d4PDFを使用したベトナム・Red Riverの流量極値に寄与する 極端降水をもたらす気象環境場の考察

¹加藤大輔、¹篠原瑞生、¹永野隆士、²加藤雅也、²坪木和久、³田中智大、³立川康人、⁴中北英⁻ ¹(株)東京海上研究所、²名古屋大学宇宙地球環境研究所、³京都大学大学院工学研究科、⁴京都大学防災研究所 E-mail: kato@tmresearch.co.jp

はじめに 1.

地球温暖化が水災害リスクヘ与える影響を評価するためには、大規模洪水の原因となる極端降水をも たらす気象環境場を含めて考察する必要がある。そこで本研究では、ベトナム・Red River流域を対象 に、d4PDFを活用して大規模洪水発生時の気象環境場を考察した、

流域の概要 2.

- ヒマラヤ山脈の東端、雲南山地に水源をもつ、中国とベトナムを流れる国際河川であり、長さ1,200 km、流域面積は168,700kmである。
- 下流部のデルタ地帯は亜熱帯性気候であり、年間平均降水量は1,680mm、5月~9月は雨期で南 西モンスーンが優勢となり、降水量は1,440mmと多く、台風による洪水の被害を受ける。

研究手法 3.

- 流出計算には、分布型降雨流出モデル1K-DHMを使用し、既往の洪水イベントの観測流量を もとにパラメータを同定した。
- 流出モデルへの入力データは、d4PDF過去実験、4℃上昇実験各シナリオから、雨期に相当する 6月から9月のうち62日間の累積降水量が最大となる期間を切り出し作成した。
- 過去実験6,000シナリオ、4℃上昇実験5,400シナリオを対象に流出計算を行い、Son Tay地 点における年最大流量の上位シナリオを各10シナリオ抽出した。
- 抽出した上位シナリオを対象に、流域に極端降水がもたらされる要因を分類した。
- 抽出した上位シナリオを対象に、積乱雲発生環境の指標となる大気の鉛直安定度と水蒸気フラッ クスの収束に着目し、過去実験と4℃上昇実験を比較した。

4. 結果

(1) 流域に極端降水がもたらされる要因の分類

- 台風または低気圧性循環
- ② 流域南東および北西からの水蒸気フラックスの流入
- ③ 流域北西からの水蒸気フラックスの流入
- ④ 流域南東からの水蒸気フラックスの流入
- ⑤ 流域南西からの水蒸気フラックスの流入



図-2:極端降水をもたらす気候場の例(4℃上昇実験最上位シナリオ)

指標の内容

高度上昇に伴う温位の変化の大きさ

高度上昇に伴う相当温位の変化の大きさ

850hPa高度の相当温位を差し引いた値

対流有効位置エネルギー(CAPE)。

高度上昇に伴う飽和相当温位の変化の大きさ

各高度における飽和相当温位から最下層に当たる

高度(LFC)、上端高度が対流抑制高度(LNB)。 θes-θe[850hPa]の値が0以下の領域の大きさが





表-1:年最大流量上位シナリオ(Son Tay 地点)							
順位	シナリオ	年最大流量	再現期間	順位	シナリオ	年最大流量	再現期間
	(d4PDF過去実験)	(m/s)	(年)		(d4PDF4℃上昇実験)	(m/s)	(年)
1	HPB_m039_1954	37,506	6,100	1	HFB_HA_m107_2111	45,561	5,490
2	HPB_m075_1968	28,606	3,050	2	HFB_GF_m106_2068	40,248	2,745
3	HPB_m023_1972	28,515	2,033	3	HFB_MI_m112_2072	38,614	1,830
4	HPB_m078_1995	27,704	1,525	4	HFB_GF_m101_2098	38,373	1,372
5	HPB_m068_1966	27,200	1,220	5	HFB_HA_m102_2070	36,458	1,098
6	HPB_m099_1997	26,328	1,017	6	HFB_MR_m103_2063	36,152	915
7	HPB_m093_1967	25,899	871	7	HFB_MI_m112_2058	34,760	784
8	HPB_m074_1953	25,715	763	8	HFB_GF_m109_2093	33,885	686
9	HPB_m070_1979	25,684	678	9	HFB_MP_m113_2066	33,224	610
10	HPB_m072_2005	25,560	610	10	HFB_CC_m109_2078	31,965	549
参考	既往最大洪水(1971年)	37,400					

(2) 大気の鉛直安定度

- 流出計算対象期間で平均されたRed River流域平均の温度減率の鉛直プロファイル を図-3に、その解釈を表-2に示す。
- 将来気候下では乾燥大気の大気安定度が増す一方で、対流不安定度、条件付き不 安定度、潜在不安定度が増すことが確認できた。
- これらの結果は、将来気候下において、湿潤大気場においてより不安定な場で、より深 い対流が発生する可能性があることを意味する。

(3) 水蒸気フラックスの収束

- Red River流域に対応するd4PDFの各格子(全50点)の、流出計算対象期間 (62日)における6時間毎の鉛直積算された水蒸気フラックスの発散(横軸)と、6 時間降水量(縦軸)の散布図を図-4に示す。
- 過去実験、4℃上昇実験共に、水蒸気フラックスの収束が大きいほど6時間降水量が多 くなる傾向が見られた。
- 4℃上昇実験では水蒸気フラックスの収束が大きい場所が増え、それに対応して6時間 降水量の値も増加した。





(a) 過去実験



図-4:年最大流量上位シナリオにおける 水蒸気フラックスの発散と6時間降水量

がある。 θes-θe[850hPa]=0となる下端高度が自由対流 LFCからLNBの間の層のθes-θe[850hPa]の負の領域が4℃上昇実験の方が大きい(CAPEがより大きい)。→将来気候下においては、湿潤大気場においてより不安定な場で、より深い対流が発生する可能性 がある

自由対流高度(LFC)は過去実験、4℃上昇実験共に600 hPa高度付近に存在するのに対し、対流抑制

高度(LNB)は4℃上昇実験の方が高い。⇒将来気候下ではより高い高度まで積乱雲が発達する可能性

結果

過去実験、4℃上昇実験共に500 hPa 高度以下の層で相当温位減率が負。⇒対流不安定な状態

200hPa高度以下の対流圏で、4℃上昇実験シナリオの温位減率は過去実験シナリオより概ね大きい。⇒

400hPa高度以下の層では、将来気候下で相当温位減率がより小さくなる。⇒将来気候下でより対流不安

相当温位減率のプロファイルと同様に500 hPa高度以下の層で過去実験、4℃上昇実験共に飽和相当温 位滅率が負。→条件付不安定な状態。 400hPa高度以下の層では、将来気候下で相当温位滅率がより小さくなる。→将来気候下でより条件付不

5. まとめ

指相 dθ/dz

絶対安定度

dθes/dz

対流不安定度

条件付不安定度

θes-θe[850hPa]

潜在不安定度

ベトナム・Red River流域を対象に、d4PDF過去実験、4℃上昇実験の年最大流量の上位シナリオについて、極端降水をもたらす気象環境場を考察した。

将来気候下でより乾燥大気の安定度が増す。

表-2:年最大流量上位シナリオの大気の鉛直プロファイルの解釈

定度が増す。

安定度が増す。

- 大規模洪水をもたらす極端降水が流域に発生する要因が、おおよそ5パターンに分類できた。
- 将来気候下で大規模洪水をもたらす極端降水発生時には、湿潤大気における不安定度(対流不安定度、条件付き不安定度、潜在不安定度)が増すことが確認できた。このよ うな大気場において、鉛直積算された水蒸気フラックスの収束がより大きくなることで、より激しい降水がもたらされると考えられる。