

J\_026

## Haptic Device を用いたバーチャル金魚すくいの開発

## Development of Virtual Goldfish Scooping Using Haptic Device

堀 高範† 中村 徳裕† 西尾 孝治† 小堀 研一†  
Takanori Hori Norihiro Nakamura Koji Nishio Ken-ichi Kobori

## 1. はじめに

近年、コンピュータの性能が著しく向上している。それに伴い、CGの技術も進歩し、リアリティのある仮想空間を生成することができるようになってきている。そのため、水墨画や木版画などの日本の伝統文化を仮想空間上に再現する研究が盛んに行われている<sup>[1][2]</sup>。本研究では、日本の伝統文化の1つである金魚すくいに注目した。

祭りなどでよく見かけられる金魚すくいは、全国大会なども開かれており、昔から多くの人に知られている娯楽の1つである。しかし、生き物を扱うため管理が難しく、和紙を張った網(ポイ)を使用するため、大量の資源が消費されてしまう。そこで、本研究では仮想空間上で金魚すくいを行うためのシステムを開発することを目的とした。

仮想空間上に金魚すくいを再現するには、リアルタイム性と触感が重要となる。しかし、マウスなどの従来の入力機器では、金魚すくいに重要な触感を再現することはできない。そこで、本研究ではHaptic Deviceを用いることで、金魚すくいに重要な触感を再現することが可能なシステムを開発する。Haptic Deviceには、現在普及している装置の1つであるSensAble Technologies社のPHANTOM<sup>[3]</sup>を用いる。

## 2. バーチャル金魚すくい

## 2.1 システム構成

本システムは3次元デバイス、PC、ディスプレイで構成されている。3次元デバイスにはPHANTOMを用いる。また、本システムでは仮想空間の奥行きを把握しやすくし、操作性を向上させるために立体視での表示を導入した。図1にシステム構成を示す。



図1 システム構成

## 2.2 金魚の行動

金魚すくいには、金魚が取る行動やポイの紙の破れ、ポイを通して感じる触感が重要となる。

ここでは、金魚の動きの制御方法について説明する。

金魚は障害物や他の金魚を認識し、回避行動を行うかどうかを判定するための領域を持つ。この領域は、図2に示すような金魚を中心とした半径  $r$  の球体領域であり、以後これをパーソナルスペースとする。

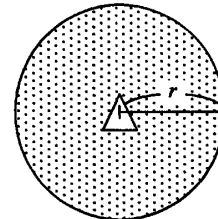


図2 パーソナルスペース

金魚は、このパーソナルスペースに障害物や他の金魚が侵入した際に、衝突を避けるために回避行動を取る。これにより、金魚は障害物や他の金魚に対する回避を行う。

回避の方法を、図3を用いて以下に説明する。

まず、金魚Aに注目した場合、パーソナルスペースに他の金魚がいるか調べる。他の金魚がいた場合、それを侵入者とする。同図(a)ではBが侵入者となる。

次にAが侵入者Bから受ける影響ベクトル  $V_B$  を生成する。影響ベクトルとは、他の金魚から受ける影響の強さと向きを示している。同図(a)の場合、Bが  $V_A$  に対して右側にいるので、 $V_B$  は  $V_A$  に対して左に生成される。

$V_B$  の大きさは式(1)より求める。

$$|V_B| = |V_A| (1 - (|V_{AB}|/r)) \quad (1)$$

$V_{AB}$ : AからBまでのベクトル

同図(b)のように  $V_A$  と  $V_B$  の合成ベクトル  $V'_A$  を生成する。 $V'_A$  を回避ベクトルとし、回避ベクトルの方向にAの進行方向を変える。

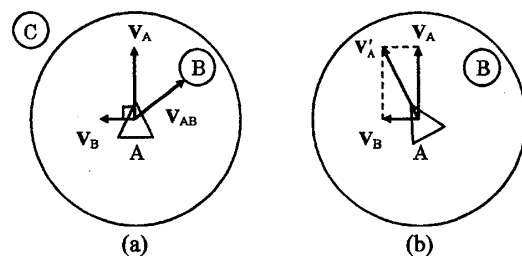


図3 回避ベクトルの生成

また、ポイがパーソナルスペース内に入った場合も、同様の方法で回避を行う。ただし、ポイに対して回避行動を取っているときは、泳ぐ速度を速くすることでポイから逃げる動作を再現する。

なお、図4のように金魚が壁に接近した場合、壁から受ける影響ベクトル  $V_w$  は、同図(a)のように壁に対して垂直に生成する。

$V_w$  の大きさは式(2)で求める。

$$|V_w| = |V_A| (1 - (dist/r)) \quad (2)$$

$dist$ : 金魚から壁までの距離

† 大阪工業大学 情報科学部

図4(b)に示すように、金魚に対する回避と同じ方法で回避ベクトル $V_A$ を生成する。

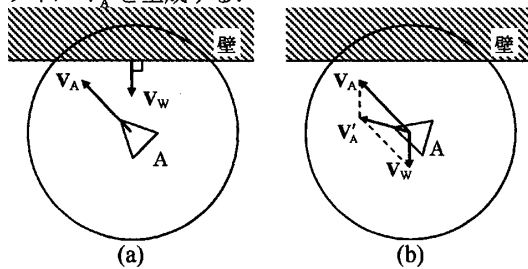


図4 壁から受ける影響ベクトル

### 2.3 紙の破れ

実際の金魚すくいでは、ポイを使い続けることでポイの紙に負荷が掛かる。その結果、ポイの紙が破れ、金魚をすくうことができなくなる。

本システムでは、以下の2つを考慮することで紙の破れを再現する。

- ① 水中の抵抗で受ける負荷
- ② 金魚をすくい上げたときに受ける負荷

ポイの紙には耐久力が設定され、上記の2つの規則により耐久力が減少する。そして、耐久力が0になったとき、ポイの紙が破れる。

#### 2.3.1 水中の抵抗で受ける負荷

水中でポイを動かしたときに受ける負荷 $D_w$ は式(3)で求める。

$$D_w = s_w |V_s| (V_D \cdot V_N) \quad (3)$$

$s_w$ は水中の抵抗で受ける基本負荷である。 $V_s$ はポイの速度ベクトルを示す。 $V_D$ 、 $V_N$ はポイの方向ベクトルと、ポイの面の法線ベクトルである。なお、 $V_D$ と $V_N$ は単位ベクトルである。

また、ポイの進行方向に対するポイの傾きによって水の抵抗を受ける面積が変わるため、負荷の大きさが変わる。そこで、 $V_D$ と $V_N$ の内積を考慮することで負荷を修正する。

#### 2.3.2 金魚をすくい上げたときに受ける負荷

金魚をすくい上げたときに受ける負荷は、すくった金魚がポイの中心に近いほど大きくなる。

金魚をすくい上げたときに受ける負荷 $D_s$ は式(4)で求める。

$$D_s = s_k (1 - (len/r)) \quad (4)$$

$s_k$ はすくい上げたときに受ける基本負荷である。式中の $len$ はポイの中心から金魚までの距離、 $r$ はポイの半径である。

### 2.4 触感

本システムでは、以下の2つを考慮することで、ユーザが感じる触感を再現する。

- ① 水の抵抗力
- ② 金魚をすくったときの触感

#### 2.4.1 水の抵抗力

水中でポイを動かしたときに、水の抵抗力 $F[N]$ を反力としてPHANTOMに与える。反力は式(5)で求める。

$$F = k(V_D \cdot V_N + a)\bar{V}_s \quad (5)$$

$k[N]$ は水の基本抵抗力である。 $\bar{V}_s$ はポイの速度ベクトル $V_s$ の逆ベクトルである

また、ポイの進行方向に対するポイの傾きによって水の抵抗を受ける面積が変わるため、抵抗力の大きさが変化す

る。そこで、ポイの方向ベクトル $V_D$ とポイの面の法線ベクトル $V_N$ の内積を考慮することで抵抗力を修正する。なお、 $V_D$ と $V_N$ は単位ベクトルである。

なお、 $a$ は抵抗力が0になるのを回避するための定数である。

#### 2.4.2 金魚をすくい上げたときの触感

金魚をすくい上げたとき、その金魚はポイの上で細かく跳ねる。それを再現するために、PHANTOMを上下に振動させ、金魚が跳ねているような触感を与える。反力は式(6)で求める。

$$F_y = a \sin(t \times x) \quad (6)$$

$a$ は振幅を示し、 $x$ は振動数を示す。 $t$ は金魚をすくい上げからの時間を示す。

### 2.5 システムの実行画面

図5に本システムの実行画面を示す。

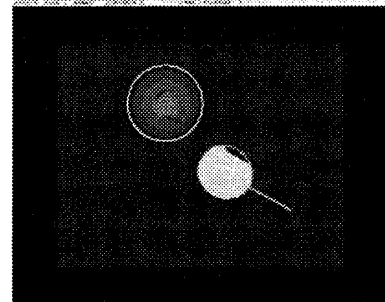


図5 実行画面

## 3. 実験

本システムの有効性を検証するために実験を行った。

15名の被験者に本システムを使用してもらい、評価してもらった。

実験の結果、全体的に見て良好な結果が得られた。

## 4. おわりに

本研究では、リアルタイムに操作可能で、触感を再現できるバーチャル金魚すくいを開発した。これにより、仮想空間上で容易に金魚すくいを行うことができるようになった。また、PHANTOMを使用し、ポイから受ける水の抵抗力や金魚をすくい上げたときの触感を再現することで、よりリアリティを向上させることができた。さらに、立体視での表現を可能とすることで、操作性を向上させることができた。

今後の課題として、ポイの動作に対する金魚の反応が機械的なので、金魚の行動の改善が挙げられる。また、実験のアンケートで、「いつ破れるのかわかりづらい」という意見が得られたので、グラフィック表示の改善が必要と考えられる。

### <参考文献>

- [1] 寺井良太, 中村徳裕, 西尾孝治, 小堀研一, “Haptic Deviceを用いた仮想水墨画システムの提案”, 電子情報通信学会総合大会予稿集, pp.291(2005)
- [2] 岡田稔, 水野慎士, 鳥脇純一郎, “モデル駆動による仮想彫刻と仮想木版画”, 芸術科学会論文誌 Vol.1, No.2, pp.74-84(2002)
- [3] SensAble, <http://www.sensable.com/>