

移動型カメラによる遠隔地の画像を利用したアイコン管理システム

坂根 裕[†] 小寺 崇士[‡] 塚本 昌彦[†] 西尾 章治郎[†]

[†]大阪大学大学院 工学研究科 情報システム工学専攻

[‡]日本アイ・ビー・エム

あらまし: 近年, 計算機の高性能化やディスク容量の大容量化により, ユーザが管理すべきコンピュータリソースの数が急増している. 筆者らはこれまでに, リソースに位置情報を持たせることで, 実世界に関連付けて管理できる拡張デスクトップ環境を提案し, プロトタイプシステムの構築を行ってきた. 拡張デスクトップ環境を利用することで, 机の上や本棚などユーザの周りの実世界に仮想的にリソースを配置して効果的に管理できる. しかし従来のシステムは, ユーザの身の回りの実世界しか利用できないという問題があった. そこで本研究では, より効果的なリソース管理を支援することを目的とし, CCDカメラを装備し自由に動き回れる移動型カメラをインターネットを介して操作することで, ユーザの位置に関係なく, どこでも同じように拡張デスクトップ環境を利用できる ROBO-TOP システムの設計と実装を行った.

An Icon Management System using Images of a Remote Place Taken by a Movable Camera

Yutaka SAKANE[†] Takashi KOTERA[‡] Masahiko TSUKAMOTO[†] Shojiro NISHIO[†]

[†]Department of Information Systems Engineering

Graduate School of Engineering, Osaka University

[‡]IBM Japan

Abstract: Due to the recent development of computer performance and disk storage volume, the number of computer resources which users have to manage has been increasing rapidly. We have proposed the extended desktop environment, where users can manage resources by associating them with places in the real world, and implemented some prototype systems. The environment enables users to put virtually computer resources in the real world, such as on a desk and into a bookshelf, which results in effective management of computer resources. However, in these prototype systems, users can use only a part of the real space which is visible to them. In order to realize more effective resource management, we have designed and implemented a new prototype system called ROBO-TOP system. Using this system, users can operate a remote CCD camera through the Internet and use the extended desktop environment from anywhere.

1. はじめに

近年の計算機の高性能化に伴い, ユーザは一台の計算機で多種多様なアプリケーションが利用できるようになった. さらに, ハードディスクなどのディスク容量の増加により, ユーザが一台の計算機上で同時に扱うファイルリソースは急増してきている. 今後このようなリソースはますます増加すると考えられ, ユーザの効率的なリソース管理を支援することが重要となる.

心理学の分野では, 記憶したい事柄をよく見知った場所と関連付けて記憶することで, より持続的に記憶できることが広く知られている. 筆者らはこの点に注目し, 計算機リソースを現実世界の場所を用いて管理できる拡張デスクトップ環境 [13]を提案してきた. 拡張デスクトップ環境を用いることでユーザは「現在仕事に利用しているファイルはオフィスの机の上に置いておく」, 「読み終わったメールは引き出しの中にしまっておく」といったように, 実世界の場所を用いてリソース



図1 拡張デスクトップシステムの利用例



図2 実空間アイコンの見え方

が管理できる。

これまでに構築したプロトタイプシステムでは、ユーザは CCD カメラを備えた計算機を利用し、カメラから得られる実世界の映像に、位置情報を与えたりリソースをアイコン画像として合成したのを見ることができ、さらにそれらのアイコンをマウスで操作できた。しかし現在のプロトタイプシステムは、ユーザが持ち歩く計算機に接続した CCD カメラを通して実世界を利用するため、ユーザが実際に見ている場所しか利用できず、オフィスの机の上に配置したアイコンを自宅から利用するという使い方はできなかった。

そこで本研究では、より効果的なリソース管理を支援することを目的として、市販のラジコンカーに CCD カメラを装備し、インターネットを介して操作することで、遠隔地から拡張デスクトップ環境が利用できる ROBO-TOP と呼ぶシステム



図3 HMD-TOP システムの利用例

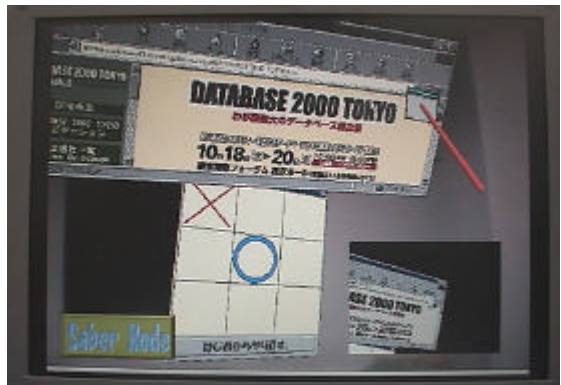


図4 ユーザに提示する拡張現実空間

の設計および実装を行った。本システムを利用することでユーザは、リソースを配置している場所に居なくてもリソースが利用できるようになる。さらに、遠隔地のリアルタイム画像が見れるため、遠隔地にいる人とリソースを共有して作業するといった協調作業環境も実現できる。

2. 拡張デスクトップ環境

本章では、筆者らがこれまでに構築してきた 2 つのプロトタイプシステムを中心に拡張デスクトップ環境の説明を行う。

2.1. 拡張デスクトップシステム

図1に示すように、拡張デスクトップシステムでは、ユーザは CCD カメラを備えた小型の計算機を利用する。カメラから得られる実世界の画像はリアルタイムにコンピュータデスクトップ上に表示する。本環境では、実世界に配置したリソースのアイコンを従来のアイコンと区別して実空間アイコンと呼んでいる。図2は、計算機を移動させたときに、実空間アイコンがどのように見える

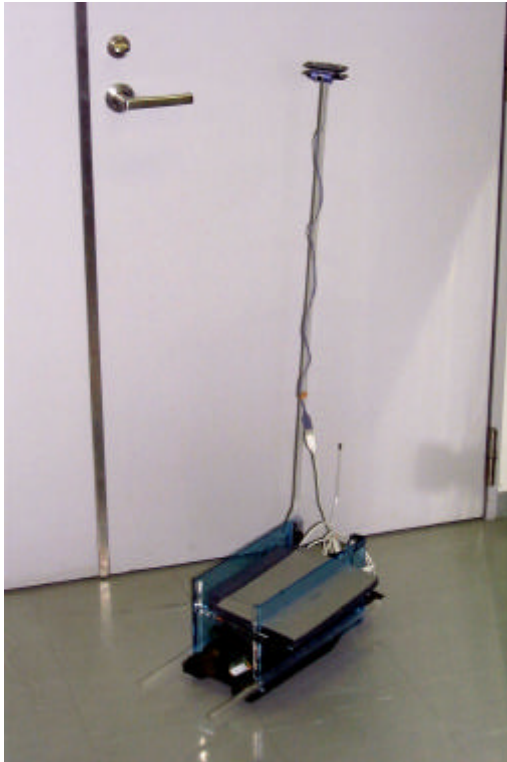


図5 移動型カメラサーバ

かを示したものである。実空間アイコンは計算機が移動しても、配置した場所にアイコンが表示される。このためユーザには、あたかも実世界にアイコンが存在するかのように見えることになる。拡張システムでは、計算機デスクトップ上にあるアイコンをドラッグし、配置したい場所が写っているカメラ画像上へドロップすることでアイコンを実世界へ配置できる。

拡張デスクトップシステムでは、実空間アイコンに関する情報を XML 形式で記述するアイコン記述言語[12]をサポートしており、複数ユーザによるアイコン情報の共有も実現している。

2.2. HMD-TOP システム

HMD-TOP システム[14]では、ユーザは図3に示すように CCD カメラを2台備えたヘッドマウントディスプレイを装着する。2台のカメラから得られる実世界の画像に、2台の計算機を使って実空間アイコンの画像を右目と左目別にレンダリングしたものをユーザに提示する。これにより、ユーザは実世界および実空間アイコンを立体的に見ることができる。図4はヘッドマウントディス



図6 ログイン画面



図7 クライアントの画面

プレイを装着したユーザが見る画像の一例である。さらに本システムでは、アイコンだけでなくアプリケーションウィンドウも実世界に配置でき、これらのウィンドウをマウスで操作できる。これにより、アイコン情報の共有だけでなく、実世界で起動したウィンドウを複数ユーザで同時に見ることや、操作することを可能にしている。

3. ROBO-TOP システム

ROBO-TOP システムでは、遠隔地の画像を空間情報として利用するため、従来構築したシステムでは、計算機やヘッドマウントディスプレイといったユーザの身近にあった CCD カメラを、遠隔地で自由に移動させることが重要となる。そこで本研究では、遠隔地の状況を写すカメラを市販のラジコンカーに設置し、図5に示す移動型カメラサーバを対象とする遠隔地に配置する。ユーザは、このカメラサーバを操作しながら自由に移動し、空間に配置したアイコンやウィンドウを利用できる。カメラサーバには、CCD カメラ、カメラの向きを計測するための地磁気センサ、ラジコンカーの移動を制御するための回路、これらの機器を統合するコンピュータが搭載されている。

3.1. 位置の管理方法

ROBO-TOP システムでは、アイコンの位置情



図 8 コントロールウィンドウ



図 9 発言ウィンドウ

報を緯度・経度・高度を用いて表現する。ユーザがアイコンを配置した際に、位置情報が割り当てられる。移動型カメラサーバの位置情報は、カメラサーバに搭載した地磁気センサから角度情報を取得し、サーバの移動速度と移動時間から移動距離を計算して、あらかじめ定義しているカメラサーバの原点からの位置情報を算出する。サーバの方向検出には地磁気センサを利用しているため誤差は蓄積しないが、位置情報は長時間システムを使い続けていれば誤差が大きくなる。

3.2. カメラサーバの操作方法

本システムを利用するためには、ユーザは最初にどこにあるカメラサーバを操作するのが決定する必要がある。図 6 は、ユーザが利用するカメラサーバを選択するログイン画面である。この画面では、利用可能なカメラサーバが設置してある場所の一覧から、利用する場所を選択して 'Connect' ボタンを押す。現在はカメラサーバが 1 台しかないため、図中では一項目だけが表示されている。図 7 はクライアントの計算機画面であり、カメラ画像を表示するウィンドウの他に、カメラを移動させるための操作ウィンドウ、遠隔地の人に発言するための発言ウィンドウが表示されている。図 8 は操作ウィンドウの拡大図であり、

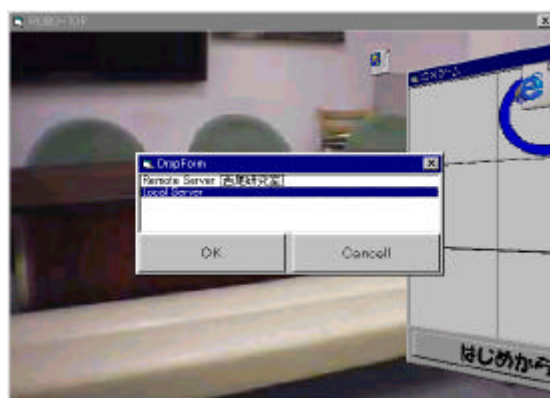


図 10 アイコン登録先一覧

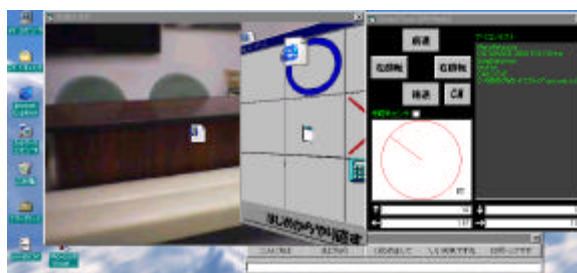


図 11 実世界に配置したアイコン

左上に操作ボタンが並んでいる。ウィンドウの左下には、地磁気センサから得られる方角を北を上として表示している。さらにウィンドウの右側には、カメラサーバの近くに存在するアイコンの一覧が表示される。図 9 は発言ウィンドウを拡大したものである。テキストエリアに文字を入力すると、カメラサーバに設置したコンピュータが入力した文字列を読み上げる。よく利用する発言をウィンドウ上部にあるボタンとして登録することもできる。

現在カメラサーバの移動方法として、マウスでボタンを選択する方法と、キーボードによる操作の 2 種類を実現している。移動コマンドとして、前進、後退、右回転、左回転の 4 つが存在する。

3.3. アイコンの操作方法

アイコンの操作方法としては、次の 5 つが存在する。

アイコンの配置： アイコンの配置方法は、拡張デスクトップシステムと同様、デスクトップ上のアイコンをドラッグし、配置したい場所のカメラ画像上へドロップする。アイコンをドロップすると、図 10 に示すように、アイコンの登録先の一覧が表示される。遠隔地のサーバにア

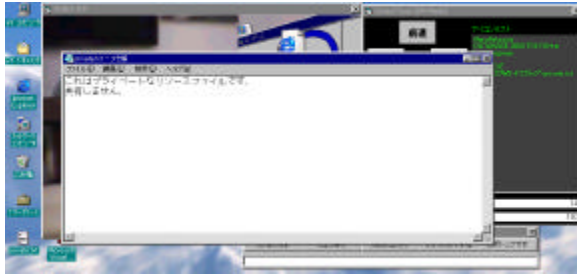


図 12 プライベートなリソースの起動



図 13 パブリックなリソースの起動

アイコンを登録すると、配置したアイコンを HMD-TOP システムなどを利用する他のユーザと共有することができ、ローカルマシンに登録すると、他のユーザと共有しないリソースとして実世界に配置できる。図 11 はテキストアイコンをローカルマシンに登録したところである。

実空間アイコンの取り込み： 実世界に配置したアイコンは、ドラッグ・アンド・ドロップ操作でデスクトップ上に移動できる。

実空間アイコンの移動： 実空間アイコンはマウスのドラッグ・アンド・ドロップ操作で移動させることや、アイコンを選択してサーバの移動に伴って移動させることにより自由に動かせる。

アプリケーションの起動： 実空間アイコンをダブルクリックすることでアプリケーションウィンドウを起動できる。このとき、他のユーザと共有するリソースは、HMD-TOP のように実世界内でアプリケーションを起動し、共有しないリソースを起動した場合、計算機デスクトップ上にウィンドウを表示する。図 12 は図 11 でロ

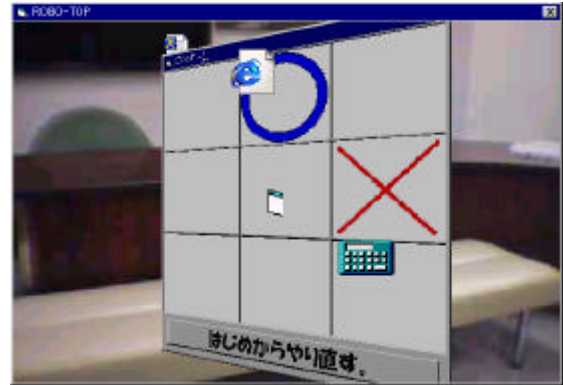


図 14 アプリケーションの利用

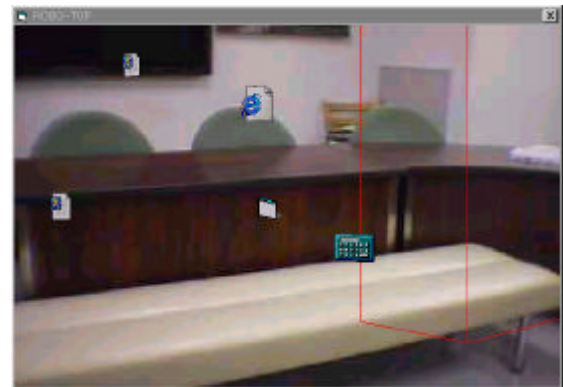


図 15 キャリブレーションモード

ーカルマシンに配置したアイコンを起動したものであり、ウィンドウがデスクトップ上に表示されている。図 13 は実世界で共有しているアプリケーションを起動したものである。

ウィンドウ操作： 実世界に起動したウィンドウもマウスで操作できる。ウィンドウ上で行ったマウス操作はそのままウィンドウに対する操作としてサーバに通知される。図 14 では図 13 で起動した○×ゲームを行っている。

3.4. カメラサーバの位置補正

長時間システムを稼働させると、サーバの位置情報に誤差が生じることは 3.1 節で述べた。実空間を用いたファイル管理においては、実空間アイコンの正確な位置をユーザが把握することは必要不可欠なことであり、カメラ位置を補正するための機能が必要である。そこで本システムでは、手動でカメラ位置を補正するためのモードとして、キャリブレーションモードを実現した。操作ウィンドウの 'CM' ボタンを押すとキャリブレーションモードになる。キャリブレーションモードで

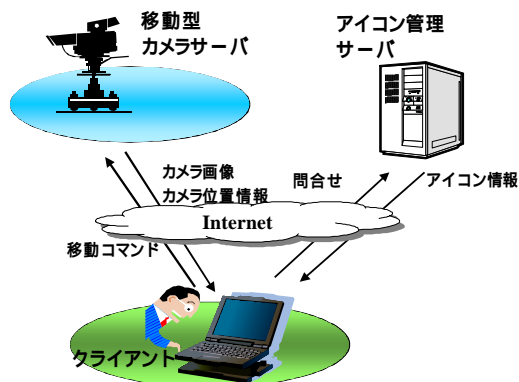


図 16 システム構成

は、ユーザはカメラサーバを移動させずに、アイコンやウィンドウなどの仮想物体だけを移動させることが可能となる。さらに、実世界に存在する柱や机などの位置情報を登録しておく、登録したオブジェクトが図 15 のようにワイヤーフレームで表示される。ユーザはこれらを実世界の対応する物体と合わせることでカメラ位置を補正できる。

4. 実装

図 16 に今回構築したシステムの構成を示す。本システムは、遠隔地に配置する移動型カメラサーバ、実空間アイコンを管理するアイコンサーバ、ユーザが利用するクライアントの 3 つからなる。システムを利用するユーザは最初に、利用するカメラサーバを選択しログインすることで、目的のカメラサーバとアイコンサーバに対して接続を確立する。接続した後、アイコン管理サーバからはカメラサーバ近傍のアイコン情報がクライアントへ送信される。また、移動型カメラサーバからカメラ画像とカメラ位置情報がクライアントに送信される。クライアントでは、得られたカメラ画像にアイコン情報を合成してユーザに提示する。クライアントからカメラサーバに対し、カメラサーバ移動コマンドを送信すると、カメラサーバが移動し、画像および位置情報を返す。クライアントでのアイコン操作は、アイコン管理サーバにコマンドとして送信され、アイコンの移動やアプリケーションの起動がおこなえる。

本システムで使用した機器については、移動型カメラサーバに東芝 Dynabook SS PORTEGE 3010CT を、アイコン管理サーバに SONY VAIO PCG-C1S を、クライアントには SONY VAIO PCG-Z505NR を用いた。さらに、移動型カメラサーバで利用したラジオコントロールカーとして、MARUI RC BATTLE TANK TYPE90 を用いた。

4.1. 移動型カメラサーバ

ユーザが送信した移動コマンドは、移動型カメラサーバの計算機で受け取り、RS-232C ケーブルを介して接続した移動制御回路へ 1 バイトの情報として通知する。移動制御回路は、マイクロチップテクノロジ社のマイコン PIC16F84-20 やリレーから構成されている。PIC16F84 は計算機から送られてきた命令に応じたリレーを ON/OFF することでラジコンの移動を制御する。実装した回路では、PIC16F84 のクロック周波数は 10MHz とした。

カメラサーバでは、クライアントからの要求に応じてカメラ画像を生成しクライアントへ送信する。カメラ画像はネットワークを介してクライアントに送信するため、カメラ画像の画質よりも画像のファイルサイズを減少させることが重要になる。そこで本システムでは、カメラ画像を JPEG 形式で圧縮し、クライアントへ送信することにした。

位置情報として利用する地磁気センサは、360度を 1 バイトで表現する。つまり、360度を 256 等分したときに、どの区分に実際の角度が属するかを知ることができる。この地磁気センサからは、8 本の出力がパラレルに出ているため、一度 PIC を用いてシリアル信号に変換し、RS-232C を介して計算機で読み取る。

4.2. アイコン管理サーバ

アイコン管理サーバでは、実空間アイコンを RW-GXML[18] の形式で管理している。RW-GXML データの例を以下に示す。

```
<?xml version="1.0" encoding="Shift-JIS" ?>
<RW-GXML version="1.0" >
  <Feature thema="ExDesktop" >
    <Property name="file" >
```

```
file://share/test.txt
</Property>
<Point>
  <Coordinate>
    -1089, -1015, 2134
  </Coordinate>
</Point>
</Feature>
</RW-GXML>
```

アイコン情報は 'RW-GML' 要素中に 'Feature' 要素として記述する。1つの 'Feature' 要素は1つのアイコンを示す。'Feature' 要素は、リソース情報を示す 'Property' 要素、位置情報を示す 'Point' 要素から構成される。

5. 考察

5.1. 関連研究との比較

Rooms と呼ぶ空間的な情報管理を主としたシステムとして、Office Information System[17]が提案されている。さらに pile メタファ[6]ではデスクトップ上のアイコンを積み上げるという管理方法を実現している。空間を利用したリソース管理に関する研究は多く存在するが、本研究ではユーザの見知った実世界を対象としているため、空間の認知しやすさが高く、ユーザのリソース管理に向いている。

時間順にファイルを整理、管理するシステムとして Lifestream[1]がある。これは、ファイルの内容やタイトルに関わらず、全てを時間順に並べて管理する。Time-Machine Computing[11]では、デスクトップ環境そのものを時間軸を用いて管理する方法を実現している。このような時間軸を用いたファイル管理は、ユーザにとって印象的な特定の時間や期間に利用したファイルの利用は容易であるが、最後に利用してからしばらく使っていないアイコンなどを探し出すのは難しく、空間を用いたファイル管理同様、使用場面を限定したアイコン管理であると言える。

5.2. システムの拡張

今回実装したシステムでは、移動型カメラサーバの移動方法として、マウスによるボタン選択による操作、キーボードによる操作を実現した。カ

メラを移動させながらアイコンやウィンドウを操作することを考えると、より柔軟な操作インターフェースの実現は重要である。研究分野では、遠隔地に配置したロボットの操作に関する研究[2,3,7,8,9,16]や、通信プロトコルに関する研究[4,15]など様々な研究が行われている。本システムでは、アイコンやウィンドウ操作を自然に行えるインターフェースの構築を目的としており、カメラサーバの移動に関しては、行き先を選択するなど従来研究で行われているインターフェースを導入して評価する必要がある。

さらにカメラサーバの位置補正に関しても、実世界に配置したマーカ[5,10]を利用したり、GPSなどの位置センサを組み合わせるなど、自動的に補正が行える拡張が必要となる。

6. まとめ

本研究では、これまでに提案してきた拡張デスクトップ環境の利用範囲を拡張するために、遠隔操作可能なカメラを利用して遠隔地の実空間をアイコン管理に利用できる ROBO-TOP システムの設計および実装を行った。これまでに構築してきたシステムと本システムを併用することで、ユーザの場所を問わずアイコンなどの計算機リソース管理が可能となった。今後の課題として、以下に示すシステム評価を行う予定である。

有効性の評価: ROBO-TOP システムを利用することで、アイコン管理が従来よりも良くなったかを調べる。アンケート評価や特定の数のリソースを記憶し、一定期間後にどの程度記憶できているかの評価を行う。

操作性の評価: 移動型カメラの操作を、マウスによる操作やキーボードによる操作など複数の操作方法を用意し、どのような方法が適切なアイコン操作になるかを評価する。

さらに、応用アプリケーションの開発や、従来システムとの統合なども今後の課題である。

謝辞

未筆ながら、NTT コミュニケーション科学基礎研究所の柳沢豊氏、シャープの上田宏高氏、西尾研究室の寺田努氏、中村聡史氏をはじめとする西尾研究室の諸氏に感謝の意を表す。なお、本研究の一部は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「マルチメディア・コンテンツの高次処理の研究」(プロジェクト番号: JSPS-RFTF97P00501)によって行われている。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- [1] E. Freeman and D. Gelernter: "A Storage Model for Personal Data," in Proc. ACM SIGMOD (Mar. 1996).
- [2] S. Gaurav and J. Maja: "Embedding Robots Into The Internet," in Proc. communication of the ACM, vol. 43, no. 5 (May 2000).
- [3] 原 功: "インターネットを利用した遠隔操作システム," ロボット学会誌, vol. 17, no. 4, pp. 447-480 (1999).
- [4] 平石 広典, 大和田 勇人, 溝口 文雄: "Webをベースにしたマルチエージェントロボットの通信と制御," ロボット学会誌, vol.12, no. 5, pp.470-474 (1996).
- [5] 塚本昌彦: "実空間利用のためのビジュアルなコンピュータ間通信方式," モバイルコンピューティング 12-15, pp.25-32 (Feb. 2000).
- [6] R. Mander and G. Salomon: "A 'pile' metaphor for supporting casual organization of information," in Proc. CHI'92, pp. 627-634 (1992).
- [7] 松丸 隆文: "通信回線 ISDN を介したロボットの遠隔操作," ロボット学会誌, vol. 17, no. 4, pp. 481-485 (1999).
- [8] 大山 英明, 常本 直貴: "仮想環境と実環境の重ね合わせの一手法," ロボット学会誌, vol. 12, no. 2, pp. 272-281 (1994).
- [9] S. Reid, G. Richard, Z. Karen, K. Sven, and O. Joseph: "A Layered Architecture for Office Delivery Robots," in Proc. Agents'97, Marina del Rey CA USA (1997).
- [10] J. Rekimoto: "Matrix: A Realtime Object Identification and registration Method for Augmented Reality," in Proc. APCHI'98 (1998).
- [11] 暦本 純一: "時間指向ユーザインタフェースの提案," 安村 通晃 (編): インタラクティブシステムとソフトウェア VII, 近代科学社, pp. 55-64 (1999).
- [12] 坂根 裕, 塚本 昌彦, 西尾 章治郎: "拡張デスクトップ環境における実空間アイコンの記述方法について," 第 2 回プログラミングおよび応用システムに関するワークショップ (SPA'99), オンラインプロシーディング <http://www.oss.is.tsukuba.ac.jp/spa99proc/>.
- [13] Y. Sakane, M. Tsukamoto, and S. Nishio: "The Extended Desktop System for Real World Computing using Camera Images," Proc. the 2001 Symposium on Applications and the Internet (SAINT-2001), pp. 195-204 (Jan. 2001).
- [14] 坂根 裕, 塚本 昌彦, 西尾 章治郎: "アイコンの立体表示を可能にするウェアラブル拡張デスクトップシステム," 第 4 回プログラミングおよび応用システムに関するワークショップ (SPA2001), オンラインプロシーディング <http://www.dcl.info.waseda.ac.jp/SPA2001/Sakane.pdf>.
- [15] D. Sekiguchi: "R-Cubed Transfer Protocol RCTP/2.0 Specification," in Proc. Specification Working Draft (Feb. 2000).
- [16] 柴田 智広: "ロボット研究とインターネット," ロボット学会誌, vol. 14, no. 3, pp. 335-336 (1996).
- [17] W. Thomas: "How Do People Organize Their Desks? Implications for the Design of Office Information Systems," in Proc. ACM Trans. val. 1, no. 1, pp. 99-112 (1983).
- [18] G-XML homepage, <http://gisclh01.dpc.or.jp/gxml/>.