

DIASシンポジウム2019-2020 Online

写真：「佐賀平野から有明海を望む」，撮影：児玉充由

WEB上アップ用
(令和2年3月27日)

気候変動下で甚大化する佐賀平野の高潮災害 に対する適応策の立案に向けた検討

九州大学大学院工学研究院
橋本典明
井手喜彦
山城 賢
児玉充由

研究背景と目的

気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)



【佐賀平野の特徴】

- ・ 干満差が我が国で最も大きい(最大約6m)
- ・ 有明海内で吹送距離が最も長い
- ・ 広域において地盤高が水面より低い(干拓地)
- ・ 超軟弱な粘性土地盤が深く堆積(30m以上)
- ・ 度重なる洪水の発生



【水・土砂災害に対する脆弱性が極めて高い】

洪水や高潮による氾濫が生じると広域的かつ長期間にわたり浸水が続き甚大な被害となる。

【研究目的】



気候変動に伴う水・土砂災害の影響評価と適応策について佐賀県と協同で研究し、実効性の高い適応策を検討する。



海岸線から10 km以上離れた内陸部ですら、既往最高潮位より地盤高が低くなっている

県と連携した適応策に関する検討

【研究計画】

実施内容	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度
自治体との協議	■	■	■	■	■
データ収集	■				
モデルの高精度化と再現性の検証		■	■		
モデルへの適応策の導入			■	■	
気候シナリオに基づくシミュレーションと適応策の検討			■	■	■
評価モデルによる適応策の効果の検討				■	■
取り纏め					■

【協議内容】

- 様々な適応策の検討を実施可能な**高潮氾濫シミュレーションモデルの開発と改良**
- 佐賀平野における台風の**最悪経路**の検討
- 佐賀平野の様々な**高潮対策施設等の効果**の把握
- 温暖化による**海面上昇の影響評価**
- d4PDFとダウンスケーリングデータを用いた**台風および高潮の将来変化**に関する検討
- d4PDFを用いた佐賀平野における台風に伴う豪雨の**確率論的評価** など

モデル自治体佐賀県との打ち合わせを年に2回実施し、意見交換を行ってきた。



平成28年度 第1回モデル自治体会議 (8/17)



平成29年度 第1回モデル自治体会議 (6/9)



平成29年度 第2回モデル自治体会議 (8/9)

佐賀県から抽出した検討内容

佐賀県からの要望に
沿った検討を実施

検討項目①：危険な台風経路の検証

台風がどのようなコースを通った場合が最も危険なのか検証し、適切な水防活動や避難行動に役立てる。

検討項目②：堤防の重要水防箇所の抽出

有明海岸堤防は、計画堤防高7.5mに満たない危険箇所が複数存在するが、どの箇所が一番危険なのかなど順位が明らかにされていない。高潮氾濫シミュレーションを実施し、どこから順番にあふれだすのかなどの浸水過程を明らかにして、重要水防箇所の優先順位付けを行い、適切な水防活動や避難行動に役立てる。

検討項目③：旧堤防、有明海沿岸道路等など既存施設の二線堤としての効果を把握

有明海岸堤防内に隣接する旧堤防や有明海沿岸道路は、海岸堤防が破堤した場合に高潮を防御する効果があるとされている。既存施設の有効性を定量的に評価することで、保全対策や活用対策に資する。

検討項目④：防潮水門の効果検証・河川と高潮の複合災害を考慮

六角川及び本庄江等において高潮対策を目的とした防潮水門が整備されている。これらの防潮水門の効果を把握するために、防潮水門有り無し時の高潮シミュレーションを実施し、水門の被害軽減効果の検証をすることで事後評価に資する情報を得る。また、河川と高潮の複合災害を考慮した検討を行う。

検討項目⑤：排水ポンプによる浸水からの復旧効果に関する検討

佐賀県には、100箇所以上に排水処理場が存在する。高潮浸水時および、浸水後の復旧における排水ポンプの有効性を検証する。

検討項目⑥：L2およびその他の規模の台風による高潮氾濫シミュレーションの実施

平成27年の水防法改正により、最大想定規模(L2規模)の高潮の浸水想定区域図の作成が義務付けられ、国交省、農林省により高潮浸水想定区域図作成の手引きがだされているところである。佐賀県においても有明海岸の計画堤防高さ7.5mからどの高さまで上昇し、どのような浸水区域となるのか把握が必要であり、これらの手引きに沿った高潮氾濫シミュレーションを実施したい。その際、有明海に適用した場合非現実的な計算条件は非採用とするなど、極力ローカルルールを勘案する。

大規模アンサンブル気候予測データベースを用いて将来変化を考慮した検討を実施

大規模アンサンブル 気候予測データベース (d4PDF)

大規模アンサンブル気候予測データベース

将来気候における台風特性の確率論的な評価には、**気候予測モデルによる実験結果の解析が有用**であるが、これまでの気候予測モデルによる実験は、**アンサンブル数が十分でないために確率論的な評価が難しかった**。文科省・気候変動リスク情報創生プログラム（平成28年度終了）では、これまでにない大規模なアンサンブル実験結果をもつ気候予測データベース(d4PDF)を作成した。これによって、確率論的な議論ができるようになった。

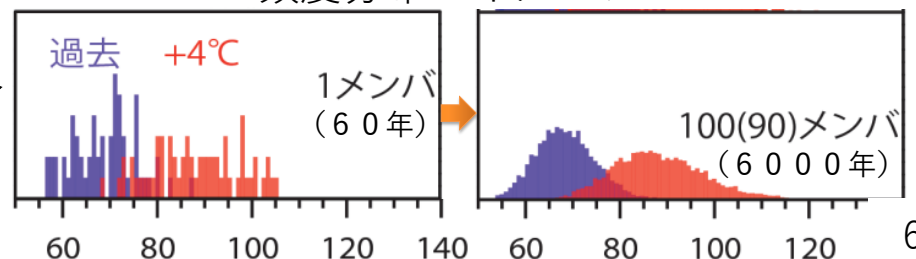
d4PDF 地球温暖化対策に資するための大規模気候予測データベース

	過去実験	将来2度上昇実験	将来4度上昇実験
期間	現在気候(1951～2011年)	全球平均気温 2 度上昇気候	全球平均気温 4 度上昇気候
内容	気象データ（水平解像度60km(日本周辺は20km)）		
計算期間	6,000年分 (60年×100メンバー)	3,240年分 (60年×54メンバー)	5,400年分 (60年×90メンバー)
海面水温モデル	観測データ	6 種類の全球大気海洋結合モデルの実験結果を使用	

cf. 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF) 利用手引き

頻度分布のイメージ

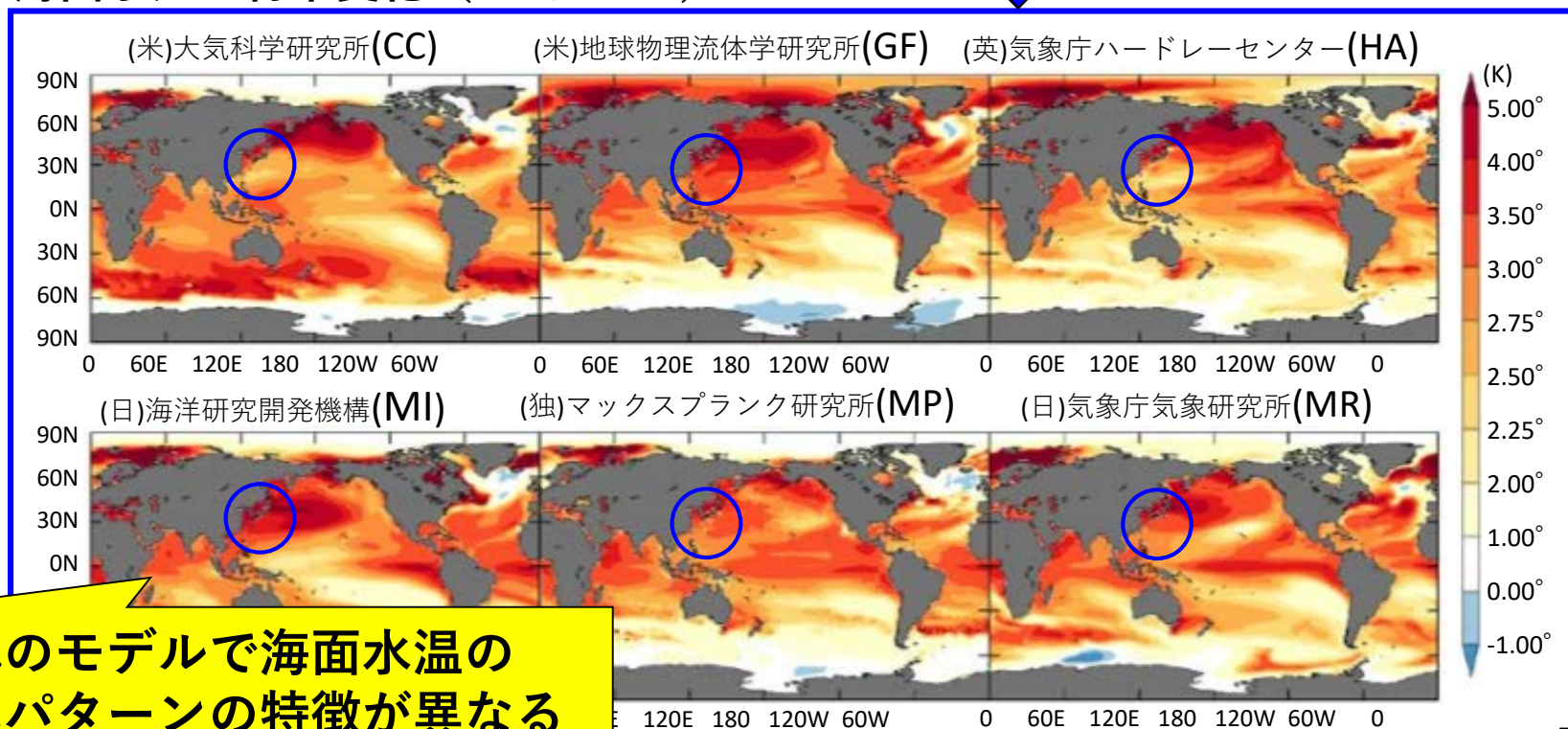
将来の気候予測を、温暖化に対して段階的に確率・統計論を用いて議論できるようになった



d4PDF 地球温暖化対策に資するための大規模気候予測データベース

	過去実験	将来2度上昇実験	将来4度上昇実験
期間	現在気候(1951～2011年)	全球平均気温 2 度上昇気候	全球平均気温 4 度上昇気候
内容	気象データ (水平解像度60km(日本周辺は20km))		
計算期間	6,000年分 (60年×100メンバー)	3,240年分 (60年×54メンバー)	5,400年分 (60年×90メンバー)
海面水温 モデル	観測データ	6 種類の全球大気海洋結合モデルの実験結果を使用	

海面水温の将来変化 (6パターン)



それぞれのモデルで海面水温の将来変化パターンの特徴が異なる

有明海に接近する 台風特性の将来変化

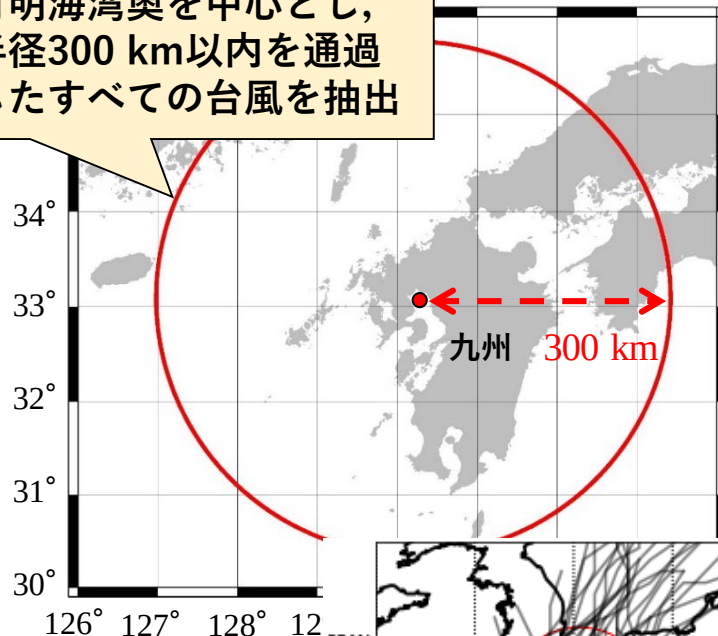
有明海に來襲する台風特性の将来変化

有明海周辺における台風の來襲頻度

d4PDFから有明海に接近した台風を抽出し、來襲頻度の将来変化について調べた。

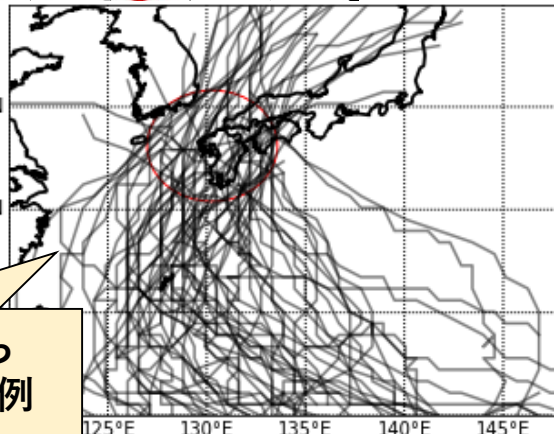
【解析対象とした台風】

有明海灣奥を中心とし、半径300 km以内を通過したすべての台風を抽出



台風全体の総数は減少

1メンバー(60年間)から抽出された台風経路の例



【來襲台風の個数（1,000年あたり）】

全台風

実験名	個／1000年	
過去実験	1023.6	-219
2度上昇実験	804.6	-204
4度上昇実験	600.0	

中心気圧940hPa以下

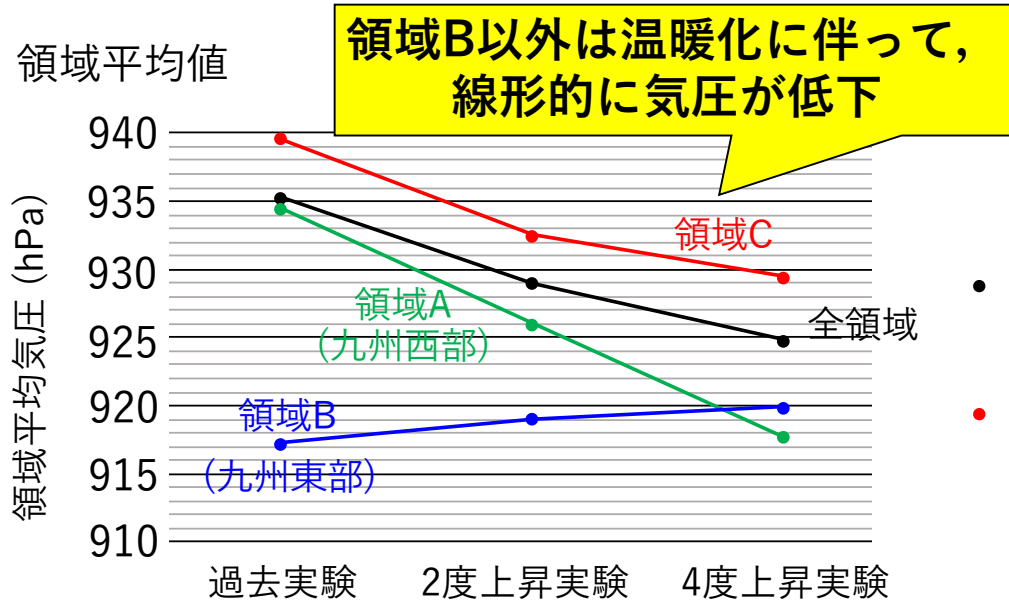
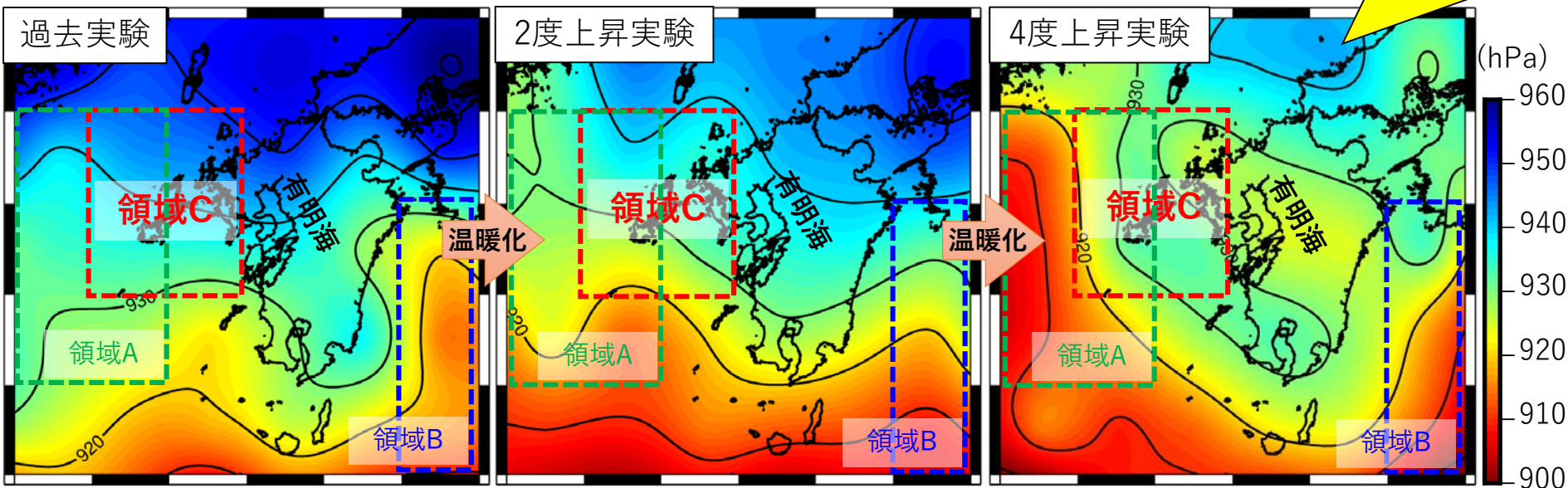
実験名	個／1000年	
過去実験	32.3	+28.9
2度上昇実験	61.1	+13.7
4度上昇実験	74.8	

勢力の強い台風の数が増加

台風強度

【再現期間1,000年における台風中心気圧】

温暖化に伴って、
領域全体で気圧が低下



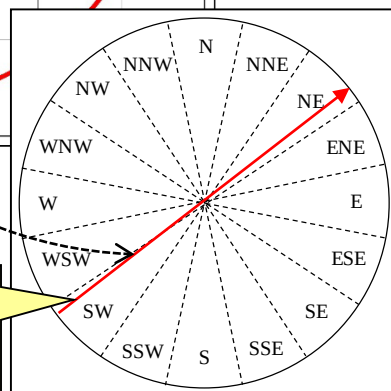
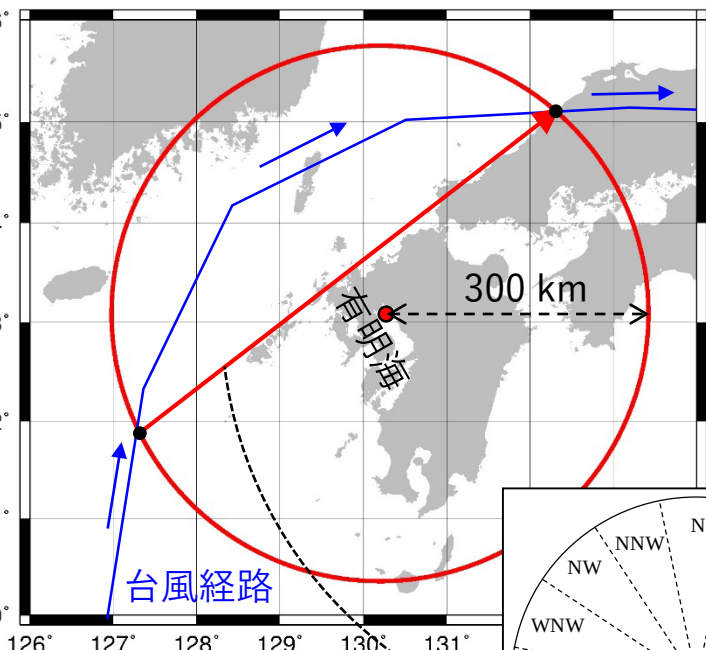
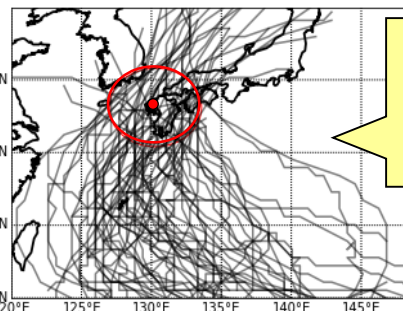
領域全体（九州周辺）では、気温2度上昇に対して、約5hPaの中心気圧低下

- 九州東部海域と比較して、九州西部海域で台風の強化が顕著
- 有明海に対して危険な経路（領域C）で台風は強化される傾向があり、佐賀平野での高潮災害の危険性は将来的に増す可能性が高い

台風の進行方向

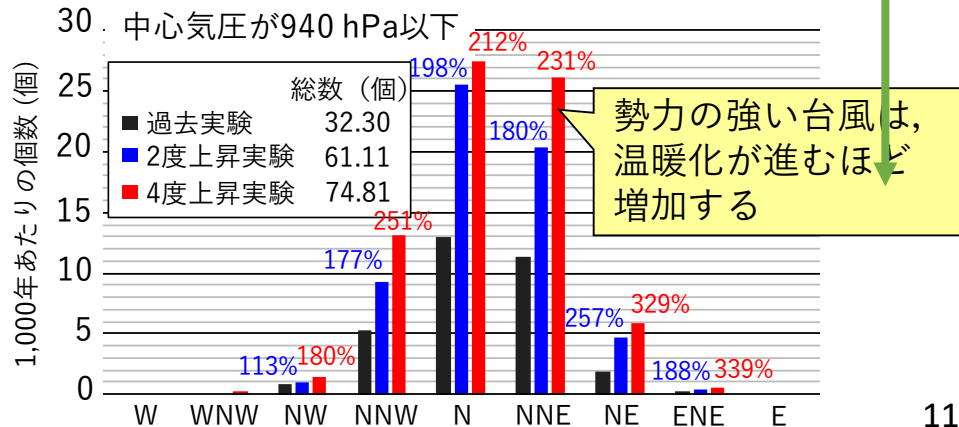
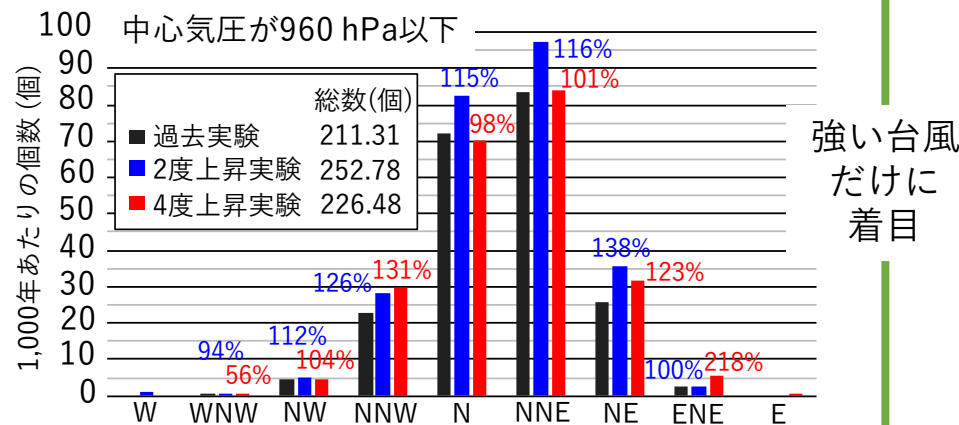
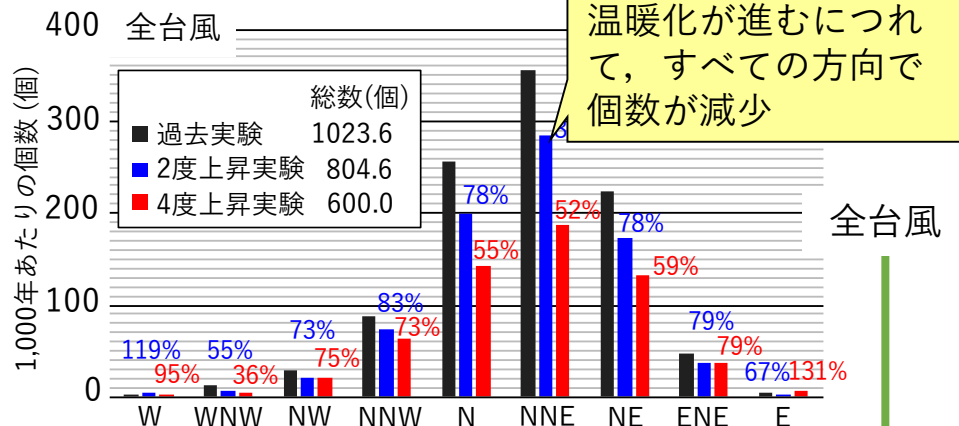
対象台風と進行方向の定義

有明海周辺(半径300km以内)を通る台風を対象台風とする。



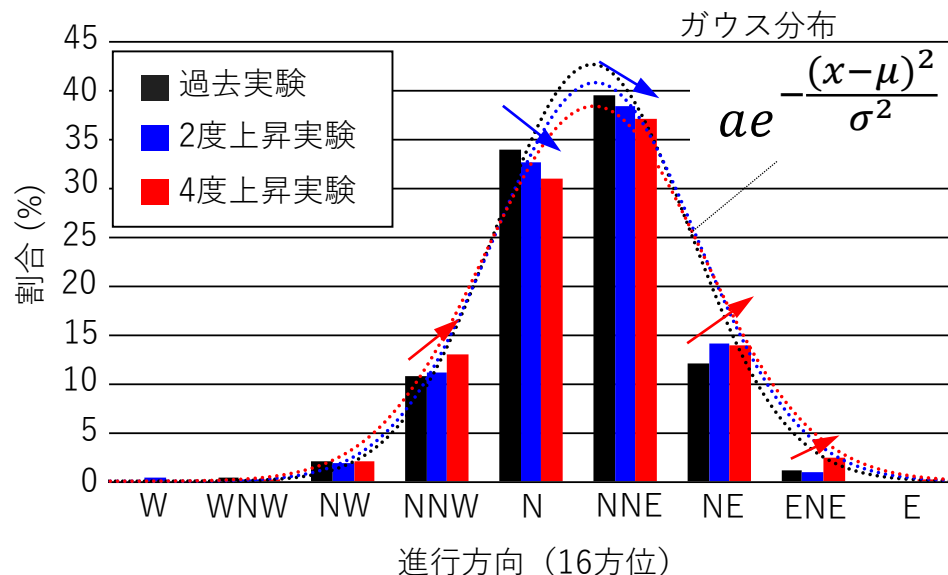
この台風経路の進行方向は、NEに分類される

1,000年あたりの各進行方向の台風個数



進行方向の割合（各実験の総数で正規化）

960 hPa以下の台風



ピーク値が小さくなり、
標準偏差が大きくなっている。

一方、ピーク方位はほとんど変化
しない。

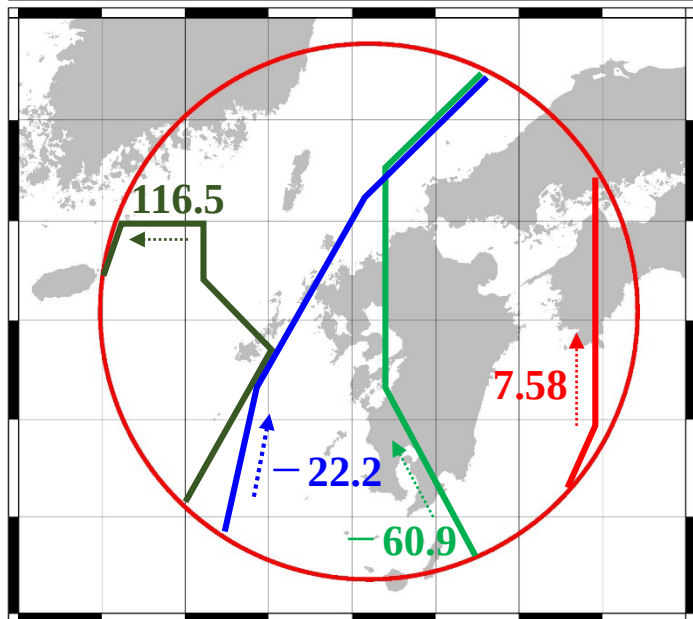
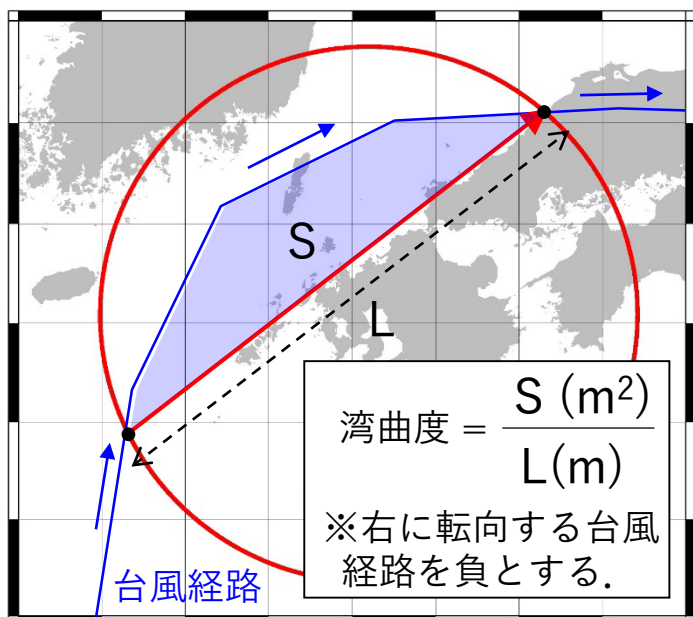
ガウス分布のパラメータ

実験名	a (ピーク値)	μ (ピーク方位)	σ (標準偏差)
過去実験	42.8	193	29.1
2度上昇実験	40.9	194	30.8
4度上昇実験	38.5	193	32.7

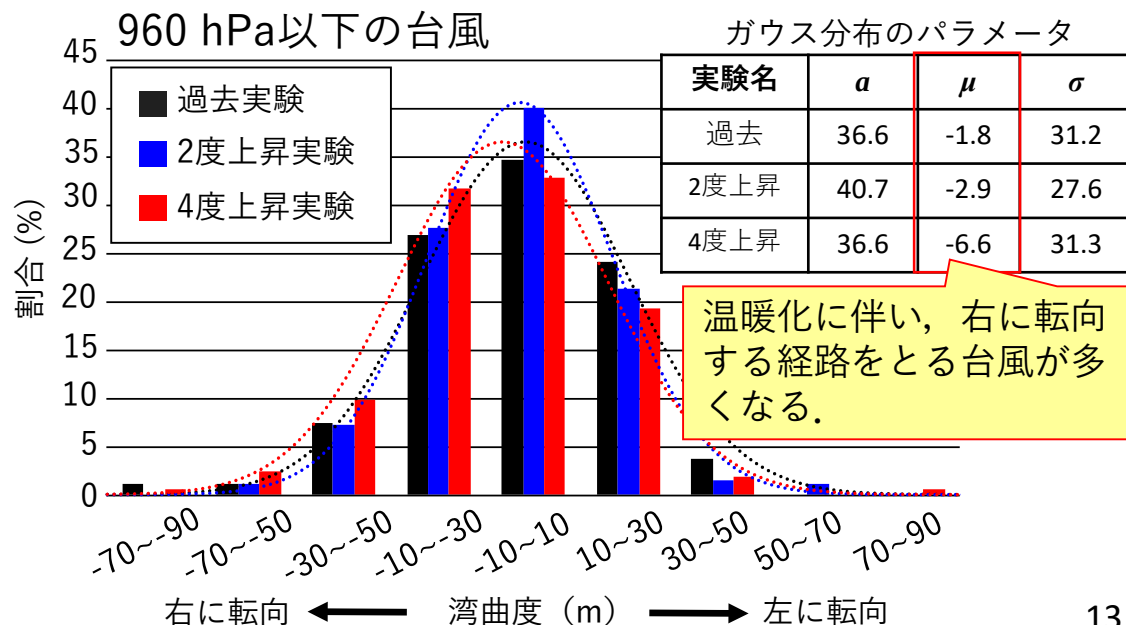
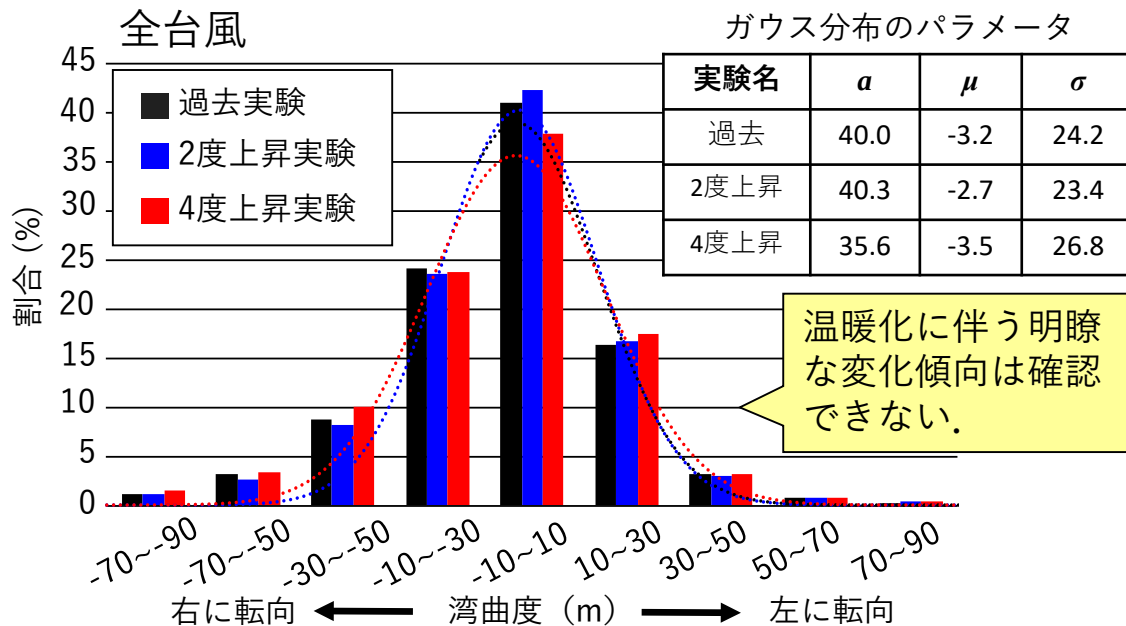
温暖化が進むにつれて、**来襲方向の分散が大きくなる**，すなわち将来的に様々な方向から台風が来襲する可能性が高くなる。

台風の湾曲度

湾曲度の定義



湾曲度の将来変化



有明海に接近する台風特性の将来変化についてのまとめ

大規模アンサンブル気候予測データベース（d4PDF）を用いて、将来における台風特性の変化を評価した。

- 温暖化に対して段階的な統計解析
- これまでの研究と比較して空間スケールの小さい領域（有明海周辺）に着目
- 高潮を考える上で重要なパラメータについて詳細に評価

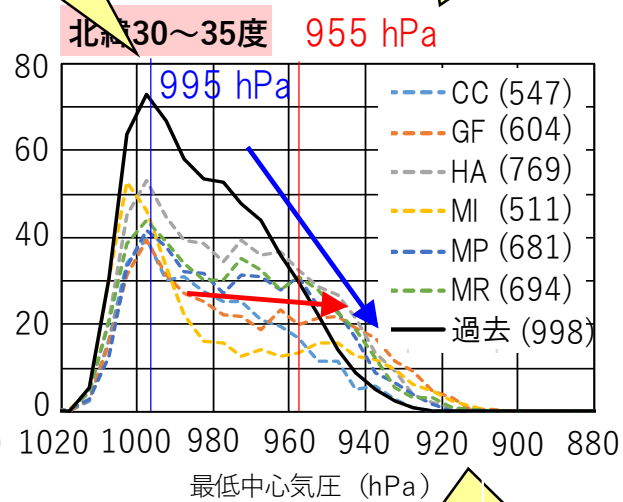
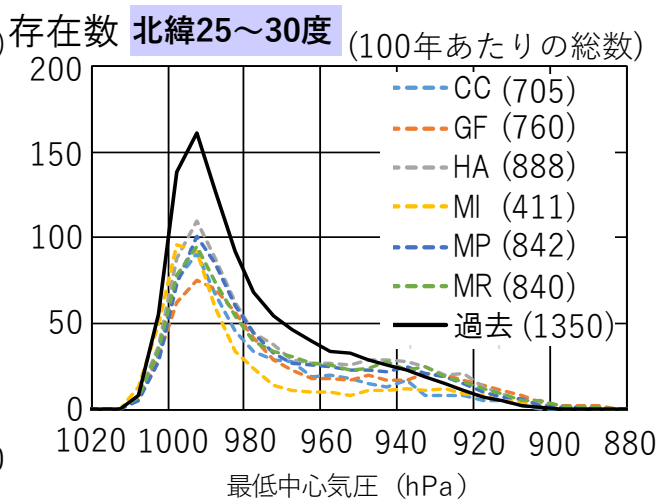
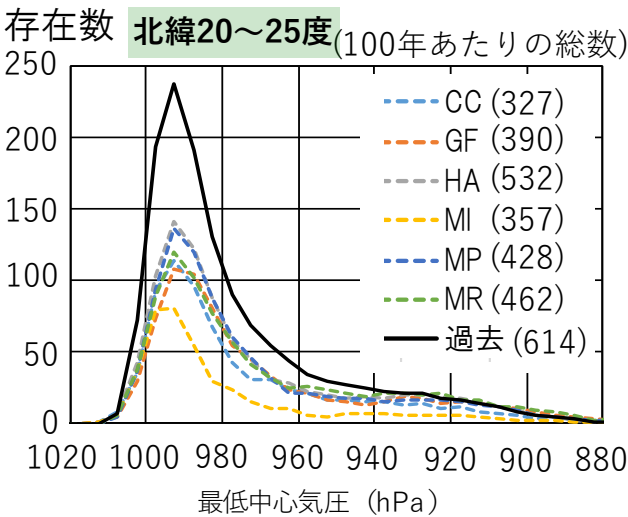
【主要な結論】

- 将来的に有明海周辺に来襲する台風の勢力は強化される（全球的な検討と同様の結果）。ただし、有明海の西部海域では東部に比べより強くなる傾向にあるなど、領域によって強化の程度は異なる。
- 有明海の高潮を考える上で重要な領域においても将来的に台風は強化される傾向にあり、湾奥部の低平地（佐賀平野・筑後平野）の高潮災害の危険性は高まると考えられる。
- 台風の進行方向は温暖化が進むほど分散が大きくなり、様々な方向から台風が来襲する可能性が高くなる。
- 湾曲度（台風経路の曲がり具合）の評価から、2度上昇気候において最も分散が小さく直線的な経路をもつことや、温暖化が進むほど右に転向する台風が増えることが分かった。
- 現在気候では、強度が低い台風ほど直線的な台風経路をとる確率が高くなるが、温暖化するほどその傾向が見られなくなる。

日本周辺海域を対象とした 台風特性の将来変化

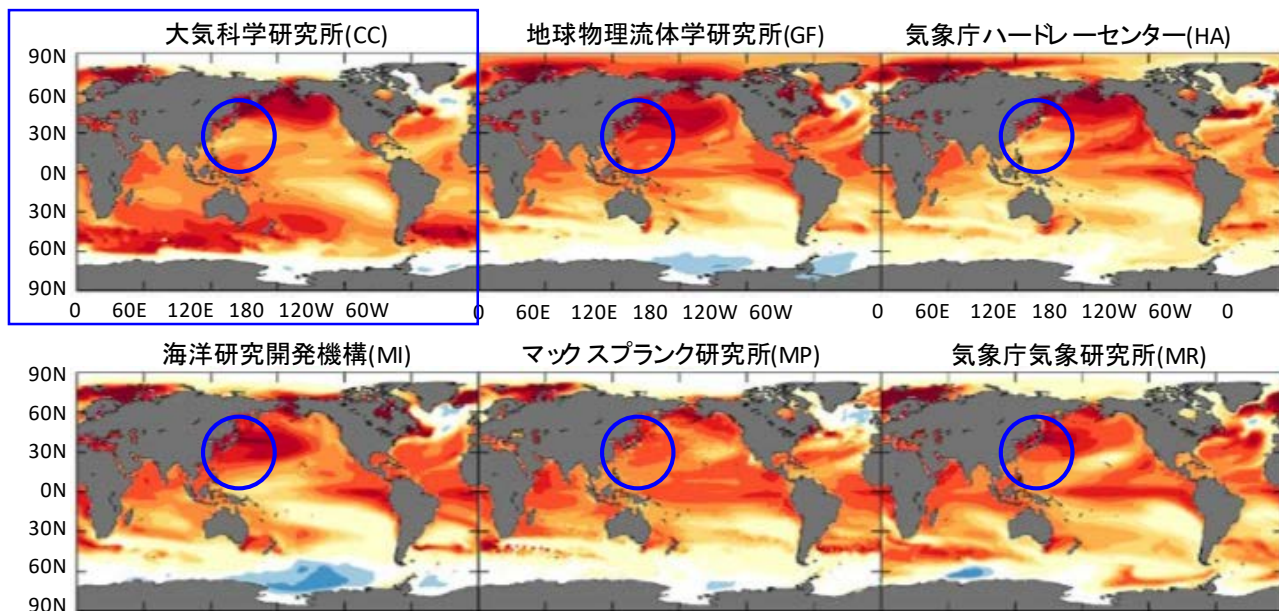
日本周辺海域を対象とした台風特性の将来変化

各緯度帯における最低中心気圧と台風の存在数

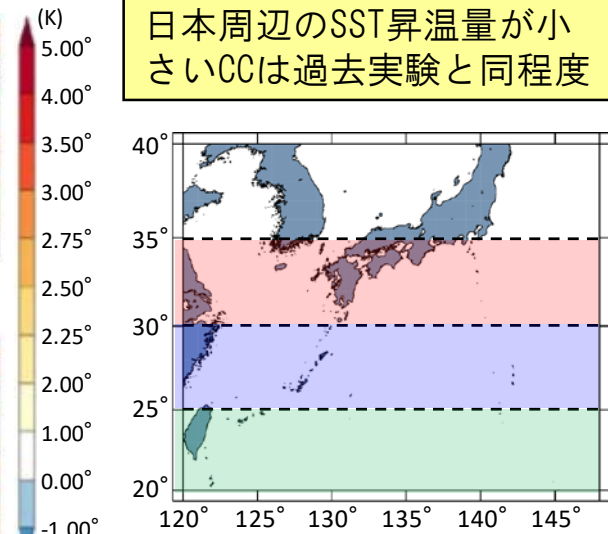


どのパターンも995hPa付近でピークをとる

955hPaで将来実験が過去実験を上回る ※CCを除く



日本周辺のSST昇温量が小さいCCは過去実験と同程度

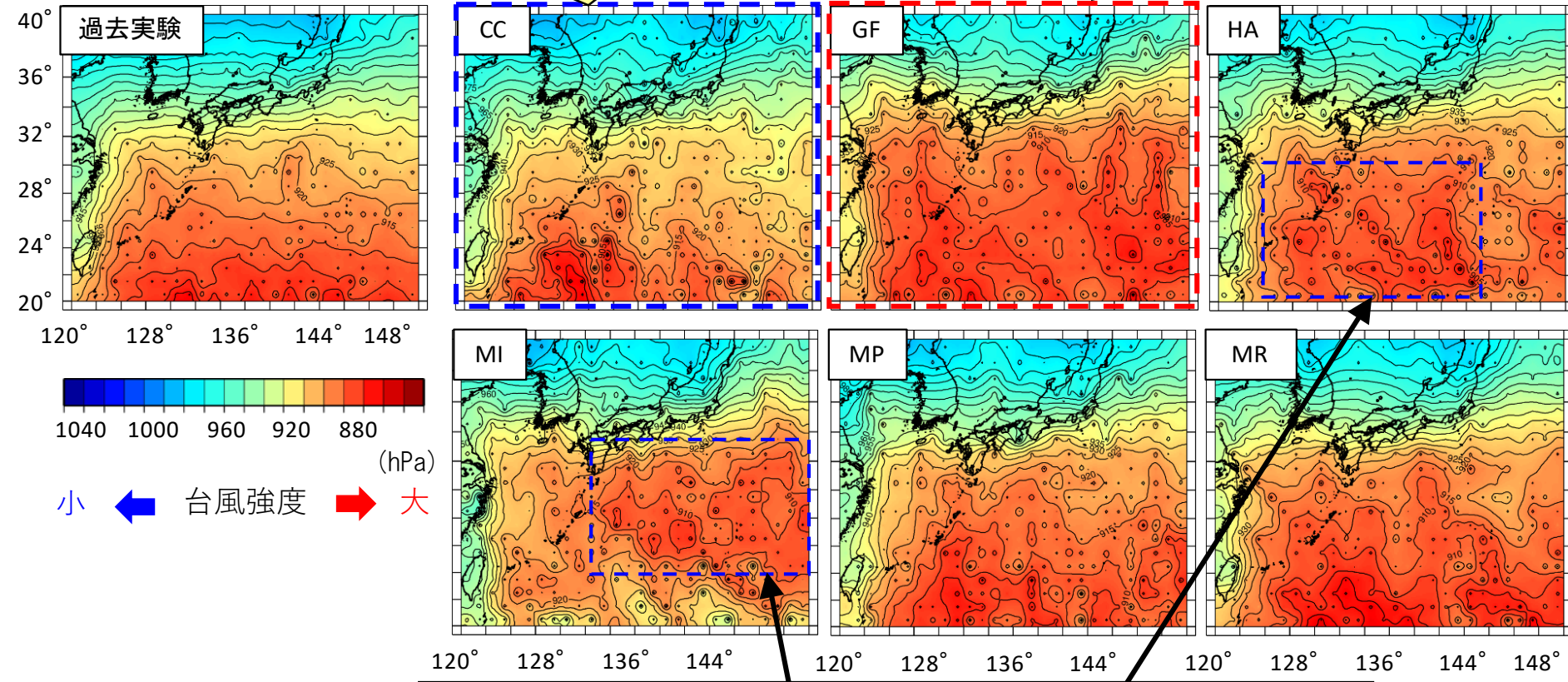


過去実験と将来実験各SST将来変化パターンの再現期間1,000年における台風の最低中心気圧

※パターン名は前ページを参照

(CC) 日本周辺で全体的にもっとも台風強度が小さくなるケース

(GF) 日本周辺で全体的にもっとも台風強度が大きくなるケース

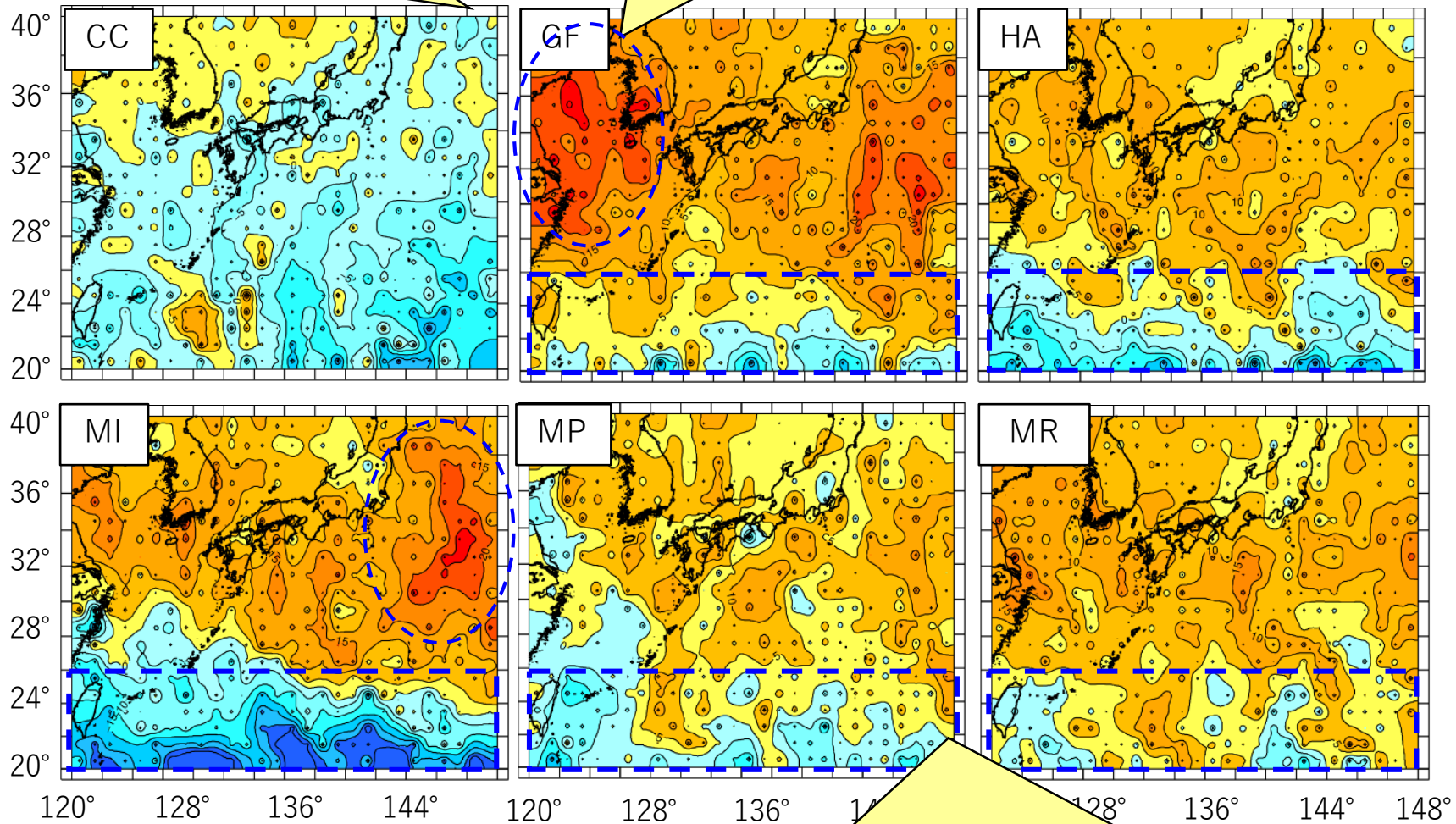
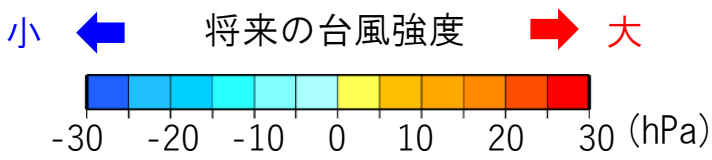


SST将来変化パターンによる、全体的な台風強度の違いに加えて、強度の大きな領域が異なっている。

再現期間1,000年における台風の最低中心気圧 (過去実験との差)

CC以外は全体的に、台風強度は大きくなる（上昇量はSSTパターンに依存）

GFは全体的に台風強度は大きくなる。特に東シナ海上で顕著



どのSST将来変化パターンも北緯25度以南では、減少傾向となっている
→【要因】 台風の存在数の減少・台風発生地点の北上

d4PDFのダウンスケーリ ングデータを外力とした 高潮氾濫モデルの構築

高潮氾濫モデルの構築

FVCOM (Finite Volume Community Ocean Model)

Chen et al. (2012)

佐賀平野

有明海

海域と陸域を連続的に
一貫して計算可能

外洋から湾奥まで連続
的に一貫して計算可能

計算メッシュ

s座標系を採用

s座標系

海底地形を滑らか
に表現可能

直交格子系

佐賀県

長崎県

佐賀平野

久保田

筑後平野

浜

川副

大浦

有明海

最小メッシュ
サイズ：30m

佐賀平野

線境界

線境界

有明海

複雑な地形や海岸線，堤防等
の構造物を高精度で表現可能

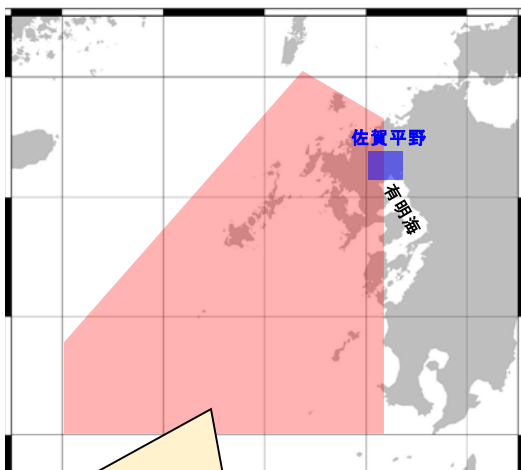
d4PDFダウンスケーリングの手順

「危険台風の抽出 → ダウンスケーリング → 影響評価・適応策」までのプロセス

Step 1

危険台風の抽出

佐賀平野にとって**危険な台風経路**をとる台風をd4PDFから抽出

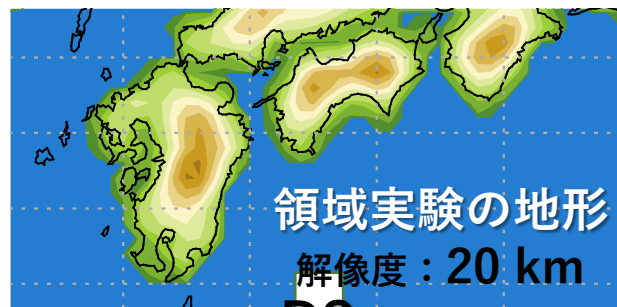


「最悪経路の検討」から、この領域を通過する台風が佐賀平野に浸水被害を及ぼす危険性が高いことがわかった

Step 2

ダウンスケーリング

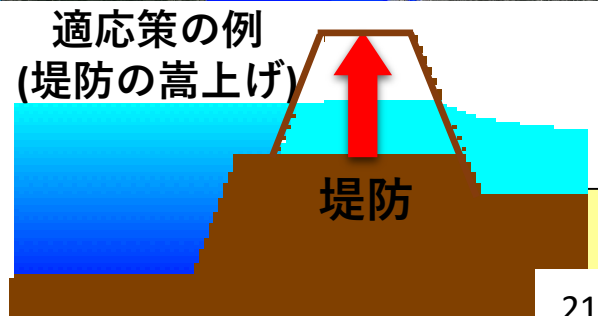
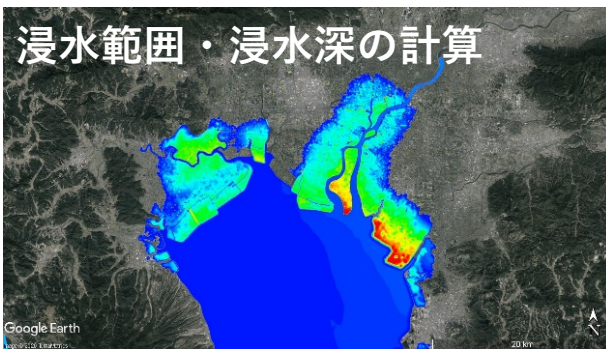
Step 1で抽出した台風の中から有明海最接近時の中心気圧が低い方から10ケースをダウンスケーリングの対象とした



Step 3

影響評価・適応策の検討

過去・将来実験のそれぞれ10ケースについて、**高潮浸水**に対しての影響評価を実施，加えて代表台風に対する**適応策の検討**も実施

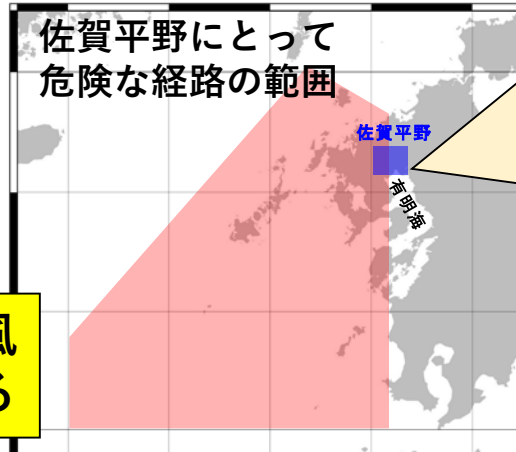


危険台風の抽出

佐賀平野にとって危険な台風経路をとる台風をd4PDF（過去実験・将来2度上昇実験・将来4度上昇実験）から10ケースずつ抽出

温暖化が進むほど、台風強度は大きくなっている

佐賀平野にとって危険な経路の範囲



「最悪経路の検討」から設定した佐賀平野にとって危険な台風経路の範囲。この範囲を通過し、有明海最接近時の中心気圧が低い方から（各実験）10ケースを抽出

これらをダウンスケーリング対象台風とした

【ダウンスケーリングの対象台風の表】

過去実験

将来2度上昇実験

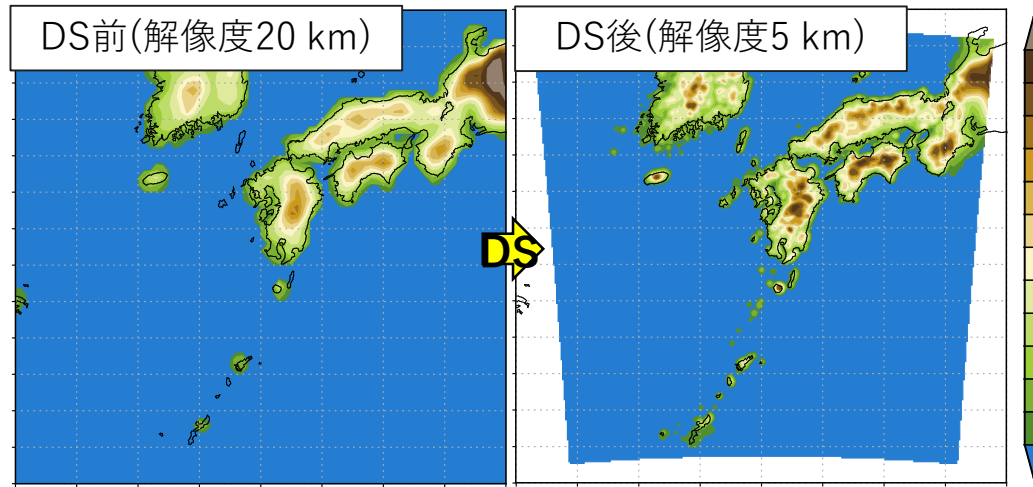
将来4度上昇実験

アンサンブル番号	有明海最接近日時	最接近時の中心気圧	アンサンブル番号	有明海最接近日時	最接近時の中心気圧	アンサンブル番号	有明海最接近日時	最接近時の中心気圧
43	2001/8/15	932.66 hPa	(GF)109	2084/8/1	920.34 hPa	(MI)101	2061/8/31	920.07 hPa
83	1990/8/19	933.48 hPa	(GF)104	2033/8/18	921.47 hPa	(HA)112	2053/8/24	922.29 hPa
63	1985/8/21	933.76 hPa	(MR)103	2047/9/23	926.65 hPa	(GF)115	2094/7/21	922.85 hPa
67	1994/8/12	936.32 hPa	(HA)102	2068/9/17	927.38 hPa	(MP)101	2051/9/12	923.58 hPa
83	1976/8/23	937.62 hPa	(GF)108	2086/7/31	929.36 hPa	(HA)101	2054/9/10	924.52 hPa
83	1962/8/16	938.09 hPa	(MP)107	2034/9/10	930.05 hPa	(HA)104	2052/9/16	924.94 hPa
30	1991/8/31	940.70 hPa	(MI)104	2070/8/30	930.60 hPa	(GF)110	2106/8/7	926.11 hPa
22	1952/8/25	940.89 hPa	(HA)101	2078/9/12	930.79 hPa	(CC)111	2061/9/10	927.19 hPa
85	2004/8/10	941.47 hPa	(MR)102	2071/8/23	932.20 hPa	(GF)112	2103/8/11	927.36 hPa
7	1991/9/1	941.94 hPa	(HA)104	2046/8/21	932.45 hPa	(HA)104	2065/9/19	927.59 hPa

ダウンスケーリング後の気圧・風（例）

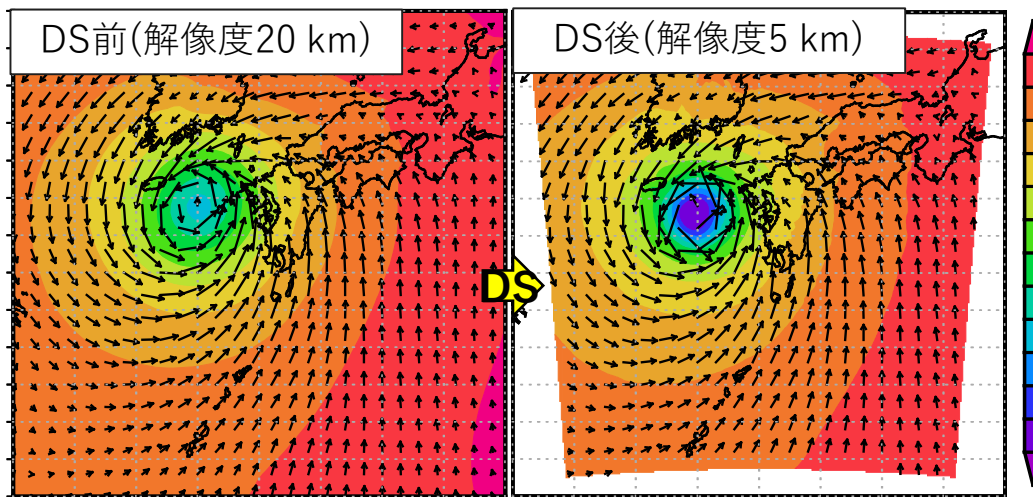
気象研究所領域気候モデルNHRCM（空間解像度20 km）の結果を用いて、
空間解像度5 kmまでダウンスケーリング(DS)を行った。 ※提供：北海道大学山田准教授

【使用した地形】



DS前に比べて、
地形を詳細に
表現できてる

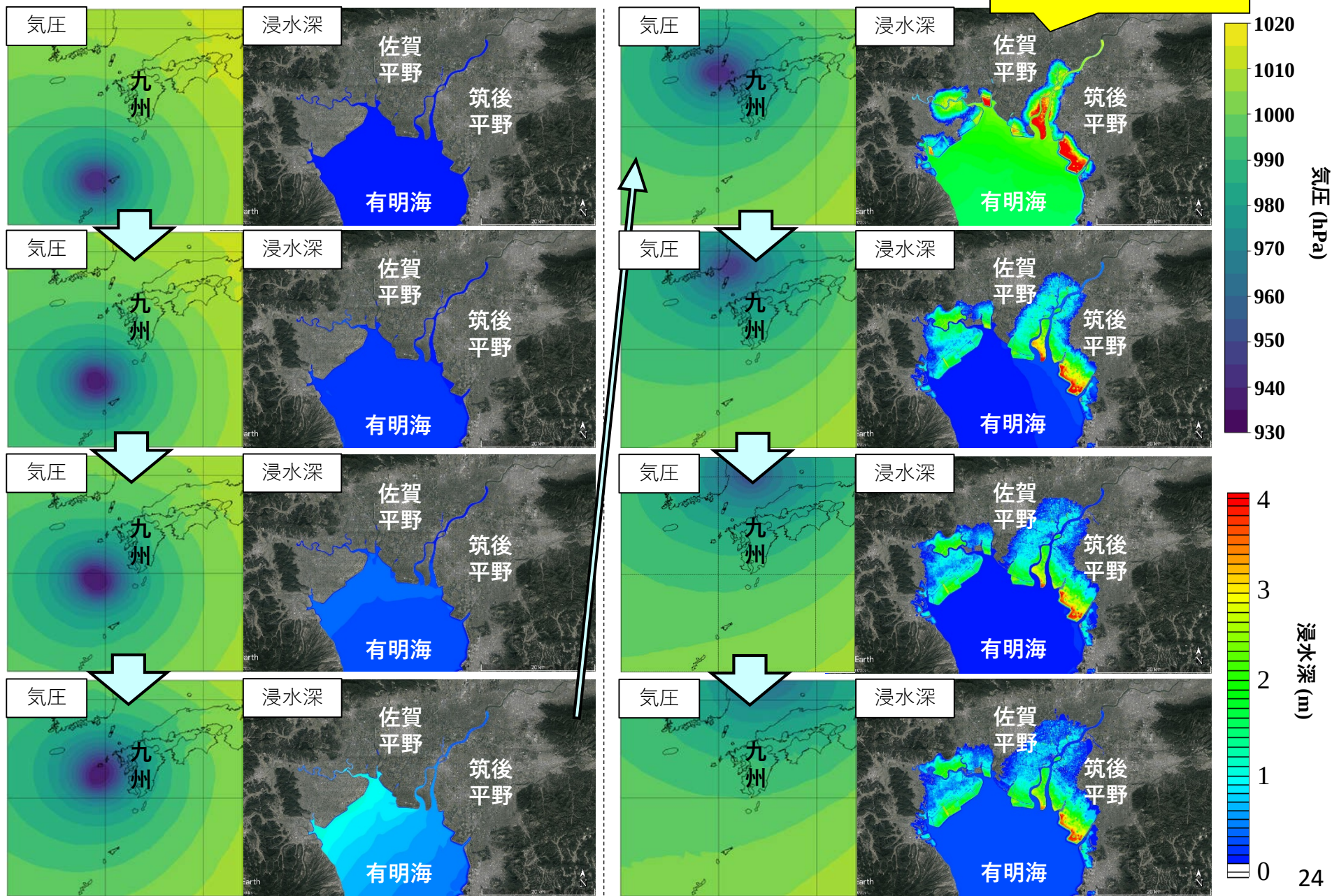
【気圧・風】



台風中心付近
の気圧など、
極値付近の空
間変化の再現
性が向上

高潮氾濫シミュレーションの計算例

d4PDFを外力
として与えた

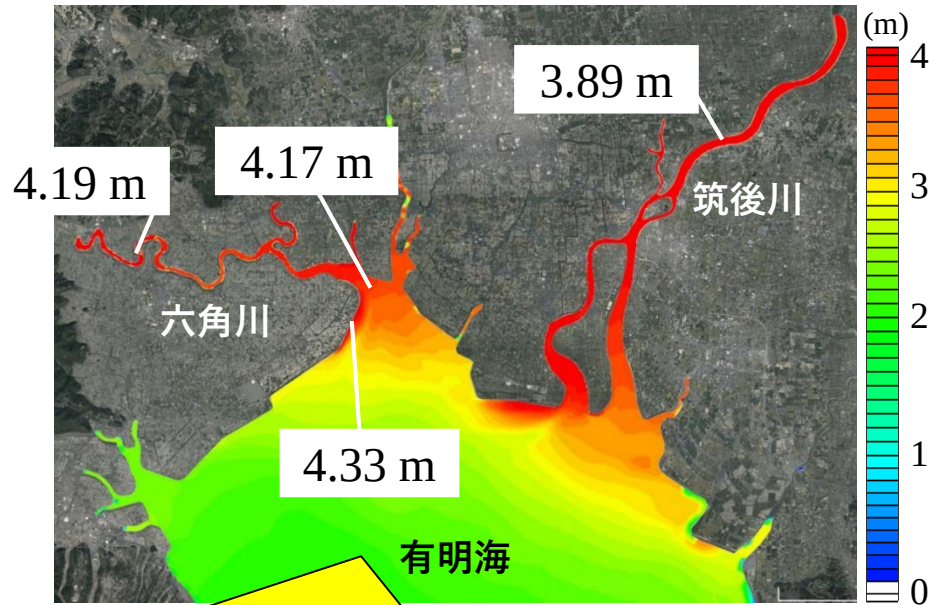


高潮災害の影響評価と 適応策の効果

最大高潮偏差(10ケースの重ね合わせ)

過去・将来実験(4度上昇)において、抽出したすべての台風ケースで高潮シミュレーションを実施し、両実験毎に全ケースの最大高潮偏差を算出した。

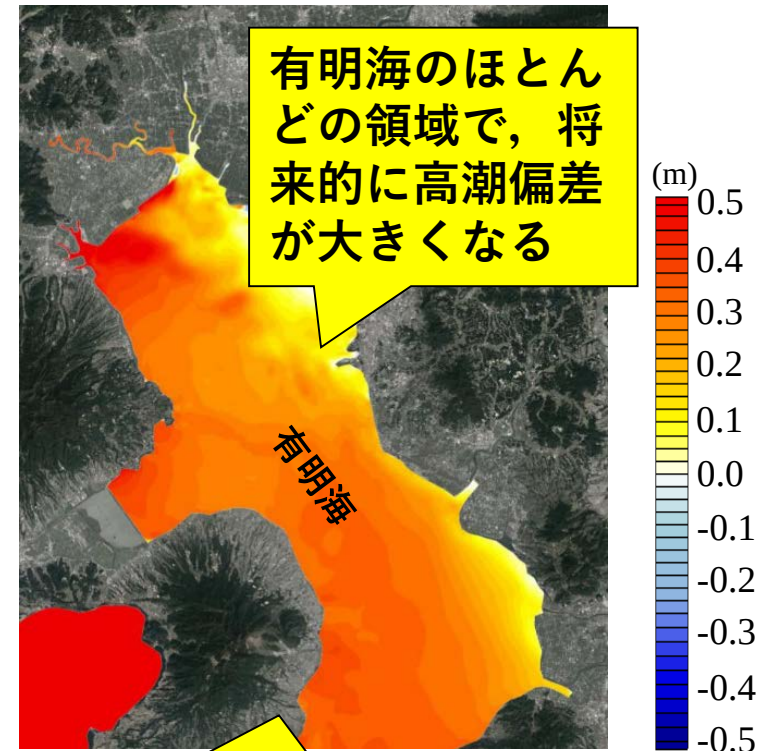
過去実験におけるすべてのケースでの
最大高潮偏差



湾奥では4 mを超える高潮偏差が発生しており、これは海岸堤防の計画堤防高（高潮分）である2.36 mを大きく上回っている。

よって、現在気候においても数千年スケールの台風が来襲した際には高潮浸水の危険性があることがわかる。

最大高潮偏差の将来変化
(将来－過去)



将来は、さらに有明海の広い範囲で高潮偏差が大きくなることが予想される

最大浸水深と浸水確率

過去・将来実験(4度上昇)において、DSしたすべての台風ケース(10ケース)で高潮浸水シミュレーションを実施し、両実験毎に全ケースにおける最大浸水深および浸水確率を導出した。

※現状の堤防高で計算

最大浸水深

過去実験

将来実験

最大浸水深 (m)



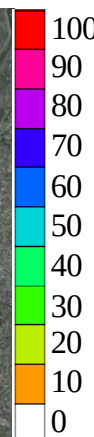
将来的に、浸水範囲は広がり浸水被害を受ける地域が拡大する可能性がある。

浸水確率 (10ケース中で何ケースで浸水したか)

過去実験

将来実験

浸水確率 (%)



浸水範囲の拡大と同時に、浸水する確率も高まる。
特に、河川中流域で浸水の頻度が高い。

浸水過程

台風の位置と
浸水の様子



堤防高 (現状)

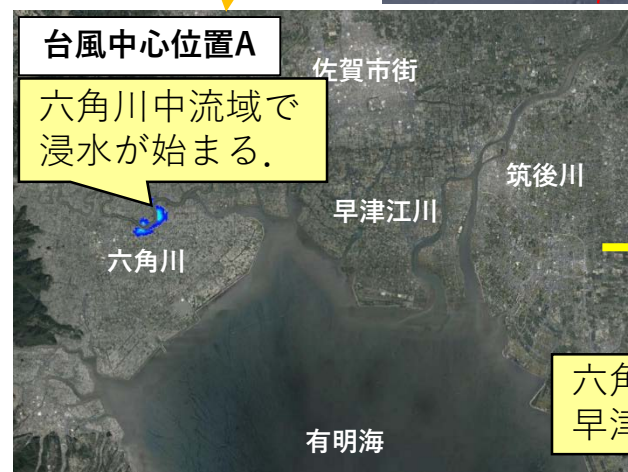


浸水深 (m)



台風中心位置A

六角川中流域で
浸水が始まる。



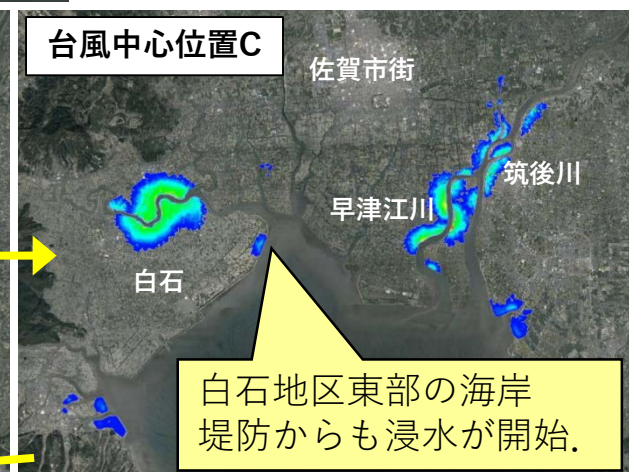
台風中心位置B

六角川での浸水から約1時間後、
早津江川中流域からも浸水が開始する。



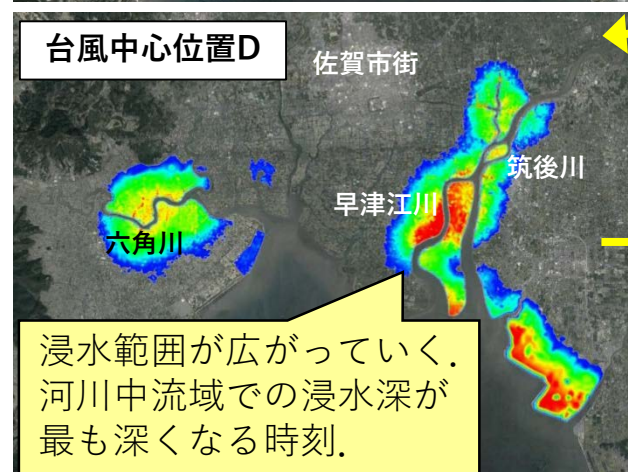
台風中心位置C

白石地区東部の海岸
堤防からも浸水が開始。



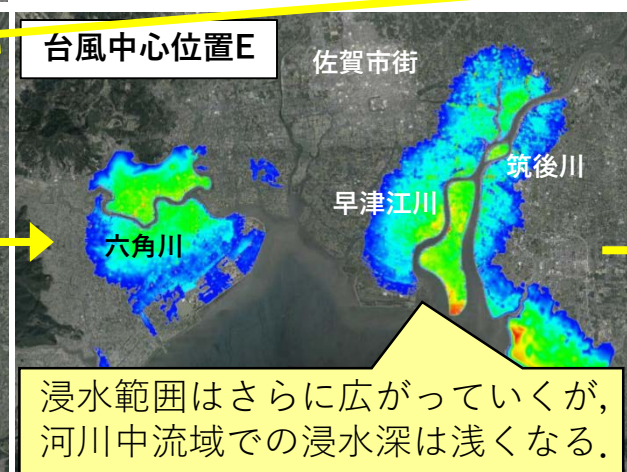
台風中心位置D

浸水範囲が広がっていく。
河川中流域での浸水深が
最も深くなる時刻。



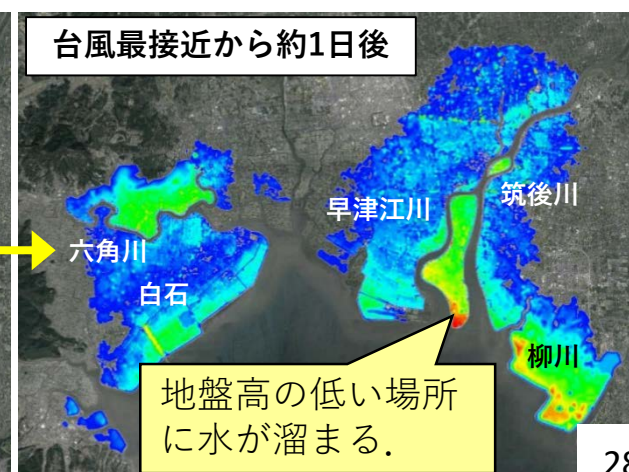
台風中心位置E

浸水範囲はさらに広がっていくが、
河川中流域での浸水深は浅くなる。

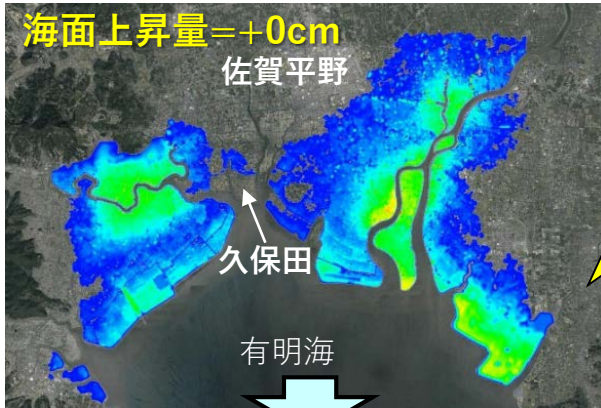


台風最接近から約1日後

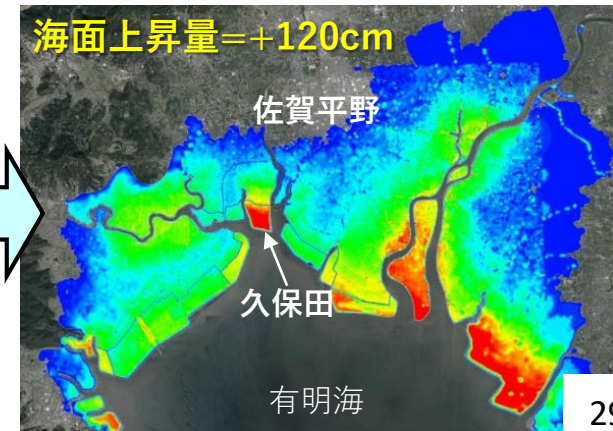
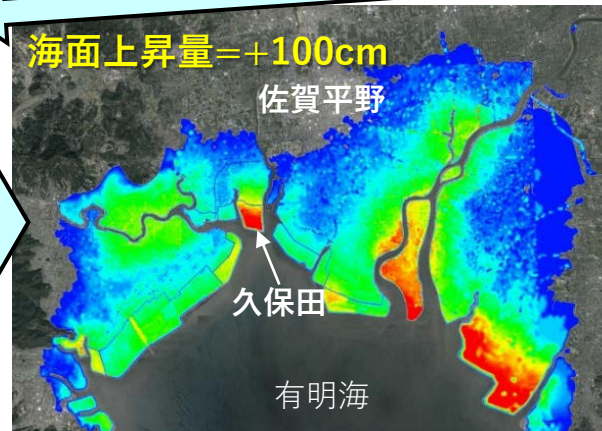
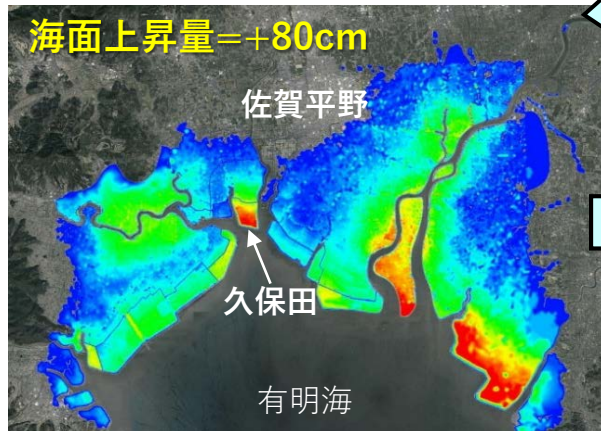
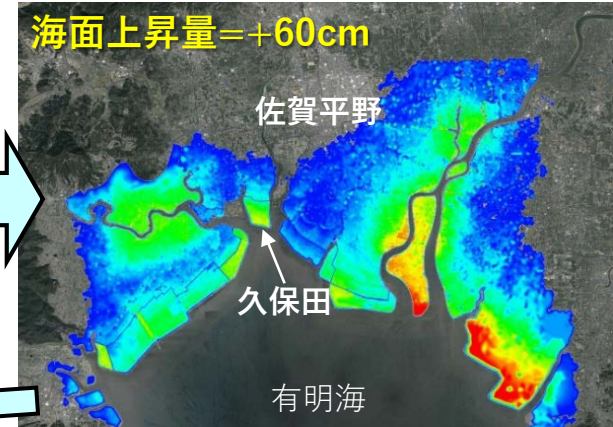
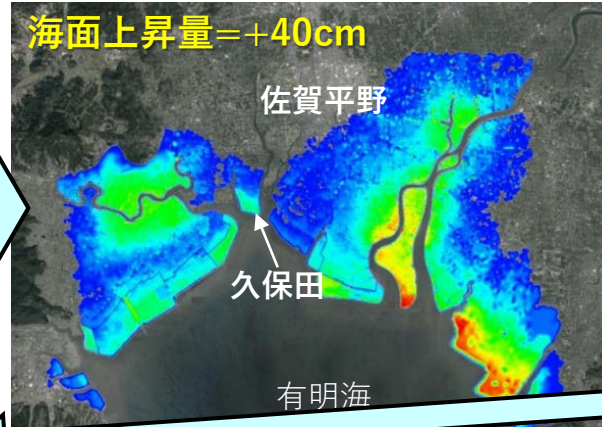
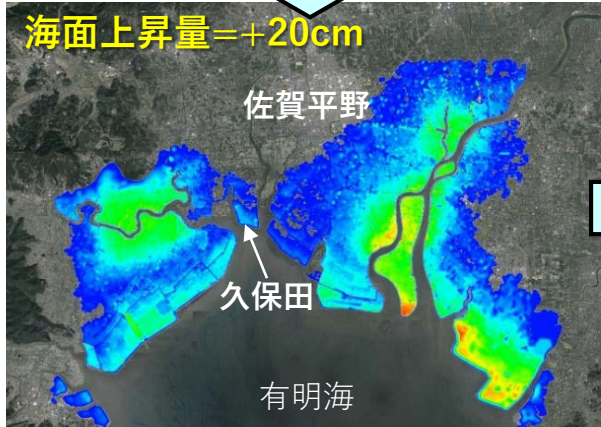
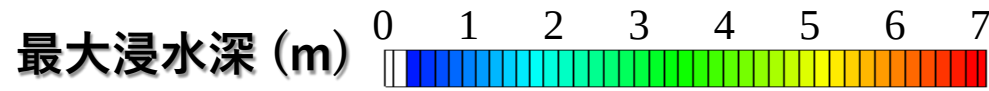
地盤高の低い場所
に水が溜まる。



海面上昇による浸水状況の変化



海面上昇量が大きくなるにつれて、浸水範囲が広がっていき、浸水深も深まっていく。特に、久保田地区などは海面上昇量が+0cmでは浸水が生じないに関わらず、海面上昇量を+120cmにすると浸水が生じ、浸水深が7 mを超えるような被害を受けるようになる地域もある。



適応策の検討が可能なモデルへの改良

排水ポンプ



水門

出典：<http://damnet.or.jp/cgi-bin/binranA/All.cgi?db4=2537>



沿岸道路（盛土）



佐賀平野に設置されている高潮対策施設等の効果をモデルへ組み込んだ

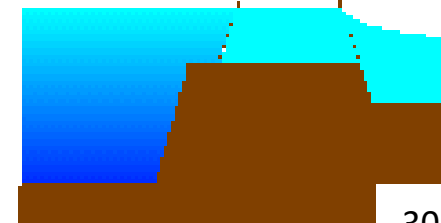
海岸・河川堤防



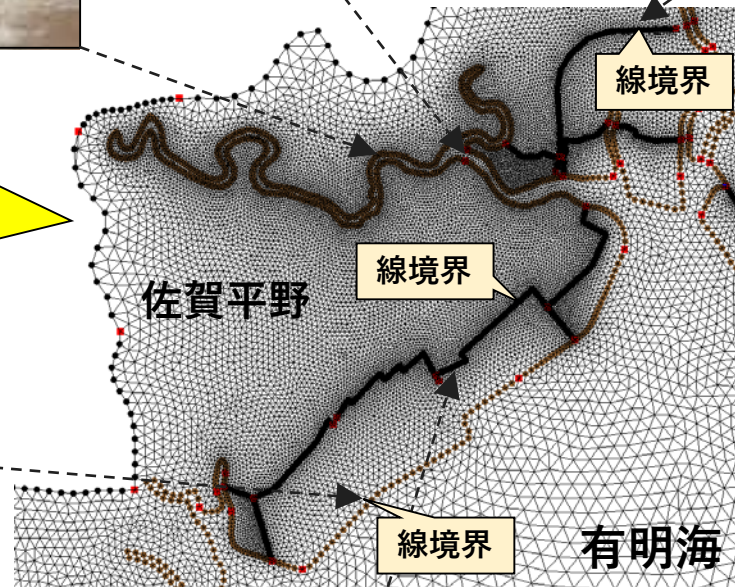
旧堤防



堤防の決壊



海岸堤防 未整備箇所

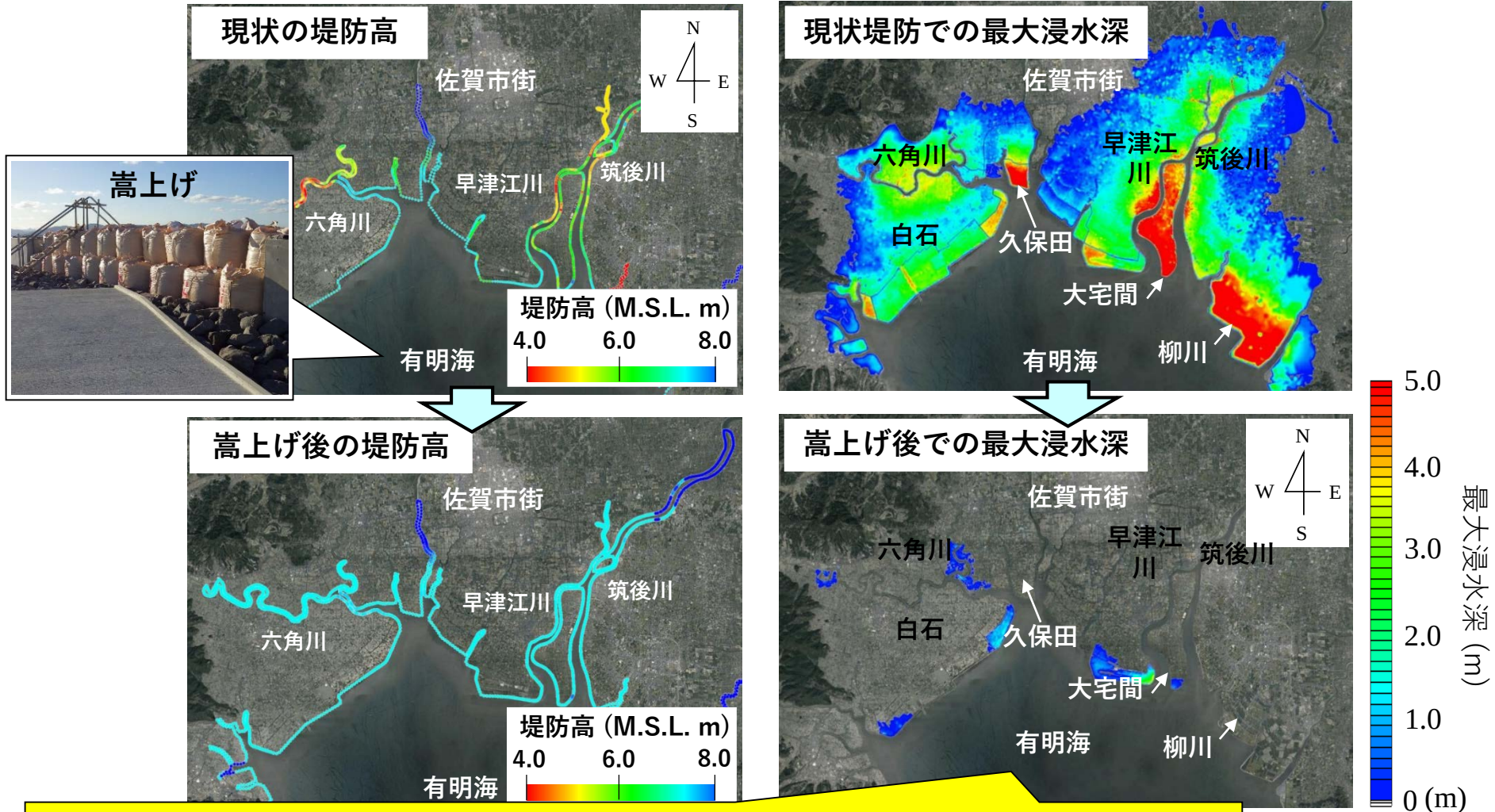


海岸堤防 整備中箇所



堤防嵩上げの効果

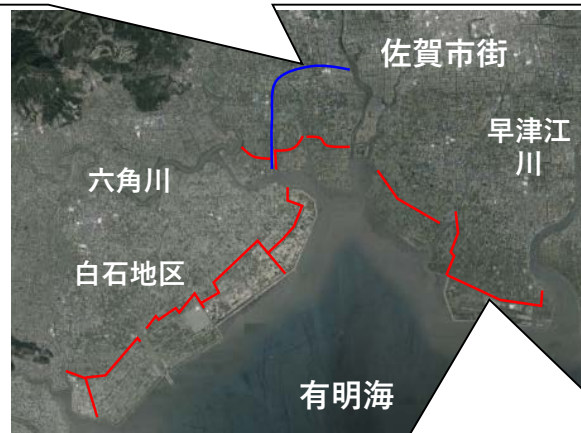
海岸・河川堤防を海岸の計画堤防高(T.P. +7.5 m)に嵩上げした場合の浸水被害の変化
※将来4度上昇実験(G115)の台風 & 海面上昇=+80cmを設定



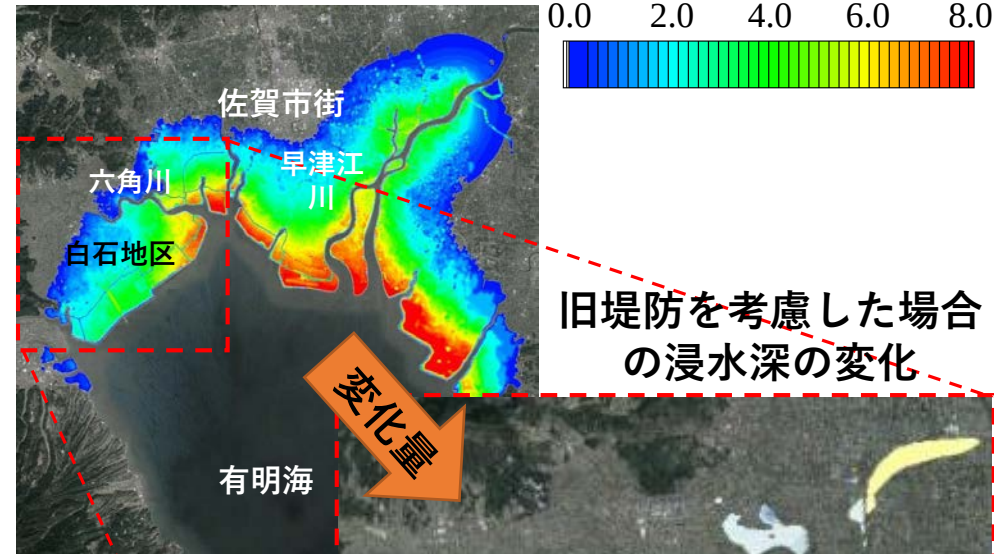
嵩上げ後は浸水範囲が大きく減少しており、減災効果が期待できる。
※ただし、さらに勢力の強い台風(L2規模)では嵩上げ後も広い範囲で浸水被害が生じた。
災害レベルによって適応策の効果には大きな違いがあることに注意が必要である。

旧堤防や沿岸道路の二線堤としての役割

旧堤防や有明海沿岸道路が二線堤としての役割を果たすことによる ※L2規模の台風で検討
浸水被害の低減効果を検討した。



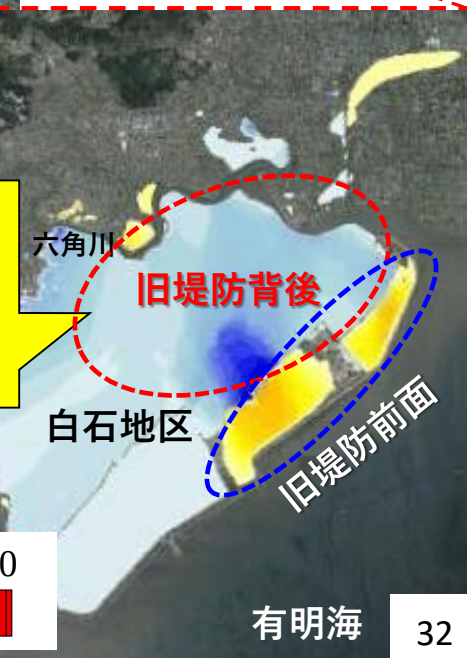
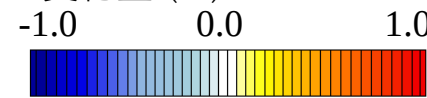
旧堤防・沿岸道路がない
場合の最大浸水深



旧堤防を考慮した場合
の浸水深の変化

旧堤防背後にある住居地区では、
浸水被害が軽減している
→旧堤防は住居地区に対して
減災効果を有している

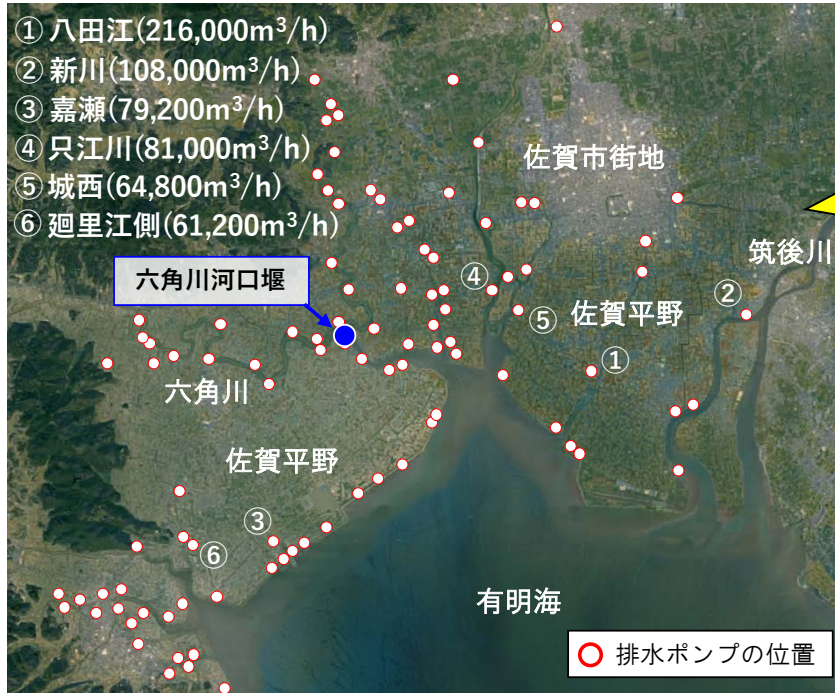
浸水深の変化量 (m)



浸水復旧時の排水ポンプによる排水効果

高潮によって浸水した後の状況を想定し、佐賀平野に整備された**排水ポンプ**を用いることによる**復旧効果**を検討した。

排水ポンプの設置点



排水ポンプによる浸水深の変化は数十cmのオーダーであり、高潮浸水深と比較すると小さいが、**ポンプの駆動により一定の復旧効果を得ることができる**ことがわかった。

また、地域によって浸水深が大きく異なることもわかる。

排水ポンプの設置例

【六角川東川ライブカメラ】

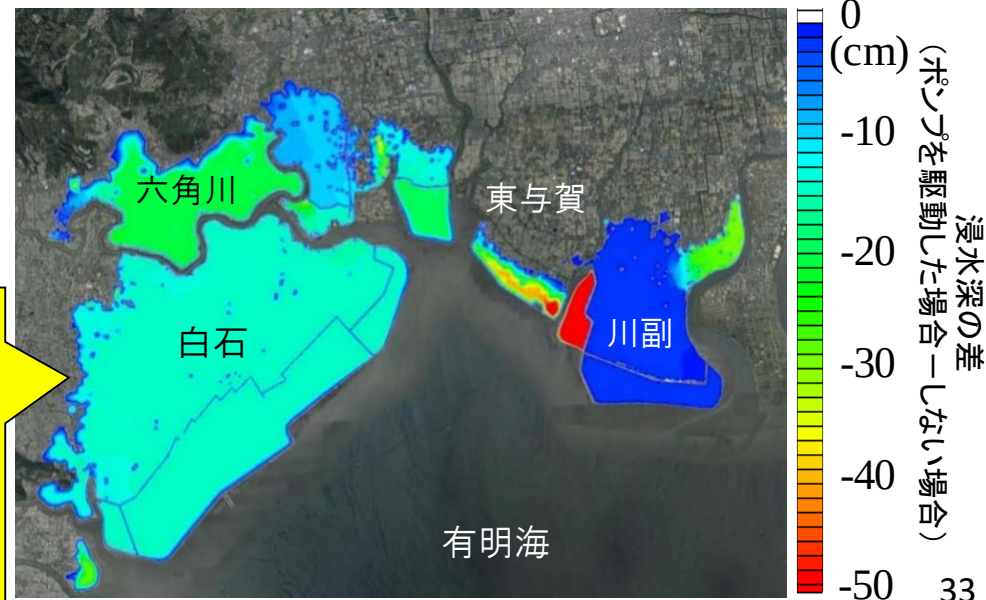
【排水ポンプ（六角川）】



佐賀平野には100箇所以上に、排水ポンプが整備されている。

排水効果

浸水復旧時の排水ポンプを使用することによる浸水24時間後の浸水深の変化



堰を閉めるタイミングによる浸水状況の変化

台風来襲時、堰を閉めるタイミングによる浸水被害の変化を検討した。

堰を閉めるタイミング



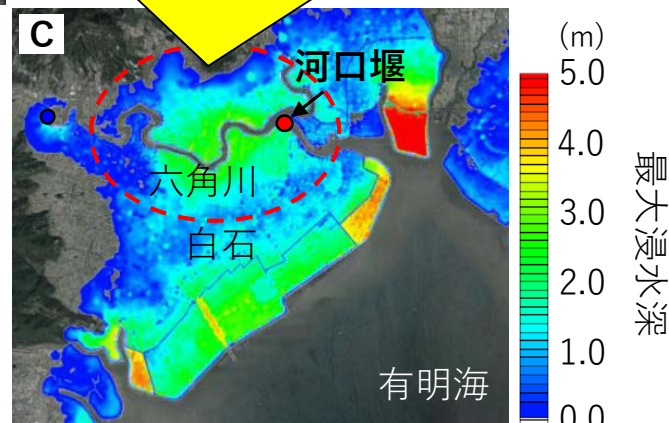
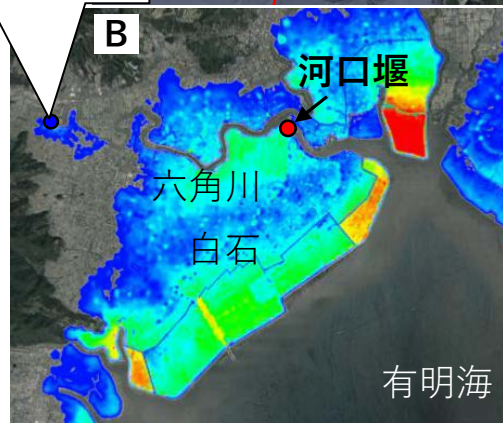
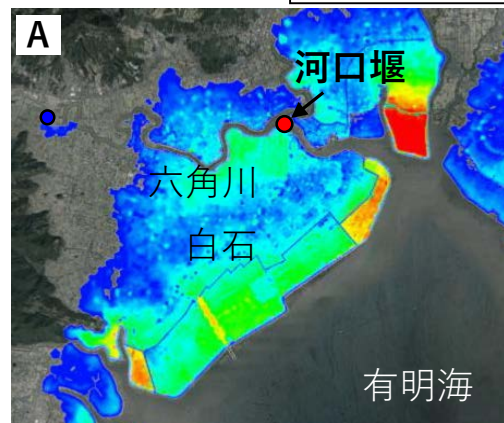
六角川河口堰（出典：ダム便覧HP）



堰を閉めるタイミングが早すぎると、河川水の浸水開始時間が早くなる

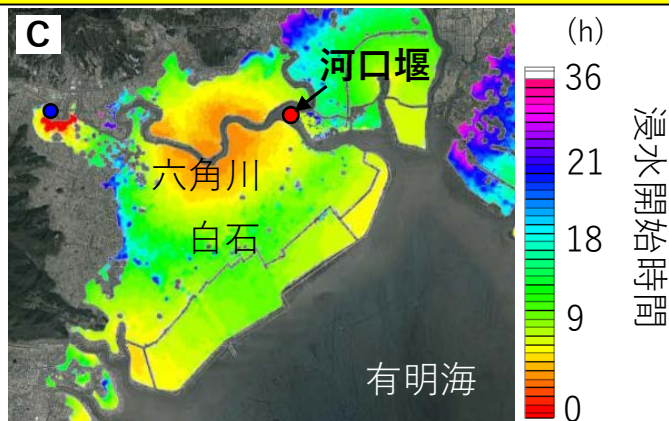
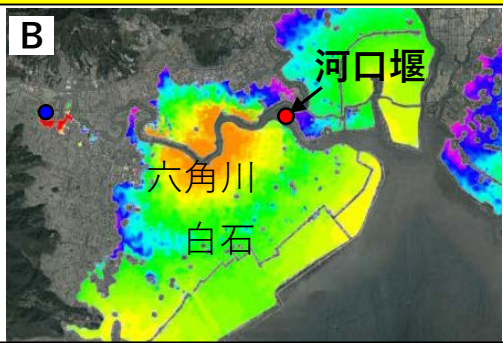
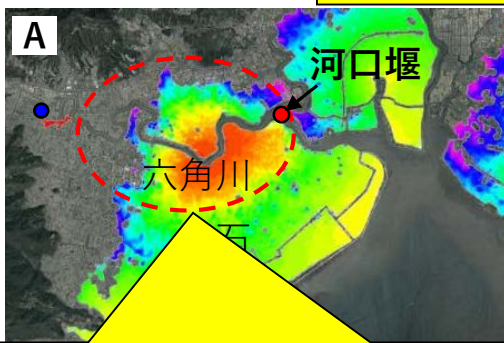
最大浸水深

上流から400m³/sの河川流入を与える。



浸水開始時間

被害を最小限にするには、適切な閉門のタイミングを把握することが重要



堰を閉めるタイミングが遅すぎると、浸水範囲が広がる

有明海周辺における 降水量の将来変化

有明海周辺における降水量の将来変化

台風経路の抽出

d4PDF（過去実験3000年、
将来実験5400年）

抽出条件



有明海灣奥部を中心とする
半径300kmの円内を通過

得られた台風データ

過去実験
3182個

将来実験
3347個

データ数
揃える

台風経路の分類に
用いるデータ

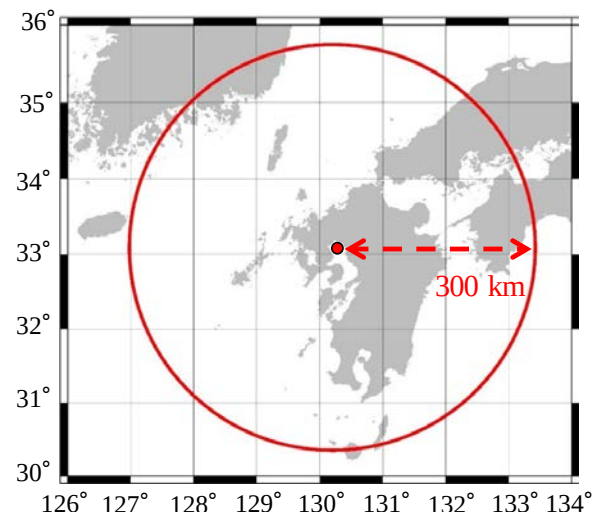


将来実験から無作為に
3182個抽出

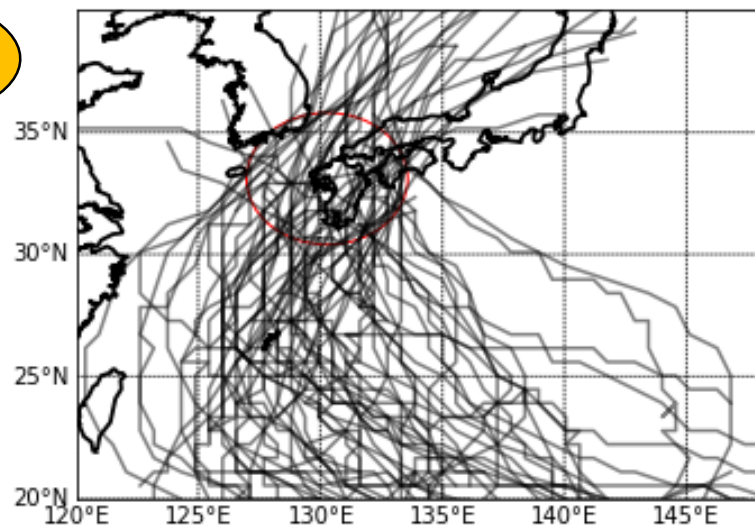
過去実験
3182個

将来実験
3182個

対象領域

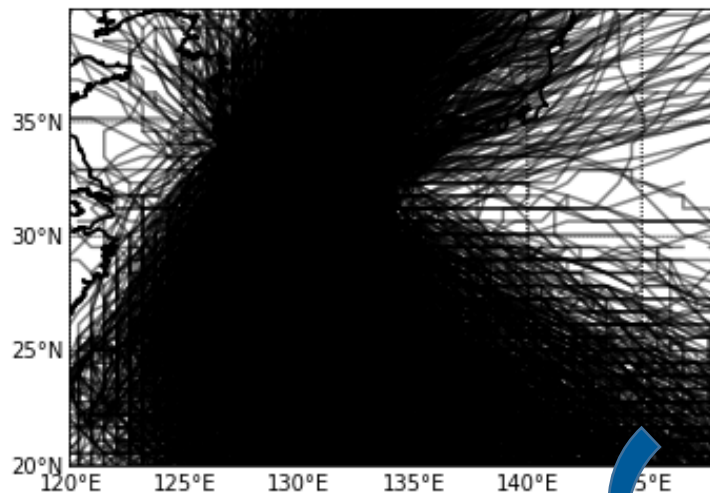


d4PDFから抽出した台風の経路図



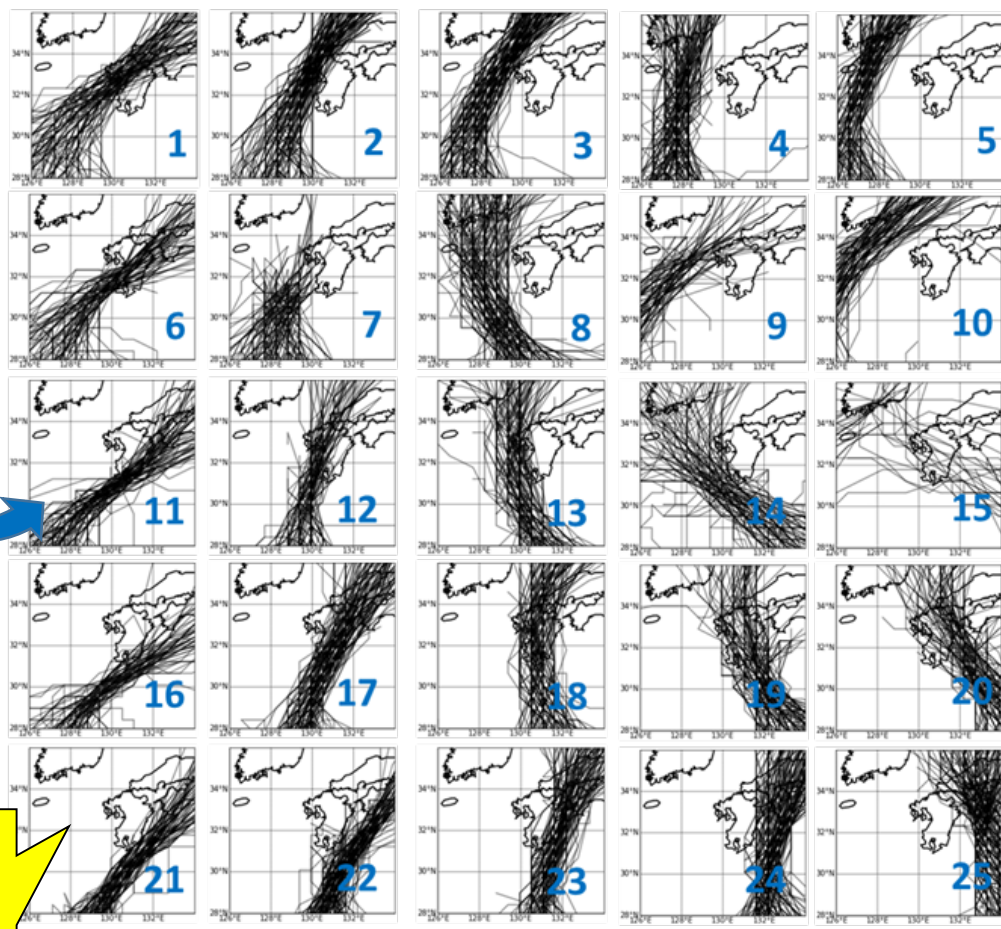
自己組織化マップを用いた台風経路の分類

d4PDFから抽出された全台風経路



自己組織化マップ
で分類分け

25パターンに分類された台風経路



台風経路が西に移動

台風経路が時計回りに回転

5×5の分類マップが得られた。

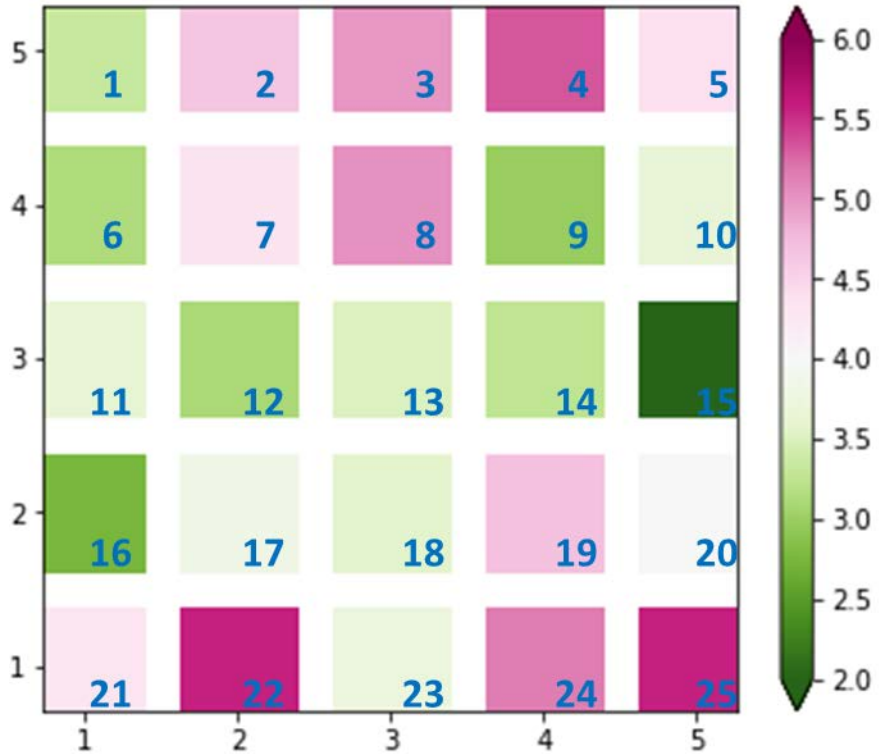
縦軸は「経路が西に移動」

横軸は「経路が時計回りに回転」

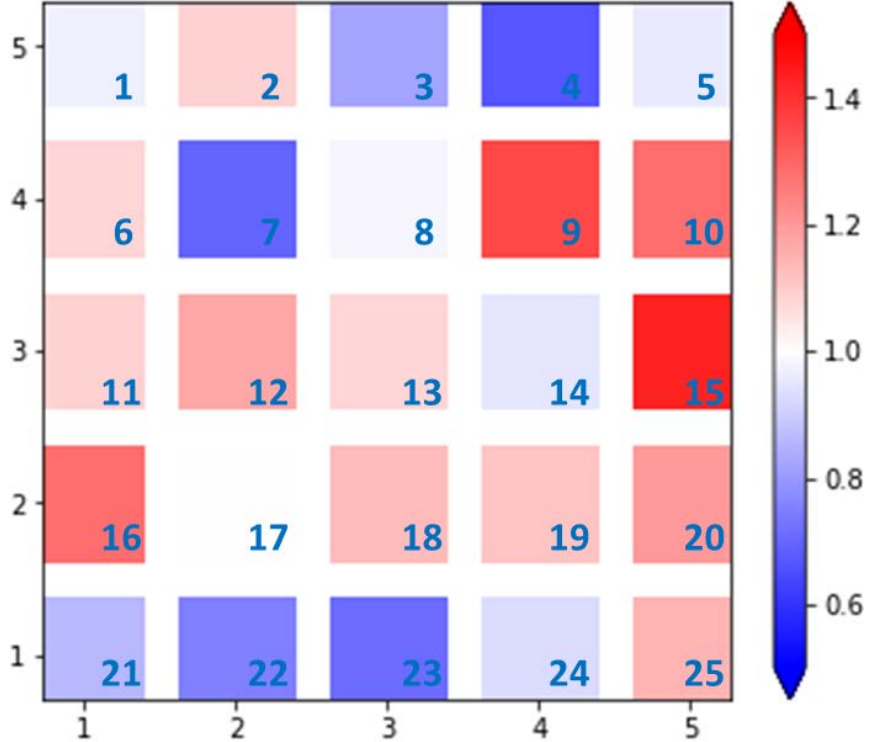
する軸と意味づけできる。

台風経路パターンの将来変化

過去実験における各パターンの発生割合



各パターンにおける発生割合の将来変化
(将来実験 / 過去実験)



発生割合が小さいパターン ➡ 増加
大きいパターン ➡ 減少
どのパターンも偏りなく発生する傾向になる



温暖化が進むと、現在よりも台風の経路パターンは多様化する

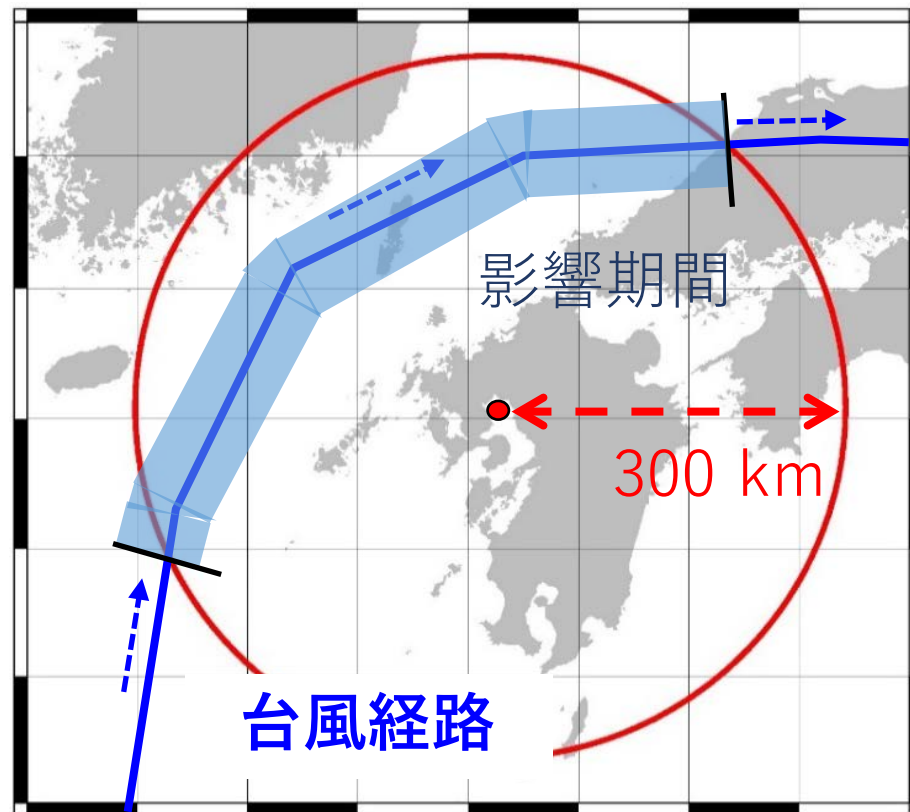
台風接近時の降水量

影響期間の定義

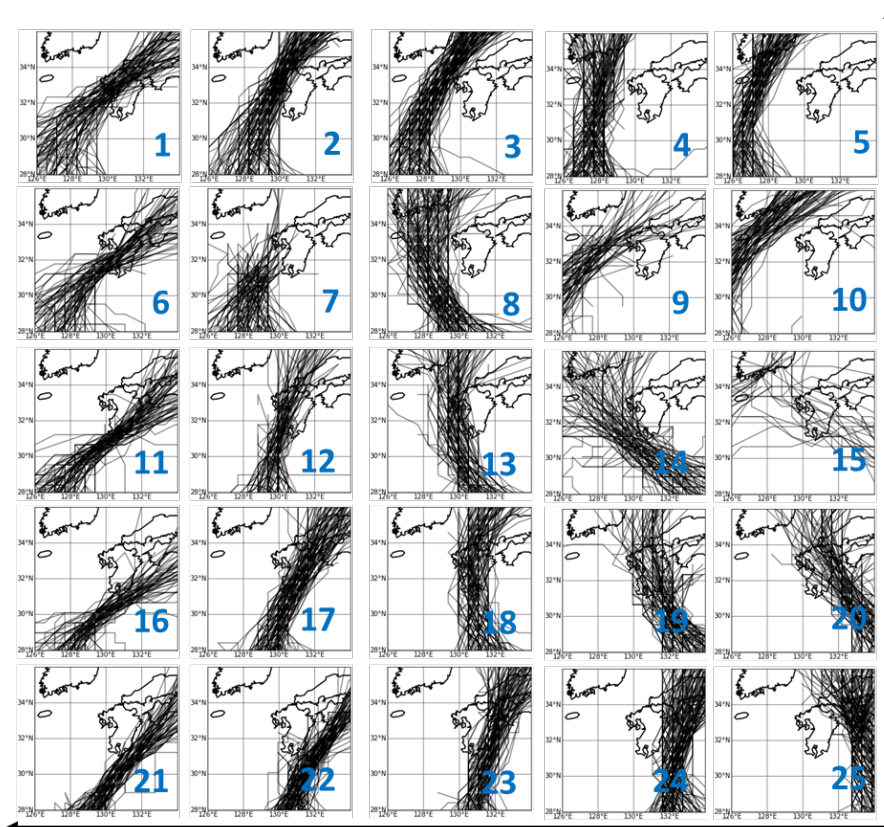
有明海湾奥部と台風の中心との距離が半径300km以内になった期間

台風接近時の降水量の定義

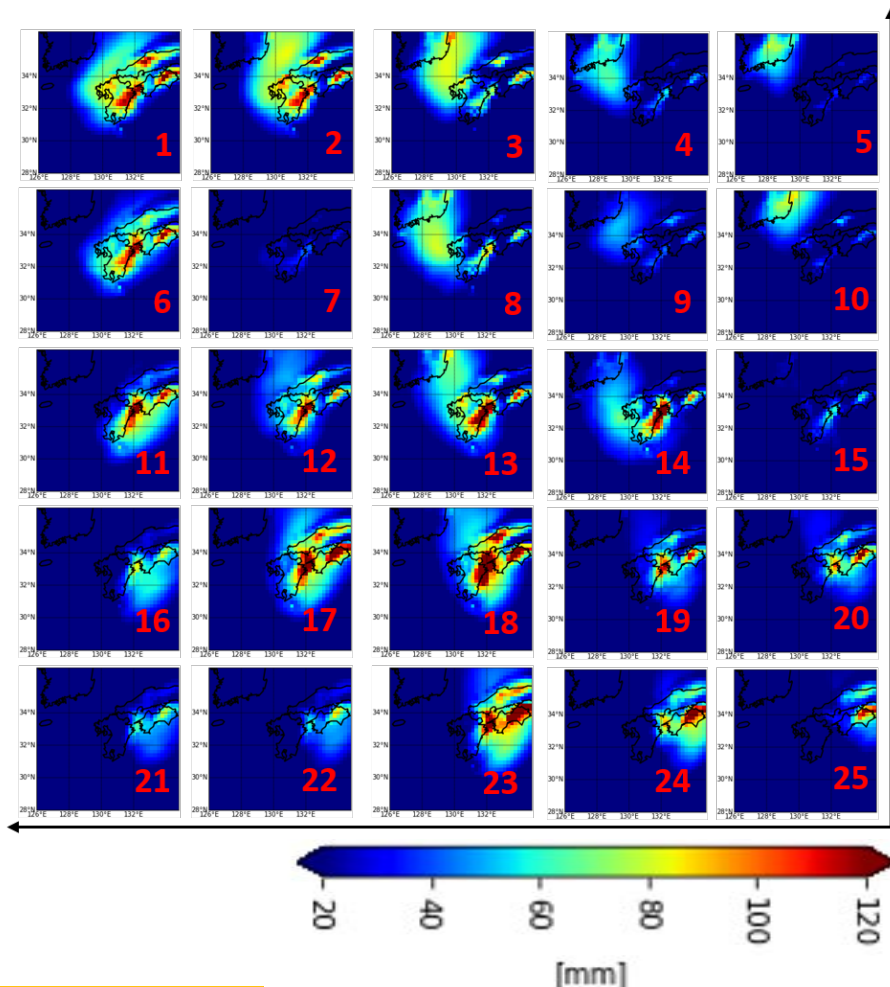
「影響期間」における降水量の積算値



25パターンに分類された台風経路

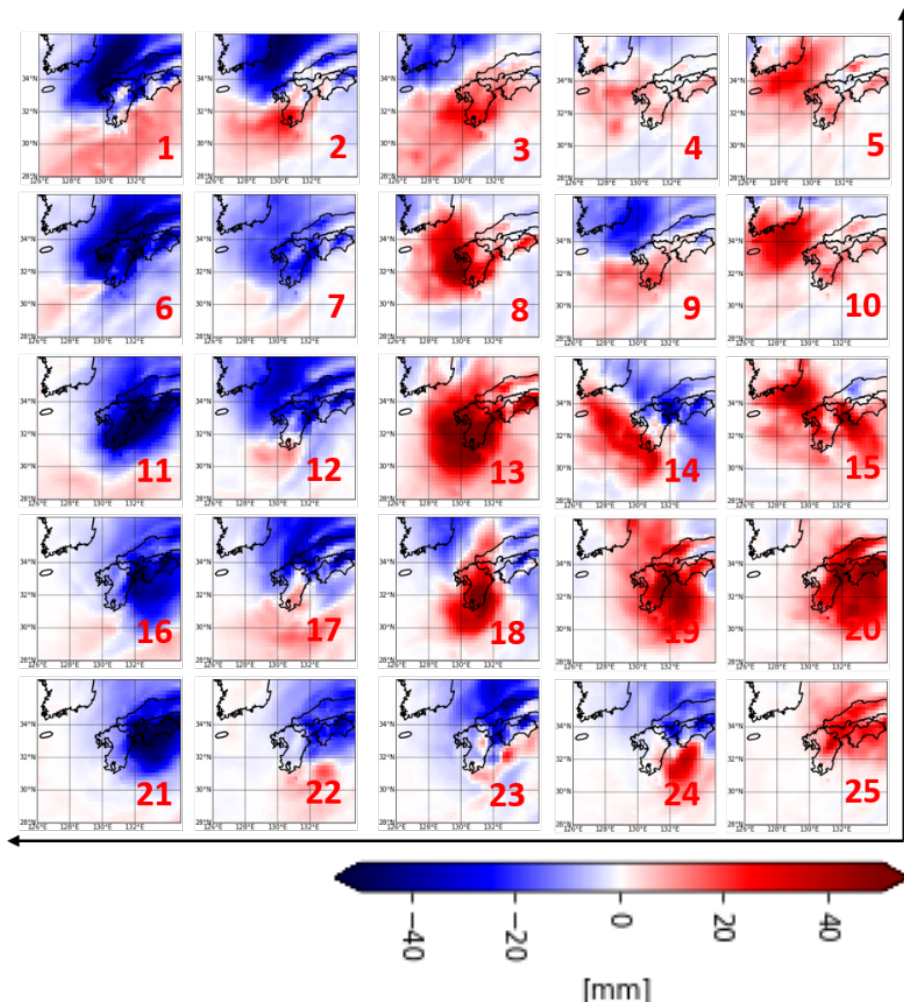


台風1個あたりの降水量（過去実験）

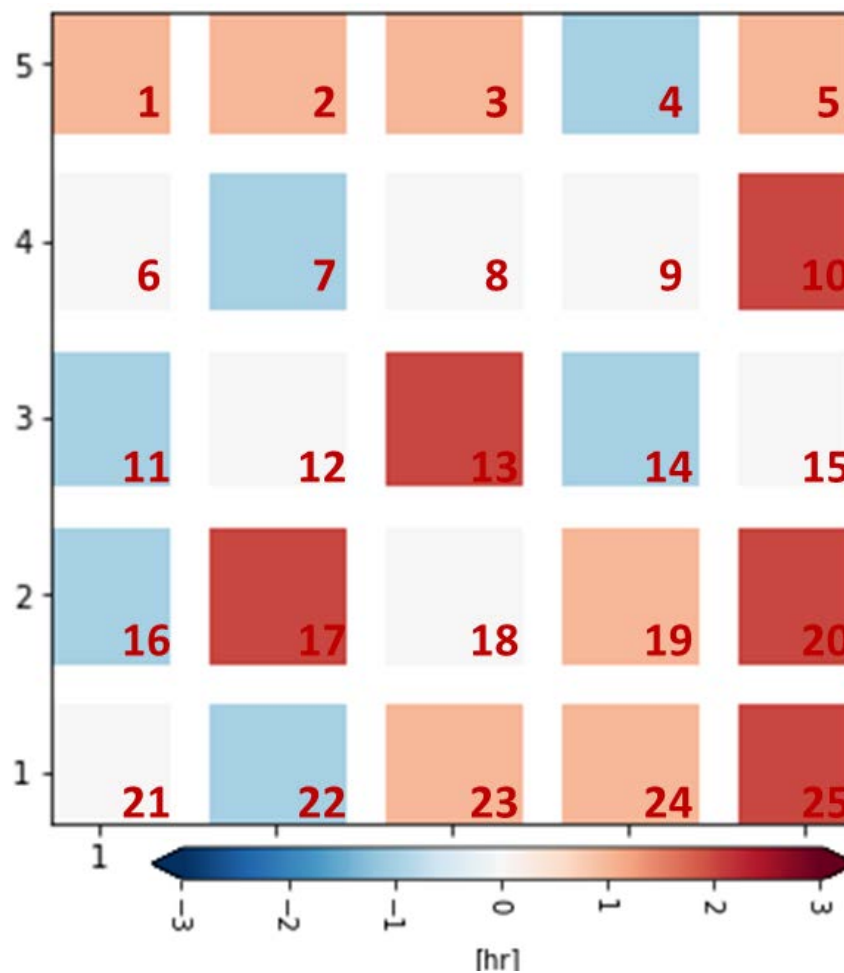


経路パターンによって、
降水量分布は異なる

台風1個あたりの降水量の将来変化



台風1個あたりの影響期間の将来変化



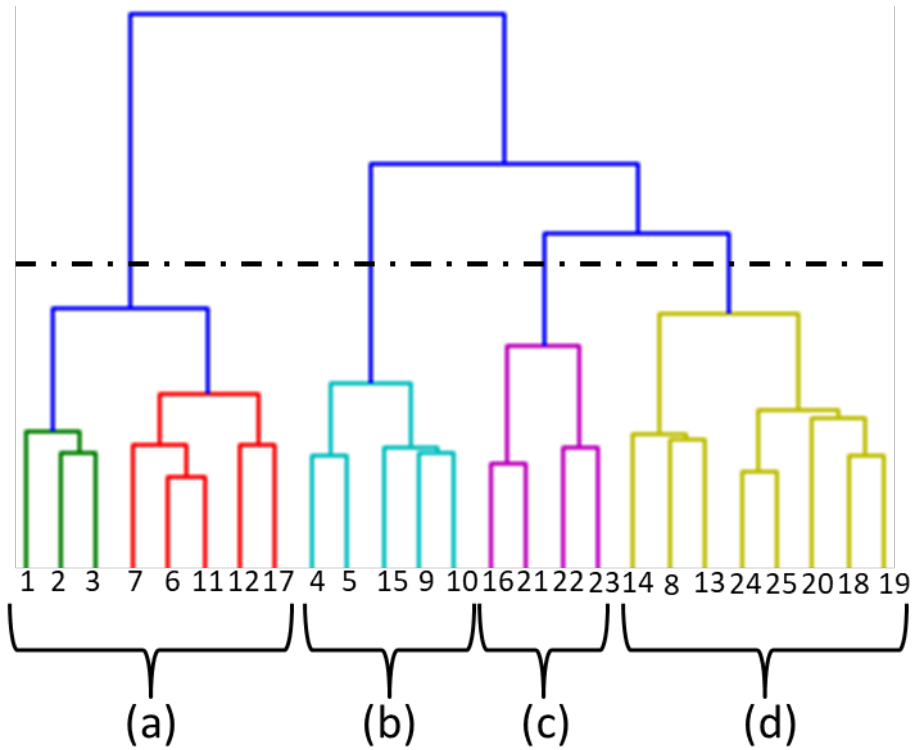
- ・ 降水量の将来変化には、影響期間が大きく寄与
- ・ 将来的に降雨をもたらす能力が弱まる経路パターンもある

降水量の確率論的評価

25パターンに分類して解析を行うと、
パターン毎のデータ数が不足してしまう

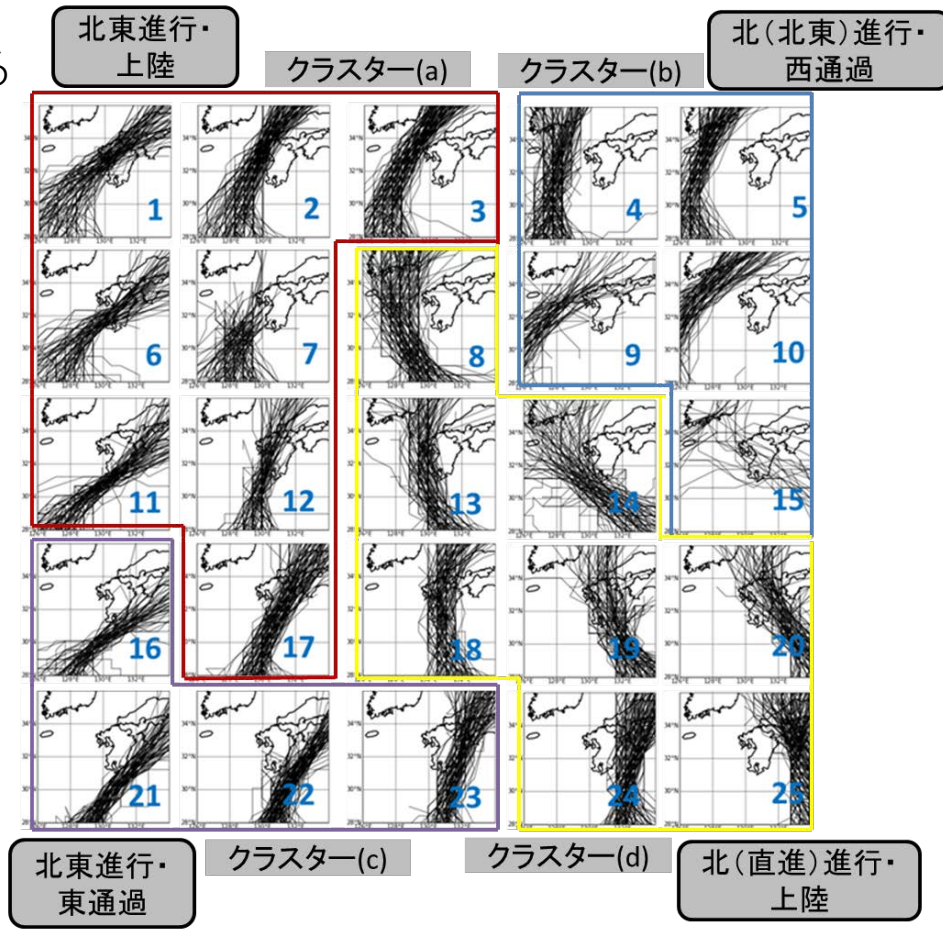


クラスター分類を行いパターンの圧縮を図る



台風経路マップをワード法で
クラスター化して得られた樹形図

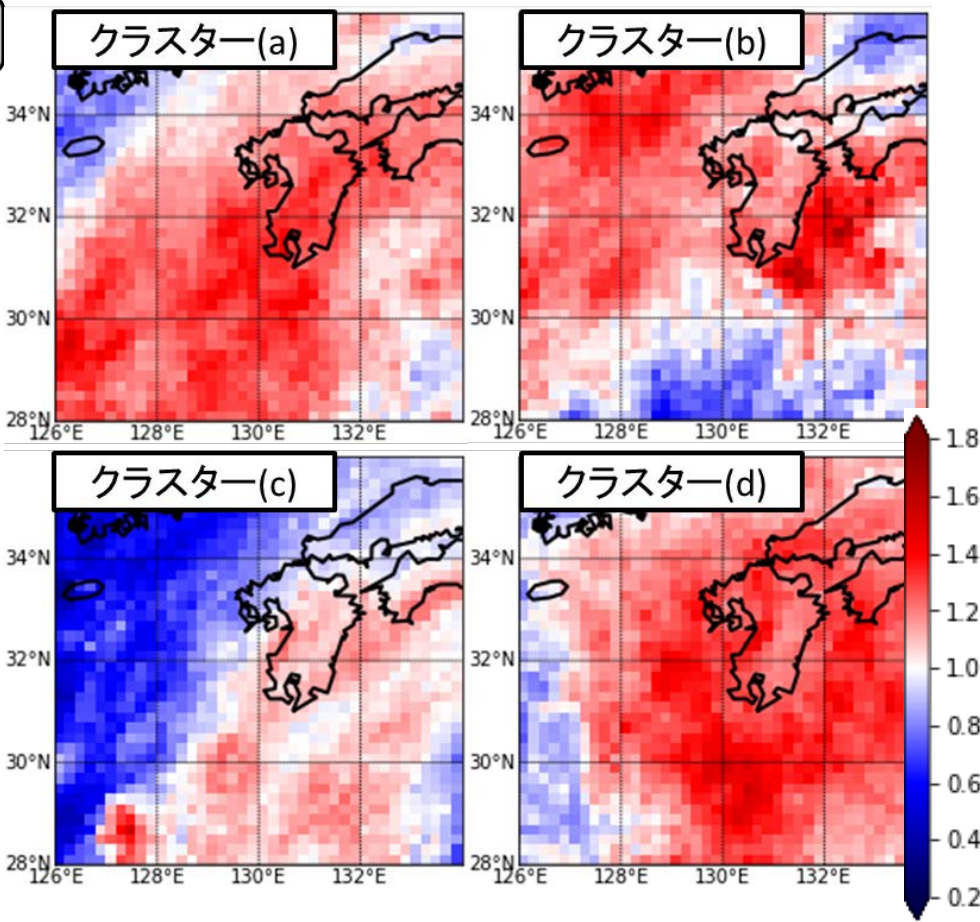
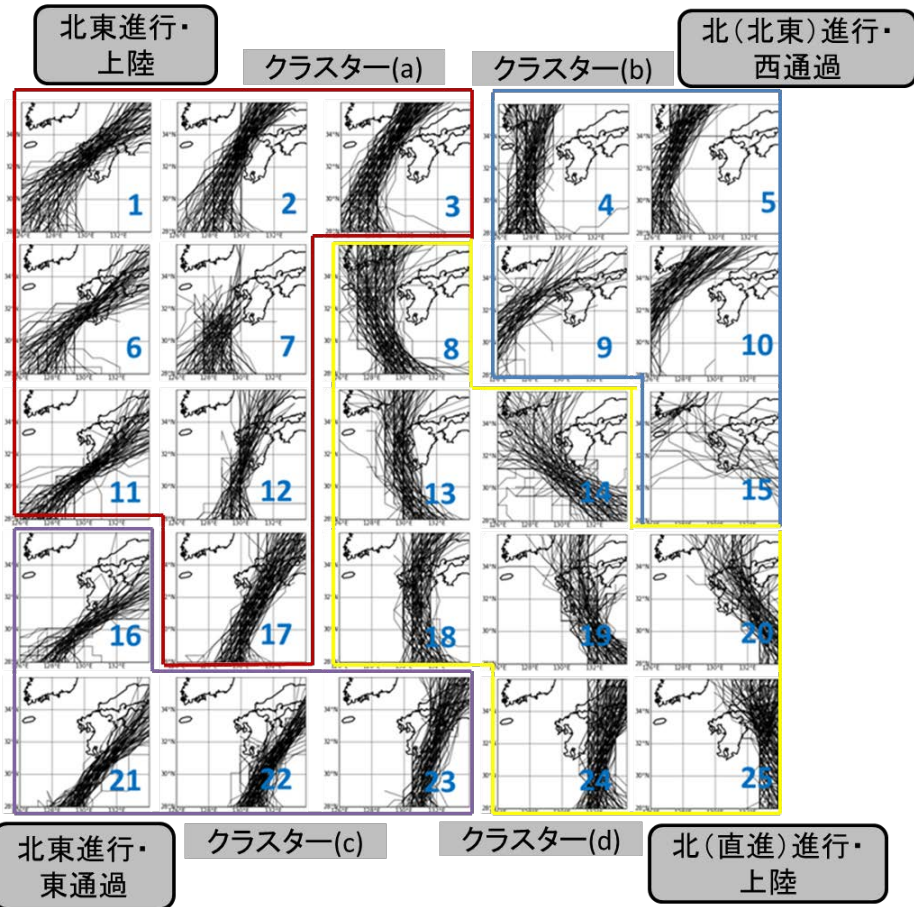
台風経路マップを4パターンへ分類



再現期間100年の日降水量の将来変化

台風経路マップを4パターンへ分類

再現期間100年の日降水量の将来変化
(将来実験 / 過去実験)



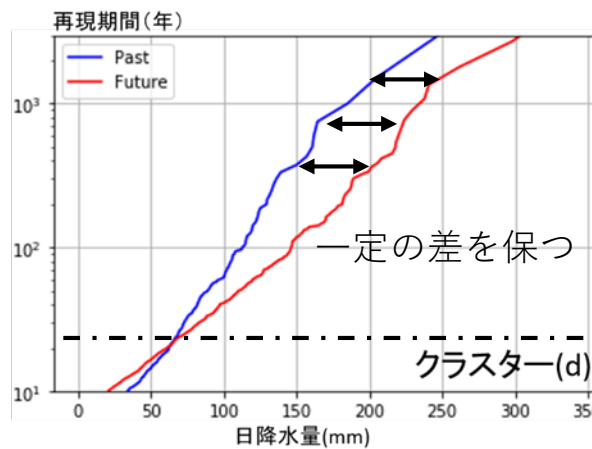
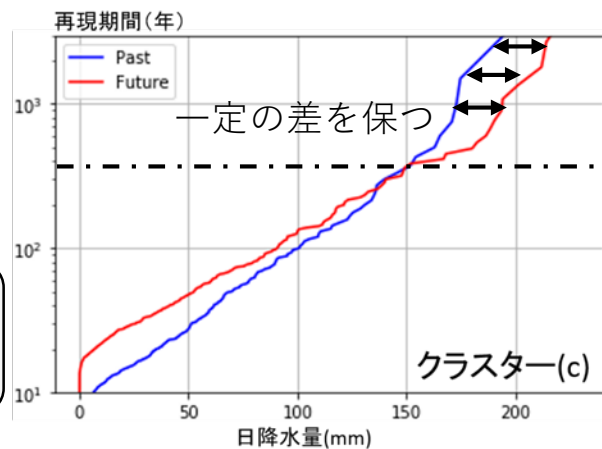
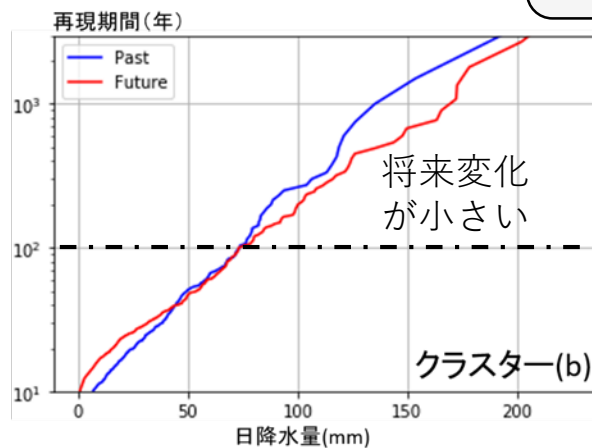
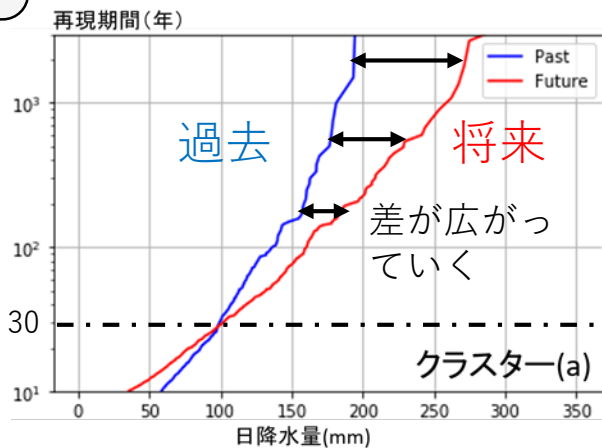
九州に上陸する経路パターン(a)(d)では、
再現期間100年の日降水量は九州全域で増加する

日降水量の再現期間

北東進行・
上陸

福岡における日降水量の再現期間

北（北東）進行・
西通過



北東進行・
東通過

北（直進）
進行・上陸

再現期間 < 30年の場合
日降水量 将来 < 過去

再現期間 > 30年の場合
日降水量 将来 > 過去

有明海周辺における降水量の将来変化についてのまとめ

温暖化が進行すると、

台風経路パターンの発生割合

- ✓ 現在よりも台風の経路パターンは多様化する

台風接近時の降水量と影響期間

- ✓ 将来的な降水量の増加には、影響期間が大きく寄与
- ✓ 降雨をもたらす能力が弱まる経路パターンがある

降水量の確率論的評価

- ✓ 九州に上陸する経路パターンでは、再現期間100年の日降水量は九州全域で将来増加する
- ✓ 福岡における日降水量の再現期間は、各クラスターで傾向が異なる

今後の展望

今後の展望

気候変動適応法の施行により，国主導の下で地方単位の協議会（広域協議会）が設置されたことで，今後は本格的な適応策の検討が開始されるはずです．そこで，私たちが実施してきた研究事例が生きてくるのではないかと期待しています．気候変動適応策について自治体と協議し，実効性の高い適応策を立案するには，**自治体の要望に応じて地域の社会的・経済的な観点や種々の施策における重要度を考慮しながら多角的な検討が必要**です．

現在では，数値モデルが有力なツールとして，さらにダウンスケーリング技術を利用して時空間解像度の高い情報を用いて検討することが可能です．しかし，自治体における気候変動への適応をさらに推進するには，**各自治体が検討すべき様々な適応策のオプションを組み込んで利用可能な，さらに一段進んだ数値モデル**を開発し，各種の適応策の評価を可能にして行く必要があると思っています．

これからも私たちの専門性を活かし，持続可能な社会の実現に向けて積極的に寄与していきたいと思っています．