

2002 年度 卒 業 論 文

3DCG ウォークスルーにおける
「酔い」の分析とその改善に関する
研究

指導教員：渡辺 大地 講師
和田 篤 演習講師

メディア学部 リアルタイム 3DCG カーネルプロジェクト
学籍番号 99p002
会田 恒

2003年3月

2002年度 卒業論文概要

論文題目

3DCG ウォークスルーにおける「酔い」の分析と
その改善に関する研究

メディア学部

学籍番号: 99p002

氏名

会田 恒

主査

渡辺 大地

副査

和田 篤

キーワード

3D酔い, ウォークスルー, 固視抑制

論文概要

コンピューターの処理能力の向上や様々な技法の研究の結果、3DCGは様々な表現方法を手に入れ、日進月歩の勢いで新しい映像が誕生している。しかし一方で3DCGによる映像を鑑賞する人が少なからず体験する乗り物酔いに酷似した「3D酔い」と呼ばれる症状の発症が問題として指摘されている。現在抑制手法がいくつか提案されているものの、その効果が抑制の決定打とは成り得ていない。本論文では、体験者自らが操作を行うため自由度が高い反面、過剰な視点移動も出来、その結果酔いが誘発しやすいインタラクティブ型ウォークスルーの利用時に、「酔い」が発生する要因の分析及びその改善手法を模索し、「固視抑制」という乗り物酔い向けの対策を応用した抑制手法を3D酔い対策の一案として提案する。また同手法を反映した酔い抑制エフェクトを実装した検証モデルを制作し、アンケートを行ってその効果を検証した。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	調査	3
2.1	「酔い」の分析	3
2.1.1	感覚混乱説	3
2.1.2	3D酔い	4
2.1.3	「酔い」を誘発する環境	5
第3章	抑制手法	6
3.1	眼振運動	6
3.2	固視抑制	6
3.3	手法具体案	8
3.3.1	固視抑制エフェクトA	8
3.3.2	固視抑制エフェクトB	9
3.3.3	位置確認インジケータ	10
第4章	検証	12
4.1	検証方法	12
4.2	検証モデル制作	13
4.3	検証アンケート	16
4.4	結果分析	22
第5章	おわりに	23
	謝辞	24
	参考文献	25

第1章 はじめに

CGによる3次元映像表現において富みに指摘されるのが、しばしば映像体験者が発症する「3D酔い」と呼ばれる症状である。これは頭痛や眩暈、吐き気など、乗り物酔いに酷似した現象を引き起こし、発症者による不満の声が数多くある。この3D酔いを誘発しやすい映像表現の形式の一つに「ウォークスルー」というものがある。これはCGで構築された三次元空間を一人称視点（以下ファースト・パーソン・ビュー、略してFPVと呼称する）で動き回ることであたかも体験者（以下ユーザーと呼称する）が空間内を歩き回っているように見せる表現形式である。これは、三人称視点（以下サード・パーソン・ビュー、略してTPVと呼称する）による映像よりも臨場感、没入感が高く、ビデオゲームやアミューズメントパークのアトラクション等、様々な場面で用いられている。しかし3D酔いの発症に関しては、TPVよりもFPVの方が酔い発症率が高いというデメリットがあり、発症を抑える手法の確立が急務とされた。現在までに提案された代表的な手法[1]を以下に挙げる。

一つ目が「歩行時のカメラ上下動のオン・オフ選択」である。ウォークスルーの空間内を移動する際、歩いている感覚を再現する為に意図的にカメラを上下に動かす演出があるが、これはリアリティを高める効果を生む反面、過剰な画面移動となって酔いの発生を増長させるデメリットも生じる。そこで本手法ではプレイ時における同機能の有無をユーザーの酔いの頻度に合わせて選択させる事で対策を取る。しかし、演出の効果が落ちてしまう為、敢えて搭載しない或いは初めからカメラ上下動を付けないケースも多い。

二つ目が「背景オブジェクトの色調の統一及び情報量の抑制」である。移動する空間内の壁、床、天井などの背景オブジェクトが持つ、文章・記号あるいは画像のディテールの緻密さ等の情報量が多量で複雑な場合、ユーザーが混乱を引き起こし、それが酔いを誘発する危険性がある[2]。そこで、背景オブジェクトの色調を同系とりわけ彩度の低い白黒基調の色に統一し、可能な限りテクスチャの配置をパターン化する事で情報量を抑え、酔いの抑制を試みる手法である。しかし、この手法は背景美術のバリエーションが限定されてしまうため、採用率は決して高くない。

以上の提案された手法はある程度の成果をあげているが、酔いを完全に防止する決定打とはなっておらず、3D酔い対策は未だ完成していない。本論文では視線移動をユー

ザーが操作出来る代わりに、過剰な視線移動も可能になってしまうために酔いが誘発されやすい、インタラクティブ（双方向性）型ウォークスルーへの適用を前提とし、「固視抑制」という乗り物酔い向けの対策方法に着目し、その特性をシステムに反映する事で3D酔いを抑制する手法を提案する。さらに提案する抑制手法を搭載したインタラクティブ型ウォークスルーモデルを制作し、検証を行う。

本論文は本章を含め全5章で構成されている。第2章では「酔い」の発生する仕組み、原因について調査を行い、ウォークスルー上で酔いやすい環境を定義する。第3章では乗り物酔い対策手法「固視抑制」を元に導き出した3D酔いに対する抑制手法を具体的に提示する。そして第4章では3章で提示した抑制手法を搭載したウォークスルーモデルを制作し、アンケートを通して効果の検証を行う。最後に第5章にて研究全体の総括を述べている。

第2章 調査

本章ではまず、今回の論文において最も重要である「酔い」の発生する仕組みを調査し、それに対して行われてきた対策について調査した結果を論述していく。

2.1 「酔い」の分析

3D 酔いは乗物酔いの状況と酷似していると考えられる。そこでまず、乗物酔いが発生する仕組みについて調査した。

調査の結果、乗り物酔いの原因については諸説あるが、いずれも未だ仮説の域を出ていないことが分かった[3],[4]。そこで、今回は中でも最も有力とされている「感覚混乱説」と呼ばれる仮説を指針として捉えることにした。これは乗り物に乗った際、バランスを司る器官が、普段体感しない動きに対して認識の誤差を引き起こす事で酔いを誘発される、という説である。詳細を以下で解説する。

2.1.1 感覚混乱説

「感覚混乱説」によれば、乗り物酔いの発生には人体の二つのバランス器官が関係してくる。一つは視界からの情報を元に地形の傾きや環境を測り、バランスを取る「眼球」である。そしてもう一つが、内耳で頭部の傾きを計測し、バランスを取る「三半規管」である。

日常、我々は主にこの二つのバランス器官が得る感覚情報を照合しながら平衡感覚を整えている。しかし、乗り物に乗り、椅子に座るなどして身体が固定される事により、周囲の景色が動いている為、眼球は「自分(つまり身体)は動いている」と認識し、その一方で三半規管は固定されている為、「自分は動いていない」と認識してしまう。このように、二つの器官の認識にズレが生じる事で、これを異常と捉えた脳が不快を感じ、ストレスとなって心身に影響を与え始める。これが蓄積する事でやがて目眩、吐き気等の「酔い」の症状が発症するのである。

なお、ここでは解説を容易とするために三半規管を「固定状態」としたが、実際は移動する乗り物の振動等の影響を受けて動いている、というのが正確である。しかしその動きが、本来視覚情報から導かれるべき「日常の生身の動き」 “ 視界がこう動いているならば、身体（ここでは頭部を指す）は普通こう動いているべきだ ” と合致しない為、結果的にズレとなるのである。

2.1.2 3D 酔い

2.1.1の原理を踏まえた上で、3D酔いの仕組みを感覚混乱説に当てはめると次のようになる。

下の図1に示す通り、ウォークスルーにおいて、ユーザーの眼球つまり視覚はモニターの画面に映し出された映像であり、三半規管は現実と同様、椅子等に座って固定されているユーザーの頭部である。ウォークスルーの体験が始まると、モニターの中の映像は刻々と変化していく（つまり動いている）にも関わらず、三半規管は固定されている（つまり動いていない）。このギャップがやがては不快となってストレスを呼び、そして酔いを引き起こすのである。

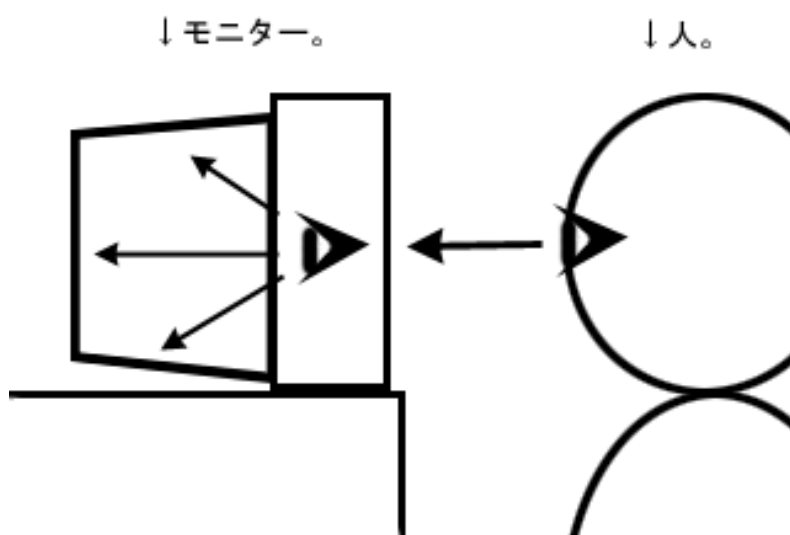


図1 3D酔い概念図

2.1.3 「酔い」を誘発する環境

調査を進めた結果、3D 酔いに対して、ある共通する環境下で不満が多く発生しているのが見受けられた[5],[6]。そこでそれらの意見を参考に、本研究の軸となる「ウォークスルーで酔いやすい環境」を次のように定義する。第一に、カメラ（視点）の3次元方向の動き（ピッチ、ローリング、ヨーイング）によって生じる回転運動や水平・垂直加速運動が過剰で、長期に渡って頻繁に発生する状況、第二に天地逆転や浮遊・無重力など、環境が過剰に現実のものとかげ離れている状況である。これら二つは、前述の感覚混乱説のとおり、固定された三半規管と視界との認識のズレが顕著に現れ、日常生活で行わない不自然な動作に混乱を引き起こすのが原因である。そして第三に、3次元空間上の画像情報が大量で、統一がとれていない状況がある。これは、ウォークスルー上でユーザーが注目すべき文字・図が大量である状態、または背景画像のディテールが緻密過ぎる状態など、ユーザーが画面内で注視するポイントが多すぎる状況を指す。現実では人間の視線は注視点以外の映像はピントが外れるために、視界から入った情報量に対し、実際に脳が認識する情報は少なく絞り込まれる。しかしウォークスルー上ではすべてのオブジェクトにピントが合い、鮮明に表示されるため、脳は画面上の全ての映像をそのまま情報として捉えようと、捉えきれずに混乱を引き起こしてしまうのである。

開発すべき酔い抑制手法は、この上記3点の悪条件を緩和することが目標となる。

第3章 抑制手法

第 1 章で指針として採用した「酔い」の仕組みの仮説を元に、本章ではその対策となる抑制手法を具体的に提示していく。今回対策法で最も有力と判断したのが、バレリーナの回転運動などで用いられる眼振運動予防策「固視抑制」である。

3.1 眼振運動

普通、何の策も施さずにスピン運動を行った場合、大抵の人間はすぐに目を回してしまう。これはスピンした際に、眼球が小刻みに左右に動く「眼振運動」を起こすからである。

眼振運動は人間の頭部と眼球の動きが独立している事から発生する。人間の頭部（つまり三半規管）が回転する時、端から見ると目は普通に後をつけてきているように見えるが、実はそのままと眼球は回転前の方向に残るため、脳が命令を出して眼球を頭と同じ方向に修正しているのである。

例えば頭上から見て時計回りにスピン運動を行うとする。その場合、時計回りに回転する頭部に対して、眼球は回転前の位置に残る。つまり、頭部にとっては眼球は反時計回りに回転している。そして脳が眼球に向かって正方向に回るように命令を出す事で修正される。スピン運動中は、眼球はこのズレと修正が超高速で小刻みに繰り返され、正、反、正、反と回転方向の反転を連続して行う形となるのである。

この眼球の振動運動がスムーズに一方に回転する頭部（三半規管）との動きのギャップを産み、目を回す。つまり酔うのである[7]。

3.2 固視抑制

バレリーナは、スピン運動で目を回さないためのノウハウを身につけている。それが「固視抑制」というテクニックである[8]。次ページ図 2 に示すのは頭上から見たバレリーナの回転の概念図である。

まず図 2.1 で回転を開始するが、身体だけが回り、頭の向きは初期位置に残してある。そして図 2.2 , 図 2.3 と身体だけの回転が進み、首の捻りが限界に達したところで一気に頭部を回転させ、図 2.4 で身体に追いついて一周が終わる。このように、視線を可能な限り一点に固定させ、回転による眼振運動の時間を出来るだけ抑える事で酔いを抑制する手法を「固視抑制」と呼ぶのである。

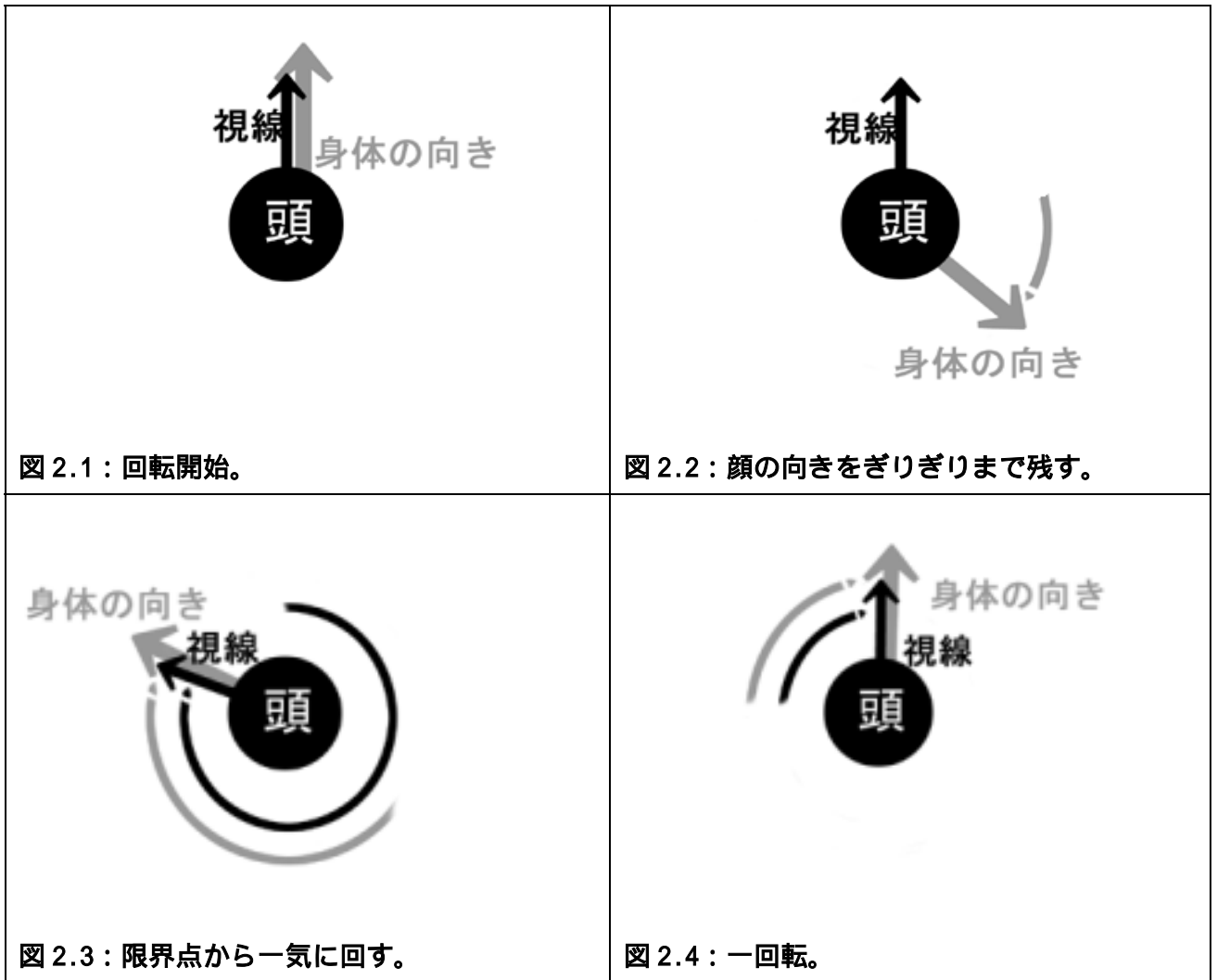


図 2 バレリーナの固視抑制型スピン

また、車などの乗り物に乗る際、遠くの景色を見る事で酔いを抑えることが出来るというノウハウがあるが、それも固視抑制の応用である。近く景色に比べて変化の少ない遠方の景色を意識して見ることで、固定された三半規管の平衡感覚に視覚（眼球）の感覚を出来るだけ近づける事で酔いを回避する事が可能となるのである。

この固視抑制を応用したカメラワーク手法を、今回の抑制手法の核とする。

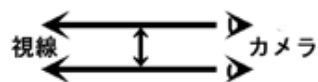
3.3 手法具体案

3.2 で述べた固視抑制や、その他発症者から提案されている改善意見[5]などを元に、インタラクティブ3Dウォークスルー上で使用する酔い抑制手法について具体的に提案する。本研究にて提案するのは以下の3つの抑制手法である。3.3.1 と 3.3.2 は固視抑制を、3.3.3 は発症者の提案を元に導き出した手法である。

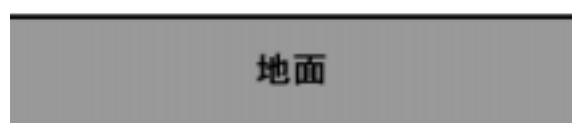
3.3.1 固視抑制エフェクト A

一つ目は「抑制エフェクト A」と呼称する。これは歩行時の上下動のデメリットを補完するカメラワークのエフェクトである。

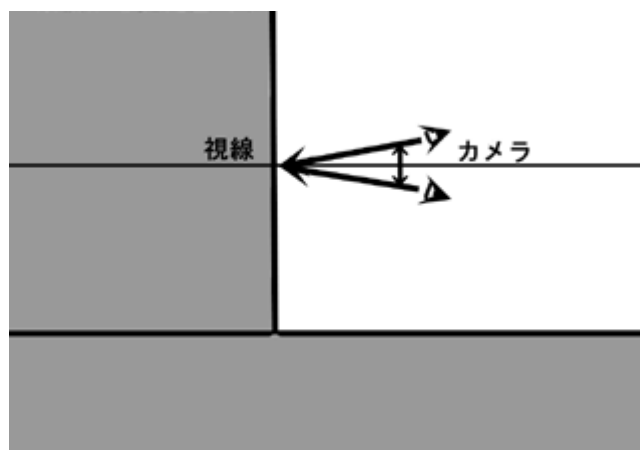
図3に示すとおり、これまでの上下動は地面と平行に上下に動いていたが、このカメラワークは図4のように遠方のある一点を焦点に捉え続ける。そうすることで過剰な視点移動を抑えることが出来る。なお、図5に示すように前方に壁などの障害物がある場合、焦点はその障害物に距離を合わせる。ただし、あまりに近接に障害物が有る場合は上下動が図3の移動より大きく振れてしまうという欠点がある。



(上) 図3 これまでの歩行時の上下動カメラ



(上) 図4 固視抑制エフェクト A

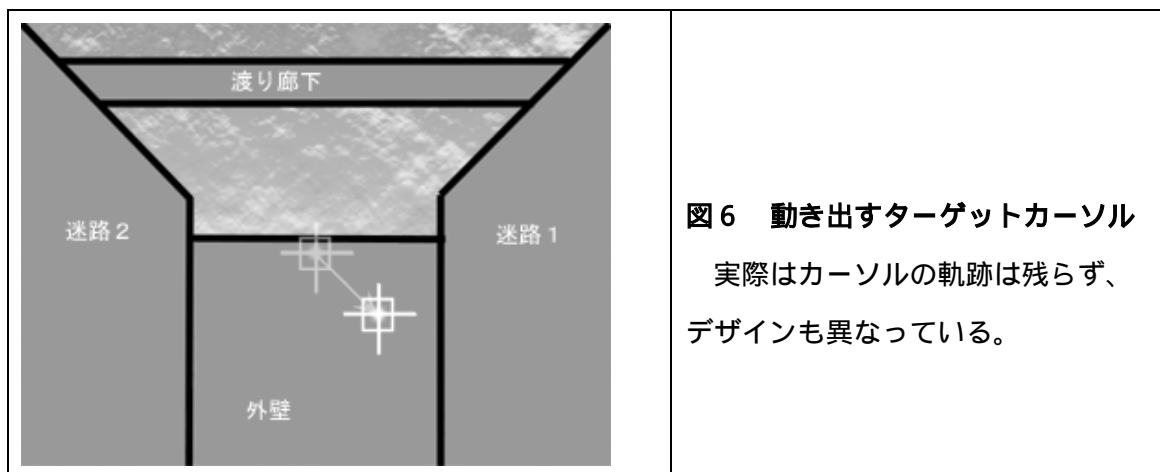


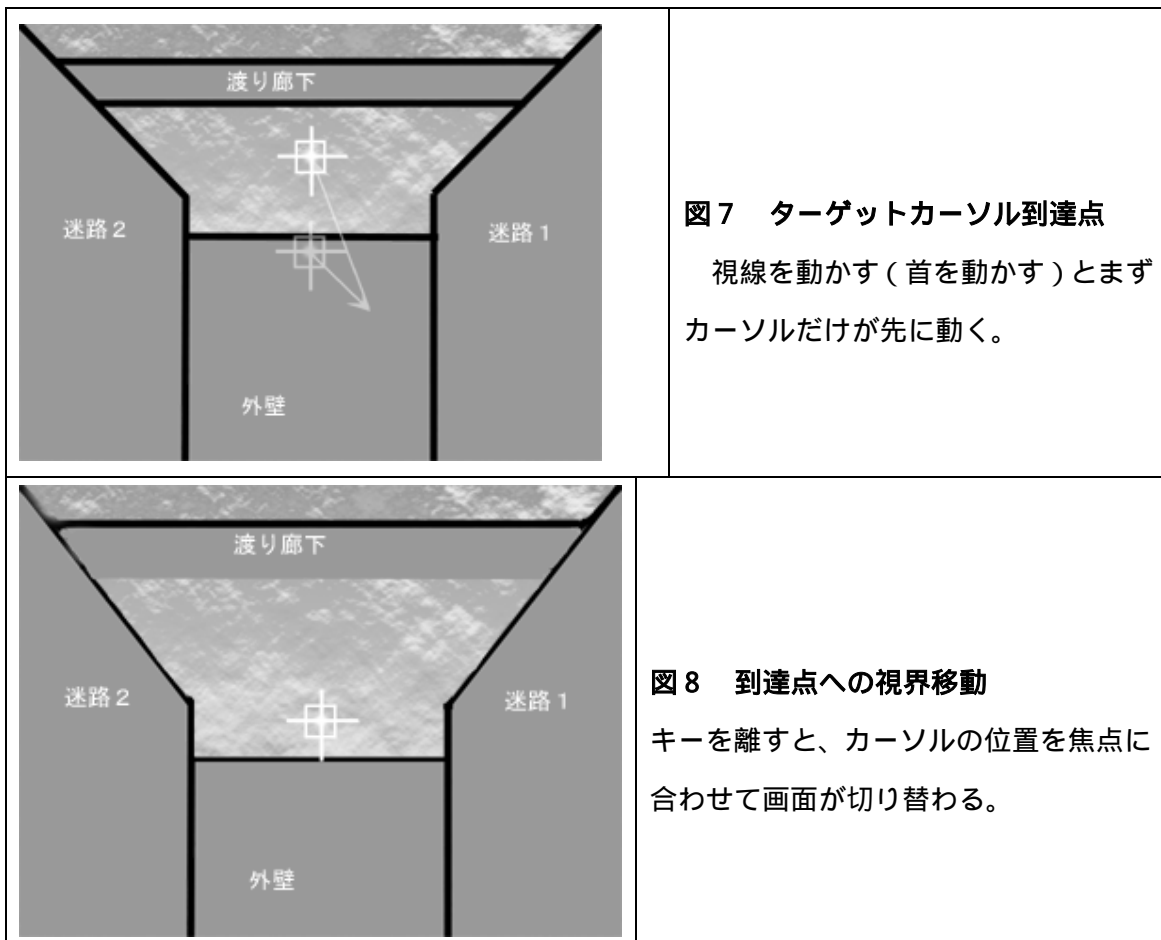
(上) 図5 前方に障害物がある場合

3.3.2 固視抑制エフェクト B

二つ目は「抑制エフェクト B」と呼称する。これは周囲を見回す際（首振り時）の過剰な視線移動を補完するカメラワークエフェクトである。

まず、首を動かし始めると、図6の様に視界の代わりに中央のターゲットカーソルが動きだす。そして例えば図7の地点でキーを離すと、図8の様に、そのカーソルを焦点にした視点に一瞬で切り替わる仕組みである。





3.3.3 位置確認インジケータ

三つ目が「位置確認インジケータ」である。これは図9に示されるように、自分が現在向いている仰角、方角を示すシンプルなインジケータである。現実の日常では、道具を一切使用しなくても、動態や視界からの情報によって身体の傾きや位置の把握を大まかに行う事が出来る。しかし、ウォークスルー上において状況の判別は視覚のみに頼る形となるため、現実世界の物差しが使えない。そのためスケール感が掴めず混乱を来すことがあり、それがストレスに繋がり酔いを誘発する危険性が有る。それを防ぐべく搭載されたのがこのエフェクトである。これは、過剰に情報を与えず鑑賞目的を妨げないように、おおよそ判別出来る情報のみを伝える事を目的としている。そのため東西南北などの詳細な情報は与えない。表示されるインジケータは方角（X軸）と仰角（Y軸）の2種類があり、方角インジケータは方向キーを離すと0度中心に自動的に戻る。仰角は離しても変わらない。

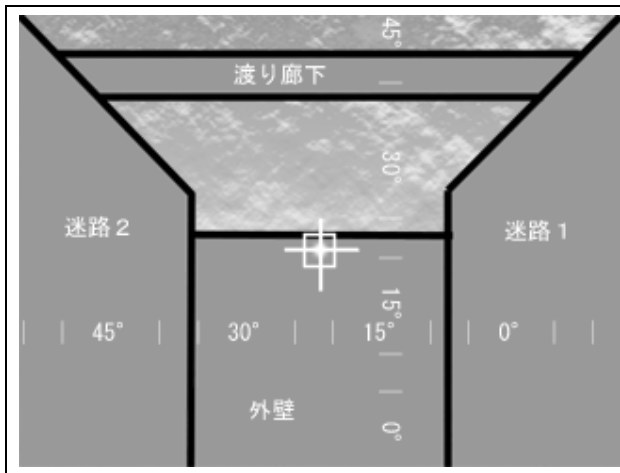


図9 位置確認インジケータ

第4章 検証

本章では、酔い抑制手法の効果を検証する方法を提示し、そのためのモデル制作、及びモデルを用いた実験アンケートについて論述する。

4.1 検証方法

今回の目的はインタラクティブ型の3Dウォークスルー上で効果を発揮する抑制手法の提案である。従ってそのためには提案する抑制手法を反映したウォークスルーモデルを実際に制作し、使用効果を検証出来れば良い。

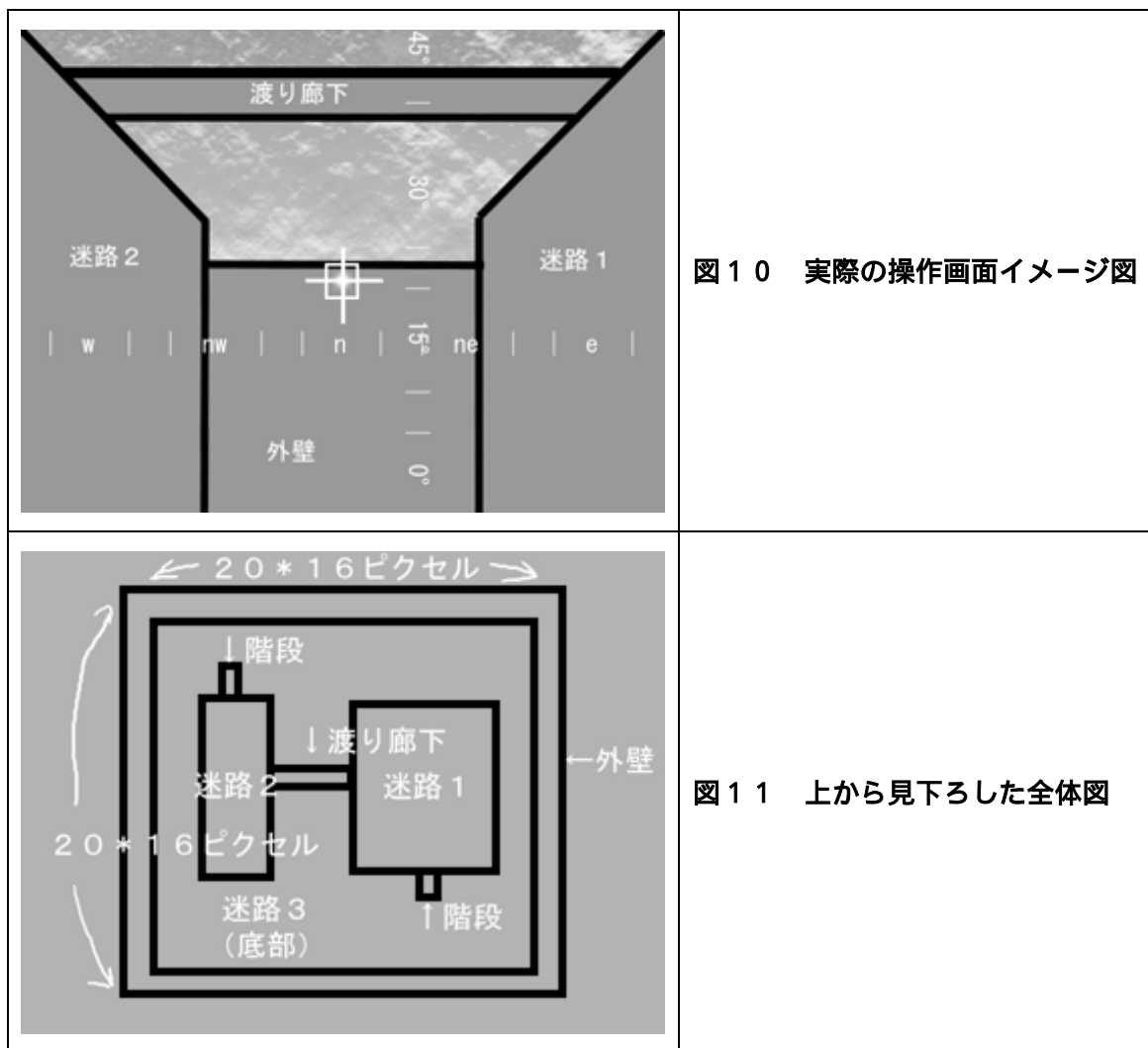
酔いの度合を計測する最も有力な指針が脳が不快を感じる事で発生するストレスホルモンの値である[8]。しかしこれを詳細に計測する為には血液検査やサーモグラフィによる体温計測などの方法を必要とする。今回は設備、技術の面からその様な方法を取る事が出来ない為、同検査方法を利用した詳細な結果を必要としない検証方法が求められた。そこで、極めて原始的な計測ではあるが、検証の方針を以下のように設定する事にする。

酔い抑制手法の効果が正しければ、ストレスホルモンの発生、増加を抑制することが出来る。そうすることで、手法を使わなかった場合よりも不快感が減り効率が上昇するつまり、目的を達成するスピードを上げることが出来ると仮定できる。つまり検証モデルにノルマを設定し、ノルマが完了するまでのタイムを計測して抑制手法を使ったバージョンのタイムの方が早ければ、それは効果発生を証明する指針と成り得る、という理屈である。

またこの検証モデルで、第1章にて記述した「背景オブジェクトの色調の統一及び情報量の抑制」の効果も同時に検証を行う。この効果は簡単に説明すると『地味でシンプルな背景の方が酔いにくい』ということだが、本モデルでは敢えてその逆の、酔いやすい条件を備えた背景を用意した。詳細は4.2節にて解説する。これら背景を用いることにより、酔いやすい条件下での抑制手法の効果を検証することが出来る。

4.2 検証モデル製作

検証モデルの設計にあたり、「QUAKE」等、インタラクティブ型ウォークスルーの中でも著名であり、3D酔いの報告も数多く聞かれるFPS(ファースト・パーソンビュー・シューティング)形式のゲームの画面様式を踏襲することにした。まず同ゲームの立体構成を参考に、デモの大まかなイメージ図を作画する。図10は実際のFPVから見た操作画面、図11は画面を上から見下ろした全体マップ、そして図12は横から分断した図をそれぞれイメージしたものである。



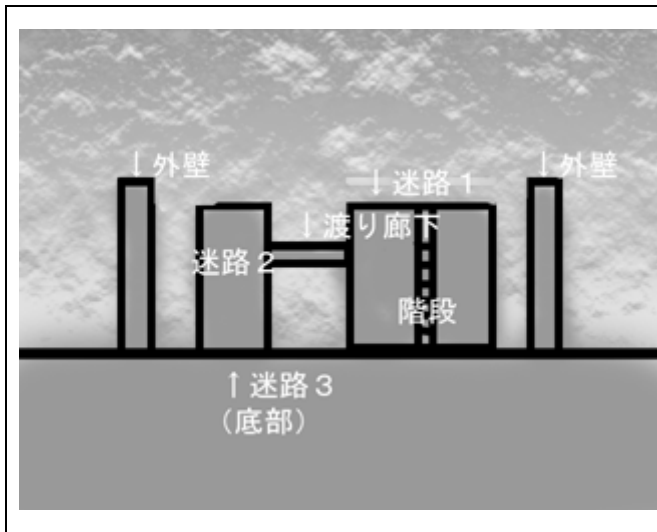


図12 横から分断した全体図

これらイメージ図を元に基本仕様を固めていく。

まずプログラム言語はC++ベースのツールキット・FK (Fine Kernel) システム[9]を採用した。デモのオペレーション（操作）はキーボードのみとした。マップは、ユーザーが複数回触れる事を前提としていたため、慣れによる検証結果のぶれを防ぐ為にランダム型を必須とし、スタートとゴールの位置が毎回4パターンに変化するマップを制作した。マップに関してはそれと同時に、「背景オブジェクトの色調の統一及び情報量の抑制」の効果確かめる為、テクスチャ等の背景環境を差し替えたバリエーションを4つ用意した。1つ目は背景にテクスチャを使わず、空・壁・地面を単一色で塗り分けた「プレーン」バージョン、2つ目は地面と空の配置を逆にした「天地逆転」バージョン、3つ目が背景を一色に統一し、天井を低くして密閉状態にした「閉鎖空間」バージョンである。そして4つ目が抑制効果から可能な限り相反する状況を想定し、統一感のない背景画像をテクスチャとして使用した「異空間」バージョンである。以上の環境に3.3節で提案した3つの酔い抑制手法を搭載した。

次のページから仕様一覧をまとめる。

3D 酔い抑制エフェクト実装ウォークスルーデモ 仕様一覧

プログラム言語	C++ & FK System
使用 PC	PCG-R505R/GK (SONY)
	Pentium3 850Mhz
	Memory 256MB
	HD30GB

OS Windows2000 Professional

オペレーション キーボードのみ

画面構成

ウィンドウサイズ 640×480 ピクセル

マップサイズ X×Y×Z = 512×128×512 ピクセル

サイズ 64×64×64 ピクセルの立方体を碁盤の目ように等間隔に敷き詰めている
スタートとゴールの位置がランダムで変わる (4 パターン)

バリエーション

- プレーン
- 天地逆転
- 閉鎖空間
- 異空間

ルール スタートからゴールまでかかった時間を計測 (ストップウォッチ使用)
各回毎に 1 分の小休止を挟み、条件を変えて挑戦してもらい経過時間を
比較する。合計 1 2 パターン。

酔い抑制エフェクト 全 3 種類

- ・ 固視抑制エフェクト A
- ・ 固視抑制エフェクト B
- ・ 位置確認インジケータ

4.3 検証アンケート

以下より検証アンケートの全容と、続けて結果一覧を提示する。

検証アンケート手順書

1：事前アンケート

- ・あなたの年齢と性別を教えてください。
- ・以下の質問について自分の状態に最も近いと思うものを選択してください。
(お酒の酔いとは違う、などの解説をこの時点で口頭で説明)

Q1：考えてみると自分は酔いに対して……（5択式）

- 1：最強。酔いとは縁が無い。
- 2：強い。余程酔いやすい環境でなければ平気。
- 3：普通。酔いやすい環境でも予防策を張れば平気。
- 4：弱い。ちょっとした電車や車でも予防策を張らないと危険。
- 5：最弱。何をしても確実に酔う。

Q2：あなたに当てはまるものを選択してください。（全て y/n 形式）

- 1：一輪車に乗れる。
(一輪車に乗れる人はバランス感覚に長け、酔いにくい)
- 2：バイクや乗用車等の運転免許を持っている。
(過去酔いやすくても教習がきっかけで強くなる人が多い)
- 3：高所恐怖症である。
(ウォークスルー上において普通の移動は平気でも高所に置かれると酔う人がいる)
- 4：閉所恐怖症である。

(高所と同等の理由)

Q3 :(Q1で3～5を選択した人のみ)

あなたが酔ってしまう時間についてお答え下さい。

あなたが予防策を張らずに移動(乗用車・電車・船・飛行機)

しているうちに酔ってしまうのはおよそ.....(5択式)

1 : 10時間以上経った頃

2 : 5時間経った頃

3 : 3時間経った頃

4 : 1時間経った頃

5 : 30分以内

ここでウォークスルーのデモ映像を見せる。

Q4 :過去にこのような3Dウォークスルー(どういうものかは口頭で解説)

に触れてみた事は.....?(5択式)

1 : 全く無い。

2 : 見覚えがある。

3 : 触った覚えは有る程度。

4 : 割と良く触る。

5 : 大好き。しょっちゅう触る。

Q5 :このような3Dウォークスルーを見て(もしくは触って)いると自分は.....

(5択式)

1 : 最強。全く酔わない。

2 : 強い。あまりに奇天烈な映像でなければ平気。

3 : 普通。短期間の利用ならば映像が厳しくても平気。

4 : 弱い。長期間利用すると平凡な映像でも酔う。

5 : 最弱。すぐに酔う。

2：実験開始。

1：仕様説明

3Dの地形の2地点移動する時間を計測するタイムアタック形式。
エフェクトの有無などの環境別に複数回測り、その時間を採取する。
スタートとゴールの地点は4パターン有り、開始時にランダムで決定。

2：試用（10分間）

基本操作と環境に慣れて貰う。
スタートとゴールの4パターンを全て先に体験して貰い、
それから実験スタート。

3：実験（各パターン毎に1分間目を閉じて休憩を取る。）

1：プレーン状態

使用エフェクト無し
歩行時のカメラ上下動無し

2：ウォーク状態

使用エフェクト無し
歩行時のカメラ上下動有り

3：固視抑制A

固視抑制エフェクト（カメラ上下動補正）使用
歩行時のカメラ上下動有り

4：インジケータ

位置確認インジケータ使用
歩行時のカメラ上下動有り

5：固視抑制B

固視抑制エフェクト（カメラ首振り補正）使用
歩行時のカメラ上下動有り

6：テクスチャA

天地逆転（上が地面、下が空）テクスチャ使用
歩行時のカメラ上下動有り

7 : テクスチャ B

閉鎖空間 (天井が低く閉鎖されている) テクスチャ使用

歩行時のカメラ上下動有り

8 : テクスチャ C

異空間 (壁、床、天井すべてが異様な模様で満ちた) テクスチャ使用

歩行時のカメラ上下動有り

9 : 抑制デラックス

固視抑制エフェクト A・B 使用

位置確認インジケータ使用

歩行時のカメラ上下動有り

10・11・12 : 抑制デラックス+ テクスチャ A・B・C

固視抑制エフェクト A・B 使用

位置確認インジケータ使用

3種テクスチャを順番に使用

事後アンケート

Q1 : 各エフェクトの効果についてあなたの意見をお聞かせ下さい。

(ここで固視抑制エフェクト A・B およびインジケータについて有効かどうかを 5段階評価で記入して貰う)

Q2 : 各テクスチャの効果についてあなたの意見をお聞かせ下さい。

(ここで3種テクスチャについて酔いの増長になるかどうかを 5段階評価で記入して貰う)

Q3 : 最後にご意見が有りましたらどうぞ。(自由記入)

以上

『3Dウォークスルーにおける「酔い」の分析とその改善に関する研究』

アンケート回答まとめ

仮記号	年齢	性別	酔い	一輪車	免許	高所	閉所	時間	デモ	デモ強
A	60	男	最強	×					未	普通
B	16	男	強	×	×		×		良	強
C	23	女	強	×	×	×			未	弱
D	21	男	普通	×				2	良	普通
E	21	男	強	×	×				見	普通
F	21	男	普通	×	×			2	見	普通
G	24	男	最強	×					見	普通
H	27	男	最強	×					見	普通
I	22	男	最強	×		×	×		好	強
J	21	男	普通	×	×			2	見	普通

高所・閉所の項目は が「～恐怖症ではない」事を示している。

デモの経験差項目は 未 見 触 良 好 の順に経験頻度が高くなる。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	2'16	2'31	2'28	2'32	2'30	2'35	2'36	2'35	2'26	2'30
B	1'44	1'50	1'47	1'49	1'51	2'03	2'05	2'01	1'49	1'48
C	2'24	2'51	2'53	2'51	2'48	2'55	2'49	2'50	2'47	2'53
D	1'58	2'08	2'02	2'04	2'02	2'09	2'04	2'02	2'02	2'04
E	1'54	2'00	1'55	1'53	1'57	1'59	1'55	1'57	1'51	1'55
F	2'08	2'19	2'17	2'18	2'14	2'30	2'26	2'24	2'15	2'19
G	1'58	2'03	2'03	2'10	2'06	2'11	2'06	2'04	2'06	2'13
H	2'02	2'06	2'04	2'05	2'04	2'08	2'06	2'05	2'02	2'06
I	1'49	1'54	1'50	1'53	1'56	2'01	2'09	2'00	1'59	2'03
J	1'55	2'00	1'56	1'55	1'56	1'57	1'56	1'56	1'55	1'57

タイムは最大桁が分、下二桁が秒。

	1 1	1 2	固視 A	固視 B	インジ ケータ	テクス A	テクス B	テクス C
A	2'31	2'26	4	4	2	4	4	3
B	1'50	1'41	5	2	2	3	4	2
C	2'51	2'44	3	4	3	4	4	4
D	2'03	2'00	4	4	2	4	2	3
E	1'55	1'51	4	2	3	3	2	2
F	2'16	2'14	4	3	3	3	2	2
G	2'14	2'11	4	4	2	3	3	2
H	2'03	2'02	4	3	2	3	2	2
I	2'03	1.59	3	2	2	3	4	2
J	1'56	1'55	4	2	3	3	3	2

- ・ 総回答人数 10名
- ・ 男女比 9 : 1
- ・ 平均年齢 25.6歳 (最年長60歳、最年少16歳)

- ・ 一輪車乗車率 0%
- ・ 免許取得率 50%
- ・ 高所恐怖症 20%
- ・ 閉所恐怖症 20%

- ・ 固視抑制エフェクト A 5段階評定平均 3.9
- ・ 固視抑制エフェクト B 5段階評定平均 3.0
- ・ 位置認識インジケータ 5段階評定平均 2.4

4.4 結果分析

検証により得られた結果を元に比較分析を行う。

まずは各パターンのタイムを秒単位に変換、参加者全員の平均値を算出（小数点以下四捨五入）し、それを元に数値を比較して検証結果を導き出していく。

最初の比較は背景「プレーン」バージョンにおけるカメラ上下動の有無による計測タイムの変化である。プレーン+上下動無しの平均タイム（平均は全て四捨五入）が2分1秒、プレーン+上下動有りの平均が2分10秒。結果、カメラ上下動を加える事で平均9秒プラスとなる。カメラ上下動で発生するストレス、つまり酔いがタイム延滞の要因となる事がこれで明白となった。逆に言えば酔いを抑える事でタイムを短縮出来るという理屈も実証されたわけである。

第2の比較はプレーン+カメラ上下動における各抑制エフェクトの有無によるタイムの変化である。固視抑制エフェクト A 使用時の平均タイムは2分8秒。非使用時のタイムが2分10秒なので、2秒の短縮である。固視抑制エフェクト B 使用時の平均が2分8秒なのでエフェクト A と同じく2秒の短縮。位置確認インジケータ使用時は平均が2分9秒ということで1秒の短縮。いずれも微力ながら、酔いの抑制に貢献している事が実証された。

第3の比較が背景の違いによるタイムの比較である。まず天地逆転+カメラ上下動の平均タイムが2分15秒。閉鎖空間+カメラ上下動の平均が2分12秒。異空間+カメラ上下動が平均2分11秒。プレーン+上下動の平均2分10秒に比べ、1秒から5秒の延滞となった。背景が酔いを左右する事がこれにより実証された。

最後の比較が各背景別で抑制エフェクトを一度に全て使用際の効果である（括弧内は抑制エフェクト非使用時と比較した短縮時間）。まずプレーン+上下動の場合、平均タイムが2分7秒（3秒短縮）。天地逆転+カメラ上下動の場合、平均は2分11秒（4秒短縮）。閉鎖空間+カメラ上下動の場合は平均2分10秒（2秒短縮）。そして異空間+カメラ上下動の場合が平均タイム2分6秒（5秒短縮）。いずれも2秒から5秒のタイム短縮に成功している。各エフェクトを単体で使用した場合と比べても、3つの抑制エフェクトの効果を束ねるような増強ではないが、効果は強くなっている。

以上の結果から総合して、検証内容はいずれも実証が確認された。提案する抑制手法も微力ながら確実にその効果を発揮している事が判明した。

第5章 おわりに

本研究は、現在まだ決定的な方法の存在しない3D酔い対策の一助を担うべく、インタラクティブ型ウォークスルー利用上で発生する「酔い」の誘発に対し、従来とは異なる切り口で抑制手法を提案し、その有効性を示すことを目的とした。調査の結果、現実世界においてバレリーナがスピン運動時に利用する「固視抑制」というテクニックが酔いの対策に有効である事を発見し、同テクニックを軸にウォークスルー向けに応用、アレンジしたカメラワークのエフェクトを提案手法の主軸とし、同エフェクトを搭載した検証モデルでアンケートを行った。結果、平均して微細ながらも確実な効果が見られ、提案する抑制手法の有効性を実証することが出来た。

検証アンケートでは論述した検証結果以外にも興味深いデータを多く得る事が出来た。例えば個別のデータから、今回最年少のB氏の計測タイムは全10名の中でかなり好記録を保持している。彼は今回の被験者の中で最も3Dウォークスルーに慣れており、平均タイムの短縮に大きな貢献を果たしている。その一方で、ウォークスルーに慣れ親しんでいない被験者の結果にはエフェクトを使った方のタイムが伸びてしまっているものもある。平均すると時間短縮には成功しているが、酔いの克服の為には「慣れ」という要素が大きな比重を占めている事が分かった。

アンケートに戻って最後の意見回答を見てみると、抑制エフェクトを使用する事でかえって混乱する場面がある、という意見がいくつか寄せられている。特に首振りカメラ補完のエフェクトBは、頻繁に辺りを見回す際に忙しく切り替わる画面が見づらく、邪魔になるという意見が複数あった。これらは今後の課題として記憶しておきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、終始熱心にご指導をいただいた渡辺 大地、和田 篤 両講師、また研究生活において多々お世話になりましたメディア学部の諸先生方、そして過酷なアンケートへの参加を快く承諾し、回答してくれた家族、友人一同に心より御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 「ハイパープレイステーション Remix vol.3」, ソニーマガジズ刊, 1996
- [2] 「3d game watcher」(現在は既に閉鎖、キャッシュページのみ)
- [3] 中川千鶴, 大須賀美恵子「VE 酔い研究および関連分野における研究の現状」日本バーチャルリアリティ学会論文集 vol.3,
<http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/tvrsj/3.2/nakagawa/vesick1.html>, 1997
- [4] 石井正則「乗り物酔いのホームページ」,
<http://homepage3.nifty.com/motion-sickness/>
- [5] 「Indoor 点心」内コラム「3D酔い。」,
<http://www1.ocn.ne.jp/~tensing/game/3d.html>
- [6] 「日経クリック」, 日経BP社, 2001
- [7] インターネット耳鼻咽喉科「耳がわるいめまいって何？」
<http://web01.joetsu.ne.jp/~yigarash/miminomemai.htm>
- [8] NTV 『必見! 目がテン! ライブラリー「科学で克服 乗り物酔い」』,
<http://www.ntv.co.jp/megaten/library/date/00/10/1008.html>
- [9] 渡辺大地「FK ver2.5.2 システムユーザーズマニュアル」
- [10] 「ゲーム・エンサイクロペディア」,
<http://zunzun.hp.infoseek.co.jp/field.shtml>,
- [11] 「GameSpot Japan」, <http://www.zdnet.co.jp/gamespot/>