

## 都 27-2-8 1d. 首都圏の過去の地震活動に基づく地震活動予測手法の確立

過去に発生した地震の活動から将来の地震活動を予測する統計地震学的手法を発展させた新たな地震活動予測手法を提案する。そのために首都圏の過去の地震活動に最適化した時空間的に高分解能かつ高精度な地震活動予測アルゴリズムを開発する。またそれらのアルゴリズムを評価・検証するための基盤構築を行い、地震活動予測の実験を行う。地震活動予測手法の妥当性を検証する。

平成 27 年度:

- (1) -c により構築された南関東において過去に発生した大地震の新たな時系列モデルを取り込み、地震活動予測アルゴリズムの高精度化をはかる。平成 26 年度に引き続いて、地震発生予測検証実験を行う。

平成 28 年度:

- (1) -c 「首都圏での中小地震と大地震の発生過程の関係の解明」と連携するとともに、これまでに実施した地震発生予測検証実験をまとめ、首都圏の過去の地震活動に基づく地震活動予測手法を確立する。

### 地震発生予測検証実験結果 (3 ヶ月予測テストクラス)

第一回 (2015/02/01-2015/05/01) から第四回 (2015/11/01-2016/02/01) の実験結果を検討した。地震活動予測モデルについては、東北地方太平洋沖地震後については、地震数の予測を大森宇津則により予測させることにより、CSEP の標準テストである N-Test をすべてパスできることなど、モデルのパフォーマンスの向上が得られた。

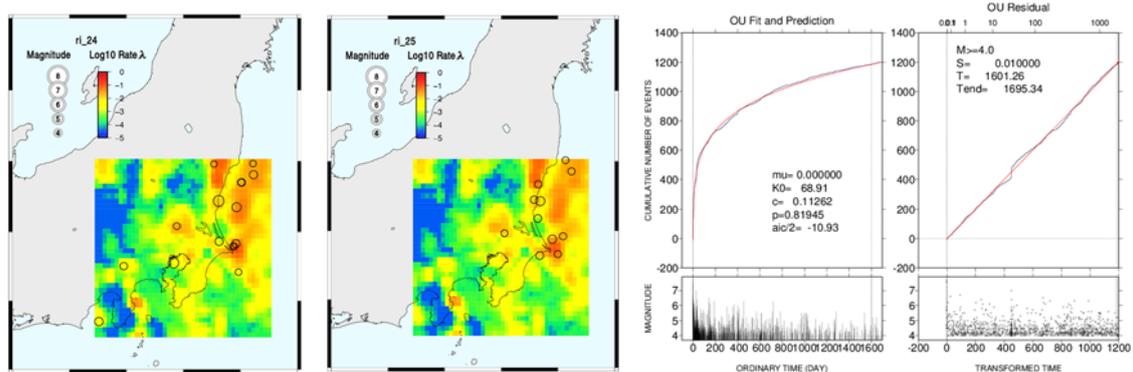


図 1 : (左, 中) 2015/08/01-2015/11/01 および 2015/11/01-2016/02/01 の予測期間による地震活動予測モデルによる空間分布図と実際の地震の震央。(右) 大森宇津則による地震数の予測と観測との比較。2011 年 3 月 11 日を基準として大森宇津則のパラメータを決定している。

### 過去に発生した大地震の新たな時系列モデルによる地震活動予測アルゴリズムの高精度化

気象庁一元化震源に宇津カタログをマージして、マグニチュード 6 以上の地震活動の予

測モデルの検討を進めた. 3次元 ETAS モデルのプロトタイプの開発も進めている.

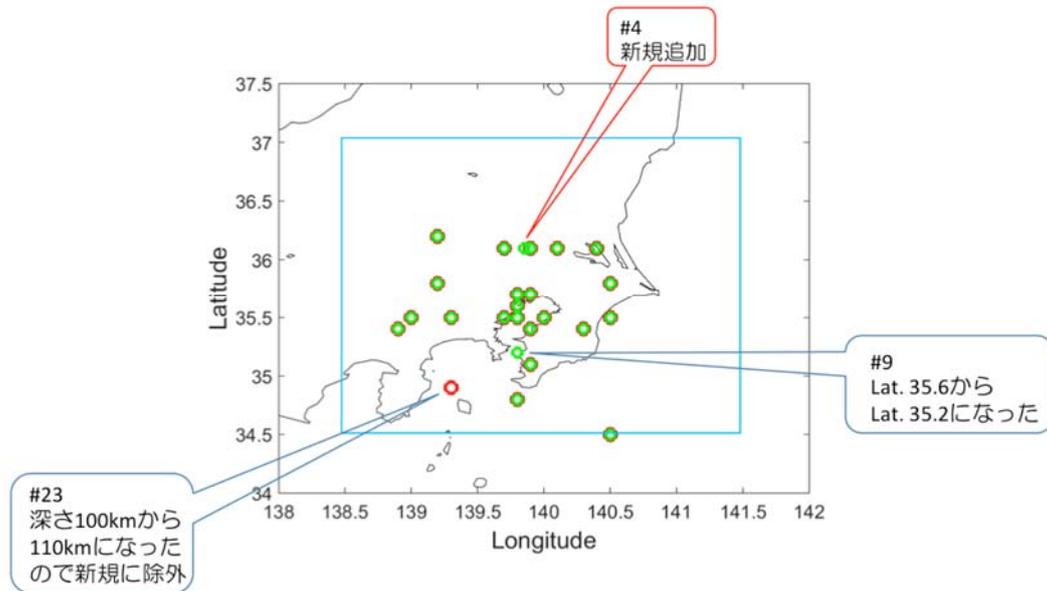


図2. 明治・大正期の大地震

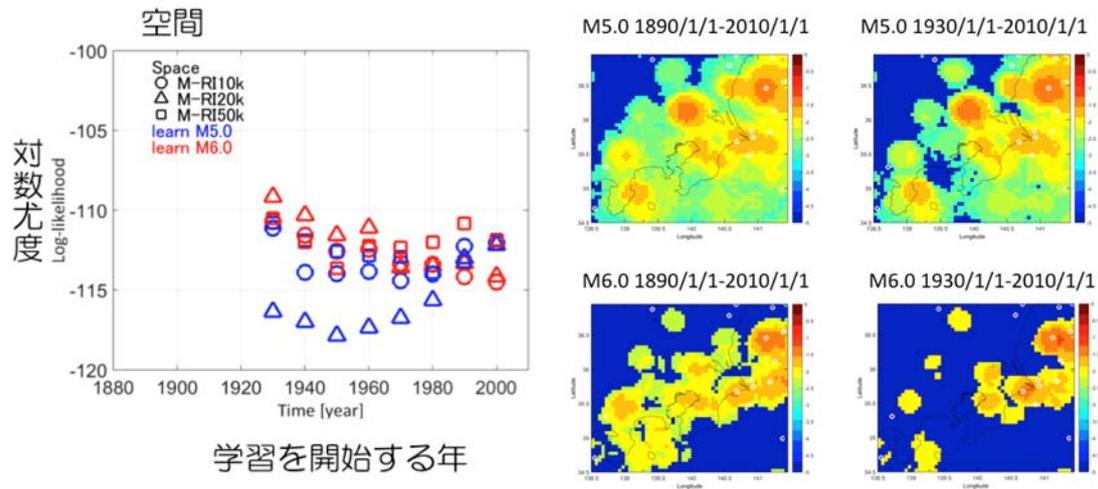


図3. (左) 学習期間によるモデルのパフォーマンスの時間変化. (右) 平滑化半径を 20km とした RI モデルによる空間予測マップ.

### 3次元 ETAS モデルによる高精度化

3次元空間の階層的時空間 ETAS モデルは, 任意の時刻  $t$  と位置  $(x, y, z)$  での地震活動度が, 過去の地震発生履歴  $H_t$  の関数として,

$$\lambda_{ETAS}(t, x, y, z | H_t) = \mu(x, y, z) + \sum_{\{j; t_j < t\}} \frac{K(x_j, y_j, z_j)}{(t - t_j + c)^p} \left[ \frac{(x - x_j, y - y_j, z - z_j) S_j(x - x_j, y - y_j, z - z_j)^t}{e^{\alpha(M_j - M_c)}} + d \right]^{-q}$$

の様に記述される．  $\mu(x, y, z)$  は常時地震活動度 (background seismicity) ,  $K(x, y, z)$  は余震生産性 (aftershock productivity) と呼ばれ, これらが位置の関数と考え, 各部分領域で特に異なる地震活動の特徴を定量化する． そのうえ関東直下の現在の地震活動度および将来の地震予測には, 東北地方太平洋沖地震によって誘発された活動度が追加されて

$$\lambda(t, x, y, z | H_t) = \lambda_{ETAS}(t, x, y, z | H_t) + \frac{K_{M9}(x, y, z)}{(t - t_{M9} + c_{M9})^{p_{M9}}}.$$

の様に東北沖地震の発生時刻  $t_{M9}$  を起点とする大森・宇津型の減衰関数で記述される． ここで関東直下の位置  $(x, y, z)$  における東北沖地震からの影響度  $K_{M9}(x, y, z)$  の地域性を区別して定量化した．

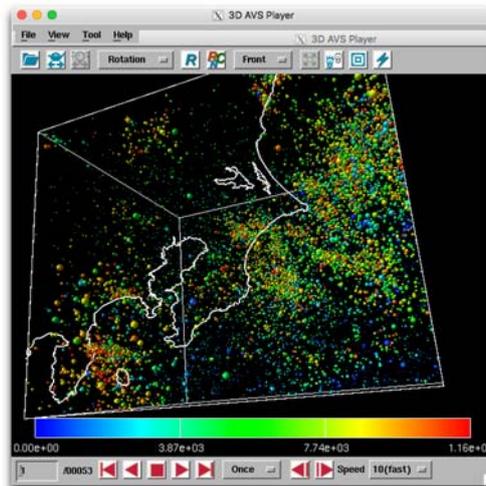


図 4. 3次元 ETAS の  $K$  の空間分布.

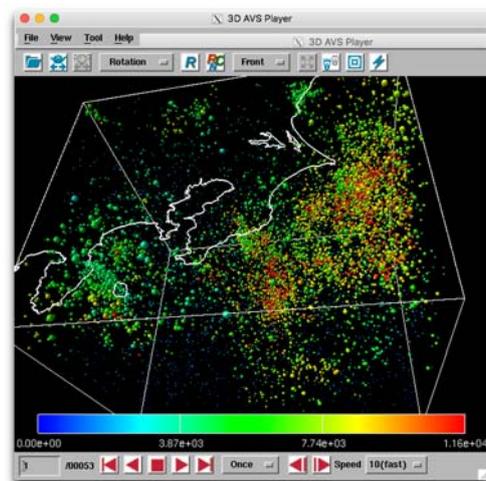


図 5. 3次元 ETAS の  $\mu$  の空間分布.

## RI モデルの改良による地震活動予測

RI モデルにおける空間分布の決定は、地震の規模によらずその重みが1であるが、その重みを地震の規模に依存させて空間分布の推定を試みて、マグニチュード6以上の今後10年の空間分布の推定を実施した。

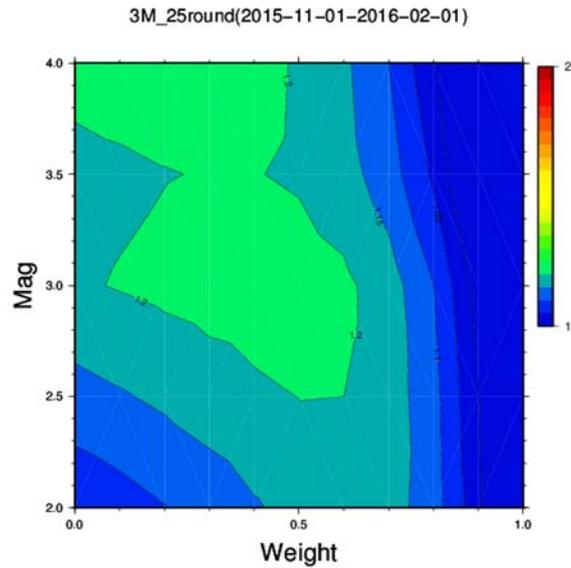


図6. 3ヶ月テストクラス(2015/11/01-2016/02/01)の学習下限MおよびM重みの2次元情報利得値分布. Weight=0の場合には、規模に依存せず、Weight=1の場合にはMが1大きくなる毎に10倍となる。

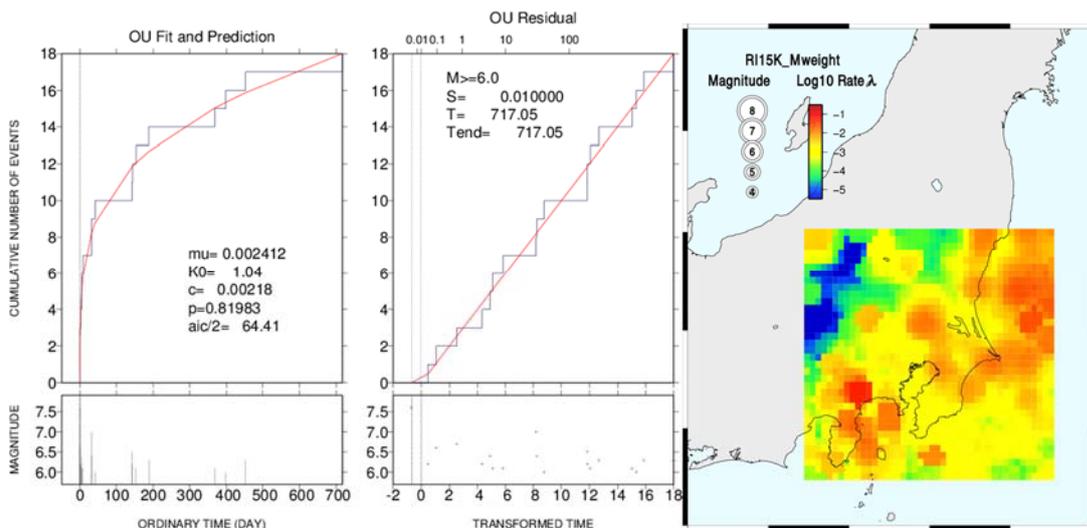


図7. 大森宇津則をM6以上の地震に適用し(左図)、そのパラメータを元に将来10年のM6以上の地震の空間分布図。