

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 17 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26285168

研究課題名(和文)意図的な行動生成時における注意資源配置のダイナミクス

研究課題名(英文)Allocation of attention during planning intentional behaviours

研究代表者

河原 純一郎 (Jun-ichiro, Kawahara)

北海道大学・文学研究科・その他

研究者番号：30322241

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、被験者が自分の意思で始める行動の負荷が、適応的行動に及ぼす影響を調べた。被験者は2つの系列をモニタし、個別の異物検出モードでの標的検出ができていた。特定皮質領域内に存在する神経伝達物質の濃度を直接計測可能な核磁気共鳴スペクトロスコピーを用いて、後部頭頂葉と前頭前野に存在するGABAの濃度を測定した。注意の一時的な抑制を反映する注意の瞬きが起きやすい個人ほど、GABA濃度は前頭前野で低く後部頭頂葉で高いことが示されたことがわかった。

研究成果の概要(英文)：The present study examined whether observers are able to establish multiple attentional sets to concurrently monitor two different spatial locations. Observers identified a target letter in red or cyan among nontarget letters of other heterogeneous colours during a temporal feature search. The results revealed that observers maintained multiple attentional sets for detecting two singletons or for targets involving two (or three) features. The second study demonstrates a relationship among inhibitory neural processes, front-parietal brain regions, and temporal aspects of attentional control ability.

研究分野：認知心理学

キーワード：注意

## 様式 C - 19、F - 19、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

従来の注意研究は、呈示された刺激を受動的に見て反応するという枠組みで行われてきた。初期には手がかり-標的の組み合わせを見て反応、やがて第1標的、第2標的それぞれに反応(記銘)するという二重課題になったが、受動的に標的を見ることは変わらなかった。これらは第1、第2世代の注意研究といえるだろう。第3世代の注意研究は受動性からやや前進し、注意を身体(主に眼球運動)よりも先に物体に向けてと考え、身体性が論じられるようになってきた。

このような流れの中で、われわれは、二重課題事態で作業記憶での記銘が必要なときに一時的に知覚的構えが制御不能になるというモデル(Kawahara et al., 2006; Di Lollo et al. 2005)を提案した。このモデルは250件以上の被引用数を得ており、資源剥奪と構えの維持は複数の認知的行動が連続するとき避けては通れない問題(Kawahara & Kihara, 2011)として注目されていた。

### 2. 研究の目的

本研究は、被験者が自分の意思で始める行動の負荷が、適応的行動に及ぼす影響を調べた。研究1では、複数の標的を検出するために複数の知覚的構えをとることができる事態で、そのうちの1つを選択する事態を設けた。ここで、非関連な事態として妨害刺激が出現した場合に生じる反射的な注意の変調が、次の標的の同定に及ぼす影響を調べた。

知覚的構えの1つとして、異物検出モードをとったときに、2つの異なる特徴を検出し、複合探索で標的を同定する場合(研究1-1)、特徴探索モードで2つの異なる特徴を検出し、複合探索で標的を同定する場合(研究1-2)、および異物検出モードと特徴探索モードそれぞれで定義される2つの標的を同定する場合(研究1-3)を設け、それぞれ16名の被験者による行動実験を行った。

次に意図的行動が作用する注意成分の負荷操作の妥当性を評価するために、注意負荷を反映する客観的な生理指標として、瞳孔径変化の有効性を検証した。特に、意図的行動によって生じる注意の一時的な促進が瞳孔径の拡大率にどのように反映されるかを調べた(研究2-1)。また、瞳孔拡大は青斑核-ノルアドレナリン系の活動を反映することから2-1で示された視覚的注意の一時的な促進には神経伝達物質ノルアドレナリンが関与することが考えられた。そこで、この成果の発展を目指して、視覚的注意の一時的な抑制に関わる神経伝達物質の特定を試みた。特に、抑制性神経伝達物

質であるGABAに着目してその関与を検証した(研究2-2)。

刺激呈示前・運動開始前後での脳活動解析手法を策定した(研究3-1, 3-2)。また、社会的負荷が認知課題成績に及ぼす影響を検討するための予備実験時に記録した顔表情映像の解析を行い、社会的負荷が表情に与える影響を検討した(研究3-3)。

### 3. 研究の方法

研究1-1: 高速逐次視覚呈示系列を注視点の上下に設け、被験者には異物検出モードでの標的検出を求めた。妨害刺激のない事態をベースラインとし、2つの高速逐次視覚呈示系列に出現する異色の標的を同定させた。これらの2系列の外側に課題非関連な妨害刺激が標的の200ms前に出現する条件を設けた。このとき、標的と同色、異色の妨害刺激を含む等数ずつ設け、この異色の妨害刺激が標的検出に及ぼす影響を検討した。

研究1-2, -3: 研究1-1と同様の手続きであったが、標的の定義を操作した。研究1-2では上下系列ともに特徴探索モードで標的を定義した。上の系列では赤色、下の系列では水色の標的を探索させた。研究1-3では、上の系列では異物検出モードでの標的検出、下の系列では特徴探索モードでの検出を求めた。

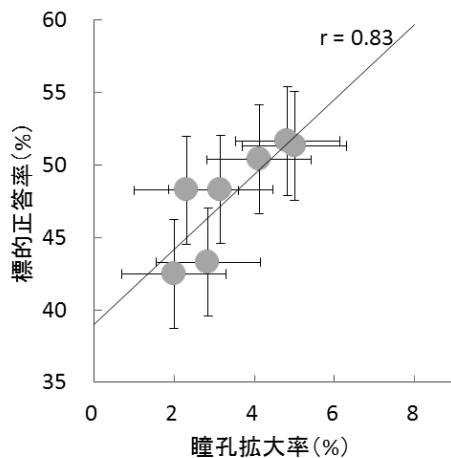
研究2-1: 観察者の意図的行動(キー押し)によって標的が出現する高速逐次視覚呈示を用いて実験を行った。意図的行動から標的出現までの遅延時間を0ms, 100ms, 200ms, 300ms, 400ms, 600ms, 800msの7段階に変化させ、それぞれの条件の標的正答率と、意図的行動がなくても自動的に標的が出現するコントロール条件の正答率を比較した。さらに、高速逐次視覚呈示観察中の瞳孔径の変化を記録し、刺激提示前からの拡大率を求めた。34名が実験に参加し、正常にデータを得られた28名を分析対象とした。

研究2-2: 特定皮質領域内に存在する神経伝達物質の濃度を直接計測可能な核磁気共鳴スペクトロスコピーを用いて、後部頭頂葉と前頭前野に存在するGABAの濃度を測定した。そして、視覚的注意の一時的な抑制を反映する注意の瞬き課題を用いて、注意の瞬きの大きさと、各皮質領域のGABA濃度の個人内相関を検証した。29名が実験に参加し、正常にデータを得られた22名を分析対象とした。

研究 3-1: 刺激呈示前での脳活動解析手法を策定するため、刺激の自己関連性判断課題を行っている際の脳波データの解析を行った。実験ではまず MRI を用いて前部帯状回のグルタミン酸濃度を測定した。その後、刺激の自己関連性判断を参加者に課し、その際の脳波を測定した。脳波データについては独立成分分析によるノイズ除去を行った後、時間周波数解析を適用した。

研究 3-2: 運動開始前後の脳波の解析手法を策定するため、意思決定課題を遂行時の脳波データの解析を行った。実験では、参加者に正答のない意思決定(職業選択)と正答のある意思決定(給料判断)を課した。正答のない意思決定においては過去にその選択肢を自分で選択したかどうか、意思決定を方向づける基準として機能していることが知られている。そこで、過去に選択したことにより意思決定が方向付けられている程度(選択の一貫性の変化)と反応ボタン押し前後の脳波のとの関連を解析した。

研究 3-3: 社会的負荷が認知課題成績に及



ぼす影響を検討するための予備実験時に記録した顔表情映像の解析を行った。実験では、参加者に、社会的負荷のない(実験室に他者が存在しない)状況で感情喚起刺激を提示し、その際の表情を撮影した。参加者には撮影していることが伝えずに隠し撮りした。実験後に参加者に表情を撮影していた旨を説明し、撮影したデータの使用について可否を確認した。この社会的負荷のない状況における表情データを、これまでに報告されてきた社会的負荷がある状況(他者から観察されている状況)との比較を行うことで、社会的負荷の影響を検討した。

#### 4. 研究成果

研究 1-1: 被験者は 2 つの系列をモニタし、個別の異物検出モードでの標的検出ができていた。課題非関連な妨害刺激の色が異なってもこうした独立した構えを維

持することができた。この結果は従来の知見 (Moore & Weissman, 2010; Roper & Vecera, 2012) を拡張するとともに、空間的に異なる位置でも同様の個別モニタリングができることを示した。

研究 1-2, 1-3: 同時に 2 つの特徴探索モードを撮る必要がある場合(1-2)でも、柔軟な知覚的構えを設定でき、異なる色の標的を検出することができた。さらに、標色の三色に増した実験でも同様に、同時にモニタリングが可能であることを示す結果であった。興味深いことに、現在の構えに固有の注意捕捉(set-specific capture)という現象が生じることがわかった。本来の注意捕捉は、標的の検出成績が低下する現象であるが、これに対して本研究では、2 つ作業記憶に維持している標色のうち、一方が妨害刺激として呈示されると却って、それに一致する標的の検出成績が向上するという現象である (Ito & Kawahara, 2016; Moore & Weissman, 2010; Roper & Vecera, 2012)。本研究はこの課題特異的捕捉が複数系列でも生じることが示した。しかし、知覚的構えが複合(異物検出モードと特徴探索モード)的である場合はこの現象は生じなかったことから、作業記憶上での構えの維持には制約があることを示唆している。

研究 2-1: 自動的に標的が出現する統制条件と比べて、意図的行動の生起から標的出現が遅延するほど標的正確率が向上し、800 ms 遅延条件で標的正確率が最も高くなることが分かった。このことから、意図的行動から 800 ms 程度の遅延時間を経て、視覚的注意が一時的に促進されることが示された。また同様に、標的出現が意図的行動から 800 ms 遅延する条件で、瞳孔径の拡大率が最大になることも示された。そこで、意図的行動から標的出現までの遅延時間 7 条件における標的正確率と瞳孔拡大率の相関を調べたところ、有意な正の相関が認められた(図 1)。このことから、意図的行動によって引き起こされる注意の一時的な促進は、瞳孔径の拡大率が客観的な生理指標として有効であることが示された。

図 1. 実験 1 の結果(エラーバーは 95%信頼区間)。意図的動作によって出現した標的の正確率は瞳孔拡大率と正の相関を示す。

研究 2-2: 注意の一時的な抑制を反映する注意の瞬きが起きやすい個人ほど、GABA 濃度は前頭前野で低く後部頭頂葉で高いことが示された(図 2)。したがって、ノルアドレナリンが関与すると考えられる注意の一時的な促進とは異なり、注意の一時的な抑制には別の神経伝達物質である GABA が関与することが示唆された。さらにこれらの結果から、前頭前野と後部頭頂葉では GABA による抑制作用が正反対であることが

示された。すなわち、前頭前野の GABA は一時的な抑制が過剰に機能することを防ぐことに関与し、一方、後部頭頂葉の GABA は一時的な抑制の生じやすさに関与していることが考えられる。

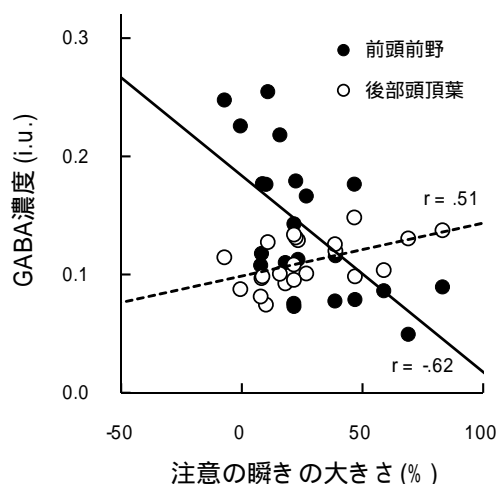


図 2. 実験 2 の結果。注意の瞬きの大きさは、前頭前野の GABA 濃度と負相関、後部頭頂葉の GABA 濃度とは正相関を示す。

研究 3-1：刺激呈示前-500 ms 前後のアルファ波のパワーが刺激の自己関連性判断を予測することが明らかとなった。さらに、このアルファ波のパワーは、前部帯状回のグルタミン酸濃度と相関することも明らかとなった。前部帯状回は刺激の自己関連性の処理と関連することが知られていることから、この結果は刺激呈示前のアルファ波が刺激の自己関連性を予測するという結果と整合するものといえる。これらの結果から本研究課題において確立した脳活動解析手法が、刺激呈示前の脳活動と課題のパフォーマンスとの関連を検討する際に有用であることが示された。

研究 3-2: 意思決定後に前頭中心部においてベータガンマのパワーが強く生起するほど、一度選択した選択肢を再度選択しやすくなることが明らかとなった。先行研究において、報酬フィードバック提示後には罰フィードバック提示後に比べてベータガンマのパワーが強く生起することが報告されていることから、本実験で認められたベータガンマパワーは自身が選択した選択肢に対する価値の付与に関連すると考えられる。そこで、報酬感受性と意思決定による価値の変化との関連を検討したところ報酬感受性が高いほど、選択した選択肢に対する価値が上昇することが明らかとなった。このように先行研究との整合性の高い結果が得られてことから、本研究で用いた脳活動の解析手法が、運動前後の脳活動と課題のパフォーマンスとの関連を検討する際にも有用であることが示された。

研究 3-3: 社会的負荷のない状況ではこれまでに報告されてきた社会的負荷がある状況とは異なる表情が観察され、社会的負荷による表情への影響が明らかとなった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

1. 宮城 円・水落 亮平・楊 琬璐・柏原 志保・宮谷 真人・中尾 敬 (印刷中). 内的基準による意思決定における FRN 様成分閾下提示選択パラダイムを用いた検討 生理心理学と精神生理学 査読有

2. Kawahara, J., & Kumada, T. (2017). Multiple attentional sets while monitoring rapid serial visual presentations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70, 2217-2289. 査読有

3. Namba S., Kagamihara, T., Miyatani, M., and Nakao, T. (2017). Spontaneous Facial Expressions Reveal New Action Units for the Sad Experiences. *Journal of Nonverbal Behavior*. doi:10.1007/s10919-017-0251-6. 査読有

4. Inukai, T., Shimomura, T., & Kawahara, J. (2016). Attentional capture during attentional awakening. *Attention, Perception and Psychophysics*, 78, 159-167. 査読有

5. Ito, M., & Kawahara, J. (2016). Contingent attentional capture across multiple feature dimensions in a temporal search task. *Acta Psychologica*, 163, 107-113. 査読有

6. Kihara, K., Kondo, M. H. and Kawahara, J. I. (2016). Differential contributions of GABA concentration in frontal and parietal regions to individual differences in attentional blink. *The Journal of Neuroscience*, 36, 8895-8901. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0764-16.2016. 査読有

7. Bai, Y., Nakao, T., Xu, J., Qin, P., Chaves, P., Heinzl, A., Duncan, N., et al. (2016). Resting State Glutamate Predicts Elevated Pre-Stimulus Alpha during Self-Relatedness: A Combined EEG-MRS Study on 'rest-Self Overlap.' *Social Neuroscience*, 11, 249-263. doi:10.1080/17470919.2015.1072582. 査読有

8. Nakao T., Kanayama N., Katahira, K., Odani M., Ito Y., Hirata Y., Nasuno R., Hiramoto R., Miyatani M., Northoff G. (2016). Post-Response Power Predicts the Degree of Choice-Based Learning in Internally Guided Decision-Making. *Scientific Reports*, 6,32477. doi:10.1038/srep32477. 査読有

9. Namba S., Makihara, S., Kabir, R.S., Miyatani, M., and Nakao, T. (2016). Spontaneous Facial Expressions Are Different from Posed Facial Expressions: Morphological Properties and Dynamic Sequences. *Current Psychology*. doi:10.1007/s12144-016-9448-9. 査読有

10. Kihara, K., Takeuchi, T., Yoshimoto, S., Kondo, M. H. and Kawahara, J. I. (2015). Pupillometric evidence for the locus coeruleus-noradrenaline system facilitating attentional processing of action-triggered visual stimuli. *Frontiers in Psychology*, 6:828, 1-9. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00827. 査読有

〔学会発表〕(計 6 件)

1. Ito, M., & Kawahara, J. (2016). The effect of mere presence of a mobile phone dependent on the degree of Internet addiction. *Object Perception, Attention, & Memory 24th Annual Workshop*, 36, Boston (USA).

2. Nakao T., Kanayama N., Odani M., Ito Y., Hirata Y., Nasuno R., Hiramoto R., Miyatani M., Northoff G. Post-response beta-gamma power predicts the degree of choice-based learning in internally guided decision-making. *The 31st International Congress of Psychology (ICP2016)*, July 24-29, 2016, Yokohama (Japan).

3. Namba S., Miyatani M., Nakao T. Dynamic Facial Displays as Detectors of Authentically Expressed Emotions. *The 31st International Congress of Psychology (ICP2016)*, July 24-29, 2016, Yokohama (Japan).

4. Kihara, K., Takeuchi, T., Yoshimoto, S., Kondo, M. H. and Kawahara, J. I. The locus coeruleus-noradrenaline system facilitates attentional processing of action-triggered visual stimuli. *Vision Sciences Society 14th Annual Meeting*

(VSS 2014), May 15, 2014, St. Pete Beach (USA).

5. 中尾 敬 正答のある意思決定と正答のない意思決定の違い：脳画像研究のメタ分析、脳波、及びNIRSによる検討 (シンポジウム4「心理生理学による人間の探求」) 第44回日本臨床神経生理学学会学術大会 2014年11月19-21日 福岡国際会議場 (福岡県・福岡市)

6. Nakao, T., Bai, Y., Nashiwa, H., and Northoff, G. Resting-state EEG power predicts conflict-related brain activity in internally guided but not in externally guided decision-making. *The 17th World Congress of Psychophysiology (IOP2014)* September 23-27, 2014 Hiroshima (Japan).

〔図書〕(計 1 件)

1. 河原純一郎 (印刷中) 実験心理学ハンドブック 基礎心理学会 (監修) 朝倉書店 [責任編集・1.1, 1.6, 4.3章執筆]

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

なし

取得状況 (計 0 件)

なし

〔その他〕

<http://cogpsy.let.hokudai.ac.jp/~f209/index.html>

<http://seeds.office.hiroshima-u.ac.jp/profile/ja.97487e69368b5541520e17560c007669.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河原 純一郎 (Jun I. Kawahara)

北海道大学・大学院文学研究科・准教授  
研究者番号：30322241

(2) 研究分担者

木原 健 (Ken Kihara)

鹿児島大学・大学院理工学研究科・助教  
研究者番号：30379044

中尾 敬 (Takashi Nakao)

広島大学・大学院教育学研究科・准教授  
研究者番号：72297218

(3) 連携研究者

なし