

# 色字共感覚者における画像処理メカニズム —事象関連電位による検討—

柴田みどり（慶應義塾大学先導研究センター）

福崎咲綾（東京大学大学院教育学研究科・慶應義塾大学文学部）

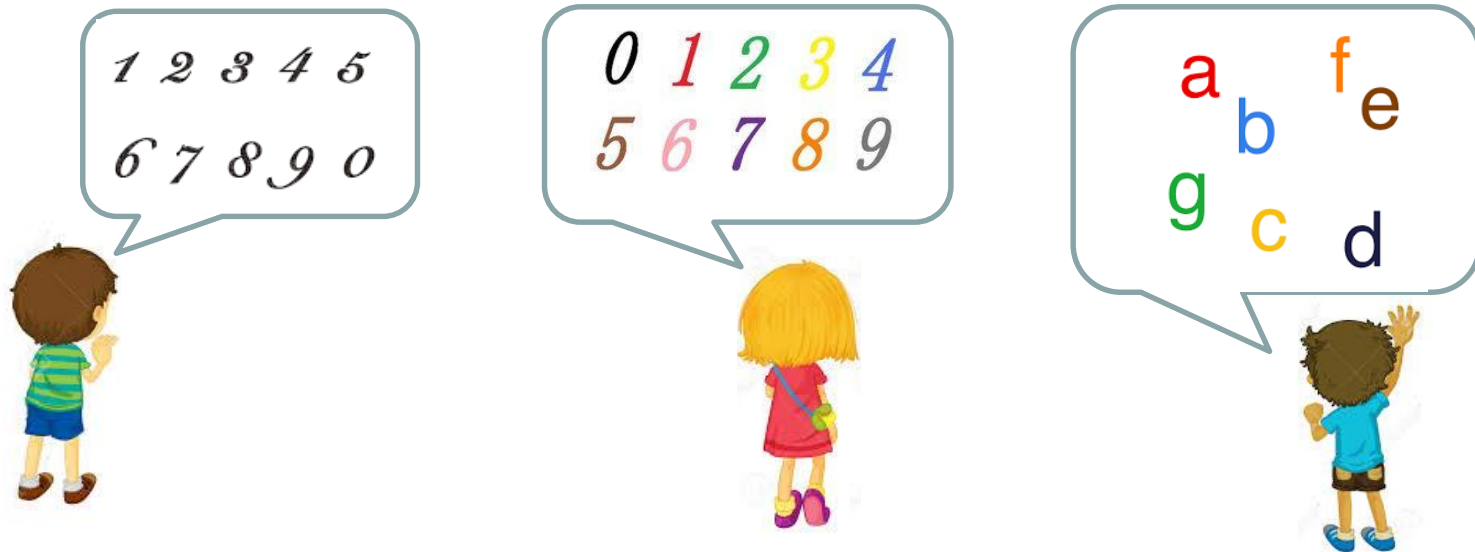
梅田 聡（慶應義塾大学文学部）

# 共感覚とは？

ある刺激に対して通常の間覚だけでなく、異なる種類の感覚を生じさせる特殊な知覚現象をいう。

例えば…

- 文字や数字に特定の色を感じる
- 音を聴くと色が見える（ピアノのC#の音を聴くと青が見える）
- 味から形、匂いから色を感じるなど



共感覚が出現する確率は全体で4%程度

文字や数字に色を感じる色字共感覚は約1% (Simmner et al. 2006)

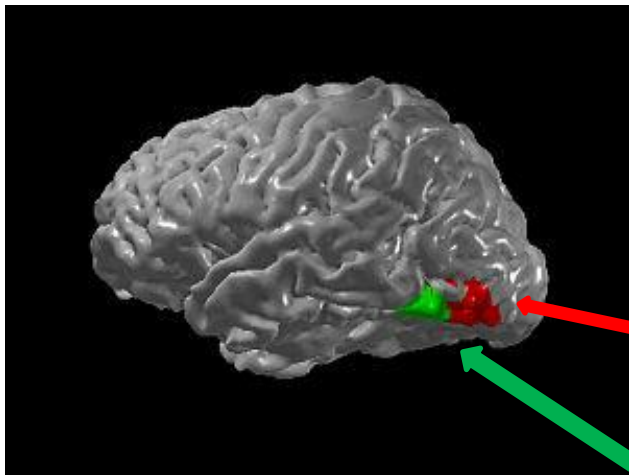
# なぜ起こるのか？

## Cross activation model (交差活性モデル)

共感覚者は脳の領域間のシナプス結合が一般の人に比べて多い

文字や数字に色がついているタイプ

色を知覚するV4と文字や数字の認識をするVWFAの間にクロストーク（混線）があるため、文字の形態が引き金となり、色覚領域であるV4が同時に活性化される

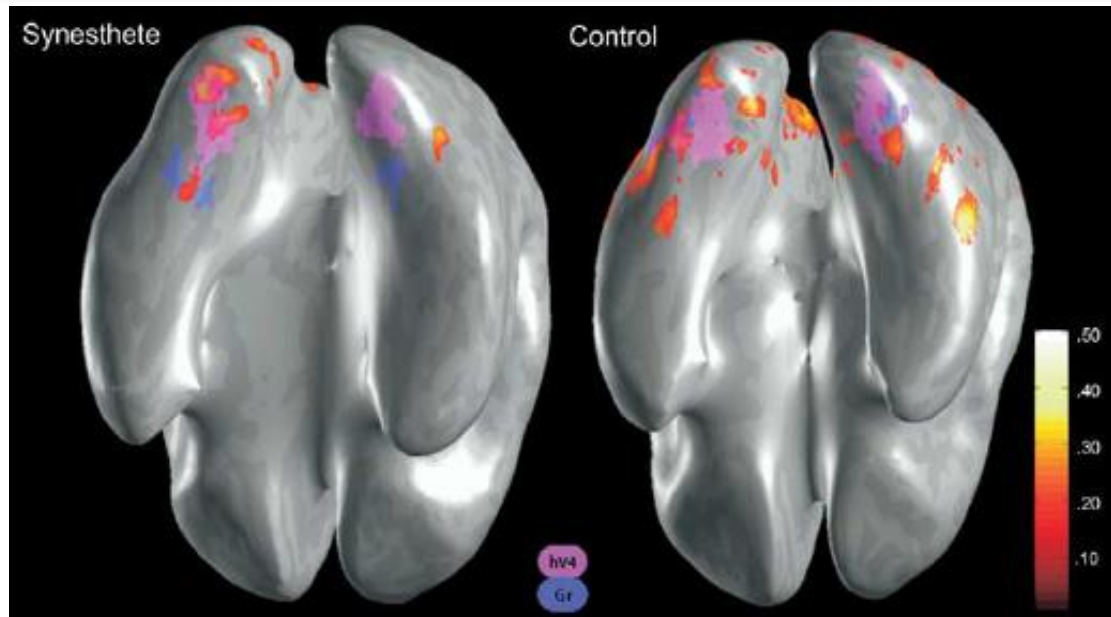


V4: 色を知覚する

VWFA: 文字や数字の認識をする

Ramachandran, & Hubbard (2001)

# Hubbard et al., 2005 (fMRI実験)



V4 (ピンク) : 色覚領域

VWFA (青) : 書記素に反応

赤 : 被験者が書記素を見たときに活性化した部位

参加者 : 色字共感覚者, 統制群各6名

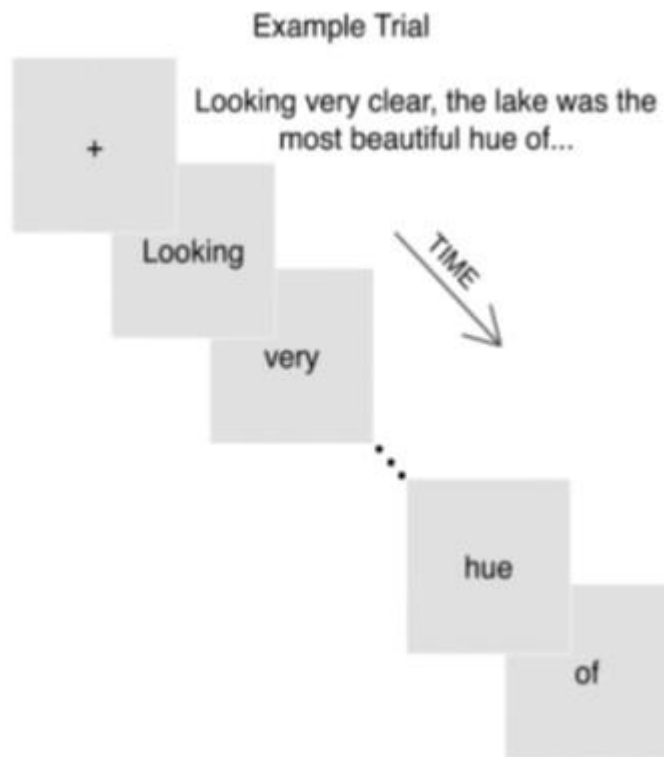
参加者に数字と文字を見せて、その際の脳活動をfMRIで計測

結果 :

数字と文字を見ただけで、共感覚者ではV4の色覚領域 (ピンク) の活動量が高まることが示された。(非共感覚者では見られなかった)

→Cross activation modelを支持する結果

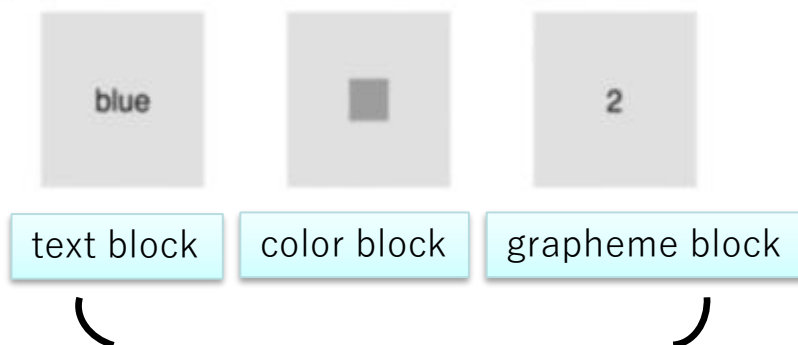
# Brang et al., 2008 (脳波実験)



参加者：色字共感覚者，統制群各8名

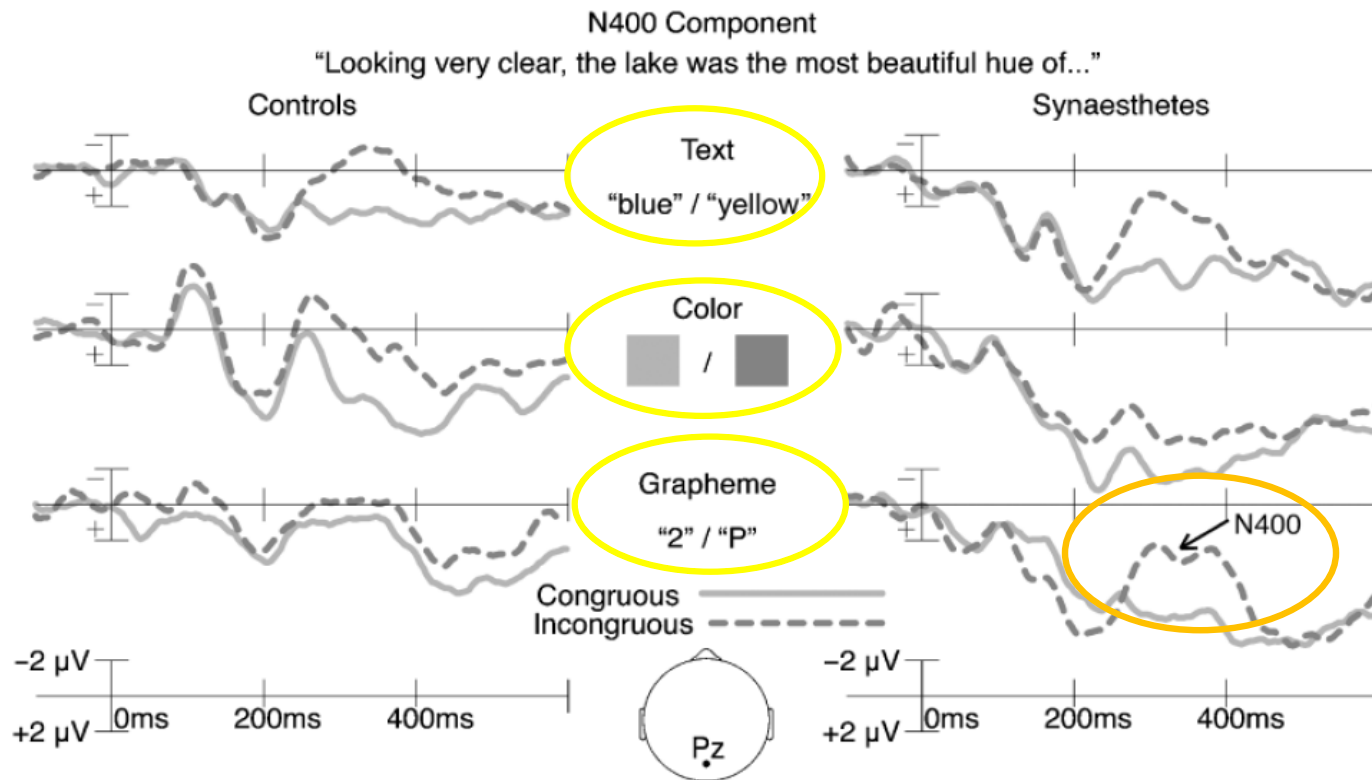
材料："Looking very clear, the lake was the most beautiful hue of xxx"

(とても澄んでいて、湖はxxxの最も美しい色合いでした)



xxx のところをこの3条件で提示 × 2 条件 (共感覚と一致 / 不一致)

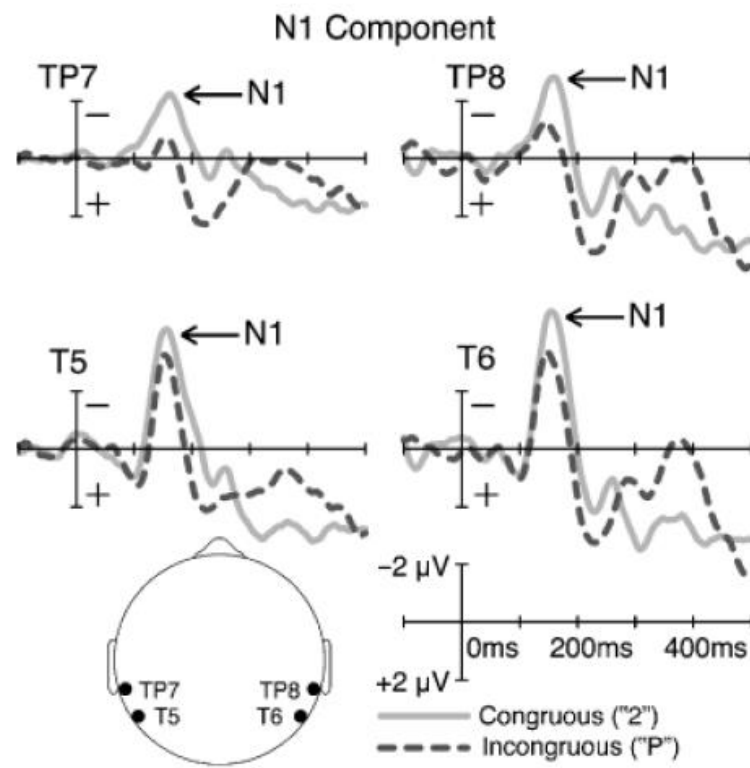
# Brang et al., 2008



text blocks, color blocksでは共感覚者，統制群ともに同じようなN400振幅を示したが、grapheme blocksでは共感覚と不一致な刺激でより大きなN400振幅が見られた

(N400は言語の意味的逸脱を反映する成分)

N400とともに、「刺激の特徴検出などの認知処理」を反映するN1成分が共感覚者のみにみられた



共感覚者のみにN1 effectが見られたことから、N1成分は刺激の一致・不一致を判断する congruity effect を反映

# 脳は色や形の処理をどのように行っているのか？

Lloyd-Jones et al., (2012)

参加者：28名



←正しく色付けされたobjects

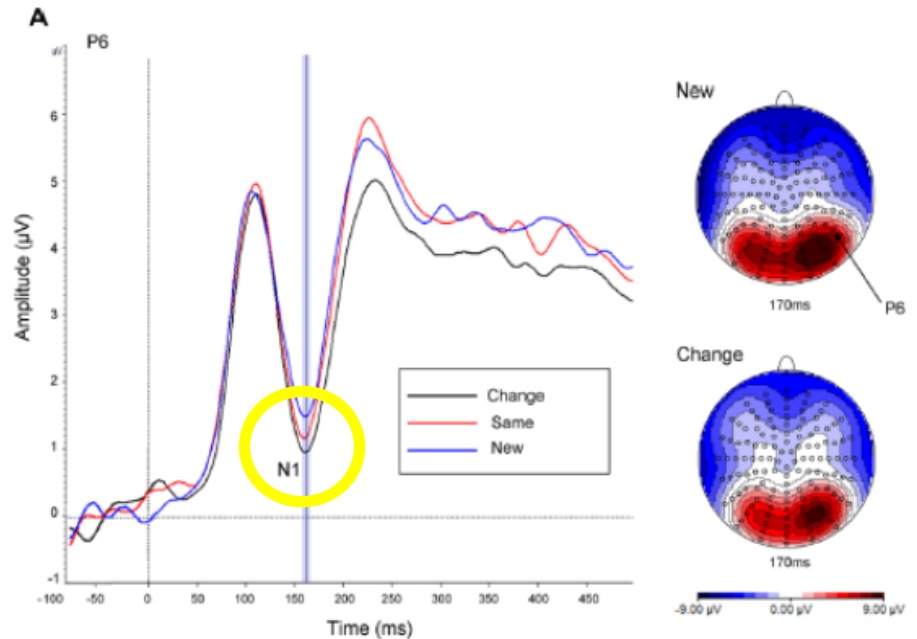
←間違った色を付けられたobjects

Figure 4. Examples of correctly (top) and incorrectly coloured objects.

予備テスト時と色が同じオブジェクト50 (same条件) と、色を変化させたオブジェクト50 (change条件), 学習していないオブジェクト50刺激 (new条件) の全150刺激を呈示.

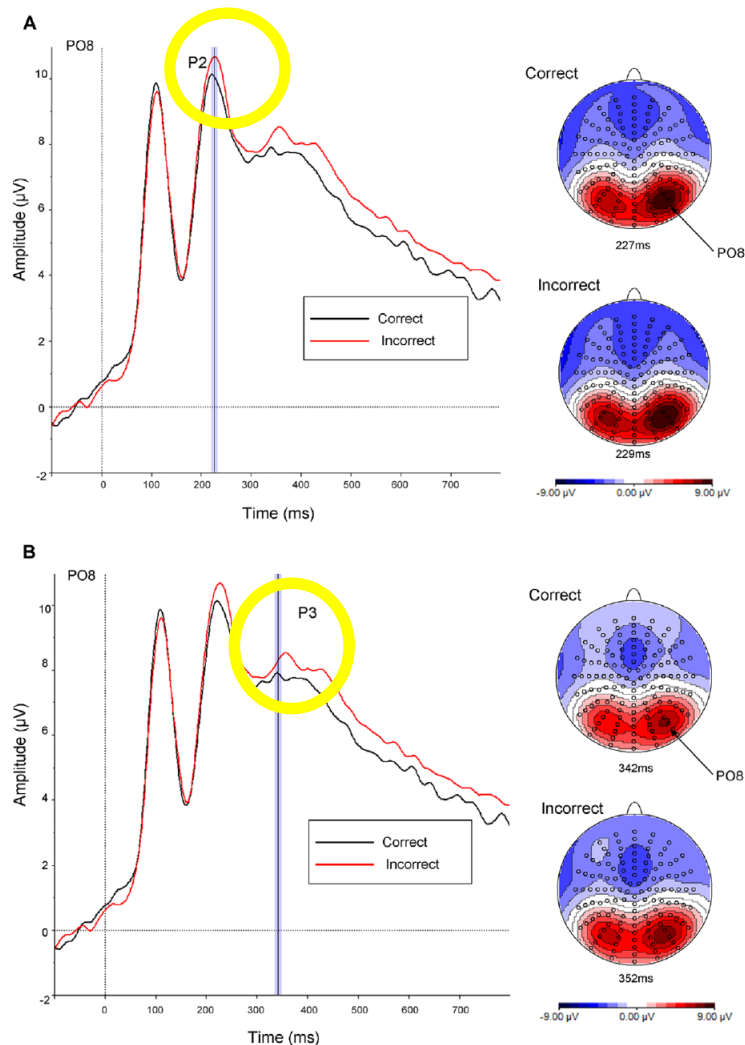
new条件とchange条件の間にN1のtime windowで有意な差が見られた.

→new条件とchange条件間は、色と無関連な形状に関連したコントラストなので、N1成分は物体の形状に対して活性化すると考えられる





# Lloyd-Jones et al., (2012)



P2, P3成分で、正しく色付けされた物と、間違っ色付けされた物の間に有意な差が見られた

→P2, P3コンポーネントは物体の色に対して活性化する

Figure 3. ERP Colour effects. Grand average ERPs to correctly (black line) and incorrectly (red line) coloured objects plotted between -100 and 800 msec with (a) topography associated with the peak amplitude for correctly versus incorrectly coloured objects for the P2; and (b) topography associated with the peak amplitude for correctly versus incorrectly coloured objects for the P3.

# 先行研究の結果から…

## fMRI研究から… (Hubbard et al., 2005)

- V4とVWFAの間にクロストーク（混線）があるため、文字の形態が引き金となり色覚領域のV4が同時に活性化する

## 脳波研究から… (Brang et al., 2008)

- 共感覚者のみにN1 effectが見られたことから、N1成分は刺激の一致・不一致を判断するcongruity effectを反映

## Lloyd-Jones et al., (2012)

- N1成分は物体の形に対して、P2, P3コンポーネントは物体の色に対して活性化

# 本研究の目的

- 日常生活でよく目にするロゴやキャラクター画像の色を変化させ、それを見たときの脳活動を統制群と比較する
- そこから共感覚の特異性が共感覚を引き起こす刺激以外でも起きるのかどうかを脳波を用いて検討する

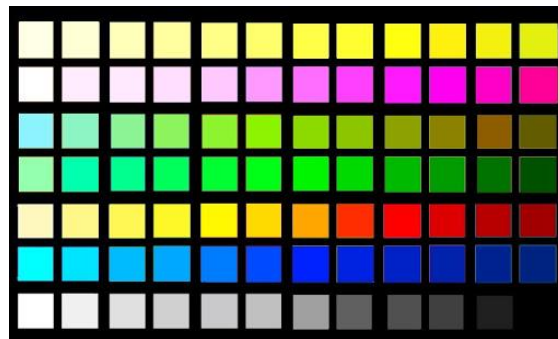
# 方法：参加者

## 参加者:

- 色字共感覚保持者 6 名(女性3名,男性3名) , 平均年齢21歳(SD=2.00)
- 統制群6名,平均年齢22.5歳(SD=1.38)

## *Screening test:*

共感覚保持者に数字と色のマッチングをカラーチャートを用いて0から9まで行ってもらい,色をついた数字を刺激として作成した



数字と色のマッチングを実験後2週間目にweb上で実施し、相関係数を算出した。

# 方法：参加者

今回の参加者の色と数字の結びつき

synes1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
synes2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
synes3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
synes4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
synes5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
synes6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

# 刺激

## ロゴ・キャラクター刺激

- 日常生活でよく目にするロゴやキャラクター画像を使用
- 予備実験で
  - 「違和感が少ない」と判断された刺激20種
  - 「違和感が大きい」と判断された刺激20種
  - それぞれに対応するオリジナル画像40種を刺激として採用

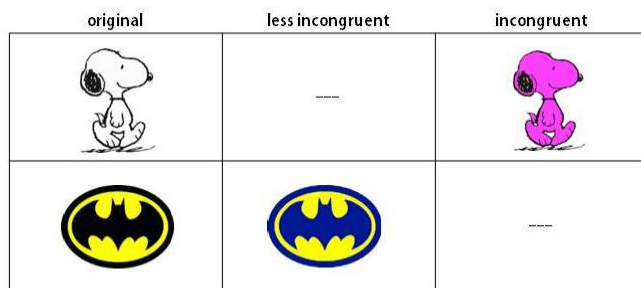


Fig. 1 Example of original, incongruent and less incongruent stimuli.



# 刺激

## 数字刺激

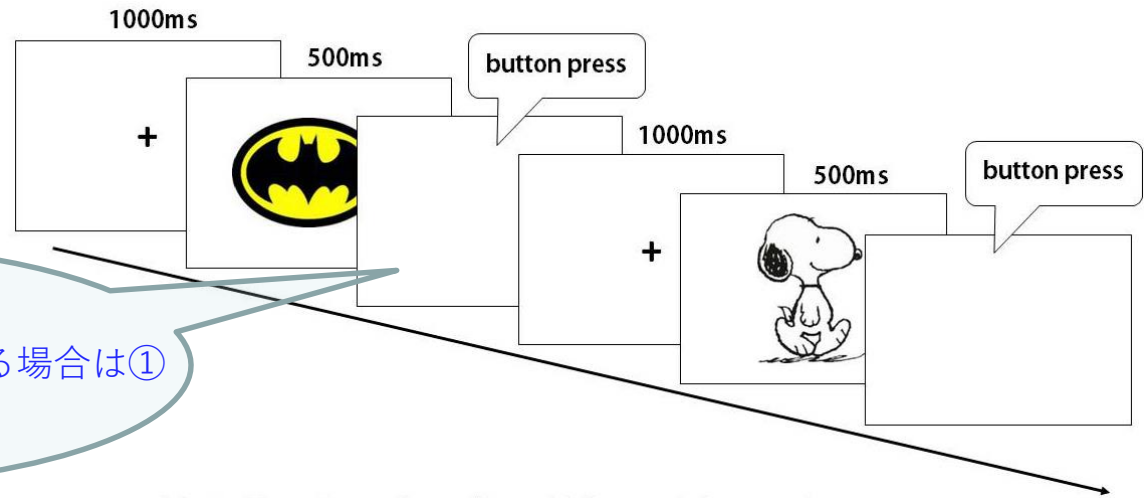
- 共感覚保持者に数字と色のマッチングを0から9まで行ってもらい、色のついた数字を刺激として作成

(一致刺激10種, 不一致刺激10種)

一致刺激	不一致刺激
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

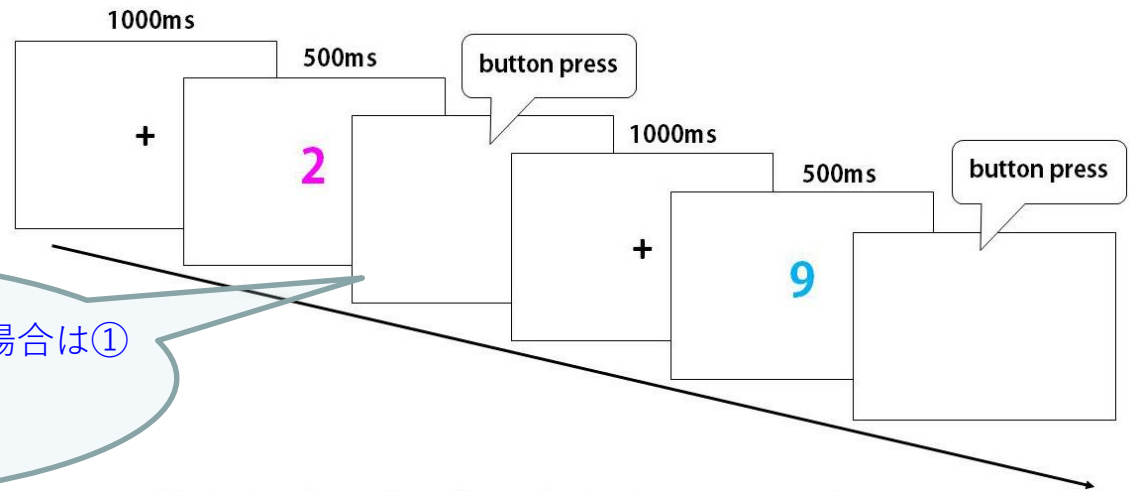
# 手続き

## Logo/character images task



自分の持つイメージと一致する場合は①  
一致しない場合は②を押す

## Colored numbers task



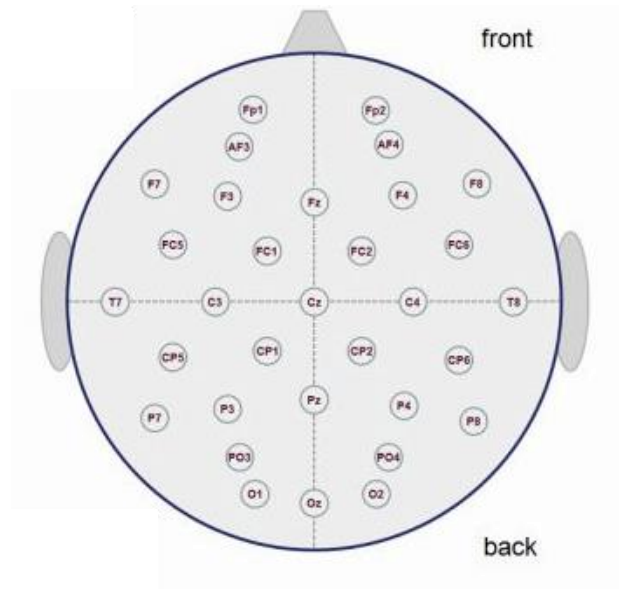
数字の色がイメージと一致する場合は①  
一致しない場合は②を押す  
(統制群はすべて②を押す)



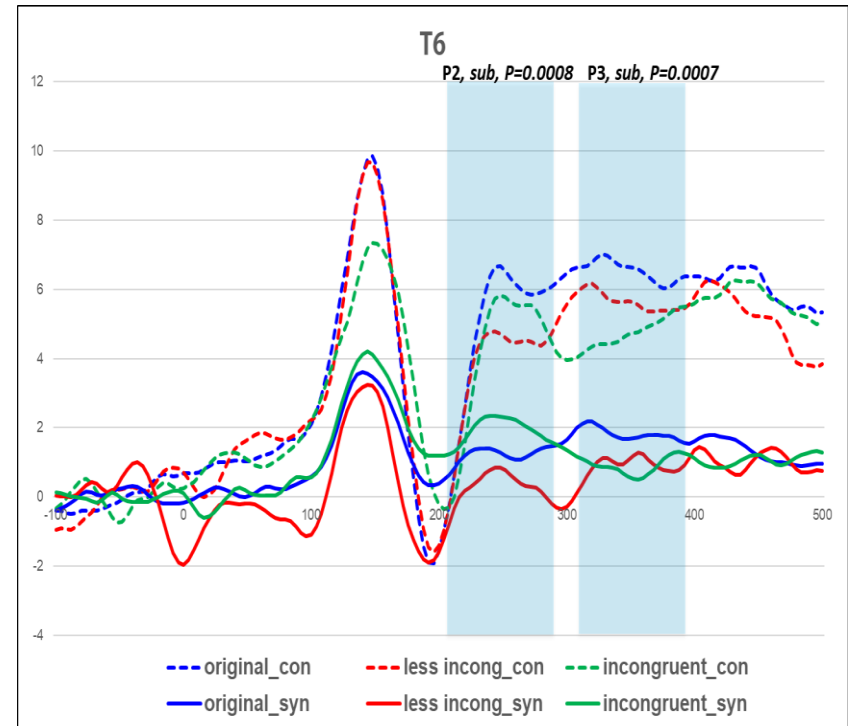
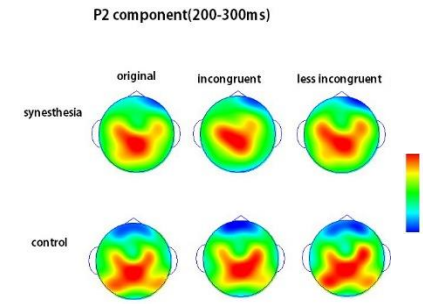
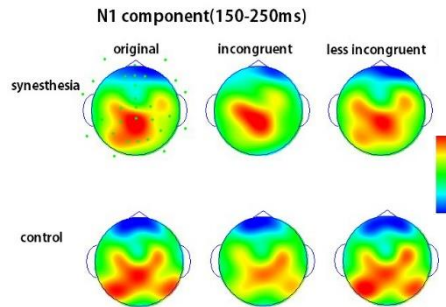
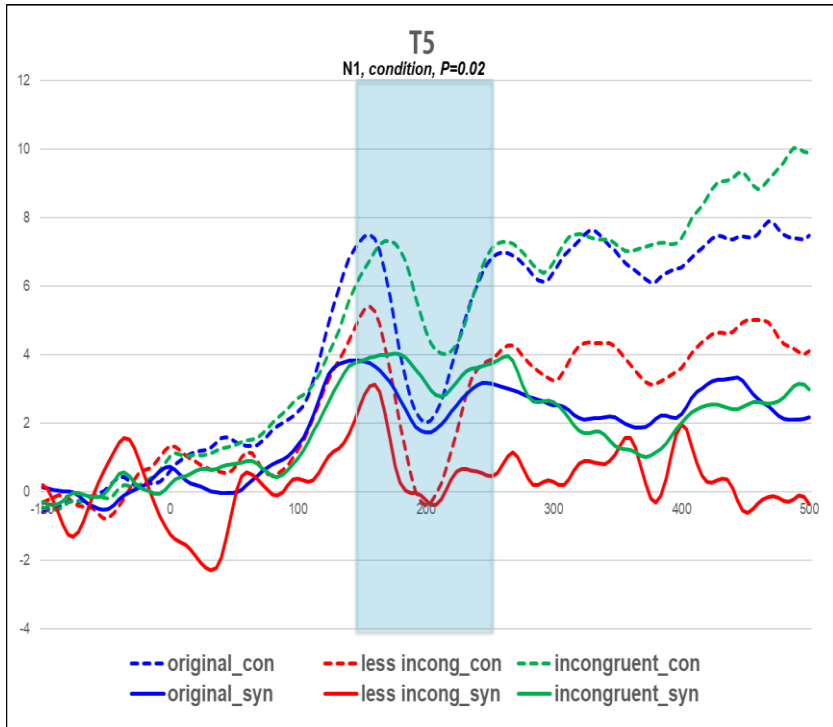
# 脳波計測

- 32-channel のNetStation 4.5.1を使用 (Czをリファレンス) .  
sampling rate : 250 Hz, bandpass filter : 0.5 Hz to 30 Hz.
- 解析にはEMSE 5.5.2 (Cortech Solutions Inc.)を使用.

脳波の解析はオリジナル画像を①（一致）,  
違和感が少ない,違和感が大きい画像を②（不一致）と  
回答したものについて加算した.

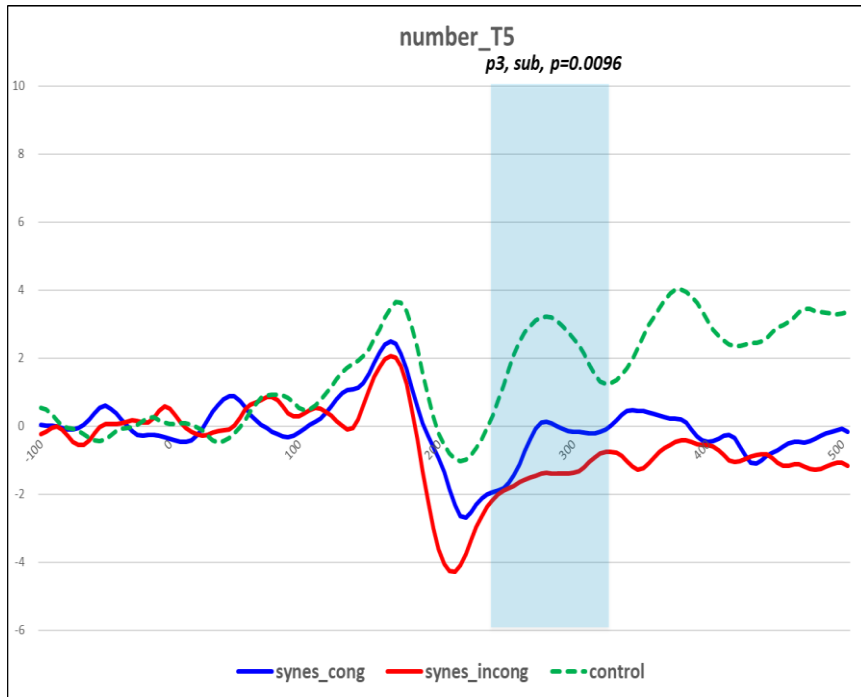


# 結果 Logo/character images task

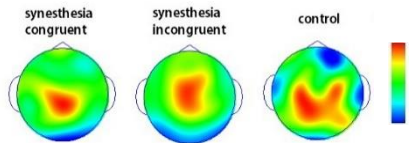


- N1のtime windowにおいて刺激タイプ（オリジナル、違和感が少ない、違和感が大きい）に有意な差が見られた。違和感が少ない画像が、他のオリジナル画像や違和感が大きい画像に比べ、より大きな負のN1振幅を引き起こした。
  - 違和感が少ない画像は曖昧なため（自分の持つイメージと一致しているかどうかの）判断が難しかったと考えられる。Brangらと同様、刺激が一致しているかどうかの判別と判断を反映したものであることを示唆（congruity effect）。
- 色に対して活性化するP2とP3のtime windowで参加者間に有意な差が見られた。統制群の方が共感覚者と比べて、より大きなP2とP3振幅を引き示した。
  - 共感覚を引き起こさない画像刺激に対しても、共感覚者と非共感覚者では異なった処理を行っている。

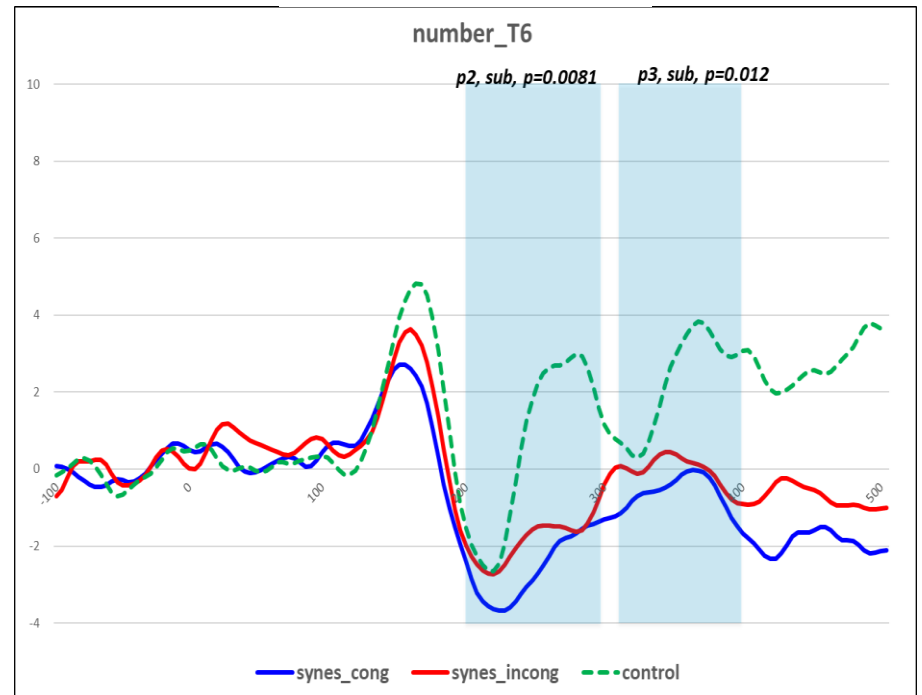
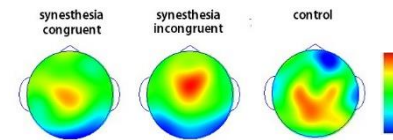
# 結果 Colored numbers task



P3 component(250-350ms)-T5-



P2 component(200-300ms)-T6-



色に対して活性化するP2とP3のtime windowで参加者間に有意な差が見られた。統制群の方が共感覚者と比べて、より大きなP2とP3振幅を引き起こした。

→ Logo/character images task の結果と同様に、P2とP3のtime windowでは統制群の方が有意に振幅が大きかった。

# 考察

- 色字共感覚者における画像処理メカニズム

共感覚を引き起こさない画像処理においても、共感覚者と統制群では異なった処理を行っている。

→Logoなどの画像処理や数字の処理ともに共感覚者は統制群に比べ、振幅が小さい。

(特にP2, P3など色の処理にかかわるtime windowで共感覚者の振幅が小さい)

Banissy et al.(2013)

共感覚者は事物を連合させて結びつける基準が非共感覚者と比較して緩いため、連合学習が得意である。

→共感覚者は画像処理において情報処理にかかる負荷が少ないと考えられる。



Thank you for your attention !