

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目： 若手研究(B)

研究期間： 2007 ～ 2009

課題番号： 19700256

研究課題名(和文) 知識依存知覚情報処理過程における脳波活動および眼球運動の特性

研究課題名(英文) Properties of EEG and eye-movements in knowledge-guided perception

研究代表者 中谷 裕教 (NAKATANI HIRONORI)

独立行政法人理化学研究所・創発知能ダイナミクス研究チーム・研究員

研究者番号： 30333868

研究成果の概要：

視覚情報の知覚過程に知識や経験がどのような影響を与えるのかを調べるために実験課題に将棋を用い、将棋の棋力と駒組の認識に関わる脳波活動の関係を調べた。将棋において意味のある駒組を上級者に提示したところ、約 200 ミリ秒の潜時で頭頂部に活動が現れた。このような活動はデタラメな駒組に対しては現れず、また初心者は意味の有無に関わらず 300 ミリ秒の潜時で活動を示した。この結果は知識が知覚情報処理を促進することを意味する。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	0	2,600,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	210,000	3,510,000

研究分野： 総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード： 知覚、知識依存情報処理、脳波、将棋、駒組認識、短期記憶、 α 波、 β 波

1. 研究開始当初の背景

課題や作業に熟練した人は、問題が提示されると論理的に考えることなくいわば「直感的」に答えを出すことができる。この経験に基づいた直感的な思考は特殊な作業に限ったものではなく、言葉の理解や状況の判断など日常生活に必要な知識や経験に基づいた知覚・認識に関わる脳機能全てに当てはまる。

一方、脳における情報処理は一般には階層的に行われていると考えられている。例えば

視覚入力はずっと始めに後頭部の視覚野において輪郭の向きなどの単純な特徴が抽出され、それらを側頭部へかけての腹側視覚経路でボトムアップ的に統合される過程で物体の認識が行われているとされている。しかしながら視覚入力は物体の全ての属性を表現しているわけではないので、知覚過程は不良設定問題を解く過程に帰着され、拘束条件無しにボトムアップ的な処理だけで物体認識を行うことは不可能である。

例えば言葉の理解には言語についての事

前知識が不可欠であるように、本研究では視覚入力 of 知覚過程では対象についての事前知識が重要な役割を担っていると考える。つまり、事前知識に基づいたトップダウン的な処理が不良設定問題の拘束条件を与え、事前知識に基づいて視覚入力に解釈を加えることで知覚がなされる。しかしながら、研究開始当初は知覚情報処理過程を不良設定問題を解く過程と捉え、知識が拘束条件として働くという視点は無かった。そこで本研究では知識が知覚情報処理過程に与える影響について調べた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、課題についての知識が知覚情報処理過程に与える影響を調べることである。また本研究では知覚情報処理は提示された刺激を単に認識することではなく、その意味や状況の理解も含むと考える。知覚情報処理をこのように捉えると、例えば熟練者は問題が提示されると論理的に考えることなくいわば「直感的」に答を出すことができるが、このような経験に基づいた直感的な判断も知識依存の知覚情報処理の一種だと考えることができる。そこで直感的な判断を知識依存知覚情報処理の枠組みで理解することも将来の研究目的として念頭におき、課題についての知識が視覚情報の知覚過程およびそれに関連した脳波活動や眼球運動のダイナミクスに与える影響を調べた。

3. 研究の方法

実験には将棋を題材にした課題を用いる。将棋を実験課題に用いることには、(1)課題についての知識や経験を段や級などで比較的定量的に評価できる(2)「詰将棋」や「次の一手問題」などにおいて駒の配置を変えるだけで課題の特性や難易度を容易に変えられるといった利点がある。

<実験参加者>

実験参加者は18人で、将棋の上級者(アマ四段程度)、中級者(アマ初段程度)、初心者の3グループから構成され、各グループの人数は6人である。

<実験課題>

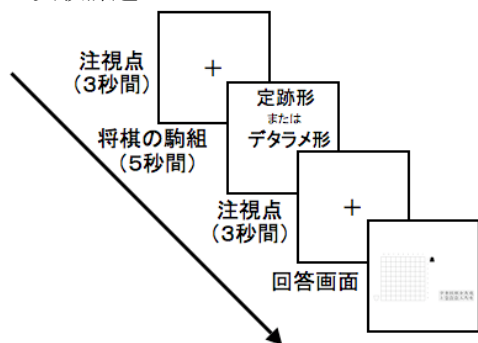


図1 実験課題：将棋の駒組の知覚と記憶

10枚程度の将棋の駒から構成された2種類の将棋の駒組を用いて実験を行った。一つは将棋において意味のある定跡形であり、上級者が見るとひとまとまりのものとして認識される(一種の知覚群化)ものである。もう一つは定跡形の駒の並びをランダムに並べ替えたデタラメのものである。定跡形とデタラメでは駒の並び順のみが異なり、駒の数・種類および駒が存在する升目は一緒である。そのため将棋の知識を持ち合わせていない初心者にとっては定跡形とデタラメの区別はつかない。

図1に示すように定跡形またはデタラメなものを5秒間提示し、実験参加者はその間で駒組を記憶する。その3秒後にモニタに提示された将棋盤と駒を用いて、提示された駒組の再現を試みる。駒組の知覚過程に関連した脳活動は駒組提示直後の脳波活動を用いて解析する。また駒組提示後の3秒間の注視点表示期間の脳波活動からは駒組の心的イメージに関連した脳活動の特性を解析する。定跡形とデタラメはそれぞれ50題用意し、100試行の実験を行った。

<脳波計測>

不分極電極である銀・塩化銀電極を国際10/20法に従って19個頭部に配置し、脳波計測を行った。この際GND電極は額に、参照電極は左耳に装着した。また眼電信号も同時に計測した。標本化周波数は500Hz、増幅率は60dB、帯域通過型フィルタ(一次)の遮断周波数は0.1Hzおよび100Hzとした。

<解析>

(1) . 記憶実験の成績 :

定跡形およびデタラメそれぞれの記憶課題の成績を被験者ごとに求めた。

(2) . 刺激への反応時間 :

駒組を将棋盤の四隅のどこかに提示したので、駒組を提示すると直後に視点が変化する傾向にあった。刺激への反応時間が実験参加者の棋力や駒組の種類(定跡形やデタラメ)によってどのように変化するかを調べるために、駒組提示から最初のサッケードまでの時間を調べた。

(3) . 駒組の知覚過程に関連した脳波活動 :

計測した脳波活動から眼球運動由来のアーチファクトを除去するために、独立成分分析の手法を用いた。FastICAのアルゴリズムを用いて計測信号を各独立成分に分解し、眼球運動由来の成分を取り除いた後に再構成した。その後、連続wavelet変換を用いて各チャンネルの信号を時間周波数領域上の振幅および位相の各成分に展開した。振幅および位相のデータを定跡形とデタラメに分け、振幅からは加算平均波形を、位相からは位相固定指標をそれぞれ求めた。

(4) . 駒組の記憶保持に関連した脳波活動：
 上記の知覚過程に関連した脳波活動と同様にして時間周波数領域上の振幅波形を駒組提示時および注視点提示時の脳波活動に対して求める。その後、周波数領域上で振幅の加算平均を算出することで、スペクトル波形を求めた。

4. 研究成果

(1) . 記憶実験の成績

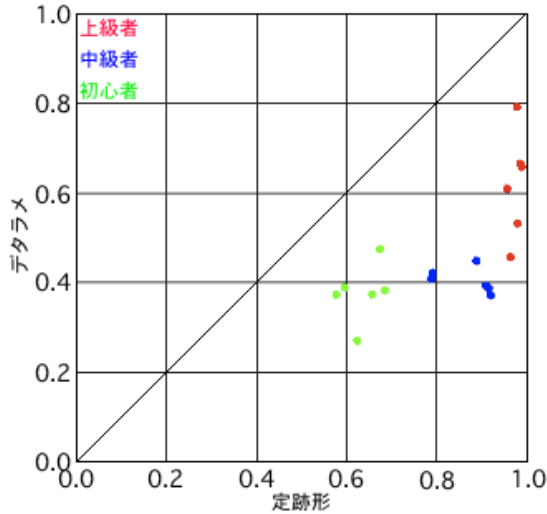


図2 記憶実験の成績

図2に駒組の記憶に関する成績を示す。横軸は定跡形についての成績で、縦軸はデタラメについてのものである。各点は各実験参加者の成績で、色が棋力に対応した3つのグループを示す。全ての実験参加者に共通して定跡形に対する成績がデタラメなものより良く、また棋力の高いグループほど定跡形に対する成績が良い。この結果は、本実験課題の遂行には将棋の知識が重要な役割を果たしていることを示唆している。故にこの課題遂行中の脳波活動には、知識が知覚情報処理に与える影響を反映した活動が含まれているはずである。

実験終了後に実験参加者に感想を聞いたところ、定跡形が提示された場合に上級者は「知っている形なのでその場で覚える必要はなかった」と述べていた。駒配置を一枚ずつ覚えようとしていた初心者とは違い、上級者は視覚情報を手掛かりに脳内にある情報にアクセスし、その情報を作業記憶上に保持していたのだと考えられる。また、定跡形とデタラメの違いは駒の並び順のみで、駒の数・種類、駒が存在する升目は同一である。それ故、将棋の知識は駒と駒の関係に関わるものであり、駒の関係性を手掛かりにして将棋の知識の活用がなされたと思われる。

(2) . 刺激への反応時間

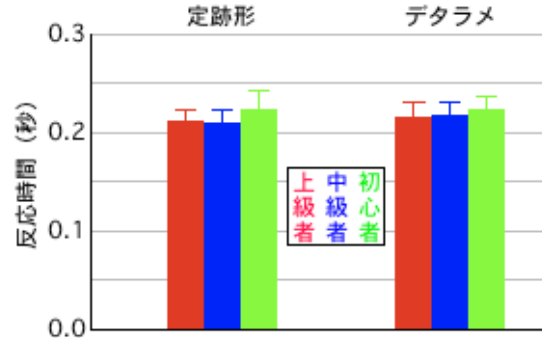
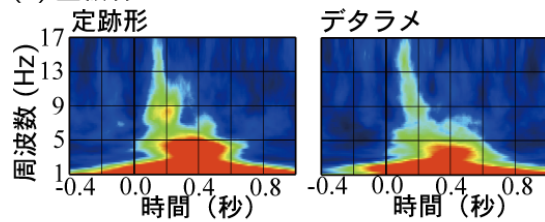


図3 駒組提示に対するサッケードの反応時間

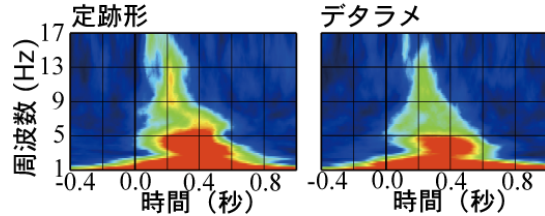
図3に駒組提示からサッケード開始までの時間を示す。上級者と中級者は、統計的には有意ではないが、デタラメなものより定跡形に早く反応する傾向があった。このことから、定跡形はデタラメに比べ、将棋の知識を有する上級者や中級者にとって注意をひきやすい刺激であると考えられることができる。

(3) . 駒組の知覚過程に関連した脳波活動

(a) 上級者



(b) 中級者



(c) 初心者

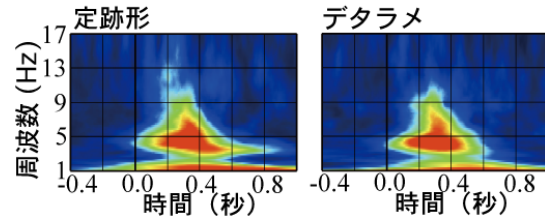


図4 駒組提示に対する頭頂部 (Pz) の位相固定指標

駒組提示に対する頭頂部 (Pz) の位相固定指標の値を図4に示す。特徴的な反応は上級者に定跡形を提示した時に現れる α 波の活動で、駒組提示から0.2秒後に出ている。この活動はデタラメを提示した時には現れて

いないので、上級者は駒組提示から0.2秒で駒組の種類を識別できていることを意味する。図4では中級者も定跡形に対して同様の活動を示しているように見えるが、この活動を示したのは6人中1人のみで、定跡形とデタラメを統計的に比較したところ有意差は無かった。初心者も α 波を出していないことから、上級者が定跡形に対して示した α 波の活動は知識に依存した知覚情報処理過程を反映したものであると思われる。

4-5Hz帯域の活動を見ると、実験参加者の棋力に関係なく、また提示した駒組の種類にも関係なく、駒組提示から0.3-0.4秒で活動が現れた。故にこの活動は将棋の知識を反映したものではなく、個々の駒の認識という将棋とは無関係の知識を用いた処理を反映したものであると思われる。

図4の波形から、課題に関連した知識が十分にあれば、刺激の種類などの大まかな属性の処理は非常に早い段階で行われ、その後には個々の詳細についての処理が行われるということが考察される。

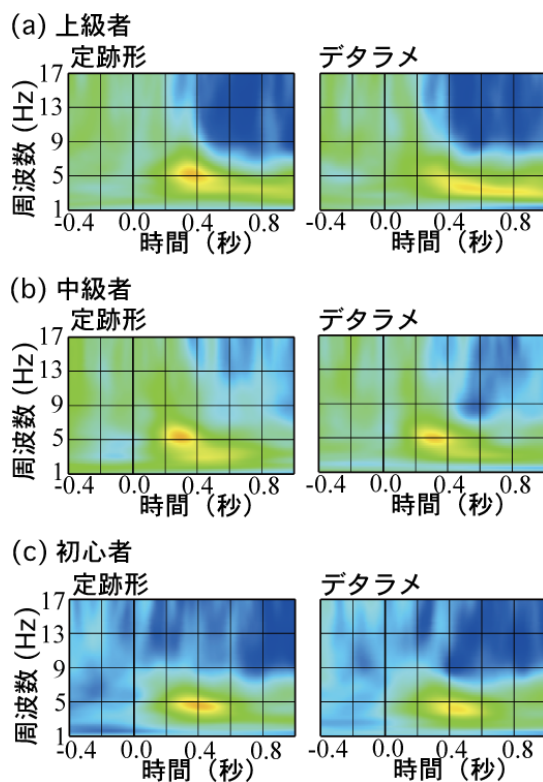


図5 駒組提示に対する前頭部 (Fz) の加算平均波形

駒組提示に対する前頭部 (Fz) の加算平均波形を図5に示す。初心者や中級者に駒組を提示した場合は、駒組の種類によらず4-6Hz帯域の活動が0.3-0.4秒の潜時で現れたのに対し、上級者はそのような活動はデタラメなものに対しては示さなかった。将棋の知識が

十分に蓄積されると、対局に現れないようなデタラメな駒組に対して違和感を感じるようになる。図5の結果は、このような違和感を感じる刺激に対しては前頭部は反応しないことを示唆している。駒組に対して違和感を感じるのも将棋の知識に深く依存しているので、前頭部に活動が現れないことも知識に依存した知覚情報処理過程を反映したものであると考えられる。

(4) . 駒組の記憶保持に関連した脳波活動

駒組提示：定跡 記憶保持：定跡
駒組提示：デタラメ 記憶保持：デタラメ

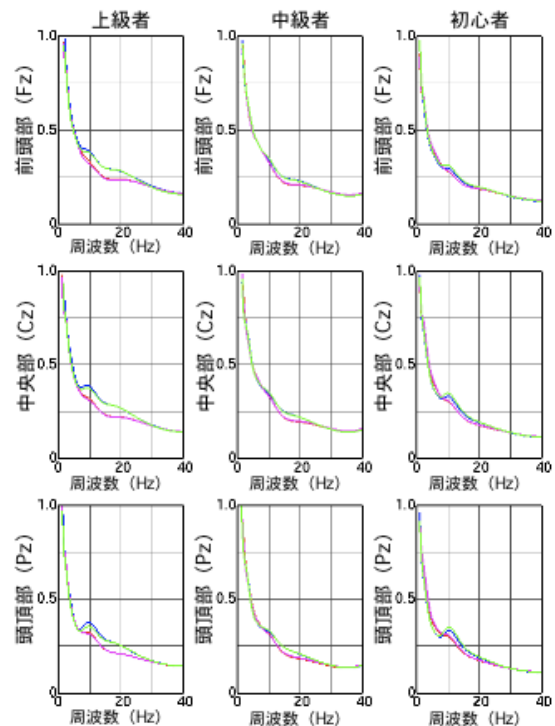


図6 駒組提示中および記憶保持中の前頭部・中央部・頭頂部の脳波のスペクトル

実験後の感想で上級者は定跡形に対して「知っている形なのでその場で覚える必要はなかった」と述べていた。記憶課題において心的イメージとして保持する情報は、棋力によって異なる可能性がある。例えば、初心者は提示された駒組そのものであるが、上級者は提示された駒組を基に脳内部から取り出した駒組についての情報を心的イメージとして保持していることも考えられる。そのため記憶保持中の脳波活動も棋力に応じて異なる可能性がある。そこで図6に示すように、駒組提示時と記憶保持時のスペクトルをそれぞれ求め、棋力との関係を調べた。

特徴的なことは、初心者では駒組提示時と記憶保持時のスペクトルに大きな違いはなく、中級者では記憶保持時に β 波が増加する。上級者になると β 波だけでなく α 波も増加し、棋力に依存して記憶保持時の脳活動が変

化することが示唆される。また定跡形とデタラメでは、差はほとんど無かった。このことから、記憶保持時に増加したβ波やα波は将棋の知識として脳内に蓄積されている駒組の心的イメージそのものを反映したのではなく、個々の駒に対する価値観など駒組の記憶を保持する際に土台となる将棋の知識を反映したものであると考えられる。

以上、駒組の知覚過程に関連した脳波活動および駒組の記憶保持に関連した脳波活動の解析から、知覚情報処理過程は知識の増加や熟練に伴い量的ではなく質的に変化すると結論づけられる。

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)

[学会発表] (計2件)

Hironori Nakatani, Yoko Yamaguchi : EEG dynamics characterizing perception and working memory of piece positions of shogi (a Japanese version of chess). Society for Neuroscience, 2008年11月17日, The Walter E. Washington Convention Center

中谷裕教, 山口陽子 : EEG dynamics related with expertise; rapid, knowledge-guided perception in shogi task. 平成20年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2008年8月21日, 公立ほこだて未来大学

[その他]

平成20年電気学会電子・情報・システム部門大会での発表に対して、電子・情報・システム部門奨励賞が授与された

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中谷 裕教 (NAKATANI HIRONORI)

独立行政法人理化学研究所・創発知能ダイナミクス研究チーム・研究員

研究者番号 : 30333868