

全球大気大循環モデルにおける人間活動の影響による陸面初期値を用いた 極端現象の準季節水文予報スキル

Sub-seasonal Hydrological Forecast Skills of Extreme Events Associated with Initialization
by influence of human activity in a Atmosphere General Circulation Model

北海道大学大学院工学研究院環境フィールド工学専攻

○学生員 山原康希(Kouki YAMAHARA)

北海道大学工学研究科環境フィールド工学専攻 准教授

正会員 山田朋人(Tomohito Yamada)

北海道大学工学研究科環境フィールド工学専攻 博士研究員

Yadu Pokhrel

1. はじめに

近年、様々な極端現象が世界各地を襲っている。今年ではタイで大洪水が発生し、現在まで3か月経過した今なお一部の地域で浸水状態が継続している。

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。

今年のタイの洪水のようなケースでは、事前にある一定期間以上先の気候がどのような傾向になるのか、を察知することができれば大きな災害を人間の力で未然に防ぐことが可能なのである。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がわかるのであれば、その他の極端現象による災害の被害が減少、またはなくなるのではないだろうか。

現在まで人工衛星等の拡充によって水文気象データの観測精度は向上してきた(図1参照)。1988年の北アメリカの干ばつを対象とした数値予報実験により、土壌水分を初期値として与えることで水文気象場の予報精度向上が示唆されている(Yamada et al. 2010)。また、図2で示している大気陸面結合強度は陸面の情報がどれほど大気

場に影響を与えるのか、という指標である(Koster et al. 2008)。地域によるが、大気場が陸面の情報に影響されることが示唆されており、また、陸面情報のメモリーは大気情報よりも長くなるため、長期気候予測に貢献する能力がある、と考えられる。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。

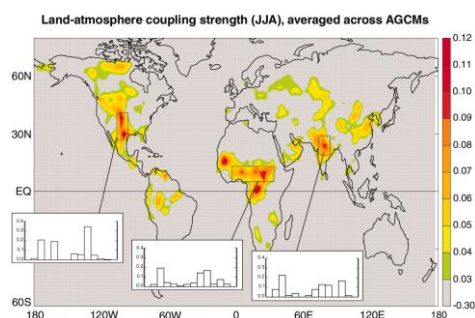


図2：統計指標(Similarity Index)によって評価された大気陸面結合強度

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・陸面の初期値より、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準季節予報を行う。人間活動の有無を考慮した陸面モデルの結果と大気場の再解析データを用いて大気陸面相互作用を考慮した全球モデルに陸面・大気データを与え、準季節水文予報結果を得る。人間活動を考慮した陸面モデルは Pokhrel (et. al., 2011) によって開発されている。このモデル結果を利用し、人間活動による陸面状態の変化における気象予報への影響度を考える。また、人間活動に有無に加え、陸面初期値のいずれかのデータに現実

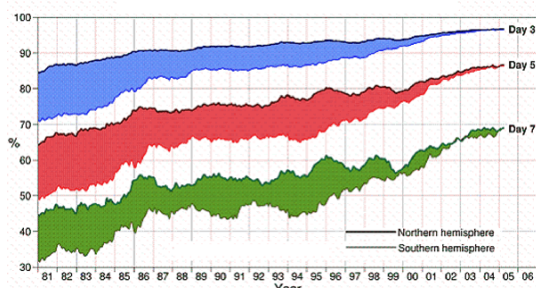


図1：現在にいたる気象予報精度の推移

的な値、平年値のどちらかを与えることによって、各陸面初期値が持つ予報可能能力について考えていく。

2. 実験概要

2.1 モデルの説明

(1) MATSIRO (陸面モデル)

MATSIRO (Minimal Advanced Treatment of the Surface Interaction and Runoff) は FRCGC (地球環境フロンティア研究センター) と NIES (国立環境研究所 以降 NIES)、東京大学の共同研究によって開発された陸面モデルであり、この陸面モデルの計算結果から陸面の初期値が得られる。

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水運動による熱水輸送、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)

CCSR (東京大学気候システム研究センター) と NIES の共同研究によって作成された、全球三次元大気大循環モデルであり、大気の運動方程式、熱力学の式、水蒸気の式、状態方程式、物質の連続の式を考え、陸面モデルから得られた初期値を用いて計算され、予報結果を算出する。

2.2 人間活動の有無を考慮した陸面 offline 計算

人間活動を考慮した MATSIRO が Pokhrel et al. (2011) によって開発され、このモデルは既存の MATSIRO と Hanasaki et al (2008) によって開発されたバケツモデル (GHM H08) 3) の統合により作成されている。

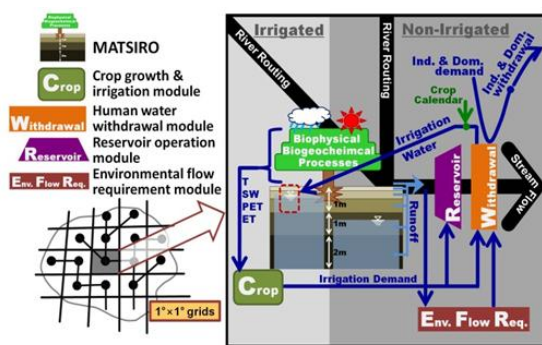


図3：人間活動を考慮した MATSIRO 概略図

(Pokhrel et al, 2011)

2.3 MATSIRO による couple 計算

従来の MATSIRO を使用し、大気データに初期値のみ与え、計算する結果である。これにより得られる計算結果は人間活動を考慮した MATSIRO の計算結果とのデータスケールで用い、スケールを行うことにより、全球モデルに MATSIRO から得られた陸面データを使用する際、全球計算結果の正当性向上を期待できる。

2.4 準季節予報実験設定

1986～1995 年の 4～8 月を対象の実験期間とし、4 種類のアンサンブル予報実験から構成される。

	Pattern1	Pattern2	Pattern3	Pattern4
人間活動	有	無	有	無
陸面初期値	現実的な値	現実的な値	平年値	平年値

予報開始日を 4～8 月の各 1, 15 日とし、15 日間おきに予報実験を行う。人間活動考慮の有無、また、陸面初期値を与える際に現実的な値、平年値の 2 種類、全 4 パターンとし、実際の観測値と比較、検証を行う。陸面状態の影響を考慮したため、予報実験に与える初期値の条件を変えることで、陸面状態についても検討し、予報実験自体はアンサンブル予報実験とする。

3. 予報実験結果

3.1 人間活動を考慮した実験結果の検証

GSWP2 の気象データを初期値として、人間活動を考慮した MATSIRO 計算を行った。図 4 は表面温度 (Surface Temperature) の計算結果であり、人間活動の有無の各々の 8 月平均の偏差を表している。インダス川流域、黄河流域で人間活動を考慮したケースで、表面気温が低くなっている。図 5 は図 4 と同様の表記で土壌水分量 (表層) の場合である。図 4 と同様にインダス川流域、黄河流域で人間活動を考慮したケースで、土壌水分量が多いことがわかる。インダス川流域、黄河流域では灌漑活動が盛んであり、降水や地下水をその地域の地表に集中させ、灌漑に大量に使っているため、土壌水分量が増加、また、土壌水分が多い場合、水分が蒸発する際に熱を奪う現象が増加するため、気温は下がる。つまり、図 4・図 5 には整合性があることがわかる。

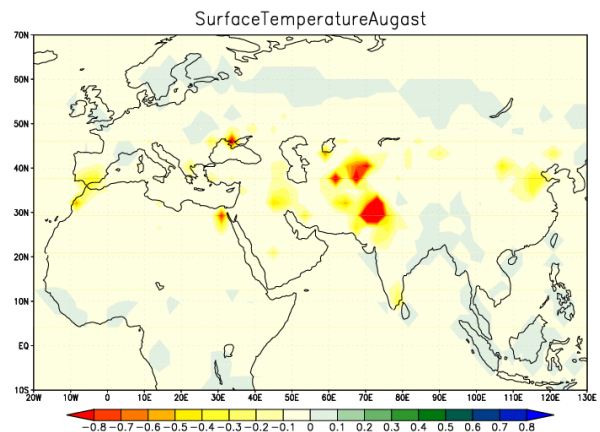


図4：表面温度の8月平均偏差

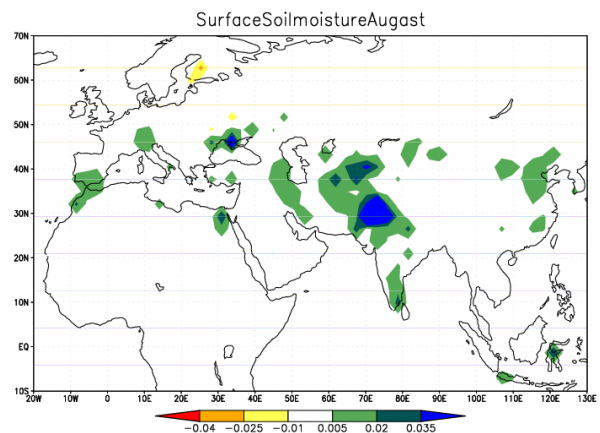


図5：土壌水分(表層)の8月平均偏差

3.2 couple 計算結果による offline 結果のスケール
MATSIRO から得られた陸面初期値をそのデータのまま、

全球モデルの陸面初期値として使用することは難しい。MATSIRO から得られたデータと、全球モデルが読み取ろうとするデータには、ある一定の差が発生するため、全球モデルが間違っただけの計算を行う、また、読み取らないという事態が発生するためである。ここではデータのスケールリングを行うことで陸面初期値の最適化を行う。以下にスケールリング方法を示す。ここでは offline データを A、couple データを B として紹介する。

スケールリングフロー

- [1] A, B 各々の標準偏差をとる
- [2] A の標準偏差/B の標準偏差=標準偏差の比率
- [3] 各年の偏差+標準偏差の比率=D

これより得られた D という値を couple データに加えることでスケールリング完了とする。図 6 は北緯 38° 西経 97° 図 7 は北緯 115 東経 38 における、1988 年 7 月 1 ヶ月間の土壌水分の推移を表している。

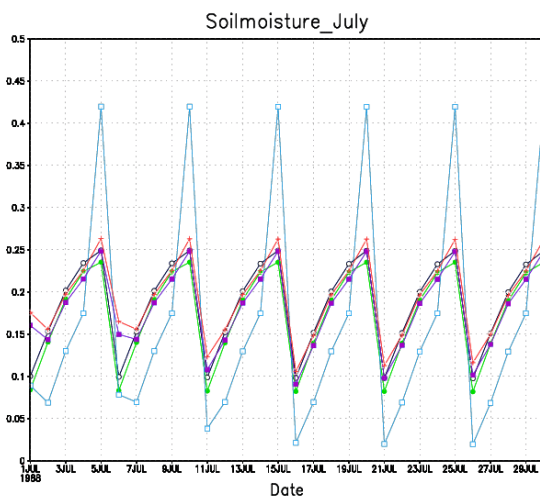


図 6：位置北緯 30 東経 70 の土壌水分 1 ヶ月間の推移
(縦軸：土壌水分量[m/m], 横軸：月日)

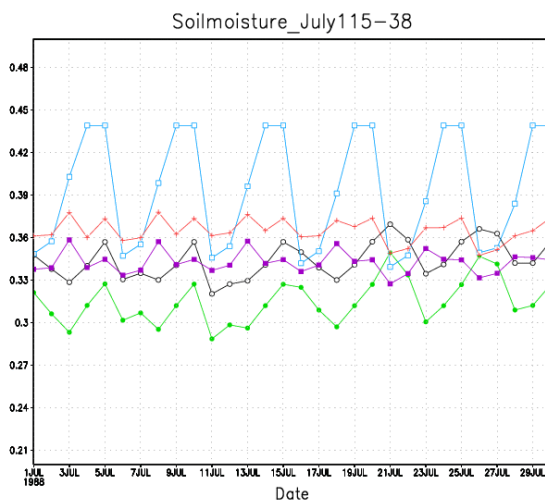


図 7：位置北緯 115 東経 38 の土壌水分 1 ヶ月間の推移
(縦軸：土壌水分量[m/m], 横軸：月日)

(1) 人間活動有の offline データ[黒], (2) 人間活動無の offline データ[緑], (3) couple データ[水色], (4) 人間活

動有のスケールリング済データ[紫], (5) 人間活動無のスケールリング済データ[赤]であり、offline 計算結果と couple 計算結果では差が生じていることがわかる。このように、両者のデータからの特徴を含んだ値となり、データは最適に近い状態になる、と考えられる。また、図 7 では、人間活動の有無による差が明確に表れており、これも考慮できていることがわかる。

4. 今後の予定

スケールリングを行なった陸面初期値を使用して、全球モデルを用い、Pattern1~4 のアンサンブル予報実験を行う。実際の観測値と比較することにより、予測可能性を見出していく予定である。また、大河川の河川流出量の予報から、今年のタイのような洪水の予測につながると考えており、そのような結果を期待する。

6. 参考文献

- 1) Tomohito J. Yamada et al. Hydrological Forecast Skill Associated with Land Surface Initializations. Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol. 54, 2010, February.
- 2) Pokhrel, Yadu et al. Incorporating Anthropogenic Water Regulation Modules into a Land Surface Model, 2011.
- 3) Sonia I. Seneviratne et al. Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review, 2010.
- 4) Justin Sheffield et al. Development of a 50-year high-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modeling, 2010.
- 5) Randal D. Koster et al. Contribution of land surface initialization to sub-seasonal forecast skill: First results from a multi-model experiment. Geophysical Research letters, Vol. 37, L02402, 2010, January.