

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K04494

研究課題名（和文）神経伝達物質の直接計測に基づく視覚的注意の脳機能モデル構築

研究課題名（英文）Neural processing of visual attention: Neurotransmitter consideration

研究代表者

木原 健（Kihara, Ken）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：30379044

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題の目的は、一過性の注意の切り替えおよび持続的な注意の維持に関するまで、包括した視覚的注意の脳機能モデル構築であった。さらに研究の進展により、視覚的注意と聴覚的注意の比較検討を本研究課題の目的に追加した。実験では、視覚刺激と聴覚刺激を用いた持続的注意課題セットを構築して、MRSによる神経伝達物質計測とfMRIによる課題遂行中の神経活動を計測した。その結果、視聴覚の持続的注意は個人内で共通のゆらぎが存在していた。さらに、一過性の注意切り替えと持続的注意では異なる神経伝達物質が関与していることが明らかとなった。これらの知見は、包括的な注意の脳機能モデルの基礎となりうる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚情報に注意を向け続ける場合、それに関わる神経伝達物質は、注意を向ける視覚情報を切り替える機能に関わる神経伝達物質とは異なる一方で、聴覚情報に注意を向け続ける機能に関わる神経伝達物質とは同じであることを、世界で初めて明らかにした。このことは、一過性の注意と持続性の注意ではそれぞれの脳処理が異なっているが、それぞれの処理では視聴覚情報が分け隔てられていないという、これまでになかった新しい注意の脳メカニズムを考えなければならないことを意味している。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify neural processing of visual attention, including sustained and transient manners, based on neurotransmitter concentration in the brain. With further research, a comparative experiment of visual and auditory attention was added to the objectives of this study.

We measured neurotransmitter concentrations and brain activities during conducting sustained visual attention tasks with visual or auditory stimuli. The results showed that the same brain area was engaged in both visual- and auditory-sustained attention. We also found that different neurotransmitters contributed to carrying sustained and transient visual attention.

研究分野：実験心理学

キーワード：視覚的注意 聴覚的注意 一過性の注意 持続的注意 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

見えの意識形成と視覚的注意は不可分であることから、心の理解を目指す心理学において、注意の働き方や神経基盤の解明は必須である。視覚的注意は2つの属性の組み合わせから4つの機能に分類できる。一つ目の属性は定位で、注意が「いつ」向くのかという時間的側面と、「どこに」向くのかという空間的側面がある。二つ目の属性は駆動因で、本人の「意図」によって注意を向ける内発的な側面と、目立つ物体に「自動的」に注意が向く外発的な側面がある。本研究課題の研究提案直前に、研究代表者と研究分担者は、このような視覚的注意の認知特性を検討し、その神経基盤として前頭や頭頂領域が重要な役割を果たすことを示してきた。

一方、神経活動は神経伝達物質の種類や量によって左右される。たとえば、グルタミン酸などの興奮性物質が多い場合、もしくはGABAなどの抑制性物質が少ない場合に、神経活動が強く生じる。ただし、BOLD信号や電位変化を指標とする脳機能研究からは、ある脳領域が同程度に活動したとしても、興奮性と抑制性のどちらの神経伝達物質が主に関与していたのか明らかにできない。これに対して、神経伝達物質の皮質内濃度を直接計測可能な核磁気共鳴スペクトロスコーピー(MRS)を用いれば、この問題を解決できる。

そこで、研究代表者と研究分担者はMRSを用いて、4つの注意機能の1つである「内発的・時間的注意」に関わる神経伝達物質を検討した。その結果、この注意課題に優れている個人のGABA濃度は、前頭前野で高く、後部頭頂野で低いが、視覚野では関係しないことを発見した(Kihara, Kondo, & Kawahara, 2016)。この事実を背景として、研究代表者と研究分担者は、注意機能が異なれば、それに関与する前頭・頭頂活動の神経伝達物質も異なると考えた。

2. 研究の目的

上記のように、視覚的注意はその機能に応じて複数の種類に分類できる。しかし、注意の主要な神経基盤である前頭・頭頂領域において、注意機能が異なる場合にどのような神経伝達物質が関与しているのかについてはほとんど解明されていない。一方、研究代表者と研究分担者の本研究課題提案直前の研究成果から、視覚的注意機能と前頭・頭頂のGABA濃度が関係していることが示唆されていた。そこで、その成果を展開することで、神経伝達物質の機序に基づいた包括的な視覚的注意の脳機能モデルを構築することを、本研究課題の目的とした。この目的を達成するために、異なる注意機能を反映する複数の課題を用意し、課題成績と前頭・頭頂における神経伝達物質濃度の相関を検証して、課題間で比較検討する実験計画を考案した。特に、研究代表者と研究分担者の研究によって、前頭・頭頂領域において神経伝達物質のGABA濃度と関与している注意機能は、時間的に注意の対象を変化させる機能、すなわち一過性の注意切り替えであることが明らかにされていた。そこで、一過性の注意の切り替えから持続的な注意維持までを包括する、時間的側面に着目した視覚的注意のモデル構築を本研究課題の目的とした。さらに本研究課題の進展により、持続的注意にかかわる視覚的注意と聴覚的注意の機能について、脳機能の類似点と相違点の比較検討も本研究課題の目的に追加した。

3. 研究の方法

本研究に適した持続的注意課題の選定

課題遂行に必要な、注意の向け方が異なる複数の行動実験の構築を目的とした実験を実施した。特に、先行研究で検証した「短時間の一過性の注意切り替え」と容易に比較可能にするため、「長時間の持続的な注意」に着目した課題の選定をおこなった。そのために3つの実験を実施した。第一の実験では、注意の切り替えを持続的に実施する注意課題を検証した。具体的には、注意の瞬き課題を試行の途切れなく15分間継続する課題を実施した。実験参加者はRSVPを15分間観察しつつ、標的が出現したらできるだけ速く正確にキー入力することが求められた。第二の実験では、持続的注意機能と課題従事時間の関係を調べる課題を検証した。具体的には、注意の切り替えが不要なGo-NoGo課題を8分間連続して実施するgradCPT課題を実施し、開始から2分間と8分間の課題成績を比較した。第三の実験では、課題に無関連な妨害刺激の抑制を継続的に求める課題を検証した。具体的には、Go刺激やNoGo刺激とカテゴリが一致する背景刺激をGo刺激やNoGo刺激と同時に提示するgradCPT課題の成績を検討した。

聴覚的 gradCPT 課題の構築

本研究代表者と研究分担者によるディスカッションの過程で、持続的注意制御に関わる神経処理機序の視覚的側面と聴覚的側面を比較検証することで、両側面を包括した注意の脳機能モデルの構築が可能なるという着想を新たに得た。そこで、持続的注意の視聴覚両側面を比較可能な課題の作成と検証をおこなった。そのために、聴覚版を作成する上で最も適切な課題として、上記の方法で検証した課題の内、8分間のgradCPT課題を選定した。次に、男性声と女性声で構成されたGo/NoGo刺激の提示時間を変更して、課題難易度を調整した。最後に、同一の実験参加者に視覚版gradCPT課題と聴覚版gradCPT課題を実施して、両課題の成績を比較した。

の

持続的注意課題遂行時の神経伝達物質の計測

持続的注意の制御に関わる神経処理機序の視覚的側面と聴覚的側面を比較検証するために、MRSで前頭葉の神経伝達物質を計測した実験参加者を対象に、視覚版gradCPT課題と聴覚版gradCPT課題を実施した。同時に、課題従事中の神経活動領域を特定するため、fMRIによるスキ

ヤニングを実施した。

4. 研究成果

本研究に適した持続的注意課題の選定

一過性の注意の切り替えが必要な持続的注意課題として、RSVPが15分間連続する注意の瞬き課題を実施した結果、通常の注意の瞬きと類似した課題成績を確認できた。また、標的が二つ表示される毎にブランク画面を一瞬提示すると、課題成績が向上することも確認できた(図1)。ただし、刺激を高速提示することから、この課題をベースに聴覚的な注意機能を検証するための実験を構築するのは困難であると評価された。この課題の成果は学会発表された(木原,2017)。

持続的注意機能と課題従事時間の関係を調べる課題として、gradCPT課題を開始2分間と8分間で比較した結果、課題成績に大きな違いがないことが明らかとなった。これは、短時間のgradCPT課題でも、個人の持続的注意機能を推測できる可能性を示唆する。ただし、聴覚刺激を用いた場合は、視覚刺激より2倍程度の刺激提示時間が必要であることから、2分間の課題時間では成績の分析に十分なデータ数を確保できない懸念があった。この課題の成果は、学会発表(山内・木原・河原, 2017)および論文発表(Yamauchi, Kihara, & Kawahara, 2020)された。

妨害刺激の抑制を継続的に求める持続的注意課題として、Go/NoGo刺激の背景に妨害刺激を同時に提示するgradCPT課題を実施した。その結果、Go/NoGo刺激と背景刺激のカテゴリ一致条件と不一致条件で課題成績に違いは認められなかった(図2)。したがって、妨害刺激の継続的な抑制を求める課題として適切か否かは評価できなかった。この課題の成果は学会発表された(木原・近藤・寺島・河原,2017)。

聴覚的 gradCPT 課題の構築

8分間のgradCPT課題をベースに聴覚版gradCPT課題を作成し、視覚版gradCPTの成績を同一の実験参加者で比較した。その結果、NoGo刺激の抑制失敗率は視聴覚課題間で有意に相関した。さらに、持続的注意の時間的揺らぎを分析するために周波数解析を実施した結果、変動周期は視聴覚課題間で有意に相関した。これら結果は、持続的注意機能の視覚的側面と聴覚的側面が、共通の脳機能によって支えられていることを示唆する。この成果は学会発表された(Terashima, Kihara, Kawahara, & Kondo, 2019)。

持続的注意課題遂行時の神経伝達物質の計測

持続的注意の視聴覚側面に関与する脳機能を検証するため、MRSによる前頭葉領域の神経伝達物質計測と、fMRIによる視聴覚gradCPT課題遂行中の神経活動を計測した。その結果、前頭前野が視聴覚両方の持続的注意に関与していることが明らかとなった。さらに、興奮性のグルタミン酸がgradCPT成績と関係する前頭前野の神経伝達物質である可能性が示唆された。これらの結果から、一過性の注意切り替えと持続的注意では、各々に関与する前頭領域の神経伝達物質が異なる注意の脳機能モデルが考えられる。

文献

- Kihara, K., Kondo, H. M., & 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(34), 8895-8901.
- 木原健 (2017). 持続的注意に対する時間区切り効果、基礎心理学会第36回大会.
- 木原健・近藤洋史・寺島裕貴・河原純一郎 (2017). 持続的注意に対する妨害刺激のフランカ干渉効果、日本心理学会第81回大会.
- Terashima, H., Kihara, K., Kawahara, J. I. & Kondo, H. M. (2019). Auditory Sustained Attention Fluctuates Similarly to Visual Sustained Attention, ARO 43rd Annual MidWinter Meeting.
- 山内健司・木原健・河原純一郎 (2017). 短時間での持続的注意のパフォーマンス予測、基礎心理学会大36回大会.
- Yamauchi, K., Kihara, K., & Kawahara, J. I. (2019). Predicting sustained performance over a short time. *Japanese Journal of Psychonomic Science*, 38, 2-12.

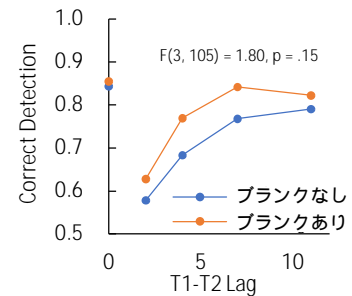


図1. RSVPが15分間連続する注意の瞬き課題の実験結果

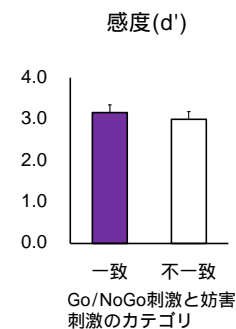


図2. Go/NoGo刺激と背景刺激を同時提示するgradCPT課題の実験結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kihara Ken, Ono Hiroshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Effect of Visual Attention on Binocular Fusion Limits	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Perception	6. 最初と最後の頁 1097 ~ 1105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0301006618796719	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Yamauchi Kenji, Kihara Ken, Kawahara Jun I.	4. 巻 38
2. 論文標題 Predicting sustained performance over a short time	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Psychonomic Science	6. 最初と最後の頁 2 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14947/psychono.38.3	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 -
1. 著者名 Kondo Hirohito M., Pressnitzer Daniel, Shimada Yasuhiro, Kochiyama Takanori, Kashino Makio	4. 巻 8
2. 論文標題 Inhibition-excitation balance in the parietal cortex modulates volitional control for auditory and visual multistability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-32892-3	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 該当する
1. 著者名 寺島裕貴, 木原健, 河原純一郎, 近藤洋史	4. 巻 2018-MUS-121
2. 論文標題 視聴覚の持続的注意の特性比較	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告 音楽情報科学	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koizumi Ai, Lau Hakwan, Shimada Yasuhiro, Kondo Hirohito M.	4. 巻 59
2. 論文標題 The effects of neurochemical balance in the anterior cingulate cortex and dorsolateral prefrontal cortex on volitional control under irrelevant distraction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Consciousness and Cognition	6. 最初と最後の頁 104 ~ 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.concog.2018.01.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kondo Hirohito M., Kochiyama Takanori	4. 巻 389
2. 論文標題 Normal Aging Slows Spontaneous Switching in Auditory and Visual Bistability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 152 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroscience.2017.04.040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kondo Hirohito M., Lin I-Fan	4. 巻 10
2. 論文標題 Excitation-inhibition balance and auditory multistable perception are correlated with autistic traits and schizotypy in a non-clinical population	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-65126-6	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 該当する

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 木原健・甲斐田幸佐
2. 発表標題 マインドワンダリングと眠気は注意の瞬きに影響しない
3. 学会等名 日本基礎心理学会第16回大会 (9月1日 立命館大学大阪いばらきキャンパス)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺島裕貴 , 木原健 , 河原純一郎 , 近藤洋史
2. 発表標題 視聴覚の持続的注意の特性比較
3. 学会等名 情報処理学会音楽情報科学研究会第121回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺島裕貴 , 木原健 , 河原純一郎 , 近藤洋史
2. 発表標題 視聴覚に共通する注意のゆらぎの特性
3. 学会等名 新学術領域研究「人工知能と脳科学の対照と融合」脳と心のメカニズム 第19回 冬のワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木原健・近藤洋史・寺島裕貴・河原純一郎
2. 発表標題 持続的注意に対する妨害刺激のフランク干渉効果
3. 学会等名 日本心理学会第81回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木原健
2. 発表標題 持続的注意に対する時間区切り効果
3. 学会等名 日本基礎心理学会第36回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山内健司・木原健・河原純一郎
2. 発表標題 短時間での持続的注意のパフォーマンス予測
3. 学会等名 日本基礎心理学会第36回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Terashima, K., Kihara, K., Kawahara, J. I., & Kondo, H. M.
2. 発表標題 Auditory sustained attention fluctuates similarly to visual sustained attention
3. 学会等名 The 43rd Association for Research in Otolaryngology MidWinter Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020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	河原 純一郎 (Kawahara Jun-ichiro) (30322241)	北海道大学・文学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	近藤 洋史 (Kondo Hirohito) (30396171)	中京大学・心理学部・教授 (33908)	