

認知シミュレータを用いた仮説検証スタイル 学習環境構築の予備的検討

三輪和久

名古屋大学大学院人間情報学研究科

〒464-8601 名古屋市千種区不老町

miwa@cog.human.nagoya-u.ac.jp, <http://www.cog.human.nagoya-u.ac.jp/~miwa>

あらまし

認知科学や心理学等の研究分野における探求過程として、仮説に基づき実験を計画し、実験結果のフィードバックを受けて仮説を修正し、再実験を計画、実行するというプロセスが重要である。本論文では、筆者らが開発した認知シミュレータを用いて仮想心理実験環境を構築し、上記のような仮説検証スタイルを学習するための計算機環境を構築するための予備的検討を行っている。具体的には、同認知シミュレータを用いた認知心理学的実験を行い、学習者の探索行動を検討したので、その結果を報告する。

キーワード

学習環境、仮想実験環境、仮説検証スタイル、認知シミュレータ

Preliminary Discussions for Constructing Learning Environment of Hypothesis Verification Processes using a Cognitive Simulator

Kazuhisa MIWA

Graduate School of Human Informatics, Nagoya University

Nagoya, 464-0861 Japan

miwa@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract: As investigation processes in the studies of cognitive science and psychology, the processes of planing experiments based on a hypothesis, revising the hypothesis from feedback of the experimental results, rearranging and performing additional experiments are essentially important. In this paper, we construct virtual psychological experimental environment using a cognitive simulator that has been developed by the author; and give preliminary discussions for constructing learning environment of investigation processes as above. As preliminary discussions, we let subjects manipulate the environment using the simulator, and report the results of the experiment in which subjects' searching behavior is analyzed.

Key words: learning environment, virtual experimental environment, hypothesis verification, cognitive simulator.

1. はじめに

「発見」におけるデータの取り込み方法は、大きく「実験」と「観察」に分けることができる。

前者においては、データは、仮説に基づいて計画的に採取される。実験心理学において、そのもっとも顕著な例は、Factorial Designの実験（以下、「FD」と略す）である。そこでは、研究者が着目する要因が計画的に操作され、操作された要因と、その条件で観測されるデータの振る舞いとの間関係が明らかにされる。

一方、後者においては、そのような組織的なデータの取り込みがなされない。多くの場合、要因を操作するための仮説が立てられず、例えば、とりあえずいくつかの条件でデータを取ってみようというように、データの収集はTrial and Error（以下、「TE」と略す）となる。

現実の研究場面における実験計画は、その中間に位置する場合が多い。例えば、全体としてはFDの実験計画になっていても、個々の「要因」の一部の「水準」の設定が欠落していたり、当初は操作要因を明確に規定したFDの実験計画で始まっても、そこでデータの振る舞いが説明できず、別の関連する要因をTEによって探すなどといった場合である。ここでは、そのような実験のあり方を、FDとTEの中間的段階にある実験という意味で、「探索的実験」と呼ぶことにする。

本研究の目的は、(1)上で述べた探索的実験に現れる探索行動の特徴を明らかにする。(2)とりわけ、そのような状況下において、被験者の探索行動の構造化がどのように行われるのかを明らかにする。(3)さらに、探索行動の特徴と発見のパフォーマンス（成績）との関係を検討する。

さて、そのような探索的実験が発生する状況を整理してみると、(1)探索すべき実験空間が膨大で、見直しをもって全ての条件の組み合わせを探索することができないような状況、(2)ゴール自体が曖昧な状況（例えば、研究目的自体が探索的な場合など）、(3)対象に関する知識が不十分で、さらに要因間に複雑なインタラクションがあるなど、独立変数と従属変数の間の相関関係に関する仮説が立てにくい状況などを考えることができる。

本研究では、以上のような条件を満たす発見課題を用いた認知心理学的実験を行う。そこで、被験者に実験目標の設定、仮説の生成、実験計画の立案、実験の実施、実験結果の解釈、再実験計画の立案といった一連のプロセスを体験させ、被験者の発見のプロセスを分析する。

2. 仮想心理実験シミュレータ

2.1 仮想心理実験環境

上のような問題を検討するにあたって、被験者に対して、実際に心理実験を実施させることは、その実施コストより実現困難である。そこで、本研究では、被験者に現実の心理実験を行わせるの

ではなく、計算機上に構築された認知シミュレータを用いて、「仮想的心理実験」を実施させることにする。

ここで用いられるシミュレータは、二人の問題解決者が、互いの実験結果を参照し合いながら、古典的発見課題である「Wasonの2-4-6課題」（Wason, 1960）を解決するといった「協調的発見過程」をシミュレートするものである。被験者は、いわばWason課題を用いた協調的発見過程を研究する実験心理学者として、本仮想実験に参加する。

ここで強調しておきたいことは、本仮想実験において、本シミュレータは、擬似的にパフォーマンスを計算して出力するのではなく、人間の発見プロセスを実際にシミュレートして、その結果を出力するということである。なお、本シミュレータは、協調プロダクションシステムとして構築されており、すでに人間の発見過程をシミュレートするモデルとしての一定の妥当性が検証されている。以上のようなシミュレータの使用は、例えば、要因間のインタラクションや実験試行ごとのデータのばらつきなどに反映され、実験状況として、より実際のリアルな環境を提供することとなる。そこより、本研究では、より現実的な心理実験の状況の中で、科学者としてふるまう被験者の行動を観察することが可能になっている。

2.2 シミュレータの動作

表1は、本研究で用いたシミュレータの動作例である。表1は、大きく三つの列から構成されている。一番左の列には、システムAが形成した仮説と、その仮説が保持された回数（反証されずに実験を通過した回数）が示されている。中央の列には、実験において生成された事例、その事例に対するフィードバックの種類（Yes-FB、もしくはNo-FB）およびその実験がどちらのシステムのいかなる仮説検証方略（Ptest、もしくはNtest）に基づいて行われたのかが示されている（興味深い検討がKlayman, 1987にある）。ここで、Yes-FB、No-FBとは、その事例がターゲットの正事例、および負事例であること、Ptest、Ntestとは、その実験が仮説の正事例、および負事例をそれぞれ用いて行われたものであることを示す。一番右の列には、システムBの仮説、およびその保持回数が示されている。各列の先頭は、処理が進んでゆく順序である。

ターゲットは、「三つの数字がともに12の約数」である。システムAはPtestによる実験を行い、システムBはNtestによる実験を行っている。

システムAについては、4、10、16で反証が起こっている。ここでの反証は、3、9、15で行われた自分自身の実験の結果から行われている。一方、システムBは、17と29で反証が生じているが、それらとともに、15、27で行われた相手の実験の結果に基づいていることがわかる。

この例では、システムAは6事例を観察した時

表1 シミュレータの動作例

システムAによる仮説		実験		システムBによる仮説					
		1	2, 4, 6	Yes					
2	連続する偶数	0	3	4, 6, 8	No	Ptest by System A	-		
4	積が48	0	6	6, 6, -1, 7	No	Ntest by System B	5	合計が4の倍数	0
8	積が48	1	9	24, -1, -2	No	Ptest by System A	7	合計が4の倍数	1
10	三番目=-一番目+二番目	0	12	3, -8, -20	No	Ntest by System B	11	合計が4の倍数	2
14	三番目=-一番目+二番目	1	15	-10, 2, -8	No	Ptest by System A	13	合計が4の倍数	3
16	12の約数	0	18	-5, -14, -9	No	Ntest by System B	17	二番目が4	0
20	12の約数	1	21	6, 4, 2	Yes	Ptest by System A	19	二番目が4	1
22	12の約数	2	24	-1, 7, 3, 12	No	Ntest by System B	23	二番目が4	2
26	12の約数	3	27	2, 1, 2, -12	Yes	Ptest by System A	25	二番目が4	3
28	12の約数	4	30	8, 1, 2, -2	No	Ntest by System B	29	12の約数	0
32	12の約数	5	33	2, 6, -2	Yes	Ptest by System A	31	12の約数	1
34	12の約数	6	36	-2, -7, -8	No	Ntest by System B	35	12の約数	2
38	12の約数	7	39	4, 3, -1, 2	Yes	Ptest by System A	37	12の約数	3
40	12の約数	8					41	12の約数	4

点で、システムBは10事例を観察した時点で、それぞれターゲットを発見している。

なお、本シミュレータのより詳しい記述は、Miwa, 1996, 三輪, in press を参照されたい。

2.3 シミュレータの基本仕様

本シミュレータの動作パラメータは、6要因から構成されている。

表2に、シミュレータに設定されている要因と、それぞれの水準を示す。6要因のうちターゲットを除く5要因に関しては、インタラクションする二つのシステムの各々について設定される。

ここで、1. に示した探索的実験が現れる状況と、本シミュレータを用いた仮想心理実験の状況とを比較してみよう。まず、(1) 被験者が探索する実験空間の大きさは、表2に基づいて単純に計算

すると、2億条件(=35 × 5² × 4² × 5² × 5² × 5²)のオーダーとなり、全ての実験空間を探索することは不可能である。次に (2) 本実験では、以下で述べるように、着目すべき要因自体が、被験者によって主体的に選択される。その結果、実際にも、シミュレータを使って発見された解は、被験者ごとに異なっていた。さらに、(3) いくつかの要因の間、例えば、仮説検証方略、仮説形成方略とターゲットの間には、複雑なインタラクションが存在する。これらのことから、本実験は、1. で述べた探索的実験が現れる状況を具体化していることがわかる。

3. 実験

3.1 実験方法

被験者

実験には、大学院生6名が参加した。実験は、筆者が行った大学院生向け授業の一環として行われた。授業では、Wason課題をはじめとする古典的発見課題を用いた、仮説検証に関する実験心理学的研究のテーマが扱われた。従って、被験者には、仮説検証に関する一応の知識を得た状態で、さらにそれを「協同」の場面に展開するための実験を行う状況が与えられたものと考えられる。手続き

実験は、6名の被験者ごとに個別に行われた。実験は、20分のガイダンスの後に、シミュレータを用いた実験が2時間にわたって実施され、実験後に15分のインタビューが行われた。

ガイダンスでは、Wason課題を用いて「協同」の研究を行うという実験状況、シミュレータの操作方法、実験において操作できる要因と水準等が説明された。

続いて、被験者はシミュレータを自由に操作しながら実験を行う。実験においては (1) 実験の目的(何を調べようとしているのか)、(2) 仮説 (3) 実験計画 (4) 実験結果 (5) 考察(実験結果をどう解

表2 シミュレータの6要因

要因	水準
ターゲット	【1】～【35】 実験に用いるターゲットの種類。例えば、【1】は「増加する数」に、【35】は「三つの異なる数」に対応。
仮説検証方略	【0】【25】【50】【75】【100】 仮説検証においてPtestを行う確率。例えば、【100】は常にPtestを行い、【0】は常にNtestを行う。
仮説形成方略	【human】【random】【specific】【general】 仮説形成における方略。具体的には、【human】は「人間の好み」を考慮して仮説が生成される。【random】は仮説が「ランダム」に生成される。【specific】は仮説が「特殊」なもので順に生成される。【general】は仮説が「一般的」なもので順に生成される。
活性化事例数	【all】【6】【5】【4】【3】 仮説形成時に作業記憶の中で一度に活性化できる事例の数。例えば、【all】はそれまでに得られている「全て」の事例に、【3】は「3つ」の事例に基づいて仮説を形成する。
保持仮説数	【all】【5】【4】【3】【2】 作業記憶の中に保持しておくそれ以前に棄却された仮説の数(それまでに棄却された仮説を保持しておくことにより、再度その仮説を生成することを防止する)。例えば、【all】はそれまでに棄却された「全て」の仮説を、【2】は「2つ」の仮説を保持。
実験の終了条件	【6】【5】【4】【3】【2】 ここで設定された回数だけ連続して仮説が確認されると、ターゲットを発見したとみなして、システムは停止する。具体的には、【6】は連続して「6回」、【2】は連続して「2回」、それぞれ仮説が確認されるとシステムは停止し、そこでターゲット発見の可否が判断される。

積するのか)という5項目を記入する用紙が配布された。これを「実験計画シート」と呼ぶ。被験者は、前半の3項目をシートに記入した後、シミュレータを操作して一連の実験を行う。一連の実験結果が得られた後、後半の2項目を実験計画シートに記入する。これを、制限時間内において繰り返す。

実験終了後、被験者に対してインタビューを行い、実験全体を通して判明したこと、すなわち被験者によって発見された知見が明らかにされた。

3.2 実験の状況

実験では、要因が設定されると、その条件で自動的に20回のシミュレーションが実行される。その後、二つのシステムのそれぞれがターゲットを発見した割合、およびターゲット発見に至った場合の平均実験数、および少なくとも片方のシステムがターゲットを発見することができた割合が出力される。

本システムでは、20回のシミュレーションを通して、モデルが問題を解いてゆく過程(表1に示されたようなプロセス)が画面に出力される。しかし、被験者は、実験者の教示により、最終的なパフォーマンスの平均値だけを着目し、それを説明する要因を探ることが求められた。

実験システムは、被験者の行動を自動的に記録する。さらに、実験のプロセスはビデオカメラによって記録され、発話プロトコルが採取された。被験者によっては、シート of 各項目を曖昧にしか記入しない場合があったので、発話プロトコルは、被験者の探索行動の同定のための補助的データとして用いられた。

3.3 発見された知見

表3に、6名の被験者が発見した知見を示す。6名の被験者は、それぞれ異なった解に到達していることがわかる。

4. 探索行動スキーマ

4.1 着目要因内/外の展開探索

本研究では、被験者の実験プロセスを、以下に示す「探索行動スキーマ」により記述する。

図1は、シミュレータの6つの要因によって構成される実験空間、すなわち各要因とそれぞれの要因の水準の組み合わせを示している。要因2から要因6までは、二つのシステムごとに水準が設定される。図2の太線は、ターゲットとしてターゲットNo.1の「増加する数」を用い(Factor 1)、仮説検証方略(Factor 2)、および仮説形成方略(Factor 3)として、システムAはPtest方略、Specific方略の組み合わせ、システムBはNtest方略、General方略の組み合わせを用い、ワーキングメモリの能力としては、両方のシステムともに全ての事例を活性化でき(Factor 4)、かつ全ての棄却仮説を保持することができ(Factor 5)、3回連続して

表3 被験者が発見した解

Subject A
【事例活性数】【想起仮説数】に関して、 $『高』_a \times 『高』_a > 『低』_a \times 『低』_a > 『低』_a \times 『低』_a$ 。(ただし、【事例活性数】だけ、もしくは【想起仮説数】だけが『低』であっても、パフォーマンスは落ちない。また、【仮説形成方略】が『random方略』の場合、実験結果のばらつきが大きくなる。)
Subject B
【仮説形成方略】に関して、 $『Specific方略』_a$ と $『General方略』_a$ の組み合わせは、他の要因の変化に関わらず高いパフォーマンスを示す。具体的には、【仮説形成方略】に関して、 $『Specific方略』_a \times 『General方略』_a > 『Specific方略』_a \times 『Human方略』_a$ 、 $『General方略』_a \times 『Human方略』_a > 『Specific方略』_a \times 『Specific方略』_a$ 、 $『General方略』_a \times 『General方略』_a$
Subject C
【ターゲット】に関して、もっとも『General』なターゲットは、Target No. 35。もっとも『Specific』なターゲットは、Target No. 33。 【ターゲット】が『Specific』で、【仮説形成方略】が『General方略』、【仮説検証方略】が『Positive Test方略』の場合、解決までに非常に時間がかかる。【ターゲット】が『Specific』で、【仮説形成方略】が『Specific方略』、【ターゲット】が『General』で、【仮説形成方略】が『General方略』の場合には、ストレートで正解にいたる。
Subject D
【仮説検証方略】と【仮説形成方略】に関して、二つのシステムが『準Positive Test方略(75%)』 \times 『Negative Test方略(25%)』であり、かつ『General方略』ならば、高いパフォーマンスを示す。(ただし、ターゲットが偶奇のときは、【仮説形成方略】は『Specific方略』が有利である。)
Subject E
【仮説形成方略】と【仮説検証方略】に関して、前者が『Human方略』のときは後者は『Negative Test方略』が有利。一方、前者が『Specific方略』のときには後者は『Positive Test方略』が有利。(ただし、後者のときには、仮説検証方略に関して、100% \times 100%は逆にパフォーマンスが減少。75% \times 75%が最高。)
Subject F
【仮説形成方略】と【仮説検証方略】に関して、二つのシステムが『General方略』であり、かつ『Positive Test方略』 \times 『Negative Test方略』、かつ【事例活性数】および【想起仮説数】に関して、 $『高』_a \times 『高』_a \times 『高』_a \times 『高』_a$ ならば、高いパフォーマンスを示す。(ただし、【終了条件】が、『2』のときには、パフォーマンスが落ちる。)

仮説が確認された場合に、実験をうち切る(Factor 6)という条件に対応する。

ここで、被験者の探索行動は、図2に示されるような「探索行動スキーマ」によって記述されることになる。

図2は、三つのユニットから構成されている。一つのユニットは、一単位の探索行動に対応する。ここで、被験者が1枚の「実験計画シート」に記入した実験計画に基づいて行った一連の連続的探索を、一単位の探索行動とみなす。

Unit A11では、被験者は、要因nと要因mを操作しており、そこで設定された水準が、太い線でチェックされている。これらの要因を、被験者が着目した要因という意味で「着目要因」と呼び、濃いグレーで示されている。

次に、Unit A12では、Unit A11で探索された着目要因の水準を固定して、他の要因(薄いグレーで示されている)を操作している。これを、「着目要因外の展開探索」と呼ぶ。

さらに、被験者は、必ずしも一回の実験計画に基づいて、着目要因のすべての水準を探索するわけではない。Unit A21では、Unit A11で探索された着目要因の水準以外の水準を設定して実験を行っている。これを、「着目要因内の展開探索」と呼ぶ。

被験者は、認知資源の制約から、着目している要因を構成する各水準を一度に探索することができないと考えられる。その場合においても、「着目要因内の展開探索」を行うことによって、着目要

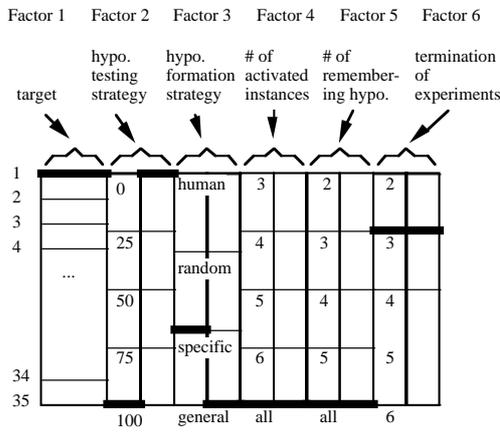


図1 実験空間

因が、全体としてパフォーマンスにどのように影響を与えているのかを検討しようとする。また、「着目要因外の展開探索」を行うことによって、着目要因に関して得られた結果が、他の要因の変動によってどのような影響を受けるのかを検討する。

4.2 探索行動の階層

ここで大切なことは、探索行動スキーマに基づき被験者の探索行動を構造化することによって、被験者の探索行動のいくつかの階層というものが見えてくるということである。

まず、一番基本のレベルには、Unit A11, Unit A12, Unit A21の各々に対応する探索行動のチャンク(意味的単位)が存在する。これを「ユニット」(Unit)と呼ぶ。

次に、着目要因外の展開探索によって拡張された探索行動のチャンクが存在すると考えられる。このレベルでは、Unit A11とUnit A12から構成されるSeries A1が一つのチャンク、Series A2がもう一つのチャンクというように、図2の被験者の探索行動は2つに分節化される。各々のチャンクを「系列」(Series)と呼ぶ。

さらに、図2全体を一つのチャンクと見なすことも可能である。この一番上位のチャンクを「ブロック」(Block)と呼ぶ。

ここで、「系列」の切れ目、「ブロック」の切れ

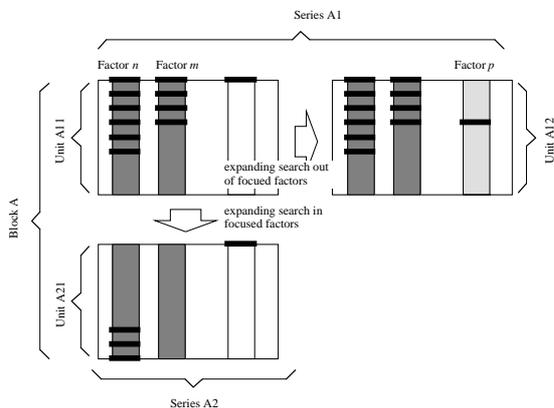


図2 探索行動スキーマ

目を定義しておくことが重要である。着目要因の探索水準を固定したまま、もしくは着目要因のすでに探索済みの水準の一部を再度探索しながら、他の要因を変動させている間は、一つの「系列」がつながっていると考える。着目要因内の新たな水準を探索した場合には、そこが「系列」の切れ目となる。一方、着目要因以外の要因の探索水準を固定したまま、もしくはすでに探索済みの水準の一部を再度探索しながら、着目要因の新たな水準を探索している間は、一つの「ブロック」内の行動であるとみなす。着目要因、およびそれ以外の要因が、同時に操作された場合には、そこが「ブロック」の切れ目となる。

図3に、探索行動スキーマに基づいて記述された被験者の探索行動の一例(被験者Bの例)を示す。

4.3 3段階のチャンキング

図4は、6名の被験者の総実験数、および3.で記述した探索行動の三階層に対応するチャンクの数を示したものである。より上位のチャンクレベルの構成を、探索行動のより大きな文節化と考えれば、図4は、6名の被験者の探索行動の段階的構造化の状況を示していると見ることができる。

ここで、この段階的構造化のパターンをモデル化するために、2要因の3×3条件の実験を考える。この実験を、Factorial Designに基づいて実行した場合が、図5(a)である。この場合、ユニット

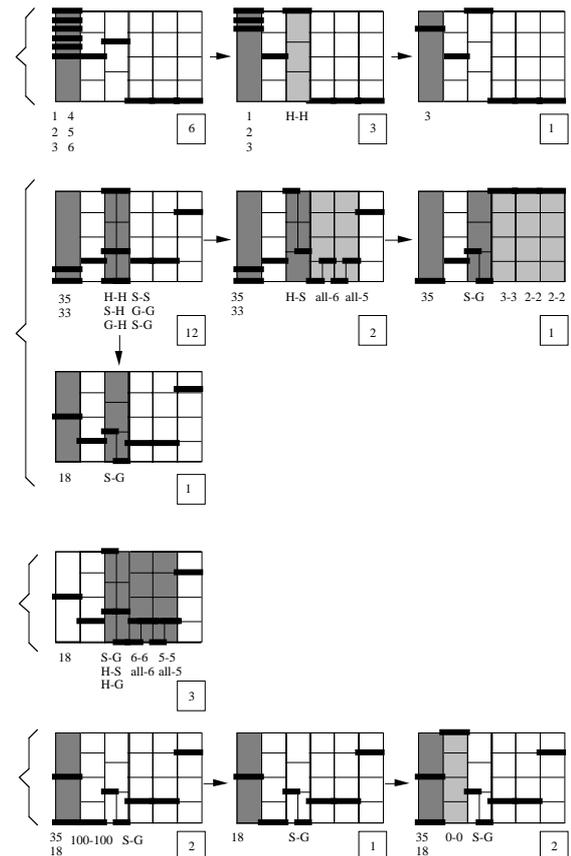


図3 被験者の探索行動の1例

とブロックは一致し、探索行動の構造化は、唯一各実験からユニットを構成するところで行われる。これを、第1のチャンキングと呼ぶ。一方、毎回の実験がTrial and Errorで行われれば、個々の実験は、前後関係を持たず独立して行われることになり、1実験が一つの単一のブロックを構成することになり、いずれの段階においてもチャンクは作られない(図5(e))。Factorial DesignとTrial and Errorの中間に位置する探索的行動の特徴は、着目要因内、着目要因外の展開探索に現れ、それは、探索行動の3階層という観点からは、図5(b)~図5(d)のようなパターンとしてモデル化することができる。図5(b)は、一つの要因に着目しそれを操作した実験を行った後、第2の要因の着目要因外の展開探索を行っている。これを、第2のチャンキングによる探索行動を構造化と呼ぶ。一方、図5(c)

は、二つの要因に着目し実験を行ったが、はじめから全ての水準の組み合わせを探索するのではなく、着目要因内の展開探索を行っている。これを、第3のチャンキングによる探索行動の構造化と呼ぶ。図(d)は、第2、第3のチャンキングが併せて行われたものである。

4.4 チャンキングの圧縮率

そのような観点から図4を眺めると、被験者Aは図5(a)に対応するFactorial Designに近い探索行動を、一方、被験者Fは、図5(e)に対応するTrial and Errorに近い行動を示している。残りの4名の被験者は、それぞれ、両者の中間的段階にあり、レベル2、レベル3のチャンキングによって、探索的実験行動の特徴が現れていることがわかる。

さらに、以上の議論を明確化するために、各段階のチャンキングにおける下位のチャンクから上位のチャンクを構成する時の圧縮率を考える。すなわち、レベル1のチャンキングにおける圧縮率は、ユニット数/実験数、レベル2における圧縮率は、系列数/ユニット数、レベル3における圧縮率は、ブロック数/系列数と定義される。圧縮率は0から1の値をとり、値が小さくなるほど、より高い圧縮が行われたことを示す。

ここで、Factorial Designに準拠した探索行動においては、唯一、レベル1における圧縮が行われ、レベル2、およびレベル3での圧縮は行われない。一方、Trial and Errorの行動では、いずれのレベルにおいても圧縮率は1に近く、圧縮は行われない。一方、探索的行動の特徴は、レベル1の圧縮に加えて、レベル2、およびレベル3におけるチャンキ

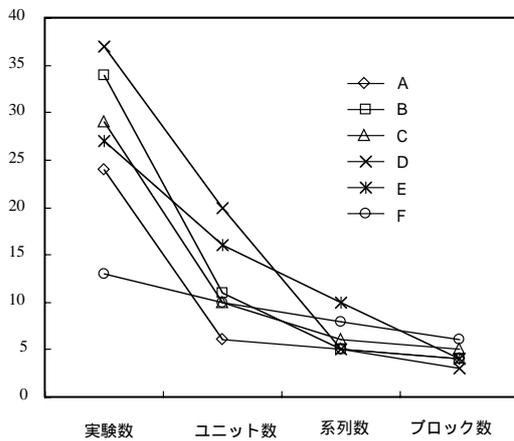


図4 被験者の3段階のチャンキング

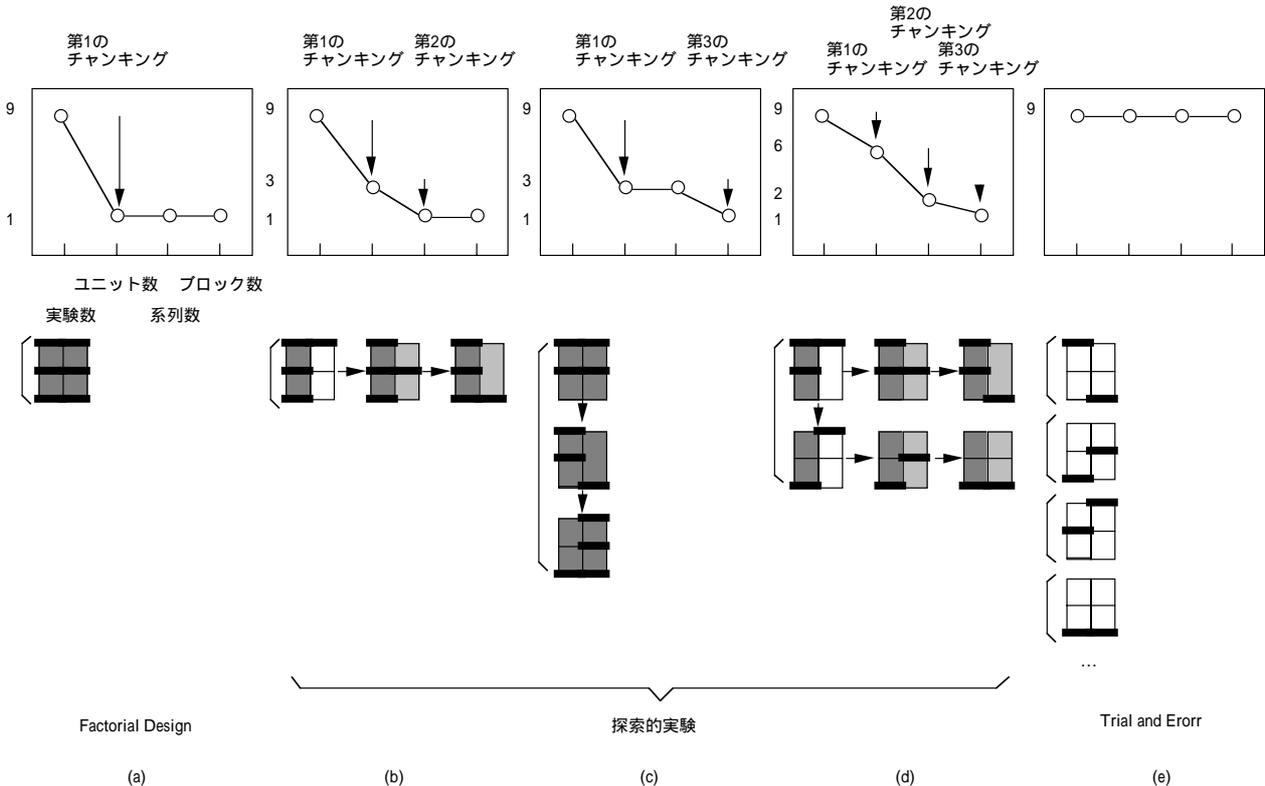


図5 チャンキングのモデル化

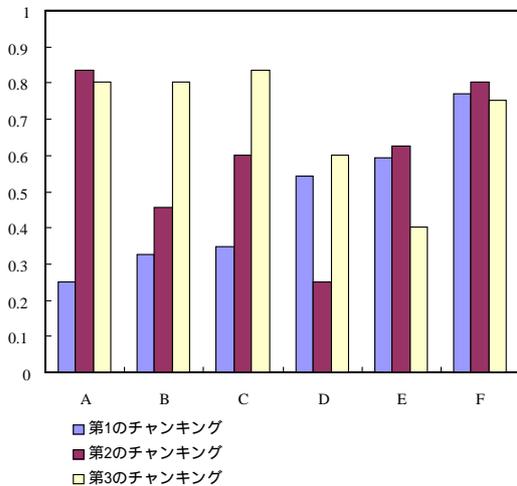


図6 チャンキングの圧縮率

ングによる圧縮とに現れる。

図6は、3段階のチャンキングにおける圧縮率を被験者ごとに示したものである。図6より、被験者Aは、レベル1の圧縮率がもっとも小さく、かつレベル2、およびレベル3における圧縮が行われておらず、Factorial Designの探索行動の特徴を示している。一方、被験者Fは、いずれのレベルでも圧縮が行われておらず、Trial and Errorの特徴が現れている。

さらに、残りの4名の被験者は、レベル1に加えて、レベル2、レベル3における圧縮が現れ、探索的実験行動の特徴が現れている。加えて、被験者Dはレベル2において、すなわち着目要因外の展開探索におよび、また被験者Eはレベル3において、すなわち着目要因内の展開探索において、それぞれの探索行動を構造化しているといった特徴を認めることができる。

5. 探索行動と発見のパフォーマンス

5.1 発見された知見の分類

それでは、以上のような探索行動の特徴と、被験者によって最終的に発見された解との間には、いかなる関係が存在するのであろうか。

表4は、6名の被験者が発見した知見を、二つ

表4 被験者の解の分類

Subject	Factors	Generality	Validity
Subject A	AI-RH	G	
Subject B	HF	G	
Subject C	T T	G S	
Subject D	HT-HF	S	×
Subject E	HT-HF	S	
Subject F	HT-HF	S	×

の観点から分類したものである。

分類の第1の観点として、被験者の発見した知見は、その知見の一般性という観点から大きく2種類に分類することが可能であった。一つのグループは、ある要因の複数の水準を比較したり、他の要因の変動による影響に言及した上で、パフォーマンスを規定する要因に言及した知見である。例えば、「仮説形成方略に関しては、他の要因の変化に関わらず、Specific方略とGeneral方略の組み合わせがもっとも高いパフォーマンスを示す」といったような知見である。一方、「仮説形成方略と仮説検証方略に関して、前者がGeneral方略、後者が準Ptest方略×準Ntest方略の組み合わせならば、高いパフォーマンスを示した」といったように、特定的水準におけるパフォーマンスが単独で主張される知見があった。前者を、一般的知見、後者を、特定の知見と呼ぶ。

さらに、第2の観点として、得られた知見の正誤によっても、被験者が達した解を分類することが可能である。ここで、正誤の判断は、これまで行われてきた認知心理学的実験から得られている知見、および本シミュレータを用いて別稿で行われたシミュレーション結果から得られた知見を総合して行われた。

表4より、6名の被験者は、前述の2つの観点より、大きく二つのグループに分けることができる。第1のグループは、一般的で正当な知見に達したグループであり、被験者A、被験者B、被験者Cがこれにあたる。一方、残りの3名の被験者、被験者D、被験者E、被験者Fは、特定の知見に達し、一部の例外を除いて、その知見は不当なものであった。

5.2 パフォーマンスを規定する要因

それでは、4.で明らかになった被験者の探索行動の特徴と、それぞれの被験者が達した解の間には、どのような関係があるのだろうか。

再び図6を見ると、一般的で正当な知見を発見した被験者は、特定ので不当な知見に陥った被験者に比して、いずれもレベル1における圧縮率の値が小さく、すなわち高い圧縮が行われたことがわかる($F(1, 4)=20.61, p<.05$)。一方、特定の誤った知見に陥った被験者は、レベル1における圧縮が十分に行われていない。以上は、レベル2、およびレベル3のチャンキングの出現としてその特徴が現れる探索的実験行動においても、その土台となるレベル1のチャンキングが行われることが、正当な解の発見において重要であることを示している。

このことは、それに含まれる実験数が1のユニット、すなわちレベル1のチャンキングが行われなかったユニット(圧縮率が1のユニット)の、全ユニット数に占める割合を示した図7からもわかる。図7は、正当な解に達したグループは、レベル1のチャンキングが行われなかったユニットの割合が小さいこと、言い換えれば、多くのユ

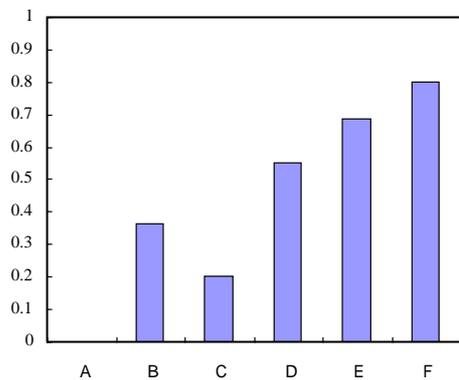


表7 実験数1のユニットの比率

ニットでレベル1のチャンキングが行われていたことを示している ($F(1, 4)=15.14, p<.05$)。

さらに、表5は、各被験者が操作した要因を示したものである。下線は、発見した知見に関連する要因である。は計画的に操作された要因、は場当たりに操作された要因、xは操作されなかった要因を示している。ここで、計画的操作とは、その要因の全水準を探索する、もしくは両極端な二つの水準をその要因の代表的な水準値として探索するといったように、要因の操作が意図的に行われたことを意味している。

表5より、一般的で正当な知見を発見した被験者のうち、被験者B、および被験者Cは、着目要

表5 被験者が探索した実験空間

Subject	Focused Factors	Other Searched Factors
Subject A	AI RH AI-RH HF	x x x x
Subject B	T T HF HF AI RH T	HF AI-RH AI-RH-TE HT
Subject C	T T HT HT HF T HF	x x T TE x x
Subject D	HT HT HF	x T T
Subject E	- AI-RH x - x HF AI TE RH	x x x x T x
Subject F	HT HF T HT	x x x HF

因を組織的に操作すると同時に、さらにそれに関連づけて、着目要因外の展開探索により、着目要因以外の要因を計画的に操作していることがわかる。被験者Aは、正当な解に達したにもかかわらず、後者の探索を行わなかったが、これは被験者Aが着目した要因が、他の要因との相互作用を持たないものであったことによるものであったと考えることができる。

一方、特定ので不当な解に陥った被験者は、いずれも、着目要因に関連づけた着目要因外の展開探索を行わなかったか、さらに、着目要因の計画的な操作にさえ失敗していた。

6. まとめ

本論文では、Factorial Designに基づく実験と Trial and Error の実験の中間的段階に現れる実験を、探索的实验と呼び、仮想心理実験シミュレータを用いて、探索的实验の特徴、およびその特徴と発見のパフォーマンスの関係を検討した。

本論文の前半では、被験者の探索的实验行動が、探索行動スキーマを用いて記述された。被験者は、ユニット、系列、ブロックという3つのレベルで探索行動を構造化しており、探索的实验は、その内の2つのレベル、第2、第3のレベルのチャンキングとして特徴づけられた。

次に、一般的で正当な知見を発見した被験者は、探索行動の構造化の基本となる、第1のレベルでのチャンキングを有効に行っていることや、要因の操作を組織的に行っていることが確認された。

今後の課題としては、一つには、探索行動スキーマによる実験行動の記述を被験者にフィードバックし、そこに現れる教育的効果を検討することが考えられる。また、様々な専門領域の被験者に対する実験を行い、研究のバックグラウンドや、実験計画に関する知識が、探索的实验の出現にいかなる影響を与えるのかということに関する検討を行いたい。

引用文献

- Klayman, J., & Ha, Y.-W. (1987). Confirmation, disconfirmation, and information in hypothesis testing. *Psychological Review*, 94, 211-228.
- Miwa, K. & Okada, T. (1996). Effective Heuristics for Hypothesis Testing: An Empirical Discussion using a Computer Simulation Method, *Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence*, 877-887.
- 三輪和久 in press. 共有認知空間の差異が協調的発見に与える影響. *人工知能学会論文誌*.
- Wason, P. On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly journal of experimental psychology*, 12, 129-140. 1960.