

# センサーネットワークを利用したオープンオフィス利用状況の推定

Estimation usage situation of open office by sensor network

川口 正太郎 \*1  
Shotaro KAWAGUCHI

梁木 俊冴 \*1  
Toshiki HARIKI

池田 圭佑 \*1  
Keisuke IKEDA

伊藤 千輝 \*2  
Kazuki ITOH

栗原 聡 \*1  
Satoshi KURIHARA

荒牧 大樹 \*2  
Hiroki ARAMAKI

\*1電気通信大学  
The University of Electro-Communications

\*2ネットワンシステムズ株式会社  
Net One Systems Co., Ltd.

In recent years, many companies have established open workplace inside the company. The purpose of creating open workplace is to create new innovation by setting up a place where people, goods and information are in contact. However, companies can not grasp the use situation of open workplace. Therefore, companies can not evaluate whether open workplace are effectively used. We are conducting research aiming at proposing "method of utilization of office facilities" and "method of improve employee productivity". In this paper, we describe a method to estimate usage from various sensors installed in the open workplace as the preliminary stage.

## 1. はじめに

近年、労働時間削減、業務効率化、社員の生産性向上、オフィスファシリティの利活用等、従来の勤務形態の見直しを行い「ワークスタイル変革」に取り組む企業が増えてきている。政府も平成 28 年度から「働き方改革」と称し、長時間労働の削減を目的とした法制度の改正や、テレワーク推進等の働きかけを積極的に行っている [1]。ネットワンシステムズ株式会社（以下ネットワンシステムズ \*1）も先進的な ICT ツールを駆使して、ワークスタイル変革 \*2 に力を入れている企業の一つである。

本研究は、IoT, AI 技術を用いたワークスタイル変革を目的とし、ネットワンシステムズと電気通信大学栗原研究室で共同研究を行っている。

## 2. 背景

ワークスタイル変革実現には、社員ひとりひとりが働きやすい職場環境の整備と、社員の働き方の分析が必要となる。

### 2.1 ネットワンシステムズの現状

ネットワンシステムズでは、オフィスフロアの収容効率をあげるため、あるいは多様な社員間コミュニケーションの活性化を目的として、固定席を持たないフリーアドレス形式を採用している (図 1, 2)。また、急なミーティングや、短い時間でのコミュニケーションを目的に、従来の会議室予約システムだけではなく、非予約制会議室や仕切りのないオープンスペースでの会議室を多く配置している。また、社員の生産性の向上を目的に、テレワークの導入や外出先や出張先にて業務を実施するモバイルワーク、フレックスタイム制等の柔軟な働き方制度を導入している。



図 1: ネットワンシステムズ社内の様子 1

### 2.2 課題

一方で、社員の居場所が特定できにくい、マネジメントする側から社員の働き方が見えにくい、という課題があげられる。社員の働き方と業務プロセス (成果) との因果関係の分析も必要となる。ソロワークとグループワークの比率やコラボレーション、働く場所、勤務時の健康状態等も分析対象となる。オフィスファシリティの利用状況可視化や社員一人ひとりの生産性向上は、近年どの企業でも課題となっている。

本研究では、オフィス内の空間や社員の行動分析から、オフィスファシリティの利活用と社員の生産性の向上を目指す。

## 3. 関連研究

本研究に関する研究を紹介し、本研究の位置づけを述べる。まずは会議室の利用状況の可視化に関する研究について述べ、その後コラボレーションの可視化に関する研究について述べる。

田中ら [2] は大学の研究室を対象とした在室状況を予測する在室管理システムの提案・構築を行った。田中らの研究では、計算機へのログイン情報やグーグルカレンダーの情報及び過去の在室状況から在室不在の推定と将来の在室状況を推定した。在室状況を推定する際、本研究ではある程度学生の行動を経験

連絡先: 連絡先: 電気通信大学情報理工学研究所

〒 182-0021 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

E-mail: skawaguchi@ni.is.uec.ac.jp

\*1 <http://www.netone.co.jp/>

\*2 <http://www.netone.co.jp/workstyle/top.html>



図 2: ネットワンシステムズ社内の様子 2

的に分析し、在室状況の予測を行った。例：スケジュールに含まれるキーワード（講義名、説明会）から在室あるいは不在の確率を変更している。本研究では、特定のキーワードから推定を行っているが、多様な働き方や業務が存在する企業ではキーワードの収集・分類などの導入コストがかかる可能性がある。また、ネットワンシステムズでは会議室の予約システムを導入しており、利用希望者はその予約システムに書かれた情報から会議室の使用の有無を確認している。しかし、実際には予約はあるものの利用をしていないという問題が発生しており、カレンダーや予約システムの事前情報に基づかないリアルタイムな使用状況確認システムを提案する。

注連ら [3] は、場所に着目してコミュニケーションの検出を行う研究を行った。注連らの研究は室内に設置した赤外線情報発信装置とユーザーがもつ受信装置をから得られた座標情報をもとにコミュニケーションの検出を行った。また、コミュニケーションの目的ごとに、コミュニケーションの発生場所が異なるとして、コミュニケーションの内容による分類を行った。例えば、ミーティングであれば会議室、相談であれば質問をする相手がよくいる場所、雑談であればカフェスペースなどで行われるとしている。さらに、コミュニケーションを行ったユーザー同士のネットワークを作成したところ、積極的にコミュニケーションを取るユーザーなどの個人特性を把握することができたと報告している。この研究はフリーアドレスオフィスを対象としているが、場所毎にある程度コミュニケーション内容が推定できる状況で行われた。しかし、本研究が対象とするネットワンシステムズの職場環境では同じ場所であってもミーティングが行われたり、個人の作業が行われたりしており状況が異なる。本研究で提案する手法では、コミュニケーションの発生する場所と内容が随時変わる様な状況にも対応可能である。

#### 4. 社内業務改善のための提案システム

本稿では、ネットワンシステムズで取り組んでいる「ワークスタイル変革」の一環として、社内業務改善のためのシステムを提案する。システムの構想図を図 3 に示す。カメラ、ウェアラブルセンサ、スマートフォンや PC 端末などからデータを収集し、収集したデータの分析を行う。分析したデータを現実フィードバックし、社内の業務効率の改善を図る。本稿では、このシステムの一部として、会議室利用状況のリアルタイム可視化と iBeacon を使った社員のコラボレーションの可視化システムを紹介する。



図 3: 社内業務改善のためのシステム構想図

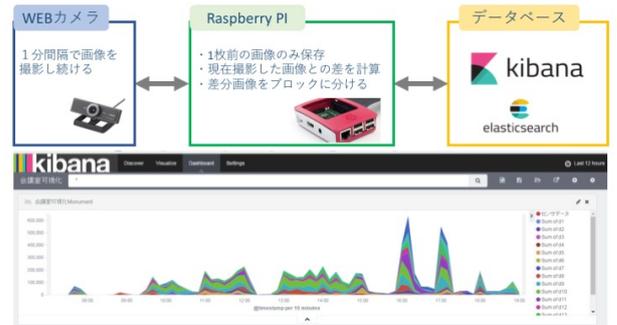


図 4: 会議室可視化システム概要図

### 5. 会議室の可視化

前述した通り、ネットワンシステムズでは、限られた会議室を効率よく利用するために会議室の予約システムが導入されている。しかし、念のため会議室を予約してはいたが、実際には使われておらず、予約システム上では空きがないといったことがある。また、会議室の予約をせず、空いている会議室を見つけて使う場合もある。そのため、予約がある場合は本当にその会議室が使われているのか、予約がない場合も社員が利用しているのかをリアルタイムに推定し、会議室の効率的に利用したいという必要がある。

そこで本研究では、会議室にカメラを設置し、実際に利用しているかを推定することで、会議室の空き状況のリアルタイムな可視化を行う。また、予約システムと実際の利用状況を照らし合わせることで、会議室の利用状況の実態を調査する。最終的には当日会議が行われていなければ自動で予約をキャンセルを行ったり、キャンセルが多い人には警告を出すシステムの実現を目指す。

#### 5.1 システム概要

WebカメラとRaspberryPIを会議室に設置する。Webカメラで一定間隔に画像を撮影する。RaspberryPIではOpenCVを使い画像処理を行い、結果を社内サーバに送信する。データはElasticSearchで保存し、KIBANAでデータを可視化する。最終的にはサーバに蓄積されたデータをもとに会議室の利用状況を社内アプリにて可視化する。

#### 5.2 OpenCVを用いた会議室利用推定手法

本システムはRaspberryPI上で動作させる。そのため、処理が軽量のOpenCVを用いて利用状況を推定する。OpenCVには顔認識関数があるが、精度が十分でない問題もある。本実験では数秒間隔で画像を撮影し、その画像間の画素値の差を求めることで、会議室に人がいるかを検知する。オープンオフィスには会議室とは別に予約不要で自由に会議が行えるス

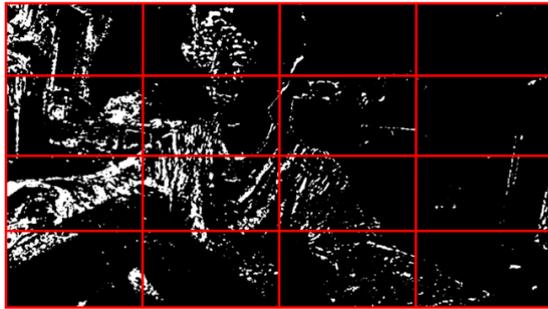


図 5: 差分画像と画像のブロック化

ペースが用意されている。会議室のように区画が厳密に区切られていないことから通行する人がカメラに映ってしまう場所もある。単純に人が写っていれば会議をしているといえないスペースも数多く存在する。この問題を解決するために、画素値の差分を計算したあと、画像を均等に分割し、どの範囲で画素値が変動したかを記録できるように実装を行う。

### 5.3 結果

オフィスでの環境において、画像を使ったシステムは社内情報の漏洩の観点から採用される機会が少ない。本提案システムは、RaspberryPI 上に 1 フレーム前の画像のみを保持し、サーバー内に保存するデータも画素の変化値のである。これにより、社員のプライバシーも守られるほか、万が一 RaspberryPI を紛失しても影響が少ないことがわかった。本システムの有効性を検証するために、並行して映像内に映る人物を正確に計測するカメラを使用し実験を行っている。今後は本システムの精度検証を行う予定である。

## 6. iBeacon センシングでの社員のコラボレーションの推定

### 6.1 目的

誰と誰が社内でもコミュニケーションを行なっているかを解析し、社内でのコラボレーションを探ることを目的とする。本稿でのコラボレーションとは、社員同士の会話を想定している。iBeacon を社内設置し、その情報からユーザの位置の推定を行う。また、推定した位置情報から社員同士のコミュニケーションの有無や状況(場所・コミュニケーションを行った時間など)を可視化する。

### 6.2 iBeacon による位置推定システム

本研究では iBeacon から発信される beacon を iPhone で受信し、サーバーへ送信してデータを貯めるシステムを構築する。社内に設置する iBeacon は Aplix 社製の 2 種類の iBeacon を用いる。近接域特化型 iBeacon 「MB004 At」 26 個 (1~26 番) と、汎用型 iBeacon 「MB004 Ac-DR1」 20 個 (27~46 番) を社内の指定箇所に設置する。それぞれの Beacon 受信有効圏内は約 2m と約 7m である。

beacon 情報を受信するための iOS アプリケーションの仕様について記述する。今回作成するアプリケーションの条件として、社内の業務効率改善のためのデータ取得でネットワーク社員本来の業務を妨げてしまてはならないということである。そのため、Beacon を取得する iOS アプリケーションはバックグラウンド下で動く必要がある。バックグラウンド環

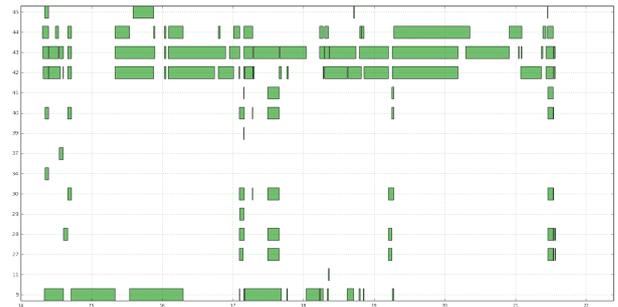


図 6: ガントチャートでの可視化結果の一例

境下では iOS アプリケーションは Beacon の圏内に入った時と出た時のみ動作することができる。よって、本研究で取得する情報は、Beacon の圏内への入退出時の Beacon の情報を記録・解析することで、社員の位置推定を行う。Beacon の情報からの位置推定は、ある Beacon を受信しているとき、その圏内にユーザーが存在するものとする。電波強度を用いて位置を推定する方法も存在するが、今回の実験の場合 Beacon の圏内に入った時と出た時の電波強度のみ取得でき、それ以外の時間の電波強度のデータを取得できなかったため、Beacon の圏内か否かの情報のみから位置推定を行う。

### 6.3 実験

ネットワークシステムズ社内で 1 週間の実験期間を行った。ネットワークシステムズの社員 3 名に協力を依頼し、iPhone にデータ収集用アプリケーションをインストールと実際に社内に行った場所の 10 分間隔の記録をつけていただいた。iBeacon による位置推定システムで推定した位置と、社内での位置の記録を比較し、位置推定の精度を確認を行った。その後、社員同士のコラボレーションの有無が取得できているかを解析を行った。

### 6.4 実験結果

取得したデータから Beacon を受信している時間帯をガントチャートで可視化した。可視化した結果の一部を図 6 に示す。横軸は 1 日のうちの時間で、縦軸は iBeacon の番号に対応している。この結果と被験者が記録した 10 分間隔の社内での位置の記録とを比較した。前述した近接域特化型 iBeacon は Beacon 受信圏が狭いため、社員の位置と推定位置は 90% 以上の精度で一致していたことを確認できた。しかし、汎用型 iBeacon を設置している場所の推定は、他の iBeacon も反応してしまい、正確な位置推定ができなかった。

### 6.5 考察

近接域特化型 iBeacon での位置推定は机単位での推定が可能であったことから、社内での近接域特化型 iBeacon によるリアルタイムな位置推定は有効であった。しかし、汎用型 iBeacon では受信圏が広く、iOS アプリのバックグラウンド環境では電波強度を取得することができないため、社内での位置推定に用いるのは難しいと考えられる。本実験から、Beacon の受信圏を小さくすることで正確な位置推定が可能であることを確認できたため、実際に業務中の位置推定を行うには、Beacon 設置場所の再検討が必要である。

また、コラボレーションの推定は今回の実験期間では被験者間で会話がほとんどなかったため推定ができなかった。また、今回の実験では被験者が 3 名と少なかったこともコラボレーションの取得ができなかった原因であった。今後、実際に会話があった時のデータ収集を行うために再実験を行い、コラボレー

---

ションの推定を行う必要がある。また、より多くの社員に協力を仰ぎ、コラボレーションの結果を解析していく必要がある。

## 7. まとめ

本試みではネットワンシステムズで取り組んでいる「ワークスタイル変革」の一環として、インターネットに繋がった各種センサーのデータ解析を行った。ネットワンシステムズのオープンオフィスは社員が自由に働ける反面、社員がどう働いているのかや、限られたスペースを本来の目的で使用されていないといった課題が発生している。本稿ではその問題解決へ向けた研究のスタートとして、会議室の可視化の検討と社員間のコラボレーションの推定の検討を行った。今後はさらなる発展として社員の働き方をセンシングから推定し、サポート・提案をできるシステムの実現を目指す。また、社員の健康管理を目的に、ウェアラブルセンサーを使ったヘルスデータの解析もシステムに組み込んでいきたい。

## 参考文献

- [1] 首相官邸, "ニッポン一億総活躍プラン", 平成 28 年 6 月 2 日閣議決定, \*<sup>3</sup> 2017 年 3 月 2 日アクセス
- [2] 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.
- [3] 注連隆夫, 河合英紀, 國枝和雄, & 山田敬嗣, "滞在場所を考慮したコミュニケーション検出システム". In ワークショップ 2008 (GN Workshop 2008) 論文集 (Vol. 2008, pp. 115-120).

---

\*3 <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ichiokusoukatsuyaku/pdf/plan1.pdf>