

「計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の  
開発と応用」

H29 年度  
実績報告書

平成 29 年度採択研究代表者

平田 直

東京大学地震研究所  
教授

次世代地震計測と最先端ベイズ統計学との融合によるインテリジェント地震波動解析

## § 1. 研究実施体制

### (1) 東大地震研グループ

- ① 研究代表者： 平田 直（東京大学地震研究所・教授）
- ② 研究項目
  - ・ わが国の地震観測網による地震検出能力の検証
  - ・ 地震計測ビッグデータの特性検証, ならびに利活用可能性の検討
  - ・ 地震計測データに含まれる多種多様な振動現象の検討と分類
  - ・ 観測点選択アルゴリズムの高度化
  - ・ データ同化アルゴリズムの高度化
  - ・ インテリジェント地震波動解析システムの構築

### (2) 東大情報理工グループ

- ① 主たる共同研究者： 駒木 文保（東京大学大学院情報理工学系研究科・教授）
- ② 研究項目
  - ・ 既存の地震波解析アルゴリズムの統計学的評価
  - ・ 観測点の空間構造を利用した地震検出手法の改良
  - ・ 地震波の局所定常性を利用した地震波の波形分離法の開発
  - ・ 多点観測を利用する際の波形分離の計算コストの削減法の考察
  - ・ 地震計測データ解析のための方向統計学の深化
  - ・ 畳み込みニューラルネットワークを利用した地震検出手法の開発
  - ・ 畳み込みニューラルネットワークにおける入力波形の分離メカニズムに対する考察
  - ・ 有効観測点の疎性や、観測点の SN 比を考慮した観測点自動選択法の開発

## § 2. 研究実施の概要

### (1) わが国の地震検出能力の変遷

1923年から2014年にかけて日本で発生した地震について、気象庁が提供する地震カタログと観測点情報を用いて、地震検出能力とカタログの網羅性を評価した(参考文献[1], 図1)。観測点の過去の稼働期間を調べ、マグニチュード(M)の検出下限を見積もった。1960年代以前は、取りこぼしなく検出できた地震はM5以上に限られていたが、1995年兵庫県南部地震以降の地震観測網の充実により、検出能力の下限はM2.5以下にまで広がり、近年ではM1レベルの地震まで網羅されている。特に関東地方では、地震観測網が稼働し始めた1923年という早い段階から、既にM4レベルの地殻浅部の地震活動についてはほぼカタログに網羅されていたことがわかった。これまで1960年以前の日本の地震カタログについて詳細に調べた例はなく、本研究の成果は過去の地震活動の理解に大いに役立つ。

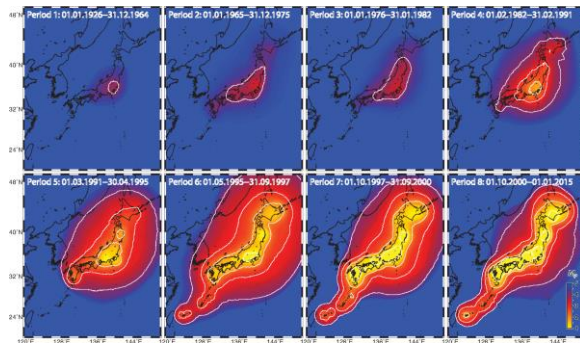


図1: 日本周辺における地震検出能力の変遷。

### (2) 地震計測データ解析に役立つ方向統計学の深化

地震データ解析において、地震波の伝搬方向といった方向に関するデータを取り扱う必要がある。方向データに対する統計解析は方向統計と呼ばれ、地震学の他に、画像処理(顔画像の向き)・動物行動学(動物の進行方向)・環境科学(風向)等の幅広い分野で利用されている。方向統計において、データを生成する分布が多峰性をもつ場合(図2)、峰の中心位置やばらつきといった未知母数の推定が難しいことが知られている。現実のデータを生成する分布は多峰性をもつことが多く、多峰性をもつ分布の未知母数を高速に推定することは方向統計学において重要な課題である。参考文献[2]では、高速かつ汎用的な方向データの未知母数の推定手法の開発に成功した。方向統計学における従来の未知母数の推定手法は複雑な積分計算を含むため、推定にかかる時間が長い上に実装が難しく、汎用的でないといった問題点があった。本手法は、従来手法で必要とされていた積分計算を回避し、従来手法より高速かつ簡単に未知母数を推定することができる。

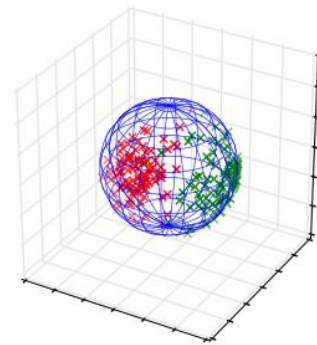


図2: 方向データ分布の例。

- [1] Schorlemmer, D., N. Hirata, Y. Ishigaki, K. Doi, K. Z. Nanjo, H., Tsuruoka, T. Beutin, and F. Euchner, Earthquake detection probabilities in Japan, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 108, No. 2, pp. 702-717, doi:10.1785/0120170110, 2018.
- [2] Takasu, Y., K. Yano, and F. Komaki, Scoring rules for statistical models on spheres, *Statistics and Probability Letters*, Vol. 138, pp. 111-115, doi:10.1016/j.spl.2018.02.054, 2018.