

サブテーマ5：

複雑システム理解と予測のためのアレイデータの帰納的解析手法開発

研究代表者

[国立極地研究所] 和田 誠

共同研究者

[国立極地研究所] 山内 恭, 平沢 尚彦, 堤 雅基, 富川 喜弘, 江尻 全機

[統計数理研究所] 樋口 知之, 石黒 真木夫

[国立情報学研究所] 北本 朝展

[東京大学] 佐藤 薫, 高橋 正明

[京都大学] 佐藤 亨, 齊藤 昭則, 西村 耕司, 山本 衛

[北海道大学] 遊馬 芳雄

[海洋研究開発機構] 渡辺 真吾 (地球環境フロンティア研究センター)

[長岡技術科学大学] 熊倉 俊郎

1. 研究目標

このグループでは、巨大次元のアレイデータ（MU レーダーデータ、客観解析気象データ、大循環モデルを用いて作成される気象データなど）から、帰納的な手法により複雑システムの機能を予測するための、さまざまな発見的解析手法の開発を目指します。具体的には、学習的観測ノイズ除去技術開発、確率論的統計モデルを導入したデータマイニング技術開発、そして、これらのアレイデータ解析手法を有効に適用できる、新しい計測アルゴリズム開発およびシミュレーション技術開発などを行います。これらの研究によって構築される帰納的解析手法は、自然科学に留まらず、様々な研究分野への応用が可能となります。

2. 年次研究計画

平成 17 年度：

- ・ MU レーダーを用いた観測から多チャンネル受信時系列データの取得とデータから効率良く流星エコー検出を行うアルゴリズムの開発
- ・ 客観解析データの整理、客観解析データを用いた粒跡線モデルプログラムの開発およびモデルの性能評価
- ・ 客観解析データを利用し、非静水圧モデルを用いて南極域の接地逆転層の気温分布の再現実験と描画ソフトの開発
- ・ 雲像度モデルアウトプットによる水平波数構造等の緯度、経度依存性の解明のための機器、データの準備

平成 18 年度：

- ・平成 17 年度に開発したアルゴリズムをオンラインソフトに組み込み、流星エコー検出の実用化
- ・流星エコーデータから中間圏の風速場、温度場の水平方向の構造を探查
- ・MU レーダーから得られる巨大次元データの解析のための新しい手法の準備
- ・粒跡線モデルのオンライン化を実現し web 上で公開する
- ・再現実験から得られる接地境界層の気温分布と実観測データとの比較により問題点、特に乱流過程スキームやパラメータの検討
- ・雲解像度モデルアウトプットによる水平波数構造等の緯度、経度依存性の解明
- ・水惑星高分解能 GCM によるシミュレーションとデータ整備

平成 19 年度以降：

- ・各種光学観測手法を併用し、総合的に中間圏・下部熱圏領域の力学研究を行う
- ・MU レーダーから得られる巨大次元データの解析のための新しい手法の開発および、新しい手法の PANSY レーダーへの適用の検討
- ・再現実験から得られる惑星境界層及び対流圏下部におけるデータと実観測データとの比較から、モデルで扱っている雲物理過程の問題点の検証
- ・水惑星高分解能 GCM、更には現実地形を入れた GCM モデルデータを用いた極渦周辺の小規模擾乱の構造解析
- ・研究成果の取りまとめ

注) MU レーダー：京都、信楽にある中層・超高層および下層大気観測用 VHF 帯大型レーダー
PANSY レーダー：南極域で建設計画がある中間圏・成層圏・対流圏用大型レーダー

3 . 平成 17 年度の研究進捗

平成 17 年度はグループ会合を月 1 回程度開催し研究の進捗状況の確認、また招待者による発表会や、勉強会を開催し研究の進展の準備を行った。全体のスケジュールに基づき研究を進め、帰納的な手法により複雑システムの機能を予測するための準備として、アレイデータ解析手法を有効に適用できる、新しい計測アルゴリズム開発およびシミュレーション技術開発などを行なった。以下に得られた研究成果を示す。

- ・全球の気象客観解析データを用い、空気塊の起源を調べるための粒跡線モデルの開発を行なった。また、他のモデルとの比較をもとに、開発した粒跡線モデルの性能評価を行い、良好な結果を得、その結果を論文として発表した。図 1 は 2000 年 4 月 19 日のグリーンランド海上空の気塊はどのような経路で来たかを示したものである。
- ・MU レーダーの観測として、25 系統の受信機とアンテナによる受信データをすべて記録し、オフラインでの流星検出アルゴリズムの開発を行った。擬似的に受信ビームを空間走査することにより、従来よりも 10 dB 以上 SN 比を向上させた観測が実現できることを示した。これによりエコー数を従来より 5 倍ほどに増加させることに成功した (図 2)。

- ・非静水圧メソスケール気象モデル(MM5)を用いて南極大陸の接地境界層内の気温逆転層の再現実験を行った。また、計算結果の図化ルーティンの開発を行った。1997年6月18日の接地気温逆転層の再現結果を図3に示す。現在は100m程度の鉛直分解能であるが、今後更に数分の1程度に解像度を上げたい。
- ・最近、地球環境フロンティア研究センターにより、水平3.5kmメッシュの世界最高の高解像度全球モデルが開発された。このモデルは、これまで困難であった現実的な熱帯のスーパークラスターの特性をよく再現する(Tomita他, 2005)。このデータを用いて、東西波数スペクトル解析を行った。図4は緯度20度における東西風、南北風、温度、鉛直風のスペクトルである(実線は南半球、点線は北半球)。破線は、東西波数 k のべき乗(k^{-4} 、 k^{-3} 、 $k^{-5/3}$ 、 k^0)の傾きを示す。Nastrom and Gage (1985)による商用航空機観測データを用いた解析によれば、現実大気は、水平波長500kmを境に長波長側(低波数側)で-3乗、短波長側で-3/5乗の傾きを持つことが示されている。本研究による高解像度モデルの解析結果では、スペクトル境界は水平波長1000km付近にあり、短波長側では-3/5乗の傾きを持つものの、長波長側は-3乗というより、むしろ-4乗の傾きを持つように見える。航空機の航路は約10000kmと限界があるため、現実大気データの長波長側の推定精度は短波長側に比べると落ちると考えられる。したがって、モデルのほうが正確なスペクトルを示している可能性がある。今後、スペクトルの緯度依存性や、スーパークラスターの有無を考えた経度依存性などを明らかにし、コバリアンスなどの解析により、長波長側、短波長側での揺らぎの物理特性の比較も行う(東大CCSR佐藤正樹氏との共同研究)。本研究で用いた高解像度全球モデルシミュレーションデータは地球シミュレータにより積分計算して得たものである。

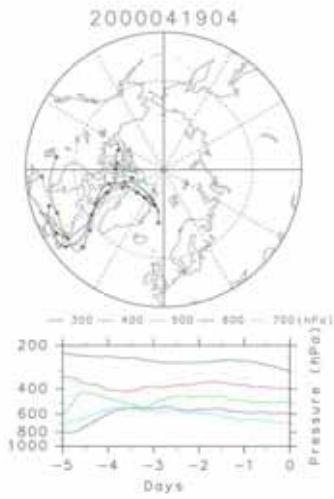


図 1 (上)

00UT June 18, 1997 FT=24 at (39,54) Dome-F

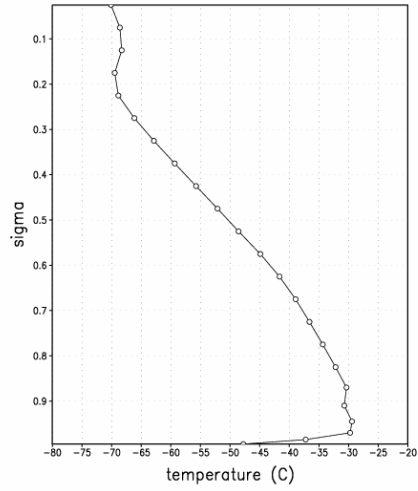


図 3 (上)

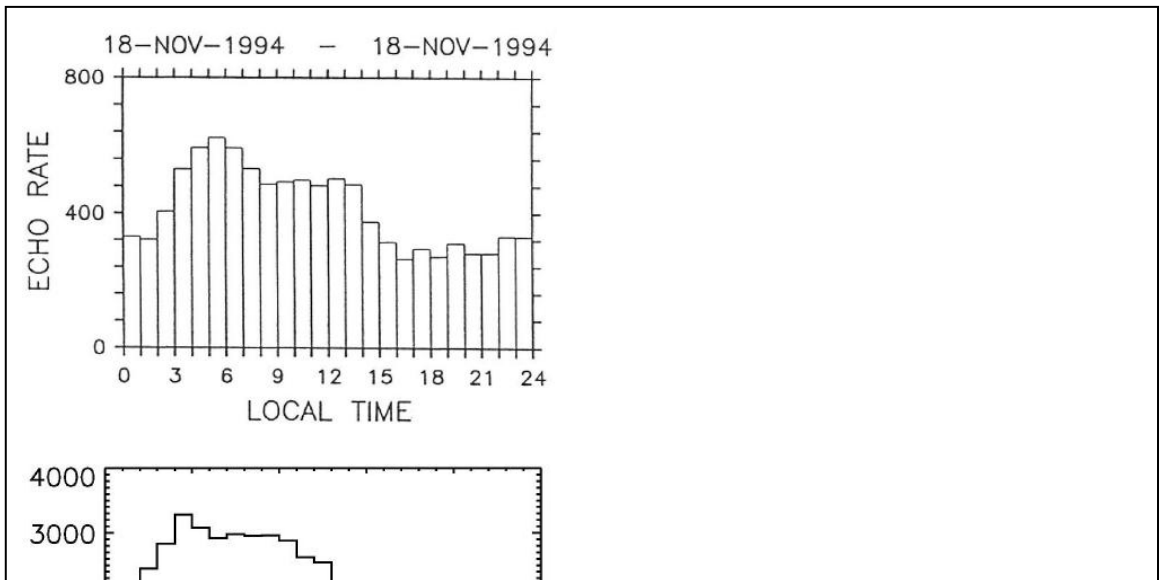


図 2

(上)
(下)

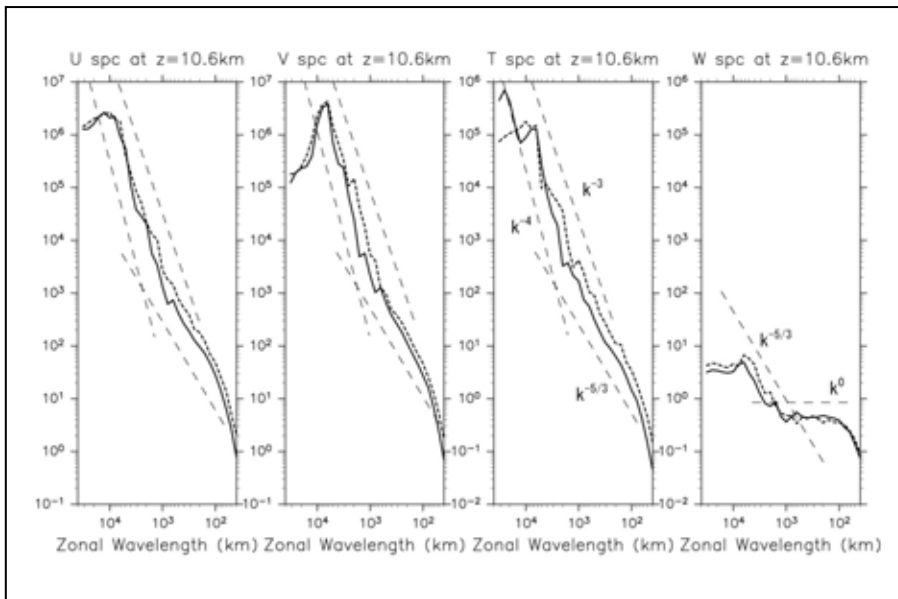


図 4

4 . 平成 1 7 年度研究成果

(1) 知見・成果物・知的財産権等

該当なし

(2) 成果発表及び著書執筆等

〔 成果発表 〕

- ・ 堤 雅基、佐藤 薫、中村卓司、麻生武彦：MST レーダーによる改良型流星風観測、第 29 回極域宙空圏シンポジウム、東京、2005 年 8 月
- ・ Masaki Tsutsumi, Kaoru Sato, Takehiko Aso, Takuji Nakamura and Toru Sato : Advanced meteor wind observations using MST radars, The second Japanese CAWSES workshop, Nagoya, September 12-13, 2005.
- ・ 堤 雅基、中村卓司、佐藤 薫、麻生武彦、佐藤亨：多チャンネル受信による改良型 MU レーダー流星風観測：第 20 回大気圏シンポジウム、JAXA 宇宙科学研究本部、2006 年 2 月 23 ~ 24 日
- ・ Y. Tomikawa and K. Sato : Design of the NIPR trajectory model, Polar Meteorol. Glaciol., 19, 120-137, 2005.
- ・ Y. Tomikawa, M. Yoshiki, and K. Sato : A neutral wave observed in the Antarctic polar vortex, J. Meteorol. Soc. Japan, 84, 97-113, 2006.
- ・ Motoyama, H., Hirasawa, N., Satow, K. and Watanabe, O., Seasonal variations in oxygen isotope ratios of daily collected precipitation and wind drift samples and in the final snow cover at Dome Fuji Station, Antarctica. J. Geophys. Res., Vol.110, D11106, doi:10.1029/2004JD004953, 2005.
- ・ 平沢尚彦、本山秀明、和田誠、山内恭：南極の水循環. 日本気象学会春季大会、東京、5 月、2005.
- ・ Hirasawa, N., H. Motoyama, M. Wada and T. Yamanouchi, Water budget between the Antarctic ice sheet and atmosphere. CliC (Climate and Cryosphere) First Science Conference, China Meteorological Administration, Beijing, China, 11-15 April 2005.
- ・ 鈴木香寿恵、山内恭、平沢尚彦：昭和基地における対流圏大気による水輸送. 極域気水圏シンポジウム、東京、12 月、2005.
- ・ 畑中雅彦、高橋伸尚、平沢尚彦、和田誠：85GHz 輝度温度に基づいた 1997 年 6 月の昇温現象の検出. 極域気水圏シンポジウム, 28, 東京、12 月、2005.
- ・ 畑中雅彦、高橋伸尚、平沢尚彦、和田誠：85GHz 輝度温度画像に基づいた 1997 年 6 月の昇温現象域の推移. 極域気水圏シンポジウム、東京、12 月、2005.
- ・ 門崎学、堀雅裕、山内恭、平沢尚彦：衛星データを利用した南極域における雲検出の比較. 極域気水圏シンポジウム、東京、12 月、2005.
- ・ Suzuki, K., T. Yamanouchi and N. Hirasawa, Moisture transport to Syowa station, Antarctica., 6th International Conference on Global Change: Connection to the Arctic

(GCCA-6), Tokyo, December 2005.

- ・鈴木香寿恵、山内恭、平沢尚彦：南極域における大気輸送の季節変化とそのメカニズム．日本気象学会秋季大会、神戸、11月、2005．
- ・鈴木香寿恵、山内恭、平沢尚彦：南極域における対流圏大気輸送の季節変化．日本気象学会春季大会、東京、5月、2005．
- ・佐藤薫、大型大気レーダーによる中層大気力学の研究、地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会、2005 年 6 月「招待講演」国内
- ・佐藤薫、大気重力波と気象学との関わり、京都大学数理解析研究所共同研究集会「非線形波動の数理解析と応用」、2005 年 10 月、京都「招待講演」

【著書執筆等】

- ・佐藤薫、大気重力波と気象学との関わり、京都大学数理解析研究所講究録、印刷予定

【参考文献】

- ・Tomita, H, Miura, H., Iga, S., Nasuno, T., and Satoh, M. (2005) A global cloud-resolving simulation: preliminary results from an aqua planet experiment. *Geophys. Res. Lett.*, vol.32, L08805, doi:10.1029/2005GL022459.
- ・Nastrom, G. D. and K. S. Gage (1985) A climatology of atmospheric wavenumber spectra of wind and temperature observed by commercial aircraft. *J. Atmos. Sci.*, 42, 950-960.