

〈一般研究課題〉 住宅の省エネルギーに向けた電力品質モニタの開発
助成研究者 名古屋工業大学 青木 睦



住宅の省エネルギーに向けた電力品質モニタの開発 青木 睦 (名古屋工業大学)

Development of Power Quality Monitoring System for Residential Energy Saving Mutsumi Aoki (Nagoya Institute of Technology)

Abstract:

Many electrical appliances, such as air conditioners, electric cookers and heat-pump water heaters, are used in a household with the lifestyle changing. Therefore it is required to manage the electric energy consumption, and to maintain the electric equipments for the desirable operation. The purpose of this study is to develop a support system of electrical facilities management for home use.

In this study, the power quality conditions are measured at the receiving point in a house and the novel management system of power quality for households is presented.

1. はじめに

在宅時に停電が起きた場合、人々はどのような行動を取るであろうか。これまで多くの人々は、直前の家電機器の使用状況から電力の使用量が過大になっていなかったか確認し、周りの家の状況を見て周辺地域の停電ではないかということを確認し、そして住宅内の分電盤のブレーカの状況を確認するという行動を取ってきた。

近年、大型テレビやエアコンの普及、IH調理器具やヒートポンプ式給湯器を備えたオール電化住

宅の増加など、一般家庭において電気エネルギーへの依存度がますます高くなってきている。さらに、各家庭にパソコンが普及してきているばかりでなく、さまざまな電気製品にもコンピュータが組み込まれ、電源のわずかな異常により機器の使用に支障を来すことが多くなると予想される。今後、在宅勤務の増加や在宅介護の増加などライフスタイルの変化により、このような傾向はますます高くなると考えられる。また、地球環境問題に対する関心の高まりから、太陽光発電設備を設置する住宅も増加してきている。このように一般家庭に対して、電気製品を正常に維持して使用していくことが重要になってきているとともに、従来に無い電気製品に対するトラブルにも対処していくことが求められるようになってきている。しかし、一般家庭の居住者は専門家ではないため、このような問題に対応することが困難であると考えられる。少子高齢化社会が進むにつれ高齢者の割合が増加してくると、これらの問題の解決はさらに困難になると考えられる。また、近年のCO₂排出削減対策においても、一般家庭における省エネルギー対策に関心が集まっており、家庭においても電力の使用量の管理が求められるようになると予想される。

このような背景から、一般家庭において、電力の使用を適切に管理し、トラブルが生じた場合には、居住者に対して適切に対処法のアドバイスを与える仕組みが必要になると考えられる。そこで本研究では、電力エネルギー管理と電力品質管理を行う一般家庭用の「需要家電設備マネジメントシステム」の構築を目的とする。具体的には、住宅の受電点の電圧・電流の波形から、高速信号処理技術を応用してリアルタイムで波形解析することによって、消費電力の管理を行うと同時に、高調波・電圧変動などの電力品質の異常の監視を行う高機能型の電力状態量モニタリングシステムの開発を目指すものである。

2. 家庭用電気設備モニタリングシステム

電力エネルギー管理と電源品質管理を行うためのシステムには、いくつかの研究事例や市販されている製品がある。

- (1) 省エネナビ：省エネルギーセンターが普及に努めているもので、エネルギーの消費量を知らせると共に、利用者自身が決めた省エネ目標を超えるとお知らせし、利用者自身がどのように省エネをするのか判断させることが出来るものである。
- (2) HEMS：家庭用ホームエネルギーマネジメントシステム(Home Energy Management System)の略で、電灯線や無線通信などIT技術を用いたネットワーク型の機器状況の監視や制御を行うものである。NEDOなどで研究開発や普及活動が行われている。
- (3) オシロスコープ、レコーダ：電圧変動や高調波を測定する機器についてもいくつか市販されている。リアルタイムで高調波演算を行いながら長期間のデータを保存し、専門技術者による解析が可能な製品もある。

しかし、これらの製品は、エネルギー管理機能または電源品質管理機能のどちらかだけの機能しか備えていないことや電気の専門技術者でなければ使えないことなどの問題点がある。ここで、家庭用電気設備モニタリングシステムの具備すべき性能について整理すると、次のようなポイントが挙げられる。

- (1) 積算の電力消費量だけでなく、リアルタイムで機器個別のエネルギー消費量を計測でき、機器稼働時の電力消費量を把握できるようにする。さらに、ブレーカの許容値を超える使い方

などに対しては、ブレーカの遮断前に警報を出すなどの使用者に注意を喚起し、不要なブレーカ遮断を減らすことができること。

- (2) 停電や家電機器の異常動作などのトラブルが生じた場合に、それが機器単体の原因によるものなのか電源の異常によるものなのかを判断し、適切な対処法をアドバイスする。電源の異常の場合には電力会社へ通報を行うとともに情報提供を行うこと。

3. 電力品質の実測結果

家庭用のモニタリングシステムの開発に向けて、一般家庭における電力の使用状況や電力品質の実態を把握するために一般家庭の分電盤にて計測を行った。

3.1 測定の概要

測定対象の住宅は、名古屋市に隣接する市に位置し、夫婦と子供2人の家族構成の戸建て住宅である。電気とガスの併用住宅で、契約容量は60Aである。夏期の冷房にはエアコンを用いるが、暖房には主にガスファンヒータを使用している。この住宅の分電盤において、図1に示す箇所で電流を測定した。また、電圧は予備の負荷ブレーカの位置で測定した。測定の概要を表1に示す。

表1 測定の概要

| 項目 | 概要 |
|------|---|
| 測定箇所 | 分電盤主幹線部 |
| 測定項目 | 電圧(RN間, TN間), 電流(R相, T相) 有効電力, 無効電力, 力率, 1~13次までの奇数次高調波 および波形 |
| 測定機器 | 日置電機 クランプ電力計 3169 |
| 測定期間 | 2007年8月~2008年2月, 1分ごとに各状態量を測定 |

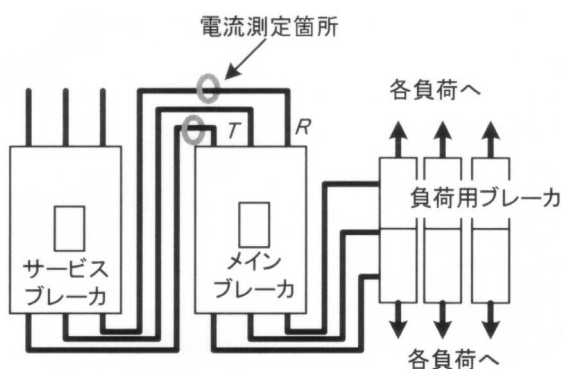


図1 測定箇所

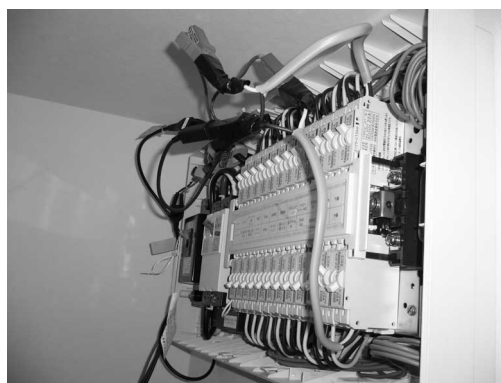


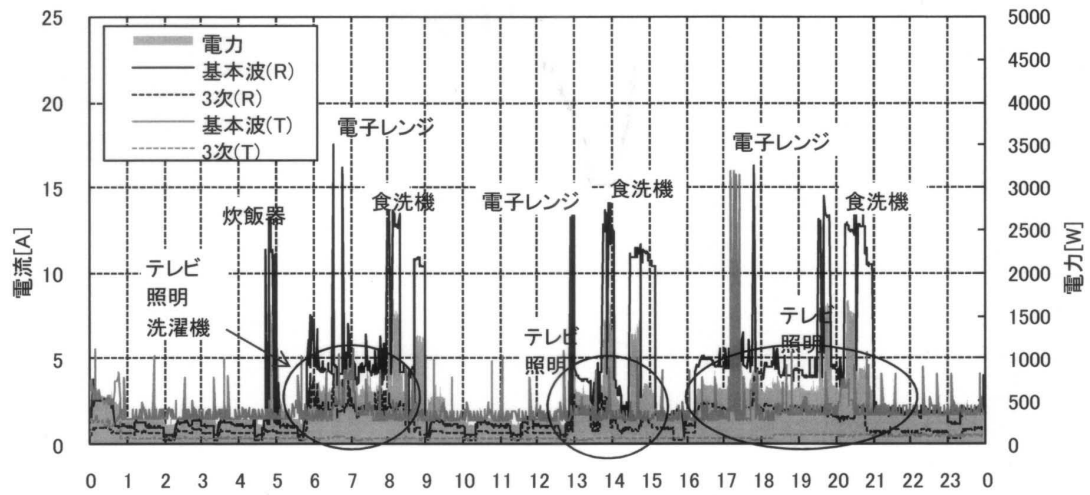
図2 測定の様子

3.2 エネルギーの使用状況および高調波電流の測定結果

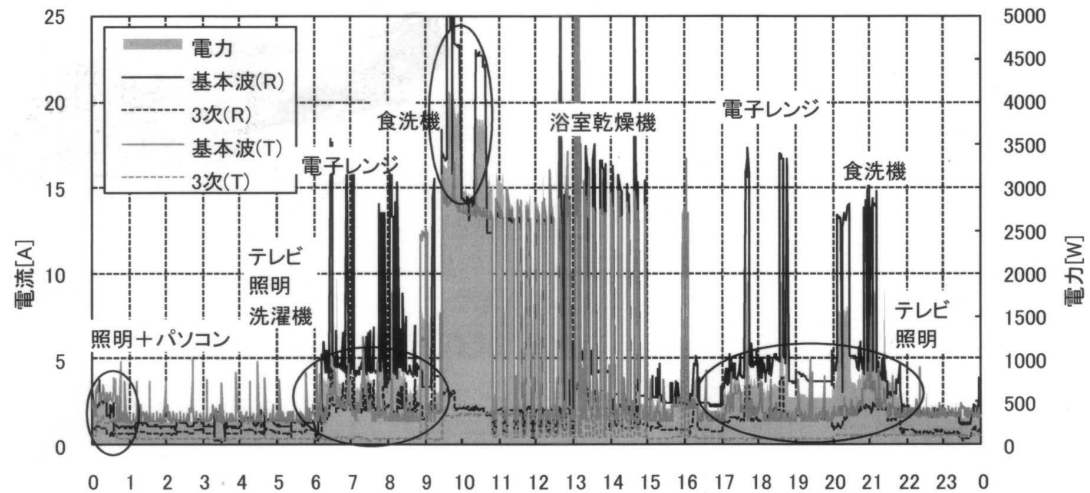
(1) 消費電力および電流の変化

図3に1日の消費電力および電流の変化を示す。(a)は中間期の晴天時の結果である。(b)は同じく中間期の雨天時の結果を示すが、雨天時は浴室乾燥機で洗濯物の乾燥を行っているため、その稼働による電力および電流が計測されている。(c)は、冬期のデータとして1月29日の結果

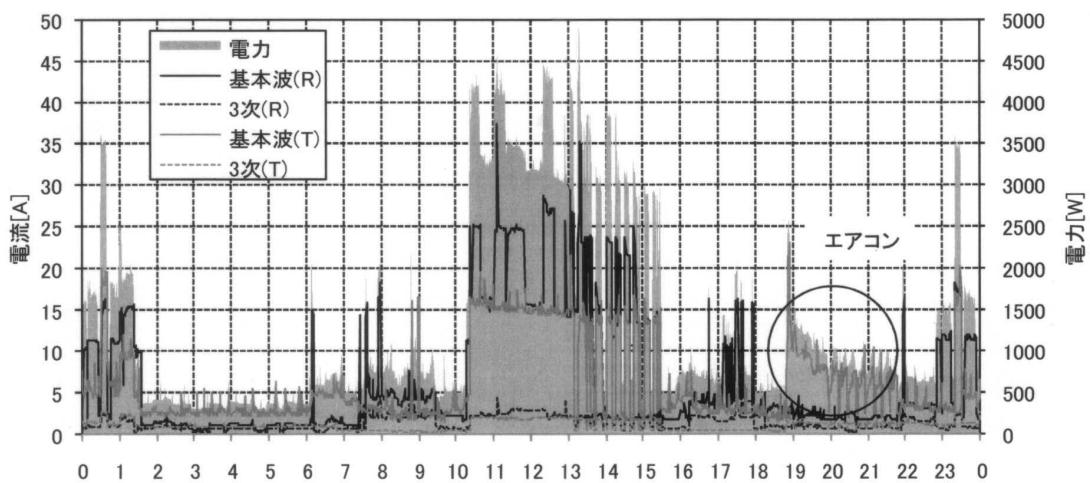
を示す。冬期は、中間期と比べて浴室乾燥機の消費電力が高くなっている。また、夜間にエアコンの消費も計測されている点が中間期と異なっている。



(a) 2007年10月17日



(b) 2007年10月19日



(c) 2008年1月29日

図3 電力および電流の測定結果

このように、一般家庭では、短時間で大きな電力を使用する負荷が頻繁に稼働を繰り返すことが分かる。とくに、電子レンジや浴室乾燥機、食洗機のように熱を使う機器の消費電力が高かった。また、24時間使用する電力は最大電力の約10%あるが、これらには、24時間換気ファンや浄化槽の曝気ファン、待機電力などが含まれる。

高調波電流について、図3では、比較的発生量の大きかった3次調波電流の結果を示しているが、浴室乾燥機やテレビ、パソコンが稼働している時間帯に多く発生していることが分かる。

(2) 家電機器の高調波電流

各負荷機器の電流波形について調べるため、図1に示す測定箇所です、それぞれの家電機器を個別に稼働することによって測定を行った。このため、24時間稼働機器の波形も含まれているが、負荷の波形測定後、24時間稼働機器の波形を差し引く形で求めた。図4に主要機器の波形を示す。

テレビとエアコンは似たような波形となっており、3次高調波電流が多く含まれていることが分かる。とくにテレビでは第3高調波の含有率が69%であった。また、電子レンジは、基本波電流は大きいですが、高調波含有率はそれほど高くなく、約13%であった。浴室乾燥機は、制御状態

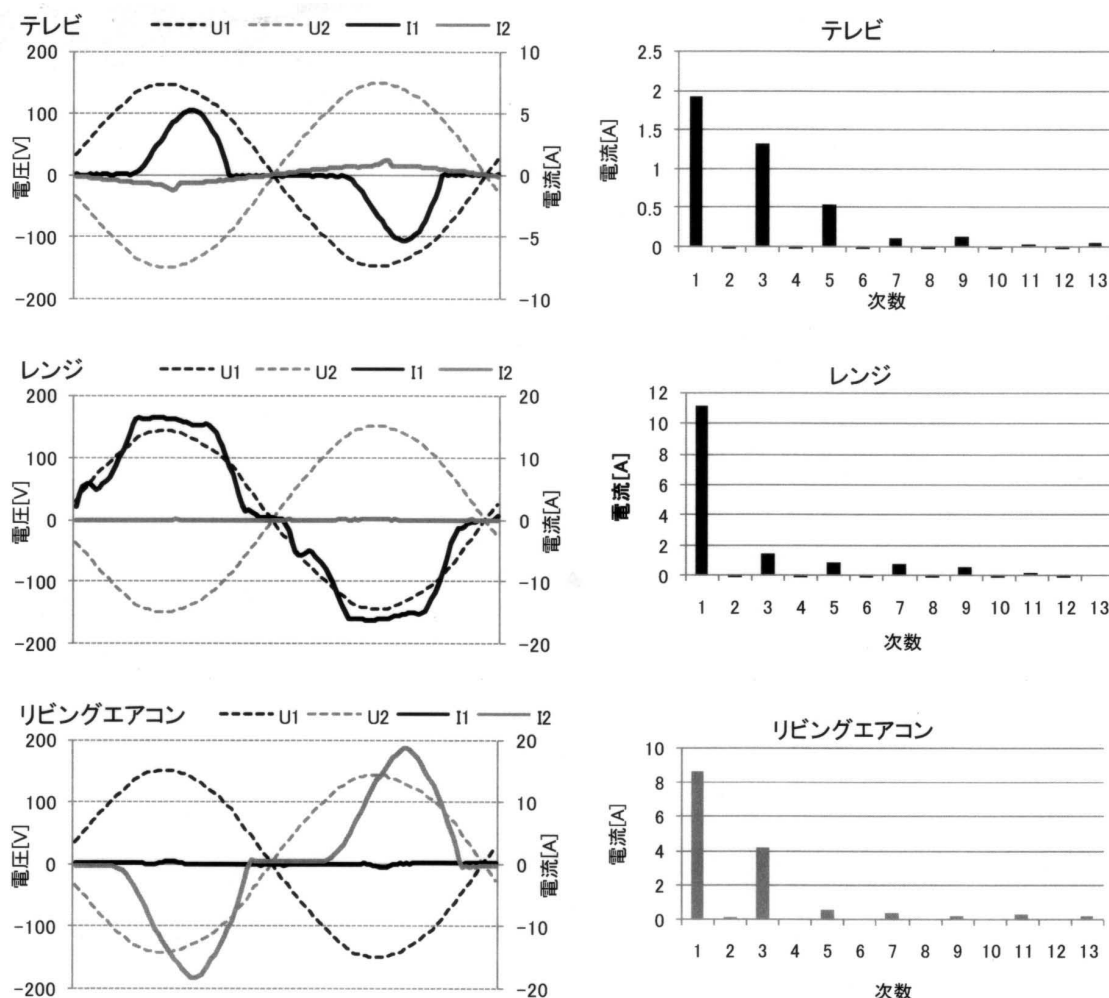


図4 各負荷機器の電圧・電流波形測定結果

によって波形が異なり、今回の個別の測定では高調波が発生している状態を計測することが出来なかった。

このように一般家庭では、ビルや工場に比べて稼働する機器の台数が少ないため、機器個別の稼働状態がそのまま電力の変化に現れる、また、高調波を発生する負荷もいくつかあり、その発生量も負荷の稼働状態によって大きく変動することが分かった。これらのことから、家庭用の電力モニタリングシステムには、短時間で変動する電力や高調波を捉えることができることが求められる。

4. 電力状態量モニタリングシステムの試作

実測した家電機器の波形を基に、分電盤の電流波形を模擬して、電力状態量モニタリングシステムのソフトウェアの試作を行った。

(1) 電力計測機能

分電盤における電圧・電流波形から消費電力を計算し、表示する。この消費電力をリアルタイムで表示することによって、居住者は自分の使用している機器の消費電力を把握することができる。そして、目標の比較や前月との比較によって、自主的な省エネ行動を促すことが可能になる。

(2) 波形計測機能

測定した電圧・電流波形は、リアルタイムで高調波解析が行われる。電圧波形を監視しているので、電力会社側の異常により停電した場合は、その旨を表示し、復旧を待つようにメッセージが表示される。また、今回のソフトウェアには組み込んでいないが、これらの周波数・電圧変動などの異常情報や電源品質の情報を電力会社へ提供することにより、電力会社は顧客へのサービ

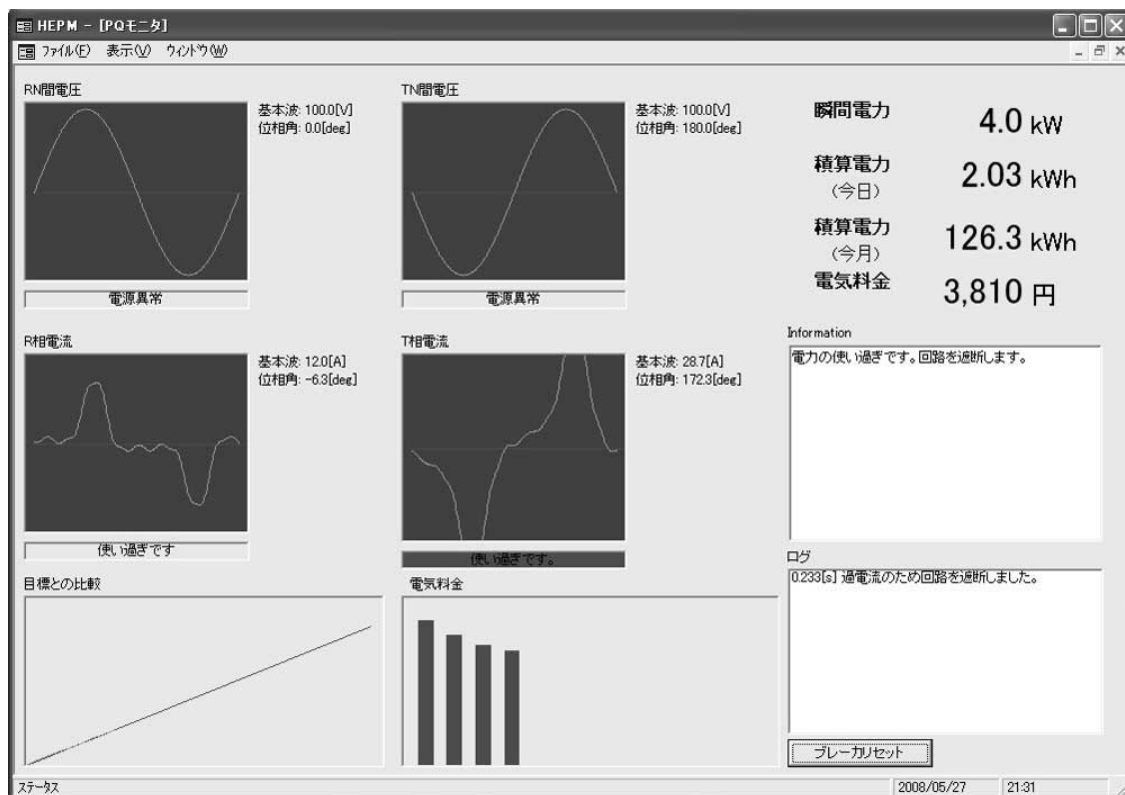


図5 電力モニタの画面例

ス向上に役立てることができる。

(3) 過電流警報機能

負荷の消費電力が大きくなり、過電流となった場合には、ブレーカの保護機能が動作するまでの時間の間に負荷を使い過ぎである旨のメッセージが表示される。図5ではT相電流が過電流になり、警報が表示されている例を示している。ブレーカ遮断後は、まず電源の異常を検知し、異常がなければ、居住者に使用機器の削減を促し、引き続き電力が使用できる旨のメッセージが表示される。

5. おわりに

本研究は、一般家庭におけるライフスタイルの変化によって新しい電気製品が導入された場合に必要となる電気エネルギー管理、電源品質管理を行うモニタリングシステムの開発を目的として行ったものである。今回は、ハードウェアとの連携までできなかったが、基本的なソフトウェアの作成を行うことができた。まだ改善すべき点は多くあるが、このソフトの基本的なコンセプトは、停電などの電気機器に関するトラブルが生じた場合に、電源の異常であるのか、その直前の負荷の使用状態が悪かったのか自分で判断し、居住者に適切なメッセージを表示することである。これにより、居住者にとっては、停電時に慌てることなく冷静に対処することができる。また、電力会社にとっては、このモニタリングシステムの情報を共有することにより、顧客サービスの向上に役立てることができる。

電力系統では、保護システムのデジタル化が進んでいるが、一般家庭用のデジタル保護システムが開発されれば、本研究でのソフトウェアの機能を組み込むことによって、保護動作/復旧動作までを自動的に行うことも考えられる。これは言い換えれば、高度に信号処理を行い、監視を行ってくれる「電気保安ロボット」のようなものであるが、今後、この実現に向けて検討したいと考えている。

参考文献

- [1] 省エネルギーセンターホームページ
- [2] 日置電機ホームページ
- [3] 浅野：「需要家サイドから見た新しいエネルギーシステムの可能性」，電学論B，Vol.124，No.1 (2004)
- [4] 花田，長坂：「侵入型家電機器需要モニタリングへのニューロジャネティック学習の適用」，電気設備学会誌，Vol.25，No.3 (2005)
- [5] 中村 他：「隠れマルコフモデルに基づいた電気機器の稼働状況モニタリングシステム」，電学論B，Vol.126，No.12 (2006)
- [6] 大井 他：「オール電化住宅における高調波の実態調査」，電気学会全国大会6-027 (2008)