

ノンテリトリアルオフィスにおける座席自動決定手法の検討

川田 直毅

Naoki Kawata

1 はじめに

従来のオフィスでは島型対向式と呼ばれるスペース効率が良いオフィス形態を採用していた。この形態は従来の情報処理型の仕事内容には適していたが、近年創造的業務の増加に伴い、オフィスワークの知的生産性を促進するようなオフィスとしてノンテリトリアルオフィスに高い関心が集まっている¹⁾。

ノンテリトリアルオフィスは固定席を持たず複数人で設備を共有するオフィスレイアウトである。執務者の固定席を廃止することで、その日の気分や執務者の好みを考慮して座席を自由に選択できる。また固定席のときよりも多くの人と交流機会が上昇することが研究により明らかになっており、これらによる知的生産性の向上が期待されている²⁾。本研究では、配席ルールに基づいた座席の自動決定手法の提案および効果の考察を行う。

2 ノンテリトリアルオフィスの課題

ノンテリトリアルオフィスの利点は好みや気分によって座席を選択できる点である。しかし、座席を自由に選択できることによって座席の固定化や相席者の固定化などの問題が懸念される。

座席の固定化とは、特定の執務者がいつも同じ席に座る、また自席であることを主張するために荷物を放置し他者の利用を妨げる問題である。これはノンテリトリアルオフィスの目的の一つであるオフィス空間の有効活用という目的に反してしまう。

相席者の固定化とは、同じグループでいつも集まって近くに座る問題である。これはノンテリトリアルオフィスの利点でもある他部署や他職種など、様々な利用者と交流を持つことができるという利点を阻害してしまう。

3 執務者交流可変型配席方法

ノンテリトリアルオフィスにおける課題を解決する手法として、乱数および配席ルールにより各執務者に自動的に座席を配席される方法を構築した。毎日の座席を乱数によって決定することにより、座席の固定化の問題を解決することができる。さらに、執務者間の交流を制御する配席ルールを付加することで、より効果的な執務者間の交流の促進が期待される。提案する配席ルールは、同じ年齢層の執務者同士の交流の促進を目的とした水平交流促進型配席方式、異なる年齢層の執務者同士の交流の促進を目的とした垂直交流促進型配席方式、固定席をランダムに自動で決めて交流の偏りを目的とした週替わり固定席方式と、同じ研究グループの執務者同士の交流の促進を目的とした研究グループ配席方式である。

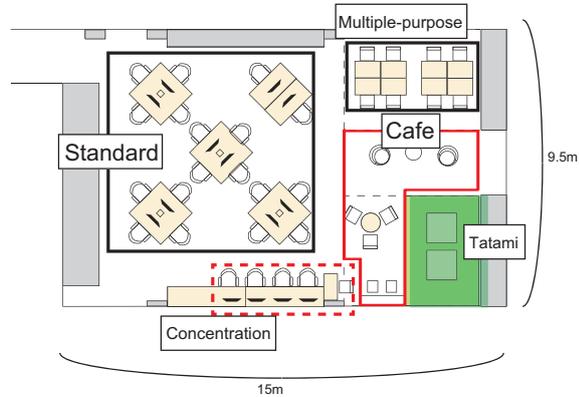


Fig.1 実験を行った研究室の平面図

水平交流促進配席方式では、同じ年齢層の執務者同士が同じテーブルになるように配席を行う。同じ年齢層の執務者がいるテーブルに空席があればそこに優先的に配席されるが、前回同じテーブルに座った執務者がいるとその他のテーブルの座席候補を探索する。同様に、垂直交流促進型配席方式では、各年齢層の執務者が1つのテーブルに対し均等な配置になるよう配席を行う。

4 執務者交流可変型配席実験

4.1 実験概要

座席自動決定手法の評価を行うために、PC上で配席ルールおよび乱数を用いて座席を決定するシステムを構築した。執務者がICカードリーダーに学生証をかざし、希望入力画面で希望する座席タイプのボタンをクリックすると配席ルールに従い配席が行われる。実験は同志社大学の知的システムデザイン研究室のノンテリトリアルオフィス形式の研究室であるKC104で行った。実験を行った研究室の平面図をFig. 1に示す。

4.2 水平交流促進配席方式と垂直交流促進配席方式

実験は2014年と2015年の2年に渡って行い、2014年の研究室の利用者は学部4年生20名、修士の学生計23名である。2015年の研究室の利用者は学部4年生17名、修士の学生計23名である。水平交流促進型配席方式および垂直交流促進型配席方式では、大学院生と学部生の2区分と定義した。

実験は各年新入生として学部4年生が研究室に加わる4月から始め、7月まで行った。2014年の実験期間および配席ルールをTable 1に、2015年の実験期間および配席ルールをTable 2に示す。例年は、2014年と同様に、新しく配属された学部4年生同士の交流を促進するために、4月は水平交流促進型配席方式を行うが、2015年の実験では交流方式の効果を検証するために、学部生と院

生の交流を促進させる垂直交流促進型方式を行った。4月と同様に、2015年は5月と6月も2014年とは異なる交流方式を行った。

Table1 2014年の実験期間および配席ルール

Experimental period	Rule
2014/4/4 ~ 5/7	The same grade communication
2014/5/8 ~ 6/1	The different grade communication
2014/6/2 ~ 6/30	The same grade communication
2014/7/1 ~ 8/2	The different grade communication

Table2 2015年の実験期間および配席ルール

Experimental period	Rule
2015/4/4 ~ 5/3	The different grade communication
2015/5/4 ~ 5/31	The same grade communication
2015/6/1 ~ 7/5	The different grade communication
2015/7/6 ~ now	The different grade communication

水平交流促進型配席方式と垂直交流促進型配席方式の効果による交流機会の増減に関するアンケート調査より評価を行う。2014年の学部生と大学院生がそれぞれ回答したアンケート結果を Fig. 2 と Fig. 3 に、2015年の学部生と大学院生がそれぞれ回答したアンケート結果を Fig. 4 と Fig. 5 に示す。3段の上から順に U4, M1, M2 に対する交流機会の変化を示している。Fig. 2 であれば、上段から U4 → U4, U4 → M1, U4 → M2 に対する交流機会を示す。グラフ内の数値は回答人数の割合である。

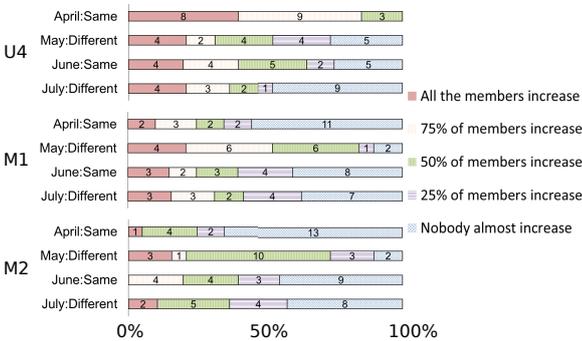


Fig.2 学部4年生の交流機会の変化(2014年)

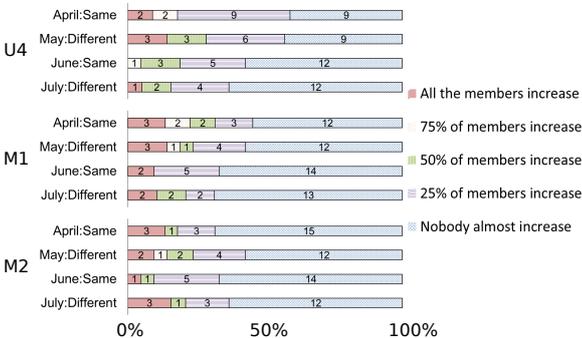


Fig.3 大学院生の交流機会の変化(2014年)

水平交流促進型方式についての考察を行う。Fig. 2 と Fig. 4 から分かるように、2015年と比べて2014年において、U4 → U4 の4月は高い数値となっている。これは2015年の4月の交流方式が垂直交流促進型方式に対し

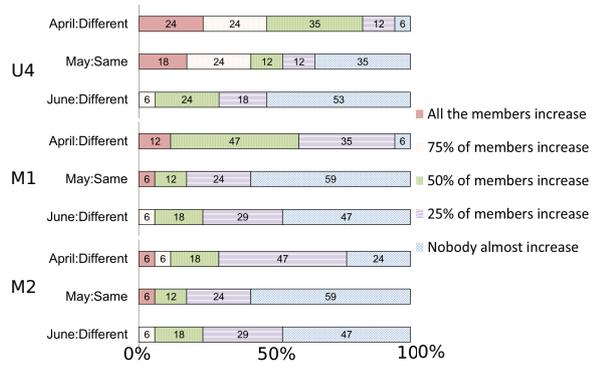


Fig.4 学部4年生の交流機会の変化(2015年)

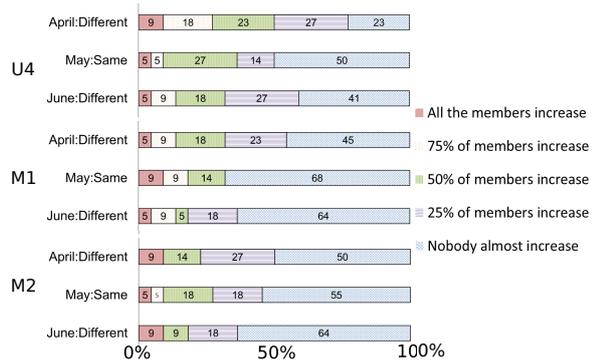


Fig.5 大学院生の交流機会の変化(2015年)

て、2014年の4月の交流方式が水平交流促進型方式であるからである。学部生は4月から新しく研究室に配属されたため、他の執務者との交流機会が増加しやすいが、4月に学部生同士の交流を促進させることを目的とした水平交流促進型方式にすることによって、さらなる効果が得られることがわかった。しかし、Fig. 3 と Fig. 5 を見ると、2013年と2014年の両方の年において大学院生間の交流機会の変化は小さい。考えられる理由として大学院生は1年以上研究室で活動しており、コミュニティとしてある程度成熟しているため、水平交流による効果が得られなかったと考えられる。

次に、垂直交流促進型配席方式についての考察を行う。Fig. 2 と Fig. 4 から分かるように、2015年の4月と6月の U4 → M1 や U4 → M2 の数値はあまり高い数値ではない。これは、研究室に配属された学部生が見知らぬ先輩である大学院生がいる座席を避けて配席したことが考えられる。また、大学院生は人が多いところを避ける傾向があるため、学部生が少ない座席を配席されていることが考えられる。これらより、4月に行う交流方式は垂直交流促進型方式よりも、水平交流促進型方式が有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 松成和夫, オフィス計画の変遷とワークプレイス, 建築雑誌, Vol.112, No.1405, pp.32-35, 1997.
- 2) Thomas J.Allen and Peter G.Gerstberger, A field experiment to improve communications in a product engineering department: the non-territorial office, the Human Factors and Ergonomics Society - Human Factors, Vol.15, No.5, pp.487-498, 1973.

プロジェクタとモバイル端末を用いた仮想タッチスクリーンの提案

相馬 啓佑

Keisuke Soma

1 はじめに

パソコンのマウスのようにユーザが実際に触れて操作するデバイスとその操作によって動作するものが別である UI が従来は一般的であった。しかしながら近年、スマートフォンやタブレットのタッチパネル操作のように操作するものと動作するものが同一となる UI (User Interce) が盛んになってきている。これにより、ユーザは今まで以上に直感的にデバイスを操作することができるようになり、より利便性の高いシステムが開発されてきた。

そこで我々はモバイル端末を用いてプロジェクタを直感的に仮想的にタッチ操作することのできるシステムを提案する。現在、スマートフォンの日本での普及率は 2015 年で 53.5% とテレビの普及率 55.9% とほぼ同等の割合となっている¹⁾。スマートフォンには多くのセンサが搭載されており、スマートフォンを他のデバイスと連携したインタラクションデバイスとして使用することは容易であると考えられる。

また、プロジェクターはプレゼンテーションをはじめとしてエンターテイメントコンテンツとしても利用されて始めている。プロジェクターを用いたエンターテイメントコンテンツの例としてプロジェクターで投影したスクリーンをタッチ可能なディスプレイにするものがある²⁾。しかしながら、このシステムでは Microsoft 社の kinect を用いて指の動きをセンシングすることでタッチパネル化を実現しているため、プロジェクターとは別に機器を利用する必要がある。

そこで我々は、現在普及率 50% を超えるスマートフォンでプロジェクターに投影された映像にタッチすることにより、マウスカーソルを動作させるシステムを開発した。

2 関連研究

イギリスのランカスター大学の Dominik Schmidt らはスマートフォンを用いてマルチタッチディスプレイをタッチすることでデータの送受信を行うシステムが開発をした³⁾。また、カナダのウォータールー大学の Faizan Haque らは Myopoint という筋電センサと加速度センサを用いてコンピュータのマウスカーソルを操作するシステムが開発したと発表した⁴⁾。他に、プロジェクターが投影する映像に専用のペンを用いてタッチすることで情報の入力することが可能なプロジェクターとして Touchjet, Inc. の Touch Pico がある⁵⁾。これはプロジェクターの光源の横に内蔵した小型カメラがペンの位置をセンシングすることによりタッチパネル化を実現し

ている。ここで紹介したシステムは、マルチタッチディスプレイ、筋電センサあるいは専用のプロジェクターとペンが必要であり、汎用性の高いシステムとは言えない。

そこで我々は 2015 年現在で 50% を超える普及率があり、かつ、高性能なセンサを複数搭載しているスマートフォンを用いることで既存のプロジェクターで投影した映像をタッチすることで操作が可能なシステムの提案する。

3 システム概要

本システムではプロジェクターに投影されたスクリーンをタッチ操作可能にするために、スマートフォンを用いた、スクリーン上でスマートフォンを移動させるとスマートフォンがある位置にマウスカーソルを移動させるシステムである。スマートフォンの位置に追従してマウスカーソルが移動するためにスクリーン上のスマートフォンの位置推定は主に加速度センサを用いることで実現した。

また、加速度センサによる位置推定の誤差を修正するためにスマートフォンのカメラ機能を利用した。システムの概要図を Fig. 1 に示す。取得したデータはすべてサーバーに送信し、そのデータをもとにパソコン側で位置推定を行いマウスカーソルを操作した。

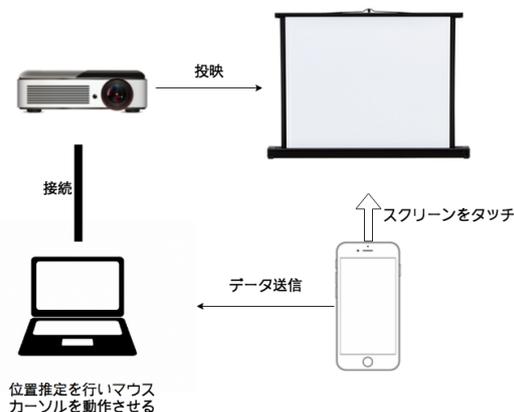


Fig.1 システムの概要図

本システムはスマートフォンで取得した加速度データ、カメラ画像のデータをサーバーに送信した値をコンピュータで計算することにより位置推定並びに位置推定誤差の修正を行いマウスカーソルを操作した。

3.1 加速度センサを用いた位置推定

スマートフォン内部に搭載された 3 軸加速度センサの値にローパスフィルタを行う。それらの値をハイパス

フィルタにかけることによって値の増減を算出する。その値を2回積分することによって移動距離を算出した。しかしながら、加速度センサのみを用いた場合位置推定に累積誤差が生じることがわかっている。

3.2 カメラ画像を用いた位置推定誤差の修正

加速度センサのデータで位置推定を行った場合、誤差が生じる。その誤差は時間とともに蓄積されるため一定の時間ごとに修正を行う必要がある。本システムでは、その修正をカメラ画像を用いて行った。スマートフォンのカメラ機能を用いてスクリーン上のある一点からプロジェクターを撮影した場合、スマートフォンがある位置の色のみを認識する。

そのため、カメラ画像から任意の画素数を抜き出しその平均のRGBを計算しその画像のRGB値を決定する。このことを利用し、色の変化を感知した際に加速度センサを用いて算出した推定位置の付近で色が変わる位置を見つけそこを真の位置推定とする。

4 実験方法

本実験ではiPhone6を用いて位置推定を行った。モバイル端末ではデータの送信のみを行い、位置推定の算出はプロジェクタと接続しているコンピュータで行った。また、マウスカーソルの動作遅延を少なくするため、フィルタリング、積分及びマウスカーソル移動は並列に処理するために実装するプログラムを個別に作成した。

5 加速度センサを用いた位置推定の実験結果

本実験ではスマートフォンにiphone6を用いた。また、サーバーはJavaScriptのNode.jsを用いて作成した。フィルタリング、積分及びマウスカーソル移動の3つの処理はマウスカーソルの動作遅延を少なくするために並列処理を行った。

iphone6から送られてきた加速度データにローパスフィルタを実装する前の値をFig. 2に、ローパスフィルタを実装した後の値のグラフをFig. 3に示す。Fig. 3からわかるように、データの外れ値を補正することができていることがわかる。これにより、二重積分を行った際の誤差を小さくできると考えられる。

6 結論と考察

本稿で、スマートフォンの内部センサのみを用いることでスクリーンをタッチすることで直感的にマウスカーソルを操作することができることわかった。しかしながら、位置推定の誤差などにより本システムを実際に利用することはまだ容易ではない。そのため、加速度センサのフィルタリングにカルマンフィルタを実装することで、より誤差の少ない位置推定を行いたいと考えている。また、スマートフォンの移動とマウスカーソルの移動に遅延が生じているため、その遅延を少なくするためにシステムの改良が必要であると考えている。

今後はマウスカーソルで行うことができる動作を増やし、被験者実験によるユーザビリティ評価をすることで

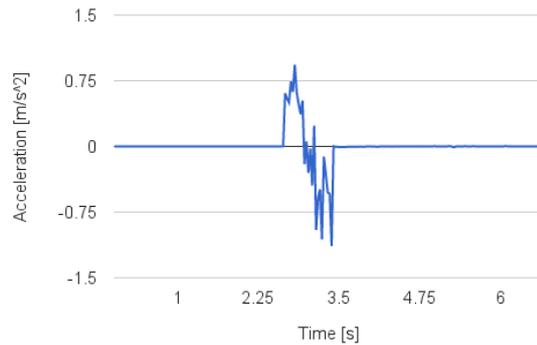


Fig.2 ローパスフィルタ実装前

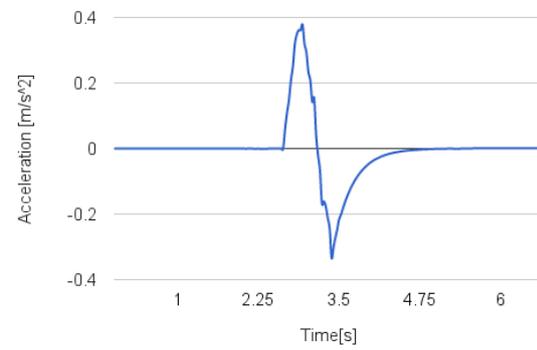


Fig.3 ローパスフィルタ実装後

本システムの有用性の検証を行いたい。また、本システムが他のインタラクションデバイスと連携することにより、より良いインタラクションデバイスの発展に貢献すると我々は考えている。

参考文献

- 1) 総務省「ictの進化がもたらす社会へのインパクトに関する調査研究」(平成26年)。
- 2) Xbox 360 kinect hack - keyboard anywhere!
- 3) *A Cross-device Interaction Style for Mobiles and Surfaces*, DIS '12, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- 4) Faizan Haque, Mathieu Nancel, and Daniel Vogel. Myopoint: Pointing and clicking using forearm mounted electromyography and inertial motion sensors. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, pp. 3653–3656, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- 5) *Touch Pico*.

BACnet を用いた知的照明システムにおけるエリア分割手法について

谷口 武

Takeshi TANIGUCHI

1 はじめに

著者らは、各執務者が要求する照度を最小の電力で実現する知的照明システムの研究・開発を行っている [1].

また、複数のオフィス (以下、大規模環境と称す) における知的照明システムの導入と運用の容易化を目的とし、ビルの標準規格である BACnet を用いた知的照明システムを提案している.

しかし、BACnet を用いた照明個別制御は、1 秒間に制御できる照明台数に限界がある. そこで、限られた照明制御台数で、より照明台数の多い環境を制御できる手法を提案する.

本提案手法は、知的照明システムで制御する 1 つのエリアを 2 分割し、分割したエリア毎に知的照明システムを制御することで、照明個別制御の効率化を実現する.

その結果、従来と同等の時間で、2 倍の照明環境で制御することが可能になった.

2 BACnet を介した知的照明システム

2.1 BACnet

BACnet は、オフィスビルに備わっているネットワークのための通信規格であり、ASHRAE, ANSI, ISO などにおいて標準規格とされている. BACnet を用いることで、異なるベンダシステム間の相互接続性を確保することが可能となり、異なるベンダで構築されたシステムを相互的に接続できる. そのため、様々なベンダのシステムを集中管理制御により総合的に制御可能となる.

合理的なビル管理ができることから、近年、BACnet を用いて、ビル内のシステムを集中管理制御しているオフィスビルが増加している [2].

2.2 BACnet を用いた知的照明システムの構成と課題

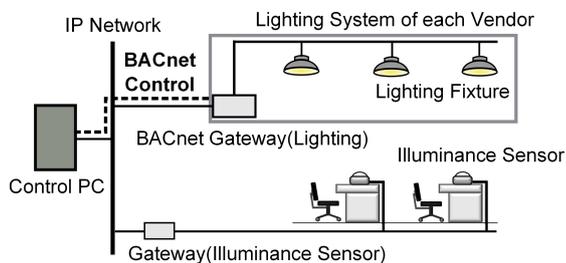


Fig.1 BACnet を介した知的照明システム構成

Fig. 1 は BACnet を介した知的照明システムの構成図である. Fig. 1 に示すように、BACnet を用いた知的照明システムは、集中制御コンピュータから BACnet を介して、各ベンダ内の照明個別制御を行うため、制御コン

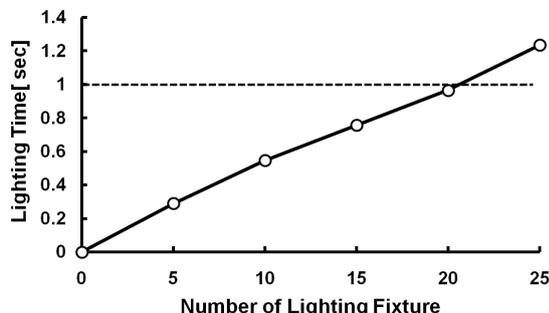


Fig.2 照明制御信号送信から全照明増光開始までの時間

ピュータの集約化が可能である. また、ビル内の IP ネットワークに集中制御コンピュータと照度センサを接続するだけで、知的照明システムの導入が可能になる. さらに、各ベンダ内の既存照明制御システムに依存することなく照明個別制御が可能であるため、これまでに導入に必要であった改良工事も不要にする.

このように、BACnet を用いて知的照明システムを構築することで、大規模環境における知的照明システムの導入と運用の容易化を実現した.

しかし、BACnet を介した照明個別制御には制御遅延があり、知的照明システムの制御においてボトルネックになる.

Fig. 2 は、BACnet を介して照明個別制御を行ってから、全照明が増光を開始するまでの時間を示したグラフである. グラフの縦軸は、制御信号値を送信してから全照明が増光を開始するまでの時間 [秒] で、横軸は制御した照明台数を示している. Fig. 2 に示すように、BACnet を介した照明個別制御では、1 秒間に 20 台の照明しか制御することができない.

BACnet を用いた知的照明システムは、照明制御の遅延を考慮し、照明制御間隔を 2 秒としている. この照明制御間隔の内、1 秒は照明光度の安定に必要な時間であるため、BACnet を用いた知的照明システムは 1 秒で全照明の増光を完了させる必要がある.

そのため、照明台数が 20 台以下の小さいオフィスでは問題なく制御できるが、照明台数が 20 台を超えるオフィスでは、照明制御間隔を長くする必要があるため、目標照度へ収束するのに時間を要してしまう. この課題点を解決するために、限られた照明台数でより大きなオフィス (照明台数が 20 台を超える環境) を制御できる手法を提案する必要がある.

3 知的照明システムにおけるエリア分割制御

3.1 提案手法の概要

上述した課題点を解決するために、知的照明システムにおけるエリア分割手法を提案する。BACnet を用いた知的照明システムは照明制御間隔が 2 秒であり、その内 1 秒は照明光度の安定のため待機時間である。つまり、その待機時間を有効的に活用することで、効率的な照明制御が可能になる。

本提案手法は、知的照明システムで制御するエリアを分割し、分割したエリア毎に知的照明システムを制御する。そして、照明光度の安定のための待機時間に別エリアの知的照明システムの照明個別制御を行うことで、照明制御の効率化を実現する。

以下に提案手法の制御フローを示す（本論文では 2 分割）。なお、各エリア内（以下、エリア A とエリア B と称す）の制御は、各知的照明システム（以下、システム A およびシステム B と称す）が別々に制御している。

- (1) システム A が次光度を基にエリア A の照明制御
- (2) 1 秒間待機
- (3) システム B がエリア B の照度・電力情報を取得
- (4) システム B がエリア B の照明の次光度を決定
- (5) システム B が次光度を基にエリア B の照明を制御
- (6) 1 秒間待機
- (7) システム A がエリア A の照度・電力情報を取得
- (8) システム A がエリア A の照明の次光度を決定
- (9) 項目 (1) に戻る

以上の制御フローの通り、一方のエリアが照明光度の安定のために待機している間に照明制御を行うことで、照明制御の効率化を実現している。つまり、従来の 2 倍の照明台数の環境であっても、BACnet を用いた知的照明システムの制御が可能となる。

3.2 提案手法の検証実験

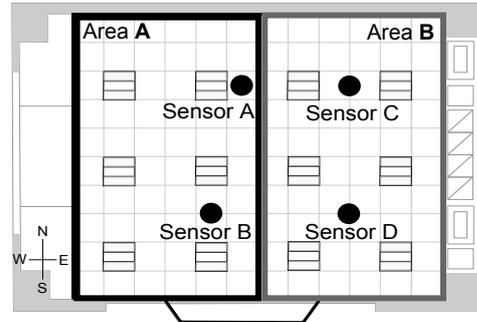
提案手法は、1 つのエリアを分割して、複数の知的照明システムを個々に制御している。そのため、分割しないで制御した時と比較すると、目標照度への照度収束誤差が大きくなり、また不適切な照明点灯パターンのため照明消費電力が増加する可能性がある。

そこで、提案手法の有効性を検証するために、従来の知的照明システム（分割なし）と提案手法の目標照度への照度収束、および点灯パターンの比較を行った。

実験環境は、Fig. 3 に示すように、照明台数 12 台、照度センサ 4 台である。従来の知的照明システム（分割なし）では、1 つの知的照明システムで 12 台の照明を制御し、4 つの照度センサに対して照度収束を行う。

一方、提案手法では、Fig. 3 に示すようにオフィスを左右半分に 2 分割し、知的照明システムをエリア毎に制御する。この時、各知的照明システムは、エリア内の 6 台の照明を制御し、エリア内の 2 つの照度センサに対して照度収束を行う。

両手法において、目標照度は照度センサ A から順にそ



Legend: □ Lighting Fixture ● Illuminance Sensor

Fig.3 実験環境（照明 12 台、照度センサ 4 台）

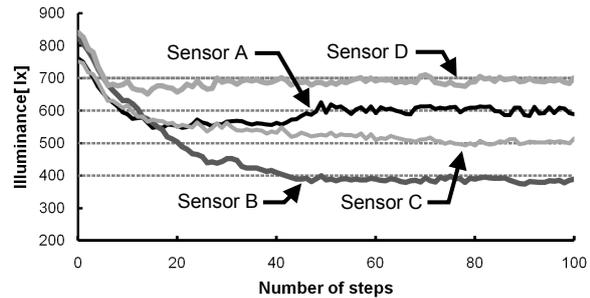


Fig.4 目標照度収束履歴（従来手法）

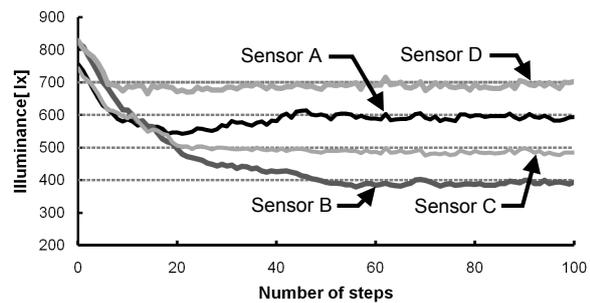


Fig.5 目標照度収束履歴（提案手法）

れぞれ 600 lx, 400 lx, 500 lx, 700 lx と設定した。

検証実験による目標照度収束結果を、Fig. 4 および Fig. 5 に示す。実験結果から、提案手法を用いた場合であっても、従来手法を用いた時の目標照度収束誤差、および収束時間とほとんど差異がないことわかる。また、照明点灯パターンにおいて、提案手法は従来手法と比較すると最適な点灯パターンではないが、電力の削減率を比較すると大きな差異はなかった。

以上のことから、本提案手法は照明台数の多いオフィスにおいて有効であると言える。

参考文献

- 1) 三木光範, 知的照明システムと知的オフィスコンソーシアム, 人工知能学会, Vol.22, No3, pp.399-410, 2007
- 2) BACnet Website <http://www.bacnet.org> (accessed May 13, 2015)