

# ビルのエネルギー消費量と滞在人数の可視化

谷本 聡子（指導教員：伊藤貴之）

## 1. 概要

省エネルギー活動を進めるためには、エネルギーを無駄なく利用することが必要であり、そのためには現在のエネルギー状況を把握することが不可欠である。しかし、気温や滞在人数によってその時必要なエネルギーの量は変化するため、エネルギー消費量が多かったとしてもその消費エネルギーは無駄ではなく必要なエネルギーであった可能性もある。このように、単純にエネルギー消費量を知るだけでは、状況に合った無駄のないエネルギーの利用ができていないかの判断は難しい。

そこで、本研究では人の流れや気象測定結果とエネルギー消費量の統合した可視化システムを提案する。これによってエネルギー消費量とともに、エネルギーを消費した時の状況を把握出来るため、適切なエネルギー利用ができていないかの判断に役立つことが期待できる。

## 2. BEMS データ

本研究ではエネルギー消費量などのデータに BEMS データを利用する。BEMS とは Buildings and Energy Management System の略であり、エネルギー消費量の管理と削減を目的としてビルの機器や設備を管理するシステムである。BEMS では電力やガス等のエネルギー消費量や温湿度などを随時記録している。

BEMS は、ビルのフロアを大きく区切ったブロックや、何本かの電源系統ごとに計測情報を管理するものであり、例えばエアコン 1 機単位、照明 1 個単位といった細かい消費情報を管理するものではない。よって、そのままでは電力管理の詳細な知見を得られるとは限らない。また、BEMS に基づいて実装された商用の可視化システムは、単純に計測値の時間的に折れ線グラフ等で表示させるに留まっており、それ以上の具体的な知見を得るような可視化に至っていないため、エネルギー節約のための具体的な行動を誘発させるにはまだまだ課題がある。

## 3. 関連研究

エネルギーの消費量と気温の相関性に注目した研究はすでに存在している [1]。この研究では気温と消費エネルギーを同じグラフに表示することで、気温と消費エネルギーには相関性があることを示している。また、時間によって消費エネルギーの量に変化があることを明らかにしている。しかし、この研究は単純に棒グラフで測定結果を示しただけであり、エネルギー消費の原因究明のために可視化システムを新しく開発したわけではない。また、BEMS データ以外の情報も参照されていないことから、エネルギー消費量の原因は明確にされていない。

## 4. 提案手法

本章ではまず BEMS データの可視化に関する新しい手法を提案する。続いて、ビデオカメラを用いた人流測定による滞在人数の集計手法を示し、これによる集計結果を合わせた可視化の構想について議論する。

## 4.1 BEMS データの可視化

本研究で開発した BEMS データの可視化システムによる可視化結果を図 1 に示す。

図 1(右下)の図が、BEMS データを測定しているオフィスのフロア図となる。このオフィスではフロアを 4 つの区画に分割してそれぞれで BEMS データを計測している。図 1(上)のグラフ部分は、このオフィスの 1 ヶ月分の気温と空調消費電力を折れ線グラフで表している。グラフは 4 段に分かれており、4 つに分けた各区画の気温と電力を 1 段のグラフで表示する。折れ線の各点は 1 日の計測値の平均値を表す。図 1(左下)は特定の区画、特定の日の計測値の 1 日の推移を表している。BEMS データは 1 時間に 1 度計測しており、このグラフで 1 時間ごとにどのように値が変化したかが読み取れる。また、上の折れ線グラフの特定部位をクリックすると、クリックした日付の計測値の 1 時間単位の推移が左下に表示される。

また、1 日単位の計測値を k-means 法でクラスタリングすることで、各日の計測値の変化を所定の個数のパターンに分類している。これによって、すべての日のグラフを確認することなく、計測値がどのように変化しているか把握することができる。また、特別消費電力の大きい日など、通常の計測値の推移から外れた値を発見することにも役立つことができる。開発した BEMS 可視化システムでは、図 1(右)のラジオボタンを選択し、特定のパターンを選ぶことで、そのパターンに該当する日が図 1(上)のグラフで薄く色付く。

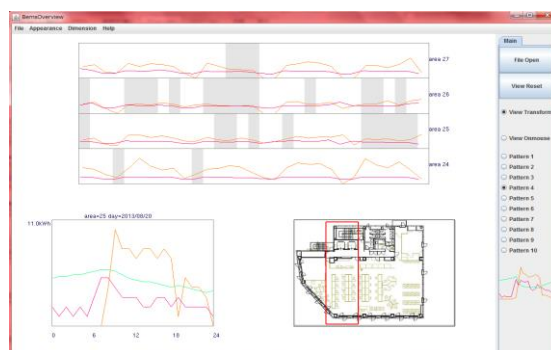


図 1. BEMS 可視化システム

1 日の計測値の推移の例を図 2 に示す。この例では、朝から夕方まで常に空調消費電力が高く、夕方一旦消費電力が 0 に落ちた後、再びピークに戻っている。このオフィスでは、18 時に自動的に空調の電源が切れる設定がされているため、18 時に一度空調が切れた後、気温が上昇したため再度空調の電源を入れたのではないかと推測できる。18 時に強制的に空調の電源を切って後から再度電源を入れることにより、却って電力の消費量が増える可能性があることが示唆される。

また、別の推移(図 3)を見ると、昼頃から夜にかけてのみ空調に電力が使用されていることが分かる。このパターンはオフィスのすべてのエリアにおいて土日に頻出していることから、休日出勤者が午後のみオフィスに滞在

していたのではないかと推測できる。このような例の場合、BEMS データと合わせて滞在人数を可視化することで、エネルギーの使用目的がより明確になると考える。

## 4.2 人流の測定

人流の測定にはビデオカメラを使った映像を利用する。オフィスのフロアの天井にビデオカメラを一定間隔で設置し、常時フロアを撮影しフロアの映像を得る。OpenCV を利用した動体追跡プログラムを使って撮影した映像から人の流れを計測する。4.1 節で記述した通り、BEMS データはフロアをいくつかの区画に分割して計測されているため、その区画に合わせて、それぞれの区画の滞在人数と、区画間で移動した人数を計測する。

現実のオフィスでは来訪者を含む全ての滞在者に GPS や RFID などのセンサーを携帯させるのは、我々の研究環境では非現実であるため、ビデオカメラによる人流測定を採用した。現在、共同研究先企業から借用している1ヶ月ぶんのビデオカメラ映像を解析中である。

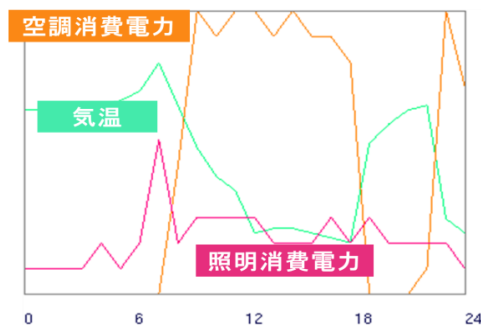


図 2. BEMS 可視化結果 1

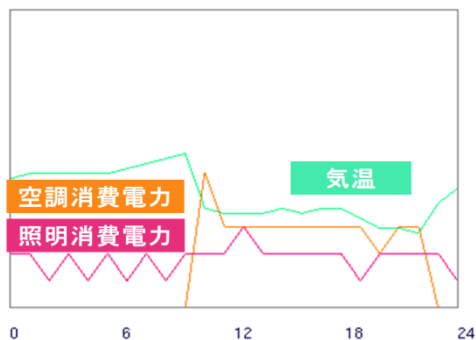


図 3. BEMS 可視化結果 2

## 4.3 BEMS データと滞在人数を合わせた可視化

4.1 節で記述した BEMS データの可視化システムの画面右下部のフロア図を利用して、滞在人数と BEMS データを統合した可視化の実現を目指す。現時点での 2 種類の構想を以下に示す。

### 4.3.1 滞在人数を含む可視化の構想(1)

一つ目の可視化の例として、図 4 のように特定の時刻における BEMS データの数値と滞在人数などを区画ごとに表示させるものがある。この可視化例では滞在人数が多い区画ではエネルギーの消費量も多いのか、滞在人数が多い区画では気温が高くなっているのか等、区画ごとのエネルギー消費量等を比較することを目的とする。

### 4.3.2 滞在人数を含む可視化の構想(2)

二つ目の可視化の例として、図 5 のように BEMS データと滞在人数の時間ごとの推移を区画ごとに表す。これによって、滞在人数が増えた時にエネルギー消費量も増加するのか、滞在人数が変わっても気温は一定に保たれているのか等、滞在人数とエネルギー情報等の連鎖関係を確認することができる。

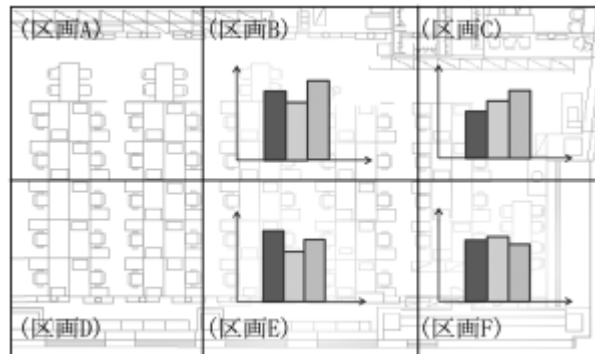


図 4. 可視化例 1

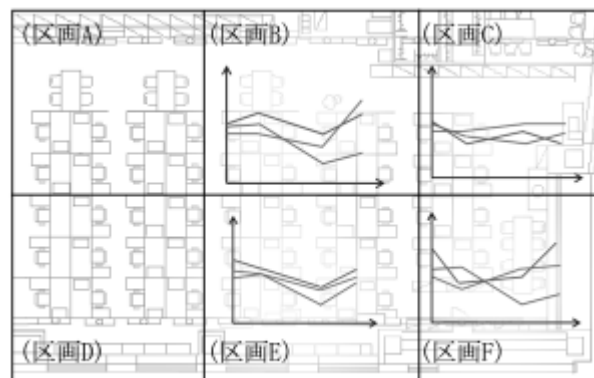


図 5. 可視化例 2

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、BEMS データと滞在人数の可視化手法を提案した。BEMS システムでは計測していない滞在人数の情報とあわせて BEMS データを可視化することで、エネルギーを消費した時の状況を把握できるため、消費したエネルギーが適切であったかの判断が容易になる。

今後の課題としては、まず BEMS データと滞在人数を統合した可視化結果を出すことがあげられる。また、パターン分類について、現在のパターン数や分類方法が適切なのか検証する必要がある。

### 謝辞

本研究をすすめるにあたりご指導とデータ提供をいただきました NTT ファシリティーズ様に深く感謝いたします。

### 参考文献

- [1] 千葉満輝, 渡邊浩文, 原英嗣, BEMS 導入建物の時刻別一次エネルギー消費分析-東北地方の商業施設・中部地方の事務所建設を事例として-, 日本建築学会東北支部研究報告集, 計画系代 75 号, 平成 24 年 6 月