

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32670

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K04432

研究課題名（和文）脳内神経伝達物質の濃度測定による視覚運動知覚の個人差の解明

研究課題名（英文）Individual differences in visual motion perception and neurotransmitter concentrations

研究代表者

竹内 龍人（TAKEUCHI, Tatsuto）

日本女子大学・人間社会学部・教授

研究者番号：50396165

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では視覚における個人差の原因は何かという問題を解明するために、神経伝達物質の濃度及び視覚的注意の機能に着目した。視覚運動刺激としては、運動対比/同化を引き起こす刺激対を使用した。この刺激対では先行刺激の諸特性が後続するテスト刺激の見え方を変えるが、これまでの研究から個人差が大きいことが知られている。

実験の結果、運動対比/同化において個人差を生じさせている要因には、高次視覚野や運動視に関連する部位における神経伝達物質の濃度および視覚的注意の特性があることがわかった。これらの結果は、個人差が初期視覚野より上の領域において発現する視覚機能に依存している可能性を示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚の実験心理学的研究においては、個人差の問題はこれまで見過ごされてきた。本研究計画では、日常生活において重要な機能である運動視においてなぜ個人差が生じるのか、その理由を明らかにすることを目的とした。研究の結果、神経伝達物質の濃度および視覚的注意の特性が個人差をもたらしていることがわかった。

こうした知見を起点として、今後の知覚研究においては個人差をもたらす機序の解明が焦点の一つになると考えられる。また視覚的注意の運動視への影響は、視野安定の機構と関連しているという知見も得た。これらの結果は、安全な移動（例：交通）を可能とするための社会的基盤整備における基礎データになりうると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Recent studies have shown that interindividual variability can be a rich source of information regarding the mechanism of human visual perception. In this study, we examined the mechanisms underlying interindividual variability in the perception of visual motion.

For the purpose we measured neurotransmitter concentrations using MRS and also examined the effect of spatial attention on the visual motion perception. The participants were tasked with judging the direction of a test stimulus in the priming paradigm. To control the effect of spatial attention, the participants were asked to conduct a concurrent dot contrast-change detection task after the saccade.

We found that both neurotransmitter concentrations at higher visual areas and spatial attention affected the interindividual variability on the perception of visual motion. These results indicate that the difference in the functions elicited at the higher visual area is responsible for the interindividual variability.

研究分野：知覚心理学

キーワード：運動視 錯視 神経伝達物質

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「人は皆それぞれ違うものだ」と言う時には普通見かけの違いや性格の違いを思い浮かべ、それを各人の個性としてとらえる。じつは物の見え方も必ずしも皆同じわけではないが、そこに思い至ることはあまりない。個人の違いや個性に着目する臨床・発達心理学的な研究とは異なり、生体の感覚・知覚のメカニズムの解明をめざす知覚心理学においては、個人差の問題は必ずしも大きなトピックではなかった。

視知覚の個人差には、遺伝的要因、灰白質の体積といった大脳の構造、脳内神経伝達物質の濃度、個人の性格、視覚的注意や視覚的記憶の機能といった様々な要因が関与していると考えられるが、何かを結論づけるには実験的蓄積があまりに少ない (Scocchia et al., 2014)。

2. 研究の目的

臨床心理学や発達心理学的観点からみると個人差は中心的なテーマである一方で、視知覚の研究においては個人差の問題は見過ごされてきた。本研究計画では、日常生活において重要な機能である運動視 (visual motion perception) においてなぜ個人差が生じるのか、その理由を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

先に記したように、個人差をもたらす要因としては、遺伝的要因、灰白質の体積といった大脳の構造、脳内神経伝達物質の濃度、個人の性格、視覚的注意や視覚的記憶の機能などがある。本研究ではこうした要因の中から、神経伝達物質の濃度を検討することとした。個人差の検討対象としては運動視を選んだ。

近年、磁気共鳴の原理により代謝物を非侵襲的に測定する磁気共鳴分光法 (Magnetic Resonance Spectroscopy, MRS) (Edden et al., 2013) により、ヒトの脳内神経伝達物質濃度を測定することが可能になり注目を集めている。臨床的には、発達障害を含む各種の精神疾患と脳内神経伝達物質の濃度との関係の解明を目指す研究がまさに端緒についたところである。例えば興奮性神経伝達物質であるグルタミン-グルタミン酸 (Glx) の大脳基底核における濃度が ADHD (注意欠陥・多動性障害) の発症と関連する可能性が指摘されている (Maltezos et al., 2014)。視知覚の研究においては、抑制性神経伝達物質である γ -アミノ酪酸 (GABA) の第一次視覚野 (V1) における濃度が視覚的方位検出閾や曖昧図形の双安定性知覚と関係している可能性を示した研究がある (Edden et al., 2009; van Loon et al., 2013)。

本研究においては、後述する運動視における個人差と、視覚野における脳内神経伝達物質の濃度との相関を調べた。脳内部位としては V1 野及び運動視に関連していることが知られている MT 野、脳内神経伝達物質としては GABA を検討した。MRS の測定と同時に fMRI の計測により脳内部位の同定を行った。

視知覚に対象として運動視を選んだ理由は、視覚的運動の認識が視覚の空間特性と時間特性双方に関わっており、あらゆる生物にとって最も重要な視機能の一つだからである。錯視を生じさせる基本原理の一つに同化と対比があり、色の同化と対比はその顕著な例であるが、類似の錯視現象が運動視にも起こりうる。先行する運動刺激の持続時間が短い場合は、後続するテスト刺激 (運動方向が曖昧な刺激) が先行刺激と同方向に動いてみえる (運動の同化)。一方で、先行する運動刺激の持続時間が長いと、テスト刺激は先行刺激に反発するように逆方向に見える (運動の対比)。報告者らによる事前の研究 (Takeuchi, et al., 2017) から、運動印象が同化から対比へと切り替わる先行刺激の持続時間は 30 ミリ秒から 1000 ミリ秒まで幅広く分布していることがわかっている。そのために運動の同化と対比は、個人差を検討する上で適していると言える。

この運動視の同化と対比では、先行刺激とテスト刺激が継時的に提示されることから、時間的な現象であるといえる。先行刺激を周辺視野に、テスト刺激を中心視野に同時に提示する空間的な運動視の同化と対比現象もよく知られている (Tadin, et al., 2003)。本研究では時間的な同化 / 対比に加えて、この空間的な同化 / 対比現象の個人差も検討した。

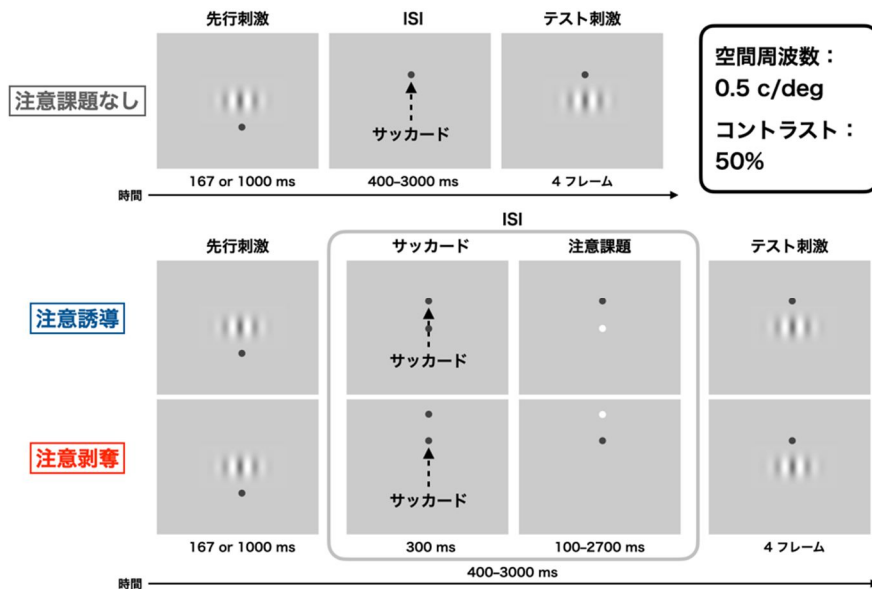
なお、実験の進行に伴い、同化 / 対比の切り替わりが視覚的注意に大きく依存することを見出した。後述するように、時間的な同化 / 対比の場合では、視覚的注意を引き剥がすことにより、運動の同化が消失することがわかった。そのために、研究の後半においては主にこの視覚的注意の影響を解明するための実験を集中的に行った。

4. 研究成果

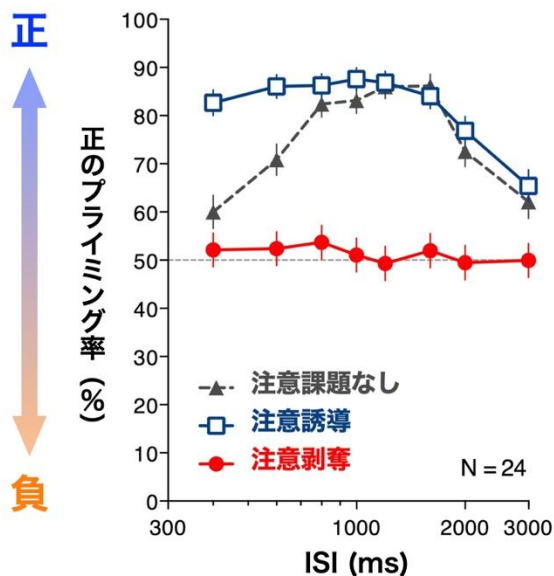
本研究遂行以前に行った実験から得られたデータ (Takeuchi, et al., 2017) では、PFC (前頭前野) における Glx の濃度が時間的な運動の同化 / 対比における個人差と相関があることが示された。つまり、運動対比から運動同化に切り替わるための先行刺激の持続時間が長い実験参加者では、PFC における Glx の濃度が高かった。その一方で、V1 野や MT 野における神経伝達物質の濃度と運動視の個人差との間に相関はみられなかった。

この結果は、高次の脳部位における機能が個人差をもたらしている可能性を示唆している。特に、PFCにおける興奮性の伝達物質である Glx 濃度が鍵となるという結果から、視覚的注意の個人差への関与が考えられる。そこで、時間的な運動対比/同化における注意の効果を検討した。この実験では、テスト刺激と同じ位置及び異なる位置にドットを提示し、テスト刺激において知覚される運動方向と共に、ドットのコントラスト変化を報告する二重課題を行った（右図）。

実験では、実験参加者は先行刺激提示後に動いた凝視点めがけてサックードを行う。サックード後に提示される注意課題を行った後に、サックードした凝視点近くに提示されるテスト刺激の運動方向を報告する。注意誘導条件と注意剥奪条件では、注意課題を実行する空間位置とテスト刺激の位置が異なる。



実験の結果、注意課題（二重課題）の効果は運動対比においては生じず、運動同化においてのみみられることがわかった。下図では、運動同化（正のプライミング）の生起確率を、サックードと注意課題を行う時間（ISI）の関数としてプロットしている。注意誘導を行うとプライミングの生起確率が上昇する一方で、注意剥奪によりプライミングがほぼ消失することがわかる。



ただしこの結果には個人差があり、注意剥奪の効果強い実験参加者群と、注意剥奪の効果弱い実験参加者群の2群に分けられる。注意剥奪の効果弱い実験参加者は、二重課題による抑制が少ないことが示唆される。そこでMT野におけるGABA（抑制性神経伝達物質）の濃度を計測したところ、GABAの濃度と運動視における注意剥奪の効果との間に相関関係がみられた。ただし現状では実験参加者の数は十分ではなく検定力が低いため、この点に関しては今後の検討課題である。

以上の結果をまとめると、

- (1) 運動視における個人差には脳の高次部位における興奮性の機構が関与する。
- (2) 興奮性の機構は視覚的注意の制御を担うことにより、運動視における同化の知覚を変調する。
- (3) その変調にはMT野における抑制性の機構が関与している可能性がある。MT野における変調の強度にも個人

差があり、それが注意剥奪の個人差に表れる。(4) これらの点から、個人差は脳内における階層的情報処理の各過程において現れる可能性があるといえる。

本研究計画では、日常生活において重要な機能である運動視においてなぜ個人差が生じるのか、その理由を明らかにすることを目的とした。研究の結果、神経伝達物質の濃度および視覚的注意のかかり方が個人差をもたらしていることがわかった。視知覚の実験心理学的研究においては、個人差の問題はこれまで見過ごされてきた。本研究で得られたような知見を起点として、今後は個人差の解明が焦点の一つになると考えられる。また視覚的注意の運動視への影響は、視野安定の機構と関連しているという知見も得た。この知見は、日常における安全な身体運動や移動（例：交通）を可能とするための社会基盤整備における基礎データになりうると思われる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yoshimoto, S., & Takeuchi, T.	4. 巻 19
2. 論文標題 Effect of spatial attention on spatiotopic visual motion perception	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1167/19.4.4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 吉本早苗・竹内龍人
2. 発表標題 環境座標依存的な知覚における視覚的注意の効果
3. 学会等名 日本視覚学会2018年夏季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	吉本 早苗 (YOSHIMOTO Sanae) (80773407)	広島大学・総合科学研究科・助教 (15401)	