

JAERI - M
93-165

同時言語報告法における言語化の影響の実証的検討

1993年9月

渡辺めぐみ・高橋 秀明*

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division
Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-
mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1993

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 印刷 いばらき印刷(株)

同時言語報告法における言語化の影響の実証的検討

日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部

渡辺めぐみ・高橋秀明*

(1993年8月6日受理)

本研究では、同時言語報告法の妥当性の主要な問題である言語化の影響について、課題遂行過程の変化を詳細に分析できる指標を用いて実証的に検討し、EricssonとSimonの言語化の影響の予測について再考した。

課題には短期記憶内の情報形態が言語的なものと空間的なものの2種類を用いた。空間的課題では問題の難易度による言語化の影響の違いも検討された。遂行時間への影響の結果はEricssonらの予測と一致したが、遂行内容への影響の結果は彼らの予測とは異なり、両課題とも言語化によって遂行内容が変化し、空間的課題の難易度の高い問題では、言語報告によって遂行内容がよくなることが示された。

Ericssonらの言語化のモデルでは、課題の難易度と言語報告の役割の関係についての考慮がなく、適切な課題の難易度についての規定もないため、彼らのモデルから正確に言語化の影響を予測することは難しいことが示唆された。

Effects of Concurrent Verbalization on Problem Solving Process
- An Experimental Study -

Megumi WATANABE and Hideaki TAKAHASHI^{*}

Department of Reactor Safety Research
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received August 6, 1993)

We investigated experimentally effects of concurrent verbalization on problem solving process by using indicators with which we could analyze precisely variation of problem solving process and also discussed Ericsson & Simon's prediction about effects of verbalization.

In the experiment we used two kinds of tasks which were different in information form in short-term memory. One was linguistic and another was spatial. In a spatial task, effects of task difficulty was also examined.

Results of verbalization effects on time to perform were consistent with Ericsson & Simon's prediction but results of effects on the quality of performance were not. In the most difficult question of spatial tasks, effects of verbalization made the quality better.

Our results show that it is difficult to predict effects of verbalization accurately by Ericsson & Simon's verbalization model because they don't take into consideration interaction between task difficulty and roles of verbalization for thinking and they don't discuss how to define appropriate task difficulty.

Keywords: Concurrent Verbalization, Effects of Verbalization,
Information Form, Task Difficulty

* Tsukuba University

目 次

1. はじめに	1
2. 言語化の影響の検討方法の問題点	2
2.1 Ericsson&Simonの言語化の影響の予測	2
2.2 言語化の影響の検討方法の問題点	4
3. 実験方法	7
3.1 言語化の影響の指標	7
3.2 課題の選定	7
3.3 課題分析	12
3.4 課題の難易度の設定	16
3.5 実験条件の整備	28
3.6 データ採取方法と実験設備	32
3.7 被験者と実験手続き	32
4. 結果と考察	34
4.1 言語的課題『覆面算』での言語化の影響の検討	34
4.2 空間的課題『倉庫番』での言語化の影響の検討	42
4.3 全体的考察	47
謝 辞	48
参考文献	48
付録A 実験で用いた『覆面算』の問題とその答え	49
付録B データにみる“言語報告されにくい”情報処理過程	50
付録C 条件の順序効果の検討	53

Contents

1. Introduction	1
2. Methodological Problems of Examining Effects of Verbalization .	2
2.1 Prediction of Effects of Verbalization by Ericsson & Simon .	2
2.2 Methodological Problems of Examining Effects of Verbalization in Previous Studies	4
3. Method	7
3.1 Indicators of Effects of Verbalization	7
3.2 Selection of Tasks	7
3.3 Task Analysis	12
3.4 Definition of Task Difficulty	16
3.5 Design	28
3.6 Apparatus	32
3.7 Subject and Procedure	32
4. Result and Discussion	34
4.1 Examining Effects of Verbalization on a Linguistic Task; "Alphabetic"	34
4.2 Examining Effects of Verbalization on a Spatial Task; "Sohko-ban Game"	42
4.3 General Discussion	47
Acknowledgement	48
References	48
Appendix A "Alphabetic" Questions Used in Our Experiment and the Answers	49
Appendix B "Hard to Report" Information Process in Our Data	50
Appendix C Examination of Condition-order Effects	53

1. はじめに

ヒューマンファクター研究ではプロセスプラントの運転員の認知特性を分析するために、運転員が行っている作業に関して作業をしながら報告させる方法がしばしば用いられる。このように何らかの課題を遂行しながら、その課題遂行に関して考えていることを報告することを同時言語報告と呼ぶ。同時言語報告法によって得られる言語報告は、行動の観察に比べて認知過程に関するより詳しい情報を与える重要なデータと考えられる一方で、言語報告をしながら課題を行うことで本来の思考活動が何らかの影響を受けるために、言語報告からは課題遂行過程についての正確な情報が得られないとの批判も存在する。Ericsson & Simon⁽¹⁾は、言語化の影響が予測可能な言語化のモデルを立て、言語報告が妥当である場合の条件を明らかにしている。彼らの理論は実証されているわけではなく、同時言語報告法を用いている研究で言語化の影響を実際に確認しているものは少ない。また同時言語報告の妥当性に関する研究の現状（渡辺、高橋⁽²⁾）では、言語化の影響の検討が不十分であることが明らかになっている。そこで本研究で同時言語報告をおこなっているときの課題遂行過程を観察し、言語化によってそれらにどのような影響が生じるのかを実際のデータを基に検討すると共に、Ericsson & Simonがたてた言語化の影響の予測について再考する。

2. 言語化の影響の検討方法の問題点

本章ではEricsson & Simonの言語化の影響の予測の検証を試みた先行研究で用いられた言語化の影響の検討方法の問題点を考察する。

2.1. Ericsson & Simonの言語化の影響の予測

Ericsson & Simon⁽¹⁾は、言語化の影響の予測を可能にするために、言語報告を行なう認知過程のモデル（以下、言語化のモデル）を提出した。言語化のモデルでは短期記憶への認知的負荷の大きさが不適切でなければ、短期記憶内の情報形態と言語化の媒介過程によって言語報告の性質が決まると考えられている。短期記憶への認知的負荷の不適切さとは、課題遂行に多くの心的資源が必要なために言語報告に必要な資源と競合し、言語報告が中断したり、課題が遂行不可能になったりする場合のことである。短期記憶内の情報形態とは発音するだけで言語化されるような”音韻的”形態をとっているか、視覚イメージのように発音する前に何らかの変換過程を必要とする非音韻的な形態を取っているかというものである。言語化の媒介過程には次の3つが考えられている。1)短期記憶内に存在していた情報から一つを選択する過程 2)通常は注意されておらず短期記憶内にはない知識情報を検索して報告する場合 3)想定される情報処理活動の性質について複雑な推論を行う場合（たとえば、その活動をなぜおこなったのかその動機や理由について報告する場合）

上記のような短期記憶内の情報形態の種類と媒介過程の有無に基づいて、彼らは言語報告を3つのレベルに分類し（表2.1.）、レベルごとに言語化の影響を考察している。Ericsson & Simonは、言語報告がデータとして妥当性を保っているのは言語化レベルが1と2のものであると結論している。課題遂行過程を検討するためのデータとして、遂行過程そのものが変化する言語化レベル3の報告は不適切であるが、遂行時間が長くなる言語化レベル2の報告は許容できると考えるからである。さらに彼らは次の3点が成立していることを前提として、言語化のレベルの制御方法について述べている。

- 1)短期記憶への認知的負荷は課題の難易度に依存する。
- 2)短期記憶内で情報がとりうる形態は、課題の提示形態と被験者に求められる反応形態に依存する。
- 3)言語化の教示のさいに、行動の動機や理由を報告することを求めたり、被験者が意識していない過程についての報告を求めたりしなければ言語化に媒介過程は含まれない。

上記の前提に立ちEricsson & Simonは、課題の難易度の適切な設定、課題の種類、実験者が被験者に与える言語報告の教示の仕方により、被験者の言語化のレベルが制御できるとしている。したがって彼らの言語化の影響の予測では適切な課題と適切な教示方法を用いれば、課題遂行過程に影響を与えないで言語報告が得られることになるのである。

表2.1 Ericsson&Simon⁽³⁾によって示された言語報告のレベルと各レベルで想定される言語化の影響

レベル1：短期記憶内の情報が言語的に表現されている場合、その情報を自動的に言語変換によって単に音声化する。

言語化の影響：短期記憶内の言語的情報を単に音声化するだけであるので、言語化は主たる課題遂行に影響しない。

レベル2：短期記憶内の情報が言語的に表現されていない場合（たとえば、イメージなど）、その情報を言語表現に変換して外に出す。

言語化の影響：短期記憶内の非言語的情報を言語的情報に変換するために時間がかかるために、言語化によって課題遂行時間が長くなるが、課題遂行を質的に変化させるような影響はない。

レベル3：短期記憶内の情報を長期記憶内の情報と関連づけて、選択や推論の過程を介在させるなどの媒介過程を経て、その情報を解釈して外に出す。

言語化の影響：言語化によって課題遂行の内容が影響を受ける。

なお媒介過程には主に次の3つが考えられている。

- 1) 選択：注意が向けられていて、短期記憶内には存在していた情報を報告するときには排除する場合
 - 2) 検索：通常は注意されず短期記憶内にはない知識情報を検索して報告する場合
 - 3) 推論：想定される情報処理活動の性質について複雑な推論を行う場合（ある活動をおこなった動機や理由について報告する場合など）
-

2.2. 言語化の影響の検討方法の問題点

2.1.の見解に基づいて何人かの研究者が言語化の影響の実証的検討を試みている。Rhenius & Deffner⁽⁴⁾は、言語化の影響の指標として課題遂行時間、正答率、眼球運動の軌跡を用いて5つの課題について言語化の影響を検討している。

Ericsson & Simonのモデルに基づく予想では、同時言語報告群と沈黙群で遂行時間の差が生じるのは非言語的な課題のものだけであったが、言語的な課題と考えられていた課題においても同時言語報告群の方が遂行時間が長くなっていた。眼球運動の軌跡は被験者の方略の変化の指標とされていたが、個体間での違いが大きく被験者間で検討された言語化の影響の考察には殆ど用いられなかった。

Russo, Johnson, & Stephens⁽⁵⁾もまた4つの課題について課題遂行時間と正答率を指標として言語化の影響を検討した。そこでは遂行内容の変化を示す指標として用いられた正答率においてEricsson & Simonの予想とは異なる結果が得られている。すなわちレベル1の言語報告がなされるはずの課題で正答率に言語化の影響が見られ、レベル2の言語報告となるはずの課題で正答率および遂行時間で統計的に有意な差がみられなかった。結果がEricsson & Simonの予想とは異なった原因として、彼らは次の3つの可能性を考えている。

1) 言語化の媒介過程を統制できていない

Ericsson & Simonの予想では、言語化の影響が見られないのは、直接的な言語化に限られている。被験者が言語報告を行なうことによって、解決過程や目標に関するモニタリングを行う機会が与えられる場合がある。その場合には被験者は新しい方略を発見したり、古い方略を改良したりできるようになり、パフォーマンスが向上することや、逆にモニタリングが認知的な負荷になり、遂行時間の延長が引き起こされたりする可能性がある。このことから、教示の仕方だけでは媒介過程を統制できないことが示唆される。

2) 短期記憶内の情報形態を統制できていない

言語的な課題と考えられていた課題でも、イメージ的な方略を用いた被験者が存在したことが非公式の質問によって明らかになっている。つまり、言語化レベルを規定する短期記憶内の情報形態が課題の提示形態と被験者の反応形態にだけでなく、被験者の用いる問題解決方略にも依存しているということである。

3) 被験者の課題遂行モチベーションの上昇による短期記憶への認知的負荷の減少

言語報告をする場合には、考えていることが実験者に明らかになるために、被験者はよりよい結果をだそうと努力している可能性がある。その結果、課題の主観的な難易度が変化し、言語報告しない場合よりも短期記憶への認知的負荷が減少

することが考えられる。

これらの点はEricsson & Simonらがあげた言語化のレベルの制御方法の前提となる仮説が成り立っていないことを示唆する。一方、言語化のモデルが成り立っているか否かを検討する以前に、Rhenius & DeffnerやRusso et alの実験方法が次の3点で問題があると考えられる。

1) 言語化の影響を測定する指標の問題

先行研究では、課題遂行中の方略の変化による短期記憶内の情報形態の変化、媒介過程の介入などの可能性が示されているにもかかわらず、課題遂行結果の指標である正答率と課題遂行時間しか、言語化の影響の指標として利用されていない。正答率は一連の課題遂行過程への影響が平均的に示されただけであり、遂行時間は課題遂行の開始から終了までの時間であるから、遂行過程内のどの部分に時間が使われているのかを示すものではない。したがって正答率と課題遂行時間だけでは言語化の影響の検討としては不十分であろう。通常、言語報告は課題遂行過程についての情報を得るために用いられる方法であることから、課題遂行過程の変化を検討できる指標を用いて言語化の影響を検討する必要がある。

2) 被験者間での言語化の影響の比較

Rhenius & DeffnerもRusso et alも被験者間で言語化の影響を検討している。被験者ごとに課題解決方略がことなり、課題解決中の短期記憶内の情報形態も個体間で異なる可能性がある。情報形態が異なれば、言語化の影響も異なると考えられるため、被験者間での比較は意味をなさないだろう。

3) 試行の反復効果の検討の不十分

Russo et alの実験では、1課題の本試行として45試行、練習を含めて55試行を実施するにもかかわらず、課題内で試行を繰り返すことの効果については検討していない。Russo et alが用いた別の課題についてはEricsson & Simon⁽³⁾が、試行数が増えると沈黙群の正答率が向上するというJohnsonのデータを紹介している。試行数が多くなるとより効率よく問題が解けるようになることが示され、被験者にとっての難易度が変化する可能性を示している。被験者にとって課題の難しさが変化するということは、短期記憶への負荷が変化するから、課題遂行過程が変化する可能性がある。したがって、思考の反復は最小限に止めるか、反復による課題の難易度の変化があるかどうかを確かめておかなければならないだろう。さらに課題の難易度の変化と言語化の影響がどのような関連を持つかを検討しておかねばならないだろう。

先行研究では言語化の媒介過程と短期記憶内の情報形態が実験的に統制できず、Ericsson & Simonの言語化の影響の予測が成り立たない可能性が示される一方で、言語化の指標、実験デザインにも問題があることが明らかになった。言語化の影

響の予測が成り立つか否かを検討するには、まず言語化の影響の指標を改善すると共に、個人差の要因、試行反復の要因を除く実験デザインが必要であろう。そこで我々は次の4点を考慮して、実験計画を立てることとした。

- 1) 課題遂行過程をとらえられる指標を用いる。
- 2) 被験者内デザインで条件間の結果を比較する。
- 3) 試行数は条件ごとに必要最低限にとどめ、試行反復の効果を最小限にする。
- 4) 課題の難易度の変化と言語化の影響の関連を検討できるようにする。

これらを満たす実験を実施し、方法論上の問題点を解決した後に、Ericsson & Simonの言語化の影響の予測が成り立つか否かを考察する。

3. 実験方法

3.1. 言語化の影響の指標

課題遂行中の言語化の影響を検討するためには思考の進行、変化をとらえられる指標でなくてはならない。この点を考慮し、我々が本研究で用いるために設定した指標と各指標によって確認する内容を以下に記す。

- 1) 解答の正誤；最終的に被験者が課題を達成できたかどうかを確認する。
- 2) 課題の遂行時間；全体の遂行時間が言語報告をすることによって影響を受けるか否かを確認する。
- 3) 問題状況の確認・先読みに費やす時間の割合と頻度；問題解決中に状況の確認、プランニングに費やす労力の差が変化するか否かを確認する。
- 4) 最短経路からの逸脱の程度（逸脱回数と逸脱時間）；思考経路が効率の良いパスを通っているのか、逆に逸脱、迂回が多いのかどうかを確認する。
- 5) エラーの種類と頻度；エラーの頻度と種類に変化が生じるか否かを確認する。

1)、2)は先行研究で言及されている指標であり、3)-5)は課題遂行過程が言語化の影響をどのように受けるかを検討するための指標である。この指標からは、全体の課題遂行時間が長くなっている場合には、言語報告自体のために時間が長くなっているのか、プランニングや状況確認、エラーの修復のために時間がかかっているのかを知ることができる。さらに言語報告をすることが、課題遂行に使う処理資源と競合し、課題解決自体の失敗、解決中のエラーの増加、最適なパスの発見の遅れなどの影響をもたらすのか、逆に言語報告が思考の体系化を助け、状況確認の時間を節約し、最適の課題解決方法を発見し易くなるのかを検討することができるだろう。

3.2. 課題の選定

課題は次のような点を考慮して選定された。

- 1) 課題遂行過程にいくつかの思考ステップが含まれていること。

課題遂行過程への言語化の影響を検討するには、課題解決に至るまでの遂行過程が1ステップでなく、いくつかの思考ステップから成り立っていることが望ましい。また正答が一つに決まる課題が望ましい。正答が一つ以上ある場合には、解に至る思考過程が多様になり、課題遂行過程の効率の善し悪しを特定しにくくなるからである。

- 2) 一つの課題遂行時間が数時間に及ぶことがないこと。

1問の解決時間が数時間に及ぶ課題は被験者の負担が大きくなりすぎ、結果に歪

みが生じる可能性があるため不適當である。

3)同程度の難易度の問題が複数あること

被験者内実験で条件間の課題遂行結果を比較する場合には、同じ被験者が同じ種類の課題を最低2度、解く必要がある。練習セッションを設ける場合には、最低3度は解くことになる。もし3つの試行が全く同じ問題では、被験者が解き方を覚えてしまい、課題遂行過程が変化してしまうだろう。異なる課題を用いた場合には、条件間の差よりも問題の差によって生じるパフォーマンスの違いが観察され、言語化の影響を特定することができない。それを防ぐためには同じ課題で同程度の難易度で、異なるパターンの問題が必要となるだろう。

4)課題に特有の結果か否かを吟味することができること

1種類の課題では、得られた結果がその課題の特性によってのみ生じるものかどうか判断できないので、情報処理過程の性質が異なると思われる2種類以上の課題を用いることが望ましい。

まず思考研究においてよく用いられる課題を9種類候補としてあげた*2。次に上記の点を考慮し、9種類の中から『覆面算』・『水瓶問題』・『8タイルパズル』の3つを選択した。これらの課題を被験者に実施し、適切さを検討した。

『水瓶問題』は課題遂行過程に含まれる思考ステップが他の2つの課題に比べて少なく、被験者は瞬時に課題を解決した。水瓶問題は詳細に遂行過程を分析する課題として不適當なことが明らかになったため、候補からはずされた。『8タイルパズル』は被験者の解答用紙への筆記の負担が大きすぎ、課題として使用するにはコンピュータ上で行えるようにするか、パズル形式にするなどの反応様式に工夫が必要であることが分かったため、候補からはずされた。『覆面算』では、課題遂行過程に含まれる思考ステップや解決に要する時間、課題のバリエーションなどにおいて課題の要件を満たしているため、課題として選択することに決定した。

さらに『覆面算』と結果を比較し、課題特有の性質の影響の有無を検討するために、コンピュータゲームの『倉庫番』をもう一つの課題として選択した。『倉庫番』は課題の提示様式、反応様式、課題遂行過程の表象形態が『覆面算』とは異なり、かつ選定条件を満たす課題と考えられるからである。『覆面算』は、数字に対応する文字からなる加法が筆算の形式で提示され、そこからその数字が何であるかを確定することが求められる課題である。刺激は紙で提示され、鉛筆で解答用紙に解答を記入する(図3.1.参照)。この課題の解決に必要な認知的作業

*2水瓶問題、覆面算、8タイルパズル、ハノイの塔、ホビットとオーク

3囚人問題、4枚カード問題、三段論法の命題真偽、倉庫番

は、繰り上がりなどの数学の加法に関する知識の運用、文字に対応する数字の論理的に可能な組み合わせを検討することである。これらの作業は言語的に符号化された知識に基づいてなされていると予想される。一方、『倉庫番』は平面図で示された荷物の散らかった倉庫の中にあるキャラクタを動かして荷物を所定の場所に格納することが求められる課題である（図3.2.参照）。刺激はパーソナルコンピュータのCRT画面に提示され、被験者はキーボードのテンキーを操作して反応する。この課題の解決に必要な認知的作業は、倉庫の空き状況の把握、荷物が通れる空間と空き倉庫の位置関係の把握、キャラクターの空間的動きの先読みなどである。これらの作業は言語的に符号化されている情報よりも画像的な情報に基づいていると考えられる。

このように提示・反応の様式および推定される解決過程の表象形態が異なる2つの課題は、Ericsson & Simonのいう短期記憶内の情報処理形態が異なる課題と考えられる。したがって彼らのモデルによれば、言語報告に媒介過程が入らない限り、『覆面算』はレベル1の言語報告が得られる課題であり、『倉庫番』はレベル2の言語報告が得られる課題と考えられる。

次のような足し算で、各文字は 0 から 9 までのどれかの数字を表し、同じ文字は同じ数字を示します。
この足し算が正しくなるように、各文字の数字を求めてください。

ただし E = 5 とします。

$$\begin{array}{r} \text{SEND} \\ + \text{MORE} \\ \hline \text{MONEY} \end{array}$$

課題の説明

課題では、2つの数の足し算と答えとが、筆算の形式で提示される。各文字は、それぞれ別の数字に対応しており、同じ文字には同じ数字が当てはまる。各数の最上位の桁にある文字は、0 にはならない。

覆面算のオリジナルでは、ヒントは与えられないが、実験課題としての時間の制約から、ヒントを与えている。

この課題の答えは、以下のとおりである。

$$\begin{array}{r} 9567 \\ + 1085 \\ \hline 10652 \end{array}$$

図3.1 『覆面算』問題例

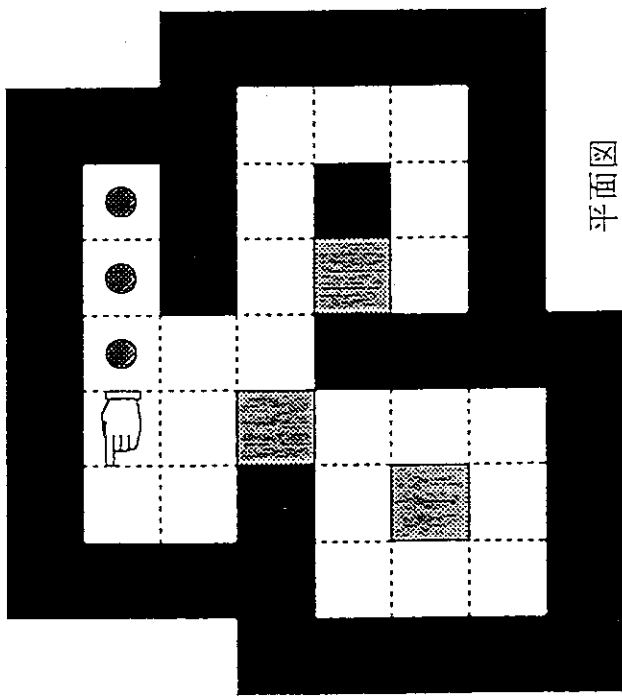
Task No: 01 Step No: 00

課題の説明

課題の場面は、まわりを壁で囲まれた倉庫の平面図として示される。倉庫の中には、キャラクターと荷物とが配置されて、荷物を格納するべき場所が示されている。

課題の目標は、キャラクターを動かして荷物を移動させて、所定の場所に格納することである。ただし、キャラクターは1度に1個の荷物を前に1ステップしか押すことはできないという規則がある。

この図は、課題番号01の第0ステップ（初期画面）を示している。この課題は、最短で、70ステップで解決することができる。



平面図

図の説明

● 目標場所（荷物を格納する）

☞ キャラクタ

■ 荷物

■ 壁

図3.2 『倉庫番』問題例

3.3. 課題分析

選定した指標を用いて課題遂行過程への言語化の影響を分析するには、課題にどのような知識、操作が必要なのか、正答および正答に至る最短の経路はどのようなものかを把握しておく必要がある。そこで上記で選定した課題について以下のように、被験者の課題遂行過程を分析する枠組みを設けた。

3.3.1. 『覆面算』の課題解決過程の把握

『覆面算』ではある操作によって新たな知識を得るという過程を一つの思考ステップとした。その一つのステップ内はさらに次の4つの段階が含まれると考えられる。

- ・既に持っている知識（知識ベース）の確認
- ・このステップで特に使用する知識（注意を向ける必要のある知識）の検索と内容
- ・操作（短期記憶内で行う作業）
- ・新たに得た知識の確認

この枠組みにしたがって、課題分析をおこなった例を図3.3.に示す。『覆面算』では、獲得される知識は繰り上がりの情報と文字で覆面された数字である。そこで課題遂行過程を単純化し把握し易くするために、新たに獲得する知識に絞って課題遂行過程を図示した。この方法にしたがって被験者の解決過程の流れを示した例が図3.4.である。図の四角で囲まれた番号は獲得される順番を示し、矢印は思考の流れを示す。楕円に囲まれた数字が新たに獲得された知識である。4-5なら4桁目から5桁目への繰り上がりの有無が分かったことを示し、T=4ならTが4であることが分かったことを示している。

問題 + SEND D = 7
MORE

桁 MONEY
STEP 54321

問題 STEP	既にもっている知識の確認	視点	このステップで特に使用する知識の検索と内容	操作	新たに得た知識の確認
0	A 各文字は0-9までの数字である B 違う文字は違う数字である C 最上位の文字は0にならない D 繰り上がりは1のみである E 1桁目への繰り上がりはない F 同じ文字を2つ足すと答は偶数になる G 0にある数字を足した答は元の数字である H D=7である				
1	A-II	5桁目	最上位の文字は0にならない 繰り上がりは1のみである	$M \neq 0$ ∴ 5桁目からの繰り上がりの数なので 1	$M = 1$ 4桁目から5桁目への繰り上がりあり
2	A-II $M = 1$ 4桁目から5桁目への繰り上がりあり	4桁目の S, O	$M = 1$ 4桁目から5桁目への繰り上がりあり	$(1 +) S + M = O + 10$ $M = 1$ より $S = 8OR9$ $O = 0OR1$ $O \neq 1$ なので $O = 0$	$S = 8OR9$ $O = 0$
3	A-II $M = 1, S = 8OR9, O = 0$ 4桁目から5桁目への繰り上がりあり	3桁目の EとN	$O = 0$ 繰り上がりは1のみである 0にある数字を足した答は元の数字である	$(1 +) E + O = N + 10$ $O = 0$ なので ∴ $(1 +) E + O \geq 10$ になるためには $E = 9$ かつ 2桁目からの繰り上がりがある場 合である。しかしその時、 $N = 0$ となり $O =$ 0に矛盾する。∴ $(1 +) E + O = N \leq 9$ $E \neq N$ ∴ $E + 1 = N$	3桁目から4桁目への繰り上がりなし 2桁目から3桁目への繰り上がりあり $E + 1 = N$
4	A-II $M = 1, S = 8OR9, O = 0$ 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり $E + 1 = N$	4桁目の S	3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり $M = 1, S = 8OR9, O = 0$	$S + M = O + 10$ $S = 10 - 1 = 9$ ∴ $S = 9$	$S = 9$
5	A-II $M = 1, S = 9, O = 0$ 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり $E + 1 = N$	2桁目の R, E	2桁目から3桁目への繰り上がりあり $E + 1 = N$ $S = 9$	$(1 +) N + R = E + 10$ $E + 1 = N$ を代入して $(1 +) E + 1 + R = E + 10$ $R = 10 - 1 - (-1)$ ∴ $R = 9OR8$ しかし $S = 9$ なので $R = 8$ となる	$R = 8$ 1桁目から2桁目への繰り上がりあり

図3.3 『覆面算』課題分析例1

STEP	既にもっている知識の確認	視点	このステップで特に使用する知識の検索と内容	操作	新たに得た知識の確認
6	A-I $M=1, S=9, O=0, R=8$ 1桁目から2桁目への繰り上がりあり 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり $E+1=N$	1桁目	D=7 1桁目から2桁目への繰り上がりあり 1桁目への繰り上がりはない	$E+D=Y+10$ ∴ $E-Y=3$	$E-Y=3$
7	A-II $M=1, S=9, O=0, R=8$ 1桁目から2桁目への繰り上がりあり 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり $E+1=N$ $E-Y=3$	1桁目	$E-Y=3, D=7, S=9, R=8$ $M=1, O=0$	$E-Y=3$ 取り得る数字は2, 3, 4, 5, 6 ただし $E+1=N$ なので $E \neq 6$ ∴ E, Yの和り得る組み合わせは5, 2だけ である。 $E=5, Y=2$	$E=5, Y=2$
8	A-III $M=1, S=9, O=0, R=8$ $E=5, Y=2$ 1桁目から2桁目への繰り上がりあり 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり	2桁目の N	$E+1=N, E=5$	$E+1=N$ $E=5$ ∴ $N=1+5=6$	$N=6$

問題 MONEY

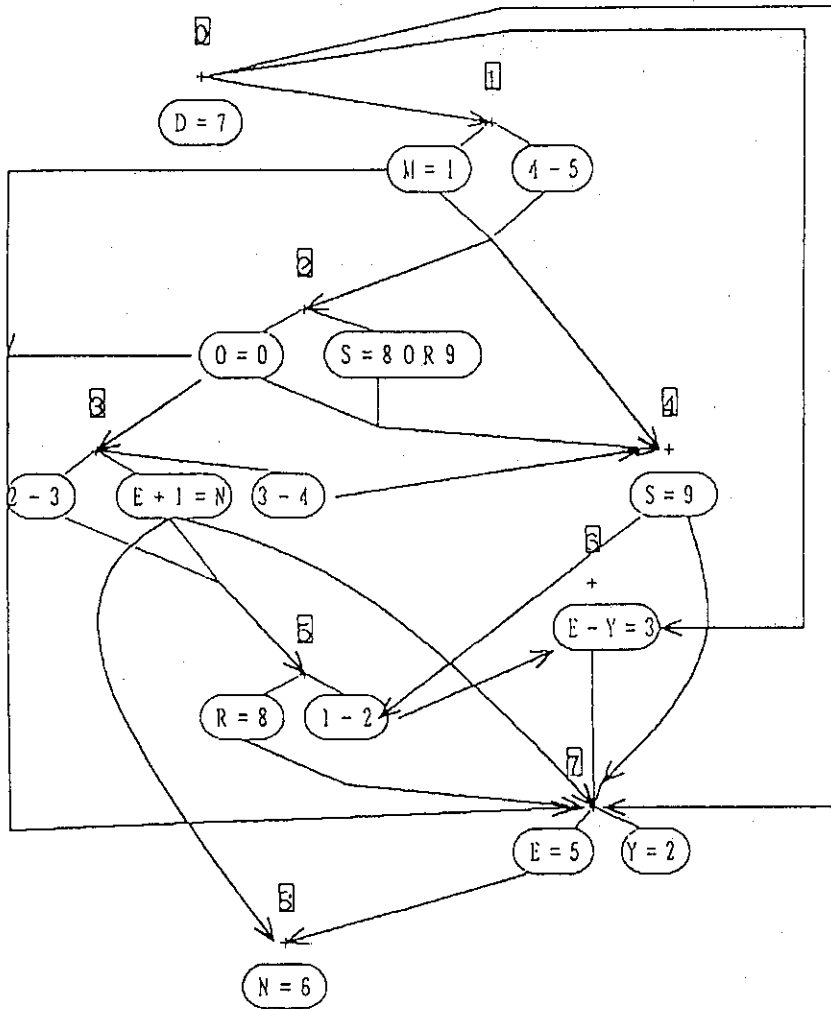


図3.4 『覆面算』課題分析例2

3.3.2. 『倉庫番』の課題解決過程の把握

『倉庫番』については、2通りの課題分析を行った。一つは時間的な流れに沿った分析であり、もう一つは空間的な流れに沿った分析である。時間的な流れに沿った分析では、キャラクターの座標位置の一つの変化を1ステップとし、キャラクターが留まっているのか(stay)、動いているのか(walk)、荷物をおしているのか(push)、というキャラクターの動きによってステップの種類を分けた。この課題分析にしたがって、被験者の課題解決過程を把握した例を表3.1.に示す。この方法では、被験者の動作系列や言語報告との時間的対応を把握するのに役に立つ。空間的な流れに沿った分析では、荷物の座標位置の1つの変化が1ステップに対応する。キャラクターが動く1ステップと区別するために、荷物が動く1ステップをマクロステップと呼ぶこととする。1マクロステップの状態はノードとリンクとによって表される。キャラクターや荷物が存在する地点がノードに対応し、リンクは移動路に対応している(図3.5.)。この方法を用いるとキャラクターを動かすことのできる可能性をすべて上げ、正答に至る経路とそうでない経路とを明確にし、1つの問題の問題空間を把握することができる。被験者の遂行過程をこの問題空間にそって分析すれば、被験者の取っている解決方略と最短ステップとの違いを一見して把握することができる(図3.6.参照)。

3.4. 課題の難易度の設定

異なる問題間で言語化の影響を比較する場合には、実験者が問題間の相対的な難易度の基準を設け、問題の難易度を同定度に保つ必要がある。そこで予備実験において問題の難易度を左右する要因を特定し、難易度が同程度の問題を複数用意できるように検討した。

予備実験の結果から、『覆面算』課題では、難易度を左右する要因として次の3つの点が明らかになった。

1) 課題遂行過程に含まれる最短ステップ数

課題分析によって課題遂行過程に最低限必要な思考過程のステップ数が明らかになる。課題分析で示されているステップ数が多いほど、課題が難しくなると思われる。覆面文字数が多い場合や、覆面文字が全て異なる文字の場合に、このステップ数が増えることが分かっている。

2) 迂回路の数 ステップ間に迂回路がある場合には特に課題は易しくなると思われる。例えば覆面文字の中に同じ文字が複数含まれる場合は、解決パスが最適でなくても解答できる迂回路の数が多くなり、答への道幅が広がる。即ち迂回路の数も問題の難易度を左右する要因となると思われる。

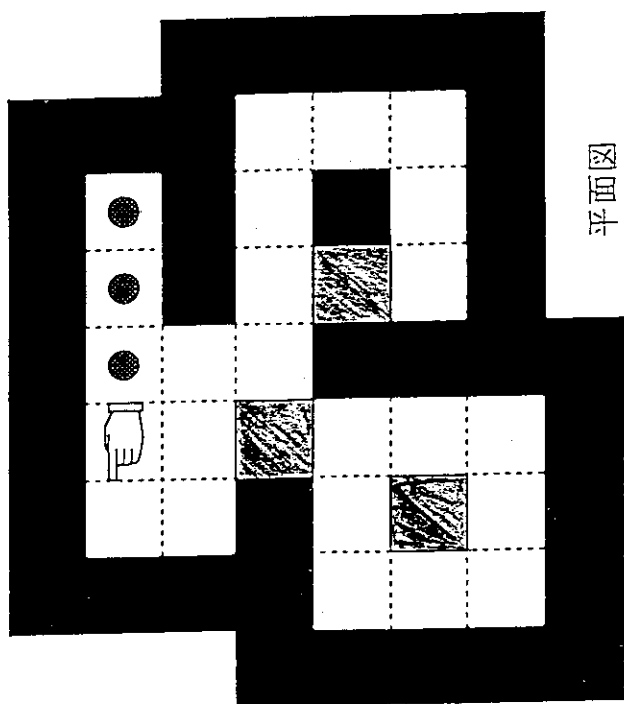
表3.1 『倉庫番』課題分析例1

課題No: 10

ステップNo	キャラ位置 (V.H)	ステップ種類
0	3.1	stay
1	4.1	walk
2	4.2	push
3	4.3	push
4	4.4	push
5	3.4	walk
6	3.5	walk
7	3.6	walk
8	2.6	walk
9	1.6	walk
10	1.5	walk
11	1.4	walk
12	2.4	push
13	3.4	push
14	3.3	push
15	4.3	walk
16	4.2	walk
17	4.1	walk
18	3.1	walk
19	3.2	push
20	3.3	push
21	3.4	push
22	2.4	walk
23	1.4	walk
24	1.5	walk
25	1.6	walk
26	2.6	walk
27	2.5	push
28	1.5	walk
29	1.4	walk
30	2.4	push
31	1.4	walk
32	1.3	walk
33	2.3	push
34	3.3	push
	end	

Task No: 001

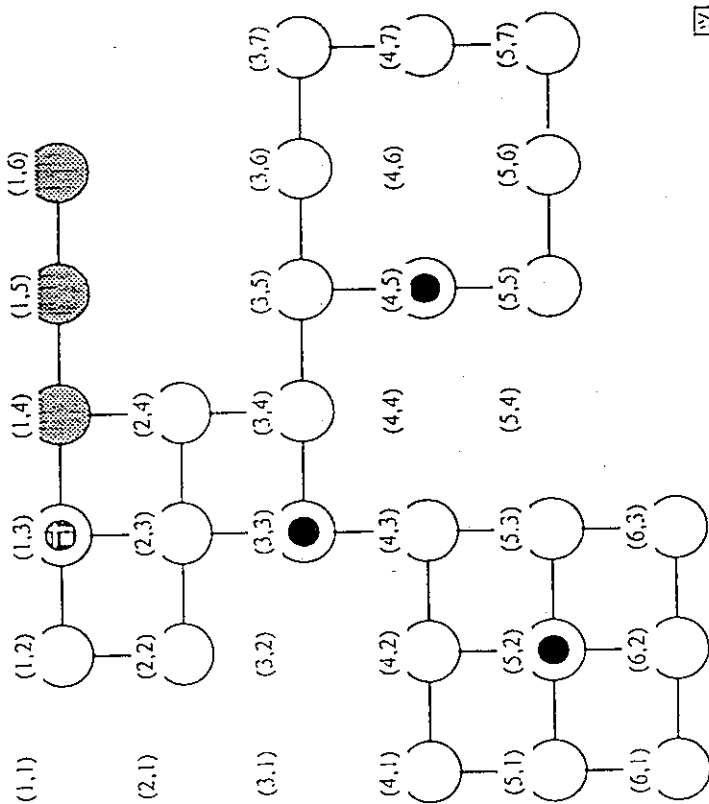
Step No: 00



平面図

Task No: 001

Step No: 00



図の説明

- 目標場所 (荷物を格納する)
- キャラクタ
- 荷物

図3.5 『倉庫番』課題分析例2-1

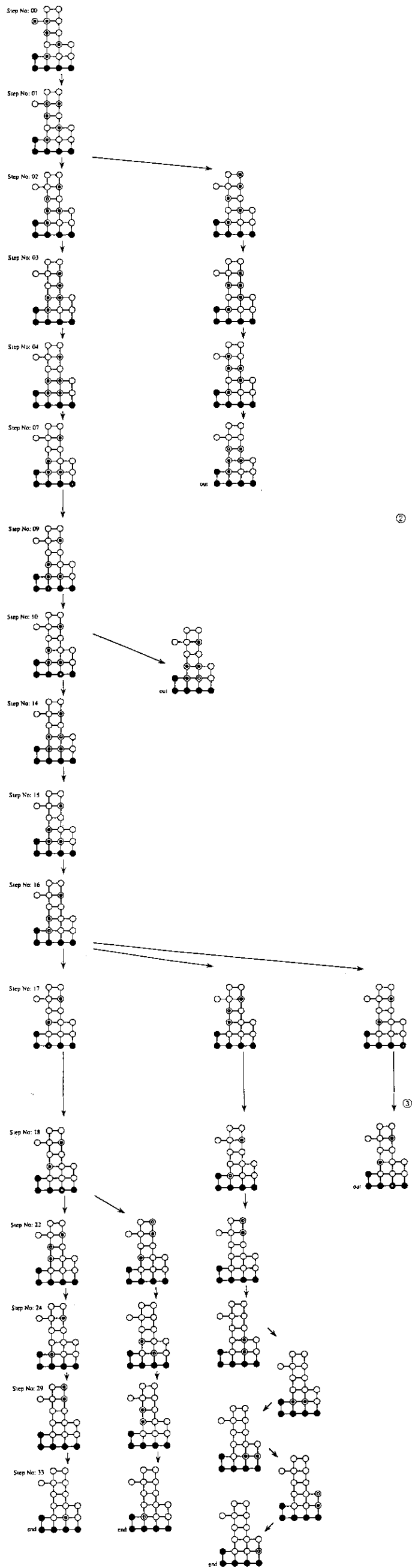


図3.6 『倉庫番』課題分析例2-2

3)ポイントの数 これは問題を解く上でのキーポイントとなるステップの数である。課題のキーポイントとは何かを定義するのは難しいが課題分析の結果をまとめると次の様なものである。それは覆面算特有のルールを利用することが必要なステップであり、このステップを経なければ解答に至らなかつたり、回り道になるものである。覆面算特有のルールとは、繰り上がりの有り無し、違う文字は違う数字であること、繰り上がりは常に1であること等を考慮することである。ポイントは最適なパスで解くためには必要なステップであり、ポイントの数が多ければ難易度が増すと思われる。ポイントが0の問題とは既に与えられている数字を当てはめて通常の足し算、引き算をしていくだけで、解ける課題である。ステップ数が多くてもポイントがなければ課題は被験者にとって容易なものとなる。ポイントは問題の難易度を規定する上で重要な点と考えられる。

以上の3つの点を基に『覆面算』課題の問題間に相対的な難易度を6段階設定した。同じ問題であってもヒントの設定の仕方によって難易度は変化する。予想される課題遂行時間や被験者の疲労を考慮にいれ、実験に用いる問題は難しい方から4番目にあたる困難度が中程度にあたる問題を選択することとした。予備実験の結果からは、覆面算にはポイントが複数あり、覆面算独特のルールを用いて解いていくタイプの問題と、迂回路が多く悉皆方略でも解けるタイプの問題があることがわかっている。迂回路が多く、悉皆方略でもそれほど苦勞なく、解ける問題と覆面算独特のルールを多く使う必要がある問題とでは言語化の影響の仕方が異なる可能性がある。同時言語報告の効果进行分析の上で、本来は条件間で用いる課題は構造が類似し、難易度が同等のものが望ましい。そこで今回は概ね『覆面算』独特のルールを用いて解いてゆくタイプの問題を用いることにした。実験に用いた『覆面算』課題は付録A. に示されている。

『倉庫番』課題では、問題空間に表される課題解決に至る最短ステップ数とエラーに至る分岐の多さを難易度の基準とした。言語化の影響を分析する問題として既製の問題のうち最短ステップが35前後の問題を3題選択し、エラーに至る分岐の多さによって、3つの難易度に分けた。最も簡単な問題(問題3)と最も難しい問題(問題53)の問題空間の違いを図3.7.に示す。さらに条件間でのパフォーマンスを比較するために、同じ難易度の問題として問題の初期画面の倉庫に荷物が配置された図形を、幾何学的に変形(回転、鏡映像)したものを作成した。これらを図3.8.に示す。変形図形は構造的にオリジナル図形と全く同一で、解に至るステップ数・問題空間が同じであることから、難易度は同一と考えられる。図3.8.に示されている9つの問題が分析対象となる全ての『倉庫番』課題である。

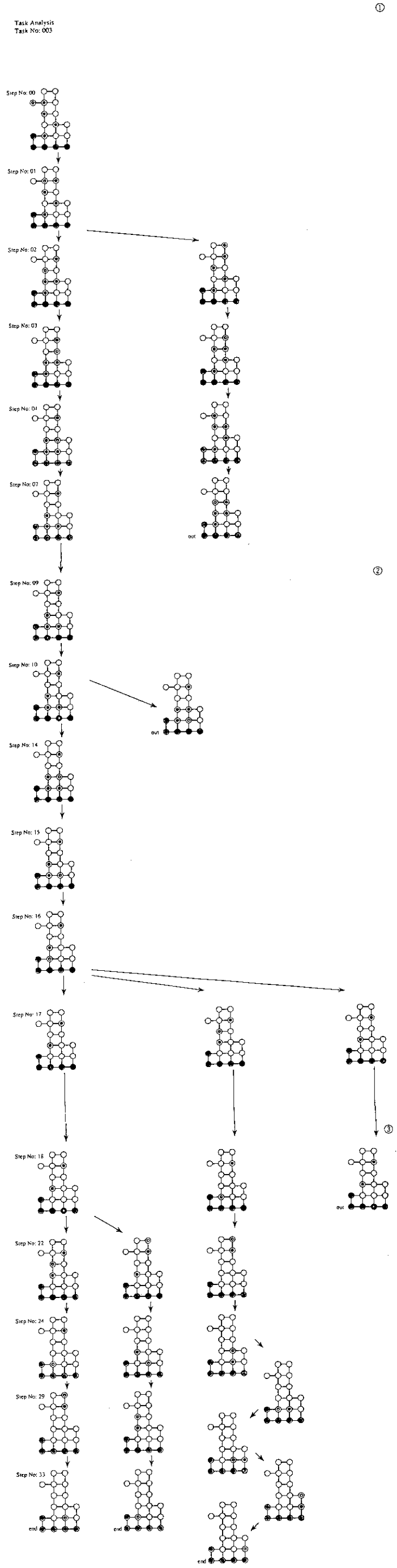


図3.7 『倉庫番』難易度が異なる問題の問題空間の比較

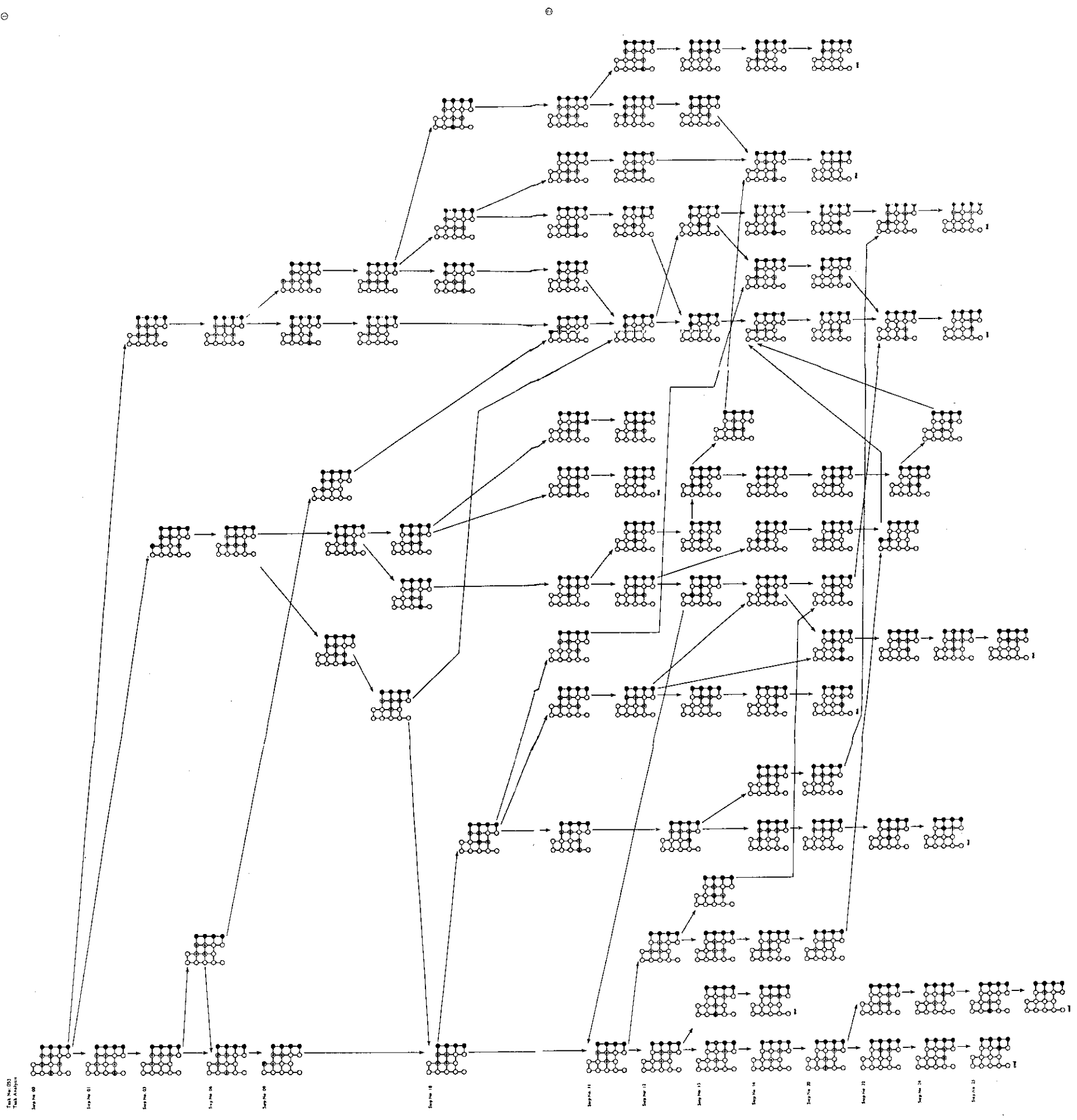


図3.7 『倉庫番』 難易度が異なる問題の問題空間の比較

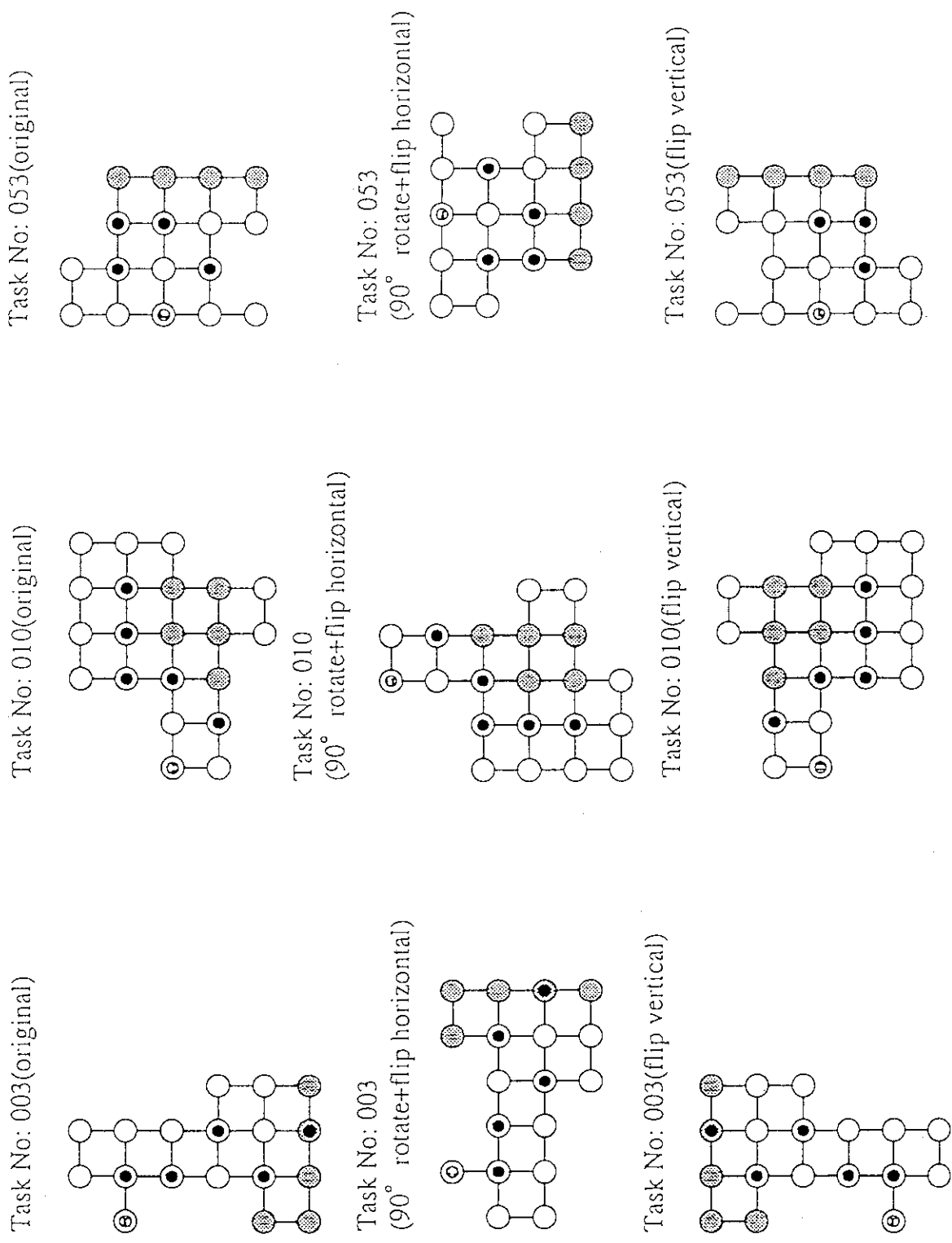


図3.8 同じ構造で異なる問題の3例

3.5. 実験条件の整備

実験を被験者内実験でおこなうことは既に述べた。ここでは同時言語報告条件を成立させるための思考発話教示の設定と同時言語報告条件と結果を比較する統制条件の設定を行う。

3.5.1. 思考発話教示の設定

同時言語報告条件が成立しているということは、被験者が実験者が分析しようとする情報処理過程について分析に足るほど十分に報告し、かつ被験者の課題遂行が中断したり、極めて不自然にならないことである。同時言語報告条件が成立させるための思考発話教示を予備実験を通して検討した。予備実験では、『倉庫番』と『覆面算』を課題として、Ericsson & Simon⁽³⁾の示した理想的な思考発話教示を参考に被験者に教示を与えた(図3.9.参照)。その教示の下で得られた被験者の言語報告は、両課題とも課題遂行に関することよりも、単なる実験への感想や感嘆詞がほとんどであった。課題遂行中、言語報告は途切れがちであり、実験者が発話を促しても状況は変わらなかった。『覆面算』はその課題解決に必要な情報が言語的に符号化されているので、言語化しやすい課題のはずである。それでもなお課題遂行過程についての言語報告を得られなかったのは、被験者が自分に求められていることを理解できなかったためと考えられた。そこで次に被験者が何を話すべきかを十分理解するために、同時言語報告をする練習をするセッションを設けた。練習セッションでは『覆面算』の練習問題を使用して被験者に同時言語報告をさせ、課題遂行中の報告内容に応じて、実験者が報告すべき内容を例示したり、被験者の報告を促進したりした。この練習セッションを設けた結果、本試行においておおよそ課題遂行過程に関する言語報告を、課題遂行の進行に応じて得ることができるようになった。『覆面算』を用いた練習セッション後に『倉庫番』の課題遂行過程について同時言語報告を求めると、『倉庫番』を用いた練習セッションを行わなくとも、『覆面算』の場合と同様に課題遂行過程に関する言語報告を課題遂行の進行に応じて得られた。このことから当初十分な言語報告が得られなかったのは課題の特性によるのではなく、被験者が何をすることを求められているかを十分に理解していなかったためと考えられる。図3.10.に『倉庫番』課題を使用して、単なる思考発話教示の下で被験者から得られた言語報告と、思考発話訓練を伴う教示の下で得られた言語報告との例を示す。『覆面算』においても『倉庫番』においても言語報告される内容は課題遂行過程についてであるが、被験者が行っている課題遂行過程全てが報告されているわけではないだろう。言語報告内容に表れない課題遂行過程にはどのようなものがあるのかについては付録Bにおいて検討している。この結果実験において言語報告条件を成立させるための思考発話教示はEricsson & Simon⁽¹⁾の示したものを使用する

こととし、被験者が教示の意味を理解するための練習セッションを設けることとした。練習セッションでは、報告内容の評価、例示を含む教示も加えることに決定した。

3.5.2. 統制条件の設定

予備実験において、言語報告について何も教示を与えない場合には、黙って課題を行う者と発話しながら行う者がいることが確認されている。しかし言語化の影響を検討するためには、言語報告を伴う課題遂行過程と言語報告を行わない課題遂行過程を比較しなければならない。予備実験では、被験者を発話させないようにするために、「課題を黙ってやって下さい」という沈黙教示を被験者に与えた。沈黙教示の下では、『倉庫番』課題で感情語（例：「しまった！」「分からない！」）がごくわずかに観察されたのを除いて、被験者は黙って課題を解決することが確認されている。同時言語報告条件を沈黙条件よりも先に行った場合、同時言語報告の練習をすることによって、被験者の問題解決様式自体が変化し、沈黙条件でも発話しながら問題を解いてしまう可能性も考えられる。そこで予備実験（付録C）において沈黙条件を同時言語報告条件の前と後で行い、パフォーマンスを比較したところ、沈黙条件の実施が同時言語報告条件の前後によらず、被験者は沈黙して課題を行うことが観察された。被験者の内観においても、沈黙して問題解決を行うことに困難さや、不自然さを感じないことが明らかになった。以上のことから、言語化の影響を検討するための統制条件として、沈黙教示を行う沈黙条件を設定することが適当と判断した。実験では被験者が実験環境に慣れた状態で課題を行うことができ、実験者との間に安心して発話を行える信頼関係を持っていることが望ましいため、統制条件と同時言語報告条件に加えて、練習セッションを設けることとした。練習セッションでは特に発話についての教示はせず、課題の遂行を促すだけとした（自然条件）。練習セッションは被験者にとってはどのような課題を行うかを知り、ビデオやレコーダによってデータを採取されることに慣れるために必要である。一方、実験者にとっては被験者の解決方略の特徴や課題への熟達度のベースラインを知るための、補足的なデータとなる。練習セッションは統制条件および同時発話条件の実施の前に行うこととした。

以上をまとめると我々が設定した実験条件は自然条件、沈黙条件、同時発話条件の3つであり、同時発話条件と沈黙条件の結果を比較することによって言語化の影響を検討することとなった。

思考発話教示

では、今度の問題からは、考えていることを話しながら、パズルを解いてください。考えていることを話しながらというのは、あなたが最初に問題を見てからそのパズルを解いてしまうまでの間あなたが考えていることや心の中に浮かんだことをすべて話して欲しいということです。問題が示されてからあなたがそのパズルを解いてしまうまで、絶えず、考えていることを話し続けてください。その時に、何を話すべきかを考えたり、話している内容を私に説明しようとはしないでください。ちょうど、あなたが一人で部屋にいて独り言を言っているように話してください。

やり方がわかりますか？（質疑応答）

では、これから問題を示しますので、そのパズルを解いてしまうまで、考えていることを話しながら、やってください。

図3.9 思考発話教示

単なる思考発話教示の場合

／／えーと、／／え、下のやつを奥に入れて、／／で、向こう側に行って、これを、／／こいつをここにおいて、／／して、そして、これじゃ入んないから、こいつを奥に入れて、下に置いて、った、

思考発話訓練を伴う教示の場合

んーんと、また5つだけど、これも、んん、んーと、どっから行くのかなあ、動かすのは2つだけど、左に押しこんじゃったらしようがないから、これは、こっちに回り込んで、こっ、ちに回り込んで、こっちから左の方から押すんだけど、ん、／／えーと、ああ、この真ん中の奴は出すと面倒くさそうだから、こっちに1回戻すんだらうね、きっと、とすると、これを押し込んで戻して、押して押し、て、あれ、す、戻れなくなっちゃうかなあ、／／下までやって、左まで押し込んで、／／あれ、どこで戻ればいいんだ向こうに、／／これはきっと間違いないでしょ、それで、／／次は、ん、／／あっ、と、これはTABで戻せる、／／と、これを1個、左にやって、／／でもこっちに回り込んで押しこんでいくと、あっ、そうか大丈夫かなあ、／／これをこっちに入れるんじゃないかと、こう入れちゃえばいいかなあ、これを、入れて、これを、下にもってきちゃえば、OKだ、できました、

(注：「、」は息つぎを、「／／」は2 sec程度の沈黙を示す)

図3.10 思考発話練習前後のプロトコルの比較

3.6. データ採取方法と実験設備

課題遂行過程のデータとして採取されるのは、被験者の課題遂行結果、動作系列、言語報告である。それぞれは以下の方法によって記録される。実験室のレイアウト例を図3.11.に示す。

1) 課題遂行結果の記録

課題を提示し反応を収集する装置は課題ごとに異なっている。『倉庫番』課題では刺激提示装置として、パーソナルコンピュータ及びCRT画面を用い、キーボードを通じて反応を収集する。『覆面算』課題では紙面で課題を提示し、被験者が紙に解答を記入することによって反応を収集する。

2) 被験者の動作系列の記録

言語報告の影響を検証するためには、言語報告以外の動作系列を被験者の課題遂行過程を示す指標として用いなければならない。そのために、できるだけ正確に間断なく動作系列を記録する装置として、ビデオカメラを複数用いることとした。様々な角度から課題遂行中の動作を記録しておくためである。『覆面算』では、被験者の後ろ上方からのアングルでカメラを設置し、被験者による解答用紙への記入を記録する。『倉庫番』では、やはり被験者の後ろ上方からカメラを設置し、パソコンのCRT画面の変化と被験者によるキーボード操作とを記録する。

3) 被験者の言語報告の記録

被験者が口にすることは、全て記録できなければならない。通常ビデオカメラでも音声は記録されるが、より収集度をあげるため、被験者に常時小型マイクを装着してもらい、VTRに記録できるようにした。

3.7. 被験者と実験手続き

被験者は色覚・視力正常な理工系男性(23才)が1名である。実験は2日間にかけて行われた。被験者はまず自然条件で、『覆面算』を1問おこない、次に『倉庫番』で難易度の異なる問題1問ずつ、計3問をおこなった。ただし『倉庫番』では3問の問題の間に1問ずつ分析を行わない問題が実施された。各課題の終了後には、被験者にどのように問題を解いたのかを、被験者自身の解答データをもとに説明して貰った。翌日には、思考発話練習セッションを経て、同時言語報告条件を行った。問題数は自然条件のときと同じである。同時言語報告条件が終了後、5分ほど休憩した後、沈黙条件をおこなった。自然条件と同様に、同時言語報告条件、沈黙条件共に各課題終了後は問題の解決方法について説明を求めた。全ての条件が終了した後、『倉庫番』の解答について実験者から被験者に説明がなされた。自然条件から沈黙条件までの実験合計時間は約2.5時間であった。

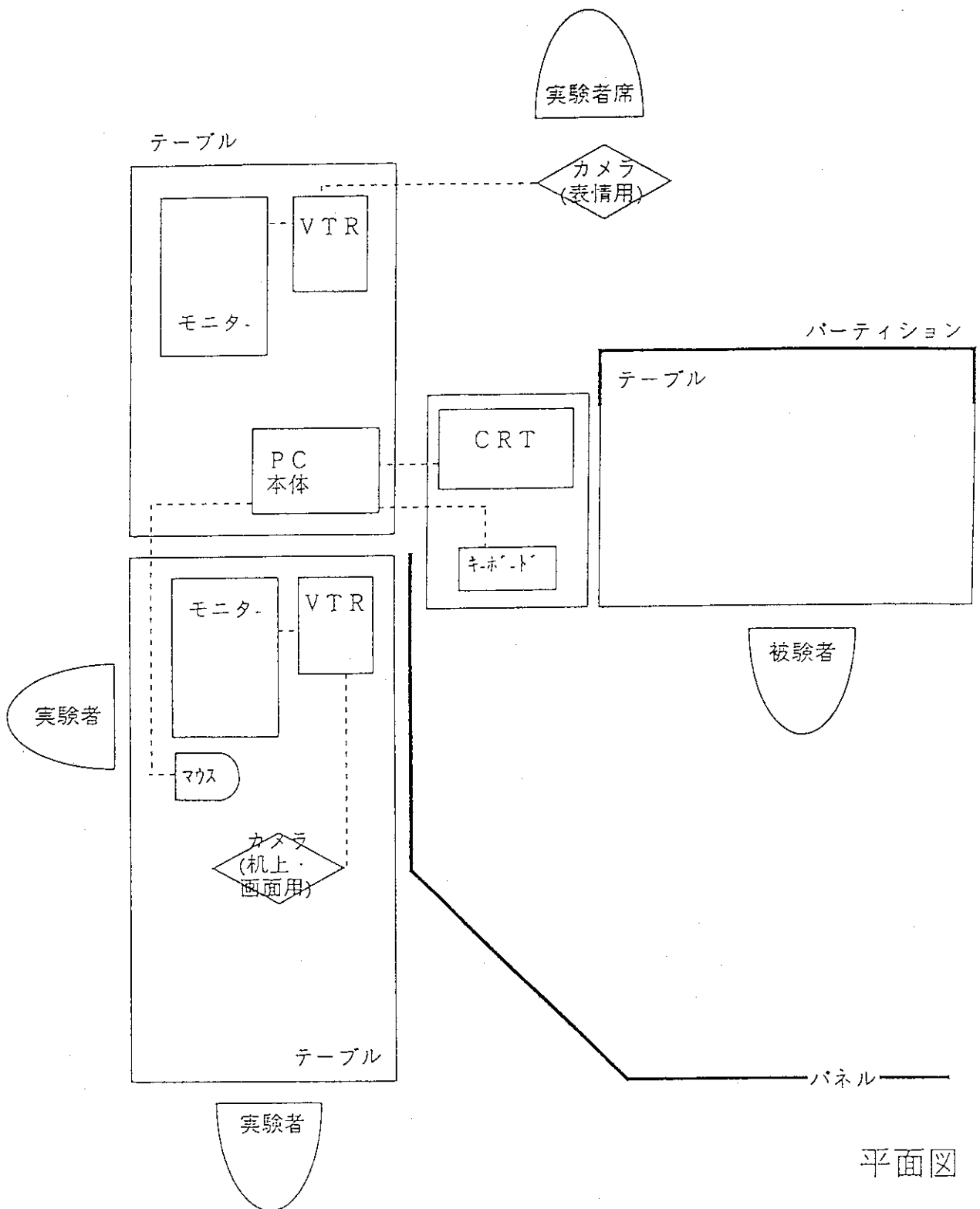


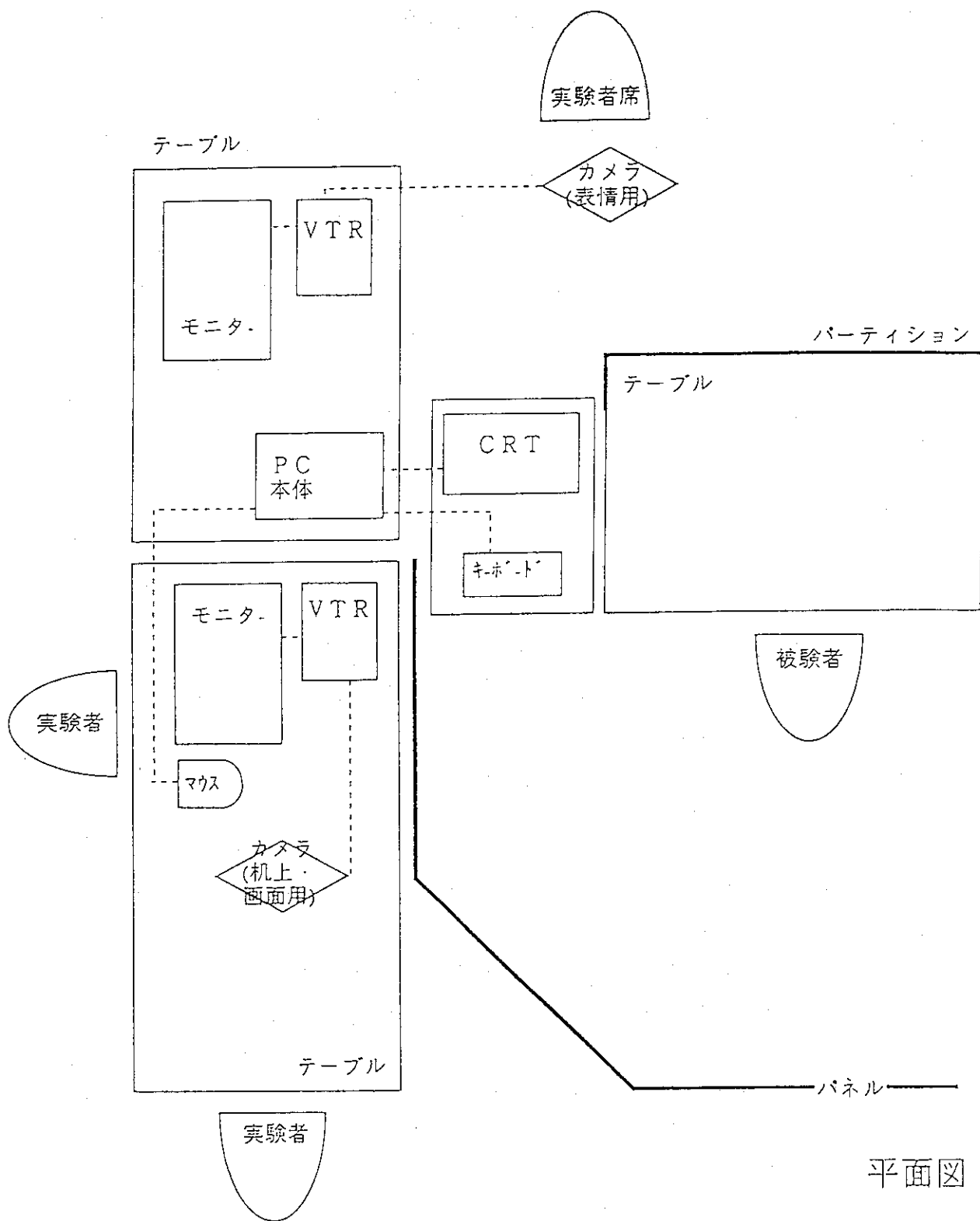
図3.11 実験室レイアウト

4. 結果と考察

4.1. 言語的課題『覆面算』での言語化の影響の検討

表4.1.に言語化の影響の検討に用いた問題の難易度と各問題ごとのエラー数、解の正誤を記した。図4.1.にはどのような過程を経て課題解決が進んでゆくかを示した。課題遂行中いつ問題のキーポイントを通過しているのか、いつエラーが起き、検出されるかが示されている。図4.1.に示されている遂行過程の特徴を基にして、条件による課題遂行時間の変化、問題確認時間の変化、迂回路時間の変化をまとめたものが図4.2.である。『覆面算』では用いる条件ごとに異なる問題を用いている。時間に関する指標を条件間で比較できるようにするために、時間に関する指標は全遂行時間に対する比率によって表現されている。表4.1.に示されているように、沈黙条件、発話条件のいずれにおいても正答に至っており、答の正誤については差がない。しかし図4.2.に示されているように、沈黙条件では遂行途中のエラーがなく、回り道に費やす時間は全解決時間の7.2%なのに対して、発話条件では既知の知識の見落としや、覆面算特有のルールの忘却などのエラーが4つ生じている。さらに迂回路にかける時間は全体の75%になっている。問題の確認時間については、発話条件では最初の問題の確認と答の確認しか無く、その合計時間が全解決時間に占める割合は7.2%なのに比べて、沈黙条件では最初の問題の確認、遂行途中の状況確認とプランニング、答の確認の3度確認を行っており、その合計時間が課題遂行全体に占める割合は50.8%に及んでいる。以上のように、発話条件は沈黙条件に比べて、状況確認時間が少なく、迂回路にかける時間の増加し、エラーが多くなることから、同時言語報告によって課題遂行内容に変化がみられている。言語化の影響が主たる課題の遂行に干渉し、悪化させる方向に表れているのである。

課題遂行時間においても発話条件では沈黙条件よりも明らかに長くなっている(図4.1.)。遂行時間の延長が単に発話のために時間が取られているためではないことは、発話条件における言語報告と動作系列との対応(図4.3.参照)をみると明かである。ほぼ動作系列の進行に対応して言語報告がなされている。発話条件では遂行内容の悪化にともなう動作系列の増加によって、遂行時間が延長していると考えられる。



平面図

図3.11 実験室レイアウト

表4.1 『覆面算』使用した問題の特性および問題ごとの課題遂行結果

被験者	解答順序	問題	最短ステップ数	迂回路数	ポイント数	実験条件	解決時間 (秒)	正誤	エラー数
K	1	DIGITS	9	なし	1	自然条件	888.57	正答	2
	2	MONEY	8	なし	1	発話条件	1259.77	正答	4
	3	KYOTO	7	なし	1	沈黙条件	199.33	正答	0

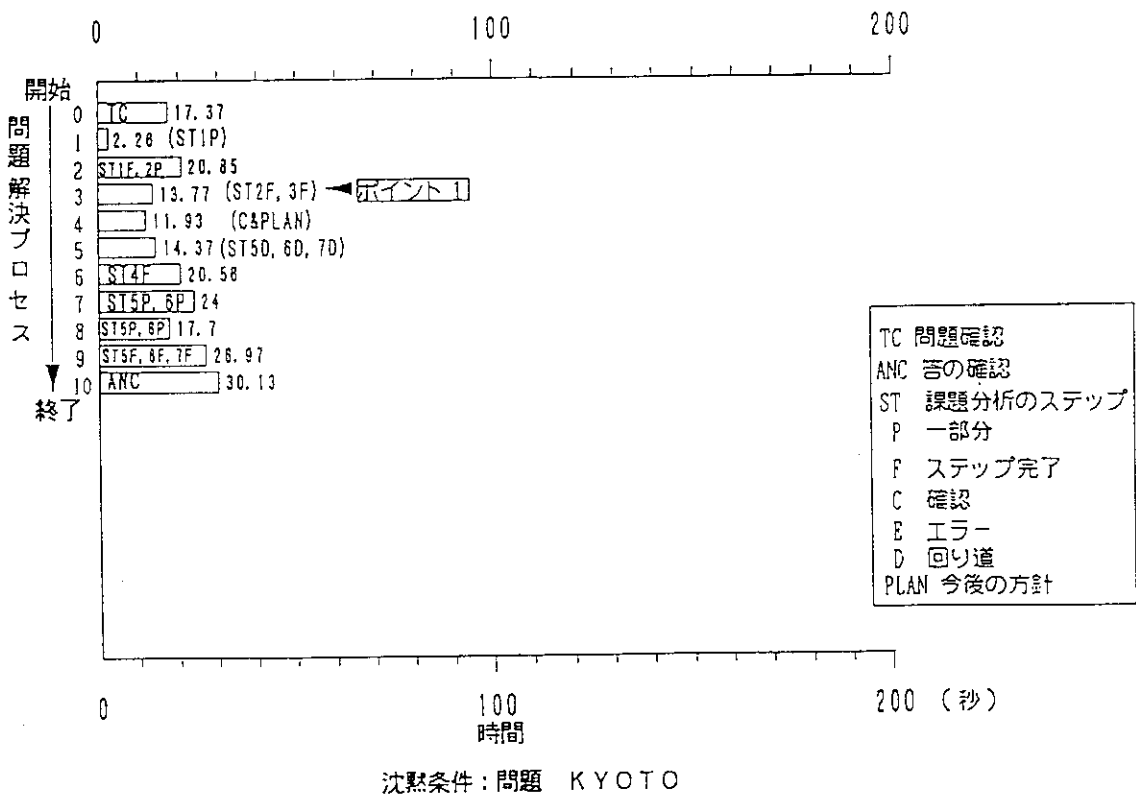
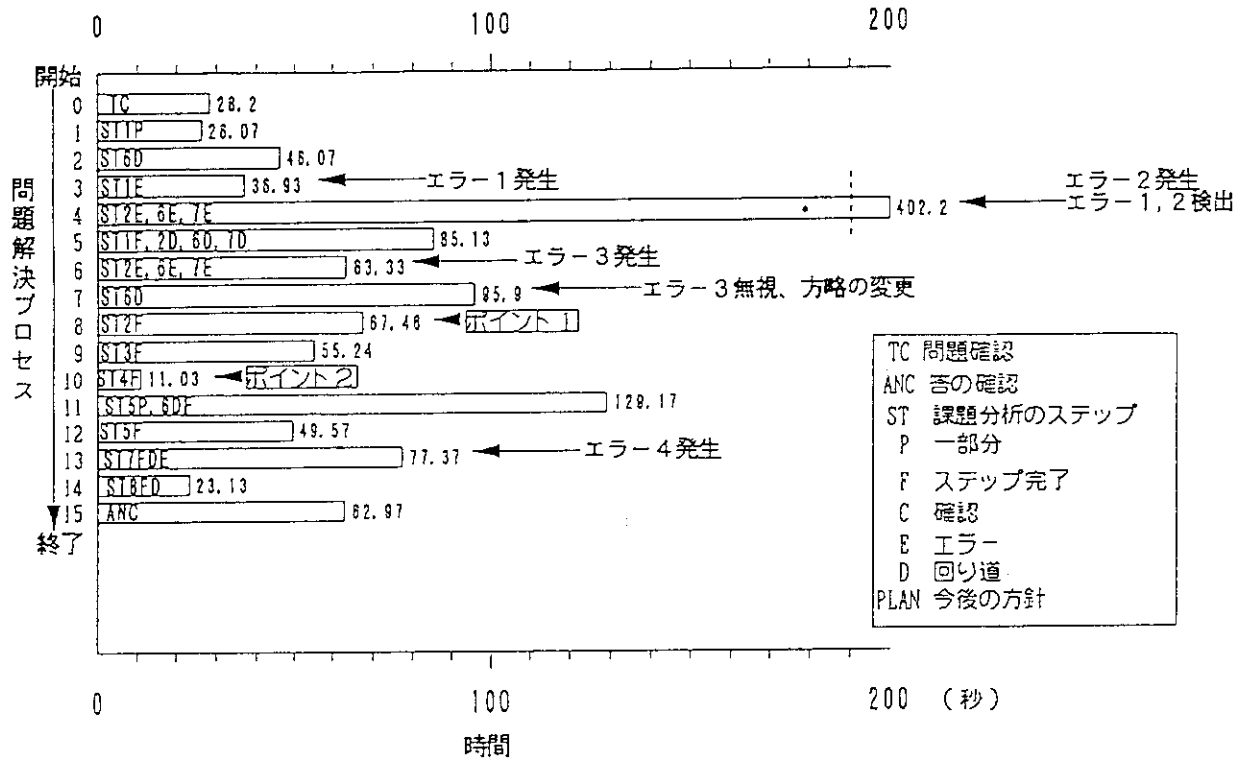


図4.1 『覆面算』同時言語報告条件と沈黙条件間でのプロセスデータの比較

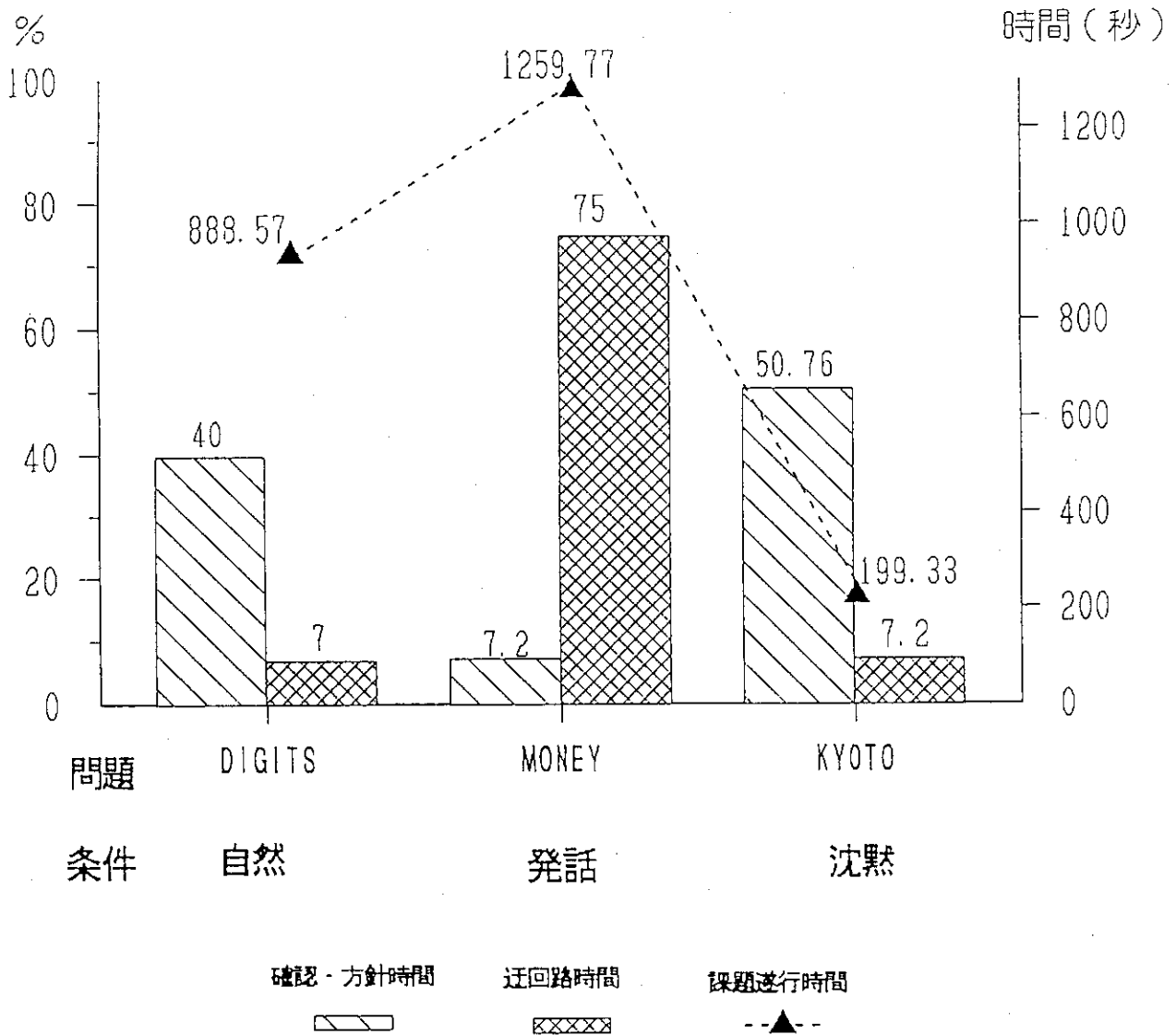


図4.2 『覆面算』言語化の影響の検討

被験者 S	発語条件 SEND + MORE = MONEY (D = 7)	経過時間 (秒)	動作、筆記内容	動作系列から推定される課題遂行過程	言語報告内容	課題分析から推定される課題遂行課程
50.73	① SENDMORY ② SEN7 + MORE MONEY		①を書き、 ②をかく	動作系列から推定される課題遂行過程 1: 未定文字はSENDMORYである 2: D=7である 3: 問題は SEND+MORE=MONEY である 4: 画面文字の確認と問題の確認 5: ヒントD=7を代入して書く	言語報告内容 1: と、Dは7、えーと、SENDMOREMONEYで 2: //これ10、個の数字があるのかなあ 3: SENDMO, RENON, EY, 8つ 4: 破れない文字があると、 5: 左で7を代入して書いてみましよう 6: んー、7, MORE, MO, NE	課題分析から推定される課題遂行課程 STEP 0 知識ベース A 各文字は0-9までの数字である B 各文字は違う数字である C 最上位の文字は0にならない D 繰り上がりは1のみである E 1桁目への繰り上がりはない F 同じ文字を2つ足すと各は偶数になる G 0にある数字を足した各は元の数字 H D=7である
68.87	③ M=1 ④ SEN7 LORE MONEY		M=1とかき、 それを②に 代入する	Mの決定 4: 5桁目の数は4桁目からの繰り上がりなので1だけである。 5: M=1である。 6: 現在まででわかったことは SEN7+LORE=MONEY である。	7: これも繰り上がりがあればから 8: Mは1と 9: 1, Mは1, Nは1で、1	STEP 1 知識ベース A-II STEP 1 このステップで特に使用する知識 最上位の文字は0にならない 繰り上がりは1のみである STEP 1 操作 M≠0: 5桁目からの繰り上がり なので、H=1 STEP 1 新たに得た知識 M=1 4桁目から5桁目への繰り上がりあり
134.0	④ S=9 ⑤ 9EN7 LORE ⑤ 9EN7 LORE 10 10		S=9とかき、 それを代入して ⑤をかく。3桁目 の0=0を⑤式に代 入する。	Oの決定とSの検討: 7: 4桁目から5桁目への繰り上がりが必要な のでS=9と仮定すると、S+H=9+1=10、0=0になる 8: 0は0以外になり得ないことを確認 9: 0=0が決まる	10: 繰り上がりは1 11: 繰り上がりは1 12: //1で繰り上がるためには、Sは8か9 13: //9、繰り上がりがない時、// 繰り上がりがない、としてみよう、 14: んん、9で繰り上がりがないと、LORE 15: 1で繰り上がりがある、あつては、 16: //11になって、0が一緒になっちゃうから ありえないわけだね、0が0、先に決まる のかなあ、 17: //8だと繰り上がりってこなきやいけない、 18: というところはかえって、0が0、先に決まる のかなあ、 19: //8だと繰り上がりってこなきやいけない、 20: んん、0が0が決まったんだこれは、	STEP 2 知識ベース A-II M=1 4桁目から5桁目への繰り上がりあり STEP 2 このステップで特に使用する知識 M=1 4桁目から5桁目の繰り上がりあり STEP 2 操作 (+)S+H=0+10 M=1よりS=8OR9、0=0OR1、0≠1なので 0=0 STEP 2 新たに得た知識 S=8OR9 0=0

図 4.3 『覆面算』動作系列と言語報告の対応

<p>STEP 3 知識ベース A-II M=1, S=80R9, 0=0 4桁目から5桁目への繰り上がりあり</p>	<p>STEP 4 このステップで特使用する知識 3桁目から4桁の繰り上がりなし 4桁目から5桁の繰り上がりあり M=1, S=80R9, 0=0</p>	<p>STEP 4 新たに得た知識 S=10-1=9 ∴ S=9</p>	<p>STEP 3 このステップで特使用する知識 0=0 繰り上がりは1である 0にある数字をたした答は元の数字である</p> <p>STEP 3 操作 (1+)E+0=N(+10)0=0なので ∴ (1+)E+0≧10になるためには E=9かつ 2桁目からの繰り上がりがある場合であ る。しかしその時、N=0となり0=0に矛盾 する。 ∴ (1+)E+0=N≦9 E≠N ∴ E+1=N</p>	<p>STEP 3 新たに得た知識 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 2桁目から3桁目への繰り上がりあり E+1=N</p>	<p>STEP 4 知識ベース A-II M=1, S=80R9, 0=0 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり</p>	<p>STEP 5 知識ベース A-II M=1, S=9, 0=0 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり E+1=N</p>
<p>21: 0が0で 22: //そうすると, Eが</p>	<p>23: //S,Sが9に決まりか 24: ん, 8で, 1で, 1繰り上がってくため は, ん, 0が, だから, 11にはなりえないか ら, そう 25: //ん, そうだね 26: よくくって9100で,</p>	<p>27: EとNは違うんだから, 28: //ち, これは繰り上がってこなきやいけな いと,</p> <p>29: //が、う、繰り上がるためには何を考え るんだ 30: E+1がN, E+1がN, 31: //E+1がN, E+1が, これが0でくりあがる</p>	<p>32: で, ここにEがあつて, 33: 2+1があつてRで, で, ここにEがある</p>	<p>34: ん、ん、どうイリやいんだ 35: んと 36: //構使ったが 37: 0123456789 38: 1が決まった, 0が決まった, 9が決まった, 7が決まっている, 39: いんしよ, 8つ決めるのに, 40: //S, EM, RY, 41: そうか, あと4つになる, 42: //ん、ん、Y, E, ここが×× (?)</p>	<p>34: ん、ん、どうイリやいんだ 35: んと 36: //構使ったが 37: 0123456789 38: 1が決まった, 0が決まった, 9が決まった, 7が決まっている, 39: いんしよ, 8つ決めるのに, 40: //S, EM, RY, 41: そうか, あと4つになる, 42: //ん、ん、Y, E, ここが×× (?)</p>	<p>34: ん、ん、どうイリやいんだ 35: んと 36: //構使ったが 37: 0123456789 38: 1が決まった, 0が決まった, 9が決まった, 7が決まっている, 39: いんしよ, 8つ決めるのに, 40: //S, EM, RY, 41: そうか, あと4つになる, 42: //ん、ん、Y, E, ここが×× (?)</p>
<p>④ S=9 ④のS=9に下線を 引き、3桁目から の繰り上がりがない ことを決定</p>	<p>Sの決定 10: S=9 しかないことを確認 11: 0=0なので3桁目から4桁目への繰り上が りなし 12: S=9 決定</p>	<p>E, Nの関係の検討: 13: E+0=0だが0=0でE≠N 14: EとNは違う数字なのでE+1=N 15: 2桁目から3桁目への繰り上がりがある。</p>	<p>⑥ E+1=N ⑦ E R E E+1 E</p> <p>⑥を書く。 ④の式のNにE+1 Eを代入してゆく。 左の列から順に 書いていった。</p>	<p>④ ④+234 56789</p> <p>⑤ 紙面中央に0-9の、 数字を書き、0, 1 7, 9を消す。 しばらく考える。</p> <p>⑤ ⑤の中線のEを なぞり、下段のN E, Y書き、全体を 四角く囲む。</p>	<p>④ ④+234 56789</p> <p>⑤ 紙面中央に0-9の、 数字を書き、0, 1 7, 9を消す。 しばらく考える。</p> <p>⑤ ⑤の中線のEを なぞり、下段のN E, Y書き、全体を 四角く囲む。</p>	<p>④ ④+234 56789</p> <p>⑤ 紙面中央に0-9の、 数字を書き、0, 1 7, 9を消す。 しばらく考える。</p> <p>⑤ ⑤の中線のEを なぞり、下段のN E, Y書き、全体を 四角く囲む。</p>
<p>1 5 3. 9</p>	<p>2 1 2. 0</p>	<p>2 5 0. 64</p>	<p>2 5 0. 64</p>	<p>2 5 0. 64</p>	<p>2 5 0. 64</p>	<p>2 5 0. 64</p>

<p>STEP 6 知識ベース A-H M=1, S=9, O=0, R=8 1桁目から2桁目への繰り上がりあり 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり E+1=N</p>			
<p>STEP 6 このステップで特にする知識 D=7 1桁目から2桁の繰り上がりあり 1桁目は繰り上がりはない</p>			
<p>STEP 6 操作 E-D=Y+10... E-Y=3 STEP 6 新たに得た知識 E-Y=3</p>			
<p>STEP 7 知識ベース A-H M=1, S=9, O=0, R=8 1桁目から2桁目への繰り上がりあり 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり E+1=N E-Y=3</p>	<p>43: ここまではよくて、 44: えんと 45: 例を求めればいいんだろ</p>		
<p>STEP 7 このステップで特使用する知識 E-Y=3, O=S=9, R=8, M=1, O=0</p>	<p>46: 1に、2R,R. 47: あ、1個進んだから、8とかありえないんだなあ、 48: ここらへん、こういうの、入るんだよね、 49: /で、足して9になってもいけないから、Eが小さい、EがNに比べて小さいか、2345しかなくて、Eには、2345しかなくって、 50: なおかつ、2は9になるからいけないで、3も0になるからダメで、4も1になるからダメ、</p>	<p>Eの決定: 19: E+1=N よりNが7,9にならないようにEのとりにる数字を考えると2,3,4,5である。 20: さらに 7+E=Y なので、Yが9にならないようにE=2は除く。 21: E=3だと Y=0 になるので3も除く。 22: E=4だと Y=1 だけ。</p>	<p>② "と①をみくべて考える。2. 4,5に下線を引きさらに⑤"と①をみて、考える。 ③ "の2,3,4を順に×をつける。</p>
<p>STEP 7 新たに得た知識 E=5, Y=2</p>	<p>51: 5だ</p>	<p>23: E=5 に決まる。</p>	
<p>STEP 8 知識ベース A-H M=1, S=9, O=0, R=8, E=5, Y=2 1桁目から2桁目への繰り上がりあり 2桁目から3桁目への繰り上がりあり 3桁目から4桁目への繰り上がりなし 4桁目から5桁目への繰り上がりあり STEP 8 このステップで特使用する知識 E+1=N, E=5</p>			

<p>⑤ "の177目の Eの横に5をかく。 Yの下に2をかく。 Nに6を重ねたり、 横に書いたたり する。</p> <pre> 95667 1 0RE5 ----- 10 NEY 652 </pre>	<p>Y, Nの決定: 2 4 : E=5である。7+E=YからY=2が決まる 2 5 : N=E+1 なので N=6になる</p>	<p>5 2 : 5, 2, 5, 5, 6, 6.</p>	<p>STEP 8 操作 E+1=N E=5 ∴ N=1+5=6</p>
<p>⑥ 277目を計算して Rに8を上書き する。</p> <pre> 95667 1 0RE5 ----- 10 NEY 652 </pre>	<p>Rの決定: 2 6 : Y=2, N=6, E=5 1+6+R=5 なので R=8</p>	<p>5 3 : 1繰り上がって, 1繰り上がって5になるため には, 8, 8, 8.</p>	<p>STEP 8 新たに得た知識 N=6 STEP 5 このステップで特々使用する知識 277目から377の繰り上がりあり E+1=N, S=9</p> <p>STEP 5 操作 (1+)N+R=E+10 E+1=Nを代入して (1+)E+1+R=E+10 R=10-1(-1)∴R=90R8 しかしS=9なのでR=8となる</p>
<p>④ 9567 中央に答えをかく。 1085 ----- 10652</p>	<p>答えの確認: 2 7 : 答は 9567+1085=10652</p>	<p>5 4 : 956708, 1065, 足して1あがって, 5 5 : 忘れました</p>	<p>STEP 5 新たに得た知識 R=8 177目から277目への繰り上がりあり</p>

4.2. 空間的課題『倉庫番』での言語化の影響の検討

問題には難易度低、中、高の3つがあった。難易度低の問題である問題3では、最初に動かせる荷物と動かす方向が問題の構造上一通りしかないため、被験者の先読みが必要なのはマクロステップ2からである。そこで他の2つの問題では先読み時間として第一マクロステップまでの時間を計測しているが、この問題では第2マクロステップまでの時間を計測した。問題、条件ごとに得られた指標値を表4.2.に示す。さらに図4.4.には課題遂行時間と課題遂行内容の条件による変化を図示した。最短ステップからの逸脱の程度は、難易度低と中の問題で沈黙条件の方が発話条件よりも少なく、沈黙条件は効率の良い解き方となっている。その傾向は特に難易度中の問題で顕著である。しかし最も難しい問題では、発話条件の方が最短ステップからの逸脱の程度が沈黙条件よりも小さく、効率の良い解き方がなされている。このことから、難しい問題では言語報告が思考の体制化に役立ち、課題遂行を促進する方向に影響するが、易しい問題では単に課題遂行の負荷になり、遂行過程を悪化させることが示唆される。

一方、課題遂行時間は難易度の異なる3つの問題に共通して発話条件で沈黙条件よりも長くなっている。また先読み時間も3つの問題に共通して発話条件で沈黙条件よりも長くなっている。このことは、『倉庫番』という課題の特徴に係わっているだろう。先読みをおこなっている過程を言語報告するときには、言語的に符号化されていない『倉庫番』の問題空間を言語的に符号化する時間が必要である。そのため言語報告をしない先読みよりも時間が余計にかかると考えられる。キャラクターの変化を基にした分析方法を用いて、発話条件の動作系列と言語報告の関係を分析すると明かなように(表4.3.)、キーボードの操作中には余り発話はなく、操作前の先読み段階での発話が多いことが明らかになった。キャラクターを移動する前には、一回目の操作以降も先読みを行う場合がほとんどなので、沈黙条件と発話条件との課題遂行時間の差には、先読みの時間差がそのまま反映されていると考えられる。

以上のように、『倉庫番』では言語報告をするために課題遂行時間は延長すること、遂行内容への言語化の影響は問題の難易度によって異なっていることが明らかになった。

表4.2 『倉庫番』条件ごとの指標値

問題番号	3	10	53
難易度	低	中	高
実験条件 解の正誤と 正答までの試行数	自然 発話 沈黙 正答 正答 正答 2 1 1	自然 発話 沈黙 正答 正答 正答 2 1 1	自然 発話 沈黙 誤答 正答 正答 3 3 1
課題遂行時間 (秒)	57.63 62.8 40.33	62.27 161.03 19.23	156.77 69.13
1回目の先読み時間 (秒)	20.63 33.36 21.86	49.97 43.60 1.60	88.87 20.43
総ステップ数と 最短ステップ数の差	11 9 2	4 18 2	15 24
迂回路進入回数	4 4 0	3 7 3	3 10
彷徨回数	2 2 1	2 3 3	4 4
彷徨時間 (秒)	3.84 2.20 0.37	0.73 81.67 0.1	14.44 2.31
誤経路進入回数	0 0 0	0 1 0	0 0

表 4.3 『倉庫番』動作系列と言語報告の対応

課題No : 010									
課題分析		実際の操作 (第2試行)							
ステップ No	キャラ 位置 (V,H)	ステップ 種類	備考	ステップ No	キャラ 位置 (V,H)	ステップ 種類	時刻 (sec)	滞留時間 (sec)	プロトコル
0	3.1	stay		0	3.1	stay	0.000	43.000	
							0.767		えー、ーと、
							3.800		つまり、
							7.100		箱からやっていく必要があると、
							12.433		で、
							14.000		すう、
							14.000		1つは動かす、
							16.033		で、
							17.133		次に、
							21.033		えー、
							25.133		1つを動かすだけでなく、
							29.333		1つを降ろし、で、
							31.967		回って、
							33.700		すう、
							35.367		ふうん、
							37.200		やっぱり、
							37.200		あれ降ろし、で、
							41.600		で、
							42.500		次に、
11	4.1	walk		1	4.1	walk	43.233	0.100	
2	4.2	push		2	4.2	push	43.600	0.000	
3	4.3	push		3	4.3	push	43.900	0.000	
							44.000		まあ、
							44.000		考えるの面倒くさい、
4	4.4	push		4	4.4	push	44.167	0.300	
				5	4.3	walk	44.667	0.000	
				6	4.2	walk	44.900	1.133	
							45.833		次に、
			誤りステップ前	7	3.2	walk	46.233	3.867	
				8	4.2	walk	50.333	2.667	
				9	4.3	walk	53.200	0.000	
				10	4.4	walk	53.433	3.933	
							54.033		えーと、
13	3.4	push		11	3.4	walk	57.567	1.200	
							58.267		これを、こう、ここまでおいとこう、
14	3.3	push		12	3.3	push	59.000	0.467	
5	3.4	walk		13	3.4	walk	59.667	0.000	
6	3.5	walk		14	3.5	walk	59.867	0.000	
7	3.6	walk		15	3.6	walk	60.100	9.233	
							64.800		すう、
							65.200		で、
			16-20彷徨ステップ	16	3.5	walk	69.533	0.000	
							69.667		す、
				17	3.4	walk	69.733	0.333	
							70.100		いや、
							70.200		これがやっば間違っていたのかもしれない、
				18	3.3	walk	70.300	0.233	
				19	4.3	walk	70.767	2.933	
				20	4.4	walk	73.900	76.100	
							75.033		すう、
							76.433		えーと、
							76.967		こりゃ、真中を1番右まですると、
							82.833		そうすると、通路がないわけか、
							91.567		すう、
							91.567		そうするとこれは、同時に通路を塞いでしまうことになるわけか、
							98.733		なるほど、
							104.933		では、
							104.933		逆に、
							106.000		えーと、
							108.800		すう、
							109.900		下まで下げ、たら、
							113.100		ダメ、
							119.367		すう、
							120.500		1つやって、上に動かすのも、
							126.500		ダメ、
							130.000		す、
							130.000		1つ、2つ右にやって、たら、
							137.167		ダメ、
							138.133		す、
							138.133		とにかく、
							139.767		す、
							139.767		この2つがネックになってるんだよねあ、
							145.400		2つ、動かして、
							149.700		次に、

						150.167		1番下まで、
		21-23	13-15と同-	21	3.4	walk	150.200	0.100
				22	3.5	walk	150.533	0.000
				23	3.6	walk	150.733	0.000
8	2.6	walk		24	2.6	walk	150.933	0.000
9	1.6	walk		25	1.6	walk	151.133	0.000
10	1.5	walk		26	1.5	walk	151.367	0.000
							151.567	これでいくんじゃないかなあ、
11	1.4	walk		27	1.4	walk	151.600	0.567
12	2.4	push		28	2.4	push	152.433	0.000
13	3.4	push		29	3.4	push	152.700	0.367
14	3.3	push		30	3.3	walk	153.267	0.033
15	4.3	walk		31	4.3	walk	153.533	0.067
							153.600	2つ動かして、
16	4.2	walk		32	4.2	walk	153.800	0.000
17	4.1	walk		33	4.1	walk	154.033	0.000
18	3.1	walk		34	3.1	walk	154.267	0.767
							154.867	次に、
19	3.2	push		35	3.2	push	155.300	0.000
20	3.3	push		36	3.3	push	155.533	0.000
21	3.4	push		37	3.4	push	155.833	0.667
							156.100	1番下までやれば、
22	2.4	walk		38	2.4	walk	156.700	0.000
23	1.4	walk		39	1.4	walk	156.900	0.033
			40-多数のステップ	40	1.3	walk	157.167	0.400
				41	2.3	push	157.800	0.000
24	1.5	walk		42	3.3	push	158.067	0.133
25	1.6	walk		43	2.3	walk	158.400	0.000
26	2.6	walk		44	1.3	walk	158.600	0.000
27	2.5	push		45	1.4	walk	158.867	0.000
							158.900	こう動かして、
28	1.5	walk		46	1.5	walk	159.067	0.000
29	1.4	walk		47	1.6	walk	159.267	0.000
30	2.4	push		48	2.6	walk	159.500	0.233
31	1.4	walk		49	2.5	push	160.000	0.167
32	1.3	walk		50	1.5	walk	160.433	0.067
33	2.3	push		51	1.4	walk	160.733	0.033
34	3.3	push		52	2.4	push	161.033	
							162.633	そうか、そうか、
end				end				

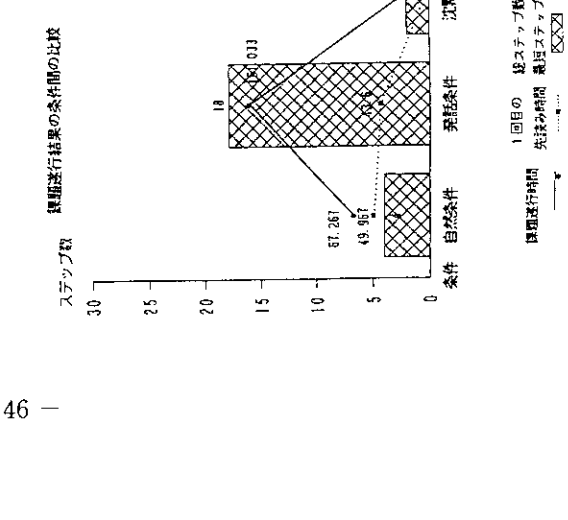
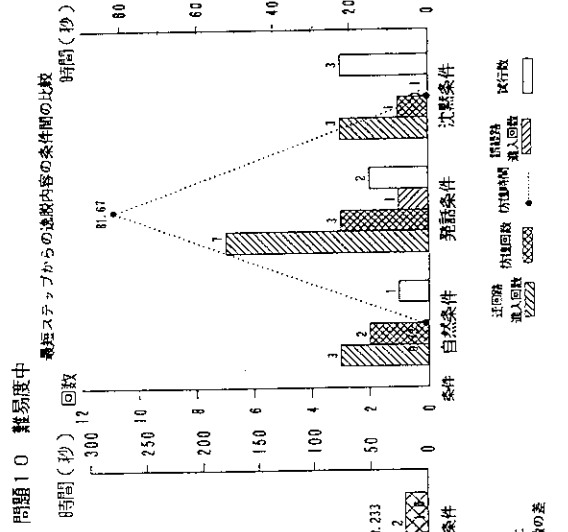
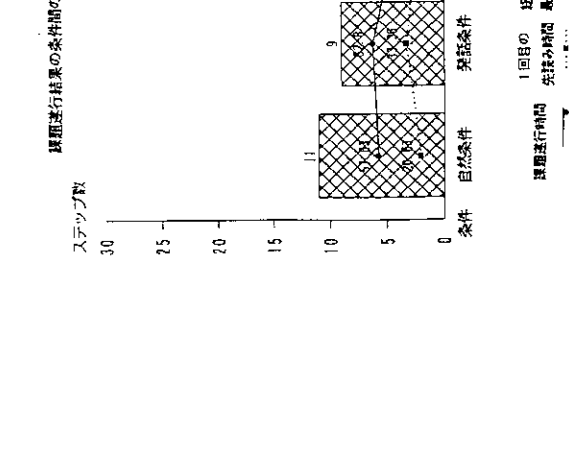
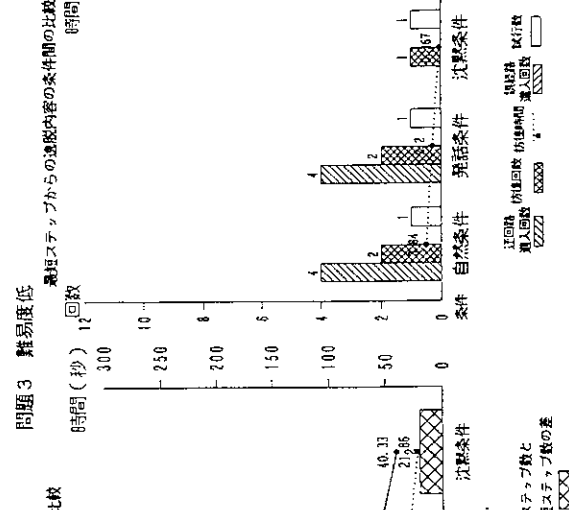
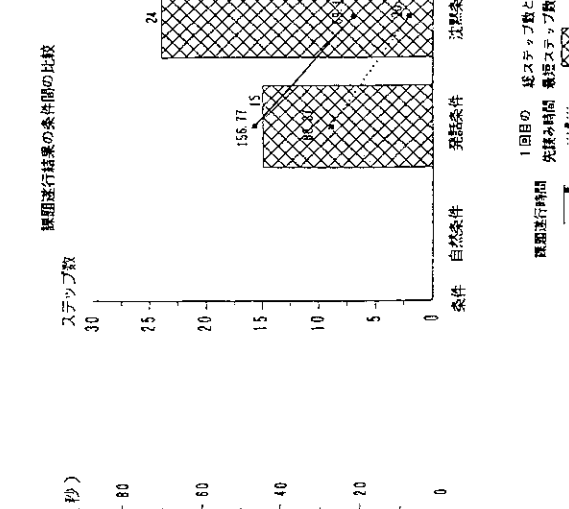
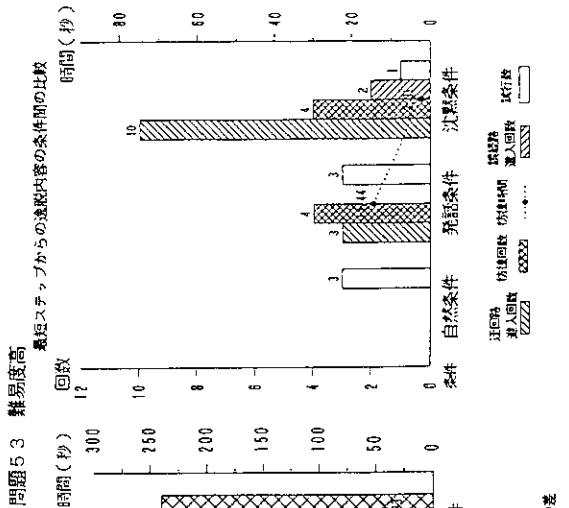


図4.4 『倉庫番』言語化の影響の検討

4.3. 全体的考察

本研究では言語化の影響の指標を改善し、実験デザインを精緻化することで、言語化レベルごとの言語化の影響の違いを検討した。言語化レベル1と2の報告が得られると考えられた言語的課題と空間的な課題それぞれについての結果をもとにEricsson & Simonの言語化の影響の予測について考察する。

本実験の結果では、言語的課題では遂行内容の悪化に伴う動作系列の増加が時間の延長をもたらしている一方で、空間的課題では動作系列が増えなくても、言語化そのものによって遂行時間が延長していた。この結果は、情報形態が非言語的な場合は、言語報告をする際に情報を符号化する時間が必要であり、そのため言語報告をしない場合よりも解決時間は延長するというEricsson & Simonの予測を支持するものと考えられる。

しかし課題遂行内容への言語化の影響は、Ericsson & Simonの予測通りではなかった。実験の結果では、言語的課題でも空間的課題でも、中程度の難易度においては言語化によって課題遂行内容の悪化がみられることが明らかになったからである。さらに空間的課題では遂行内容の変化の方向が難易度の高低によって異なることが示されている。

このことは、Ericsson & Simonらの言語化の影響の予測に、課題の難易度と思考における言語報告の役割の関係の検討が不十分であることを示している。Ericsson & Simonは課題の難易度の影響として、言語報告に用いる認知資源と課題遂行過程に必要な認知資源が競合するか否かという点しか言及していない(本文2.1.)。言語報告が課題遂行内容を向上させることは、Russo et al.⁽⁵⁾もEricsson & Simonのモデルへの批判の中で述べている(本文2.2.)が、短期記憶への認知的負荷が高くなる難易度の高い問題において、言語報告が課題遂行内容を向上させるという結果が一般的なものかどうかは、今後の検討が必要である。

言語的課題である『覆面算』においても、言語化の影響により今回設定した難易度よりも高い難易度の問題で遂行内容が改善する方向に変化するならば、言語報告は課題の特性に関わらず、難しい課題では思考の体制化(organizaition)を助ける役割を果たしていることになる。逆に今回用いた問題よりも難しい問題で遂行内容が悪化し、より易しい問題で遂行内容が変化しなければ、言語的課題で同時言語報告をおこなうことは、単に同じ感覚モダリティ内で2重課題を行っているのと同じであり、言語報告は課題遂行過程との間で認知資源を奪い合う働きしかしていないことになる。

遂行内容の変化の方向を考えない場合にも、問題の難易度に左右される言語化

の影響を正確に予測することは難しいだろう。なぜなら、Ericsson & Simon自身は認知的負荷を変動させる問題の難易度の基準について何も述べておらず、“適切な難易度”の設定は各研究者に任されるからである。しかし、問題の難易度は被験者によっても異なるため、“適切な”難易度を定めることは容易ではない。

Ericsson & Simonの予測は、言語化の影響の基本的側面を示しているが、個々のデータについては、各研究者による妥当性の吟味が必要と考えられる。

謝 辞

本研究の実施および報告書をまとめるにあたり、原子炉安全工学部人的因子研究室の田辺文也、および山口勇吉の両氏には、多大な御協力と貴重なコメントを頂きました。ここに心から謝意を表します。

参考文献

- (1) Ericsson, K.A. & Simon, H.A. Verbal reports as data. Psychological Review, 87(3), 215-251, (1980).
- (2) 渡辺めぐみ、高橋秀明 同時言語報告の妥当性に関する研究の現状
JAERI-M (1993) 93-166
- (3) Ericsson, K.A. & Simon, H.A. Protocol analysis: Verbal reports as data. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press., (1984)
- (4) Rhenius, D. and Deffner, G. Evaluation of concurrent thinking aloud using eye-tracking data. Proceedings of the Human Factors Society, 34th Annual Meeting. Pp. 1265-1269. (1990)
- (5) Russo, J.E., Johnson, E.J., and Stephens, E.L. The validity of verbal protocols. Memory & Cognition, 17(6), 759-769, (1989).

の影響を正確に予測することは難しいだろう。なぜなら、Ericsson & Simon自身は認知的負荷を変動させる問題の難易度の基準について何も述べておらず、“適切な難易度”の設定は各研究者に任されるからである。しかし、問題の難易度は被験者によっても異なるため、“適切な”難易度を定めることは容易ではない。

Ericsson & Simonの予測は、言語化の影響の基本的側面を示しているが、個々のデータについては、各研究者による妥当性の吟味が必要と考えられる。

謝 辞

本研究の実施および報告書をまとめるにあたり、原子炉安全工学部人的因子研究室の田辺文也、および山口勇吉の両氏には、多大な御協力と貴重なコメントを頂きました。ここに心から謝意を表します。

参考文献

- (1) Ericsson, K.A. & Simon, H.A. Verbal reports as data. Psychological Review, 87(3), 215-251, (1980).
- (2) 渡辺めぐみ、高橋秀明 同時言語報告の妥当性に関する研究の現状
JAERI-M (1993) 93-166
- (3) Ericsson, K.A. & Simon, H.A. Protocol analysis: Verbal reports as data. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press., (1984)
- (4) Rhenius, D. and Deffner, G. Evaluation of concurrent thinking aloud using eye-tracking data. Proceedings of the Human Factors Society, 34th Annual Meeting. Pp. 1265-1269. (1990)
- (5) Russo, J.E., Johnson, E.J., and Stephens, E.L. The validity of verbal protocols. Memory & Cognition, 17(6), 759-769, (1989).

の影響を正確に予測することは難しいだろう。なぜなら、Ericsson & Simon自身は認知的負荷を変動させる問題の難易度の基準について何も述べておらず、“適切な難易度”の設定は各研究者に任されるからである。しかし、問題の難易度は被験者によっても異なるため、“適切な”難易度を定めることは容易ではない。

Ericsson & Simonの予測は、言語化の影響の基本的側面を示しているが、個々のデータについては、各研究者による妥当性の吟味が必要と考えられる。

謝 辞

本研究の実施および報告書をまとめるにあたり、原子炉安全工学部人的因子研究室の田辺文也、および山口勇吉の両氏には、多大な御協力と貴重なコメントを頂きました。ここに心から謝意を表します。

参考文献

- (1) Ericsson, K.A. & Simon, H.A. Verbal reports as data. Psychological Review, 87(3), 215-251, (1980).
- (2) 渡辺めぐみ、高橋秀明 同時言語報告の妥当性に関する研究の現状
JAERI-M (1993) 93-166
- (3) Ericsson, K.A. & Simon, H.A. Protocol analysis: Verbal reports as data. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press., (1984)
- (4) Rhenius, D. and Deffner, G. Evaluation of concurrent thinking aloud using eye-tracking data. Proceedings of the Human Factors Society, 34th Annual Meeting. Pp. 1265-1269. (1990)
- (5) Russo, J.E., Johnson, E.J., and Stephens, E.L. The validity of verbal protocols. Memory & Cognition, 17(6), 759-769, (1989).

付録A 実験で用いた『覆面算』の問題とその答え

問題DIGITS ヒント：S=3

SCAN	3457
+ THESE	+ 98636
-----	-----
DISITS	102093

問題MONEY ヒント：D=7

SEND	9567
+ MORE	+ 1085
-----	-----
MONEY	10652

問題TOKYO ヒント K=4

KYOTO	41373
+ OSAKA	+ 32040
-----	-----
TOKYO	73413

付録B データにみる“言語報告されにくい”情報処理過程

本実験で言語報告データと動作系列の対応を関係を分析すると、動作系列から推定される課題遂行過程に比べて、言語報告がかなり簡略化された内容になっている場合がみられた。言語報告が課題遂行内容をどの程度反映できるのかという言語報告の完全性の問題は言語化の影響に次いで、言語報告の妥当性を検討上重要な問題である。しかし言語報告の完全性を検討することは本研究の主旨ではないので、ここに補足的な分析として、情報処理過程の何が言語化されにくいのかを本実験のデータを基に考察する。

B.1. 言語的課題で報告されにくい情報処理過程

図4.3.には被験者の動作系列、言語報告、推定される課題遂行過程が対応づけられている。図では、現在の状況や知識の確認の過程が必要なはずの課題遂行過程で、それに関する言語報告が無い場合があることが分かる。『覆面算』では、現在の状況や既存の知識は紙に筆記してあるため、紙を一見すればそれらの情報が確認されてしまう。自分が状況を確認しているという意識が明確でなくても、情報の確認ができるのである。さらに知識の操作過程についても言語報告では簡略化され易い。『覆面算』では知識の操作は足し算であり、被験者にとってかなり自動化した処理であることが予想される。たとえば操作が無意識にできてしまったり、既に筆記された足し算の記述をみているだけで、一つの式の答が求められるときである。そのような場合には言語報告には計算過程についての報告はなく、答についてだけが報告されている。

B.2. 空間的課題で報告されにくい情報処理過程

『倉庫番』において言語報告が簡略化されてしまうのは、キー操作についてである。被験者自身からも『覆面算』では問題を解決している経路をそのまま言語化しやすいが、『倉庫番』では先読みをしている過程や既に解決が分かった後に、単にキー操作を行なっている過程を言語化をすることが困難であるという感想が得られている。『覆面算』では持っている知識や心的操作の内容は言語的に符号化されているが、『倉庫番』は問題空間を言語的に表現するためには、絶対的あるいは相対的な座標軸を自ら設定しなければならない。したがって『倉庫番』での言語報告は”これをそっちに動かして・・・”などのように代名詞の多い内容となる(表B.1.)。先読みを行うときには、言語報告をする場合にも指で画面をたどり、イメージを用いていることが観察されている。被験者が解決に至る経路を

先読みによって把握してしまうと、それ以降の実際のキー操作の際には言語報告は殆どでなくなる(表4.3.)ことは本文で述べた通りである。

B.3. まとめ

今回の結果では、言語報告されにくいのは、言語報告以外に被験者が課題遂行過程をモニタリングできる方法(遂行過程を記述するなど)がある場合、かなりの部分が自動化している情報処理について報告する場合、刺激の提示・反応の様式が画像的な場合である。また『倉庫番』、『覆面算』の両課題に共通してわずかしかな言語報告されないのは、被験者がある特定の文字あるいはキャラクターに注目する理由、あるステップの答を思考し、解法を発見する瞬間についての報告である。ある点に注意を向けるのはなぜか、なぜ解決方法が分かったのか、については”今度はこっちをやってみましょう”とか、”ああ、分かった”という以上の報告はなされない場合がほとんどである。

このことから言語報告には、被験者が意識していることで、しかも言語以外のメディアで表現しにくい情報処理過程が報告されていることが分かる。したがって被験者自身が意識するのが難しい意図の変化や理解の瞬間の過程は、言語報告によって検討することは難しいことが分かる。言語報告をデータとして使用するには、言語報告内容の特性を検討した上で特性を活かした利用法を考えなくてはならないだろう。

表 B. 1 『倉庫番』 言語報告の特徴

スワップ No.	フカ位置 (V.II)	スワップ 種類	炓	スワップ No.	フカ位置 (V.H)	スワップ 種類	時刻 (sec)	停留時間 (sec)	フカコ
							111.433	(先読み)	でもこっちに回り込んで
							113.667		押しこんでいくと、
							116.133		あつ、そうか
							117.233		大丈夫かなあ、
							121.000	代名詞表現	これまこっちに入れるんじやなくて、
							123.600	{	こラ入れちゃえばいいかなあ、
				9	3.4	walk	124.633	0.033	
6	3.5	walk		10	3.5	walk	124.900	0.067	
7	3.6	walk		11	3.6	walk	125.233	0.000	
8	2.6	walk		12	2.6	walk	125.467	0.000	
9	1.6	walk		13	1.6	walk	125.700	0.333	
10	1.5	walk		14	1.5	walk	126.300	0.100	
11	1.4	walk		15	1.4	walk	126.667	4.167	
							127.500		これを、入れて、
12	2.4	push		16	2.4	push	131.067	0.600	
13	3.4	push		17	3.4	push	131.867	1.200	
14	3.3	push		18	3.3	walk	133.300	0.267	
15	4.3	walk		19	4.3	walk	133.767	0.133	
16	4.2	walk		20	4.2	walk	134.100	0.000	
17	4.1	walk		21	4.1	walk	134.300	1.200	
							134.367		これを、下にもってきちやええば、

付録C 条件の順序効果の検討

同時発話条件の統制条件である沈黙条件は、同時発話条件の実施前に行う場合と、後に行う場合で課題遂行過程に変化があるかどうかを検討した。実験条件は自然条件、沈黙条件、同時発話条件、沈黙条件の順で行われた。その他の実験方法、結果の分析方法は全て本実験と同様である。被験者は色覚・視力正常な理工系男性（30才）1名であった。

C.1. 言語的課題についての検討

『覆面算』では、自然条件は1問、その他は条件ごとに2問ずつ合計7問行った。被験者は同時発話条件の前でも後でも、沈黙条件では沈黙して課題を遂行することができた。被験者が問題の取り違えをした最初の沈黙条件の2問目を除いて、6試行について分析した。発話条件前の沈黙条件のと発話条件後の沈黙条件とでは、迂回路時間をとる時間の比率が発話条件後の沈黙条件のほうが大きいことが示されているが、その他の指標で一貫した傾向はない（図C.1.）。さらに発話前の沈黙条件以降の3試行全てに、迂回路時間の延長が見られることから、この変化が条件順序効果ではなく、試行の反復による疲労の効果の可能性もある。

C.2. 空間的課題についての検討

各条件で難易度の中と高のターゲットおよびダミー問題2問を行い、難易度中の問題についてのみ、条件順序効果を検討した。『覆面算』のときと同様に被験者は同時発話条件の前でも後でも、沈黙条件では沈黙して課題を遂行することが観察された。発話条件前の沈黙条件のと発話条件後の沈黙条件とでは、後の沈黙条件において、課題遂行時間、迂回路をとる時間が短くなる傾向があった（図C.2.）。この被験者は一つの条件につき難易度中・高の2つの問題を行い、さらに条件間にはダミー問題を行っている。問題の解決に成功するために2試行以上を費やしている問題もあるため、最終的にこの被験者は20試行を行った。分析の対象となる発話前の沈黙条件の問題から数えて、発話後の沈黙条件の問題は10試行目である。試行数の多さから、遂行時間が短縮する原因はキーの操作性のような課題への慣れのために生じる動作時間の短縮ではないかと考えられた。そこで2つの沈黙条件のキー操作の速度を1ステップあたりのキー操作時間を指標として比較した。1ステップあたりのキー操作時間は、問題を見て理解し、キー操作を開始するまでの時間である第1回目の先読み時間を総解決時間から除いた時間を総解決ステップ数で割ったものである。結果は表C.1.のように、発話条件後

の沈黙条件では前の沈黙条件よりも、1ステップあたりの操作時間が短くなっている。このことから、遂行時間が短くなったのは、試行を繰り返すことによって、課題解決に必要な知覚-運動協応に慣れ、時間が短縮されたためと考えられる。

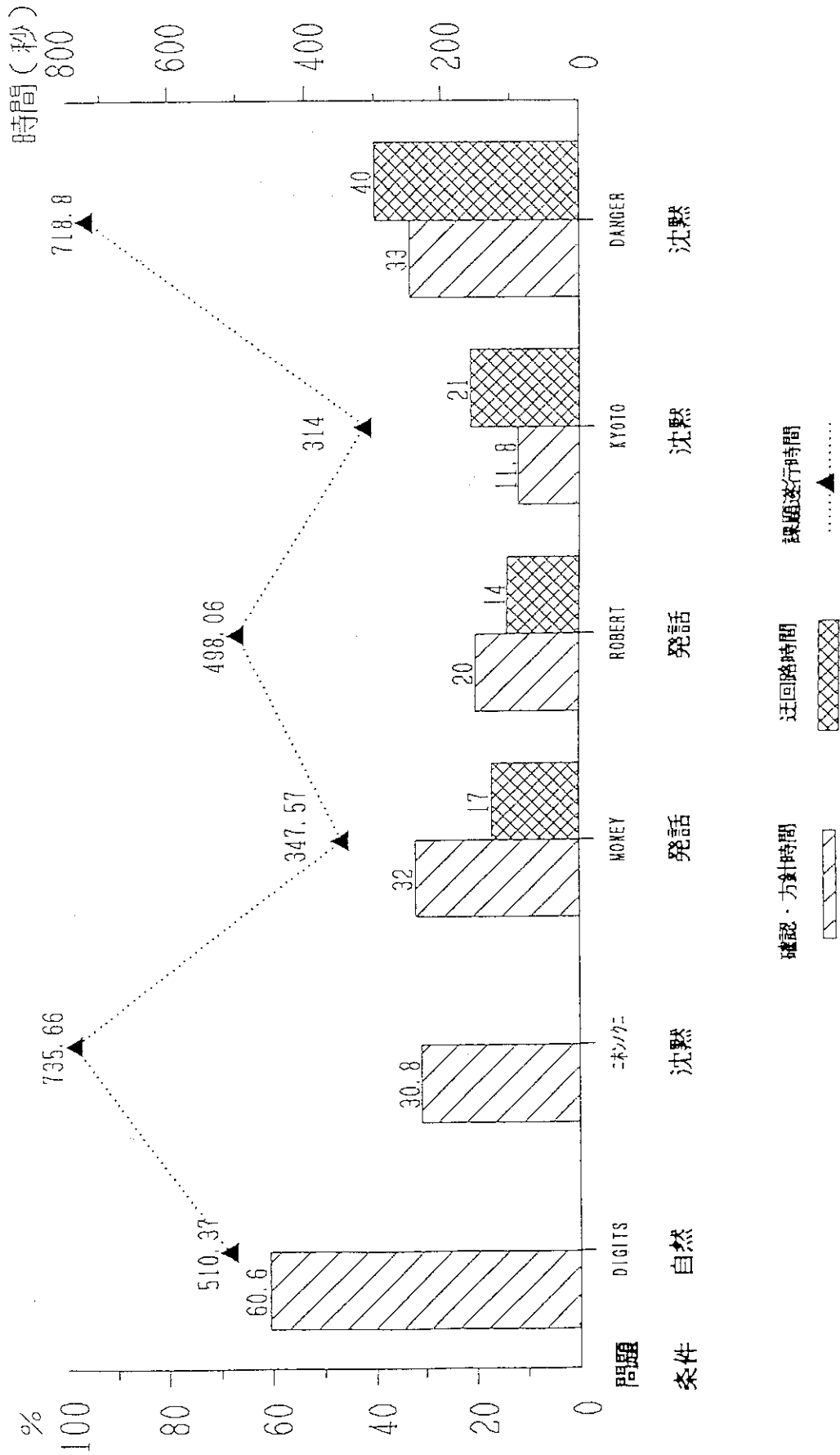
2つの沈黙条件間の課題遂行内容の差については、はっきりした結果が得られなかった。最短ステップからの逸脱の程度は発話条件前の沈黙条件の方が後よりも小さくなっているが、迂回路進入回数、彷徨回数については差がないからである。

表C.1. 『倉庫番』：2つの沈黙条件間における
1ステップあたりの操作時間の比較

	発話条件前の 沈黙条件	発話条件後 沈黙条件
総解決時間 (秒)	179.27	91.67
1回目の先読み時間 (秒)	95.27	22.21
総解決ステップ数	40	46
1ステップあたりの 操作時間 (秒)	2.10	1.51

C.3. まとめ

実施順序に関係なく、どちらの課題でも沈黙条件では沈黙して課題をおこなうことができることが明かになった。空間的課題である『倉庫番』課題で、実施順序が後の沈黙条件の方が、前のものよりも課題遂行時間が短縮される傾向が見られた。しかしそれは条件の順序効果によるのではなく、試行の反復効果の影響が強いと考えられた。言語的課題である『覆面算』でも、後の沈黙条件で迂回路時間が増える傾向がみられたが、条件順序効果でなく、試行の反復による疲労の効果の可能性もあった。両課題をとおして、課題遂行過程への明かな条件の順序効果は得られず、むしろ試行を反復することによる影響が示唆されている。本実験では、実験を3条件で行い、各条件の試行数を最低限にすることで試行の反復の影響を防いでいる。

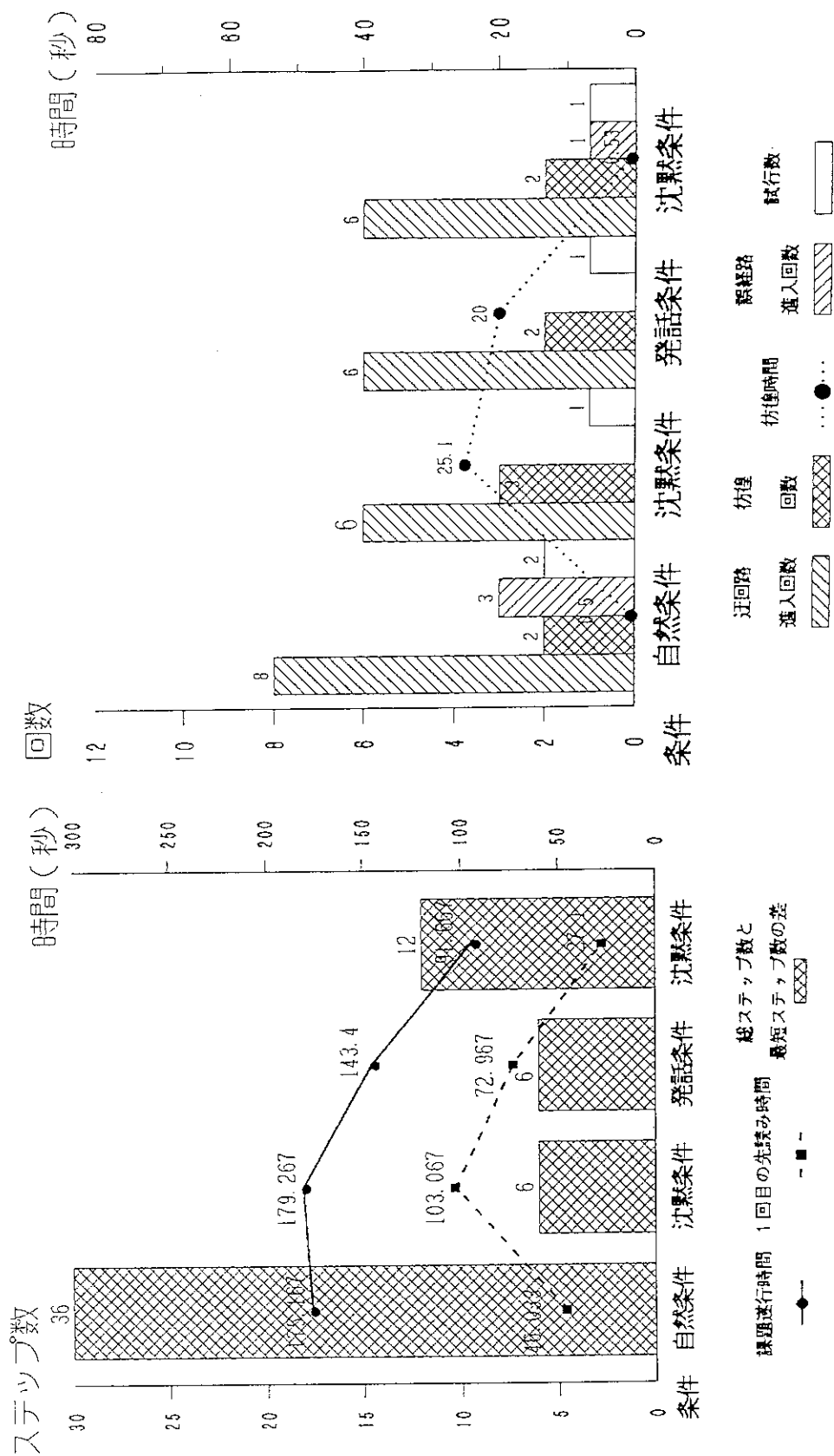


図C. 1 『覆面算』条件順序効果の検討

問題 10 難易度中

最短ステップからの逸脱内容の条件間の比較

課題遂行結果の条件間の比較



図C. 2 『倉庫番』条件順序効果の検討