

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 9 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24310121

研究課題名(和文) 災害予兆発見時における災害終息状況予測

研究課題名(英文) Final Stage Disaster Prediction at the Disaster Warning Stage

研究代表者

廣瀬 英雄 (Hirose, Hideo)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：60275401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：パンデミックなどのリスク解析法では、災害が起こり始めた直後に終息状況がどのようになるかという予兆発見時予測が重要である。単独の手法に依っては予測精度に限界があるため、統計的手法、エージェントモデルや微分方程式モデル、機械学習分野(アンサンブル手法など)を融合させ精度の高い予測法(PoP法)の開発を行い、SARS、エボラ、デング熱、インフルエンザなどの感染症に適用した。次に、周期性を持つ災害に対しては、推薦システムに効果を発揮しているマトリクス分解法を用いた方法を開発し、その予測精度が優れていることを世界で最初に示した。また、電気機器の温度による劣化の数理モデルを確立し、IEC規格提案を行った。

研究成果の概要(英文)：In the risk analysis methods, such as pandemic, final stage disaster prediction at the disaster warning stage becomes extremely important. Since a use of single approach alone cannot provide a good prediction accuracy, we developed the ensemble method, called PoP (prediction on predictions), consisting of statistical methods, the agent model, differential equation model, and the machine learning method. Applying the method to SARS, Ebola, Dengue, influenza cases, we obtained superior prediction results at early stage than the use of single approach. For seasonal disasters, the matrix decomposition method, used in recommendation systems, is found to be useful. In addition, we proposed a new mathematical model for electric insulation deterioration, and introduced it to IEC committee.

研究分野：複合新領域

キーワード：リスク予測 微分方程式 SIR マトリクス分解 PoP 最適試験法 寿命推定法 アンサンブル法

1. 研究開始当初の背景

パンデミックなど、リスク解析には、統計的方法(図1の第III期に力を発揮する)エージェント手法(図1の第I期に力を発揮する)など多くの手法が確立されているが、災害が起こり始めた直後に終息状況がどのようになるかという予兆発見時予測(図1の第II期)の研究は非常に困難であるにもかかわらず重要性が高い。

近年、データ同化、ブラックボックスなど、観測データを災害発展のモデルの中に組み込んだ解析法が行われ始めており、本研究でも、故障、災害、パンデミックなどのリスク回避を予兆発見に焦点をあてながら、これまで統計解析が中心であった方法論をエージェントモデルや微分方程式モデル、更に機械学習分野(アンサンブル手法など)と融合させ、精度の高い予測法の展開を行っていくこととした。

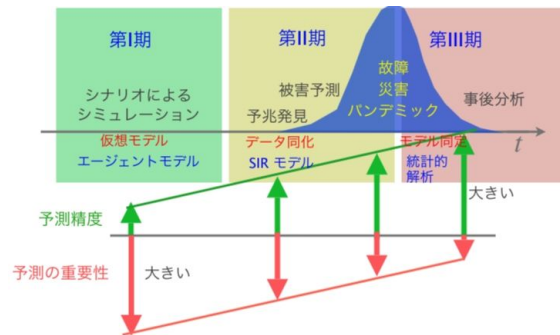


図1 解析時期により異なるリスク解析法

2. 研究の目的

(1) 予兆発見時に終息値を予測するためには、故障、パンデミックなどの現象に数学的なモデルを仮定する必要がある。これまで苦手とされていた打ち切りデータにおける統計的モデルでの故障解析に、パンデミックなどで用いられている数学モデル(微分方程式の構造など)を取り入れて予測精度を高めるなど、I,II,III期で用いられている方法を統合的に用い、より信頼度の高い数学モデルを提案し、これまでに観測された故障、パンデミックについてそれを実証する。

(2) 洪水データなど、これまで統計的な時系列でのカーブフィッティングの精度を求めることが多かったが、モデルパラメータ推定に機械学習を取り入れ、更に極値解析を併用して、想定を超えるような現象に少しでも対策ができるように、有用な数学モデルを提案し、これまでに観測された洪水データなどについてそれを実証する。

(3) ハイブリッド法など I 期、II 期、III 期に固有の予測法を融合する方法を開発する。

(4) 温度による電気機器の劣化の数理モデルを確立する

3. 研究の方法

(1) 予兆発見時に終息値を予測するため、決定論的の微分方程式法を更に広げて確率微分方程式による終息値予測を行なう。また、これまで打ち切りデータの条件付き確率の尤度で予測していた信頼性分野の問題を、微分方程式などの構造を持った数学モデルの下で解く。

(2) 想定を超えるような現象に対応するため、時系列解析の最新のパラメータ推定法に加え、極値解析を組み合わせる。具体的には、アンサンブル法で求めた時系列カーブの信頼区間にグンベル分布などの極値分布を組み合わせる。

(3) I 期、II 期、III 期に固有の予測法を融合して、II 期の予兆から終息値予測の精度を高速で融通の効くようなハイブリッド手法を開発する。

(4) アレニウスモデルにパレート分布などのモデルを組み合わせた劣化の数理モデルを提案する。

4. 研究成果

(1) 図2に示すように、災害が起こっている途中で、SIRの微分方程式モデルを確率微分方程式モデルに拡張し、終息段階における終息値の信頼度を求める方法論を確立した。

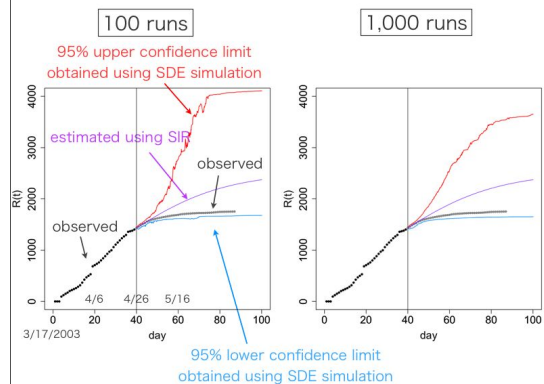


図2 確率微分方程式を用いて終息段階での予測値の信頼度を求めた例(SARS)

(2) 図3に示すように、予測手法によって、災害が終わる頃(統計的手法)、災害の起こる前(エージェントやSIRなどの微分方程式法)など適切な予測時期がある。予兆がある災害初期での終息予測は困難であるが、これまでに提案されている方法を組み合わせる手法結果が多数似ていればそれを採用するPoP(prediction on predictions)手法を開発し、SARS、エボラ、デング熱、インフルエンザなどの感染症に適用させた結果早期予兆の効果が見られた。

(3) インフルエンザ、ノロウイルス感染拡大、あるいは洪水のように、周期性を持つ災害に対しては、これまでARIMAなどの統計的時系列解析の手法を用いていた。本研究では、推薦システムに効果を発揮しているマトリクス分解法を用いた方法を災害予測に適用し、その予測精度がこれまでの方法と遜色な

い、あるいは優れていることを世界で最初に示した。図4は、2012年日本で流行したノロウイルスの感染拡大予測をマトリクス分解法を用いて行った結果であり、予測精度が優れていることが分かる。

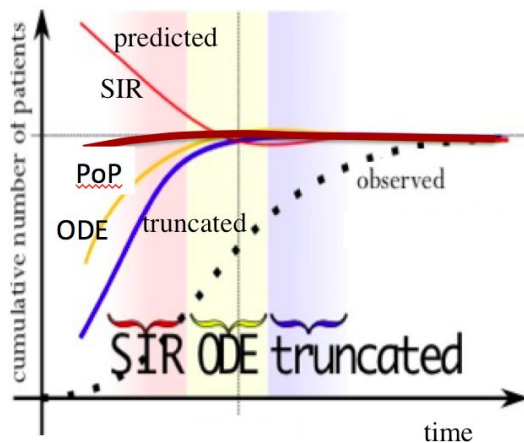


図3 PoP法による早期予測精度の向上 (SARS)

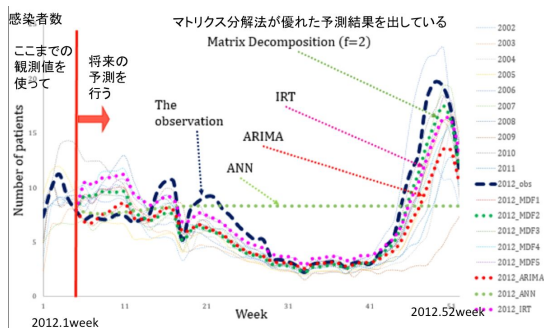


図4 マトリクス分解法によるノロウイルスの感染拡大予測

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11件)

H. Hirose, T. Sakumura, and N. Tabuchi: Optimum and Semi-optimum Life Test Plans of Electrical Insulation for Thermal Stress, IEEE Trans., Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 22, Issue 1, pp. 488-494, February 2015. (査読有)

H. Hirose, T. Sakumura: Foundation of Mathematical Deterioration Models for the Thermal Stress, IEEE Trans., Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 22, Issue 1, pp. 482-487, February 2015. (査読有)

H. Hirose, Estimation of the number of failures in the Weibull model using the ordinary differential equation, European Journal of Operational Research, Vol. 223, No.3, pp. 722-731 (2012.12.16) (査読有)

H. Hirose, T. Sakumura: The Extended Cumulative Exposure Model (CECM) and Its Application to Oil Insulation Test, IEEE Transactions on Reliability, Vol.61, No.3, pp.625-633 (2012.9) (査読有)

他7件(内7件査読有)

[学会発表](計98件)

H. Hirose, T. Nakazono, M. Tokunaga, T. Sakumura, S.M. Sumi, J. Sulaiman, "Seasonal Infectious Disease Spread Prediction Using Matrix Decomposition Method," the 4th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS 2013), pp.121-126, January 29-31, 2013, Bangkok, Thailand.

Hideo Hirose, Liangliang Wang, "Prediction of Infectious Disease Spread using Twitter: A Case of Influenza," the 5th International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Programming (PAAP'12), pp.100-105, December 17-20, 2012, Taipei, Taiwan.

Sulaiman Junaida, Hideo Hirose, "A Method to Predict Heavy Precipitation using the Artificial Neural Networks with an Application," 7th International Conference on Computing and Convergence Technology (ICCIT2012), pp.687-691, December 3-5, 2012, Seoul, Republic of Korea.

H. Hirose, T. Sakumura, Item Response Prediction for Incomplete Response Matrix Using the EM-type Item Response Theory with Application to Adaptive Online Ability Evaluation System, IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering 2012 (TALE 2012), pp.8-12, August 20-23, 2012, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.
T. Sakumura, T. Kuwahata and H. Hirose, An Adaptive Online Ability Evaluation System Using the Item Response Theory, Education & e-Learning (EeL2011), pp.51-54, November 7-8, 2011, Singapore.

他、国際会議25件、国内会議68件

[図書](計8件)

廣瀬, 実例で学ぶ確率・統計、日本評論社、2014年3月24日

他7件

[その他]

ホームページ等

<http://hirose.ces.kyutech.ac.jp/>

HirosePublications.html

6 . 研究組織

(1)研究代表者

廣瀬 英雄 (HIROSE HIDEO)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教

授

研究者番号：60275401