

令和 4 年 5 月 24 日現在

機関番号：14401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K23363

研究課題名（和文）感覚間予測機能における予測形成過程の解明

研究課題名（英文）Elucidation of Prediction Process in Function of Multisensory Prediction

研究代表者

木村 司（Kimura, Tsukasa）

大阪大学・産業科学研究所・助教

研究者番号：70845594

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,900,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は、身体へ接近する視覚情報による体性感覚事象の予測の形成過程を解明することを目的とした。研究成果として、視覚刺激の接近がその後の触覚事象の予測自体を容易にすることを示された。具体的には、身体へ視覚刺激が接近することで、第一次体性感覚野近傍の電極（C3, C4）において体性感覚刺激の呈示前約300 msから 帯域の周波数スペクトラパワー値が抑制された。体性感覚刺激呈示前の 帯域の抑制は次に呈示される体性感覚刺激が予測可能な際に生じる。本研究の成果は、外傷の回避や他者との社会的相互作用にとって重要な体性感覚の予測が、身体へ接近する視覚情報によっていかになされるかを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、外傷の回避や他者との社会的相互作用にとって重要な体性感覚の予測が、身体へ接近する視覚情報によっていかになされるか、その予測の形成過程を明らかにすることができた。これは、ヒトの予測システムとそのシステムを活用した環境適応を検討するための知見になると期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to clarify the formation process of prediction of somatosensory events by visual information approaching the body. The result of this study revealed that the approach of the visual stimuli facilitated the prediction itself of the subsequent somatosensory events. Concretely, the frequency spectrum power of the band activity was suppressed from about 300 ms before the presentation of the somatosensory stimulus at the electrode (C3, C4) in the vicinity of the primary somatosensory area by the approach of the visual stimuli toward the body. Suppression of the band activity before the somatosensory stimulus presentation occurs when the somatosensory stimulus presented next is predictable. The result of this study clarified how the prediction of somatosensory events which is important for the avoidance of the injury and social interaction with others is made by visual information which approaches the body.

研究分野：心理生理学

キーワード：予測 多感覚相互作用 視覚体性感覚処理 脳波 周波数スペクトラ 試行間位相同期

1 . 研究開始当初の背景

予測は、脳の主要な認知機能のひとつであり、外界事象を予測し予測と結果のずれである予測誤差を最小化することで、我々は環境内で適応的な行動を選択している。ヒトの予測機能について、心理学では 19 世紀に Helmholtz が提唱した無意識的推論 (unconscious inference) において、知覚体験での予測の影響が示唆されて以来 (Helmholtz & Southall, 1924)、数多くの検討がなされてきた。とりわけ、21 世紀以降、入力された情報と予測の関係を包括的に取り扱う予測符号化 (predictive coding) の研究が盛んになされている (Friston, 2005, 2010; Clark, 2013)。予測符号化の研究では、実際に入力された情報と予測との差である予測誤差 (prediction error) が重要であると考えられている。これは、外界事象が生じた際、その結果と予測とのずれが生じた場合には、そのずれを検知し、予測の更新と行動を修正することで環境に適応していると考えられているためである。

外界事象の予測の中でも、体性感覚事象の予測は身体を健常に保つ上で重要であるが、体性感覚は身体への接触後に感覚処理が行われるため、感覚内で体性感覚事象の予測は困難である。この問題に対し、身体への接触前にも利用可能な情報、特に、接触との関連が想定される身体へ接近する視覚刺激から体性感覚事象を予測していると考えられる。近年の研究では、身体に接近する視覚情報を見ることで、その後の体性感覚事象が「どこに・いつ・どのような刺激として」接触するかの予測を促進すると報告している (Kimura & Katayama, 2015, 2017, 2018)。これらの研究では、視覚情報によって促進された体性感覚事象が予測から外れた際の事象関連脳電位 (ERP) を検討していた。言い換えると、これらの研究では、予測誤差に焦点を合わせ視覚体性感覚間の予測を検討していた。予測誤差の検出は、予測を修正するために重要と同時に、予測自体も身体を健常に保つ上で重要である。しかし、身体へ接近する視覚情報がその後の体性感覚事象の予測自体に影響を与えるかどうかは不明であった。

2 . 研究の目的

本研究は、身体へ接近する視覚情報がその後の体性感覚事象の予測自体に影響を与えるかを検討することで、視覚体性感覚間の予測の形成過程を解明することを目的とした。先行研究で示された視覚体性感覚間の予測誤差に基づく予測更新に加え、これらの予測自体を検討することで、外傷の回避や他者との社会的相互作用など、環境内での適応に必要な認知機能である体性感覚事象の予測の形成過程を明らかにし、ヒトの環境適応がいかになされているかを解明する。

3 . 研究の方法

身体へ接近する視覚情報がその後の体性感覚事象の予測自体に影響を与えるかを検討するため、参加者へ 2 つの条件で実験を実施し、その際の脳波を時間周波数解析により分析した。実験室内で参加者は腕を卓上のボードに置き、人差し指に体性感覚刺激装置として振動刺激発生器を装着された。振動刺激は高確率 (80%) で左 (または右) の人差し指に呈示し、低確率 (20%) で反対の人差し指に呈示した。この振動刺激が呈示されるまでに、参加者の腕の間に設置した 3 つの白色発光ダイオード (LED) による視覚刺激を呈示した。2 つの条件は視覚刺激のパターンによって区別した。接近状態では、高確率の振動刺激が呈示される手に向かって LED が順次点滅し (例えば、高確率の振動刺激が左手の人差し指に設定された場合、LED は右、中央、左に順次点滅した)、その後の振動刺激は、左 (または右) の人差し指に呈示した。非接近条件では、中央の LED が 3 回点滅し、その後、左 (または右) の人差し指に振動刺激を呈示した。参加者へは、振動刺激に対し単純反応を求めた。脳波は、Polymate AP1132 と電極キャップによって、頭皮上 26 箇所から記録した。脳波の分析は MATLAB と EEGLAB toolbox, ERPLAB toolbox を用いた。時間周波数解析は、振動刺激が呈示される直前の第 3 視覚刺激呈示時点を基準に、呈示前後 900 ms の区間でハニングテーパードウィンドウによるモーレットウェーブレット変換を行った。C3 および C4 電極 (第一次体性感覚野の近傍電極) での振動刺激呈示前 300-0 ms のベータ帯域活動 (14.29-30 Hz) を、高頻度振動刺激に対応する対側とその逆の同側に分け条件ごとに平均した。例えば、高確率の振動刺激が左の人差し指に呈示される場合、この振動刺激の処理は主に右半球の体性感覚野で行われるため、電極 C4 がこの振動刺激に対応する対側の電極となる。平均したベータ帯域活動に対し、条件 (接近、非接近) × 側性 (対側、同側) の 2 要因分散分析を行った。振動刺激が呈示されることが予測可能な状況では、体性感覚野近傍電極でベータ帯域の神経活動が減少する事象関連脱同期 (ERD) と呼ばれる現象が生じる (van Ede, Jensen, & Maris, 2010)。そのため、身体へ接近する視覚情報がその後の体性感覚事象の予測自体を促進するのであれば、非接近条件に比べ接近条件でベータ帯域の ERD がより生じると予想した。

4 . 研究成果

身体へ接近する視覚情報がその後の体性感覚事象の予測自体に影響を与えるかを検討するため、体性感覚事象が出現する前に呈示される視覚情報の身体への接近性を操作し、ベータ帯域の ERD を比較した。実験の結果、身体へ視覚情報の接近が伴う条件でベータ帯域の ERD がより強くみられた (Figure 1)。体性感覚事象が出現する前の体性感覚野近傍電極でのベータ帯域の ERD

は、その後に出現する体性感覚事象の予測強度を反映する (van Ede, Jensen, & Maris, 2010). そのため、この結果は、身体へ接近する視覚情報が、その後の体性感覚事象の予測自体を促進することを示唆している. 先行研究で示された視覚体性感覚間の予測誤差に基づく予測更新 (Kimura & Katayama, 2015, 2017, 2018) と合わせ、本研究の成果は、ヒトがいかにその後の体性感覚事象を予測し、その更新を行っているかの予測更新メカニズムを明らかにした. これは、外傷の回避や他者との社会的相互作用など、環境内での適応に必要な認知機能である体性感覚事象の予測の形成過程のひとつを明らかにし、ヒトの環境適応がいかになされているかの解明に寄与する知見である. 本研究の成果は Kimura, T. (2021). Approach of visual stimuli facilitates the prediction of tactile events and suppresses beta band oscillations around the primary somatosensory area. *Neuroreport*, 32(7), 631-635.として公開済である (オープンアクセス). また、この成果は独自の実験手法と結果の明瞭さが評価され、*Neuroreport* 掲載巻号の表紙として選出された.

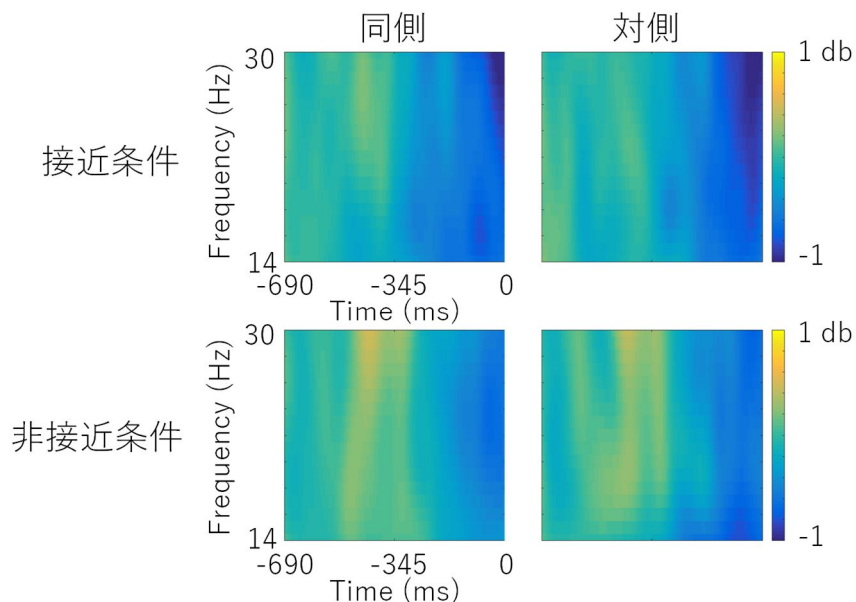


Figure 1. 体性感覚事象出現前の体性感覚野近傍における各条件、側性のベータ帯域 ERD. 各カラーマップの縦軸が周波数帯域、横軸が時間を表し、横軸の右端 0 ms は体性感覚事象の出現時点を示している. ERD はその帯域の神経活動の減少強度を表すため、カラーマップが青に近づくほど ERD がより強いことを表している. 非接近条件 (下段) に比べ、接近条件 (上段) では体性感覚事象出現直前でより強い ERD が生じている.

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 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 木村 司、植山 七海、片山 順一	4. 巻 38
2. 論文標題 座圧測定による感情状態推定の試み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生理心理学と精神生理学	6. 最初と最後の頁 161 ~ 168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5674/jjppp.2001br	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 Kimura Tsukasa, Takemura Noriko, Nakashima Yuta, Kobori Hirokazu, Nagahara Hajime, Numao Masayuki, Shinohara Kazumitsu	4. 巻 11
2. 論文標題 Warmer Environments Increase Implicit Mental Workload Even If Learning Efficiency Is Enhanced	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2020.00568	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 Kimura Tsukasa, Katayama Jun'ichi	4. 巻 238
2. 論文標題 Congruency of intervening events and self-induced action influence prediction of final results	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 575 ~ 586
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00221-020-05735-9	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 Kimura Tsukasa	4. 巻 32
2. 論文標題 Approach of visual stimuli facilitates the prediction of tactile events and suppresses beta band oscillations around the primary somatosensory area	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 NeuroReport	6. 最初と最後の頁 631 ~ 635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/WNR.0000000000001643	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 Kimura Tsukasa	4. 巻 34
2. 論文標題 Multiple Spatial Coordinates Influence the Prediction of Tactile Events Facilitated by Approaching Visual Stimuli	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Multisensory Research	6. 最初と最後の頁 531 ~ 551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1163/22134808-bja10045	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6件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Kimura Tsukasa, Takemura Noriko, Nakashima Yuta, Kobori Hirokazu, Nagahara Hajime, Numao Masayuki, Shinohara Kazumitsu
2. 発表標題 Heat environment increases mental workload even if learning efficiency is enhanced
3. 学会等名 The 27th Annual Meeting of Cognitive Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村 司、植山 七海、片山 順一
2. 発表標題 座圧測定による感情状態推定
3. 学会等名 日本心理学会第84回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村 司
2. 発表標題 課題非関連情報による後続事象の予測：視覚刺激の接近は体性感覚事象への予測を促進する
3. 学会等名 第37回日本生理心理学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 司・武村紀子・中島悠太・小堀寛和・長原 一・沼尾正行・篠原 一光
2. 発表標題 温熱環境・学習効率・精神負荷の関係
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 司・武村紀子・中島悠太・小堀寛和・長原 一・沼尾正行・篠原 一光
2. 発表標題 学習効率が向上しても熱環境は潜在的な精神負荷を増大させる
3. 学会等名 日本心理学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 司
2. 発表標題 視覚情報による体性感覚事象の予測は体性感覚野近傍のベータ帯域振動を抑制する
3. 学会等名 第39回日本生理心理学会大会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------