

2012 年度 修士論文

暗黙的学習における座標学習について

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科
スポーツ認知神経科学専攻 身体運動科学研究領域
5011A065-9

原田 恵

研究指導教員：正木 宏明 准教授

目次

1. 序論

1-1.はじめに	1
1-2.暗黙的な刺激規則性学習	2
1-3.暗黙的学習と明示的学習	4
1-4.刺激—反応学習説	5
1-5.刺激—刺激学習説	6
1-6 反応—反応学習説	7
1-7.事象関連電位 (ERP)	7
1-8.提言：外部座標学習説と内部座標学習説	9
1-9.仮説	10

2. 方法

2-1.実験参加者	12
2-2.実験場所・実験器材	12
2-3.記録した指標	12
2-4.実験手続	
2-4-1.練習ブロック	12
2-4-2.テストブロック	13
2-4-3.質問紙	14

3. 結果

3-1.質問紙	15
3-2.反応時間	16
3-3.エラー率	17
3-4.P300・N2	18
3-5.LRP	20

4. 考察

4-1.学習自覚度と学習程度の群間差	23
4-2.暗黙的学習の成立—エラー率と反応時間より—	23
4-3.注意容量配分の変化—P300 と N2 より—	25
4-4.暗黙的学習による反応準備—LRP より—	26
4-5.総合考察	27

参考文献表

謝辞

付録 1. 質問紙

1.序論

1-1.はじめに

学習とは「繰り返し経験することで行動が変容していくという過程」であるが(葛西, 2000), 学習が意図的に行われなかったり, 学習者自身が学習の進行を自覚しない場合もある. そのような学習は **implicit learning** と呼ばれており, Willingham et al.の研究が草分けとなっている(Willingham et al., 1989). なお, Tolman & Honzik (1930)が提唱した潜在学習(latent learning)は, 報酬がなくても経験によって進む学習を指しており, 意識の有無に注目した **implicit learning** とは別物である. 本稿では両者の違いを明確にするため, 久保田他(2007)の表現に則り, **implicit learning** を暗黙的学習と呼ぶ. 暗黙的学習は, 主に反応時間や正答率(あるいはエラー率)などの行動指標によってその存在が示されてきた.

暗黙的学習は, 3 つに大別される. 1 つ目は単語のカテゴリー分けの学習, 2 つ目は複雑なルールの学習, 3 つ目は刺激の規則性の学習である. 特に, 刺激規則性学習には, スキル動作学習の要素が含まれている. スキル学習時は小脳の活動が漸減していく代わりに大脳基底核を構成する被殻の活動が活発になり, 学習過程が脳電位でとらえやすい. そのため, 暗黙的学習を起こす 3 種類の課題の中でも, 刺激規則性学習課題を用いれば, 従来の行動指標に頼った研究とは異なり, 生理指標からの検証が可能となる.

刺激規則性学習における争点は, 何を学習したのかという点である. 従来提唱されてきた仮説は 3 種類ある. 刺激が反応にどれだけ関連しているかを学習したとする「刺激—反応学習説」と, 刺激の呈示位置を学習したとする「刺激—刺激学習説」と, 反応動作を学習したとする「反応—反応学習説」である. それぞれの説を裏付ける先行研究は後述する.

しかしながら, この 3 つの仮説だけでは学習の可能性を網羅できていない. 運動には, 「どこに動かすか」と「どこを動かすか」という選択が必要である. 反応—反応学習説では, それらのどちらを学習したのかまでは言及されていない.

そこで本研究では, 外部座標学習説と内部座標学習説を提案する. 外部座標学習説とは自分の身体の外にある事物の位置を学習すると考える仮説であり,

内部座標学習説とは動かすべき効果器を学習すると考える仮説である。ピアノの演奏を例に挙げると、演奏者は長い曲を弾くために、鍵盤のシークエンスを学習したとするのが外部座標学習説であり、指のシークエンスを学習したとするのが内部座標学習説である。本研究では、座標概念を取り入れ、外部座標学習説と内部座標学習説のそれぞれの妥当性を考察する。

先述したように、刺激規則性学習を捉えるのに適した生理指標は脳電位である。脳電位には、持続的な電気活動である脳波と、ある事象に対応した一過性の変化を表す事象関連電位(event-related potential: ERP)がある。刺激規則性学習は時系列的に進行するため、一過性の変化を表す ERP で捉えられると考えられる。ERP には、反応肢の選択終了と同時に出る偏側性準備電位(lateralized readiness potential: LRP)や、定位反応や注意の大きさと振幅が比例する N2, P300 という電位がある。暗黙的な刺激規則性学習は、これらの電位に影響すると考えられる。

本研究では、刺激規則性学習において、外部座標学習説と内部座標学習説が適用可能かを反応時間、エラー率、ERP を用いて考察する。また、従来の刺激—反応学習説・刺激—刺激学習説・反応—反応学習説の妥当性も併せて考察する。

1-2.暗黙的な刺激規則性学習

暗黙的な刺激規則性学習を初めて示したのは Willingham et al.の研究である (Willingham et al., 1989)。彼らの研究では、着色された X 刺激が 4 つの位置に呈示され、刺激の色をボタン押しで答えることが課題であった。刺激の位置や色の呈示順序には連続性があったが、実験参加者には知らされなかった。この課題は連続的反応 (serial reaction time: SRT) 課題と呼ばれ、後に多数の研究で用いられた。

Willingham et al.は、刺激の位置に連続性を持たせた認知シークエンス群と、刺激の色に連続性を持たせた運動シークエンス群と、連続性を持たせなかったコントロール群の 3 群を設定し、反応時間と正答率の変化を群間および群内で比較した。その結果、連続性を持たせた 2 群は、試行数を重ねるごとに反応時間が短縮した。しかし、行動指標が変化したにも関わらず、実験参加者は連続

性に気づくことはなかったという。この自覚を伴わない学習は暗黙的学習と呼ばれた。現在では暗黙的学習は前述した 3 つに大別されているが、Willingham et al.の研究はその中の刺激規則性学習に相当する。

しかしながら、Willingham et al.の知見を精査すると、運動シーケンス群とコントロール群との間には反応時間の差があったのに対し、認知シーケンス群とコントロール群との間には差はなかった。このことは、運動シーケンス群でのみ刺激規則性学習が起こったことを示唆しており、運動シーケンス群と認知シーケンス群の両群で刺激規則性学習が生じるとする Willingham et al.の解釈に矛盾する。

この矛盾を解決するには、試行に伴う反応時間の短縮は一般的学習(*general learning*)であり、シーケンスが存在するブロックの後にシーケンスのないブロックを挿入すると生じる反応時間の遅延で確認できる連続性学習(*sequence learning*)と区別すべきである(Deroost, 2006)。この考え方に基づくと、一般的学習とは「刺激の位置に対応するボタンを押す」という行動を学習した運動学習にすぎず、連続性学習こそ刺激規則性学習を表すということになる。Willingham et al.の研究当時はこの概念がなかったため、一般的学習を刺激規則性学習として捉えてしまっていたと推測される。

このように、刺激規則性学習の成立を示す方法は研究間で異なっているのが現状である。そのため、Willingham et al.の解釈は間違っているとも断言できない。最も主流な方法は、シーケンスの有るブロックと無いブロックで反応時間を比較し、前者の反応時間が後者よりも短縮していれば暗黙的学習を認めるとする、Deroost (2006)の方法論である。類似した方法として、シーケンスの有る練習期の終了後に行うテストとして、シーケンスの有るテストブロックと、刺激をランダム呈示するシーケンスの無いテストブロックを 1 ブロックずつ設定する方法がある。シーケンスブロックの反応時間の方がランダムブロックよりも短縮していれば刺激規則性学習を認めることとなる(DeCoster & O'Mally, 2011)。

刺激規則性学習では一般に、反応選択は 4 種類あり、1 シーケンスは 8~12 試行から構成されている。例えば、縦に並んだ 4 つの四角い枠内のいずれかに刺激が呈示され、その刺激に対応するボタン押しで反応する SRT 課題が用いら

れる．さらに，多くの研究で共通して用いられてきたシーケンスがある．一番上の枠から下の枠まで番号を順に付した場合，124313214234 というシーケンスを用いることがパラダイムとなっている (DeCoster, & O'Mally, 2011)．

1-3.暗黙的学習と明示的学習

暗黙的学習の存在が認知されている現在，気付きは学習の成立に不可欠ではないとする意見が多い (Rüsseler, & Rösler, 2000; Dienes & Berry, 1997; 水原, 1994)．気付きがあれば学習は促進されるが，無くとも学習は生じるというのである．暗黙的学習に対して，気づきを伴う学習は明示的学習 (explicit learning) と呼ばれている．

明示的学習は，暗黙的学習と対照的な学習であり，学習者が自身の学習の進行や課題に隠されたルールに気づくことを伴う．例えば，学習者が SRT 課題においてシーケンスの存在に気づいた場合は，明示的な刺激規則性学習が起こったことになる．

暗黙的学習を扱う研究では，明示的な学習が生じなかったことを確証する必要がある．Baldwin & Kutas (1997) は，シーケンスの存在した練習ブロック終了後，実験参加者に 1 つの刺激を呈示し，その次に呈示される刺激を 8 つの選択肢の中から回答させた．回答結果と実際のシーケンスとの一致率が 25% 以上になった場合には明示的学習が生じたと見なした．また，強制的に選択させる方法以外に自由記述を課す方法もある (Dienes & Berry, 1997)．

その他には，再現課題を用いる場合も多い (Willingham et al., 1989; Cohen et al., 1990; Howard et al., 1992; 水原, 1994)．再現課題は，シーケンスの有る練習ブロック終了後に実施され，キューが出たらシーケンスに関する知識を活かして，次に出るであろう刺激の位置をボタン押しで回答するものである．しかしながら，再現課題の成績によって学習を暗黙的か明示的に分類する場合は少ない．再現課題は，明示的学習の成立を確認するためではなく，学習の程度を量的に測定するためのものである．

暗黙的学習研究で重要な実験工夫は，明示的学習を抑制することである．水原 (1994) はシーケンスの有るブロックの中に，ランダムでシーケンスを構成しない試行を 50% 挿入することで，明示的学習の抑制に成功している．

ただし、明示的学習を過度に抑制することで、暗黙的学習が阻害されてしまうのも避けるべきである。そのため、両学習の境界を理解することは重要である。明示的学習と暗黙的学習に境界を設定することは Dienes & Berry (1997) が提言している。彼らは、知識の閾値として、客観域と主観域の存在を挙げた。客観域とは、それを超えると暗黙的学習が生じる閾値を指し、再現課題の成績がチャンスレベル以下であれば知識は客観域より下であるとみなされる。一方、主観域とは、それを超えると明示的学習が生じる閾値を指し、知識に関するメタ認知がない場合や、自由記述の正答率が低い場合には、知識は主観域より下であるとみなされる。つまり、明示的学習と暗黙的学習の境界は、知識が主観域に達するレベルにあることになる。再現課題ではチャンスレベルを超えているものの、知識に関するメタ認知が生まれない学習こそが暗黙的学習ということになる。

ただし、暗黙的学習の成立において、再現課題でチャンスレベルを超える事だけでは必要十分ではない。1-2 で述べたとおり、シークエンスの有るブロックとシークエンスの無いブロックで反応時間を比較し、暗黙的な刺激規則性学習の成立を確認する必要もある。

1-4.刺激—反応学習説

暗黙的な刺激規則性学習では、何を学習したのかという点で説が3つに分かれている。そのうちの 하나가、刺激と反応との関連性の学習を強調した刺激—反応学習説である。

関連刺激が与えられた場合にのみ学習が成立すると考え、先述した Willingham et al. (1989)の研究はこの説を支持する。Willingham et al.の用いた刺激は位置と色の情報を内包していたが、実験参加者は色に対して反応することを求められた。刺激の呈示位置に連続性を持たせた群と、刺激の色に連続性を持たせた群を設定した結果、色という関連刺激に連続性を持たせた群でのみ刺激規則性学習が生じた。すなわち、関連刺激が与えられた場合にのみ学習が生じたのである。

刺激—反応学習説では、学習における注意の有無を重視している。呈示された刺激が関連刺激か無関連刺激かを見分けるには注意が必要なためである。注

意を強調した立場として、気づきがなくても注意が暗黙的学習に必要なとする見解や(Baldwin & Kutas, 1997), 二重課題などの注意の結びつきが曖昧なシーケンスでは刺激規則性学習は起こらないとする主張がある(Howard et al., 1992). また, French & Miner (1994)は, 反応から次の刺激呈示までのインターバル(response-stimulus interval: RSI) が 1500 ミリ秒(ms)と長くなると, 刺激規則性学習は生じないことを報告した. しかしながらこの結果は, RSI が長かったために注意が持続しなかったことに起因したとも解釈できる.

1-5.刺激—刺激学習説

暗黙的な刺激規則性学習では刺激の呈示位置を学んだとする説を, 刺激—刺激学習説という. この説を裏付ける最大の研究結果は, 刺激に対して運動反応を行わなくても暗黙的な刺激規則性学習が起こったというものである(Kinder et al., 2008; DeCoster & O'Malley, 2011; Howard et al., 1992).

ここでいう運動反応とは, ボタン押しのことである. Kinder et al. (2008) は実験参加者に, ボタン押しの代わりにサッカード(急速眼球運動)で刺激の位置を答えさせた. その結果, シーケンスの有るブロックの方が無いブロックよりもサッカードの準備過程が顕著であり, 刺激規則性学習はボタン押しを課さなくても生じることを見出した. さらに, 実験参加者に反応を一切求めず, 呈示刺激を単に観察する条件でも刺激規則性学習は生じた(Howard et al., 1992).

ちなみに, このサッカードを用いた研究結果は, 刺激—反応学習説と同じく, 学習と注意との強い相関関係を示唆している. 眼球運動の準備(プログラム)によって注意が次の目標位置まで移動し, その結果, 次のサッカードの目標位置が決定されるという. これは眼球運動の前注意理論と呼ばれ(Rizzolatti et al., 1987), サッカード準備の学習は, 注意移動の学習につながることを指す.

また, Deroost (2006) は刺激規則性学習のモデルの特徴は, 受動的かつシーケンス構成アイテムを合体させていく結合性であると主張している. 「受動的」という記述は, 積極的な運動反応は不要だと読み取れる.

1-6. 反応—反応学習説

反応—反応学習説では暗黙的な刺激規則性学習で学習したのは反応運動だと考える。この仮説の支持者は、刺激規則性は受動的に学習されることはなく、運動反応の随伴によってはじめて学習が生じると主張し、刺激—刺激学習説と対立している(Baldwin & Kutas, 1997)。

Cohen et al. (1990) は、各効果器が独立して刺激の規則性を学習すると主張し、その学習は転移可能であるとしている。Cohen et al.が行った実験では、練習ブロックでは3つの各ボタンに1本ずつ指を割り当て、刺激に対応したボタン押し反応をさせた。一方、練習ブロック後に行う転移テストでは、ボタン反応は1本の反応指に限定して行わせた。これは、指という効果器から、腕という効果器への転移をみるための手続きであった。結果は、転移テストでも刺激の規則性に関する知識が残っており、指が暗黙的に学習したシーケンスは腕にも転移した。各効果器間で学習の転移を起こすには運動反応が不可欠であるため、Cohen et al.は反応—反応学習説の立場にある。

さらに、Howard et al. (1992) も、シーケンスに関する知識は特定の運動システム毎に独立しているとし、Cohen et al.と同意見である。

1-7. 事象関連電位 (ERP)

頭皮上で記録される脳波のうち、ある事象に対応した一過性の変化を表す電位変化をERPという。その中でも、反応選択の終了に伴って生起するLRP、注意を反映して増大するP300とN2は心的時間研究(mental-chronometry)で応用されてきたERPである。暗黙的な刺激規則性学習を検討するうえでLRP、P300、N2は有効なツールであると考えられる。

セルフペースで行う運動の1～2秒前から陰性方向に立ちあがる緩電位変動は準備電位として知られている(Kornhuber & Deecke, 1964)。準備電位は動作開始の約400ms前から反応肢と反対側の感覚運動野で大きくなる(Shibasaki et al., 1980)。この左右半球間の電位差を差波形として求めたものがLRPである。

LRPは時間軸上のトリガの選択によって2種類を算出することができる。刺激呈示時点を基準に加算平均して得たものが刺激同期LRP(stimulus-locked LRP)である。

P: S-locked LRP)であり，反応開始時間を基準に加算平均して得たものが反応同期 LRP(response-locked LRP: R-locked LRP)である．LRP は脳内情報処理において反応選択段階が終了した時点から立ち上がる(Masaki et al., 2004)．このことから，刺激呈示時点から計測した S-locked LRP の出現潜時が刺激関連処理に要した時間を表し，R-locked LRP 出現時点から反応開始時点までの時間が反応関連処理に要した時間を表す．(図 1 参照)．

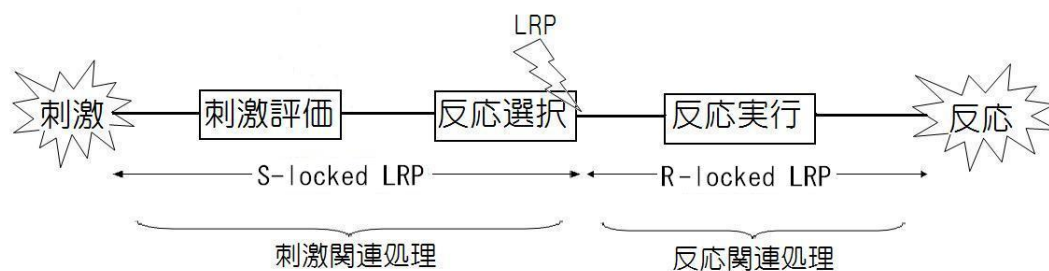


図 1.LRP

脳が示す受動的な定位反応成分のうち，刺激呈示後約 200ms に頂点をとる陰性電位を総称して，N2 と呼ぶ(沖田他，1998)．N2 には，先行刺激と現刺激のミスマッチと関連しているミスマッチ陰性電位(MMN)や，予期しない刺激に対する注意の焦点化を反映する N2b，刺激分類に関わる N2c，空間的な注意選択を反映する N2pc などが含まれている(沖田他，1998; Kiss et al., 2008)．これらの成分の振幅は，トップダウンの注意が発生する前の，前注意過程と呼ばれる脳内情報処理ステージにおける自動処理を反映している．N2 の発生場所は，国際 10-20 法の表記に基づくと，Pz や Fz である．

P300 は刺激呈示の約 300～800ms 後に，頭頂部優勢に出現する陽性成分である．P300 振幅は，刺激や課題遂行に対して配分された注意資源量を反映する(沖田他，1997)．つまり，N2 がボトムアップの定位反応を示すのに対し，P300 はトップダウンの注意を示す．

暗黙的な学習の特徴は，学習についての自覚はないがパフォーマンスは向上する点である．パフォーマンスの向上とは反応時間の短縮であるため，LRP 潜時の短縮でもある．LRP 潜時の変化を追えば，暗黙的な学習が進行する様子を

追うことができる。

また、学習が進行して次に動かす手の準備ができれば、刺激が持つ「どの手を動かすか」という情報は不要となり、「いつ押すか」という情報に対してのみ注意を払うことになる。そのため、学習の進行とともに N2 と P300 の振幅は共に小さくなると考えられる。

1-8.提言：外部座標学習説と内部座標学習説

久保田他(2007)は運動学習を、適応的運動学習と連続的運動学習の二種類に大別している。適応的運動学習は「感覚情報に基づいて行う」運動学習とし、連続的運動学習は「連続的に繰り返される動作や行動の中から、動作順序に関する知識の獲得を行う」運動学習である(Pp.66-69)。本稿で刺激規則性学習と呼んでいる学習は、運動を伴えば連続的運動学習であるため、ほぼ同義として扱う。

しかしながら、本研究では、適応的運動学習の解析に関与する内部座標と外部座標の観点を強調する。内部座標とは、関節角度や筋肉が生成する力などの身体内部の関係を指す。一方、外部座標とは、ターゲットの位置やそれまでの運動軌跡と定義される。適応的運動学習では、これら二つの座標を感覚情報から運動情報に変換して、それに適応することを学習する。一方、連続的運動学習では、運動順序や動作のグループ化のみが注目されており、外部座標と内部座標は考慮されていない。

しかし、外部座標と内部座標はお互いに変換し合い、運動を生む。そのため、運動学習の一つである連続的運動学習においても外部座標と内部座標は考慮しなければならない。この意見を裏付ける、暗黙的な刺激規則性学習についての先行研究がある。Deroost (2006) は、実験的に操作はしていないものの、反応を効果器と反応位置の概念に分離している。さらに、Wallace (1971) はボディーコード(body code) とスペースコード(space code) の存在を提唱している。ボディーコードとは運動出力がつながっている各効果器のセットであり、スペースコードとは効果器の位置を変える度に更新される。ボディーコードは内部座標、スペースコードは外部座標ともいえる。

さて、「動作順序に関する知識の獲得を行う」連続的運動学習においては、

外部座標と内部座標のどちらが学習に必要なのだろうか．外部座標と内部座標はお互いに変換し合い運動を生むと述べたが，暗黙的学習の成立には，片方の座標情報だけでも十分ではないだろうか．この疑問に答えるモデルを作るには，先述した反応－反応学習説を改良する必要がある．

反応－反応学習説では反応運動の必要性のみを主張しており，外部座標と内部座標については言及していない．そこで本研究では，外部座標学習説と内部座標学習説を提案する．外部座標学習説とは刺激規則性を学習するに当たり，外部座標を学習したとする説であり，内部座標学習説とは内部座標を学習したと考える説である．暗黙的学習で何を学んだかについての既存の3つの説と，外部・内部座標学習説のモデル図を以下に示す．

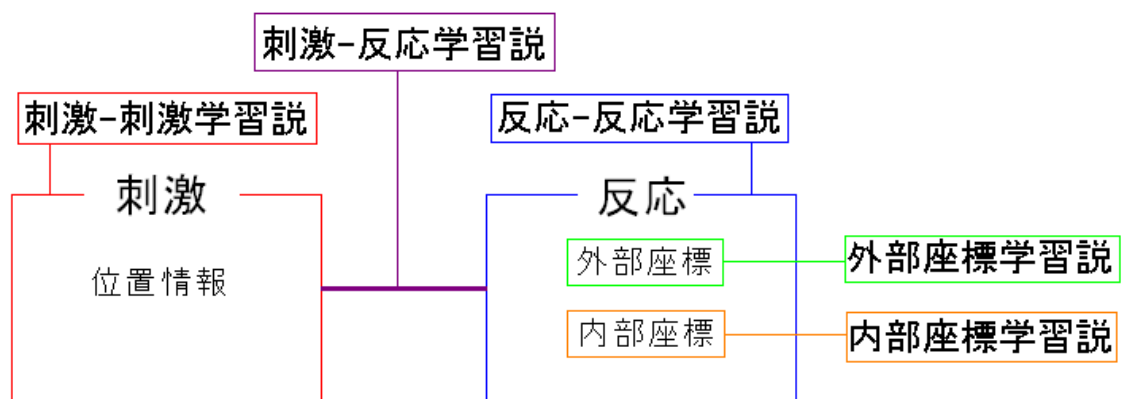


図 2.諸説のモデル図

本研究では，既存の SRT 課題に操作を加え，外部座標のみの学習を強化する群と内部座標のみの学習を強化する群を設定した．前者はボタンシーケンス (button sequence: 以下 BNT)群と呼び，後者はフィンガーシーケンス (finger-s-equence: 以下 FNG)群と呼ぶこととする．そして，両群の学習の発達を反応時間，エラー率，ERP を用いて比較し，外部座標と内部座標はそれぞれ暗黙的学習を成立させたかを考察する．

刺激規則性学習における学習内容には、3つの仮説があった。学習するのは刺激と反応との関連度であるとする「刺激—反応学習説」、学習するのは刺激の呈示位置であるとする「刺激—刺激学習説」、反応運動の学習だとする「反応—反応学習説」である。その一方で、反応運動には外部座標と内部座標が必要であるため、外部座標の学習を支持する「外部座標学習説」と、内部座標の学習を支持する「内部座標学習説」を新たに提唱する。本研究では、この外部座標学習説と内部座標学習説の妥当性を確かめるため、各座標系を操作した条件において、暗黙的学習の成立を、反応時間、エラー率、ERPから検証する。

規則性のある外部・内部座標を共に使用すると暗黙的学習が起こることは、反応—反応学習説で既に証明されている。しかし、規則性を持たせた座標を単独で使用したときでも暗黙的学習が生じるかについては研究されていない。刺激—反応学習説によれば、刺激に対する注意が暗黙的学習では必要とされた。本研究では全ての刺激が関連刺激であるため、課題遂行中に注意は喚起されるものと推測される。そのため、規則性のある座標を単独で使用しても暗黙的学習は生じると予測される。

また、パフォーマンスをより向上させる、つまり、より学習を促進させる座標系は、外部座標だと予測する。従来の知見がこの予測の根拠になっている。例えば、動物は運動学習の際に、各筋肉よりも空間情報に依拠することが示されてきた(Cohen et al., 1990)。この研究では、どの指の筋肉が動いたかという情報ではなく、指をどこに置いているかという情報をコード化して学習が生起すると考えている。さらに、刺激と反応の連合は、刺激と反応キーとの間で形成されるものであり、刺激と指との間では生じないことが示されている(Cohen et al., 1990)。

本研究で検討するBTN群とFNG群は両群ともに、シークエンスの存在するブロックでは反応時間は短縮し、N2とP300振幅は減少し、S-locked LRPとR-locked LRPの両潜時に短縮が見られると予測される。なお、このような指標の変化は、外部座標に規則性を持たせたBTN群の方が、FNG群よりも顕著であると予測される。

2.方法

2-1.実験参加者

心身ともに健康な大学生・大学院生 20 名（女性 8 名）が実験に参加した．平均年齢は 24.4 ± 7.02 歳であった．実験参加者は BTN 群（10 名，女性 3 名）と FNG 群（10 名，女性 5 名）に無作為に分けられた．全員正常視野を有しており，課題の遂行に問題はなかった．

2-2.実験場所・実験器材

早稲田大学所沢キャンパス 100 号館 570 実験室の防音室内で実験を行った．高さ 74cm のテーブルにモニタを置き，モニタと実験参加者の間隔は 1.2m とした．実験参加者の前方にマイクロホン，後方にスピーカとモニタを設置し，実験中は実験参加者を観察でき，かつ連絡が取れる状態にした．

2-3.記録した指標

刺激呈示から反応までの時間を反応時間とし，タキストスコープ(岩通アイセック社製)で記録した．また，脳波はデジタル脳波計(Biosemi 社製 Active-two)で頭皮上の 128 部位から DC 記録した．サンプリング周波数は 1024Hz とした．

2-4.実験手続

2-4-1.練習ブロック

両群とも，刺激の位置に対応したボタンを押す SRT 課題を実施した．内部座標と外部座標の暗黙的学習への効果を比べるためには，両群とも同じ課題をしつつ，シークエンスを外部座標の反応ボタンに設定するか，内部座標の指に設定するかを分けなければならなかった．そのため，SRT 課題で 1 ブロックごとに手を入れ替えるという操作を行い，同じ課題でシークエンスが設定された座標を群ごとに分けた．

BTN 群の課題は，手を入れ替えてもボタンに割り当てられたシークエンスは変わらないように，シークエンスを設定した．そのため，奇数ブロックでも偶数ブロックでも，124313214234 というシークエンスが繰り返された．

一方、FNG 群の課題は、手を入れ替えても指に割り振られたシーケンスは変わらないように、シーケンスを設定した。そのため、奇数ブロックでは 124313214234 というシーケンスが、偶数ブロックでは 342131432412 というシーケンスが繰り返された。

SRT 課題では、始めに黒い背景のモニタに白い四角の枠(視角 3°)が縦に 4 つ並んで(視角 6°)600ms 呈示された。その後、4 つのいずれかの枠の中に白い X が呈示された。実験参加者は X の位置に対応したボタンを、できるだけ速く正確に押すことを求められた。X はボタンが押されるまで呈示され、RSI は 1200ms であった。

実験参加者は左手と右手の中指と人差し指で、縦に並んだ 4 つのボタンを押した。右手と左手は各ブロックが終わるごとに入れ替えた。奇数ブロックでどちらの手を手前に置くかは実験参加者ごとにカウンタバランスを取った。

一つのシーケンスは 12 試行で形成され、10 個のシーケンスを 1 ブロックとした (1 ブロックあたり 120 試行)。1 ブロックを構成している 10 個のシーケンス中、2 個のシーケンスは規則性を持たないランダムシーケンスとした。ランダムシーケンスをブロック内の何番目のシーケンスに設定するかは、各ブロックで不規則に変えた。

全 11 ブロックある練習ブロックのうち、9 ブロック目は 10 シーケンス全てをランダムシーケンスにするランダムブロックであった。9 ブロック目以外はシーケンスブロックと呼ぶ。

2-4-2.テストブロック

練習ブロックが終わったら 5 分間の休憩をはさみ、テストブロックを 2 ブロック行った。テストブロックでは練習ブロックと同様の SRT 課題を行った。テストブロックの 1 ブロック目の手の配置は、練習ブロックの奇数ブロックと同じにし、2 ブロック目の手の配置は、偶数ブロックと同じにした。

全 2 ブロックあるテストブロックのうち、一方はシーケンスブロックで、もう一方はランダムブロックであった。どちらのブロックを先に実行するかは実験参加者ごとにカウンタバランスを取った。

2-4-3.質問紙

SRT 課題後，実験参加者は学習の気付きに関する質問紙に答えた．質問紙は付録 1 の通りであった．

3.結果

3-1.質問紙

明示学習が起っていないかを確認するために、質問紙を用いた。明示学習は、Willingham et al. (1989) に基づき、1 シークエンスのうち 40%(5 アイテム) 以上を正しく回答できた場合に限り、成立したものとみなした。そのため、Q3 の自由記述において、各群に設定したシークエンス内の連続 5 アイテム以上を正しく答えられた参加者については、明示学習があったとみなし、分析対象から除外することとした。しかし、除外対象者はいなかった。

Q4～Q6 の項目は、両群における学習差を量的に評価するために設定した。R-usseler et al. (2000) を参考に、実際にシークエンス内にあった並びに関しては、「絶対あった」を 2 点、「おそらくあった」を 1 点、「分からない」を 0 点、「おそらくなかった」を -1 点、「絶対なかった」を -2 点として得点化した。実際になかった並びに関しては、「絶対あった」を -2 点、「おそらくあった」を -1 点のように逆転させた。

各参加者の回答結果は表 1 の通りである。

表 1. 質問紙結果

群	気づき有無(Q1)	明示学習(Q3)	得点 (60点満点) (Q4-Q6)
ボタン	有	なし(4個正答)	7
ボタン	有(間違い)	なし	13
ボタン	有	なし(4個正答)	26
ボタン	無	なし	13
ボタン	有	なし(4個正答)	15
ボタン	有	なし(4個正答)	16
ボタン	無	なし	16
ボタン	無	なし	10
ボタン	無	なし	0
ボタン	有	なし(4個正答)	10
指	有	なし	20
指	無	なし	0
指	無	なし	17
指	無	なし(4個正答)	-2
指	無	なし	3
指	有	なし	31
指	有	なし(4個正答)	23
指	無	なし	32
指	無	なし	8
指	有	なし(4個正答)	23

Q4～Q6 の得点について群間比較した結果、得点に群間差はなかった($t(18) = .65, n.s.$)。気づきがあった人は、BTN 群で 5 人、FNG 群で 4 人であった。

3-2.反応時間

図 3 は各群の反応時間の平均値のグラフである。

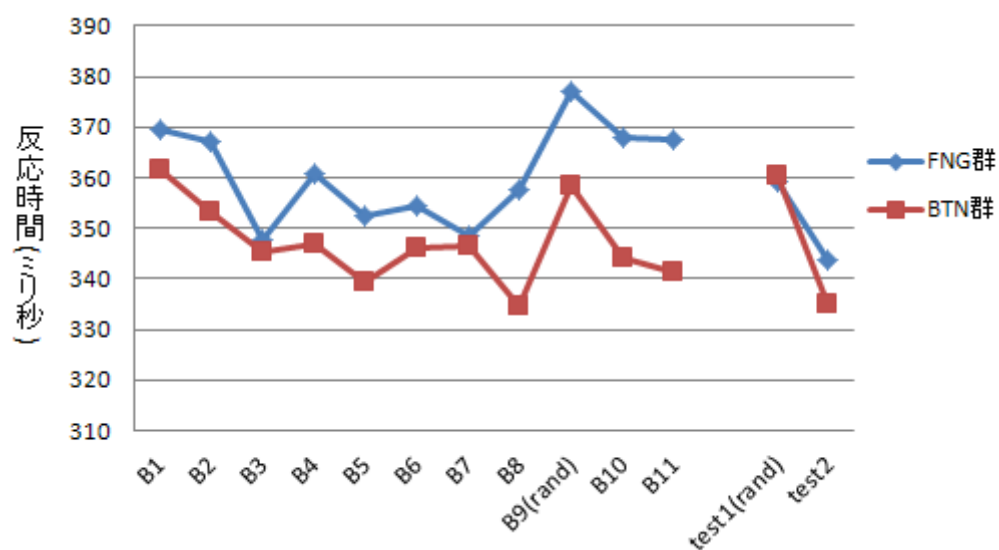


図 3. 平均反応時間

ブロックと群を変数とし、4種類の分散分析を行った。なお、間違っただボタ
ンで反応したり、反応時間が 700ms を超えた試行はエラー試行とみなし、除外
した。

まず、練習ブロック中からランダムブロック(ブロック 9)を除外した全ブロッ
クを対象にして、ブロック(10)×群(2)の 2 要因分散分析を実施した。この分析
の目的は、一般的な学習効果(1-2.暗黙的な刺激規則性学習 参照)としての反応
時間減少を群間で比較するためであった。その結果、ブロックを重ねるほど反
応時間が短縮する傾向にあった($F(9,162)=1.893$, $p < .10$)。群間差($F(1,18)=1.12$
2, n. s.)と交互作用($F(9,162)=0.804$, n.s.)は見られなかった。

次に、テストブロック(2)×群(2)の 2 要因分散分析を実施した。この分析の
目的は、テストブロックにおける暗黙学習効果の群間差を調べることであった。
結果は、シークエンスブロックの方がランダムブロックよりも反応時間が有意
に短かった($F(1,18)=15.551$, $p < .05$)。しかし、群間に差はなく($F(1,18)=0.086$,
n.s.)、交互作用もなかった($F(1,18)=0.978$, n.s.)。

練習ブロックにおける暗黙学習効果の群間差を調べるために、ランダムブロッ
クとその前後のシークエンスブロックを比較した。練習ブロックのうち、ブ
ロック 8、ブロック 9(ランダムブロック)、ブロック 10 の比較に限定し、ブロッ
ク(3)×群(2)の 2 要因分散分析を実施した。その結果、テスト(2)×群(2)の 2
要因分散分析と類似した結果が得られ、ブロックの主効果が有意だった($F(2,36)$
 $=10.351$, $p < .05$)。下位検定の結果、ブロック 8 の反応時間はブロック 9 およ
び 10 よりも有意に短かった(いずれも $p < .05$)。群間差($F(1,18)=2.007$, n.s.)も、
交互作用($F(2,36)=0.180$, n.s.)もなかった。

さらに ERP 分析と対応付けるために、練習ブロックの前半/後半(2)×群(2)の
2 要因分散分析を実施した。その結果は、前半と後半間に差はなく($F(1,18)=0.5$
82, n.s.)、群間差($F(1,18)=1.722$, n.s.)も、交互作用もなかった($F(1,18)=0.888$, n.
s.)。

3-3.エラー率

図 4 は各群のエラー率の平均値のグラフである。

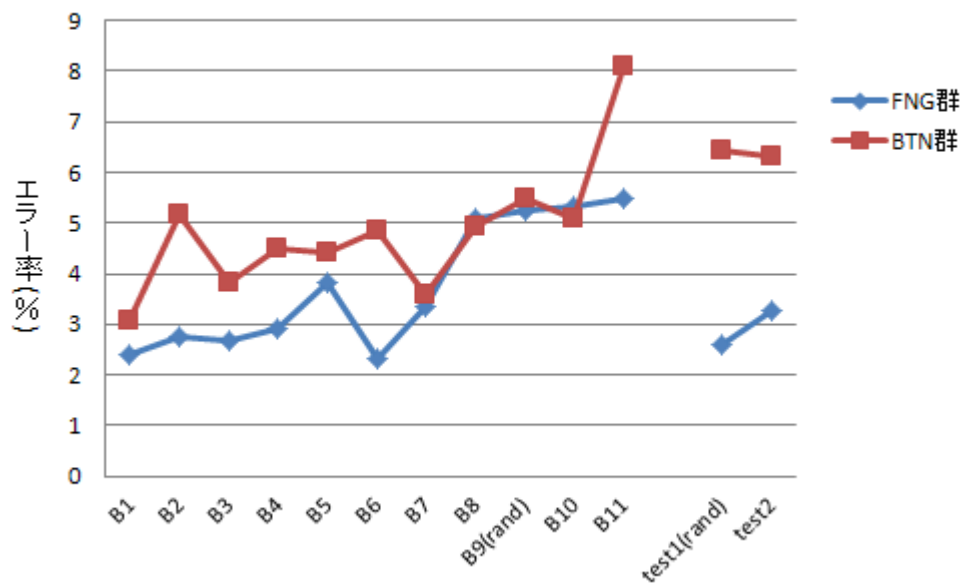


図 4. 平均エラー率

エラー試行の割合(エラー率)を群間で比較するため、反応時間と同様に 4 種類の分散分析を行った。

一般学習効果を見るためのブロック(10)×群(2)の 2 要因分散分析では、ブロックの主効果が有意であった($F(2.73, 49.12) = 3.31, p < .05$)。下位検定の結果、ブロック 8 以降のエラー率は、ブロック 1 よりも増加の傾向にあり($p < .10$)、特にブロック 11 のエラー率はブロック 1 よりも有意に増加していた($p < .05$)。群間に差はなく($F(1, 18) = 1.23, n.s.$)、ブロック×群の交互作用もなかった($F(2.73, 49.12) = 0.70, n.s.$)。

テストブロック(2)×群(2)の 2 要因分散分析では、FNG 群の方が BTN 群よりもエラー率は低い傾向であった($F(1, 18) = 3.02, p = .10$)。テストの主効果($F(1, 18) = 0.21, n.s.$)も、交互作用($F(1, 18) = 0.34, n.s.$)も有意ではなかった。

練習ブロックのうち、ブロック 8、ブロック 9(ランダムブロック)、ブロック 10 のみを用いて、練習ブロックにおける暗黙学習効果の群間差を調べるためにブロック(3)×群(2)の 2 要因分散分析を実施した。その結果、ブロック間($F(2, 36) = 0.26, n.s.$)にも、群間($F(1, 18) = .001, n.s.$)にも差はなかった。交互作用もなかった($F(2, 36) = 0.13, n.s.$)。

練習ブロックの前半/後半(2)×群(2)の 2 要因分散分析を実施したところ、後

半の方が前半よりもエラー率は低くなる傾向が見られた($F(1,18)=3.79, p<.10$). 群間に差はなかった($F(1,18)=1.23, n.s.$). 交互作用はなかった($F(1,18)=.06, n.s.$).

3-4.P300・N2

図5は各群のP300とN2の加算平均波形を、練習ブロックの前半と後半に分けて表した図である。ノイズ混入の多かった実験参加者(4名)の波形は除外しており、BTN群は8名、FNG群も8名の波形となっている。ベースラインは刺激呈示前100ms～刺激呈示時点でそろえており、0.01Hz - 30Hzのバンドパスフィルタをかけた。

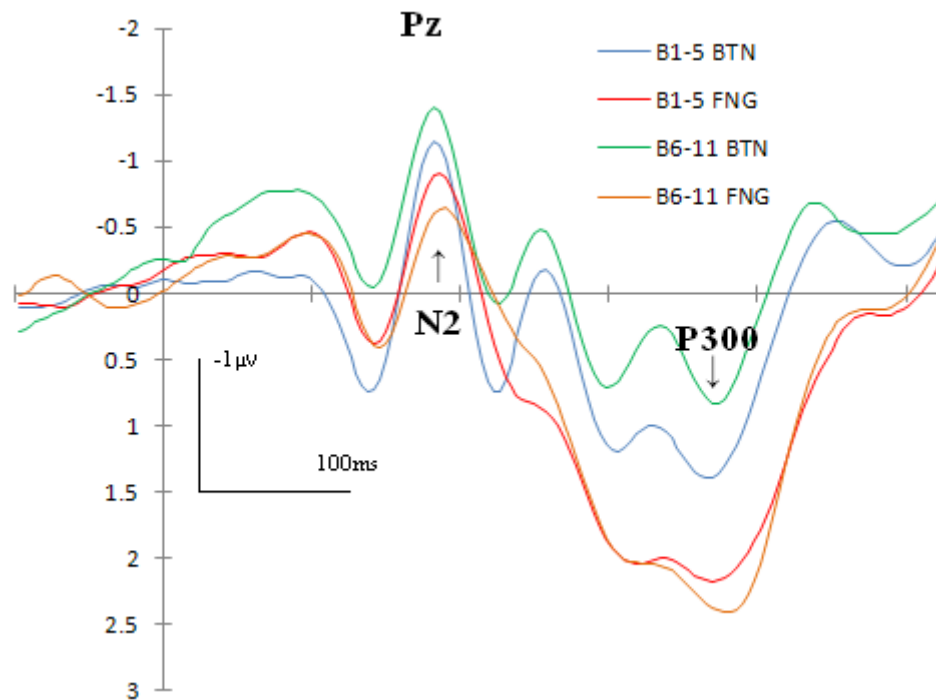


図 5. P300 と N2

時間軸の0時点は刺激提示時点である。青線がBTN群の練習ブロック前半、赤線がFNG群の練習ブロック前半、緑線がBTN群の練習ブロック後半、橙線がFNG群の練習ブロック後半の波形である。波形は国際10-20法におけるPz部位から求めた。

P300振幅は、刺激呈示後340～380ms間の平均電位を求めた。ブロック経過に伴って学習が進み、刺激に配分される注意は減少すると考えられる。注意減

少は P300 振幅を低下させると予測したが，これを調べるため，練習ブロックの前半/後半(2)×群(2)の 2 要因分散分析を実施した．その結果，前半と後半間に差はなく ($F(1,13)=0.48$, n.s.)，群間差($F(1,13)=1.77$, n.s.)も，交互作用もなかった($F(1,13)=2.21$, n.s.).

N2 振幅は，刺激呈示後 150～190ms 間の平均振幅値を求めた．P300 同様に，N2 振幅もブロック経過とともに減少するものと予測した．練習ブロックの前半/後半(2)×群(2)の 2 要因分散分析で検証した結果，前半と後半間に差はなく ($F(1,13)=0.51$, n.s.)，群間差もなかった($F(1,13)=1.65$, n.s.). 交互作用は有意傾向だった($F(1,13)=2.23$, $p < .10$).

3-5.LRP

図 6 は各群の S-locked LRP の加算平均波形を，練習ブロックの前半(ブロック 1～5)と後半(ブロック 6～11，ただしブロック 9 は除く)に分けて表した図である．ノイズ混入の多かった実験参加者(3 名)は除外して加算平均したため，BTN 群は 8 名，FNG 群は 9 名の波形となっている．刺激呈示前 500～100ms でベースラインをそろえており，0.01Hz - 30Hz のバンドパスフィルタをかけた．

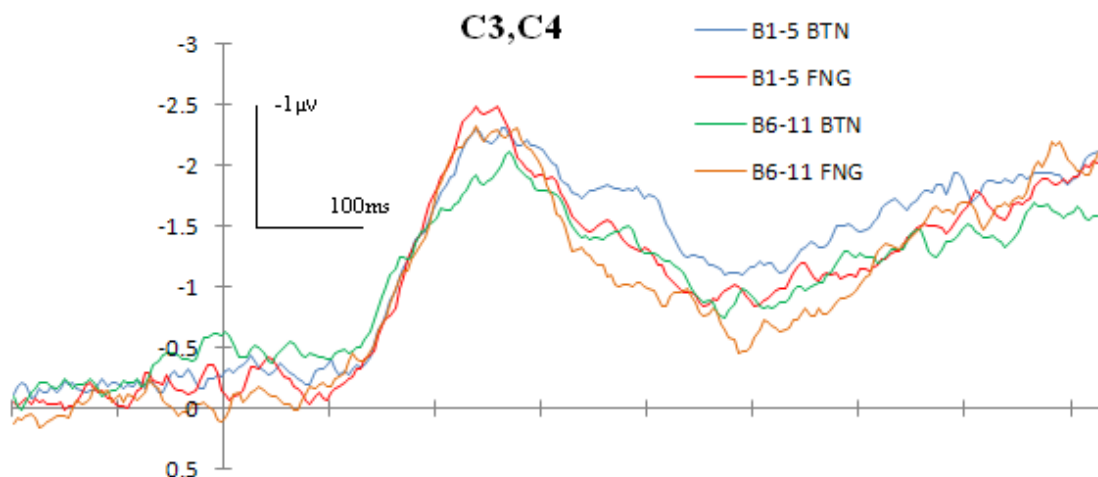


図 6. S-locked LRP

時間軸の 0 時点は刺激提示時点である．青線が BTN 群の練習ブロック前半，赤線が FNG 群の練習ブロック前半，緑線が BTN 群の練習ブロック後半，橙線が FNG 群の練習ブロック後半の波形である．LRP 波形は国際 10-20 法における

C3 と C4 部位の差波形を表している。

S-locked LRP 潜時は、正木(2004)が紹介している、最大振幅値の 1/2 時点を立ち上がり時点とする方法によって定めた。ジャックナイフ法によって算出した波形から潜時を求めたため、分散分析における F 値は $\{(N1-1)+(N2-1)\}^2$ で除した (N1: BTN 群の参加者数, N2: FNG 群の参加者数)。

本研究では、暗黙的学習に伴う反応準備の早期化によって、S-locked LRP 潜時がブロックを重ねるごとに短縮されるものと予測した。これを確かめるために、練習ブロックの前半/後半(2)×群(2)の 2 要因分散分析を実施した。その結果、前半と後半との間に差はなく ($F(1,15)=1.68$, n.s.), 群間差 ($F(1,15)=0.00202$, n.s.) も、交互作用もなかった ($F(1,15)=0.00224$, n.s.)。

しかしながら、S-locked LRP 波形には、刺激呈示直前に緩徐な陰性電位が BTN 群の後半ブロックでみられる。明確な LRP の陰性スロープが観察できるのは刺激呈示後 100ms 以降であるが、それに先行して生じた緩徐な陰性電位も何らかの反応準備を反映したものと考えられる。暗黙的学習に伴う反応準備プロセスの早期化は、実験参加者間および個人内での変動が大きいいため、加算平均波形には同期性の悪い緩徐な陰性変動として現れる可能性が高い。この監察結果を確認するために、刺激呈示前 20ms 区間の平均電位を各群の前半・後半で計測した。この LRP 振幅値に対して、練習ブロックの前半/後半(2)×群(2)の 2 要因分散分析実施した。その結果、前半/後半に差はなく ($F(1,15)=0$, n.s.), 群の主効果もなかった ($F(1,15)=2.90$, n.s.)。しかしながら、交互作用は有意であった ($F(1,15)=8.02$, $p < .05$)。下位検定の結果、BTN 群では後半の LRP 振幅値が増加する傾向だったが、FNG 群では後半でむしろ減少する傾向だった(いずれも $p < .10$)。また、後半では BTN 群の方が FNG 群よりも LRP 振幅値は有意に大きかった ($p < .05$)。

図 7 は各群の R-locked LRP の加算平均波形を、練習ブロックの前半と後半に分けて表した図である。除外した実験参加者、潜時の同定方法、F 値の算出方法、導出部位は S-locked LRP と同様であるが、横軸の 0 時点が反応開始時点を示している。刺激呈示前 700~500ms でベースラインをそろえており、0.01Hz - 30Hz のバンドパスフィルタを適用した。

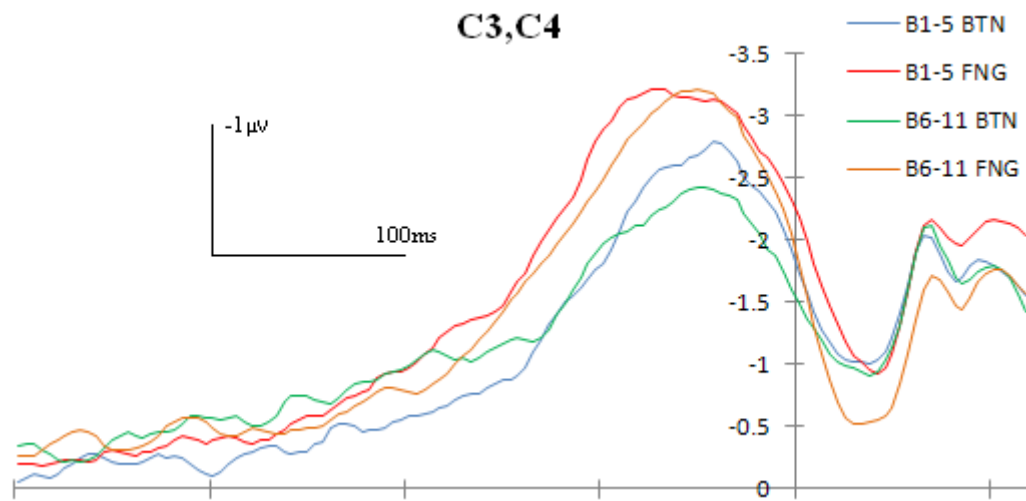


図 7. R-locked LRP

R-locked LRP の立ち上がり潜時についても S-locked LRP と同様に，練習ブロックの前半/後半(2)×群(2)の 2 要因分散分析を実施した．その結果，前半と後半間に差はなかった($F(1,15)=0.25$, n.s.). また，群間差($F(1,15)=0.00057$, n.s.)も，交互作用もなかった($F(1,15)=0.00058$, n.s.).

4. 考察

4-1. 学習自覚度と学習程度の群間差

本研究では、学習の自覚度を質問紙によって調べた。明示学習者を除外するための手続きであったが、実際に明示学習を示した参加者はいなかった。本研究では学習自覚度の他に、学習程度を量的に測る質問項目も設定した。ここではそれらの質問への両群の回答を検討する。

Q1 では「X の位置に規則性がありましたか？」という問いに対し、「はい」か「いいえ」の回答を求めた。「はい」と回答した参加者の中で、規則とは繰り返しを指すことを正答した参加者は「気づき有り」とみなした。両群(各 10 名)における気づき有りの人数は、BTN 群で 5 名、FNG 群で 4 名であり、ほぼ同程度であった。

Q4～Q6 では、実際のシーケンスと虚偽のシーケンスを参加者に示し、それぞれ実際に呈示されたものかについて確信度を 5 件法で回答を求め、数量化した。この得点にも群間に差はなかった。

これら 2 つの結果から、明示学習と暗黙的学習の程度に群間差はなかったことが分かる。

暗黙的学習は反応動作の影響を受ける一方で、明示学習は反応動作の有無にかかわらず生じることが報告されている(Jascha et al., 2000)。しかしながら、外部座標と内部座標のいずれの学習の方が、学習の自覚度をより高めて明示学習

に導くのかを調べた研究はない。本実験の結果は、学習の自覚度は、外部座標を学習した場合と内部座標を学習した場合で差はないことを示唆するものであった。

なお、内部座標学習説と外部座標学習説の妥当性は、暗黙的学習が各群で成立したかによって検証される。そのため、明示学習者を除外するための質問紙の結果からは、暗黙的学習の成立は確認できない。そのため、エラー率、反応時間、ERPを指標として、内部座標と外部座標による暗黙的学習の成立の有無を検討する必要がある、次節で検証したい。

4-2.暗黙的学習の成立—エラー率と反応時間より—

本研究では、暗黙的学習成立の判断基準を二つ設定した。一つ目は、シークエンスのあるブロックとランダムブロック(ブロック 9)の反応時間を比較し、シークエンスのあるブロックの反応時間がランダムブロックよりも短くなった場合である。二つ目は、練習ブロック後のテストブロックにおいて、シークエンスブロックとランダムブロックを比較し、前者の方が後者よりも反応時間が短くなった場合である。

ただし、反応時間に有意差がみられても、エラー率に有意差があった場合には、速さと正確性のトレードオフを疑うことになる。トレードオフの存在は、反応時間の短縮が学習に起因したものではなく、刺激評価や反応選択を十分に行わず、速度重視で反応していたことを示すものである。そのため、エラー率の検討は重要である。

刺激をランダム呈示したブロック 9 と、その前後のシークエンスブロック(ブロック 8・10)の比較では、両群ともランダムブロックにおける反応時間の遅延が有意であった。同様の比較をエラー率に対しても行ったところ、有意差はなかった。したがって、練習ブロックで両群とも暗黙的学習が成立したものと考えられる。

練習後のテストでも同様の結果がみられた。シークエンスブロックとランダムブロックの反応時間には両群とも有意差があり、エラー率には有意差はなかった。この結果も練習ブロックにおける暗黙的学習の成立を支持している。

刺激規則性学習においては速さと正確性のトレードオフは認められなかった

が、一般学習ではトレードオフがみられた。一般学習とは、「刺激の位置に対応するボタンを押す」行動の学習を指す。試行を重ねるにつれ、反応時間に短縮傾向が見られたものの、エラー率は有意に増加した。加えて、エラー率は練習ブロック後半の方が前半よりも高い傾向にあった。この結果は、試行に伴う反応時間の短縮は、学習によるものとは限らないことを示唆しており、一般学習は成立していなかったことを表している。

反応時間とエラー率の結果より、内部座標学習説と外部座標学習説の妥当性は支持された。シークエンスをボタンの位置に割り当てても、動かす指に割り当てても、暗黙的学習は起こるのである。規則性のある座標を単独で使用しても暗黙的学習は起こるという本研究の仮説は支持された。

しかしながら、外部座標の方が内部座標よりも学習を進行させるという仮説は支持されなかった。反応時間の変化に群間差が見られなかったからである。これは、刺激の呈示順序についての学習が関わっていると推察される。

「刺激に対応するボタンを押す」という反応出力側のシークエンスは、両群で1種類ずつであった。しかしながら、呈示刺激のシークエンスについては、BTN 群では1種類であった一方で、FNG 群では2種類であった。FNG 群では、全ブロックを通して指に割り当てられるシークエンスを維持したうえで、反応肢をブロック毎に入れ替えたため、奇数ブロックと偶数ブロックでのシークエンスは異なった。そのため、2種類のシークエンスを実行した FNG 群では課題難易度が上がり、学習が阻害される可能性を考慮すべきかもしれない。しかしながら、外部座標の方が学習は促進するという仮説をむしろ棄却する結果であり、本研究の FNG 群では学習の阻害は起こらなかったものと結論づけられる。このような現象の理由は、入力シークエンスの種類は複数の方が飽きずに集中して各シークエンスを学習できたからかもしれない。しかし、集中度を本研究では計測していなかったため、さらなる研究が必要である。

4-3.注意容量配分の変化—P300 と N2 より—

N2 振幅はボトムアップの定位反応の程度を表し、P300 振幅はトップダウンの注意の程度を表す。暗黙的学習が進めば動かす手を準備でき、刺激に割く注意容量は少なくなるため、両電位の振幅は小さくなるという仮説を立てた。し

かし、ブロックの前半と後半で両電位の振幅を比較したところ、BTN 群でも FNG 群でも有意差は見られなかった。

この結果の解釈は 2 通りある。1 つは暗黙的学習が起こらなかったという解釈である。もう 1 つは、暗黙的学習は起こったものの学習に伴う注意容量の減少は生じなかったという解釈である。反応時間の結果は、暗黙的学習が両群で起こったことを示していた。したがって、N2 と P3 の結果の解釈は後者が妥当であろう。

暗黙的学習の進行に伴い注意容量の配分は減少するという仮説は支持されなかった。一方、外部座標の方が内部座標よりも学習を進行させるという仮説はどうか。この仮説は反応時間においては支持されなかったが、BTN 群の N2 と P300 の振幅が FNG 群よりも有意に小さくなれば、脳活動の点では仮説が支持されるということになる。しかしながら、上記の比較においては両群に差はなかった。そのため、N2 と P300 振幅についての仮説は、二つとも支持されなかった。

学習に伴う注意容量の配分減少が起こらなかった理由としては、学習した内容を確認するために、学習前と同程度の注意を刺激に払っていた可能性が考えられる。早期に刺激規則性を学習すると、その規則性の確認を行うせいで、実験参加者の中で SRT 課題が選択反応かつルール発見課題という二重課題になってしまう (Rüsseler & Rösler, 2000)。二重課題は注意容量を多く使う。規則性の学習が進行すると、「動かす指は何か」という情報を刺激に求める代わりに、「この規則性は正しいのか」という確認を行うようになり、結局刺激に配分する注意容量は変化しないのである。

外部座標を学習した時と内部座標を学習した時とで注意容量動員に差がなかった理由も、同じように説明できる。もし外部座標を習得した BTN 群で学習の進行が早かったとしても、彼らは「確認」に注意資源を割き、結果的に両群の振幅差はなくなったと考えられる。

しかし、有意差は出なかったものの、内部座標を学んだ FNG 群の方が P300 振幅は大きく見える (図 5 参照)。これは、外部座標の方が内部座標よりも学習を進行させるという仮説が的外れではないことを意味しているかもしれない。しかし、刺激の呈示順序という入力に設定されたシーケンスが FNG 群では 2

種類あったため、1 種類の BTN 群よりも注意を維持しなければいけなかったからだとも考えられる。もしそうだとすると、「入力されるシーケンスの種類は複数の方が、飽きずに集中して各シーケンスを学習でき、反応時間を早めた」という先述の推測を裏付けるといえる。

4-4.暗黙的学習による反応準備—LRP より—

刺激規則性を暗黙的学習すれば、刺激が呈示される前に動かすべき反応肢を準備できる。準備ができるということは、脳内情報処理過程の反応選択ステージが短縮されるということである。それに伴い、LRP 潜時も短縮する。つまり、暗黙的学習が起これば、LRP 潜時は短縮することになる。

しかしながら結果は、ブロックの後半での LRP 潜時短縮は、S-locked LRP にも R-locked LRP にも認められなかった。これは、刺激関連処理と反応関連処理のどちらも早まらなかった、あるいは、ERP で捉えられるだけの大きな変化はなかったことを示したものと考えられる。また、両 LRP 潜時共に群間差はなく、外部座標の方が内部座標よりも学習を進行させるという仮説も支持されなかった。これは反応時間の結果と同様に、入力されるシーケンスの種類が複数であった方が飽きずに集中して各シーケンスを学習できたことに起因したものと考えられる。仮説において予想していた以上に、内部座標による学習は進んでいたと言える。

しかしながら、規則性を暗黙的に学習した可能性が S-locked LRP 振幅から示唆された。刺激呈示前 20ms 区間では、反応準備を反映した陰性変動がみられたからである。特に BTN 群では後半ブロックで陰性変動が顕著であり、FNG 群よりも有意に大きかった。この結果は、外部座標を学習した BTN 群では刺激呈示前から反応準備が行われていたことを示唆している。やはり、外部座標の方が内部座標よりも学習を進行させるという仮説は更なる検証の余地がある。

4-5.総合考察

本研究では、外部座標を学んだとする外部座標学習説と内部座標を学んだとする内部座標学習説を新たに提唱し、単一の座標だけに規則性を持たせても暗黙的学習が成立するかを調べた。さらに、暗黙的学習が成立した場合、外部座

標のみを習得した方が学習効果は高いだろうという仮説を検証した．反応時間の結果から，単一の座標だけに規則性を持たせても暗黙的学習は成立するということが示され，外部座標学習説と内部座標学習説の妥当性は支持された．一方，外部座標のみを学んだ方が学習効果は高いだろうという仮説は，反応準備においては支持されたが，課題実行中の指標からは支持されなかった．

これらの結果と先行研究をもとに，刺激規則性学習における学習の発達過程のモデルを考案する．Karmiloff-Smith (1994) は図 8 のような発達モデルを提唱している(図は久保田他(2007)より)．

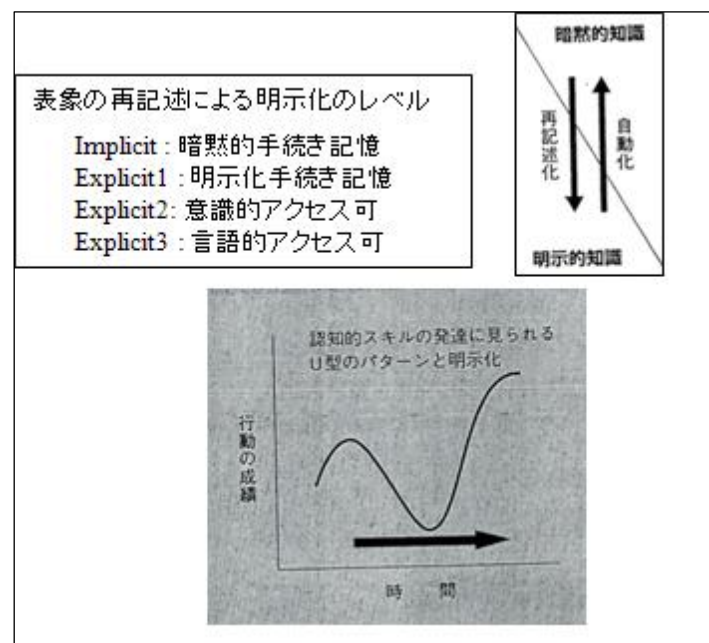


図 8. Karmiloff-Smith の学習モデル

しかし，先行研究の見解は Karmiloff-Smith とは異なる．先行研究によると，刺激の規則性と反応の規則性の知識はそれぞれ独立して発達する(Howard et al., 1992)．また，明確学習と暗黙的学習は独立・並行して発達し，お互いに不可欠であることはないという(Dienes & Berry, 1997; Willingham et al., 1989)．この点において，暗黙的学習が進むと明示学習になるとしている Karmiloff-Smith の連続的なモデルは異なっている．さらに，本研究では外部座標と内部座標の学習は独立して起こることが示された．6 種類の学習がそれぞれ独立して進行しているのである．

刺激規則性学習においては明示学習と暗黙的学習の分類だけではなく，宣言

的記憶と非宣言的記憶という分類もなされる(Willingham et al., 1989; Howard et al., 1992). 宣言的記憶とは言葉で表現できる記憶であり, 非宣言的記憶とは技能の習得など言葉で表現できない記憶である(前野,2010). 刺激の規則性と反応の規則性の知識は宣言記憶を確立させる(Howard et al, 1992). 非宣言的記憶を確立させるとは明記されていないが, 試行数に伴いパフォーマンスが向上しているので, 非宣言的記憶も確立させるであろう.

明示学習は自由記述で測り, 暗黙的学習は再現課題で測ると序論で述べた. よって, 明示学習は宣言的記憶, 暗黙的学習は非宣言的記憶と関係しているということになる. 明示学習が進めば宣言的記憶だけでなく, 非宣言的記憶も確立されるという主張もあるかもしれない. しかし, 言葉で規則性を説明できたからといって, 再現課題の反応時間などのパフォーマンスが向上されるとは限らない. 明示学習は言葉で表現され, 暗黙的学習は体で表現されるのである.

刺激規則性学習における学習の発達過程のモデルを考える際には, 注意の影響は無視できない. 刺激-反応学習説で言われているように, 注意の有無によって学習が成立するかが決まる. 明示・暗黙・刺激・反応の学習はそれぞれ独立に進行するが, そもそも学習が発生するかを決定するのは注意なのである.

以上のことを踏まえると, 図9のようなモデルが作られる.

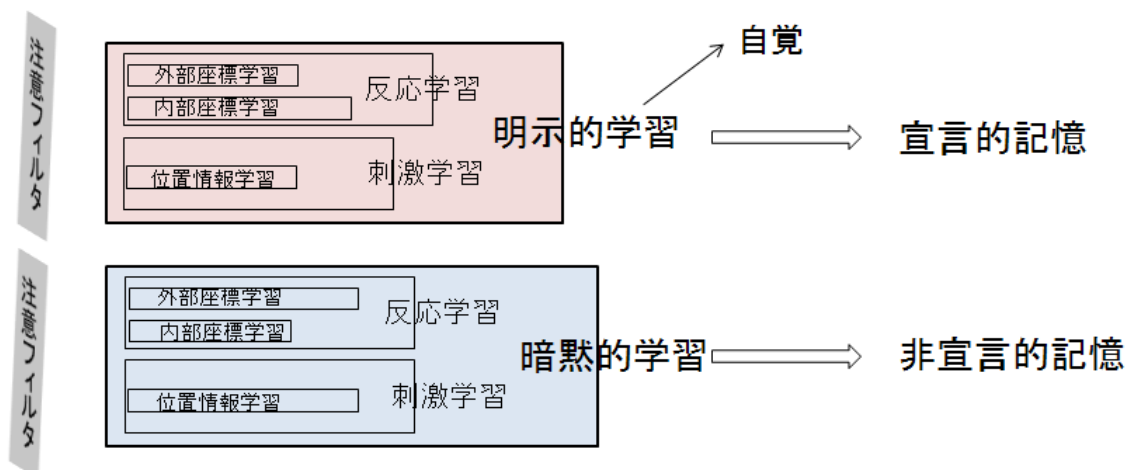


図9. 本研究による学習モデル

まず, 注意資源が使われているかを判断するフィルタを通過した後に学習は発生する. 明示学習・暗黙的学習は独立して進み, それぞれの学習の中でも, 独立した刺激学習と反応学習が起こる. さらに反応学習は外部刺激学習と内部

刺激学習が独立して進む。そして、学習が進むと、明示学習は自覚を生み宣言的記憶を確立させ、暗黙的学習は非宣言的記憶を確立させる。

外部座標学習・内部座標学習・反応学習・刺激学習・明示的学習・暗黙的学習といった6つの学習に包含関係はあるが、それぞれの学習は独立して進むのである。そのため、図9のモデルでは、それぞれの学習を表す6つの棒の長さが異なっている。この学習の独立性が、明示学習と暗黙的学習を連続的なモデルで描いている Karmiloff-Smith のモデルとの大きな相違点である。

ただし、図9のモデルに集中という要素をどのように組み込むかは解明できていない。入力されるシーケンスが多いと集中度が上がり反応時間の遅延を阻止したと推測したが、その推測の正当性を検証し、集中がどのように学習にかかわってくるのかを明らかにする必要がある。集中度を測る瞬目などの指標を取り入れた、さらなる実験が望まれる。