

# 台風に起因する大雨の分析

北海道大学大学院工学研究院

山田 朋人

[tomohito@eng.hokudai.ac.jp](mailto:tomohito@eng.hokudai.ac.jp)

# d4PDFの実験デザイン

## 領域モデル実験(20kmへの力学的ダウンスケーリング)

気象研究所非静力学地域気候モデルNHRCMによる日本域をカバーする水平解像度20kmの力学的ダウンスケーリング

過去実験: 1950年9月から2011年8月までの観測された海面水温などが境界条件

2°C上昇実験: 産業革命以前から全球平均気温が2°C上昇した条件

4°C上昇実験: 産業革命以前から全球平均気温が4°C上昇した条件

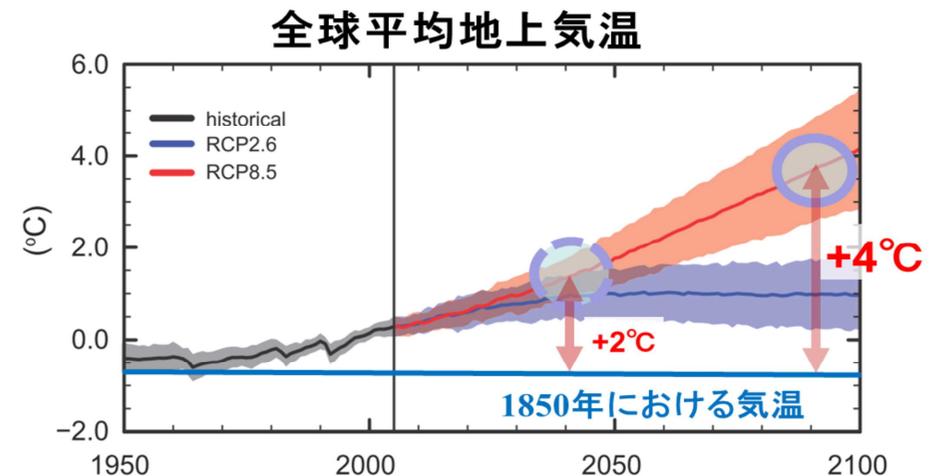
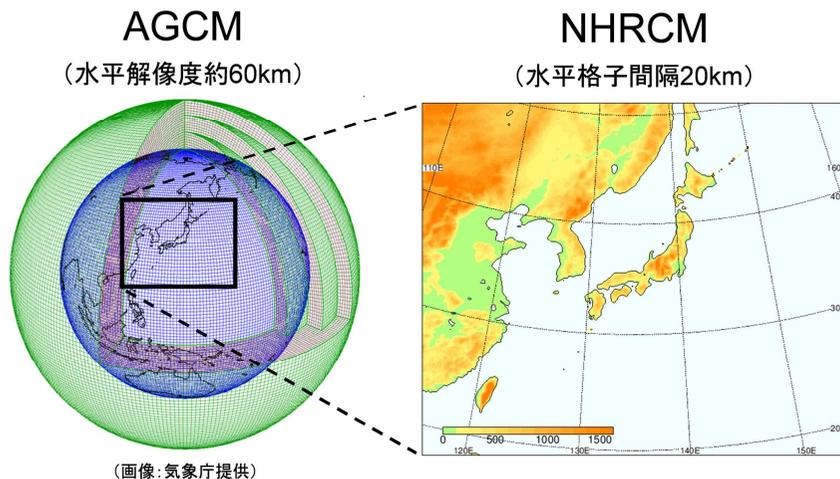
※2°C上昇実験、4°C上昇実験はトレンド成分を除いており、温暖化の程度は時間変化しない(温室効果ガス濃度は2°C上昇実験、4°C上昇実験でそれぞれRCP8.5シナリオの2040年、2090年の値を設定)

## アンサンブル数

過去実験: 60(年)x50(アンサンブル)=3000(年)

2°C上昇実験: 60(年)x6(SST)x9(アンサンブル)=3240(年)

4°C上昇実験: 60(年)x6(SST)x15(アンサンブル)=5400(年)

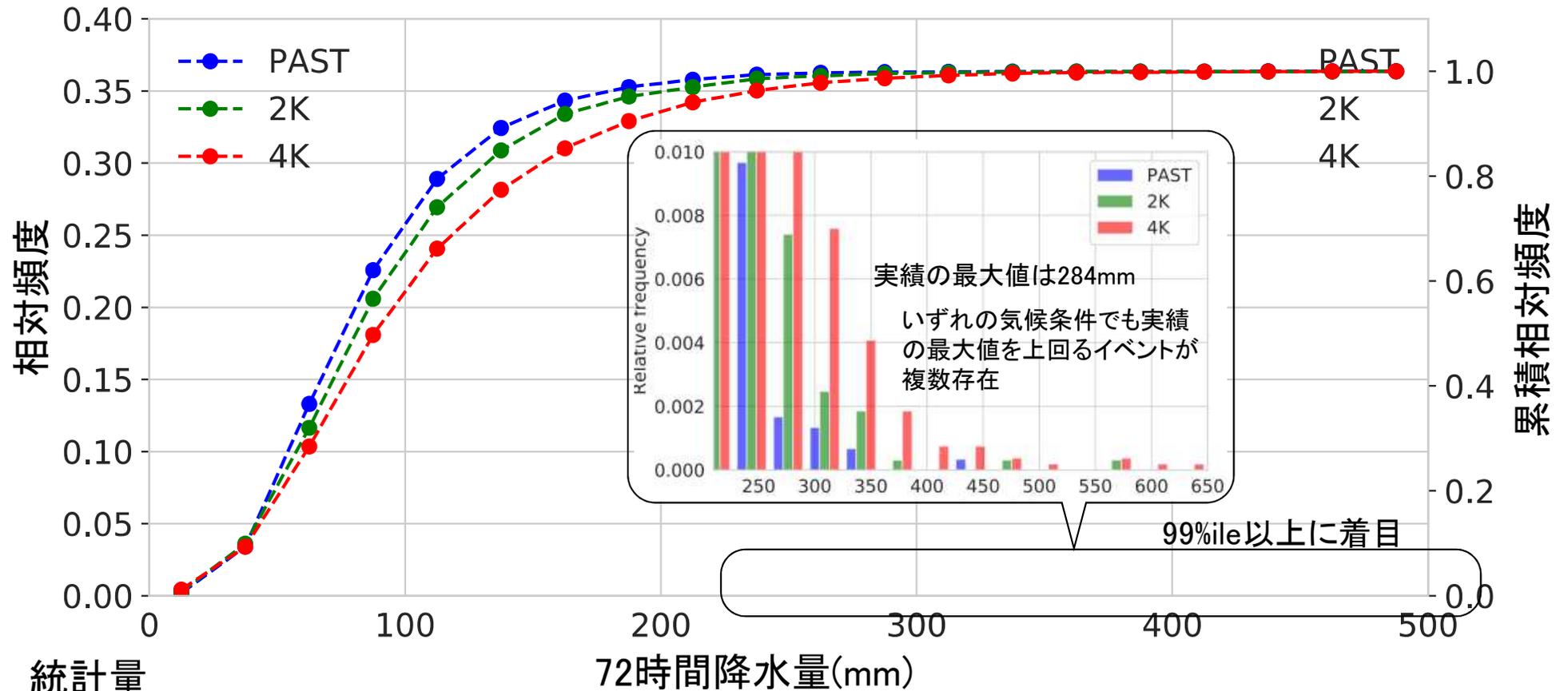


# 年最大降水量はどれほど変化するか？

十勝川帯広基準地点集水域

5kmDSの降水量での比較

過去実験3000イベント、2°C上昇実験3240イベント、4°C上昇実験5400イベントから作成



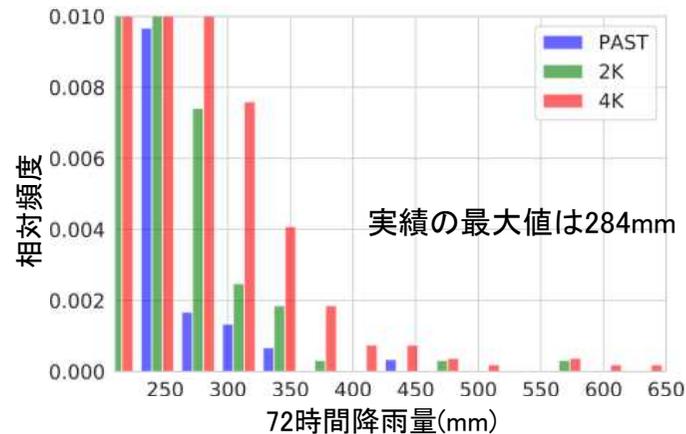
	過去実験	2°C上昇実験	4°C上昇実験	倍率(2°C上昇/過去)	倍率(4°C上昇/過去)
平均値(mm)	95.9	102.8	114.7	1.07	1.20
最大値(mm)	435.1	553.5	645.5	1.27	1.48
99%ile値(mm)	235.8	268.4	317.1	1.14	1.34
95%ile値(mm)	178.2	198.2	233.1	1.11	1.31

温暖化の進行度合いに応じて計画規模の降水量は増大

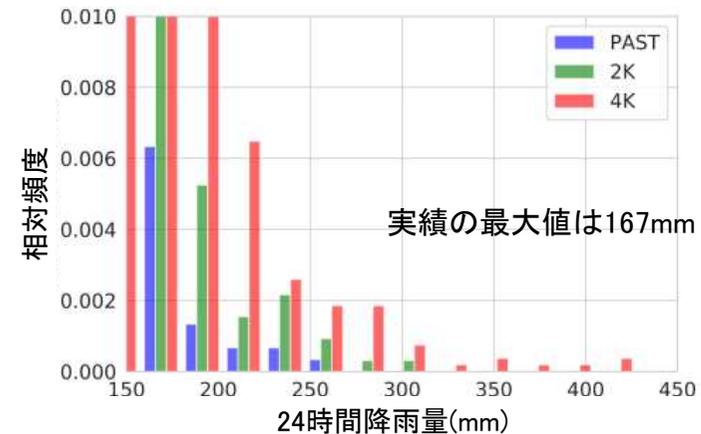
# 年最大降水量はどれほど変化するか？

99パーセンタイル以上に着目した年最大降水量の頻度分布

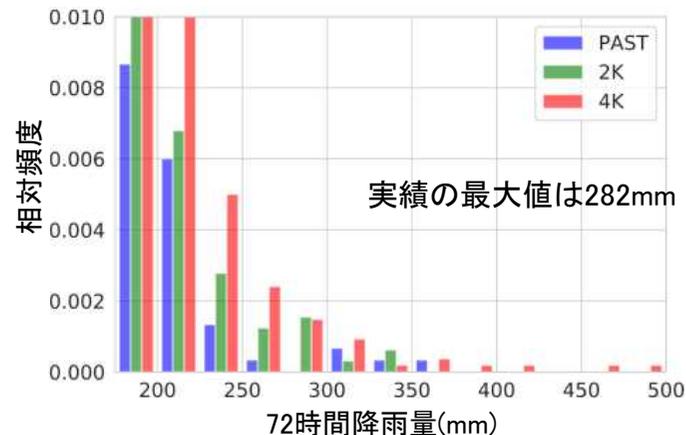
・十勝川帯広基準地点集水域



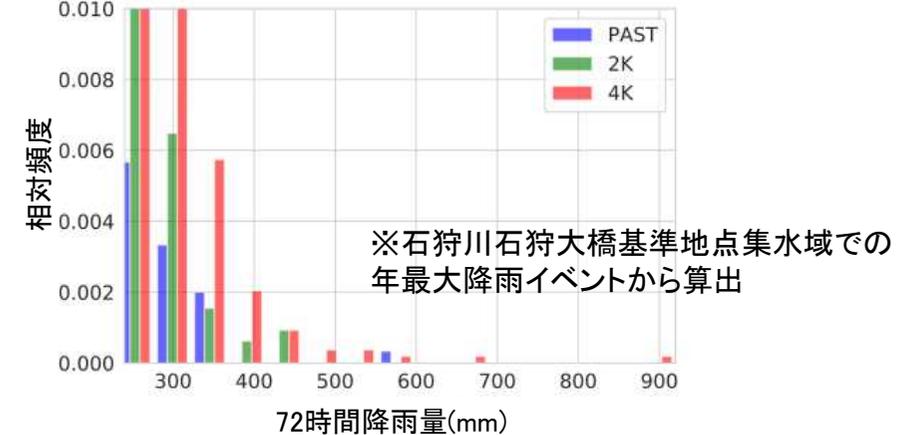
・常呂川北見基準地点集水域



・石狩川石狩大橋基準地点集水域



・石狩川水系豊平川雁来基準地点集水域



99パーセンタイル値

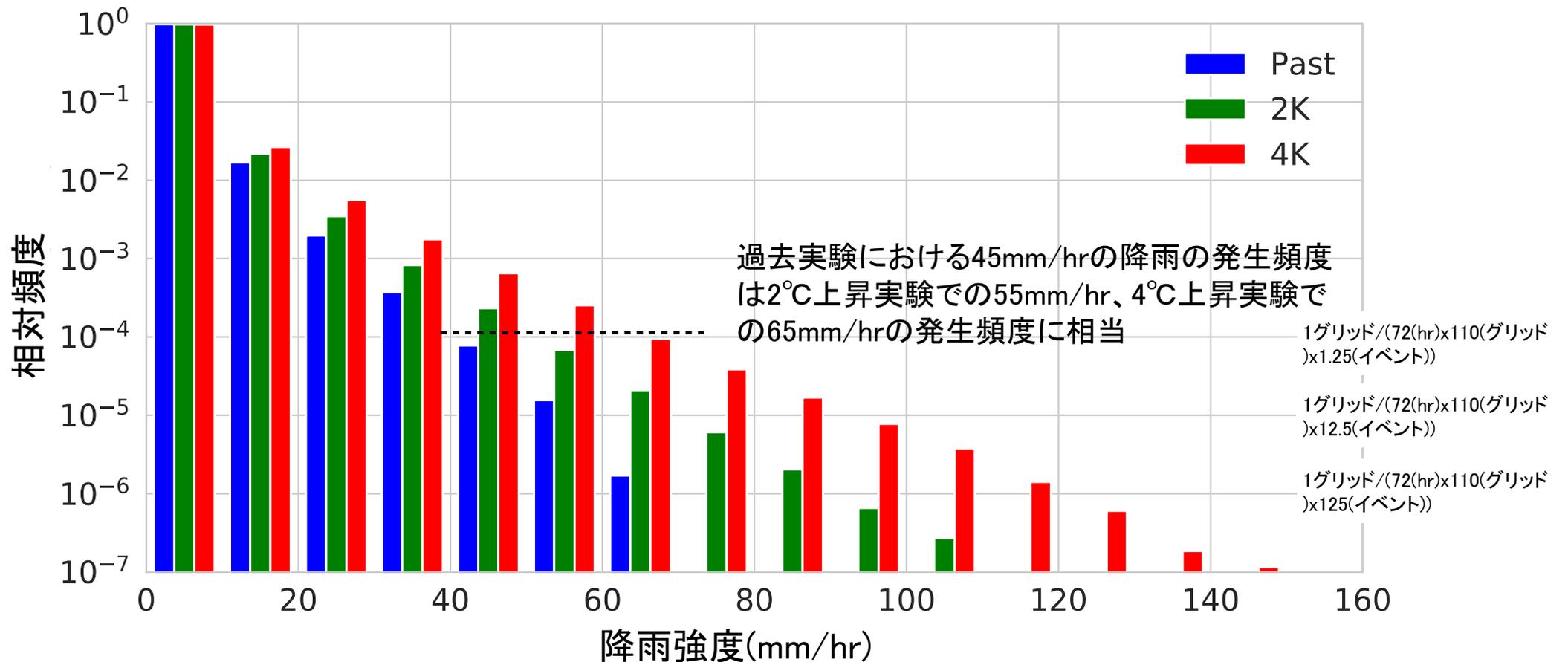
いずれの流域でも、過去<2°C上昇<4°C上昇の関係に

	過去実験	2°C上昇実験	4°C上昇実験	倍率(2°C上昇/過去)	倍率(4°C上昇/過去)
十勝川帯広基準地点集水域	235.8	268.4	317.1	1.14	1.34
常呂川北見基準地点集水域	156.3	182.2	217.6	1.17	1.39
石狩川石狩大橋地点集水域	196.1	209.9	228.4	1.07	1.16
豊平川雁来基準地点集水域	240.9	273.6	321.8	1.14	1.34

# 1時間降水強度の頻度はどれほど変化するか？

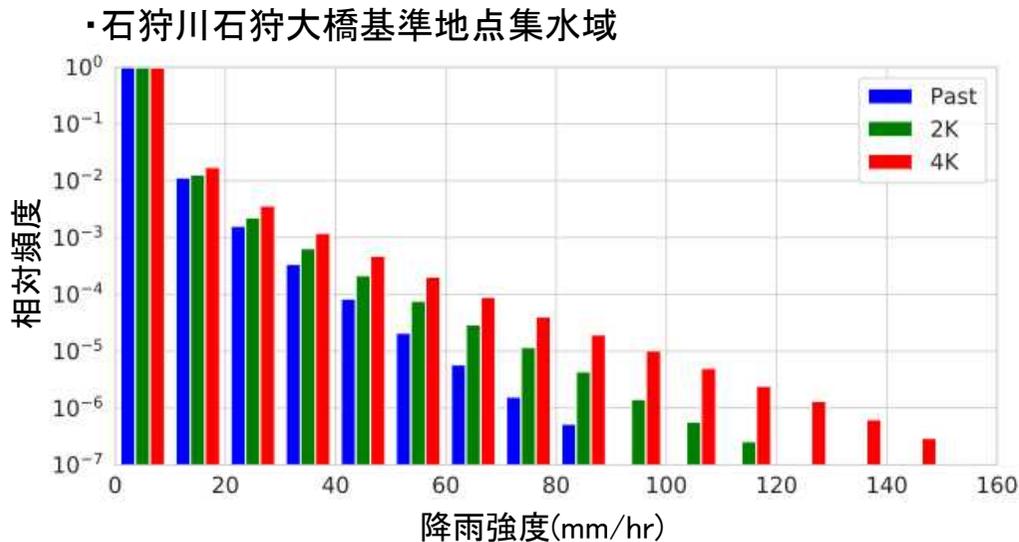
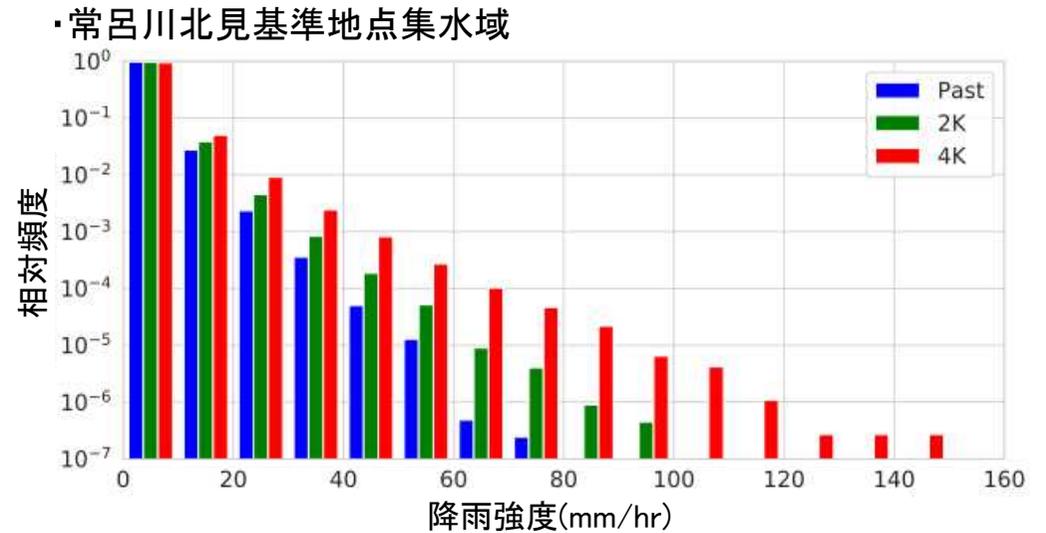
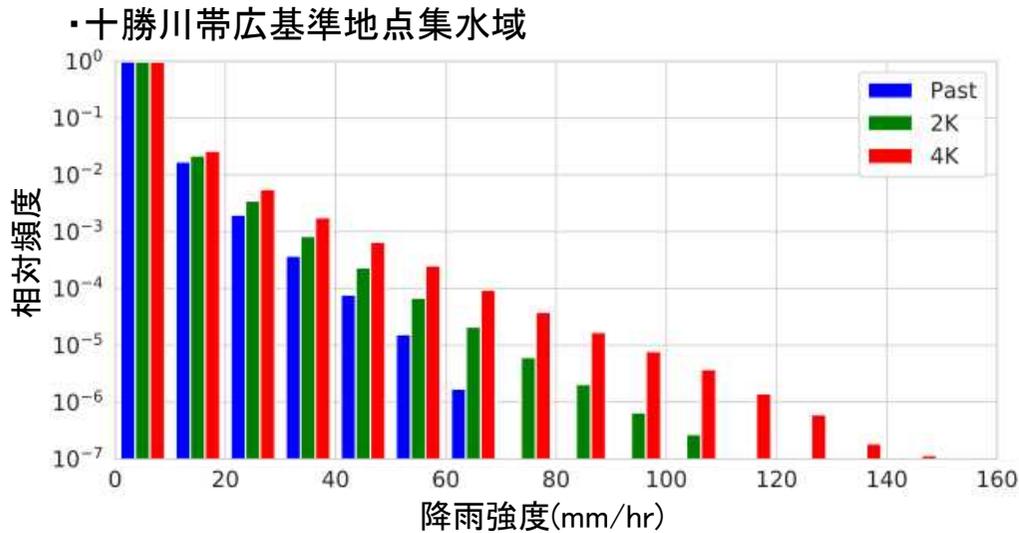
十勝川帯広基準地点集水域 5kmDSの降水量での比較

過去実験は3000イベント、2°C上昇実験は3240イベント、4°C上昇実験は5400イベントが対象  
 年最大72時間降雨の発生期間で流域内の全格子点上の降水強度を抽出し、頻度分布を作成



温暖化の進行度合いに応じて強度の高い雨の頻度が増加

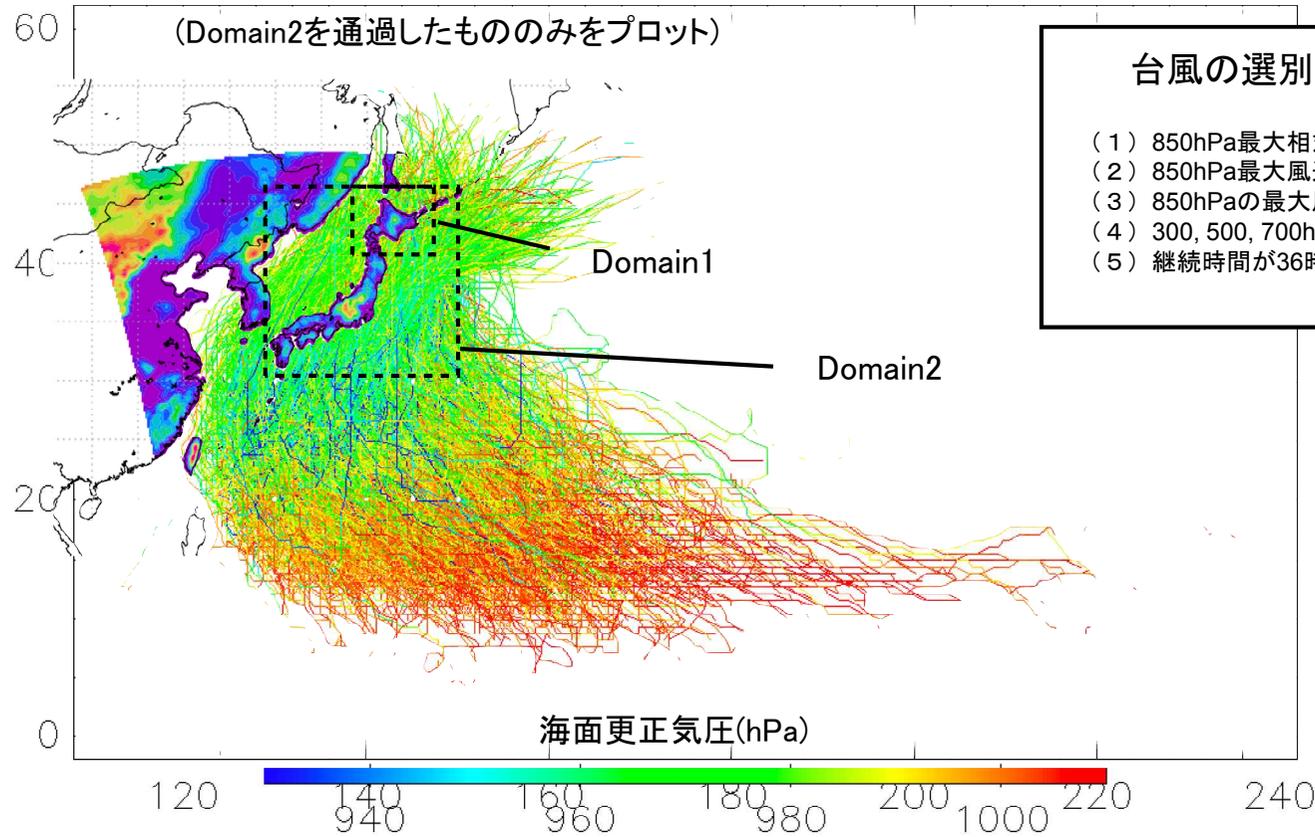
# 1時間降水強度の頻度はどれほど変化するか？



いずれの流域においても、温暖化の進行度合いに応じて強度の高い雨の頻度が増加

# 台風襲来の頻度

d4PDF全球実験(6100年間)から抽出した台風経路データ



台風の選別条件(H. Murakami et al. 2012)

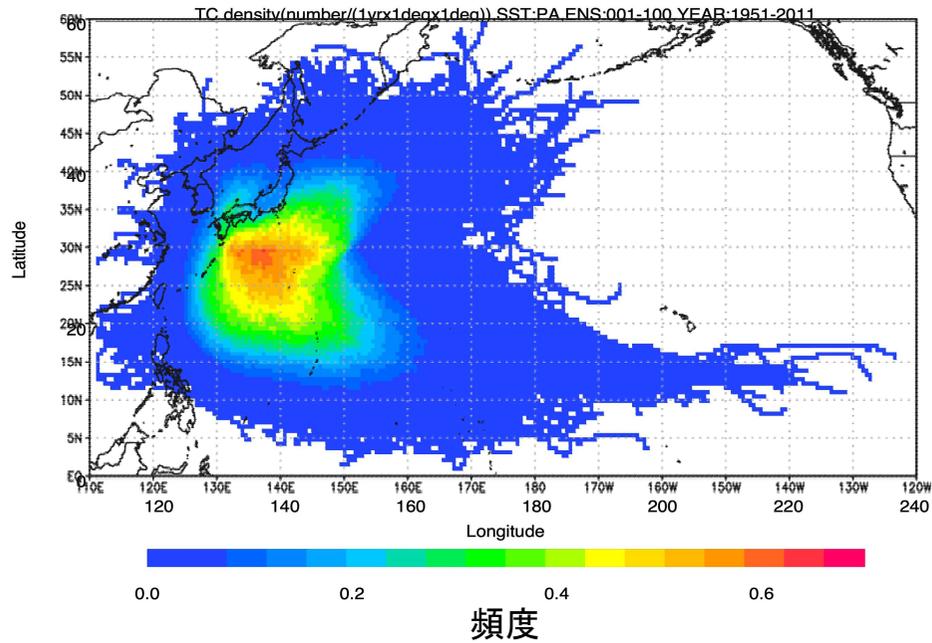
- (1) 850hPa最大相対渦度： $8.0 \times 10^{-5}/s$ 以上
- (2) 850hPa最大風速：13 m/s以上
- (3) 850hPaの最大風速 > 300hPaの最大風速
- (4) 300, 500, 700hPaの気温偏差の合計値が0.8K以上
- (5) 継続時間が36時間以上

領域を通過する台風の頻度

	Best track (1951-2017)	Past	4K
Domain 1	106個/67年 1.58(個/年)	1443個/3000年 0.48(個/年)	2260個/5400年 0.42(個/年)
Domain 2	548個/67年 8.18(個/年)	11659個/3000年3.89(個/年)	13266個/5400年2.46(個/年)

# 台風の通過頻度

Past

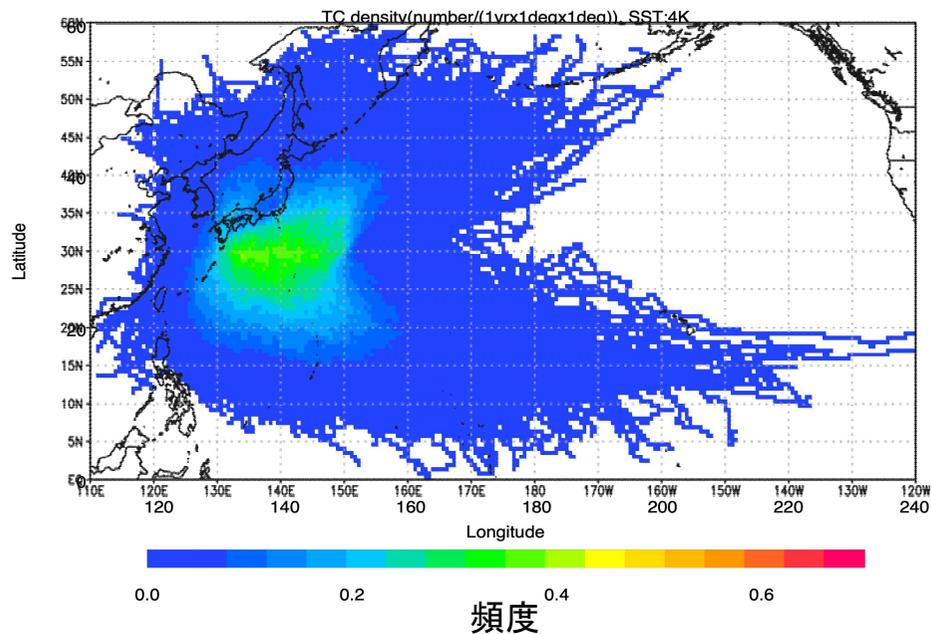


d4PDF全球実験(6100年間)から抽出した台風経路データより台風の通過頻度を作成

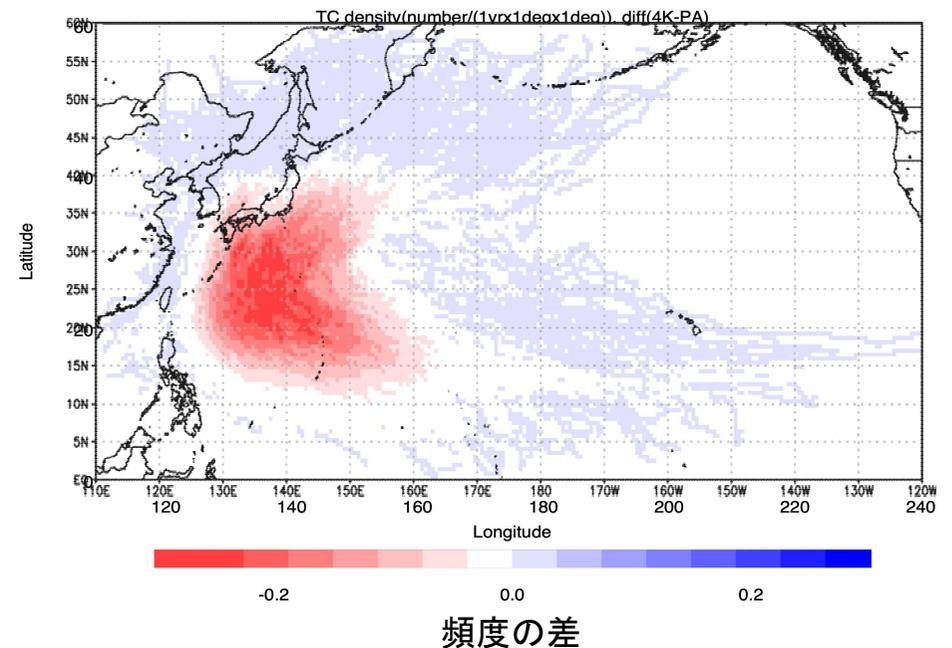
1年あたりの台風の通過頻度  
(個数/(1年・緯度1°・経度1°))

頻度の変化

4K



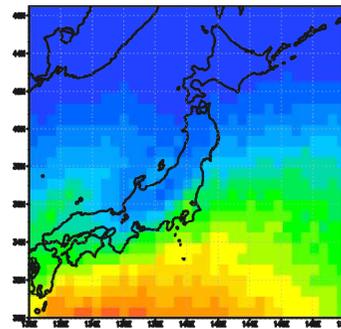
4K-Past



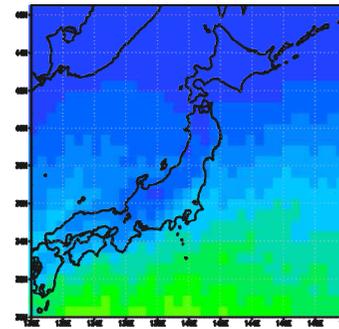
# 台風通過頻度

1年あたりの台風の通過頻度  
(個数/(1年・緯度1°・経度1°))

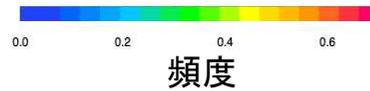
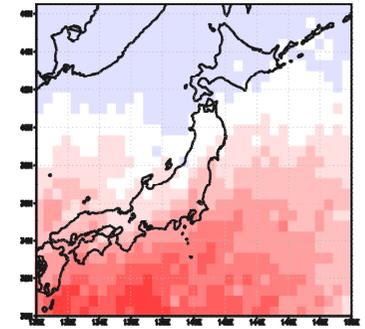
Past



4K

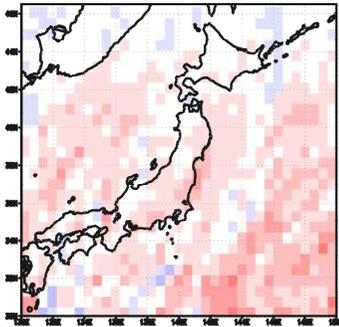


4K-Past

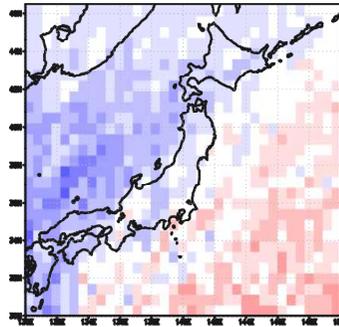


4K平均値からの偏差

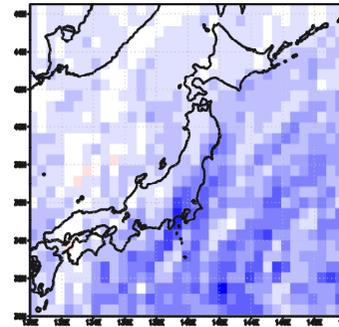
CC



GF



HA



十勝川帯広基準地点集水域における  
年最大72時間降雨に台風由来イベントが占める割合

CC: 178/900=19.8%

GF: 272/900=30.2%

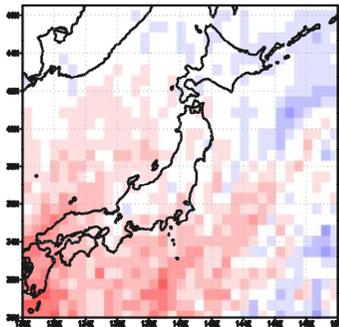
HA: 270/900=30.0%

MI: 198/900=22.0%

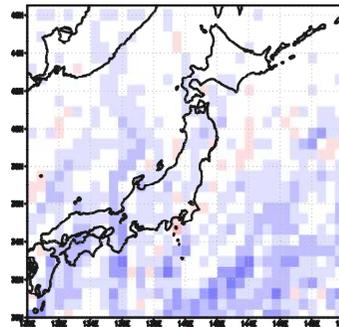
MP: 261/900=29.0%

MR: 250/900=27.8%

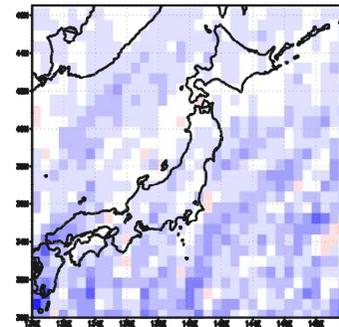
MI



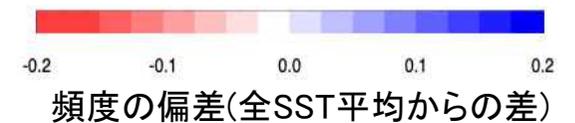
MP



MR



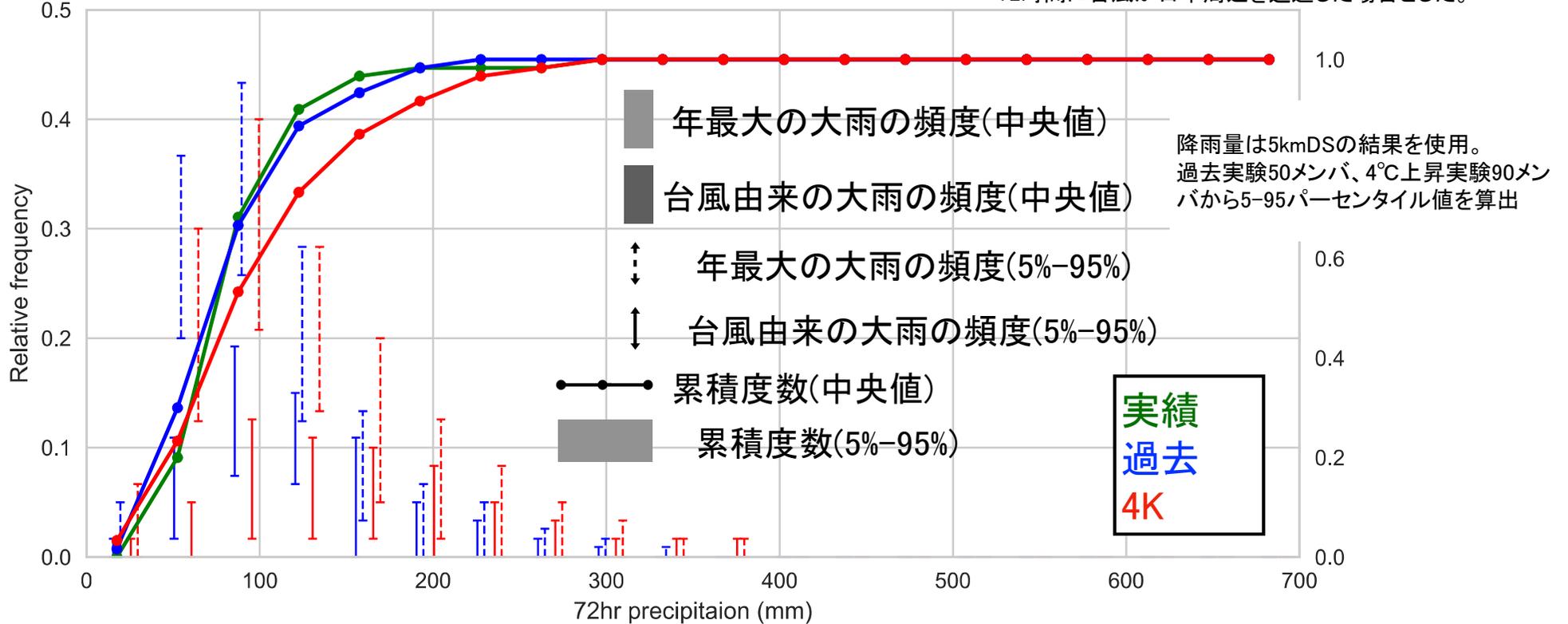
台風由来イベントは降雨が年最大となる  
72時間に台風が日本周辺を通過した場合とした。



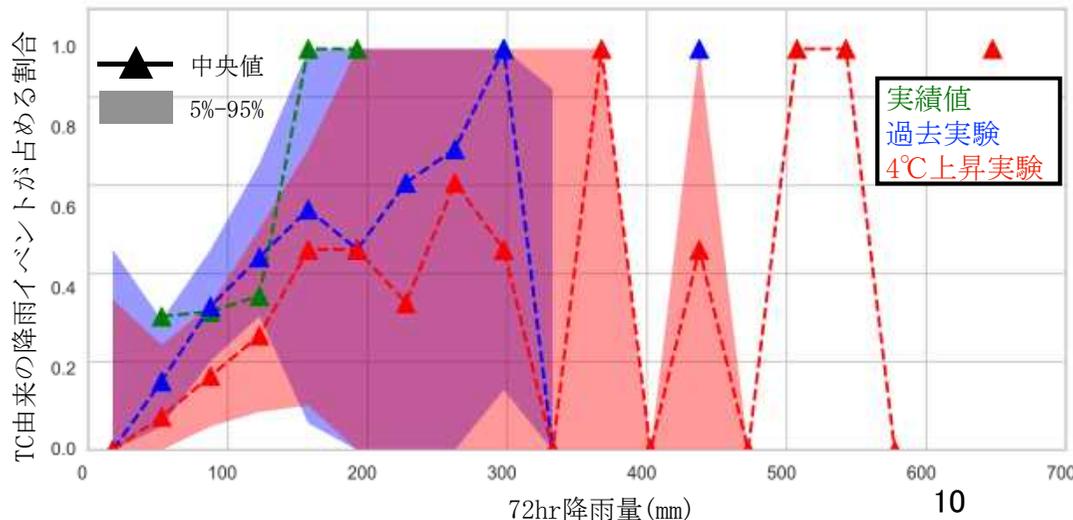
# 年最大降雨の度数分布（台風由来イベントの占める割合）

年最大72時間降雨の頻度分布(十勝川帯広基準地点集水域)

台風由来イベントは降雨が年最大となる72時間に台風が日本周辺を通過した場合とした。



降雨量ごとの台風の占める割合



年最大降雨に台風由来イベントの占める割合

実績	過去実験	4°C上昇実験
43.3	36.7 (25.8-45.0)	28.3(15.0-36.7)

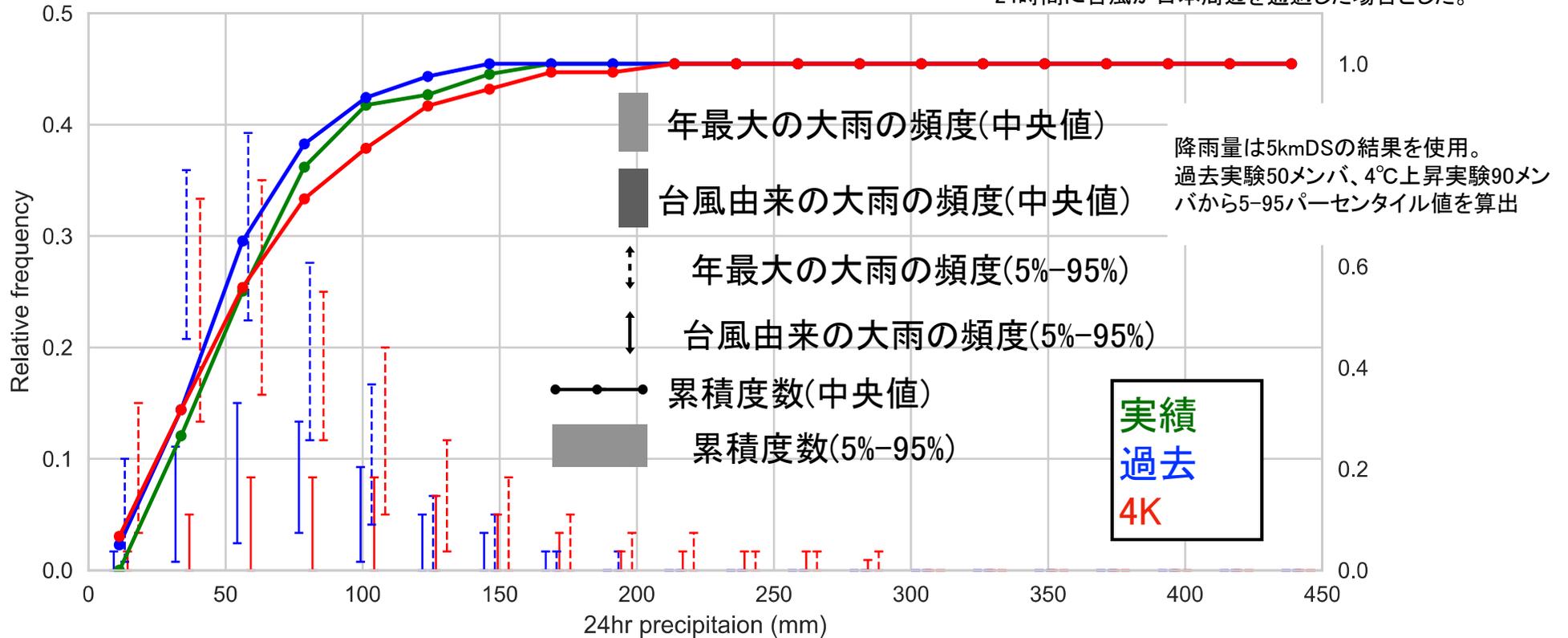
(中央値、カッコ内は5-95パーセンタイル値)

- 過去実験は実績の降雨量、台風の占める割合をカバー
- 降雨量の多いイベントほど台風由来する割合が高い

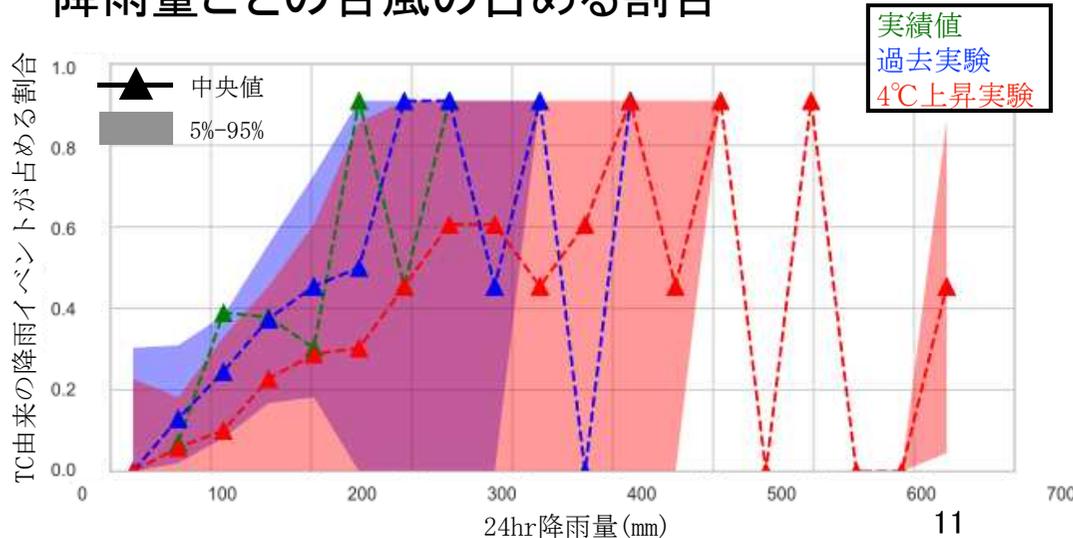
# 年最大降雨の度数分布（台風由来イベントの占める割合）

年最大24時間降雨の頻度分布(常呂川北見基準地点集水域)

台風由来イベントは降雨が年最大となる  
24時間に台風が日本周辺を通過した場合とした。



降雨量ごとの台風の占める割合



年最大降雨に台風由来イベントの占める割合

実績	過去実験	4℃上昇実験
34.7	29.2 (21.7-40.0)	21.7(10.0-31.8)

(中央値、カッコ内は5-95パーセンタイル値)

- 過去実験は実績の降雨量、台風の占める割合をカバー
- 降雨量の多いイベントほど台風に由来する割合が高い

# 台風的位置と降雨強度

十勝川帯広基準地点集水域での平均降雨強度(mm/hr)

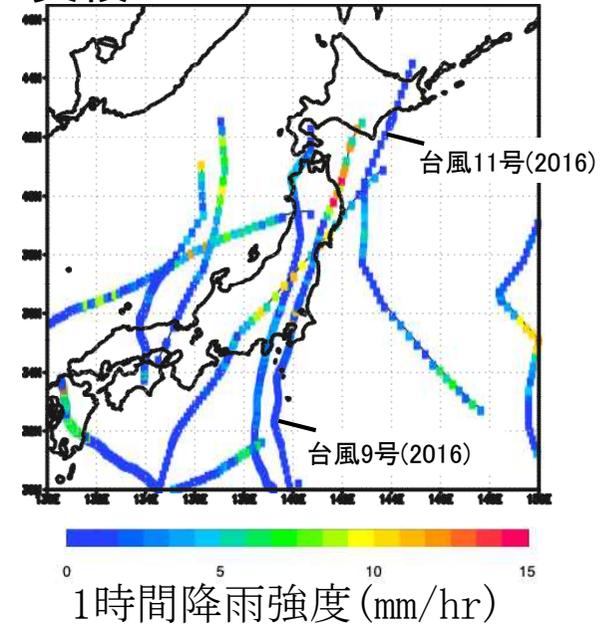
台風由来の年最大降雨イベント(72時間)が対象

実績値の台風経路は1時間間隔に内挿したBest track、降雨データはレーダアメダス解析雨量を使用(2006-2016年を対象、7事例が台風由来のイベント)

2016は台風9,11号が対象

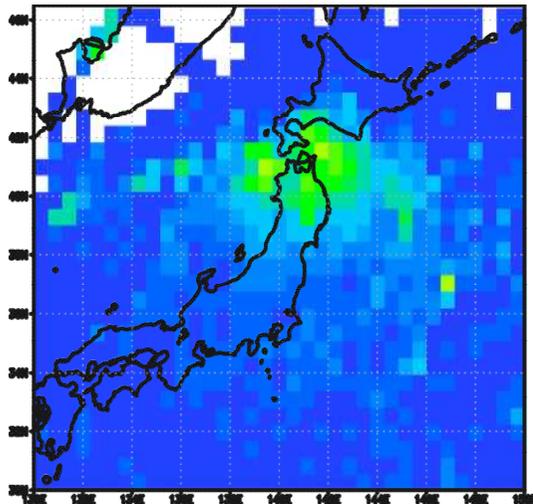
過去実験、4°C上昇実験の台風経路はd4PDF全球実験から抽出されたものを1時間間隔に内挿したもの、降雨データは5kmDSを使用

実績

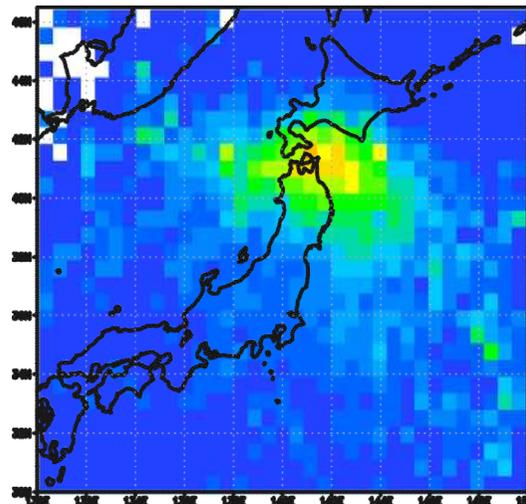


台風的位置ごとの降雨強度(平均値)

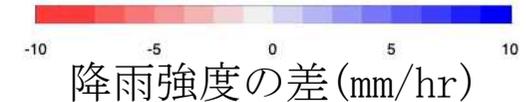
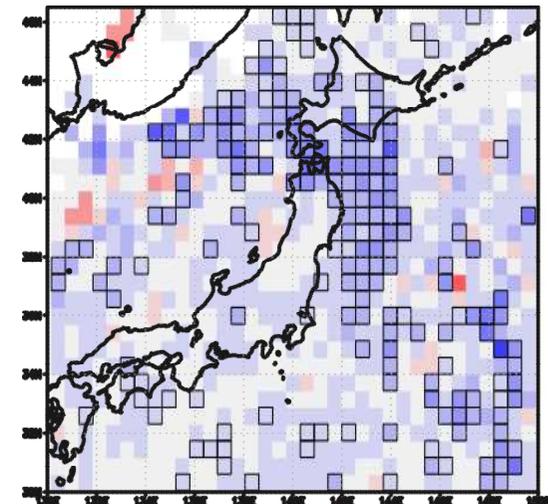
Past



4K



4K-Past

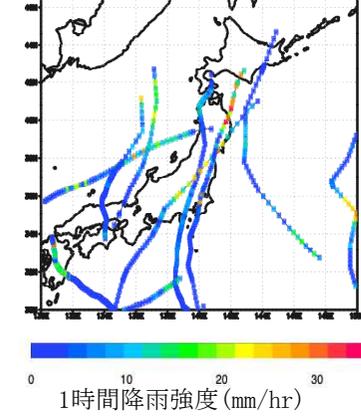
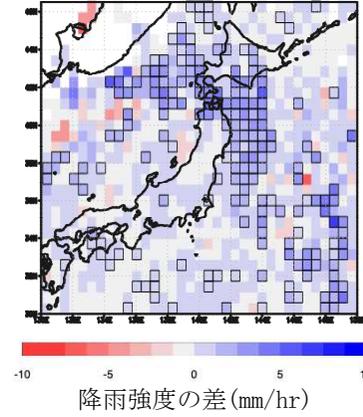
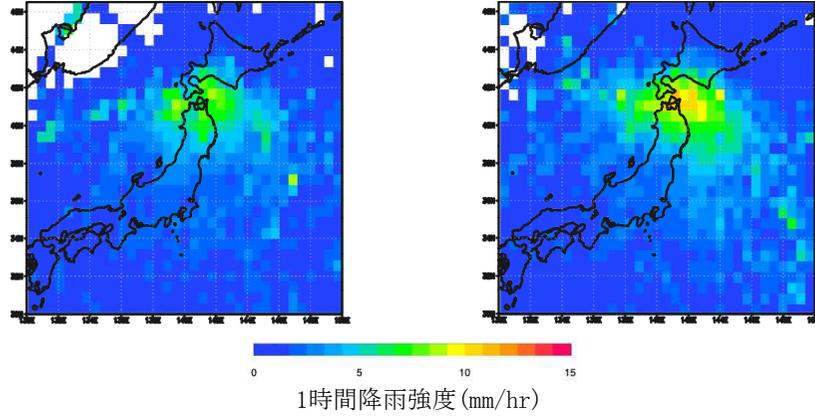


□: 有意水準5%のWelchのt検定を満たす

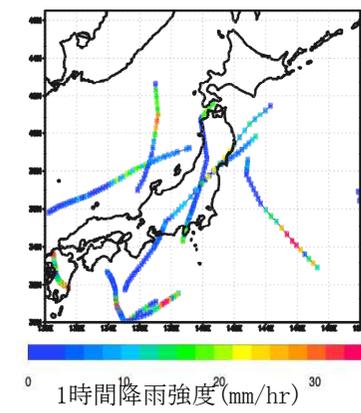
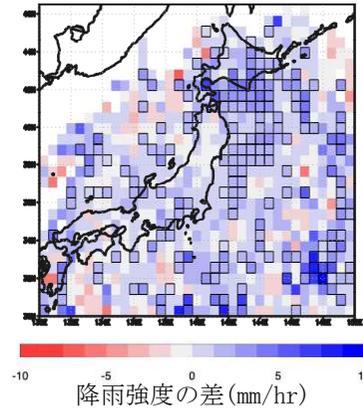
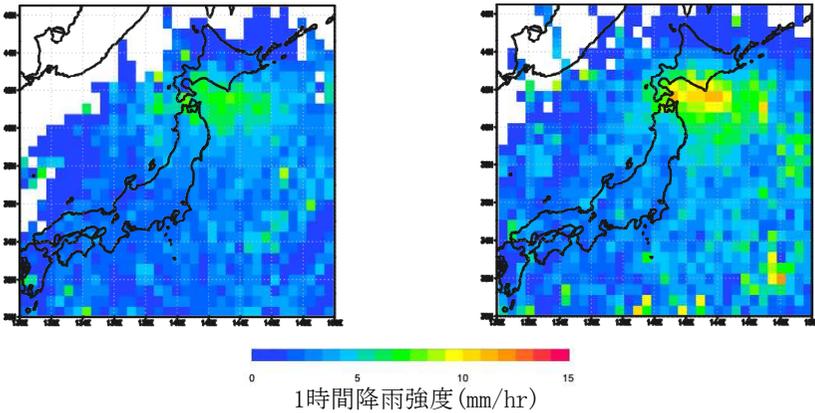
# 台風的位置と降雨強度

左から、Past, 4K, 4K-Past, 実績(2006-2016)

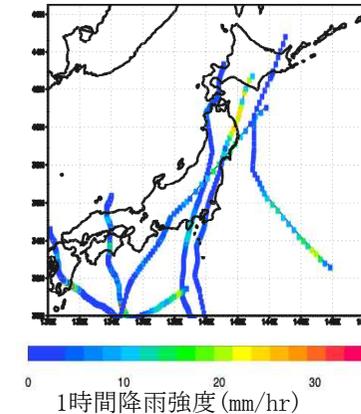
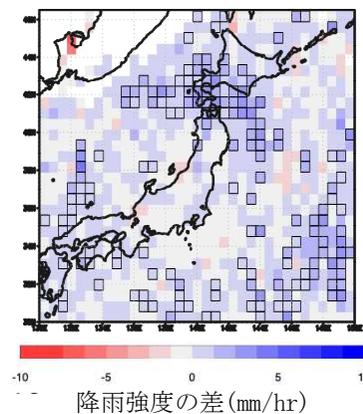
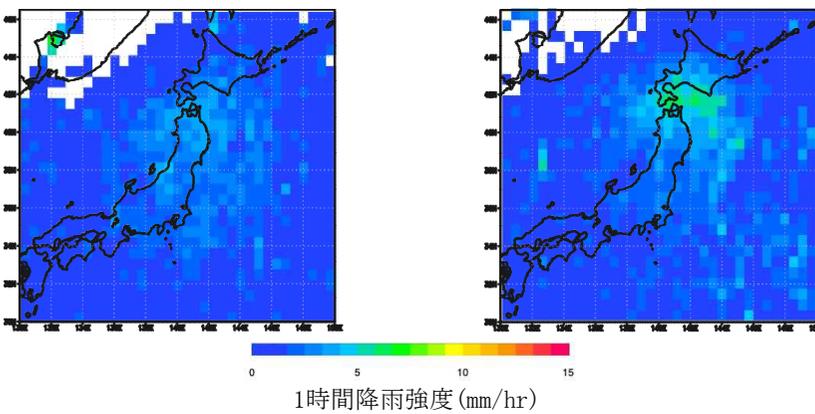
## 十勝川帯広基準地点集水域



## 常呂川北見基準地点集水域



## 石狩川石狩大橋基準地点集水域

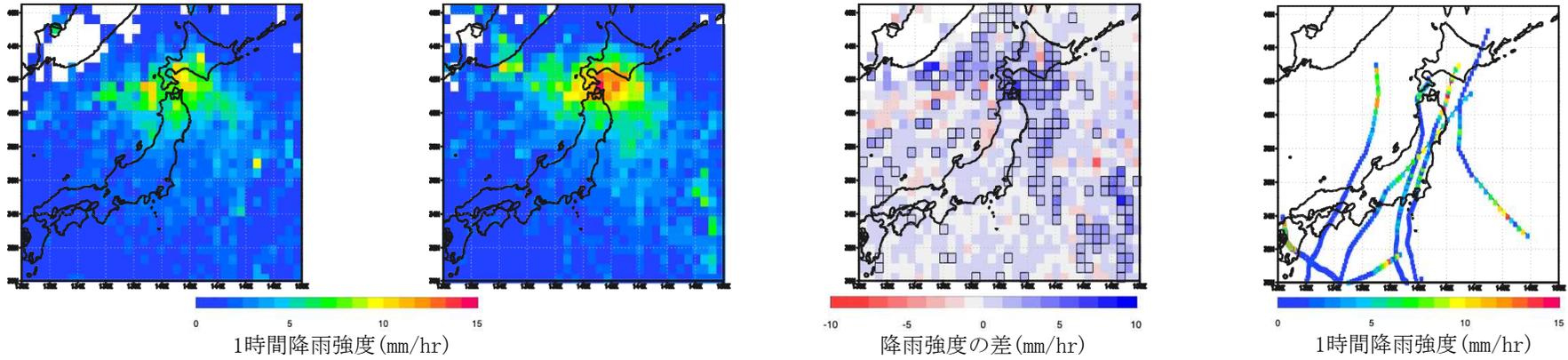


# 台風的位置と降雨強度

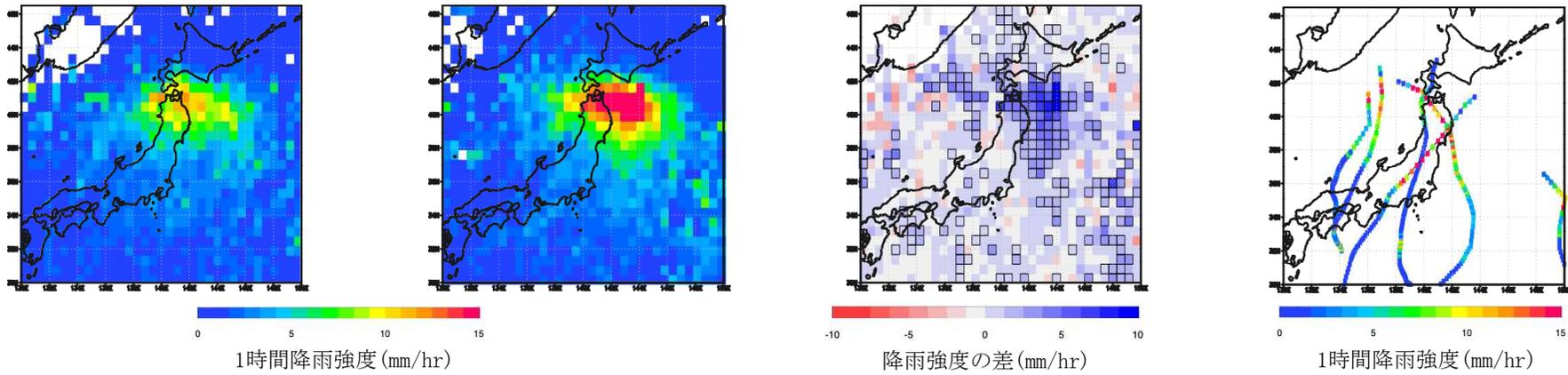
左から、Past, 4K, 4K-Past, 実績(2006-2016)

いずれも十勝川帯広基準地点を対象としたDS後の降雨データを使用

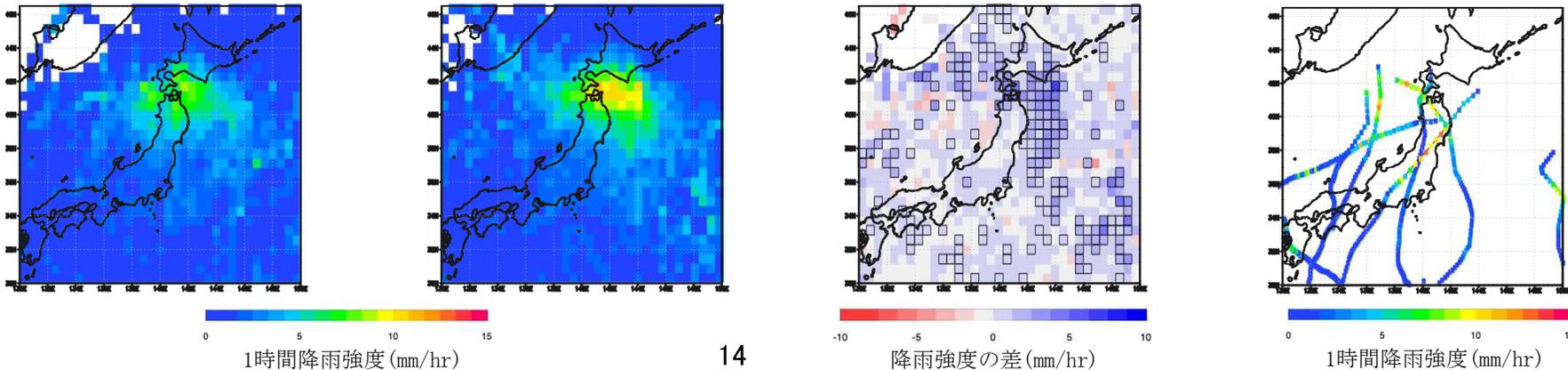
## 音更川音更基準地点集水域



## 札内川南帯橋基準地点集水域



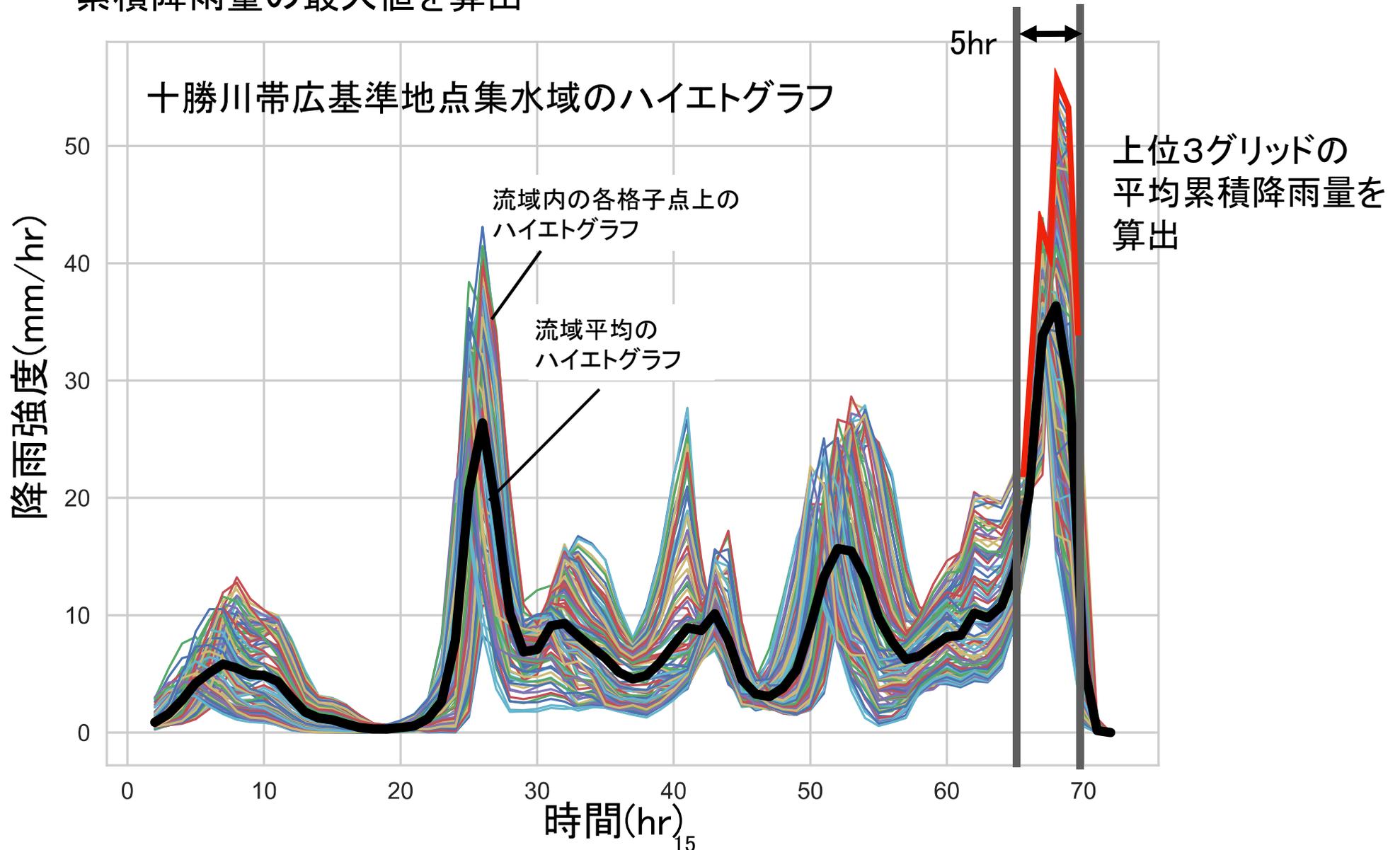
## 利別川利別基準地点集水域



# 降雨の時空間的なパターンは変化するか？

1降雨イベントから  
ある時間・ある面積における  
累積降雨量の最大値を算出

例えば、対象時間: 5hr  
対象面積: 3グリッド(75km<sup>2</sup>)の場合

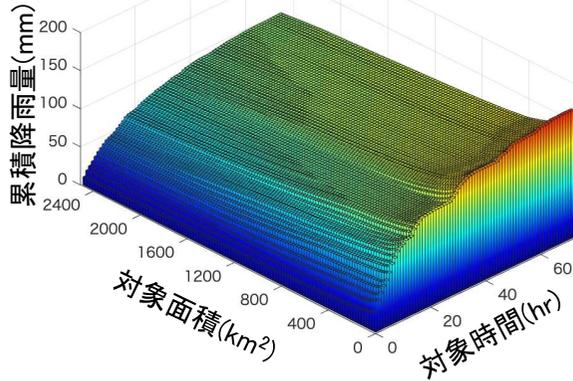


# 降雨の時空間的なパターンは変化するか？

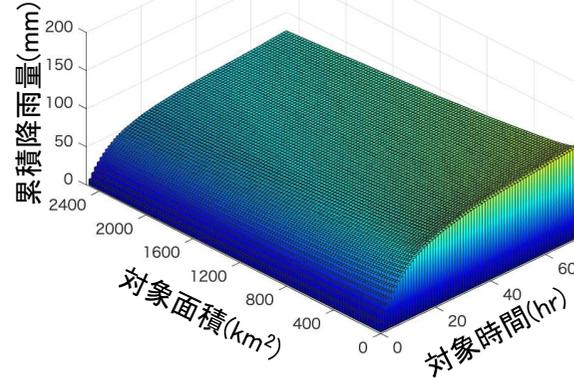
## 十勝川帯広基準地点集水域

星野, 山田(2018)の手法で降雨の時空間特性を分析、対象は年最大降雨イベント

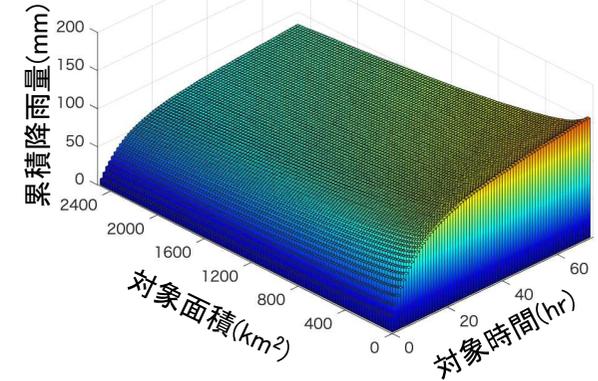
・レーダーアメダス解析雨量  
(2006-2016の中央値)



・d4PDF領域実験(20x20km)  
(過去実験3000事例の中央値)

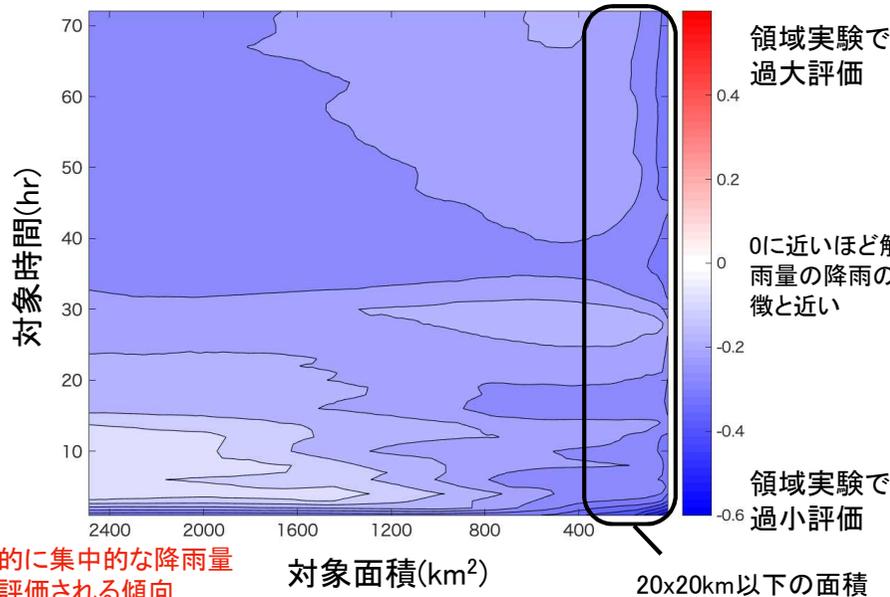


・5kmDS(5x5km)  
(過去実験3000事例の中央値)



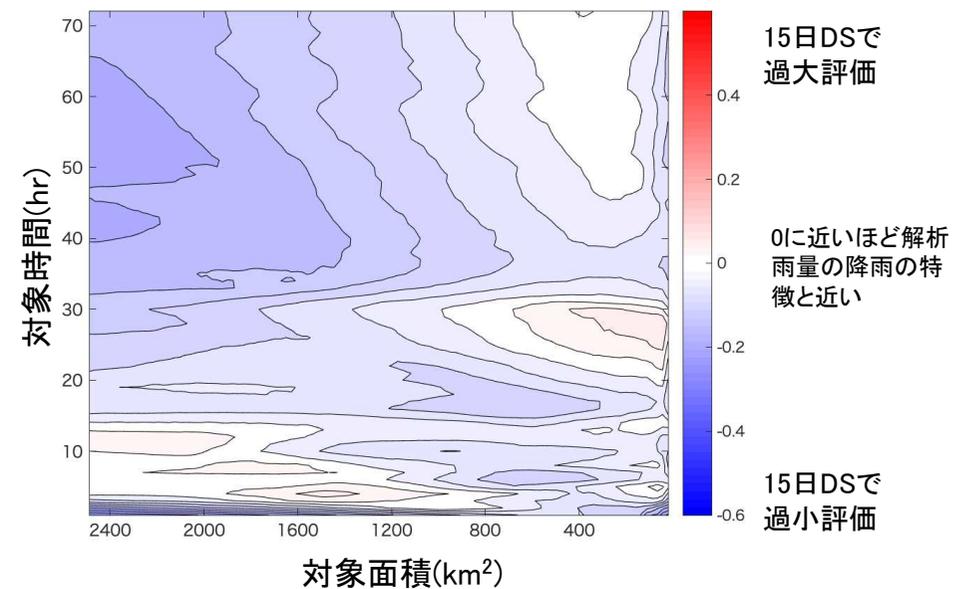
・レーダーアメダス解析雨量とd4PDF領域実験との比較

$(\text{d4PDF領域実験} - \text{レーダーアメダス解析雨量}) / \text{レーダーアメダス解析雨量}$



・レーダーアメダス解析雨量と5kmDSとの比較

$(\text{15日DS} - \text{レーダーアメダス解析雨量}) / \text{レーダーアメダス解析雨量}$



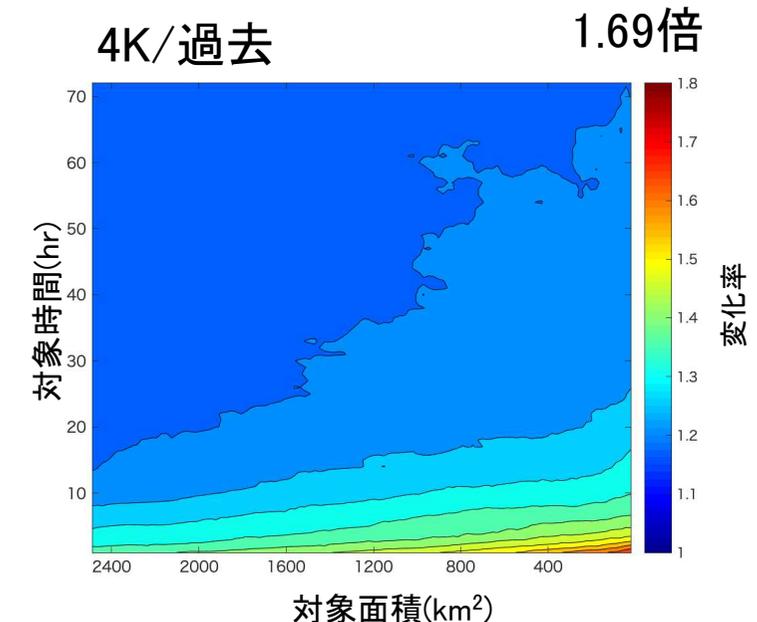
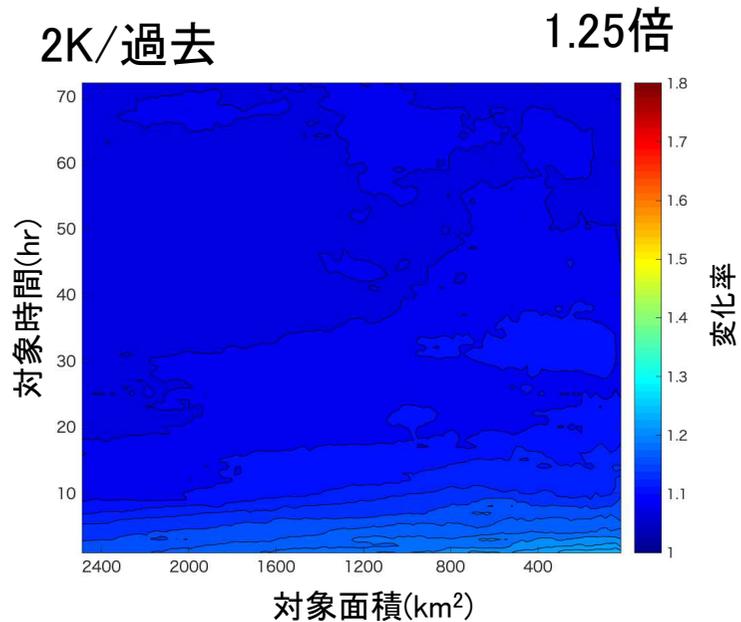
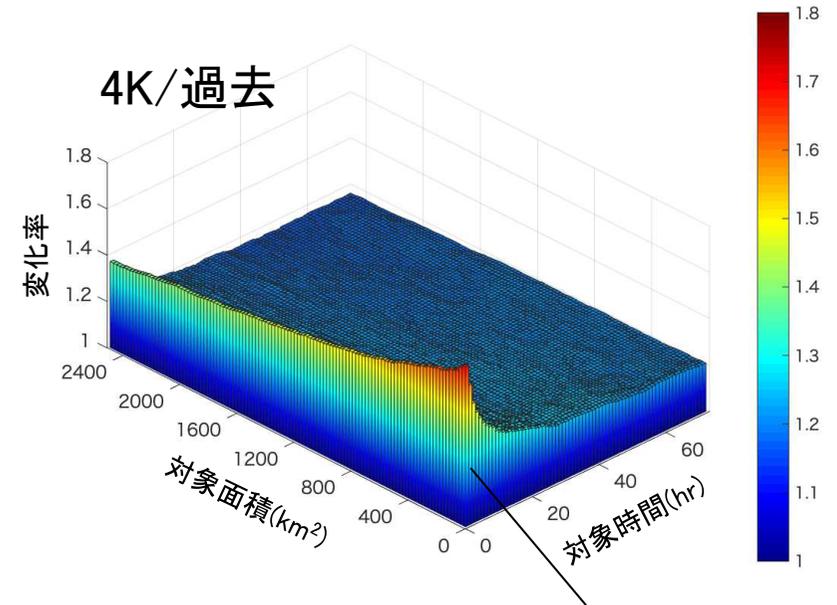
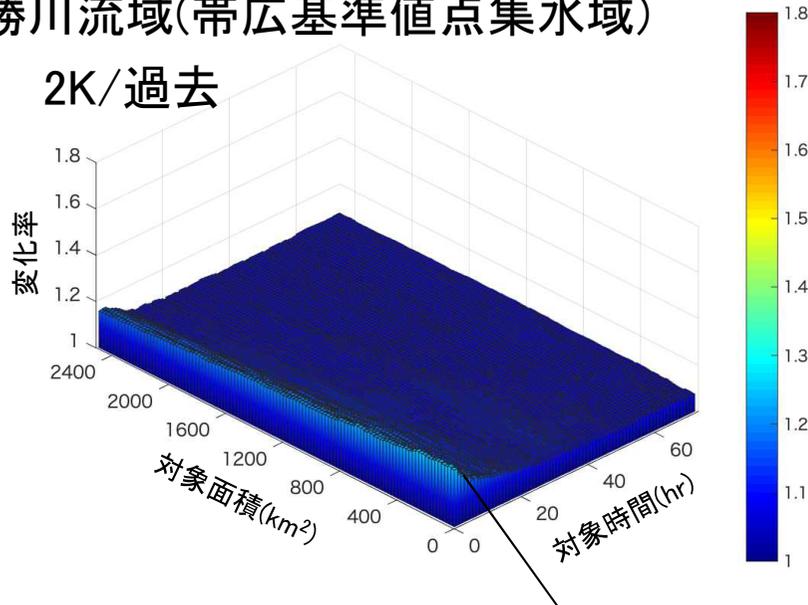
5x5kmへのダウンスケーリングにより、解析雨量の時空間特性に近い大雨情報を得ることができることを確認

# 降雨の時空間的なパターンは変化するか？

星野, 山田(2018)の手法で降雨の時空間特性を分析、対象は年最大降雨イベント

過去実験3000イベント、2°C上昇実験3240イベント、4°C上昇実験5400イベントの5kmDSからそれぞれ中央値を算出し、過去実験からの変化率を算出

十勝川流域(帯広基準値点集水域)

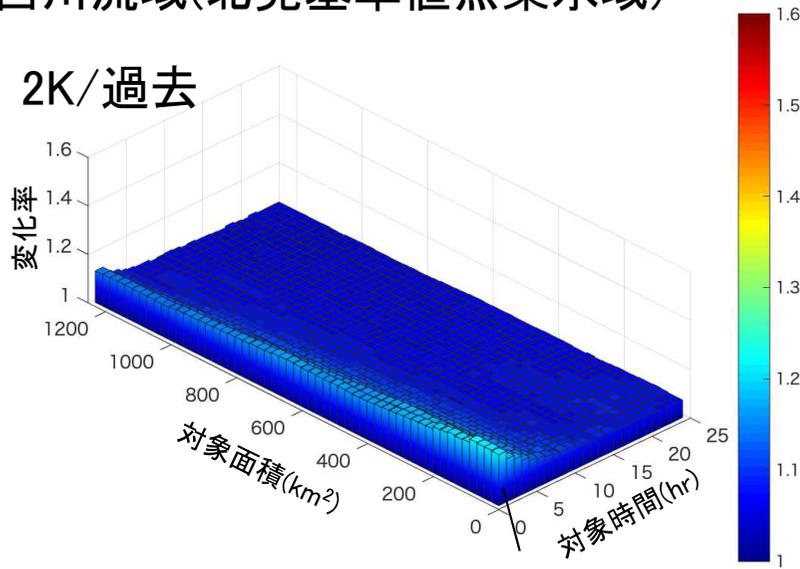


# 降雨の時空間的なパターンは変化するか？

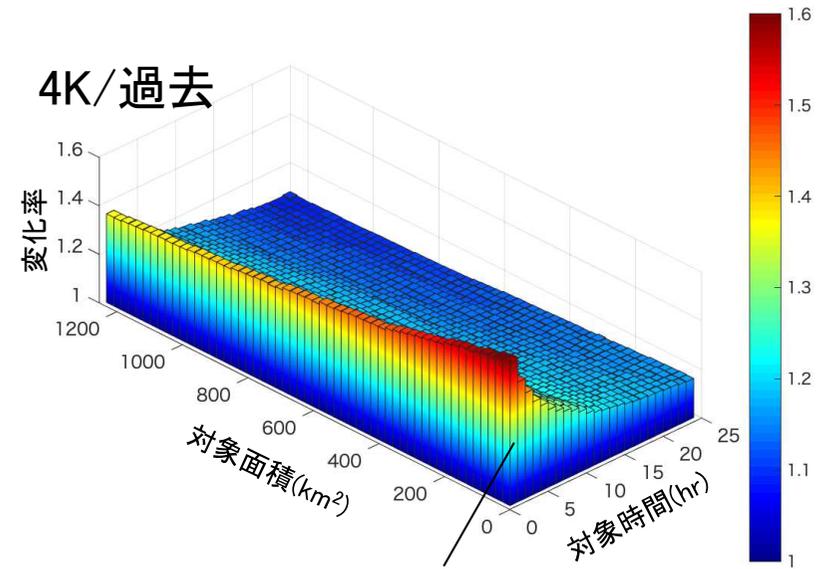
星野, 山田(2018)の手法で降雨の時空間特性を分析、対象は年最大降雨イベント

過去実験3000イベント、2°C上昇実験3240イベント、4°C上昇実験5400イベントの5kmDSからそれぞれ中央値を算出し、過去実験からの変化率を算出

常呂川流域(北見基準値点集水域)

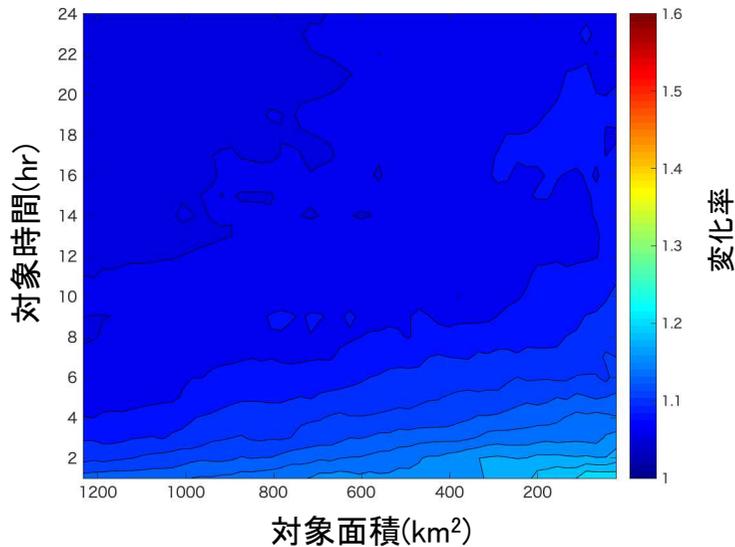


1.21倍

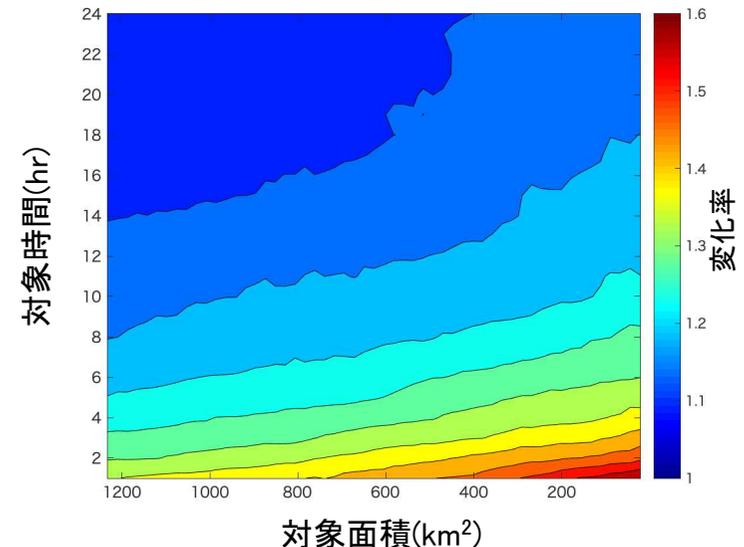


1.60倍

2K/過去



4K/過去



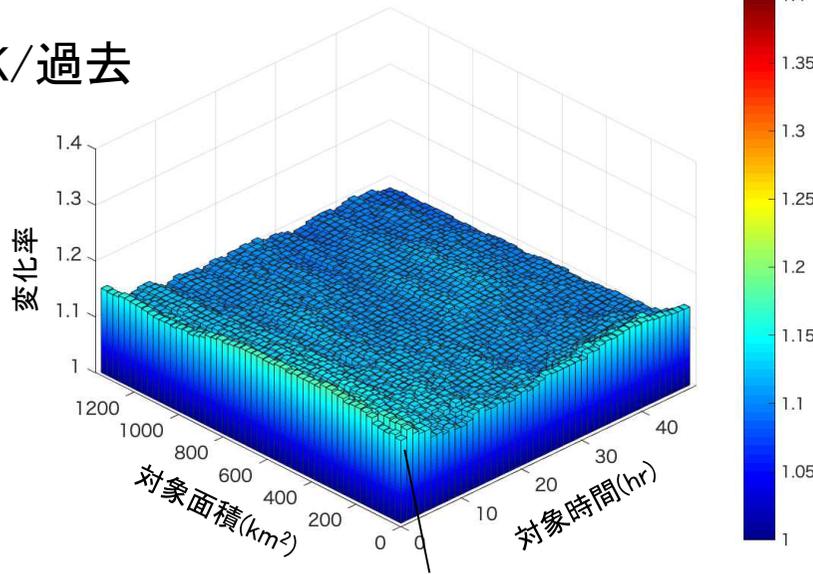
# 降雨の時空間的なパターンは変化するか？

星野, 山田(2018)の手法で降雨の時空間特性を分析、対象は年最大降雨イベント

過去実験3000イベント、2°C上昇実験3240イベント、4°C上昇実験5400イベントの5kmDSからそれぞれ中央値を算出し、過去実験からの変化率を算出

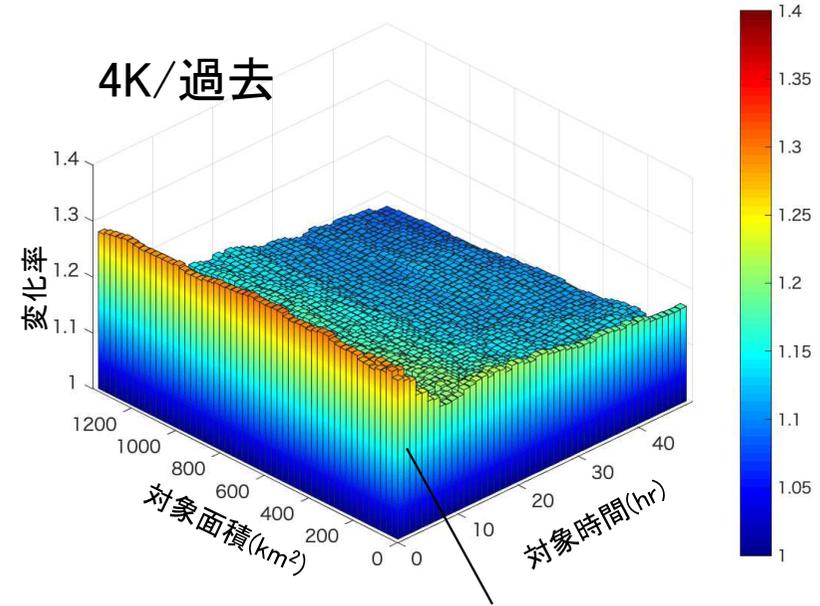
筑後川流域(荒瀬基準値点集水域)

2K/過去



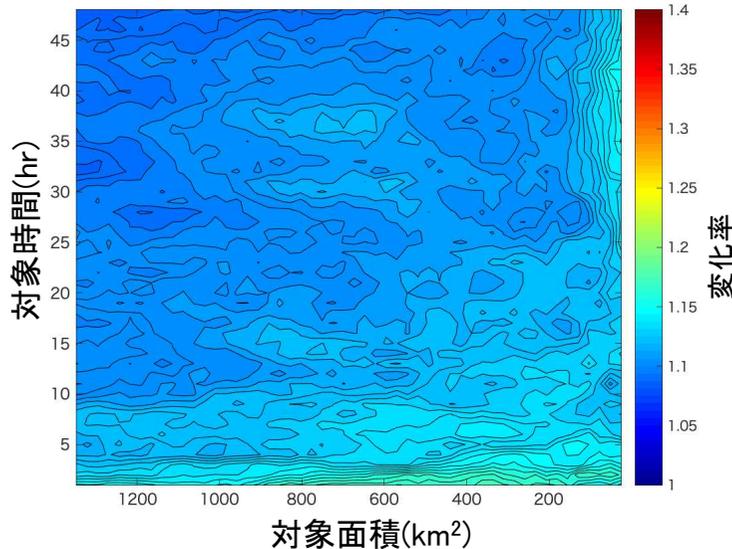
1.15倍

4K/過去

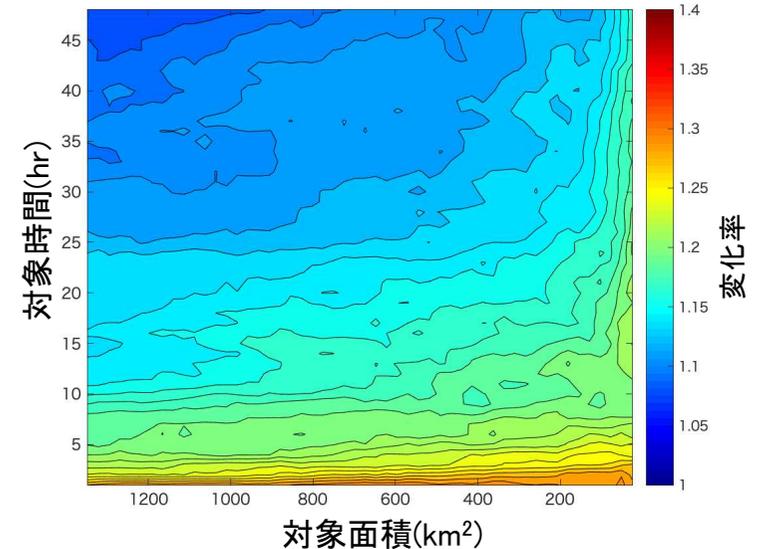


1.28倍

2K/過去



4K/過去

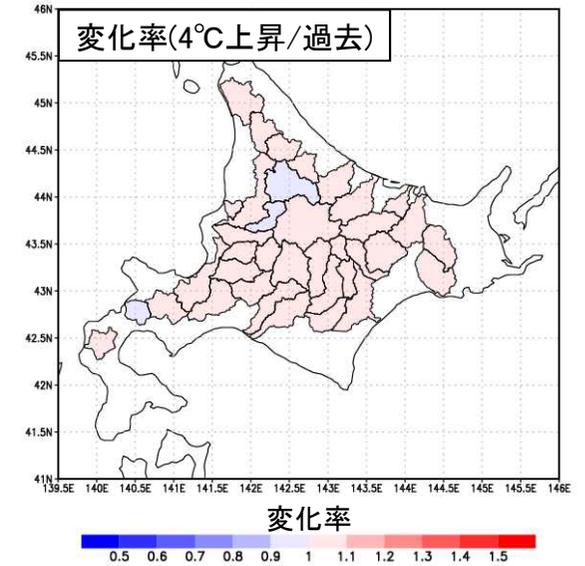
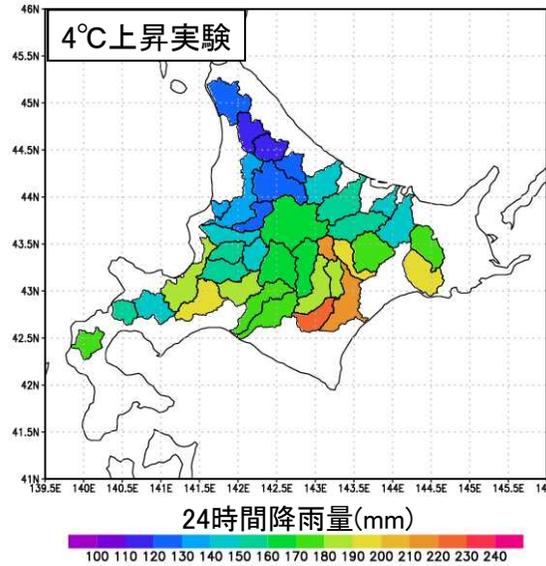
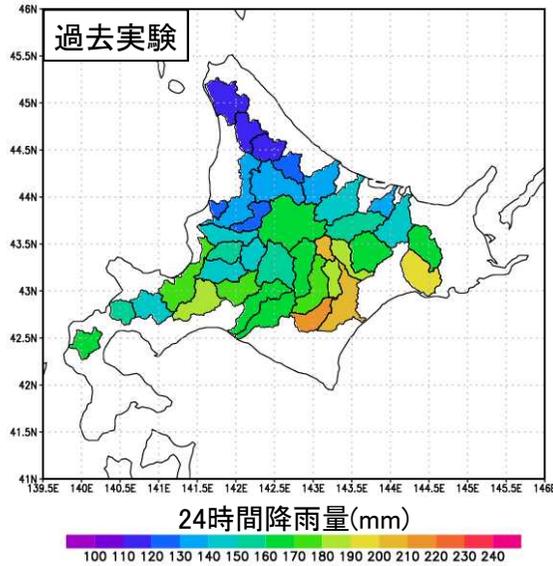


# 降雨の時空間的なパターンは変化するか？

## 同規模の大雨を対象とした分析

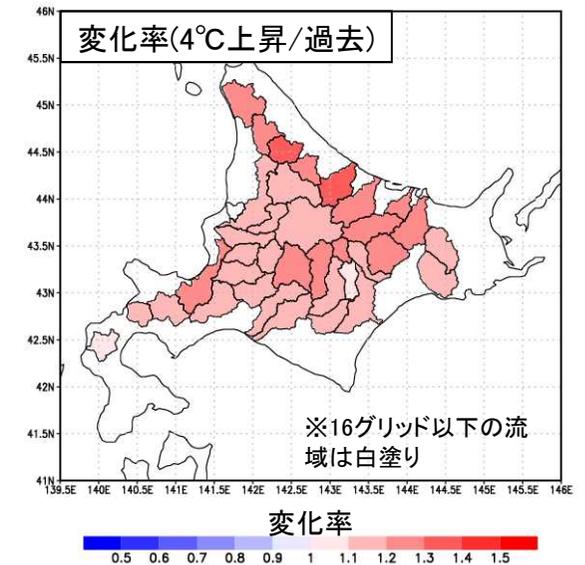
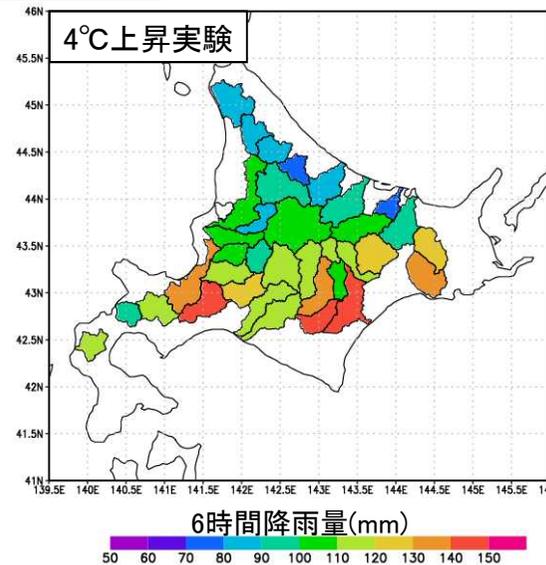
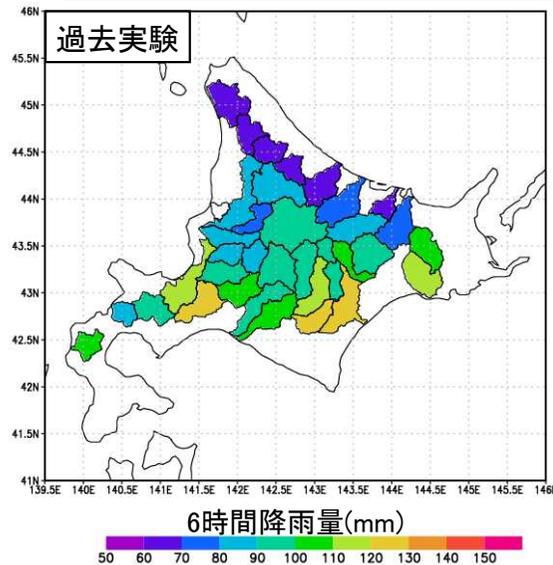
・流域全体、24時間降雨量の中央値

(通年DS結果から過去実験での各流域での24時間降雨量の90パーセンタイル値以上99パーセンタイル値以下の降雨イベントを対象とした。サンプル数は過去実験で70程度、4℃上昇実験で180程度)



同規模の大雨イベントを対象としたため、いずれの流域もほぼ1倍(0.99から1.07倍)

・約400km<sup>2</sup>(16グリッド)、6時間降雨量の中央値

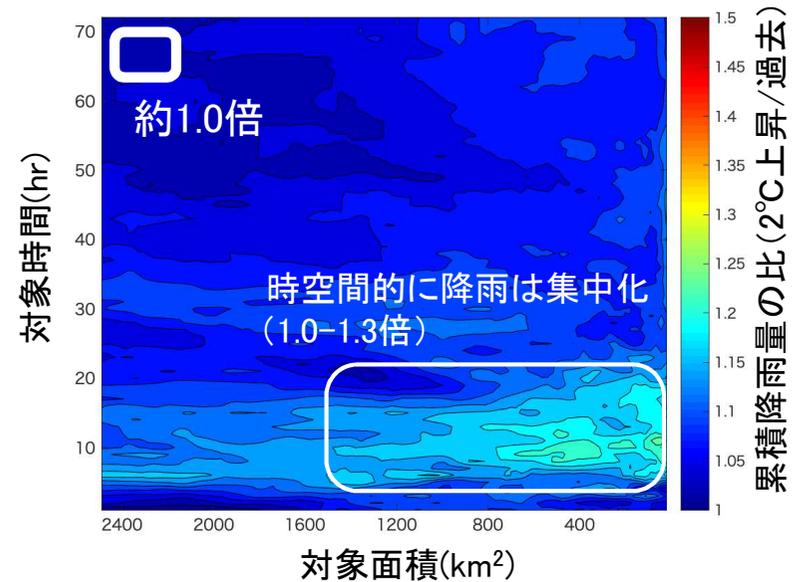
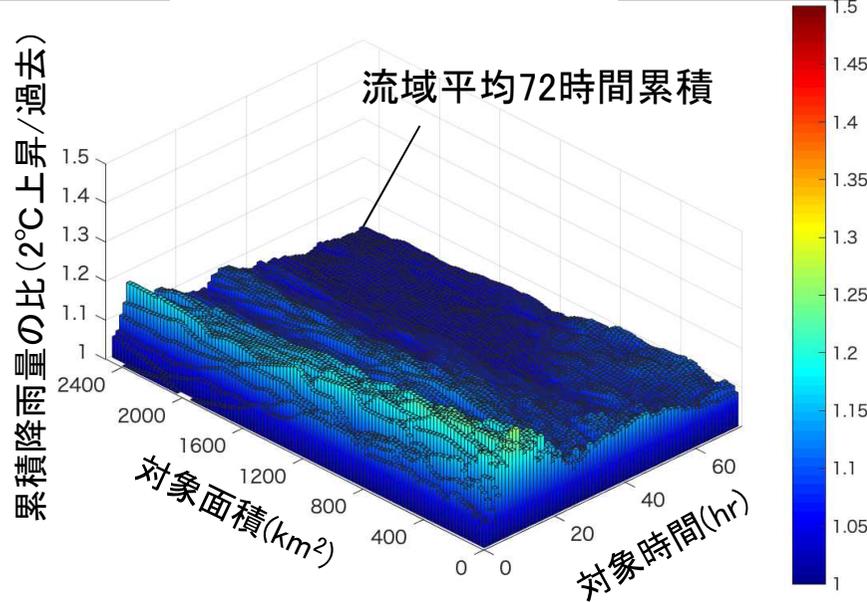


小さい面積、短時間で<sup>20</sup>降雨の倍率はいずれの流域でも高まる(1.07から1.31倍)

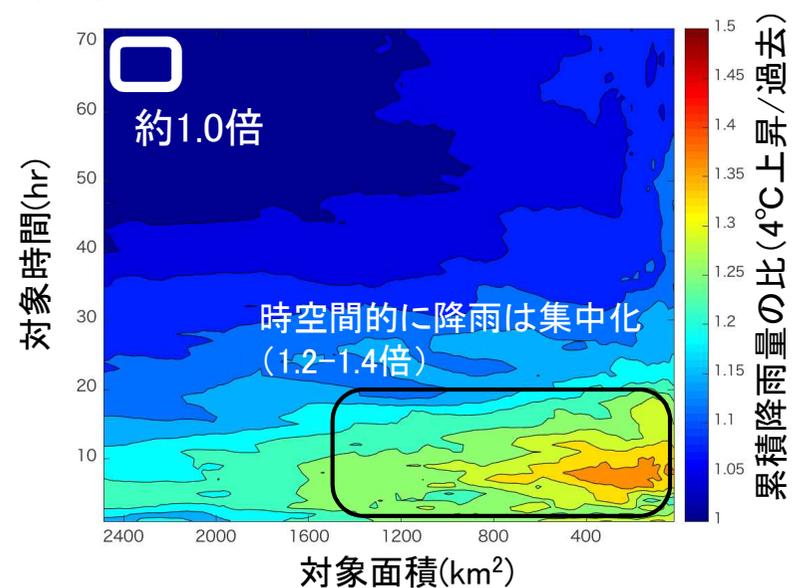
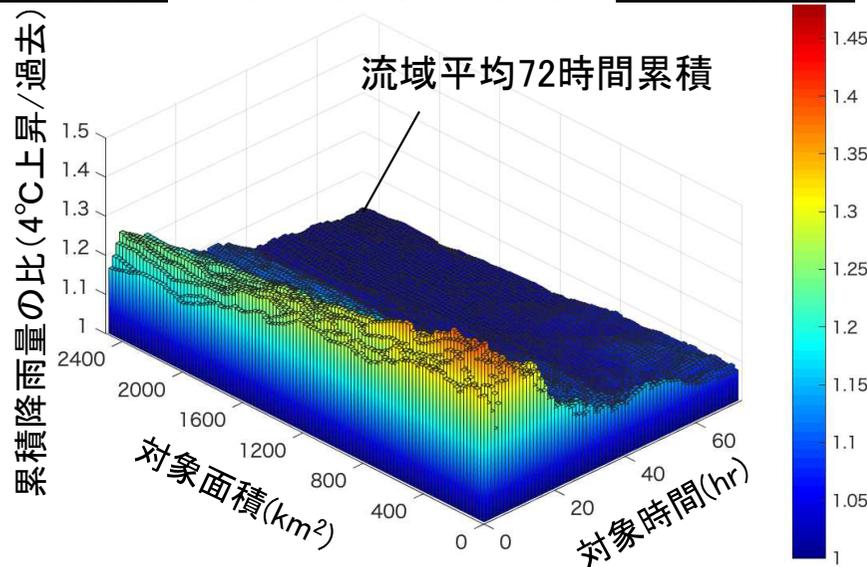
# 降雨の時空間的なパターンは変化するか？

十勝川帯広基準地点集水域(200~250mm/72hrのみを対象)

・過去実験(DS後71事例の中央値), 2°C上昇実験(DS後110事例の中央値)の比較



・過去実験(DS後71事例の中央値), 4°C上昇実験(DS後314事例の中央値)の比較

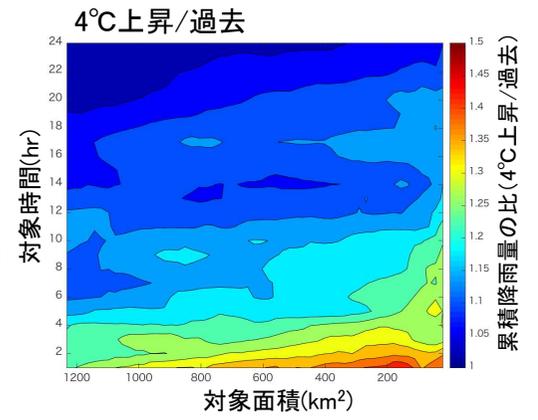
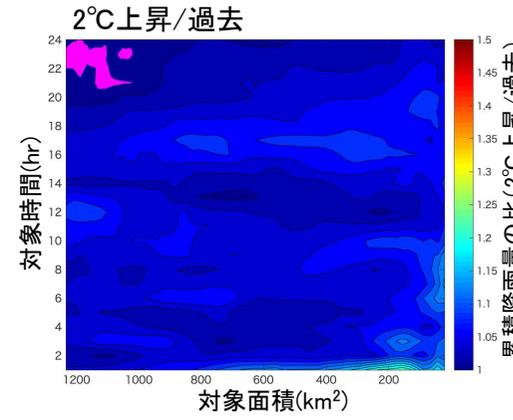
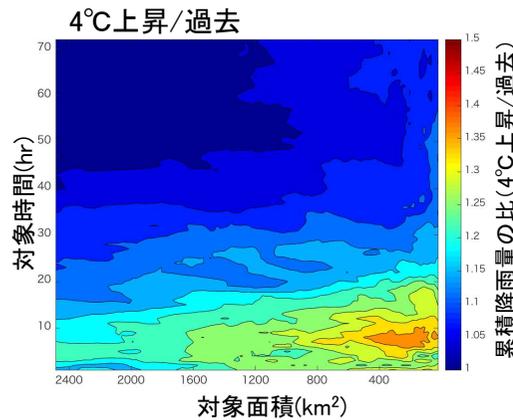
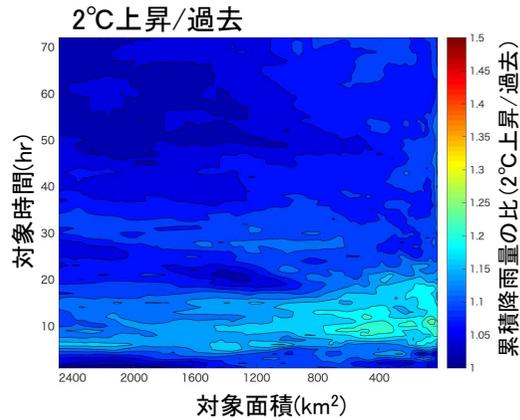


温暖化の進行度合いに応じて、計画規模の降雨の時空間的な集中化の度合いは高まる

# 降雨の時空間的なパターンは変化するか？

・十勝川帯広基準地点集水域(200~250mm/72hr)

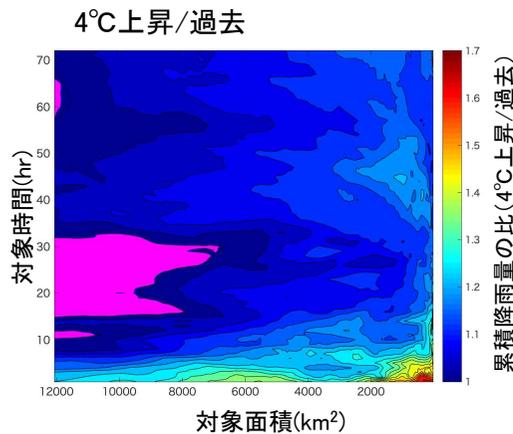
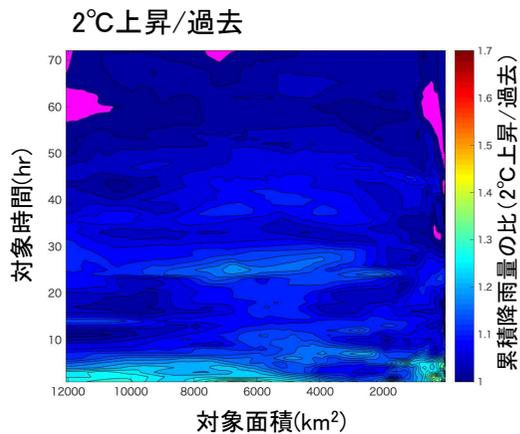
・常呂川北見基準地点集水域(150~200mm/24hr)



1を下回る箇所  
(最低値:0.99)

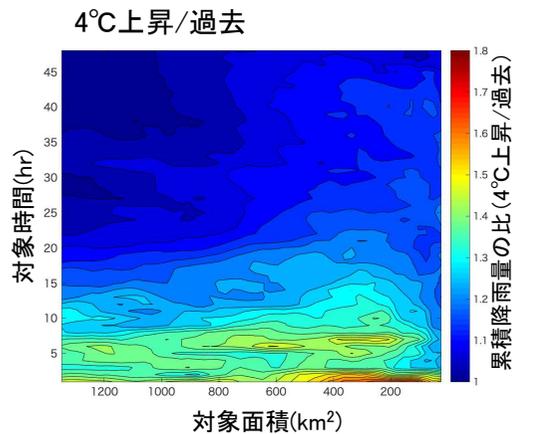
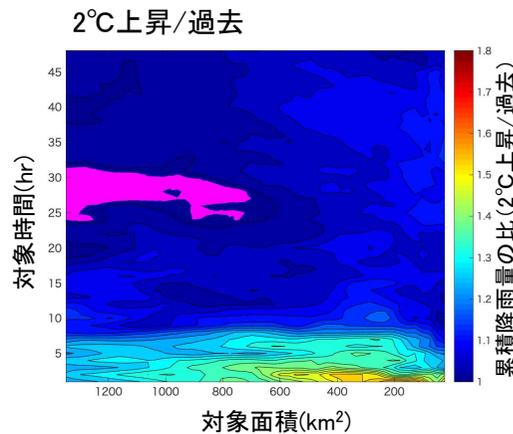
・石狩川石狩大橋基準地点集水域(200~250mm/72hr)

・筑後川荒瀬基準地点集水域(350~400mm/48hr)



1を下回る箇所  
(最低値:0.96)

1を下回る箇所  
(最低値:0.93)



1を下回る箇所  
(最低値:0.95)

いずれの流域においても、温暖化の進行度合いに応じて計画規模の降雨の時空間的な集中化の度合いは高まる