

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22700438

研究課題名（和文）脳磁図を用いた体性感覚及び聴覚の変化検出機構の解明

研究課題名（英文）Investigation of somatosensory and auditory change detection system

研究代表者

山代 幸哉（YAMASHIRO KOYA）

新潟医療福祉大学・健康スポーツ学科・助教

研究者番号：20570782

研究成果の概要（和文）：ヒトには生存のため、無意識的に体表に起こった変化を検出する神経基盤が存在すると仮定した。変化を検出するためには事前に起こる事象を記憶している必要がある。本研究ではその前事象との照合により誘発される神経活動について検討した。その結果、体性感覚・聴覚ともに前事象の刺激が長く、変化が起こった際に活動が大きくなる成分を認めた。その活動は、刺激変化から約 100 ミリ秒で記録され、前事象の長さに依存して大きくなった。これらの結果から、ヒトは変化検出のための神経基盤を持つことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：We hypothesized that humans have neural system of automatic change detection to survive. In this network, the change is automatically detected using a memory trace by comparing the abrupt event with the preceding condition. Present study investigated the relationship between neural activities and the length of preceding steady state (PSS). As a result, the amplitude of somatosensory M100 and auditory N1m were dependent on the length of PSS before changes. It got larger when the PSS. Therefore, humans will have neural system of automatic change detection.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：脳神経科学・融合脳計測科学

キーワード：体性感覚・聴覚・変化検出・感覚記憶

1. 研究開始当初の背景

申請者の前所属研究室（生理学研究所）では、ヒトの感覚情報処理に関する研究を精力的に行ってきた。乾らは、先行研究において各感覚系に共通する初期活動と後期活動を報告している。この研究では、刺激呈示後約 20～30 ミリ秒で立ち上がり、数ミリ秒の間隔で隣接する領野に順次伝えられてゆく活

動を初期活動とし、複数の初期活動連鎖の後に約 30 ミリ秒ほど遅れて立ち上がる持続時間の長い活動を後期活動として報告している。これらの結果から、初期活動は情報を修飾しつつ素早く次の階層へ伝達することが主な役割であり、後期活動は一定レベルまで洗練された感覚情報を認知するための役割を担っていることを報告した。申請者はここ

で報告された「後期活動」が変化検出機構の主体であると推察し、現在の研究に至っている。これまで「後期活動」の生理学的意義については明らかになっていない点が多く、後期活動の生理学的意義について検討することは非常に意義があると考えられる。

2. 研究の目的

ヒトの生存には感覚系に発生したあらゆる変化を素早く察知し、その変化に注意を向け、情報を吟味し、適切な行動へのドライブを発生させる変化検出のための神経機構が必要不可欠である。変化検出機構の最重要部分は個体の意識を必要としない自動処理であると考えられ、全感覚系に共通しているはずである。申請者は、変化検出機構が「文字通りの変化のみならず突然の刺激の呈示や刺激の終了も、無意識のうちに変化として検出し、その後の適切な行動までの過程を強化する」との仮説を立てた。本仮説の検証を目的とした。

3. 研究の方法

後期活動が感覚記憶を基にして「変化」を検出した時に誘発される電位であることを体性感覚および聴覚において証明する。これを実証するために異なる前事象時間

(Preceding Steady State: PSS) の刺激を用いる。異なる PSS を用いて ON, OFF, CHANGE の後期活動を同時に記録する。また、それらの活動様式が同じかどうかについて検討する。つまり、OFF 刺激に対する後期活動も PSS に依存して増大するとすれば、それは慣れ (habituation) や不応期 (refractoriness) では説明がつかず、変化に対するニューロンの活動が各感覚野に存在することを証明できる。また、CHANGE 条件では ON 反応や OFF 反応との潜時の比較を行うことにより、変化処理に要する時間についても検討する。

(1) 体性感覚実験

体性感覚刺激の Onset と Offset 刺激を用いて実験を行った。刺激の Onset と Onset の間隔を 1.5, 3, 6 秒とし刺激を呈示し Onset 反応を記録した。同様に、トレイン電気刺激を 1.5, 3, 6 秒持続させ刺激を止めた時の Offset 活動も記録した。

(2) 聴覚実験

体性感覚と同様に聴覚刺激を用いて、聴覚でも同様の実験を実施した。聴覚においては Onset, Offset, Change 条件を実施した。Change 条件は 1000Hz の純音から 1100Hz の純音に変化させた。

(3) 体性感覚時間統合窓実験

刺激の Offset を用いて明瞭な M100 反応を記録した。これにより、感覚記憶を基に M100 が記録されることを確認した。そこで、体性感覚では明らかにされていない時間統合窓について Offset 刺激を用いて検討することとした。これには刺激内間隔時間 (Inter stimulus interval: ISI) -25, 50, 75, 100ms の 4 種類のトレイン電気刺激を用いた。刺激の持続時間を 3 秒とし、刺激の最後にトリガーをかけた。

4. 研究成果

(1) 体性感覚実験

体性感覚刺激の Onset, Offset に対して刺激から 100 ミリ秒後に明瞭な活動が記録された (M100)。また、この活動は Onset, Offset 刺激に共通し、さらに前事象が長ければ長いほどその活動が増大した。つまり、Onset 刺激の場合はサイレントな時間が長いほど活動が大きくなった。また、Offset 刺激の場合は刺激が呈示され続けていればいるほど活動が大きくなった。これらのことから体性感覚における変化検出の役割は M100 が反映していることが示唆された。さらに、この活動の主な発生源は第二次体性感覚野であることが明らかとなった。

(2) 聴覚実験

聴覚実験においては、体性感覚の Onset, Offset 条件に Change 条件を加えて 3 条件で実験を行った。その結果、いずれの条件においても刺激から 100 ミリ秒後に N1m という成分が記録された。また、これらの活動の大きさも体性感覚実験と同様に刺激の前事象の長さに依存した。また、その発生源は上側頭回であることが明らかとなった。

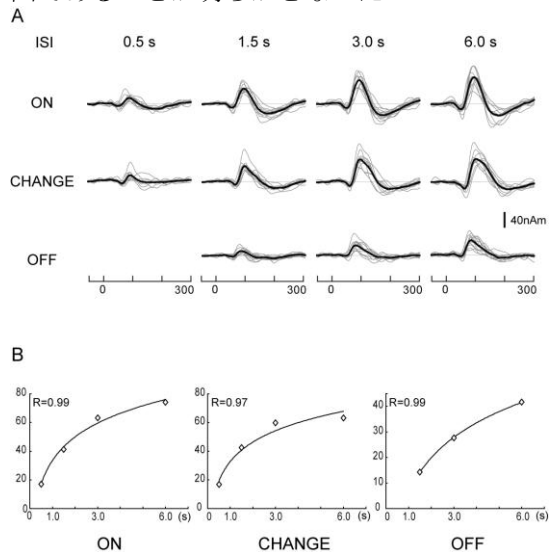


図 1. N1m と PSS の関係 (ON, OFF, CHANGE 条件)

(3) 体性感覚時間統合窓実験

体性感覚における時間統合窓の実験では、異なる ISI を用いて、Offset 反応が消失する点について検討した。その結果、ISI75ms ほどで Offset 反応が消失した。このことから、体性感覚の時間統合窓がおおよそ 75ms くらいであることが明らかとなった(図 2)。さらに Offset 反応に対して、第一次体性感覚野(SI)と第二次体性感覚野(SII)が活動することも明らかになった(図 3)。

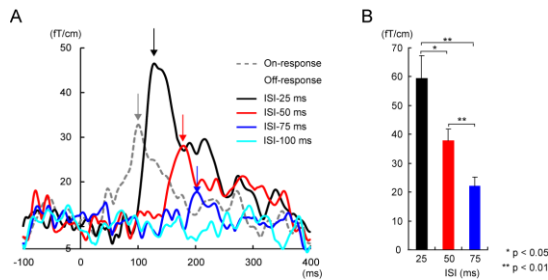


図 2. 異なる ISI による Onset・Offset 反応

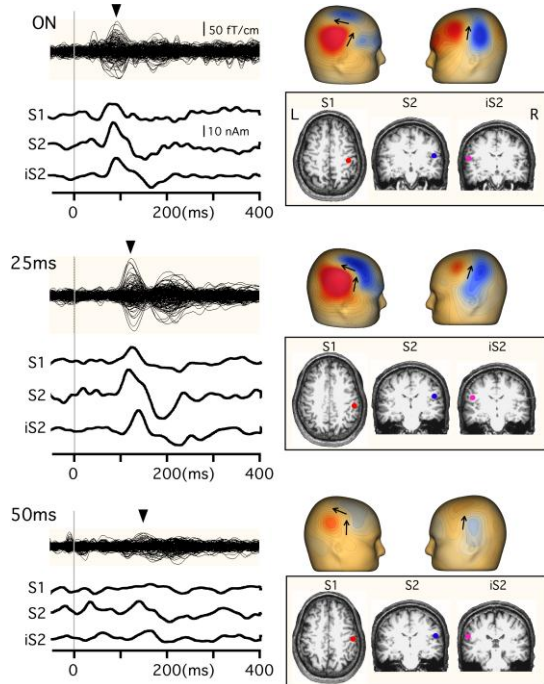


図 3. Onset・Offset 刺激に対する SI と SII 活動

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 8 件)

① Yamashiro K, Inui K, Naofumi O, Urakawa T, Kakigi R. Change-related response in the human auditory cortex: An MEG study. *Psychophysiology* 2011, 48(1):23-30. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2010.01038.x.

② Yamashiro K, Inui K, Otsuru N, Urakawa T, Kakigi R. Temporal window of integration in the somatosensory modality: An MEG study. *Clinical neurophysiology* 2011 122 (11): 2276-2281 DOI: 10.1016/j.clinph.2011.03.028.

③ Inui K, Urakawa T, Yamashiro K, Otsuru N, Nishihara M, Takeshima Y, Keceli S, kakigi R. Non-linear laws of echoic memory and auditory change detection in humans. *BMC Neuroscience* 2010, 11:80 DOI: 10.1186/1471-2202-11-80

④ Urakawa T, Inui K, Yamashiro K, Kakigi R. Cortical dynamics of visual change detection based on sensory memory. *NeuroImage* 2010, 52(1):302-308 DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.03.071.

⑤ Urakawa T, Inui K, Yamashiro K, Kakigi R. Cortical dynamics of the visual change detection process. *Psychophysiology* 2010 47(5):905-912 DOI: 10.1111/j.1469-8986.2010.00987.x.

⑥ Inui K, Urakawa T, Yamashiro K, Otsuru N, Takeshima Y, Nishihara M, Motomura E, Kida T, kakigi R. Echoic memory of a single pure tone indexed by change-related brain activity. *BMC Neuroscience* 2010 11:135, DOI: 10.1186/1471-2202-11-135

⑦ Akiyama LF, Yamashiro K, Inui K, Kakigi R. Automatic cortical responses to sound movement a magnetoencephalography study. *Neuroscience Letters* 2011 488(2):183-187 DOI: 10.1016/j.neulet.2010.11.025

⑧ Otsuru N, Inui K, Yamashiro K, Urakawa T, Keceli S, Kakigi R. Effect of prior sustained tactile stimulation on the somatosensory response to the sudden change of intensity in humans: An MEG study. *Neuroscience* 2011, 182: 115-124 DOI: 10.1016/j.neuroscience.2011.03.019

[学会発表] (計 3 件)

① Yamashiro K, Inui K, Otsuru N, Urakawa T, Kakigi R. Change-related responses in the human somatosensory cortex: an MEG study. 29th International Congress of Clinical Neurophysiology, Kobe, Japan, 2010 年 11 月

② 山代幸哉, 乾幸二, 大鶴直史, 浦川智和,

柿木隆介. 体性感覚における時間統合窓-脳磁図による検討-第 26 回日本生体磁気学会 (福岡) 2011 年 6 月

③大鶴直史, 乾幸二, 山代幸哉, 浦川智和
Kececi Sumuru, 柿木隆介. 強度変化に対する体性感覚野応答における先行刺激の影響.
第 26 回日本生体磁気学会 (福岡) 2011 年 6 月

[その他]

ホームページ等

新潟医療福祉大学

<http://www.nuhw.ac.jp/faculty/health/hs/teacher/yamashiro.html>

新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所

<http://www.ihmms.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山代 幸哉 (YAMASHIRO KOYA)

研究者番号 : 20570782