

物体の動きを利用した AR 技術のための物体認識手法

唐津 豊^{†1} 小川 正幹^{†3} 中澤 仁^{†2}
高汐 一紀^{†2} 徳田 英幸^{†2}

ユビキタスコンピューティング環境下において、環境に設置されたセンサが取得した情報やセンサ情報を利用するサービスの提供を行うインターフェイスに Augmented Reality (AR) 技術を用いる研究が行われている。これらの研究ではビジュアルマーカを用いた物体認識手法が多く用いられるが、ビジュアルマーカは認識する物体が大量に存在する環境、また環境の景観が重視される場合には適していない。そこで本研究ではユーザが物体を手にとったときに生じる物体の動きを元に実空間上の物体を認識する手法を提案する。この手法は画像解析によりユーザが物体を持ち上げた時間と物体に取り付けられた加速度センサの値が変化した時間を照合することで物体の認識を行う。また、本手法の認識精度について評価を行い、個々の物体を認識するために十分な精度を得ることができた。

Object Recognition using acceleration for Augment Reality

YUTAKA KARATSU,^{†1} MASAKI OGAWA,^{†3}
JIN NAKAZAWA,^{†2} KAZUNORI TAKASHIO^{†2}
and HIDEYUKI TOKUDA^{†3}

In Ubiquitous computing environment, Augmented Reality is used for the interface providing data of sensor nodes and services based on sensor data in some researches. In these cases, object recognition method using Visual Markers is often implemented in system, because system needs to recognize objects in user sight. However, Visual Markers are not suitable in cases that there are so many objects or system administrator refuses to put bold markers in environment. This research intends to recognize objects in real world not using Visual Markers. So, we suggest the object recognition based on the movement generated when user pick up objects.

1. はじめに

近年、取得したセンサ情報を無線ネットワークを介して送信できる無線センサノードが普及している。無線センサノードを利用することで、実空間の温度や明るさ等の情報をコンピュータで利用可能になった。また今後、センサノードはさらに小型化、低コスト化され、身の回りのあらゆるモノに設置されるようになって考えられている 1)。

センサがあらゆるモノに設置されるユビキタスコンピューティング環境では環境内の情報機器やセンサ情報を土台としたサービスを提供できる。例えば食品や電化製品の流過程における保存状態や経路履歴などの情報を管理する商品トレーサビリティシステムで、温度センサや加速度センサを商品ごとに取り付けて管理すれば、より精度の高いトレーサビリティ管理を行うことができる。また、商品の一つ一つにセンサが取り付けられることにより、コンビニエンスストアのような商店で手に取った商品に関する情報を客に提供するというサービスも実現できる。具体的にはワインのような過剰な振動や急激な温度変化によって商品価値が下がる商品の保存状態、運搬情報を提供するサービスに応用できる。

ユビキタスコンピューティング環境でこのようなサービスを提供する際、サービスを利用するユーザの中にはコンピュータに関する知識を持たない人も含まれる。そのためコンピュータに関する専門知識が無いユーザでもセンサの情報やサービスを利用できることが好ましい。これに関して、センサ情報やサービスへのアクセスを容易に行う手法は数多く存在する。例えば、センサ情報を鳥瞰地図に配置したビューアを用いる手法 2) や二次元バーコードを携帯電話で読み取ることでセンサ情報を閲覧する手法 3) などが挙げられる。その中でもセンサ情報のビューアやサービスのインターフェイスに AR 技術を取り入れる手法は、専門的な知識を必要とせず、視覚的にサービスを利用できる。例えば、慶應義塾大学の今枝卓也氏らによる「uMegane」 4) や Coventry University の Dan Goldsmith 氏らによる「SensAR」 5) では環境に設置したセンサの情報をコンピュータグラフィックス (CG) で表現し、図 1 のように AR 技術を用いて実世界に投影する手法を提案している。これによりコンピュータに不慣れなユーザでも、システムを利用できるようにしている。

^{†1} 慶應義塾大学 総合政策学部
KeioUniversity Faculty of Policy and Management

^{†2} 慶應義塾大学 環境情報学部
KeioUniversity Faculty of Environment and Information Studies

^{†3} 慶應義塾大学 政策・メディア研究科
KeioUniversity Graduate School of Media and Governance



図 1 ビジュアルマーカを用いた AR 技術によるセンサ情報の可視化例

Fig. 1 The example of visualizing sensor data by Augmented Reality using visual markers

センサ情報の可視化に AR 技術を用いる場合、カメラで撮影した画像と実世界上の物体同士を関連づけて物体を認識する必要がある。そのためビジュアルマーカを利用した物体認識手法が多く用いられる。しかし、ビジュアルマーカを利用した物体認識手法には様々な問題がある。例えば、物体の数だけ異なる形状を持ったビジュアルマーカを用意する必要があることやビジュアルマーカの形状が重複しないよう厳密に管理しなくてはならない等の問題がある。また物体にビジュアルマーカを配置することで、システムの使用環境の景観を損ねてしまう。さらに、ビジュアルマーカの撮影の仕方に情報の投影精度が大きく影響を受けるため、ユーザは適切にマーカを撮影するよう常に意識しなくてはならない。このようにビジュアルマーカを用いる認識手法は、コンビニエンスストアのように認識の対象となる物体が大量に存在する場合や環境内に目立つマーカを配置したくない場合には適していない。

そこで本研究では AR 技術を用いたシステムにおいて、ビジュアルマーカを用いずに物体の認識を行うことを目的とする。具体的には、コンビニエンスストアで客が興味を持った商品を手にとったときに、その商品に取り付けられたセンサで取得したトレーサビリティ情報を実空間に投影するようなシステムをビジュアルマーカを使用せずに実現する。ビジュアルマーカを使用しないことで、店内の景観を損ねることや商品の数だけビジュアルマーカのパターンを用意する必要がなくなる。また、ビジュアルマーカをカメラで適切に撮影するように意識する必要がないため、客はシステムが存在を意識しなくてもサービスを利用することができる。

そのために本研究ではユーザが物体を手にとったときに生じる動きを利用して物体の認識を行う手法を提案する。この手法はまず、ユーザのヘッドセットに取り付けたカメラで手にとった物体を撮影し、その画像から物体を動かした時間を取得する。次に、認識の対象とな

る物体に取り付けられた加速度センサの中から、ユーザが物体を動かした時間に最も近い時間で加速度が変動したセンサを特定する。最後に、特定したセンサの ID に関連づけられた物体に関する情報を元に物体の認識を行う。

この手法を用いることにより、ユーザは情報が適切に表示されるようにビジュアルマーカを撮影することを意識する必要がなく、興味を持った物体を手にとるだけで情報を閲覧できる。また、環境内の景観を損ねることや物体の数だけビジュアルマーカのパターンを用意する必要もなくなるため、商店の店内といった環境でも利用できるようになる。

本稿ではまず 2 章で関連研究について言及し、3 章でシステムの想定する環境と物体の動きを利用した物体認識手法について説明を行い、4 章で実空間への情報投影方法を説明する。5 章で手法の精度についての実験とその結果について述べる。6 章では今後の課題を述べた上で本論文をまとめる。

2. 関連研究

まず、ビジュアルマーカを用いてカメラで撮影した画像から実世界の物体の認識を行っている研究として、慶應義塾大学の鈴木源太氏らの「uPhoto」⁶⁾が挙げられる。「uPhoto」では「写真を撮影する」というメタファを用いて環境に配置された情報機器やセンサに関する情報を閲覧したり、情報機器の操作を行うシステムを提案している。この「uPhoto」は撮影した画像から実空間上の情報機器やセンサを認識する必要があるため、情報機器やセンサにビジュアルマーカを取り付け、機器やセンサに関する情報とビジュアルマーカを関連づけて認識する手法を取り入れている。

ビジュアルマーカを改良することで既存のマーカの欠点を克服している研究として、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科の中里祐介氏による研究⁷⁾が挙げられる。この研究は再帰性反射材を用いた不可視マーカを屋内の天井に配置し、ユーザのヘッドセットに取り付けた赤外線カメラでマーカを撮影することで、カメラの位置・姿勢推定を行う研究である。この不可視マーカを用いることでビジュアルマーカが景観を損ねるという欠点を克服している。しかし、この手法を物体認識のために使用した場合、ユーザに対して物体のどの位置にマーカが貼付されているかを明示する必要がある。また、東京大学の西田健志氏らによる「萌え木」⁸⁾ではビジュアルマーカの代わりにセンサに取り付けた LED パネルを使用している。この研究では LED の点滅パターンでセンサが取得した情報を出力している。この点滅光を撮影したカメラの画像から点滅パターンをデコードすることでセンサ情報を取得しているため、ビジュアルマーカのように異なるパターンのマーカを用意する必要

がない。しかし、この手法は LED パネルをセンサに搭載することで、通常よりも多く電力を消費してしまうことや、ビジュアルマーカと同様に LED パネルを正しく撮影できるようにユーザが常に意識する必要がある。

次に、ビジュアルマーカを用いずに情報の投影を行う研究として Active Vision Laboratory の Georg Klein 氏らによる研究 9) が挙げられる。この研究はカメラで撮影した画像の特徴点を抽出し、その特徴点の移動量からカメラの姿勢・位置推定を行う研究である。これによりマーカを用いることなく、実空間に情報を投影することが可能だが、カメラの位置情報を推定する手法であるため、実世界上の物体を認識することはできない。また Department of Virtual and Augmented Reality の Gabriele Blester 氏らによる研究 10) では、事前に認識の対象となる物体の 3D モデルを作成しておき、カメラの画像内にある物体と 3D モデルを照合することで物体認識を行っている。この手法では 3D モデルを利用するため、実世界の景観を損ねることがないが、3D モデルの作成に大きな手間がかかる。また、同じ形状の物体同士を誤認識する恐れがある。

本研究ではコンビニエンスストアの店内で客が手に取った商品に関する情報を投影するようなアプリケーションを想定している。想定するアプリケーションにおいて、不可視マーカを商品に貼付けて物体の認識を行ったとしても、客は商品のどこにマーカがあるかわからなくなってしまう。また本研究はセンサ情報の可視化を対象としているため、物体の形状や模様が同じであってもそれぞれを別々のものとして扱う必要がある。3D モデルと照合することで物体を認識する手法は、同じ形状の物体同士を誤認識する恐れがあるため、センサ情報の投影には不向きである。また LED パネルを使用する手法は、ビジュアルマーカと同様に LED の点滅によって景観を損ねてしまうことやカメラで LED を適切に撮影することを意識しなくてはならないため、本研究の想定するアプリケーションにはそぐわない。

3. 物体の動きを用いた物体認識手法

本章ではユーザが物体を手に取ったときに生じる物体の動きを元に認識を行う手法について述べる。本研究の物体認識手法は

1. ユーザが手に取った物体をカメラ画像から取得する
 2. 取得した物体が移動を始めた時間と最も近い時間に加速度が変動したセンサを特定する
 3. 特定したセンサの ID からユーザが手に取った物体を認識する
- という 3 つの処理からなる。

3.1 想定環境

本研究では商店の様な空間内で認識の対象となる物体に加速度センサが取り付けられている環境を想定する。物体に取り付けられたセンサは、取得した加速度をセンサ情報の蓄積及び配信を行うセンササーバに無線ネットワークを通じて送信している。センサにはそれぞれ固有の ID が振られており、センササーバは ID ごとにセンサ情報を蓄積している。また、センサ ID は、取り付けられている物体に関する情報と実空間に投影する画像データやテキストデータ等の情報が関連づけられており、ともに情報の蓄積や配信を行う情報データベースに保存されている。ユーザは WEB カメラとヘッドマウントディスプレイ (HMD) が搭載されたウェアラブルコンピュータや PDA を所持しており、それを通じて実空間投影された情報を閲覧することを想定している。

3.2 移動物体の検出

本研究の手法ではまず、ユーザ端末に取り付けられたカメラで撮影した画像から、ユーザが持ち上げた物体を検出する。物体の検出は

1. 画像からユーザの手の領域を抽出する
 2. 手の周囲の移動特徴点を抽出する
 3. 特徴点の密集した部分を移動物体と判断し、矩形として取得する
- の 3 つの処理によって行う。

本研究の手法では、カメラで撮影した画像から抽出した特徴点を元にユーザが手に取った物体を取得する。しかし、カメラで撮影した画像全体から全ての特徴点を抽出すると物体の特徴点とともに背景画像の特徴点も取得してしまい、特徴点からの物体の検出が困難になる。またカメラで撮影した画像が高画素になるほど特徴点の抽出処理にかかる時間が増大してしまい、スムーズな情報の可視化を行うことができない。

そこで本研究では、ユーザが物体を持ち上げる手の周囲にある特徴点に限定して抽出を行う。また抽出した特徴点がそれぞれ前の画像フレームと比較して移動しているかどうか調べ、移動しなかった特徴点をノイズとして除去する。これにより画像から取得する特徴点をユーザの手の周囲にあり、かつ前の画像フレームと比較して座標が移動した特徴点のみに限定する。最終的に取得した特徴点の集合をユーザが持ち上げた物体として取得する。

3.2.1 手領域の抽出

画像から手の領域を抽出するために、本研究では肌色領域抽出を用いる。肌色領域抽出とは、HSV 表色系画像で肌色を撮影した場合にどの人種でも H 値 (色相) が $6^{\circ} \sim 38^{\circ}$ の範囲に収まるという統計情報 11) に基づき、画像から肌色の領域を抜き出す画像解析手法の



図 2 入力画像
Fig. 2 Input image



図 3 手領域の出力結果
Fig. 3 Output of hand area



図 4 移動物体を表す矩形の抽出結果
Fig. 4 Output of moving object's rectangle

ことである。この手法で抽出した肌色領域画像に膨張縮小処理を行い、ノイズを除去する。またノイズを除去した肌色領域画像にラベリング処理を施し、画像内で最も大きな面積を占める肌色領域を手領域として取得する。カメラで撮影した入力画像と手領域を抽出した画像をそれぞれ図 2、図 3 に示す。

3.2.2 画像特徴点の抽出

次に取得した手領域の周囲の画像特徴点を抽出する。特徴点抽出は連続する画像フレームの各フレーム毎に継続して行い、手領域の周辺に位置する特徴点のみを抽出する。これにより処理速度を向上させ、ノイズや外れ値の検出を抑えている。

3.2.3 移動物体の抽出

抽出した特徴点から、ユーザが移動させた物体を抽出する。手領域の周辺にある画像特徴点の中から、前のフレームと比較して座標が移動した特徴点のみに着目する。この移動した特徴点の集合をユーザが移動させた物体とし、集合の内接矩形を取得する。取得した内接矩形を描画した画像を図 4 に示す。これらの処理を行って、ユーザが手に取った物体を画像から取得する。

3.3 センサの特定

取得した移動物体の矩形を用いて、ユーザが持ち上げた物体に取り付けられているセンサの ID を特定する。センサ ID の特定は、ユーザが物体を持ち上げることによって加速度が変動した時間と画像内の矩形が移動し始めた時間を比較することで行う。移動物体の矩形が前のフレームの座標から移動し始めた時間を取得し、その時間に最も近い時間に加速度が変

動したセンサ ID の特定を行う。これらの手法によって特定したセンサ ID に関連づけられている情報を情報データベースから取得することで、物体の認識を行う。

センサ ID の特定を物体の移動が発生した時間のみで行うのは、システムの処理にかかる負荷を軽減するためである。本研究は大量の物体が存在する環境を想定しているため、物体の三次元的な動きを厳密に照合するような特定方法を用いるとシステムの処理が膨大になる。そのため、本研究では物体の移動が発生した時間のみに着目した。

4. 情報の投影手法

本章では認識した物体の情報を実空間に投影する手法について述べる。前述した通り物体に取り付けられているセンサの ID には、センサで取得した情報のほか、実空間上に投影する画像データのような情報が関連づけられている。これらの情報を情報データベースよりセンサ ID をキーとして取得する。この情報をカメラで撮影した画像に合成し、ユーザ端末に表示する。

4.1 単一の情報の投影

投影する情報が一つしかない場合、ユーザが持ち上げた物体に重ねるようにして情報を投影する。投影位置の画像内座標は物体の認識時に取得した移動物体の矩形によって決定する。矩形の中心を基点として、データベースから取得した画像データやテキストデータなどの情報を重ねて表示を行う。情報を投影したときのイメージを図 5 に示す。



図 5 本研究の手法を用いた情報の可視化イメージ
Fig. 5 The image to visualize object's information in this research

4.2 複数の情報の投影

一度に投影する情報が複数存在する場合、画像内の移動物体には情報を重ねずに表示を行う。これは同時に複数の移動物体の矩形が画像内に存在する場合に、各矩形がそれぞれの物体を表しているか判別できないからである。そのため今回は複数の情報を投影する場合、物体への投影は行わず、ユーザ端末へ単純に表示をする。これによりユーザはシステムが絞り込んだ情報の中から自分が欲しい情報を閲覧することができる。

5. 実験

本章では本手法の移動物体の検出とセンサ ID の特定の精度について実験した結果を述べる。

5.1 実装環境

実験を行うためのアプリケーションの実装環境を表 1 に示す。実験には加速度センサとして Sun Microsystems の SunSPOT 12) を使用した。SunSPOT は標準で照度、温度、3 軸加速度を取得することができる小型無線センサノードである。このセンサで取得された情報は無線ネットワークを介して、ベースステーションへと送信される。ベースステーション

表 1 実験環境

Table 1 Experimentation environment

PC	HP Pavilion Desktop PC v7880jp/CT
OS	Windows Vista Business ServicePack2 (32bit)
USB カメラ	Logicool Qcam Pro 9000
センサ	SunSPOT
開発ツール	Visual C++2008, NetBeansIDE6.7
ライブラリ	OpenCV1.1pre

表 2 移動物体検出実験の結果

Table 2 Results of moving objects extraction test

動作	検出精度	平均追跡時間	平均追跡フレーム数
下部をつかんで持ち上げたとき	80%	1.105698 秒	12.45 フレーム
飲み口をつまんで持ち上げたとき	90%	0.720669 秒	8.1 フレーム
容器を握り込んで持ち上げたとき	60%	0.492688 秒	6.05 フレーム
カメラに近づけたとき	90%	0.572833 秒	6.25 フレーム
合計	80%	0.722972 秒	8.2125 フレーム

ンはセンササーバに接続され、サーバにセンサ情報が蓄積される。実験ではこのセンサを商店の商品に見立てた物体の下部に固定して使用した。実験で使用した物体は市販のペットボトル飲料を使用した。

実験に使用したアプリケーションは C++言語及び Java 言語を用いて開発を行った。また画像解析処理に OpenCV1.1pre 13) を利用し、特徴点の抽出には Speed Up Robust Features(SURF) 14) を用いた。

5.2 移動物体の検出精度

コンビニエンスストアで客が商品を手に取るときに情報を投影を開始することを想定し、本研究の手法で物体を検出することができるか調べるために、移動物体の検出精度について実験を行った。実験では、商店に置かれている商品と仮定したペットボトルの容器を持ち上げる様子をカメラで撮影し、容器が適切に検出できているかどうか調べた。実際にシステム

を使用する際に、ユーザが物体を手に取りるときにカメラの姿勢は大きく変動することはないと仮定し、カメラは容器から 30cm はなれた位置から定点で撮影した。画像は 480*320 ピクセルで取得した。評価項目は物体の検出精度、検出してから物体を追跡続けた時間及びフレーム数の 3 つで実験した。この中で検出精度については、本研究が情報の投影を移動物体の矩形の中心を基点として行うことから、移動開始時に抽出した矩形の中心が物体の像を捉えているかどうかを評価の基準としている。これらの評価項目に対し、容器の下部を持って持ち上げる、容器の飲み口をつまんで持ち上げる、容器をしっかりと握って持ち上げる、カメラに近づけるという 4 つの動作をそれぞれ 20 回ずつ行った。

実験の結果、高い精度で物体の検出をすることができた。特に、実際にシステムをユーザが使用した際に多く行われると思われる、カメラに物体を近づける動作に関しては、比較的高い割合で矩形の中心が物体の像を捉えていた。しかし、画像の輝度や照明の変化によって物体をうまく検出できなくなることや、移動した物体の追跡可能時間が短かったこと等の課題も残った。実験の結果を表 2 に示す。

5.3 センサの特定精度

次に客が商品を持ち上げるだけで情報の投影に十分な精度の物体認識が行えるかを調べるために、センサを特定する処理の精度について実験を行った。また複数の客が同時に商品を持ち上げた場合に、持ち上げた物体の情報を表示できるか調べるために、複数の物体を同時に動かしたときの精度についても検証した。物体検出の実験と同様にペットボトルの容器を物体として使用し、容器に加速度センサを取り付けたものを複数用意した。またカメラは容器から 30cm はなれた位置から定点で撮影し、480*320 ピクセルで画像を取得した。実験では一度に一個のみ容器を持ち上げたときと複数の容器を同時に持ち上げたときのそれぞれを 20 回ずつ行い、センサ ID の取得精度と取得処理にかかった時間を調べた。

実験の結果を表 3 に示す。実験の結果として容器を一つだけ持ち上げた場合は比較的精度が高く、個々の情報を判別することができるため、情報の投影に十分な精度を得ることができた。同時に複数の容器を持ち上げた場合はセンサの情報同士が競合してしまい、ID の特定に至らないことや誤認識してしまうことが多かった。処理速度に関しては、容器を持ち上げてから間をおかずに情報の投影を開始するのに十分な速度だった。

6. おわりに

本章では実験の結果をふまえた上で実験の結果について考察し、最後に本稿をまとめる。

表 3 センサ ID の特定を行う実験の結果
 Table 3 Results of specifying sensor ID

実験内容	ID の特定精度	平均処理時間
一度に一つの物体を持ち上げたとき	75%	0.06099 秒
同時に複数の物体を持ち上げたとき	40%	0.065389 秒

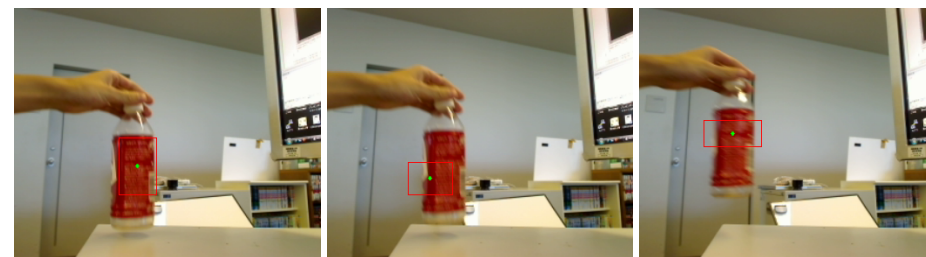


図 6 物体の検出が失敗した例

Fig.6 The example of failing object extraction

6.1 今後の課題

今後の課題としてセンサ ID の特定手法の精度向上が挙げられる。実験の結果、物体を個々に認識でき、情報の投影のために十分な精度を得ることができた。しかし、複数の物体を同時に動かされてしまうとうまく特定をすることができなかつたため、複数のユーザによって全く別のものが同時に動かされてしまうと適切な情報を表示できない恐れがある。これに対しては今後、物体に動きが生じた時間だけでなく、物体の動きの大きさも ID を特定する要素に含めることで精度を向上させていくとともに、ユーザと物体の位置情報を取得してユーザの周囲に位置する物体の情報のみを表示するといった方法で解決する。

また、移動物体の検出手法の実験では比較的高い精度で検出することができていたが、環境の照明条件や物体を動かすスピードによって検出精度のばらつきがあった。例えば、図 6 の様に物体を持ち上げるスピードが早いと、連続したフレームであっても抽出できる矩形の位置や範囲が安定していない。今後、センサ ID の特定で物体の動きの大きさや向きも ID を特定する条件に含めるとすると、移動物体を表す矩形を用いて、物体の動きを算出する必要がある。そのために矩形の抽出は可能な限りばらつきを押さえる必要があるため今後精度

を向上させていくつもりである。

このほかには、システムの使用時にカメラの視点が移動することによって、背景画像をユーザが移動させた物体だと誤認識してしまう問題が考えられる。これに関しては、ユーザ端末に加速度センサを取り付け、その値をもとに視点の移動による誤差を修正するというような解決策を組み込むことを考えている。

6.2 ま と め

本研究では AR 技術を利用してセンサ情報や物体に関する情報を投影する際の物体の認識手法として、ユーザが物体を手に取りるときに生じる物体の動きを元に物体認識を行う手法について提案をした。本研究の手法では、ユーザ端末に付属するカメラの画像からユーザが物体を動かし始めた実時間を取得し、物体に取り付けられている加速度センサの中で値が変動した時間が最も近いセンサを特定することで物体の認識を行う。今回はこの手法で用いられる処理が有用であるかどうかを示すために実験を行った。その結果、情報を投影するために十分な精度を得ることができた。

7. 謝 辞

本研究の一部は、総務省「ユビキタスサービスプラットフォーム技術の研究開発」の成果である。

参 考 文 献

- 1) Allan Roger: WIRELESS SENSORS LAND ANYWHERE AND EVERYWHERE, Electronic Design; 7/21/2005, Vol. 53 Issue 16, p65-70(2005).
- 2) Nath S, Jie Liu, Feng Zhao : SensorMap for Wide-Area Sensor Webs, Computer; Volume 40, Issue 7, July 2007 Page(s):90 - 93 (2007).
- 3) Ito, M.; Katagiri, Y.; Ishikawa, M.; Tokuda, H. : Airy Notes: An Experiment of Microclimate Monitoring in Shinjuku Gyoen Garden, Networked Sensing Systems, 2007. INSS '07. Fourth International Conference on , vol., no., pp.260-266, 6-8 June 2007(2007)
- 4) 今枝卓也, 高汐一紀, 徳田英幸 : uMegane AR 技術を用いたセンサ情報可視化システム, USN2008-17, pp.39-44, 17 July 2008(2008).
- 5) Goldsmith, D.; Liarokapis, F.; Malone, G.; Kemp, J. Augmented Reality Environmental Monitoring Using Wireless Sensor Networks, Information Visualisation, 2008. IV '08. 12th International Conference, 9-11 July 2008, Page(s): 539-544, Digital Object Identifier 10.1109/IV.2008.72(2008).
- 6) Naohiko Kohtake, Takeshi Iwamoto, Genta Suzuki, Shun Aoki, Daisuke

Maruyama, Takuya Kouda, Kazunori Takashio, Hideyuki Tokuda : u-Photo: A Snapshot-based Interaction Technique for Ubiquitous Embedded Information, Vol. ISBN 3-85403-176-9 April. 2004, pp.389-392(2004).

- 7) 中里祐介 : ウェアラブル拡張現実感のための不可視マーカと赤外線カメラを用いた位置・姿勢推定システム, <http://yokoya.naist.jp/paper/datas/1041/jdthesisNakazatoSS.pdf>(2008).
- 8) 西田 健志, 大和田 茂 : 萌え木: 拡張現実による植物育成支援, WISS 第 14 回 インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ 2006, pp.23-26(2006).
- 9) Georg Klein, David Murray : Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces, Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISBN:978-1-4244-1749-0, Pages 1-10(2007).
- 10) Bleser, G. Wuest, H. Strieker, D: Online camera pose estimation in partially known and dynamic scenes. Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2006, IEEE/ACM International Symposium on, p56-65(2006).
- 11) Jamie Sherrah, Shaogang Gong : Skin Colour Analysis [http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL.COPIES/GONG1/\(2001\)](http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL.COPIES/GONG1/(2001)).
- 12) Randall B. Smith : SPOTWorld and the Sun SPOT, Information Processing In Sensor Networks, ISBN978-1-59593-638-X, Pages 565 - 566(2007).
- 13) OpenCV1.1pre1 [http://opencv.jp/\(2008\)](http://opencv.jp/(2008)).
- 14) H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool: Surf: Speeded up robust features, vol. 3951, pp. 404-417, of Lecture Notes in Computer Science, Springer(2006).