

# 玄関の履物に対する画像認識を用いた在室管理手法の提案

高橋 洸人<sup>1</sup> 岩井 将行<sup>1</sup>

**概要：**在室状況において「いつの時間帯に誰が在室していたか」「現在の在室者は誰か」などの現状確認はコミュニケーションで度々必要とされている。また、Energy Management System (EMS) においても在室人数から効率的なエネルギー供給が実現されている。現在、在室管理には様々な手法が提案、実用されている。本研究では、利用者のコストをかけずに在室している個人の特定する事を目標として、出入り口の履物の有無や状態によって在室者の推定や管理をするシステムを提案する。

## Proposal of Occupants Management Method using Image Recognition to Entrance of Footwear

HIROTO TAKAHASHI<sup>1</sup> MASAYUKI IWAI<sup>1</sup>

### 1. はじめに

在室状況において「いつの時間帯に誰が在室していたか」「現在の在室者は誰か」などの現状確認はコミュニケーションで度々必要とされている。また、Energy Management System (EMS) においても在室人数から効率的なエネルギー供給が実現されている。現在、在室管理には様々な手法が提案、実用されている。本研究では、利用者のコストをかけずに在室している個人の特定する事を目標として、出入り口の履物の有無や状態によって在室者の推定や管理をするシステムを提案する。

### 2. 関連研究

一部の大学や企業のオフィスなどでは RFID タグ、無線端末を用いたタッチによる手動管理が行われている [1]。利用者のミスがない限り正確であるメリットがあるが、利用者は端末を管理するコストが発生する。

また、顔や立ち姿の画像から画像処理による判定も提案されている [2]。利用者の手間は少ないが、個人の認識精度が悪く、カメラを全体が見渡せる場所への設置が必要であるなどのデメリットが有る。

立川らの研究 [3] では CO<sub>2</sub> 濃度センサ、人感センサを用いた在室人数の推定する手法を提案している。平均誤差人

数 0.4 人に収める成果を出した。このシステムは利用者のコストがない精度が高いが、個人の特定は行うことが出来ない。

室谷らの研究 [4] は力センサを用いた床設置型のパネルを用いて歩行動作の観測による推定、また歩行者の人物推定を行った。結果 83% の人物判定の推定率の成果を出している。これは利用者の負担をかけない手法であるが設置条件が厳しくなる。

田中らの研究 [5] [6] は Kinect を用いて入退出時に利用者に登録されたポーズを取ってもらい管理を行う手法を提案している。端末の管理などが必要はないが、入退出時に意識的なアクションを起こす必要があるため、利用者のコストとなる。

### 3. 提案手法

そこで我々は出入り口の履物に着目した。玄関でカメラを用いて履物の有無を監視することにより利用者に負担が掛からず、画像処理の精に依存した管理を実現できるのではないかと考えた。精度に関しては画像解析の精度に依存する事となる。本手法は設置箇所は玄関の一箇所に絞られるため、従来の部屋全体を見渡せる位置にカメラを設置する必要がある画像検出手法と比べ設置が容易である。本手法について更に大きく分けて以下のような 4 つの方法を考察する。

<sup>1</sup> 東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

**直画像公開手法** 玄関の画像をそのままクライアントに公開しユーザが確認できるようにする。

**差分手法** 履物が置いていない玄関の画像を用意し、差分から増えた履物、すなわち人数を予測をする。

**特定検出器手法** それぞれのメンバーの履物の検出器を予め用意し、それぞれの履物の有無を判定する。

**汎用検出器手法** 履物全般の検出器を作成し、判別した履物の画像に対してさらにメンバーごとの分類を行なう。

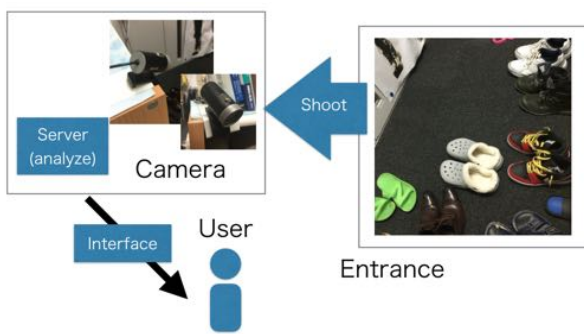
### 3.1 本システムの前提

本システムの使用条件は限られるため、今回想定する環境や条件を以下に示す。

- 土足禁止のスペースがあり、玄関がある。
- 土間の範囲のみ解析を行う、即ち下駄箱に収納したついでには考慮しない。
- 習得した画像に写っている履物の数と在室人数が異なる特別な場合、例えば使われていない履物の放置については考慮しない。
- 在室判定について、システムの位置が玄関であるため、その場より屋内における詳細な在室管理は考えず、システムは一箇所にのみ適用する。

### 3.2 本システムの基本構成

提案手法による在室管理のシステム単純な構成を示す  
**図 1.** 玄関の土間面が写る位置にカメラを設置し、撮影を行う。サーバーで撮影した玄関画像を取得し、画像の保存や分析と結果のログを行う。在室状況の閲覧を行いたいユーザは Web やクライアントなどから分析結果のログなどを参照をする。

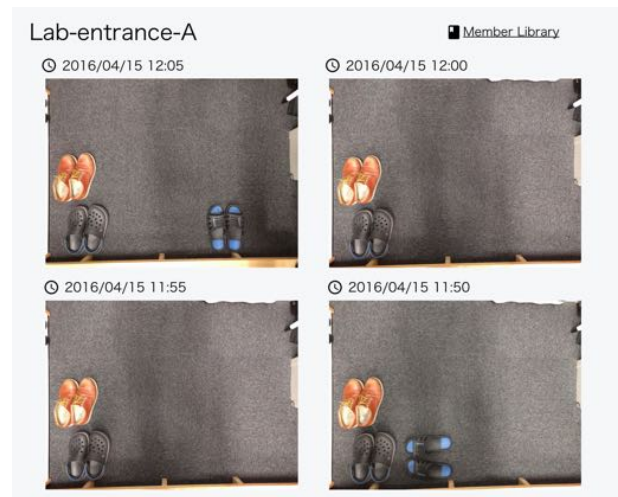


**図 1** システムの基本構成  
**Fig. 1** System Structure Base

### 3.3 直画像公開手法

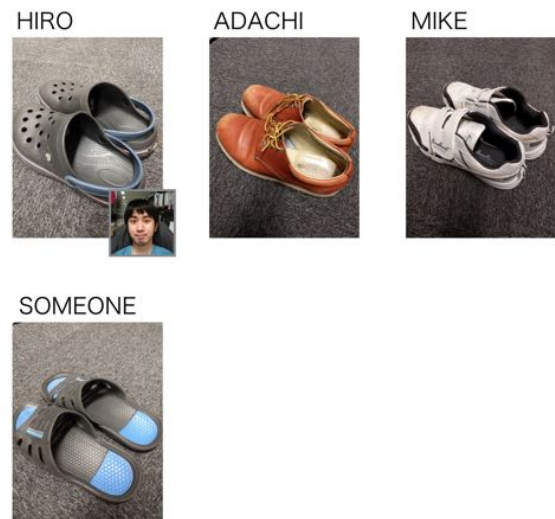
直画像公開手法は玄関の画像をそのままクライアントから参照する方法である。クライアント側では定期的に取得した画像のログをタイムラインにそって表示する**図 2** システム側での分析はなく、ユーザ自身が参照した画像から認

識を行うため、ユーザが他のメンバーの靴をどれだけ承知しているかが精度に関係する。そのため、クライアントの機能として各メンバーが登録出来るようにし、登録されたリストを確認できるようにすることで、アクセシビリティを上げることを考える**図 3.**



**図 2** 直画像公開手法のクライアントインターフェース  
**Fig. 2** Client Interface of Method 1

### Member Library



**図 3** 直画像公開手法のクライアントメンバー画面  
**Fig. 3** Client Member Page of Method 1

### 3.4 差分手法

履物が無い状態の画像を用意し、定期的に取得した画像との差分を出力する。その結果から在室人数の推測を行う。

### 3.5 特定検出器手法

ある履物について検出器を作成し、同一の履物の有無を判定する。ユーザ毎にそのユーザの履物の画像を用意し、検出器の作成を予め行う。後記の解析器の作成の検証について2パターンの方法を試す。サンプルを自前で大量に用意して解析器を作成するパターンを特定検出器手法-Aとし、少量の画像から OpenCV[7] の createsamples を用いて生成するサンプルを使うパターンを特定検出器手法-Bとする。

### 3.6 汎用検出器手法

一般的に履物を検出する検出器を作成し、その結果に加え登録された履物の認証を行う。判別した画像に対してユーザのタグ付けなどを行なうことで、ユーザ情報の登録が容易だと考えられる。

## 4. 各手法の比較

### 4.1 既存手法との比較

立川らの各推定方法の比較 [3] を元に、今回の手法について比較を行った表 1.

**精度** 画像処理の精度に依存する。直画像公開手法は特別な例だが、それ以外ではメンバーの手动操作はないためケアレスミスによる精度の低下はない。

**リアルタイム性** 画像の取得はリアルタイムに行なうことが可能である。

**個人特定** 登録したメンバーに限り可能である。

**プライバシー**

**設置性** 条件に合った位置 \*1 にカメラを設置する必要があるが、部屋全体を見渡せる位置にカメラを置く必要がない。

**簡便性** 対象のメンバが課せられるコストはない。

**コスト** 人感センサや CO2 センサに比べコストは掛かる。画像解析に比べカメラは少なく済む。

表 1 既存の推定方法との比較 (良いものから順に○△x)

Table 1 Comparison of Each Estimation Method (○△x in Good Order)

	精度	多人数推定	リアルタイム	個人特定	プライバシー	設置性	簡便性	コスト
RFID	○	○	○	○	x	△	x	x
人感センサ	△	x	○	x	○	x	○	○
CO2センサ	△	○	△	x	○	x	○	○
画像解析	○	○	○	△	x	△	△	x
無線端末提案手法	△	○	○	○	x	△	○	x
	○	△	○	△	△	△	○	x

\*1 玄関の土間を移せる位置

### 4.2 各提案手法の比較

それぞれの提案手法について違いとなる部分に着目して比較した表 2.

表 2 各提案手法の比較 (良い順に◎○△x)

Table 2 Comparison of Each Proposed Methods (◎○△x in Good Order)

	精度の見込み	個人推定	在室人数推定	在室者確認の簡便性	メンバー登録の簡便性
直画像公開手法	-	△	△	x	◎
差分手法	○	x	◎	-	-
特定検出器手法-A	○	○	x	○	x
特定検出器手法-B	△	○	x	○	△
汎用検出器手法	○	○	◎	◎	○

直画像公開手法は自前でも自由な画像を登録でき、予め解析モデルの作成などは必要ないため登録の簡便性に優れている。登録されているメンバーについての個人の特定や在室人数の把握にはユーザ自身の視認による確認作業のコストが発生してしまうため優れていないと考えられる。確認作業のミスやストレスがどの程度発生するのかは検証が必要である。

差分手法は在室人数の推定について最も優れているが個人の推定には追加の分析が必要である。

特定検出器手法はシステムの解析による個人の推定が可能であるが、登録されたメンバーのみの情報しか得る事ができず、故に人数の推定などは出来ない。登録の簡便性については、特定検出器手法-B は一枚の画像を用意し、予め検出器を作成するためシステムにコストが発生し、特定検出器手法-A は同様に分類を作成する際に多数の画像が必要となるため最もユーザの手間がかかる。精度については、特定検出器手法-B では createsamples を用いてポジティブ画像を生成するため、特定検出器手法-A の検出器の方が高くなると予想される。

汎用検出器手法では精度の高い検出器を作る事自体にはコストがかかるが、抽出できる情報は最も多いため簡便性が優れたシステムと考えられる。

差分手法に直画像公開手法を組み合わせるなども有効だと考えられる図 4.

## 5. 差分手法の検証

差分手法による人数推定に有効な精度が見込める事を検証するため実験をする。画像の差分からの履物が何足あるのかの抽出について、どの程度の精度が見込めるのかを考察した。ここでは「履物が写っていない状態の画像」を背景画像と呼ぶこととする。また、画像の差分の指標には、差分にあたる画像における平均輝度値を用いり、差分平均輝度値と呼ぶこととする。値が低いほど差分が小さく、高いほど差分が多い。最大値は 65535 である。

07:00	Hiro	N.N	<a href="#">PreviewLink</a>
07:10	Hiro	N.N	<a href="#">PreviewLink</a>
07:20	Hiro	N.N	<a href="#">PreviewLink</a>
07:30	Hiro	Iwai	<a href="#">PreviewLink</a>
07:40	Hiro	Iwai	<a href="#">PreviewLink</a>
07:50			

図 4 差分手法にプレビューを付けることで精度を補うシステムのイメージ

Fig. 4 System Draft to Compensate for Accuracy by Method 2 Give a Preview

### 5.1 背景画像と誤差

撮影環境の変化による誤差を考え、数枚撮影した背景画像6枚について背景画像同士\*2での差分平均輝度値がどの程度であるのかを検証した表3。この背景画像同士の差分平均輝度値は履物が0足だった場合に取りうる値であるとも言える。加えて履物を設置した画像図5と背景画像の差分平均輝度値を求めた表4。履物を含む画像には3パターンを使用した。

ImgA1 黒い靴1足が写っている画像。

ImgA2 白い靴1足が写っている画像。

ImgA3 5足が写っている画像。

表3 背景画像同士の差分平均輝度値

Table 3 Average Luminance Value of Difference Between Background Image

	差分平均輝度値
Avg	5092.35
Min	2442.66
Max	7899.45

表4 背景画像と履物を含む画像の差分平均輝度値

Table 4 Difference Average Luminance Value Between Background Image and Image Including Footwear

	差分平均輝度値
ImgA1	8337.27
ImgA2	8522.24
ImgA3	10241.60

これらの結果から ImgA1 の差分平均輝度値 8337.27 と背景画像同士の差分平均輝度値の最大値 7899.45 の差が小さすぎる事がわかる。更に、背景画像同士の差分平均輝度値にばらつきがあり、差が大きすぎるため、精度の悪化に大きな影響があると考えられる。

原因として撮影方法が適していないこと画像のノイズが

\*2 6枚15通り



図5 サンプルに使用した画像、左上: 背景画像のうちの一枚、右上: ImgA1、左下: ImgA2、右下: ImgA3

Fig. 5 Images of Samples, Upper-left: One of Images Background, Upper-right: ImgA1, Lower-left: ImgA2, Lower-right: ImgA3

考えられた。そのため撮影方法の改善と画像加工によるノイズの除去を試みた。ノイズの除去では、背景画像同士の差分平均輝度値の値を全体的に下げる事ができたが、は着物の色が暗い場合も低い値が出てしまう傾向が見られて有効でないと判断した。カメラの位置を精密に固定、ホワイトバランスやISO、シャッター速度固定して撮影を行なうことで改善された。背景画像同士の差分平均輝度値については900程度の小さい値に収め、範囲も50程度に抑えることが出来た表5。

表5 背景画像同士の差分平均輝度値2

Table 5 Average Luminance Value of Difference Between Background Image 2

	差分平均輝度値
Avg	904.501
Min	887.568
Max	938.988

改めて5枚のパターンの画像図6を使用し評価を行った表4。

ImgB1 黒い靴が写っている画像

ImgB2 白い靴1足が写っている画像

ImgB3 青と黒い靴が写っている画像

ImgB4 明るい緑の靴が写っている画像

ImgB5 5足の靴が写っている画像



図 6 サンプルに使用した画像 2, 左から ImgB1, ImgB2, ImgB3, ImgB4, ImgB5

Fig. 6 Images of Samples 2, In Order from Left, ImgB1, ImgB2, ImgB3, ImgB4, ImgB5

表 6 背景画像と履物を含む画像の差分平均輝度値 2

Table 6 Difference Average Luminance Value Between Background Image and Image Including Footwear 2

	差分平均輝度値
ImgB1	1142.84
ImgB2	3002.41
ImgB3	1183.86
ImgB4	2184.44
ImgB5	4975.87

## 5.2 考察

履物の色によって差分平均輝度値の差が異なる。そのため今回の検証に用いた方法では何足あるかの判定には不十分であるが、履物の差分に対して明確に一定量の差分平均輝度値が算出されたため、実装方法を変えることで判定できる可能性が期待できる。背景画像であることの差分平均輝度値のしきい値は今回の検証環境では 980 から 1000 とすることで精度が期待できる。履物があるかどうかの判定は今回の手法で十分に可能であることが期待できる結果が得られた。

## 6. 特定検出器手法の検証

特定検出器手法による個人推定に有効な精度が見込める事を検証するため実験する。特定検出器手法-A, 特定検出器手法-B の 2 通りの検出器を作成し、その評価を行なう。検出器の学習には OpenCV の traincascade により Haar-Like 特徴を用いた。検出器の対象は一足ではなく一点のくつを検出させる。特定検出器手法-A で作成する検出器を検出器 A, 特定検出器手法-B で作成する検出器を検出器 B とする。

### 6.1 検出器 A

使用した画像

**Positive データ** 登録するメンバーの履物を他角度から撮影して集めた画像, 69 個 図 7.

**Negative データ** 登録する靴の写っていない画像, 616 個.



図 7 検出器 A に使用したポジティブデータ画像

Fig. 7 Positive Data Image Used in Method 3-1

### 6.2 検出器 B

使用した画像

**Positive データ** 登録するメンバーの履物画像 1 枚から createsamples を用いて生成した画像データ 2000 個.

**Negative データ** 登録する靴の写っていない画像, 616 個.

### 6.3 検出器の評価

対象の靴一足が写っている画像 10 パターン用いて評価した。検出器にかけた出力結果には検出された範囲が赤色の枠のみ四角形で示される 図 8.

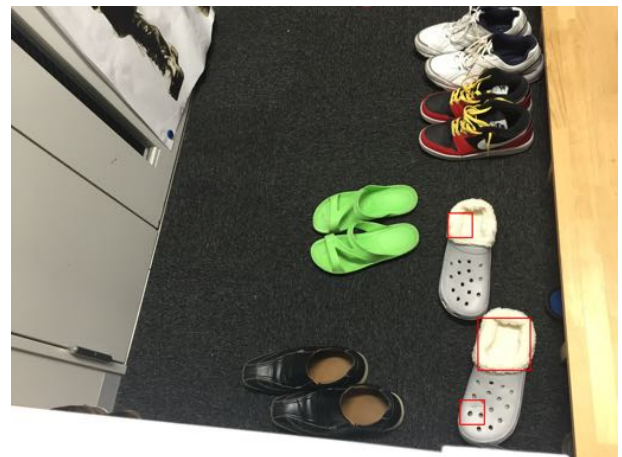


図 8 出力結果の例

Fig. 8 Example of Output Image

表 7 作成した検出器の評価

Table 7 Evaluation of Detector

	正解数	誤検知数	見逃数	適合率	再現率
検出器 A	11	15	9	0.42	0.55
検出器 B	3	9	17	0.25	0.12

## 6.4 考察

検出器 B よりも検出器 A の方が制度が高い検出器となった。しかし、検出器 A 適合率、再現率ともに 5 割り程度であるため実用には精度が低いと思われる。少ないサンプル数での学習でもある程度の精度が見込めたため、メンバーごとの靴の検出システムを実現は考えられる。ただし検出器の作成に必要な画像や学習の時間の面で登録するためのコストは高いことが明確となった。検出器 B の方式では作成コストは低いが学習方法の工夫により精度を上げることが出来た場合、登録コストが低いため実用的である。

## 7. おわりに

本稿では、在室者の個人を特定することに重点を置き、従来の在室管理手法と比較して長所を挙げるとともに玄関の履物に着目した 4 種類の在室管理手法提案と検証結果について述べた。掻く提案手法の実現性を検証により得られたので、今後はシステムとして使用できる精度をまで上げることを主軸に実装とフィードバックによる評価と改善を行っていると考えている。

## 参考文献

- [1] 小野澤清人, 渡邊圭輔, and 諏訪敬祐. "スマートフォンを用いた在室管理システムと学習状況管理システム." 東京都大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル= Journal of information studies 13 (2012): 6-15. (参照 2016-05-10).
- [2] 本田拓也, et al. "入退室解析のための色特徴を用いた人物対応付けに関する検討." 電子情報通信学会総合大会講演論文集. D-12-116 2009.2 (2009): 225. (参照 2016-05-10).
- [3] 立川智一, and 西宏章. "環境センサを利用した在室人数推定手法." 日本建築学会環境系論文集 75.650 (2010): 355-362. (参照 2016-05-09).
- [4] 室谷将希, 岩本健嗣, and 松本三千人. "M-009 ユビキタス空間における在室管理システムの設計・実装 (実環境センシング, M 分野: ビキタス・モバイルコンピューティング)." 情報科学技術フォーラム講演論文集 10.4 (2011): 281-282. (参照 2016-05-09).
- [5] 田中優斗, 福島拓, and 吉野孝. "入退室時に利用者がとるポーズを用いた在室管理システムの提案." ワークショップ 2014 (GN Workshop 2014) 論文集. Vol. 2014. 2014. (参照 2016-05-09).
- [6] 田中優斗, 福島拓, and 吉野孝. "Docoitter: 未来の在室情報を予報する在室管理システム." 情報処理学会論文誌 54.9 (2013): 2265-2275. (参照 2016-05-10).
- [7] OpenCV.jp (参照 2016-05-10). 入手先 (<http://opencv.jp/>)