JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	タイムプレッシャーの制御による作業効率の向上を目指した非線形時間経過モデルに関する研究
Author(s)	堤，昂平
Citation	
Issue Date	2021-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/17185
Rights	
Description	Supervisor: 西本 一志，先端科学技術研究科，修士（知識科学）

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修士論文

タイムプレッシャーの制御による作業効率の向上を目指した非線形時間経過モデルに関する研究

主指導教員　西本一志

北陸先端科学技術大学院大学

先端科学技術研究科　先端科学技術専攻

（知識科学）

堤　昂平

令和３年２月

A Study on Nonlinear Time Lapse Model for Improving Work Efficiency by Controlling Time Pressure.

Kohei TSUTSUMI

School of Advanced Science and Technology
Japan Advanced Institute of Science and Technology
February 2021

Keywords: Time pressure, Psychological time, Nonlinear time lapse model

Abstract

In this thesis, I proposed a nonlinear time lapse model in which the rate of time lapse is not constant but varies nonlinearly in order to improve work efficiency. It was hypothesized that a high pressure model would improve work efficiency. Although preliminary experiments showed that it was not effective for all people, it was suggested that the work efficiency could be improved by applying an appropriate model to each person. Based on the results of the preliminary experiments, I conducted a main experiment. The results of the main experiment suggested that it was possible to improve the work efficiency of people who tend to be aware of the remaining time and who can process tasks while being aware of it, as originally hypothesized.

内容

1.　はじめに 1
1.1　研究の背景 1
1.2　論文の構成 2
2.　関連研究 3
2.1.1　時間とパフォーマンスと生産性に関する研究 3
2.1.2　物理的時間と心理的時間に関する研究 3
2.1.3　虚偽の時間提示と作業効率に関する研究 3
2.1.4　プログレスバーと時間に関する研究 4
2.1.5　タスクと処理資源に関する研究 5
2.1.6　認知負荷と認知処理に関する研究 6
2.2　本研究の位置づけ 6
3.　非線形時間経過モデルと作業効率仮説 8
3.1　仮説１　高圧迫モデル 9
3.2　仮説２　低圧迫モデル 9
4.　予備調査 10
4.1　予備実験Ⅰ　時間表示の有りと無しの比較 10
4.1.1　実験の設計 10
4.1.2　結果と考察 11
4.2　予備実験Ⅱ　異なる時間経過モデルの比較 12
4.2.1　実験の設計 12
4.2.2　結果と考察 12
4.3 予備実験Ⅲ　インタフェースに改善を加えた異なる時間経過モデルの比較 14
4.3.1　実験の設計 14
4.3.2　結果と考察 17
5.　本実験 23
5.1　実験の設計 23
5.2　結果と考察 24
5.2.1　仮説を支持する結果 25
5.2.2　仮説を支持しない結果 30
5.3　本実験全体の考察 33
5.3.1　今後の課題 33
6.　おわりに 36
6.1　本研究のまとめ 36
6.2　今後の展望 36

謝辞.....37
参考文献.....38

1. はじめに

1.1　研究の背景

時間には, 時計などが示す過去から未来へと一定速度で一定方向に流れる客観的な物理的時間と, 人間の内的経験に依存して変動する主観的な心理的時間の 2 つがある[1]. 心理的時間は, 計時される時間の長さによって 2 種類に分類され, 一般に 5 秒以内の時間を対象とする場合は時間知覚, 5 秒以上の時間を対象とする場合は時間評価と呼ばれる[1]. 後述するように, 本研究では 5 秒以上の心理的時間を取り扱うので, 以下では時間に対する主観的・心理的な認知や判断を「時間評価」と呼ぶ. 人の時間評価は, 環境からの働きかけを与えることで操作することができる. たとえば, 松井らは周辺視野への刺激により時間評価に影響を与えることが可能であることを示している[2].

本研究では, 人による作業の作業効率を向上させることを目的とした時間評価への働きかけ手段について検討する. 作業効率とは, 単位物理的時間あたりの作業の成果量のことであるが, 作業効率と時間評価には密接な関係がある. 人は, 時間的制約を設けることで, 作業効率が向上すると言われている. 山崎らは, 段階を細分化した時間的制約を設けた意思決定作業において, 作業精度・作業時間・意思決定方略の様相について検討を行った. 実験の結果から, 時間的制約を設けることで, 設けていない時よりも作業時間は短くなることが示唆された. また, 作業時間は時間的制約が短くなるにつれて短くなるが, 作業精度は時間的制約が短くなっても一定の短さまでは維持され, それより

も短くなると低下し, 作業精度と意思決定方略は課題の難易度によることが示唆された[3].

本研究では, 虚偽の物理的時間情報を提示することによって時間評価に影響を与えることで, 作業効率を制御することができるのではないかという仮説を立てた. 中村らの研究では, 虚偽の生体情報を提示することで, 実際の人の生体活動に影響を与えられることが示されている[4]. 本研究では, 作業効率を向上させるための非線形時間経過モデルを提案し, その有効性を検証する.

1.2 論文の構成

本論文の構成を以下に述べる. 第 1 章では, 本研究の研究背景と目的について述べた. 第 2 章では本研究に関連する先行研究を紹介する. 第 3 章では, 本研究を進めていく上で立てた仮説について述べる. 第 4 章で先に述べた仮説を検証するために行った予備調査について述べる. 第 5 章では, 予備調査の結果を元に行った本実験について述べ, 実験の結果を考察する. 第 6 では本研究のまとめと今後の課題について述べる.

2. 関連研究

本章では本研究に関連する，時間や時間評価，作業効率やその他の関連する先行研究を紹介する．最後に先行研究と比較し，本研究の位置づけについて述べる．

2.1.1　時間とパフォーマンスと生産性に関する研究

Moore らは，タイムプレッシャーとグループでの作業成果の関係ついて，作業成果をパフォーマンスと生産性を区別した上で検討を行っている[5]．パフォーマンスを最終的な成果，生産性を単位時間当たりの効率と設定して行った検討の結果，タイムプレッシャーはパフォーマンスに悪影響を及ぼす傾向にあるが，適切な締め切りを設けることでパフォーマンスと生産性を最大化する事ができると述べている．

2.1.2　物理的時間と心理的時間に関する研究

Shimizu らは，ウェアラブルコンピュータ向けの感覚刺激を用いたユーザーの主観的な制御方法を提案した[6]．刺激モダリティを用いた評価では，視覚刺激システムを用いた実験で刺激が減少するパターンでは刺激なしの場合と比べてユーザーの時間推定が約 18%優位に増加する事を確認したと述べている．

2.1.3　虚偽の時間提示と作業効率に関する研究

伴らは，時計の表示速度を制御することで作業効率を向上させる手法を提案し，作業処理速度に与える影響の検証を行った[7]．実験の結果から，時計の針の進む速度を制御することで作業処理速度が変化し，提案手法の実現可能性が示されたと述べている．

また，時計の針以外の検討として，明滅刺激を用いた刺激視覚によるテンポ提示による同様の実験を行ったが，時計の針の進む速度を制御した時と同様の効果が示されなかったことから，時計そのものの見た目と動きが作業処理速度の変化に影響していることが示唆されたと述べている．

阿部らは，洞察問題解決時における時間圧の影響の検討を行った[8]．この検討では，洞察問題として T パズルを取り上げ，伴らの報告を元に被験者に提示する時計に操作を加えて行った．検討の結果，洞察問題の自力回答率を向上させることができたことが示されたと述べている．

2.1.4　プログレスバーと時間に関する研究

周藤らは，プログレスバーの表示が時間知覚に及ぼす影響について検討を行った[9]．実験では，バー内が全て埋められた状態のプログレスバー・連続的に増加するプログレスバー・段階的に増加するするステップ状のプログレスバーの 3 つの刺激を用いて比較を行った．実験の結果から，数秒程度の範囲では連続的に増加するプログレスバーを用いると待ち時間を長く感じさせ，表示する時間が長くなるにつれて段階的に増加するステップ状のプログレスバーを用いると待ち時間を短く感じさせる可能性が示唆された．

松井は，周辺視野への視覚刺激提示がプログレスバー待機時間に及ぼす影響について検討を行った[10]．周辺視野へ視覚刺激を提示することで，体感時間を増減させること

ができることを明らかにした自身の先行研究を元に，プログレスバーを提示する際に周辺視野へ刺激を提示することでユーザーの行動や生理指標にどのような影響があるのかを Web ブラウザを用いた調べものタスクを設定し検証した．検証の結果，周辺視野へ刺激を提示しながらプログレスバーを表示することで，ブラウザバックの回数が減少する傾向がみられた．これは，体感時間を短縮する事でページ移行の待ち時間を短く感じさせることができ，普段なら待てずにブラウザバックしてしまうほどの長い待機時間であっても待つことができたためであると考えられると述べた．

2.1.5　タスクと処理資源に関する研究

Brown は，同時進行の時間課題と非時間課題における干渉効果について検証を行った[11]．実験の結果から，時間的生産物が多くなっていることが明らかになり，これは心理的時間が短くなっていることを意味していると述べている．また，同時に進行する非時間課題によっては時間課題による影響を受けたという結果から，従来の注意分配モデルを修正する必要があると述べた．

二重課題と処理資源に関する研究として，杉本らはトラッキング課題中に体性感覚または聴覚オドボール課題を二次課題として行った際に，P300 の振幅がトラッキング課題の難度を反映するかの検討を行った[12]．検討の結果から，トラッキング課題の難度が低い場合に比べて高い場合に P300 の振幅が減衰した事から，主課題の難易度に伴って二次課題に向ける処理資源が減少する事を示している．

大久保らは，P300 を用いてタイムプレッシャーが刺激評価と処理資源の速度，反応の速度・精度に及ぼす影響の検討を行った[13]．検討の結果，タイムプレッシャーの増加に伴って反応時間が短くなることが示され，反応精度は低下したと述べている．また，タイムプレッシャーは刺激評価のプロセスを短縮するが，タイムプレッシャー条件下ではより多くの処理資源が必要とされることが示唆された．

2.1.6　認知負荷と認知処理に関する研究

水野らは，問題解決型学習では知覚・処理・遂行の順にプロセスを行い，知覚に課題外在性負荷，３つのプロセス全体に課題内在性負荷・３つのプロセスを見返すことで効果的な答えを探索するメタ認知プロセスに学習関連負荷が生じるという問題解決モデルを提案し，各認知負荷を操作した際の結果の仮説を立てて検討を行った[14]．実験から，認知負荷を操作した際に仮説通りの結果の変動を確認する事ができ，提案した認知モデルが有効であることが明らかになり，認知負荷理論のモデル化研究が有望であることが示唆されたと述べている．

2.2　本研究の位置づけ

以上のように，時間と作業効率の関係や心理的時間に関する試み，二重課題に関する試みは多く見受けられる．本研究と最も類似と思われる先行研究は，伴らの研究である[7]．伴らの研究では表示する時間を偽装するという点では本研究と共通している．伴らの研究では表示する時計の針の進行速度を 3/2 倍または 2/3 倍で固定し等速で制御

しており，ユーザーはタスクが終了するタイミングを把握する事はできない．それに対し，本研究は非線形的に増加するプログレスバーを用いて，プログレスバーが満ちたら終了すると告げることでユーザーはタスクが終了するタイミングを視覚的に把握する事が可能である．

上記のように，本研究では定められた一定の時間の間での作業効率を向上させることが可能という点に新規性を置き，非線形時間経過モデルを提案する事を目指していく．

3. 非線形時間経過モデルと作業効率仮説

本研究では，時間の経過速度が一定ではなく，非線形的に変化する，虚偽の物理的時間を提示するプログレスバーを用いてタスクの残り時間を作業者に提示する．これによって，人の時間評価が影響を受け，作業効率に変化が生じるかどうかを検証する．

図 1 に，本研究で検討する 3 種類の時間経過モデルを示す．縦軸はプログレスバーが表示する時間，横軸は物理的時間となっている．灰色は線形時間経過であり，プログレスバーで提示される時間経過と物理的時間の経過が一致している．この線形時間経過を以後「通常」と呼称する．そして，青色と橙色が非線形時間経過である．以下にこれらの非線形時間経過の説明と 2 つの仮説について述べる．

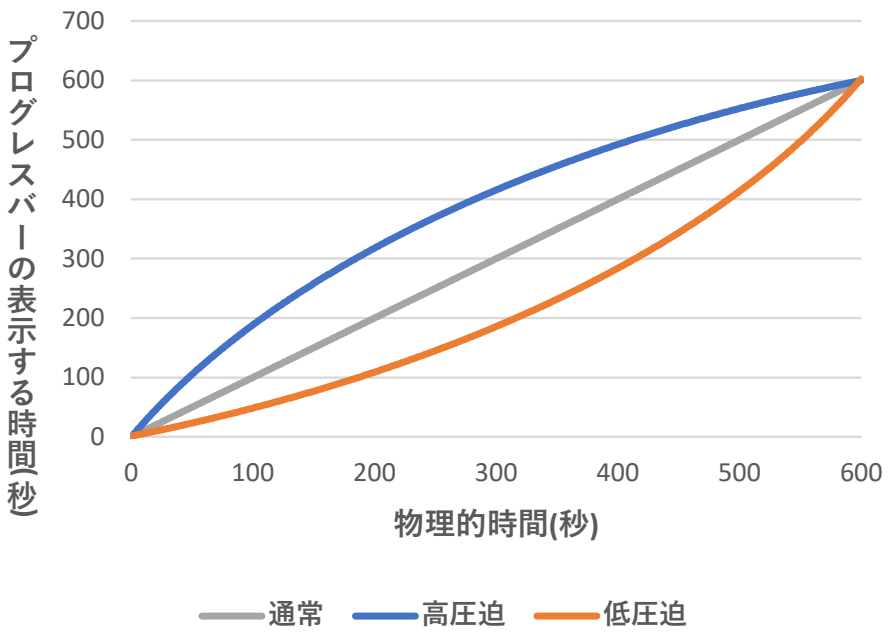

図 1　時間経過モデルの例

3.1　仮説 1　高圧迫モデル

青色の経過曲線のように, 残り時間の減少が序盤は速く終盤は緩やかである非線形時間経過モデルでは, プログレスバーを確認した際に残り時間が少ないと感じる期間が通常を用いた時よりも長くなり，より長い物理的時間の間タイムプレッシャーを感じる．長い期間タイムプレッシャーを感じることで, タイムプレッシャーによる作業効率の向上効果が大きくなり，通常よりも効率が向上するという仮説を立てる．この非線形時間経過モデルを以後「高圧迫」と呼称する．

3.2　仮説 2　低圧迫モデル

高圧迫とは逆に, 橙色の曲線のように残り時間の減りが序盤は緩やかで終盤は速くなる非線形時間経過モデルでは, プログレスバーを確認した際に残り時間が少ないと感じる期間が通常を用いた時よりも短くなり, タイムプレッシャーによる作業効率の向上効果が小さくなり，通常よりも効率が低下するという仮説を立てる．この非線形時間経過モデルを以後「低圧迫」と呼称する．

4. 予備調査

本研究では，先に述べた 2 つの仮説の検証を行うための本実験を行う前に，3 つの予備実験による調査を行った．

4.1　予備実験 I　時間表示の有りと無しの比較

4.1.1　実験の設計

基礎的な検討として，時間表示の有無による作業効率の変化を調査した．実験協力者は 20 代の男女 1 名ずつ（実験協力者 A，B）である．実施するタスクは，図 2 と図 3 の中央左側に表示されているような，1 桁の数同士の加算式の答の 1 桁目を記入していく単調作業である．タスクは心理検査の 1 つであるクレペリンテストを参考に設計した[15][16]．1 回 3 分のタスクを，時間表示の有無を変えて以下の順序で 4 回行ってもらった．

i.　時間表示無し

ii.　時間表示有り

iii.　時間表示有り

iv.　時間表示無し

なお，実験協力者にはタスクの実施時間が 3 分間であることは伝えずに，時間表示有りの場合はプログレスバーが右に達したら終了すると教示し，時間表示無しの場合は制限時間に達したら自動的に終了すると伝えた．3 分間の回答数から時間表示の有りと無し

図 2　時間表示有りの調査タスク画面

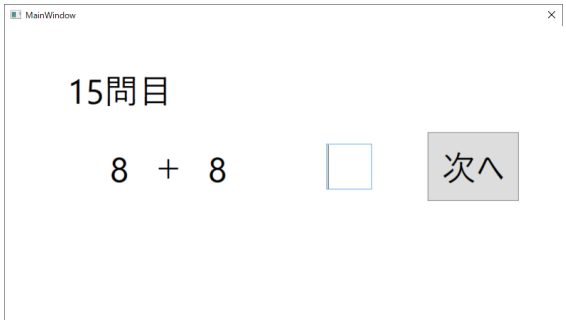

図 3　時間表示無しの調査タスク画面

の比較を行う.

4.1.2　結果と考察

実験の結果を表 1 に示す. 実験協力者 A と B の両者ともに i . 無しから ii . 有りでは回答数が増加し, iii. 有りから iv. 無しでは回答数が減少している. このことから, 時間表示が有ることで作業効率が向上していると考えられる結果となった. 回答数の増加は即ち 1 問回答するための作業時間の短縮であるので, 山崎らの実験と同様の結果が得

表 1　予備実験 I の結果

実験条件	i . 無し	ii . 有り	iii. 有り	iv. 無し
協力者 A	127	131	143	142
協力者 B	170	181	185	176

られたと考えられる[3].

4.2　予備実験Ⅱ　異なる時間経過モデルの比較

4.2.1　実験の設計

同一の実験協力者に対して異なる時間経過モデルを用いた際に，作業効率がどのように変動するのかを調査した．実験協力者は予備実験Ⅰとは異なる 20 代の男女 1 名ずつ（実験協力者 C，D）である．タスクの内容は予備実験Ⅰと同様の 3 分間の単調作業タスクを，以下の順序で合計 6 回行ってもらった．

(1)　通常

(2)　高圧迫

(3)　低圧迫

(4)　通常

(5)　低圧迫

(6)　高圧迫

今回も予備実験Ⅰと同様に，タスクの時間が 3 分であることは伝えずに，プログレスバーが右に達したら終了すると教示した．タスクの残り時間を伝えなかったのは，予備実験Ⅰと条件を近づける為である．各タスクの回答数からモデルごとの比較を行う．

4.2.2　結果と考察

予備実験Ⅱの結果を表 2 と図 4 に示す．図 4 中の緑の直線は，各実験協力者の通常時

の回答数をそれぞれ繋いだ，慣れによる作業効率向上を考慮した補助線である．図 4 から，実験協力者 D の 2 回目の低圧迫のみ補助線を下回っているが，他では両実験協力者共に非線形時間経過モデルを用いた際に補助線を上回る作業効率となっており，2 つの非線形時間経過モデルが通常の時間経過モデルよりも有効である可能性が見られる結果となった．しかし，両実験協力者共に低圧迫でも効率が高くなっており，仮説とは

表 2　予備実験 II の結果

実験条件	通常	高圧迫	低圧迫	通常	低圧迫	高圧迫
協力者 C	106	119	118	116	124	126
協力者 D	95	100	108	99	100	118

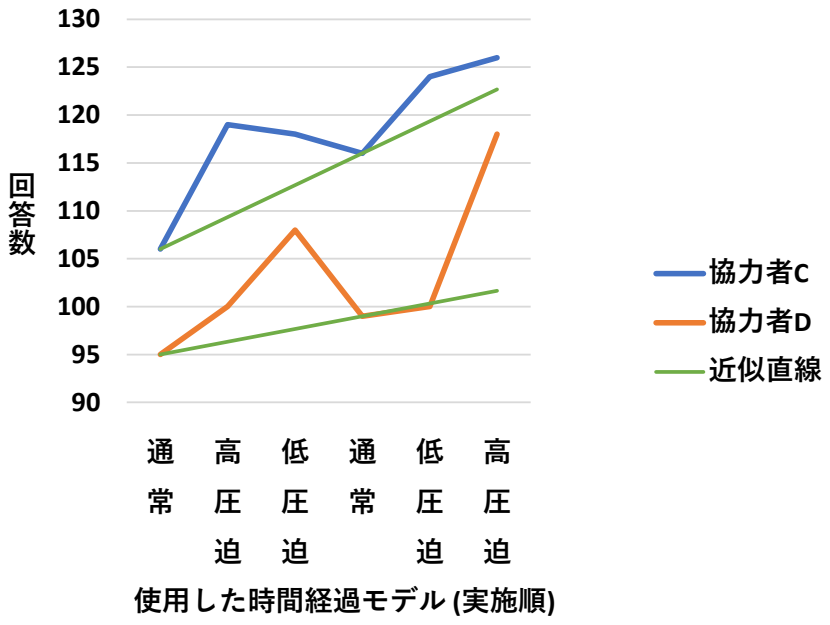

図 4　予備実験 II の結果のグラフ

異なった結果となった．そこで予備実験の設定や条件を見直して予備実験Ⅲを行う事にした．

4.3 予備実験Ⅲ　インタフェースに改善を加えた異なる時間経過モデルの比較

4.3.1　実験の設計

予備実験 I と II の結果をもとに，タスクの内容とタスクに用いるソフトウェアのユーザーインタフェースを改善した上で高圧迫と低圧迫の比較調査を行った．改善したタスク調査用のソフトウェアの UI 画面を図 5 に示す．

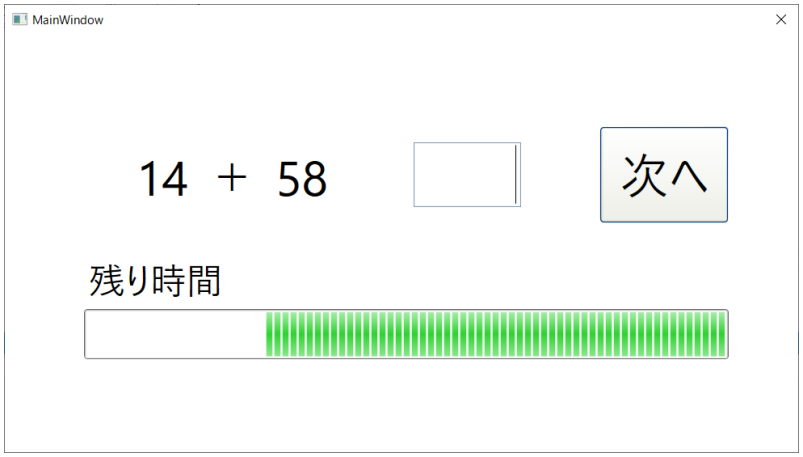

図 5　改善した調査用ソフトの UI

まず，タスク内容を 2 桁の数同士の加算式へ変更した．これは，予備実験 II のデータを分析する際に，1 問あたりの回答時間が短く，前半と後半の回答時間の変化が小さかったためである．さらに，タスク時間を 10 分に増やし，プログレスバーの表示を目盛り式へ変更した．これは，予備実験 II の結果が残り時間の認識に起因するタイムプレッシャーによる影響ではなく，プログレスバーの伸長から認識される進行速度による影響であった可能性があるからである．時計の時間表示速度を制御することで，単純作業の

処理速度を向上させることが可能であると述べた伴らの研究[7]では，作業の残り時間は実験協力者には提示されていない．伴らの研究では時計の針の進行速度が影響を与えていると述べているが，プログレスバーの伸長速度で同様の影響が与えられるかの検証は行われていなかった．そのため，プログレスバーの進行速度にも同様の効果がある可能性が考えられる．そこで，用いるプログレスバーの長さは予備実験IIと同じにして，タスクの時間を長くすることで，画面上のプログレスバーの変化量を小さくし，さらに目盛り式へ変更することで，プログレスバーの伸長速度に注目が行かないようにした．さらに，残り時間をより強く意識させるために，時間経過とともにプログレスバーを伸ばすのではなく，上限値から短縮していく方式へ変更した．Pariyadath らは，数字のカウントアップのような予測可能な刺激が経時的に表示された際に時間が短く知覚されると指摘している[17]．周藤らは，この指摘から段階的に増加するプログレスバーを用いると比較的短い時間に知覚されることが予想されると述べている[9]．これらの事から，段階表示のプログレスバーに変更した事によって，仮説の効果がより強く現れる可能性が考えられる．また，有賀らは，他人や過去の自分の成績を提示し，現在の成績と比較可能とすることで作業の効率が向上する事を示している[18]．この効果を除去するために，問題数表示を削除した．

実験協力者は 17 歳～25 歳の男女 6 名（実験協力者 E～H）である．図 5 中の中央左側に表示されているような 2 桁の数同士の加算式の答えを記入していく 10 分間の単調

作業タスクを以下の順序で 7 回行ってもらった.

(1)　通常

(2)　高圧迫

(3)　低圧迫

(4)　通常

(5)　低圧迫

(6)　高圧迫

(7)　通常

通常を 3 回入れているのは，慣れによる作業効率の向上の推定精度を上げるためである．実験協力者にはタスクの時間が 10 分であることを伝え，プログレスバーの目盛りが尽きると終了すると教示した．今回の実験で残り時間を教示したのは，本研究が残り時間を視覚的に把握する事ができるという点に新規性を置いており，被験者に残り時間を意識させるためである．以下，各タスクの回答数からモデルごとの比較を行う．

4.3.2　結果と考察

6 名の実験協力者による実験結果を表 3 に，それぞれの実験協力者の結果を図 6～11 に示す．図 6～11 中の点線は，通常の結果を用いた慣れによる向上を考慮するための近似直線である．

表 3　予備実験Ⅲの結果

回答数	通常	高圧迫	低圧迫	通常	低圧迫	高圧迫	通常
協力者 E	242	263	256	263	255	263	275
協力者 F	198	203	227	222	238	220	217
協力者 G	131	130	125	127	128	141	147
協力者 H	139	146	145	139	161	157	169
協力者 I	103	100	93	104	101	103	110
協力者 J	126	125	113	125	129	126	127

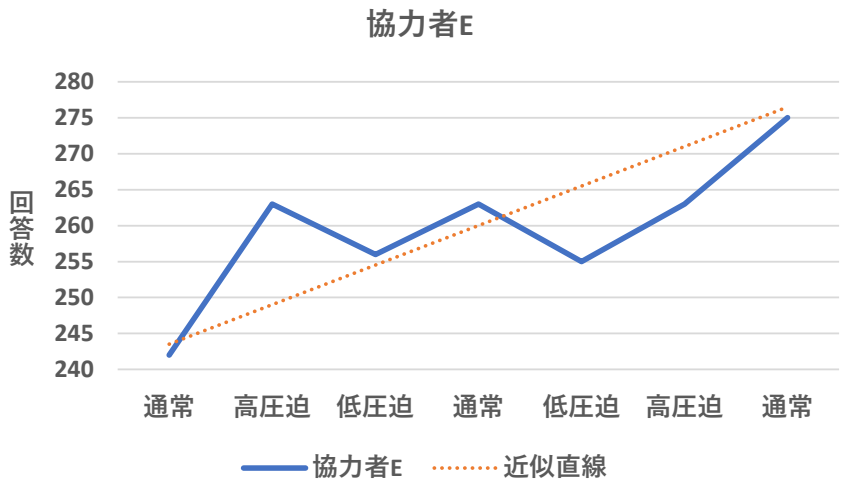

図 6　予備実験Ⅲ　実験協力者 E の結果

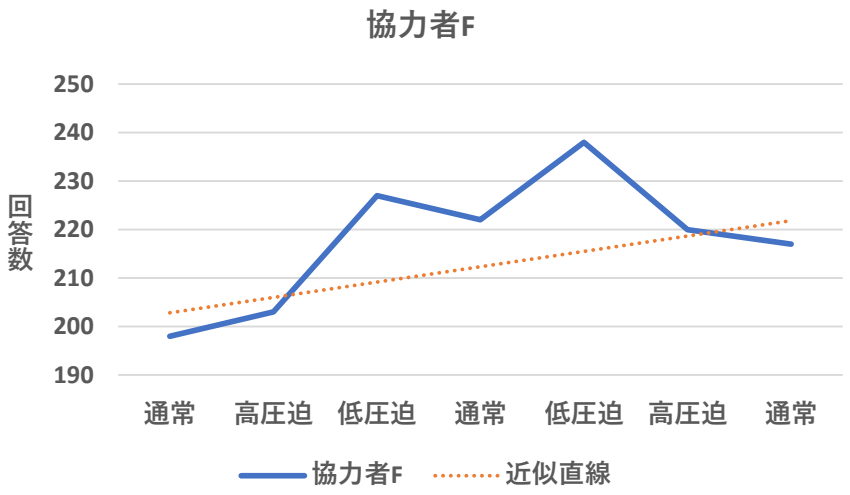

図 7　予備実験Ⅲ　実験協力者 F の結果

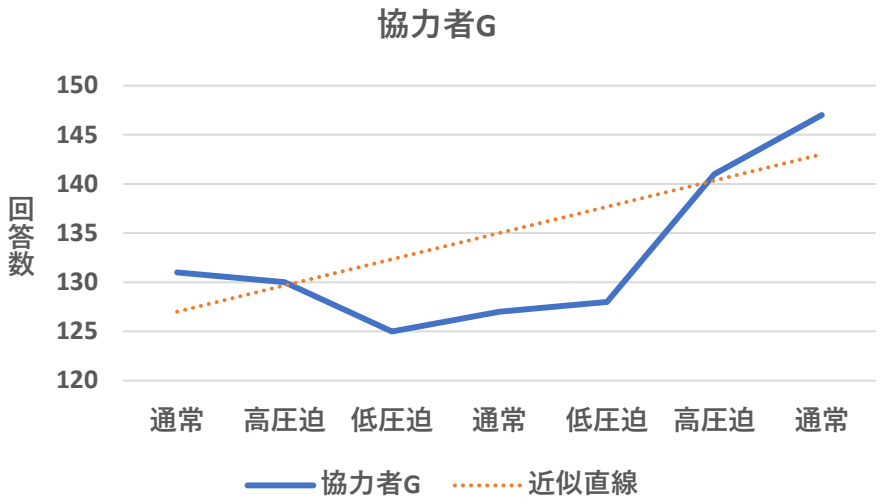

図 8　予備実験Ⅲ　実験協力者 G の結果

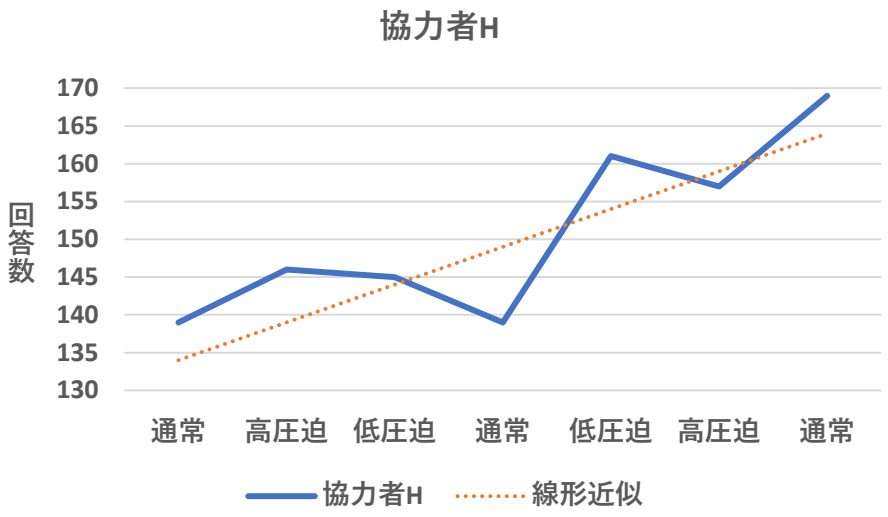

図 9　予備実験Ⅲ　実験協力者 H の結果

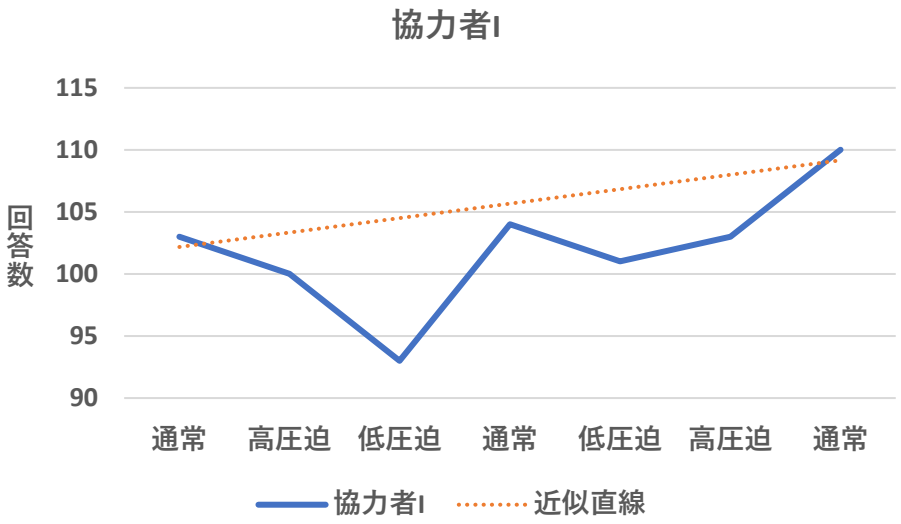

図 10　予備実験Ⅲ　実験協力者 I の結果

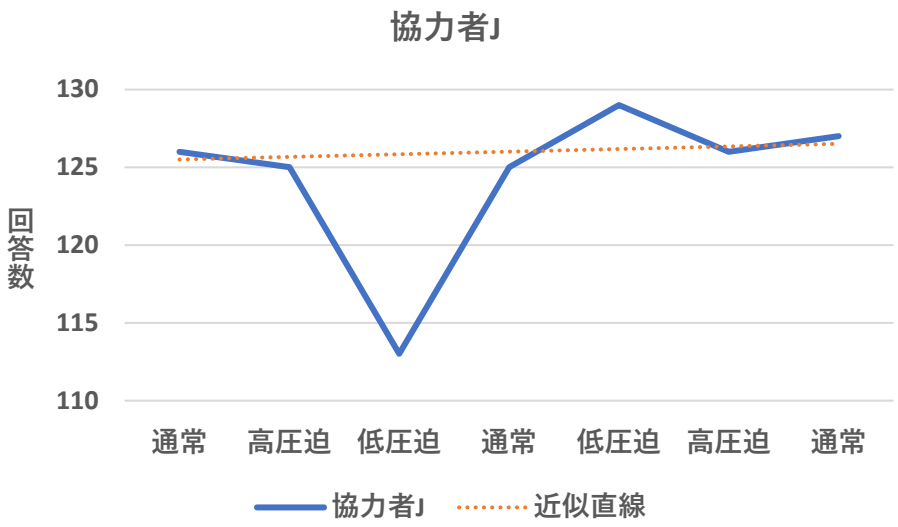

図 11　予備実験Ⅲ　実験協力者 J の結果

予備実験Ⅲの結果から，6 名の実験協力者はそれぞれ 5 つのパターンにわかれる結果となった．

- 前後影響パターン

実験協力者 E は時間経過モデルの違いによる効率向上等の規則は見られなかった．ただし，通常から高圧迫，あるいは低圧迫から通常のように，タイムプレッシャーが高くなると効率が向上し，逆に通常から低圧迫，あるいは高圧迫から通常のように，タイムプレッシャーが低くなると効率が低下している傾向がみられた．このパターンを以後前後影響パターンと呼称する．

- 仮説逆パターン

実験協力者 F は，高圧迫では効率が低下し，低圧迫では効率が向上しており，仮説とは逆の結果となった．また，時間経過モデルごとによる効率の変化の規則が見られる．

このパターンを以後仮説逆パターンと呼称する

- 仮説２パターン

実験協力者 G は，高圧迫では通常とほとんど変わっていないが，低圧迫では効率が低下しており仮説２通りの結果となっている．実験協力者 F と同様にモデルごとの効率の変化の規則が見られる．このパターンを以後仮説２パターンと呼称する．

- 非線形向上パターン

実験協力者 H は，非線形時間モデル間での効率の変化に規則は見られないが，非線形モデルを用いると通常時よりは効率が向上する傾向が見てとれる．このパターンを非線形向上パターンと呼称する．

- 非線形低下パターン

実験協力者 I と J は非線形時間モデルを用いると効率が低下する傾向が見られる点で共通している．また，両者共に慣れによる向上が他の 4 人の被験者と比べると小さい点でも共通している．非線形向上パターンと同様に線形時間と非線形時間で分けてみることで効率の変化の規則が見られる．このパターンを以後非線形低下パターンと呼称する．

以上の予備実験Ⅲの結果から，時間経過モデルの違いによる影響には，個人差が大きく表れることが示唆された．そのため効率の変動を数値的に見る分析だけでは，非線形時間経過モデルが及ぼす影響の一般的な知見を得るのは難しいことが予想される．Brown らの研究[11]では非時間課題は時間課題による影響を受けることが報告されて

いる．また，杉本ら[12]や大久保ら[13]の研究では，二次課題では同時に行う課題の難易度やタイムプレッシャーが主課題の処理資源に影響を与えている事が報告されている．予備実験Ⅲでタスクとして行わせた計算課題を主課題とすると，残り時間を意識する事が二次課題であると考えられ，非線形時間経過モデルによる影響の一般的な知見を得るためには，二次課題による主課題の処理資源への影響についても考慮するべきであると考えられる．そこで本実験では処理資源について分析するために予備実験Ⅲと同様の実験に加えて，実験後にインタビューによる調査を行う事にした．インタビューを用いて，残り時間の意識の仕方や主観的な課題の難易度について調査し，数値的な結果と照らし合わせることで分析していく．

5. 本実験

本実験では, これまでに行った 3 つの予備実験の結果を元に非線形時間経過モデルを用いた際の個人差のパターンについて調査を行う. 予備実験Ⅲでは学外からも協力者を募った結果，PC の操作に慣れるのに時間がかかったと述べていた協力者がいたため，本実験の協力者は PC の操作の熟練度がなるべく近くなるように本学の学生に限定して募る.

5.1　実験の設計

本実験でのタスクや実施順序は予備実験Ⅲと同じものを用いる. 実験協力者は予備実験に参加していない著者らの所属する大学の学生 8 名（実験協力者 K～R）である．本実験は新型コロナウイルス感染症対策のため，被験者には対面での実施とビデオ会議ツールを用いた遠隔での実施のどちらかを選択してもらい，8 名中 4 名が対面で実施し，4 名が遠隔で実施した．本実験では結果を処理資源の観点からも分析するために，各実験協力者に対して，7 回目のタスク終了後にインタビューによる調査を行う．インタビューの内容は以下の 4 項目である.

- やっていくうちに慣れていく感じ等はありましたか？
- やっていくうちに疲れていく感じ等はありましたか？
- 残り時間は気にしていましたか？どのように気にしていましたか？
- その他何か思ったことなどがあれば教えてください。

5.2　結果と考察

実験協力者全員の実験結果を表 4 に示す．また，それぞれの実験協力者の結果を図 12～19 に示す．図 12～19 中の点線は，通常の結果を用いた慣れによる向上を考慮するための近似直線である．本実験の結果はインタビューの回答を元に処理資源の観点からの分析を行った結果，処理資源や残り時間の意識の仕方によって 2 つのパターンに分類された．1 つは本研究の仮説を支持するパターン，もう 1 つは本研究の仮説を支持しないパターンである．

表 4　本実験の結果

	通常	高圧迫	低圧迫	通常	低圧迫	高圧迫	通常
協力者 K	168	167	165	170	159	158	169
協力者 L	182	141	177	181	126	198	192
協力者 M	67	74	85	79	77	86	100
協力者 N	176	190	176	184	195	205	195
協力者 O	124	133	113	113	103	82	105
協力者 P	217	200	197	209	208	221	213
協力者 Q	161	172	156	182	176	181	176
協力者 R	132	137	155	158	160	178	182

5.2.1　仮説を支持する結果

仮説を支持する結果として，協力者 L，N，O，Q の 4 人の結果を取り上げる．これらの 4 人の結果は，本研究の仮説 1 と仮説 2 におおむね添う結果である．本研究の仮説通りであれば，本実験の順序で実施した場合，図 16 に示す仮説の参考結果のような傾向になると考えられる．

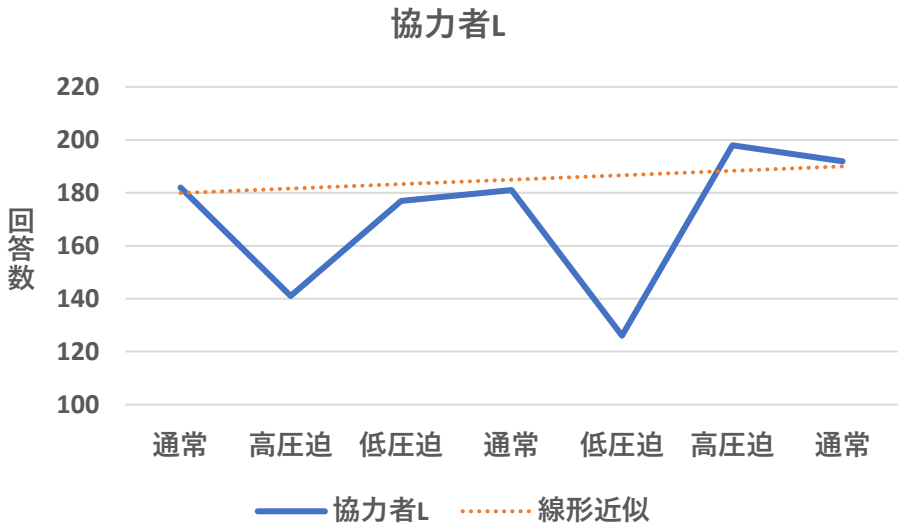

図 12　本実験　実験協力者 L の結果

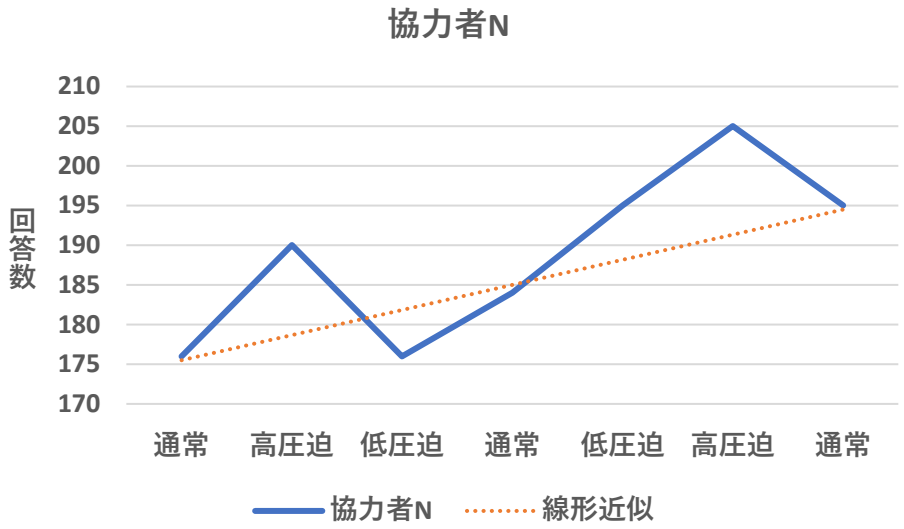

図 13　本実験　実験協力者 N の結果

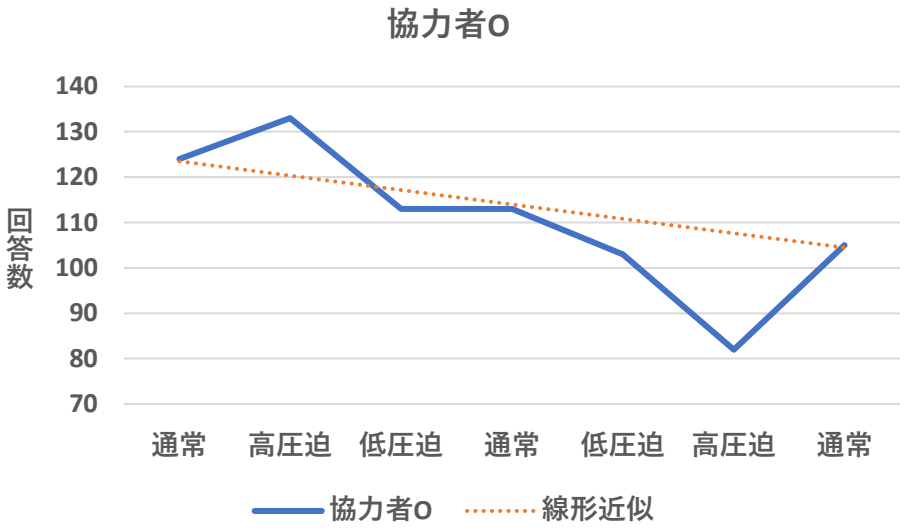

図 14　本実験　実験協力者 O の結果

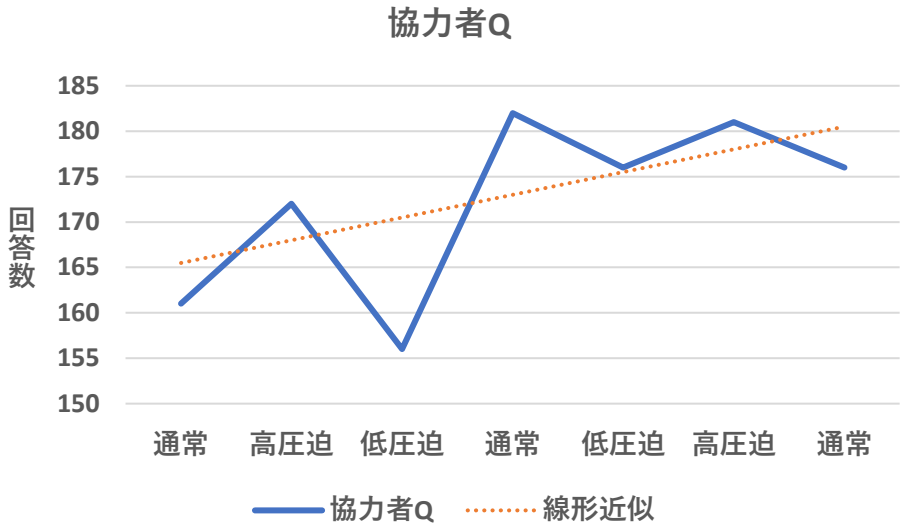

図 15　本実験　実験協力者 Q の結果

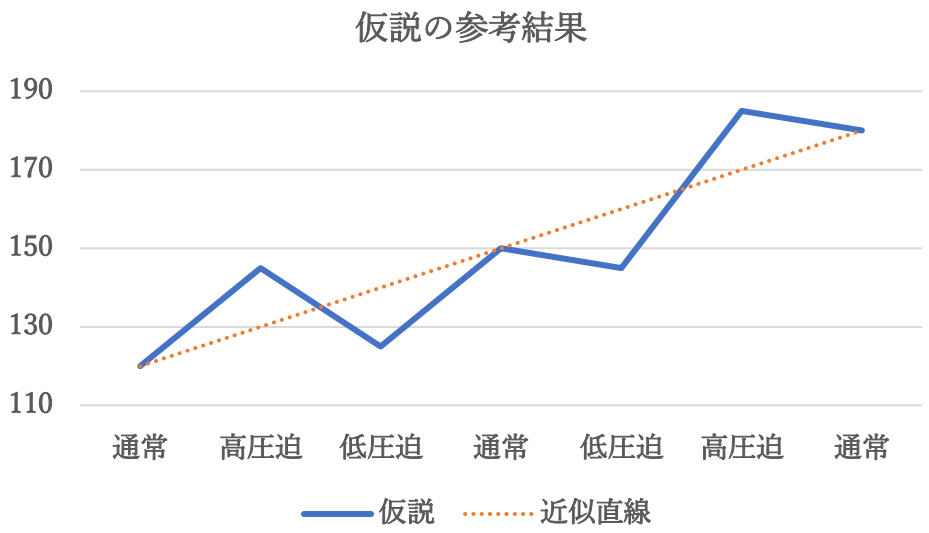

図 16　本実験　仮説の参考結果

仮説の参考結果と各協力者の結果をインタビューで得られた回答と照らし合わせながら考察していく．

協力者 L が仮説の結果と違う結果を示しているのは，1 回目の高圧迫の箇所である．仮説通りであれば，効率が向上しているはずである．協力者 L はインタビューで 4 回目あたりから慣れてきたと回答している．Beilock らは，時間切迫の有無の条件下でのゴルフパッティング課題において初心者と熟練者のパフォーマンスを比較した[19]．比較の結果，時間切迫は熟練者のパフォーマンスを向上させたが，初心者は処理資源が不足しパフォーマンスは低下させたと述べている．このことから，タスクに慣れていない段階では時間切迫の影響でタスクの処理資源が不足して効率が低下し，またプログレスバーの表示する時間への処理資源も不足していることから高圧迫の影響を受けた効率の向上が行われず，結果的に効率が低下している可能性が考えられる．そのため，協力

者 L は 1 回目の高圧迫で効率が向上しなかったのではないかと考える.

協力者 N が仮説の結果と違う結果を示しているのは，2 回目の低圧迫の箇所である．仮説通りであれば，効率が低下しているはずである．協力者 N はインタビューでタスクの回数を重ねるにつれてフローのような状態になったと回答している. フローのような状態になった場合, 二重課題の処理資源の観点からタスクに割かれる処理資源が増え, プログレスバーによる時間認知に割く処理資源が減ると考えられる．そのため，協力者 N の後半の結果は本研究の目的であるプログレスバーによる虚偽の残り時間提示による影響は受けず，フロー状態の影響によって効率が向上している可能性が考えられる．そのため，2 回目の低圧迫でも効率が向上していると考えられる.

協力者 O が仮説の結果と違う結果を示しているのは，2 回目の高圧迫の箇所である．仮説通りであれば，効率が向上しているはずである．協力者 O はインタビューでタスクの回数を重ねるにつれて疲れを感じ，最後のほうでは何も考えられなくなる時間があったと回答している．慣れを考慮した近似直線を見ると大きく右下がりしており，この点からもタスクによる疲労が大きかったと考えられる．脇坂は，個人の不安特性が注意資源配分に及ぼす影響について検討を行った[20]．検討の結果から，作業の負荷が大きくなると不安特性の高い人は注意散漫状態になり, 課題の必要な刺激に対する注意資源の配分量が低下する事が明らかになったと述べている. 脇坂らの報告を元に協力者 O の結果を考察すると，タスクの回数を重ねるにつれて疲労が蓄積し，協力者 O に対し

てタスクが高負荷になって行ったと考えられる．高負荷になって行った場合，プログレスバーが表示する時間の刺激に対する注意資源（＝処理資源）が低下し，残り時間の影響が小さくなっていたと考えられる．そのため，協力者 O の 2 回目の高圧迫では効率が向上しなかったと考える．協力者 O の結果から，本実験は協力者の不安特性について調査を行うべきであった可能性が示唆された．

協力者 Q は近似直線からの増減で見ると仮説の結果とは異なるが，高圧迫では効率が向上し，低圧迫では効率が低下していることから本研究の仮説を支持する結果である．本研究は慣れを考慮し 3 回の通常の結果を用いて線形近似を行ったが，協力者 O のような疲れを大きく感じる協力者を考慮すると，被験者ごとに不安特性や P300 等を用いて個人の精神的・心理的な特性を考慮し，それに応じた近似線を用いるべきである可能性が考えられる．

インタビューの回答でこの 4 人の協力者は共通して，「慣れを感じた」，「疲れを感じた」，「残り時間を意識していた」と回答している．協力者 N のみ，後半はフローのような状態になって残り時間を意識し忘れていたと回答している．後述する他の協力者では一部，残り時間を意識していなかったというインタビューの回答がある．これらの事から，残り時間を意識する人に対しては，本研究の仮説による影響が現れる可能性が示唆された．

5.2.2　仮説を支持しない結果

本研究の仮説を支持しない結果として最初に協力者 K，R の結果を取り上げる．

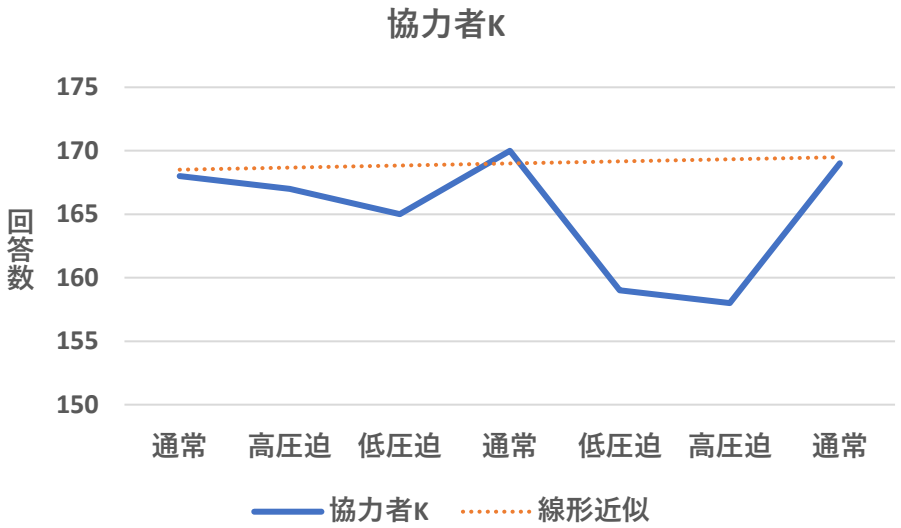

図 17　本実験　実験協力者 K の結果

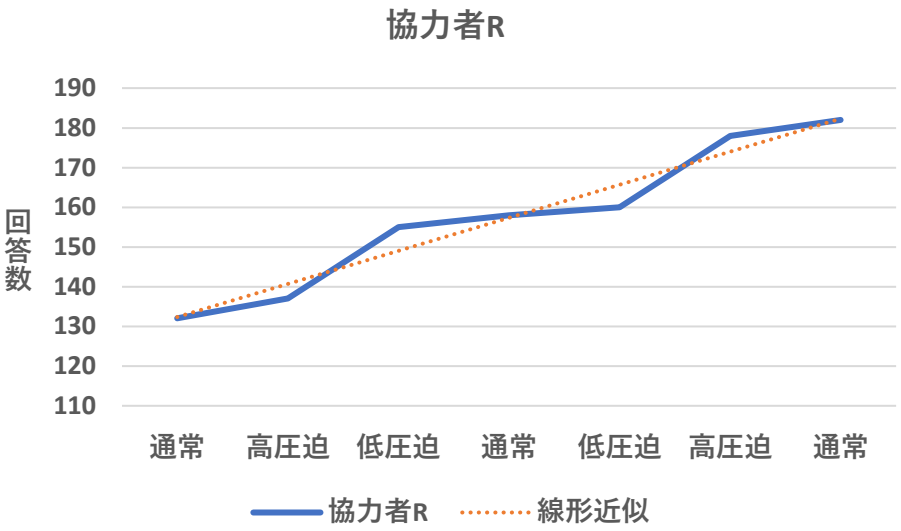

図 18　本実験　実験協力者 R の結果

協力者 K と R はインタビューの回答で，残り時間を気にしていなかったと回答している．そのため，本研究の結果を支持しない結果となったと考えられる．実験を行う際の教示では，「残り時間を見ながらより多くの問題を答えてください」と伝えたが，残り時間を見ずに回答を続けることで本実験のタスクではより多くの問題を答えることが可能である．そのため，2 人の協力者の回答からもっと強制的に残り時間を意識させる手段を提供する必要性があった事が確認された．

次に，協力者 M，P の結果を取り上げる．

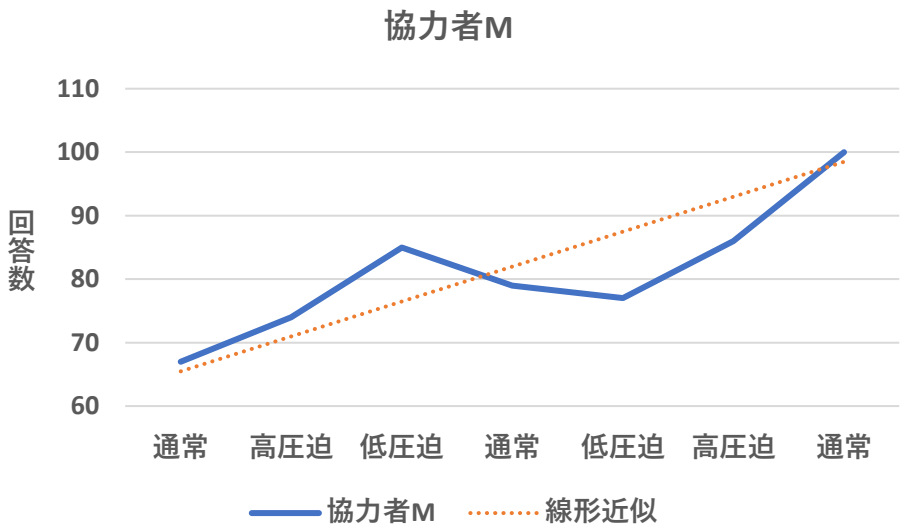

図 19　本実験　実験協力者 M の結果

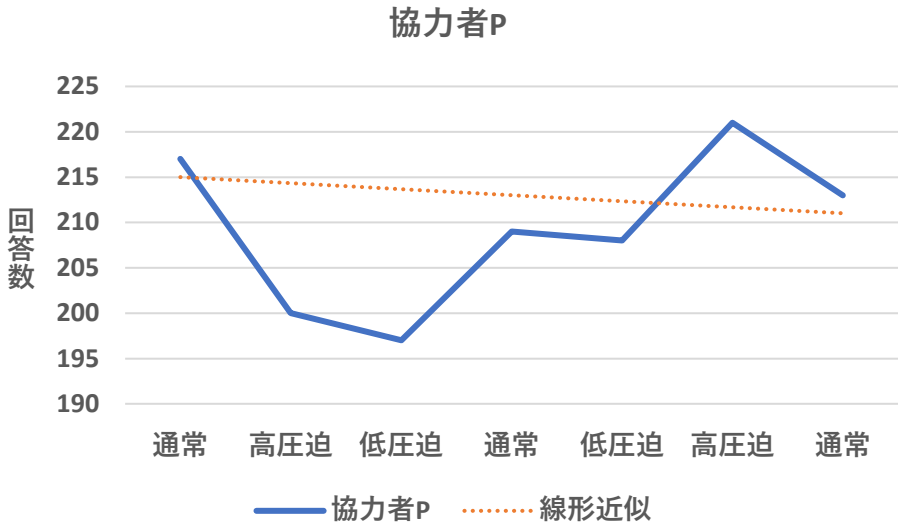

図 20　本実験　実験協力者 P の結果

協力者 M はインタビューの回答において，タスクがしんどかったと回答しており，残り時間に関しては中盤からは疲れがあったために気にしていなかったと回答している．そして協力者 M の回答数は本研究の実験全体を通して最も少なくなっている．また，協力者 P もインタビューにおいて，タスクに対して終わりが見えないためにしんどさを感じたと回答している．このことからタスクが協力者 M と P に対して高負荷になっていたことが考えられる．タスクが高負荷になっていたと考えると，二次課題の処理資源の観点からタスクに割く処理資源が多くなり，プログレスバーによる時間表示に割く処理資源が少なくなることで，残り時間の影響が小さくなっていたと考えられる．協力者 P は仮説を支持している結果となった協力者 L と類似の結果であったが，インタビューにおいて慣れを感じなかったと回答し，また 6 回目のタスクでは残り 2 回で終わると考えたら多くの問題を解くことができたと回答していることから，

仮説を支持しない結果とした．そのため，協力者Ｐの２回目の高圧迫で効率が向上しているのは，タスク遂行中の残り時間による影響ではなく，実験全体の残り回数による影響ではないかと考える．

5.3　本実験全体の考察

本実験の結果は本研究の仮説を支持する結果と支持しない結果の 2 つのパターンに分類された．仮説を支持する結果からは，残り時間を意識している・意識しながら課題に取り組むことが可能であった協力者に対しては，本研究の仮説通りの効率向上が見込めることが示唆された．仮説を支持しない結果からは強制的に残り時間を意識させる手段を提供する必要性と被験者に対するタスクの負荷を考慮する事の必要性が指摘された．

5.3.1　今後の課題

今回の実験で仮説を支持しない結果となった協力者に対しても，適切な課題を用意することで，本研究の仮説による作業効率の向上が見込める可能性があると考える．例えば，同じような計算課題を用いる場合でも，一定問題数ごとに回答が可能なギリギリの期間の制限時間を用意し，制限時間を超過したら自動的に次の問題へ移行する仕組みを設けることで，協力者は残り時間を確認しながら回答作業を行うために，強制的に時間を意識させることが可能なのではないかと考える．また，計算問題は答えが唯一であることから正答を確認し回答を終えるまでの行動が比較的簡単であるが，知能検査などで

用いられる図形推論問題のような正答を確認する事が困難で，最適であると考える結果を選択する形式の意思決定作業を課題として用いることで，制限時間内に多く回答するために残り時間をより強く意識させることが可能ではないかと考える．

また，今回の本実験で被験者にインタビューを行った際に，残り時間の意識のしかたにも２つのパターンがあることが分かった．最初から最後まで残り時間を意識している人と，終盤のみ残り時間を意識している人である．今回の協力者からは，残り時間が少なくなっているのを確認したら問題に対するやる気が向上したというコメントのみを得られたが，終盤ではプログレスバーがゆっくり減っていることに気付いた人によっては時間の余裕があることに気付いてしまい，かえって効率の低下を招いてしまう可能性が考えられる．また，先述したように問題ごとに制限時間を設けることで，終盤のみ残り時間を意識していた人に対しても今回とは違った影響を与えられる可能性がある．本研究で取り扱った課題ではプログレスバーによる時間の視覚的な表示を用いているため，実験を行う際に視線計測器などを用いることで，残り時間への意識のしかたについて調査が可能であると考える．

そして，本実験の結果を考察していく段階で本研究の実験ではタスクの習熟の仕方やタスクによる疲労，不安特性などによるタスクの負荷など実験時に調査すべきである点が確認された．今回の考察ではインタビューから協力者の結果の分類を行ったが，上記の点についても同時に調査を行い，それらの結果から分類することでより詳細な分析が

可能であると考える．そのため今後同等の調査を行う際にはタスクの習熟の仕方や疲労，負荷等の点についても調査をするが重要であると考える．

6. おわりに

6.1　本研究のまとめ

本研究では作業効率を向上させるために, 時間の経過速度が一定ではなく非線形的に変化する非線形時間経過モデルを提案し，その影響に関する基礎的な検証を行った.

仮説は，高圧迫モデルを用いると作業効率が向上するというものであったが，予備実験の結果から，仮説通りではないが，人によって適切なモデルを用いることにより作業効率を向上させられる可能性があることが示唆された．本実験の結果から，残り時間を意識する傾向の人･意識しながらタスクを処理する事が可能な人に対しては当初の仮説通り作業効率を向上させることが可能であることが示唆された.

6.2　今後の展望

本研究では個人に対して単純作業を課した際に, 虚偽の残り時間を提示することで作業効率を向上させることができるかの検討を行った．そのため将来的な展望としては, 複数人で同一の時間を共有するタスクや, アイデア発想等のタスクに対しても有効かを検証していく.

謝辞

本研究の進行および，論文の執筆において様々なご指導を頂きました西本一志教授，高島健太郎講師には心より感謝申し上げます.

本研究の進行に不可欠であった様々なアドバイスをくださった金井秀明准教授，宮田一乗教授，謝浩然講師，ダムヒョウチ教授に感謝申し上げます.

本研究の進行に対して，アドバイスや様々なアイデアをくださった研究室の同期，先輩，後輩，そして実験に協力していただいた方々に感謝申し上げます.

参考文献

[1] 村上勝典：時間評価に関する心理学的研究 －青年期における男女差の検討－，吉備国際大学大学院 博士学位論文（2016）

[2] 松井啓司，中村聡史：周辺視野への視覚刺激提示が時間評価に及ぼす影響，情報処理学会論文誌，vol. 59，no. 3，pp. 970-978 (2018)

[3] 山崎寛享，辛島光彦，齋藤むら子：意思決定型作業における時間的制約がパフォーマンスに与える影響に関する研究，人間工学，vol. 39，no. 3，pp. 123-130 (2003)

[4] 中村憲史，片山拓也，寺田 努，塚本昌彦：虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御手法，情報処理学会論文誌， vol. 54, no. 4, pp. 1433-1441 (2013)

[5] Moore, D. A.， Tenney, E. R.：Time Pressure, Performance, and Productivity, Research on Managing Groups and Teams 15，pp.305-326

[6] Tomoyuki Shimizu，Kyosuke Futami，Tsutomu Terada，Masahiko Tsukamoto：In-clock manipulator: information-presentation method for manipulating subjective time using wearable devices，In Proc. MUM2017，pp.223-230，（2017）

[7] 伴 祐樹，桜井 翔，鳴海拓志，谷川智洋，広瀬通孝：時計の表示時間速度制御による単純作業の処理速度向上手法，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，vol. 21，no. 1，pp. 109-120 (2016)

[8] 阿部 慶賀：主観的な時間認識が洞察問題解決に与える影響，2020 年度日本認知科

学会第 37 回大会，pp.116-118，(2020)

[9] 周藤 純, 菊地 正：プログレスバーによる経過時間の表示が時間知覚に及ぼす影響, 日本認知心理学会第 7 回大会発表論文集，45，(2009)

[10] 松井 啓司，中村 聡史，鈴木 智絵，山中 祥太：周辺視野への視覚刺激提示によるプログレスバーの主観的な待機時間短縮手法，情報処理学会研究報告，2019-HCI-181，25，pp.1-6，(2019)

[11] S.W. Brown：Attentional resources in timing: interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks,，Perception & Psychophysics, 59，7，pp.1118-1140，(1997)

[12] 杉本 中惠, 片山 純一：注意資源配分量の指標としての P300：体性感覚プローブ刺激と聴覚プローブ刺激の比較，生理心理学と精神生理学，32，1，pp.18-28，(2014)

[13] 大久保 瞳，高井 秀明，坂部 崇政，楠本恭久：タイムプレッシャーが刺激評価と処理資源に及ぼす影響，体育学研究，60，pp.209-221，(2015)

[14] 水野 陽介，三輪 和久，小島 一晃，寺井 仁：問題解決型学習における認知負荷と認知活動についての実験的検討，人工知能学会研究会資料

[15] クレペリンテスト(検査)とは？試験内容や方法、通るコツに落ちる人の特徴を公開

https://www.daini-agent.jp/for_dainishinsotsu/column/10148

（最終閲覧日時：2021/01/24）

[16]　クレペリン対策用練習問題で理想曲線に近づけた結果・・・

https://mizuing.com/377.html（最終閲覧日時：2021/01/24）

[17]　Pariyadath, V., Eagleman, D.：The effect of predictability on subjective duration, PLoS ONE, 2, e1264,（2007）

[18]　有賀敦紀：社会的比較に基づく洞察の促進・抑制，心理学研究, Vol.83, No.6, pp. 576-581（2013）

[19]　Beilock,S.L., Bertenthal, B.I., McCoy, A.M., Carr, T.H.：Haste does not always make waste: Expertise, direction of attention, and speed versus accuracy in performing sensorimotor skills, Psychonomic Bulletin & Review, 11, pp.373-379,（2004）

[20]　脇坂 佳子：個人の不安特性が作業負担時の注意資源配分に及ぼす影響，武蔵野大学大学院 博士学位論文,（2013）