

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 4日現在

機関番号：12601
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21500071
 研究課題名（和文）近接ネットワークに基づくコンテキスト抽出による歩行者ソーシャルコンピューティング
 研究課題名（英文）Pedestrian Social Computing Using Proximity Network-Based Context Derivation
 研究代表者
 木實 新一（KONOMI SHIN' ICHI）
 東京大学・空間情報科学研究センター・准教授
 研究者番号：70234804

研究成果の概要（和文）：

歩行者の近接関係をセンサ等によって取得し、これを用いて有用な都市情報サービスを提供するためのモデルを開発した。更に、このモデルに基づくシステムの試作を行い、提案モデルの有効性を検証するとともに次世代の都市情報サービスの可能性を議論した。

研究成果の概要（英文）：

We have developed a model for providing useful urban information services based on sensor data that represent proximity relationships of pedestrians. We also examined the effectiveness of the proposed model based on a prototype, and discussed possibilities of next generation urban information services.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：ユビキタスコンピューティング、コンテキストウェアネス

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンやセンサネットワークの利用を支える技術基盤の整備が進みつつあった。また、ソーシャルネットワーキングシステムの利用が拡大し、新しい形態のコミュニケーションやコラボレーションが可能になりつつあった。

スマートフォン、センサ、ソーシャルネットワーク分析手法等を統合したコンテキストウェアシステムによって、都市の歩行者に対して従来よりもきめの細かな有用サービスを提供する可能性に着目した。

2. 研究の目的

本研究ではセンサデータを用いてパブリックスペースにおける群衆の近接ネットワークを抽出し、近接ネットワークの構造と意味に基づくコンテキストウェアサービスを提供するシステムを実現する。ここでいう近接ネットワークとは、群衆の近接関係を示すセンサデータから「出会い」の頻度、時間、距離等を考慮して、歩行者をノード、「出会い」をリンクとして構成されるネットワークである。このネットワークの構造的特徴と社会的意味を分析し、得られた知見に基づくコ

ンテキストウェアサービスのフレームワークを開発する。更に、このフレームワークに基づいたシステムを作成し、理論的な検討も行う。

3. 研究の方法

以下の5項目について、段階的に研究を進めた：

- (1) コンテキスト抽出法の検討：近接ネットワークに基づいてコミュニティを抽出するための手法を検討する。コンテキスト抽出におけるプライバシーの問題についても考慮する。
- (2) 近接データの取得・共有法の検討：GPSや電子タグ等を用いた測位による近接データと、Bluetooth等の近距離無線に基づく近接データについて検討する。
- (3) 近接ネットワーク合成手法・システムの開発：ユーザを中心とするネットワークと、場を中心とするネットワークを補完的に統合利用するためのモデルとシステムの開発に取り組む。また、群衆の移動により形成される人と場所のネットワークのモデルと利用環境を開発する。
- (4) 群衆コンテキストを用いたサービスの開発：近接ネットワークに基づいて群衆コンテキストを抽出・利用するサービスの試作を行い、提案手法の有効性を検証する。
- (5) モデルの拡張：センサを用いて自動的に取得できるデータと、人手を介した「参加型センシング」によるデータを組み合わせ、有用なコンテキスト情報を獲得する方法について検討する。

4. 研究成果

(1) コンテキスト抽出法の検討

近距離無線を用いた人と人との近接関係推定によるソーシャルネットワークの生成手法を整理し、ソーシャルネットワーク内のコミュニティ推定手法について検討を行った。特にコミュニティの時間的なパターンや変化をモデル化する手法について議論した。

更に、都市空間における歩行者の行動・経験や「出会い」を支援するために、ネットワークの中心度やEI(External-Internal)指標、クラスタに基づく手法の検討を行った。また、異なるコミュニティをバランス良くつないでいくことが重要であると考え、コミュニティの重なりのパターンを抽出し、鱗モデル(Campbell, 1969)に基づいて「出会い」の可能性を示す機能の検討を行った。

センサにより取得した近接データを蓄積・共有すれば様々なコンテキストを抽出できる可能性があるが、近接データには一般に識別情報が含まれるため、ユーザのプライバシーを保護することが非常に重要である。

RFID タグにより取得した近接データを扱う実空間情報システムにおいて、ユーザの履歴情報の開示・隠蔽の状況を把握することが可能なプライバシー保護モデルの開発を行った。このモデルを一般化し、歩行者ソーシャルコンピューティングに適用する可能性を検討した。

(2) 近接データ取得・共有法の検討

歩行者の近接関係を効率良く求めるために、GPSやRFIDタグを用いて絶対位置情報を取得する方法と、Bluetoothを用いて相対位置情報を取得する方法について検討を行った。近年Bluetooth機能を備えたスマートフォンの利用が広まっており、専用のインフラを設置することなく簡便に近接データを取得できる可能性がある後者の方法について、各種条件下におけるセンシング性能や省電力化の可能性を明らかにするための実験を行った。

センシングの性能については、スマートフォンの機種や端末検索のウィンドウサイズ等によっても異なるが、我々の実験環境では、Bluetooth端末の発見割合は70%程度であった。Bluetooth端末の検索を行うウィンドウサイズを小さくしていくと発見割合が更に低下していく結果も得られた。短時間で人がすれ違う場合には、ウィンドウサイズが一般に小さくなるため注意が必要である。スマートフォンに搭載されたBluetoothを近接性センサとして用いるシステムでは、これらの限界を考慮することが必要である。

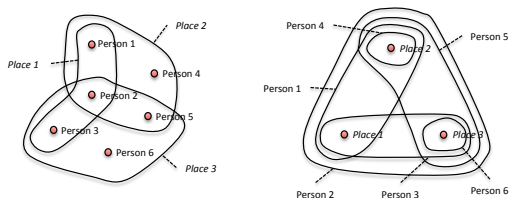
また、電池寿命の観点からは、Bluetooth機器の検索を常時行うことは適切でない。そこで、スマートフォンの各種センサ(加速度センサ、マイクロフォン等)を用いてユーザの状況を自動的に認識し、必要な時だけBluetooth機器の検索を行う手法を提案した。加速度と音量に適切な閾値を設定し、閾値に達した場合のみ周辺にあるBluetooth機器を検索することで、常時検索する場合よりもBluetoothの消費電力を削減できることを実験によって検証した。

(3) ネットワーク合成手法・システムの開発

各種のモビリティデータから近接ネットワークを抽出し、コンテキスト情報を導出するためのコロケーションネットワークモデルを開発した。地理空間の各領域内に同時に存在した人の匿名のIDを求めることにより、人と場所、人と人、場所と場所の関係を計算することができるが、コロケーションネットワークとは、これらの関係を統一的に扱うためのモデルである。

図1(a)は3つの場所を共有する6人が構成するコロケーションネットワークをハイパーグラフによって図示したものである。図

1(b)は図 1(a)と双対関係にあるハイパーグラフであり、人を表す囲み線で場所を表すノードを括っている。コロケーションネットワークは、ソーシャルネットワーク分析におけるアプリケーションネットワークと同様の 2 モード構造を持っているため、アフィリエーションネットワークの手法に基づいてコロケーションネットワークを取り扱うことができる。



(a) (b)
図 1 コロケーションネットワーク

複雑なコロケーションネットワークを可視化する場合、場所のみ（あるいは人のみ）の関係を示したフラットな単モードネットワークに射影すれば、一般により単純で分かりやすい可視化を行いやすくなる。例えば、場所の類似度によるフラットなネットワークを導出し、グラフのクラスタリングを行えば人の移動が作る場所のつながりや境界を地図上に分かりやすく示すことができる。

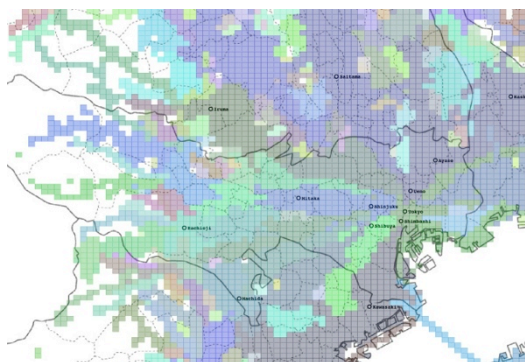


図 2 提案手法に基づく可視化の例

提案手法を実際に PFLOW (Sekimoto, Shibasaki, Kanasugi, Usui, Shimazaki, 2011) と呼ばれるモビリティデータセットに適用し、コロケーションネットワークの有用性を吟味した。図 2 は、PFLOW データセットを用いて、東京都区部と周辺地域を連続的に覆う 6,400 個の第 3 次地域区画のコロケーションネットワークを抽出し、単モードネットワークに射影してネットワーククラスタリングを行った結果を示している。

(4) 群衆コンテキストを用いたサービスの

開発

コロケーションネットワークに基づく位置情報検索システムの試作を行った。近接ネットワークに基づいて、従来の位置情報サービスよりもユーザの状況をきめ細かく考慮することが可能である。試作したシステムを用いて各種の検索を行い、都市における移動が作り出す近接パターンを考慮した都市情報サービスのデザインおよびコンテキストウェアネスの可能性について検討を行った。アドホックネットワークを用いた災害時の情報収集や散布においては、近接パターンによるコンテキストを考慮した戦略的な情報のプロービングやインジェクションによって、地理空間上に情報空間を効果的に展開することが可能であると考えられる。

(5) モデルの拡張

近接パターンに基づいて都市空間の歩行者に対して有用な情報を提供するためには、近接パターンとユーザのニーズ・興味を関連づける必要がある。このため、多くの場合人手を介してユーザに情報を提供してもらうことも重要になる。そこで、自動的に取得できるデータと人手で取得すべきデータを統合的に扱うために、歩行者ソーシャルコンピューティングのモデルの拡張を行った。特に、参加型センシングおよびスカップオールディングの概念に基づき、人手により取得するデータの質を高める方法を検討するとともに、携帯端末を用いてプロトタイプを開発し実験を行った。

近年、一部の研究者が、ユーザの相対的な位置をセンサにより取得し分析する研究を開始しているが、複雑な近接パターンに基づくコンテキストウェアサービスについては、国内外でまだまだあまり研究が行われていない。

本研究の成果は、単純な位置情報サービスの限界を超えた、使いやすい都市情報サービスの開発に役立てることができると考えている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 木實新一、笹尾知世、藤田秀之、有川正俊、スカップオールディングによる参加型センシング環境の強化、電子情報通信学会論文誌 (招待論文、印刷中)、査読無、2011
- ② 木實新一, Nam, C. S., Supporting Collaborative Privacy-Observant Information Sharing Using RFID-Tagged Objects, *Advances in Human-Computer Interaction Journal*, 査読有, 2009, DOI: 10.1155/2009/713516

[学会発表] (計 17 件)

- ① 木實新一、コロケーションネットワークに基づく位置情報サービスの開発、電子情報通信学会大会、2012 年 3 月 20 日、岡山大学 (岡山市)
- ② 清水和人、Bluetooth の近接センサとしての性能評価、電子情報通信学会大会、2012 年 3 月 20 日、岡山大学 (岡山市)
- ③ 笹尾知世、タブレット PC を用いたデータ収集端末の開発、CSIS DAYS 2011、2011 年 11 月 11 日、東京大学 (柏市)
- ④ 木實新一、人の流れに基づく似た場所の可視化、CSIS DAYS 2011、2011 年 11 月 11 日、東京大学 (柏市)
- ⑤ 木實新一、Smart Urban Spaces That Make Us Smart、First Annual International Congress of u-World (招待講演)、2011 年 10 月 24 日、World Expo Center (大連市)
- ⑥ 木實新一、タブレット PC を用いたインタラクティブな空間データの収集、地理情報システム学会 第 20 回研究大会、2011 年 10 月 16 日、鹿児島大学 (鹿児島市)
- ⑦ 木實新一、次世代の都市情報サービスの実現に向けたコロケーションネットワークの可視化、地理情報システム学会 第 20 回研究大会、2011 年 10 月 16 日、鹿児島大学 (鹿児島市)
- ⑧ 清水和人、Identifying potential friends using mobile phone trajectories and short-range communication, International Symposium on Computational Models for Life Science (CMLS-11)、2011 年 10 月 12 日、富山国際会議場 (富山市)
- ⑨ 木實新一、Colocation Networks: Exploring the Use of Social and Geographical Patterns in Context-Aware Services, Adjunct Proceedings of the Thirteenth International Conference on Ubiquitous Computing (UBICOMP 2011)、2011 年 9 月 19 日、清華大学 (北京市)
- ⑩ 木實新一、Beyond Mobile Collaboration: Toward Metropolitan-Scale Geocentric Crowdsourcing, Proceedings of the UBICOMP 2011 Workshop on Ubiquitous Crowdsourcing (UbiCrowd 2011)、2011 年 9 月 17 日、清華大学 (北京市)
- ⑪ 清水和人、Bluetooth による人間関係取得時の行動認識を用いた省電力手法、電子情報通信学会 2011 年ソサエティ大会、2011 年 9 月 13 日、北海道大学 (札幌市)
- ⑫ 木實新一、Social Network Display for Exploring Novel Intercommunity Research Collaboration、2011 ACM

Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW 2011) (震災のため発表中止)、2011 年 3 月 19 日、ハイアットリージェンシーホテル (杭州市)

- ⑬ 木實新一、ネットワークコンテキストに基づく知的コラボレーションの支援、情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会、2011 年 7 月 15 日、九州大学 (福岡市)
- ⑭ 木實新一、Community Mapping for Cross-Boundary Research Collaboration, Proceedings of the Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing (C5)、2011 年 1 月 18 日、京都大学 (京都市)
- ⑮ 江口洋平、無線センサノードを用いた近接関係によるコミュニティ推定手法、情報処理学会創立 50 周年記念(第 72 回)全国大会講演論文集、2010 年 3 月 10 日、東京大学 (東京)
- ⑯ 木實新一、A Preliminary Exploration of Augmented Social Landscapes, Proceedings of the Third International Universal Communication Symposium (IUCS 2009)、2009 年 12 月 4 日、日本科学未来館 (東京)
- ⑰ 古澤徹、電子タグを利用した測位システムの開発及び実証実験、電子情報通信学会 アドホックネットワーク研究会 (AN2009-19)、2009 年 7 月 24 日、京都大学 (京都市)

[図書] (計 2 件)

- ① 瀬崎薫、木實新一、CRC Press、Location-Based Services Handbook: Applications, Technologies, and Security、2010、pp.91-108
- ② 木實新一、瀬崎薫、喜連川優、Springer、Shared Encounters、2010、pp.47-60

[その他]

ホームページ等

http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/~konomi/pedestrian_social_computing

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木實 新一 (KONOMI SHIN' ICHI)
東京大学・空間情報科学研究センター・准教授
研究者番号：70234804

(2) 研究分担者

瀬崎 薫 (SEZAKI KAORU)
東京大学・空間情報科学研究センター・教授
研究者番号：10216541