほとんど確認されず、やや感覚的に捉えられる彩度は、被験者によってばらつきがあるものの、聴覚刺激によって有意な変化を示すという傾向を確認できた。つまり、健常者において、知覚(明るさ)は他のモダリティからの影響を受けず比較的安定した働きをしており、感覚(彩度)はある程度幅を持ち、他のモダリティと緩やかに相互連絡が可能であると示唆される。また共感覚にはプロジェクター(投影)とアソシエーター(連想)の二形態があるとされる。プロジェクターは共感覚が知覚的に起こるものとされ、アソシエーターは連想もしくは、やや感覚的なものとされる。共感覚現象の二形態の存在は感覚、知覚が(発達的に)かつて相互に連絡し、未分化であったという可能性を示唆するものと考えられる。

第5章は記憶色の時間特性についてDKL色空間を用い、実験・評価した。色の認識は、ボトムアップである感覚入力のみで決定されるだけでなく、高次の記憶、連想など、トップダウンの働きが寄与していることが、先行研究で示されている。ここでの実験結果からは、輝度(物理的明るさ)は短時間では一旦値が下がるが、その後、十分な時間が経過すると値は大きくなり、彩度(感覚的色の濃さ)は開始直後に本来の彩度の値より大きくなり、実験終了まで維持されるという傾向が得られた。短時間的な特性では、知覚的な色彩(輝度)、感覚的な色彩は別の傾向を示しているが、長期の記憶や概念的記憶となると、両者の差異はほとんどなくなってしまう。健常者において、知覚/感覚は設定される環境で実に曖昧であり、また時間的な変化や、思考、概念などにより相互に連絡し、感覚/知覚は同一なものとなる。皮質切除や、完全な病症を伴えば、これらの隔たりは維持され続けるであろうと考えられる。また、第3章で見られた、不在を埋める感覚的な補完も、事前の視覚的情報と聴覚情報の感覚的結合が不可能となるため、モダリティ間の相互作用が起こることはなくなるのかもしれない。

## 引用文献

- 村田純一、1998 「知覚1.西洋」 [1998 : 1052-1054]
- ロック『人間知性論』（大槻春彦訳、岩波書店<岩波文庫>、1972）
- 鳥居修晃・望月登志子『先天盲開眼者の視覚世界』 東京大学出版会、2000
- ニコラス・ハンフリー『赤を見る』紀伊國屋書店(2006/11) 柴田裕之訳
- Goodale MA, Milner AD (1992). "Separate visual pathways for perception and action". *Trends Neurosci.* **15** (1): 20–5.
- Nicolas Humphrey (1992). *A History of the Mind*, Chatto & Windus, Simon & Schuster 1992
- Brainard, D.H. (1997) *The Psychophysics Toolbox*, *Spatial Vision* 10:443-446.
- Bruce, V. & Young, A. (1986) Understanding face recognition, *Br J Psychol* 77:305-327.
- Devue, C., Van der Stigchel, S., Bredart, S., Theeuwes, J (2009) You do not find your own face faster; you just look at it longer, *Cognition* 111:114-122
- Devue, C., Collette, F., Balteau, E., Degueldre, C., Luxen, A., Maquet, P., & Bredart, S. (2007) Here I am: The cortical correlates of visual self-recognition. *Brain Research.* 1143 :169-182
- Kircher, T.T., Senior, C., Phillips, M. L., Rabe-Hesketh, S., Benson, P. J., Bullmore, E. T., Brammer, M., Simmons, A., Bartels, M., & David, A. S. (2001). Recognizing one's own face. *Cognition* 78 ( 1 ) : B1-B15
- Kleiner M, Brainard D, Pelli D, 2007, "What's new in Psychtoolbox-3?" *Perception* 36 ECVF Abstract Supplement
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997) The fusiform face freas: A module in human extra striate cortex specialized for face perception. *J Neurosci* 17 : 4302-4311
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Anderson, A. W., Skudlarski, P., & Gore, J. C. (1999) Activation of the middle fusiform 'face area' increases with expertise in recognizing novel objects. *Nat Neurosci* 2 :568-573
- Ramon, M., Busigny, T., Rossion, B. (2010) Impaired holistic processing of unfamiliar individual faces in acquired prosopagnosia *Neuropsychologia* 48 :933–944
- Sugihara, M., Sassa, Y., Jeong, H., Horie, K., Sato, S., & Kawashima, R (2008) Face-specific and domain-general characteristics of cortical response during self-recognition *Neuroimage*, 42 ( 1 ) : 414-422

Sugihara, M., Sassa, Y., Jeong, H., Horie, K., Sato, S., & Kawashima, R (2008) Face-specific and domain-general characteristics of cortical response during self-recognition *Neuroimage*, 42 ( 1 ) : 414-422

Sugihara, M., Sassa, Y., Jeong, H., Wakusawa, K., Sato, S., & Kawashima, R (2012) Self-face recognition in social context *Human Brain Mapping*, 33(6): 1364-1374

McGurk H, MacDonald JW (1976), Hearing lips and seeing voices. *Nature* 246:746-748

Howard IP, Templeton WB (1966), *Human Spatial Orientation*; Willey

Sham L., Kamitani, Y., Shimojo S (2000), What you see is what you hear. *Nature* 408:788

K. Watanabe, S. Shimojo, When sound affects vision: effects of auditory grouping on visual motion perception, *Psychol. Sci.* 12 (2001) 109–116

S. Hidaka, Y. Manaka, W. Teramoto, Y. Sugita, R. Miyauchi, J. Gyoba, Y. Suzuki, Y. Iwaya, Alternation of sound location induces visual motion perception of a static object, *PLoS One* 4 (2009) e8188.

W. Teramoto, Y. Manaka, S. Hidaka, Y. Sugita, R. Miyauchi, S. Sakamoto, J. Gyoba, Y. Iwaya, Y. Suzuki, Visual motion perception induced by sounds in vertical plane, *Neuroscience Letters* 479 (2010) 221–225

Pelli DG (1997) The VideoToolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spat Vis* 10: 437–442.

Cytowic, RE (1989). *Synaesthesia: a union of the senses*. New York: Springer.

Azoulay, S, Hubbard, EM, Ramachandran, VS (2005). Does Synesthesia Contribute To Mathematical Savant Skills. *Journal of cognitive neuroscience*, 69

Eagleman, DM, Kagan, AD, Nelson, SS, Sagaram, S, Sarma, AK (2007). A standardized test battery for the study of synesthesia. *Journal of Neuroscience Methods*, 159(1), 139-45.

Marks, L. E., (1974) On association of light and sound : The mediation of brightness, pitch, and location. *American Journal of Psychology*, **87**, 173-188

Marks, L. E., (1987) On cross-modal similarity: The perceptual structure of pitch, loudness and brightness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **13**, 384-394

Noam Sagiv and Jamie Ward (2006) Cross-modal interactions: lessons from synesthesia: Martinez-Conde, Macknik, Martinez, Alonso & Tse *Progress in Brain Research*, **155** 263-275

Katsumi Watanabe and Shinsuke Shimojo (2001) When Sound Affects Vision: Effects of Auditory Grouping on Visual Motion Perception, *Psychological Science* **12** 109-116

Gurnsey, R., Pearson, P., & Day, D. (1996). Texture discrimination along the horizontal meridian: effects of magnification, frequency content and micropattern orientation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **22**, 738-757.

Thorsten Hansen, Maria Olkkonen, Sebastian Walter & Karl R Gegenfurtner (2006) Memory modulates color appearance *Nature Neuroscience*, **9**, 1367 - 1368

S.M Newhall, R. W. Burnham and J. R. Clark: Comparison of successive with simultaneous color matching (1957), *Journal of Optical Society of America*, **47**, 43-56

K. Uchikawa and M. Ikeda (1981) Temporal deterioration of wavelength discrimination with successive vs simultaneous comparison method, *Vision Research*, **23** 53-58

K. Uchikawa and H. Shinoda (1996) Influence of basic color categories on color memory discrimination, *Color Research and Application*, **21** 430-439

Thomas Metzinger(2003) *Being No One*. The Self-Model Theory of Subjectivity. MIT Press, Cambridge, MA.