



卒業研究報告書

令和2年度

研究題目

ゲーミフィケーションにおける
提示タスクが作業意欲に与える影響

指導教員 上野秀剛 准教授

氏名 上野達也

令和3年1月26日 提出

奈良工業高等専門学校 情報工学科

ゲーミフィケーションにおける 提示タスクが作業意欲に与える影響

上野研究室 上野達也

ゲーミフィケーションとは、ゲームの持つ構造を他の分野での作業に応用することでその作業への意欲を向上させ、作業の効率化を図る手法のことである。ゲーミフィケーションの作用要因の1つに、作業者に何をすべきかを提示することが挙げられている。タスクとよばれる制限時間や作業量の条件を作業に設定し、作業者に提示することで、作業者はその作業をどれだけの時間や量をこなす必要があるかを理解することができる。また、タスクを完了したときの達成感・満足感などの報酬を求め、その作業に対する作業者の意欲が生じる。これまでのゲーミフィケーション研究においても、単純作業や思考を伴う作業にタスクを設定し、娯楽要素の違いによる作業意欲や作業効率についての調査をしている。本研究では、作業に設定するタスクの内容が作業者の作業意欲にどのような影響を及ぼすかを明確にすることを目的とする。そこでタスクには時間量と作業量の2つの要素が含まれていると考え、時間量を変化させたときに作業意欲にどのような変化があるかを調査する。ゲーミフィケーションにおいて、タスクの時間量が増加するにつれて作業意欲は低下し、またその変化量は時間量の増加に対して一定でなく、時間量の小さいタスクほど時間量の増減による作業意欲の変化量は大きく、時間量が増加するにつれてその変化量は小さくなると思った。この予測を理論として説明できるようにするため、行動経済学の双曲割引の知見を用いる。双曲割引とは、人間は報酬を獲得するまでの時間が長くなるにつれて、その報酬への主観的な価値が曲線状に低下するという理論のことである。そこでゲーミフィケーションにおけるタスク完了時の報酬と双曲割引における報酬が作業者にとって同様のものと考え、タスクの時間量の増加による作業意欲の低下は双曲割引に従うという仮説を立てた。この仮説を検証するため、作業の制限時間を時間量として調節可能な実験システムを作成し、客観的な作業意欲としてタスクの余剰時間割合、主観的な作業意欲として5段階のアンケートをそれぞれ測定する被験者実験を実施した。実験から得られた余剰時間割合とアンケートの測定結果に基づいて検証を行い、客観的および主観的な作業意欲において仮説が成立することを明らかにした。実験結果に対する考察では、余剰時間割合の結果の一部が予測と異なっていた理由として、タスクの達成率や実験システムの設計が影響していることが考えられた。今後の課題・展望として、タスク設定を変更した場合での実験や、本研究で得られた作業意欲のデータにどのような個人差があるかを分析することが挙げられる。

目次

1	はじめに	1
2	準備	4
2.1	ゲーミフィケーション	4
2.1.1	概要	4
2.1.2	タスクの提示	4
2.2	双曲割引	5
2.3	仮説	6
3	実験	9
3.1	タスクと評価	9
3.2	実験システム	11
3.3	アンケート	13
3.4	分析方法	14
4	結果と考察	16
4.1	余剰時間割合による評価	16
4.2	アンケートによる評価	20
4.3	余剰時間割合の結果に対する考察	23
5	おわりに	26
	謝辞	27
	参考文献	28

1 はじめに

人間の作業意欲を向上させる手段として、ゲームの考え方やデザイン・メカニズムなどをゲーム以外に活用するゲーミフィケーションという手法が存在する [1]. 株式会社ピリカが提供する“ピリカ”というSNSでは、ゴミを拾ったときに、そのゴミの種類と数を投稿することができる。ゴミを拾う作業をSNSに投稿することで、成果を他人と競い合ったり共有することができ、ゴミ拾いに対する意欲を向上させている [1]. 先行研究では、計算作業にタスク (作業への制限時間や作業量の条件) を設定し、ゲーミフィケーションにおける3つの娯楽要素がそれぞれ作業意欲と作業効率に及ぼす影響について調査した。その結果、どの娯楽要素を適用しても作業効率と作業意欲が向上することを明らかにした [2]. その他の奈良高専の卒業研究においても、作業にタスクを設定し、娯楽要素を変更したときの作業意欲・効率への影響が調査された [3, 4, 5].

本研究は先行研究と異なり、タスクの内容の違いが作業意欲に与える影響について調査する。ゲーミフィケーションが作用する要因の1つとして、作業者に何をすべきかを提示することが挙げられている [6]. しかし、提示された作業内容の違いが作業者の意欲にどのような影響を与えるかは明確となっていない。そこで、作業にタスクを設定することで作業者に何をすべきかを提示することが可能になると考えた。ある長期的な作業 W を実行する際、その作業を n 個に細分化した部分的な作業 w_1, w_2, \dots, w_n を作成し、それぞれの w_i に対してタスクを設定する。 w_i に設定されたタスクの内容を作業者に提示することで、作業者は W の一時的な終着点を認識することが可能となり、タスクが提示されていないときと比較して W そのものに取り組みやすくなる。また、作業者が w_i のタスクを完了したときに達成感を得る経験をするところから、 w_{i+1} 以降の作業への意欲が生じる。従って、ゲーミフィケーションはタスクの設定によって大きな作業を複数に分割して取り組みやすくし、細分化された作業に対する意欲を連鎖的に生じさせることで作業全体への意欲を向上させていると考えられる。このとき、 W を分割する数 n や w_i の完了に与える作業時間を変化させる、すなわち、タスクの内容を変化させることで作業全体への意欲に対する影響も変化すると考えられる。この影響を明確にすることで、教育現場や企業における、作業意欲を高める作業タスクの内容設定の知見を提供できる。そこで本研究では、作業者の作業意欲の向上を目的としたタスク設定に着目し、タスクの設定内容を変更したときの作業意欲への影響について調査する。

時間がかかることが事前にわかっている作業には着手しにくいという経験則から、タスクに要する時間を変化させることで作業意欲に影響が生じると考えた。従って本研究では、タスクに含まれる時間量と作業量の2要素に着目し、時間量の変化を考える。時間量の増加に伴って作業量も比例的に増加するタスクを作業

に設定する．そこで，タスクの時間量に基準を設け，時間量が基準と異なるタスクを提示する．このときに，提示したタスクと，基準タスクとの時間量の差が作業意欲に影響を与えると考えた．図1にタスクの時間量と作業意欲の関係性の予測を示す．図1において，横軸にはタスクの時間量 t ，縦軸には時間量 t における作業意欲 M_t を取り，基準となるタスク時間量を T とする．このとき，時間量が T より小さいタスクでは作業意欲が向上し，時間量が T より大きいタスクでは作業意欲が低下する．また，時間量 t における作業意欲 M_t と時間量 $t+d$ (d は一定)における作業意欲 M_{t+d} の差 $M_t - M_{t+d}$ は， t が小さいほど大きく， t が大きくなるにつれて小さくなる．そのため，時間量の増加による作業意欲の低下は図1の(a)のような直線状ではなく，(b)のような曲線状であると考えた．この影響を理論的に説明するため，行動経済学の双曲割引の知見を用いる．

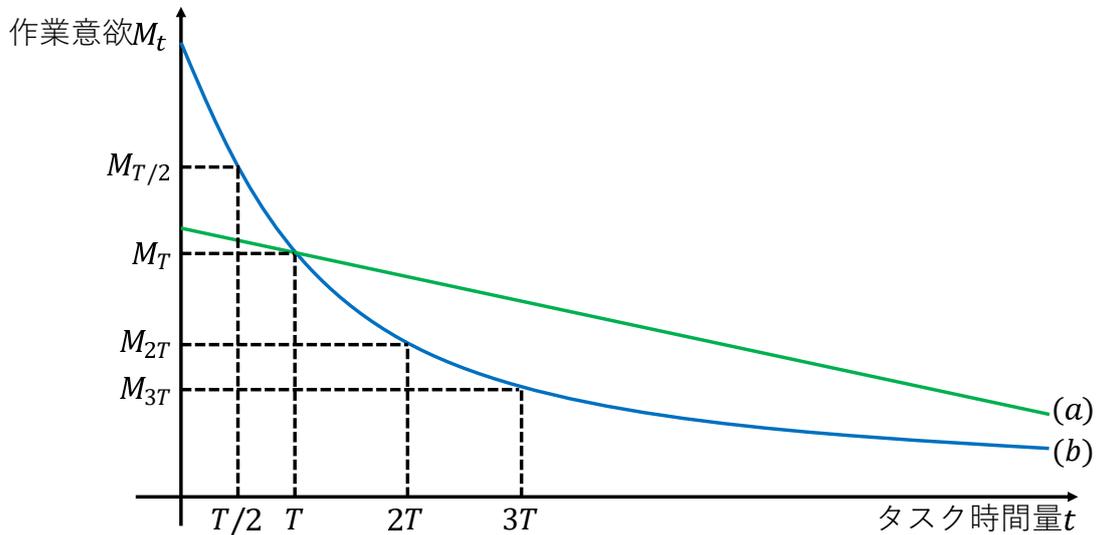


図1 タスク時間量の増減による作業意欲への影響予測

双曲割引とは，人間が報酬を獲得するまでの時間と，その報酬に対する主観的価値の関係性を示す理論のことである [7]. 人間は近い将来に得られる報酬の価値を過大評価し，報酬を獲得するまでの時間が長くなるにつれて，現時点から見たその報酬の価値が曲線状に低下する．エインズリーは，換金時期と金額が異なる2つの小切手を提示したときの選好を調査し，換金時期の遠近によって換金額に対する主観的価値が変化していることを明らかにした [8].

本研究では，ゲーミフィケーションにおけるタスク完了時の達成感を報酬とし，報酬への主観的価値が作業意欲に直結すると仮定する．一般にゲーミフィケーションでは，作業にタスクを導入し提示することで，作業者にタスク完了時の報酬を感じさせる．このとき，ゲーミフィケーションにおける報酬と双曲割引における報酬が作業者にとって同様の振る舞いをするものであると考えた．したがって，ゲーミフィケーションにおいて作業者が報酬を獲得するまでの時間を変化さ

せたとき，その報酬に双曲割引の効果が適用されると考えられる．すなわち，報酬獲得までの時間が長くなるにつれて報酬に対して感じる価値が曲線状に低下し，作業意欲も曲線状に低下するという仮説を立てる．この仮説が立証されれば，ゲーミフィケーションにおける作業タスクの内容が作業意欲に与える影響を双曲割引を用いて理論的に説明できる．これにより，すぐに完了できるタスクを作業に設定することで作業意欲が高くなるが，わずかな時間量の増加で作業意欲は大幅に低下するため，実社会でのタスク設定における時間量の重要性を知見として提供できる．この仮説を検証するため，計算作業にタスクを導入し，作業意欲を測定する被験者実験を実施する．

以下，2章ではゲーミフィケーションと双曲割引について説明し，3章では実験の内容，4章ではその結果と考察，5章では結論について記す．

2 準備

本章では、本研究を進めるにあたって必要となるゲーミフィケーションと双曲割引の知識、検証する仮説について記す。

2.1 ゲーミフィケーション

2.1.1 概要

ゲーミフィケーションとは、“ゲームの遊び自体のノウハウを、ゲーム以外の分野に活用すること”である[9]。具体的には、ゲーム自体に用いられている娯楽要素を教育現場や企業などに応用することで、作業者の意欲を向上させる手法を指す。スポーツ用品ブランドのNikeが提供する“Nike+”では、アプリケーションをインストールしたスマートフォンを所持しながらジョギングすることで、ジョギングした時間やルートを記録することができる。そこで“1週間で4000kcal消費する”，“1日10km走る”などの目標を設定することによって、ジョギングに対するモチベーションや達成感を与えている[9]。

ゲーミフィケーションの研究では、作業に対して制限時間や作業量、精度などの条件を導入し、その達成を作業意欲が生じる起因として用いる。この条件のことをタスクと呼び、タスクの着手数や達成率から作業意欲・効率を測定できる。これまでの奈良高専の卒業研究では、単純作業や思考を伴う作業にタスクを設定し、異なる娯楽要素を導入したときの作業意欲・効率の影響を調査した[3, 4, 5]。本研究では作業に設定するタスクに着目し、タスクの内容の違いが作業意欲に与える影響について調査する。

2.1.2 タスクの提示

ゲーミフィケーションの1つに、何をすべきかを提示することで作業意欲を上昇させる効果がある[6]。ビデオゲームの一部ではクエストというシステムが採用されている。クエストはいくつかのタスクから構成されており、すべてのタスクをプレイヤーが達成しクエストをクリアすることで、ゲームを有利に進められる報酬(コイン・経験値など)や、クエストのクリアに対する心的報酬(達成感・満足感など)を取得することができる。また、その報酬獲得の経験から次のクエストに対するモチベーションを誘起させる効果がある。この効果によってプレイヤーは連続的にクエストに取り組もうとし、ゲームを継続して遊びたくなる仕組みを形成している[10]。

ゲーミフィケーションではクエストを構成するタスクに注目し、人間の行う作業に応用する。長期的な作業 W を行う際、その作業を細分化した部分的な作業 w_1, w_2, \dots, w_n を作成し、それぞれの w にタスクを設定する。 w に設定されたタスクの

内容を作業者に提示することで、作業者は作業をどれほどの時間実行すればよいか、どれほどの量の作業を完了すればよいかといった W の一時的な終着点を理解できる。このことにより、タスクの内容が提示されていない場合と比較して、 W そのものへの着手が容易になると考えられる。また、 w_i のタスクを完了した時に達成感を獲得し、同様の達成感を求めて w_{i+1} 以降の作業に積極的に取り組むことも考えられる。このようにゲーミフィケーションでは、作業を分割して取り組みやすくし、タスクを設定することで分割された作業に対する意欲を連鎖的に生じさせ、作業全体への意欲を上昇させていると考えられる。

2.2 双曲割引

双曲割引は時間割引とも呼ばれる行動経済学の用語で、“人はすぐにもらえる報酬ほどその価値を大きく感じ、もらえる時期が遅くなると、その価値が減っていく傾向にある”ことを表す[11]。また、報酬獲得までの時間による報酬への主観的価値の変化は、近い将来であるほど大きく、遠い将来になると小さくなる。この関係をグラフで表すと図2のような曲線状になるため、双曲割引という名前が付けられている。ジョージ・エイズリーは、被験者に換金時期と金額が異なる2つの小切手を提示したときの選好を調査した[8]。すぐに換金できる100ドルと3年後に換金できる200ドルの2種類の小切手を提示すると被験者の半数以上が100ドルの小切手を選択した一方で、6年後に換金できる100ドルと9年後に換金できる200ドルの2種類の小切手を提示すると被験者のほぼ全員が200ドルの小切手を選択した。どちらも換金期間を3年延長することで100ドルが追加される条件であるが、近い期間の比較(0年後と3年後)ではすぐに換金できる100ドルの価値が大きい一方で、遠い期間の比較(6年後と9年後)では後で換金できる200ドルの価値が大きい。すなわち、換金時期の遠近によって換金額に対する主観的価値が変化している。

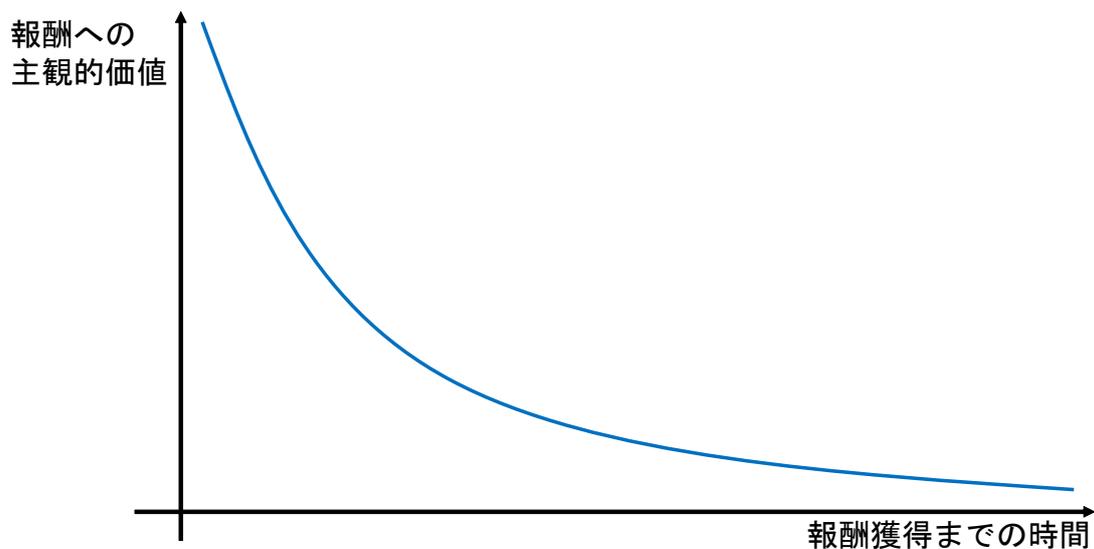


図2 双曲割引

2.3 仮説

本節では、ゲーミフィケーションと双曲割引の知見を用いて立てた仮説およびその検証方法について記す。作業者にタスクを提示するためにはタスクの内容を決定する必要があるが、そのタスクの内容が作業者の作業意欲に影響を与えると考えられる。しかし、提示されたタスクの内容の違いによって、実際に作業者の作業意欲にどのような影響が及ぼされるかは明確になっていない。この関係を明確にすることで、タスクの内容の違いによる作業意欲への影響が理論的に説明可能となり、教育現場や企業での作業において、作業意欲を高めるタスクの内容設定についての知見を提供できる。そこで本研究では、ゲーミフィケーションにおいてタスクを完了したときの達成感が作業者にとっての報酬になると仮定する。また、タスク完了時に得られる報酬が作業意欲に繋がると仮定する。この結果、作業者が報酬を獲得するまでの時間が増加すると、双曲割引にしたがって作業者の報酬に対する価値が曲線状に低下し、同時にその作業への意欲も低下すると考えられる。

ゲーミフィケーションによる作業者の作業意欲への影響が双曲割引に従うことを検証するためには、作業者が報酬を獲得するまでの時間を変更したときの作業意欲の変化を調べる必要がある。ゲーミフィケーションにおける報酬はタスク完了時の達成感であるため、作業者が報酬を獲得するまでの時間はタスクを完了するまでの時間となる。しかし、タスクに対する時間のみを変更して作業量を変更しない場合、タスク自体の難易度が変わるため、タスク間の作業意欲の比較が不可能となる。よって本研究では、タスクに含まれる以下の2要素に着目する。

- 時間量

- 作業量

時間量はタスクに設ける制限時間，作業量はタスクを完了するまでに必要な作業の量を表し，これらを数値的に設定可能なタスクを用いる．時間量を2倍，3倍と増加させたときに作業量も2倍，3倍と比例的に増加するタスクを作業に設定することで，タスクの時間当たりの作業量が一定となり，タスク間の作業意欲の比較が可能となる．タスクの時間量の増減による作業意欲への影響を検証するためには，タスクの時間量の基準を設け，時間量が基準と異なるタスクを示したときの作業意欲を計測すればよい．基準となる時間量を T とし，時間量が T であるタスク，および時間量が T と異なるタスクを示したときの作業意欲を調べる．このとき，時間量が T であるタスクと比較して時間量が小さいタスクでは作業意欲が向上し，時間量が大きいタスクでは作業意欲が低下すると考えられる．さらに時間量が t であるタスクに対する作業意欲を M_t とする．このとき，タスクの時間量を t から $t+d$ (d は一定)に増加させたときの作業意欲の差 $M_t - M_{t+d}$ は， t が小さいほど大きく， t が大きくなるにつれて減少していくと考えられる．すなわち，任意のタスク時間量 i, j ($i < j$)と作業意欲 M_i, M_j について $M_i - M_{i+d} > M_j - M_{j+d}$ が成り立つと考えられる．この推測を視覚的に説明するため，横軸にタスクの時間量，縦軸に作業意欲を取り，タスクの時間量の変化による作業意欲への影響をグラフ化すると，図3のように時間量の増加につれて作業意欲は曲線状に低下すると考えられる．

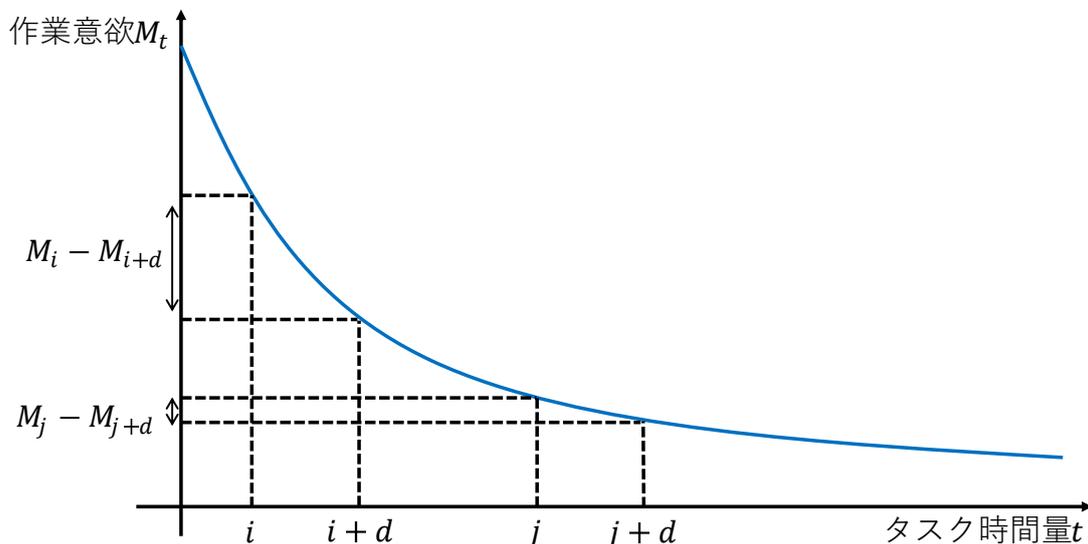


図3 タスク時間量の増減による作業意欲の差への影響予測

本研究では，ゲーミフィケーションにおけるタスクの時間量の違いによる作業意欲への影響を明確にするために以下の仮説を立てる．

仮説1

$$M_{min} > M_{max}$$

ただし、 M_{min} は時間量が最小のタスクに対する作業意欲、 M_{max} は時間量が最大のタスクに対する作業意欲

仮説2

$$M_i - M_{i+d} > M_j - M_{j+d}$$

ただし、時間量 $i < j$, d は定数

仮説1が成立するとき、タスクの時間量の増加によって作業意欲が低下するため、時間量と作業意欲の関係性は図4のいずれかに限定される。また、時間量が d だけ増加したときの作業意欲の変化量を、時間量が小さい順に①,②,③とする。このとき仮説2が成立すると、作業意欲の変化量の関係は①>②>③となり、この条件を満たすのは図4の(a)のみとなる。従って仮説1と仮説2がともに成立するとき、タスクの時間量の増加によって作業意欲が左下に凸な曲線状に低下することを理論づけることが可能となる。これらの仮説を検証するため、被験者実験を実施する。

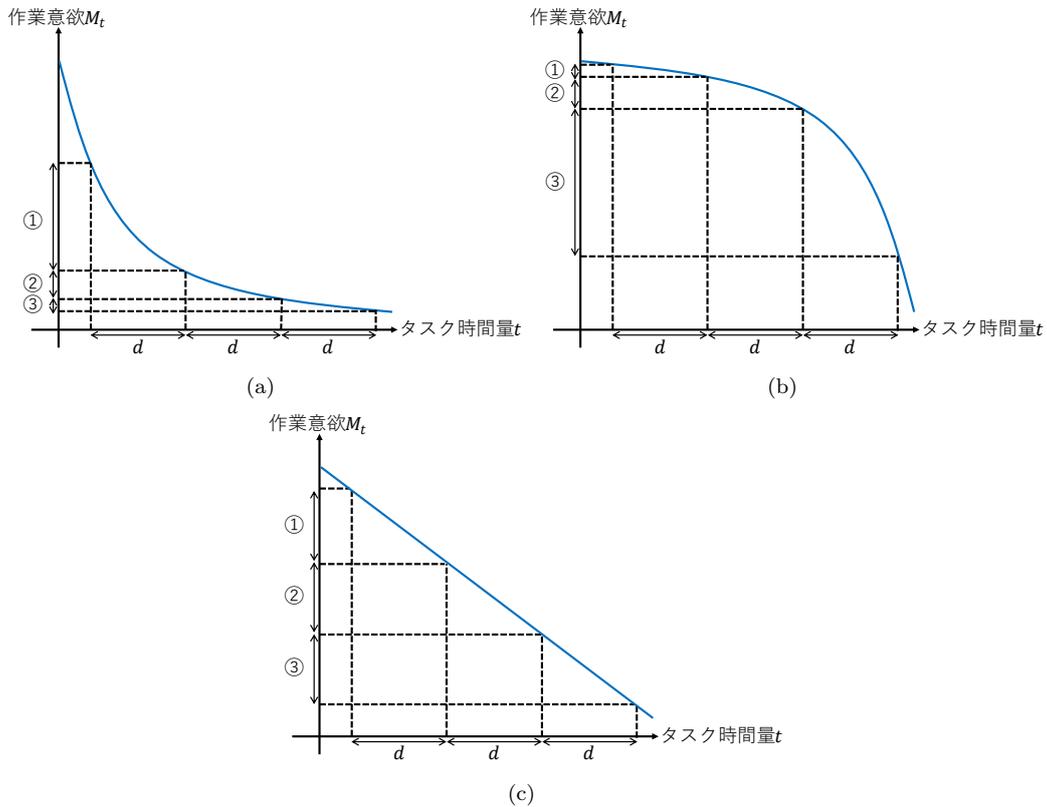


図4 タスク時間量と作業意欲のグラフの形状予測

3 実験

タスクの時間量と作業意欲の関係を調査するため、被験者実験を実施する。被験者実験ではC#で実装したGUIプログラムを用いる。本章では、被験者実験でのタスク、実験手順、分析方法について説明する。

3.1 タスクと評価

タスクの時間量の違いによる作業意欲への影響を定量的に評価するため、被験者に行ってもらった作業およびタスクの内容を設定する。複雑な作業にタスクを設定すると、単純な作業に設定したときと比較して思考による疲労がたまりやすい可能性が考えられる。また、作業内容が複雑であるほど、その複雑さによる疲労が作業への意欲を低下させる可能性が考えられる。本研究ではタスクの時間量の変化による作業意欲の影響を分析するため、複雑な作業と比較して作業内容が作業意欲に影響しにくい単純な作業にタスクを設定することが望ましい。そこで本実験では、1桁同士の四則演算作業にタスクを設定した計算タスクを用いる。図5に計算タスクの例を示す。計算タスクは2つの項と1つの演算子で構成されており、右項と左項がともに1桁で、四則演算の結果も1桁となるように設定している。計算タスクには時間量の要素として制限時間、作業量の要素としてタスク完了に必要な正解数(以下“必要正解数”)が設定されており、制限時間内に正解数が必要正解数に達するか、制限時間を超過すると1つのタスクが終了する。計算タスクの経過時間は被験者には表示せず、必要正解数と現在時点での正解数は表示画面の上部(図5)に表示する。画面に表示される計算式の解答を被験者がテキストボックスに入力し、エンターキーを押下することで正誤が判定される。入力された文字が1桁の数字である場合は正誤にかかわらず次の問題を表示し、正答したときに正解数を1増やす。入力された文字が不正(数字でない、2桁以上の数、負の数)であった場合は正誤判定を行わず、同じ問題を再度表示してもう一度解答させる。この計算タスクを時間量を変更して複数提示することで、時間量の違いによる作業意欲への影響を調査する。被験者には正確さを最も重要視し、その上でできるだけ速く入力するよう指示する。被験者は奈良高専の本科および専攻科の学生27名である。

現在 0/100 問正解

 9×0

--	--

図5 計算タスク画面

本研究ではタスク終了時の余剰時間(以下“余剰時間”)を客観的な作業意欲の指標とする。余剰時間が大きいほどタスクを早く終了させているため、タスクに対する意欲が高いと考えられる。余剰時間を測定するとき、計算タスクの制限時間に対する必要正解数が全被験者で一律であると、計算能力の高い人は余剰時間が大きく、計算能力の低い人は余剰時間が小さくなることが考えられる。そのため、同じ制限時間の計算タスクにおいて、必要正解数を被験者の計算能力に合わせて調節する必要がある。計算能力の高い被験者には必要正解数を多く、計算能力の低い被験者には必要正解数を少なくすることによって、被験者の計算能力による余剰時間の差を除去する。被験者の計算能力を測定する方法については3.2節で記す。

3.2 実験システム

本実験は“練習”，“本番1”，“本番2”の3つのステップに分かれており，被験者は図6に示すスタート画面から選択する．“練習”では被験者が計算タスクの進め方を理解するため，必要正解数を設定していない30秒の計算タスクを行う．“本番1”では被験者の計算能力を測定するため，必要正解数を設定していない30秒の計算タスクを行う．また被験者には，30秒の間可能な限り問題に取り組むように指示する．“本番2”では図7で示すように，制限時間と必要正解数を表示し，STARTボタンを押下することで計算タスクを開始する．制限時間に対する必要正解数は，“本番1”で記録した30秒当たりの正解数をもとに以下の(1)式で算出する．

$$\text{必要正解数 [問]} = \frac{\text{制限時間 [秒]}}{30} \times 30 \text{ 秒当たりの正解数 [問]} \quad (1)$$

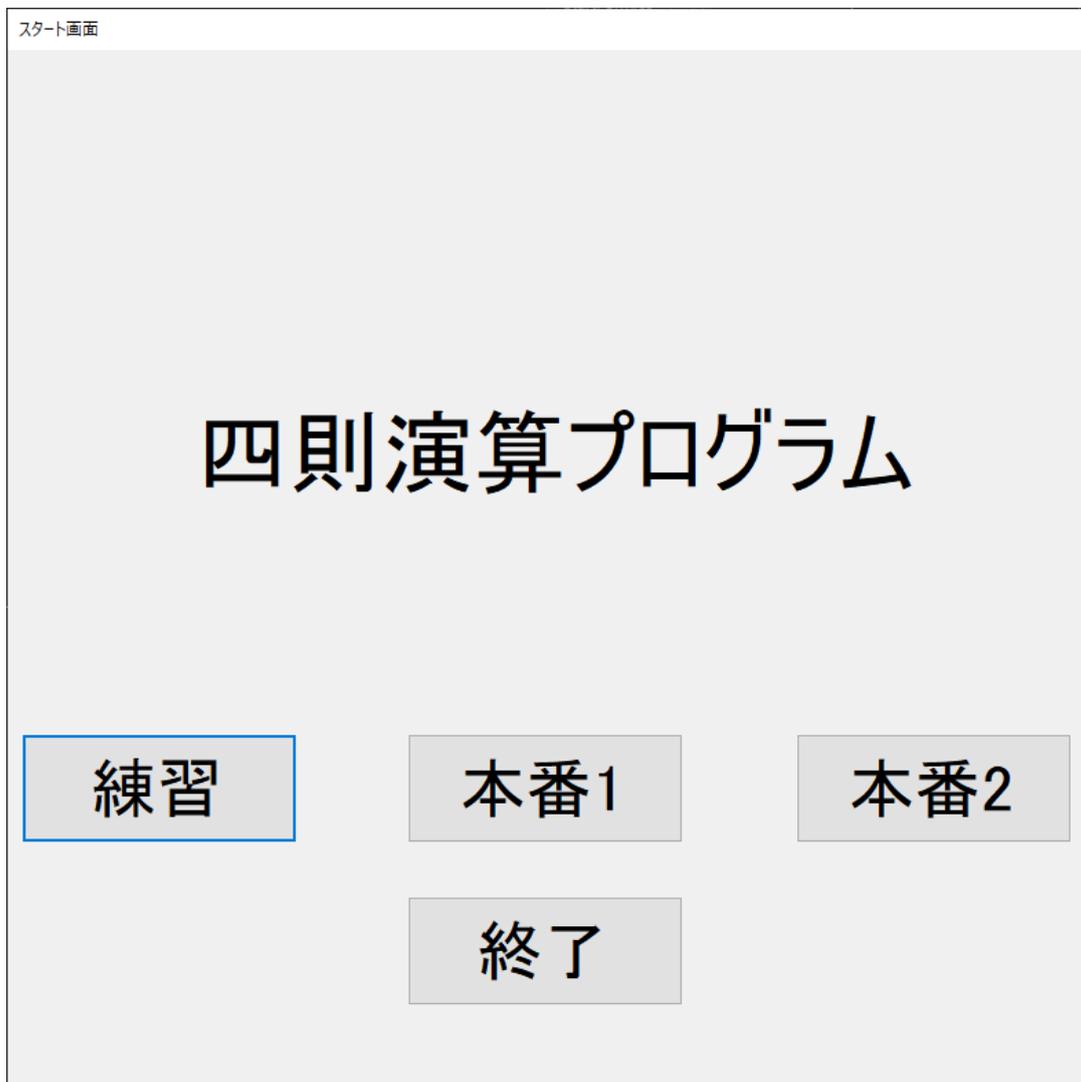


図6 スタート画面

150 秒以内に
140 問正解でクリア

START

図7案内画面

本研究の仮説では、図3に示したように、タスクの時間量の増加に対する作業意欲の低下は時間量が小さいほど急激であり、時間量が大きくなるにつれて緩やかになる。従って、計算タスクの時間量が小さいときは測定間隔を狭く、時間量が大きときは測定間隔を広く取ることで曲線の凹部分の形状を詳細に示すことができると考えられる。よって、“本番2”の計算タスクは15秒、30秒、45秒、60秒、75秒、90秒、120秒、150秒を制限時間として設ける。計算作業への慣れや、実験の終了が近づくことによる作業意欲への影響の差を排除するため、タスクの表示順を被験者によって変更する必要がある。したがって、8種類の制限時間をもつタスクを4回ずつ、計32回の計算タスクをランダムな順序で並べたデータセットを被験者ごとに作成し、そのデータセットに基づいて“本番2”を出題する。表1にデータセットの例を示す。

表1 計算タスクの出題順序例

被験者	タスク順									
	0	1	2	3	4	5	…	30	31	
A	45	120	60	90	120	60	…	45	75	
B	60	90	150	15	30	120	…	90	120	
C	150	60	45	30	90	45	…	15	90	
D	120	75	120	150	45	90	…	75	90	
E	150	30	75	120	60	150	…	150	120	

3.3 アンケート

各制限時間の計算タスクに対する作業意欲の主観的評価を測定するため、“本番2”において1つの計算タスクが終了するたびに図8のようなアンケート画面を表示する。時間量の大きいタスクの後に時間量の小さいタスクを行った場合、時間量の小さいタスクに対する主観的な作業意欲は上昇すると考えられる。反対に、時間量の小さいタスクの後に時間量の大きいタスクを行った場合、時間量の大きいタスクに対する主観的な作業意欲は低下すると考えられる。アンケートを実施する直前に取り組んだ計算タスクに対する作業意欲を測定するため、このようなタスクの順序の前後関係による作業意欲の移り変わりを排除する必要がある。そのため、一定の基準となる計算タスクと比較したときの作業意欲の移り変わりを測定する。そこで、被験者は“本番1”の30秒の計算タスクと比較して作業意欲が上がった場合を5、少し上がった場合を4、差がない場合を3、少し下がった場合を2、下がった場合を1として作業意欲を5段階で評価する。

アンケート

本番1と比較して
150 秒以内に
140 問正解でクリア
に対するやる気の
差はありましたか

下がった 少し下がった 差はなし 少し上がった 上がった

確定

図8 アンケート画面

3.4 分析方法

3.2節で前述したように、本実験では客観的な作業意欲の指標として計算タスクの余剰時間を測定する。余剰時間の結果を正規化するために、余剰時間をタスクの時間量で除算した余剰時間割合を分析材料とする。また、被験者の主観的な作業意欲を評価するため、各制限時間での計算タスクで測定したアンケートの結果も分析材料とする。これらの指標を分析するため、本実験では以下の3つの項目を測定、計算する。

- タスク達成時間 [秒]
- 余剰時間割合 [%]
- アンケート結果

余剰時間割合は(2)の式で計算する.

$$\text{余剰時間割合 [\%]} = \frac{\text{制限時間} - \text{タスク達成時間}}{\text{制限時間}} \times 100 \quad (2)$$

余剰時間割合およびアンケート結果をそれぞれ制限時間ごとに集計し, 全被験者分の数値の平均を算出する. タスクの時間量を横軸, 余剰時間割合とアンケート結果をそれぞれ縦軸にとってグラフ化することで, タスクの時間量が作業意欲に与える影響を視覚的に明示する.

本研究で立てた仮説を検証するため, 余剰時間割合およびアンケート結果を作業意欲の指標として以下に示す分析を行う. 仮説1の検証結果が正であれば, 仮説1は立証される. 仮説2では i, j, d の組み合わせによる複数の項目で検証し, 結果が正であればその項目において仮説2が立証される.

仮説1の検証

時間量が最小の15秒であるタスクに対する作業意欲 M_{15} と時間量が最大の150秒であるタスクに対する作業意欲 M_{150} の差 $M_{15} - M_{150}$ を計算する

仮説2の検証

任意の時間量 $i, j (i < j)$ に一定の時間量 d が増加されたときの作業意欲の変化量の差 $A_d(i, j) = (M_i - M_{i+d}) - (M_j - M_{j+d})$ を計算する

4 結果と考察

27名の被験者に8種類のタスクを4回ずつ行ってもらい、計864タスクのデータが得られた。結果の分析において、制限時間内に必要正解数に達したタスクを達成タスク、制限時間を超過したタスクを未達成タスクとして扱う。本章では、被験者実験を通して得られた、タスク終了時の余剰時間割合、作業意欲のアンケートについての結果を記す。

4.1 余剰時間割合による評価

864タスクのうち360タスクが未達成タスクであった。未達成タスクの時間量に偏りがあると各時間量で集計するデータの個数にも偏りが生じる可能性があるため、未達成タスクを集計に含む場合と含まない場合に分けて余剰時間割合を評価する。未達成タスクを含む場合は、未達成タスクの余剰時間割合を0%として集計する。未達成タスクを含まない場合は、達成タスクの余剰時間割合のみを集計する。

図9に未達成タスクを含む場合の余剰時間割合および累乗近似曲線を示す。以下、余剰時間割合を客観的な作業意欲として仮説の検証を行う。

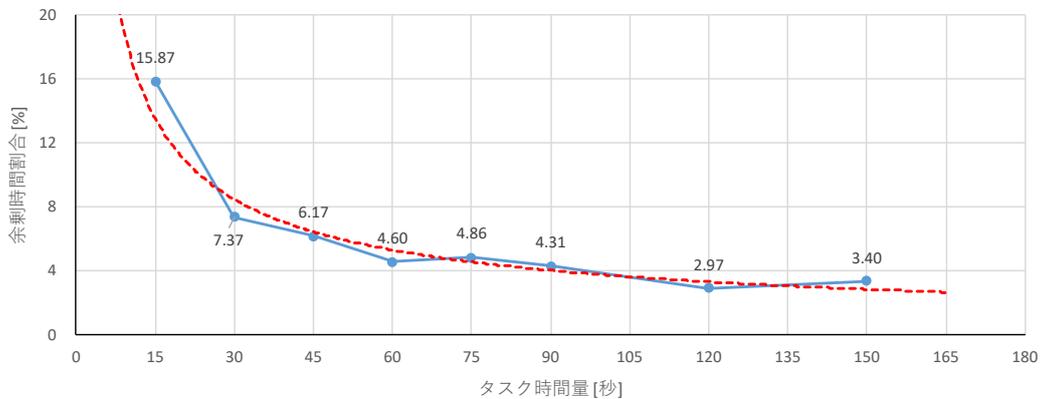


図9 余剰時間割合(未達成タスクを含む)

図9に基づいて仮説1を検証する。時間量が15秒のタスクに対する余剰時間割合は $M_{15} = 15.87$ である。また、時間量が150秒のタスクに対する余剰時間割合は $M_{150} = 3.40$ である。従って、時間量が最小のタスクに対する余剰時間割合と時間量が最大のタスクに対する余剰時間割合の差は $M_{15} - M_{150} = 15.87 - 3.40 = 12.47 > 0$ であることから、仮説1が立証されたといえる。

仮説1に対する回答

作業に設定するタスクの時間量が増加したとき、その作業への客観的な作業意欲が低下する

図9より、時間量が15秒のタスクで余剰時間割合は15.87%と他の時間量と比較してと大きく、時間量が30秒に増加すると余剰時間割合が7.37%と著しく減少している。また時間量の60-75秒、120-150秒の区間では余剰時間割合が上昇しているが、それ以外の区間では時間量の増加に伴って余剰時間割合が低下している。従って図9より、時間量の増加につれて余剰時間割合が曲線に近い形状で低下しているといえる。任意の時間量 $i, j, d(i < j, d$ は一定)における余剰時間割合の変化量の差 $A_d(i, j)$ に基づいて仮説2を検証する。 d を任意に変更したときの余剰時間割合の変化量の差 $A_d(i, j)$ を表2から表8に示す。表2から表8の結果より、任意の d における余剰時間割合の変化量の差 $A_d(i, j)$ は43項目中38項目で正となった。これらの結果より、余剰時間割合の変化量の差 $A_d(i, j)$ は多くの項目で正となり、仮説2は概ね立証されたといえる。

仮説2に対する回答

作業に設定するタスクの時間量が増加したとき、その作業への客観的な作業意欲は曲線状に変化する

また、図9のグラフを直線で近似した場合と曲線で近似した場合でそれぞれ決定件数 R^2 を計算する。決定係数とは、データに対する近似式がどれほど近似できているかを表す指標であり、この値が1に近いほど正確に近似されている。直線での近似として線形近似、曲線での近似として累乗近似を用いて R^2 を計算した結果、線形近似では $R^2 = 0.5564$ 、累乗近似では $R^2 = 0.9389$ となった。累乗近似での R^2 の方が1に近いことから、図9のグラフは曲線でより正確に近似され、仮説2を支持する結果となった。

仮説1と仮説2がともに立証されたため、作業に設定するタスクの時間量が増加するにつれて、その作業に対する作業者の客観的な作業意欲は曲線状に低下するといえる。

表 2 時間量の増加による余剰時間割合の変化量の差 ($d = 15$)

i	$i + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{15}(i, j)$
15	30	8.50	30	45	1.20	7.30
			45	60	1.57	6.93
			60	75	-0.26	8.76
			75	90	0.55	7.95
30	45	1.20	45	60	1.57	-0.37
			60	75	-0.26	1.46
			75	90	0.55	0.65
45	60	1.57	60	75	-0.26	1.83
			75	90	0.55	1.02
60	75	-0.26	75	90	0.55	-0.81

表 3 時間量の増加による余剰時間割合の変化量の差 ($d = 30$)

i	$i + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{30}(i, j)$
15	45	9.70	30	60	2.77	6.93
			45	75	1.31	8.39
			60	90	0.29	9.41
			90	120	1.34	8.36
			120	150	-0.43	10.13
30	60	2.77	45	75	1.31	1.46
			60	90	0.29	2.48
			90	120	1.34	1.43
			120	150	-0.43	3.20
45	75	1.31	60	90	0.29	1.02
			90	120	1.34	-0.03
			120	150	-0.43	1.74
60	90	0.29	90	120	1.34	-1.05
			120	150	-0.43	0.72
90	120	1.34	120	150	-0.43	1.77

表4 時間量の増加による余剰時間割合の変化量の差 ($d = 45$)

i	$i + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{45}(i, j)$
15	60	11.27	30	75	2.51	8.76
			45	90	1.86	9.41
			75	120	1.89	9.38
30	75	2.51	45	90	1.86	0.65
			75	120	1.89	0.62
45	90	1.86	75	120	1.89	-0.03

表5 時間量の増加による余剰時間割合の変化量の差 ($d = 60$)

i	$i + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{60}(i, j)$
15	75	11.01	30	90	3.06	7.95
			60	120	1.63	9.38
			90	150	0.91	10.10
30	90	3.06	60	120	1.63	1.43
			90	150	0.91	2.15
60	120	1.63	90	150	0.91	0.72

表6 時間量の増加による余剰時間割合の変化量の差 ($d = 75$)

i	$i + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{75}(i, j)$
15	90	11.56	45	120	3.20	8.36
			75	150	1.46	10.10
45	120	3.20	75	150	1.46	1.74

表7 時間量の増加による余剰時間割合の変化量の差 ($d = 90$)

i	$i + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{90}(i, j)$
30	120	4.40	60	150	1.20	3.20

表8 時間量の増加による余剰時間割合の変化量の差 ($d = 105$)

i	$i + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	余剰時間割合 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{105}(i, j)$
15	120	12.90	45	150	2.77	10.13

4.2 アンケートによる評価

図10に“本番1”の30秒タスクと比較したときの、各タスクに対する作業意欲のアンケート結果および累乗近似曲線を示す。以下、アンケート結果を主観的な作業意欲として仮説の検証を行う。

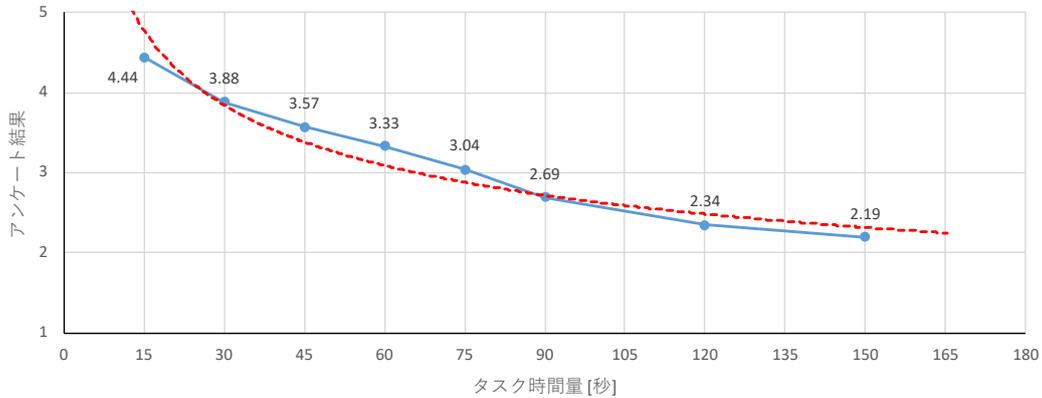


図10 アンケート結果

図10に基づいて仮説1を検証する。時間量が15秒のタスクに対するアンケート結果は $M_{15} = 4.44$ である。また、時間量が150秒のタスクに対するアンケート結果は $M_{150} = 2.19$ である。従って、時間量が最小のタスクに対するアンケート結果と時間量が最大のタスクに対するアンケート結果の差は $M_{15} - M_{150} = 4.44 - 2.19 = 2.25 > 0$ であることから、仮説1が立証されたといえる。

仮説1に対する回答

作業に設定するタスクの時間量が増加したとき、その作業への主観的な作業意欲が低下する

図10より、時間量の15-30秒区間でのアンケート結果の低下量は0.56であり、他の時間量の区間でのアンケート結果の低下量と比較して最も大きい。また、時間量が増加するすべての区間でアンケート結果は低下しており、その低下量は一部の区間を除き、時間量の増加に伴って減少している。従って図10より、時間量の

増加につれてアンケート結果が曲線に近い形状で低下しているといえる。任意の時間量 $i, j, d (i < j, d \text{ は一定})$ におけるアンケート結果の変化量の差 $A_d(i, j)$ に基づいて仮説2を検証する。 d を任意に変更したときのアンケート結果の変化量の差 $A_d(i, j)$ を表9から表15に示す。表9から表15の結果より、任意の d におけるアンケート結果の変化量の差 $A_d(i, j)$ は43項目中36項目で正となった。これらの結果より、アンケート結果の変化量の差 $A_d(i, j)$ は多くの項目で正となり、仮説2は概ね立証されたといえる。

仮説2に対する回答

作業に設定するタスクの時間量が増加したとき、その作業への主観的な作業意欲は曲線状に変化する

また、図10のグラフを線形近似と累乗近似を用いて近似し、それぞれで決定係数 R^2 を計算した結果、線形近似では $R^2 = 0.9435$ 、累乗近似では $R^2 = 0.9438$ となった。線形近似と累乗近似での R^2 の値が概ね等しいことから、図10のグラフは直線と曲線の両方で近似され、仮説2を支持する結果とはならなかった。

仮説1と仮説2がともに立証されたため、作業に設定するタスクの時間量が増加するにつれて、その作業に対する作業者の主観的な作業意欲は曲線状に低下するといえる。

表9 時間量の増加によるアンケート結果の変化量の差 ($d = 15$)

i	$i + d$	アンケート結果 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	アンケート結果 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{15}(i, j)$
15	30	0.56	30	45	0.31	0.25
			45	60	0.24	0.32
			60	75	0.29	0.27
			75	90	0.35	0.21
30	45	0.31	45	60	0.24	0.07
			60	75	0.29	0.02
			75	90	0.35	-0.04
45	60	0.24	60	75	0.29	-0.05
			75	90	0.35	-0.11
60	75	0.29	75	90	0.35	-0.06

表 10 時間量の増加によるアンケート結果の変化量の差 ($d = 30$)

i	$i + d$	アンケート結果 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	アンケート結果 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{30}(i, j)$
15	45	0.87	30	60	0.55	0.32
			45	75	0.53	0.34
			60	90	0.64	0.23
			90	120	0.35	0.52
			120	150	0.15	0.72
30	60	0.55	45	75	0.53	0.02
			60	90	0.64	-0.09
			90	120	0.35	0.20
			120	150	0.15	0.40
45	75	0.53	60	90	0.64	-0.11
			90	120	0.35	0.18
			120	150	0.15	0.38
60	90	0.64	90	120	0.35	0.29
			120	150	0.15	0.49
90	120	0.35	120	150	0.15	0.20

表 11 時間量の増加によるアンケート結果の変化量の差 ($d = 45$)

i	$i + d$	アンケート結果 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	アンケート結果 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{45}(i, j)$
15	60	1.11	30	75	0.84	0.27
			45	90	0.88	0.23
			75	120	0.70	0.41
30	75	0.84	45	90	0.88	-0.04
			75	120	0.70	0.14
45	90	0.88	75	120	0.70	0.18

表 12 時間量の増加によるアンケート結果の変化量の差 ($d = 60$)

i	$i + d$	アンケート結果 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	アンケート結果 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{60}(i, j)$
15	75	1.40	30	90	1.19	0.21
			60	120	0.99	0.41
			90	150	0.50	0.90
30	90	1.19	60	120	0.99	0.20
			90	150	0.50	0.69
60	120	0.99	90	150	0.50	0.49

表 13 時間量の増加によるアンケート結果の変化量の差 ($d = 75$)

i	$i + d$	アンケート結果 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	アンケート結果 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{75}(i, j)$
15	90	1.75	45	120	1.23	0.52
			75	150	0.85	0.90
45	120	1.23	75	150	0.85	0.38

表 14 時間量の増加によるアンケート結果の変化量の差 ($d = 90$)

i	$i + d$	アンケート結果 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	アンケート結果 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{90}(i, j)$
30	120	1.54	60	150	1.14	0.40

表 15 時間量の増加によるアンケート結果の変化量の差 ($d = 105$)

i	$i + d$	アンケート結果 の変化量 $M_i - M_{i+d}$	j	$j + d$	アンケート結果 の変化量 $M_j - M_{j+d}$	変化量 の差 $A_{105}(i, j)$
15	120	2.10	45	150	1.38	0.72

4.3 余剰時間割合の結果に対する考察

図9において時間量の60-75秒, 120-150秒区間で余剰時間割合が増加した理由について考察する. 本実験で用いたシステムは, 制限時間を超過すると自動的にタ

スクを終了するように設計していた。この理由としては、制限時間を超過しても計算作業が継続できる場合、被験者のタスクを早く完了しようとする意欲を減衰する可能性があると考えたからである。図9を示すために用いた分析では、制限時間を超過したタスクの余剰時間割合を0%とし、時間量ごとに余剰時間割合を集計していた。そのため、各時間量における未達成タスクの個数によって余剰時間割合の平均値に影響が出ると考えた。そこで、タスクの達成率と未達成タスクを含まない場合での余剰時間割合を分析することで、図9において余剰時間割合が増加する区間が存在した理由について考察する。タスクの各時間量における達成率を式(3)で計算する。

$$\text{達成率}[\%] = \frac{\text{達成したタスク数}}{\text{取り組んだタスク数}} \times 100 \quad (3)$$

横軸にタスクの時間量、縦軸に達成率を取ったときのグラフを図11に示す。また、余剰時間割合の平均値の導出に未達成タスクを含む場合と含まない場合での余剰時間割合の比較を図12に示す。図11より、本研究における基準時間量となる30秒のタスクと比較して、時間量が小さいタスクでは達成率が高く、時間量が大きいタスクでは達成率が低い。

時間量が60-75秒の区間では達成率が8.34%低下しており、時間量に対する低下割合は30秒以上の時間量の区間の中で最も大きい。また図12より、未達成タスクを含まない場合においても、時間量が60-75秒の区間で余剰時間割合は増加している。これらのことより、時間量の60-75秒区間で余剰時間割合が増加した理由に、同区間での達成率の大きな低下が影響していると考えられる。しかし、達成率の低下がなぜ余剰時間割合の増加に影響したかは考察できなかった。図11において、時間量が120秒のタスクの達成率は37.96%と全時間量の中で最も低い。また図12より、未達成タスクを余剰時間割合の集計に含まない場合では、時間量の120-150秒区間で余剰時間割合が減少しており、未達成タスクを余剰時間割合の集計に含めることで、120秒と150秒での余剰時間割合の大小関係が逆転している。120秒のタスクの達成率が低いことから、未達成タスクが余剰時間割合の集計に多く含まれ、余剰時間割合の平均値が大きく低下したと考えられる。対して150秒のタスクでは、120秒のタスクと比較して達成率が高いことから、未達成タスクを集計に含んだことによる余剰時間割合の平均値の低下が小さかったことが考えられる。これらのことより、時間量の120-150秒区間で余剰時間割合が増加した理由として、120秒のタスクの達成率が150秒のタスクと比較して低く、その結果余剰時間割合の平均値の大小関係が逆転したことが考えられる。

以上の考察結果より、図9において、時間量の増加によって余剰時間割合が増加する区間が存在する理由として、タスクの達成率が影響していると考えられる。120-150秒区間での余剰時間割合の増加については、タスクの達成率と未達成タスクを含まない場合での余剰時間割合を用いることで考察できた。しかし60-75

秒区間では、達成率の低下によってなぜ余剰時間割合が増加したかは説明できなかったため、この理由を解明させることを今後の課題とする。また、制限時間を超過したタスクを中断するように実験システムを設計し、余剰時間割合の正負の値を集計することで平均値の結果が変わることが考えられる。しかし本節の初めで前述したように、タスクの制限時間を超過しても作業を継続するシステムを用いると作業意欲に影響が生じると考えられる。したがって、制限時間の超過後も作業を継続するシステムで本研究と同様の実験を行い、本研究で得られた結果と組み合わせることでより正確な余剰時間割合の分析が可能であると考えられる。

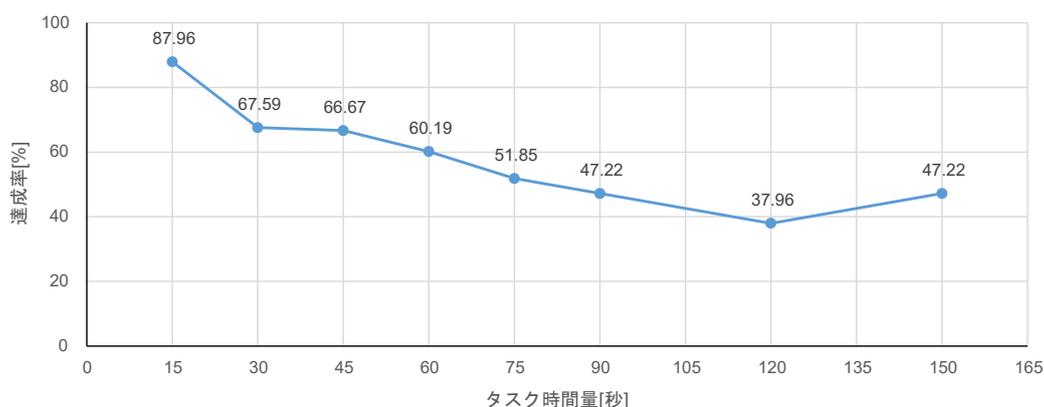


図 11 タスクの時間量ごとの達成率

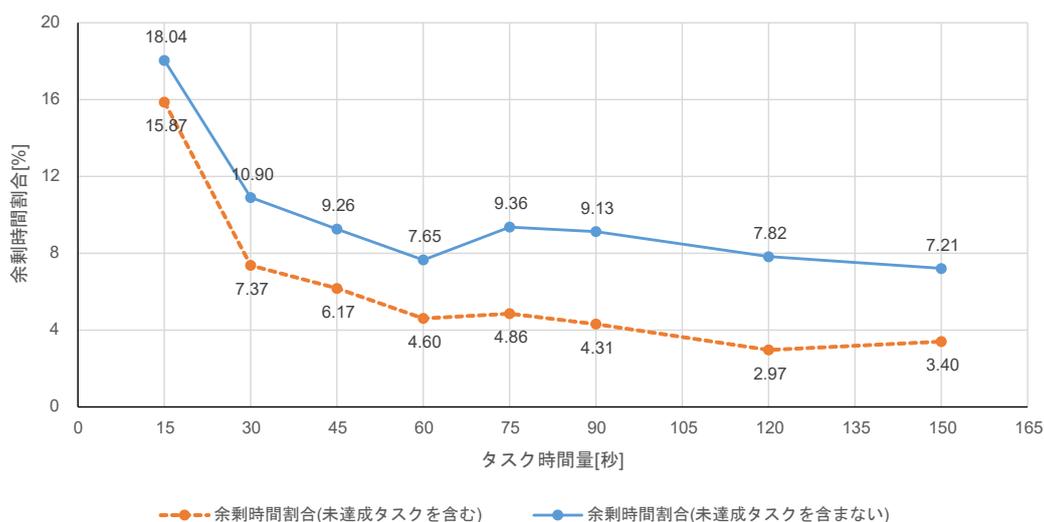


図 12 未達成タスクを含む場合と含まない場合での余剰時間割合の比較

5 おわりに

本研究ではゲーミフィケーションにおいて、作業者にタスクを提示することで作業意欲が向上する作用に着目し、作業者に提示するタスクの内容の違いが作業意欲にどのような影響を与えるかを明確にすることを目的とした。ゲーミフィケーションにおけるタスクには時間量の要素が含まれていると考え、時間量が増加するにつれて作業意欲は曲線状に低下すると予測した。そこで双曲割引の知見を応用し、タスクの時間量を変化させたときの作業意欲への影響について2つの仮説を立てた。仮説を検証するため、作業者に提示するタスクの時間量を変更できる実験システムを作成し、客観的な作業意欲としてタスクの余剰時間割合、主観的な作業意欲としてアンケートを計測した。

実験の結果、余剰時間割合とアンケート結果の両方について仮説が2つとも立証された。このことより、タスクの時間量が増加するにつれて客観的および主観的な作業意欲は曲線状に低下することを明らかにした。また余剰時間割合の測定結果の一部が予測と異なった理由として、タスクの時間量ごとの達成率が影響していることが考えられたが、その理由までは解明できなかった。

今後の課題として、タスクの内容の違いによる作業意欲の変化について実験設定を変更した場合での調査がある。本研究では単純作業に設定するタスクの時間量を変化させ、タスクの余剰時間割合を用いて作業意欲へ影響を調査した。よって、作業量を変化させたときの作業意欲への影響の調査や、思考を伴う複雑な作業タスクについての実験、余剰時間割合と異なる指標での作業意欲の測定が挙げられる。また余剰時間割合の結果に対する考察より、60-75秒区間でのタスク達成率の急激な低下がなぜ余剰時間割合の増加に影響したかを調査する必要がある。さらに余剰時間割合をより正確に分析するため、制限時間を超過してもタスクを中断しないシステムで同様の実験を行い、本研究の結果と組み合わせる必要があると考えられる。

今後の展望として、本実験で得られたデータからタスク時間量の増加による作業意欲の変化にどのような個人差があるかを分析することで、作業者の心理的特性に合ったタスクの設定方法を提案できると考えられる。

謝辞

本論文の執筆および研究を進めるにあたり、多くの方々にご協力いただいたことをこの場を借りてお礼申し上げます。

指導教員である上野秀剛准教授にはお忙しい中、研究テーマの提案からデータの測定および分析の手順、資料や論文のチェックなど多くの面で研究の知識のご教授をいただきました。上野准教授のサポートのおかげで、研究について右も左もわからなかった私でも成果を出すことができました。心より感謝いたします。ありがとうございました。

査読教員である岩田大志准教授には研究についての本質的で的確な質問のほか、本論文の体裁や内容についても多くの指導をいただきました。ここに感謝の意を表明いたします。ありがとうございました。

研究や課題等で忙しい中、長時間にわたる被験者実験に参加いただいた同級生や先輩、後輩の皆様方にもお礼申し上げます。

互いに切磋琢磨しあった5年情報工学科の皆様、研究についての知識を提供してくださった専攻科の皆様にも深く感謝いたします。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 清水章弘, 八尾直輝, 綿貫智哉, “ゲーミフィケーション勉強法”, 講談社, 2016.
- [2] 一ノ瀬智浩, 上野秀剛, “ゲーミフィケーションを構成する要素の違いと作業効率の評価”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.18, No.2, pp.65-76, 2016.
- [3] 松本啓汰, “ユーザの性格特性がゲーミフィケーションの効果と好みに与える影響”, 奈良高専卒業論文, 2019.
- [4] 井上誠之, “作業内容の違いがゲーミフィケーションに及ぼす影響”, 奈良高専卒業論文, 2018.
- [5] 一ノ瀬智浩, “異なる娯楽性を付与した作業管理システムの作業効率比較”, 奈良高専卒業論文, 2013.
- [6] 長尾一洋, 清永健一, “「仕事のゲーム化」でやる気モードに変える”, 実務教育出版, 2013.
- [7] 真壁昭夫, “行動経済学見るだけノート”, 宝島社, 2018.
- [8] ジョージ・エイズリー, 山形浩生, “誘惑される意志”, NTT出版, 2006.
- [9] 神馬豪, 石田宏実, 木下裕司, “顧客を生み出すビジネス新戦略ゲーミフィケーション”, 大和出版, 2012.
- [10] 深田浩嗣, “ソーシャルゲームはなぜハマるのかゲーミフィケーションが変える顧客満足”, SB Creative, 2011.
- [11] 橋本之克, “世界最前線の研究でわかる!スゴイ!行動経済学”, 綜合法令出版, 2020.