複数ユーザに対応した吹き戻しを用いたインタラクション手法の開発

伊藤 里菜[1]　水野 慎士[1]

概要：インタラクティブコンテンツのインタフェースとして，日常的に使用する実物体をそのまま用いる手法が注目を集めている．本研究では，日常的に使用する実物体として吹き戻しに着目する．著者らは吹き戻しをインタフェースとして用いたインタラクション手法を開発してきたが，従来手法は対応するユーザの人数は一人だけであった．本研究では従来手法を改良して，吹き戻しを用いて複数人のユーザが同時にインタラクションが可能な手法を開発した．そして，複数人の同時プレイに対応したエンタテインメントコンテンツの開発も行った．本研究によるインタラクション手法の拡張により，吹き戻しを用いたインタフェースがより多彩なインタラクティブコンテンツに対応することが可能となる．

Development of Interaction Method using Blowout Whistles for Multiple Users

RINA ITO[1]　SHINJI MIZUNO[1]

1. はじめに

近年，人の操作や動きに反応するインタラクティブデジタルコンテンツに関する技術の発達に伴い，その活用の場面も大きく広がっている．このようなコンテンツにとって，ユーザの操作を取得するインタフェースは非常に重要な要素である．インタフェースは最も初期の段階ではキーボードやマウス，ジョイスティック等が用いられていたが，技術の進歩や用途の拡大に伴い，カメラでユーザのジェスチャを認識したり，音声を認識したりすることでインタラクションを行うことも一般的になりつつある [1][2].

そして，最近は日常的に使用する実物体を介してデジタルコンテンツとインタラクションを行う手法に注目が集まっている．この手法では，日頃慣れ親しんだ方法で実物体を使いながらデジタルコンテンツとのインタラクションを行うことができるため，デジタル機器に不慣れな子供や年配者も容易に扱うことができる．そのため，エンタテインメントや教育など幅広いユーザを対象とするコンテンツなどに活用されている [3][4].

[1] 愛知工業大学 情報科学部
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

このような背景の中，本研究では実物体として吹き戻しに着目する．吹き戻しは通称ピロピロ笛とも呼ばれ，玩具として屋台や駄菓子屋等で売られているが，近年は高齢者や療養者の呼吸，発声，嚥下動作のリハビリテーション器具として注目を集めており，医療目的用に改良された吹き戻しが開発されたり，トレーニング法が考案されたりしている [5][6].

そして，著者らは吹き戻しをインタラクティブコンテンツのインタフェースとして用いる手法を開発してきた [7]. この手法では，ユーザが吹き戻しを吹いて巻き取り紙が伸びたり縮んだりする状態を認識して，巻き取り紙の伸びる長さや方向を用いて様々なインタラクションを行う．そして，この手法を応用したエンタテインメントコンテンツも開発している．ただし，従来の手法では対応するユーザは 1 人だけであった．そのため，この手法を応用したインタラクティブコンテンツの用途も限定的であった．

そこで，本研究では著者らが開発してきた吹き戻しを用いたインタラクション手法について，2 人以上のユーザが同時使用に対応させる拡張を行う．そして，2 人用に対応するエンタテインメントコンテンツの開発も行う．本研究によるインタラクション手法の拡張により，従来手法では

© 2019 Information Processing Society of Japan

図 1 「ぴろぴろカメレオン」

困難であった対戦型のコンテンツの開発も実現可能となる．

2. 吹き戻しを用いたインタフェースについて

本研究で提案するシステムでは，インタフェースとして市販の吹き戻しを使用する．吹き戻し自体にはセンサ等の付属物は一切装着しない．

吹き戻しの使用方法も普通に遊ぶ場合と同じである．ユーザは吹き戻しを口にくわえて息を吹き込むことで，巻き取り紙を伸び縮みさせる．このとき，システムは吹き戻しの巻き取り紙の伸びた長さと方向を深度画像等に基づいてリアルタイムで計算する．

吹き戻しを用いたインタフェースでは巻き取り紙の伸びる長さと方向が得られるため，ディスプレイ内の的を狙って撃つような操作を実現することができる．そのため，筆者らは吹き戻しを用いたインタフェースの活用事例としてシューティングゲーム「ぴろぴろカメレオン」を試作した．このゲームは吹き戻しをカメレオンの舌と見立てている．そして，ユーザは映像が表示されたディスプレイの正面に立ち，吹き戻しを伸び縮みさせながらカメレオンの舌を操作して，飛んでくる虫を捕食する内容となっている（図 1）．

3. 実現手法

3.1 システム構成と従来手法

提案手法を実現するシステムは PC と Kinect で構成されている．Kinect は吹き戻しを操作するユーザの正面に設置する（図 2）．そして，Kinect は深度画像の取得とユーザの関節点座標の取得を行う．

ユーザが Kinect に向かって吹き戻しをくわえると，吹き戻しの先端は Kinect から見て最も近い点となる．そこで，深度画像中で最も深度の小さい点を求めることで，吹き戻しの先端位置の三次元座標 $\boldsymbol{p}$ を取得することができる．また，取得したユーザの関節点座標のうち頭部関節点を用いることで，ユーザの口の位置の三次元座標 $\boldsymbol{m}$ を取得することができる．

吹き戻しの長さは巻き取り紙を伸ばした状態でも 50cm

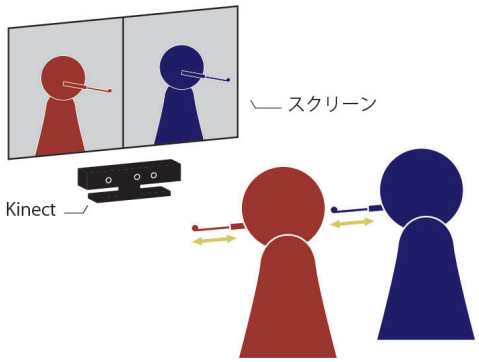


図 2 システム構成

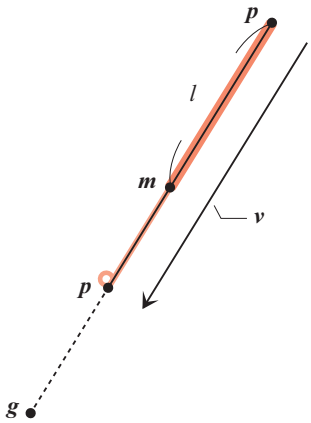


図 3 吹き戻しの伸びる長さと方向を求める要素

程度に過ぎない．そのため，吹き戻し先端の位置を仮想的に伸ばすことで，より直感的な操作が実現できる場合がある．そのため，ユーザの口の位置三次元座標 $\boldsymbol{m}$ から吹き戻し先端位置の三次元座標 $\boldsymbol{p}$ に伸びる三次元ベクトル $\boldsymbol{v}$，

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{p} - \boldsymbol{m} \tag{1}$$

を求める．そして，吹き戻しが伸びていない状態の長さを l とすると，伸びていないと仮定した吹き戻し先端位置の三次元座標 $\boldsymbol{n}$ は，

$$\boldsymbol{n} = \boldsymbol{m} + l\frac{\boldsymbol{v}}{|\boldsymbol{v}|} \tag{2}$$

と表現することができる．

巻き取り紙の伸びる長さを仮想的に k 倍とした場合には，仮想的に伸ばした吹き戻しの先端位置 $\boldsymbol{q}$ は，

$$\boldsymbol{q} = \boldsymbol{n} + k(\boldsymbol{p} - \boldsymbol{n}) \tag{3}$$

と表すことができる．

$\boldsymbol{m}$，$\boldsymbol{p}$，$\boldsymbol{v}$，$\boldsymbol{n}$，$\boldsymbol{q}$，l，の関係を図 3 に示す．

3.2 吹き戻しを用いたインタフェースの複数人同時使用への拡張

前節で述べた手法ではユーザは 1 人に限られていた．これは，吹き戻し先端位置の計算が深度画像中の最も深度の

© 2019 Information Processing Society of Japan

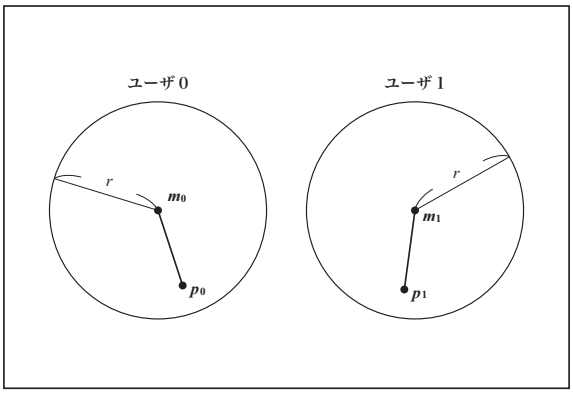


図 4　範囲を限定した吹き戻し先端の三次元座標の探索

小さい点に基づいていたからである．本研究では複数のユーザが同時に吹き戻しを使用した場合にも対応できるように，吹き戻しの先端位置やユーザの口の位置などをそれぞれユーザごとに取得するようにソフトウェアを改良する．システム構成自体に変更はない．

まず，ユーザの口の三次元位置は従来手法と同じようにKinect で取得した関節点に基づいて取得する，Kinect はユーザ別に関節点することが可能であり，ユーザ i の口の位置の三次元座標を $\boldsymbol{m}_i$ とする．

次にユーザごとに吹き戻しの先端の三次元座標 $\boldsymbol{p}_i$ を求める．ここで，吹き戻しの長さは，巻き取り紙を伸ばした状態でも 50cm 程度である．そのため，吹き戻しの最大の長さを r として，ユーザ i の口の位置の三次元座標 $\boldsymbol{m}_i$ から r の範囲内に，そのユーザが使用する吹き戻しの先端の三次元座標 $\boldsymbol{p}_i$ が存在するはずである．

そこで，深度画像の各画素について，探索範囲を $\boldsymbol{m}_i$ から r の範囲内に限定した上で，最も小さな深度値を持つ点を求める，この点がユーザ i が使用する吹き戻しの先端位置の三次元座標 $\boldsymbol{p}_i$ とする．図 4 に，各ユーザの口の三次元位置 $\boldsymbol{m}_i$ に基づいて，範囲を限定しながら吹き戻しの先端の三次元座標 $\boldsymbol{p}_i$ を探索する様子を示す．

$\boldsymbol{p}_i$ と $\boldsymbol{m}_i$ が得られれば，ユーザ i の吹き戻しの伸びる方向を示すベクトル $\boldsymbol{v}_i$，吹き戻しが伸びていないと仮定した先端三次元位置 $\boldsymbol{n}_i$，巻き取り紙の伸びる長さを仮想的に k 倍とした場合の吹き戻しの先端位置 $\boldsymbol{q}_i$ は従来手法と同じように求めることができる．

3.3　フレームごとの比較による誤認識低減

ユーザ同士が接近して並んで立っており，同時に吹き戻しを使用していた場合には，吹き戻しの誤認識が起こる場合がある．一方のユーザが他方のユーザのいる方向に向かって吹き戻しを伸ばした場合，吹き戻しの先端位置が他ユーザの認識範囲内に入ってしまうためである．

これを防ぐため，フレームごとに吹き戻しの伸びる方向 $\boldsymbol{v}_i$ を調べる．ユーザが吹き戻しを伸ばした状態で吹き戻しの方向を大きく変えるという動作をしない限り，吹き戻しが伸びる間に $\boldsymbol{v}_i$ の方向は大きく変化しない．一方，誤認識によって吹き戻し先端位置 $\boldsymbol{p}_i$ の所属がユーザ i から切り替わった場合，$\boldsymbol{v}_i$ の方向は大きく変化する．そこで，現フレームおよび前フレームで得られた 2 つの $\boldsymbol{v}_i$ がなす角度を求める．角度がしきい値よりも大きい場合，誤認識が発生したと判断して，そのフレームの情報は不採用とする．

4.　実験

4.1　提案手法の検証

提案手法の有用性を検証するため，2 人のユーザが同時に吹き戻しを使用しながら，各ユーザが使用する吹き戻しの伸びる長さと方向が正しく取得できるかどうかの実験を行なった．

まず，各ユーザの関節点を取得して，それぞれの口の位置の三次元座標 $\boldsymbol{m}_0$，$\boldsymbol{m}_1$ を求めた（図 5(a)）．そして，各ユーザの口の位置に基づいて探索範囲を限定しながら，深度画像が局所的に最も小さな深度値を持つ点を求めた．得られた点 $\boldsymbol{p}_0$，$\boldsymbol{p}_1$ は各ユーザが使用する吹き戻しの三次元座標に一致した（図 5(b)）．そして，各ユーザに対して得られた 2 つの点を用いることで，吹き戻しの伸びる長さと方向をユーザ別に得ることができた（図 5(c)）．

4.2　コンテンツ制作

提案手法の実用性を検証するため，吹き戻しの特性を生かしたコンテンツを 2 つ制作した．

4.2.1　ぴろぴろブロック崩し

1 つ目のコンテンツは，画面に表示されるいくつかのブロックに吹き戻しで狙いを定めて壊すコンテンツである．図 6 にコンテンツの画面を示す．

初めの状態ではスクリーンのゲーム画面には多数のブロックが配置されている．ユーザはスクリーンの前に立つと，ユーザ自身がスクリーンに表示される（図 6(a)）．

そして，ユーザはブロックに狙いを定めて吹き戻しを伸ばす．このとき，画面に表示されたユーザの口から舌が伸びて表示される．舌をブロックに複数回数回当てると，ブロックを壊すことができる（図 6(b)）．そして，画面中のユーザの頭の部分には壊したブロックの個数が表示される．

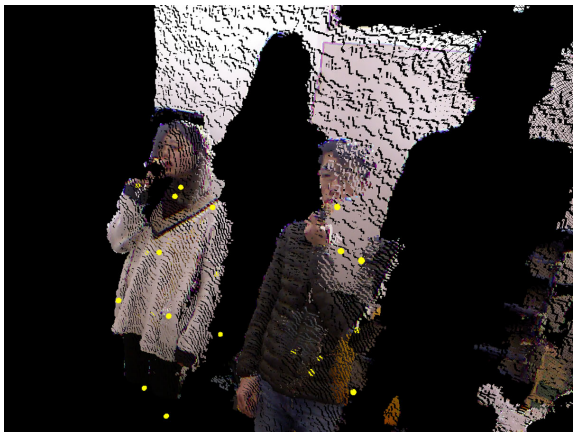
このゲームは 1 人でプレイするだけでなく，スクリーンに入りきる人数まで同時にプレイすることができる．画面サイズの制限から，実質的には 3 名程度の同時プレイが可能である．

実験では，2 人のユーザの場合，各ユーザを識別しながら同時にプレイできることを確認した．また，3 人ユーザの場合でも問題なくプレイできることを確認した．

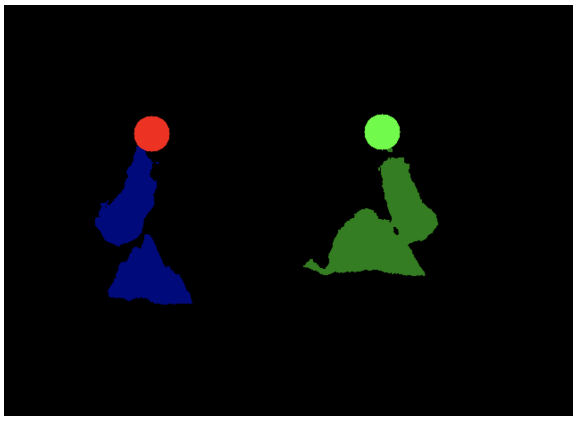
4.2.2　ぴろぴろアイスクリーム

2 つ目のコンテンツも吹き戻しの巻き取り紙を舌見立て，画面内に表示されるアイスクリームを舐めて競うゲームである．このゲームは 2 人用コンテンツである．

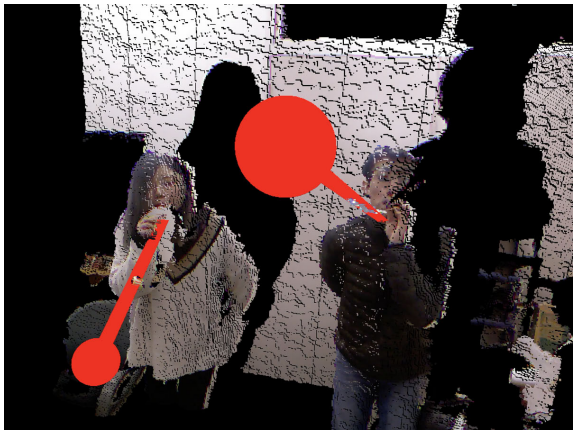
© 2019 Information Processing Society of Japan



(a) 各ユーザの関節点



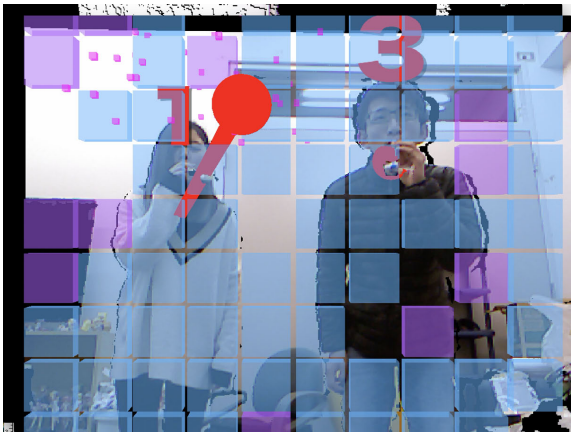
(b) 探索範囲限定で得られた各ユーザの吹き戻し先端座標



(c) 各ユーザの吹き戻しの伸びる長さと方向の取得

図 5 2 ユーザによる吹き戻し同時使用の実験の様子

(a) 2 人のユーザの前に配置された多数のブロック



(b) 吹き戻しでブロックを破壊している様子

図 6 「ぴろぴろブロック崩し」

図 7 「ぴろぴろアイスクリーム」

ゲーム画面は左右に分割されており，各画面にはアイスクリームが表示されている．2 人のプレイヤーはそれぞれ自身の正面に出現したアイスクリームに狙いを定め，吹き戻しを吹いて巻き取り紙を伸ばす．これにより，画面中のアイスクリームが舐められる．アイスクリームは全部で 15 マスに分かれており，全てのマスを早く舐めきった方が勝ちとなる．このとき，アイスクリームを下方から先に舐めてしまうとアイスクリームがバランスを崩して落ちてしまう．そのため，ユーザはアイスクリームにきちんと狙いを定めながら，相手に負けないように早く舐めなければならない．

なお，このゲームのプロトタイプは東京ゲームショウ 2018 に展示しており，来場者に実際に体験してもらった (図 7)．

5. まとめ

本研究では，吹き戻しを利用して 2 人以上のユーザに対応したインタラクション手法を開発した．複数のユーザが同時に吹き戻しを使用している場合，関節点検出で求めた

© 2019 Information Processing Society of Japan

各ユーザの口の座標位置を使用することで，深度画像から吹き戻し先端位置を検出する際に探索範囲を限定した．これにより，各ユーザが使用する吹き戻しの先端位置を個別に取得することが可能となった．そして，従来手法と組み合わせることで，各ユーザの吹き戻しの伸び縮みをリアルタイムで取得することが可能となった．

そして，提案手法を用いたゲームコンテンツを制作した．提案手法では従来手法を複数ユーザの同時使用に拡張することを実現しており，コンテンツの応用範囲を広げられると思われる．

今回は応用コンテンツとしてエンタテイメント向けのゲームコンテンツを制作したが，今後はリハビリテーションなど医療目的のコンテンツも開発する予定であり，トレーニングにおけるインタラクティブコンテンツの有用性の検証もする予定である．

参考文献

[1] 根本祐也, 中島克人, “単眼カメラによるハンドジェスチャー認識のための高速手指検出”, 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, 2-78, 2014.

[2] 内藤将司, 水野慎士, “カルタを使ったデジタルコンテンツの提案”, 情報処理学会 DICOMO2013 論文集, pp. 2151–2156, 2013.

[3] 近藤菜々子, 水野慎士, “スケッチブックでのお絵描きを三次元 CG で拡張する映像ツールの提案とその実現方法”, 情報処理学会論文誌・デジタルコンテンツ, Vol. 1, No, 1, pp. 1–9, 2013.

[4] 志賀若奈, 鈴木優, “折る行為を楽しむための折り紙遊び支援ツール”, 情報処理学会インタラクション 2016 論文集, 2C59, pp. 716–717, 2016.

[5] 相川佳代子, “吹き戻しを使った呼気トレーニングの効果”, リハビリテーション・ケア合同研究大会講演集, O92-01, 2017.

[6] 大森幸美, “嚥下機能に対する最長呼気持続時間測定の有用性”, 理学療法学 Supplement, Vol. 39, Suppl. No. 2, Db0565-Db0565, 2012. （参照 2011）.

[7] 浅井俊樹, 榊原拓実, 水野慎士, “吹き戻し笛を利用したインタラクションの提案”, 情報処理学会インタラクション 2017 論文集, 3-503-17,pp. 736–738, 2017.

© 2019 Information Processing Society of Japan