

位置情報を利用した現実環境と シミュレーション環境の融合

藤原義功 吉野 孝 宗森 純

和歌山大学

人と人との協調作業において、実世界の人の位置情報をパラメータとすることによる現実環境とシミュレーション環境およびロボットが動くいわばミニチュア環境とを融合するためのシステムを開発した。開発したシステムでは、現実環境の人の位置に対応して、計算機上に表示される位置およびロボットの位置が同期して動く。まず、この各環境が利用者に対してどのような印象を与えるかについての実験を行った。その結果、ロボットが動くミニチュア環境では、多人数で様々な角度から状況を観察することが可能であり、全体や部分の把握が容易であることが分かった。さらに、本システムを電子鬼ごっこへ応用したところ、ロボット操作側の評価の高いことが分かった。

Fusion of Actual Environment and Simulation Environment using Location Information

Yoshinori Fujihara, Takashi Yoshino and Jun Munemori

Wakayama University

We have developed a system for fusion of a real world on actual environment, simulation environment and miniature environment in which a robot moves. The position displayed on a computer and a robot's position are corresponding with the location of a man in actual environment. We carried out the experiments for investigating about what impression these environment give to users. The results show that we can observe a situation from various angles by many people, and can grasp of the whole or a portion was easy in the miniature environment. We applied this system to an electronic playing tag. The result seems that the evaluation of the robot operator is high.

1. はじめに

近年、計算機の能力の急速な発展に伴い、計算機内の情報と現実との情報を融合する研究が盛んに行われている[1]-[3]。例えば、MR (Mixed Reality) は、CGなどで描く「仮想世界」と、ビデオカメラなどから取り込まれた「現実世界」を画面上で融合させ、3次元空間の中でインタラクティブなアプリケーションを構築する技術である[1]。また、「実世界指向インタフェース」は、実世界の物を使い、計算機上の情報操作を行うインタフェースである[3]。

計算機内の情報と現実との情報を融合する研究

は多数見られるが、人と人との協調作業において、人が実際に動く環境と計算機上に表示される環境およびロボットが動く環境とが融合された例は見あたらない。これらのアイデアのヒントは文献[4]や文献[5]等から得た。

本稿では、人、PCの画面、ロボットのインタフェースとしての特徴を示すため、(1)人が屋外を歩き、その軌跡が画面上に表示され、さらにロボットが屋外の人と同期して動く実験、(2)屋外を歩く人1人と、もう1人の代わりに、サーバと常時接続したロボットを使った電子鬼ごっこへの応用実験を行い、その結果について報告する。

2. 位置情報をパラメータとした現実環境とシミュレーション環境およびミニチュア環境との融合

2.1 設計方針

位置情報をパラメータとした現実環境とシミュレーション環境およびミニチュア環境とを融合するシステムの設計方針を下記に示す。

(1) 人とPCの画面とロボットの同期

屋外にいる人のGPSによる位置データを用いて、PCの画面上的表示位置およびロボット位置を同期して動かす。

(2) PCからロボットの操作

ロボットの操作は、PCを用いて遠隔で行う。サーバとの接続は常時接続で行う。

(3) ロボットの視点の伝達

ロボットの位置から見える視点の画像を伝達する。

2.2 実現システム

図1に、位置情報をパラメータとした現実環境とシミュレーション環境およびミニチュア環境とを融合するシステムの構成を示す。

システムは、「現実環境」、「シミュレーション環境」および「ミニチュア環境」で構成される。各環境にはそれぞれ、「移動用システム」と「位置情報処理用計算機」および「ロボット」とがある。また、各環境とは別に、ロボットの視点の画像を作成するための「視点画像作成用計算機」もある。下記にシステムの詳細を示す。

(1) 移動用システム

移動用システムは、PDA(Palm III, 3Com社)、GPS(ポケナビ mini, エンペックス気象社)、モデム(Snap Connect, I・O Data社)および携帯電話とからなる。GPSによる位置データは、PDAで加工し、携帯電話を用いインターネットプロバイダに接続し、位置情報処理用計算機へ送信する。

(2) 位置情報処理用計算機

位置情報処理用計算機は、移動用システムより送られてきた位置データをPCの画面に描画する。同時に、人の位置と同期してロボットを動かすために、ロボット動作の命令データを作成する。図2に位置情報処理用計算機の画面を示す。図中の太線は人の軌跡である。図2の下部の

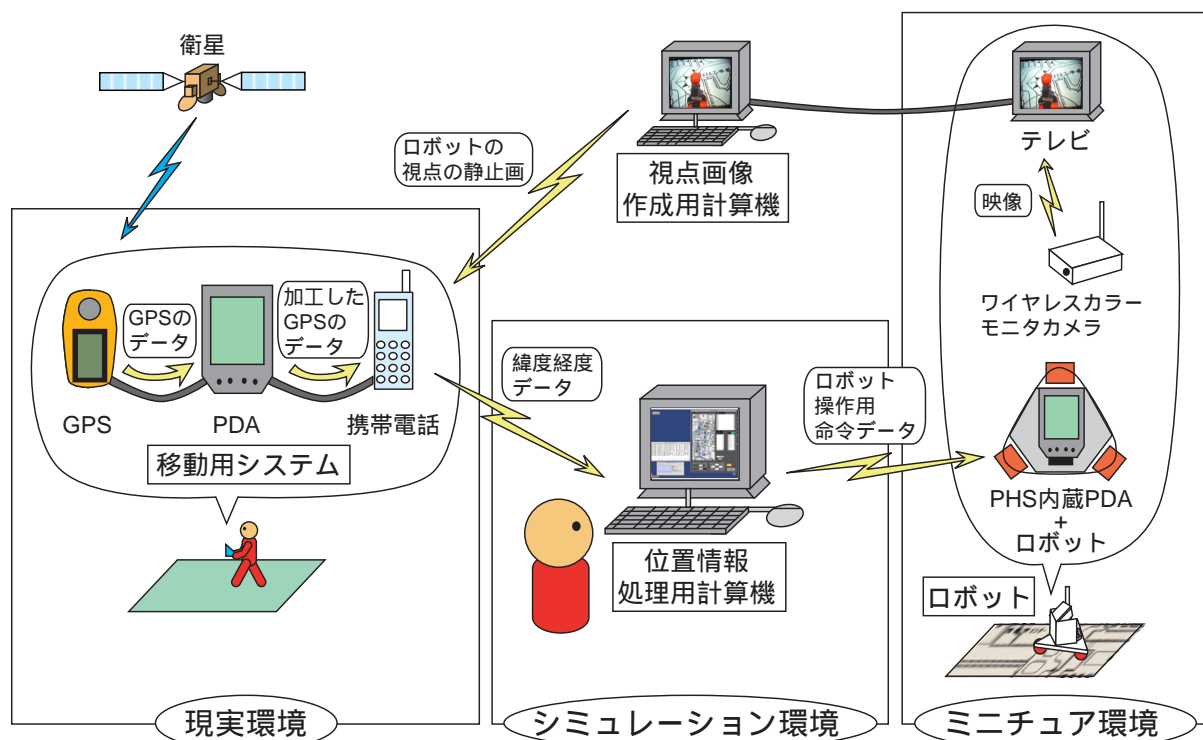


図1 位置情報をパラメータとした現実環境とシミュレーション環境およびミニチュア環境とを融合するシステムの構成

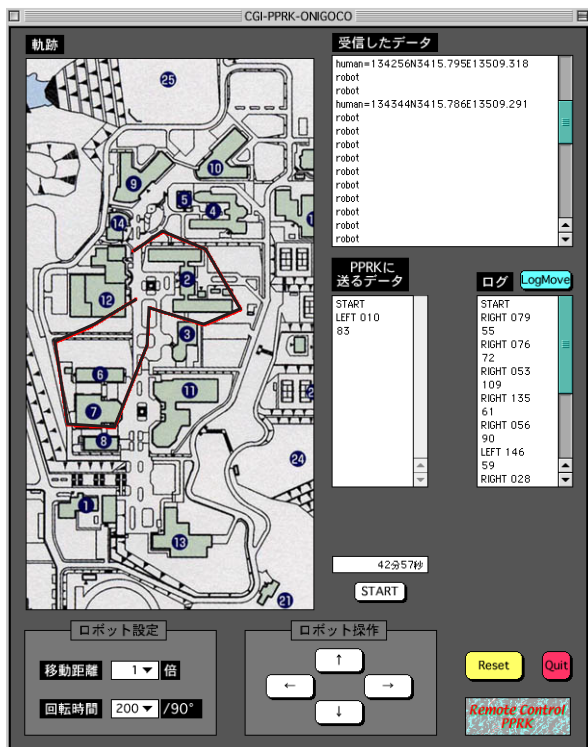


図2 位置情報処理用計算機の画面

上下左右のボタンを用いて、直接PC上からロボットを操作することも可能である。位置情報処理用計算機上で動作するプログラムの開発には、SuperCard 3.6J (Mode社)を用いた。また、位置情報処理用計算機と、移動用システムおよびロボットとの通信にはhttpを用いており、Macintosh上で動作するWWWサーバ(Quid Pro Quo 2.1.2, Social Engineering社)を介して接続している。移動用システムとはデータ通信時に接続し、ロボットとは常時接続している。

(3) ロボット

ロボットは、PHS内蔵PDA(WorkPad31J,日本IBM)、ロボット(Palm Pilot Robot Kit,カーネギーメロン大学)6],ロボット上部に設置するワイヤレスカラーモニタカメラ(MCD-20T, MARUHAMA)とからなる。図3にロボットを示す。ロボットは、1辺が22.5cmの正三角形である。180cm×90cmのベニヤ板上に同サイズの和歌山大学の地図の敷き,その上で動作させる。ロボットの移動は、PDAで制御している。PDAは、インターネットに常時接続しており、位置情報処理用計算機から定期的に移動のための命令データを受信する。ロボットは受信した命令データに従って動作する。PDAのプログラムは約1500行である。プログラム開発は、Macintosh上で行い、CodeWarrior for Palm OS Release 6Jを用いた。

(4) 視点画像作成用計算機

ロボットの視点の映像は、ロボット上部に設置するワイヤレスカラーモニタカメラの映像をテレビで受信する。さらに、テレビのビデオ出力を計算機に取り込み、携帯電話のブラウザで閲覧可能な静止画に変換する。図4にモニタカメラから受信した映像を示す。図の中央に図3の人の後部が映っている。これが現在位置を示す。

3. 位置情報をパラメータとした現実環境とシミュレーション環境およびミニチュア環境の特徴

位置情報をパラメータとした現実環境とシミュ

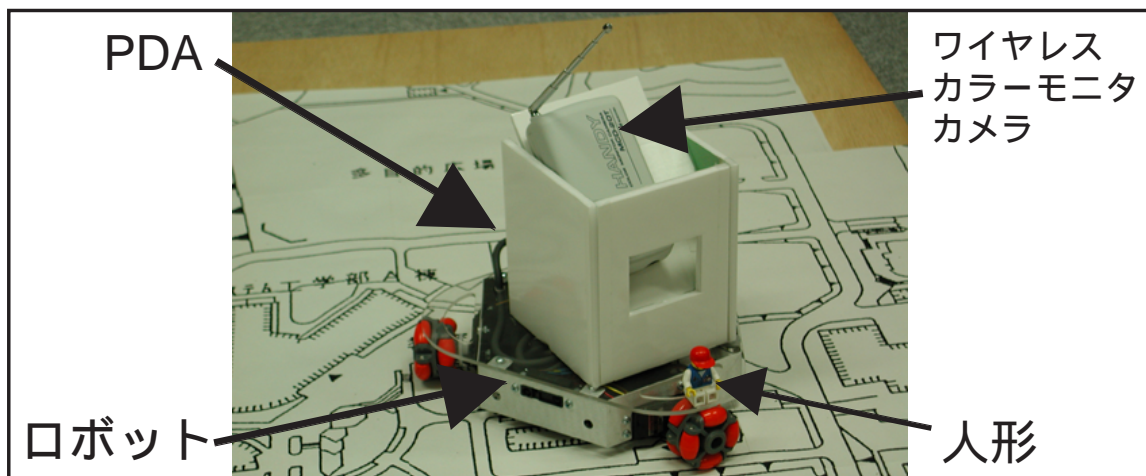


図3 ロボット

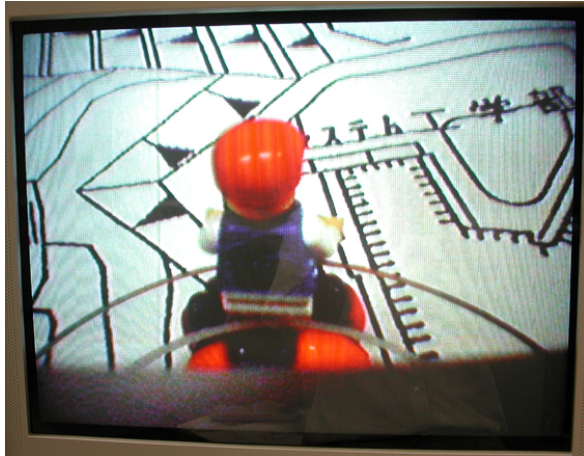


図4 ロボットのモニタカメラの映像

レーション環境およびミニチュア環境が、その利用者に対してどのような印象を与えるかについて調べるため、構築したシステムを利用して実験を行った。

3.1 実験方法

2人1組となり、1人は移動用システムを持ち、大学の構内を10～20分程度歩いてもらう。その位置は、約1分間隔で位置情報処理用計算機に送られる。もう1人は屋内にあり、PCに表示される屋外の人の軌跡やロボットの動く様子、ロボットのモニタカメラの映像を観察する。終了後、立場を交替して同様の実験を行う。

3.2 実験結果

10人(5組)に対して実験を行い、アンケート調査を行った。被験者は学部3年生から大学院1年生までの学生(9名)と教員(1名)である。図5にアンケート項目とアンケート結果の一部を示す。

3.3 考察

アンケート結果をもとに、各環境のもつインタフェースのメリットとデメリットについて考察する。

(1) 人が動くことのメリットとデメリット

人が動くことのメリットは、体を動かす必要があるため、運動になり、景色等を体感できることである。デメリットは、天候によっては不快と感じたり、あるいは疲れるために移動範囲に限界が生じたりすることである。アンケートの回答は、見方によってはメリットともデメリットと

も考えられるものが多かった。

(2) PC上の表示のメリットとデメリット

PC上の表示のメリットは、全体が把握でき、軌跡が見られることである。デメリットは、2次元として表示される地図上の軌跡だけでは、人が動いている実感が少ないことである。

(3) ロボットが動くことのメリットとデメリット

目の前で実際にロボットが動いているところを見るだけで、ほとんどの人が高い関心を示した。ロボットが動くことのメリットは、一度に複数人で様々な角度から見ることができ、実際に触れることもできることである。ロボットが動くことにより、人が歩いている雰囲気を感じたという回答もあった。デメリットは、動きが滑らかでなく、また、ロボットの大きさ(1辺が22.5cmの正三角形)に対して、地図(180cm×90cm)の大きさが小さいことである。

(4) モニタカメラの映像のメリットとデメリット

モニタカメラの映像のメリットは、通常とは異なる視点から見ることである。デメリットは、地図が表示されるだけでは臨場感が少なく、映っている範囲が狭いことである。

4. 電子鬼ごっこへの応用

位置情報をパラメータとした現実環境とシミュレーション環境およびミニチュア環境との融合の適用例として、電子鬼ごっこ[7]への適用を行った。

4.1 実験方法

下記の2種類の実験を行った。

(A)人逃走・ロボット追跡型電子鬼ごっこ(追跡者・逃走者は各1人)

現実の環境の人が逃走し、PC上でロボットを操作する人が追跡する。

(B)人追跡・ロボット逃走型電子鬼ごっこ(追跡者・逃走者は各1人)

現実環境の人が追跡し、PC上でロボットを操作する人が逃走する。

(A),(B)の両方の実験とも、逃走者と追跡者は、PCの画面の地図上でのみ同時に存在する。

<p>人が動くことに関する質問</p> <p>(1) 人が動くことのメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・体に良い ・運動になって良い ・散歩している気分になれる ・動いていることが体感できる ・景色の移り変わりを楽しめる ・自然や街並みを肌で感じることができる ・細かい事を考えずに動ける ・自由に動ける(制限がない, 細かい動き) ・人により行動パターンが違って面白い ・他の人との出会いがある <p>(2) 人が動くことのデメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・疲れる ・1人だと寂しい ・動くことが単純作業であるとうまならない ・天候に影響されやすい(雨, 暑い, 寒い等) ・実験環境(暑さ, 寒さ)によってはつらい ・移動に時間がかかる ・広い場所では移動距離に限界がある ・人目が気になる(機器が大きい, 目立つ) ・全体が見えない(目に見える物しか確認できない) ・人により行動パターンがばらばら ・目的が無く歩くのは退屈 <p>PC上の表示に関する質問</p> <p>(3) PC上の表示のメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・簡単にどのような行動しているか判断できる ・軌跡が視覚的にわかる ・どこにいるかすぐ分かる ・全体を通しての動きがわかる ・全体が把握できる ・PCは全体図が見られてわかりやすい ・どこから(遠隔から)でも見ることができる ・移動した軌跡が分かるので, どのような動きをしたか確認しやすい <p>(4) PC上の表示のデメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自分が監視されてる感じがする ・軌跡が引かれるだけなので, 人が動いている実感が少ない気がした ・実際の人の動きに比べて, 少しタイムラグがある ・少し建物を突き抜けていた ・細かい情報は伝わらない(その場の風景など) ・2Dマップであるため, 立体的に見られない(高度がわからない) ・移動の速さが分からない(急いでいるのか, のんびりしているのか) ・正確な軌跡が得られない 	<p>ロボットが動くことに関する質問</p> <p>(5) ロボットが動くことのメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大人数でわいわい見られると思う ・見ている人が驚く, 興味を持つ, 感心する ・人が動いている雰囲気を与える気がした ・さまざまな角度(高さ等)から見られる ・動いているのを見ているだけでも楽しい ・PC上の表示よりも, 何となく楽しんでいるような気分になる ・PCと比べて, 具体的にとらえられる ・苦勞しなくてもだいたいの動きが分かる ・みんなで全体的な状況を確認できる ・PCと違って実際に触れることができる <p>(6) ロボットが動くことのデメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・少しずつしか動かないので, 実際の動きを実感できない ・少し精度が悪い ・速さが一定 ・単純なことしかできないと飽きてしまう ・かなり正確に動かないと位置がずれる ・PCの地図と同じ動きをするだけではあまり面白くない ・地図の大きさに対して, ロボットが大きすぎる ・もう少しロボットが小さければ良いと思う <p>モニタカメラから見える映像に関する質問</p> <p>(7) モニタカメラから見える映像のメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鳥の目線で見られるのがよい ・なんとなく小さい人になって地図上を動く感じがする ・今までにない視点(斜めからの視点)が楽しめる ・PC上の表示を見るよりは面白い ・意外と迫力がある ・テレビに映すと, みんなで見られる ・違う視点から見られる ・ネットワークを介すとどこからでも見ることができる <p>(8) モニタカメラから見える映像のデメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全体が見えず, 一定の方向しか見えない ・映る範囲が狭くて場所が特定しにくい ・地面が白黒の平面地図なので, モニタに映る映像もバツとしない ・地図を映しているだけなので, 臨場感が伝わらない ・映っている映像からの情報が少ない ・真ん中の人形が大きすぎて邪魔
--	--

図5 アンケート結果の一部

3章では現実環境の人とロボットは同期して動いたが,ここでは,人とロボットは,逃走者と追跡者に分かれているために,同期していない.ロボットの操作は位置情報処理用計算機を用いている.

電子鬼ごっこは下記の手順で実施した.

(1)参加者は,10分毎に相手の位置を知ることができる.現実環境の人は携帯電話のブラウザを用いて,ロボットのモニタカメラから得られた静止画を閲覧し,ロボットの位置を確認する.ロボットを操作する人は,現実環境の人から送られて来た位置情報を,PC上で閲覧する.

(2)逃走者は,10分毎に2分間は同じ場所にとどまる.

(3)ロボットを操作する人は,現実環境の人が行けないような場所には移動しないようにする.また,現実環境の人との移動距離を同程度とするために,ボタンは10秒に1回押せるように

し,一回の移動距離は現実環境で約13mとした.

(4)過去10分間の同一時点に地図上の近い地点にいた場合,追跡者の勝ちとする(人は1分ごとの位置を取得している).

(5)制限時間は1時間とし,時間内に捕まえられなければ逃走者の勝ちとする.

4.2 実験結果

(A),(B)の実験を各一回,(A)にロボットを観察する人を1人追加した実験を一回実施し,アンケート調査を行った.被験者は学生(6名)と教員(1名)である.実験結果を表1に示す.アンケートの項目の最大値は5である.

4.3 考察

ロボットを操作する人からは様々な情報が得られ,また,テレビゲームのような感覚で面白かったと高い評価を得た.「PCの画面よりも現実感がある」、「向いている方向が分かる」といっ

表1 アンケート結果と捕まるまでの時間

実験形態	人逃走・ロボット追跡型		人追跡・ロボット逃走型		
	立場	人	ロボット	人	ロボット
	役割	逃走者	追跡者	追跡者	逃走者
1. 面白かったか.		2	4	3	4
2. 携帯電話の画像は見やすかったか.		2	-	2	-
3. 画像を見てロボットの場所がわかったか.		2.5	-	3	-
4. 軌跡の表示は見やすかったか.		-	5	-	4
5. ボタン操作は良かったか.		-	3.5	-	3
6. 10秒に1回のボタン操作は妥当か. (1:遅く, 3:妥当, 5:早く)		-	3.5	-	4
7. 移動距離は人と比べて妥当か. (1:短い, 3:妥当, 5:長い)		-	3	-	3
捕まるまでの時間		42分 30分		35分	
実験日時		H13.8.9 H13.8.17		H13.8.11	

た意見があり, PC上の画面では得にくい現実感や状態等をロボットが実現していたと思われる。しかし, 「もう少し追っている感覚, 追われている感覚がほしい」という指摘もあった。ロボット操作側のロボットだけでは物足りなく, 現実環境の人と同期で動く, または操作できるロボットも必要であると考えられる。

現実環境の人の評価は, それと比較すると高くなかった。現実環境の人の評価として, 「ロボットを追いかけていると思うとやる気がなくなる」, 「相手の姿が見えないのはつらい」といった意見があった。これは電子鬼ごっこの種類の1つである仮想鬼ごっこ(相手が異なる大学にいて, お互いの姿が直接見えず, 画面の地図上でのみ見える)が評価が高くなかったこととも関連すると考えられる[7]。また, モニタカメラの10分に1回の静止画では情報が少なかつたと思われる。携帯電話で閲覧する回数を増やしたり, ロボットが接近したときに何らかのフィードバックがあったり等の対策が必要であると考えられる。

ロボット観察者からは, 様々な角度から覗き込み, また, 全体を眺めたりロボット周辺だけを観察することで, 「周りから見渡せるので好印象」と良い評価を得た。

5. おわりに

位置情報をパラメータとした現実環境とシミュレーション環境およびミニチュア環境の融合のためのシステムの構築した。そのシステムを利

用して, 各環境が利用者に対してどのような印象を与えるかの実験と電子鬼ごっこへの応用を行った。

実験の結果, 現実環境と同期してロボットの動作するミニチュア環境は, 多人数で様々な角度から状況を観察することが可能で, 全体や部分の把握が容易であることが分かった。

今後, さらに検討を行い, 効果的なシステムの構築を行う。

参考文献

- [1] 穴吹まほろ, 若月裕子, 山本裕之, 田村秀行: 複合現実空間に存在する擬人化エージェントの実現, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No. 7, pp. 1957-1966(2001).
- [2] 田村秀行(編): 「複合現実感」特集, 日本VR学会論文誌, Vol.4, No. 4(1999).
- [3] 椎尾一郎, 増井俊之, 福地健太郎: FieldMouseによる実世界指向インタフェース, コンピュータソフトウェア, Vol.18, No.1, pp. 28-38(2001).
- [4] 藤子・F・不二雄: ラジコンシミュレータでぶっ飛ばせ, ドラえもん, Vol. 22, pp.64-73, てんとう虫コミックス, 小学館(1981).
- [5] 藤子・F・不二雄: 実用ミニカーセット, ドラえもん, Vol. 42, pp.124-131, てんとう虫コミックス, 小学館(1991).
- [6] <http://www.cs.cmu.edu/pprk/index.html>
- [7] 吉野 孝, 牟田智宏, 宮内絵美, 宗森 純: 電子鬼ごっこ支援グループウェア, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2001)シンポジウム, pp.55-60(2001).