Title	全身刺激による身体性を伴った心象風景を想起させる体験のデザイン
Sub Title	Designing experience eliciting a representation with embodiment through whole-body stimulation
Author	王, 七音(Ou, Nao) 南澤, 孝太(Minamizawa, Kōta)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2022
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2022年度メディアデザイン学 第984号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002022-0984

修士論文 2022年度

全身刺激による身体性を伴った
心象風景を想起させる体験のデザイン

慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

王　七音

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士 (メディアデザイン学) 授与の要件として提出した修士論文である。

王　七音

研究指導コミッティ：

南澤 孝太 教授　(主指導教員)
佐藤 千尋 専任講師　(副指導教員)

論文審査委員会：

南澤 孝太 教授　(主査)
佐藤 千尋 専任講師　(副査)
砂原 秀樹 教授　(副査)

修士論文 2022年度

全身刺激による身体性を伴った
心象風景を想起させる体験のデザイン

カテゴリ：デザイン

論文要旨

昨今，技術の発展に伴い，いかにして個人が身体的・精神的に良好な状態を保つかについて注目が集まっている．さらに身体とこころの関係性について，VRや認知科学の分野から，身体感覚の変容や身体的経験によってこころの変容に影響を与えることがわかり始めている．

そこで本研究では，身体的経験を想起させるような全身刺激を提示することで，心地よい心象風景を連想させる体験を提案する．具体的には，全身触覚装置であるSynesthesia X1を用いて，過去の記憶や身体的経験を想起させ，郷愁や追憶，心地よい感情を喚起させることを目指した．そのために，触覚刺激のパラメータ選定のための検証や，アプローチの再設計をおこない，音楽と全身触覚を組み合わせた「Haptic Music Journey」という作品をデザインした．

最後に，作品の体験者に心象風景と情動に関するユーザーテストを行い，評価を行った．その結果，全身刺激によって身体的経験を想起させることで，記憶に存在する心地よい場所を連想させ，こころに安らぎをもたらすことがわかった．これらの結果は，身体性の伴った心象風景を活用した，精神的な安定や他者理解の姿勢をもつ方法などにも応用される可能性があると考える．

キーワード：

全身刺激，Haptic Design，身体性，心象風景，感情

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

王　七音

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2022

Designing Experience Eliciting a Representation with Embodiment through Whole-Body Stimulation

Category: Design

Summary

As technology advances and workplaces change, there is a growing interest in how individuals can maintain physical and mental health. In recent years, researchers have begun to understand the relationship between the body and mind in fields such as Virtual Reality and cognitive science, where it has been shown that changes in the body and physical experiences can affect changes in the mind.

In this paper, we present a study where we aimed to design a full-body haptic experience called "Haptic Music Journey" that elicits a nostalgic mental image and positive emotions by allowing users to relive past memories and experiences in a haptic-rich state.

We used the Synesthesia X1, full-body haptic device, to elicit memories and physical experiences and elicit nostalgia, memories, and positive emotions. The results of the study showed that eliciting physical experiences can change the state of the mind. These results may be applied to new ways of improving lifestyle by utilizing mental landscapes accompanied by physicality.

Keywords:

full-body stimulation, haptic design, embodiment, representation, emotion

Keio University Graduate School of Media Design

Nao Ou

目　　次

図　目　次

表　目　次

第 1 章
序　　論

1.1. ふと頭に浮かぶ情景

> その男は、パラシュートをはずす気力もなく、砂の上に横たわったまま目で空をさがした。うす青く澄み切った高い空に浮かぶ、小さな羽毛のような雲のそばに、みるみる小さくなって行く宇宙艇をみつけた。少し前、パラシュートをつけた彼をつき落としていった宇宙艇だ。それはさらに小さくなり、空にとけ込んで消えた。
>
> 星新一 『処刑 [1]』

普段小説を読んでいると，現実の環境や周りを行き交う人々の存在を忘れ，文字情報から連想されるその世界に入り込むことがある．

感動する物語というのはこの世にたくさんあるが，私たちの心を揺さぶるものの共通点として，読んでいて情景が自然と浮かんでくるような言葉遣いや描写がなされている．上記の文章は星新一の「処刑」の始まりの一節だが，おそらく読みながら自然と空の彼方に宇宙艇が消えていく様子やそれを寝そべった状態で見ている男が頭に映し出されたのではないだろうか．その男になったかのように男の目線で宇宙艇を眺めている情景が思い浮かんだ読者もいるかもしれない．このように，真っ白だった心の中の空間に空想することでありありと情景を描き出していく楽しさが，読書の楽しさの一つであると考える．小説だけに限らず，ラジオドラマや朗読集などの音声のコンテンツや，落語・漫画においても，私たちはある種の人物像や情景などを心の中で思い浮かべながら視聴している．また，ヒグラシの鳴き声を聞いて祖父母の実家を思い出したり，道端で花の匂いが漂ってきた時に学生時代部活が忙しかった頃の帰り道を思い出し感傷に浸ることがある．

このように五感を通した身体感覚にふと意識がいった時に，記憶や潜在的なイメージのようなものが連想されて，その連想された思考によって感情が揺さぶられたりする．このような体験をしたことがある人は多くいるだろう．このような心の中で情景として思い浮かべる視覚的なイメージを “心象風景” [2] と呼ぶ．心象風景を思い浮かべその世界に没入したり思い出に浸ることは，私にとって楽しくこころ落ち着く時間であり，日々を過ごす中で自分の人生を肯定し豊かにするものだと考えている．

1.2. 身体感覚や思考に意識を向けることの効用

科学技術が発展したことで，私たちの生活はより便利により効率的になった．自宅にいながらもリモートで同僚と会話しながら仕事ができ，煩雑で時間がかかっていた事務作業は専用のソフトウェアで自動化できるようになった．

このように利便性が向上し，技術的な制約が徐々に減っている一方で，厚生労働省が令和 3 年度に行った労働安全衛生調査 [3] から，現在の仕事や職業生活に関することで強い不安やストレスとなっていると感じる事柄がある労働者の割合は 53.3 %にものぼることがわかった．技術が発展してもなお，ストレスが問題となっている背景から，身体的・精神的に良好な状態を保つことの重要性に注目が集まっている．文部科学省は将来の社会課題を解決するための目標として 9 つの目標を掲げているが，そのうちの 1 つに「2050 年までに，こころの安らぎや活力を増大することで，精神的に豊かで躍動的な社会を実現」するという目標 [4] がある．この目標では，こころ豊かな状態を科学技術を用いて目指すことは挑戦的なテーマであるとしており，挑戦するにおいて「こころの安らぎの増大」（マイナスからゼロへの遷移）,「こころの活力の増大」（ゼロからプラスへの遷移）が重要であると述べている．国をあげて研究開発が推進されているほど，近年こころと身体の健康への注目は著しい．

そこで注目されているものの一つにマインドフルネスがある．Kabat [5] によると，マインドフルネスは「今この瞬間に，目的を持って，偏見や判断を加えることなく能動的な注意を向けること」と定義されている．マインドフルネスな状態

になるための一般的な手段として，マインドフルネス瞑想がある．マインドフルネス瞑想 [6, 7] とは，ある特定の対象（呼吸や身体感覚など）に注意を向け続け，体の感覚・思考や感情の移り変わりを静かに観察する手法である．Sugiura [8] は，瞑想中にネガティブな思考が生じたとしてもそれを無理矢理消し去ろうとするのではなく，ネガティブな考えもそのままにしておき，呼吸や身体感覚に注意を戻すように訓練することが重要だとされている．こういった訓練をすることで，ネガティブな思考からも距離をおくことができ抑うつや不安障害などの改善に効果があると期待されている．

身体感覚や思考に意識を向け続けることが，悩みやネガティブな思考との向き合い方を変え，結果的に精神的に良い影響をもたらしている．

1.3. 身体的経験に紐づく心象風景

一般的に心象風景を想起するとき，浮かんだ視覚的なイメージを頭の中だけの思考として観察することが多い．しかし私たちは何かを経験する際，目で見たものだけで記憶を形成しているわけではない．風が皮膚に当たる感覚，鳥の鳴き声など，複合的な感覚を使って経験し記憶する．そこで，音や皮膚感覚などの身体感覚を伴って心象風景を思い浮かべることで，精神的にリラックスしたり落ち着くようになるのではないかと考えた．

例えば，別の人とハグした時には想起されない温もりのようなものが，お母さんとハグをすると感じられ安心感を覚えたりする．布団にくるまっている時も，布団にくるまっている感覚を深く味わうことで幸福感に包まれだんだんと穏やかな気持ちになる．婦人科医学の分野では，カンガルーケア [9] と呼ばれる乳幼児と親との入院中のスキンシップが，心肺機能や体温の安定性，睡眠の構成や安眠時間，神経発達の成果，母乳育児，痛み反応の調節改善に効果があることが示されている．身体で感じることは，単純に身体感覚に注意を向けることだけに留まらず，ふとした幸福感や，産まれたての幼児が生命力を持つほどの安心感を生じさせるような快状態を促すことが知られている．

図 1.1 カンガルーケアのイメージ図

1.4. 本研究の目的

今後さらに技術は発展・進化し，私たちの生活環境や働き方は大きく変化していくだろう．そのような劇的に進化していく技術社会において，体験者にとって普遍的な心地よい空想時間を提供できる体験を作りたいと考えた．

そこで本研究では，体験者が考える心地よさと関連するような心象風景を，身体感覚を伴った状態で連想することで，こころが安らかになるような体験をデザインすることを目的とする．

1.5. 本論文の構成

本論文は6章で構成される．本章では，まずは心象風景がもたらす心地よさについて言及し，技術社会において身体感覚や思考に意識を向けることが，リラックスに繋がる可能性が確認されていることについて述べた．そこで，身体感覚を伴った状態で心象風景を想起することが，体験者にとって普遍的な心地よさに繋がるのではないかと考え，心象風景と身体感覚を組み合わせたこころが安らかになるような体験をデザインすることを本研究の目的とした．第2章では，身体性，身体とこころの関係，こころの計測方法，身体的な経験と心象世界の関連性について調査する．それらを受けて第3章では，心地よく心象の世界を旅する体験のコンセプトについて述べ，考えられるユースケースを挙げる．また体験の実装に必要なインターフェースや触覚体験のデザインツールについて説明する．第4章では，コンセプトを実現する前段階として，提案した仮説の妥当性の予備検証を行う．そして，得られた結果をもとにアプローチの再設計を行う．第5章では，再設計したアプローチをもとに，触覚刺激のパラメータの検討を行い，コンセプトに沿った全身刺激体験のデザインを行う．そして，完成した全身刺激体験「Haptic Music Journey」を実際に体験してもらった時の様子と結果を述べ，本研究における目的は達成できたかを論じる．第6章では本論文についてまとめ，結言を述べる．

第 2 章
Literature Review

2.1. 身体性について

2.1.1 自己投影できるデジタルな自分を作り出す技術の発展

近年，ゲームやバーチャル空間上で，アバターを自分と見立てて行動したりコミュニケーションを取ることが増えてきた．3D アバターソーシャルアプリ ZEPETO[1] は,「もう一人の自分」として新しい世界を楽しむことを提案しており，利用者数は 3 億人を超えていると言われている．企業でもアバターを通した接客などが注目され始めており[2]，アバターはただのキャラクターではなく，バーチャル空間における体験者本人として，つまり自己投影された化身としての利用が活発になってきている．アバターがオンラインに登場し始めたのは 1980 年代とそこまで新しくはない．Lucasfilm's Habitat [10] という大規模多人数同時参加型オンライン RPG が，大人数によるアバターを用いたバーチャル環境を構築した最初の試みであるとされている．以降，Second Life[3]やアメーバピグ[4]などのサービスが登場し，バーチャル空間にけるユーザーの分身としてアバターが利用された．そして現在，技術の発展に伴い，ユーザー自身の動きやモノなどを測定してアバターの動きと

1 ZEPETO https://app.zepeto.me/ja

2 AVACOM https://avita-avacom.com/

3 Second Life https://secondlife.com/?lang=ja

4 株式会社サイバーエージェント—アメーバピグ https://www.cyberagent.co.jp/corporate/history/

連動させることが可能になった．OptiTrack[5]では，カメラを配置しマーカーのついたスーツを着て動くことで，マーカーの動きをカメラが認識しデジタルデータ化される．Rokoko[6] が開発・提供するモーションキャプチャーシステムでは，スーツとグローブを装着するだけで動きのデータをデジタル化でき，アバターを動かすことができる．

そしてこのアバターに対して，体験者はあたかも自分の身体であるかのように感じながら操作できることがわかっている．Gonzalez-Franco ら [11] は，全身をモーションキャプチャーで計測し，参加者の運動とバーチャルな鏡に映るアバターの動きに同期性を持たせた場合，アバターに対して身体所有感と呼ばれる「その身体は自分の身体である」という錯覚を得ることが可能であることを報告している．また，Ma ら [12] の研究から，大きさが変化するバーチャルの風船や，大きさや色が変化する長方形に対しても，実際の身体とバーチャル内の対象物が同期していれば，自分の身体であると感じることもわかっている．私たちはアバターに身体所有感を覚えることで，バーチャル空間における自分自身という新たな身体性を獲得している．

2.1.2 認知科学における身体性

認知科学の分野でも身体性というものが重視され始めている．従来，認知科学において脳は，人間の知能モデルを計算機として見立てて議論されてきた [13]．思考は身体とは切り離されたもので，心と身体は分けて考えるべきであるというデカルトの心身二元論に基づき研究されていた．しかしこのような，脳が司令塔で身体に指示を送る見立てで作られたモデルでは，人間が実際にとっているような複雑な行動を生み出すことはできないと指摘されるようになった [14]．そういった背景を受けて，身体や環境，神経系は相互作用の関係にあって切り離して考えるものではないという立場から，認知を研究する身体性認知科学が急速に発展している．この身体性認知科学の研究は，ロボット工学 [15]，心理学 [16]，生態学

5 OptiTrack `https://optitrack.com/`

6 Rokoko `https://jp.rokoko.com/`

などの多様な分野に取り入れられている．

2.1.3 身体性と触覚

身体性と関わりのある感覚のひとつに，わたしたちの触覚がある．通常，私たちは全身の皮膚感覚を通して物体と身体の境界を認識している．触覚は五感の中で唯一全身に張り巡らされている感覚器官であり，身体で最も大きい感覚器官になる．触覚は，熱さや接触・痛みなどの刺激を受容する皮膚感覚と，自分の膝がどれくらい曲がっているかや手の位置などの状態を感じる深部感覚に分けられる．これら触覚の持つ特性を生かして，触覚を通した遠隔の人の感覚や感情を伝える・共感させる技術が増えてきている．

例えば，人の心拍を伝える研究として Watanabe [17] の心臓ピクニックがある (図 2.1)．自分の鼓動や他人の鼓動を四角い箱を通して感じることができ，自分や他者の生命に意識を向ける体験が実現されている[7]．NTT 西日本が行ったハートビートエクスペリエンスプロジェクト[8]は，別会場で応援する家族が，試合中の選手の鼓動を感じながら観戦できる仕組みである．鼓動の触覚刺激を受けることで，試合中の選手の緊張している状態を体験者が身を持って感じることができる体験になっている．また，振動だけではなく触感によって情報の伝送を行なっているケースもある．e-rubber という電気と力で機能するゴムを用いた触覚アクチュエータ [18,19] も開発されており，指先に巻くことでデジタルデータの触感を得ることができる．

7 心臓ピクニック http://www.junji.org/heartbeatpicnic/indexj.htm

8 NTT 西日本—ハートビートエクスペリエンス https://www.ntt-west.co.jp/brand/newnormal/fnec/#heartbeat

図 2.1 心臓ピクニック (心臓ピクニック紹介 Web サイト[7]より引用)

図 2.2 ハートビートエクスペリエンス体験者の様子 (NTT 西日本 HP[8]より引用)

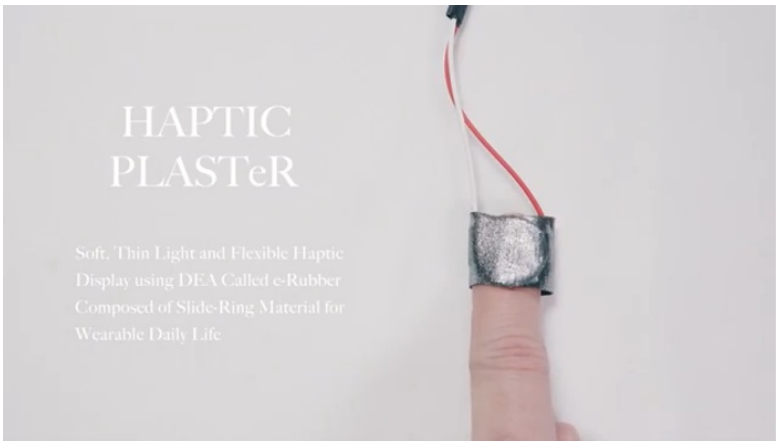


図 2.3 HAPTIC PLASTeR([18] より引用)

他にも，遠隔にいる人に対して雰囲気や臨場感を伝えるインターフェースなどがある．例えば，Hayakawa ら [20] の研究では，バスケットボールの試合会場の床下に 8 個の触感センサをつけ，そこでセンシングした床の音を遠隔地の別会場で流すことで，遠隔地にいながらも臨場感を伴った試合観戦が実現されている．また，同様に Hayakawa ら [21] の公衆触覚伝話 (図 2.4) は，テレコミュニケーションにおいて視聴覚に触覚を加えることで，高い臨場感が提示されている．そしてこの臨場感の高いコミュニケーションが，友情の促進に寄与したことが報告された．また，ハイタッチという物理的なコミュニケーションを遠隔で行うためのシステム [22] なども提案されている．

図 2.4 公衆触覚伝話 ([21] より引用)

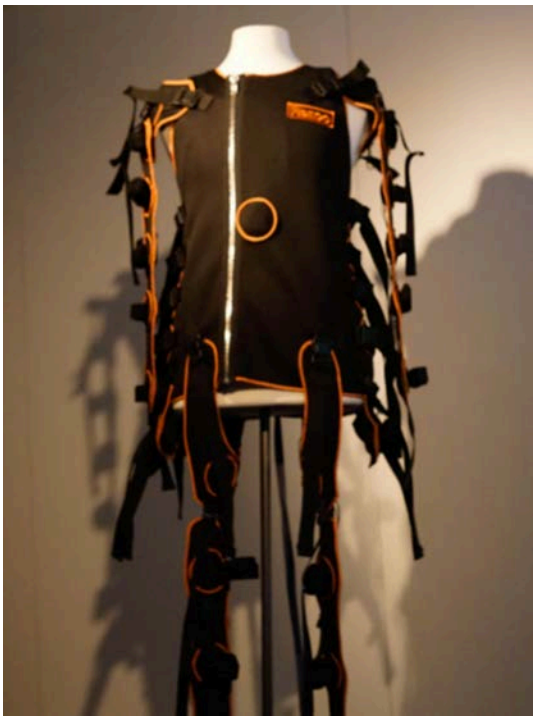
2.1.4 全身触覚技術の発展

では次に，全身を対象とした触覚技術について調査する．触覚伝送技術の発展に伴って，身体全体を対象とした触覚提示が可能になっている．Yano ら [23] は，額，手のひら，肘，膝，すね，腹部，背中に合計 12 個の振動子を取り付けることで，全身に触覚を提示できる触覚スーツを開発した (図 2.5)．この触覚スーツによって，視覚情報のみの場合と比べてバーチャルな物体の存在をより的確に認識可能であることを示している．

図 2.5 全身触覚スーツ Vibrosuit([23] より引用)

そして，よりバーチャル空間への没入感を向上させた全身触覚スーツが，Konishi ら [24] が開発した Synesthesia Suit(図 2.6) である．Synesthesia Suit は，ゲーム会社 Enhance Experience Inc. とクリエイティブカンパニー Rhizomatiks との共同

研究で開発された．Synesthesia Suit では 26 個の振動子が使用されており，腕や脚，腰や背中など全身に振動が提示できるよう設計されている (図 2.7)．このスーツを着た状態で，Enhance Experience Inc. が開発・提供している VR ゲーム Rez Infinite [25] をプレイすることで，ゲームの世界に入り込んだかのような没入感の高いゲーム体験を実現している．



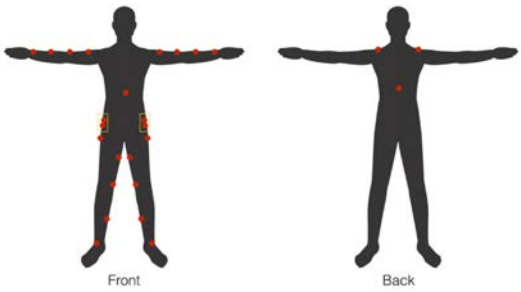


図 2.7 振動配置図 ([24] より引用)

図 2.6 Synesthesia Suit([24] より引用)

また，より身体動作を自由に行えるように，ケーブルレスでバッテリーで稼働するよう開発された全身触覚スーツも開発されている．Furukawa ら [26, 27] は，全身触覚スーツ Synesthesia Wear(図 2.8) を開発し，体験者が現実空間とバーチャル空間の両方の空間を味わえる，感覚拡張的な体験を実現した．そのなかで，バーチャル空間との媒体となる全身に着目 (図 2.9) し，空間コンピューティング下での，身体と全身触覚を活用したインタラクションデザインに関する議論が行われていた．

図 2.8 Synesthesia Wear([27] より引用)

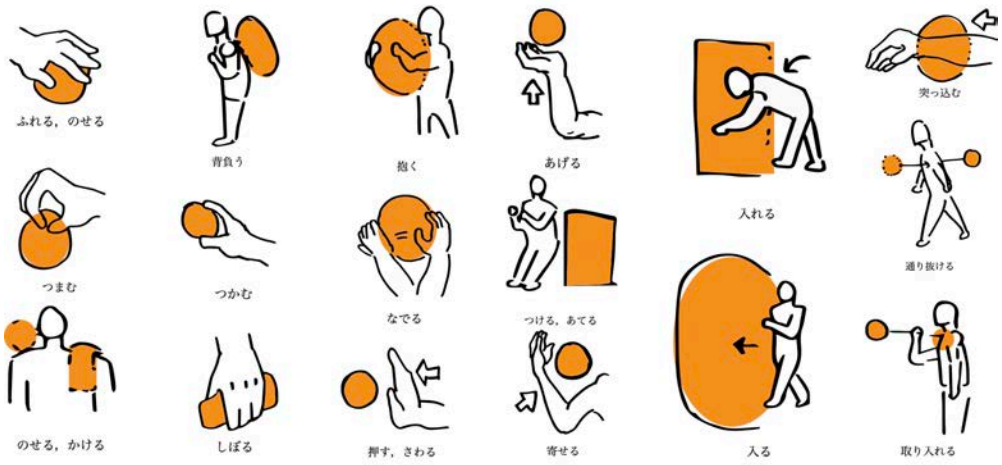


図 2.9 全身を用いた空間インタラクション表現 ([27] より引用)

Matsuda ら [28] の研究では，この Syneshthesia Wear を利用して曖昧な刺激を身体全体に提示することで，体験者に恐怖の表象を与え，今いる環境が恐怖空間に変わる体験を提案した (図 2.10)．鳥肌のような微細な触覚が身体全体に提示されることで，いるはずのない者の気配を感じ，何気ない空間が恐怖空間へと変わる．

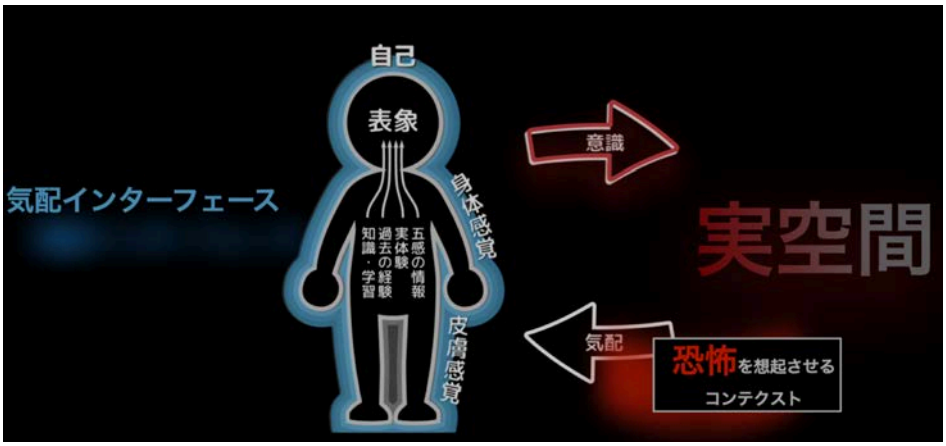


図 2.10 気配恐怖体験イメージ図 ([28] より引用)

また 2004 年に Manabe が作成した，Chair the difference[9] では，振動子 64 チャンネルからなる椅子に寝そべってヘッドホンから流れる音楽を聴くことで，全身で音楽を体感する未知なる音響体験を生み出した (図 2.11)．

音楽と振動だけにとどまらず，より多感覚な刺激を提示することで複合的な感覚を体験できる装置も開発されている．Mizuguchi ら [29] は，全身触覚表現による共感覚体験を実現するべく Synesthesia X1-2.44(以下，Synesthesia X1) を開発した．Synesthesia X1 は 44 個の振動素子と 2 つのスピーカーからなる椅子型の体験装置である (図 2.12)．この装置を利用して音・振動・光を全身で体感することで，聴覚・触覚・視覚が入り混じった共感覚体験 [30] が実現されている．このように全身触覚技術を利用した，身体を包み込んだ体験が提案されている．

9 Chair the difference `http://www.daito.ws/work/chair-the-difference.html`

図 2.11 Chair the difference(真鍋大度氏の Web サイト[9]より引用)

図 2.12 Synesthesia X1-2.44([30] より引用)

2.2. 身体と心の関連

2.2.1 身体的な変化による心の変容

見た目や身体性の変化が，行動やふるまいなどの心理的な変化をもたらすことが過去の研究よりわかっている．例えば，Frank ら [31] の研究によると，プロサッカーチームとアイスホッケーチームにおける黒ユニフォーム着用時と黒以外のユニフォームの着用時での攻撃性を比較したときに，黒ユニフォームを着ている方が反則回数が多い傾向がある．

Adam ら [32] の研究では，白衣を着た状態で間違い探しのタスクをさせた時と，白衣を着ていない状態で同様のタスクをさせた時とで，能力に差が出るかどうかを検証した．結果，白衣を着た状態の方がタスクの成績が上がったと報告している．Adam らは，白衣が医師や科学者など注意深さや慎重さを連想させるような衣服であるため，それを身に付けることによって行動が変わったのだと結論づけている．

また，見た目に変化はなくとも，あたかも自分が別の誰かであるという感覚が行動変容を促した事例もある．4 歳〜6 歳を対象とした実験 [33] では，自分自身の状況をどの視点で振り返るかによって忍耐力に差が出るかを検証した.「私は〜」「(自分自身の名前) は〜」「バットマンは〜」の 3 つで自分が行ったタスクを振り返らせたとき，バットマンとして自分を振り返った子供は最も長くタスクをやり続け，次に自分の名前を使用した子供が続き，そして「私」という一人称を使用した子供が最も忍耐力が低いことが示された.

2.2.2 VR 空間における身体的な変化による心の変容

VR 空間においても，アバターに対して「その身体は自分の身体である」という身体所有感を覚えることで，感情や行動などの心理的な部分にも影響があることが数多く報告されている．Yee ら [34] の研究では，より魅力的なアバター (図 2.13) を与えられたユーザーはそうでないユーザーと比べて，自己開示と対人距離の課題においてより親密な関係を築くことができる結果となった．また背の高いアバ

ターを割り当てられたユーザーは，背の低いアバターのユーザーと比べて，交渉タスクにおいて自信に満ちた行動をとることが報告された．

図 2.13 性別ごとの魅力評価が高，中，低のアバター ([34] より引用)

Kilteni ら [35] の研究でも，カジュアルな服装の褐色肌のアバターで太鼓を叩く時と，フォーマルな服装の明るい肌のアバターで叩く時とで太鼓の叩く動作が変わり，カジュアルな服装の褐色肌のアバターの方がユーザーの動作が大きくなることが示されている (図 2.14)．

身体の変容が生み出すこころの変容は，VR コンテンツの体験中だけに限った話ではなく，現実空間においてもその効果が発揮，もしくは持続されたケースもある．Banakou ら [36] は，女性を対象とした研究において，白人が黒人のアバターを操ることで暗黙の人種的偏見が減少することを示した．そしてこの効果は，体験終了後少なくとも 1 週間は持続する．また，VR 空間内でスーパーヒーローのように空を飛び回る体験 [37] をすると，現実世界に戻っても他者への援助行動が増加することが報告されている．かつこの傾向は，VR 空間内で擬似的な援助行動を

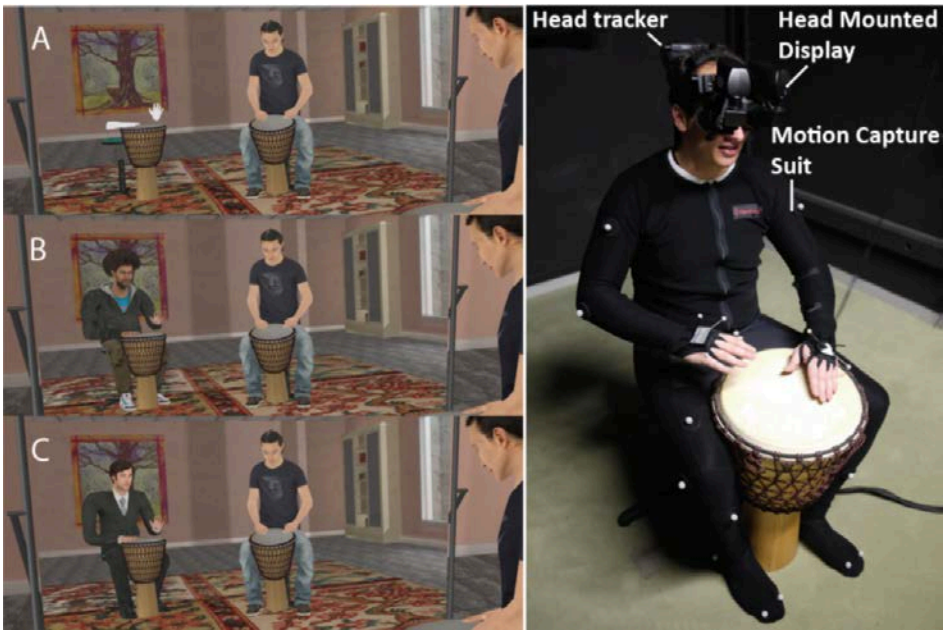


図 2.14 Kilteni らの実験条件 ([35] より引用)

体感したか否かではなく，スーパーヒーローのように自分の飛行能力で飛び回ったか，ヘリコプターに乗って空を飛んでいたかの条件に依存した．つまり，スーパーヒーローの条件だった場合，擬似的な援助行動を体験したかには関係なく，現実世界における援助行動が促進された結果となった．

こうした身体を変えることによるこころや態度の変容が注目されており，近年この特性を生かして技術的にこころを拡張しデザインしようという考えが生まれている [38].

2.3. こころの計測

次に，過去の研究におけるこころの計測方法を調査する．

主観評価を用いた計測

体験に対する情動評価の手法としては，これまで多種多様なモデルが提案されている．感情を次元で捉えたモデルの一つに，Wundt の感情三方向説 [39] がある．このモデルでは快・不快，興奮・鎮静，緊張・弛緩の 3 つの次元を情動の軸として，あらゆる感情はこの 3 次元空間内の一点に定めることができるとしている．Russell [40, 41] は，横軸に快-不快の快適度 (Valance)，縦軸に覚醒-落ち着きの覚醒度 (Arousal) をとり，あらゆる感情はこの円環上に並ぶというモデルを提唱した (図 2.15)．Russell の円環モデルはさまざまな分野で用いられている．例えば，自然環境における旅行者の感情の評価に利用 [42] されたり，気分状態の自己監視や自己調整のための尺度の開発の際にも利用 [43] されている．Russell の円環モデルは多くの研究者によって利用・検証されており，感情評価の手段として妥当性があると言える．

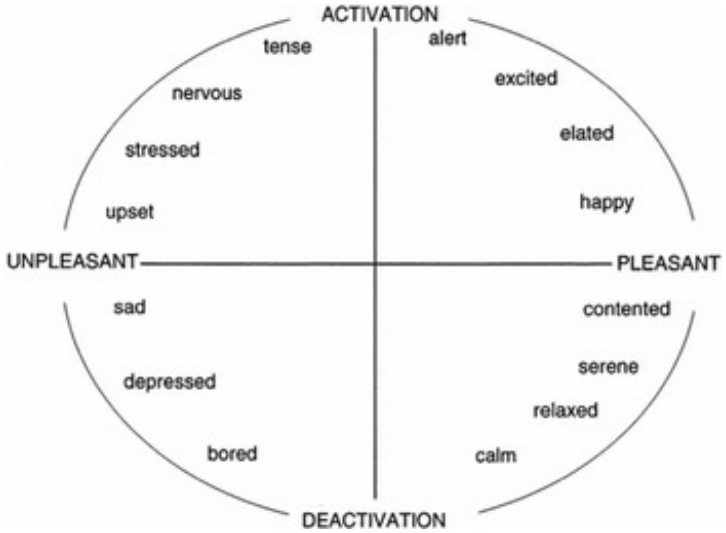


図 2.15 Russell の円環モデル ([41] より引用)

生理反応を用いた計測

私たちの身体は自律神経系が司っていると言っても過言ではない．自律神経系[10]は，交感神経系と副交感神経系の 2 つに分けられ，これらの神経系がバランスを取りながら私たちの身体の健康を支えている．自律神経系がバランスを乱れたり不調になると，私たちは体調を崩してしまう．

交感神経は，一般的にストレスの多い状況や緊張事態の時に身体の状態を整えるために活発化するとされている．そのため，交感神経が優位なときは，心拍数・脈拍数が上がり，手のひらの発汗や体毛の逆立ちなどを引き起こす．副交感神経は，一般的に日常的な状況下で体内プロセスを制御する神経とされており，回復やリラックス時に活発になる．そのため，副交感神経が優位なときは心拍数・脈拍数が下がり，血圧が低下する．

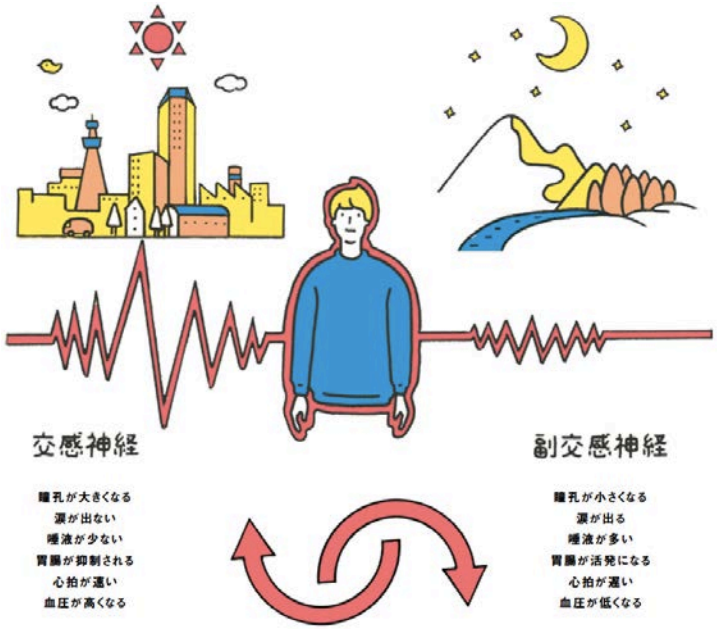


図 2.16 交感神経と副交感神経 (2018/11/28 発売 mark10『RECOVERY FOR TOMORROW 明日のために本当の休息』より引用)

10 MSD マニュアル https://www.msdmanuals.com/ja-jp/

これら自律神経系の特性を活かした，生体反応計測方法がいくつかある．一つが，皮膚電気活動 (electrodermal activity) を計測し，自律神経の状態を解析する手法だ．electrodermal activity(以下「EDA」という) [44] は一般的に発汗現象と深い関係があると言われており，発汗すればするほど EDA 値は高くなる．発汗しているということは，交感神経系が優位になっているということであり，つまり緊張状態・ストレスの高い状態にあると分析できる．

EDA の他に，心拍数 [45] から自律神経系の働きを解析する手法もある．上記で述べた通り，一般的に交感神経が優位だと心拍数が上がり，副交感神経が優位だと心拍数は下がる．この特性を活かして，心拍の時間間隔の変化から身体の状態を解析していく手法である．具体的には，副交感神経は正常な心拍の連続した差の二乗平均平方根 (root mean square successive difference) と強い相関があるとされているため，root mean square successive difference(以下「RMSSD」という) の値が相対的に大きくなっている場合は副交感神経が優位にあると言える．つまりリラックス状態だと推測できる．また，正常な平均心拍間隔からわかる指標である standard deviation of normal and normal interval（以下「SDNN」という）は，副交感神経と交感神経の両方の活動状態を示すと言われている．よって，SDNN/RMSSD の比を取り，交感神経の活動状態を測る手法が提案 [46] されている．

2.4. 身体的経験と心象

2.4.1 心象とは

心象とは，文字の通り「こころに浮かぶ像」である．一般的にこころの中で風景として思い浮かべる視覚的なイメージのことを心象風景と言う．心象風景には，小説などを読んで文字情報から連想される心象もあれば，個人の成長過程，特に幼少期に経験した出来事や風景につながることもある．後者の心象風景は先行研究 [47] より，ほとんど全ての人に見られること，そして多くの人が肯定的・積極的意味を与えていることなどがわかっている．

思い出のある風景としてこころに刻まれる形成過程を調査した Yoshimura ら [48] の研究では，通学路や子どもの頃の遊び場を心象風景として挙げた回答が大多数であったことを示している．また，遠足や小旅行などの，日常風景とはかけ離れてはいないが非日常的な体験を挙げたものも多かった．感情面で考えると，家に帰ってきたという安心感やストレスからの解放といった感情とつながる風景も多く挙げられていた．Furuya [49] 曰く，思い出のある自然風景は，夏と秋に体験している風景であることが多く，体験時間帯は朝と夕方が多い．

2.4.2 身体感覚と経験によって形成される自己

心象風景のように，過去の経験が自分というもの (自己) を形成していることが知られている．現象学や認知科学の分野では，自己に対して Gallagher [50] の 2 つの定義が有名である．

ひとつは，身体的所有感と運動主体感から成る根源的な自己 (minimal self) のことを指し，もうひとつは，より時間的に拡張された一貫性のある物語的な自己 (narrative self) である．Shimada ら [51] によると，根源的な自己とは，身体の状態が意識化されることによって生じるものである．つまり，普段歩いている時やスマホを触っている時などの，無意識的な行動 (どこにどのくらいの力を入れるべきかなど考えていない行動) ではなく，意識によって感じることができる身体の状態，自己の状態のことである．前述した通り，VR における身体所有感の効用が

わかってきたことで，根源的な自己は注目を浴び急速に発展している．

二つ目の物語的な自己とは,「いま進行中の出来事」とは異なる「過去」の記憶や「未来」への意志などの時間的なものを含むことで初めて成立する．社会的・文化的環境などの影響を受け，常に改造されていくものであると考えられている．

物語的な自己は，質的心理学の領域で深く言及されてきている．Yamada [52] は，私たちの生き方について「人間は，一瞬ごとに変化する行動を選択し編集し構成し秩序づけ,「経験」として組織し「出来事」を「意味づけ」ながら生きている」と論じている．経験とは，客観的に見て取れる過去の自分の知覚や行動をただただ寄せ集めたところで自動的に出来上がるものではない．どのように編集・構成・秩序づけるのかによってその出来事の意味は大きく変わり，物語とは「経験や人生を編集する行為」であると述べている．つまり物語的自己とは,「経験や人生を編集する行為」を通して出来上がった自己であると言える．

2.5. 本章のまとめ

本章では，身体感覚に意識を向けることで心地よい快感情的な変化が生じる体験をデザインするために，まずは身体性について調査し，次に身体とこころの関係性，そして最後に身体的な経験と自己の関係性について調査した．

その結果，VR 技術や認知科学において身体性が注目されており，触覚技術を用いて全身を対象とした刺激を提示することが可能になっていることがわかった．また，アバターを代表とされる VR 技術で獲得した身体性が，体験者の行動やふるまいなどのこころの変容を生じさせていることがわかった．そしてこのこころの変化は，Russell の円環モデルを通じた主観評価や，自律神経系の働きから推測する方法があることを確認した．最後に，幼少期の意味づけされた強い経験が心象として浮かぶことがあること，過去の記憶や経験によって自己というものができていることがわかった．

第 3 章
Concept Design

3.1. 仮説

身体とこころの相互作用に注目が集まり，VR 技術においてもその特性を生かした研究が行われてきたが，現状視覚的なアプローチが多い．近年の全身触覚提示技術の発展やカンガルーケアなどの事例を考慮すると，全身を対象とした触覚刺激によって，心地よさを提供することが可能だと考える．また，安心感や解放感といった感情と結びつくことの多い心象風景は，一般的に幼少期に形成されたもの [47] であり，こういった過去の経験から自己は成り立っている [51]．この意味づけされた，安心感や解放感と結びつく経験を想起させることで，その人にとって心地の良い心象風景を生成できるのではないかと考えた (図 3.1)．これらを踏まえて，全身を対象とした刺激であることと，体験者の経験から構成される “心地よさ” と結びつく心象風景が浮かぶ刺激であること，この二つを条件として体験デザインの検討を行った．

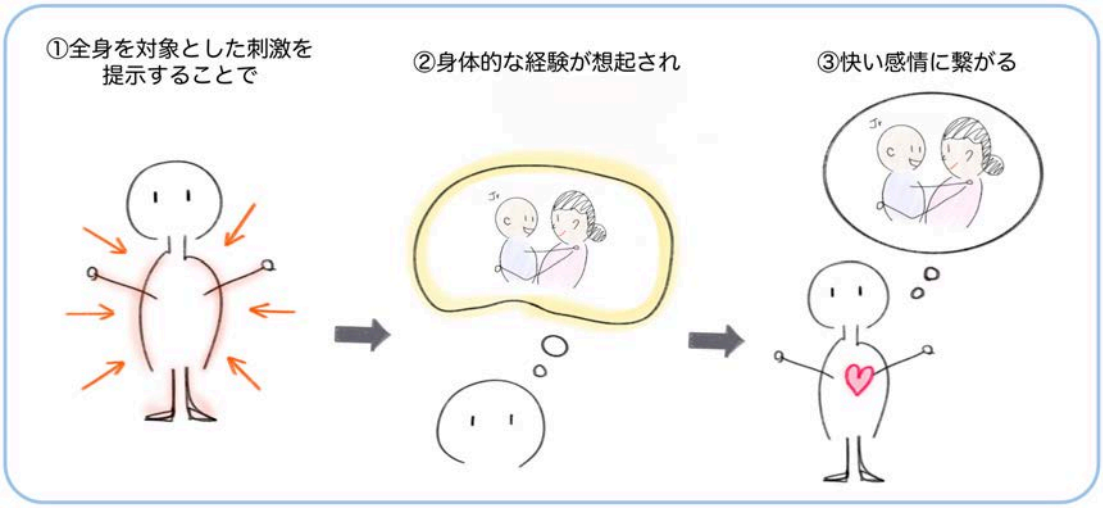


図 3.1 仮説のイメージ図

3.2. コンセプト

私たちは日々，身体全体の感覚を使って触れ合い，感じ取り，学んで，生きている．外に出ようと扉を開けたときに寒い風がぶわっと吹いた時の寒さを，鳥肌が立っている皮膚感覚や首元の突き刺すような感覚などとともに覚えている．このような身体全体で経験した出来事は，視覚的な情報をただ見るだけで覚えたことや，聴覚的な情報をただ聞くだけで覚えたことに比べて，とても深く鮮明で，自分ごととして覚えている．つまり，単一的な感覚だけで経験したことよりも，複合的な感覚を伴って経験した出来事の方が，強く記憶として刻まれていると考える．このような強い身体的な経験を想起させるには，身体全体を対象に時空間的に変化する刺激を使った体験デザインが必須である．

また，身体的経験が立ち上がることによって，心象風景が同時に思い浮かぶことが望ましい．スマホの写真アプリにスライドショー機能がついているのは，過去の思い出の写真を振り返ることが，人々にとって癒しの時間になり得るからでだろう．音楽番組で，平成何年の思い出ソングメドレーなど，過去の年代のヒット曲が特集でよく流れているのは，その曲を聞くことで当時の思い出に浸れるからだろう．これらに等しく，全身触覚によって過去の出来事や経験が心象的に想

起できれば，それは人々にとって心地の良い体験になるのではないかと考える．

そこで本研究では，記憶に刻まれている身体的経験を想起させ，それによって立ち上がったその人だけの心象の世界を旅してもらう体験をデザインする．一般的な楽曲一曲と同じの 4 分程度の全身刺激体験を，寝そべって目を瞑り身を任せた状態で体験し，それぞれが過去の経験を探ったり想起するプロセスを経て，結果として体験者が心地よい状態になることを目指す．

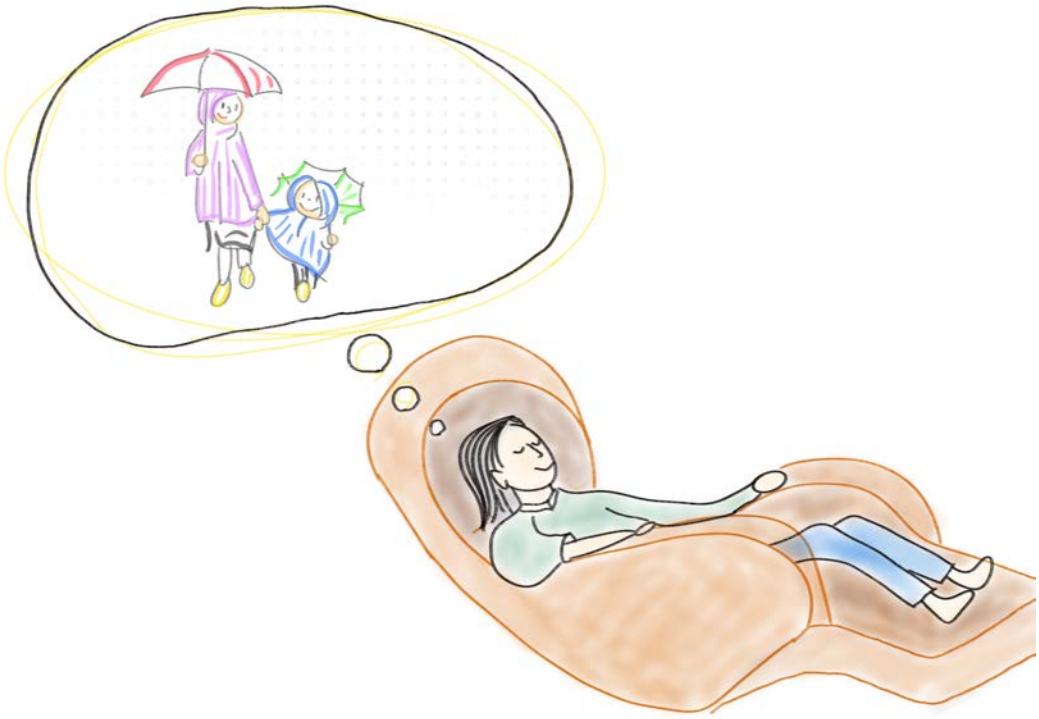


図 3.2 コンセプトのイメージ図

3.3. ユースケース

ユースケースとしては，例えば職場環境において仕事に行き詰まった人が一息つくことができる体験として提案できると考える．仕事の合間や昼休憩などに気軽にリフレッシュできる体験として提供する (図 3.3)．もしくは，自宅にリラクゼーションチェアとしても設置できる (図 3.4)．振動モード ON/OFF を切り替えられるようにすることで，普段使い用のリクライニングチェアとして利用することも可能だ．また，サロンのような形で専用のスペースを作り，予約制で体験できるように店舗運用する方法も考えられる．実際，アイソレーションタンクと呼ばれる，高濃度のエプソムソルトの塩水に浮かぶことで深い瞑想状態に入るための装置が導入されたサロン[1,2]は，都内にいくつか存在する．

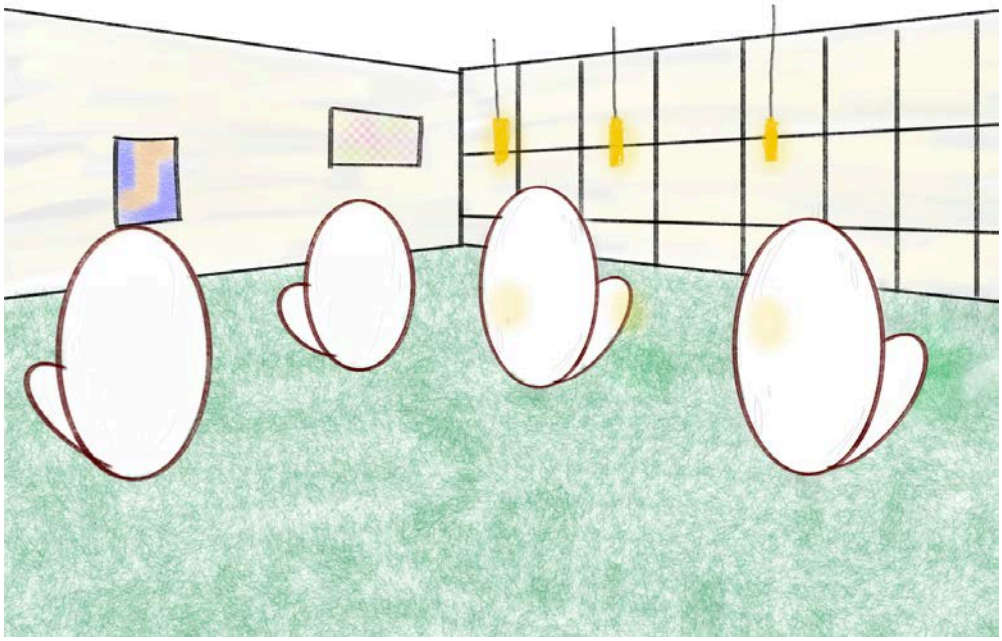


図 3.3 職場の休憩スペースに設置されているイメージ図

1 UNBORN https://www.unborn.jp/

2 香林居 https://www.korinkyo.com/isolation-tank

図 3.4 自宅に設置されているイメージ図

3.4. システムデザイン

全身触覚提示のためのインターフェース

今回の体験において利用する全身触覚インターフェースは，寝そべって身を任せた状態での利用が可能かつ，全身に対して多様で時空間的な変化のある刺激を提示することができる必要がある．Enhance Experience Inc. によって開発された Synesthesia X1(図 3.5)(図 3.6) は，横たわった状態で体験することができる椅子型の全身触覚インターフェースであり，かつ 44 個の振動子から構成されており，各振動子を個別に制御することができる．これらの特性は，先ほど述べた体験中の姿勢の条件と，全身広範囲を対象に時空間的な変化のある振動提示が可能である条件のどちらも満たしており，本研究の検証用のインターフェースとして最適であることから，Synesthesia X1 を採用した．

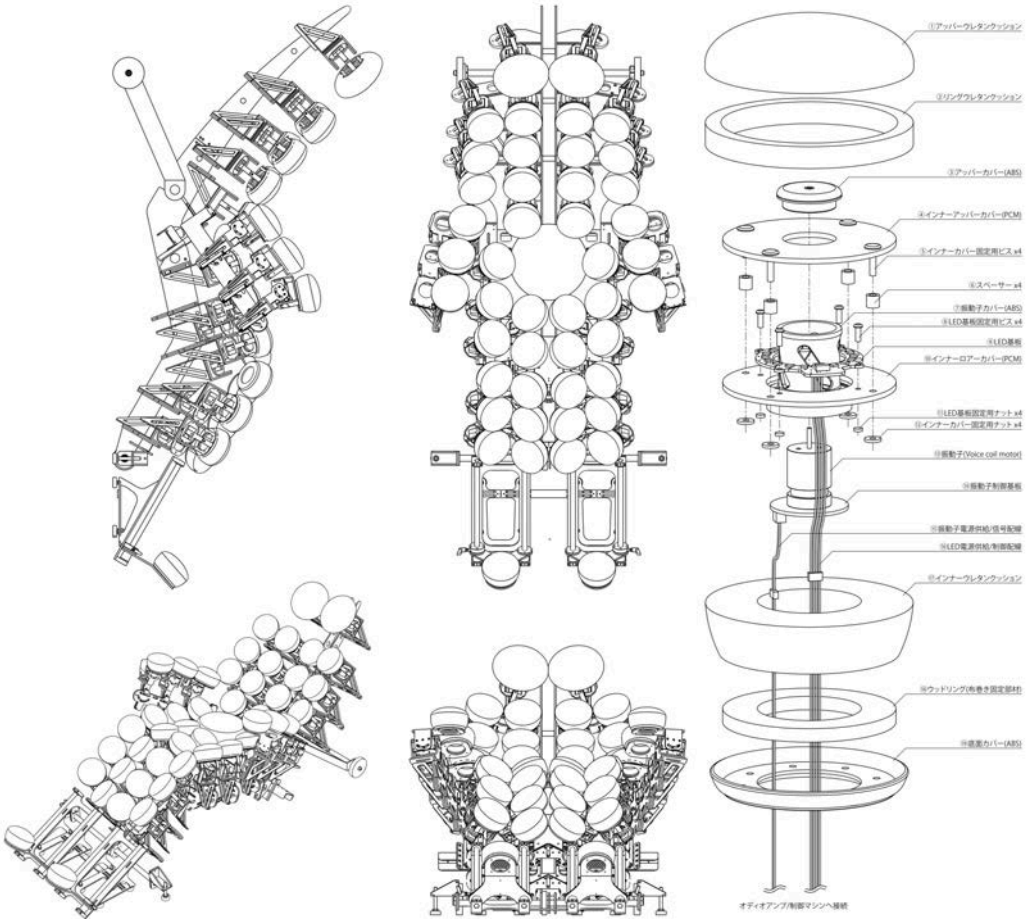


図 3.5 Synesthesia X1 仕様 (Synesthesia Lab より提供)

図 3.6 Synesthesia X1

全身触覚体験のデザインツール

Synesthesia X1 の振動出力の制御の仕方を説明する．今回，全身に均一的に振動提示するのではなく，時間的・空間的な動きを伴った刺激を提示する必要がある．

そこで，Synesthesia X1 の振動子の配置と同じ位置を丸で囲んだ 2 次元マップ (図 3.7) を用意し，振動させたい位置に色付けを行うことで空間的な振動パターンの設計を行なっていくことにした．また，この色付けされた 2 次元マップを動画にし，色がついている間だけ振動させ，色が消えたら振動も出力されなくなるようにして，時間的な制御を行なった．例えば，右手の手のひらを 2 秒間振動させたい場合は，2 次元マップの右手の手のひらの部分が 2 秒間色付けされた動画を作成する．その動画を読み込むことで，Synesthesia X1 における右手の手のひらの部分が振動する．そして，0 か 1 だけでなく，だんだんと振動が大きくなったり小さくなったりと強弱を調整するために，色の不透明度と振動の強さが連動するようにした．触覚動画において，だんだんと不透明度が 0%から 100%に徐々に変わっていくように色付けすると，Synesthesia X1 の振動も徐々に強くなっていく仕様となっている．また，触覚動画に音を載せることで，振動は Synesthesia X1 から出力され，音は繋いでいるヘッドホンから出力させることができる．

上記の，触覚動画を読み込んで Synesthesia X1 の各振動子と紐づけるシステムは磯部宏太氏 (Enhance Experience Inc. 所属) によって構築され，Synesthesia X1 の触覚出力制御とヘッドホンからの音響出力制御のシステムは花光宣尚氏 (Enhance Experience Inc. 兼 Embodied Media 所属) によって構築された．

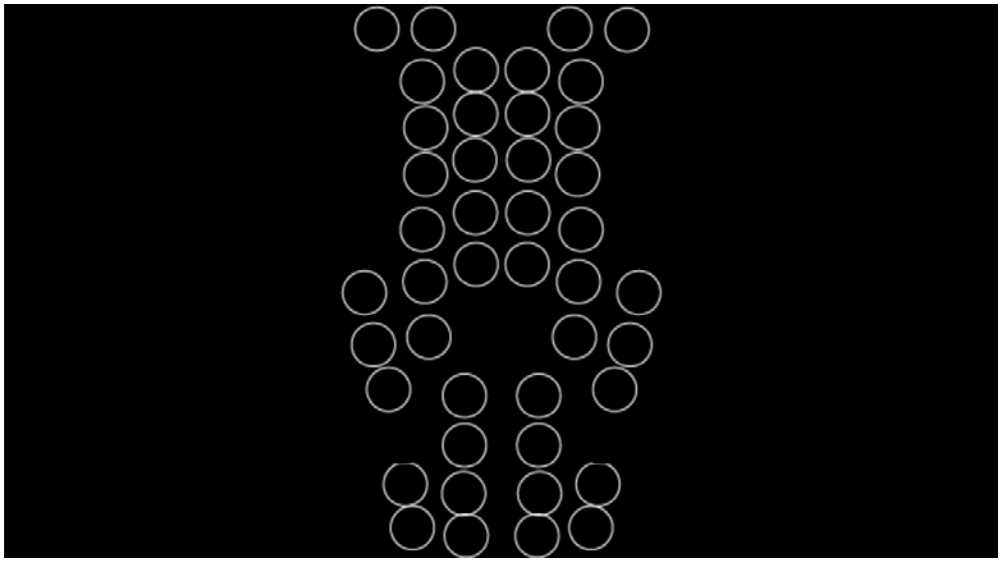


図 3.7 Synesthesia X1 の 2 次元マップ

全身触覚体験のデザインプロセス

上記の仕組みを実現するための，システムを設計する．図 3.8 にシステム構成の全体図を示す.

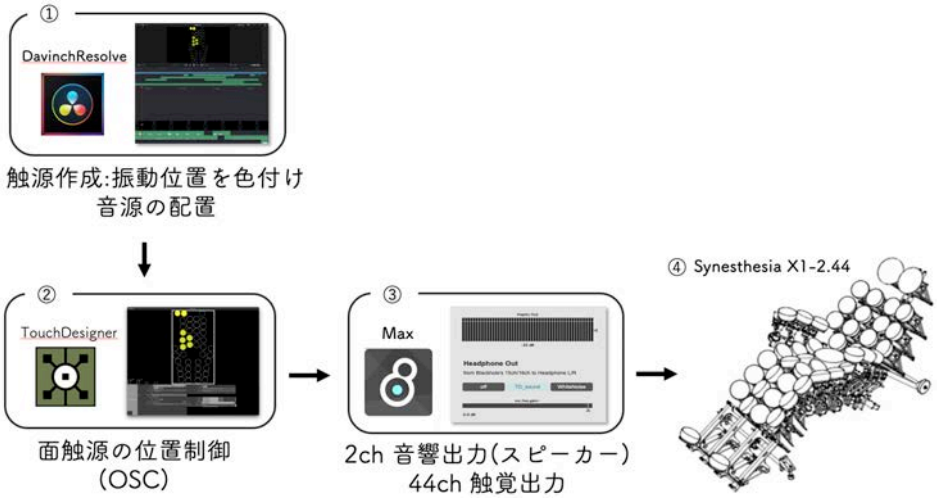


図 3.8 システム構成全体図

①まず動画編集ソフトである Davinch Resolve を用いて触覚動画を作成する．触覚動画では，音源を時系列で組み合わせ (図 3.9)，音のタイミングに合わせて振動させたい部位に色付けをした (図 3.10).

②作成した触覚動画を，ビジュアルプログラミングツールである TouchDesigner[3] で読み込み，Synesthesia X1 の各振動子の座標と触覚動画における振動子の座標の紐付けを行う.

③そして TouchDesigner とビジュアルプログラミングソフトウェアである Cycling'74 の Max[4]間を通信し，2ch の音響出力制御と 44ch の触覚出力制御を行うことで④Synesthesia X1 における出力環境が整った.

3 Touch Designer https://derivative.ca/

4 MAX/MSP https://cycling74.com/products/max

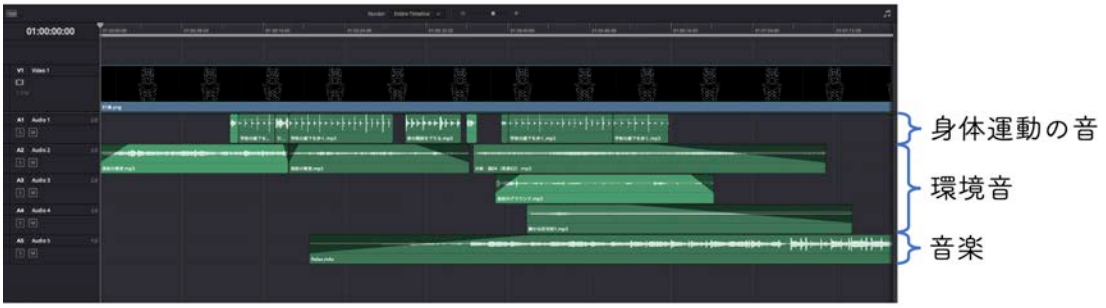


図 3.9 触覚動画：音源の構成例

図 3.9 は，音源を時系列的に組み合わせた例である．一行目に歩く音や階段を降りる足音など，心象の中の人物の身体運動の音を配置している．二行目から四行目には環境音を配置しており，例えば風が吹く音や鳥の鳴き声などが背景に聞こえるよう構成している．身体運動や環境とは別の例えば音楽などを利用する場合は，五行目に配置できるよう場所を確保している．

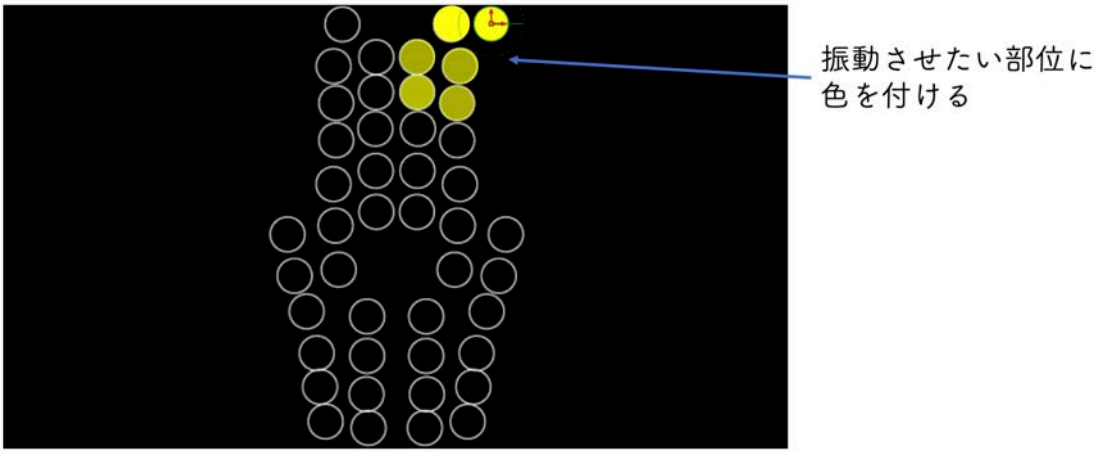


図 3.10 触覚動画：振動子の色付け例

図 3.10 は振動させたい部位が色付けされている触覚動画の例である．背景色は黒で統一し，黒以外の色で着色された箇所が振動する．この場合は，右足の足裏と足首に振動が提示される．色の RGB 値と振動の周波数の紐付けを Max で行う

ことで，例えば黄色の箇所には 50Hz の振動を提示し，赤色の箇所には 80Hz の振動を提示するなどの場合分けができる．また，色の不透明度が振動の大きさ (db) と比例しており，不透明度 100%(背景の色は全く見えない) の場合は設定した最大の dB 数で振動し，不透明度が 0%に近づくにつれ振動の dB 数が小さくなっていく．図 3.10 の場合だと，足裏は設定している max の dB 数で振動が提示されており，足首周辺の部位は不透明度が 60%であるため max の dB 数の 6 割の大きさで振動が提示されていることになる．

3.5. 本章のまとめ

本章では初めに，全身を対象とした刺激を用いて，安心感や解放感と結びつく経験を想起することができれば，心地よい空想体験を提供できるのではないかと仮説を立てた．そして体験のコンセプトイメージのスケッチを作成し，それらのユースケースを例に挙げた．その上で，今回使用する全身触覚インターフェースである Synesthesia X1 の選定利用を述べ，Synesthesia X1 を制御するためのデザインツールとそのプロセスについて述べた．

次章では，体験をデザインする前段階として，全身刺激による体験内容への没入度の変化や，触覚刺激による情景想起の実現可否に関する予備検証を行っていく．

第 4 章
Preliminary Study

4.1. 仮説検証

本章では，第 3 章のコンセプトをもとにした体験をデザインする前段階として，提案した仮説の妥当性を調べるために，二つの予備検証を行う．一つ目の予備検証では，全身刺激によって体験内容への没入度が上がるかどうか検証した．二つ目の予備検証では，触覚刺激だけで狙った心象風景を想起させることはできるのか検証を実施した．最後に，検証で得られた結果をもとに，アプローチの再設計を行う．

4.2. 検証 1：全身刺激を用いた体験による情動変化

4.2.1 検証目的

まず初めに，全身触覚技術を用いた刺激が，体験内容への没入度を上げるかどうか検証した．先行研究から視覚的な VR 技術による情動変化の効用はわかっているため，本予備検証では，視覚・聴覚演出による VR ゲームに触覚演出を加えた時に，ゲーム体験への没入度に変化が起こるかどうか検証することを目的とした．

VR ゲームには既存の VR コンテンツ Rez Infinite を利用した．Rez Infinite は，3D 映像と 3D 音響により本当に自分がそのゲームの世界に入り込んでいるような没入感を作り出すというコンセプトのもと開発された，映像および音演出によるシューティング VR ゲームである．

全身触覚提示の手段としては，Synesthesia Wear を使用した．Synesthesia Wear は，振動子のマッピングや音源の書き込みなどのパラメータの調整が比較的容易

である点に加えて，Rez Infinite との連携がしやすいシステムであるため採用した．

触覚設計

振動子は全部で 17 個使用した．図 4.1 と図 4.2 のように，左右の腕に 5 個ずつ，お腹部分に 2 個，背中に 1 個，左右の腰に 1 個ずつ，そして左右の太ももに 1 個ずつ配置した．

図 4.1 振動子配置図（表）

図 4.2 振動子配置図（裏）

これらの振動子が，ゲームの進行や体験者の行動に合わせて振動するよう信号を送った．ゲームのステージの進行状況や，体験者のコントローラーを操作したタイミングでコマンドを受信し，そのコマンドと紐づいた振動が出力されるように実装した．

4.2.2 実験手法と条件

Rez Infinite をプレイしたことがないことを参加条件として，被験者 10 人を集め実施した．

1 回目に触覚伝送がある状態を経験した場合と 2 回目に触覚伝送がある状態を経験した場合のエフェクトを相殺するため，2 グループに分けて実験を行った．A グループの 5 人にはまず初めに触覚伝送がない状態で VR ゲームを体験してもらい，その後触覚伝送の有無条件を交互に設定した．B グループの 5 人にはまず初めに触覚伝送がある状態で VR ゲームを体験してもらい，その後触覚伝送の有無条件を交互に設定した．VR ゲームの体験回数は 1 人につき合計 4 回に設定し，毎回 1 ゲーム行うごとに 10 分間の休憩時間を設けた．その休憩時間の冒頭に没入度変化計測のためのアンケートを実施し，回答が終わり次第安静状態をとった．また，最初の安静状態からゲームプレイ 4 回を挟んだ最後の安静状態まで一貫して生体反応データを計測した．

A グループ

1. Synesthesia Wear と HMD と生体反応計測機器を装着
2. 安静座位　10 分間
3. Rez Infinite をプレイ（触覚なし）8 分間
4. 安静座位　10 分間（アンケート 1 回目）
5. Rez Infinite をプレイ（触覚あり）8 分間
6. 安静座位　10 分間（アンケート 2 回目）
7. Rez Infinite をプレイ（触覚なし）8 分間
8. 安静座位　10 分間（アンケート 3 回目）
9. Rez Infinite をプレイ（触覚あり）8 分間
10. 安静座位　10 分間（アンケート 4 回目）

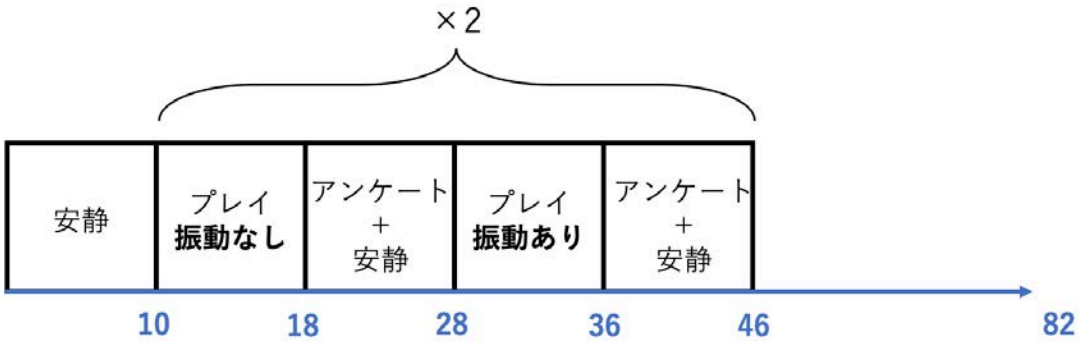


図 4.3　実験の流れ：A グループ

B グループ

1. Synesthesia Wear と HMD と生体反応計測機器を装着
2. 安静座位　10 分間
3. Rez Infinite をプレイ（触覚あり）8 分間
4. 安静座位　10 分間（アンケート 1 回目）
5. Rez Infinite をプレイ（触覚なし）8 分間
6. 安静座位　10 分間（アンケート 2 回目）
7. Rez Infinite をプレイ（触覚あり）8 分間
8. 安静座位　10 分間（アンケート 3 回目）
9. Rez Infinite をプレイ（触覚なし）8 分間
10. 安静座位　10 分間（アンケート 4 回目）

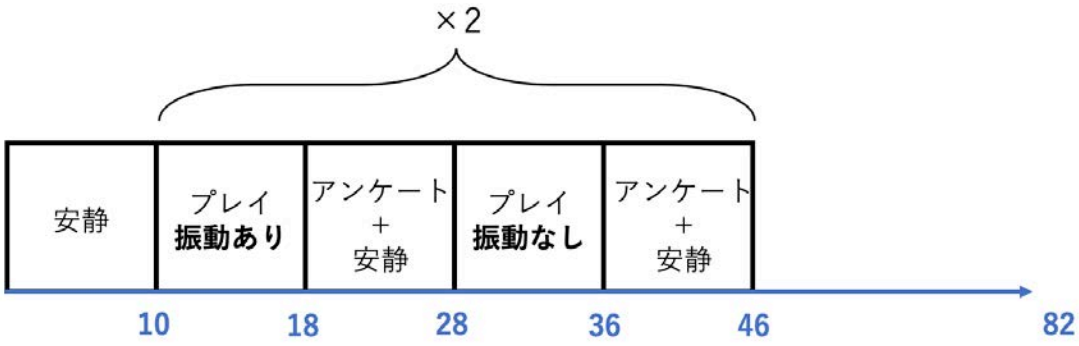


図 4.4　実験の流れ：B グループ

図 4.5 ゲームプレイ中の実験の様子

4.2.3 評価方法

主観評価

体験者のゲーム体験に対する没入度の計測には，Game Experience Questionnaire（GEQ）[53] と呼ばれる，ゲームプレイにおける体験者の主観評価に広く使われている質問表を用いた．GEQ は 3 つのパートで構成されており，本予備検証ではゲーム体験そのものを評価する Core Module を選択した．33 の質問・7 つの要素から構成される質問票である．

体験者は，33 の質問に 5 段階（0: 全くそう感じなかった，1: 少しそう感じた，2: まあまあ感じた，3: とても感じた，4: ものすごく感じた）で答える．

表 4.1 GEQ：要素と質問番号の対応表

要素	質問番号
没入感	3,12,18,19,27,30
フロー体験	5,13,25,28,31
有能感	2,10,15,17,21
ポジティブ感情	1,4,6,14,20
ネガティブ感情	7,8,9,16
緊張感	22,24,29
やりがい	11,23,26,32,33

生体反応

体験者の生体反応変化を検証するために，生体反応計測センサー [54](図 4.6) を用いて，皮膚電気活動 (EDA) と脈拍数を計測した．汗に含まれる塩分が電気的信号を伝導するため，その伝導性を測ることで EDA の変化を取得している (図 4.7)．緑色波長の光を生体に向けて照射し，生体内を反射した光を利用する (図 4.8)．心臓の脈動に伴って変化する動脈の血流量（血管の容量変化）を時系列にセンシングすることで脈波信号を計測している．

図 4.6 生体反応計測センサー

図 4.7 通電法により発汗を測る

図 4.8 緑色光で脈拍を測る

4.2.4 結果

主観評価

GEQ の計測結果を図 4.9 に示す．ウィルコクソンの符号順位和検定を行ったところ，7 つの要素のうち「有能感」と「ポジティブ感情」の 2 つに関して，触覚演出がない場合に比べてある場合の方が有意にスコアが大きかった ($p<0.05$)．

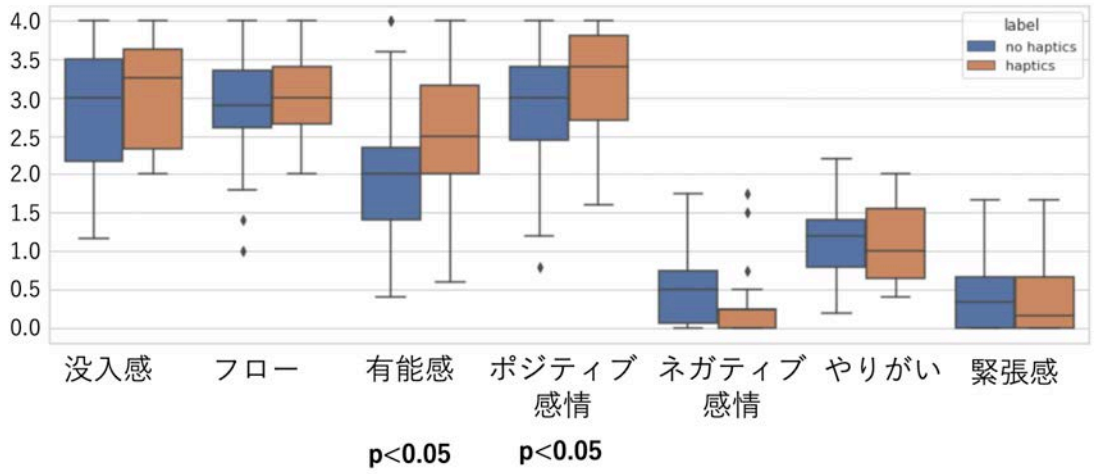


図 4.9 全体験者の各要素の中央値 (青：触覚なし vs オレンジ：触覚あり)

生体反応

次に生体反応の結果を見ていく．まず EDA の結果が図 4.10 である．全被験者の EDA の推移の中央値を見ると，振動提示がない時の方が EDA 値が高い．スチューデントの t 検定の結果，$p<0.05$ であった．

図 4.10 EDA：全体験者の平均値・中央値 (触覚なし vs 触覚あり)

SDNN/RMSSD と RMSSD の解析には，Python の心拍解析ツールキット HeartPy [55] を活用した．図 4.11 は交感神経の指標となる SDNN/RMSSD の結果である．全被験者のデータを平均化して比較した場合，p>0.05 となり有意差は見られない結果となった．しかし振動提示がない時の方が SDNN/RMSSD の値はやや高く，交感神経の活動がやや高い傾向が見受けられた．

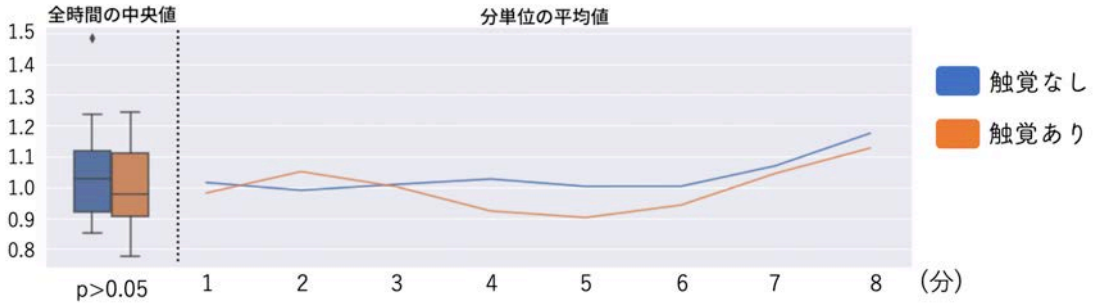


図 4.11 SDNN/RMSSD：全体験者の平均値・中央値 (触覚なし vs 触覚あり)

最後，副交感神経と相関のある RMSSD の結果を図 4.12 に示す．こちらも p>0.05 であり有意差は見られなかった．本検証では，振動提示がない時に比べて，振動提示されている時の方が RMSSD の値がやや高い結果となった．

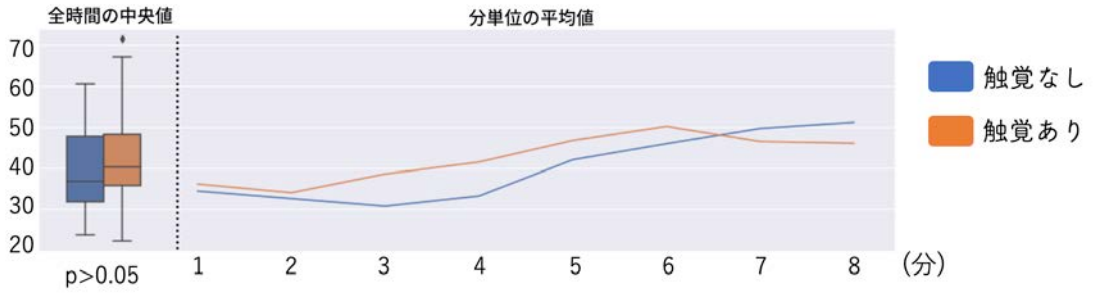


図 4.12 RMSSD：全体験者の平均値・中央値 (触覚なし vs 触覚あり)

4.2.5 考察

上述した通り，Rez Infinite は 3D 映像と 3D 音響により没入感を覚えるように緻密に開発されている．よって本予備検証において，主観評価では，没入感やフロー体験といった値は触覚演出がなくとも高いスコアだった．しかしその前提の中でも，有能感とポジティブ感情に関しては触覚演出の効果が表れており，視覚・聴覚演出ではまかないきれていなかった要素を触覚刺激が補うことで，体験の質がさらに上がる可能性を示唆する結果となった．

また生体反応に関して，振動がある時に比べて振動がない時の方が EDA 値が高かった．つまり振動がない時に，交感神経系の活動が優位になっている結果となった．そして有意差は見られなかったものの，SDNN/RMSSD の結果は，振動がある時に比べて，振動がない時の方が SDNN/RMSSD はやや高い傾向があった．つまり SDNN/RMSSD からも，振動がない時に交感神経系の活動が活発化する傾向が見受けられた．被験者の感想として「触覚がない方がゲーム遂行自体に集中していた」という趣旨の感想を 10 人中 4 人から得た．このことから，振動がないことでよりゲームの遂行に集中でき，その状態が結果として交感神経の活動に現れたのではないかと考察する．

一方，RMSSD の値は触覚伝送がある時の方がやや高い傾向が見受けられた．つまり，振動がある時に副交感神経系の活動が活発化する傾向を示していた．被験者の感想として「触覚がある方がゲームの世界に入り込んで楽しめる気がする」とあった．振動があることで，ゲーム遂行よりもゲームを楽しむ心意気になり，リラックスの方に向かったのではないかと推測する．

4.3. 検証 2：経験と紐づく触覚刺激による快感情の変化

4.3.1 検証目的

次に，触覚刺激だけで狙った心象風景を想起させることはできるのか検証する．そこで本予備検証においては，心象風景を想起させるような刺激として，呼吸や心拍などの生理特性に着目した．カンガルーケアでは，母が子を抱き抱えることで心身ともに安らぐ効果が生まれている．心拍に似たリズムの振動を与えることで，肌と肌の触れ合いという多くの人が根源的に経験しているであろう身体感覚と結びつき，安心感が生まれるのではないかと考えた．その際，触覚パターンの違いによる効果を測るために，振動部位が呼吸のように空間的変化を伴っている時と，変化せず均一的である時とで，リラックス効果に差が出るか比較した．

触覚提示の手段としては，全身広範囲に対して触覚提示を行うことができ，かつリラックス状態になりやすい寝そべった状態で体験できるという理由から，Synesthesia X1 を採用した．

4.3.2 触覚設計

心拍を模した触覚刺激の触覚パターンによる効果を検証するにあたり，全身に均一的な (homogeneous) 触覚刺激 (以下，H 刺激) と，呼吸のような空間的な変化のある (spatiotemporal) 触覚刺激 (以下，ST 刺激) の 2 種類の触覚刺激を設計した．

H 刺激：均一的な触覚刺激

触源として，心臓の鼓動音を模した音源[1]を 12 分間提示した．Azevedo ら [56] の研究を参考に，提示するテンポは，健康成人の平均心拍数である 60bpm からスタートし最終的に 45bpm になるように徐々に下げていった．これは，さらにリラックス効果を高めることを狙いとしている．この触覚刺激を全身に対して均一に提示した．

1 心臓の鼓動音 written by もっぴーさうんど https://dova-s.jp/se/play087.html

ST 刺激：空間的な変化のある触覚刺激

触源とテンポは H 刺激と同様の設定にしている．提示部位の変化の要素としては呼吸のリズムを参考にした．4 秒かけて吸い込み，6 秒かけて吐き出す呼吸法がリラックス効果が高いとされていることから，そのリズムを参考に触覚デザインを行なった (図 4.13)．空気を吸うイメージのもと足から頭の方向に 4 秒かけて振動範囲が移動し，空気を吐くイメージのもと頭から足の方向に 6 秒かけて移動させた．

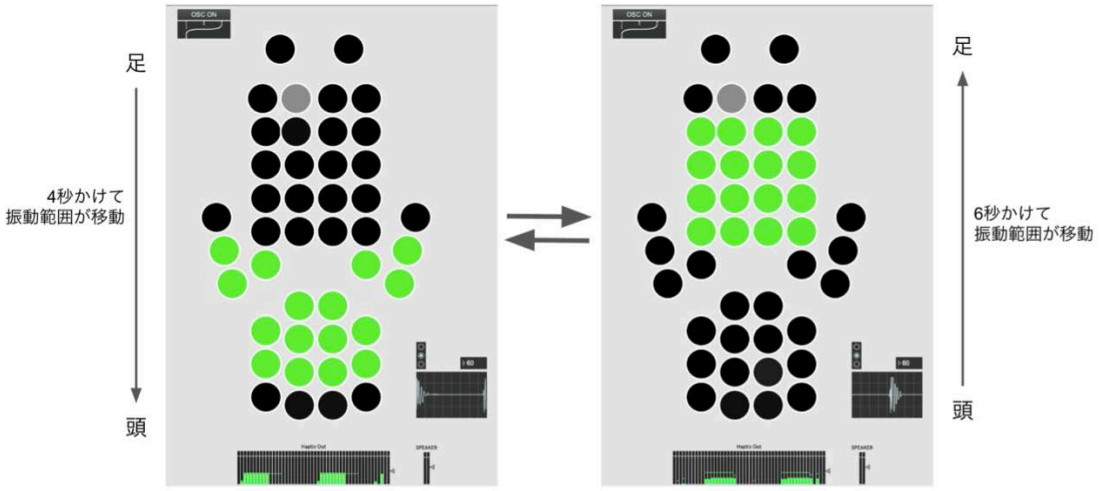


図 4.13 ST 刺激 (呼吸に近いリズムを持つ触覚デザイン)

4.3.3 実験手法と条件

実験参加者は 24 歳から 32 歳までの男性 3 名と，22 歳から 29 歳までの女性 3 名で，平均年齢は 26 歳だった．聴覚と視覚を統制するために，体験中はヘッドホンからホワイトノイズを流しアイマスクを着用させた (図 4.14)．体験中の生体反応計測器には，検証 1 と同様の機器を用いた．また主観評価に関しては，体験前後でそれぞれ同じアンケートに回答してもらい，体験前後の状態を比較した．

図 4.14 実験の様子

実験の流れ

1. 主観評価用アンケートに回答
2. アイマスク，ヘッドホン，心拍センサーを装着
3. Synesthesia X1 に横たわり 5 分間安静
4. 12 分間コンテンツを体験
5. そのままの状態で 2 分間安静
6. 主観評価用アンケートに回答
7. 自由回答の半構造化インタビューを実施

4.3.4 評価方法

主観評価

Russell の円環モデルのうち体験者の感情がどこに該当したかを計測するため，体験に関する主観評価には，Self-assessment manikin(SAM) [57] という質問表を用いた．SAM は快から不快を表す快次元 (図 4.15) と，興奮から落ち着いた状態を表す覚醒の次元 (図 4.16) をそれぞれ 9 段階で評価する．指標が絵で表現されているため，言語や文化に依存せず使用することができるため採用した．また H 刺激と ST 刺激の両方の体験が終わった段階で，以下の選択式アンケートにも回答してもらった．そして最後に自由回答型の半構造化インタビューを実施した．

- H 刺激と ST 刺激でどちらがリラックスできましたか？
- H 刺激と ST 刺激でどちらが好みでしたか？
- H 刺激と ST 刺激でどちらが体験に集中できましたか？
- H 刺激と ST 刺激でどちらが楽しかったですか？
- H 刺激と ST 刺激でどちらが心地よかったですか？

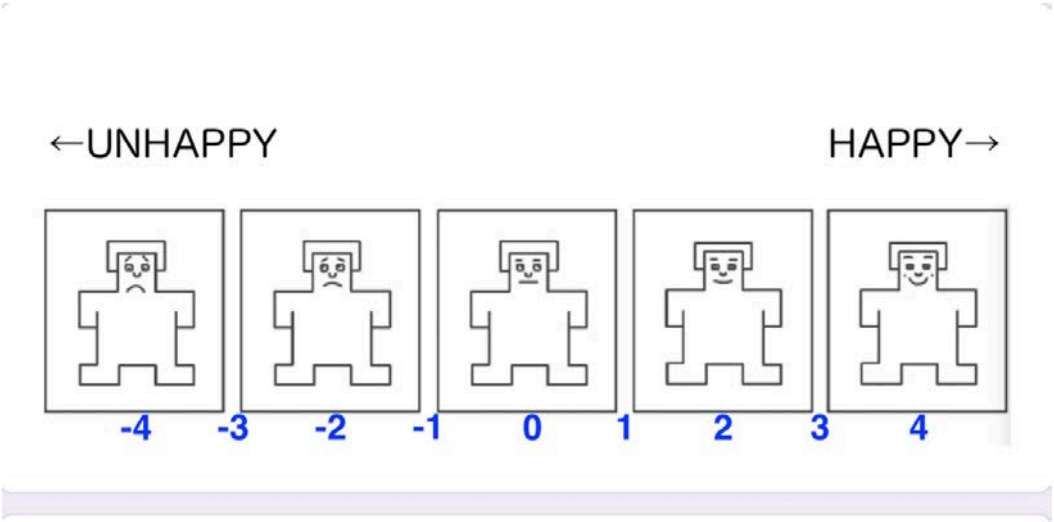


図 4.15 検証に用いた SAM アンケート (快次元)

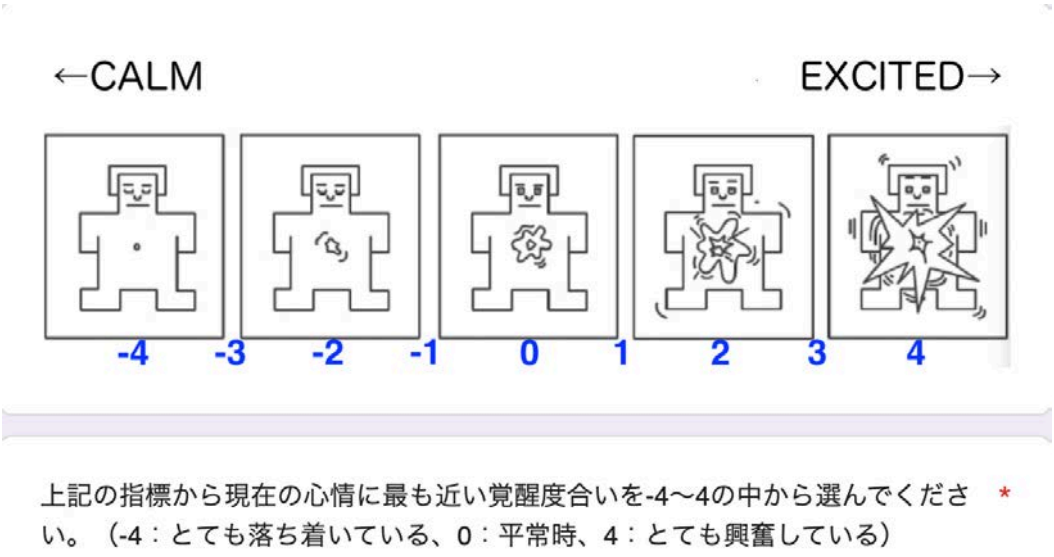


図 4.16 検証に用いた SAM アンケート (覚醒次元)

生体反応

本予備検証では，交感神経系の指標として，心拍変動から分析可能なSDNN/RMSSDを用い，副交感神経系の指標としてはRMSSDの結果から評価した．解析方法は予備検証1と同様に，HeartPyを利用している．

4.3.5 結果

主観評価

SAMにて取得した覚醒度と快適度の結果を図4.17と図4.18に示す．どちらも体験前の体験者の主観評価と比較した増減数の平均である．図4.17から，H刺激＜ST刺激が4人，H刺激＞ST刺激が1人，H刺激＝ST刺激が1人という結果になり，ST刺激よりH刺激の方が落ち着きの方向に動いた人が6人中4人いた．図4.18から，H刺激＜ST刺激が3人，H刺激＞ST刺激が2人，H刺激＝ST刺激が1人という結果になり，条件間での傾向は見られなかった．

図 4.17 覚醒度

図 4.18 快適度

また選択式アンケートの結果を図4.19に示す.「楽しかった体験」としては6名全員がST刺激を選んだ．その他の指標については傾向は見られず，体験者の評価が分かれる結果となった．

- リラックスできた：H 刺激 2 名，ST 刺激 4 名
- 好みだった：H 刺激 3 名，ST 刺激 3 名
- 集中できた：H 刺激 3 名，ST 刺激 3 名
- 楽しかった：H 刺激 0 名，ST 刺激 6 名
- 心地よかった：H 刺激 2 名，ST 刺激 4 名

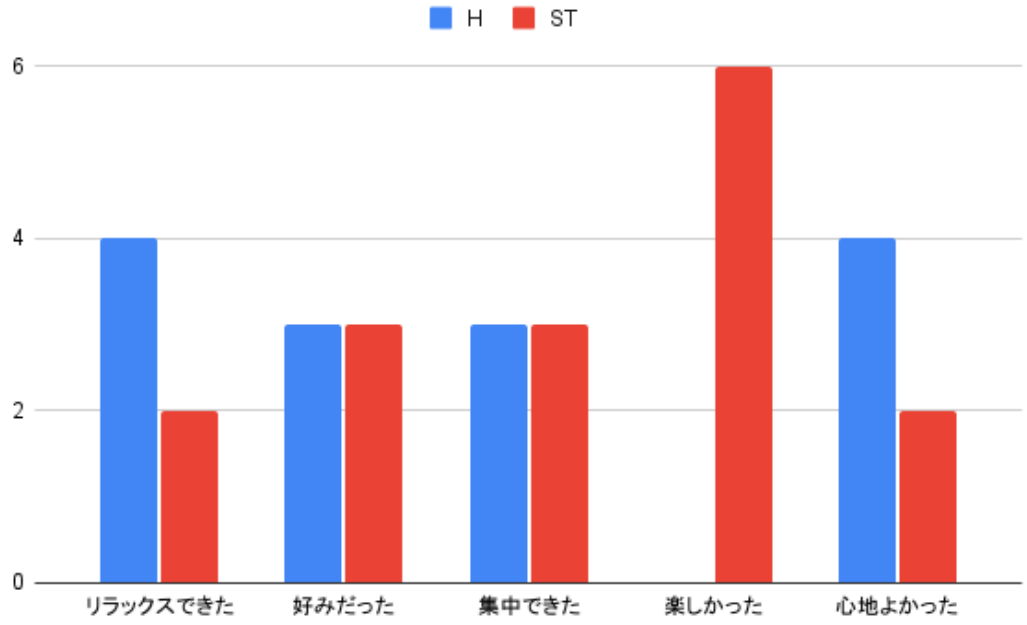


図 4.19 選択式アンケートの結果

自由回答型の半構造化インタビューではさまざまな回答が得られた．例えば，H 刺激をよりリラックスした刺激として選んだ体験者では，「(ST 刺激は) 自分の心拍だと思った．心臓の音が迫ってくる感じが映画の緊張するシーンを見ている時みたいだった．リラックスというよりは緊張した.」「H 刺激は心臓の鼓動って感じでなんか落ち着いた．けど ST 刺激の方は動いてるからなのかゾワっとした.」「H 刺激は包まれてる感じがして良かった.」などが感想として上がった．ST 刺激をよりリラックスした刺激として選んだ体験者では，「ST 刺激は全身が包み込ま

れてる気分になってほっとした．有機的，生物的なものを感じた.」「H 刺激は一定だったから心拍音の圧が強くて落ち着かなかった.」などが感想としてあった．

生体反応

今回体験者 1 名の生体反応データが正確に計測できていなかったため，生体反応に関しては 5 名分のデータから評価を行う．

まずは交感神経の指標である SDNN/RMSSD を図 4.20 に示す．グラフの結果は，体験前の安静時間の SDNN/RMSSD 平均と，体験中の平均，体験後の安静時間の平均を線で繋いだものである．図 4.20 の通り，交感神経系の活動は H 刺激と ST 刺激の条件間で傾向は見られなかった．体験中と前後の安静時間で比べても，体験者によって結果がそれぞれで，ばらついていることがわかる．

次に副交感神経の指標である RMSSD の結果を図 4.21 に示す．こちらも，H 刺激の方が数値が高い体験者もいれば ST 刺激の方が高い体験者もおり，有意な傾向は見られなかった．

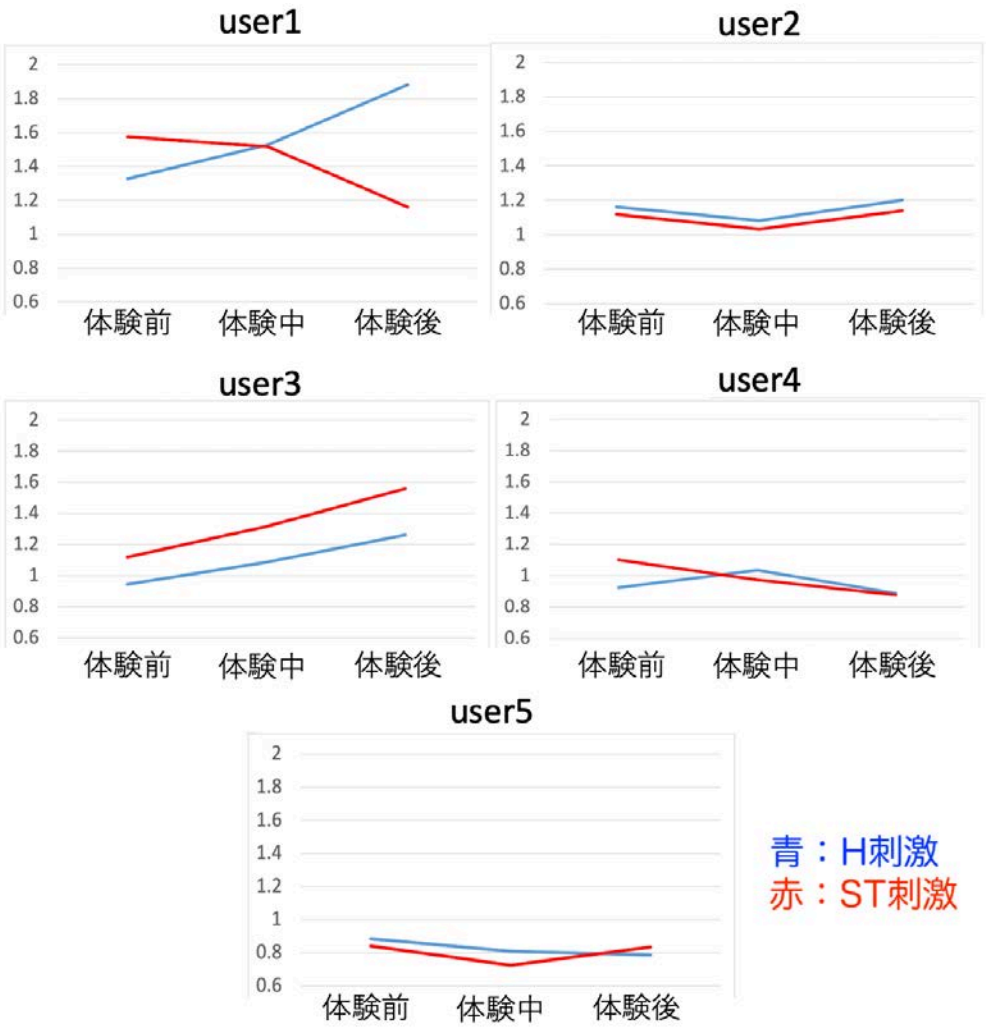


図 4.20 各体験者の SDNN/RMSSD の結果

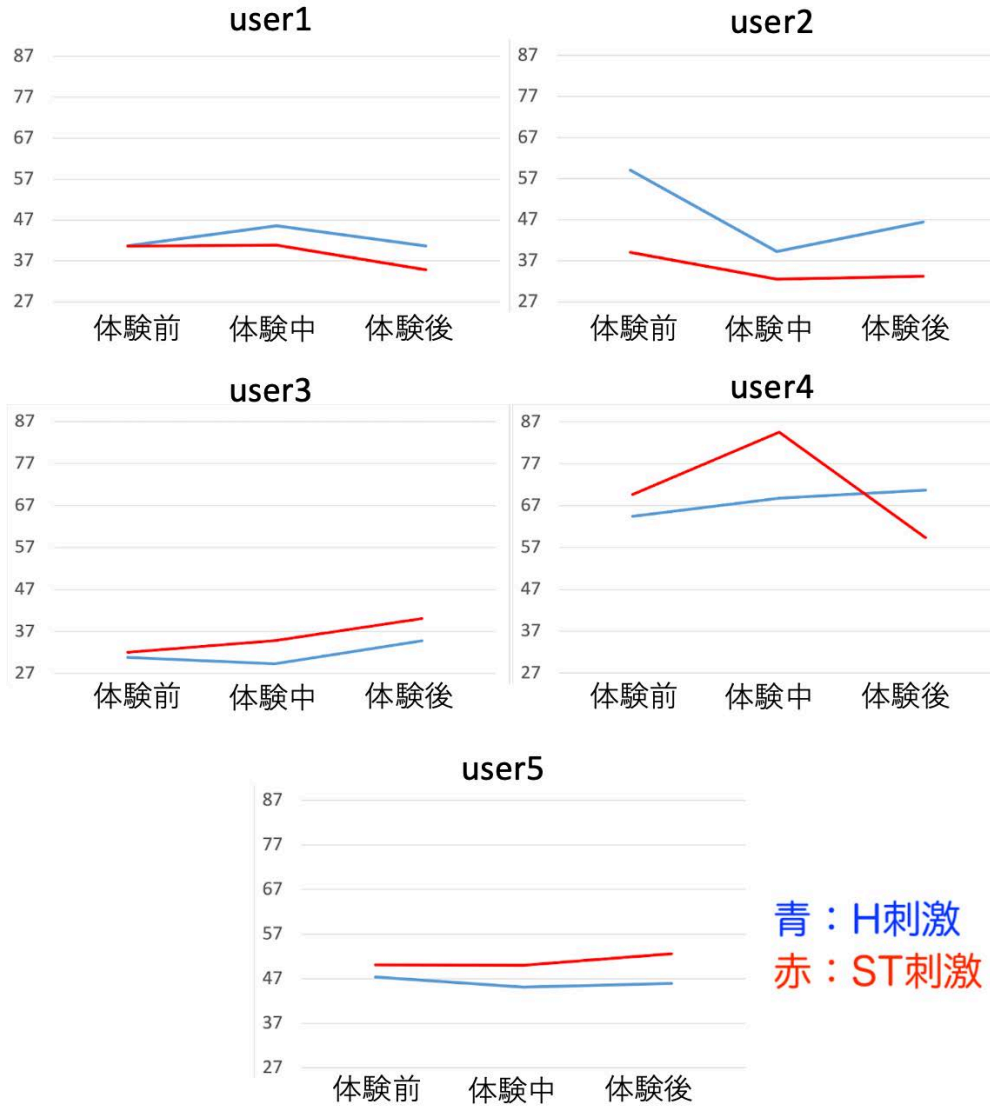


図 4.21 各体験者の RMSSD の結果

4.3.6 考察

本予備検証では，呼吸の落ち着きを連想させリラックス感を誘発することを目的に，擬似心拍刺激を用いた．2 種類の触覚パターンを設計し，よりリラックス効果が向上するのはどちらか比較したが，主観評価・生体反応ともに，空間的なパターンの違いによる有意な差は見られなかった．自由回答型のインタビューの「心臓の音が迫ってくる感じが映画の緊張するシーンを見ている時みたいだった.」「全身が包み込まれてる気分になってほっとした.」などの感想から，今回用いた擬似心拍刺激が緊張した時のドキドキを想起させることもあれば，触れ合った時の安心感を想起させることもあったことが推測できる．従って，体験者によって様々なイメージを思い浮かべたのだと考えられる．今回の実験条件では，心拍音というものが緊張とリラックスの 2 つの要素を持っている可能性が示唆された．その心拍音に空間的な動きが伴うことによって，人によっては緊張の方向に効果が働き，人によってはリラックスの方向に効果が働いたのではないかと考える．

4.4. アプローチ方法の再設計

検証 1 の結果から，視覚的・聴覚的効果によって既に高いレベルの体験が成り立っていたが，触覚刺激が加わることによってさらに体験の質が高まることがわかった．視覚・聴覚・触覚の演出は「全身の身体感覚に意識を向けさせ体験の質を向上する」という意味では有効な演出だったが,「過去の記憶や経験が想起され快い心象が浮かぶ」ことと両立させるには多感覚すぎると感じた．心象は視覚的なものが一般的であるため，それと競合してしまう視覚による演出は体験者の心象の幅を狭めてしまう要素になる．そこで，視覚による演出は用いないことに決めた．また，検証 2 の内的な経験に紐づく触覚刺激の提示では，想起したイメージが体験者によって大きくばらつき，その結果緊張と安心感という両極端と言ってよいほどの感情の幅が生まれた．触覚刺激を受けてどんな心象風景をイメージするかは体験者によって異なり，触覚刺激だけでは狙った心象風景を連想させるのは難しいことがわかった．

そこで，まず一つ目に触覚刺激と効果音を組み合わせることで，ある程度の狙った心象風景が物語的に流れていくように体験ストーリーを構成する．そして二つ目に，その物語的な心象風景の中に，VR 技術で注目されている「身体性」を立ち上げることで，身体全体で記憶している過去の出来事や経験を思い起こさせる (図 4.22)．そうすることで，その体験者の記憶に存在している経験の中から，効果音によって誘導された心地よさに近い身体的な経験が連想され，体験者ならではの楽園・心地よい場所が情景として思い浮かぶのではないかと考えた (図 4.23)．どんな場所を心地よいと考えているかは，体験者によって多種多様でありそれらは尊重されるべきであると考え，この体験によって想起される情景は体験者によってさまざまになることを期待する．

つまり，音や触覚による全身刺激によって，身体的経験を立ち上がらせることでこころが安らぐ心象風景を想起させれば，その人の記憶に存在する安心できる場所が連想され，心地よい空想時間を提供できると考え，仮説を再設計した．

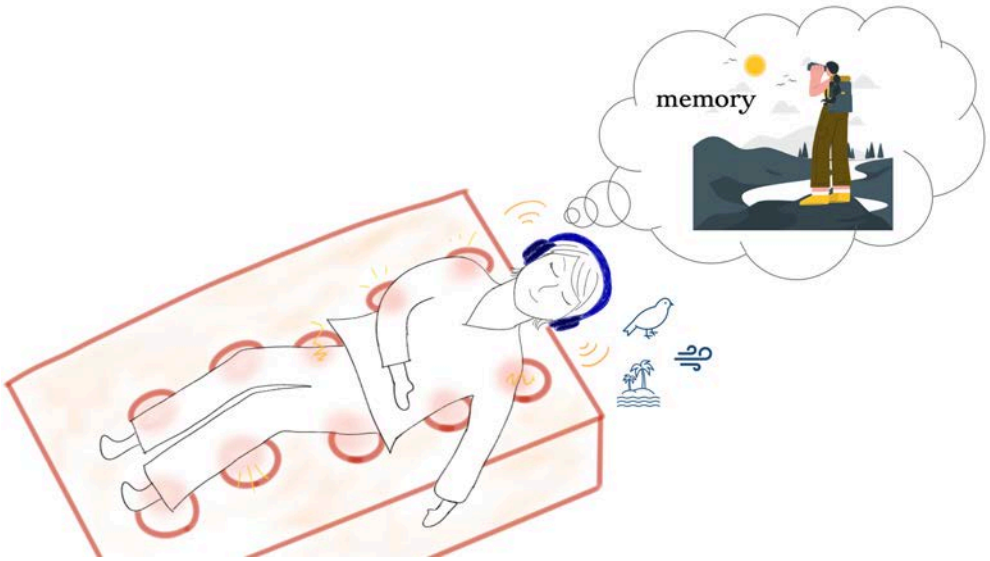


図 4.22 新アプローチのイメージ図

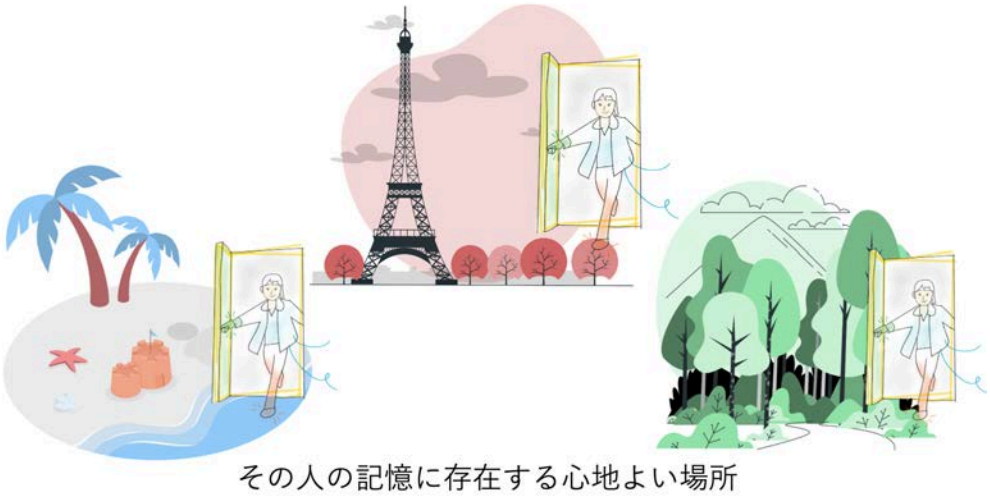


図 4.23 体験者それぞれで情景が異なるイメージ図

4.5. 本章のまとめ

本章では，コンセプトに沿った体験をデザインする前段階として，全身刺激による没入度の変化や，狙った心象風景を想起させる触覚刺激に関する予備検証を行った．予備検証 1 の結果，触覚演出を加えることで体験の質が向上する可能性が示唆された．また予備検証 2 の結果からは，触覚刺激を受けて何をイメージするかは体験者によって大きく異なり，触覚刺激だけでは特定の心象風景を想起させることは難しいことがわかった．よって，全身触覚と効果音を組み合わせて狙ったストーリーの心象風景を連想させ，そこに身体性という概念を加えることで，身体感覚を刺激し身体的な経験を立ち上がらせるアプローチに変えた．そうすることによって，体験者の記憶に存在する心地よい場所が連想され，結果的に心地よい空想時間となることを期待する．

次章では，身体性を立ち上げるための触覚刺激の検討を行い，コンセプトに沿った心地よい体験のストーリーをデザインしていく．そしてユーザーテストを行い，実際に心地よい心象風景は想起されたか観察する．

第 5 章
Proof of Concept

5.1. 身体性を立ち上げるための全身刺激

第 4 章の予備検証の結果を受けて，一人称的な身体性を伴った心象風景を想起させることで，体験者自身の記憶に存在する心地よい情景が想起されると仮定した．そこで，一人称的な身体性を立ち上げるための刺激として,「歩行」を採用する．

歩行は私たちが日々生活する上で基礎的な身体運動であり，身体性を立ち上がらせる要素として大きく作用するのではないかと考えた．歩行を連想させる刺激を与えることで，体験者の心象に人物像をイメージさせ，かつその人物が「あたかも自分である」と思うことができれば心象の中に一人称的な身体性を獲得したと言える．

5.2. 歩行感刺激のパラメータの検討

身体性の伴った心象風景を想起させるための触覚刺激として，歩行感刺激が妥当であるかの検討を行う．今回は足音が聞こえる状況において,「振動の有無」と「周波数の高さ」が心象にどう影響するかのデータを得ることを目的に実験を二つ行った．具体的には，実験 1 では「振動の有無で，心象の中の足音の主語がどう変化するか」を測ることを目的に，振動がなく足音だけを聞かせた場合と，足音に合わせて振動を提示した場合で比較した．実験 2 では「振動の周波数の違いで，心象の中の人物像が変化するのか」を測ることを目的に，周波数が高い場合と，周波数が低い場合で比較した．

5.2.1 実験設定

足音は全部で 5 パターン用意した．足音 1 つに対して，実験 1 では振動がない場合と振動がある場合の 2 つ，実験 2 では周波数が高い場合 (150Hz) と低い場合 (60Hz) の 2 つがあるため，ぞれぞれの実験でコンテンツは合計 10 個となった．また振動の同パターンが 3 回連続で続かないよう順番を決め，その順番は体験者によってばらつくよう設定した．

実験 1 の内容を図 5.1，実験 2 の内容を図 5.2 に示す．1 コンテンツ 30 秒として，30 秒間一定の速度で足音が流れる．30 秒足音を聞いた後にアンケートに回答する．回答後 10 秒のインターバルを挟んで，次のコンテンツに移る．これを 10 コンテンツ分行う．被験者が疲れないよう，4 回目が終わった後と 7 回目が終わった後にそれぞれ 120 秒の休憩を挟んだ．

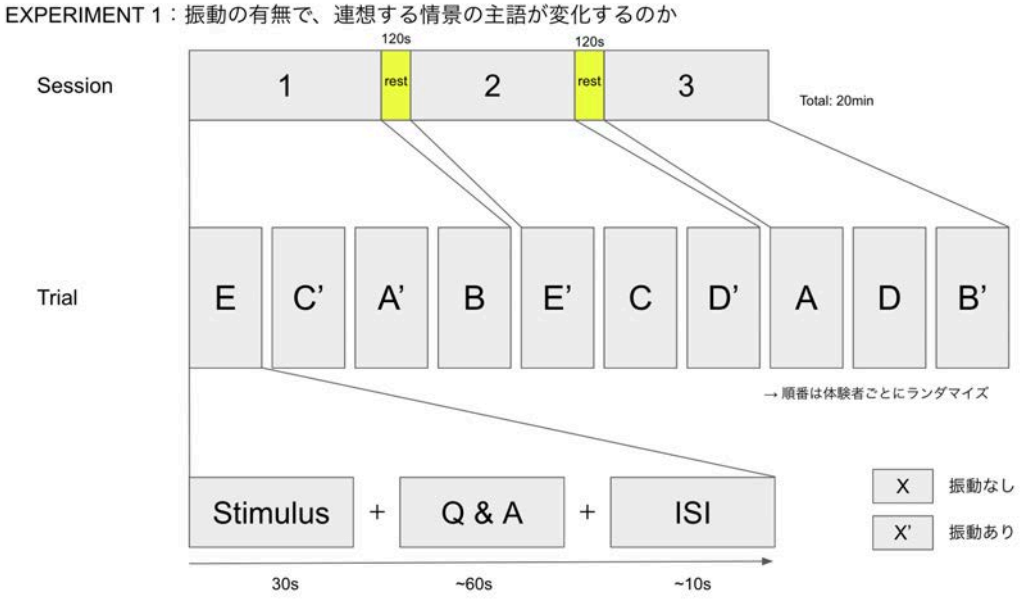


図 5.1 実験 1 の実験内容

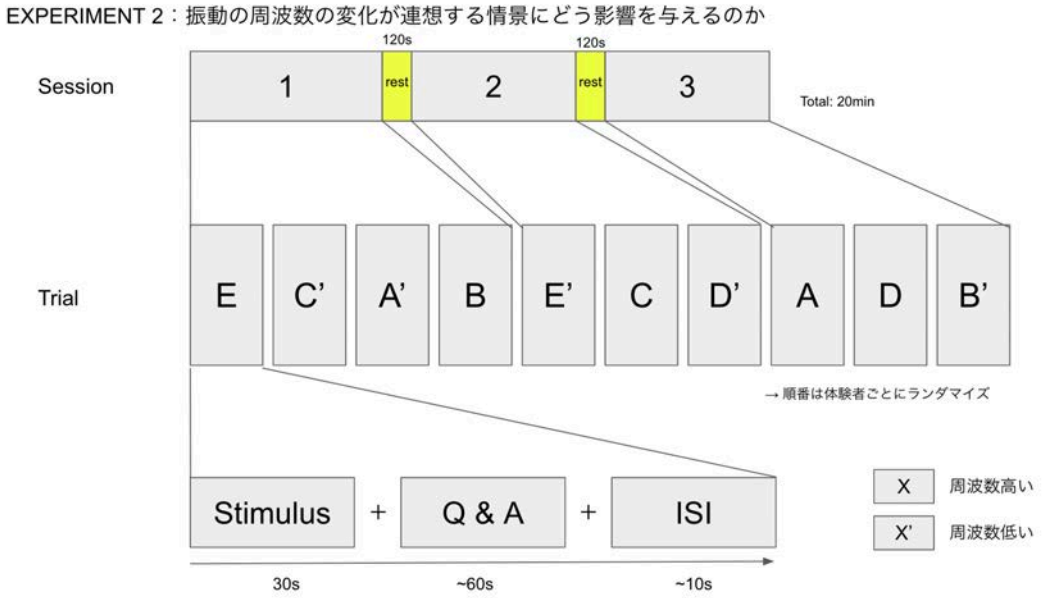


図 5.2 実験 2 の実験内容

5.2.2 触覚設計

足音は録音音源サイト[1]のものを用いた．また，触覚刺激は全て正弦波の振動を提示している．実験 1 では周波数は 80Hz に設定し提示した．ここでは，5 種類の足音に対して，どのような触覚を提示したのかを説明する．

革靴でアスファルトを歩く

一つ目は革靴でアスファルトの上を歩いている足音を利用した．最もノーマルな歩行感と捉え，まずはかかとが地面に着くと同時に足首あたりにも力が入り，その後すぐにつま先が地面につく様子を再現している (図 5.3).

1 効果音ラボ https://soundeffect-lab.info/

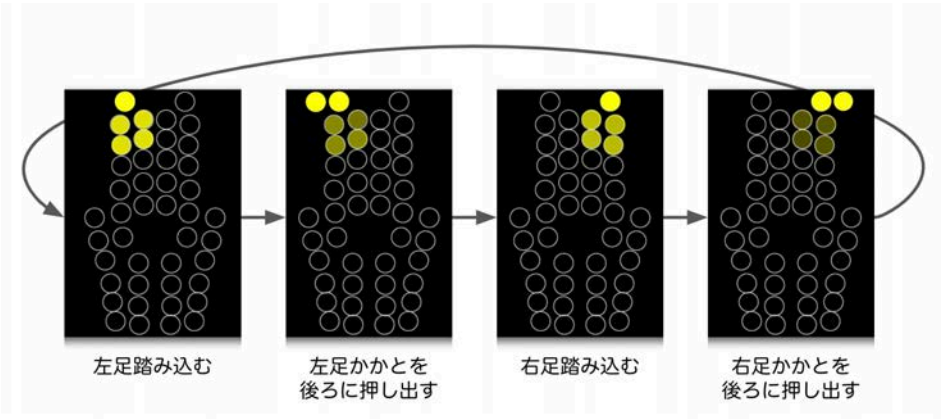


図 5.3 触覚動画：革靴でアスファルトを歩く

下駄で歩く

二つ目は下駄で歩いている足音を利用した．このパターンでは，かかととつま先同時に地面についており，板状のものを履いている様子を再現している (図 5.4).

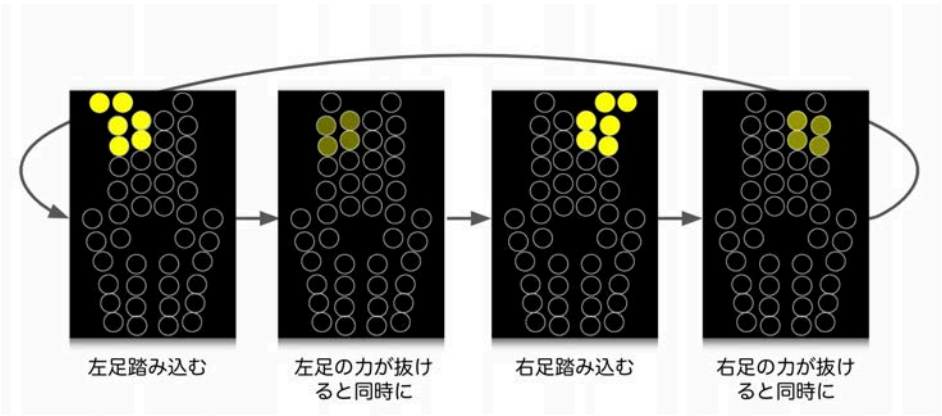


図 5.4 触覚動画：下駄で歩く

草むらを歩く

三つ目は草むらを歩く足音を利用した．人の腰くらいまで草が生い茂っている中を歩いているシーンを想定して作成した．よって，足を挙げた時に太もも・ふくらはぎ・足元の順番に草があたる様子を再現し，足全体に力を入れて歩いていることを想定した (図 5.5).

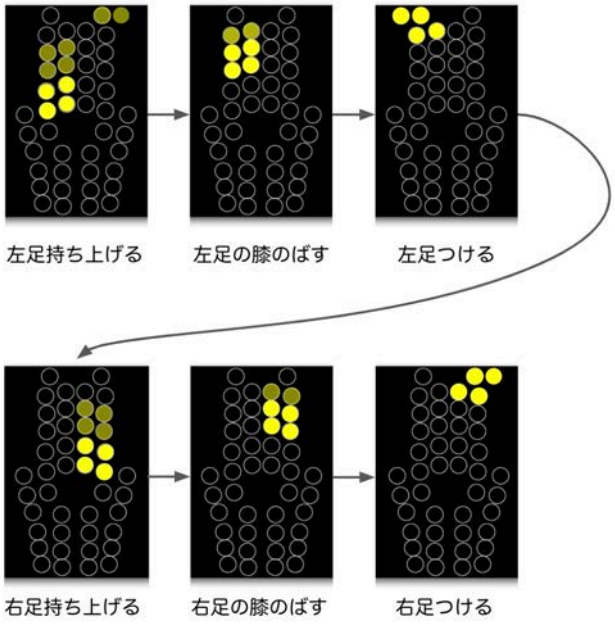


図 5.5 触覚動画：草むらを歩く

雪の上を歩く

四つ目は雪の上を歩く足音を利用した．足首あたりまで雪が積もっているシーンを想像し，一歩一歩ズボッと雪のなかに足をいれる様子を再現した (図 5.6).

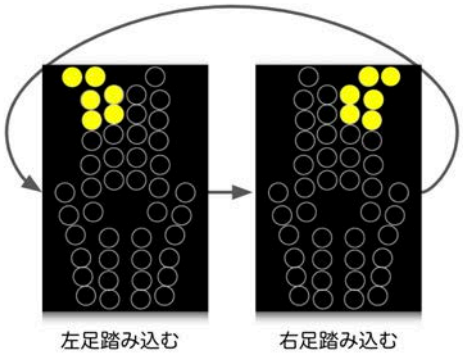


図 5.6 触覚動画：雪の上を歩く

忍び足で歩く

最後五つ目は忍び足で歩く足音を利用した．忍び足なため普段とは違う箇所の筋肉に力が入っていると考え，足の外側部分を振動させた．そして徐々に振動位置を変えることで，ゆっくり力を加えている様子を再現し，もう片方の足を持ち上げて前に出しているシーンと結びつくような振動も加えた (図 5.7).

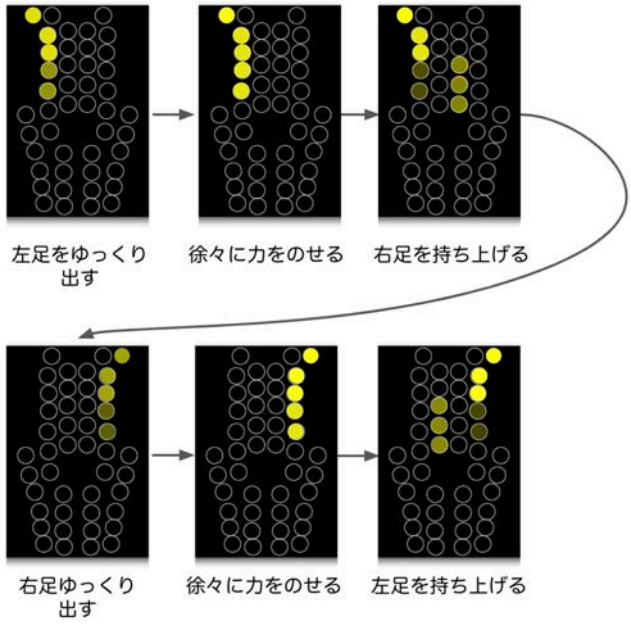


図 5.7 触覚動画：忍び足で歩く

5.2.3 実験手法と条件

実験参加者は 23 歳から 26 歳までの女性 10 名と，26 歳から 28 歳までの男性 4 名で，平均年齢は 26 歳だった．視覚と外部音を統制するために，体験中はアイマスクを着用し，ヘッドホンをつけノイズキャンセリングモードに設定した (図 5.8)．心象の評価は，1 コンテンツが終わるごとに iPad にてアンケートに答えてもらった．

実験全体の流れ

1. Synesthesia X1 に横たわり，アイマスク・ヘッドホンを装着
2. 実験 1 実施 (振動条件)
3. 10 分間休憩
4. 実験 2 実施 (周波数条件)
5. 終了

図 5.8 実験の様子

5.2.4 評価方法

心象にどのような影響が及んだかを測るため，以下の選択式アンケートに回答を選択してもらった．また，自由記述型の欄も設け，心象について自由に詳細に書くように指示をした．

- 足音は（自分の足音だった，他人の足音だった，何も思い浮かばなかった，その他）
- 思い浮かんだ人物像は（子ども，大人，何も思い浮かばなかった，その他）
- 思い浮かんだ人物像は（男性，女性，無性別，何も思い浮かばなかった）
- 思い浮かんだ人物像は（大柄，小柄，普通，何も思い浮かばなかった，その他）

- 何歳くらいなどあれば教えてください（任意）
- どんな情景をイメージしましたか？自由に書いてください．イメージしたものは全て書いてください．

5.2.5 結果

足音の主体に関する結果

全被験者の足音の主体に関する回答を図 5.9 に示す.「足音は（自分の足音だった，他人の足音だった，何も思い浮かばなかった，その他）」の設問に対する回答をまとめたものである．例えば振動なしの結果は，1 人 5 コンテンツの結果が 14 人あるため，回答数は 70 になる．振動なしの場合，自分の足音だと感じた：21，他人の足音だと感じた：37 であった．一方振動ありの場合，自分の足音だと感じた：51，他人の足音だと感じた：8 であった．この結果をみると，振動がなく足音だけの場合は，自分の足音に感じることもあるが，それ以上に他人の足音だと思う方が多い．振動がある場合だとだいたいのコンテンツにおいて自分の足音だと感じながら体験していたことがわかる．つまり，振動がある場合に，心象の世界における一人称的な身体性を獲得していたと言える．

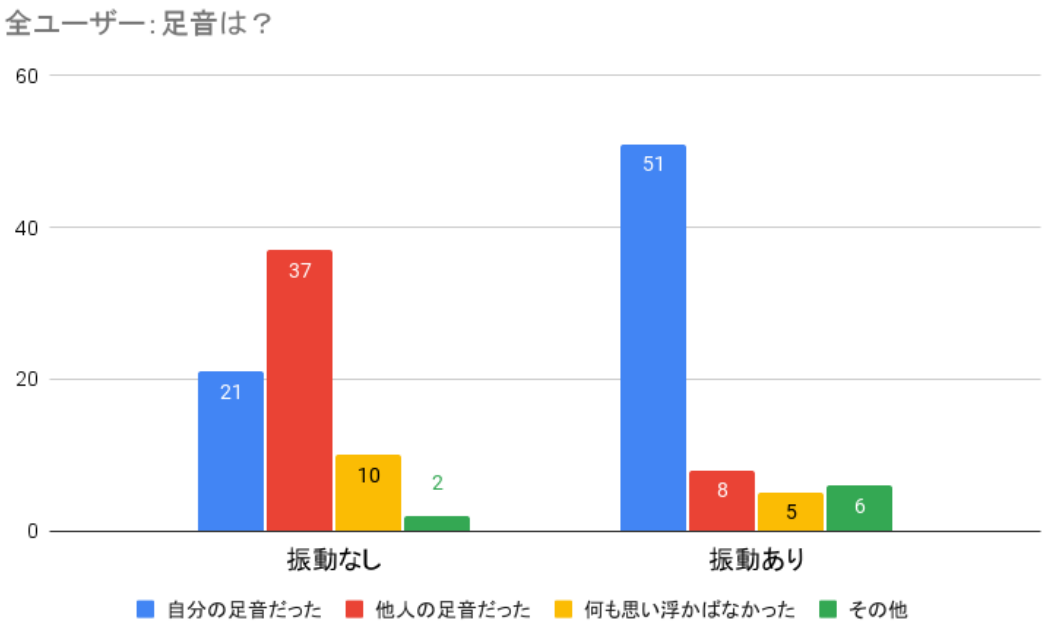


図 5.9 足音の主体に関する回答

思い浮かんだ人物像の体格に関する結果

図 5.10 は，周波数の違いによって心象の人物の体格がどう変化したかを表したグラフである．心象の人物像の体格において，周波数が高い (150Hz) 場合は大柄なイメージが 6，小柄なイメージが 19 であったのに対し，周波数が低い (60Hz) 場合は大柄なイメージが 17，小柄なイメージが 10 という結果だった．普通だという回答数が最も多くどちらの場合でも 38 ずつだった．これらから，周波数が高い (150Hz) 時は体重が軽く小柄なイメージの人物像に繋がり，周波数が低く (60Hz) なるとずっしりと重たい大柄なイメージを思い浮かべやすくなる傾向があると言える．

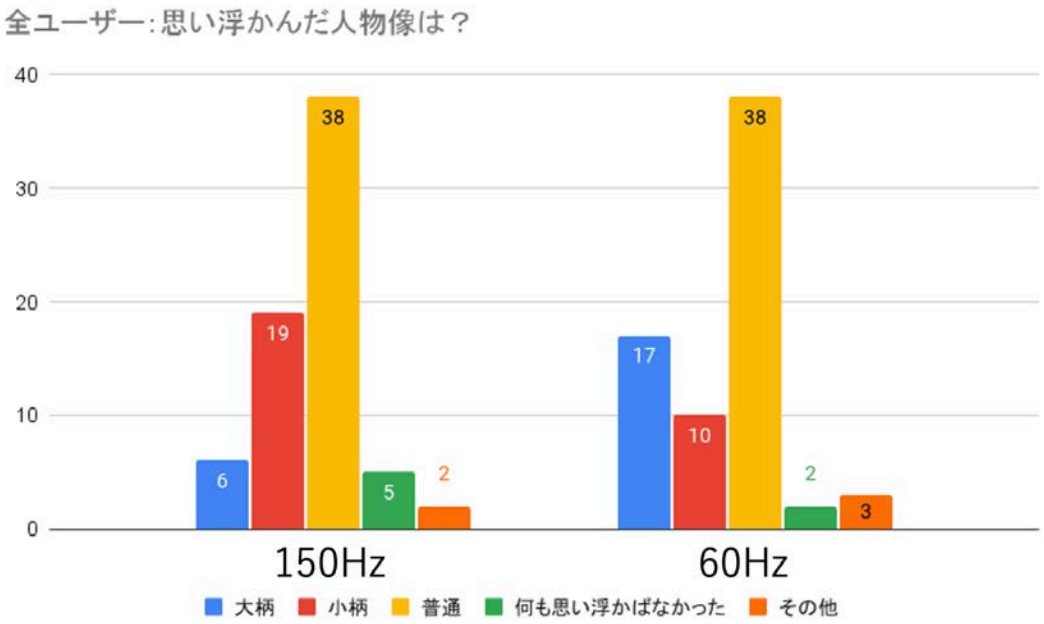


図 5.10 思い浮かんだ人物像に関する回答＜体格＞

思い浮かんだ人物像の年齢に関する結果

心象人物の年齢に関しては大きな差は見られなかったものの，若干の傾向の差が見られた．図 5.11 にその結果を示す．周波数が高い (150Hz) 時，子どもが 13，大人が 50 だったのに対し，周波数が低い (60Hz) ときは子どもが 8，大人が 57 だった．また，大人を選択した回答の中で年齢まで書いている回答を抜け出し平均値を出した．その結果，周波数が高い (150Hz) 場合の大人の年齢は平均 27 歳 (N=26) で，低い (60Hz) 場合の大人の年齢は平均 32 歳 (N=31) と，4 歳の差が見られた．それほど大きな差ではないが，周波数の高さが心象の人物像の年齢に影響を与える可能性が示唆された．

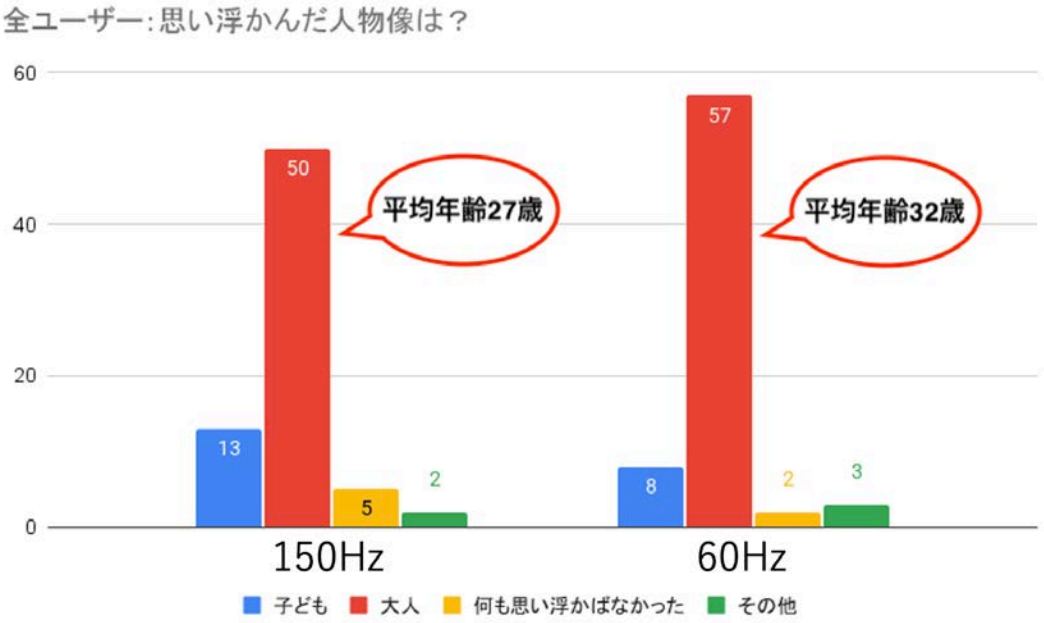


図 5.11 思い浮かんだ人物像に関する回答＜年齢＞

思い浮かんだ人物像の性別に関する結果

最後，性別に関して図 5.12 に結果を示す．周波数が高い (150Hz) と，心象人物は男性だという回答数が 24，女性は 26 であった．一方周波数が低い (60Hz) と，男性は 37，女性は 19 という結果だった．周波数が高い (150Hz) 場合では性別の差はあまり見られなかったが，周波数が低い (60Hz) と男性を連想することが多くなることがわかる．

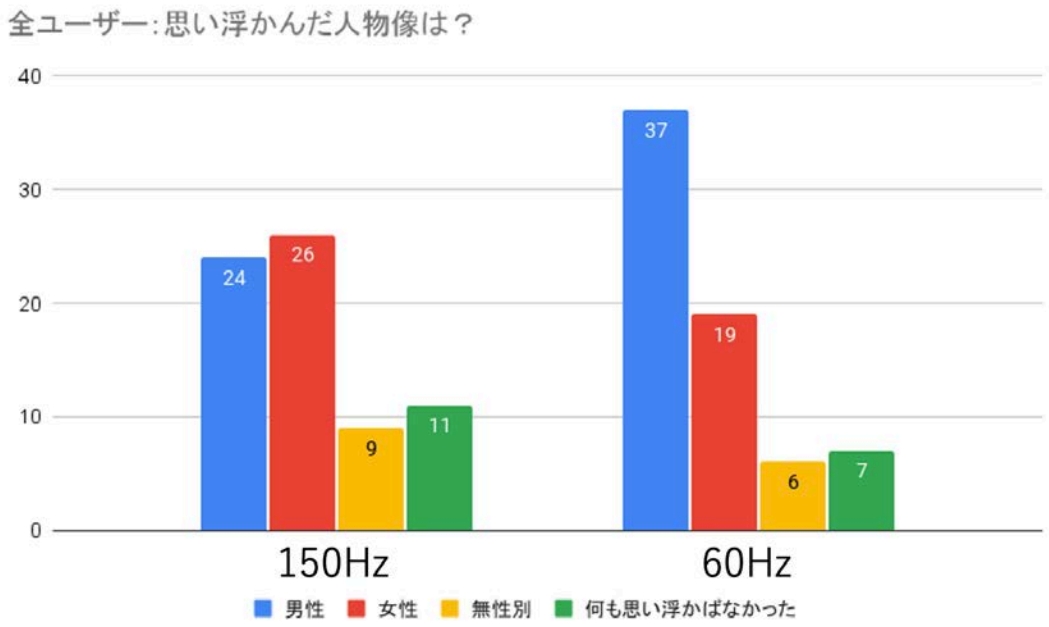


図 5.12 思い浮かんだ人物像に関する回答＜性別＞

まとめ

結果を以下の表 5.1 表 5.2 にまとめる．足音とともに振動を提示した場合，その足音を自分の足音であると感じる人が多い傾向にあった．一方振動を提示しなかった場合は，他人の足音を聞いていると感じる人が相対的に増加した．また，振動の周波数を高い (150Hz) 場合は，大柄な体格よりも小柄な体格を想像する回数の方が多かった．低い (60Hz) 場合は，小柄な体格よりも大柄な体格を想像する回数の方が多い結果となった．年齢に関しては，大きな差は見られなかったものの，周波数が高い (150Hz) 場合に比較的「子ども」を連想する回数が多くなり，年齢を伴って大人と答えた中で比べた場合平均年齢が低くなった．性別に関しては，周波数が低い (60Hz) と男性を連想する回数が多くなった．

表 5.1 実験結果～振動有無比較～

振動有無	足音
あり	自分
なし	他人

表 5.2 実験結果～周波数比較～

周波数	体格	年齢	性別
高 (150Hz)	小柄	傾向なし (比較的年齢層低い)	女性
低 (60Hz)	大柄	傾向なし (比較的年齢層高い)	男性・女性

5.3. 歩行感を伴った心地よい心象体験のストーリーデザイン

本研究では，聴覚・触覚から想起された心象の世界を，歩行感から獲得した一人称的な身体性を通して感じることで，体験者にとって心地よい心象風景が浮かぶ体験をデザインすることを目的としている．上記の実験より，足音に振動を加えて提示することで，一人称的な身体性を伴った心象を想起できることがわかった．また，今回は心象の人物像として体験者自身を思い浮かべてもらうことが目的であるため，周波数調節による人物像の誘導は行っていない．筆者が体験し，高音でもなく低音でもない，無難だと感じた 80Hz に設定した．

次に，心地よい心象風景を想起させるための音刺激をデザインしていく．そこで，先行研究より思い出に残る要素として挙げられていた「幼少期」「通学路」「家に帰ってきたという安心感」「夏」「夕方」と結びつくことを条件に検討し,「学校からの帰り道」をテーマにしたストーリーに決めた．舞台は夏の終わりの晴れている夕暮れ時に設定した．

ストーリーボードを図 5.13 に示す.「授業が終わりガヤガヤしている教室を抜け出す．廊下を歩いて扉を開けて外に出る．扉を開けた瞬間，風がふわっと吹いてきて心地よい風を感じる．後ろに位置する校庭から野球部が練習している声が聞こえてくる．少し歩いて河原沿いにある芝生に寝そべり目を瞑る．しばらく風や自分の呼吸だけを感じる時間が流れる．目をあけると，ヒグラシが鳴いていることに気がつく．もう夕暮れ時であることを知り，家に向かって歩き出す.」以上が体験のストーリーである．これらのストーリーにあった音刺激（音[2]）を組み合わせ，その音刺激に合わせて触覚（振動）刺激を提示する．

2 効果音ラボ https://soundeffect-lab.info/

図 5.13 ストーリーボード

5.4. 全体の体験デザイン：Haptic Music Journey

上記のストーリーを，4つのシーンに分割した．体験の全体像を図5.14に示す．授業が終わり廊下を歩く部分をシーン1，扉を開けて風を感じる部分をシーン2，外を歩き木陰で寝そべる部分をシーン3，起き上がり夕日に向かって歩く最後の部分をシーン4とした．そして，体験の質をさらに向上させるためのエッセンスとして音楽を組み合わせた．シーン1とシーン2が終わり，シーン3が始まり出したタイミング，寝そべって風を感じた後のタイミングで，リラックスできる曲調の音楽を挿入する．現実世界においても，音楽を聴きながら通学することが多く，音楽によって何気ない通学路が色づいて見えることを知っている．その効果を心象風景の中でも利用する目的で音楽を挿入した．音楽によって，頭の中で歩いている心象風景がより色づいて特別な景色として連想されるのではないかと考えた．

音楽が流れている時は外部環境の振動は提示せず，全身広範囲をじんわり揺らす程度の振動を与え，心地よい感覚になりながら音楽に集中してもらうことを狙った．音楽が終わる頃にシーン4を挿入し，音楽の世界から心象の世界に戻ってきて立ち上がり歩き出す，というストーリーを演出した．これらの組み合わせによって，音や振動による刺激を解釈し心象の世界を構築していく心地よい集中と，音楽を聞くという身を任せた心地よいリラクゼーションが波のように交互にやってくる体験が完成した．この作品は「Haptic Music Journey」と名付けた．

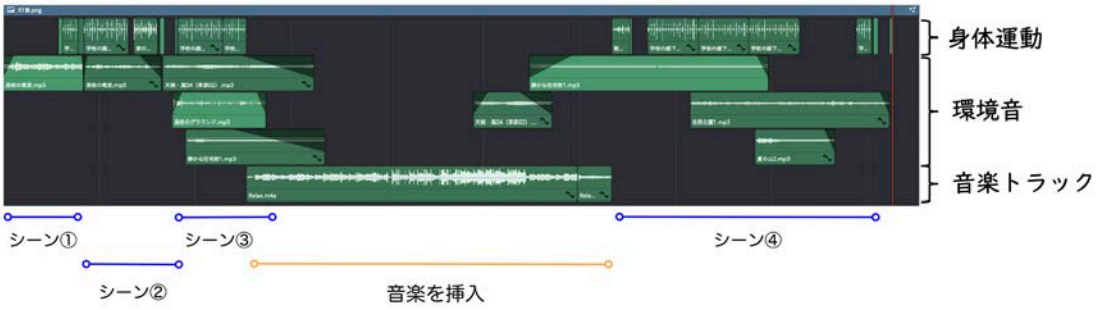


図 5.14 体験全体の流れ

5.5. 各シーンの触覚設計

実験結果から，歩行音に振動を加えることで体験者自身が歩いていると感じられることがわかった．この特性を活かして，足音と同じタイミングで歩行感演出のための振動を提示した．また，風が吹く音が流れた時には背中に風が当たるイメージのもと，背中広範囲に動的な振動刺激を提示し，椅子から立ち上がる動作を連想してもらうために，それに合わせた振動を提示した．以下では，各シーンの具体的な触覚設計を説明する．

5.5.1 シーン1：教室を出る

まず物語の始まりは放課後の教室にした．生徒たちがガヤガヤと話している中，体験者は椅子に座ってぼーっとしている．このシーンでは教室で生徒たちが話している音源を背景に流し，椅子に座っているイメージからお尻部分に振動を提示した (図 5.15)．そして体験者はスッと立ち上がり教室の扉を開けて廊下を歩き出す．ここでは扉を開けるタイミングで右手に振動が提示され，歩き始めると左右の足裏・足首が交互に振動する．

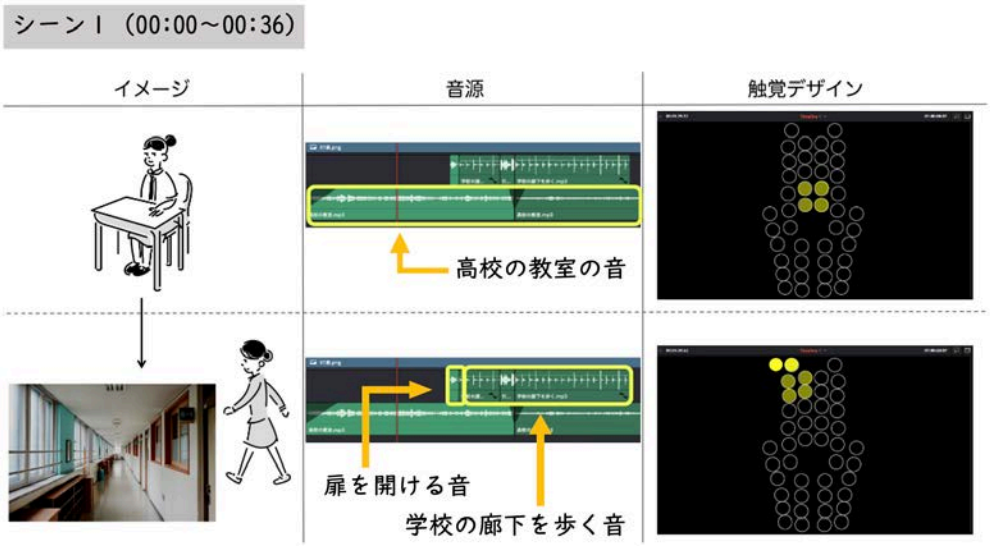


図 5.15 シーン1：教室を出る

5.5.2 シーン2：扉を開けて風を感じる

廊下を抜けて外へと通じる扉を開ける．右手の振動とともに扉を開けると，その瞬間風がふわーっと吹いてくる．風の音とともに足元から頭にかけて風が抜けていく様子を振動で再現した (図 5.16)．

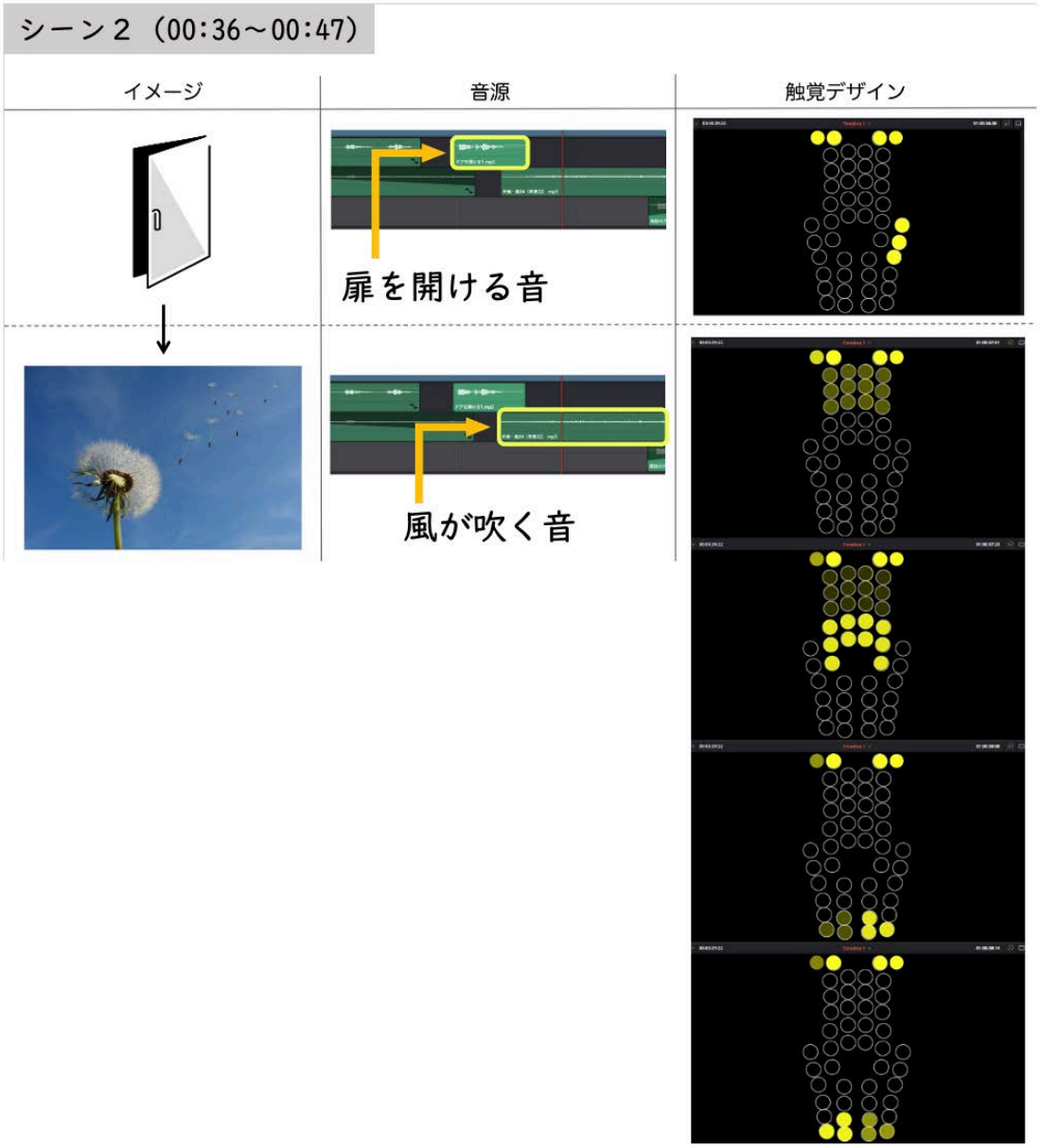


図 5.16 シーン２：扉を開けて風を感じる

5.5.3 シーン3：外に出て木陰で寝そべる

外に出て校庭を背に歩き出す．校庭からは野球部が練習している声が聞こえる．また，静かな住宅街の音源を流すことで「外にいる感」を演出した．しばらく歩いた後，木陰を見つけ寝そべる．足裏への振動が消え，背中全体に範囲が広がったことで寝そべっている様子を再現している．寝そべって音楽を聴いている間も風が吹き，左肩あたりから右腰に，そして左太ももに向かって風が吹く振動を提示した (図 5.17)．

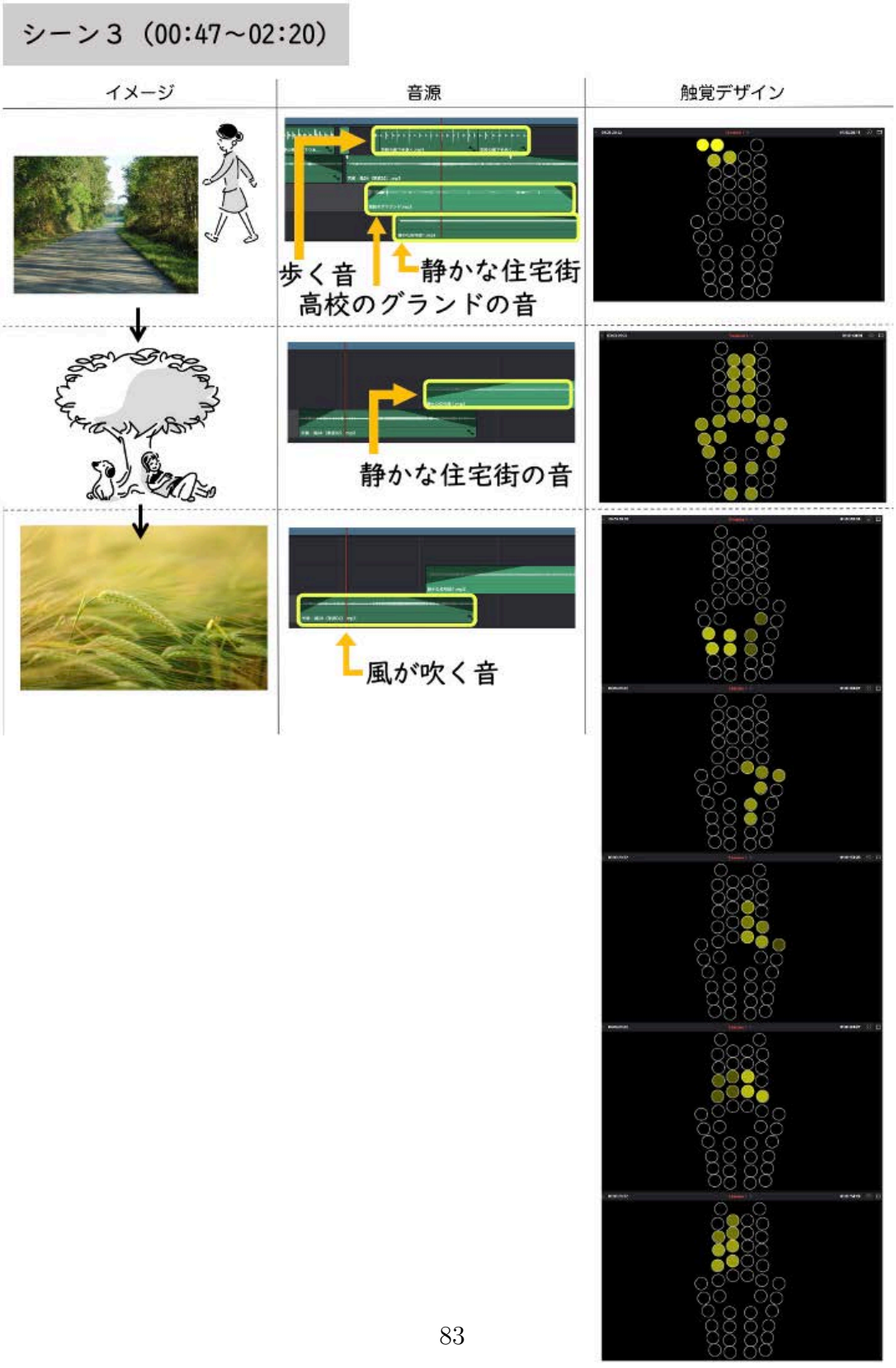


図 5.17 シーン３：外に出て木陰で寝そべる

5.5.4 シーン4：夕日に向かって歩きだす

寝そべっていた状態から目を開けて起き上がり，無意識に脱いでいた靴を履く．コツコツという靴を履く音源を流し，足先に細切れの振動を数回提示した．外部環境の音が聞こえ始め，深呼吸をする．ここでは公園の音源を背景に流し，深呼吸の再現では両腕に対してじんわりとした振動提示を3回繰り返した．これは両腕を広げて深呼吸しているイメージのもと作成した．その後歩き始めたところに，ヒグラシの鳴き声が聞こえてくる．夏の山の音源を入れることで，どこか切なく懐かしい夏の終わりを演出した (図 5.18)．

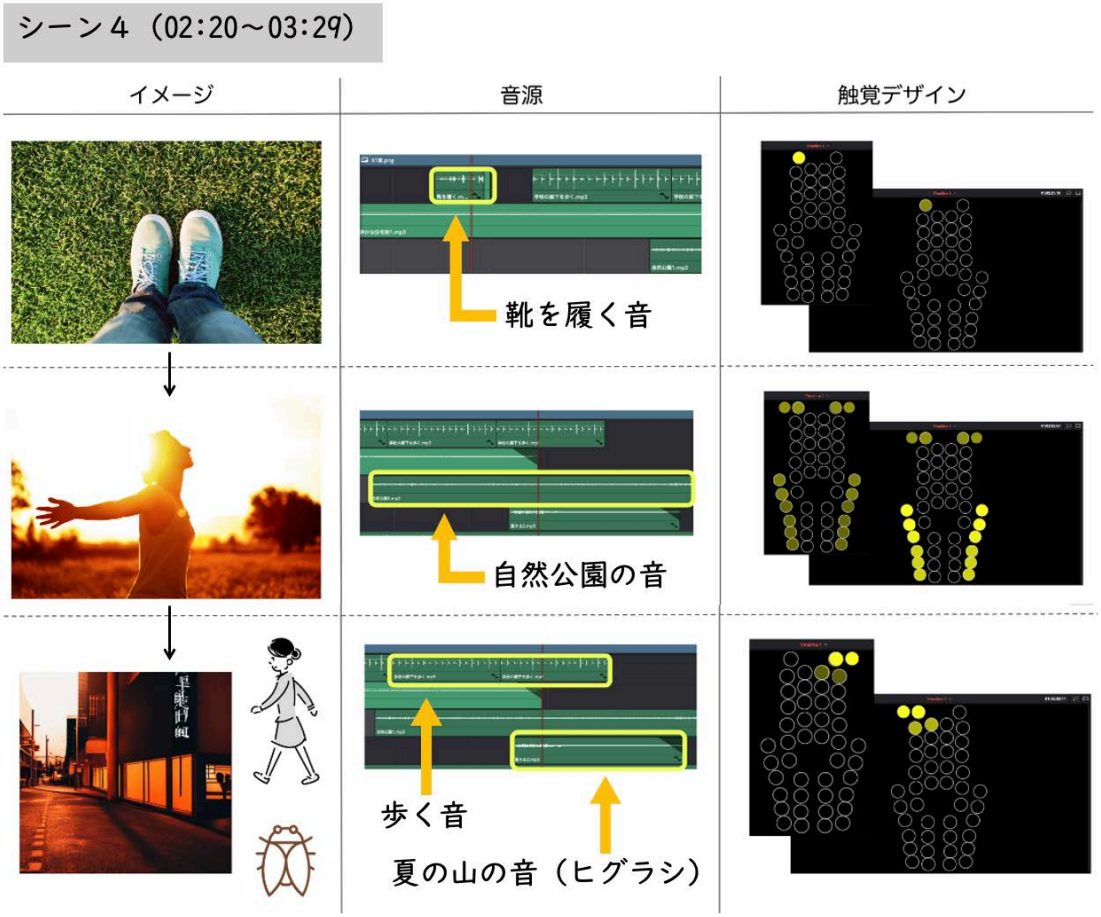


図 5.18 シーン4：夕日に向かって歩きだす

5.6. ユーザーテストの目的と方法

「Haptic Music Journey」を通して心象風景は浮かぶのか，浮かぶとしたらどんな心象風景が浮かんだのか，そしてそれは心地よさをもたらすのかを明らかにすることを目的に，ユーザーテストを行う．

全身刺激提示に利用している Synesthesia X1 は，配線の観点から移動させることが困難であるため，竹芝に拠点を構える東京ポートシティ 竹芝オフィスタワー 8 階の Cybernetic Being Lab[3]にて実施した．体験開始前は「音楽と振動によって連想された世界を旅してもらう体験です.」とだけ伝えた．そして体験が終了しアイマスクとヘッドホンを外した直後に,「思い浮かべた風景などがあれば教えてください.」とインタビューを行った．またインタビューが終わった後，情動変化を測るため Russell の円環モデルをもとに，快次元と覚醒次元からなる円環グラフを作成し,「体験を振り返って，どんな感情が最も今の体験に近いか教えてください．最も近い位置にシールを貼ってください.」と促した．それらの回答をもとに考察をする．

5.7. 実施期間と体験者

ユーザーテストは，2022 年 10 月 29 日〜10 月 30 日に開催された KMD Forum の来場客 20 名と，Cybernetic Being Lab ツアーの参加者 12 名，体験依頼をした友人 3 名を対象に体験してもらった．35 名全員，一度も Haptic Music Journey を体験したことがないという条件に該当する．

3 Cybernetic Being Lab `https://cybernetic-being.org/`

図 5.19 体験中の様子

5.8. ユーザーテストの結果

5.8.1 体験に関する半構造化インタビュー

体験に関する感想インタビューを友人 3 名に依頼し実施した．体験直後に「どんな情景が思い浮かびましたか？思い浮かんだ情景を時系列でなるべく全て話してくれると嬉しいです.」と情景に関してインタビューを行い，次に「体験を通してどんな感情になりましたか？一つじゃなくても構いません.」と情動に関する質問をした．その内容を録画・録音し，文字起こしをしている．その結果を以下に示す.

A さん (27 歳/男性/建設会社に勤務/体を動かすことが趣味)

ーどんな情景が思い浮かびましたか？

- 学生時代というか，**小学校**とかそれくらいのちっちゃい学校にいる感じ.
- 最初は廊下を歩いて，次に階段を上っていった.
- 部活の音が聞こえてきて，成長してきたように聞こえた．**今まであった部活のこととかを**こうフラッシュバックするというか，**思い出した**.
- 波の音が聞こえて浜辺で寝っ転がってた.
- 草と風の音が聞こえてきて，なんだろうな，夕方のようなイメージ．ヒグラシの鳴き声が夕方っぽかった.
- そして最後家にただいま，みたいな.

ー体験を通してどんな感情になりましたか？

- ひとつあるとすると「**懐かしさ**」.
- わくわくというよりは，なんか落ち着いた感じで聞いてたかな.
- 友達がやってた部活を見てたな〜とか，(俺) **テニス部だったからさ，そのボールを打ってる音とかを思い出したりしてた**.

B さん (26 歳/女性/航空会社に勤務/旅行が趣味)

ーどんな情景が思い浮かびましたか？

- 最初はすごい混んでるデパート．割と歩きづらそうに混んでる中を歩いてた．
- 普通じゃない階段，デパートにはなさそうな階段を見つけて，登っていくと，急に異世界で，それはもう**南国**かな．
- **ビーチとか，パラソルの下にあるような (椅子に) 寝転んで**，割とずっとリラックスしてた．
- 結構長い時間たって，日くれるなぐらいの時にやっと動き出して帰っていく．

ー体験を通してどんな感情になりましたか？

- **ビーチがすごい気持ちいいから，これがもっと続けばいいなって思った**．
- 異世界感 (があった)．

C さん (26 歳/女性/広告会社に勤務/ライブ鑑賞・ダンスが趣味)

ーどんな情景が思い浮かびましたか？

- カフェっていうか，室内で子供とか若い人の声が結構聞こえてる空間 にいた．
- ドア開けて外に出て，なんか風の音とか，鳥の鳴き声とか聞こえたから，**草原というか自然の中**にいるような感じ．
- 虫の鳴き声とか聞こえてる感じと，カスの鳴き声の感じが夕方っぽい街．
- **プチ冒険**ぐらいのなんか，いろんな街を自分が歩いて通ってるみたいな感覚．

ー体験を通してどんな感情になりましたか？

- **リラックス**かな，なんか**落ち着く感じ**かな．
- あんまり変にこう感情が上下しないっていうか，なんかこう**気持ちいい感じで体験してるっていう感覚**だったかも．

半構造化インタビューまとめ

A さんは「小学校」「部活」に関する情景が思い浮かび，その結果「懐かしさ」「テニス部を/思い出したりしてた」と，懐かしい気持ちになったと答えている．一方 B さんは「南国」「ビーチ」「異世界」のような情景が思い浮かび，その情景に関して「気持ちいい」「もっと続けばいいな」と思ったと答えている．最後の C さんは「草原」「自然の中」のような情景が思い浮かび，その結果「リラックス」「落ち着く感じ」になったと答えている．

表 5.3 半構造化インタビュー結果

体験者	心象風景	感情
A さん	小学校・部活	「懐かしさ」
B さん	南国・ビーチ・異世界	「気持ちいい」「もっと続けばいいな」
C さん	草原・自然の中	「リラックス」「落ち着く感じ」

上記のインタビューの結果 (表 5.3) から，3 名それぞれが違った情景を思い浮かべていたことがわかる．ただし共通して，懐かしさや気持ちいい・リラックスといったポジティブな感情になったことが観察された．

5.8.2 心象風景に関する簡易的なインタビュー

KMD Forum にて来場客 20 名のうち 11 名を対象に，想起した心象風景に関する簡易的なインタビューを実施した．その内容の記録メモを箇条書きで示す．

想起した心象風景について

- 小学校を歩いて屋上に出た．
- いつも通っていた大学からの帰り道を想像した．
- グラウンドで野球部がランニングしていた．
- セミの声を聞いて小さい時に行っていたおばあちゃんの家を思い出した．
- 最初はショッピングモールにいた．突然前に現れたドアを開けたらハワイだった．よく行くハワイの海辺を歩いていて，音楽が流れ始めた時は個室の

空間でマッサージされている時のことを思い出した．最後セミの声が聞こえるあたりではアラビアにいた．

- 浅草の雷門までの仲見世通りを歩いている気になった．
- ショッピングモールで親子連れがワーワーしているところを歩いて行って，地下に降りてショッピングモール内のクラブ (ムーディーなタイプのやつ) に入った．そこで音楽を聴いていたが，なんだか水族館とかプラネタリウムにいる気分にもなった．
- 自分だけ盛り上がれていない飲み会を抜けて，外に出た．そこは小川のせせらぎが聞こえるような穏やかな場所だった．
- 海岸のような場所まで歩いて音楽を聞きながら散歩してた．
- 森なのか林なのかを歩いていて景色が夕方になっていった．
- 建物に入り階段を登り，自分の家なのかとにかくプライベートな空間に入った．

グラウンドや学校からの帰り道など,「学校」に関連する情景が想起された体験者もいれば,「ショッピングモール」「浅草」「海岸」など，筆者が意図していなかった情景を想起した体験者も多くいた．以上の簡易インタビューからも，体験者によってさまざまな情景が浮かんでいることがわかる．

5.8.3 情動に関するアンケート

KMD Forum にて来場客 20 名を対象に，体験を通してどんな感情になったかを Russell の円環モデルから選択してもらった．その結果を図 5.20 に示す．体験を通してなるべく 1 つの総合的な感情評価をお願いしたが，2 名ほど体験中に感情が大きく変化したと言及していたため，その通りにシールを貼ってもらった．彼ら 2 名は 1 人につき 2 枚のシールを使用したため，合計で 22 枚のシールが貼られている．この 2 名以外にも「一つの感情を選ぶのが難しい」「初めと最後がちょっと違う感情だな」と悩みながら選択している体験者が半数近くいた．

集計の結果，体験者全員が右半分である快感情のゾーンのいずれかを選んだ．シールを 2 枚用いた体験者 2 名が，始まりは不快の方向だったが徐々にリラック

スしていった結果だった．これらが反映されているため，左半分にシールが 2 枚貼られている．覚醒次元で見ると，より覚醒方向を選んだ者が 5 名，より落ち着きの方向を選んだ者が 13 名，ニュートラルが 2 名だった．よって，体験を通して落ち着きの感情が生じた人が比較的多い結果となった．

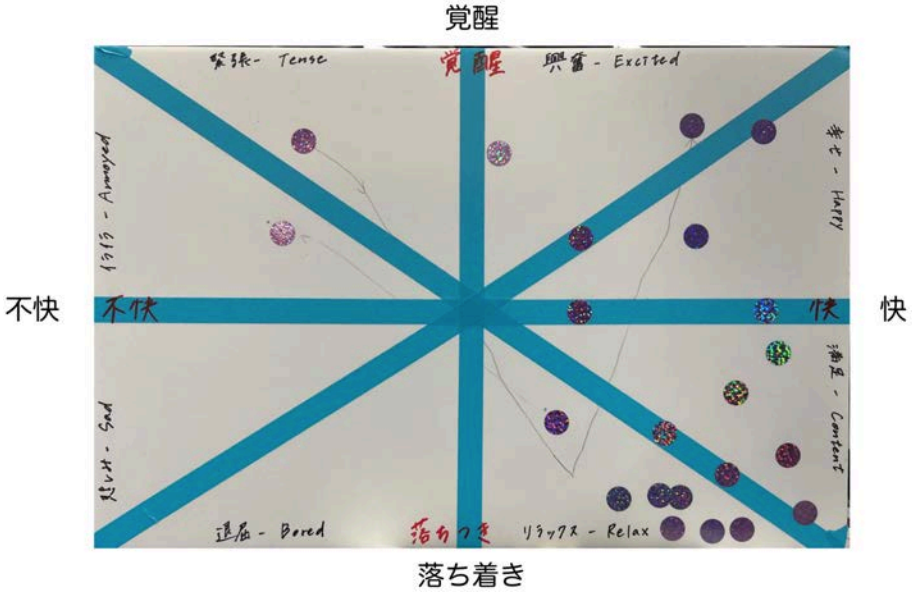


図 5.20 情動評価結果

5.9. 考察

結果を受けて，心象風景・情動についての考察を行う．最後に今後の課題と展望を述べる．

全身刺激が想起する心象風景について

今回，学校からの帰り道というテーマでストーリーを考え，体験をデザインした．半構造化インタビューを行った A さんの他，KMD Forum の来場客のうち 3 名が「小学校」「大学からの帰り道」といった，テーマに沿った情景を思い浮かべ

ていた．一方でBさんは「南国」「異世界感」，Cさんは「草原」「自然の中」と答えているように，テーマとは紐づいていない情景が想起されており，これは他の来場客の感想からも観察される．学校の音やグラウンドの音などを採用しており，波の音や草原の音は流していたのにも関わらず，このように体験者によって思い浮かべる心象風景がさまざまであった．

その理由として，今回の体験のテーマとして利用した，幼少期・通学路・夏・夕方などの肯定的な思い出として残りやすい要素を，全身広範囲を対象に提示したことで，身体感覚が刺激され，身体的経験による思い出が引き出されたのではないかと考察する．風の音を聞くだけでなく，背中に風がふわーっと当たる感覚も伴うことで，身体全体で記憶していた思い出（例えばよく行っていた丘の上の公園など）が立ち上がったと考えられる．その際，ピンポイントでその思い出の場所を思い出すことは体験者全員には当てはまらなかったが，数々の思い出の場所の要素が頭の中で組み合わさることで，その体験者ならではの心地よい場所が形成されていたと推測する．よって全く同じ刺激なのにも関わらず，人それぞれの違った情景を思い浮かべたのだろう．

また，風景などのその人の個人的な記憶や経験が伴うものは，体験者によってばらついたが，歩行やドアを開けるなどの日常的に毎日行っている身体運動に関しては，ある程度近しい音や振動の刺激であれば自ずと結びつくことがわかった．一般的に心象風景は，その人の深く強い記憶として残っているものが心象として生成されると言われているため，体験者によって多種多様なのは当然とも言える．一方日常的な身体運動に関しては，私たちは普段「歩いているときこのあたりに振動を受けこの筋肉を使っている」などと意識することはほぼなく，無意識的にとっている行動であるため，それらしい刺激を受ければ「歩いている」と解釈できるのだと考えられる．歩行という，ある種の記号的な刺激をベースとしていたことで，全員が心象の世界を「歩く」「進んでいく」流れに乗ることができた．重要なのは，そこに風の刺激や深呼吸の刺激といった比較的曖昧な刺激が合わさったことで，ただ一方的に刺激を受けているのではなく，頭の中で刺激を解釈しながら世界を連想していく能動的な体験が出来上がったと考える．記号的な刺激を与え続けるのではなく，曖昧ないろんな解釈ができる刺激を挟むことで,「これは

今どんな状況なのだろうか」と体験者に考えさせ心象を巡らせることが重要だと感じた.

次に心象風景の視点に関して,「階段を上っていった」「〜を歩いていた」「自然の中にいる」など，一人称視点での心象だと捉えられる回答を，体験者全員が語っていた．全身に対して刺激を提示したことで，より体験への没入度が増し，身体性の伴った一人称的な視点の心象が想起されたと考えられる.

情動について

情動評価に関しては，半構造化インタビューを行った 3 名全員がポジティブな感想を述べ，KMD Forum 体験者 20 名全員が快方向の感情を選択した．KMD Forum ではボードにシールを貼っていく形式でアンケートを取得したため，前の体験者の回答が見える状況で回答する方式だった．よって，選択する際に前の体験者の解答のバイアスが多少かかってしまっている可能性がないとは言えない．しかし少なくとも，退屈・イライラのようなネガティブな感情を抱いていそうな人はいなかった．感想の内容から,「懐かしさ」といった何かを思い出す趣旨の感想を述べている人は 4 名ほどいた．これに関しては，心象風景の誘導で用いた全身刺激の要素がその人たちの記憶に存在する場所をピンポイントで思い出させたのではないかと推測する．例えば，A さんは「友達がやっていた部活を見てたな〜と思い出したりしてた.」と答えており，体験に用いていたグラウンドの音とその周辺を歩いている全身刺激が，A さんのその記憶に偶然にも近しい刺激であったため，懐かしさが湧いてきたのだと考えられる．何かを思い出したり懐かしい場所が想起した人は，提示した全身刺激のどれかの要素が，身体的経験とピッタリとはまった故に思い出した可能性が高いと言える.

覚醒次元に関しては，今回の研究では快状態であることが重要だったため，狙いは定めていなかった．結果的に覚醒次元に関してばらつきが出ていたが，その理由として，覚醒次元は相対的に決まるものであり体験者の体験前の状態が大きく関わっていると考える．物理的に遠くから来た方で，体験場所にたどり着いたばかりの人にとっては，疲れていたところで体験開始したことになり，Haptic Music Journey は落ち着く印象だったかもしれない．一方，順番待ちなどで座りながら

しばらく安静していた人にとってはテンションが上がる覚醒度の高い体験になった可能性が考えられる．覚醒次元を特定の方向に変化させたい場合は，コンテンツ体験の前の待機などの段階から体験流れをデザインしていく必要がある．

今後の展望

今後の展望としては，全身に提示する振動刺激のパラメータと，想起する心象風景の関連を検証することが挙げられる．前述した歩行感刺激の実験より，提示する振動の周波数が高い場合，低い時に比べて小柄な人物像をイメージする傾向になることなどが示唆された．より詳細なパラメータ条件での比較実験を実施し，振動周波数と想起する人物像の関連が明らかになれば，心象の中の身体性の特徴までも調節できるようになる可能性がある．2 章でも言及したように，VR アバターの分野において，自分の身体であると感じるアバターの外見が変わることで，ふるまいや考え方にまで影響を及ぼすことがわかっている．心象の中の自分の特徴が，現実の自分から大きな変化があった場合，心象の情景やそれに対する感情が変化するかもしれない．例えば女性らしい人物像が浮かぶ振動刺激を提示された場合に，経験の中からそれに近しい女性像として母親の若い頃を思い浮かべ，あたかも自分が当時の母親の身体性を身に纏いながら心象の世界を旅したならば，思い浮かべる情景の時代は現代よりも少し昔の情景になるのだろうか．また体験後に母親に対する感じ方や態度に変化は生じるのだろうか．検証を試みる価値があると感じる．また，周波数パラメータの調整だけでなく，身体運動に伴って発せられる可聴域の音をそのまま振動に変えるという方法も考えられる．現状の全身振動は，正弦波の振動を出力している．これらを実際の録音した音源を振動に変換することで，身体運動の再現性の向上や心象世界への没入感がさらに高まる可能性などが期待できる．

5.10. 本章のまとめ

本章では，身体性を立ち上げるための刺激として歩行感を採用し，パラメータの検討を行った．得られた特性を活かして，コンセプトに沿った全身刺激体験のストーリーデザインを行い，各シーンの触覚設計について説明した．

そして，学校からの帰り道の心象風景を想起させるための全身刺激体験「Haptic Music Journey」のユーザーテストを行った．体験依頼をした友人 3 名，KMD Forum の来場客 20 名，ラボツアー参加者 15 名に体験してもらった．インタビューを実施した友人 3 名と，KMD Forum 来場客のうち記録を取れていた 11 名の感想から，想起した心象風景がどんな情景だったか観察した．その結果，テーマとしていた「学校」や「帰り道」などの光景を思い浮かべた体験者は 4 名となり，それ以外の体験者は学校とは紐づいていない情景が想起されていた．ただし共通して，体験者全員が何かしらの情景を思い浮かべ，その体験を通してポジティブな気持ちになったと答えている．

また，風景などのその人の個人的な記憶や経験が伴うものは体験者によってばらつきが出てくるが，歩行などの日常的に毎日行っている身体運動に関しては，ある程度近しい全身刺激であれば自ずと結びつくことがわかった．Haptic Music Journey では，身体運動の再現のための全身刺激と，地面が背中に当たっている様子や風を感じるなどの心象の世界を捉えるための全身刺激を組み合わせた．身体運動という共通して想起できる全身刺激と，体験者によってばらつきが生まれる心象の世界を捉えるための全身刺激の組み合わせがうまく作用し，心象のストーリーを誘導しつつも連想的・想像的な余白のある体験になったと考えられる．

情動に関しては体験者全員がポジティブな快方向の感情を選んだ．中でも,「懐かしさ」といった何かを思い出す趣旨の感想を述べている人が 4 名ほどいた．これは，体験中提示していた全身刺激の要素のどれかが，その人の身体的経験とピンポイントで紐づいた結果なのではないかと考える．

上記のことを踏まえて，本研究の目的である「体験者が考える心地よさと関連するような心象風景を，身体感覚を伴った状態で連想することで，こころが安らかになるような体験のデザイン」は達成されたと言える．

第 6 章
Conclusion

本論文は，こころに安らぎをもたらす体験として「Haptic Music Journey」を提案及び実装，評価を行った．

第 1 章では，心象風景がもたらす心地よさに触れ，技術社会においてそのようなこころの安らぎに注目が集まっていることについて言及した．身体感覚に意識を向ける続けることで精神的な安らぎを目指す，マインドフルネス瞑想から発想を得て，心象風景と身体感覚を組み合わせた心地よさをもたらす体験をデザインすることを本研究の目的とした．

第 2 章では，まずは身体性についてアバターの観点と認知科学の観点から言及し，触覚技術と身体性の関係，そして全身触覚技術の発展について調査した．次にその身体性が，私たちのこころにも影響を及ぼしている事例をあげ，VR 空間においても同様のこころの変容が起きていることについて言及した．そしてこころの変容を測る際に重要な，感情の評価のためのモデルについて述べた．最後，生活する中で一度は経験したことがあるであろう心象風景について調査し，そういった風景は過去の身体的な経験と深く関係していることを先行研究より論じた．

第 3 章では，全身を対象として身体感覚を刺激することで，安心感や解放感と結びつく経験を想起することができれば，心地よい心象を誘発できると考えた．そして，仮説が達成された場合のコンセプトイメージを作成し，考えられるユースケースを述べた．その上で，今回使用する全身触覚インターフェースである Synesthesia X1 の選定利用を述べ，Synesthesia X1 を制御するためのデザインツールとそのプロセスについて言及した．

第 4 章では，仮説の妥当性を確認するための予備検証を行った．予備検証 1 では，全身を対象とした刺激が，体験内容への没入度にどう影響を与えるかを検証

した．予備検証 2 では，触覚刺激だけで狙った心象風景を想起させ，リラックス効果をもたらすことは可能かどうか検証した．これら予備検証の結果，触覚と聴覚を組み合わせた全身刺激によって狙った心象風景を連想させ，そこに身体性の概念を加えることで，体験者の記憶に存在する心地よい場所が想起されるのではないかと仮説を再設計した．

第 5 章では，身体性を立ち上げるための刺激として歩行感を採用し，パラメータを選定するための実験を実施した．その後体験のストーリーデザインを行い，各シーンにおける触覚設計図を，イメージ写真・音源・触覚動画を用いながら整理した．体験の質を向上させる目的のもと，各シーンと音楽を組み合わせ一つの体験とした．

次に，心地よい空想時間をもたらすための全身刺激体験「Haptic Music Journey」のユーザーテストの概要と結果を述べた．合計 35 名に体験してもらい，そのうち 3 名に半構造化インタビュー，11 名に簡易的な感想インタビューを実施した．その結果，テーマとしていた「学校」が情景として浮かんだ体験者が 4 名ほどいた一方，そのほかの体験者は「南国」や「草原」などの学校以外の情景をそれぞれ思い浮かべていた様子が観察された．そして体験者全員が共通して，ポジティブな感情を抱いていたことがわかった．また感想の結果から，歩くなどの身体運動という共通して想起できる全身刺激と，体験者によってばらつきが生まれる心象の世界を捉えるための全身刺激の組み合わせたことで，心象のストーリーを誘導しつつも連想する余白のある体験になったと考察された．以上のことから，本研究の目的は達成されたと結論づけた．

結言

私たちはさまざまな現象や事象を，身体全体の皮膚感覚を通じて感じ取っている．修学旅行の最終日に見た水平線上にある太陽や，パイプオルガンのあるコンサートホールで聞いたオーケストラの演奏などは，目や耳だけで感じているのではなく身体全体で受け取っている．そしてそれらは，ただ単に写真で見た水平線上の太陽やラジオで聞いたオーケストラの演奏とは全く違う，上質な記憶として頭と身体に刻まれていると考えている．このような身体全体で覚えている経験が，

私たちの人生を色付けており，悲しくさせたり安らかにさせたりと心が揺れ動く原動力として蓄積されていると感じる．ここで重要なのは，この心が揺れ動く原動力のような経験は人によって多種多様で，一つとして同じものはないという点である．何を心地よいと感じるかはどんな経験をしてきたかで変化する．言い換えると，全員が心地よいと感じる特定の風景は無いと言える．昨今機械学習やAI技術が普及し，私たちの経験は一つのデータとして学習され，最適化するための過程として機能することがある．このような技術社会がさらに発展した世界において，データをかき集めて全員にとって特定の効果のあるコンテンツを一つ作り出すのではなく，その人が今までにしてきた経験や選択によってコンテンツ側が姿を変えるアプローチがあっても良いと考える．本研究では，全身刺激と身体性によって，体験者自身の記憶に存在する心地よい場所を想起することを提案し，実現した．心地よさというゴールは同じでも，どのような情景を心地よい情景として思い浮かべたかの，過程に当たる部分が人それぞれだったことが，本研究において最も興味深く価値がある発見だと感じる．今後の大きな理想として，心象の中に表れる身体性の再現性や柔軟性を向上させ，幼少期の自分・未来の自分などを連想しながら心象の世界を旅することで，自分自身と向き合い人生観が良い方向へと変わるような体験を作ることができれば，大きな価値のある体験になると考えている．

謝　　辞

本研究の指導教員であり，幅広い知見から的確な指導と暖かい励ましやご指摘をしていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の南澤孝太教授に心から感謝いたします．結論を急いでしまう癖のある自分に対し，視座を高く視野を広くもって，色んなところに寄り道をしながら探求していくことが，研究において大事であるということを教えてくださいました．この 2 年間，帝人株式会社のプロジェクトを始めとして，色んな事を任せていただきました．生体反応などに関して知識が乏しい私にとっては，多くのことを学ばせていただく機会としてとても恵まれた環境でした．本当にありがとうございました．

同研究科の佐藤千尋専任講師には，研究の方向性についてやターゲットとなり得る方々についてなど，さまざまな助言やご指導を何度もしていただきました．ミーティングのたびに励ましのお言葉をいただけたことは，私の研究のモチベーションに大きく繋がっていました．本当にありがとうございました．

同研究科の特任助教であり Enhance Experience Inc. の研究者としてもコラボレーションさせていただいた花光宣尚様には，数え切れないほどのサポートをしていただきました．最初のリサーチクエスチョンを定める段階から，日頃の研究に関する悩みや，最終的な体験コンセプトの設計まで多大な時間を費やしてくださいました．博士課程の頃は，ご自身も大変忙しい状況にあったにも関わらず，熱心にご指導してくださいました．感謝してもしきれません．本当にありがとうございました．同じく Enhance Experience Inc. の水口哲也様，磯部宏太様には，プロジェクトを遂行する上で必要な全身触覚インターフェースやシステム設計について，開発し提供していただきました．時にはビジョンに関して議論させていただいたこともあり，視野を広く持つことの重要性を教えていただきました．深く感謝いたします．

リアルプロジェクトのコラボレーションとして，帝人株式会社の山田順子様，北村啓一様，山本恭平様には，特に Synesthesia Wear における検証結果の検定に関する知識を学ばせていただきました．大変感謝いたします．

また本研究は，JST ムーンショット型研究開発事業「身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発」（Grant number JPMJMS2013）からご支援いただいたことで，実施することができました．

VR 学会論文から本論文執筆にあたって多大なサポートをしてくださいました，同研究科の脇坂崇平特任助教には大変お世話になりました．検証に関するノウハウやデータの成形方法まで，数多くのことを学ばせていただき，その結果を論文として書き上げる際にも夜遅くまで原稿のチェックをしていただきました．脇坂特任助教の的確なアドバイスがなければ，本研究はここまで辿り着くことはできなかったと思います．本当にありがとうございました．

そして，IVRC の活動が始まった 2021 年の 5 月から，数え切れないほどの最終電車をともにした Embodied Media の同期たちには，本当にお世話になりました．2 年間の出来事とは思えないほどの濃い時間を共に過ごすことができたことを，とても嬉しく思います．最後に，KMD 入学試験の頃から支えてくれたパートナー，研究を続ける上で精神的な安らぎを与えてくれた友人たち，学生生活をサポートし続けてくれた両親と弟，そして祖父母たち，関わっていただいた全ての方に，この場を借りてお礼を申し上げ，謝辞にかえさせていただきます．

参 考 文 献

[1] 新一星. ようこそ地球さん. 新潮文庫, ほ-4-2. 新潮社, 83 刷改版, 2012. URL: https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB09314494.

[2] 渡辺成博, 松本直司, 高木清江. 心象風景の形成過程と現実の空間形態. 都市計画論文集, Vol. 31, pp. 175–180, 1996. doi:10.11361/journalcpij.31.175.

[3] 厚生労働省. 令和 3 年 労働安全衛生調査（実態調査）. 2022 年 9 月 12 日参照. https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/r03-46-50_kekka-gaiyo02.pdf.

[4] 文部科学省. ムーンショット目標９. 2022 年 9 月 11 日参照. https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/concept9.pdf.

[5] Jon Kabat Zinn. Wherever you go, there you are: Mindfulness meditation in everyday life. *Hyperion*, pp. 78–80, 1994.

[6] 春木豊, 石川利江, 河野梨香, 松田与理子. 「マインドフルネスに基づくストレス低減プログラム」 の健康心理学への応用. 健康心理学研究, Vol. 21, No. 2, pp. 57–67, 2008.

[7] 平野美沙, 湯川進太郎. マインドフルネス瞑想の怒り低減効果に関する実験的検討. 心理学研究, Vol. 84, No. 2, pp. 93–102, 2013. doi:10.4992/jjpsy.84.93.

[8] 杉浦義典. マインドフルネスにみる情動制御と心理的治療の研究の新しい方向性. 感情心理学研究, Vol. 16, No. 2, pp. 167–177, 2008. doi:10.4092/jsre.16.167.

[9] Ann L Jefferies, Canadian Paediatric Society, Fetus, and Newborn Committee. Kangaroo care for the preterm infant and family. *Paediatrics & child health*, Vol. 17, No. 3, pp. 141–143, 2012.

[10] Chip Morningstar and F Randall Farmer. The lessons of lucasfilm's habitat. *Journal For Virtual Worlds Research*, Vol. 1, No. 1, 2008.

[11] Mar Gonzalez-Franco, Daniel Perez-Marcos, Bernhard Spanlang, and Mel Slater. The contribution of real-time mirror reflections of motor actions on virtual body ownership in an immersive virtual environment. In *2010 IEEE virtual reality conference (VR)*, pp. 111–114. IEEE, 2010.

[12] Ke Ma and Bernhard Hommel. Body-ownership for actively operated non-corporeal objects. *Consciousness and cognition*, Vol. 36, pp. 75–86, 2015.

[13] David Marr. *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. MIT press, 2010.

[14] Fred Keijzer. Representation in dynamical and embodied cognition. *Cognitive Systems Research*, Vol. 3, No. 3, pp. 275–288, 2002.

[15] Giorgio Metta, Giulio Sandini, David Vernon, Lorenzo Natale, and Francesco Nori. The icub humanoid robot: an open platform for research in embodied cognition. In *Proceedings of the 8th workshop on performance metrics for intelligent systems*, pp. 50–56, 2008.

[16] Andrew D Wilson and Sabrina Golonka. Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in psychology*, Vol. 4, p. 58, 2013.

[17] 渡邊淳司, 川口ゆい, 坂倉杏介, 安藤英由樹. 心臓ピクニック: 鼓動に触れるワークショップ (¡ 特集¿ ハプティクスと vr). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp. 303–306, 2011.

[18] Tadatoshi Kurogi, Yuji Yonehara, Roshan Lalintha Peiris, Takeshi Fujiwara, and Kouta Minamizawa. Haptic plaster: Soft, thin, light and flexible haptic

display using dea composed of slide-ring material for daily life. In *ACM SIGGRAPH 2019 Emerging Technologies*, SIGGRAPH '19, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery. URL: https://doi.org/10.1145/3305367.3327983, doi:10.1145/3305367.3327983.

[19] Tadatoshi Kurogi, Yuji Yonehara, Genki Sago, Masatoshi Shimada, Takeshi Fujiwara, and Roshan Lalintha Peiris. Small, soft, thin, lightweight and flexible tactile display enabling to provide multiple mechanical stimuli. CHI EA '20, p. 1–8, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. URL: https://doi.org/10.1145/3334480.3383010, doi:10.1145/3334480.3383010.

[20] 早川裕彦, 神山洋一, 松園敏志, 徐萌芸, 田中培仁, 本山拓人, 鈴木規之, 南澤孝太. 触覚伝送を伴うバスケットボールのライブフィーリングの実践. 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 23, .

[21] 裕彦早川, 理智大脇, 琢也石川, 孝太南澤, 由浩田中, 掲駒崎, 優鎌本, 淳司渡邊. 高実在感を伴う遠隔コミュニケーションのための双方向型視聴触覚メディア「公衆触覚伝話」の提案. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 25, No. 4, pp. 412–421, 12 2020. URL: https://cir.nii.ac.jp/crid/1390849931316282496, doi:10.18974/tvrsj.25.4_412.

[22] 駒崎掲, 渡邊淳司. 触覚伝送による“リモートハイタッチ”: アスリートの家族間コミュニケーションや聴覚障がい者との観戦検討. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 27, No. 1, pp. 2–5, 2022.

[23] 矢野博明, 小木哲朗, 廣瀬通孝. 振動子を用いた全身触覚提示デバイスの開発 (¡ 特集¿ ハプティックインタフェース). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 3, No. 3, pp. 141–147, 1998.

[24] 小西由香理, 南澤孝太ほか. Synesthesia suit: Vr 体験を拡張する全身触感スーツ. 2016.

[25] Rez Infinite. Enhance Games(Original game © 2001 SEGA), 2016.

[26] Taichi Furukawa, Nobuhisa Hanamitsu, Yoichi Kamiyama, Hideaki Nii, Charalampos Krekoukiotis, Kouta Minamizawa, Akihito Noda, Junko Yamada, Keiichi Kitamura, Daisuke Niwa, et al. Synesthesia wear: Full-body haptic clothing interface based on two-dimensional signal transmission. In *SIGGRAPH Asia 2019 Emerging Technologies*, pp. 48–50. 2019.

[27] 泰地古川. Synesthesia wear : 感覚を拡張する全身触覚インターフェイス. 2019.

[28] 健人松田. 曖昧性を有した気配感覚提示による実空間恐怖体験のデザイン. 2020.

[29] Enhance Experience Inc. Synesthesia x1-2.44. 2022年11月1日参照. `https://synesthesialab.com/`.

[30] 花光宣尚, 田井秀昭, 元木龍也, 佐藤文彦, 清水啓太郎, 神山洋一, 南澤孝太, 水口哲也ほか. Synesthesia x1-2.44: 聴覚・触覚・視覚を活用した共感覚体験装置. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 27, No. 1, pp. 51–64, 2022.

[31] Mark G Frank and Thomas Gilovich. The dark side of self-and social perception: black uniforms and aggression in professional sports. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 54, No. 1, p. 74, 1988.

[32] Hajo Adam and Adam D Galinsky. Enclothed cognition. *Journal of experimental social psychology*, Vol. 48, No. 4, pp. 918–925, 2012.

[33] Rachel E White, Emily O Prager, Catherine Schaefer, Ethan Kross, Angela L Duckworth, and Stephanie M Carlson. The “batman effect”: Improving perseverance in young children. *Child development*, Vol. 88, No. 5, pp. 1563–1571, 2017.

[34] Nick Yee and Jeremy Bailenson. The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior. *Human Communication Research*, Vol. 33, No. 3, pp. 271–290, 07 2007. URL: https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2007.00299.x, arXiv: https://academic.oup.com/hcr/article-pdf/33/3/271/22324746/jhumcom0271.pdf, doi:10.1111/j.1468-2958.2007.00299.x.

[35] Konstantina Kilteni, Ilias Bergstrom, and Mel Slater. Drumming in immersive virtual reality: The body shapes the way we play. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 19, No. 4, pp. 597–605, 2013. doi:10.1109/TVCG.2013.29.

[36] Domna Banakou, Parasuram D. Hanumanthu, and Mel Slater. Virtual embodiment of white people in a black virtual body leads to a sustained reduction in their implicit racial bias. *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 10, , 2016. URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2016.00601, doi:10.3389/fnhum.2016.00601.

[37] Robin S Rosenberg, Shawnee L Baughman, and Jeremy N Bailenson. Virtual superheroes: Using superpowers in virtual reality to encourage prosocial behavior. *PloS one*, Vol. 8, No. 1, p. e55003, 2013.

[38] 鳴海拓志. ゴーストエンジニアリング: 身体変容による認知拡張の活用に向けて. 認知科学, Vol. 26, No. 1, pp. 14–29, 2019.

[39] Wilhelm Max Wundt and Charles Hubbard Judd. *Outlines of psychology*. W. Engelmann, 1902.

[40] James A Russell. A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 39, No. 6, p. 1161, 1980.

[41] Jonathan Posner, James A Russell, and Bradley S Peterson. The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cogni-

tive development, and psychopathology. *Development and psychopathology*, Vol. 17, No. 3, pp. 715–734, 2005.

[42] Jeongmi Kim and Daniel R Fesenmaier. Measuring emotions in real time: Implications for tourism experience design. *Journal of Travel Research*, Vol. 54, No. 4, pp. 419–429, 2015.

[43] Yosuke Sakairi, Kentaro Nakatsuka, and Takeshi Shimizu. Development of the t wo-d imensional m ood s cale for self-monitoring and self-regulation of momentary mood states. *Japanese Psychological Research*, Vol. 55, No. 4, pp. 338–349, 2013.

[44] Jason J Braithwaite, Derrick G Watson, Robert Jones, and Mickey Rowe. A guide for analysing electrodermal activity (eda) & skin conductance responses (scrs) for psychological experiments. *Psychophysiology*, Vol. 49, No. 1, pp. 1017–1034, 2013.

[45] Fred Shaffer and Jay P Ginsberg. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, p. 258, 2017.

[46] Hui-Min Wang and Sheng-Chieh Huang. Sdnn/rmssd as a surrogate for lf/hf: a revised investigation. *Modelling and Simulation in Engineering*, Vol. 2012, , 2012.

[47] 茂原朋子, 渡辺貴介, 十代田朗. 青年の“原風景”の特性と構造に関する研究. 都市計画論文集, Vol. 26, pp. 457–462, 1991.

[48] 吉村晶子. 原風景の生成に関する研究. ランドスケープ研究, Vol. 67, No. 5, pp. 731–736, 2004.

[49] 古谷勝則. 思い出に残る自然風景に関する研究. ランドスケープ研究, Vol. 61, No. 5, pp. 669–674, 1997.

[50] Shaun Gallagher. Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in cognitive sciences*, Vol. 4, No. 1, pp. 14–21, 2000.

[51] 嶋田総太郎. 認知科学講座 1 心と身体, 第 1 巻. 東京大学出版会, 2022.

[52] やまだようこ. 質的心理学とナラティヴ研究の基礎概念. 心理学評論, Vol. 49, No. 3, pp. 436–463, 2006. doi:10.24602/sjpr.49.3_436.

[53] W.A. IJsselsteijn, Y.A.W. de Kort, and K. Poels. *The Game Experience Questionnaire*. Technische Universiteit Eindhoven, 2013.

[54] Gheorghe Cernisov. An unobtrusive wearable sensing platform for psychological and social dynamics. 2020.

[55] Welcome to heartpy. https://python-heart-rate-analysis-toolkit.readthedocs.io/en/latest/.

[56] Ruben T Azevedo, Nell Bennett, Andreas Bilicki, Jack Hooper, Fotini Markopoulou, and Manos Tsakiris. The calming effect of a new wearable device during the anticipation of public speech. *Scientific reports*, Vol. 7, No. 1, pp. 1–7, 2017.

[57] Margaret M. Bradley and Peter J. Lang. Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, Vol. 25, No. 1, pp. 49–59, 1994. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0005791694900639, doi:https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9.

付　　録

A. GEQ 質問内容

4.2 の予備検証 1 で用いた主観評価用アンケート GEQ の質問内容を以下に示す.

1. I felt content
2. I felt skilful
3. I was interested in the game's story
4. I thought it was fun
5. I was fully occupied with the game
6. I felt happy
7. It gave me a bad mood
8. I thought about other things
9. I found it tiresome
10. I felt competent
11. I thought it was hard
12. It was aesthetically pleasing
13. I forgot everything around me
14. I felt good
15. I was good at it
16. I felt bored
17. I felt successful
18. I felt imaginative
19. I felt that I could explore things
20. I enjoyed it

21. I was fast at reaching the game's targets
22. I felt annoyed
23. I felt pressured
24. I felt irritable
25. I lost track of time
26. I felt challenged
27. I found it impressive
28. I was deeply concentrated in the game
29. I felt frustrated
30. It felt like a rich experience
31. I lost connection with the outside world
32. I felt time pressure
33. I had to put a lot of effort into it

B. ユーザーテストの記録

B.1 A さんのインタビューの書き起こし

筆者	では，体験はどうでしたか．もし頭に思い浮かんだことがあったら，それを自分の言葉でどんな形でも良いので，話してもらえると嬉しいです．
A さん	順を追ってみたいな感じに話すけど，最初は学校，学生時代というか，小学校とかそれぐらいのちっちゃい学校にいる感じがして．こう，最初は廊下を歩いて，次に階段をこう上っていく感じになって．それが次第に部活の音とかに変わってきて，成長してきたみたいな感じに聞こえた．
筆者	ほー．なるほど．
A さん	そのあとに幻想的な音と全身背中とかに振動が来たから，なんかこう沈んでいく感じのイメージだったかな．うん．そこで今まであったその部活のこととかをフラッシュバックするというか，思い出す感じになって．
筆者	うんうん．
A さん	その後はえーっと海波を感じて，浜辺で寝っ転がってる感じがして，その後になんか草原みたいな，草と風の音みたいな感じに聞こえて．ちょっとあんま正確じゃない，飛ばしてるかもしれない（笑）
筆者	全然大丈夫だよ．

A さん	靴を履いて玄関を出ます，みたいな感じになって，夕方，ヒグラシの音みたいなとか，カラスの音鳴き声が聞こえて，夜に向けて歩いてた．こっからまだ先ありますよ，みたいな雰囲気で歩いてた．で，最後家にただいまみたいな，はい感じだったかな．
筆者	ありがとう．今情景を話してくれたじゃない？その時の感情を挙げるとすると，この体験は感情的な意味でどんな体験だった？
A さん	感情かーー．
筆者	悲しいとか，嬉しいとか，まあ，喜怒哀楽のような．もっと自分の言葉で全然いいんだけど，感情的な意味で言うと，どういう体験だったかな．
A さん	うーん，なんだろうね，夏懐かしさというか，一つあるとすると．懐かしさと，どっちかというとワクワクというよりは，なんか落ち着いた感じで聞いてたかな．
筆者	懐かしさか．なるほどありがとう．あとさっき情景について話していた時「部活を思い出した」って言ってたじゃない？具体的に何を思い出した？
A さん	あー，なんだろね．まあ，自分がやってるとこもそうだし，友達がやってた部活を見てたなーとか．テニス部だったからさ，ボールを打ってる音とかを思い出したり，声出しの話とかを思い出してたりかな．
筆者	そうだったんだ．お時間いただいてありがとうございました．インタビューはこれで以上です．

B.2 B さんのインタビューの書き起こし

筆者	では，3 分半ほど体験してもらったけど，どうでしたか．もし頭に思い浮かんだことがあったら，それを自分の言葉でどんな形でも良いので，話してもらえると嬉しいです．
B さん	えっと，最初はすごい混んでるデパートかなんかで，割と歩きづらそうになんか混んでる中を歩いてるイメージ．ただ，なんか想像だけど，デパートのなんか端っこにある普通じゃない階段，デパートにはなさそうな階段を見つけて．
筆者	へ〜．デパートにはなさそうな．
B さん	うん（笑）で，登っていくと急に異世界で，それはもう南国かな．ビーチとか．急にビーチについてちょっと歩いて，ほんとにあの（Synesthesia X1 を指さす）寝っ転がるみたいな形で．なんかこういうビーチのなんだっけ， なんかあるじゃん，そういう椅子．
筆者	パラソルの下にあるようなリクライニングチェア？
B さん	そうそう，パラソルの下にあるような．そこに寝転んで，割とずっとリラックスしてて．で，結構長い時間経って，ほんとにお昼から夕方ぐらい．日が暮れるぐらいの時にまたやっと動き出して帰っていくんだけど，なんかそれは普通の自分の家の近くの住宅街みたいな感じで，歩いて帰るって感じで自宅に帰りました．
筆者	すごく細かくありがとう．今話してくれた情景が思い浮かんでる時って，感情面でいうとどんな気持ちになった？一つじゃなくても良いから，どんな感情になったかを教えてほしい．

B さん	あー，そのビーチがすごい気持ちいいから，これがもっと続けばいいなって思ったし．うん，異勢界感を感じた．ごめん，感情かわからないけど．
筆者	異世界感か．なるほどね．あれかな，旅行みたいな感じかな？
B さん	うんうん，そう．
筆者	なるほど．あと，情景を思い浮かべてる時の視点，目線は誰だった？第三者なのか一人称なのか．
B さん	あ，ずっと自分かな．歩いてる時も自分の足元だし，ビーチで寝っ転がってる時も自分の視点でなんとなく空の方見てるかな．
筆者	わかりました．ありがとう．これでインタビューは以上です．

B.3 C さんのインタビューの書き起こし

筆者	では，体験を通してどうでしたか．もし頭に思い浮かんだことがあったら，それを自分の言葉でどんな形でも良いので，話してもらえると嬉しいです.
C さん	順番にって感じだよね？
筆者	うん．自分の言葉で思い出せる範囲で大丈夫だよ.
C さん	最初はなんかカフェというか室内で，子供とか若い人の声が結構聞こえてる空間にいて，でそ子から階段登ってる感じでなんか途中でちょっとこう階段の音が変わってきた．でドアを開けたら外に出てるっていう．外出た時はなんか野球とかのスポーツをやってそうな声が聞こえた.
筆者	ほうー，なるほど.
C さん	なんか高いところ，屋上みたいな．高いところにいるような感じの外を通って．で bgm 流れたよね？bgm 流れている間しばらくそこにいた．そしたら風の音とか 鳥の鳴き声とか聞こえたから，草原というか，自然の中にいるような感じになって．でそこから，ちょっと待ってね，最後中入ったっけな．最後ドア閉めて中に戻って終わった感じだったから... あ，違うわ．そのあと，カラスの声とか聞こえたから，夕方っぽい感じ．なんか，虫の鳴き声とか聞こえてる感じと，カラスの鳴き声が，夕方っぽい感じの外で街みたいなところを通った．最後ドア閉めて終わりって感じ.
筆者	なるほど．すごい細かくありがとう．今話してくれた情景っていうのは，感情で表すとするとどんな気持ちだった？

C さん	なんかちょっと冒険みたいな感じ．プチ冒険ぐらいの，いろんな町とか場所を自分が歩いて通ってるみたいな感覚かな．
筆者	へ〜，なるほどね．そのプチ冒険みたいなのは，例えば喜怒哀楽だったりだったり，心情でいうとどういう気持ちで冒険してた？
C さん	あー，リラックスかな．なんか落ち着く感じかな．あんまり変にこう感情が上下しないっていうか，こう気持ちいい感じで体験してるっていう感覚だったかも．
筆者	落ち着く感じ．ありがとう．ちなみに思い浮かんだ情景って行ったことのある場所だった？それとも架空の場所？
C さん	行ったことのある場所ではないけど，実在する場所のイメージだったかもな．なんていうんだろう，その架空の場所じゃなくて，現実にあるあしょ．ドラマとかで出てきそうな場所だけど，自分は行ったことない場所．
筆者	なるほど，だから冒険だったのかな．
C さん	そうそう，そうだと思う．世界のどこかには存在する空間みたいな感じかな．
筆者	ありがとう．では，インタビューはこれで以上です．