

2016年11月10日

# 地球科学とエネルギー需要科学： 非線形数理との接点

大阪大学 大学院情報科学研究科

鈴木 秀幸

# (井村T) 鈴木グループ

鈴木 秀幸	大阪大学 大学院情報科学研究科 教授
合原 一幸	東京大学 生産技術研究所 教授
平田 祥人	東京大学 生産技術研究所 特任准教授
田中 剛平	東京大学 大学院工学系研究科 特任准教授
藤原 直哉	東京大学 空間情報科学研究センター 助教
Bing Wang	Shanghai Univ. (China), Assoc. Prof.
永田 基樹	東京大学 大学院情報理工学系研究科 博士3年
茶山 将慶	東京大学 大学院情報理工学系研究科 修士2年

## 非線形科学・複雑系科学 & 数理モデリング

非線形ダイナミクス、複雑ネットワーク、結合振動子系、  
多体ダイナミクス、非線形時系列解析、……

## 研究テーマ

- (基盤ユニット) 電力システムの階層的モデル
- (予測ユニット) PV発電量の時系列予測

# 成果 PV予測改善と複数地域グリッド(鈴木G)

## 研究成果

国際誌論文 1 編ほか

➤ 無限次元の埋め込みに基づく時系列予測手法を提案し、PV予測に適用

- ⇒ 既存の非線形時系列予測で用いられてきた埋め込み座標を無限次元に拡張
- ⇒ PV予測に適用することにより精度改善 (特にこれまで悪かった午前中が改善)

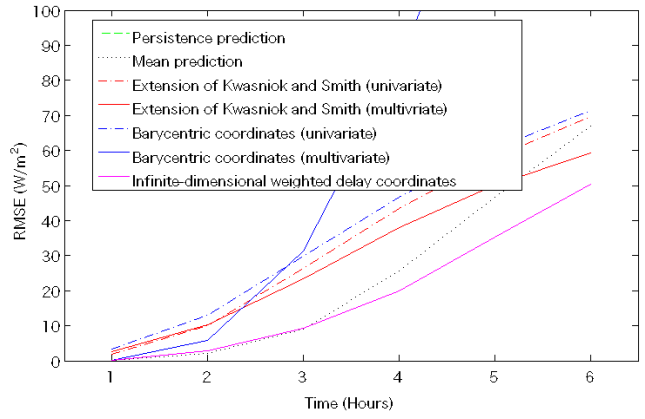
➤ 複数地域を結合させた電力グリッドの安定性

- ⇒ 複数地域グリッドモデルの安定性を解析し、数値シミュレーションにより検証
- ⇒ 安定性の観点から最適な地域間結合

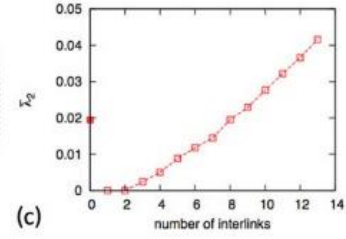
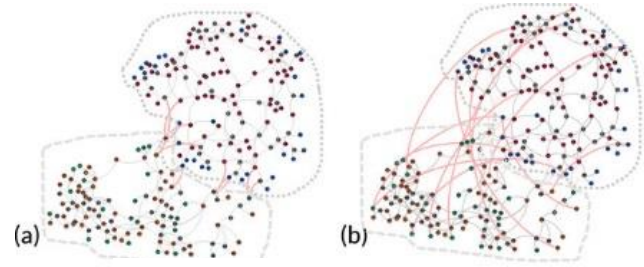
## 今後の展開

- 他のPV予測手法との連携・融合
- 時空間PVデータに対する予測手法
- 階層的グリッドへの展開
- 慣性定数・同期化力低下時の安定性

無限次元の埋め込みによるPV予測改善



最適な地域間結合



# 地球科学・エネルギー需要科学との接点？

- **非線形時系列解析**

各種の時系列データの背後にある  
非線形ダイナミクスの解析と予測

- **クラスタリング**

ネットワーク構造に基づくクラスタリング  
データや現象の類型化に役立つ？

- **モデリング**

主に動的システムのモデリング  
ネットワーク結合系・不連続ダイナミクス

# 非線形時系列予測手法によるPV等短期予測



- モデルに基づかない高速な予測計算で短期予測
- ひまわり8,9号の高解像度・高頻度観測データ等を念頭に、短期+時空間予測を行う手法を開発したい
- 時系列データならば適用することは可能  
→ 需要データ等への応用可能性？

# ネットワーク構造に基づくクラスタリング

## Map Equation

[Rosval & Bergstrom, PNAS, 2008]

- ネットワーク構造 + その上の流れ
  - 例：人の移動データ
- 移動の軌跡の記述長を最小にする符号化が階層的クラスタリング・コミュニティ構造を与える
- 気象データ・需要家データの分析やモデリングにおいて、この種のクラスタリング・類型化が役立つ可能性？

# Map equationとは [6,7] ?

- ・ネットワーク上のランダムウォーカーの軌跡を記述する符号長  $L(M)$  を最小化することで、階層的なクラスタ構造・クラスタ数が内生的に決まる

$$L(M) = qH(Q) + \sum_{i=1}^m p_i H(P_i)$$

- ・ネットワーク上を流れに基づいたクラスタリングに適している
- ・階層的なMap Equationの方法も提案されている[7]。ここで、

$qH(Q)$  : クラスタ間の遷移の符号長

$$H(Q) = \sum_{i=1}^m \frac{q_i}{\sum_{j=1}^m q_j} \log \left( \frac{q_i}{\sum_{j=1}^m q_j} \right)$$

$\sum p_i H(P_i)$  : クラスタ内の遷移の符号長

$$q = \sum_{i=1}^m q_i$$

$$H(P^i) = \frac{q_i}{q_i + \sum_{\beta \in i} p_\beta} \log \left( \frac{q_i}{q_i + \sum_{\beta \in i} p_\beta} \right) + \sum_{\alpha \in i} \frac{p_\alpha}{q_i + \sum_{\beta \in i} p_\beta} \log \left( \frac{p_\alpha}{q_i + \sum_{\beta \in i} p_\beta} \right)$$

