

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350740

研究課題名(和文) 脳からアプリへ：脳活動を指標としたパフォーマンス崩壊防止アプリの開発

研究課題名(英文) Development of smartphone application to control emotional state for athletes

研究代表者

小谷 泰則 (Yasunori, Kotani)

東京工業大学・リベラルアーツ研究教育院・助教

研究者番号：40240759

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、質問紙から注意と関連する脳の活動を推定できるシステムを構築するとともに、アスリートを対象としたパフォーマンス崩壊防止に役立つスマートフォン用のアプリケーションを開発することを目的とした。具体的には以下のような点について研究を進めた。(1) 注意メカニズムと関連する脳領域の同定、(2) fMRIデータに対するネットワーク解析、(3) 注意と関連する脳の活動を推定するスマートフォン用アプリの開発。
その結果、注意と関係する活動と感情の関係は逆U字の関係にあることが示唆され、この関係性をもとに注意と関連する脳領域の活動を推定するスマートフォン用アプリケーションを開発することができた。

研究成果の概要(英文)：In the present study, we aimed to develop a smartphone application that supports athlete to control their emotional state. We conducted experiments to reveal a) the relationship between brain activity related to attention and self-reported score that explains level of emotional state, and b) brain networks that related to attention control, and confirmed appropriate brain regions were involved. Based on these findings, we successfully developed an smartphone application of a questionnaire that estimates level of emotional state based on the self-reported level of peripheral activity. The function of advising whether current emotional state is appropriate for competition also added to the application.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：スポーツ心理学

1. 研究開始当初の背景

人間の脳活動に関する研究は、機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging; fMRI) の普及に伴い、多くの知見を得ることができるようになった。それらの貴重な知見のひとつに脳内のネットワークの存在の発見があげられる。例えば、人間が安静状態にあるときでも脳は活動し、このような状態の時には、デフォルトモードネットワークと呼ばれる脳内のネットワークが活動し安静状態を統制していることがわかっている。

同様に注意に関する脳内ネットワークの研究も進み、随意的な注意活動を司る dorsal attention system (DAS) や非随意的な注意機能を司る ventral attention system (VAS) の存在が明らかにされている。

一方で近年では、外界からの刺激の顕著性を判別する顕著性ネットワーク (salience network) の存在も明らかにされており、外界からの刺激が惹起する末梢の反応 (例: 心拍数の上昇など) に関する情報がこの顕著性ネットワークによって評価され、その結果に従い、脳内の他のネットワークの活動を切り替えているとも言われている。

この顕著性ネットワークと ventral attention system は、解剖学的にもほぼ同じ領域を示しており、ほぼ同一のネットワークを意味しているものと考えられる。すなわち、外界からの刺激の重要度を評価し、その評価に従い非随意的に注意をコントロールしている可能性が考えられる。特に ventral attention system や顕著性ネットワークでは、前部島皮質 (anterior insula) と呼ばれる脳領域が中心的な役割を成しており、この脳領域の活動が注意や感情のコントロール、さらには「主観的」な感情の発生とも関係していることがわかっている。

主観的な感情は「主観的」であるために、自分自身で言語表現が可能になる。つまり、もし適切に「内省報告 (主観的報告)」を評価できれば、「主観的感情」と関連する ventral attention system や顕著性ネットワークの活動のレベルを推定でき、感情のレベルや注意システムの崩壊の程度を予測できる可能性がある。

内省報告を記述する方法としては、記述による表現やインタビューなどが考えられる。しかし、このような方法を実際の競技場面等に適用することは難しく、より簡便な方法が必要となる。

近年では、スマートフォンが普及し、その中央演算処理装置 (CPU) の処理能力とメモリ容量が飛躍的に向上し、スマートフォンの高機能化が進んでいる。このような高機能のスマートフォンは競技中の動作の撮影などにも使われ、アスリートにとって重要なツールとなっている。そのため、運動学習という面の利用のみならず、心理的なコンディショニングのためにもスマートフォンを利用す

ることが可能となってきている。

もしスマートフォンで適切に内省報告を評価することができれば、その内容から ventral attention system や顕著性ネットワークの活動を評価し、感情の状態や注意の状態が競技に対して最適な心理状態にあるか否かを評価することができる。

2. 研究の目的

本研究では、質問紙から注意と関連する脳の活動を推定できるシステムを構築するとともに、アスリートを対象としたパフォーマンス崩壊防止に役立つスマートフォン用のアプリケーションを開発することを目的とした。具体的には以下のような点について研究を進めた。

(1) 注意メカニズムと関連する脳領域の同定

注意を操作するような実験課題を用いて注意メカニズムと関連する脳領域の活動を、fMRI を用いて測定する。これらの活動と関連するような主観的な内省報告に関する質問項目を作成し、相関分析を行う。これにより内省報告 (主観的感情) から、脳内の活動を推定できるような基礎データを収集した。

(2) fMRI データに対するネットワーク解析

fMRI データに対してネットワーク解析を行い、「情動」と「注意」に関する脳内ネットワークを同定した。

(3) 注意と関連する脳の活動を推定するスマートフォン用アプリの開発

注意と関連する脳の活動を推定する質問紙をスマートフォン用アプリケーションとして開発し、その得点から ventral attention system や顕著性ネットワークの活動を評価し、感情の状態や注意の状態が競技に対して最適な心理状態にあるか否かを評価できるようにする。

3. 研究の方法

(1) 注意メカニズムと関連する脳領域の同定

実験では、注意と感情を操作するために時間評価課題を用いて刺激の情報内容と報酬の有無によって感情・覚醒水準の高低を操作し、その時の脳活動について fMRI を用いて測定した。同時に、感情・注意に関する質問項目を作成し、内省報告を測定するようにもした。分析では、ventral attention system (顕著性ネットワークとほぼ同義) の活動に注目し分析を行った。また同定された脳領域と内省報告 (主観的感情) がどのような関係性を示すのか相関分析等を行った。

(2) fMRI データに対するネットワーク解析

得られたデータから、PPI 解析と呼ばれるネットワーク解析を行い、同定された注意メカニズムと関連する脳領域がネットワークとして活動しているか確認を行った。

(3) 注意と関連する脳の活動を推定するスマートフォン用アプリの開発

「あがり」に関する先行研究およびこれまでに行った研究の質問項目から、主観的感情と関連のある項目を抽出し、それらをアプリケーションに組み込み、総合得点が表示されるようなアプリケーション (iPhone 用) を作成した。作製には Apple 社製の Xcode などを利用した。

4. 研究成果

(1) 注意メカニズムと関連する脳領域の同定

注意と感情を操作するために時間評価課題を用いて刺激の情報内容と報酬の有無によって感情・覚醒水準の高低を操作し、その時の脳活動について fMRI を用いて測定した。実験では、感情・注意に関する質問項目を作成し、内省報告を測定するようにした。

分析では、ventral attention system (顕著性ネットワークと同義) の活動に注目し分析を進め、特に以下のような仮説をもとに分析を行った。

- ・情報が行動の修正に必要な情報である場合に ventral attention system が賦活する。
- ・感情・覚醒水準が中程度 (最適覚醒水準) の場合に、ventral attention system が賦活高くなる。

fMRI の分析では、仮説の通り情報が行動の修正に必要な情報である場合に ventral attention system が賦活した。特に ventral attention system において重要な働きをする右前部島皮質 (right anterior insular cortex) の賦活も確認できた。

右前部島皮質の活動と感情の程度 (1 : negative emotion、5 : neutral、6 : positive emotion) との相関関係を検討したところ、右前部島皮質の活動と感情の関係は逆 U 字の関係にあることが示唆された。

(2) fMRI データに対するネットワーク解析

ventral attention system と dorsal attention system などの関連性について複数の脳領域との関連性を考慮しながら実験を行った。ventral attention system の中でも右半球の前部島皮質 (right anterior insular cortex) が重要な役割を担っている可能性が指摘されたことから、右前部島皮質をシード領域とするネットワーク解析を行った。ネットワーク解析では、右半球の前部島皮質から前部帯状回 (anterior cingulate cortex) への連絡が確認された。これらの領域は、ventral attention system として機能するだけでなく、salience network (顕著性

ネットワーク) として機能し、外界の刺激の顕著性 (saliency) を評価しているとされている。またその時間的な変化についても検討したところ、他の脳領域よりも早く右半球の前部島皮質と前部帯状回が賦活することが分かった。これらに加えて左半球の中心前回 (precentral gyrus) も時間的に早い段階で賦活することが分かった。

さらに、情動を惹起するような刺激と情動的な操作のない条件において脳活動を比較したところ、ventral attention system に含まれる前部島皮質などの領域が情動を惹起するような刺激の時に活動が高まることが示された。これらのシステムが情動と逆 U 字の関係にあることを考えると、情動 (覚醒水準) を最適レベルに保つことが注意システムの機能保持に重要であることが示唆された。なお、扁桃体の活動については観察されなかった。

(3) 注意と関連する脳の活動を推定するスマートフォン用アプリの開発

注意と関連する脳領域の活動を推定する質問紙を用いて、脳内の注意システムの活動を適切に維持するためのインストラクションを与えられるようなスマートフォン用アプリケーションの開発を試みた。質問項目は、「あがり」に関する先行研究およびこれまでの実験で作成した質問項目を参考に、島皮質の研究結果を考慮して、末梢の活動と関連する項目や、身体の気づき (awareness) と関連する項目など 32 項目を選定した。さらにこれらの項目を「不安感情」や「交感神経興奮」など 6 因子に分類するようにし、1 点から 5 点の各因子の得点も算出できるようにした。

これまで行った研究より、脳内の注意システムを統制する島皮質の活動は、情動が中立に近いときに最も活動が高まることから、各因子の得点が中立を示す 3 点を示す因子の数がいくつあるかを総合評価とするようにした (6 段階評価)。

アプリケーションの開発では、今後の汎用性を高めるために、(a) : 質問項目に関するテキストを入力する部分、(b) : 得点の計算方法を記述する部分の 2 つを独立させ、多くの研究領域で開発されている様々な質問紙も容易にアプリケーション化することができるようにした。アプリケーションの開発では、スマートフォンの小さい画面での操作を想定し、1 つの質問項目に回答すると画面が次の質問項目に自動的にスクロールするなど、入力面での操作にも考慮して開発した。各因子の得点から簡単なインストラクションを与える機能も付加した。

以上のように、注意と関連する脳領域の活動を推定するスマートフォン用アプリケーションを開発することができた。

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 2 件)

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Nobukiyo Yoshida, Shigeru Kiryu and Yusuke Inoue, Anticipation process of the human brain measured by stimulus-preceding negativity (SPN), The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 査読あり, 6 (1): 7-14, 2017

DOI:

<http://doi.org/10.7600/jpfsm.6.7>

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Takayuki Ishiwata, Jun-ichiro Arai, Shigeru Kiryu, and Yusuke Inoue, Source analysis of stimulus-preceding negativity constrained by functional magnetic resonance imaging, Biological Psychology, 査読あり, 111, 53-64, 2015

<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.08.005>

[学会発表](計 15 件)

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Shigeru Kiryu, and Yusuke Inoue, Emotion evokes anticipation: Event-related potential and fMRI studies, 31st International Congress of Psychology, Scientific Program Book, p 10, Invited Addresses IA27-03 Cognitive, 2016 (July 27, PACIFICO Yokohama, Yokohama, Kanagawa, Japan.)

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Nobukiyo Yoshida, Shigeru Kiryu, and Yusuke Inoue, Activation in the right anterior insular cortex in anticipation of reward information, The 56th Annual Meeting of Society for Psychophysiological Research, Psychophysiology, 53, Supplement 1, S18, 2016. (September 21-25, Minneapolis Marriott City Center Hotel, Minneapolis, Minnesota USA)

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Shigeru Kiryu, and Yusuke Inoue, Effect of reward information on right anterior insular cortex in anticipation of instruction, 2016 Annual Meeting of the Organization of Human Brain Mapping, 2016, Poster Listing Book, Page 129; 2016 (June 26-30, 2016 in Geneva, Switzerland at Palexpo Exhibition Congress Centre)
小谷泰則、大上淑美、桐生茂、井上優介、

「fMRI と事象関連電位から見た右前部島皮質の時間的活動」, 第 34 回大会日本生理心理学会大会・シンポジウム 1 「島皮質の多様な機能」, 第 34 回大会日本生理心理学会大会プログラム・予稿集, p33, 2016 (名古屋大学・名古屋・5 月 14 日 -15 日)

小谷泰則、大上淑美、「こうしろ」よりも「こうだった」の方が脳活動を高める 脳活動への教示情報とフィードバック情報の効果、日本スポーツ心理学会第 43 回大会研究発表抄録集 p. 72-73, 2016 (北星学園大学・札幌・11 月 4-6 日)

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Jun-ichiro Arai, Shigeru Kiryu, and Yusuke Inoue, Neural substrates of early and late stimulus-preceding negativity: fMRI-constrained ERP source analysis (symposium version), The 55th Annual Meeting of Society for Psychophysiological Research, Symposium #5.2, Psychophysiological Research in Japan and South Korea, Psychophysiology, 52, Supplement 1, Addendum, 2015. (October 3, Westin Hotel, Seattle, WA, USA.)

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Jun-ichiro Arai, Shigeru Kiryu, and Yusuke Inoue, Neural substrates of early and late stimulus-preceding negativity: fMRI-constrained ERP source analysis (poster version), The 55th Annual Meeting of Society for Psychophysiological Research, Psychophysiology, 52, Supplement 1, S72, 2015. (October 1, Westin Hotel, Seattle, WA, USA.)

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Jun-ichiro Arai, Shigeru Kiryu, and Yusuke Inoue, Anticipation process is faster for facial stimulus than for word and symbolic stimuli: fMRI constrained source analysis on stimulus-preceding negativity, 2015 Annual Meeting of the Organization of Human Brain Mapping, 2015, Poster Listing Book, Page 79; 2015 (June 14-18, 2015 in Honolulu, USA at Hawaii Convention Center)

小谷泰則、大上淑美、「過度な感情は注意システムの働きを阻害する -感情と脳注意システムの関係-」, 日本スポーツ心理学会第 42 回大会研究発表抄録集 p. 176-177, 2015 (九州共立大学・北九州・11 月 21-23 日)

小谷泰則、大上淑美、新井潤一郎、桐生茂、井上優介、「顔刺激予期は記号刺激予期よりも早く処理される -fMRI 制約付きダイポール分析-」, 第

33 回日本生理心理学会大会 (グランフロント大阪・大阪・5月23日-24日)
第33回日本生理心理学会大会プログラム・予稿集、p. 14、2015

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Jun-ichiro Arai, Shigeru Kiryu and Yusuke Inoue, Physiological sources of stimulus-preceding negativity: source analysis using fMRI and ERP, 17th World Congress of Psychophysiology (IOP2014) of the International Organization of Psychophysiology (IOP), International Journal of Psychophysiology, 94(2), p.200, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima, Japan, September 23-27, 2014.

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Jun-ichiro Arai, Shigeru Kiryu and Yusuke Inoue, fMRI constrained source analysis on stimulus-preceding negativity, 54rd Annual Meeting of Society for Psychophysiological Research, Psychophysiology, 51, Supplement 1, S65, Atlanta Marriott Marquis, Atlanta, Georgia, USA, September 10-14, 2014.

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Jun-ichiro Arai, Shigeru Kiryu, and Yusuke Inoue, fMRI constrained source analysis on event-related potential in anticipation process, 2014 Annual Meeting of the Organization of Human Brain Mapping, 2014, Poster Listing Book, Page 121; 2014 (June 8-12, 2014 in Hamburg, Germany at Congress Center Hamburg)

Yasunori Kotani, Yoshimi Ohgami, Kazunobu Fukuhara, Kohei Shimamoto, Hirofumi Ida, and Motonobu Ishii, Error evokes greater brain activity than success, Asian-South Pacific Association of Sport Psychology 7th International Congress, Program Book, Page 24; 2014 (August 7-10, 2014 in Tokyo, National Olympic Memorial Youth Center)

小谷泰則、大上淑美、新井潤一郎、桐生茂、井上優介、「fMRIを用いた刺激先行陰性電位 (SPN) の電流双極子推定」、第32回日本生理心理学会大会 (筑波大学・つくば・5月17日-18日) 第32回日本生理心理学会大会プログラム・予稿集、p. 38、2014

東京工業大学・リベラルアーツ研究教育院・助教

研究者番号：40240759

(2)研究分担者

大上 淑美 (OHGAMI, Yoshimi)

東京工業大学・リベラルアーツ研究教育院・研究員

研究者番号：30456264

6. 研究組織

(1)研究代表者

小谷 泰則 (KOTANI, Yasunori)