

人間情報学会

Academy of Human Informatics



第21回 人間情報学会ポスター発表集

2015年9月10日

東京大学山上会館

第 21 回人間情報学会 ポスター発表集 目次

1. 筋出力にオノマトペが与える影響について……………P1
真下英明、川原靖弘
2. 高齢者の「生きがい」の保持の要因に関する研究……………P3
長坂令子、川原靖弘、戸ヶ里泰典
3. 周波数変化に着目した感覚ゲート機構コントロール検討……………P5
新木安里子、片桐祥雅、川又敏男
4. 嗅覚刺激に対する脳活動の機能的結合の解析……………P7
上野太郎、松井恵未、青山敦
5. 情動的韻律がラベルされた合成音声に対する感情弁別と深部脳活動……………P8
北村 剛、片桐 祥雅、高橋 淳二、戸辺 義人
6. 超長周期心拍数変動の神経生理学的機序と臨床応用……………P11
片桐 祥雅
7. 在宅高齢者の認知機能とテレビ視聴……………P14
荻原牧子、川原靖弘
8. ロボットの能動的な行動によるユーザの印象評価の向上……………P16
岡田明帆、菅谷みどり
9. 動詞産生タスクにおけるエラーの系統的構造と関連する深部脳活動……………P18
今井絵美子、片桐祥雅、川又敏男
10. 音刺激に対する脳反応のフラクタル次元依存性……………P20
川原靖弘、石井十三、片桐祥雅
11. LC-MS/MS による環状ホスファチジン酸の定量法の確立……………P22
清水 嘉文、後藤 真里、室伏 擴、室伏 きみ子
12. 約 10 万件の大量の心拍変動データに基づく自律神経機能と年齢、BMI との関係……………P24
駒澤真人、板生研一、羅志偉

筋出力にオノマトペが与える影響について（第1報）

真下英明¹ 川原靖弘¹

¹放送大学 〒261-8586 千葉県千葉市 美浜区若葉 2-11

概要

背景と目的：オノマトペによる運動補助効果を用い、リハビリテーション分野における筋力改善介入方法を検討する。方法：今回の研究では10人の被験者において筋力測定器を用い、関節運動を想起させる「ピン」と筋収縮を想起させる「ギュッ」の2種類のオノマトペを用い、大腿四頭筋により強い出力を生じさせることを目的としている。結果：2種類のオノマトペによる有意な筋出力の差異が示された。考察：同じ運動においてもオノマトペが加わることでその様式が変化することが示唆された。結論：オノマトペによりより高い筋収縮を導くことで筋力の改善に貢献できる可能性があると考えられる。

キーワード：オノマトペ 筋力

本文

【はじめに】

オノマトペによる運動補助効果はスポーツの分野において研究がなされその有効性が立証されている。もともと声を出すと筋出力が向上することは「シャウト効果」として知られている。藤野¹らはその音がオノマトペにすることで運動者には動技能の学習と遂行に貢献し指導に際しても効果的な教法として頻繁に活用され効果をj得ている。今回の結果からはあくまで筋出力の変化のみを示したものであるがオノマトペによりより高い筋収縮を導くことで筋力の改善に貢献できる可能性が示唆された。

今回はこの効果をリハビリテーション分野における筋



図 1

力改善への介入方法へ応用できないか検討した。

【方法】

被験者は平均年齢 33.8±11.0 歳の健常な男性10名（身長 166.4±8.6cm，体重 61.6±14.3kg，BMI23.3±4.0kg/m²）とした。

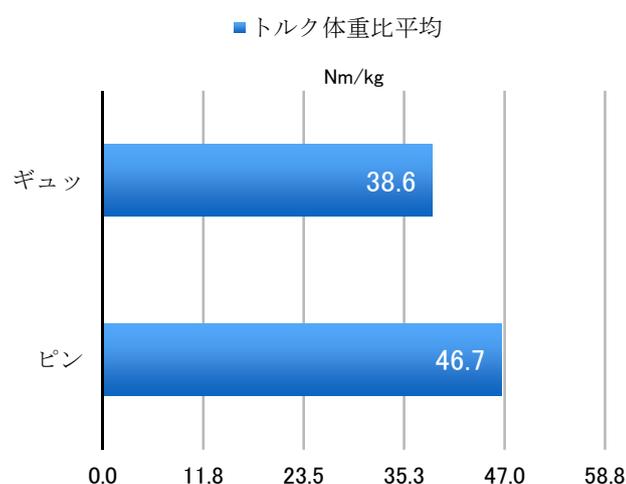
筋力測定にはアイソフォースGT-360(オージー技研株式会社製・図1)を用い、等尺性の膝

伸展運動における大腿四頭筋の最大随意筋出力を測定した。

今回使用したオノマトペは関節運動を想起させる「ピン」と筋収縮を想起させる「ギュッ」の2種類を用いた。2つのオノマトペはA(ギュッ・ピン)とB(ピン・ギュッ)に振り分け、被験者にはどちらがどの順番か判らないようにしてAかBを選択してもらった。教示は検者が口頭で行った。実験前に2回オノマトペを用いずに練習によって機器に慣れてもらったあとに計測した。データはトルク体重比(Nm/kg)として算出した。

【結果】

算出結果の平均値から筋収縮を想起させる「ギュッ」は平均 38.6Nm/kg の出力に対し、関節運動を想起させる「ピン」では 46.7Nm/kg と高い出力を示す結果を得た(表1)。また被験者全員「ピン」の方が出力が大きい結果であった。平均点の差が統計的に有意かを確かめるために、有意水準 5%で片側検定の t 検定を行ったところ、 $t(8) = -3.10$ ， $p = .007$ であり、ギュッとピンの間に有意な差が見られた。



【考察】

今回の結果より、「ピン」と「ギュッ」の二つのオノマトペが筋出力なんらかの影響をもたらすことが示唆された。仮説として筋収縮を連想させる「ギュッ」というオ

ノマトペには、膝伸展の主動作筋である大腿四頭筋とともにその拮抗筋にあたる膝屈筋群の同時収縮を伴うため主動作筋の収縮力や膝の伸展運動を阻害するのではないかと考えた。関節運動を連想させる「ピン」のオノマトペは膝を伸ばすだけを導き、上記のような問題を生じさせずに膝の伸展運動や大腿四頭筋の筋収縮が的確に行えらるゝと考える。今回の結果は大腿四頭筋の筋収縮にのみ着目した結果であるが、仮説における大腿四頭筋の収縮力の違いを示しているのではないかと考える。

【結論】

今回の研究では膝伸展運動におけるオノマトペの影響について筋出力に違いがあると仮説を立て筋力測定器を用いて立証を試みた。結果として被験者全例において**関節運動を想起させる「ピン」の場合に筋出力が大きくなる傾向をみた**。今回は筋力のみについて検討したが、今後はその収縮特性について表面筋電図などを用い検討を進めたいと考える。

文 献

1. 樋口貴広, ” 運動障害に対する教示法の考え方”, 理学療法 26 (12), pp1419-1423, 2009
2. 藤野良孝, ” スポーツオノマトペなぜ一流選手(トップアスリート)は「声」を出すのか”, 小学館, 2008

高齢者の「生きがい」保持の要因に関する研究

長坂令子 川原靖弘 戸ヶ里泰典
 放送大学 〒261-8586 千葉県美浜区若葉2-1-1

概要

高齢者が「生きがい」を持つことが国の健康増進指針に組み込まれ、地方行政においても高齢者に「生きがい」を持たせる取り組みが散見されるようになった。本研究では、「生きがい」を持つ要因を探ることを目的に、「好きな活動」の継続願望の要因を探ることに焦点をあてアンケートを実施した。結果の共分散構造分析により、特に65歳以上では「好きな行動」の継続願望の要因が「交流」因子から強く影響を受けていることが示された。

キーワード： 生きがい 介護予防 健康増進 SOC SEM

背景と目的

高齢者が「生きがい」を持つことが国の健康増進指針に組み込まれ、近年の「健康寿命」の延伸と「生活の質」の向上のための「健康日本21」を受け、各自治体では「生きがい」をもつことを重点に高齢者対策が実施され先進事例も見受けられる。本研究では「大切にしている活動」を調査し、「生きがい」の保持の要因を探ることを目的とした。

方法

2014年6月～2014年9月において、A病院ドック・健診受診者等を対象とし、機縁法による自記式調査票を用いて集合調査を行った。調査人数は450人で、そのうち383人の回答を得た（回収率85%）。調査票では、「大切にしている活動」について、活動に対する印象や取り組み方に関する質問に対して、例えば「好きなことが出来ている」「やっっていて楽しい」「健康に良いと思う」などに1（全く思わない）から5（とてもそう思う）の5件法で回答するようにした。同時にSOC（首尾一貫感覚、Sense of Coherence）に関する調査票を実施した。これらの調査票を用いた横断研究デザインにより、「大切にしている活動」の継続要因について共分散構造分析により解析した。分析は、64歳以下と65歳以上と2群に分けて行った。

結果

有効回答355人（79%）（SOCを除き欠損値1/3まで有効）中、分析は40-64歳群193人と65歳以上群150人の2群に分けて共分散構造分析を行った。その結果、5%水準ですべて有意である推定値（標準化推定値）が得られた。図1は「大切にしている活動の充実感」の確認的因子分析を実施した結果を示しており、適合度は表1の示す通りであった。40-64歳群では「好きなことが出来ている」に係数が0.87であることから「大切にしている活動の充実感」に影響を与えることが確認できた（図1-1）。65歳以上群では「やっっていて楽しい」に係数が0.90であり影響を与えることが確認できた（図1-2）。

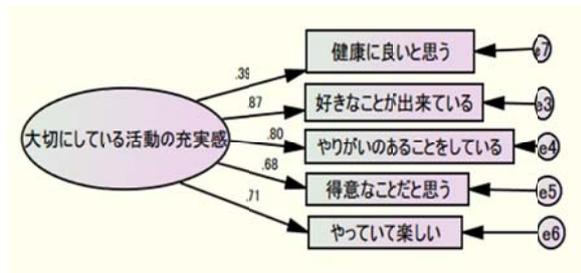


図 1-1 確認的因子分析（40-64 歳）

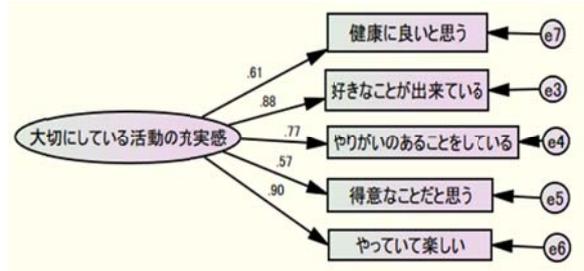


図 1-2 確認的因子分析（65 歳以上）

表 1 図 1 における適合度

モデル名	カイ2乗値	自由度	確率	RMSEA	CFI
図1-1	11.715	5	0.039	0.084	0.98
図1-2	6.182	5	0.289	0.039	0.997

図2は各潜在変数間の相関を示している。適合度は表2の通りである。40-64歳の群では「SOC」と「前向きな姿勢」との間に有意な相関（ $r=0.36$ ）、「SOC」と「メリット」との間にも有意な相関（ $r=0.35$ ）が認められた。また、「前向きな姿勢」と「メリット」との間にも有意な相関（0.26）が認められた（図2-1）。65歳以上の群も同様の項目間に有意な相関が認められた（図2-2）。

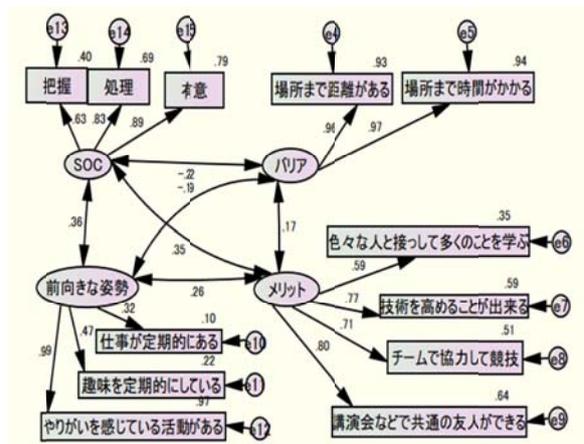


図 2-1 各潜在変数間の相関関係（40-64 歳）

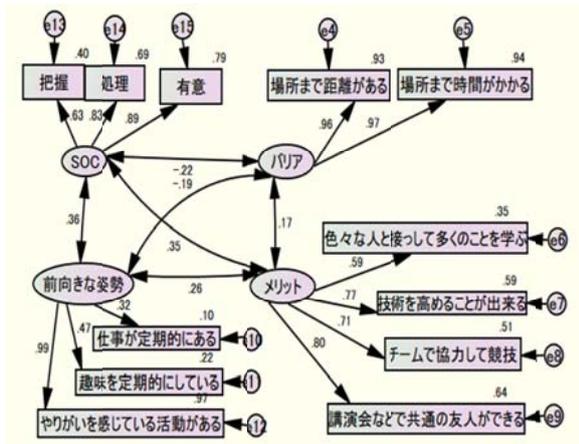


図 2-2 各潜在変数間の相関関係 (65 歳以上)

表 2 図 2 のにおける適合度表

モデル名	カイ2乗値	自由度	確率	RMSEA	CFI
図2-1	69.884	48	0.021	0.049	0.978
図2-2	80.412	48	0.002	0.066	0.959

図 3 では、図 2 で分析した各潜在変数間の相関をみて「大切にしている活動の充実感」に影響を与える要因を探索した。適合度は表 3 の通りである。40-64 歳群に「メリット」から係数が 0.54 であることから「大切にしている活動の充実感」に影響を与えることが確認できた (図 3-1)。65 歳以上の群でも係数 0.56 とさらに影響の強いことを示した。

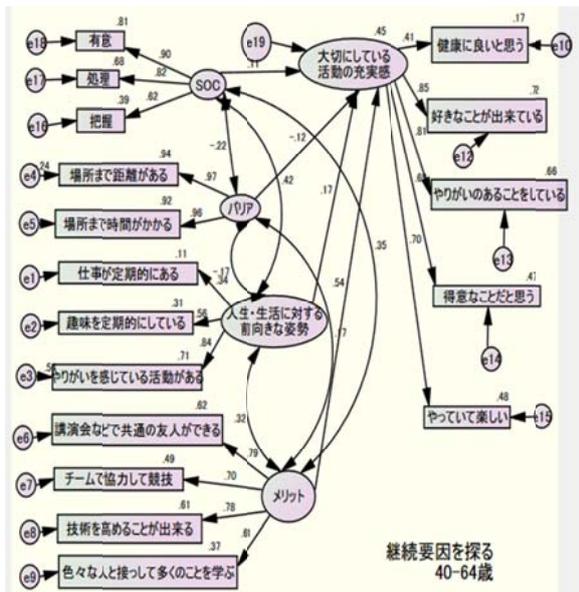


図 3-1 「大切にしている活動の充実感」に影響を与える要因分析 (40-64 歳)

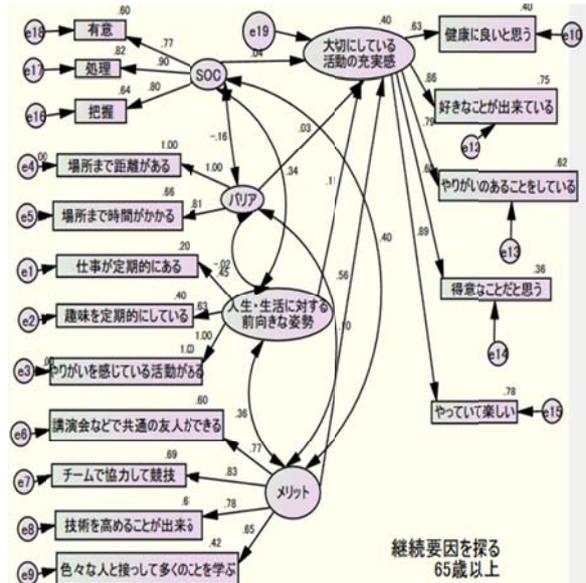


図 3-2 「大切にしている活動の充実感」に影響を与える要因分析 (65 歳以上)

表 3 図 3 における適合度表

モデル名	カイ2乗値	自由度	確率	RMSEA	CFI
図3-1	151.485	109	0.004	0.045	0.97
図3-2	228.387	109	0	0.085	0.907

考察

「健康に良い」や「得意なこと」よりも「好きなことが出来ている」への係数が高いことから「大切にしている活動の充実感」は「好きなことが出来ている」項目に強く表れると言える (図 1-1)。「大切にしている活動の充実感」要因が「メリット」因子から強く影響を受けて、「講演会などで共通の友人が出来る」「技術を高めることが出来る」項目がメリットの高さの評価にあると 40-64 歳群では認められた (図 3-1)。65 歳以上群では「大切にしている活動の充実感」は係数の高い「やっっていて楽しい」項目に強く表れる (図 1-2) と言え、要因は「メリット」から認められ、「メリット」から「チームで協力して競技する」への係数が高いことから、メリットの評価は友人との協力の度合いに強く影響を与えるといえる (図 3-2)。また「メリット」と「首尾一貫感覚」、「人生・生活に対する前向きな姿勢」は相関関係を持つことからこれらも「大切にしている活動の充実感」に影響を与えている。65 歳以上の群では「やっっていて楽しい」ことがあると生活の質を高められその要因に友人と協力をするなどの「メリット」が影響し、「生きがい」を持ち続ける要因と考えられる。このことは、楽しいことを見つけていくことも地域や自治体、個人としても大切なことと考えた。

文献

- [1] 「アクティブ・エイジング—その政策的枠組み」(ActiveAgeing:A Policy Framework) 2002 年 4 月、スペイン・マドリードで開催された第 2 回国際連合高齢者問題世界会議に WHO が提出
- [2] 「健康寿命」辻 一郎 株式会社 麦秋社 1998 第 1 刷
- [3] 平成 24 年 7 月健康日本 21 (第 2 次)「生きがい支援活動」の重要性 (1989 年体系的施策)「高齢者の健康寿命の更なる延伸、生活の質の向上」などが基本的な考え方
- [4] 「生きがい」はいかにしてつくられるのか—共同体の内と外との関係の再編—川床靖子 大東文化大学紀要<社会科学編>第 52 号 (2014)

周波数変化に着目した感覚ゲート機構コントロールの検討

新木安里子¹ 片桐祥雅^{1,2} 川又敏男¹

¹ 神戸大学大学院保健学研究科 〒654-0142 兵庫県神戸市須磨区友が丘 7-10-2

² 国立研究開発法人情報通信研究機構 〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1

概要

メロディは記憶学習を促進させることが知られているが、その機序は未だ明らかでない。我々は、メロディ構成要素の周波数の変化が記憶促進に関与するという仮説を立て、事象関連電位計測により周波数変化に対する脳の反応を検討した。その結果、ターゲット弁別に周波数変化を利用する場合、P50が増強することが確認された。これは、周波数変化が刺激入力時の感覚ゲートをコントロールし、無意識下の注意を喚起することを示唆する。この周波数変化による感覚ゲート制御は、記憶過程促進へ寄与している可能性がある。

キーワード： 記憶 メロディ 感覚ゲート機構 事象関連電位

グラント： 科研費 基礎研究(C) 25420236

1. はじめに

記憶学習の方法として、ターゲットとなる言葉を曲にのせて歌い記憶を促進させる方法があり、リハビリテーションなどへ応用されている。しかし音楽はメロディやリズム等多くの要素を含むため、記憶に関連する要因の分析は複雑化しやすく、メカニズムについては不明な点も多い。そのため、今回我々はメロディの構成要素である周波数変化のみに着目し事象関連電位(Event related potentials; ERP)を用いた実験を計画した。実験はメロディの要素を簡素化するためにC音(261Hz)とG音(392Hz)のみを用い、ERPの指標としてP50を用いた。P50は感覚ゲート機構の指標とされている。感覚ゲート機構とは、人が受け取った感覚情報の中から、侵害となる刺激をフィルタリングする機構であり、情報処理プロセスの初期にあたる前注意的な反応過程[1]である。この感覚ゲート機構は、侵害刺激から高次の脳機能を守る役割[2]を担っており、統合失調症患者では感覚ゲート機構の働きが低下し、感覚刺激入力過多により、様々な精神症状が出現する[3,4]という報告がある。この感覚ゲート機構の機序は解明されていないが、コリン、ドーパミン作動性といった複数の神経伝達物質の関与が指摘されており、海馬・視床が主要な部位である[3,4,5]ことから、記憶に関連した機構であると予測される。そのため、メロディの基盤である周波数の変化が、感覚ゲート機構へどのように影響するのか検討することにより、音楽的要素を用いた記憶学習提示方法の一助となる可能性がある。

本実験では、周波数変化を利用したターゲット弁別課題を実施し、周波数変化が記憶過程の前段階における注意機能、感覚ゲート機構にどのように影響するのか、周波数を意図的に変化させることによる記憶促進への効果について検討する。

2. 方法

健常ボランティア3名(男性2名、女性1名)を対象として、聴覚刺激によるERPを3条件下で計測した。刺激は、注意機能の検査方法の一つである、continuous performance test(CPT)課題中の、視覚的に提示されたターゲット「7」に対するボタン押し反応時間を測定する simple response time(SRT)を、数字を読み上げる聴覚刺激へ変換し、それをコントロール条件(実験1)

として提示した。実験1は、聴覚提示される全ての数字の音声はC音(261Hz)で提示した。さらに、実験2では、ターゲットとなる「7」を、音の周波数変化で判断できるよう、「7」のみG音(392Hz)を割り当てて提示した。実験3では、引き続き「7」はG音のみで提示したが、ターゲットが周波数だけでは判断できないよう「7」以外の音もG音で提示した(図1)。各刺激は200試行(標的刺激60回)、刺激間隔2000~2500ms、それぞれの実験時間は8分程度とした。対象者には、「7」が聞こえたときにPCのスペースキーを押すように提示し、ERPに加え、各課題の反応時間も測定した。対象者には口頭にて実験への同意を得て実験を実施した。

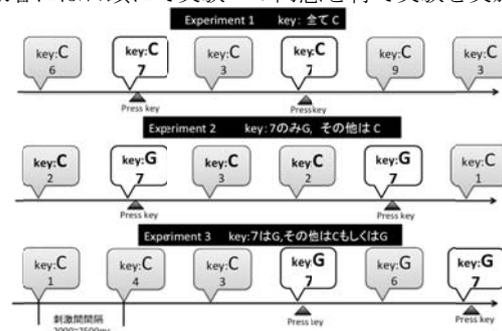


図1 実験課題

実験1：音韻のみを変化

実験2：ターゲットとなる「7」を音の周波数変化で判断できるように「7」のみG音を割り当てて提示

実験3：「7」はG音のみで提示したが、ターゲットが周波数だけでは判断できないよう「7」以外の音もG音を割り当てて提示

3. 結果と考察

今回の実験では、周波数変化を利用してのターゲット弁別課題を実施した。結果、周波数のみを利用して弁別可能な課題であった実験2において、対象者全てにP50が観察され、特に対象者2では、明瞭なP50のピークを認めた(図4)。さらに、P50相対面積量(図3相対値、図4:灰色提示)に関しても実験2が高い値を示した。また、反応時間についても全対象者において最も実験2が早い結果となった(図2)。反対に、音韻のみを変化させた実験1では、反応時間も最も遅く、P50は明瞭には観察されなかった。これらから、周波数変化を音韻変化と比較すると、感覚ゲート機構の制御がトップダウン的に可能であり、無意識下の注意喚

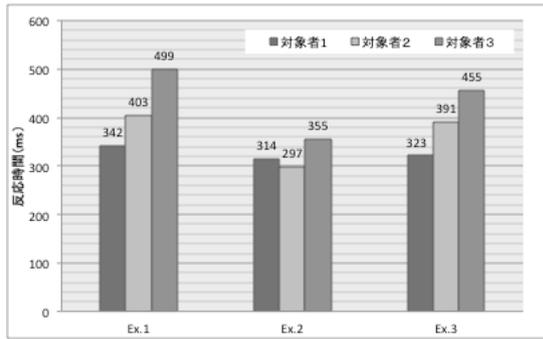


図2 対象者毎の反応時間・平均反応時間

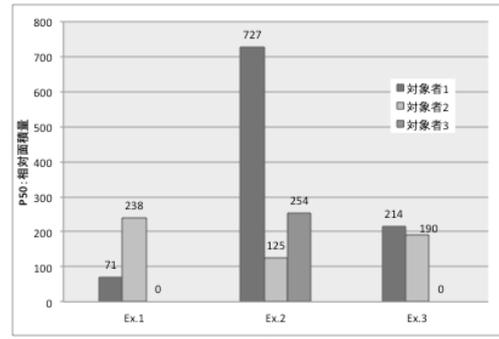


図3 P50の相対面積量

起がより初期の段階で可能である可能性が考えられた。これは、幼児が言語学習をする際に、まず言葉の音の全体的なパターンを習得し、そのメロディ(周波数変化)にのせて言葉を記憶していく [6] という言語学習の神経機構が、成人においても記憶形成の基盤である可能性が示唆されたことを示す。また今回、対象者3では選択的注意の指標であるN100が、実験2の標的標準刺激間では差が無かったにも関わらず、反応速度

は最速であったことから、感覚ゲート機構による入力される感覚刺激量の抑制は、神経反応速度にも影響している可能性が予測された。今回の結果から、周波数変化が感覚ゲート機構をコントロールできる可能性が示唆されたが、対象者によって波形の違いもみられていたため、個人特性によるゲート機構と記憶の関連や、周波数変化による感覚ゲート機構の解放・抑制時の記憶学習効果の差異等についても検討していく。

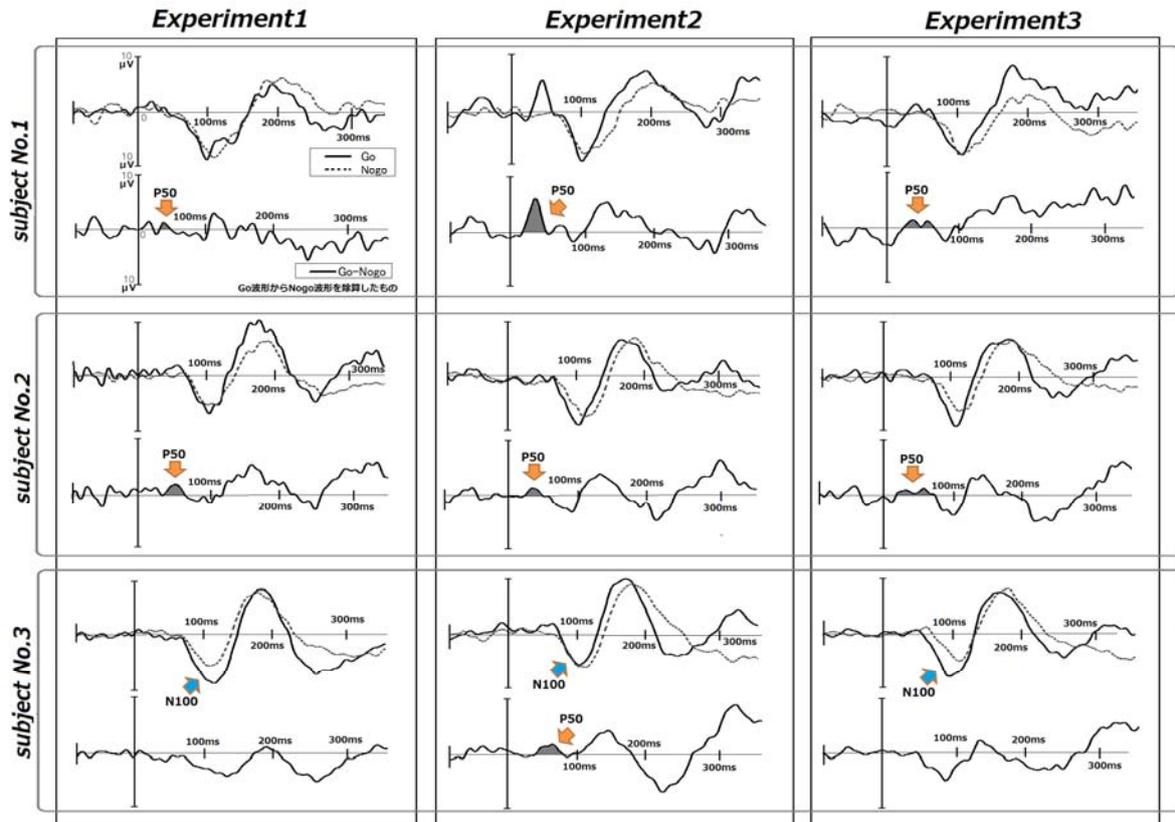


図4 対象者毎のERP波形 (Cz)

上段：標的(Go)刺激：実線 と標準(Nogo)刺激：点線

下段：標的刺激と標準刺激との差

文献

- [1] David L. Braff, 'Sensorimotor Gating and Schizophrenia Human and Animal Model Studies' Archives of general psychiatry. 47(2): 181-188. 1990
- [2] Venables, P. Input dysfunction in schizophrenia. In: Maher, B.A., ed. Progress in Experimental Personality Research. New York: Academic Press, Inc., 1964. pp. 1-47.
- [3] Adler LE, Olincy A, "Schizophrenia, sensory gating, and nicotinic receptors." Schizophr Bull. 24(2): 189-202.1998
- [4] R.Freedman, Lawrence E. Adler 'Neurobiological Studies of Sensory Gating in Schizophrenia' Schizophrenia Bulletin. VOL.13.N0.4, 1987
- [5] 平野羊嗣, 鬼塚俊明, 神庭重信:音に対する感覚フィルタリング機構,九州大学大学院医学研究院精神病態医学 臨床脳波 49(1): 56 -64 2007
- [6] Eric R.Kandel, 'Principles of neural science' pp.1321-1345,Medical science international,2014

嗅覚刺激に対する脳活動の機能的結合の解析

上野太郎 松井恵未 青山敦

慶應義塾大学環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

概要

背景と目的：嗅覚は、空気中の化学物質を知覚して周囲の環境を察知する役割を担っており、前頭前野眼窩部や側頭部島葉等の関与が分かっている。しかしながら、脳部位間の機能的結合について調べた研究は殆どない。

方法：8s周期で変化する視覚的手掛かりに合わせて実験協力者に腹式鼻呼吸を行ってもらい、吸気時に嗅覚刺激（レモンエッセンス）を両鼻腔に与えたときの脳波を計測した。

結果：嗅覚刺激に対する脳波を加算平均したところ、前頭前野や側頭部に顕著な活動が断続的に見られた。また背景脳波を対象として機能的結合を調べたところ、前頭前野と側頭部間のコネクシオンの確立が認められた。

考察：嗅球から嗅結節、視床背内側核を介して眼窩部に行く処理系と嗅球から島葉や嗅皮質へ向かう処理系が大脳皮質において機能的に連携することで、より高次の嗅覚処理を行っていると考えられた。

キーワード：嗅覚 EEG（脳波計） 機能的結合

1. まえがき

嗅覚は、空気中の化学物質を知覚して周囲の環境を察知するのに重要な役割を担っている。特に人間の嗅覚情報は、他の感覚や高次の認知、記憶との関連が深いため、大脳皮質下の脳部位だけでなく大脳皮質の脳部位も大きく関わっていると考えられ、脳波（EEG）[1]や脳磁図（MEG）[2,3]によって研究されてきた。これらの研究によって、大脳皮質においては、前頭前野眼窩部や側頭部島葉等が重要だということが分かっているが、脳部位間の機能的結合について調べた研究は殆どない。そこで本研究では、視覚的手掛かりに基づいて実験協力者の呼吸統制を行い、吸気時に嗅覚刺激を両鼻腔に与えたときの脳波を計測して機能的結合の解析を行った。

2. 方法

健常な大学生3名を対象として嗅覚刺激を提示し、64チャンネルEEGシステム(ActiChamp, Brain Products)で脳活動の計測を行った。嗅覚刺激として、レモンエッセンスの香り（浅古香料化学）を使用し、嗅覚刺激システム（図1上段）のチューブを実験協力者の両鼻腔内に設置した。また外側と内側の円の間に周期8sで往復する円を視覚提示し（図1下段）、円の拡大時には鼻吸気、円の縮小時には鼻呼吸を腹式で行うように指示した。円が拡大を開始して1-2.5s後に1回の嗅覚刺激を提示し、1ブロックを280sとして合計3ブロックとし、105回試行を行った。嗅覚刺激の提示時以外には、常に空気を鼻腔に流した。

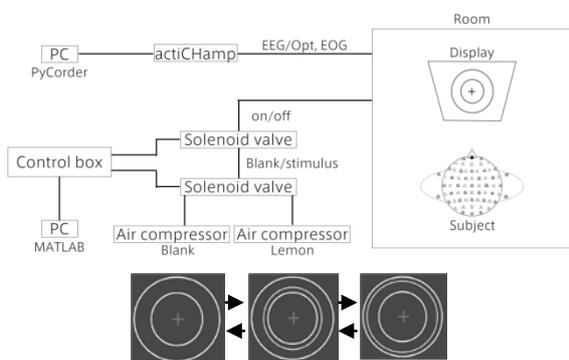


図1 嗅覚刺激システム（上段）と呼吸統制のための視覚的手掛かり（下段）。

3. 結果と考察

嗅覚刺激に対する脳波を加算平均したところ、図2のように、前頭前野や側頭部に顕著な活動が断続的に見られた。これは、眼窩部や島葉が活動源であるという先行研究[1-3]の結果と一致する。次に眼窩部と島葉近傍のチャンネルを選択し、加算平均前の背景脳波を対象として脳部位間の機能的結合を調べたところ、眼窩部近傍と島葉近傍のコネクシオンの確立が認められた。大脳皮質下における嗅覚情報は、嗅球から嗅結節、視床背内側核を介して眼窩部に行く経路と嗅球から島葉や嗅皮質へ向かう経路に分かれる。したがって、二つの処理系が大脳皮質において機能的に連携してより高次の嗅覚処理を行っていると考えられた。

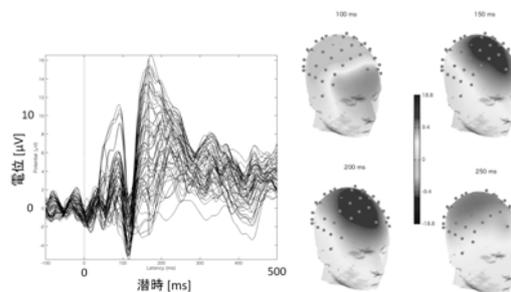


図2 嗅覚刺激に対する加算平均波形（左）および等電位図（右）。

4. 今後の展望

今回、嗅覚システムの確認ができたため、実験協力者を増やすと共に活動源推定を行う。また別の香りを使用した実験を行い、機能的な違いを調べる。

文献

- [1] S. Lenk, et al., "Olfactory short-term memory encoding and maintenance - an event-related potential study", *Neuroimage* 98, pp. 475-486, 2014.
- [2] 外池光雄, "嗅覚の非侵襲脳機能計測", *耳鼻咽喉科・頭頸部外科* 85, pp. 954-961, 2013.
- [3] M. Tonoike, et al., "Ipsilateral dominance of human olfactory activated centers estimated from event-related magnetic fields measured by 122-channel whole-head neuromagnetometer using odorant stimuli synchronized with respirations", *Ann N Y Acad Sci* 855, pp. 579-590, 1998.

情動的韻律がラベルされた合成音声に対する感情弁別と深部脳活動

北村 剛¹ 片桐 祥雅² 戸辺 義人¹ 高橋 淳二¹

¹ 青山学院大学 理工学部 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

² 神戸大学大学院 保健研究科/国立研究開発法人 情報通信研究機構 〒654-0142 兵庫県神戸市須磨区友が丘 7-10-2

概要

本研究では、脳波による深部脳活動度評価法を用いて、韻律から感情を知覚する際の深部脳活動度の時間的変化を go/nogo パラダイムに基づく実験により明らかにした。その結果、音声のキューに対して深部脳活動は抑制された後、亢進することが明らかとなった。単純な音のキューに対しては深部脳活動の抑制は微弱であることから、感情認識では深部脳活動を一時的に抑制して前頭皮質で処理することが必要であることが推察された。

キーワード：深部脳活動 後頭部 α 2 強度 感情 認知

グラント：科研費 基盤研究 (C) 25420236

1. 背景・目的

音声コミュニケーションにおいて韻律には語の意味のみならず、話し手の意図や感情を聴き手に伝える機能がある。韻律を制御する能力が低下することで良好なコミュニケーションが成立しないと QOL が著しく低下する。韻律制御能力低下には右半球損傷のほかにもパーキンソン氏病、自閉症、気分障害といった神経性障害を含む様々な要因[1-3]があるが、いずれの場合にもこうした QOL 低下が問題となっている。このため、韻律制御能力を回復するための統一的な神経科学的基盤が求められている。

感情的プロソディ(韻律)の理解と産生に係る脳機能ネットワークの静的構造は機能的核磁気共鳴画像法(fMRI)により明らかにされつつある。特に韻律から感情を理解するとともに感情的韻律を産生するときに共通に働く部位として前頭皮質が同定されており[4]、情動の処理に関わる辺縁系や基底核等の深部の神経核を含む脳機能ネットワークの中で中心的な役割を果たしていると考えられている。fMRI では脳血流変化を介して神経活動を評価していることから時間的な限界[5]があり、音声から識別する際に働く脳機能ネットワークのダイナミクスを明らかにすることが課題となっていた。しかしながら、神経活動を直接評価する脳波から深部脳活動を評価する方法(EEG 後頭部アルファ波強度揺らぎを用いる方法)[6,7]を基盤に、名詞提示に対して最適な動詞を産生するタスクにより、語産生における前頭皮質と深部脳活動の同期的相互作用が明らかにされつつある[8]。本研究では、先行研究の方法論(methodology)に基づき、感情理解における深部脳活動のダイナミクスを実験的に明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 被験者

青山学院大学倫理委員会承認の下、健康ボランティアを募集し、インフォームドコンセントが得られた 4 名(20 代男性 3 名、女性 1 名、全員右利き)を対象に実験を行った。実験開始前に口頭で健康状態に問題のないことを確認した。

2.2 プロトコル

本研究では、情動的韻律がラベルされた 3 から 4 モーラの名詞の提示に対し、ターゲットとなる感情がラベルされたものを選別するというタスクを採用した(Ea,Eb 課題)。このタスクは go/nogo パラダイムに基づき設計されたものであり、不定時間間隔(2500~3500[ms])で名詞提示に対しターゲットとなる感情がラベルされていると理解した時にボタンを押すように被験者にあらかじめ指示した。さらに被験者には、実験中は閉眼状態を維持すること、ボタンは利き手の人差し指を常に使用することを指示した(図 1)。

試験に用いた名詞は、NTT データベースより単語親密度が 5.5 以上のものから抽出した。ラベルする感情は、「快活」「怒り」「哀しみ」「落胆」「照れ」「クール」とし、感情をラベルしない「普通(通常)」をコントロールとして加えた。これらの感情は Plutchik の情動の輪[9]を基に「快活」「怒り」「哀しみ」は 2 次感情(joy, anger, sadness)、「落胆」は 2 次感情(sadness, disgust, surprise)の組み合わせ、「照れ」は 2 次感情(anticipation, joy, trust)の組み合わせとした。また、「クール」はこれらに当てはまらない、“linguistic prosody”であると定義した。

音声合成ソフト(株式会社フロンティアワークス社、Cevio Creative Studio)を用いて実験で用いる感情がラベルされた名詞刺激を作成した。音声合成ソフトの感情ラベリング機能は情動的韻律の物理的解析と聴覚印象の経験則に基づき開発されたものであり、感情移入による方法よりも安定的にかつ大量に刺激サンプルを生成することが可能であると考えたからである。

また go/nogo 課題では、感情理解に無関係な刺激に対して行動(ボタン押し)する過程の脳活動が含まれると予想されることから、標準注意検査で用いられている Continuous Performance Test と同様に、非言語であるピーブ音(1000[Hz], 70[ms])に対してボタンを押す課題(SRT 試験)、異なる二つの周波数のピーブ音(1000Hz/2000[Hz], 70[ms])からターゲットを選別してボタンを押す課題(X 課題)を行い、感情識別課題の結果と比較検討することとした。

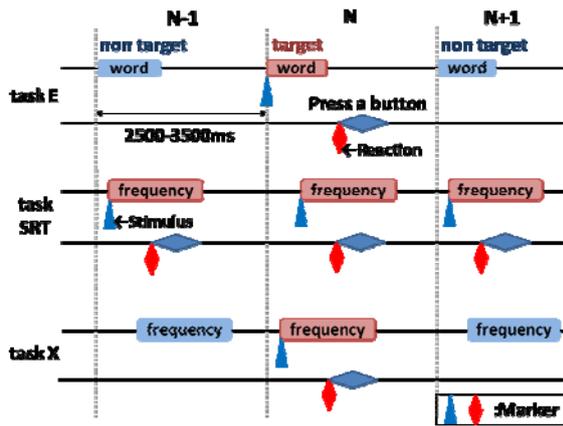


図 1. 課題の流れ

2.2 計測および解析

国際 10-20 法に基づき、サンプリング周波数 512[Hz]、電圧分解能 24[bit]、乳頭骨(A1-A2)基準による脳波計測を行った。先行研究[8]と同様に後頭部に配置した電極(O1, O2)で観測される脳波からエポック時間 1 秒で $\alpha 2$ 帯域(10-13Hz)成分を抽出し、 $\alpha 2$ パワーの時系列データを算出し、深部脳活動度(Deep-brain activity: DBA)とした。音声刺激毎に開始の時間マーカを入れるとともに、被験者のボタン押しに対する時間マーカも記録した。これらのマーカを元に DBA を切り出し加算平均した。

3. 結果

Ea, Eb 課題は、3 話者計 9 種類の情動的韻律がラベルされた名詞を各感情ごとに 30 語用意した。ターゲットの感情がラベルされた 30 刺激と、それ以外の感情がラベルされた 240 の刺激サンプルの中からランダムに抽出した非ターゲットの 60 刺激の合計 90 刺激を準備した。ターゲットとなる感情は快活(元気)と落胆(落ち込み)の二つとし、それぞれタスク Ea, Eb とした。課題の呈示順の影響を排除するためにクロスタスクデザイン(タスク Ea, Eb を交互に施行)を採用し、各タスクを 2 回ずつ行った。被験者にはあらかじめ話者や感情の数を伝えず、実験前の慣れを排除した。

事象関連電位 DBA(左右両側平均)の解析結果を図 2 に示す。図は刺激知覚前 200[ms]までの平均値を基準として DBA の事象に関連した変動を示すものである。各グラフの太線は全被験者の平均、その他のグラフは各被験者の結果を示している。加算平均後もグラフの著しく大きな変化率が見られた被験者 1 名のデータは分析から除いた。

Ea, Eb 課題においては-500[ms]付近において活動が下降し(抑制)、0s に向かって再び活動が上昇する傾向が見られた。クロスタスクデザインおよび左右差(O1, O2 電極)での値の差は見られなかった。またターゲットの感情の違いによる差として、Eb 課題においては各被験者、試行回数によって活動にばらつきが見られた。

X 課題は 2 種類のビーブ音、SRT 課題は 1 種類のビーブ音を用意した。X 課題は 30 刺激の go 課題、60 刺激の nogo 課題、計 90 刺激を準備した。また SRT 課題では 90 刺激の go 課題を準備した。被験者にはあらかじめビーブ音を提示し、刺激(ビーブ音)を認知した際にボタンを押すことを指示して実験を行った。

X 課題では E 課題と同様に-500[ms]付近において活動が下降し(一時抑制)、0[s]に向かって再び活動が上昇する傾向が見られた。一方で SRT 課題では DBA の大きな変動が見られず、ボタン押し(0[s])直前での活動の下降(抑制)も見られなかった。

また、Ea, Eb, X 課題において SRT 課題と比較して-1 ~ 0[s]間の深部脳活動の変動幅が大きくなる傾向が見られた。

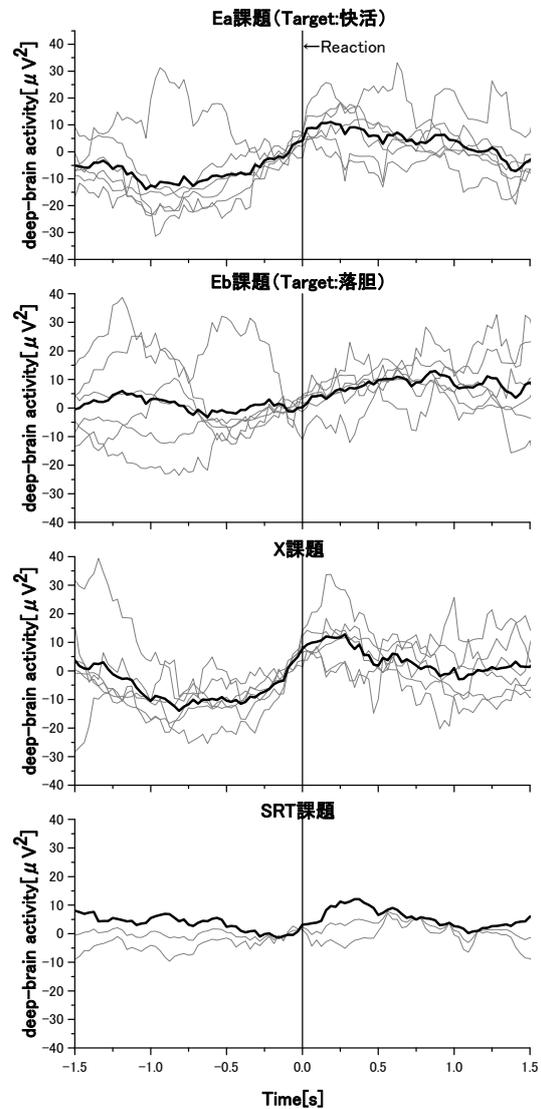


図 2. 各課題における事象関連深部脳活動

4. 考察

事象関連 DBA は E 課題及び X 課題において知覚直前(ボタン押し)に活動が抑制されることが見られた。一方で SRT 課題では活動の抑制は小さい傾向が見られた。このことから感情の識別では、音声のピッチ(周波数)識別と同様に、皮質における処理を必要としていることが示唆された。

先行研究において、情動に係る課題では深部脳が活動しており、一方で演算課題では、深部脳の活動量は小さいことが報告されている[10]。この結果より周波数を識別する課題(X)は感情を識別する課題(E)と同じ深部脳を使う情報処理回路を使うことを示唆している。その同じ回路とは、刺激に対して DBA が抑制され、

刺激応答時に増大するという一連の変化が大きいことであり、刺激に応答するだけの単純な SRT 課題ではこのような DBA の変化が小さいことを特徴とするものである。

こうした一連の反応の幅(変動幅)と深部脳活動とが相関するならば、感情を識別するときも単純に音の高さ(周波数)を識別するときも深部脳活動を大きく賦活することが示唆される。

一方、SRT 課題では、刺激応答が皮質の判断を必用としない下位の脳の回路で制御されていると考えられることから、DBA の変動幅が小さいことは皮質—深部脳の相互作用が小さいことを示唆する。

感情理解と音の周波数識別とが同じ深部脳活動パターンを示したことから、感情理解の基盤には周波数識別の脳機能回路が存在することが示唆された。ゼロ歳児は、言語習得過程でまず韻律を学習し、そのパターンを頼りに語の意味理解と発話の能力を習得する。こうした言語学習において韻律の構成要素である周波数の識別はなによりも重要であったと考えられる。こうした言語学習の基盤となる脳の回路は成人になっても残存しており、これが感情と周波数を識別する共通の回路の存在を示唆している。

文 献

- [1] J. Uekermann, M.A. Hamid, C. Lehmkamper, W. Vollmoeller, I. Daum, "Perception of affective prosody in major depression: A link to executive functions?," *Journal of International Neuropsychological Society*, 14, 552-561, 2008.
- [2] R. Paul, A. Augustyn, A.Klin, F.R. Volkmar, "Perception and Production of Prosody by Speakers with Autism Spectrum Disorders," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Vol.35, No2, Apr2005.
- [3] C. Breitenstein, D.V. Lancker, I. Daum, C.H. Wasters, "Impaired Perception of Vocal Emotions in Parkinson's Disease: Influence of Speech Time Processing and Executive Functioning," *Journal of Brain and Cognition*, 45, 277-314, 2001.
- [4] L. Aziz-Zadeh, T. Sheng, A. Gheyntanhi, "Common Premotor Regions for the Perception and Production of Prosody and Correlations with Empathy and Prosodic Ability," *PLoS One*, vol.5(1), e8759, Jan.2010.
- [5] R.J. Willams, K.L. McMahon, J. Hocking, D.C. Reutens, "Comparison of Block and Event-Related Experimental Designs in Diffusion-Weighted Functional MRI," *JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING*, 00:00-00, 2013.
- [6] T. Bohgaki, Y. Katagiri, M. Usami, "Pain-Relief Effects of Aroma Touch Therapy with Citrus junos Oil Evaluated by Quantitative EEG Occipital Alpha-2 Rhythm Powers," *Journal of Behavioral and Brain Science*, 4, 11-22, 2014.
- [7] K. Omata, T. Hanakawa, M. Morimoto, M. Honda, "Spontaneous Slow Fluctuation of EEG Alpha Rhythm Reflects Activity in Deep-Brain Structures: A Simultaneous EEG-fMRI Study," *PLoS One*, vol.8(6), e66869, Jun.2013.
- [8] 今井 絵美子, 片桐 祥雅, 関 啓子, 川又 敏男, "プロソディ産生と前頭—基幹脳活動との関係", *電子情報通信学会論文誌 D*, Vol. J97-D, No1, pp. 126-134, 2014.
- [9] R. Plutchik, "THE EMOTIONS," University Press of America, 1991.
- [10] 今井 絵美子, 片桐 祥雅, 川又 敏男, "情動的/非情動的認知課題における phasic/tonic 深部脳活動," *電子情報通信学会 HCG シンポジウム* 2014, (C-2-3), 下関 2014.

超長周期心拍数変動の神経生理学的機序と臨床応用

片桐祥雅^{1,2}

1 神戸大学大学院保健学研究科 〒654-0142 兵庫県神戸市須磨区友が丘 7-10-2

2 国立研究開発法人情報通信研究機構 〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1

概要

0.04Hz 以下の心拍数の超長周期変動(VLF)は血圧調節ホルモン(レニン・アンジオテンシン・アルドステロン)システムあるいは体温調節による発現されるとされているが、矛盾なく説明できる生理学的基盤は未だ確立されていない。本研究では VLF の概日リズムからその発現機序がコルチコトリピン分泌ホルモン(CRH) - 副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)の活動に相関することを明らかにした。さらに臨床試験により VLF による各種疾患(循環器, 内分泌ならびに精神医学等に係る疾患)のリスク評価が可能であることを示した。

キーワード: heart rate variability, very low frequency, time-frequency analysis, CRH-ACTH, circadian rhythm

特記事項: グラント: 科研費 基盤研究 (C) 25420236

1. 背景

心拍数は心臓血管中枢を中心とする自律神経支配とホルモンによる体液性支配からなる二重構造で制御されている。こうした支配因子を心拍数変動の周波数帯域上で識別することが可能で、HF(0.15-0.4Hz)及びLF(0.04-0.15Hz)帯域の揺らぎの積分強度(それぞれ HFLF と称する)はそれぞれ副交感神経及交感神経活動を表すとされ、これまで多くの検証報告がなされてきた[1-2]。一方、ULF(<0.003Hz)及びVLF(0.003-0.04Hz)帯域の積分強度(それぞれ ULF, VLF と称する)は、ホルモン(アンジオテンシン)調節[3]あるいは体温調節を反映する[4-5]とされてきたが、未だ作用機序は確定していない。本研究では、長時間にわたる心拍数、体動(加速度)、及び体表温度測定データの時間・周波数解析を行うことにより、超長周期(VLF)心拍数揺らぎの神経生理学的作用機序を明らかにした。

2. 方法

30~70歳代 男2人, 女2人のボランティアが実験に参加した。左上胸部にウェアラブル心電センサーを装着し、睡眠を含む日常生活を送る中で心拍の時間間隔(RR interval, RRI)を計測した。得られた時系列データを基に心拍数揺らぎの時間・周波数解析を行った。具体的には、スプライン補完により等時間間隔(4Hz)での瞬時心拍数を導出し、エポック時間 180 秒での高速フーリエ変換により各種周波数帯域(VLF, LF, HF)の時間変化を導出した。

3. 結果

健常者に対する試験では、巨視的には VLF は夜間の睡眠中に高く昼間に低いという概日リズムは被験者に依存せず一般的傾向として認められた。Fig.1a は典型例である。一方、微視的には VLF はバースト的挙動が認められた(Fig. 2)。こうした VLF と、体表温度あるいは心拍数との間に有意な相関は認められず、LF 及び HF との間ではカオス的な変動が認められた(Fig. 3)。

実験に参加した心疾患(狭心症)を持つ有病被験者において、夜間 VLF の間欠的消失(低下)が認められた。一方、実験に参加した不整脈(心室性期外収縮)罹患者において、VLF が他の被験者に比べ著しく高値を示す事例が認められた(Fig. 4)。

VLF とストレスとの関係に関する実験では、VLF は

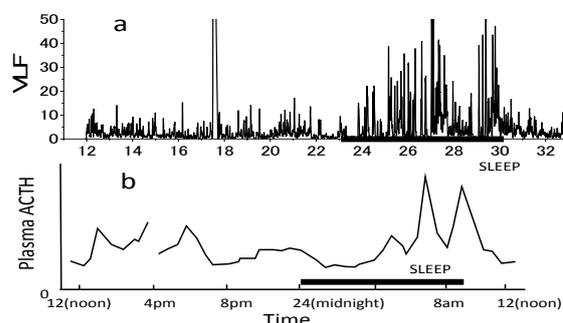


Fig. 1 a: 実験による VLF の時間推移, b: 血漿 ACTH の時間推移(文献[6])。VLF は睡眠中(24~30時)に高い。

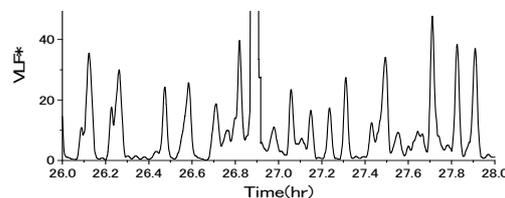


Fig. 2 バースト的挙動を示す VLF の時間的挙動。

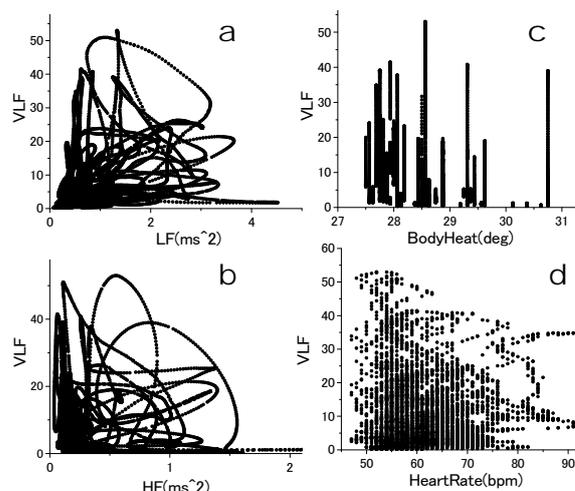


Fig. 3 VLF と種々の生理指標との相関。 a: VLF vs LF, b: VLF vs HF(副交感神経), c: VLF 体温(胸部体表温度), d: VLF vs 心拍数。

昼間低値を示す傾向にあるものの、ストレスが印加さ

れる行動時では VLF のバースト的上昇が生じることが確認された。特に自動車運転時あるいは運転後において VLF の急上昇が認められた(Fig. 5)。

軽度の睡眠障害がある被験者では、睡眠時の VLF のバースト的増大頻度は低い一方、LF は高値を保持したままでありかつ副交感神経活動に対応した HF の睡眠時の顕著な増大は認められなかった(Fig. 6)。さらに体表面温度は睡眠時に高く覚醒状態では低いといった通常の体温概日リズムの反対のパターンを示した。一方、健康者では入眠とともに体温は上昇した後下降する従来の知見と合致したパターンを示した(Fig. 7)。

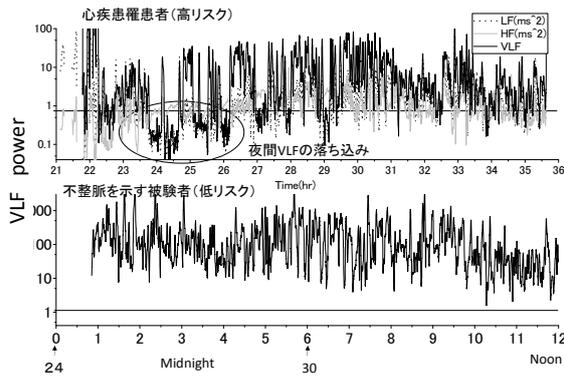


Fig. 4 心臓疾患罹患患者における VLF の特徴(高及び低リスク罹患者間での違い)。

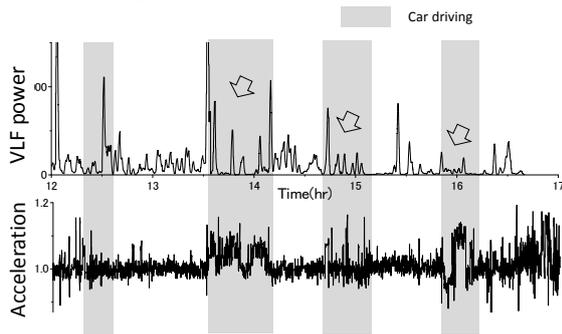


Fig. 5 自動車運転時の VLF の挙動。

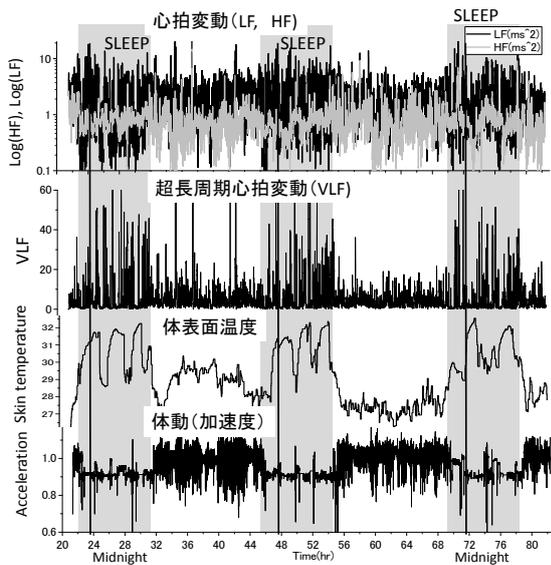


Fig. 6 睡眠障害を申告する被験者の長時間生理指標(心拍変動の HF, LF, VLF, 体表面温度及び体動(加速度))の推移。

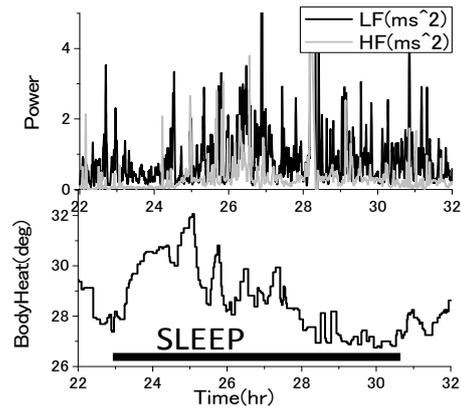


Fig. 7 健康者の夜間心拍変動(LF, HF)と体表面温度推移。

4. 考察

4.1 VLF の神経生理学的基盤

実験で観測された VLF の深夜から明け方にかけて高値となる概日リズムは、既知となっているステロイドホルモン(副腎皮質刺激ホルモン: ACTH)の概日リズム[6]に酷似していることから、VLF と ACTH との間には強い相関があると考えられた。ACTH は視床下部室傍核のコルチコトロピン分泌ホルモン(CRH)によりその活動を亢進させ、標的の副腎皮質から糖質コルチコイド(コルチゾール)とアルドステロンの分泌を促す(Fig. 8)。コルチゾールはトランスコルチンを介して副腎髄質からエピネフリンを分泌させる。CRH は心臓血管中枢を経て交感神経を刺激し心拍数を増大させる一方、副腎髄質から分泌したエピネフリンも心臓の β_1 受容体に作用し心拍数増大に寄与する。CRH は視交叉上核(SCN)の投射により概日リズムを発現する。こうした脳内ネットワークにより VLF の概日リズムが発現し、血漿中の ACTH 濃度計測によりその動態が観測されていたことが示唆された。一方、血漿中のコルチゾール濃度は CRH 及び ACTH の活動を抑制するネガティブフィードバックループを形成する。このループにより VLF のバースト的挙動(Fig. 2)が発生することが示唆された。以上の結果から VLF は CRH-ACTH の活動に伴う血漿エピネフリンの動態を反映するものとの推察に至った。

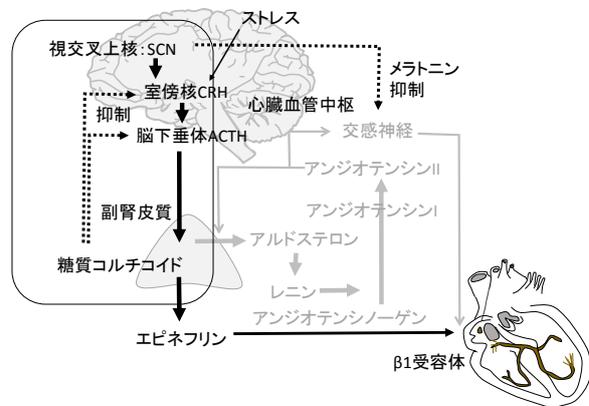


Fig. 8 ステロイドホルモン分泌と心拍数変動を発現する脳機能ネットワークモデル。CRH-ACTH システムは夜間は SCN, 昼間はストレス等で亢進する。アンジオテンシン系は夜間抑制されている。

この推察に対し、なぜ夜間 CRH-ACTH 系が亢進しているにもかかわらず、心拍数及び血圧は低値に維持され副交感神経は賦活しているのかという疑念が生じる。これに対しては、SCN は夜間松果体刺激によるメラトニン分泌により交感神経系を強力に抑制していることでこの疑念を払拭することができる。

こうしたメラトニンによる交感神経抑制機構は、Table1 に示す経験的に得られた VLF 亢進条件によっても支持される。即ち、CRH-ACTH 系が賦活しているにもかかわらず交感神経は抑制されるとともに血中のエピネフリン濃度は増大している。この状態は交感神経系と CRH-ACTH がともに賦活する耐ストレス反応とは明らかに異なるものであり、こうしたメラトニン作用が存在しうることが経験的にも認められるのである。

Table 1. VLF を亢進させる条件

CRH-ACTH	↑
交感神経	↓
副交感神経	↑
アンジオテンシン	↓
エピネフリン	↑

それでは従来のアンジオテンシン説を説明すればよいであろうか。アンジオテンシン II は、副腎皮質のステロイドホルモン（アルドステロン）により放出されるレニンをつりかきとするカスケード反応により生成される。アンジオテンシン II は強い血管収縮作用のほか、脳では抗利尿ホルモン（ADCH）生成を促し、腎臓ではナトリウムの再吸収を促進し循環血漿量を維持（血圧を保持）する作用を有している。ACTH はアルドステロン放出をも促す。このため、ACTH とアンジオテンシン II とは相同的相関が生じ、これが VLF 発現因子としてのアンジオテンシン説の根拠になったものと考えられる。一方、体温制御は VLF にどのような影響を与えているのであろうか。寒冷環境下でのみ VLF は高値を示すことから、体温調節自体は VLF に関与しないことが示唆される。VLF はむしろ寒冷ストレスが辺縁系を介して CRH を刺激することで CRH-ACTH システムを賦活する間接的関与により発現するものと考えられる。このように、本研究で到達した CRH-ACTH システムは、従来の対峙する VLF 発現機構としてのアンジオテンシン説及び体温調節説を統一的に説明するものであり、したがって VLF 発現の本質であるといえる。

4.2 VLF の臨床応用

心疾患リスク評価

VLF は心臓の外部ストレスに対する耐性を表し心不全発症リスクと反相関することが先行研究[7-8]により明らかにされている。Fig.4 に示された医学的管理（治療）下の有病（狭心症）被験者の VLF の間欠的消失は将来のイベント発生と何等かの関連性があることが示唆された。一方、低リスクと評価され経過観察中の不整脈を持つ被験者の VLF は高値であり、VLF と心臓のストレス耐性との相関を支持した。

心理的ストレス評価

昼間の VLF 低値は概日リズムを発現する SCN に依存するものの、CRH は辺縁系からストレス性の刺激を受け、CRH-ACTH システムが亢進する。Fig. 5 の自動

車運転に対する VLF の亢進はこうしたストレス反応によるものと推察された。ここで、自動車運転と VLF 亢進とは必ずしも時間的に同期せず、VLF が運転後に高値となることもあった。これは情動記憶系により CRH が強く刺激され得ることを示すものであり、将来 PTSD 評価に活用できる可能性を示唆する。

睡眠障害

睡眠障害はメラトニンの分泌不足との相関が指摘されている。メラトニンが不足すると交感神経の抑制が不十分であり、また CRH 刺激不足から ACTH 分泌も低下すると考えられる。Fig. 6 での夜間 LF 高値と VLF のバースト的賦活頻度の低下は、こうした睡眠障害のホルモン動態の推察と一致する。

ここで観測された夜間高体温の原因は不明である。体表面温度は深部体温を低下させるため入眠時に一時的に上昇するものの、一般には睡眠状態の持続とともに低下する。しかし今回実験に参加した被験者の例では夜間の体表面温度は低下しなかった。こうした原因については甲状腺ホルモンなど内分泌系の関与が示唆されるものの、今後こうした睡眠障害を解明するためには循環器系と内分泌系の複雑な関係を明らかにする必要がある。このとき、脳の内分泌系の動態を表す VLF は様々な病態生理の解明に有用であると考えている。

5. 結論

概日リズムのパターンから、VLF は視交叉上核（VCN）の持続的影響を受ける室傍核コルチコトロピン放出ホルモン（CRH）—副腎皮質刺激ホルモン（ACTH）経路で副腎髄質から放出されるエピネフリンによる心拍数の体液性支配により発現することが示唆された。

文 献

- [1] Su TC, Lin LY, Baker D, Schnell PL, Chen MF, Hwang WC, Chen CF, Wang JD.: Elevated blood pressure, decreased heart rate variability and incomplete blood pressure recovery after a 12-hour night shift work.: J Occup Health. 2008;50(5):380-6. Epub 2008 Jul 25.
- [2] Yamazaki T, Asanoi H, Ueno H, Yamada K, Takagawa J, Kameyama T, Hirai T, Ishizaka S, Nozawa T, Inoue H.: Central sympathetic inhibition augments sleep-related ultradian rhythm of parasympathetic tone in patients with chronic heart failure.: Circ J. 2005 Sep;69(9):1052-6.
- [3] Taylor JA1, Carr DL, Myers CW, Eckberg DL.: Mechanisms underlying very-low-frequency RR-interval oscillations in humans.: Circulation. 1998 Aug 11;98(6):547-55.
- [4] Fleisher LA, Frank SM, Sessler DI, Cheng C, Matsukawa T, Vannier CA.: Thermoregulation and heart rate variability.: Clin Sci (Lond). 1996 Feb;90(2):97-103.
- [5] Thayer JF1, Nabors-Oberg R, Sollers JJ 3rd.: Thermoregulation and cardiac variability: a time-frequency analysis.: Biomed Sci Instrum. 1997;34:252-6.
- [6] Krieger DT, Allen W, Rizzo F, Krieger HP.: Characterization of the normal temporal pattern of plasma corticosteroid levels.: J Clin Endocrinol Metab. 1971 Feb;32(2):266-84.
- [7] Hadase M, Azuma A, Zen K, Asada S, Kawasaki T, Kamitani T, Kawasaki S, Sugihara H, Matsubara H.: Very low frequency power of heart rate variability is a powerful predictor of clinical prognosis in patients with congestive heart failure.: Circ J. 2004 Apr;68(4):343-7.
- [8] Brämer D, Hoyer H, Günther A, Nowack S, Brunkhorst FM, Witte OW, Hoyer D.: Study protocol: prediction of stroke associated infections by markers of autonomic control.: BMC Neurol. 2014 Jan 13;14:9. doi: 10.1186/1471-2377-14-9.

在宅高齢者の認知機能とテレビ視聴

荻原牧子¹ 川原靖弘¹

1 放送大学大学院文化科学研究科 〒261-8586 千葉県美浜区若葉 2-11

概要

背景と目的：近年、認知症者の増加にともない、その前段階の軽度認知障害者の把握と予防対策が各地でおこなわれている。高齢者の生活に欠かせないテレビ視聴に視点をおき、テレビ視聴形態から認知機能の検知の可能性を明らかにすることを目的として、認知機能検査、生活機能評価およびアンケート調査をおこなった。

方法：高齢者に認知機能検査「ファイブ・コグ検査」、生活機能評価「基本チェックリスト」、「テレビ視聴に関するアンケート」を実施し、認知機能の程度により 2 群に分け、テレビ視聴形態（時間、時間帯、視聴動機、視聴態度、視聴番組）における違いをみた。

結果：認知機能検査と生活機能評価の関係から「閉じこもり」項目と認知機能との関連が強いことがわかった。認知機能とテレビ視聴形態の関係においては、視聴時間、時間帯、視聴態度では有意な差はなかったが、テレビの必要度、視聴動機、視聴番組においては有意な差がみられた。

考察：認知機能の程度によりテレビ視聴形態が違うことから、テレビについての普段の会話から認知機能の程度を推察できる可能性がある。

キーワード：在宅高齢者 テレビ視聴 認知機能 介護予防

本研究は放送大学研究倫理委員会の承認を得ている（受付番号 15）

方法

高齢者 106 名(男 26 名,女 80 名,平均年齢 71.40 歳±5.52)に認知機能検査「ファイブ・コグ検査」と生活機能評価「基本チェックリスト」を、304 名(男 90 名,女 214 名,平均年齢 75.98 歳±7.12)の高齢者に生活機能評価「基本チェックリスト」を実施した。自作の「テレビ視聴に関するアンケート」は全ての者について実施した。次に、認知機能の指標とした「基本チェックリスト」の「閉じこもり」項目の有無により 2 群に分け、テレビ視聴形態（時間、時間帯、視聴動機、視聴態度、視聴番組）における違いをみた。

結果

1. 認知機能検査「ファイブ・コグ検査」と生活機能評価「基本チェックリスト」との関係については、「基本チェックリスト」の「閉じこもり」項目がその他の項目に比べると相関があった。「閉じこもり」有無により 2 群に分けたところ、性別($p=0.16$)、年齢($p=0.36$)、教育年数($p=0.61$)に有意差はみられなかった。次に「ファイブ・コグ検査」の偏差値の差をみたところ、注意機能、記憶機能、言語機能、思考機能において有意な差があった。(図 1)この結果から「基本チェックリスト」の「閉じこもり」項目を認知機能の指標とすることとした。
2. 「テレビ視聴に関するアンケート」を実施した全員 410 名を「閉じこもり」項目の有無により 2 群に分けたところ、2 群間の性別には有意差はなかった($p=0.09$)が、年齢には有意差がみられた($p=0.00$)。次に 2 群についてテレビ視聴形態における違いをみたところ、視聴時間と時間帯、視聴態度では有意な差はなかったが、テレビの必要度、視聴動機、視聴番組においては有意な差がみられた(図 2、3)。

考察

認知機能検査には様々なものがあるが、正確で詳細な結果を出すものほど高齢者の心身の負担は大きい。今回の調査では、全国の保健福祉分野で広く使用されている生活機能評価「基本チェックリスト」の「閉じこもり」項目のチェックの有無により認知機能の偏差値に有意な差が出ることから、「閉じこもり」項目のチェックの重要性がわかった。厚生労働省の基準では、「基本チェックリスト」の「認知」項目のチェックの有無により認知機能の低下をみることになっているが、「閉じこもり」項目の一つ以上のチェックがある場合にも認知機能の低下が示唆されるといえる。

また、認知機能の維持または低下の違いによりテレビ視聴動機や視聴番組が違うことから、テレビについての普段の会話を通して認知機能の程度を推し量ることもできると考えられた。今後は、さらに詳しい分析と、認知機能とテレビ視聴形態の因果関係について検討してゆく。

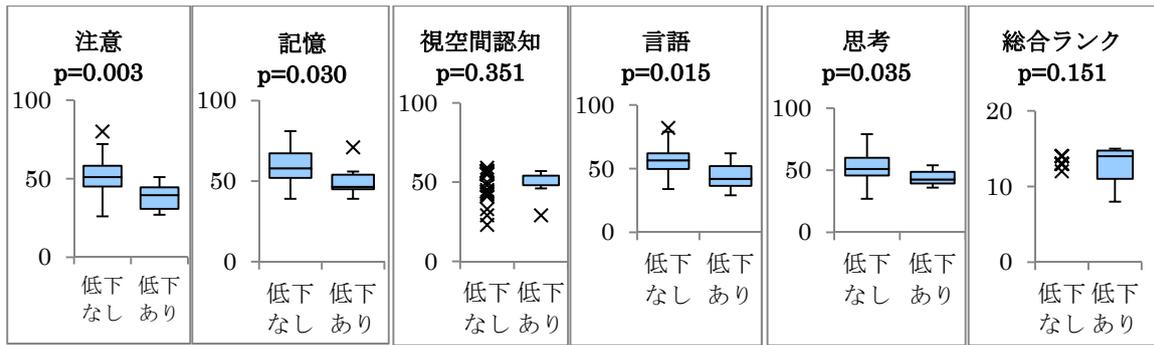


図1 「閉じこもり」の有「低下なし」無「低下あり」によるファイブ・コグ検査の偏差値および総合ランク

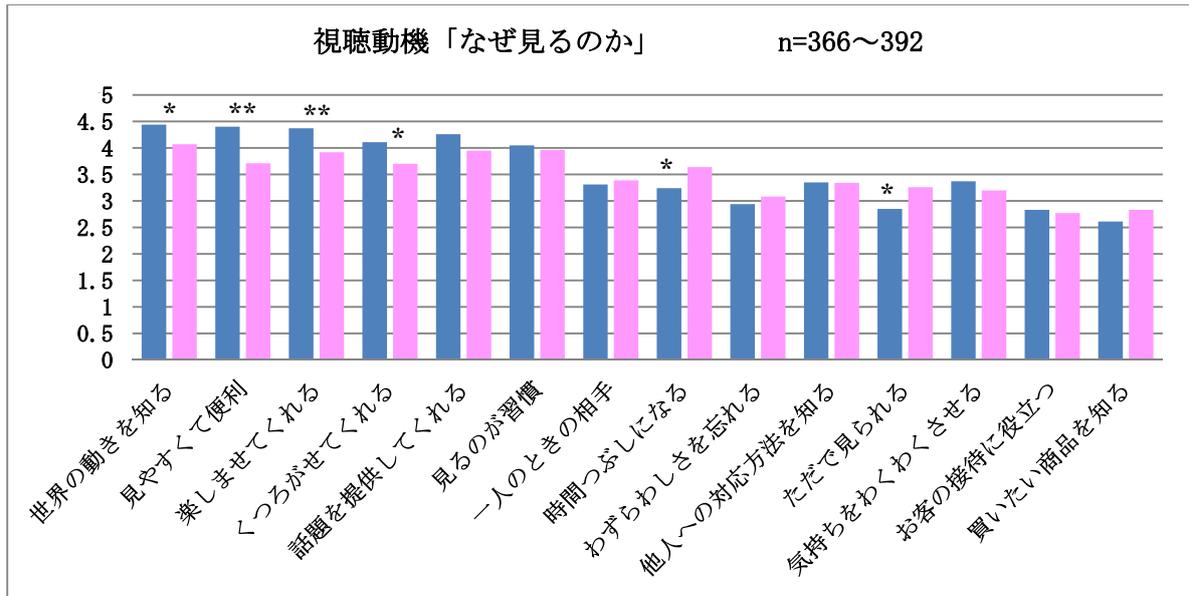


図2

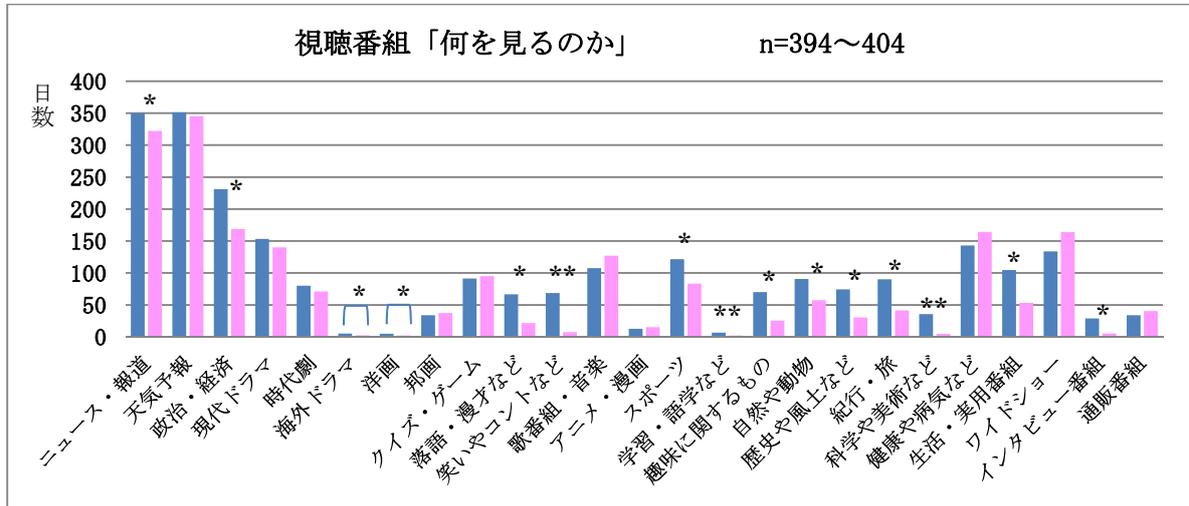


図3 視聴動機、視聴態度、視聴番組の2群の差

■ 閉じこもりなし(認知機能維持)群 ■ 閉じこもり傾向(認知機能低下)群
 ** P<0.01 * P<0.05

文献

- [1] 時野谷浩,老人視聴者の動機-充足に関する研究, 社会老年学 vol23,pp52-64,1986
- [2] 中野正剛,杉村美佳 他, 大分県安心院地区における地域研究~地域における軽度認知障害を評価するスケールと認知症予防介入について~,老年精神医学雑誌,Vol.17,pp47-54,2006
- [3] 山崎幸子,安村誠司 他,閉じこもり関連要因の検討~介護予防継続的の評価分析支援事業より~,老年社会科学,Vol.32,pp23-32,2010

ロボットの能動的な行動によるユーザの印象評価の向上

岡田明帆 菅谷みどり

所属 芝浦工業大学工学部情報工学科

概要

人とロボットのインタラクションにおける研究は数多くされているが、その多くはユーザからのアクションを受け、ロボットが返すリアクションを評価するというものである。我々は従来の手法とは逆に、ロボットがユーザに対して能動的な行動を起こした場合にも何かしらの印象変化が見られると考えた。能動行動を伴う先行研究で有意差が得られなかった評価項目の改善を目的に、ユーザがロボット期待する行動を能動的に行わせることで印象評価の向上を目指した。

能動行動として『挨拶』に着目し、ロボットとユーザがインタラクションを行うステップの前にロボットから能動的にユーザに向けて挨拶行動を行うという設計を加えた。この挨拶行動の有無による印象評価を5つの評価項目から成るアンケートにて行い、有意性を確認した。

結果、活動性・親近性・意図性に有意差があることが統計的に示された。

特に印象項目の意図性が大きな変化を見せており、ロボットの意図をユーザが正確に認識することがロボット全体の印象向上に繋がること示唆された。挨拶行動はロボットの第一印象に大きな影響を与えるものと考えられ、今回有意差が見られなかった継続性や愉快性は第一印象の他に継続的、長期的にかかわることで大きな影響を受ける項目と考えられ、挨拶以外の能動行動、または挨拶行動の種類を増やすことで有意差が見られると考察する。

キーワード： コミュニケーション 能動行動 ロボット

1. はじめに

近年、人が好意的にロボットを受け入れるかどうかの印象評価の研究が数多く提案されている。例として、中田らは人間の手の接触に対して「うなずき行動」「払い除け行動」「無反応行動」を起こすロボットを製作し、対人受容的行動による親和感を調査した[1]。このような研究は、ユーザがロボットに対して何らかの動作を行い、それを受けたロボットがどのような動作をしたか、というロボットの受け身動作の印象評価が主である。そこで我々は、ロボットが自発的にユーザに対して行動を起こすことを能動行動と定義し、能動行動の有無により印象評価が変化するという仮説のもと、それを検証することを研究の課題とした。

この仮説を掘り下げる先行研究として、視線制御を能動的に行うロボットの研究が提案されている[2]。この実験では、能動的な視線制御という能動行動を起こすロボットを使用した評価を行ったが、能動行動の有無による「活動性」「親近性」「愉快性」の評価項目において、統計的な有意差が得られないという結果が示されている。我々は能動行動の有無により印象評価が変わるということについて、視線制御という能動行動ではロボットにどのような意図があるのかがユーザに伝わりにくいことが、印象評価に差が発生しなかった原因と考え、能動行動の有無による印象評価向上に繋がる適切な能動行動を定める必要があると考えた。そこで、様々な人の行動の中で、ユーザがロボットに期待する行動の一つである「挨拶」行動に着目し、これをロボットに実装することで、能動的な「挨拶行動」の有無による印象評価を行うものとした。

実験では、ロボットがユーザに対して能動行動を行う場合と行わない場合でのロボットの印象評価をアンケートにて行った。その結果、親和性、活動性、意図性に有意差があることが統計的に示された。このことから、人とロボットのインタラクションにおいて、ロボットがユーザの期待する能動行動を示すことで、ユーザが抱くロボットの印象を改善することが示唆できた。

2. 方法

2.1 目的

ユーザがロボットに対してどのような場面で愉快さや親近性を感じるのかについて、ユーザの意見を KJ 法により集めた研究[3]について調査した。この研究は、『対ロボットの初対面での行動と好感度』について意見を収集したものであり、KJ 法によって5つの段階にグルーピングしてまとめた結果である。我々はこの先行研究にて得られた結果を用いて、人がロボットに期待する行動をロボットが能動的に行うことで、神田らの研究における問題を解決できると仮定した。今回はグルーピングされた第一段階目の挨拶行動に着目し、ロボットへの実装、実験を行った。

2.2 実験

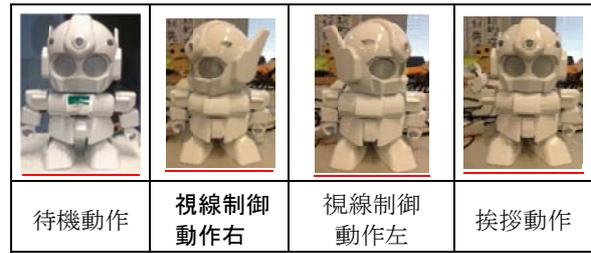


図1 RAPIRO に設定した動作
(インタラクション中の動作を除く)

2.2.1 挨拶行動の手順

人-人における挨拶とは、

- (1)相手に気づく。
 - (2)手をふる又は言葉を発する
- という流れを踏んでいるとする。以降からは(1)を視線制御動作、(2)を挨拶動作と呼び、

(1)+(2)⇒挨拶行動と定義する。これは、(1)と(2)の両方を行うことで、対象となる人物に対しての挨拶行動が成立するというものである。人-ロボット間の挨拶についてもこのメカニズムに従った。

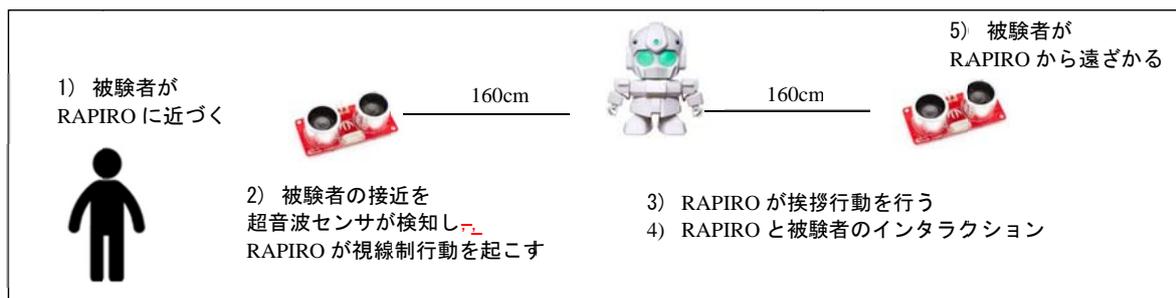


図2 実験の流れ

2.2.2 ロボットの動作

ロボットはKiruct社によって開発された人型ロボットキットのRAPIROを使用。

以下の動作を設定した(図1)。

- 被験者の接近を検知して振り向く視線制御動作を左右で1種類ずつ。
- 挨拶動作を1種類。
- 待機状態の動作を1種類。
- 被験者が光センサを触ることによりRAPIROがリアクションを返す、インタラクション中の動作を3種類。

インタラクション中の動作は、

- 左右の手を上下交互に振る。
- 手足を小刻みに動かす。
- 左右の手を万歳した状態から左右に動かす。

の3種類である。このインタラクション中の動作は全被験者共通であり、ランダム性も入れていない。

2.2.3 実験の流れ

実験の流れを図2に示す。被験者数は本校の男子生徒5人と女子生徒1人の計6名。今回の実験では3人ずつにチーム分けを行い、ロボットの挨拶行動の有無を体験する順番でチーム分けを行った。

- Aチーム：あり→なし
- Bチーム：なし→あり

2.2.4 評価方法

挨拶行動あり、なしの各々を体験した直後にアンケートに答えてもらった。設問は4.とてもそう感じた,3.まあそう感じた,2.あまり感じなかった,1.全く感じなかった,の4段階評価で行い、設問1~5はそれぞれ活動性、愉快性、親近性、意図性、継続性を問うもの、今回は被験者に「挨拶行動」ではなく「能動行動を起こす」と伝えていたため、ロボットの能動行動をどのように捉えたのかを調査する目的で設問6を用意した。

3 結果と考察

表1 能動行動の有無による有意性
($p<0.05^*$, $p<0.01^{**}$)

	活動性	愉快性	親近性	意図性	継続性
※1	2.67	2.17	2.33	1.50	2.33
※2	3.50	3.33	3.33	3.00	3.00
T<=t	0.043*	0.058	0.012*	0.007* *	0.102

※1 能動行動なし平均 ※2 能動行動あり平均

有意性についてまとめたものを表1に示す。

結果、活動性、親近性、意図性について統計的な有意差が見られた。今回有意差が見られなかった評価項目について、『挨拶行動』は愉快性や継続性に影響を与えるものではなく、ロボット自身の第一印象の良し悪しに大きく影響を与えるものと考えられるため、愉快性と継続性に関しては、能動行動レベルをさらに上げた『エンターテイメント』や『人間らしさ』をロボットに加えることで有意性が見られると推測される。

4 まとめと今後の課題

4.1 まとめ

本研究ではロボットの能動行動に着目し、ロボットが能動行動を起こすことで、ロボットと人のインタラクションにおける印象評価に変化があるのではないかと考えた。神田らの研究では、視線制御動作という能動行動を取るだけでは能動行動なしとの比較の際に統計的な有意差が見られない評価項目があった。我々はこれを問題として掲げ、先行研究のKJ法にて得られた、ユーザがロボットに期待する行動をロボットの能動行動に設定することで、ロボットの印象評価の向上を目指した。今回の実験では、挨拶行動を能動行動としてロボットに設計し、挨拶行動の有無による印象評価の比較を行った。結果、活動性、親近性、意図性にて統計的な有意性が得られた。

4.2 今後の課題

今回設定した視線制御動作や挨拶動作というものは我々が定めたものであり、挨拶の表現は声や表情、その他多数の要素によっても表現可能である。また、挨拶表現のパターンが多くなることでユーザが過剰だと感じる挨拶行動では印象評価が低下する可能性も考えられる。より印象の向上が大きく見られる要素、またはその組み合わせを検証する必要があると考える。

文献

- [1] 中田亨,佐藤知正,森武俊,溝口博”ロボットの対人行動による親和感の演出”日本ロボット学会誌 Vol.15No.7,pp.1068~1074(1997)
- [2] 神田崇行,石黒浩,石田亨”人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価”日本ロボット学会誌,Vol.19,No.3,pp.362~371(2001)
- [3] 木屋亮”人間共生を目指したロボット行動の評価実験”,修士研究報告(2012)

動詞産生タスクにおけるエラーの系統的構造と 関連する深部脳活動

今井絵美子¹ 片桐祥雅^{1,2} 川又敏男¹

¹ 神戸大学大学院保健学研究科 〒654-0142 兵庫県神戸市須磨区友が丘 7-10-2

² 国立研究開発法人情報通信研究機構 〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1

概要

動詞を産生するときには言語的記憶、情動的記憶へのアクセスを含む脳機能ネットワークが関与する。このネットワークは報酬により機能結合が増強され、心理的マイナス要因により結合が阻害されることが報告されている。本研究ではモノアミン神経系を中心とする深部脳活動がこのネットワークの一部であると仮説を立て、健常若年ボランティアを対象に時間ストレス下の動詞産生課題を実施し、発生するエラーの系統的な構造を解析するとともに、エラー発生時の深部脳活動の変化を脳波により計測した結果を報告する。

キーワード：深部脳活動度 エラー 動詞産生課題 脳波

グラント：科研費 基盤研究 (C) 25420236

1. はじめに

近年、脳神経科学に基づいた脳卒中リハビリテーション領域では「脳の可塑性」に着目したリハビリテーションが推進されている。回復に必要な脳機能ネットワークの強化には、意欲・モチベーションを高めることが重要視されている[1]。すなわち、報酬が機能結合を増強させ、逆に、失敗を意識する等のマイナスの心理要因が強化を阻害すると報告されている。

発話に係る脳機能ネットワークは、記憶に関する回路と情動に関する回路とが密接に関与していると考えられてきた[2, 3]。しかし、言語産生およびエラー発生と脳機能ネットワークの動的な解明はなされていない。我々はこれらのネットワークの形成にはモノアミン神経系を中心とする深部脳機能が関与しているという仮説のもとに、時間ストレスを印加した言語産生課題を実施した。言語産生課題で発生するエラーの系統的構造を解析し、視床および上部脳幹の活動と関連することが報告されている深部脳活動度 (deep-brain activity: DBA) [4,5]との相関を明らかにした。

2. 方法

インフォームドコンセントにより同意が得られた健常ボランティア 12 名 (男女 6 名、平均 25±1.75 歳) を対象に、聞いた名詞に関連する動詞を想起して口頭表出する動詞産生課題[6]を遅延反応パラダイムで行った。先行刺激 (S1) として名詞単語を、遅延刺激 (S2) としてピープ音を、聴覚的に提示した。被験者には S1 で提示された名詞に関連する (想像できる) 動詞を考え、S2 の合図後に口頭表出するように指示した。同じ動詞を多用しないこと、「する」と答えないこと、S2 後できるだけ速く表出することを事前に指示した。S1-S2 間隔は時間ストレスを負荷するため、約 1000 ミリ秒に設定した。刺激語は NTT データベース[7]より、3-4 モーラの名詞 60 語を、音声単語親密度 5.54 ±0.80 と比較的高親密度を中心に採用した。刺激数は 60 セットで、1 回の課題時間は約 2 分半であった。実験中、被験者は閉眼を保持した。

課題中の被験者の発話を録音し、言語聴覚士により表出されたことばのエラー判定をした。また、課題中の脳波を 10-20 法に基づいて計測し (512Hz)、後頭部 α2 成分 (10-13Hz) のパワーより深部脳活動度を算出した。

3. 結果

3.1 エラー分析

表出された音声のエラー判定より、正反応 (TR: true response) と無反応 (NR: no-response)、誤反応 (FR:

failure response) の 3 型に分類した。NR は全く音声表出がなかったことを示し、FR は前に使用した語を多用した保続反応や「えーと」「あっ」といった余分な音声表出の付加や、形容詞や全く関連しない動詞の産生を表した。刺激語とその反応例を表 1 に示した。

エラーの発生しやすさと刺激語の単語親密度との関係を解析した結果、親密度と良好な反応数は正の相関を示す傾向にあり (Spearman $r=0.47$, $p<0.001$)、2 種のエラー数とは負の相関性を示した (NR: $r=-0.30$, $p<0.05$, FR: $r=-0.49$, $p<0.001$) (図 1)。

表 1. 刺激語と反応例

刺激語	TR(正反応)例	FR(誤反応)例
agura (あぐら)	カク	アビル
ukurere (ウクレレ)	ヒク, ナラス	フク
kitaguni (北国)	イク	さむい
namagomi (生ごみ)	ステル, ダス	クサイ, エ・・・ナマゴミ

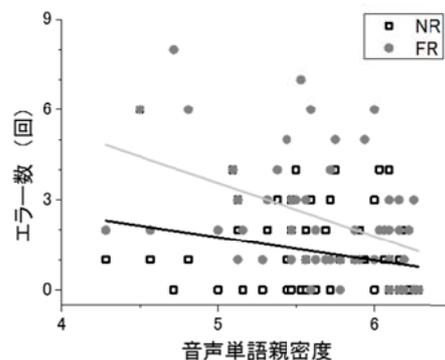


図 1. エラー発生と音声単語親密度との関係

エラー発生のパターンを分析した結果、NR、FR ともに単独および連続発生が認められた。また、NR と FR との混合連続発生も認められた。エラーの連続パターン別の発生頻度を被験者毎で正規化し、さらに全被験者で正規化した結果、エラーは単独に発生する方が連続発生よりも頻度が高いことが有意に示された ($p<0.001$) (図 2)。NR と FR の単独発生頻度に有意差は認められなかった ($p=0.45$)。

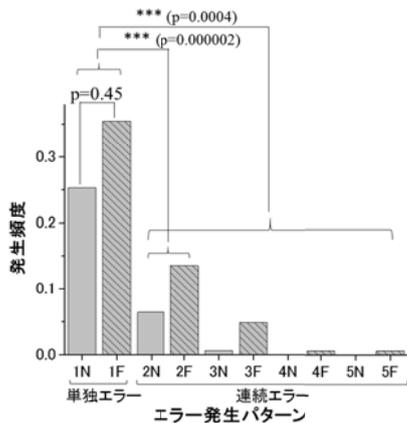


図 2. エラーの連続発生タイプ別頻度 (N: 無反応 (NR), F: 誤反応 (FR)、記号前の数字は連続回数を示した。)

3.2 深部脳活動度の解析

事象関連電位の算出方法を採用して、深部脳活動度 (DBA) を課題中の刺激マーカを基準に加算平均した。加算平均にあたっては正反応連続の 3 試行 (TTT)、正反応後にエラーが発生したものの再び正反応になった連続 3 試行 (TNT, TFT)、正反応後に 2 試行連続で同種エラーを発生した連続 3 試行 (TNN, TFF) にかけて加算し、それぞれ初めの試行の S1 前 200ms の DBA 平均値を 0 として基準化した (図 3a, 3b)。TTT の場合、DBA の増減リズムは安定して S1 に向かって下がり、S2 に向かって上がる挙動を示した。エラーが発生する TNT, TNN, TFT, TFF では、エラー前の正反応時の DBA 振幅が TTT の場合よりも大きい特徴を認めた。また、各試行間 (S1-S1) の DBA 平均値を算出した結果、連続エラー発生時の TNN および TFF では第 1 試行間 DBA 平均値 (1st DBA と定義、以降同様) より 2nd DBA が低く、3rd DBA は再び高値を示した。単独エラー発生時の TNT と TFT では、1st DBA から 2nd DBA への大きな変化は共通して認められなかった。しかし、3rd DBA は、TNT では 2nd DBA よりも高く、TFT では低かった。

4. 考察

時間ストレス下で実施した動詞産生課題の結果、健康若年者であってもエラーを発生することが示された。エラー発生は刺激語の親密度にも影響を受けたが、比較的高親密な単語であったことから、返答までの時間的余裕がない焦燥感によるストレスが大きな影響を与えたと推察する。被験者は連続して失敗することもあったが、エラー後に正反応へと復活できる頻度が高いことが統計学的に示され、母集団のストレス耐性が高いことを示唆する。

深部脳機能は認知および情動の脳機能ネットワークの基盤であると我々は考えている。深部脳活動度 (DBA) の連続試行中の挙動より、連続正反応時、DBA は強度およびリズムの安定性を保つことが明らかとなった。安定した深部脳活動が、脳機能ネットワークの機能的結合を示すデフォルトモードネットワーク (DMN) と認知処理を担う中央実行ネットワーク (背外側前頭前野系) との切り替えを円滑にすることも考えられる [8]。エラー発生前から DBA の振幅が大きくなったのは、深部脳機能が制御できなかったことを示唆すると考える。連続エラー発生時の第 3 試行間の DBA 平均値がさらに高値を示したことも、深部脳機能の脱抑制とエラー発生とが関連することを示唆する可能性がある。無反応および誤反応というエラーの質と DBA との関連性については、無反応からの回復には深部脳機能の脱抑制が必要であり、誤反応からの回復には深部脳機能の抑制が必要であった可能性が考えられるが、現段階では推測にとどめる。

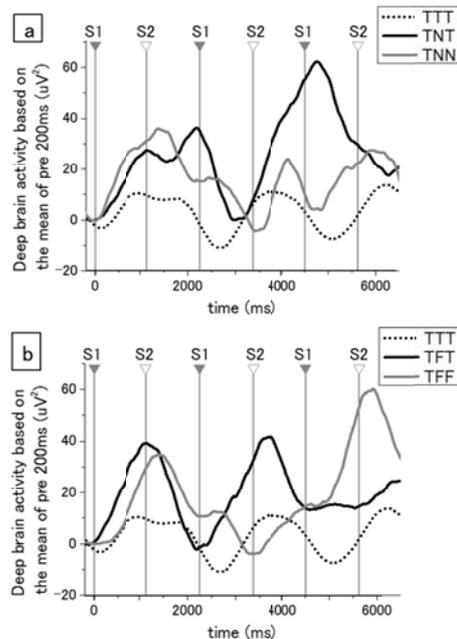


図 3. 深部脳活動の加算平均結果 (3 試行連続) (S1: 名詞提示時、S2: 命令刺激提示時、T: 正反応、N: 無反応、F: 誤反応を示した。)

表 2. 連続 3 試行中の深部脳活動度 (各試行間平均)

	第1試行間	第2試行間	第3試行間
TTT	86.0	82.5	83.8
TNT	89.0	91.6	104.1
TNN	111.3	99.2	104.7
TFT	94.0	95.9	91.8
TFF	87.1	76.1	105.6

(uV²)

5. おわりに

時間ストレス下の動詞産生課題の結果、発生するエラーの種類および連続性といった構造に関連して深部脳活動度が挙動したことより、言語産生およびエラー制御に深部脳機能が関与することが示唆された。

文 献

- [1] Y. Nishimura, H. Onoe, et al., "Neural substrates for the motivational regulation of motor recovery after spinal-cord injury," PLOS one, 6(9), e24854, 2011.
- [2] P.D. MacLean, "Psychosomatic disease and the "visceral brain": Recent developments bearing on the Papez theory of emotion," Psychosomatic Medicine, vol.11, pp.338-353, 1949.
- [3] J.W. Papez, "A proposed mechanism of emotion," Arch Neurol Psychiatr, vol.38, pp.725-743, 1937.
- [4] N. Sadato, S. Nakamura, T. Oohashi, E. Nishina, Y. Fu-wamo-to, A. Waki, and Y. Yonekura, "Neural networks for generation and suppression of alpha rhythm: a PET study," NeuroReport, vol.9, pp.893-897, 1998.
- [5] K. Omata, T. Hanakawa, M. Morimoto, M. Honda, "Spontaneous Slow Fluctuation of EEG Alpha Rhythm Reflects Activity in Deep-Brain Structures: A Simultaneous EEG-fMRI Study," PLOS ONE, e66869, vol.8 (6), 2013.
- [6] S.E. Petersen, P.T. Fox, M.I. Posner, M. Mintun, M.E. Raichle, "Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing," Nature vol. 331, pp.585-589, 1988.
- [7] 天野成明, 近藤公久 (編), NTT データベースシリーズ 日本語の語彙特性第 1 期 (CD-ROM 版), 三省堂, 東京, 2003.
- [8] F. Orliac, M. Naveau, M. Joliet, et al., "Links among resting-state default-mode network, salience network, and symptomatology in schizophrenia," Schizophrenia Res, vol.148, pp74-80, 2013.

音刺激に対する脳反応のフラクタル次元依存性

川原靖弘¹ 石井十三¹ 片桐祥雅²

1 放送大学 〒261-8586 千葉県美浜区若葉 2-1-1

2 通信情報研究機構 〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1

概要

公共環境の騒音の質について議論がされている。本研究では、音の時間変化に対する脳の反応を調べることで、環境音の脳活性への影響について考察することを目的とし、まず、定常間隔の音刺激が前頭血流量を低下させることを、近赤外線スペクトロメトリを用いた計測により確かめた。また、その血流量の低下が、音刺激の間隔にフラクタル性を持たせることで回避できることを示し、さらに、定常間隔音刺激による血流量の低下は、周波数の違いや周期的な変化によっては回避できないことを示した。

キーワード： 音、定常間隔刺激、NIRS、フラクタル、感覚ゲート

背景と目的

同一の連続する音刺激を与えたときに、神経細胞活動の抑制が起こる感覚ゲートが発生する[1]。感覚ゲートが発生したときは、主に前頭前野と視床が反応に寄与することが報告されている[2]。

本研究では、音の時間変化に対する脳の反応を調べることで、環境音の脳活性への影響について考察することを目的とし、定常間隔の音刺激が前頭血流量を低下させることを、近赤外線スペクトロメトリを用いた計測により確かめ、定常間隔の音刺激をどのように変化させたときに、脳血流量の低下が回避されるか考察を行った。

方法

30代男性の被験者の協力を得て、定常及び非定常間隔で発音する数種の音の聴取による脳反応の計測を行った。用いた音刺激は、3分間の250 ms 間隔の打音、及びハースト指数 H が1及び0のときのブラウン運動の変動差分を音間隔とした非定常間隔の打音（平均間隔250 ms）であった（図1）。脳反応は、単チャンネルの近赤外線スペクトロスコピの発光受光部を額に装着し、前頭血流量の変化を計測した。

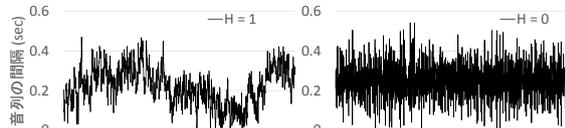


図1 非定常間隔音列刺激の間隔の推移

さらに、単一周波数及び異なる周波数による刺激 A~E の5分間のサイン音の音列を聴取したときの、脳反応についても、同様の方法で計測した。一つの音の長さは、刺激 A, B, C, E においては200 ms、刺激 D においては、70 ms であった。5種類の刺激音列のパターンを図2に示す。刺激 A は659 Hz の単音を等間隔（300 ms）で発音、刺激 B は3つの周波数の音を同時に等間隔で発音、刺激 C, D は3つの周波数の音を順番に等間隔で発音、刺激 E においては、等間隔に発音する単音に頻度20%でブランクを挿入した。

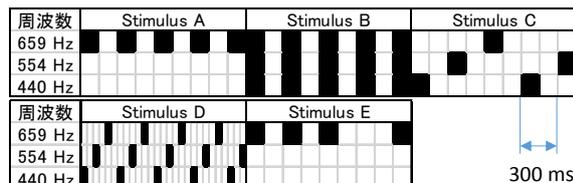


図2 サイン波音列刺激のパターン

結果

打音の定常間隔刺激（250 ms 間隔）を聴取したときの、額部の近赤外光スペクトロスコピによる血流変動を図3に、非

定常間隔刺激（平均250 ms 間隔）を聴取したときの血流変動を図4に示す。定常間隔刺激は4試行行い、非定常間隔刺激は、ハースト指数 $H=1$ の刺激を3回、 $H=0$ の刺激を2回試行した。刺激を開始したときの時間を0とし、そのときの血流量のレベルを0としたときの血流変化を表している。

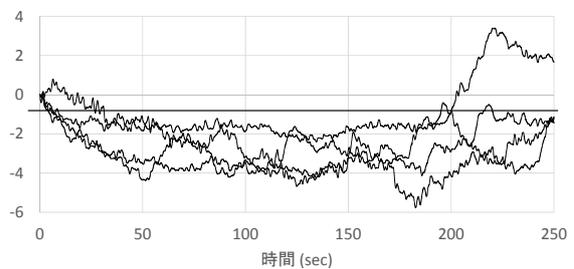


図3 定常間隔音列刺激による脳血流変化

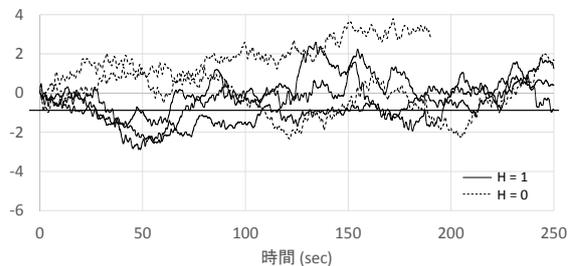


図4 非定常間隔音列刺激による脳血流変化

定常間隔音の刺激時は血流が低下し、非定常間隔音の刺激時は血流が低下していないのがわかる（図3,4）。また、非定常間隔音列のハースト指数により、脳血流の変化には大きな違いは見られなかった（図4）。

次に、図2に示した、5種のパターンの定常間隔音刺激に対する、近赤外光スペクトロスコピによる脳血流の変化を図5に示す。刺激 E 以外の音刺激は、刺激開始後にすぐに血流が低下しているのがわかる。

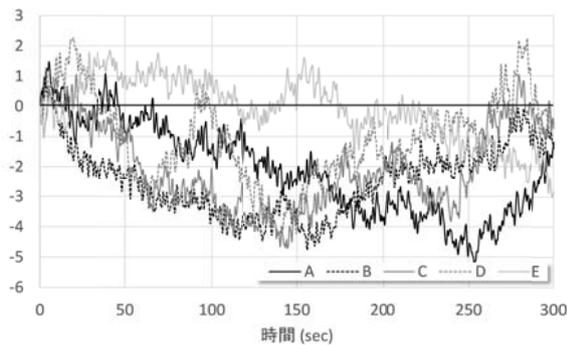


図5 サイン波音列刺激による脳血流変化（図中の凡例 A～E は、刺激に用いた音列パターンの種類で、図2のパターンに対応する）

考察

同一間隔の音刺激が感覚ゲートを引き起こすことは知られているが、本研究において、単一チャンネルの近赤外光スペクトロスコピーにて、前頭血流量を計測することにより、感覚ゲートを示唆する脳活動を計測することができたと考えられる。環境音に含まれるフラクタル構造を持つ音間隔の刺激を単一音で行ったところ、前頭血流量に変化は生じなかったが、フラクタル構造の差異により血流量に変化は起こることも今回の実験からは確認できなかった（図3,4）。ハースト指数 H が 0.5 より高い値のブラウン運動の変動差分は、長期記憶を有し、その時系列のフラクタル次元は、 $2-H$ で表すことができることが知られている。さらに、今回の報告では、定常間隔音において、いくつかのパターンをつくり、前頭血流の低下の有無について計測を行った。単一周波数の定常間隔のサイン波音にそれとは異なる2つの周波数の音を重ねた刺激、3つの周波数の音で繰り返す定常間隔刺激、については、血流量の低下は起こっており、感覚ゲートが回避されないことが考えられる。しかし、定常間隔の単一サイン音にランダムに挿入したいくつかのブランクにより、血流量の低下が回避されることが示され（図5）、定常間隔連続音中のブランクはそれ自体が刺激として認知されていることが示唆された。

文献

- [1] Marijn Lijffijt, et al., P50, N100, and P200 sensory gating: Relationships with behavioral inhibition, attention, and working memory, *Psychophysiology*. 2009 Sep; 46(5): 1059.
- [2] A. R. Mayer, et al., The Neural Networks Underlying Auditory Sensory Gating, *Neuroimage*. 2009 Jan 1; 44(1): 182–189.

LC-MS/MS による環状ホスファチジン酸の 定量法の確立

清水 嘉文¹、後藤 真里¹、室伏 擴¹、室伏 きみ子¹

¹〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1 お茶の水女子大学 ヒューマンウェルフェアサイエンス研究教育寄附研究部門

概要

背景と目的： 環状ホスファチジン酸(Cyclic phosphatidic acid: cPA)は、1992年に我々が真性粘菌から単離したグリセロール骨格の *sn*-2 位と *sn*-3 位に環状リン酸構造を持つ生理活性脂質であり、種々の哺乳類組織中に極微量存在している。本研究において我々は、近年その著しい技術発展が知られている質量分析法を用い、高感度な cPA の定量的解析系を確立することを目的とした。

方法： 標準品 cPA は SANSHO(株)から入手した。分析にはタンデム型質量分析計(QTRAP5500; SCIEX 社製)を用いた。分離カラムには GL サイエンス社製の Inertsil ODS-3 C18 カラム(3 μm, 2.1 × 150 mm)を用いた。また移動相として 5mM ギ酸アンモニウム-95%メタノールを用い、流速 0.2 mL/min でアイソクラティック溶出を行った。

結果： Fig. 1 に 16:0 cPA の構造式と CID により得られたフラグメントイオンを示す。ネガティブイオンモードで 16:0 cPA を CID に供した結果、*m/z* 255.2、153.0、79.0 を主要フラグメントイオンとして認め、*m/z* 255.2 を脂肪酸部のカルボン酸陰イオン、*m/z* 153.0 を[cyclic glycerophosphate]、*m/z* 79.0 を[PO₃]と同一化した(Fig. 1B)。cPA の構造類似体であるリゾホスファチジン酸はネガティブイオンモードでの CID から *m/z* 153.0 および 79.0 を主要フラグメントイオンとして産生することが知られており[1]、cPA 特異的なフラグメントイオンである *m/z* 255.2 の脂肪酸部のカルボン酸陰イオンを用い定量法の確立を進めた。Table 1 に Analyst ソフトウェアの quantitative optimization tool を用いて最適化を行い決定したイオン源部および検出部の各種パラメーターを示す。逆相カラムを用い標準品 cPA を溶出させた結果、cPA 分子種ごとの明瞭なピークが得られた(Fig. 2)。

考察・結論： cPA は我々が単離・構造決定した脂質メディエーターであり、がん細胞の浸潤・転移抑制作用や、神経細胞の生存と分化を促進する作用をもつ[2-4]。今後、確立した測定法を用いて cPA の量的・質的变化を調べること、cPA 代謝系をターゲットとした新たな創薬への発展ならびに疾患の早期発見など、病気の治療や診断法の確立につながる可能性が期待される。

キーワード： 環状ホスファチジン酸、LC-MS/MS

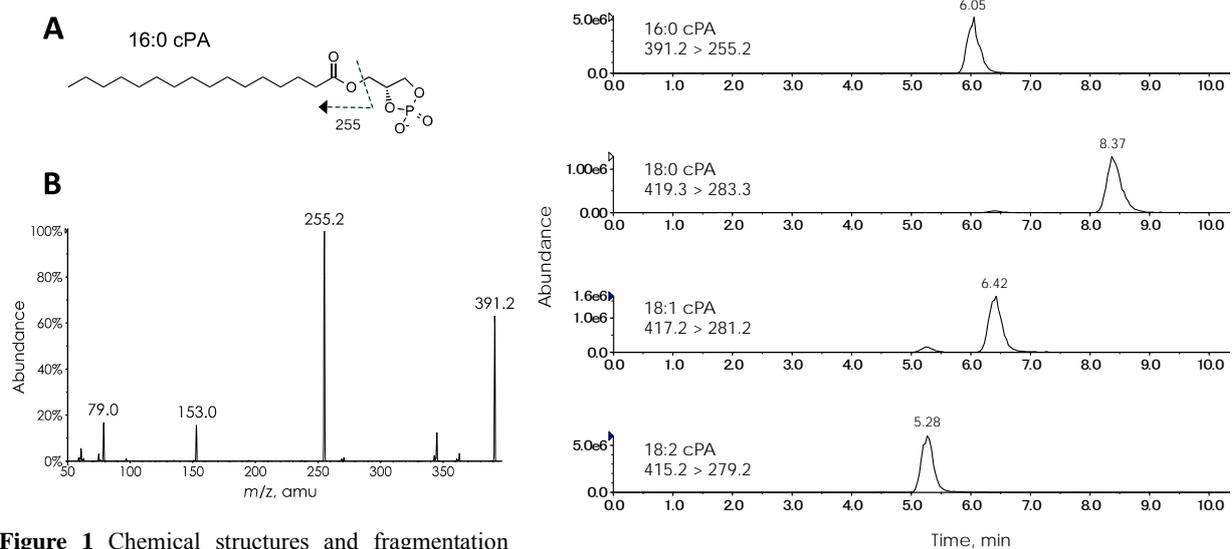


Figure 1 Chemical structures and fragmentation patterns of 16:0 cPA (A). Negative ion MS/MS spectra of [M - H]⁻ ions of 16:0 cPA (B).

Figure 2 The extracted ion chromatograms (EIC) of 16:0 cPA, 18:0 cPA, 18:1 cPA, and 18:2 cPA in a standard cPA solution.

Table 1 Optimized parameters of MRM analysis for cPA

Declustering potential (V)	Entrance potential (V)	Collision energy (eV)	Collision cell exit potential (V)	Curtain gas (psi)	Collisionally activated dissociation (psi)	Ion spray voltage (V)	Temperature (°C)	Source gas 1 (psi)	Source gas 2 (psi)
-92	-10	-30	-15	20	7	-4500	700	50	80

文 献

- [1]Shan, L., Li, S., Jaffe, K., & Davis, L. (2008). Quantitative determination of cyclic phosphatidic acid in human serum by LC/ESI/MS/MS. *Journal of Chromatography B*, 862(1), 161-167.
- [2]Murakami-Murofushi, K., Shioda, M., Kaji, K., Yoshida, S., & Murofushi, H. (1992). Inhibition of eukaryotic DNA polymerase alpha with a novel lysophosphatidic acid (PHYLPA) isolated from myxoamoebae of *Physarum polycephalum*. *Journal of Biological Chemistry*, 267(30), 21512-21517.
- [3]Murakami-Murofushi, K., Uchiyama, A., Fujiwara, Y., Kobayashi, T., Kobayashi, S., Mukai, M., Murofushi, H., & Tigyi, G. (2002). Biological functions of a novel lipid mediator, cyclic phosphatidic acid. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1582(1), 1-7.
- [4]Yamamoto, S., Gotoh, M., Kawamura, Y., Yamashina, K., Yagishita, S., Awaji, T., Tanaka, M., Maruyama, K., Murakami-Murofushi, K., & Yoshikawa, K. (2014). Cyclic phosphatidic acid treatment suppress cuprizone-induced demyelination and motor dysfunction in mice. *European journal of pharmacology*, 741, 17-24.

約 10 万件の大量の心拍変動データに基づく 自律神経機能と年齢, BMI との関係

駒澤真人^{1,2} 板生研一^{2,3} 羅志偉¹

1 神戸大学大学院システム情報学研究所 〒657-0013 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1

2 WIN フロンティア株式会社 〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 新有楽町ビル 247

3 順天堂大学医学部 〒113-8431 東京都文京区本郷 3-1-3

概要

著者らが先行研究で開発した、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムを利用して、他に類をみない約 10 万件の大量の心拍変動データから、自律神経機能と年齢及び肥満度を示す BMI (Body Mass Index) との関係进行调查した。その結果、年齢及び BMI が上がるほど、自律神経の活動量であるトータルパワーが優位に下がる傾向がみられ、専用のセンサを使用した先行研究の結果と同様な傾向が確認できた。

キーワード：心拍変動解析, 自律神経機能, 交感神経, 副交感神経, トータルパワー, BMI, スマートフォン, カメラ, 輝度

背景と目的

著者らが先行研究で開発した、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムを利用して[1]、蓄積された約 10 万件の大量の心拍変動データに基づき、加齢および BMI (Body Mass Index) が、自律神経機能に与える影響について検証を試みた。

先行研究では、専用の加速度脈波センサや小型心拍センサを使用し、加齢になるほど自律神経の活動量であるトータルパワーが低下するといった報告[2],[3],[4]や、BMI が高いほどトータルパワーが低下するといった報告[5]がある。しかしながら、どの研究も被験者は多くて数百人程度に留まっており、また、BMI とトータルパワーを検証した先行研究[5]では、更年期障害を患った女性のみを対象としており、本研究のように、一般の被験者を対象に、大量の測定データで分析した例はない。

そこで本研究では、18,964 名 (男性:4,964 名, 女性:14,000) の全 95,695 の心拍変動データに基づき、自律神経機能と加齢及び、BMI との関係について分析した。

方法

本研究では、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システム[1]を利用した。使用したシステムでは、スマートフォンのカメラ部分に指先を当て、皮膚の輝度を連続的に取得することで、輝度の変化から脈波波形を推定し、その脈波波形から検出されたピーク間隔 (RR 間隔に相当) のゆらぎを周波数解析し、自律神経指標を算出している。また、周波数解析手法は論文[6]の手順に則り、0.04Hz~0.15Hz を低周波数成分 (LF), 0.15Hz~0.4Hz を高周波数成分 (HF) として算出している。LF と HF の総和はトータルパワー (TP) と呼ばれ、自律神経活動全体の指標とされている。この指標は疲労と相関していると言われ、値が小さいほど疲労が溜まっている状態を示すと言われている[7]。本研究では、全 95,695 の心拍変動解析データを用いて、統計処理の検定の有意水準は 1% とした。

自律神経機能と年齢との関係

本項では、自律神経機能と年齢との関係を調査した。自律神経の活動指標であるトータルパワーを対数化すると、正規性が高まると言われているため[2]、各測定データのトータルパワーを対数変換 (LnTP) し、年齢との間で相関分析をおこなった。図 1 に LnTP と年齢

との散布図を示す。回帰分析をおこなった結果、LnTP と年齢との間に有意な負の相関 ($p < 0.01$) が認められた。

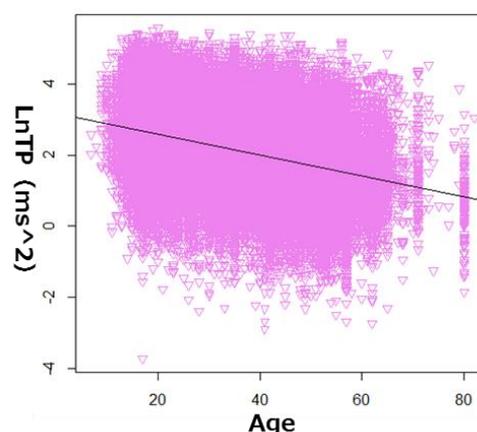


図 1 LnTP と年齢との散布図

図 2 に、各年代の LnTP の推移を示す。10 代未満から 60 代以上の 7 グループに分類し、グループ間の差を調べるために、Tukey-Kramer test の手法により多重比較をおこなった。その結果、グループの年代が上昇するに伴い、LnTP の平均値が優位に低下していた。(ただし、50 代と 60 代以上との間では有意差はなかった。) 先行研究[2],[3],[4]でも、年齢が上がるほどトータルパワーが下がる傾向がみられ、本研究でも同様な傾向が確認でき、加齢になるほど自律神経の活動量機能が低下することを示唆する結果となった。

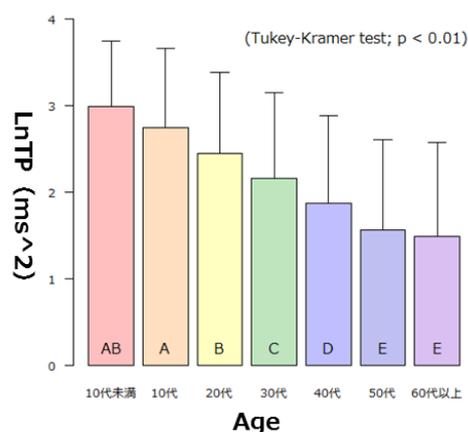


図 2 各年代と LnTP との関係

自律神経機能と BMI との関係

本項では、自律神経機能と BMI との関係を調査した。BMI とは身長²に対する体重の比で、人の肥満度を表す体格指数である。また、BMI から論文[8]の基準に則り、肥満度を算出している。BMI と肥満度との関係を表 1 に示す。また、図 3 に LnTP と BMI との散布図を示す。回帰分析をおこなった結果、LnTP と BMI との間に有意な負の相関 ($p < 0.01$) が認められた。図 4 に、肥満度と LnTP との推移を示す。肥満度を 5 グループに分類し、グループ間の差を調べる為に、Tukey-Kramer test の手法により多重比較をおこなった。その結果、肥満度が上昇するに伴い、LnTP の平均値が優位に低下していた。(ただし、肥満(2度)と肥満(3度以上)との間では優位差はなかった。) BMI とトータルパワーを検証した先行研究[5]では、更年期障害を患った女性のみを対象として、BMI が高いほどトータルパワーが下がる傾向がみられているが、本研究では一般の被験者でも同様な傾向が確認できた。これは、肥満度が高い人ほど、疲労が溜まっている傾向があることを示唆する結果となった。

表 1 BMI と判定基準

18.5未満	低体重
18.5~25未満	標準
25~30未満	肥満(1度)
30~35未満	肥満(2度)
35~40未満	肥満(3度)
40以上	肥満(4度)

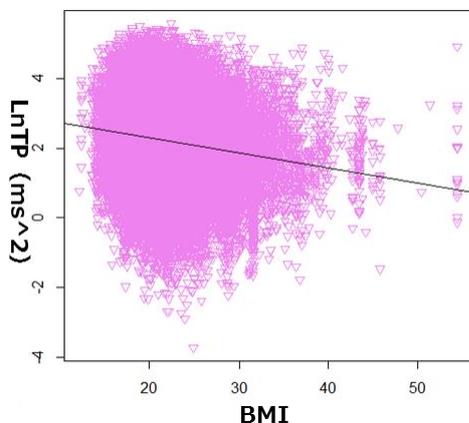


図 3 LnTP と BMI との散布図

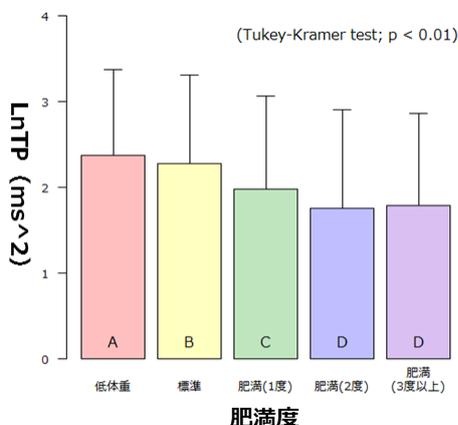


図 4 肥満度と LnTP との関係

結論

本研究では、著者らが先行研究で開発した、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムを利用して[1]、約 10 万件の大量の心拍変動データから自律神経機能と年齢及び、BMI との関係を調査した。

その結果、年齢及び BMI が上がるほど、自律神経の活動量であるトータルパワーが優位に下がる傾向がみられ、専用のセンサを使用した先行研究の結果と同様な傾向が確認できた。

本研究では、一般の被験者を対象として、他に類をみない約 10 万件にのぼる大量の測定データから、上記のような傾向がみられたことは非常に有益であると考えられる。

今後の展開

今後の展開としては、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システム[1]にて、日々蓄積される自律神経のビックデータを基に、以下の項目に関して研究を進めていきたいと考えている。

- 自律神経機能と日内変動との関係
- 自律神経機能と季節変動との関係
- 自律神経機能と行動との関係
- 自律神経機能と地域性(住んでいる地域)との関係

参考文献

- [1] 駒澤真人, 板生研一, 羅志偉: “スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムの開発,” 第 20 回人間情報学会ポスター発表集, pp. 19 - 20, 2015 年
- [2] Yukishita T, Lee K, Kim S, Yumoto Y, Kobayashi A, Shirasawa T, Kobayashi H: Age and sex-dependent alterations in heart rate variability: profiling the characteristics of men and women in their 30s. *Anti-Aging Medicine* 7: 94-100, 2010
- [3] Kenichi Itao, Makoto Komazawa, Yosuke Katada, Kiyoshi Itao, Hiroyuki Kobayashi, Zhi Wei Luo: Age-related Change of the Activity of Autonomic Nervous System Measured by Wearable Heart Rate Sensor for Long Period of Time : *Mindcare* 2014.
- [4] 板生研一, 駒澤真人, 小林弘幸, 羅志偉: “24 時間の心拍変動データ解析による日本人の自律神経機能と年齢の関係,” 第 19 回人間情報学会ポスター発表集, pp. 15, 2014 年
- [5] 森谷敏夫: 更年期女性における運動と栄養の役割. 更年期と加齢のヘルスケア 8(1). 12-20. 2009.
- [6] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, 93, 1043-1065.
- [7] 倉恒弘彦. 自律神経異常を伴い慢性的な疲労を訴える患者に対する客観的な疲労診断法の確立と慢性疲労診断指針の作成 厚生労働科学研究障害者対策総合研究事業(精神の障害/神経・筋疾患分野)平成 21-23 年度総合研究報告書 pp1-pp114, 2011 年 3 月
- [8] 肥満の判定と肥満症の診断基準 (日本肥満学会, 1999 年)

第 21 回 人間情報学会ポスター発表集

平成 27 年 9 月 10 日発行

発行所 人間情報学会
〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 新有楽町ビル 247
Tel. 03-5252-7382 Fax. 03-5252-7386
E-mail: admin@npowin.org
URL: [http:// http://www.ahi-soc.info/](http://www.ahi-soc.info/)