

区分	課程
----	----

(論文 様式)

不確実な環境におけるタイミングの 学習及び制御

スポーツ科学研究科

スポーツ科学専攻

学 籍 番 号 202D02 氏 名 杉山 真人

研 究 指 導 荒木 雅信 教授

目次

1.	序論	
1.1	はじめに	1
1.2	環境に内在する系列的性質とタイミング事態	1
1.3	関連研究	4
1.4	身体システムの運動学習及び制御における情報の利用	6
1.5	環境の不確実性と運動学習及び制御	11
1.6	問題の所在	18
1.7	本研究の目的と構成	21
2.	ランダム刺激に対する反応の一様性	
2.1	目的	24
2.2	方法	24
2.3	結果	28
2.4	考察	32
3.	一様ランダム呈示の習得パフォーマンスへの影響	
3.1	理論的背景と目的	34
3.2	方法	35
3.3	結果	36
3.4	考察	40
3.5	本章までのまとめ	43
4.	ランダム呈示による課題習得レベルと学習効果	
4.1	目的	45
4.2	方法	45
4.3	結果	48
4.4	考察	54
5.	過剰学習による系列要素の組織化	
5.1	理論的背景と目的	59
5.2	方法	61
5.3	結果	69
5.4	考察	73
6.	捕捉行為におけるタイミング特性	
6.1	理論的背景と目的	77
6.2	方法	80
6.3	結果	88
6.4	考察	92

7.	総合考察	
	7.1 本論文の要約	97
	7.2 今後の研究課題	99
	7.3 結論	101
	引用文献	103
	本論文に関する発表論文・学会発表など	112
	謝辞	113

第1章 序論

1.1 はじめに

日常生活からスポーツ場面に至るまであらゆる運動行動には系列的な性質が存在する。例えば、日常的な動作では、車を運転するためにシートベルトを締め、エンジンを始動し、シフトレバーを操作するなどの各動作が含まれる。また、料理を作るにしても材料や調理器具、調味料等を決まった手順で扱わなければ満足 of いく料理は生み出せないであろう。このように系列的な性質は目標とする動作の複雑さや時間的な特徴が異なるにせよ人々が遂行するための動作に埋め込まれている。スポーツ場面において、選手はある運動技能を選択し、常に変化し続ける環境内でそれを遂行しなければならない。選択された運動プログラムは連続的に他の運動プログラムを実行することによって効果的な運動パターンを形成する。系列追従課題において、被験者は文脈における順序を理解しようとしつつも、全体の運動パターンを習得しなければならない (Restle and Burmside, 1972; Poulton, 1974)。日常生活やスポーツ等においても系列的な刺激への反応は存在することから、系列パターンの追従が要求される実験課題は、応用的な場面と類似した環境と位置づけることができる。以下では、本研究と深く関連する先行研究を概観し、研究目的を達成するための問題について論じる。

1.2 環境に内在する系列的性質とタイミング事態

1.2.1 優れた運動に必要なタイミング

優れた運動を発揮するためには、体力や運動能力の水準のみが高ければよいというわけではなく、中枢神経系の情報処理とそれに関連した遠心性神経及び求心性神経が機能する必要がある。また、これらが円滑に機能するためには知覚や認知機能が重要な役割を果たしており、脳機能との深い関連を持つ。そして、脳機能に関わる物質や場所の知識は飛躍的に増大している (銅谷ら, 2005) ことから、我々の日常生活における活動からスポーツに至る複雑な運動の仕組みが微視的なレベルから解明されつつある。他方、いわゆる運動パフォーマンスとして表出される運動にはより早く、より高く、より遠くへ、といったように出力の最大値が要求されるようなスポーツがある一方で、野球のバッティングやフライキャッチ、アメリカンフットボールのレシーブなど外部環境に存在する対象に応じた運動が求められる場合も多く存在する。これらは通常タイミングと呼ばれ、運動を円滑かつ適応的に行うために必要な技能と位置づけられている。タイミングとは「反応のための、最も有効な時間条件を創り出すこと」(Conrad, 1955) と定義され、知覚運動制御及び学習の領

域で研究が進められている（例えば，Isaacs, 1983; Payne, 1987; Wrisberg and Mead, 1981）．特に一致タイミングは多くの運動技能で要求されることから重要視されている．山本（2005）は系列的情報処理を前提として一致見越しタイミングを取り上げ，一致見越しタイミングの研究は，動作を開始するための外的タイミングと，動作を遂行するために個々の筋の時間的配列などを制御する内的タイミングに分類できると述べている．ここで指摘される系列的情報とは，バットスイング動作であれば，運動実行者がボールを見る，打つかどうかの意思決定をする，打つ動作を実行するといった実際の行為及び認知的な機能を単位とした要素のことである．すなわち，身体運動には系列的な要素が備わっているということがいえる．そして，重要な点はこれらの要素は通常，外界の刺激に対する反応として生じることから外界の刺激も同様に系列要素の連続性を含んだ環境として捉えることも可能である．さらに，上記のバットスイングの例は振るという動作のみを取り上げれば単一の運動課題に捉えられる．他方で，バスケットボールのプレー場面を想定すると，個々の選手に求められる技能は，ドリブルやパス，シュートといった単一の技能のみが正確であっても有効な場面は創出できない．そこには味方選手との連携が求められたり，ディフェンダーの防御を回避したりするような能力が要求される．このような場面の特徴はこれら個々の技能が時間的制約のもと連続的に実行することが求められるということである．さらに言えば連続的に実行される技能の遂行は上述の山本（2005）のバットスイングの例と同様に系列的な性質を有するといえる．つまり，単一の運動技能の遂行においても，それが複合的に実行されるような試合場面においても，状況に応じた系列的な関連づけが要求される点は本研究を行うにあたって極めて重要な視点である．では，このような系列的性質を有する事態においてタイミングはどのように機能するのであろうか．調枝（1996）はこの点に着目し系列パターンの追従課題を行なった．具体的には，6個の刺激ボックスとそれぞれに対応した反応キーから構成される実験装置を用いた．刺激ボックスからは光刺激が呈示され，被験者は刺激が呈示された位置の反応キーを押すように教示された．さらに，6個の刺激ボックスからは規則性のあるパターンが呈示された．被験者は刺激の点灯を予測しながら刺激と反応が一致するように反応キーを連続的に押すことによって系列パターンを学習することを求められた．なお，この際の個々の刺激の点灯時間は100ms，刺激間隔時間は500msであった．この実験の特徴は，反応の測度に無反応，誤反応，正反応，見越し反応の4つのパフォーマンス測度を用いた点である．これは刺激-反応間の誤差を基準とする点において一致タイミングの測度と同一であるが，4つの反応が生じることを想定し，その反応の出現頻度から被験者のパフォーマンスを評価したことがこれまでのタイミング研究とは大きく異なる（4つのパフォーマンス測度については第2章で詳述する）．被験者の反応の結果は，学習の初期では無

反応や誤反応が多く出現したが系列パターンの学習に伴って正反応及び見越し反応が多く出現した。この実験から言えることは、系列パターンの学習に伴って反応が正確になるだけでなく、次の刺激をも見越すように反応が変化することである。つまり、スポーツのような系列的性質を持つ事態において、刺激事象を見越し能力は運動技能の習得にとって重要であることを示唆している。

1.2.2 運動の学習を評価する見越し反応

通常、一致タイミングの正確性を評価するためには基準となる刺激に対して運動実行者の反応がどれくらい誤差を含んでいたかが重要となる。これに対し、1.2.1で挙げた調枝(1996)の実験のように連続的に刺激が呈示される系列パターンに対する反応では必ずしも優れた技能遂行を発揮できるとは限らない。例えば、熟練した野球の外野手がフライボールを捕球するような場合では飛来するボールの軌道を連続的に追従するのではなく、飛来するボールの加速度や位置情報の部分的な知覚から落下地点を予測することによって余裕を持った捕球が達成されると考えられる。仮に、初級者に同様の課題を要求した場合には落下位置に移動し捕球するという円滑な技能の遂行は望めないと考えられる。両者の顕著な違いは刺激であるボールの情報と落下位置の見越しの正確性であると考えられる。このことから刺激系列や反応系列の見越しが、良いタイミング条件の創造に寄与し、熟練動作の特徴であるスムーズさを生じさせるといえる(調枝, 1972)。ちなみに音刺激に反応を同期させる単純なタッピング課題においても、多くの試行数を経ることによって反応の基準となる音刺激よりも少し早くタッピングを行うようになり、刺激を先取りした反応傾向が生じることが知られている(小松・三宅, 2003)。したがって学習によって生じる見越し反応が運動の成否を決定する重要な要因となっているといえる。

1.2.3 タイミングに必要な知覚

刺激-反応の関係性において見越し反応がタイミングの創造に寄与すると考えられるが、このような見越し反応や優れたタイミングの発揮には情報の知覚と身体システムが重要な働きをしている。

これまで論じてきた刺激-反応事態では運動実行者は刺激の系列パターンの時空間的所在あるいはそこに含まれる物理的な情報を知覚し、意思決定に反映させる処理を行うことを想定している。これに対し、予見的な情報であるタウ(τ)は運動実行者と移動する対象物の関係についての直接的な情報である。アフォーダンスの立場では障害物を避ける場合、奥行きに関する情報などは必ずしも必要ではなく、利用されている

のは知覚者（運動実行者）もしくは環境，あるいはその両方の動きに伴う「景色の流れの変化」，つまり光学的流動の変化，その中で特定されるタウの情報であるとされる（三嶋, 2000）．つまり，フライボールの捕球の場面では，飛来するボールと運動実行者の相対速度を抛り所として捕球（ボールとの接触）までの時間（time-to-contact）を特定していると理解される．この他に本研究の第 6 章でも取り上げるが，CBA（constant bearing angle）方略に代表されるターゲットと運動実行者の運動の協調関係などから正確なタイミング調節のメカニズムの解明に迫る試みも見受けられる（例えば，Lenoir et al, 1999）．

タイミングのための知覚を利用した研究としては，運動プログラムの再組織化の研究（Teixeira et al, 2006）や熟練運動技能と運動修正に関わる研究（中本・森, 2008）などがある．

ここまで見てきたように，タイミング発揮に必要な情報源の性質について解明を進める一方，知覚する情報源の性質に変化を加え，情報処理機能を理解しようとする試みがなされている．いずれの知見においても優れたタイミングの発揮には対象物の知覚情報が大変重要な意味を持つことの根拠となる．

1.3 関連研究

1.3.1 知覚運動学習と制御を説明するための諸理論

身体システムの運動制御や学習を説明するために諸理論が提案され，運動学習-制御の理解が進んできた．ここではまず身体システムを情報処理機構と捉え身体運動の制御と学習を説明する立場を情報处理的アプローチと位置づけ概説する．なお，1.3.3 ではこれとは異なる立場でのアプローチについても紹介する．

ウィナー（1962）のサイバネティクス（cybernetics）は通信と制御を通して人体の行動を理解する契機となった点で身体運動制御の理解にとって先駆的な理論と位置づけられる．そして，Adams（1970）の閉回路理論（closed-loop theory）では，運動課題の達成のために実行された運動プログラムは様々なフィードバック情報に基づいて誤差検出及び誤差修正が行われることによって運動プログラムが正確に実行される．これは歩行などにおいて他の交通や障害物を回避する場合，視覚情報を頼りに歩行を実行するが，障害物を知覚するとこれを回避するような制御が求められることと対応する．他方，身体システムは常にフィードバック情報に依存した制御を行っているわけではない．閉回路理論は環境が不確実な事態を想定し，環境変化に柔軟に適応するために設計されている．これに対し，実際の環境はあらかじめ決まった規則に従って運動が実行される場合もあり，常にフィードバック情報に頼っているわけではない．例えば，野球の打者においては投手から投げられる球種があらかじめ決められていたとしたら，打者はその投げられる球種に応じたプログラム

だけを用意しておけばよい。閉回路のような誤差検出や誤差修正を必要としないすばやい運動の実行が可能となる (Schmidt, 1991)。これを開回路 (open-loop) 制御とよび優れた身体運動の遂行に必要な機能であるといえる。このように閉回路と開回路の制御系からスキーマ理論 (schema theory) へと発展した。スキーマ理論 (Schmidt, 1975) では身体システムの実行の上で、般化運動プログラム (generalized motor program: GMP) と動作パラメータ (movement parameter) を想定している。そして、一つの運動プログラムに対して動作パラメータが入力されることにより適切な運動が成立する。その際、動作パラメータと運動実行者が行った運動の遂行結果との関数関係である運動スキーマが成立することにより運動が産出されると考えられている。一度この運動スキーマが成立すれば、この運動スキーマに基づいてその動作パターンに最適と思われるように力量などの動作パラメータを調整し、目標とする運動結果を産出することができるようになる。つまり、運動を繰り返すうちに、力量やタイミングなどの調整されたパラメータと遂行結果との関数関係が成立していき、目標とする運動に応じてふさわしいパラメータが選択できるようになるということである。以上の諸理論は、身体を情報処理機構に見立て運動の制御や学習の理解を試みるという特徴を持つ。

1.3.2 環境との相互作用を前提とした身体制御

1.3.1 では身体システムを一種の情報処理機構として捉え、身体活動で生じる制御の原理や学習プロセスについて概説した。これは刺激の入力と出力の関係において、中枢から末梢への遠心性信号による運動出力と末梢から中枢への求心性信号によるフィードバック情報から身体システムを理解しようとする立場であり (山本, 2000)、身体システムを静的 (static) な有機体であることを前提にしている。他方で、身体を動的 (dynamic) に変化するシステムと捉え、身体運動の制御や学習の理解が進められている (山本, 2005)。すなわち、身体をコンピュータのような一種の情報処理機構として捉えるのではなく、時々刻々と変化する環境や身体内部との相互作用を前提とした捉え方であり、ダイナミカルシステムアプローチ (山本, 2002) とも呼ばれる。これは自然界に潜む物理現象の解明にその祖を持ち、システムを構成する多数の要素が相互作用を通じて全体としての秩序を生み出す共同現象の理論として提案された (Haken, 1976)。これが身体運動にも適用されることにより身体システムを自己組織化現象として捉えることが可能となった。代表的な例としては、被験者の両手人差し指をメトロノームに合わせて逆位相で動かし、メトロノームの周波数を徐々に上げていくとある周波数で指が同位相の動きになるとうい現象が挙げられる (Schöner, and Kelso, 1988)。このような現象はシステムを構成する多数の要素が相互作用を通じて、全体としての秩序を生み出す共同現象と

してのシナジェティクス (synergetics) として理解されている (多賀, 2002).

さらに、身体と環境の關係に着目し、環境と身体との相対的な位置關係の変化によって生じる光流 (optical flow) の変化から情報が抽出され、行動が成立するという考え方がある。このような環境から与えられる行為の可能性に関する情報を知覚することによって行為が決定するという考えをアフォーダンス (affordance) と呼び生態学的視覚論 (Gibson, 1979) として制御の原理に体系づけられている。これはダイナミカルシステムと同様、環境との關係性によって身体運動が制御される可能性があるという立場をとっているといえる。さらに上述した理論はベルンシュタイン (2003) の身体運動における自由度問題 (degree of freedom) と関連づけて説明されることも多い。このようにみていくと、身体運動制御のダイナミックな視点からのアプローチが広がりを見せていることが伺える。本研究で取り扱う実験課題においても外部環境からの刺激を視覚情報として入力し反応という行為を産出することから本節で論じた制御や学習の原理が内在していると考えるのが妥当であろう。

1.4 身体システムの運動学習及び制御における情報の利用

1.4.1 運動環境に内在する不確実事態

ここまで、身体運動に伴うタイミングに関する知見とそれを下支えする知覚運動制御及び学習の諸理論について概観してきた。タイミングにとって重要な意味を持つのは環境に内在する情報であることは言うまでもないが、この情報が未知あるいは不明瞭であるがゆえに、運動パフォーマンスが低下する場合が多々見受けられるのも事実である。この環境の情報が運動技能の遂行にとってどのような役割を果たすのか、その基礎的な理論を整理しておく必要がある。したがって、以下では身体システムと環境内の情報の關係性、さらに学習に伴う運動システムの組織化について論じることにより、本研究が解決すべき問題点の一端を顕在化させる。

身体運動の学習における特徴的な側面には知覚と運動協応を未知の状態から既知の状態へ変化させることが挙げられる。前節においては系列パターンの性質を持つ環境における身体システムの制御に焦点を当てるとともに見越し反応の重要性についても言及した。これは刺激に応じた反応の産出を想定している。例えば、スポーツに見られる多くの場面ではディフェンダーの防御を回避したり、飛んでくるボールをレシーブするといったように知覚すべき対象としての刺激が存在することを想定している。この關係性には刺激に依存した反応という強制ペースの運動課題という性質が存在する。これらとは対照的にスポーツにおいては、

いわば自己ペースで課題を遂行する場面も多く存在する。例えば、器械体操の一連の動きやスキーのスラローム、車の運転等である。これらは、決められた動作を正確に行うことが求められるが視知覚だけではなく筋感覚からフィードバックされる情報を頼りにより正確な力量発揮や姿勢制御が求められる。そして、ここで大変重要な点は、これらはいずれも学習初期においては正解となる動作のパターンが未知であるが、円滑な動作の習得に伴ってパターン情報が既知となる点である。これらは、第5章で取り上げる本研究の主要な研究課題であるため、このような学習に関連する事項について概説する必要がある。従って、以下では強制ペース及び自己ペースそれぞれの枠組みで捉えられる刺激-反応事態のいずれにも該当し、かつ不確実な環境における学習の過程に関する知見について概観する。

1.4.2 系列不確定事態での運動学習

運動スキルの重要な性質としては系列的性質がある。そして、多くの運動スキルは複数の運動要素から構成されており、それらの運動要素間の相互作用から系列全体のパターンを習得する。

日常生活からスポーツの競技場面に至るまで、スキルを習得し、学習を促進させようとする場合には必ずしも刺激-反応 (S-R) のような事態ばかりではない。むしろ、探索的な課題遂行を繰り返すことにより学習者にとって新奇の運動パターンを生成する学習も多く存在する。例えば、単純な歩行動作から自動車の運転、スピーチ、ピアノ、チェスなどの複雑な動作まで、人間の行動の様々な形式は系列パターンであると考えられる (Restle and Brown, 1970)。一般的には、他者からの教示や、エラー反応の修正などのフィードバック情報による強化が行われ学習が進展していくと考えられる。このような推測と KR (Knowledge of results : 結果の知識) による学習事態を推測反応系列学習事態とする。

本研究の対象は、反応基準となる系列位置が実験課題中に埋め込まれている反応不確定事態での推測反応系列課題を含む (第5章)。系列刺激が反応に先行して呈示されない反応不確定事態での学習方略は、推測による誤反応から正しい系列位置の情報に関する KR を受けながら、系列位置全体のパターンを習得することである。過剰学習によって形成されたパターンは最終的にはより洗練された運動となって表出する。言い換えれば熟練された動作となって表現される。このような運動スキルの熟練化の特徴は、動作の一貫性、エラーの減少、動作時間の高速化、外部環境の変化に伴う高い適応性などがある。これらの特徴は外部環境、主に学習者自身が直面する運動課題との相互作用、特に情報の伝達が大きく影響していることが推察される。そこで、情報理論を参照して論じるとすれば、学習の促進に関して課題遂行によって学習者が置かれた環境

事態に関する不確定度を減少させるとともに冗長度を増大させることが見込まれる。

1.4.3 不確定度 (uncertainty) と冗長度 (redundancy) から見た情報量

情報の概念を数学的に表現した Shannon and Waver (1949) により情報とコミュニケーションの理論が提案された。情報理論によると、言葉や観察したことは、それによって未知のものが既知となったとき情報となるとされる。言い換えれば、情報とは不確定度を取り去るか減少させるものとして定義される (Attneave, 1959)。ある事象が確実に起きる時、その事象の生起確率は1であるが、生起が予測できない事象の生起確率は0と1の間にある。例えば、偏りのない貨幣を複数回投げた時、表の出る確率は2分の1であると考えられる。このとき、「表」あるいは「裏」の答えに1個についての不確定度は最大値の1をとる。しかし、貨幣に欠陥が存在したとして、事象の出現確率に偏りが出た場合、不確定度が減少することになる。情報理論では2を対数の底として用いる。また、情報量の単位としてはビット (bit) が使われる。つまり、1ビットは等確率の2事象のうち、いずれかが確定することによって得られる情報量を表すことになる。また、推定情報量による不確定度及び冗長度の算出は系列事象にも適用される。

系列事象の不確定度と冗長度の分析は以上に述べた単一事象についての分析を拡張して得られる。例えば、任意の系列に含まれる情報量を推定回数で表すと、2次の不確定度は1つ前の系列が既知の時の不確定度を意味する。以後、同様の手続きにより各回数での不確定度を算出する。逆に冗長度は、直前の反応が既知の時の予測可能性と解釈できる。

系列運動学習事態での推測反応系列では推定情報量を用いて不確定度を求めることができる。系列事象における冗長度の算出も同様の解釈が可能である。運動スキルの学習初期に見られる特徴としては動作時間が低速であり、正確性が低いといったことが挙げられ、学習が進むに従って動作の高速化や正確性の増大が見られる。それは言い換えると学習初期では課題あるいは環境に関する不確定度が高く、必要な情報を得ていないことが推察され、一方で、熟練動作に達すると不確定度が減少するとともに冗長度が増大していることが考えられる。岩原 (1963) は、2つの反応キーのうち1つを推測反応させることにより推定回数の関数としての平均情報量及び冗長度を検討した。また、Frick and Miller (1951) はオペラント条件づけにおける行動の系列依存性について不確定度の分析を行っている。このように、ランダムな系列事象やオペラント条件づけに関して不確定度の分析が行われているが、系列運動学習における先行研究は見あたらない。従って、本研究では以上のような不確定度及び冗長度の測度を用いて、情報を量的に表現し、運動スキル習得時におけ

る推定次数の関数としての情報量の変化を検討する。

1.4.4 乱数の性質とランダムネス

本研究において対象とするランダムとは乱数に基づいて産出されるのが適当である。乱数 (random number) の性質には等確率性と無規則性が挙げられる。等確率性は等出現性という意味を持ち、0 から 10 までの数字を無作為に抽出した時、どの数も同じ割合で現れる性質を持つものを指す。無規則性とは抽出した数の前後に関係が無く、それぞれが独立しているという意味から無相関性、独立性とも呼ばれる (脇本, 1970)。乱数について更に詳しく述べると、乱数とは一般的に一樣乱数を指し、これを発生させる方法には大きく分けて二通りある。一つは算術式を用いて得られる算術乱数であり、もう一つは物理現象を利用する物理乱数である (宮武・脇本, 1978)。算術乱数は区間 $[0,1]$ で一様に分布する乱数発生のための計算式を用いるものである。物理乱数はさいころを振る行為に代表されるように適当な物理現象を使って乱数を発生させる方法である。物理乱数はその発生が手軽にできないことなどから乱数の発生には算術乱数を用いるのが一般的である。

これらのことからわかるように、ランダムの性質をある系列事象に当てはめた場合、ランダム呈示とは次に何が呈示されるかわからないような予測のつきにくい性質を持つものである。

第3章と第4章で扱う文脈干渉効果でいわれるランダム条件も、本来この乱数の性質を用いたランダム呈示をもとに検討されなければならない。ここからは乱数及びランダムという用語を用いる際、一樣乱数を踏まえたランダムネスであると位置づけた上で議論を進めていくこととする。

1.4.5 ランダムネスの検証のための検定

環境の不確実性に対して運動実行者の反応がどのような性質を持つのかを明らかにするためには、不確実性のある事象系列に対する反応の性質にランダム性が内在するかを検定することによって明らかにすることができる。そこで以下では、反応系列にランダム性が存在するかどうかを検定する手法について概観する。なお、ここでは刺激事象のランダム性も検定の対象となりうるが、運動実行者の反応の検定を前提としている。

a) 連の検定(run test)

連の検定は、生成される数列の数字の並び方の偶然性 (無規則性) の検証を行う検定法の1つである (脇

本, 1970). ここでいう生成される数列とは, 本研究においては実験によって得られた被験者の反応に関するデータから得られる系列である. 任意のブロックに分割されたデータから連数を導き出し, 区間全体のデータ数に対する連数の関係から無規則性を検定する方法である. 本研究のランダム性の検定においてもこの検定を採用することとする.

b) χ^2 二乗検定

χ^2 二乗検定は, 1 条件で各観測値が 2 つ以上のカテゴリーのどれかに分類される時に, 各カテゴリーの度数の母比が, 理論的に導出される特定の値と異なるか否かを吟味する検定である (森・吉田, 1990). 反応間隔時間の時系列データを任意の区間に分割し, その区間の平均値, あるいは標準偏差を算出する. これに基づき区間の値に偏りがあるかどうかを検定する.

c) 自己相関分析

自己相関分析は, 反応間隔時間の周期性を分析することにより, ランダムネスの検証を行う. 被験者の反応間隔時間から得られる時系列データに何らかの周期性が認められれば動作パターンを形成していると思なすことができる. 他方, 自己相関係数に周期性が認められなければ, 動作パターンを形成していないと思なすことができる. つまり, 時系列データ間の関係性が低く, ランダムな反応であると思なすことができる.

反応間隔の周期性を検討するために以下の式 (1) に従い自己相関係数を算出し, 分析の測度として用いることができる. なお, この式は反応系列の遅れ時間 (ズレ) が h の時の系列相関の標本値である (岩原, 1964).

$$R_h = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_{i+h} - \bar{x})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

1.4.6 系列パターンにおける秩序形成

高田 (1977) は呈示順序による体制化がどのような形で生起するのかを検討している. 言語の有意味綴りと無意味綴りのリストを 1+1 呈示法を用いて被験者に呈示し, 後に自由再生させる手続きを行った. 1+1

呈示法とは被験者に各試行で1項目のみを呈示し、それまでに呈示した全項目に対する自由再生を求めることである。さらにパターン形成を表す指標として体制化率、系列化率、系列依存的体制化率、系列に依存しない体制化率を用いている。体制化率とは再生系列同士の順序の一致度を表す測度であり、再生した答えが前試行とどのくらい一致していたかを指す。ここではエラーも含めた主観的な反応のまとまりの過程を意味している。系列化率とは呈示順序と再生順序の一致度を表す測度であり、どれだけ正しく再生しているかの指標となる。これら体制化率と系列化率の重複する率を系列依存的体制化率と定義することができる。これは複数の試行間で項目の再生順序がどれくらい一致し、しかもそこに呈示順序がどれくらい反映されているかの程度を表す測度である。最後に、系列に依存しない体制化率とは体制化率から系列化率を引くことにより算出している。つまり、主観的で誤差を含んだ体制化を表す測度である。前出の高田（1977）はこれらの測度を用いて体制化の検討を行ったところ、呈示から再生までに遅延時間を設けると有意味/無意味綴りに関わらず系列依存的体制化の割合が増し、遅延時間の重要性が明らかとなった。なお、上に挙げた測度は、Mandler and Dean（1969）の ITR（2）を基に算出される。ITR（2）は Bousfield and Bousfield（1966）の O（ITR）を修正した測度である。その他、高田（1979）はカテゴリー化した材料を用いて系列依存的体制化について分析するなど、体制化の側面から系列要素の秩序化について詳細に検討している。

また、安藤・調枝（1993）はダンスの運動課題を通してみられる体制化の過程を検討している。高田（1977）と同様に、動作系列について1+1呈示法を用いて系列化、体制化、系列依存的体制化、系列に依存しない体制化などの測度から、自己ペース課題における系列パターンの再生を検討し、習得過程における運動課題のパターン形成過程が明らかになったことを報告している。本研究では第5章において、刺激が埋め込まれた系列事態のパターン習得過程の詳細をこれら体制化に関する指標を用いて明らかにする。

推測反応系列の習得過程では、推測に関する不確実性の減少、及びKR情報に頼らない秩序ある反応パターンが見込まれる。さらに、系列パターン全体の習得に伴う反応間隔時間の短縮が考えられる。本研究では以上のような推測反応系列の習得過程で生成される反応間隔時間の短縮と冗長性の増大を熟練動作の特徴と関連づけて検討する。

1.5 環境の不確実性と運動学習及び制御

1.5.1 反応の不確定事態と学習のパラドックス

運動学習領域には不確実性の性質に着目した研究が、特に学習のスケジュールに焦点を当てて継続されて

きた。情報理論に基づけば、情報が不確実ということはエントロピーが最大化された状態であり、熱力学の立場ではシステムの要素が無秩序に近い状態であることを意味する。これに対して、ランダムな順序で課題を遂行することは一見学習者のパフォーマンスを阻害すると考えられるが、その直感に反して学習を促進するというパラドックスとして注目されている。この運動学習領域における主要なテーマとしては文脈干渉効果 (contextual interference effect) がその典型である。運動学習における文脈干渉効果とは複数の運動課題を学習する際にランダムな順序で呈示される課題を遂行するような高文脈干渉条件 (例: random 条件) の練習が1つの課題を完全に遂行してから次の課題を行うような低文脈干渉条件 (例: blocked 条件) の練習に比べ、習得時のパフォーマンスは劣るものの保持や転移を促進するという現象である。以下では文脈干渉効果に焦点を当ててその研究内容を概観するとともに、不確実性という側面から問題点を指摘する。

1.5.2 文脈干渉研究に関する先行研究

文脈干渉効果は、Battig (1972) の言語的研究をもとに Shea and Morgan (1979) によって運動学習に適用されて以来、多くの研究が報告されている。

例えば、Shea and Morgan (1979) はバリアーノックダウン課題 (Shea and Titzer, 1993) において3つの練習条件を用いてブロック群とランダム群を比較しており、保持段階や転移段階においてブロック群よりもランダム群の方が優れた成績を示した。この他にも様々な課題を用いて実験室環境における研究が報告されている。また、このような実験室環境における研究以外にもフィールドにおいて数多くの研究が報告されている (Boyce and Del Rey, 1990; Gabriele, et al, 1987; Goode and Magill, 1986; Hall et al, 1994; Shea, et al, 1990)。

1.5.3 理論 (仮説) モデル

運動学習における文脈干渉効果を説明するためにいくつかの仮説が提案されている。その中でも精緻化仮説、忘却再構成仮説、逆向抑制仮説が多くの研究によって検討されている。以下ではこれら主要な3つの仮説について解説する。

a) 精緻化仮説 (Elaboration hypothesis)

精緻化仮説は Battig (1972) をもとにして Shea and Morgan (1979) によって運動学習で発展してきた。この仮説によれば、ランダム練習における被験者は多彩 (multiple) で多様 (variety) な情報処理戦略を用いる

のでブロック練習における被験者よりも弁別的で精緻な記憶表象へ導くとされる (Shea and Zimny, 1983). そのためランダム練習では学習した異なる課題がワーキングメモリーに混在するため、弁別のレベルを増しながら習得中に比較されるがブロック練習では毎回同じ課題を練習するのでこの処理が行われない。結果として、ブロック練習と比較してランダム練習の方が保持や転移が優れているという説明である。

b) 忘却再構成仮説 (Reconstruction hypothesis)

再構成仮説は Lee and Magill (1983) と Lee and Magill (1985) の提案によって提案された。この仮説は言語記憶における Cuddy and Jacoby (1982) のスペーシング仮説が基礎になっている。点在した課題の干渉によってランダム練習はアクションプランの忘却を引き起こす。それゆえ、ランダム練習はアクションプランの再構成の繰り返しを必要とする。しかし、ブロック練習条件下ではアクションプランはいつもワーキングメモリーに存在するのでその必要がない。

c) 逆向抑制仮説 (Retroactive inhibition hypothesis)

以上に述べた 2 つの仮説の他に逆向抑制仮説が Shea らにより提案された。逆向抑制は原学習と保持テストの間に行われるその他の介入活動の結果によって保持の低下を招くと考えられている (Underwood, 1945)。例えば、ブロック練習中に被験者が複数の課題を A→B→C の順序で行った場合、保持テスト (再生テスト) の実行前に課題 B, C を練習しているために逆向抑制は課題 A の再生時に発生する。課題の練習とそのパフォーマンスに関する保持テストとの間に行われると推察される挿入課題に関する活動によってブロック練習群の保持が低下すると説明している。ブロック練習の被験者が習得段階中に複数の課題を練習し、これらの課題を用いた保持テストが行われるという順番により、逆向抑制から生じた保持の損失はブロック練習者に認められている。さらに、この説について言及した研究では、ブロック練習で複数の課題を実行する場合、保持テストや転移テストで順向抑制による保持の妨害を受ける (Shewokis, et al. 1998) との報告もなされている。このように習得段階や保持段階などの間で生じる他の課題の介入によって運動再生時に逆行抑制が生じるためにパフォーマンスが低下するという説明がなされるのがこの説の特徴であり、研究が進められている (DelRey, et al, 1994)。

1.5.4 文脈干渉効果の研究における問題点

文脈干渉効果について概観してきたが、ここからはこの研究に関する種々の問題点を指摘していく。

運動学習における文脈干渉効果の研究に関しては様々な疑問が存在する。文脈干渉効果の実験において、高文脈干渉の条件と低文脈干渉の条件を設けて両者を比較することが最も一般的である。その際に高文脈干渉条件に用いられる条件としてランダム条件が挙げられるがこのランダム条件においては毎回異なるように呈示方法を変えているだけの条件設定が多い。

この文脈干渉効果を報告している先行研究ではいくつかの疑問や不明確な点が存在している。それは主に習得段階で行われるランダム呈示の方法の不備や本来の意味でのランダム呈示の性質を損なう実験前の先行情報や試行間隔を設けている点である。これらの操作は、ランダム呈示を行うための実験環境としては不適切である。そのため習得段階およびその後の保持・転移段階へもこれらの条件が大きく作用していると考えられる。ここで、本節で問題にしている運動課題、課題に関する先行情報、ランダム呈示の具体的な方法、試行間隔について顕著に示されている先行研究を Table.1 に記した。ただし、文脈干渉効果に関する研究は多数実施されているため、当該領域の研究の一部を取り上げたに過ぎないことは留意されたい。以下では先行研究で見られるこれらの問題点、特に Table.1 に示した、習得段階のランダム呈示の方法、先行情報、試行間隔時間について検討する。

Table.1 運動学習における文脈干渉効果の先行研究

著者 (年)	課題	先行情報	ランダム呈示の方法	試行間隔
Shea & Morgan (1979)	バリアーノックダウン	刺激ライトに対応した各課題のダイアグラムの呈示	各課題が 18 試行の中で 6 試行ずつ呈示されるようなランダム	約 20 秒
Lee & Magill (1983)	バリアーノックダウン		1 セット 9 試行ずつ行うが、連続して同じパターンが 2 回以上呈示されない	約 8 秒
Whitehurst & Del Rey (1983)	光刺激の追従		5 条件が 10 試行中に 2 度ずつ呈示される	15 秒
Pigotto & Shapiro (1984)	的当て課題	毎試行後に bean bag を受け取り次の課題を行った	同じ重さの bean bag で連続して試行しない	20 秒
Wrisberg & McLean (1984)	位置決め課題	実験者からのアナウンス	同じ距離の課題を繰り返して行わない	10 秒
Goode & Magill (1986)	バドミントンのサーブ	実験者からのアナウンス	連続して 2 回以上同じサーブを行わない	約 10 秒
Wulf (1992)	レバー動作	課題バージョンのテンプレートを表示	1 つのバージョンが 2 試行続けて出現しないような制限を設けた呈示	
Shea & Titzer (1993)	バリアーノックダウン	刺激ライトに対応した各課題のダイアグラムの呈示	18 試行の中でそれぞれの課題が 6 試行ずつ呈示される	約 15 秒
Sherwood (1996)	レバー動作	実験者からのアナウンス	課題を連続して繰り返さない	約 10 秒
Lee, Wishrt, Cunningham & Carnahan (1997)	キー押し課題	手がかり刺激の呈示	15 試行の中で同じパターンを 2 回以上繰り返さない	
Li & Wright (2000)	キー押し課題	1-3 秒間 9 つのキーの呈示後、動作課題の呈示	18 試行の中で 3 つの動作を 6 試行ずつランダム呈示	

a) 習得段階のランダム呈示方法

先行研究に見るランダム呈示の方法としては、ある試行ブロック内で3つの課題バリエーションの中の1つが続けて呈示されないような制限を設けるのが一般的である。例えば、Shea and Morgan (1979) は、習得段階において54試行を3ブロックに区切り1ブロックの18試行の中で3種類の習得課題がそれぞれ6回ずつ呈示されるようにし、さらに同じ課題を2試行以上連続して呈示しないような方法を用いた。同様に、Lee and Magill (1983) は、9試行のブロック内、Lee, et al. (1992) は6試行のブロック内で、Li and Wright (2000) では18試行の中で3つの課題バリエーションのそれぞれが2回以上連続して呈示されないような操作を行いランダム群の呈示方法としている。また、単純に同じ課題を連続して呈示しないように制限した実験も見られる (Wulf, 1992; Wulf, and Schmidt, 1994; Green and Sherwood, 2000; Sherwood, 1996)。この他、Wulf and Lee (1993) の研究では、ランダム群の呈示方法はランダム呈示ではなくシリアル呈示を行っている。実際の運動場面での研究を見ると、バドミントンのサーブを課題とした Goode and Magill (1986) の研究では、連続して2回以上同じサーブを行わないという制限を設けており、Hall, et al (1994) の野球のバッティングにおいても3種類の球種(直球,カーブ,チェンジアップ)をそれぞれ15試行ずつ行う中で1つの球種が2回以上続けて投球されないような呈示方法を用いている。このように見ていくと同じ課題バージョンが連続して呈示されないような制限を設けたり、ある試行数の中で3つの課題をランダム呈示にしたりといった特徴が見られる。これらのことから先行研究で採用されているランダム呈示の方法はランダムネスの性質である無作為性がそこなわれ、本来予測がきわめて困難であるはずのランダムな性質を含んでいるとは言えず呈示方法としては適切とはいえない。

b) 先行情報

課題開始前にその試行で遂行する課題に関する情報を呈示することは被験者に呈示される課題の先行情報を呈示することになりランダムな性質がそこなわれる。3種類の課題がランダムに呈示される場合、その試行で呈示される課題の具体的な情報を明示していれば課題遂行は容易になる。例えば、Sherwood (1996) ではレバー動作の課題を用いて225msで3種類(20°,40°,60°)のいずれかの角度に腕を移動する動作の学習が求められたが、その課題の呈示方法は実験者による目標動作角度についてのアナウンスであった。また、Lee et al (1997) は5つのキー押し課題において被験者はパターンの手がかり (pattern cue) の呈示後いつでも課題を開始することができた。このように、実験者による課題についてのアナウンスや実験装置のモニタ

一への呈示を行うことによって開始時期を問われない課題は、主に課題の目標が反応時間や動作時間を増すような課題ではなく、決められた時間に動作を一致させるような課題において見られる (Green and Sherwood, 2000; Li and Wright, 2000; Lee, et al. 1997). また, Goode and Magill (1986) の場合も同様に, バドミントンのサーブ課題においてショート, ロング, ドライブのいずれかのサーブがアナウンスされ, 課題が開始された. このような先行情報の呈示では被験者はそれに従い課題を遂行すればよいだけであり, 次にどのような情報が呈示されるかは不規則であるというランダム呈示の性質は問われないことになる. これに対して, ランダムネスは無規則性, 不確実性という特徴を持っており, 予測がきわめて困難な性質を含んでいなければならない.

c) 試行間隔時間

試行間隔について概観すると, 運動学習研究では KR の呈示時間に充てられることが多い. しかし, ランダム呈示を用いた実験で十分な試行間隔を与えることは課題に対する推測, 予測さらには反応戦略を考える時間を与えることになり, 結果として被験者が次に呈示される課題を予測することを容易にする可能性がある. バリアーロックダウン課題を用いた Shea and Morgan (1979) は試行間隔時間がおよそ 20 秒, 同様の課題で Lee and Magill (1983) ではおよそ 8 秒であった. Sherwood (1996) と Green and Sherwood (2000) の研究ではともにおよそ 10 秒間設けている.

また, Wulf and Lee (1993) は同じ相対タイミング動作の学習を必要とする場面で, 練習スケジュール (ランダムとブロック) が動作のパラメータ, 汎化運動プログラム (GMP), あるいは両方の学習に効果的かどうかを検討している. 実験では 4 個のボタンから構成された 3 個のセグメントの比率のバージョンを学習するキー押し課題を用いて 2 つのブロック練習群と 2 つのランダム練習群を比較している. 片方のランダム群及びブロック群は毎施行後に 7 秒間の KR を受けておりもう一方のランダム群とブロック群は 21 秒間の要約 KR (3 試行に 1 回) を受けている. ランダム課題の呈示方法は実際のランダム呈示ではなくシリアル課題の呈示順を実施している. その他, Wright and Shea (2001) では各試行ブロック (12 試行) の中でそれぞれ等しく呈示されるような制限を設けてランダム呈示を行っている.

また, 具体的な試行間隔を示していない文献が多く見られるが一般的に試行間に前試行についての KR を呈示しているため, 毎施行後に一定の試行間隔が設けられていると考えられる. これら一定程度の試行間隔はランダムネスの性質を含んでいるとは言いがたく呈示方法としては十分とはいえない. また, スポ

一つのゲーム事態に目を向けた場合、1つの運動プログラムの遂行後にインターバルが設けられる機会はほとんど見受けられない。

d) 文脈干渉効果の結果と研究データの仮説の対応関係

運動学習における文脈干渉効果の研究では以上の問題点を指摘できるが、さらなる問題点は文脈干渉効果を説明する仮説と研究結果のデータとの直接的対応の少なさである。

精緻化仮説や再構成仮説について、これらは文脈干渉効果の説明において量的なデータから質的な検討を行っている。運動学習における文脈干渉効果の研究では反応時間や総応答時間、相対タイミング、絶対タイミングなどをパフォーマンスの測度として用いているが (Lee, Wulf, and Schmidt, 1992; Wulf, 1992), そういった量的なデータを使った評価方法ではどこで弁別が起こっているのか、またどの時点で忘却が開始され、どこでパフォーマンスが精緻化したのかなどの説明をするのは困難である。そのため、質的な仮説については質的な反応測度を用いる必要がある。

これまでに見てきた先行研究で用いられている実験デザインは、運動学習における文脈干渉効果の研究では一般的である。そして、習得段階においてはランダム群よりもブロック群の方がパフォーマンスは優れている。しかしながら、ランダム群でも習得段階でのパフォーマンスが全く進まないわけではなく、ブロック群と同様に習得課題の遂行に伴ってパフォーマンスの改善が見られる。このようなパフォーマンスの改善が見られるのは上記したランダム条件の実験事態における不備が大きく作用しているからであると推察される。

また、先行研究における習得段階で習得した運動スキルを評価するための保持段階、転移段階に着目すると、習得段階で遂行した課題の保持量を評価する時には習得段階で行った課題を用いるが、その呈示方法はブロック呈示を行っている研究もあるが (Gabriele et al, 1991; Wright, 1991), ランダム呈示を行う研究が多くみられる (Lee et al, 1997; Wulf and Lee, 1993). ブロック呈示とランダム呈示を比較するとき、習得段階でブロック練習を遂行してきた群とランダム練習を遂行してきた群を、ブロック課題を用いて評価した場合、ブロック習得群の方がランダム練習群よりも成績が優れているのは必然であろう。一方、ランダム課題を用いて保持テストを行おうとする時、習得段階においてランダム練習を遂行してきた群が容易に課題を遂行できると考えられ、前者と同様にランダム群の方がブロック群よりも成績がよいのは当然の結果といえる。また、スポーツ場面において、練習してきた運動スキルを評価する際にランダムな呈示によって評価が行われることがない点から見ても、保持段階での評価においてランダム課題を採用することには慎重な検討が必要であ

ろう。

ランダムネスは等確率性、無作為性という特徴を持っており、予測がきわめて困難な性質を含んでいる必要があるためランダム性の検定を必要とすると考えられるが、これまでの文脈干渉効果の研究におけるランダム呈示に対する反応についてランダムネスの検定を行ったものはない。

ここまで文脈干渉効果における問題点を指摘してきた。これまでに述べた先行研究は、自然科学で対象となる一様ランダム性と比較した時には十分にランダム性を補償しているとはいいがたい。ただしその一方でこれまでの文脈干渉効果の研究は運動パフォーマンスを向上させ、学習として定着させるためのスケジュールの問題としてランダム性を捉えているため、運動学習の促進現象を見出し課題間の干渉やアクションプランの再構成といった理論を展開した点では運動実行者の技能習得のためには重要な役割を果たしているといえる。特に、先行研究が取り上げている課題は閉鎖性スキルが多く、この閉鎖性スキルの習得にとっては一定の貢献があったといえよう。

1.6 問題の所在

ここまで述べてきた先行研究及び関連研究から導き出された問題点を整理しておく。文脈干渉効果に代表されるように環境に内在する刺激の不確実な事態において学習が促進するというパラドックスがある。文脈干渉効果の研究は、複数の課題を遂行する際に生じる課題間の干渉がその後の学習を促進するという前提で課題が構成されている。これはバリアーロックダウンや空間位置決め課題など限定された運動技能の習得においては効果的であるという側面がある。すなわち課題間の干渉によって記憶痕跡を定着させ、結果として正確な出力が達成されることとなり、いわばトレーニング的側面を有すると捉えることができる。他方で、例えばバドミントンや野球のバッティングなどスポーツ場面の課題を取り上げたものもある。当然のこととして、これらの研究はバドミントンや野球のゲームの展開そのものを取り上げたわけではない。すなわち実践場面といえどもプレー中に要求されるサーブやスイングといった個別の課題を取り上げている。このことからスポーツ技能を取り扱っていたとしても、上記のバリアーロックダウンや空間位置決め課題などの研究と本質的には変わらない閉鎖性スキル (closed skill) を取り扱っているといえる。これに対して、実際のスポーツ場面で生起する不確実性においても文脈干渉効果が適用されうるとするならば、この現象の理解を試みる時に 1.4.3 でも指摘したような複数の問題点が生じてくる。それを整理すると次の通りとなる。先行研究におけるランダム練習群に用いられるランダムは一様乱数を用いたランダムネスの性質を伴っていない。それ

と同時に刺激呈示間隔や先行情報の呈示により本来予測がつきにくい性質を持つべきランダム呈示が被験者側にとっては予測可能な呈示方法となっている。そのため試行数の増大に伴ってパフォーマンスがよくなっている。本当に予測がつきにくい性質を持つのであればパフォーマンスの漸減は通常考えられない現象である。この点について更に述べると、先行研究では習得段階におけるブロック練習群とランダム練習群のパフォーマンスをある一定の試行ブロックに区切ってそのパフォーマンス曲線を示している。第一試行ブロックではブロック練習群はランダム練習群に比べて圧倒的に優れたパフォーマンスを示しているが最終試行ブロックになるとその差はほとんどなくなっている。そう考えた場合、試行数を更に増やすとブロック練習群とランダム練習群に差はなくなるかあるいは習得段階中に成績が逆転する可能性すらでてくる。しかし、このように習得段階における試行数の増大に伴って学習の初期段階とは反対にランダム練習群がブロック練習群よりも優れたパフォーマンスを示すことを報告した研究は見当たらない。さらに、文脈干渉でいわれる仮説に関連して、上記したように文脈干渉効果の研究ではパフォーマンス曲線で群間のパフォーマンスを示す場合がほとんどである。そのパフォーマンスの指標として一般的に用いられるものには変動誤差 (variable error), 絶対誤差 (absolute error), 恒常誤差 (constant error) などがある。これらは、目標値と実際の値との差について量的に検討するための指標といえる。しかし、忘却再構成仮説や精緻化仮説などでいわれる説明はどれも質的であり、呈示されたデータと対応させて説明するには不十分である。これらのことから 1.2.1 でも取り上げた、無反応、誤反応、正反応、見越し反応の4つのパフォーマンス測度を設け、可能な限り反応を質的に評価する必要がある。

上記の一樣ランダム呈示を用いた不確実性の問題を文脈干渉効果と関連づけるにあたり、一樣ランダムという性質に対して被験者は何らかの学習を行うことができるのだろうか。この検証をするためには、文脈干渉効果の問題点について再検討する前に、一樣ランダム呈示に対する被験者の反応様式の特徴を明らかにする必要がある。しかし、このような一樣ランダム呈示に対する被験者の反応については検討された知見は見当たらないため、被験者の文脈干渉効果に関する研究への発展という意味だけではなく、純粋に一樣ランダム呈示に対する視知覚を基盤とした身体システムの反応を見出すという点で意義があろう。

環境と身体システムの関係を考えて場合、ここまでの問題として環境からの刺激入力に依存した情報処理の帰結として身体システムからの反応が生じることを仮定した上で不確実性の影響を想定してきたが、1.4.2でも論じたように、不確実性とは必ずしも強制的に発生する刺激に応答する場合だけではない。ではどのような事態が想定されるかと問われれば、環境に内在する刺激要素をいわば「手探り」で探索していく過程が

想定される。具体例を挙げると、運動初期 (novice) では課題の内容が不明なため正解かどうかは別として解が不明な事象に対する行為を行う。これが正解であれば次の反応への行為へ移行するが、誤反応である場合も当然想定される。通常このような場合ではフィードバック情報として正解位置が呈示されることとなる。この実験事態の重要な点は、この誤反応に付随して正しいフィードバック情報を呈示することによって、正解となる (基準となる) 基準系列パターンに近接していく過程が見出される点である。これは多くの試行を要すると想定されるが、繰り返し継続することによって徐々に環境に内在する系列パターンに近似した反応を生起させ、正解のパターンを理解し実行することが可能となる。このような事態での反応には何らかの秩序化が生じると想定される。何故ならば、通常あらかじめ解が不明な場合は試行錯誤及びその際に呈示されるフィードバックを頼りに正解位置を記憶の痕跡に留め、課題の遂行に伴って解に近似するようなパターンが生起するものと考えられるためである。したがって、このような事態では特に学習初期には系列パターンの不確実性が伴うが、上述の通り試行錯誤及びフィードバック情報の利用により、正解となるパターンを獲得していくこととなる。この際に重要となる変数として不確定度や冗長度がある。第5章でも論じるが、先行研究を概観すると情報の利用の理解に焦点が当てられているものが多く、不確定事態のパターン形成における不確定度と冗長度に焦点が当てられている研究はない。また、不確定事態においては不確定度や冗長度といった情報理論に基づく情報だけではその過程を説明することが困難であることから、フィードバック情報に依拠した系列パターンの秩序化を意味する体制化の成立過程を詳細に検討する必要がある。さらに、このような事態は熟練運動スキルを習得するにあたって重要な示唆が含まれると想定されるため、運動の上級者 (expertise) が発揮するような熟練運動スキルの理解にとって大変重要な知見となりうる。

身体システムの制御及び学習の理解を進展させるためには単純なリーチングやポインティング課題による知見を実際の運動現場へ展開させる必要がある。これは身体システムの理解のためだけではなく、アスリートや学校教育における体育、あるいはリハビリテーション、医科学分野等幅広い分野への応用可能性を想定しているためである。したがって、いずれの分野においても微視的な要素間の振る舞いの解明から、全身の身体変数の協応構造のような巨視的な視点への拡張が欠かせないといえる。本研究のように刺激の要素に反応するような事態においても例外ではない。そこで刺激要素へのタイミングが要求され、かつその刺激が不確実な事態を想定した実運動環境による実験的検討が必要となる。ここで、ターゲットと四肢の協応との関係について精緻な分析を試みると、取り扱う変数が膨大かつ複雑になるという問題が生じる。これは知覚運動行動の実験を困難にさせている一因である。これに対し、本研究 (第6章) で着目する点は頭部の位置

座標（頭部前部，頭頂部，頭部後部）とターゲットの座標という比較的少ない変数を取り扱うため，実運動環境下で刺激と運動実行者の協調やタイミングについての問題を明らかにすることができるということである．すなわち，視覚的な刺激の追従及び反応キーによるタッピングという視覚と指先の運動の協応の関係を実運動場面に拡張してタイミングの問題として扱うことが可能となる．

1.7 本研究の目的と構成

本研究は，環境情報の不確実性が身体運動のタイミングの学習及び制御にどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的とする．そのために 1.6 の問題点を踏まえた上で，以下で述べる実験的検討を試みる．

本論文は，本章を含む以下の 7 つの章から構成されている．その構成を Fig.1 に示した．

1.3.3 でも述べたように，一様ランダム性とは一様な反応分布を示す．運動学習場面でこのランダム性を適用する際に，一様ランダム呈示に則った刺激を用いることが妥当であると考えられる．このことから第 2 章では，運動学習事態において，刺激要素が一様ランダムに呈示された時の被験者の反応様式について検討する．その際，主に無反応，誤反応，正反応，見越し反応の 4 つのパフォーマンス測度の変化について検討する．また，被験者の反応のランダム性を検証するために連の検定を行う．

第 3 章では，第 2 章の実験を基礎に，一様乱数に基づくランダム呈示を行うランダム条件を文脈干渉効果のパラダイムに適用する．具体的には，ブロック群，シリアル群に加え，呈示順序が一様ランダム呈示される一様ランダム群を設けた習得課題を行わせ，特に習得段階における，無反応，誤反応，正反応，見越し反応の 4 つのパフォーマンス測度の相補的变化を検討する．

第 3 章では呈示順序が習得パフォーマンスに与える影響を検討したが，習得段階の学習過程に焦点を当てて分析を試みたため，比較的永続的な運動の学習を評価するまでには至っていない．そこで第 4 章では，ブロック群及び一様ランダム群に習得課題を行わせ，その評価として保持段階及び転移段階における呈示条件を設定することによって，習得段階における呈示条件の違いが保持や転移といった学習へ与える影響を明らかにする．そして，一様ランダム呈示を行った一様ランダム群が文脈干渉効果のパラダイムにおいて有効であるかを検証する．

前章までは刺激呈示に対して被験者が反応を行う，いわゆる S-R 事態での実験を一貫してきた．この特徴は刺激が決められた速度で呈示され，それに対して被験者が反応を行うというものであり，強制ペースの実

験課題である。しかし、環境で生じる運動は上記のような強制ペースで進行するものばかりではない。環境に内在する刺激が不確定な状態から推測によって解（パターン）を導き出す事態も存在する。そこで第5章では、推測反応系列事態における運動学習の過程を分析する。特に情報理論における不確定度及び冗長度を算出するとともに、そのパターン形成過程の特徴を明らかにし熟練動作と関連づけて考察する。

第6章では、歩行及び一致タイミングが求められる課題を行う。前章までは、複数の刺激ボックスとそれに対応した反応キーで構成された実験装置を用いて、不確定事態におけるタイミングの学習と制御について検討してきた。運動の要素としては、視覚情報に対するリーチング動作である。ここまでの知見を実際のスポーツ等を想定した運動場面に照らし合わせて議論するためには、実際の運動場面を想定した実験環境が不可欠である。そこで、ターゲットに対する捕捉課題を用いて、一致タイミング実験を行う。具体的には、課題の遂行中にターゲットが速度変化を起こさず等速で移動することがあらかじめ被験者にわかっている条件と、ターゲットが不規則に速度変化を生じる条件を比較することにより、ターゲットの速度変化が捕捉方略に与える影響を明らかにする。さらに、不規則変化が生じるようなターゲット（刺激）の不確定事態における身体変数への影響を明らかにすることも試みる。その際の、身体変数として頭部の変位を取り上げる。このことにより、不確定事態における身体システムが単に視知覚-歩行という受容器と効果器の関係で成立するのではなく、視知覚以外の身体変数が身体の誘導に寄与する可能性についての展望を試みる。

第7章では、一連の研究で得られた知見を要約する。また、本研究の意義と展望について論じる。他方で、本研究を通して得られた検討課題についても言及する。そして最後に本研究の結論を述べる。

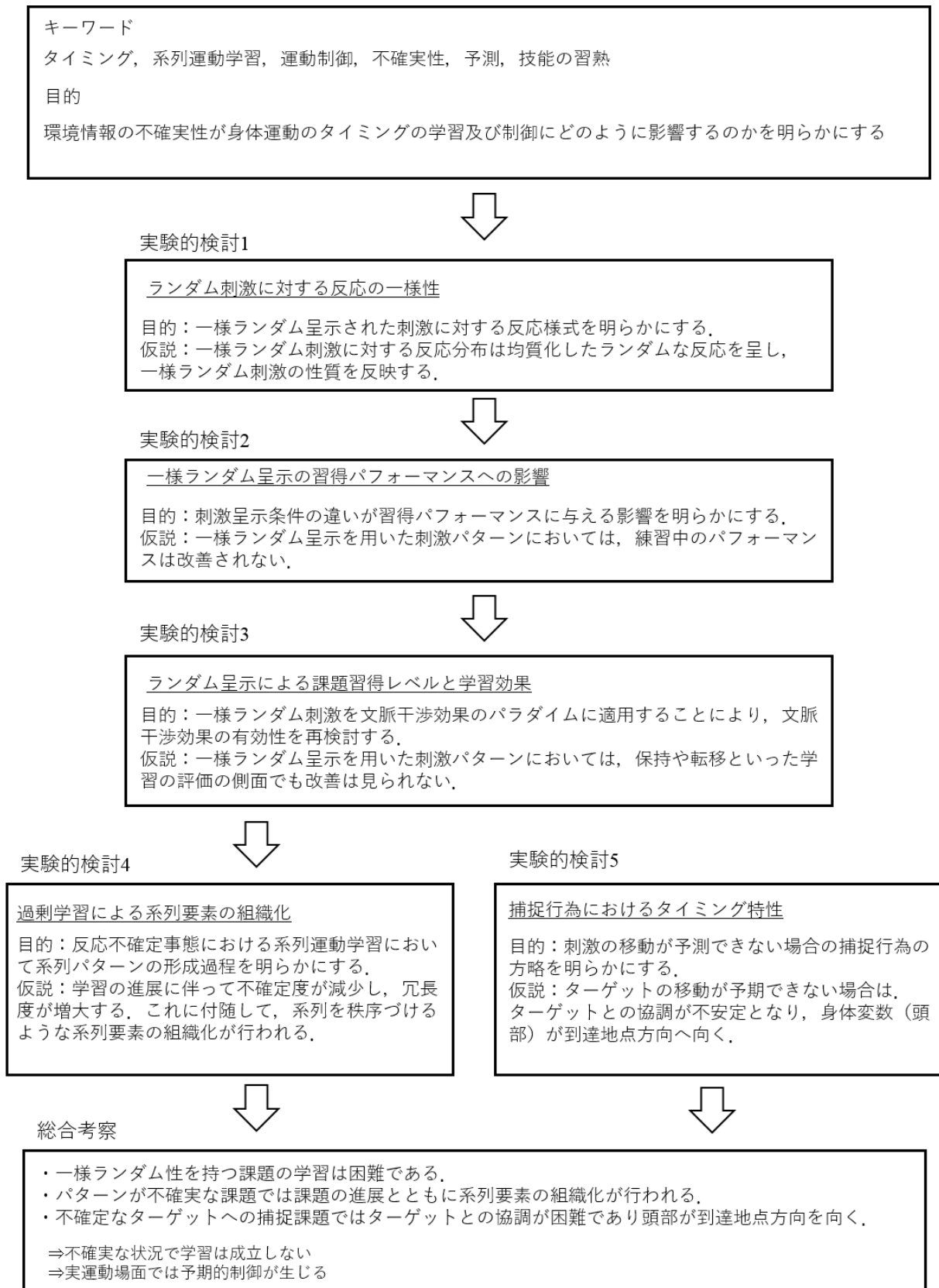


Fig.1 本論文の構成

第2章 ランダム刺激に対する反応の一様性

2.1 目的

一様分布の特徴を有する一様ランダム呈示が系列パターンの学習へ与える影響を検討するためには、まず刺激の呈示パターンを一様ランダム分布に則って呈示した時の被験者の反応様式を検討しておく必要がある。そこで、本章は一定の規則性を持たずにそれぞれが独立に出現するような刺激パターンを呈示し、その刺激に対する被験者の反応様式を明らかにすることを目的とする。

2.2 方法

2.2.1 被験者

健康な大学院生男子 10 名（平均年齢:25.2±2.5 歳）であった^{注1)}。本研究に関する内容及び個人情報の取り扱いについて説明し、口頭で同意を得た。

2.2.2 装置

実験装置は Fig.2.1 に示してある適応能力分析装置（竹井機器工業社製）を用いた。被験者の前方 30cm の位置に刺激呈示ボックスが設置された。刺激ライトは各課題の刺激要素数によって 3 個、4 個、5 個と左から右へ 10cm 間隔で並べられた。これらの刺激ライト（赤色発光ダイオード）に対して被験者の手もとに反応キー（タッチスイッチ）が左から右へと 10cm 間隔で並べられた。刺激間隔時間（inter-stimulus interval: 以後 ISI と記す）は各課題条件に対して 300ms, 400ms, 500ms, 600ms の 4 種類に設定した。なお、刺激点灯時間は 100ms であった。また、刺激呈示や試行数の設定、収集したデータの分析はパーソナルコンピュータで行った。

2.2.3 課題

被験者は課題毎に設定された刺激要素が一様ランダムに呈示される系列光刺激に対する追従課題を遂行することを求められた。課題は刺激要素数が異なっており、各課題に対して 3 種類の刺激要素数が設けられた（刺激要素数: 3 個, 4 個, 5 個）。さらに、各課題に対して 4 種類の ISI 条件が設けられた (ISI: 300ms, 400ms, 500ms, 600ms)。つまり、各課題内の刺激要素が一様ランダムに呈示され、被験者は刺激の点灯位置を予測し

て、刺激と反応を一致させるように反応キーにタッチしなければならなかった。また、被験者は右手の人差し指で課題を遂行することを求められた。

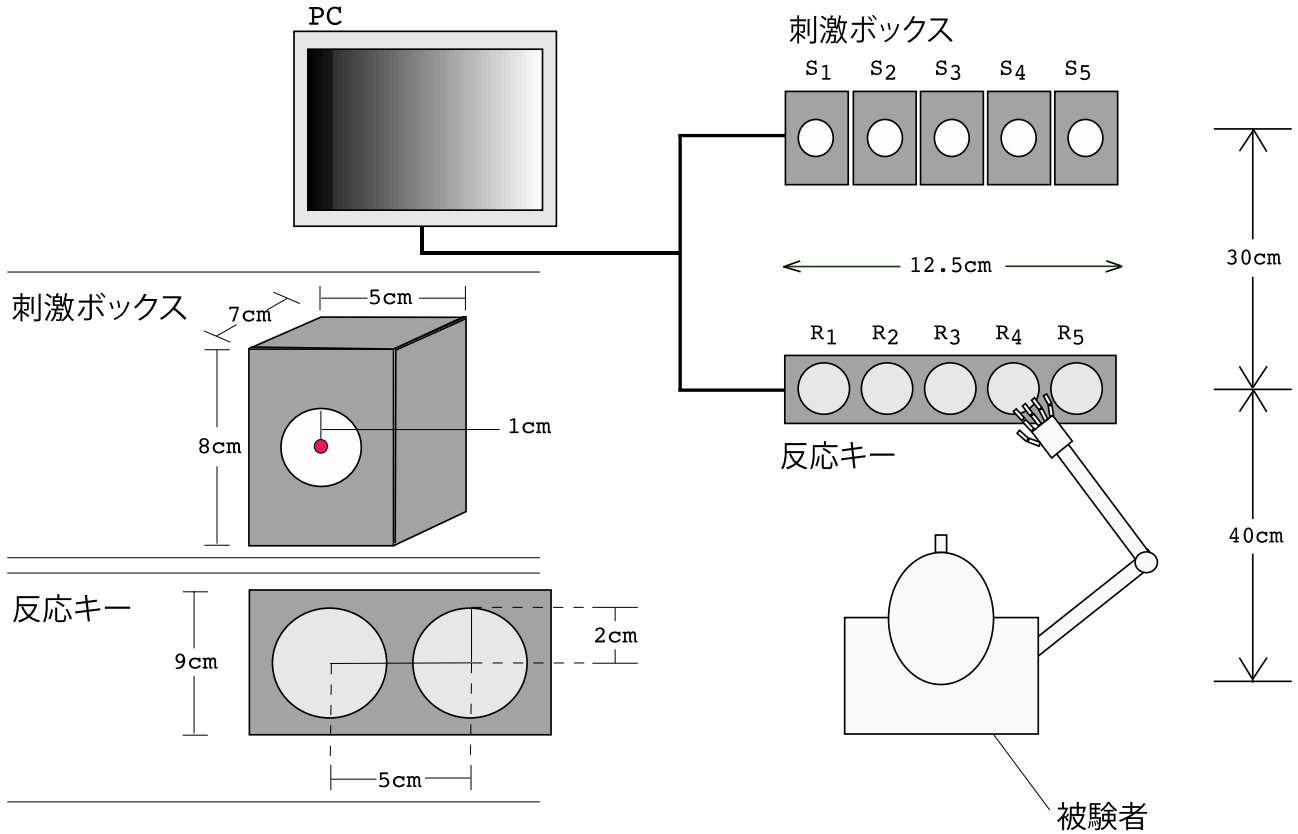


Fig.2.1 実験装置

被験者は反応キーの正面に座り反応キーの前方に設置された刺激ボックスに呈示される刺激に反応する。

2.2.4 手続き

被験者は実験装置の正面に座った。被験者が行う課題条件は刺激要素数 (3 : 3 個, 4 個, 5 個) × ISI (4 : 300ms, 400ms, 500ms, 600ms) の全 12 条件であり、各条件を被験者間でカウンターバランスした。ある条件の終了と次の条件の開始の間に 1 分間の休憩時間を設け、実験者はその都度、刺激ボックスの配置などの実験条件の準備を行った。試行回数は各刺激要素に対して 100 試行ずつであった (刺激要素数 3 条件:300 試行, 刺激要素数 4 条件:400 試行, 刺激要素数 5 条件:500 試行)。1000ms の予告音の後、各被験者は課題を開始し、設定された試行数を遂行し終了とした。刺激は一様乱数に基づいたランダムな呈示方法を用いたが、最終的に各刺激に対する試行数が均等になるように操作した。

2.2.5 パフォーマンス測度の判定基準

Fig.2.2 は系列刺激が点灯される刺激間隔時間内に出現する無反応、誤反応、正反応、見越し反応の4つのパフォーマンス測度を定義したものである。系列刺激が毎回異なる場合を左から説明する。ただし、本研究で用いる一様ランダム刺激を呈示する場合、同じ刺激が連続して呈示されることもある。

- ① ISI 内の前後の刺激に対する反応がない場合は無反応とする。
- ② ISI 内の前後の刺激に対する反応が一致していない場合は誤反応とする。
- ③ ISI 内の前の刺激に反応が一致し、後の刺激とは不一致である場合は正反応とする。
- ④ ISI 内の前の刺激と反応は不一致であるが、後の刺激とは一致している場合は見越し反応とする。この際、前の刺激に対する反応は無反応とする。
- ⑤ ISI 内の前後の刺激が同じである場合、前の刺激を無反応として後の刺激に対する見越し反応とする。

以上のような判定基準で4つのパフォーマンス測度の出現比率を求めた。

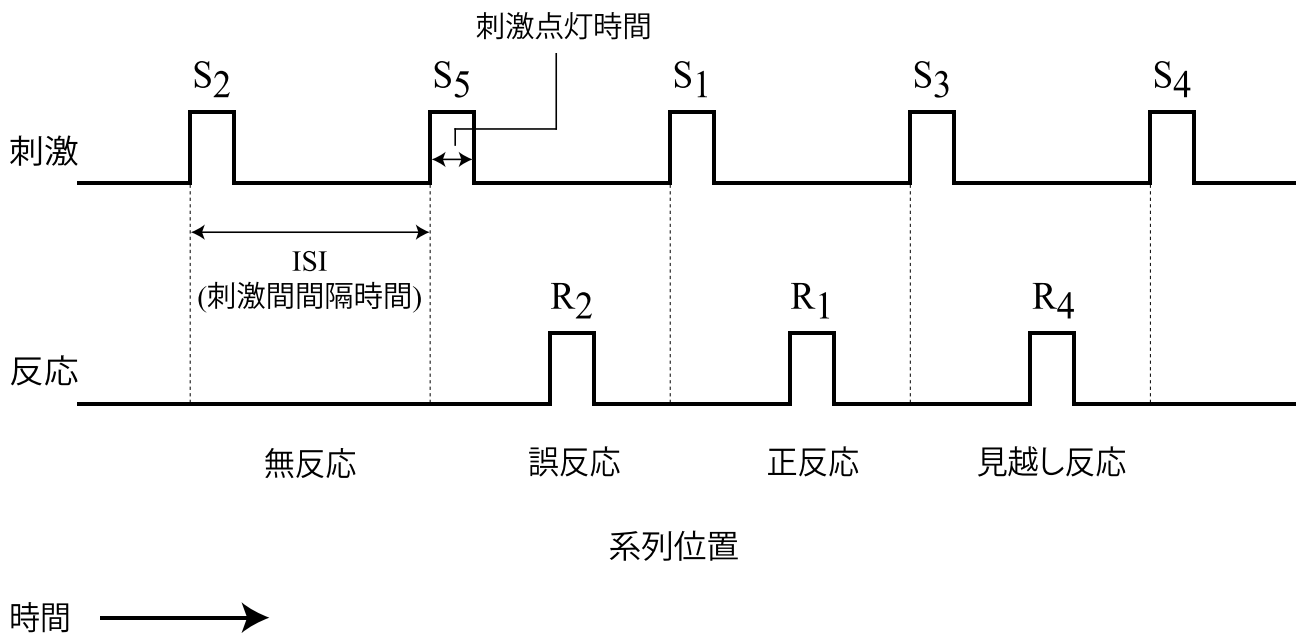


Fig.2.2 4つのパフォーマンス測度の定義

2.2.6 分析方法

a) R-R 間隔時間のランダム性の検証

各被験者が遂行した12条件に関して、被験者が行った全反応について、無反応を除くすべての反応間隔時

間（以下 R-R 間隔時間）を集計し，その R-R 間隔時間について連の検定（run test : 5%の有意水準）を行った．なお R-R 間隔時間とは反応から次の反応までの間隔時間を指し，この場合，無反応，誤反応，正反応，見越し反応の4つの反応測度のうちの無反応を除くすべての反応についての R-R 間隔時間データを対象として用いた (Fig.2.3)．

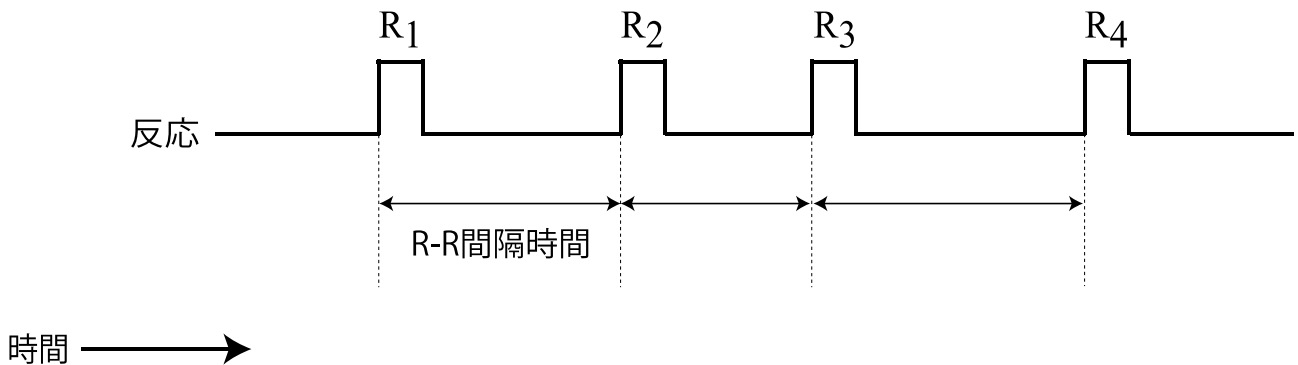


Fig.2.3 R-R間隔時間の定義

被験者が反応キーに接触した時間を計測し，それを収集する．その際，無反応は反応キーへの接触が生じないため，見越し反応，正反応，誤反応から生じる反応間隔時間をR-R間隔時間の分析対象データとした．

本研究で採用した連の検定方法の説明を加える．課題の遂行順に並んだ被験者の無反応を除くすべての R-R 間隔時間データに対して 10 試行を 1 ブロックとして区切り，その区間のデータの標準偏差を求める．次にこれらの標準偏差のデータに関して中央値を求める．区間データの標準偏差を中央値よりも高い値と低い値に分類する．この時，中央値よりも高い値または低い値のいずれかが連続したひと続きのかたまりを連という．これらの処理を経て区間データ数と連数の関係によりランダムネスの検証を行った（脇本, 1970; 江原, 1991; 荒木・栗原, 2000）．もし，R-R 間隔の系列が有意差を示した場合は，被験者は何らかの規則性を持って刺激に対する反応を行っているといえる．他方，有意差が見出されなければ被験者の反応は規則性を持たない無秩序な反応であると解釈することができる．

また，一様乱数の性質から，刺激系列を見越し反応は困難と考えられるが出現した見越し反応が偶然性に基づいて発現したのか，それとも反応前後の文脈により系列を見越したものかを判定するため，連の検定では見越し反応の出現頻度についてもランダムネスの検証を行った．

b) 刺激数及び ISI の各条件からみた 4 つのパフォーマンス測度の変化

刺激要素数 (3 : 3 個, 4 個, 5 個) × ISI (4 : 300ms, 400ms, 500ms, 600ms) の 12 条件について 4 つのパフォーマンス測度の出現比率の比較を行った。

2.3 結果

2.3.1 反応系列のランダムネスの検証 (連の検定)

全試行数を 10 試行ずつに分割して (300 試行条件では 30 試行ブロック, 400 試行条件では 40 試行ブロック, 500 試行条件では 50 試行ブロック), 各被験者の反応に関する R-R 間隔時間データをもとに連の検定を行った。Table.2.1 は各被験者における 12 条件に関する R-R 間隔時間の標準偏差を用いた連の検定の結果である。各被験者のすべての条件において R-R 間隔時間は有意ではなかった。つまり, ランダムな刺激の呈示に対してはその反応もランダムであり, 系列を秩序づけるような反応は行っていないことが見出された。

Table. 2.1 ランダムネスの検証のための連の検定結果

被験者		3-300	3-400	3-500	3-600	4-300	4-400	4-500	4-600	5-300	5-400	5-500	5-600
A	データ数	22	24	23	23	32	31	33	32	40	42	40	40
	連数	12	14	12	12	15	18	13	20	19	24	24	19
B	データ数	24	23	22	22	26	30	31	33	32	35	41	40
	連数	17	14	12	13	10	11	17	22	18	15	18	19
C	データ数	20	22	23	22	27	29	28	30	36	36	37	38
	連数	14	14	12	12	8	21	16	14	22	17	20	18
D	データ数	22	23	22	22	29	30	32	31	37	37	39	40
	連数	16	16	10	9	15	20	15	17	20	19	19	20
E	データ数	23	23	23	23	31	30	32	32	38	40	40	41
	連数	13	8	14	15	14	20	18	15	19	24	23	23
F	データ数	20	23	23	23	27	31	33	32	30	37	41	41
	連数	12	13	9	13	16	15	16	18	15	21	20	27
G	データ数	17	21	23	23	24	28	31	32	32	36	40	43
	連数	9	10	14	12	14	14	17	19	19	19	18	26
H	データ数	22	22	23	22	30	28	31	32	39	36	42	41
	連数	11	12	10	12	14	15	17	16	20	18	20	25
I	データ数	18	21	24	22	26	29	32	30	33	36	38	41
	連数	12	7	14	12	11	12	14	18	13	18	25	23
J	データ数	20	22	23	23	27	29	30	32	36	33	37	41
	連数	12	11	10	14	13	17	12	16	16	11	19	28

(無反応を除くすべてのR-R間隔時間: 10試行区切り)

2.3.2 パフォーマンス測度の分析

次に, 刺激呈示条件とパフォーマンスの関係を見るために刺激要素数(3)×ISI(4)の対応のある 2 要因の分散分析を行った。この時, 各 4 つのパフォーマンス測度の出現比率を求めたが, 反応分布が正規分布していな

いため角変換 ($X = \sin^{-1} \sqrt{P}$) を行った値について各条件間の分析を行った。刺激要素数 3, 刺激要素数 4, 刺激要素数 5 の各刺激要素数における, ISI の違いによるパフォーマンス比率を記した (Fig.2.4)。

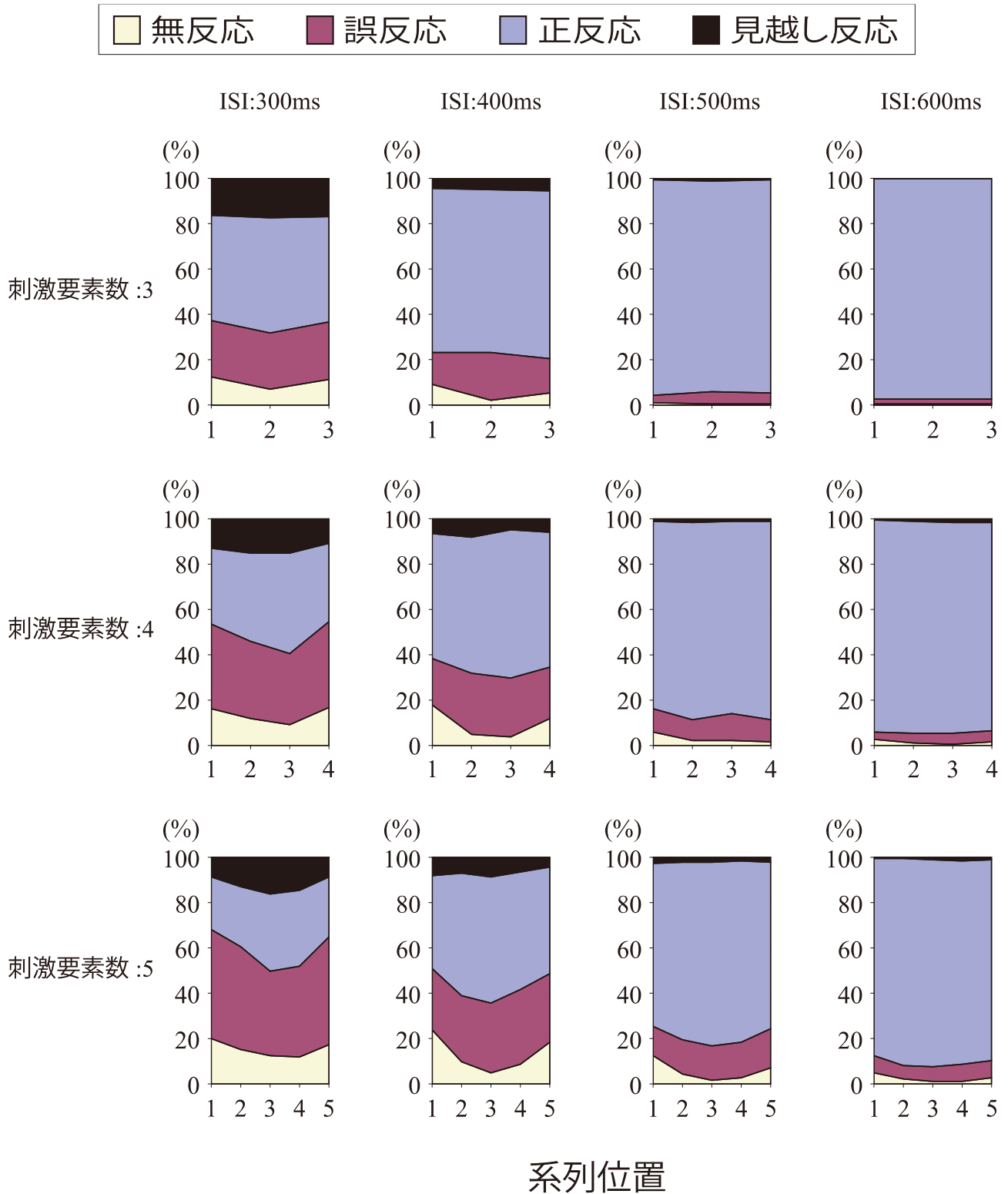


Fig.2.4 各刺激要素数と ISI 条件における系列位置に対する 4 つのパフォーマンス測度の比率

無反応においては、刺激要素数($F(2,18)=35.17, P<0.01$)及び ISI($F(3,27)=39.64, P<0.01$)の主効果が有意であった。このため、Tukey の HSD 検定を用いて多重比較を行ったところ、刺激要素数に関しては刺激数の増加に伴って無反応の数が増加することを示した。また、ISI に関しては ISI が増加するのに伴って無反応の数が減少することを示した。

誤反応においては、刺激要素数($F(2,18)=63.46, P<0.01$)及び ISI($F(3,27)=119.43, P<0.01$)の主効果が有意であった。このため、Tukey の HSD 検定を用いて多重比較を行ったところ、刺激要素数に関しては刺激要素数の増加に伴って誤反応の数が増加することを示した。また、ISI 要因に関しては ISI が増加するに従って誤反応の数が減少することを示した。

正反応においては、刺激要素数($F(2,18)=98.08, P<0.01$)及び ISI($F(3,27)=192.26, P<0.01$)の主効果が有意であった。このため、Tukey の HSD 検定を用いて多重比較を行ったところ、刺激要素数に関しては刺激要素数の増加に伴って正反応数の減少を示した。また、ISI に関しては ISI が増加するに従って正反応数の増加を示した。

見越し反応においては刺激要素数($F(2,18)=6.17, P<0.01$)及び ISI($F(3,27)=152.80, P<0.01$)の主効果が有意であった。また、刺激要素数×ISI の交互作用($F(6,54)=9.03, P<0.01$)が有意であったため単純主効果の検定を行ったところ、刺激要素数の単純主効果は 300ms 水準($F(2,18)=10.72, P<0.01$)、400ms 水準($F(2,18)=7.35, P<0.01$)、500ms 水準($F(2,18)=9.62, P<0.01$)、600ms 水準($F(2,18)=6.39, P<0.01$)の各水準で有意であった。300ms 水準では刺激要素数 4 と刺激要素数 5 の間に差が見られなかった以外は刺激要素数が増加するにつれ有意に見越し反応数の減少を示した。400ms 水準では刺激要素数 4 と刺激要素数 5 の間に差が見られなかった以外は刺激要素数が増加するにつれ有意に見越し反応が増加した。500ms 水準の刺激要素数 3 と刺激要素数 4 の間に差が見られなかった以外は刺激要素数が増加するにつれ見越し反応の有意な増加を示した。600ms 水準では刺激要素数 4 と刺激要素数 5 の間で差が見られなかった以外は刺激要素数の増加に伴って見越し反応の有意な増加が見られた。ISI の単純主効果を検討したところ刺激要素数 3、刺激要素数 4、刺激要素数 5 の各水準で有意であった(刺激要素数 3 水準: $F(3,27)=132.62, P<0.01$ 、刺激要素数 4 水準: $F(3,27)=100.16, P<0.01$ 、刺激要素数 5 水準: $F(3,27)=78.48, P<0.01$)。刺激要素数 3 及び刺激要素数 4 では 500ms と 600ms の間に差が見られなかった以外は ISI が増加するにしたがって有意に見越し反応の減少を示した。刺激要素数 5 水準では ISI の増加に伴って見越し反応数の有意な減少を示した。

これらのことから、無反応、誤反応及び見越し反応については ISI が遅い条件から ISI が速い条件になるのに伴いその出現数が減少していく傾向が見られたが、正反応については逆に増加を示した。また、刺激要素

数が増加するのに伴って正反応は減少するが誤反応と無反応は増加する傾向を示した。

Table. 2. 2 ランダムネスの検証のための連の検定結果

被験者		3-300	3-400	4-300	4-400	5-300	5-400
A	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	66	25	68	43	67	56
	連数	14	12	10*	18	24	30
B	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	39	2	41	9	56	28
	連数	20	3*	20	13*	29	28
C	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	45	26	46	45	51	50
	連数	17	17	23	18	29	27
D	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	60	16	80	17	64	26
	連数	17	16	19	15	22	22
E	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	52	2	55	21	68	18
	連数	11	5*	21	17	25	16
F	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	34	4	49	13	51	24
	連数	17	7*	18	15	28	24
G	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	37	16	58	22	71	32
	連数	16	15	19	17	25	25
H	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	60	20	49	26	77	45
	連数	15	12	19	21	24	23
I	データ数	30	30	40	40	50	0
	見越し反応数	51	9	45	12	53	20
	連数	16	9*	16	9*	23	20
J	データ数	30	30	40	40	50	50
	見越し反応数	57	29	55	47	52	54
	連数	18	16	26	17	24	26

(見越し反応の出現頻度：10試行区切り) *p<0.05

2.3.3 ランダムネスの検証のための見越し反応における連の検定

ランダムな刺激呈示事態では、規則的な系列位置の呈示順序や比較的遅いISI条件の系列課題とは異なり、刺激の点灯に先立って反応することは困難であると推察される。それは、その刺激要素が点灯するかが既知

であるのか未知であるのかが大きく影響していると考えられるためである。この前提から予想される結果は、正反応までは一定の発現が生じることが考えられるが、次の刺激要素の位置が既知である場合に発現すると考えられる見越し反応はこの種の課題では発現しないと考えるのが妥当である。しかし、各 ISI 条件の見越し反応に着目すると、すべての条件に関して見越し反応の出現が認められた。その出現度数は、ISI が速い条件 (300ms, 400ms) と比べて ISI が比較的遅い条件 (500ms, 600ms) では出現度数が極めて少なかったことから、ISI が速いと見越し反応というよりもむしろ尚早反応と呼ぶべき性質の反応が発現したと考えられる。そこで、この見越し反応が系列の前後の文脈から発現したものか、それとも偶然に近いものなのかを検定するためにこの見越し反応の出現頻度について、全試行数を 10 試行ずつ区切って各被験者の見越し反応の出現頻度について連の検定を行った。しかし、ここでは各刺激要素数に対する 500ms 及び 600ms の ISI 条件では見越し反応のデータ数が十分でないことから検定対象からは除外した。Table.2.2 は各被験者の 6 条件に関して全試行数を 10 試行ずつ区切ったときの見越し反応数についての連の検定の結果である。Table.2.2 を見ると、刺激要素数 3-400ms 条件では 10 名中 4 名、刺激要素数 4-300ms 条件では 10 名中 1 名、刺激要素数 4-400ms 条件で 10 名中 2 名に 5%水準の有意差が認められたことから、ISI が短い場合に見越し反応が出現したため、これらは尚早反応であると考えられる。その他の条件においては有意ではなくランダムな反応を示した。

2.4 考察

本研究では、各刺激要素が一様ランダムな性質を持つ刺激呈示に対して被験者の反応様式がどのような性質を示すのかを検討した。そこでは被験者の反応について R-R 間隔時間と質的な 4 つのパフォーマンス測度（無反応、誤反応、正反応、見越し反応）を用いて分析を行った。

刺激要素数 (3) × ISI (4) の 12 条件について、無反応を除くすべての反応の R-R 間隔時間データをもとに連の検定を行った結果、ランダム刺激に対してはランダムな反応様式の出現が見出されたことから、一様乱数を用いた系列ランダム課題に関しては、系列を秩序づける反応が行われていないことが示された。次に、刺激要素数と ISI による反応様式の面から各 12 条件のパフォーマンスの変化を検討したところ、一様な反応分布を示すことが見出された (ベルトラミ, 2002)。この分析の前提としては、刺激要素数は反応の選択肢と解釈することができる。また、ISI は被験者が反応すべき動作速度に影響を与える。すなわち、これら 2 要因は課題の困難度を意味する。したがって、刺激要素数が少なく ISI が長い課題は困難度が低く、刺激要素数が多く ISI が短い課題は困難度が高いと解釈することができる。これらを踏まえ被験者の反応結果に言及す

ると、より速い ISI 条件から遅い ISI 条件への移行と、刺激要素数が多い条件から少ない条件への移行に伴い正反応の増加が見出されたことから、課題の困難度が低い条件は課題の困難度が高い条件に比べて反応の安定性が増すといえる。以上から、系列一様ランダム刺激事態における反応様式は刺激要素数及び ISI に依存していることが見出された。それは、刺激要素数は定まっているが系列としてみた場合、刺激要素間の関係性が希薄であり、互いに独立しているため、被験者は刺激要素数と ISI に依存してその場処理の表層的な反応を繰り返さざるを得ないことを意味している。すなわち、系列依存的に反応できるような、ある一定のパターンを持つ系列追従課題とは異なった反応様式を示しているといえよう。

その他、予測が極めて困難であると仮定される系列一様ランダム課題において、すべての条件で刺激の呈示よりも前に正しく反応する見越し反応の出現が見られたが、見越し反応の出現数に関する、連の検定の結果について、その見越し反応の出現傾向にはほとんど規則性が見出されなかったことから、この見越し反応は偶然性の高い尚早反応であり、学習の成果を反映しているとはいえない。また、刺激要素数と ISI に関する分散分析の結果から、見越し反応の出現が各刺激要素数の 300ms 条件で最も多く、600ms 条件で最も少なかったことは、遅い ISI 条件では余裕を持って追従することができるが、速い ISI 条件ではその刺激呈示に追従することが困難となるため、この点からも偶然性の高い反応であることが考えられる。したがって、各条件で出現した見越し反応は系列依存的な反応ではなく尚早反応と見なすことができ、学習の促進を反映した反応ではないことが示唆される。

以上のことから、刺激要素数及び ISI に依存して課題を遂行するのみであり系列一様ランダム刺激に対する追従課題においては、被験者は秩序立った反応を示すことが困難であると考えられる。ただし、本章での実験は無秩序な刺激呈示に対する反応様式の特徴を明らかにしたのみであり、パターンのある刺激に対して反応が求められる事態におけるタイミングの学習や制御については言及することができない。そのため次章では複数の系列パターンを学習する際の一様ランダム呈示の影響を検討する。

第3章 一様ランダム呈示の習得パフォーマンスへの影響

3.1 理論的背景と目的

前章では、系列課題における各刺激要素を一様ランダムに呈示した場合の反応様式を検討した。そこでの被験者の反応は、刺激要素数や ISI 条件に依存した一様ランダムな反応様式を示した。第1章でも論じたように課題の呈示順序のランダム性が比較的永続的な学習に有益であるという練習スケジュールのパラドックスがしばしば報告されている。具体的には、3種類の運動課題があった時、1つの運動課題を繰り返し習得してから次の運動課題を行うというように練習の順序をブロック化する条件とこれらの3種類の運動課題を毎回ランダムな順序で練習するランダム条件を比較した場合、練習の段階に当たる習得段階ではブロック練習の方がランダム練習よりも優れたパフォーマンスを示すが、保持段階や転移段階といった学習の評価の段階ではランダム練習の方が優れたパフォーマンスを示し、ランダム練習の方が運動の学習を促進するという現象である (Shea and Morgan, 1979)。本章ではこのランダム条件に焦点を当てる。先行研究や仮説からいえることは、ランダム条件では習得すべき課題間の干渉によって課題の比較が行われ弁別性が向上するという仮説や、課題の遂行時に機能するプラン (アクションプラン) が他の課題を行うことにより忘却してしまうが、そのプランの再構成を繰り返すことが課題の習得を向上させるという仮説などである。これは次にどのような課題を行われるかがあらかじめ知らされている (あるいは予測がつく) 条件での説明である。これらを踏まえ、本章では一様ランダム呈示を行った場合、このような仮説に基づく知見が得られるのかどうかを主要な問題となる。そして強調すべきは本章では主に習得段階のパフォーマンスに焦点を当てる。先行研究に基づけば、習得段階においてブロック練習の方が優れたパフォーマンスを示すが、他方でランダム練習のパフォーマンスもブロック練習ほどではないが改善していく。もし、一様ランダム呈示においても習得段階におけるパフォーマンスが改善するのであれば、上記の仮説に基づく情報処理が行われていると考えられる。他方で、習得パフォーマンスに改善がみられなければ一様ランダムの性質が強く反映されるといえる。したがって本章の目的は文脈干渉効果のパラダイムを適用し系列パターンのタイミングの学習における一様ランダム呈示の影響を明らかにする。その際、無反応、誤反応、正反応、見越し反応の4つのパフォーマンス測定を用いて評価する。なお、課題の困難度を考慮して4つの刺激要素から構成された3種類の系列課題を設定した。そして、ブロック、シリアル、一様ランダムの3種類の刺激呈示 (練習スケジュール) 条件を比較する。

3.2 方法

3.2.1 被験者

健康な男子大学院生 18 名（平均年齢:24.5±2.3）であった^{注1)}。本研究に関する内容及び個人情報の取り扱いについて説明し、口頭で同意を得た。

3.2.2 装置

前章の Fig.2.1 で示した装置と同じ装置を使用した。被験者の前方 30cm の位置に 4 つの刺激呈示ボックスが左から右へ 10cm 間隔で並べられている。これらの刺激ライト（赤色発光ダイオード）に対して被験者の手もとに反応キー（タッチスイッチ）が左から右へと 10cm 間隔で並べられている。刺激呈示や試行数、データの分析はパーソナルコンピュータで行った。

3.2.3 課題

各被験者は、4 つの刺激ボックスの刺激ライトがあらかじめ決められた系列パターンで点灯し、その系列パターンが点灯する系列位置を予測しながら右手の人差し指で刺激と反応が一致するように追従することを求められた。各被験者が遂行する課題は 3 種類であり、各課題の系列パターンは次の通りである。すなわち課題 A : 2-1-3-4, 課題 B : 3-4-2-1, 課題 C : 3-1-2-4 であった。

3.2.4 手続き

各被験者は、ブロック群、シリアル群、ランダム群のいずれかにランダムに 6 名ずつ割り当てられた。ブロック群の被験者は、課題 A→課題 B→課題 C というように、1 つの課題を完全に遂行してから次の課題を遂行した。シリアル練習群の被験者は、課題 A, 課題 B, 課題 C の順番で繰り返し課題を遂行した。ランダム群の被験者は、一様ランダムな呈示順ですべての課題を遂行した。ランダム群では試行間隔は設けていない。なお、3 つの系列パターンを各課題の試行数が最終的に同数になるように調整した。すべての被験者は、1 系列を 1 試行として各系列パターンを 18 試行ずつ行うこととし、全体の試行数は 54 試行（3 課題×18 試行）であった。習得段階及び保持段階において、刺激点灯時間は 100ms, ISI は 500ms であった。習得段階終了後、3 分間の保持インターバルを設けた。その後、すべての被験者は保持課題を行った。保持段階において被験者は習得段階で行った条件と同じ練習条件で 18 試行（3 課題×6 試行）の保持試行を行った。保持段

階終了後、1 分間のインターバルを設け、その後転移課題を行った。転移課題の試行数は 18 試行であり、ISI を 400ms に設定した以外すべての被験者は、習得段階及び保持段階で行った条件と同じ練習条件で 18 試行 (3 課題×6 試行) の転移試行を行った。

3.2.5 4 つの質的パフォーマンス測度の判定基準

本章で採用した 4 つのパフォーマンス測度の判定基準は前章と同様であった (Fig.2.2 参照)。

3.2.6 分析方法

習得段階におけるランダム群の被験者の反応様式を検討するために、ランダム群の各被験者が習得段階で行った全反応について、課題の遂行順に並んだ被験者の無反応を除くすべての反応間隔時間を集計し、その R-R 間隔時間の標準偏差について連の検定 (run test : 5%の有意水準) を行った。連の検定とは、算術的に生じさせた数列に内在する偶然性や不規則性を検証するための方法の一つである (Knuth, 1981)。本研究では被験者の反応系列にランダム性があるかどうかを検証するために用いた。もし、R-R 間隔の系列が有意性を示した場合は、被験者は系列パターンを利用して課題を遂行しているといえる。つまり、系列試行の遂行を通してパフォーマンスが改善しているといえる。他方、もし有意差が見出されなければ、被験者は不規則に反応し、刺激に依存しているといえる。すなわちランダム性を示すと考えられる。つまりこのことから、系列パターンの遂行を通してパフォーマンスは改善していないといえる。

4 つのパフォーマンス測度の分析では、各パフォーマンス測度 (無反応, 誤反応, 正反応, 見越し反応) について出現比率を求め、群 (3) ×試行ブロック (6) の 2 要因の分散分析を行った。また、保持段階と転移段階においては群 (3) ×試行ブロック (2) の 2 要因の分散分析を行った。なお、各パフォーマンス測度の出現比率は反応分布が正規分布していないため変換 ($X' = \sin^{-1} \sqrt{P}$) した値について分析を行った。

3.3 結果

3.3.1 習得段階におけるランダム群の連の検定

ランダム群の反応のランダムネスを検証するために、連の検定を行った結果を Table.3 に示した。その結果、ランダム群の全 6 被験者についての連数は有意差が認められず、その反応様式はランダムであることが判明した。

Table. 3 習得段階におけるランダム群
被験者の連の検定結果

被験者		ランダム群の習得段階
A	データ数	21
	連数	11
B	データ数	21
	連数	10
C	データ数	20
	連数	8
D	データ数	19
	連数	7
E	データ数	20
	連数	12
F	データ数	20
	連数	11

(無反応を除くすべてのR-R間隔時間：10試行区切り)

3.3.2 4つの質的パフォーマンス測度の分析

ブロック群 (Fig.3.1), シリアル群 (Fig.3.2), ランダム群 (Fig.3.3) の別に習得段階, 保持段階, 転移段階における最初と最後の3試行ブロックを示した.

a) 習得段階

4つのパフォーマンス測度(無反応, 誤反応, 正反応, 見越し反応)について, 群(3)×試行ブロック(6)の2要因分散分析を行った.

無反応においては, 試行ブロックの主効果が有意であった($F(5,75)=2.88, P<0.05$). また, 群×試行ブロックの交互作用が有意傾向($F(10,75)=1.78, P<0.1$)であったため単純主効果の検定を行ったところ, 群において, ブロック群($F(5,75)=3.61, P<0.01$)では1試行ブロックに対して2試行ブロック, 3試行ブロック, 4試行ブロック, 5試行ブロック, 6試行ブロックのそれぞれで無反応が有意に減少した.

誤反応においては, 主効果及び交互作用に有意な差は見出されなかった.

正反応においては, 群の主効果が有意傾向にあった($F(2,15)=3.55, P<0.1$). 群の主効果が有意であったことから Tukey の HSD 検定を用いて多重比較を行ったところ, 各群間に有意な差は見出されなかったが, シリ

アルとランダム両群はブロック群よりも高い値を示した。その他の主効果及び交互作用には有意差は認められなかった。

見越し反応においては、群($F(2,15)=6.40, P<0.01$)の主効果が有意であり、試行ブロックの主効果に有意傾向が見出された($F(5,75)=2.08, P<0.1$)。また、群×試行ブロックの交互作用($F(10,75)=2.06, P<0.05$)が有意であったため単純主効果の検定を行ったところ、群において、ブロック群($F(5,75)=5.92, P<0.01$)では1試行ブロックから2試行ブロック、3試行ブロック、4試行ブロック、5試行ブロック、6試行ブロックのそれぞれに対して見越し反応が有意に増加した。その他の試行ブロック間には有意な差は見出されなかった。シリアル群及びランダム群については、試行ブロックを通して有意な変化は見出されなかった。

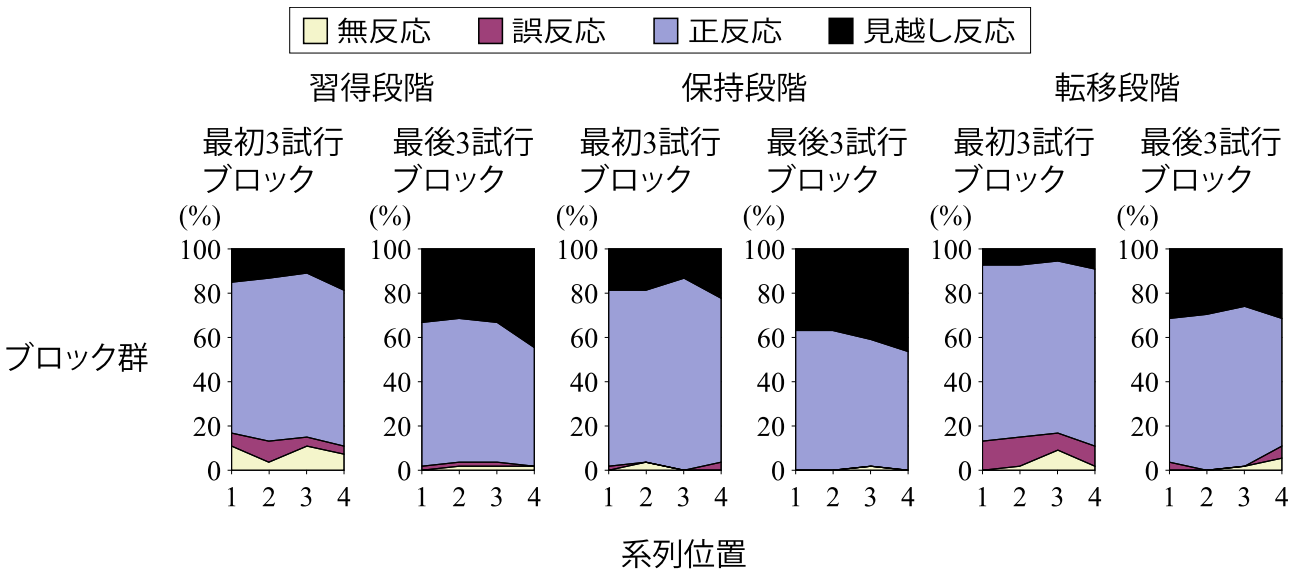


Fig.3.1 習得段階, 保持段階, 転移段階におけるブロック群, シリアル群, ランダム群の各パフォーマンス測度の平均出現比率

習得段階, 保持段階, 転移段階における各課題(A,B,C)の最初と最後の3試行ブロックの平均を表している。また, 各課題の系列位置毎の出現比率を示した。

b) 保持段階

4つのパフォーマンス測度(無反応, 誤反応, 正反応, 見越し反応)のそれぞれについて群(3)×試行ブロック(2)の2要因分散分析を行った。

見越し反応においては、群($F(2,15)=5.91, P<0.05$)、試行ブロック($F(1,15)=6.30, P<0.05$)ともに有意な主効果を

示した。また、群×試行ブロックの交互作用($F(2,15)=4.18, P<0.05$)が有意であったため、単純主効果の検定を行ったところ、群では最初の3試行、最後の3試行ともにブロック群がシリアル群及びランダム群よりも有意に高い比率を示した。さらに、試行ブロックでは、ブロック群($F(1,15)=14.51, P<0.01$)において最初の3試行と比較して最後の3試行で有意に見越し反応が増加したが、シリアル群($F(1,15)=0.12, P>0.05$)及びランダム群($F(1,15)=0.03, P>0.05$)に関しては変化が見出されなかった。

無反応、誤反応、正反応については、いずれの主効果及び交互作用にも有意な差は見出されなかった。

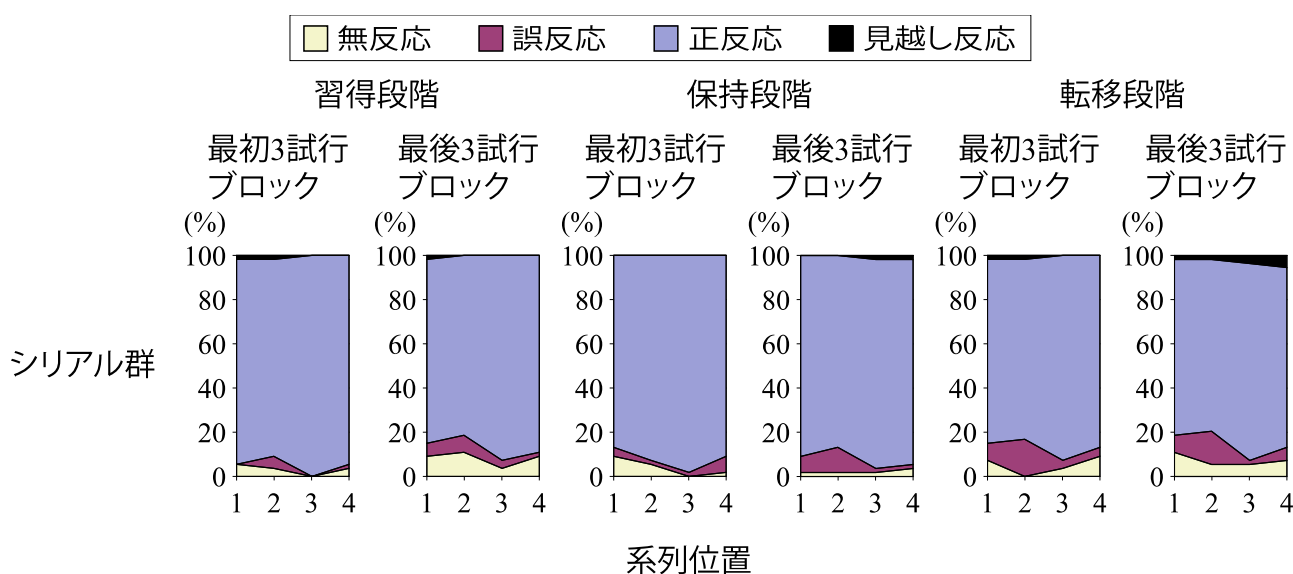


Fig.3.2 習得段階, 保持段階, 転移段階におけるブロック群, シリアル群, ランダム群の各パフォーマンス測度の平均出現比率

c) 転移段階

転移段階において、4つのパフォーマンス測度（無反応、誤反応、正反応、見越し反応）のそれぞれについて群（3）×試行ブロック（2）の2要因分散分析を行った。

無反応においては群の主効果が有意であった($F(2,15)=4.15, P<0.05$)ため Tukey の HSD 検定を用いて多重比較を行ったところ、ブロック群よりもランダム群で有意な比率を示した。

見越し反応においては試行ブロックの主効果が有意であった($F(1,15)=5.77, P<0.05$)ため Tukey の HSD 検定を用いて多重比較を行ったところ、最初の3試行と最後の3試行の間で有意な増加が見出された。

誤反応と正反応については、いずれの主効果及び交互作用にも有意な差は見出されなかった。

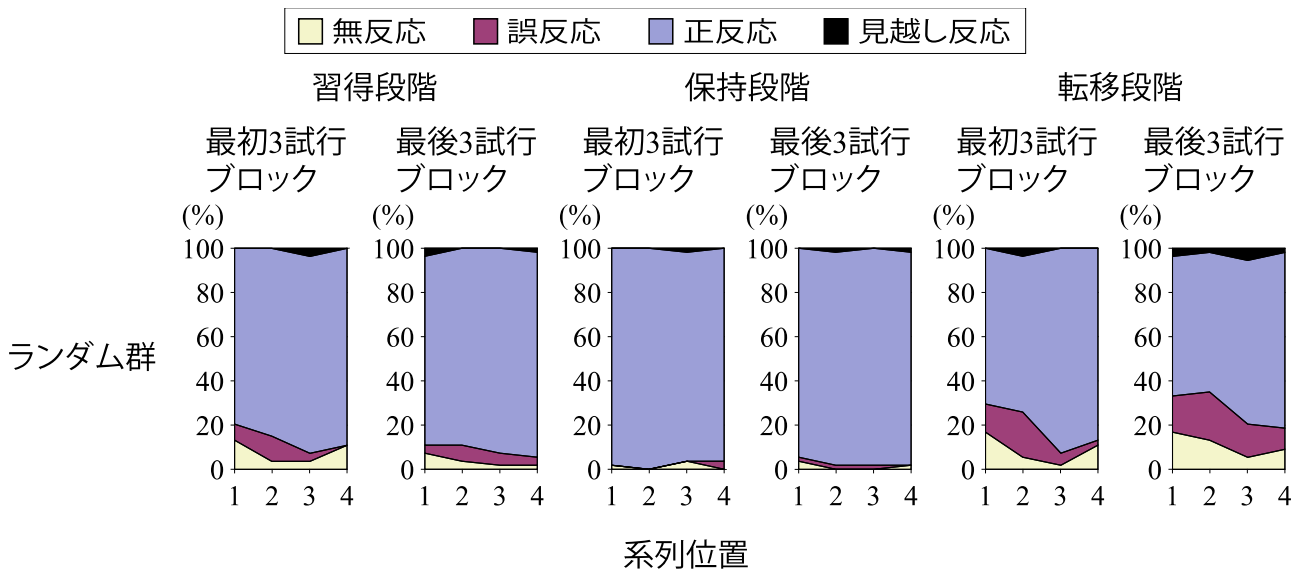


Fig.3.3 習得段階, 保持段階, 転移段階におけるブロック群, シリアル群, ランダム群の各パフォーマンス測度の平均出現比率

3.4 考察

3.4.1 習得段階におけるランダム群の連の検定

文脈干渉効果の先行研究の多くで見られる特徴として、習得段階におけるパフォーマンスはランダム群よりもブロック群の方が優れている点がある。しかし、予測が困難であると考えられるランダム群においても習得段階中のパフォーマンスは課題の進行に伴って改善されていく傾向がある (Giuffrida et al, 2002; Hall and Magill, 1995; Immink and Wright, 2001; Shea et al, 2001)。3種類の課題を一様ランダム呈示した本実験で、ランダム群の習得段階における反応のランダムネスを検証するために、ランダム群の被験者の習得段階における反応について連の検定を行ったところ、全被験者についてランダムな反応が認められた。これは被験者の反応間に関連性がなく、系列依存的なパターンを形成できなかったことを示しており、試行の進行に従ってランダム群のパフォーマンスが向上するという先行研究の習得段階のパフォーマンスとは一致しない。第2章で得られた知見では、一様ランダムな刺激に対して被験者の反応は刺激要素数と ISI に影響を受けたことから、一様な反応の分布を示すランダム反応であることが明らかとなった。本実験での刺激要素数は4個であ

り、習得段階での ISI は 500ms であった。第 2 章の刺激要素数 4 と ISI が 500ms のランダムネスの検定結果と同様な結果であった。このことから、本実験においても一様ランダム呈示に対して第 2 章の実験と類似の反応を行っていた可能性が考えられる。

3.4.2 4つのパフォーマンス測度の変化

先行研究における被験者の習得段階中パフォーマンスは、ブロック群のみならずランダム群においても試行の進行に伴って改善されていくことは先にも述べた。これは習得段階で課された課題の内容を理解しているためであるといえる。そのため、課題内や課題間の運動パターンの促進に焦点を当てた精緻化仮説や再構成仮説、逆向抑制仮説などが説明仮説として提案されたと推察される。精緻化仮説によればランダム群の被験者は習得中のパフォーマンスを改善するために複数の課題間や課題内の特徴づけや関係づけを行わなければならない。そのため記憶表象に対する弁別的で精緻な処理戦略の利用を強いられる。その一方で、ブロック群ではそのような処理は必要とされないと述べている (Shea and Morgan, 1979)。また、再構成仮説によるとランダム群は、毎回異なる課題を遂行することによりその都度、行為プランを構成しなければならないという (Lee and Magill, 1983, 1985)。しかし、第 2 章で明らかのように一様なランダム呈示の条件下で課題を遂行したならば習得レベルは向上しない。ここで本実験でのこのパフォーマンスの改善をパフォーマンス測度の面から考察すると、習得段階においてブロック群は、学習初期では無反応が多く見られるが、習得試行の進行に伴ってその出現数を徐々に減少させ、見越し反応で応答するようになった。つまり、習得試行を通してパフォーマンスの促進が見られるようになり、先行研究同様の結果を示した。これは 1 つの系列パターンを繰り返し遂行することにより精緻な情報処理が行われていたことが推察される。系列パターンを遂行する場合、各パフォーマンス測度は相補的な階層構造をなすことが知られている (調枝, 1987, 1991, 1996)。つまり、ブロック群の被験者は習得過程に無反応、誤反応、正反応、見越し反応の順にその比率を増大させる。その過程では、無反応と誤反応の減少により、正反応が増大し、正反応の減少に代わって見越し反応が増加するというような反応測度間の相補的变化により系列パターンの組織化が達成されることを意味している。さらに情報処理的に考えると、課題に対する不確定度を減少させ、より余裕を持った反応遂行が可能になると考えられる。他方、ランダム群では試行ブロックを通して 4 つのパフォーマンス測度の出現比率にそのような変化は見出されなかった。具体的には、本章の実験で設定した刺激要素数 4 と ISI 500ms の条件では、ブロック群のような習得段階内の反応測度間の相補的交替による見越し反応レベルでの応答は見出されなかつ

たが、正反応での応答は可能であった。しかし、各パフォーマンス測度の出現様式は一様な分布を示すに過ぎなかった。このようにランダム群のパフォーマンス測度が一様で均質であったのは、一様ランダム呈示の影響によるものであると考えられる。すなわち各課題内の系列パターンを表層的なその場処理で遂行しているが、ブロック群のように課題間の特徴づけによる精緻化やプログラムの再構成などに関する情報処理は促進されていなかったことを示唆している。したがって、習得段階のランダム呈示条件の反応処理に着目すると、文脈干渉効果を説明しようとする仮説では少し無理があると考ええる。

また、シリアル群は、実験の各段階においてランダム群と類似の結果を示していた。しかし、習得段階に着目すると、最初の3試行よりも最後の3試行においてわずかではあるが誤反応及び無反応が増加していたことは興味深い。シリアル呈示は3種類の課題を一定の順序で繰り返し呈示した。そのためパフォーマンスを改善させるためには相当の試行数を要するものと考えられるが、ランダム呈示との決定的な違いは、課題の系列パターンの呈示が同じ順序で繰り返されることにある。したがって、習得段階の最後の3試行でのパフォーマンスの低下は習得試行内でわずかながらでも系列パターンを秩序づけるために積極的な反応を行っていたことを示唆している。

保持段階に着目すると、ブロック群では最初の3試行と最後の3試行の間で有意に見越し反応が増加したが、シリアル群とランダム群では保持段階を通して見越し反応の出現は見られなかった。シリアル群とランダム群では系列パターンの呈示に対してそのほとんどを正反応で応答していることから保持段階では習得段階と同様の反応様式によって課題を遂行したといえる。

転移段階では ISI が 400ms と速くなり課題の困難度が増したことから、シリアル群とランダム群に関しては無反応と誤反応の出現数の増加を示した。他方、ブロック群では最初の3試行では無反応と誤反応の比率が増大しているが最後の3試行では見越し反応及び正反応で占められるようになった。これは時間的拘束を伴う外部環境の変化に対応するために無反応と誤反応を増加させた後、正反応と見越し反応というより高いレベルの反応に移行していることを示しておりシリアル群やランダム群には見られない反応様式である。杉山ら (2003) はこの保持と転移のデザインを用いてランダム条件に一様ランダム呈示を行うことにより保持及び転移における学習効果を検討したが、ランダム呈示の有効性は見出されなかった。また、関矢 (1990) の研究のように、この研究デザインを用いたが文脈干渉効果の発現が見出されておらず必ずしも文脈干渉効果の有効性を反映していない知見も見受けられる。以後、課題の呈示順序が学習効果に影響を与えないと考えた場合、刺激の呈示の影響によって習得過程においてどのような情報処理が行われているのかを検討する

必要がある。

3.5 本章までのまとめ

第2章の実験では、系列パターンの追従課題を用いた一様ランダム刺激事態における反応様式を検討した結果、被験者の反応は刺激要素数と ISI に依存したランダムな反応を示すことが明らかとなった。この知見をもとに、本章では、文脈干渉効果を再検討するために特に習得段階におけるランダム群の反応様式を検討した。その結果、ブロック群は習得試行の進行に伴い、無反応、誤反応、正反応、見越し反応の相補的な反応処理レベルの向上が見出されたのに対し、ランダム群においては習得試行を通してパフォーマンスレベルは変化せず、各反応の一様な均質化が見られた。また、保持や転移段階においても習得段階と同様の反応様式を行っていることが明らかになった。ランダム呈示を行った場合、課題内のパターン習得が困難であるだけでなく、課題間の弁別や特徴づけなどの精緻な情報処理活動を行うことができなかつたと考えられる。以上は不確定事態での運動学習は困難であることを示唆しており、さらにこのことはランダム呈示の性質と拘束力の強さを反映している。

文脈干渉効果を取り扱った先行研究は、本研究が強調している予測困難な事象に対する反応処理という問題点を指摘しているものではなく、ランダム練習によって運動プログラムやパラメータを試行毎に変更しなければならないことによって強いられる心的労力や複雑な情報処理方略といった課題間の関係性に焦点が当てられている。ランダムネスの性質である、等確率性、無規則性、予測不可能性などは本来、課題遂行者の反応によって系列を秩序づけるという性質を有するものではなく、課題遂行者は単に刺激要素のみに反応できるが、系列パターンを構成している刺激要素間の文脈の関係性に関する情報を得る事が困難であることが推察される。本研究結果はこの推察を裏付けるものであり、先行研究で述べられている課題間の関係づけによる秩序の形成は容易ではないと考える。また、近年の研究動向として Meira and Tani (2001) や Meira and Tani (2003) のように文脈干渉効果を支持しない研究も見受けられる。今一度、文脈干渉効果を生じさせているといわれるランダム刺激呈示に関係した詳細な検討が望まれる。

本章の実験では、文脈干渉効果の研究において特に習得段階のランダム呈示条件の反応様式に着目して検討してきた。そのため、各群は習得段階で行った課題と同じ課題を用いて保持と転移課題を行った。習得パフォーマンスの評価に関連して、習得段階でのパフォーマンスの低下が保持や転移を促進するという立場でこの問題を捉えると、必ずしも習得段階に焦点を絞った議論だけでは不十分である。つまり、保持と転移段

階での課題の困難度が各群で異なるため、呈示条件を統一してパフォーマンスの比較を行った場合についての検討が必要である。これに加えて、習得レベルをいかに評価するかという点が運動学習研究の重要なテーマであるため、今後、保持と転移段階での十分な学習効果の検討を要する。これらを踏まえ、文脈干渉効果の研究で一般的に用いられるデザインと同様に、保持と転移段階では習得段階中にブロック練習を行った群の半分の被験者はブロック呈示で、残りの半分の被験者はランダム呈示を行い、習得段階におけるランダム練習群の被験者に対してもブロック群同様に保持と転移段階での呈示を行うことが必要である。そこで、次章では習得段階におけるブロック群とランダム群を設け、両群の学習効果を検討するために、保持段階及び転移段階でのパフォーマンス比率の比較を試みる。

第4章 ランダム呈示による課題習得レベルと学習効果

4.1 目的

スポーツ場面では常に状況が変化している中で複数のスキルを選択して遂行しなければならない。選択された運動プログラムは他の異なる運動プログラムと系列的、連続的に実行されることにより一つの有効な動作を形成している。また、系列課題は前後の文脈から全体の課題を習得しなければならないという特徴を持っている。従って、系列パターンの追従課題を用いた実験は運動場面に即した環境であるといえる。他方、第3章では呈示順序が習得パフォーマンスに与える影響について検討してきたが、保持課題や転移課題を用いた学習効果の評価に関しては不十分であった。そこで本章では一様ランダム条件とブロック条件を比較することによって文脈干渉効果のパラダイムにおける一様ランダム呈示が学習効果に与える影響を明らかにすることを目的とする。もし、この実験計画においてブロック条件よりもランダム条件の方が保持段階及び転移段階において優れたパフォーマンスを示していれば、真に不確定な環境事態においても文脈干渉効果の有効性が支持される。また、仮にブロック条件よりもパフォーマンスが劣っていたとしても保持段階や転移段階において習得段階よりもパフォーマンスが改善されていれば、不確実性の学習への効果が部分的に支持されるといえよう。反対に、習得段階及び、その後の保持段階や転移段階においてランダム条件のパフォーマンスに変化がない、あるいは低下するような場合は、不確実性は学習に有効には機能しないといえ、一様ランダム呈示の影響が学習効果に与える影響を見出すことができると考えられる。なお、本章でも第3章と同様に、系列パターンの課題を用いて無反応、誤反応、正反応、見越し反応の4つの反応測度でパフォーマンスを評価する。

4.2 方法

4.2.1 被験者

健康な大学生48名（男性36名、女性12名）であった^{註1)}。本研究に関する内容及び個人情報の取り扱いについて説明し、口頭で同意を得た。

4.2.2 装置

実験装置はFig.4.1に示してある適応能力分析装置を用いた。被験者の前方30cmの位置に6つの刺激呈示

ボックスが左から右へ並べられている。これらの刺激ライト（赤色発光ダイオード）に対して被験者の手もとに反応キー（タッチスイッチ）が左から右へと刺激ライトと同様に6つ並べられている。刺激点灯時間は100msであり、刺激間隔（interstimulus interval: 以下 ISI と記す）は500msに設定された。刺激呈示や試行数、データの分析はパーソナルコンピュータで行った。

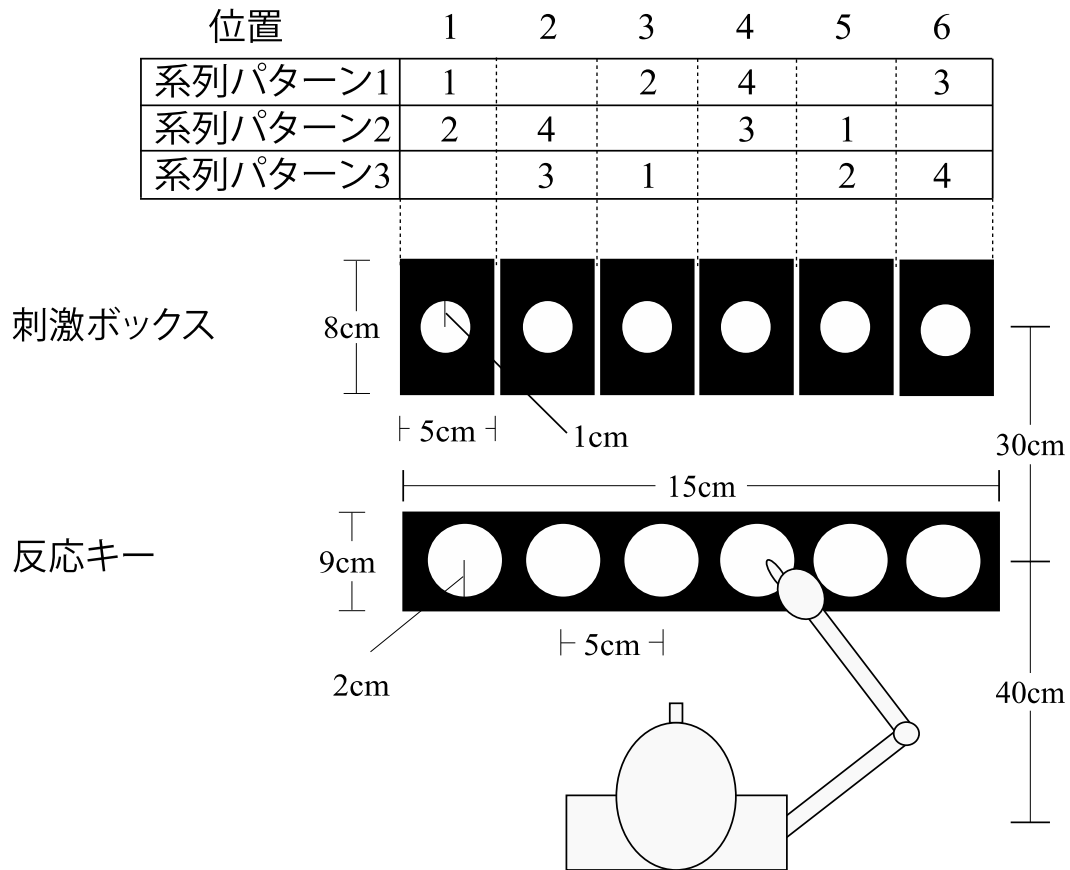


Fig.4.1 実験装置及び本実験で用いられた各系列パターン

4.2.3 課題

被験者は6つの刺激のうちの4つから構成される系列パターンを点灯位置の確認をしながら右手の人差し指で追従することを求められた。実験を通して3つの課題を遂行した。6つの刺激ボックスのうちの4つがある規定のパターンで点灯しそのパターンを追従することを求められた。それぞれの課題の系列パターンは次の通りである：1-3-6-4（パターン1）、5-1-4-2（パターン2）、3-5-2-6（パターン3）。なお、各課題の構成は各系列位置が3課題のうち2つに含まれるように構成された。

4.2.4 手続き

被験者はブロック群と一様ランダム群のいずれかに割り当てられた。ブロック群の被験者は1つのパターンを完全に遂行してから次のパターンを開始した。それぞれのパターンが行われる順番はカウンターバランスをとることとした。一様ランダム群の呈示方法は3つの系列パターンを一様乱数に基づいてランダム呈示し、被験者はすべての試行を遂行した。習得段階中、3種類のパターンが同数呈示されるように調整された。一様ランダム群では試行間隔は設けていない。つまり、Restle and Brown (1970) と類似の方法において、ブロック群及びランダム群の被験者はパターン間や試行間に休憩を入れずに連続的に課題を遂行した。すべての被験者はそれぞれのパターンを36試行ずつ行うこととし、全体の試行数は108試行であった。習得段階及び保持段階において、刺激点灯時間は100ms、ISIは500msであった。習得段階終了の5分後、すべての被験者は保持課題を行った。それぞれの習得群の被験者の半分はブロック順で課題を行い、もう半分の被験者は一様ランダム順で18試行の保持試行を行った。つまり、習得段階におけるブロック群は保持段階においてブロック課題(B-B群)かランダム課題(B-R群)によって評価され、習得段階におけるランダム群は保持段階においてブロック課題(R-B群)かランダム課題(R-R群)によって評価された。保持試行終了の1分後、すべての被験者は転移課題を行った。転移課題は、試行数は18試行であり、ISIを400msに設定した以外は習得段階及び保持段階で行われた課題と同じ系列パターンの課題であった。

4.2.1 反応測度

a) パフォーマンス測度の判定基準

本実験における4つのパフォーマンス測度の判定基準をFig.4.2に図示した。上段はISI内に反応が1つの場合、下段はISI内に反応が2つの場合の判定基準である。上段のパフォーマンス測度の判定基準では、 S_1 のように次の刺激が呈示されるまでに最初の刺激に対して応答がなければ無反応と判定される。次の刺激が呈示されるまでに S_2 で呈示された刺激とは異なった反応をした場合は誤反応となる。次の刺激が呈示されるまでに S_3 で呈示された刺激に対応するキーに反応した場合は正反応となる。 S_4 の刺激が呈示される前に S_4 で呈示される刺激を予測して正しく反応した場合は見越し反応となる。

b) 連の検定

被験者の反応のランダム性を検証するために、無反応を除くすべての反応測度から得られたR-R間隔時間

について連の検定を行った（詳細は前章までの連の検定を参照）。検定の対象は、習得段階におけるランダム群、保持段階及び転移段階における B-R 群と R-R 群であった。

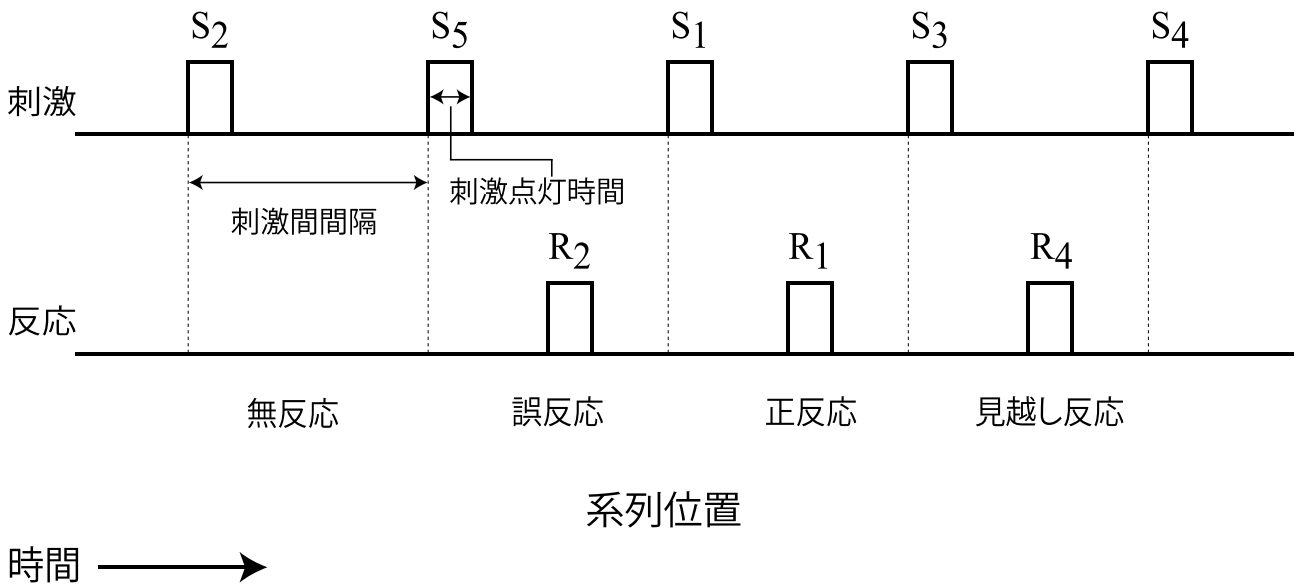


Fig.4.2 系列追従課題において呈示された刺激に対する反応の測度
 上段の矩形波は被験者に呈示された刺激の位置を意味している。下段の矩形波は被験者が刺激に反応した位置の例を意味している。

4.3 結果

4.3.1 4つのパフォーマンス測度の分析

習得段階については、4つのパフォーマンス測度（無反応、誤反応、正反応、見越し反応）のそれぞれについて、群（2）×試行ブロック（6）の2要因分散分析（第2要因が繰り返し）を行った。また、保持段階、転移段階については群（4）×試行ブロック（2）の2要因分散分析（第2要因が繰り返し）を行った。

a) 習得段階

Fig.4.3 は習得段階における4つのパフォーマンス測度の平均比率を示している。各反応の比率は各呈示パターンの6試行を1つのブロックとして表示した。

無反応においては群の主効果が有意であった ($F(1,46)=22.79, p<0.01$)。また、群×試行ブロックの交互作用が有意であった ($F(2,230)=9.04, p<0.01$)。このため、単純主効果の検定を行ったところ、2 試行ブロック

($F(1,46)=6.41, p<0.05$), 3 試行ブロック ($F(1,46)=9.87, p<0.01$), 4 試行ブロック ($F(1,46)=20.98, p<0.01$), 5 試行ブロック ($F(1,46)=31.73, p<0.01$), 6 試行ブロック ($F(1,46)=25.63, p<0.01$) においてランダム群はブロック群よりも有意に無反応が大きかった。ブロック群においては習得試行を通して無反応の減少を示した ($F(5,230)=3.82, p<0.01$)。

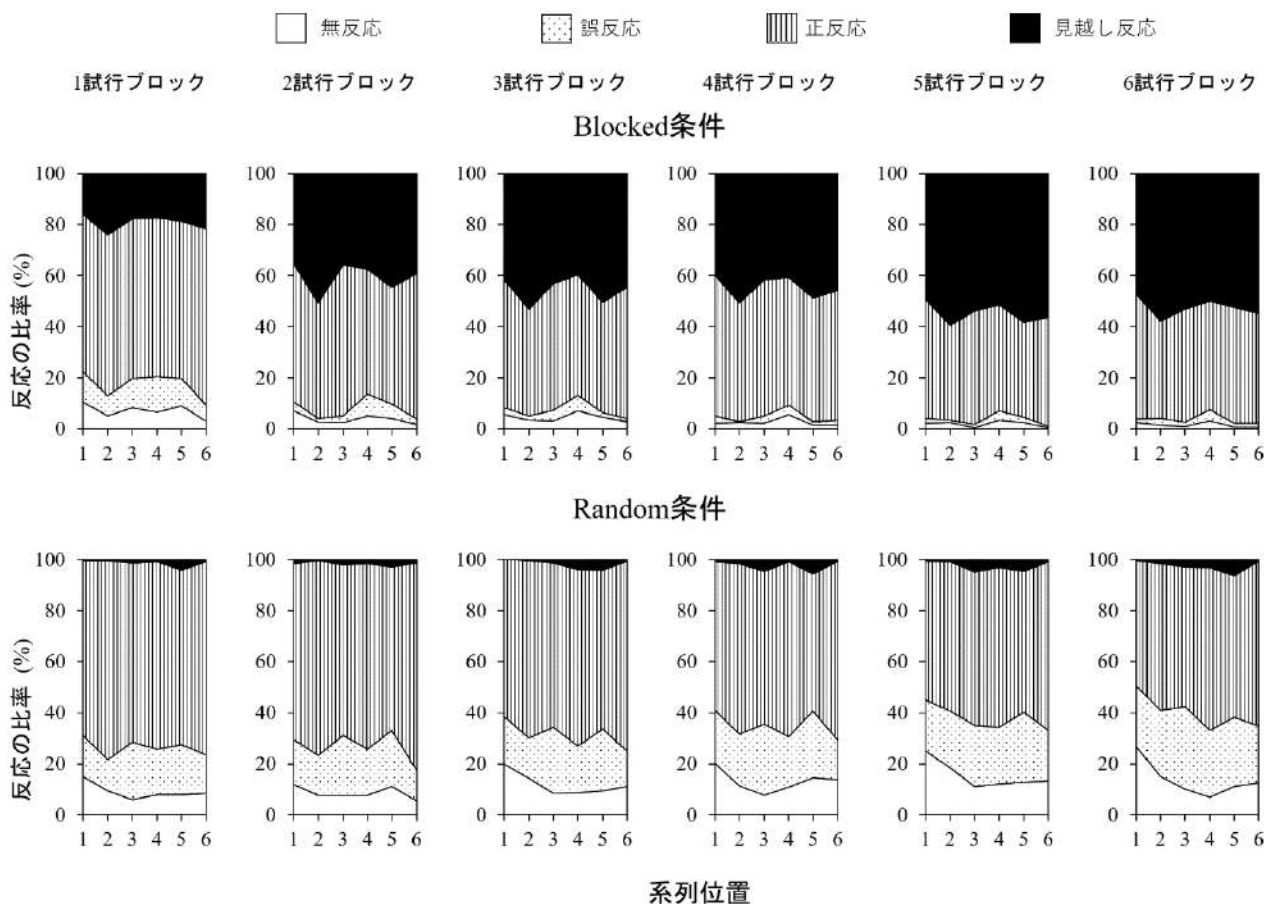


Fig.4.3 1試行ブロックから6試行ブロックまでの見越し反応，正反応，誤反応，無反応の平均比率(%)

誤反応においては群 ($F(1,46)=53.92, p<0.01$) 及び試行ブロック ($F(5,230)=4.06, p<0.01$) の主効果が有意であった。また，群×試行ブロックの交互作用が有意であった ($F(5,230)=21.29, p<0.01$)。群×試行ブロックの交互作用が有意であったため，単純主効果の検定を行ったところ，ランダム群は習得段階を通してブロック群よりも高い誤反応比率を示した (1 試行ブロック： $F(1,46)=8.59, p<0.01$, 2 試行ブロック： $F(1,46)=29.50, p<0.01$, 3 試行ブロック： $F(1,46)=38.55, p<0.01$, 4 試行ブロック： $F(1,46)=60.84, p<0.01$, 5 試行ブロック： $F(1,46)=64.62, p<0.01$, 6 試行ブロック： $F(1,46)=70.52, p<0.01$)。ブロック群においては，誤反応比率は1 試行ブロックとその他の試行ブロック間で有意な減少を示した ($F(5,230)=12.39, p<0.01$)。ランダム群においては

1 試行ブロックと 6 試行ブロックの間で有意な減少を示した ($F(5,230)=12.95, p<0.01$).

正反応においては群 ($F(1,46)=6.46, p<0.01$) 及び試行ブロック ($F(5,230)=14.42, p<0.01$) の主効果が有意であった。各要因の主効果が有意であったため多重比較を行ったところ、群に関してはブロック群よりもランダム群の方が有意に高い正反応比率を示した。試行ブロックに関しては 1 試行ブロックに対して他の試行ブロックで有意に低い正反応比率を示し、課題の遂行に伴って正反応が減少した。

見越し反応においては群 ($F(1,46)=55.61, p<0.01$) 及び試行ブロック ($F(5,230)=20.19, p<0.01$) の主効果が有意であった。また、群×試行ブロックの交互作用が有意であった ($F(5,230)=17.71, p<0.01$)。群×試行ブロックの交互作用が有意であったため、単純主効果の検定を行ったところ、すべての試行ブロックにおいてブロック群がランダム群よりも有意に見越し反応比率が高かった (1 試行ブロック : $F(1,46)=37.27, p<0.01$, 2 試行ブロック : $F(1,46)=41.55, p<0.01$, 3 試行ブロック : $F(1,46)=46.56, p<0.01$, 4 試行ブロック : $F(1,46)=44.27, p<0.01$, 5 試行ブロック : $F(1,46)=50.67, p<0.01$, 6 試行ブロック : $F(1,46)=58.82, p<0.01$)。ブロック群においては課題の遂行に伴って正反応比率が有意に増大した ($F(5,230)=37.85, p<0.01$)。ランダム群においては有意な見越し反応比率の増加は見出されなかった ($F(5,230)=0.05, p>0.1$)。

b) 保持段階

Fig.4.4 の左は保持段階における最初と最後の 9 試行の無反応、誤反応、正反応、見越し反応の平均比率を示している。

無反応においては群の主効果が有意であった ($F(3,44)=6.99, p<0.01$)。このため、多重比較を行ったところ、B-R 群がその他群よりも有意に大きな無反応比率を示した。

誤反応においては群 ($F(3,44)=7.29, p<0.01$) 及び試行ブロック ($F(1,44)=7.75, p<0.01$) の主効果が有意であった。このため、多重比較を行ったところ、B-B 群よりも B-R 群、R-R 群の方が有意に高い誤反応比率を示した。また、R-B 群よりも B-R 群、R-R 群の方が有意に高い誤反応比率を示した。さらに、最初の 9 試行よりも最後の 9 試行で有意に誤反応比率が低下した。

正反応においては試行ブロック ($F(1,44)=32.41, p<0.01$) の主効果が有意であった。また、群×試行ブロックの交互作用が有意であった ($F(3,44)=12.98, p<0.01$)。このため、単純主効果の検定を行ったところ、B-B 群、R-B 群において最初の 9 試行と最後の 9 試行の間で有意な正反応比率の増大を示した (B-B 群 : $F(1,44)=57.82, p<0.01$, R-B 群 $F(1,44)=13.39, p<0.01$)。他方、B-R 群、R-R 群においては、有意差は見出されな

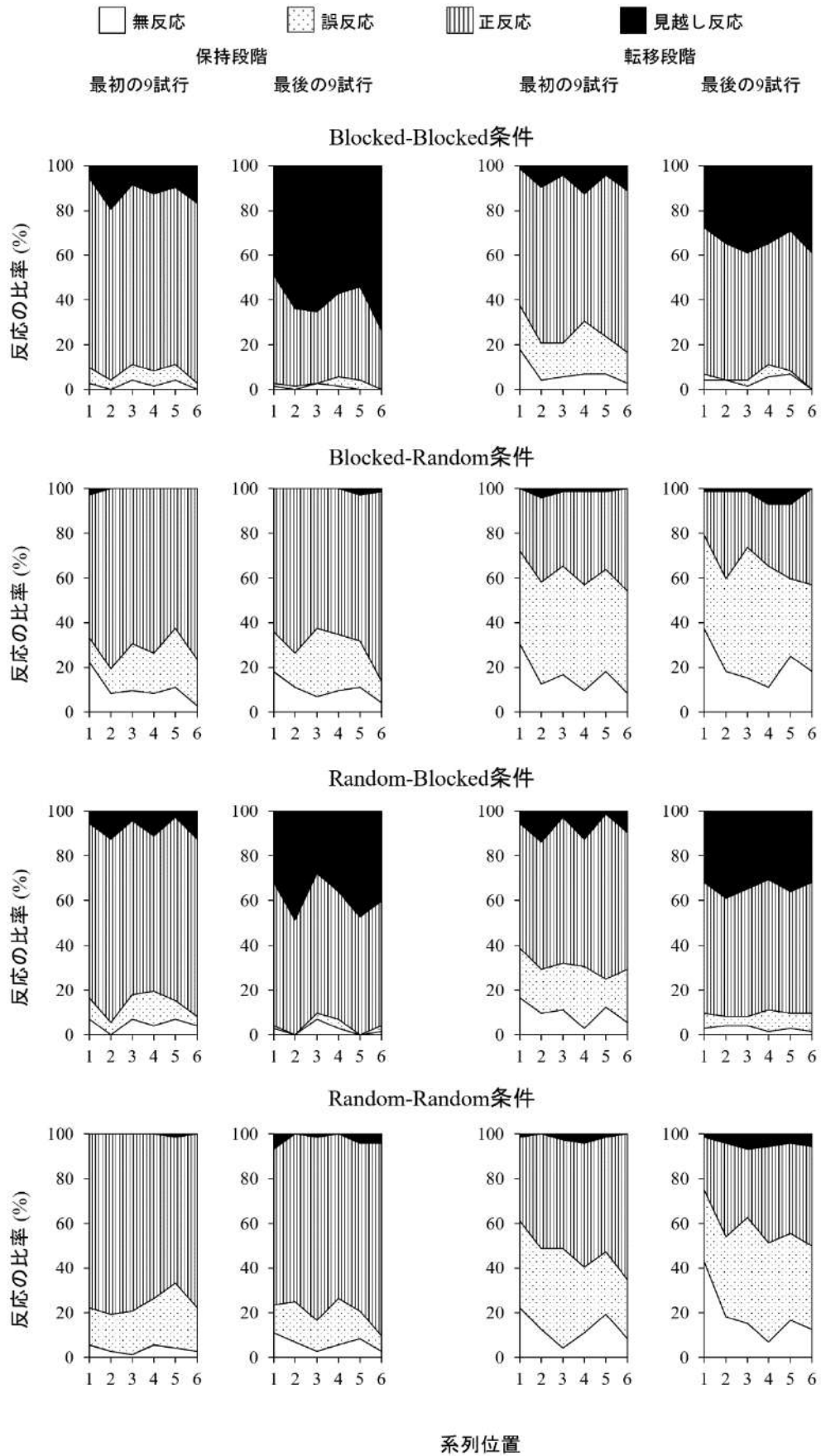


Fig.4.4 保持段階及び転移段階における最初と最後の9試行の見越し反応、正反応、誤反応、無反応の平均比率(%)

かった (B-R 群 : $F(3,44)=0.10, p>0.1$, R-R 群 : $F(3,44)=0.04, p>0.1$). また, 最後の 9 試行 ($F(3,44)=5.83, p<0.01$) において, B-B 群よりも B-R 群, R-B 群の方が有意に高い正反応比率を示した.

見越し反応においては群 ($F(3,44)=24.65, p<0.01$) 及び試行ブロック ($F(1,44)=78.09, p<0.01$) の主効果が有意であった. また, 群×試行ブロックの交互作用が有意であった ($F(3,44)=25.13, p<0.01$). 群×試行ブロックの交互作用が有意であったため, 単純主効果の検定を行ったところ, B-B 群と R-B 群において最初の 9 試行と最後の 9 試行の間で有意な見越し反応の増大を示した (B-B 群 : $F(1,44)=109.49, p<0.01$, R-B 群 $F(1,44)=43.68, p<0.01$). 他方, B-R 群, R-R 群においては, 有意差は見出されなかった (B-R 群 : $F(3,44)=0.00, p>0.1$, R-R 群 : $F(3,44)=0.30, p>0.1$). また, 最初の 9 試行 ($F(3,44)=11.43, p<0.01$) においては B-B 群の方が B-R 群, R-R 群よりも高い値を示し, R-B 群で B-R 群, R-R 群よりも高い値を示した. 最後の 9 試行 ($F(3,44)=26.03, p<0.01$) においては, B-B の方がその他の群よりも高い値を示し, R-B の方が B-R 群, R-R 群よりも高い値を示した.

c) 転移段階

Fig.4.4 の右は転移段階における最初と最後の 9 試行の無反応, 誤反応, 正反応, 見越し反応の平均比率を示している.

無反応においては群 ($F(3,44)=12.46, p<0.01$) の主効果が有意であった. また, 群×試行ブロックの交互作用が有意であった ($F(3,44)=11.47, p<0.01$). 群×試行ブロックの交互作用が有意であったため単純主効果の検定を行ったところ, B-R 群 ($F(3,44)=6.83, p<0.05$), R-R 群 ($F(3,44)=9.68, p<0.01$) において有意な無反応比率の増大を示し, R-B 群 ($F(3,44)=13.93, p<0.01$) において有意な無反応比率の減少を示した. また, 最初の 9 試行 ($F(3,44)=3.71, p<0.05$) において B-R 群の方が B-B 群, R-B 群よりも高い無反応比率を示した. さらに, 最後の 9 試行 ($F(3,44)=18.89, p<0.01$) においては, B-R 群の方が B-B 群, R-B 群よりも高い無反応比率を示し, R-R 群の方が, B-B 群, R-B 群よりも有意に高い無反応比率を示した.

誤反応においては, 群 ($F(3,44)=21.88, p<0.01$) 及び試行ブロック ($F(1,44)=6.85, p<0.05$) の主効果が有意であった. また, 群×試行ブロックの交互作用が有意であった ($F(3,44)=4.58, p<0.01$). 群×試行ブロックの交互作用が有意であったため, 単純主効果の検定を行ったところ, B-B 群 ($F(1,44)=10.36, p<0.01$), R-B 群 ($F(1,44)=8.87, p<0.01$) において最初の 9 試行よりも最後も 9 試行で有意に誤反応率が減少した. R-B 群 ($F(1,44)=0.03, p>0.1$), R-R 群 ($F(1,44)=1.33, p>0.1$) は有意な差は見出されなかった. 最初の 9 試行 ($F(3,44)=6.49, p<0.01$) においては B-R 群の方が, B-B 群, R-B 群よりも有意に高い値を示し, B-B 群よりも

R-R 群で有意に高い値を示した。最後の 9 試行 ($F(3,44)=36.40, p<0.01$) においては、B-R 群の方が、B-B 群、R-B 群よりも有意に高い値を示し、R-R 群の方が、B-B 群、R-B 群よりも有意に高い値を示した。

正反応においては、群 ($F(3,44)=6.74, p<0.01$) 及び試行ブロック ($F(1,44)=4.87, p<0.05$) の主効果が有意であった。群及び試行ブロックの主効果が有意であったことから、多重比較を行ったところ、群においては B-R 群、R-R 群の方が B-B 群よりも高い値を示した。B-R 群よりも R-B 群の方が高い値を示した。最初の 9 試行よりも最後の 9 試行で有意に正反応比率が減少した。

見越し反応においては、群 ($F(3,44)=8.55, p<0.01$) 及び試行ブロック ($F(1,44)=35.07, p<0.01$) の主効果が有意であった。また、群×試行ブロックの交互作用が有意であった ($F(3,44)=8.26, p<0.01$)。群×試行ブロックの交互作用が有意であったため、単純主効果の検定を行ったところ、B-B 群 ($F(1,44)=30.20, p<0.01$)、R-B 群 ($F(1,44)=29.17, p<0.01$) 群において最初の 9 試行よりも最後の 9 試行で有意に見越し反応の比率が増大した。B-R 群、R-R 群においては、有意差は見出されなかった (B-R 群: $F(1,44)=0.10, p>0.1$, R-R 群: $F(1,44)=0.37, p>0.1$)。最初の 9 試行 ($F(3,44)=26.03, p<0.01$) においては B-B 群の方が B-R 群、R-R 群よりも有意に高い見越し反応の比率を示し、R-B 群の方が B-R 群、R-R 群よりも有意に高い見越し反応の比率を示した。最後の 9 試行においても同様に B-B 群の方が B-R 群、R-R 群よりも有意に高い見越し反応の比率を示し、R-B 群の方が B-R 群、R-R 群よりも有意に高い見越し反応の比率を示した。

4.3.2 連の検定

習得、保持、転移段階の一樣ランダム群において連の検定を行った。その結果、習得段階においては 1 被験者において 5%水準でランダム性からは外れていたが、その他の被験者においてはランダムな反応を示した (Table. 4. 1)。保持及び転移段階ではランダム呈示を受けた B-R 群と R-R 群に関して連の検定を行った (Table. 4. 2)。保持段階においては B-R 群、R-R 群ともに 2 名の被験者において 5%水準でランダム性からは外れていた。転移段階では B-R 群で 2 名、R-R 群で 1 名の被験者が 5%水準で有意でありランダムな反応を示さなかった。しかし、保持及び転移段階におけるその他の被験者については、ランダム呈示に対してはランダムな反応を示した。

Table.4.1 習得段階のランダム条件における連の検定

ランダム群		
被験者	データ数	連数
A	38	19
B	37	18
C	39	18
D	39	18
E	35	16
F	34	21
G	36	19
H	42	23
I	33	19
J	40	17
K	39	19
L	42	20
M	38	19
N	38	21
O	38	19
P	34	15
Q	39	21
R	36	16
S	41	20
T	31	14
U	40	18
V	31	23*
W	41	21
X	37	17

*p<0.05

4.4 考察

4.4.1 パフォーマンス測度の質的検討

本研究は系列パターンの追従課題における文脈干渉効果の呈示順序の効果を検討するために一様ランダム呈示を使用した実験を試みた。主な実験の流れとして各系列パターンは習得段階、保持段階、転移段階においてブロック群とランダム群の間で比較された。特に、系列パターンの追従課題において、ブロック及びランダム群におけるパフォーマンスが4つの質的パフォーマンス測度（無反応、誤反応、正反応、見越し反応）を利用することによって評価された。パフォーマンス測度は無反応、誤反応、正反応、見越し反応の順に反応レベルが上位へ移行するような階層構造を有する。この反応の階層性の変化を両群で比較した。

まず、習得段階において、ブロック群においては習得試行の遂行に伴い、無反応及び誤反応が減少し、見越し反応が増大した。これは、ブロック群の被験者は習得段階の初期では連続的に呈示される刺激に依存した反応を行うことを示している。他方で、習得段階の終盤では1つの系列パターンを繰り返し遂行すること

によって系列依存的な反応様式へ変化したことを示している。

Table.4.2 保持及び転移段階のランダム条件における連の検定

B-R群				
被験者	保持段階		転移段階	
	データ数	連数	データ数	連数
A	68	28	63	38
B	70	39	60	36
C	71	35	66	35
D	62	19*	61	28
E	66	26	57	33
F	65	35	49	22
G	65	36	57	18*
H	67	33	64	43*
I	54	37*	52	22
J	56	32	52	29
K	69	35	57	26
L	62	38	55	32

R-R群				
被験者	保持段階		転移段階	
	データ数	連数	データ数	連数
M	70	41	56	34
N	71	44	57	30
O	68	38	61	34
P	61	34	58	31
Q	68	33	60	29
R	70	41	68	45*
S	60	36	53	34
T	71	45*	62	35
U	70	39	68	34
V	67	49*	57	35
W	67	37	62	29
X	66	34	53	23

*p<0.05

他方、ランダム群では習得段階を通して4つのパフォーマンス測度の出現比率に大きな変化は見られなかった。むしろ正反応の有意な減少とともに各パターンで誤反応が有意に増加を示した。多くの先行研究では習得段階においてランダム群よりもブロック群でパフォーマンスが優れているという報告がなされている。そして、それらの多くはブロック群よりもパフォーマンスは劣るもののランダム群においても習得試行の増大とともにパフォーマンスは改善されていく。本研究の1様ランダム群ではすべてのパターンで習得試行の遂行に伴って誤反応及び無反応の増加が見られたものの、習得試行を通してパフォーマンス測度の比率に大きな変化は見られなかった。反応測度の階層性から考えた場合、ランダム群の被験者は連続的に呈示される

刺激を追従することができる反応レベルを維持することが可能であるため正反応で応答することは可能であったが、系列パターンを系列位置に依存して遂行しているのではなく、単に呈示される刺激にのみ依存した反応を行っていたと考えられる。さらに、見越し反応の比率から考えると、見越し反応の出現頻度は低く、習得段階を通して有意な違いは見られなかった。そのため、ランダム群の被験者は誤反応及び無反応を減少させ、正反応を増大させることは可能であるが、それよりも上位のレベルの階層へ移行すること、つまり余裕を持って刺激を追従することは困難であったと考えられる。さらに、この被験者の反応傾向は、不規則性及び不確実性というランダム呈示の性質を反映しているといえる。

これらの一貫したパフォーマンスは一様ランダム呈示による真にランダムな順序の影響による可能性がある。Knuth (1981) は、系列数は (0, 1) の範囲内で一様に分布すると主張している。これに関連して、ランダム群の被験者の反応は一様ランダム呈示の刺激に対して一様な分布を示していたと考えられる。このことは、ランダム群の被験者にとって系列パターンを組織化することは大変困難であったことを示唆している。そして、ランダム群における系列パターンの組織化が困難であったことを示した連の検定結果からも支持される。これに加えて、休憩を入れずに 108 試行を遂行させたこともパフォーマンスの低下に影響したかもしれない。

先行研究においては、保持及び転移段階においてブロック呈示やランダム呈示で評価されてきた。ブロック練習とランダム練習を比較する際、習得段階における半分の被験者は保持段階及び転移段階においてブロック練習条件に割り当てられ、もう半分の被験者はランダム練習条件に割り当てられることになる (Del Rey, 1982; Del Rey et al, 1982; Shea and Morgan, 1979)。本研究における保持段階及び転移段階では、4つの条件におけるパフォーマンスが比較された。その結果、保持段階において B-B 群及び R-B 群におけるパフォーマンスは B-R 群及び R-R 群よりも優れていることが明らかとなった。また、B-B 群は R-B 群よりも多くの見越し反応を示した。B-B 群及び R-B 群は保持段階において類似のパフォーマンスを示した。それゆえ、R-B 群におけるパフォーマンスは、習得段階において呈示された一様ランダム呈示の影響は受けないものといえる。

B-B 群は習得段階におけるブロック群と同様に多くの見越し反応が出現した。B-B 群の被験者は繰り返し同じ系列パターンを遂行したためであると考えられる。これに対して、R-B 群の被験者は習得段階において十分に課題を学習することができなかったために、新規に系列パターンを学習し始めたと考えられる。先行研究における習得パフォーマンスは練習を通して改善していく一方で、本研究での習得段階では改善が見られなかったため、R-B 群のパフォーマンスは、低い習得パフォーマンスが影響していると考えられる。仮に

習得段階においてパフォーマンスを向上することができなければ、保持段階や転移段階においても優れたパフォーマンスは見られないかもしれない。先行研究の保持段階においてランダムスケジュールが使われているため、B-R 群と R-R 群の比較を行った。B-R 群は R-R 群と比べて多くの無反応を示した。B-R 群の被験者は習得段階において繰り返し同一の系列パターンを遂行している。B-B 群の被験者は著しいパフォーマンスの低下を示した。これは、習得段階においてブロック練習をした場合は一様ランダム呈示される実験環境に適応することが困難となるために生じると考えられる。これとは対照的に、R-R 群の被験者は、習得段階と同様の刺激が呈示されるため、呈示される刺激を処理することが可能であった。しかし、両群の被験者は習得段階と同様に保持段階を通して反応の比率に変化が見られなかった。つまり、保持段階におけるランダム呈示は習得段階における呈示順序の効果を無効にしてしまう可能性がある。

転移段階において、各群の反応は保持段階と比較して無反応と誤反応を多く示す傾向がみられた。B-B 群及び R-B 群は B-R 群及び R-R 群よりも優れたパフォーマンスを示した。例えば、B-B 群及び R-B 群は B-R 群及び R-R 群よりも多くの見越し反応の発現を示した。B-R 群及び R-R 群は習得段階におけるランダム群と同様にランダムに呈示される刺激を追従することができる反応レベルを維持していた。つまり、転移段階での各群のパフォーマンスに対しては習得段階における一様ランダム呈示の効果が示されなかったといえる。これらの結果は、400ms の ISI において生じていた。

このことから一様ランダム呈示は精緻化処理やアクションプランの再構成などを消失させる効果があることが示唆される。一様ランダム呈示を遂行した反応条件の被験者は本実験で用いられた多くの刺激を処理することができなかったといえ、ランダム群の被験者の反応はそれぞれの刺激に依存していたといえる。

連の検定結果においては B-R 群及び R-R 群のほとんどの被験者でランダム刺激呈示に対してはランダムな反応を示すことが明らかとなった。各被験者のパフォーマンスから、各系列パターンに応じた系列位置に独立して反応をしていたのではなく、習得段階と同様に呈示された刺激に依存していたと考えられる。つまり、習得段階におけるランダム呈示順序の効果は保持段階及び転移段階におけるランダム群のパフォーマンスに反映されないことが示唆される。

一様ランダム呈示を用いた本研究では系列パターンの追従課題において文脈干渉効果の順序の効果は見出されなかった。本研究は先行研究におけるランダム呈示の方法や実験データと仮説の対応関係における様々な問題について言及した。文脈干渉効果を取り扱う研究においてランダム刺激呈示を行う際は、その呈示方法について検討する必要がある。

ここまでの実験は一様ランダム呈示を用いて運動学習における文脈干渉効果について再検討を試みた。本章までは S-R 事態での系列運動学習である。すなわち刺激 (stimulus) の呈示に対する被験者の反応 (response) を分析の対象としてきた。しかし、実際の運動場面では必ずしも 1 つの刺激に対して 1 つの反応が成立する事態ばかりではなく、選択的反応が要求される場面がある。さらに、刺激は知覚として入力されることを前提として実験を行ってきたが、達成すべき課題の刺激が環境内に内在されていて、一見知覚としては顕在化されないような事態も存在する。このように、与えられた環境内に埋め込まれた刺激に対して応答し、一連の運動パターンを組織化しなければならない事態もある。そこで、次章では習得目標となる反応パターンが不確定な事態における運動の組織化について検討する。