



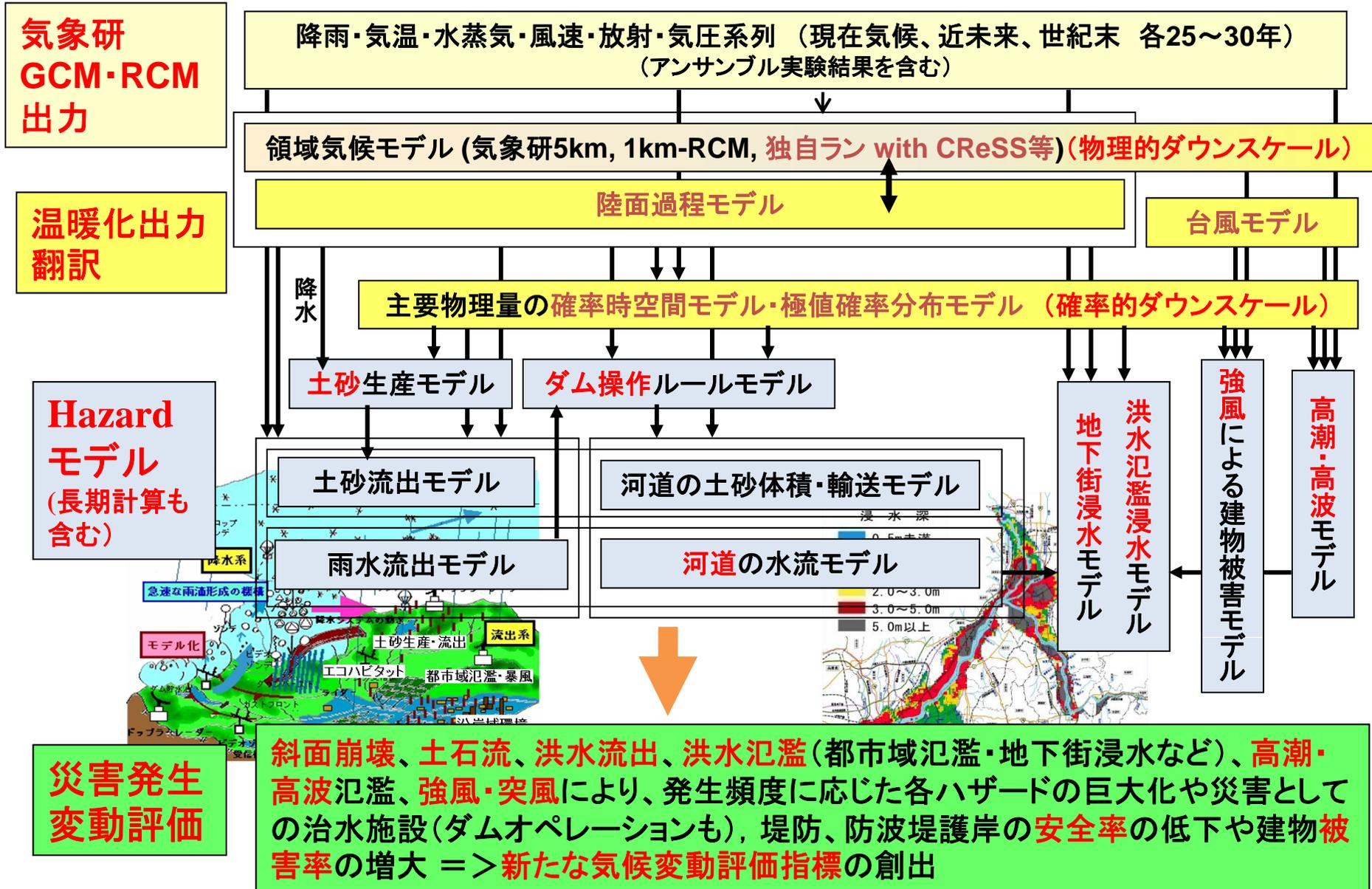
21世紀気候変動予測革新プログラム
平成21年度全体報告会, '10/01/13

流域圏を総合した災害環境変動評価 —極端現象の外力設定について—

代表: 京都大学防災研究所 中北英一

極端現象に伴う災害発生変動評価

斜面系 山岳系 河道 都市・低平地 沿岸域



研究対象

- **温暖化予測翻訳(石川、中北)**
 - 物理的ダウンスケールを実施する。日本周辺を対象とする。
 - 統計的ダウンスケールを実施する。降水に関しては全球を対象とする。
- **河川流況(立川)**
 - 日本主要流域を対象とし、流況・ピーク流量の変化を分析する。
 - 日本全域を対象とし、流況変化流域を抽出する。
 - 河川水流入と結合したした大規模湖沼の水・熱流動の変化を分析する(琵琶湖)
- **高潮・高波災害(間瀬)**
 - 確率台風モデルを構築し、日本主要湾域の高潮の頻度・強度の変化を分析する。
 - 全球を対象とし、波浪の強度変化を分析する。
- **強風災害(丸山)**
 - 日本全域の市町村を対象とした強風建物被害率の変化を分析する。
- **氾濫災害(戸田)**
 - 主要都市域の洪水氾濫の頻度・強度の変化を分析する。
- **土砂災害(藤田)**
 - 土砂災害の多い西日本域を中心に、土砂災害の頻度・強度の変化を分析する。



影響評価の方法

GCMおよびRCM出力(物理的ダウンスケール)

■ 河川流況分析、高波
GCMあるいはRCM出力値を**直接**、外力としてハザードモデルに**連続的に用いる**。

■ 高潮災害、土砂災害、氾濫災害、建物被害
極値の統計情報をもとに**外力を設定する**。
確率台風モデル、計画台風、計画降雨

ハザードモデル
■ 河川流量シミュレーションモデル
■ 高波シミュレーションモデル

ハザードモデル
■ 高潮モデル
■ 土砂流出モデル、洪水氾濫モデル

ハザードの変化を分析する

ハザードの変化を分析する

災害の発生頻度・強度の変化を分析する

災害の発生頻度・強度の変化を分析する

適応策の検討

■ シナリオベース



極端現象の外力設定について

- C08では、高潮・高波、建物被害、河川流量等に関し、GC M20による計算結果をベースに確率降雨・確率台風を算定し、それをベースにしたハザード計算を実施し、各ハザードに対するードに対する確率評価をしようとしている。
- しかし、一つのモデルによる一時系列による確率評価は厳しいかも知れない。したがって、いくつかのモデルラン結果も確率評価に用いるべきとの認識に達している。
- 加えて、いくつかのモデルラン結果があったとしても、**当該地域に本当の極端現象が算出されるかに不安がある。したがって、**適応策を考えるにあたって、確率的評価（出現頻度）に不確定性があっても、物理的モデル上出てくる、異常台風をシナリオも取り入れて適応策に考慮すべきと考えている。

今年度の実施項目

温暖化翻訳(物理的ダウンスケール)

- 将来の極端台風の様々な進路を作成するために渦位逆変換法を用いて領域気象モデルによるダウンスケール実験を実施
- 仮想的に進路をずらした台風に気象災害指数を算定

温暖化翻訳(統計的ダウンスケール)

- 様々な時・空間スケールの確率降水量を算定し地上雨量計データと比較。
- 算定確率降水量やその将来変化が有効となる空間スケールを解析
- 算定確率降水量の生起季節の将来変化を解析

河川流量

- 主要河川に対し、蒸発散量も含めた詳細解析を実施
- 全国全河川流域に対し、簡略化した流出モデルにより解析を実施
- 琵琶湖水循環への影響評価を開始

今年度の実施項目

土砂災害

- 複数地点で様々な降雨パターンによる崩壊形態(深層・浅層)の違いを評価
- “積算有効降雨量～短時間降雨量”関係をいくつかの地点で評価
- 土砂生産量モデルを作成

高潮・高波

- 確率台風モデルを構築し、日本主要湾域の高潮の頻度・強度の変化を分析
- 全球を対象とし、波浪の強度変化を分析。

氾濫

- 主様々な降雨パターンによる浸水形態(越水・床下/床上浸水)の違いを評価
- 日野川流域竜王町の詳細な氾濫解析をベースに農業等の経済被害解析を開始

将来の極端気象の物理的ダウンスケール

石川 裕彦・竹見 哲也・奥 勇一郎(京都大学防災研究所)

平成20年度

極端気象現象事例を客観的に抽出

平成21年度

渦位逆変換法を用いて抽出した事例を物理的ダウンスケーリング

H20

大きな災害をもたらす気象現象ほどより極端な気象現象
気象現象の極端度 \propto 被害の大きさ

既往事例については被害報告がある(被害の大きさがわかる)ので、
現象の極端さを主観的に判断する材料になる。
数値モデルによる温暖化実験では被害報告がない、つまり判断材料がない。
(しかし、風速や降水量などの時空間的に均一な格子点データがある。)

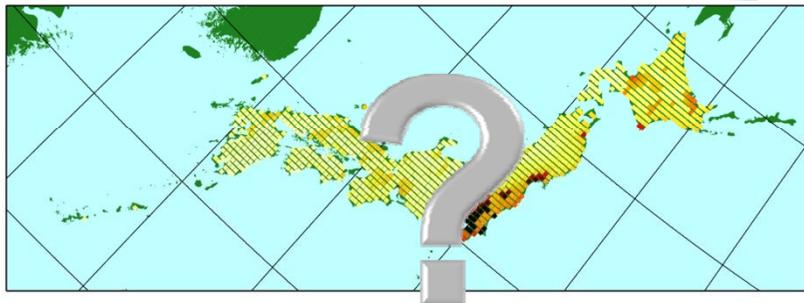
現象の極端さを示すような客観的指標が必要

21世紀末の気象災害指数最大事例

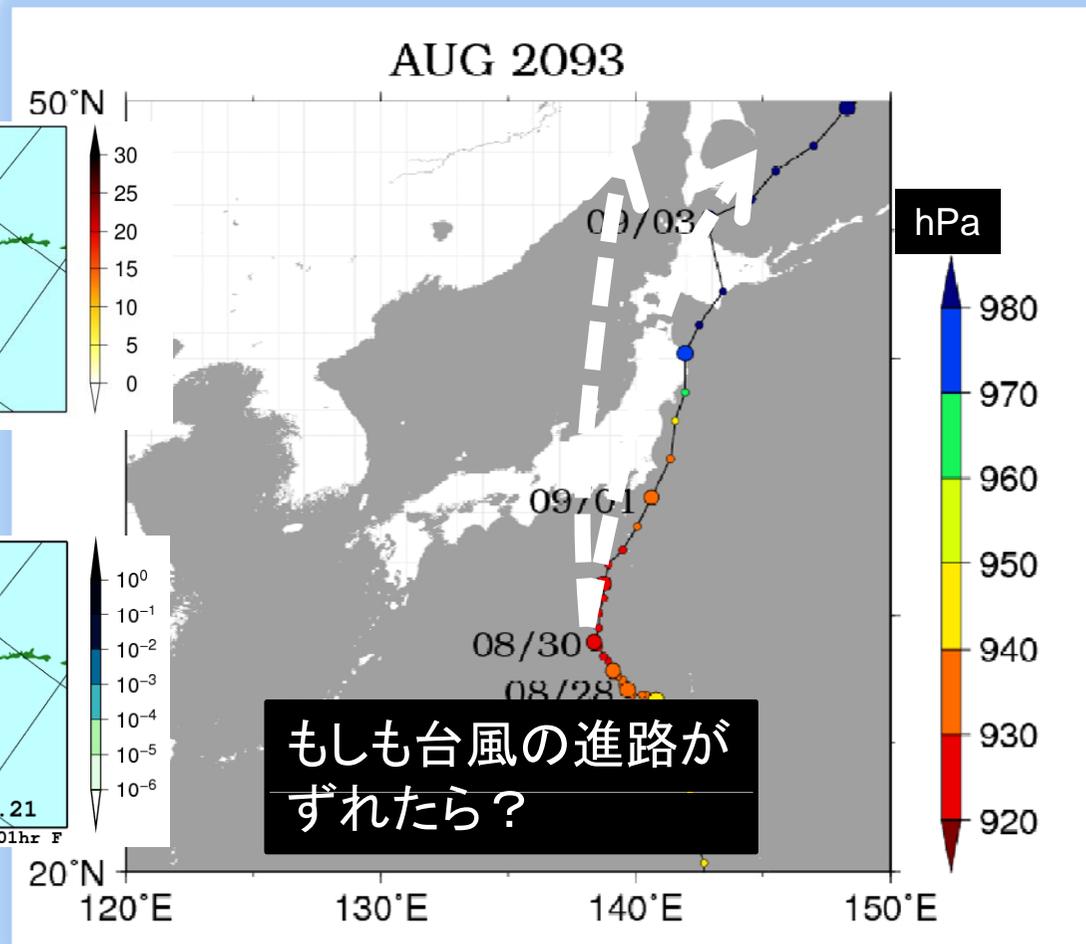
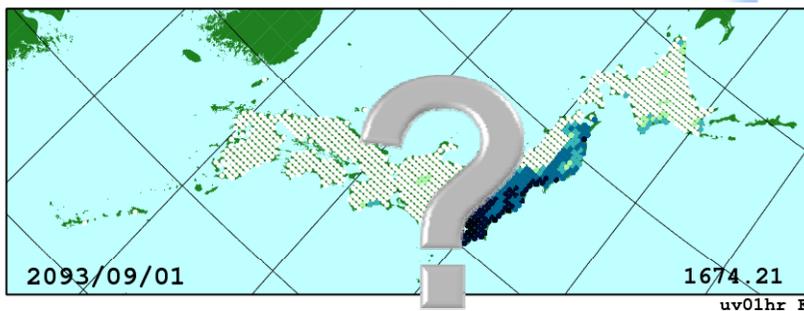
H21

台風の経路と中心気圧

台風通過期間中の最大風速



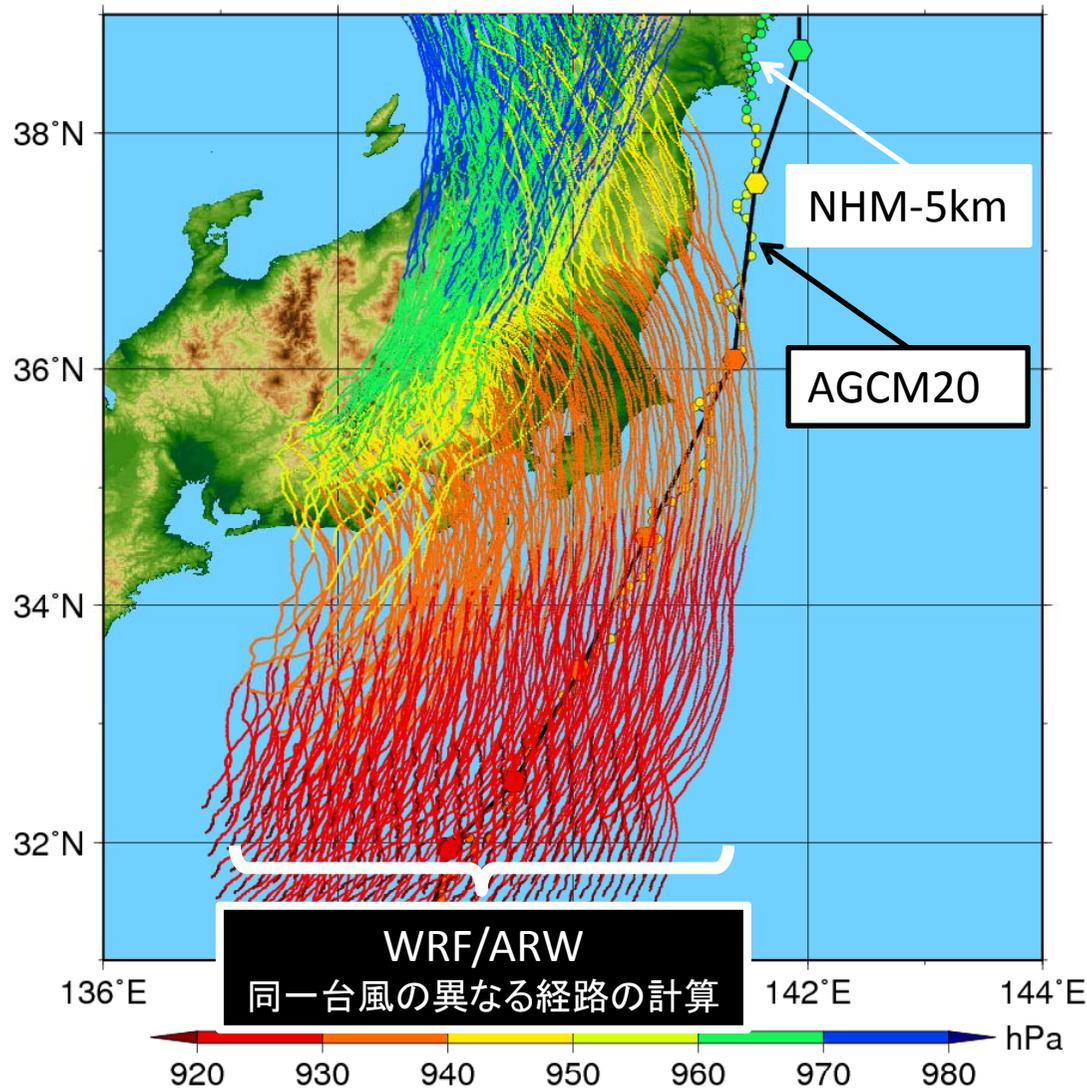
災害規模の大きさ*



*気象災害指数への寄与率の水平分布, 濃い色ほど高寄与
もっとも寄与が大きい格子点値を1とした相対値を常用対数で表示

6時間毎の中心位置
(大丸印は00Z)

極端台風の進路を操作して最悪シナリオを



渦位逆変換法による初期値操作



WRF/ARW でダウンスケール



影響評価

- 陸：強風・河川流量・浸水
- 海：波浪・高潮

シナリオベースの台風外力の設定

C08グループとして行なって見たい、将来の大規模ハザードとしての符号災害評価。

GCM＋ボ－ガス法＋高詳細RCM&CRESSで算定される、近畿、中部、関東での最悪台風シナリオで、

河川流量・高潮高波・強風建物被害・氾濫災害の複合災害

のハザードならびに被害評価を実施してみたい。

極端台風の進路操作の結果を用いた流出計算 (Tone River Basin)

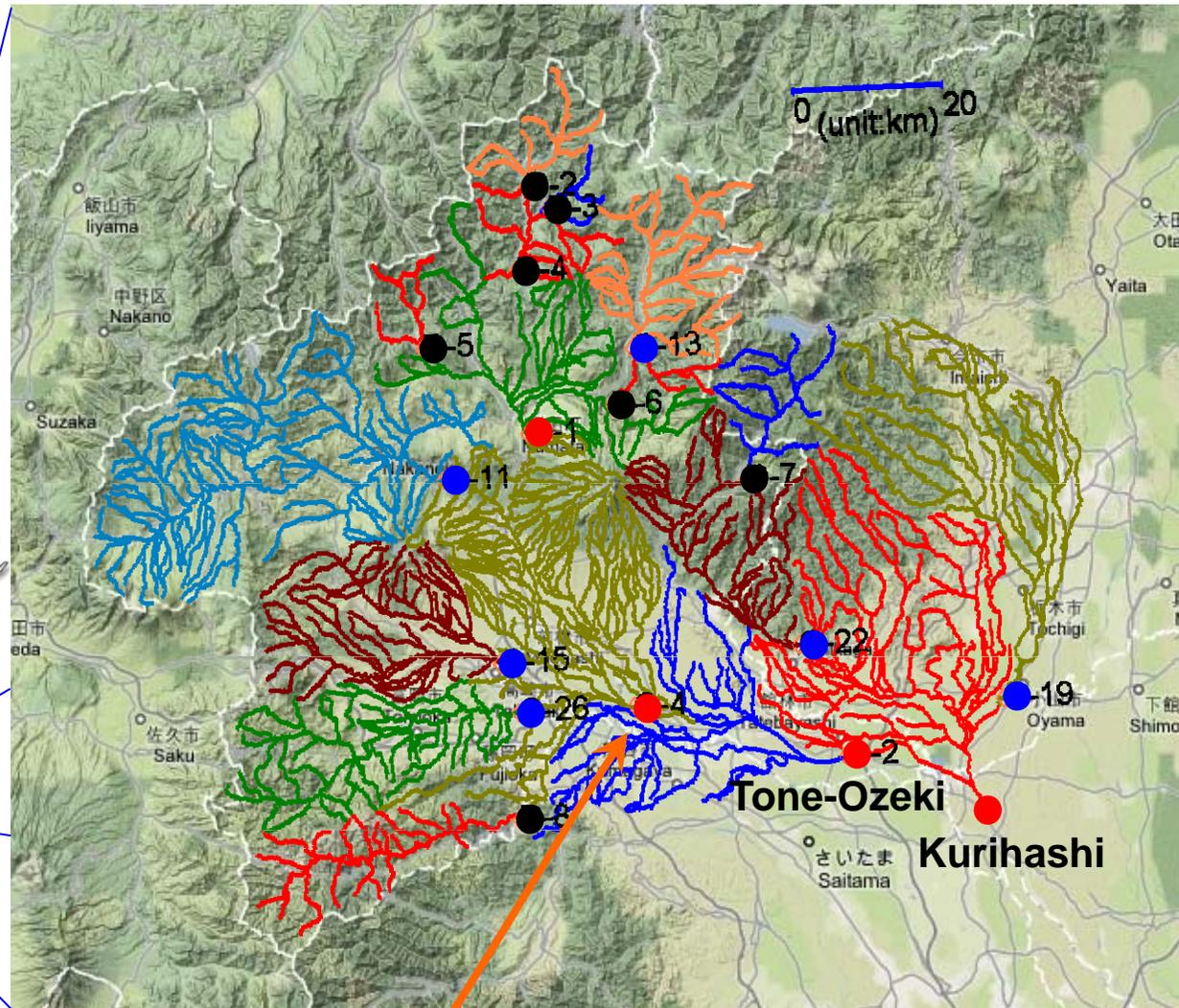
● Main Points

- Yakatahara (1677.5 km²)
- Yattajima (5133.6 km²)
- Tone-Ozeki (6058.8 km²)
- Kurihashi (8772.2 km²)

● Dam Points

- Yagisawa Dam
- Naramata Dam
- Fujiwara Dam
- Aimata Dam
- Sonohara Dam
- Kusaki Dam
- Shimokubo Dam

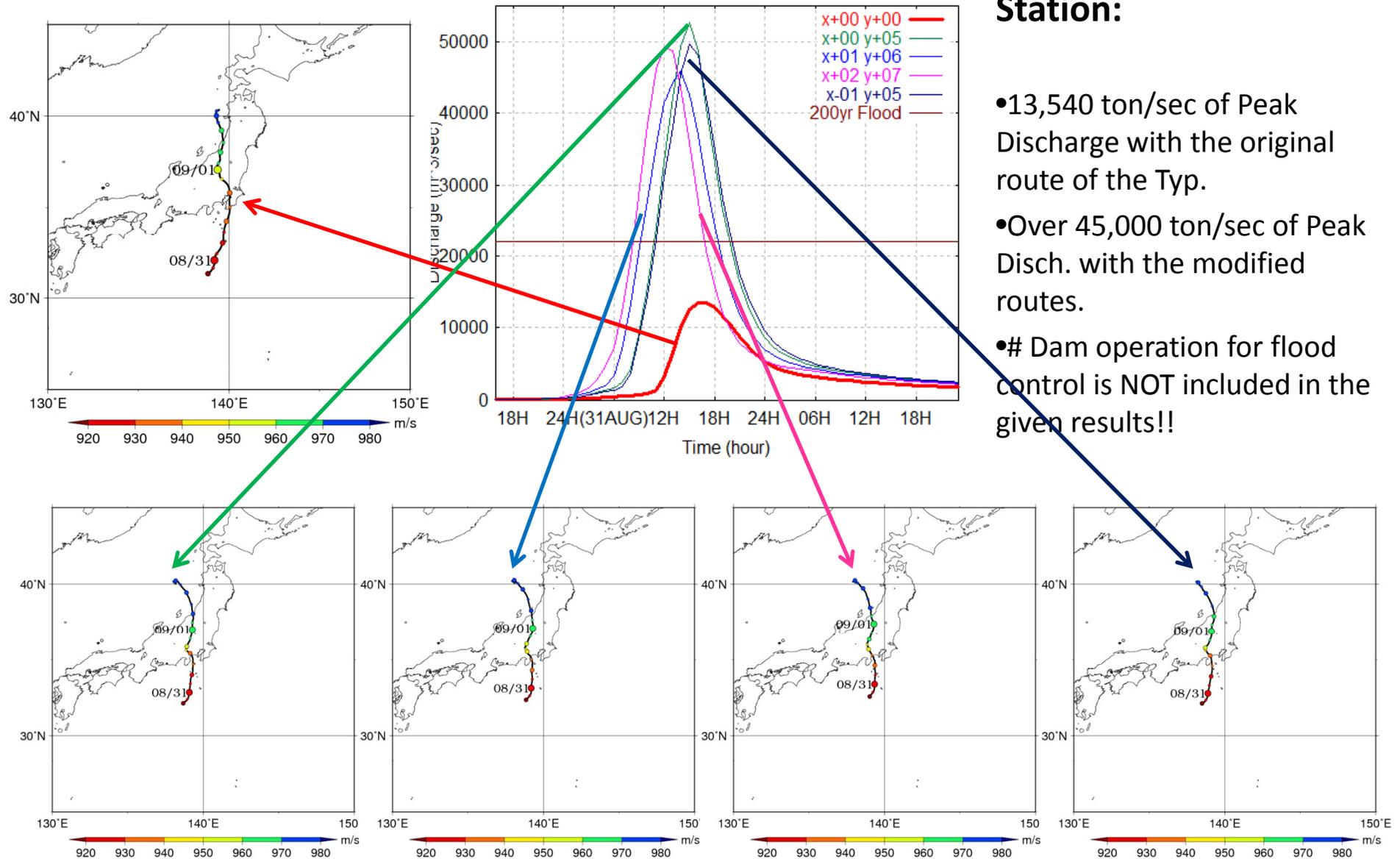
(listed from the top)



Yattajima (八斗島)
基本高水流量: 22,000 m³/s (200年確率洪水)

At the Yattajima Station:

- 13,540 ton/sec of Peak Discharge with the original route of the Typ.
- Over 45,000 ton/sec of Peak Disch. with the modified routes.
- # Dam operation for flood control is NOT included in the given results!!



温暖化予測翻訳(降水量の分析)

木島梨沙子・中北英一

気象研の超高解像度の20kmGCMを用いて数時間から数日までのさまざまな時間・空間スケールの極端降雨現象の将来変化の解析を行っている。

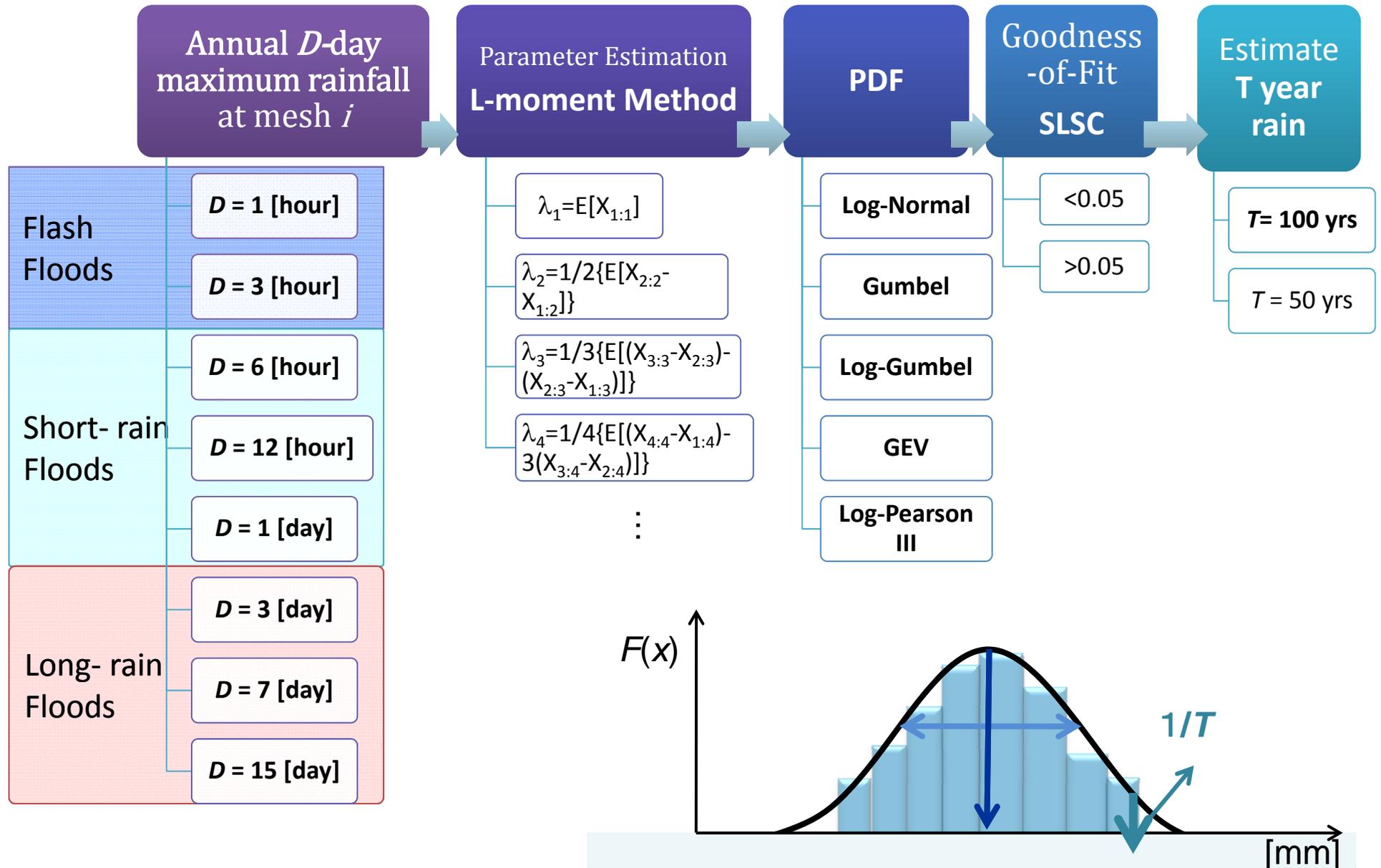
- ・GCM20ででている(=再現可能な)極端降雨現象の時間・空間スケールの把握(独立性・均一性の把握)
- ・将来変化の有意性の把握

を、確率解析と共に、それぞれの時間スケールでの極値の変化(特徴)を気象のメカニズムから理解。(メコンのオフセットの早期化は台風の影響etc)。

予備実験結果を用いた、有意性検定も含めた解析がほぼ終了したので、今後は60km等のアンサンブル結果を用いた改正期に進む。



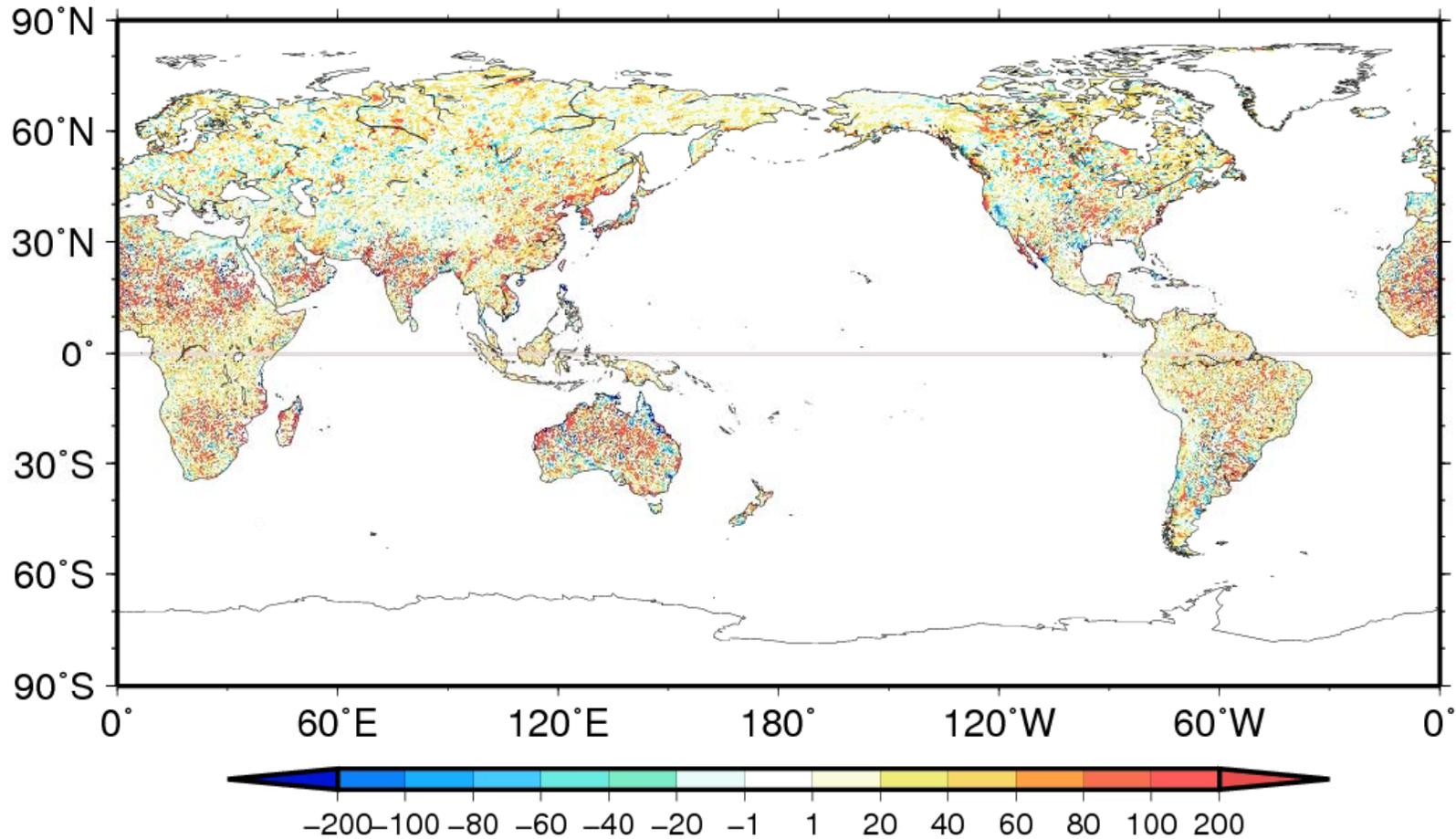
確率降水量の算出方法



将来気候の20km平均100年確率降水量の変化

100-year rain (20km averaged)
を20kmメッシュごとで評価

GCM Future - GCM Present



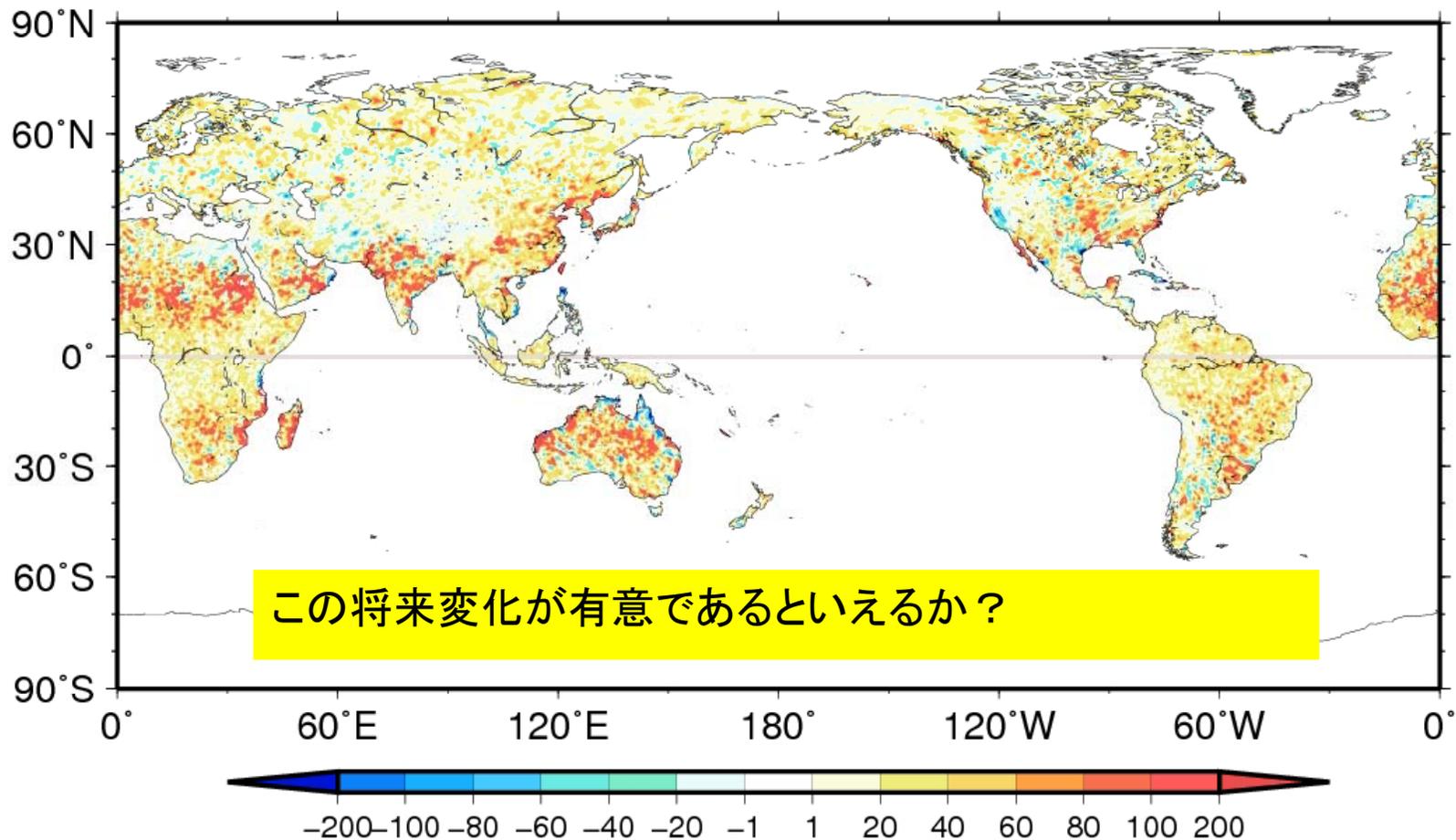
地点間のばらつきが激しい

将来気候の20km平均100年確率降水量の変化

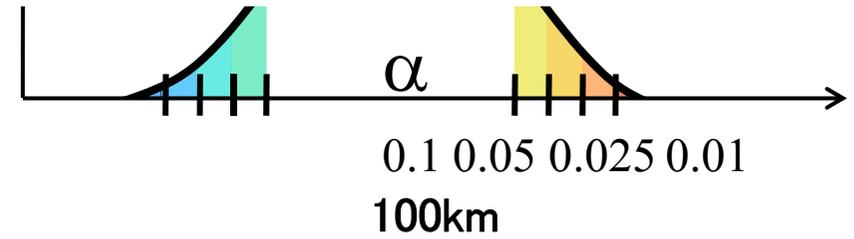
100-year rain (20km averaged)

を100km四方で評価

GCM Future - GCM Present



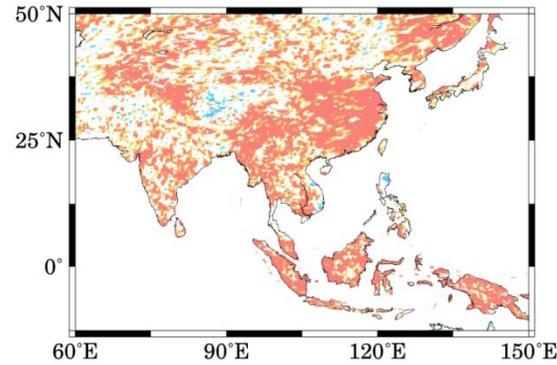
25年分の年最大値



D雨量でのSNR

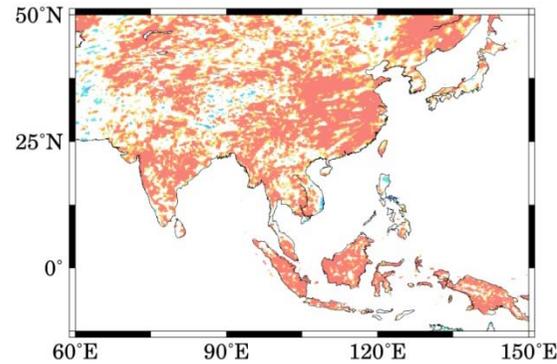
Flash
Floods

3 hours



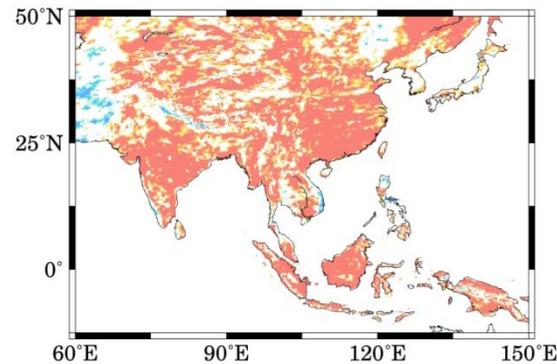
Short-rain
Floods

1 day

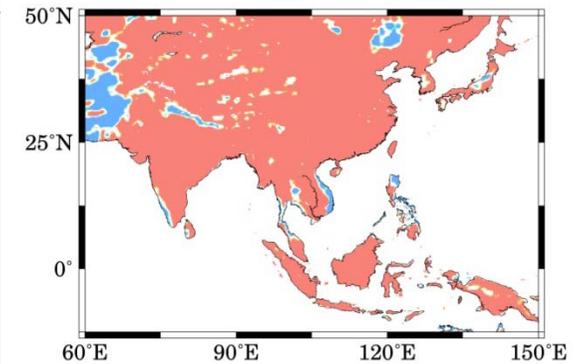
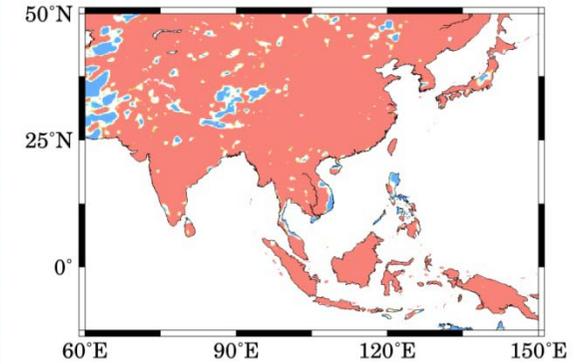
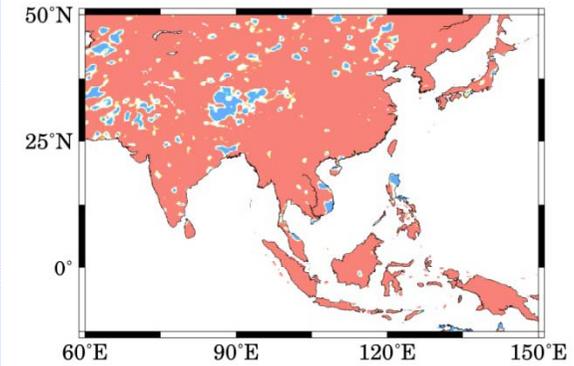


Long-rain
Floods

15 days

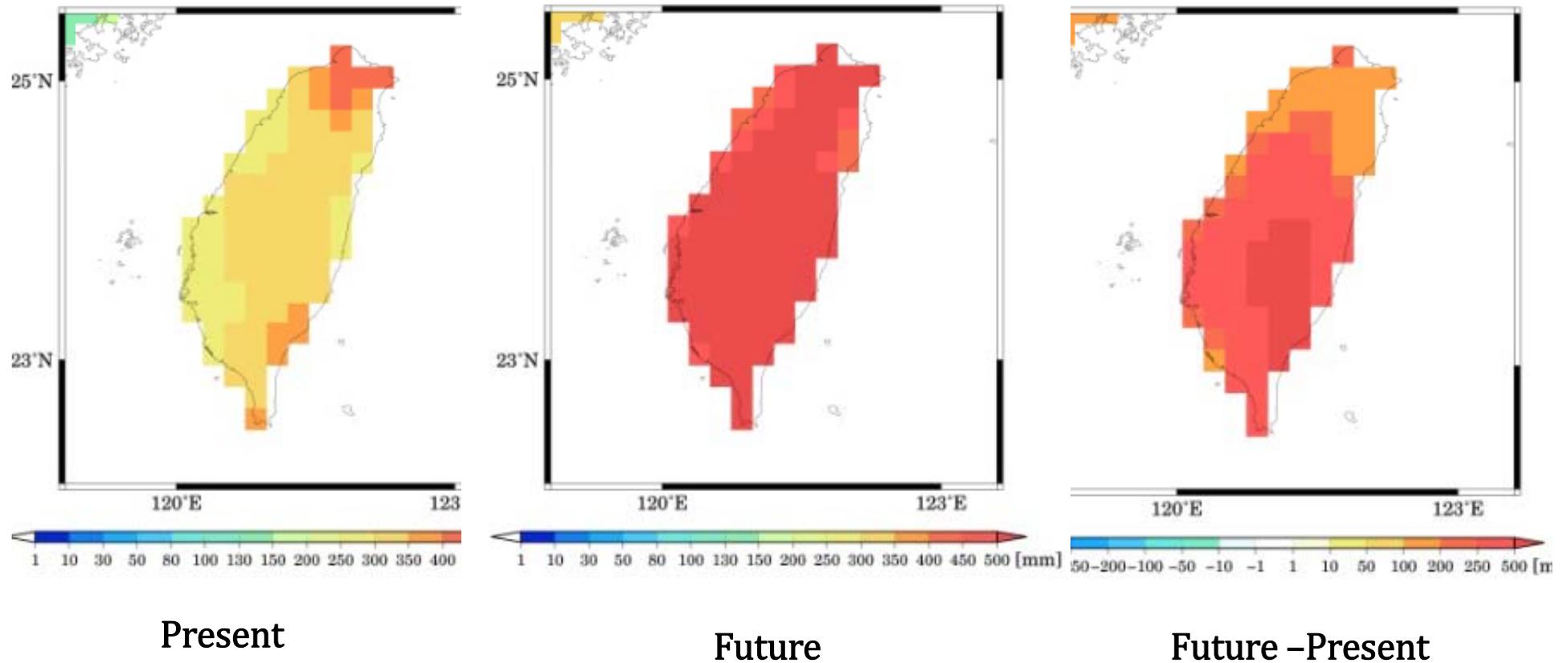


赤い程、青いほど、有意性が高い。
百キロメッシュの方が有意性が高い。



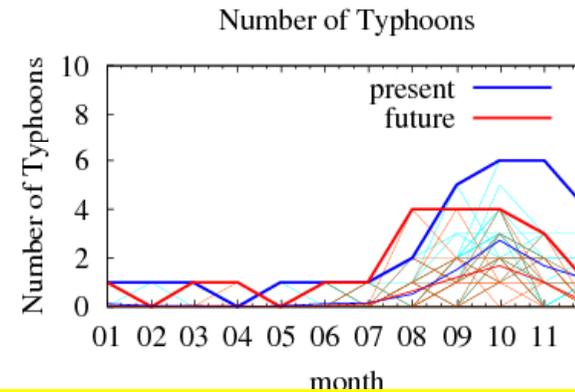
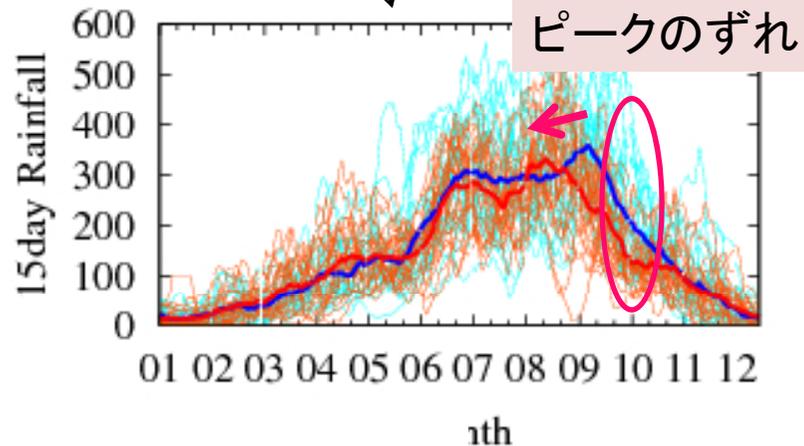
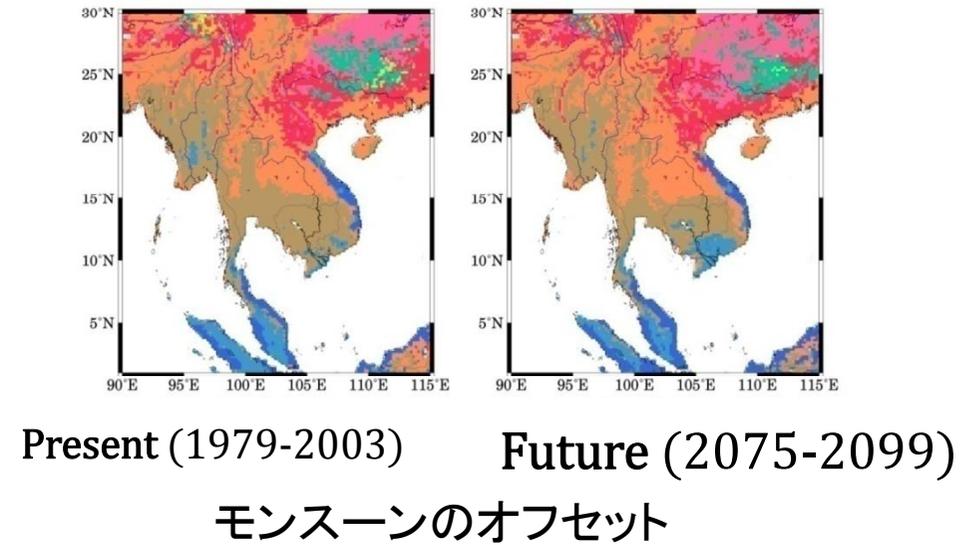
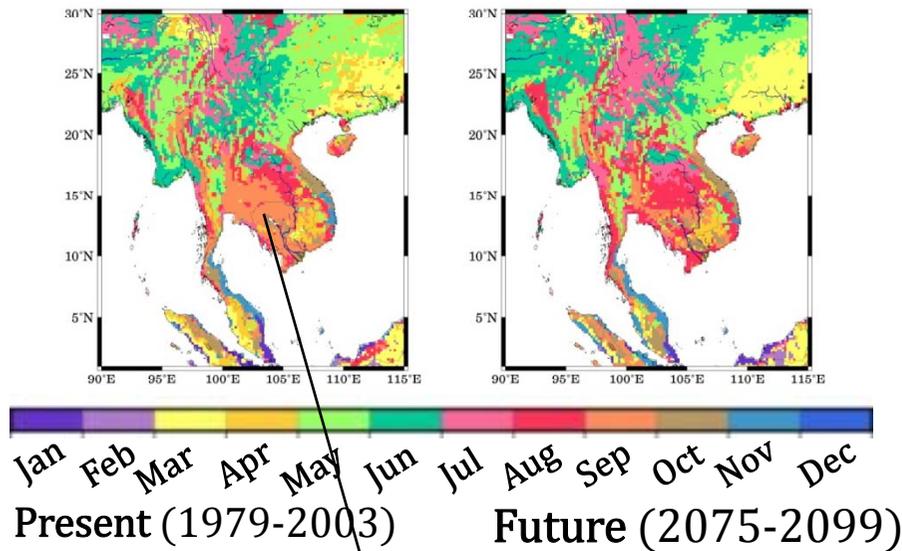
D [hours/days] 100-year rainfall (100km scale)

1 day



By Konoshima and Nakakita (2009)

メコン河下流域での15日雨量の季節の将来変化



present 2.5
future 2.0
present 1.5
future mean

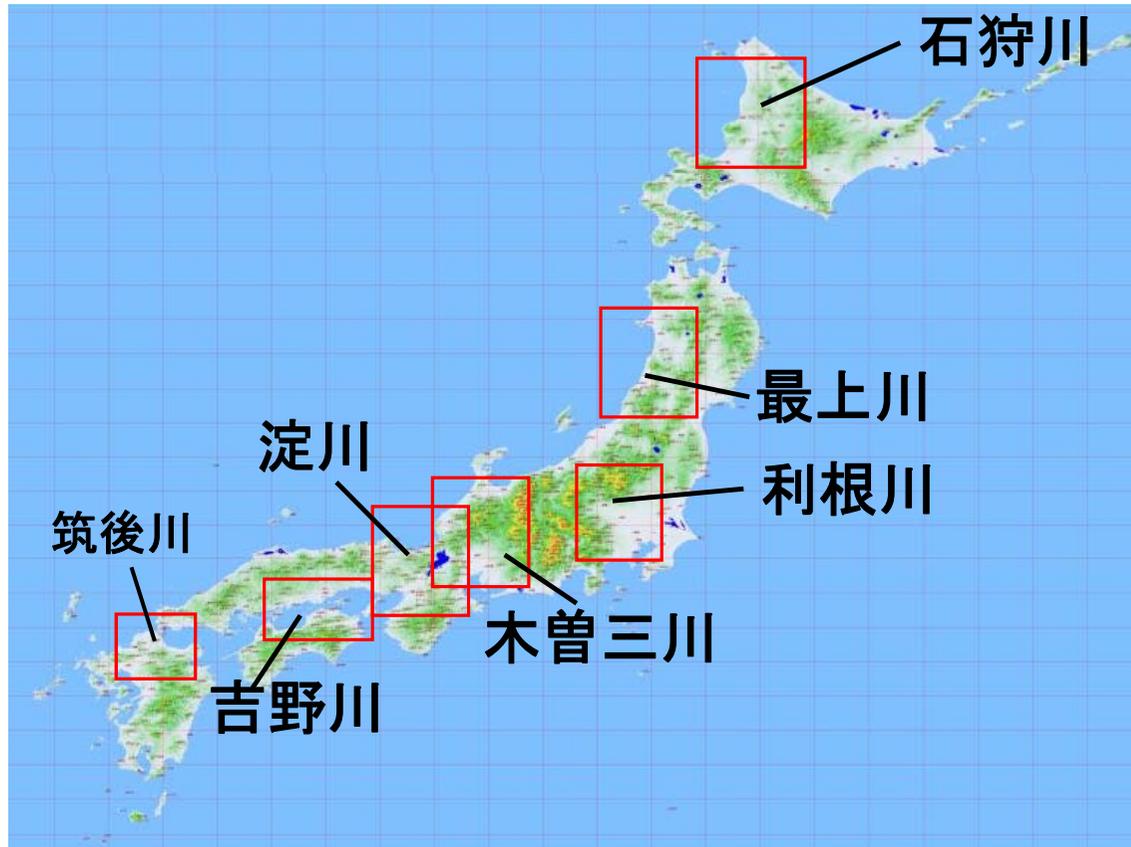
モンスーンのオフセット
の早まり

将来の15日雨量の時系列は2000年のパターンに似ている

将来の洪水の到来を早める可能性？

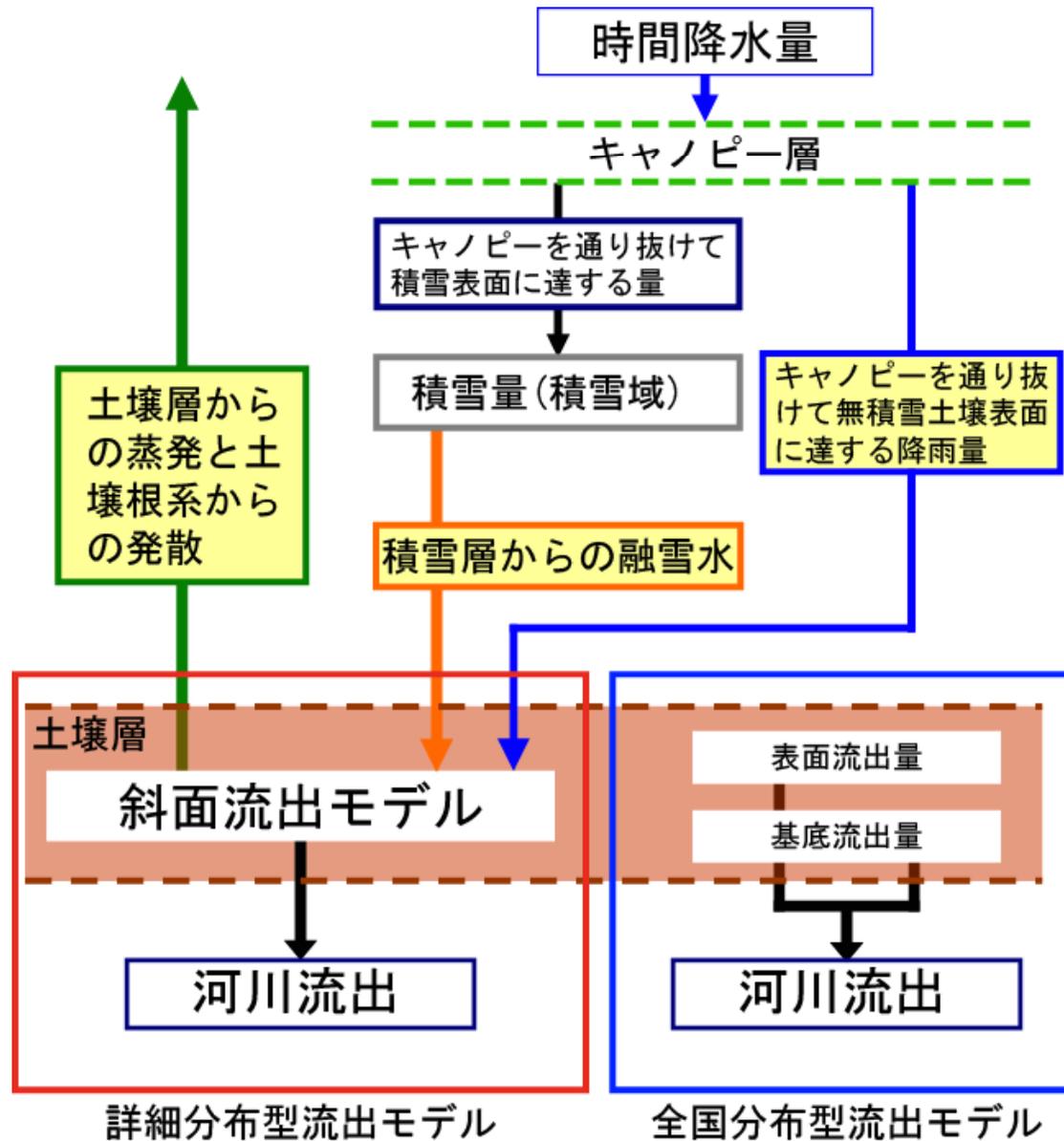
分布型流出モデルを用いた流況評価

- **全国対応の分布型流出モデル**を用いて、流況変化が顕著に現れる流域を検出する。
- **詳細分布型流出モデル**を用いて、特定流域の流況変化を分析する。また、適応策を検討する。



立川康人
小尻利治
佐藤嘉展
Kim Sunmin

温暖化実験データの利用



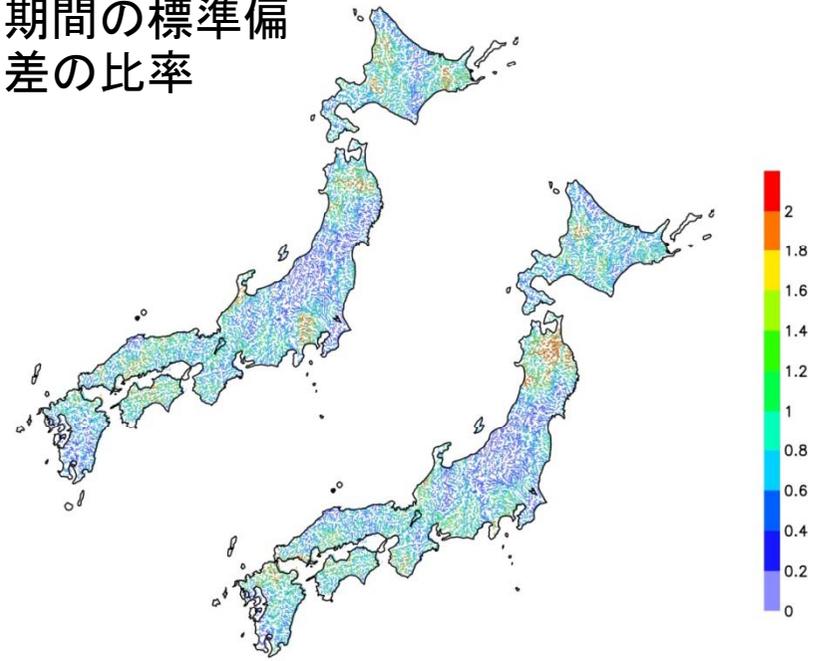
洪水時の流況評価:年最大流量

期間平均値の
比率

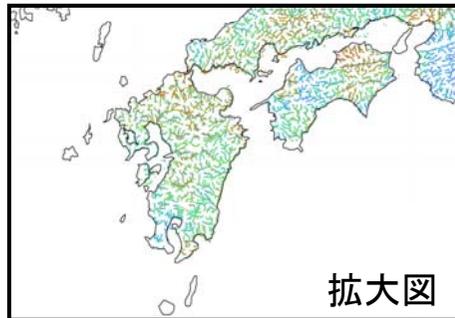


左上:現在気候に対する近未来気候との比率
右下:現在気候に対する21世紀末気候との比率

期間の標準偏
差の比率



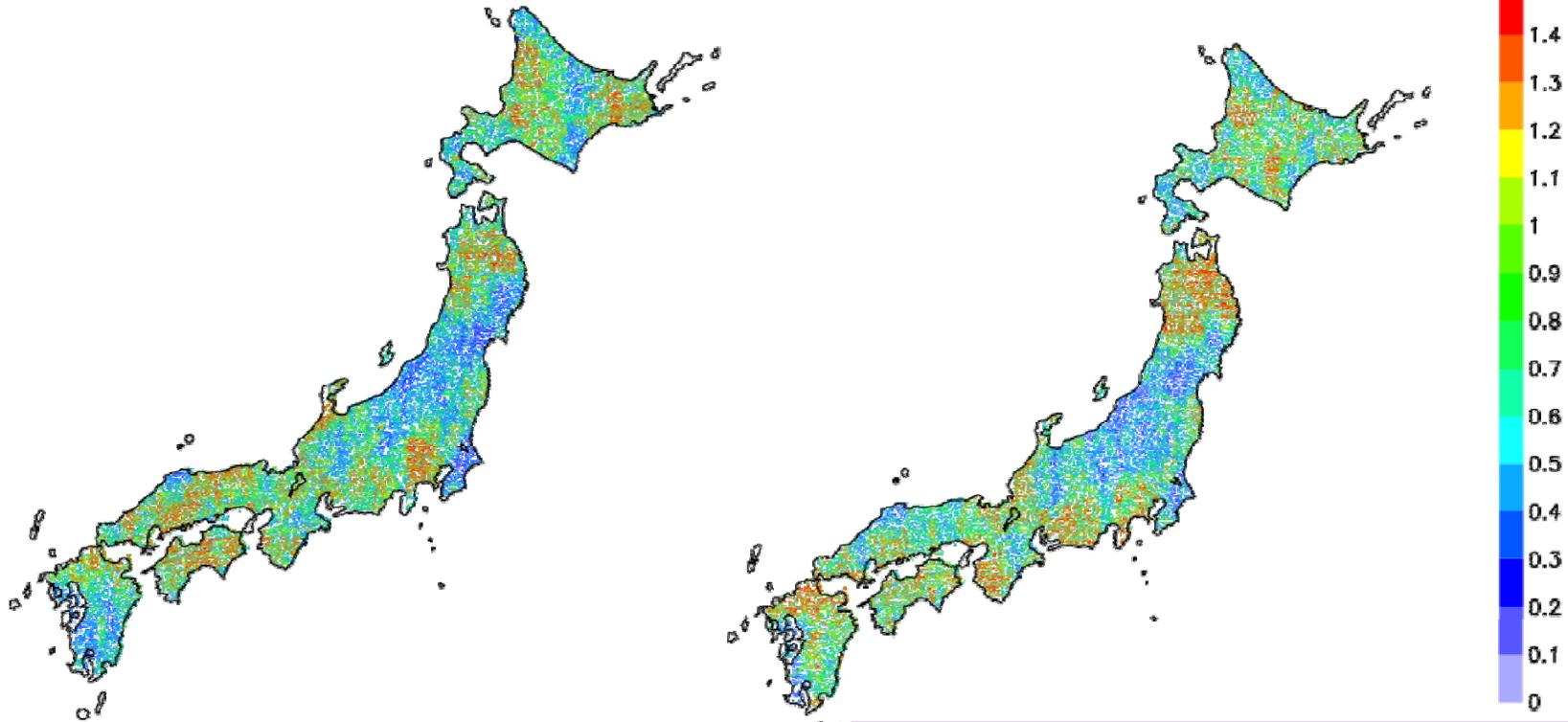
左上:現在気候に対する近未来気候との比率
右下:現在気候に対する21世紀末気候との比率



分析手順

1. 日本全域に1kmモデルを適用し、1km×1km格子ごとに流出計算を実施する。4km×4km格子ごとに計算結果を記録する。
2. 記録した計算流量データに対して、流況変化を分析し、日本地図上に結果を示す。

再現期間100年に対応する年最大流量



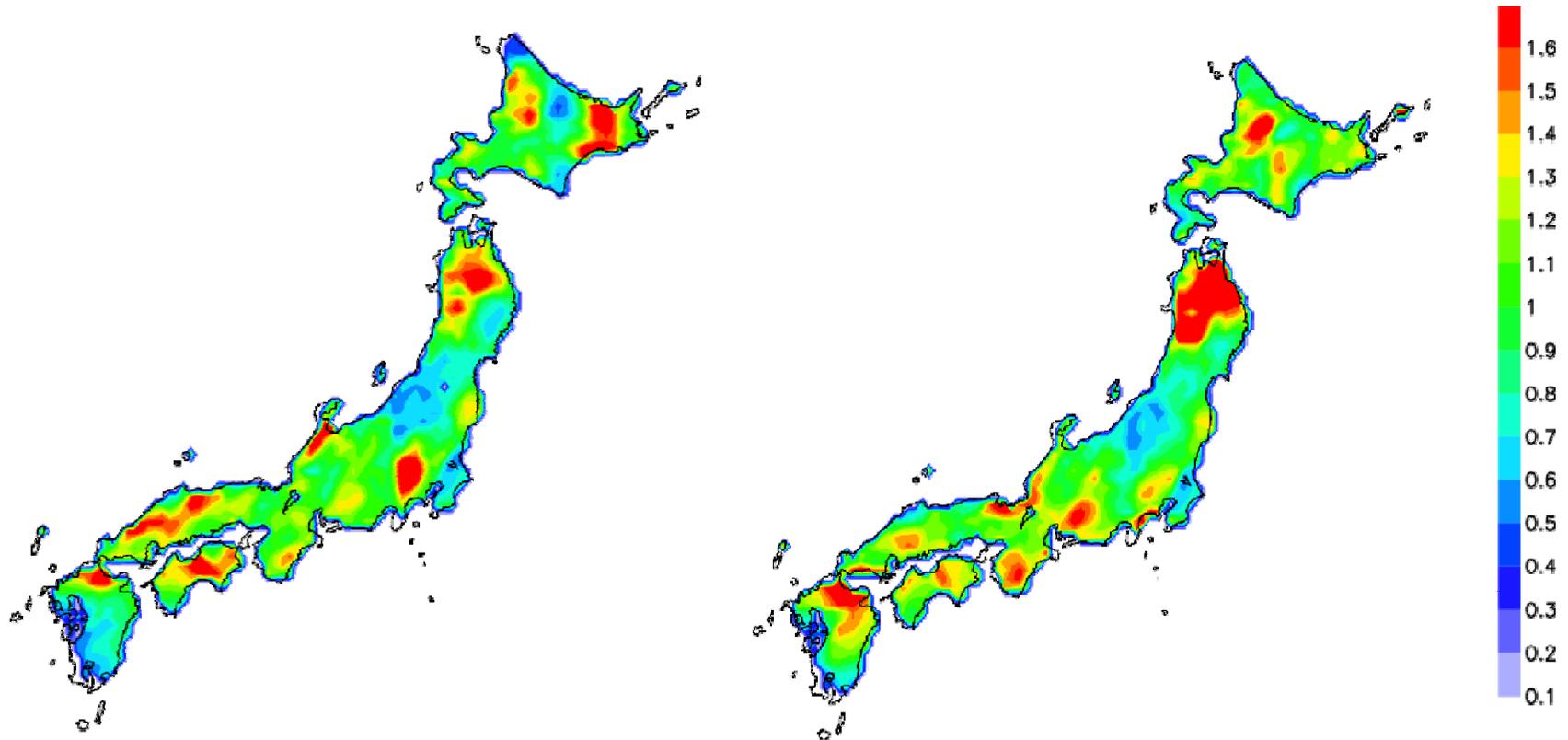
左:現在気候に対する近未来気候との比率
右:現在気候に対する21世紀末気候との比率

PWM法を用いて、確率分布関数の母数を推定した。

一般化極値分布(GEV分布)

$$F(x) = \begin{cases} \exp \left\{ - \left[1 - \frac{k(x-c)}{a} \right]^{\frac{1}{k}} \right\} & (k \neq 0) \\ \exp \left\{ - \exp \left[- \frac{x-c}{a} \right] \right\} & (k = 0) \end{cases}$$

年最大日降水量(再現期間年:100年)



左:現在気候に対する近未来気候との比率
右:現在気候に対する21世紀末気候との比率

河川流域災害 詳細影響評価

■進捗状況(春以降)

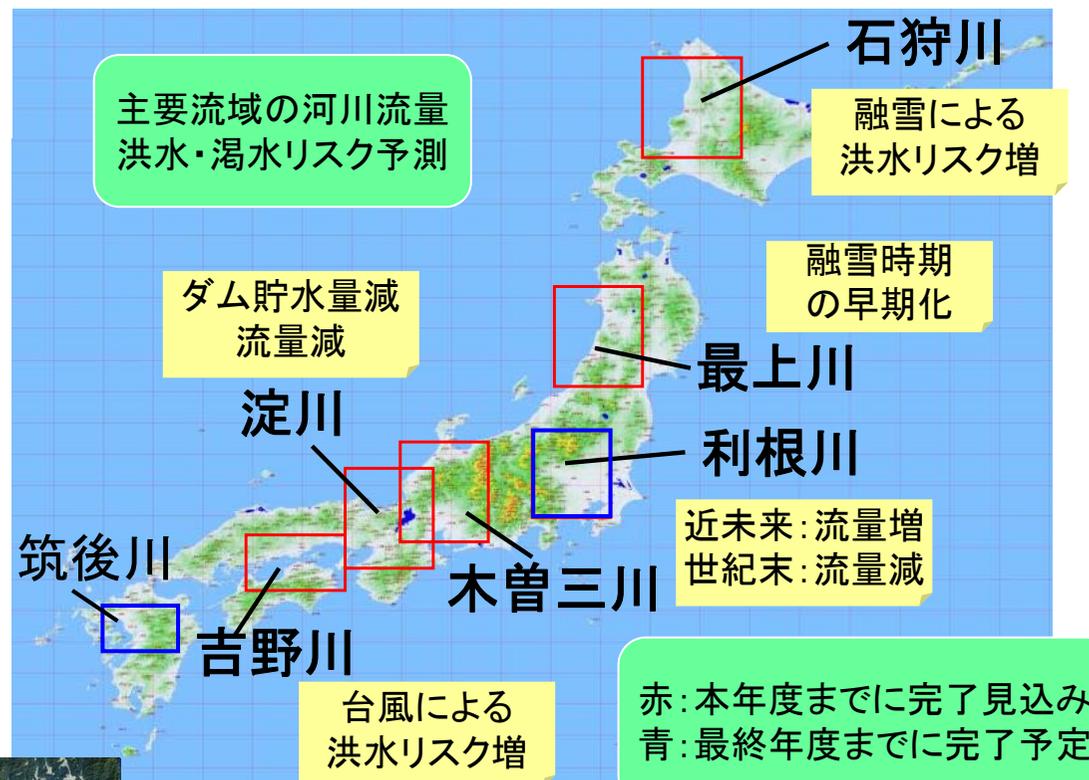
- ・モデル構築(石狩・最上・利根・木曾・淀・吉野・筑後)完了
- ・解析対象流域:石狩・木曾三川流域(淀川・吉野川は昨年度までに実施済み)

■課題

- ・蒸発散量・融雪量推定値の精度検証(気象官庁観測値で検証予定)
- ・人間活動の影響(貯水池操作・灌漑取水)のモデル化

■中間とりまとめ

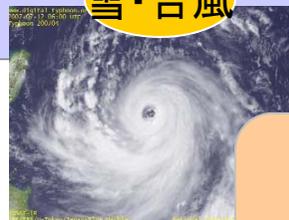
主要河川流域における自然要因(気候変動)による河川流域災害変動予測と影響評価



湖・ダム

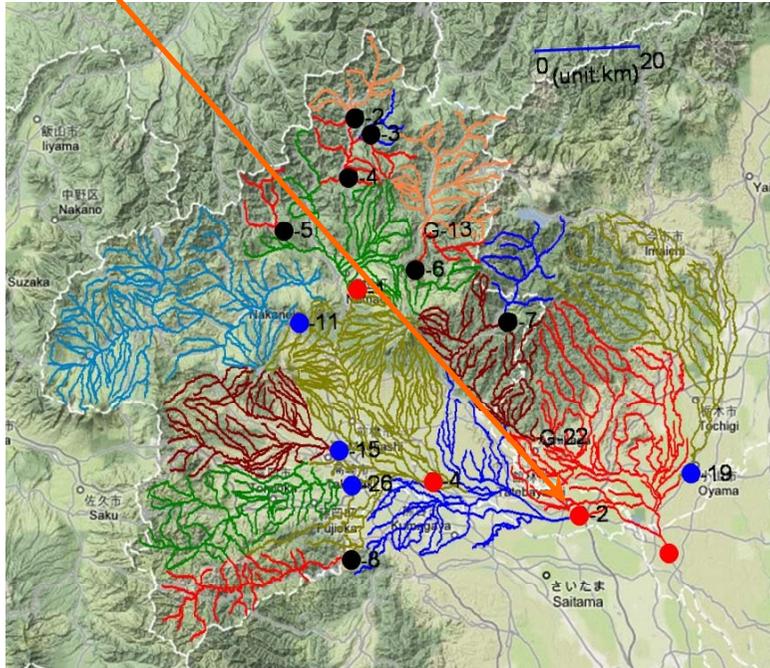


雪・台風



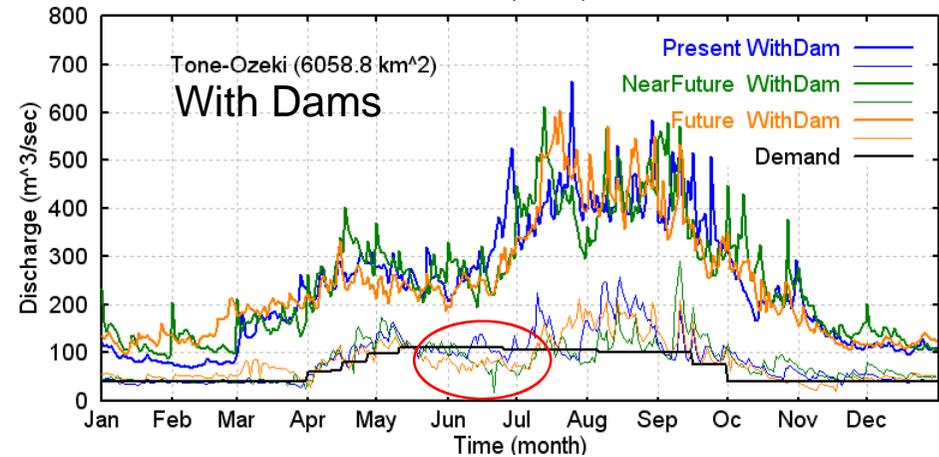
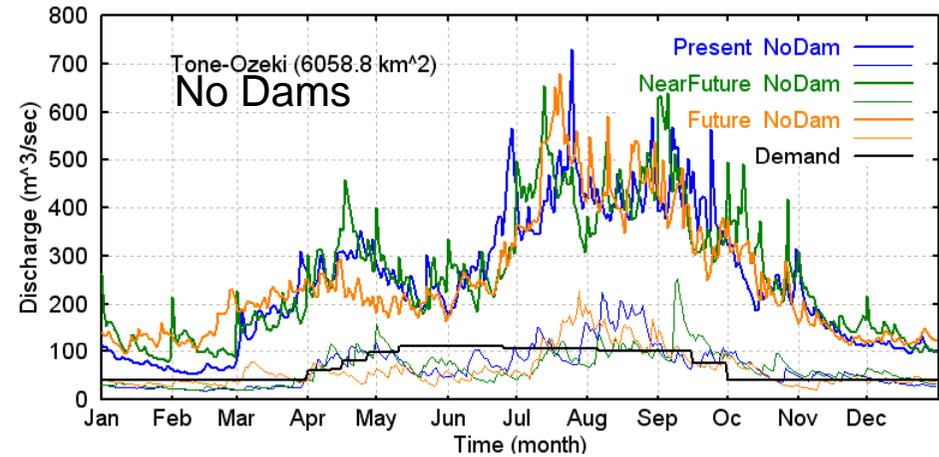
■今後の課題
バイアス補正・新たなリスク評価指標
適応策の検討, および, 土砂・氾濫災害,
水温・水質・生態系への影響評価

Water Resources at Tone-Ozeki (6058.8 km²)



Water Demand

- Living water: 37.43 m³/s
- Industrial water: 2.08 m³/s
- Agricultural water:
 - Apr~May 39.51 ~ 60.99 m³/s
 - May~Sep 111.62~186.71 m³/s



- ダム群から離れた下流の地点である利根大堰(流域面積6058.8km²)に対する計算結果からは、ダム群の操作影響が少なくなることがわかる。
- **利根大堰地点では、ダム群操作にもかかわらず年最小流量が必要な水利用量に対して満足できない時期が現れる。そのため、新たな操作ルールの開発が必要とされる。**

高潮予測用確率台風モデルの構築と 将来台風の予測

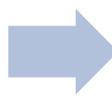
京都大学防災研究所
沿岸災害研究分野

安田誠宏・間瀬 肇・森 信人

MRI/JMA
GCM

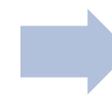
温暖化情報の抽出

- 発生・消滅位置・進路
- 力学的特性



確率台風

- 上陸個数の変化
- 強度の変化



高潮(高波)

- 高潮偏差の評価
- 確率波高の評価



波浪モデル

- 波浪スペクトル
- 時系列・平均値



高波

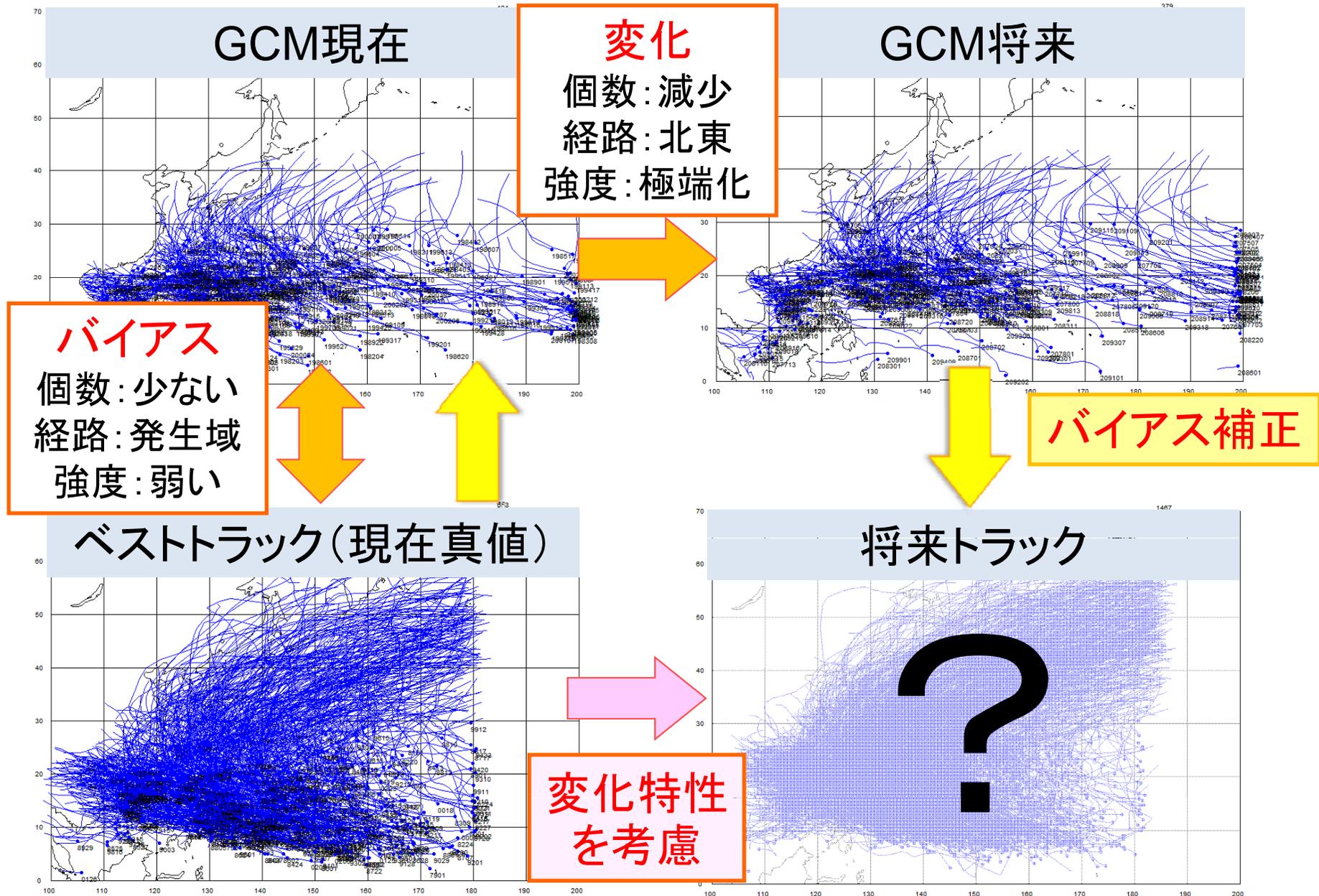
- 確率波高の評価



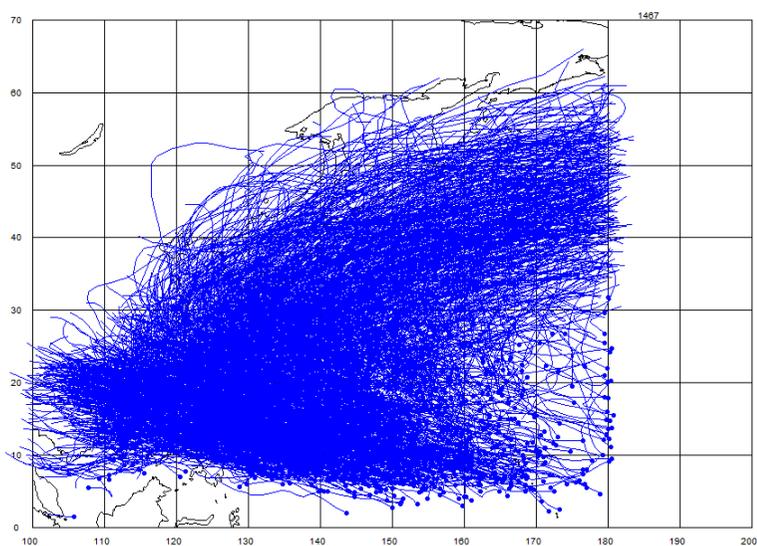
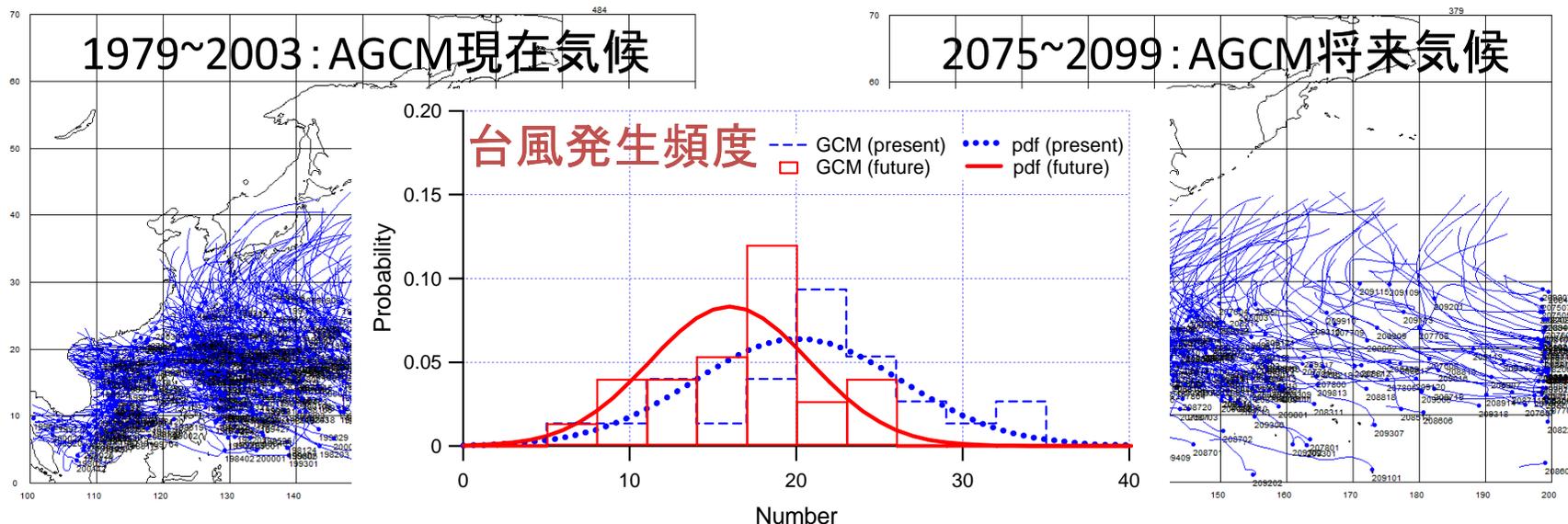
沿岸災害
評価

国総研と協力

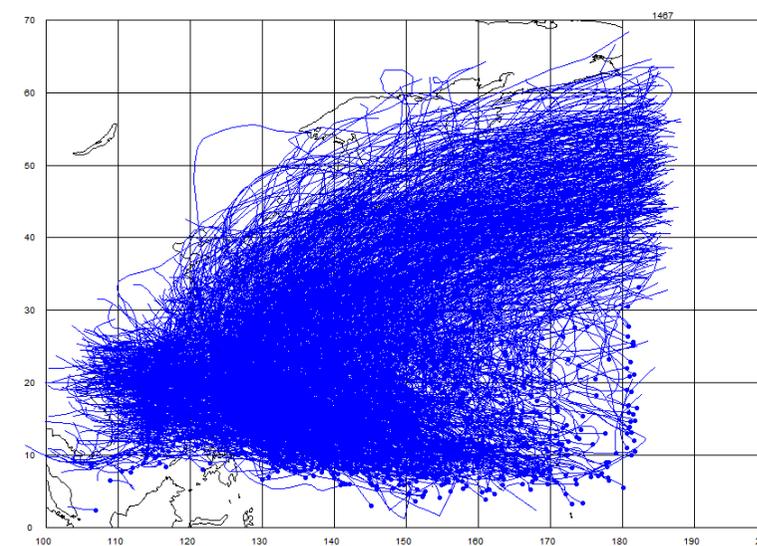
将来台風経路をどうやって推定するか



仮想将来台風経路のモデル化



1951年～2005年のベストトラック

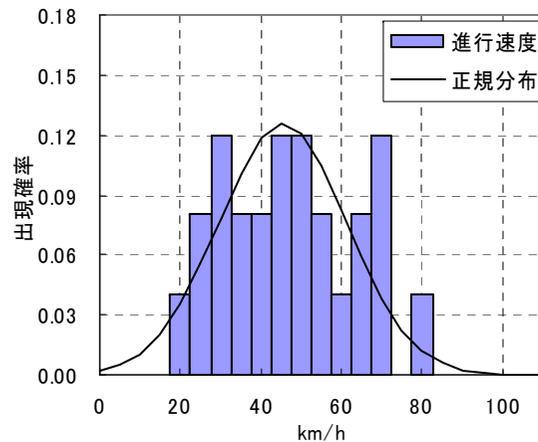


AGCM 現在と将来の変化割合を基にシフトさせた仮想将来台風経路

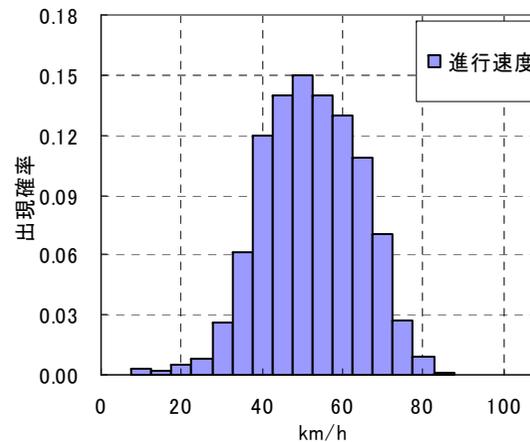
モデルの適用性(進行速度)

● 進行速度

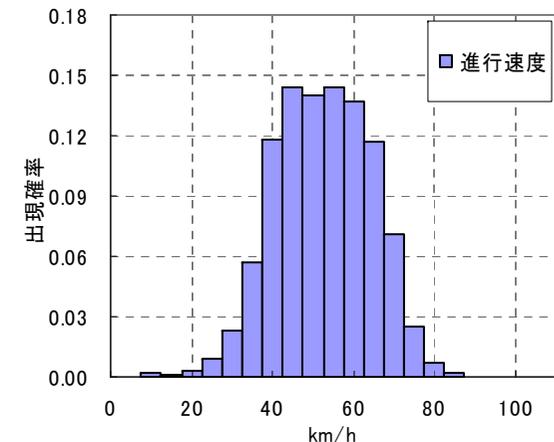
- 計算結果は、観測値の正規分布と同様に、平均値(50km/h)を中心とした正規分布形状
- 平均値は観測値に比して5km/h程度大きい



ベストトラック

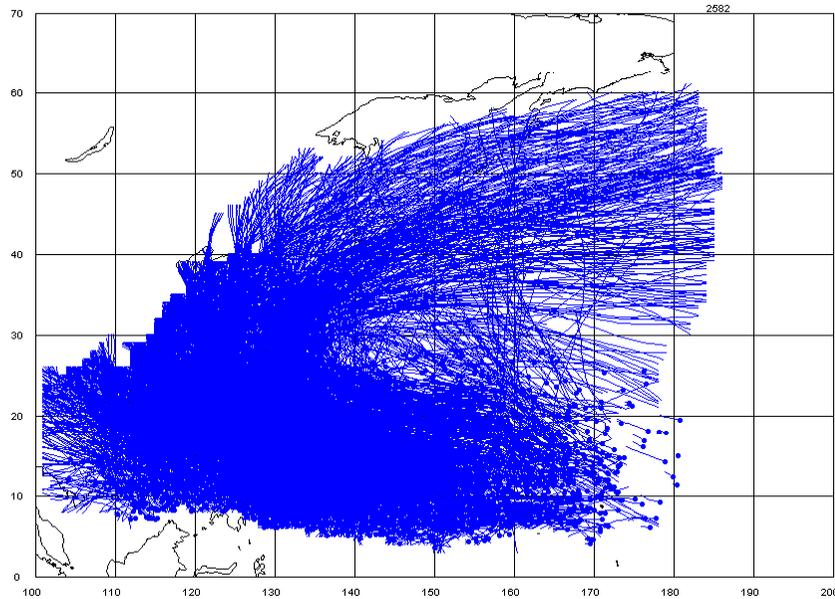


10000年再現計算
(1)

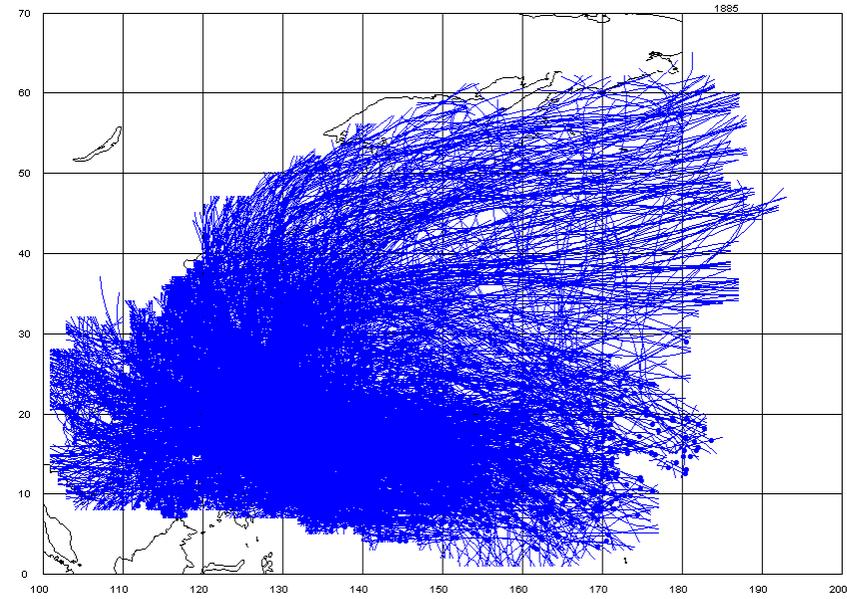


10000年再現計算
(2)

確率台風モデルによる再現結果の比較



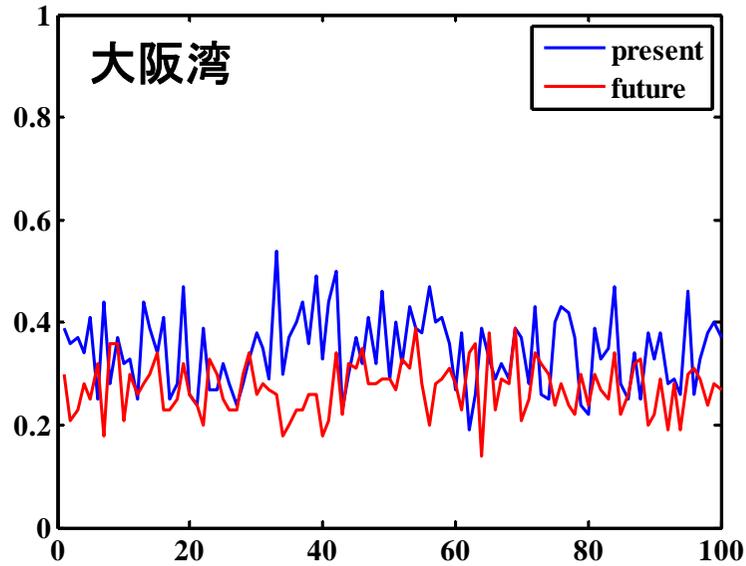
気象庁ベストトラックによる確率
モデル台風経路



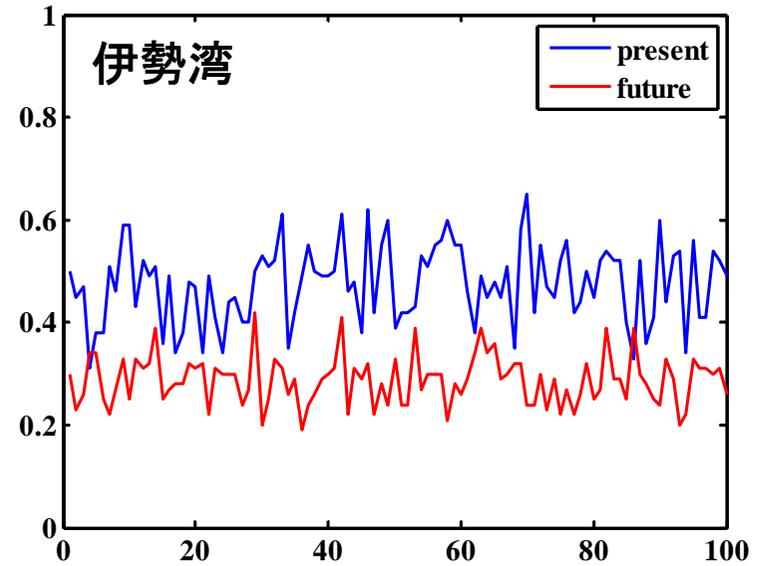
将来仮想台風による確率モデル
台風経路

Number of typhoons per year by stochastic typhoon model

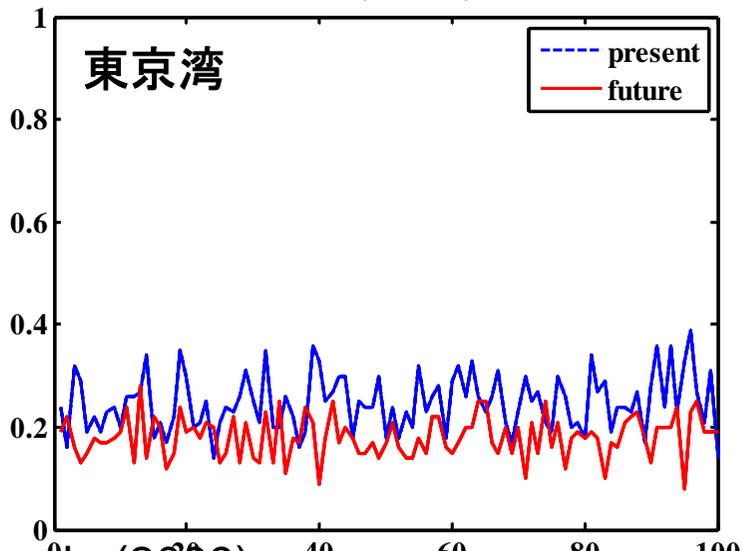
Osaka Bay



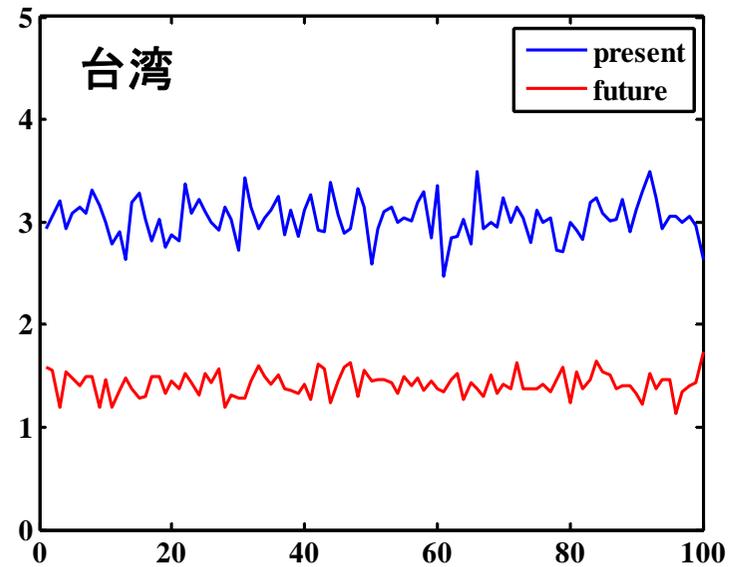
Ise Bay



Tokyo Bay

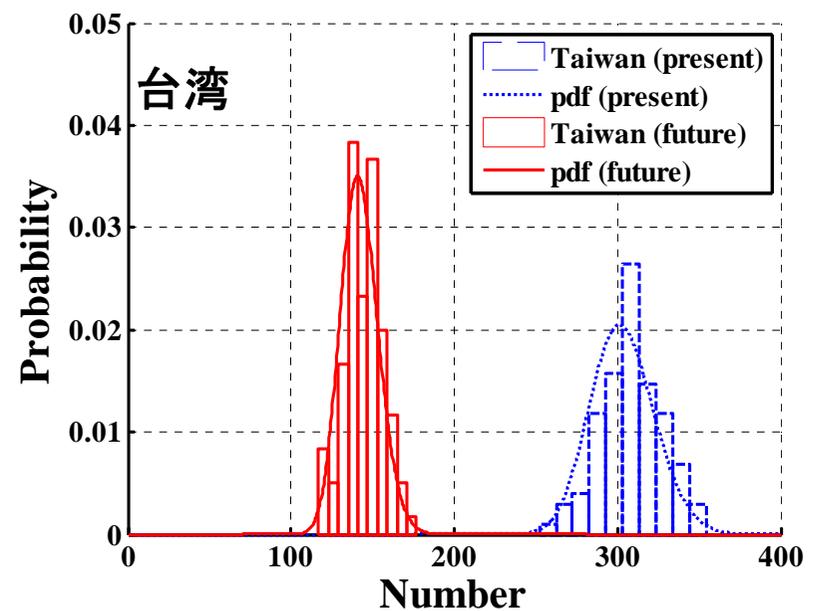
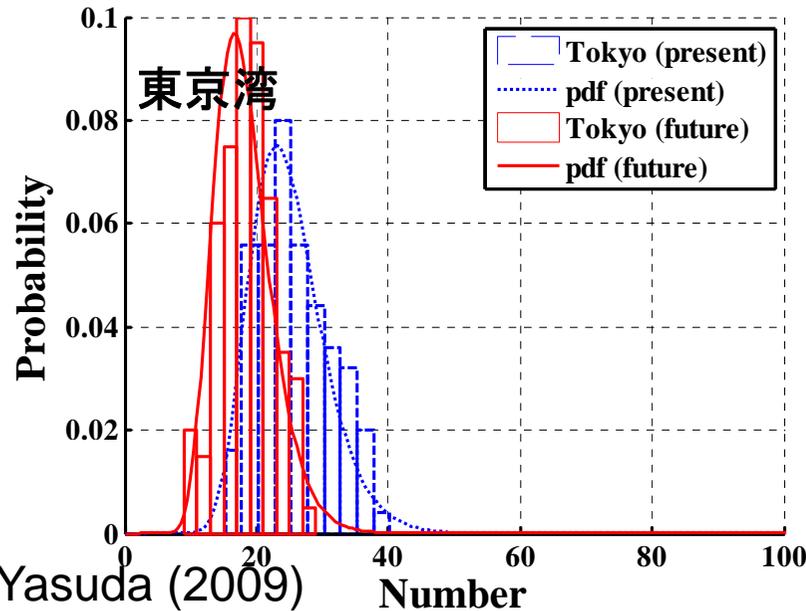
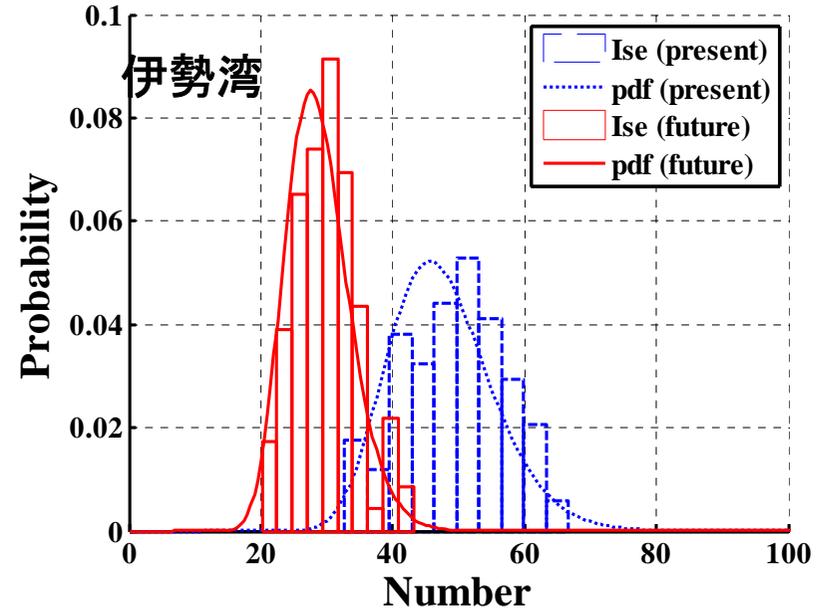
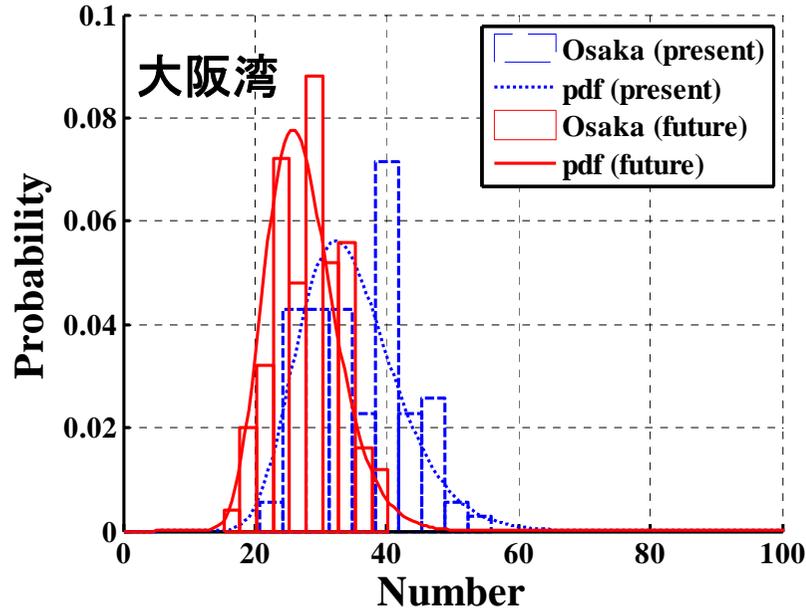


Taiwan



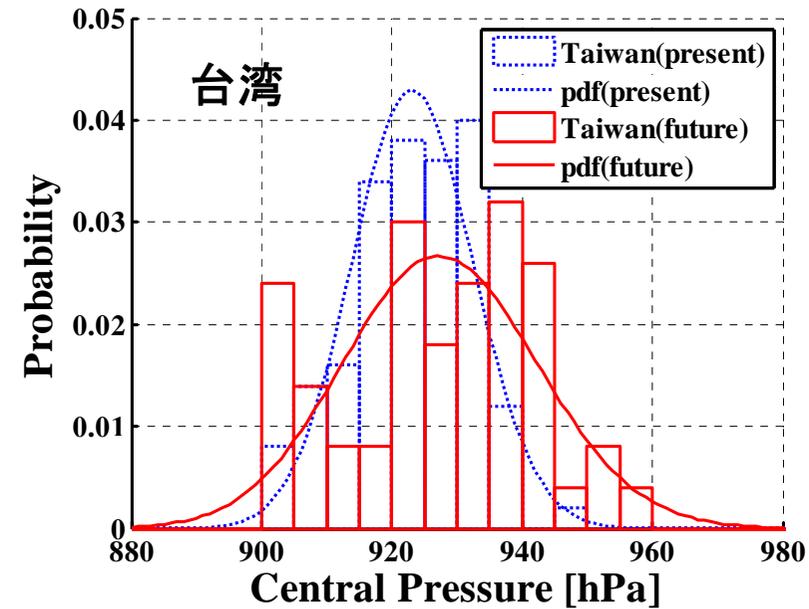
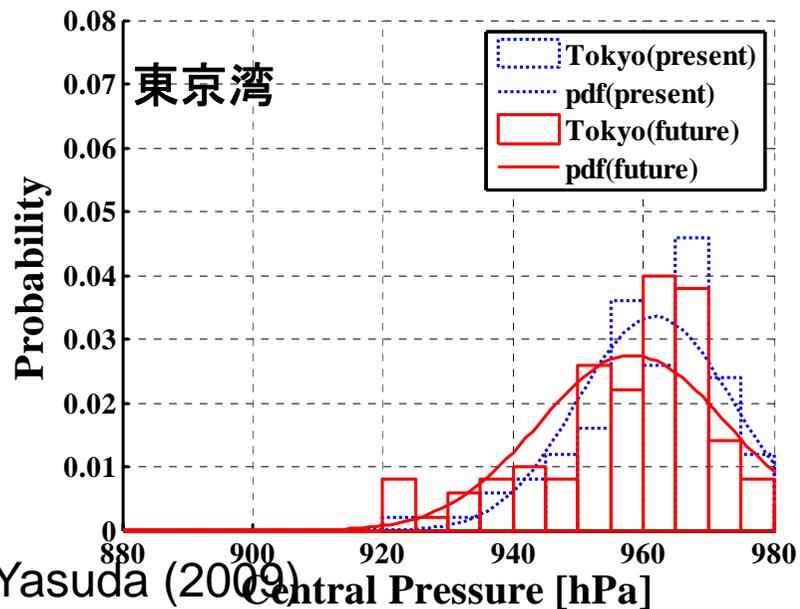
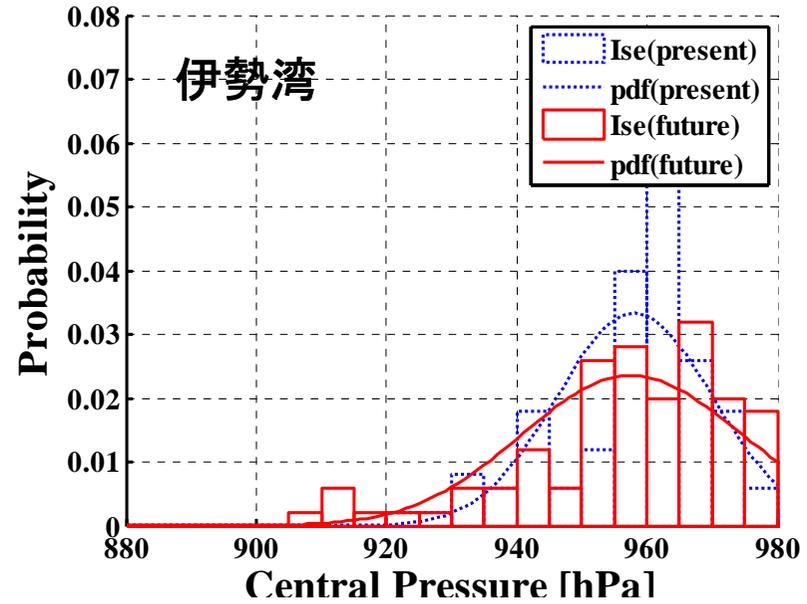
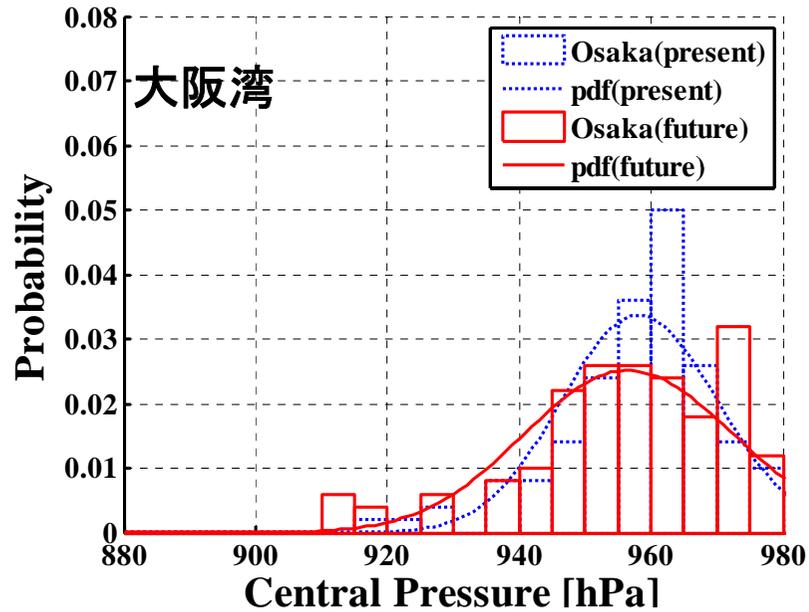
By Yasuda (2009)

Probability of typhoon attack for 100yrs return period



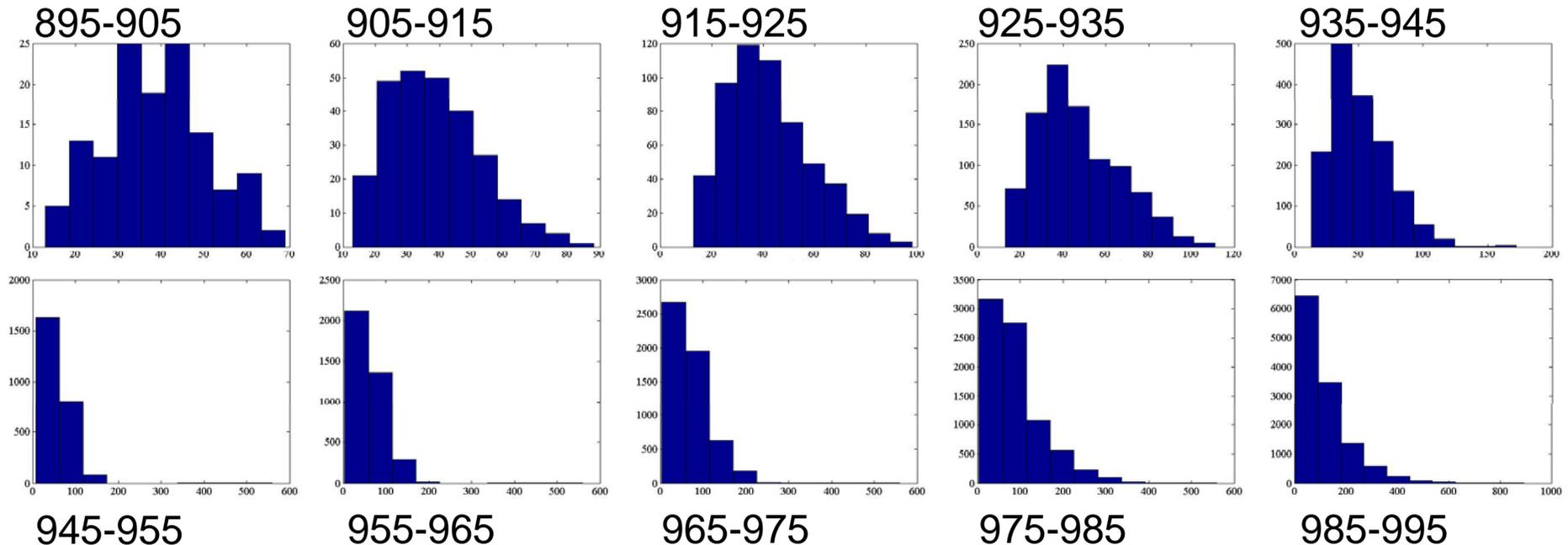
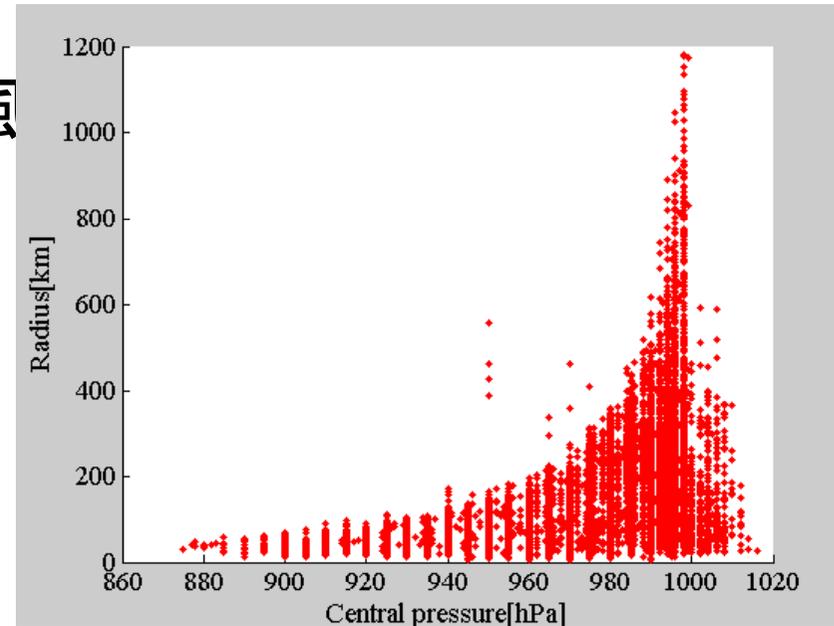
By Yasuda (2009)

Probability of center pressure for 100yrs return period

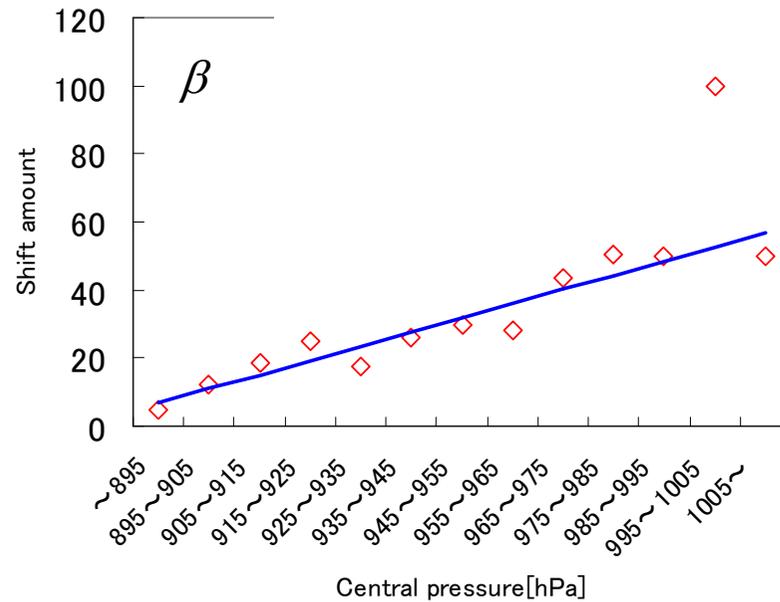
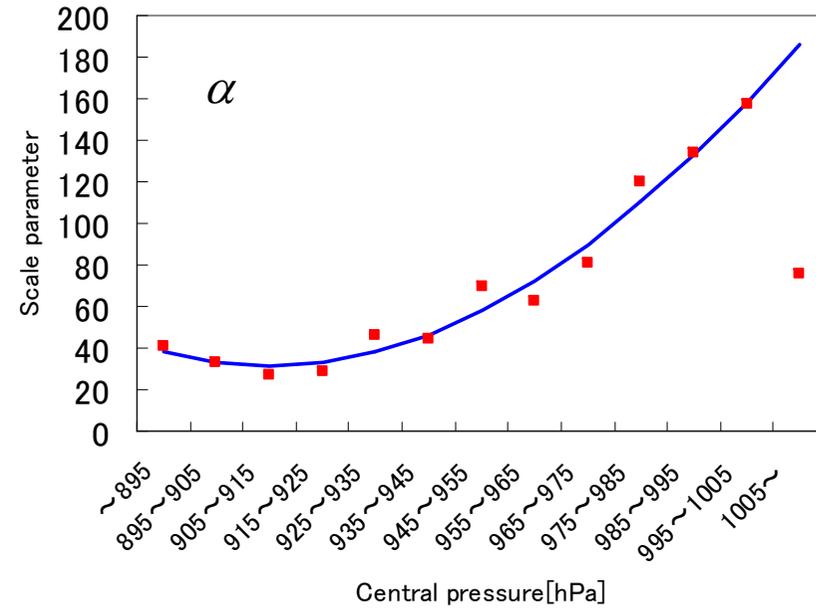
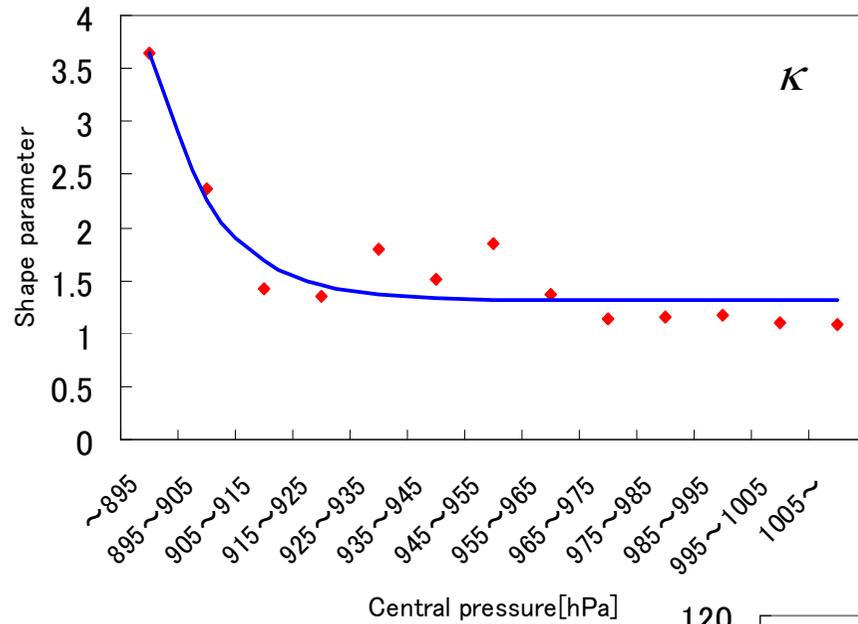


台風中心気圧と最大旋衡風速半径

- 台風中心気圧と最大旋衡風速との関係(ベストトラック)
- 中心気圧10hPa毎で比較
 - 確率分布(Weibull分布)であてはめが可能?

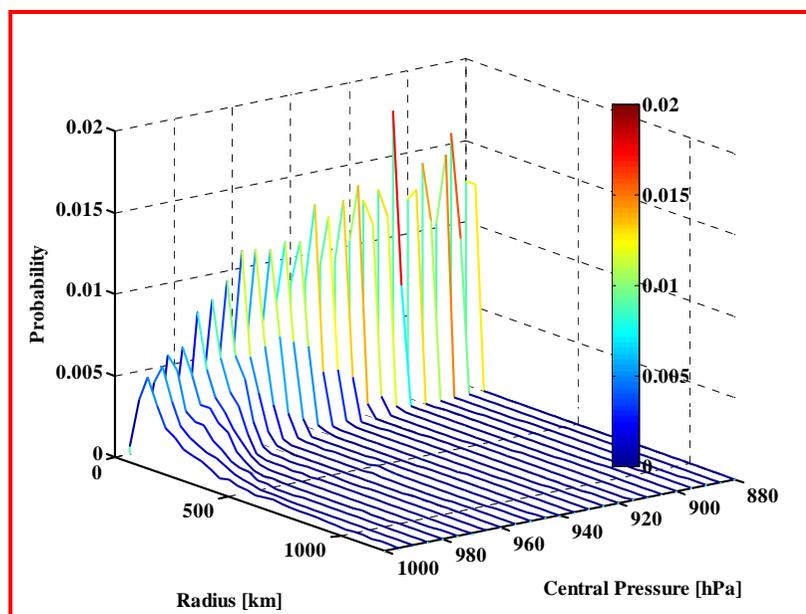


パラメータ(形状母数, 尺度母数, 位置母数)

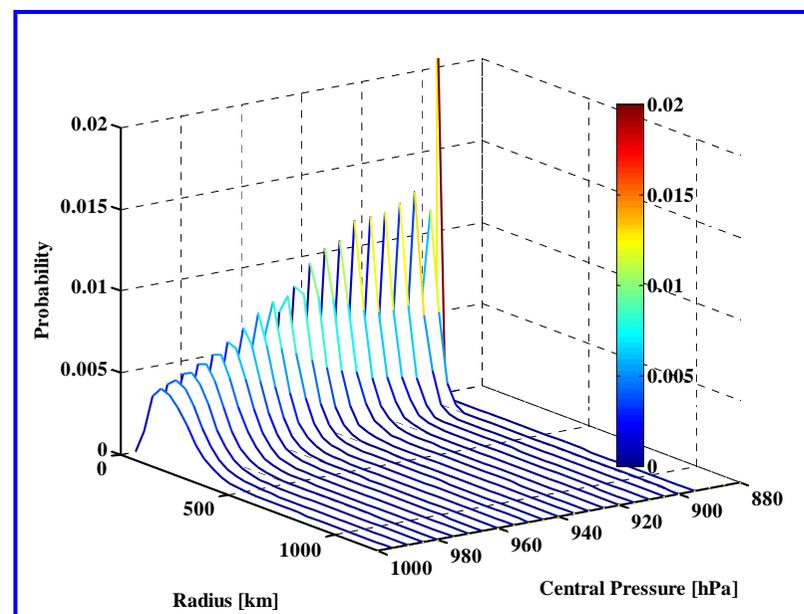


気象庁BTと推定結果の比較

中心気圧5hPa毎に半径の確率分布を描いた図



ベストトラック(1951～2007年)



確率台風(50年間)

今後の展望：確率台風経路を用いた高潮計算

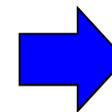
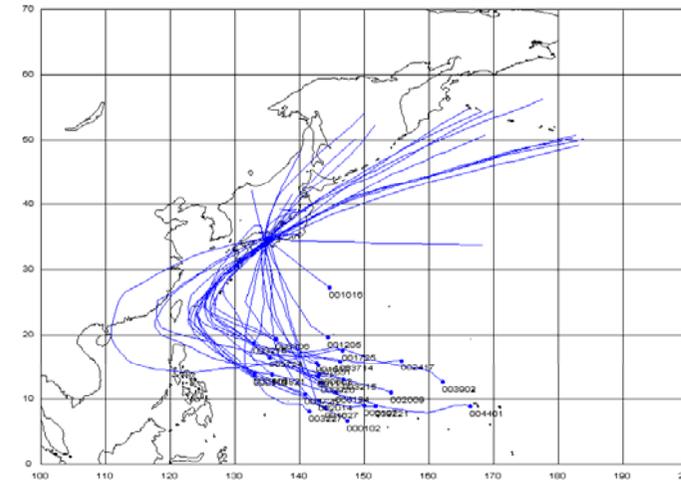
	現在気候		将来気候	
	個数	最低中心気圧(hPa)	個数	最低中心気圧(hPa)
	100年間			
東京湾	41.9	963.9	29.7	962.1
伊勢湾	64.3	957.4	40.3	959.5
大阪湾	45.4	961.4	34.9	959
土佐湾				

総ケース数(平均値から概算)

東 伊 大

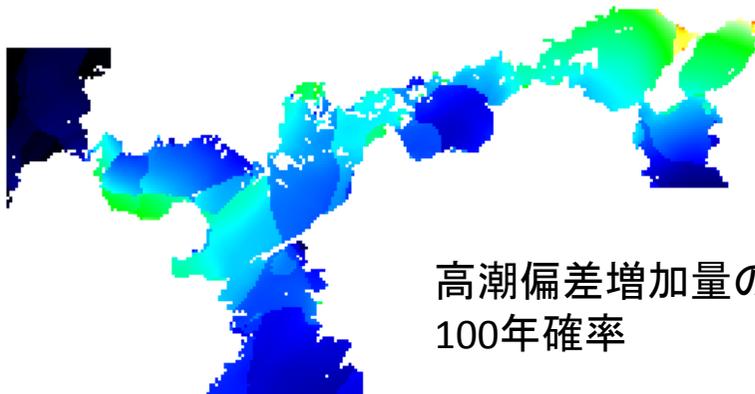
現在: $41+64+45=150 \times 100$ 回=15,000

将来: $30+40+35=105 \times 100$ 回=10,500

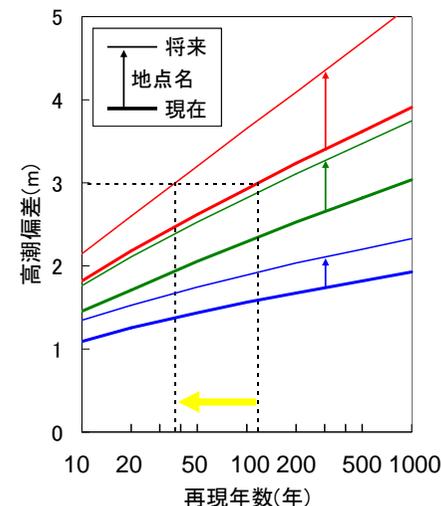


すべて実施可能?
大きいもののみ抽出?

最終出力イメージ



高潮偏差増加量の
100年確率



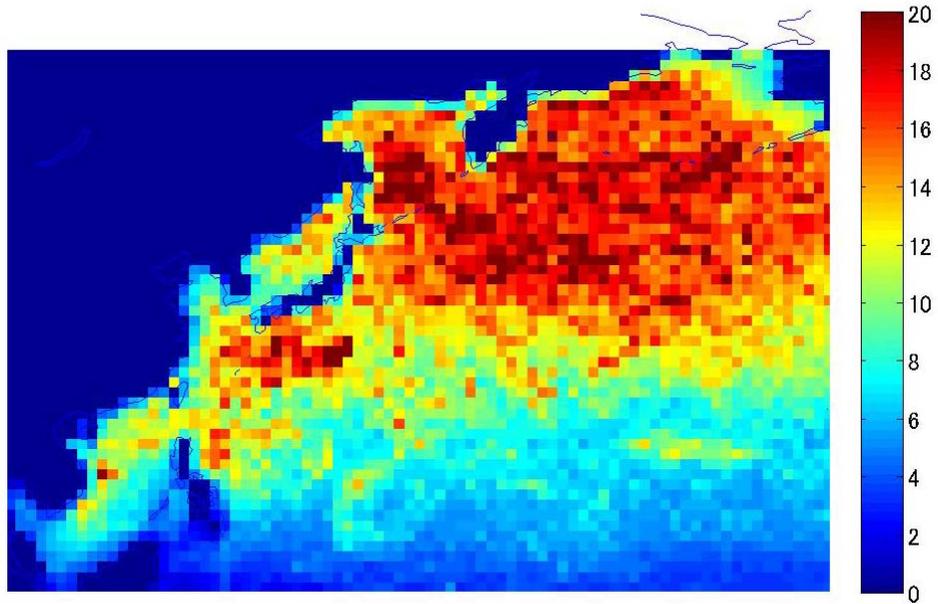
高潮偏差の
極値分布の
変化

GCM出力を用いた将来高潮・高波の計算

京都大学防災研究所
沿岸災害研究分野

安田誠宏・間瀬 肇・森 信人

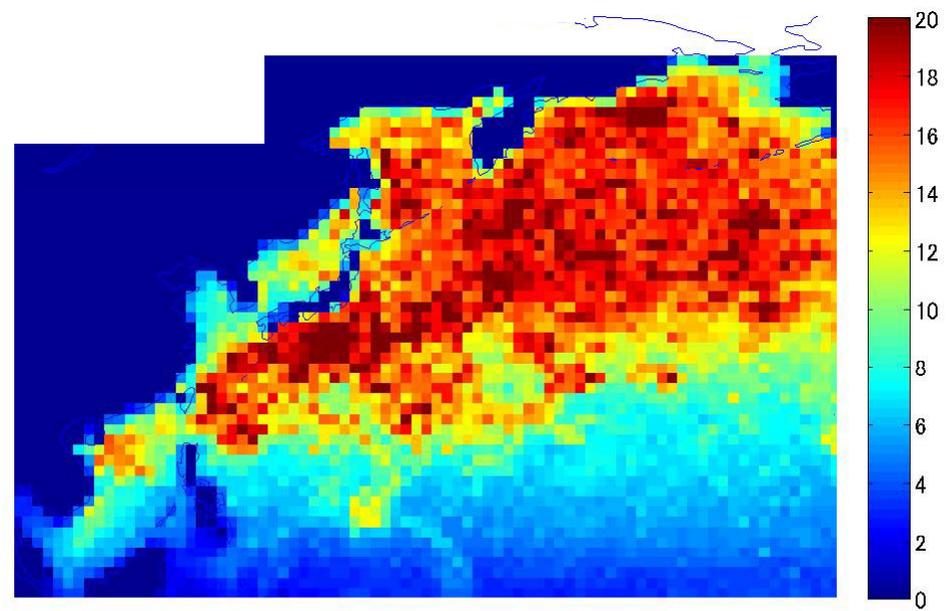
Present

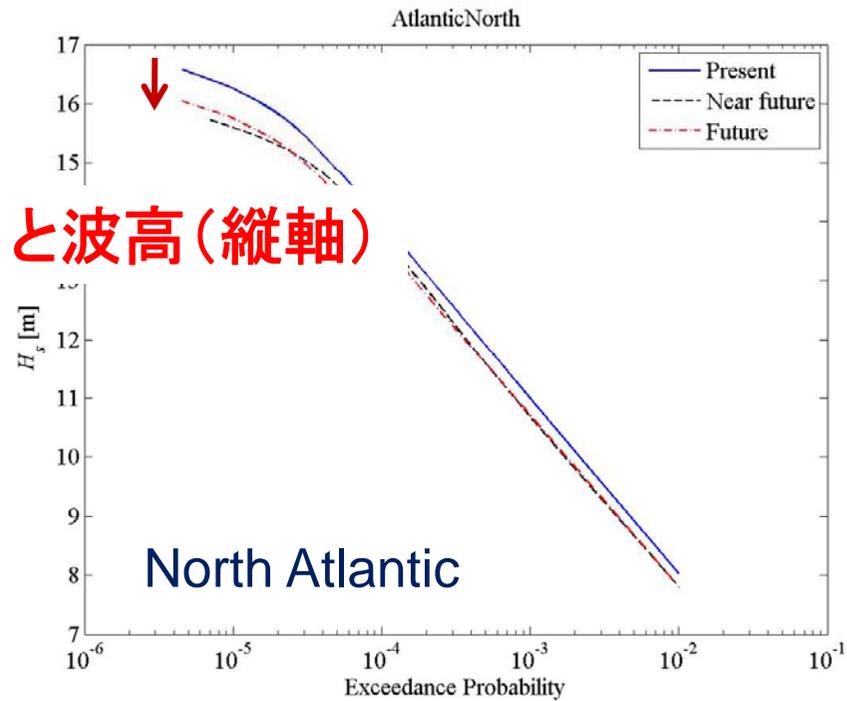
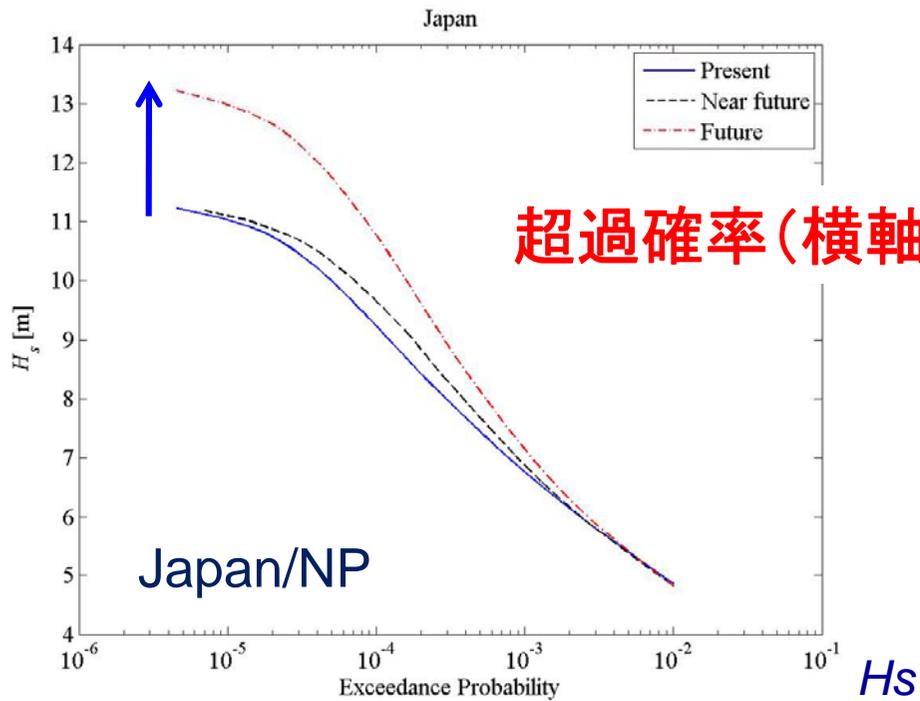


Maximum H_s

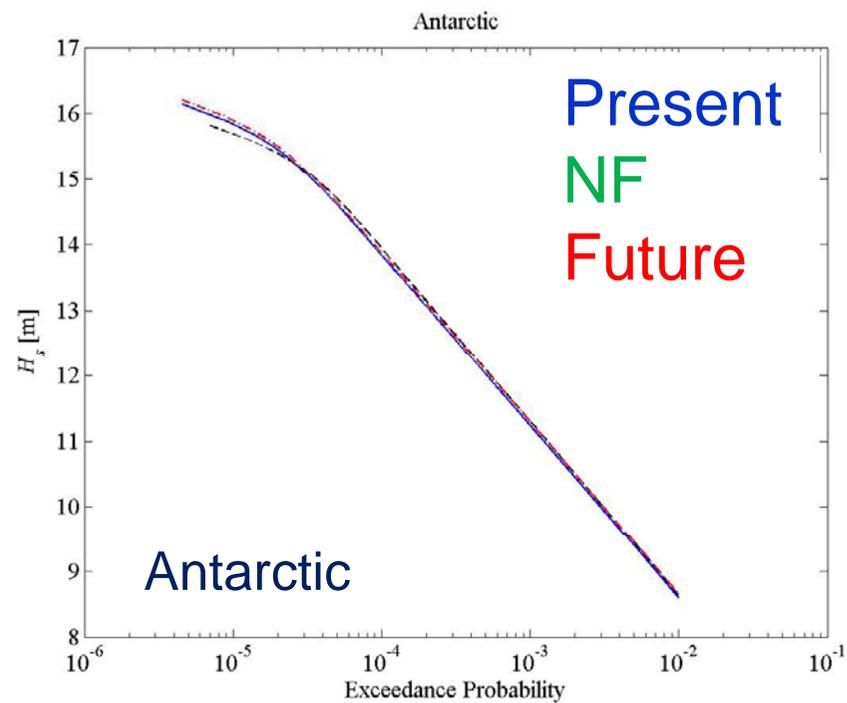
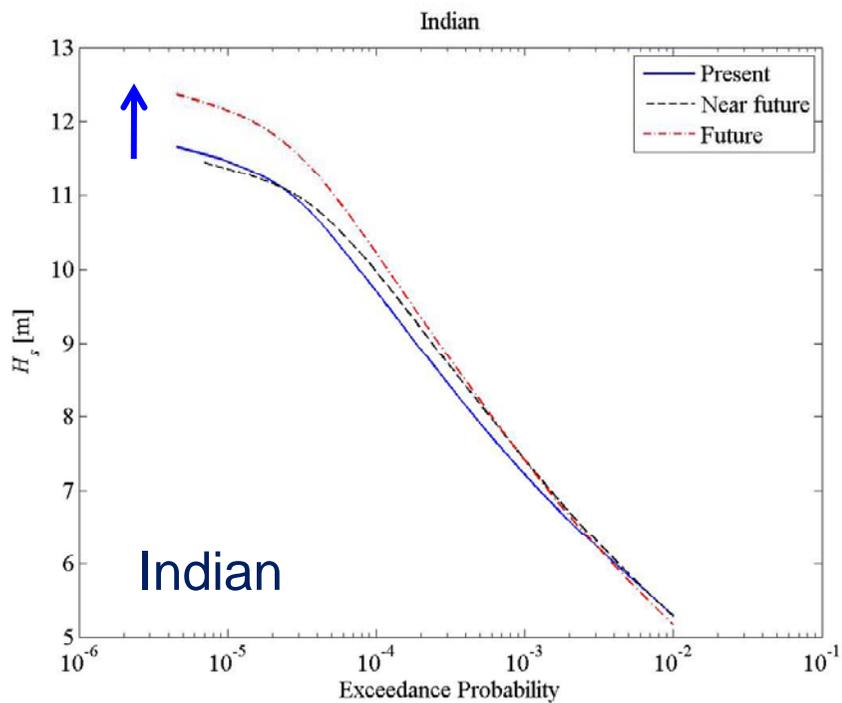
最大波高の計算値

Future





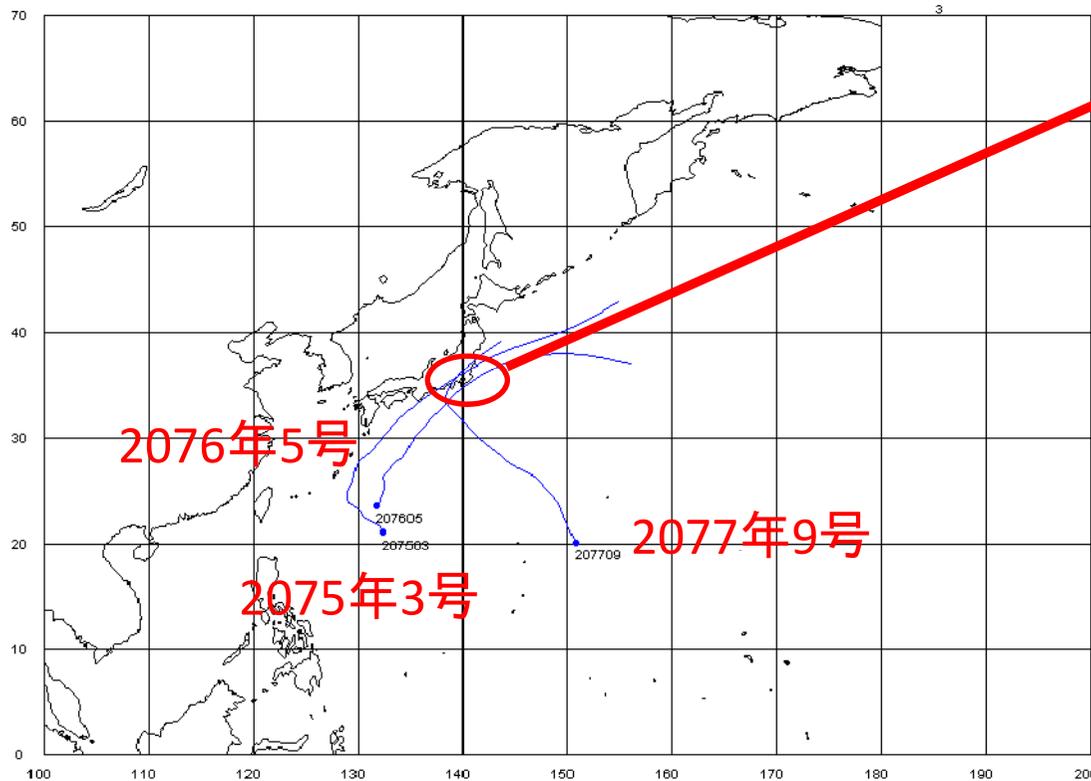
超過確率(横軸)と波高(縦軸)



将来高潮シミュレーション

温暖化を考慮した将来予測計算の結果から、将来台風によって発生する将来の高潮をシミュレーションする。

対象：東京湾に接近する3台風

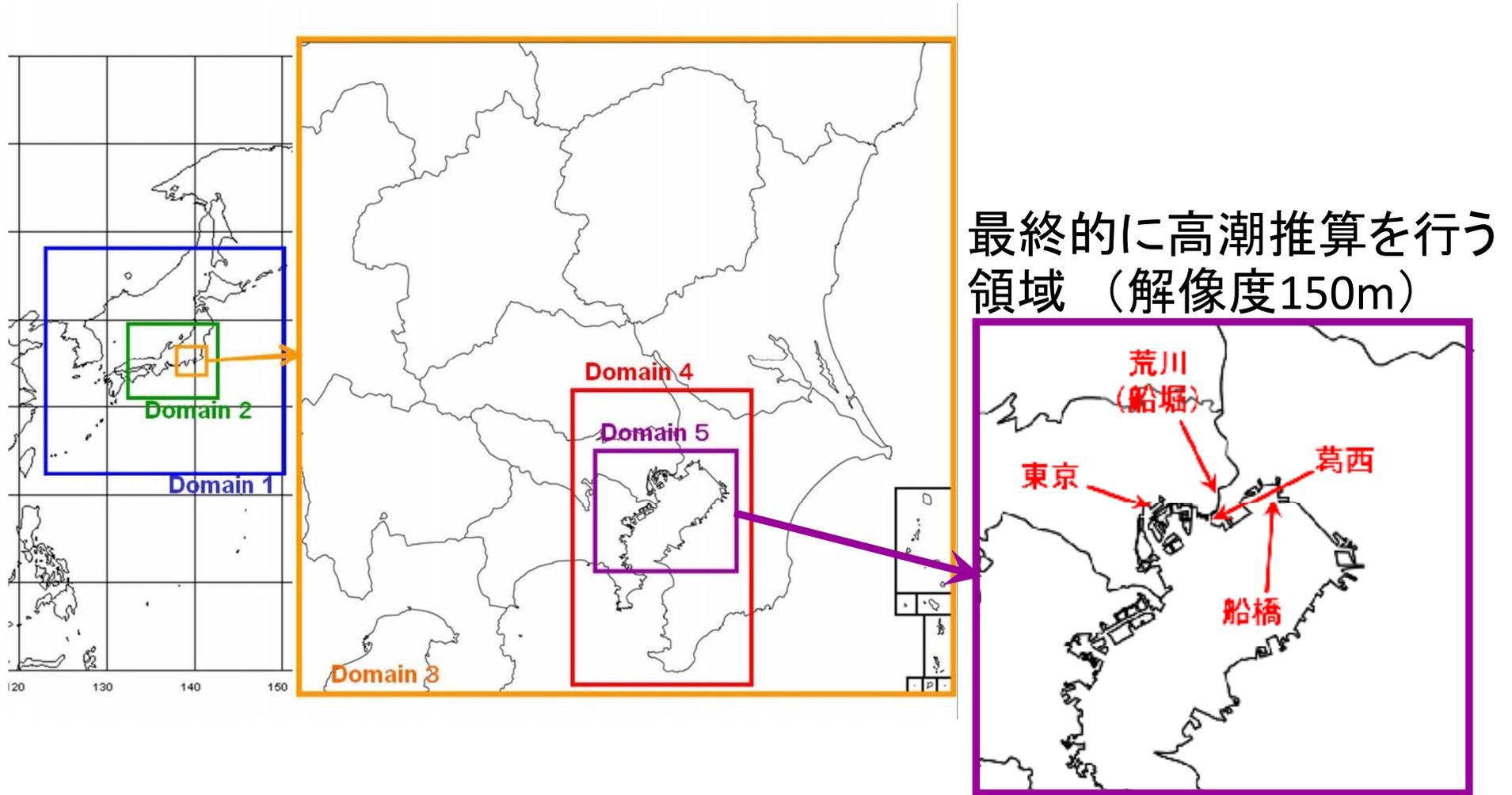


高潮・波浪結合モデルを使用し、東京湾で高潮推算を行う。

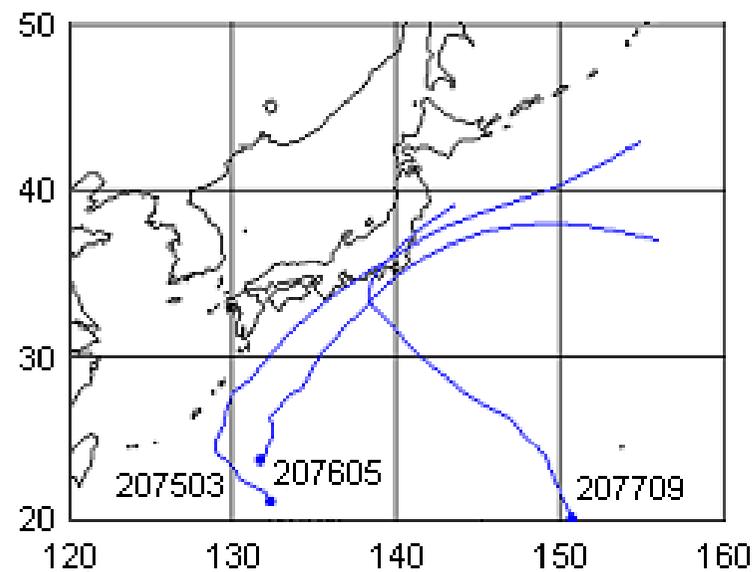
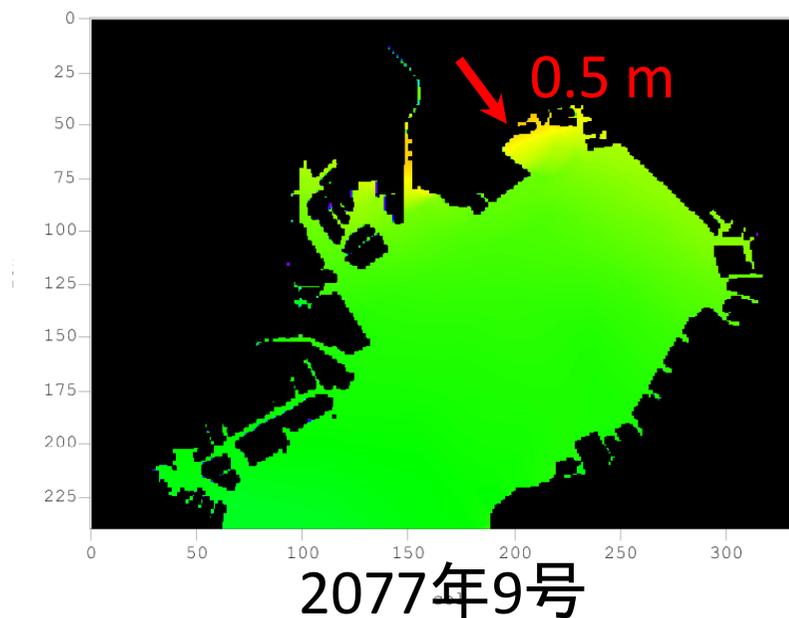
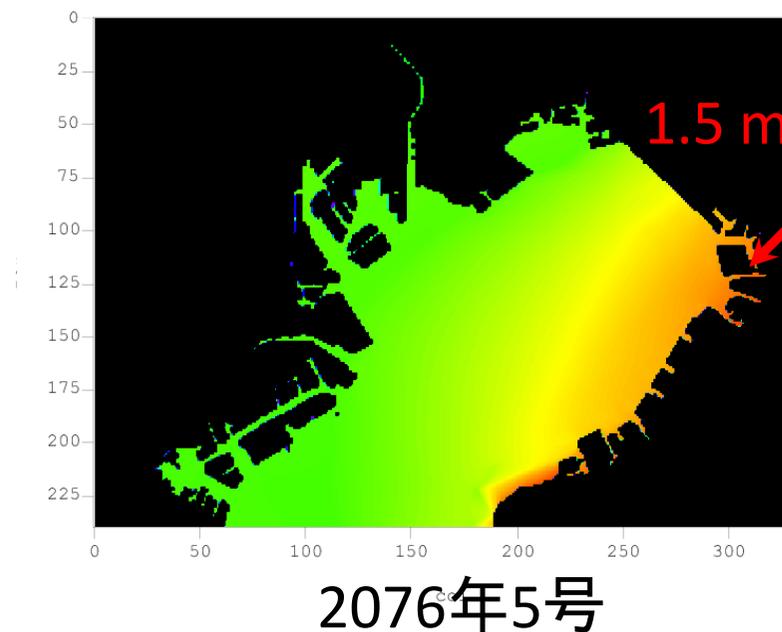
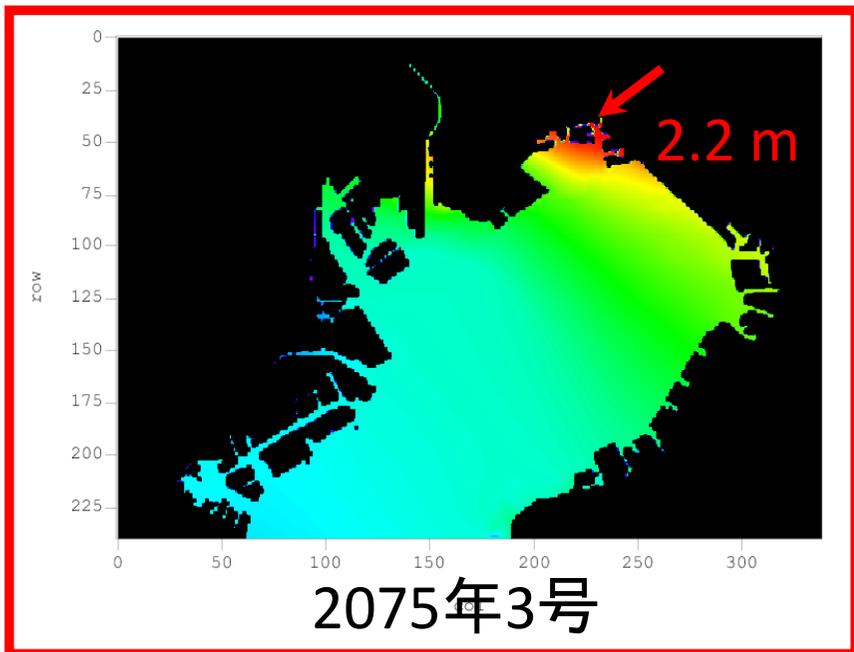
高潮推算を行う領域
(解像度150m)



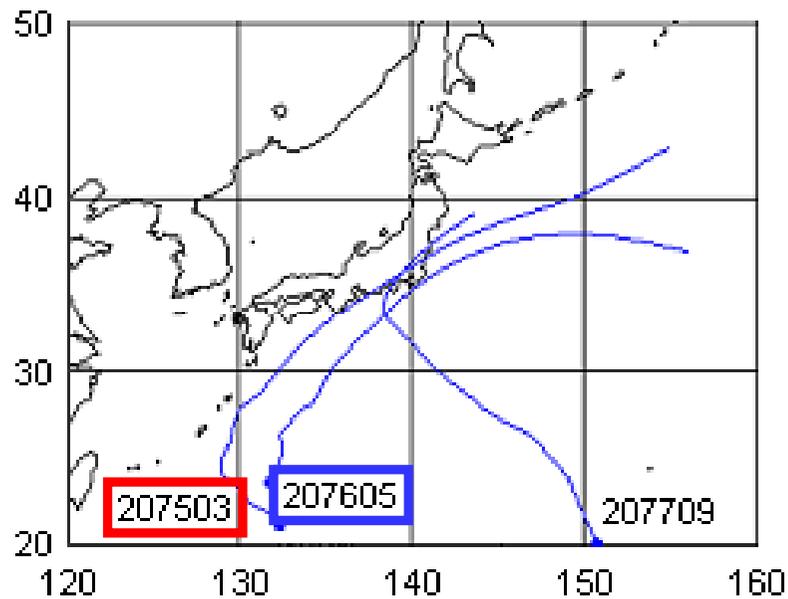
領域ネスティング



最大高潮偏差の平面分布(東京湾)



東京湾付近を通過した将来予測台風の経路, 規模と最大高潮偏差



	2075年 3号	2076年 5号	2077年 9号
中心気圧 最小値 (hPa)	991.8	930.8	982.0
最大風速 最大値 (m/s)	24.9	40.6	31.5
最大高潮 偏差 (m)	2.2	1.5	0.5

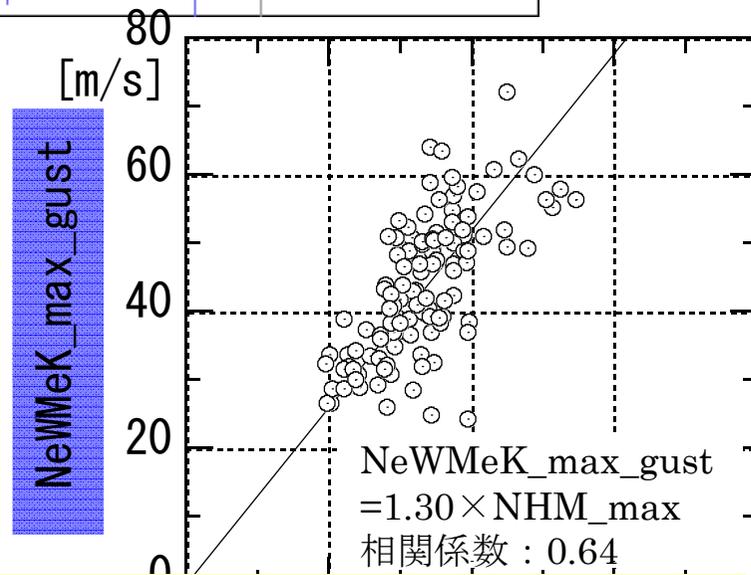
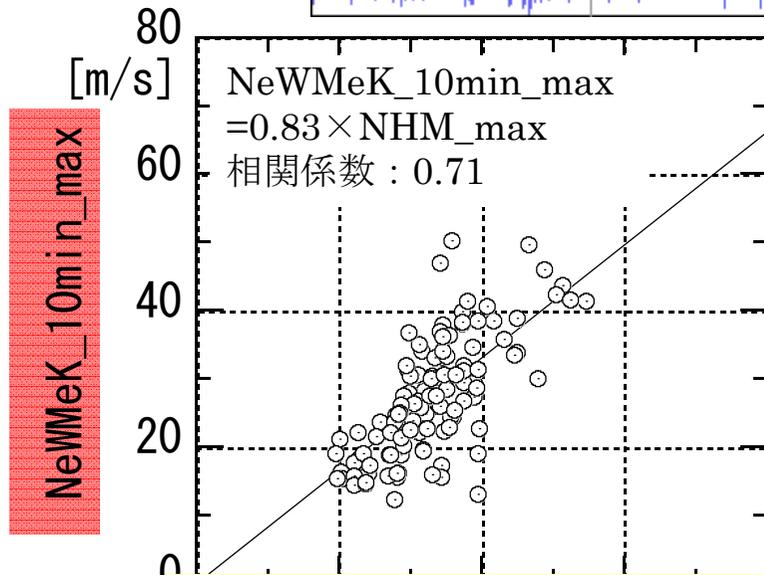
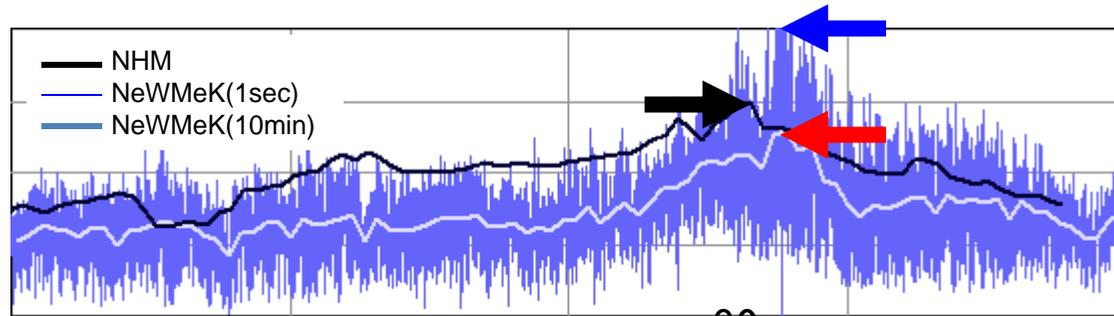
強風災害

丸山 敬

H21年度の成果

- 気象モデルにより計算された強風場の精度検証を観測値との比較により行った.
- 再現された強風場と建物被害の相関を明らかにした.

風速最大値

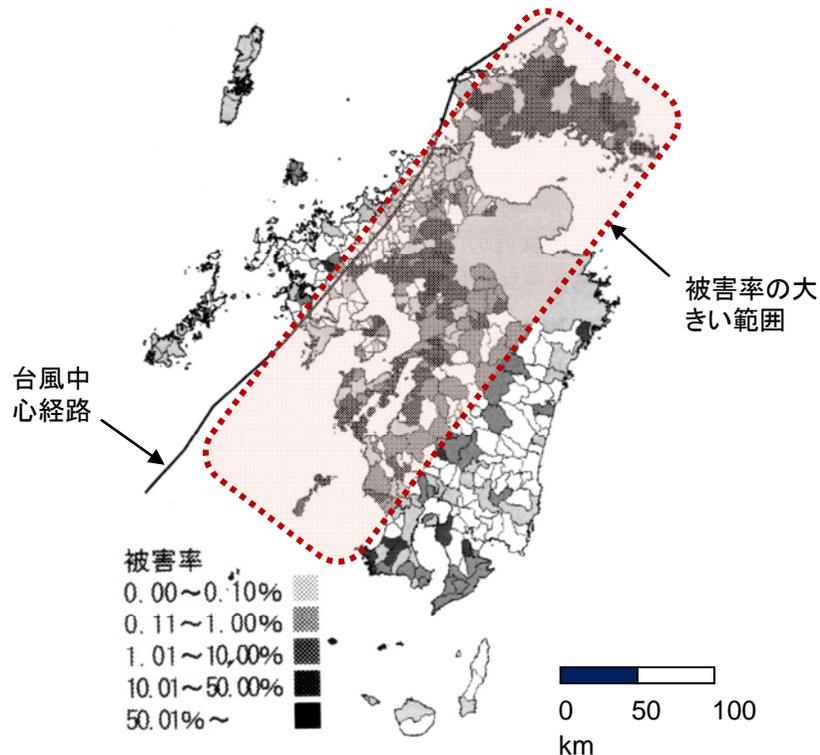


* 計算による最大風速は観測10分間平均最大風速よりは大きく、最大瞬間風速よりは小さい。

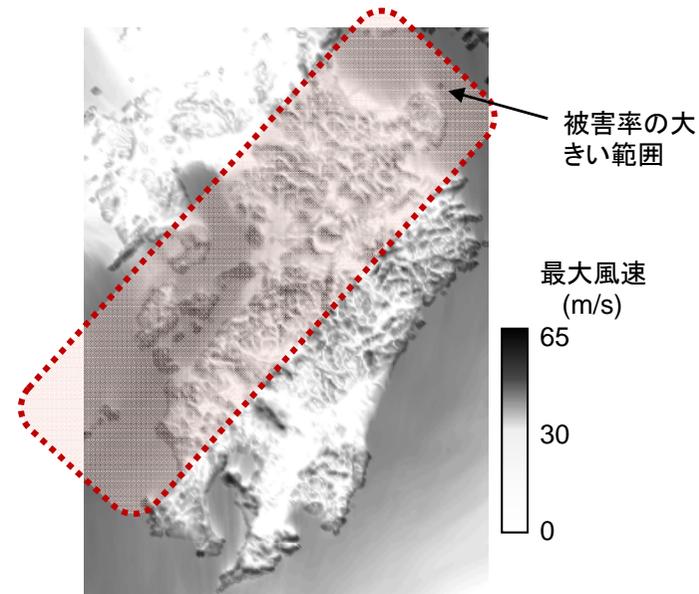
NHMI風速取入値とNeWMeK観測値の10分間平均風速最大値の関係

NHMI風速取入値とNeWMeK観測値の最大瞬間風速の比関係

建物被害調査結果との比較



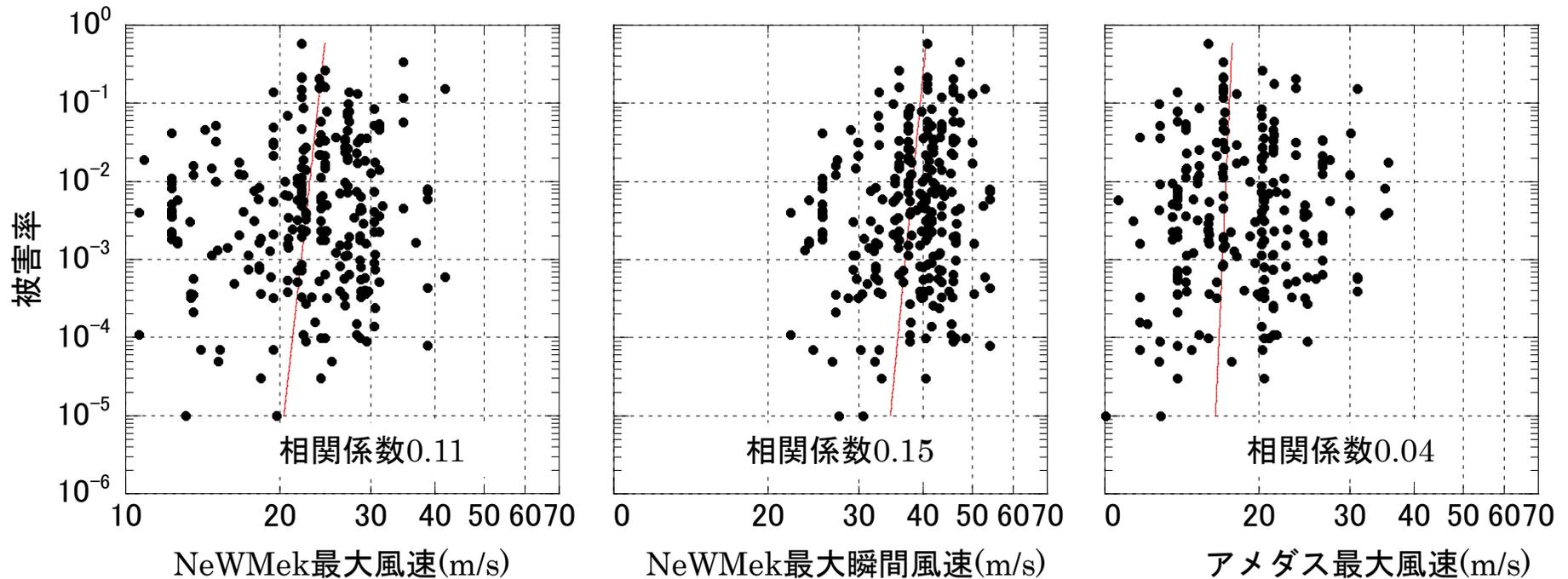
台風0418号による市町村別の建物被害率の分布
(九州大学前田研究室提供)



メソスケール気象モデルにより再現された
最大風速分布(地上10m)

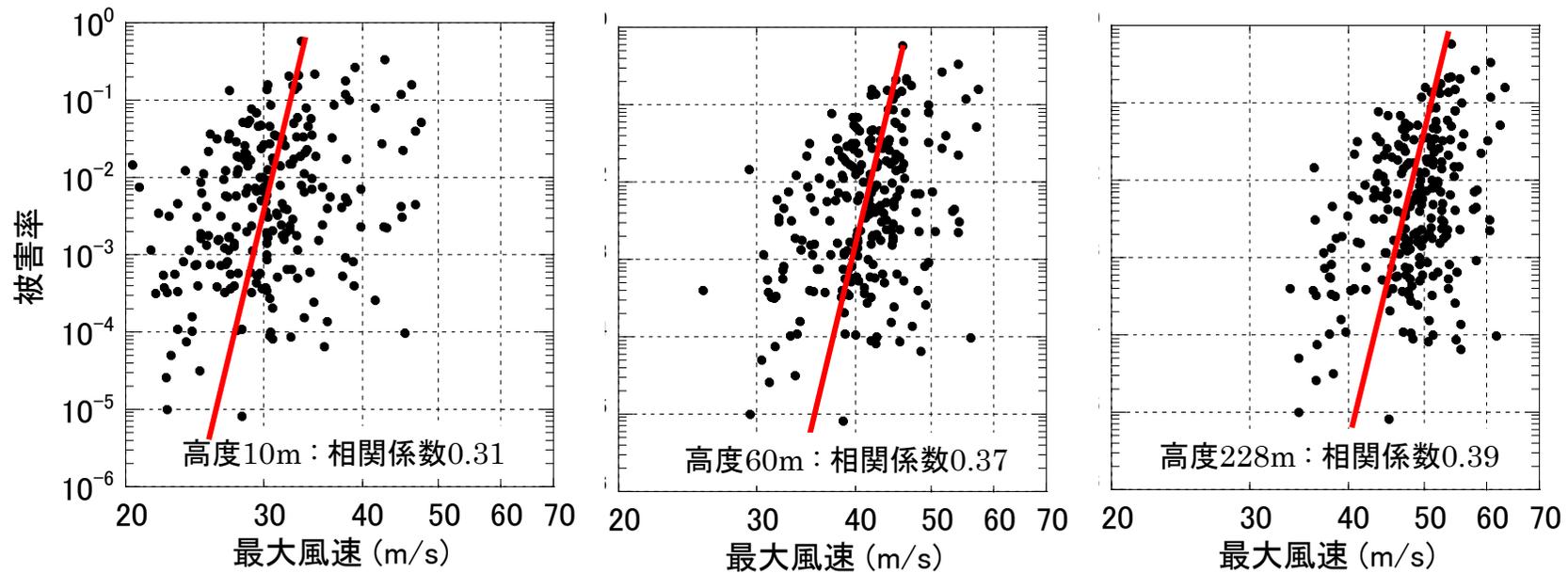
- * 台風経路の東側約150kmの範囲と、南部の海岸線に被害が多い。
- * 計算で求めた高風速領域は建物被害率の高い領域に対応する。

観測された風速最大値 と建物被害率の相関



* 観測による風速最大値との相関は良くない。

計算された風速最大値 と建物被害率の相関



* 観測値よりも相関は高い。
* 高度が高くなるほど相関は高くなる。

今後の予定

前期予備実験出力計算結果を用いた今後

- 災害評価ハザードモデルを一旦完成させる。
- これまでの成果をベースに影響評価出力を作成し、整理する。
- 降水の確率評価等いくつかのグループで実施している内容を整理する。
- 整理したものを、ハザードモデルへの影響評価に系統的に利用する。
- 確率分布の補正の系統的な実施を考える(土研手法も大いに参考に)。
- 平行して、河川流量、土砂災害、強風災害を中心に、RCM出力結果を用いた評価を進める。

アンサンブル実験結果の利用

- 確率降水や確率台風モデルの有意性を高める。
- まずは60kmアンサンブル結果を利用し、さらにはDIASを通して他のモデル出力も利用する。

シナリオベースの評価

- 河川流量、高潮・高波、強風災害、氾濫災害では、モデル上生起し得るスーパー台風等をベースにした評価を実施する。
- それには、チーム3のアノマリネスティング、チーム4の算定結果も利用。
- 確率論ではなくシナリオベースの結果を適応策にどう活かすかを考える。