

2006年度 卒業論文

インタラクティブコンテンツにおける
ペンタブレットの活用法の検証

指導教員：渡辺 大地講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト
学籍番号 M0103092
大場 辰昌

2006年度 卒業論文概要

論文題目

インタラクティブコンテンツにおける
ペンタプレットの活用法の検証

メディア学部

学籍番号：M0103092

氏名

大場 辰昌

指導
教員

渡辺 大地講師

キーワード

ペンタプレット、インタラクティブコンテンツ、入力デバイス、
3次元空間、ゲーム、操作性

コンピュータゲーム（以下ゲーム）では様々な入力デバイスが用いられている。一般的なゲームでは十字キーとボタンによって操作するコントローラーを用いる。だが特定のゲームでは専用のコントローラーが用いられている。専用コントローラーは直感的な操作と、ボタンを押す強さでは表現するのが難しい細かいデータが取得できるので、ユーザーが想定する動きを実現しやすい。本論文では操作性を、操作する対象となる物がユーザーの期待通りの動きをどの程度してくれるか、と定義し3次元空間での操作性を検証する。操作性はどれだけゲームを快適に進めることができるか、に影響を与えると重要な要素である。

一般的なコントローラーでは、3次元空間での操作は複雑すぎることもあり、操作性が悪く感じてしまう。最近では3D空間で対象物を操作するための3次元入力デバイスが開発されている。しかし、3次元入力デバイスは3DCGを制作するために作られた入力デバイスであるため、ゲームのような素早く細かい操作には向いていない。専用のコントローラーは使える内容のゲームが少ないという問題がある。

そこで本論文では筆圧感知・角度検知機能の付いたペンタプレットを3次元入力デバイスを使用することで、3次元空間内の操作性の向上を検証する。ペンタプレットの筆圧の機能を奥行き操作に利用し、角度検知の機能を操作対象物の向きに利用する。一般的なコントローラーと同じゲームをプレイすることで、操作性の比較検証を行う。

目次

第1章	序論	1
1.1	はじめに	1
1.2	論文構成	2
第2章	筆圧感知・角度検知機能が付いたペンタブレット	3
第3章	3次元空間での操作	6
3.1	ゲーム用の汎用コントローラー	6
3.1.1	プレイステーション2	6
3.1.2	ニンテンドーDS	7
3.1.3	Wii	9
3.1.4	3次元入力デバイス	10
3.2	ペンタブレットの利用法	11
3.3	金魚すくいゲーム	12
第4章	実装と検証	14
4.1	実行結果	14
4.2	検証方法	17
4.3	検証結果	17
第5章	まとめ	22
	謝辞	23
	参考文献	24

目 次

2.1	WACOM 『IntuosIII』 (©WACOM)	4
3.1	PS2 コントローラー (©SCE)	7
3.2	タッチペンを利用したニンテンドー DS の本体 (©Nintendo)	8
3.3	Wii リモコン (©Nintendo)	10
4.1	金魚すくいゲーム実行結果	15
4.2	手の動き	16
4.3	ポイと手の動きとの連動	16
4.4	それぞれのタイムの平均	18
4.5	タイム上昇の平均	19
4.6	失敗者の比率の変動	19
4.7	奥行きへの移動の実行画面	21

第 1 章

序論

1.1 はじめに

現在、コンピュータゲーム（以下ゲーム）では様々な入力デバイスが用いられている。多くの場合は汎用性の高いコントローラーを使用するが、特定のゲーム用の専用コントローラーも用いられている。例えば車を運転するゲームの場合、ハンドル型のデバイスを使用することで実際の車を運転する動きで操作できるため、ユーザーが想定する動きを実現しやすい。またハンドル型のデバイスでは、キーを押す強さでは表現するのが難しい細かいデータが取得できるので、微妙な操作が可能になる。本論文では操作性を以下のような意味として定義する。

- 操作性 = 操作する対象となる物がユーザーの期待通りの動きをどの程度してくれるか

操作性が悪い入力デバイスの場合、ユーザーの思い通りに動かせずにストレスが溜まることもある。また専用のデバイスなどは、使用用途と違うゲームで使用すると操作性が悪くなってしまう。

最近では3D空間上で対象物を動かすための、3次元入力デバイスが開発されている。複数のスティックを操作することで座標の移動や回転を表現する3次元マウス [1] や、アームの組合せで3次元座標を決定するもの [2] などがある。

これらの3次元入力デバイスは、3DCGの制作を行うためのデバイスなので、ゲームに利用する場合は不都合が生じることがある。これはゲームでは素早く細かい操作をする場面があり3次元入力デバイスは操作が複雑であったり、デバイス自体が大掛かりで移動に制限があるものもあるので、操作性が悪く感じてしまうことがある。

また最近では3次元入力デバイスを取り入れたゲーム機「Wii」[3]がある。しかし、コントローラーをテレビに向け操作をするので、腕や手の状態が安定せず、ポインタにブレが生じる事が多いため、素早く細かい操作には向いていない。

そこで本論文では筆圧・角度検知機能付きペンタブレットを3次元入力デバイスとして活用することで、限られた空間内での操作性の向上を検証する。ペンタブレットは絵を描くことをシミュレートするため[4]に作られたポインティングデバイス[5]である。そのため実際にペンで線を引くときと同じように、手首をタブレット上に置きながら操作する。この動作により、Wiiのコントローラーよりも安定した操作が期待できる。奥行き操作には筆圧を利用し、ペン先に加える筆圧に応じて操作する対象物が画面奥へ移動する。この手法を用いて、奥行きに制限がある3次元空間内での操作を実現する。また角度検知機能を利用することで、対象物への角度変化を感覚的に行えるため、操作性を良く感じることができる。本論文では、3次元空間内で素早く細かい操作が必要となる金魚すくいゲームを制作し、実際にペンタブレットを用いることで高い操作性を実現できるか検証する。

1.2 論文構成

本論文では2章で筆圧感知と角度検知機能のあるペンタブレットの詳しい機能、3章で実装するゲームの内容説明、4章で制作したゲームを使い検証を行う。

第 2 章

筆圧感知・角度検知機能が付いたペン タブレット

ペンタブレットは、板状の本体タブレット上を専用のペン型入力装置で触れることで位置座標を読み取り、コンピューターのディスプレイ上のポインタを操作する。元はコンピューターのディスプレイ端末の入力インターフェイスであるタブレットから派生したものである。

現在、ペンタブレットは様々なメーカーから発売されている。メーカーや機種によって搭載されていない機能はあるが、搭載される場合ペンタブレット独自の機能は同じである。本研究では、代表的なペンタブレットとして WACOM 製のペンタブレット「Intuos」[6] を使用する。

本体は図 2.1 のようなものである。



図 2.1: WACOM 『IntuosIII』 (©WACOM)

ペンタブレットの大きな特徴として挙げられる機能は以下の3つである。

- ペン操作による絶対座標のポインタ移動
- 筆圧感知
- 角度検知

この3つの機能は絵を描くために付けられたものである。ペインタデバイスは、誰でも一度は触ったことがあるペンの形をしているので、馴染みやすく操作しやすい。またタブレット上のx軸とy軸の座標が、ディスプレイ上での座標とリンクしているので感覚的な操作ができる。一般的なポインティングデバイスであるマウスに比べ、ペン型のデバイスにより繊細で正確に操作できるため、コンピューター上でのイラスト・絵画製作用のデバイスといえる。このポインタ操作は2次元座標上しか選択できないが、3次元モデルの制作 [7] などにも用いられることがある。

筆圧感知はペンタブレットならではの機能である。ペンをタブレットに押し付ける強さを感知する。実際にペンで紙に線を引く場合、ペンにかかる力の強弱が線の太さや色の濃さに影響する。ペンタブレットの筆圧感知の機能は、この線の

変化を再現するためのものである。筆圧の強さは、1024段階という細かいデータを取得できるため、指先の微妙なニュアンスまでも再現が可能である。

角度検知はタブレット本体に対して、ペンがどのような向きをしているのかを判定する。筆圧と同じように実際ペンで紙に線を引く場合、ペンの角度が線に変化を与える。この変化を再現するために、ペンタブレットは角度検知の機能が付いている。ペンの本体に対する角度は、垂直状態から ± 60 度まで検出することができる。また傾いている方向も取得することができる。

第 3 章

3次元空間での操作

3.1 ゲーム用の汎用コントローラー

現在、ゲームなどに用いられているデバイスは様々である。しかし、1つですべての操作を行えるような、いわゆる万能インタフェースは考えにくい[8]。もし全ての機能を詰め込んだような万能インタフェースでは、逆に使いづらいと感じられる製品となることが多い[9]。本節ではそれぞれのデバイスがどのような特徴を持ち、どのように3次元空間での操作が可能であるか整理する。

3.1.1 プレイステーション2

汎用性の高いゲームのコントローラーとして、プレイステーション2コントローラー（以下PS2コントローラー）[10]が挙げられる。このPS2コントローラーは十字キーと、10個のボタン、2本のアナログスティックによる操作をする。PS2コントローラーは図3.1のような形をしている。基本は十字キーとボタンによる操作を行う。操作対象物を移動させる場合、対象物の現在の位置からどの向きに移動するかを指定し、移動距離を入力時間で決定する。ボタンによる入力では基本的に、ボタンを押されているか放しているかの2パターンのデータしか取得できない。しかしアナログスティックにより、ボタンでは表現できないような微妙な力加減や操作を表現することができる。3次元空間の操作では、十字キーやアナログス

スティックにより操作対象物を2次元座標上を操作し、他のボタンにより奥行きを操作する。またはカメラを回転させることにより、十字キーやアナログスティックで操作できる2次元平面を回転させて操作することで、3次元空間を移動させる手法がある。この操作で斜め方向の移動や、回転しながらの移動といった動きをする時、多くのボタン操作が必要となる。これではユーザーが操作を複雑に感じてしまい操作性が低下することがある。



図 3.1: PS2 コントローラー (©SCE)

3.1.2 ニンテンドー DS

ニンテンドー DS[11] では、操作にタッチペンを利用している。タッチペンではユーザーが、ペンで画面上でタッチしている位置を取得することができる。ニンテンドー DS このタッチペンで直接的な操作が可能である。このタッチペンで操作対象物を移動させたい方向や場所などを指定することで、十字キーなどのボタン

操作よりも感覚的に操作できる。このタッチペンでデータとして取得できるのは、タッチしている2次元平面上の座標だけなので、タッチする向きや強さなど、ユーザーの細かい動作までは読み取ることができない。またタッチペン以外にも十字キーや、ボタンなどの入力デバイスも付けられている。携帯ゲーム機なので、図3.2のように入力デバイスと画面が一体となっている。

このタッチペンを利用し3次元空間上を操作する場合、カメラを回転させて視点を変更することで、タッチペンで触れる2次元平面を回転させることで操作する。しかしこの手法で3次元空間上で操作すると、回転させた2次元平面がどのような向きなのかを正確に把握しにくいために、ユーザーの期待する移動をさせにくいという欠点がある。



図 3.2: タッチペンを利用したニンテンドー DS の本体 (©Nintendo)

3.1.3 Wii

任天堂のWiiではWiiリモコンという図3.3のような入力デバイスによって、3次元の動きを読み取ることができる。ポインティングデバイスとしては、Wiiリモコンの先端部分をセンサーバーに向けることで、直接指している感覚で行うことができる。またモーションセンサーにより、傾きや動きの変化を検出を3軸で検出することができる。この機能によりユーザーの腕の動きを感知する。Wiiリモコンで取得できるデータは、3軸の角度の変化と、ポインターと画面の距離である。基本的には角度の変化によって、動きの変化を感知させ操作する。この入力デバイスでは、3次元空間を感覚的に操作をすることができる。

しかし、ポインティングデバイスとしてWiiリモコンを使用する場合、腕を画面に向けて操作する必要があるため、人間の腕のブレが伝わり、安定した操作がしにくい。このブレにより操作性が低く感じることもある。

また拡張コントローラーとしてコントロールスティックがある、ヌンチャクコントローラーを付けることができる。これにより操作対象物の細かい移動など、リモコンだけでは行えない操作ができるようになる。またこのヌンチャクコントローラーにもモーションセンサーの機能があり、1つのコントローラーだけではできないような動きも、表現することができる。



図 3.3: Wii リモコン (©Nintendo)

3.1.4 3次元入力デバイス

ここでは代表的な3次元入力デバイスとして、3Dマウスを挙げる。3Dソフトで3次元的な操作をする場合、従来のマウスではキーボードを併用するなどの必要があった。しかし3Dマウスを使うことで、マウス操作だけでX軸、Y軸、Z軸方向にカーソルやオブジェクトを移動可能となる。これにより3次元の3DCG制作ソフトや、3Dゲームなどもマウスだけで自由に操作できるようなる。マウスの前面と側面の3つのスティックで操作する。3つのスティックの動かす組み合わせによって、移動や回転させることができる。この操作は全部で12通りある。この

3D マウスは本来、3DCG などの制作のために作られた入力デバイスである。3D マウスのスティック操作で操作対象物を動かす場合、それぞれの座標軸方向への移動や回転を個別に行う必要がある。ゲームのように素早い操作が要求されるコンテンツでは、ユーザーが移動や回転を同時に操作を要求する場面がある。このような場面では3D マウスでは対応することができないため、ゲームには向いていないといえる。

3.2 ペンタブレットの利用法

既存のゲーム用デバイスでは、3次元空間での操作性に改善の余地がある。そこで本研究ではペンタブレットを3次元入力デバイスとしての操作性について検証する。2章で述べたような特徴から、ペンタブレットから得られるデータは、強さを持った3次元のベクトルといえる。3次元のベクトルは、角度がどのような方向に向いているのかを表している。ペンタブレットでは1024段階の筆圧を検知することができる。本研究で制作するゲームでは、この筆圧の半分の値である512段階のデータを取得し、ゲームに利用する。これは1024という大きな値をそのまま使用すると、ユーザーの無意識の力の変化までもペンタブレットに伝わり、逆に操作性が落ちる可能性があるからである。角度検知はペンのタブレットに対する角度を60度まで検知し、その傾いている方向を360度検知しデータとして取得することができる。この2つの角度データをゲームに利用する。ペンタブレットで3次元の動きを表現するには様々な手法がとられてきた。例としてペンの傾きによって操作種別を切り替える方式 [12] や、位置・方向・面を認識することのできる「ToolStone」 [13] という入力デバイスと併用し、操作する2次元平面を変更しながら操作するといった手法がある。本研究で制作するゲームでは、ペンタブレットから得られるデータを以下のように活用する。

- 絶対座標のポインタ移動 = 操作対象物を2次元座標上での動かす場所
- 筆圧の強さ = 奥行きへの移動距離

- 角度の変化 = 操作対象物の傾きや方向

ディスプレイ上とリンクした2次元座標上を、絶対座標で操作対象物を動かすことで、ユーザーは感覚的な操作ができる。また相対座標で動かす入力デバイスに比べて、素早く細かい操作ができる。さらに筆圧の強さで奥行きへの移動を表現することで、直感的に操作をすることができる。これは立体表示オブジェクトを操作する場面 [14] にも使われている手法である。一般的なコントローラーや、3次元入力デバイスで奥行きへの移動を操作する場合、それぞれの座標を相対座標で移動させる。操作対象物の傾きや方向は、これまでの入力デバイスではそれぞれの角度を回転させることで、期待する方向を指定していた。しかしペンタブレットの傾き検知を活用し、ペンの角度や方向を変化させることで対象物の傾きや方向を表現することで、ユーザーは感覚的に操作することができる。任天堂のWiiのリモコン型コントローラーでも同じように3次元空間を感覚的な操作ができるが、コントローラーをテレビに向け操作をするので、腕や手が安定しにくくポインタがブレやすい。ペンタブレットは手首をタブレット上に置いて操作するために、安定した操作をすることができる。そこでペンタブレットを使用することで、限られた空間の中であれば安定した直感的な操作ができるようになり、操作性の向上が見込める。

3.3 金魚すくいゲーム

本研究ではペンタブレットの3次元入力デバイスとしての操作性について検証するために、3Dの金魚すくいのゲームを制作する。金魚をすくうためのポイの動きを、ペンタブレットで操作できるゲームである。金魚すくいは水槽という範囲や奥行きに限られた空間内で行い、金魚という動くものをすくい上げるため、本研究での、限られた範囲内での操作性の向上の検証に適している。現在、金魚すくいゲーム [15][16] は何種類か存在するが、操作はマウスや3次元入力デバイスを使うもので、ペンタブレットを使用するゲームは無い。このゲームでは水の抵抗

力を考慮する。これは実際に金魚すくい [17] をする時、ポイの向きと進行方向の関係が、ポイの破れやすさに大きく関係するからである。そのためポイの向きと、角度と進行方向によるポイへの負荷を表現する。さらにポイが水に浸かっているだけで、ポイの耐久力が減っていき、ポイが破れやすくなることも表現する。これは金魚すくいのポイは紙で出来ているために、水に浸かっているだけでも破れやすくなるからである。このことから、本研究で制作するゲームでは角度などの細かい操作だけでなく、素早い動きが必要となる。制作するゲームでは水槽に対して真上からの視点で操作をし、ペンタブレットの特徴である機能を、以下のよう

- タッチする座標 = 2次元平面上でのポイの移動位置
- 筆圧の強さ = ポイを沈める深さ
- 角度の変化 = ポイの向きや、傾く角度

基本操作は筆圧を強めることでポイを沈め、金魚の下へ潜りこませ筆圧を弱めることでポイを浮かせることで、金魚をすくう動作をする。この時、ポイの角度によってポイが受ける水の抵抗が変化し、ポイの耐久力の減少率が変化する。ポイの耐久力が0になり大きな抵抗を受けることで、ポイが破ける。またペンタブレットはテーブルなどに置いて操作するデバイスである。ペン操作で力をかける方向が実際の金魚すくいと同じ下方向なので、大きな違和感は無い操作を期待できる。このユーザーの手の動きと、ゲーム上の対象物の動き、ユーザーがイメージする動きが、一致しなければ操作性が低く感じる要因になるといえる。特に金魚すくいの動きは多くの人を経験したことがある動きなので、実際の金魚すくいと同じような感覚で操作できなければ、ユーザーのイメージとの相違が生じやすく、操作性の低下の要因となると考えられる。次章で、上記に関する検証を行っていく。

第 4 章

実装と検証

本研究では、3次元グラフィックツールキットである「Fine Kernel Tool Kit」[18] を使用しプログラミングを行う。

本ゲームでは実際に操作する水槽の上からの視点のメイン画面と、自由に視点を変更し水槽の様子を見ることができるサブ画面を用意する。これはメイン画面の視点を変更すると、操作する時の感覚に大きく変化が起こってしまう。そこでサブ画面を使用することで、空間の状況を把握しやすくする。

4.1 実行結果

第3章で述べたペンタブレットを使った金魚すくいを実行すると、図4.1のようになる。

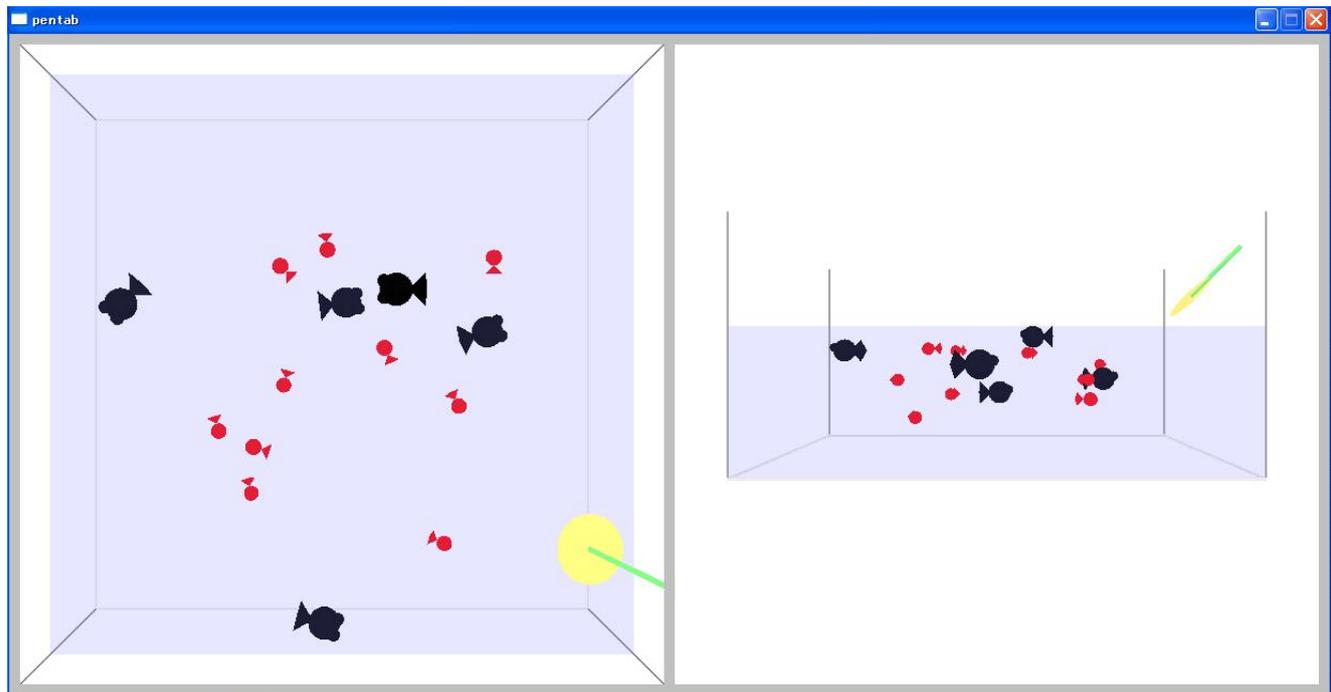


図 4.1: 金魚すくいゲーム実行結果

左側が実際にペンタブレットを使用して操作するメイン画面である。右側が水槽の空間把握をするためのサブ画面である。サブ画面は水槽をちょうど真横から見た状態になっている。メイン画面の右下に表示されている黄色い円形の物が、実際に操作するポイである。ポイに緑色の棒状の物体が付いている。これは実際の金魚すくいでは使われるポイと同じように柄の部分表現している。また柄の部分は、実際に操作するペン型入力機と同じ向きで動く。

図 4.2 と図 4.3 はペンタブレットでの操作と、ゲーム上でのポイの動きの連動を表わしたものである。

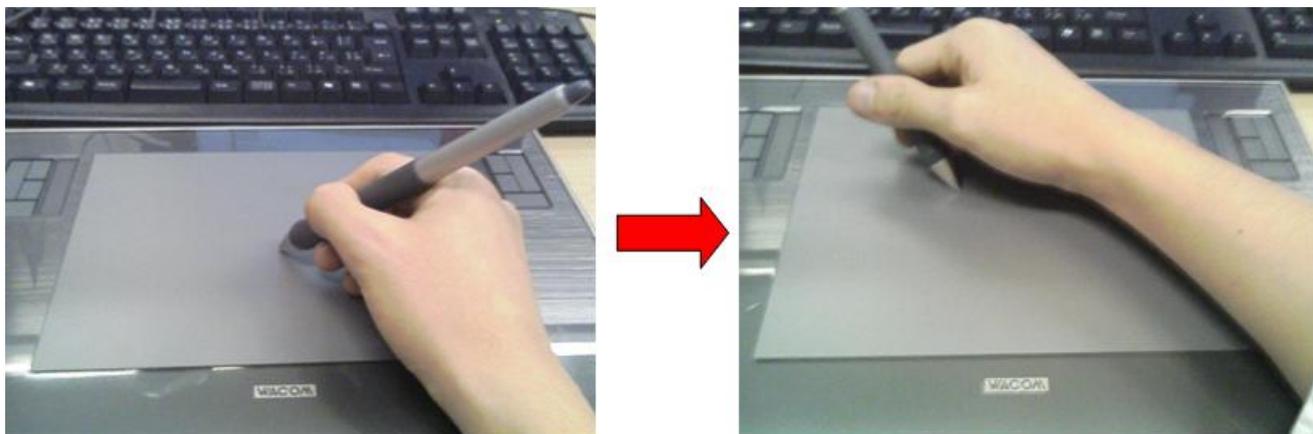


図 4.2: 手の動き

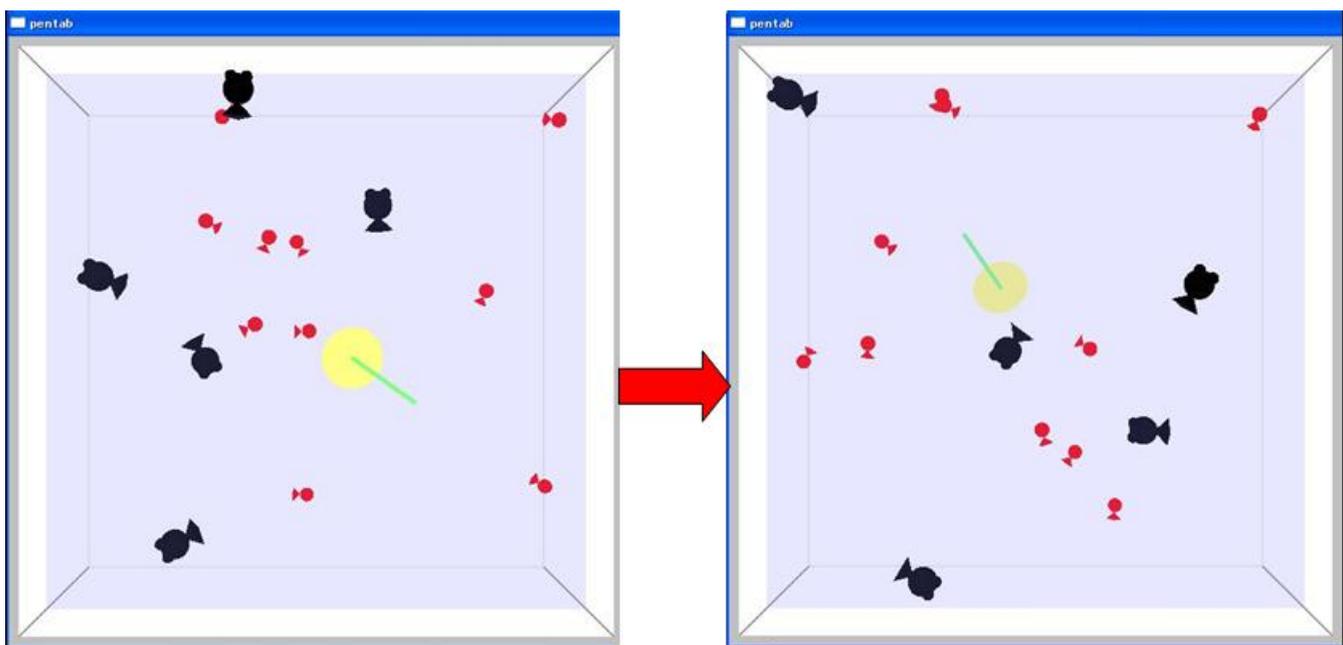


図 4.3: ポイと手の動きとの連動

このようにペンの動かす向きに対応するように、ポイの柄の部分リンクするように動くので、ユーザーは感覚的に操作することができる。この向きの変化は、実際の金魚すくいに重要となる水の抵抗力の影響に大きくかわることなので、操

作性の高さが要求されるものである。

4.2 検証方法

実際に制作したゲームを利用し、操作性の検証を進める。本研究ではペンタブレットを使うことにより、限られた3次元空間内での操作性の向上を目指すために、既存のPS2のコントローラーとの比較を行う。PS2コントローラーでの操作方法は、十字キーにより2次元平面の移動をさせる。L1、L2ボタンにより奥行きを操作する。右手で操作する、、、 ボタンとR1、R2の6個ボタンにより、それぞれの3軸による回転を表現する。この計12種類の操作を組み合わせることで、3次元空間での操作をする。2つの入力デバイスを操作し、以下の行動を行うまでの時間を計測することで、操作性の検証を行う。

- 3匹の金魚をすくい上げる
- すくい上げる金魚は自由に選択
- すくい上げる前にポイが破れた場合は、破れるまでにすくい上げられた金魚の数を数える
- 3回の検証を行い、純粋なタイムだけでなく慣れも考慮に入れる
- ペンタブレットとコントローラーを交互にプレイすることで、ゲームに対する慣れの差を小さくする

ペンタブレットを使い慣れている人と、慣れていない人を分けて検証することで、ペンタブレットに対する慣れがどれほど操作性に関わるか検証する。

4.3 検証結果

検証するにあたり、以下の4種類の人物で検証した。

- A : ペンタレットを使い慣れている。 コントローラーから先にプレイ
- B : ペンタレットを使い慣れている。 ペンタレットから先にプレイ
- C : ペンタレットに慣れていない。 コントローラーから先にプレイ
- D : ペンタレットに慣れていない。 ペンタレットから先にプレイ

これら4つのパターンの、3匹の金魚をすくい上げるルールを行った結果は以下のようになった。

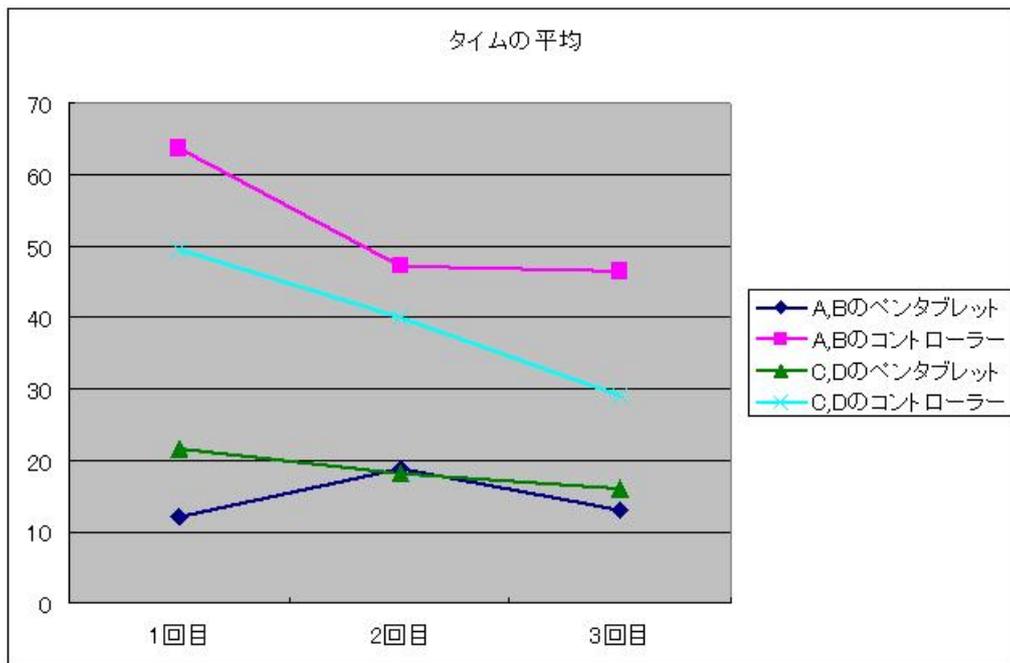


図 4.4: それぞれのタイムの平均

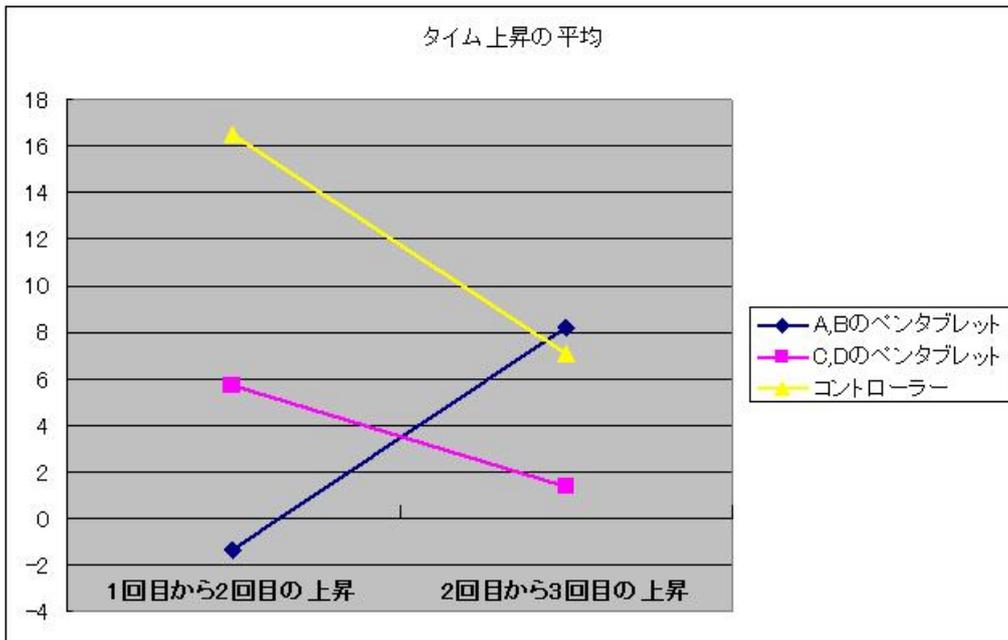


図 4.5: タイム上昇の平均

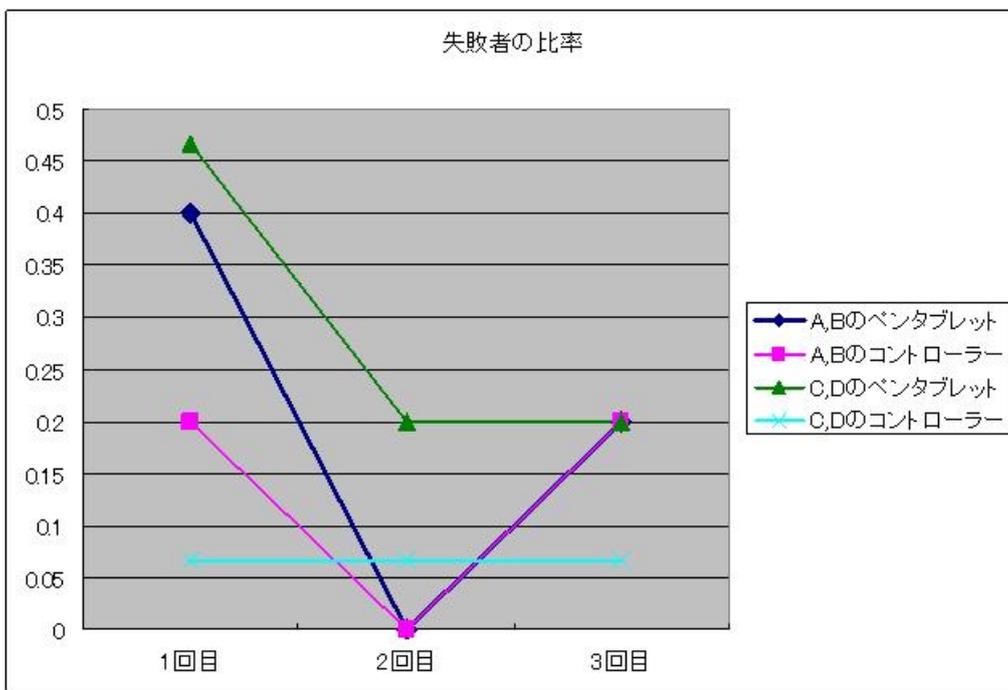


図 4.6: 失敗者の比率の変動

図 4.4 はそれぞれのプレイ回数と平均タイムの変化を表したものである。図 4.5 はそれぞれタイムの上昇値をまとめて平均化したものである。値が大きいほどタイム上昇が大きいことを表している。図 4.6 はポイが破れて失敗した人数の比率の変化をまとめたものである。値が大きいほど失敗者が多いことを表している。

どちらの入力デバイスでも、操作に慣れることでタイムは縮み、失敗者の人数も減少している。またコントローラーでは操作に対する慣れが強くみられ、2度目のプレイではタイムが大幅に上昇していた。またペンタブレットでは、早く動きすぎてポイが破れることが見られた。逆にコントローラーではプログラムで設定されている速度で動き、ユーザーが動かしたい速度に自在に変化させられるわけでは無いので、操作性が低く感じてしまう。しかし、水の抵抗を強く受けることが少ないので、ポイが破れるのも少なかった。

ペンタブレットは、ユーザーの使用経験に大きく差が出るデバイスである。本当にペンタブレットを使ったことが無い人でも、すぐに高い操作性を表現することができるとは限らない。ペンタブレットに慣れていない人は動きが大きく早い操作は出来たが、破れやすいという傾向があった。逆に慣れている人は、すぐに細かい動きが出来ていた。

またペンタブレットの場合、操作に慣れるとユーザーの力加減で、どのような奥行きで操作しているのかが、感じ取れるようになる。図 4.4 は実際に奥行きへの移動を実行している画面である。このように見た目だけではすぐには理解できない奥行きも、ペンタブレットの操作に慣れると、操作対象物がどのくらい奥にあるのか、位置が把握しやすくなる。

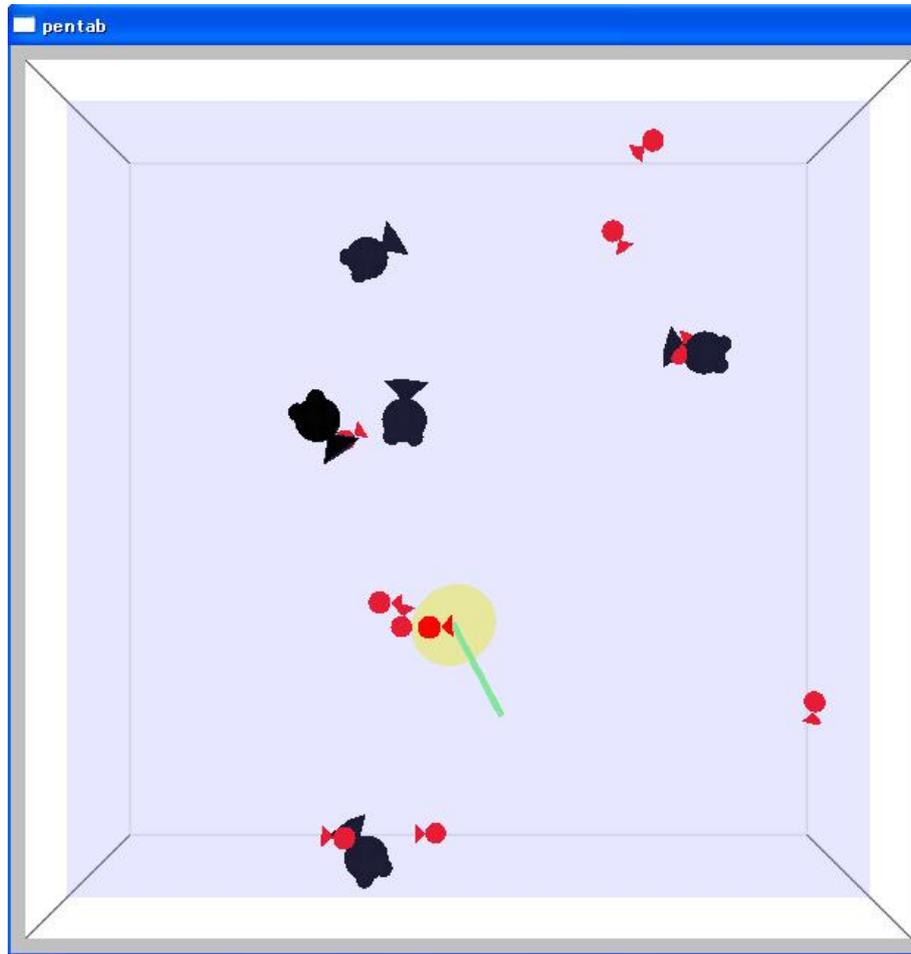


図 4.7: 奥行きへの移動の実行画面

また金魚すくいをする場合、ポイを水につけるときの、水圧を受けないように、斜め方向にポイを沈める。この動作をコントローラーで行う時、角度を少しずつ変化させながら、十字キーとLボタンを同時に操作することでポイを沈める。この手法ではユーザーの理想とする角度で動かすことが難しい。

このような金魚すくいのゲームでは、PS2 コントローラーでの操作には限界があり、ペンタブレットを用いることで操作性の向上には成功したといえる。

第 5 章

まとめ

金魚すくいのような、限られて空間内での素早く細かい操作が必要となるゲームにおいて、ペンタブレットを用いることで操作性の向上が望めた。特に本論文で制作したゲームのように早さを競う場面では、ペンタブレットでの高い操作性が高く見られた。コントローラーで操作する場合、操作対象物であるポイの動きの速さが限定されていたからである。ペンタブレットはユーザーの力加減や手の動く早さで、ポイの速度を変化できるため、感覚的で細かい操作をすることができる。しかし、早い速度で動きすぎて水の抵抗を受け失敗する場合も多く見られた。

ペンタブレットの絶対座標による操作は、ペンタブレットに触れたことが無い人には馴染みにくく、誰でもすぐに操作性が高いと感じれるものでは無かった。この問題を解決するために液晶ペンタブレットを用いての検証など、今後も操作性を高めるため研究が必要となる。

謝辞

本研究を進めるにあたりご支援、ご指導いただきました東京工科大学メディア学部の渡辺大地講師、他ゲームサイエンスプロジェクトのスタッフの皆様に心より感謝いたします。

日ごろから本研究の協力をしていただき、毎日のように相談に乗っていただいた、大学院生やゲームサイエンス研究室のメンバーに厚く御礼申し上げます。

また画像の掲載を快く承諾してくださった、各企業の方々に熱く御礼を申し上げます。

参考文献

- [1] ELECOM,M-3D1URBK, <<http://www2.elecom.co.jp/index.html>>.
- [2] SensAble technologies,FreeForm
<<http://www.purple.dti.ne.jp/freeform/>>.
- [3] 任天堂,Wii, <<http://www.nintendo.co.jp/wii/>>.
- [4] 吉井宏, タブレット&Painter Classic で絵を描こう, IDG ジャパン (2002).
- [5] All About ポインティングデバイス,
<http://allabout.co.jp/glossary/g_pc/w000135.htm>.
- [6] WACOM,IntuosIII, <<http://tablet.wacom.co.jp/index.html>>.
- [7] T. Igarashi, S. Matsuoka , H. Tanaka ,“ Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design ”, ACM SIGGRAPH '99 , pp.409-416 , 1999 .
- [8] 福本雅朗,24時間ニューリョクデキマスか? - Wearableなインタフェース、情報処理、Vol.41,No.2,pp.123-126(2000).
- [9] 樽本徹也,ユーザビリティエンジニアリング ユーザ調査とユーザビリティ評価実践テクニック , オーム社 (2005).
- [10] SONY,PlayStation.com, <<http://www.jp.playstation.com/>>.

- [11] 任天堂, ニンテンドー DS, <<http://www.nintendo.co.jp/ds/>>.
- [12] 黒木剛, 川合慧, ペンの傾き情報を利用した入力法,
インタラクティブシステムとソフトウェア VI, pp. 1-6. 近代科学社, (1999).
- [13] 暦本純一, Eduardo Sciammarella, インタラクティブシステムとソフトウェア VIII (WISS2000), 近代科学社レクチャーノート/ ソフトウェア学 vol.24,
PP.7-12, 2000.
- [14] 越智大介, 中平篤, 鈴木尚文, ”ペンタブレットを用いて
立体表示オブジェクトを操作するインタフェース”, 情報処理学会 インタラ
クション 2005,(2005).
- [15] 全国金魚すくい競技連盟, 金魚すくいゲーム,
<<http://www.city.yamatokoriyama.nara.jp/kingyo/game/index.htm>>.
- [16] Microsoft,MSN エンターテイメント ゲーム,
<<http://msn.sunmarie.com/kingyo.html>>.
- [17] 全国金魚すくい競技連盟, 楽しい金魚すくい,
<<http://www.city.yamatokoriyama.nara.jp/kingyo/sukui/fun01.htm>>.
- [18] 渡辺大地, FK Tool Kit System, <<http://www.media.teu.ac.jp/~earth/FK/>>.