

# 組織を対象としたシミュレーション研究のための センサ活用法の提案

川村 淳貴 阿部 拳之 菊池 香 徳弘 龍太郎 市川 学 出口 弘 (東京工業大学)

## Proposal of the Sensor Utilization Method for Simulation Study targeted at Organizations

\*J. Kawamura K. Abe K. Kikuchi R. Tokuhiko M. Ichikawa and H. Deguchi  
(Tokyo Institute of Technology)

**Abstract**— Along with the spread of the word ‘smart’, sensing technology has attracted attention as a means of visualization of the controlled object. It is easy for the public (not researcher) to use sensing technology and get real data, because of the spread of microcomputer that is easy to get and develop such as ‘Arduino’ and ‘Raspberry Pi’. In this study, we consider the use of the sensor as a simulation study, and we formulate the plan that experiment at an organization like a laboratory.

**Key Words:** Simulation, Sensor, Microcomputer, Real World OS

### 1 はじめに

近年、スマート化という言葉とともに、制御対象の可視化の手段としてセンシング技術が注目されている。特に、Arduino や Raspberry Pi のような、入手・開発が容易なマイクロコンピュータを用いたセンシング技術の普及によって、研究者だけでなく一般の人でも自分で手軽にデータを取得することが可能となった。センシング技術の活用は、リアルタイムに対象を監視・制御する手段として考えることができるが、収集したデータを集積・解析することで、対象を理解・予測する手段として考えることもできる。

データを用いた社会現象の理解に関しては、データ解析で主に用いられる統計学のアプローチがあるが、シミュレーションによるアプローチも存在する。統計モデルの場合、モデルが所与であるならば、データは統計モデルの入力として利用され、出力された結果を解釈する。一方、シミュレーションモデルの場合、モデルが現実の現象を正しく表していることを検証するために、シミュレーション結果と検証用データを比較する必要がある。その意味で、シミュレーションによるアプローチでは、入力のためのデータに加えて検証のためのデータが必要であり、センシング技術が実データを取得する一つの手段であるとすれば、シミュレーション研究において、センシング技術を活用できる可能性があると考えられる。

そこで、本研究では、シミュレーション研究におけるセンサの活用方法を模索するとともに、実際にマイクロコンピュータを用いたセンシングデバイスを作製し、研究室で行った実験結果を示す。

### 2 関連研究

本節では、社会シミュレーションの3つの目的<sup>1)</sup>である、社会現象の理解・予測・訓練(実験)に焦点を当て、それに応じたセンサ活用に関する研究を参照する。

#### 2.1 社会現象の「理解」

社会シミュレーションの1つ目の目的は、ある現象をモデル化することで、その現象についての理解を深めることである。具体的には、シミュレーション結果と実

世界の現象を比較することで、モデル設計時の仮説を検証するという手続きを取る。すなわち、モデルに入力するデータと検証のためのデータが得られれば、仮説を立ててモデルを構築し、検証することを繰り返すことでシミュレーションによる分析が可能となる。ある現象の理解のためのシミュレーションモデルにおいて、モデルの解像度<sup>3)</sup>が高く、具体的な特定の状況を表現するモデルの検証には、センサから得られる実データは重要であると考えられる。

和泉ら<sup>2)</sup>は、センサによる実データを解析して得られたパターンをモデルとして、シミュレーションに活用する方法を提案している。シミュレーションによって仮説を検証するアプローチではないが、センサによる実データを用いたシミュレーション手法への活用を行っている。

#### 2.2 社会現象の「予測」

社会シミュレーションの2つ目の目的は、現実の一部のダイナミクスを忠実に再現するモデルを作成し、時間経過をシミュレートすることで、ある現象を予測することである。よく知られた例として、人口、資本、食料、資源、汚染を基本要素とした、将来の世界を予測するモデルとするローマクラブの世界モデル<sup>4)</sup>が挙げられる。しかしながら、社会現象はモデルの外部(環境)だけでなく、内部にも不確実性を持つことから、社会現象の予測は原理的に困難である<sup>5)</sup>という指摘もあり、予測ではなく可能性の一つを見せることが目的となりつつある。

センサ技術に関連する、可能性の一つを可視化するシミュレーション研究として、出口<sup>6)</sup>が提唱しているリアルワールド OS(実世界 OS) という概念がある。Cisco は、センサだけでなく、スマートフォンなど広く普及しているモバイルデバイスを通じて、モノとモノ(MtoM)だけでなく、人とモノ(PtoM)、人と人(PtoP)がインターネット上に繋がる時代として、Internet of Everything(IoE) というコンセプトを打ち出している<sup>7)</sup>。IoEを背景として、出口は、リアルワールド OS について、インターネット上の実世界エージェントに対

する協調分散的な制御を行うプログラムを開発・実装・管理するためのものであるとしている。具体的には、実世界のエージェント間の関係を、エージェントベースシミュレーションで表現し、それらを部分的に実世界エージェントと入れ替えながら実装し、エミュレートすることで、可能性の一つとしてシミュレーション上でテストを行う。そして、テストを通じて、実世界のエージェント間の関係を徐々に整備し、実世界そのものを設計・実装・管理ためのアーキテクチャであるとしている。

### 2.3 社会現象の「実験・訓練」

社会シミュレーションの3つの目的は、新しい社会システムに関する疑似体験を与えることによる訓練や、現場で実験が不可能なシステムについて実験を行うことである。パイロットの操作手順の習得するための航空演習シミュレータや、災害時の避難誘導シミュレータ、U-Mart と呼ばれる先物取引の仮想市場を用いた金融市場シミュレータ、交通制御に関するシミュレータなど、ある社会現象の適切なインタラクションを学ぶためのシミュレーションの応用は多岐に渡る。

石田ら<sup>8)</sup>は、センサネットワークが構成要素の一つであるユビキタスコンピューティングの普及を背景に、公共空間での実証実験について、シミュレーションの活用法として、公共空間での実証実験での被験者不足を補うために、実空間での実験と仮想空間でのシミュレーションを統合することで、少数の被験者による実証実験を拡張する手法 (augmented experiment) を提案している。具体的には、実空間に配置されたセンサによって参加者の行動は仮想空間上に投影され、仮想空間上ではプログラムによって定義されたエージェントが同時に行動することで、実空間での実験をシミュレーションにより拡張する。

## 3 計測機器と計測対象

本節では、実際にセンサを用いてどのようなデータが得られるか検証するため、Arduino と Raspberry Pi を用いて作製した計測機器および計測対象となる東京工業大学・出口研究室の研究室内レイアウトおよび計測機器の設置場所について述べる。

### 3.1 計測機器

Arduino は、ハードウェアであるマイコンボードとソフトウェアである統合開発環境 (IDE) を持つ。マイコンボード上にセンサ類やアクチュエータ類などの電子部品を接続し、IDE でプログラムを書き、マイコンボードと電子部品を動かす仕組みとなっている<sup>9)</sup>。また、オープンソースハードウェアであるため、回路図や基盤図などが公開されており、開発が容易であることが特徴として挙げられる。オープンソースハードウェアには様々な種類があるが、Arduino はアナログ入力があり、様々なセンサが実装可能であるため、本研究では Arduino をデバイスとして採用した。

本研究では、デスクごとに電流センサ (e-Meter 8870) を6箇所、照度センサ (S9648-100)、温度・湿度センサ (DHT22/RHT03) を1箇所を設置し、Arduino-UNO を用いて実装した。Fig. 1 に実装したデバイスを示す。

なお、Arduino には2分置きにセンサから得られた

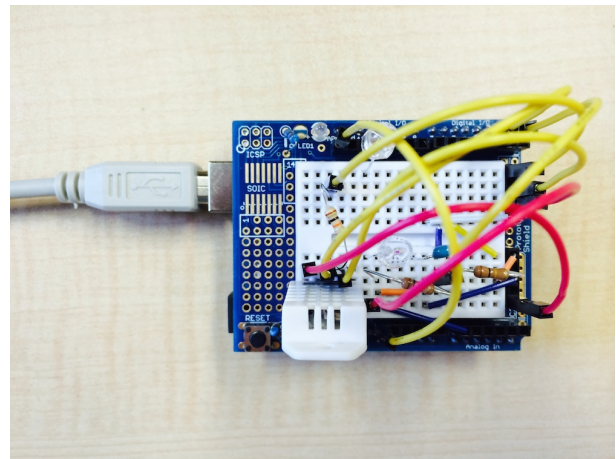


Fig. 1: Device (Arduino)

情報を出力するよう命令を与えている。そのため、1センサごとに1日720データが得られることになる。

### 3.2 計測対象

計測対象となる研究室のレイアウトとセンサの設置場所を Fig. 2 に示す。研究室には空調機が3台設置されており、日中は東南にあるガラス窓から日が射し込む構造となっている。

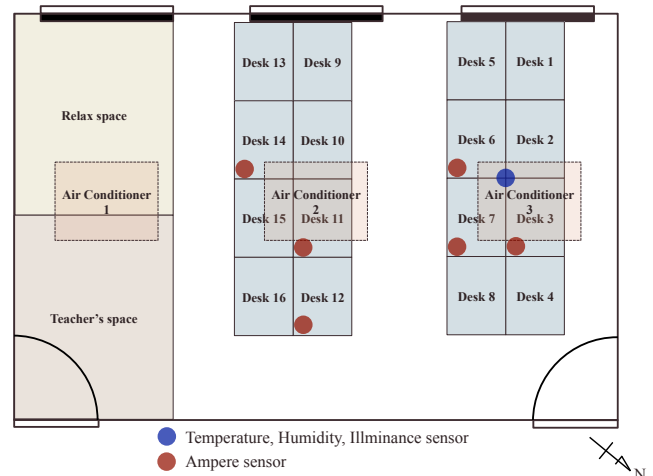


Fig. 2: Layout and Sensor installing positions

## 4 実験

本節では、現状の成果として、設置したセンサから得られた時系列データの結果を示すとともに、正しくセンサが稼働していることを検証する。実験は、研究室に人がいない休日 (2014/7/6) と研究室に人がいる平日 (2014/7/8) に行った。なお、平日については、10:00 から 13:00 まで研究室全体のゼミがあり、別室に移動するため研究室には人がいない状態となる。

Fig. 3 は、照度センサから得られた時系列データを示したものである。研究室内の照度は、蛍光灯の使用の有無によって大きく変わるため、照明器具の使用に正しく反応していることを検証できる。休日のデータから、太陽光に反応して照度が得られていることが読み取れる。一方、平日のデータから、ゼミを行っている 10:00 から 13:00 までは、研究室内の蛍光灯を消灯

したため、その時間帯のみ太陽光に反応し、ゼミ以外の研究室に人がいる時間帯は、蛍光灯に反応して照度が得られていることが読み取れる。

Fig. 4 は、温度センサから得られた時系列データを示したものである。照度センサと同様に、休日と平日のデータを比較する。特に、この時期の研究室内の温度は、空調機の使用の有無によって大きく変わるため、空調機の使用に正しく反応していることを検証できる。平日のデータから、9:00 前後に研究室の空調機を起動にしたことによって、研究室内の温度に急激に変化したことが読み取れる。また、ゼミにより別室に移動している間も意図的に空調機を稼働し続けており、その結果として 27 前後に維持されていることが読み取れる。また、研究室に人がいて、空調機が起動している時間帯は、センサから得られる温度データの振れ幅が大きくなることが読み取れる。これは、実際に温度がそうになっている可能性も考えられるが、センサの設置場所が適切でない可能性も考えられる。

Fig. 5 は、湿度センサから得られた時系列データを示したものである。照度センサと同様に、休日と平日のデータを比較する。また、温度センサと同様に、湿度も空調機の使用の有無によって変わるため、空調機の

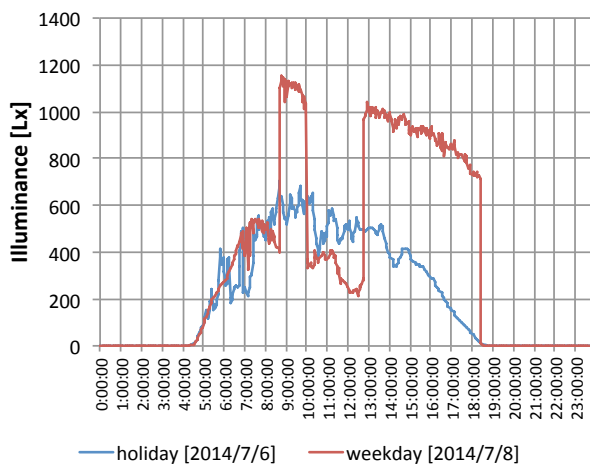


Fig. 3: Illuminance time-series data

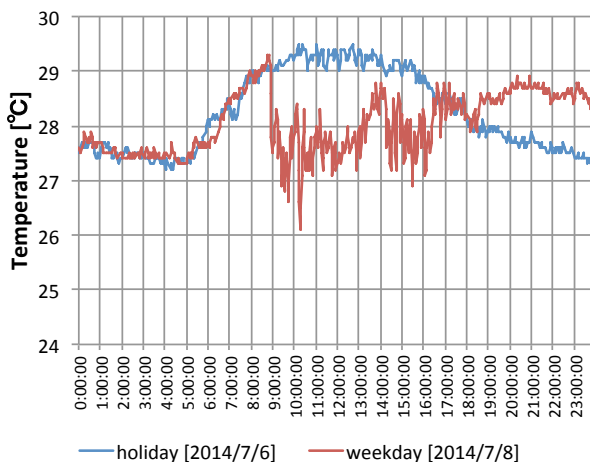


Fig. 4: Temperature time-series data

使用に正しく反応しているかどうかを検証できる。休日のデータから、安定したデータを取得できていることが読み取れる。一方で、平日のデータから、研究室に人がいて、空調機が起動している時間帯は、センサから得られる湿度データが不安定になることが読み取れる。

Fig. 6 は、電流センサから得られた時系列データを示したものである。電流センサは、研究室内の個人デスクの電源タップから得られる電流を計測するため、デスク利用者の在席状況や使用機器によって値が変化する。ここでは、研究室に人がいる状況として、平日(2014/7/8)における 6 つの電流センサから得られた値を累積値を時系列データとして示す。Fig. 6 から、各センサから個別に電流が計測できていることが読み取れる。以上の結果から、構築した計測機器により研究室を対象としたセンサを用いた実データの取得が可能であることが分かる。

## 5 おわりに

本研究では、シミュレーション研究におけるセンサの活用方法を模索するとともに、実際にマイクロコンピュータを用いたセンシングデバイスを作製し、実験として研究室内を対象にデータを取得した結果を示した。

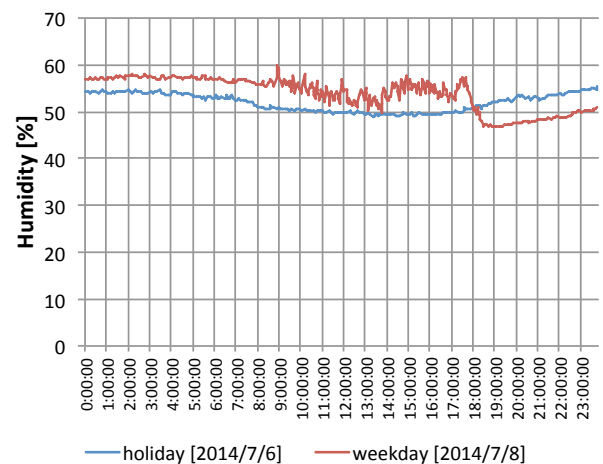


Fig. 5: Humidity time-series data

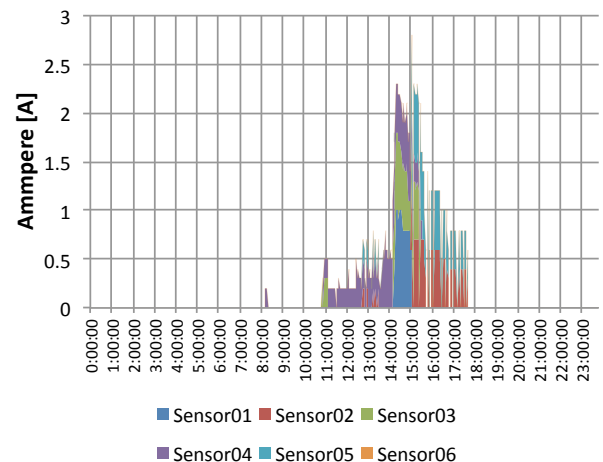


Fig. 6: Ampere time-series data

今後の展望としては、まずセンシング技術を活用できる社会現象を見つけることである。センシングデバイスを容易に構築できるメリットは、モデルを構築する際に適したデータが無い場合、センサで取得可能なデータであるという制約はあるものの、データを生成することができる点である。制約を考慮しつつ、センシング技術活用に適した社会現象を見つけ、実際に活用していく。具体的には、研究室内を実験対象とし、温度や湿度、照度などのデータが得られていることから、スマートオフィスを対象にした現象を扱いたいと考えている。

つぎに、本研究では実験できなかったが、他にも様々なセンサがある。例えば、デスクに超音波距離センサを設置することによる在席状況の取得などが考えられる。また、センサの設置場所を工夫することで新たな情報を取得ができる可能性もある。従って、センシングデバイスそのものの理解を掘り下げていく必要があると考えられる。

#### 謝辞

本研究は、東京工業大学の COI-T プログラム「オンデマンド・ライフ&ワークを全世代が享受できる Smart 社会を支える世界最先端 ICT 創出 COI 拠点」の一部であり、(独) 科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」の支援によって行われた。ここに謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) Gilbert, N. and Troitzsch, K. G : Simulation for the Social Scientist , Open University Press (1999)
- 2) 和泉 潔, 西田 佳史, 本村 陽一: 安心空間設計のための移動データ解析とシミュレーション手法の統合, 電子情報通信学会技術研究報告. AI, 人工知能と知識処理 106 - 585, 43/50 (2007)
- 3) Gilbert, N: Agent-Based Models , SAGE Publications (2008)
- 4) Meadows, D.H: The Limits to Growth , Universe Books (1972) ( 邦訳: 成長の限界, ダイアモンド社 )
- 5) 高橋 真吾: モデルの解像度と妥当性評価, 計測と制御 52 - 7, 582/587 (2013)
- 6) 出口 弘: 社会シミュレーションと組織・社会の情報処理のアーキテクチャ・デザイン, 情報処理 55 - 6, 539/548 (2014)
- 7) シスコシステムズ合同会社 IoT インキュベーションラボ: Internet of Everything の衝撃 IoT/M2M 基盤上で人・モノ・データ・プロセスがつながる, インプレス R&D (2013)
- 8) 石田 亨, 寺野 隆雄, 鳥居 大祐, 村上 陽平: 社会シミュレーションと参加型デザイン, 情報処理 48 - 3, 271/277 (2007)
- 9) 高本孝頼: みんなの Arduino 入門, リックテレコム (2014)