

無線型多機能コンセントシステムによる 室内状況把握のためのセンサデータ自動分類

非会員 笹間 俊彦^{*a)} 非会員 岩崎 俊^{*} 非会員 岡本 拓也^{*}
正員 高橋 健一^{*} 非会員 川村 尚生^{*} 非会員 菅原 一孔^{*}

Sensor Data Classification for Indoor Situations Using the Multifunctional Outlet

Toshihiko Sasama^{*a)}, Non-member, Shun Iwasaki^{*}, Non-member, Takuya Okamoto^{*}, Non-member,
Kenichi Takahashi^{*}, Member, Takao Kawamura^{*}, Non-member, Kazunori Sugahara^{*}, Non-member

(2013年5月10日受付, 2014年2月9日再受付)

Using Internet communication, new home electronics have functions of monitoring and control from remote. However in many case these electronics work as standalone, and old electronics are not followed. Then, we developed the total remote system include not only new electronics but olds. This systems node is an adapter of electrical power plug that embed relay switch and some sensors, and these nodes communicate with each other on mobile ad hoc network. In this paper, we classify many sensor data for monitoring and configuration of energy saving and so on, using principal component analysis and some clustering methods. In experiment results, some part of classified data suggest simple room situation. In few situations, for example absence and sleeping, were mixed but they can classified using infrared and light sensors information.

キーワード: モバイル・アドホック・ネットワーク, センサネットワーク, 主成分分析, クラスタリング, 省電力電子回路, センサ及び周辺回路

Keywords: mobile ad hoc network, sensor network, principal component analysis, clustering, energy saving, sensor

1. はじめに

近年, 地球温暖化や化石燃料の枯渇の問題解決のため, 一般家庭における省エネルギー支援システムが研究されている。そのような研究の1つとして HEMS (Home Energy Management System)⁽¹⁾などがあげられるが, 専有家電や, 家屋への機器埋設工事が必要であるため, 安易には導入できない。そこで, 家電や家屋自体ではなく, それらの電源コンセント部分に着目し, 電源アダプタ内に電力測定・電源制御と通信機能を設けたスマートタップ⁽²⁾などが研究されている。我々も同様の機器として多機能コンセントシステム⁽³⁾を開発するとともに, 事務所における実環境実験を行い, オフィスアワーの時間帯を基準とした電源制御スケジューリングにより, 大幅に待機電力をカットして約 20%の省エネルギーを実現した。しかし, オフィスアワーを基

準とするのは大まかな分類に過ぎず, どのような事務所や一般家庭でも運用できる条件ではない。省エネルギーのためには, 各家庭におけるそれぞれ独自の特性を考慮したより緻密な電源制御を行う必要がある。一般家庭ユーザーを想定した場合, それらのユーザーが手間としない簡易かつ安価な方法で, (1)電力センサだけでなく様々な環境センサを家屋内に配置し, (2)各家電の利用時間帯, あるいは各家電利用と相関するセンサ条件を求め, (3)それに対応した電源制御スケジューリングを提示する, 仕組みが必要となる。

従来のスマートタップなどにおいて, 各家電の消費電力をグラフ化して「電力の見える化」を行うものは多くあるが, それは全般に無駄な家電利用を抑えるようにユーザー喚起するものであり, 具体的にどの時間帯にどのセンサを判定基準として電源 ON/OFF をスケジューリングすべきか, といった支援を行うものはない。また, 家屋内に多数のセンサを配置し, 人の行動解析を行う研究⁽⁴⁾もあるが, その際のセンサ配置に関しては, 格子状の緻密かつ規則的な配置や, 家屋内の全扉を監視する配置を前提とするなど, 設置の簡易性を考慮していない。

a) Correspondence to: Toshihiko Sasama. E-mail: sasama@ike.tottori-u.ac.jp

* 鳥取大学大学院工学研究科知能情報工学コース
〒680-0945 鳥取市湖山町南 4-101
Course of Information and Electronics, Tottori University
4-101, Koyama Minami, Tottori 680-0945, Japan

よって、本研究では、(1)に対して、多機能コンセントノード（電源アダプタ）内に、電流センサだけでなく光・温度・赤外線センサを搭載する方法をとる。つまり、センサの配置作業においてユーザーに新たな手間を求めない。しかしこの場合、こうした最適とは限らないセンサ配置においても、(2),(3)のスケジューリングに必要なセンサ条件が得られるかが問題となる。よって、実環境実験を行い、得られたセンサデータを主成分分析とクラスタリングによって分類し、(2)が可能かどうかを検討した。

以下では、2章でシステムの説明を、3章でセンサデータ分類手法を、4章から7章で自動分類の実験結果を示し、最後にまとめを述べる。

2. 多機能コンセントシステム

Fig.1 に多機能コンセントシステムの構成を示す。システムは大きく3つの部分からなる。すなわち、各センサデータの計測・送信と家電の電源制御を行うアダプタ部、アダプタ部の ZigBee 通信⁽⁵⁾と管理サーバ部のインターネット通信を相互に中継すると共に、アダプタ部の通信ネットワークを管理する通信制御部、収集したデータの管理・閲覧や各家電の制御設定（時間や条件に応じた電源 ON/OFF のスケジュール）を行う管理サーバ部である。以下では、本システムを構成するアダプタ部、通信制御部、管理サーバ部について説明する。

〈2-1〉 **アダプタ部** アダプタの写真を Fig.2 に示す。アダプタは、制御マイコン、XBee⁽⁶⁾、光・温度・赤外線・電流のセンサ、リレー回路から構成され、大きさは 5cm×7cm×4cm である。ユーザーの心理的抵抗を考慮して、カメラ監視⁽⁷⁾や接触型センサ⁽⁸⁾などの圧迫感のあるものは使わずに、自動ドアなどの既に普及している製品を参考に、赤外線・光・温度・電流という心理的抵抗の小さいセンサを用いて環境計測し、また形態についても、電源アダプタという既に多く室内に存在する機器の形態をとることとした。また無線については比較的安価かつ設置・運用の簡易な ZigBee 規格の無線通信モジュール XBee を用いた。これは我々が開発した旧システムにおいて問題だった LAN ケーブルの配線問題を廃すると共に、モバイル・アドホック・ネットワーク (Mobile Ad hoc Network : 略称 MANET) による接続で、ルータの設置位置や、各アダプタの自由な脱着・位置変更を可能にしている⁽⁹⁾。各センサデータは通信制御部を経由して管理サーバ部へ送られ、逆に管理サーバ部からはリレー回路の操作 (電源 ON/OFF) やスケジュール設定が送られてくる。各アダプタは、設定された時間や条件に応じて、自動的に電源を ON/OFF する機能を持つ。通信制御部から直接通信できない所へ配置されたアダプタは、他のアダプタを中継して通信経路を確保するため、隣室や 2F など、通常の無線 LAN ではルータから遠くて通信できないような状況でも問題ない。制御には Arduino⁽¹⁰⁾を用いる。Arduino は安価、かつ、充実した ZigBee ライブラリを持つオープンソースハードウェアのマイコンボードである。各

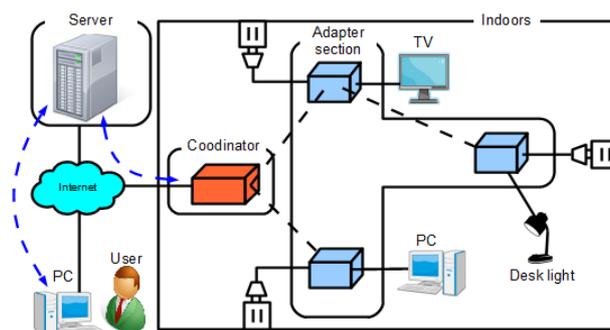


Fig. 1. Network configuration of the system.

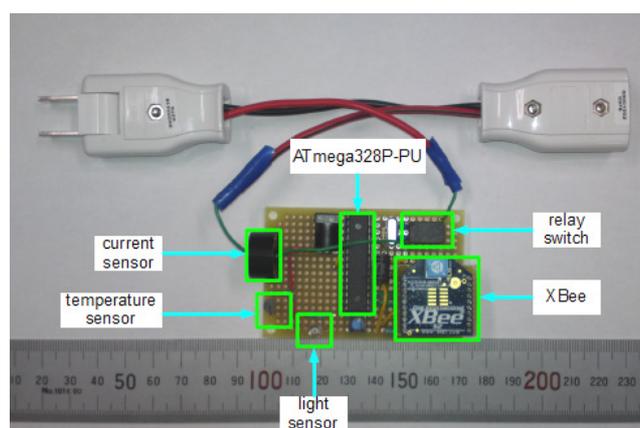


Fig. 2. Adapter of the multifunctional outlet.

センサを組み合わせることで「赤外線センサに反応がない (人が居ない)のに電流センサに反応がある (TV を消し忘れて)」などの状況を計測できる。

〈2-2〉 **通信制御部** 通信制御部は、XBee による無線アドホックネットワークのコーディネータ (ルータ) として機能し、各アダプタ部との通信を担当すると共に、インターネットに存在するサーバ部との通信も担当する。アダプタ部との通信は XBee の通信性能実験に基づいて、1 パケットのサイズを 50byte とし、また、ルーティングツリーの構築においては、各アダプタ間の受信信号強度 (RSSI) と凝集法⁽¹¹⁾に基づく階層的クラスタリングによって、通信経路の集中を廃し、1つのアダプタ部からの通信経路数が 4 を超えないようにした。管理サーバ部との通信は、ファイアウォールなどの設定を考慮し、通信制御部からの HTTP リクエストによるポーリングとした。管理サーバからの制御命令を各アダプタへのコマンドへと変換する作業やルーティング計算など、計算資源の必要な操作もここで担当する。インターネットルータやハブに隣接して設置されることを想定しており、小型 PC の Giada i51 (19cm×16cm×3cm) を使用した。

〈2-3〉 **管理サーバ部** 管理サーバはインターネット上にサービスサーバとして設置する。アカウント・モニタリング・コントロールの各機能があり、利用者はブラウザを用いて管理サーバ部へアクセスし、現在のシステム状況や

各アダプタのセンサデータを閲覧すると共に、時間や各センサの条件に沿った電源 ON/OFF の指示を入力する。Fig.3 に条件設定・データ閲覧画面の一部を示す。グラフの横軸は時間（左が過去、右が現時点）、縦軸は各センサの値を示しており、ここでは光センサの反応減少＝照明消灯を退室と想定しての、扇風機の自動電源 OFF を設定した。

3. センサデータの自動分類

身の回りにある家電の多くをモニタ・制御する事を考えると、システムのアダプタ数は少なくとも 10 台程度、通常はその何倍にもなると考えられる。そこから得られるセンサデータ数は、アダプタ数×搭載センサ数×計測時間となり、ユーザーがこれら全てを確認、あるいは必要なデータを取捨選択して検討し、その上で適切に省エネルギー設定を行うのは困難である。我々の開発するシステムの最終目標は、そうした設定のサポートとして、各家電利用に相関するセンサ条件を得ることだが、本研究では各家電に対応した条件を求める前段階として、(a)システムから得られる膨大なセンサデータを縮約し、(b)それを室内状況別に分類する。本研究では(a)への対応として主成分分析⁽¹²⁾を、(b)へ

の対応としてクラスタリングを行った。

主成分分析とは多変量データを統合し、新たな統合指標を生成する分析手法である。どのようなアダプタの配置・部屋の間取りでも、得られたセンサデータから関連する組み合わせを主成分として抽出する。更に、累積寄与率（主成分が持つ情報量の累積値）に基づいてデータを制限、つまり、特徴のみられない部分を除くことで、情報量（データの次元）を減らす。一般に累積寄与率 80%までがその条件として用いられており、本研究でも 80%に達するまでの主成分のみを使用した。

更に、得られた主成分に対してクラスタリングを行うことで、類似特徴を持つデータを 1 つのクラスタとする。本研究では、バランスがよく他のアルゴリズムに見られるような大きな欠点のないウォード法⁽¹³⁾を用いて階層的クラスタリングを行った。また、その際のクラスタ数は、階層的なクラスタ間の距離に基づいた停止規則で動的にクラスタ数を求める uppertail 法⁽¹⁴⁾によって設定した。

4. 多機能コンセントシステムの実働実験

実際に多機能コンセントシステムから得たセンサデータを用いて、室内状況を適切に自動分類できるか実験を行った。実験場所は一人暮らしの男性宅（リビング及びキッチンの 2 室）であり、合計 4 種 16 個のセンサを 11 台のアダプタ上にセットし、12 月に 1 週間設置した。各アダプタは、普段の生活でよく使われる場所と家電を網羅することを念頭に居住者自身が設置し、また、一般の初期使用状況を想定して、得られるセンサデータの検討とそれに基づく再設置などの調整は行わないこととした。居住者は実験期間中の行動ログを時間毎に記録し、後にセンサデータと比較検討した。Fig.4 にアダプタの配置図を、Table 1 に各アダプタに搭載したセンサの種類や接続した家電を示す。光、温度、電流センサについては 30 秒に 1 度の計測とし、赤外線センサについては、連続的に計測した上で、5 秒に 1 度、その間の反応の有無を 1/0 とし、これを 5 分毎に平均した。

センサデータ $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $Y=(y_1, y_2, \dots, y_n)$ の相関係数 R を

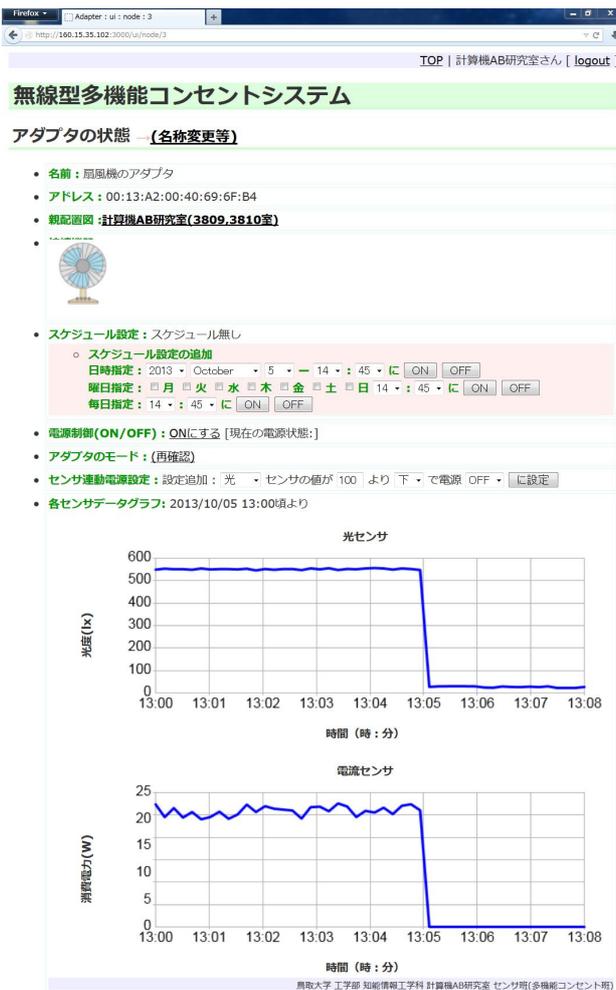


Fig. 3. Screenshot of control buttons and sensor data graph on a web browser.

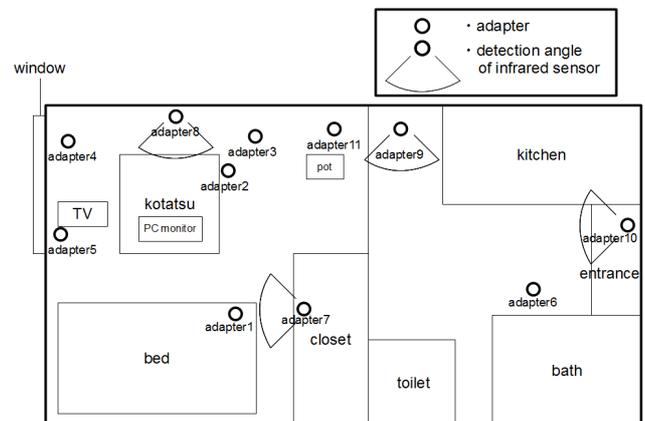


Fig. 4. Adapter map on experiment rooms.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

として求めた各センサデータ間の相関係数は、多くの場合、同種のセンサ間、及び、近くに配置したセンサ間で高かった。一例では、アダプタ 3 (PC モニタ) の電流センサとアダプタ 7 (こたつ及びベッドを監視) の赤外線センサの相関係数は 0.65 であり、ベッド前での PC 利用という実際

Table 1. Adapter list.

adapter	sensor	mount	layout
adapter 1	light, temp.		under bed
adapter 2	power	kotatsu	
adapter 3	light, temp., power	PC monitor	on floor
adapter 4	light, temp.		on floor 50cm
adapter 5	power	TV	
adapter 6	light, temp.		on floor
adapter 7	infrared		on floor 80cm
adapter 8	infrared		on floor 80cm
adapter 9	infrared		on floor 50cm
adapter 10	infrared		on floor 50cm
adapter 11	power	pot	

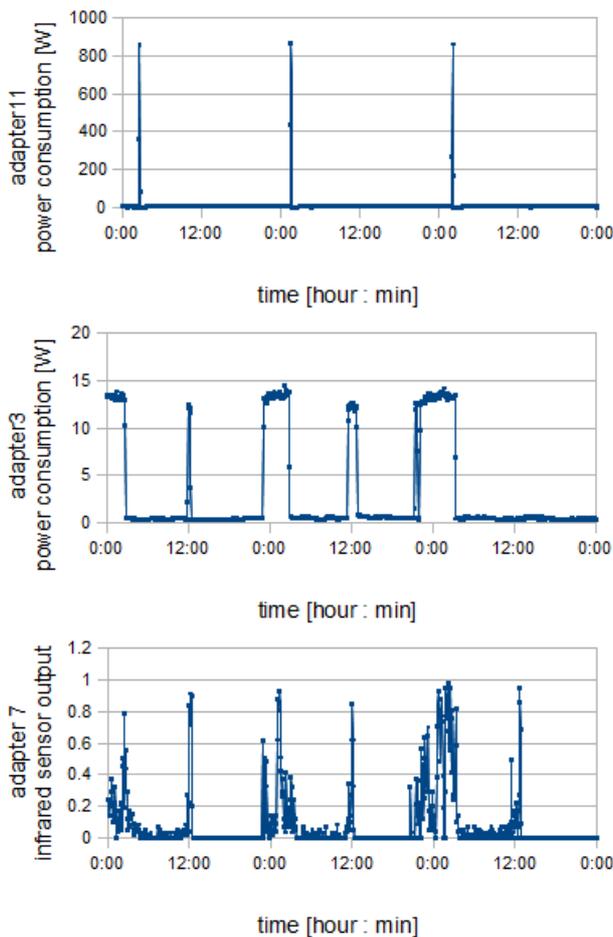


Fig. 5. Electric power sensor data of adapter 11 (pot), adapter 3 (PC monitor), and infrared sensor data of adapter 7 (bed).

の行動を反映していた。Fig.5 にアダプタ 11 (電気ポットに接続), アダプタ 3 (PC モニタに接続), アダプタ 7 (電気ポット前からベッド周辺を監視) の電流センサ・赤外線センサの計測データを示す。実際の行動ログを参照すると、居住者は PC 作業と併せてホットドリンクを飲んでた。しかし、電気ポットの電流センサが大きく反応したのは日に 1 回のみのため、このセンサデータと他のセンサデータとの相関は総じて低い。その中でも高いのが PC モニタの電流センサ、ポットからベッド周りの赤外線センサの 2 つだが、相関係数はそれぞれ 0.14, 0.17 であった。これより、相関係数のみから対応するセンサ条件を明確に得られるとは限らないといえる。

5. 自動分類結果

Table 2 に主成分分析の寄与率と累積寄与率を示す。各主成分は固有値順で並べた。また、累積寄与率が 80%に達した第 5 主成分 (82%) までを用いてクラスタリングを行った。Fig.6 にクラスタリング結果を示す。横軸を時間、縦軸をクラスタ番号とし、短時間分しか幅を持たないクラスタを見易くするため、色付きの棒グラフでそれぞれを表した。uppertail 法の基準値を 1.0 とした場合、実験データは 15 個

Table 2. Proportion of variance.

component N	eigenvalue	proportion of variance	cumulative proportion
component 1	7.12	0.45	0.45
component 2	2.60	0.16	0.61
component 3	1.26	0.08	0.69
component 4	1.11	0.07	0.76
component 5	0.98	0.06	0.82
component 6	0.83	0.05	0.87
component 7	0.76	0.05	0.92
component 8	0.36	0.02	0.94
component 9	0.28	0.02	0.96
component 10	0.19	0.01	0.97
component 11	0.17	0.01	0.98
component 12	0.13	0.01	0.99
component 13	0.09	0.01	0.99
component 14	0.07	0.00	1.00
component 15	0.03	0.00	1.00
component 16	0.01	0.00	1.00

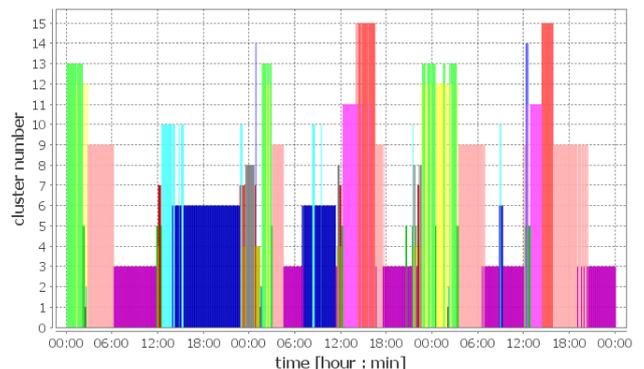


Fig. 6. Clustering results of 16 sensors.

のクラスタへと分割された。Table 3 に各クラスタに分類されたデータの、第1～第5主成分の平均・分散と、主成分内のセンサデータと実際の行動ログを照合して得た、それぞれに対応する室内状況も示す。表中、特に大きい値 (± 2.0 以上) は太字とした。

〈5・1〉 室内状況と1対1対応するクラスタ クラスタ14に相当する時間(2日1:30, 3日12:30~13:00), 居住者は「料理中」であった。クラスタ内のセンサデータの特徴としては、キッチンに設置した赤外線センサが反応すると共に、リビング側の赤外線センサが反応していない。

〈5・2〉 1つの室内状況に対応する複数のクラスタ

クラスタ1, 2に相当する時間, 居住者は「電気ポット使用中」であった。同様にクラスタ8, 12, 13は「PC使用中」であった。特徴として, それぞれの家電に対応するセンサの反応が高かった。また, クラスタ5, 7では「部屋間移動中」で, 両室の赤外線センサに短い時間内で前後して高い反応があった。

システムの自動分類は利用者より敏感であることが望ましく, 利用者の想定する1つの室内状況に対して1つ以上のクラスタが対応すれば成功といえるが, 余り沢山のクラスタが対応するのは判り易さの点から問題となる。この例では3つのクラスタがPC使用に対応しており, 今後の改良が必要と考える。

また, 各クラスタ内のセンサデータの特徴を検討した所, 「電気ポット使用中」は第5主成分においてその特徴が顕著で, クラスタ1, 2のそれぞれで平均が4.1, 11.6となった。第1~4主成分にはこうしたいずれかの室内状況とだけ1対1対応する特徴はなく, 幾つかの室内状況に共通するデータを抽出していた。特に第1主成分は最大で平均が2.5であり, 特定のクラスタとの関連が低い。センサとの関連では光・温度センサとの関連が高く, クラスタ全体が午前・午後・夜に対応して分割されていることから, 第1主成分は日照周期と対応していると考えられる。

Table 3. Room situations and clusters.

cluster	component N (average \pm standard deviation)					situation
	1	2	3	4	5	
1	2.5 \pm 0.2	2.5 \pm 1.8	-3.8 \pm 0.9	-0.6 \pm 1.5	4.1 \pm 1.4	use pot
2	2.1 \pm 0.4	0.3 \pm 0.7	-4.0 \pm 0.8	-3.9 \pm 1.3	11.6 \pm 1.5	use pot
3	-0.6 \pm 0.1	-0.1 \pm 0.2	-0.2 \pm 0.2	-0.1 \pm 0.2	-0.1 \pm 0.2	sleep or absence
4	1.6 \pm 0.5	2.0 \pm 0.8	1.0 \pm 0.8	-1.5 \pm 1.1	-0.5 \pm 0.6	unknown
5	1.2 \pm 0.9	2.0 \pm 1.1	-1.8 \pm 0.6	1.1 \pm 0.9	-0.6 \pm 0.6	move rooms
6	-1.0 \pm 0.2	0.6 \pm 0.2	0.6 \pm 0.2	-0.5 \pm 0.3	0.2 \pm 0.2	sleep or absence
7	1.5 \pm 0.6	4.3 \pm 1.4	-1.2 \pm 1.3	-0.3 \pm 1.8	-1.4 \pm 0.5	move rooms
8	1.1 \pm 0.4	0.2 \pm 0.5	2.3 \pm 0.4	-0.8 \pm 0.5	0.2 \pm 0.3	use PC
9	-0.2 \pm 0.2	-0.7 \pm 0.3	-0.9 \pm 0.4	0.2 \pm 0.2	-0.4 \pm 0.3	sleep or absence
10	-0.4 \pm 0.3	0.7 \pm 0.9	1.2 \pm 0.7	0.7 \pm 0.4	0.6 \pm 0.3	sleep or absence
11	-0.9 \pm 0.3	-0.4 \pm 0.5	1.2 \pm 0.5	2.6 \pm 0.5	1.2 \pm 0.3	absence(light on)
12	2.1 \pm 0.3	-0.3 \pm 0.6	-0.6 \pm 0.6	-1.1 \pm 0.7	-0.6 \pm 0.6	use PC
13	1.8 \pm 0.2	-0.9 \pm 0.4	1.0 \pm 0.5	-0.7 \pm 0.5	-0.5 \pm 0.5	use PC
14	1.7 \pm 0.5	3.0 \pm 1.1	-2.2 \pm 0.5	5.2 \pm 1.1	-0.5 \pm 0.6	cooking
15	0.2 \pm 0.3	-0.8 \pm 0.4	-0.2 \pm 0.3	0.9 \pm 0.5	0.2 \pm 0.3	absence

〈5・3〉 複数の室内状況に対応する1つのクラスタ

クラスタ11, 15に相当する時間, 居住者は「外出中」であった。どちらも全ての赤外線センサが反応していないが, クラスタ11ではPCモニタの電流センサが使用中を示しており, 消し忘れての外出と推定できる。よって, クラスタ11に対して電源OFFを指示する省エネ設定などが考えられる。

しかし「外出中」のクラスタはこの2つだけではなく, クラスタ3, 6, 9, 10は「外出中」と「就寝中」が混じる結果となった。センサデータの特徴としては, どちらも赤外線センサの反応が低く, かつ, 家電群を使っていない。就寝中はベッド側の赤外線センサに僅かながら反応があったが, 自動分類においてこれは特徴として認められなかった。

6. センサデータを追加した自動分類結果

冷暖房家電などの管理の観点から「外出中」と「就寝中(あるいは在室)」の分類要求は高い。一般に赤外線センサによる在室把握と, 光センサによる照明把握が対応策として有力だが, 前章において, 赤外線は就寝中やアダプタの配置次第では, 僅かな反応はあるものの明確にならないことが判った。また光センサは大抵のアダプタ配置では照明と日照の合算になり, 明確に照明のみを担当するセンサは得られなかった。

その対応として, 微反応の一番多かった赤外線センサデータ(アダプタ7に搭載)について, その微反応部分のみを新たなデータ系列として追加した。無反応を除いた上でのデータ系列の中央値を求め, これを上限值とするコピーデータ系列を作成・追加した。つまり, 1つの赤外線センサを通常のものと同様のものと微反応のもの2センサとして扱った。分類したクラスタリング結果をFig.7に示す。16個に分類されたクラスタのうち, 「外出中」が2つ, 「就寝中」が3つであり, 両者の混じるクラスタは2つに減少した。

また, 各光センサについても同様に2センサとして扱ってデータ系列を設定し, それぞれに照明センサとしての機能を期待した。全ての光センサデータを正規化し, その平均を日照データと定義し, 日照との差分データ系列を追加した。クラスタリング結果をFig.8に示す。17個に分類され

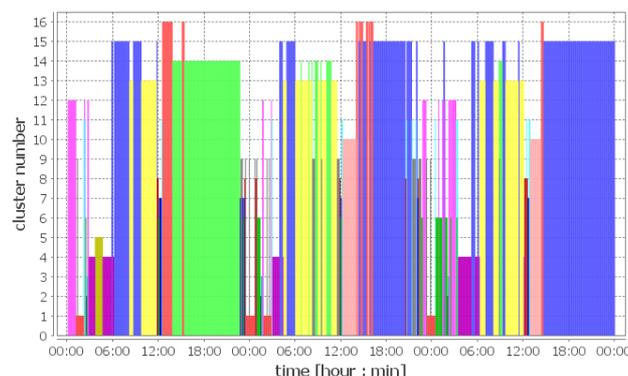


Fig. 7. Clustering results of adding sub-infrared sensors.

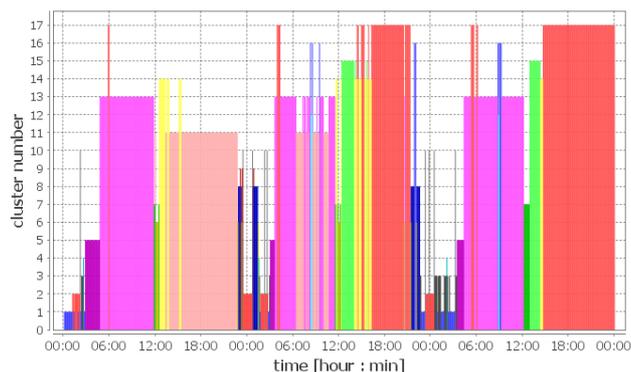


Fig. 8. Clustering results of adding sub-light sensors.

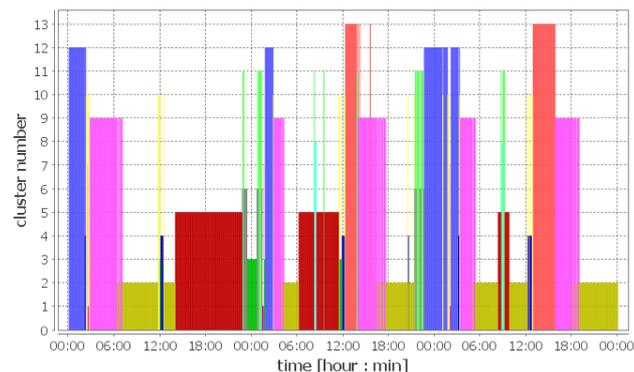


Fig. 9. Clustering results from 10 sensors.

Table 4. Proportion of variance.

component N	eigenvalue	proportion of variance	cumulative proportion
component 1	4.28	0.43	0.43
component 2	1.74	0.17	0.60
component 3	1.03	0.10	0.70
component 4	0.90	0.09	0.79
component 5	0.73	0.07	0.87
component 6	0.46	0.05	0.91
component 7	0.38	0.04	0.95
component 8	0.27	0.03	0.98
component 9	0.13	0.01	0.99
component 10	0.07	0.01	1.00

たクラスタのうち、15 分以下の誤判定を除けば「外出中」が 4 つ、「就寝中」が 4 つとなり、両者の混じるクラスタはなくなった。

7. 少数のアダプタによる自動分類結果

第 5 章では、センサの配置が問題となって「外出中」と「就寝中」を完全には分割できなかった例を示したが、同様の問題は他の状況においても想定される。提案手法のこうした問題への対応限界を検討するため、配置に影響を受ける光・温度・赤外線センサについて、反応の高かったセンサを持つ 4 つのアダプタ (アダプタ 3, 4, 7, 10) のデータを除いた、アダプタの配置と数が適切ではない状況を構成し、第 5 章と同様の実験を行った。

Table 4 に主成分分析の寄与率と累積寄与率を示す。また、累積寄与率が 80%に達した第 5 主成分 (87%) までを用いてクラスタリングを行った。前章同様に Fig.9 にクラスタリング結果を示す。実験データは 13 個のクラスタへと分割された。クラスタ 3, 4, 6, 7, 12, 13 はそれぞれ単一の室内状況と対応し、クラスタ 2, 9 は「外出中」と「就寝中」の 2 つの室内状況と対応した。それ以外のクラスタ 1, 5, 8, 10, 11 はクラスタを構成するデータが少ない、ないし、室内状況の判断が困難だった。しかし、クラスタの時間軸に沿った分割タイミングは Fig.6 に近く、午前・昼・午後・夜の周期が維持されている。これより、提案手法は、センサデータ数が少ない、あるいは、センサ配置が適切でない場合は、

そのセンサデータからクラスタ内容を類推するのは困難だが、それでも一定の室内状況と対応する分類結果を示すことができると考えられる。

8. おわりに

我々は、無線通信機能と各種センサ・スイッチを電源アダプタ内に搭載して、家電の遠隔制御を行う、多機能コンセントシステムを開発している。本研究では、システムから得られたセンサデータを室内状況別に自動分類する機能を検討した。主成分分析とクラスタリングによって、午前・昼・午後・夜という時間帯に加えて、更に幾つかの特徴的な状況を分類できた。今後の課題として、類似センサデータの分類に適したクラスタリング方法の検討、あるいは逆にそれに基づいてセンサの種類や配置を適切にガイドする機能、また、各クラスタがどの室内状況に対応するかの判断機能の構築などがあげられる。

文 献

- (1) “HEMS”, http://www.toshiba.co.jp/tcn/home_sol/hems.htm
- (2) “iRemoTap”, <http://www.ubiquitous.co.jp/products/conceptlaboratory/iremotap/>
- (3) H. Akeyama, T. Kawamura, T. Sasama, K. Sugahara, T. Saitoh, and R. Konishi: “Multifunctional Electrical Outlet with Scheduling Functions to Reduce Standby Power Consumption”, *IPJS Journal*, Vol.51, No.12, pp.2287-2297 (2010) (in Japanese)
明山寛史・川村尚生・笹間俊彦・菅原一孔・齊藤剛史・小西亮介: 「スケジューリングによる待機電力削減機能を持つ多機能コンセントの開発」, *情報処理学会論文誌*, Vol.51, No.12, pp.2287-2297 (2010)
- (4) 江田政聡・賀新 剛・中根 傑・横山昌平・福田直樹・峰野博史・石川 博: 「赤外線センサを用いた在席推定に基づく照明制御手法の提案」, 第 4 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2012), A10-4 (2012)
- (5) “ZigBee Alliance”, <http://www.zigbee.org/>
- (6) “XBee ZB Digi International”, <http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/zigbee-mesh-module/xbee-zb-module>
- (7) T. Sugihara, T. Fujinami, and R. Takatsuka: “An analysis of Problems on Development and Installation of Mimamori-case support Camera System for Persons with Dementia in Group Home”, *Sociotechnology Research Network*, Vol.7, pp.54-65 (2010) (in Japanese)
杉原太郎・藤波 努・高塚亮三: 「グループホームにおける認知症高齢者の見守りを支援するカメラシステム開発および導入に伴う問題」, *社会技術研究論文集*, Vol.7, pp.54-65 (2010)

- (8) T. Kozaki, S. Nakajima, T. Inoue, T. Tsujioka, S. Hara, H. Nakamura, and K. Takeuchi: "Clinical Test for Ubiquitous Health Care Monitoring Using Wireless Vital Sensor: Estimation of Bodily Movements from 3D Acceleration Data", IEICE Convention Record, Vol.615, p.20 (2010) (in Japanese)
小崎隆明・中島重義・井上忠幸・辻岡哲夫・原 晋介・中村 肇・竹内一秀:「ワイヤレス生体センサを用いたユビキタス健康監視に向けた臨床試験三軸加速度データによる行動解析」, 信学会総大会講演論文集, Vol.615, p.20 (2010)
- (9) T. Sasama, T. Kawamura, and K. Sugahara: "Multifunctional Electrical Outlet based on Mobile Ad Hoc Network", Proceedings of the International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (ICEUC 2011), pp.2359-2362 (2011)
- (10) "Arduino", <http://www.arduino.cc/>
- (11) 千田智治・廣安知之・三木光範:「凝集法と k-means 法」, ISDL Report, No.20081014002 (2008)
- (12) 涌井良幸・涌井貞美:「図解でわかる多変量解析」, 日本実業出版社 (2001)
- (13) 元田 浩・津本周作・山口高平・沼尾正行:「データマイニングの基礎」, オーム社 (2006)
- (14) "Cluster Analysis: Determining the Number of Clusters", <http://cgm.cs.mcgill.ca/~sooss/cs644/projects/siourbas/cluster.html>

笹間 俊彦



(非会員) 2001年3月大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系ソフトウェア科学専攻博士後期課程修了。同年同大学大学院医学系研究科リサーチ・アソシエイト。2003年鳥取大学工学部知能情報工学科助手, 現在, 同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻助教。無線ネットワークに関する研究に従事。博士(工学)。

岩崎 俊



(非会員) 2013年3月鳥取大学知能情報工学科卒業。現在同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻入学。現在, センサネットワークに関する研究に従事。

岡本 拓也



(非会員) 2013年3月鳥取大学知能情報工学科卒業。現在同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻入学。現在, センサネットワークに関する研究に従事。

高橋 健一



(正員) 2004年3月九州大学大学院システム情報科学府博士課程修了。同年財団法人九州システム情報技術研究所(現, 九州先端科学技術研究所)入所。2011年より鳥取大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻准教授。情報セキュリティ, エージェントシステム, ユビキタス技術の研究に従事。博士(工学)。

川村 尚生



(非会員) 1994年3月神戸大学大学院自然科学研究科博士課程単位取得退学。同年鳥取大学工学部知能情報工学科助手。現在, 同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻教授。エージェントシステム, 社会情報システムに関する研究に従事。博士(工学)。

菅原 一孔



(非会員) 1981年3月東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻修士課程修了。同年神戸市立工業高等専門学校電気工学科講師。同校助教を経て1994年鳥取大学工学部電気電子工学科助教授。現在, 同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻教授。計算機工学に関する研究に従事。工学博士。