

ライフログによる居住者安否確認システムの開発 Safety Confirmation System Using Lifelog

勝倉 真十
Makoto Katsukura

小川 雄喜十
Yuki Ogawa

樋熊 利康十
Toshiyasu Higuma

久代紀之十
Noriyuki Kushiro

1. はじめに

人間の生活がデジタルデータとして記録されたライフログは、近年、非常に注目されているが、いまだ有効な活用方法が見いだせていない。筆者らは、これらのライフログを活用した居住者の安否確認システムを開発し、その適用可能性および技術的な課題について検討を行っている。

人間が住居内にいる場合の安否確認の方法については、これまでも多数の研究開発がおこなわれている。大きく分けると、人の動きを検知するものと、生活関連製品の利用状態を検知するものの2つがある。人の動きを検知するものとしては、起床・就寝などの生活イベントを圧力センサで検知するもの[1]、赤外線による住宅内における位置センサ、行動センサの無応答時間の継続を利用したもの[2]、さらには、季節変動を加味したもの[3]などがある。また、人の脈拍などを生体センサを用いて計測するもの[4]などがある。

生活関連製品の利用状態を検知するものとしては、電気機器の利用を感知するものとして、テレビの使用状態を用いるもの[5]、水道、ガス、電気の使用状況から異常を検知するもの[6][7]などがある。

どちらの方法も、居住者が在宅中なのか、外出中なのかを見極めることはできないため、玄関の人感センサの反応を利用して外出を推測する方法[8]などが提案されているが、外出を高い精度で推定することは、いまだ難しい。また、いずれの方法もセンサを多数取り付ける必要があり、コスト面で実用化が難しい。

これに対して、既設の設備から容易に取得可能なデータを元に、安否確認を行う方法を構築するデータ主導のアプローチに注目が集まっている。ライフログを使用して複合的に安否確認を行うシステム[9]や、電気の使用量のみから安否確認を行う装置[10]などが提案されている。

電気の使用量から安否確認を行う方法は、人間の生活にかかわる家事(食事、掃除、洗濯など)を行う際に、効率化のために居住者が積極的に電化製品を利用する可能性が高い点に注目したものである。生活行為を補助するための家電製品(生活家電)の世帯普及率は、電子レンジ 95.4%、電気掃除機 96.8%、洗濯機 98%、ルームエアコン 83.1%と、非常に高い[11]。これらの生活家電は、消費電力が大きく、使用エネルギーの調整を行うため、電力の変動(数分単位で何百Wも使用電力が変化する)も大きい。このため、住宅内の電力の変動量に着目することにより、電力の使用量を監視することで居住者の活動の有無を推定することができる。昨今では、HEMSなどのエネルギー管理システムが普及してきたこともあり、これまでのよりも容易にデータの取得ができる環境が整ってきている。さらに最近では、居住者のスマートフォンや携帯電話のGPSによる位置情

報の活用を行った研究も活発に行われており[12]、これらの位置情報を元に、居住者の在宅・外出を推定することができれば、安否確認対象者が在宅中でも外出中でも区別なく、安否確認サービスを実現するシステムを構築することができると考えられる。ただし、商用化するためには、プライバシーに注意する必要がある。居住者の位置情報をそのまま送信するのでは、悪用された場合などに危険である。これらの情報は、個人が特定できない程度に個人情報に隠ぺいされている必要がある。

以上より、筆者らは、携帯電話のGPSによる位置情報と、電力使用量を合わせた安否確認システムを構築して実証試験を行い、これらをシステムとして組み合わせるための課題について検討を行った。ここで、リサーチクエスチョンを下記に2点まとめる。

Q1: 携帯GPSログによる外出/在宅推定は可能か?

携帯電話のGPSはそれほど精度が高くない。特に、室内にいる場合には誤差が大きくなるのが懸念される。著者らが、実証試験に使用した携帯電話のGPSによる位置情報の精度を事前に検証したところ、屋内の1点に固定した携帯電話の位置情報は、正規分布のパラつきを持ち、標準偏差 60m、95%信頼区間 100m という結果であった。サービス提供者は、屋外で 10m 程度の誤差としている機種である。また、家の大きさは、平成 20 年の住宅土地統計調査[13]によると、全国の1住宅当たり延べ面積は 94.13 平米である。住戸を正方形とした場合でも、10m×10m となる。家の大きさよりもGPSの誤差の方が大きいのである。居住者は受信環境の良いところと悪いところを出たり入ったりするため、この場合のGPSによる位置情報のログの問題点を明らかにし、居住者の外出/在宅の推定に使用可能かどうかを明らかにする必要がある。

Q2: 消費電力ログによる活動有無の推定は可能か?

電気製品の使用は散発的である。どれぐらいの時間、どのタイミングで電気が使用されるのか。電化製品には、冷蔵庫のように自動的に運転・停止を行う機器もある。これらの機器は、安全設計上の観点から、使用電力は小さく、電力の変動は緩やかである。一方、人が直接操作して使用する生活家電は、大きなエネルギーを短時間に必要とするため、電力が大きく変動も激しい。このように、電力が大きく変動が激しい状態を「人が活動している」と推定した場合の安否確認システム上の問題を明らかにしておく必要がある。

2. 居住者安否確認システム

筆者らのライフログを活用した安否確認サービスの提供システムのコンセプトについてまとめる。サービス需要者の生のライフログには、その個人を特定可能なプライバシーを含む情報を含んでおり、そのままサービス提供者に提供することは危険である。例えば、位置情報(緯度、経

† (株)三菱電機(株)住環境研究開発センター

‡ 九州工業大学 Kyushu Institute of Technology

度)をそのまま提供すると、容易に個人が特定できてしまう。

そこで、信頼を置くことができる中間事業者を置き、ここで個人情報の秘匿化を行い、サービス提供者には個人を特定できない情報のみが提供されるモデルを想定している (Fig. 1)。

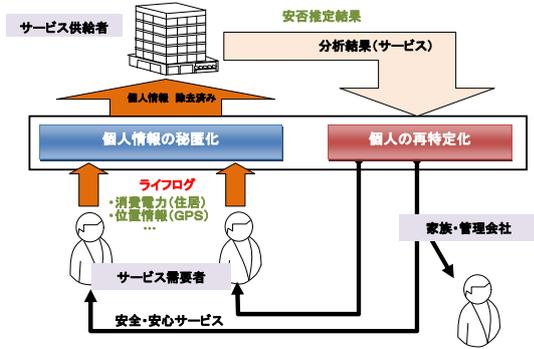


Fig. 1 安否確認システムのサービス提供

2. 1 実証試験システム

次に、本サービス提供のための実証試験システムを Fig.2 に示す。実証システムでは、被験者が GPS 機能を備える携帯電話を持ち、これらの情報を随時基地局に送信する。次に、被験者宅の電力を随時計測し、PHS により、数時間~1日に1回の割合で基地局に送信する。基地局では、送信されてきた位置情報を個人情報秘匿化システム (PIS: Personal Information System) で加工して、居住者の住居からの距離に換算し、実証サービスプロバイダ (FTSP: Field Test Service Provider) に提供する。位置情報には緯度、経度、携帯の ID が含まれているため、個人情報秘匿化システムが管理している各住戸の緯度、経度の座標と、位置情報との差分を計算し、自宅からの距離に置き換え、その後、ワンタイムの ID を付与して、電力情報と合わせて、実証サービスプロバイダに提供する。

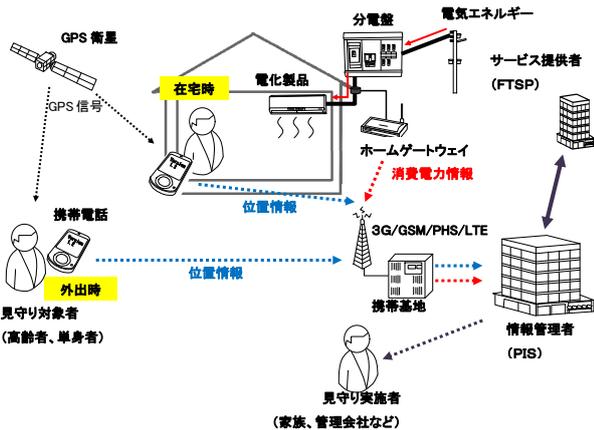


Fig. 2 安否確認実証システム

実証試験装置 (Fig.3) は、床に置くタイプの設置型で、分電盤に CT などを取り付けて使用する。電圧は通常のコンセントより取得する。PHS機能を搭載しており、外からデータを遠隔で取得できる仕組みとする。

試験対象となる被験者の方には、GPS を搭載した携帯電話を所持していただく。実証システムでは、これらの位置情報を PIS が取得、個人情報の秘匿化を行って FTSP に受け渡す。

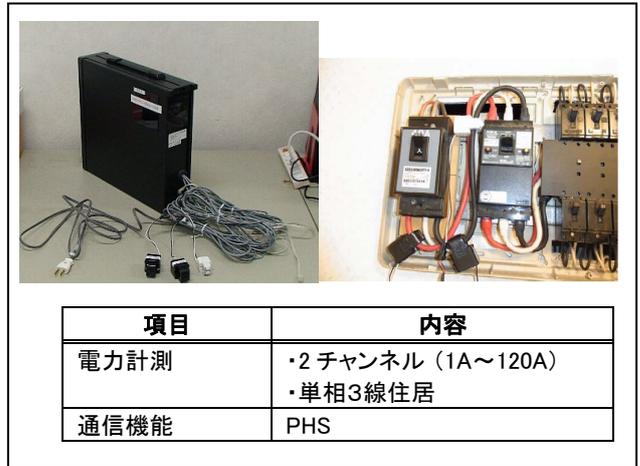


Fig. 3 電力計測試験装置

FTSP では、取得した情報を元に安否の確認を行い、結果を PIS に戻す。PIS は、各 FTSP から受け取った分析結果を WEB によりサービス受領者に提供する (Fig.4)。

項目	内容
状態の推定結果	推定不可・安全・危険など、最新の推定結果を表示
判定日	安否の判定を行った日時
優先度	最後に安否判定を行ってからの時間によって、出勤の優先度を付ける
物件名	物件の名前
部屋番号	部屋番号
名前	居住者の氏名
電話番号	居住者の電話番号
メールアドレス	居住者のメールアドレス
出勤要請	出勤要請が必要な場合、近隣住民による確認依頼など

Fig.4 PIS による分析結果の表示内容

PIS が結果を表示する方法は、利用者の属性によっていくつか存在する。Fig.4 に示している画面は、安否を一括管理するマンション管理用の画面であり、各住戸の安否確認結果が一覧できるようになっている。特定の家族だけに分析結果を見せたい場合などは、ログイン認証にて該当する情報だけを表示する。

PIS の重要な役割は、FTSP が行った分析の結果と、個人情報情報を再度リンクさせることにある。

PIS は、警告発生時のメール配信も行う。これにより、WEB を見ない場合でも警告情報を受け取ることができる。ただし、PIS はあくまで情報発信、管理を目的とするため、対象者宅への確認者の派遣などは、ユーザーが判断して行う。このため、電力情報や位置情報などの生データも WEB 経由で閲覧することができる。

3. 実証試験と分析

3.1 試験内容

前述した実証試験システムを用いて、実フィールドにおけるシステムの検証を行った。本実証では、安否確認需要の高い、一人暮らし世帯を対象として行った。

Table. 1 試験対象

項目	内容
期間	2011年1月~2月
日数	42日間
対象者	一人暮らし
対象者数	5件

各被験者の自宅の位置は、各被験者の住所から緯度・経度を算出して大まかな位置を算出し、試験開始の最初の1日の位置情報から詳細な緯度経度を決定した

3.2 在宅推定の検討

42日間の試験による在宅推定の検討結果についてまとめる。まず、GPSによる誤差のパラつきについて評価した。対象の5件について、夜間在宅時(深夜2時~4時)について、外泊した日を除いた、GPSによる自宅からの距離と、延べの滞在時間について Fig.5 にまとめる。なお、該当時間帯に外出はなかったことを確認している。

5件の全てにおいて、0[m]~400[m]近辺でGPSによる位置情報がばらつくことが確認された。自宅からの距離と、その含有率を Fig.6 にまとめる。

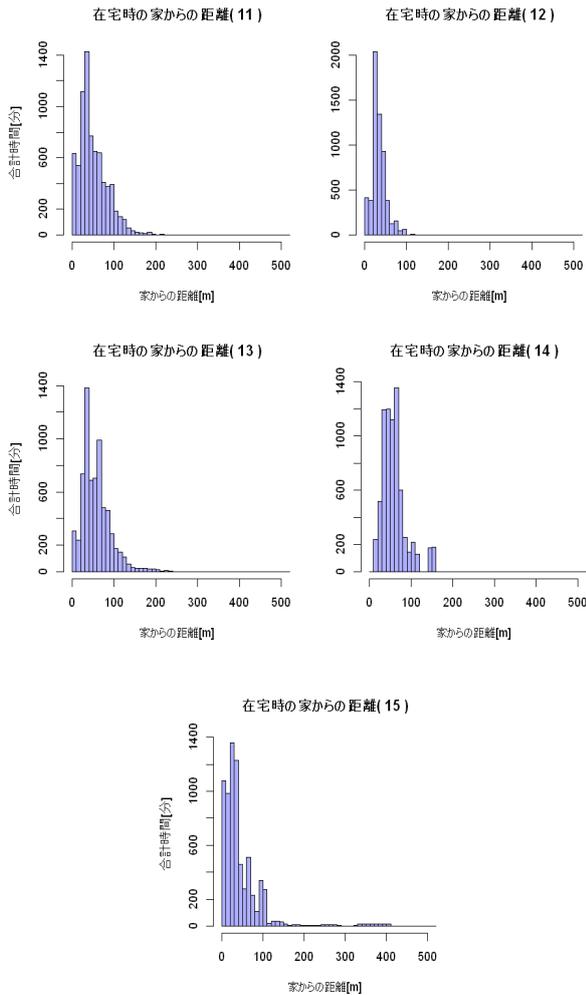


Fig. 5 42日間の在宅時の自宅からの距離結果

在宅時の自宅からの距離と含有率

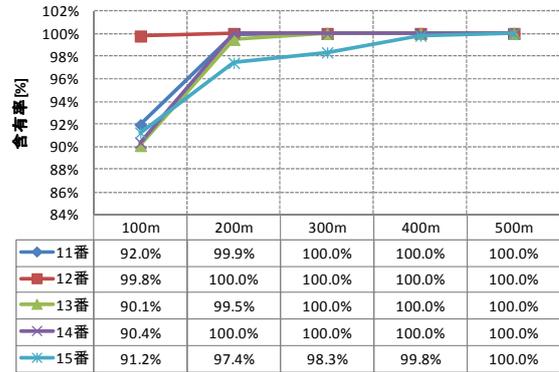


Fig. 6 在宅時の自宅からの距離

以上により、GPSによる位置情報では、400m程度の誤差を考慮に入れて、在宅・外出の判定を行う必要がある。

次に、日中のGPSによる自宅からの距離について、Fig.7にまとめる。日中は遠方に出かけることもあるため、横軸を対数としている。また、図中の矢印は自宅から400[m]の地点を示している。おおむね、400[m]近辺で合計時間は底になっており、ここが在宅・外出の分岐点と言える。400[m]よりも遠い地点に行くにつかみられる合計時間が長い箇所は、居住者が良く利用する駅前のデパートや別居する家族の家(たびたび外泊するため滞在時間は長い)などである。

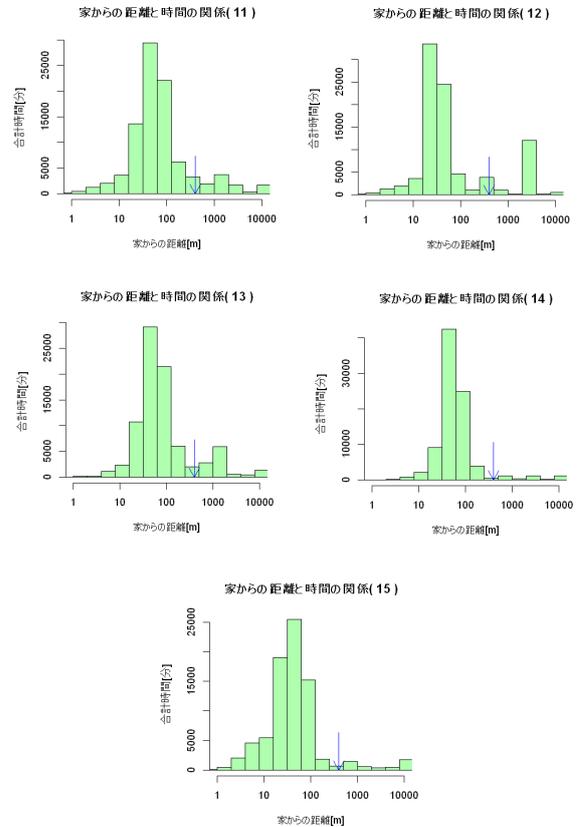


Fig. 7 42日間の自宅からの距離結果

3.3 電力変動による安否確認

次に、電力変動の分析結果についてまとめる。電力変動の定量化方法は Fig.8 の通り。すなわち、一定時間間隔毎に計測した電力値 $P(t)$ (瞬時電力) について、Maximum-overlap 法の Wavelet 変換により異なるレベルの信号に分解する ($P_k(t)$)。そして、それぞれのレベル毎の信号の強度が一定の割合以上である場合に、電力の変動が大きいとする。この場合、単一の周期の変動よりも、周期の異なる変動が多数含まれる方が、「電力の変動が大きい」とされる。

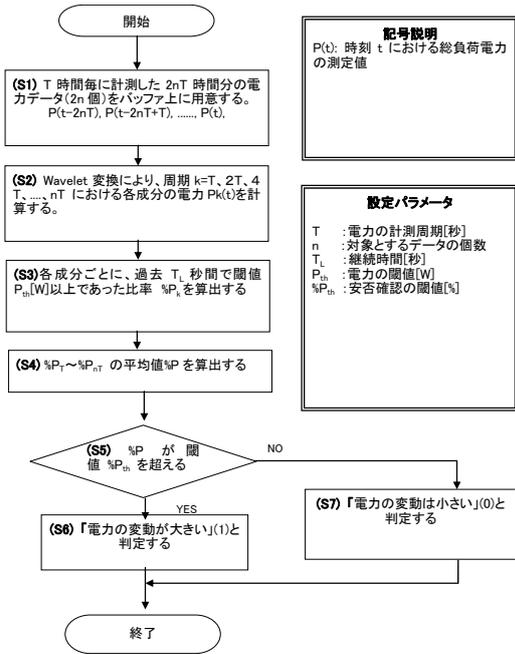


Fig. 8 電力の変動量の定量化

以上により電力の変動量を定量化し、マップとして表示したものが Fig.9 および Fig.10 である。横軸が 0 時~24 時を示し、縦軸が試験開始日からの日数を示している。11 番の場合、毎日同じような時間に電力の大きな変動が観測されている。時間帯としては、主に朝食時間帯が多い。一方、14 番の場合、電力変動が観測された時間帯はまばらであった。

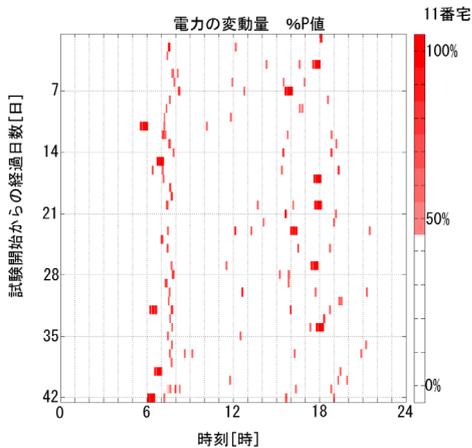


Fig. 9 電力の変動記録(11番)

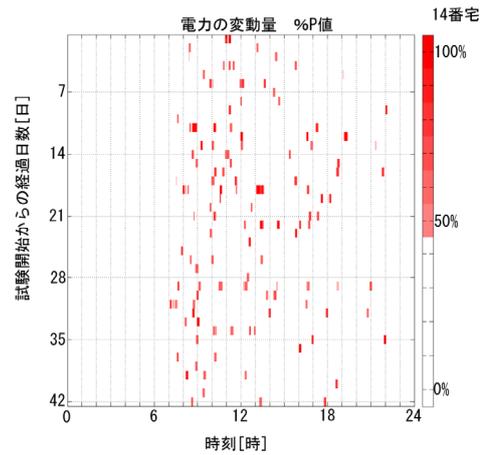


Fig. 10 電力の変動記録(14番)

5 件全てについて、各時刻毎に、電力変動がどの程度の確率で発生していたかを Fig.11 にまとめる。11 番の住宅などでは、7 時の発生確率は 80% を超えるほど高く、時刻による電力変動の発生確率にメリハリがついている。一方で、14 番の住宅などでは、ピーク時間帯でも、40% の割合でしか電力変動が観測されていない。

時刻毎の電力変動発生率

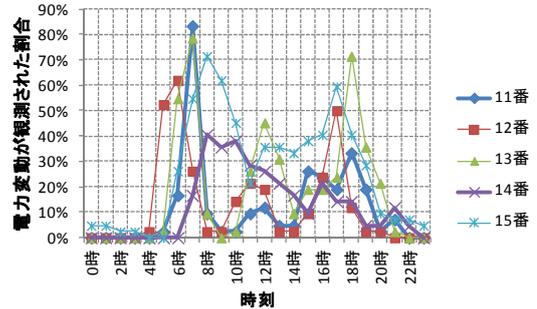


Fig. 11 電力変動の発生確率(42日間)

4. 考察

以上を元に、リサーチクエストに対する考察を行う。

・検証1: 携帯 GPS ログによる外出/在宅推定は可能か?

今回の実証試験により、400m 以上の外出は GPS により検出することができる。この 400m という数字は、携帯電話のメーカーや種類に多少の影響を受けるものと思われるが、いずれにしても、受信環境が室内であること、家の大きさが 10m 前後と小さいことを考えると、近所(400m 以内)への外出を正確に推定することは困難である。しかし、近所への外出は、滞在時間が短い (1 日以内) のため、日単位での安否確認には概ね問題ないと考えられる。したがって、自宅の近隣に第二の住居 (例えば家族の家など) がある場合など、特殊な事情がある場合のみ注意が必要である。

・検証2: 消費電力ログによる活動有無の推定は可能か?

電力の変動は、朝食時間帯において、高頻度に検出された。このタイミングでは、電化製品の操作が頻繁に行われるためと考えられる。一方、昼食、夕食時間帯については、

住戸によって、高い家と低い家がみられた。昼食や夕食については、住人の生活パターンによる違いが反映されてしまうためではないかと考えられる。例えば、外出を頻繁に行う家では、昼食時間帯における変動の発生は低頻度になることが想定される。また、居住者が活動しない深夜時間帯や外出時には電力変動は観測されなかった。

以上より、電力変動を用いる方法は、居住者の活動を検出するのに利用可能である可能性があると考えられる。ただし、短い時間で検出するのは難しく、数日単位での検出を想定する必要がある。また、生活行動から電力変動へ結びつくメカニズムについて、明らかにする必要がある。

なお、24時間以上電力変動が一度もなく、かつ、GPSによる在宅推定で在宅となっていたケースがのべ210日分の試験中で1度だけ発生した。調査したところ、朝、昼、夕のいずれの時間帯においても生活家電を使用していなかった。生活家電の使用有無については居住者の体調、生活リズム、イベントなどに左右されるため、このようなことが発生することはやむをえない。安否確認のシステム上、このような誤警報を減らしつつ、許容する仕組みが必要である。このためには、警報発生時の確認方法を段階的に行うことである。電話による確認～現場への人の派遣まで、数種類の確認方法を段階的に使用することを想定する必要がある。

5. まとめ

安否確認対象者が在宅中でも外出中でも区別なく、安否確認サービスを実現するため、携帯電話のGPSによる位置情報と、電力の使用量を合わせた安否確認システムについて検討を行った。実証システムを構築し、5件の住宅において実証試験を行った。この結果として、位置情報による在宅・外出推定の性能と、電力変動による安否確認の性能について検討を行った。

6. 参考文献

- 1) 春山 和男：電灯線通信とマットセンサーを用いた離床検知通報装置の開発、電気学会論文誌D（産業応用部門誌）、Vol.126, No.11, pp.1507-1513 (2006)
- 2) 品川佳満：赤外線センサの無応答時間を利用した自動緊急通報アルゴリズムの開発、川崎医療福祉学会誌、Vol. 15, No.2, pp.553-563 (2006)
- 3) 品川佳満：季節変動に着目した独居高齢者の在宅行動データの解析、川崎医療福祉学会誌、Vol.16, No.1, pp121-128 (2006)
- 4) 幸島明男：携帯電話を用いたモバイル生体センサデータ解析プラットフォームの構築、情報処理学会論文誌、Vol.51, No.4, pp.1192-1203 (2010)
- 5) 松井 宏行：家族間での見守りのためのテレビ使用状態遠隔モニタリングシステムの開発、生体医工学、Vol.46, No.1, pp.117-125 (2008)
- 6) 松岡克典：住宅内行動の長期蓄積に基づく異常検知手法の検討(高齢者データ処理コンテスト)、電子情報通信学会技術研究報告、MBE, ME とバイオサイバネティクス、Vol. 102, No.726, pp.65-68 (2003)
- 7) 村上肇：日常生活動作の抑制に着目した独居高齢者の体調不良の推定(高齢者データ処理コンテスト)、電子情報通信学会技術研究報告、MBE, ME とバイオサイバネティクス、Vol. 102, No.726, pp.57-60 (2003)
- 8) 古屋雅宏：独居高齢者の生活習慣に基づく少数のセンサによる体調不良日検出(高齢者データ処理コンテスト)、電子情報通信学会技術研究報告、MBE, ME とバイオサイバネティクス、Vol. 102, No.726, pp.53-56 (2003)

- 9) 加藤大智：高齢者を見守るリモート監視システムの提案と実装、第73回全国大会講演論文集、pp.299-301 (2011)
- 10) 中野幸夫：電気の使い方から独居高齢者を見守るシステム(その2) - 総負荷電流の変化の累積度数分布を用いる方法 -、電力中央研究所報告、R05013 (2006)
- 11) 平成21年全国消費実態調査
- 12) 大野雄基：TLIFES を利用した徘徊行動検出方式の提案と実装、情報処理学会研究報告、GN,[グループウェアとネットワークサービス]、Vol. 2013, No. 12, pp.1-8 (2013)
- 13) 平成20年住宅・土地統計調査