

紙面上の仮想空間を用いた”Dipping”インタフェースの研究

吉田 悠一[†] 宮奥 健人[†] 東野 豪[†]

[†] NTT サイバーソリューション研究所

あらまし 情報やサービスへのアクセスの効率の向上を目指した2次元コード (QR コード) の読み取り機能を有した携帯電話がすでに普及し始めている。本稿では、イメージセンサを備えた小型情報端末上で、撮影画像に2次元コードをロケータとして生成した仮想空間を活用する Dipping インタフェースを提案する。Dipping インタフェースでは、端末の位置や姿勢を変化させることで、情報を操作することができる。たとえば、スライダーを動かすように端末を動かすことで、端末の画面をスクロールさせるといったことが可能になる。本文では、提案する Dipping インタフェースと試作したプロトタイプシステムについて述べる。

キーワード 2次元コード, 実世界指向インタフェース, augmented reality

A study of ”Dipping” interface that uses virtual space on paper

Yuichi YOSHIDA[†], Kento MIYAOKU[†], and Suguru HIGASHINO[†]

[†] NTT Cyber Solutions Laboratories

Abstract A cellular phone which has a function to decode visual codes (QR Code) has become popular. Visual codes enable users to use a lot of services more easily and quickly. To support more easy and intuitive functions on thus operations, we propose the Dipping interface; it uses printed visual codes to greatly extend the interface functionality of existing video-capable cellular phones. The visual codes generate a ”virtual space” that can be seen through the cellular phone’s display. The user can interact with the phone’s sophisticated functions by moving and rotating the phone relative to the printed codes. For example, a video window can be scrolled by moving the phone as if it were a slider bar. We describe a prototype Dipping interface and demonstrate its effectiveness.

Key words visual code, real-world-oriented interface, augmented reality

1. はじめに

携帯電話上で情報やサービスへのアクセスの効率を向上させることを意図し、2次元コード (QR コード) の読み取り機能を有した携帯電話がすでに普及し始めている [1] [2] [3]。現在の2次元コードの利用方法は、情報端末の備えるイメージセンサで2次元コードを撮影し、URL 情報を取得し、Web ブラウジングを行うものが一般的である。一方で、携帯電話は、その機能向上に伴って、地図や3D モデルなどの空間的なコンテンツを扱うことができるようになってきている。従って、2次元コードを用いて、このような空間的なコンテンツを提供する場合もあると考える。

例として、不動産物件のポスターを挙げる。2次元コードは、ポスターの物件毎に添付されており、Web 上の地図へのアクセスのための情報を提供する (図 1)。利用者は、以下の手順でこれを利用する。

(1) 物件のポスターに印刷されている2次元コードを端末で撮影する (図 1-(a))。

(2) 2次元コードが保持する Web 上にある地図へのリンク情報に従って、端末はその物件周辺の地図を取得し、表示する (図 1-(b))。

(3) 利用者は、物件周辺を探るため、画面上に表示される地図を見ながらボタン操作で異なるスケールの地図へのリンクを選択し、スケールを変更する (図 1-(c))。

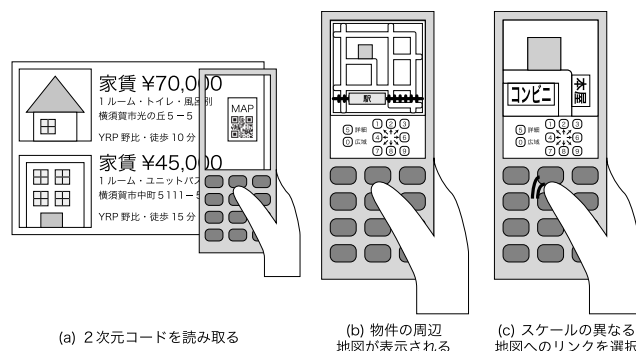


図 1 現在の利用方法におけるタスクの流れ

携帯電話では、ボタンによるメニュー操作が一般的であるため、画像や3次元モデルなどの空間的なコンテンツをPCのGUIのように操作して閲覧することができない。従って、上述のように2次元コードから取得する情報の内容が地図であった場合、これを閲覧する操作がやや煩雑になる。一方、2次元コードには、情報を保持するだけではなく、撮影画像中のコードの形状をキーとして端末との姿勢および位置関係を算出できる特徴を持つものがある。そこで、この2次元コードの特徴を利用し、コードに対して端末を動かし空間的なコンテンツを閲覧可能にすることで、その閲覧する操作を改善できると考えた。

我々は、2次元コードをキーとして生成する仮想空間上の端末とコードの位置関係を用いて操作するDippingインタフェースを提案する。本稿では、提案するDippingインタフェースと評価のために試作したプロトタイプシステムについて述べる。

2. 提案手法 Dipping インタフェース

2.1 概 要

Dipping インタフェースは、撮影画像中の2次元コードをロケータとして重畳表示された画像情報を通して見ることができ、仮想空間を操作に利用する。Dipping インタフェースは、2次元コード読み取り後のボタン操作(図2-(a))を、この仮想空間中で端末を動かす操作(図2-(b))に置き換えるものである。

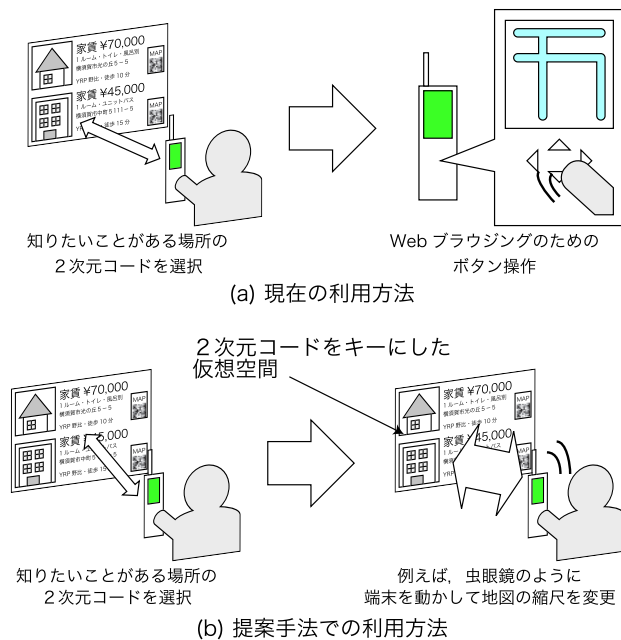


図2 利用方法の比較の概略図

2.2 基本操作

Dipping インタフェースでは、この仮想空間上で端末を動かすことで、多様な情報操作を実現できる。図3にDippingインタフェースにおけるいくつかの基本操作を例に挙げる。

2.3 応 用 例

Dipping インタフェースのsink操作を上述の不動産物件のポスターの利用シーンに応用した例について説明する。

(1) 物件のポスターに印刷されている2次元コードを端末で撮影する(図4-(a))。

操作名	操作イメージ	説明
sink		端末を垂直方向に動かして、パラメータを操作する。
tilt		端末を傾けて、パラメータを操作する。
spin		端末を垂直方向の回りに回して、パラメータを操作する。
slide		端末を縦・横方向に動かしてパラメータを操作する。

図3 Dipping インタフェースの基本操作の例

(2) 2次元コードが保持する地図画像へのリンク情報に従って、端末はその物件周辺の地図を取得し、表示する(図4-(b))。

(3) 利用者は、物件周辺を探索するため、画面上に表示される地図を見ながら、端末を2次元コードに近づけたり、遠ざけたりして、異なるスケールの地図の表示を切り替えることができる。(図4-(c))。

3. プロトタイプシステム

Dipping インタフェースを用いた操作が有効であるかを評価するため、プロトタイプシステムと小型端末型のデバイスを試作し、提案するインタラクションを行える環境を構築した。プロトタイプシステムは、前章の図3で示したsink操作とtilt操作を行うことができる。このプロトタイプシステムの実装について説明する。

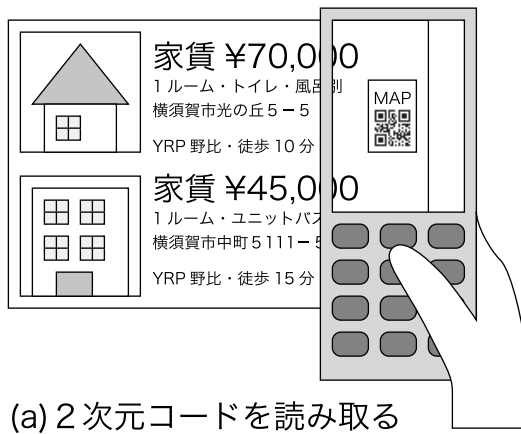
3.1 システム概要

Dipping インタフェースの操作の中でも、sink操作は直線的な動作であり、もっとも簡単な操作であると考えた。このsink操作を簡単に行えるように小型端末型のデバイスを試作した。端末のイメージセンサとディスプレイのそれぞれの向きや中心の位置が大きくずれていると、2次元コードをイメージセンサの画角に入れながらsink操作を行うことが難しいと考えた。そこで、小型端末型のデバイスは、イメージセンサと液晶パネルの向きが一直線になるように、また液晶パネルの中心の裏側にイメージセンサが位置するように設計した(図5)。イメージセンサにはUSBカメラを、ディスプレイには汎用の液晶パネルを用いた。小型端末型デバイスで撮影された映像は、PCで処理される。液晶パネルは、PCのVGA出力に接続されている。PCで生成された映像がUSBカメラで撮影された映像に重畳され、液晶パネルに表示される。本プロトタイプシステムでは、2次元コードとして、QRコードを用いた。

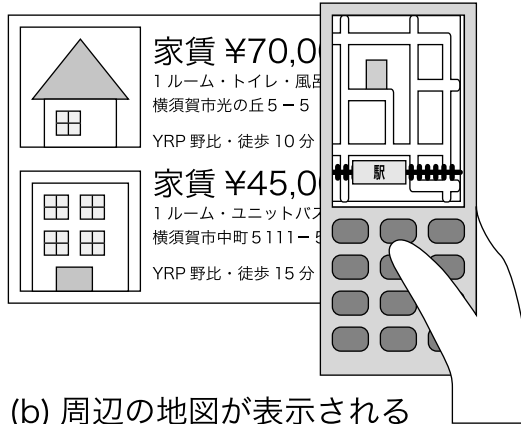
3.2 実 装

QRコードが保持する識別情報および撮映画像中の4隅の位置の検出には、QRCode Decode Library [4]を用いた。

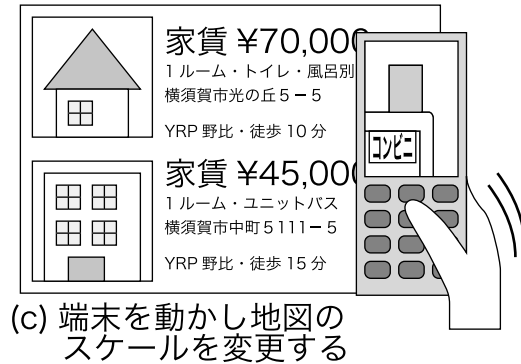
端末に対するコードの姿勢および位置関係を計算するには、



(a) 2次元コードを読み取る



(b) 周辺の地図が表示される



(c) 端末を動かし地図のスケールを変更する

図 4 Dipping インタフェースでの利用方法

コードの形状が既定であることを利用し、その姿勢および位置関係を示す行列を計算する方法が一般的であるが、計算コストが大きくなる。大きな計算能力を持たない小型の情報端末での利用を想定しているため、重畳表示およびコードと端末の位置関係を算出するための計算コストは低いことが望ましい。このため、計算コストを抑えるために、検出される QR コードの4隅の点(図6-(1)(左上), (2)(右上), (3)(右下), (4)(左下))の画像中の位置から姿勢および位置関係を簡単に計算する。

以下に実装した sink 操作に用いる 2次元コードと端末の距離, tilt 操作のコードに対する端末の傾きの算出方法について説明する。

a) sink 操作のための距離の算出方法

距離は、画像中での QR コードの対角線によって計算する。コードに対して端末が正対して操作が行われ、QR コードの大きさは規定であることを条件に距離を計算する。図 6-(a) に示

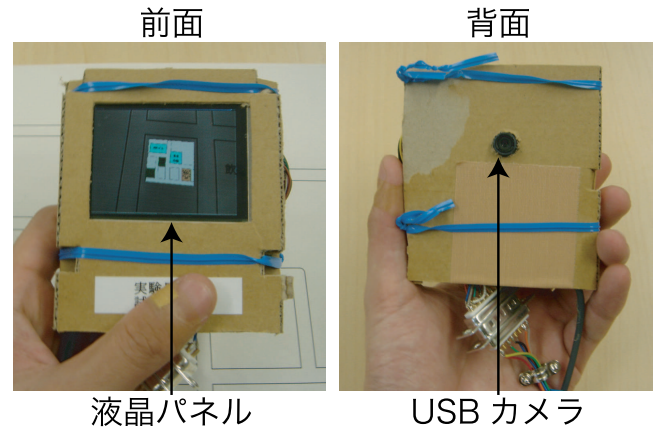


図 5 小型端末型デバイス

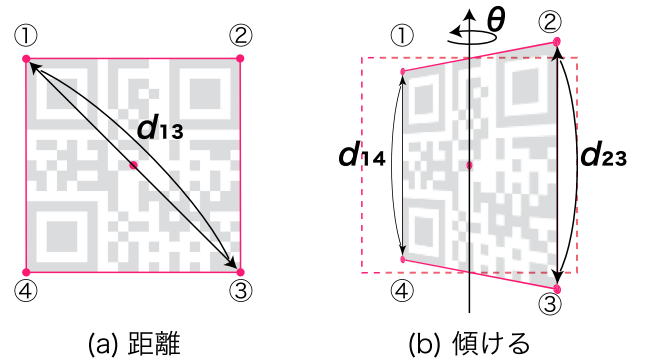


図 6 計算の概略図

すように点(1)と点(3)の距離 d を算出し、対角線とする。端末が検出の限界にまで QR コードに近づいたときの対角線の長さを d_{max} 、距離を l_{min} とし、検出の限界にまで QR コードが遠ざかったときの対角線の長さを d_{min} 、距離を l_{max} とし、任意の対角線 d に対するコードとの距離 l を式(a))で決定する。

$$l = \frac{l_{max} - l_{min}}{d_{min} - d_{max}} d + \frac{l_{min}d_{min} - l_{max}d_{max}}{d_{min} - d_{max}}$$

図 4 の応用例に適用する場合は、各物件毎に数枚のスケールの異なる地図画像をあらかじめ用意する。各物件は QR コードが保持する識別番号で識別され、端末を QR コードにかざしたときの距離 l に段階的な閾値を適応し、その段階に応じたスケールの地図がカメラ映像に重畳表示されるように実装することで実現することができる。

b) tilt 操作のための姿勢の算出方法

距離と同様に QR コードに対して端末が正対して操作が行われることを条件に計算する。QR コードは正方形である。端末が QR コードに正対した場合、点(1)と点(4)を結んだ辺の長さ d_{14} と点(2)と点(3)を結んだ辺の長さ d_{23} は等しい。図 6-(b) に示すように、2次元コードの縦軸周りの左方向(右ねじの反対)にコードが回ったとき、 $d_{14} < d_{23}$ となる。また $d_{14} > d_{23}$ であるときには、右方向に回っているといえる。そこで、 $k = d_{14}/d_{23}$ として、以下の式で k の値が小さいほど左回りに大きく傾き、 k の値が大きいほどの右回り

に大きく傾いているとして傾きを決定する。

例えば、傾けている間だけ k で決定される傾きの方向に従って、画面の内容がスクロールし、正対している間はスクロールしないように実装し、操作に応用することができる。

$$\text{傾き} = \begin{cases} \text{左に傾いている} & (k < 1) \\ \text{正対} & (k = 1) \\ \text{右に傾いている} & (k > 1) \end{cases}$$

4. プロトタイプシステムの考察

上述のプロトタイプシステムを用いて、Dipping インタフェースの操作が可能な不動産の物件のポスターの応用例を可視化した(図7)。可視化したシステムは、不動産物件のポスターに印刷されたQRコードを用いて、各物件の外観の閲覧と図4の周辺地図の閲覧操作を行うことができる。以下にその操作の概要を説明する。

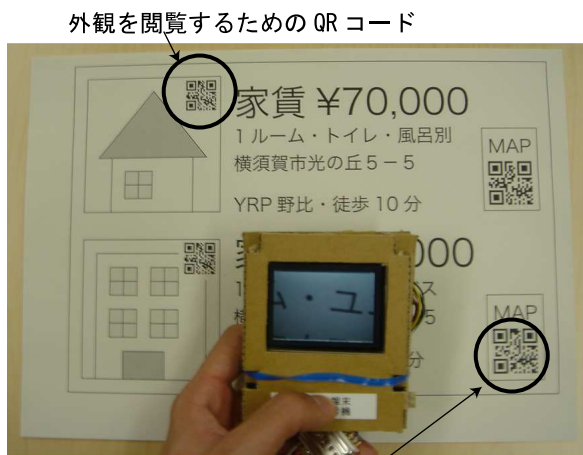


図7 ポスターと待受状態の端末

(1) システムを起動すると小型端末型デバイスの画面はイメージセンサの撮影映像をそのまま表示し、操作待受状態となる。

(2) 利用者が、そのままの状態小型端末型デバイスでポスターQRコードを読み取らせると、対象となる物件の識別番号が識別され、さらにそのQRコードが物件の周辺地図を閲覧するものであるか、物件の外観を閲覧するものであるかが識別される。

(3) 物件の周辺地図を閲覧するものであった場合、識別番号の物件の数枚のスケールの異なる周辺地図画像が端末に取得され、中間のスケールを持つ地図が端末に重畳表示される。利用者は、そこで sink 操作によって、端末を QR コードに近づけたり、遠ざけたりすることで、重畳表示される地図のスケールをリアルタイムで変更することができる(図8)。

(4) 物件の外観を閲覧するものであった場合、識別番号の物件を異なる角度から撮影した複数枚の外観画像が端末に取得され、自動的に正面から撮影された外観画像が撮影映像に重畳

表示される。利用者は、そこで tilt 操作によって、左周りに端末を傾けることで左側から撮影した外観画像に表示を切り替えたり、右回りに端末を傾けることで、右側から撮影した外観画像に表示を切り替えたりすることができる(図9)。

(5) 利用者がそのQRコードをイメージセンサの画角からはずすと、元の操作待受状態となる。

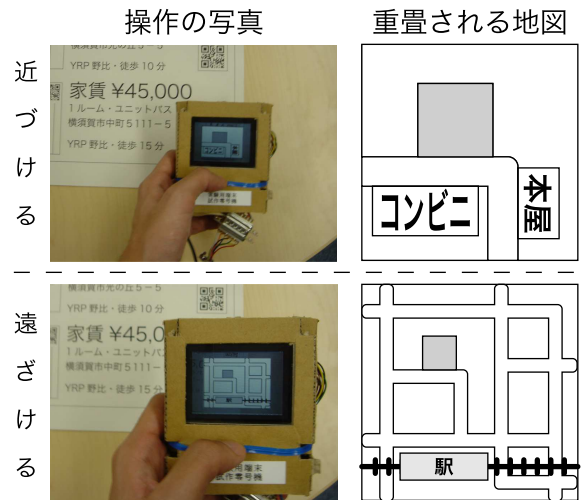


図8 sink 操作の動作例

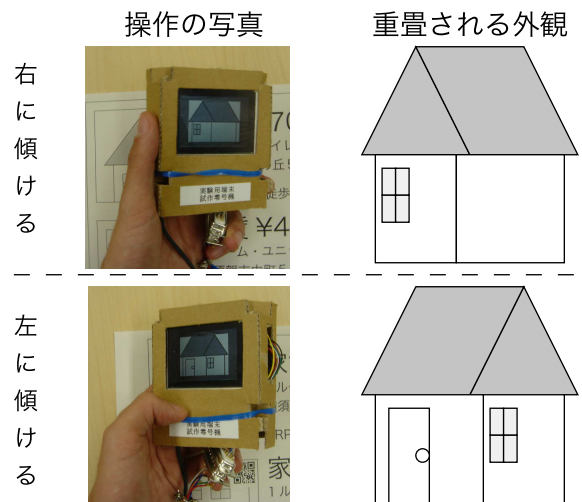


図9 tilt 操作の動作例

可視化したシステムでは、現在の2次元コードを用いた利用方法でのスケールを変更するためのWebのリンク選択操作や同様の概観を見る方向を変更するための操作と比較し、リンク選択のボタン操作の回数を減らすことができ、操作ステップ数を低減させることができた。

各操作を行ったところ、スムーズに地図のスケールを調整したり、物件の概観を閲覧することができたが、以下のような問題点も得た。

4.1 Dipping インタフェースを実現するための端末について

QR コードを画角に入れながら操作することが難しいという問題点を得た。これは、操作中にイメージセンサの画角から QR コードが外れてしまうことに起因する。操作中の QR コードの検出結果を出力したログから、特に tilt 操作で外観を閲覧するときに画角から外れやすいことがわかった。プロトタイプシステムは、sink 操作を考慮し、イメージセンサとディスプレイの配置を決定したものである。この配置では端末を傾ける tilt 操作の場合、手の回転動作の中心にイメージセンサが位置しないため、コードが画角から外れやすくなっていると考えられる。そこで、今後は Dipping インタフェースの操作に適したディスプレイとイメージセンサの配置等の端末自体のデザインについても検討する。

4.2 Dipping インタフェースを実現するための 2 次元コードについて

操作中に QR コードの位置検出には誤差があり、このため検出結果が不安定になり重畳表示がふらついて見にくいことがあった。これは、QR コードは右下隅に位置マーカーを持たないため、右下隅の点の検出には誤差を伴うことに起因する。4 隅にマーカーを持つコードであれば、この検出誤差は低減させることができると考える。

また、QR コードには、印刷内容が塗りつぶされてしまうという短所もある。4 隅にマーカーを用いたコードの中心部が自由に使える 2 次元コードであれば、塗りつぶしを軽減することができる。さらに QR コードを画角に入れながら操作することが難しいという上述の問題点も、コードの一部が画角に入らない場合でも検出可能な 2 次元コードを実現できれば、操作の難しさを低減できると考える。

これらを考慮し、Dipping インタフェースに適した 2 次元コードを現在開発中である。

5. ま と め

小型情報端末における 2 次元コードを用いた情報取得方法を拡張し、その操作性の向上と応用範囲の拡大を意図した Dipping インタフェースを提案した。Dipping インタフェースを実現するための小型端末型デバイスおよびいくつかの操作が可能なプロトタイプシステムを実装した。Dipping インタフェースを実際の操作に応用したシステムを使用し、その効果、問題点について考察した。

試作したプロトタイプシステムを使用し、2 次元コードをイメージセンサの画角に入れながら操作することが難しいことがわかった。小型端末のディスプレイ、イメージセンサの配置方法がこれに影響している可能性があると考え、Dipping インタフェースの操作に適した端末のデザインに向けて、いくつかの端末を試作し、各種 Dipping インタフェースの操作における操作性を比較し、評価を行う予定である。また位置検出誤差が少なく、紙面を塗りつぶす領域が小さいような Dipping インタフェースに適した 2 次元コードについても検討、開発を進めていく予定である。

文 献

- [1] 脇田敏裕, 長屋隆之, 寺高立太: "2次元コードを用いた WWW と紙メディアとの融合の試み", 情報処理学会研究会報告 98-HI-76, pp.1-6, 1998.
- [2] 磯俊樹, 倉掛正治, 杉村利明: "モバイル環境下における携帯端末を用いた ID 読み取り方式の検討", 電子情報通信学会技術研究報告 PRMU2002-145, pp.99-104, 2002.
- [3] Arai T, Aust D, Hudson S. Paper Link: "A technique for hyperlink from real paper to electronic content", Proceedings of CHI97. New York, ACM Press 1997;327-333
- [4] psytec <http://www.psytec.co.jp>
- [5] H.Kato, M. Billingham, I. Poupyrev, K. Imamoto, K. Tachibana: "Virtual Object Manipulation on a Table-Top AR Environment", In Proceedings of ISAR 2000, Oct 5th-6th, 2000.
- [6] Volkert Buchmann, Stephen Volick, Mark Billingham, Andy Cockburn: "FingARtips - Gesture Based Direct Manipulation in Augmented Reality, Proceedings of Graphite'04: International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, Singapore, pp.212-221, 2004
- [7] 暦本 純一, "簡易性とスケーラビリティを考慮した拡張現実感システムの提案", インタラクティブシステムとソフトウェア III, 近代科学社, pp. 49-56, 1995
- [8] 暦本純一: "2 次元マトリックスコードを利用した拡張現実感システムの構成手法", インタラクティブシステムとソフトウェア IV, 近代科学社, 1996.
- [9] 椎尾一郎, 増井俊之, 福地健太郎: "FieldMouse による実世界インタラクション", インタラクティブシステムとソフトウェア VII (日本ソフトウェア科学会 WISS'99) pp.125-134, 近代科学社, ISBN4-7649-0279-6, 1999.12.1-3