

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K21205

研究課題名(和文) 地域住民のレジリエントな避難行動に繋げる対応行動促進システムの開発

研究課題名(英文) A Behavior Support System for Residents during Typhoon based on Resilience Engineering

研究代表者

高橋 亨輔 (Takahashi, Kyosuke)

香川大学・工学部・助教

研究者番号：60647262

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、災害発生時に地域住民自らが状況を判断・意思決定し、被害軽減の早期対応行動に繋げるための対応行動促進システムの開発である。本研究では、地域住民に対する台風災害時の危機的状況認識と対応行動開始の支援を実現するため、レジリエンス(災害発生時の危機的状況に陥ったとしても適応できる能力)の4要素(過去の危機的状況の発生を知っている「学習」する能力、現在の状況を「監視」する能力、次に発生し得る状況を「予見」する能力、危機を「対処」する能力)に着目した情報システムを開発した。本研究で開発したWebシステムはインターネットで公開し、今後は、地域住民を対象に開発したシステムを活用する予定である。

研究成果の概要(英文)：This study is aimed to develop a behavior support system for residents in typhoon disaster based on the concept of resilience engineering. We developed an information system focused on resilience four capabilities (learning, monitoring, anticipating, and responding). For learning, we developed a database from reports of past typhoon disasters and developed a visualization system that displays this information on the Web on a time series basis. For monitoring, we proposed a behavior support method from typhoon-related damage occurrence relationships using association rule mining. For anticipating, we developed information providing system considering similarity of regional characteristics. Finally, in order to enhance responding, we integrated these systems as Web System. The contribution of this study is to propose an information system with resilience four capabilities.

研究分野：ソフトコンピューティングの工学的応用

キーワード：レジリエンスエンジニアリング 台風 ウェブシステム 減災

### 1. 研究開始当初の背景

台風や局地的集中豪雨による災害時には、Web 上にて災害の現状や避難を促す様々な情報が提供される。しかし、既存の防災情報提供システム（例えば、県の防災情報提供システム、Yahoo!防災速報や goo 防災アプリなど）は、地域住民自らが状況を判断・意思決定し、災害時の対応行動を開始する上では、以下の課題が存在していた。

- 1) 既存の防災情報提供システムは、地域に発令された警報や雨量などから災害時の危機的状況を伝える。しかし、こうした情報から直接その関係する地域における危機を認識するには防災の専門的知識が必要であり、地域住民にとって災害・被災状況をイメージ可能な情報が提供されていない。
- 2) 地域住民が危機的状況を認識できたとしても、いつ、どのような行動を開始すればよいかかわらなければ、地域住民自らの対応行動に繋がらない。しかし、既存の防災情報提供システムは、「安全なところに避難してください」などの一般的な行動指針を提供するのみであり、発災時の地域住民一人一人の実状に即した行動指針が提供されていない。

従来の研究では、地域住民の防災意識や知識の向上のための洪水避難シミュレーションなどの情報システムが開発されてきた。しかし、発災時の具体的な対応行動を支援するための情報システムが求められていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、発災時に地域住民自らが状況を判断・意思決定し、対応行動を開始するための対応行動促進システムを開発する。

本研究の特徴は、地域住民の危機的状況認識と対応行動開始の支援を実現するため、レジリエンス（災害発生の危機的状況に陥ったとしても適応できる能力）の要素に着目する点である。レジリエンス・エンジニアリングの提唱者である Hollnagel らは、レジリエンスの本質的能力として、1) 過去の危機的状況の発生を知っている「学習」する能力、2) 現在の状況を「監視」する能力、3) 次に発生し得る状況を「予見」する能力、4) 危機を「対処」する能力の 4 つを挙げている。本研究では、この考え方を導入した情報システムを開発する。

本研究により、行政の警報を主導とした対応行動ではなく、地域住民自らが行動開始の基準を作り、主体的にいのちを守る対応行動を取ることができれば、災害による被害軽減の効果が期待できる。

### 3. 研究の方法

本研究では、地域住民のレジリエンス 4 要素を支援するシステムを開発する。レジリエンスの 4 つの機能を支援するための支援システムを開発し、最終的には、地域住民が災害

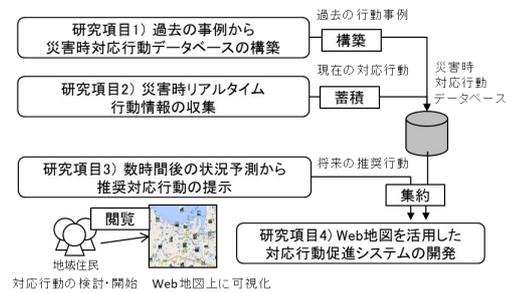


図1 研究の流れ

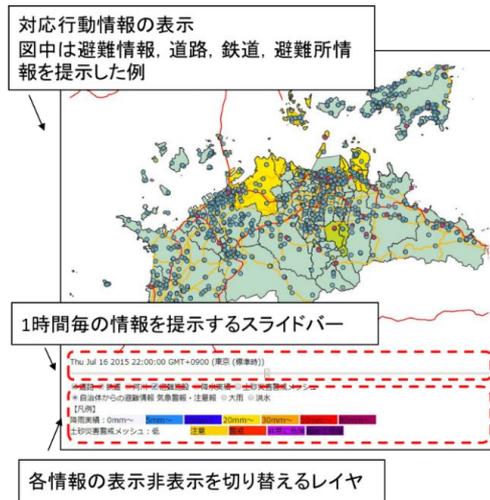


図2 対応行動データベース

時に対応行動を検討できるように Web システムとして公開する。研究項目は図1に示す4項目である。

研究項目 1) では、過去の行動の学習支援として、地域住民の避難行動など対応行動開始の判断基準を明らかにするため、過去の災害事例から災害時対応行動データベースを構築する。次に、研究項目 2) では、現在の状況の予測支援として、地域住民に災害・被災状況をイメージ可能な情報を提供するため、災害時の行動情報に着目した行動支援システムを構築する。そして、研究項目 3) では、地域住民の将来の行動予測として、過去に災害が発生した地域情報と類似する地域に対して、災害情報提供システムを開発する。研究項目 4) では、これらの情報を Web 地図上に可視化し、地域住民が発災時の対応行動を検討できる対応行動促進システムを開発する。

### 4. 研究成果

本研究の主な研究成果を以下に示す。

#### 1) 学習能力の支援

研究項目 1) では、学習能力の支援として、台風発生時の過去の対応行動を時系列で可視化する対応行動データベースを構築した（図2参照）。対応行動データベースでは、a) 地理空間情報、b) 気象情報、c) 社会基盤情報と d) 対応行動情報の 4 層に分けてデータ

を整理する．これらのデータをデータ可視化ライブラリ (D3.js) により，時系列別に Web 地図上に表示する．

2015 年台風 11 号の香川県を対象にプロトタイプシステムを構築し，避難情報の発信側となる市町村の自治体職員や，避難情報の受信側となる地域住民を対象とする学習方法を提案した．プレ学習の結果，自治体ごとの避難勧告発令のタイミングが確認でき，避難勧告発令のタイミングは適切であったか，なぜそのタイミングで発令したかななどの議論に繋がることが確認できた．

## 2) 監視能力の支援

研究項目 2) では，監視能力の支援として，データマイニング技術のひとつである相関ルールマイニングを用いた，台風災害時の行動支援システムを構築した．提案システムでは，過去の地域間の被害発生関係に着目し，地域住民の行動開始を支援する情報を抽出する．例えば，「愛媛県でライフライン被害があった場合は，香川県で被害が発生する可能性が高い」というような，過去の被害の関係に着目し，地域住民の行動開始のきっかけとなる情報を抽出する．そして，抽出した情報を用いて，リアルタイムに提供されるマイクロブログ情報から，地域住民の居住地域での被害発生と関連の高い被害情報を提供する (図 3 参照)．

本研究では，実験 1：抽出した相関ルールの予測精度検証と，実験 2：リアルタイム予測への適用検証を通じて，抽出された相関ルールの有用性を検証した．2006 年から 2014 年に台風災害データベースシステムに被害が登録されている 55 件の台風について被害情報を収集し，最小サポート率を 0.1，最低確信度を 0.7 として相関ルールを抽出したところ，388 件の相関ルールが抽出された．全 47 都道府県のうち，予測対象となる結論部には 35 県が含まれた．

実験 1 の結果，中国地方，東海地方や四国地方では，適中率が 80% 以上かつ見逃し率や空振り率も 20% 以下であり，相関ルールに基づいた情報提供が有用となると考えられる．一方，北陸地方と九州沖縄地方では，適中率が低く，空振り率も高いため，相関ルールが有用とならない可能性が高い．台風被害が少ない北陸地方や，台風上陸の開始地点となり得る九州沖縄地方では条件部が抽出されず，相関ルールが抽出できなかった．

また，実験 2 の結果，相関ルールとマイクロブログに投稿される災害に関する情報の投稿件数から，相関ルールに基づく情報提供が，地域住民の行動支援に繋がる時間帯に実施できるかを検証したところ，結論部の都道府県で被害発生危険度が高い時間より早い時間帯に，多く投稿されていることがわかった．相関ルールに基づく情報提供が地域住民の行動支援に繋がる時間帯に実施できることがわかった．

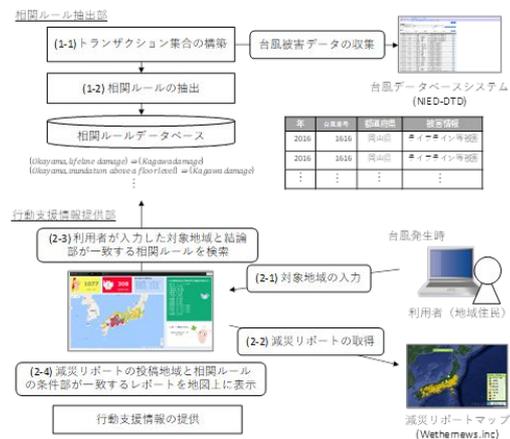


図 3 台風災害時の行動支援



図 4 地域特性の類似性を考慮した台風災害の情報提供

## 3) 予見能力の支援

災害時の危機認識ができたとしても，対応行動の開始を決断する具体的な情報が提示されなければ実際の行動に繋がらない．研究項目 3) では，予見能力の支援として，地域特性の類似性を考慮した災害情報提供システムを開発した．

災害が発生しにくい地域では，シミュレーションや防災マップにより，住民の危機意識の向上を図ろうとしても，被害に対するイメージが実感しにくくなることが考えられる．そこで，自身の住む地域と類似する地域の災害情報を得ることで，被害に対するイメージを持つことができ，災害時に自身で周囲の状況を判断とすることを考えた．

本システムの利用イメージを図 4 に示す．過去の台風災害により被害の起こった場所に関する災害種類，地域特性の情報が含まれる．過去の災害情報は，減災リポートマップの投稿位置情報を中心とする 1km 四方の矩形とする．本研究では災害の発生は，地形や気象に関係あると考え，地域特性を特徴ベクトルとして表す．地域特性としては，シームレス傾斜量図の標高と傾斜量，気象庁の雨量と風速，土地利用 100m メッシュから構成される 31 次元とする．発災時は，利用者の居住地域の緯度経度を入力し，コサイン類似度

を用いて、過去の災害情報のデータから類似地域と、その地域の発災時の情報を提供する。

実験では、類似度の計算に使用する地域特性がどの災害種類と関係が深いかを検証した。検証に用いた台風災害における被害情報のデータは 33 件である。これらの場所はいずれも 2017 年の台風により被害が起きている場所である。このデータの 1 つを入力地域として、他の 32 件のデータとの類似度を計算する。これを全データ繰り返し、類似度の高い順に並び替え、上位のデータが入力地域としたデータの災害種類と一致したかどうかを確認した。1 位及び上位 5 位以内の災害種類別の正答率を確認したところ、大雨冠水、河川増水・氾濫、道路冠水の正答率が土砂災害の正答率よりも低かった。この結果より、雨量と風速は全ての災害種類で特徴があり、傾斜量は、災害種類を区別する上では、有効性が低い結果となった。

#### 4) 対処能力の支援

研究項目 4) では、研究項目 1) から 3) のシステムの情報を集約して Web 地図上に可視化するシステムを構築した。現在の状況から災害をわが身として捉え、過去の対応行動判断基準や将来の推奨対応行動の提供による意思決定支援を行うことで、地域住民自らが早期に被害軽減の対応行動を開始に繋げる。

#### 5) 総合評価

本研究に関連する研究成果は、国内査読付き論文 1 件、国際会議発表 1 件、国内学会発表 8 件として発表した。本研究の主な成果は、レジリエンス・エンジニアリングで示される「学習」「監視」「予見」「対処」の 4 要素を具体化するための情報システムを提示した点である。本研究で開発した Web システムはインターネットで公開し、今後は、地域住民を対象に開発したシステムを活用する予定である。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- 1) 有友春樹, 高橋亨輔, 岩本祐子, 井面仁志, 白木渡: 対応行動データベースの構築と台風災害時避難の学習法方法の検討, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.73, No.2, pp.1\_289-I\_296, 2017. (査読あり)  
DOI: 10.2208/jscejcei.73.I\_289
- 2) Takahashi, K., Inomo, H., Shiraki, W., and Okamoto, S., Behavior Support for Residents during Typhoon based on Association Rule Mining, *New Trends in Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques*, Vol.297, pp.378-384, 2017. (査読あり)  
DOI: 10.3233/978-1-61499-800-6-378

〔学会発表〕(計 8 件)

- 1) 要田侑輝, 高橋亨輔, 井面仁志: 地域特性の類似性を考慮した台風災害時の情報提供システムの開発, 日本材料学会第 67 期学術講演会論文集, pp.249-250, 2018. (査読なし)
  - 2) 有友春樹, 高橋亨輔, 岩本祐子, 井面仁志, 白木渡: 対応行動データベースの構築と台風災害時避難の学習法方法の検討, 第 42 回土木情報学シンポジウム講演論文集, pp.271-274, 2017. (査読なし)
  - 3) 高橋亨輔, 井面仁志, 白木渡, 岡本志歩: データマイニング技術を用いた台風災害時の行動支援に関する有用性の検討, 平成 29 年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, pp.1096-1100, 2017. (査読なし)  
<http://id.nii.ac.jp/1031/00097520/>
  - 4) 高橋亨輔, 井面仁志, 白木渡: アントコロニー最適化法による避難地図作成の検討, 日本材料学会第 66 期学術講演会論文集, pp.225-226, 2017. (査読なし)
  - 5) 岡本志歩, 高橋亨輔, 井面仁志, 白木渡: 台風災害時の行動促進情報提供システムの開発: 情報処理学会第 79 回全国大会講演論文集, 2017. (査読なし)  
<http://id.nii.ac.jp/1001/00181736/>
  - 6) 高橋亨輔, 井面仁志, 白木渡: 台風災害時の避難検討のための対応行動データベースの構築, 日本材料学会第 29 回信頼性シンポジウム講演論文集, pp.154-155, 2016. (査読なし)
  - 7) 唐渡沙耶香, 井面仁志, 高橋亨輔, 白木渡: レジリエンスエンジニアリングによる地域防災力評価指標の提案, 日本材料学会第 29 回信頼性シンポジウム講演論文集, pp.160-163, 2016. (査読なし)
  - 8) 高橋亨輔, 井面仁志, 白木渡: 台風災害時の避難検討のための対応行動データベースの試作, 日本材料学会第 65 期学術講演会論文集, pp.195-106, 2016. (査読なし)
- 〔その他〕
- 1) 高橋亨輔: 台風災害時の避難検討のための対応行動データベースの試作, 日本材料学会 第 65 期学術講演会 優秀講演発表賞, 2016.
  - 2) 対応行動データベース:  
[http://stwww.eng.kagawa-u.ac.jp/~k\\_taka/typhoon/](http://stwww.eng.kagawa-u.ac.jp/~k_taka/typhoon/)

- 3) 高橋亨輔：台風災害時の避難検討のための対応行動データベースの構築，ポスター発表，香川大学先端工学研究発表会 2018 .  
[https://www.kagawa-u.ac.jp/kagawa-u\\_ead/topics/research/2018/](https://www.kagawa-u.ac.jp/kagawa-u_ead/topics/research/2018/)

## 6 . 研究組織

### (1) 研究代表者

高橋 亨輔 (TAKAHASHI, Kyosuke)  
香川大学・工学部・助教  
研究者番号：60647262

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者

### (4) 研究協力者

白木 渡 (SHIRAKI, Wataru)  
香川大学・四国危機管理教育・研究・地域  
連携推進機構・特任教授  
研究者番号：30032288

井面 仁志 (INOMO, Hitoshi)  
香川大学・工学部・教授  
研究者番号：90294735

岡本 志歩 (OKAMOTO, Shiho)  
香川大学・工学部・学生  
研究者番号：なし

要田 侑輝 (KANAMEDA, Yuki)  
香川大学・工学部・学生  
研究者番号：なし

有友 春樹 (ARITOMO, Haruki)  
日本ミクニヤ株式会社  
研究者番号：なし