

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 10 日現在

機関番号：81409

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500751

研究課題名（和文）脳血流動態にもとづく大脳表層からの食品の嗜好性・感性情報の直接抽出

研究課題名（英文）Study on extraction of personal preferences or KANSEI information for food implicitly based on a cerebral-blood-flow

研究代表者

熊谷 昌則（KUMAGAI MASANORI）

秋田県総合食品研究センター・食品加工研究所・上席研究員

研究者番号：90425471

研究成果の概要（和文）：この研究は、ヒトの脳活動を計測するための新しい技術である近赤外分光法という手法を用いて、個人の嗜好を脳から直接抽出するための方法について検討したものである。これは、外科手術や造影剤投与検査などの手法を用いなくても、安全に低コストで脳血流の変化を計測することができる方法として注目されている。研究の結果、この手法を使えばアンケート調査などによらなくても個人の嗜好を抽出できる可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：This study presents a proposal for a novel evaluation method to extract personal preferences implicitly using near-infrared spectroscopy (NIRS), a new technique for measuring brain blood flows. Surgical operation and/or contrast media and other apparatus are unnecessary. It has recently been identified as a safe and low-cost signal acquisition tool for measuring cortical activity with monitoring of the oxygen concentration of cerebral blood flow (CBF) in humans. This pilot study demonstrated the potential of the NIRS method to extract personal preferences implicitly.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：生活科学、食生活学

キーワード：神経科学、脳血流変化、食品、嗜好

1. 研究開始当初の背景

食品の開発では、安全性や経済性などといった物質的因子に加え、おいしさや満足感などといった心理的因子が重視される。心理的因子の評価法として、嗜好性や感性に係わるヒトの応答は、アンケート調査法や官能検査法などによる質問紙法によって、口頭または記述により抽出するのが一般的である。抽出された嗜好、感性情報は形容詞や形容動詞によって表現されることから、これらは、明示的評価と呼ばれているが、客観性、再現性、信頼性などに欠ける場合があり、代替法、す

なわち、非明示的評価法の開発が求められていた。

一方、形容詞や形容動詞などの表現によらない非明示的評価法としては、生理学的指標があり、例えば心拍数、血圧、体温、発汗量などがある。また、表情やしぐさなどの動作指標なども知られている。

近年、ヒトの大脳表層の脳血流動態を非侵襲で簡便に測定できる装置が市販されたことにより、食品分野においても適用の場が拡大されつつあった。

2. 研究の目的

食品の受容性や嗜好性、さらには食品を摂取した際の満足度や癒し感などを客観的に判断しうる新しい食品評価法の開発を目的として、NIRS (近赤外分光法: Near Infra-Red Spectroscopy) に着目し、これを適用し、実用化するための検証を行った。NIRS では、脳内の神経活動が起こっている領域のヘモグロビンの濃度変化を頭皮上から非侵襲的に計測することができる。NIRS は f-MRI (functional: 機能的-Magnetic Resonance Imaging: 磁気共鳴画像) などといった他の脳機能計測法に比較して、低拘束計測であるため、造影剤の投与なども不要で、また座位などでも計測可能なことから被験者の負担が極端に少ないという利点がある。脳表層の血流変化しか測定できない、空間分解能が悪いなどの欠点はあるものの、医療分野に加えて、非医療分野での応用も急激に広がっている。本研究では、NIRS を食品評価法の新規代替手法としてのみならず、近年、注目を集めているニューロ・マーケティング (神経マーケティングまたは心脳マーケティング) への展開も見据えて、その基礎的知見を蓄積することを目的とした。ニューロ・マーケティングでは、マーケティングに脳機能計測の手法を取り入れることによって、消費者心理や行動スタイルの解明につながり、消費者の本音や無意識下の反応を引き出せるのではないかと期待されている。

本研究では、食品のおいしさは脳で評価されることから、食品のおいしさに係わる嗜好、感性情報を脳から直接読み取れないかどうか検討するため、以下の項目の解明に取り組んだ。

1. おいしそうと感じる時、脳波や脳血流動態はどう変化するのか?
2. おいしさ評価を脳機能計測で客観化 (数値化) できるのか?

3. 研究の方法

1) 被験者は、秋田県総合食品研究センターに勤務する健常な右利きの職員で、事前にインフォームドコンセントの手続きを経て、実験に参加した。

2) 被験者の脳血流変化量は、光トポグラフィ-ETG-4000 (日立メディコ) を使用して計測した。本法によれば、被験者の神経活動にもとづく脳血流変化を反映する脳内ヘモグロビン (酸素化ヘモグロビン: oxy-Hb、脱酸素化ヘモグロビン: deoxy-Hb) の変化量を優れた時間分解能で、リアルタイムに記録できる。測定は、完全に非侵襲であり、被験者の身体的な自由度が高く、座位でも可能である。本研究のような感性や嗜好性を評価するという目的のもとでは、他の脳機能計測法よりも、その利点を最大限、活用できるため、む

しろ、より適している場合もある。

3) 被験者には視覚刺激として食品画像を 17 インチの CRT 上に各種、提示した (図 1)。



図1 脳血流データ計測の様子

4. 研究成果

1) 被験者は、50~60 代男性 4 名 (平均年齢 56.8 歳)、女性 3 名 (同 58.3 歳) である。本実験は、中高齢者の嗜好評価実験のひとつとして実施した。食品画像として、ケーキ画像を用いて、被験者には注視点画像 15 秒、ケーキ画像 30 秒 (外観嗜好評価のタスク)、注視点画像 15 秒の順に提示し、その後直ちに“おいしそう”か“おいそうでない”かの「嗜好」について評価を求めた。続いて 15 秒の開眼安静の後に、同様の手順で、計 10 枚の「画像」について、光トポグラフィ-ETG-4000 を用いて、前額部前頭前野表層部 (3×5 モード; 国際 10-20 法に基づき Fz を中心に 22Ch を配置; 関心領域「ROI」を設定) におけるタスク中の脳血流変化量を計測した。データ解析にあたっては、ベースライン設定の前処理を行った後に、脳血流変化の「時間変化」として、タスク開始 0s~10s を早期変化、同 10s~20s を中期変化、そして同 20s~30s を後期変化と分類し、それぞれのデータに対して正規化 (Z-score) 処理を行った。

その結果、正規化された Z-score に基づく脳血流変化量に対する分散分析の結果から、Oxy-Hb については、嗜好、ROI、変化時間、画像について有意差が認められた。さらに、嗜好と変化時間、嗜好と画像の組み合わせについては交互作用も認められた。同様に、Deoxy-Hb については、ROI、変化時間、画像が有意となり、ならびに嗜好と画像、嗜好と ROI と画像の組み合わせについては交互作用も有意となった。これらのことから、外観刺激に対する嗜好の違いが前頭前野表層の脳血流変化量に影響を及ぼすことが示唆された。そこで、次に、それぞれの ROI における嗜好の違いによる脳血流変化量を各被験者内で比較した。t 検定の結果、それぞれの被験者内においては“おいしそう”と“おいそうでない”ときでは、

Oxy-Hb や Deoxy-Hb の変化量に有意差の認められた ROI が存在することから、NIRS により被験者の嗜好判断を予測できる可能性がある。しかしながら、それぞれの被験者間の比較では、ROI のみならず、Oxy-Hb や Deoxy-Hb の変化量の増減については個人差があり、普遍的な法則性を見いだすには至らなかった。

2) 被験者は 20~40 代の女性であり、そのうち本実験では 8 名 (平均年齢 33.6 歳) のデータについて解析を行った。被験者には種々の食品画像 2 種類を 1 組として呈示し、初めに、どちらか一方を頭の中で嗜好選択させた後に、今度は 1 種類ずつ画像を呈示し、それぞれをタスクとして 15 秒間、注視させた。その後、直ちに、どちらの画像を選択したのか (どちらともいえないを含む)、アンケート調査により報告を求めた。この試行を異なる画像の種類 10 組に対して繰り返し実施して、10 分間の安静休憩を挿入した後、さらに別の画像 10 組に対して同様の試行を実施した。脳血流変化量は左右前頭部における 3×3 (12ch) ×2 モードで測定した。図 2 に



図2 Oxy-Hb 変化量の推移例(被験者A、画像①、Ch8)

は取得データの一部として、被験者 A の画像 ①に対する ch8 の Oxy-Hb 変化量の推移を示した。データ解析は、どちらか一方の嗜好選択された画像を見ているときのタスク中と、そうではない画像を見ているときのタスク中の Oxy-Hb 変化量を、正規化処理 [$Z\text{-score} = ((\text{画像提示後 5 秒} \sim 15 \text{ 秒までの変化量の平均}) - (0 \text{ 秒} \sim 5 \text{ 秒までの平均変化量})) / (0 \text{ 秒} \sim 5 \text{ 秒の変化量の標準偏差})$] 後に平均値の差の検定や判別解析に供した。

その結果、はじめに、それぞれの被験者の前頭部に配置した左右 12ch の計 24ch の Z-score を用いて、どちらか一方の嗜好選択された画像を見ているときのタスク中と、そうではない画像を見ているときのタスク中の Oxy-Hb 変化量に違いがあるかどうかをそれぞれの ch 毎に t 検定で評価したところ、被験者 8 名のうち 6 名については、危険率 5% で有意差の認められる ch が存在した。しかしながら、24ch のうち 7ch で有意差の認められた被験者がいる一方で、有意差が認められたのは 1ch のみという被験者も 3 名いた。被験者間で一致して、特定の ch (または領域) による違いは認められず、個人差が大きかった。

次に、24ch 全ての Z-score を用いて判別分析を適用したところ、判別モデル構築時には全被験者平均で 98.1% の正答率で嗜好選択を正しく判別できることがわかった。すなわち、脳血流変化のデータを使えば、被験者がどちらの画像を選択したのか、被験者自らが口頭などで示さなくてもデータ上から判別できることが示されたわけである。

そこで、次のステップとして、未知試料、すなわち過去に見たことがない、新しい画像に対しても同様に判別できるかどうかをクロスバリデーション (cross-validation) により検証した。ここでは、交差検定 (leave-one-out) により 20 組の画像の組み合わせのうち、19 組のデータを既知試料として判別モデルを構築し、残りの 1 組のデータを未知試料とみなし、先の判別モデルで未知試料が判別できるかどうかを検証した。全体ではこの操作を 1 組ずつ順に、20 組のデータに適用して、それぞれ判別できるかどうかを検証したところ、図 3 に示したクロスバリデーション正答率の全被験者平均は、45.6% となった。最も正答率が高い被験者 H であっても 66.7% にとどまった。

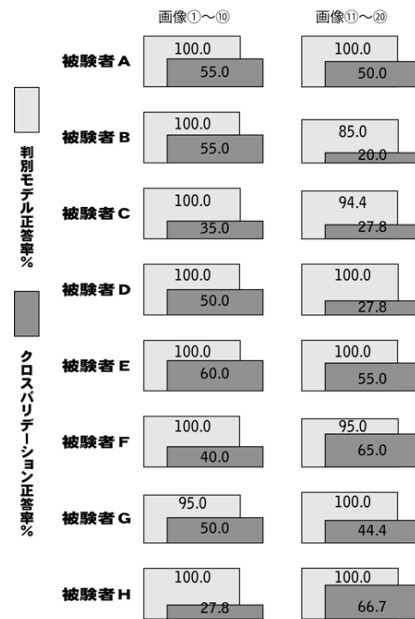


図3 被験者毎の嗜好選択予測判別モデルの評価

3) 被験者は女性 8 名 (20~40 代、平均年齢 31.5 歳) である。脳血流変化量は、被験者の前頭前野部位 3×5 モード、全 22ch で測定した。本実験で用いた食品画像は、コンビニエンスストアで販売されているスイーツ 19 品目の外観写真であり、商品名、価格が併記されている。被験者には、それぞれの画像を 10 秒間ずつ呈示して、それぞれのスイーツを食べたいと思うかどうかを頭の中

で判断させ、このときの脳血流変化量を測定した。被験者には脳血流測定後に、それぞれのスイーツに対して食べたいと思ったかどうかをアンケート方式により回答させた。本実験でのデータ解析は、被験者の oxy-Hb の変化量に着目して、移動平均による平滑化処理後に、画像提示 0 秒を原点とする 10 秒間の相対的脳血流変化量に対して行った。はじめに「食べたい」と思って見ていたときの画像と、「そうではない」ときの画像についてそれぞれ oxy-Hb の変化量を被験者ごとに比較評価した。次に、それぞれの嗜好ごとに oxy-Hb の変化量を加算平均し、両者の違いを把握した後、それぞれを差分処理して比較評価した。

その結果、被験者が「食べたい」と思って画像を見ているときの oxy-Hb の変化量と、「そうではない」ときの oxy-Hb の変化量の違いを比較評価したが、被験者間で普遍的に、「食べたい」ときと「そうではない」ときの oxy-Hb の変化量の違いを系統的に、かつ定量的に表すことはできなかった。

そこで次に、それぞれの被験者ごとに「食べたい」ときと、「そうではない」ときの単純加算平均を求めて比較した。加算平均を行うことで、被験者の反応を明瞭化したり、ノイズの混入したデータを取り除いたりすることができる。これにより、それぞれの被験者について、「食べたい」と思って見ていたときの脳血流変化量と「そうではない」ときの脳血流変化量の平均的パターンを抽出す

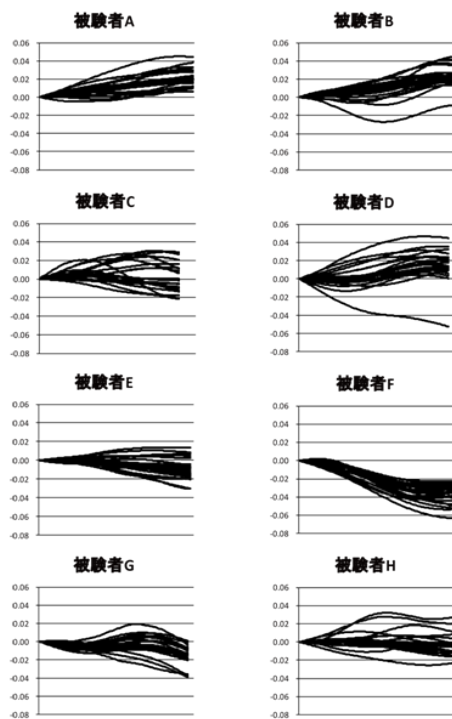


図4 各被験者の脳血流変化の嗜好平均の差分

ることができた。ここでは被験者ごとの違いを明確にするために、「食べたい」と思って見ていたときの oxy-Hb の変化量から、「そうではない」と思って見ていたときの oxy-Hb の変化量を引いた差分を求めて、図4に示した。被験者 A、B は「食べたい」と思って見ているときの方が徐々に脳血流量が増大する傾向にあることが分かる。被験者 C、D、E、G、H は、それぞれの測定部位ごとに増大する部位と減少する部位が混在している。被験者 F にあっては、「食べたい」と思って見ているときの方が徐々に脳血流量が減少し、「そうではない」とときには脳血流量が増大する傾向にある。このように、個人差による違いはみられるものの、被験者ごとにその被験者専用の判別モデルを作成すれば個人の嗜好を検出できる可能性が示唆された。なお、ここで留意しなければならないことは、被験者間での比較ではなく、あくまでも被験者内での比較に限定されることである。なぜならば、NIRS では分光学的な光路長が計測できないため、得られるデータは Hb の相対的な変化であるという制約があるためである。したがって、複数人データの加算平均や被験者間データの直接比較などは、原理的に問題があるといわれている。

以上の観点にもとづき、さらなるデータ解

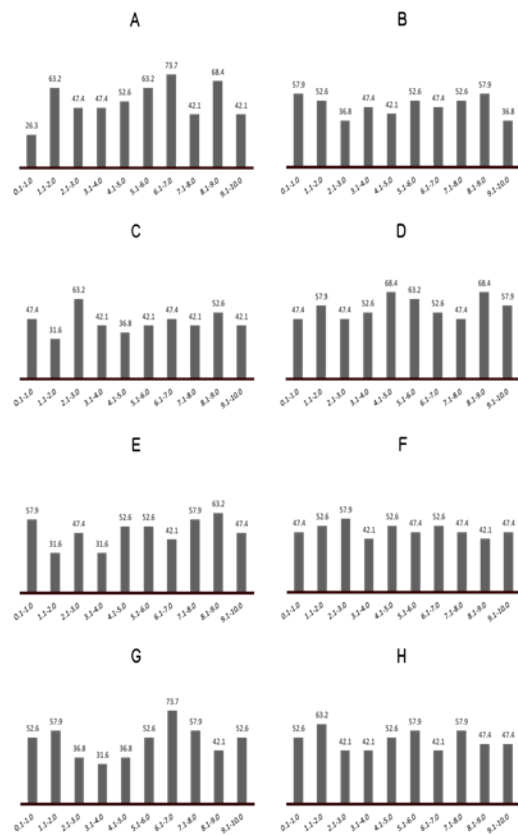


図5 全被験者の画像提示後、単位時間あたりの嗜好予測正答率/%

析も被験者ごとに検討することとし、被験者ごとにそれぞれ判別モデルを作成し、その妥当性を検証した。図5は被験者に対して画像提示後の経過時間を1秒ごとのブロックに分けて、その間のoxy-Hbの変化量の平均値を用いて判別分析を行ったときの全被験者の単位時間あたりの嗜好予測正答率を示したものである。これにより、どの時間帯のデータを使えば嗜好の違いをうまく判別できるかがわかるが、被験者によってバラツキがあり、一様ではなかった。最も正答率の高かったのは、被験者AとGの画像提示後6.1-7.0秒間の脳血流変化量にもとづいた判別で、このときの正答率は73.7% (19種類の画像のうち、15種類の画像の嗜好を正しく判別)であった。なお、時間帯ごとの判別率の評価については、画像提示後の脳血流に影響を与えるまでのタイムラグを考慮する必要があり、この点については別途、検討が必要と考えている。判別結果の妥当性の評価は、ここでは外部刺激として食品画像19種類を用いているので、交差検定 (leave-one-out) により18種類のデータを既知試料として判別モデルを構築し、残りの1組のデータを未知試料とみなし、先の判別モデルで未知試料が判別できるかどうかを検証した。全体ではこの操作を1種類ずつ順に、19種類の画像データに適用して、それぞれ判別できるかどうかを検証した。

表1 被験者Aの判断と脳血流変化にもとづく予測値

画像番号	被験者の判断	予測値
1	×	○
2	○	×
3	×	×
4	×	×
5	○	○
6	○	○
7	×	×
8	○	○
9	○	○
10	×	×
11	○	×
12	○	○
13	○	○
14	○	×
15	○	○
16	×	○
17	○	○
18	○	○
19	○	○

枠で囲ったところは誤判別であったことを示す。

判別分析の結果についてさらに詳しく解析するために、表1には、一例として被験者Aがそれぞれの画像に対してアンケートで答えた嗜好判断の結果と、本研究で得られた被験者Aの画像提示後6.1-7.0秒間の脳血流変化量にもとづいて予測された判別分析の結果を比較して示した。ところで、ここでいう被験者の判断とは、あくまでも脳血流測定後

に内省報告により得られた結果である。したがって、実際に被験者がそれぞれの画像を見ていたときの判断とはタイムラグがあるので、被験者も気付かない、当時の判断とは異なる結果が含まれていてもおかしくない。言い換えると、脳血流変化にもとづいて予測された結果のほうが、そのときの被験者の判断を反映している可能性も捨て去ることができない。しかしながら、この点について言及するためには、さらなる検証が必要であり、現在、検討を始めている。また、測定部位ごとの情報についても精査しているところである。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

1) 熊谷昌則、NIRSによる食品画像に対する個人の嗜好性判定、秋田県総合食品研究センター報告、査読無し、14号、pp.1-7 (2012)

<http://www.arif.pref.akita.jp/pdf/houkoku14.pdf>

2) 熊谷昌則、NIRSによる脳血流変化量に基づく食品の嗜好性判断、秋田県総合食品研究センター報告、査読無し、13号、pp.1-6 (2011)

<http://www.arif.pref.akita.jp/pdf/houkoku13.pdf>

3) 熊谷昌則、渡部素子、菅原千秋、高橋徹、秋山美展、食品の外観嗜好評価時における前頭前野局所脳血流動態の解析、秋田県総合食品研究センター報告、査読無し、12号、pp.1-6 (2010)

<http://www.arif.pref.akita.jp/pdf/houkoku12gou.pdf>

[学会発表] (計3件)

1) Masanori Kumagai, Extraction of Personal Preferences Implicitly using NIRS, SICE(The Society of Instrument and Control Engineers) Annual Conference 2012 (計測自動制御学会国際会議), 2012年8月22日、秋田大学 (秋田市)

2) 熊谷昌則、NIRSによる脳血流変化量に基づく食品の嗜好性判断、第14回日本光脳機能イメージング研究会、2011年7月23日、星陵会館 (東京都)

3) 熊谷昌則、高橋徹、秋山美展、食品の外観嗜好評価時における前頭前野局所脳血流動態の解析、第13回日本光脳機能イメージング研究会、2010年7月24日、星陵会館 (東京都)

[その他]

ホームページ等

http://www.arif.pref.akita.jp/08_gaiyou1.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

熊谷昌則 (KUMAGAI MASANORI)

秋田県総合食品研究センター・食品加工研究所・上席研究員

研究者番号：90425471