

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の提案

堤 昂平^{†1} 高島 健太郎^{†1} 西本 一志^{†1}

概要：人には、締め切りや制限時間などの時間的制約を設けることでタイムプレッシャーが生じ、集中力が向上すると言われている。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ことでタイムプレッシャーを感じさせることが可能であると考えた。これによって生じたタイムプレッシャーの影響を受け、作業効率を向上させることができる非線形時間経過モデルの提案と検証を行った。その結果、個人差はあるが作業効率の向上へ有効である可能性が示唆された。

1. はじめに

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、締め切りや制限時間などの時間的制約を設けタイムプレッシャーを与えることで、作業効率が向上すると言われている。これは、タイムプレッシャーによって時間評価が影響を受け、時間が速く進んでいると感じるようになり、その結果として集中力が増すことによるものと考えられる。さらに山崎らは、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、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。

2. 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。橙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。灰色と青色が非線形時間経過である。灰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

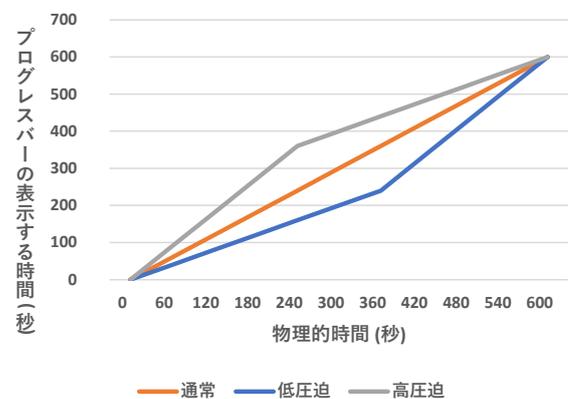


図1 時間経過モデルの例

^{†1} 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
Graduate School of Advanced Science and Technology,
Japan Advanced Institute of Science and Technology

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。逆に青色の曲線のように、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。以下では、これら2つの仮説を検証するための実験について述べる。

3. 予備調査

本研究では、提案手法の有効性を検証する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。

3.1 予備実験 I 時間表示の有りと無しの比較

(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。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の比較を行う。

(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。

3.2 予備実験 II 異なる時間経過モデルの比較

(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 と同様に 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



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

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

- (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。各タスクの回答数からモデルごとの比較を行う。

(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的时间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。

3.3 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

(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

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

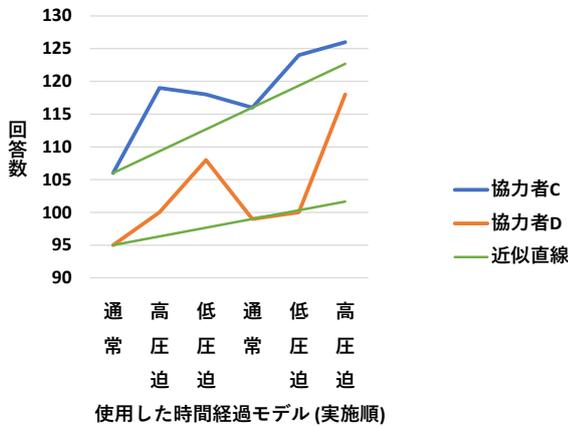


図 4 予備実験Ⅱの結果のグラフ

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。

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。伴らは、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ている[5]。この伴らの研究では、作業の残り時間は実験協力者には提示されていない。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ある。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。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[6]。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。



図 5 改善した調査用ソフトの UI

表 3 予備実験Ⅲの結果

実験条件	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

- (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。以下、各タスクの回答数からモデルごとの比較を行う。

(1) 結果と考察

6 名の実験協力者のうち、2 名は PC の操作の熟練度が他の 4 名と比べて低く、タスクの遂行への障害となっていた。このため、この 2 名のデータを分析対象から除外した。残り 4 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 6～9 に示す。図 6～9 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。

予備実験Ⅲの結果から、4 名の実験協力者はそれぞれ別のパターンの結果となった。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。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、



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

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。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。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。

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、本実験では複数のパターンが存在することを仮定し、実験後のインタビューの結果と照らし合わせながら、パターンを調査していく事にする。

4. 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。本実験の実験協力者は予備実験Ⅲの結果と考察から、PCの操作の熟練度になるべく近くなるように著者の所属する大学の学生に限定して募る。実験内容は、予備実験Ⅲと同じものを用いる。本実験では各実験協力者に対して、タスクに対する慣れや疲れ、残り時間を意識していたか、どのような方針でタスクに取り組んだか、プログレスバーにどのような印象を持ったか等をインタビューによって調査する。現在実験を進めている最中であるが、実験の結果とインタビューによる回答から、どのような人に対してはどのような時間経過モデルで最も効率を高める事ができるのかのパターンについて分析していく予定である。

5. おわりに

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。当初の仮説は、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。

今後は本実験を行い、どのような実験協力者に対してはどのようなモデルが有効になるのかを調査していく。また、将来的な展望として、複数人で同一の時間を共有するタスクや、本研究では取り扱わなかった計算以外のタスクに対しても有効かを検証していく。

謝辞

本研究に際して、実験に協力いただいた実験協力者の皆様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定時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] 山崎寛亮，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] 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)

- [6] 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)