

オフィスにおける画像マーカを用いたワーカーの位置と方向検知に関する研究

中野 健太*¹ ○米谷 紗恵子*²
松本 裕司*³ 仲 隆介*⁴

キーワード：ワークプレイス 画像マーカ モニタリング 行動観察 コミュニケーション

1. 研究の背景と目的

近年、企業において新しい価値を作り出す創造的な業務が重視され、それにともない組織形態や働き方が変化し、オフィスの重要性が高まっている。本研究では、オフィス環境を調査する際に行われるワーカーの行動観察に着目する。行動観察調査は、ワーカーの働き方を深く捉える、オフィスづくりにおいて不可欠なプロセスであると考えられる。しかし現状の問題として、調査にかかる人的コストやセキュリティの問題、多大な時間と労力が必要であることが挙げられる^[1]。

そこで本研究では、オフィスにおけるワーカーの位置と方向に着目した行動観察調査を支援するシステムを提案し、その発展可能性を示すことを目的とする。

平林らの研究^[2]では介護施設や病院内で BT 発信機による位置検知を行うなどオフィス以外にもサービス現場で用いられている。インターバル撮影により平面図画像作成システムを開発し作業者の行動を計測した研究^[3] は本研究の手法に非常に近いが、位置情報を移動距離と頻度に限定しておりワーカーの方向に関しては言及されていない。またステレオ画像処理により人物位置検知システムを開発しワーカー動線を平面上に表示した研究^[4]は、対象をワーカーの行動としている点で個人を認識し特定しようとする本研究とは異なる。

本研究で開発するシステムによる調査支援の目標を以下の3つにまとめる。

- 1) 観察者を必要とせず、調査・分析にかかる時間や労力を軽減する。
- 2) オフィスにおけるワーカーの行動を捉える。またコミュニケーションに着目し行動の状況を明らかにする。
- 3) モニタリング観察と調査データの作成を同時に行う。

2. システムの開発

2.1 システムの位置づけ

研究の背景や問題の所存をふまえて、開発するシステムを図1のように位置づけた。観察調査における手間をできるだけ軽減し、量的データを蓄積するシステムの開発を目指す。

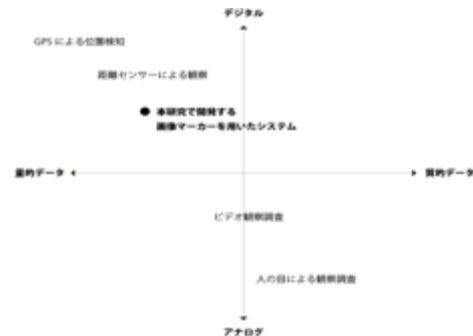


図1 システムのマッピング

2.2 開発の指針とシステムの構成

背景で述べた目標を達成するために、調査における手間を軽減しつつも、ワーカー行動や状況を捉えるシステム開発の指針を以下の3つに設定した(図2)。またシステム全体の構成をシステムフローとして図3に示す。

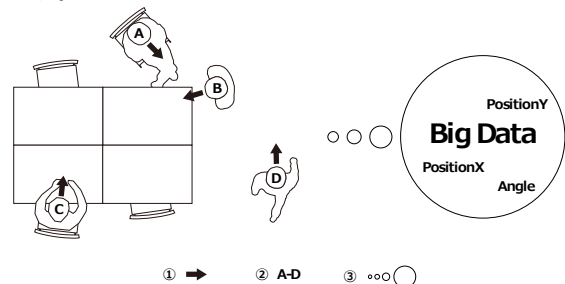


図2 システム開発の指針イメージ

- ①「人の位置情報だけでなく頭の向きを角度情報として得る」
- ②「人を個人として認識し特定する」
- ③「リアルタイムかつ長時間のデータを蓄積する」

システムフロー

- I. Webカメラによるモニタリング
- II. 画像マーカを用いた人の位置と方向の検知
- III. 座標と角度情報のデータ書き出し

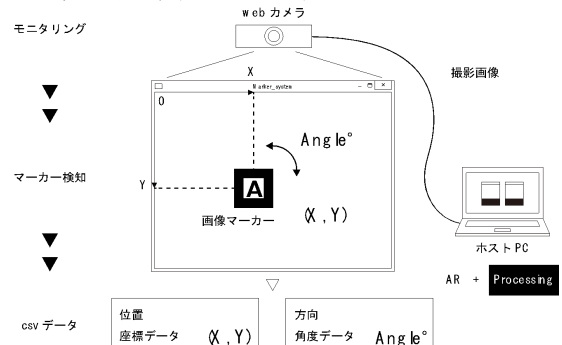


図3 システムフロー

本開発では、ワーカーの位置と方向を検知する方法として、画像マーカ―を用いたセンシング技術を使用する。使用する画像マーカ―^{注1)}のサイズと特徴を図4に示す。webカメラは一台で広範囲の撮影ができる「BSW20KM11BK」使用し、天井高3mの天井に固定させる。Processing^{注2)}にARToolkit^{注3)}を連携させ、画像マーカ―の認識処理をプログラムで制御する。具体的には、webカメラで撮影している映像が描画され、そこに映るマーカ―を認識する。



図4 マーカ―のサイズと特徴

Processingプログラムで行うこと

- webカメラに映る画像マーカ―認識
- マーカ―の中心座標を得る
- マーカ―の角度を得る
- データの書き出し

プログラムを再生してから10秒間隔に、マーカ―の中心座標と角度の値をcsvデータとして書き出す。1列目に現在の時間、後はマーカ―別にX座標、Y座標、角度の順に数値が書き出されていく(図5)。

図5 データが書き出されたエクセル

2.3 空間モニタリングへの適用

このプログラムを空間モニタリングに適用することで、空間内での人の位置と方向の検知が可能となる。webカメラでの撮影により、空間を上から俯瞰したような映像を得ることができる。そこで、人の頭にマーカ―をつけることで、マーカ―の位置と方向がそのまま人の位置と方向とする。

マーカ―表示によるコミュニケーション検知

またワーカーの活動を観察する際の負担を軽減させる方法として、被験者に装着するマーカ―とは別に、コミュニケーションが起こった際にその位置と時間が記録できるコミュニケーションマーカ―(以降COM

マーカ―)を用意した。COMマーカ―は机ごとに用意しコミュニケーションが起きた際に被験者間の中間位置に配置、被験者自らCOMマーカ―をカメラに向け、終われば裏返すものとする。コミュニケーションに関して、今回は位置データだけを使用する。

3. 基礎的評価実験

システムの基礎的な評価をするために、机と椅子のみで構成された単純な空間で1台のwebカメラによる実装を行った。被験者は大学の研究室の学生8名とし、空間内においてマーカ―を付けてもらった。特に作業内容や課題は定めず普段通り活動してもらい、部屋への出入りも自由とした。

図6示す5分に1枚撮影した、計60枚のスクリーンショット画像からマーカ―認識率と方向認識率の精度を割り出した。表1に示す結果より、大まかな計算方法ではあるが、一定の認識率を保てたと考える。

表1 システムの精度結果

評価項目	目視による総マーカ―数	認識マーカ―数	精度
マーカ―認識率	241	199	82.50%
方向認識率	199*	184	92.50%

※方向認識率に関しては認識しているマーカ―のみを対象とした。

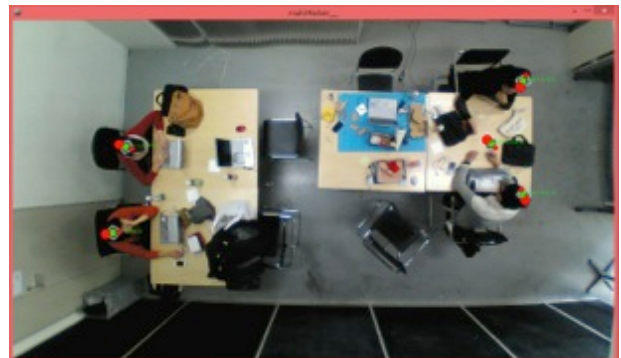


図6 スクリーンショット画像の例

COMマーカ―の使用

会話人数が増える際はコミュニケーションをとっている被験者間の中間位置へとCOMマーカ―の位置を変更する必要があるが、マーカ―を移動させる被験者はほとんど見られなかった。また、コミュニケーションが盛り上がってくると、COMマーカ―の存在を忘れてしまう様子が頻繁に見られた。

4. ワークプレイス実験

オフィスのワークプレイスを想定したケーススタディ実験を行った。4台のwebカメラによる撮影を行った、約60㎡のシステムの対象範囲を図7示す。被験者は研究室の学生15名とし、ワーカーとしてマーカ―を付けた状態で普段通り研究室で生活してもらいシステムを走らせる(図8)。コミュニケーションを行う際にはCOMマーカ―を提示するものとする。ワー

カーの位置と方向の変化に着目し、ワークプレイスでどのような現象が起こっているのか、その影響を見るときともに、システムの評価や課題を知見として得ることを目的とする。「時間変化」「コミュニケーション」の2つの視点から分析を行い、オフィスにどのような知見を見出せるのかを探る。



図7 モニタリングの対象範囲を撮影した画像

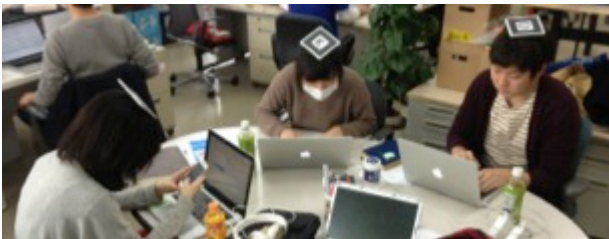


図8 実験の様子

4.1 「時間変化」に関する分析

図9、ワーカー全員の1日の位置分布を示す。以降示す分布はワーカー15名に異なる色を与え、1分ごとに半透明色の円をプロットしたものである。長時間その場にいる場合、各ワーカーの円が積層し色濃度が濃くなる。場所による特徴、人の溜まり具合を見ることができ、例えば左下の楕円テーブル周りには、多くの人が長い時間、滞在していたことがわかる。

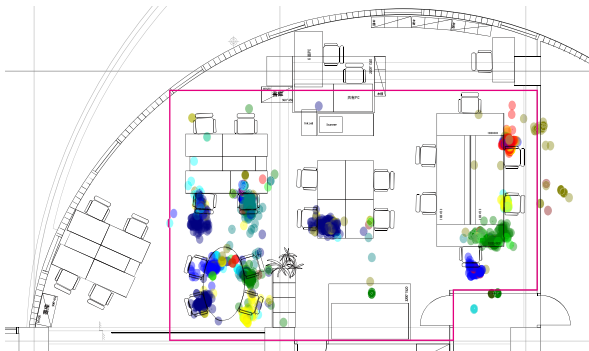


図9 あるワーカーの1日の位置分布

図10、10:00-12:00、13:00-15:00に分けた位置分布を示す。プロット密度が高い楕円テーブル周りに人が集まり始めたのは、午後からだということがわかる。

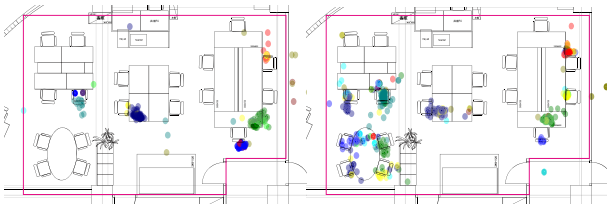


図10 1日の位置変化

図11 ワーカーの1日の移動距離を示す。システムにより得られる位置データから移動距離を計算し、ワーカーのおおよその移動量が捉えられる。

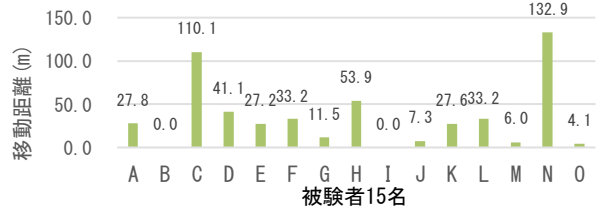


図11 ワーカー別1日の移動距離

4.2 「コミュニケーション」に関する分析

図12に、1日のワーカーの位置とともに、COM マーカーにより検知したコミュニケーション位置を四角形のプロットで示す。位置分布同様、色濃度が濃くなるにつれコミュニケーションが多いことを示す。



図12 コミュニケーションの分布

コミュニケーションが起こったときのワーカーの位置と方向を合わせて見ることで、状況を詳細に読み取ることができる。本実験で見られたパターンとその条件を表2に示す。また「対面型」の条件を用いて、実験で使用したCOM マーカーによるコミュニケーション検知の精度検証を行う(表3)。

表2 コミュニケーション状況のパターンと条件

パターン	状況・条件
対面型	2人が向かい合っているような状況。
	2人の距離 $1 < 1000(1m)$ 2人の方向ベクトルが1分以上向き合う。
視線直角型	2人がデスクの資料やパソコンを共有して見ているような状況。
	2人の距離 $1 < 1000(1m)$ 方向2人の方向ベクトルが1分以上直行する。
デスクを挟んだ対面型	デスクを挟み、2人が座りながら向かい合っているような状況。
	2人の距離 $1 < 1500(1.5m)$ 2人の方向ベクトルが1分以上向き合う。

表3 「対面型」のコミュニケーション割合

	距離条件	角度条件 $\pm 45^\circ$	角度条件 $\pm 30^\circ$
条件を満たしていた状況の数	372	62	43
COM マーカーとマッチングした数	80	13	10
条件を満たしコミュニケーションと判断できた割合	21.50%	21.00%	23.26%

パターンの中で、「対面型」となった位置の分布を図 12 に示す。コミュニケーションと同様に楕円テーブル周りにおいて、「対面型」の数も多く見られる。

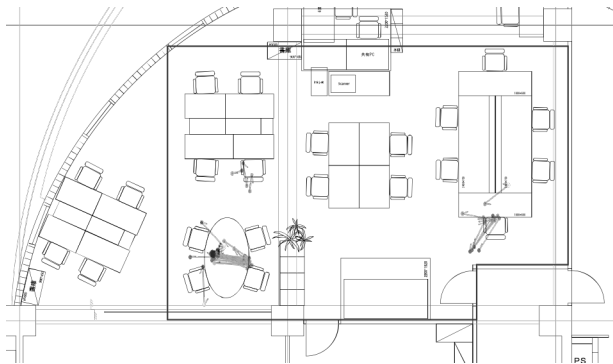


図 13 「対面型」の分布

4.3 オフィスにおけるシステムの価値についての考察 視点 i 「時間変化」に関して

ワーカー行動の時間変化を捉えることは、分析において基礎的な要素であり、本システムでも可能であることを示した。また、「ワーカー分布の時間変化」では、システムより得られた座標データを単純に見た結果を示した。再現した図を重ね合わせて見ることで、位置の時間変化を捉えられた。これにより、個人の傾向だけでなく、グループの動きも追うことができる。

視点 ii 「コミュニケーション」に関して

「コミュニケーション分布」と「ワーカー位置」から、いつどこで誰が話していたかを特定することができた。「コミュニケーションの状況」に関する分析では、コミュニケーションの際のワーカーの位置と方向から、3つのコミュニケーションパターンとその条件を見つけることができた。またコミュニケーション状況の「対面型」に着目し、そのパターン条件からコミュニケーションの有無を予測することを試みた。コミュニケーション検知の精度からは位置を特定するまでは至らなかったが、位置と方向の検知の精度をシステム精度のように高くすることで、より自然な状態を観察できると考えられる。

5. 実験から見てきた課題

ワークプレイス実験では評価実験に比べ、マーカー方向の中でも特に前後の誤認識が多く見られた(図 14)。より複雑な空間での実験であることや、マーカー数の増加が影響したと考えられる。また、日光の入る明るい環境下では、映像に映るマーカーが白くなる場合があり、マーカーの記号を正確に検知できていないことも原因としてあげられる。今後はより検知率の高い記号や模様を模索する他、マーカーの本体の素材を検討する必要がある。



図 14 マーカー方向の誤認識

実験の中でマーカーではないものでも、黒くて四角いものには反応してしまう様子が見られた(図 15)。最も誤認識が多かったノート PC のモニターやキーボード、スマートフォンなどはワークプレイスにおいて必要不可欠なツールであり、除外するのは難しい。プログラムを変更しマーカー認識率を高めるとこちらの問題が多発してしまうため、カメラの解像度を高くしマーカーの記号を判別するなど適切な調整が必要である。



図 15 マーカー以外のものを認識する様子

本研究では、移動中のマーカーを認識し続けることはできなかった(図 16)。マーカーをカメラが追いきれず映像としてぶれてしまっている。オフィスにおけるワーカー移動を追従することができれば、より精度の高い瞬間の位置を捉えることができる。位置情報データと方向データを組み合わせることで、オフィスにおけるワーカーの詳細な動線を検知できると考える。



図 16 歩く人のマーカー認識

何かを書いたりする作業を行うとき、多くの人とは下を向くことになり、マーカーを正面から捉えられなくなるため、認識率は低下する。図 17 のようにある程度の角度までは対応するが、それを超えると認識しなくなる。ワーカーの姿勢は作業に合わせて刻々と変化するものであり、大きな課題であるといえる。

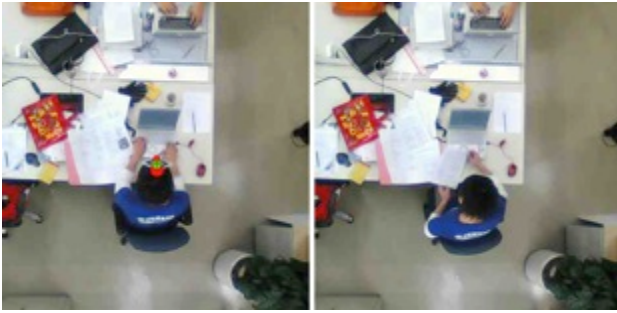


図17 下を向いての作業

方向データの活用に関して、本研究ではコミュニケーションパターンの「対面型」に着目し、その条件を満たすワーカー位置と、マーカー検知によるコミュニケーション位置がある程度重なることを確認した(図18)。しかし精度が完全でないこと、他パターンの発見と条件を明確にすることが課題として残る。解決できれば、オフィス空間を評価する上で位置と方向データを組み合わせた新たな距離指標の可能性が見えてくると考える。



図18 ワーカー位置とコミュニケーション位置の重なり

6. システムの新規性

システム実装には課題を改善し精度を高めていく必要があるが、開発の指針3項目についてある一定のレベルで実現したと考える。オフィス調査におけるその有効性について考察し、システムの特徴から新規性を見出す。

①「人の位置情報だけでなく頭の向きを角度情報として得る」

オフィスにおいて、人の向きを検知することはワーカー行動を捉える新たな切り口となる可能性がある。コミュニケーション時のワーカー同士の視線がどう行き交うのかというように、詳細かつ量的にその場の状況を読み取ることができる。

②「人を個人として認識し特定する」

個人を特定するには人間の目で判断することが多く、多大な時間と労力が必要であった。画像マーカーを用いた本システムでは、一人ひとりのマーカーを用意することで、個人の判別ができ、分析の際見たいワーカーのデータだけを簡単に引き出すことができる。

③「リアルタイムかつ長時間のデータを蓄積する」

これまでの調査では多くの場合、観察において撮影した大量の映像や写真を分析の前にもう一度見直し、人の手でワーカーやコミュニケーションの位置をプロットしていた。本システムでは、人の手で行うことなく、観察が終わった段階で、数値データが自動で書き出されるため、その手間を省くことができる。

7. まとめ

本研究では画像マーカーを用いたモニタリングシステムを開発し、プロトタイプ実験を通して一定の精度があることを確認した。自動化による手間の軽減だけでなく、ワーカーの方向検知と個人特定を実現し、行動観察支援の可能性を示した。また、今回の位置情報と方向情報の両面からのアプローチは、今後、実距離に視線の方向を加味した新たな距離指標でオフィス空間を評価するなど、様々な展開が期待できる。

しかし、システムの改善点や着手できなかった課題は多く残されている。また本研究は、ケーススタディ実験ひとつの結果に過ぎず、実オフィスでの実装により新たな課題や発見があると考えられる。分析に関しても位置と方向データを活用しきれていないとは言えず、さらなるシステムの価値を見出す必要がある。

【補注】

注1) 被験者装着用は英文字のA~G、J~M、Pのマーカーを使用した。またコミュニケーション発生時に提示するCom マーカー、リフレッシュ発生時にはRefのマーカーを用意した。

注2) 電子アートとビジュアルデザインのためのグラフィック機能に特化したプログラミング言語。オープンソースプロジェクトであり、統合開発環境 (IDE) である。

注3) AR アプリケーションの実装を手助けするプログラミングライブラリ。

【参考文献】

- [1] 本多宏明、松本裕司、城戸崎和佐、八塚裕太郎、小菅健、仲隆介、「オフィスにおけるワーカーの歩行行動と対話行動およびその関係に関する基礎的研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集、E-1、pp.527-528、2009
- [2] 平林裕治、知野哲郎、「病院や介護施設での位置検知データの活用」、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 105-106、2012
- [3] 池田晃一、本間茂樹、本江正茂、「平面図画像によるグループワーク行動の観察・計測システムの開発—創造的なグループワークに関する研究(その1)」、日本建築学会技術報告集 15、pp.877-880、2009
- [4] 今野秀太郎、佐治正宏、松本裕司、仲隆介、山口重之、「オフィス環境における行動調査支援ツールに関する研究(その1)」、日本建築学会大会学術講演梗概集、E-1、pp. 553-554、2007

- *1 株式会社イトーキ 修士 (工学)
- *2 京都工芸繊維大学工芸科学研究科博士前期課程
- *3 京都工芸繊維大学デザイン経営工学部門・新世代オフィス研究センター 助教 博士(学術)
- *4 京都工芸繊維大学デザイン経営工学部門・新世代オフィス研究センター 教授 博士(学術)

A Study on Detection of Worker's Position and Direction with Picture Marker in Office

Kenta NAKANO*¹ ○Saeko KOMETANI*²
Yuji MATSUMOTO*³ Ryusuke Naka*⁴

Keywords : Workplace, Picture Marker, Monitoring, Behavior observation, Communication

Background and Purpose

In recent years, creative work is needed in corporate management and importance of the office is increasing. Then, its attention is paid to an essential worker's behavior observation investigation in the building of office space. It is mentioned that the human cost concerning investigation, security, and great time and labor are required as a present problem. In this research, the purpose is to propose the system which supports the behavior observation investigation focused on the position and direction of a worker in an office, and to show the development potential.

Result

The system which supports behavior observation investigation was developed on the basis of the problem. The indicator of the development shown below was realized by the method using detection of the picture marker.

1. Not only people's position information but also direction of the head is obtained as angle data.
2. People are recognized as an individual and specified.
3. Long time data is accumulated in real time.

Conclusion

The evaluation of a system and the value in the office of detecting the position and direction of a worker were found out through the case study experiment using the prototype. Finally, the subjects of the system appeared was summarized, and the development potential of the system was shown.

*1 ITOKI CO.,LTD. M.Eng.

*2 Graduate student, Kyoto Institute of Technology

*3 Assistant Prof., Dept. of Design Engineering and Management, Kyoto Institute of Technology, Ph. D.

*4 Prof., Dept. of Design Engineering and Management, Kyoto Institute of Technology, Ph. D.