

**愛知工業大学教育・研究特別助成**  
**AIT Special Grant for Education and Research**  
**令和2年度中間報告書**

種 目	研究 分野横断型 研究期間：令和2年度から令和4年度		
課 題 名	エネルギー需要科学を考慮したエネルギーマネジメントシステムの基礎研究		
研究代表者	雪田 和人（工学部 電気学科 教授）		
研究分担者	後藤 時政（経営情報学部・経営学科・教授）		
助 成 額	4,360,000 円（令和2年度）	実支出額	4,103,999 円

費目別決算

（単位：円）

区 分	合 計	設備備品費	消耗品費	旅 費	その他
経費内訳	4,103,999	3,404,280	699,719	0	45,320

専門分野：電力工学、省エネルギー、経済学、行動経済学

キーワード：行動経済学、エネルギーシステム、省エネルギー、意思決定

### 1. 研究開始当初の背景

電力システムをはじめとするエネルギーシステムにおいて、エネルギーを消費するエネルギー需要はシステム全体の性能に大きな影響を及ぼす重要な因子であるが、これまで外的に与えられることが多く、その構成や挙動を解明することは供給側の研究に比べてあまり着目されてきていない。近年では、建物・地域レベルのエネルギーマネジメントシステム（EMS）が注目されるようになり、エネルギー需要自体をシステムの制御対象と位置付け、管理・調整することが必要となっている。

そこで国内においては、エネルギー需要を計画・管理の対象とするための学問領域として「エネルギー需要科学」を位置づけ、エネルギーシステムの性能向上や長期的な革新に向けて、新しい学問領域として「エネルギー需要」が提案されている。海外において注目すると、米国において、エネルギーの Consumer から Prosumer へと変化を遂げつつある個人や組織のエネルギー利用、温暖化ガス排出、気候変動・持続可能性に関する行動や意思決定を把握・理解するための BECC 学会などが立ち上げられている。欧州では、スマートグリッドプロジェクトが中心となって、ICT と計測データの活用により、発電から蓄電までのエネルギーシステムの統合と効率的消費の最

適化を実施する E-DEMA やエネルギー自給自足を行う住宅を地域単位で制御するセルラー制御方式（Cellular control concept）などが提案され実施されつつある。

本申請では、エネルギー消費について、これまで申請者が取り組んできたエネルギーマネジメントシステムについて、経営学の行動経済学の組み込むことにより、人間の意思をも考慮したエネルギー需要科学として、研究を実施するものである。

### 2. 研究の目的

エネルギー需要を国土レベルのマクロなエネルギー需要として見る場合は、GDP などの経済指標と、床面積、所帯数や人口などの人口学的指標を基にその予測が実施されてきた。一方でマイクロレベルでのエネルギー需要は、時系列予測手法を用いて、これに気温などの要因を加味してその予測が実施されている。しかし実際にエネルギーを消費するのは種々のエネルギー消費機器であるにも拘らず、機器のエネルギー消費やその操作のレベルにまで分解して需要を論ずる研究はこれまで余り見られなかった。

そこで、本申請では、住宅や大学講義室などを例として、社会および環境におけるエネ

ルギー消費に関してデータ収集するとともに、エネルギー需要のモデル化とエネルギー需要に対する影響要因の解明を行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

本申請で実施エネルギー需要科学は、3ステップから構成している。そのうちの以下の2つの項目を実施する。

#### (1) エネルギー需要データの収集と分析

エネルギー需要は複雑なメカニズムより形成されているために簡単にモデル化を出来ない。このために需要データを収集し、形成要素の分析するのが研究のスタートとなる。データの収集手法には、供給側からの情報提供、需要側へのアンケート、各種メータからの計測情報と分電盤や個別機器に設置されたセンサー情報などがある。

具体的に、現在まで収集している学内の全体のエネルギーデータ（八草キャンパス、本山キャンパス）の整理を行うとともに、新2号館、学生寮などの計測データおよび計測方法について検討する。さらに、人の行動や意思決定のために、おおよその人数を把握するために、赤外線センサー、二酸化炭素メータの設置について検討しデータ計測を実施する。また、アンケートの実施についても検討する。

#### (2) エネルギー需要のモデル化

モデル化には、まず要素分解から始めて、次に各要素をモデル化する手順で進める。要素分解は、収集したデータに応じて、部屋大きさや使用している用途に応じて分類して、各要素と要素間の関係に分解してシミュレーションモデルとして構築する。

本年度においては、現在までに収集したデータについて、天候、気温、湿度などを用いた従来手法にて、エネルギー需要のモデル化を実施する。

### 4. 主要な設備備品

- (1) エネルギーマネジメントシステム
- (2) 電力ロガー
- (3) オシロスコープ
- (4) 二酸化炭素メータ

### 5. 研究成果（現在までの研究実施状況）

#### (1) 消費電力

新2号館で収集している電力データを扱いやすくするために解析用プログラムの作成を行った。新2号館の電力ファイルは一日に600個作成されるため1年間で21900個作成される。これらのファイルを1つのファイルにまと

めると、また収集しているデータの時間間隔を自由に変更可能にすることを目的とし、プログラムをpython言語にて作成した。

表1はプログラムによって作成されたファイルの一部を抽出したものである。デフォルトが1分毎のデータを10分毎にリサンプルした。このプログラムを用いて新2号館のデータ分析を行った。

表1. 製作したプログラム出力結果例

Time	[RP-1] EHPO-6-1	[RP-1] EHPO-6-2	[RP-1] EHPO-6-3	[RP-1] EHPO-6-4
2018-01-01 00:00:00	0.6	0.0	0.4	0.2
2018-01-01 00:10:00	0.0	0.0	0.0	0.0
2018-01-01 00:20:00	0.0	0.0	0.0	0.0
2018-01-01 00:30:00	0.4	0.0	0.6	0.8
2018-01-01 00:40:00	1.0	0.0	1.0	1.0

図1に、新2号館3階から6階における2019年と2020年の電力需要特性を示す。同図に示すように、曜日に関する特性は同一のように見えるが、2020年は部屋の換気を実施しているため、これまでの結果と特性が異なるように思われる。

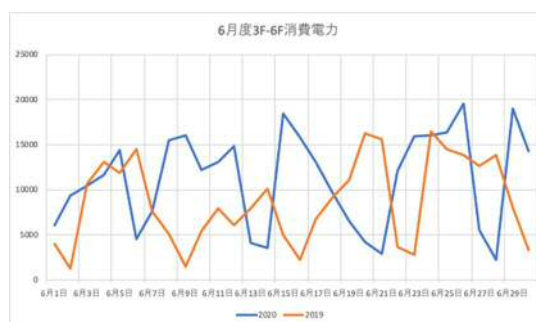


図1. 電力特性（新2号館3階から6階）

#### (2) 空調の消費電力に関する検討

消費電力と設定温度・吸込温度の関係性と外気温が消費電力量に対しどのような関係性を持っているかを検討した。検討方法は設定温度と吸込温度を温度差で算出、消費電力との関係性を調べた。

図1は平均気温と空調機器の設定温度との関係、図2は平均気温と空調機器の吸込温度との関係、図3は平均気温と空調機器の稼働時間との関係を各々示している。これらの結果から1日の稼働時間と1日の平均設定温度、平均吸込温度を平均気温と比較して関係性について注目した。この検討においては、計測した50分間の移動平均、土日の除外の処理を行った。これらの結果、消費電力と温度差は相関係数が0.7054で相関関係があることが確認できた。しかし、図2に示す設定温度と外気温に関しては相関関係が確認できなかった。図3より吸込温度と外気温は相関関係が確認できた。図4より稼働時間と外気温は15°C付近で別々の相関関係を確認できた。

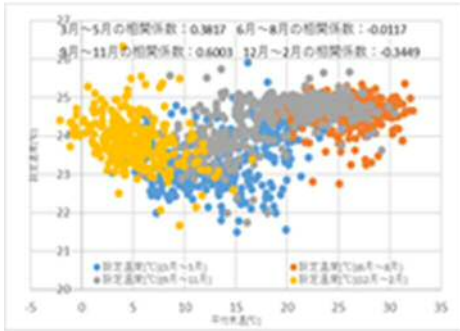


図 2. 平均気温と設定温度の関係

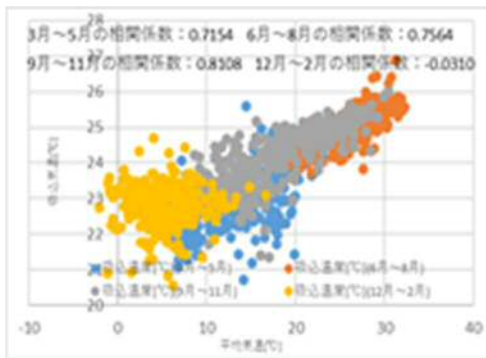


図 3. 平均気温と吸込温度の関係

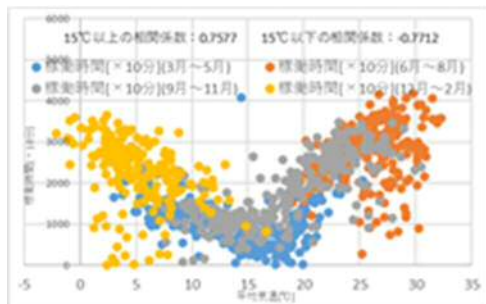


図 4. 平均気温と稼働時間との関係

### (3) 二酸化炭素メータと人数

卒研究室において、二酸化炭素とその部屋における人数について計測を実施した。計測した部屋の状況を図 5 に示す。またこのときの計測した部屋の二酸化炭素濃度を図 6 に各々示す。図 5 に示すように、計測は真ん中の 603 に注目して実施した。このとき、空調機器は 9 時から 19 時かんの 10 時間実施した。このとき、空調機器の設定は冷房モードであり、設定温度は 23 度、風速は中速、風向はスイングモードとしている。

このとき、コロナ禍を考慮して換気ありの場合と換気なしの場合について各々検討した。図 6(a)の換気なしの場合、二酸化炭素は 15 時上昇したあと、あまり低下することなしに、

変動していることがわかる。一方、換気を実施した場合は、室内の人数が変動した場合に、二酸化炭素も変動しており、ある程度の相関がみられる。

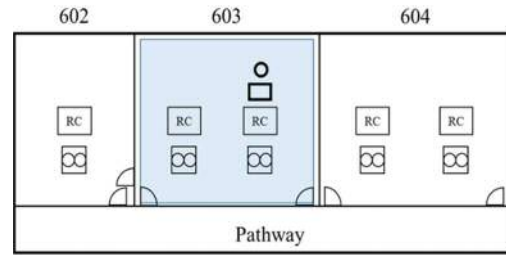
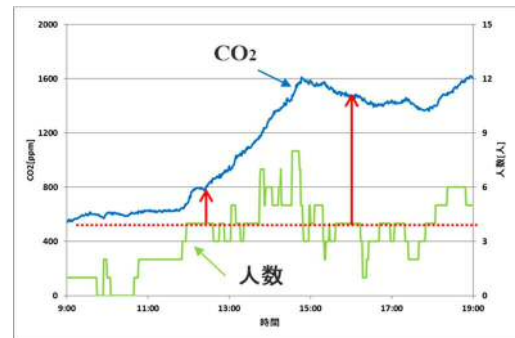
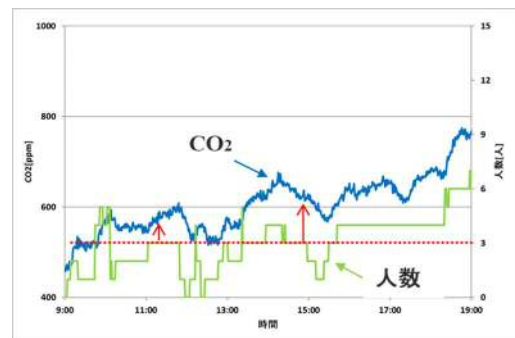


図 5. 室内の二酸化炭素測定環境



(a) 換気なし



(b) 換気あり

図 6. 室内の人数と二酸化炭素の変動

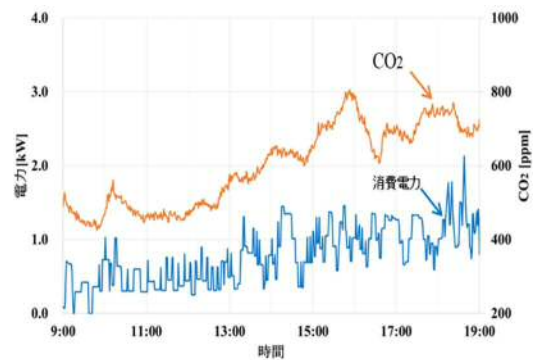


図 7. 二酸化炭素と電力需要特性

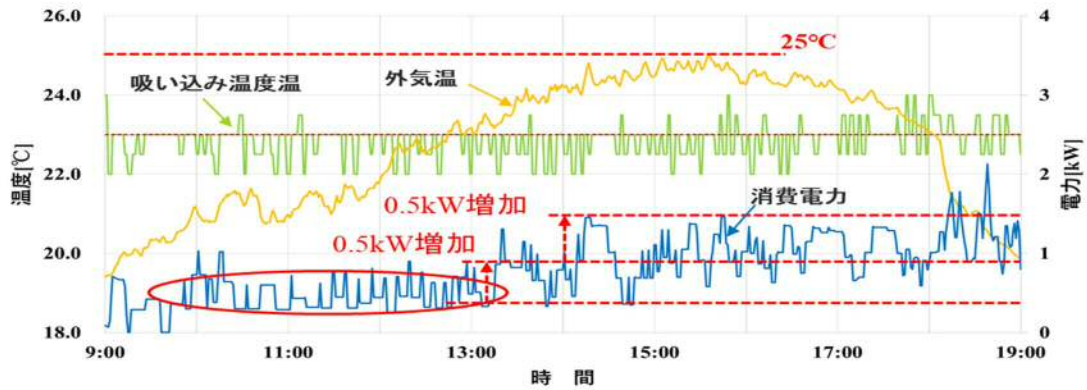


図8 外気温と吸込み温度と消費電力の関係

図7に二酸化炭素と消費電力の特性を示す。同図に示すように、二酸化炭素の増加と減少に対して、空調機器の消費電力が変動していることがわかる。また、二酸化炭素濃度が500ppm未満の13時とほまでは消費電力が低く0.5kWであり、550ppmを超えた13時以降では、1.0kWから1.5kWとなる系統であることがわかる。

図8に外気温と吸込み温度と消費電力の特性をします。外気温が上昇すると、消費電力も増加の傾向であることがわかる。

## 6. 次年度の研究計画

令和3年度においては、以下の項目を実施する予定である。

### (1) エネルギー需要のモデル化

昨年度取得したデータから、多面的なデータ解析を実施し、エネルギー需要のモデル化を実施する。モデルの構築方法としては、回帰分析手法や、遺伝的アルゴリズムを用いた手法、クラスター分析を用いた手法、AIを用いた解析手法などを用いて、意思決定論も導入しエネルギー需要のモデル化を実施する予定である。さらに、作成したモデルからエネルギー需要に大きく影響する要素を把握することを目標とする。

### (2) エネルギー需要データの収集と分析

前年度に実施したデータ収集に関しては、コロナ禍の環境下であったために、2020年以前に取得しているデータとは大きくことなるものであった。そこで、コロナ禍の環境下におけるデータ解析を行うために、今後の計測手法について再検討を行う。検討項目は、各種センサー（赤外線センサー、二酸化炭素メータなど）の設置状況の改善が必要な場合、再度設定変更などを実施し、データ収集と分析を行う。データ収集場所についても、適宜検討する予定である。

## 7. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件予定)

- ・令和3年度 電気設備学会 全国大会
- ・令和3年度 電気関係学会