

博士（人間科学）学位論文

Specific Phobia の改善に向けた
簡易型 V R エクスポージャーの開発

Development of the simplified VR exposure for the
treatment of Specific Phobia

2004年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

宮野 秀市

Miyano, Hideichi

研究指導教員： 坂野 雄二 教授

目次

第1章	VRエクスポージャーの研究動向と問題	
第1節	VRエクスポージャーに関する研究の動向	・・・1
第2節	VRエクスポージャーの問題	・・・11
第2章	簡易型VRエクスポージャーシステムの構築	
第1節	簡易型VRエクスポージャーシステムの提案	・・・15
第2節	簡易型VRエクスポージャーシステムの検討課題	・・・17
第3章	本研究の目的と意義	
第1節	本研究の目的	・・・21
第2節	本研究の意義	・・・21
第3節	本論文の構成	・・・23
第4章	ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感の比較(研究1)	
第1節	本章の目的	・・・26
第2節	実験方法	・・・27
第3節	結果	・・・32
第4節	考察	・・・32
第5節	本章のまとめ	・・・34
第5章	振動刺激の呈示が臨場感と主観的覚醒, 生理的覚醒に及ぼす影響の検討(研究2)	
第1節	本章の目的	・・・35
第2節	実験方法	・・・36
第3節	結果	・・・39
第4節	考察	・・・39
第5節	本章のまとめ	・・・43
第6章	HMDの視野角が臨場感と主観的覚醒, 生理的覚醒に及ぼす影響の検討(研究3)	
第1節	本章の目的	・・・44
第2節	実験方法	・・・45
第3節	結果	・・・48
第4節	考察	・・・48
第5節	本章のまとめ	・・・51
第7章	簡易型VRエクスポージャーシステムの構成とその特徴	
第1節	簡易型VRエクスポージャーシステムの構成	・・・53
第2節	簡易型VRエクスポージャーシステムの特徴	・・・54
第8章	簡易型VRエクスポージャーの臨床的評価(研究4)	
第1節	本章の目的	・・・60
第2節	簡易型VRエクスポージャーの飛行恐怖症への適用	・・・60
第3節	本章のまとめ	・・・73
第9章	総合的考察	
第1節	本研究の結果の要約	・・・75
第2節	本研究の意義(1)VRに関わる研究分野への示唆	・・・77
第3節	本研究の意義(2)臨床心理学への示唆	・・・80
第4節	本研究の限界と今後の課題	・・・84
	引用文献	・・・88

第1章 VRエクスポージャーの研究動向と問題

第1節 VRエクスポージャーに関する研究の動向

行動療法とは、学習理論や行動理論の諸原理にもとづき、不適応な行動を適応的な行動へ変容させようとする心理療法である。エクスポージャーは、行動療法の主要な治療技法の一つであり、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暴露し、不適応な反応を消去する治療手続きである（Marks, 1987）。これまでエクスポージャーは特定の恐怖症（Specific Phobia）や社会恐怖、強迫性障害のような様々な不安障害の治療に用いられ、その治療効果が実証されている（Marks, 1986）。現実の刺激に対して行われるエクスポージャーをin vivoエクスポージャー、患者にイメージさせた刺激に対して行われるエクスポージャーをイメージエクスポージャーという。in vivoエクスポージャーはイメージエクスポージャーよりも治療効果の高いことが知られている（Emmelkamp, 1982; Marks, 1987）。しかしながら、例えば、雷恐怖などのようにin vivoでの刺激呈示が困難な場合（Emmelkamp, 1982）や、病気および死の恐怖や強迫観念などのように思考によって不安反応が引き起こされる場合（Boudewyns & Shipley, 1983）にはイメージエクスポージャーが行われる。

ところで近年、バーチャルリアリティ（Virtual Reality: VR）を利用してエクスポージャーを行う、VRエクスポージャーの研究が進められている。VRとは、人工的な手段を用いて生成された現実のことであり（廣瀬, 1994）、実体そのものではないが、本質的あるいは効果として実体であるものを意味する（舘, 2000）。つまり、VRエクスポージャーとは、人工的な手段を用いて構築された仮想環境（virtual environment）

に恐怖刺激を呈示するエクスポージャーである。VRエクスポージャーでは、通常、患者に頭部搭載型ディスプレイ（Head Mounted Display：HMD）が装着され、そこへ出力されるコンピュータグラフィックス（Computer Graphics：CG）で恐怖刺激が呈示される。HMDの動きは位置センサーで検出され、CGは装着者の頭の動きに連動してリアルタイムに描画される仕組みになっているため、HMD装着者は仮想環境の中を見回すことができ、その中に自分が存在しているかのような臨場感を得ることができる。

VRエクスポージャーでは、治療者が必要な刺激を自由に作成してエクスポージャーを実施することができる。例えば、これまで飛行恐怖の治療では、実際に飛行場に行ったり飛行機に乗るなどの in vivo エクスポージャーを行う必要がある場合でも、時間的、コスト的な問題から実施が困難であった。しかしながら、VRを利用して刺激を呈示すれば、治療室の中でバーチャルフライトを体験させるエクスポージャーを実施することが可能となる。また、VRエクスポージャーは、恐怖刺激をイメージすることが困難なためにイメージエクスポージャーを適用できない患者に対するエクスポージャーとしても有効である。したがって、VRはエクスポージャー療法における新たな刺激呈示法として期待されている（Hodges, Rothbaum, Kooper, Opdyke, Meyer, de Graaff, Williford, & North, 1995b）。これまでの研究で、VRエクスポージャーは、高所恐怖や飛行恐怖等の特定の恐怖症、パニック障害、PTSD等の不安障害の治療に有効であることが示されている。以下に、VRエクスポージャーの実際を概観する。

1．高所恐怖

1994年のLamsonの報告（Lamson, 1994）は、VRを利用してエクスポージャー

を行った最初の治療研究論文である。高所恐怖傾向の高い60名の参加者が実験群と統制群に振り分けられ、実験群には1セッション50分のVRエクスポージャーが行われた。その結果、実験群の90%以上の者が自分で設定した高所に関する治療目標を達成できた。LamsonはこれによりVRエクスポージャーが高所恐怖に対する有効な治療技法であることが示唆されたとしているが、この報告には治療目標や構築された仮想環境に関する詳細な記述がなく、また治療効果を判定するための質問紙等の測度も用いられていなかった。

臨床心理学の専門家であるRothbaumとバーチャルリアリティの専門家であるHodgesのチームは、VRエクスポージャーの治療研究を数多く発表しており、彼らの最初の報告は高所恐怖を対象としたものであった(Hodges et al., 1995b; Rothbaum, Hodges, Kooper, Opdyke, Williford, & North, 1995a)。高所恐怖が疑われる20名の大学生が治療群と統制群に配置され、治療群の参加者は手すりが付いた木製のプラットフォームに立った状態で、エレベーター、バルコニー、橋等の高所の状況を仮想環境の中で体験した。仮想環境中のCGのエレベーターやバルコニーには手すりがあり、その位置は現実世界のプラットフォームの手すりの位置と同じで、触覚刺激をフィードバックすることによって臨場感を増加させることが意図されていた。また、参加者は位置センサーが付けられた右腕を動かすことによって仮想環境の中でバーチャルハンドを動かし、バーチャルエレベーターを上下に操作することができた。7回の治療セッションの結果、統制群には変化が認められなかったが、治療群は質問紙で測定された不安や回避傾向や高所に対する態度等の指標において恐怖反応が有意に低減した。また、この実験において統制群に配置されていた学生1名にVRエクスポージャーを行った結果、同様に高所恐怖傾向が低減した(Rothbaum, Hodges, Kooper, Opdyke, Williford, & North, 1995b)。

さらに、North & North (1996) のシングルケーススタディーにおいても、高所恐怖症に対する VR エクスポージャーの治療効果が示されている。

2. 飛行恐怖

従来の飛行恐怖の治療では、飛行場に行って飛行機に搭乗する、また実際に飛行を経験するといった in vivo エクスポージャーを行うことが多かった(例えば、Greco, 1989; Roberts, 1989)。それに対して VR エクスポージャーでは、旅客機やヘリコプターの機内をシミュレートした仮想環境の中でバーチャルフライトを体験させるというエクスポージャーが行われている。仮想環境における臨場感を高めるために、映像刺激、音声刺激に加えて、リクライニングシートに内蔵されたボディソニック装置やサブウーハーからの音声出力による振動刺激が呈示されることが多い。

治療コンポーネントの観点からみると、VR エクスポージャー単体で治療を行ったもの (North, North, & Coble, 1997a, 1997b; Wiederhold, Gevirtz, & Wiederhold, 1998) と、リラクゼーションや思考中断法等の不安管理訓練を併用したもの (Hodges, Rothbaum, Watson, Kessler, & Opdyke, 1996; Kahan, Tanzer, Darwin, & Borer, 2000; Rothbaum, Hodges, Smith, Lee, & Price, 2000; Rothbaum, Hodges, Watson, Kessler, & Opdyke, 1996; Smith, Rothbaum, & Hodges, 1999) に分けることができ、どちらの場合にも治療効果が示されている。Rothbaum ら (2000) は、飛行場に行き飛行機の座席に座った状態で飛行状況を想像するイメージエクスポージャーを行うエクスポージャー群と治療をしない統制群を配置し、VR エクスポージャー群との治療効果を比較検討した。その結果、VR エクスポージャーにはエクスポージャーと同程度の治療効果があり、6 ヶ月後のフォローアップ時においても差がないことが示された。ところで、飛行恐怖は単一の障害ではなく、高所恐怖、飛

行機事故に対する恐怖，閉所恐怖，広場恐怖を伴うパニック障害等のさまざまな障害の混合体であり，異なった背景を持つ患者に対して，それぞれ最適な治療を行う必要があると指摘されている(Van Gerwen, Spinhoven, Diekstra, & Van Dyck, 1997)．しかしながら，広場恐怖を伴うパニック障害，飛行機事故に対する恐怖，高所恐怖，閉所恐怖，またそれらの組み合わせを背景に持つ31名の飛行恐怖の患者に同一のVRエクスポージャーを行ったところ，すべてのタイプの患者にVRエクスポージャーが等しく効果があることがわかった(Kahan et al., 2000)．

3．閉所恐怖

閉所恐怖とは，エレベーターや狭い部屋等を恐れる状況依存型の特定の恐怖症である．特定の場所を回避するという点では広場恐怖と類似しているが，回避される場所はより限定されている．

Botella, Banos, Perpina, Villa, Alcaniz, & Rey (1998) は，閉所恐怖の治療のために，庭に面した大きな部屋(4 × 5 m.)と窓のない暗い小さな部屋(3 × 3 m.)で構成される仮想環境を構築した．2つの部屋は繋がっており，センサーを装着した右手を動かすことでバーチャルルームを自由に移動することが可能であり，さらに，小さな部屋は壁を移動させることで自分を中心とした1 m²の広さまで狭くすることができ，患者のペースで閉所に対する段階的なエクスポージャーができるように設計されていた．閉所恐怖のために病院のCTスキャン検査を受けられなかった43歳の女性患者にこのバーチャルハウスを利用したエクスポージャーを行った結果，閉所恐怖は低減され，この患者は検査を受けることができるようになった．また，閉所恐怖に加えて広場恐怖を伴うパニック障害を併発している患者1名に行った治療研究においても，このバーチャルハウスを利用したVRエクスポージャーの治療効果が確認されている

(Botella, Villa, Banos, Perpina, & Garcia, 1999). さらに , Botella, Banos, Villa, Perpina, & Garcia (2000) はこれらのシングルケーススタディーを発展させ , 1 名の閉所恐怖の患者と 3 名の広場恐怖を伴うパニック障害の患者に , 同様の仮想環境を用いて被験者間多層ベースラインデザインを採用したケーススタディーを行い , 閉所に対する恐怖感の低減に VR エクスポージャーが有効であることを示した .

4 . クモ恐怖

Carlin, Hoffman, & Weghorst (1997) は現実空間に配置した物体と相応する仮想環境中の位置に CG を呈示することで触覚刺激と映像刺激を呈示するオーグメンテドリアリティ (augmented reality) の手法を用いて , クモ恐怖の治療を行った . 位置センサーが付けられたクモの玩具からの触覚刺激と , そのクモの位置に同期したバーチャルキッチンのクモの CG による VR エクスポージャーの結果 , それまでの 20 年間 , クモ恐怖のために日常生活が阻害されていた女性患者の症状が改善した .

5 . 運転恐怖

Wiederhold, Wiederhold, Jang, & Kim (2000) は VR エクスポージャーを利用した運転恐怖の治療を報告している . この治療研究では , 呼吸法や思考中断法などの不安管理訓練と VR エクスポージャーが併用され , また , VR エクスポージャーに引き続いて , 治療者と携帯電話で連絡を取りながら一人で実際に車を運転するという in vivo エクスポージャーが行われた . 広場恐怖を伴うパニック障害による運転恐怖 1 名 , PTSD による運転恐怖 1 名 , 運転スキルの欠損による運転恐怖 1 名の 3 名に治療を行った結果 , 3 名ともに自動車の運転に対する恐怖心の低減が認められた .

コンピューター用の運転ゲームと VR でのバーチャルドライブを併用した運転恐怖

の治療研究がある。その報告によると、交通事故のために運転恐怖となった7名に、車の速度を上げ、道路の交通量を増していくように運転の難易度を段階的に上げ、最後にはゲームの中で交通事故を体験させる手続きでエクスポージャーを行った結果、運転に対する恐怖や、運転恐怖に併発したPTSDやうつが低減した（Walshe, Lewis, Kim, O'sullivan, & Wiederhold, 2003）。

6．パニック障害（広場恐怖）

パニック障害は自然発生的で予期できないパニック発作を特徴とする精神疾患であり、広場恐怖を伴うことが多い。広場恐怖とはスーパーマーケットや電車の中などの、パニック発作が起こった場合にすぐに出られないような場所に一人であることに対する恐怖である。米国精神医学会が刊行している精神疾患の診断マニュアルであるDSM-（APA, 1994）によると、パニック障害は広場恐怖の有無によって「広場恐怖を伴うパニック障害」と「広場恐怖を伴わないパニック障害」に分類されている。さらに、パニック様症状を発現する恐れと関係した広場恐怖が存在しているが、パニック障害の診断基準を満たさない場合には、「パニック障害の既往歴のない広場恐怖」と診断される。

Northらはパニック障害の既往歴のない広場恐怖の大学生60名を治療群と統制群に配置し、治療群には橋の上やエレベーター等の広場恐怖の患者が回避するような恐怖状況を仮想環境で再現したVRエクスポージャーを行った（North, 1995；North, North, & Coble, 1995, 1996）。15分間のVRエクスポージャーが1週間毎に8回行われた結果、統制群には変化が認められなかったが、治療群では、自己報告式の広場恐怖の質問紙の得点と、仮想環境に対して評定された主観的な恐怖感の測度である自覚的障害単位（subjective unit of disturbance：SUD）の得点が有意に低下した。

また、心理教育、発作の自己記録、in vivoのセルフエクスポージャー、認知再構成などから構成される認知行動療法のパッケージにVRエクスポージャーを取り入れると、認知行動療法のみで治療するよりも、パニック発作の回数の減少や、うつ、不安の低減が速いことが示されている（Vincelli, Anolli, Bouchard, Wiederhold, Bcia, Zurloni, & Riva, 2003）。

一方、Jang, Ku, Shin, Choi, & Kim（2000）は広場恐怖を伴うパニック障害と診断された患者7名に、渋滞したトンネルの中をシミュレートしたVRエクスポージャーを行った。しかしながら、参加者の多くが仮想環境に没入できなかったため、この治療は2セッションで中止となった。Jangら（2000）は、HMDの視野角が50度と狭かったこと、治療者と装置のオペレーターが患者の近くにいたこと、生理測定のためのセンサーを付けていたこと等の理由によって患者が仮想環境へ十分に没入できなかったと考察している。

7 . PTSD

PTSDとは、戦争やレイプといった危うく死ぬまたは重傷を負うような激しいストレスにさらされた結果、フラッシュバックなどの再体験と外傷を思い出させるような事柄からの回避行動が生じ、生理的な過緊張の状態が起こる心身の障害である（APA, 1994）。

うつ病を併発したPTSDのベトナム帰還兵にVRエクスポージャーを適用した症例報告がある（Rothbaum, Hodges, Alarcon, Ready, Shahar, Graap, Pair, Hebert, Gotz, Wills, & Baltzell, 1999）。呼吸法によるリラクゼーション訓練の後、ヘリコプターの座席をシミュレートし、ヘリコプターや兵士やジャングルの映像、および銃声やヘリコプターの音声と振動を呈示して戦闘状況を再現した仮想環境へのエクスポー

ジャーを行い、また、エクスポージャー中は、トラウマとなっているエピソードを患者に口述させ、その内容にできるだけ添うように仮想環境を随時操作した。13回のエクスポージャーセッションの結果、PTSDおよびうつ病の症状に改善がみられ、6ヵ月後のフォローアップ時においても維持されていた。

Difede & Hoffman (2002) は米国の貿易センタービルで起きた自爆テロによって発症した PTSD の治療を報告している。その報告によると、旅客機が飛んでいる、旅客機がビルに衝突する、爆発が起こる、ビルから人が飛び降りる、ビルが倒壊する、といった一連の事故の様子を仮想環境の中で段階的に体験するエクスポージャーを6セッション行った結果、PTSD や併発したうつが顕著に低減した。

8. 社会恐怖（スピーチ不安）

臨床群を対象としていない、または、被験者数が少ないという制限があるものの、VR エクスポージャーによる社会恐怖の治療も報告されている。

大学生を対象とした実験では、仮想環境の中の聴衆に向かって話をするというエクスポージャーがスピーチ不安を低減させることが示されている (Harris, Kemmerling, & North, 2002 ; North, North, & Coble, 1998)。

また、Roy, Klinger, Legeron, Lauer, Chemin, & Nugues (2003) は、社会恐怖の患者に VR エクスポージャーを行い、その効果を集団認知行動療法と比較している。集団認知行動療法群 (6名) には、社会状況への in vivo エクスポージャーを含む12セッションの通常の認知行動療法が行われ、VR エクスポージャー群 (4名) には、仮想環境の中で社会状況への暴露が行われる12セッションの認知行動療法が個別に行われた。その結果、VR エクスポージャーは集団認知行動療法と同程度に社会恐怖の低減に有効であることが示された。

これまでみてきた VR エクスポージャーによる治療研究をまとめると、VR エクスポージャーは高所恐怖や飛行恐怖等の特定の恐怖症を中心とした不安障害の治療に有効であり、in vivoによる刺激呈示が困難な場合にその代用として有効であるといえる。高所恐怖と飛行恐怖を対象とした治療研究が多い理由の一つとしては、それらを in vivo エクスポージャーで治療することが困難であることがあげられる。例えば、治療者が患者に同行して飛行機に乗りエクスポージャーを行うことは、時間とコストの問題で通常のクリニックの診療形態からは現実的でなく、恐怖状況を自由に構築し操作できる VR エクスポージャーがその代用として有効であるといえる。もう一つの理由は、高所状況や飛行機の中の仮想環境を構築することが比較的容易であるというきわめて技術的なものである。つまり、高所恐怖の場合は、エレベーターやバルコニーの手すりを模したプラットフォームの中に、飛行恐怖の場合は旅客機の座席を模したシートに自然な状態でユーザーの可動範囲を限定することができ、仮想環境の構築および頭部や手の位置のトラッキングが容易となる (Hodges et al., 1996)。これはつまり、VR エクスポージャーの治療対象となる疾患は VR の技術に大きく依存しているということでもある。現在の VR エクスポージャーは、ユーザーの動きを狭い範囲に限定した状態で、おもに、高所や飛行機といった場所や状況に対するエクスポージャーを対象としていると言えよう。しかしながら、今後、仮想環境の中の対人場面での複雑なインタラクションを可能とするような装置や技術の研究開発が進めば、VR エクスポージャーの治療対象はさらに拡大していくと考えられる。例えば、仮想環境の聴衆の個々の動きを制御してポジティブな反応やネガティブな反応を表現することを可能とした、スピーチ不安の治療を目的とした VR エクスポージャーシステムの開発が行われている (Lee, Ku, Jang, Kim, Choi, Kim, & Kim, 2002)。

これまでのVRエクスポージャーの治療研究は、ケース研究や、治療を行わない統制群との比較研究が多い。今後、in vivo エクスポージャーやイメージエクスポージャー等の既存の治療技法と比較検討することによって、更にVRエクスポージャーの治療効果を示していくことが望まれる。

第2節 VRエクスポージャーの問題

以上のように、これまでの治療研究によって、VRエクスポージャーが飛行恐怖症や高所恐怖症等の特定の恐怖症の治療に有効であることが示されていると言えよう。しかしながら、現時点では、VRエクスポージャーを一般的な臨床場面で実施するには以下の問題がある。

1つめの問題点として、VRエクスポージャーのためのシステム構築のコストと困難さの問題があげられる。これまでのVRエクスポージャーの治療研究を概観すると、システム構築のためには、位置センサーが内蔵または付属した業務用あるいは研究用の高価なHMDと、HMDに呈示するVRコンテンツであるインタラクティブCG、および、インタラクティブCGを格納しHMDの位置に合わせてCGの描画を制御するためのグラフィックワークステーションやパーソナルコンピューターと制御プログラム等が必要である。しかしながら、一般の臨床場面でエクスポージャーを実施するカウンセラーや医師等の治療者が、こうしたハードウェアやソフトウェアを選定、作製し、VRエクスポージャーシステムを構築することは、インタラクティブCGの制御等に関する専門的な知識が必要であり、非常に困難である。また、VRエクスポージャーシステムの構築を専門の業者に依頼した場合、例えば、ほんの数分間のVRコンテンツにも数百万円の制作費が必要となる。さらに、エクスポージャーを実施する際には、治

療の途中でも患者との話し合いによって、恐怖刺激を適時、変更、追加することが必要となることがあるが、治療者に専門的な知識がない場合には、一度作製されたVRコンテンツを自由に変更、追加することはできない。本来、必要に応じて恐怖刺激を自由に作製、呈示できることがVRエクスポージャーの利点であるが、現時点では治療者がそれを行うためにはシステム構築のための膨大なコストや専門的な知識が必要であり、一般的な臨床場面でVRエクスポージャーを実施することは困難である。実際、これまでのVRエクスポージャーによる治療研究は、大学の研究室やVRエクスポージャーのための特殊な施設で行われた例がほとんどである。したがって、恐怖刺激を自由に作製し、必要な時間だけ呈示できるというVRエクスポージャーの利点を生かしながら、安価に構築でき操作が簡便な簡易型のVRエクスポージャーシステムの構築が望まれる。

2つめの問題点としては、VRエクスポージャーの成功に影響するとされている臨場感の要因について、特に、仮想環境の構築に関わる要因について、十分な実験的検討が行われていないことである。VRエクスポージャーの治療研究は始まったばかりであり、現在のところ体系的な研究が行われているとはいえない。Botellaら(1998)が指摘するように、なぜVRエクスポージャーに効果があるのかを説明し、将来の研究の指針となる理論的な枠組みが必要である。恐怖反応が低減される仕組みを説明する概念であるエモーショナルプロセッシング理論によると、恐怖症の患者は刺激に対する情報、刺激に対する反応、刺激に対する意味的解釈の要素を含んだ恐怖構造を持っていると仮定されており、エクスポージャーによって恐怖反応が低減されるためには、まず恐怖構造が活性化され、次に、恐怖構造と相容れない情報がその中に統合されて恐怖構造が変化することが必要である(Foa & Kozak, 1986)。したがって、VRエクスポージャーが成功するためには、仮想環境に呈示された恐怖刺激が恐怖反応を引き

起こすことが必要であり，そのためには患者が仮想環境に高い臨場感を感じるということが重要であるとされている（例えば，North, North, & Coble, 1997b；Rothbaum et al, 1996）。

仮想環境における臨場感に影響を及ぼす要因として，Sheridan(1992)は，感覚器への情報量，仮想環境中の刺激に対する感覚器の関係の制御，仮想環境中の物体を変化させたり移動させたりできることを提唱している．また，Held & Durlach(1992)はHMDの視野角や呈示する映像の画質，刺激モダリティ間の情報の一致，仮想環境とのインタラクション，HMDの装着感等をあげている．しかしながら，これらの要因を実験的に検討した研究は多いとは言えない．例えば，Hendrix & Barfield(1996)は視覚呈示装置の要因を検討し，観察者の動きと仮想環境のインタラクション，仮想環境に3次元の手がかりがあること，geometric field of viewが広いことが臨場感を増加させることを明らかにした．また，Prothero & Hoffman(1995)はHMD装着者の視界を穴の空いたゴーグルで覆うことで水平視野角を操作し，105度の広視野角条件の方が60度の狭視野角条件よりも臨場感が高いことを報告している．さらに，Hoffman, Groen, Rousseau, Hollander, Winn, Wells, & Furness(1996)は，仮想環境中の物体と相応する現実空間に物体を配置して触覚刺激を呈示するオーグメントドリアリティの手法を用いて，視覚刺激に加えて触覚刺激を呈示することが臨場感を増加させることを示した．

VRエクスポージャーにおいても，仮想環境における臨場感を高めるさまざまな試みが行われている．例えば，先に紹介した高所恐怖の治療におけるプラットフォームの手すり(Hodges et al, 1995b；Rothbaum et al., 1995a)やクモ恐怖の治療におけるクモの玩具(Carlin, Hoffman, & Weghorst, 1997)からの触覚刺激のフィードバックはこのオーグメントドリアリティを応用したものであり，仮想環境の臨場感を高め

る役割を果たしていたと考えることができる。また、前述したように、VRエクスポージャーで飛行恐怖の治療を行う際には、映像刺激、音声刺激に加えて、臨場感を増加させる意図でボディソニック装置やサブウーハーからの音声出力による振動刺激を呈示することが多い。しかしながら、こうした振動刺激の呈示が臨場感に及ぼす影響を検討した研究はみあたらない。また、Jangら(2000)の不成功に終わったVRエクスポージャーについての興味深い報告によると、HMDの重量が重く20分間装着し続けることが不快だったこと、HMDの水平視野角が50度と狭かったこと、エクスポージャーの最中に治療者と装置のオペレーターが患者の近くにいたために患者が仮想環境に集中できなかったこと、HMDの縁から外の光が漏れること、等の要因により患者が仮想環境に十分没入できずに高い臨場感が得られず、エクスポージャーが失敗したのではないかと、この考察がなされている。しかしながら、こうした要因が臨場感に及ぼす影響についてはほとんど実験的な検討が行われていない。

VRエクスポージャーをより効果的でコストエフェクティブなものとするためには、HMDの視野角の大きさや振動刺激の呈示の有無等、刺激の呈示方法や仮想環境の構築に関わる様々な要因が臨場感に及ぼす影響について、詳細な実験的検討が不可欠である。

第2章 簡易型VRエクスポージャーシステムの構築

第1節 簡易型VRエクスポージャーシステムの提案

第1章第2節で指摘したように、現時点では、VRエクスポージャーのシステム構築のコストと困難さの問題があり、一般の臨床場面で治療者がVRエクスポージャーを実施することは現実的ではない。そこで、本章ではシステム構築が安価で操作が簡便な簡易型VRエクスポージャーシステムを提案し、そのシステムの検討課題を述べる。

前述したように、通常のVRエクスポージャーでは、位置センサーが内蔵または付属した業務用あるいは研究用の使用目的で製作されたHMDにインタラクティブCGを呈示する。HMDを装着した頭部を動かすことにより、CGで描画された仮想環境を自由に見回すことができるため、ユーザーは仮想環境に高い臨場感を感じることができる。さらに、飛行恐怖を治療する場合など、音声による恐怖刺激の呈示が必要な際には、音声刺激をスピーカーやボディソニック装置あるいはサブウーハーに出力し、音声刺激や振動刺激を呈示する。こうした複雑なシステムを構築するためには、位置センサーや業務用あるいは研究用のHMD等の高価な機材が必要である。もちろん、コンピューターやHMD等の刺激呈示装置の開発が進み、VRエクスポージャーシステムのコストは低下してきている。例えば、Smithら(1999)は、以前は\$150,000のシリコングラフィックス社のグラフィックワークステーションや\$14,000のHMDを使用してVRエクスポージャーを行っていたが、パーソナルコンピューターを利用することで全体のシステムを\$12,000程度で構築できるようになったと報告している。また、Northら(1997a)は、彼らのVRエクスポージャーシステムはパーソナルコンピューターとHMDや位置センサー等を含めて\$10,000以下で構築されており、コス

トの観点からは十分に実施可能であるとしている。しかしながら、これらはパーソナルコンピューターやHMD等のハードウェアのみに言及されており、ソフトウェアであるインタラクティブCGは含まれていない。インタラクティブCGを作製し、HMDの位置に合わせて描画を制御することは、専門的な知識や技術が必要であり、通常の治療者には困難である。また、こうしたVRコンテンツの作製を専門の業者に依頼した場合には、わずか数分間のインタラクティブCGの作製にも数百万円という膨大なコストがかかる。さらに、エクスポージャーを実施する際には、治療の途中でも患者との話し合いによって、恐怖刺激を適時、変更、追加することが必要となることがあるが、治療者に専門的な知識がない場合には、一度作製されたVRコンテンツを自由に変更、追加することはできない。

このように、従来のVRエクスポージャーは、インタラクティブCGの作製や制御に関する専門的な知識がない限り、治療者がVRエクスポージャーシステムを構築し、治療に必要な恐怖刺激を自由に作製し、呈示することはできなかった。ここで提案する簡易型VRエクスポージャーシステムは、インタラクティブCGを使わずに映像刺激、音声刺激、および、飛行恐怖症の治療の際など必要があると考えられる場合には振動刺激を非常に簡便にかつ安価に呈示するものである。

簡易型VRエクスポージャーシステムでは、ビデオカメラで収録されたビデオテープの映像と音声を利用して映像刺激、音声刺激、および振動刺激を呈示する。通常のモニターやスクリーン等のディスプレイに比べて、HMDはユーザーの視界を現実の世界から遮断し、また、モニターそのものの存在を意識させずに映像を呈示するため、仮想環境に高い臨場感を生じさせると考えられており、映像の呈示装置として優れている (Slater & Usoh, 1993; Witmer & Singer, 1998)。しかしながら、先に述べたように、インタラクティブCGを位置センサーが内蔵または外付けされた業務用あるいは

は研究用のHMDに呈示することは困難である。そこで、簡易型VRエクスポージャーでは、映像をビデオカメラやビデオデッキから、家庭での使用向けに市販されているHMD（価格は6万円～10万円程度）へ出力する。また、ビデオテープの音声をHMDに内蔵されたイヤフォン、あるいはリクライニングシートに内蔵されたスピーカーとボディソニック装置へ出力することで音声刺激や振動刺激を呈示する。VRエクスポージャーでも、例えば飛行恐怖の治療の際には、臨場感を増加させる意図で振動刺激が呈示されることは先に述べたとおりである。

以上のように、簡易型VRエクスポージャーは、インタラクティブCGと音声を個別に作成し、CGをHMD装着者の動きに同期させて呈示するという従来のVRエクスポージャーと違い、一般的に市販されている機材を用いて非常に簡便かつ安価に恐怖刺激を呈示するものである。従来のVRエクスポージャーシステムと比較して、この簡易型VRエクスポージャーシステムは以下の点が優れている。すなわち、1)位置センサーや位置センサーを内蔵した業務用あるいは研究用のHMD、およびインタラクティブCGを使用しないため、システムの構築が安価にできること、2)インタラクティブCGの制御がなく、ビデオテープを再生することで恐怖刺激を呈示するため、操作が簡便であること、3)エクスポージャーに必要な恐怖刺激をビデオカメラで撮影してテープを編集することで、治療者が恐怖刺激を自由に作製、呈示できること。また、ビデオテープを再生することで、映像刺激と音声刺激および振動刺激を同時に呈示できることである。

第2節 簡易型VRエクスポージャーシステムの検討課題

第1節で提案した簡易型VRエクスポージャーを構築するためにはいくつかの課題

がある．以下にその3つの課題を述べる．

1．ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感の比較

簡易型VRエクスポージャーでは，エクスポージャーシステムを安価で簡便なものにするために，インタラクティブCGの代わりにビデオ映像を使用する．つまり，簡易型VRエクスポージャーは通常のVRエクスポージャーと違い，HMD装着者の身体の動きと呈示される映像との間にインタラクションがなく，例えば，仮想環境を自由に見回すことができない．VRエクスポージャーが成功するためにはユーザーが仮想環境に対して高い臨場感を感じる事が重要であるとされており(例えば，North et al., 1997b；Rothbaum et al, 1996)，仮想環境とHMD装着者のインタラクションは臨場感の要素の一つであると考えられている(Held & Durlach, 1992；Sheridan, 1992)．そのため，インタラクティブCGを使わない簡易型VRエクスポージャーはVRエクスポージャーに比べて仮想環境における臨場感や治療効果が低い可能性を否定できない．そこで，まず最初に，簡易型VRエクスポージャーで呈示するビデオ映像と通常のVRエクスポージャーで呈示するインタラクティブCGの臨場感を比較検討する必要がある．

2．振動刺激の呈示が臨場感と主観的覚醒，生理的覚醒に及ぼす影響の検討

簡易型VRエクスポージャーシステムでは，映像と音声を個別に用意しなくても，必要があれば，ビデオテープに収録された音声をボディソニック装置に出力することで，音声刺激や振動刺激を呈示することが可能である．前述したように，VRエクスポージャーによって飛行恐怖症を治療する場合でも，映像刺激と音声刺激に加えて，音声をボディソニック装置やサブウーハーから出力することで発生する振動刺激を呈示す

る場合が多い。この振動刺激の呈示は飛行機の乗客が体感する振動を再現するもので、臨場感を高めることを意図したものである。しかしながら、これまで、こうした振動刺激の呈示が臨場感に及ぼす影響を実験的に検証した研究はみあたらない。

また、先に紹介したエモーショナルプロセッシング理論によれば、VR エクスポージャーを行う際には、恐怖刺激である仮想環境が主観的、生理的な恐怖反応を引き起こすことが必要であるが、振動刺激を呈示することが主観的、生理的な覚醒に及ぼす影響を検討した研究もみられない。

臨場感の高いコストエフェクティブな簡易型 VR エクスポージャーを構築するためには、振動刺激の呈示が臨場感と主観的および生理的な覚醒に及ぼす影響を検討する必要がある。

3. HMD の視野角が臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響の検討

通常の VR エクスポージャーでは、主に業務用、研究用の使用目的で製作された HMD へインタラクティブ CG を呈示する。一般的に、視野角が大きいほど臨場感は高いと考えられており、105 度と 60 度の HMD の視野角の条件を比較した Prothero & Hoffman (1995) の研究はこれを支持している。しかしながら、HMD の視野角が臨場感に及ぼす影響を実験的に検討した研究は他にはみあたらない。

簡易型 VR エクスポージャーでは、家庭での使用目的で作製された安価な HMD を使用する。これらの HMD は何れも視野角が狭く、水平視野角はおよそ 30 度～40 度の範囲である。臨場感の高い簡易型 VR エクスポージャーシステムを構築するためには、HMD のこのような狭視野角の範囲での視野角の大きさの違いが臨場感に及ぼす影響を検討することが必要である。また、同時に、上記の課題 2 で述べたように、エモーショナルプロセッシング理論の観点から、視野角の大きさの違いが主観的および生理

的な覚醒に及ぼす影響を検討する必要がある。

第3章 本研究の目的と意義

第1節 本研究の目的

第1章では、従来のVRエクスポージャーに関する研究が展望された。その結果、VRエクスポージャーはシステム構築のコストが高く、操作が困難で一般の臨床場面では実施できないこと、臨場感に影響を及ぼす仮想環境の要因の検討が不十分であることが問題点として指摘された。そこで、第2章では、コストが安く操作が簡便でありながら、仮想環境の臨場感が高く患者の不安反応を喚起することができる簡易型のVRエクスポージャーシステムを構築するための以下の3つの課題が示された。

1. ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感の比較
2. 振動刺激の呈示が臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響の検討
3. HMDの視野角が臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響の検討

そこで、本研究では、以上の3つの課題の検討を通じて、コストが安く操作が簡便な、簡易型VRエクスポージャーシステムを構築することを目的とする。また、実際の症例検討を通じて簡易型VRエクスポージャーの臨床的効果の検討も行う。

第2節 本研究の意義

本研究の意義を理論的意義と実際の意義に分けて以下に述べる。

理論的意義としては、これまでほとんど検討されてこなかった振動刺激の呈示やHMDの視野角といった要因が仮想環境の臨場感、および主観的、生理的覚醒に及ぼす影響を明らかにすることを通じて、臨場感の高い仮想環境構築のための基礎的な資料

を提供することにある。前述したように、効果的なVRエクスポージャーを行うためには、ユーザーがエクスポージャーが行われる場である仮想環境に高い臨場感を感じることが重要であるとされている。しかしながら、これまでのVRエクスポージャーに関する研究を見ると、臨場感を増す意図で様々な工夫がなされているが、実際にそれらの要因が臨場感の増加に寄与しているかどうかの検討はほとんどなされていなかった。

また、エモショナルプロセッシング理論の観点からは、VRエクスポージャーを行う際には、恐怖刺激である仮想環境が主観的、生理的な恐怖反応を引き起こすことが必要であるが、臨場感に影響を及ぼすと考えられる要因が、主観的、生理的な覚醒に及ぼす影響を検討した研究もみられない。

本研究では、簡易型VRエクスポージャーの構築に直接関わる、振動刺激の呈示の有無とHMDの視野角の大きさという2つの要因をとりあげ、それらが仮想環境の臨場感と主観的、生理的覚醒に及ぼす影響を明らかにすることを通じて、臨場感の高い仮想環境構築のための基礎的な資料を提供する。

実際の意義としては、構築が安価で操作が簡便な簡易型のVRエクスポージャーシステムを構築し、例えば、飛行恐怖症のように、これまでin vivoでの刺激呈示が困難であった特定の恐怖症に対する、エクスポージャーの新しい刺激呈示方法を構築することである。VRエクスポージャーは高所恐怖症や飛行恐怖症等の特定の恐怖症を中心とした不安障害の治療にその効果が認められており、in vivoやイメージエクスポージャーができないときのエクスポージャーとして期待が高い。しかしながら、本来、必要に応じて恐怖刺激を自由に作製、呈示できることがVRエクスポージャーの利点であるが、現時点では治療者がそれを行うためにはシステム構築のための膨大なコストや専門的な知識が必要であり、一般的な臨床場面でVRエクスポージャーを実施する

ことは困難である。簡易型 VR エクスポージャーシステムは、恐怖刺激を自由に作製し、必要な時間だけ呈示できるという VR エクスポージャーの本来の利点を生かしながら、安価に構築でき操作が簡便となるように改良したものであり、特定の恐怖症の改善を目的としたエクスポージャーの新しい刺激呈示方法である。

第 3 節 本論文の構成

従来の VR エクスポージャーを概観し問題点を述べた第 1 章、VR エクスポージャーの問題点を解決するために簡易型 VR エクスポージャーシステムを提案し、検討課題を述べた第 2 章、および本研究の目的と意義を述べた本章を受けて、本論文は以下の構成で展開される。

第 4 章(研究 1)では、第 2 章第 2 節で述べた課題 1 を解決するために、簡易型 VR エクスポージャーで呈示するビデオ映像と VR エクスポージャーで呈示するインタラクティブ CG の臨場感を実験的に比較検討する。

第 5 章(研究 2)では、課題 2 を解決するために、ボディソニック装置を利用した振動刺激の呈示が臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討する。

第 6 章(研究 3)では、課題 3 を解決するために、家庭用の HMD の視野角の大きさが臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討する。

第 7 章では、第 4 章(研究 1)～第 6 章(研究 3)で行った実験的検討を総括し、本論文で提案する簡易型 VR エクスポージャーシステムの構成とその特徴を述べる。

第 8 章(研究 4)では、簡易型 VR エクスポージャーシステムを実際の飛行恐怖症に適用し、その症例研究を通じて簡易型 VR エクスポージャーの臨床的可能性を検討する。

最後に，第 9 章では，本研究の総括的考察を述べ，本研究の理論的・実際の意義について論じる．また，本研究の制限と今後の課題について述べる．

本論文の構成を図示したものが Figure 3-1 である．

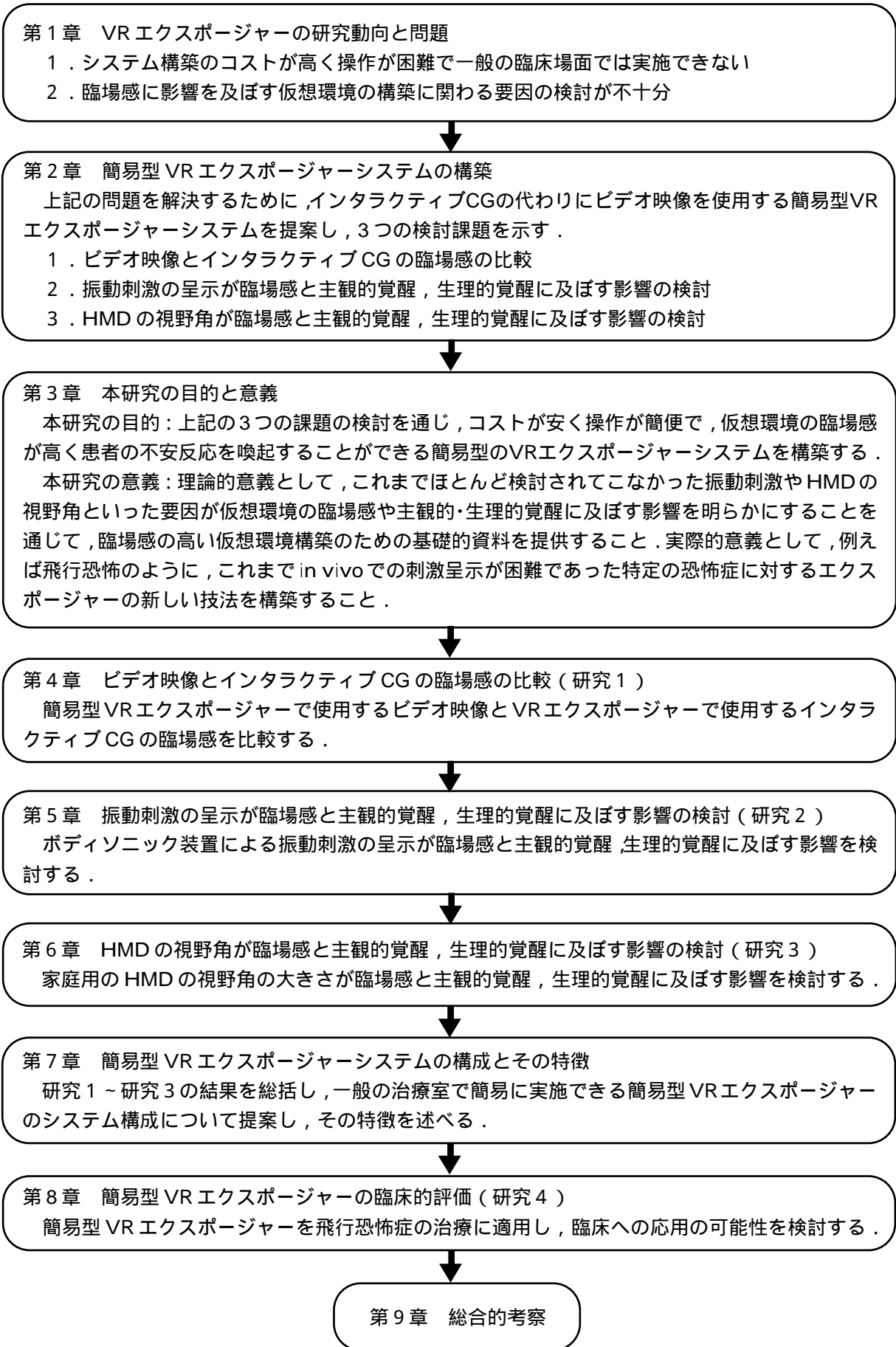


Figure 3-1 本論文の構成

第4章 ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感の比較（研究1）

第1節 本章の目的

本章では、第2章第2節で述べた1つめの課題を解決するために、簡易型VRエクスポージャーにおいて呈示されるビデオ映像と従来のVRエクスポージャーにおいて呈示されるインタラクティブCGの臨場感を実験的に比較検討する。

簡易型VRエクスポージャーにおいて呈示されるビデオ映像の特徴としては、以下のことがあげられる。すなわち、インタラクションに関しては、HMD装着者とビデオ映像の間にはインタラクションが無い。つまり、HMD装着者の頭の位置に関係なく映像が呈示されるため、仮想環境の中を見回すことができない。また、映像のリアリティ（描画の精密さや現実場面との類似の程度）に関しては、実際の風景や状況をビデオカメラで撮影したものなのでリアルである。

一方、従来のVRエクスポージャーにおいて呈示されるインタラクティブCGの特徴としては、以下のことがあげられる。すなわち、インタラクションに関しては、トラッキングされているHMDの位置に合わせてCGがリアルタイムに描画されるため、仮想環境の中を自由に見回すことができる。また、映像のリアリティに関しては、CGで描画したものなのでビデオ映像と比べるとリアルではない。治療が成功したVRエクスポージャーで呈示されたインタラクティブCGでも、どこかアニメや漫画に似ていて現実のようではないと言われている（例えば、Carlin et al., 1997; Wiederhold et al., 1998）。

仮想環境における臨場感の要因を実験的に検討した先行研究によると、ユーザーの頭部の位置をトラッキングすることによって、ユーザーと仮想環境の映像との間にイ

インタラクションを持たせることは仮想環境における臨場感を高めることが明らかにされている (Hendrix & Barfield, 1996; Schubert, Regenbrecht, & Friedman, 2000). 映像のリアリティに関しては, 仮想環境の中でのドライブ状況を再現したCGにおいて, 地形の起伏, 家や対向車等のオブジェクトを追加することが臨場感を高めることが示されている (Welch, Blackmon, Liu, Mellers, & Stark, 1996). しかしながら, 会社のオフィスを再現した仮想環境で行われた実験では, 局地的な光源の効果を表現したり壁や家具のテクスチャを精密にするといったCGのリアリティを高める方向の操作が臨場感に影響しなかった (Dinh, Walker, Song, Kobayashi, & Hodges, 1999). 以上のように, 先行研究からはユーザーと仮想環境とのインタラクションは仮想環境の臨場感を高めることが明らかにされているが, 仮想環境の映像のリアリティと臨場感の関係に関しては, 一貫した結果が得られていない. このことから, ビデオ映像はインタラクティブCGよりも臨場感が低く, エクスポージャーの効果が高い可能性を否定できない. しかしながら, これまで, ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感を比較する実験は行われていない.

そこで本章では, 簡易型VRエクスポージャーで呈示されるビデオ映像と従来のVRエクスポージャーで呈示されるインタラクティブCGの臨場感を実験的に比較することを目的とする.

第2節 実験方法

参加者

大学生および大学院生 30名 (男性 8名, 女性 22名, 平均年齢 22歳 4ヵ月).

呈示刺激と仮想環境の構築

以下の両条件とも、映像および音声はパーソナルコンピューター（VAIO PCV-RZ61 1GB RAM, SONY 製）から、位置センサーとスピーカーが内蔵されたHMD（VFX 3 D, IIS 製）へ出力された。

ビデオ条件：旅客機の窓から外へ向けてデジタルビデオカメラで撮影された飛行機の離陸シーンの映像と音声（デジタルビデオテープに収録された映像と音声を上記のパーソナルコンピューターへ取り込み、AVI形式に変換したファイルを再生した）。撮影位置は、右翼窓側の座席であった。シーンの内容は、滑走路までのタキシング（旅客機の地上の自走）、滑走開始地点で一時停止、離陸開始の機内アナウンス、フルスロットルで滑走開始、離陸、上昇といった、一連の離陸シーン2分間であった。この条件では、HMDの向きにかかわらず、映像の視点は窓の外に固定されており、HMD装着者と仮想環境とのインタラクションは無かった。

インタラクティブCG条件：ビデオ映像と同じ座席位置と視点を想定して360度の周囲をCGソフトウェア（3D Studio MAX）で作製した。窓から外を見た場合の風景は、ビデオ映像と同様に、2分間の一連の離陸シーンが再現された。また、音声はビデオ条件と同じものを呈示した。この条件では、HMDの向きによってCGが変化し、HMD装着者と仮想環境とのインタラクションがあった。正面を中心として、上下左右を向いた場合の離陸前の映像の例を Figure 4-1 に示す。

また、ビデオ条件とインタラクティブCG条件（窓の方を向いた場合）の離陸直後の映像を比較したものを Figure 4-2 に示す。

測度

以下の2種類の測度を用いて臨場感を測定した。

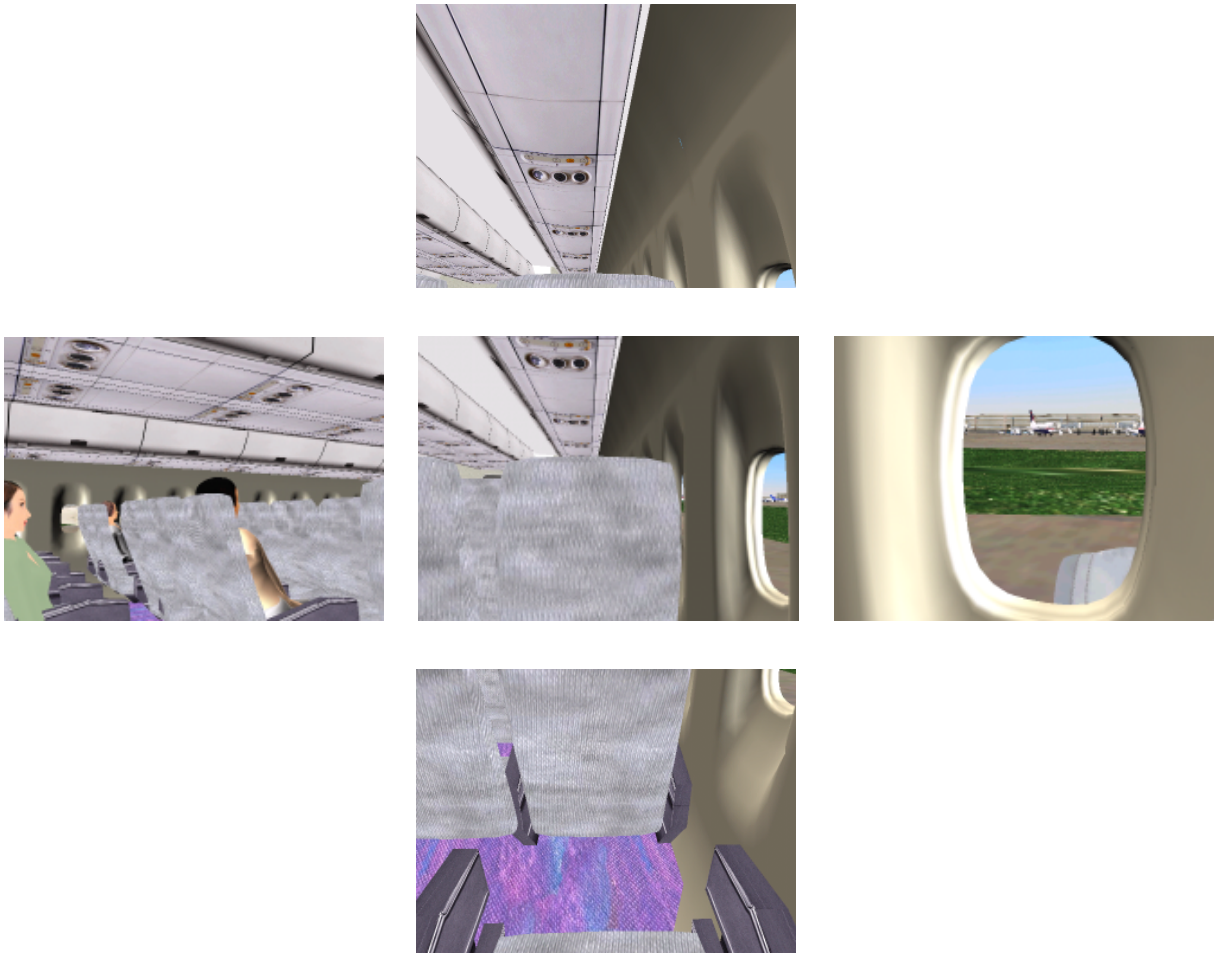


Figure 4-1 インタラクティブ CG 条件の映像の例



ビデオ条件



インタラクティブCG条件
(窓を向いた場合)

Figure 4-2 離陸直後の両条件の映像

1 . Slater, Usoh, & Steed (1994) が作製した臨場感の 3 つの質問項目を参考にし
て、本研究の仮想環境に適合するように表現を変え、以下の 3 つの質問項目（以下、
SUS 1 , SUS 2 , SUS 3 と略記）を作製した。それぞれ、1 ~ 7 の 7 件法で回答を
求めるものである。

SUS 1 : バーチャルワールドで、あなたは飛行機に乗っているように感じました
か？（ 1 = 少しもそう感じなかった 7 = とてもそう感じた）

SUS 2 : バーチャルワールドがあなたにとっての「現実」となってしまう、バーチャ
ルワールドの外の現実世界をほとんど忘れてしまうことがありましたか？（ 1 = ぜん
ぜんなかった 7 = ほとんどそうだった）

SUS 3 : バーチャルワールドでは、何かを見ているような感じでしたか、それとも
どこかにいるような感じでしたか？（ 1 = 何かを見ているようだった 7 = どこかに
いるようだった）

2 . Hendrix & Barfield (1996) にならい、以下のように 1 ~ 100 の範囲で臨場感の
評価を求めた（以後、Presence (1-100) と略記）。

Presence (1-100): 現実世界の臨場感を "100" とし、全く臨場感を感じない場合を
"1" とした場合、このバーチャルワールドの臨場感はいくつですか？

手続き

実験当日の体調や目に疾患がないかなどが確認された後、HMDの説明と装着の練習
が行われた。椅子に座った状態でHMDを装着し、本実験と関係のないインタラクティ
ブCG(難破船が沈んでいる海底を扱った物) が呈示され、頭を動かすことによって仮
想環境を見回すことができることが確認された。その後、引き続き実験が行われた。映
像の呈示条件を要因とする被験者内計画が用いられた。各条件での刺激（飛行機の離

陸シーン) 呈示時間は2分間であった。それぞれの条件の呈示後に仮想環境での飛行体験に関する臨場感が測定された。順序効果を相殺するため、条件の呈示順序はカウンターバランスがとられた。

第3節 結果

Table 4-1 は各条件での臨場感の平均得点とウィルコクソンの符号付順位和検定の結果である。全ての測度において、インタラクティブCGとビデオ映像との間で臨場感得点に有意な差は見られなかった。

第4節 考察

本章の目的は、簡易型VRエクスポージャーで呈示されるビデオ映像と従来のVRエクスポージャーで呈示されるインタラクティブCGの臨場感を実験的に比較することであった。本実験の結果からは、ビデオ映像とインタラクティブCGでは臨場感に差が認められなかった。つまり、ビデオ映像の高いリアリティは、インタラクティブCGのインタラクションと同様に臨場感に寄与していると考えられる。

前述したように、Dinhら(1999)はCGのリアリティの程度は仮想環境の臨場感に影響しないと報告している。また、Welchら(1996)はCGのリアリティを増すことが臨場感を高めることを示したものの、実験終了後の参加者の報告から、CGのリアリティの程度はインタラクションの有無と比べて臨場感への影響は少ないとしている。これらの先行研究で行われた実験でのリアリティの操作は、テクスチャの精密化やオブジェクトの追加といったCGの描画に関するものであったため、実験条件間でリア

Table 4-1 各映像条件の臨場感の平均値とウィルコクソンの符号付順位和検定の結果

(N = 30)

	significance level *	ビデオ条件	インタラクティブCG条件
SUS 1	z = -.76, n.s.	3.57 (SD = 1.83)	3.87 (SD = 1.36)
SUS 2	z = -.32, n.s.	2.53 (SD = 2.00)	2.60 (SD = 1.48)
SUS 3	z = -.72, n.s.	3.00 (SD = 2.12)	3.33 (SD = 1.83)
Presence (1-100)	z = -.93, n.s.	39.30 (SD = 28.26)	45.30 (SD = 22.87)

* Wilcoxon signed-ranks test

リアリティに大きな差がなかったと考えることができる。しかしながら、現実の風景を撮影したビデオ映像とCGを比較した本実験では、映像のリアリティという点では明らかにビデオ映像が優れており、ユーザーと映像との間のインタラクションが無いという欠点を補ったため、臨場感に差が認められなかったと考えることができる。

映像のリアリティの程度を厳密に定量化することは困難であるが、本実験で用いたCGは、これまでの飛行恐怖に対するVRエクスポージャーで使用されたCGと比較して、リアリティという点においては遜色がないものと考えられる。以上のことから、ビデオ映像は通常のVRエクスポージャーで呈示されるインタラクティブCGと比べた場合、臨場感において同程度であると言える。したがって、インタラクティブCGの代わりにビデオ映像を呈示する簡易型VRエクスポージャーは、インタラクティブCGを呈示する従来のVRエクスポージャーと比べて治療効果に差がないことが予想される。

第5節 本章のまとめ

インタラクティブCGを呈示する従来のVRエクスポージャーに比べて、ビデオ映像を呈示する簡易型VRエクスポージャーの臨場感が低いかどうかを確認するため、ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感が実験的に比較検討された。仮想環境として乗客の視点からの飛行機の離陸場面が呈示され、映像の呈示方法を条件とした被験者内計画で実験が行われた。その結果、ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感には有意な差が認められないことが示された。したがって、簡易型VRエクスポージャーは従来のVRエクスポージャーと同程度の治療効果があることが予想された。

第5章 振動刺激の呈示が臨場感と主観的覚醒，生理的覚醒に及ぼす影響の検討（研究2）

第1節 本章の目的

本章では，第2章第2節で述べた2つめの課題を解決するために，振動刺激の呈示が臨場感と主観的覚醒，生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討する。

前述したように，恐怖反応が低減される仕組みを説明する概念であるエモーショナルプロセッシング理論によると，恐怖症の患者は刺激に対する情報，刺激に対する反応，刺激に対する意味的解釈の要素を含んだ恐怖構造を持っていると仮定されており，エクスポージャーによって恐怖反応が低減されるためには，まず恐怖構造が活性化され，次に，恐怖構造と相容れない情報がその中に統合されて恐怖構造が変化することが必要である（Foa & Kozak, 1986）。したがって，VRエクスポージャーが成功するためには，仮想環境に呈示された恐怖刺激が恐怖反応を引き起こすことが必要であり，そのためには患者が仮想環境に高い臨場感を感じるということが重要であるとされている（例えば，North et al., 1997b；Rothbaum et al., 1996）。

VRエクスポージャーによって飛行恐怖症を治療する場合，映像刺激と音声刺激に加えて，音声をボディソニック装置やサブウーハーから出力することで発生する振動刺激を呈示することが多い（例えば，Kahan et al., 2000；North et al., 1997b；Rothbaum et al., 2000；Smith et al., 1999；Wiederhold et al., 1998）。この振動刺激の呈示は飛行機の乗客が体感する振動を再現するもので，臨場感を高めることを意図したものである。Sheridan（1992）の考えに従えば，刺激モダリティを追加することは感覚器への情報量を増やし，臨場感を増加させることが推測されるが，これま

で、こうした振動刺激の呈示が臨場感や主観的覚醒、生理的覚醒といった恐怖反応に及ぼす影響の実験的検討は行われていない。

そこで本章では、映像刺激と音声刺激に加えて、ボディソニック装置から振動刺激を呈示することが臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討することを目的とする。

第2節 実験方法

参加者

飛行恐怖傾向の高い大学生 16 名（男性 2 名，女性 14 名，平均年齢 20 歳 6 ヶ月）。首都圏近郊の大学に在籍する学生 557 名に対して，Van Gerwen, Spinhoven, Van Dyck, & Diekstra (1999) が作製した飛行恐怖の程度を測定する Flight Anxiety Situation Questionnaire (FAS) と Van Gerwen ら (1999) が指摘した飛行機に乗ることからの回避程度のサブタイプを参考にして作製した飛行回避尺度を実施した。飛行回避尺度は，飛行機からの回避状態を 1：恐くないので避けない，2：避けないが恐いのを我慢して乗っている，3：恐いので出来る限り乗らない，4：恐いので絶対に乗らない，の 4 ポイントで測定するものである。回答への欠損があったものを除いた 515 名のうち，FAS の得点が平均 + 1 SD 以上でかつ飛行回避尺度の得点が 2 以上の者 62 名の中からランダムに 16 名を抽出して参加者とした。

呈示刺激と仮想環境の構築

以下の両条件とも，旅客機内の窓から外へ向けてデジタルビデオカメラで撮影された飛行機の離陸シーンが 2 分間呈示された。これは，研究 1 のビデオ条件で呈示され

たシーンと同じものである。また、両条件とも、映像はHMD (FMD-250W, オリンパス製) へ出力された。

振動刺激有り条件：音声はリクライニングシート (BODY SONIC SURROUND SYSTEM BSS-1000, パイオニア製) に内蔵されたスピーカーとボディソニック装置へ出力され、音声刺激と振動刺激が呈示された。この音声は、滑走路までのタキシング (旅客機の地上の自走)、滑走開始地点で一時停止、離陸開始の機内アナウンス、フルスロットルで滑走開始、離陸、上昇といった一連の離陸シーンに伴って機内で聞こえるエンジン音やタイヤと路面の摩擦音等の騒音や、離陸開始の機内アナウンス等であった。また、振動は音声をボディソニック装置へ出力することで、リクライニングシート全体の振動として体感されるものであった。音声の大きさはそのまま振動の強さとなり、例えば、フルスロットルのエンジン音やタイヤと路面の摩擦音等で最も音声が大きくなる滑走から離陸直前までの間には、最も強い振動が体感された。

振動刺激無し条件：音声はリクライニングシート (BODY SONIC SURROUND SYSTEM BSS-1000, パイオニア製) に内蔵されたスピーカーへ出力され、上記の音声刺激が呈示された。

測度

以下の測度を用いて臨場感を測定した。これは研究1で使用した臨場感の測度と同じものである。

1. Slaterら(1994)が作製した臨場感の3つの質問項目を参考にして、本研究の仮想環境に適合するように表現を変え、以下の3つの質問項目(以下、SUS1, SUS2, SUS3と略記)を作製した。それぞれ、1~7の7件法で回答を求めるものである。

SUS1: バーチャルワールドで、あなたは飛行機に乗っているように感じました

か？（1 = 少しもそう感じなかった 7 = とてもそう感じた）

SUS 2 : バーチャルワールドがあなたにとっての「現実」となってしまい、バーチャルワールドの外の現実世界をほとんど忘れてしまうことがありましたか？（1 = ぜんぜんなかった 7 = ほとんどそうだった）

SUS 3 : バーチャルワールドでは、何かを見ているような感じでしたか、それともどこかにいるような感じでしたか？（1 = 何かを見ているようだった 7 = どこかにいるようだった）

2 . Hendrix & Barfield (1996) にならい、以下のように1~100の範囲で臨場感の評価を求めた（以後、Presence (1-100) と略記）。

Presence (1-100): 現実世界の臨場感を "100" とし、全く臨場感を感じない場合を "1" とした場合、このバーチャルワールドの臨場感はいくつですか？

主観的覚醒の測度として0~10の範囲で自覚的障害単位 (subjective unit of disturbance: SUD) を、また、生理的覚醒の測度としてBIOLAB M160 (ヴェガ・システムズ製) を用いて、左手第2、第3指中節掌面より皮膚コンダクタンスレベル (skin conductance level: SCL) を測定した。

手続き

実験当日の体調や目に疾患がないかなどが確認された後、シールドルームにて個別に実験が行われた。振動刺激の有無を要因とする被験者内計画が用いられた。各条件での刺激（飛行機の離陸シーン）呈示時間は2分間であり、呈示の前には、それぞれ10分間の安静期を設け、安静期の後半3分間をSCL測定のベースライン期とした。それぞれの条件の呈示後に仮想環境での飛行体験に対する臨場感とSUDが測定され、安静期と呈示期間を通じて、SCLが測定された。条件の呈示順序は順序効果を相殺する

ためにカウンターバランスがとられ、参加者には2つの条件の違いは教示されなかった。

第3節 結果

Table 5-1は各条件での臨場感およびSUDの平均得点とウィルコクソンの符号付順位和検定の結果である。呈示条件の得点差はSUS 1 ($z = -2.47, p < .05$)とPresence (1-100) ($z = -2.99, p < .01$)、およびSUD ($z = -2.01, p < .05$)について有意であった。これは、振動刺激有り条件が振動刺激無し条件に比べて、臨場感と主観的覚醒が高かったことを意味している。また、SCLについてはデータを開平方変換した後、それぞれの条件のベースライン期から刺激呈示期の変化量を算出し、対応のあるt検定を行った。その結果、両条件の平均の差は有意ではなかった (Table 5-2)。

第4節 考察

本章の目的は、映像刺激と音声刺激に加えて、ボディソニック装置から振動刺激を呈示することが臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討することであった。

本実験の結果、飛行機の離陸場面を再現した仮想環境においては、映像刺激、音声刺激に加えて、ボディソニック装置から振動刺激を呈示することが臨場感を増加させることが示された。このことから、これまでVRエクスポージャーによって飛行恐怖症を治療する際に行われてきた、映像刺激と音声刺激に加えて、音声をボディソニック装置やサブウーハーから出力することで振動刺激を呈示することは、仮想環境の臨

Table 5-1 各条件の臨場感と SUD の平均値とウィルコクソンの符号付
順位和検定の結果

(N = 16)

	significance level *	振動刺激有り条件	振動刺激無し条件
SUS 1	$z = -2.47, p < .05$	4.94 (SD = 1.06)	3.56 (SD = 1.79)
SUS 2	$z = -1.93, p < .10$	3.31 (SD = 1.82)	2.88 (SD = 1.59)
SUS 3	$z = -1.46, n.s.$	4.06 (SD = 1.69)	3.19 (SD = 1.80)
Presence (1-100)	$z = -2.99, p < .01$	55.62 (SD =23.58)	36.00 (SD =24.65)
SUD	$z = -2.01, p < .05$	3.81 (SD = 2.43)	2.69 (SD = 2.68)

* Wilcoxon signed-ranks test

Table 5-2 各条件の SCL の変化量の平均値と対応のある t 検定の結果

	significance level *	振動刺激有り条件	振動刺激無し条件
SCL	t (15) = 1.24, n.s.	1.09 (SD = 1.14)	0.74 (SD = 0.91)

* Paired t-test

場感を増加するために有効であったことが確認された。

先に述べたように、振動刺激を呈示することが臨場感に及ぼす影響を実験的に検討した先行研究はみあたらない。しかしながら、仮想環境の刺激のモダリティを追加することが臨場感に及ぼす影響を検討した先行研究を概観すると、先に紹介した、仮想環境中の物体と相応する現実空間に物体を配置して触覚刺激を呈示するオーグメンテドリアリティの手法を用いて、視覚刺激に加えて触覚刺激を呈示することが臨場感を増加させることを示した Hoffman ら (1996) の研究がある。また、Dinh ら (1999) は、仮想環境の映像に合わせて音声や熱や冷風を呈示する実験 (例えば、参加者が仮想環境の中で扇風機の前を通過したときに、ファンの音を呈示し、また、実際に扇風機の風を参加者に当てるなど) を行い、聴覚や皮膚感覚に関わる刺激モダリティを増やすことが仮想環境の臨場感を増加させることを示している。本実験もまた、映像と音声に加えて、振動という刺激モダリティを追加したことによって、仮想環境の臨場感が増加したと捉えることができ、刺激モダリティを追加することは感覚器への情報量を増やし、臨場感を増加させるとする Sheridan (1992) の見解を支持するものと言えよう。

覚醒に関しては、振動刺激の呈示が主観的な覚醒を増加させることが示された。このことから、振動刺激の呈示が恐怖構造の活性化を増加させることが示唆される。しかしながら、生理的な覚醒には有意差が認められなかった。本実験の参加者は、飛行恐怖傾向が高い学生であった。飛行恐怖の重症度が生理的覚醒に影響することも考えられるため、生理的な覚醒に関しては、実際の飛行恐怖患者で本実験の追試を行う必要があると思われる。

第5節 本章のまとめ

ビデオテープの音声をボディソニック装置に出力することで発生する振動刺激の有無が臨場感と主観的覚醒，生理的覚醒に及ぼす影響を明らかにするために実験を行った。仮想環境として乗客の視点からの飛行機の離陸場面が呈示され，振動刺激の呈示の有無を条件とした被験者内計画で実験が行われた。その結果，飛行機の離陸場面を再現した仮想環境において 映像刺激と音声刺激に加えて振動刺激を呈示することが，臨場感を増加させること，および，SUDで測定された主観的な恐怖反応を増加させることが示され，恐怖構造の活性化を増加させることが示唆された。このことから，簡易型VRエクスポージャーにおいて飛行恐怖症の治療を行う際には，本実験で呈示したように，映像刺激と音声刺激に加えて，ボディソニック装置から振動刺激を呈示することが治療効果を高めることが予想された。

第6章 HMDの視野角が臨場感と主観的覚醒,生理的覚醒に及ぼす影響の検討(研究3)

第1節 本章の目的

本章では,第2章第2節で述べた3つめの課題を解決するために,家庭用のHMDの視野角の大きさが臨場感と主観的覚醒,生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討する.

一般的に,視野角が大きいほど臨場感は高いと考えられている(例えば,Held & Durlach, 1992).しかしながら,HMDの視野角が臨場感に及ぼす影響を実験的に検討した研究はほとんど行われておらず,HMD装着者の目を穴の空いたゴーグルで覆うことで水平視野角を操作し,105度の広視野角条件の方が60度の狭視野角条件よりも臨場感が高いことを示したProthero & Hoffman(1995)の報告がみられる程度である.

簡易型VRエクスポージャーでは,主に家庭での使用目的で作製された安価なHMDを使用する.これらのHMDは何れも視野角が狭く,水平視野角はおおよそ30度~40度の範囲である.簡易型VRエクスポージャーシステムの構築のためには,このような狭視野角の範囲での視野角の大きさの違いが臨場感に及ぼす影響を検討することが必要である.また,同時に,エモショナルプロセッシング理論の観点から,HMDの視野角の大きさの違いが主観的および生理的な覚醒に及ぼす影響を検討する必要があるが,このような研究も行われていない.また,実際的な問題として,簡易型VRエクスポージャーシステムに使用する家庭向けのHMDを選択するために,HMDの視野角が臨場感と主観的覚醒,生理的覚醒に及ぼす影響を明らかにすることが必要である.

そこで本章では,家庭用HMDの水平視野角のおおよその上限と下限である水平視

野角 37.5 度と 29 度の二つの条件を比較し，視野角の大きさの違いが臨場感と主観的覚醒，生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討することを目的とする．

第 2 節 実験方法

参加者

飛行恐怖傾向の高い大学生 12 名（男性 4 名，女性 8 名，平均年齢 19 歳 11 ヶ月）．

首都圏近郊の大学に在籍する学生 557 名に対して，Van Gerwen ら（1999）が作製した飛行恐怖の程度を測定する Flight Anxiety Situation Questionnaire（FAS）と Van Gerwen ら（1999）が指摘した飛行機に乗ることからの回避程度のサブタイプを参考にして作製した飛行回避尺度を実施した．飛行回避尺度は，飛行機からの回避状態を 1：恐くないので避けない，2：避けないが恐いのを我慢して乗っている，3：恐いので出来る限り乗らない，4：恐いので絶対に乗らない，の 4 ポイントで測定するものである．

回答への欠損があったものを除いた 515 名のうち，FAS の得点が平均 + 1 SD 以上でかつ飛行回避尺度の得点が 2 以上の者 62 名の中からランダムに 12 名を抽出して参加者とした．

呈示刺激と仮想環境の構築

以下の両条件とも，旅客機内の窓から外へ向けてデジタルビデオカメラで撮影された飛行機の離陸シーンが 2 分間呈示された．これは，研究 1 のビデオ条件および研究 2 で呈示されたシーンと同じものである．

HMD の視野角を操作するにあたって，HMD の重さ，装着感，画質，虚像までの距

離等の臨場感に影響を及ぼすと思われる要因を条件間で統一することが必要である。そこで本実験では、家庭での使用を目的として市販されているHMDの中で、視野角を変化させることができるHMD（FMD-250W，オリンパス製）を用いた。視野角の操作は、HMDに付属するコントローラーでノーマルモードとワイドモードに切り替えることで行われる。

狭視野角条件：映像はHMDのノーマルモード（垂直視野角21.7度，水平視野角29度。虚像までの距離2 m。虚像の大きさは縦766mm × 横1034mm）で呈示された。

広視野角条件：映像はHMDのワイドモード（垂直視野角21.7度，水平視野角37.5度。虚像までの距離2 m。虚像の大きさは縦766mm × 横1358mm）で呈示された。広視野角条件では、狭視野角条件よりも横方向に長い画面上に、横方向に引き延ばされた狭視野角条件の画像が呈示される。

また、両条件とも、ビデオテープの音声はリクライニングシート（BODY SONIC SURROUND SYSTEM BSS-1000，パイオニア製）に内蔵されたスピーカーから出力された。

測度

以下の測度を用いて臨場感を測定した。これは研究1および2で使用した臨場感の測度と同じものである。

1. Slaterら（1994）が作製した臨場感の3つの質問項目を参考にして、本研究の仮想環境に適合するように表現を変え、以下の3つの質問項目（以下，SUS 1，SUS 2，SUS 3と略記）を作製した。それぞれ，1～7の7件法で回答を求めるものである。

SUS 1：バーチャルワールドで、あなたは飛行機に乗っているように感じましたか？（1 = 少しもそう感じなかった 7 = とてもそう感じた）

SUS 2 : バーチャルワールドがあなたにとっての「現実」となってしまう , バーチャルワールドの外の現実世界をほとんど忘れてしまうことがありましたか ? (1 = ぜんぜんなかった 7 = ほとんどそうだった)

SUS 3 : バーチャルワールドでは , 何かを見ているような感じでしたか , それともどこかにいるような感じでしたか ? (1 = 何かを見ているようだった 7 = どこかにいるようだった)

2 . Hendrix & Barfield (1996) にならい , 以下のように 1 ~ 100 の範囲で臨場感の評価を求めた (以後 , Presence (1-100) と略記) .

Presence (1-100) : 現実世界の臨場感を "100" とし , 全く臨場感を感じない場合を "1" とした場合 , このバーチャルワールドの臨場感はいくつですか ?

主観的覚醒の測度として 0 ~ 10 の範囲で自覚的障害単位 (subjective unit of disturbance : SUD) を , また , 生理的覚醒の測度として BIOLAB M160 (ヴェガ・システムズ製) を用いて , 左手第 2 , 第 3 指中節掌面より皮膚コンダクタンスレベル (skin conductance level : SCL) を測定した .

手続き

実験当日の体調や目に疾患がないかなどが確認された後 , シールドルームにて個別に実験が行われた . HMD の視野角を要因とする被験者内計画が用いられた . 各条件での刺激 (飛行機の離陸シーン) 呈示時間は 2 分間であり , 呈示の前には , それぞれ 10 分間の安静期を設け , 安静期の後半 3 分間を SCL 測定のベースライン期とした . それぞれの条件の呈示後に仮想環境での飛行体験に対する臨場感と SUD が測定され , 安静期と呈示期間を通じて , SCL が測定された . 順序効果を相殺するために条件の呈示順

序はカウンターバランスがとられ、参加者には2つの条件の違いは教示されなかった。

第3節 結果

Table 6-1は各条件での臨場感およびSUDの平均得点とウィルコクソンの符号付順位和検定の結果である。ウィルコクソンの符号付順位和検定の結果、全ての測度において有意差は認められなかった。また、SCLについてはデータを開平方変換した後、それぞれの条件のベースライン期から刺激呈示期の変化量を算出し、対応のあるt検定を行った。その結果、両条件の平均の差は有意ではなかった（Table 6-2）。

第4節 考察

本章の目的は、家庭用HMDの水平視野角のおおよその上限と下限である水平視野角37.5度と29度の二つの条件を比較し、視野角の大きさの違いが臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討することであった。

本実験の結果、HMDの視野角の操作によって、臨場感、主観的覚醒、および生理的覚醒には違いが認められず、視野角が広い条件が狭い条件に比べて臨場感が高かったというProthero & Hoffman (1995)の結果と一致しなかった。この違いは、本研究での広視野角条件と狭視野角条件の視野角の差が8.5度と小さかったのに対して、Prothero & Hoffman (1995)が操作した視野角の差は45度と大きかったことに起因すると考えることができる。また、別の要因として、映像の情報量の違いがある。つまり、本研究で用いたHMDは画面の横の長さを変化させることで視野角を変化させるものであり、広視野角条件で呈示された映像は狭視野角条件で呈示された映像を横

Table 6-1 各視野角条件の臨場感と SUD の平均値とウィルコクソンの符号付順位和検定の結果

(N = 12)

	significance level *	広視野角条件	狭視野角条件
SUS 1	z = -.09, n.s.	4.25 (SD = 1.42)	4.08 (SD = 1.31)
SUS 2	z = -.16, n.s.	3.25 (SD = 1.66)	3.17 (SD = 1.80)
SUS 3	z = -.18, n.s.	3.67 (SD = 1.61)	3.67 (SD = 1.44)
Presence (1-100)	z = -.23, n.s.	51.67 (SD =22.60)	48.75 (SD =21.86)
SUD	z = -1.00, n.s.	3.42 (SD = 2.91)	3.00 (SD = 2.76)

* Wilcoxon signed-ranks test

Table 6-2 各視野角条件の SCL の変化量の平均値と対応のある t 検定の結果

	significance level *	広視野角条件	狭視野角条件
SCL	t (11)= .32, n.s.	1.02 (SD = 1.17)	0.93 (SD = 1.42)

* Paired t-test

方向に拡大したもののなので、両条件で映像の情報量には差がなかった。しかしながら、Prothero & Hoffman (1995) は、HMD 装着者の眼前の一部を物理的に遮断することで視野角を操作したため、視野角が狭い条件では映像の情報量も減少しており、画角のみを操作した本研究に比べて、視野角の臨場感への影響が顕著であったと考えることもできる。さらに、眼前をゴーグルで遮断するという操作が、HMDの装着感を悪化させ、臨場感を大きく低減させた可能性も考えられる。しかしながら、本研究の参加者数は12名と少なく、検出力が十分でなかった可能性を否定できないため、さらに参加者数を増やした検討も必要であろう。

簡易型 VR エクスポージャーシステムでは、家庭での使用向けに市販されている安価な HMD を使用し、これらの HMD の水平視野角はおよそ 30 度 ~ 40 度の範囲にある。本研究では、水平視野角 29 度と 37.5 度の条件を比較し、臨場感に差が認められなかった。また、主観的覚醒、生理的覚醒にも違いが認められず、このことから条件間での恐怖構造の活性化の程度も同程度であったことが示唆される。本研究の結果から、水平視野角の観点から見ると、水平視野角がおよそ 30 度 ~ 40 度の範囲にある家庭向け HMD の臨場感、主観的覚醒、生理的覚醒には差がないことが示唆され、したがって、映像刺激の呈示装置として使用した場合、エクスポージャーの効果にも差がないことが予想される。これは、簡易型 VR エクスポージャーにおいて HMD を選択する際の一つの基準となると考えられる。

第 5 節 本章のまとめ

HMDの視野角の大きさが臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響を明らかにするために実験を行った。仮想環境として乗客の視点からの飛行機の離陸場面が呈示

され、HMDの視野角を条件とした被験者内計画で実験が行われた。その結果、水平視野角29度と37.5度の2つの条件において、臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒には有意な差が認められないことが示された。水平視野角の観点から見ると、水平視野角がおよそ30度～40度の範囲にある家庭向けHMDの臨場感、主観的覚醒、生理的覚醒には差がないことが示唆され、したがって、映像刺激の呈示装置として使用した場合、エクスポージャーの効果にも差がないことが予想される。

第7章 簡易型VRエクスポージャーシステムの構成とその特徴

第1節 簡易型VRエクスポージャーシステムの構成

本節では、第4章(研究1)から第6章(研究3)までの簡易型VRエクスポージャーの構築に関わる実験的検討を総括し、本論文で提案する簡易型VRエクスポージャーの構成を述べる。

第4章(研究1)では、飛行機の離陸場面を再現した仮想環境において、ビデオ映像と通常のVRエクスポージャーで呈示されるインタラクティブCGの臨場感を実験的に比較検討した。その結果、ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感には差がないことが明らかになり、簡易型VRエクスポージャーにおける映像呈示方法として、ビデオ映像を呈示することの妥当性が示された。

第5章(研究2)では、飛行機の離陸場面を再現した仮想環境において、映像刺激と音声刺激に加えて振動刺激を呈示することが臨場感と主観的覚醒および生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討した。その結果、ボディソニック装置へ音声を出力することで発生する振動刺激を呈示することが臨場感と主観的な恐怖反応を増加させることが示された。このことから、簡易型VRエクスポージャーにおいて飛行恐怖症の治療を行う際には、映像刺激と音声刺激に加えて、ボディソニック装置から振動刺激を呈示することが治療効果を高めることが予想された。

第6章(研究3)では、飛行機の離陸場面を再現した仮想環境において、HMDの水平視野角の大きさが臨場感と主観的覚醒および生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討した。その結果、水平視野角29度と37.5度の2つの条件において、臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒には有意な差が認められないことが示された。このことから、水

平視野角の観点からは、家庭での使用向けに市販されている安価なHMDの水平視野角の違い(おおよそ30度~40度の範囲の10度程度の差)は臨場感、主観的覚醒、生理的覚醒に影響しないことが示唆された。したがって、家庭向けの安価なHMDを利用して映像を呈示する簡易型VRエクスポージャーにおいては、水平視野角の大きさをHMDの選択基準とせず、比較的高画質で重量が軽く装着感が良いHMDを利用することとした。

以上の第4章(研究1)から第6章(研究3)の実験的検討の結果から、本論文では次のように簡易型VRエクスポージャーシステムを構成する。すなわち、恐怖刺激とするビデオテープの映像を家庭での使用向けに市販されている安価なHMD(アイトレックFMD-150W,オリンパス製)へ呈示する。また、ビデオテープの音声をスピーカーとボディソニック装置が内蔵されたリクライニングシート(BODY SONIC SURROUND SYSTEM BSS-1000,パイオニア製)へ出力することで、音声刺激、および、飛行恐怖症の治療の場合など振動刺激を呈示することが有効であると考えられるときには振動刺激を呈示する。振動刺激を呈示しないときは、リクライニングシートを利用せずに、FMD-150Wに付属のステレオイヤホンから音声刺激を呈示することも可能である。Figure 7-1は簡易型VRエクスポージャーシステムの構成の例を图示したものである。

第2節 簡易型VRエクスポージャーシステムの特徴

第1章で述べたように、VRエクスポージャーは高所恐怖症や飛行恐怖症等の特定の恐怖症を中心とした不安障害の治療にその効果が認められており、in vivoやイメージによるエクスポージャーができないときのエクスポージャーとして期待が高い。例え

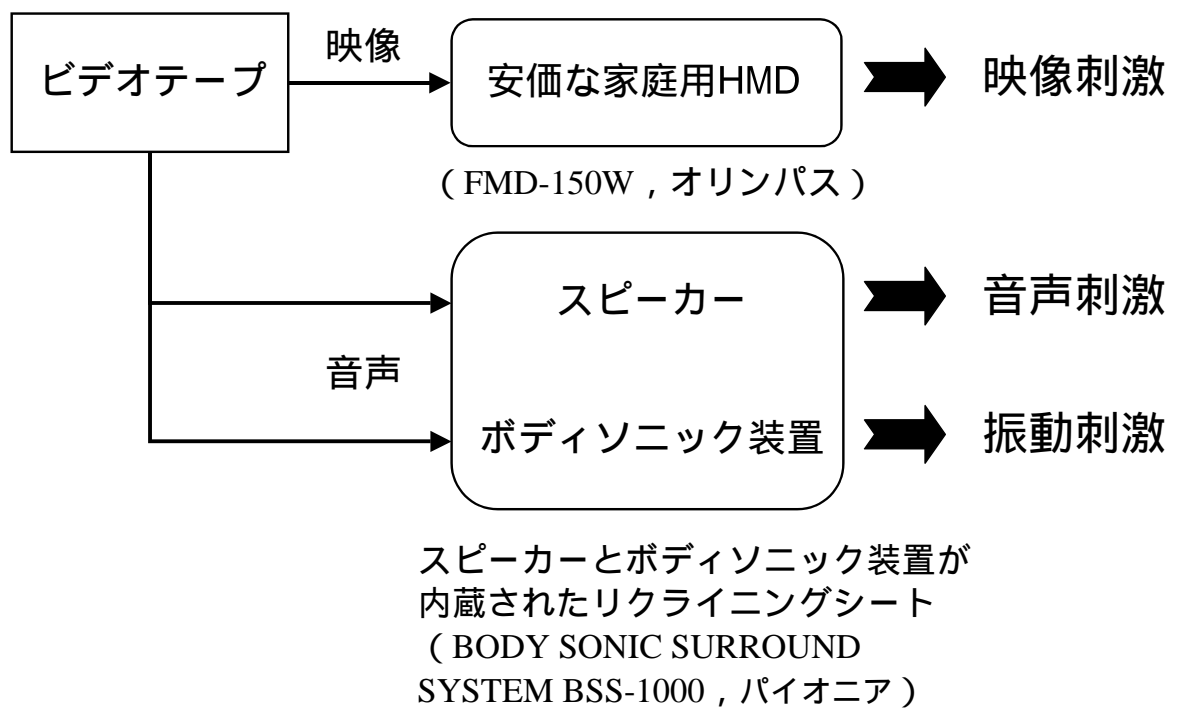


Figure 7-1 簡易型 VR エクスポージャーシステムの構成例

ば、飛行恐怖は、実際に飛行機に乗る in vivo エクスポージャーが有効であるが、通常のカウンセリングの形態を考えると、治療者と患者が治療室を離れて実際に飛行機に乗ることは、時間的、またコスト的な問題があり、治療が困難であった。ところが VR エクスポージャーでは、エクスポージャーに必要な恐怖刺激を CG で作成することで、治療室の中にいながら仮想環境の中でバーチャル飛行を体験するエクスポージャーを行うことができる。

しかしながら、VR エクスポージャーを行うためには、位置センサーや業務用または研究用の HMD 等の高価な機材が必要である。また、インタラクティブ CG の作成や制御に関する専門的な知識がなければエクスポージャーシステムを構築することができない。インタラクティブ CG を含めてこれらの VR エクスポージャーシステムの作製を VR システムの開発業者に発注すると、膨大なコストがかかる。したがって、一般的な臨床場面における治療者が VR エクスポージャーを実施することは事実上不可能であった。簡易型 VR エクスポージャーシステムは、恐怖刺激を自由に作製し、必要な時間だけ呈示できるという VR エクスポージャーの本来の利点を生かしながら、安価に構築でき操作が簡便となるように改良したものである。

簡易型 VR エクスポージャーでは、安価に構築でき操作が簡便なシステムを用いて、現実場面での刺激呈示が困難で in vivo エクスポージャーを行うことができなかった特定の恐怖症 (Specific Phobia) を治療することが可能となる。そうした特定の恐怖症には、例えば、飛行恐怖症や雷恐怖症などがある。飛行恐怖症を in vivo エクスポージャーで治療することが困難であることは先に述べたとおりである。また、雷恐怖症に関しては、必要な時に治療に十分な時間だけ現実の雷に患者を暴露することは事実上不可能であり、in vivo エクスポージャーを実施することはできなかった。しかしながら、簡易型 VR エクスポージャーでは、雷の雷鳴と雷光を収録したビデオテープを

編集することで、治療室にいながらにして、必要な時間だけ患者を仮想環境の雷に暴露することが可能である。

本論文で構築した簡易型VRエクスポージャーの特徴をVRエクスポージャーと比較しながら以下に述べる。

1. エクスポージャーシステム構築のコストについて

先にも述べたように、Northら(1997a)は、彼らのVRエクスポージャーシステムはパーソナルコンピューターとHMDや位置センサー等のハードウェアに関しては\$10,000以下で構築されており、コストの観点からはVRエクスポージャーは十分実施可能であるとしている。しかしながら、恐怖刺激として呈示するインタラクティブCGを治療者自らが作製することができない場合には、コストのかかるインタラクティブCGの作製を専門の業者に外注しなければならない。例えば、第4章(研究1)で使用された飛行機の離陸場面を再現した2分間のインタラクティブCGは、VRの専門業者に開発を依頼したものであり、300万円以上の制作費がかかっている。著者の調査によると、飛行恐怖を治療するために必要な様々なシーンのVRコンテンツ(インタラクティブCG)と、それらのコンテンツを治療者が自由に組み合わせて呈示するための制御アプリケーションを含めて、VRエクスポージャーシステム全体の製作を専門の業者に依頼すると、数百万円から千万円以上の開発費がかかるようである。

一方、簡易型VRエクスポージャーシステムでのハードウェアは、家庭向けに市販されている安価なHMD(およそ6万~10万円程度)とビデオカメラやビデオデッキ等のビデオテープの録画再生機材である。振動刺激を呈示するためにボディソニック装置(およそ5万円~50万円の価格帯)を利用することは、飛行恐怖を治療する場合の通常のVRエクスポージャーと同じである。また、簡易型VRエクスポージャーで

は、恐怖刺激としてビデオテープに収録した恐怖状況の映像や音声を利用する。したがって、VRエクスポージャーと比較して、簡易型VRエクスポージャーは非常に安価にエクスポージャーシステムを構築することができる。

2. エクスポージャーシステムの構築や操作について

VRエクスポージャーでは、HMDに付属または内蔵した位置センサーの位置とインタラクティブCGを同期させて呈示する。したがって、エクスポージャーシステムを構築し、操作し、保守するためには、インタラクティブCGの作製や制御に関してハードウェアとソフトウェアの双方に関する専門的な知識や技術が必要である。

一方、簡易型VRエクスポージャーでは、家庭向けに市販されている機材を用いるため、エクスポージャーシステムの構築や操作が簡便である。また、ビデオテープの映像と音声をHMDやスピーカなどへ出力することでエクスポージャーを行うため、一般的な臨床場面において治療者が実施することができる。

3. 恐怖刺激の作成と変更について

エクスポージャーを実施する際には、治療の途中でも患者との話し合いによって、恐怖刺激を適時、変更、追加することが必要となることがあるが、VRエクスポージャーの場合、治療者に専門的な知識や技術がない場合には、一度作製されたインタラクティブCGを自由に変更、追加することはできない。また、映像刺激に加えて音声刺激（または音声刺激と振動刺激）を呈示する場合には、音声を用意、作製する必要がある。

一方、簡易型VRエクスポージャーでは、恐怖状況を収録したビデオテープを編集することで、治療者がエクスポージャーに必要な恐怖刺激を自由に作製でき柔軟な工

クスポージャーが可能である。また、収録された映像と音声を利用して、映像刺激に加えて音声刺激（または音声刺激と振動刺激）を呈示することができる。なお、ビデオテープの映像と音声をパーソナルコンピューターに取り込み、ビデオ編集ソフトを用いて映像や音声の編集や加工をすることで、恐怖刺激を作製することもできる。その場合、編集後の映像と音声は、再びビデオテープに書き出したり、また、AVI形式等のビデオファイルとして保存し、パーソナルコンピューターから直接、HMD やスピーカー等へ出力することもできる。

以上のことから、簡易型VRエクスポージャーは、in vivoエクスポージャーの実施が困難であった飛行恐怖症や雷恐怖症等の特定の恐怖症に対するエクスポージャーの新しい刺激呈示方法として期待されるものである。

第 8 章 簡易型 VR エクスポージャーの臨床的評価（研究 4）

第 1 節 本章の目的

本章の目的は、第 4 章（研究 1）～第 6 章（研究 3）の実験的検討の結果をもとに第 7 章で提案された簡易型 VR エクスポージャーシステムの効果を実際の飛行恐怖症の症例を通じて検討することである。

簡易型 VR エクスポージャーシステムを臨床的に評価するにあたって、飛行恐怖症を治療対象とする理由として以下の点をあげることができる。すなわち、1) 通常のカウンセリングの形態を考えると、治療者と患者が実際に飛行機に乗るような in vivo エクスポージャーの適用は難しく、治療室の中で実施できる簡易型 VR エクスポージャーが適していると考えられること、2) 飛行恐怖症は従来の VR エクスポージャーで最も多く治療対象とされてきた疾患の一つであること、3) 映像と音声および振動刺激を簡便に呈示できることは簡易型 VR エクスポージャーシステムの利点の一つであり、研究 2（第 5 章）の結果から飛行恐怖の治療の際には振動刺激を呈示することが有効であると考えられることである。

第 2 節 簡易型 VR エクスポージャーの飛行恐怖症への適用

簡易型 VR エクスポージャーを単一事例計画法を用いて飛行恐怖症の患者 1 名に適用したので、その症例報告を記す。

1. 症例

飛行恐怖症の39歳の独身女性。外資系企業に勤務。

幼少期より高所が苦手であった。23歳で初めて飛行機に乗った時は、友人と話をしたり飲酒で怖さをごまかしていた。その後の2年間で飛行機に5～6回乗った経験を持つ。24歳の時、機内から地上の景色を見て、飛行機が高所を飛んでいることを自覚して急に恐くなりパニック発作を起こし、それ以来、飛行機に乗ることができなくなった。外資系企業に勤務しているため、会社から海外出張を命じられることが幾度かあったが、飛行機に乗ることが恐いために全てを拒否しており、仕事をする上で飛行恐怖は非常に障害となっていた。なお、患者はこれまで予期しないパニック発作を起こしたことが一度もないため、パニック障害からは鑑別された。

患者は本研究による治療に至るまでの約15年の間、飛行機に乗ることを回避しており、その回避行動が飛行恐怖を維持させていると考えられた。しかしながら、カウンセリングの制約上、実際に治療者と患者が飛行機に乗る in vivo エクスポージャーが困難であるため、簡易型 VR エクスポージャーの適用となった。

なお、患者はこれまで飛行恐怖の治療のため、薬物療法やイメージエクスポージャーを受けていたことがあるが、いずれも改善には至らなかったということであった。また、患者は本研究による介入以前より飛行恐怖の治療のため抗不安薬を服用しており、簡易型 VR エクスポージャーによる治療期間中も服薬は続けられた。

2. 簡易型 VR エクスポージャーシステム

第7章で詳細に述べたように、簡易型 VR エクスポージャーシステムは、家庭での使用向けに販売されている安価な HMD とスピーカーとボディソニック装置が内蔵されたリクライニングシートにビデオテープに収録された映像と音声を出力することに

よって、映像刺激、音声刺激、および振動刺激を簡便に呈示可能とするものである。

本研究の簡易型 VR エクスポージャーシステムは、デジタルビデオカメラを再生機として、飛行に関するシーンを編集したデジタルビデオテープの映像を HMD (アイトレック FMD-150W, オリンパス製) へ出力した。FMD-150W の光学的な仕様は、研究 3 で用いた FMD-250W と同等である。本症例研究では臨場感が高く感じられるという患者の報告にもとづき、視野角の広いワイドモードで映像を呈示した。また、音声はリクライニングシート (BODY SONIC SURROUND SYSTEM BSS-1000, パイオニア製) に内蔵されたスピーカーとボディソニック装置へ出力し、音声と振動を呈示した。この方法は、インタラクティブ CG と音声を個別に作成し、HMD 装着者の動きに同期させて呈示するという従来の VR エクスポージャーと違い、一般的に市販されている機材を用いて非常に簡便かつ安価に恐怖刺激を呈示するものである。Figure 8-1 は簡易型 VR エクスポージャーの実施イメージである (但し、写真の人物は本症例の患者ではなく、脈拍と SCL を測定するために右耳朶と右手第 2・3 指にセンサーを装着している。また、HMD は本症例で使用した FMD-150W とは異なる)。

3. 測度

各セッションの始めに、以下の質問紙が実施された。

(1) 飛行不安状況質問票 (Flight Anxiety Situation Questionnaire: FAS) (Van Gerwen et al., 1999)

飛行機に乗ることに関連した様々な状況における恐怖を測定する質問紙である。32 項目で構成され、それぞれに 1 (ぜんぜん不安でない) から 5 (非常に不安) の範囲で回答する。得点範囲は 32 ~ 160 である。

(2) 飛行不安モダリティ質問票 (Flight Anxiety Modality Questionnaire: FAM)



Figure 8-1 簡易型 VR エクスポージャーの実施イメージ

(Van Gerwen et al., 1999)

飛行機に乗っているときに予想される様々な不安反応の強さについて測定する質問紙である。18項目で構成され、それぞれに1(ぜんぜんない)から5(非常にある)の範囲で回答する。得点範囲は18~90である。

(3) 飛行機に対する態度質問票 (Attitude Toward Flying Questionnaire : ATFQ)

Attitude Toward Heights Questionnaire (Abelson & Curtis, 1989) を参考に著者が作製した。飛行機に乗ることに対する考え方や態度を「良い - 悪い」, 「楽しい - 恐ろしい」, 「心地よい - 不快な」, 「安全な - 危険な」, 「脅威的でない - 脅威的な」, 「無害な - 有害な」の6つの形容詞対からなる項目ごとに0から10の範囲で回答を求めるものである。

(4) 回避傾向尺度 (FQ (avoidance))

Marks (1986) の恐怖症状質問票 (Fear Questionnaire) を構成する尺度の一つであり、恐怖対象からの回避傾向を0(避けない)から8(いつも必ず避ける)の範囲で測定するものである。本研究においては、飛行機に乗ることからの回避傾向について回答を求めた。

4 . 手続き

患者に対して簡易型VRエクスポージャーの説明がなされ、治療への同意が得られた後、治療が開始された。およそ3ヵ月間で12回のセッションが行われた。セッションの内容は、エクスポージャーに関する教育セッションが2回(セッション1と2)、恐怖刺激作製のためのセッションが1回(セッション3)、エクスポージャーセッションが9回(セッション4~12)であった。エクスポージャーセッションは平均1.3週間に1回(範囲:1週間~2週間)の割合で行われた。治療終了後、2ヵ月後と6ヵ

月後に各セッションの始めに実施されたものと同じ質問紙が郵送で実施された。本症例研究では、各セッションの始めに質問紙測定をしているため、セッション1～4はベースライン期、セッション5～12が簡易型VRエクスポージャーによる介入期となる。治療の具体的な手続きを以下に記す。

(1) 心理教育

セッション1と2では、インテーク面接および恐怖症とエクスポージャーの心理教育が行われた。また簡易型VRエクスポージャーの説明がなされた。

(2) 恐怖刺激の作製

セッション3では、発券機や出発ロビーなどの空港内の様子、旅客機に乗り込み機内を歩く場面、および旅客機内から撮影した離陸や飛行などの飛行機に関連した様々なシーンを収録したビデオテープが視聴された。患者との話し合いによって、強い恐怖を感じるシーンが抽出され、旅客機への搭乗、タキシング（旅客機の地上の自走）、離陸、水平飛行、着陸といった一連のシナリオ（およそ28分間）となるように編集された。患者の飛行恐怖は高所恐怖に起因するため、シナリオには旅客機の窓から景色を見下ろすシーンが多く含まれた。なお、下記のエクスポージャーセッションを始めから、患者からの希望があったときは、バーチャルフライトの臨場感やエクスポージャーの効果を高めるために、座席から機内を見回すシーンを追加する、窓から見下ろすシーンを増やす等、シナリオの一部が適時変更された。Table 8-1 にシナリオの概略を記す。また、Figure 8-2 に示した画像はシナリオのシーンの例である。

(3) エクスポージャー

エクスポージャーセッション（セッション4～12）では、編集したビデオテープと簡易型VRエクスポージャーシステムを用いてエクスポージャーを行った。エクスポージャーの間、患者は前述したリクライニングシートに座り、HMDを装着した。ビデオ

Table 8-1 シナリオの概略

(分:秒)	イベント・シーン
0:00	機内へ搭乗 (Figure 8-2-a)
0:50	タキシング (Figure 8-2-b)
4:30	離陸開始のアナウンスの後, 加速
5:10	離陸 (Figure 8-2-c)
6:50	高さが強調されない水平飛行 (Figure 8-2-d)
13:40	高さが強調される水平飛行 海を見下ろすシーン (Figure 8-2-e) 山を見下ろすシーン (Figure 8-2-f) 等
25:20	高度を落として着陸の態勢に入る
27:00	着陸して減速
28:00	終了



a: 機内へ搭乗する直前



b: タキシング中



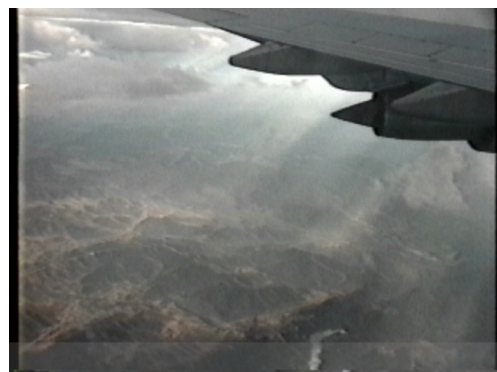
c: 離陸直後



d: 高さが強調されない水平飛行



e: 高さが強調される水平飛行
(海を見下ろすシーン)



f: 高さが強調される水平飛行
(山を見下ろすシーン)

Figure 8-2 シナリオに含まれる映像の例

テープがおよそ28分間呈示された後、目の疲れを防止するために10分程度の休憩が取られ、その後、もう一度同じビデオテープがおよそ28分呈示された。それぞれの呈示の後に、患者が最も恐れていた離陸シーン（Figure 8-2-c）、飛行中の機内から海を見下ろすシーン（Figure 8-2-e）に対して、0から10の範囲で自覚的障害単位（subjective unit of disturbance：SUD）が測定された。

呈示されている映像はビデオカメラ（再生機として使用）の液晶パネルでモニターされ、バーチャルフライトの妨げにならないように患者の側に静かに待機している治療者から、必要に応じて適切なコメントが与えられた。例えば、患者が怖がったときはその場にとどまるように励まされ、バーチャルフライトを続けることが賞賛された。

5．結果

Figure 8-3は、患者が最も恐れていた離陸シーン（Figure 8-2-c）、および飛行中の機内の窓から海を見下ろすシーン（Figure 8-2-e）に対するセッションごとのSUDの平均値である。多少の変動があるものの、全体的にSUDは低下傾向を示し、仮想環境の中でのバーチャルフライトに対する恐怖反応が低減されていることがわかる。

バーチャルフライトに対する恐怖反応の低下は現実の飛行に関しても搬化し、セッション7以降、患者は飛行機に乗ることができるようになった。セッション7の後、患者は国内を飛行機で数度移動し、セッション10の後は飛行機で日本と米国を往復することができるようになった。

Figure 8-4はFAS、FAM、ATFQ、およびFQ（avoidance）の得点を示したものである。Figure 8-4からわかるように、何れの測度の得点もセッション7から8にかけて顕著に低減し、以降も低下傾向であり、2ヵ月後、6ヵ月後のフォローアップ時にも維持されていた。

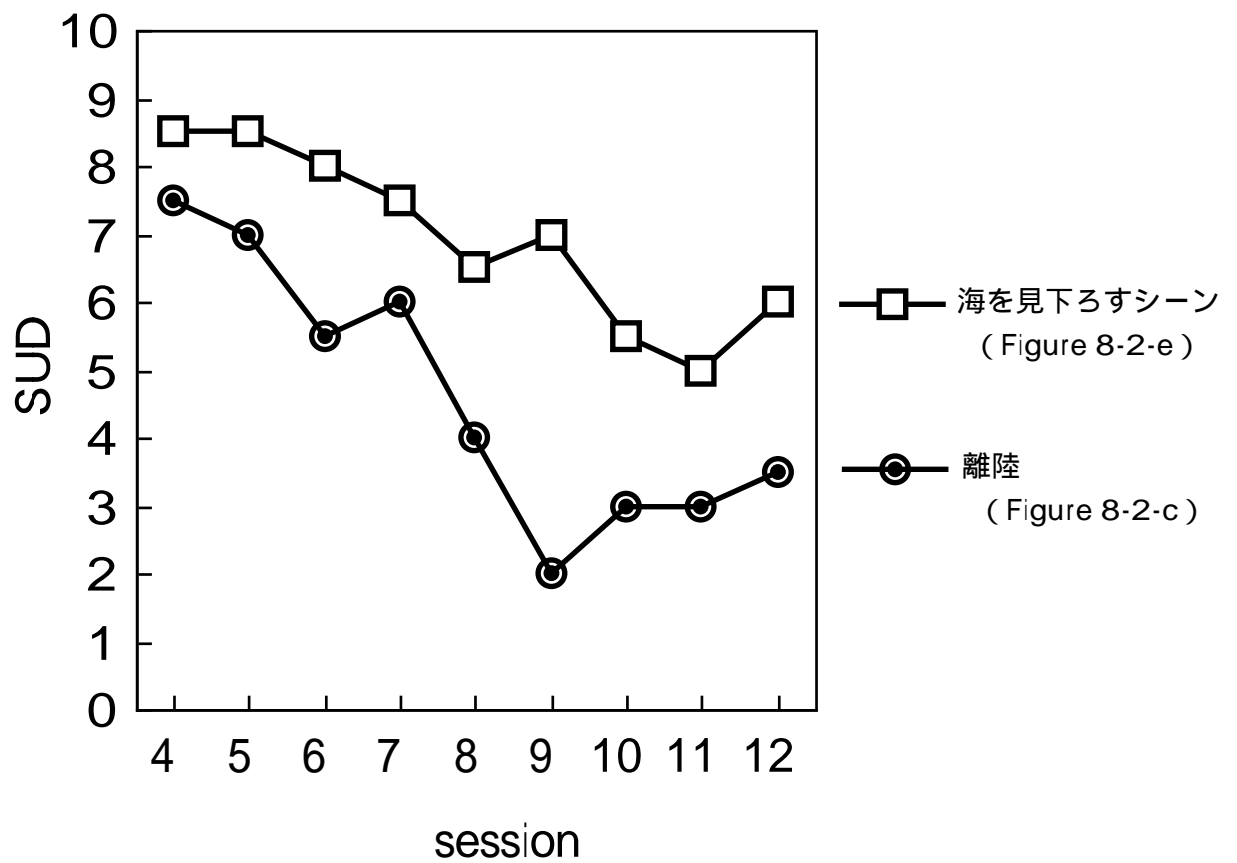


Figure 8-3 バーチャル飛行に対する SUD

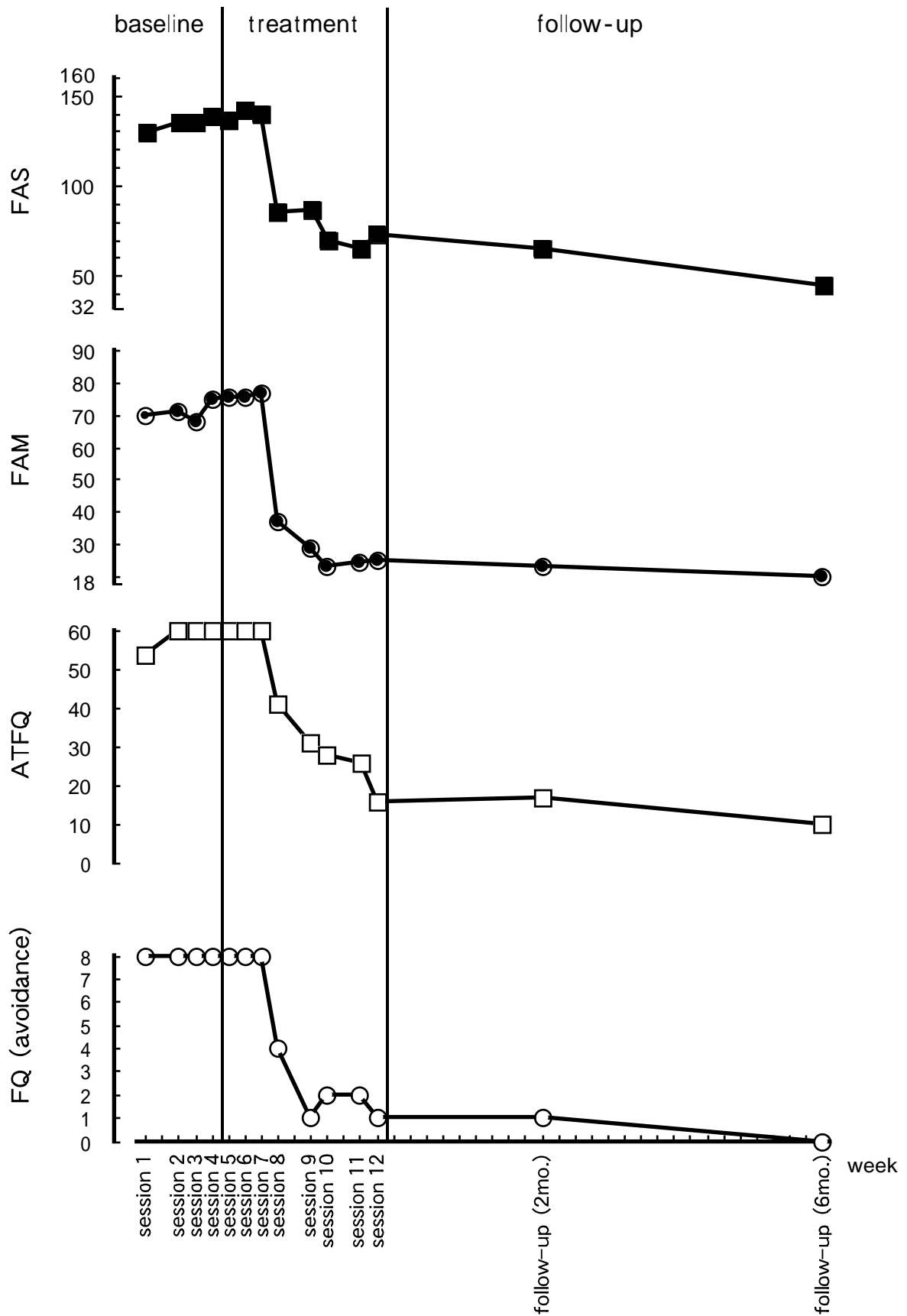


Figure 8-4 FAS, FAM, ATFQ と FQ (avoidance) の得点

6 . 考察

Figure 8-3からわかるように ,飛行機に乗ることができるようになったセッション7以降も ,仮想環境のバーチャルフライトに対するSUDは十分には低減されず ,必ずしも低いとは言えない状態で治療を終結した .また ,その時点で ,患者は抗不安薬を服用しながら飛行機に乗っており 機内でもなるべく窓の外を見ないようにしていた .本来ならば更に治療セッションを続けることが望まれたが ,患者はかねてより仕事を辞めて渡米することを希望しており ,セッション12の時点でその期限となったため治療の終結となった .しかしながら ,Figure 8-4からわかるように ,FAS ,FAM ,ATFQ およびFQ(avoidance)の得点からは現実の飛行に関しては十分に恐怖が低減されていると考えられた .また ,治療終結後 ,患者は日本と米国間を何度も往復するなど ,機会があれば全く避けることなく飛行機に乗ることができるようになり ,飛行恐怖のために日常生活が阻害されることはなくなった .2ヵ月後のフォローアップ時での本人からの連絡によると ,「飛行機に乗るときは抗不安薬を服用したり ,高所に対する恐怖感が残っているため ,パイロットからの高度のアナウンスが聞こえないようにヘッドフォンをして音楽を聴くなどしているが ,たまに飛行機に乗ってどこかに行きたいとさえ思えるようになった」ということであった .しかしながら ,この結果を簡易型VRエクスポージャーの効果だけに帰することはできない .

患者はセッション4以降 ,ビルの展望台 ,観覧車 ,ロープウェイ等 ,高所に対しての自主的なセルフエクスポージャーを始めていた .セッション7の後 ,飛行機に乗れたことも ,飛行機で渡米するという目標のためのセルフエクスポージャーの計画の一環であった .患者は ,心理教育セッションで話し合われた恐怖症の治療機序やエクスポージャーの原理をよく理解し ,治療者の指示がなくても ,自分で計画してセルフエ

クスポージャーを行った。例えば、展望台や観覧車に関しては次第に高度が増していくように、実際の飛行機に乗ることに 대해서는飛行時間が次第に長くなるように段階的、計画的にエクスポージャーを行っていた。セルフエクスポージャーの成果は次のセッションの時に口頭で、または患者が自ら作製した表として治療者に報告され、その都度、セルフエクスポージャーの成功と患者自身の努力が賞賛された。セッション4から治療終結のセッション12までの間、患者がセルフエクスポージャーを行わなかったのは、渡米の準備のためにエクスポージャーの時間が取れなかったという最後の週だけであった。こうした熱心なセルフエクスポージャーは高所および飛行恐怖の低減に大きく寄与したと考えられる。実際、Figure 8-4からわかるように、患者が現実の飛行を行ったセッション7と8の間に質問紙で測定された恐怖反応の顕著な低下が見られる。

Rothbaumら(1995a)はVRエクスポージャーのセッション間で、治療者からの指示がなくても患者が自主的にin vivoエクスポージャーを行ったことから、VRエクスポージャーはin vivoエクスポージャーへの橋渡しになると指摘している。また、Carlinら(1997)も同様に、VRエクスポージャーのセッション間の患者の自主的なセルフエクスポージャーを報告している。Hodgesら(1996)は、現実の恐怖状況に直面することを恐れるためにin vivoエクスポージャーの治療を受けない患者でも、VRエクスポージャーには進んで参加すると指摘している。さらに、クモ恐怖の傾向が高い大学生に治療の選択肢としてin vivoエクスポージャーとVRエクスポージャーを提示したところ、81%の学生がVRエクスポージャーを選択したという調査報告もある(Garcia-Palacios, Hoffman, See, Tsai, & Botella, 2001)。以上のことから、VRエクスポージャーはin vivoエクスポージャーに比べて患者が取り組み易く、in vivoエクスポージャーへの橋渡しになると考えることができる。本研究においても、

簡易型 VR エクスポージャーは飛行恐怖の恐怖反応を直接的に低減させたというよりは、in vivo エクスポージャーを始めるためのステップとして機能したと考えることができる。それは、「VR で離陸を体験しているため、(もっとも苦手としていた) 実際の飛行機の離陸が楽しみになった」、「VR が役に立った。これがなかったら in vivo エクスポージャーはできなかった」という患者の報告からも伺うことができる。

第 3 節 本章のまとめ

本章では、第 4 章～第 6 章の実験的検討の結果をもとに第 7 章で提案された簡易型 VR エクスポージャーシステムの効果を実際の飛行恐怖症の症例を通じて検討した。本症例で実施した簡易型 VR エクスポージャーでは、ビデオテープを編集することで、エクスポージャーに必要な恐怖刺激を簡単に準備することができ、エクスポージャーセッションに入ってから患者からの要望による飛行シーンの変更等にも柔軟に対応することができた。また、編集したビデオテープを再生するという簡便な操作でエクスポージャーを行うことができた。ボディソニック装置から振動刺激を呈示したことに関しては、患者からの報告によると、実際に飛行機に乗っているときの揺れを感じさせ、臨場感に大きく寄与していたようであった。

簡易型 VR エクスポージャーの結果、患者は機会があれば全く避けることなく飛行機に乗ることができるようになり、質問紙で測定された飛行機に乗ることに対する恐怖反応も顕著に低減された。また、その効果は 2 ヶ月後、6 ヶ月後のフォローアップ期においても維持されていた。本研究によって、簡易型 VR エクスポージャーが飛行恐怖の低減に有効であることが示唆された。しかしながら、簡易型 VR エクスポージャーが直接に飛行恐怖の低減に寄与したというよりは、in vivo のセルフエクスポー

ジャーを始めるきっかけとして機能したと考えることができる。以上のことから、本論文で開発した簡易型VRエクスポージャーは、例えば、認知行動療法の治療パッケージに含まれるコンポーネントの一つとして、飛行恐怖症の改善のために臨床的に活用できる可能性が示されたと言える。

本研究は単一事例計画法による1症例のみの報告であり、簡易型VRエクスポージャーの効果を明らかにするためには、今後、症例数を増やした検討や、統制群を配置し要因を統制した統制群計画法による治療研究が必要である。また、例えば、イメージエクスポージャー等の他の治療技法との効果の比較を行うことも必要である。さらに、本研究で構築した簡易型VRエクスポージャーシステムが他の特定の恐怖症の治療にも適用可能かどうかを検討することも今後の課題である。

第9章 総合的考察

第1節 本研究の結果の要約

本研究の目的は、特定の恐怖症（Specific Phobia）の改善に向けた簡易型VRエクスポージャーを開発することであった。本節では、本論文の結果を各章別に簡潔に記述する。

第1章では、従来のVRエクスポージャーに関する研究が展望された。その結果、VRエクスポージャーはシステム構築のコストが高く、操作が困難で一般の臨床場面では実施できないこと、VRエクスポージャーを行うにあたって、臨場感に影響を及ぼす仮想環境の要因の検討が不十分であることが問題点として指摘された。

第2章では、第1章での問題提起を受けて、市販されているHMDやボディソニック装置が内蔵されたリクライニングシート等の機材を利用することにより、従来のVRエクスポージャーと比べて低価格で構築でき、また操作が簡便な簡易型VRエクスポージャーシステムの提案が行われた。次いで、簡易型VRエクスポージャーシステムを構築するための検討課題が述べられた。すなわち、

1. ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感の比較
2. 振動刺激の呈示が臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響の検討
3. HMDの視野角が臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響の検討

の3点である。

第3章では、第2章での問題提起を受けて、本研究の目的と意義、さらに本研究の構成が述べられた。

第4章では、簡易型VRエクスポージャーで用いられるビデオ映像と、通常のVRエ

クスポージャーで用いられるインタラクティブCGの臨場感が実験的に比較検討された。仮想環境として乗客の視点からの飛行機の離陸場面が呈示され、映像の呈示方法を条件とした被験者内計画で実験が行われた。その結果、ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感には有意な差が認められないことが示された。

第5章では、ビデオテープの音声をボディソニック装置へ出力することで発生する振動刺激の有無が臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響が実験的に検討された。仮想環境として乗客の視点からの飛行機の離陸場面が呈示され、振動刺激の呈示の有無を条件とした被験者内計画で実験が行われた。その結果、振動刺激を呈示することが臨場感と主観的な覚醒を高めることが明らかにされた。

第6章では、HMDの視野角の大きさが臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響が実験的に検討された。仮想環境として乗客の視点からの飛行機の離陸場面が呈示され、HMDの視野角を条件とした被験者内計画で実験が行われた。その結果、水平視野角29度と37.5度の2つの条件において、臨場感と主観的覚醒、生理的覚醒には有意な差が認められないことが示された。

第7章では、第4章から第6章までの実験的検討の結果を受けて構築された簡易型VRエクスポージャーのシステム構成とその特徴が述べられた。

第8章では、飛行恐怖症の患者1名に簡易型VRエクスポージャーが実施された。9セッションのエクスポージャーの結果、飛行機に乗ることに対する、患者の認知的、行動的な恐怖反応は低減し、その効果は2ヵ月後、6ヵ月後のフォローアップ期においても維持された。その結果、簡易型VRエクスポージャーが飛行恐怖の低減に有効である可能性が示唆された。

第2節 本研究の意義（1）VRに関わる研究分野への示唆

VRが他のメディアと違うところは、ユーザーが仮想環境に高い臨場感を感じることであると言われている（例えば、Hodges et al., 1995b; Rothbaum et al, 1996）。実際に、これまで、臨場感の概念の検討、臨場感の測定方法、臨場感の要因、臨場感とタスクパフォーマンスの関係の検討など、様々な視点から仮想環境の臨場感に関する研究がなされている（Schuemie, Van der Straaten, Krijn, & Van der Mast, 2001）。臨場感に影響を及ぼすとされる仮想環境の要因として、例えば、Sheridan（1992）は、感覚器への情報量、仮想環境中の刺激に対する感覚器の関係の制御、仮想環境中の物体を変化させたり移動させる能力を提唱している。また、Held & Durlach（1992）はHMDの視野角や呈示する映像の画質、刺激モダリティ間の情報の一致、仮想環境とのインタラクション、HMDの装着感等をあげている。このように検討すべき多くの要因があるが、個々の要因に関しては実験的な研究が少ないか、または行われていないものもあり、仮想環境を構築する要因と臨場感の関係は明らかになっていないことが多い。

一般的に、VRエクスポージャーでは、治療が成功するためには、患者が仮想環境に高い臨場感を感じる事が重要であると考えられており（例えば、North et al., 1997b; Rothbaum et al, 1996）、したがって、臨場感を増加させるための様々な試みがされている。しかしながら、これまでのVRエクスポージャーでは、構築された仮想環境がはたして臨場感が高いものだったかが検討されていないことがあった。例えば、先に述べたように、VRエクスポージャーで飛行恐怖を治療する際は、臨場感を増加させる目的でサブウーハーやボディソニック装置から振動刺激を呈示することが多いが、振動刺激の呈示が臨場感に及ぼす影響の実験的な検討は行われていな

かった。

本研究では簡易型のVRエクスポージャーシステムの構築に際して、振動刺激の有無とHMDの視野角という2つの仮想環境の要因を扱い、それらが臨場感に及ぼす影響を実験的に検討した。

振動刺激の呈示に関しては、先に述べたように、振動刺激の呈示が臨場感に及ぼす影響を実験的に検討した先行研究はみあたらなかった。本研究の結果、ビデオテープの音声をボディソニック装置へ出力することで発生する振動刺激の呈示が、飛行機の離陸場面を再現した仮想環境の臨場感を増加させることが明らかになった。

HMDの視野角に関しても視野角の大きさと臨場感の関係を実験的に検討した研究はほとんど行われておらず、105度の広視野角条件の方が60度の狭視野角条件よりも臨場感が高いことを示したProthero & Hoffman(1995)の報告がみられる程度であった。簡易型VRエクスポージャーでは家庭用のHMDを使用するため、水平視野角は30度～40度の範囲である。しかしながら、この狭視野角の10度程度の違いが臨場感に及ぼす影響の実験的検討は行われていなかった。本研究では、家庭用HMDの水平視野角のおおよその上限と下限である水平視野角37.5度と29度の2つの条件を比較し、臨場感に差が無いことを示した。

以上のように、本研究は、振動刺激の呈示の有無が臨場感に及ぼす影響、およびHMDの視野角が臨場感に及ぼす影響を実験的に検討し、仮想環境の要因が臨場感に及ぼす影響に関する基礎的な資料を提供することを通じて、VRの研究分野へ貢献したと言える。

また、本研究がVRの研究分野へ貢献したと考えられるもう一つのものに、ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感を比較したことがあげられる。通常の仮想環境はインタラクティブCGで構築されることが多く、実際、これまで報告されたVRエク

スポーザーでも、映像はインタラクティブCGで呈示されている。簡易型VRエクスポーザーでは、安価で誰にでも操作可能なエクスポーザーシステムを構築するために、インタラクティブCGの代わりにビデオ映像を利用して映像を呈示した。ユーザーと仮想環境との間のインタラクションがないため、ビデオ映像はインタラクティブCGと比べて臨場感が低いことが予想されたが、これまで、ビデオ映像とインタラクティブCGの臨場感を実験的に比較検討した研究はなかった。本研究の結果、ビデオ映像で構築された簡易型VRエクスポーザーの仮想環境とインタラクティブCGで構築されたVRエクスポーザーの仮想環境の臨場感に差がないことが明らかにされた。もちろん、現実と見分けがつかない程度までCGのリアリティを極限にまで高めることは技術的には可能であろう。しかしながら、そうしたインタラクティブCGの作製には膨大なコストがかかり、エクスポーザーシステムにもCGを高速処理できる高価なコンピューターが必要になる。Dinhら(1999)はインタラクティブCGのリアリティを増すと、コンピューターの計算負荷も増すために描画スピードが落ち、臨場感は増加しないとし、仮想環境の臨場感を増すための方略としてCGのリアリティを増すことは適当ではないとしている。

本研究の結果からは、通常のVRエクスポーザーで使用されているインタラクティブCGとビデオ映像の臨場感には差が無いことが明らかになった。すなわち、臨場感の観点からは、ビデオ映像は、作製に高額なコストがかかるインタラクティブCGの代わりとなる可能性が示された。これはコストエフェクティブな仮想環境の構築に関して、VRの研究分野へ示唆を与えるものである。

第3節 本研究の意義（2）臨床心理学への示唆

第1章で述べたように、VRエクスポージャーは高所恐怖や飛行恐怖といった特定の恐怖症を中心とした不安障害の治療に有効であることが示されており、例えば、飛行恐怖症のように、in vivoでの恐怖刺激の呈示が困難な場合や、イメージエクスポージャーが適用できない場合のエクスポージャーとして期待されている。

しかしながら、従来のVRエクスポージャーはシステム構築に膨大なコストがかかり、また、構築の困難さから、一般的な臨床場面で行うことは実質的に不可能であった。Bornas, Fullana, Tortella-Feliu, Llabres, & de la Banda (2001)は、VRエクスポージャーのコストが高くて実施が困難である点を指摘し、飛行状況に関連した画像を液晶プロジェクターを通して投影し、また音声をイヤフォンに呈示するというCAFFT (Computer Assisted Fear of Flying Treatment) を考案して飛行恐怖症の治療に適用し、その効果を報告している。本研究で構築した簡易型VRエクスポージャーシステムもまた、VRエクスポージャーを簡便化したものであった。

ところで、これまでのエクスポージャーの先行研究を振り返ってみると、in vivoでもイメージでもない、様々な刺激呈示装置を利用したエクスポージャーが行われてきたことがわかる。例えば、Denholtz & Mann (1975)は、16ミリフィルムを映写する系統的脱感作法のプログラムによる飛行恐怖症の治療を報告している。また、雷恐怖症の治療では、in vivoでのエクスポージャーを行うことが困難なために、治療室内で投光照明器やテープレコーダー等の装置を使って人工的な雷鳴や雷光を呈示したり (Leitenberg, Agras, Allen, Butz, & Edwards, 1975; Öst, 1978)、プラネタリウムで雷をシミュレートする (Lubetkin, 1975)等の手法を用いてエクスポージャーや系統的脱感作法が行われてきた。本研究と同じく飛行恐怖を対象としたBornasら

(2001)のCAFFTやDenholtz & Mann(1975)の治療プログラムと比べると,本研究で構築した簡易型VRエクスポージャーシステムは,映像と音声に加えて振動を呈示できる点が優れていると言える.ところが,飛行恐怖症への適用ではないが,装置を使って振動刺激を呈示して高所恐怖症の治療を行ったという興味深い症例報告がある(内山・茨木・大日方・氏森・氏森・河野,1970).それによると,内山ら(1970)は,スプリング付きの台座に固定された椅子にとりつけた片重力回転する大きな弾み車を手動で回転させることで三次元不規則振動を呈示する「振動椅子」なる装置を考案し,映像刺激と音声刺激に加えて振動刺激を呈示し,高所恐怖の治療を成功させている.ところで,「RB2」や「アイフォン」などのVR関連製品の開発で知られるVPL Research社のLanierがVirtual Realityという用語を創造したのは1989年のことであった(Botella et al., 1998).これらの先行研究はいずれもそれ以前に行われたものであるが,VRとは,人工的な手段を用いて生成された現実であり(廣瀬,1994),実体そのものではないが,本質的あるいは効果として実体であるものを意味する(舘,2000)とするならば,装置を使って恐怖刺激を呈示した上記の先行研究もまた,VRエクスポージャーであると言えるかもしれない.

以下に,本研究で構築した簡易型VRエクスポージャーの意義を,VRエクスポージャーやBornasら(2001)のCAFFT,および装置を使って行われたエクスポージャーの先行研究と比較しながら述べる.

VRエクスポージャーは,本来,必要に応じて恐怖刺激をCGで自由に作製,呈示できることが利点である.しかしながら,第7章で詳細に述べたように,現時点ではシステム構築のための膨大なコストがかかり,また治療者自らがシステム構築をしようとする場合,インタラクティブCGの作製や制御に関する専門的な知識が必要なため,エクスポージャーに必要な恐怖刺激を,治療者が自由に作製し,呈示することは困難

であった。簡易型VRエクスポージャーでは、通常のVRエクスポージャーと比べて、非常に安価にシステムを構築でき、治療者自らが恐怖刺激の作製と操作を行い、映像と音声に加えて、必要に応じて振動を呈示してエクスポージャーを行うことができる。以上のことから、簡易型VRエクスポージャーを構築し、その臨床的な評価を行い、飛行恐怖症の改善の可能性を示した本研究は、エクスポージャーにおける効果的でコストエフェクティブな刺激呈示法を開発したという点で、臨床心理学に貢献したと言える。

ところで、Bornasら(2001)のCAFFTやDenholtz & Mann(1975)の治療プログラムもまた、有効な刺激呈示法であったと言える。しかしながら、簡易型VRエクスポージャーを開発した本研究と、VRエクスポージャーを含めて、装置を利用して恐怖刺激を呈示したそれらの先行研究との違いは、恐怖刺激を呈示する環境を構築する際の理論的な枠組みの有無であると言える。すなわち、簡易型VRエクスポージャーシステムを構築する際には、エモーショナルプロセッシング理論の観点から、エクスポージャーが行われる場である仮想環境の臨場感と恐怖反応に関して実験的な検討がなされた。エモーショナルプロセッシング理論によれば、エクスポージャー中には恐怖構造が活性化して恐怖反応が増大すること、すなわち、主観的覚醒と生理的覚醒が起こることが必要であり(Foa & Kozak, 1986; Hodgson & Rachman, 1974)、そのためには、患者が仮想環境に高い臨場感を感じるということが重要であるとされている(例えば、North et al., 1997b; Rothbaum et al., 1996)。

装置を使って恐怖刺激を呈示するエクスポージャーを実施する際に、呈示された恐怖刺激を含めた仮想環境(エクスポージャーが行われる状況)の臨場感を考慮することが重要であることを示す例として、次の研究をあげることができる。Nelissen, Muris, & Merckelbach(1995)は、クモ恐怖症の児童2名に対し、コンピューター

のモニターにクモの画像を呈示するコンピューターによるエクスポージャー (computerized exposure) を行った。そのエクスポージャーでは、無害に見える漫画のクモ、糸を伝って上下するクモ、黒いイエグモ (house spider) の3タイプのクモが用意され、それぞれのタイプのクモごとに大きさと動きを変化させることで恐怖刺激が段階的に (小さくて動かない漫画のクモから大きくて動き回るイエグモへと) 呈示された。こうしたクモの映像を呈示する1時間のエクスポージャーでは恐怖の低減が認められなかったが、引き続き行われた2時間の *in vivo* エクスポージャーの後、クモ恐怖は著しく低減し、2児ともクモに触れるようになった。Nelissenら (1995) はコンピューターによるエクスポージャーに効果が認められなかったことについて、エモーショナルプロセッシング理論の観点から、モニターに呈示されたクモがリアルでなく、恐怖刺激として機能しなかったために、例えば、「クモが自分を攻撃するかもしれない」といった誤った情報がエクスポージャーによって修正されなかったと考察している。もう一つの例として、第1章で紹介した、広場恐怖を伴うパニック障害と診断された患者7名に実施されたVRエクスポージャーをあげることができる (Jang et al., 2000)。この研究によると、HMDの視野角が50度と狭かったこと、治療者と装置のオペレーターが患者の近くにいたこと、生理測定のためのセンサーを付けていたこと等の理由によって患者が仮想環境へ十分に没入できなかったため、治療は2セッションで中止となった。以上のことから、装置を使って恐怖刺激を呈示するエクスポージャーを行う場合には、呈示された恐怖刺激に患者が恐怖反応を示すために、患者が恐怖状況にいるかのような臨場感を感じるということが重要であると考えられる。

前節で述べたように、本研究では簡易型VRエクスポージャーを構成する要因の中から振動刺激とHMDの視野角の要因をとりあげ、それらが臨場感に及ぼす影響を検

討した。その際、SUD に示される主観的覚醒と SCL に示される生理的な覚醒を測定し、それらの要因が恐怖反応に及ぼす影響も併せて検討した。本研究の結果、振動刺激を呈示することは臨場感と主観的な覚醒を増加させることが明らかにされた。また、水平視野角 37.5 度と 29 度の違いは、臨場感と恐怖反応に影響しないことが示された。以上のように、振動刺激の呈示と HMD の視野角といった仮想環境に関わる 2 つの要因が臨場感、および主観的覚醒、生理的覚醒に及ぼす影響を実験的に検討した本研究は、エモーショナルプロセッシング理論の観点から効果的なエクスポージャーを行うための、仮想環境の構築に関する臨床心理学的示唆を与えたと言える。

第 4 節 本研究の限界と今後の課題

以下に、本研究の限界と今後の課題について述べる。

第 1 に、参加者の問題を指摘できる。ビデオ映像とインタラクティブ CG の臨場感を比較した研究 1 では、飛行恐怖傾向が高い実験参加者をスクリーニングせず、また、そのために主観的な覚醒と生理的な覚醒は測定しなかった。飛行恐怖傾向の高い参加者をスクリーニングして実験を行った場合、ビデオ条件とインタラクティブ CG 条件の臨場感、および主観的覚醒、生理的覚醒に差が出る可能性を否定できない。研究 2 と 3 では飛行恐怖傾向の高い参加者をスクリーニングして実験を行ったが、実際の飛行恐怖症の患者ではないため、仮想環境の要因と臨場感および主観的覚醒、生理的覚醒との関係が明確にならなかった可能性も考えられる。実際の飛行恐怖の患者を参加者とした実験を行い、臨場感と主観的覚醒および生理的覚醒を測定することで、効果的なエクスポージャーを行うための、より確かな資料を提供することが可能となると考えられる。

第2に、簡易型VRエクスポージャーの効果を明らかにするためには、さらなる治療研究が必要である。本研究では、症例数が1名のみの症例研究で簡易型VRエクスポージャーの効果の検討を行った。しかしながら、介入中に患者が自主的なセルフエクスポージャーを行うなど、簡易型VRエクスポージャーのみの効果を純粹に検討することができなかった。簡易型VRエクスポージャーの効果を明らかにするために、今後は、さらなる症例研究や、統制群を配置した治療実験を行わねばならない。また、in vivoエクスポージャーやイメージエクスポージャー、VRエクスポージャー等の他の治療技法との効果の比較も必要であろう。さらに、飛行恐怖症以外の他の障害にも適用が可能かどうかも検討課題である。簡易型VRエクスポージャーでは、必要に応じて簡便に振動刺激を呈示することが可能である。症例研究での患者の報告から、振動刺激が実際の飛行機の揺れを連想させ、臨場感を高め、エクスポージャーの効果に寄与したことが推察された。したがって、恐怖刺激として振動刺激が含まれているか、または、振動刺激が臨場感を増すような、例えば、運転恐怖（車の振動）や雷恐怖（雷鳴による振動の体感）などのような、特定の恐怖症に対しての簡易型VRエクスポージャーが有効である可能性が考えられる。

第3に、本研究で構築した簡易型VRエクスポージャーをさらに効果的なものとするために、振動刺激およびHMDの視野角以外の仮想環境の要因の検討が必要である。臨場感と恐怖反応および治療効果に影響するとされる仮想環境の要因としては、例えば、HMDの装着感、呈示される映像の画質、HMDの虚像の大きさ、臭覚刺激のような刺激モダリティの追加など様々なものが提案されており、効果的でコストエフェクティブな仮想環境を構築するためには実験的な検討が必要である。さらに、治療対象とする障害や個人の恐怖状況に応じて、エクスポージャーに必要となる刺激モダリティが異なると考えられ(Hodges, Rothbaum, Kooper, Opdyke, Meyer, de Graaff,

Williford, & North, 1995a; Zeltzer, 1992), 様々な恐怖状況ごとに, 刺激モダリティと臨場感, 恐怖反応および治療効果の関係を明らかにすることが必要である. 本研究では飛行機の離陸場面を再現した仮想環境に振動刺激を呈示することが臨場感と主観的な覚醒を増加させることが示され, また, 飛行恐怖症に対するエクスポージャーでは振動刺激を呈示することが有効であることが推察された. しかしながら, その結果は, それぞれ, 飛行機の離陸場面, 飛行恐怖の治療に限定されるものである.

最後に, これは上に述べた他の課題とも関連することであるが, 仮想環境の要因と臨場感, 恐怖反応, およびエクスポージャーの治療効果に関して, これらの変数の因果関係を明らかにすることを目的とした包括的な研究が必要である.

エモーショナルプロセッシング理論によると, 恐怖が低減されるためには, エクスポージャーによって恐怖構造が活性化されること, すなわち, 主観的な覚醒と生理的な覚醒が起こることが必要である (Foa & Kozak, 1986; Hodgson & Rachman, 1974). そして, VRエクスポージャーの仮想環境に患者が恐怖反応を起こすためには, 患者が仮想環境に高い臨場感を感じる必要があると言われている (North et al., 1997b; Rothbaum et al, 1996). 以下に, エモーショナルプロセッシング理論の観点から, 仮想環境の臨場感, 恐怖反応, 治療効果に関する研究を概観する.

最初に, 仮想環境における臨場感と恐怖反応の関係を実験的に検討した研究を概観すると, Regenbrecht, Schubert, & Friedmann (1998) は健常者 37 名を高所状況に暴露する実験を行い, 臨場感は恐怖反応を予測する指標となることを明らかにした. また, スピーチ場面を再現した仮想環境においては, 臨場感が高いほど, 好意的でない聴衆の前でのスピーチにネガティブな反応が起こることが示された (Slater, Pertaub, & Steed, 1999). さらに, 高所恐怖傾向がある被験者に行った実験では, 臨場感と仮想環境の高所状況に対する恐怖の評価との間に有意な相関が認められた

(Schuemie, Bruynzeel, Drost, Brinckman, de Haan, Emmelkamp, & Van der Mast, 2000). 本研究でも, 飛行機の離陸場面を再現した仮想環境に振動刺激を呈示することが臨場感と主観的な覚醒を増加させることが示された. これらの研究から, 仮想環境の臨場感と恐怖構造の活性化の程度には関連があり, 臨場感を高めることが恐怖構造を活性化させることが予想されるが, これらの変数の因果関係は明らかになっていない.

次に, 臨場感および恐怖反応(恐怖構造の活性化)と治療効果の関係について, Wiederhold & Wiederhold(2000)は, VRエクスポージャーのセッション中に測定したSUDとSCLのデータにもとづき, セッション中に主観的な覚醒と生理的な覚醒が高まることがエクスポージャーが成功する条件であるとしている. しかしながら, Schuemieら(2000)の実験では, 臨場感およびセッション中の主観的な恐怖反応と高所恐怖の改善の程度には有意な相関が認められなかった. このことに関して, 被験者数が10名と少なかったこと, および参加者の飛行恐怖傾向が低かったことが原因ではないかとの考察がなされている.

本研究で構築した簡易型VRエクスポージャーは従来のVRエクスポージャーと同程度の臨場感を生じさせるものだった. また, 飛行機の離陸場面を再現した仮想環境に振動刺激を呈示することが臨場感と主観的な覚醒を増加させることが明らかにされた. さらに, 映像と音声に加えて振動刺激を呈示する簡易型VRエクスポージャーが飛行恐怖の低減に有効であることが示唆された. しかしながら, 仮想環境の臨場感とセッション中の恐怖反応およびエクスポージャーの治療効果の関係は明らかになっていない. 効果的なエクスポージャーを行うために, 包括的かつ実証的な研究でこれらの変数の因果関係を明らかにしていくことが必要である.

引用文献

- Abelson, J. L. & Curtis, G. C. 1989 Cardiac and neuroendocrine responses to exposure therapy in height phobics : Desynchrony within the "physiological response system". *Behaviour Research and Therapy*, 27, 561-567.
- American Psychiatric Association [APA] 1994 Diagnostic and statistical manual of mental disorders, Fourth Edition. Washington, D.C. : American Psychiatric Association (高橋三郎・大野 裕・染矢俊幸 訳 1996 DSM-IV 精神疾患の診断・統計マニュアル . 医学書院) .
- Bornas, X., Fullana, M. A., Tortella-Feliu, M., Llabres, J., & de la Banda, G. G. 2001 Computer-Assisted therapy in the treatment of flight phobia : A case report. *Cognitive and Behavioral Practice*, 8, 234-240.
- Botella, C., Banos, R. M., Villa, H., Perpina, C., & Garcia, P. A. 2000 Virtual reality in the treatment of claustrophobic fear : A controlled, multiple-baseline design. *Behavior Therapy*, 31, 583-595.
- Botella, C., Villa, H., Banos, R. M., Perpina, C., & Garcia, P. A. 1999 The treatment of claustrophobia with virtual reality : Changes in other phobic behaviors not specifically treated. *CyberPsychology and Behavior*, 2, 135-141.
- Botella, C., Banos, R. M., Perpina, C., Villa, H., Alcaniz, M., & Rey, A. 1998 Virtual reality treatment of claustrophobia : A case report. *Behaviour Research and Therapy*, 36, 239-246.
- Boudewyns, P. A., & Shipley, R. H. 1983 Flooding and implosive therapy : Direct therapeutic exposure in clinical practice. New York : Plenum Press.

- Carlin, A. S., Hoffman, H. G., & Weghorst, S. 1997 Virtual reality and tactile augmentation in the treatment of spider phobia : A case report. *Behaviour Research and Therapy*, 35, 153-158.
- Denholtz, M. S. & Mann, E. T. 1975 An automated audiovisual treatment of phobias administered by non-professionals. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 6, 111-115.
- Difede, J. & Hoffman, H. G. 2002 Virtual reality exposure therapy for world trade center post-traumatic stress disorder : A case report. *CyberPsychology & Behavior*, 5, 529-535.
- Dinh, H. Q., Walker, N., Song, C., Kobayashi, A., & Hodges, L. F. 1999 Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality 1999 Conference, Houston, March 1999*, 222-228.
- Emmelkamp, P. M. G. 1982 *Phobic and obsessive-compulsive disorders : Theory, research, and practice*. New York : Plenum Press.
- Foa, E. B. & Kozak, M. J. 1986 Emotional processing of fear : Exposure to corrective information. *Psychological Bulletin*, 99, 20-35.
- Garcia-Palacios, A., Hoffman, H. G., See, S. K., Tsai, A., & Botella, C. 2001 Redefining therapeutic success with virtual reality exposure therapy. *CyberPsychology & Behavior*, 5, 11-18.
- Greco, T. S. 1989 A cognitive-behavioral approach to fear of flying : A practitioner's guide. *Phobia Practice and Research Journal*, 2, 3-15.
- Harris, S. R., Kemmerling, R. L., & North, M. M. 2002 Brief virtual reality

- therapy for public speaking anxiety. *CyberPsychology & Behavior*, 5, 543-550.
- Held, R. M. & Durlach, N. I. 1992 Telepresence. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 1, 109-112.
- Hendrix, C. & Barfield, W. 1996 Presence within virtual environments as a function of visual display parameters. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 5, 274-289.
- 廣瀬通孝 1994 バーチャルリアリティと人間工学 *人間工学*, 30, 367-371.
- Hodges, L. F., Rothbaum, B. O., Watson, B. A., Kessler, G. D., & Opdyke, D. 1996 Virtually conquering fear of flying. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 16 (6) , 42-49.
- Hodges, L. F., Rothbaum, B. O., Kooper, R., Opdyke, D., Meyer, T. C., de Graaff, J. J., Williford, J. S., & North, M. M. 1995a Presence as the defining factor in a VR application. *GVU Center Technical Report GITPGVU-94-5*, Georgia Institute of Technology.
- Hodges, L. F., Rothbaum, B. O., Kooper, R., Opdyke, D., Meyer, T. C., de Graaff, J. J., Williford, J. S., & North, M. M. 1995b Virtual environments for treating the fear of heights. *Computer*, 28 (7) , 27-34.
- Hodgson, R., & Rachman, S. 1974 Desynchrony in measures of fear. *Behaviour Research and Therapy*, 12, 319-326.
- Hoffman, H., Groen, J., Rousseau, S., Hollander, A., Winn, W., Wells, M., & Furness, T. 1996 Tactile augmentation : Enhancing presence in virtual reality with tactile feedback from real objects. In *Proceedings of 1996*

Convention of the American Psychological Society.

- Jang, D. P., Ku, J. H., Shin, M. B., Choi, Y. H., & Kim, S. I. 2000 Objective validation of the effectiveness of virtual reality psychotherapy. *CyberPsychology and Behavior*, 3, 369-374.
- Kahan, M., Tanzer, J., Darvin, D., & Borer, F. 2000 Virtual reality-assisted cognitive-behavioral treatment for fear of flying : Acute treatment and follow-up. *CyberPsychology and Behavior*, 3, 387-392.
- Lamson, R. J. 1994 Virtual therapy of anxiety disorders. *CyberEdge Journal*, 4 (2) , 5-8.
- Lee, J. M., Ku, J. H., Jang, D. P., Kim, D. H., Choi, Y. H., Kim, I. Y. & Kim, S. I. 2002 Virtual reality system for treatment of the fear of public-speaking using image-based rendering and moving pictures. *CyberPsychology & Behavior*, 5, 191-195.
- Leitenberg, H., Agras, W. S., Allen, R., Butz, R., & Edwards, J. 1975 Feedback and therapist praise during treatment of phobia. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 43, 396-404.
- Lubetkin, B. 1975 The use of a planetarium in the desensitization of a case of bronto- and astra-phobia. *Behavior Therapy*, 6, 276-277.
- Marks, I. M. 1986 *Behavioural psychotherapy : Maudsley pocket book of clinical management*. Bristol : Wright. (マークス , I. M. 竹内龍雄・富山學人・林竜介・岡田真一・山内直人・松森基子 (訳) 1988 行動精神療法 : モーズレイ病院ハンドブック 中央洋書出版部 .)
- Marks, I. M. 1987 *Fears, phobias, and rituals : Panic, anxiety, and their disorders*.

New York : Oxford University Press.

- Nelissen, I., Muris, P., & Merckelbach, H. 1995 Computerized exposure and in vivo exposure treatments of spider fear in children : Two case reports. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 26, 153-156.
- North, M. M. 1995 An effective treatment for psychological disorders : Treating agoraphobia with virtual environment desensitization. *CyberEdge Journal*, 5 (3) , 12-13.
- North, M. M. & North, S. M. 1996 Virtual reality psychotherapy. *The Journal of Medicine and Virtual Reality*, 1 (2) , 28-32.
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. 1995 Effectiveness of virtual environment desensitization in the treatment of agoraphobia. *International Journal of Virtual Reality*, 1 (2) , 25-34.
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. 1996 Effectiveness of virtual environment desensitization in the treatment of agoraphobia. *Presence : Teleoperators and Virtual Environment*, 5, 346-352.
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. 1997a Virtual environments psychotherapy : A case study of fear of flying disorder. *Presence : Teleoperators and Virtual Environment*, 6, 127-132.
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. 1997b Virtual reality therapy for fear of flying. *American Journal of Psychiatry*, 154, 130.
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. 1998 Virtual reality therapy : An effective treatment for the fear of public speaking. *International Journal of Virtual Relity*, 3 (3) , 2-7.

- Öst, L. G. 1978 Behavioral treatment of thunder and lightning phobias. *Behaviour Research and Therapy*, 16, 197-207.
- Prothero J. D. & Hoffman H. G. 1995 Widening the field-of-view increases the sense of presence in immersive virtual environments, *Human Interface Technology Laboratory Technical Report TR-95-2*, Seattle, Washington : University of Washington
- Regenbrecht, H., Schubert, T., & Friedmann, F. 1998 Measuring the sense of presence and its relations to fear of heights in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 10, 233-249.
- Roberts, R. J. 1989 Passenger fear of flying : Behavioural treatment with extensive in-vivo exposure and group support. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 60, 342-348.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Smith, S., Lee, J. H., & Price, L. 2000 A controlled study of virtual reality exposure therapy for the fear of flying. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 1020-1026.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Watson, B. A., Kessler, G. D., & Opdyke, D. 1996 Virtual reality exposure therapy in the treatment of fear of flying : A case report. *Behaviour Research and Therapy*, 34, 477-481.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Kooper, R., Opdyke, D., Williford, J. S., & North, M. 1995a Effectiveness of computer-generated (Virtual Reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. *American Journal of Psychiatry*, 152, 626-628.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Kooper, R., Opdyke, D., Williford, J. S., & North,

- M. 1995b Virtual reality graded exposure in the treatment of acrophobia : A case report. *Behavior Therapy*, 26, 547-554.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L., Alarcon, R., Ready, D., Shahar, F., Graap, K., Pair, J., Hebert, P., Gotz, D., Wills, B., & Baltzell, D. 1999 Virtual reality exposure therapy for PTSD Vietnam veterans : A case study. *Journal of Traumatic Stress*, 12, 263-271.
- Roy, S., Klinger, E., Legeron, P., Lauer, F., Chemin, I., & Nugues, P. 2003 Definition of a vr-based protocol to treat social phobia. *CyberPsychology & Behavior*, 6, 411-420.
- Schubert, T., Regenbrecht, H., & Friedman, F. 2000 Real and illusory interaction enhance presence in virtual environments. Paper presented at the Presence 2000 Workshop, March 27-28, Delft.
- Schuemie, M. J., Bruynzeel, M., Drost, L., Brinckman, M., de Haan, G., Emmelkamp, P. M. G., & Van der Mast, C. A. P. G. 2000 Treatment of acrophobia in virtual reality : A pilot study. In : F. Broeckx, L. Pauwels (eds.) *Conference Proceedings Euromedia 2000*, May 8-10, Antwerp, Belgium, pp.271-275.
- Schuemie, M. J., Van der Straaten, P., Krijn, M., & Van der Mast, C. A. P. G. 2001 Research on presence in virtual reality : A survey. *CyberPsychology & Behavior*, 4, 183-201.
- Sheridan, T. B. 1992 Musings on telepresence and virtual presence. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 1, 120-126.
- Slater, M., Pertaub, D., & Steed, A. 1999 Public speaking in virtual reality :

- Facing an audience of avatars. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19, 6-9.
- Slater, M. & Usoh, M. 1993 Representations systems, perceptual position and presence in immersive virtual environments. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 2 , 221-233.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. 1994 Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 3, 130-144.
- Smith, S. G., Rothbaum, B. O., & Hodges, L. 1999 Treatment of fear of flying using virtual reality exposure therapy : A single case study. *Behavior Therapist*, 22, 154-160.
- 館暲 2000 バーチャルリアリティの基礎刊行にあたって 館暲(監修・編) バーチャルリアリティの基礎 1 :人工現実感の基礎 - 臨場感・現実感・存在感の本質を探る -
- 内山喜久雄・茨木俊夫・大日方重利・氏森理子・氏森英亜・河野良和 1970 行動療法の実験臨床心理学的研究():系統的脱感作による高所恐怖症の治療 - 高所恐怖の研究() 臨床心理学研究, 9, 27-35.
- Van Gerwen, L. J., Spinhoven, P., Diekstra, R. F. W., & Van Dyck, R. 1997 People who seek help for fear of flying : Typology of flying phobics. *Behavior Therapy*, 28, 237-251.
- Van Gerwen, L. J., Spinhoven, P., Van Dyck, R., & Diekstra, R. F. W. 1999 Construction and psychometric characteristics of two self-report questionnaire for the assessment of fear of flying. *Psychological*

Assessment, 11, 146-158.

- Vincelli, F., Anolli, L., Bouchard, S., Wiederhold, B. K., Bcia, M. B. A., Zurloni, V., & Riva, G. 2003 Experimental cognitive therapy in the treatment of panic disorder with agoraphobia : A controlled study. *CyberPsychology & Behavior*, 6, 411-420.
- Walshe, D. G., Lewis, E. J., Kim, S. I., O'sullivan, K., & Wiederhold, B. K. 2003 Exploring the use of computer games and virtual reality in exposure therapy for fear of driving following a motor vehicle accident. *CyberPsychology & Behavior*, 5, 543-550.
- Welch, R. B., Blackmon, T. T., Liu, A., Mellers, B. A., & Stark, L. W. 1996 The effects of pictorial realism, delay of virtual feedback, and observer interactivity on the subjective sense of presence. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 5, 263-273.
- Wiederhold, B. K. & Wiederhold, M. D. 2000 Lessons learned from 600 virtual reality sessions. *CyberPsychology & Behavior*, 3, 393-400.
- Wiederhold, B. K., Gevirtz, R., & Wiederhold, M. D. 1998 Fear of flying : A case report using virtual reality therapy with physiological monitoring. *CyberPsychology and Behavior*, 1, 97-103.
- Wiederhold, B. K., Wiederhold, M. K., Jang, D. P., & Kim, S. I. 2000 Use of cellular telephone therapy for fear of driving *CyberPsychology and Behavior*, 3, 1031-1039.
- Witmer, B. G. & Singer, M. J. 1998 Measuring presence in virtual environments : A presence questionnaire. *Presence : Teleoperators and Virtual*

Environments, 7 , 225-240.

Zeltzer, D. 1992 Autonomy, interaction and presence. Presence : Teleoperators and Virtual Environments, 1, 127-132.

謝辞

博士論文の作成にあたって、懇切丁寧な御指導を頂きました坂野雄二先生に心から感謝いたします。また、坂野研究室の諸先輩方と後輩の皆様に感謝いたします。特に、先輩の佐藤健二先生には、研究全般に渡ってのアドバイスを頂きました。

実験に御協力して頂きました参加者の方々に感謝いたします。また、本論文への記述（第8章）を快く承諾して頂き、論文作成に関してアドバイスや励ましを頂きました患者さんのご協力がなければ、この博士論文は完成しませんでした。ありがとうございました。