

— 3. 平成23年度第1回支部研究発表会要旨 —

日時：平成23年6月8日（水）14時40分 ～ 16時00分

場所：北海道大学 学術交流会館 小講堂

- | | | |
|---|--|---------------------|
| 1 | アラスカの寒気流入で発生した雷について | 10 |
| | 北海道大学大学院工学研究院 | 早坂 洋史
M. A. ファルク |
| 2 | カリマンタンでの最近13年間の日照りと泥炭火災の発生関係 | 12 |
| | 北海道大学大学院工学研究科 | N. エリアンティ
早坂 洋史 |
| 3 | 日本付近の冬季の温帯低気圧頻度 | 14 |
| | 北海道大学大学院理学研究院 | 稲津 將
寺倉 和敬 |
| 4 | 同期回転惑星の大気循環の自転角速度依存性 | 16 |
| | 北海道大学大学院理学研究院 | 石渡 正樹 |
| | 九州大学大学院理学研究院 | 中島 健介 |
| | 神戸大学大学院理学研究科 | 納多 哲史 |
| | | 高橋 芳幸 |
| | | 西澤 誠也 |
| | | 林 祥介 |

アラスカの寒気流入で発生した雷について

早坂 洋史、M.A. ファルク (北大工院)

1. はじめに

アラスカの森林火災は主に雷が原因で発生している。前報^{1,2)}で、2004年と2005年には2年連続で大火災が発生、2年間でアラスカの森林面積の10%に相当する約45,000km²が焼損したこと、この背景を明確にするため、過去約20年間の雷データを分析した。この結果、2004、2005、2007年の3ヶ年の雷発生回数は、年間約12万回に達しており、年の平均約3万回の約4倍の発生していたこと、などを報告済みである。また、多くの気象因子や指標の分析、エマグラムでの検討、高層から地表面の天気図や温度分布図による分析などを行い、雷発生条件をある程度明確にし、報告済みである^{3,4)}。本論文では、2005年6月などの、雷が活発した気象条件について、米国の地球観測衛星GOESの水蒸気流れの画像を基に理解を深めたので報告する。

2. アラスカの雷発生の概要と発生傾向

アラスカ火災局(Alaska Fire Service、以下AFSと略記)から入手した、1986年6月から2009年7月までの約百万個の雷データを分析した結果、年間約12万回の雷が発生した2004、2005、2007の3ヶ年を除いた年平均の雷発生数は約3万回であること、雷の約90%が6、7月の2ヶ月間に集中して発生していること、雷の発生は、アラスカ標準時間の11時頃より始まり、雷の発生ピークは17時頃で、夜11時頃には終焉する傾向から、アラスカの雷は、主に“熱雷”であること、などがわかっている¹⁻⁴⁾。

図1に2004、2005、2007年の雷発生傾向を示した。図1より、2005年6月中旬のピークが最大の雷発生数(13,027回)であること、2004年は6,000回以上の4つのピークが約12~20日間隔で生じていること、2005年は、2つの大きなピーク発生以降、3,000~6,000回のピークが複数回生じていること、2007年は7月上旬より4,000~7,000回のピークが連続して発生している事が見てとれる。アラスカでは6月の雷により発生した森林火災が長期間継続し、焼損面積を大きくしている傾向があり、主に6月中旬の雷発生に着目している。

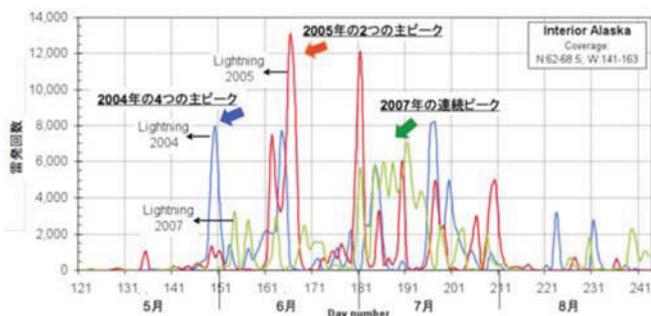


図1. 2004、2005、2007年の雷発生傾向

3. アラスカの2005年の雷発生特性

3.1 2005年6月の雷発生傾向

図2に2005年6月のアラスカ中央部(北緯約62.4~66.15度、西経約142~151.5度の領域)での日ごとの雷発生傾向を示した。6月15日の落雷数は、約3千3百回であった。図2より、15日の雷は9日頃より始まり、17日には終焉したと言える。この間の地上天気図(海面更正気圧図)で、熱的低気圧の形成や移動、この他の低気圧や高気圧の移動などは既報を参照されたい¹⁻⁴⁾。

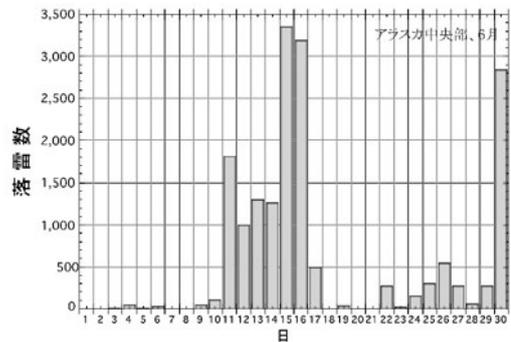


図2. 2005年6月の雷発生傾向(アラスカ中央部)

3.2 2005年6月15日の雷発生の分布と雷雲

図3に2005年6月15日の雷発生分布図を示した。この日、アラスカ全域で13,027回の雷発生が観測されている。これは過去約20年間の雷観測データの最高回数である。図3の雷分布から、主な雷発生地域は、北のブルックス山脈の南斜面、アラスカ中央部、アラスカ山脈の主に北側の斜面、アンカレッジ北方域からのカナダ国境までの地域であることがわかる。

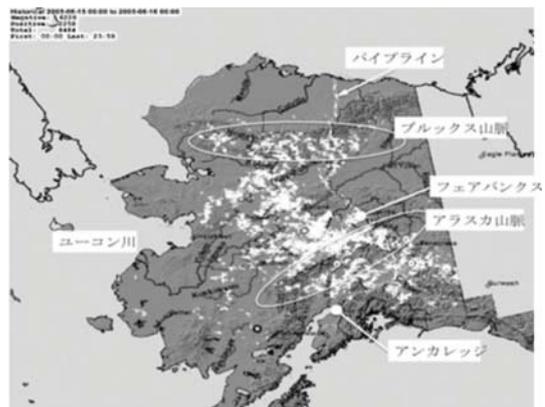


図3. 2005年6月15日の雷発生分布図(アラスカ全域)

図4に2005年6月15日の衛星Terraの画像を示した。この図から白く丸い形が、発達した積乱雲であり、ほぼ図3中央部の激しい落雷点と一致していることがわかる。また、図4中のユーコン川の文字の側には、白くたなびく煙が見てとれるが、これは森林火災による煙で、北東方向から風が吹いていることがわかる。

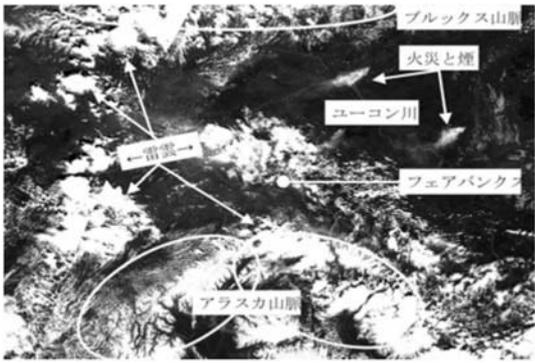


図4. 2005年6月15日の雷雲分布図 (アラスカ中央部)

3.3 2006年6月15日の水蒸気の流れ

図5に2005年6月15日のGOESの水蒸気映像を示した。図5中の矢印は複数枚の画像からの水蒸気の流れを表している。細かな点は落雷位置で、中央の○はフェアバンクスの位置を表している。図5より、アラスカには、北西方向からアラスカ中央部への水蒸気の流入のあった事がわかる。北西方向からの流入であることと、水蒸気の流れは比較的高度の高い位置での観測結果であることを考慮すると、6月15日にアラスカで発生した観測史上最も激しい雷の発生は、アラスカ上空への水蒸気を伴った寒気の流入が原因で発生した、と言える。この寒気の流入により、フェアバンクスの最高気温は、15日の30.7°Cから19日の11.7°Cまで、19度の急激な低下が観測されていた。

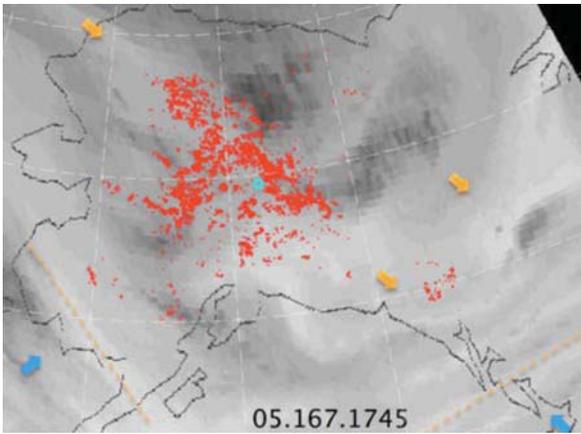


図5. 2005年6月15日の水蒸気流れ

4. アラスカの2004年6月の雷発生特性

図6に2004年6月中旬のGOESの水蒸気映像を示した。図6中の線および数字は、連続映像の観測結果をまとめたもので、アラスカ湾に発達した低気圧の南側からの帯状の水蒸気塊がロッキー山脈北端の複数の山脈に達した後、アラスカ中央部に波状的に流れ込んでいる(数字を付記) のが見て取れる。

図7は水蒸気映像と雷発生位置を重ね合わせたもので、比較的、水蒸の高い所で雷が発生している事が見て取れる。

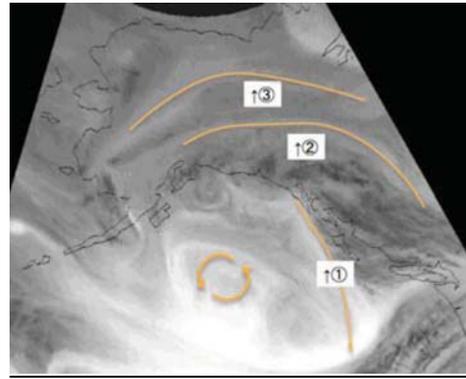


図6. 2004年6月中旬の水蒸気流れ

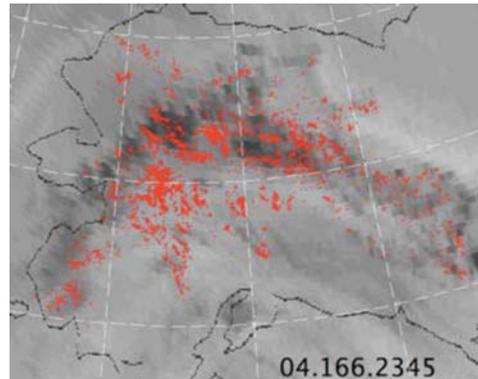


図7. 2004年6月14日の雷発生分布

5. アラスカの2007年7月の雷発生特性

図8に2007年7月上旬の水蒸気流れを示した。アラスカ湾に発達した低気圧から“へ”の字型の水蒸気塊が南東方向からアラスカ山脈を横切り、アラスカ中央部に流入している様子がみて取れる。7月上旬から中旬の連続しての雷発生は、この水蒸気塊の供給パターンが持続した現象による、と言える。

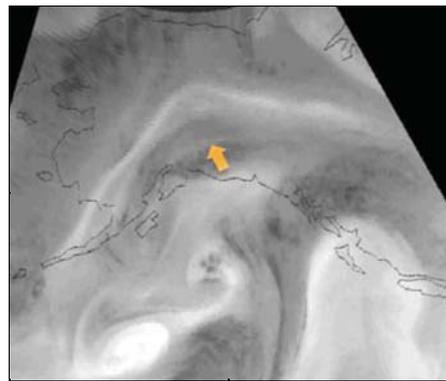


図8. 2007年7月上旬の水蒸気流れ

参考文献 1)ファルク、早坂:アラスカの森林火災、日本気象学会北海道支部機関誌-細水、No. 55, pp. 26-27, 2009. 2)早坂、M.H.Farukh、木村: アラスカの雷について、日本気象学会北海道支部機関誌-細水、No. 56, pp. 31-32, 2010. 3) Murad Ahmed Farukh, Hiroshi Hayasaka, Keiji Kimura, Journal of Disaster Research, 6-3, 321-330, 2011. 4) Murad Ahmed Farukh, Hiroshi Hayasaka and Keiji Kimura, Journal of Disaster Research, Vol. 6-3, 343-355, 2011.

カリマンタンでの最近 13 年間の日照りと泥炭火災の発生関係

N. ユリアンティ、早坂 洋史 (北大工院)

1. はじめに

インドネシアのカリマンタン島には、インドネシアの泥炭地の約 26%、57,600km²が広がっている。近年の急速な森林開発に伴って、熱帯湿地林でも大規模な乱開発が行われている。1990 年代中頃より開始された、インドネシア・中部カリマンタン州の州都であるパラカラヤ付近のメガライス計画 (百万ヘクタールの水田開発計画、以後 MRP と略記) は、その典型である。MRP は頓挫し、総延長 4 千 km にも及ぶと言われる排水路により、乾期には泥炭が乾燥し燃えやすくなった。この結果、MRP 地区ではエルニーニョ年ばかりでなく、SST (Sea Surface Temperature) がプラスになって、弱い日照りが発生するだけでも、泥炭火災が発生するようになっている。本論文では、多発する泥炭火災と気象条件の関連性を検討した。気象条件と火災発生特性を明確にするために使用したデータは、日単位のパラカラヤ空港の気象データ¹⁾、衛星で検知された 1997 年からの日単位の NOAA と MODIS のホットスポット (≒火災、以下 HS と略記) データ²⁾、NOAA の SST 異常値 Nino 3.4³⁾ である。これらデータの分析結果に、過去数年に渡る現地調査からの知見も加え、泥炭火災と気象条件と関連性、特に降水量との関係を明確にした。

2. カリマンタンの火災発生傾向と日照り

2.1 ホットスポット (火災) 数の推移

図 1 に過去 13 年間のホットスポット (≒火災、以下 HS と略記) 数の推移を示した。今世紀最大級のエルニーニョが発生した 1997 年に、カリマンタンでも大規模な森林泥炭火災が発生し、HS 数は 65,535 個に達した。図 1 中で HS 数が大きい年は、エルニーニョ年か準エルニーニョ年 (SST がプラス) である。

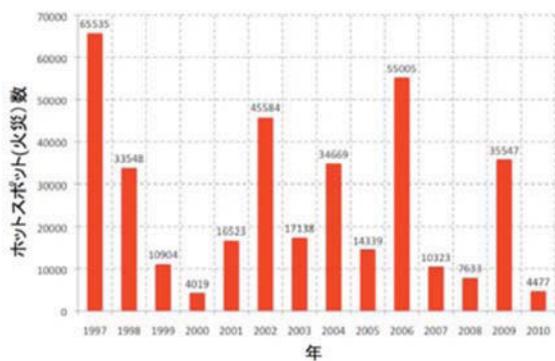


図 1 年間ホットスポット (火災) 発生数

2.2 ホットスポット (火災) 数の推移

図 2 に、過去 13 年間の HS 数の日変化と中央カリマ

ンタン州の州都であるパラカラヤでの日降水量の変化を示した。この図 2 より、パラカラヤでは、7~9 月頃に雨量が低下する傾向、すなわち乾期の存在が見てとれる。火災は 7 月下旬より発生が顕著となり、10 月下旬まで継続することがわかる。この傾向は、既に報告済みのように、泥炭火災がよるものである。つま、乾期が始まり、日照り状態が続くようになると、徐々に、地下水位が下がり、泥炭が乾燥し燃えやすくなるためである。日照りが始まり、地下水位が低下するまでには、タイムラグ (時間差) があるため、かさいは少し遅く発生し、10 月から降雨が増えて行くが、火災は 10 月下旬まで続くことになる。

2.3 SST 異常値と降水量

図 3 に過去 13 年間の月間の SST 異常値と降水量の推移を示した。1997 年の SST 異常値が +2.7°C と大きいこと、乾期の月間降水量は 0 mm に近いこと、プラス側の SST 異常値と乾期との重なることも多いこと、などが見てとれる。

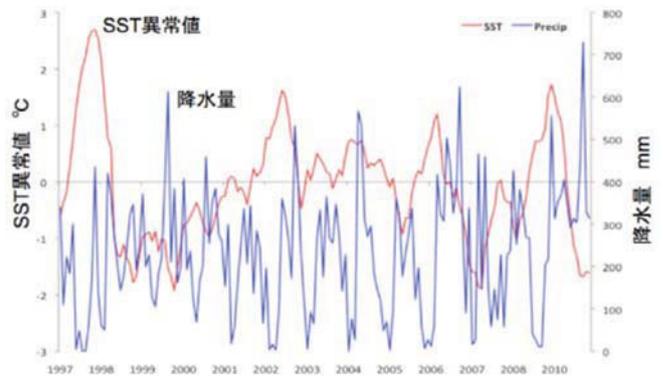


図 3 年間ホットスポット (火災) 発生数

2.4 ホットスポットと数年間降水量の関係

図 4 に HS 数と年間降水量との関係を示した。年間降水量が多いと火災が少なくなる傾向がみられる。

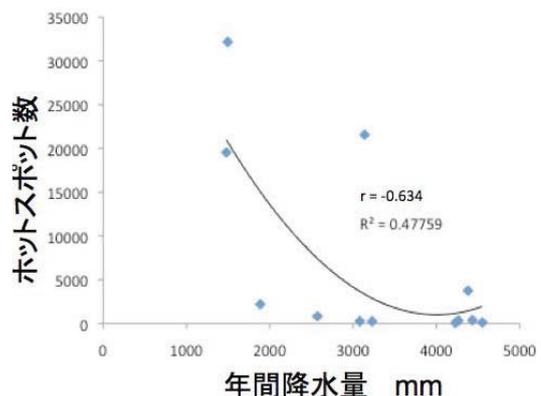


図 4 ホットスポットと降水量

2.5 エルニーニョ年とラニーニャ年と降水量

図5に1997年と1999年の9月の東南アジア周辺の降水量分布図を示した。図5(1)はエルニーニョ年の1997年9月の降水量分布図であり、カリマンタン島、スマトラ島の南半分に1 mm/day>の範囲が大きく広がっているのがみてとれる。これに対して、図5(2)はラニーニャ年の1999年9月の降水量分布図であるが、カリマンタン島パラカラヤ周辺の降水量は、6-7 mm/day程度であることがみてとれる。

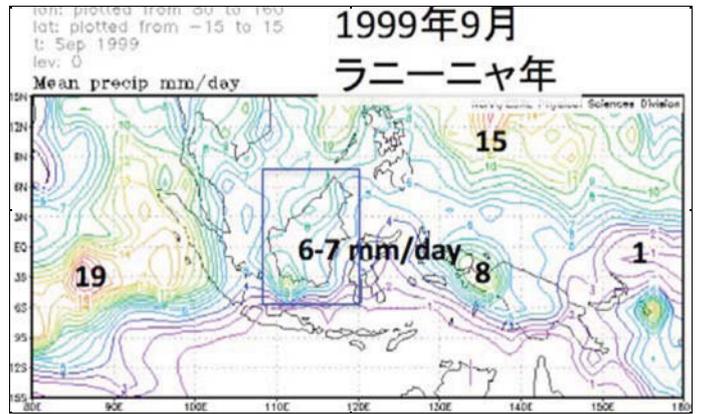


図5(2) エルニーニョ年の降水分布図 (1999年9月)

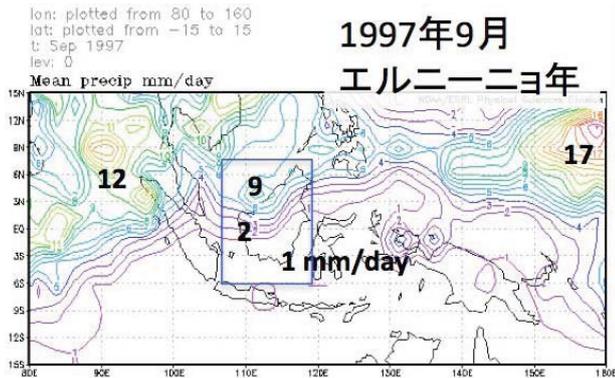


図5(1) エルニーニョ年の降水分布図 (1997年9月)

参考文献

1. Palangka Raya Airport, (private communication).
2. NASA MODIS Rapid response system. NOAA:インドネシア国森林火災予防計, JICA (国際協力事業団), <http://ewds-ffpmp2.hp.infoseek.co.jp/ewds/menu/index.htm>
3. 下記のページ他 <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html>.

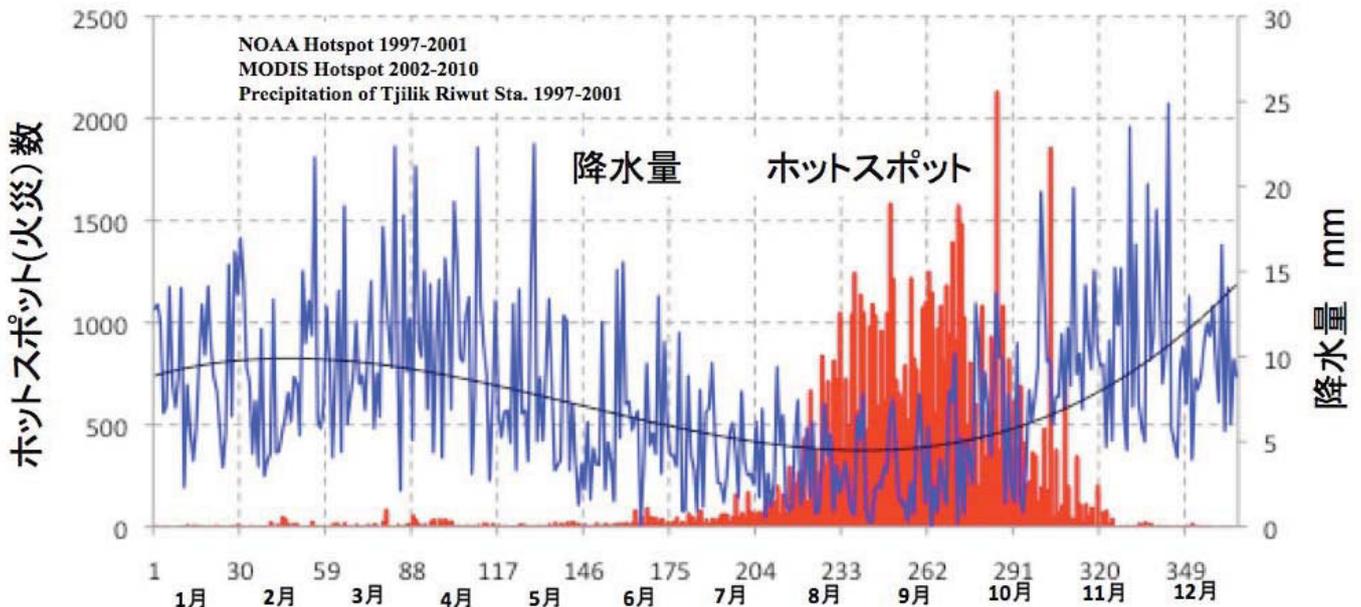


図2 パランカラヤの日降水量の変化とホットスポット数の傾向

日本付近の冬季の温帯低気圧頻度

稲津 将・寺倉 和敬 (北大院理)

1. はじめに

温帯低気圧の活動度が大きい領域は北太平洋、北大西洋、およびインド洋である。そのうち冬季の北太平洋の温帯低気圧活動に注目した多くの研究がなされ、西高東低の気圧配置が強い(弱い)と温帯低気圧活動が弱い(強い)という西太平洋における関係はよく知られている(Nakamura et al., 2002)。近年精緻化されてきたラグランジュ的な温帯低気圧活動度の見積もりによると日本付近の冬季の温帯低気圧の経路には日本海側と太平洋側の2つの極大値があることが明らかになってきた。Inatsu (2009)によれば、日本海側と太平洋側のストーム高頻度域の合流地点で確かに温帯低気圧の併合が大きくなっていることが新たなトラッキング手法によって明らかにされた。本研究では、冬季の温帯低気圧の頻度に注目し、その平均場の関係を調べる。

まず、温帯低気圧頻度の経年変動の主成分と平均場との関係をデータ解析により本主題を調べた。本研究で用いたデー

タは気象庁再解析データ JRA25/JCDAS の1979/80年から2008/09年までの12月から2月の冬季3か月間である。

次に、新たに提案する領域モデルを用いた「境界条件アンサンブル」実験によって本主題を調べた。本研究で用いたモデルは気象庁/気象研究所の非静力学モデルで水平格子は50 km、鉛直38層で11月15日から翌年3月9日までの期間、東経100度から180度および北緯20度から60度の範囲を含む領域に対し計算を実行した。

なお、データ解析および数値実験の結果とも温帯低気圧の頻度は、10日以下のハイパスフィルタを施した850hPaの南北風に対し、隣接閉領域トラッキング手法(Inatsu 2009)によって温帯低気圧の面的な軌跡を推定し、これをもとに線密度を計算した。以降、この線密度を温帯低気圧頻度と呼ぶ。

2. データ解析の結果

図1は日本付近(東経110度から150

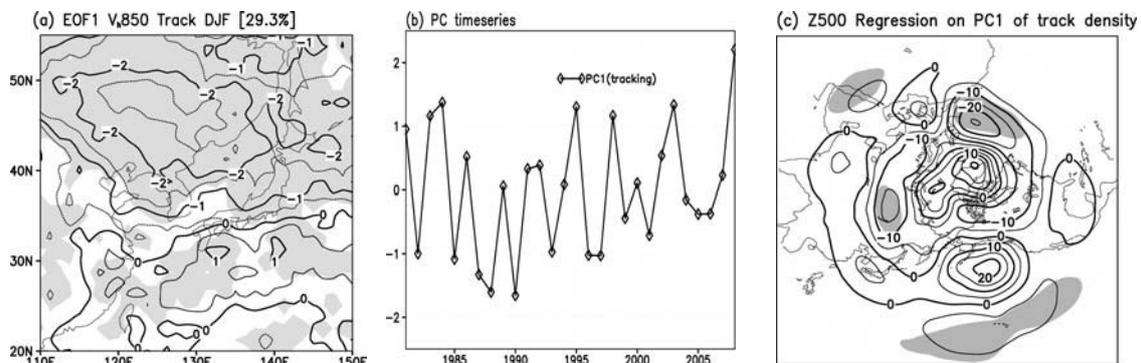


図1: JRA25/JCDAS 再解析データを用いた温帯低気圧頻度の経年変動の第1主成分の(a)空間構造(図は同時時間変動に対する自分自身への回帰係数であり、陰影は5%有意な領域を示す)および(b)時間変動(ただし規格化している)。(c) 500hPa ジオポテンシャル高度の第1主成分に対する回帰。

度、北緯 20 度から 60 度) における温帯低気圧頻度の経年変動に対する主成分分析の結果である。日本付近の温帯低気圧頻度の気候値は確かに日本海と太平洋にそれぞれ極大をもつ(図略)が、経年変動の第 1 主成分はその両極大のシーズンパターンとなっている(第 1 主成分の寄与率は 29.3%であり第 2 主成分のそれは 12%である)。その時間変動には有意ではないが近年の南岸低気圧の活発化を示唆するトレンドも見られる。しかし実際、温帯低気圧頻度の経年変動は、時間平均基本場との間に有意な相関関係はみられない(図 2c)。

3. 数値実験の結果

図 2 は「境界条件アンサンブル」各実験における温帯低気圧頻度である。まず、南岸低気圧が多い 4 冬として 2007/08、1983/84、2002/03、および 1994/95 を少ない 4 冬として 1989/90、1987/88、1986/87、および 1984/85 を選ぶ(図 2b)。次に数値フィルタを用いて大気場を月平均とそこからのずれの擾乱に分ける。領域モデルに与える境界条件はこの平均場と擾乱の任意の組み合わせの足し算により構成することができる。これより南岸低気圧の多寡は平均場が制御しているのかあるいはたまたまある擾乱が制御しているのかを理解することができる。「境界

条件アンサンブル」平均とは平均場と擾乱の足し算に組み合わせで行った 12 の実験のうち、平均場が南岸低気圧の多い年のものの組み合わせなどにより行う。その結果(図 2)、平均場を南岸低気圧の多い年にしようとする少ない年にしようとする、温帯低気圧頻度にはほとんど差がないのに対し、擾乱を南岸低気圧の多い年と少ない年とでは明らかに違いがみられた。

2007/08 冬と 1989/90 冬の平均場と擾乱を用いた感度実験として、西側境界条件のみを同「境界条件アンサンブル」タイプにするものを実施した。その結果、2007/08 冬の平均場と 1989/90 冬の擾乱の組み合わせよりも逆の組み合わせのほうが南岸低気圧頻度は多くなった。

4. まとめ

データ解析と数値実験により、日本付近の温帯低気圧頻度は基本場によらず西からやってくる初期擾乱に大きく影響されることが分かった。本研究結果は Inatsu and Terakura (2011) として Climate Dynamics で改稿中である。

謝辞：文部科学省科学研究費若手(B)18740293 および気候変動適応戦略研究推進プログラム並びに環境省地球環境総合推進費 S-5-3 より研究資金を得た。

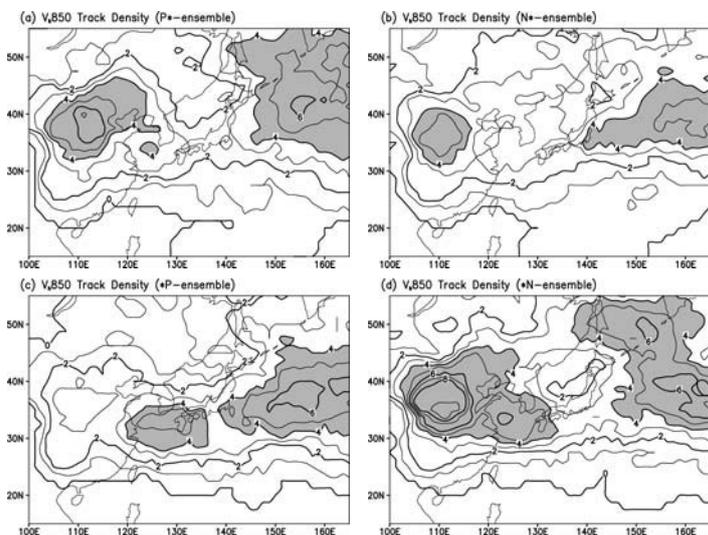


図 2 : 「境界条件アンサンブル」各実験における温帯低気圧頻度。南岸低気圧が多い 4 冬と少ない 4 冬の大気場を月平均とそこからのずれの擾乱に分け、平均場と擾乱の任意の組み合わせの足し算により領域モデルの境界条件を構成した。南岸低気圧が多いおよび(b)少ない平均場のアンサンブル平均と同(c)多いおよび(d)少ない擾乱のアンサンブル平均。

同期回転惑星の大気循環の自転角速度依存性

納多哲史 (神戸大・理学研究科), * 石渡 正樹 (北大・理学研究院),
 中島健介 (九大・理学研究院), 高橋芳幸 (神戸大・理学研究科), 森川靖大 (Parmy Inc.),
 西澤誠也 (神戸大・理学研究科), 林祥介 (神戸大・理学研究科)

1. はじめに

これまでに発見された系外惑星の多くは中心星の近傍に存在し, 中心星の潮汐力により同期回転している, すなわち昼半球と夜半球が固定されていると予想されている (石渡, 2010). 光度が小さい恒星の周囲には, 惑星表面に液体の水の存在を許容する温暖な気候を持つ同期回転惑星が存在する可能性があるとして注目されている. このため, 大気大循環モデル (GCM) を用いた湿潤同期回転惑星に関する数値計算がいくつか行われてきた (Joshi, 2003; Merlis and Schneider, 2010). それらでは, 基本的に現在の地球の設定を用いて, 平衡状態における大気構造の調査が行われてきた. しかし, 大気構造のパラメータ依存性の調査はまだ十分に行われていない. そこで, 本研究では, GCM を用いて自転角速度を変更した数値実験を行い, 湿潤な同期回転惑星の循環構造の多様性の調査を行った.

2. モデル

実験に使用した GCM は地球流体電脳倶楽部大気大循環モデル dcpan5 (地球流体電脳倶楽部 demodel プロジェクト, 2011) である. 大気は乾燥大気 (非凝結性成分) と水蒸気 (凝結性成分) とから成る. 地表面は沼条件 (swamp condition) とした. 短波放射に対しては乾燥大気, 水蒸気ともに透明であり, 惑星放射に対しては水蒸気のみが灰色吸収を行う. 大気や雲による放射の効果は考慮していない. 積雲パラメタリゼーションには対流調節を用いた. 地表面のアルベドはゼロとした. 惑星半径, 平均地表面気圧は現在地球の値を用いた. 入射放射分布には, 西半球のみに日射が入射する同期回転日射分布を用いた. 自転角速度 (Ω) はゼロから地球の自転角速度の値 (Ω_E) までの 12 種類を用

いた. 系の格子点数は東西方向, 南北方向, 鉛直方向にそれぞれ 64, 32, 16 である. 等温静止大気に微小な温度擾乱を加えたものから 2000 地球日間の積分を行った.

3. 結果

図 1 に, 特徴的な循環パターンが現われる $\Omega = 0, \Omega_E/16, \Omega_E$ の場合の結果を示す.

図 1a は $\Omega = 0$ の場合の地表面温度の分布である. 地表面温度は恒星直下点から同心円状に分布し, そこから離れるほど単調に減少する. この分布は, 昼半球の恒星直下点で上昇し夜半球の対蹠点で下降する昼夜間対流によってもたらされたものである. 東西風の分布においては, 昼半球の上層から夜半球の上層へ, および夜半球の下層から昼半球の上層へ向かう循環が見られる (図 1c). 降水は昼夜間対流の上昇域のみで起こっている (図 1b).

$\Omega = \Omega_E$ の場合の地表面温度の分布を 図 1g に示す. 昼半球から夜半球へ伸びる 2 種の高温領域が存在する. その 1 つは, 経度 0 度 (360 度) の緯度 ± 30 度域から西方向に夜半球に伸びるものである. 2 種目の高温領域は, 経度 180 度の緯度 ± 50 度域から, 北東方向に夜半球へ伸びるものである. 中緯度高温域では, 昼半球から夜半球に移動する擾乱に伴う降水も存在している (図 1h). この場合には, 赤道断面内では恒星直下点で上昇し上層で夜半球に向かう循環が存在する (図 1i) が, 南北風分布では昼夜間対流の存在は認められない (図は示さない).

$\Omega = 1/16 \Omega_E$ の場合の地表面温度を 図 1d に示す. 赤道上の経度 180 度から東向きに伸びる高温域が存在している. この高温領域の緯度幅は, 赤道ケルビン波の緯度幅と良く対応している. $\Omega = \Omega_E$ の場合と異なり, 夜半球の中緯度では降水が生じていない (図 1h). この場合

では、赤道域の $\sigma = 0.5$ 面より上層のほとんど領域において西風となっており、スーパーローテーションが発生している (図 1f).

4. まとめ

同期回転条件にある湿潤惑星において自転角速度を変更した数値実験を行い、大気構造を求めた。その結果、大気循環のパターンには、昼夜間対流が卓越するもの、赤道波が顕著となるもの、夜半球中緯度域に降水をもたらす擾乱が発生するもの、の3通りがあることがわかった。今回は示していないが、 Ω が 0 から Ω_E までの範囲で行った他の実験でも、大気循環のパターンは上記の3つに大別できることが確認された。今後は、3つの循環パターンがあらわれる

それぞれの場合において太陽定数を変更した実験を行い、惑星表面における液体の水の存在を規定する条件の1つである暴走温室状態の発生条件に関する検討を行う予定である。

参考文献

Joshi et al. 1997: *ICARUS*, **129**, 450-465.
 Merlis, T. M. and T. Schneider, 2010: *J. Adv. Model. Earth Syst.*, **2**, Art. #13, 17 pp., doi:10.1029/JAMES.2010.2.13
 地球流体電脳倶楽部 dcmode1 プロジェクト, 2011: <http://www.gfd-dennou.org/library/dcmode1/>, 地球流体電脳倶楽部.
 石渡正樹, 2010: 細水, **56**, 2-10.

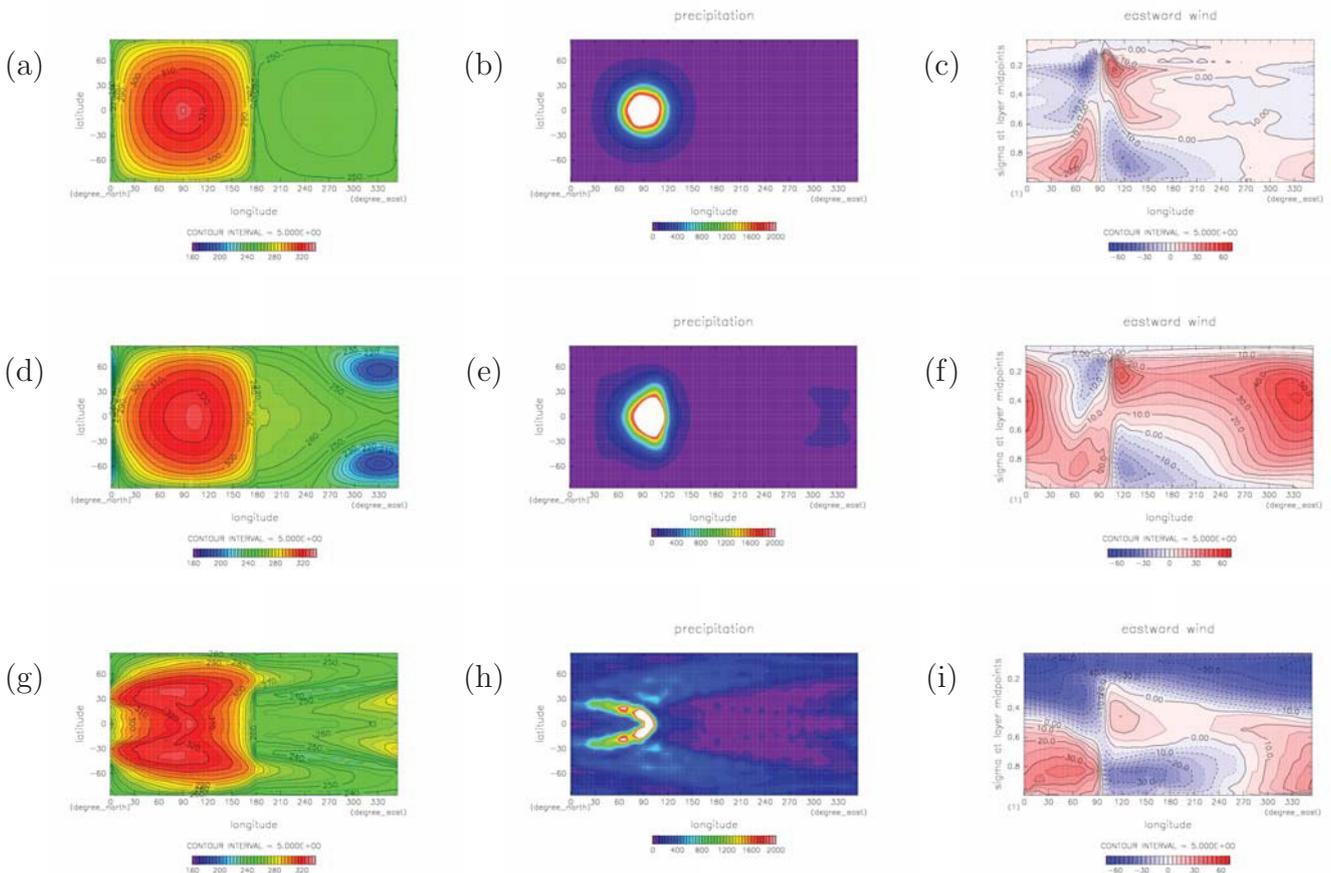


図 1: 同期回転惑星に関する数値実験結果. 1000 - 2000 日の時間平均場. (a)~(c) は $\Omega = 0$ の場合, (d)~(f) は $\Omega = 1/16\Omega_E$ の場合, (g)~(i) は $\Omega = \Omega_E$ の場合の結果である. (a), (d), (g) は地表面温度 [K]. 等値線の間隔は 5 K. (b), (e), (h) は凝結加熱率 [W/m^2]. 等値線の間隔は $200 \text{ W}/\text{m}^2$. 白い部分は $2000 \text{ W}/\text{m}^2$ 以上を示す. (c), (f), (i) は赤道断面における東西風 [m/sec]. 等値線の間隔は $5 \text{ m}/\text{sec}$.