原著論文

購買意思による事象関連電位の修飾

— 仮想ショッピング課題を用いて —

長谷川 良平, 中村 美子, 長谷川 由香子, 澤畑 博人

産業技術総合研究所

Modulation of Event-related Potential by Purchase Intention

– Using the Virtual Shopping Task –

Ryohei P. HASEGAWA, Yoshiko NAKAMURA, Yukako T. HASEGAWA
and Hirohito SAWAHATA

Neurotechnology Research Group, HIRI, AIST, 1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-8568, Japan

Abstract : In this study, we focused on brain activity that reflected the decision-making process of customers. We used the shopping simulation task as a model of daily shopping, in which a variety of product images were used as visual stimuli for the sequential delayed matching-to-sample paradigm. We recorded EEG data from 12 normal subjects and examined the event-related potentials (ERPs) in two conditions; the subject selected one (target) out of 8 products (nontargets) either “to buy” (positive condition) or “NOT to buy” (negative condition). We observed stronger ERPs to the targets than to the nontargets in both the positive and negative conditions. The magnitude of the response was, however, greater in the positive than negative condition especially around 400 ms after the stimulus presentation. These results suggest that such an enhance response of the ERP might be useful for the indicator of the purchasing intention of the customers.

Keywords : EEG, ERP, BMI, Neuromarketing

1. はじめに

本研究の目的は、日常生活で体験する購買行動に近い状況において脳がどのような活動を行っているかを調べること、ヒトの購買行動の脳内基盤の解明に近づくとともに、脳活動でショッピングが行うシステムの開発に向けた基礎データを収集することである。

近年、脳を理解するためのニューロサイエンスの研究成果に基づいて、脳を活用するためのニューロテクノロジーの開発が進んでいる。特に脳と機械を直結する「ブレイン-マシン インターフェース」(Brain-Machine Interface: BMI) は科学の力で超能力を実現する革新的インターフェースとして、医療福祉分野等への応用が期待されている [1]。BMI は、脳内運動関連領域に埋め込まれた多数の電極から手などの筋活動の制御に関わる脳活動を即時解読してロボットアームを制御するような運動型BMIが有名である [2]。一方、頭皮上脳波から脳内意思決定を解読するような認知型BMIに関する研究も以前から行われており、「ブレイン-コンピュータ インターフェース」(Brain-Computer Interface: BCI) という名前で称されることもある。特に研究が進んでいるのは、事象関連電位 (ERP: Event-Related Potential) に着目した BMI/BCI である。事象関連電位とは、感覚刺激の発生や運動などの発生直後の脳波データを切り出し、脳波の電位がプラス、マイナスどちらの方向にどのようなタイミングで変化するかを調べるときに明らかになった頭皮上電位である [3]。

事象関連電位には、感覚刺激の性質 (視覚か聴覚か) や刺激強度など物理的な特徴に依存する誘発脳波とは異なり、様々な認知過程の影響を受けるという特徴がある [4]。この事象関連電位に関しては意思伝達支援への応用が進んでおり、能動的注意を向けるかどうかによって画面に提示される刺激種に対する事象関連電位の発生をスイッチとして利用するシステム「P300 スペラー」 [5] などが提案されている。

著者らも自らの認知神経科学研究、特に実験動物を対象とした脳内神経活動記録実験の知見 [6] を活用した認知型 BMI の研究開発を続けることによって、脳情報を高速・高精度で解読するアルゴリズムの開発を進めた [7, 8]。そして、それらの成果をヒトにおける脳波計測データに応用し、事象関連電位の即時検出による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター®」 (図1) の試作開発に成功した (2010 年 3 月にプレス発表) [9, 10]。

図1 脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター®」

本装置は3つのコア技術、①小型無線脳波計と少量ジェルで長時間高品質な脳波計測が可能な電極を搭載したコンパクトなヘッドギア（基盤ハードウェア）、②単発の脳活動を高速・高精度で検出する独自のパターン識別手法（基盤ソフトウェア）[7, 8]、③介護の要望や気持ちの種類などを示すピクトグラムの脳波選択[11, 12]を階層的に繰り返すことで生成した多様なメッセージをCGやロボットのアバターによって表出させるシステム（アプリケーション）、などに特徴がある（①～③のいずれに関しても特許取得、計4件）。

現在、試作機を用い、主として在宅障がい者を対象とした実証実験を続けて早期の実用化を目指している[13, 14]。その一方、このシステムの高度化の一環として、たとえ小さなモニター画面であっても、全体を見回すことが困難な最重度の患者に対しては、紙芝居のように画面全体に1枚ずつ大きなイラスト（介護の要望等を抽象化したもの）を連続的に提示している際の事象関連電位の強さから、ユーザーがどのイラストを脳内で選んだのかを解読できるようにシステムの拡張に取り組んでいる。

我々はこのような紙芝居型刺激提示方法の開発の過程で、提示する刺激種として介護の要望を伝えるイラストだけでなく、日常生活や趣味に関係した製品の写真を用いることで、重度運動機能障がい者の購買行動を支援できる可能性があることに気づき、予備実験を開始した[15, 16]。

そこで注目したのが、脳情報に着目した感性評価「ニューロマーケティング」である[17]。ニューロマーケティングは、従来のマーケティング手法である質問紙やインタビューだけでは消費者の行動や心理を深く理解できないという問題意識と、近年の非侵襲的脳活動計測手法の発展がきっかけとなって盛んになった研究分野である。

我々も、顔認知と関連した脳波成分に関する先行研究[18, 19]を参考にして、購買行動の促進につながると考えられている「商品キャラクタ」の親密度が脳波に及ぼす影響を調べる研究[20]や様々な表情が脳内でどのように表象されているのかに関する研究[21]を行ってきた。

一方、我々が日常的に購買行動の対象とする製品には必ずしも商品キャラクタや表情がデザインされているわけではなく、製品そのものの外見も購買行動の意思決定において明らかに重要な役割を果たしている。しかし、視覚刺激に対する脳波を調べる研究は、一般的に刺激の物理的特性の制御を重視するために、比較的単純な図形や写真を用いる場合が多い。一部、製品画像に対する事象関連電位を測定した先駆的な研究もあるが[22]、対象となった製品カテゴリーが限定（寿司のみ等）されていたり、心理評定で高い評価の製品だけでなく、低い評価の製品に対しても強い反応が観察されたりするなど、実際の製品が脳活動に及ぼす影響に関してはまだ多くの謎が残されている。特に日常生活における購買行動（ショッピング）においては、多数の中から欲しいものを選ぶと同時に、欲しくないものをも選ぶプロセスもあり、従来の事象関連電位研究の多くは、購買意欲の有無にかかわらず、指定されたものを選ぶというルールのもので、その出現に

よって注意が高まったかどうかを反映した過程しか見てこなかった。

そこで、本研究では、特に注意の有無と購買意欲の有無を独立に操作した課題を用いて、それら2要因が事象関連電位に対して及ぼす影響を調べるために、多数のカテゴリーに属する製品刺激を用いた購買行動モデル「仮想ショッピング課題」を導入した。また、その課題を被験者に「買いたいもの」を選ぶため、あるいは「買いたくないもの」を選ぶために実施するため、という両極端な条件で遂行させた。これにより、注意を向けるかどうかという認知的な側面と製品に対する情動的な側面の2要因が事象関連電位にどのような影響を与えるかを調べた。その結果、興味深い知見が得られたのでここに報告する。

2. 方法

2.1 被験者

本研究では健常成人計12名を対象とした。各被験者には個別に実験説明と文書による同意取得を行った。なお、本研究の計画書は、ヘルシンキ宣言に基づく倫理的原則および人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に沿って作成され、所属組織の人間工学実験委員会において承認済みである。

2.2 実験全体の手続き

本研究では、多様な製品選択に共通する神経基盤を探求する目的で、衣食住及び趣味をテーマにそれぞれ4グループずつ、計16カテゴリーの製品グループに関して各8種類の刺激画像（図2）を事前に作成しておいた（解像度300×300ピクセルのカラー画像を合計128枚作成）。

また、脳波計測実験に先立ち、各被験者に対して上記16カテゴリーのリスト（文字のみ）を提示し、購買対象として興味を持つカテゴリーの順に、順位付けを行わせた。その結果、上位（1～8位）8カテゴリーの製品群で構成する実験セッション（ポジティブ条件）と下位（9～16位）8カテゴリーの製品群で構成する実験セッション（ネガティブ条件）を被験者個別に設定した。両実験セッションの順と各セッション内での各カテゴリーに関する実験（ゲーム）の順は、被験者ごとに変えて実験を実施した。

図2 実験に用いた製品画像の例

図3 仮想ショッピング課題における条件設定 (A: ポジティブ条件, B: ネガティブ条件) と事象関連電位の検出予想

2.3 認知課題

上記2条件のいずれの実験セッションにおいても、8カテゴリーの刺激セット (1カテゴリーにつき8種類) を1度ずつ用いた「ゲーム」を全8ゲーム実施した。その際、被験者には各ゲーム開始直前に当該カテゴリーに属する8種類の製品画像を画面上に並べて提示し、「ポジティブ条件」では「最も買いたいもの」を、「ネガティブ条件」では「最も買いたくないもの」を「ターゲット」として各自の脳内で選択させたうえでゲームを開始した (図3)。

ゲーム中、ターゲットをターゲット以外の製品刺激 (ノンターゲット) とともに疑似ランダム順で経時的に提示した (ターゲットの出現率は12.5%)。全8種類の刺激が一巡することを「1ブロック」として9ブロックまで刺激提示を繰り返した。各刺激の1回当たりの提示時間は250ミリ秒間であり、375ミリ秒のブランク後、次の刺激を提示した。被験者に、ゲーム中、当該ターゲットの提示回数を頭の中で数えさせ、実験への集中力を維持させた。各ゲーム終了時に全8刺激を画面上に並べて提示し、各製品にラベル付けしたID番号にもとづいて当該ゲームでどの刺激を選択していたかを手用の用紙に記入させた。その後、約10秒間の休憩を介して次のゲームを実施した。

2.4 実験装置及び脳波計測

上述したニューロコミュニケーターの脳波計測システムを用いた。Windows OSのノートPC (インテル® Core™ i7クラスのCPU搭載) に接続したサブモニター (タッチパネルシステムズ製15インチ画面のモニターを被験者眼前約60cmの位置に設置) を介して事象関連電位を誘発するための視覚刺

激の提示を行った。脳波データ (図上「EEG」マーク周辺) は、被験者が装着するヘッドギアの頭頂部付近に設置した8か所 (国際10%法の記載に基づき、FC1, FC2, C3, Cz, C4, CP1, CP2及びPz) の金属電極 (ジェル使用) によって計測した (図4)。また、接地電極 (図上「GND」マーク) としてCPzに信号電極同様の金属電極 (ジェル使用) を、共通基準電極 (図上「REF」マーク) として左耳朶 (A1) にディスプレイ電極 (粘着ソリッドゲル使用) を用いた。256 Hzのサンプリングレートで取得された脳波データは、A/D変換 (16 bit分解能) 後、上述したPCに無線送信された (産業科学医療用バンドを使用し、認証済み)。

図4 ヘッドギア上における電極配置

2.5 データ解析

本研究では脳内製品選択を可能とする脳活動として事象関連電位に着目しているが、複雑な製品写真を用いて脳内選択した場合にも「選択する場合」(ターゲット)と「選択しない刺激」(ノンターゲット)にどのような違いがあるのか、またその違いが「買いたいもの」を選ぶ場合と「買いたくないもの」を選ぶ場合で異なるのかを調べた。その具体的手続きとして、上記PCで受信したデータを、0.2~30Hzの通過帯域のバンドパスフィルタで処理した後、64Hzにダウンサンプリングし、さらに各刺激提示のタイミングによって1秒間ずつ切り出した(各チャンネルの電位データに対して刺激提示200ミリ秒前から刺激提示800ミリ秒後まで)。

次にこの切り出しデータがどのような刺激提示条件下で計測されたかによって4条件(ポジティブターゲット、ポジティブノンターゲット、ネガティブターゲット、ネガティブノンターゲット)に分類した。この解析に関して本研究では8チャンネルの波形を平均したうえで、そのチャンネル平均波形に関して4条件ごとに被験者平均を求め、条件間で比較した。特に変化のある時間帯に関して統計解析を行うために、特に着目する時間帯に関しては、その間のデータの平均値を求めた後、対応のある2要因の分散分析(第1要因:ターゲットかノンターゲットか; 第2要因:ポジティブかネガティブか)を実施した。

3. 結果

3.1 事象関連電位の生波形パターンの違い

ポジティブ条件、ネガティブ条件の各セッションにおいて全ゲームの事象関連電位(生波形)の被験者平均(かつチャンネル平均)を求めたところ、ターゲットに対する反応はノンターゲットに対する反応よりも明確に強いことが示された(図5A)。具体的には刺激がターゲットの場合、刺激提示200ミリ秒直前から立ち上がりの早い反応がみられ、平均約 $2\mu\text{V}$ ほどのピークに達したのち、300ミリ秒前後まで一旦、減衰した。その後、最初の反応よりは少し緩やかな反応増強がみられ、400ミリ秒前後で2度目のピークを迎えた。その後、緩やかな反応の減少がみられ、550ミリ秒前後でベースラインレベルに達するものの、観察区間の最後(700ミリ秒)に至っても負の反応レベルを維持していた。

一方、刺激がノンターゲットの場合には、最初のピークのみ若干の増加が見られたものの、ピーク値は約 $1.6\mu\text{V}$ 程度と、ターゲット($2\mu\text{V}$)には及ばず、減衰に転じた。その後、ターゲットの場合と異なり、二度目の反応増強を迎えることなく、280ミリ秒前後で負の値となり、350ミリ秒前後から上昇傾向となった。

このようなターゲットとノンターゲットの時系列パターンの差は、概ねポジティブ条件でもネガティブ条件でも見られ

図5 (A) 仮想ショッピング課題各条件下で観察された事象関連電位と
(B) 250-550ミリ秒区間での定量的比較

購買意思による事象関連電位の修飾

たが、特に刺激提示250ミリ秒前後からの約300ミリ秒間にかけて、ターゲットとなる刺激がポジティブ条件の場合に、それがネガティブ条件の場合よりも、反応が強い傾向があるようであった。

3.2 実験条件間の定量的解析

上記の結果を受け、特にその傾向が強い期間(250～550ミリ秒)を対象として被験者ごと条件ごとに区間平均を求めて定量化し、被験者平均を求めて条件間で比較した(図5B)。このデータに関して対応のある2要因の分散分析を行ったところ、「ターゲットかノンターゲットか」と「ポジティブかネガティブか」の両要因の主効果に加えて、これらの交互作用が有意であった($F(1,11)=17.96, P<0.01$)。下位検定の結果、ポジティブ条件においてターゲットに対する電位がノンターゲットに対する電位よりも大きな値であることに関する単純主効果が有意であった($F(1,22)=28.05, P<0.001$)。

3.3 結果のまとめ

本研究では、従来の研究では行われてこなかった注意の有無と購買意欲の有無を独立に操作する仮想ショッピング課題を用い、多様な製品画像を対象とした脳内選択を行っている際の、被験者の頭皮上脳波、特に注意の瞬間的な高まりを反映すると考えられる事象関連電位の時系列パターンの違いを調べる実験を行った。その結果、上述したように、「買いたい」製品、及び「買いたくない」製品を選択する場合、そうでない(いずれにせよ選択しない)場合よりも強い反応が見られることが明らかとなった。また、その際、「買いたい」製品を選択する方が「買いたくない」製品を選択するよりも、特に刺激提示400ミリ秒前後において、より強い反応を示すことが見いだされた。これらの結果は、事象関連電位に購買意思に関する脳情報が表象されている可能性を示唆するものである。ただし、波形全体の反応が増幅された訳ではないので、刺激提示後約400ミリ秒前後に「買いたい気持ち」を反映した脳波成分が付加された可能性がある。

4. 考察

4.1 製品写真の視覚刺激としての複雑性に関して

本研究の経緯となった最近の我々の取り組み[15, 16]の過程で、脳情報に基づく製品評価(ニューロマーケティング)を行う際には、一般的な実験とは異なる観点で留意すべきことがあることがわかってきた。その一つが「製品写真の視覚刺激としての複雑性」である。絵柄が単純な介護系のピクトグラムとは異なり、製品写真は複雑な構造をしているために認識に時間がかかるうえ、同カテゴリーのなかで製品比較をする場合には、比較対象の外見も類似しているために、事象関連電位のような脳活動においても区別が困難になる可能性がある。それを反映し、ターゲット刺激に対する最初の反応が見られた期間(刺激提示200ミリ秒前後)にノンターゲットに対しても(程度はやや小さいものの)類似の反応を観察

することができた。この区間の反応の差異に関しては、製品間の物理的類似度が影響する可能性があるため[21, 23]、今後、一般的な画像解析の手法を用いて視覚刺激間の類似度と事象関連電位の反応の差の解析を行うことで、脳情報表現の理解が深まるものと期待できる。

4.2 製品写真に対する感情反応の関与

ニューロマーケティングの推進においても一つ重要なポイントは、製品選択における感情反応[24]である。上述したターゲットとノンターゲットの間の脳活動の違いは、何らかの文脈(好き/嫌いや能動的/受動的を問わず)によって一度、注意を向けるべきものとして選ばれた対象(ターゲット)に対する意思決定を主に反映していると考えられる。一方、「買いたい」あるいは「買いたくない」のような情動的要素は、これとは別にコントロール及び配慮すべきである。例えば、今回刺激セットに含んだ男性用の上着に関してほとんどの女性被験者は「買いたい」順位を高くつけることは無く、逆に女性用の指輪に高い順位をつける男性被験者は少なかった。もちろん、同じ性別でも年代やライフスタイルに応じて購買対象となるカテゴリーや個別の製品に違いがある。

本研究で用いた、2条件で製品選択を行う仮想ショッピング課題の導入は、まさにこの点を十分考慮したオリジナルの高い試みであると考えられる。ただし、時間的な制約もあって、多様なニーズに即した十分なカテゴリー及び具体的製品例を揃えたとは言い切れず、16カテゴリー中の上位8位にもどちらかと言えば「買いたくない」製品群が含まれていたり、上位にランク付けしたカテゴリーの製品例8種を実際に見た時に、好みにぴったりのものが無かったりした可能性もある(それでも相対的に1番好みのものを選んでもらったはずであるが)。そのため、今後の実験の準備として常に「製品カタログ」を増やしておく必要があるだろう。

4.3 本研究成果のニューロマーケティング応用

上記考察に従えば、これまで数々の限界が指摘されてきたアンケートの制約を乗り越える革新的マーケティング技術として、我々のニューロマーケティング技術が活路を見出す可能性が十分あると考えられる。特に今回、観察された製品刺激提示約400ミリ秒前後に見られる事象関連電位の反応増強は、購買意思を反映した神経生理学的指標「ニューロマーカ―」として着目する意義があると思われる。今後、このマーカ―のシグナル強度に着目して製品間比較を行うことで、消費者の顕在意識のみならず潜在意識をも反映した「脳の関心度」の高い製品の予測やその特徴の把握につながると期待できる。それに向けた課題として、被験者数を増やしつつ、その属性(性別、年代、ライフスタイル等)も分析対象として詳細な解析を行う予定である。また、短時間の実験で必要なデータを取得するためのデータ解析の高速化やハードウェアの簡便化なども並行して進める予定である。

5. まとめと今後の課題

本研究では、購買意欲の有無によって買うもしくは買わないための選択を行う、仮想ショッピング課題を遂行中の被験者（健常者）から脳波データを計測し、従来知られているような注意の有無（理由に関わらず選択するかどうか）だけでなく、購買意欲の影響によっても事象関連電位が変動することが明らかとなった。今後、重度運動機能障がい者の「生活の質」を高めるボディーフリーインターフェース開発[25]の一例として、本技術が購買行動支援に直結できるように開発を進めたいと考えている。具体的には、今回得られた具体的な変化パターンを参照しながら、今後、製品選択候補の写真を見た時の脳活動から被験者がどの写真になぜ着目したのか購買意欲という観点から解読できるようにターゲット予測手法の高度化を目指す。また、当該システムが、有効性を示すために、重度運動機能障がい者を対象とした実証実験を行う必要がある。

謝 辞

本研究の一部はNEDO(15102349-0)及び科研費(18H03142)の支援を受けた。

参 考 文 献

- [1] 長谷川良平：ブレイン-マシン インタフェースの現状と将来，電子情報通信学会誌，91(12)，pp.1066-1075，2008.
- [2] Wessberg, J., Stambaugh, C.R., Kralik, J.D., Beck, P.D., Laubach, M., Chapin, J.K., Kim, J., Biggs, S.J., Srinivasan, M.A., and Nicolelis, M.A.: Real-time prediction of hand trajectory by ensembles of cortical neurons in primates, *Nature*, 408(6810), pp.361-365, 2000.
- [3] Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., and John, E.R.: Evoked potential correlates of stimulus uncertainty, *Science*, 150(3700), pp. 1187-1188, 1965.
- [4] 入戸野宏：心理学のための事象関連電位ガイドブック，北王子書房，2005.
- [5] Farwell, L.A., and Donchin, E.: Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials, *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 70(6), pp.510-523, 1988.
- [6] Hasegawa, R.P., Blitz, A.M., Geller, N.L., and Goldberg, M.E.: Neurons in monkey prefrontal cortex that track past or predict future performance, *Science* 290(5497), pp.1786-1789, 2000.
- [7] Hasegawa, R.P., Hasegawa, Y.T., and Segraves, M.A.: Single trial-based prediction of a go/nogo decision in monkey superior colliculus, *Neural Netw.*, 19(8), pp.1223-1232, 2006.
- [8] Hasegawa, R.P., Hasegawa, Y.T., and Segraves, M.A.: Neural mind reading of multi-dimensional decisions by monkey mid-brain activity, *Neural Netw.*, 22(9), pp.1247-1256, 2009.
- [9] 産総研プレスリリース：脳波計測による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」を開発（2010/03/29），https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2010/pr20100329/pr20100329.html（2010.03.29閲覧）.
- [10] 長谷川良平：脳波BMI技術を用いた実用的意思伝達システム，電子情報通信学会誌，95(9)，pp.834-839，2012.
- [11] 高井英明，南哲人，長谷川良平：P300に基づく認知型BMIにおける効率の良い刺激提示方法の検討，日本感性工学会論文誌，10(2)，pp.89-94，2011.
- [12] 南哲人，井上康之，長谷川良平：ニューロコミュニケーターにおける性能向上の試み～感性を考慮したブレイン-マシン インタフェースの開発～，日本感性工学会論文誌，11(4)，pp.509-518，2012.
- [13] 中山優季，松田千春，小倉朗子，望月葉子，中村美子，長谷川良平：重度運動障がい者における脳波計測による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」を用いた意思伝達の有用性と看護支援に関する研究，日本難病看護学会誌，17(3)，pp.187-204，2013.
- [14] 長谷川良平：ニューロサイエンスからニューロテクノロジーへ－ニューロコミュニケーターを用いた脳情報の解読と活用－，脳神経外科ジャーナル，25(6)，pp.476-503，2016.
- [15] 長谷川良平，中村美子：ニューロショッピングシステム－脳波による購買行動支援技術の開発－，第12回日本感性工学会春季大会，大阪，P38，2017.
- [16] 長谷川良平，中村美子：脳波による購買行動支援装置の開発～「爆買い課題」を用いた感性評価への応用～，第19回日本感性工学会大会，東京，P20，2017.
- [17] McClure, S.M., Li, J., Tomlin, D., Cypert, K.S., Montague, L.M., and Montague, P.R.: Neural correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks, *Neuron*, 44(2), pp.379-387, 2004.
- [18] Anaki, D., Zion-Golumbic, E., Bentin, S.: Electrophysiological neural mechanisms for detection, configural analysis and recognition of faces, *Neuroimage*, 37(4), pp.1407-1416, 2007.
- [19] Conrad, N., Giabbiconi, C.M., Müller, M.M., and Gruber, T.: Neuronal correlates of repetition priming of frequently presented objects: insights from induced gamma band responses, *Neurosci Lett.*, 429(2-3), pp.126-130, 2007.
- [20] 橋本陽平，南哲人，長谷川良平，中内茂樹：商品キャラクターに対する認知状態と脳波の関連，日本感性工学会論文誌，10(2)，pp.123-129，2011.
- [21] 藤村友美，長谷川良平：事象関連電位による刺激類似度の評価，日本感性工学会論文誌，16(3)，pp.271-275，2017.
- [22] 田中元志，中島恵子，井上浩，新山喜嗣，高橋徹，熊谷昌則，

購買意思による事象関連電位の修飾

秋山美展：ERPを指標とした食品評価に関する実験的検討－寿司画像を用いた好み評価－，生体医工学，47(6)，pp.623-627，2009.

- [23] Azizian, A., Freitas, A.L., Watson, T.D., and Squires, N.K.: Electrophysiological correlates of categorization: P300 amplitude as index of target similarity, Biol Psychol., 71(3), pp.278-88, 2006.
- [24] Goto, N., Mushtaq, F., Shee, D., Lim, X.L., Mortazavi, M., Watabe, M., and Schaefer, A.: Neural signals of selective attention are modulated by subjective preferences and buying decisions in a virtual shopping task, Biol Psychol., 128, pp.11-20, 2017.
- [25] 長谷川良平：Brain-Machine Interfaceがつくる未来の社会，精密工学会誌，83(11)，pp.983-987，2017.

長谷川 良平（正会員）

1997年 京都大学大学院理学研究科博士課程卒（京大霊長類研究所にて神経生理学を専攻，理学博士）。米国国立衛生研究所などの研究員を経て現在，産業技術総合研究所人間情報研究部門ニューロテクノロジー研究グループ長。2010年，重度運動機能障がい者のコミュニケーション支援を目的とした脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の試作開発に成功。2011年から福井大学（連携大学院）客員教授を兼務。

中村 美子（非会員）

2004年 茨城県立医療大学大学院保健科学研究科修了（作業療法学修士）。1986年京都府立精神保健総合センターにて精神障害者リハビリテーション，阿見町総合福祉会館（非常勤）で高齢者リハビリテーションの臨床に携わる。札幌医科大学保健医療学部，千葉・柏リハビリテーション学院で作業療法の研究教育に従事。2010年より現在まで産業技術総合研究所ニューロテクノロジー研究グループにて福祉用具機器制御の研究開発補助に従事。

長谷川 由香子（非会員）

2001年 京都大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学。理学修士。1998～2001年 日本学術振興会特別研究員（DC1），1998～2002年米国国立精神衛生研究所（NIMH）Special Volunteer，2002～2004年 Northwestern 大学 Research Technologist-1，2004年 産業技術総合研究所産総研特別研究員を経て，現在テクニカルスタッフ。

澤畑 博人（非会員）

2012年 山形大学大学院理工学研究科 博士（工学）学位取得。2009～2012年 新潟大学大学院医歯学総合研究科 特任助教。2013～2017年 豊橋技術科学大学電気・電子情報工学系 特任助教。現在 産業技術総合研究所人間情報研究部門 産総研特別研究員。ブレインマシンインタフェースの基盤となる脳計測および信号処理技術の研究に従事。2017年 センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム 優秀技術論文賞。