

全球気候モデルにおける極端現象と大気陸面相互作用の関係

Relationship between Extreme Weather Events and Land-Atmosphere Interactions in a General Circulation Model

北海道大学工学部環境社会工学科シビルエンジニアリングコース ○学生員 山原康希 (Kouki YAMAHARA)

北海道大学大学院工学研究院 准教授

正会員 山田朋人 (Tomohito Yamada)

1. はじめに

近年、様々な異常気象が日本を始め世界各地を襲っている。2010年はロシアのシベリアにおいて記録的な暑さに見舞われ、中国は多く的大雨があった。一方、季節が逆の南米では寒波が猛威をふるい、各地で多くの死者が出ている。これらの災害は様々な極端現象が原因とされている。

極端現象とは統計的に極めてまれな気象現象であり、気象庁は30年に1回程度発生する現象を「異常気象」と呼ぶが、極端現象は何年に1回という定義はなく、めったに起こらず災害につながる気象をさす。極端現象の代表的なものとしては洪水、旱魃、強風、異常気温（熱波・寒波）、低温がある。また、他には要因が複雑なものとして崖崩れ、自然発火による火災、昆虫の大量発生などがあり、今後深刻になるであろうものとして氷河湖の融解、沿岸域の浸水などがある。また、極端現象は短時間～1・2ヶ月と規模の幅が大きく、一週間などの短い予報ではなく、1ヶ月などの長期予報を行おうとすると、大気と地表面の相互作用により変化した地表面の状態が、大気の運動へ及ぼす影響が無視できなくなる。この極端現象の予測精度をあげることで、いつ始まるのか、どのくらいの規模になるのかわかるのであれば、極端現象による災害での被害が減少、またはなくなるのではないだろうか。

現在世界では気象に関わるデータが増加してきている。それは以前よりも、高い時間分解能・空間分解能のデータが入手可能となってきた。例えば、TRMMという人工衛星は1997年12月に打ち上げられ、5つの観測機器を搭載して、観測点の少ない熱帯海洋域を含む地球規模での降雨観測が可能となった。その実際の観測データが図1である。また、以前にはなかった土壌水分などの様々なデータの種類が増えている。これらのデータを用いることで予測の可能性を見出すことができるのではないだろうか。

本研究はこれらの様々なデータから予測の可能性を見出すため、土壌温度・水分を5層で解き、樹冠の放射・乱流輸送の評価、BATS式アルベド予報、気孔抵抗の扱いなどが含まれ、大気―地表面系の相互作用に注目することができる MATSIRO (Minimal Advanced Treatments of Surface Interaction and Runoff) と呼ばれる陸面モデル、また、このモデルから得られた結果と大気・陸面の

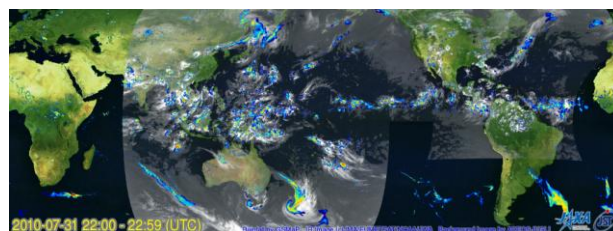


図1 2010/7/31の21～24時の三時間降水データ

初期値により、AGCM (Atmospheric General Circulation Model) と呼ばれる全球三次元大気大循環モデルを用いて気候予測を行う。過去の極端現象が起こった時期・時間をその以前のデータからの予測と、気象庁から提供されている全再解析データ（実際の観測値）を比較することにより、予測の可能性を見出す。

1988年の北アメリカの干ばつ予報で土壌水分を初期値として与えることで予報精度が向上されることが実証されている。(Yamada et al. 2010)。つまり、初期値によって予測が大きく向上することがわかっている。また、これは土壌水分に限ることではなく、土壌水分以外の他の諸量である土壌温度や積雪量などに関しても同様の可能性がある。また、すべての地域において土壌水分が水文気象の予測可能性を効率的に高めるのかどうかも議論を必要とする所である例えば、図2は統計指標 (Similarity Index) によって評価された大気陸面結合強度の大きさの全球図であり、6～8月の気候システムに与える陸面過程の影響の大きさを表している。(Koster et al. 2004, Yamada et al. 2007)。

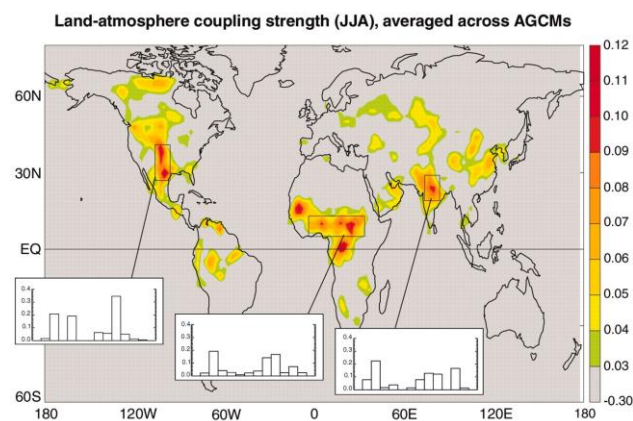


図2 6～8月の気候システムに与える陸面過程の影響
図2より、陸面過程の影響力にはバラつきがあり、その中でどの地域において特に影響力が強いのかは、高い地域偏在性が存在するであろう。

以上より、本研究では過去の極端現象の代表的なものに焦点を当て、その災害の予測と再解析データから予測の可能性を探る。極端現象の中で近年、異常気温（特にHeat Wave）が世界で多くみられる。1988年北アメリカのHeat Waveによる干ばつ、2003年欧州のHeat Wave（欧州で過去最大）に注目し、本研究の極端現象の対象とする。これらはそれぞれ地域が違うため、陸面過程の影響が変わってくる。極端現象の予測の可能性があるのか、それぞれの地域で特にどの変数の初期値が重要となるのか、また、発生前後のどの時間の値が予測に重要となるのかを明らかにするのを本研究の目的とする。

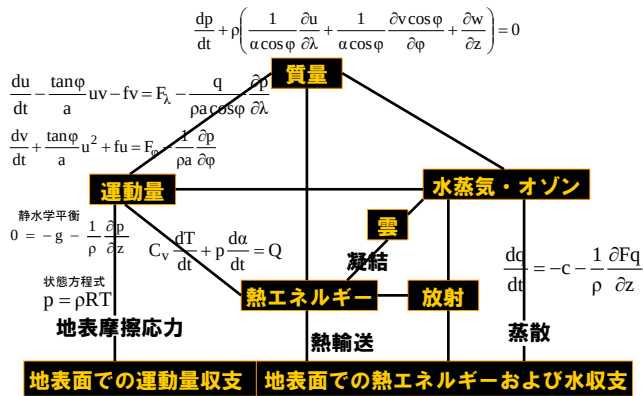
2. 実験概要

2.1 モデルの説明

(1) MATSIRO(陸面モデル)

本研究で使用する陸面モデル(MATSIRO)が表現する課程は気孔の開閉による蒸散の制御、植生群落内の放射過程と大気の流れによる熱輸送、植生による降水の遮断とその蒸発、植生上・地面上の積雪と融雪、特に積雪内の熱伝導と融雪水の再凍結、雪の変質による日射反射率の変化、斜面の勾配を考慮した地表流出と地中流出、土壌中の熱・水輸送、土壌水分の相変化(凍土過程)がある。

(2) AGCM(全球モデル)



大気大循環モデルの構成

この図が大気大循環モデルの構成図である。また、物理過程は積雲対流過程、大規模凝結過程、放射過程、鉛直拡散過程、地表フラックス、地表面・地中過程、重力波抵抗がある。このような過程を考え、これらの過程による予報変数の時間変化項を計算し、時間積分を行う。

2.2 実験設定

対象とする実験期間は1986～1995年の4～8月であり、3種類のアンサンブル予報実験(Series 1, 2, 3)から構成される。

Series 1: 予報実験開始日の土壌水分、海面水温、大気場の初期値を用いる。予報開始日は上記10年間の4月1日、4月15日、5月1日、5月15日、6月1日、6月15日、7月1日、7月15日、8月1日とし、各予報は大気初期値に擾乱を与えた10個のアンサンブル実験により行われる。

Series 2: 予報実験開始日の海面水温、大気場の初期値を用いる。予報開始日ならびにアンサンブル数はSeries 1と同じとする。ただしSeries 1とは異なり、初期値に用いる土壌水分を対象とする年を含む1986～1995年の同じ日(例えば7月1日)からそれぞれ選択する。つまりSeries 1とSeries 2ではそれぞれ10個あるアンサンブルで使用する土壌水分初期値全て正しいものであるのか(Series 1)、それとも1つだけ正しいものであるのか(Series 2)の違いとなる。

2.3 陸面モデルに入力値として与えるデータ

- precipitation (降水量)
- wind (風速)
- air temperature (温度)
- specific humidity (比湿)
- long wave radiation (長波放射)
- short wave radiation (短波放射)
- surface pressure (気圧)
- LAI (葉の面積)

3. 予報実験結果と検証

図3は再解析データ、つまり観測値のデータである。アメリカの干ばつが起こった1988年の4～9月の各々から1986～1995年の4～9月の平均それぞれ示す。

図3は各月の平均から10年間の差をとったものである。また、次に月初め一日を初期値とするSer1, Ser2の1日～15日予報を示す。初期値はそれぞれ順に4月1日、5月1日、6月1日、7月1日、8月1日である。

3.1 再解析データ

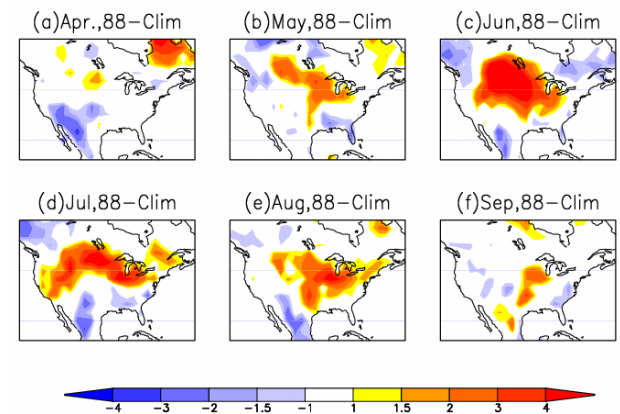


図3 各月の平均から10年間の差とった再解析データ

まず、再解析データを見ると、5月からアメリカ中部が平年値も気温が高くなり、高いところでは5℃以上

を示している。6月がもっとも顕著に暑くなっており、北東部を除いてほぼアメリカ全土が平年値よりも大幅に高い気温を示している。7月は形に特徴があり、西海岸から東海岸にかけて北部に広がるように半円を描いている。気温も高いものとなっている。8月になると、この現象に東に少し移動し、気温の高さも7月ほどではないが、高い温度を示している。9月はこの現象が終息に向かっている。つまり、5月から8月の三・四ヶ月間に渡って Heat Wave が続いていたことがわかる。この結果から、この1988年の夏期にアメリカで干ばつがあったことも頷ける

3.2 Ser1 の予報実験結果

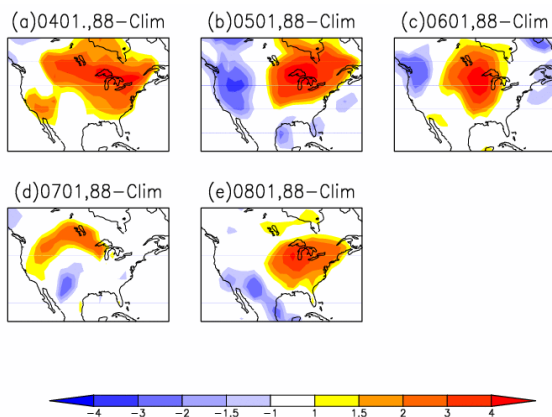


図4 Ser1 の4月～8月の1日～15日予報
(予報開始日、0401, 0501, 0601, 0701, 0801)

Ser1は陸面過程をすべて1988年の初期値を与えたものだが、1日～15日予報では大気の影響が強く影響される。5月、6月、8月の中ごろは平年値よりも高く予報され、特に6月は温度と示す地域が一致しており、8月は高温地域が東へ移動していることも再解析データと一致している。7月の範囲自体は再解析データより若干小さいが示す位置(形)が再解析データにかなり近く、西海岸から東海岸にかけて北部に広がるように半円を描いている。全体を通してSer1は温度の振幅(温度差)が再解析データと良く似ている。また、示す地域も再解析データにかなり近い地域を示している。

3.3 Ser2 の予報実験結果

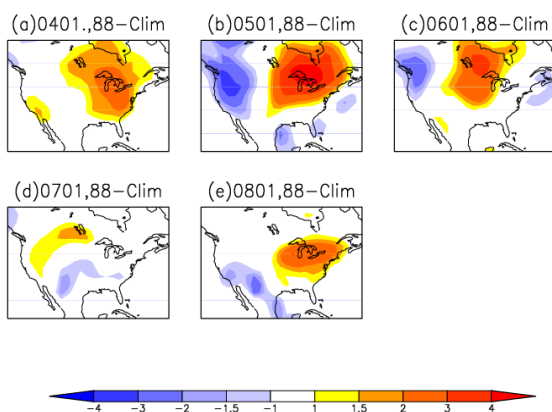


図5 Ser2 の4月～8月の1日～15日予報

(予報開始日、0401, 0501, 0601, 0701, 0801)

Ser2は陸面過程の初期値に全て平年値を与え、その他には1988年の初期値を与えたものだが、1日～15日予報ではSer1とほぼ似た予報がされている。しかし、全体的にまず、温度の振幅がSer1よりも小さく、範囲もSer1に比べると狭くなっている。6月に関しては再解析よりも少し北部へずれている。また、7月は再解析データ、Ser1では西海岸から東海岸にかけて北部に広がるように半円を描いているが、Ser2では1/4の円も描いていない。確かに1日～15日予報の場合、大気の影響が大きいですが、陸面過程を入れることでさらに精度の上昇した予報ができていることがわかる。

4. 考察

予報実験結果から再解析データとSer1, Ser2が1日～15日の予報ではかなりの一致から予報の可能性は高いと言える。この段階ではSer1とSer2にそれほど差はないように見える。しかし、範囲、平年差も詳細に見るとSer1の精度がより高く出ていることがわかる。このことからこの地域では陸面と大気の相互作用を予報に使用することによって予報の精度が高まっていることがわかる。

5. 今後の予定

どの初期値や条件、または時間スケールが強く予報に影響しているか、それらのモデルの結果からさらなる予測の可能性を見出す。今回は1988年のUS干ばつ時で予測の可能性に関する議論を行ったが、さらに2003年のヨーロッパ最大のHeat Waveに関しても検討を行う予定である。北アメリカは第1章で述べたように陸面過程の影響がその地域の気候システムに影響が強いことがわかっているが、同様に2003年のヨーロッパHeat Waveでどの予報変数、初期条件に有意性があるか、また時系列を考えたなかでHeat Waveが起こる過程前後どの時期の気候が強く影響するのか検証を行う所存である。

6. 参考文献

- ・Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review (Sonia I. Seneviratne, Thierry Corti, Edouard L. Davin, Martin Hirschi, Eric B. Jaeger, Irene Lehner, Boris Orlowsky, Adriaan J. Teuling), 2010.
- ・Development of a 50-year high-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modeling (Justin Sheffield, Gopi Goteti, Eric F. Wood)
- ・The 1988 US drought linked to anomalous sea surface temperature (T.N. Palmer & C. Brankovic)
- ・Impacts of Summer 2003 Heat Wave in Europe
- ・Yamada et al. 2010
- ・Koster et al. 2004, Yamada et al. 2007
- ・一般気象学 (小倉義光 著)
- ・グローバル気象学
- ・気象の数値シミュレーション (時岡達志・山岬正紀・佐藤信夫著)