

センサデータを利用したフリーアドレスオフィス環境における 省電力化のための人物誘導システムの試作

黒田 晋矢[†] 岡本 章裕^{††} 横山 昌平^{††} 福田 直樹^{††} 石川 博^{††}

[†] 静岡大学大学院情報学研究科 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

^{††} 静岡大学情報学部情報科学科 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: [†]{gs07023,cs05019}@s.inf.shizuoka.ac.jp, ^{††}{yokoyama,fukuta,ishikawa}@inf.shizuoka.ac.jp

あらまし 近年、省エネルギー化への関心が高まる中、様々な省電力化の方法が検討されている。従来の省電力化は、機器そのものの効率化や利用方法の見直しなど、実際に電力を消費するものに対する制御方法を対象としたものが多い。本研究では、人の活動場所と施設の利用に自由がある環境において、電力を利用する人物を特定の場所で活動するように誘導することにより省電力化を行う方法を検討する。シミュレーションによる人物誘導を行い、省電力効果を提示するシステムを試作する。人物誘導を適切に行うために、センサネットワークから得られたセンサデータを用いた部屋の利用状況の状態把握のためのシステムを試作する。

キーワード センサデータ、センサネットワーク、省電力化、マイニング

An Approach about Effective Working Space Navigation for Efficient Electric Power Savings on Free-address Office Spaces

Shinya KURODA[†], Akihiro OKAMOTO^{††}, Shohei YOKOYAMA^{††}, Naoki FUKUTA^{††}, and

Hiroshi ISHIKAWA^{††}

[†] Graduate School of Informatics, Shizuoka University Johoku 3-5-1, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

^{††} Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Shizuoka University Johoku 3-5-1, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

E-mail: [†]{gs07023,cs05019}@s.inf.shizuoka.ac.jp, ^{††}{yokoyama,fukuta,ishikawa}@inf.shizuoka.ac.jp

Abstract In this paper, we propose a preliminary approach about effective working space navigation for saving electric power consumption on office spaces. We consider an office environment that allows the workers to utilize free desks in various rooms and moves among them freely. In such situations, there is a possibility to navigate appropriate places for the workers to work with efficient power usage. For this purpose, we use sensor network technology for detecting and predicting where the workers are working in the office. Considering logging data of place usages, our prototype system navigates the workers to use appropriate places on appropriate time for better control of power consumption.

Key words Sensor Data, Sensor Network, Power Consumption, Data Mining

1. はじめに

近年、環境問題への取り組みが広く行われている。地球温暖化問題に対する二酸化炭素排出量の抑制が叫ばれ、電力消費量の削減が解決策のひとつとして挙げられている。電力消費量の削減は同時に、運営コスト削減方法のひとつとして様々な研究が行われている。

運営コスト削減方法に関して、企業でのフリーアドレスオフィスの導入事例が増えている。フリーアドレスオフィスとは、企業等において、社員ごとに決まった個別の席を用意せず自由な場所で業務を行えるオフィス環境である。オフィスに常駐しない人員の席を減らし、共同で利用できる席を用意し、スペースの利用率を向上させることでコストの削減を行う。

オフィスにおける省エネルギー化の取り組みにおいて、エネ

ルギー利用の中で重要な位置を占めるものの1つに電力がある。森本ら [1] は、オフィスにおける照明設備の自動制御による省エネルギーシステムを開発している。森本らのシステムは、人感センサと照度センサを用いて、部屋の利用時に時間に関わらず明るさが一定になるよう調光を行う。また、部屋が利用されていない場合には消灯するよう制御される。これらの制御により、必要以上に照明が利用される状態を改善し、省エネルギー化を行う。山田ら [2] は、ビルの空調を制御し、ビル内での快適性を確保しつつ省エネルギー化を行うシステムを開発している。森本らの照明制御システムでは、電力にして約 12% の省エネルギー化を達成している。山田らの空調制御システムでは、熱量換算で 6.2% の省エネルギー化を達成している。

センサデータを取得する環境として、センサネットワークが研究されている。Romer ら [3] は、センサネットワークに必要とされる要素を 12 の項目に分類している。センサネットワークでは、無線通信によるデータの転送を行い、データベースを用いて一元的に情報を管理する。無線通信によるデータの転送では、データベースからの距離が遠くとも通信に成功するように、各センサボードにはルーティング機能が備えられる。センサの配置が広大であっても、各センサボードが通信を中継することでデータの集約が可能になる。このようなセンサネットワークは、複数種類の情報を同時刻に複数箇所で測定を可能にし、検知範囲内の現在の状態を把握することが可能となる。また、センサネットワークは無線通信を行い、電池を利用して稼働することで外部からの電源の供給を必要としないため、現存する施設への導入が容易である。センサネットワークは適用範囲が非常に広く、様々なシステムにおける対象環境の観測手段として利用されている。

本論文では、センサネットワークを用いたエコライフサポートシステムの開発に関する研究について記述する。近年の環境問題を鑑みて、エコライフサポートシステムの開発は重要な課題の1つである。その中で、センサネットワークやセンサデータベースの構築、センサデータマイニングによるエコライフサポートに注目している。エコライフとは、現状の生活環境における快適さを維持しつつ、利用される電力などの使用量を減らし、快適さと省エネルギー化の両立を目指すものである。本研究の位置づけは、エコライフサポートシステムのうち、エコを実現するためのアプリケーションの実装であり、センサネットワークが収集したセンサデータを利用して人が電力を使用する環境を把握し、適切なルールの元に環境を改善し、省エネルギー化を行うものである。本研究の実現により、エコと快適性の両立を達成することを目指す。

2. 関連研究

Schiff ら [4] は、モーションセンサで構成されるセンサネットワークを利用し、1 室における侵入者の移動を追跡し、姿を写真に収める研究を行っている。Schiff らは、室内を小さなエリアに分割し、室内に設置された 2 値モーションセンサにより収集された侵入者の動きの履歴と、現在のセンサの状態から、各エリアにおける侵入者の滞在確率を算出することで正確な位置

を推測している。本研究は、人の有無を定点において推測することが目的であり、人が移動していることを前提とした経路の推測は行わない。しかしながら、人の誘導を行う際、人の移動経路を推測し、空いている経路を利用することで、円滑な移動を行うことができる可能性がある。

センサネットワークで収集した情報から、現在何が起きているかを推測する研究が盛んに行われている。そのような中で、Ambient Intelligence (AmI) の技術に注目が集まっている。Ramos ら [5] によれば、センサネットワークやユビキタスコンピューティング等の技術は、対象となる環境における情報の種類や量が増大したとき、人工知能技術とともに利用することで、環境や人とのインタラクションを円滑に行うことができるとしている。AmI を利用する研究として、Vainio ら [6] らは、環境情報から家人の状況を推測し、家人が快適に過ごせるよう住環境を変化させる研究を行っている。Vainio らは、家人が在宅かどうかを元に、受動的ではなく状況に合わせて照明をコントロールし、その中で新たな状況に合わせた行動ルールを獲得していくシステムを開発している。また、Corchado ら [7] は、RFID を用いて位置情報を取得し、対象者の行動から問題を推測し、新たな問題が見つかった場合には類似の問題に対する解決方法を調整することで問題に対応するシステムを開発している。これらの研究では、行動を行うためのルールを更新する技術であり、本研究ではオフィス環境の変化に対応するという形式で取り入れられると考えられる。また、近い環境をもつオフィスであれば、導入後にルールを自動で調整することで対応できる可能性がある。

3. 施設利用状況の推定

3.1 概要

人物誘導システムは、誘導ルールの適用に関して、オフィス全体の部屋の利用状況を考慮する。部屋の利用状況を把握する方法として、センサを用いた人の有無の検知を行う。人の有無を検知するためのセンサとして、モーションセンサの利用を検討する。まず、モーションセンサの発火をセンサデータとして収集し、人の有無に対してどの程度検知できるかを測定する。次に、人の有無に対するセンサデータの特徴的なパターンを抽出し、パターンによる状態の分類を行い、検知精度の向上を試行する。検討された手法による精度により、誘導システムが施設利用状況を推定するために利用できる可能性を検討する。

本研究では、オフィスにて業務を行う状況において、各座席ごとに人の有無を検知することを考える。そこで、各座席にモーションセンサを配置し、人の有無を在席状況として推定を行う。モーションセンサは、着席から離席する間発火し、離席から次に着席するまでの間は発火しないことが期待される。しかし、人が動かずに停止している場合、赤外線の変化を感知せず、発火しないことがある。発火している場合を着席状態とすると、人がいるにも関わらず離席状態であると判断されることがある。単純にモーションセンサの発火状況を見るだけでは、正しく状態を把握することは難しい。そこで、モーションセンサの発火をセンサデータとして収集し、モーションセンサの発

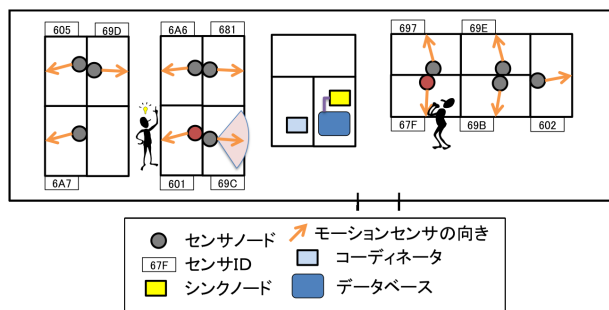


図 1 センサネットワーク

表 1 モーションセンサの状態ごとの出現数

	在席中	離席中
ON	228	12
OFF	198	468
再現率	0.535	0.975

火の特性を調査し、発火の時系列なパターンから現在の在席状況を推定する手法を検討する。

3.2 センサデータの収集

本研究で利用するセンサネットワークは、センサボード上に無線モジュール、モーションセンサ、照度センサ、温度センサを有し、乾電池で動作する。3秒ごとに無線通信でデータベースへデータを送信し、データを記録する。センサボードが送信するデータは、センサに割り当てられたID、時刻、センシングしたデータを含む。無線通信の規格にはIEEE802.15.4として規格化されているZigBeeが用いられている。本研究では、モーションセンサを利用した在席状況推定により、座席毎の人の有無を判定し、部屋の合計人数を推定することで部屋の利用状況を把握する。そこで、モーションセンサが人の動きを検知した場合、データベースに記録されるセンサデータの特性を調べるため、条件を固定した状態でモーションセンサのデータを収集する。収集したセンサデータは、特性に合わせたデータ形式に変換し、分類アルゴリズムによる分類精度を測定する。センサデータの収集は、大学の研究室の学生居室に構築されたセンサネットワークを利用する。収集に利用したセンサネットワークと室内の環境を図1に示す。

まず、センサへの外乱ノイズをある程度制限できるように条件設定をおこなった環境下（以後、条件1と呼ぶ）でセンサデータの収集を行う。センサデータの収集を行う状態は、(i) 在席である状態を維持する場合、(ii) 離席である状態を維持する場合、(iii) 席に着く動作を行う場合、(iv) 席から離れる動作を行う場合、(v) 在席中に座席の後ろを他の人が通過する場合、(vi) 離席中に座席の後ろを人が通過する場合の6パターンとする。(i)と(ii)のセンサデータにより、モーションセンサの誤検知の様子を調べる。(iii)と(iv)センサデータにより状態変化時の検知の様子を分析する。(v)と(vi)の比較により、人が通過する場合の在席中と離席中におけるセンサデータの変化を確認する。状態ごとのモーションセンサの検出値を表1に示す。モーションセンサの発火時をON、非発火時をOFFとする。モーションセンサが人の動きの検出に成功する割合は0.535であった。

表 2 日常的活動状況における状態ごとの検知成功率

	在席中	離席中	未知
ON	54,517	31,258	20,799
OFF	227,326	1,612,513	524,460
再現率	0.193	0.981	-

表 3 時間帯を限定したサブセットの状態ごとの検知成功率

	在席中	離席中	未知
ON	5,095	3,169	781
OFF	23,102	40,267	4,287
再現率	0.181	0.927	-

また、特に制限を加えない日常的活動状況（以後、条件2と呼ぶ）におけるセンサデータの収集を行った。センサデータの収集は、2008年11月13日から20日の8日間にかけて連続で行われ、データは2,470,873回の記録が行われた。状態ごとのONとOFFの出現数を表2に示す。未知の状態は着席時刻・離席時刻の記入漏れ等により、在席状況が確定できない期間に適用される。このデータのうち、最も活発に活動が行われていた17日12時～18時のデータ（以後、条件3と呼ぶ）をサブセットとして抽出し（表3）、非活動時間帯が含まれる場合との比較を行う。

3.3 在席状況推定

センサデータは時系列に収集されている。時系列に発火状態が連続している場合、それは在席中であることを示すと考えられる。非発火状態が連続していれば、それは離席中である。しかし、在席中であっても発火していない場合が0.535の割合で出現する。在席中と判定されることが完全に連続することはないが、ある程度の時間的な長さを持つデータを利用すれば、高い確率で在席状況を把握できる可能性がある。そこで、在席状況推定はセンサデータの時系列なシーケンスを発見し、状態の検知精度がどの程度向上できるかを確認する。時系列シーケンスは、データベースに格納されたセンサデータのうち1つのデータに注目した時、その時刻から時系列に古い方へ固定長を取得し、時系列に並べたものである。このとき、取得する数を次元と呼び、時系列パターンから状態の推定が可能な最大の数を指定する。ある時刻のデータに注目し、1つの時系列シーケンスを生成する。次に、注目した時刻の次の時刻のデータに注目し、時系列パターンを繰り返す。1つずつスライドし、すべてのデータについて時系列シーケンスを生成したら終了する。生成される時系列シーケンスに、パターン中で最も新しい時刻での状態を追加し、分類クラスとする。

時系列シーケンスを元に状態を推定し、どの程度の割合で推定が可能であるか予備実験を行った。分類アルゴリズムの適用にはWEKA[8]を利用する。学習データには、条件1の環境で収集したデータを利用し、生成された分類器を用いて条件2、条件3の環境で収集されたデータを分類する。分類にはC4.5、NaiveBayes、BayesNetwork、SVM（polynomial Kernel）を利用する。分類結果のうち、在席中の再現率を図2に、離席中の再現率を図3に示す。

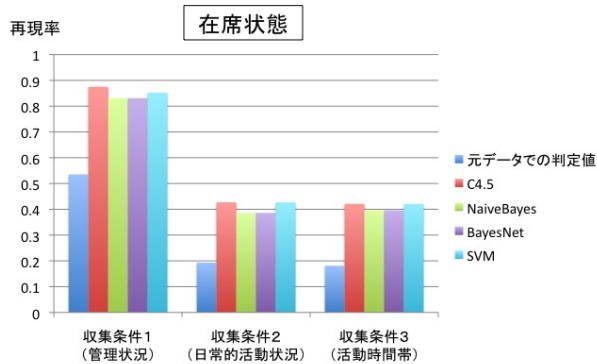


図 2 在席推定結果

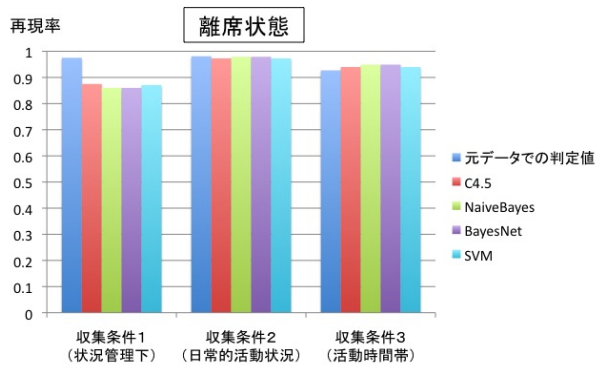


図 3 離席推定結果

3.4 考 察

条件 1 では、そのままモーションセンサを利用する場合と比較し、機械学習による在席状況の推定により、割合にして 0.3 程度の改善が見られた。また、条件 2、条件 3 での在席状況推定精度も、0.2 程度の改善が見られた。しかし、条件 2、条件 3 では、絶対的な在席状態推定精度はあまり高くはなく、単一のモーションセンサからそれに対応する席の利用状況を把握する際には、一定以上のノイズを考慮する必要があると考えられる。人物誘導システムの実現では、在席状況の推定が正確ではないことを考慮した上で誘導ルールを構築することで、誤差を含む場合も正しく誘導を行えるような調整を行う必要がある。

4. 施設利用の効率化

4.1 概 要

本章では、フリーアドレスオフィスにおける施設利用の効率化を目指した人物誘導システムについて、人物の誘導を適切に行うためのルールの獲得を目指した研究について述べる。施設利用の効率化とは、人が複数の部屋を少人数で利用している場合、1 つの部屋へ集め、利用する部屋数を減らすことで照明や空調の過剰な利用を抑制する等により省エネルギー化を行うアプローチである。また、誘導ルールとは、現在の利用状況において、人物の適切な誘導プラン（例えば、どの部屋にいる人をどの部屋へ誘導するかなど）を決定するルールある。本研究では、誘導を行うことで達成できる省エネルギー化の効果について検討と検証を行うためのシミュレーション環境を構築することを目指す。

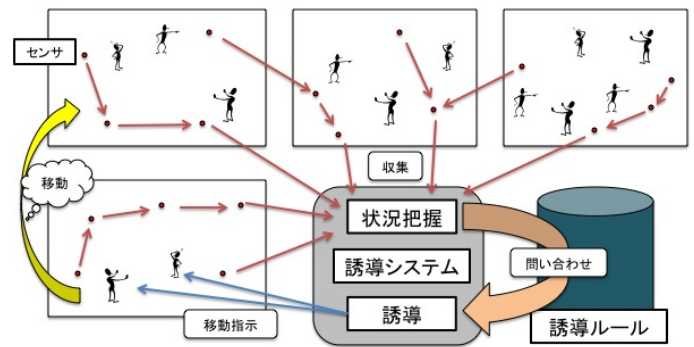


図 4 誘導システムの概観

本研究で考える人物誘導システムの概要を、図 4 に示す。オフィスにはセンサネットワークが構築され、センサが常に全ての部屋の状態を監視している状況を仮定する。センサは単位時間毎に現在の検知情報を無線通信を利用して誘導システムへ送信する。誘導システムまで直接通信できないセンサノードは、センサネットワークを構成する付近のセンサノードを中継して検知情報を転送する。集められたセンサデータを元に在席状態などに代表される施設内の利用状況の推定を行い、部屋毎の利用状況を推定する。システムは、ここで推定した施設の利用状況から人物の誘導を行うべきかどうか判断し、誘導を行う場合は誘導ルールを管理するデータベースに問い合わせ、現在の利用状況に合わせた誘導ルールを取得する。システムは、受け取った誘導ルールに応じて、例えば特定の部屋で作業を行う人に対して、誘導先の部屋へ移動するように促すなどの誘導アクションを実行する。移動を促す方法には様々な手段が考えられる。メールやディスプレイへの表示などを用いて特定の人物に直接移動を促す方法や、照明の段階的な利用停止のように間接的な手段で部屋の利用者に対して部屋を移動するように促す等、状況に合わせて適切な手段を選択する。施設の利用状況を適切な方向へ効果的に誘導することで、誘導によって利用が停止された部屋で利用されていた照明や空調が停止できることなどの効果により、省エネルギー化を実現できる。

4.2 施設効率化のルール構築における難しさ

フリーアドレスオフィス環境を仮定した場合には、人が移動することそのものの負担は、比較的小さいと仮定できる。しかし、誘導が効果的でなければ、十分な省エネルギー効果が得られない可能性がある。まずは、誘導を適用する施設の規模と誘導戦略の複雑さについて、考える必要がある。本研究は、誘導に基づいて生じる部屋間での人の移動を中心として省エネルギー化を目指す性質上、部屋数がある程度多くないと効果が発揮されないと考えられる。本研究で適用を想定するオフィスは、数百人規模で働く環境で、複数の部屋があり、それぞれの部屋にも相応のフロア面積があるとする。フロア面積が広いだけでなく、階段等で複数の階にわかれていたり、長い通路で部屋間がつながっていたりする場合も考えられる。このような環境下で、部屋の利用状況のみを考慮して単純な誘導を行うと、人の移動距離が長くなった場合に、移動を行う間に作業を行うことができないことによる時間のロスが生じることが考えられる。

また、部屋の大きさにばらつきがある場合、部屋の大きさに比例して消費電力が多くなるような事情も考慮する必要が出てくる。誘導方法を考える場合、部屋の大きさを考慮し、可能であれば大きな部屋の利用を停止することも1つの戦略と考えられるが、複数の部屋の利用を停止できる場合は大きな部屋に人を集めるようにするという戦略も採りうる。さらに、人が一度に動く場合、経路上に階段や狭い通路があると時間がかかるため、経路を考慮した上で誘導を行う部屋を選択する必要がある。これらの複雑さを考慮した誘導ルールを適切に設定するのは容易ではない。もう1つは、人が自由に動ける環境に起因する問題がある。人が自由に動ける環境において、例えば誘導によって利用を中止しようとしていた部屋に別の人が入ってきてしまった場合、誘導により人がいなくなった直後の部屋で作業を始めてしまったために、その部屋の照明や空調等を止められなくなってしまった場合、作業時間のロスを増大させるだけで消費電力量を抑制できなくなる可能性がある。また、誘導により人が移動してこうしている部屋に、誘導ではなく自分の意志で移動してきた人がいたとき、その部屋に作業を行うスペースがなく、誘導そのものが失敗する可能性がある。人が自由に動けることを仮定する場合、環境は常に予測できない変化をする可能性があるため、誘導によって生じる現象を正確に予測することが難しく、それに合わせた適切な誘導ルールを構築することは難しい。誘導ルールを仮に作った後に繰り返し誘導を行って検証することで、オフィス全体の人の移動の傾向を発見し、オフィスに合わせた誘導ルールを単純な観測結果から机上で構築できる可能性があるが、その検証を実環境で何度も行うには、コスト的な負担が大きい。適切な誘導方法は、建物の構造により変化する可能性があり、特定の構造を持つオフィス環境で適切に誘導を行うルールが他の構造の建物で構成されるオフィスには当てはまらない場合があると考えられる。つまり、構造が異なるオフィス環境毎に新たに誘導ルールを構築する必要が生じ、また、構築された誘導ルールを変更する場合にも再び誘導ルールを評価する必要が生じるなど、膨大なコストがかかる。評価の結果から誘導が適切に行われないことがわかった場合、何度も誘導ルールを調整することになるなど、実際的に評価実験を行うことは難しい。そこで、本研究では、シミュレーション環境を実装することで仮想オフィスにおける誘導ルールの効果を測定し、評価を行うことを考える。すなわち、本研究では、仮想環境上で繰り返し誘導を行えるようにし、誘導ルールの効果を検証するためのシミュレーション環境を構築する。

シミュレーション環境では、誘導を行うことによる結果を測定し、評価できる環境が必要である。評価指標として、例えば1日のオフィスの消費電力量を考えたとき、誘導ルールを適用する際の変化を確認することができる。人に関わる複雑な問題として、人が心理的な事情から誘導に従わないことも考えられるが、これは誘導に従うような強制力を組織的に設けるか、あるいはその意義への理解を浸透させるような手段を講じることで達成できると仮定し、本研究の対象としない。

4.3 シミュレーションの概要

本シミュレーションでは、対象となる世界をモデル化し、簡

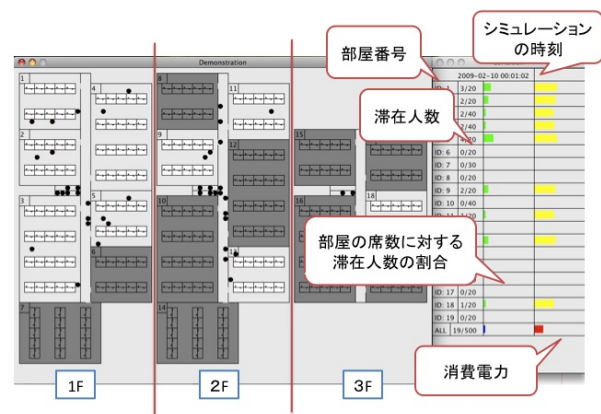


図5 シミュレーション実行の例

易的に再現している。本研究ではJavaによるコンピュータプログラムとして仮のオフィス環境を設定し、その環境を構築する。オフィスの共通概念となるオブジェクトをモデル化し、誘導を行うことによって省エネルギー化の効果を確認し、誘導ルールの有効性を検証できるようにする。

本シミュレーションでモデル化に含めるオブジェクトは、人、部屋、机、廊下、階段、センサとする。人はオフィス全体を移動し、机で作業を行う。部屋には机が設置され、人がいると電力を消費する。室内にはセンサを配置し、人がセンサの前に移動した場合に反応する。本研究では、センサは机上に配置した。廊下と階段はそれぞれ、部屋と部屋、フロアとフロアを接続する経路である。これらと共に誘導システムを仮想的に配置し、誘導シミュレーションを実行する。シミュレーション実行の例を図5に示す。

概観は直上からの俯瞰をしており、黒い丸が人を表している。フロアは3階層になっており、左から順に1階、2階、3階を表している。部屋、廊下、階段は直線で区切られ、部屋の左上に部屋番号を表示する。灰色の部分は人が利用していない部屋であり、人が部屋に入ると灰色から白く変化し、照明が利用されていることを示す。各部屋の白い四角は机を表し、人は机の前まで移動し、そこで停止する。階段は各フロアの縦方向中央付近にある横長の四角であり、各フロアを移動する際に必ず通過する。シミュレーション内での1ループを実時間の1秒相当とし、内部で時刻カウンタを加算する。午前5時から始まり翌日の午前5時で終了する1日のシミュレーションを繰り返し実行する。誘導を行った結果は1日単位で集計され、データベースに保管される。指定回数繰り返した後、消費電力の平均を出し、誘導ルールの効果を確認する。

図6では、定員20名の部屋に対し、大部分が利用されていない。他の部屋が同じ程度の数で利用されている場合、非効率的な利用であると考えられる。図6の左の部屋から右の部屋へ誘導することで、部屋の利用数を減らし、消費電力量の抑制が可能となる可能性がある。

机にはセンサを設置し、人がいない場合は黒く、人が来ると反応しているとして赤く変化させる(図7)。センサには0から1の間で検知率が設定され、検知に成功した場合に人数を力

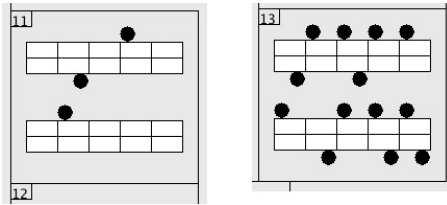


図 6 疎な部屋と密な部屋

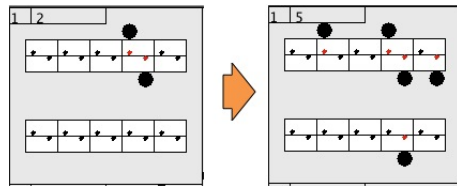


図 7 人の検知によるセンサの変化

ウントする．検知率はシミュレーション環境の構築時に設定し，任意の確率で誤検知の動作を行う．なお，誤検知の確率分布は簡単のために一様分布とした．誘導ルールの効果の調査は，検知率を 1 とし，センサは完全に人がいるかどうかを判定できる状態を想定する場合と，検知率を 1 未満とし，誤検知が起こり正確な在室人数を把握することが不可能な状態に関して行うことができる．誤検知による誘導ルールの精度の変化を調査し，誘導ルールを改善できる可能性を検討する．

4.4 考 察

オフィス環境のモデル化について検討し，シミュレーション環境として実装した．シミュレーション環境を利用することで誘導ルールの効果を調査し，試行により施設利用の効率化が可能かどうかを検討する環境を構築した．

本シミュレーションでは，誘導ルールはプログラムに組み込み，変更を行う場合はプログラムそのものを変更することが必要となる．実際に誘導ルールを構築し，評価・検討を行うことが今後の課題となる．また，現在は，誘導ルールを人が判断して構築し，効果を確認するためにシミュレーションを利用するが，機械学習を導入することでシステムが自律的に誘導ルールを導出し，その効果を測定することができれば，環境に合わせた誘導ルールの導出を自動化できる．誘導ルールの導出を自動化するために，状態数の削減を行う近似式を検討することが課題である．また，誘導ルールが実際に運用された場合の効果は，シミュレーションの精度により誤差が生じる．シミュレーションの精度を向上させ，より複雑なモデルを再現することが今後の課題である．

省エネルギー化は重要な課題のひとつであると考えられるが，フリーアドレスオフィスには，社員同士の交流や業務上でのコラボレーションによる新たな知識や価値が生まれることを期待する面がある．本研究は，1 つの明確な指標として省エネルギー化を考慮して誘導を行うが，社員の個人的な傾向や能力，人間関係を情報として把握できれば，交流やコラボレーションを恣意的に発生させることができる可能性がある．本研究の成果は，別種の技術と合わせて用いることで省エネルギー化に限らず様々な用途に利用できる可能性がある．

5. おわりに

本論文では，誘導を行うために考慮する施設利用状況の推定に向けて，モーションセンサを利用した在席状態判定を行う手法を検討した．モーションセンサを用いた在席状態判定により，どの程度の精度で人の有無を検知できるか確認した．確認された精度をシミュレーションで再現することにより，誘導ルールの効果を実環境への適用前に評価するのに役立てられる可能性がある．また，オフィス内での人の活動場所をシステムが誘導することでオフィス全体での消費電力量がどの程度抑制できるかを試行する環境の構築を目指し，シミュレーション環境の実装を行った．シミュレーション上では，時間の経過に従って人が動き，部屋の距離や経路，人の自由な移動等の問題により，設計された誘導ルールが想定される通りの効果を得られない可能性があることを確認した．また，誘導による効果を視覚的に確認することで，誘導ルールの構築を効果的に行うことができると考えられる．

現在，部屋内でのセンサによる在席状況の推定には，各席毎に誤差率を設定する形でシミュレーションを行っている．しかし，実際にセンサが誤検知を行う状況は，単純な確率分布に従うとは限らないため，実際のセンサ情報のエラーの発生状況を現実環境と同様に再現するには，精密な誤差発生モデルの実装が必要になる．シミュレーション内での，実環境に近いセンサの誤検知の再現を実現することは今後の課題である．また，現在は人物誘導ルールの構築を人の手にゆだねている．施設の構成の変化やオフィス内での仕事の進め方の変化に対応して，その都度適切な人物誘導ルールを手で作成することは大きな負担と鳴る．人物誘導ルールの学習による獲得は今後の課題である．

文 献

- [1] 森本康司, 太田正明. オフィスにおける照明設備の省エネ制御. 東芝レビュー, Vol. 59, No. 10, 2004.
- [2] 山田富美夫, 米沢憲造, 花田雄一. ビル省エネルギーに貢献する快適空調制御. 東芝レビュー, Vol. 59, No. 4, 2004.
- [3] K. Romer and F. Mattern. The design space of wireless sensor networks. *Wireless Communications, IEEE*, Vol. 11, pp. 54–61, Dec. 2004.
- [4] Jeremy Schiff and Ken Goldberg. Automated intruder tracking using particle filtering and a network of binary motion sensors. In *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE'06)*, Shanghai, China, pp. 1–2, 2006.
- [5] Carlos Ramos, Juan Carlos Augusto, and Daniel Shapiro. Ambient intelligence - the next step for artificial intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 23, No. 2, pp. 15–18, 2008.
- [6] Antti-Matti Vainio, Miika Valtonen, and Jukka Vanhala. Proactive fuzzy control and adaptation methods for smart homes. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 23, No. 2, pp. 42–49, 2008.
- [7] Juan M. Corchado, Javier Bajo, and Ajith Abraham. Gerami: Improving healthcare delivery in geriatric residences. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 23, No. 2, pp. 19–25, 2008.
- [8] Ian H. Witten and Eibe Frank. *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann Publishers Inc, San Francisco, CA, USA, 2005.