

仮想空間を利用した時間感覚の制御

童 鑫

(学籍番号 : 81833493)

指導教員 教授 小木 哲朗

2020 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

論 文 要 旨

学籍番号	81833493	氏名	童 鑫
論文題目： 仮想空間を利用した時間感覚の制御			
<p>(論文の要旨)</p> <p>異なる環境では、人々の時間知覚はさまざまな要因（個人的経験、精神集中の程度、人々の年齢など）によって異なる。現実世界に時間感覚に影響を与える要因には、外的な要因と内的な要因が存在することが知られている。外的要因主としては経過時間中の事象の時間以外の属性である。内的要因主としては時間経過に注意を集中する程度と内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度である。</p> <p>本研究では人間に与えられる種々の内的要因、外的要因を変化させることで、人間が感じる時間感覚を制御することを目指している。この際、現実空間において時間感覚を自由に制御可能な環境を構築することは困難なため、ここでは HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を用いた仮想環境を利用する。人間が感じる感覚情報を制御可能な実験環境を構築し、時間感覚の制御とその効果に関する実験を行った。まだ、こんな体感時間を影響する仮想空間に作業効率を向上できる機能価値を判明した。</p>			
キーワード（4語） バーチャルリアリティ、時間感覚、ヘッドマウントディスプレイ、作業効率			

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	81833493	Name	Tong Xin
Title			
Control of User's Time Perception in Virtual Space			
Abstract			
<p>In different environments, people's time perception depends on various factors (personal experience, degree of mental concentration, age of people, etc.). It is known that factors affecting people's time perception in the real world include external factors and internal factors. One of external factor is information other than time information in part of time. And the internal factors are mainly the degree to which attention is focused on the passage of time and the frequency of the internal clock tempo per unit time.</p> <p>In this study, we aim to control the people's time perception by changing various internal and external factors. Since it is difficult to construct an environment that people's time perception can be freely controlled in the real space. We constructed some virtual environments and using an HMD (head-mounted display) to let people experience them. And we conducted experiments to verify whether they changing people's time perception. In addition, it can also improve people's work efficiency in such a virtual space that affects people's time perception.</p>			
Key Word (4 words)			
<i>Virtual reality, Time perception, Head-mounted display, Work efficiency</i>			

目次

第1章 序論.....	9
1. 1 緒言.....	10
1. 2 研究背景.....	10
1. 2. 1 本論文の構成.....	10
1. 2. 2 時間感覚.....	11
1. 2. 3 バーチャルリアリティー技術.....	15
1. 3 研究目的.....	24
1. 4 研究実験の構成.....	25
第2章 時間感覚についてのアンケート調査.....	26
2. 1 調査目的.....	27
2. 2 結果と分析.....	27
2. 2. 1 調査対象.....	27
2. 2. 2 調査結果と分析.....	28
2. 3 調査結論.....	34
第3章 VR環境に内的要因に基づく時間評価の制御実験.....	36
3. 1 VR映像の速度倍率と時間感覚関係の検証実験.....	37
3. 1. 1 実験概要と目的.....	37
3. 1. 2 実験条件.....	37
3. 1. 3 実験方法.....	39
3. 1. 4 実験結果と分析.....	39
3. 2 トレーニング中にVR映像と時間感覚関係の検証実験.....	41
3. 2. 1 実験概要と目的.....	41
3. 2. 2 実験条件.....	41
3. 2. 3 実験方法.....	43
3. 2. 4 実験結果と分析.....	44
3. 3 まとめと考察.....	45
第4章 VR環境に外的要因に基づく時間評価の制御実験（1）.....	47
4. 1 現実空間で被験者時間認知の測定.....	48
4. 1. 1 実験概要と目的.....	48
4. 1. 2 実験条件.....	48
4. 1. 3 実験方法.....	49
4. 1. 4 実験結果と分析.....	49
4. 2 静止状態のVR空間で被験者の時間認知の測定.....	50
4. 2. 1 実験概要と目的.....	50
4. 2. 2 実験条件.....	50
4. 2. 3 実験方法.....	51
4. 2. 4 実験結果と分析.....	52
4. 3 単一運動する物体があるVR空間で被験者の時間認知の測定.....	53
4. 3. 1 実験概要と目的.....	53
4. 3. 2 実験条件.....	53

4. 3. 3	実験方法.....	56
4. 3. 4	実験結果と分析.....	56
4. 4	モニターで VR 空間体験する被験者の時間認知の測定.....	58
4. 4. 1	実験概要と目的.....	58
4. 4. 2	実験条件.....	58
4. 4. 3	実験方法.....	58
4. 4. 4	実験結果と分析.....	59
4. 5	まとめと考察.....	61
第 5 章	VR 環境に外的要因に基づく時間評価の制御実験（2）.....	62
5. 1	実験概要と目的.....	63
5. 2	実験条件.....	63
5. 3	実験方法.....	67
5. 4	実験結果と分析.....	68
5. 5	まとめと考察.....	71
第 6 章	体感時間を影響できる VR 環境と作業効率関係の検証実験.....	73
6. 1	実験概要と目的.....	73
6. 2	実験条件.....	74
6. 3	実験方法.....	77
6. 4	実験結果と分析.....	79
6. 5	実験結論.....	83
第 7 章	結論.....	84
	謝辞.....	86
	参考文献.....	87
	外部発表.....	89
	付録.....	90
	A：時間感覚についての調査アンケート.....	91
	B：時間評価を調査するアンケート.....	93

目次

図 1-1	心的時計と代謝の関係.....	12
図 1-2	Sensorama の様子.....	16
図 1-3	Sensorama 全体の様子 (1/2 インチ CRT、前方 45cm に 18 インチの虚像、画角 40 度).....	17
図 1-4	CAVE の様子.....	18
図 1-5	アメリカ陸軍の VR 射撃訓練装置.....	19
図 1-6	Google Cardboard.....	20
図 1-7	Valve Index.....	20
図 1-8	Gear VR.....	21
図 1-9	Oculus Quest.....	21
図 1-10	「The Pit」の様子.....	22
図 1-11	「The Pit」を体験している人の様子.....	23
図 1-12	VR 技術で PTSD を治療している兵士の様子.....	24
図 3-1	Carl Zeiss VR One Plus.....	37
図 3-2	CITIZEN 8RDA55-002.....	38
図 3-3	実験映像の様子.....	39
図 3-4	時間感覚の平均値と映像の速度倍率の関係.....	40
図 3-5	Oculus Go.....	41
図 3-6	TECHNOGYM EXCITE BIKE.....	42
図 3-7	実験映像の様子.....	42
図 3-8	実験の様子 (映像なし).....	43
図 3-9	実験の様子 (タブレットで映像を見る).....	44
図 3-10	実験の様子 (HMD で映像を見る).....	44
図 3-11	違う状態で時間感覚の平均値.....	45
図 4-1	実験の様子.....	49
図 4-2	現実空間で被験者に対して 60 秒の認知.....	50
図 4-3	静止状態 VR 空間の様子.....	51
図 4-4	実験の様子.....	52
図 4-5	静止状態の VR 空間で被験者に対して 60 秒の認知.....	53
図 4-6	バーチャル柱時計の様子.....	54
図 4-7	VR 空間に被験者とバーチャル柱時計の位置関係.....	55
図 4-8	バーチャル柱時計を設置する VR 空間の様子.....	55
図 4-8	バーチャル振り子運動周期と被験者に対して 60 秒の時間認知の関係.....	57
図 4-9	実験の様子.....	59
図 4-8	モニターでバーチャル振り子運動周期と被験者に対して 60 秒の時間認知の関係.....	60
図 5-1	コントローラーの様子.....	64
図 5-2	VR 空間に各オブジェクト間の位置関係.....	65
図 5-3	HMD でデモを見る様子.....	65

図 5-4	モニターでボールを投げる様子.....	66
図 5-5	HMD で実験する時 VR 空間の重力加速度と時間感覚関係.....	68
図 5-6	モニターで実験する時 VR 空間の重力加速度と時間感覚関係.....	70
図 6-1	HMD でデモを見る様子.....	75
図 6-2	速度倍率を調整する画面.....	76
図 6-3	VR 空間に各オブジェクトの位置関係.....	77
図 6-4	実験の様子.....	78
図 6-5	速度倍率と評価時間の結果.....	79
図 6-6	速度倍率と被験者回答数の関係.....	80
図 6-7	速度倍率と正答率の関係.....	81
図 6-7	時間評価と回答数の関係.....	82
図 6-9	評価時間と正答率の関係.....	82

表目次

表 2-1	調査対象の年齢分布.....	27
表 2-2	新たな情報を受ける時時間感覚の変化.....	28
表 2-3	好きな環境いる時時間感覚の変化.....	29
表 2-4	新たな環境へ行くとき時間感覚の変化.....	29
表 2-5	緊張または怖い気分になるとき時間感覚の変化.....	30
表 2-6	緊張または怖い気分になるとき時間感覚の変化.....	31
表 2-7	精神状況が疲れたとき時間感覚の変化.....	31
表 2-8	精神集中しているとき時間感覚の変化.....	32
表 2-9	情報の時間属性が違う場合の時間感覚の変化.....	33
表 2-10	情報の区間属性が違う場合の時間感覚の変化.....	33
表 2-11	体感時間を影響するサービスの利用意欲.....	34
表 4-1	HMD を使用した被験者の 60 秒の時間知覚影響率（静止状態の VR 空間の被験者対して 60 秒時間感覚の平均値を基準値として）.....	57
表 4-2	モニターで VR 空間を体験した時被験者の 60 秒の時間知覚影響率（モニターで静止状態の VR 空間の被験者対して 60 秒時間感覚の平均値を基準値として）.....	61
表 5-1	HMD でバーチャル空間の重力加速度と被験者の時間知覚に及ぼす影響率.....	69
表 5-2	モニターでバーチャル空間の重力加速度と被験者の時間知覚に及ぼす影響率.....	71
表 5-1	モニターでバーチャル空間の重力加速度と被験者の時間知覚に及ぼす影響率.....	76
表 6-2	違う速度倍率は被験者単位時間内の回答数への影響率.....	80

第 1 章 序論

1. 1 緒言

人々は、過去の経験及び周り環境の影響として、楽しい時間は早く過ぎるが退屈な時間はなかなか過ぎない。人は幼少期のころに比べて大人になってからの時間の経過が早く、あるいは人間は作業に集中することでいつの間にか時間が経過していた、といった時間感覚の変化を経験している。これらの事例から、人間は置かれた環境や個人の経験によって時間を速く感じたり遅く感じたりすることがある。もし人間は自由に自分の体感時間をコントロールできれば、楽しい体感時間を延ばすと嫌な体感時間を短く感じることができると、色々な価値を出ることが期待できる。

本研究では、人間に与えられる種々の時間感覚への影響因子変化させることで、人間が感じる時間感覚を制御し、作業効率を向上など様々な機能を目指している。この際、現実空間において時間感覚を自由に制御可能な環境を構築することのコストが高いため、バーチャルリアリティ技術を使用して人間の時間感覚に影響できるバーチャル空間を構築する。ここではHMD（ヘッドマウントディスプレイ）を用いた仮想環境を利用することで、人間が感じる感覚情報を制御可能な実験環境を構築し、時間感覚の制御とその効果に関する実験を行った。

1. 2 研究背景

1. 2. 1 本論文の構成

本論文は序論である本章を含め、全7章から構成されている。

第1章では序論として本研究の研究背景を述べる。時間感覚についての研究とバーチャルリアリティ技術について説明する。そして、VR技術を利用し、人間に影響与える例と人間実際の心理病症を治療した例を述べる。VR技術を利用し、人間の時間感覚に影響できる仮説を提出する。また、それらを踏まえた上で本研究の目的を述べる。

第 2 章ではアンケート調査で人々はどんな場合に自分の体感時間がかわると思う情報を収集する。そして、もし自由に自分の時間感覚をコントロールできるサービスあれば、人々は使うのかを確認する。

第 3 章では VR 環境に内的要因に基づく時間評価の制御実験を説明する。二つの実験を設計した。一番目の実験は被験者が静止状態で VR 映像を見て、VR 映像の速度倍率と時間感覚関係の検証実験です。二番目の実験はトレーニング中の被験者は VR 映像を見ている時の時間感覚と見てない体感時間と時の体感時間の比較実験です。

第 4 章と第 5 章は VR 環境に外的要因に基づく時間評価の制御実験である。

第 4 章では VR 空間に単一リズムで運動する物体の速度変わると、被験者の時間感覚は制御できるのかの検証実験の説明です。

第 5 章では VR 空間の重力加速度を因子として変えて、被験者は自発的に行動し、一定の時間内の時間感覚は変わるかの実験を述べる。

第 6 章では被験者の時間感覚を影響できる VR 空間で簡単な作業をしているとき、バーチャルオブジェクトの運動周期を変えると、被験者単位時間内の作業効率に影響するかの実験を述べる。

第 7 章では結論と今後の課題述べる。

1. 2. 2 時間感覚について

(1) 時間感覚の定義

時間感覚は、現象が持続しているという意識、およびその持続の長短や減少の時間的前後関係などの意識を言う。いわゆる心理的現在も一瞬間ではなく、ある幅を持っているが、われわれはそれをひとつのまとまりとして感ずる。その範囲は一般に 5-6 秒くらいまでである。また時間的に隔たった 2 個の印象としてつかまれる最小時間は視覚では 0.043 秒、聴覚で 0.002-0.016 秒、触覚で 0.027 秒といわれ、それ以下ではひとつに融合する。1 秒前後の短い時間を与え、これと同長と思われる時間を再生あるいは評価させるとき、それがほぼ正確にできるのは約 0.7 秒の長さの時間で、これを無記時間という。

時間知覚はまた刺激条件によって変化する。また 2 つの刺激で区切られた時間の知覚は、ある範囲内で、その刺激が担う空間感覚の長短によって、長くま

たは短く変化する。長い時間の評価は主として環境に対する自己の状態に依存し、自己領域の緊張度が多少とも普通以上に強まるとき長く感じられ、これと逆の場合には短く評価される傾向がある。しかし過去の回想においては、経験内容の変化の有無によって時間の長短の感じが規定される様になる。

(2) 時間感覚に影響を与える要因

どのようなとき、心理的に時間を長くあるいは短く感じるのか。何の効果から影響を受けているのかについては先行研究から幾つかの要因が指摘されている。

・経過時間中に受動的に受ける刺激

これまでに、経過時間中に知覚される刺激がまとまりをもって体制化されているほど、その時間感覚は短く評価されることが示されている[1]。例えば、同じ字数の単語を聞くときの時間感覚を比較したと場合、単なる単語の羅列として聞く場合と一つの物語として聞く場合では、物理的には同じ時間でも後者の時間評価は前者の90%となる。時間感覚は短く感じられる。

さらにこの刺激のまとまりの効果は子どもの方が大きく、6歳児では62%になるということが報告されている。原因としては、年を重ねるにつれて、脳が以前に処理したことのある情報に触れるケースが多くなる。こうした「なじみのある情報」は、脳で処理される時に近道を通っているため、人々には時の流れがスピードアップし、あっという間に過ぎ去っていくように感じられるのです。幼い子どもの場合には、その逆の現象が起こっていることは言うまでもありません。子どもの脳が処理する情報は、ほとんどが新しいものです。そのため、大人よりも処理に時間がかかるので、時間感覚へ刺激も大きいです。

・経過時間中に能動的に行う作業

経過時間中にどのような作業を行うかによって、その時間感覚が変化することも知られている。過去の実験において、1画面上に表示される4つの図形の中から1つの図形と同じ物を見つけるという課題に対して、易しい課題12問と難しい課題12問を同じ時間だけ行った結果、難しい課題の時間評価は、易しい課題の時間評価の79%であった[2]。

この実験結果を含め、一般的に言えることとしては、作業が魅力的で複雑であるほど、すなわち活動水準が高いほど、その作業の時間評価は心理的に短くなるということが分かる。

・経過時間中の心理的要因

複雑でまとまりのない刺激は興味を呼び起こす可能性があり、活動水準の高い作業は動機づけを高めることが期待されることから前述した二つの事例では心理的な要因が関係していると考えられる。外的な刺激や作業を同一にしても、動機づけ、期待、緊張、不安などの違いが時間感覚に影響を与える事がある。例えば、現在の出来事に興味、関心がなく。その時間が終わった後の出来事に興味がある場合、その経過時間は長く感じられる。現在の出来事に対する関心度、動機づけ高くなるほど、その経過時間は短く感じられる[3]。

・経過時間中の生理的要因

カフェインなどの興奮剤は時間を長く感じさせ、ペントバービタルのような鎮静剤は時間を短く感じさせる効果を持っていることも知られている。また、体温が高くなると時間感覚は長くなり、平熱よりも低くなると時間感覚が短くなることも報告されている。そして、時間感覚と人間身体の代謝と関係である。同じ1分であっても代謝が高ければ時間が長く、逆に代謝が低ければ短く感じられます。代謝の激しい人どものときの方が時間を長く感じることに、この代謝の要因が関わっています[4, 5, 6, 7, 11]。

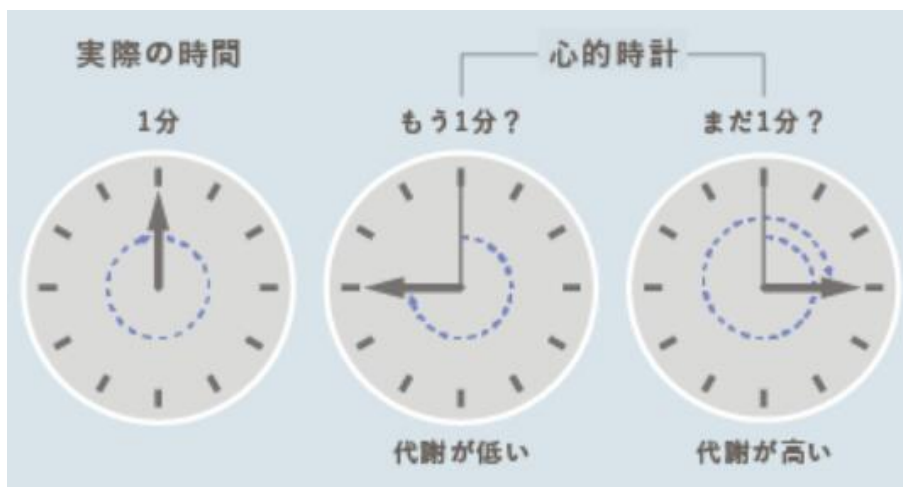


図 1-1 心的時計と代謝の関係

(3) 時間評価の内的、または外的要因に関するモデル

これらの人間の時間評価に関する基礎メカニズムを説明するモデルは幾つか提案されているが、大きく二つに大別される。一つは、生物が内生的に持つ内的生理的テンポを基礎としたモデルである。他の一つは、認知過程や情報処理過程あるいは認知や情報処理の結果に基づくものである。

前者は、時間知覚の領域で用いられることが多い。体温が高いときや脳内の酸化新陳代謝速度が速くなると、物理的に同じ時間でも時間感覚は長くなるといった。内的要因の時間評価の精度を取り扱うモデルである。後者は、態度や動機づけ、さらには物理的なものも含めた主体側の要因と刺激や仕事の性質等の外的要因が時間評価に影響を及ぼすというモデルである [8, 9, 10]。

しかし、広範囲な時間評価に関するデータを説明するためには上記のような、内的時計やパルスメーカーといった内的要因である基本的時間計測メカニズムと認知変化の数などの外的要因である非時間的認知メカニズムの影響の両方を考慮する必要がある。この両者を考慮したモデルとして、松田による4要因乗法モデルが提案されている。

4 要因モデルは以下に示す。4 つの変数の乗法結合で表される。

$$T = f \cdot a \cdot t \cdot b$$

ただし、 $f > 0$, $0 \leq a \leq 1$, $t > 0$, $b > 0$ とする。

このモデルによると、実際の経過時間 t に対する時間評価 T は、内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度 f 、時間経過に注意を集中する程度 a 、経過時間中の事象の時間以外の属性の認知の影響度 b によって決定される。

ここで、それぞれの変数は、

f : 同一個人内ではほぼ一定であるが、神経生理学の条件が大幅に変わるときは変化する。すなわち、神経生理学的に興奮したときは大きくなり、抑制された時は小さくなる。

a : 時間経過に注意を集中する程度により、0 から 1 の間を変化する。これは注意の資源には限界 (最大 1 とする) があるとの考えに基づく。幼児は時間経過への注意の配分が不安定なので、 a が変動しやすい。

b : 経過時間中の事象の時間以外の属性がより多い、より強い、より複雑、より大きい、より長い、より速い、などと感じられるときに 1 より大きくなる。逆の場合は 1 より小さくなると定義される。

ここで、 a 及び f が内的要因であり、 b が外的要因である。

1. 2. 3 バーチャルリアリティ技術

(1) バーチャルリアリティ技術

バーチャルリアリティ (Virtual Reality) は、コンピュータによって作り出された世界である人工環境・サイバースペースを現実として知覚させる技術である。VR とは、人間の感覚器官に働きかけ、現実ではないが実質的に現実のように感じられる環境を人工的に作り出す技術の総称。

身体に装着する機器や、コンピュータにより合成した映像・音響などの効果により、3次元空間内に利用者の身体を投影し、空間への没入感を生じさせる。空間内では移動や行動が可能で、利用者の動作に応じてリアルタイムに変化や応答が得られる対話性を備えている。感覚器へのフィードバックはディスプレイ装置やスピーカー、ヘッドフォンを用いた視聴覚へのものが主になるが、身体に密着する装置で接触や圧迫を行い触覚に働きかけ、味覚や嗅覚へ人工的に働きかける技術の研究も進められている。

具体的な方式には様々なものが提唱されており、頭部に装着してすっぽりと視界を覆う「ヘッドマウントディスプレイ」(HMD: Head-Mount Display) を用いた手法が特に有名となっている。

VR には完全に人工的に生成した空間を用いるものと、現実の光景や音声などをコンピュータに取り込んで利用するものがある。後者のうち、離れた場所の様子を VR によって再現し、その中に実際にいるような感覚を生じさせるシステムを「レイグジステンス」あるいは「テレプレゼンス」などと呼び、眼前の光景に人工的に生成した映像や情報を付加するシステムを「拡張現実感」(AR: Augmented Reality) あるいは「複合現実感」(MR: Mixed Reality) などと呼ぶ。

(2) バーチャルリアリティーの発展

1962年に、映像技師のMorton HeiligがSensoramaというVR体験装置の試作機を開発した。これは視覚、聴覚、嗅覚、触覚を模擬する機械装置（デジタル・コンピュータ式ではない）であった。これは、コンピュータのGUIが開発され始めた頃とほぼ同じ時期のことであった。



図 1-2 Sensorama の様子

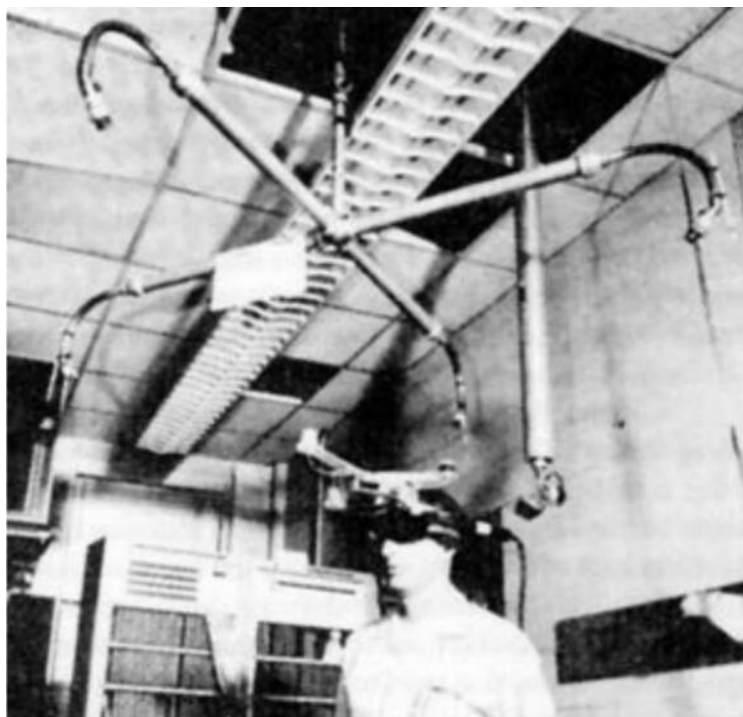


図 1-3 Sensorama 全体の様子 (1/2 インチ CRT、前方 45cm に 18 インチの虚像、
画角 40 度)

1968 年に、ユタ大学のアイバン・サザランド によってヘッドマウントディスプレイ (HMD、頭部搭載型ディスプレイ) の The Sword of Damocles が開発されたものが最初のウェアラブル型のバーチャルリアリティー装置であるとされる。

1978 年に、MIT で初期のハイパーメディアおよび VR システムである Aspen Movie Map が開発された。これはユーザが、仮想世界の中でコロラド州アスペンの散策を行うことができるというシステムであった。季節は夏か冬を選ぶことができた。初期のバージョンは実際に撮影された写真を張り合わせた世界であったが、3 版目からは 3D コンピュータ・モデルによって仮想世界が再現された。

「バーチャルリアリティー」という言葉は、ジャロン・ラニアーが設立した VPL Research が、1989 年に発表した VR 製品のデータ・グローブ (Data Glove) ・アイ・フォン (Eye Phone) ・オーディオ・スフィア (Audio Sphere) の紹介から一般的に使われ始めた。

ウェアラブル型ではなく部屋の壁の全方位に映像を投影して没入環境を構築する VR システムは、1991 年にイリノイ大学の Electronic Visualization Laboratory の Thomas DeFanti らによって提案された CAVE (Cave automatic virtual environment、没入型の投影ディスプレイ) が有名である。1997 年には CABIN が東京大学インテリジェント・モデリング・ラボラトリーに設置され、2012 年まで、15 年間にわたり運用された。



図 1-4 CAVE の様子

アメリカでは 2000 年代から軍隊でパラシュートの訓練などに HMD が使われ始め、2012 年後半に登場した Oculus Rift から VR への投資は加速した。

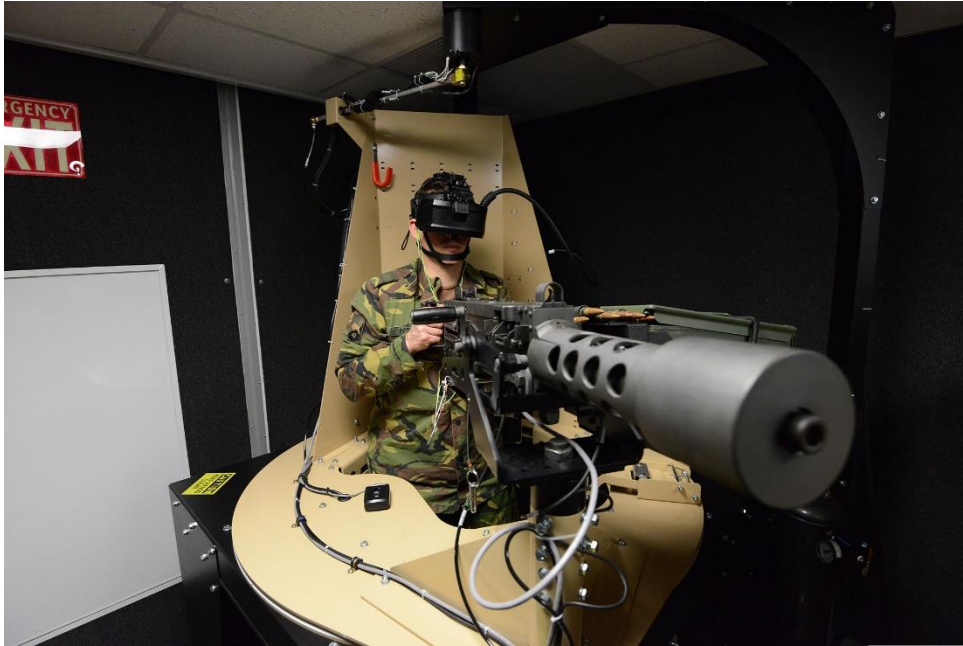


図 1-5 アメリカ陸軍の VR 射撃訓練装置

2016 年は Valve Corporation の Steam VR 規格対応の「HTC Vive」、スマートフォンを装着して使う「モバイル VR」である Gear VR に対応した「Minecraft」が発売された（簡易の Google Cardboard や一体型のオールインワン VR もある）。さらに PlayStation 4 と接続する HMD デバイス「PlayStation VR」の登場もあり、VR 元年といわれていた。



図 1-6 Google Cardboard

(3) ヘッドマウントディスプレイの種類

・PC 接続型 HMD : 高性能の PC やゲーム機で映像を生成する。パフォーマンスは高いが、ケーブルによる動きの制約がある。Oculus Rift S、Valve Index、PlayStation VR 等



図 1-7 Valve Index

・スマートフォン型 HMD : スマートフォンを映像源として使用する。ケーブル接続は無いが、パフォーマンスの制約がある。Gear VR、Daydream View 等。



図 1-8 Gear VR

・一体型 HMD : 小型計算機とディスプレイを一体化する HMD です。ケーブル接続は無いが、重量、パフォーマンスの制約がある。IDEALENS、Oculus Quest 等。



図 1-9 Oculus Quest

(4) VR 技術人間に影響を与える例

- ・「The Pit」:

「The Pit」は、未経験者を初めて仮想現実の真実性を紹介するため設計されたかなり典型的な VR デモンストレーションである。体験者は仮想空間で見る様子は図 1-10 に示す。



図 1-10 「The Pit」の様子

そして、体験者はこのデモンストレーションを体験する時、バランスを維持するために両腕を広げて歩いているが、この仮想空間に直面したとき、3 人中の 1 人は歩けない。「The Pit」には、顔を床に向けるだけで、体験者はパニック状態になる状況もある。図 1-11 は「The Pit」を体験している人の様子を示すはこのデモから、仮想現実には体験者に刺激をあげ、感覚に影響を与えることが分かる[12]。



図 1-11 「The Pit」を体験している人の様子

・ PTSD を VR 技術で治療した例 :

PTSD (Post Traumatic Stress Disorder :心的外傷後ストレス障害) は、強烈なショック体験、強い精神的ストレスが、こころのダメージとなって、時間がたってからも、その経験に対して強い恐怖を感じるものです。震災などの自然災害、火事、事故、暴力や犯罪被害などが原因になるといわれている。

2006 年、アメリカサンディエゴのバーチャルリアリティ・メディカルセンターは、イラク戦争の戦地での経験が原因で PTSD を発症した兵士を治療するため VR システムを開発した。

やり方は VR 技術を使って、兵士が PTSD を発症した状況に似た環境を作り出した。兵士はトラウマの原因となった経験を VR で追体験しますが、PTSD 発症時と異なるのは、「自分のそのときの感情に注意し、心理的ストレスに対して積極的に対処することを自覚しながら体験する」点です。

目的は、患者が刺激を与えられても感情的にならず、落ち着いて俯瞰した視点で物事を捉えられるようになること。1 か月の治療後、10 人の患者全員が PTSD の症状は改善を示した[13]。



図 1-12 VR 技術で PTSD を治療している兵士の様子

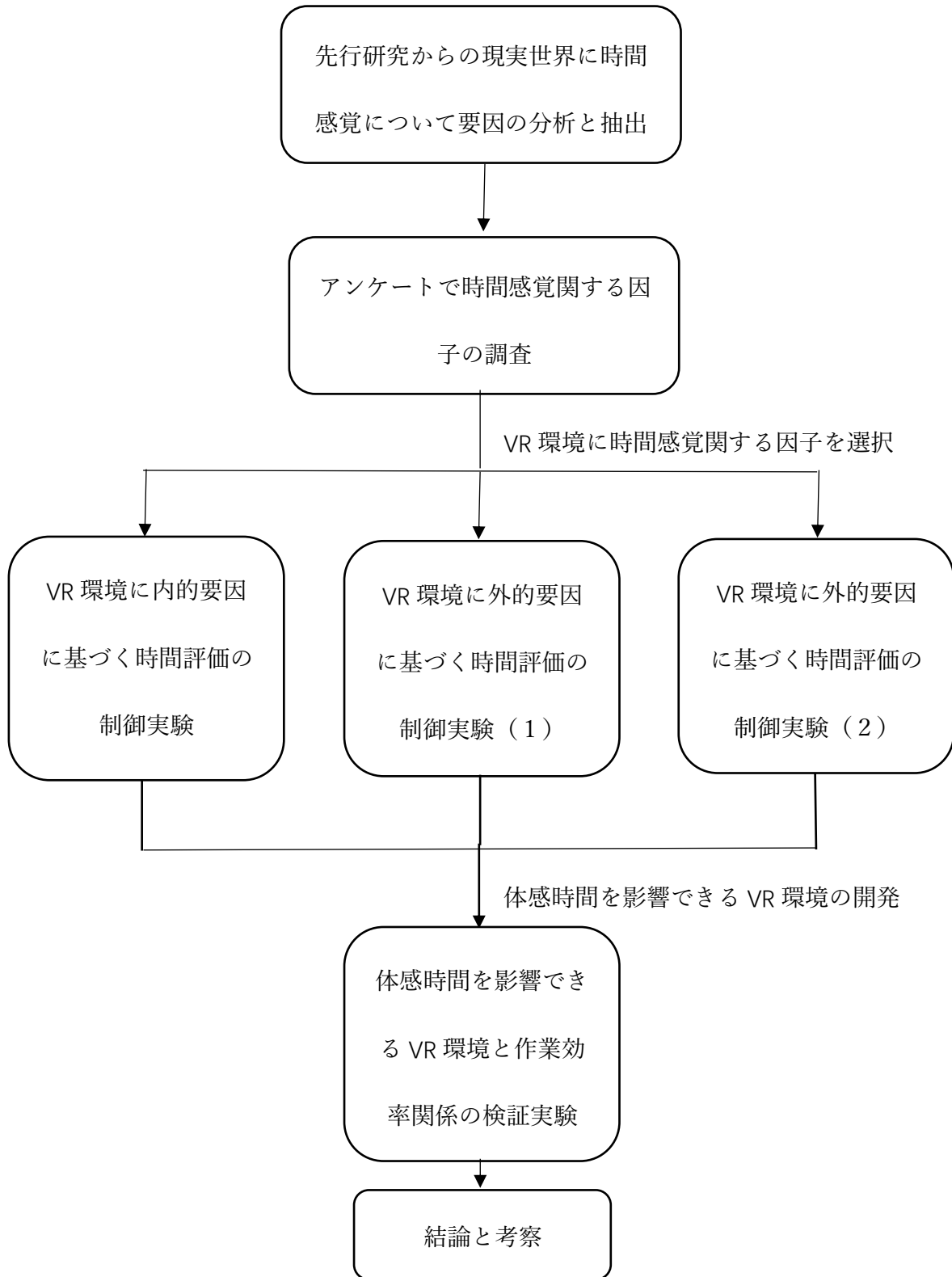
以上二つの例としては、VR 技術は人間の感覚に影響を与えることと VR 技術は実際に人間の精神状況を影響できることが分かる。

1. 3 研究目的

本研究では、VR 技術を使って、VR 空間に人間の時間感覚に関する内的要因と外的要因を制御し、人間が感じる時間感覚を制御することを目的としている。この際、現実空間において色んな時間感覚を自由に制御可能な環境を構築することは困難（各影響因子の確認と制御は難しい）なため、ここではヘッドマウントディスプレイを用いた仮想環境を利用することで、人間が感じる感覚情報を制御可能な実験環境を構築し、影響因子をコントロールし、人間時間感覚の制御とその効果に関する実験を行った。

1. 4 研究実験の構成

本研究実験の構成は以下に示す。



第 2 章 時間感覚についてのアンケート調査

2. 1 調査目的

時間感覚は人々として常に変化している。同じ人は違う環境と違う心理状態での時間感覚は変化する。VR環境で人間の時間感覚についての影響因子を選定するおよびもしこんなVR環境があれば、人々は体験するのかを調査するため、オンラインアンケートを作成した。2018年7月で合計45人の時間感覚についての情報を収集し、分析を行った。

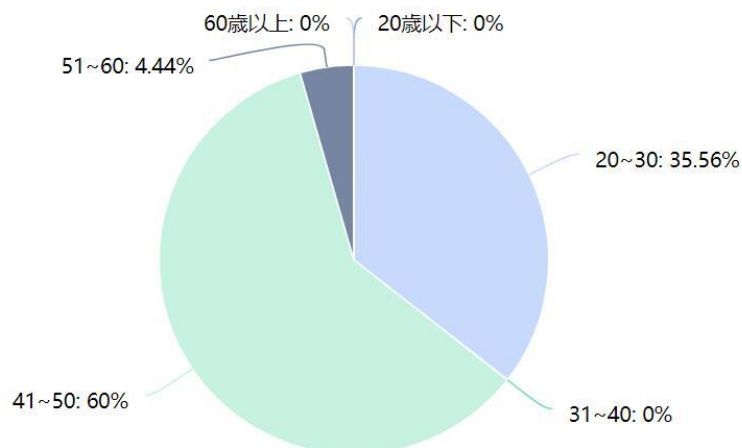
2. 2 結果と分析

2. 2. 1 調査対象について

- (1) 調査人数：45人
- (2) 性別：男性25名、女性20名
- (3) 調査対象の年齢分布：

調査対象の年齢分布は表2-1に示す。

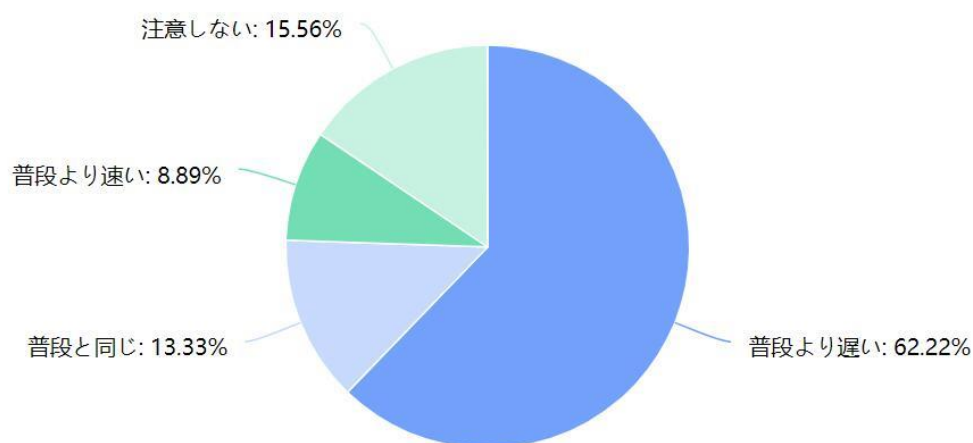
表 2-1 調査対象の年齢分布



2. 2. 2 調査結果と分析

(1) 新たな情報を受ける時時間感覚の変化は表 2-2 に示す。この結果から、62%の対象者は自分が新しい情報受ける時、自分の時間感覚は普段より遅くなると思う。この原因を分析すると、新しい情報を受ける時、人間の認知過程や情報処理過程は普段より時間が掛かる。そして、時間感覚は遅くなる。すなわち、同じ実際の時間を長く感じる。

表 2-2 新たな情報を受ける時時間感覚の変化

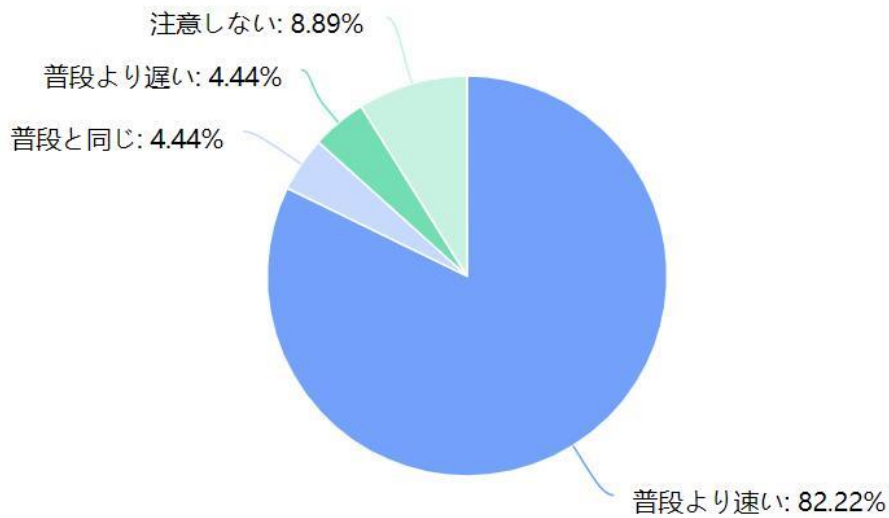


(2) 違う環境に時間感覚変化の分析

・好きな環境いる時時間感覚についての調査

調査結果は表 2-3 に示す。この結果から、82%の対象者は自分が好きな環境にいる時の時間感覚は普段より遅いと思う。すなわち、同じ実際の時間を短く感じる。

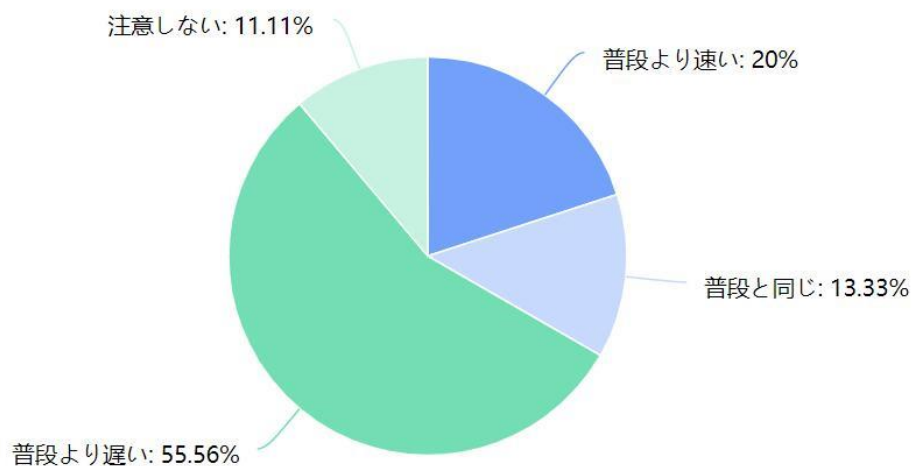
表 2-3 好きな環境いる時時間感覚の変化



・ 新たな環境へ行くとき時間感覚についての調査

調査結果は表 2-4 に示す。この結果から、55.56%の対象者は新たな環境に自分の時間感覚は普段より遅くなると思う。この原因は新たな環境に様々な未経験な情報があるので、こんな環境に人間の心理状態は普段より緊張及び興奮する。

表 2-4 新たな環境へ行くとき時間感覚の変化

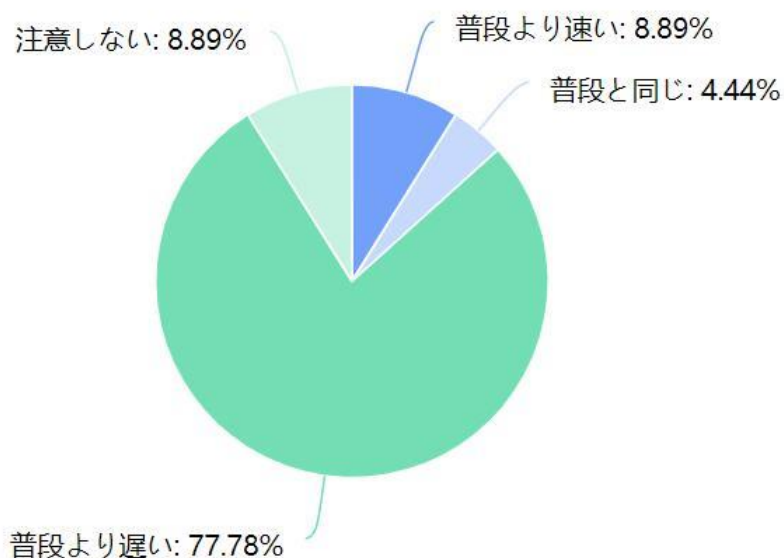


(3) 違う心身状態での時間感覚の調査

・緊張または怖い気分になるとき時間感覚についての調査

調査結果は表 2-5 に示す。この結果から、約 78%の対象者は緊張または怖い気分になるとき自分の時間感覚は普段より遅いと思う。原因としては、緊張または怖い気分になるとき、人間は神経生理的に興奮しているので、内的時計のテンポの単位時間当たり頻度がおおきくなる。経過時間の心理的長さは長く感じる。

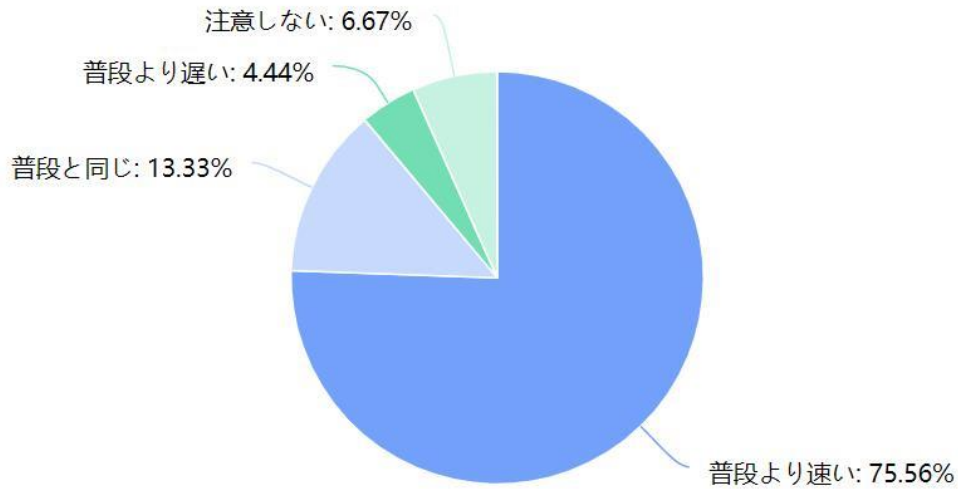
表 2-5 緊張または怖い気分になるとき時間感覚の変化



・テンション上がるとき時間感覚についての調査

調査結果は表 2-6 に示す。この結果から、約 76%の対象者はテンション上がるとき自分の時間感覚は普段より遅いが分かる。そして、人間の気持ちを影響されれば、体感時間も変化する可能性があることがわかる。

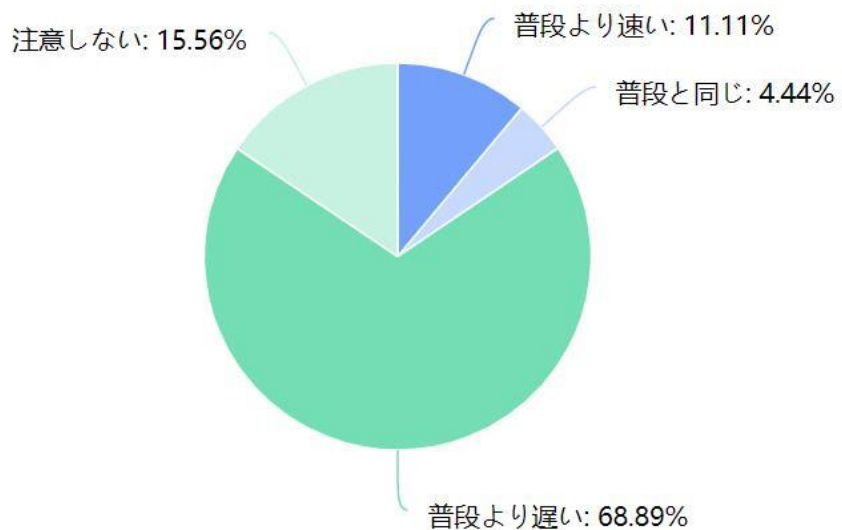
表 2-6 緊張または怖い気分になるとき時間感覚の変化



・精神状況が疲れたとき時間感覚についての調査

調査結果は表 2-7 に示す。この結果から、約 69%の対象者は精神状況が疲れたとき自分の時間感覚は普段より遅いと思う。すなわち、人間の体感時間と疲れの程度も関係があることがわかる。

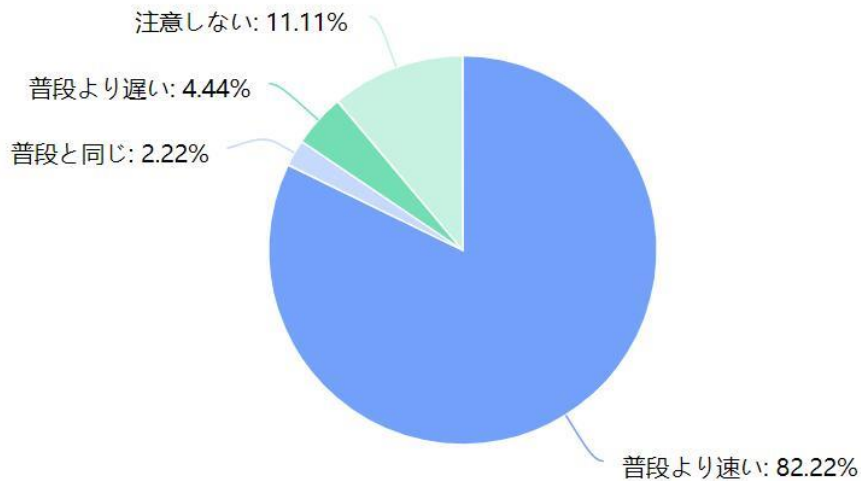
表 2-7 精神状況が疲れたとき時間感覚の変化



・精神集中しているとき時間感覚についての調査

調査結果は表 2-8 に示す。この結果から、約 82%の対象者は精神状況が疲れたとき自分の時間感覚は普段より遅いと思う。すなわち、人間は精神を集中すると、時間感覚は速くなる可能性があることがわかる。

表 2-8 精神集中しているとき時間感覚の変化

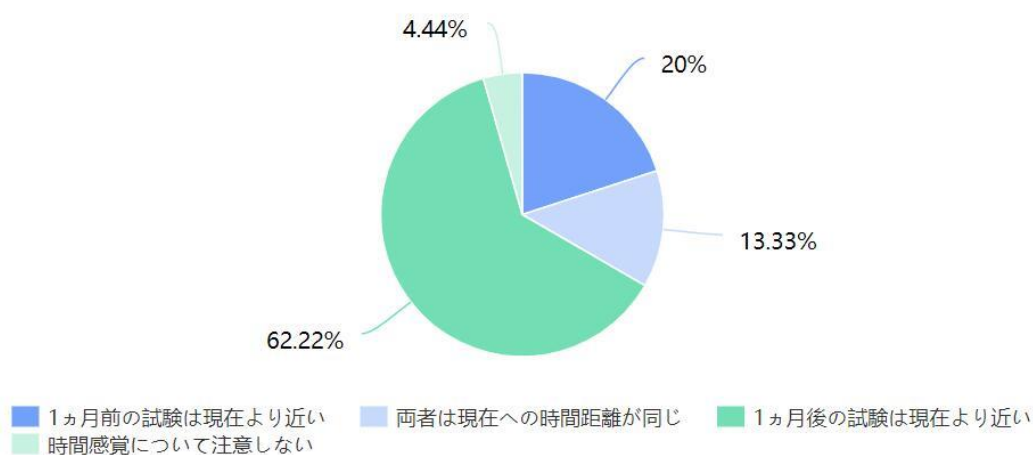


(4) 受けた情報の時間・空間属性が違う場合の時間感覚の調査

・受けた情報の時間属性が違う場合の時間感覚についての調査

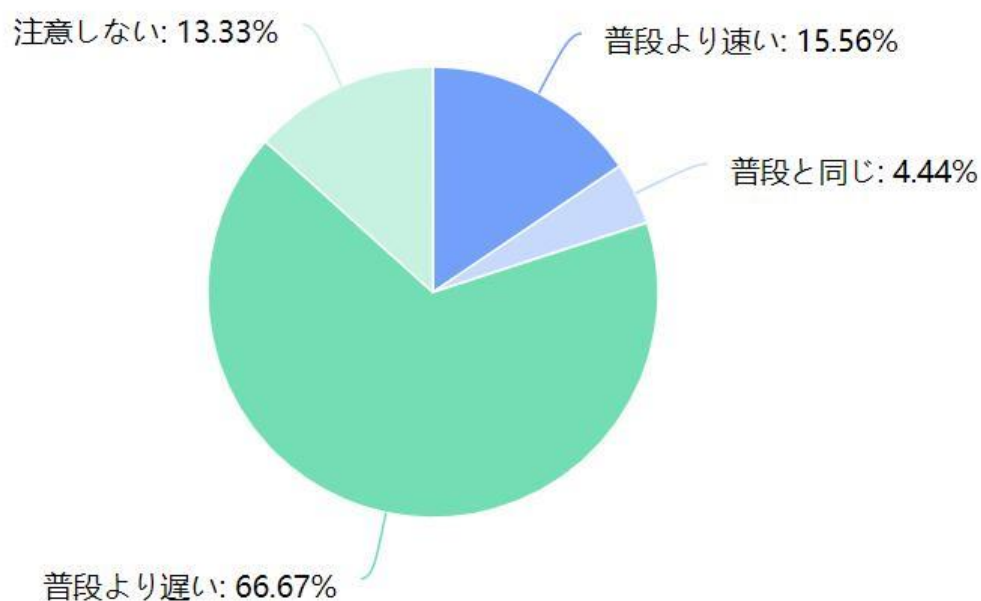
調査結果は表 2-9 に示す。この結果から、約 62%の対象者は1ヵ月前の試験と1ヵ月後の試験を比較する時、1ヵ月後の試験は現在より近いと思う。すなわち、同じ事件、同じ時間間隔でも、将来の事件は体感時間で現在より近い。この原因は過去の事件と将来の事件を比べるとき、過去の事件から感じた情報量は将来のまだ処理されない事件より多いので、時間感覚へ刺激も大きいです。そして、現在からの時間帯も長く感じる。

表 2-9 情報の時間属性が違う場合の時間感覚の変化



・受けた情報の空間属性が違う場合の時間感覚についての調査
 調査結果は表 2-10 に示す。この結果から、約 67%の対象者は車を高速で運転し、前の状況を確認する時、自分の時間感覚は普段より遅いと思う。すなわち、自分周りの環境の物体の運動速度が速い時、同じ時間帯内受ける情報は多くなる。そして、時間感覚へ刺激も大きくなるので、時間を長く感じる。

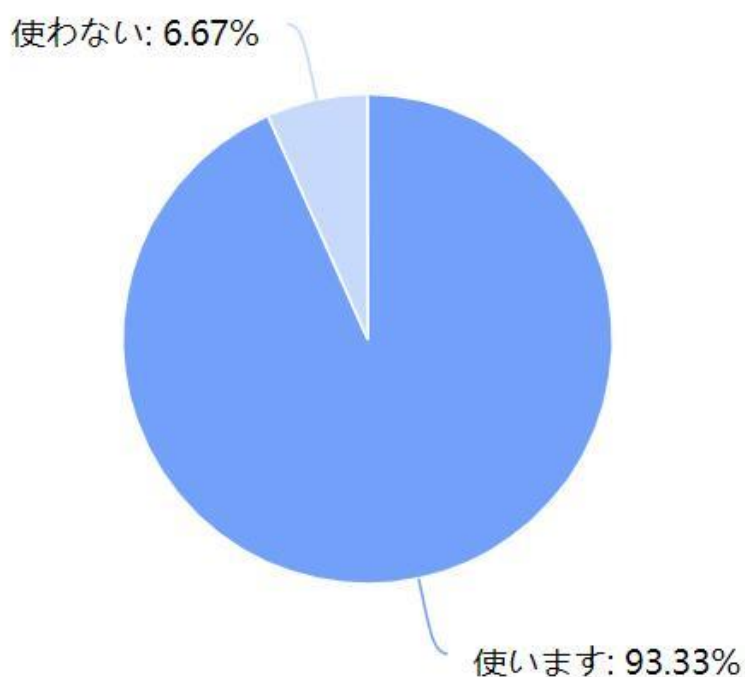
表 2-10 情報の区間属性が違う場合の時間感覚の変化



(5) 時間感覚を変えるサービスについての調査

表 2-11 では、もし VR 技術を使って、自分の時間感覚を変えるサービスあれば、対象者はこんなサービス使うのかの調査結果を示す。この結果から、約 93% の対象者はもしこんなサービスがあれば利用したいと思う。そして、こんなサービスはビジネス価値があることがわかる。

表 2-11 体感時間を影響するサービスの利用意欲



2. 3 調査結論

結論として、調査対象者は時間経過に注意を集中する程度が高い時、実際の経過時間に対する時間評価は長くなる。そして、神経生理的に興奮している時、実際の経過時間に対する時間評価も長くなる。しかし、緊張の興奮とテンション上がる時の興奮と比べ、評価時間は違います。経過時間中の事象の時間以外

の属性がより多い、より速いと、実際の経過時間に対する時間評価も長くなる。例の一つとしては車を高速運転して時、目の前の情報量は普段より多い、速いなので、心理時間は長く感じる。

今回の調査対象で、93%の人は体感時間を影響するサービスの利用意欲があることが分かる。

次の章節では、人間の時間感覚関する内的要因を VR 空間に制御し、時間評価は制御できるのかの検証実験を行う。

第 3 章 VR 環境に内的要因に基づく時間評 価の制御実験

3. 1 VR映像の速度倍率と時間感覚関係の検証実験

3. 1. 1 実験概要と目的

本実験では、静止状態の被験者はHMDを被って、違う再生速度で同じ360度VR映像を見させて、違う再生速度で被験者は現実には60秒の映像は何秒かを確認する。このVR映像の速度倍率と被験者体感時間は関係があるかを判断することを目的とした。

3. 1. 2 実験条件

(1) HMDの構成：Carl Zeiss VR One PlusとiPhone 6s plusでHMDを構成する。(視角：100度、フレームレート：60fps)



図 3 - 1 Carl Zeiss VR One Plus

(2) 時間の測定：ストップウォッチ (CITIZEN 8RDA55-002) で時間を測定する。



図 3 - 2 CITIZEN 8RDA55-002

(3) 実験時間：2018年7月22日(日曜日) 午後14時—18時

(4) 実験場所：豊島区大塚駅前東部区民事務所3階 集会室

(5) 被験者情報：

合計16人(男性13人、女性3人)

20代：2人

30代：7人

40代：5人

50代：2人

(6) 実験映像：再生速度倍率以外の被験者の時間感覚に影響可能な因子を減少するため、雪に歩いてVR映像を用いる。映像の音は人の足音だけです。映像の様子は以下の通りである。



図 3-3 実験映像の様子

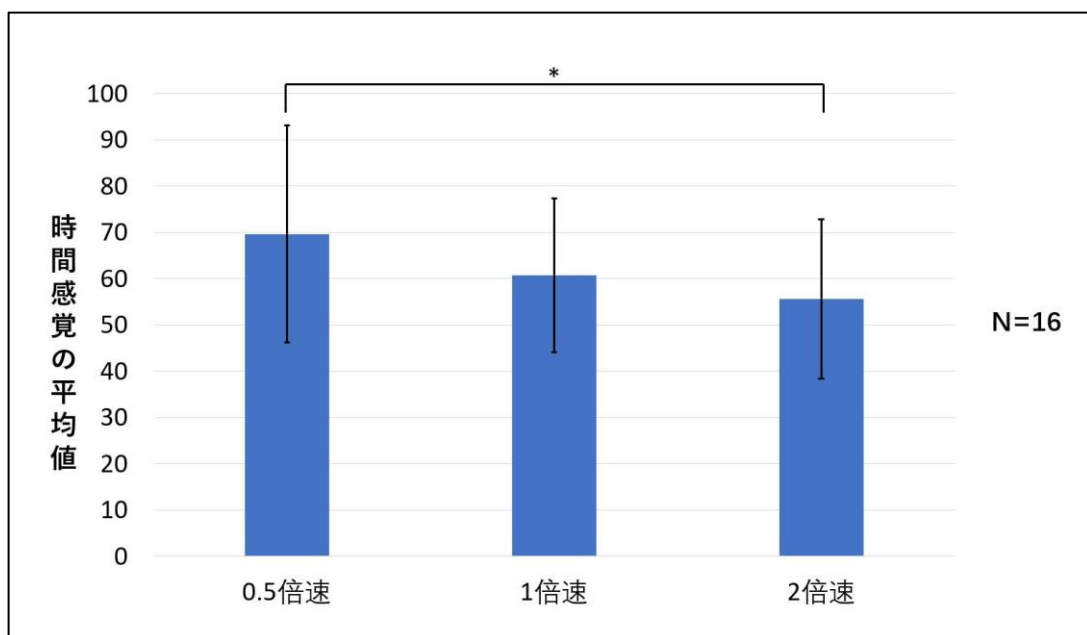
3. 1. 3 実験方法

- (1) 実験の前被験者は実験承諾書を見させて、同意を取得する。
- (2) 被験者は椅子に座って、用意した HMD を被って映像と違う 360 度映像を 60 秒見させて、不快感があるかを確認する。もし不快感があれば、実験を中止する。
- (3) 三つの再生速度倍率 (0.5 倍、1 倍、2 倍) の中ランダムで一つを選択する。映像の速度倍率をこの倍率に設置する。その後被験者は目を閉じる状態で HMD を被って、ストップウォッチのスタートボタンを押す同時に目を見開く、映像の再生を開始する。被験者を映像の再生時間はもう 60 秒と思うとき、ストップウォッチの停止ボタンを押す。この時間を記録する。
- (4) 被験者は一分間を休憩する。二つ速度倍率の中ランダムで一つを選択し、この倍率で映像の再生速度倍率を設置する。そして同じ手順で実験を行う。時間を記録する。
- (5) 被験者は一分間を休憩する。最後の倍率で映像を設置する。そして同じ手順で実験を行う。時間を記録する。

3. 1. 4 実験結果と分析

図 3-4 は、実験結果として得られたそれぞれの速度倍率における時間感覚の平均値と標準偏差を示したものである。この結果から、被験者は HMD を用いて違う速度倍率の映像を視聴することで、時間感覚は違うことが分かる。2 倍速と 0.5 倍速の時間感覚と比べて、時間感覚の平均値が有意に短くなったことが分かる。

図 3-4 時間感覚の平均値と映像の速度倍率の関係



また、0.5 倍速を視聴する場合における体感時間評価が最も長い、2 倍速における体感時間評価が最も短いことが分かった。これは、違う速度倍率の時被験者を映像中の物体の速度は違うに感じられる。そして、被験者の時間感覚も物体の速度で影響される。物体は速く運動すると、単位時間内被験者に与える刺激は強くなる。被験者の時間感覚は短く感じる。同じ物体は遅く運動すると、単位時間内被験者に与える刺激は弱くなる。被験者の時間感覚は長く感じる。

この実験で映像の速度倍率は 1 倍速の時物体の速度は現実と同じなので、結果から被験者は 1 倍速の時間感覚の平均値は 60.78 秒で、60 秒に非常に近いことが分かる。

この実験の結論として、被験者は静止状態で視点が運動している VR 映像を違う速度倍率で視聴し、60 秒に対する時間感覚が変化することが分かる。映像の速度倍率を速く設置し、時間感覚は短くなる。

3. 2 トレーニング中にVR映像と時間感覚 関係の検証実験

3. 2. 1 実験概要と目的

本実験では、エアロバイクを用いたトレーニング中に、タブレット及びHMDを用いて、実際に走行中のバイクから撮影された360度ビデオ映像コンテンツを視聴させることで、時間評価を制御することを目的とした。これは、映像を提示することで、被験者の時間経過に意識を払う程度に影響を与え、時間感覚を制御する方法で、トレーニングという苦しい時間を短く感じさせる検証実験である。

3. 2. 2 実験条件

(1) HMD : Oculus Go 32GB



図 3-5 Oculus Go

(2) エアロバイク : TECHNOGYM EXCITE BIKE



図 3-6 TECHNOGYM EXCITE BIKE

(3) タブレット iPad pro 12.9 inch

(4) 実験時間 : 2019 年 7 月

(5) 実験場所 : 慶應義塾大学 日吉キャンパス 塾生会館トレーニングルーム

(6) 被験者情報 :

合計 9 人。(全部 20 代、男性)

(7) 実験映像 : 実際に走行中のバイクから撮影された 360 度ビデオ映像。映像の様子は以下の通りである。



図 3-7 実験映像の様子

3. 2. 3 実験方法

(1) 実験の前被験者は実験承諾書を見させて、同意を取得する。

(2) 被験者はエアロバイクで HMD を被って、VR 映像を見ている状態で3分間を運動する。不快感があるかを確認する。もし不快感があれば、実験を中止する。

(3) 被験者は3分間を休憩する。そして、被験者にはエアロバイクで耳栓を着用し、3分間のトレーニングを行ってもらい、直後に感じた評価時間を記録してもらった。ただし、被験者に実際の時間は非通知とした。一回実験終わった後被験者は3分間休憩する。同様の条件で、タブレット及び HMD を用いて、VR 映像を見て実験を行った。

(4) 試行回数は、被験者一人につき映像無し、タブレット、及び HMD での映像提示のそれぞれの場合で2回ずつの合計6回行い。実験の順番は全部ランダムで決定する。最後データを取得した。実験の様子は以下の通りである。



図 3-8 実験の様子（映像なし）



図 3-9 実験の様子（タブレットで映像を見る）



図 3-10 実験の様子 (HMD で映像を見る)

3. 2. 4 実験結果と分析

図 3-11 は、実験結果として得られたそれぞれの場合における評価時間の平均値と標準偏差を示したものである。この結果から、HMD を用いて映像を視聴することで評価時間が有意に短くなったことが分かる。また、HMD を用いた場合における体感時間が最も短いことが分かった。この原因は HMD 使用時に視野内の情報がビデオ映像のみとなり、エアロバイクのトレーニングを行っていることを忘れ、ビデオ映像の世界に没入することです。被験者の時間経過に意識を払う程度が小さくなり、時間評価を短く制御することが出来たと考えられる。またこれにより、トレーニングの苦しい時間に対する意識が減少し、同じトレーニング時間は被験者として短く感じられる。

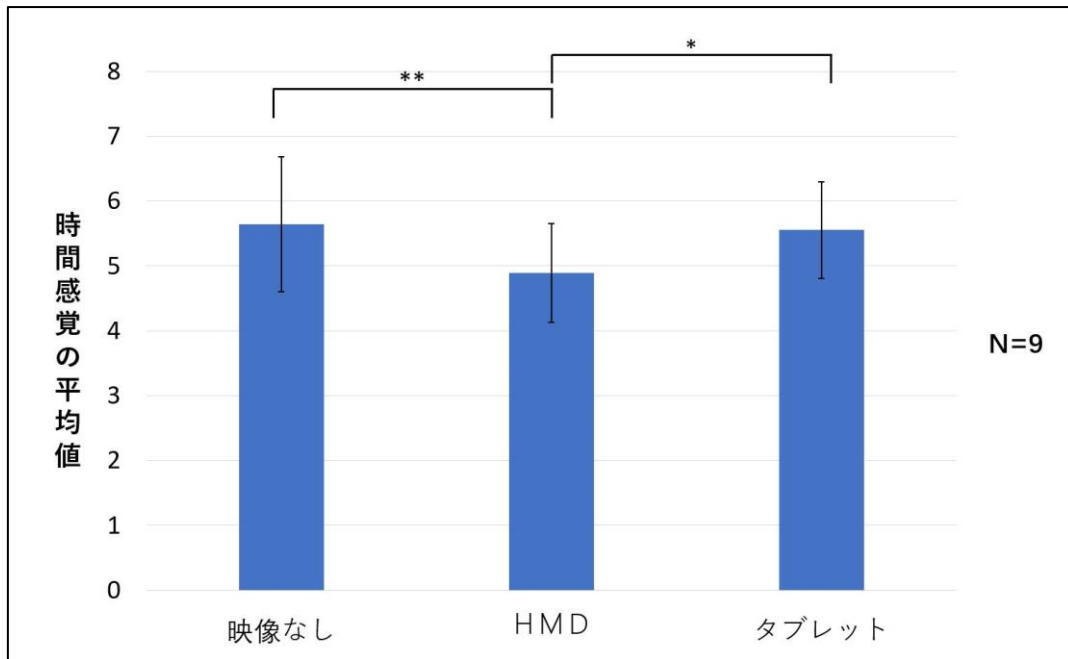


図 3-11 違う状態で時間感覚の平均値

また、タブレットで 360 度映像を見ると映像なし時のトレーニング時間感覚はほぼ同じ（タブレット：5.56 分，映像なし：5.64 分）。この原因はタブレットで映像を見てトレーニングする時現実環境の情報は目に入れて、被験者は映像の世界に没入することができない。そして、被験者は時間経過に意識を払う程度は映像なし時と比べてあんまり変化しない。被験者トレーニング後の時間評価も変化しない。

3. 3 まとめと考察

本章では VR 環境に静止状態での被験者の時間感覚関する内的要因を影響し、時間感覚を制御する実験です。この実験では VR 映像の放送速度倍率を変え、被験者内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度と時間経過に注意を集中する程度を影響し、実際の経過時間に対する時間評価を影響する。実験結果から、同じ VR 映像の放送速度が遅い時、時間評価は長くなる。この原因は被験者が HMD を被るとき、周り環境の相対的な速度が遅くと、神経生理的に興奮しない。そして、内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度は低下する。

結論としては、VR 空間に被験者の時間感覚に関する内的要因を制御し、実際の経過時間に対する時間評価は制御可能になる。

第4章 VR環境に外的要因に基づく時間評価の制御実験（1）

第3章の検証実験はVR映像を見ながらトレーニング後、被験者は先運動した時間の時間評価は映像なし時短く感じることが分かる。そして、静止状態の被験者は同じVR映像を違う再生速度で見る時の時間感覚も違うことを分かる。すなわち、VR空間に被験者の時間感覚関する内的要因を制御し、実際の経過時間に対する時間評価は制御可能になる。

本章と次の章節はVR空間に被験者の時間感覚関する外的要因を制御し、実際の経過時間に対する時間評価は制御できるかの検証実験である。本章は被験者が自発的に行動しないときの時間感覚制御実験です。実験方法については、VR空間に単一リズムで運動する物体の速度変化し、被験者の時間感覚変化するかを確認する。全部4つの実験を計画する。まずは現実空間で被験者60秒の時間認知を測定し、次被験者はHMDを被って、VR空間に違う条件で60秒の時間認知を測定する。最後被験者は同じVR空間をモニターで見て、HMDと比べて時間感覚に同じ映像を与えるのかを究明する。

4. 1 現実空間で被験者時間認知の測定

4. 1. 1 実験概要と目的

本実験の目的は現実空間で被験者60秒の時間感覚を測定する。この実験では、被験者は60秒が経過したと感じたときの経過時間を記録する。各被験者は3回を測定する。

4. 1. 2 実験条件

- (1) 時間の測定：ストップウォッチ（CITIZEN 8RDA55-002）で時間を測定する。
- (2) 実験時間：2019年1月
- (3) 実験場所：慶應義塾大学日吉キャンパス協生館3階実験室
- (4) 被験者情報：
合計17人。（全部20代、男性11人、女性6人）

4. 1. 3 実験方法

- (1) 実験の前被験者は実験承諾書を見させて、同意を取得する。
- (2) 静かな部屋に被験者は椅子に座る。被験者は目を閉じて、ストップウォッチを手に持つ。
- (3) 被験者はタイマーの開始ボタンを押し、60 秒が経過したと感じたときに停止ボタンを押す。この時間を記録する。実験の様子は図 4-1 に示す。
- (4) 各被験者は合計三回を測定し、データを記録する。毎回測定の間被験者は 60 秒を休憩する。



図 4-1 実験の様子

4. 1. 4 実験結果と分析

実験の結果を図 4-2 に示します。現実空間に被験者に対して 60 秒の認知の平均値は 61.26 秒で、標準偏差は 5.17 秒です。実験の結果から、現実空間で視覚と聴覚の情報がない時、被験者の 60 秒の時間感覚は基本的に正確であることが分かる。

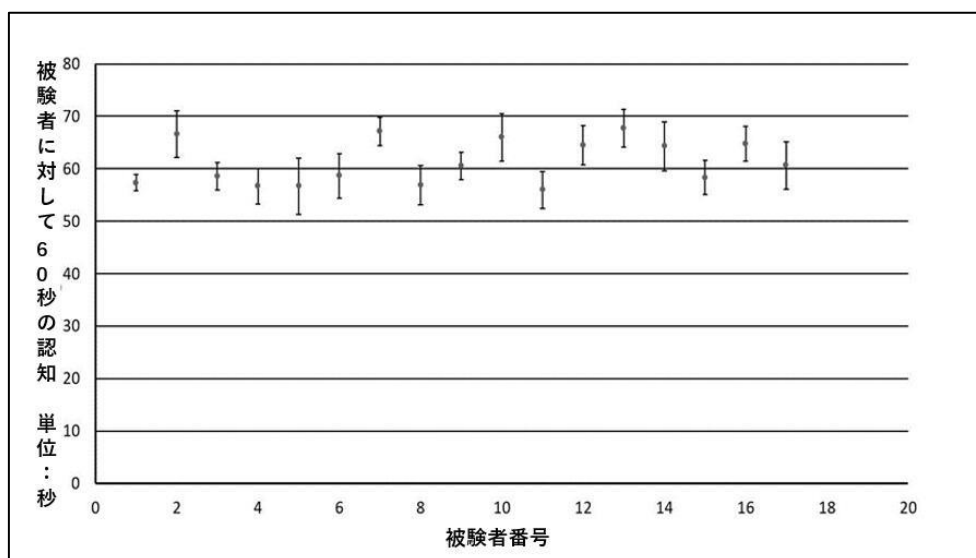


図 4-2 現実空間で被験者に対して 60 秒の認知

4. 2 静止状態の VR 空間で被験者の時間認知の測定

4. 2. 1 実験概要と目的

本実験は静止状態の VR 空間で被験者の時間感覚を測定する実験です。実験の目的は静止状態の VR 空間は被験者の時間感覚に影響するかを究明することです。

4. 2. 2 実験条件

- (1) HMD の構成 : Carl Zeiss VR One Plus と iPhone Xs で HMD を構成する。(視角:100 度、フレームレート:60fps)
- (2) 時間の測定 : ストップウォッチ (CITIZEN 8RDA55-002) で時間を測定する。
- (3) 実験時間、場所、被験者は 4.1 の実験と同じです。

(4) VR 空間開発環境：Unity3D

本実験使う VR 空間の様子は図 4-3 に示す。



図 4-3 静止状態 VR 空間の様子

4. 2. 3 実験方法

(1) 実験の前被験者は実験承諾書を見させて、同意を取得する。

(2) 静かな部屋に被験者は椅子に座る。そして、被験者はHMDを被って、VR空間の様子を見て、不快感があるかを確認する。もし不快感があれば、実験を中止する。

(3) 被験者は仮想空間の中心に座る。頭を回転すると周りを見ることが出来る。そして、被験者に目を閉じて、ストップウォッチを手に持つ。被験者は開始ボタンを押す同時に目を開く、VR空間を見る。

(4) 被験者は60秒が経過したと感じた時に停止ボタンを押す。この時間を記録する。実験の様子は図4-4に示す。



図 4-4 実験の様子

(5) 各被験者は合計三回を測定し、データを記録する。毎回測定の間被験者は 60 秒を休憩する。

4. 2. 4 実験結果と分析

本実験の結果を図 4-5 に示す。静止状態の VR 空間に被験者に対して 60 秒の認知の平均値は 58.47 秒で、標準偏差は 5.83 秒である。実験結果から VR 空間の時間知覚は、現実空間の時間知覚よりも少し短い傾向があるが、誤差と標準偏差はほぼ同じです。この原因は VR 空間に被験者時間経過に意識を払う程度は現実より高い。そして、被験者は VR 空間の時間感覚は少し短くなる。

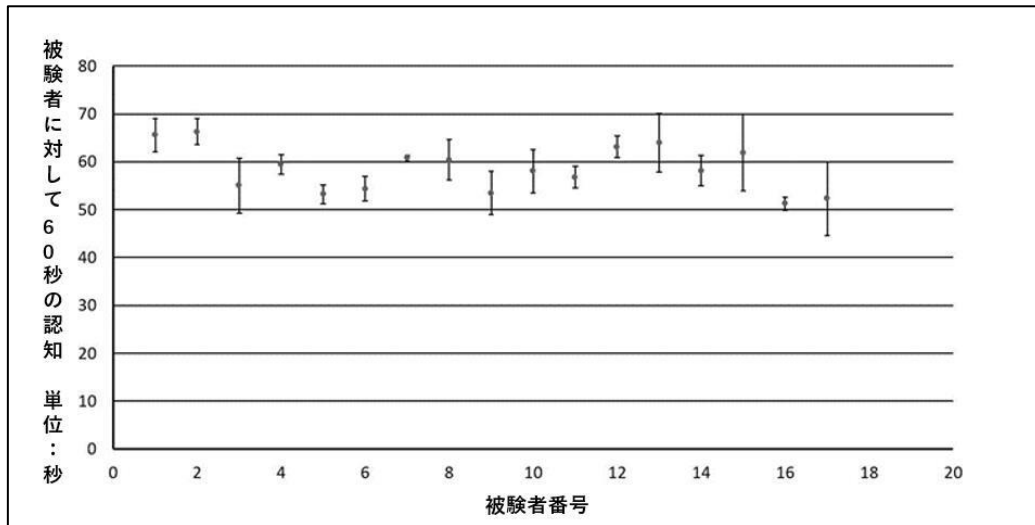


図 4-5 静止状態の VR 空間で被験者に対して 60 秒の認知

4. 3 単一運動する物体がある VR 空間で被験者の時間認知の測定

4. 3. 1 実験概要と目的

本実験では被験者は HMD を被って、定期的に運動する振り子を配置される VR 空間を体験させる。そして、振り子の運動周期を変えて、被験者の時間感覚が変わるかを確認する。被験者は VR 空間の中央に座る。頭を回転すると周りを見ることができる。本実験の目的は振り子の運動速度と被験者の時間感覚関係を検証することである。

4. 3. 2 実験条件

- (1) HMD の構成 : Carl Zeiss VR One Plus と iPhone Xs で HMD を構成する。(視角:100 度、フレームレート:60fps)
- (2) 時間の測定 : ストップウォッチ (CITIZEN 8RDA55-002) で時間を測定する。

- (3) 実験時間、場所、被験者は 4.1 の実験と同じです。
- (4) VR 空間開発環境：Unity3D
- (5) バーチャル柱時計：本実験使うバーチャル柱時計の振り子の運動速度は現実世界で同じ長さの振り子と同じです。振り子の長さは1メートルで、運動周期は約2秒です。VR 空間の重力加速度を変えると、振り子の運動速度を自由に変える。バーチャル柱時計の様子は図 4-6 に示す。

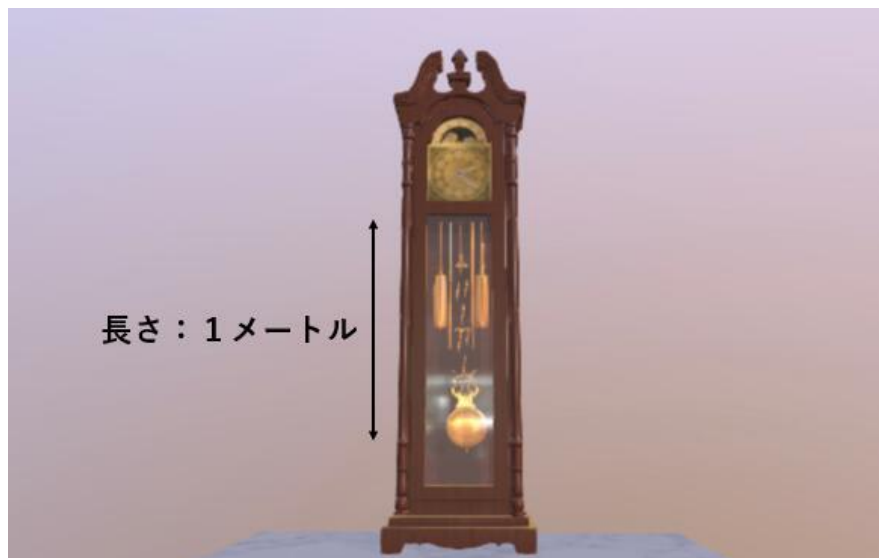


図 4-6 バーチャル柱時計の様子

- (6) VR 空間に被験者とバーチャル柱時計の位置関係は図 4-7 に示す。

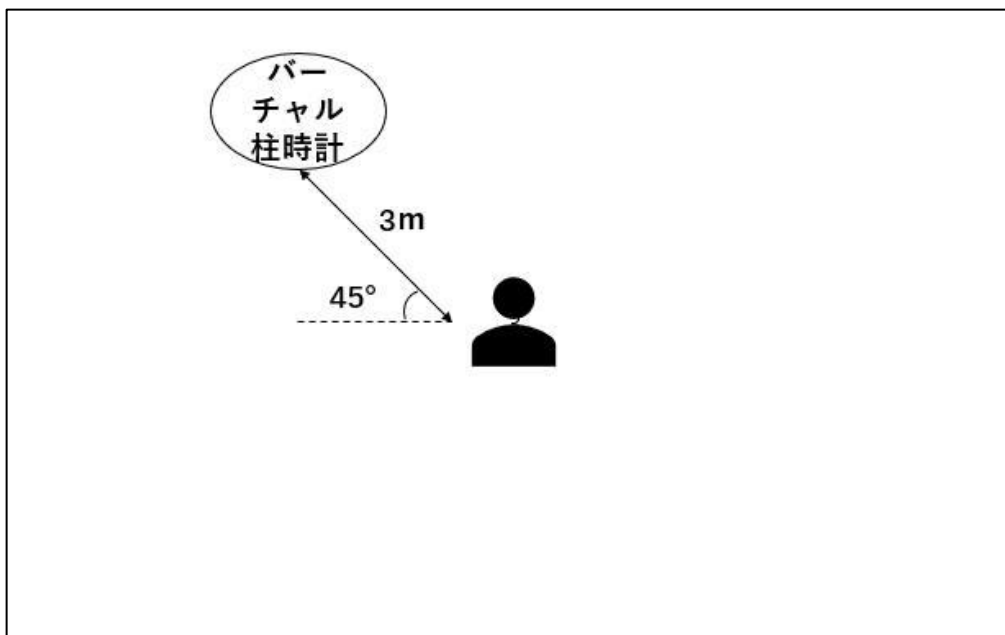


図 4-7 VR 空間に被験者とバーチャル柱時計の位置関係

バーチャル柱時計を設置する VR 空間の様子は図 4-8 に示す。この VR 空間の中に運動する物体はバーチャル柱時計の振り子だけです。



図 4-8 バーチャル柱時計を設置する VR 空間の様子

4. 3. 3 実験方法

(1) 実験の前被験者は実験承諾書を見させて、同意を取得する。

(2) 静かな部屋に被験者は椅子に座る。そして、被験者はHMDを被って、VR空間の様子を見て、不快感があるかを確認する。もし不快感があれば、実験を中止する。

(3) まず、バーチャル柱時計の振り子の運動周期を調整しない、現実の運動周期と同じで実験を行う。被験者に目を閉じて、ストップウォッチを手に持つ。被験者は開始ボタンを押す同時に目を開く、VR空間を見る。

(4) 被験者は60秒が経過したと感じた時に停止ボタンを押す。この時間を記録する。

(5) 各被験者は合計三回を測定し、データを記録する。毎回測定の間被験者は60秒を休憩する。

(6) その後、バーチャル柱時計の振り子の運動周期は現実空間の0.1倍、0.5倍、2倍に変更する。同じ手順で実験を繰り返し、データを記録する。

4. 3. 4 実験結果と分析

本実験の結果は図4-9に示す。実験結果からVR空間に定期的に運動する振り子がある場合、振り子の運動周期が被験者の時間知覚に大きな影響を与えることが分かる。

バーチャル振り子の動きが現実空間より遅くなると、被験者60秒の時間知覚は遅くなる。また、振り子の動きが現実空間より速くなると、被験者60秒の時間知覚が速くなる。つまり、VR空間に定期的に移動する物体を設置すると、被験者の時間認識に影響できる。

表4-1は、バーチャル振り子の運動周期と被験者の時間知覚に及ぼす影響率を示す。バーチャル振り子が0.1倍運動周期で運動すると、被験者60秒の時間知覚に顕著な影響を及ぼす。また、影響率はバーチャル振り子が0.5倍運動周期で運動する場合の影響も17.26%である。したがって、バーチャルオブジェクトが非常に遅い速度で運動すると、被験者の時間知覚に大きな影響を与えることが分かる。HMDを被って、すべてのオブジェクトのサイズが実際とおな

じ VR 空間を体験する時、被験者は物体の運動速度が異なることを物理的に感じる事ができる。

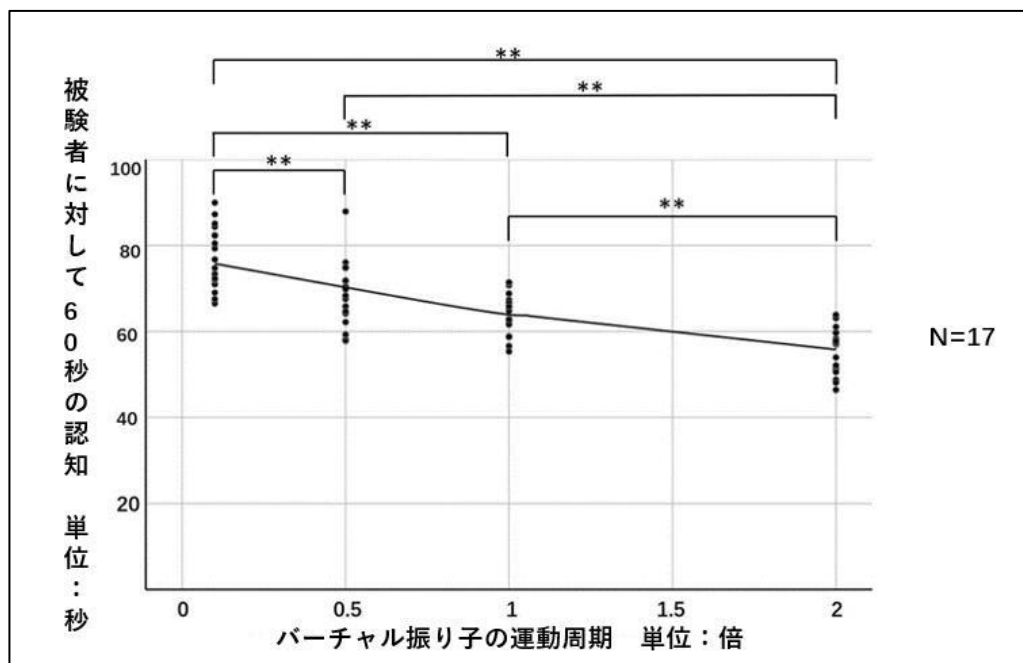


図 4-8 バーチャル振り子運動周期と被験者に対して 60 秒の時間認知の関係

表 4-1 HMD を使用した被験者の 60 秒の時間知覚影響率
(静止状態の VR 空間の被験者に対して 60 秒時間感覚の平均値を基準値として)

	静止状態の VR 空間	0.1 倍 運動周期	0.5 倍 運動周期	1 倍運動周期	2 倍運動周期
影響率= (平均値 - 基準値) / 基準値 × 100%	基準値 (58.47s)	32.22%	17.26%	9.82%	-4.79%

4. 4 モニターで VR 空間体験する被験者の時間認知の測定

4. 4. 1 実験概要と目的

実験 4.2、4.3 と同じ VR 空間をモニターで体験する時、HMD を被っている時被験者の時間感覚に同じ影響を与えるかを究明するため実験を行う。本実験使う VR 空間は前の実験と同じです。被験者視点の位置も同じです。マウスを移動すると VR 空間で周りの環境を見られる。

4. 4. 2 実験条件

- (1) モニターのモデル： SHP1450 (15.6 インチ、フレームレート:60fps)
- (2) 時間の測定：ストップウォッチ (CITIZEN 8RDA55-002) で時間を測定する。
- (3) 実験時間、場所、被験者は 4.1 の実験と同じです。
- (4) VR 空間：実験 4.2、実験 4.3 の VR 空間と同じです。

4. 4. 3 実験方法

- (1) 実験の前被験者は実験承諾書を見させて、同意を取得する。
- (2) 静かな部屋に被験者は椅子に座る。そして、被験者はモニターで VR 空間の様子を見て、不快感があるかを確認する。もし不快感があれば、実験を中止する。
- (3) まず、静止状態の VR 空間をモニターで被験者体験させる。被験者に対して 60 秒の時間認知を測定する。被験者に目を閉じて、ストップウォッチを手に持つ。被験者は開始ボタンを押す同時に目を開く、VR 空間を見る。モニターで時間を表示する情報がない。
- (4) 被験者は 60 秒が経過したと感じた時に停止ボタンを押す。この時間を記録する。

(5) 各被験者は合計三回を測定し、データを記録する。毎回測定の間被験者は60秒を休憩する。

(6) その後、バーチャル柱時計の振り子を設置するVR空間をモニターで被験者体験させる。バーチャル振り子の運動周期は現実空間の0.1倍、0.5倍、1倍、2倍に設置する(設置の順番はランダムで、合計12回、バーチャル振り子の毎運動周期を3回測定する)。被験者に対して60秒の時間認知を測定する。被験者の時間感覚同じ手順で実験を繰り返し、データを記録する。実験の様子は図4-9に示す。



図4-9 実験の様子

4. 4. 4 実験結果と分析

本実験の結果は図4-10に示す。この結果から、HMDを使用している被験者は、15.6インチモニターで同じVR空間を体験するよりも、バーチャル振り子の運動周期を変更する方がより顕著に影響できることがわかる。モニターでバーチャル振り子の運動周期を変化すると、被験者の時間感覚も変わる。バーチャル振り子の動きが現実空間より遅くなると、被験者60秒の時間知覚は遅く

なる。また、振り子の動きが現実空間より速くなると、被験者 60 秒の時間知覚が速くなる。

表 4-2 から、モニターで VR 空間中のバーチャル柱時計の振り子の運動周期が変化しても、被験者の時間感覚に顕著な影響を与えないことが分かる。

この原因は被験者がモニターで同じ VR 空間を体験する時、VR 空間のオブジェクトのサイズと周り現実空間のオブジェクトのサイズと比較して感じます。したがって、被験者は現実のオブジェクトの運動速度が異なると感じる事ができるが、物理的にそれを認識することができない。つまり、モニターで同じ VR 空間を体験する時の臨場感は比較的不足です。被験者時間経過に意識を払う程度の影響も少ない。結論として、同じ被験者の時間感覚に影響できる VR コンテンツをモニター体験する時被験者に与える影響は HMD を使用する時比べて少ないことが分かる。

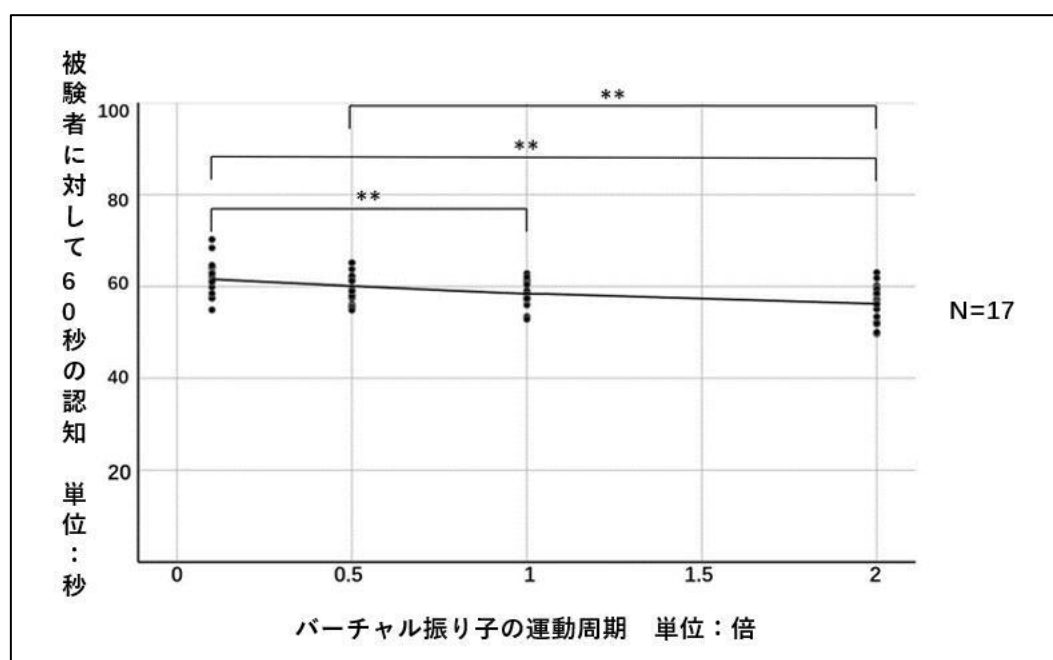


図 4-8 モニターでバーチャル振り子運動周期と被験者に対して 60 秒の時間認知の関係

表 4-2 モニターで VR 空間を体験した時被験者の 60 秒の時間知覚影響率 (モニターで静止状態の VR 空間の被験者に対して 60 秒時間感覚の平均値を基準値として)

	静止状態の VR 空間 (モニター)	0.1 倍 運動周期	0.5 倍 運動周期	1 倍運動周期	2 倍運動周期
影響率= (平均値 - 基準値) / 基準値 × 100%	基準値 (59.18s)	4.87%	-0.76%	-1.22%	-5.10%

4. 5 まとめと考察

本章では、運動周期を制御できるバーチャル振り子を設置する空間を構築することにより、合計 4 つの実験を実施した。実験結果を分析することにより、VR 空間中の規則的に運動するオブジェクトが体験している被験者の時間感覚に影響を与える可能性があるかと結論付けた。現実世界にモニターで同じバーチャル振り子設置する VR 空間を体験する場合、被験者の時間知覚に大きな影響を与えなかった。

そして、バーチャル振り子の運動周期を大幅に遅くしたり或いは速くしたりすると、HMD を使用している被験者の時間感覚に大きな影響を与える。オブジェクトの動きが速くなると、被験者の時間感覚が速くなる。オブジェクトの動きが遅くなると、被験者の時間感覚が遅くなる。もし短時間で被験者の時間感覚を変わりたい場合、HMD を利用し、VR 空間で規則、定期的に運動するオブジェクトの運動周期を制御すると実現できる。

また、同じ VR コンテンツを視聴する場合、HMD を使用した被験者の時間感覚への影響は、15.6 インチモニターを使用した被験者の時間感覚への影響よりも大幅に大きくなる。バーチャル振り子の速度が変更されても、モニターで VR 空間を体験した被験者の時間知覚に大きな影響を与えなかった。

考察については、4.4 実験は単一大きさのモニターで実験を行なった。もしより大きい或いは小さいモニターで実験を行なれば、被験者の時間感覚への影響は違うかもしれない。そして、本章の実験の被験者は全部 VR 空間を体験するだけで、次の章節は被験者の時間感覚に影響できる VR 空間に作業すれば、同じ時間内の作業効率を変えるのかを究明する。

第 5 章 VR 環境に外的要因に基づく時間評 価の制御実験（2）

第 4 章では、VR 空間に規則的に運動するバーチャル振り子の運動周期を変更すると、経過時間中の事象の時間以外の属性がより速い、被験者の時間感覚はより長いことが分かる。

本章は重力加速度がかえる VR 空間を実験の環境として設定する。そして、被験者はこんな空間に自発的に行動する時、被験者の体感時間評価と VR 空間の重力加速度との関係を究明した。本実験では経過時間中の事象の時間以外の属性の認知の影響度と内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度に影響を与え、時間感覚を制御することを試みた。

5. 1 実験概要と目的

本実験では、違う重力加速度でボールの運動を外的要因として与えられた環境で時間感覚を制御することを目的とした。ここでは、重力加速度を変えることで、被験者は自発的 VR 空間にボールを投げる。ボールの違う運動速度は経過時間中の事象の時間以外の属性の認知の影響度と内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度に影響を与え、時間感覚を制御することを試みた。また、被験者は同じ VR 空間をモニターで体験し、時間感覚に影響するのかを確認する。

5. 2 実験条件

5. 2. 1 被験者情報

被験者人数：10 名

男性 10 人、全員が 20 代です。

5. 2. 2 実験時間と場所

実験時間：2019 年 11 月

実験場所：慶應義塾大学日吉キャンパス協生館 3F 実験室

5. 2. 3 実験デモ

(1) 実験設備：HMD のモデル Oculus Go 32GB で、コントローラーは図 5-1 に示す。

モニターモデル： SHP1450 (15.6 インチ、フレームレート:60fps)

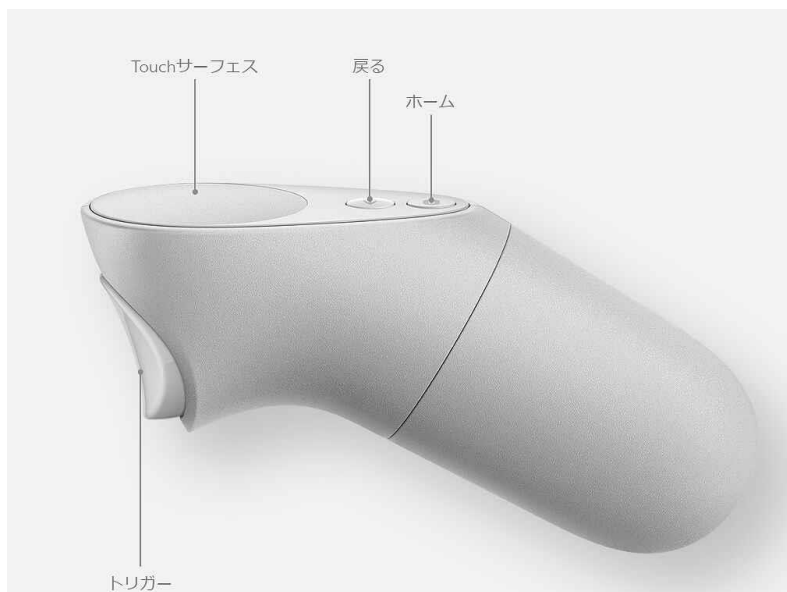


図 5-1 コントローラーの様子

(2) 実験デモの空間は重力加速度を自由に設定できる VR 空間です (重力加速度の設定範囲は 0.1g から 5g まで)。VR 空間にバーチャルバスケットボールゴール (現実の高さと同じ) を用意し、被験者は固定な位置でボールを投げる。ボールを投げる高さは VR 空間の地面から 1.85 メートルです。一番目のボールを投げる後、次のボールを同じ位置に出る。被験者位置の後 VR 空間の重力加速度を調査できるバーチャル画面がある。VR 空間に各オブジェクト間の位置関係は図 5-2 に示す。

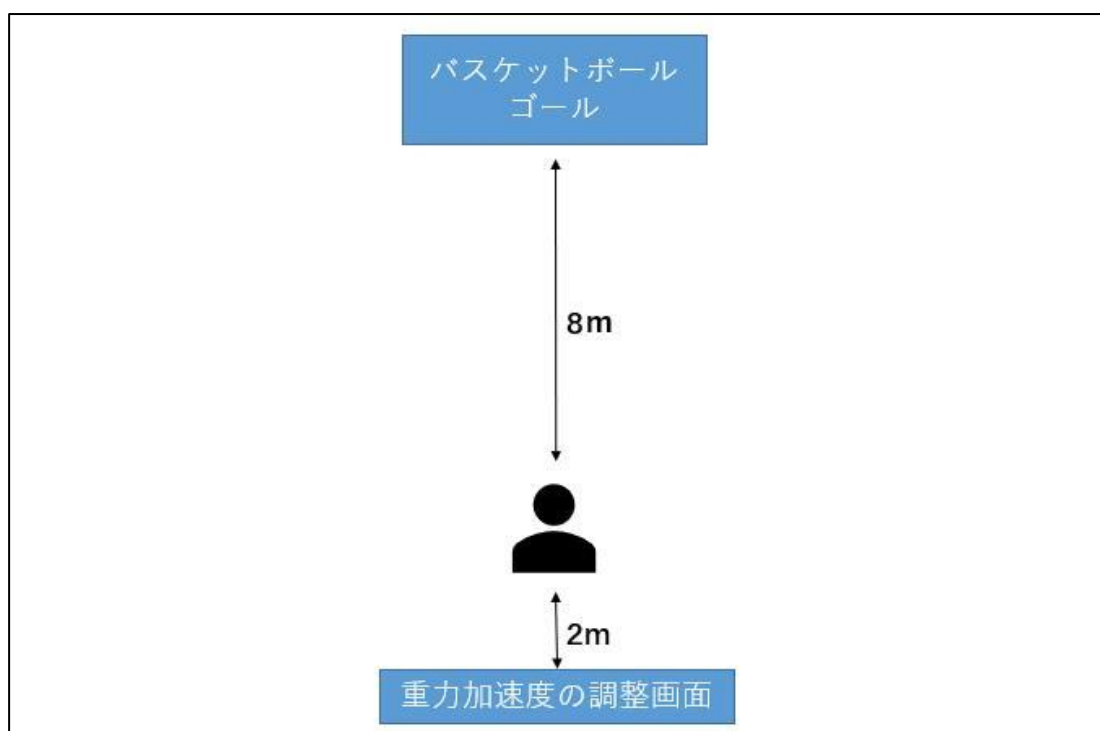


図 5-2 VR 空間に各オブジェクト間の位置関係

そして、HMD でデモを見る様子は図 5-3 に示す。



図 5-3 HMD でデモを見る様子

(3) 被験者視点の位置は VR 空間の中心です。頭を回転すると VR 空間に周りの様子を見ることができ、被験者視点の後 VR 空間重力加速度の調整画面がある。HMD のコントローラーを “-” 或いは “+” を指し、トリガーを押すと重力加速度を調整できる。調整範囲は 0.1 g から 5 g まで ($g=9.81\text{m/s}^2$)。

本実験では重力加速度は 0.4g、0.7g、g、1.3g、1.6g の環境で実験を行う。

(4) HMD でボールを投げる方法：

HMD でコントローラーを使う、ボールを投げる。まずコントローラーはボールを投げたい方向を指し、トリガーを押す。押す時間が長くと、投げる力は大きくなる。押す時間が短くと、投げる力は小さくなる。ただし、力の最大値と最小値がある。コントローラーのトリガーを放すと、指し方向へボールを投げる。

(5) モニターでボールを投げる方法：

モニターでマウスを使う、ボールを投げる。ボールを投げるとき水平方向の力はマウスをボールの上にボタンを押すから放すまでの時間で決定する。時間が長くと水平方向の力が大きくなる。

ボールを投げるとき垂直方向の力はマウスのカーソルがボタンを押すから放すまでスクリーンで移動した距離で決める。移動した距離が長くと垂直方向の力が大きくなる。

ボールの投げる方向はマウスのボタンを放すときカーソルの方向で決める。モニターでボールを投げる様子は図 5-4 に示す。



図 5-4 モニターでボールを投げる様子

(6) 実験の時間は毎回 60 秒なので、被験者は一番目のボールを投げた後から 60 秒を経過すると、画面が暗くなる。一回程度の実験は終わり。

5. 3 実験方法

(1) 実験の前被験者は実験承諾書を見させて、同意を取得する。

(2) 静かな部屋に被験者は椅子に座る。そして、被験者は HMD を被って、VR 空間の様子を見て、不快感があるかを確認する。もし不快感があれば、実験を中止する。そして、被験者は VR 空間にコントローラーを使う、ボールを投げる方法を告知する。被験者は自分で完成できるのかを確認する。

(3) 実験は全部 5 組で、一組二回実験を行なう。第一回は重力加速度が g の時、60 秒間は(60 秒になる時画面は黒くなる)被験者自由にボールを投げる。第二回は重力加速度が (0.4g、0.7g、1g、1.3g、1.6g) 時、60 秒間内被験者自

由にボールを投げる。第一回の時間感覚を 100 として、第二回実験完成した後被験者の時間感覚を数字で記録する。組の順番はランダムで決定する。

(4) 毎回実験間に被験者は一分間を休憩する。

(5) そして、同じ手順でモニターに VR 空間を体験し、実験を行う。

5. 4 実験結果と分析

(1) HMD での実験結果：

本実験の結果は図 5-5 に示す。実験結果から VR 空間の重力加速度を変える時、被験者の時間感覚に大きな影響を与えることが分かる。

被験者は VR 空間にボールを投げる時、重力加速度が大きくなると、ボール垂直方向の運動速度は速くなる。そして、被験者はボールの運動頻度が高くなると認知する。経過時間中の事象の時間以外の属性がより速くと、被験者は実際の経過時間に対する時間評価も長くなる。つまり、VR 空間の重力加速度を変え、空間に自発的に行動している被験者の時間感覚は変化する。

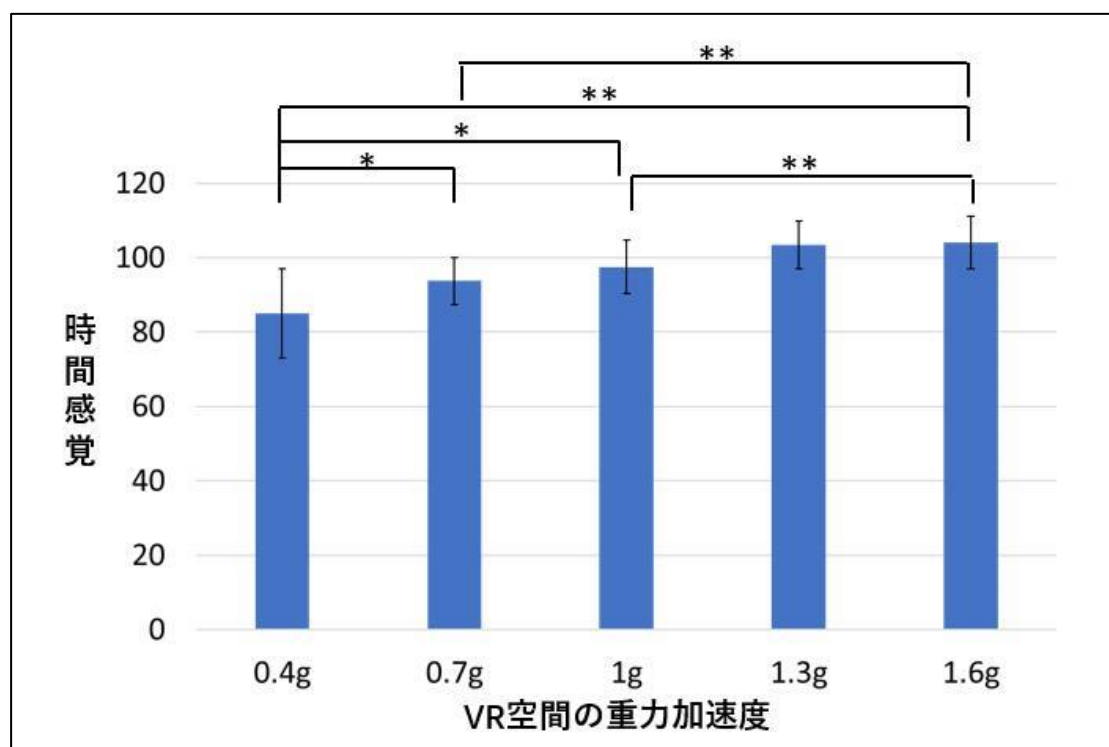


図 5-5 HMD で実験する時 VR 空間の重力加速度と時間感覚関係

表 5-1 は、バーチャル空間の重力加速度と被験者の時間知覚に及ぼす影響率を示す。重力加速度は 0.4g の時、被験者 60 秒の時間知覚に顕著な影響を及ぼす。また、影響率は重力加速度が 1.6g 場合の影響も 6.67%である。HMD を被って、すべてのオブジェクトのサイズが実際とおなじ VR 空間を体験する時、被験者は物体の運動速度が異なることを物理的に感じる事ができる。したがって、VR 空間にボールが非常に遅い速度で垂直方向運動すると、被験者の時間知覚に大きな影響を与えることが分かる。

表 5-1 HMD でバーチャル空間の重力加速度と被験者の時間知覚に及ぼす影響率

	重力加速度は g 時の時間評 価	0.4g	0.7g	1.3g	1.6g
影響率= (平均 値 - 基準値) / 基準値 × 100%	基準値 (97.5)	-12.82%	-3.90	6.15%	6.67%

(2) モニターでの実験結果 :

本実験の結果は図 5-6 に示す。この結果から、HMD を使用している被験者は、15.6 インチモニターで同じ VR 空間を体験するよりも、重力加速度を変更する方がより顕著に影響できることがわかる。モニターで重力加速度の VR 空間でボールを投げる時、被験者の時間感覚も変わる。バーチャル空間の重力加速度が現実空間より小さくなると、被験者 60 秒の時間評価が短くなる。また、バーチャル空間の重力加速度が現実空間より大きくなると、被験者 60 秒の時間評価が長くなる。

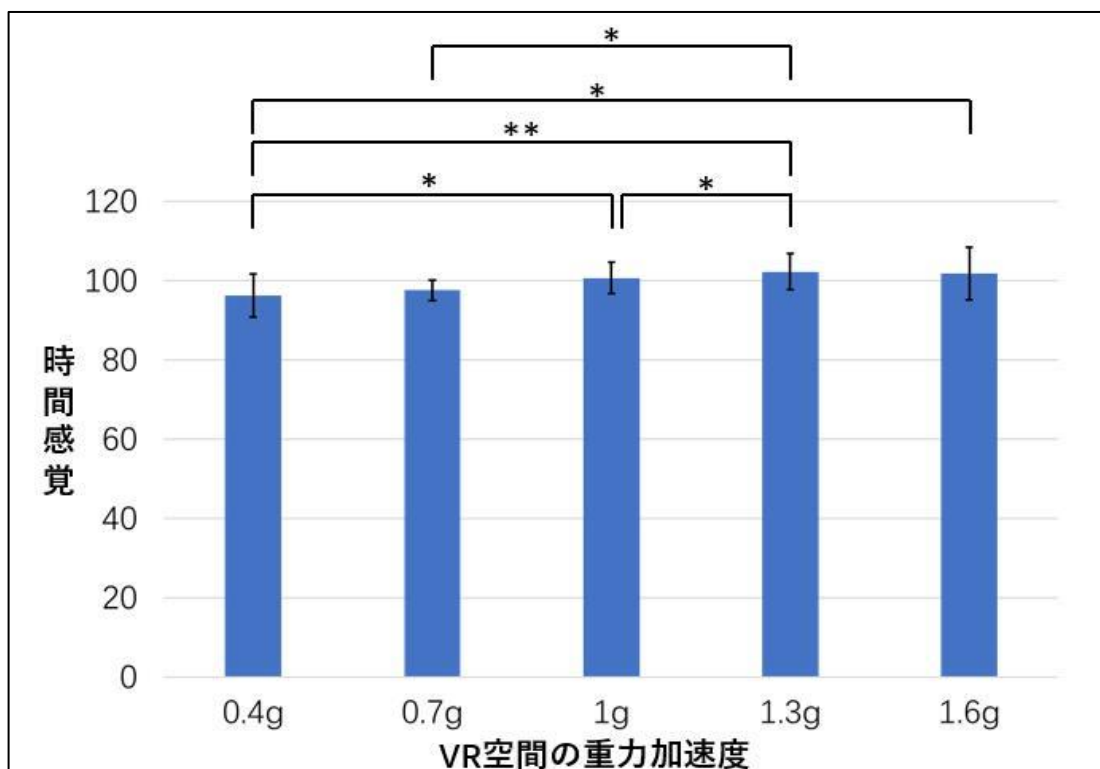


図 5-6 モニターで実験する時 VR 空間の重力加速度と時間感覚関係

表 5-2 から、モニターで VR 空間の重力加速度を変化しても、被験者の時間感覚に顕著な影響を与えないことが分かる。最大の影響率は 0.4g 時の -4.37%です。

この原因は被験者がモニターで同じ VR 空間にボールを投げる時、VR 空間オブジェクトのサイズと周り現実空間のオブジェクトのサイズと比較して感じる。したがって、被験者は現実のオブジェクトの運動速度が異なると感じるができるが、物理的にそれを認識することができない。つまり、モニターで VR 空間にボールを投げる時の臨場感は比較的不足です。被験者時間経過に意識を払う程度の影響も少ない。結論として、同じ被験者の時間感覚に影響できる VR コンテンツをモニター体験する時被験者に与える影響は HMD を使用する時比べて少ないことが分かる。

表 5-2 モニターでバーチャル空間の重力加速度と被験者の時間知覚に及ぼす影率

	重力加速度は g 時の時間評 価	0.4g	0.7g	1.3g	1.6g
影響率= (平均 値 -基準値)/ 基準値× 100%	基準値(100.7)	-4.37%	-3.08	1.59%	1.10%

5. 5 まとめと考察

本章では、運動周期を制御できるバーチャル振り子を設置する空間を構築することにより、合計 4 つの実験を実施した。実験結果を分析することにより、VR 空間中の規則的に運動するオブジェクトが体験している被験者の時間感覚に影響を与える可能性がある結論付けた。現実世界にモニターで同じバーチャル振り子設置する VR 空間を体験する場合、被験者の時間知覚に大きな影響を与えなかった。

第6章 体感時間を影響できる VR 環境と作業効率関係の検証実験

第3章では、VR空間に人間時間感覚に関する内的要因、内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度が高く及び時間経過に意識を払う程度は高く、経過時間に対する評価時間が長くなることが分かる。

第4章では、VR空間に規則的に運動するバーチャル振り子の運動周期を変更すると、静止状態被験者の時間感覚を影響できることが分かる。

第5章では、VR空間の重力加速度を変えると、被験者は自発的に行動している時間感覚を影響できることが分かる。

第4,5章はVR空間に人間時間感覚に関する外的要因、経過時間中の事象の時間以外の属性がより速い時、経過時間に対する評価時間が長くなることが分かる。

本章は人間の時間感覚を影響できる外的要因と内的要因を利用し、時間を影響できる空間を開発する。そして、こんな空間に簡単な作業をしているとき、もしバーチャルオブジェクトの運動周期を変えると、被験者単位時間内の作業効率に影響するかを研究した。もし単位時間内作業している被験者の時間感覚を制御できれば、作業効率の向上および生産性向上などの機能価値が得られる。

6. 1 実験概要と目的

本実験では、周期的に運動するバーチャル振り子の運動周期をパラメータとして与えられた環境で二桁の足し算作業を行った時の作業効率を制御することを目的とした。

また、被験者評価時間の変化が二桁の足し算問題の回答数及び正答率に与える影響について計測実験を行なった。ここでは、バーチャル振り子の運動周期を変えることで、被験者は自分感じた経過時間中の事象の時間以外の属性の認知の影響度と被験者自分の内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度に影響を与え、被験者の時間感覚を制御することと被験者の単位時間内の作業効率への影響を研究する。

6. 2 実験条件

6. 1. 1 被験者情報

被験者人数：14名

男性12人、女性2人、全員が20代です。

6. 1. 2 実験時間と場所

実験時間：2019年7月

実験場所：慶應義塾大学日吉キャンパス協生館3F実験室

6. 1. 3 実験デモ

(1) 実験設備：HMDのモデルOculus Go 32GBで

(2) 実験デモはバーチャル柱時計を二つ設置したVR空間です。二つバーチャル振り子の運動周期を自由に調整できる。VR空間に作業するため、バーチャルスクリーンを用意し、画面の中に二桁の足し算を表示する。

HMDでデモを見る様子は図6-1に示す。



図 6-1 HMD でデモを見る様子

(3) 被験者視点の位置は VR 空間の中心です。頭を回転すると VR 空間に周りの様子を見ることができ、被験者視点の後バーチャル振り子の運動速度倍率を調整する画面である。画面の様子は図 6-2 に示す。HMD のコントローラーを “-” 或いは “+” を指し、トリガーを押すと二つバーチャル振り子の運動速度を調整できる。調整範囲は 0 倍から 5 倍まで (0 倍に設置する時バーチャル振り子は静止状態になる)。

また、バーチャル振り速度倍率の調整は実がバーチャル空間重力加速度の変化です。表 6-1 は VR 空間に重力加速度対応するバーチャル振り子の運動周期および速度倍率の関係です。本実験では速度倍率が 0.25 倍、0.5 倍、1 倍、2 倍、4 倍の環境で実験を行う (1 倍の時はバーチャル振り子の周期は現実空間における通常の振り子の周期と同じです。バーチャル振り子の長さは 1 メートルとしたため、周期は約 2 秒である)。

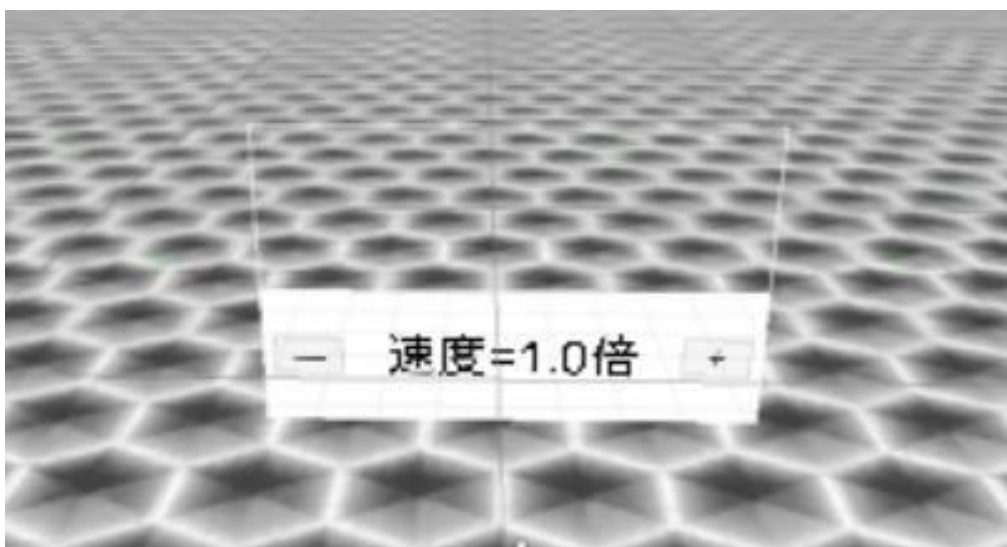


図 6-2 速度倍率を調整する画面

表 6-1 は VR 空間に重力加速度対応するバーチャル振り子の運動周期および速度倍率の関係

重力加速度 (m/s^2)	運動周期 (秒)	対応する速度倍率
0.06g	8	0.25
0.25g	4	0.5
g (=9.81)	2	1
4g	1	2
16g	0.5	4

VR 空間に各オブジェクトの位置関係は図 5-4 に示す。

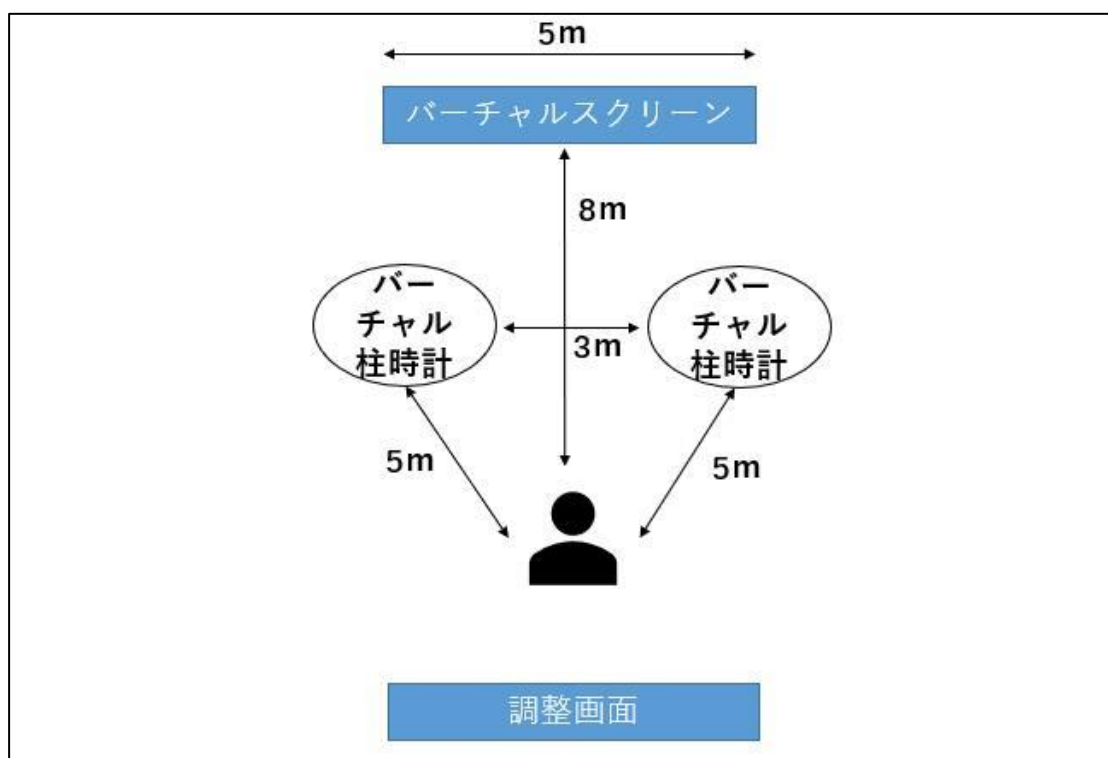


図 6-3 VR 空間に各オブジェクトの位置関係

(4) 実験デモ中の二桁の足し算正解かどうかを確認するため、事前を二桁の足し算の和 (109 から 198 までランダムで発生し、合計 500 個) を決めて実験を行う。スクリーン上の問題を解決した後被験者は自分の回答を話し、実験者は被験者の回答を記録する。

足し算の和は決めたが、毎回二つの数字(10 から 99 まで)はランダムで発生する。スクリーンでまずは“START”を表示する。HMD のコントローラーをスクリーンの方向を指し、トリガーを押すと第一番の問題を表示する。問題を回答した後トリガーを押し、次の問題を表示する。500 問題を全部完成した後画面に“End”を表示する。トリガーを押すと最初から繰り返す。

6. 3 実験方法

(1) 実験の前被験者は実験承諾書を見させて、同意を取得する。

(2) 静かな部屋に被験者は椅子に座る。そして、被験者はOculus Goを被って、VR空間の様子を見て、不快感があるかを確認する。もし不快感があれば、実験を中止する。そして、被験者は自分がコントローラーを正常に操作できるかを確認する。

(3) 実験は80秒間の間繰り返し問題に回答するタスクを行って、感じた体感時間をアンケート用いて毎回実験の後調査する。そして、問題の回答数と正答数を記録する。実験は合計10回を行う。毎回実験した後被験者は2分間を休憩する。

2回実験を一セットとして、一回目の時VR空間に振り子の運動速度倍率は1倍に設置し、実験を行う。各セット二回目の運動速度倍率は0.25倍、0.5倍、1倍、2倍、4倍の中にランダムで設置し、実験を行う。

時間評価に関する回答には、マグニチュード推定法を用いた。毎セット一回目通常運動周期の振り子で行った実験で感じた評価時間の長さを100とし、二回目実験振り子の運動周期を変えた実験の時間が主観的にどれだけ長くあるいは短く感じられたかをアンケートで回答してもらった。

(4) 毎回をはじめ時被験者はHMDを被って、目を閉じる。コントローラーを手に持つ。実験者は開始と言った後被験者目を開く、VR空間を見る。被験者に対する実際の時間は非通知とした。実験の様子は図6-4に示す。



図 6-4 実験の様子

6. 4 実験結果

(1) 時間評価

図 6-5 に示す各速度倍率の間で評価時間に有意な差が得られた。特に、現実空間の振り子の速度と比較し、速度倍率が一番小さい (0.25 倍) 場合と一番大きい場合 (4 倍) の間で評価時間に有意な差が表れている。また、振り子の速度が速いあるいは遅いほど、評価時間が長くあるいは短くなることが示されている。

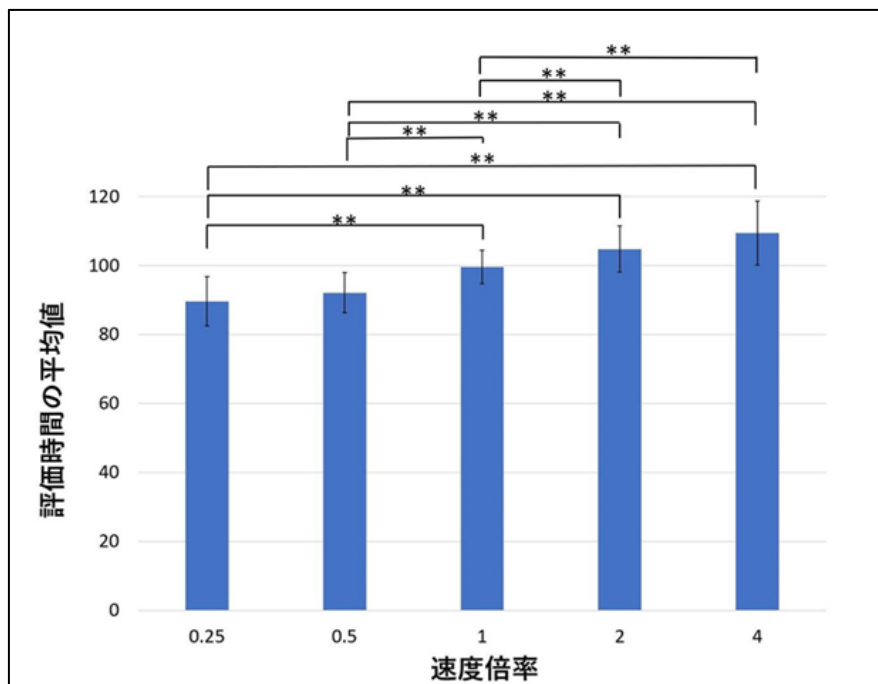


図 6-5 速度倍率と評価時間の結果

(2) 速度倍率と回答数

図 5-8 の各速度倍率の間で回答数に有意な差が得られた。この結果から、バーチャル振り子速度倍率を大きくあるいは小さくすることで、被験者回答できる問題数が増加あるいは減少することが分かる。

表 6-2 に違う速度倍率は被験者単位時間内の回答数への影響を示す。表から評価時間の結果と合わせて時間感覚を制御することで、作業効率に変化が現れ

たことを意味している。この実験で、バーチャル振り子の運動速度倍率が4倍になる時、被験者80秒間の作業効率は7.43%向上できることが分かる。

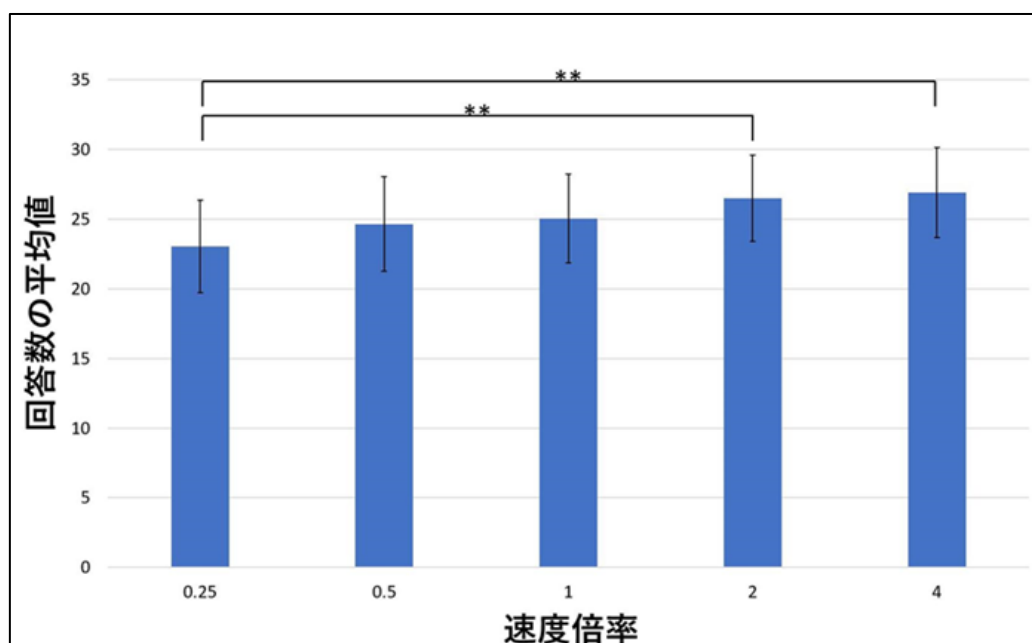


図 6-6 速度倍率と被験者回答数の関係

表 6-2 違う速度倍率は被験者単位時間内の回答数への影響率

	1 倍速	0.25 倍速	0.5 倍速	2 倍速	4 倍速
影響率(平均値-基準値)/ 基準値× 100%	基準値 (25.04 問)	-7.99%	1.76	-5.84	7.43%

(3) 速度倍率と正答率

図 6-7 より速度倍率と正答率の間には有意な差は得られなかった。これより、被験者単位時間内の時間感覚の制御で作業効率が変化しても作業精度には影響していないことが伺える。

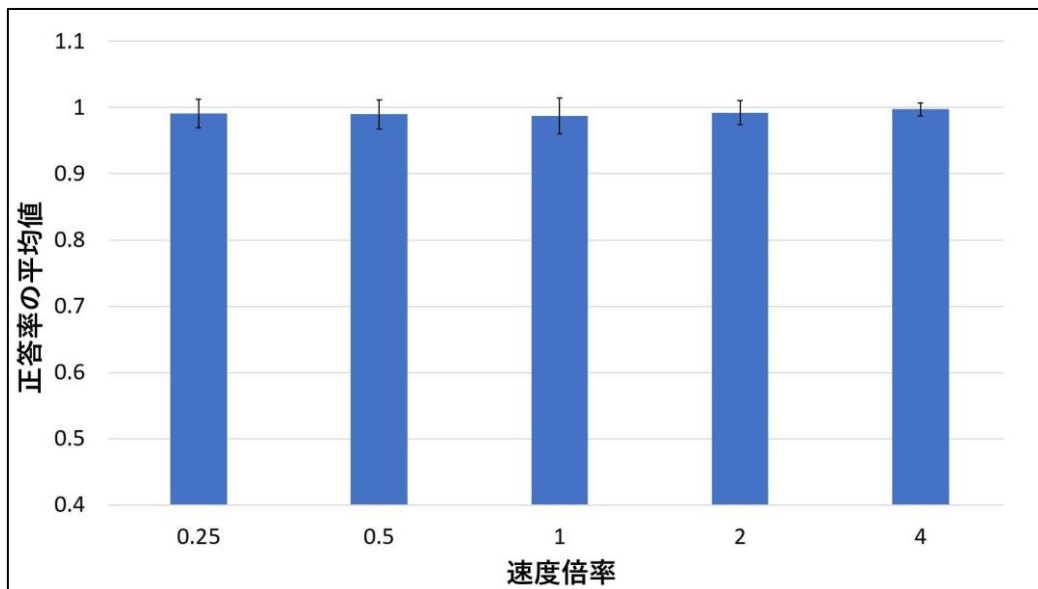


図 6-7 速度倍率と正答率の関係

(4) 時間評価と回答数

図 6-8 より時間評価と回答数の相関係数は 0.41 であり、弱い正の相関が確認でき。このことから、評価時間が長くなることで回答数が増加し、より有効に時間を使用できていることが分かる。

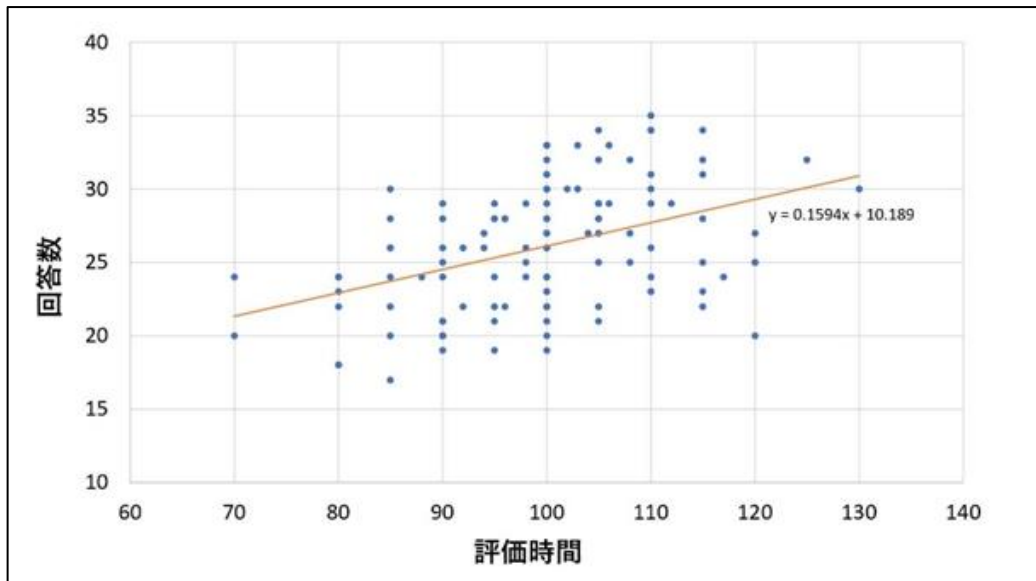


図 6-8 時間評価と回答数の関係

(4) 評価時間と正答率

図 6-9 より評価時間と正答率の相関係数は 0.15 であり、両者に相関は確認できなかった。

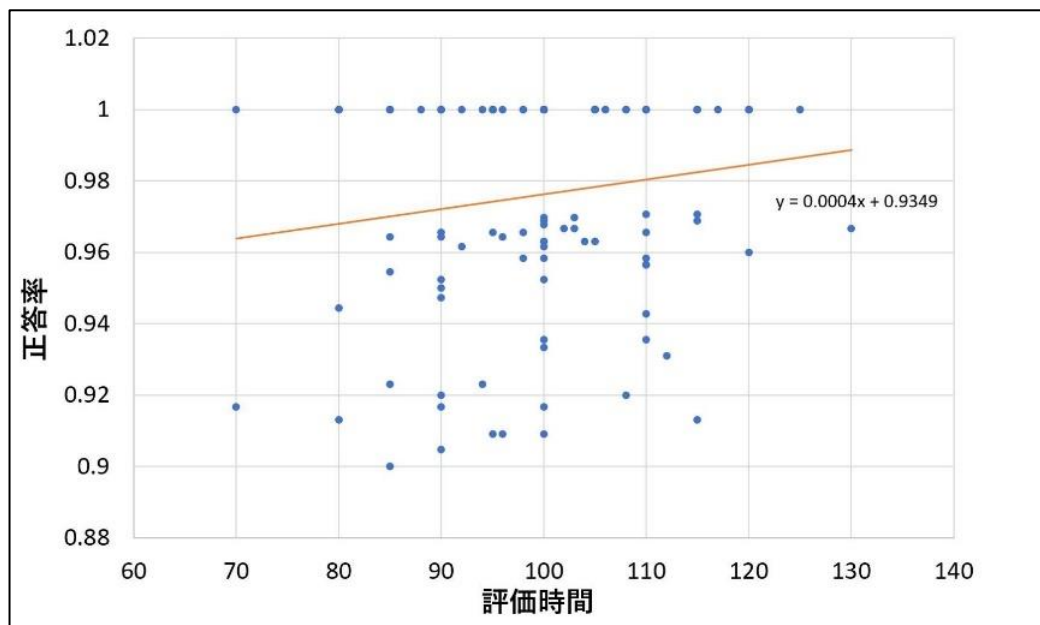


図 6-9 評価時間と正答率の関係

6. 5 実験結論

本章実験の結果をまとめると、VR 空間にバーチャル振り子の速度倍率を大きくすることで、被験者はバーチャル振り子の振動に対する認知回数が増え、被験者時間感覚以外の属性の影響が増大する。さらに、バーチャル振り子の現実世界とは異なる運動から、被験者内的時計のテンポの単位時間当たりの頻度も増大します。

これらの影響から、時間評価が長くなると考えられる。したがって、時間評価の変化によって回答できる問題数が増加したことから、作業効率の向上といった機能があることが分かる。しかし、各被験者の作業精度はあんまり影響されなかった。

第 7 章 結論

本研究では、VR 空間に内的要因と外的要因を変化させることで、人間が感じた実際の経過時間に対する時間評価の制御を行った。

第 3 章では、VR 空間に人間の時間感覚に関する内的要因を制御し、被験者の評価時間は制御できることが分かった。

そして、第 4, 5 章は VR 空間の重力加速度をコントロールし、人間の時間感覚に関する外的要因を制御し、被験者の評価時間は制御できることが分かった。

この後、VR 空間に時間感覚に関する内的要因と外的要因を影響できる VR 空間を用意し、被験者を簡単な作業を完成させた。結果としては、被験者単位時間内の作業効率は 7.43%向上できることが分かった。こんな時間評価を制御できる VR 空間は実際の機能価値があることが期待できる。

謝辞

本論文の執筆にあたり、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科の小木教授、副査の教授である高野教授に多くのご指導を頂きました。研究室の皆様には、研究の実施に際して多くの協力を頂きました。被験者としてご協力頂いた学生とその他システムデザイン・マネジメント研究科関係の方々にご協力をして頂きました。

最後に、あたたかい励ましをいつも送り続けてくれた家族に心から感謝します。

参考文献

- [1] 松田文子 1965 時間評価の発達 I—言語的視覚刺激のまとまりの効果—
心理学研究, 36, 169-177
- [2] 松田文子 1991 時間評価に及ぼす刺激頻度と課題の困難度の効果の関
係 日本心理学会第 55 回大会発表論文集, 138.
- [3] Fraisse, P. 1963 Perception et estimation du temps. In P.
Fraisse&J. Piaget (Eds.), Traite de psychologie experimentale VI :
La perception . Paris : Presses Universitaires de France. (岩脇三良訳
1971 現代心理学IV 知覚と認知 白水社)
- [4] Frankenhaeuser, M. 1959 Estimation of time : An experimental
study. Stockholm : Almqvist&Weksell.
- [5] Killeen, P. R., & Weiss, N. A. 1987 Optimal timing and the
Weber function. Psychological Review, 94, 455-468
- [6] Fraisse, P. 1957 Psychologie du temps. Paris : Presses
Universitaires de France. (原 吉雄・佐藤 幸治訳 1960 時間の心理
学—その生物学・生理学— 創元社)
- [7] Hirose Michitaka, Ban Yuki, Sakurai Sho, Narumi Takuji, Tanikawa
Tomohiro: Improving process speed of simple tasks by controlling time
rate the virtual clock displays. The virtual reality society of
Japan. Vol. 21 No. 1 pp109-120, 2016
- [8] Cheng, RK and Tipples, J and Narayanan: Clock Speed as a Window
into Dopaminergic Control of Emotion and Time Perception. Timing and
Time Perception, 4 (1). pp. 99-122, 2016
- [9] Gerald J. Gorn, Amitava Chattopadhyay, Jaideep Sengupta, Shashank
Tripathi: Waiting for the Web: How Screen Color Affects Time Perception.
Journal of Marketing Research 215 Vol. XLI, 215-225, 2004
- [10] Hannes Eisler, Anna D. Eisler: Time perception: Effects of sex
and sound intensity on scales of subjective duration. Scand J
Psychol, 33(4):339-58, 1992
- [11] M. A. Meredith, B. E. Stein: Visual, auditory, and somatosensory
convergence on cells in superior colliculus results in multisensory
integration. 1986

[12] J Blascovich, J Loomis, AC Beall, KR Swinth, CL Hoyt, JN Bailenson: Immersive virtual environment technology as a methodological tool for social psychology. *Psychological inquiry* 13 (2), 103-124

[13] J. Gayle Beck, Sarah A. Palyo, Eliot H. Winer, Brad E. Schwagler, Eu Jin Ang: Virtual Reality Exposure Therapy for PTSD Symptoms After a Road Accident: An Uncontrolled Case Series. *Behavior Therapy*, Volume 38, Issue 1, March 2007, Pages 39-48

外部発表

1. Tong Xin and Ogi Tetsuro : Influence of Regularly Moving Object on User's Time Perception in VR Space, JSME iDECON/ME 2019
2. 童鑫, 大河内悠生, 小木哲朗 : 仮想空間を利用した内的・外的要因による時間感覚の制御, 日本機械学会, 第29回設計工学・システム部門講演会、2019

付録

A: 時間感覚についての調査アンケート

時間感覚についての調査

1. あなたの性別は

- 男
- 女

2. あなたの年齢は

- 20歳以下
- 20~30
- 31~40
- 41~50
- 51~60
- 60歳以上

3. 新しい情報を受けるとき、自分の時間感覚は

- 普段より速い
- 普段と同じ
- 普段より遅い
- 注意しない

4. 好きな環境にいるとき、自分の時間感覚は

- 普段より速い
- 普段と同じ
- 普段より遅い
- 注意しない

5. 初めての場所に行く時、自分の時間感覚は

- 普段より速い
- 普段と同じ
- 普段より遅い
- 注意しない

6. 緊張または怖い気分になるとき、自分の時間感覚は

- 普段より速い
- 普段と同じ
- 普段より遅い
- 注意しない

7. 1カ月前の試験を1カ月後の試験を比較する時、

- 1カ月前の試験は現在より近い
- 両者は現在への時間距離が同じ
- 1カ月後の試験は現在より近い
- 時間感覚について注意しない

8. テンション上がる時、自分の時間感覚は

- 普段より速い
- 普段と同じ
- 普段より遅い
- 注意しない

9. 精神状況が疲れた時、自分の時間感覚は

- 普段より速い
- 普段と同じ
- 普段より遅い
- 注意しない

10. 精神集中している時、自分の時間感覚は

- 普段より速い
- 普段と同じ
- 普段より遅い
- 注意しない

11. 車を高速で運転し、前の状況を確認する時、自分の時間感覚は

- 普段より速い
- 普段と同じ
- 普段より遅い
- 注意しない

12. もしVR技術を使って、自分の時間感覚を変えるサービスがあれば、

- 使います
- 使わない

13. 自分の時間感覚が変わったことを意識したことがあるか？ あれば記入してください。

B： 時間評価を調査するアンケート

一回目に行った実験で感じた評価時間を 100 としたとき、2 回目の実験で 感じた時間評価を数値とともに記入してください。

例

