

エネルギー科学研究科
エネルギー社会・環境科学専攻修士論文
オフィス環境評価のための
題目： パフォーマンステストの
実用化に向けた改良と評価

指導教員： 下田 宏 准教授

氏名： 榎本 健治

提出年月日： 平成21年2月10日(火)

論文要旨

題目：オフィス環境評価のためのパフォーマンステストの実用化に向けた改良と評価

エネルギー情報学分野 榎本 健治

要旨：

近年、環境への配慮やコスト削減の必要性から、オフィスでも室内環境の見直しが積極的に行われてきた。しかし、オフィスで実施される省エネルギー活動は、エネルギー消費量の削減に重点を置くため、オフィスワーカーにとっては環境改悪なることが多い。オフィスの環境悪化は生産性が低下し、それによる勤務時間が増加し、増加時間分のエネルギー消費量増大のみならず、オフィスワーカーの健康を害する恐れもある。そのため、オフィス環境の改善策はオフィスワーカーの生産性を考慮する必要がある、オフィス環境下でオフィスワーカーの生産性を定量的に評価する指標の確立が望まれている。

そこで、本研究室では昨年度までにオフィスワーカーの知的生産性を定量的に評価するタスクテスト CPTOP 及び改良版 CPTOP2 を開発し、環境改善効果を定量的に示してきた。一方で、実際のオフィス環境評価を想定した場合、評価時間を短縮することが必須であり、CPTOP2 のタスク時間を短縮化した場合でも定量的に環境評価を行うことができるかどうか、及び実験条件の統制が困難である環境における実験はどのような手順とすべきかは未だ不明である。

これらの現状を踏まえ、本研究では CPTOP2 をオフィス環境評価指標として実用化すべく、CPTOP2 のタスク時間を短縮化した際に生じるとされるパフォーマンス変動をできる限り排除するため、タスクの設問内容やインタフェースの改良方法を提案し、被験者実験から、その改良効果を検証することを目的とする。さらに、実際のオフィス環境にて CPTOP2 評価実験を実施し、タスク時間が短縮された CPTOP2 による生産性評価が可能であることを確認すると共に、今後のフィールド実験に向けた実施方法の確立を目的とする。

本研究では、まず昨年度実施された CPTOP2 評価実験の実験結果や新たな被験者実験を実施し、CPTOP2 の各タスク（語句並べ替え、ブロック組み立て、数列穴埋め、記憶）についてパフォーマンス変動をもたらす要因の抽出と改良方法を提案した。そして、その効果を検証する被験者実験を実施し、各タスクについてパフォーマンスが安定するタスク仕様を決定した。

同時に、実オフィス環境において、CPTOP2 が知的生産性評価ツールとして有用であることを示すと共に、今後実施されるフィールド実験の実施方法の確立のため、実

際のオフィス環境において生産性と疲労度の関係性を調査する実験を実施した。その結果、CPTOP2 パフォーマンスに関しては、疲労度に比べ周囲の騒音や中断といった外的要因により変動していたことから、環境改善による各被験者の CPTOP2 パフォーマンス変化のみを定量的に評価することは困難であることがわかった。実験手順に関しては、週 3、4 回の頻度で、かつ時刻の指定を設けなければ 4 週間の実験が実施可能であることが確認された。またタスク作業に中断に関しては、タスクを中断している時間を排除するよう CPTOP2 を改善することで、パフォーマンス評価は可能であることがわかった。これらの結果から、評価対象となるオフィス空間を週単位に設け、その期間の全被験者パフォーマンス平均値から生産性とする実験方法が最適であろう。

本研究より、CPTOP2 のタスク短時間化を実現し、さらに実際のフィールド実験から今後の実験実施に向けた方針を具体的に示した。本研究から得られた結果に基づき、CPTOP2 の更なる改善を行えば、オフィスの改築や移転による環境改善の効果を定量的に測定する評価指標として実用化されるであろう。

目次

第 1 章 序論	1
第 2 章 研究の背景と目的	2
2.1 研究の背景	2
2.2 オフィスプロダクティビティに関する既往研究と課題	2
2.2.1 プロダクティビティの概念と定義	3
2.2.2 プロダクティビティの評価指標	3
2.3 昨年度までの研究	8
2.4 本研究の目的	8
第 3 章 フィールド評価に向けた CPTOP2 の課題抽出と修正方法の提案	10
3.1 パフォーマンステスト CPTOP2 の概要	10
3.2 CPTOP2 タスクの詳細	14
3.3 CPTOP2 をオフィス環境評価に向けた課題の抽出	18
3.3.1 昨年度実施された CPTOP2 環境評価実験	18
3.4 CPTOP2 タスク短時間化に向けた修正方法の提案	21
3.4.1 CPTOP2 修正の方針	21
3.4.2 昨年度の実験結果からの短時間化に向けた課題抽出	21
3.4.3 CPTOP2 課題抽出実験の実施	26
3.4.4 CPTOP2 修正案のまとめ	34
第 4 章 CPTOP2 修正の効果検証実験	36
4.1 実験の目的	36
4.2 実験方法	36
4.2.1 実験環境	36
4.2.2 計測項目	36
4.2.3 実験手順	41
4.2.4 被験者	43

4.3	実験結果と考察	45
4.4	まとめ	62
第 5 章	実際のオフィス環境における CPTOP2 を用いた生産性評価実験	63
5.1	実験の目的	63
5.2	実験方法	63
5.2.1	実験環境	63
5.2.2	計測項目	63
5.2.3	実験手順	64
5.2.4	被験者	65
5.3	実験結果と今後のフィールド実験実施方針の提案	67
5.3.1	パフォーマンスと疲労度の関係	67
5.3.2	フィールド実験の実施方法	76
5.3.3	まとめ	78
第 6 章	結論	81
	謝辞	83
	参考文献	84
付録 A	CPTOP2 修正の効果検証予備実験	付録 A-1
A.1	実験の目的	付録 A-1
A.2	実験方法	付録 A-1
A.2.1	実験室及び実験環境	付録 A-1
A.2.2	計測項目	付録 A-1
A.2.3	実験手順	付録 A-1
A.2.4	被験者	付録 A-3
A.2.5	実験結果	付録 A-3
付録 B	CPTOP2 修正の評価検証実験における全パフォーマンス	付録 B-1

目 次

3.1	語句並べ替えタスクの画面例	14
3.2	ブロック組立タスクの画面例	15
3.3	数列穴埋めタスクの画面例	16
3.4	記憶タスクの状態遷移図	17
3.5	記憶タスクの画面例	17
3.6	サーカディアンリズム照明環境	18
3.7	1日の流れ	19
3.8	数列穴埋めタスクの習熟曲線例	24
3.9	直接入力方式の数列タスク画面例	25
3.10	ボタン入力方式の記憶タスク画面例	26
3.11	1セット作業のタスク時間配分	27
3.12	ブロック全試行の正規化平均回答時間	28
3.13	ジェネプロアモデルの概要図	29
3.14	占有マス数に斜線が含まれる割合の高いブロック例	29
3.15	全被験者の斜線占有マス数と正規化回答時間との相関関係	30
3.16	ブロックの修正タスク画面	31
3.17	全被験者の等比数列の平均解答時間と桁数の関係	32
3.18	全被験者の等比数列の平均解答時間から 3.5 以上を省いた桁数との関係	32
3.19	被験者 C と被験者 E の数列穴埋めパフォーマンス値	34
4.1	数列判断部分の認知ステップ	38
4.2	等差数列の計算部分の認知ステップ	39
4.3	等比数列の計算部分の認知ステップ	40
4.4	フィボナッチ数列の計算部分の認知ステップ	40
4.5	2 数が呈示されている場合の計算タスク画面	41
4.6	1 数のみ呈示されている場合の計算タスク画面	42
4.7	実験の流れ	42
4.8	1 セットのタスク構成	43

4.9	実験の様子	43
4.10	カードの人間情報処理モデル	52
4.11	タスクモデルによる数列判断部分の時間差	57
4.12	タスクモデルによる数列計算部分の時間差	57
4.13	平均解答入力時間	59
4.14	画面の見やすさ	60
4.15	操作性	60
5.1	タスクセット構成	64
5.2	ヒアリング調査の様子	66
5.3	各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 A)	68
5.4	各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 B)	69
5.5	各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 C)	70
5.6	各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 D)	71
5.7	各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 F)	72
5.8	各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 G)	73
5.9	数列穴埋めのパフォーマンス値	76
5.10	記憶のパフォーマンス値	77
A.1	予備実験の流れ	付録 A-2
A.2	予備実験の 1 セットのタスク構成	付録 A-2
A.3	被験者 E のパフォーマンス	付録 A-4
A.4	被験者 F のパフォーマンス	付録 A-4

表目次

2.1	Performance Assessment Battery(PAB)	5
2.2	SAP における評価項目	7
3.1	ヒューマンアビリティによる知的能力分類	11
3.2	オフィスワークに必要とされる 12 能力	13
3.3	CPTOP2 タスク一覧	13
3.4	数列穴埋めタスク出題例	16
3.5	CPTOP2 および伝票分類パフォーマンスの向上率	20
3.6	各設問の平均解答時間 [s]、標準偏差及び設問時間比率	23
3.7	数列種類別の平均解答時間 [s]	33
3.8	タスク修正案のまとめ	35
4.1	実験室環境	36
4.2	作業後アンケートの質問項目	37
4.3	被験者詳細	44
4.4	各タスク後半 5 セット分の標準偏差 (被験者 A ~ T)	46
4.5	各タスク後半 5 セット分の標準偏差 (被験者 U ~ AN)	47
4.6	パス使用群の改善効果の有無とパス頻度	49
4.7	パス使用までの平均時間 [s]	50
4.8	両難易度群の改善の有無とパフォーマンス平均値	51
4.9	各被験者の数列穴埋め解答時間と推定時間	54
4.10	タスクモデルによる補正前と補正後の標準偏差	56
4.11	タスクモデル補正により標準偏差が増加した被験者の補正後パフォーマンスと補正率との相関関係	58
4.12	記憶方法が異なる被験者の記憶時間差	61
4.13	記憶タスクの時間差と 1 セット毎の解答数の差	62
4.14	タスク修正案と実験結果のまとめ	62
5.1	実験日程	65

5.2	被験者属性	66
5.3	本実験の結果とフィールド実験の実施方針	80
A.1	予備実験の実験室環境	付録A-1
A.2	被験者Eのパフォーマンス値	付録A-3
A.3	被験者Fのパフォーマンス値	付録A-3
B.1	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者A,B,C)	付録B-2
B.2	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者D,E,F)	付録B-3
B.3	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者G,H,I)	付録B-4
B.4	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者J,K,L)	付録B-5
B.5	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者M,N,O)	付録B-6
B.6	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者P,Q,R)	付録B-7
B.7	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者S,T,U)	付録B-8
B.8	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者V,W,X)	付録B-9
B.9	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者Y,Z,AA)	付録B-10
B.10	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者AB,AC,AD)	付録B-11
B.11	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者AE,AF,AG)	付録B-12
B.12	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者AH,AI,AJ)	付録B-13
B.13	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者AK,AJ,AM)	付録B-14
B.14	各タスク10セット分のパフォーマンス(被験者AN)	付録B-15

第 1 章 序論

近年、地球環境負荷の低減やコスト削減が求められるようになり、オフィスにおいても室内環境を見直す動きが積極的に行われてきた。この室内環境改善にはオフィスの生産性向上に着目した対策が必要である。それは、生産性向上による省エネルギーのみならず、健康・快適性の増進も同時に実現できると期待されるためである。そのためには、オフィスの生産性を定量的に評価するプロダクティビティ指標の確立が必要不可欠である。

そこで、当研究室ではオフィスの生産性を定量的に評価することが可能なタスクテスト CPTOP (Cognitive Performance Test for Office Productivity)、及びその改善版である CPTOP2 を開発してきた。

さらに、室内環境から「照度」に着目し、CPTOP、さらには CPTOP2 を評価指標とした照明環境改善効果の検証実験を実施し、その効果を定量的に示してきた。こうした結果は、提案した照明環境が有用であることのみならず、CPTOP2 が環境変化による影響を生産性という観点から評価する指標として有用である可能性も示した。

しかし、CPTOP、及び CPTOP2 開発の最終目的であるオフィス環境における生産性評価を見据えた時、現状のタスク時間をさらに短縮化する必要があるが、短時間化された CPTOP2 で知的生産性を定量的に評価可能であるかは不明である。さらに、実際のオフィス環境によるフィールド評価を実施方法を確立させなければならない。

そこで、本研究では、CPTOP2 をオフィス環境評価が可能とされる程度まで短時間化できる様にタスク内容やインタフェースの修正方法を提案する。さらに、その修正効果を検証する被験者実験を実施し、修正方法の妥当性を確認する。また、短時間化した CPTOP2 を用いた実オフィスフィールド実験を実施し、オフィスの疲労度と生産性の関係性を調査すると同時に、今後のフィールド実験に向けた実施手順を具体的に示す。

本論文では、第 1 章で序論を述べ、第 2 章では、研究の背景と目的を述べる。第 3 章では、昨年度までの実験や新たな被験者実験から CPTOP2 の短時間化に向けた修正案を提示し、第 4 章でその修正効果を検証した実験を述べる。さらに、第 5 章では、CPTOP2 による実オフィス評価について述べる。最後に第 6 章で本研究で得られた結果をまとめ、今後の課題を展望する。

第 2 章 研究の背景と目的

本章では、研究の背景について述べ、オフィスワークの生産性の定量的評価に関する既往方法と問題点について記す。さらに、その問題点を踏まえた本研究の目的を述べる。

2.1 研究の背景

近年、地球環境負荷の低減やコスト削減が求められるようになり、オフィスにおいても室内環境を見直す動きが積極的に行われてきた。例えば、2005年に政府主導で実施され始めた「クールビズ」は注目を集めた。これは、オフィスワークの服装を調整するとともに、エアコンの設定温度を 28 とすることにより省エネルギーを目指す取り組みである。現在、この対策は多くの企業や団体で行われるまでに普及した。

しかし、クールビズの様なエネルギー消費量削減対策をオフィスにて実施する場合、そこに勤務するオフィスワークにとっては不快であり、それが生産性を低下させる大きな要因となっている可能性がある。生産性が低下すれば、労働時間が増加する。その結果、増加時間分に対応するエネルギー消費が行われ、エネルギー消費量削減効果が弱められる可能性がある。さらに、その増加時間分に対する人件費が多くなるおそれもある。一般に、企業における支出の大部分は人件費が占めると言われており、生産性低下が招く経済的損失は計り知れない。したがって、オフィスの室内環境改善のためには、オフィスワークの生産性を向上させる環境作りが必要不可欠であると考えられる。そのためには、オフィスワークの生産性を定量的に評価するプロダクティビティ指標の確立が必要である。

2.2 オフィスプロダクティビティに関する既往研究と課題

オフィスワークのプロダクティビティに関する研究は、欧米を中心に 20 年以上前から行われており、アメリカの Lawrence Berkeley 国立研究所らが参画する Indoor Health and Productivity プロジェクト^[1]では、1000 件以上のオフィスデザインや室内環境とプロダクティビティに関する文献タイトルなどを格納したデータベースを構築、公開

している。また、Brill^[2]らはオフィス環境とプロダクティビティとの関係に関する調査を始めて実施し、その結果をまとめている。これを契機として、プロダクティビティに対する関心が高まり、オフィス環境とプロダクティビティの関係を検証する研究が増加している。

2.2.1 プロダクティビティの概念と定義

プロダクティビティの定義に関しては、様々なものが存在しているが、一般的には労働生産性^[3]を指し示すことが多い。労働生産性とは、「一定期間内に生み出された財あるいはサービスのアウトプットの量を労働者数で割ったもの」と定義されている。しかし、アウトプットをどのように定義し、それをどのような方法で定量的に評価するかは様々であり、数多くの研究がなされてきた。ここでは、プロダクティビティ評価方法に関する既往研究について述べる。

2.2.2 プロダクティビティの評価指標

プロダクティビティを評価するためには、オフィスワーカーの生産性を計測する必要がある。しかし、オフィスワークは容易にコスト換算が可能なブルーカラーワークではなく、多くはホワイトカラーワークである。したがって、そのアウトプットはアイデアのような創造的なものも含まれるために、定量的評価が困難である。そこで以下に示す3つの方針により生産性評価が提案されてきた。

(1) 作業量による評価

ホワイトカラーワークの知的生産性に関しても、職種や仕事内容によっては作業量や作業効率が直接的に計測可能な場合が存在する。橋本ら^[4]は、ASHIRAE 1992 Workshop on IAQにおいて以下のような計測項目を列挙している。

- 作業スペースでの不在状況
- 作業時間あるいは作業の停止時間 (休憩や中断)
- 自発的な残業時間
- 疾病率の推移 (病欠など)
- あるプロセスに必要とする作業時間

- 商品生産数
- 売り上げあるいは利益
- 製品やサービスあたりのトータルユニットコスト
- 医療費削減による利益 / 健康管理費
- 新規得意先開拓数
- 退職率・転職率の推移、再雇用、教育費負担
- 出席率、全国テストの平均点 (学校を対象とした場合)

実際に、オフィスワークの直接計測として、コールセンターでの作業量測定が行われている。例えば、Fisk^[5]らは病院のコールセンターにおける平均処理時間と換気量等の環境要因との関係を調査したところ、換気量が高い時に作業効率が2%上昇し、高温環境では逆に低下すると報告している。また Kroner^[6]らは、保険引受業務部門に個人制御された環境システムを導入し、一定期間に作成されたファイル数の測定結果から環境評価を行った。その結果、この環境システムの影響は2%程度と報告している。

これらは定量的な計測が容易な業務に関するのみでの評価であり、オフィスワークの多くは定量的な評価が容易でない。それを解決する案として仮想的なタスクから評価する研究も行われてきた。

(2) 仮想タスクによる評価

仮想的パフォーマンス測定とは、測定、定量化が可能な作業を与え、その速度や精度の測定値からプロダクティビティを評価する方法である。代表的な方法は、テキストタイピングタスクである。これは例文テキストと同じ文字をタイプするタスクであり、Wargoekiら^[7]は、空気質を左右する汚染物質、換気量とテキストタイピングなどからなるタスク成績との関係を検討し、定量的な関係を得ている。

その他の例として、コンピュータを用いて、知覚、判断など、脳の高次の働きをテストするタスクも考案されている。その代表として挙げられるのが表 2.1 に示すような Walter Reed の Performance Assessment Battery (PAB) である^{[8][9]}。しかし、こうした仮想タスク内容が実際のオフィスワークのそれを反映しているかは疑問が残る。

表 2.1: Performance Assessment Battery(PAB)

作業名	作業内容
Two-Letter Search	2 文字の目標アルファベットとアルファベット文字列が表示、文字列中に目標の 2 文字が存在するかを判断
Four Choice Serial Reaction Time	テンキー 1、2、4、5 に対応する 4 つのボックスが表示、内一つが点滅した際に点滅するボックスの数字を入力
Interval production	時計の秒針が表示、自らが 1 秒と感じる間隔でボタンを押して秒針を動かす作業
Manikin	画面に人体、および の図形が人体周囲および左右の手に表示され、人体を囲んでいる図形と同じ図形を持っている方の手の左右を答える
Code Substitution	数字とアルファベットの対応表が与えられ、その後文字が画面に表示され、それに対応する数字を入力する作業
Matching to Sample	はじめにサンプルの図形、その後 2 つの図形が画面上に並んで表示され、サンプルと同一の図形を選択する作業
Running Memory	1 から 3 の数字が 1 文字ずつ次々と画面上に表示され、1 つ前に表示された数字をキーボードより入力する

(3) 主観による評価

主観評価では、オフィスワークに対するアンケート等による自己申告を用いて生産性評価を試みている。その代表的な指標として疲労や快適性が挙げられる。

オフィスワークの疲労や快適性が作業量に大きく影響するとされ、また短時間により回答が可能であるために作業量の代替手法としてよく実施されている。疲労測定手法として自覚症しらべ^[10]が広く用いられている。これは、以下に示すようにねむけ感、不安定感、不快感、だるさ感、ぼやけ感の5項目に関して各5問計25問の質問に対して、1:まったくあてはまらない、2:わずかにあてはまる、3:少しあてはまる、4:かなりあてはまる、5:非常によくあてはまる、の5段階で回答するものである。

- | | | |
|------|------|--|
| I群 | ねむけ感 | ねむい / 横になりたい / あくびがでる / やる気がとぼしい / 全身がだるい |
| II群 | 不安定感 | 不安な感じがする / ゆうつな気分だ / おちつかない気分だ / いらいらする / 考えがまとまりにくい |
| III群 | 不快感 | 頭がいたい / 頭がおもい / 気分がわるい / 頭がぼんやりする / めまいがする |
| IV群 | だるさ感 | 腕がだるい / 腰がいたい / 手や指がいたい / 足がだるい / 肩がこる |
| V群 | ぼやけ感 | 目がしょぼつく / 目がつかれる / 目がいたい / 目がかわく / ものがぼやける |

また、室内環境という観点から生産性評価を試みるものとしてSAPが挙げられる。これは橋本ら^[11]が室内環境についての主観評価に関する既往研究をまとめ、さらに独自に質問を加えたアンケートである。評価項目を表2.2に示す。具体的には、室内環境(温熱、音、光)とさらに各環境要因の下位要素(上下温度差、会話の聞き取り安さ、グレア等)を主観評価させ、環境全体としての総合的評価を行う構造となっている。また自身の生産性に対する作業効率を単一質問項目で評価させている。

しかし、こうした主観評価が生産性と関係性があるとはされてはいるが、客観性に欠け、その変化量から生産性を定量的に推定することが難しい。そのため主観評価のみによる生産性評価は困難であり、タスクテスト等から得られたパフォーマンス変化の裏付けとして使用されるといった補助的な役割を担うことが多い。

表 2.2: SAP における評価項目

	項目		項目	
一 般 的 事 項 ・ 基 本 情 報	回答日	光 環 境	明るさ	
	名前		作業面の手暗がりへの不満	
	所属		グレア・まぶしさ	
	性別		モニタへの映り込みへの不満	
	年齢(あるいは生年月日)		仕事への影響(照明)	
	職務内容		視覚的プライバシーへの満足	
	現在の体調		温 熱 環 境	温冷感
	現作業スペースでの継続勤務期間			湿度感(全身)
	座席位置情報(外壁からの距離)			気流感の有無(全身)
	座席位置情報(窓からの距離)			放射感の有無
ブ ロ ビ ダ テ ク ィ テ 関 連	モチベーション	快適感		
	室内環境(総合的)の影響	上下温度差		
「個人生産性」の程度	温度変動の有無			
仕事への集中のしやすさ	着衣状態			
災害・事故・防犯に対する不安	仕事への影響(温熱環境)			
コミュニケーションし易い	空 気 環 境	空気の汚れ(新鮮さ)		
協働作業性		空気の淀み		
空 間 環 境		広さ・スペース	におい	
		インテリアに対する印象	仕事への影響(空気質)	
	デスク周りのスペース	ほこりっぽさ		
	デスクの使い心地	音 環 境	騒音の程度	
	調整性について		騒音に対する感度・満足	
	仕事への影響(デスク)		音源(不満)の特定	
	椅子の使い心地/快適性		仕事への影響(音環境)	
	椅子の調整性について	プライバシー		
	仕事への影響(椅子)	そ 他 の	メンテナンスに対する満足	
	机・家具等什器の配置		仕事への影響(清掃・メンテ)	
配線の不備・不足				
収納スペース				

(4) 生理指標による測定

生理指標測定は、人間の心理生理反応を計測して生産性を推定する方法である。その例として、NIRS(Near-Infrared Spectroscopy : 近赤外分光器)による脳機能活動計測が挙げられる。これは、近赤外光を用いて脳活動に伴って起こる血流量の変化を捉える装置であり、生産性変化をもたらす要因を脳活動の違いから解明しようとする研究も積極的に行われている^{[12][13]}。近赤外光測定は非侵襲であり、高い測定精度である一方で、そのメカニズムは未だ解明されていない点も多く、生産性評価の指標として確立されていない。

2.3 昨年度までの研究

2.2.2項で述べたプロダクティビティ研究は、オフィスワークそのものの生産性評価が困難であるために、多角的な視点から推定する試みが実施されてきたが、実際のオフィスワークを反映できていないことが問題であった。そこで、本研究室では、オフィスワークの生産性を客観的、定量的に評価する指標としてCPTOP (Cognitive Performance Test for Office Productivity)を開発してきた^[14]。これは、オフィスワークの生産性をその人の知的能力の発現率と定義し、オフィスワークに必要な知的能力を抽出し、それぞれの能力を評価するタスクセットを作成したものである。

また、オフィス室内環境から「照度」に着目し、生体リズムの改善から生産性を高めることを目的とした照明制御法の効果をCPTOPを用いた被験者実験により定量的に示してきた^{[15][16][17]}。これらの実験から照明効果を示した一方で、CPTOPが環境感度が鈍いという問題点が浮上し、その問題点を解決した新たなパフォーマンステストとしてCPTOP2を開発した^[18]。CPTOP2の詳細については第3章で述べる。さらに、CPTOP2でも同様に照明効果検証実験を実施し、照明効果を感度よく評価することができ、CPTOP2の生産性評価指標としての有用性を確認した。

2.4 本研究の目的

2.3節で述べたように、オフィスワークの生産性を評価する指標としてCPTOP2が照明環境効果を定量的に感度良く評価できた一方で、実際のオフィスワークを対象とした評価を行う場合、タスク時間が長いことが問題となった。昨年度の実験ではCPTOP2タスク時間を34分と設定していたが、オフィスワークに対するインタビューからCPTOP2

タスク実施のために割くことが可能な時間は15分程度であるとの意見を得ており、タスク時間の短縮化が求められている。しかし、タスク時間を短縮化したCPTOP2でも環境評価を昨年度の評価実験と同様に定量的に行うことが可能であるかは不明である。そこで、本研究の目的は、昨年度までに実施したCPTOP2を用いた環境評価実験の結果からタスク短時間化に向けた課題を抽出し、その課題を解決するタスク内容やインタフェースの修正方法を提案し、被験者実験から修正効果を検証することである。

同時に、CPTOP2を実オフィス評価実験を実施し、CPTOP2が実オフィスにおいても生産性評価が可能であることを確認すると共に、将来的に実施される環境評価フィールド実験に向けた実験方法の確立を目的とする。

第 3 章 フィールド評価に向けた CPTOP2 の課題抽出と修正方法の提案

本章では、CPTOP2 を実際のオフィスにおけるフィールド評価を実施するための課題と短時間化に向けた修正案について述べる。

3.1 パフォーマンステスト CPTOP2 の概要

第 2 章で述べたように、オフィスワークそのものを定量化することが困難であるため、本研究では、オフィスワークの生産性を必要な知的能力の発現率と定義する。知的能力の発現率は、室内環境や時刻、心理状態等により左右されると考えられ、高い発現率を示せば、仕事を的確にこなし、有意義なアウトプットが得られると期待される。

そこで、Fleishman ら^[19]によって表 3.1 ように分類された人の知的能力をもとに、オフィスワークに対するアンケート調査を実施した。その結果より、オフィスワークに必要な能力を表 3.2 に示す 12 種類を抽出し^[20]、各知的能力を定量的に評価するパフォーマンステストとして CPTOP を開発した。しかし、CPTOP を用いた照明環境評価実験を実施したところ^[16]、環境変化に対して CPTOP 作業パフォーマンス変化が 1%以下となり、環境変化に対する感度が鈍いことがわかった。

そこで、その原因を探ったところタイムプレッシャーが感度を鈍くする要因であることがわかった。具体的には、CPTOP 各タスク各設問には制限時間が設けられており、その有無を比較した被験者実験を実施し、被験者はその制限時間がタイムプレッシャーとなり、パフォーマンスの改善余地を小さくしていたことがわかった。

さらに昨年度の研究では、その問題点を改善した改良版 CPTOP である CPTOP2 を新たに開発した。CPTOP2 は 12 種類の知的能力を表 3.3 で示した 4 つのタスクから環境に対して感度よく評価するタスクセットを作成している。ここで、選択的注意能力に関しては、4 タスクの総合点として評価するものとし、問題への感受性は、タスクにより評価することが不可能な能力であるために省いている。CPTOP では 1 知的能力に対して 1 タスクを作成していたために全能力に対応するタスクを完了するまでに 60 分程度要していたが、CPTOP2 では 1 タスクで複数の知的能力を評価できるようにした

表 3.1: ヒューマンアビリティによる知的能力分類

能力名	能力の説明	能力の用いられる場面
口頭理解能力	話された言葉や文を理解する能力	講義、説明、出来事や場所、人物の描写、電話、テレビなどのメッセージを聞いて理解するのに用いられる。
書面理解能力	書かれた言葉や文を理解する能力	本、記事、説明書、文面になった説明、仕事の命令書の読解に用いられる。
口頭表現能力	ほかの人が理解できるように話して言葉を使う能力	説明を行ったり、スピーチをしたり、出来事を描写したりということに用いられる。
文章表現能力	ほかの人が理解できるように書面で言葉を使う能力	文書、説明書、指示書、推薦状、手紙、メモなどを書くことに用いられる。
アイデアの流暢さ	多くのアイデアを生み出す能力	ある問題に対して複数の結論や、新しいツールの様々な使い方や、代わりとなる調査の可能性や故障したものの修理などに用いられる。
独創性	普通ではない賢いアイデアを生み出す能力	設備を修理するために新しいツールを発明したり、社員募集や仕事をよりよくするための新しいアイデアを思いついたり、新しい絵画法を作ったりという場面で用いられる。
記憶能力	言葉や数字、絵や手順など、情報を覚える能力	新しい名前や顔、規則、電話番号、場所の風景、文書、バスの番号の記憶などに用いられる。
問題への感受性	何かが間違っていることを知る能力	装備の故障や、病気の初期段階、受信したデータの正確性などに気づくことが含まれる。
数学的推論能力	問題を理解し、数学的方法を選択し問題を定式化する能力	数学的推論は、ミサイルの軌跡を表現する数式を作ったり、生産量のデータを分析するのに統計を用いたり、ビジネスの利益を計算する方法を決めたりすることに用いられる。
数字能力	四則演算や数字の操作を早く正確に行う能力	数字能力は収入に対する税金を計算したり、レストランの請求書を計算するのに用いられる。
演繹的推理能力	一般的な法則を特別な問題に適用し、論理的な解を見出す能力	航空力学を用いて新しい飛行機を設計したり、株を選ぶのにどの要素を考えるべきか決めたり、事件の際にある行動が特定の法律を犯したかどうか決めたりすることに用いられる。

次頁に続く

能力名	能力の説明	能力の用いられる場面
帰納的推理能力	ばらばらな情報から一般法則や結論を導き出す能力	研究で得られた多くの結果から病気の診断を行ったり、風向き、気圧などの情報を用いて天気を予測したり、持ちうる証拠を用いて罪状を決める場合などに用いられる。
情報秩序化能力	物の配置など決められた法則に正確に従う能力	センテンスを意味のあるパラグラフに構成したり、数字やアルファベットを指示どおりに並べたりということに用いられる。
分類柔軟性	一連の物事をグループ化するような法則を作り出す能力	合成繊維を強度、コスト、弾力、融点の点から分類したり、花を大きさ、色、におい、効用から分類したりという場面で用いられる。
理解速度	構成や意味がないと一見思われる情報を早く理解する能力	天気レーダーのパターンを見て天気を決定したり、モルス信号を受信したりするような場面で用いられる。
理解の柔軟性	他のないように隠された既知のパターンを同定したり、検出したりする能力	カモフラージュされたターゲットを探し出す、部屋の図面や手書きの複雑な図形の中からスイッチを探し出す、ラフの中のゴルフボールを探し出す場面などで用いられる。
位置確認能力	自分の位置、または物体の自分に対しての位置を認識する能力	飛行機の操縦、町で地図を用いる、新規開店時のフロア設計などに用いられる。
視覚化能力	物が移動したときにどのように見えるかを創造できる能力	ゲームで相手の駒の先読みをする、紙を切り貼りして立方体を作る、模様替えの際家具がどう見えるか予測する時などに用いられる。
認知速度	文字、数字、物体、絵、パターンをすばやく正確に比較する能力	印刷ミスがないかどうかテキストをすばやく調べたり、データの正確性を素早く調べたり、様々な株価の増減を調べるのに新聞の株式市場のページを調べるのに用いられる。
選択的注意能力	一定期間、タスクに集中する能力	ボイラーの音でうるさい部屋の中で技術書を読む、後ろに聞こえる人の会話を無視して管制官からの着陸指示を聞き取る、などに用いられる。
時分割能力	2つ以上の行為や情報源の間での往復を効果的に切り替える能力	時分割能力は、航空管制官が多くの計器などに注意を払ったり、ウェイターが一度に多くの注文を処理したりするのに用いられる。

表 3.2: オフィスワークに必要とされる 12 能力

口頭理解能力	書面理解能力	口頭表現能力	文章表現能力
アイデアの流暢さ	独創性	数学的推論能力	数字能力
記憶能力	帰納的推論能力	選択的注意能力	問題への感受性

ことで、タスク時間の短縮化を目指した。

表 3.3: CPTOP2 タスク一覧

タスク名	対応する知的能力
語句並べ替え	口頭理解能力、書面理解能力、口頭表現能力、文章表現能力
ブロック組立	アイデアの流暢さ、独創性
数列穴埋め	数学的推論能力、数字能力
記憶	記憶能力、帰納的推理能力

また、CPTOP2 はオフィス環境で実施することを目的とすることから、サーバ、クライアント構成でシステムを実装し、インターネットに接続された PC であれば実施することができるよう作成している。

3.2 CPTOP2 タスクの詳細

ここでは、3.1 項で述べた知的能力を評価する 4 タスクについて説明する。

語句並べ替え

順番がランダムに表示された語句カードを、最も自然な文章になるよう並べ替えるタスクである。正解だと思ふ語順を同じ語順で語句カードをクリックし解答する。その際に、語句カードの表示順序により難易度差が発生しないよう以下の制約を設けている。語句並べ替えタスクでは口頭理解能力、書面理解能力、口頭表現能力、文章表現能力の言語能力を評価する。

- 並べ替え後に最初にくる語句カードを左端に表示しない
- 並べ替え後に連続する語句カードを連続して表示しない

評価項目は単位時間あたりの正解数である。図 3.1 にタスク画面を示す。

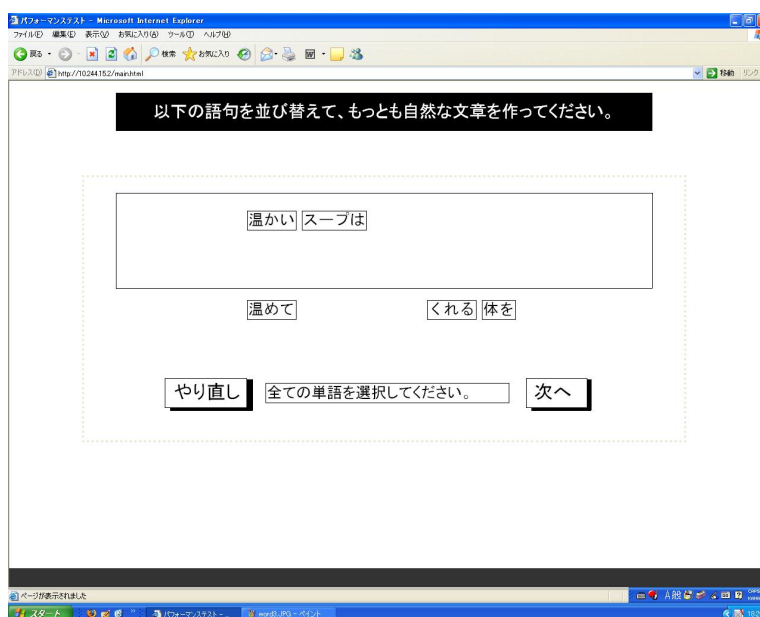


図 3.1: 語句並べ替えタスクの画面例

ブロック組み立て

4つのブロックを組み合わせ、絵を作り、さらにその絵に対して、タイトルと出来栄を入力する作業である。出現するブロックパターンはランダムに決定されるが、設問毎の難易度を一定にするために各ブロックの占有マス数は一定になるようにブロックパターンは決定されている。出来栄に関しては、作成した作品を3段階（よくできた、普通、よくない）で評価する。ブロック組み立てタスクでは、数多く図形を作成することでアイデアの流暢さを評価し、出来栄から独創性を評価する。評価項目は単位時間あたりの回答数である。図3.2にタスク画面を示す。

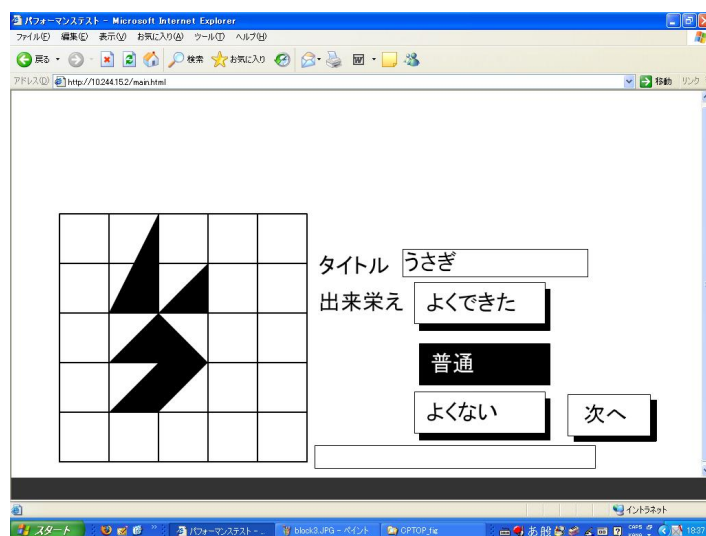


図 3.2: ブロック組立タスクの画面例

数列穴埋め

6個の数からなる数列の1箇所が空白になっている。空白にあてはまる数字を4つの選択肢の中から選ぶ作業である。難易度を一定に保つために、あまりに複雑な数列は出題しないようにし、数列の種類を等差数列、等比数列、フィボナッチ数列のみとし、各項も4桁以下の整数に限定した。3種類の数列の中からどの数列が選択されるかはランダムに決定される。具体的な出題例を表3.4に示す。数列穴埋めタスクでは、数列の種類を判別するために必要な数学的推論能力と計算時に必要な数字能力を評価する。評価項目は、単位時間あたりの正解数である。図3.3にタスク画面を示す。

表 3.4: 数列穴埋めタスク出題例

数列名	出題例					
等差数列	10	()	20	25	30	35
	10	-8	-26	-44	()	-80
等比数列	-3	-6	-12	()	-48	-96
	3	-12	48	-192	()	-3072
フィボナッチ数列	2	5	7	12	()	31
	5	78	83	()	244	405

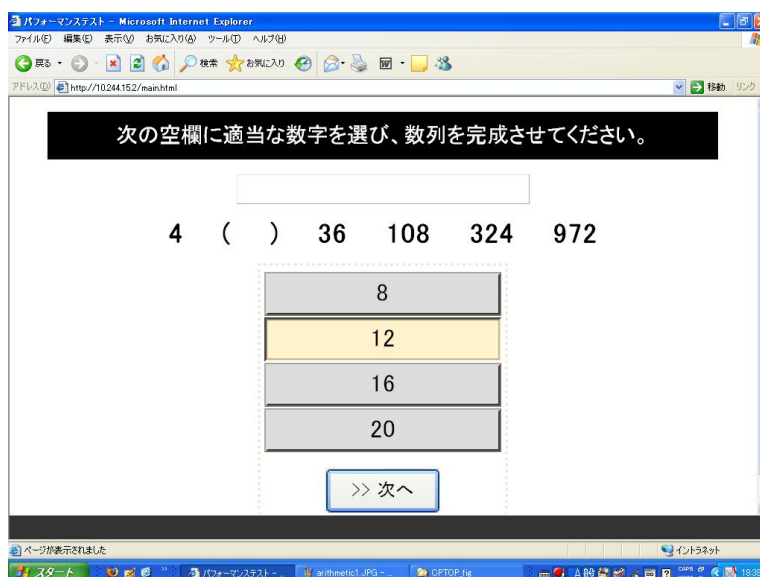


図 3.3: 数列穴埋めタスクの画面例

記憶

これは図形の状態遷移を記憶するタスクである。まず図 3.5 に示す画面の左側の「1」、「2」、「3」のボタンをマウスでクリックし、各図形（●、▲、■）が表示されているときに数字ボタン 3 種類をクリックした際の図形の状態遷移を記憶する。記憶する項目は、3つの図形に関して3つの数字ボタンの計9項目記憶するものと、●を除いた6項目を記憶するものの2種類設けた。このタスクでは、難易度の高低に影響を及ぼすとされる状態遷移の複雑さを情報エントロピーとして5段階（1:単純～5:複雑）設定し、それを各設問ランダムに決定して難易度の均一化を図っている。解答入力方式は、図 3.5 の右側のようにプルダウン方式としている。記憶タスクでは、状態遷移を見出すのに必要である帰納的推論能力と状態遷移を記憶する記憶能力を評価する。評価項目は単位時間あたりの正解数である。

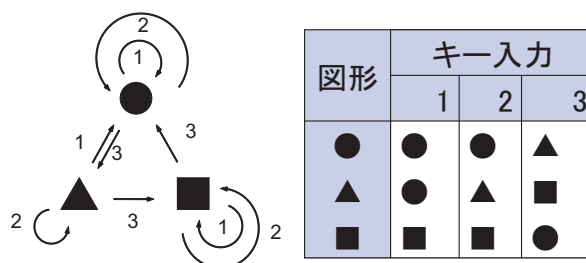


図 3.4: 記憶タスクの状態遷移図

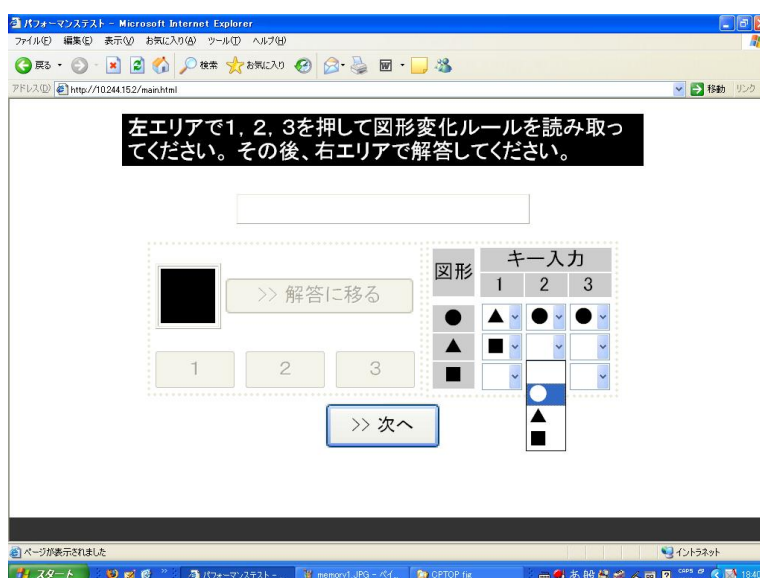


図 3.5: 記憶タスクの画面例

3.3 CPTOP2をオフィス環境評価に向けた課題の抽出

本節では、昨年度実施された環境評価実験について記し、得られた結果を基にオフィス環境評価に向けた課題を抽出する。

3.3.1 昨年度実施されたCPTOP2環境評価実験

昨年度、CPTOP2による照明環境改善の効果検証実験を行った。以下に実験方法、及び実験結果とオフィス環境評価に向けた課題について述べる。

3.3.1.1 実験方法

実験は、環境条件が統制可能な実験室にて行った。評価対象となる照明環境として、サーカディアンリズム調整が期待されるサーカディアンリズム照明環境と、オフィス環境として一般的な750lx標準照明環境の2環境を設定した。サーカディアンリズム照明とは、人間の生体リズムの改善を促進するため、図3.6の示すように時刻経過に伴い照度が増加する照明環境である。それぞれの照明条件下でCPTOP2作業を8名の被験者に対して行った。初日の練習日の後、標準照明環境Iが3日間、サーカディアン照明環境が3日間、標準照明環境IIが3日間行った。

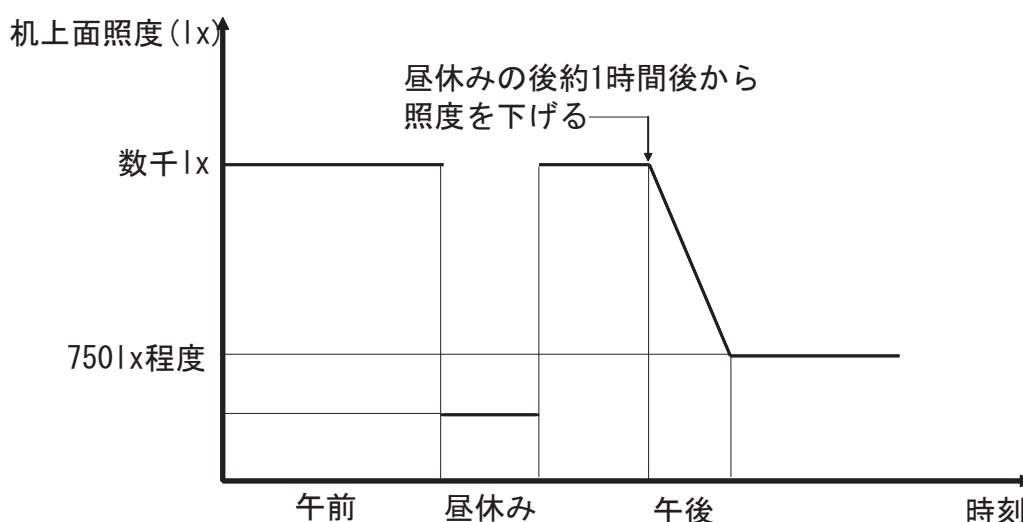


図 3.6: サーカディアンリズム照明環境

各実験日の流れを図3.7に示す。CPTOP2の4タスク計34分と伝票分類作業10分を1セットとし、各実験日に計6セット行った。CPTOP2タスク時間は、事前実験が

ら十分な解答数が得られる時間設定とした。また伝票分類作業とは、一昨年の実験から環境感度よく評価できた模擬的オフィスタスクであり、CPTOP2 環境感度を評価するベンチマークタスクとした。NASA-TLX とはメンタルワークロードを計測する指標として用いた [21]。

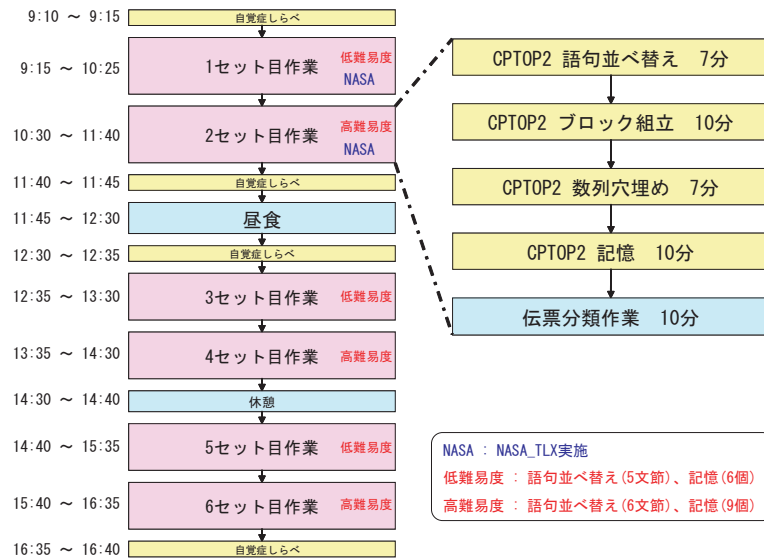


図 3.7: 1日の流れ

3.3.1.2 実験結果と課題

一般に、同じ作業を繰り返し行う場合、習熟効果により試行回数が増えるにつれてパフォーマンス値は上昇していく。したがって、各環境下のパフォーマンス値を比較するためには、習熟効果を補正する必要がある。そこで、以下に示す方法にて習熟補正を行った。

まず、1回の試行毎に一定の改善率である一定値に近づくと仮定し、式 (3.1) に示すような習熟曲線を標準照明条件のパフォーマンス値から最小二乗法により導出する。求めた曲線の理論値 k と試行回数における理論値の比を実測値にかけることで補正した。

$$y = k - ab^x \quad (3.1)$$

ここで、 k は習熟完了時のパフォーマンス値、 a は初期値により決定される定数、 b は改善率から決定される定数、 x は試行回数を表す。

習熟補正を行った CPTOP2 及び伝票分類作業のパフォーマンスの平均値を表 3.5 に示す。ここで、語句並び替え (5) は 5 文節、語句並び替え (6) は 6 文節である。記憶

(6) は記憶数が6、記憶(9) は記憶数が9であることを示している。データ値は各被験者の全日程での平均値を基準として正規化したものである。表 3.5 に示すように、向上率が数%程度の値となり、以前の CPTOP では同じ照明効果の向上率が1%以下であったことを踏まえると、環境感度の観点では CPTOP2 は改善されたことが確認された。その一方で、CPTOP2 の設計目的であるオフィス環境評価を考慮すると、以下のような問題点が浮上した。

表 3.5: CPTOP2 および伝票分類パフォーマンスの向上率

タスク名	向上率 [%]
語句並べ替え (5)	1.2
語句並べ替え (6)	2.3
ブロック組立	6.7
数列穴埋め	-4.0
記憶 (6)	1.9
記憶 (9)	0.1
伝票分類	2.9
CPTOP2 平均値	1.2

(1)1 セットのタスク時間が長い

オフィスワークを対象に生産性測定を実施するためには、タスク時間をできる限り短縮し、業務に支障が無いようにしなければならない。昨年度の実験では、図 3.7 で示したように、CPTOP2 タスクのみの時間でも 1 セットあたり 34 分間要していた。これは、十分な解答数を得るために設定された時間であるが、オフィスワークが 34 分間 CPTOP2 作業のために時間を割くことは不可能である。実際にオフィスワークに対するインタビューを行ったところ、環境評価を実施するためには、15 分程度が限度であるとの意見を得ている。しかし、昨年度の実験で採用した時間配分を単に減らすだけでは、解答数が減少するため安定したパフォーマンス評価が困難になる可能性がある。したがって、CPTOP2 タスクを短時間化した場合でも安定したパフォーマンスを示すようタスク内容を見直す必要がある。

ここで、本研究におけるパフォーマンスが安定であるとは、「同じ人が同じ環境下で同じタスクを行えば、同じパフォーマンス値になる」という仮定に基づき、同じ環境下で実施された試行のパフォーマンス変動を環境要因のそれ以下に抑えられている状

態とする。そこで、CPTOP2 タスク時間の短縮化にあたり、この安定性に着目して修正を施していくことにした。タスクの環境感度が十分であることに関しては3.3.1.2で述べたように昨年度の実験から確認済みであり、次項から述べる修正はタスク内容そのものの変更ではないことから環境感度はタスク変更後でも維持されるとした。

(2) オフィス環境での評価実施方法が未確立

実験に参加した被験者は、終日実験環境を統制した実験室で作業を繰り返し行ったが、オフィスワークに対しての実験条件統制は不可能である。将来、オフィス環境におけるフィールド実験を想定すると、実施期間やCPTOP2 タスクの習熟完了までに必要な試行回数といった実施方法は不明である。

以下、本章では、(1)で示したタスク短時間化のための修正方法の提案に着目し、(2)で示した実施方法については第5章で述べる。

3.4 CPTOP2 タスク短時間化に向けた修正方法の提案

3.4.1 CPTOP2 修正の方針

タスク修正方針としてパフォーマンスの安定性の観点から以下の項目に着目した各CPTOP2 タスクの修正を試みた。その際、表3.3で示した各タスクの評価対象となる知的能力を評価できているかに留意しながら、難易度の均一化やタスク解答時間の短縮化を目指すこととする。

1. 設計時に意図した知的能力を評価できているか
2. 各設問の難易度は均一か
3. 各設問の解答時間を短縮化し、1試行における解答数を増やすことは可能か

3.4.2 昨年度の実験結果からの短時間化に向けた課題抽出

まずは、昨年度の実験の各被験者のCPTOP2パフォーマンス及びインタビューから、各タスクに関して、照明環境以外のパフォーマンス変動を与える要因を探った。

語句並べ替え

表 3.5 に示したように語句カード数が 5 個の場合、6 個に比べて向上率が低くなった。これは、5 個の場合はメンタルワークロードが低く、環境変化に対する感度が鈍くなったと考えられる。また、解答が複数存在し、解答を躊躇し解答時間が増大している設問も多く存在していた。したがって、今後は語句カード数が 6 個の場合のみを採用し、複数解答が存在する問題を排除する。

ブロック組み立て

ブロック組み立てタスクは表 3.5 で示したように高い向上率となった一方で、各設問の解答時間、及び設問間の解答時間の差が大きいタスクであった。表 3.6 に全被験者の全設問の平均解答時間、標準偏差並びに設問時間比率 (各タスクセット時間 (語句並べ替え 7 分、ブロック組み立て 10 分、数列穴埋め 7 分、記憶 10 分) に対する 1 設問に要する時間割合) を示す。表 3.6 に示したように、全被験者のブロック組み立ての標準偏差が最も高く、設問時間比率も高い傾向を示した。言い換えると、「設問により解答時間が異なり、かつ 1 セットあたりの解答数は少ない」ことを表している。その要因として、被験者へのアンケートやインタビューから出現するブロックパターンに依存すると回答する被験者が多くいた。そこで、難易度が高いとされるブロックパターンを明らかにし、その削除を目指した。しかしながら昨年度の実験では、ランダムにブロックパターンが決定され、各被験者が異なったブロックパターンで行っていたため、一般的な傾向を探ることはできなかった。そこで、本研究では、ブロックパターンを統一させ、再度被験者実験を実施し、ブロックパターンと所要時間の関係を探った。実験の詳細については 3.4.3 項で述べる。

表 3.6: 各設問の平均解答時間 [s]、標準偏差及び設問時間比率

被験者	語句並べ替え (5)			語句並べ替え (6)			ブロック組み立て		
	解答時間	標準偏差	設問時間比率	解答時間	標準偏差	設問時間比率	解答時間	標準偏差	設問時間比率
A	9.9	7.1	0.024	15.4	10.5	0.037	67.2	52.8	0.11
B	17.9	11.0	0.043	25.0	15.4	0.059	67.4	45.4	0.11
C	9.5	5.7	0.023	14.9	10.6	0.036	112.1	73.3	0.19
D	11.0	4.9	0.026	15.6	9.1	0.037	57.1	27.2	0.10
E	9.3	16.1	0.022	11.8	7.5	0.028	45.4	27.4	0.08
F	12.6	7.8	0.030	20.4	11.9	0.049	57.4	31.4	0.10
G	8.1	7.4	0.019	11.7	9.0	0.028	102.8	83.1	0.17
H	8.4	4.8	0.020	11.8	6.6	0.028	45.1	33.6	0.08
全被験者 平均値	10.8	8.1	0.026	15.8	10.1	0.038	69.3	46.8	0.12

被験者	数列穴埋め			記憶 (6)			記憶 (9)		
	解答時間	標準偏差	設問時間比率	解答時間	標準偏差	設問時間比率	解答時間	標準偏差	設問時間比率
A	9.1	9.1	0.022	37.1	18.7	0.062	64.0	27.3	0.11
B	15.1	14.0	0.036	30.0	15.0	0.050	49.8	22.7	0.08
C	37.4	37.5	0.089	49.3	21.6	0.082	93.5	27.9	0.16
D	27.5	24.3	0.065	51.8	17.8	0.086	85.2	22.7	0.14
E	6.6	6.7	0.016	16.1	10.6	0.027	23.5	5.9	0.04
F	8.8	8.7	0.021	38.9	23.0	0.065	80.0	29.6	0.13
G	4.6	4.5	0.011	17.5	10.8	0.029	29.6	11.7	0.05
H	9.6	8.8	0.023	35.5	17.5	0.059	59.8	19.7	0.10
全被験者 平均値	14.8	14.2	0.035	34.5	16.9	0.058	60.7	20.9	0.10

数列穴埋め

昨年度の実験結果では、このタスクのみ向上率が負になった。その原因として習熟補正が適切にかけることが困難であったことが考えられる。これは、図 3.8 に示すように、習熟が試行回数の増加に伴い直線的に進んでいるために、試行回数が少ない程補正值が大きくなりすぎるためである。習熟が直線的であることは、習熟完了まで至っていないことを意味しており、その要因として解答方法が選択式であったことが考えられる。すなわち選択肢をうまく利用することで解答戦略を変え続けたことが要因であったということである。

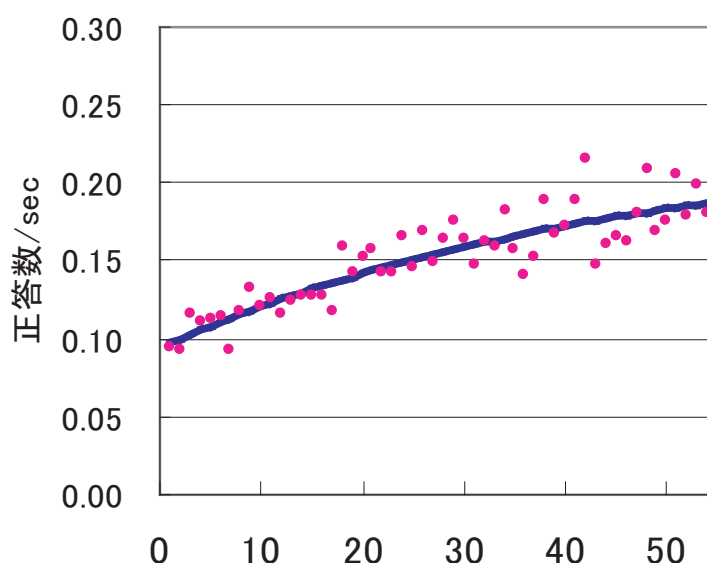


図 3.8: 数列穴埋めタスクの習熟曲線例

選択肢を解答戦略として利用する場合、タスクの評価対象能力である数学的推論能力や数字能力を駆使せずに解答する戦略が多い。例えば、マイナスの有無のみから判断を行う場合や、1の位のみを見て判断するといった計算量をできる限り減らそうとする戦略が多く、認知速度課題となっている可能性が高い。したがって、解答方法を選択式とせず、図 3.9 のように正解値を直接入力するような方式に修正することを提案する。しかし直接入力方式では、計算量が多くなるために各設問の解答時間が増加し、解答数が減少することによりパフォーマンスの安定性が却って損なわれることが予想される。

そこで被験者実験を行い、直接入力に修正した場合のパフォーマンス安定性を調査

し、仮に安定しないのであれば、その要因を抽出することとした。

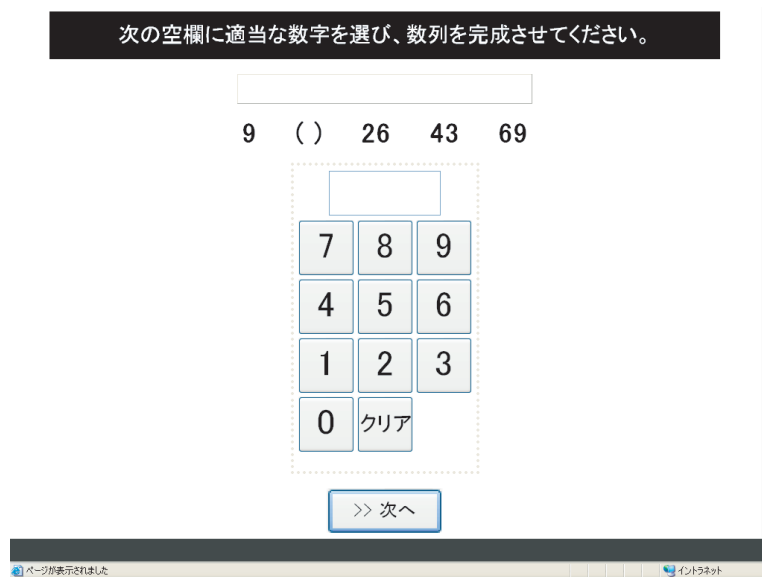


図 3.9: 直接入力方式の数値タスク画面例

記憶

記憶する項目が9個と を除いた6個の2種類あり、9個では難易度が4タスクの中で最も高く、数列穴埋め作業と同様に習熟に多くの試行を要していることが分かった。また、プルダウン方式の解答入力では、誤入力が発生し解答入力に多くの時間を要していた。したがって、解答項目を6個とし、解答入力を図3.10のようなボタン方式とすることを提案する。

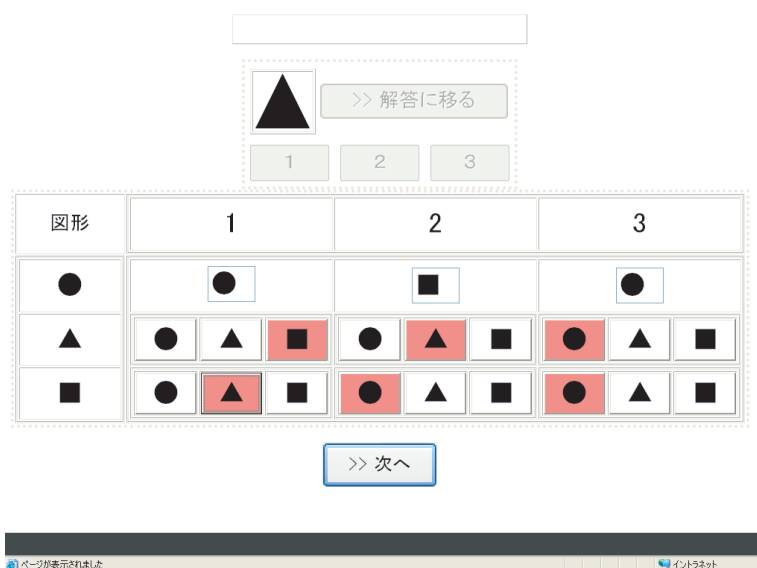


図 3.10: ボタン入力方式の記憶タスク画面例

3.4.3 CPTOP2 課題抽出実験の実施

3.4.3.1 実験の目的

3.4.2 項で述べたように、ブロック組み立てと数列穴埋めに関して以下に示す目的で実験を実施した。

ブロック組み立て

出題されるブロックパターンについて、すべての被験者に統一したパターンを出題することにより、解答に時間の要するとされるブロックパターンの特徴を抽出、削除することを目的とする。

数列穴埋め

解答方式を直接入力に変更することで、数列の種類や計算量により大きくパフォー

マンスが変動すると予想される。その変動度合いを把握し、修正方法を提案することを目的とする

3.4.3.2 実験方法

実験手順

実験は、京都大学医学部構内先端科学研究棟 401 号室で行った。実験日は 2008 年 5 月 19 日から 22 日の 4 日間行った。初日は練習日とし、CPTOP2 作業に十分慣れてもらった。2~4 日目を評価対象とし、計 21 セット行った。

タスク時間は、図 3.11 に示すように設定した。これは昨年度の実験結果から各タスクの解答数が十分確保できるよう 17 分を分配した。

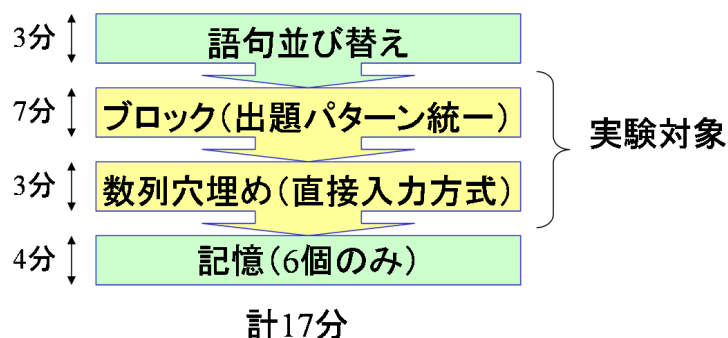


図 3.11: 1 セット作業のタスク時間配分

被験者

被験者は男性 4 名 (被験者 A、B、C、D) である。

3.4.3.3 実験結果

ブロック組み立てと数列穴埋めについて述べる。実験結果は 3.3.1.2 で述べた方法に基づき習熟補正を行った。

ブロック組み立て

本実験の目的は、一般的に時間の要するブロックターンを抽出、削除することである。そこで、ブロックパターンと回答時間の関係を図 3.12 に示す。回答時間は全被験者が回答した全試行の平均値を基準として正規化している。この中から、全被験者が平均時間を超えたブロックパターンを抽出したところ、全 135 試行中僅か 6 試行であっ

た。すなわち、全被験者に共通したブロックパターンが存在すると考えるより、被験者毎に時間を多く費やすブロックパターンは異なると判断すべきである。

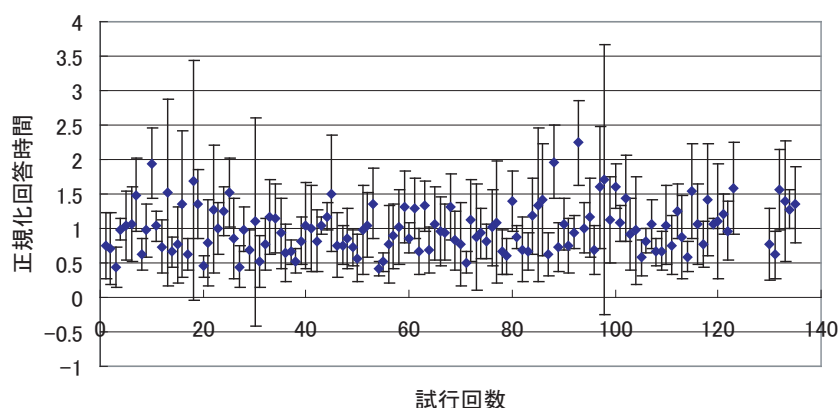


図 3.12: ブロック全試行の正規化平均回答時間

また、被験者に対するインタビューから図 3.14 の様にブロックに斜線の占有マス数が多い場合に時間を要したという意見が多く得られた。そこで、各被験者のブロックパターンに占める斜線の占有マス数と所要時間の関係を調べたが、図 3.15 に示すように強い相関関係は見られなかった。つまり、たとえ斜線占有マス数が多い設問であろうと所要時間が短いものも多く含まれていたことを示している。

一般に、創造的認知の思考過程として、Finke^[22]らが提案したジェネプロアモデルが広く知られている。このモデルの特徴は、図 3.13 に示すように、創造が生成的認知過程と探索的認知過程の循環を経て行われること、さらにこの2つのプロセスに産出制約と称される制約が働いているとしたことであり、創造の持つ様々な側面をこのモデルにより捉えることができる。ブロック組み立てでも、ブロックを組み合わせる図形を作成する生成的認知過程とそれにタイトルをつける探索的認知過程に分類することができる。その2過程の間を循環の繰り返しで創造的な生成が発生するとしている。さらに Finke らは、個人差を生成と探索のされ方の違いとして捉えている^[23]。ブロック組み立てタスクでは、生成される図形形態が限定的であるために、探索の違いが大きく影響していると考えられる。つまり、「作成した図形とそのタイトルにどれ程自分の中で納得できたか」の差が時間差になると言える。

以上の2点から、新たな修正案として「パス」を導入することが挙げられる。本タスクにおける「パス」とは、被験者が回答することが困難であると判断した設問を回答せず、次の設問へ進むことである。生産性は一定期間(あるいは一定時間)に生み出

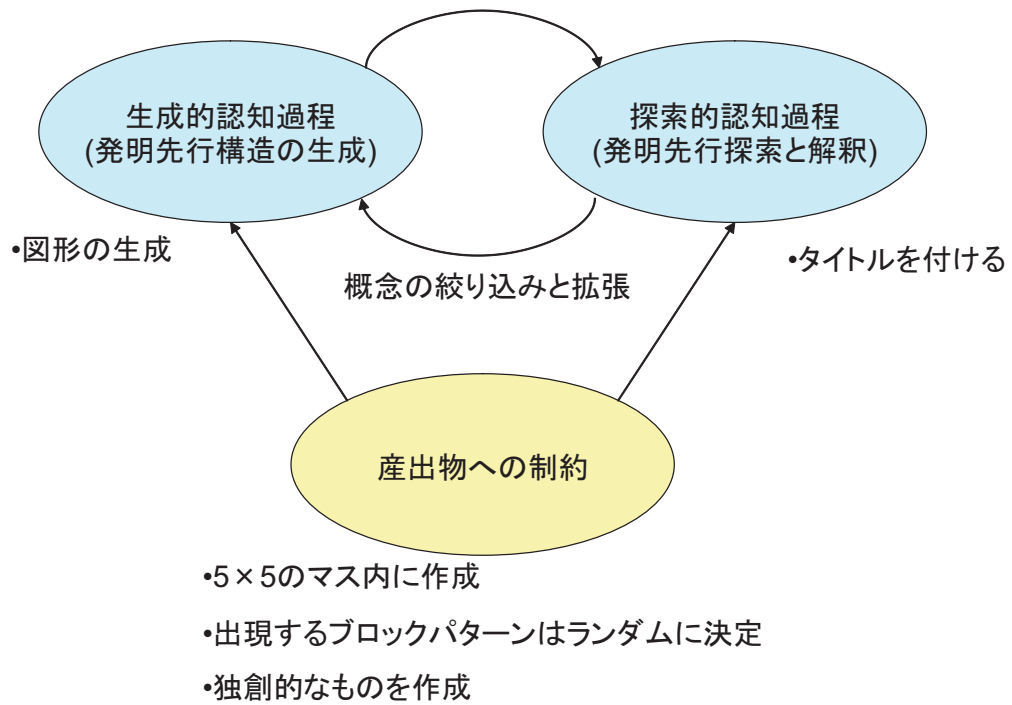


図 3.13: ジェネプロアモデルの概要図



図 3.14: 占有マス数に斜線が含まれる割合の高いブロック例

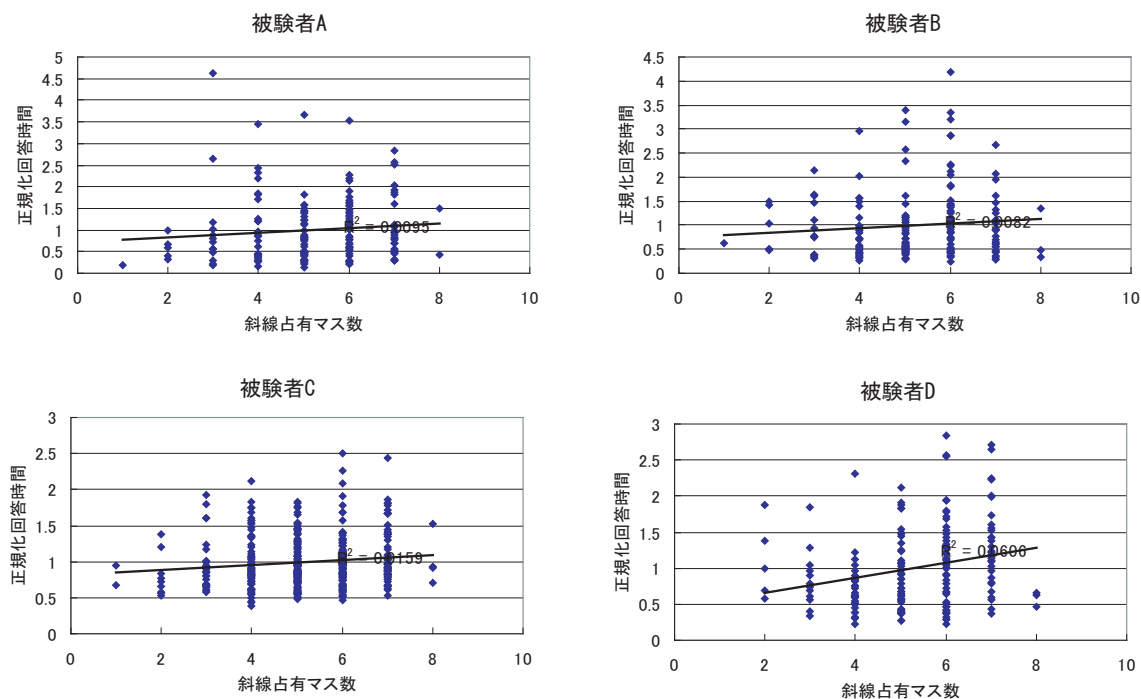


図 3.15: 全被験者の斜線占有マス数と正規化回答時間との相関関係

されたアウトプットの量であると定義されるため、パスの使用により回答しなかった設問のパフォーマンスは0とする。これにより、問題の難易度を被験者自身が判断し、高難易度と判断した設問において、生成的認知過程と探索的認知過程の循環ステップ数が極端に大きくなることを防ぐことが可能となり、パフォーマンス安定につながると期待される。

また、ブロック組み立てタスクでは出来栄を3段階(よくできた、普通、よくない)で自己評価しているが、インタビューからその評価基準が被験者毎に異なっていることが分かった。例えば、「出来る限り見てわかるもの」という認識可能性を重視する被験者がいる一方で、「出来る限り他人が作らないようなもの」という独創性を重視する被験者がいた。このタスクの評価対象能力は「独創性」であるため、後者の基準を採用する必要があると言える。そこで、自己評価の基準を独創性にのみ限定し、「独創的」、「やや独創的」、「普通」の3段階で評価するよう変更した。

これらの修正を加えたタスク画面例を図 3.16 に示す。

数列穴埋め

本実験では、直接入力方式としたため、選択入力式に比べ計算量の違いによりパフォー

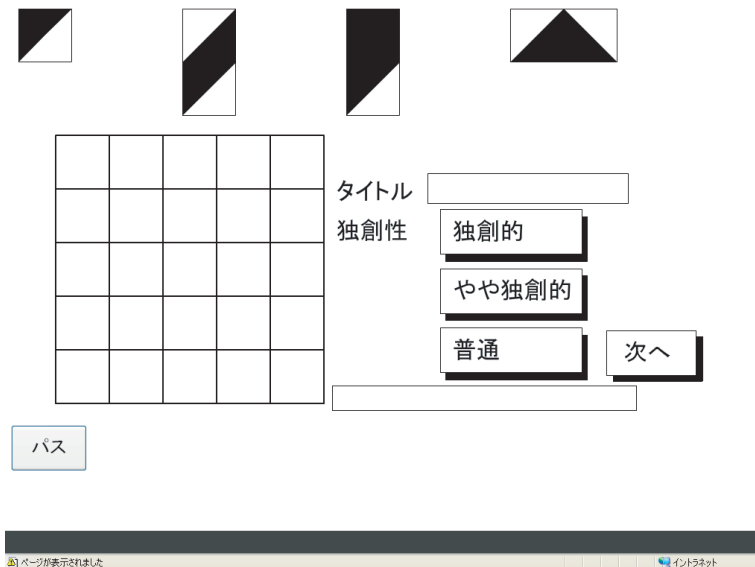


図 3.16: ブロックの修正タスク画面

マンズ値が変動することが予想された。本実験では、計算量の大小は正解値の桁数に大きく左右されると仮定し、正解値を x とすると、桁数として $1 + \log x$ を用いて評価を行った。

各数列についての桁数と所要時間との関係を求めたところ、図 3.17 のように等比数列で桁数の増加により大きく解答時間が増大することがわかった。そこで、桁数が 3.5 (実際の値では凡そ 300) 以上を削除し、改めて相関関係を調べたところ、図 3.18 に示すように強い相関は見られなくなった。等差数列、フィボナッチ数列には計算量と解答時間に強い相関関係は見られなかった。そこで、等比数列の場合、桁数が 3.5 以上の値が正解値となる場合、括弧の位置を調整することで解答の桁数を小さくするよう設定した。

次に、各数列に関して、括弧の位置と解答時間時間を要した設問における括弧の位置を調べたところ、等比数列に関しては 5 番目、等差数列は 2 番目、フィボナッチ数列は 3 番目に時間を要する設問が多いことが分かった。等比数列については、上述の通り計算量が多いためである。等差数列については、括弧の位置が初項に近いと、交差の計算に値の大きな数値の計算をして求め、さらにそれを記憶しながら括弧を計算するために、計算量が増えるためであると考えられる。フィボナッチ数列については、等差数列との数列判断のためには 3 数が連続して表示されている箇所から計算するため、括弧が 3 項目の場合、以降の値の大きい 4 項目から 6 項目を用いて判断する必要があり、計算量が増えるため時間を要すると考えられる。

さらに、各被験者の数列の種類による全設問の解答時間差を求めたところ、すべて

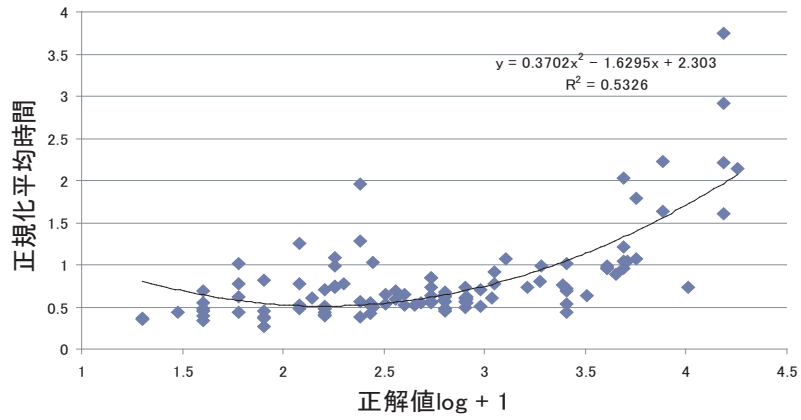


図 3.17: 全被験者の等比数列の平均解答時間と桁数の関係

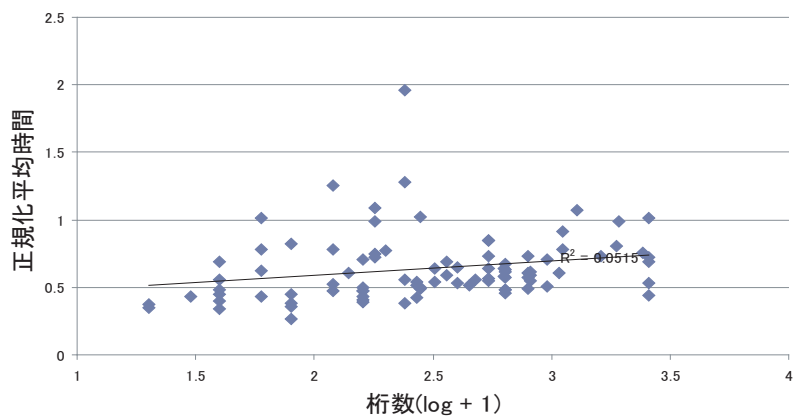


図 3.18: 全被験者の等比数列の平均解答時間から 3.5 以上を省いた桁数との関係

の被験者について、表 3.7 に示したように等比数列 < フィボナッチ数列 < 等差数列の順になった。等比数列が最も時間が短い理由として、桁数の変化が大きく、判別のための計算が不要であったためであったと考えられる。フィボナッチ数列と等差数列の違いは、計算回数の差にあると考えられる。フィボナッチ数列は数列の判断には 1 の位の足し算のみ行い、計算としては括弧の値を求める際の 1 回だけであるのに対し、等差数列では、交差を求め、それを記憶し括弧を計算するという 2 回の計算作業が存在するために時間差が生じたと考えられる。

以上の点から、表示される数字を 5 数とするよう修正する。その際に、フィボナッチ数列の判断には連続する 3 数から判断することから、3 項目に括弧がある場合、連続 3 数が表示されている部分が存在しないため、括弧の位置を 2 項目か 4 項目に限定する。さらに、4 項目に括弧があり、且つ括弧に当てはまる数の桁数が 3.5 以上になる場合に括弧は 2 項目とする。これにより、括弧の位置や数列の種類により固定化された戦略を採用する可能性が高く、その解答手順のタスク分析を行うことで、解答時間に補正をかけることが可能となり、更なるパフォーマンス安定が期待できる。

表 3.7: 数列種類別の平均解答時間 [s]

	等比数列	フィボナッチ数列	等差数列
被験者 A	6.8	9.2	11.5
被験者 B	5.5	6.0	9.0
被験者 C	4.8	5.9	8.4
被験者 D	8.6	8.9	12.7

さらに後日、本実験とは別に 2 名の被験者 (被験者 E、F) に対して予備実験を行った。実験の詳細については付録 A で述べるが、その結果、数列穴埋め作業では、被験者 E、F 共に数列の解答数が被験者 A ~ D と比較して少なかった。図 3.19 に被験者 C と E のパフォーマンス値を示す。図 3.19 に示すパフォーマンス値では、被験者 C が 3 分間のタスク時間内に 20 問前後解答しているのに対し、被験者 E はタスク時間内で 2 ~ 3 問しか解答していなかったことになる。日常的に数学的推論能力や数字能力を駆使する機会があるかどうかの違いが大きくパフォーマンスに顕れている。CPTOP2 タスクは、設定したタスク時間 (数列穴埋めでは 180 秒) を経過した時に解答している設問が終了するまで継続される。したがって、1 セットあたりの解答数が数問程度の場合、設問の解答終了時の経過時間が 180 秒前後で解答数が 1 問多くなると (または少なくな

ると)、この1問の解答数の違いがパフォーマンス変動として数十%にも達する。正解率に関しても同様であり、1問多く正解(あるいは不正解)することでパフォーマンスが大きく変動する。

そこで、現状までの修正に基づいて出題される数列(以下、難易度高)とは別に、さらに計算量を減らした数列(以下、難易度低)を設け、難易度を2段階にする方法を提案する。具体的には、難易度低では数列の各値を難易度高から更に小さくし、括弧の値の計算時に繰り上がり及び繰り下がりが発生する確率を小さくしている。5数表示であること、及び括弧の位置を2項目と4項目に限定することは両難易度に共通である。

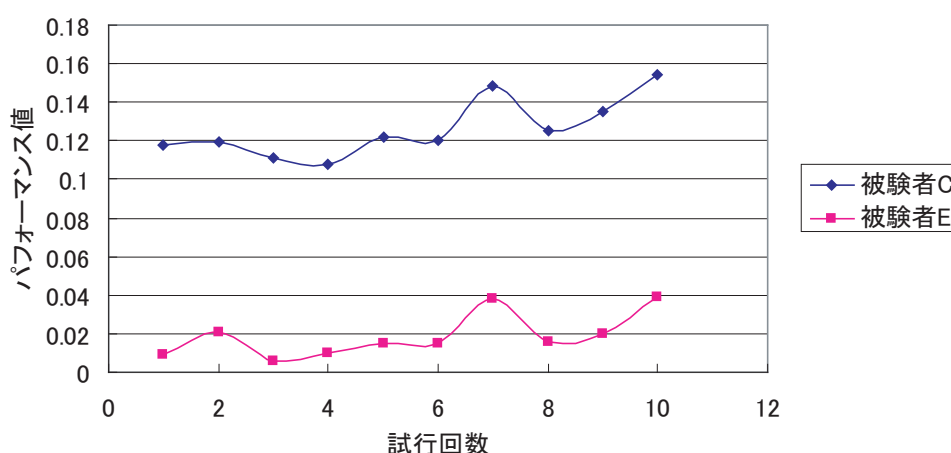


図 3.19: 被験者 C と被験者 E の数列穴埋めパフォーマンス値

3.4.4 CPTOP2 修正案のまとめ

昨年度の実験の結果、及び本研究で行った実験の結果から修正案を纏めると表 3.4.4 のようになる。以下、第 4 章では、提案した修正がパフォーマンス値の安定につながるかを検証する実験を行った。

表 3.8: タスク修正案のまとめ

タスク	昨年度の問題点	修正案
語句並べ替え	複数解答可能な文章に躊躇	不適切文章の削除
ブロック 組み立て	設問毎の回答時間差が大きい 出来栄えの基準が不明確	パスの導入 独創性に限定
数列穴埋め	選択肢を利用するため、設計時に意図した 能力を駆使しない	直接入力方式
	直接入力方式では、解答数が減少し、 パフォーマンス変動が大きくなる	<ul style="list-style-type: none"> ・表示される数字は5数 ・数列の種類による補正 ・難易度を2段階設定
記憶	プルダウン解答入力	ボタン解答入力

第 4 章 CPTOP2 修正の効果検証実験

本章では、第 3 章で述べた修正の効果を検証するための被験者実験について述べる。

4.1 実験の目的

第 3 章で提案した CPTOP2 修正案がパフォーマンスの安定という観点において適切であるか否かを被験者実験から検証することを目的とする。そこで、昨年度までの実験に用いたタスク仕様（以下、修正前）と修正案（以下、修正後）で示した仕様の CPTOP2 作業を交互に行い、そのパフォーマンス値の標準偏差を比較する。

4.2 実験方法

4.2.1 実験環境

本実験の目的は、CPTOP2 のパフォーマンスの比較である。したがって、室内環境は常に一定になるように調節した。照度は、午後の覚醒度の低下を防ぐために 2200lx に設定し、温度は快適な温度である 25 となるようエアコンにて温度調節を行った。その他環境要因である湿度、換気量、騒音は空調設備等により標準的な値に保った。以下表 4.1 に実験時の環境を記す。

表 4.1: 実験室環境

机上面照度	温度	湿度	換気量	騒音
2200lx	25	50 %	換気扇 on	50db 以下

4.2.2 計測項目

(1) CPTOP2 のパフォーマンス (修正前及び修正後)

本実験では、語句並び替え作業を除く CPTOP2 の 3 タスクについて 3.4.4 項までに述べた修正前と修正後の 2 種類、計 6 タスクを実施した。語句並び替え作業に関しては、不適切な文章の排除のみを行うために本実験の評価対象とはしなかった。

(2)CPTOP2 に関するアンケート

各タスクについて修正前と修正後の違いを明らかにするためにアンケート（以下、作業後アンケート）を実施した。表 4.2 に各タスクの質問項目を記す。

表 4.2: 作業後アンケートの質問項目

タスク	質問項目
ブロック 組み立て	パスの使用頻度
	パスが回答数に与える影響
	パスが独創性に与える影響
数列	選択肢を利用して正解値を求めていたか
穴埋め	数列の種類による解答時間の違い
記憶	画面の見やすさ
	解答入力の操作性
	記憶方法の違いの有無
全タスク	主観的な習熟完了までの試行回数

(3) 知的能力に関するアンケート

実験開始前にオフィス作業時に使用する知的能力に関するアンケートを行い、3.1 項で示した 11 種類の知的能力から普段の業務に必要な能力を相対的に選択した。

(4) 計算タスク

数列穴埋めに関しては、数列の種類と計算量に応じて難易度によるパフォーマンスの補正を行うために、解答確定に至るまでの過程を数列の種類判別部分と括弧に当てはまる値の計算部分の 2 部に分け、両部分のタスクモデルを作成した。このタスクモデルは解答確定までの最短経路とされる手順をモデル化したものである。数列の種類判別部分の認知ステップを図 4.1、等差数列、等比数列、フィボナッチ数列の計算部分の認知ステップをそれぞれ図 4.2、図 4.3、図 4.4 に示す。各モデルには四則計算が必要となる認知ステップが多数存在し、その計算時間の差が大きく解答時間差となって顕れると予想される。そこで、本実験では数列穴埋めタスクにて想定される 2 種類の計算タスクを行い、四則計算部分の所要時間の取得を試みた。以下にタスク内容について記す。

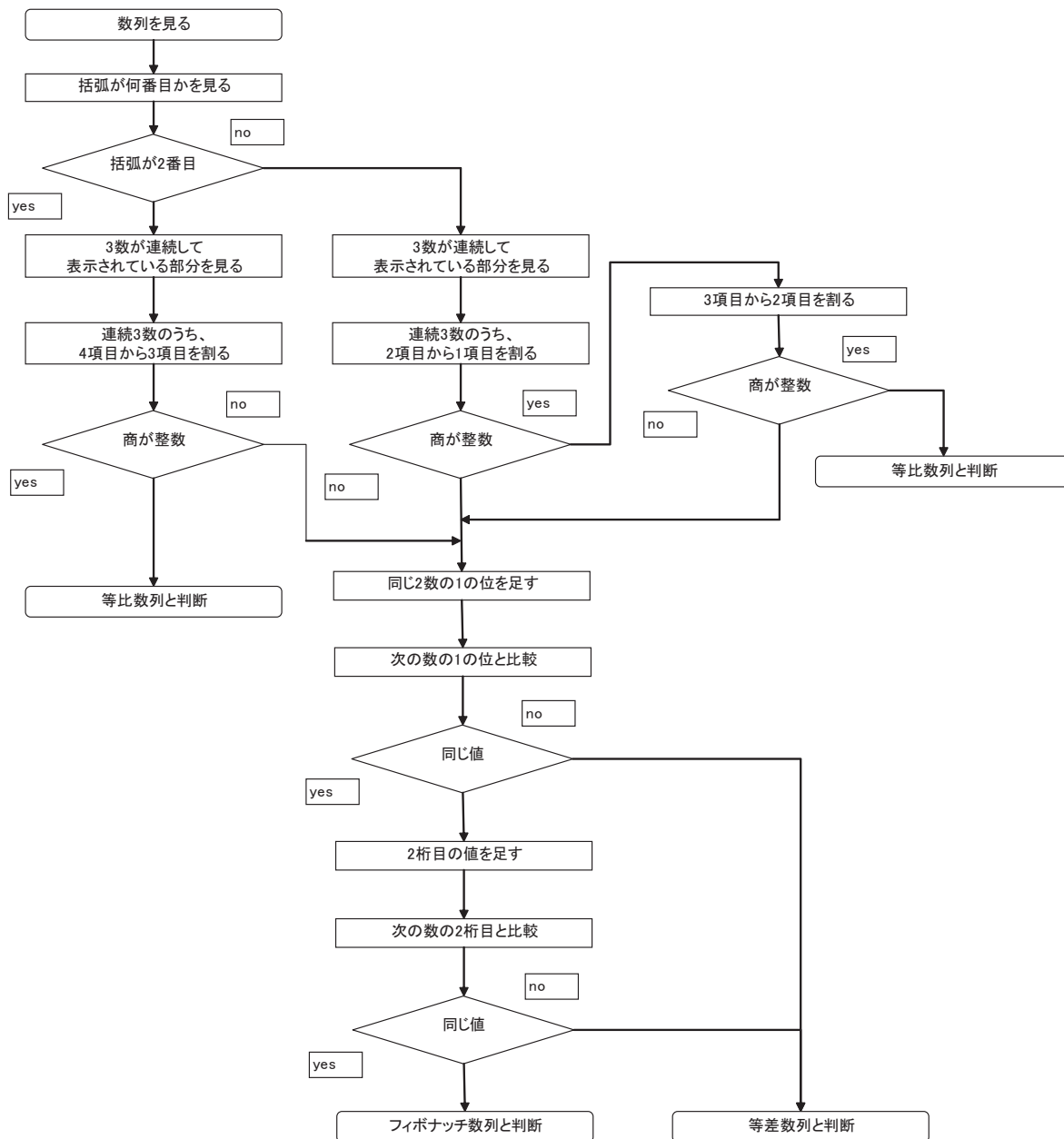


図 4.1: 数列判断部分の認知ステップ

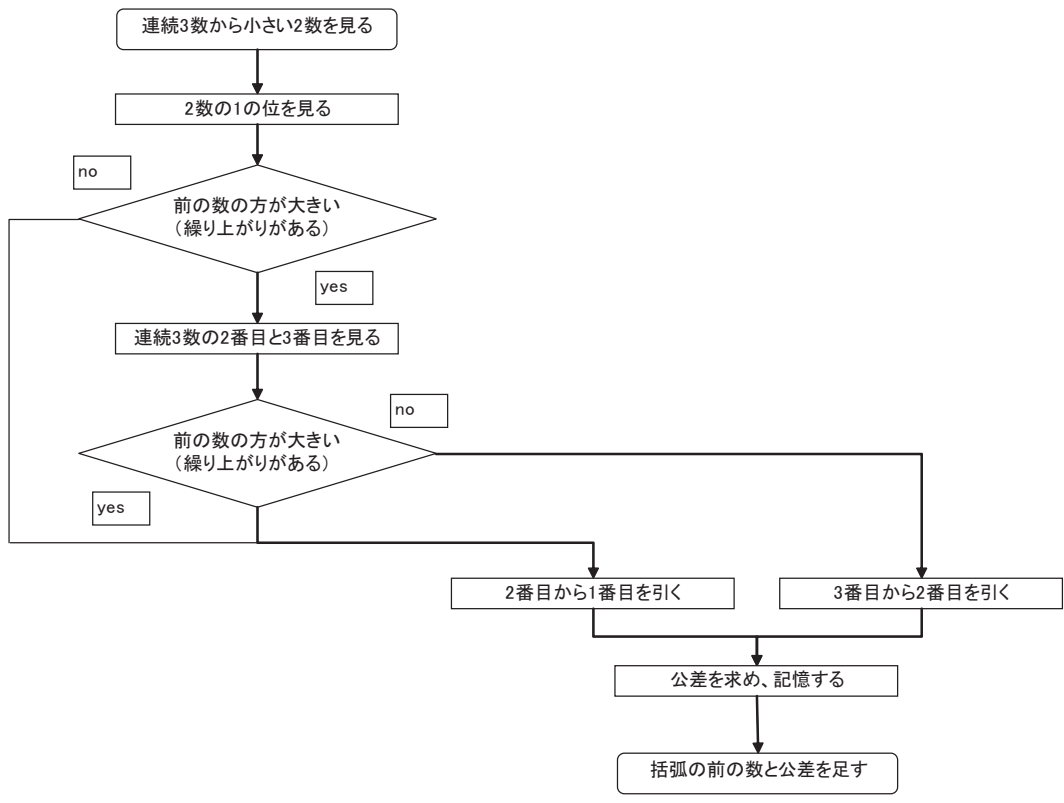


図 4.2: 等差数列の計算部分の認知ステップ

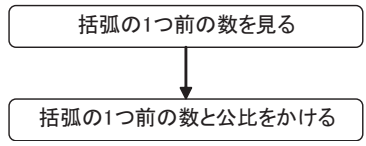


図 4.3: 等比数列の計算部分の認知ステップ

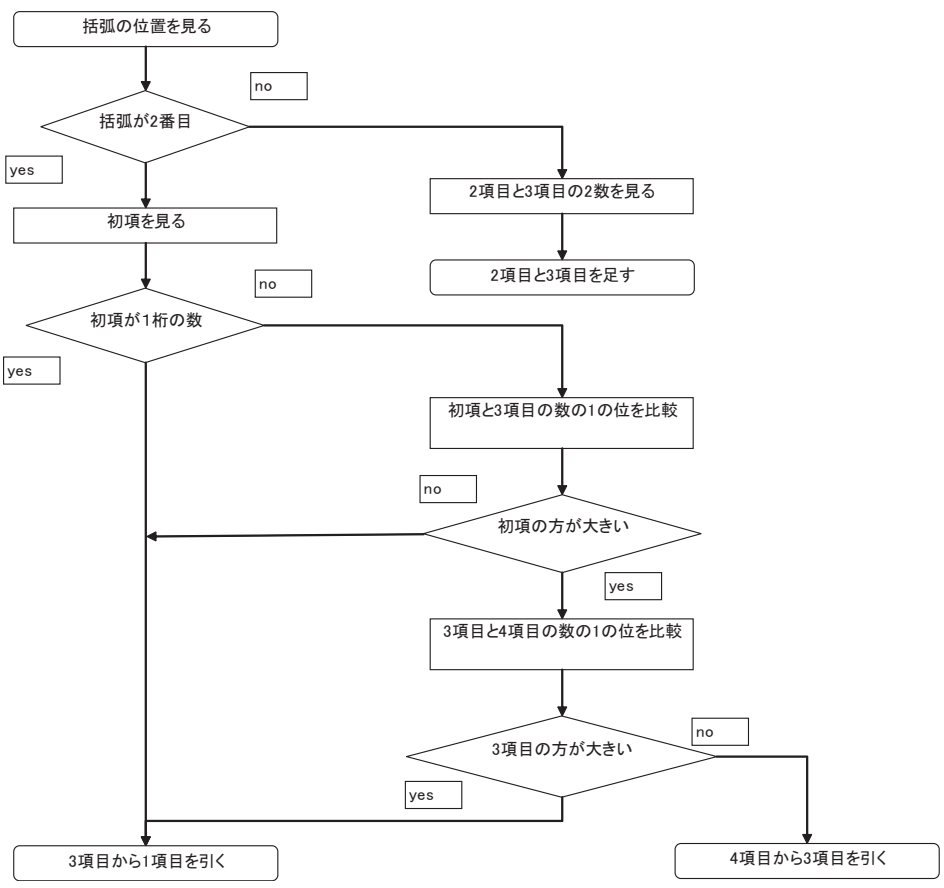


図 4.4: フィボナッチ数列の計算部分の認知ステップ

(4-1)2 数が呈示されている場合の計算

図 4.5 に示すように画面に示す数式の計算を行うタスクである。実際の数列穴埋めタスクに出題される数列の桁数に応じて四則計算を 4 問ずつ行った。実際の数列穴埋めにおける計算例として、フィボナッチ数列で括弧の値を計算する場合に括弧より前 2 項の足し算を行う場合を想定している。



図 4.5: 2 数が呈示されている場合の計算タスク画面

(4-2)1 数のみ呈示されている場合の計算

図 4.6 に示すように画面に順に表示される 2 つの数字の計算を行うタスクである。具体的には、まず 1 つ目の数字が示され、その 3 秒後のもう一つの数字が表示され、それらの 2 数の計算をするタスクである。(4-1) で述べた課題との相違点は、始めに表示された数字を記憶しながら計算をする点である。このタスクでは桁数に応じて足し算と掛け算を各 4 問ずつ行った。実際の数列穴埋めにおける計算例として、等差数列で括弧の値を計算する際に交差を記憶しながら括弧の値を求める場合を想定している。

4.2.3 実験手順

実験は、京都大学医学部構内先端科学研究棟 401 号室で行った。40 名の被験者を 11 のグループに分け、各グループ 3 名あるいは 4 名になるようにした。これは被験者が少ない場合、実験者が特定の被験者に注視することとなり、被験者が心理的に作業しづらい環境となることを防ぐためである。実施日は、2008 年 10 月 16 日から 11 月 1 日の期間の中から各グループ 1 日で行った。1 日で実験を完了することで、被験者の作業時



図 4.6: 1 数のみ呈示されている場合の計算タスク画面

における心理状態や疲労をできる限り一定に保つことができるようにした。

1 日の流れを図 4.7 に示す。図 4.7 のように作業の説明と練習の後、午前に 4 セット、午後 6 セットの計 10 セットを行った。作業 1 セットのタスク構成を図 4.8 に示す。各作業時間は、3.4.3 節で述べた実験と同じ時間配分とした。また、数列穴埋めに関しては、練習時に難易度高である作業を 3 分間行い、解答数が 11 問以上であった被験者には難易度高、10 問以下であった被験者に対しては難易度低になるよう設定した。

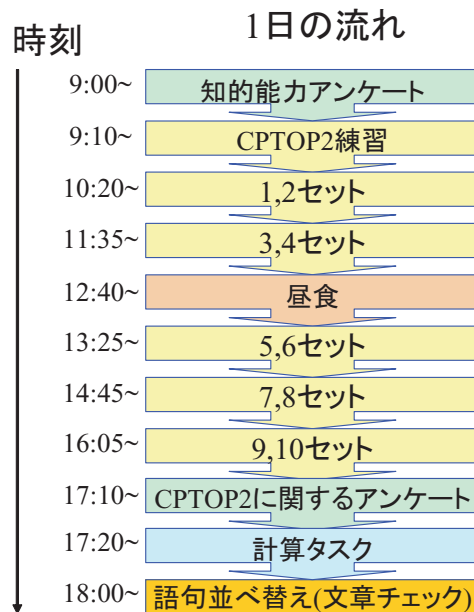


図 4.7: 実験の流れ

さらに、被験者の半数を修正前、修正後の順序を入れ替えておこなうことにより、順

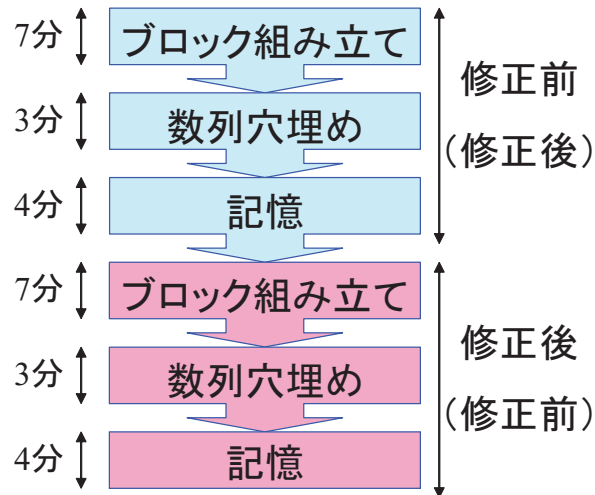


図 4.8: 1 セットのタスク構成

序効果を排除した。10 セット終了後に作業後アンケートを行った。図 4.9 は実際の実験の様子である。



図 4.9: 実験の様子

4.2.4 被験者

被験者は、男性 35 名、女性 5 名の計 40 名（平均年齢 31.2 歳）であった。被験者属性と実験実施日を表 4.3 に示す。昨年度までの 1 ヶ月間にわたり実施された照明環境評価実験では、女性被験者は照明条件以外に周期的に体調の変化が生じるため、可能な限り男性被験者に実験協力をお願いしていた。しかし本実験では、実験が 1 日で完了

すること、及び今後オフィスワークを対象とした実験を実施することを考慮し、性別による制限は設けず、オフィスワークの年齢層を網羅するようにした。本実験で男性被験者が多くなった原因は、年齢層を考慮した被験者の募集を行ったためであると考えられる。

表 4.3: 被験者詳細

	性別	数列の 難易度	年齢	実験実施日 (2008年)		性別	数列の 難易度	年齢	実験実施日 (2008年)
A	男性	低	32	10月16日	U	女性	低	22	10月23日
B	男性	高	22	10月16日	V	男性	低	31	10月23日
C	男性	低	28	10月16日	W	男性	高	20	10月23日
D	男性	高	29	10月17日	X	男性	低	37	10月24日
E	男性	低	50	10月17日	Y	男性	高	48	10月24日
F	男性	低	36	10月17日	Z	男性	高	24	10月24日
G	男性	高	27	10月17日	AA	男性	高	39	10月24日
H	男性	低	36	10月20日	AB	男性	高	18	10月26日
I	男性	高	47	10月20日	AC	男性	高	20	10月26日
J	男性	低	39	10月20日	AD	女性	低	22	10月26日
K	男性	低	47	10月20日	AE	男性	高	28	10月28日
L	男性	高	29	10月21日	AF	男性	高	33	10月28日
M	男性	低	29	10月21日	AG	男性	低	35	10月28日
N	男性	高	37	10月21日	AH	男性	高	21	10月28日
O	男性	低	29	10月21日	AI	男性	高	21	10月30日
P	男性	高	43	10月22日	AJ	女性	低	20	10月30日
Q	男性	低	28	10月22日	AK	男性	高	23	10月30日
R	男性	低	57	10月22日	AL	女性	低	21	11月1日
S	男性	低	30	10月22日	AM	男性	高	26	11月1日
T	男性	高	49	10月23日	AN	女性	低	20	11月1日

4.3 実験結果と考察

パフォーマンス値は試行回数が増えるにつれて習熟効果により上昇する。しかし、本実験では、各セットのパフォーマンス変動が習熟効果による上昇に対して大きくなっていったために適切に習熟補正がかけられなかった。そこで、前半5セット目までを習熟完了のための準備セットとし、パフォーマンス値の上昇が見られなくなった後半5セット分の値を評価対象とする。つまり、修正前と修正後の後半5セット分のパフォーマンスの標準偏差を比較した。これは、作業後アンケートからの、4タスクともに午後の前半には習熟が完了していたとの結果からも適当であると考えられる。なお、修正前後でパフォーマンス絶対値が異なるために、後半5セット分のタスクセットの平均値を基準として正規化を行った後比較した。以降、改善効果があるとは修正後の標準偏差が改善前に対して小さい値であったこととしている。以下各タスクに関する結果を示す。全被験者の各タスク修正前後の標準偏差を表4.4及び4.5に示す。ここで、表4.4及び表4.5に示す枠色は以降で述べる各タスクの被験者分類の記述の際に示す色に対応している。各被験者の前半5セットも含めた全パフォーマンスは付録Bに示す。

表 4.4: 各タスク後半5セット分の標準偏差 (被験者 A ~ T)

被験者	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
A	0.11	0.13	0.50	0.21	0.05	0.28
B	0.12	0.27	0.16	0.32	0.48	0.29
C	0.29	0.13	0.22	0.22	0.05	0.08
D	0.14	0.11	0.17	0.20	0.09	0.10
E	0.20	0.17	0.04	0.03	0.26	0.20
F	0.07	0.05	0.23	0.09	0.08	0.10
G	0.16	0.06	0.10	0.12	0.04	0.09
H	0.53	0.60	0.38	0.20	0.24	0.14
I	0.09	0.24	0.12	0.38	0.29	0.19
J	0.25	0.22	0.22	0.28	0.08	0.07
K	0.14	0.16	0.20	0.30	0.08	0.16
L	0.19	0.25	0.09	0.20	0.13	0.14
M	0.47	0.27	0.42	0.04	0.14	0.17
N	0.64	0.25	0.12	0.17	0.10	0.07
O	0.59	0.23	0.31	0.23	0.84	0.53
P	0.17	0.27	0.15	0.19	0.11	0.06
Q	0.25	0.18	0.36	0.24	0.19	0.08
R	0.06	0.06	0.16	0.10	0.12	0.27
S	0.25	0.26	0.44	0.15	0.16	0.12
T	0.28	0.20	0.18	0.21	0.07	0.11

表 4.5: 各タスク後半 5 セット分の標準偏差 (被験者 U ~ AN)

被験者	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
U	0.12	0.09	0.29	0.09	0.16	0.11
V	0.17	0.07	0.32	0.22	0.10	0.14
W	0.30	0.18	0.17	0.31	0.09	0.09
X	0.09	0.11	0.35	0.53	0.22	0.26
Y	0.13	0.16	0.13	0.19	0.10	0.19
Z	0.09	0.10	0.13	0.17	0.04	0.03
AA	0.26	0.25	0.13	0.12	0.16	0.18
AB	0.30	0.17	0.09	0.11	0.08	0.07
AC	0.14	0.18	0.13	0.29	0.14	0.06
AD	0.13	0.07	0.28	0.14	0.06	0.18
AE	0.34	0.35	0.06	0.20	0.13	0.16
AF	0.24	0.44	0.15	0.10	0.08	0.03
AG	N/A	N/A	0.21	0.22	0.12	0.17
AH	0.23	0.22	0.22	0.16	0.16	0.37
AI	0.16	0.27	0.09	0.07	0.08	0.05
AJ	0.24	0.15	0.35	0.28	0.21	0.12
AK	0.42	0.38	0.25	0.23	0.18	0.25
AL	N/A	N/A	0.19	0.19	0.12	0.05
AM	0.10	0.32	0.11	0.15	0.11	0.08
AN	0.06	0.18	0.17	0.36	0.08	0.14

ブロック組み立て

このタスクにおける相違点はパスの有無であった。そこで後半 5 セット分に欠損データが含まれていた 2 名の被験者を除く 38 名の被験者をパスの使用頻度に応じて以下の 3 つのグループに分類した。パスを一度も使用することのなかった 7 名 (以下、**パス未使用群**)、(被験者 A、D、R、S、T、X、AB)、回答ができそうなブロックパターンが出題されるまでパスを使用し続ける戦略をとった 1 名 (以下、**パス多用群**)、(被験者 B) と回答できないと判断して初めてパスを使用した残り 30 名 (以下、**パス使用群**) である。各群についての結果を述べる。

(1) **パス未使用群**

これらの被験者は、修正前後で行ったタスクが全く同じものとなったために、この群の標準偏差に改善が見られたとしても修正のためではない。「パス」という単語では、心理的に使用を躊躇する被験者がいることから呈示する表現を変える対策が必要である。

(2) **パス多用群**

この群の被験者は、パスを利用して回答できそうなブロックパターンを見つけだす戦略を採用していたが、改善効果は見られなかった。

その原因を探るために、後半 5 セット分の全設問について修正前と修正後のパスを使用しなかった設問の回答時間との平均時間差を調べたところ、修正前が 29.1 秒、修正後 (パス除く) が 27.5 秒と修正後で若干の時間短縮が見られたが、等分散性検定及び t 検定共に有意な差は見られず、回答時間の安定や短縮にはならなかった。つまり、この戦略が機能せず、結局修正前と同様の手順で回答していたと判断でき、パス使用分の時間差が却ってパフォーマンス値の不安定を招く結果となったと考えられる。

(3) **パス使用群**

パス使用群のパフォーマンス値の標準偏差とパスの有無の関係を探るために、パス使用頻度に着目した。そこで、パス使用頻度として、後半 5 セットに回答した全設問におけるパス使用回数を求めた。各被験者のパス使用頻度を改善効果の有無を表 4.6 に示す。その結果、パス使用頻度が少ない被験者に改善効果が多く見られ、これらの被験者は、自身で回答できないと判断した設問のみパスを使用することで、一定時間内 (本実験では 420 秒) に安定した回答数を得ており、修正が効果的であったと言える。

その一方で、パス頻度の多い被験者については、改善効果が見られた被験者は少な

表 4.6: パス使用群の改善効果の有無とパス頻度

標準偏差減少		標準偏差増加	
被験者	パス使用頻度	被験者	パス使用頻度
C	0.05	H	0.28
E	0.03	I	0.28
F	0.04	K	0.32
G	0.20	L	0.24
J	0.06	P	0.28
M	0.06	Y	0.02
N	0.03	Z	0.19
O	0.05	AC	0.02
Q	0.18	AE	0.16
U	0.01	AF	0.26
V	0.23	AI	0.26
W	0.36	AM	0.33
AA	0.55	AN	0.14
AD	0.05		
AH	0.43		
AJ	0.07		
AK	0.01		
平均値	0.14	平均値	0.21

くなった。この結果から、パス頻度が多く改善効果が見られない被験者の傾向を探った。すると、表 4.7 のように、パスを使用するまでの時間が 5 セットの試行間に大きく変化していることが分かった。表中の 0 はパスを一度も使用しなかったことを表す。具体的には、被験者 AI を除くすべての被験者で 9、10 セット目は 6、7 セット目と比較してパス使用時間が短くなる傾向が見られ、被験者自身が回答できないと判断するまでの時間が短縮されていたことが分かった。試行回数が増えるにつれて、3.4.3.3 で述べたジェネプロアモデルの 2 つの過程 (生成的認知過程、探索的認知過程) 間の循環回数を減らすという戦略の変化がパスの存在により発生していたと考えられる。この 2 過程間の循環回数を大きくならないよう制限することができればパフォーマンス安定が期待できる。これを実現するには、一定回数の図形の移動後にパスを使用不可能にするか、各設問におけるパス表示時間を限定することにより、一連のステップのループ回数を制限する方法が有効であると考えられる。

表 4.7: パス使用までの平均時間 [s]

被験者	6 セット目	7 セット目	8 セット目	9 セット目	10 セット目
H	109	105	91	79	0
I	31	28	12	16	19
K	97	62	53	60	52
L	76	150	102	54	36
P	26	27	59	25	23
AF	53	93	34	46	21
AI	0	58	56	39	65
AM	57	26	25	48	30
平均値	56	69	54	46	31

数列穴埋め

まず、作業後アンケートから修正前のタスクでは 40 名中 34 名の被験者が解答に選択肢を利用し、計算量を減らしていることが分かった。多くの場合が、マイナス符号の有無による正解の判断、1 の位のみでの計算、正解値の概算といった認知速度課題や単純計算課題としていたため、意図した知的能力を駆使していなかったと言える。タスク修正方針である「設計時に意図した知的能力を評価できているか」という点では有効な修正であったことが確認された。

次に、難易度の高低により被験者を2群（以下、**難易度高群**、及び**難易度低群**と呼ぶ）に分類した。本実験では表 4.3 に示すように難易度高低共に 20 名ずつであった。40 名の被験者に対して、後半 5 セット分について標準偏差を求めた結果、難易度高群に関しては 20 名中 6 名、難易度低群に関しては 20 名中 14 名に改善効果が見られ、数列易群の方が改善効果が顕著であった。また両難易度群の改善が見られた被験者と改善しなかった被験者それぞれのパフォーマンス平均値を表 4.8 に示す。難易度低群に改善が見られた被験者群のパフォーマンス値のみが修正前と比べ向上している一方で、難易度高群では改善効果の有無にかかわらずパフォーマンス値は減少することがわかった。

表 4.8: 両難易度群の改善の有無とパフォーマンス平均値

	難易度高群		難易度低群	
	改善した被験者群	改善しなかった被験者群	改善した被験者群	改善しなかった被験者群
修正前	0.110	0.117	0.066	0.056
修正後	0.089	0.098	0.078	0.052

数列穴埋めタスクの修正点は、解答方式を直接入力に変更したことと数値と括弧の位置を限定したことである。難易度低に関しては、更に計算量を減少させた問題を出題している。解答方式の変更により、設問毎に計算時間差が大きくなることが予想され、パフォーマンス値が却って安定しなくなることが懸念されたが、それを数値や括弧の位置の修正により補うことを期待していた。

難易度高群に改善効果が見られた被験者が少ない原因は、表 4.8 に示したようにパフォーマンス値が修正後では低下したことであろう。つまり、解答方式の変更によるパフォーマンスのばらつきの方が大きくパフォーマンス値に反映された結果となったといえる。難易度高群は、日常的に数学的推論能力や数字能力を駆使しているために数値や括弧の位置の修正はそれほど数列の判別や計算に影響を及ぼさなかったと言えよう。

一方で、難易度低群では同様に考えると、難易度高群とは逆の現象が見られたと判断できる。すなわち、数値や括弧の位置の修正効果が解答方式の変更のそれより大きくなったと言える。それが、パフォーマンス値が修正後に増大している結果として顕れたと考えられる。その一方で、難易度低群に改善が見られなかった被験者については、他群と比較してパフォーマンス値が小さくなっていることが分かる。この被験者

群の特徴を調べたところ、(1) 解答数が少ないが故に、ある設問に多くの時間を割かれてしまうとそのタスクセットのパフォーマンス値が極端に小さくなる場合と(2) 正答率が他の被験者と比較して低い場合があることがわかった。(1)に該当する被験者として被験者 C、J、K、AG の4名、(2)に該当する被験者が被験者 X、AN の2名であった。両被験者群は共に、数値や括弧の位置の修正が不十分であり、数列判断に試行錯誤している可能性がある。

さらに、図 4.1 から図 4.4 までに記したタスクモデルを基に、3種類の数列について、推定時間として解答した全設問の解答推定時間の平均値を求めた。各ステップにおける認知時間として、四則計算部に関しては本実験で実施した2種類の計算課題の所要時間を採用し、視線移動や知覚判断部に関しては、Card^[24]らにより考案された人間情報処理モデルに記された認知時間を採用した。人間情報処理モデルとは、人間の認知心理学的特性に関する多くの知見を、コンピュータとのアナロジーの観点から、記憶システムと処理システムに分類整理したものであり、定量的特性も考慮した点に特徴と実用性がある^[25]。図 4.10 にモデル図を示す。

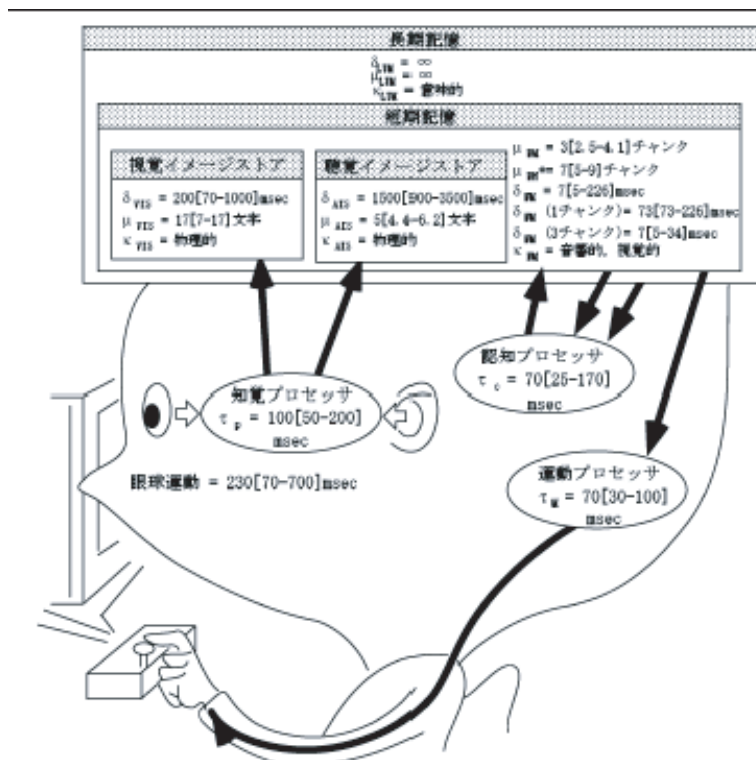


図 4.10: カードの人間情報処理モデル

各認知ステップの所要時間として、カードの人間情報処理モデルから視線移動を 70ms、知覚プロセッサ (知覚処理に要する時間) を 100ms、認知プロセッサ (記憶からの引き出し時間) を 70ms とした。数値の大小比較は (1) 視線移動、(2) 数値の知覚、(3) 認知の順に行われていると仮定し、合計時間である 240ms とした。計算時間は、出題された数列の桁数に対応する計算タスクの平均計算時間を代入した。これらの認知時間及び計算時間から得られる各被験者の推定時間を表 4.9 に示す。ここで、人間情報処理モデルに示される時間は単純な認知行動から得られた知見であり、本研究で作成したタスクモデルはその単純な認知行動の組み合わせと仮定している。したがって、タスク遂行には無関係な思考や行動が一切介入しないため、実際の数列穴埋めタスク解答時間に比べ推定時間が小さくなる。さらに、本モデルは解答入力時間も除外しているため推定時間が実際の数列穴埋め解答時間より小さくなっている。

補正方法の一つとして、数列の種類により解答時間に補正をかける方法が挙げられる。まず、後半 5 セット解答した全設問について、式 (4.1) のように、表 4.9 に示した各数列の推定時間 T [s] の等比数列の推定時間 T_{geo} [s] に対する比 c を求めた。

$$c = \frac{T}{T_{geo}} \quad (4.1)$$

次に、式 (4.2) のように、求めた比 c を数列穴埋め解答時間 T_{act} [s] から割ることで補正後解答時間 T_{cor} [s] を導出した。

$$T_{cor} = \frac{T_{act}}{c} \quad (4.2)$$

この補正後解答時間 T_{cor} から単位時間あたりの正解数を求め、それを補正後パフォーマンス値とした。さらに、後半 5 セット分の補正後パフォーマンスの平均値を基準として正規化し、標準偏差を求めた。各被験者の修正前と修正後 (補正前)、及び補正後の標準偏差を表 4.10 に示す。表に示す枠色は、表 4.4 及び表 4.5 と同様に、**難易度高群** と **難易度低群** を表している。

各難易度群に着目すると、難易度高群では 19 名中 16 名の被験者が実際の数列穴埋めタスク解答時間と推定時間が共に等比数列 < フィボナッチ数列 < 等差数列となり、タスクモデルに近い解答手順で解答していたと判断できる。一方で、難易度低群では、15 名中 6 名のみ同様に一致しており、タスクモデルの推定値から逸れる被験者が多くいたことが分かる。また補正後の標準偏差について、難易度高群では 19 名中 13 名で補正により小さくなった一方で、難易度低群では 15 名中 4 名のみが小さくなり、タスクモデルによる補正は難易度高群に有効である結果となった。

表 4.9: 各被験者の数列穴埋め解答時間と推定時間

被験者	数列穴埋め解答時間 [s]			推定時間 [s]		
	等差数列	等比数列	フィボナッチ数列	等差数列	等比数列	フィボナッチ数列
A	23.2	12.0	22.1	15.6	10.3	11.6
B	11.7	6.0	8.3	6.3	2.7	6.1
C	8.2	8.9	11.7	9.7	4.6	7.5
D	10.7	8.8	9.0	6.5	3.1	6.2
E	7.5	6.4	7.7	8.6	5.7	7.9
F	10.0	6.4	8.0	9.6	4.7	9.3
G	6.2	5.0	6.0	6.1	3.1	5.7
H	13.9	9.4	16.4	N/A	N/A	N/A
I	15.1	8.6	11.3	N/A	N/A	N/A
J	14.7	16.2	18.6	N/A	N/A	N/A
K	19.3	18.8	17.8	N/A	N/A	N/A
L	10.8	8.2	11.4	7.4	4.1	6.4
M	9.6	8.1	8.4	9.2	5.2	8.4
N	10.6	8.4	9.1	6.7	3.5	6.2
O	11.6	14.7	22.4	7.8	4.5	7.2
P	13.5	7.1	11.5	8.6	4.3	7.0
Q	20.7	12.0	25.4	15.5	9.9	11.5
R	9.5	7.4	9.6	11.0	5.7	9.6
S	21.3	16.1	15.1	13.4	8.0	11.6
T	25.0	15.4	15.6	11.8	6.2	9.1
U	11.1	9.1	9.5	12.9	8.0	10.1
V	16.2	13.6	15.1	N/A	N/A	N/A
W	16.5	12.1	10.1	N/A	N/A	N/A
X	16.3	12.0	26.5	15.2	6.8	10.6
Y	15.8	9.8	11.0	8.7	5.6	8.4
Z	7.7	4.4	6.0	7.3	3.7	6.4

次頁に続く

前項からのつづき

被験者	数列穴埋め解答時間 [s]			推定時間 [s]		
	等差数列	等比数列	フィボナッチ数列	等差数列	等比数列	フィボナッチ数列
AA	12.3	6.9	8.6	5.6	2.5	5.6
AB	6.9	4.5	6.5	4.1	2.2	4.3
AC	12.2	5.7	7.5	6.1	2.5	5.2
AD	19.0	12.6	17.0	10.9	6.9	9.3
AE	13.6	10.8	11.2	9.7	5.6	8.3
AF	12.6	7.2	9.2	9.5	4.8	8.4
AG	20.6	11.6	14.9	9.5	5.3	8.0
AH	15.8	10.6	12.2	7.1	3.0	6.5
AI	19.3	9.0	11.2	12.2	7.5	8.5
AJ	19.0	22.5	24.3	20.3	11.9	14.5
AK	14.7	5.8	6.9	8.1	4.0	6.6
AL	15.6	11.5	11.3	14.4	7.7	10.7
AM	11.4	6.3	8.6	6.2	3.2	6.7
AN	23.4	17.7	32.0	15.2	7.3	12.6

表 4.10: タスクモデルによる補正前と補正後の標準偏差

被験者	修正前	修正後 (補正前)	補正後	被験者	修正前	修正後 (補正前)	補正後
A	0.50	0.21	0.21	U	0.29	0.09	0.10
B	0.16	0.32	0.31	V	0.32	0.22	N/A
C	0.22	0.22	0.23	W	0.17	0.31	N/A
D	0.17	0.20	0.22	X	0.35	0.53	0.57
E	0.04	0.03	0.05	Y	0.13	0.19	0.16
F	0.23	0.09	0.05	Z	0.13	0.17	0.15
G	0.10	0.12	0.10	AA	0.13	0.12	0.10
H	0.38	0.20	N/A	AB	0.09	0.11	0.10
I	0.12	0.38	N/A	AC	0.13	0.29	0.22
J	0.22	0.28	N/A	AD	0.28	0.14	0.14
K	0.20	0.30	N/A	AE	0.06	0.20	0.24
L	0.09	0.20	0.18	AF	0.15	0.10	0.08
M	0.42	0.04	0.11	AG	0.21	0.22	0.20
N	0.12	0.17	0.19	AH	0.22	0.16	0.17
O	0.31	0.23	0.29	AI	0.09	0.07	0.09
P	0.15	0.19	0.20	AJ	0.35	0.28	0.29
Q	0.36	0.24	0.23	AK	0.25	0.23	0.19
R	0.16	0.10	0.10	AL	0.19	0.19	0.20
S	0.44	0.15	0.13	AM	0.11	0.15	0.11
T	0.18	0.21	0.20	AN	0.17	0.36	0.39

この違いの要因として、タスクモデルからの逸れ方の違いが挙げられる。タスクモデルでは数列の判断として、最初に等比数列の判断を行い、等比数列と判断されなければ等差数列かフィボナッチ数列の判別を行うため等比数列の判断時間が短くなる。フィボナッチ数列と等差数列の判断には、連続3項の値の低い位から足し算を行い、一致しなければ等差数列と決定する方法を採用している。したがって、多くの場合、等差数列は1の位の足し算1回のみであるのに対して、フィボナッチ数列では複数の桁数の足し算が必要であるため時間を多く要する。図4.11に解答判断時間の概略図を示す。

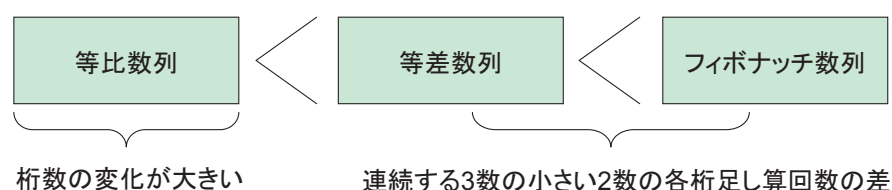


図 4.11: タスクモデルによる数列判断部分の時間差

計算部分では等差数列が公差を計算し、それを記憶し括弧に当てはまる値を計算するため最も時間を要する。計算速度が大きくなると、計算量による時間差は短くなる。図4.12に計算時間の概略図を示す。

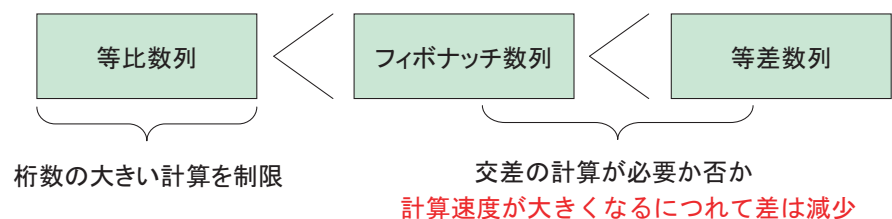


図 4.12: タスクモデルによる数列計算部分の時間差

これらを踏まえて、表4.9に示す解答時間順序が導かれている。難易度高群では、計算時間が短く推定時間が小さい被験者(AA、AB)に等差数列とフィボナッチ数列の逆転が生じただけであり、タスクモデルから大きく逸脱した手順により解答した被験者はいなかったと言える。したがって、タスクモデル補正により標準偏差を減少させることができたと判断できる。しかしながら、難易度高群において補正後に標準偏差が大きくなった被験者も6名(被験者D、N、P、AE、AH、AI)いた。そこで、これらの被験者について、後半5セット分の補正後のパフォーマンスと補正率(補正後パフォーマンス値と補正前パフォーマンス値の比)との相関関係を調べた。表4.11に相関係数を示す。表4.11から、6名すべての被験者の相関係数が0.3以上となり、相関関係が見

られた。したがって、補正率の変動がパフォーマンス変動をもたらしたと判断することができ、パフォーマンス安定には推定時間から各数列の出題頻度を決定する方法が有効な補正案の1つと言える。

表 4.11: タスクモデル補正により標準偏差が増加した被験者の補正後パフォーマンスと補正率との相関関係

試行 回数	被験者 D		被験者 N		被験者 P	
	補正後 パフォーマンス	補正率	補正後 パフォーマンス	補正率	補正後 パフォーマンス	補正率
6	0.85	1.69	0.91	1.61	1.09	1.75
7	0.82	1.47	0.89	1.51	0.68	1.61
8	0.86	1.76	0.96	1.60	0.96	1.68
9	1.28	1.68	0.91	1.48	1.06	1.59
10	1.19	1.72	1.33	1.59	1.21	1.72
相関 係数	0.34		0.38		0.55	

試行 回数	被験者 AE		被験者 AH		被験者 AI	
	補正後 パフォーマンス	補正率	補正後 パフォーマンス	補正率	補正後 パフォーマンス	補正率
6	1.22	1.49	1.16	2.16	1.10	1.40
7	0.85	1.45	1.19	1.81	1.08	1.28
8	0.78	1.34	0.83	1.92	0.89	1.24
9	0.86	1.36	0.97	1.94	0.94	1.32
10	1.29	1.47	0.84	1.67	0.99	1.27
相関 係数	0.81		0.46		0.64	

一方で、難易度低群では、すべての被験者の推定時間は等比数列<フィボナッチ数列<等差数列の順序であった。これは人間情報処理モデルより用いた認知時間は一定であることを考慮すると、各被験者の計算タスクの結果に特異な計算時間が存在しないことを意味している。言い換えると、「掛け算が他の計算に比べ極端に時間を要した」、あるいは「計算時間が早く、等差数列とフィボナッチ数列の順序が逆転する」というような被験者は存在しなかったということである。このことから、難易度低群では、実際の数列穴埋め解答時間と推定値の順序が不一致となる要因は、数列判断部であると

推測され、被験者がタスクモデルで示した最適な解答手順を見出すに至らなかったと考えられる。そのため、タスクモデルから逸れた解答手順で解答した被験者に対して補正をかけることで、却って標準偏差を大きくしたと考えられる。

以上の結果から、難易度高群ではタスクモデルからの補正により、難易度低群では数列の値や括弧の位置を限定したことにより難易度が低下し、解答数が増加することでパフォーマンス安定が実現できると言える。しかし、難易度低群の中に最適な解答手順を見出すには至らず、修正後ではパフォーマンスが低下する被験者もいた。数列穴埋めタスクにおける被験者の行動を詳細に検討することで、別途タスクモデルを再構成すればより適応範囲の広い補正が可能であろう。

記憶

記憶タスクにおける修正点は、解答入力方式をプルダウン方式からボタン方式にしたことであり、解答の入力時間の減少によりパフォーマンス安定が期待された。そこで、記憶タスクの解答時間を設問開始から解答入力開始までの記憶時間と解答入力開始から終了までの解答入力時間に分割し、解答入力時間に着目した。後半5セットに解答した全設問について、全被験者の解答入力時間の平均値を求めた結果、図 4.13 に示すように修正後の方が有意に解答入力時間の減少が確認された。

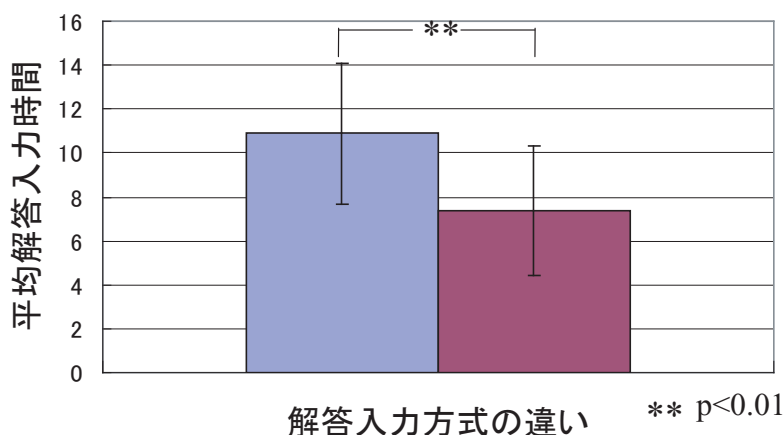


図 4.13: 平均解答入力時間

また、実験後アンケートから、画面の見やすさ、操作性について質問した結果、図 4.14、図 4.15 のようにボタン形式で有意に向上することがわかった。ここで、実験後アンケートは5段階評価で行ったことから、マンホイットニーのU検定を用いて有意差の検定をかけた。

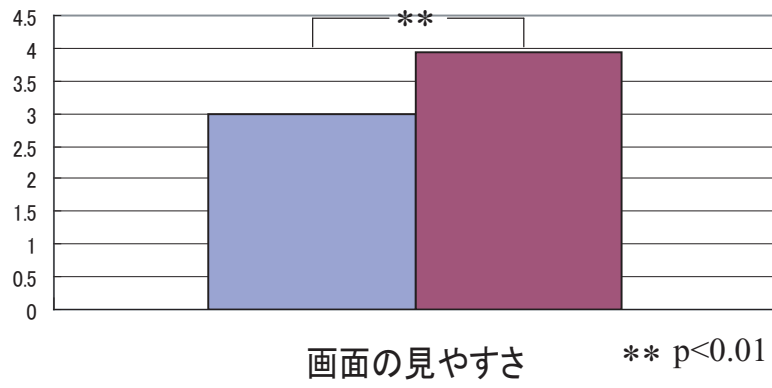


図 4.14: 画面の見やすさ

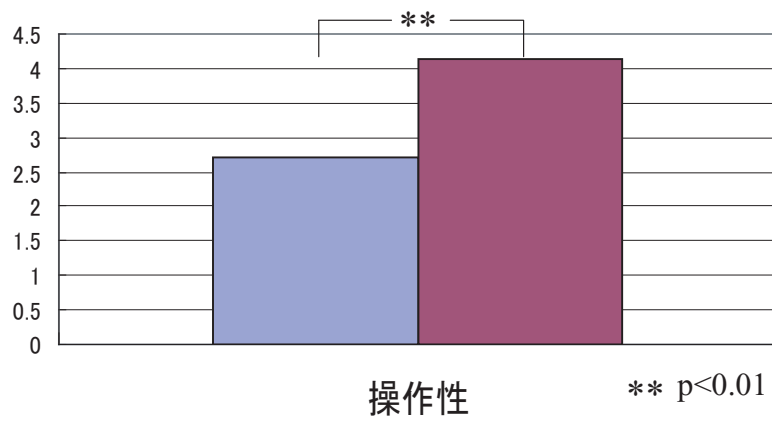


図 4.15: 操作性

解答入力方式のみの違いに着目した結果を述べた一方で、記憶方法にも変化が生じる可能性があることも予想された。具体的には、ボタン入力形式では選択肢となるボタンがすべて画面上に表示されていることから解答項目の空間的な位置関係を記憶する方法である。この記憶方法の違いがパフォーマンスのばらつきとなる要因になりかねない。そこで、実験後アンケートで解答方法の違いがあったかについて質問した。その結果、4名の被験者（被験者 L、M、O、AD）に解答方法の違いがあることが分かった。他の36名の被験者は解答入力方式に関わらず、記憶方法は同じであり、解答時間の差は解答入力時間の差であると言える。

解答方法が修正前後で異なっていた4名の被験者について、後半5セット全設問の記憶時間及び正答率の修正前と修正後の差を調べた。その結果、記憶時間に関しては、表4.12に示すように記憶時間に有意な差は見られなかった。ここで、被験者Oに関しては平均記憶時間差が大きくなっているにも関わらず、有意な差が見られなかった原因は、1設問の記憶時間が他の設問に対して大きな値となっていたためである。正答率に関しても、すべての被験者について有意に正答率が変化しているという結果は得られなかった。

表 4.12: 記憶方法が異なる被験者の記憶時間差

被験者	記憶時間 [s]		記憶時間差 [s]	p 値
	修正前	修正後		
L	43	41.9	1.1	0.845
M	52.6	59.4	-6.8	0.405
O	92.7	61.8	30.9	0.327
AD	14.9	16.5	-1.7	0.18

以上の結果から、記憶タスクでは記憶時間、正答率は保ちながら解答入力時間のみを短縮させることでセット毎の解答数が上昇し、パフォーマンスの安定が期待できることが分かった。実際に、全被験者の平均記憶時間と平均解答入力時間及びこれらの合計時間である平均解答時間を表4.13に示す。表4.13に示すように解答入力部分にのみ時間差が見られ、これを改善することで各タスクセットにつき1問多く解答することが可能となったことが示された。

表 4.13: 記憶タスクの時間差と1セット毎の解答数の差

	修正前	修正後
平均記憶時間 [s]	25.1	24.7
平均解答入力時間 [s]	10.9	7.4
平均解答時間 [s]	36.0	32.1
1セット毎の解答数	7	8

4.4 まとめ

本実験は、タスクの短時間化によるパフォーマンス変動を抑制する方法として第3章にて提案した方法の効果検証を目的とした。各タスクの修正点及び本実験より得られた検証結果について表 4.14 にまとめる。

表 4.14: タスク修正案と実験結果のまとめ

タスク	修正案	検証結果
ブロック組み立て	パスの導入	パスの使用制限を設けることで、パフォーマンスは安定する
数列穴埋め	直接入力方式	意図した能力を駆使している
	数列の難易度を2段階 数値、括弧の位置限定	低難易度で改善効果
		高難易度は解答数が減少し、 パフォーマンス変動が大きくなる
	モデルからの補正	高難易度群では改善効果
記憶	ボタン式解答入力	設問毎の解答時間の減少

第 5 章 実際のオフィス環境における CPTOP2 を用いた生産性評価実験

本章では、実際のオフィス環境において実施した生産性評価実験について述べる。

5.1 実験の目的

CPTOP2 の評価対象はオフィスワーカーの知的生産性である一方で、実際のオフィス環境における CPTOP2 生産性評価は未だになされていない。そこで本実験では、CPTOP2 評価を実際のオフィス環境において実施し、CPTOP2 が実際のオフィス環境においても生産性評価が可能なツールであることを示すことと今後実施される大規模なオフィス環境評価実験 (以下、フィールド実験) に向けた実験実施手順を確立させることを目的とする。

5.2 実験方法

5.2.1 実験環境

CPTOP2 開発の最終目標は、オフィス環境評価実験を実施し、環境変化が生産性に与える影響を定量的に示すツールとして実用化することである。まず、その第一段階として、実際のオフィス環境における CPTOP2 による生産性評価を実現することに重点を置くこととする。そこで本実験では、オフィスワーカーの疲労と作業パフォーマンスとの関係性を評価のみを行い、環境評価実験としない。

5.2.2 計測項目

生産性評価指標として CPTOP2 の 4 タスクを用い、疲労状態を評価する指標として 2.2.2 項で述べた自覚症しらべを用いた。本実験では、図 5.1 に示すように、自覚症しらべと CPTOP2 の 4 タスクを 1 タスクセットとする。まず CPTOP2 タスクを行う前に自覚症しらべを行い、作業開始時の疲労状態を評価する。自覚症しらべ終了後 CPTOP2

を行い、作業パフォーマンスから生産性評価を行う。CPTOP2 タスク時間は第 4 章までの実験と同様である。

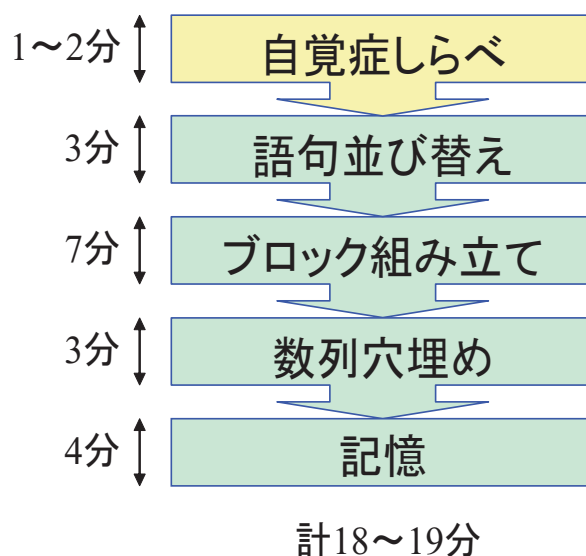


図 5.1: タスクセット構成

また、フィールド実験実施に向け、最適な実験期間、CPTOP2 タスク時間や実施頻度、中断の有無、及び習熟完了までの試行回数を把握するため、実験前と実験の中間、及び実験終了後にヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査の質問項目を以下に示す。

- CPTOP2 作業に対する理解度（実験前ヒアリング時のみ実施）
- 業務への支障の有無、または作業時間の妥当性
- 実験の実施可能期間
- CPTOP2 作業の中断の有無（有った場合はどれ程中断する必要があったか）
- 習熟完了までの試行回数
- 作業パフォーマンスに影響を及ぼすと考えられる要因

5.2.3 実験手順

本実験の実験フィールドとして、P 社にて実施した。実験期間は 2008 年 11 月 25 日から 2008 年 12 月 19 日までの計 4 週間とした。まず、1 日目に CPTOP2 及び自覚症しらべの説明及び練習を行った。練習終了後に第 4 章の実験と同様の知的能力に関する

アンケートを実施した。仮に、被験者が1タスクセットに要する18分～19分間の確保が困難な場合、このアンケートの結果から日常業務で必要としない能力を評価するタスクを削除することにしたが、本実験では、すべての被験者が1セットタスク時間である18分～19分間の確保が可能であり、CPTOP2を4タスク構成とした。

2日目以降は、1週間(月曜日から金曜日までの5日間)の中から、3タスクセットまたは可能であれば4タスクセットを行った。ただし、1日につき1試行のみ、すなわち1タスクセットのみを行った。実験の流れを表5.1にまとめる。実験期間中は、毎週月曜日、水曜日及び金曜日にメール送信をし、。また数列穴埋めタスクに関しては、第4章の評価実験と同様に最初の1回の試行を難易度の選択に用いた。選択方法は、第4章の実験と同様である。

表 5.1: 実験日程

月日	実験内容
11月25日、26日	実験同意書、CPTOP2と自覚症しらべの説明及び練習
	知的能力に関するアンケート
	実験前ヒアリング調査
1週目(2日目以降)	練習期間
2週目(12月1日～5日)	1週間の中からタスクセットを3、4回実施
12月4日、5日	中間ヒアリング調査
3週目(12月8日～12日)	1週間の中からタスクセットを3、4回実施
4週目(12月15日～19日)	1週間の中からタスクセットを3、4回実施
12月19日、24日	実験後ヒアリング調査

また実施時刻に関しては、各試行時の疲労状態ができる限り異なる時間帯に行うよう教示した。ヒアリング調査は、実験前、実験第2週目終了時及び実験終了後に実施し、5.2.2項で述べた項目について質問した。図5.2はヒアリング調査の様子である。

5.2.4 被験者

被験者は、P社に勤務する技術職4名(男性3名、女性1名)と事務職3名(女性3名)の計7名であった。表5.2に被験者の属性を示す。



図 5.2: ヒアリング調査の様子

表 5.2: 被験者属性

被験者	性別	年齢	職種
A	男性	40	技術
B	女性	44	事務
C	男性	50	技術
D	男性	35	技術
E	女性	37	事務
F	女性	36	事務
G	女性	31	技術

5.3 実験結果と今後のフィールド実験実施方針の提案

本実験の目的は、CPTOP2による生産性評価と今後のフィールド実験に向けた実験実施方法の確立である。生産性評価に関しては、各試行におけるパフォーマンスが変化しているが疲労度の関係は見出せなかった。

また実験実施に関して、本実験では、4週間にわたり1試行あたり18～19分のタスクセットを週に3または4試行行った。試行回数が週2回以下となる週があった被験者(被験者A、C、D、F)がいたこと、及び被験者Dが1週間程度試行の間隔が空いたこと以外では、実験を中止せざるを得ない被験者はいなかった。これは自覚症しらべを除いたCPTOP2タスク時間17分であれば、実際のオフィスにおいても実験実施が可能であることを示す結果であり、この結果の意義は大きいと言える。

CPTOP2パフォーマンスと疲労度の関係、及び本実験から得られた結果に基づく今後のフィールド実験実施に向けた方針の詳細を述べる。

5.3.1 パフォーマンスと疲労度の関係

全被験者について各タスクと自覚症しらべとの関係を図5.3から図5.8に示す。ここで被験者Eに関しては、CPTOP2動作上の問題から4週目からのデータしか得られなかったため省略している。

パフォーマンスが試行毎に変動していることは、CPTOP2遂行時の被験者の状態が変化していることを示していると考えられる。しかしながら、図5.3から図5.8に示したように自覚症しらべ(疲労度)との相関を示す結果は得られず、疲労度による変動は小さいと判断できる。そこで、ヒアリング調査において、パフォーマンス変動をもたらす要因について質問した結果、以下に示す3要因(外的要因、タスク実施中の中断、習熟効果)が浮上した。

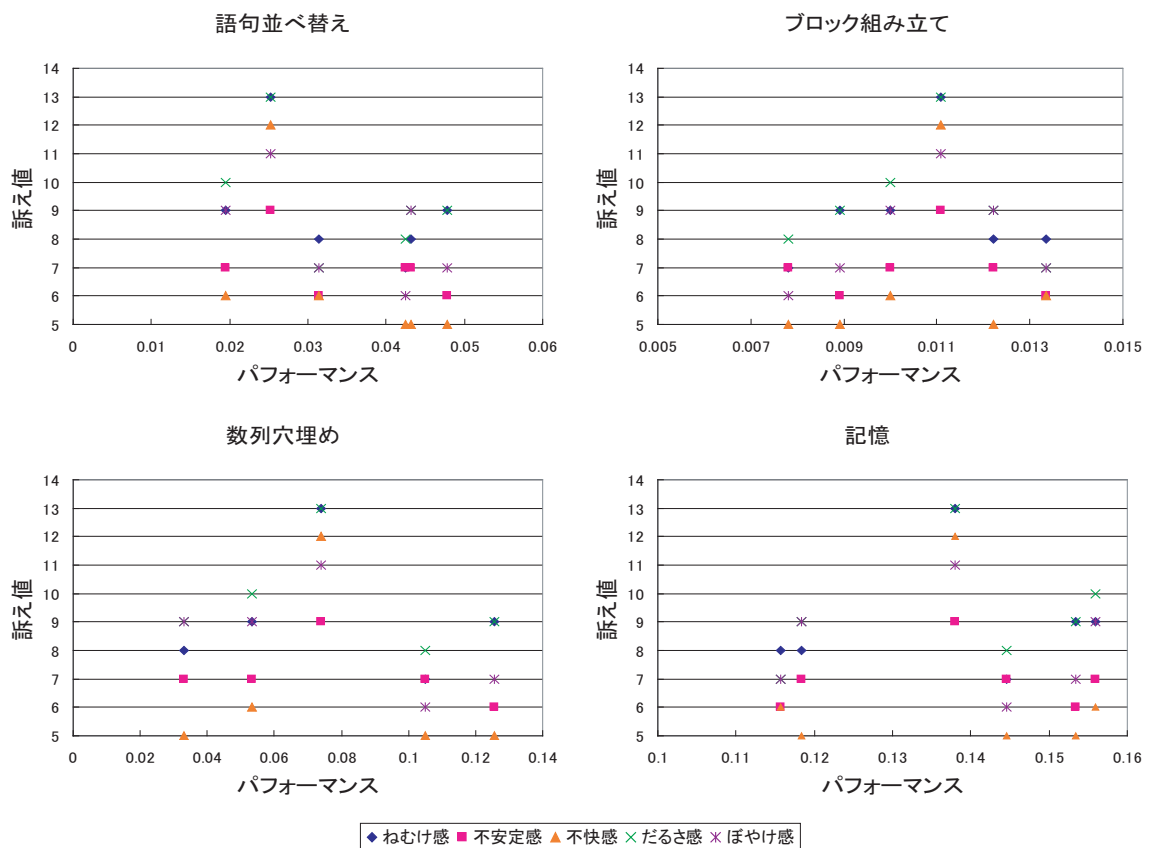


図 5.3: 各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 A)

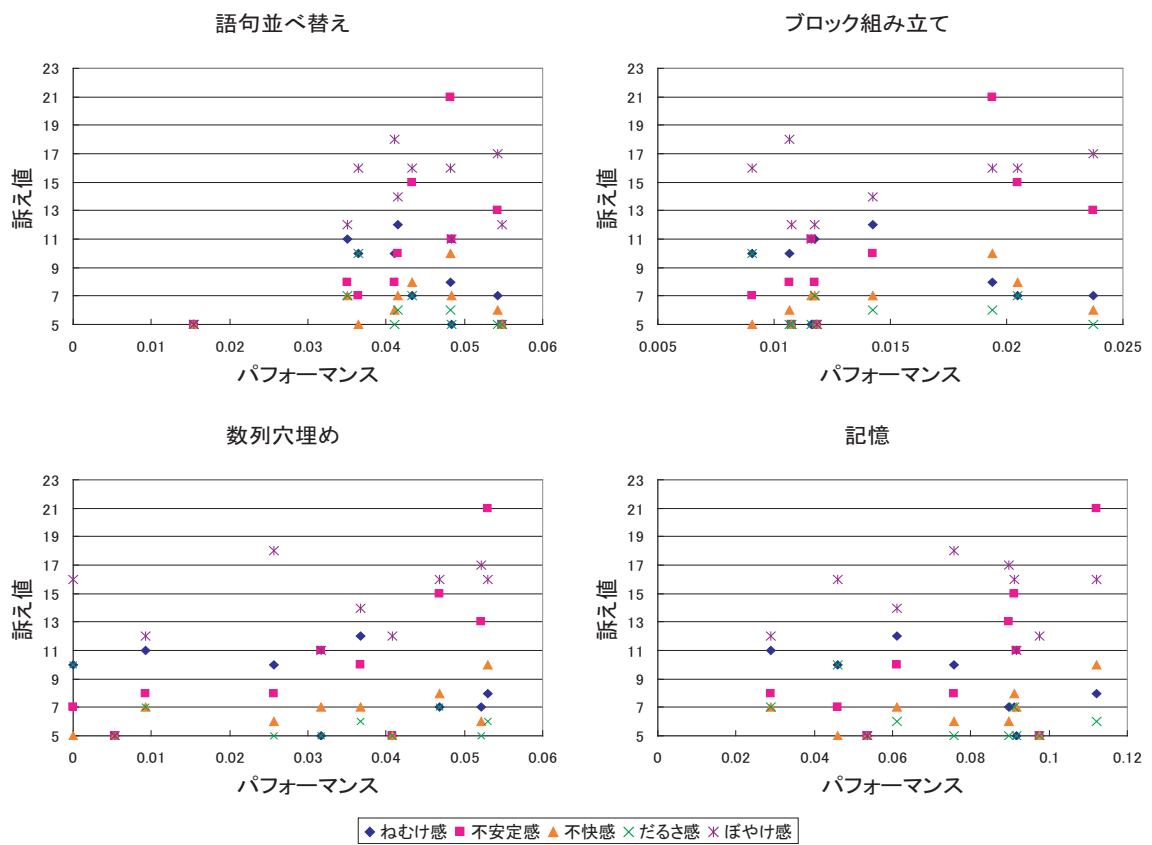


図 5.4: 各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 B)

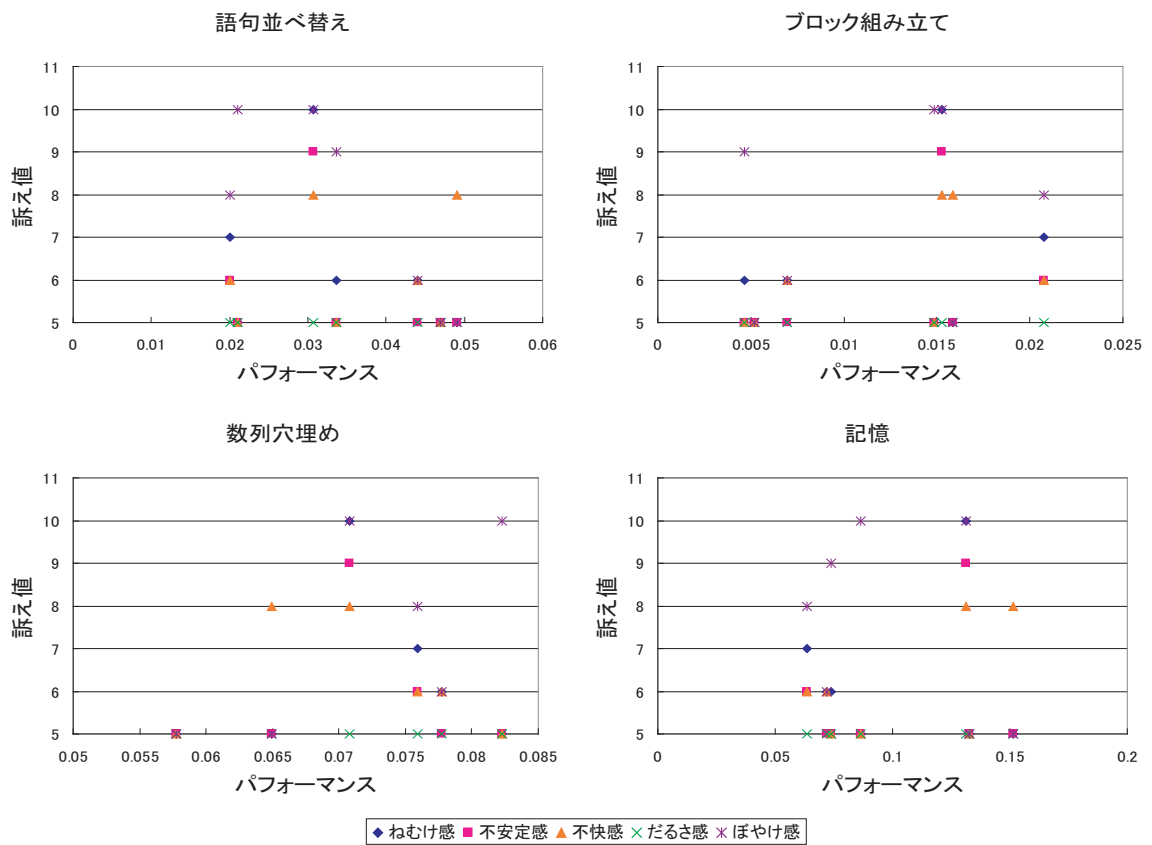


図 5.5: 各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 C)

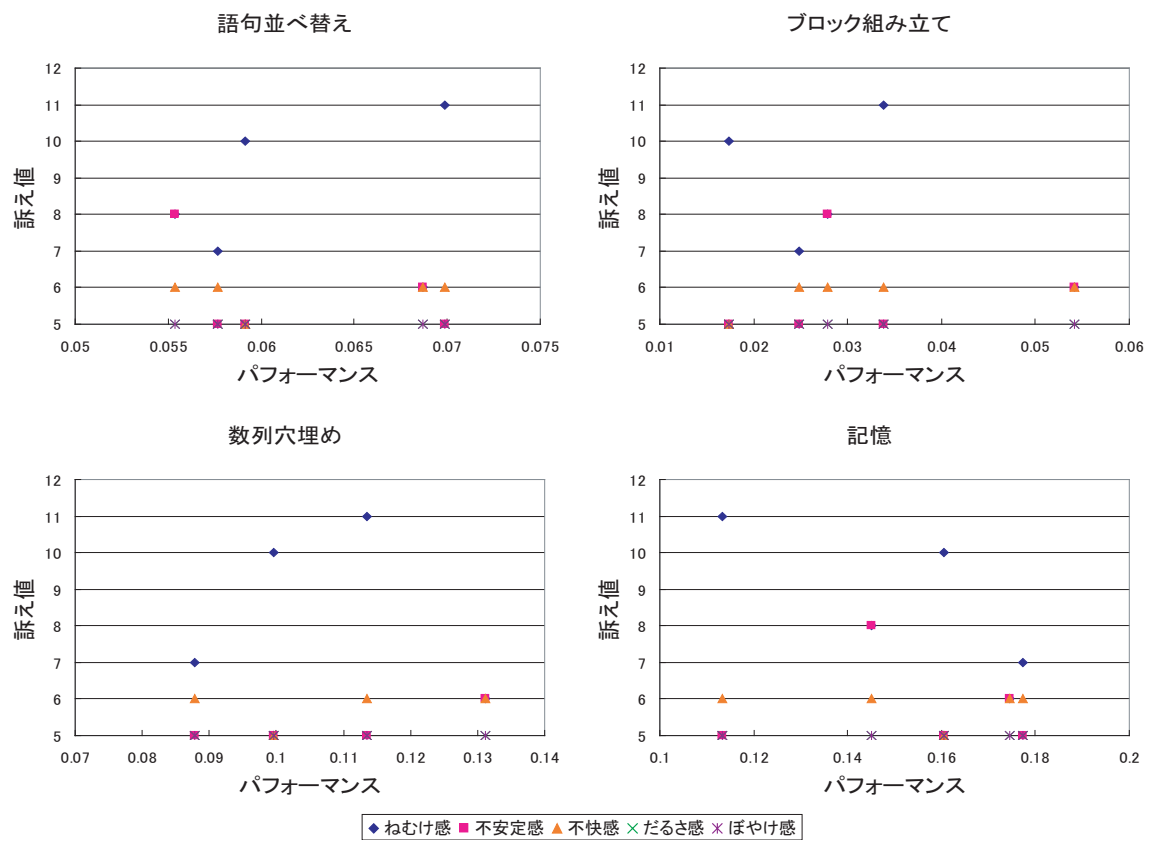


図 5.6: 各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 D)

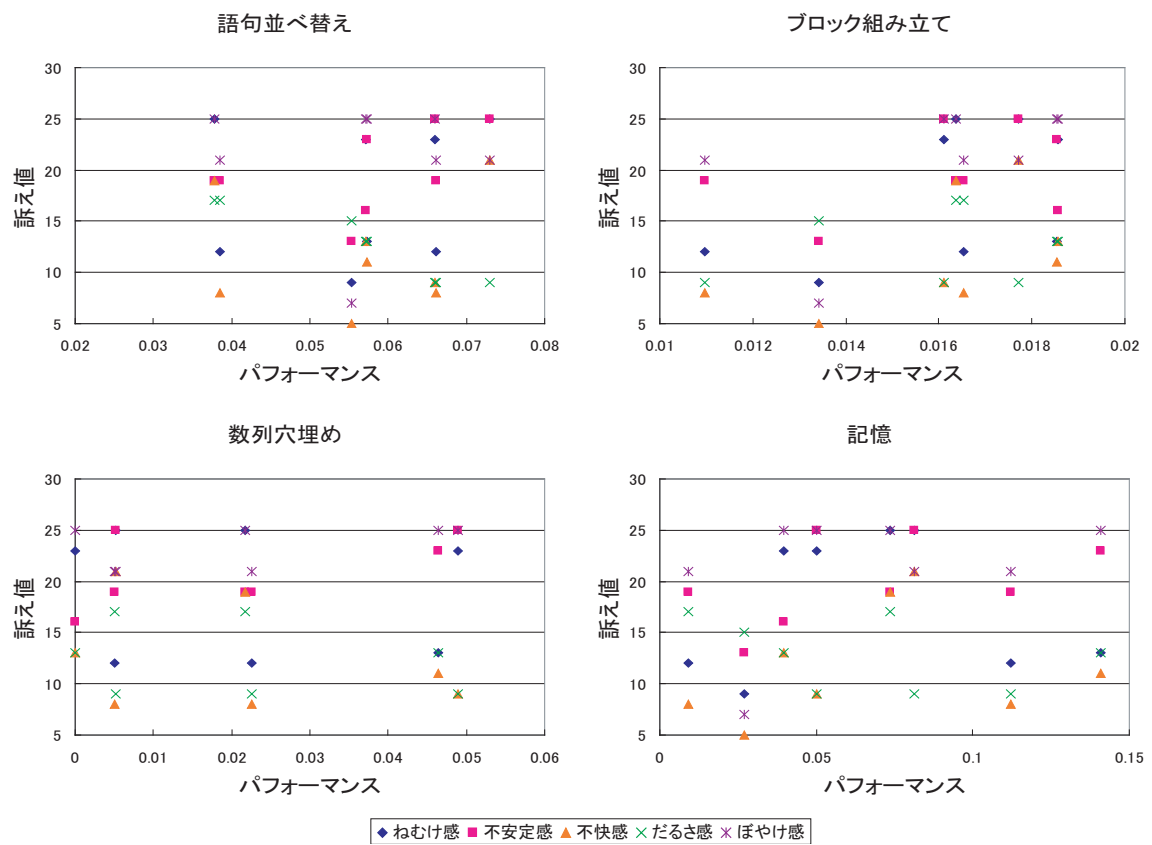


図 5.7: 各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 F)

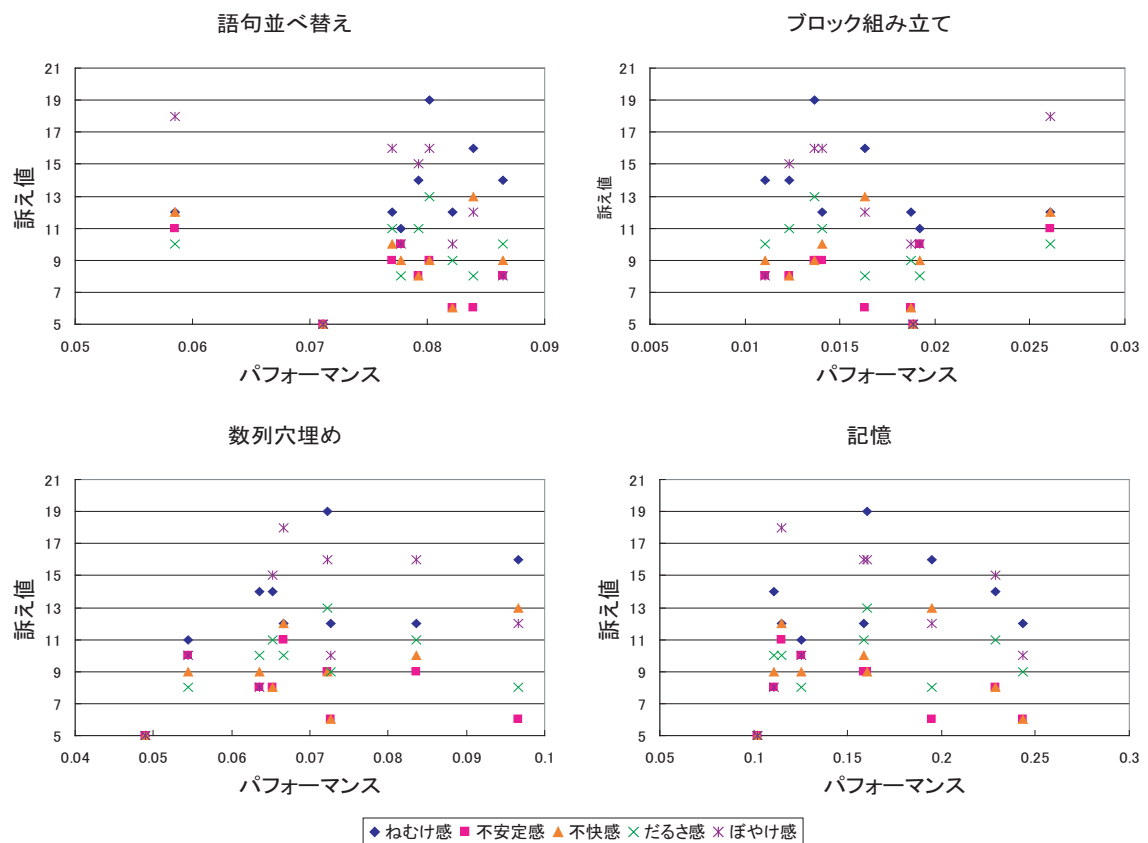


図 5.8: 各タスクのパフォーマンス値と自覚症しらべの関係 (被験者 G)

外的要因

作業成績に最も与える要因をヒアリング調査から質問したところ、被験者 C を除くすべての被験者が「外的要因」であると回答した。外的要因とは、被験者の外部から与えられるタスクに対する集中を阻害する要因である。具体的には、周りの人の声や電話音をはじめとする騒音等がこれにあたる。外的要因は常時変化しており、これを各試行時に均一化することは困難である。したがって、本実験と同様の手順でフィールド実験を実施する場合、被験者毎の各試行のパフォーマンス変動を調査することは困難である。

フィールド実験方法として、オフィスビルやオフィス環境の改善効果を検証することを目的に実験を実施する場合、生産性をオフィス全体あるいは評価対象となるオフィス空間全体といった巨視的に得られたアウトプットであるとし、その環境にいる被験者全体のパフォーマンス平均値を生産性で見なすことで外部要因は業務内容や繁忙度により外部要因は統制することは可能であろう。

タスク実施中の中断

本実験では、1 試行あたりのタスクセット時間を 18 分～19 分にしたため、タスク遂行中に全く中断が入らないとは考えにくい。そこで実験前に、中断が入る際にはタスク間（例えば、語句並べ替えとブロック組立の間）にできるように教示した。しかしながらヒアリング調査から、タスク遂行中に一度も中断が入ることなかったと回答した被験者はいなかった。

その原因として、予期せぬ呼び出しや電話応対が多くを占め、特に事務職に従事する被験者 B と被験者 F に中断が多くあったことが分かった。それでも中断の多くは数分程度の場合が多く、中断の前後で被験者の置かれる状況が大きく変わることは無く、急用等により中断後にタスク継続が困難になるというケースは発生しなかった。フィールド実験を想定した場合、中断した時間を計測し、その時間を除外すればパフォーマンス評価は可能であろう。

習熟効果

本実験は、前章までの実験と異なり各試行間に 1 日以上の間隔があるために、習熟完了が遅れることが予想された。さらに実験室環境とは異なり、厳密な実験条件の統制が難しく、各試行時の実験条件が異なるため習熟補正を施すことは不可能である。本実験では、第 1 週目を練習期間として設けたが、数列穴埋めと記憶について習熟完了までには更なる試行回数を必要としていたことが分かった。以下に各タスクの習熟効

果について述べる。

語句並べ替え

このタスクは内容の理解が早く、手順が語句ブロックを順にクリックしていただくの作業であるために、すべての被験者が1週目で習熟を完了したと回答し、試行回数の増加にしたがってパフォーマンス値が向上するという習熟効果が見られなかった。

ブロック組み立て

このタスクに関しては、語句並べ替えと同様に回答手順の理解が早く、パフォーマンス値も同様に習熟効果が見られなかった。ただ、パスボタンの存在に気づかない被験者もいたために、配置を変更する等の改善は必要である。

数列穴埋め

被験者 A、B、F、G に関して図 5.9 に示すように練習期間以降も習熟効果と見られるパフォーマンス向上が確認された。実験後ヒアリング調査からも、被験者 A は作業に慣れたと感じたのが3週目であると回答している。また被験者 B は、2週目までタスク内容を誤解していたため、パフォーマンス値が極端に低いという結果となっている。被験者 A、G についてパフォーマンス値の上昇が7回目の試行まで見られた。被験者 B についても同様、誤解していた部分を除いた7回分にパフォーマンスの向上が見られた。したがって、パフォーマンス評価のためには7回以上の練習試行が必要であったと言える。タスク内容の誤解を防ぐ方法として、練習期間にのみ設問毎に正否を表示することが挙げられる。

記憶

図 5.10 に示すようにすべての被験者について練習期間以降にも習熟効果が見られた。ヒアリング調査からも他のタスクと比較して習熟完了までの試行は多いとの回答を得た。例えば、被験者 A は実験終了まで慣れなかったと回答し、被験者 C は2週目まで試行錯誤をしていると回答した。被験者 G も3週目以降にボタンを回数が減ると回答し、戦略が変化していることが窺える。被験者 A、B、C、D については7回目の試行でパフォーマンス値の上昇が見られなくなり習熟完了したと判断できる。被験者 F、G については少なくとも習熟完了には10回の試行が必要であることがわかる。

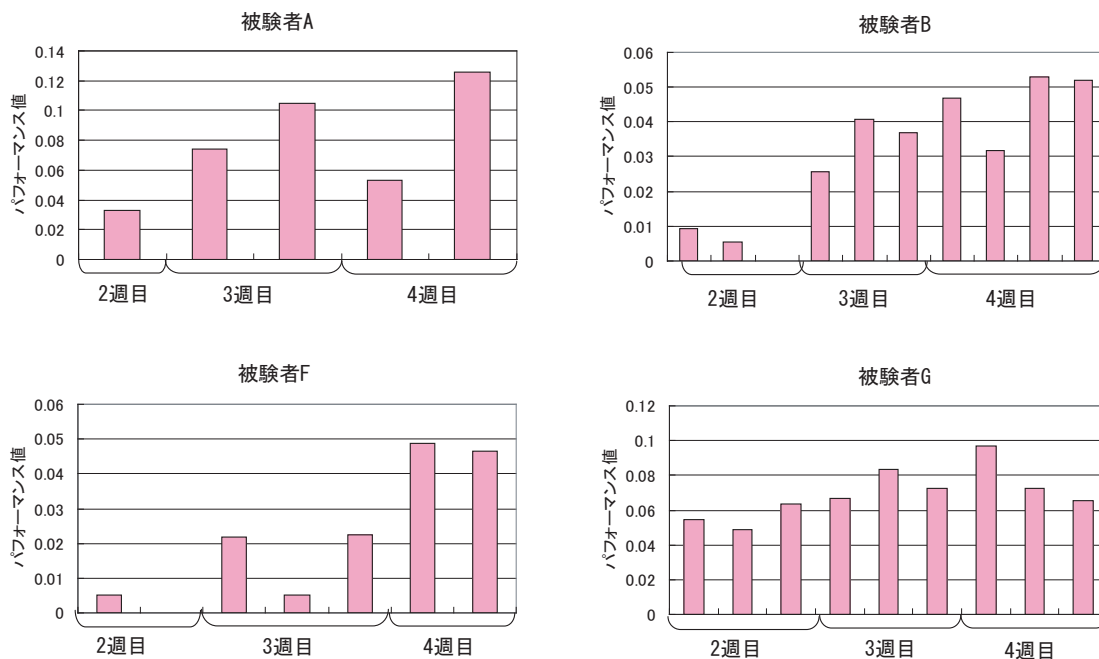


図 5.9: 数列穴埋めのパフォーマンス値

5.3.2 フィールド実験の実施方法

次に、本実験より得られたフィールド実験の適切な実施方法について述べる。

CPTOP2 実施時刻の指定

本実験では、CPTOP2 パフォーマンスと疲労度との関係を検証する実験であったために、実施時刻を意図的に変えて行うよう教示した。その結果、被験者 A、B、G に関しては時間帯を意図的にずらすことは可能であったと回答した。しかし、実験者が指定した時刻に実施することは困難であった。その他の被験者は、業務の合間の空いた時間を使い行っていたため、時刻の指定は困難であると回答した。

フィールド実験として照明等の環境評価実験を想定すると、サーカディアンリズムや覚醒度の違いから環境条件期間の平均パフォーマンス値の比較といった長期的な評価であれば実施可能であろう。季節変動と生産性の関係を調査するような非常に長期的な実験が可能であるならば、CPTOP2 の 4 タスクの中から 1 日に実施するタスクを 2 タスクのみに限定し、次の施行日に残りの 2 タスクを実施するような実験手順とすることも可能であろう。

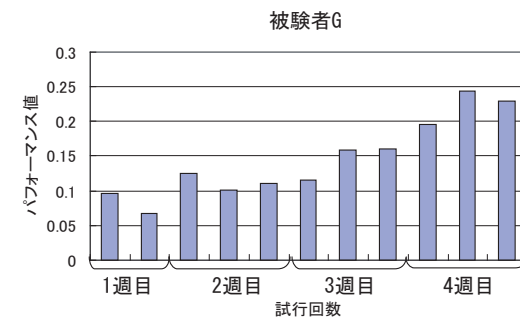
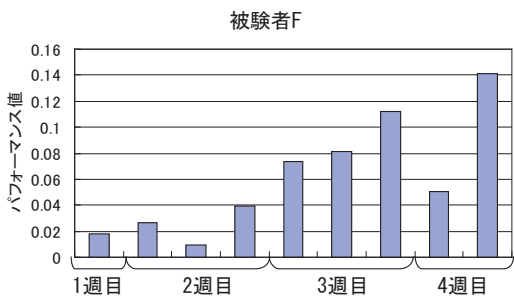
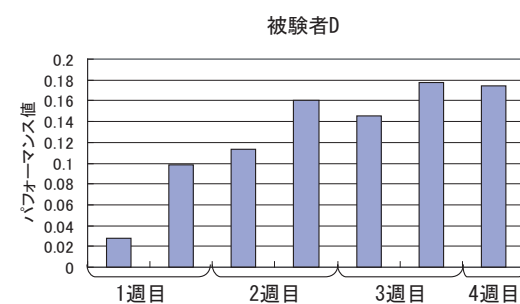
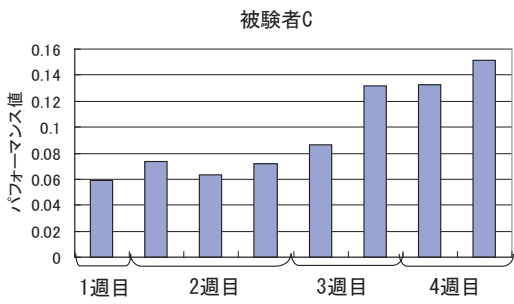
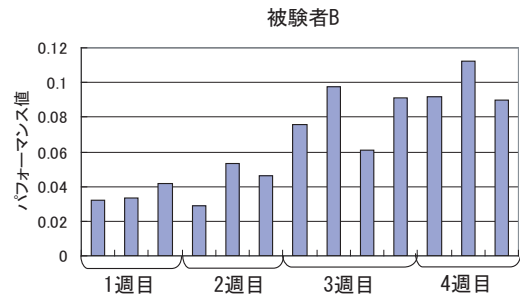
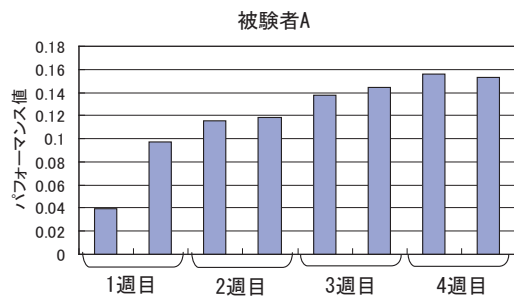


図 5.10: 記憶のパフォーマンス値

実験期間および頻度

本実験では、1タスクセットあたり18分～19分要する作業を週に3試行または4試行行い、それを4週間にわたり実施した。この頻度を保つのであれば、4週間程度の実験の実施は可能であるという回答を得た。逆に、本実験より頻度を多くすると、4週間の実験は困難であるとの回答を得ており、実際に試行回数が週2回以下となる週が存在した被験者(被験者A、C、D、F)もいたことから、フィールド実験実施には試行回数は週3回以下の頻度でなくてはならない。

CPTOP2システム上の課題

CPTOP2はサーバ・クライアント構成でシステムを構成している。そのためネットワーク等の状況により動作遅延が発生する可能性がある。CPTOP2では、次の設問やタスクへ進む「次へ」ボタンがこのサーバ・クライアント構成にて動作している。本実験では、ネットワークの混雑により、数秒程度の動作遅延が頻発し、ボタンのイベントが発生しなかったと被験者に誤解を与えていたために「次へ」のボタンを連打する被験者がいた。このボタン連打により以下のような問題が発生した。

- 正確なタスク時間の測定が不可能
- 本来すべきタスクや設問を抜かす

正確なタスク時間の測定には、現在サーバ側で取得している時刻をクライアント側で取得するようプログラムを変更すれば解決できる。

本来すべきタスクを抜かすという問題が頻発すると、パフォーマンス評価ができない上に、習熟完了が意図した期間までなされない可能性も高くなる。そのためには、「次へ」のボタンが押されてから次の設問あるいはタスクが表示されるまでの間に、同じ「次へ」のボタンが押された場合に処理をしないようプログラムを変更する必要がある。

5.3.3 まとめ

本実験では、実際のオフィス環境によるCPTOP2評価実験を実施し、パフォーマンスと疲労の関係を見ると共に今後のフィールド実験の実施に向けた実施手順を確立することを目的とした。その結果、パフォーマンスは疲労に比外的要因が大きく影響を受けることが判明した。また、CPTOP2タスク時間が17分間であれば4週間のフィールド実験が可能であることを確認した。以下表5.3に本実験より得られた結果と今後のフィールド実験実施の方針をまとめる。

以上の結果から提案される実験実施方法として、評価対象となるオフィス空間を週単位に設け、その期間の全被験者パフォーマンス平均値から生産性とする実験方法が最適であろう。

表 5.3: 本実験の結果とフィールド実験の実施方針

項目	内容	本実験	フィールド実験の実施方針
実験手順	実験期間	週 3、4 回で 4 週間実験可能	1 週間は練習期間とし、各環境条件 1 週間 × 3 条件
		1 週目は練習期間	練習期間として、記憶 10 試行分を設ける
	タスク構成	CPTOP2 の 4 タスク 17 分間	CPTOP2 の 4 タスク 17 分間を維持
			長期的ならば 2 タスクずつ交互に実施可能
		練習期間、評価期間ともに 17 分	練習期間は数列穴埋め、記憶時間を長くする
	作業の中断	タスク間に中断するよう教示	
			中断前後の状況変化が小さい場合は続行
			状況変化が大きい、または中断時間が長い場合は、その試行はキャンセル
評価方法	CPTOP2	疲労度との関係性	大規模実験を実施し、周囲の環境を統制
		時刻の指定は困難	外乱も内包した被験者群全体のパフォーマンス評価 各環境条件期間の平均値といった長期的なパフォーマンス値から評価
CPTOP2	作業の中断	タスク間に中断するよう教示	中断時間を取得し、続行か中止かを判断
	動作の遅延	動作するまで待つよう教示	連打の防止処理
	習熟効果	練習期間でも正否は不明	練習期間に正否を表示
	ブロック組み立て	パスボタンの位置が画面左下	「次へ」のボタンの近くに配置

第 6 章 結論

本研究では、昨年までに当研究室で開発した知的生産性評価のためのパフォーマンステスト CPTOP2 を実オフィスにおける環境評価の評価指標として実用化を目指して、タスク時間を短縮するためにパフォーマンスの安定性に着目した修正を行った。さらに、実オフィスにおけるフィールド実験を実施し、疲労度とパフォーマンスの関係を探ると同時に、実験方法の確立を試みた。

第 2 章では、研究の背景として、オフィス環境におけるプロダクティビティ評価についての既往研究についてまとめ、オフィスワークの生産性評価指標と評価方法の確立が未だなされていない現状について述べた。

第 3 章では、まず CPTOP2 についてのタスク詳細を述べ、昨年度実施した照明環境評価実験について記した。その結果、環境改善を感度良く評価できたことを確認した一方で、タスク短時間化により解答数が減少するため、パフォーマンスの安定性は保証されないという課題が残った。さらに、その昨年度の実験結果や新たな被験者実験を通じて、パフォーマンスの安定性向上のための CPTOP2 修正方法を提案した。

第 4 章では、第 3 章で示した修正方法の妥当性を検証するために行った被験者実験について述べた。具体的には、40 名の被験者に CPTOP2 の語句並べ替えを除く 3 タスクについて、タスク時間を短縮化した上で昨年度の実験と同じ仕様のもと修正を施したものを交互に行い、両仕様の標準偏差を比較した。その結果、ブロック組み立てに関しては、使用制限をつけることでパスが有効であることを示した。数列穴埋めに関しては、意図した知的能力を評価できるよう修正した上で数列各項の数値や括弧の位置を調整及びタスクモデルから補正できることを示したが、適応範囲を広げるために解答手順を詳細に検討し、別途タスクモデルを再構築する必要があることがわかった。記憶に関しては、設問毎の解答時間を短縮し、解答数を増やすことでパフォーマンス安定が実現できることを示した。以上の結果から、昨年度のタスク仕様に比べ、安定性の向上が期待できると言えよう。

第 5 章では、実オフィスにおけるフィールド実験について述べた。今後の大規模な環境評価実験を前に、CPTOP2 による生産性と疲労度の関係を調査し、実験方法の確立を目的として実施した。その結果、実際のオフィスワークに対しても CPTOP2 評価実験の実施が可能であることを示した。また、外的要因が疲労度に比べて大きくパフォー

パフォーマンスに影響を及ぼしていること、時間の指定は困難であることが分かり、パフォーマンス評価にはオフィス全体のパフォーマンスを生産性とし、それを長期的に調査する方法とすべきであると言えよう。しかし、作業の中断や動作遅延が頻発したことから、CPTOP2の更なる改善が必要であると言える。

本研究では、第4章、第5章からオフィス環境評価実験の実施に向けた具体的な方法を示した。これらの方法に基づき実験手順を作成やCPTOP2の改善を行えば、大規模な環境評価実験が実施され、その指標としてCPTOP2が実用化されるであろう。それにより、オフィスの改築や移転による環境改善の効果を定量的に示され、高い生産性を促すようにオフィス環境を最適化することが期待できる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、研究の方針から論文の執筆に至るまで熱心にご指導して頂き、さらにはアメリカに行く機会まで与えて下さった下田宏准教授に心より感謝いたします。

研究に関する指導して頂いただけでなく、実験環境の構築に至るまで研究を進めていく上で常に御支援して頂いた石井裕剛助教に心より感謝いたします。

ご多忙にも関わらず、実験方針について助言ををして頂き、さらには被験者の手配に尽力して頂いたパナソニック電気株式会社の岩川幹生氏に心より感謝いたします。

本研究に携わる機会を与えて頂き、研究の指針を示して頂いたパナソニック電気株式会社の寺野真明博士に心より感謝いたします。

同じ実験チームの一員として、被験者募集のピラ配りから実験の実施、さらには論文チェックして頂いた修士1回生の宮城和音君に心より感謝いたします。

実験の被験者として快くご協力して頂いた方々に深く感謝いたします。

予備実験の被験者として協力して頂いたたり、マリオカートをして遊んだりと研究を進める上で常に支えて頂いた研究室の皆様感謝いたします。

また、研究室生活を送るにあたり、日ごろからお世話を頂き山下恵未依さんに心より感謝いたします。

最後に、様々な御支援、後助力して頂いた全ての方々に、ここに御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Indoor Health and Productivity Project: <http://gaia.lbl.gov/IHP/>, (2009年2月現在).
- [2] M.Brill: Using Office Design to Increase Productivity Volume 1, Buffalo Workplace Design and Productivity Inc., (1984).
- [3] 中島: 日本経済の生産性分析, 日本経済新聞社, (2006).
- [4] 橋本, 寺野, 杉浦, 中村, 川瀬, 近藤: 室内環境の改善によるプロダクティビティ向上に関する調査研究第1~4報, 平成15年度空気調和・衛生工学学術講演論文集, (2003).
- [5] W.J. Fisk, P.N. Price, D.Faulkner, D.P. Sullivan, D.L. Dibartolomeo, C.C. Federspiel, G. Liu, and M. Lahiff2: Worker Performance and Ventilation, Part1, 2, Proceedings of Indoor Air 2002, pp.784-795, (2002).
- [6] W.M. Kroner, and J.A. Stark-Martin: Environmentally Responsive Workstation and Office-Worker Productivity, ASHARE Transaction, Vol.100, pp.750-755, (1994).
- [7] P.Wargocki, D.P.Wyon and P.O.Fanger: Productivity is Affected by the AirQuality in Offices, Healthy Building 2000, pp.635-640, (2000).
- [8] David R. Throme, Sander G. Gensor, Helen C. Sing and Frederick W. Hegge: The Walter Reed Performance Assessment Battery, Neurobehavioral Toxicology and Teratology, Vol.7, pp.415-418, (1985).
- [9] 西原, 田辺: 自己調節可能な気流環境が知的生産性に与える影響に関する研究, 空気調和・衛生工学学術講演論文集, pp.173-176. (2002).
- [10] 日本産業衛生学会・産業疲労研究会編集委員会(編): 産業疲労ハンドブック; 労働基準調査会, (1988).

- [11] 橋本, 寺野, 杉浦, 中村, 川瀬, 近藤: 室内環境の改善によるプロダクティビティ向上に関する調査研究第5~6報, 平成16年度空気調和・衛生工学学術講演論文集, (2004).
- [12] 宮城, 近藤, 榎本, 下田, 石井, 岩川, 寺野: パフォーマンステストによる知的生産性改善評価時のNIRSを用いた脳活動計測, 第47回ヒューマンインタフェース学会研究会, (2008).
- [13] N. Nishihara, S. Tanabe: MONITORING CEREBRAL BLOOD FLOW FOR OBJECTIVE EVALUATING OF RELATIONSHIP PRODUCTIVITY AND THERMAL ENVIRONMENT, proceedings of IAQVEC 2007, pp.655-662, (2007).
- [14] 河内: 生理心理指標を用いたワークスペースプロダクティビティの統合的評価に関する基礎研究, 京都大学エネルギー科学研究科修士論文, (2004).
- [15] 大林, 富田, 服部, 河内, 下田, 石井, 寺野, 吉川: オフィスワークのプロダクティビティ改善のための環境制御法の研究 - 照明制御法の開発と実験的評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム2006, Vol.1, Paper No.1322, pp.151-156, (2006).
- [16] 榎本, 近藤, 下田, 石井, 大林, 岩川, 寺野: プロダクティビティ改善のための照明制御に関する実験研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム2007, Paper No.3431, pp.1163-1168, (2007).
- [17] K. Enomoto, Y. Kondo, F. Obayashi, M. Iwakawa, H. Ishii, H. Shimoda, M. Terano: An Experimental Study on Improvement of Office Work Productivity by Circadian Rhythm Light, The 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, WMSCI 2008, Vol.VI, pp.121-126, (2008).
- [18] 岩川, 近藤, 榎本, 宮城, 下田, 石井, 寺野: 知的生産性改善評価のための新パフォーマンステストの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム2008, pp.273-280, (2008).
- [19] E. Fleishman and M. Reilly: Handbook of Human Abilities, Consulting Psychologists Press, pp.1-37, (1992).
- [20] 伊藤, 下田, 吉川, 大林: プロダクティビティの定量的評価に向けたオフィスワークの知的生産性分類のための調査, HI論文集, pp.441-446, (2005).

- [21] 芳賀, 水上:日本語版 NASA-TLX によるワークロード測定 各種室内実験課題に対するワークロード得点の感度, 人間工学, Vol32, No.2, pp.71-79, (1996).
- [22] R. A. Finke, T. B. Finke, S. M. Smith: Creative Cognition, Theory, Research, and Applications, The MIT Press, Cambridge, MA, (1992).
- [23] 小橋: 創造的認知 -実験で探るクリエイティブな発想のメカニズム-, 森北出版, pp.38-39, (1999).
- [24] S.K. Card, T.P. Moran, A. Newell: The Psychology of Human-Computer Interaction, Erlbaum Associates, (1983).
- [25] 吉川, 仲谷, 下田, 丹羽: ヒューマンインタフェースの心理と生理, コロナ社, pp.19, (2006)

付録 A CPTOP2 修正の効果検証予備実験

A.1 実験の目的

本実験は第 4 章で述べた実験の実施に際して、その実験手順の確認及び修正を目的とする予備の実験であった。

A.2 実験方法

A.2.1 実験室及び実験環境

実験室は 3.4.3 節で述べた実験室と同様である。実験環境は、4.2.1 節で述べた実験環境の中から照度がオフィスで一般的に推奨されている 750lx 一定とした以外は同様である。表 A.1 に実験環境を纏める。

表 A.1: 予備実験の実験室環境

机上面照度	温度	湿度	換気量	騒音
750lx	25	50 %	換気扇 on	50db 以下

A.2.2 計測項目

CPTOP2 の 4 タスクから、語句並べ替えを除く 3 タスクについて修正前と修正後 2 種類行った。ただし、数列穴埋めに関して難易度は 3.4.3 節で述べた実験時と同様とした。

A.2.3 実験手順

実験は、2008 年 9 月 1 日に行った。4.2.3 項で述べた手順と同様に 1 日 10 セットの作業を行った。ただし、図 A.1 に示すように午前 3 セット、午後 7 セットとした。1 セットの流れは図 A.2 とした。

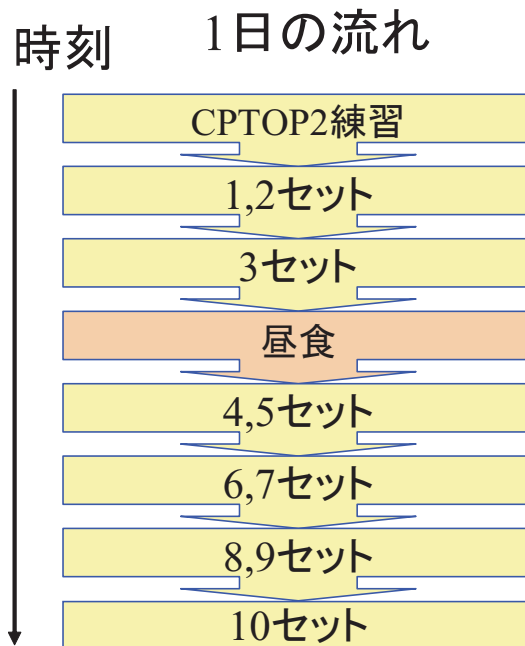


図 A.1: 予備実験の流れ

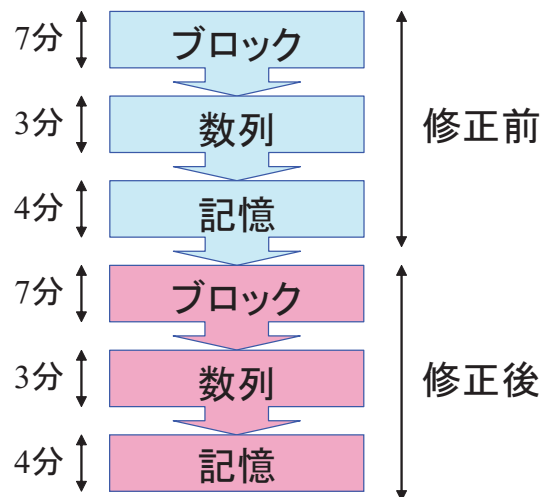


図 A.2: 予備実験の1セットのタスク構成

A.2.4 被験者

被験者は男性1名(被験者E)、女性1名(被験者F)の計2名であった。

A.2.5 実験結果

被験者E、Fの各タスクのパフォーマンス値を表A.2及び図A.3、表A.3及び図A.4に示す。

表 A.2: 被験者Eのパフォーマンス値

試行回数	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0165	0.0071	0.0220	0.0095	0.082	0.142
2	0.0237	0.0189	0.0158	0.0207	0.183	0.156
3	0.0190	0.0117	0.0274	0.0060	0.125	0.149
4	0.0141	0.0142	0.0208	0.0100	0.173	0.169
5	0.0187	0.0289	0.0359	0.0146	0.178	0.152
6	0.0134	0.0120	0.0388	0.0146	0.148	0.161
7	0.0237	0.0115	0.0347	0.0382	0.167	0.197
8	0.0166	0.0248	0.0386	0.0157	0.150	0.210
9	0.0173	0.0118	0.0201	0.0200	0.192	0.188
10	0.0262	0.0257	0.0200	0.0391	0.174	0.170

表 A.3: 被験者Fのパフォーマンス値

試行回数	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0153	0.0080	0.0274	0.0187	0.137	0.179
2	0.0165	0.0151	0.0159	0.0106	0.154	0.129
3	0.0094	0.0080	0.0070	0.0068	0.143	0.179
4	0.0062	0.0119	0.0182	0.0047	0.134	0.211
5	0.0093	0.0080	0.0271	0.0164	0.191	0.193
6	0.0118	0.0112	0.0210	0.0155	0.166	0.204
7	0.0044	0.0092	0.0306	0.0260	0.197	0.207
8	0.0166	0.0181	0.0258	0.0137	0.197	0.229
9	0.0189	0.0136	0.0191	0.0198	0.185	0.243
10	0.0106	0.0092	0.0216	0.0159	0.191	0.193

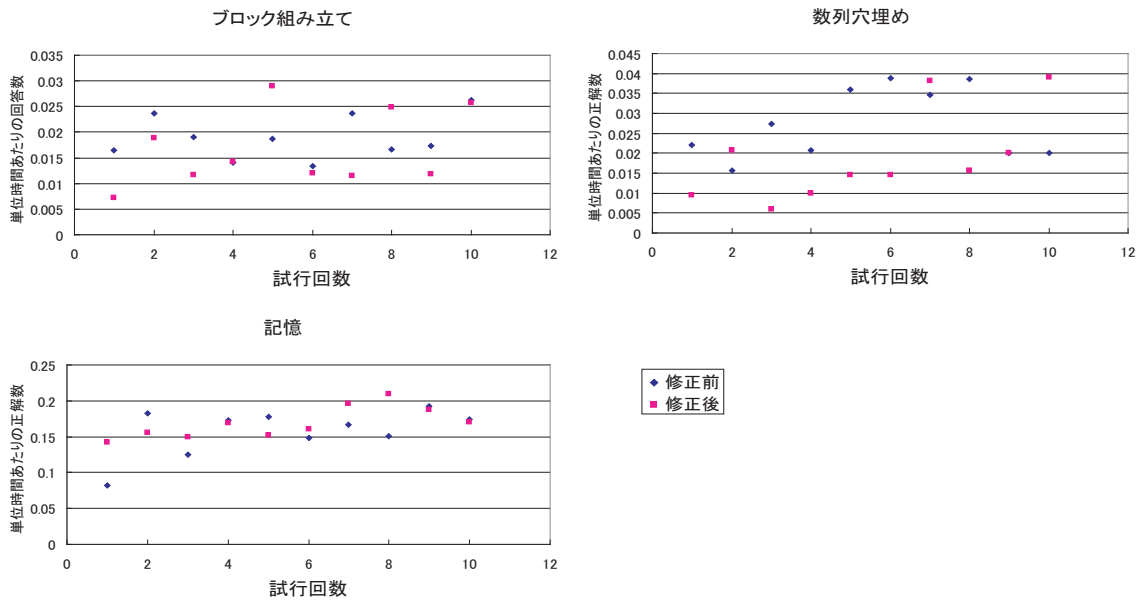


図 A.3: 被験者 E のパフォーマンス

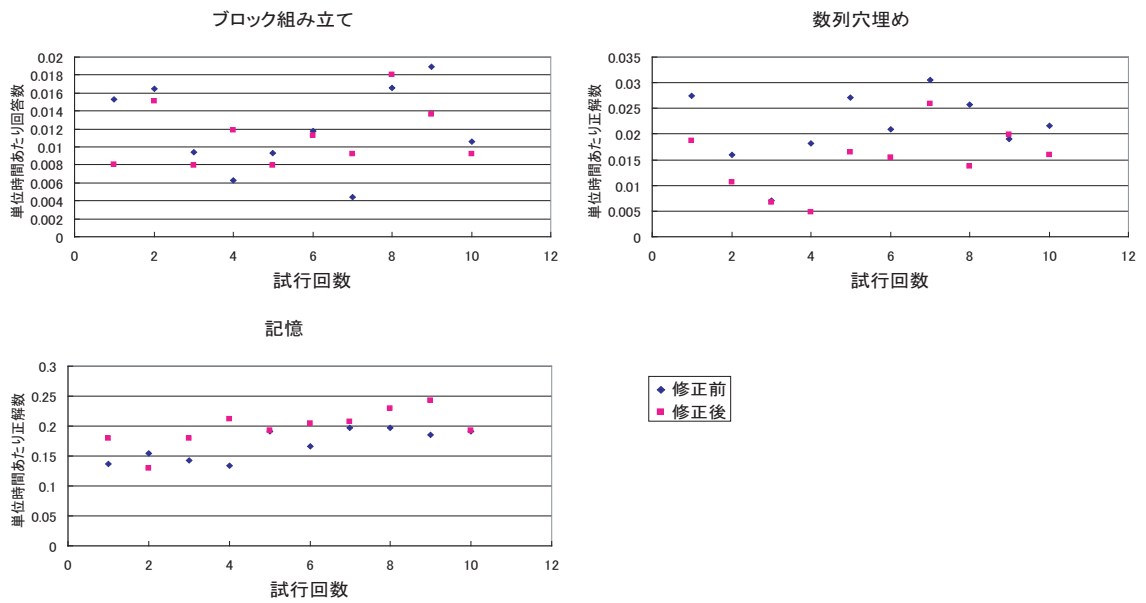


図 A.4: 被験者 F のパフォーマンス

付録 B CPTOP2修正の評価検証実験における 全パフォーマンス

第4章で述べた実験に関して、前半5セット分も含めた各タスクのパフォーマンスを表B.1から表B.14に示す。パフォーマンス値の単位は正解数/sec、ブロック組み立ては回答数/secである。

表 B.1: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 A,B,C)

被験者 A	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0199	0.0237	0.0276	0.0517	0.0947	0.1296
2	0.0291	0.0327	0.0309	0.0243	0.1169	0.0943
3	0.0298	0.0262	0.0281	0.0152	0.1101	0.1485
4	0.0236	0.0292	0.0480	0.0398	0.1058	0.1553
5	0.0341	0.0456	0.0307	0.0417	0.1707	0.1413
6	0.0444	0.0365	0.0219	0.0428	0.1584	0.1363
7	0.0514	0.0448	0.0454	0.0570	0.1506	0.0897
8	0.0493	0.0485	0.0652	0.0514	0.1513	0.1312
9	0.0427	0.0513	0.0306	0.0647	0.1387	0.1344
10	0.0566	0.0490	0.0220	0.0380	0.1513	0.1968
被験者 B	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0266	0.0297	0.0883	0.0968	0.1241	0.1338
2	0.0436	0.0377	0.1169	0.0718	0.1510	0.1534
3	0.0380	0.0398	0.1750	0.0767	0.1708	0.2721
4	0.0493	0.0380	0.1163	0.0944	0.2407	0.3063
5	0.0314	0.0387	0.1092	0.1143	0.2586	0.2630
6	0.0400	0.0361	0.0888	0.1146	0.2635	0.1943
7	0.0361	0.0277	0.0744	0.0484	0.2331	0.1400
8	0.0319	0.0283	0.1043	0.0657	0.1445	0.2845
9	0.0301	0.0229	0.0822	0.0935	0.1632	0.2575
10	0.0391	0.0450	0.1076	0.0970	0.0528	0.3078
被験者 C	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0180	0.0118	0.0267	0.0551	0.1344	0.1617
2	0.0218	0.0246	0.0574	0.0545	0.1731	0.2094
3	0.0244	0.0234	0.0663	0.0741	0.2155	0.2155
4	0.0268	0.0212	0.0551	0.0442	0.2278	0.2851
5	0.0316	0.0342	0.0397	0.0610	0.2153	0.2395
6	0.0401	0.0439	0.0647	0.0777	0.2409	0.2622
7	0.0249	0.0369	0.0887	0.0920	0.2442	0.2831
8	0.0423	0.0313	0.0823	0.1348	0.2650	0.2689
9	0.0223	0.0357	0.1105	0.1154	0.2416	0.2360
10	0.0280	0.0338	0.0698	0.0904	0.2320	0.2876

表 B.2: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 D,E,F)

被験者 D	ブロック組立		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0161	0.0152	0.0650	0.0790	0.1185	0.1922
2	0.0108	0.0209	0.0642	0.0876	0.1703	0.2089
3	0.0208	0.0166	0.0650	0.0871	0.1519	0.1586
4	0.0165	0.0156	0.0748	0.0958	0.1946	0.2597
5	0.0206	0.0304	0.0847	0.1267	0.1867	0.2227
6	0.0228	0.0321	0.0775	0.0853	0.2041	0.2968
7	0.0248	0.0361	0.1236	0.0942	0.2311	0.2466
8	0.0313	0.0385	0.1113	0.0822	0.2343	0.2773
9	0.0247	0.0284	0.1065	0.1280	0.2468	0.2425
10	0.0297	0.0347	0.0964	0.1163	0.2644	0.3005
被験者 E	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0123	0.0101	0.0706	0.0924	0.0664	0.0368
2	0.0108	0.0094	0.1044	0.0886	0.0735	0.0837
3	0.0085	0.0081	0.0942	0.0833	0.1055	0.0875
4	0.0102	0.0115	0.1118	0.1266	0.1120	0.0711
5	0.0144	0.0156	0.0986	0.1214	0.0865	0.1338
6	0.0158	0.0147	0.1097	0.1361	0.0872	0.1173
7	0.0124	0.0179	0.1151	0.1254	0.1314	0.1173
8	0.0200	0.0199	0.1197	0.1320	0.0771	0.1697
9	0.0137	0.0132	0.1104	0.1331	0.1379	0.1106
10	0.0190	0.0189	0.1173	0.1328	0.1413	0.1085
被験者 F	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0307	0.0362	0.0361	0.0385	0.1034	0.1305
2	0.0352	0.0455	0.0380	0.0602	0.1058	0.1384
3	0.0411	0.0430	0.0605	0.0640	0.1747	0.1720
4	0.0509	0.0555	0.0758	0.1111	0.1939	0.2686
5	0.0464	0.0562	0.1016	0.0807	0.2362	0.2398
6	0.0439	0.0554	0.0904	0.1214	0.2400	0.2566
7	0.0470	0.0540	0.0883	0.1186	0.2207	0.2557
8	0.0474	0.0583	0.1229	0.1097	0.2638	0.2996
9	0.0465	0.0560	0.0639	0.1157	0.2615	0.2809
10	0.0531	0.0612	0.0998	0.0972	0.2346	0.3171

表 B.3: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 G,H,I)

被験者 G	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0096	0.0137	0.1339	0.1644	0.1999	0.1955
2	0.0197	0.0208	0.1206	0.1775	0.2125	0.2039
3	0.0185	0.0226	0.1311	0.1622	0.1983	0.2284
4	0.0237	0.0189	0.1308	0.1544	0.2456	0.2302
5	0.0261	0.0276	0.1350	0.1210	0.1727	0.1986
6	0.0321	0.0343	0.1312	0.1380	0.2038	0.2532
7	0.0311	0.0370	0.1487	0.1864	0.1918	0.2119
8	0.0452	0.0324	0.1646	0.1609	0.2163	0.2456
9	0.0407	0.0354	0.1623	0.1690	0.2022	0.2681
10	0.0399	0.0319	0.1670	0.1497	0.2054	0.2307
被験者 H	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0041	0.0038	0.0207	0.0571	0.0438	0.0413
2	0.0030	0.0034	0.0318	0.0403	0.0216	0.0371
3	0.0061	0.0064	0.0309	0.0537	0.0578	0.0661
4	0.0061	0.0022	0.0583	0.0815	0.0597	0.0835
5	0.0040	0.0060	0.0375	0.0585	0.0226	0.0364
6	0.0034	0.0040	0.0236	0.0533	0.0435	0.0980
7	0.0155	0.0082	0.0516	0.0736	0.0749	0.1106
8	0.0099	0.0089	0.0719	0.0941	0.0536	0.0757
9	0.0070	0.0090	0.0439	0.0818	0.0760	0.0981
10	0.0162	0.0203	0.0692	0.0765	0.0797	0.0906
被験者 I	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0273	0.0196	0.0604	0.0602	0.0978	0.0569
2	0.0262	0.0228	0.0450	0.0277	0.0817	0.1021
3	0.0369	0.0280	0.0563	0.0655	0.1232	0.0985
4	0.0372	0.0251	0.0822	0.0500	0.1426	0.1620
5	0.0394	0.0362	0.0830	0.0597	0.1110	0.1415
6	0.0376	0.0258	0.0729	0.0443	0.1429	0.1137
7	0.0413	0.0226	0.0825	0.0885	0.1322	0.1686
8	0.0437	0.0389	0.0955	0.0312	0.1503	0.1840
9	0.0467	0.0343	0.0774	0.0559	0.2295	0.1928
10	0.0468	0.0394	0.0936	0.0581	0.2425	0.1836

表 B.4: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 J,K,L)

被験者 J	ブロック組立		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0142	0.0142	0.0281	0.0311	0.0661	0.0804
2	0.0101	0.0146	0.0256	0.0272	0.0801	0.0906
3	0.0157	0.0157	0.0318	0.0346	0.1439	0.1790
4	0.0239	0.0177	0.0414	0.0507	0.1522	0.2361
5	0.0190	0.0277	0.0319	0.0408	0.1867	0.2087
6	0.0133	0.0193	0.0347	0.0320	0.1971	0.2032
7	0.0230	0.0260	0.0492	0.0584	0.1761	0.2455
8	0.0224	0.0349	0.0639	0.0719	0.2124	0.2418
9	0.0250	0.0229	0.0477	0.0729	0.1863	0.2303
10	0.0285	0.0271	0.0433	0.0586	0.2149	0.2370
被験者 K	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0055	0.0059	0.0479	0.0514	0.0668	0.0404
2	0.0067	0.0047	0.0479	0.0763	0.0407	0.0311
3	0.0088	0.0040	0.0485	0.0344	0.0495	0.0424
4	0.0100	0.0115	0.0610	0.0764	0.0707	0.0807
5	0.0091	0.0116	0.0487	0.0658	0.0742	0.0668
6	0.0132	0.0086	0.0481	0.0406	0.1125	0.1109
7	0.0104	0.0095	0.0551	0.0425	0.0979	0.0907
8	0.0094	0.0094	0.0764	0.0688	0.1036	0.1106
9	0.0113	0.0113	0.0525	0.0520	0.0949	0.1278
10	0.0123	0.0127	0.0675	0.0322	0.0908	0.1391
被験者 L	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0072	0.0053	0.0786	0.0856	0.0822	0.0844
2	0.0083	0.0084	0.0710	0.0818	0.0733	0.0842
3	0.0131	0.0047	0.0883	0.0932	0.0997	0.0877
4	0.0093	0.0094	0.0993	0.1126	0.0970	0.1158
5	0.0130	0.0082	0.0916	0.0771	0.1153	0.1112
6	0.0135	0.0088	0.0917	0.1034	0.0939	0.1292
7	0.0107	0.0114	0.1060	0.0943	0.1138	0.0935
8	0.0097	0.0109	0.1127	0.0839	0.1027	0.1219
9	0.0106	0.0166	0.1027	0.1099	0.1205	0.1138
10	0.0151	0.0142	0.0910	0.0645	0.1302	0.1369

表 B.5: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 M,N,O)

被験者 M	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0177	0.0088	0.0733	0.0652	0.0688	0.0610
2	0.0090	0.0160	0.0480	0.0397	0.0846	0.0879
3	0.0133	0.0139	0.0541	0.0207	0.0898	0.0639
4	0.0132	0.0156	0.0535	0.1012	0.0712	0.0675
5	0.0128	0.0187	0.0678	0.0610	0.0652	0.0884
6	0.0154	0.0154	0.0284	0.1084	0.0735	0.0755
7	0.0084	0.0216	0.0889	0.1111	0.0767	0.0906
8	0.0129	0.0161	0.1055	0.1082	0.0857	0.0849
9	0.0281	0.0235	0.0580	0.1199	0.0895	0.0583
10	0.0266	0.0293	0.0769	0.1144	0.1037	0.0880
被験者 N	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0097	0.0087	0.0765	0.0917	0.1933	0.1465
2	0.0138	0.0081	0.0800	0.0754	0.1545	0.2051
3	0.0095	0.0123	0.0940	0.0591	0.1744	0.1967
4	0.0119	0.0177	0.1059	0.1005	0.1655	0.1635
5	0.0119	0.0112	0.1090	0.0900	0.2042	0.2238
6	0.0128	0.0118	0.1042	0.0937	0.2175	0.2321
7	0.0084	0.0117	0.1081	0.0971	0.1949	0.2200
8	0.0365	0.0187	0.1385	0.0991	0.2484	0.2046
9	0.0143	0.0203	0.1086	0.1023	0.1982	0.2240
10	0.0143	0.0157	0.1240	0.1385	0.2139	0.2445
被験者 O	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0087	0.0115	0.0359	0.0714	0.0709	0.0912
2	0.0108	0.0130	0.0537	0.0513	0.0626	0.0704
3	0.0100	0.0115	0.0360	0.0277	0.0769	0.0546
4	0.0086	0.0141	0.0658	0.0770	0.0796	0.0669
5	0.0062	0.0178	0.0498	0.0398	0.0883	0.0587
6	0.0114	0.0193	0.0355	0.0535	0.0099	0.0883
7	0.0046	0.0159	0.0624	0.0551	0.0684	0.0799
8	0.0093	0.0165	0.0828	0.0830	0.0979	0.0649
9	0.0066	0.0116	0.0655	0.0514	0.1138	0.0256
10	0.0208	0.0112	0.0469	0.0516	0.0057	0.1424

表 B.6: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 P,Q,R)

被験者 P	ブロック組立		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0183	0.0118	0.0641	0.0793	0.1807	0.1712
2	0.0131	0.0214	0.0601	0.0661	0.1670	0.1851
3	0.0215	0.0142	0.0659	0.0582	0.1685	0.2064
4	0.0255	0.0176	0.0909	0.0889	0.1913	0.2196
5	0.0262	0.0135	0.0927	0.0961	0.2176	0.2353
6	0.0297	0.0306	0.0811	0.0869	0.2358	0.2423
7	0.0246	0.0277	0.1190	0.0584	0.1864	0.2328
8	0.0210	0.0163	0.1238	0.0800	0.2150	0.2468
9	0.0199	0.0210	0.1099	0.0932	0.2011	0.2708
10	0.0276	0.0327	0.1134	0.0985	0.2413	0.2340
被験者 Q	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0118	0.0144	0.0304	0.0423	0.0967	0.0985
2	0.0115	0.0109	0.0201	0.0310	0.1051	0.1584
3	0.0145	0.0178	0.0370	0.0315	0.1304	0.1706
4	0.0160	0.0204	0.0465	0.0518	0.1394	0.1395
5	0.0283	0.0256	0.0273	0.0383	0.1504	0.1461
6	0.0228	0.0264	0.0204	0.0320	0.1475	0.1908
7	0.0241	0.0359	0.0493	0.0530	0.1395	0.2088
8	0.0261	0.0224	0.0672	0.0450	0.2082	0.1730
9	0.0374	0.0322	0.0507	0.0639	0.1901	0.2041
10	0.0376	0.0321	0.0443	0.0542	0.2083	0.1769
被験者 R	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0112	0.0094	0.0589	0.0727	0.0435	0.0567
2	0.0154	0.0197	0.0532	0.0862	0.0610	0.0794
3	0.0160	0.0207	0.0929	0.0702	0.0739	0.1253
4	0.0209	0.0245	0.0808	0.1120	0.1054	0.0700
5	0.0250	0.0268	0.0843	N/A	0.0533	N/A
6	0.0306	0.0293	0.0756	0.1266	0.1345	0.0974
7	0.0291	0.0316	0.1051	0.1188	0.1109	0.1539
8	0.0299	0.0285	0.0923	0.1150	0.1375	0.1197
9	0.0259	0.0325	0.1091	0.1104	0.1042	0.1454
10	0.0282	0.0321	0.1159	0.0967	0.1301	0.0760

表 B.7: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 S,T,U)

被験者 S	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0081	0.0080	0.0199	0.0344	0.0793	0.0823
2	0.0116	0.0075	0.0300	0.0365	0.0924	0.0922
3	0.0143	0.0110	0.0598	0.0295	0.1191	0.1227
4	0.0210	0.0213	0.0505	0.0324	0.1272	0.1080
5	0.0209	0.0235	0.0270	0.0326	0.1060	0.1607
6	0.0183	0.0116	0.0382	0.0464	0.1282	0.1629
7	0.0104	0.0087	0.0497	0.0570	0.1378	0.1462
8	0.0118	0.0139	0.0695	0.0586	0.1503	0.1801
9	0.0136	0.0081	0.0162	0.0719	0.1203	0.1316
10	0.0107	0.0149	0.0540	0.0586	0.1800	0.1421
被験者 T	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0104	0.0147	0.0523	0.0495	0.1271	0.1080
2	0.0114	0.0182	0.0309	0.0498	0.1790	0.1919
3	0.0115	0.0122	0.0425	0.0252	0.1611	0.2071
4	0.0185	0.0119	0.0587	0.0594	0.2185	0.2244
5	0.0154	0.0240	0.0598	0.0367	0.1848	0.1825
6	0.0153	0.0233	0.0830	0.0539	0.1759	0.1722
7	0.0189	0.0212	0.0887	0.0470	0.2000	0.2007
8	0.0302	0.0277	0.0805	0.0543	0.1922	0.1572
9	0.0219	0.0293	0.0774	0.0384	0.1711	0.1651
10	0.0296	0.0348	0.0537	0.0328	0.1942	0.1966
被験者 U	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0164	0.0163	0.0433	0.0526	0.0896	0.0829
2	0.0209	0.0236	0.0513	0.0528	0.0965	0.1243
3	0.0169	0.0236	0.0532	0.0575	0.1305	0.1391
4	0.0283	0.0243	0.0847	0.0794	0.1239	0.1308
5	0.0382	0.0374	0.0870	0.0792	0.1920	0.1796
6	0.0381	0.0384	0.0371	0.0992	0.1827	0.1861
7	0.0430	0.0461	0.0790	0.0830	0.2321	0.2340
8	0.0347	0.0367	0.0925	0.1010	0.1716	0.2189
9	0.0451	0.0432	0.0693	0.1067	0.2396	0.2533
10	0.0471	0.0438	0.0792	0.0925	0.2442	0.2418

表 B.8: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 V,W,X)

被験者 V	ブロック組立		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0151	0.0275	0.0515	0.0536	0.1567	0.1391
2	0.0182	0.0155	0.0668	0.0547	0.1911	0.2070
3	0.0185	0.0186	0.0774	0.0524	0.1945	0.2397
4	0.0211	0.0185	0.1017	0.0408	0.2159	0.1960
5	0.0253	0.0213	0.0951	0.0391	0.2062	0.1630
6	0.0243	0.0225	0.0553	0.0594	0.2173	0.2223
7	0.0291	0.0261	0.0767	0.0421	0.2375	0.2722
8	0.0284	0.0235	0.0818	0.0618	0.2207	0.2564
9	0.0200	0.0268	0.0318	0.0644	0.2394	0.2059
10	0.0214	0.0247	0.0658	0.0804	0.1851	0.2004
被験者 W	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0393	0.0291	0.0583	0.0691	0.1414	0.1042
2	0.0158	0.0321	0.0707	0.0705	0.1730	0.1861
3	0.0186	0.0164	0.0748	0.0417	0.2016	0.1966
4	0.0272	0.0244	0.1004	0.0789	0.2348	0.2319
5	0.0262	0.0209	0.1055	0.0707	0.2387	0.2071
6	0.0207	0.0220	0.0934	0.0757	0.2239	0.2595
7	0.0341	0.0352	0.1227	0.0654	0.2282	0.2746
8	0.0433	0.0302	0.1363	0.0765	0.2562	0.2936
9	0.0501	0.0357	0.0940	0.0385	0.2686	0.2398
10	0.0349	0.0347	0.1215	0.0991	0.2769	0.3045
被験者 X	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0226	0.0214	0.0037	0.0164	0.0199	0.0213
2	0.0189	0.0227	0.0160	0.0108	0.0490	0.0211
3	0.0137	0.0271	0.0292	0.0107	0.0503	0.0226
4	0.0266	0.0301	0.0470	0.0182	0.0702	0.0642
5	0.0317	0.0293	0.0271	0.0170	0.0633	0.0556
6	0.0301	0.0386	0.0268	0.0050	0.0852	0.0981
7	0.0308	0.0385	0.0217	0.0155	0.0684	0.0936
8	0.0298	0.0303	0.0414	0.0163	0.0900	0.1323
9	0.0314	0.0328	0.0522	0.0165	0.0910	0.0827
10	0.0367	0.0330	0.0489	0.0295	0.0508	0.1506

表 B.9: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 Y,Z,AA)

被験者 Y	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0184	0.0228	0.0687	0.0739	0.0772	0.0722
2	0.0187	0.0243	0.0592	0.0699	0.1155	0.1025
3	0.0156	0.0209	0.0598	0.0705	0.0991	0.0981
4	0.0185	0.0213	0.0777	0.0809	0.1416	0.1065
5	0.0196	0.0190	0.0879	0.0867	0.1260	0.1060
6	0.0207	0.0210	0.0577	0.0538	0.1271	0.1165
7	0.0258	0.0251	0.0760	0.0720	0.1368	0.1419
8	0.0230	0.0260	0.0772	0.0684	0.1397	0.1935
9	0.0290	0.0308	0.0741	0.0909	0.1373	0.1704
10	0.0275	0.0316	0.0822	0.0809	0.1657	0.1718
被験者 Z	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0279	0.0296	0.0914	0.1249	0.2041	0.2808
2	0.0285	0.0213	0.1305	0.1371	0.2446	0.2667
3	0.0318	0.0189	0.1500	0.1247	0.2799	0.2918
4	0.0353	0.0339	0.1877	0.1489	0.3012	0.3510
5	0.0381	0.0307	0.1485	0.1386	0.2909	0.3386
6	0.0392	0.0371	0.1216	0.1386	0.3142	0.3520
7	0.0312	0.0306	0.1672	0.1925	0.3127	0.3497
8	0.0367	0.0321	0.1534	0.1325	0.2822	0.3720
9	0.0323	0.0296	0.1648	0.1374	0.3139	0.3616
10	0.0354	0.0362	0.1695	0.1433	0.3102	0.3511
被験者 AA	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0045	0.0045	0.0575	0.1015	0.0968	0.1190
2	0.0019	0.0082	0.0663	0.0909	0.1261	0.1409
3	0.0038	0.0117	0.0868	0.0995	0.1408	0.1788
4	0.0080	0.0106	0.0979	0.0991	0.1363	0.1281
5	0.0099	0.0069	0.0886	0.1075	0.1453	0.1686
6	0.0116	0.0105	0.1044	0.0885	0.1419	0.1383
7	0.0093	0.0136	0.0887	0.1008	0.1233	0.1883
8	0.0082	0.0115	0.1192	0.0860	0.1713	0.1588
9	0.0104	0.0068	0.1192	0.1158	0.1851	0.2043
10	0.0155	0.0134	0.1209	0.1050	0.1646	0.1354

表 B.10: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 AB,AC,AD)

被験者 AB	ブロック組立		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0112	0.0143	0.1768	0.1423	0.1701	0.1627
2	0.0123	0.0131	0.1937	0.1641	0.2344	0.2716
3	0.0132	0.0146	0.1755	0.1711	0.2381	0.2838
4	0.0191	0.0175	0.1744	0.1559	0.2411	0.2915
5	0.0204	0.0220	0.1850	0.1864	0.2449	0.2902
6	0.0323	0.0260	0.1710	0.1326	0.2157	0.2708
7	0.0206	0.0205	0.1850	0.1651	0.2686	0.2863
8	0.0184	0.0203	0.1993	0.1684	0.2569	0.2914
9	0.0163	0.0161	0.1973	0.1722	0.2514	0.2954
10	0.0184	0.0219	0.2151	0.1823	0.2545	0.3278
被験者 AC	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0161	0.0136	0.1136	0.0931	0.2183	0.2041
2	0.0194	0.0209	0.0853	0.0865	0.2440	0.2738
3	0.0354	0.0257	0.1067	0.0836	0.2262	0.3399
4	0.0348	0.0227	0.1097	0.1049	0.2410	0.3208
5	0.0343	0.0308	0.1129	0.1300	0.1937	0.2868
6	0.0301	0.0342	0.1047	0.1317	0.1984	0.3454
7	0.0303	0.0290	0.1031	0.0867	0.2650	0.3202
8	0.0218	0.0209	0.1369	0.0764	0.2846	0.3237
9	0.0260	0.0251	0.1107	0.1296	0.2777	0.2894
10	0.0238	0.0270	0.1278	0.0740	0.2739	0.3194
被験者 AD	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0160	0.0181	0.0230	0.0277	0.1028	0.0876
2	0.0261	0.0304	0.0162	0.0485	0.1597	0.1672
3	0.0255	0.0327	0.0375	0.0327	0.1792	0.2123
4	0.0334	0.0294	0.0382	0.0480	0.1448	0.1786
5	0.0311	0.0329	0.0494	0.0429	0.1667	0.1775
6	0.0369	0.0372	0.0316	0.0634	0.2147	0.2323
7	0.0328	0.0307	0.0508	0.0499	0.2101	0.1604
8	0.0336	0.0327	0.0695	0.0685	0.1871	0.2619
9	0.0254	0.0321	0.0498	0.0660	0.2207	0.2047
10	0.0315	0.0328	0.0664	0.0525	0.2102	0.2038

表 B.11: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 AE,AF,AG)

被験者 AE	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0136	0.0138	0.1075	0.0732	0.1661	0.1701
2	0.0153	0.0117	0.1049	0.0821	0.2392	0.2417
3	0.0130	0.0063	0.1081	0.0587	0.2398	0.2431
4	0.0139	0.0089	0.1317	0.0925	0.2324	0.2648
5	0.0135	0.0188	0.1110	0.0726	0.2345	0.2498
6	0.0158	0.0186	0.1095	0.0901	0.1882	0.2048
7	0.0279	0.0254	0.1139	0.0645	0.1732	0.1893
8	0.0108	0.0105	0.1273	0.0641	0.2158	0.2461
9	0.0236	0.0138	0.1257	0.0693	0.2230	0.2364
10	0.0190	0.0245	0.1205	0.0964	0.2413	0.2816
被験者 AF	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0110	0.0081	0.0877	0.0920	0.0882	0.0729
2	0.0112	0.0066	0.0745	0.1046	0.1155	0.1039
3	0.0088	0.0089	0.0927	0.0595	0.1570	0.1659
4	0.0123	0.0133	0.1165	0.0894	0.1494	0.1661
5	0.0136	0.0186	0.0998	0.0918	0.1571	0.1562
6	0.0152	0.0117	0.0854	0.0972	0.1572	0.1743
7	0.0130	0.0092	0.1290	0.1053	0.1860	0.1824
8	0.0131	0.0140	0.1152	0.0879	0.1713	0.1659
9	0.0209	0.0160	0.1078	0.1126	0.1732	0.1760
10	0.0205	0.0272	0.1055	0.0919	0.1939	0.1766
被験者 AG	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0272	0.0256	0.0605	0.0299	0.1685	0.1887
2	0.0266	0.0281	0.0530	0.0381	0.1566	0.1990
3	0.0191	0.0271	0.0298	0.0551	0.2079	0.2015
4	0.0211	0.0242	0.0343	0.0693	0.1782	0.2173
5	0.0226	0.0233	0.0602	0.0594	0.1107	0.1420
6	0.0271	0.0186	0.0596	0.0615	0.1759	0.1875
7	0.0218	N/A	0.0685	0.0740	0.1658	0.2018
8	0.0110	0.0231	0.0827	0.0779	0.1444	0.2664
9	0.0133	0.0264	0.0500	0.0717	0.1939	0.2020
10	0.0210	0.0223	0.0540	0.0415	0.1940	0.1771

表 B.12: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 AH, AI, AJ)

被験者 AH	ブロック組立		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0092	0.0091	0.0827	0.0698	0.0269	0.0310
2	0.0087	0.0139	0.0725	0.0614	0.1287	0.0328
3	0.0130	0.0135	0.0847	0.0529	0.0826	0.0803
4	0.0156	0.0136	0.1021	0.0534	0.0894	0.0632
5	0.0200	0.0149	0.0788	0.0969	0.0715	0.0830
6	0.0158	0.0095	0.0655	0.0710	0.0636	0.0371
7	0.0090	0.0163	0.1019	0.0868	0.0869	0.1102
8	0.0139	0.0110	0.1155	0.0572	0.0988	0.1246
9	0.0164	0.0113	0.0889	0.0661	0.0881	0.1354
10	0.0117	0.0114	0.0758	0.0662	0.0946	0.1262
被験者 AI	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0069	0.0099	0.0917	0.0521	0.1746	0.1407
2	0.0075	0.0035	0.1095	0.0871	0.1617	0.1740
3	0.0084	0.0065	0.1221	0.0650	0.2021	0.1807
4	0.0118	0.0057	0.1242	0.0521	0.2121	0.1857
5	0.0058	0.0064	0.1050	0.0802	0.2062	0.2335
6	0.0134	0.0100	0.1221	0.0734	0.2427	0.2455
7	0.0135	0.0179	0.1095	0.0790	0.2035	0.2742
8	0.0174	0.0148	0.1346	0.0675	0.2331	0.2688
9	0.0192	0.0156	0.1095	0.0666	0.2128	0.2488
10	0.0158	0.0093	0.1133	0.0729	0.2430	0.2534
被験者 AJ	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0049	0.0133	0.0527	0.0144	0.1076	0.1181
2	0.0152	0.0160	0.0527	0.0107	0.1512	0.1485
3	0.0145	0.0150	0.0587	0.0214	0.1649	0.1294
4	0.0254	0.0162	0.0444	0.0259	0.1813	0.1979
5	0.0216	0.0160	0.0559	0.0107	0.1375	0.1544
6	0.0281	0.0330	0.0317	0.0162	0.1065	0.1857
7	0.0325	0.0360	0.0476	0.0377	0.1360	0.1697
8	0.0443	0.0351	0.0755	0.0322	0.1783	0.1365
9	0.0518	0.0473	0.0381	0.0382	0.1399	0.1492
10	0.0415	0.0345	0.0446	0.0322	0.1789	0.1634

表 B.13: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 AK,AJ,AM)

被験者 AK	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0275	0.0324	0.1288	0.1087	0.1692	0.1535
2	0.0301	0.0341	0.0745	0.1020	0.2056	0.2290
3	0.0414	0.0322	0.1434	0.0701	0.2182	0.2684
4	0.0328	0.0320	0.1485	0.1042	0.2357	0.2325
5	0.0397	0.0376	0.1380	0.1260	0.2125	0.2416
6	0.0464	0.0543	0.1078	0.1261	0.2444	0.2442
7	0.0568	0.0503	0.1639	0.1315	0.2172	0.2359
8	0.0500	0.0449	0.1443	0.0791	0.2544	0.2402
9	0.0281	0.0276	0.0996	0.0867	0.2051	0.1538
10	0.0164	0.0203	0.0952	0.0966	0.1561	0.1447
被験者 AJ	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0272	0.0204	0.0218	0.0638	0.1028	0.1469
2	0.0258	0.0189	0.0372	0.0520	0.1551	0.1743
3	0.0245	0.0247	0.0314	0.0571	0.1419	0.1886
4	0.0325	0.0323	0.0635	0.0593	0.1427	0.1707
5	0.0344	0.0292	0.0528	0.0710	0.1498	0.1677
6	0.0340	0.0319	0.0656	0.0917	0.1482	0.1916
7	0.0316	0.0349	0.0741	0.0756	0.2068	0.2164
8	0.0368	0.0396	0.0920	0.0804	0.1876	0.1947
9	0.0363	0.0363	0.0586	0.0594	0.1937	0.2101
10	0.0323	N/A	0.0905	0.0595	0.1825	0.1994
被験者 AM	ブロック組み立て		数列穴埋め		記憶	
試行回数	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0120	N/A	0.1159	0.1032	0.1164	0.0843
2	0.0231	0.0236	0.0941	0.0773	0.1422	0.1422
3	0.0180	0.0203	0.0953	0.0884	0.1966	0.1623
4	0.0186	0.0153	0.1418	0.1181	0.2100	0.1901
5	0.0203	0.0198	0.1102	0.1194	0.1859	0.1751
6	0.0233	0.0141	0.1357	0.0934	0.1774	0.2136
7	0.0184	0.0187	0.1678	0.1215	0.1889	0.2029
8	0.0236	0.0261	0.1642	0.0845	0.2273	0.2536
9	0.0199	0.0118	0.1330	0.1191	0.1999	0.2261
10	0.0220	0.0234	0.1658	0.1031	0.2305	0.2229

表 B.14: 各タスク 10 セット分のパフォーマンス (被験者 AN)

被験者 AN	ブロック組立		数列穴埋め		記憶	
	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
1	0.0185	0.0232	0.0272	0.0050	0.1599	0.1946
2	0.0184	0.0213	0.0052	0.0166	0.1446	0.1293
3	0.0211	0.0181	0.0388	0.0143	0.1763	0.2601
4	0.0190	0.0280	0.0530	0.0107	0.2022	0.2426
5	0.0298	0.0114	0.0570	0.0270	0.2056	0.2377
6	0.0366	0.0407	0.0535	0.0263	0.2160	0.2452
7	0.0324	0.0400	0.0351	0.0342	0.1978	0.1780
8	0.0340	0.0315	0.0532	0.0276	0.1844	0.1789
9	0.0372	0.0301	0.0424	0.0106	0.1966	0.2030
10	0.0332	0.0273	0.0483	0.0220	0.1766	0.2034