

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700185

研究課題名(和文) 仮想空間の情報が実空間の人の流れに伝播する様子のモデル化と分析に関する研究

研究課題名(英文) Research on modeling and analysis of mutual interaction between information in virtual space and human flow in real space

研究代表者

大西 正輝 (Onishi, Masaki)

独立行政法人産業技術総合研究所・サービス工学研究センター・主任研究員

研究者番号：60391893

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：スマートフォンの急速な普及によって人の行動とSNSなどのインターネットの情報の結びつきは年々強くなってきている。本研究では仮想空間の情報の流れと現実空間の人の流れがどのように関係しているかを明らかにするため、仮想空間の情報の流れを抽出・可視化する方法と仮想世界の情報の流れと実世界での人の流れの関係性を表す相互伝播モデルを提案した。さらには、実際に測定された秋葉原を含むSNSの情報と秋葉原で観測された人の流れを相互伝播モデルによって解析することで情報の流れと人の流れの統計的関係性について検証した。

研究成果の概要(英文)：By the rapid spread of smartphones, the relationship between human behavior in real space and SNS (social networking service) activity in virtual space is growing stronger every year. In this research, we proposed two methods; (1) extraction and visualization of information in virtual space, and (2) a mutual interaction model with the aim of analyzing the statistical relationship between the number of people and the number of information. Furthermore, we confirmed that the mutual interaction model captures the statistical relationship between the number of passers-by in Akihabara and number of information containing the keyword "Akihabara".

研究分野：画像認識

キーワード：情報の流れ 人の流れ 相互伝播モデル

1. 研究開始当初の背景

2010年3月26日、Twitterで「原宿の竹下通りに有名人が来る」というデマが流れた。このデマはTwitterによるリツイート機能によって瞬く間に拡散し、図1のように竹下通りに集まった若者は身動きが取れない状態となり、大パニックに陥った。幸いにも死者は出ず、数人のけが人が出たのみで済んだが、仮想空間における情報は時に実空間の人の動きにまで伝播し、危険をもたらすことを印象付けた。

申請者は2008年2月から都内の複合施設において、ステレオカメラを用いて人の流れを抽出する実証実験を継続している。これまでの研究ではイベントや宣伝によって人の流れがどのように変化するかや周辺での事件、事故や新型インフルエンザの流行が人の



図1：パニック時の竹下通り

(<http://twitpic.com/laz6wc> より)

流れに与える影響などを明らかにしてきた。人の流れを解析する研究はこれまでも複数行われているが、このような長期間の実データを扱った研究はこれまでに行われていない。

一方、2011年3月9日に東日本大震災が発生し、都内においても震度5強が観測された。震災後は鉄道の運休や道路渋滞などが相次ぎ、交通網が麻痺した。4月9日の新聞朝刊によると推定300万人以上の人々が帰宅困難となり、各地の避難所やターミナル駅などで一夜を明かしたとされる。

震災後の施設管理者へのインタビューによると震災当日に複合施設は帰宅困難者の休憩場所としてオフィスを開放したが、そ

のことがTwitterに投稿されているのを見つければ、竹下通りの大パニックが頭をよぎったという。幸いにもこの憂慮は杞憂に終わったが、仮想空間の情報がどのように現実世界の人の動きに伝播するかは分かっておらず、ソーシャルネットワークサービス(SNS)が発展した今後の情報化社会と向き合うためには、このメカニズムを明らかにする必要があると考えた。SNSと人間の行動の関係性を解明することは、爆発的な情報拡散に起因する異常事態の発生を予測あるいは防止するといった防災的な観点のみならず、SNSを利用して効果的なマーケティングを実現するなど産業的な観点からも重要な課題であるといえる。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、仮想空間の情報の流れが実空間の人の流れにどのように伝播するかをモデル化し、実際にSNSの代表例であるTwitterのテキストデータの流れとステレオカメラで抽出した人の流れを時空間的に相関分析する方法を明らかにすることである。

そのためには人の流れの抽出やモデル化、可視化を行うと共に、情報の流れを抽出することや情報の流れが人の流れに伝播する様子をモデル化することが必要である。人の流れに関する研究の多くはこれまでにやってきた研究成果を用いるため、本報告書では特に(1) SNSの情報の流れを抽出、可視化する手法と(2) 仮想空間の情報の流れが実世界の人の流れに伝播する様子をモデル化する方法について説明する。

3. 研究の方法

(1) 情報の流れを抽出・可視化するデジタルサイネージ

Twitterに代表されるSNSは個人が情報を発信するためのツールとしてだけでなく、口コミ情報をセンシングするためのツールとしても活用可能である。そこでTwitterを利用して情報の流れをセンシングしながら可視化するデジタルサイネージ Signageを開発した。

Signageは図2に示すようにツイート部、宣伝部、ランキング部の3つの画面で構成される。ツイート部には予め登録しておいた追跡キーワードを含むツイートが流れる。宣伝部には予め登録しておいた画像が宣伝広告として順番に流れる。ランキング部には単位時間あたりに追跡キーワードがツイートされた回数を1位から順にランキング形式で表示する。

登録画面では追跡キーワードと宣伝広告用に流す画像を登録することができる。商品や店舗等の宣伝として利用することを考え

“まずい”、“おいしくない”、“面白くない”などの除去キーワードを登録することができる。



図 2 : Signageの画面構成

以上の機能を Python で実装されたウェブフレームワークである Django を用いて開発した。Twitter データの取得には Twitter API を利用した。追跡キーワードを含むツイートはデータベース (MySQL) を用いて管理した。ツイート部に一つのツイートが表示される時間は 3 秒に設定した。ランキングを作成するための単位時間は 1 時間とした。

これらの機能はウェブのサーバーアンドクライアント方式で動作しており、ウェブサーバー上でツイートをクロールし、データベースに蓄積する。そしてそれらの情報を集計した結果をウェブブラウザで閲覧することができる。ウェブアプリケーションとして実装することで一台のマシンで動作することも可能であり、また一つのサーバーに複数の計算機から接続して追跡キーワードを管理し、結果を表示することも可能である。

(2) 実世界の人の流れと仮想世界の情報の流れの相互伝播モデル

実世界での人の流れと仮想世界の情報の流れを結びつける相互伝播モデルを提案した。仮想空間の情報の流れとしては代表的な SNS として Twitter に着目し、実空間の人の流れと仮想空間の情報 (ツイート) の流れの統計的関係性を表すモデルとして、相互伝播モデルを提案した。相互伝播モデルの構成を図 3 に示す。相互伝播モデルはノードとリンクによって構成されるグラフモデルである。ノードには各時刻における人の数 \hat{F}_i もしく

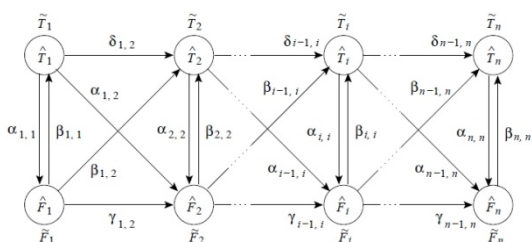


図 3 : 相互伝播モデルの構成

はツイート数 \hat{T}_i が対応し、これらの値は評価式によって計算される。各ノード間を重み付きのリンクによって接続し、重みの大きさをノード間の影響の強さとすることによって、統計的関係性を表現する。モデルを構成するパラメータは、それぞれ以下の意味を持っている。

- \hat{F}_i : 各時刻における定常的な人の数
- \hat{T}_i : 各時刻における定常的なツイート数
- $\alpha_{j,k}$: F_k が T_j から受ける影響の強さ
- $\beta_{j,k}$: T_k が F_j から受ける影響の強さ
- $\gamma_{j,k}$: F_k が F_j から受ける影響の強さ
- $\delta_{j,k}$: T_k が T_j から受ける影響の強さただし $k \geq j$ 。

ここで $\alpha_{j,k}$ は人の数がツイートから受ける影響、 $\beta_{j,k}$ はツイート数が人の数から受ける影響である。提案した相互伝播モデルにおいて、各時刻の人の数 \hat{F}_i およびツイート数 \hat{T}_i はそれ以前の時刻からの影響を受け、それより後の時刻からの影響は受けないものとする。本提案ではモデルの単純化のために、 j に $k \geq j > k-1$ の制約を加える。この制約は、ある時刻の人の数 \hat{F}_i およびツイート数 \hat{T}_i が、同じ時刻および一つ前の時刻からのみ影響を受けることをあらわしている。 \hat{F}_i および \hat{T}_i はそれぞれ定常的な人の数とツイート数であり、時刻によってその値は異なる。ここでの定常的な値とは、他の時刻の人の数やツイート数の影響に依らず、各時刻にもともと存在するであろう人の数およびツイート数のことである。

4. 研究成果

本研究ではこれまでに研究してきた人の流れの計測システムに続いて、情報の流れを計測する Signage を作成した。また、提案した相互伝播モデルを用いて実際の商業施設において観測した人の流れと情報の流れを分析した。このような大規模なデータを用いて仮想空間の情報と実空間の情報を解析するような研究はこれまでに行われておらず、先駆的な研究である。3. の (1) と (2) のそれぞれの研究成果について以下で説明する。

(1) 情報の流れを抽出・可視化するデジタルサイネージ

駅構内に設置するデジタルサイネージへの導入を想定し、秋葉原とつくばをつなぐ路線の主要駅を追跡キーワードに登録して実験を行った。登録キーワードは秋葉原、新御徒町、浅草、南千住、北千住、南流山、流山おたかの森、守谷、つくばの 9 単語である。ランキングの上位 3 単語 (秋葉原、浅草、つくば) のツイートの例を図 4 に示す。横軸が時間 (0:00~24:00) を表し、縦軸がそれぞ

れの追跡単語の 15 分間における出現頻度を示す。一般には 0 時を過ぎた頃からツイート数は減り始め、6 時から 12 時までは増え続ける。図 4 では 8 時頃と 10 時過ぎにつくばに関するツイートが大きくなる山が二つ見られるが、前者は関連する路線にて交通が乱れたことに関するツイートであり、後者は運転が回復したことを表すツイートである。このように実空間の出来事は仮想空間の情報の流れと強く関係していることが分かる。

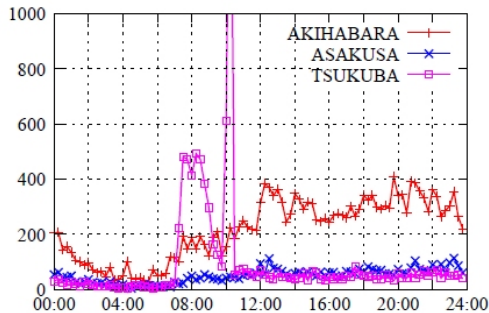
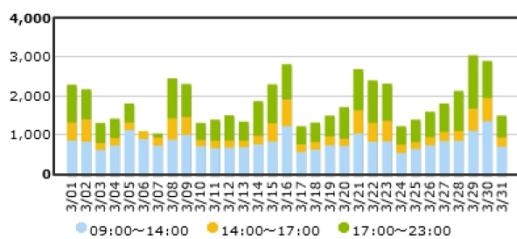
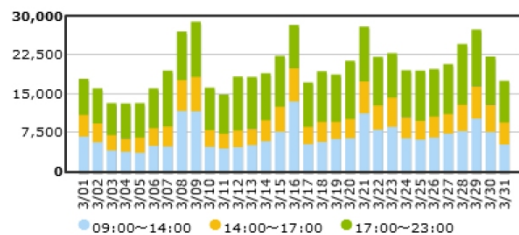


図 4 : 実空間からの情報拡散例

前述のとおりこれまで複合施設で人の流れを計測する研究を行っている。3 月の秋葉原のある地点の通過人数は図 5 (a) のような結果が得られている。横軸が 3 月の日にち、縦軸が通行人数を示している。次に、秋葉原駅に隣接する複合施設の人の流れと秋葉原を含むツイートの関連性を見るために、秋葉原で人の流れを計測しているのと同じ時間帯 (9:00~23:00) の秋葉原を含む日ごとのツイート量を図 5 (b) に示す。秋葉原のツイートで盛り上がった 3 月 8 日や 3 月 16 日は秋葉原の計測地点をより多くの人々が通っていることが分かる。特に 3 月 16 日にツイートで盛り上がっているイベントは人の流れ



(a) 秋葉原における通過人数



(b) 秋葉原を含むツイート数

図 5 : 秋葉原における通過人数と秋葉原を含むツイート数

を計測している複合施設において開催されたイベントである。

秋葉原を含むツイート数と人の流れの人数の相関分析結果を図 6 に示す。横軸はツイート数、縦軸は人の流れの数を表しており、一次関数近似のグラフを記入した。これら二つのデータの相関係数は 0.7313 であり、強い相関がある。このように仮想空間での情報の流れだけではなく、現実空間での人の流れも含めてデータを分析することでさらに有用な情報の拡散に関する分析結果が得られるものと考えられる。

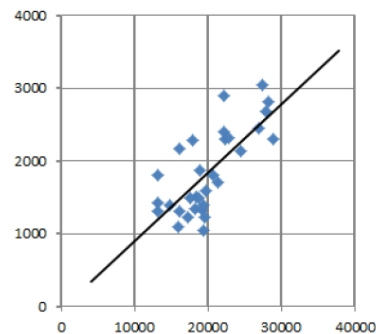


図 6 : 人の流れとツイート数の相関分析

(2) 実世界の人の流れと仮想世界の情報の流れの相互伝播モデル

検証実験では 2014 年 3 月および 4 月の測定データを使用し、店舗営業時間を考慮して 10 時から 22 時のデータを対象とした。人の数を計測した秋葉原の複合施設を訪れる客層は平日と休日で異なると考えられるため、平日と休日を区別して検証実験を行った。対象となる測定データ数は平日が 26 日分、休日が 14 日分であった。検証手法としてはクロスバリデーションを導入した。対象となる測定データの中から 1 日分を取り除いたものを用いてパラメータを推定し、取り除いた 1 日分の測定データを用いて検証を行う。すなわち平日であれば 25 日分、休日であれば 13 日分の測定データを用いてパラメータを推定することになる。取り除く測定データを変更することで、平日 26 パターン、休日 14 パターンのパラメータを推定した。

推定した値と実測値の平均誤差率を算出したところ、平日の人の数は 11.95%、ツイート数は 4.37%、休日の人の数は 10.04%、ツイート数は 3.61%となった。この結果より、本相互伝播モデルは平日、休日共に人の数とツイート数の統計的関係性を捉えていると結論づけられる。また、平日休日ともに、11 時 00 分から 12 時 00 分および 18 時 00 分から 19 時 00 分の時間帯に $\alpha_{i,i}$ 、21 時 15 分頃に $\beta_{i-1,i}$ のピークをそれぞれ確認することができた。飲食店を利用する人は平日休日を問わず存在し、平日と休日と同様のピークが確認できるため、ピークの要因が飲食店利用者であると考察できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① M. Onishi, “Analysis and Visualization of Large-Scale Pedestrian Flow in Normal and Disaster Situation,” ITE Transactions on Media Technology and Applications, July 2015. (査読有)

② 大西正輝, 牟田将史, “ミニブログを利用したデジタルサイネージ Signage の開発,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J97-D, no. 12, pp. 1839-1842, Dec. 2014. (査読有)

③ 野中陽介, 大西正輝, 山下倫央, 岡田崇, 島田敬士, 谷口倫一郎, “大規模な避難シミュレーションのための歩行速度モデルの精緻化,” 電気学会論文誌C, vol. 133, no. 9, pp. 1779-1786, Sep 2013. (査読有)

[学会発表] (計8件)

① 中島晨之介, 大西正輝, “実世界の人の数と仮想世界のツイート数の相互伝播モデルの提案,” 電子情報通信学会技術研究報告 PRMU2014-148 / CNR2014-63, pp. 173-178, Feb. 2015.

② H. Kataoka, Y. Aoki, K. Iwata, Y. Satoh, I. Yoda, M. Onishi, “Big Trajectory Data Analysis for Clustering and Anomaly Detection,” IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA2013), pp. 451-454, May 2013.

③ Y. NONAKA, M. ONISHI, T. YAMASHITA, T. OKADA, A. SHIMADA, and R. TANIGUCHI, “Effective Walking Velocity Modeling for Pedestrian Simulator,” International Conference on Quality Control by Artificial Vision (QCAV2013), pp. 131-135, May 2013.

④ Fukute A., Onishi M., Itoh T., “A Linked Visualization of Trajectory and Flow Quantity to Support Analysis of People Flow,” 17th International Conference on Information Visualization (iV2013), pp. 561-567, July 2013.

⑤ 大西正輝, 石川智也, 興梠正克, 蔵田武志, “外側・内側からの人の位置計測と計測情報の統合,” 画像センシングシンポジウム (SSII2013), DS2-04, June 2013.

⑥ 野中陽介, 大西正輝, 山下倫央, 岡田崇, 島田敬士, 谷口倫一郎, “大規模人流シミュ

レーションのための歩行速度モデルの提案,” ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2012), OS5-H1 (IS2-D7), Dec. 2012.

⑦ 片岡裕雄, 大西正輝, 佐藤雄隆, 岩田健司, 依田育士, 青木義満, “大規模軌跡データを用いた屋内空間地図作成とクラスタリング,” ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2012), OS5-H2 (IS2-D8), Dec. 2012.

⑧ 福手亜弥, 大西正輝, 伊藤貴之, “人流情報分析のための動線と流量の複合可視化手法,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2012), IS2-72, Aug. 2012.

[図書] (計1件)

① 赤松 幹之, 他, 監修, サービス工学 —51の技術と実践—, 大西正輝, 依田育士, “1.2.6 ユビキタスセンシングによる活動観測,” 朝倉書店, Nov. 2012.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://onishi-lab.jp/aist>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 正輝 (ONISHI, Masaki)

産業技術総合研究所・サービス工学研究センター・主任研究員

研究者番号：60391893