

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00128

研究課題名(和文) ライフログに基づくプライバシーを考慮した高度な見守りシステムの研究

研究課題名(英文) A study on monitoring systems with privacy protection control

研究代表者

阿部 匡伸 (Abe, Masanobu)

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：70595470

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：少子高齢化社会への移行に伴い見守りシステムの必要性が高まっている。本研究では、プライバシーを考慮できる見守りシステムを検討した。特徴は、長期間に渡って蓄積したGPSデータからユーザの生活圏を自動推定し、生活圏を量子化(GeoHex)表現することでプライバシー制御を可能とし、見守る量子化レベルをユーザの行動に基づいて適応的に変更できる点にある。生活圏の推定アルゴリズムはF値0.85程度の性能を得た。また、見守る側と見守られる側での量子化レベルの好みの実験を行い、見守られる側ではユーザ依存性が大きいことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, we try to develop a monitoring system that takes into account privacy issues. The monitoring system uses a living area and controls the degree of watching over and privacy protection by changing the granularity of the living area. The living area is defined a set of home, frequently visited place of stay, and travel route connecting them. We proposed an algorithm to generate the living area using GPS data collected for a long period. Experimental results show that the proposed algorithm can estimate living area with a precision of 0.85.

We also carried out questionnaire on user preferences in terms of the monitoring and privacy protection levels used these living area. Experiment results showed that the people on the monitoring side wanted the monitoring system to allow them to monitor in detail. Conversely, it was observed for the people being monitored that the more detailed the monitoring, the greater the feelings of being surveilled intrusively.

研究分野：ライフログ情報処理、音声情報処理

キーワード：生活圏 見守り GPS ライフログ 認知症 徘徊

1. 研究開始当初の背景

核家族化や女性の社会進出が相まって、家族による高齢者や児童の見守りが手薄になってきている。高齢者に関しては、認知症といった知的な衰えの問題が新たに顕在化し、2012年度には1万人にも及ぶ認知症患者が行方不明として警察に届け出された。児童の見守りに関しては、不審者による被害が後を立たないため、PTAによる通学路の監視や、親による送り迎えなどが行われている。このように見守る場面が増加するとともに、見守る側の負担を軽減するために、見守りシステムの必要性が高まっている。

2. 研究の目的

この状況に対処するために情報通信技術 (ICT) を利用したシステムが開発されている。現状のシステムは携帯電話や携帯端末を児童や高齢者に持ち歩かせて、見守り範囲を逸脱した場合に、親などの見守り側に通知が届く。しかしながら、現状の見守りシステムはあまり普及していない。その理由の第一は、見守り範囲の設定法にある。簡易な設定法として家から半径〇〇以内という方式があるが、これは見守り領域が大まか過ぎる点に問題がある。他の設定法は通過地点の登録である。この方法は詳細な設定を可能とするものの、見守る都度に領域の設定が必要であり、かつ、設定が煩雑である点が問題である。

第二の課題は、プライバシーの問題である。見守られる側は、詳細な見守りほど監視されていると感じ、見守りシステムの利用を躊躇する。このため、見守りシステムが利用されなくなる。見守りシステムでは見守られる側のプライバシーが配慮できなければならない。

本研究では、上記に述べた二つの課題を解決できる見守りシステムの実現を目指す。

3. 研究の方法

見守り範囲の設定には、生活圏を活用する。生活圏とは、ユーザが日々の暮らしで頻度高く訪れる場所と頻度高く利用する経路であり、ユーザ自身が日々持ち歩くスマートフォンやGPS端末から得た位置情報を用いて統計的な処理で自動的に生成される。また、プライバシーの考慮は生活圏を表現する領域の粒度によって制御する。即ち、粒度が細かければ、ユーザがどこにいるかを詳細に知ることができるが、粒度が粗ければユーザのおおよその存在地域を示すに過ぎない。また、認知症患者の見守りでは、認知症が進行するにつれて生活圏の粒度を細かくして詳細な見守りを行う。

4. 研究成果

(1)生活圏抽出アルゴリズム

① 位置情報とその量子化 GPS (Global Positioning System) データは30秒間隔で取得する。また、得られる位置情報情報は、誤差と「ゆれ」を含むため、同じ場所に留ま

ったり、同じ道を通った場合でも、全く同一の値を取るわけではない。そのため頻度を考慮するには不都合である。そこで、GPSデータをGeoHexコードに変換して利用する。GeoHexコードとは、地球の表面を正六角形の領域で表現する量子化方式である。また、表1に示す如くGeoHexコードは量子化領域を変更することが可能である。このHexレベルによりプライバシーの配慮を実現する。

表1 Hexレベルと大きさ

Hexレベル	Hexの面積 (m ²)	内接円の半径 (m)
10	1.07 × 10 ³	17
9	9.60 × 10 ³	53
8	8.64 × 10 ⁴	156
7	7.78 × 10 ⁵	476

② 生活圏の定義 位置情報をGeoHexで量子化後に、移動速度によって、滞在状態 (滞在Hex) と移動状態 (移動Hex) に分類し、その頻度を数え上げる。なお、移動速度が速い場合は、移動Hexが飛び飛びとなるため、直線補間処理により移動Hex間にHexを挿入し、移動Hex同士がHexで連なるようにする。また、滞在Hexの中で、滞在地が自宅であるものを特に自宅Hexと呼ぶ。

生活圏の定義は「自宅Hexと頻度の高い滞在Hex間を移動Hexで連結したもの」とする。この理由は、自宅が人間の生活の中心であることと、頻度の高い滞在地は生活圏に含まれると考えられるからである。また、ある滞在地にはそこに到達するための移動経路が必ず存在する。つまり、自宅Hexからいくつかの移動Hexを経由することで滞在Hexに到達可能なはずである。

③ 生活圏生成アルゴリズム 移動経路の抽出という問題を経路探索問題ととらえて、自宅Hexから頻度の高い滞在Hexに至る経路の総コストが最小となる移動Hex系列を探索する。ここで、コストとは各移動Hexの持つ頻度の逆数である。また、1つの経路を選んだ後、経路に利用された移動Hexのコストを2倍に設定し、再度探索試みる。これは、自宅Hexから頻度の高い滞在Hexへの経路が複数ある場合を想定した処理である。この繰り返しは、総コストがある閾値に達するまで行う。この探索を、全ての頻度の高い滞在Hexに対して行う。

④ 評価実験 3名のユーザが1年間に渡って収集したGPSデータを用いて、生活圏抽出実験を行った。頻度の高い滞在Hexを地図上に表示して被検者に生活圏と考えられるものを選択させ、自宅からの経路も記入させた。これを正解データとして、アルゴリズムを評価した。

図1に繰り返し回数を制御する閾値と生活圏抽出精度を示す。閾値が10程度でF値0.8となる。これは頻度の高い滞在地への経路は生活圏の中に複数あることを示している。ま

た、表 2 に閾値を 10 とした場合の F 値を示す。従来法（単に頻度のみで生活圏を抽出する方法）に比べると、高い F 値が得られている。以上の結果から、提案方式の有効性が確認できた。

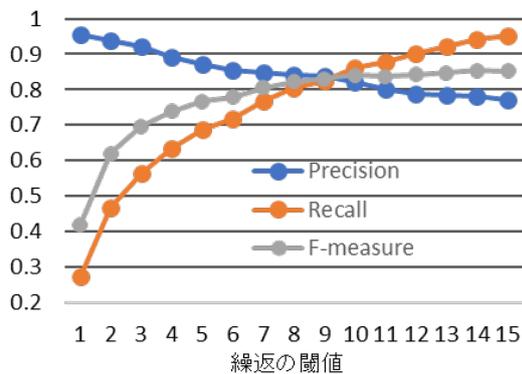


図 1 生活圏抽出精度と繰返し探索の関係

表 2 生活圏抽出精度

	Precision		Recall		F-measure	
	従来法	提案法	従来法	提案法	従来法	提案法
User A	0.30	0.84	0.26	0.82	0.28	0.84
User B	0.30	0.82	0.73	0.91	0.43	0.86
User C	0.60	0.81	0.67	0.85	0.63	0.83

(2)見守りシステムにおけるプライバシー

見守り度合いとプライバシーの保護度合いについて、見守られる側と見守る側の観点から、アンケートで評価した。

①アンケート方法 大学生 14 人によるアンケート評価を行った。アンケート評価実験では、ユーザ 3 人の生活圏を Hex レベル 10 から 7 で表示して、見守られる側と見守る側の両者の立場で行った。図 2 にあるユーザの生活圏を例として示す。見守る側では、自分の母親が認知症であると想定し、どの程度の Hex レベルが適切かを 5 段階評価させた。また、見守られる側では、被検者が認知症であると仮定して、どの程度の Hex レベルで見守って欲しいかを 5 段階評価させた。この 2 つの実験は、日を変えて行った。

②実験結果 図 3 に見守る側、図 4 に見守られる側の評価結果を示す。図 3 に示すように、見守る側では詳細な見守りの評価が高い。また、標準偏差が小さいことから、見守る側の求めている見守り度合いに個人差は小さいと考えられる。一方、見守られる側では、図 4 に示すように、全体的な傾向としては、曖昧な見守りの評価が高く、見守る側では詳細な見守りの評価が高いと言える。しかしながら、標準偏差が大きいことから、見守られる側の求めている見守り度合いに個人差が大きいと考えられる。

実験結果を詳細に分析したところ、Hex レベル 7 を Hex レベル 8 よりも高く評価した人(グループ A) と、Hex レベル 7 を Hex レベル 8 よりも低く評価した人(グループ B) がいた。アンケートの評価理由を確認すると、

グループ A の意見は、見守られる必要性は無いと感じており、安全の確保よりもプライバシーを重視したいとのことであった。グループ B の意見は、Hex レベル 7 の生活圏では Hex レベル 10 の生活圏に比べて、余分な部分が含まれすぎており、見守りとしては大まか過ぎるとのことであった。つまり、何かあった時に救助が来るまでに時間がかかる不安が大きいとのことである。

以上の結果から、見守りの粒度を変えることによって、ユーザはプライバシーの保護ができることが明らかとなった。また、その程度は個人に大きく依存しており、個人の好みに対応できる機能が必要であると言える。

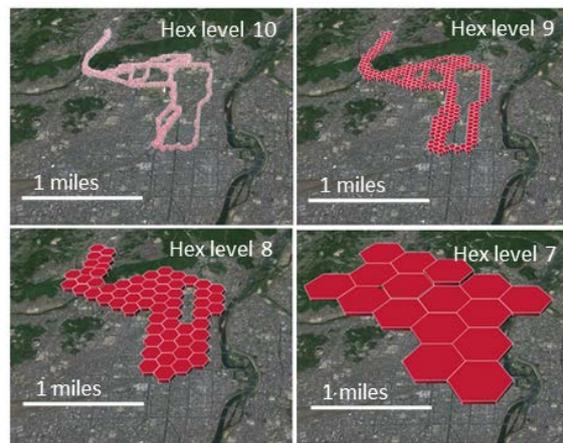


図 2 異なる Hex レベルでの生活圏

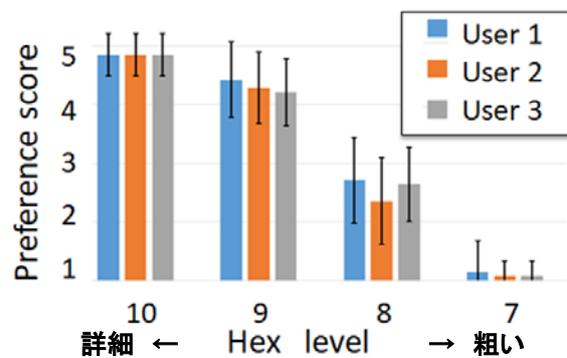


図 3 Hex レベルと好みの関係 (見守る側)

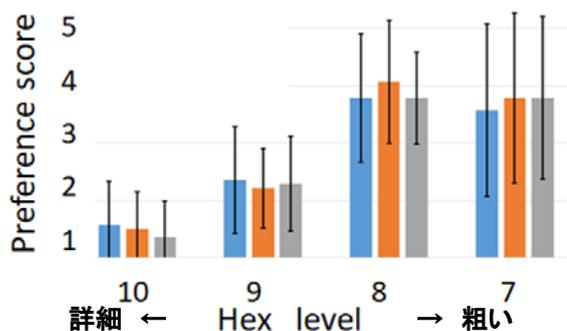


図 4 Hex レベルと好みの関係 (見守られる側)

(3) 2つの粒度の生活圏に基づく見守りシステム

認知症の特徴は病気の進行が長期間に渡り漸次的であること、良い状態と悪い状態を行き来しつつ悪化していくことである。また、初期ステージでは自立的な生活が可能であるが、後期ステージでは自らの状態を判断することが困難となる。従って、初期ステージでは患者はプライバシーの観点から大まかに見守られることを好む。また、後期ステージに進行するにつれて見守る側は詳細な見守りを期待する。

これらの要求条件から、2つの粒度の生活圏に基づく見守りシステムを提案した。図5に概略を示す。まず、粗い粒度の生活圏（紫色）は、見守り機能に利用する。即ち、見守られる側がこの生活圏から外れた際に、見守る側にアラートを送る。一方、細かい粒度の生活圏（白色）は、徘徊行動の検知に用いる。つまり、見守られる側がこの生活圏から逸脱した回数を一定期間カウントし、閾値を越えたときに、徘徊回数が増えたために認知症が進行したと判断する。進行したと判断した場合、粗い方の粒度を下げ、より細かく見守るように変更する。以上のように、徘徊回数により、見守り領域の大きさを適応的に変更することで、認知症の進行度合いに応じた見守りを可能とする。

(4) 徘徊行動検知実験

(3)のシステムでは、徘徊行動の検知が見守り領域の制御に重要な役割を果たす。そこで、2種類の徘徊行動検知実験を行った。

①徘徊行動模擬実験 徘徊行動を模擬するため、他人の移動経路を混入させ、それを検知することを試みた。ユーザ5人の約1年間のGPSデータを使用し、5人のユーザの全組み合わせで実験を行った。生活圏から逸脱したHex数をカウントし、7日間の平均逸脱回数を超えた場合に徘徊行動があったと判定する。その結果、最大でF値6.7の精度を得た。

②徘徊行動検出実験 認知症患者の徘徊行動には図6に示すように、Direct、Pacing、Lappingの3つのパターンがあるとされている。そこで、実際にGPSデータを収集して、GPSの位置情報取得誤差が混入されたデータから徘徊行動を抽出するアルゴリズムを検討した。特徴量として(1)移動方向の転換頻度と、(2)ある時間区間の総移動距離と、その時間区間の開始と終了時点の場所の距離の比、を用いた。(1)は目的地が定まらない認知症患者の移動パターンによく見られる現象であり、(2)は同じ場所を往復したり、大回りしてもとに戻るなど移動を判定する。また、位置情報はGeoHexコードで表現することで、位置情報の微小な変動を吸収してロバスト性を向上させるとともに、移動方向の転換を容易に判断できる。これらの特徴量を用いて、3種類の徘徊パターンの分類器をSVMにより構築した。評価実験の結果、平均約85%の精度で徘徊行動を識別できることが明らかになった。

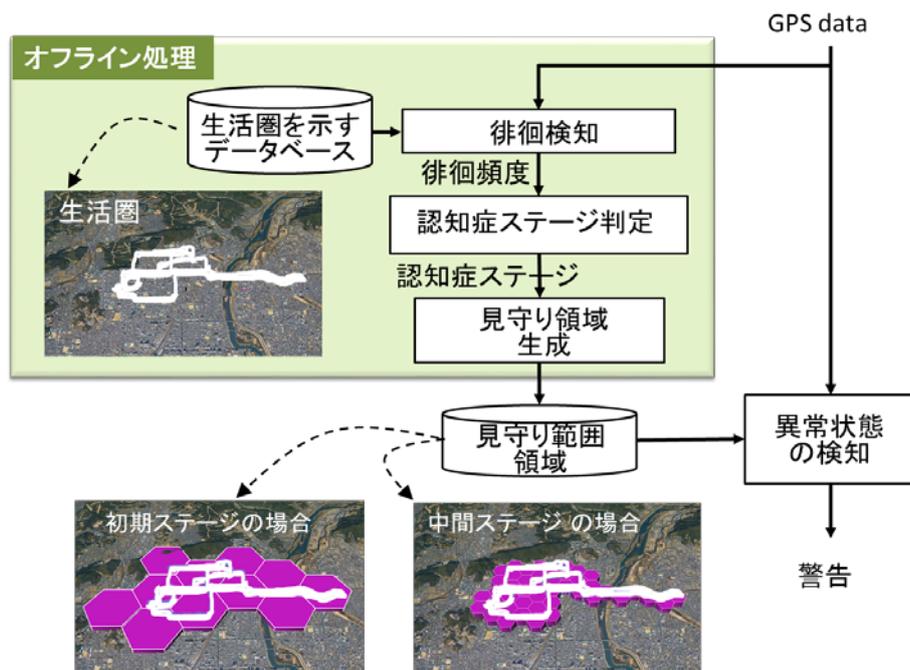


図5 2つの粒度の生活圏に基づく見守りシステム

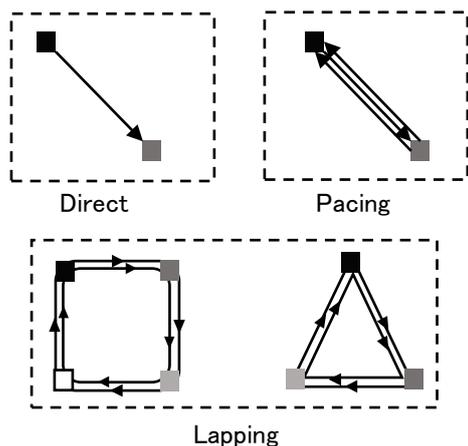


図6 認知症患者の徘徊パターン

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計5件)

- ① Shigeki Kamada, Yuji Matsuo, Sunao Hara, Masanobu Abe “New monitoring scheme for persons with dementia through monitoring-area adaptation according to stage of disease,” ACM SIGSPATIAL Workshop on Recommendations for Location-based Services and Social Networks (LocalRec) (2017.11) Los Angeles (U. S. A)
- ② 鎌田成紀, 原直, 阿部匡伸, “2つの粒度の生活圏に基づく見守りシステム,” 電子情報通信学会総合大会, (2017.3)名城大学 (名古屋)
- ③ Shigeki Kamada, Sunao Hara, Masanobu Abe “Safety vs. Privacy: User Preferences from the Monitored and Monitoring Sides of a Monitoring System,” Proceedings of UbiComp/ISWC 2016 Adjunct, pp.101-104 (2016.9) Heidelberg (Germany)
- ④ 鎌田成紀, 原直, 阿部匡伸, “生活圏を応用したプライバシーに配慮可能な見守り方式の検討,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 410, LOIS2015-51 (ICM2015-29), pp. 19-24, (2016.1) 福岡工大 (福岡)
- ⑤ Yuji Matsuo, Sunao Hara, Masanobu Abe, “Algorithm to Estimate a Living Area Based on Connectivity of Places with Home,” HCII 2015, CCIS 529, pp. 570-576 (2015.8) Los Angeles (U. S. A)

[その他] (計1件)

- ① Web 研究紹介ページ
<http://site-330980-1258-2920.strikingly.com/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿部 匡伸 (Masanobu Abe)
 岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
 研究者番号：70595470

(2) 研究分担者

原 直 (Sunao Hara)
 岡山大学・大学院自然科学研究科・助教
 研究者番号：50402467