

RFID とステレオカメラを用いた個人動態認証システムの開発

鈴木 直彦[†] 林 健太郎[†] 岩田 雅史[†] 石岡 卓也[†] 笹川 耕一[†]

[†] 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 〒661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町 8-1-1

人物の ID とおおよその位置を検出可能な RFID と人物の歩行軌跡を検出可能なステレオカメラを用いて、エレベーターの乗客検出・乗客認証・呼び登録制御を行うシステムを提案する。近年長距離型 RFID や各種センサの普及により人物位置情報に基づいた様々なサービスシステムが提案されている。しかし長距離型 RFID に基づいたサービスシステムでは、RFID を保持する人物はおおよその位置情報しか検出できないため、人物行動に基づいたサービスにはかなりの制約があった。そこで人物の ID とおおよその位置を検出可能な RFID 及び人物の歩行軌跡を検出可能なステレオカメラを利用することにより、「誰がどこに」情報を検出し、検出された情報を利用したエレベーターサービスシステムのプロトタイプを構築した。今回のこのプロトタイプシステムの手法及び実験結果について報告を行う。

The Recognition System of Person Movement Based on RFID and Stereo Camera

Naohiko Suzuki[†], Kentaro Hayashi[†], Masafumi Iwata[†], Takuya Ishioka[†], Koichi Sasakawa[†]

[†] Mitsubishi Electric Corporation, Advanced Technology R&D Center
8-1-1, Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki, Hyogo, 661-8661, Japan

We develop an elevator system that detects and recognizes passengers and controls car calls, with RFID and stereo camera. In recent years, various service systems on location information of person are proposed. But, systems with RFID in the past can't service based on detailed location of persons. We report prototype system of elevator with RFID detecting ID of persons and stereo camera tracking location of walking persons.

1. はじめに

近年、RFID の普及や携帯端末の小型化に伴い、人の位置情報・ID 情報から得られる各種コンテキスト情報に基づいた様々なサービスシステムが提案されている。これらのサービスシステムでは、人の能動的なアクションだけでなく、コンテキストもトリガーとなってサービスが提供される。これらのサービスシステムにおいて、人の位置情報・ID 情報の検出手法、コンテキストに応じたサービス発見手法が重要な課

題となっている¹⁾。

RFID や携帯端末では、それらを保持する人物・モノのおおよその位置に基づいたサービスがいくつか提案されている²⁾³⁾。しかし、RFID や携帯端末では動的な人物の詳細な位置を検出することがまだ難しい面があるため、詳細な人物の位置情報に基づいたサービスは行うのが難しい面があった。

そこで本報告では、RFID から得られる人物の ID 情報とおおよその位置情報、及びステレオカメラから得られる人物の歩行軌跡情報を用いたサービスシス

テムについて報告を行う。今回、RFIDを保持した人物のID情報と歩行軌跡情報を利用して、エレベーターの乗車予定乗客を検出し、検出された乗客のIDに基づいたエレベーター利用の可・不可の認証を行い、これらの結果に基づいてエレベーターの運行制御を行うプロトタイプシステムを構築した。

従来の個人認証利用エレベーターシステムでは、乗場設置の上下ボタンによって乗客を検出し、乗客個人認証はICカード等の個人認証装置を利用して行っていたため、移動及び乗客認証の2つのアクションを必要とし、乗客が毎日利用する集合住宅向けエレベーターシステムでは、煩わしさがあった。今回構築したエレベーターシステムでは、RFIDを保持した乗客がエレベーターに近づくだけでエレベーター乗客検出及び個人認証を行うので、簡単にかつセキュアにエレベーターを利用することが可能となる。

本報告の構成は以下の通りである。2章で本報告の概要について説明する。3章で乗車予定乗客識別方式・ID情報と歩行軌跡情報のマッチング手法について提案する。4章で実環境のエレベーターシステムにおける実証実験の結果について述べる。5章で本報告のまとめ及び今後の課題について述べる。

2. 本研究の概要

〈2.1〉プロトタイプシステムの概要

RFIDとステレオカメラを利用したエレベーター呼び登録システムの概要を図1に示す。エレベーター乗場でエレベーターの戸に近づいてくる乗車予定乗客の歩行軌跡をステレオカメラで検出する。同時に乗



図1. RFIDとステレオカメラを利用したエレベーター呼び登録システム

車予定乗客が保持するRFIDを利用してエレベーター乗場内にいる乗客の個人IDを検出する。この歩行軌跡情報及び個人ID情報を利用してエレベーター乗車予定かつ認証された乗客を検出し、検出された乗客に対して呼び登録及び行先階設定を行う。また個人IDに基づいて車椅子や視覚障害者等の乗客種別を検出し、戸開閉速度の変更やアナウンスの動的制御を行う。

〈2.2〉システム仕様

RFIDとして今回RF Code社のSpider⁴⁾を利用した。Spiderはアクティブ型RFIDであり、通信距離は最大10m程度、周波数は約304MHz、タグサイズは60mm×30mm×10mmである。RFIDリーダー及びステレオカメラをエレベーターの戸上部にそれぞれ一つずつ設置し、エレベーター乗場の人物を検出している。

〈2.3〉エレベーター乗車予定乗客検出方式

エレベーター乗場では、エレベーターに乗車する予定の乗客とエレベーター乗場を横切るだけの人物が混在するため、エレベーター乗場で検出された人物に対して、乗車予定乗客と非乗車人物を識別する必要がある。非乗車人物を識別しないと、ムダな呼び登録が発生するため、エレベーターのサービスが悪化することになる。

またステレオカメラを利用した歩行軌跡情報とRFIDから得られるID情報はそれぞれ独立した情報として検出される。複数人物がエレベーター乗場にいるときには歩行軌跡情報とID情報のデータマッチングを行う必要がある。従来の研究では部屋等の広い空間においてカメラが検出した人物情報とRFIDによるID情報をマッチングする手法⁵⁾があるが、今回目的としているエレベーター乗場のような狭い空間でリアルタイムに歩行軌跡情報とID情報をマッチングするには適していない。

この2つの課題(乗車予定乗客識別/歩行軌跡情報とID情報のマッチング)を解決することにより、エレベーター乗車予定乗客を検出することが可能となる。

3. 乗車予定乗客検出方式

〈3.1〉ステレオカメラによる人物歩行軌跡を利用した乗車予定乗客識別手法

ステレオカメラを利用した人物歩行軌跡検出方式として、筆者らが開発した方式⁶⁾を採用している。サンプリングタイム毎に得られるステレオカメラ検出情報を利用して、複数人物の歩行軌跡を抽出すること

ができる。人物の歩行軌跡情報のフレームレートはおおよそ8~10fpsである。

次にステレオカメラから得られる歩行軌跡情報を利用して、エレベーターに乗車しようとしている人物とエレベーター乗場を横切る等乗車しない人物を識別する手法について示す。

ステレオカメラから得られる歩行軌跡情報からある時間 t における人物の歩行軌跡情報(R_t, θ_t)を抽出する。下記及び図2にある時間 t における人物の歩行軌跡情報(R_t, θ_t)の内容を示す。

表1. 歩行軌跡情報(R_t, θ_t)

距離情報 R_t	ある人物ある時点エレベーターの戸中心からの距離
角度情報 θ_t	ある人物の時間 t から時間 $t+1$ への移動ベクトルとエレベーター戸中心方向との角度差 ($0^\circ \leq \theta_t \leq 180^\circ$)

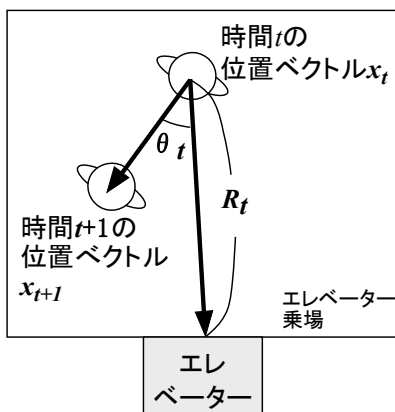


図2. 歩行軌跡情報(R_t, θ_t)

エレベーターに乗車しようとする乗客はエレベーターの戸に向かって歩行するために、距離情報 R_t ・角度情報 θ_t ともに徐々に値が小さくなっていくと考えられる。そこで乗車予定乗客と非乗車人物の判定として以下の条件(1)を設定した。また条件(1)を図示したものを図3に示す。

$$\begin{cases} \theta_1 R_t + (R_2 - R_1) \theta_t \leq R_2 \theta_t \\ 0 \leq \theta_t \leq \theta_1 \\ 0 \leq R_t \end{cases} \quad \dots \text{条件(1)}$$

θ_1, R_1, R_2 : パラメータ

条件(1)が成立すると、その歩行軌跡情報を持つ人物は乗車予定乗客として識別される。条件(1)が成立

しない人物は、非乗車人物として識別される。よって歩行軌跡情報によりエレベーター乗車予定人物と非乗車人物の識別を行うことができる。

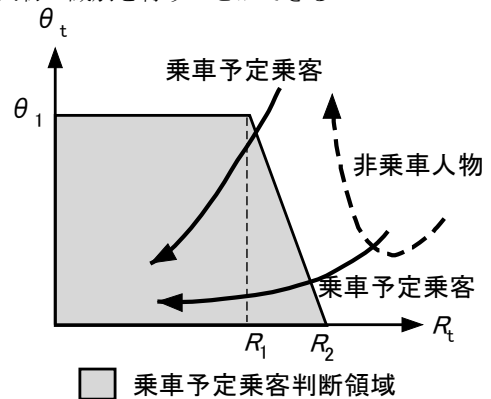


図3. 乗車予定乗客判断領域

〈3.2〉ステレオカメラによる人物歩行軌跡情報とRFIDによるID情報のマッチング方式

ステレオカメラによる人物歩行軌跡情報とRFIDによるID情報は独立して検出される。エレベーター乗場に複数の人物歩行軌跡情報が同時点で検出されているとき、単純にはRFIDのID情報をどの人物歩行軌跡情報と対応づけるべきかは判断できない。また人物歩行軌跡情報とID情報は、エレベーター乗場の一定エリア内に入った人物に対して確実に検出されるわけではなく、オクルージョン等の影響を受け、検出可能エリアの領域付近では正しく検出されないケースも多い。

そこで人物歩行軌跡情報とID情報は時系列データとしてそれぞれ検出されることに着目し、人物歩行軌跡情報とID情報のマッチングを行う基本的手法について示す。以下に示す(a)~(c)までのルールで示される。フローチャートを図4及び図5に示す。ただしステレオカメラの検出領域とRFIDリーダーの検出領域の大部分が重なっていることとする。

〈ルール〉

- 先にステレオカメラ検出領域に出現した人物でID未マッチングの人物と先にRFIDリーダーの検出領域に出現したIDで単位時間内の受信数の多いIDをマッチング。
- IDマッチング済みの人物に対して、一定時間ID受信がない場合、IDのマッチングを解除
- (b)でマッチング解除された場合、マッチングされていたID以外で一定時間内で検出されたIDがある場合、一定時間内で検出されたIDのうち単位時間内の受信数の多いIDを対象人物にマッチング

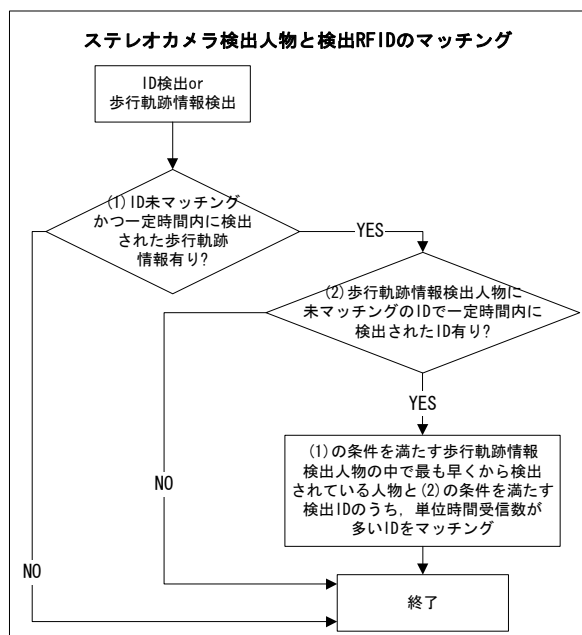


図 4. 歩行軌跡情報と ID 情報のマッチング

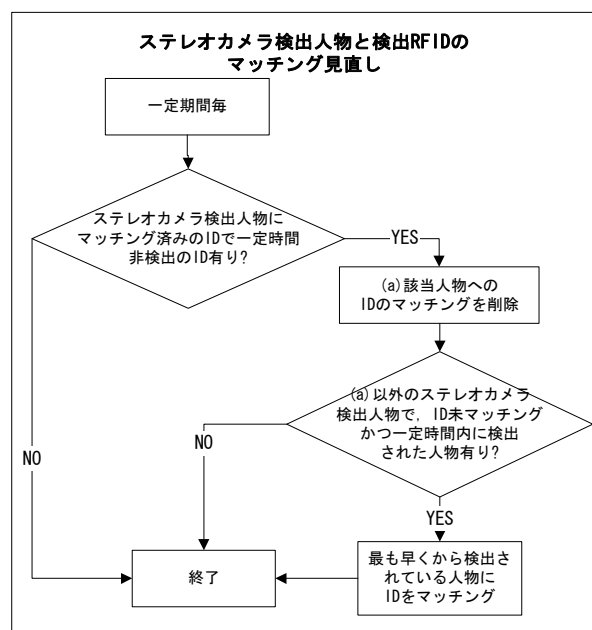


図 5. 歩行軌跡情報と ID 情報のマッチング

〈3.3〉複数人物 ID マッチング方式

同時にステレオカメラ検出領域又は RFID リーダー検出領域に人物が出現したとき、ステレオカメラによる歩行軌跡情報と RFID による ID 情報を正しくマッチングするのは困難である。本報告で目的とするエレベーター呼び登録システムでは、認証されない乗客に対してサービスすることはセキュリティ上問題がある。ほぼ同時に出現した複数人物に対してマッチングの間違いを防止するためのルー

ルを(p)~(q)の通り設定する。この複数人物に対してこのようなルールを設定することにより、複数人物が検出領域にほぼ同時に出現したときにマッチングのミスを防止できる。図 6 及び図 7 に(p)(q)のルールを適用した時の効果を示す。

- (p) (ID 未マッチング乗車予定人物数)=(未マッチング ID 数)のケースのみ ID を乗車人物にマッチング。ただし(ID 未マッチング非乗車人物数)=0 のケース。
- (q) (ID 未マッチング非乗車人物数)= (未マッチング ID 数)=1 人のケースのみ ID を非乗車人物にマッチング。ただし(ID 未マッチング乗車予定人物数)=0 のケース。

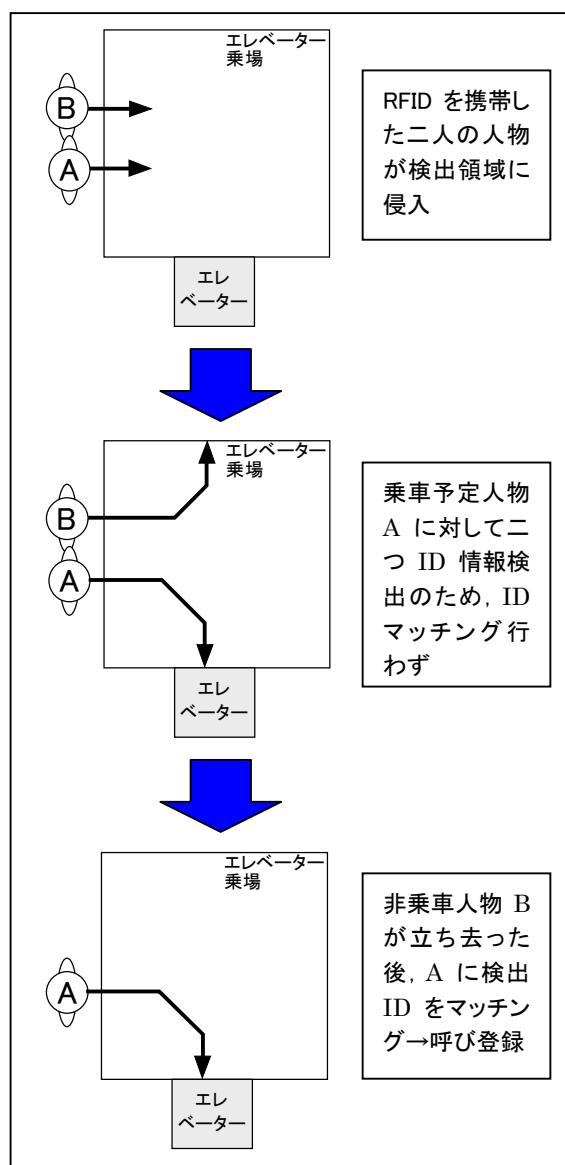


図 6. ルール(p)適用例

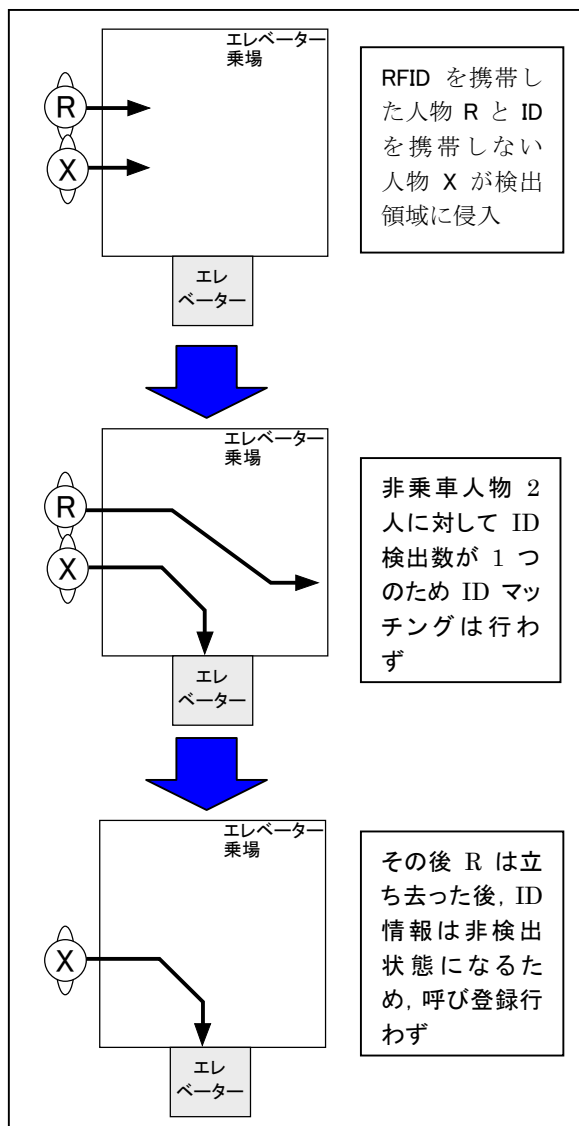


図 7. ルール(q)適用例

4. 適用例

〈4.1〉実環境における提案手法の適用

3 章で示した手法を実環境のエレベーターシステムに適用して実証実験を行った。歩行人物 1 人及び 2 人の歩行パターン/RFID 携帯・不携帯パターンを各種設定し、各パターンに対して正しく乗車人物を識別できたか、RFID から得られる ID 情報とステレオカメラから得られる歩行軌跡情報の対応付けが正しくできたかについて評価を行った。また 2 人の歩行パターンでは、ほぼ同時にステレオカメラ検出領域に侵入/時間差(2 秒)を間においてステレオカメラ検出領域に侵入の 2 種類の組合せについて評価を行っている。各種パラメータ及び環境値を表 2 に示す。また 3.1 節で

示した乗車予定乗客識別の評価条件(1)のパラメータを表 3 に示す。

表 2 実験環境

領域	大きさ
エレベーター乗場	約 6m(縦)×約 3.5m(横)
ステレオカメラ検出領域	約 5m(縦)×約 3m(横)
RFID 検出領域	ほぼ乗場全域

表 3 乗車予定乗客識別パラメータ

パラメータ	値
R_1	2.0(m)
R_2	2.3(m)
θ_t	50°

〈4.2〉実験結果

実環境のエレベーターシステムにおける実験結果より以下のことが分かった。また代表的な歩行パターンに対して行った実験結果について、図 8 及び図 9 に示す。

- 一人の歩行者に対する乗車予定乗客と非乗車人物の識別は、ほぼ正しく行うことができた。表 3 に設定したパラメータで乗車予定乗客識別を行うことができる。
- 二人が時間差を置いてエレベーター乗場に入ってきたケースにおいて、乗車予定乗客と非乗車人物の識別は、ほぼ正しく行うことができた。また ID 情報と人物の歩行軌跡情報のマッチングもほぼ正しく行うことができた。ただし、RFID が環境要因によって正しく検出できないことがあるため、途中で ID 情報と人物の歩行軌跡情報のマッチングの変更がいくつかのパターンに対して行われた。
- 二人がほぼ同時にエレベーター乗場に入ってきたケースにおいて、いくつかのケースにおいて ID 情報と人物の歩行軌跡情報のマッチングを失敗した。RFID を携帯した二人の人物がいる時、片方の人物の ID 情報を検出できないケースや、人がエレベーター乗場から離れても ID 情報を検出してしまふケースがあったため、マッチングを失敗した。

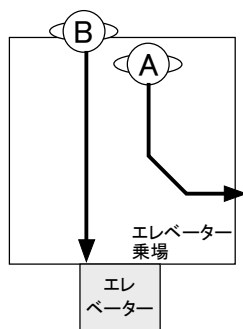


図 8. 実験で用いた歩行パターン例
(A: 非乗車, B: 乗車)

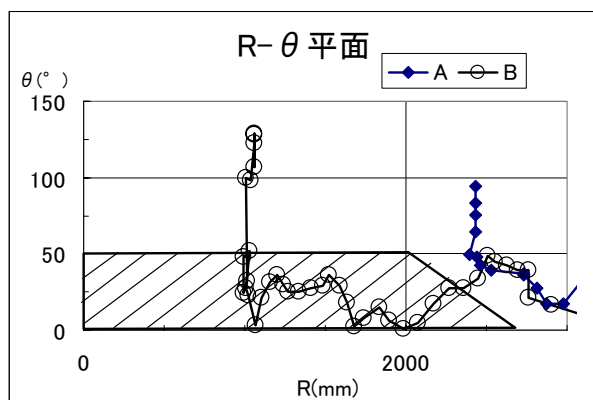


図 9. 図 8 パターン時の歩行軌跡データ
(A: 乗車, B: 非乗車)

〈4.3〉 実環境における実験まとめ

提案手法により、エレベーター乗車予定乗客とエレベーター非乗車人物をほぼ正しく識別することができた。また二人の人物が時間差がエレベーター乗場に入ってくるケースにおいては、RFID から得られる ID 情報とステレオカメラから得られる歩行軌跡情報をほぼ正しくマッチングすることができた。ただし RFID の ID 情報が環境要因等によって正しく得られないことがあるため、同時にエレベーター乗場に複数の人物が入ってきた場合には、ID 情報と歩行軌跡情報のマッチングを正しく行うことができない場合があった。

5. まとめ

本報告において提案した RFID 及びステレオカメラを利用した個人動態認証システムにより、「誰がどこに」情報を取得し、取得された情報に基づいた高度なサービスシステムを構築できることをエレベーターシステムを例に示すことができた。人のコンテキスト情報(ID・位置)を空間側で認識し、認識された情報に基づいてコンテキストに応じたサービス・認証を行うことにより、従来よりサービスが高度化し、空間の

有する機能(移動・セキュリティ等)の付加価値を高めることができる。

今回エレベーター乗場の 1~2 人の疎な人物密度空間において RFID とステレオカメラにより「誰がどこに」情報を取得するシステムについて提案を行ったが、今後は複数人物の RFID の ID 情報とステレオカメラの歩行軌跡情報のマッチングの高精度化、人物密度が大きい空間に対応したシステムへの対応を検討していく必要がある。人物密度が高い空間において「誰がどこに」情報を空間が認識することにより、より高度なサービス空間を提供できることになるだろう。

文 献

- (1) 徳田:「ユビキタスサービスとネットワーク社会の到来に向けて」, 情報処理学会誌, Vol.45, No.9, pp.900-906(2004)
- (2) 渡辺, 西山, 服部, 小野, 腰塚, 坂村:「ユビキタス環境のための非接触 IC カードを使用した位置検出方式」, 情報処理学会, UBI-1, pp.73-78(2003)
- (3) 末田, Ocampo, 村上, 中津留, 坂井, 新津:「位置情報に基づくコンテキスト生成方式」, 情報処理学会, UBI-4, pp.29-34(2004)
- (4) <http://www.rfidtag.jp/active.shtml>
- (5) 小野, 服部, 堀内:「屋内環境における複数ユーザの位置追跡のための異種センサ連携方式の検討」, FIT2003, pp.135-136(2003)
- (6) K.Hayashi, M.Hashimoto, K.Sumi, K.Sasakawa: "Multiple-Person Tracker with a Fixed Slanting Stereo Camera", FGR2004, pp.681-686(2004)