

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18730424
 研究課題名 (和文) 帰納的推論学習におけるメタ認知の脳過程に関する電気生理学的研究
 研究課題名 (英文) Electrophysiological study on brain processes of meta-cognition in inductive reasoning.
 研究代表者
 岩木 信喜 (IWAKI NOBUYOSHI)
 九州女子大学・人間科学部・教授
 研究者番号：80341593

研究成果の概要：主要な所見としては、(a) フィードバック関連電位 (FN) が 2-4-6 課題以外の課題における随伴性の有無の認知に関連して出現し、何らかの問題の発生の認知を反映する可能性が示唆された (実験 1)。また、(b) 推論課題においても、矛盾という「問題の発生」を意味する事象の認知に関連して FN が出現した (実験 2)。(c) 知識の修正はその確信度 (常識として信じている程度) が高いほど過度に行われることがわかっている (Butterfield & Metcalfe, 2001) が、そのような高確信度のエラー試行では FN 振幅に変化がない一方、P3 が増大したことから、エラー認知後の情報処理が関与していることが示唆された (実験 3)。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,900,000	0	2,900,000
2007年度	400,000	0	400,000
2008年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	120,000	3,820,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・教育心理学

キーワード：学習過程

1. 研究開始当初の背景

人は知識体系を背景に行動をしている。例えば、料理家なら素材をいかす調味料の組み合わせについて理論と呼べるような詳細な知識体系をもっている。これは一群の刺激 (材料と調味料との組み合わせ) がどのような結果 (味) をもたらすのかについての一種の信号系としての仮説構成体である。おそらく日常生活の中で、人はさまざまなテーマご

とにそのような仮説構成体を漸次的、継続的に構成しているはずである。

本研究では、古典的条件付けによる信号系 (仮説構成体) の構築、言い換えれば、一種の帰納的推論による学習と呼べるものに焦点を当てる。人は、限られた経験の中でどのような材料と調味料との組み合わせがどのような味を再現するのかを帰納的に学習し、

仮説構成体を漸次的に構築しているはずだからである（料理行動が伴うオペラント条件付けの場合は、オペラント反応とそれに先行する弁別刺激、後続する強化刺激の三項随伴性だが、ここでは刺激間の随伴性だけに焦点を当てる）。

さて、この学習は随伴性の認知能力を前提としている（Rescorla, 1966）。パブロフの犬はメトロノームに餌が随伴することを学んだわけである。特に人間の場合は、複数の事象が随伴したかどうかの認知をメタレベルでとらえて、仮説構成体の一部を意識的に修正することも可能であり、事象間の信号関係（法則性）の発見のために随伴性認知を方略的に用いることすらできる（Oaksford & Chater, 1994）。このように、複数の事象が随伴するかどうかの認知は、日常生活や科学的活動における仮説構成体構築の基礎的能力である。本研究の特色は、事象関連電位（event-related potential, ERP）という脳の活動電位によって、事象間の随伴性の肯定的な認知と否定的な認知を分離して測定し、帰納的推論学習に寄与する随伴性判断というメタ認知について脳過程のモデル化を行うことである。

人間の随伴性判断の特徴はこれまでもよく調べられており、多くの研究がある（レビューとしては、Allan, 1993; 嶋崎, 2003）。しかし、人を対象にした脳機能研究に絞ると、推論としては解が一義的に決まる演繹が中心的であり（レビューとしては、波多野, 2001; Wharton & Grafman, 1998）、帰納的推論事態における随伴性判断に関する研究は 2-4-6 課題（Wason, 1960）という法則発見課題下で ERP を測定した Iwaki et al. (2004, 2005, いずれも科学研究における国際会議のプロシーディング) 以外にはほとんどないようである。Iwaki et al. (2004, 2005) は法則に関連する属性（2 値）とフィードバック（Yes/No の 2 値）という 2 事象間の随伴性の認知を反映し

て海馬に起源をもつ P3（課題関連情報の認知にかかわる ERP）が増大し、事象間の「非」随伴性の認知（事象間に随伴関係があるとする仮説の誤りに関する認知）を反映して前部帯状回に起源をもつ feedback negativity（FN）が増大することを強く示唆している。つまり、随伴性の有無の判断には異なる脳部位が関与しているようなのである。しかしこれは手がかりが得られただけで、詳しいことはまだわかっていない。

2. 研究の目的

(1) 実験 1（平成 18 年度）では、随伴性の有無の認知を ERP で測定できることを 2-4-6 課題以外の課題で確認する。これは ERP の有用性に関する基礎的研究である。

(2) 実験 2（平成 19 年度）では、仮説の確信度と随伴性の有無の判断にかかわる脳機能との関係を、2-4-6 課題で ERP を測定して検討した。おそらく、発見すべき法則に関する確信度（仮説の信憑性）が低いほど随伴性が認められたときに P3 が増大して負相関を示す一方、確信度が高いほど「非」随伴性の認知を反映する FN は負の方向に増大するのでこれも負相関を示すと予想される。つまり、随伴性の有無は、仮説構成体の信憑性の程度によって異なるインパクトを与えらると思われる。

(3) 実験 3（平成 20 年度）では、帰納的に獲得された連合強度を反映する確信度が ERP に与える影響を検討した。一般に、知識の修正はその確信度（あるいは常識とみなせる程度）が高いほど過度に行われることがわかっている（Butterfield & Metcalfe, 2001）。確信度が高いほど FN が増大すると予想される。

3. 研究の方法

(1) 実験 1

対象者 14 名の女子大学生が実験に参加した。

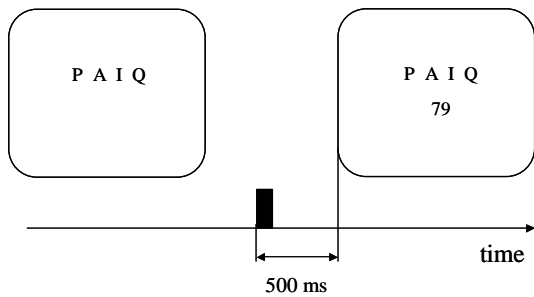


Figure 1. Feedback presentation procedure.

課題と手続き 新薬の開発文脈を設定した。1つは新薬成分の効果の程度を測定するもので、もう1つはその副作用の程度を測定する文脈である。被験者はいずれの課題も100試行ずつ行ったが、文脈の順序はカウンターバランスした。いずれの場合も、4種類の成分をそれぞれアルファベットで紙上およびモニター上に呈示し、被験者は手元のボタン押すことによって、(架空の)被験体の何割に効果があったか、あるいは副作用が認められたかをフィードバックされた (Figure 1)。被験者は、従来薬の効果や副作用の程度を基準値として、それとの比較で新薬の効果や副作用がどの程度あるのかを判断した。たとえば、従来薬の効果が5~6割の被験体で認められるなら、新薬はそれ以上の割合で効果を示せば「成分と効果との随伴性」が(正の)評価に値すると判断できるわけである。副作用の場合はその逆で、副作用の割合が従来薬の設定値よりも小さければ評価できる。いずれもその逆ならば負の評価である。

脳波の測定と分析 課題遂行中、継続的に脳波を前頭部 (Fz)、前頭-中心部 (FCz)、中心部 (Cz)、頭頂部 (Pz) の計4部位から鼻尖を基準として導出した。刺激(割合)の呈示時点に同期させた刺激呈示信号も脳波とあわせて記録した。新薬の効果文脈条件と副作用文脈条件にわけて、随伴性がある試行とない試行を区別した上で、数値情報を呈示した時点をもとを基点(0時点)として脳

波を加算した。基準は両耳朶の平均となるように再計算した。瞬きによる脳波の変動はオフラインで補正した (Verleger et al., 1982)。そして、文脈条件別に、随伴性を3水準にして(効果あるいは副作用が認められた被験体の割合が0-29%、40-69%、70-100%)比較した。

(2) 実験 2

対象者 16名の女子大学生が実験に参加した。

課題と手続き 被験者は2-4-6課題を改変した課題を行った。1ブロックは9試行からなり、各試行ごとに仮説(例:偶数)と検討内容(例:奇数が当てはまるかどうか)、及び、具体例(例:1, 3, 5)が用紙に記入されていた。9試行の内訳は、仮説の単純な確認を行う試行、仮説の矛盾を検知する試行、仮説の矛盾が検知されない無矛盾試行がそれぞれ3試行ずつであった。被験者はそれをゆっくりと音読し、具体例が真の法則に当てはまっているかどうかのFB(YesかNo)を視覚的に受けた。FBは被験者がボタンを押すことによってディスプレイ上に呈示された。そのFBを受けて、被験者は検討したことが真の法則にどの程度関連していると現時点で考えられるかを5段階で評価した。被験者は2ブロックの練習の後、計15ブロックの本試行を行った。特に、矛盾の検出が課題遂行方略として有効なことであり、ポジティブな意味を持つことを教示し、その教示のもとで練習を行った。

脳波の測定と分析 脳波は、両耳朶の平均電位を基準として、前頭部、中心部、頭頂部から導出した。瞬きによる脳波の変動はオフラインで補正した (Verleger et al., 1982)。FBを与えた時点をもとを基点(0時点)として脳波をFB前700ms(ボタン押し前200ms)からFB後800msまでを加算した。

(3) 実験 3

対象者 大学生 14 名が実験に参加した。

課題と手続き 被験者は漢字の読み課題（漢字 3 級検定用教材）を行ってもらい、各読みの確信度を記録した（「ほとんど勘」から「正しいと自信を持っている」までの 4 段階）。400 問から 700 問を行った。実験者は被験者の読みに対して正誤のフィードバック（FB）をモニター上に呈示した。FB は被験者の自発的なボタン押しから 500ms 後に 1000ms 間与えた。

脳波の測定と装置 課題遂行中、継続的に脳波を測定した。脳波は、前頭部、中心部、頭頂部の計 3 部位から両耳朶平均を基準として導出した。瞬きによる脳波の変動はオフラインで補正した（Verleger et al., 1982）。

4. 研究の成果

(1) 実験 1

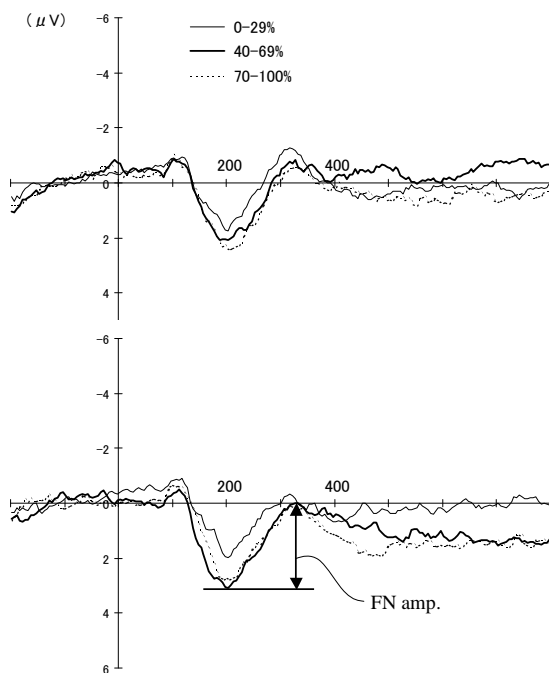


Figure 2. Grand average waveforms for efficacy (upper panel) and side effects conditions (lower panel).

ERP の分析結果を Figure 2 に示した。効果文脈では随伴性の有無に関わらずフィードバック陰性電位（FN）が認められ、その大き

さに大きな差異は認められず、統計的にも有意差は認められなかった。一方、副作用文脈では、随伴性がない場合よりもむしろ、随伴性が認められた場合に FN が明瞭に認められ、統計的には 0–29% カテゴリーよりも 40–69% カテゴリーのほうが振幅が大きかった。副作用文脈の結果は、随伴性がなかったという意味での否定的な情報よりも、副作用が認められて問題が生じたという意味での否定的情報が FN を増大させたことを示唆するものであった。

(2) 実験 2

フィードバック陰性電位（FN）の振幅は確証試行よりも矛盾試行のほうが有意に陰性であり、先行研究の結果を支持するものであった。また、確信度に適度なばらつきが認められた 9 名を対象に、確証試行について確信度 5（最高）とそれ以下の試行を分けて加算し、刺激呈示後 450ms～650ms 区間の陽性電位の平均振幅値（頭頂部位）と失敗に対する柔軟性尺度得点との相関を検討したところ、前者の試行では 0.32 (ns) であったのに対し、後者では 0.65 ($p < .05$) であった。失敗に対する柔軟性が低い被験者ほど、確証事象に対する自信が十分ではない試行において電位が陰性に触れる傾向が認められ、ネガティブな評価をくだす傾向性との関連が示唆された。

(3) 実験 3

被験者ごとに正試行と誤試行の脳波をそれぞれ加算した。正答と比べて誤答の場合には、前頭—中心部優勢のフィードバック関連陰性電位（FN）、及び、中心—頭頂部優勢の P3 が増大した（Figure 3）。

次に、正誤の各試行をさらに確信度の高低試行にわけて脳波を加算した。正試行では、回答内容に少しでも疑念がある場合には FN が出現し、確信度が小さいほど P3 が増大した。回答に疑念がある場合にはエラー検出機

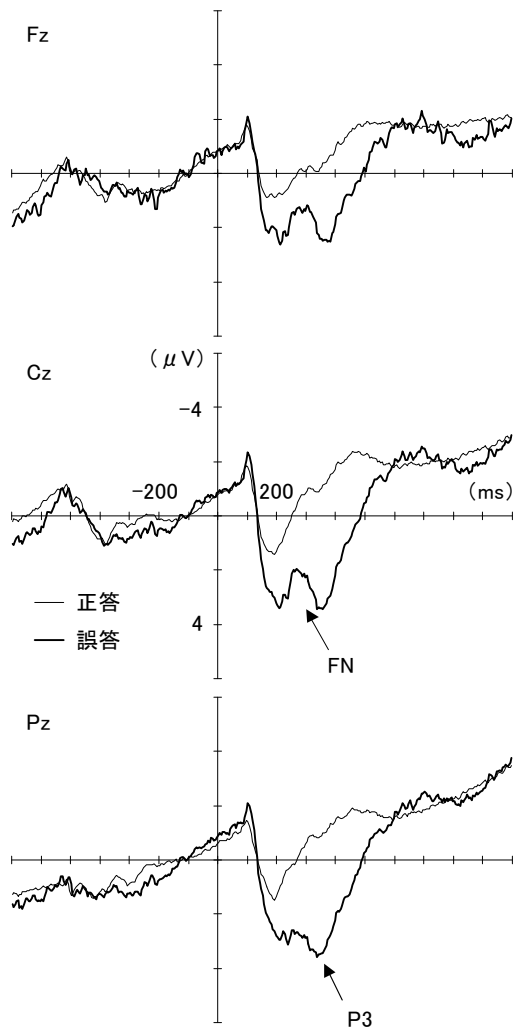


Figure 3. Grand average waveforms in correct and incorrect trials.

構が機能するが、正答であったことから課題関連情報の認知を反映して P3 が増大したものと考えられる (Figure 4)。

誤試行を確信度の高低別に加算したところ、FN 振幅は同程度であったが、P3 は高確信度試行のほうが大きかった。連合強度の強い記憶ほど誤り認知後に修正されやすいが (Butterfield & Metcalfe, 2001)、それはエラー処理後の情報処理が関与していることが示唆された。

4. 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 3 件)

- ① 岩木信喜、樋口匡貴、高橋功、2-4-6 課題

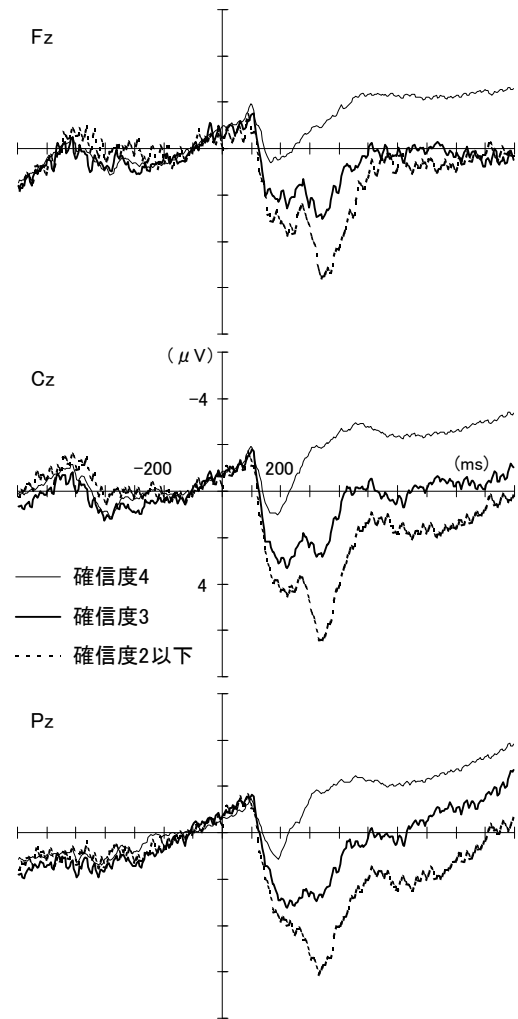


Figure 4. Grand average waveforms for each subjective confidence level in correct trials.

における仮説検証方略、九州女子大学紀要、43 巻、51-62、2006、査読無

- ② Kim, E. Y., Iwaki, N., Imashioya, H., Uno, H., & Fujita, T., Error-related negativity in a visual go/ no-go task: Children vs. adults, *Developmental Neuropsychology*, 31 巻、181-191、2007、査読有
- ③ Iwaki, N., Sasaki, A., & Akasaka, R., Relation of flexibility to failure on information valence evaluation in a reasoning task: An electrophysiological study, *Bulletin of Kyushu Women's University*, 45 巻、1-16、2009、査読無

[学会発表] (計 5 件)

- ① Iwaki, N., Sasaki, A., & Fujiwara, N., Contingency judgment and P3 amplitude in a rule discovery task, *The Society for Psychophysiological Research, The 46th Annual Meeting (Vancouver, BC, Canada)*, 2006、査読有
- ② 岩木信喜、「ヒュームの帰納の問題」の心

理学的意味、日本心理学会第 70 回大会
(九州大学)、2006、査読無

- ③ Iwaki, N., Ifuku, M., & A-nan, S.、Feedback negativity in contingency judgment、The Society for Psychophysiological Research, The 47th Annual Meeting (Savannah, Georgia, USA)、2007、査読有
- ④ 岩木信喜、「ヒュームの帰納の問題」の心理学的意味 (2) —理論負荷の 2 つの意味一、日本教育心理学会第 49 回総会 (文教大学)、査読無
- ⑤ 岩木信喜、「ヒュームの帰納の問題」の心理学的意味 (3) —普遍概念の経験超越性とゲシュタルト知覚一、日本教育心理学会第 50 回総会 (東京学芸大学)、査読無

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]
○出願状況 (計 0 件)

[その他]
ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩木 信喜 (IWAKI NOBUYOSHI)
九州女子大学・人間科学部・教授
研究者番号：80341593

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし