

# 住宅用模擬屋内配線と EMS (Energy Management System) の構築

## Construction of residential mock indoor wiring and EMS (Energy Management System)

若 林 革 \*1

WAKABAYASHI Arata

**要約** 2023 年 6 月に公開された国の重要課題や翌年度予算編成の方向性を示す方針である「経済財政運営と改革の基本方針 2023 (骨太の方針)」において、DX (AI、IoT などのデジタル技術の推進) や GX (クリーンエネルギー、脱炭素への進展) などが方針として掲げられており、骨太の方針 2025 においてもこの方針は継続されている。このように、国の政策・施策を踏まえ社会全体のデジタル化や温室効果ガスの排出量削減の取り組みが進んでいる。そこで、本稿は、電気エネルギー制御科の専門性を生かし、総合制作実習を活用して DX や GX の進展を踏まえデジタル技術と省エネルギーを意識したテーマに取り組んだその報告である。

### 1 はじめに

近年ではエネルギー価格の高騰が社会問題になっている。エネルギー資源の貧しい日本において、エネルギー問題は、深刻な課題の一つである。そこで、この問題を解決する方法の一つとして、2015 年 9 月 25 日に国連総会で採択された、SDGs (Sustainable Development Goals : 持続可能な開発目標) の中で示されている「省エネルギー」に着目した。

省エネルギー化にあたっては、様々な取り組みがある中で、科の特色を生かし、一般住宅を想定した省エネルギー化に対する意識の醸成として「消費電力の見える化」について検討した。消費電力の見える化は、電気を利用する者の節電に対する意識の向上を図ることが期待できるためである。

今回、消費電力の見える化にあたり、一般住宅用分電盤内に取り付ける消費電力等を計測するためのデバイスを製作し、その状況をモニタすることで見える化を実現することとした。また、近年の IoT 技術の進展を踏まえたデバイスの製作に取り組んだ。

### 2 概要

製作するデバイスは、一般住宅を想定し、消費電力の見える化を実現するものである。見える化を図る消費電力については、住宅用分電盤内に CT 型電流センサを取り付け、そこで計測した電流値をもとに住宅内で使用される消費電力を求める。見える化にあたっては、無線 LAN (WiFi) を利用し、家のどこからでもスマートデバイスを利用することで消費電力等が確認できるようにする (図 1)。無線 LAN を利用する理由としては、現在、ほとんどの家庭で無線 LAN が導入されており、スマートデバイスだけあれば新たに通信環境を整備する必要がないためである。

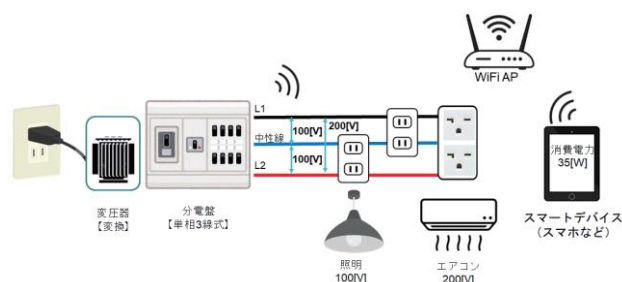


図 1 システムの概要

\*1 電気エネルギー制御科  
Department of Electrical and Energy Control

一般住宅を想定しているため、一般住宅と同じ電源(配線方式)環境が必要になる。一般的に、住宅における電気エネルギーを供給するための配線方式としては、単相3線式が採用されている。一方、学校の配線方式は、単相2線式または3相3線式となっている。そのため、学校には一般住宅と同じ配線方式の環境がないことから、変圧器を組み合わせることで一般住宅と同じ配線方式を作り出すことにした(図2)。また、併せて一般住宅と同じ電源だけでなく、電気の供給及び電気機器の駆動に必要な屋内配線架台を製作した。

最終的に、製作する消費電力計測デバイスを分電盤内に組み込み、電力の見える化を行った。

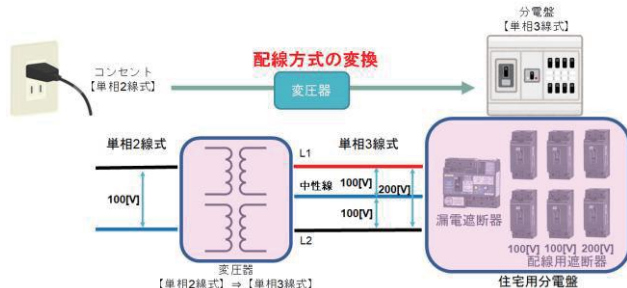


図2 単相2線式から単相3線式へ変換

### 3 配線方式の変換と配線架台

現在、一般住宅の配線方式として、単相3線式が採用されている。単相3線式は、3本の線を使った単相交流のことで、2本の電圧線の間には中性線があり、中性線以外の2線と中性線を組み合わせることで100[V]と200[V]を配電することができる方式である。

#### 3.1 配線方式の変換

単相2線式から単相3線式への変換は、単相2線式の100[V]から電源を利用する前提で、変圧器2台を組み合わせている。入力である単相2線式の電源を2台の変圧器の一次側へ並列にそれぞれに配線する。変圧器の二次側は2台の変圧器を直列接続し、変圧器の中間点を中性線として配線している。これにより、単相2線式から単相3線式へ変換し、中性線を組み合わせることで100[V]と200[V]を得ることができる。なお、変圧比1対1の変圧器を使用している(図3)。

図4に単相2線式から単相3線式へ変換した電圧波形を示す。この結果から、中性線以外の2線であるL1相、L2相の各相と中性線の電圧波形は互いに位相が反転しており、実効値で100[V]の電圧が得られていることがわかる。また、L1相とL2相の線間電圧は、それぞれの相を加算した実効値である200[V]が得られてい

ることがわかる。

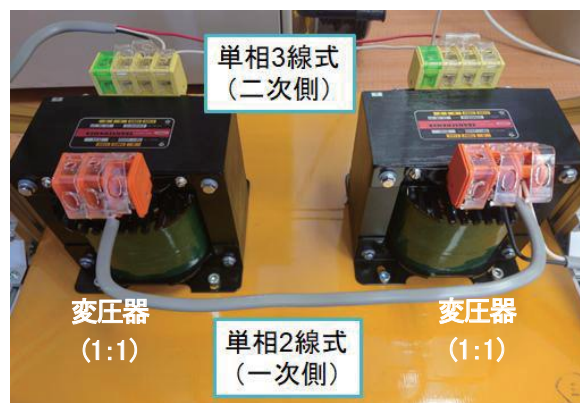


図3 変圧器の結線

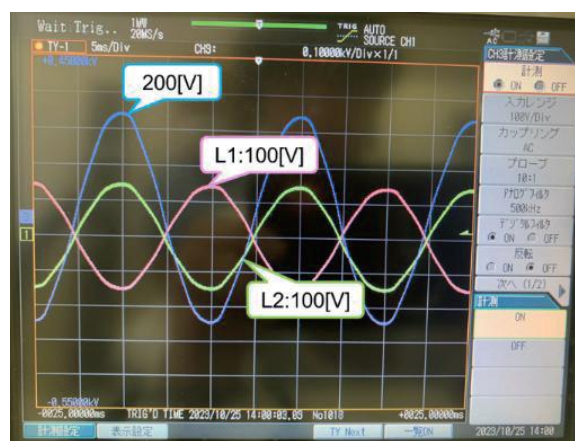


図4 単相3線式に変換した電源波形

以上のことから、単相2線式から単相3線式へ配線方式を変換できたことが確認できる。

なお、消費電力を1.5[kW]までと想定し、変圧器については2[kVA]を使用している。

#### 3.2 屋内配線架台

本製作においては、一般住宅を想定していることから、より実際の住宅に近い環境とするために、模擬屋内配線架台を製作した。完成した模擬屋内配線架台のイメージ図と実際の製作した配線架台を図5に示す。

配線架台には分電盤とともに、スイッチ、ランプ、コンセント(100V、200V)等を取り付け、一般住宅を想定し、実際の屋内配線と同じように配線している。また、配線にあたり実際に屋内配線で使用されている機器、部材を使用して配線をしている。

架台の下部には配電方式を変換するためのトランスを2台設置し、フレームには架台が移動できるように

車輪を取り付けている。

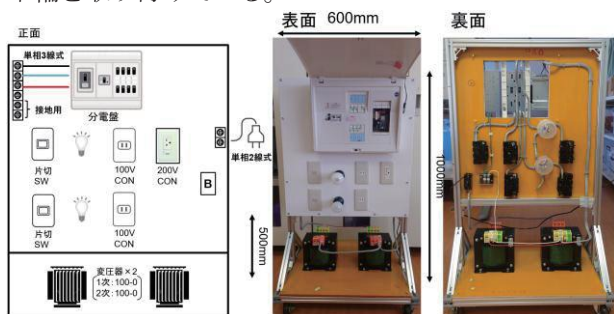


図 5 模擬屋内配線架台

#### 4 計測制御とデータの表示

分電盤は計測デバイスを設置するため、フリースペース付きの主幹容量 30[A]、回路数 6 のタイプを採用している。そのため、測定にあたっては計測可能な電流を 30[A]までとして設計している。

##### 4. 1 計測制御部

消費電力の測定方法は、分電盤内の L1 相と L2 相に CT 型電流センサをそれぞれ取り付け、そこで計測した電流値を AD 変換 (ADC) し、マイコンで読み取る。計測方法の概略図を図 6 に示す。

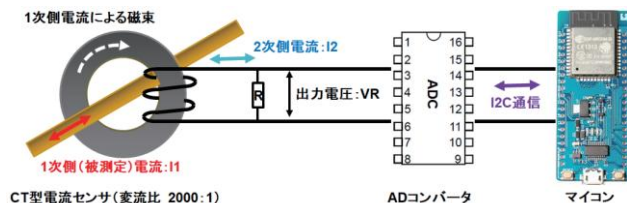


図 6 計測方法の概略図

計測方法は、1[ms]毎に電流値を読み取り、交流電源の 1 周期あたり 20 点サンプリングする。これを 5 周期分計測し、平均値を求めている (図 7)。交流の平均値を求めるためには、2 乗平均平方根 (\*) により実効値が用いられるため、マイコン内部で処理している。

$$\text{実効値} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \dots *$$

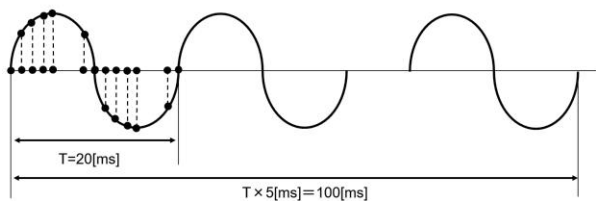


図 7 平均電流の求め方

CT 型電流センサの 1 次側と 2 次側の比率は 2000 : 1 で、電流センサで読み取った 2 次側の電流値をマイコン内部で処理することで 1 次側の電流を求める。

2 次側の電流値はマイコンに外付けした ADC で読み取るために、CT 型電流センサに対して並列に負荷抵抗を接続している。また、測定対象が交流電流であるため、2 次側電流をマイコンの電源電圧の半分の値でバイアスをかけている。

一次側電流  $I_1$

$$= \frac{\text{ADC 変換値} - 0.5 \times \text{ADC 分解能}}{\text{ADC 分解能} \times \text{マイコン電圧} \times \text{負荷抵抗}(R)}$$

- ・ マイコン電源電圧 : 3.3[V]
- ・ ADC 分解能 : 10[bit]
- ・ 負荷抵抗 : 51[Ω]

交流 100[V] に負荷を接続したときの電流を測定した結果のグラフを図 8 に示す。グラフにおいて横軸は時間、縦軸は ADC の分解能を表す。このグラフから、概ね交流電流が製作した計測デバイスで計測できていることが確認できる。

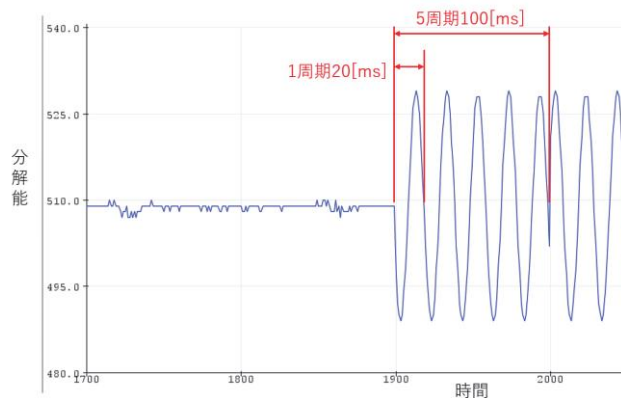


図 8 CT 型電流センサで読み取った値の処理結果

##### 4. 2 表示部 (Web アプリケーション)

家のどこからでもスマートデバイスを利用することで消費電力等が確認できるようにするためには、WiFi を利用することが経済的かつ手軽であると考えた。そこで、計測デバイスに使用するマイコンは「ESP32 マイコン」を選定した。ESP32 マイコンは、WiFi 機能を有しているためである。この機能を活用することで、計測デバイスを小型化でき、分電盤に組み込むことも可能となる。さらに、後述する Web サーバーの機能も有していることも選定理由となっている。

消費電力を確認するためのモニタ用画面については、Webアプリケーションとした。Webアプリケーションとは、ネットワークを通じてWebブラウザ上で動作するアプリケーションのことである。手元の端末にアプリケーションをインストールする必要がなく、ネットワーク経由で利用できるのが特徴である。

消費電力を確認するモニタ用画面は、HTML、JavaScript、CSS プログラムで作成し、これらのファイルをWebサーバーであるマイコンに保存している。また、Webブラウザを活用した通信では、WebブラウザとWebサーバー間で情報をやり取りするための通信プロトコルとしてHTTP通信プロトコルが使われている。このプロトコルは、Webサイトの表示やWebAPIを通じてアプリケーションがデータを送受信する際に利用されている。HTTPは、クライアント(Webブラウザ)からのリクエストに応じて、サーバー(マイコン)がレスポンスを返すというシンプルな仕組みで動作している。



図9 Web通信の概略図

また、ESP32のWiFi機能にはSTAモードとAPモードがある。STAモードは、ESP32マイコンがWiFiルータなどのアクセスポイントに接続し、ノードとして機能する。一方、APモードは、ESP32マイコン自身がアクセスポイントになって、スマートデバイスがWiFiネットワークに接続できる。本製作においては、APモードを採用し、スマートデバイスをマイコンに直接接続することで消費電力などを確認できるようにしている。その理由としては、本製作物の展示に際して設置場所を限定しないようにするためである。実際に一般家庭等で使用することを想定した場合は、STAモードを使用することが良い。

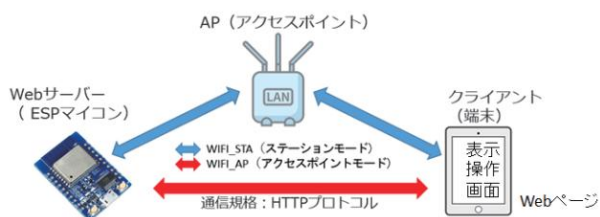


図10 STAモードとAPモード

## 5 実験結果と評価

評価に際し、製作した屋内配線架台に負荷として、100[V] 60[W]と90[W]の電球それぞれ1つと、200[V] 30Wの照明器具1つを接続し、分電盤内に設置した計測デバイスで電流と消費電力を計測処理し、スマートデバイスで確認した(図11)。測定結果から電流は1.85[A]、消費電力は185[W]となった。ただし、マイコン等に必要となる電源は、分電盤内から電源を整流して利用しているため、その分の消費電力も含まれていることから、概ね負荷の消費電力となったと考えている。



図11 計測デバイスとスマートデバイスによる確認画面

表1 測定結果の比較

	消費電力	電流
計算値	180[W]	1.80[A]
測定値	185[W]	1.85[A]

## 6 まとめ

本製作において、特に見える化のための計測デバイス部に係る費用は約1万円程度であり、安価でかつ一般住宅にも使用可能なものを製作することができた。

また、電気エネルギー制御科の特色を生かした屋内配線施工の見える化をした模擬架台を製作したので、来校者に向けた展示物として活用したい。

## 参考文献

- 1) 藤本 壱 著, ESP32&Arduino 電子工作 プログラミング入門, 技術評論社 (2020年4月)
- 2) 下島健彦 著, IoT 開発スタートブック, 技術評論社 (2019年8月)