

Title	ドローンを用いた高所恐怖症を軽減するためのVRシステムの有効性の検証
Author(s)	李, 林柏
Citation	
Issue Date	2023-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/18290
Rights	
Description	Supervisor: 日高 昇平, 先端科学技術研究科, 修士(知識科学)

修士論文

ドローンを用いた高所恐怖症を軽減するための VR システムの有効性の検証

李 林柏

主指導教員 日高 昇平

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
(知識科学)

令和5年3月

Abstract

In recent years, the development of the world economy has made people's lives better and better. With this improved standard of life, our needs are increasing day by day. This is especially true for leisure and entertainment for young people, and their consumption of amusement parks, mountain scenic spots, and urban landmarks is growing. However, they all have one thing in common: the possibility for exposure to heights is very high. The same is true in people's daily lives. Rapid urbanization has led to an increase in the number of high-rise and skyscraper buildings, which has led to an increase in the number of people working in high-rise and skyscraper buildings. Therefore, in today's society, there are many opportunities for people to be exposed to heights not only for leisure and entertainment, but also in their daily lives. However, not everyone is used to being exposed to heights. People with an acrophobia want to enjoy visiting amusement parks, scenic mountain views, and landmarks in the city center, but they are psychologically unable to do so due to their acrophobia. Furthermore, if they work in an office in a high-rise building, they may experience emotional and physiological reactions such as a strong sense of fear, panic, or increased heart rate in certain situations, which may make it difficult for them to concentrate on their work, resulting in stressful feelings. Therefore, treatment of acrophobia is important to improve the quality of life of those who suffer from acrophobia.

Acrophobia is a common problem, and there are variations of its treatments. Conventional treatments for acrophobias include Direct (in vivo) Exposure Therapy, psychotherapy, and pharmacotherapy. Among these, Direct (in vivo) Exposure Therapy and Virtual Reality (VR) Exposure Therapy are the most widely used. However, VR Exposure Therapy, which is as effective as Direct (in vivo) Exposure Therapy, has become the mainstream therapy, because of its safety and other factors into consideration. The most important thing in VR Exposure Therapy is to maximize the sense of presence and immersion, so that it appears to be a real environment. Therefore, in this study, we proposed an exposure program using a drone to watch live-action videos from the drone's viewpoint with a VR headset, instead of the conventional Computer Graphics (CG) VR Exposure Therapy, and tested its effectiveness in reducing the degree of acrophobia. Specifically, the three experiments were conducted (Replicated Experiment: 5 people, Experiment 1: 10 people, Experiment 2: 16 people), the results of the questionnaire were recorded, and the therapeutic effect of the Aerial VR Exposure Therapy with drone-shooting videos used in each experiment was evaluated by the changes in the scores of the questionnaire before and after the exposure program.

The results of the experiment showed that the treatment effect was statistically significantly higher for the drone-shooting video than for the CG or live photos. In

addition, it was found that the drone-shooting videos with 360° view angle had more effects of the exposure than the drone-shooting videos with 180° view angle. Furthermore, it was found that exposure by active viewing, in which the user can control the view angle, showed less likelihood of simulation sickness significantly than exposure by passive viewing. Taken together, these analyses conclude that Omni-Directional Aerial VR Exposure Therapy, which uses a drone and a VR headset to view live like video from the drone's viewpoint, is more effective than the conventional CG VR Exposure Therapy in relaxing acrophobia.

Keywords: Acrophobia, Exposure Therapy, Virtual Reality (VR), Drone.

目次

第1章	序論	1
1.1	研究背景と動機	1
1.1.1	恐怖症と高所恐怖症	2
1.1.2	治療方法	4
1.2	先行研究	5
1.2.1	VR 暴露療法と直接 (in vivo) 暴露療法の比較	5
1.2.2	VR 暴露療法における仮想コーチの設計	5
1.2.3	VR 暴露療法技術の拡張	6
1.2.4	先行研究のまとめ	6
1.3	研究目的	6
1.4	仮説	7
1.4.1	仮説1：静止画に対して動画の高い情報伝達性	7
1.4.2	仮説2：臨場感と没入感	7
1.4.3	仮説3：シミュレーター酔い	8
1.5	論文の流れ	9
第2章	追試実験：コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法	10
2.1	追試実験の目的	10
2.2	追試実験の方法	10
2.2.1	実験参加者	10
2.2.2	「Easy Heights」アプリケーション	10
2.2.3	質問紙	11
2.2.4	追試実験に用いた機材	12
2.3	追試実験の流れ	13
2.4	追試実験の結果	13
2.5	追試実験の考察	16
第3章	実験1：単方位空撮 VR 暴露療法の検討	17
3.1	実験1の目的	17
3.2	予備実験の方法	17
3.2.1	実験参加者	17
3.2.2	用いた映像	18

3.2.3	質問紙	18
3.2.4	実験 1 に用いた機材	19
3.3	実験の手続き	20
3.4	実験 1 の結果	20
3.5	実験 1 の考察	23
第 4 章	実験 2：全方位空撮 VR 暴露療法	24
4.1	実験 2 の目的	24
4.2	実験方法	24
4.2.1	実験参加者	24
4.2.2	実験刺激	25
4.2.3	質問紙	26
4.2.4	実験 2 に用いた機材	26
4.3	手続き	28
4.4	結果と分析	28
4.4.1	追跡調査	31
4.5	考察	33
第 5 章	結論	35
5.1	各実験の結果のまとめ	35
5.2	仮説の検証	36
5.3	今後の課題	39
	研究業績	41
	謝辞	42
	参考文献	42
	付 録 A 略語表	47
	付 録 B 症状自評量表	48
	付 録 C 高所恐怖症質問紙	51
	付 録 D 高所に対する態度質問紙	52
	付 録 E 不安・危険予感尺度	53
	付 録 F 主観的苦痛度尺度	54
	付 録 G シミュレーター酔い質問紙	55

付 録 H 評価質問紙	56
付 録 I 自由記述回答：コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法	57
付 録 J 自由記述回答：単方位空撮 VR 暴露療法	58
付 録 K 自由記述回答：全方位空撮 VR 暴露療法	60

目 次

1.1	恐怖症の対象の例	2
1.2	高所の例	3
2.1	「Easy Heights」で提示される風景の一例 (Bentz [3] らの論文から 転載)	11
2.2	コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の装置	12
2.3	追試実験前後質問紙結果の比較	14
3.1	単方位空撮 VR 動画の画面	18
3.2	単方位空撮 VR 暴露療法の装置	19
3.3	予備実験前後質問紙結果の比較	21
4.1	全方位空撮 VR 動画の画面	25
4.2	全方位空撮 VR 暴露療法の装置	27
4.3	本実験前後質問紙結果の比較	29
4.4	対比実験の質問紙結果の比較	32
5.1	三回の実験結果の比較	35
5.2	シミュレーター酔いの影響	39

表 目 次

1.1	暴露療法の種類・特徴と高所恐怖症の軽減効果の関係に関する仮説	9
2.1	追試実験結果の二要因分散分析	16
3.1	実験1結果の二要因分散分析	23
4.1	実験2セッション1結果の二要因分散分析	31
4.2	実験2セッション2結果の二要因分散分析	34
5.1	三要因分散分析	37
5.2	相関係数の検定	38
A.1	専門用語の略語	47
B.1	症状自評量表	50
C.1	高所恐怖症質問紙	51
D.1	高所に対する態度質問紙	52
E.1	危険予感尺度	53
E.2	不安予感尺度	53
F.1	主観的苦痛度尺度	54
G.1	シミュレーター酔い質問紙	55
H.1	評価質問紙	56
I.1	自由記述回答：コンピュータ・グラフィックスVR暴露療法	57
J.1	自由記述回答：単方位空撮VR暴露療法	59
K.1	自由記述回答：全方位空撮VR暴露療法	62

第1章 序論

経済社会の継続的な発展に伴い、人々の生活水準は絶えず向上し続いている。このように、人々の生活向上への願望はより強くなり、様々なニーズによって、量的な満足度重視から質的向上の追求へ、モノ消費中心からサービス消費中心へ、模倣的・大量消費から個性的・多様消費への変化が加速されている。特に、若者向けのレジャーやエンターテインメントでは、その傾向が顕著であり、遊園地（例えば、富士急、ディズニーシーなど）や山の景勝地（例えば、三島スカイウォーク、武陵源のガラス吊り橋など）、都心のランドマーク（例えば、スカイツリー、渋谷スカイなど）など、若者の消費は拡大している。しかし、それらは一つの共通点がある。それは、高所に暴露させる可能性が非常に高いことである。レジャーやエンターテインメントだけでなく、人々の生活中にも似たような状況が多くある。急速な都市化に伴い、高層ビルや超高層ビルが増えているため、高層ビルや超高層ビルで働く人が増えているのが現状である。

以上、現代社会では、レジャーやエンターテインメントだけでなく、人々の生活中でも人を高所に暴露させる機会は少なくない。しかし、全ての人が高所に向いているわけではない。高所恐怖症を抱える人々は、遊園地（例えば、富士急、ディズニーシーなど）や山の景勝地（例えば、三島スカイウォーク、武陵源のガラス吊り橋など）、都心のランドマーク（例えば、スカイツリー、渋谷スカイなど）などに行って楽しみたいが、高所恐怖症により身体的・心理的にそれらを楽しめない。さらに、勤め先が高層ビルのオフィスである場合、ある状況において、強い恐怖感やパニック、心拍数の増加などの感情的・生理的な反応が起こり、仕事に集中できないこともあって、ストレスを感じてしまうなどの問題がある。したがって、高所恐怖症を抱える人々の生活の質を高めるためには、その治療が重要である。

本章では、研究背景、先行研究から研究目的まで説明し、それに基づいて立てられた仮説を述べる。

1.1 研究背景と動機

従来の高所恐怖症の治療法として、最も一般的で多く使われたのが直接 (in vivo) 暴露療法である。直接 (in vivo) 暴露療法は言葉の通り、高所恐怖症を持つ人を高い場所に連れて行って、高所恐怖症を持つ人を高所に暴露させて高所恐怖症を治療する方法である。しかし、高所恐怖症を持つ人を直接 (in vivo) 暴露療法はより

安全性が低い，高所恐怖症を持つ人が直接 (in vivo) 暴露療法を受ける意欲が少ない，治療中高所恐怖症を持つ人がパニックになる確率が高いなどの問題点がある．そのため，直接 (in vivo) 暴露療法の代わりに，直接 (in vivo) 暴露療法の問題点を回避できる VR 暴露療法が現れた．

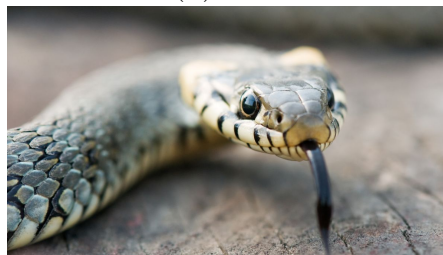
1.1.1 恐怖症と高所恐怖症

(a) コウモリ



https://biz-journal.jp/2014/09/post_5889.html

(b) ヘビ



<https://news.livedoor.com/article/detail/23406341/>

(c) イモムシ



<https://gokiburi.dandyism.biz/?p=6694>

図 1.1: 恐怖症の対象の例

恐怖症とは，実際には危険性が乏しいにもかかわらず，何かを極端に恐れる状

態である [13]. この症状は非常に不合理で、その多くは原因不明である. 重度の恐怖症患者は、自身の恐怖症のことを考えるだけでもストレスを感じてしまうこともある [29]. いくつかの恐怖症は、人間の日常生活に必ずしも大きな影響を与えない場合もある. 例えば、図 1.1 のようにコウモリ、ヘビ、イモムシなどを原因とする恐怖症は、現代の日常生活では、その原因に遭遇する機会がほとんどないため、私たちの生活に大きな支障をきたすことはない.

(a) 高層ビル



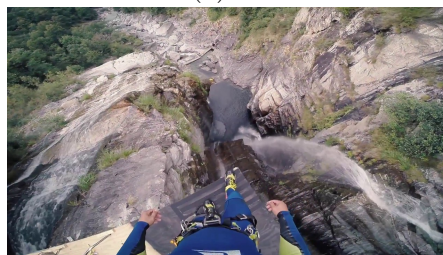
<https://moviewalker.jp/news/article/59022/>

(b) 山



<https://katuyamak.exblog.jp/24721544/>

(c) 崖



<https://karapaia.com/archives/52303569.html>

図 1.2: 高所の例

一方、高所恐怖症は現代でもそうした状況に直面する可能性の大きい恐怖症の一種であり、生涯有病率は約 20～30 %である [13]. 高所恐怖症とは、人が高所を

恐れる心理的な症状である。高所恐怖症は、図 1.2 のような高層ビル、山、その他の高い場所を避けるための心理的な障壁となる。高所恐怖症の患者は、高所にさらされると、強い恐怖感やパニック、心拍数の増加などの感情的・生理的な反応が起こり、特定の高所を避けるようになる。高所恐怖症の誘因は高い山や崖などの非日常的なものだけでなく、階段、テラス橋、マンション、高層ビルにあるオフィスなど日常のさまざまな状況にあるため、生活に多大な影響を及ぼし、機能障害を引き起こす可能性がある。高所恐怖症の患者は、対人関係や生活の質全般にかなりの影響があると報告している [27]。

1.1.2 治療方法

高所恐怖症は一般的な問題であり、その治療法は様々である。従来の恐怖症の治療方法として、直接 (in vivo) 暴露療法、心理療法、薬物療法などさまざまである。高所恐怖症の治療には、患者の 80 % が急性症状の改善に成功するという高い成功率を誇る既存の治療法があるにもかかわらず、「臨床現場での治療法の模索と採用はまだ限られている」と述べている [14]。高所恐怖症を治療するための現在の標準的な手法の一つは、望ましくない恐怖反応を引き起こしている刺激に、不安や不快感が低減されるまで患者をその刺激に暴露し、不適応な反応を軽減する直接 (in vivo) 暴露療法である。しかし、直接 (in vivo) 暴露療法の普及は進んでいない。その理由の一つは、直接 (in vivo) 暴露療法の中心的な要素である「恐怖刺激への暴露」に根ざしている部分があると考えられる。特定の種類の恐怖症を持つ人のすべてが、自発的に恐怖刺激に身をさらすことを受け入れられるわけではない。患者が直接暴露を受け入れられずに暴露治療を中断してしまうこともある。また、心理療法士は、倫理的な問題、責任問題や患者にとってストレスになるのではないかという懸念から、暴露を行うことに躊躇することがある。さらに、暴露セッションは、準備と実施に時間がかかることが多い。さらに、人をリラックスさせる薬物療法もあるが、副作用と依存性を引き起こす可能性があるため、注意して使用する必要がある。そのため、このような問題を回避するための新たな間接的な暴露方法が求められている。

そうした方法の一つとして、VR 技術が高所恐怖症の精神的治療の一つとして活用されており、飛行機恐怖症、クモ恐怖症などの様々な不安要素の治療に用いられている。後に詳しく述べる通り、高所恐怖症の治療方法として、VR 暴露療法の有効性が報告されている。VR 暴露療法では、患者は実際の高所ではなく、仮想の高所を疑似体験することで不安を引き起こす状況にさらされる。現在、VR を用いた VR 暴露療法が、その高い安全性から注目されている。そして、VR の一つのメリットとして挙げられる点は没入感の高さである。そのため、まるでその世界に入ったかのような感覚になる。しかしながら、視覚は騙せていても触覚や嗅覚を騙すことは難しい。例えば、動物による恐怖症を再現する場合、動物そのものを再現することは比較的容易だが、動物を触ることはできないし、動物独特の臭い

を再現することも難しである．一方で，環境（飛行機は例外）による恐怖症を再現する場合，例えば，高所恐怖症の高所や閉所恐怖症の閉所などは比較的に容易に再現することができる．そして，安全でコントロール可能な環境であるため，高所恐怖症を抱える患者の安全性を確保した上で高所を疑似体験できる．

VR 暴露療法は，直接 (in vivo) 暴露療法に比べていくつかの利点がある．治療者と患者が外に出て実際の高所で恐怖を体験するのではなく，治療者のオフィス等で治療を行うことができるため，治療者が支援する直接 (in vivo) 暴露療法よりも治療の費用対効果が高いと考えられる．さらに，VR 暴露療法は，不安感が強くて実際の環境下での暴露ができない患者にも適用することができる．VR 暴露療法の有効性を示すケースがいくつか報告されている．例えば，飛行機恐怖症 [23,24]，高所恐怖症 [25]，閉所恐怖症 [4]，クモ恐怖症 [5]，広場恐怖症 [22] などについて報告されている．

1.2 先行研究

1.2.1 VR 暴露療法と直接 (in vivo) 暴露療法の比較

Emmelkamp [8] らは，暴露環境の比較可能性を高めるために，直接 (in vivo) 暴露療法プログラムで使用した場所を仮想世界で正確に再現し VR 暴露療法に使用した．また，これまで VR 暴露の治療効果の評価は，自己申告に限られていたが，この論文では，VR 暴露効果が現実の状況に一般化するかどうかを検討するために，行動回避テスト (BAT: Behavioral Avoidance Test) も取り入れた．最後に，VR 体験の長期的な影響については，まだ報告がなかったため，治療の長期的な効果を検討するために，治療後 6 カ月間の追跡調査を行った．その結果，VR 暴露療法と直接 (in vivo) 暴露療法の比較実験を行い，両者は同等の効果があると報告し，追跡調査時にもその効果が維持されていて，VR 暴露療法が高所恐怖症の患者に有効な治療法であることを示した．

Abdullah [1] らは，没入型 VR に基づいて，3D ゲームエンジン「Unity」を用い，インタラクティブで没入感のあるリアルな 3D グラフィックシーンの VR 仮想環境を設計した．その後，VR 暴露療法と直接 (in vivo) 暴露療法の対比実験を通じて，VR 暴露療法は直接 (in vivo) 暴露療法の結果よりも有意に良いことが確認され，VR 暴露療法の結果が直接 (in vivo) 暴露療法の結果よりも優れているという結論を出した．

1.2.2 VR 暴露療法における仮想コーチの設計

Freeman [10] らは，VR のセラピストとして機能する仮想コーチを設計し，大規模なランダム化比較試験を行った．その結果，没入型 VR を通じて，仮想コーチ

が高所恐怖症に対する心理的介入を自動的に提供することにより、高所恐怖症を緩和・治療した。VR 暴露療法を受けたから二週間後に、治療効果の持続性を明らかにするために、またフォローアップアンケート調査を行って、VR 暴露療法の治療効果が持続されたことを明らかにした。

1.2.3 VR 暴露療法技術の拡張

Bentz [3] らは、スマートフォンを用いた独立型 VR 暴露アプリケーションである「Easy Heights」を開発し、その有効性を実生活の場で検証し、「Easy Heights」VR 暴露アプリケーションを繰り返し使用することで、現実の高所での回避行動や主観的な恐怖感の軽減に効果があると示した。

1.2.4 先行研究のまとめ

これまでの先行研究についてここでまとめる。まず、高所恐怖症に対する様々な治療方法の中で、最も使われているのは直接 (in vivo) 暴露療法と VR 暴露療法である。しかし、現在では安全面などを考慮し、直接 (in vivo) 暴露療法と同程度の治療効果を示す VR 暴露療法が主流になっている [8] [1]。一方で、現段階の VR 暴露療法 [10] [3] はコンピュータ・グラフィックス技術を利用した VR 環境であり、現実環境と比べ、臨場感と没入感が低い。VR 暴露療法で一番重要なのは実際の環境のように見えるように臨場感と没入感を最大化することである。臨場感と没入感が高まると、直接 (in vivo) 暴露療法に近い、現段階の VR 暴露療法よりも高い治療効果が期待される。

1.3 研究目的

以上で述べたように高所恐怖症の治療方法には、様々な方法が提案されている。その中でも、直接 (in vivo) 暴露療法ではなく、近年より安全性の高い方法として VR で高所を再現した刺激を用いた VR 暴露療法の有効性が報告されている。しかし、第二章で述べる先行研究の追試実験を行った結果、従来のコンピュータ・グラフィックスによる VR 暴露療法は、既公刊論文で報告されているよりも高所恐怖症の軽減効果が低いという問題点が見つかった。そこで、本研究は、従来のコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法でなく、ドローンを用いて、ドローンの視点からの実写動画を VR ヘッドセットで視聴する暴露プログラムを提案し、その高所恐怖症の軽減効果を検証することを目的とする。

1.4 仮説

ここでは上記の先行研究から仮説を立て、仮説に至った根拠を述べる。

1.4.1 仮説1：静止画に対して動画の高い情報伝達性

CGとは、コンピューターグラフィックス (Computer Graphics) の略語である。撮影した実際の画像を編集したものは実写写真と呼ばれるが、それに対してCGはパソコン上で描かれたものを指す。つまり、CG静止画とは人工的に作られたイメージの画像を指している。現代のCGは技術が向上し、よりリアルな描写が可能となった。情報伝達の手段は様々である。その中で、最も代表的な手段としては、文字、画像、動画が挙げられる。その中で、画像は実写写真とCG静止画に、動画は実写動画とCG動画に分けることができる。その三つの手段の情報伝達能力を比べてみると画像は文字の7倍、動画は画像の5000倍の情報を伝えられると知られている。アメリカの調査会社のForrester ResearchのJames L. McQuivey [21]が2014年4月に発表した研究結果によると、1分間の動画から伝わる情報量は、文字に換算すると180万語になると発表した。画像や動画は見たままの情報が認識され、年齢、性別、国籍も問わず、ある程度同じ情報を伝えることができる。したがって、情報の量としても、現実感としても、画像より動画の方が効率的であることがわかる。

以上を踏まえ、仮説1として、CG静止画より、実動画のほうが高所恐怖症の治療に効果が高いと考えた。

1.4.2 仮説2：臨場感と没入感

動画は一般的に2D動画、VR180°動画、VR360°動画と3D動画に分類される。中でも、VR180°動画と3D動画は平面を立体で見ることができる立体視を利用した技術で、2D動画と比べて臨場感のある映像の出力ができ、VR360°動画より強い立体感を与えることができる。一方で、VR360°動画は、360°全方位を見渡せる動画であり、ヘッドトラッキングに合わせて見たい方向に動かすことができ、VRゴーグルを装着することで立体感のある映像となり、視線の動きに合わせた映像と共に、VR180°動画と3D動画より高い臨場感がある。

映像の臨場感と同じく重要なのは、映像への没入感である。現実に近い体験をするには、映像の中にいると感じられるかが重要である。この没入感を高める上で必要なのが、トラッキング機能である。

以下に代表的な3つのトラッキングについて説明する。

- ヘッドトラッキング

利用者の頭の動きを感知して、位置や角度によって映し出される映像が変化することである。

- ポジショントラッキング

利用者の位置を感知して映像を変化させることである。

- モーショントラッキング

利用者の動きを感知することで、ヘッドトラッキングが頭の動きをとらえるのに対し、モーショントラッキングはセンサーを搭載したデバイスを付けた部位の動きを認識できる。

- アイトラッキング

利用者の視線移動を赤外線センサーなどを用いて感知し、視線がどこを向いているか、何を見ているのかを認識し、映像を変化させることである。

以上、仮説2として、動画の視野角度が広く、かつトラッキング機能をもつことで、臨場感と没入感を高めるほど、高所恐怖症の治療効果が高いと考えた。

1.4.3 仮説3：シミュレーター酔い

VRでは、動きの不一致 [11]、視野 [20]、運動視差 [15]、視野角 [26] など、シミュレーター酔いを引き起こす可能性のある様々な要素がある。シミュレーター酔いとは、バーチャル・リアリティ (VR) 環境にさらされることで乗り物酔いに似た症状が引き起こされることである。さらに、VR 体験時間の長さによって、シミュレーター酔いが増加する可能性がある。

- 運動と知覚の不一致 [11] は、シミュレーターの動きと利用者が期待する動きとの間の不一致に起因する。
- 一般的に、視野 [20] を広げるとシミュレーター酔いの症状の発生率が高くなる。この関係は曲線的であることが示されており、症状は 140° を超える視野の漸近線に近づいている。
- 運動視差距離 [15] を人間の目の間の距離よりも短い距離に変更すると、頭痛、眼精疲労、かすみ目などの動眼神経障害を引き起こす可能性がある。
- 視野角 [26] は、特に極端な角度で利用者のシミュレーター酔いの症状を増加させることが示されている。
- VR 体験時間が長いほど利用者の倦怠感の影響が増大するため、シミュレーター酔いをより起こしやすくなる。

シミュレーター酔いを軽減する方法としては、以下のような対策が挙げられる。

- トラッキングなどの VR 環境の改善によって解決できる。
- 静的な参照フレーム (独立した視覚的背景) を導入すると、シミュレーター酔いを軽減できる可能性がある [19]。
- 回転運動の軽減 [16]，視野の動的な縮小 [9]，無重力状態での移動 [28] など，視覚的側面と体の動きの間に不一致 [11] を生じさせないようにする。

そこで、仮説 3 として、体験時間が同じ条件下では、体験者の運動とは独立な回転運動の軽減などのシミュレーター酔いの軽減をした VR 環境により、治療効果が高くなると考えた。

上記の 3 つの仮説をまとめると、以下の表 1.1 になる。

	CG VR [3]	単方位空撮 VR	全方位空撮 VR	直接暴露
知覚対象	静止 CG	実動画	実動画	実物
時間変化	なし	あり	あり	あり
臨場感と没入感	低	中	高	最大
仮想提示による副作用	高	中	低	なし
予想現実感	低	中	高	最大
予想治療効果	低	→		高

表 1.1: 暴露療法の種類・特徴と高所恐怖症の軽減効果の関係に関する仮説

1.5 論文の流れ

本論文では第一章で恐怖症と高所恐怖症について説明し、その治療法および高所恐怖症の VR 暴露療法に関する先行研究を述べた。そして、本研究の目的と考えられる仮説を述べ、仮説に対する研究方法を述べる。第二章では、Bentz [3] らの研究を追試したコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法とその追試実験について述べる。第三章では第二章のコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の問題を解決するために提案した単方位空撮 VR 暴露療法とその治療効果を検討した実験 1 について述べる。第四章では第三章の単方位空撮 VR 暴露療法の問題を解決したするためにさらなる改良を重ねた全方位空撮 VR 暴露療法とその治療効果を検討した実験 2 について述べる。第五章では本研究の目的である高所恐怖症の軽減効果を、追試、実験 1、実験 2 の三回の実験を総括および考察し、本研究を結論づける。

第2章 追試実験：コンピュータ・グラフィックスVR暴露療法

2.1 追試実験の目的

第一章で紹介した先行研究ではVR暴露療法の高い効果を示す結果のみが報告されていた。そこで、先行研究の知見を確かめるため、先行研究の一つである Bentz [3] らの実験を追試した。

2.2 追試実験の方法

2.2.1 実験参加者

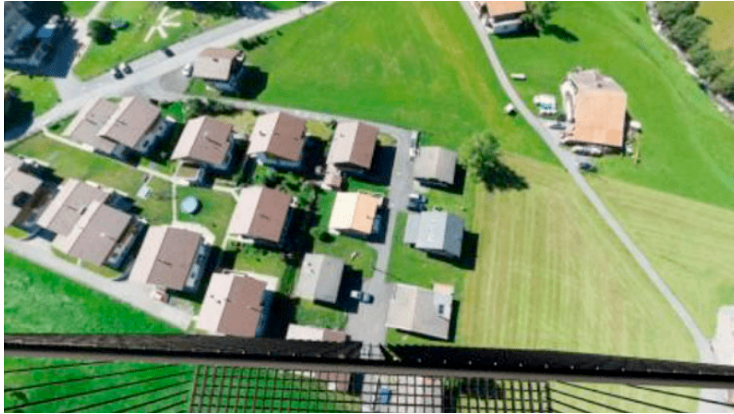
本研究は、北陸先端科学技術大学院大学の学生を対象に、実験の被験者募集のメールを送り、参加希望者を集めて症状自評量表 (Self-reporting Inventory; SCL-90) [7] と高所恐怖症質問紙 (Acrophobia Questionnaire; AQ) [6] を用いて他の精神疾患がなく高所恐怖症を持ち、かつ暴露療法を受けたことがない実験参加者を5人を選別した。本研究も、先行研究のように、高所恐怖症質問紙 (Acrophobia Questionnaire; AQ) [6] で25点以上を取った人を高所恐怖症を持つと判断した。募集した実験参加者は、男性3人と女性2人で構成された。VR暴露療法は、高所にいる没入感を最大化するために擬似的な視覚と聴覚を被験者に与えるため、何らかの不具合が発生する可能性がある。そこで、被験者に本実験の概要、目的、意義、方法、個人情報保護の方法と安全管理での配慮などについて説明した上で、同意書に署名することで研究協力について同意を取った。

2.2.2 「Easy Heights」アプリケーション

Bentz [3] らが開発したスマートフォンを用いた独立型VR暴露アプリケーションである「Easy Heights」を使用した。アプリケーション内のコンテンツは以下図2.1のようになっている。

「Easy Heights」アプリケーションは、さらなる支援やセラピストなしに使用できるように設計されているが、臨床現場でのブレンド治療アプローチに組み込むことも可能である。「Easy Heights」アプリケーションは、段階的行動暴露法に

(a) 田舎



(b) 都会



図 2.1: 「Easy Heights」で提示される風景の一例 (Bentz [3] らの論文から転載)

基づいており、心理教育的な要素や特定の認知的介入は含まれていない。ドイツのエビデンスに基づくガイドラインによると、特定の恐怖症の治療には、直接 (in vivo) 暴露療法が選択されるが、VR 暴露療法は、直接 (in vivo) 暴露療法が利用できない、または可能でない場合には、2 番目に良い選択肢として評価される。「Easy Heights」アプリケーションを開くと、アプリケーションの使用方法に関するすべての情報が 2D で書かれている。この情報は、アプリケーション内容の簡単な説明から始まり、「Easy Heights」アプリケーションの 3D 部分は、ユーザーが仮想プラットフォームに立っている 3 つの異なる環境である田舎の山、曇りの天気、都会の町で構成されていると説明されている。3 つの環境それぞれに、16 の異なる高さ (0~75m の高さの範囲) のレベルが用意されている。ユーザーは、主観的苦痛尺度 (SUDs: "How big is your fear at this level?", 尺度 0 = 無恐怖, 尺度 10 = 最大恐怖) に基づいて事前に定義された暴露スキームに従って、地上レベルからさらに高いレベルへと進んでいく。ユーザーは、2 回連続して SUDs が 3 以下になるまで、各レベルに留まらなければならない。1 つのレベルをクリアした後、ユーザーはクリアしたレベルに応じて黄色の風船 (1~15 個) を受け取る。SUDs の評価は、3 回の暴露セッションの間、継続的に行われる。

2.2.3 質問紙

- 症状自評量表 (Self-reporting Inventory; SCL-90) [7] は、他の精神的疾患があるかを判断するものであり、0~360 の範囲で、得点が高いほど精神的疾患を持つ可能性が高いことを示す。
- 高所恐怖症質問紙 (Acrophobia Questionnaire; AQ) [6] は、高所恐怖症の評価を目的としていて、0~120 の範囲で、得点が高いほど重症度が高いことを

示す.

- 高所に対する態度質問紙 (Attitude Toward Heights Questionnaire; ATHQ) [2] は, 高所に対する態度を測定する質問紙であり, 0~60 の範囲で, 得点が高いほど否定的な態度を示す.
- 不安・危険予感尺度 (Anxiety and Danger Expectancy Scales; AES&DES) [12] は, 単一の視覚的アナログスケールで測定した高所恐怖症の自己申告による変化であり, AES は 10~50, DES は 5~25 の範囲で, スコアが高いほど重症度が高いことを示す.
- 主観的苦痛度尺度 (Subjective Units of Distress Scale; SUDs) [3] は, 平均主観的恐怖であり, 範囲は 0~10 で, スコアが高いほど主観的恐怖が強いことを示す.
- シミュレーター酔い質問紙 (Simulator Sickness Questionnaire; SSQ) [17] は, VR の副作用を評価するためのアンケートで, 範囲は 0~48 で, スコアが高いほどシミュレーター酔いがひどいことを示す.
- コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法評価質問紙に関しては, コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法で使った動画のリアリティと没入感, 高所恐怖症を緩和・治療する可能性, 他の恐怖症への傾向性の 4 項目と自由記述回答による意見で構成された.

2.2.4 追試実験に用いた機材



図 2.2: コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の装置

本研究では、図 2.2(a) のようにスマホ (SAMSUNG Galaxy S10+) を VR ゴーグル (Samsung Gear VR) と組み合わせて使うことで、スマホにインストールされている「Easy Heights」アプリケーションを体験することができる。本システムを実際に装着した例を図 2.2(b) に示す。

2.3 追試実験の流れ

コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法体験前後の変化を確認するために、体験前、実験参加者は、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2] と不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12] を記入した。そして、スマホと VR ゴーグルを組み立て、ゴーグルを装着後、実験参加者は「Easy Heights」アプリケーションを通じて、コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法を体験した。体験中の各段階では、実験参加者は主観的苦痛度尺度 (SUDs) [3] を口頭で答えてそれを実験者が記録した。各実験参加者は、連続五日間の体験を行った。最初の二日は 20 分、残りの三日は 30 分の体験を行った。コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の体験後には VR 体験の副作用を評価するために被験者にシミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] に回答した。さらに、最終日には、被験者は高所恐怖症質問紙 (AQ) [6]、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2] と不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12] に回答した。その他、コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法評価質問紙にも回答した。

2.4 追試実験の結果

追試実験は北陸先端科学技術大学院大学の学生を対象として募集した男性 3 人と女性 2 人に対して行われた。他の精神的疾患がない高所恐怖症を持つ被検者を募集するにあたって、症状自评量表 (SCL-90) [7] と高所恐怖症質問紙 (AQ) [6] を参考としている。高所恐怖症である被験者がどの程度の AQ スコアを取ったかについては、図 2.3(a) に示している。以下、高所恐怖症質問紙 (AQ) [6]、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2]、不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12]、シミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] の変化とコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法評価質問紙について追試実験で得られた結果を示す。

1. 高所恐怖症質問紙のスコア変化

コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の体験前後の高所恐怖症質問紙のスコア (AQ) の分布、平均値および変化を図 2.3(a) に示す。体験前後の AQ スコアの変化を見ると平均 1.2 点、6 点の減少から 4 点の増加の範囲で変化があったことがわかる。

2. 高所に対する態度質問紙のスコア変化

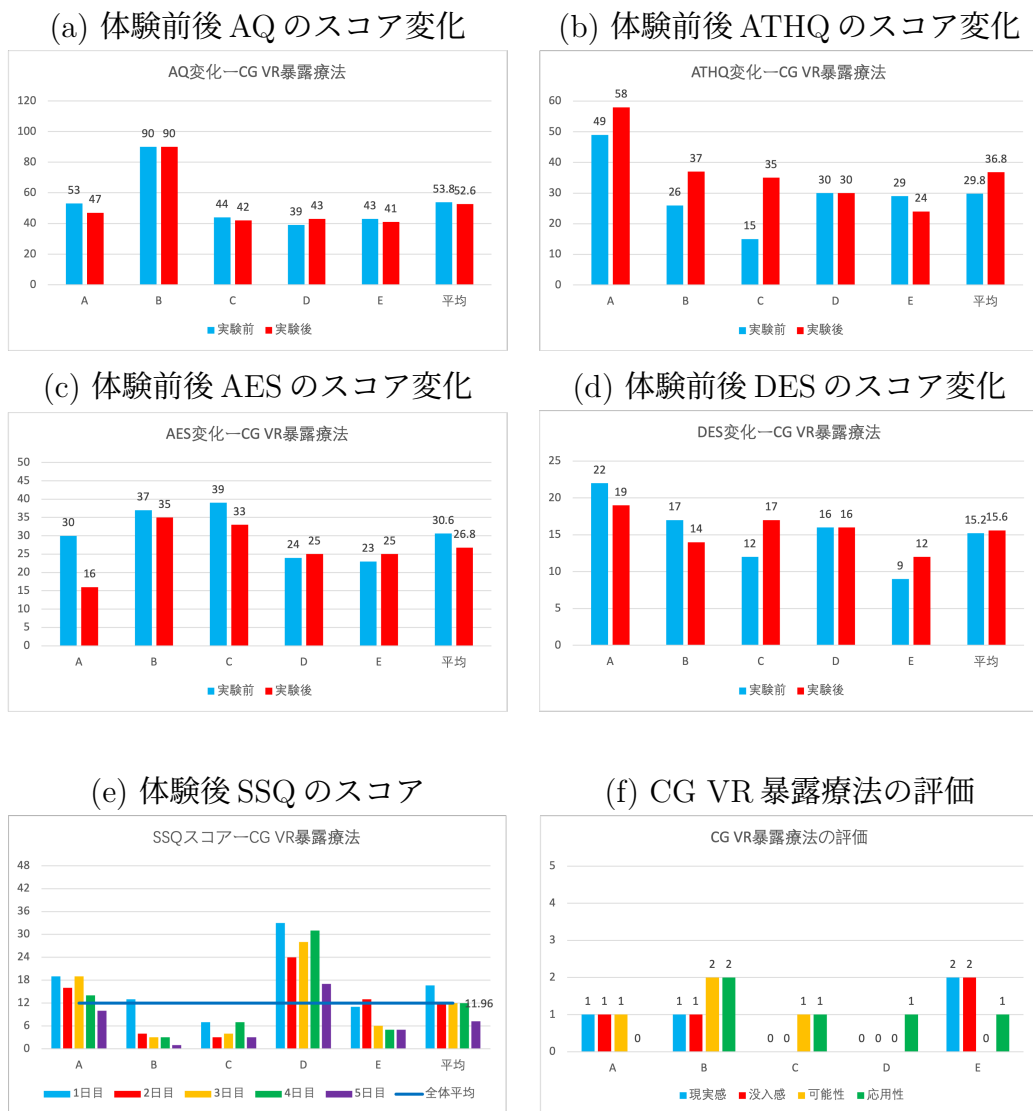


図 2.3: 追試実験前後質問紙結果の比較

コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の体験前後の高所に対する態度質問紙 (ATHQ) のスコアの分布, 平均値および変化を図 2.3(b) に示す. ATHQ スコアの変化を見ると平均 7 点増加し, 5 点の減少から 20 点の増加の範囲で変化があったことがわかる.

3. 不安・危険予感尺度のスコア変化

コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の体験前後の不安・危険予感尺度のスコア (AES; DES) の分布, 平均値および変化を図 2.3(c,d) に示す. AES スコアの変化を見ると平均 3.8 点, 14 点の減少から 2 点の増加の範囲で変化があり, DES スコアの変化を見ると平均 0.4 点増加し, 3 点の減少から 5 点の増加の範囲で変化があったことがわかる.

4. シミュレーター酔い質問紙のスコア分布

毎日コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の体験直後のシミュレーター酔い質問紙 (SSQ) のスコアの分布を図 2.3(e) に示す. 一日目は平均 16.6, 二日目は平均 12, 三日目は平均 12, 四日目は平均 12, 五日目は平均 7.2 で, 全体の平均は 11.96 である. それで, シミュレーター酔いは個人差にもその日のコンディションにもよって変わることがわかる.

5. コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法評価

実験の最終日に記入してもらったコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法評価質問紙の結果を図 2.3(f) に示す. また, 自由回答による評価として, 「静止物しかなく, リアリティが低い」, 「画質や画面の歪みが多い」, 「参照物の種類が少ない」, 「シミュレーション環境が単調すぎて面白みに欠け, シーンに飽きが来やすい」などといったコメント 4 件と「室内で高所体験ができる利便性がある」などといった積極的なコメント 1 件があった. 詳しい自由記述回答は表 I.1 にまとめた.

さらに, 表 2.1 のように, 5 名の実験参加者の 4 つの質問紙 (AQ, ATHQ, AES, DES) に対する単方位空撮 VR 暴露療法を受ける前後のスコア ($4 \times 2 \times 5$) を, 質問紙とコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の 2 つを要因とする二要因分散分析を行った. この分析の結果, 質問紙の違い ($F(3, 32) = 14.68, p < 10^{-4}$) の有意な主効果があり, コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の前後 ($F(1, 32) = 0.02, p = 0.88$) の有意な主効果がなく, その交互作用は有意ではなかった ($F(3, 32) = 0.32, p = 0.81$). この結果はコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の高所恐怖症への効果 (暴露療法の前後でのスコアの減少) は統計的に有意ではなかったことを意味する.

上記の分析をまとめると, 個々人のスコアの変化としても, 平均的な変化としても, 実験参加者 5 名の高所恐怖症の改善傾向はほとんど見られなかった.

(a) 被験者間因子

		度数
暴露前後	前	20
	後	20
質問紙の種類	AES	10
	AQ	10
	ATHQ	10
	DES	10

(b) 被験者間効果の検定

従属変数：質問紙スコア

ソース	タイプ III 平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
暴露前後	3.600	1	3.600	.022	.884
質問紙の種類	7358.900	3	2452.967	14.679	<.001
暴露前後*質問紙の種類	159.000	3	53.000	.317	.813
誤差	5347.600	32	167.113		
総和	55510.000	40			

表 2.1: 追試実験結果の二要因分散分析

2.5 追試実験の考察

コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法評価質問紙の結果では、現実感、没入感、高所恐怖症や他の恐怖症の治療可能性についても悲観的な態度を持つことがわかった。現実感が低い理由は、VR の環境に静止物しかなく、画質も悪いことであると考えられる。没入感が低いのは、高いところにいくほど高さを認識するための参照物の種類が少ないため、より高い段階では、参加者に与えられる恐怖感がほぼ変わらなかったと予想される。

第3章 実験1：単方位空撮VR暴露療法を検討

3.1 実験1の目的

追試実験で明らかになった Bentz [3] らの先行研究の提案法の課題は現実感の欠如と低い没入感により、暴露の効果が乏しいという点であった。これを克服するために、より現実感の高い高所の疑似体験を提供するため、コンピュータ・グラフィックスではなく、ドローンで空撮した映像を用いて、ドローン視点の映像をVRヘッドセットで視聴する暴露プログラムを提案する。これは、ドローンを用いて実際の高所景観に近い高解像度の映像をVRシステムで地上の安全な環境で体験できる新たなVR暴露療法の一つである。以下で報告する実験1では、ドローンに搭載された単方位カメラで撮影した映像を用いた、単方位空撮VR暴露療法の効果を検討した。これにより、高所恐怖症緩和・治療の新たな選択肢の確立を目指す。

3.2 予備実験の方法

3.2.1 実験参加者

本研究は、北陸先端科学技術大学院大学の学生を対象に、実験の被検者募集のメールを送り、参加希望者を集めて症状自評量表 (SCL-90) [7] と高所恐怖症質問紙 (AQ) [6] を用いて他の精神疾患がなく高所恐怖症を持ち、かつこれまでに暴露療法を受けたことがない実験参加者を10人を選別した。本研究も、先行研究のように、高所恐怖症質問紙 (AQ) [6] で25点以上を取った人を高所恐怖症を持つと判断した。募集した実験参加者は、男性5人と女性5人で構成された。単方位空撮VR暴露療法は、高所にいる没入感を最大化するために擬似的な視覚と聴覚を被験者に与えるため、何らかの不具合が発生する可能性がある。そこで、被験者に本実験の概要、目的、意義、方法、個人情報保護の方法と安全管理での配慮などについて説明した上で、同意書に署名することで研究協力について同意を取った。また以上の実験計画は事前に北陸先端科学技術大学院大学ライフサイエンス委員会に提出し、承認を受けた(承認番号: 人04-016)。

(a) JAIST 体育館周辺



(b) 石川サイエンスパーク公園



図 3.1: 単方位空撮 VR 動画の画面

3.2.2 用いた映像

単方位空撮 VR 暴露療法は、図 3.1 のように二つのセッション (石川サイエンスパークの公園で撮った動画と JAIST 体育館周辺で撮った動画) で構成されている。各セッションは、上昇、自由飛行と落下に分けている。上昇は、高さ 90 メートルまで 2 メートルずつ上昇しながら撮った 45 個の動画を 15 個レベルに分けたものである。自由飛行は、地面から 120 メートル高空まで上がり、ドローンを自由に飛ばして撮った動画である。落下は、高さ 90 メートルから急に下降しながら撮った動画である。

3.2.3 質問紙

- 症状自评量表 (SCL-90) [7] は、他の精神的疾患があるかを判断するものであり、0～360 の範囲で、得点が高いほど精神的疾患を持つ可能性が高いことを示す。
- 高所恐怖症質問紙 (AQ) [6] は、高所恐怖症の評価を目的としていて、0～120 の範囲で、得点が高いほど重症度が高いことを示す。
- 高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2] は、高所に対する態度を測定する質問紙であり、0～60 の範囲で、得点が高いほど否定的な態度を示す。
- 不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12] は、単一の視覚的アナログスケールで測定した高所恐怖症の自己申告による変化であり、AES は 10～50、DES は 5～25 の範囲で、スコアが高いほど重症度が高いことを示す。
- 主観的苦痛度尺度 (SUDs) [3] は、平均主観的恐怖であり、範囲は 0～10 で、スコアが高いほど主観的恐怖が強いことを示す。

- シミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] は，VR の副作用を評価するためのアンケートで，範囲は 0～48 で，スコアが高いほどシミュレーター酔いがひどいことを示す．
- 単方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙に関しては，単方位空撮 VR 暴露療法で使った動画のリアリティと没入感，高所恐怖症を緩和・治療する可能性，他の恐怖症への傾向性の 4 項目と自由記述回答による意見で構成された．

3.2.4 実験 1 に用いた機材



図 3.2: 単方位空撮 VR 暴露療法の装置

本研究では，図 3.2(c) のようにスマホ (SAMSUNG Galaxy S10+) を VR ゴーグル (HTC VIVE Flow) のコントローラーとして使うことで，ドローン (DJI Mini 2)

で撮影して Final Cut Pro を用いて動画を編集した。さらに、それらと同時にノイズキャンセリング機能付きワイヤレスイヤホン (Apple AirPods Pro) によって、視覚と聴覚を被験者に擬似的に与える単方位空撮 VR システムとして構築されている。聴覚としては、森の中の鳥の鳴き声や風の音を提示している。本システムを実際に装着した例を図 3.2(d) に示す。

3.3 実験の手続き

単方位空撮 VR 暴露療法体験前後の変化を確認するために、体験前、実験参加者は、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2] と不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12] を記入した。そして、スマホと VR ゴーグルを繋げ、ゴーグルとワイヤレスイヤホンを装着後、実験参加者は単方位空撮 VR 暴露療法を体験した。体験中の各段階では、実験参加者は主観的苦痛度尺度 (SUDs) [3] を口頭で答えてそれを実験者が記録した。実験参加者は主観的苦痛度尺度 (SUDs) [3] を 2 回連続して SUDs が 3 以下になるまで、各レベルに留まらなければならない。各実験参加者は、連続五日間の体験を行った。最初の二日は 20 分、残りの三日は 30 分の体験を行った。単方位空撮 VR 暴露療法の体験後には VR 体験の副作用を評価するために被験者にシミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] に回答した。さらに、最終日には、被験者は高所恐怖症質問紙 (AQ) [6]、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2] と不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12] に回答した。その他、単方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙にも回答した。

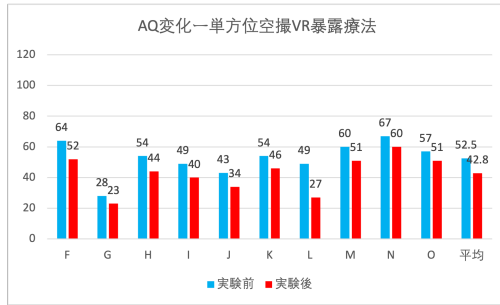
3.4 実験 1 の結果

予備実験は北陸先端科学技術大学院大学の学生を対象として募集した男性 5 人と女性 5 人に対して行われた。他の精神的疾患がない高所恐怖症を持つ被験者を募集するにあたって、症状自评量表 (SCL-90) [7] と高所恐怖症質問紙 (AQ) [6] を参考としている。高所恐怖症である被験者がどの程度の AQ スコアを取ったかについては、図 3.3(a) に示している。以下、高所恐怖症質問紙 (AQ) [6]、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2]、不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12]、シミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] の変化と単方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙について本実験で得られた結果を示す。

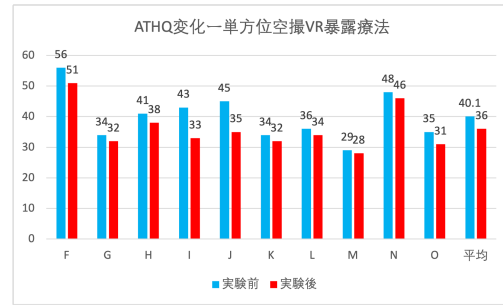
1. 高所恐怖症質問紙のスコア変化

単方位空撮 VR 暴露療法の体験前後の高所恐怖症質問紙 (AQ) のスコアの分布、平均値および変化を図 3.3(a) に示す。体験前後の AQ スコアの変化を見ると平均 9.7 点、最大 22 点、最小 5 点減ったことがわかる。

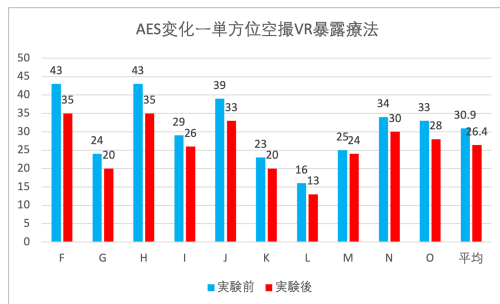
(a) 体験前後 AQ のスコア変化



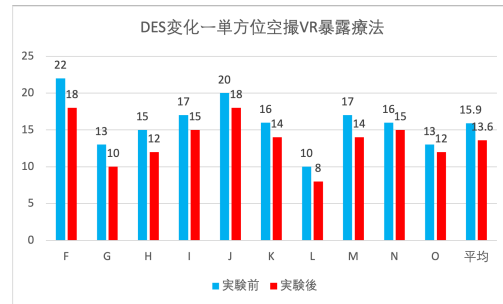
(b) 体験前後 ATHQ のスコア変化



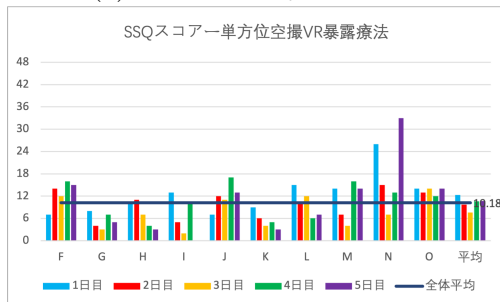
(c) 体験前後 AES のスコア変化



(d) 体験前後 DES のスコア変化



(e) 体験後 SSQ のスコア



(f) 単方位空撮 VR 暴露療法の評価

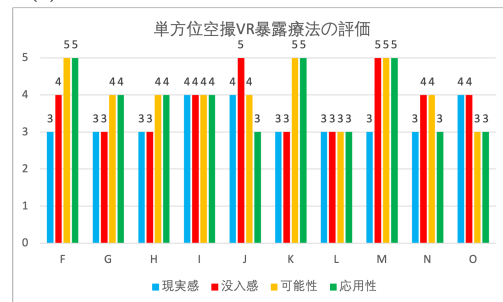


図 3.3: 予備実験前後質問紙結果の比較

2. 高所に対する態度質問紙のスコア変化

単方位空撮 VR 暴露療法の体験前後の高所に対する態度質問紙 (ATHQ) のスコアの分布, 平均値および変化を図 3.3(b) に示す. ATHQ スコアの変化を見ると平均 4.1 点, 最大 10 点, 最小 1 点減ったことがわかる.

3. 不安・危険予感尺度のスコア変化

単方位空撮 VR 暴露療法の体験前後の不安・危険予感尺度 (AES; DES) のスコアの分布, 平均値および変化を図 3.3(c,d) に示す. AES スコアの変化を見る平均 4.5 点, 最大 4 点, 最小 1 点と減って, DES スコアの変化を見ると平均 2.3 点, 最大 8 点, 最小 1 点減ったことがわかる.

4. シミュレーター酔い質問紙のスコア分布

毎日単方位空撮 VR 暴露療法の体験直後のシミュレーター酔い質問紙 (SSQ) のスコアの分布を図 3.3(e) に示す. 一日目は平均 12.3, 二日目は平均 9.7, 三日目は平均 7.6, 四日目は平均 10.6, 五日目は平均 10.7 で, 全体の平均は 10.18 である. それで, シミュレーター酔いは個人差にもその日のコンディションにもよって変わることがわかる.

5. 単方位空撮 VR 暴露療法評価

実験の最終日に記入してもらった単方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙の結果を図 3.3(f) に示す. また, 自由回答による評価として, 「目眩がする」「高さが高くなるほど, 真っ下の地面が見えなくて残念だった」などといった動画の撮り方が原因となるコメント 6 件と「動画に動くもの(車, 鳥など)があって臨場感が高い」「自由飛行の動画では, 上昇と下降の高さ変化がより顕著になっていて, より効果的だ」「没入感が高いため, 体験中によく足がすくんだり, ひざが震えたりして, 動かなくなった」などといった積極的なコメント 8 件があった. 詳しい自由記述回答は表 J.1 に整理されている.

さらに, 表 3.1 のように, 10 名の実験参加者の 4 つの質問紙 (AQ, ATHQ, AES, DES) に対する単方位空撮 VR 暴露療法を受ける前後のスコア ($4 \times 2 \times 10$) を, 質問紙と単方位空撮 VR 暴露療法の 2 つを要因とする二要因分散分析を行った. この分析の結果, 質問紙の違い ($F(3, 72) = 58.23, p < 10^{-4}$) と単方位空撮 VR 暴露療法の前後 ($F(1, 72) = 7.85, p = 0.007$) の有意な主効果があり, その交互作用は有意ではなかった ($F(3, 72) = 0.75, p = 0.53$). この分析結果は, 実験で用いたどの 4 つの質問紙の観点からも, 単方位空撮 VR 暴露療法により統計的に有意な高所恐怖症の軽減が見られたことを意味する.

上記の分析をまとめると, 個々人のスコアの変化でも, 平均的な変化としても, 実験参加者 10 名全員が改善傾向を示した.

(a) 被験者間因子

		度数
暴露前後	前	40
	後	40
質問紙の種類	AES	20
	AQ	20
	ATHQ	20
	DES	20

(b) 被験者間効果の検定

従属変数：質問紙スコア

ソース	タイプ III 平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
暴露前後	530.450	1	530.450	7.853	.007
質問紙の種類	11800.150	3	3933.383	58.229	<.001
暴露前後*質問紙の種類	151.750	3	50.583	.749	.527
誤差	4863.600	72	67.550		
総和	100680.000	80			

表 3.1: 実験 1 結果の二要因分散分析

3.5 実験 1 の考察

単方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙の結果では、没入感が高く、高所恐怖症や他の恐怖症についても有効であるとの評価を得ることができた。その一方で、現実感についての評価はそれほど高くないという結果も得られた。その理由として、高所で高さを感じられる真下の映像が、ドローンのカメラの構造的な制限のために撮れなかった点が挙げられる。この問題を改善することで、より現実感の高い体験ができ、高所恐怖症の改善効果のさらなる向上が期待できると考えられる。また、自由回答による評価では、目眩がするという問題点の指摘が多かった。カメラの制限に関する問題、および目眩の問題に関しては、単方位カメラからの映像であり、そのために強制的に視点を回転する映像となっていたために問題が生じたのではないかと考えられる。したがって、これらの問題を同時に解消するためには、ドローンの搭載した全方位カメラで撮影した映像を用いる方法が考えられる。この場合、事後的に VR システム上でヘッドセットの動きに合わせて参加者が自由に視点を変えられるため、より高い現実感と目眩の軽減効果が期待できる。

第4章 実験2：全方位空撮VR暴露療法

4.1 実験2の目的

実験1では、単方位空撮VR暴露療法の有意な効果が示された一方で、現実感が十分ではなく、参加者の多くが目眩を経験するという副作用も報告された。こうして明らかになった単方位空撮VR暴露療法の欠点を克服するために、ドローンと全方位カメラを組み合わせて撮影した高解像度の映像をVRシステムで体験する全方位空撮VR暴露療法を提案する。全方位VR暴露療法方法では、実際に高空に浮いているように感じられる映像を提供し、また参加者が視点を自由に動かすことができる。従って、全方位空撮VR暴露療法では、単方位空撮VR暴露療法と同等の効果を持ちながら、シミュレーター酔いを大幅に減らすことが期待される。実験2では、全方位空撮VR暴露療法で高所恐怖症の軽減効果が維持あるいは増加したまま、シミュレーター酔いなどの副作用を軽減できるかを検討した。

4.2 実験方法

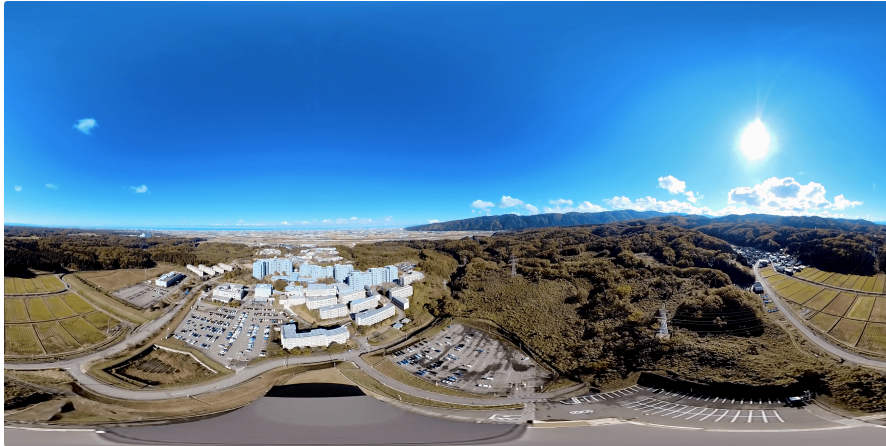
4.2.1 実験参加者

実験2のセッション1は、北陸先端科学技術大学院大学の学生を対象に、実験の被検者募集のメールを送り、参加希望者を集めて症状自評量表(SCL-90) [7]と高所恐怖症質問紙(AQ) [6]を用いて他の精神疾患がなく高所恐怖症を持ち、かつ暴露療法を受けたことがない実験参加者を10人を選別した。さらに、三つのVR暴露療法を比較しつつ、追跡調査を行うために、実験2のセッション2では、追試実験に参加した男性2人と女性1人と実験1に参加した男性1人と女性2人に実験参加を要請した。実験2の新たな参加者10名は、先行研究のように、高所恐怖症質問紙(AQ) [6]で25点以上を取った人を高所恐怖症を持つと判断された。新たに実験2で募集した実験参加者10は、男性5人と女性5人で構成された。全方位空撮VR暴露療法は、高所にいる没入感を最大化するために擬似的な視覚と聴覚を被験者に与えるため、何らかの不具合が発生する可能性がある。そこで、被験者に本実験の概要、目的、意義、方法、個人情報保護の方法と安全管理での配慮などについて説明した上で、同意書に署名することで研究協力について同意を取っ

た．また以上の実験計画は事前に北陸先端科学技術大学院大学ライフサイエンス委員会に提出し，承認を受けた(承認番号: 人04-016)．

4.2.2 実験刺激

(a) JAIST 体育館周辺



(b) 石川サイエンスパーク公園



図 4.1: 全方位空撮 VR 動画の画面

全方位空撮 VR 暴露療法は，単方位空撮 VR 療法で用いた映像と同様に，図 4.1 のように二つのセッション (石川サイエンスパーク公園で撮った動画と JAIST 体育館周辺で撮った動画) で構成されている．各セッションは，上昇，自由飛行と落下に分けている．上昇は，高さ 90 メートルまで 2 メートルずつ上昇しながら撮った 45 個の動画を 15 個レベルに分けたものである．自由飛行は，地面から 120 メートル高空まで上がり，ドローンを自由に飛ばして撮った動画である．落下は，高さ 90 メートルから急に下降しながら撮った動画である．

単方位空撮 VR 暴露療法で使った映像は、ドローンにつけている普通のカメラで撮影し、Final Cut Pro を用いて編集したものである。そのため、横方向の 360° はドローンを回転しながら撮影できるが、縦方向はカメラの構造上 360° 全部撮影することができない。そのため、動画を編集した後、VR ゴーグルでみると真上と真下の映像が変に見える。それに対して、全方位空撮 VR 暴露療法で使った映像は、Insta360 Sphere というドローン用全方位カメラをドローンに組み合わせて撮影した映像を Insta360 Studio を用いて編集したものである。Insta360 Sphere は上下二つの方向に各一つの魚眼レンズのカメラがあり、横方向だけでなく縦方向の 360° も撮影することができる。さらに、映像からドローンが完全に見えなくなるようにレンズは精確に位置決めされている。

4.2.3 質問紙

- 症状自评量表 (SCL-90) [7] は、他の精神的疾患があるかを判断するものであり、0～360 の範囲で、得点が高いほど精神的疾患を持つ可能性が高いことを示す。
- 高所恐怖症質問紙 (AQ) [6] は、高所恐怖症の評価を目的としていて、0～120 の範囲で、得点が高いほど重症度が高いことを示す。
- 高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2] は、高所に対する態度を測定する質問紙であり、0～60 の範囲で、得点が高いほど否定的な態度を示す。
- 不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12] は、単一の視覚的アナログスケールで測定した高所恐怖症の自己申告による変化であり、AES は 10～50、DES は 5～25 の範囲で、スコアが高いほど重症度が高いことを示す。
- 主観的苦痛度尺度 (SUDs) [3] は、平均主観的恐怖であり、範囲は 0～10 で、スコアが高いほど主観的恐怖が強いことを示す。
- シミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] は、VR の副作用を評価するためのアンケートで、範囲は 0～48 で、スコアが高いほどシミュレーター酔いがひどいことを示す。
- 全方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙に関しては、全方位空撮 VR 暴露療法で使った動画のリアリティと没入感、高所恐怖症を緩和・治療する可能性、他の恐怖症への傾向性の 4 項目と自由記述回答による意見で構成された。

4.2.4 実験 2 に用いた機材

本研究では、図 4.2(g) の VR ゴーグル (HTC Focus 3) で、図 4.2(a)(b) のドローン (DJI Mavic Air 2S) と図 4.2(c) の全方位カメラ (Insta360 Sphere) を図 4.2(d)(e)

(a) ドローンの正面



(b) ドローンの側面



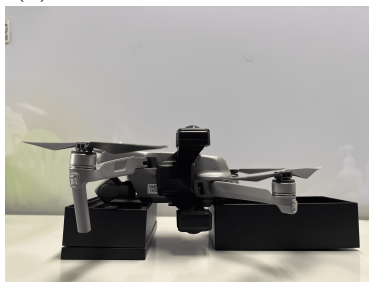
(c) 全方位カメラ



(d) ドローン+カメラ正面



(e) ドローン+カメラ側面



(f) ワイヤレスイヤホン



(g) VR ゴーグル



(h) 装着例



図 4.2: 全方位空撮 VR 暴露療法の装置

のように組み合わせて撮影した映像を Insta360 Studio を用いて動画を編集した。さらに、それらと同時に図 4.2(f) のノイズキャンセリング機能付きワイヤレスイヤホン (Apple AirPods Pro) によって、視覚と聴覚を被験者に擬似的に与える全方位空撮 VR システムとして構築されている。聴覚としては、森の中の鳥の鳴き声や風の音を提示している。本システムを実際に装着した例を図 4.2(h) に示す。

4.3 手続き

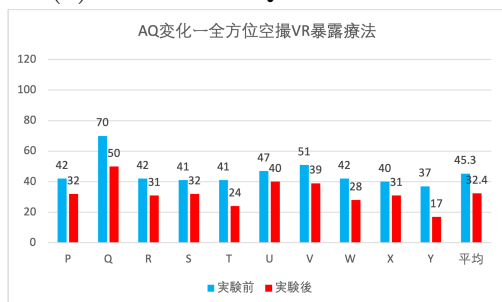
全方位空撮 VR 暴露療法体験前後の変化を確認するために、体験前、実験参加者は、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2] と不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12] を記入した。そして、スマホと VR ゴーグルを繋げ、ゴーグルとワイヤレスイヤホンを装着後、実験参加者は全方位空撮 VR 暴露療法を体験した。体験中の各段階では、実験参加者は主観的苦痛度尺度 (SUDs) [3] を口頭で答えてそれを実験者が記録した。実験参加者は主観的苦痛度尺度 (SUDs) [3] を 2 回連続して SUDs が 3 以下になるまで、各レベルに留まらなければならない。各実験参加者は、連続五日間の体験を行った。最初の二日は 20 分、残りの三日は 30 分の体験を行った。全方位空撮 VR 暴露療法の体験後には VR 体験の副作用を評価するために被験者にシミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] に回答した。さらに、最終日には、被験者は高所恐怖症質問紙 (AQ) [6]、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2] と不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12] に回答した。その他、全方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙にも回答した。

4.4 結果と分析

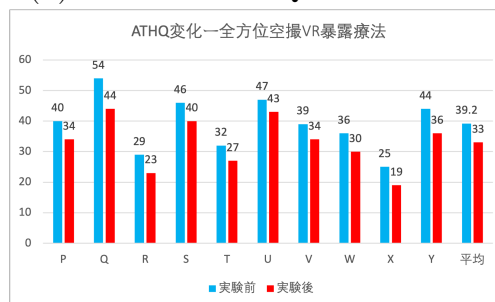
本実験のセッション 1 は、北陸先端科学技術大学院大学の学生を対象として募集した男性 5 人と女性 5 人に対して行われた。他の精神的疾患がない高所恐怖症を持つ被験者を募集するにあたって、症状自评量表 (SCL-90) [7] と高所恐怖症質問紙 (AQ) [6] を参考としている。高所恐怖症である被験者がどの程度の AQ スコアを取ったかについては、図 4.3(a) に示している。以下、高所恐怖症質問紙 (AQ) [6]、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2]、不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12]、シミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] の変化と全方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙について本実験で得られた結果を示す。しかし、実験が終わって、データを整理する過程で、女性 1 人のデータが極端に悲観的であった (すべての評価項目に最低点数を回答していた) ため、このデータは分析から除外し、新たに女性 1 人を追加募集して実験を行った。以下の分析は、極端に悲観的である被験者のデータを除き、追加募集した被験者のデータが含まれた計 10 名のデータの結果を報告する。

1. 高所恐怖症質問紙のスコア変化

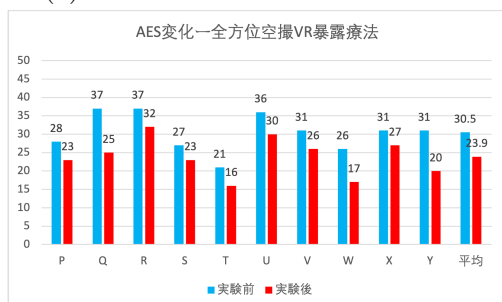
(a) 体験前後 AQ のスコア変化



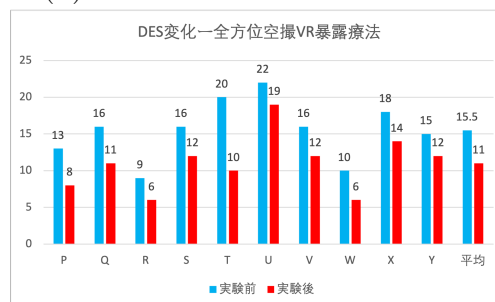
(b) 体験前後 ATHQ のスコア変化



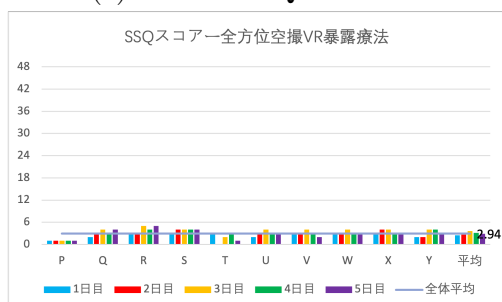
(c) 体験前後 AES のスコア変化



(d) 体験前後 DES のスコア変化



(e) 体験後 SSQ のスコア



(f) 全方位空撮 VR 暴露療法の評価

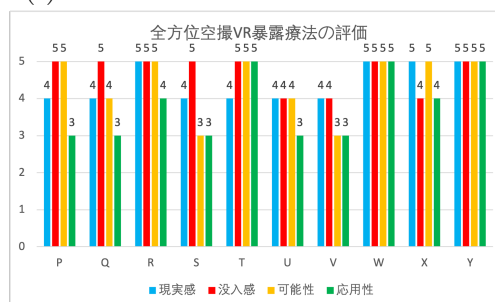


図 4.3: 本実験前後質問紙結果の比較

全方位空撮 VR 暴露療法の体験前後の高所恐怖症質問紙 (AQ) のスコアの分布、平均値および変化を図 4.3(a) に示す。体験前後の AQ スコアの変化を見ると平均 12.9 点、最大 20 点、最小 7 点減ったことがわかる。

2. 高所に対する態度質問紙のスコア変化

全方位空撮 VR 暴露療法の体験前後の高所に対する態度質問紙 (ATHQ) のスコアの分布、平均値および変化を図 4.3(b) に示す。ATHQ スコアの変化を見ると平均 6.2 点、最大 10 点、最小 4 点減ったことがわかる。

3. 不安・危険予感尺度のスコア変化

全方位空撮 VR 暴露療法の体験前後の不安・危険予感尺度 (AES; DES) のスコアの分布、平均値および変化を図 4.3(c,d) に示す。AES スコアの変化を見ると平均 6.6 点、最大 12 点、最小 4 点減って、DES スコアの変化を見ると平均 4.5 点、最大 10 点、最小 3 点減ったことがわかる。

4. シミュレーター酔い質問紙のスコア分布

毎日全方位空撮 VR 暴露療法の体験直後のシミュレーター酔い質問紙 (SSQ) のスコアの分布を図 4.3(e) に示す。一日目は平均 2.5、二日目は平均 2.6、三日目は平均 3.6、四日目は平均 3.1、五日目は平均 2.9 で、全体の平均は 2.96 である。

5. 全方位空撮 VR 暴露療法評価

実験の最終日に記入してもらった全方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙の結果を図 4.3(f) に示す。また、自由回答による評価として、「リアルで没入感がある」のコメント 7 件、「高所恐怖症が改善された」のコメント 8 件、「ノイズキャンセリングイヤホンで高さに応じた音声の変更や音量の調整がよかった」のコメント 2 件と「目の疲れや眩暈がする」のコメント 4 件、「高空での高さが参照できる参照物が少ない」のコメント 4 件など欠点を述べたコメントもあった。詳しい自由記述回答は表 K.1 にまとめた。

さらに、表 4.1 のように、10 名の実験参加者の 4 つの質問紙 (AQ, ATHQ, AES, DES) に対する単方位空撮 VR 暴露療法を受ける前後のスコア ($4 \times 2 \times 10$) を、質問紙と全方位空撮 VR 暴露療法の 2 つを要因とする二要因分散分析を行った。この分析の結果、質問紙の違い ($F(3, 72) = 52.17, p < 10^{-4}$) と全方位空撮 VR 暴露療法の前後 ($F(1, 72) = 22.38, p < 10^{-4}$) の有意な主効果があり、その交互作用は有意ではなかった ($F(3, 72) = 1.33, p = 0.27$)。この結果は全方位空撮 VR 暴露療法による高所恐怖症の軽減効果が統計的に有意であったことを意味する。全方位空撮 VR 療法による結果は、単方位空撮 VR 療法の結果と一貫した傾向をしめしている。

上記の分析をまとめると、個々人のスコアの変化を見ても、全体の変化を見ても、実験参加者 10 名全員が改善傾向を示した。

(a) 被験者間因子

		度数
暴露前後	前	40
	後	40
質問紙の種類	AES	20
	AQ	20
	ATHQ	20
	DES	20

(b) 被験者間効果の検定

従属変数：質問紙スコア

ソース	タイプ III 平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
暴露前後	1140.050	1	1140.050	22.378	<.001
質問紙の種類	7972.900	3	2657.633	52.167	<.001
暴露前後*質問紙の種類	203.250	3	67.750	1.330	.271
誤差	3668.000	72	50.944		
総和	79570.000	80			

表 4.1: 実験 2 セッション 1 結果の二要因分散分析

4.4.1 追跡調査

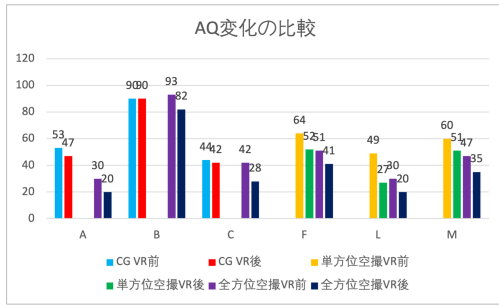
本実験セッション 2 は、追試実験に参加した男性 2 人と女性 1 人、実験 1 に参加した男性 1 人と女性 2 人の計 6 人に対して行われた。その中で、被験者 A は追試実験に参加した後、遊園地のジェットコースター、スカイダイビングなど直接 (in vivo) 暴露療法のような活動を多く経験したため、実験間の質問紙のスコアの変化量が他の被験者より大きい可能性がある。他の精神的疾患がない高所恐怖症を持つ被験者を募集するにあたって、症状自评量表 (SCL-90) [7] と高所恐怖症質問紙 (AQ) [6] を参考とした。高所恐怖症である被験者が二回の実験でどの程度の AQ スコアを取ったかについては、図 4.3(a) に示した。以下、高所恐怖症質問紙 (AQ) [6]、高所に対する態度質問紙 (ATHQ) [2]、不安・危険予感尺度 (AES&DES) [12]、シミュレーター酔い質問紙 (SSQ) [17] の変化と全方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙について追試実験ー実験 2、実験 1ー実験 2 の二回の実験で得られた結果を示す。

1. 高所恐怖症質問紙のスコア変化

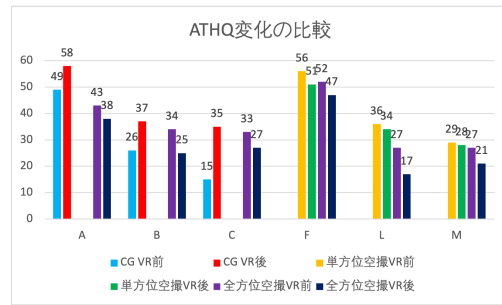
二回の実験前後の高所恐怖症質問紙 (AQ) のスコアの分布および変化を図 4.4(a) に示す。

2. 高所に対する態度質問紙のスコア変化

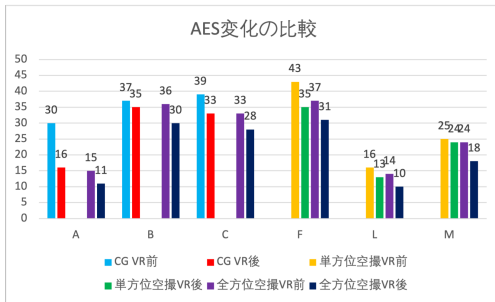
(a) 体験前後 AQ スコア変化の比較



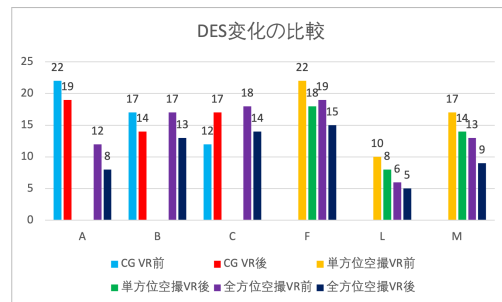
(b) 体験前後 ATHQ スコア変化の比較



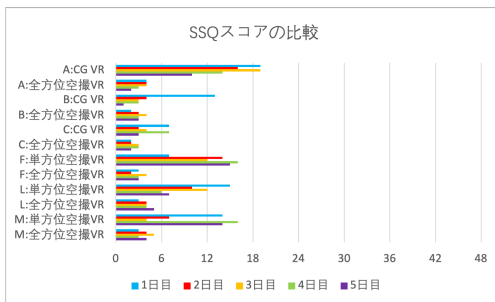
(c) 体験前後 AES スコア変化の比較



(d) 体験前後 DES スコア変化の比較



(e) 体験後 SSQ スコアの比較



(f) VR 暴露療法の評価の比較

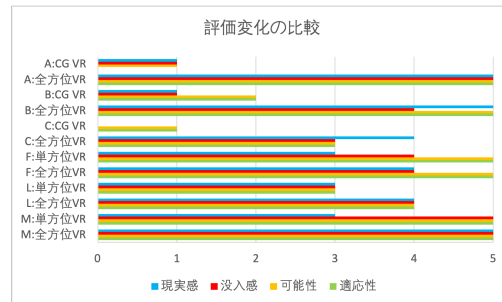


図 4.4: 対比実験の質問紙結果の比較

二回の実験前後の高所に対する態度質問紙 (ATHQ) のスコアの分布および変化を図 4.4(b) に示す.

3. 不安・危険予感尺度のスコア変化

二回の実験体験前後の不安・危険予感尺度 (AES; DES) のスコアの分布および変化を図 4.4(c,d) に示す.

4. シミュレーター酔い質問紙のスコア分布

二回の実験で毎日体験直後のシミュレーター酔い質問紙 (SSQ) のスコアの分布および変化を図 4.4(e) に示す.

5. 全方位空撮 VR 暴露療法評価

二回の実験の最終日に記入してもらった VR 暴露療法評価質問紙の結果および変化を図 4.4(f) に示す. また, 自由回答による評価として, 「リアルで没入感がある」のコメント 4 件と「高空での高さが参照できる参照物が少ない」のコメント 2 件など欠点を述べたコメントもあった. 詳しい自由記述回答は表 K.1 に整理されている.

図 4.4(a)(b)(c)(d) のように, 追試実験に参加した後, 遊園地のジェットコースター, スカイダイビングなど直接 (in vivo) 暴露療法のような活動を多く経験した被験者 A 以外, 他の全員の 1 回目の治療効果が 2 回目の実験をする前まで維持されることが明らかになった.

さらに, 表 4.2 のように, 6 名の実験参加者の 4 つの質問紙 (AQ, ATHQ, AES, DES) に対する単方位空撮 VR 暴露療法を受ける前後のスコア ($4 \times 2 \times 6$) を, 質問紙と全方位空撮 VR 暴露療法の 2 つを要因とする二要因分散分析を行った. この分析の結果, 質問紙の違い ($F(3, 40) = 10.16, p < 10^{-4}$) の有意な主効果があり, 全方位空撮 VR 暴露療法の前後 ($F(1, 40) = 2.76, p = 0.104$) の有意な主効果がなく, その交互作用は有意ではなかった ($F(3, 40) = 0.17, p = 0.917$).

4.5 考察

全方位空撮 VR 暴露療法評価質問紙の結果では, 現実感と没入感両方とも高めであり, 高所恐怖症や他の恐怖症についても有効であるとの評価を得ることができた. また, 高所恐怖症の軽減効果は, 単方位空撮 VR 療法と同程度以上でありながら, シミュレーター酔いを軽減するという結果も得られた.

一方, 全方位空撮 VR 暴露療法でも問題点として自由記述での回答で多く挙げられたのが「高空での高さが参照できる参照物が少ない」, 「長時間体験すると目の疲れや眩暈がする」という点であった.

(a) 被験者間因子

		度数
暴露前後	前	24
	後	24
質問紙の種類	AES	12
	AQ	12
	ATHQ	12
	DES	12

(b) 被験者間効果の検定

従属変数：質問紙スコア

ソース	タイプ III 平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
暴露前後	533.333	1	533.333	2.763	.104
質問紙の種類	6156.917	3	2052.306	10.163	<.001
暴露前後*質問紙の種類	97.667	3	32.556	.169	.917
誤差	7722.000	40	193.050		
総和	52254.000	48			

表 4.2: 実験 2 セッション 2 結果の二要因分散分析

今回用いた映像に高空での参照物が少ない主な理由は、映像を人口密集地を避けて撮影したためである。日本国土交通省のドローン飛行規制 [18] によると、人口密集地域である高さが参照できる高層ビルが多い都心では、ドローンの飛行が禁止されており、都心での飛行をしたい場合、その申請手続きが非常に厳しく、申請期間も長いのが現状である。そのため、今回の実験では、ドローンを飛行させることができる人口密集地域ではない場所を選び撮影したため、高空での高さを認識するための参照物が少ないという問題が生じた。しかし、この問題は、撮影する環境に高層建築物のある場所などを選んで撮影した映像を用いることで、今後解消可能な問題である。

長時間体験すると目の疲れや眩暈がする理由は、VR ゴーグルが電子機器であり、構造をみると小さいスクリーンで作られていて、長時間スクリーンをみると誰でも目の疲れが生じて眩暈がしてしまうためだと考えられる。この問題は、現状ではまだ未解決な VR 提示機器の技術的な問題であり、今後の技術開発により問題が軽減されることを期待する。

第5章 結論

5.1 各実験の結果のまとめ

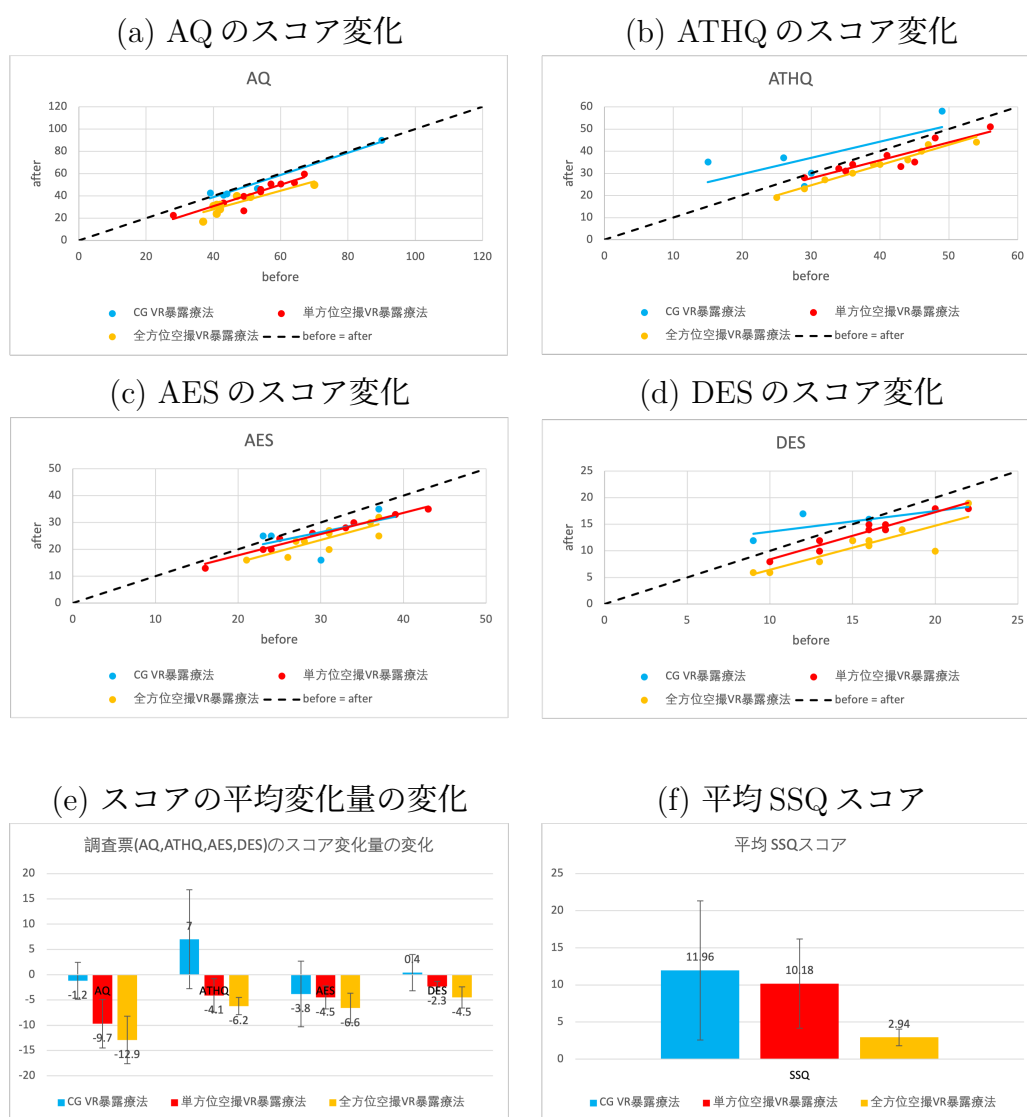


図 5.1: 三回の実験結果の比較

図 5.1(a)(b)(c)(d) に 4 種類の高所恐怖症のスコアの暴露療法前後の変化を示す。各図は横軸が体験前のスコア、縦軸が体験後のスコアを表す。そして、青い点はコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法（追試）を体験した前後の被験者のスコア、赤い点は単方位空撮 VR 暴露療法（実験 1）を体験した前後の被験者のスコア、黄色の点は全方位空撮 VR 暴露療法（実験 2）を体験した前後の被験者のスコアである。さらに、点線は体験前後のスコアが同じであることを表し、青い線はコンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法を体験した後の被験者のスコアに近似した曲線で、赤い線は単方位空撮 VR 暴露療法を体験した後の被験者のスコアに近似した曲線で、黄色の線は全方位空撮 VR 暴露療法を体験した後の被験者のスコアに近似した曲線である。その近似曲線が点線の右下にいくほど対応の VR 暴露療法の治療効果が高いことを示す。図 5.1(e) は各質問紙の体験前後のスコアの変化量をしめす。スコアの平均減少量は、どの質問紙でも全方位空撮 VR 暴露療法、単方位空撮 VR 暴露療法、コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法の順に大きかった（暴露の後にスコアが減少するほど治療効果大きい）。

また図 5.1(f) は、コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法、単方位空撮 VR 暴露療法、全方位空撮 VR 暴露療法を体験した参加者の平均シミュレーター酔いスコアを表す。シミュレーター酔い質問紙ではスコアが高いほどシミュレーター酔いがひどいことを意味する。

5.2 仮説の検証

第一章で以下のような 3 つの仮説を提案した。

- 仮説 1：CG の静止画より、実物を撮影した動画のほうが高所恐怖症の治療効果が高い。
- 仮説 2：臨場感と没入感が高いほど、治療効果が高い。
- 仮説 3：体験時間が変わらないならば、受動的な視点の回転を減少などによりシミュレーター酔いを軽減した VR 暴露療法のほうが、治療効果が高い。

仮説 1 は、CG VR 暴露療法（追試実験）に対して、単方位・全方位空撮 VR 暴露療法（実験 1・実験 2）の治療効果が高いことを予測する。図 5.1(e) と表 5.1 の暴露療法の種類の有意確率によって仮説 1 が成立することがわかる。仮説 2 は CG VR 暴露療法（追試実験）、単方位空撮 VR 暴露療法（実験 1）と全方位空撮 VR 暴露療法（実験 2）の治療効果の高さの違いを予測をする。仮説 3 はシミュレーター酔いのスコアが高いほど暴露治療の効果が低くなることを予測する。図 5.2 と表 5.2 をみると平均 SSQ スコアと AQ 変化量、ATHQ 変化量、AES 変化量、DES 変化量の 4 つ変化量が相関していることが確認できる。つまり、シミュレーター酔いが弱いほど高所恐怖症の治療効果が高いことである。それによって、仮説 3 も成り立つことがわかる。

(a) 被験者間因子

		度数
質問紙の種類	AES	40
	AQ	40
	ATHQ	40
	DES	40
暴露前後	前	80
	後	80
暴露療法の種類	全方位空撮 VR 暴露療法	80
	単方位空撮 VR 暴露療法	80

(b) 被験者間効果の検定

従属変数：質問紙スコア

ソース	タイプ III 平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
質問紙の種類	19386.325	3	6462.108	109.070	<.001
暴露前後	1612.900	1	1612.900	27.223	<.001
暴露療法の種類	469.225	1	469.225	7.920	.006
質問紙の種類*暴露前後	352.850	3	117.617	1.985	.119
質問紙の種類*暴露療法の種類	386.725	3	128.908	2.176	.093
暴露前後*暴露療法の種類	57.600	1	57.600	.972	.326
質問紙の種類*暴露前後*暴露療法の種類	2.150	3	.717	.012	.998
誤差	8531.600	144	59.247		
総和	180250.000	160			

表 5.1: 三要因分散分析

(a) SSQ 平均と AQ 変化量の相関

			SSQ 平均	AQ 変化量
Spearman のロー	SSQ 平均	相関係数	1.000	.461
		有意確率 (両側)	.	.020
		度数	25	25
	AQ 変化量	相関係数	.461	1.000
		有意確率 (両側)	.020	.
		度数	25	25

(b) SSQ 平均と ATHQ 変化量の相関

			SSQ 平均	ATHQ 変化量
Spearman のロー	SSQ 平均	相関係数	1.000	.445
		有意確率 (両側)	.	.026
		度数	25	25
	ATHQ 変化量	相関係数	.445	1.000
		有意確率 (両側)	.026	.
		度数	25	25

(c) SSQ 平均と AES 変化量の相関

			SSQ 平均	AES 変化量
Spearman のロー	SSQ 平均	相関係数	1.000	.271
		有意確率 (両側)	.	.191
		度数	25	25
	AES 変化量	相関係数	.271	1.000
		有意確率 (両側)	.191	.
		度数	25	25

(d) SSQ 平均と DES 変化量の相関

			SSQ 平均	DES 変化量
Spearman のロー	SSQ 平均	相関係数	1.000	.661
		有意確率 (両側)	.	<.001
		度数	25	25
	DES 変化量	相関係数	.661	1.000
		有意確率 (両側)	<.001	.
		度数	25	25

表 5.2: 相関係数の検定

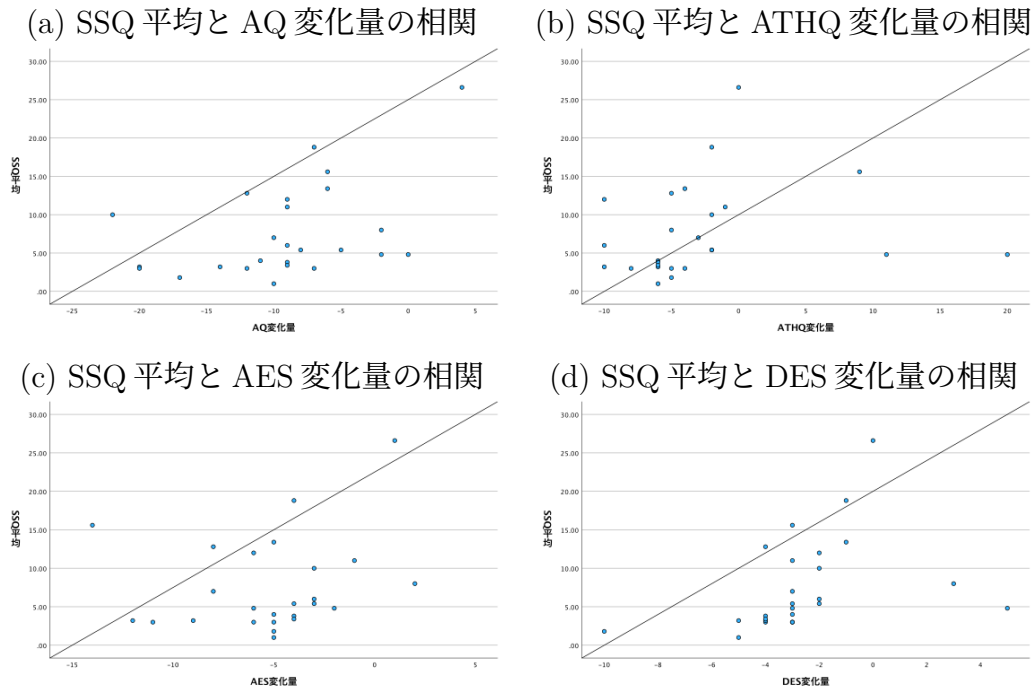


図 5.2: シミュレーター酔いの影響

さらに、表 5.1 のように、初めて単方位空撮 VR 暴露療法と全方位空撮 VR 暴露療法を体験した 20 名の実験参加者の 4 つの質問紙 (AQ, ATHQ, AES, DES) に対する単方位空撮 VR 暴露療法と全方位空撮 VR 暴露療法を受ける前後のスコア ($4 \times 2 \times 10 \times 2$) を、暴露前後、暴露療法の種類、質問紙の種類の 3 つを要因とする三要因分散分析を行った。その結果、暴露前後、暴露療法の種類、質問紙の種類のすべての主効果があり、その他は有意ではないことがわかった。

このうち質問紙の種類の主効果は、それぞれ質問紙により、スケールの絶対値が異なることを反映しているだけであると考えられる。その一方で、質問紙の種類と他の要因に有意な交互作用がなかったため、質問紙の種類によらず、暴露療法の効果があったと解釈できる。つまり、質問紙の種類によらず、平均的に治療効果があったが、それに加えて、3 種類の暴露療法ごとに効果の大きさにも差があったと解釈できる。

5.3 今後の課題

全方位空撮 VR 暴露療法は、現実感、没入感とシミュレーター酔いの 3 つの面で、コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法と単方位空撮 VR 暴露療法より優れていて、高所恐怖症の治療効果も非常に高かった。全方位空撮 VR 暴露療法の

VR環境の構築は、事前にある場所に行ってドローンを飛行して実写することを前提としている。それをCG環境の作成と比較すると、かかる時間においても技術的の面においても、前者の方が非常に容易である。しかし、現段階の全方位空撮VR暴露療法は2つのVR環境しかなく、その拡張が必要である。さらに、高空での高さが参照できる参照物が少ないという問題があり、その解決が必要である。

研究業績

- 李林柏, 日高昇平. (2022). 高所恐怖症に対する空撮 VR 暴露療法の有効性の検討. 日本認知科学会第 39 回大会論文集.

謝辞

本研究を進めるにあたり，研究環境と実験設備を提供していただき，ご助言や添削等で親身に指導して下さった日高昇平准教授に感謝申し上げます．日高先生には実験に関する設計から，結果の分析，結果の考察までの議論に多くの時間を費やして下さったことに感謝申し上げます．

また，日高研究室のメンバーである宮本さん，朱さん，長田君，坂口さん，そして，実験準備や議論に協力していただいた田澤さん，稲継さん，細川君，郝君，何君に感謝を述べます．

さらに，高所恐怖症を持っているにも関わらず，負担なく，本研究の実験に参加してVR暴露療法を受けてくれた被験者26人に感謝します．

最後に，大学院に行くことを認めてくれ，サポートしてくれた両親にもこの場を借りて感謝の意を伝えます．

参考文献

- [1] Abdullah, M., and Ahmed, Z. “An Effective Virtual Reality Based Remedy for Acrophobia.” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, no. 6, The Science and Information Organization, 2018. Crossref, doi:10.14569/ijacsa.2018.090623.
- [2] Abelson, J. L., and Curtis, G. C. “Cardiac and Neuroendocrine Responses to Exposure Therapy in Height Phobics: Desynchrony within the ‘Physiological Response System.’” *Behaviour Research and Therapy*, no. 5, Elsevier BV, 1989, pp. 561–67. Crossref, doi:10.1016/0005-7967(89)90091-0.
- [3] Bentz, D., Wang, N., Ibach, M., Schick Tanz, N., Zimmer, A., Papassotiropoulos, A., and de Quervain, D. “Effectiveness of a Stand-Alone, Smartphone-Based Virtual Reality Exposure App to Reduce Fear of Heights in Real-Life: A Randomized Trial.” *Npj Digital Medicine*, no. 1, Springer Science and Business Media LLC, Feb. 2021. Crossref, doi:10.1038/s41746-021-00387-7.
- [4] Botella, C., Baños, R., Baños, C., Villa, H., Alcañiz, M. and Rey, A. “Virtual Reality Treatment of Claustrophobia: A Case Report.” *Behaviour Research and Therapy*, no. 2, Elsevier BV, Feb. 1998, pp. 239–46. Crossref, doi:10.1016/s0005-7967(97)10006-7.
- [5] Carlin, A., Hoffman, H., and Weghorst, S.. “Virtual Reality and Tactile Augmentation in the Treatment of Spider Phobia: A Case Report.” *Behaviour Research and Therapy*, no. 2, Elsevier BV, Feb. 1997, pp. 153–58. Crossref, doi:10.1016/s0005-7967(96)00085-x.
- [6] Cohen, D. “Comparison of Self-Report and Overt-Behavioral Procedures for Assessing Acrophobia.” *Behavior Therapy*, no. 1, Elsevier BV, Jan. 1977, pp. 17–23. Crossref, doi:10.1016/s0005-7894(77)80116-0.
- [7] Derogatis, L. SCL 90 R Administration, Scoring and Procedures Manual II for the Revised Version and Other Instruments of the Psychopathology Rating Scale Series. 1986.

- [8] Emmelkamp, P., Krijn, M., Hulsbosch, A., de Vries, S., Schuemie, M., and van der Mast, C. “Virtual Reality Treatment versus Exposure in Vivo: A Comparative Evaluation in Acrophobia.” *Behaviour Research and Therapy*, no. 5, Elsevier BV, May 2002, pp. 509–16. Crossref, doi:10.1016/s0005-7967(01)00023-7.
- [9] Fernandes, A. S., Feiner, S. K. “Combating VR Sickness Through Subtle Dynamic Field-of-view Modification.” 2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces, Mar. 2016, pp. 201-210. doi:10.1109/3DUI.2016.7460053.
- [10] Freeman, D., Haselton, P., Freeman, J., Spanlang, B., Kishore, S., Albery, E., Denne, M., Brown, P., Slater, M., and Nickless, A. “Automated Psychological Therapy Using Immersive Virtual Reality for Treatment of Fear of Heights: A Single-Blind, Parallel-Group, Randomised Controlled Trial.” *The Lancet Psychiatry*, no. 8, Elsevier BV, Aug. 2018, pp. 625–32. Crossref, doi:10.1016/s2215-0366(18)30226-8.
- [11] Groen, Eric L., and Jelte E. Bos. “Simulator Sickness Depends on Frequency of the Simulator Motion Mismatch: An Observation.” *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, no. 6, MIT Press - Journals, Dec. 2008, pp. 584–93. Crossref, doi:10.1162/pres.17.6.584.
- [12] Gursky, D., and Reiss, S. “Identifying Danger and Anxiety Expectancies as Components of Common Fears.” *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, no. 4, Elsevier BV, Dec. 1987, pp. 317–24. Crossref, doi:10.1016/0005-7916(87)90045-0.
- [13] Hal, M. *Phobias: Diseases and Disorders*. Referencepoint Press, Aug. 2008 p. 112.
- [14] Huppert, D., Grill, E., and Brandt, T. “Down on Heights? One in Three Has Visual Height Intolerance.” *Journal of Neurology*, no. 2, Springer Science and Business Media LLC, Oct. 2012, pp. 597–604. Crossref, doi:10.1007/s00415-012-6685-1.
- [15] Jinjakam, C., Kazuhiko, H. “Study on Parallax Affect on Simulator Sickness in One-screen and Three-screen Immersive Virtual Environment.” *東海大学紀要情報通信学部*, no. 1, 2008, pp. 34-39.
- [16] Kemeny, Andras, et al. “New VR Navigation Techniques to Reduce Cybersickness.” *Electronic Imaging*, no. 3, Society for Imaging Science and Technology, Jan. 2017, pp. 48–53. Crossref, doi:10.2352/issn.2470-1173.2017.3.ervr-097.

- [17] Kennedy, R., Lane, N., Berbaum, K., and Lilienthal M. “Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness.” *The International Journal of Aviation Psychology*, no. 3, Informa UK Limited, July 1993, pp. 203–20. Crossref, doi:10.1207/s15327108ijap0303_3.
- [18] “航空安全：無人航空機の飛行許可・承認手続 - 国土交通省.” 国土交通省, https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html. Accessed 12 Jan. 2023.
- [19] Lin, J. J. W., Abi-Rached, H., Kim, D. H., Parker, D. E., and Furness, T. A. “A ‘Natural’ Independent Visual Background Reduced Simulator Sickness.” *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, no. 26, SAGE Publications, Sept. 2002, pp. 2124–28. Crossref, doi:10.1177/154193120204602605.
- [20] Lin, J. J., Duh, H. B. L., Parker, D. E., Abi-Rached, H., Furness, T. A. “Effects of Field of View on Presence, Enjoyment, Memory, and Simulator Sickness in A Virtual Environment.” *Proceedings IEEE Virtual Reality*, Sept. 2002, pp. 164–171. doi:10.1109/VR.2002.996519.
- [21] McQuivey, J. “Brief: The Future Of Voice Control Goes Far Beyond Dictation-A Case Study In Digital Platform Power.” *Forrester Helps Organizations Grow Through Customer Obsession*, Forrester Research, Apr. 2014.
- [22] North, M., North, S., and Coble, J. “Effectiveness of Virtual Environment Desensitization in the Treatment of Agoraphobia.” *International Journal of Virtual Reality*, no. 2, Universite de Bordeaux, Jan. 1995, pp. 25–34. Crossref, doi:10.20870/ijvr.1995.1.2.2603.
- [23] North, M., North, S., and Coble, J. “Virtual Reality Therapy for Fear of Flying.” *American Journal of Psychiatry*, no. 1, American Psychiatric Association Publishing, Jan. 1997, pp. 130b–130. Crossref, doi:10.1176/ajp.154.1.130b.
- [24] Rothbaum, B., Hodges, L., Watson, B., Kessler, G. and Opdyke, D. “Virtual Reality Exposure Therapy in the Treatment of Fear of Flying: A Case Report.” *Behaviour Research and Therapy*, no. 5–6, Elsevier BV, May 1996, pp. 477–81. Crossref, doi:10.1016/0005-7967(96)00007-1.
- [25] Rothbaum, B., Hodges, L., Kooper, R., Opdyke, D., Williford, J., and North, M. “Virtual Reality Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia: A Case Report.” *Behavior Therapy*, no. 3, Elsevier BV, 1995, pp. 547–54. Crossref, doi:10.1016/s0005-7894(05)80100-5.

- [26] Ruddle, R. A. “The Effect of Environment Characteristics and User Interaction on Levels of Virtual Environment Sickness.” *IEEE Virtual Reality*, Nov. 2004, pp. 141-148. doi:10.1109/VR.2004.1310067.
- [27] Schäffler, F., Müller, M., Huppert, D., Brandt, T., Tiffe, T., and Grill, E. “Consequences of Visual Height Intolerance for Quality of Life: A Qualitative Study.” *Quality of Life Research*, no. 2, Springer Science and Business Media LLC, Aug. 2013, pp. 697–705. Crossref, doi:10.1007/s11136-013-0506-6.
- [28] Statt, N. “How Game Designers Find Ways around VR Motion Sickness.” *The Verge*, The Verge, 13 Oct. 2016, <https://www.theverge.com/2016/10/13/13261342/virtual-reality-oculus-rift-touch-lone-echo-robo-recall>.
- [29] Suyanto, E., Angkasa, D., Turage, H., and Sutoyo, R. “Overcome Acrophobia with the Help of Virtual Reality and Kinect Technology.” *Procedia Computer Science*, Elsevier BV, 2017, pp. 476–83. Crossref, doi:10.1016/j.procs.2017.10.062.

付 録 A 略語表

	略表記	英語	日本語
1	SCL-90	Self-reporting Inventory	症状自評量表
2	AQ	Acrophobia Questionnaire	高所恐怖症質問紙
3	ATHQ	Attitude Toward Heights Questionnaire	高所に対する態度質問紙
4	AES&DES	Anxiety and Danger Expectancy scales	不安・危険予感尺度
5	SUDs	Subjective Units of Distress Scale	主観的苦痛度尺度
6	SSQ	Simulator Sickness Questionnaire	シミュレーター酔い質問紙
7	BAT	Behavioral Avoidance Test	行動回避テスト

表 A.1: 専門用語の略語

付 録 B 症状自評量表

以下は、皆様から時々寄せられる問題や不満の一覧である。それぞれをよく読んでください。その問題が、今日を含む過去1週間に、あなたをどれだけ悩ませたかについて、最も適切に説明できる番号の記述項目を1つ選んでください。問題の右側のスコアに○をつけてください。回答できる範囲で回答してください。次のキーを使って回答してください。

＊全くない場合は0を，少しなら1を，中程度なら2を，かなりある場合は3を，非常に多い場合は4を選択してください。

	項目	スコア				
1	頭痛	0	1	2	3	4
2	緊張や心の揺れ	0	1	2	3	4
3	嫌な考えや言葉，思いつきが頭から離れない	0	1	2	3	4
4	失神またはめまい	0	1	2	3	4
5	性的な興味や喜びがなくなる	0	1	2	3	4
6	他者への批判を感じる	0	1	2	3	4
7	誰かがあなたの考えをコントロールできると思う	0	1	2	3	4
8	自分の悩みのほとんどは他人のせいだと感じている	0	1	2	3	4
9	物覚えが悪い	0	1	2	3	4
10	だらしなさや不注意が気になる	0	1	2	3	4
11	イライラしやすい	0	1	2	3	4
12	心臓や胸が痛い	0	1	2	3	4
13	広い場所や路上で恐怖を感じる	0	1	2	3	4
14	元気がない，または動きが鈍いと感じる	0	1	2	3	4
15	人生を終わらせたいと思う	0	1	2	3	4
16	他の人には聞こえないような声が聞こえる	0	1	2	3	4
17	身震い	0	1	2	3	4
18	ほとんどの人は信用できないと感じる	0	1	2	3	4
19	食欲不振	0	1	2	3	4
20	泣きやすい	0	1	2	3	4
21	異性に対して恥ずかしさや不安を感じる	0	1	2	3	4
22	囚われの身であると感じる	0	1	2	3	4
23	理由もなく突然怖くなる	0	1	2	3	4

24	コントロールできないほどの気性の激しさ	0	1	2	3	4
25	一人で家の外に出るのが怖い	0	1	2	3	4
26	自分を責める	0	1	2	3	4
27	腰の痛み	0	1	2	3	4
28	物事を成し遂げることに閉塞感を感じている	0	1	2	3	4
29	孤独を感じる	0	1	2	3	4
30	落ち込んでいる	0	1	2	3	4
31	心配しすぎる	0	1	2	3	4
32	物事に興味を感じない	0	1	2	3	4
33	恐怖を感じる	0	1	2	3	4
34	気持ちが傷つきやすい	0	1	2	3	4
35	私的な考えを他人に気づかれる	0	1	2	3	4
36	他人が自分を理解してくれない、または無愛想だと感じる	0	1	2	3	4
37	人に愛想がない、嫌われていると感じる	0	1	2	3	4
38	正確さのために、非常にゆっくりと物事を行う	0	1	2	3	4
39	心臓がドキドキしたり、高鳴ったりする	0	1	2	3	4
40	吐き気や胃のむかつき	0	1	2	3	4
41	他人に対して劣等感を抱く	0	1	2	3	4
42	筋肉痛	0	1	2	3	4
43	他人から見られている、話しかけられていると感じる	0	1	2	3	4
44	寝つきが悪い	0	1	2	3	4
45	自分のやっていることを確認し、再確認する必要がある	0	1	2	3	4
46	意思決定が難しい	0	1	2	3	4
47	バス、地下鉄、電車で移動するのが怖いと感じる	0	1	2	3	4
48	息苦しくなる	0	1	2	3	4
49	暑かったり寒かったりする	0	1	2	3	4
50	特定の物事、場所、活動を怖がるため、避ける	0	1	2	3	4
51	頭が真っ白になる	0	1	2	3	4
52	体の一部がしびれたり、ピリピリしたりする	0	1	2	3	4
53	のどの痛み	0	1	2	3	4
54	将来に希望を感じない	0	1	2	3	4
55	集中力がない	0	1	2	3	4
56	体が弱っているように感じる	0	1	2	3	4
57	緊張している、または緊張しているように感じる	0	1	2	3	4
58	腕や足が重く感じる	0	1	2	3	4
59	死や死について考える	0	1	2	3	4
60	過食	0	1	2	3	4

61	人が見ていたり、話していたりすると不安な気持ちになる	0	1	2	3	4
62	あなた自身ではない考えを持つ	0	1	2	3	4
63	人を殴る、傷つける、危害を加えるなどの衝動がある	0	1	2	3	4
64	早朝に目が覚める	0	1	2	3	4
65	触る、数える、洗うなど、同じ動作を繰り返す	0	1	2	3	4
66	眠りが浅い	0	1	2	3	4
67	物を壊したい、ぶつけたいという衝動がある	0	1	2	3	4
68	他の人が共有しない考えや信念を持つ	0	1	2	3	4
69	他人に対して非常に自意識過剰である	0	1	2	3	4
70	買い物や映画など、人ごみの中で不安になる	0	1	2	3	4
71	何事も努力だと感じる	0	1	2	3	4
72	恐怖やパニックの発作	0	1	2	3	4
73	人前で飲食することに抵抗がある	0	1	2	3	4
74	よく口論になる	0	1	2	3	4
75	一人になると緊張する	0	1	2	3	4
76	他人が自分の成果を正しく評価してくれない	0	1	2	3	4
77	人と一緒にいても孤独を感じる	0	1	2	3	4
78	落ち着きがなく、じっとしてられない	0	1	2	3	4
79	無価値感	0	1	2	3	4
80	見慣れたものが変に感じたり、非現実的に感じたりする	0	1	2	3	4
81	大声を出したり、物を投げたりする	0	1	2	3	4
82	人前で失神しそうな気がする	0	1	2	3	4
83	このままでは人に利用されると思う	0	1	2	3	4
84	セックスについて考え、悩むことがある	0	1	2	3	4
85	自分の罪は罰せられるべきと思う	0	1	2	3	4
86	物事を成し遂げなければならないと感じている	0	1	2	3	4
87	自分の体に何か重大な問題があるのではと思う	0	1	2	3	4
88	他人を身近に感じない	0	1	2	3	4
89	罪悪感	0	1	2	3	4
90	自分の心がおかしいと思うこと	0	1	2	3	4

表 B.1: 症状自評量表

付 録 C 高所恐怖症質問紙

以下は、高さを伴う状況の一覧である。それぞれの場面で、あなたが今感じている不安（緊張、不快）の度合いを知りたいと思う。各項目の左側に 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 のいずれかの数字を記入して、あなたがどのように感じるかを示してください。数字が大きいほど感じている不安（緊張、不快）の程度が高い。

	項目	スコア						
1	プールの一番低い飛び込み台から飛び降りる	0	1	2	3	4	5	6
2	岩を飛び越えて水の流れを乗り越える	0	1	2	3	4	5	6
3	数階分の高さから螺旋階段を見下ろす	0	1	2	3	4	5	6
4	家の 1 階の表の階段の一段目に立つ	0	1	2	3	4	5	6
5	劇場の 1 階席に座る	0	1	2	3	4	5	6
6	観覧車に乗る	0	1	2	3	4	5	6
7	カントリーハイクで急な坂を登る	0	1	2	3	4	5	6
8	同じ国の反対側への飛行機の旅	0	1	2	3	4	5	6
9	3 階の開いた窓の近くに立っている	0	1	2	3	4	5	6
10	高速道路に架かる歩道橋を渡る	0	1	2	3	4	5	6
11	広くて高い橋の上を運転している	0	1	2	3	4	5	6
12	ビルの 15 階にあるオフィスの窓から離れた場所に立つ	0	1	2	3	4	5	6
13	ビルの 10 階で窓拭きをしているプラットフォームの人たちを見る	0	1	2	3	4	5	6
14	劇場のステージの端を歩く	0	1	2	3	4	5	6
15	地下のホームの端に立つ	0	1	2	3	4	5	6
16	3 階の非常階段を登る	0	1	2	3	4	5	6
17	10 階建てのビルの屋上に立つ	0	1	2	3	4	5	6
18	エレベーターで 50 階まで上がる	0	1	2	3	4	5	6
19	椅子の上に立って、棚から何かを取る	0	1	2	3	4	5	6
20	大西洋横断船の舷側に登る	0	1	2	3	4	5	6

表 C.1: 高所恐怖症質問紙

付 録 D 高所に対する態度質問紙

ATHQは高所に対する態度を測定する質問紙である．ATHQの質問紙には，六つの項目があり，それらを以下に再現する．あなたが高所をどのように感じるかを示してください．

肯定的な態度	スコア											否定的な態度
良い	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	悪い
楽しい	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	恐ろしい
心地良い	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	不快な
安全な	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	危険な
脅威的でない	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	脅威的な
無害な	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	有害な

表 D.1: 高所に対する態度質問紙

付 録E 不安・危険予感尺度

AES・DESは高所恐怖症に関する意識を目的としている。AES・DESは2つのパートがあり、それらを以下に再現する。あなたがどのように感じるかを示してください。次のキーを使って回答してください。

＊非常にまれにある場合は1を，まれにある場合は2を，たまにある場合は3を，ある程度の頻度である場合は4を，よくある場合は5を選択してください。

	項目	スコア				
1	展望台のガードレールの上で足を滑らせて転倒するかもしれない	1	2	3	4	5
2	強風でガードレールから飛ばされるかもしれない	1	2	3	4	5
3	展望台から突き落とされるかもしれない	1	2	3	4	5
4	展望台が変形して地面に落ちるかもしれない	1	2	3	4	5
5	地面に落ちてしまうかもしれない	1	2	3	4	5

表 E.1: 危険予感尺度

＊非常に起こりそうにない場合は1を，起こりそうにない場合は2を，50/50の確率の場合は3を，起こりそうである場合は4を，非常に起こりそうである場合は5を選択してください。

	項目	スコア				
1	大量の汗をかくかもしれない	1	2	3	4	5
2	気絶するかもしれない	1	2	3	4	5
3	吐き気を催すかもしれない	1	2	3	4	5
4	心臓の鼓動が激しくなるかもしれない	1	2	3	4	5
5	お腹が鳴るかもしれない	1	2	3	4	5
6	震えが出るかもしれない	1	2	3	4	5
7	考えがまとまらないかもしれない	1	2	3	4	5
8	緊張するかもしれない	1	2	3	4	5
9	体の感覚がおかしくなるかもしれない	1	2	3	4	5
10	自分の感情をコントロールできなくなるかもしれない	1	2	3	4	5

表 E.2: 不安予感尺度

付 録F 主観的苦痛度尺度

手順は以下の通りである。以下の症状について、今のあなたに当てはまるものに○をつけてください。

	項目
1	急性の苦痛はなく、基本的に気分が良い。
2	少し動揺するが、自分の気持ちに注意を払い、「はい」と気づかない限り、気にならない。
3	少し動揺している。心配して、気が付くほど気になる。
4	不快な考えを簡単に無視できないほどに少し動揺している。それをうまく扱うことができるが、気分が良くない。
5	適度に動揺し、不快である。不快な気持ちは、いくらかの努力でまだ管理可能である。
6	自分の気持ちについて何かをすべきだと考え始めるほど気分が悪い。
7	いくつかの間違いなく悪い感情の端で、びっくりし始めている。困難にコントロールを維持することができる。
8	おかしくなる。疎外の始まりである。
9	必死に感じている。ほとんどの人が10と呼んでいるのは、実際には9である。非常にびっくりして、ほとんど耐えられないと感じ、自分が何をするのか怖くなってくる。非常に、非常に気分が悪く、感情のコントロールを失う。
10	ロープの端で、神経衰弱のように制御不能になり、圧倒されて、自分のそばで耐えられないほど気分が悪くなる。誰かがあなたの動揺をどのように理解できるか想像できないので、あなたは話したくないほど怒っているかもしれない。

表 F.1: 主観的苦痛度尺度

付 録 G シミュレーター酔い質問紙

手順は以下の通りである。以下の症状について、今のあなたに当てはまるものに○をつけてください。

	項目	スコア			
1	一般的な違和感	無	軽度	中等度	重度
2	疲労感	無	軽度	中等度	重度
3	頭痛	無	軽度	中等度	重度
4	眼精疲労	無	軽度	中等度	重度
5	焦点が合わない	無	軽度	中等度	重度
6	唾液が増える	無	軽度	中等度	重度
7	汗をかく	無	軽度	中等度	重度
8	吐き気	無	軽度	中等度	重度
9	集中力の低下	無	軽度	中等度	重度
10	頭部の膨満感	無	軽度	中等度	重度
11	視界がぼやける	無	軽度	中等度	重度
12	目を開けているとめまいがする	無	軽度	中等度	重度
13	目を閉じるとめまいがする	無	軽度	中等度	重度
14	眩暈 ¹	無	軽度	中等度	重度
15	胃の意識 ²	無	軽度	中等度	重度
16	げっぷ	無	軽度	中等度	重度

表 G.1: シミュレーター酔い質問紙

¹眩暈は、垂直方向の直立に対する方向性の喪失として経験される。

²胃の意識は、通常、吐き気に近い不快感を示すのに使われる。

付 録H 評価質問紙

本アンケートはアプリの評価を目的としている。以下の質問に対してその可能性を教えてください。次のキーを使って回答してください。

＊ない場合は0を，低い場合は1を，やや低い場合は2を，やや高い場合は3を，高い場合は4を，非常に高い場合は5を選択してください。

	項目	スコア					
1	この VR 暴露療法の映像はリアルだと思うか？	0	1	2	3	4	5
2	本当に高所にいるような感じをどの程度持ったか？	0	1	2	3	4	5
3	このような VR 暴露療法を用いて神経症に対する療法が可能になると思うか？	0	1	2	3	4	5
4	このような VR 暴露療法が他の神経症に対して効果であると思うか？	0	1	2	3	4	5

表 H.1: 評価質問紙

自由記述回答：以下の余白に VR 暴露療法を体験した前後の自分の考えの変化，体験した VR 暴露療法の利点や欠点などを自由に書いてください。

付 録I 自由記述回答：コンピュータ・グラフィックスVR暴露療法

	内容
A	VR 環境には静止物しかいないため、リアリティが非常に低いと思う。それだけでなく、VR 自体も画質や歪みなど欠点が多く、体験後に気持ちが悪くなる。一方で、高所恐怖症の人にとっては、高所を体験できるので、いいと思う。
B	高所を体験するための参照物の種類が少ない、ある程度の高さを超えると参照物がなくなる。そして、高さが上がるにつれて、視界がぼやける。アプリの中には、水流れ音と鳥のさえずりなどがあるが、川も鳥も出てこないで、整合性がとれず、違和感がある。シミュレーター上の自分の体、手などが見えたら、最もいいかもしれない。ジャンプしても、シミュレーターの VR 環境では変化はない。
C	室内で高所体験ができる利便性があると思うが、フレームレートが低いので、臨場感が損なわれ、実験者がめまい起こすことがある。マッピングが時折ずれたり、非現実的な感触がある。
D	リアリティはまあまあだが、シミュレーション環境が単調すぎて面白みに欠け、VR 環境に飽きが来やすいと思う。
E	VR アプリを体験している時に、高所に対する恐怖感がどんどん減らしているけど、実際に高いところに直面すると、やはり怖い感じがする。VR 環境と実際の環境は、やはり大きな違いがある。

表 I.1: 自由記述回答：コンピュータ・グラフィックス VR 暴露療法

付 録 J 自由記述回答：単方位空撮 VR 暴露療法

	内容
F	実験映像の臨場感をもっと向上させたら、いいと思う。セッションの後半では、真下の地面が見えなく、かつ、変なことが見えて、どんなに高くてもあんまり恐怖感を感じられない。ヘッドホンをノイズキャンセリングモードにして、リアルなサウンドを再生して良かったと思う。また、動画の撮り方のせいで、目眩や視界のぼやけを悪化させ、集中力を欠きやすくなる。
G	画像がもうちょっときれいだったら、いいかも。だんだん高くなるにつれて、恐怖感が下げた。でも、何回も見たら良くなった感じがする。そして、動画に動くもの（車、鳥など）があって臨場感が高い。
H	目眩を引き起こしやすい。VR 体験後は、短時間で多くの高所を体験できるため高所恐怖症が軽減し、長期的には高所恐怖症の克服に効果があると考えられる。
I	高くなればなるほど、よりリアルな角度である 45 度を除けば、下はとても非現実的で、目眩も強くなる。
J	高所恐怖症は良くなったようだが、体験中の目眩がちょっと強めだ。そうでなければ、没入感はもうちょっと高かったかもしれない。
K	VR 体験後、5～6 階建ての建築物での恐怖が軽減した。自由飛行の動画では、上昇と下降の高さ変化がより顕著になり、より効果的だ。しかし、動画の歪み（真下）が高さ判定にやや影響する。周囲の参考物が少ない。
L	良い点は、上昇、落下と自由飛行の面で、VR を体験することができ、よかった。よくないのは、映像が回り続けるので、目眩がすることだ。もし映像がもっと綺麗であれば、体験がより深まったのではないかと思う。
M	室内で高所体験ができる利便性があると思うが、フレームレートが低いため、臨場感が損なわれ、実験者が目眩を起こすことがある。マッピングが時折ずれ、非現実的な感触がある。
N	没入感が高いため、体験中によく足がすくんだり、ひざが震えたりして、動かなくなった。

O	没入感も良かったし、音声も動画とマッチングされて良かった。画質もある程度鮮明で、圧迫感がなく少しずつ高さが上がっていく。山と道があり、内容が濃く、いい体験だった。自由飛行の映像で、高さの変化が大きく、ジャンプマシンに座っているようだ。しかし、目眩がする。一言で評価すると、高所恐怖症が緩和されて、高いところに行っても以前ほど緊張しなくなった。
---	---

表 J.1: 自由記述回答：単方位空撮 VR 暴露療法

付 録K 自由記述回答：全方位空撮 VR 暴露療法

	内容
A	現段階の VR 技術は高所シミュレーションを完全に実現することはできないが、高所への視覚的な恐怖を緩和するために利用することは可能と思う。VR 装置の画面は、現状では解像度や色合いがやや悪く、強い没入感が得られないとされているが、製品の改善で高所恐怖症やそれに関連する認知問題の治療に利用できるのではないかと考えている。しかし、画質は追試実験のより飛躍的に向上した。
B	5 日間体験してみると、現実では挑戦できないような高さでも、VR なら徐々に適応できる。高さの設定も非常に合理的で、徐々に高さを増すことでより楽しい体験ができるようになっていく。欠点を言うと、高さを参照できるものが少ないと思う。
C	高解像度で鮮明で視野が広くなり、実写の環境をよりリアルに再現することができた。低空での鳥の鳴き声、高空での強風の音、対向車の音など、リアルな効果音が楽しめる。VR 環境は写真ではなく動画で、とてもリアルだ。急降下及び自由飛行ときの加速度がリアルに思われて、本当に高いところに立っているような感じがする。自由飛行は、全方位にランダムに飛ぶことができ、トラッキングもちゃんとしていて、体を傾けたり、しゃがんだり、首をかしげたりすると、見え方が変わる。しかし、自分の体、足が見えないのが残念だった。
F	予備実験に比べ、目の疲れやめまいが軽減されたため、もっとリアルに感じられるようになった。高所恐怖症は、一面的な高さへの恐怖だけでなく、環境との複合的な経験に基づいていると思う。例えば、地面がアスファルトである場合は、より恐怖を感じる。イヤホンから聞こえる風の音は鳥の声より怖い。高いビルや送電線の鉄塔のある体育館 VR 環境は地面が芝生である公園 VR 環境より怖い。また、実験中の実験者の動きの自由度も、実験の認知に大きな影響を与えると思う。歩いているときは、視野の変化により臨場感が増し、高いビルや電柱、あるいは飛んでいる鳥などに近づけるのはよりリアルに感じられた。しかし、動かなかったり、そのまま立っていると、高さの変化が薄く感じられる。

L	解像度が5kにも関わらず、撮影された映像が鮮明でないのが難点で、もっと鮮明度、解像度を上げれば、よりリアルに体感できると思う。また、ステッチラインが完璧ではない。
M	再現性が高いため、高所では体験者が主観的にできるだけ現実の環境に近づけることができ、高所での行動をするスリルを味わうことさえできた。高所恐怖症の人だけでなく、他の恐怖症の持つ人にもこのような治療を受けるのが重要だ。
P	映像は非常にリアルで没入感があり、フレームレートや解像度も高いので見やすく、実験後は高所恐怖症が少し改善された気がしたが、VR デバイスはある程度重く、長時間装着していると少し疲れる。ノイズキャンセリングイヤホンは使い心地がよく、音もよくコントロールされているので、実験に没頭することができた。しかし、参照物が少ないため、自分がある高さを判断するのが難しかった。
Q	体験前は高所恐怖症が強かったが、頻繁に体験するうちに高所恐怖症が軽減され、徐々に色々な高さに慣れてきた。VR 環境は臨場感があり、そこにいるような感覚を味わえる。それに対して、あまりはつきりせず少しぼやける部分がある。そして、長時間見ると眩暈がする。
R	高所恐怖症が軽減された、あるいは感受性が強くなったと感じる。臨場感があり、長く体験すればするほど、高所での臨場感が増す。しかし、解像度が低いと思う。
S	上下方向のビューをはっきりと観察できるため、VR 体験の完成度が高い。しかし、体験できる VR 環境が少ない。5日間の VR 実験を通して自分の高所恐怖症が軽減されたと思う、最初は比較的高いところに強い恐怖心を抱いていたが、段々恐怖心が軽減され、ある程度高所恐怖症の治療に役にたつと思う。
T	実際に空にいるようで臨場感が高い。自由飛行では、空中で左右に飛ぶときに、脚力が弱く、支えがないという当たり前の感覚に加えて、着陸するときのドキドキ感を地上でも体験することができる。しかし、映像に対する修正が十分ではないと思う。そして、VR デバイスは少し重いので、長時間の装着は難しいと思う。自分の高所恐怖症が改善され、本当に素晴らしい実験プロジェクトだと感じた。
U	最初は高さが比較的低かったが、映像が鮮明であってよく見える。また普段比較的低い高さでの経験があるので、実際にその場にいる臨場感が強く、より緊張感が高まった。その後、どんどん高さが高くなるほど、参照物が少ないため、恐怖感の変化はあんまりなかった。聴覚の面では、鳥の音がだんだん風の音に変わってきて、緊張感が増した。

V	高所恐怖症の治療を、現代の技術を駆使したVR装置で探求・調査し、非常に革新的な試みと思う。高所恐怖症の人もそうでない人も、参加者がより快適に高所の衝撃に浸れる環境を与えることが、高所恐怖症の人の心理的障壁を徐々に克服するのに有効だと私は考えている。しかし、後半では、高さの変化があんまり感じられなかったのが残念だった。
W	比較的クリアに感じられ、現実の環境とあまり変わらないと思う。動画を見るときに目が少し疲れるのと、少し眩しいことがあった。初めてVR機器を使ったので、とても新鮮に感じた。また、実験全体も非常に楽しかった。
X	映像は、高台に立っていた方が臨場感が高いかもしれない。後半、高さが増した割に変化感が薄い、歪みなくよりリアルに感じた。高所恐怖症の治療効果があるように感じられる。
Y	実際の環境のようにかなり再現され、少しずつ高くなることを体験し、実験が進むにつれ、徐々に高所恐怖症の症状を緩和したと思う。

表 K.1: 自由記述回答：全方位空撮 VR 暴露療法