

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月17日現在

機関番号：82101  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2011年度～2012年度  
 課題番号：23760468  
 研究課題名（和文） 全球水資源モデルを利用した実時間シミュレーションによる世界の旱魃・洪水リスク検出  
 研究課題名（英文） Detection of drought and flood risks by real time simulations using a global water resources model  
 研究代表者  
 花崎 直太（HANASAKI NAOTA）  
 独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・主任研究員  
 研究者番号：50442710

研究成果の概要（和文）： 世界で起きている旱魃・洪水を捉えるとともに、これから発生するリスクを検出するため、全球水資源モデル H08 と更新頻度の高い全球気象データを利用して、実時間シミュレーションを行った。まず、20世紀後期の30年の水文シミュレーションを行い、主要河川における過去の大規模な旱魃・洪水の再現性の評価を行った。結果は大規模な洪水に関するまずまずの再現性を示すものだった。次に、気象庁気候データ同化システム JCDAS による全球気象データを定期的に収集し、逐次シミュレーションを更新するシステムを構築した。この結果、最短で2日前までのシミュレーションを実施することが可能になった。これは全球水資源モデルによる旱魃・洪水の早期警戒実現の第一歩となるものである。

研究成果の概要（英文）： In order to capture the ongoing drought and flood events globally and to detect the forthcoming risks, real time simulations were conducted using a global water resources model termed H08 and frequently updated global meteorological data. First, we conducted a hydrological simulation for 30 years in the late 20<sup>th</sup> century and evaluated the reproducibility of major drought and flood events of the largest river basins in the world. The results indicated that major flood events were fairly reproduced. Next, we developed a system that regularly retrieves the global meteorological data by JCDAS and successively update simulations. The system enables us to simulate up to two days before present. This is a first step toward the realization of early warning for droughts and floods using global water resources models.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,500,000円	10,500,000円	4,550,000円

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：水文学

## 1. 研究開始当初の背景

近年、旱魃や洪水による大規模な農産物被害が世界各地で起きている。2006年のオーストラリアの旱魃では小麦の生産が平年に比べ約40%減少し、2010年のロシアの旱魃では

やはり小麦が記録的な不作になった。2010年は中国の各地で洪水が起きており、多数の人命が失われるとともに、農畜産業に深刻な被害が発生している。大規模な農産物被害をもたらす世界各地の旱魃や洪水を実時間で把握するとともに、いち早く発生のリスクを検

出することは、被災地の被害を軽減する上で、また食料自給率の低い我が国の食料安全保障の上で、極めて重要である。

申請者はこれまで全球水資源モデル（名前をH08という）の開発を行ってきた(Hanasaki et al., 2008a, Hydrol. Earth Syst. Sci.). H08 は自然の水循環と人間の水利利用を統合的に計算することのできる全球水資源モデルである。H08 は①蒸発量や流出量を計算する陸面サブモデル、②河川流量を計算する河川サブモデル、③農業・工業・生活用水の取水を扱う取水サブモデル、④世界の主要な貯水池を操作する貯水池操作サブモデル、⑤耕作期間や農作物の収量を推定する作物成長サブモデルからなる。H08 に気象データを与えると、まず各サブモデルの状態量が計算され、この状態量に基づいて、河川流量や水利用量などの出力が計算される。出力は空間解像度  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 、1日単位で行われる。

ここで、H08 に実時間で気象予報データを与えていたら、2010年のロシアの早魃や中国の洪水は捉えられていただろうか？また、そのリスク（早魃・洪水が発生する可能性が高まること）は、どれくらい前から検出できたのだろうか？例えば、河川流量の異常から早魃（洪水）イベントが捉えられたなら、H08の構造上、上流域の土壌水分量は平年よりかなり小さく（大きく）なっていることになる。H08の状態量に変化するには時間がかかるため、イベント発生前から土壌水分量に異常が現れているはずである。

## 2. 研究の目的

本研究ではH08に実時間で全球気象データを与えてシミュレーションを行い、推定された河川流量に着目することで、世界で起きている早魃・洪水を実時間に捉えることを目的とする。さらに、土壌水分量、積雪水量、貯水池貯水量などの状態量の平年からのずれに関する情報を用いてこれから発生するリスクを検出することも検討する。

## 3. 研究の方法

本研究は、まず20世紀後期30年のシミュレーションを行い、H08が過去の世界の早魃・洪水イベントを捉えられるかについて明らかにしたうえで、H08の実時間シミュレーションシステムを構築し、実時間で世界の早魃・洪水イベントを捉えることを試みた。併せて早魃・洪水イベント発生前にH08の状態量にどのような特徴が現れるか、H08の状態量の平年からのずれと早魃、洪水の起こりやすさにどのような関係があるか、についても考察を進める。そのために、20世紀後期シミュレーション、実時間シミュレーションの2

つを行った。

20世紀後期シミュレーションの条件は以下の通りである。H08の陸面と河川のサブモデルを使って、1961～1990年の30年間の計算を行った。入力気象データはWeedon et al. (2010)を利用した。これは世界を空間解像度  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 、1958～2001年を6時間単位でカバーする全球気象データである。そのほかの条件は全球水循環モデル国際相互比較プロジェクトEU-WATCH WaterMIP (Haddeland et al., 2011)の条件を利用した。

実時間シミュレーションの条件は以下の通りである。同じくH08の陸面と河川のサブモデルを使って、2000年以降現在までの計算を行った。入力気象データは気象庁気候データ同化システムJCDASを利用した。これは世界を空間解像度  $1.125^\circ \times 1.125^\circ$ 、1979年から現在より2日程度前までを6時間単位でカバーする全球気象データである。そのほかの条件は20世紀後期シミュレーションと同様とした。2日程度の遅れで全球気象データが配信されるため、これを入力データとすることでH08の実時間シミュレーションが可能となる。

## 4. 研究成果

### (1) 平成23年度

初年度はH08が過去の世界の早魃・洪水イベントを捉えられるかを明らかにするため、20世紀後期シミュレーションの実施と解析を行った。

ここでは早魃と洪水の最も基本的な指標である河川流量にのみ着目した。この理由は、観測地点上流の広域の水文状況を把握することのできる指標であること、世界全域における長期間の観測値を比較的入手しやすいことからである。観測値はGlobal Runoff Data Centre (GRDC)の世界の主要河川の月単位河川流量データを利用した。この中で、集水面積が200,000km<sup>2</sup>以上、観測流量のある期間が20年以上入手可能な観測地点を抽出した。一つの流域に2つ以上の観測地点がある場合、最下流のものを利用した。これらの条件を満たす43の観測地点の計算結果を利用して以下の検討を行った。

A) 年流量、平年の流量が最大になる3カ月の流量（以下、高水期流量と呼ぶ）、平年の流量が最小になる3カ月の流量（以下、低水期流量と呼ぶ）を計算値と観測値それぞれについて流量地点毎に求めた。

B) 年流量、高水期流量、低水期流量について、計算値と観測値の相関係数(CC)を求めた。CCが高ければ、それぞれの年々変動をよく捉えられると考えられる。

C) 年流量、高水期流量、低水期流量について各年の順位を求めた。次に、計算値の順位と

観測値の順位の違いに関して、二乗平均平方根誤差 (RMSE) を求めた (表 1)。

D) CC と RMSE に関して条件を設定し、合致する観測地点数をまとめた (表 2 と表 3)。

年流量に関してみると、半数以上の 28 の流量観測地点において相関係数 (CC) が 0.7 を上回ることが分かった。順位に関する二乗平均平方根誤差 (RMSE) も半数以上の 28 の観測地点で 7 を下回ることが分かった。これは計算値の年々変動をもたらす、降水量などの入力気象データの精度が高かったことを示していると考えられる。ただし、一部の河川で極端に CC が小さく、RMSE は大きくなった。次に高水期流量に関してみてみると、年流量よりは劣るものの、比較的年々変動の再現性が高いことが分かった。高水期流量の CC と RMSE は年流量のそれらと連動しているが、これは一般に年流量に占める高水期流量が大きいからだと考えられる。最後に、低水期流量に関して見てみると、年流量・高水期流量より CC はかなり小さく、RMSE は大きくなること分かった。特に 9 つの流域においては相関係数が負の値になった。

### (2) 平成 24 年度

最終年度は以下の作業を実施した。まず、全球水資源モデル H08 のソースコードの改良を行い、実時間シミュレーションに対応させた。すなわち、シミュレーション期間の自由度を高め、任意の開始時点と終了時点を設定できるようにした。また、H08 の状態量を正確に保存し、読み込むことで、計算再開時に水収支・熱収支が完全に保存するように注意を払った。次に、気象庁気候データ同化システム JCDAS のデータを定期的取得し、水文シミュレーションを更新するプログラムを開発した。最後に、再現性を評価するため、2000 年から現在に至るまでのシミュレーションを実行した。現在は、この期間中の世界の主要な旱魃や洪水がどのように再現されたか解析と考察を継続しているところである。併せて土壌水分量、積雪水量、貯水池貯水量などの状態量の平年からのずれに関する解析も進めている。

### (3) 研究の意義

研究期間全体を通じて、全球水資源モデルを実時間シミュレーションするための研究基盤が整備された。従来、全球水資源モデルは過去の長期の全球気象データを利用してシミュレーションが行われてきたが、早期警戒への応用が難しいほか、そもそも直近の洪水や旱魃をシミュレーションできないという問題があった。今回、ソースコードを改良し、JCDAS を利用することにより、最短で 2 日前までのシミュレーションの延長が可能になり、早期警戒の実現可能性も高まった。

表 1 世界の 43 の河川流量観測地点における流量計算値の年々変動に関する指標

河川名	年流量		高水期流量		低水期流量	
	CC	RMSE	CC	RMSE	CC	RMSE
Congo	0.76	6.95	0.56	9.03	0.68	7.84
Orange	0.94	3.83	0.90	5.39	0.07	10.46
Niger	0.78	5.93	0.49	9.48	0.53	9.88
Volta	0.68	8.49	0.65	8.08	-0.16	10.77
Chari	0.82	5.19	0.85	4.59	0.31	9.89
Blue Nile	0.74	8.94	0.81	8.41	0.46	11.71
White Nile	0.01	11.49	0.21	10.58	0.01	10.13
Senegal	0.83	4.62	0.92	4.85	0.04	11.22
Huang He	0.89	4.49	0.88	4.61	0.64	8.02
Yangtze	0.96	3.05	0.86	4.79	-0.06	11.81
Xi Jiang	0.89	5.48	0.89	5.46	0.94	4.88
Mekong	0.78	5.88	0.71	6.85	0.15	10.73
Lena	0.77	6.29	0.56	7.26	0.37	10.05
Amur	0.93	3.79	0.94	3.96	0.14	11.35
Yenisei	0.46	9.14	0.58	7.99	-0.13	13.17
Ob	0.72	6.74	0.59	7.97	-0.04	11.84
Syr Darya	0.62	8.84	0.69	6.76	0.46	9.09
Amu Darya	0.76	7.51	0.70	8.10	-0.09	12.08
Yana	0.77	6.33	0.63	7.80	0.09	11.02
Indigirka	0.73	5.91	0.55	8.59	0.16	11.69
Kolyma	0.81	4.75	0.69	7.31	0.01	11.55
Orinoco	0.79	5.55	0.68	6.90	0.87	5.46
Parana	0.89	4.81	0.79	6.34	0.72	7.35
Amazonas	0.90	6.87	0.81	7.53	0.90	7.04
Sao Francisco	0.56	8.26	0.56	8.18	0.23	9.32
Yukon	0.60	8.29	0.72	6.59	0.00	11.60
Columbia	0.87	4.91	0.55	8.65	0.48	9.26
Mississippi	0.94	2.98	0.89	4.26	0.50	8.01
St. Lawrence	0.50	9.15	0.39	9.28	0.70	6.35
Colorado	0.43	10.11	0.27	9.78	0.65	9.18
Fraser	0.84	4.50	0.79	6.03	-0.12	13.23
Mackenzie	0.14	11.02	0.20	9.21	-0.10	12.48
Nelson	0.69	6.59	0.77	5.54	0.03	11.97
Churchill	0.33	10.23	0.26	10.66	0.22	11.40
Rio grande	0.56	8.63	0.42	10.73	0.19	10.61
Darling	0.82	6.60	0.78	8.52	-0.23	13.60
Danube	0.94	3.29	0.66	8.27	0.77	5.99
Northern Dvina	0.82	4.99	0.66	7.45	0.36	10.50
Pechora	0.64	7.59	0.61	6.92	0.00	12.57
Neva	0.43	8.50	0.29	9.21	-0.07	12.19
Volga	0.80	6.13	0.65	7.09	0.49	8.29
Don	0.69	6.84	0.64	7.07	0.24	10.32
Dniepr	0.82	5.54	0.83	4.56	0.64	7.47

表 2 相関係数の分類

	年流量	高水期流量	低水期流量
0.8以上	17	11	3
0.7以上	28	17	5
0.4以上	40	37	16

表 3 二乗平均平方根誤差の分類

	年流量	高水期流量	低水期流量
5未満	12	7	1
7未満	28	17	4
10未満	39	40	17

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 1 件)

花崎直太：全球水資源モデルを利用した長期計算における河川流量の年々変動の再現性、水文・水資源学会 2011 年度総会・研究発表会、2011 年 8 月、京都

[その他]

ホームページ等

<http://h08.nies.go.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

花崎 直太 (HANASAKI NAOTA)

独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・主任研究員

研究者番号：50442710

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし