

I. 地球生物環境部門

I-1 地球環境グループ

1. メンバ

専属教員

教授 田中博

講師 日下博幸

学内共同研究員 教授 木村富士男

学外共同研究員 連携教授 鬼頭昭雄

2. 概要

地球環境グループでは主に大気大循環モデルを用いた地球規模の大気大循環研究と、領域気象モデルを用いたメソ気象や大気境界層の研究を行っている。

筑波大学で開発された順圧大気大循環モデル（順圧 S モデル）を用いた北極振動やブロッキングなどの長周期変動の数値実験や予測可能性の研究、アンサンブルカルマンフィルターの開発、熱帯循環強度の定量化などが行われている。また、計算科学研究センターの特色を生かして、大規模気象データベースの構築と一般公開、そして、次世代型全球雲解像大気モデル(NICAM)の PACS-CS への移植と実験を開始した。

領域モデル（WRF）は、日々の気象の再現性は確認されているものの、気候の再現性、とりわけ都市の気候の再現精度の検証はこれまでおこなわれていなかった。そこで、今年度は、将来の都市気候予測への適用に向けた第一歩として、WRF の気候予測に対する精度検証を行った。また、都市降水（いわゆるゲリラ豪雨）の詳細な解析と WRF を用いた都市降水シミュレーションの精度検証を行った。

3. 研究成果

【1】 北極振動の成因解明と長周期変動の力学プロセス(田中)

平成19年度の地球環境学分野における主な成果として、科研費基盤 A による「北極振動の成因解明と長周期変動の力学プロセスの研究」の成果が挙げられる。この研究費は最終年を向え、研究成果の取りまとめの目的で、日本気象学会の国際誌「気象集誌」(J. Meteor. Soc. Japan) に、北極振動特集号を掲載し、12 編の論文およびノートが発刊された。地球温暖化や半球規模の異常気象は北極振動パターンで出現することが多いが、その理由が分かっていない。本研究の結果、北極振動は、任意の定常外力に共鳴して起こる大気大循環の力学的な特異固有モードとして理解された。

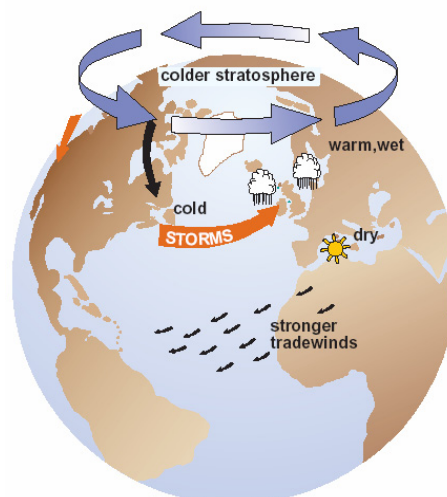


図 1. 北極振動のパターン

その一方で、それを励起する太平洋と大西洋のストームトラックの活動が互いに独立に大振幅で NAO と NPO のテレコネクションを励起するため、統計的な見かけのモードに見えるという理解に至った。この研究成果は、地球惑星連合大会のユニオンセッション「北極域の科学」（代表：田中）の中で発表され、約 100 名の参加者により活発な議論が交わされた。

【2】 気象庁リアルタイム GPV データの蓄積と公開（田中）

気象庁が気象業務支援センターを経由して一般に公開しているリアルタイム GPV データを 2005 年 1 月 1 日から蓄積し、研究教育目的に限り一般に公開している。全球客観解析データや領域客観解析データは、観測データの代用として一般に用いられ、研究や教育に頻繁に利用されているが、全球モデル予測データや領域モデル予測データは、データ量も多ことから蓄積されずに消去されるのが一般的であった、しかし、アンサンブル予報を用いたブロックングなどの長周期変動の研究やアンサンブルカルマンフィルターの開発において、これまで垂れ流しとなっていたこれらの予報データは貴重な情報となる。本研究においては、計算情報学研究部門、計算知能分野の北川教授、天笠講師、川島講師と密接に連携し、これらの気象庁リアルタイム GPV データの蓄積と公開に務めている。

850 hPa Specific Humidity (g/kg)
2005090200 + 48 H JMA/GPV/GSM

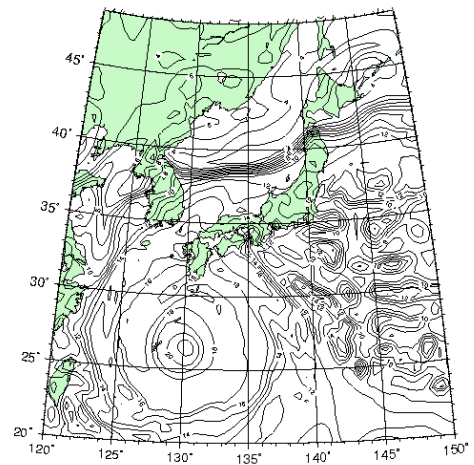


図 2. 台風周辺の比湿分布

【3】 全球雲解像大気大循環モデル NICAM を用いた LETKF の開発（田中）

全球雲解像モデル NICAM を用いて、現実大気を初期値とした数値実験を行い、大気現象を解明するためには、モデルになじんだ質の高い初期値の作成が必要である。その初期値作成のために導入される 4 次元同化技法のひとつにアンサンブルカルマンフィルターがある。これは究極の同化技法とされるカルマンフィルターに現れる予報誤差や解析誤差の分散共分散行列をアンサンブル予報により得られる予報誤差の統計量から推定し代用する技法である。筑波大学の PACS-CS は NICAM のような格子モデルに適したアーキテクチャーである。これを用いてアンサンブル予報実験を行い、アンサンブルカルマンフィルターによる 4 次元同化実験を行っている。本年度は、筑波大学で開発された順圧大気大循環モデル（順圧 S-モデル）を用いた 20

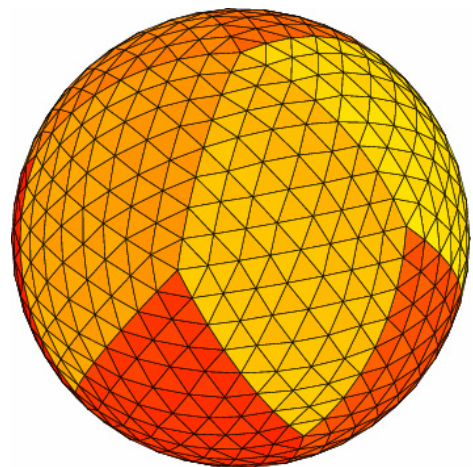


図 3. NICAM を PACS-CS に移植

から 1000 アンサンブルカルマンフィルタの実験を行う一方で、低解像度(g105)から高解像度(g108)の NICAM の安定した実行を可能にする環境を整えている。そして、低解像度の NICAM について、収束するアンサンブルカルマンフィルタ(LETKF)の開発に成功した。

【4】 領域気象モデル WRF を用いた現状の都市気温と都市降水の再現シミュレーション（日下）

WRF モデルを用いて、8月の1か月シミュレーションを過去5年分（2001年～2006年）行った。従来の短期間シミュレーションで用いられてきた平板都市モデルを用いた場合は、気温の出現頻度、日変化とも再現性はあまりよくなかったが、都市気候用に開発された都市キャノピーモデルを用いた場合、将来の気候予測に使えるレベルの結果が得られることを確認した（図4）。

【5】 都市降水シミュレーションに関する現状と課題（日下）

東京で発生もしくは発達した複数の降水事例に対して都市の感度実験を行った。その結果、いくつかの事例では都市の存在が降水量を増加させるという結果を得たが、計算条件や対象事例によっては異なる結果も得られた。これは、シミュレーションに対する都市の有無の影響が、他の物理素過程モデルや初期値に用いるデータの影響に比べて相対的に小さいことや、結果にカオス性が明瞭に現れたためだと考えられる。この結果は、都市の感度実験が都市降水の研究に対して、従来の決定論的な感度実験を行う際は細心の注意を払う必要があることがわかった。

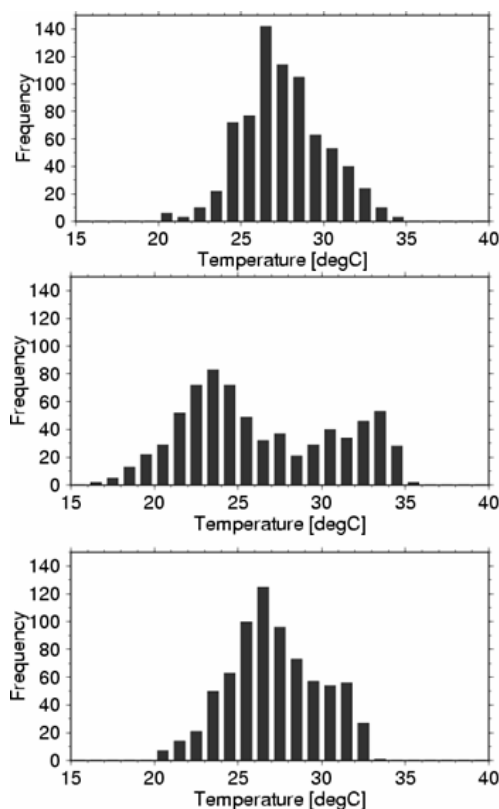


図4. WRFによって再現された大手町における2006年8月の気温出現頻度。上からアメダス観測値、平板都市モデルを用いた場合の再現結果、都市キャノピーモデルを用いた場合の再現結果。

4. 研究業績

(1) 研究論文

(A) 査読付き論文

1. Fujita, R. and H. L. Tanaka: Statistical analysis on the relationship between solar and geomagnetic activities

- and the Arctic Oscillation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85, 909-918, 2007.
2. Suzuki, I. and H. L. Tanaka: Teleconnections and the Arctic Oscillation analyzed in the barotropic component of the model and observed atmosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85, 933-941, 2007.
 3. Yokoyama, K. and H. L. Tanaka: Seasonal variation of the dominant low-frequency variability observed in the barotropic component of the atmosphere: A connection to the Arctic Oscillation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85, 871-879, 2007.
 4. Takemoto, M. and H.L. Tanaka: Intensities of Hadley, Walker, and Monsoon Circulations Compared in the Upper and Lower Troposphere. *J. Korean Meteor. Soc.*, 43, 239-251, 2007.
 5. Watarai, Y. and H.L. Tanaka: Comparison among JRA-25, ERA-40 and NCEP/NCAR reanalysis datasets from the viewpoint of global energetics. *SOLA*, 3, 9-12, 2007.
 6. Terasaki, K. and H.L. Tanaka: Barotropic energy spectrum by the Rossby wave saturation in the zonal wavenumber domain. *SOLA*, 3, 25-28, 2007.
 7. Terasaki, K. and H.L. Tanaka: An analysis of the 3D atmospheric energy spectra and interactions using analytical vertical structure functions and two reanalyses. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85, 785-796, 2007.
 8. Recent progress on urban climate study in Japan: Kusaka, H., *Geograph. Rev. Japan*, 81, 361-374 (2008).
 9. Thermal Environments in Commercial and Residential Spaces in Okayama City, Japan, Using the Wet-Bulb Globe Temperature Index. Ohashi, Y., T. Kawabe, Y. Shigeta, Y. Hirano, H. Kusaka, H. Fudeyashu, and K. Fukao: Evaluation of Urban. *Theoretical and Applied Climatology*, DOI: 10.1007/s00704-008-0006-8 (2008).
 10. ヒートアイランド気象学事始め (第二回) : 日下博幸. 日本ヒートアイランド学会誌, 解説. (2008)

(B) 著書、その他の論文

1. 田中博 2007: 気象ブックス016 「偏西風の気象学」、成山堂, 173pp.文
2. 田中博 2007: 地球学シリーズ、「地球環境学」(共同執筆)、(古今書院).
3. 田中博 2007: 異常気象をもたらす北極振動の解明とその予測 (第2報) . アサヒビール学術振興財団研究紀要、地球環境科学、221-230.
4. 松枝未遠・郷田正幸・田中博・露木義 2007: マルチセンターグランドアンサンブルでみる2005/2006年の冬. *グローสบетター*、45, 44-59.
5. 加藤真悟・田中博 2007: 順圧大気大循環モデルによる北極振動指数の予測. *気象研究ノート*、216、「2005/06年 日本の寒冬」241-252.
6. Tanaka, H. L., S. Kato, I. Suzuki 2007: A trial of predicting the Arctic Oscillation index using the barotropic S-model. *Proc. GCCA-7*, 19-20 February 2007, Fairbanks Alaska USA, 23-26.
7. Matsueda, M., M. Kyoda, H.L. Tanaka, and T. Tsuyuki 2007: Daily forecast skill of multi-center grand ensemble. *Proc. GCCA-7*, 19-20 February 2007, Fairbanks Alaska USA, 42-45.
8. Yokoyama, N. and H.L. Tanaka 2007: Seasonal variation of the Arctic Oscillation. *Proc. GCCA-7*, 19-20

February 2007, Fairbanks Alaska USA, 55-58.

9. Tsutsui, J. and H.L. Tanaka 2007: Trends in large-scale circulation and thermodynamic structures in the tropics derived from atmospheric reanalyses and climate change experiments. Proc. 27th Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology. 4C.4, 1-5.
10. Watarai, Y. and H.L. Tanaka 2008: Characteristics of the JRA-25 dataset from the viewpoint of global energetics. International Conf. on Reanalysis. February 2008, Tokyo Japan.

(2)学会発表

(A)招待講演

1. Tanaka, H.L. 2007: Intensities of Hadley, Walker, and Monsoon Circulations Compared in the Upper and Lower Troposphere. China-Korea-Japan Joint Conference in Meteorology. Beijing China.
2. Tanaka, H. L. 2007: Seventh International Conference on Global Change: Connection to the Arctic (GCCA-7), Fairbanks Alaska USA.
3. 都市キャノピー層の科学—マクロスケールから：日下博幸，日本建築学会シンポジウム 都市キャノピー層の科学 ヒートアイランドを抑制するサステナブル都市を目指して，東京，2008.7.5.
4. 世界最新の気象モデル WRF について：日下博幸，山岳エアロゾル研究会シンポジウム，東京，2008.7.13.

(B)その他の学会発表

1. 松枝未遠・経田正幸・田中博・露木義 2007： 2005年12月15日にアメリカ西海岸に発生したブロッキングの予報について。日本気象学会春季大会
2. 田中博・鈴木一步 2007: 順圧大気場に見られる大西洋と太平洋の有意な相関について： 北極振動モードの検証事件。日本気象学会春季大会
3. 近藤圭一・田中博 2007: 順圧大気大循環モデルによるアンサンブルカルマンフィルタの実験。日本気象学会春季大会
4. 竹本麻紗子・田中博 2007: 対流圏上層と下層におけるハドレー・ウォーカー・モンスーン循環強度の比較。日本気象学会春季大会
5. 鈴木一步・田中博 2007： 大気の順圧成分に見られるテレコネクション。日本気象学会春季大会
6. 加藤真悟・田中博 2007: 順圧大気大循環モデルを用いた 2005/06年冬および2006/07年冬における北極振動指数の予測実験。日本気象学会春季大会
7. 田中博・藤原冬樹 2007: ポーラージェットの傾圧不安定波と亜熱帯ジェットの傾圧不安定波：北極振動と不安定波の正のフィードバック。日本気象学会秋季大会
8. 近藤圭一・田中博 2007: 順圧大気大循環モデルを用いた EKF と EnKF の比較実験。日本気象学会秋季大会
9. 寺崎康児・田中博 2007: 鉛直波数領域における大気大循環のエネルギー収支解析。日本気象学

会秋季大会

10. 石崎紀子・植田宏昭・田中博・日下博幸 2007: モンスーンオンセット期の季節変化におけるインドシナ半島の役割。日本気象学会秋季大会
11. つくば市のヒートアイランドの実態－冬季の典型事例： 日下博幸，大庭雅道，鈴木千恵子，片岡久美，林陽生，日本ヒートアイランド学会全国大会，名古屋，2008.8.22-24.
12. 多治見猛暑の数値シミュレーション－2007年8月16日の事例： 日下博幸，秋本裕子，日本ヒートアイランド学会全国大会，名古屋，2008.8.22-24.
13. 熊谷猛暑の形成メカニズム－2007年8月16日の事例解析： 高根雄也，日下博幸，原政之，足立幸穂，木村富士男，日本ヒートアイランド学会全国大会，名古屋，2008.8.22-24.
14. 簡略化した多層都市キャノピーモデルの開発： 池田亮作，日下博幸，日本ヒートアイランド学会全国大会，名古屋，2008.8.22-24.
15. 領域気候モデルを用いた将来の都市気候予測： 日下博幸，足立幸穂，原政之，羽入拓郎，木村富士男，日本地理学会秋季大会，盛岡，2008.10.4-6.
16. 寒冷前線通過時の降水パターンのメカニズムの解明：日下博幸，北畑明華，日本地理学会秋季大会，盛岡，2008.10.4-6.
17. やませ卓越時の北上盆地での南風の解析： 日下博幸，木村富士男，川口純，日本地理学会秋季大会，盛岡，2008.10.4-6.
18. 熊谷猛暑の形成メカニズム－2007年8月16日の事例解析： 高根雄也，日下博幸，原政之，足立幸穂，木村富士男，日本地理学会秋季大会，盛岡，2008.10.4-6.

5. シンポジウムの開催

1. Seventh International Conference on Global Change: Connection to the Arctic (GCCA-7) 2007 実行委員
2. 第3回日中韓合同気象学会 2007. 日本実行委員
3. 地球惑星連合大会 2007 ユニオンセッション 北極域の科学 コンビナー

6. 受賞

1. Best Presentation Award: Yokoyama, N. and H.L. Tanaka 2007: Seasonal variation of the Arctic Oscillation. Seventh International Conference on Global Change: Connection to the Arctic (GCCA-7), Fairbanks Alaska USA.
2. 日本ヒートアイランド学会最優秀論文発表賞，熊谷猛暑の形成メカニズム－2007年8月16日の事例解析. 高根雄也・日下博幸・原政之・足立幸穂・木村富士男，2008.8.24.