

水を用いたマルチディップインタフェース

池田道弘^{†1} 平川正人^{†1}

様々な形態のユーザインタフェースが提案されるなか、本論文では水を媒体に用い、入水した複数の手指等の動きジェスチャによる操作を許すマルチディップインタフェースを提案する。システムは、透明なアクリル製の水槽の周囲に青色 LED アレイを設置した操作部と、そこで行われるユーザのジェスチャを捕捉する 2 台のカメラ、水面にコンピュータからの情報を提示出力するプロジェクタからなる。媒体に水を用いることにより、水平方向に深さ方向の動きを加えた三次元的な操作が可能になる。水とアクリルパネルの屈折を考慮することで、物体の位置検出が精度良く行えることを評価実験により示す。また、いくつかのアプリケーションについて述べる。展示会でを行ったデモンストレーションでは、小学生や幼児を含む総来場者約 5,000 人の 2 割の関心を引いた。

A Multi-dip Interface with Water

MICHIHIRO IKEDA^{†1} and MASAHITO HIRAKAWA^{†1}

In this paper, we propose a multi-dip interface which uses water as a medium of interaction and allows the user to draw gestures in water. The system consists of a transparent acrylic tub that is filled with water, two video cameras that catch user's gestures, a video projector that sends information from computer onto the water, and a PC. The user communicates with the system by not only a touch on water but motion in depth direction, having tactile feedback characteristics. Experiments showed that performance of position sensing is reasonably good by considering refraction of materials. We explain several applications of the system. In an exhibition of the system to the public, around 1,000 out of 5,000 visitors including young children enjoyed interacting with the system.

^{†1} 島根大学
Shimane University

1. はじめに

文字ベースでの操作が強いられたコンピュータ開発当初、コンピュータは主にビジネスでのみ使用されていたが、GUI の登場によりコンピュータは利用者にとって身近となり、またハードウェア技術の進歩による生産コスト低減のおかげで、今日ではコンピュータは日用品になっている¹⁾。

このようなコンピュータ利用場面の拡大にともない、ユーザインタフェースは単にマウスとキーボードだけの限られた対話様式から、マルチモーダルなものに進化しつつある^{2),3)}。マルチモーダルインタフェース技術としては、音、視線、フォースフィードバック、匂い等の利用可能性が議論されているが、特にジェスチャを用いるユーザインタフェースの普及が目覚ましい。これについては古くは(ペン)タブレットがあるが、最近ではタッチパネルを用いた多点タッチ方式の携帯端末への導入が加速している。また、Microsoft 社の Surface⁴⁾ や MERL の DiamondTouch⁵⁾ のようなテーブルサイズのマルチタッチインタフェースも登場している⁶⁾。

このようなタッチパネルの実用性はきわめて高いが、一方で、パネルという制約から 2 次元平面での操作に限られる。さらに自然な対話形式を追求し、人間の意識からインタフェースを見えなくすることは価値がある^{7),8)}。

そこで本論文では、水を媒体に用いたユーザインタフェースを提案する。水は人間が生活するうえでなくてはならないものであり、非常に身近で親しみやすい存在である。水を媒体に用いることにより、既存のインタフェース機器とは異なり媒体が変形するため、水中での三次元的な操作を行うことができ、今までにない新たな応用が生まれることも期待できる。

水中に入水した物体領域の検出にあたっては、光の全反射(現象)を利用している。そのため、環境光やシステムに設置したプロジェクタによって水面に投影される映像の影響を最小限に抑え、入水物体の領域を効率良く検出することができる⁹⁾。また、水平方向の領域検出だけではなく、2 台のカメラを設置することにより、深さ方向の情報もあわせて獲得することができる。

ここに至る段階として、木製の桶とその上部にカメラとプロジェクタを設置したシステムを構築し、桶に張った水に手を差し込み、ユーザが水をすくう動作の捕捉を実現した¹⁰⁾。桶に投影されたオブジェクトを両手ですくうことにより選択操作を行うことができる。しかしながら、このシステム構成にあっては、手領域の抽出は(肌)色で処理しており、そのため肌の色や周囲の環境光等によって認識率が大きく影響を受けた。実際に、手領域が正しく

検出できない場合や、背景の一部を手領域として検出してしまう等の問題が発生することがある。この欠点を改善するべく、本研究の主たる提案の1つである、水の全反射を用いた手指等の入水物体の抽出を考案するに至った。また、この第1版では深さ方向の検出機能は実装されていない。

2. 関連研究

本研究と同様に、水をインタフェースの媒体としたシステムの研究事例を紹介する。

ユーザが手で水に触れることにより、音と映像が変化するインタラクティブ・アート作品として、おとぶかり¹¹⁾がある。円形の容器の中に注がれた白濁水にプロジェクタから映像が投影され、ユーザの水面に手をかざす動作を検出し、音を鳴らすとともに投影された映像に変化を引き起こす。動作認識の面では、利用者の背面上方に設置されたカメラを用いて手の動きを捕捉しているが、そこでは器の上に手をかぶせるといった大まかな手の動作が認識されるにすぎない。

水をひしゃくですくうことにより操作を行うインタラクティブ・アート作品として、The Floating Words¹²⁾がある。観客が作品に備え付けられたマイクに向かって発した言葉が音声認識され、水を張った小さなプールにその文字が現れる。さらに、ひしゃくを用いて水に浮かぶ文字を突いたり、かき混ぜたりすることで、文字に変化を与えることができる。この作品では、専用のひしゃくを用いてのみ操作できるようになっており、手指や他の様々な物体で操作できる本システムとは異なる。

文献13)は対話メディアとして水を用いることを提案している。水に触れることでシステム操作を行うという点では共通するが、そこでは水という物質が持つ特性や振舞い(たとえば渦)に主眼が置かれており、インタラクションに主たる関心を向ける我々のアプローチとは方向性が異なる。

これらの試みは、深さ方向の情報についてはいずれも認識対象とされておらず、我々の研究の顕著な新規性がそこにある。一方、水に触れることでシステム操作を行うという点で、我々が提案するシステムと共通性があるが、そこでの操作の検出方法は様々である。本研究では、特別な装置を手にすることなく、素手で操作を行うことができるインタフェースを実現することを目的としている。つまり、インタフェースとしての実用性と、水という人間の生活に密着した素材を利用した親しみやすさ、水と触れ合う楽しさといった機能を兼ね備えるシステムを提案する。

3. システム概要

提案するシステムの外観を図1に示す。本システムはPC、アクリル製水槽、青色LEDアレイ、ビデオカメラ2台、プロジェクタから構成される。アクリル製水槽は500×370×100mmのサイズで、台によって高さ780mmの位置に固定されている。水槽の側面には図2に示すような、約1cmおきに計156個の青色LEDが一行に並べられた発光体を設置しており、この青色光が水中に投光されるようになっている。また水槽の裏面には、プロジェクタから投光された映像を投影するための特殊フィルムを貼付している。WEBカメラ2台は水槽を底から見上げるような形で設置されており、水槽との距離は640mm、カメラとカメラの間

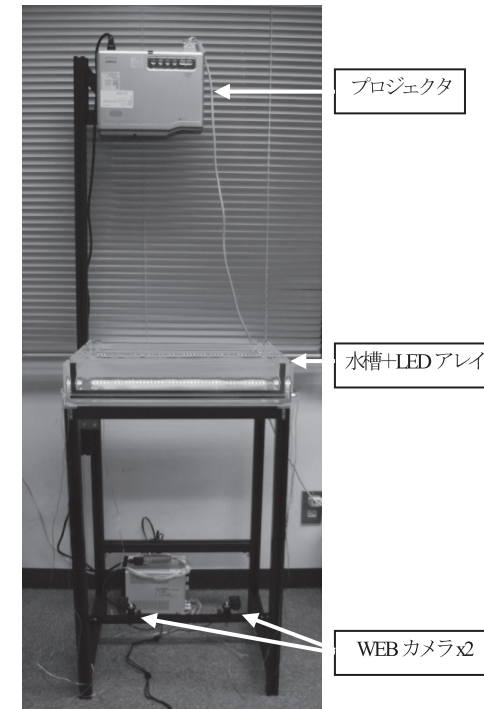


図1 システム外観
Fig. 1 System setup.

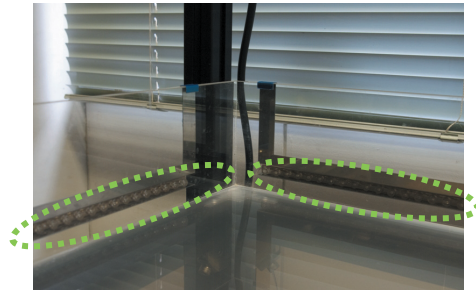


図 2 青色 LED アレイ
Fig. 2 LED arrays.



図 3 システム使用風景
Fig. 3 System in use.

の距離は 320 mm である。これら 2 台のカメラを用い、三角測量法によって、入水物体の深さ方向の位置推定を行う。実際のシステム使用風景を図 3 に示す。

水槽の 4 つの側面に固定された LED アレイから投射された光は、水中に入射し、水面および水槽底部において全反射を繰り返しながら反対側に突き抜ける(図 4)。このとき、青色光は水中のほとんどの部分を様々な角度で網羅的に通過している。この状態で水中に手等の物体を浸すと、水中を通過していた青色光は物体に遮られて物体表面で拡散する。この拡散した光を水槽の下に設置したカメラで撮影し、画像処理することによって入水した物体の領域を検出する。このアイデアは、パネル媒質中に閉じ込められた光を、指で媒質を押し

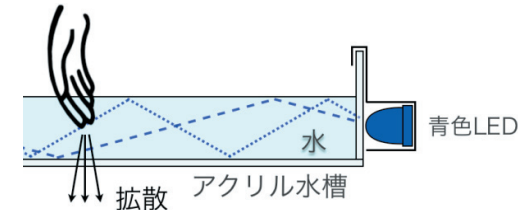


図 4 光の全反射を利用した物体認識
Fig. 4 Object sensing through total internal reflection.

えることで拡散させ、その拡散光を検出することによってパネル上の指接触位置を検出するという文献 14) のアプローチに基礎を置く。

カメラとプロジェクタは正対するように設置されており、プロジェクタの強力な投影光が直接カメラに照射されるため、そのままではカメラの露出が適正に設定されない。そこでカメラ前面とプロジェクタのレンズ前方には、それぞれ 90 度回転させた偏光フィルタを設置している。プロジェクタから投射された光はレンズ前方に設置された偏光フィルタにより偏光され、カメラの前面に設置した別の偏光フィルタにより、プロジェクタから投射された光の多くは遮られる。一方、プロジェクタの投影光以外はカメラ前面の偏光フィルタにより偏光になってしまうが、認識に十分な情報が偏光フィルタを通過する。このようにすることにより、プロジェクタの投影光による影響を最小限に抑えつつ、入水状態にある手指等の動作を安定的に捕捉することができる。周辺光についてはその影響を無視できないが、システムに用いている青色 LED の発光色に注目した領域抽出を行えばよいことから、一般的な肌色抽出と比べて抽出精度が改善されることを実験的に確認している。

システムの構造から、カメラでは入水状態にある物体のみ追跡する。図 5 に例を示す。ユーザが水面より上で行った動作は無視され、あくまでも水中での物体の動きの範囲でシステムに指示を与える。その際、追跡できる物体数は 1 つである必要はなく、水に浸けた複数の物体領域を追跡することができる。この意味で、マルチディップ (multi-dip) と呼ぶ新たなインタフェースを実現している。

なお、追跡対象の物体は手指に限られない。LED の発光色である青色光を吸収する黄または黒系以外の色であれば任意の物体を用いることができる。透明な物体については形状に依存する。基本的には、LED 光を拡散するような形状物については領域を取得することができる。たとえば透明な球の場合、入水周辺部は領域取得できるが、中心部については領域として認識されない。これは球内部では LED 光が単に通過状態にあるためと考えられる。

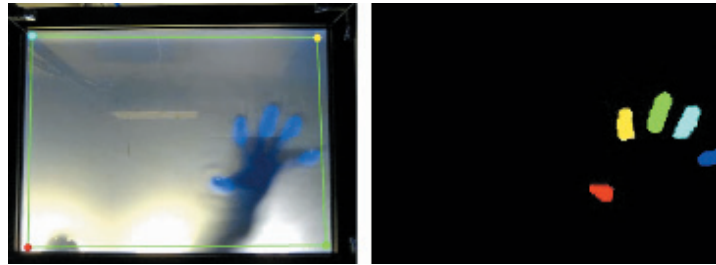


図 5 マルチディップインタフェース
Fig. 5 Multi-dip interface.

同様にして、板状の透明素材については検出が困難である。

4. 屈折率を考慮した位置座標の獲得

先行研究⁹⁾では2次元平面での入水位置のみを検出しており、ボリュームという属性を備える水の特性を十分に活かしてきれていなかった。本研究では、カメラを2台設置し、それぞれのカメラから取得した座標を基に三角測量法を用いることにより、カメラと入水した物体との距離を測定し、カメラと水面までの距離との差から、入水深さの推定を行う。しかしながら、カメラと入水物体との間には空気、アクリル板、水といった、それぞれ屈折率の異なる物質が介在するため、カメラと物体との角度から単純に三角測量法を適用することはできない。

物体の屈折率の違いによる角度の変化はスネルの法則から求められる。また、カメラと水槽の距離、水槽の厚さは既知の値のため、これらを基に距離の補正を行う。

まず入水物体を抽出するにあたっては、カメラから取得した画像をRGB表色系からHSV表色系に変換し、入水物体の存在によって拡散した青色光を抽出して2値化する。次に、2値化された領域ごとにラベリングを行い、各領域の重心点を求める。

続いて、各領域の重心点の平面座標 (i, j) から、入水物体がカメラの中心軸となす角度を求める(図6参照)。なお、記述を簡略化するため、 x 軸方向に限定して議論を進める(以下、同様)。システムで用いたカメラは視野角 75° 、画像サイズ 640×480 であることから、角度 θ_A は単純には次式(1)によって求められる。

$$\theta_A = \tan^{-1} \left(\frac{320 - i}{320} \tan 37.5^\circ \right) \quad (1)$$

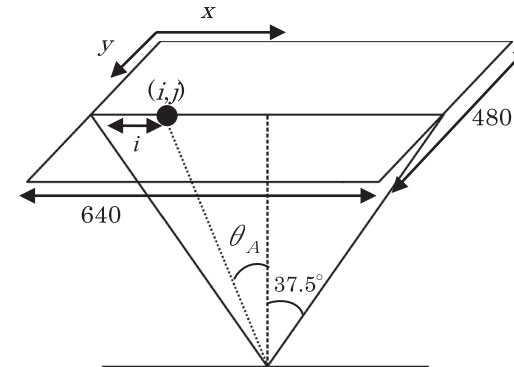


図 6 物体とカメラの位置関係
Fig. 6 Spatial relation between object and camera.

ただし、式(1)によって求められるのは、屈折してカメラに到達した拡散光の角度であり、屈折率の違いによる光の屈折を考慮する必要がある。カメラから入水物体までの間には、空気、アクリル、水が介在しており、それぞれの真空に対する屈折率は空気 1.0003、アクリル 1.49、水 1.3334 である。

ここで図7に示すように、空気中から角度 θ_A でアクリル板に入射したとき、屈折角 θ_B はスネルの法則より以下の式(2)のように求まる。ここで n_A, n_B はそれぞれ空気、アクリル板の屈折率である。

$$\sin \theta_B = \frac{n_A}{n_B} \sin \theta_A \quad (2)$$

同様に、アクリル板から角度 θ_B で水中に光が入射したとき、水中での屈折角 θ_C は水の屈折率 n_C を用いて求められる。また、カメラから水槽までの距離は 640 mm、アクリル水槽の厚さは 5 mm であり、カメラ中心点から水への入射点までの xy 平面上の距離 d は $640 \tan \theta_A + 5 \tan \theta_B$ で求められる。

これらのことをふまえ、左右のカメラ C_L, C_R のそれぞれについて、カメラ中心点からの水平方向距離 d_L, d_R および屈折角 θ_{CR}, θ_{CL} を求め、それらに三角測量法を適用し、最終的にアクリル水槽底部から入水物体までの距離 h を算出する。

xy 平面上での水平方向位置についても同様に、前述した光の屈折と三角測量を x, y 軸それぞれに対し計算を行い、その結果から位置の推定を行う。

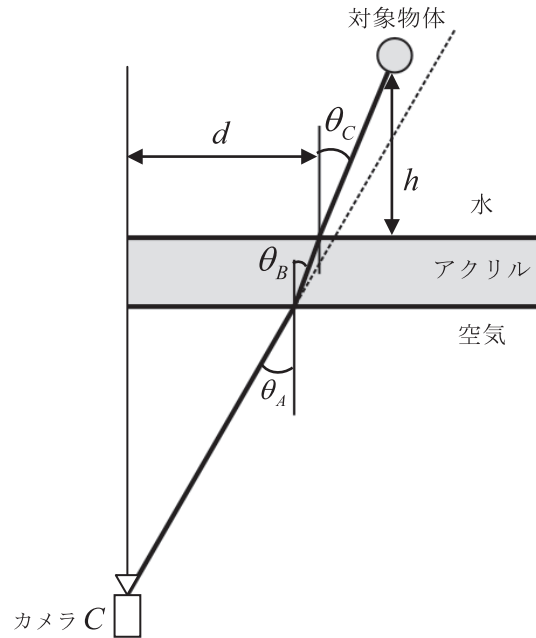


図 7 屈折を考慮した距離推定

Fig. 7 Determination of distance with consideration of refractive indexes.

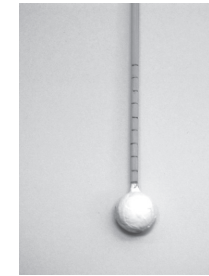


図 8 実験用物体

Fig. 8 A tool for experiments.

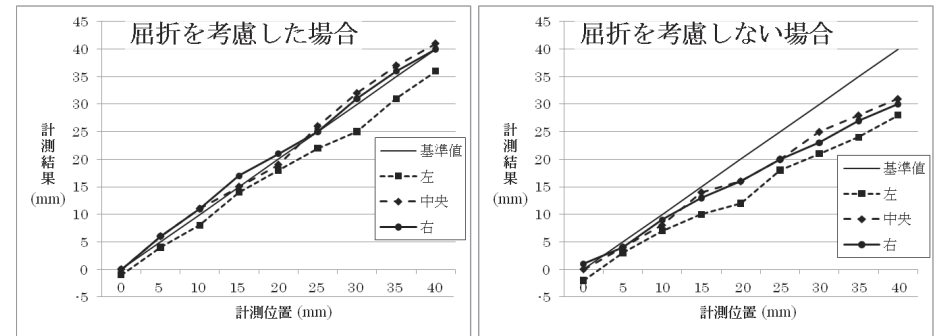


図 9 実験結果

Fig. 9 Experimental results.

なお、ステレオカメラ画像中に複数の対象領域が存在する場合、それらを同定する処理が必要である。この処理にあたっては、重心位置の距離の総和が最小となる組合せをペアとして選出する。

5. 評価実験

5.1 予備実験

入水物体の深さ推定精度を検証するための実験を行った。まず予備実験として、媒質の屈折を考慮した場合と屈折を考慮しなかった場合の測定精度の比較を行った。

実験では、図 8 に示すような直径 15 mm の鉛玉に白色の塗装を施した物体を使用した。この鉛玉に棒を取り付け、任意の深さに調節できるよう、5 mm ごとに印をつけ、検出対象として用いた。

また、水槽の上に、水槽の中心点およびそこから長辺方向に 40 mm 離れた左右 2 点の計 3 か所に穴をあけた台を設置し、棒が垂直になるように物体を台に固定した。中央の測定点に固定した鉛球が水槽底部に接した状態を基準 (0 mm) とし、これに合わせて必要なカメラパラメータ等を設定した後、0 mm から 40 mm まで 5 mm 刻みで測定を行った。左右の測定点での計測実験実施にあたっては、先に設定したパラメータを変更することなく、中央個所の場合と同様に、0 mm から 40 mm まで 5 mm 刻みで測定を行った。

結果を図 9 に示す。屈折を考慮した場合は基準値に沿った変化が確認できたが、屈折を考慮しない場合には、深さ 20 mm あたりから次第に誤差が大きくなり、深さ 40 mm の時点で平均誤差は 10.3 mm となった。同じく 40 mm 深さにおいての屈折を考慮した場合の平

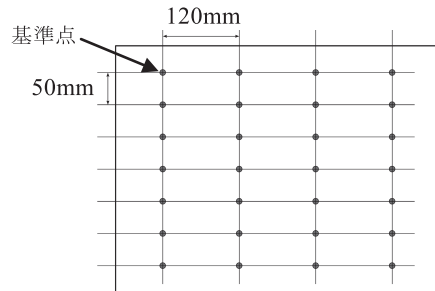


図 10 計測位置
Fig. 10 Measuring points.

均誤差は 1.0 mm であり、その差は 9.3 mm であった。

一方、カメラを用いた画像処理を行う場合、カメラ画像のレンズひずみによる問題や、ステレオカメラの設置精度等は計測誤差を生む原因となる。本研究では、画像処理に OpenCV を用いており、レンズのひずみやステレオカメラ画像間の平行化等の問題は OpenCV 提供の関数を用いてできる限り除去している。しかしながら、パラメータの設定限界やカメラの光軸がずれている場合には、水槽内の場所によって誤差にばらつきが生じてしまう。

水槽の面方向での誤差ばらつきを求めるべく、図 10 に示すような 7 行 4 列の計 28 カ所で改めて計測実験を行った。水槽のある 1 つの隅を基準点としてとらえたとき、誤差の大きさは水槽の対称方向の隅に向けて順次拡大するものと見ることができた。具体的には、基準点でカメラパラメータを合わせたとき、対称方向の隅では深さ方向の誤差は 5.0 mm となった。このことをふまえ、水槽面の各個所での誤差を差し引きして補正を行った。

5.2 本実験

予備実験と同様の計測手法を用い、7 行 4 列のデータ測定点について最終的な測定誤差を求めた。結果を図 11、図 12 に整理する。

図 11 は平面 (xy) 方向の座標の誤差であり、プラス方向の誤差の最大値は x 軸、y 軸方向ともに 2.4 mm、マイナス方向の誤差最大値は x 軸方向で -2.0 mm、y 軸方向で -3.0 mm となった。誤差の中位点は x 軸方向 0.24 mm、y 軸方向 0.27 mm であった。

一方、深さ方向の計測誤差結果については図 12 に示すとおり、実際の値よりも大きめに表れている。9 通りの深さ測定点のいずれにおいても、ほぼ同様の誤差発生パターンが見られ、深さ方向の誤差の全体での平均は 1.1 mm であった。

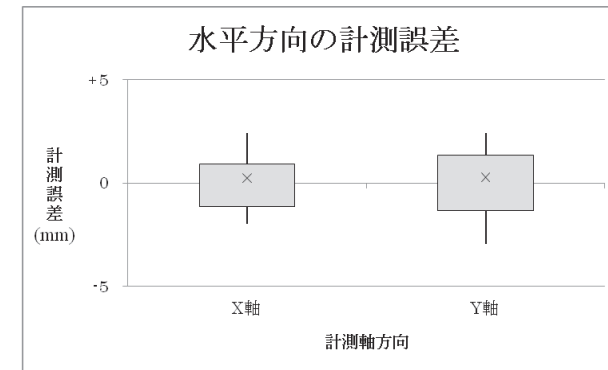


図 11 水平方向の計測誤差
Fig. 11 Errors in horizontal direction.

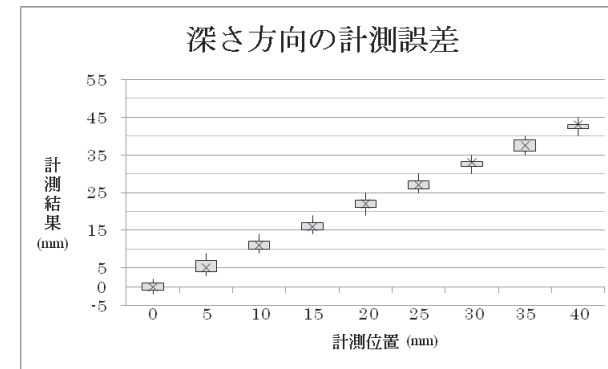


図 12 深さ方向の計測誤差
Fig. 12 Errors in depth direction.

5.3 考察

対象を選択する方法として、マウスやタッチパネルといった広く普及しているデバイスから、データグローブやセンサシステムを用いる高度なシステムまで、様々な実装・提案がなされている。特に平面空間における座標位置の読み取り精度という点では、たとえばマウスは 0.02 mm 前後の性能を有しており、それと比べて本手法が優位にあるわけではない。ペ

ンタブレットでは精度は 0.25 mm 程度であるので本手法と同等といえようが、水を媒体に用いるという本システムの特徴から、ビジネス用途というよりは、次章で紹介するようなエンタテインメント性の高いアプリケーションが主たる適用先として有望である。

人間生活工学研究センターがとりまとめた日本人の人体計測データベース 1992-1994¹⁵⁾によれば、人さし指の遠位指節関節の幅は 20-24 歳の男性で平均 17.4 mm、女性は 15.2 mm である。先に示したように、本手法における測定誤差の中位点は x 軸方向 0.24 mm、y 軸方向 0.27 mm、かつ最大値で x 軸方向 +2.4 mm、y 軸方向 -3.0 mm となっており、主たる実場面で作りに用いられると想定される指の大きさを考えれば、そのようなアプリケーションにおいては実用に足りる精度を有しているといえる。

一方、波の発生は、水面の上下変動により入水物体領域の重心点が変動しうることから、誤差の発生要因となる。波の発生が測定精度に及ぼす影響について今後評価する必要がある。また重心以外の基準点の採用についても検討を要する。

6. アプリケーション例

6.1 言語学習アプリケーション

水槽に投影されたアルファベットと触れ合い、楽しみながら英語学習ができるような子供向けアプリケーションとして、言語学習アプリケーションを実現した(図 13)。水槽の中にはアルファベットがふわふわと漂うように投影される。利用者が金魚すくいの要領でアルファベットの映像を手ですくうことにより、それが当該アルファベットを頭文字とする単語や、単語に関連するイラストの映像に変化する。たとえば投影されている「S」の文字を手ですくうことによって、図中のような星 (Star) のイラストに変化する。また、すくう深さ



図 13 言語学習アプリケーション例
Fig. 13 Application to language learning.

によって変換する単語の文字数や難易度を変えることができる。

すくう動作の判定は、手のひらを伸ばした状態で手を水面に垂直方向に差し入れ、それぞれの手のひらが次第に上を向いていき、最終的には両手が合わさって一塊になるという性質¹⁰⁾に基づいて行っている。具体的には、一定の大きさを持ち、かつ縦横比がしきい値以上の領域の検出をもってすくい始めとし、2つの領域が最終的に1つになり、かつ同領域の縦横比がしきい値以下になった状態を終了判定条件とした。

6.2 描画ツール

水面をキャンパスに見立て、そこに手指等を使って絵を描くアプリケーションである。それぞれの物体領域に別々の色を割り当て、また深さによって筆の太さを変えるようになっており、対象物体の移動にともなって自由曲線を自在に描くことができる。図 14 に描画例を示す。

また、すくった水を上から落とすといった動作によって生じる水泡にシステムが反応するという性質を用い、単に筆を模倣するだけではなく、液体という水の性質を利用した新しい描画が可能である。

本方式の有効性評価のため、2009年8月に出雲市において開催された「青少年のための科学の祭典 2009」に出展し、2日間で約 1,000 名の来場者に実際に操作してもらった(図 15)。これは総来場者約 5,000 名の 2 割にあたり、多くは小学生や幼児であったが、手指を水に差し入れて移動させることで描画できるという短い説明だけでただちに使い始められ、簡単に学習できるインタフェースシステムであることが分かった。また手指の単純な差し入れや移動だけでなく、かき混ぜ、水面叩き、さらには前腕部までも用いたジェスチャ動作が観察された。一方、水面に投影した映像の明るさが会場内の照度と比べて十分ではなく、今後の改



図 14 描画ツールの描画例
Fig. 14 An example of drawing.



図 15 展示会風景

Fig. 15 Demonstration of the system at an exhibition.

善余地がある。

6.3 その他の応用可能性

音楽演奏や作曲を直感的操作で可能にするツール(たとえば TENORI-ON)も開発されているが、本システムを用いれば、メロディを関連付けたオブジェクトをすくう等といった、従来なかったジェスチャによって音楽演奏・作曲を行うことが可能である。金魚すくいのほか、水に触れるという感覚の存在を利用したゲーム等への応用も有望である。さらに、エンタテインメント以外にも、デジタルサイネージ等の広告媒体としても期待できる。

7. おわりに

本論文では水を媒体に用いた新しいユーザインタフェースシステムを提案し、そのシステム構成について述べた。入水した物体について、水平位置だけでなく、深さ方向の情報も獲得することができる。また、周辺光や水面への情報投影の目的で設置したプロジェクタの光の影響を抑え、安定して入水物体の追跡が行えるように、水の全反射の特性を利用することを提案した。3次元位置計測の評価実験を通して、提案システムの有効性を明らかにした。また、本システムの応用についてあわせて示した。

水を媒体に用いるということで、実用化にあたっては、水面を強く叩きすぎたとき等に生じる水はね、不特定多数が使用するような応用シナリオにおける水質の維持が課題として残されている。後者については、簡易的には水の定期的交換で対応できるが、消毒剤の使用や循環浄化システムの設置検討も必要である。

謝辞 システム開発にご協力いただいた平川研究室の皆様にご感謝の意を表す。特に、

柳楽典雅氏に謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 総務省：平成 20 年度通信利用動向調査，情報通信統計データベース (2009).
- 2) Yuen, P.C., Tang, Y.Y. and Wang, P.S.P.: Multimodal Interface for Human-Machine Communication, *Series in Machine Perception and Artificial Intelligence*, Vol.48, World Scientific, Singapore (2002).
- 3) Boll, S., Schmidt, A., Kern, D., Streng, S. and Holleis, P.: Magic Beyond the Screen, *IEEE MultiMedia*, Vol.15, No.4, pp.8-13 (2008).
- 4) Welcome to Microsoft Surface. <http://www.microsoft.com/surface/>
- 5) DiamondTouch by Circle Twelve Inc. <http://www.circltwelve.com/home.html>
- 6) Rekimoto, J.: Organic Interaction Technologies: From Stone to Skin, *Comm. ACM*, Vol.51, No.6, pp.38-44 (2008).
- 7) Weiser, M.: The Computer for the 21st Century, *Scientific American*, Vol.265, No.3, pp.94-104 (1991).
- 8) Kim, H. and Lee, W.: Designing Unobtrusive Interfaces with Minimal Presence, *Proc. Int'l Conf. Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.3673-3678 (2009).
- 9) Ikeda, M. and Hirakawa, M.: A Multi-Dip Interface with Water, *Proc. Int'l Conf. Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*, pp.169-176 (2009).
- 10) Tanabe, C. and Hirakawa, M.: O-Key: A Scoopable Interface, *Proc. IEEE Int'l Symp. Multimedia*, pp.185-192 (2006).
- 11) おとぶかり . <http://www.kazushi.info/modules/xfsection/article.php?articleid=105>
- 12) Moroi, S., Sasada, S. and Shibata, R.: The Floating Words for Kids: Interactive Installation for Learning Alphabet, *Proc. Conf. Computer Graphics and Interactive Techniques*, pp.115-116 (2002).
- 13) Pier, M.D. and Goldberg, I.R.: Using Water as Interface Media in VR Applications, *Proc. 2005 Latin American Conf. Human-Computer Interaction*, pp.162-169 (2005).
- 14) Han, J.Y.: Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection, *Proc. 18th ACM Symp. User Interface Software and Technology*, pp.115-118 (2005).
- 15) 日本人の人体計測データベース 1992-1994 . <http://www.hql.jp/project/size1992/>

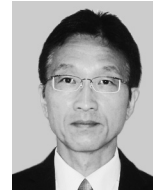
(平成 22 年 1 月 8 日受付)

(平成 22 年 9 月 17 日採録)



池田 道弘

2009年島根大学総合理工学部数理・情報システム学科卒業。2010年同大学大学院総合理工学研究科数理・情報システム学専攻博士前期課程修了。同年株式会社ドリームオンライン入社。



平川 正人（正会員）

1984年広島大学大学院工学研究科博士課程後期修了。工学博士。広島大学助手，助教授を経て，2002年島根大学総合理工学部教授。2007年より附属図書館長併任。IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing の Most Influential Paper Award (2008)，島根大学研究功労賞 (2009) 等受賞。IEEE 広島支部長 (2009~2010)。ヒューマン・コンピュータ・インタラクション，マルチメディアに関する研究に従事。