

## 資料

## 複合センサー情報を利用した安否確認システムの研究開発（第2報）

西尾俊文 武田直樹\*<sup>1</sup>Development of the safety confirmation system  
which utilized compound sensor information(Part2)

NISHIO Toshifumi, TAKEDA Naoki

高齢単身者向けの安心・安全のシステムとして開発している複合センサー情報を利用した安否確認システムについて、安否確認の精度向上を図るため、各種センサー情報収集システムへのセンサーの追加とそれに伴うシステムの再構築を行うとともに、実地にてデータ蓄積実験を行った。また、測定値や検回数などをしきい値として各センサーの重み付けを行う形で、ケースに応じた安否確認情報を配信する監視プログラムの作成を行った。

キーワード：安否確認、センサー、情報通信

## はじめに

高齢単身者は、同居者がいないため、緊急（病気やけが）時に迅速な通報ができないことが問題となっている。このため、遠隔地に安否確認情報を迅速に提供するシステムが求められている。

そこで、センシング（看視、観察）技術及び情報通信技術を用いて、高齢者自身の操作が不要で、より精度の高い安否確認情報を、緊急連絡先に迅速に提供するシステムを開発する。

前報<sup>1)</sup>では、主に焦電型赤外線センサーによる人体検知機能の最適化、及び数種のセンサー（人感センサー、温度センサー、光センサー、音センサー）を用いたデータ蓄積実験を実施したが、各センサーの特徴の把握及び相関関係の確認を行う中で、音センサー情報は人感センサー情報に吸収されるなど、センサー間で情報が重なるケースや安否確認としての利用価値が低いセンサーもあった。

そこで本年度は、更に異種のセンサーを追加することで安否情報の精度の向上を試みると共に、人員構成の異なる実地において、再構築したシステムによるデータ蓄積実験を行い、その結果を基に簡易監視プログラムの作成を行ったので報告する。

## 実験方法

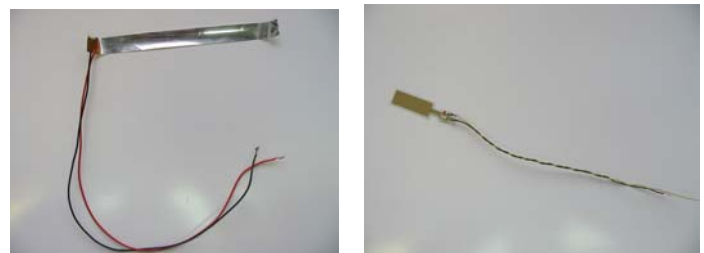
## 1. センサーの追加

安否確認情報の精度を上げるため、昨年度複合センサーとして採用し、データ蓄積実験を行ったセンサー（人感（焦電型赤外線（5mタイプ））、光、音、温度）に加えて、新たに四種のセンサーについて導入検討を行ったの

で、以下にその内容を示す。

## (1) 圧電センサー

水使用の情報として、水道の蛇口に設置して流量を把握する目的で、圧電センサーの導入を検討した。使用したPVDF（ポリフッ化ビニリデン）フィルム（（株）クレハ社）を図1に示す。

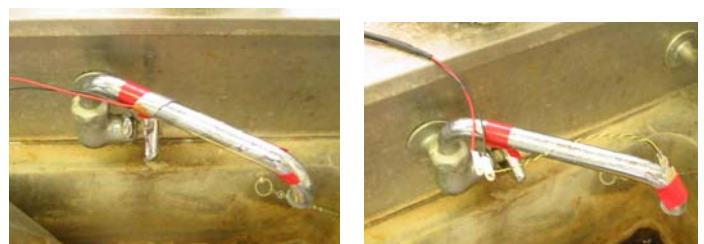


(A) ソフトタイプ

(B) ハードタイプ

図1 圧電センサー

PVDFは圧電効果を有するプラスチックで、優れた柔軟性、耐高電圧性、耐水性、化学的安定性などの特徴がある。検討したフィルムにはソフトタイプとハードタイプがあるが、実験ではこれらを図2に示すように蛇口に取り付け、水流による起電圧をオシロスコープでモニターした。



(A) ソフトタイプ

(B) ハードタイプ

図2 圧電センサーの設置

\* 1 (現)紙産業技術センター

この研究は、「複合センサー情報を利用した安否確認システムの研究開発」の予算で実施した。

(2)開閉センサー

トイレ、居間、冷蔵庫等のドアの開閉情報を得るため、マグネットスイッチを導入した。実際のデータ蓄積実験の際は、主に食生活の情報を得るため、冷蔵庫のドアに配置した(図3)。



図3 冷蔵庫に配置した開閉センサー

ドアは通常閉なので、b接点のAMS-10C(竹中エンジニアリング(株))を採用した。その仕様を表1に示す。b接点は近接時に接点が閉、離隔時に開となる。これを抵抗値として検出するため、センサーに並列に抵抗を繋ぎ、離隔時に有限値を取るよう設定した。

表1 マグネットスイッチ AMS-10C の仕様

AMS-10C	
動作距離	20mm 以下(マグネット～スイッチ間)
接点動作	無電圧接点(b接点)
接点定格	30V(AC/DC) 0.1A まで 接点容量: 8W(抵抗負荷) 接触抵抗: 150mΩ 以下
配線接続	リード線接続式

(3)感圧センサー

居住者の動態情報の取得へ繋げることを目的として、感圧センサーの導入を検討した。コストを抑えるため、前年度検討していたタイル型のセンサーマットではなく、感圧導電性エラストマーセンサーSF・R-3(イナバゴム(株))を応用利用することとした。SF・R-3の外観を図4に、仕様を表2に示す。



図4 エラストマーセンサー SF・R-3

表2 エラストマーセンサーSF・R-3 の仕様

SF・R-3	
最大許容負荷	5kgf
無負荷抵抗値	40MΩ 以上 (@0kgf)
最大負荷抵抗値	2.0kΩ 以下 (@1000gf)
戻し方向特性	負荷→0gf 開放において 1sec 以内に 10MΩ 以上復帰

このセンサーは先端のゴム部(φ7.2mm)で微弱な圧力を検出できる。表2に示すように、F-R特性は、無圧時は40MΩ以上、1kgf負荷で約2kΩ程度に飽和到達する。小型で微圧の検出が可能であることから、一般的な用途としては、物体接触の検出や指先の接触圧力の検出、タッチスイッチ(触覚センサー)などがある。

通常は負荷数kgf以下のレンジで微圧を抵抗値にて検出するが、今回はこの特徴を、人が踏むことによる加圧の有無の検出に利用した。微圧でも検出可能であることから、図5に示すように、緩衝材や板などを層状に組み合わせ、一個のセンサーで、ある程度の面積(30cm×40cm)内にかかる圧力有無を検出するように擬似“感圧マット”を作製した。マットを複数使えば広範囲にわたる動態をモニタリングすることも可能となるが、今回は特定の場所に限定的に配置し、データの安定性などを試験することとした。



図5 エラストマーセンサーを用いた感圧マット

(4)近距離型赤外線センサー

前年度に導入した焦電型赤外線センサーは、検知範囲が5mと住居内での使用を考えた場合広範囲であったため、より細かく、範囲を近傍に限定した検出を行うため、以下に示す2タイプの近距離型赤外線センサーの導入を検討した。

i)測距センサー

赤外光が当たる位置で抵抗値が変化する受光素子を使うことで、物体までの距離に応じた情報を得られるPSDセンサーGP2Y0A21(シャープ(株))を検討した。GP2Y0A21の外観と、水場への設置例を図6に示す。



図6 測距センサーGP2Y0A21 と設置例

このセンサーはアナログ電圧出力型で、DC4.5～5.5Vの入力電圧に対して、出力電圧の変化により10～80cmの距離を測定することが可能である。電氣的光学特性を表3に示す。

表3 GP2Y0A21の電氣的光学特性

測距範囲	10～80cm
出力端子電圧	L=80cm時 0.25～0.55V Av.0.4V
出力電圧差	L=80→10cmで 1.75～2.25V Av.2.0V
平均消費電流	33mA (最大 50mA)

#### ii) 距離限定センサー

GP2Y0A2とは異なり、検出距離を限定した距離判定型のセンサーとして、AMB1409とAMB240906（パナソニック電工(株)）を検討した。定格の検出距離はそれぞれ10cmと60cmである。その外観と水場への設置例を図7に示す。



図7 距離限定センサーと設置例

このセンサーは負論理のオープンコレクタ出力であるため、外部にプルアップ抵抗として12kΩの抵抗を接続してLレベル（検知）を確定させる形とした。これにより対象物が定格検出距離内に入った時点で、H→Lレベルの検出を行うことが可能となる。

## 2. 複合センサー情報収集システムの再構築

新規に追加したセンサー類を接続するモジュールとしては、センサー類が離隔したケースを想定して、ネットワークを介したシステムを検討した。具体的には、「リモートメンテナンス構築研究」<sup>2)</sup>や「工場内における無線センシングシステム開発研究」<sup>3)</sup>において開発された計測ユニットのカスタマイズ利用を行っていたが、本研

究では高齢単身者宅での使用を前提としていることから、その生活環境、データ通信の安定性及び安全性の面を考慮して、汎用性の高いUSBで接続可能なA/D基板を選択することとした。

A/D基板は、アナログ入力ポート数や可能サンプリングレート等により価格が決まってくるが、本研究開発では複合センサーを利用することから、ある程度のポート数は必要になってくる。前年度導入検討を行った基板DrDAQ（Pico Technology）は、専用のUSB-パラレル変換アダプタによりセンサー情報をUSB接続にて収集可能であり、かつ、光センサー、音センサー、温度センサーが基板上に実装されている。また、外部入力可能なポートとして、抵抗、電圧、BNC及びFCC68 4ピン(×2)を備えており、価格も安価である。前年度は、実装センサーに加えて、電源をON/OFF制御させるリレー基板を連動させた人感センサー(5mタイプ)を電圧入力ポートに追加したのみの動作確認であったため、図8に示すように、今回追加検討したセンサー類をDrDAQの外部入力ポートに割り振り接続し、「複合センサー情報収集システム」として試験することとした。

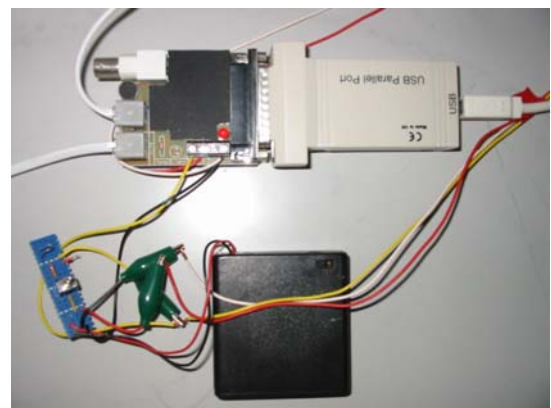


図8 DrDAQを利用した複合センサー情報収集システム

実際のデータ蓄積実験において、本システムに接続したセンサーと接続ポートの関係を表4に示す。

表4 使用センサーと接続ポート

センサー	接続ポート
開閉センサー	抵抗ポート
測距センサー	電圧ポート（スイッチ回路でプルアップ要否切替）
距離限定センサー	
感圧センサー	FCC68 4ピンポート
人感センサー(5m)	FCC68 4ピンポート
音量センサー	(基板上に実装)
温度センサー	(基板上に実装)
光センサー	(基板上に実装)

ドア開による接点开を抵抗ポートで、赤外線による近傍検知（電圧変化）を電圧ポートで、またFCC68 4ピ



ンポートについては、図9に示すようなピン配置となっているが、信号を入力するピン①はプルアップ抵抗を備えているため、電圧でも抵抗でも入力可能である。感圧センサーは抵抗測定なので①②ピンに接続し、人感センサー(5mタイプ)はオープンコレクタ出力で給電も必要になるので、①②④ピンに接続した。

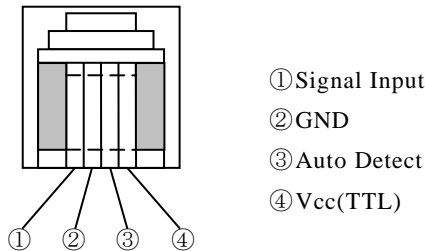


図9 FCC68 4ピンポート

データ通信及び蓄積実験では、図8に示したシステムを小型端末に接続し、複合センサー情報のモニタリングを行うこととした。なお、データ通信の安定性を考えれば、端末～システム間のUSB接続は極力短くするのが好ましいが、試験環境によりシステムが端末から離隔したり、システムを複数導入する必要がある場合、サンプリングレート等によるデータ通信の安定性を検証する必要があるが、USBエクステンダーやネットワークUSB Hubを使用すれば実現可能である。

### 3. 複合センサー監視ソフトの作成

Pico Technology から提供されているライブラリを利用して、接続したセンサー類を監視するプログラムをVBで作成した(図10)。

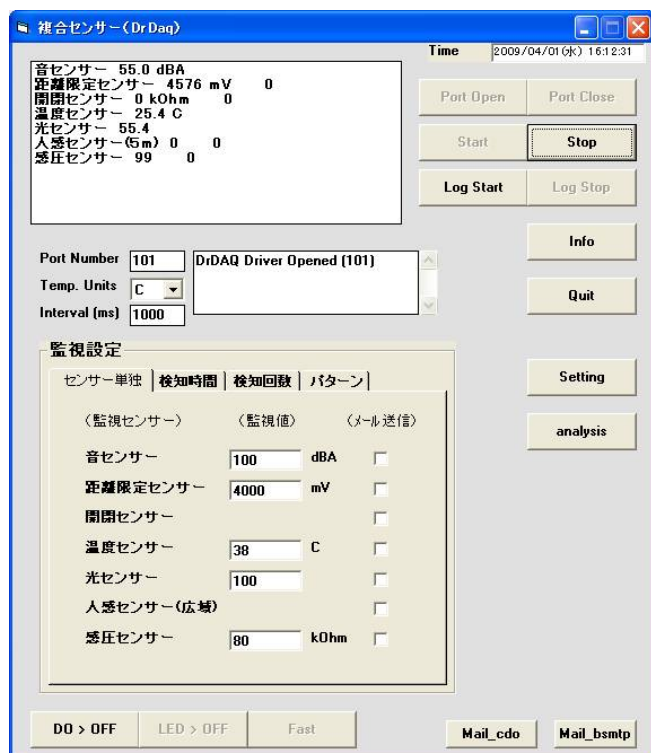


図10 複合センサー監視ソフト

このプログラムでは、センサー値や検知回数などにより、予め設定した値(条件)を満たした場合、その内容をメールにて外部に送信する機能を付加した。なお、データ蓄積機能には、データコントロールにより Jet データベースエンジンを用いた。データ蓄積実験では、前年度使用した情報収集ソフトと本プログラムにより、各センサーの特徴の把握及びセンサー間の相関関係を検討することとする。

## 結果と考察

### 1. 追加センサーの検証

今回導入を検討した四種のセンサーについて、配置場所や動作状況について検討した結果を示す。なお、取得データの考察は次項に記す。

#### (1) 圧電センサー

蛇口でのセンサーの設置箇所については、振動の大きくなる先端付近のエルボ部分が一番良好であった。最終的に図2に示す設置で、試験的に水流による起電圧をオシロスコープでモニターしてみたが、得られる信号は非常に微弱なもので、アンプ導入の必要性があること、また、蛇口に触れたり操作したりする際の振動等の方が大きく、目的である流量の測定を正確に行うのは難しいことなどから、圧電センサーによる水流測定での安否確認は断念した。なお、圧電型加速度ピックアップセンサーの利用も考えられたが、費用対効果の面から本研究開発での採用は不適切であると判断した。

#### (2) 開閉センサー

マグネット式の開閉センサーは、防犯システムなどで広く使用されているため、導入については特に問題はないが、データ蓄積という点で見れば、検知時間(ドア開閉の時間)ができるだけ長い方が、サンプリング間隔を長く取ることができ、データ量を抑えることができる。設置場所については、居室のドア、トイレのドア、冷蔵庫のドア等が候補に挙がるが、データ蓄積実験では、動作時間が比較的長いと思われる冷蔵庫のドアに設置した。

#### (3) 感圧センサー

このセンサーについても、検知時間をできるだけ長く取れることを前提にすると、人がある程度留まるような場所が設置候補となる。具体的にはトイレの床や台所の床などが考えられる。データ蓄積実験では、火元の使用状況(食生活に関する情報)に関する情報を得るため、キッチンのコンロ前の床に設置した。

#### (4) 近距離型赤外線センサー

圧電センサーによる水流量観測は断念したが、水使用の情報を得るため、本センサーを使用した。データ蓄積実験では、食生活の情報としてキッチンのシンク部に設置した。測距センサーと、10cmの距離限定センサーは、シンクの形状や蛇口の位置などに影響され、思ったほど

正確な測定ができなかったため、60cmの距離限定センサーを蛇口後ろに配置した(図7)。これにより、シンク上に手をかざした時など、シンクの縁より前に体が入った際に検知するので、シンクを使っている時、つまり、殆どの場合「水を使用していること」の代替にできる。

2. 複合センサー情報収集システムのデータ蓄積実験

図8に示す複合センサー情報収集システムを利用して、三ケースについて、表5に示すセンサー配置で5~7日間のデータ蓄積実験を行った。

表5 実験場所とセンサー配置

	ケース1	ケース2	ケース3
↓センサー	職場(2人)	一般家庭(4人)	高齢者宅(2人)
開閉	入口※	冷蔵庫	→
距離限定	シンク部	→	→
感圧	コンロ前床	→	→
人感(5m)	居室	居間	→
音・温度・光	居室	居間	→

※冷蔵庫の使用が殆どないため居室入口とした。

ケース1は追加センサーの検討を兼ねた参考データである。各ケースにおける結果を図11~13に示す。各図には7つのグラフが表示されているが、上から音センサー、距離限定センサー、開閉センサー、温度センサー、光センサー、人感センサー(5m)、感圧センサーの測定値で、サンプリング間隔は5秒である。なお、追加したセンサー類は、今回の使い方では検知/非検知の2値データに留まるが、センサーの動作状況を確認するため、電圧値もしくは抵抗値のまま表示してある。追加センサーの検知/非検知と測定値の関係を表6に示す。

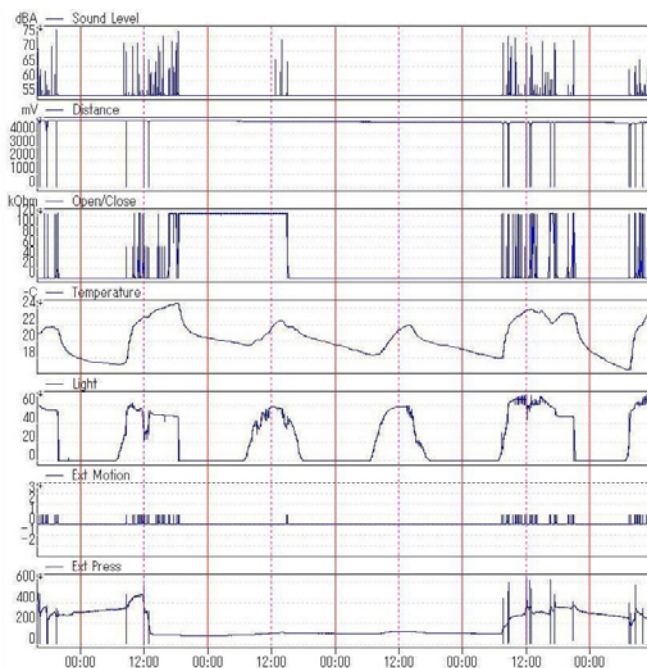


図11 複合センサーデータ蓄積実験(ケース1)

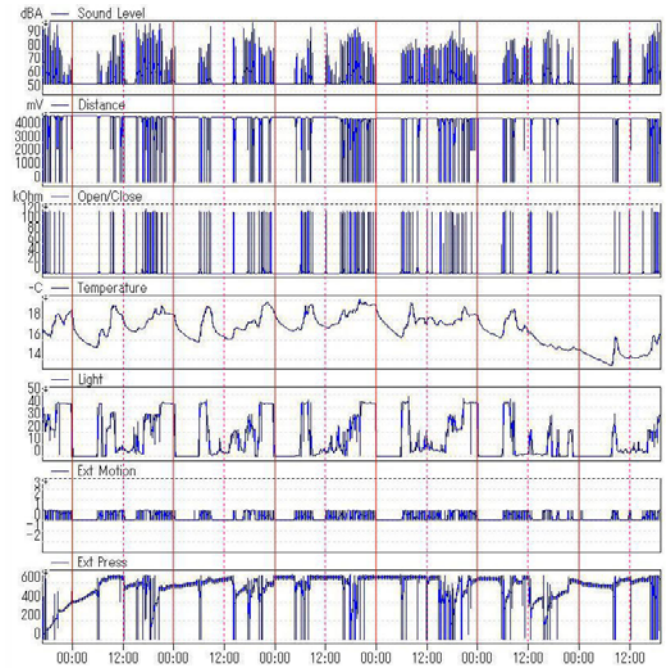


図12 複合センサーデータ蓄積実験(ケース2)

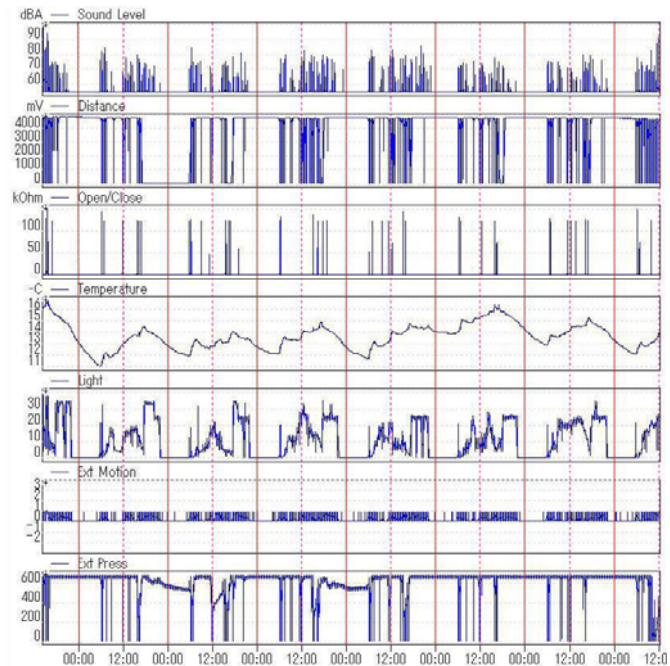


図13 複合センサーデータ蓄積実験(ケース3)

表6 追加センサーと測定値

センサー	検知時	非検知時
開閉センサー	約 120kΩ	0kΩ
距離限定センサー	約 10mV	Vcc(5000mV弱)
感圧センサー	10~数十 kΩ	約100kΩ以上※

※通常約 600kΩ台だが、残圧で低目になる場合あり。

図11~13を見ると、特にケース2, 3で一日ごとのセンサー波形、つまり、一日の生活パターンが概ね同様になっている事が分かる。この傾向は、ケース3の高齢者宅で強くなっているが、これは、外出も含めた活動範囲が狭いこと、「日課」の安定性が高いこと等が関係していると考えられ、高齢単身者では更に強まるものと思われる。なお、一般家庭でのデータは、その年齢構成や人



数も影響して検知頻度が高くなっている。

追加したセンサー（開閉、距離限定、感圧）は、それぞれ冷蔵庫、水、コンロの使用頻度としてカウントすることができるので、質的データとして有効であるが、全て主に食生活に係わるものであったため、図 14 に示すように、時系列的には相互に重なりが多くなった。安否確認という点では、トイレ周りやキッチン以外の水場に配置するなどして、更に異種の生活情報を得ることで、情報の精度向上が図れるものと思われる。

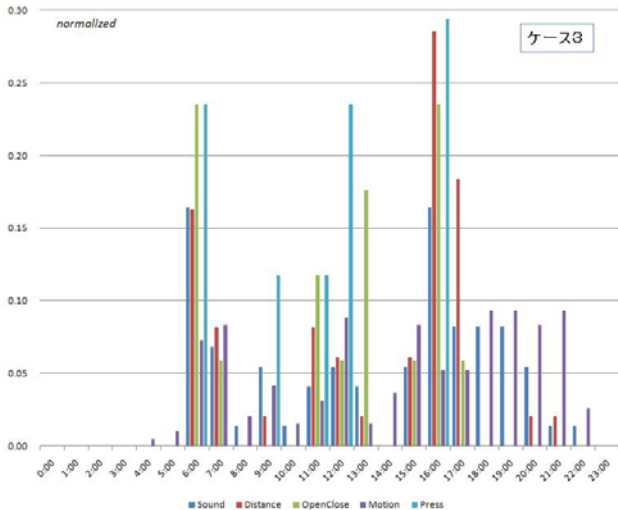


図 14 時間別の各センサーの検知頻度

### 3. 複合センサー監視ソフト

安否確認のアルゴリズムとしては、確立されたものはないが、2 のデータ蓄積実験結果からも明らかなように、生活環境や個人差によって、監視項目などをカスタマイズする機能は必要不可欠である。作成したプログラムでは、図 15 に示すように、「監視設定」として、センサー値、検知時間、検知回数によってセンサーに重み付けを行い、設定したこれらの“しきい値”に掛かった段階で、その内容をメールにて予め登録した連絡先に送信する。なお、設定画面上で、メール送信のチェックをつけることで、複数のしきい値について組み合わせて監視設定を行うことができる。



図 15 複合センサー監視ソフトにおける監視設定

実証試験を積み重ねて、対象者の通常時や異常(不調)時などの生活パターンを、より正確に把握できれば、そのパターンを予めデータベースとして登録しておき、重要度・緊急度に応じた“しきい値”に結び付けていくことも想定しているが、採用するセンサー類は、いわゆる、直接的に健康状態を計るものではないので、特定健康診査などの具体的な指標が適用できる訳ではなく、やはり個々のケースに応じたカスタマイズは必要となる。

## ま と め

複合センサーを利用した高齢単身者向けの安否確認システムについて、安否確認の精度向上を図るため、異種のセンサーの追加と情報収集システムの再構築を行うとともに、実地にてデータ蓄積実験を行った結果、以下の成果を得た。

1. 追加した開閉センサー、感圧センサー及び近距離限定型赤外線センサーを、それぞれ冷蔵庫のドア、キッチンのコンロ前の床及びシンク部に配置した実地試験から、既採用のセンサー情報に吸収されない、新たな情報（主に食生活に関する情報）が得られ、安否情報の精度向上に有効であることを確認した。
2. データ蓄積実験で得られるセンサー波形は、対象の生活パターンを反映しており、家庭においては日々ほぼ同様の形となり、この傾向は高齢者宅で強くなることが分かった。
3. 接続したセンサー類を監視し、センサー値、検知時間、検知回数をしきい値としてセンサーに重み付けを行い、設定したこれらのしきい値に応じて、その内容をメールにて登録先に送信するプログラムを作成した。

## 文 献

- 1) 武田直樹：複合センサー利用安否確認システムの開発研究(第1報),愛媛工業系研究報告,**46**,40-42(2008)。
- 2) 菊地敏夫,仙波浩雅：リモートメンテナンス構築研究,愛媛工業系研究報告,**43**,1-6(2005)。
- 3) 坂本勝,中河三千代：工場内における無線センシングシステム開発研究,愛媛工業系研究報告,**46**,34-39(2008)。
- 4) 熊谷悦生,舟尾暢男：Rで学ぶデータマイニング I (九天社)(2007)。