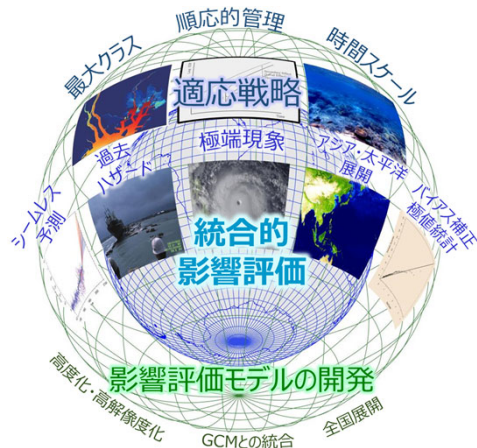


統合プログラム報告会
一橋大学・一橋講堂、2019年3月15日

統合的気候モデル高度化研究プログラム 領域テーマD：統合的ハザード予測



京都大学 防災研究所
気象・水象災害研究部門

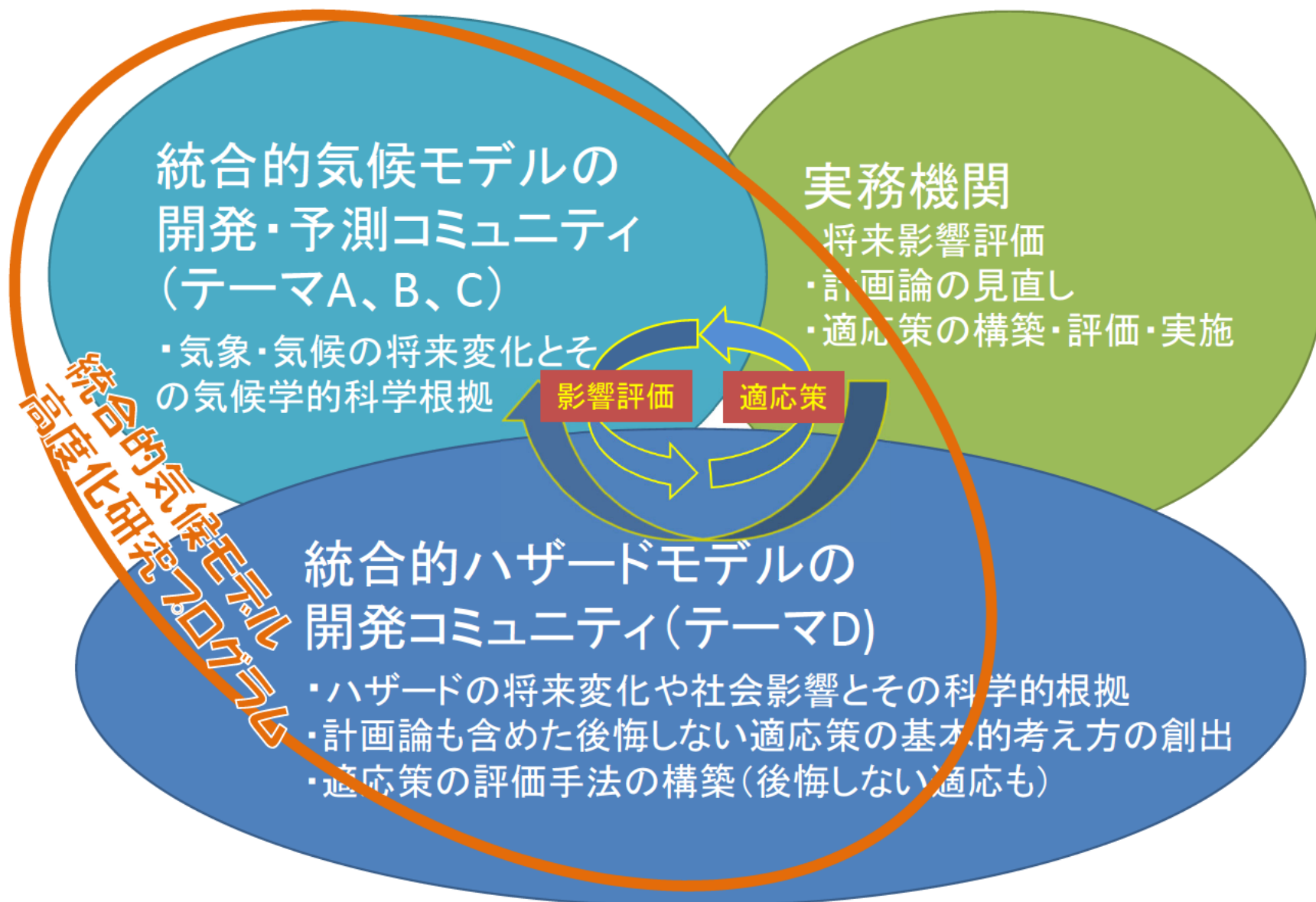
領域代表者 中北英一

最近の災害から思うこと

- 地球温暖化の影響が出だしているのではないかな？
- 今までの常識が通用しない。
 - 豪雨:より頻繁に、より強力に、初めての地域に=>未経験
 - 西日本豪雨:強力ではないが、広域で長期間(満身創痍の中、そう強くない雨域帯が1波、2波と過ぎた。)
- 後悔しない、地球温暖化への適応
 - 気候変動将来予測を軸にした適応
 - 治水の基礎体力の増強
 - リスク管理の強化
 - 自助・共助としての防災力の増強
 - とともに時間がかかる。じわじわでも温暖化進行の方が早い。=>後悔しない早い目そして計画的な対応が必要！
- では、何を？どの優先順に適応するか？
 - 将来予測の共有
 - 災害からの教訓
- 水工学・土木工学”研究”として抜けているものはないかな？

テーマDの実施内容と テーマA,B,C及び実務機関との関係

基本的な考え方



実施内容(研究課題)

- i. 極端なハザードの強度と頻度の長期評価(極端現象)
 - ・ 京都大学防災研究所・森 信人
- ii. 21世紀末までのシームレスな影響評価(100年シームレス)
 - ・ 京都大学防災研究所・田中賢治
- iii. 過去災害のハザード分析と気候変動影響評価(過去ハザード)
 - ・ 京都大学防災研究所・竹見哲也
- iv. 影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力(アジア・太平洋)
 - ・ 京都大学大学院工学研究科・立川康人
- v. 様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略(適応戦略)
 - ・ 京都大学防災研究所・多々納裕一
- vi. バイアス補正法・極値評価技術の開発(バイアス補正・極値)
 - ・ 名古屋工業大学・北野利一

実施内容の概要と体制

研究課題	研究項目					
	課題/WG	気象	水災害	沿岸域	水資源 農業	リスク評価
	課題i 極端現象	台風, 豪雨, 低気圧, 強風, 森林	洪水, 氾濫	高潮, 高波, 台風	渇水, 異常高 温	河川・沿岸氾濫
	課題ii 100年シー ムレス	豪雨, 強風, 森林	洪水	海面上昇, 砂 浜, 水質, サ ンゴ他	水需要, 渇水, 水力発電	河川・沿岸氾濫
	課題iii 過去 ハザード	台風, 豪雨, 低気圧, 強風, 森林	洪水, 氾濫	高潮, 高波	水需要, 渇水	
	課題iv アジア 太平洋	台風	洪水, 氾濫, 渇水	高波, 高潮	水需要, 渇水, 農業生産	
	課題v 適応戦略	台風, 森林	氾濫	高潮, 砂浜	耕作時期移動, 土地利用、生 態系サービス	河川・沿岸氾濫、洪 水防御施設、防災投 資
	課題vi バイアス 補・極値統 計	降雨量（豪 雨） 風速	降雨量, 河川 流量	気圧, 風速, 高潮, 高波	日射量, 気温, 連続無降雨日 数, 異常少雨	

実施体制

主管機関

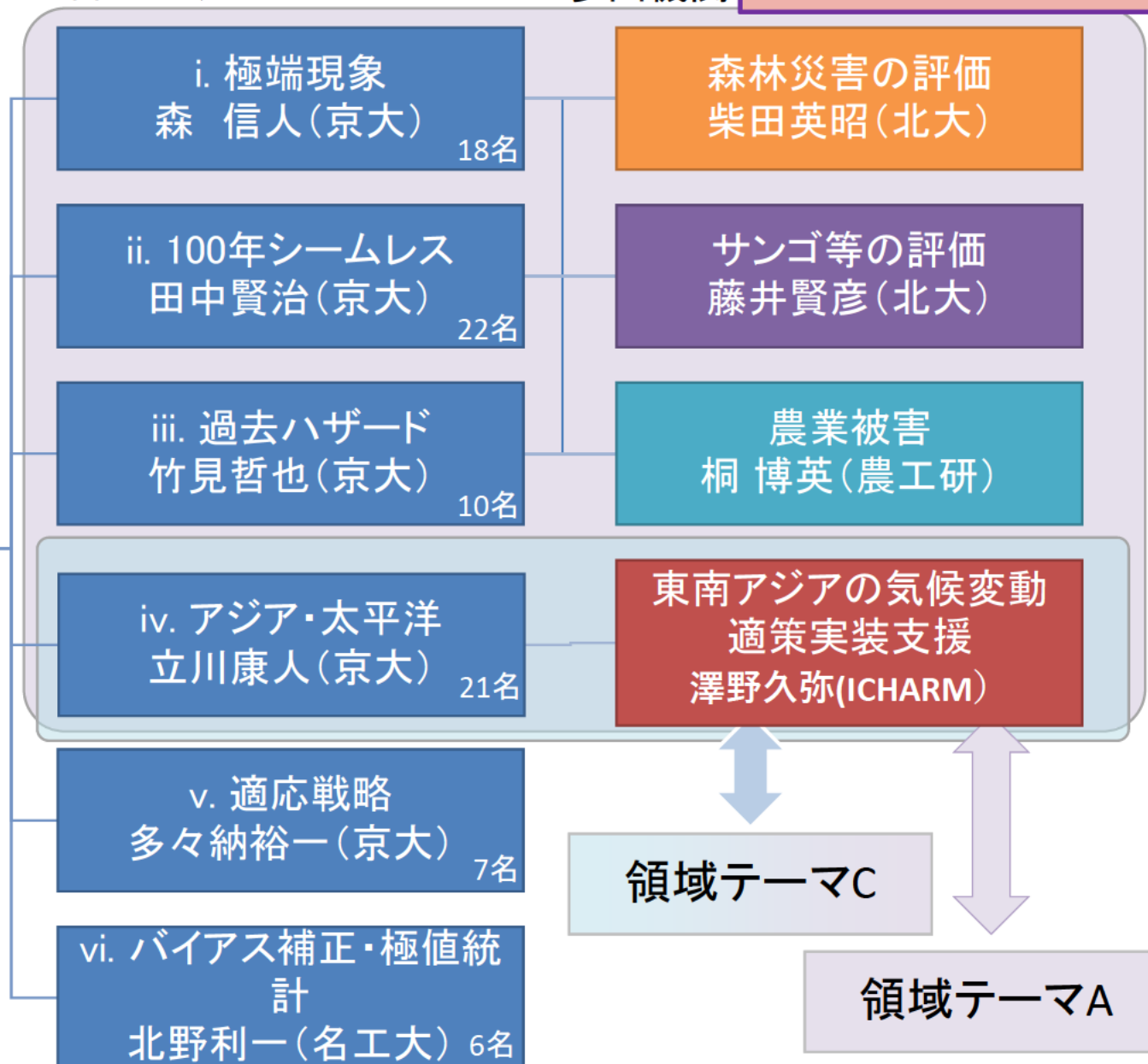
京都大学
— 英中 —
東北大学

合計84名

課題代表

参画機関

実施内容の概要と体制



協力機関: 東大, 東北大, 新潟大, 名大, 金沢大, 岐阜大, 神戸大, 鳥取大, 熊大, 大市大, 石川県立大学他
国総研, 港空研, 統数研, 国立極地研

テーマC/D連携マップ

V7 2017/03/29

C

①高精度統合型モデル開発

- 1)高解像度全球・領域モデル開発
- 2)統合型モデルの構築
- 3)化学気候情報作成
- 4)気候再現・予測の不確実性評価
- 5) 150年再解析

②汎用シナリオ整備とメカニズム解明

- 1)気候シナリオ開発
- 2)メカニズム研究
- 3)影響・適応研究との連携

②‘台風等極端事象

- 1)メカニズム研究
- 2)台風強度将来予測

③高精度気候モデルによる国際貢献

- 1)脆弱地域
- 2)国際比較

150年再解析

実験のシリーズ化

CORDEX
実験等

高分解能
d4PDF

100年シームレス実験

相手国の気象局・河川局一体との連携促進

GCMと影響評価モデルの統合・融合

D

(i) 極端現象

極端なハザードの強度と頻度の長期評価

(ii) 100年シームレス
21世紀末までのシームレスな影響評価

(iii) 過去ハザード
過去災害のハザード分析と気候変動影響評価

(iv) アジア・太平洋
影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力

(v) 適応戦略
様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略

(vi) バイアス補正・極端統計
バイアス補正法・極端評価技術の開発

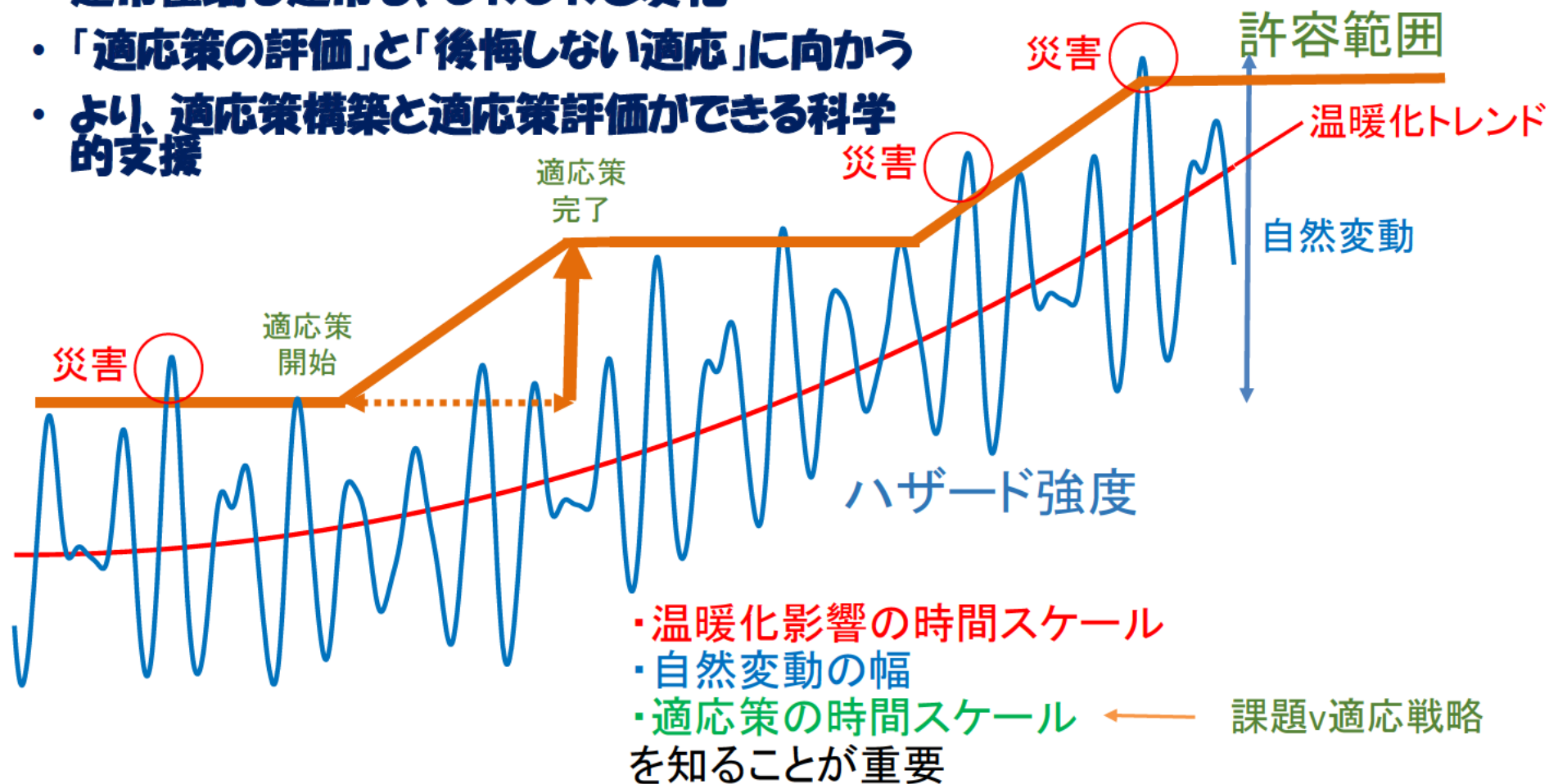
統合Dのイメージ

- ・引き続き、「トップダウン型」の適応策のアプローチと科学的支援
- ・創生の延長線上の高度化と精緻化も必要
- ・「適応策の評価」と「後悔しない適応」に向かう
- ・より、適応策構築と適応策評価ができる科学的支援
- ・東南アジア・太平洋地域への貢献

大切なバックボーン 後悔しない適応とは何か？

基本的な考え方

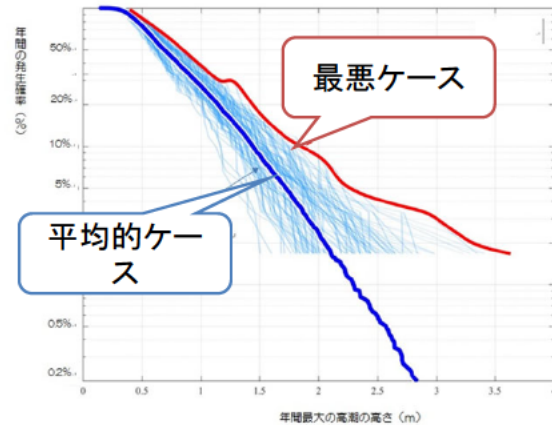
- ・ 通常極端も通常も、じわじわと変化
- ・ 「適応策の評価」と「後悔しない適応」に向かう
- ・ よい、適応策構築と適応策評価ができる科学的支援



期待される成果

課題v.様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略

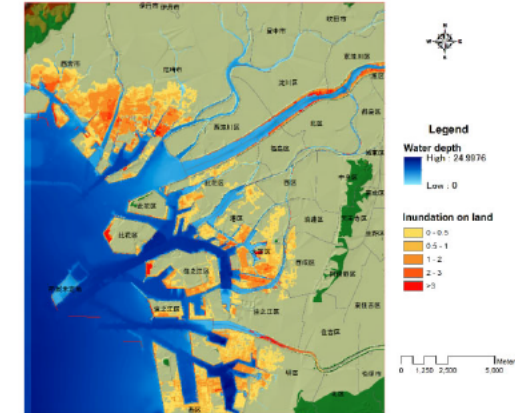
d4PDF/GCM-RCM



氾濫解析



多数の
ケース
を想定



平均的リスクシナリオ

頻度	年間確率			
10年に1回	10%			
20年に1回	5%			
50年に1回	2%			
100年に1回	1%			
200年に1回	0.5%			
浸水の深さ				
		0.1m以上 (床下浸水)	0.5m以上 (床上浸水)	3.0m以上 (家屋水没)

地先の
リスクを
できる
だけ正
確に提
示

最悪リスクシナリオ

頻度	年間確率			
10年に1回	10%			
20年に1回	5%			
50年に1回	2%			
100年に1回	1%			
200年に1回	0.5%			
浸水の深さ				
		0.1m以上 (床下浸水)	0.5m以上 (床上浸水)	3.0m以上 (家屋水没)

Webア
ンケート
(CVM)

平均的リスクシナリオと最悪リスクシナリオの意
思決定ウエイト(α)の推定

平均的リスクシナリオ

最悪リスクシナリオ

$$V(f) = (1 - \alpha) \int u(f(\omega)) d\bar{p}(\omega) + \alpha \min_{p \in P} \int u(f(\omega)) dp(\omega)$$

後悔しない適応戦略

適応策に関する戦略(f)に関する意思決定モデル

$$\text{Max}_{f \in \Omega} \int_0^T \{ (1 - \alpha) \int u_t(f_t(\omega_t)) d\bar{p}_t(\omega_t) + \alpha \int u_t(f_t(\omega_t)) dp_t(\omega_t) \} dt$$

社会経済シナリオの反映

100年シームレスハザード予測の反映



回答者

GCMと双方向結合した 影響評価モデルの開発



風速・気圧
熱フラックス他

陸面・海面情報

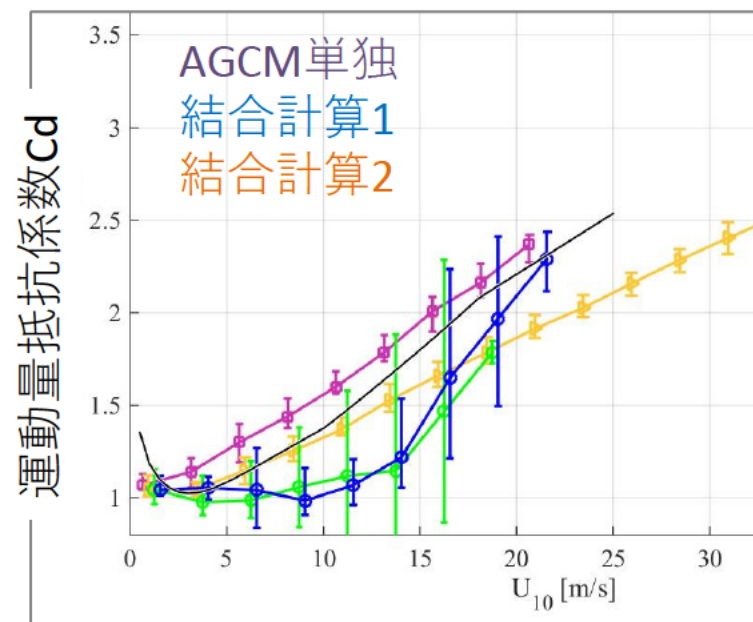
影響評価モデル
波浪・陸面モデル他

科学的メリット

- 詳細な陸面・海面過程を大気循環場へフィードバック
- 極端な災害等の大気状態の把握

影響評価のメリット

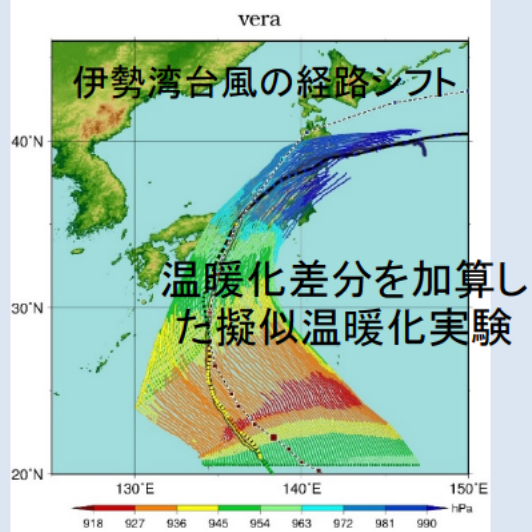
- 気候計算と影響評価が同時に進行
- AGCM+波浪結合モデルのテスト計算例



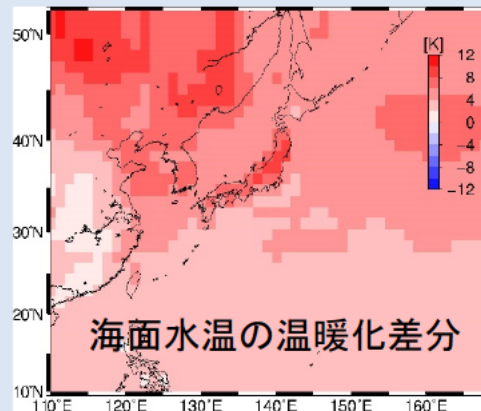
最大クラス台風による影響評価の全国展開

期待される成果

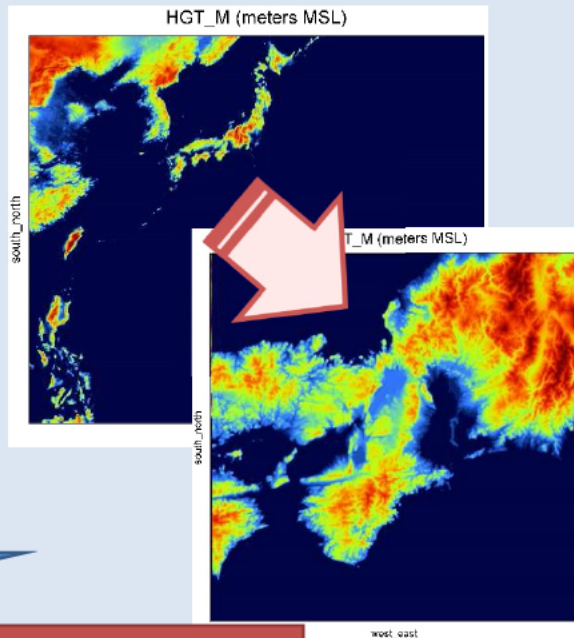
最大クラス台風の経路シフト計算
による最悪シナリオ台風の作成



温暖化差分を加算し
た擬似温暖化実験

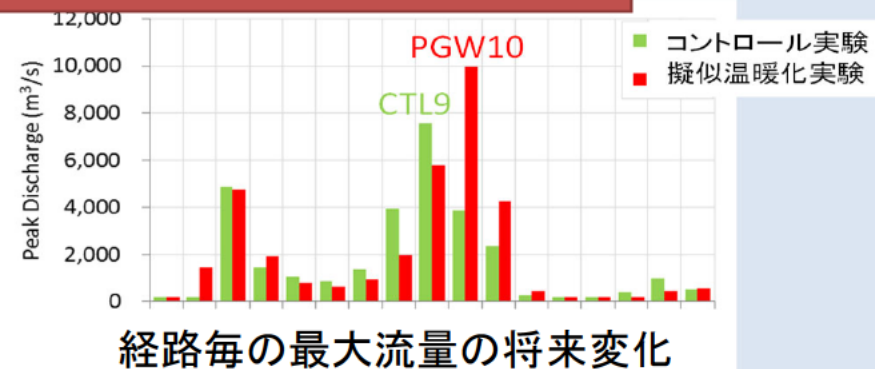
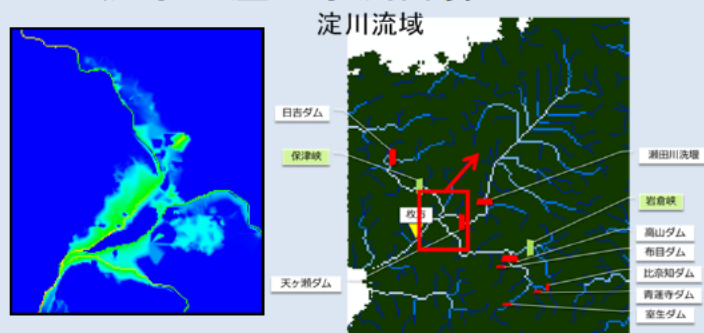


流域規模へのダウンスケール



気象・水災害・沿岸災害の温暖化影響評価

洪水氾濫の予測計算



全国の流域圏に適用できる計算モデルの確立と評価の実践

海外でのC・D連携を目指して

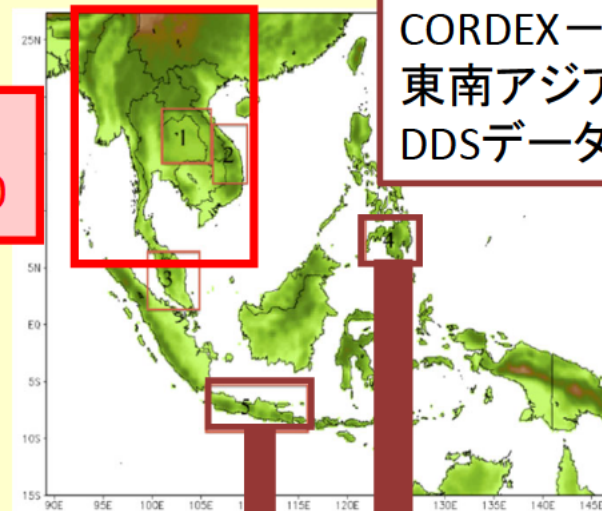
他との連携

iv(a) 東南アジア・太平洋域を対象とする水災害ハザード変化予測(京大)

1. 洪水時の氾濫原の広がりや灌漑による取水を考慮した河川流モデルの開発、陸面モデルグリッド流出量の補正手法の開発を実施し、インドシナ半島全域洪水・渇水のハザード変化を分析する。
2. チュラロンコン大学、インドネシア科学院の研究者と連携し、タイ、インドネシアの河川流域を対象として、洪水氾濫の変化を分析する。
3. 太平洋島嶼国の高潮・高波の長期ハザード変化予測を実施する。

d4PDF
AGCM20

テーマC.「統合型気候変動予測」との連携



CORDEX-SEA II
東南アジアの
DDSデータ

iv(b) 気候変動適応策
の現地実装支援のため
のプロトタイプ開発
(ICHARM)

フィリピン、インドネシアの河川流域を対象とし、現地のステークホルダーとも協力して以下を実施し、気候変動適応策の現地実装支援のためのプロトタイプを開発する。

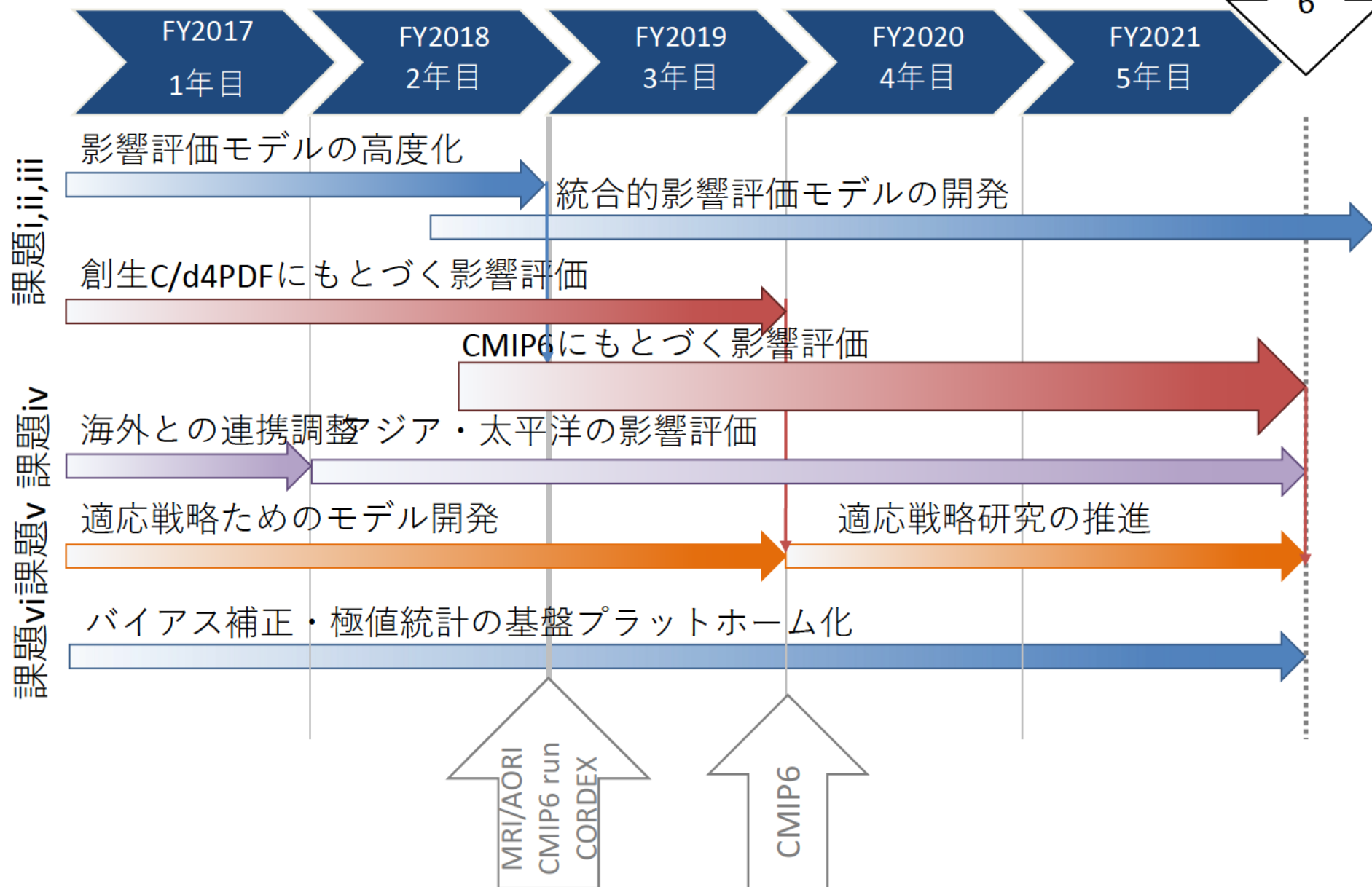
1. 水災害リスク解析: 降水の力学的ダウンスケーリングと流出・氾濫モデルを介した洪水・渇水による被害推定
2. 対象地の現況に応じた気候変動適応ニーズ、能力の把握
3. 気候変動適応策の現地実装支援の実施

アジア諸国の後悔しない適応に資する土台を提供する

研究スケジュール

実施計画

AR
6



2018年度の活動

- D研究連絡会: 7月11日、12月26日
- 運営委員会: 7月25日、1月8日
- C/D連携会議: 10月10日、11日(つくば)、d4PDFワークショップ
- 全体研究調整委員会: 5月23日
- 統合D/C~Si-CAT合同研究会: (1月15日、東京RESTEC)
- 報告会(評価付) 3月15日
- 公開シンポジウム: 3月15日(C,D)
- ◆ 土木学会(8月29日~31日)
 - ✓ 研究討論会「気候変動適応に関する先進事例から学ぶ水工学分野の課題」、8月29日・分野横断型共通セッション「CS11 気候変動による影響への適応」
- ◆ 日台韓での情報共有
 - ✓ AOGS2018, HS22, "Climate Change Risk Assessment and Adaptation on Water-related Disaster and Water Resources in Asia and the Pacific", 2018年6月3-8日
- ◆ タイでの水資源管理と気候変動に関する国際会議(1月23日~25日)
 - ✓ C/D TOUGOU Session & Training Workshop

平成30年度 テーマDの成果

	査読付き 論文	査読 なし	口頭 発表	アウトリーチ 活動
課題 i	27	2	13	講演 31件 (全体:21、課題毎:10) テレビ・ラジオ 23件 (全体:11、課題毎:12) 新聞等 55件 (全体:12、課題毎:43)
課題 ii	7	2	12	
課題 iii	10	1	26	
課題 iv	4		9	
課題 v	6		4	
課題 vi	6	4	10	
合計	60件	9件	74件	

2019年度の活動方針

- D研究連絡会、運営委員会、C/D連携会議(京都)、全体研究調整委員会、統合D/C～Si-CAT合同研究会、報告会、公開シンポ
- 中間報告・審査
 - ✓1月8日の運営会議では、全部を網羅的発表いただくのではなく課題代表の
お思いで、筋を通った発表にしていただければ嬉しいです。
- 実務省庁との合同シンポジウム(候補日:5月24日)(共催:文科省
統合フロ・国土交通省水管理国土保全局、後援:農林水産省(案))
-水災害・水資源の気候変動への適応とは?-
- ◆土木学会(香川大学)(9月3日～5日)
 - ✓研究討論会
- ◆IWCRER 2019(南京、河海大学)(6月15日～18日)
 - ✓統合セッション'Climate change impact assessment and adaptation'
 - ✓<http://icwrrer2019.org/>
- ◆京都大学IPCCウィーク
 - ✓5月24日の実務省庁との合同シンポジウム、他

水災害分野における気候変動による影響と適 応に関するシンポジウム(国交省とのコラボ)



2015年5月29日 国立オリンピック記念青少年総合センター

主催 文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム/国土交通省 水管理国土保全局

後援 土木学会 水工学委員会/地球環境委員会

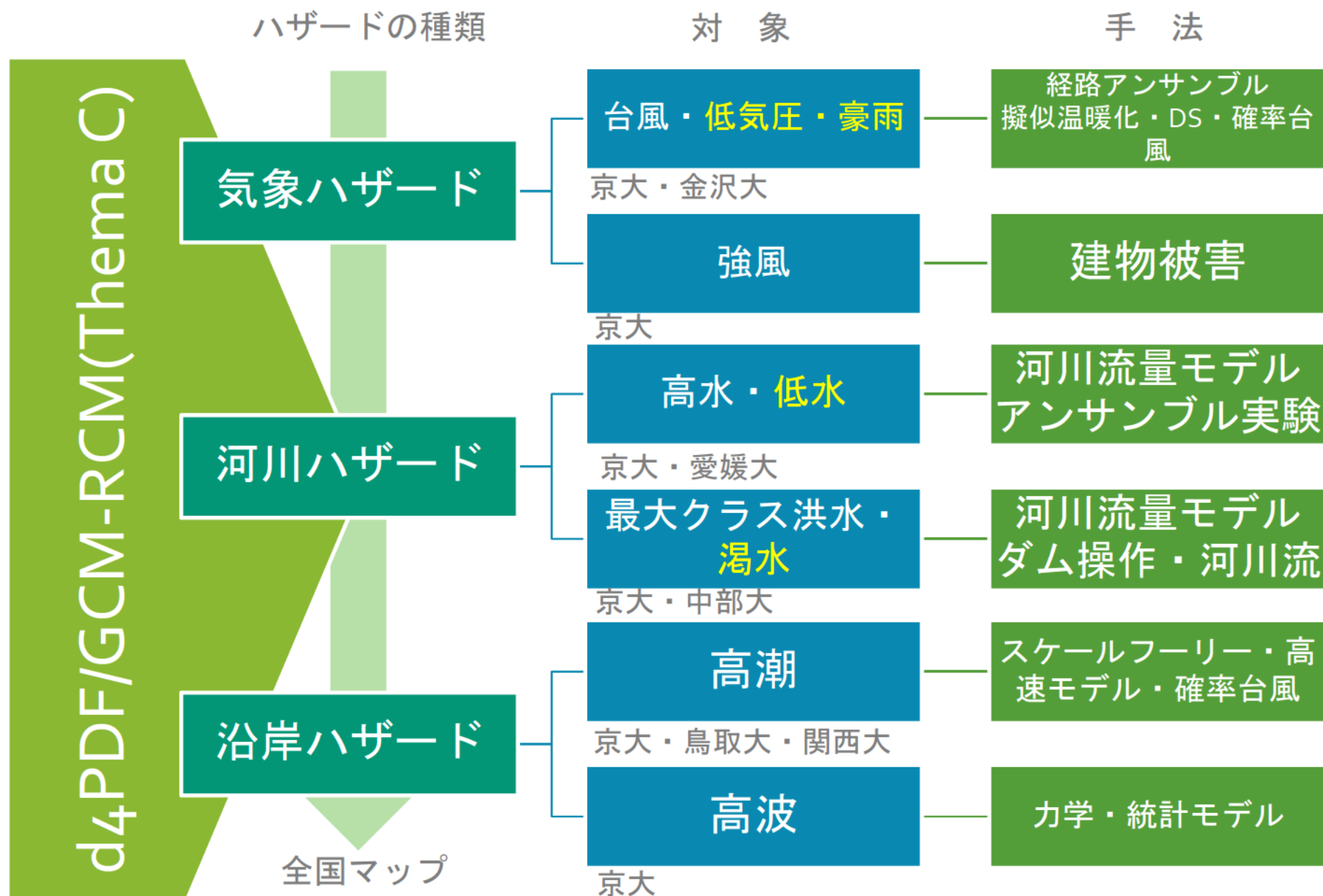
水災害・水資源分野における気候変動の影響 と適応に関するシンポジウム(案) ～後悔しない適応とは～

- 主催：文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム、文部科学省研究開発局、国土交通省水管理・国土保全局
- 後援：京都大学IPCCウィークス、土木学会水工学委員会、地球環境委員会、水文・水資源学会など
- 開催日：2019年5月24日（金）13:00～17:30
- 場所：国立オリンピック記念青少年総合センター カルチャー棟 小ホール

発表内容(研究課題)

- i. 極端なハザードの強度と頻度の長期評価(極端現象)
 - ・ 京都大学防災研究所・森 信人
- ii. 21世紀末までのシームレスな影響評価(100年シームレス)
 - ・ 京都大学防災研究所・田中賢治
- iii. 過去災害のハザード分析と気候変動影響評価(過去ハザード)
 - ・ 京都大学防災研究所・竹見哲也
- iv. 影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力(アジア・太平洋)
 - ・ 京都大学大学院工学研究科・立川康人
- v. 様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略(適応戦略)
 - ・ 京都大学防災研究所・多々納裕一
- vi. バイアス補正法・極値評価技術の開発(バイアス補正・極値)
 - ・ 名古屋工業大学・北野利一

課題i. 極端なハザードの強度と頻度の長期評価





課題「i. 極端」における モデル開発の考え方

モデル開発

- 主要な風水害をカバーする
- 全国（もしくは3大都市）を評価可能な影響評価モデル（力学的）
- 気候変動予測計算に最適化した影響評価モデル
 - 多シナリオ・大アンサンブル
 - 力学モデル + α

影響評価

- 全国（もしくは3大都市）を評価
- 将来変化量だけでなく不確実性の評価
 - 多アンサンブル・大アンサンブル
 - 多手法
- 現実には起こっている自然災害の評価にも対応
 - 擬似温暖化等の活用



科学技術的に先進の影響評価モデル構築，GCMと影響評価モデルの融合，国レベルの政策への反映



2018年度計画

2018年度は主にモデル開発

赤色はモデル開発

青色は影響評価実施項目

■ 気象ハザード

- 擬似温暖化実験等の高度化および高解像度化
- 台風・低気圧・豪雨・強風等を評価するハザードモデルの高度化
- 最大クラスの台風・低気圧・豪雨・強風等の将来変化を評価手
- d4PDF等のデータを用い、最大クラスの気象外力とその将来変化について確率的に評価

■ 河川ハザード

- 日本全国の河川を対象とし、流水制御を考慮した河川流量シミュレーションモデルの開発

- 日本全国の流量シミュレーションを実施するためのバイアス補正の検討
- 三大都市圏を対象に浸水・氾濫シミュレーションモデルの開発を継続する。

■ 沿岸ハザード

- 全国をカバーする高潮モデルの開発と精度検証を実施する。
- 力学的および統計的波浪モデルを高度化するとともに、日本周辺の将来変化予測計算を実施する。
- GCM・波浪結合モデル：台風をターゲットとして予備実験結合モデルを用いて、を実施する。



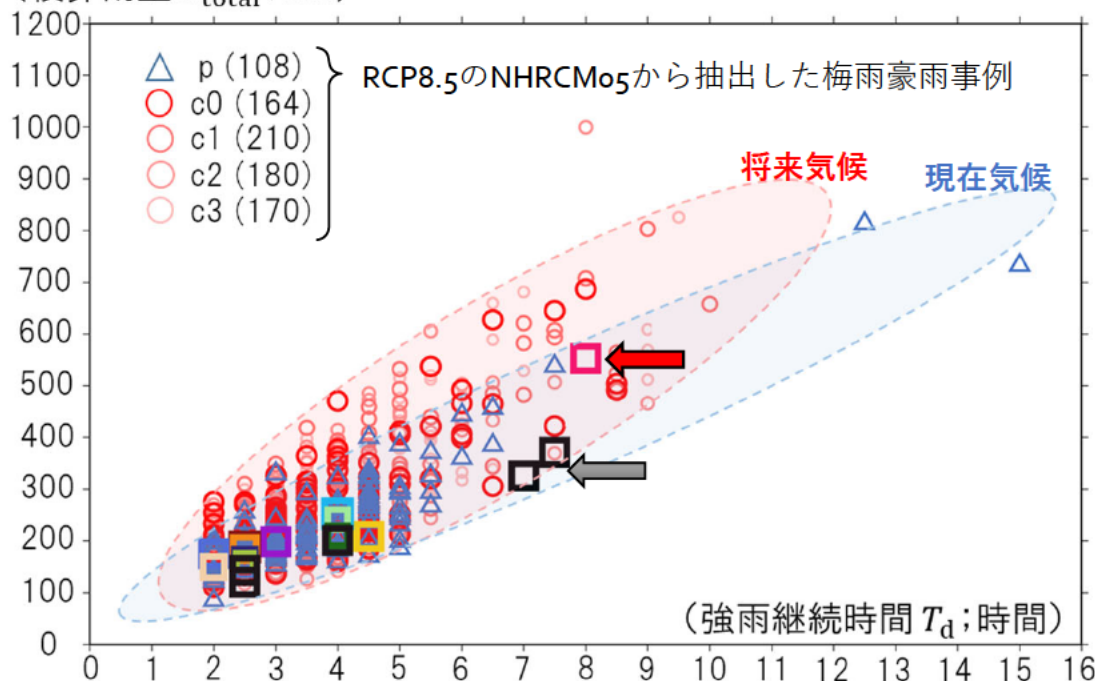
メソβスケールから見た2018年7月豪雨の特徴とその将来変化

強雨(50mm/h以上)継続時間(2時間以上)とその間の積算雨量の将来変化

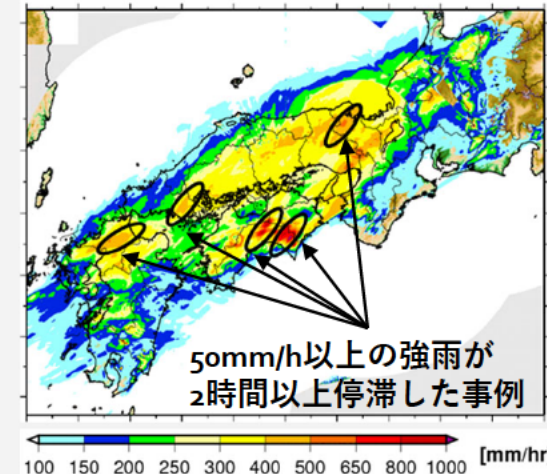
NHRCMo5から抽出した梅雨豪雨事例 (△と○)

過去に実際発生した梅雨豪雨事例 (□)

(積算雨量 R_{total} ; mm)



07.05 00:00～07.07 11:59 積算雨量



過去の梅雨豪雨事例

- 2018年7月豪雨 (CX)
- a. 2017.07.九州北部豪雨 (CX)
- b. 2017.07.島根豪雨 (CX)
- c. 2016.06.熊本豪雨 (CX)
- d. 2014.09.胆振豪雨 (X)
- e. 2014.08.広島豪雨 (X)
- f. 2014.08.福知山豪雨 (X)
- g. 2013.08.島根豪雨 (X)
- h. 2012.08.宇治豪雨 (X)
- i. 2012.07.亀岡豪雨 (X)
- j. 2012.07.北九州豪雨_筑後 (X)
- k. 2012.07.北九州豪雨 (X)
- l. 2010.07.可児豪雨 (X)

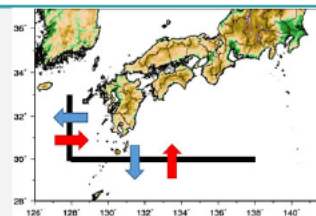
2018年7月豪雨の中でも、比較的強い雨が長時間停滞した地域でも、
”メソβスケールの線状対流系“という観点からは、他の事例と比較しても稀なものではなかった。

一方、2017年九州北部豪雨は現在気候の中では非常に積算雨量が多く稀な事例であった。



メソ α スケールから見た2018年7月豪雨の特徴とその将来変化

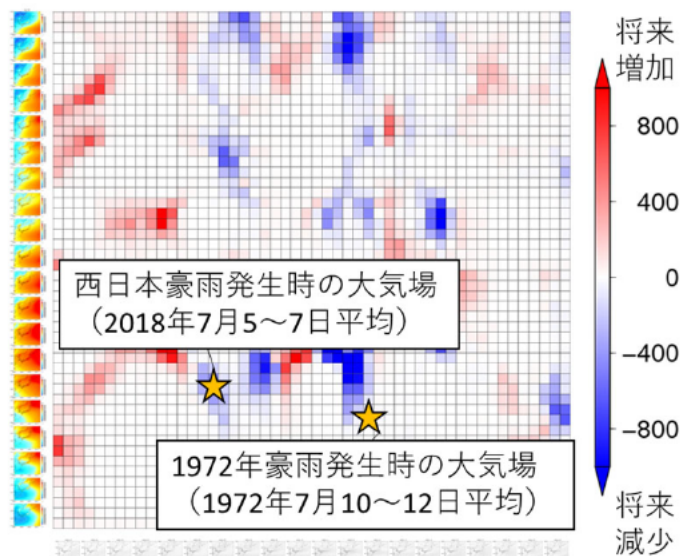
フラックス量：
黒線上を通過する
法線ベクトルの大
きさの積分



d4PDF₂₀の大気場パターン（地表面水蒸気フラックスと海面更正気圧の3日平均値）のクラスター分類

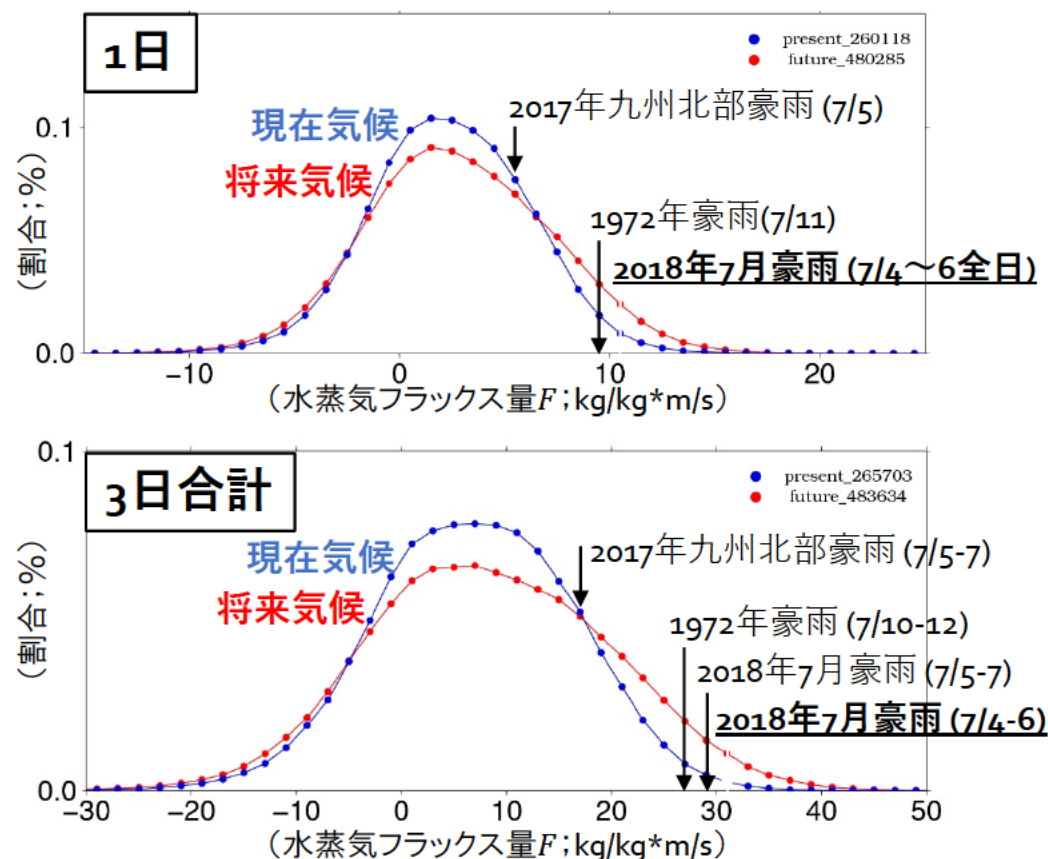
各ノード：大気場パターンを表現

色：大気場パターン発生頻度の将来変化を表現



→ これら大気場が分類されたノードは赤くなく、**将来増加傾向にはない**。しかし、大気場の解析についてはクラスター分類手法化を含め、今後より精査が必要である。

d4PDF₂₀から作成した西日本域に流入する水蒸気フラックス量の相対頻度分布



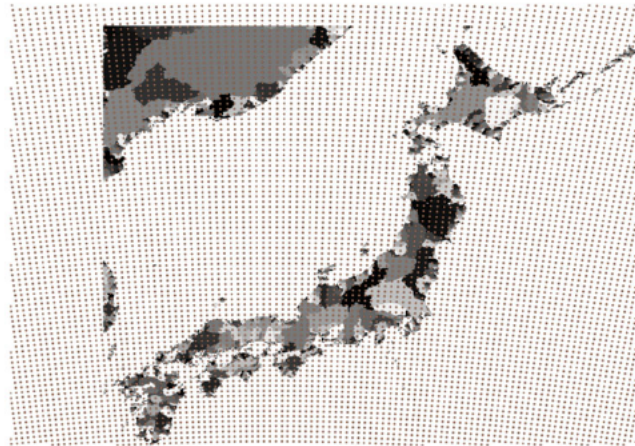
2018年7月豪雨が発生した際の大気場パターンは、将来気候で増加傾向にはない。一方で、2018年7月豪雨発生時に西日本域に流入していた**水蒸気量**は現在気候では最大レベルで、2017年九州北部豪雨とも比較にならない。将来気候では同程度の水蒸気量が流入する頻度は増加する。



全国109水系でのd4PDF極値 雨量・流量評価

田中智・
立川（京
大工）

荒川の例



d4PDF

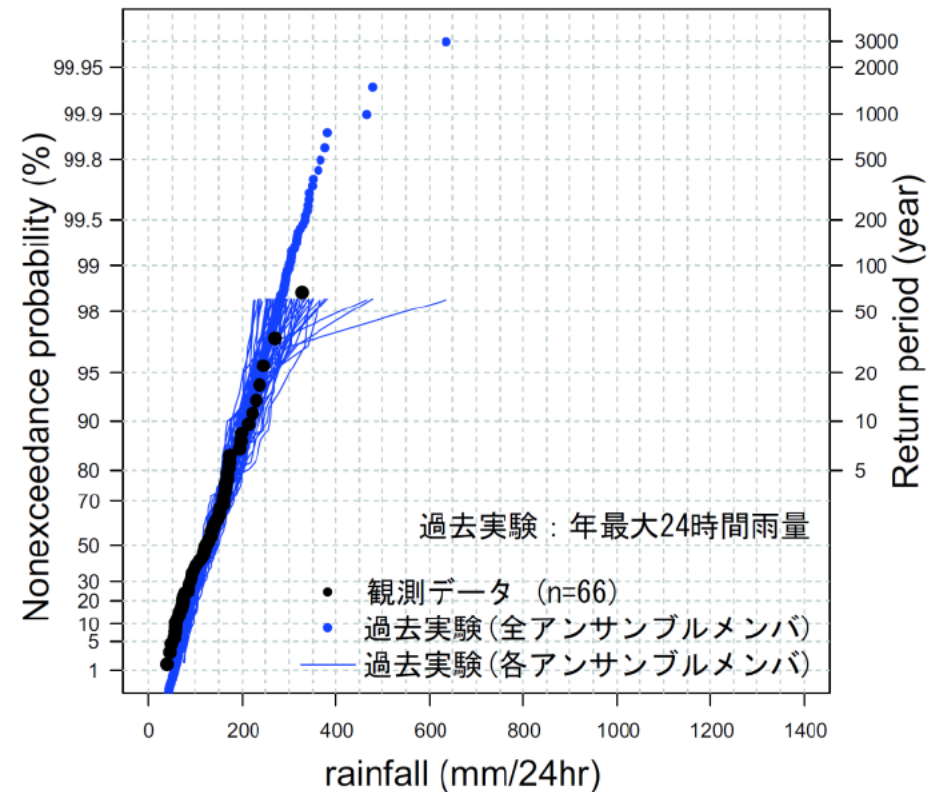
極値雨量の将来変化の推定可能性を検証

西日本豪雨に代表される多地域極値雨量の再現期間を評価

1級河川109水系でのd4PDFによる極値雨量の再現性を評価する

レーダーアメダス解析雨量に対する年最大N時間雨量の再現性を流域平均雨量で評価する
再現性の地域性や流域面積による違いを確認する

必要に応じてバイアス補正を試みる



109水系全体へ

田中・立川・河合・宮脇（2018）



統合型氾濫モデル

最大クラスの洪水氾濫

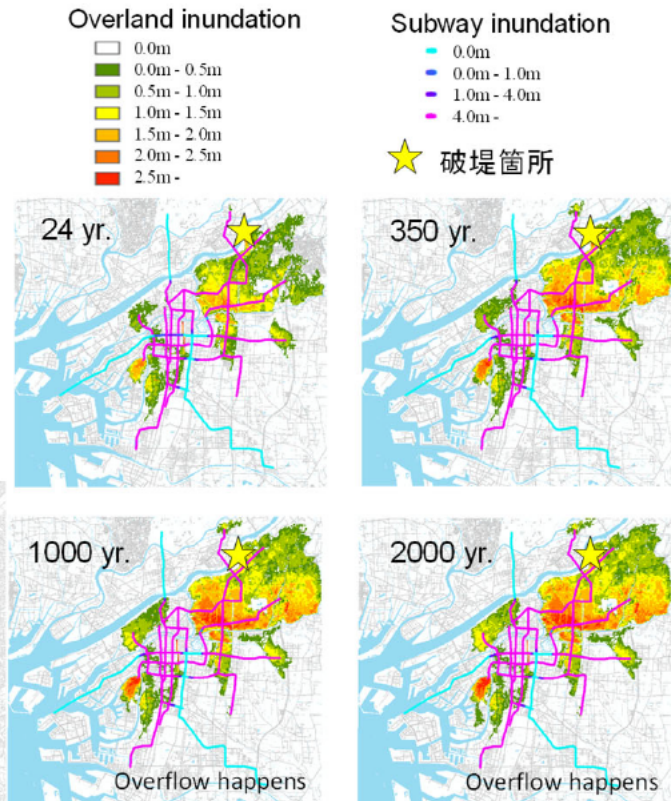
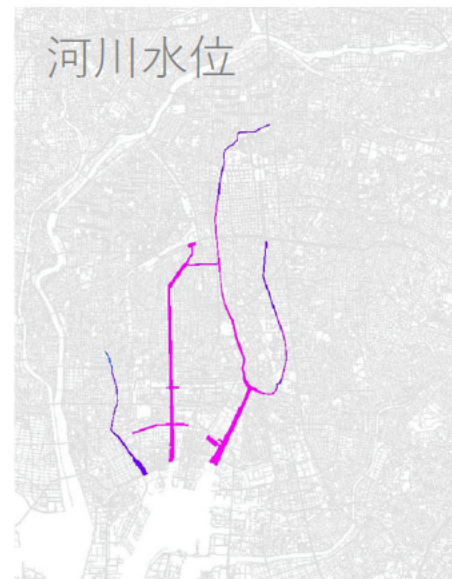
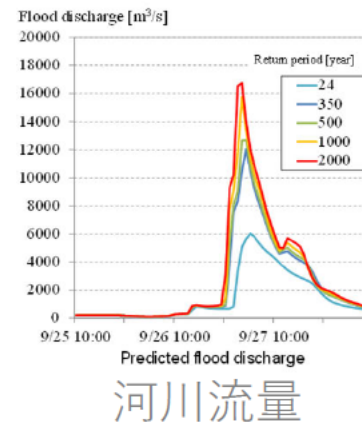
川池・武田
(京大・中部大)

■ 地下空間を含めた詳細な氾濫モデルの開発

- 破堤モデルのチェックと修正
- 地下空間情報（駅の形状、面積、入口の位置、地下鉄のつながり）の修正
- 下水道モデルの確認

■ 得られた結果

- 内水氾濫と外水氾濫の様子を再現と精度確認
- d4PDFによる洪水を用いた浸水計算の試み



した洪水破堤による浸水の様子

前回結果



テーマD
沿岸WG

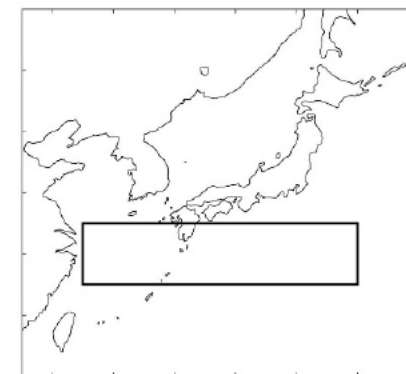
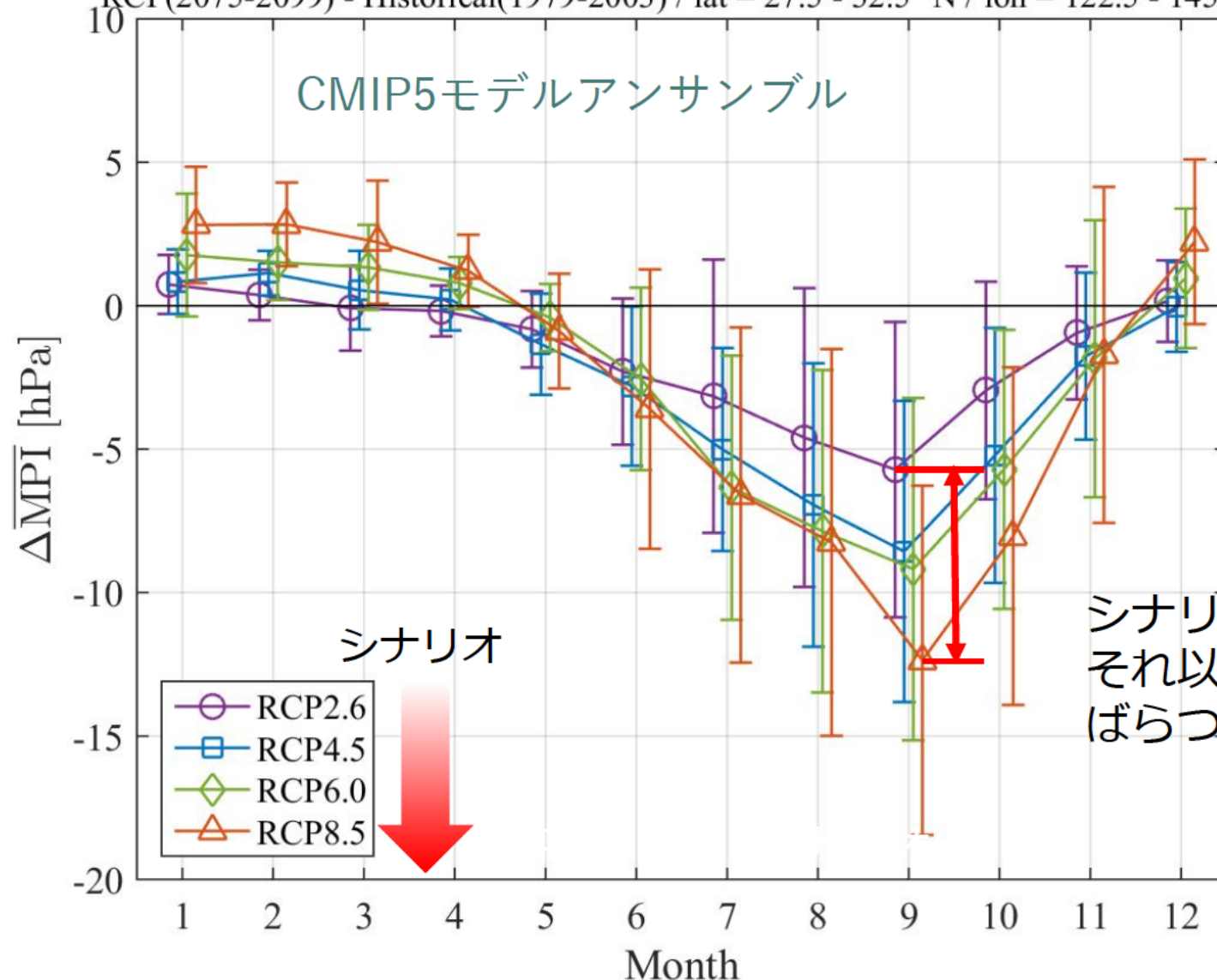
森+志村 (京大防)

極端

CMIP5による長期評価

■日本近海の台風発達域における台風強度の将来変化

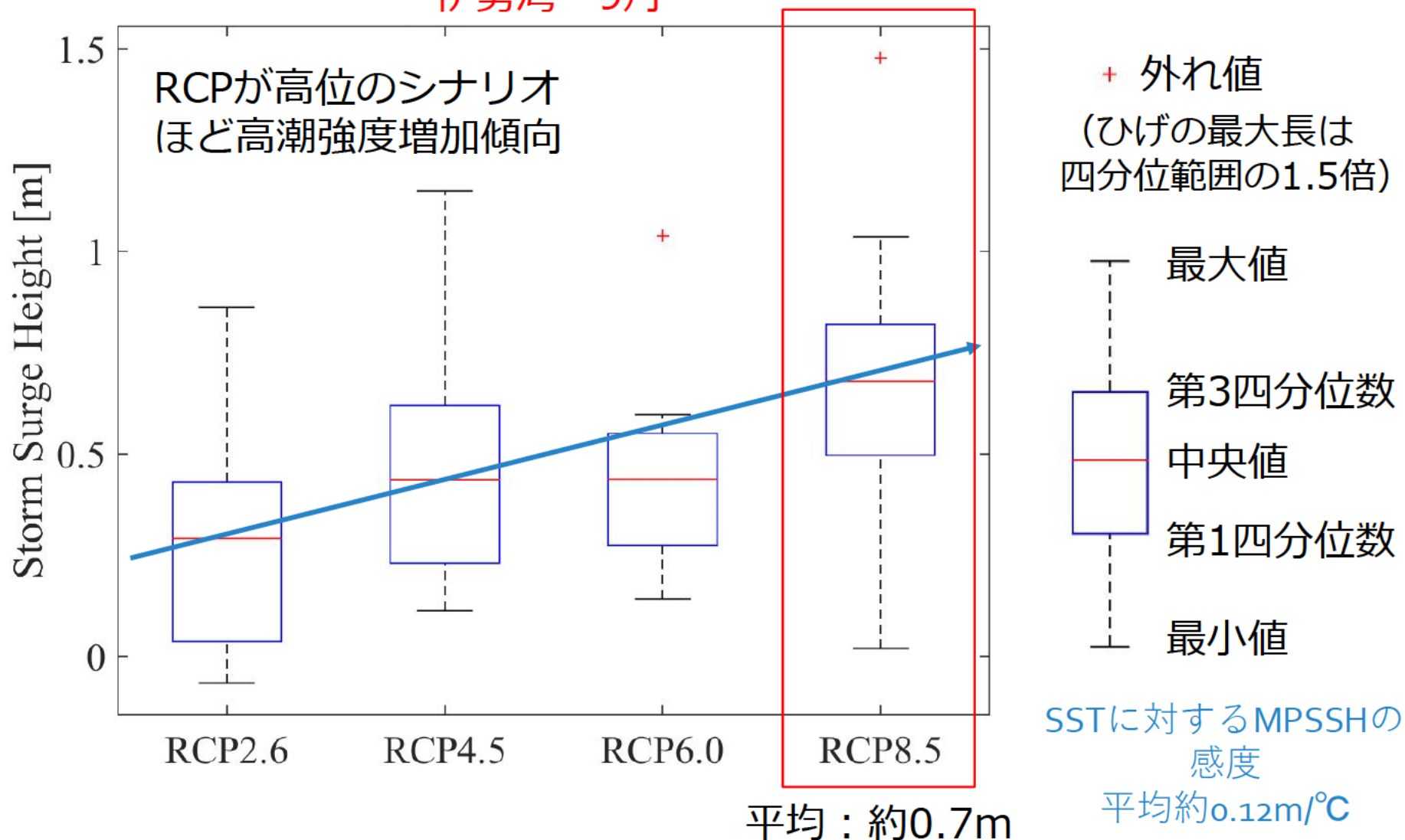
RCP(2075-2099) - Historical(1979-2003) / lat = 27.5 - 32.5 °N / lon = 122.5 - 145 °E



高潮：可能最大高潮予測

CMIP5:(2075-2099)-(1979-2003)

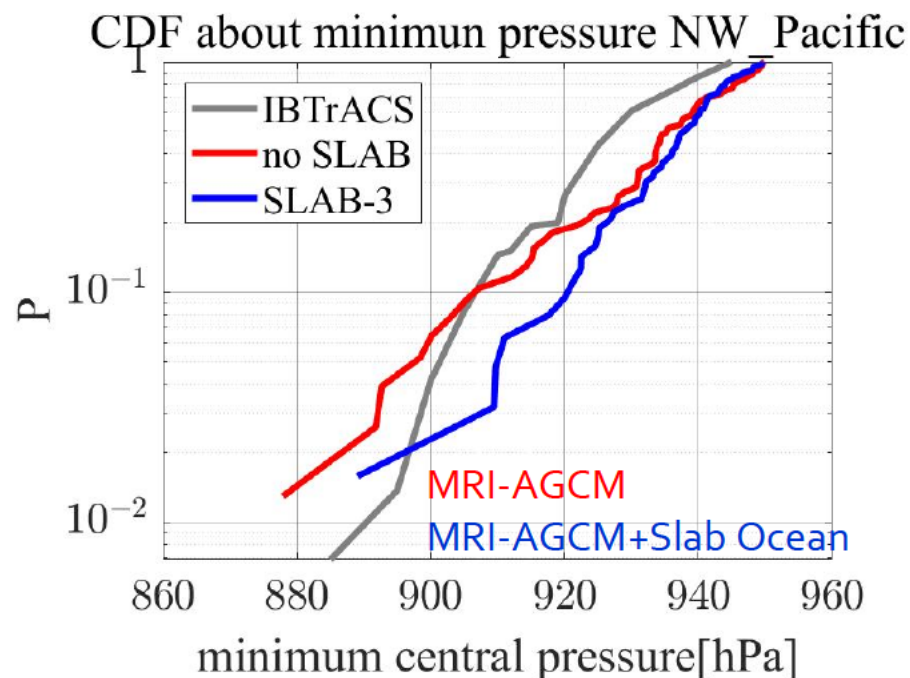
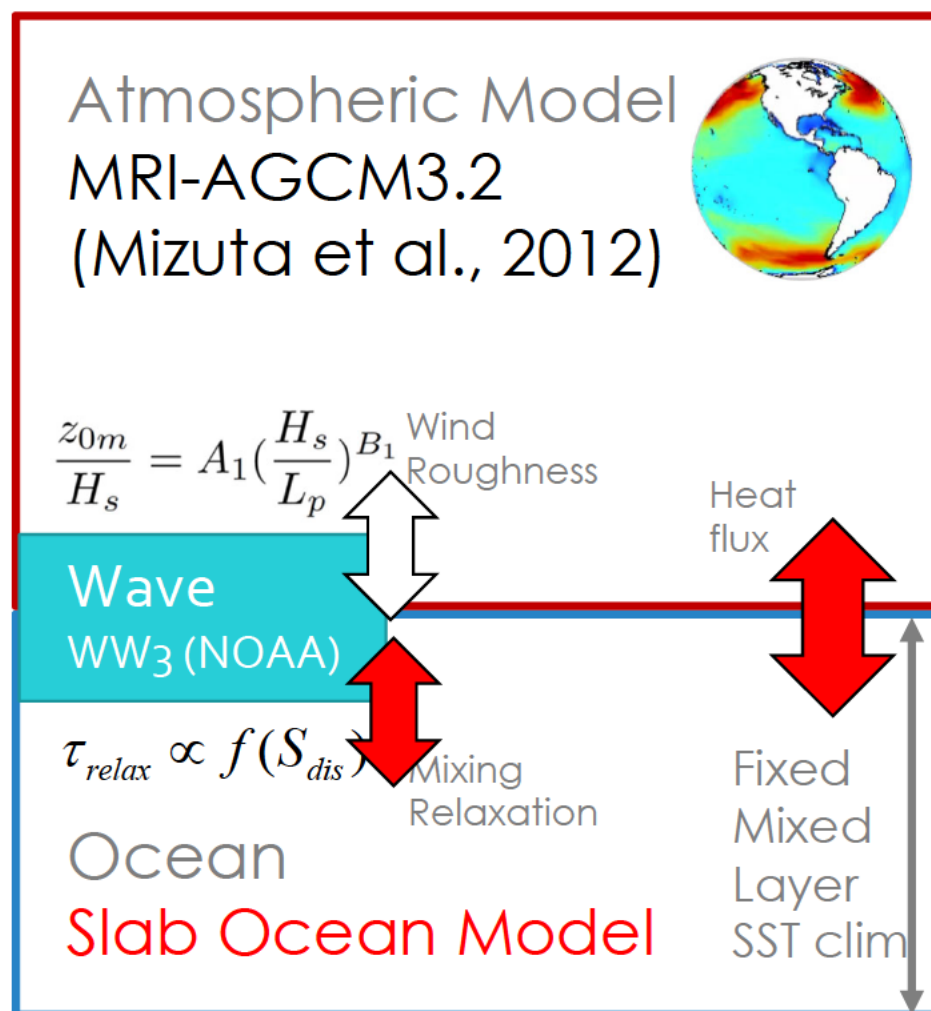
伊勢湾・9月



GCMと影響評価モデルの結合

AGCM・波浪・Slab Oceanモデルの開発 テーマC/D連携の成果

モデル概要



台風中心気圧の非超過確率

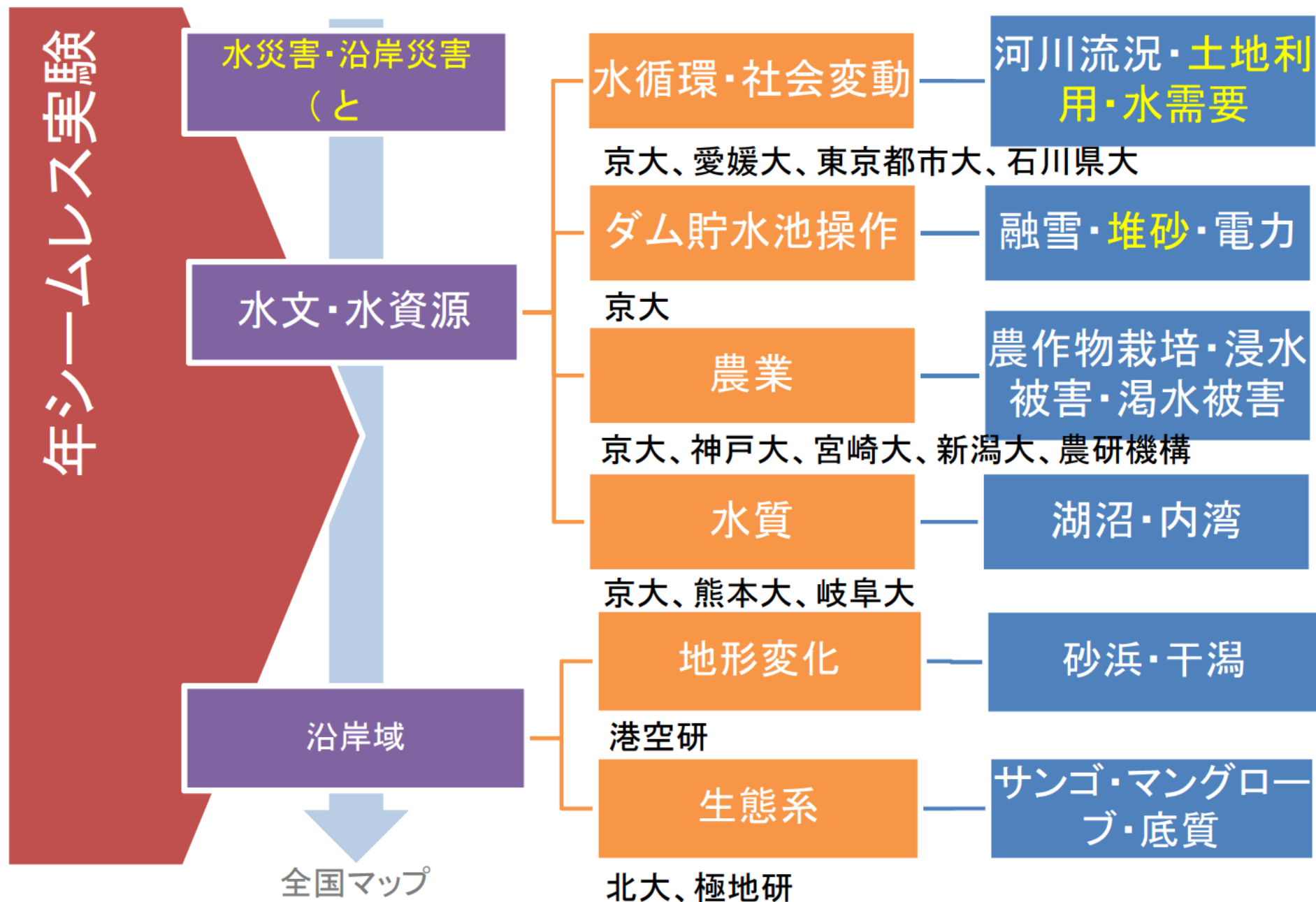
成果

- 気候計算と影響評価（波浪）が同時に計算可能に
- MRI-AGCMの強い台風のバイアスが改善

発表内容(研究課題)

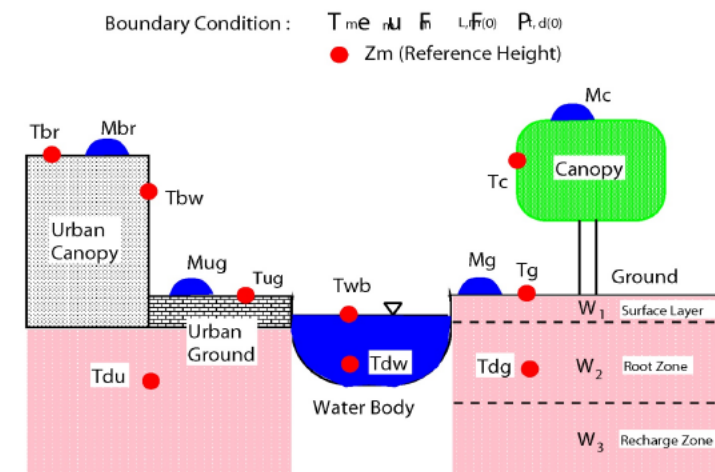
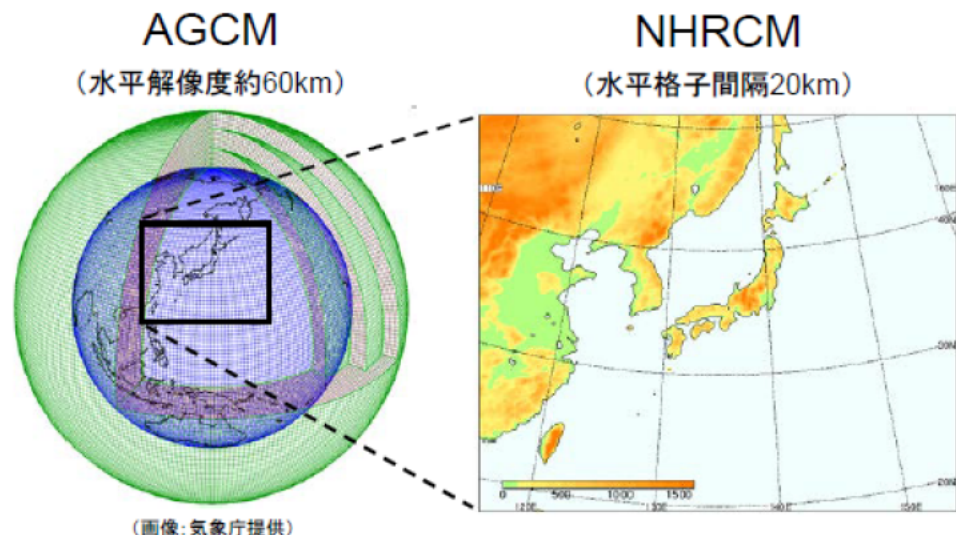
- i. 極端なハザードの強度と頻度の長期評価(極端現象)
 - ・ 京都大学防災研究所・森 信人
- ii. 21世紀末までのシームレスな影響評価(100年シームレス)
 - ・ 京都大学防災研究所・田中賢治
- iii. 過去災害のハザード分析と気候変動影響評価(過去ハザード)
 - ・ 京都大学防災研究所・竹見哲也
- iv. 影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力(アジア・太平洋)
 - ・ 京都大学大学院工学研究科・立川康人
- v. 様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略(適応戦略)
 - ・ 京都大学防災研究所・多々納裕一
- vi. バイアス補正法・極値評価技術の開発(バイアス補正・極値)
 - ・ 名古屋工業大学・北野利一

課題 21世紀末までのシームレスな影響評価



d4PDF NHRCM20kmによる水資源量評価

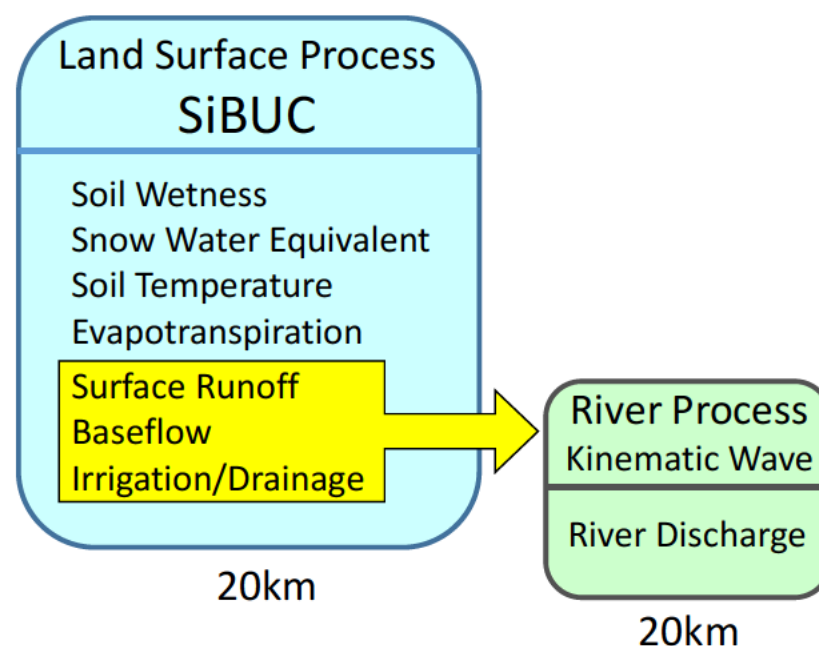
田中(京大)



Present climate(1979~2003) × 50

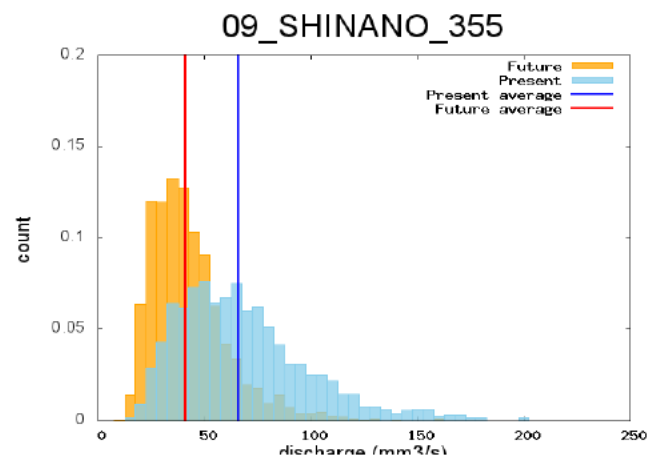
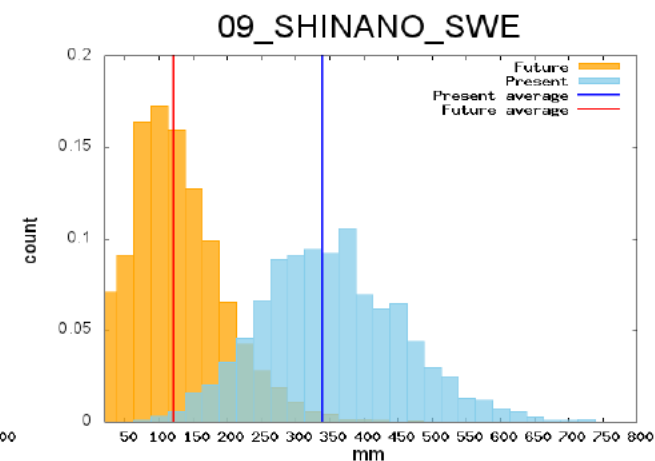
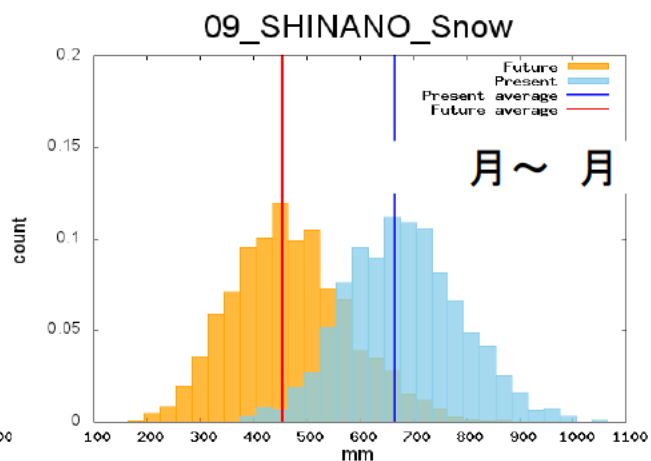
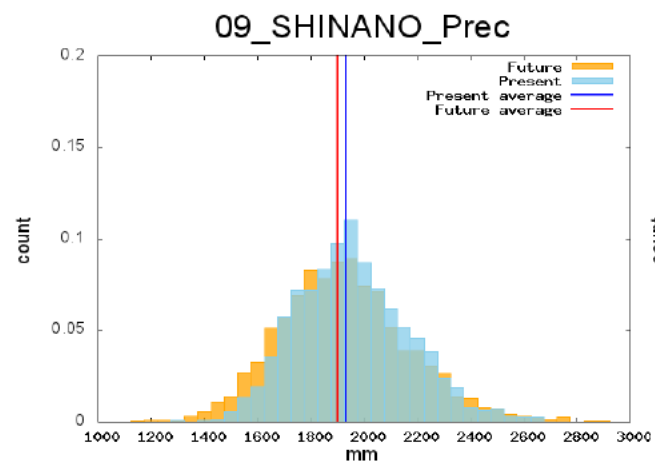
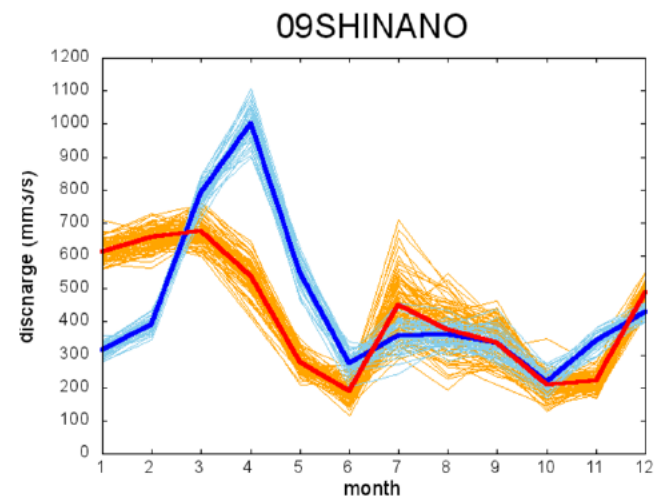
Future climate (2075~2099) × 90

(注) に合わせて、年分だけ用いている



信濃川

月平均流量



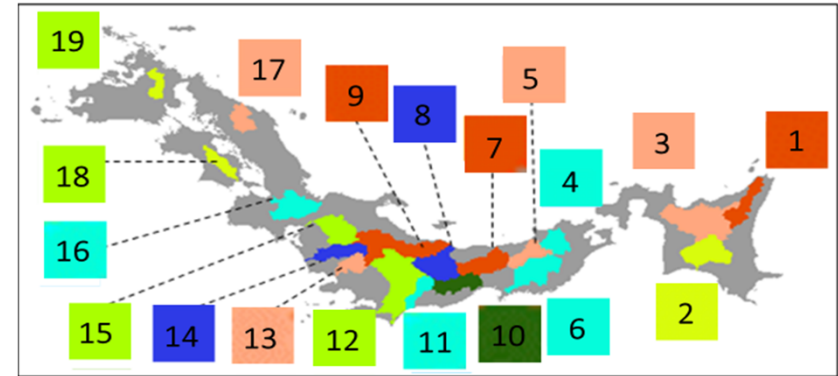
信濃川	降水量	冬期降雪量	最大SWE	渇水流量
アンサンブル平均変化率	-2%	-21%	-64%	-38%
標準偏差の比	1.16	1.01	0.62	0.58
KLダイバージェンス	0.044	1.512	2.074	0.491

全国の主要流域の評価

ダイバージェンス

2つの確率分布の差異を計る尺度

$$KL(p||q) = \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \ln \frac{p(x)}{q(x)} dx$$



KL-ダイバージェンス	豊水 流量	平水 流量	低水 流量	渇水 流量	降水量	蒸発散量	冬期降雪量	最大SWE	Nash (RCM)	Nash (GCM)
1: 天塩川	0.205	0.813	1.658	0.152	0.208	2.681	0.041	1.534	0.638	0.500
2: 十勝川	0.037	0.374	0.706	0.135	0.143	2.004	0.177	1.455	0.627	0.704
3: 石狩川	0.214	0.964	1.184	1.608	0.327	2.116	0.117	1.257	0.784	0.742
4: 米代川	0.019	0.111	0.152	0.147	0.058	1.819	1.240	1.577	0.213	0.127
5: 雄物川	0.113	0.283	0.166	0.157	0.082	0.971	1.344	1.406	0.010	-0.023
6: 北上川	0.193	0.036	0.300	0.367	0.052	2.259	1.898	1.118	0.209	0.062
7: 最上川	0.113	0.175	0.480	0.365	0.139	2.497	1.545	1.186	0.180	-0.239
8: 阿賀野川	0.019	0.075	0.378	0.544	0.062	2.978	1.350	2.362	0.038	0.284
9: 信濃川	0.044	0.188	0.578	0.491	0.044	2.535	1.512	2.074	0.147	0.104
10: 阿武隈川	0.431	0.713	0.618	0.469	0.053	2.582	-	-	0.760	0.493
11: 那珂川	0.150	0.298	0.454	0.376	0.051	3.323	-	-	0.963	0.891
12: 利根川	0.219	0.324	0.269	0.614	0.048	2.946	-	-	0.902	0.679
13: 富士川	0.449	0.891	0.934	0.951	0.056	1.464	-	-	0.928	0.325
14: 天竜川	0.135	0.210	0.312	0.438	0.039	1.363	-	-	0.846	0.300
15: 木曽川	0.099	0.047	0.146	0.312	0.030	2.130	-	-	0.842	0.404
16: 淀川	0.669	1.086	0.750	0.664	0.338	2.180	-	-	0.516	0.458
17: 江ノ川	0.925	0.739	0.579	0.321	0.425	0.765	-	-	0.020	0.600
18: 吉野川	0.608	0.835	0.867	0.768	0.256	0.936	-	-	0.800	0.562
19: 筑後川	0.140	0.316	0.420	0.349	0.110	3.438	-	-	0.946	0.762

気候変動がダムの治水・利水機能に及ぼす影響の評価指標

1. ダムの気候変動影響に関する指標

① ダムの治水機能への影響に関する指標

$$\text{治水機能変化指標} = \frac{q'_{\max}}{q_{\max}}$$

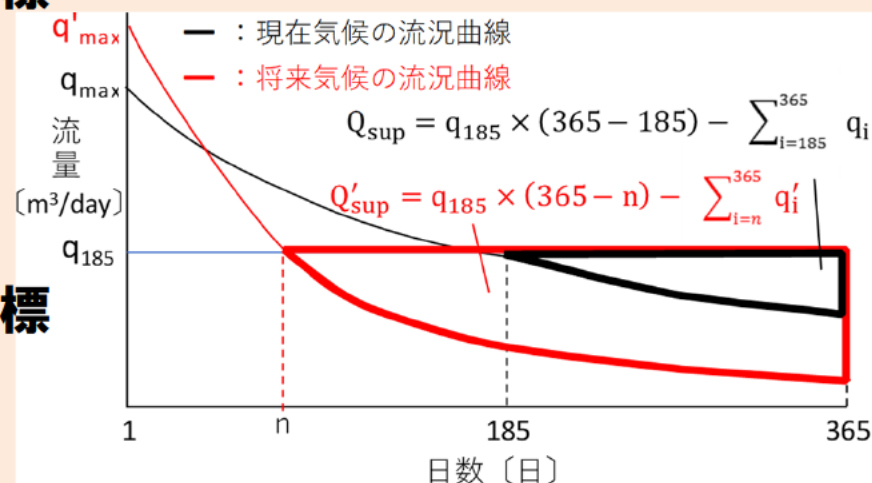
- 治水機能変化指標 > 1: 現状より治水容量が不足すると想定
- 治水機能変化指標 ≤ 1: 現状より治水容量が不足することなく, 治水機能は改善すると評価

② ダムの利水機能への影響に関する指標

$$\text{利水機能変化指標} = \frac{Q'_{\text{sup}}}{Q_{\text{sup}}}$$

- 利水機能変化指標 > 1: 現状より, 利水容量が不足すると想定
- 利水機能変化指標 ≤ 1: 現状より, 利水容量が不足することなく, 利水機能は改善すると評価

平水流量



2. ダムの現行機能に関する指標

① ダムの治水耐力に関する指標

$$\text{治水耐力指標} = \text{相当治水雨量(mm)} = \frac{\text{治水容量(千m}^3\text{)}}{\text{流域面積(km}^2\text{)}}$$

- 相当治水雨量 > 150mmのダム: 気候変動により治水機能に影響が生じてその度合いは小さいと想定
- 相当治水雨量 ≤ 150mmのダム: 気候変動により治水機能に影響が生じる場合には何らかの対応が必要なレベルであると想定

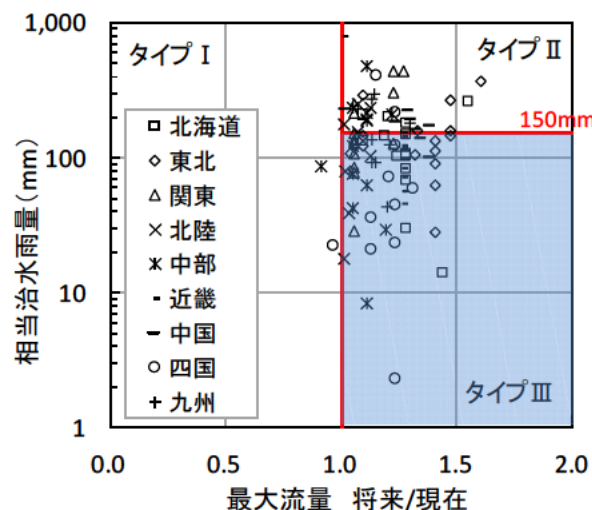
② ダムの貯水池運用に関する指標

$$\text{貯水池運用指標} = \text{流域面積(km}^2\text{)}$$

- 流域面積 > 500km²のダム: 貯水池の弾力的管理の導入が可能であると仮定
- 流域面積 ≤ 500km²のダム: 貯水池の弾力的管理の導入が困難であると仮定

ダムの治水・利水機能への影響指標に基づく類型化

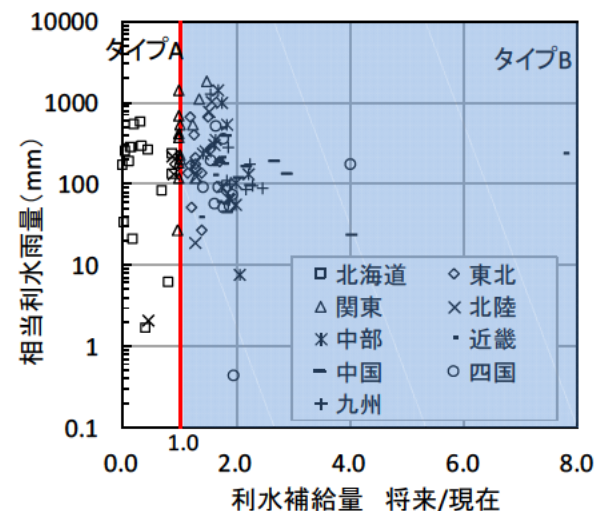
治水機能への影響指標に基づく類型化



検討対象ダム:
国土交通省と水資源機構が
管理する 基の多目的ダム

タイプ	想定した概要	治水機能への影響に着目した 類型化指標
I	流況変化による治水容量の減少が生じない	治水機能変化指標 ≤ 1
II	現状で十分な治水耐力があり流況変化の影響は軽微	治水機能変化指標 > 1 かつ 相当治水雨量 $> 150\text{mm}$
III-1	現状で十分な治水耐力は期待できないものの、 貯水池運用の工夫により影響緩和を図ることが可能	治水機能変化指標 > 1 かつ 相当治水雨量 $< 150\text{mm}$ かつ 流域面積 500km^2 以上
III-2	現状で十分な治水耐力は期待できず、 かつ貯水池運用の工夫によっても影響緩和が難しい	治水機能変化指標 > 1 かつ 相当治水雨量 $< 150\text{mm}$ かつ 流域面積 500km^2 以下

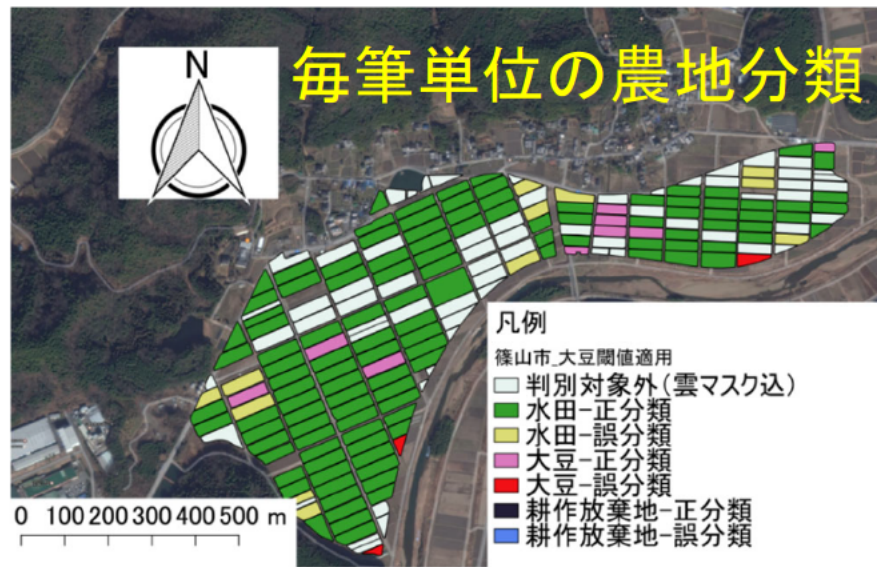
利水機能への影響指標に基づく類型化



タイプ	想定した概要	利水機能への影響に着目した 類型化指標
	況変化による利水容量の減少が生じない	利水機能変化指標 $\leq$
	貯水池運用の工夫により影響緩和を図ることが可能	利水機能変化指標 $>$ 流域面積 以上
	貯水池運用の工夫によっても影響緩和が難しい	利水機能変化指標 $>$ 流域面積 以下

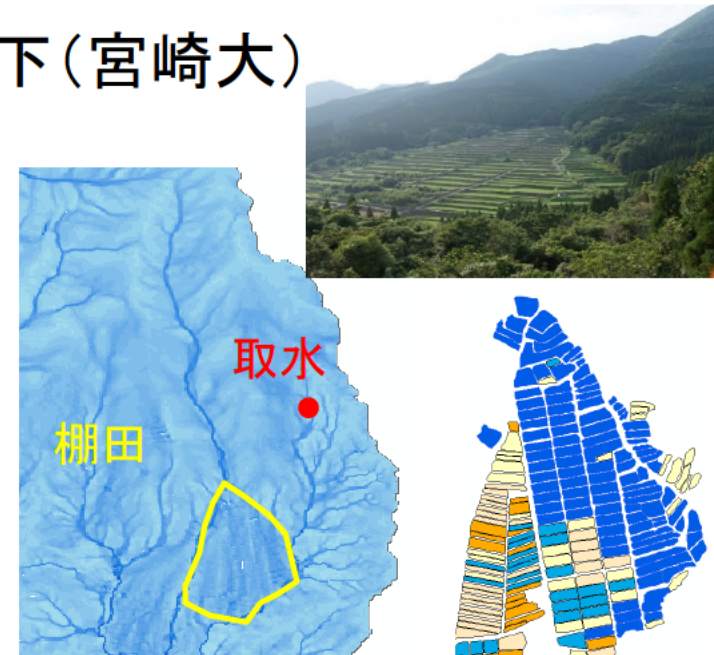
地域	該当ダム数								計
	タイプⅠ		タイプⅡ		タイプⅢ		タイプⅢ		
全国									
評価	—	利水機能のみ 厳しくなる	—	利水機能のみ 厳しくなる	治水機能のみ 厳しくなる	治水・利水機能が 厳しくなる	治水機能のみ 厳しくなる	治水・利水機能が 厳しくなる	

水循環に関連する農業影響

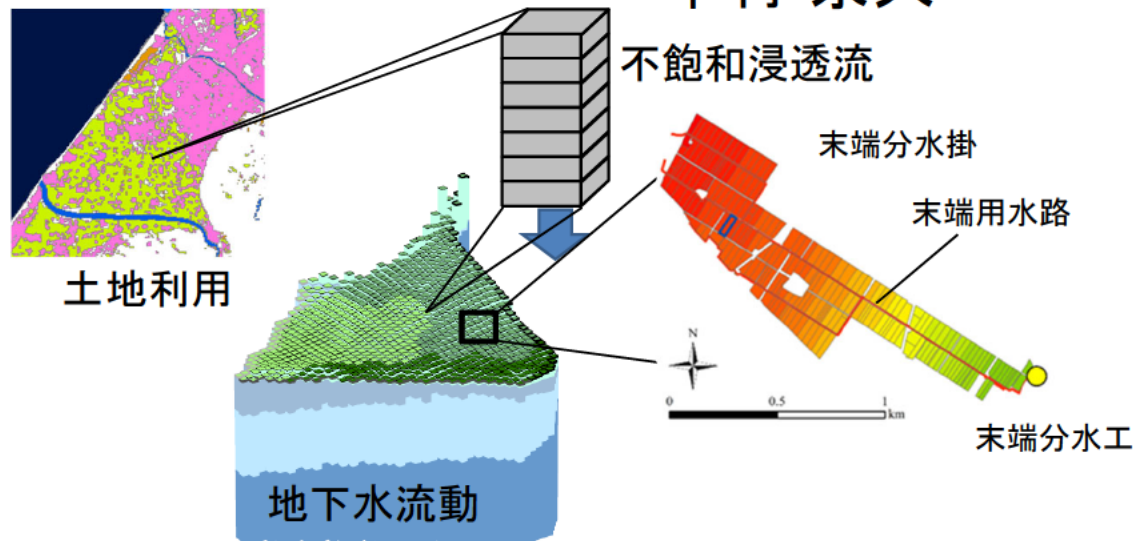


長野(神戸大)

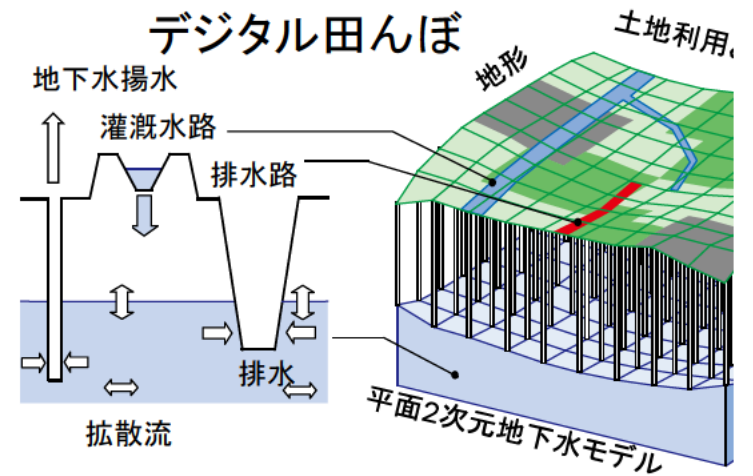
竹下(宮崎大)



中村 京大



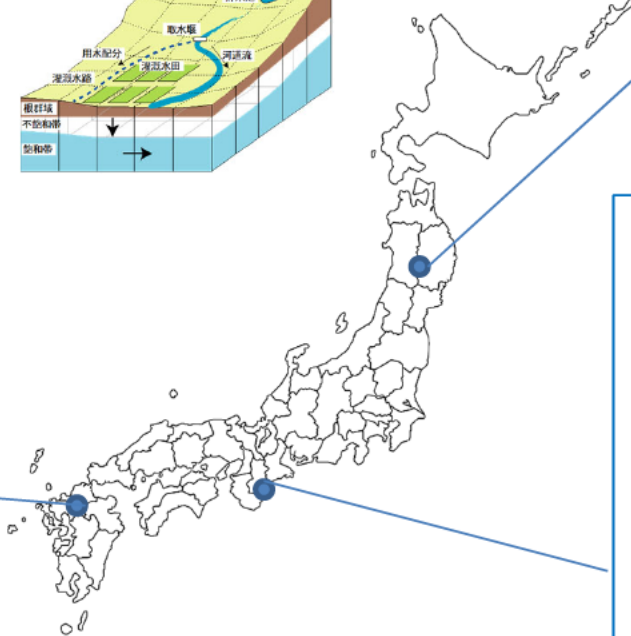
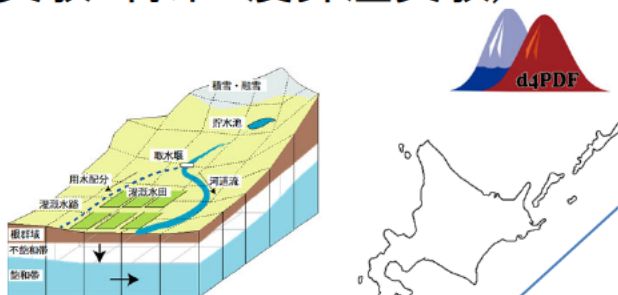
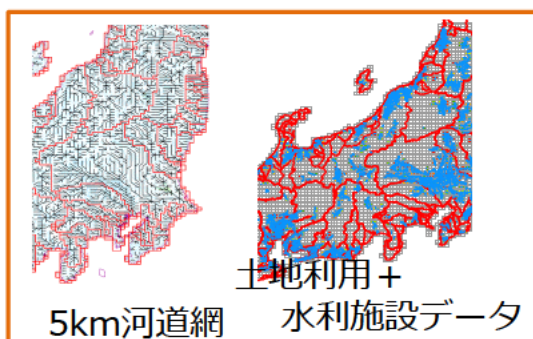
渡邊(京大)



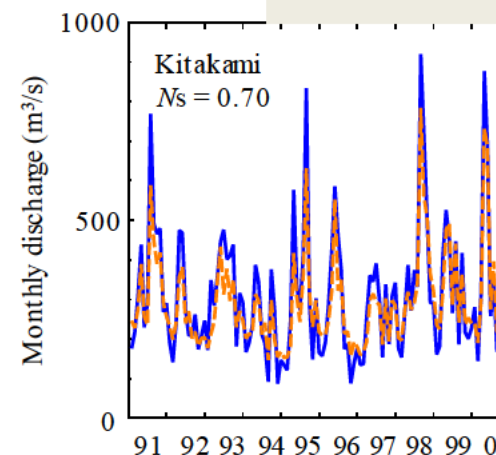
農業用水資源への日本域での影響評価

シームレス100年計算の前準備

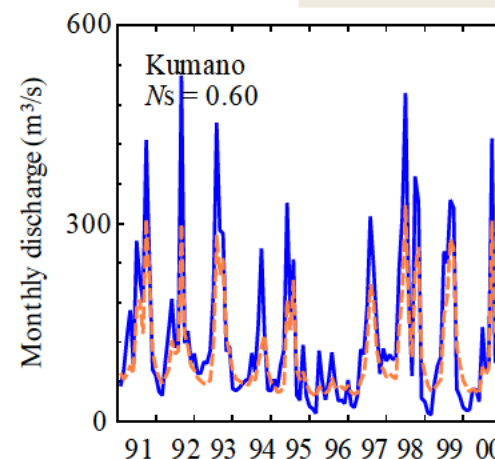
- 全国版モデルのキャリブレーション
- d4PDFのダウンスケール(5km), バイアス補正
d4PDF_GCM (過去実験 将来 度昇温実験)



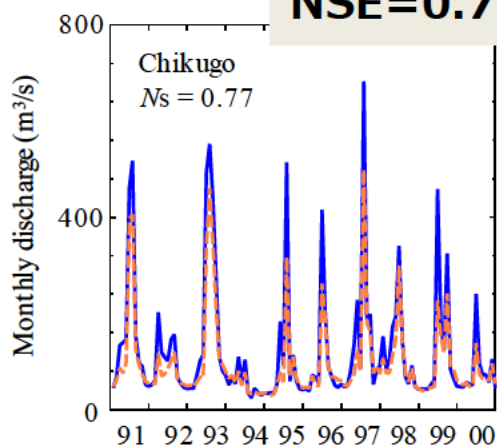
NSE=0.70



NSE=0.60



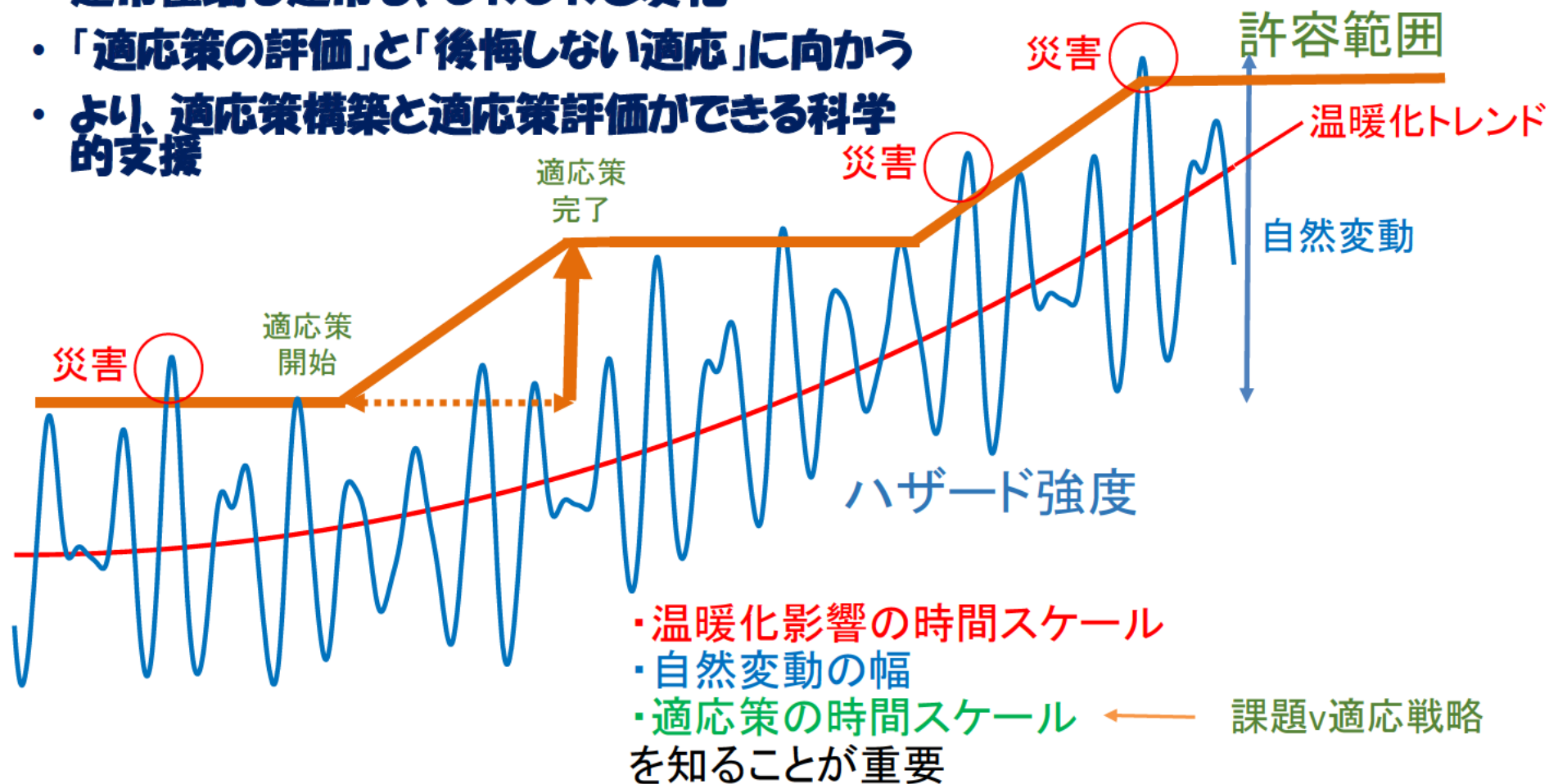
NSE=0.77



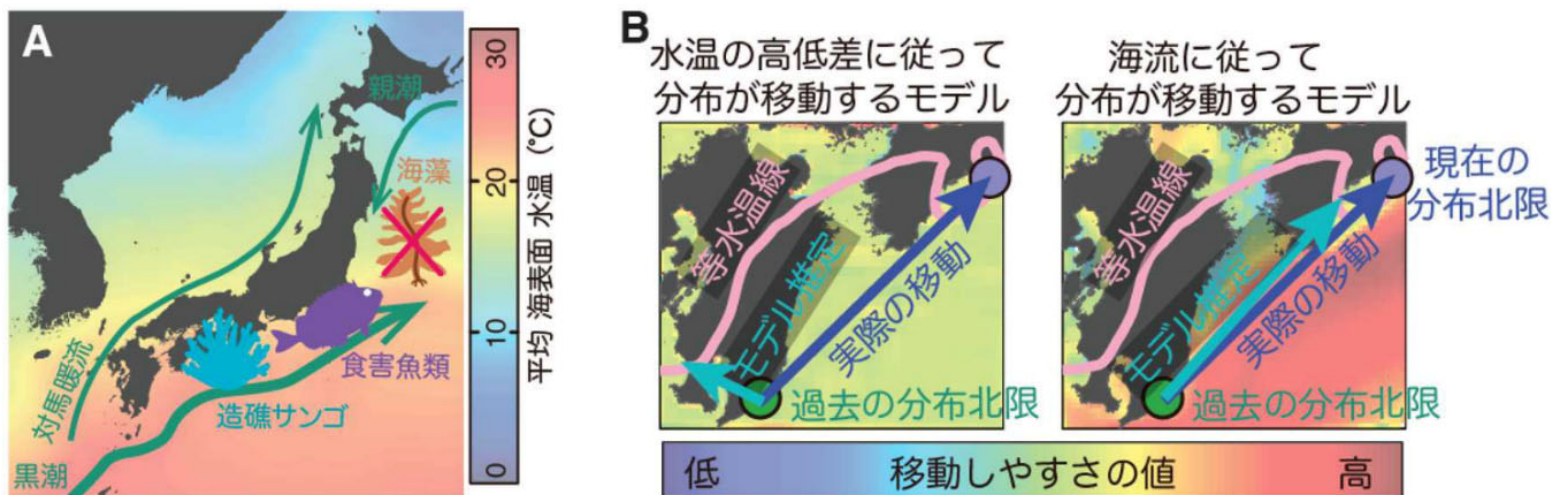
大切なバックボーン 後悔しない適応とは何か？

基本的な考え方

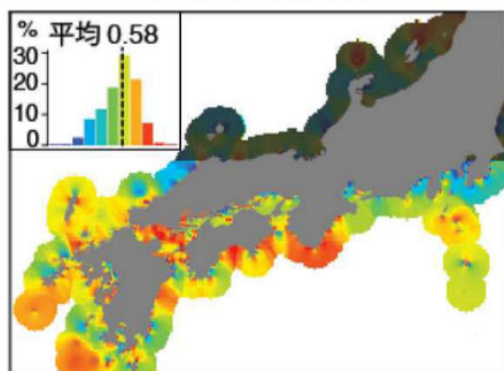
- ・ 通常極端も通常も、じわじわと変化
- ・ 「適応策の評価」と「後悔しない適応」に向かう
- ・ よい、適応策構築と適応策評価ができる科学的支援



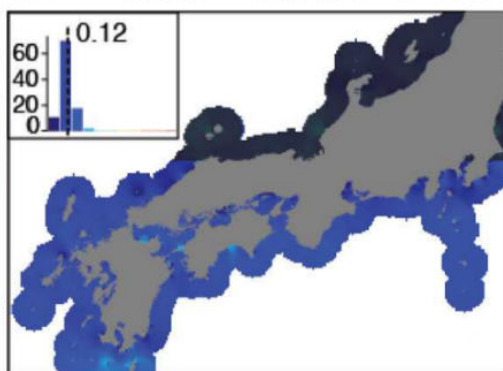
サンゴの将来変化予測



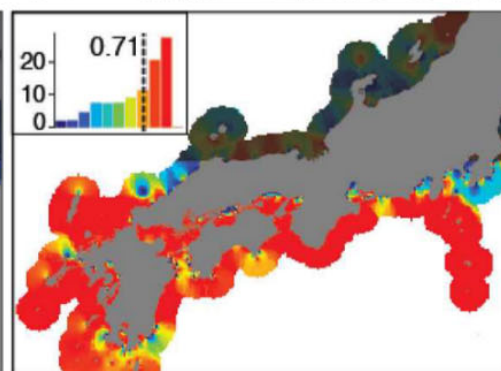
A 海藻藻場からサンゴ群集へと移行する潜在確率



B サンゴの増加によってサンゴ群集へと移行する確率



C 魚が海藻を食害することでサンゴ群集へと移行する確率



潜在的確率 0.00 0.25 0.50 0.75 1.00

発表内容(研究課題)

- i. 極端なハザードの強度と頻度の長期評価(極端現象)
 - ・ 京都大学防災研究所・森 信人
- ii. 21世紀末までのシームレスな影響評価(100年シームレス)
 - ・ 京都大学防災研究所・田中賢治
- iii. 過去災害のハザード分析と気候変動影響評価(過去ハザード)
 - ・ 京都大学防災研究所・竹見哲也
- iv. 影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力(アジア・太平洋)
 - ・ 京都大学大学院工学研究科・立川康人
- v. 様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略(適応戦略)
 - ・ 京都大学防災研究所・多々納裕一
- vi. バイアス補正法・極値評価技術の開発(バイアス補正・極値)
 - ・ 名古屋工業大学・北野利一

課題(iii) 過去災害のハザード分析と 気候変動影響評価

項目

対象

手法

d4PDF/GCM-RCM (テーマC)

過去災害の気象ハザードの要因
分析と気候変動影響評価

気象ハザード

京大, 名大, 岐阜大,
兵庫県大, 横浜国大

台風・梅雨・低気
圧・豪雨

強風

京大, 名大, 岐阜大,
兵庫県大, 横浜国大

高解像度DS・擬似温暖化
実験

確率台風モデル・建物被
害モデル

京大

森林災害のハザード分析
と気候変動影響評価

森林災害

北大, 東北大, 京大

森林被害と脆弱性

生態系機能

北大, 東北大, 京大

被害調査データ解析・GIS
解析・統計モデル

陸域生物圏モデル

東北大

テーマD他課題I, ii, iv, v, vi

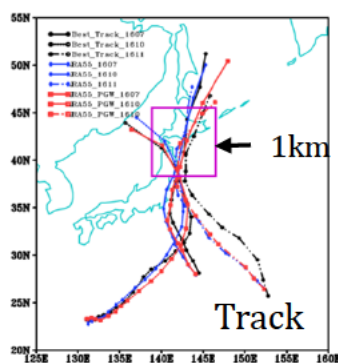
平成30年度研究計画

- **過去ハザードの要因分析**：DS実験により過去災害ハザードの要因分析、擬似温暖化実験によりハザードの気候変動要因の解析を進める。日本やアジア諸国での強風被害予測モデルの高度化に着手。強風・豪雨・高潮に関する台風および低気圧ハザードマップの作成を進める。
- **森林災害への影響評価**：森林被害を及ぼした顕著台風について、DS実験を利用した森林被害評価手法の開発を進め、台風による森林被害の統計資料・現地調査資料から森林域のハザード分析を進める。森林災害による生態系機能変化予測のための森林生態系モデルの高度化に着手。

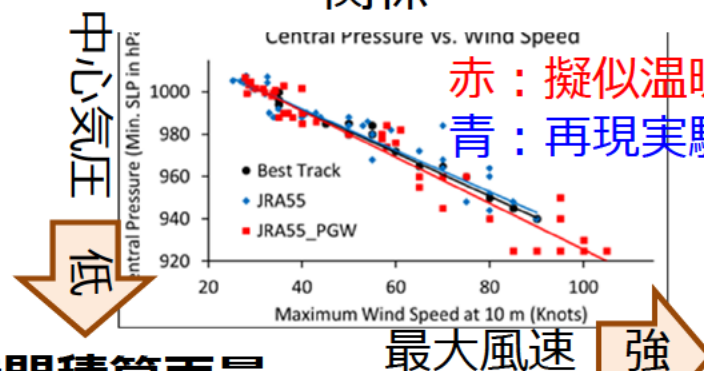
北日本での台風影響：2016年8月の台風(7, 10, 11号)

ナヤク・竹見 (京大)

3台風の経路

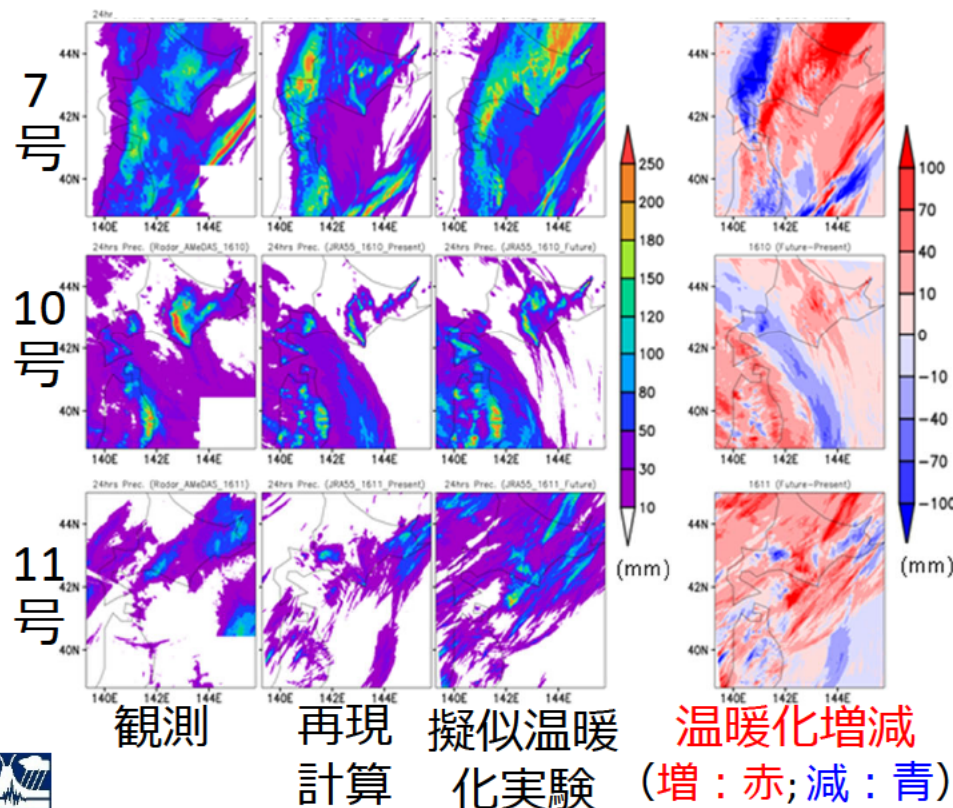


中心気圧と最大風速の 関係

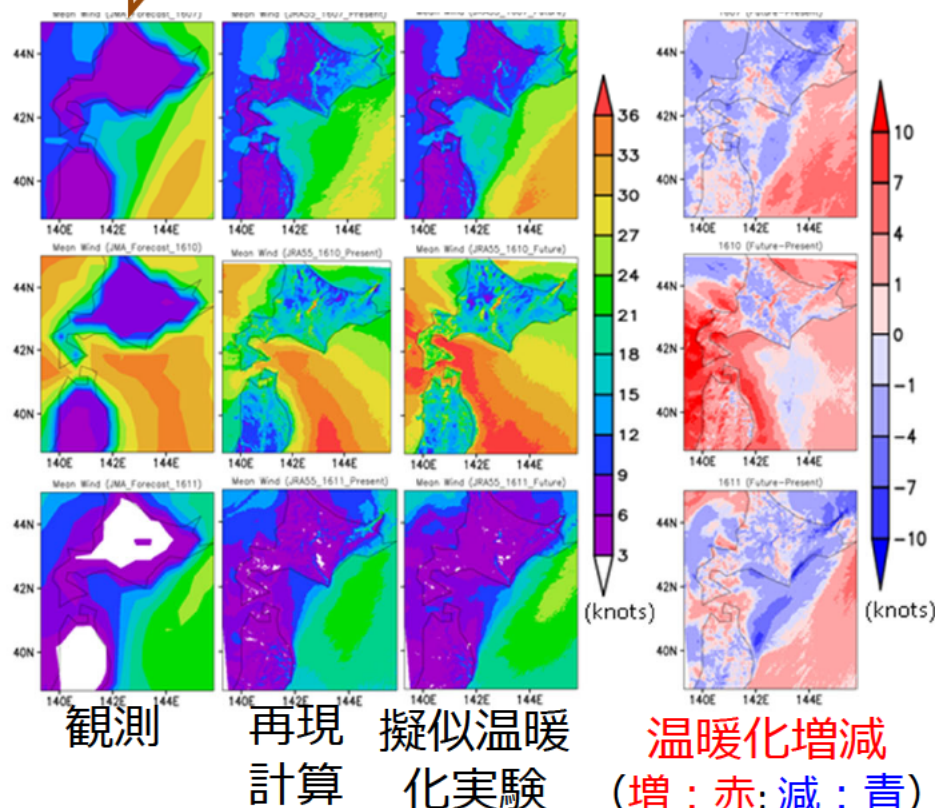


- 温暖化条件で、最盛期の台風強度は強まる
- 風速は、温暖化条件で、東北地方では強化傾向、北海道では弱化傾向
- 雨量は、温暖化条件で増加

24時間積算雨量



24時間平均地上風速



平成30年7月豪雨に対する台風7号・8号の影響

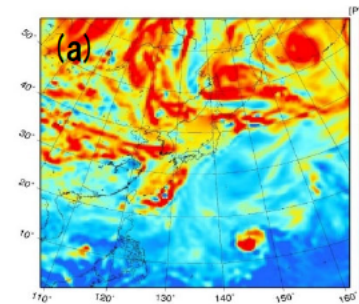
吉野
(岐阜大)

渦位逆変換法により初期値を操作し、平成30年7月豪雨に対する台風7号・8号の影響を評価した。

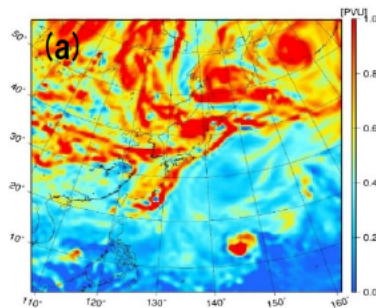
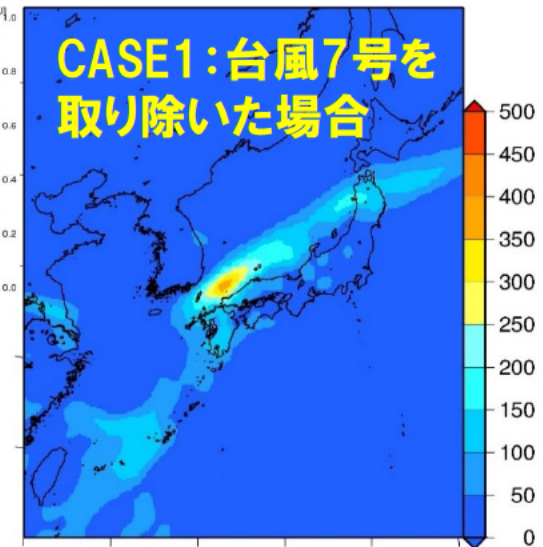
・再現実験(CNTRL)では、西日本で500mm近い降水を再現できた。

・台風7号を取り除いた数値実験(CASE1)で、豪雨のピークは350mm程度まで弱まり、かつ、そのピークは日本海上へと移った。台風7号が、オホーツク海高気圧を強め、梅雨前線を強化する役割を果たしていた。

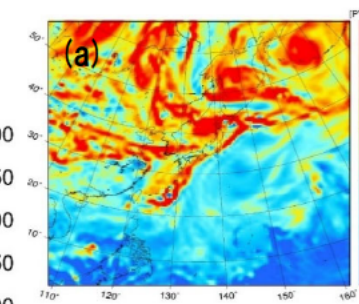
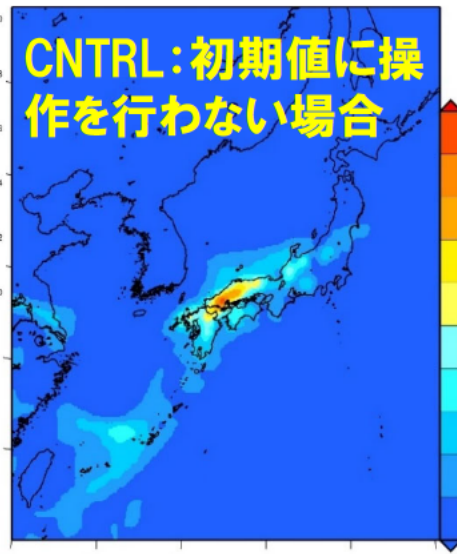
・台風8号は豪雨の形成に殆ど影響していなかった。



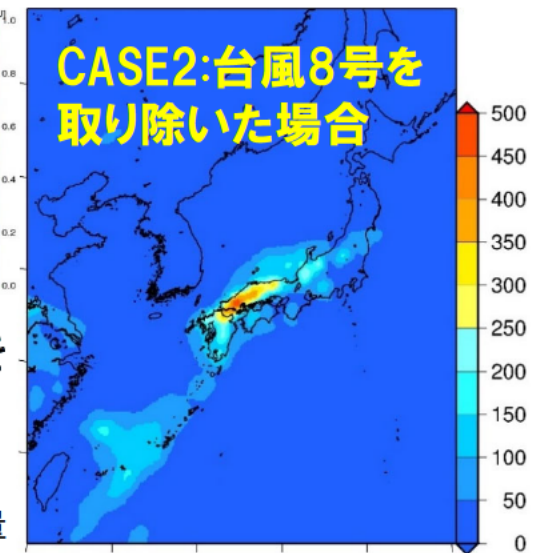
CASE1(台風7号を取り除いた場合)
による(上)初期値の500hPaの渦位分布,
(右)48時間積算降水量
[mm]



CNTRL(初期値に操作を行わない場合)
による(上)初期値の500hPaの渦位分布,
(右)48時間積算降水量[mm]

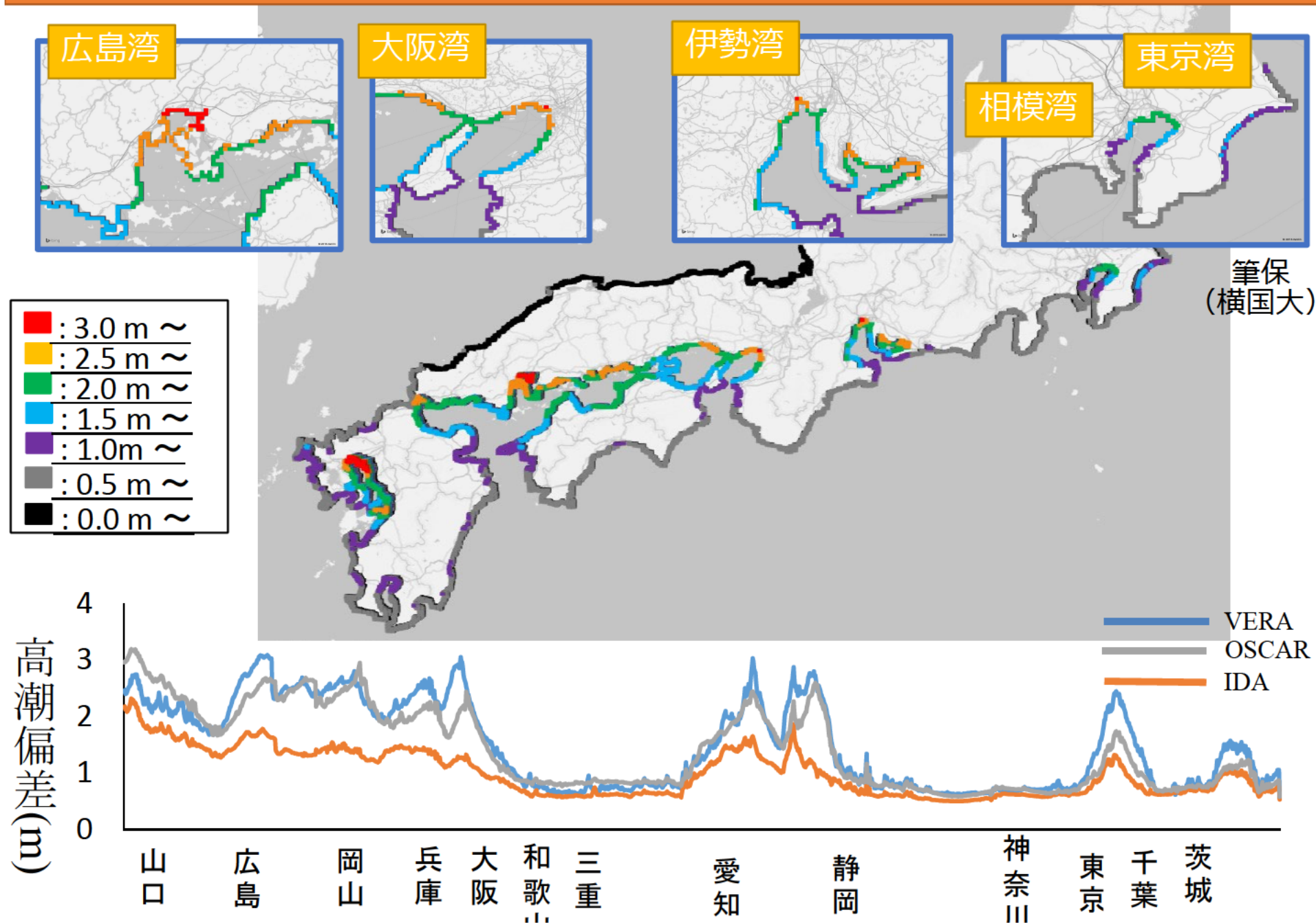


CASE2(台風8号を取り除いた場合)
による(上)初期値の500hPaの渦位分布,
(右)48時間積算降水量
[mm]

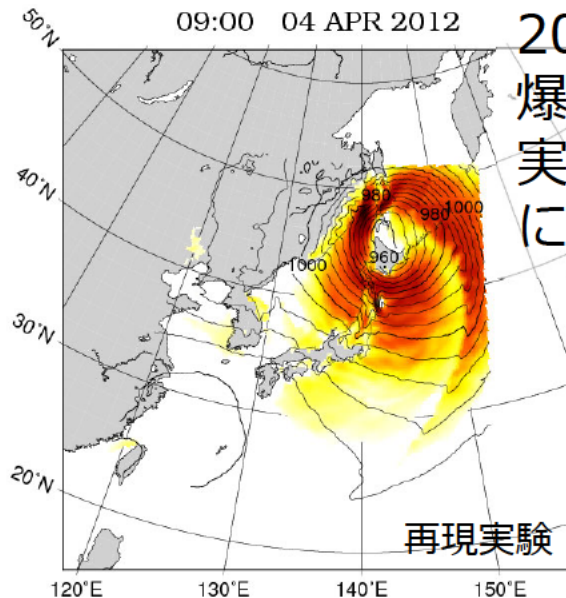


台風7号が間接的に平成30年7月豪雨の形成に影響していた

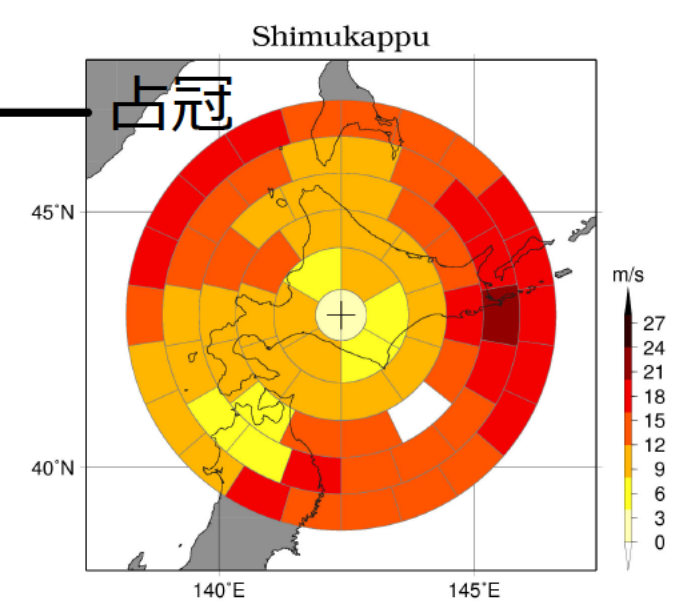
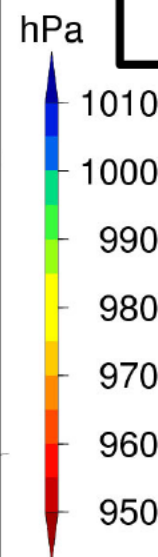
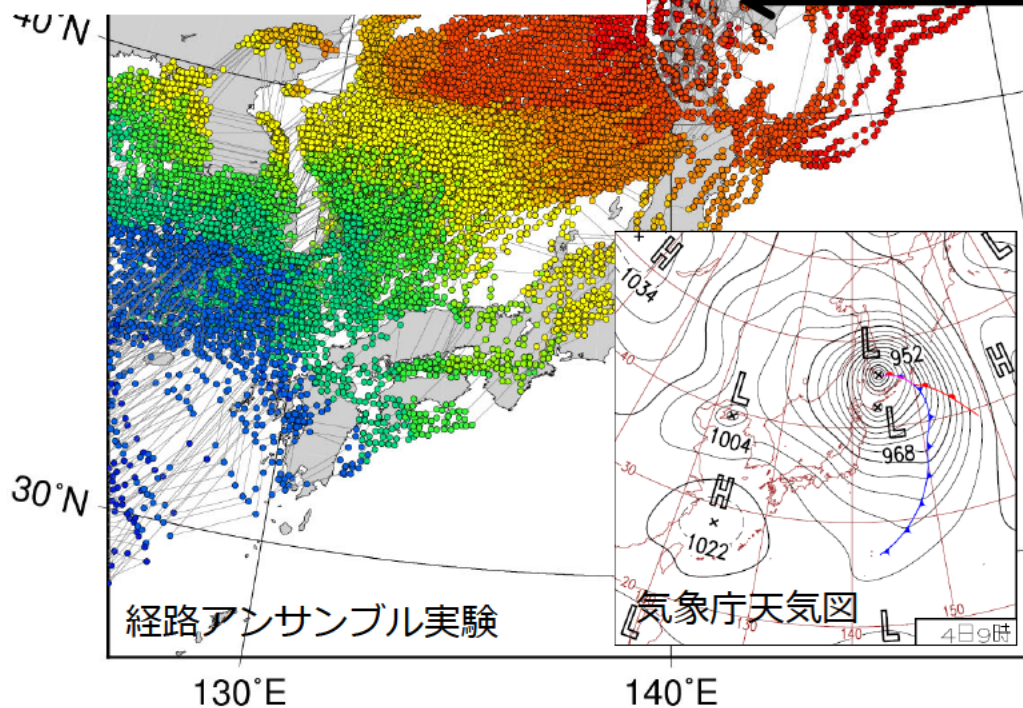
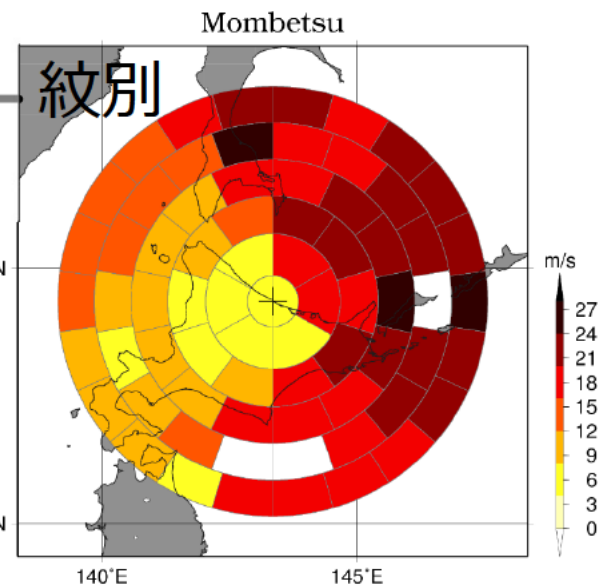
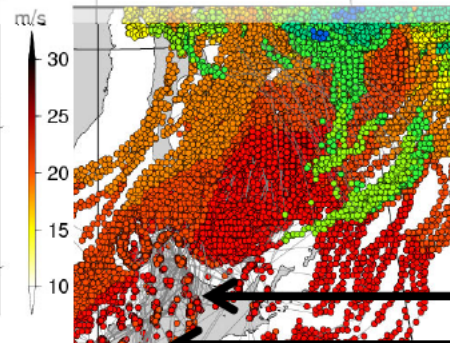
コースを変えた伊勢湾台風による各海岸地点の最大高潮偏差



爆弾低気圧のハザード分析（ノモグラム）



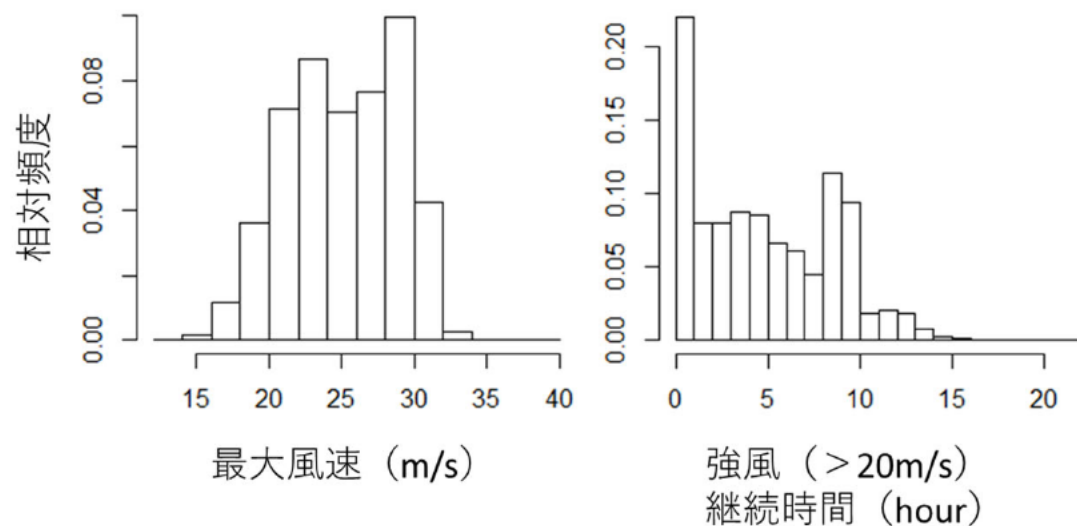
2014年4月の強風事例について
爆弾低気圧の経路アンサンブル
実験を行い、爆弾低気圧の強風
に関するノモグラムを作成する



2004年9月台風における森林災害リスク評価

解析対象：2004年9月7～8日

北海道大学天塩研究林



＜研究協力＞

高木健太郎（北海道大学北方生物圏FSC）
北海道大学天塩研究林

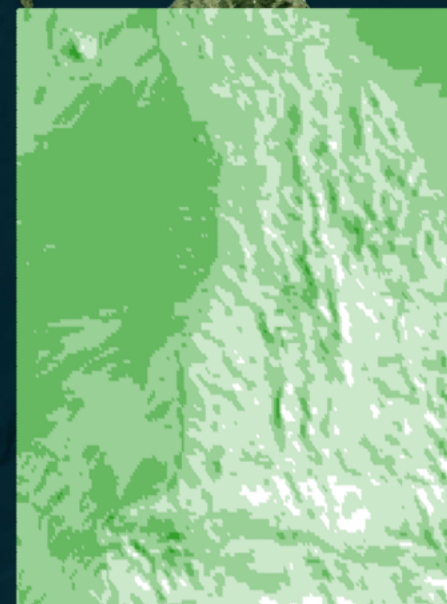
（柴田・北大）

北海道北部



北海道森林管理局Webより転載

最大風速分布



2016年連続台風による森林倒壊モデリング

森本淳子・Flavio FURUKAWA・三島啓雄・饗庭正寛

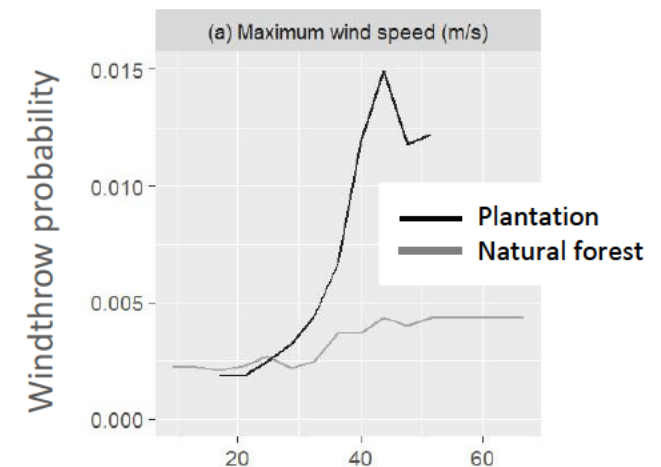
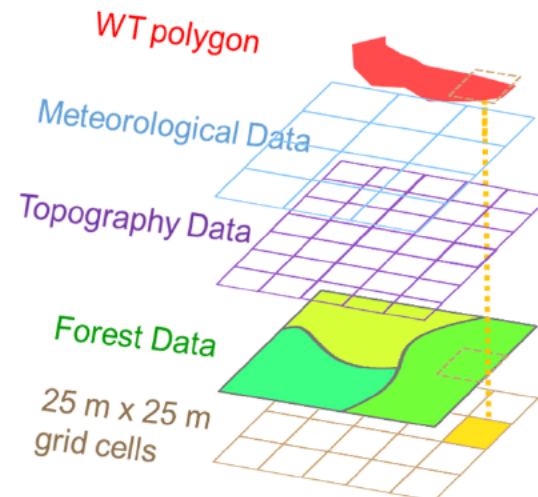
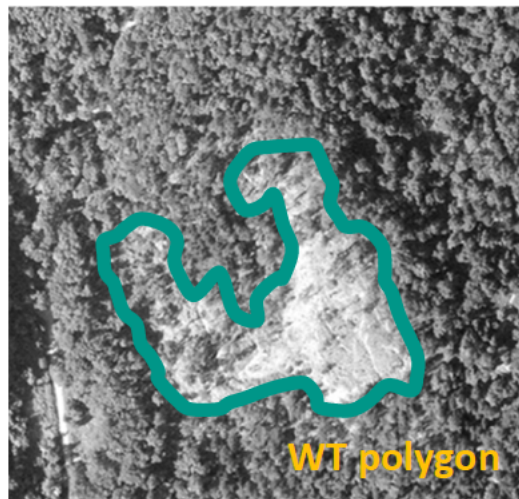
台風の特徴：豪雨を伴い、短期間に同じ地域を複数が通過
倒壊の特徴：林分倒壊型（**風倒**）と山腹崩壊型（**崩壊**）の両方

1. 画像判読による風倒・崩壊地抽出 → 2. 潜在的要因の整理 → 3. 統計モデルの構築

- 衛星画像(World View, PlanetScope)
- **風倒・崩壊**で区別

- 気象：**風速**、**雨量**
- 地形：傾斜、地質、TOPEX
- 林況：林種、林分高、立木密度

- 機械学習法(勾配ブースティング)
応答変数：風倒/崩壊の有無
説明変数：気象+地形+林況
- 10分割交差検証法によりモデルの汎用性を確保した上で、MCCを基準としてチューニング



発表内容(研究課題)

- i. 極端なハザードの強度と頻度の長期評価(極端現象)
 - ・ 京都大学防災研究所・森 信人
- ii. 21世紀末までのシームレスな影響評価(100年シームレス)
 - ・ 京都大学防災研究所・田中賢治
- iii. 過去災害のハザード分析と気候変動影響評価(過去ハザード)
 - ・ 京都大学防災研究所・竹見哲也
- iv. 影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力(アジア・太平洋)
 - ・ 京都大学大学院工学研究科・立川康人
- v. 様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略(適応戦略)
 - ・ 京都大学防災研究所・多々納裕一
- vi. バイアス補正法・極値評価技術の開発(バイアス補正・極値)
 - ・ 名古屋工業大学・北野利一

平成30年度の業務計画

東南アジアの河川流域を対象とし、タイ、ベトナム、インドネシアの研究者と連携して地球温暖化時の河川流量変動を予測するシミュレーションモデルを開発する。

また、統合プログラム領域テーマCと連携し、東南アジア域での水管理を考慮した陸面モデルの高度化に取り組むとともに、GCM等から得られる流出量の補正手法の開発、統計的ダウンスケーリング手法及び力学的ダウンスケーリング手法による将来の降水情報の作成に取り組む。

降雨流出氾濫モデル等を活用した洪水・渇水被害リスクの推定のために、現地研究者や政府関係者と連携しつつ地形、過去の洪水浸水範囲、土地利用、流域の資産、水利用状況など必要なデータの収集に着手する。

さらに、当該地域における気候変動適応策策定に関する調査を実施する。一方、アジア・太平洋諸国沿岸部の高潮及び高波の極端ハザードの長期評価のための手法を開発する。

ハザード評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力

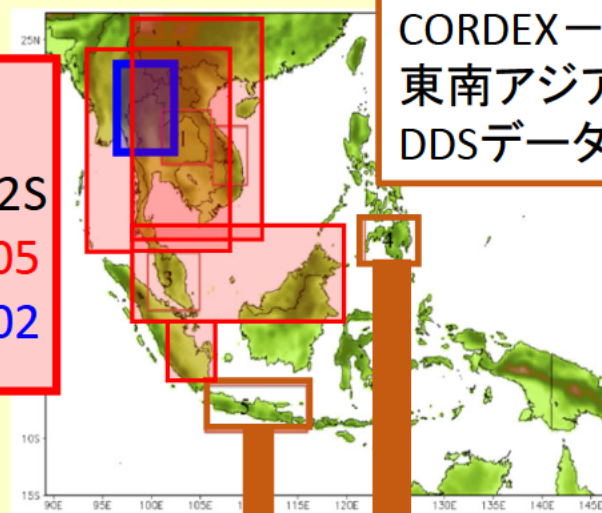
iv(a) 東南アジア・太平洋域を対象とする水災害ハザード変化予測(京大)

1. **インドシナ半島全域**を対象とする河川流量シミュレーションモデルの開発とハザード評価
2. **チャオプラヤ川流域(タイ)**を対象とする水害ハザード評価(チュラロンコン大学)
3. **パタンハリ川流域(インドネシア)**を対象とする水害ハザード評価(LIPI)
4. **レッドリバー流域(ベトナム)**を対象とする水害ハザード評価(トイロイ大学)
5. **太平洋島嶼国**の高潮・高波の長期ハザード変化予測(京大)

テーマc.「統合型気候変動予測」 との連携

d4PDF
AGCM3.2S
NHRCM05
NHRCM02

CORDEX-SEA II
東南アジアの
DDSデータ



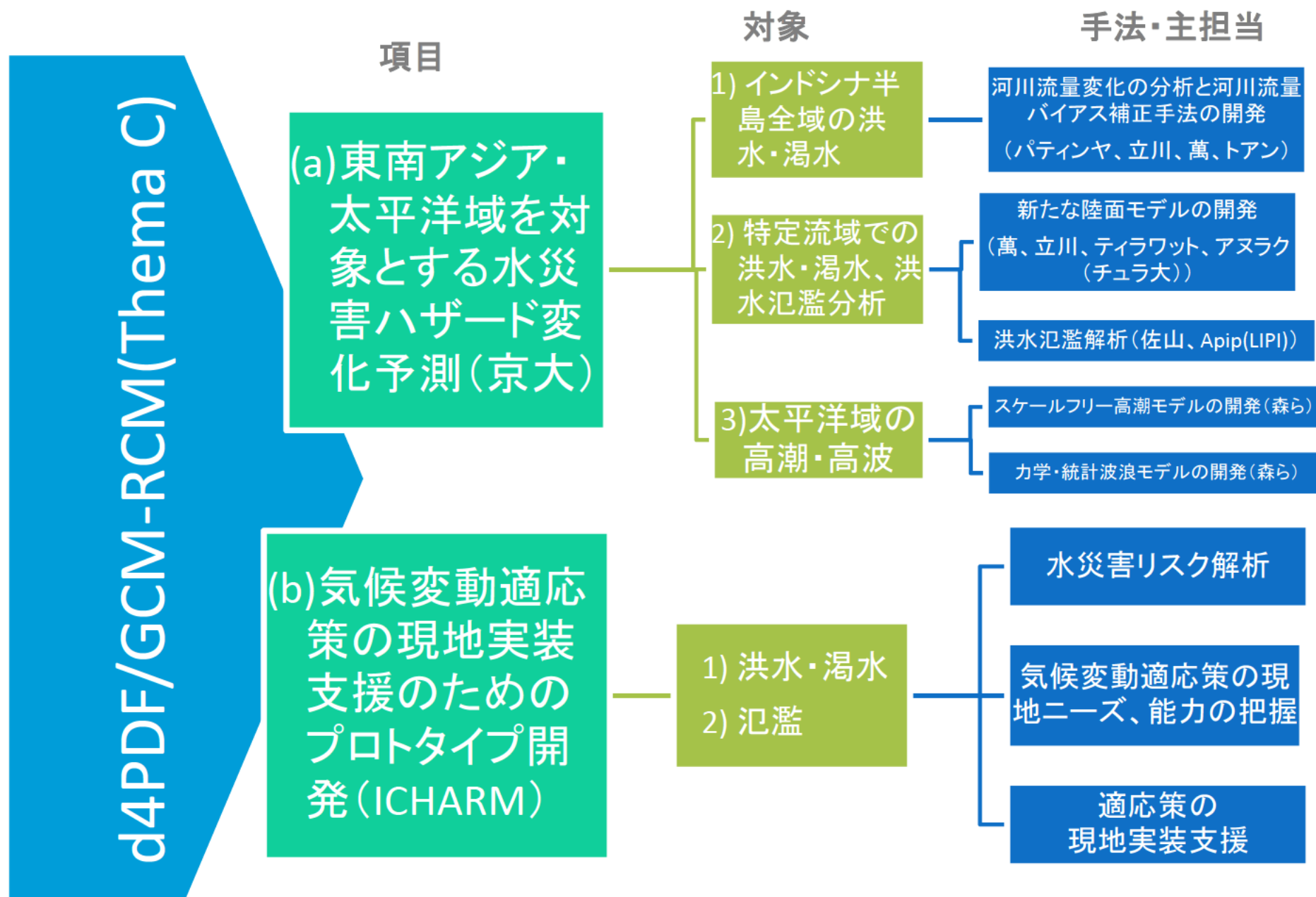
iv(b) 気候変動適応策 の現地実装支援のため のプロトタイプ開発 (ICHARM)

フィリピン、インドネシアの河川流域を対象とし、現地のステークホルダーとも協力して以下を実施し、気候変動適応策の現地実装支援のためのプロトタイプを開発する。

1. 水災害(洪水・渇水)リスク評価手法の高度化
2. 対象地の現況に応じた気候変動適応ニーズ、能力の把握
3. 気候変動適応策の現地実装支援の実施

アジア諸国の後悔しない適応に資する土台を提供する

課題iv. 影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力



インドネシア・スマトラ島バタンハリ川流域を対象にした 気候変動・土地利用変化の洪水ハザード影響評価

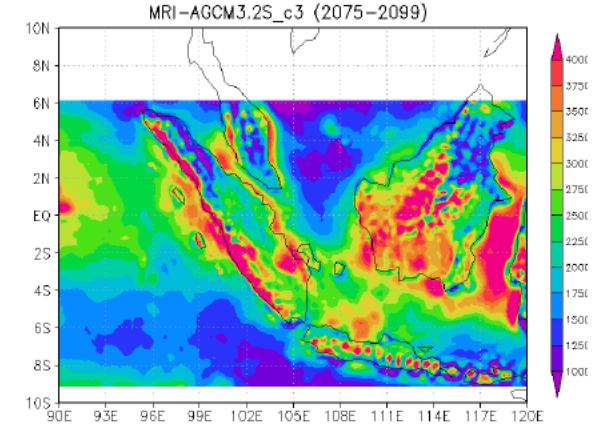
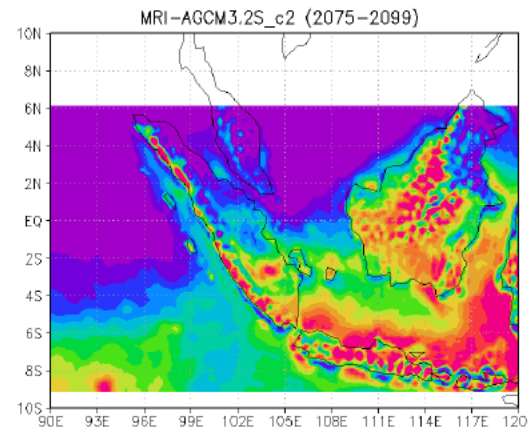
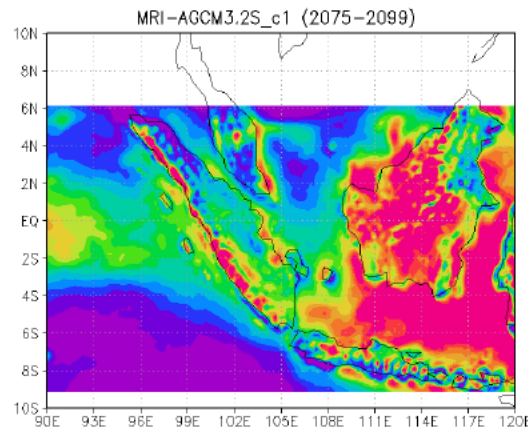
京大: 佐山・山本
LIPI: Apip



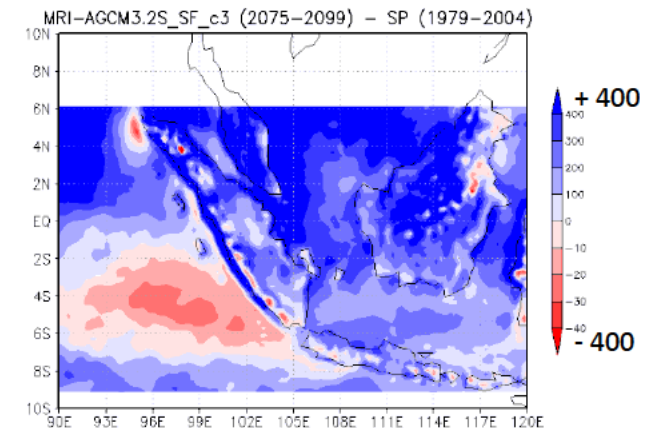
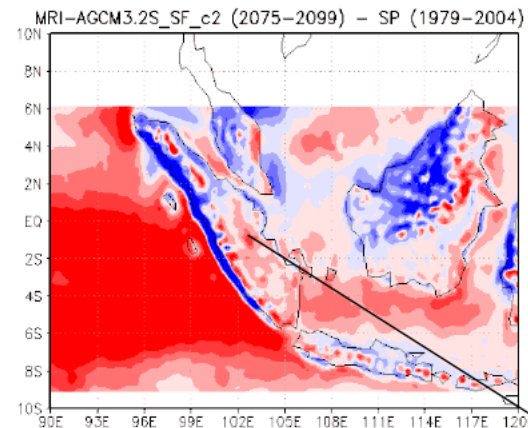
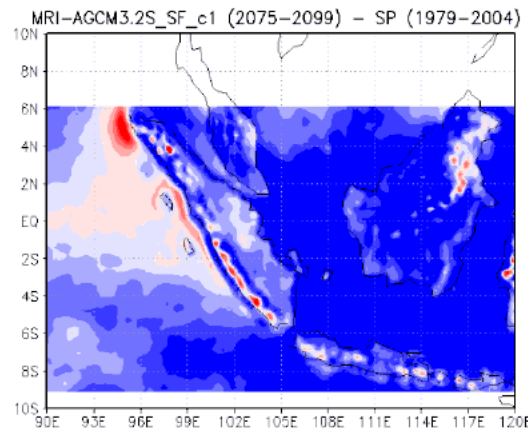
MRI-AGCM3.2S 将来気候: C1

MRI-AGCM3.2S 将来気候: C2

MRI-AGCM3.2S 将来気候: C3



変化量



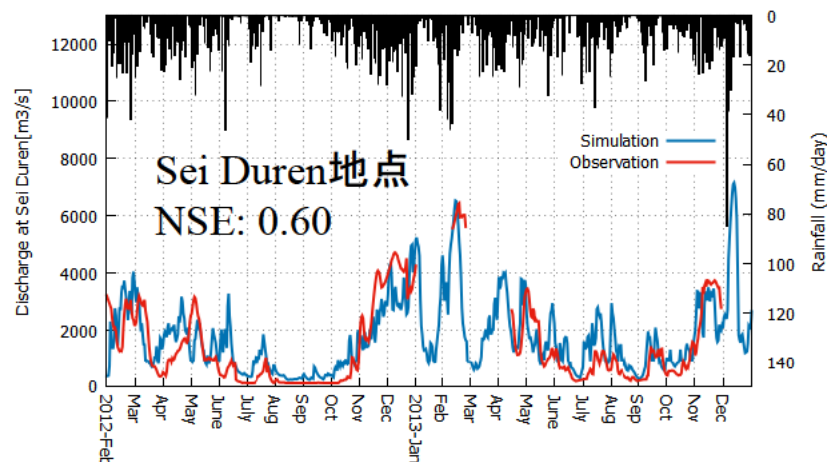
- ✓ 年降水量の変化傾向は、SSTのクラス間で大きく異なる。
- ✓ C1: 南半球のSSTが上昇、C2: エルニーニョ傾向、C3: フィリピン海が上昇
- ✓ バタンハリ川流域の年降水量は、C1: 増加、C2: 減少(西部は増加)、C3: 増加

バタンハリ川流域
いずれもRCP8.5

インドネシア・スマトラ島バタンハリ川流域を対象にした 気候変動・土地利用変化の洪水ハザード影響評価



① 熱帯林特有の流出現象理解とRRIモデルへの反映

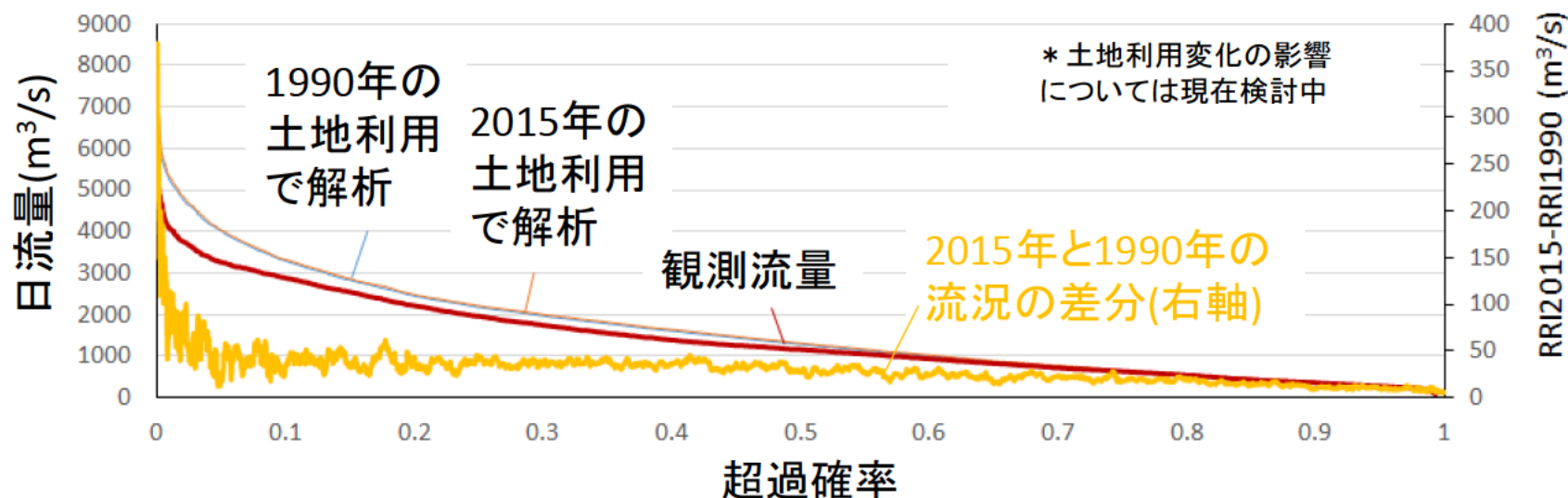


熱帯林の流出特性：斜面下部では土層厚が約5 mに達する。3.5 m程度の深さに恒常的な地下水位があり、豪雨時には短時間で1.5 m程度水位が上昇する。

厚い土層の浸透と恒常的な地下水の変動を再現して、熱帯雨林に適するRRIモデルの設定に改良。

GSMaP再解析とP-Mによる蒸発散推定をRRIモデルに入力し、長期流出と下流部の氾濫を概ね再現可能。

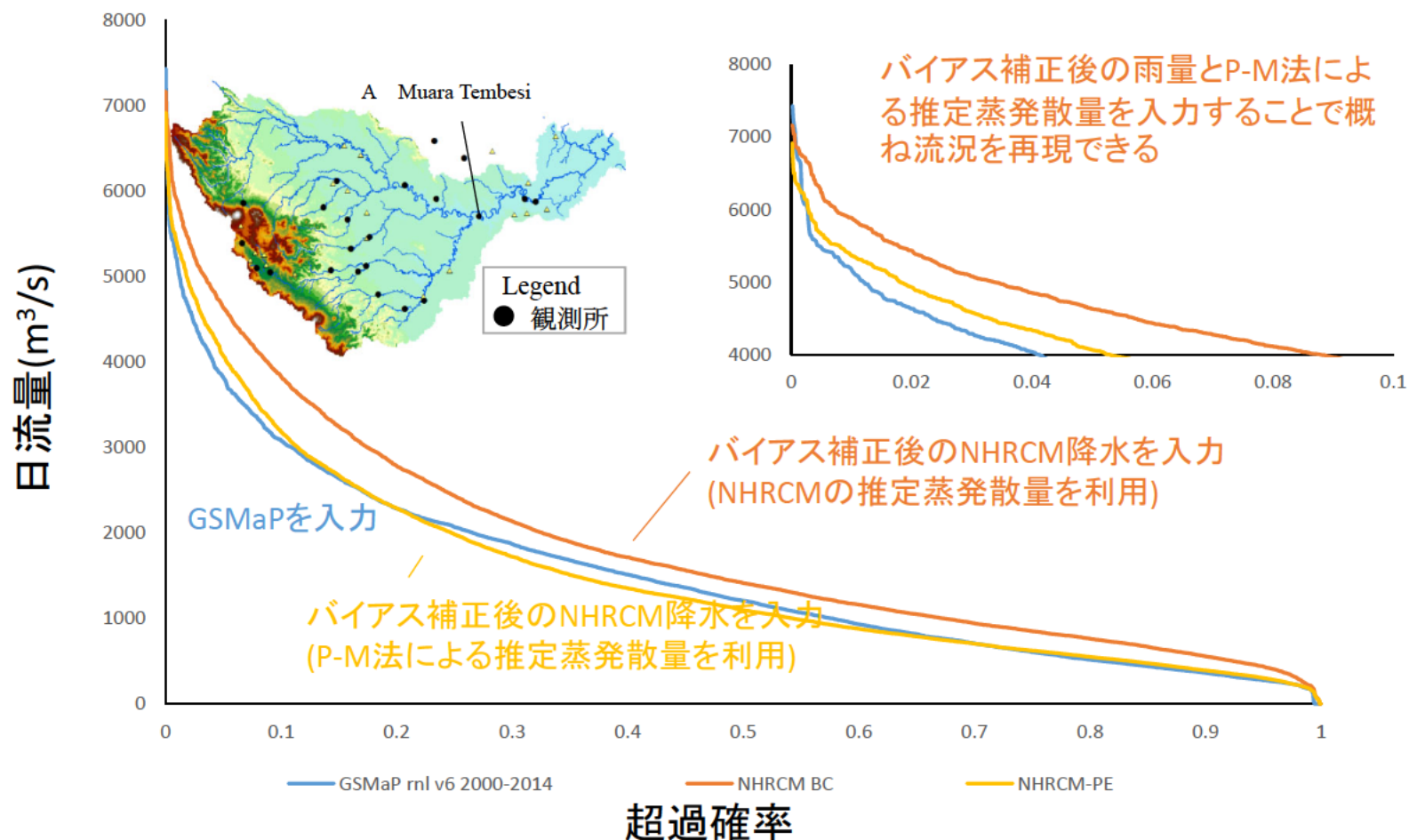
流況曲線



NHRCM5km(現在気候)を入力した流況の再現



② NHRCM(現在気候)のバイアス補正と長期流出解析



進捗状況：バイアス補正をした降雨を、熱帯雨林用に改良したRRIモデルに入力することによって、現在気候の流況を概ね再現できるようになった。同地域を対象にしたNHRCM(5km)の将来気候ダウンスケーリングを気象研から入手した。

気候変動適応策の現地実装支援のためのプロトタイプ開発

水災害リスク評価

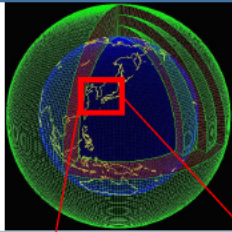
対象エリア:

1) ダバオ川流域 / フィリピン 2) ソロ川流域 / インドネシア

※創生で検討したパンパンガ川流域/フィリピンについても引き続き検討

GCM

気象研モデル



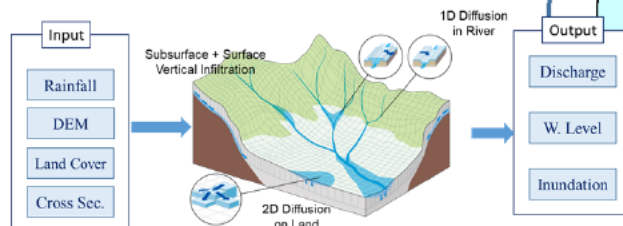
全球気候モデル

GCM (Global Climate Model) 60kmメッシュ

5kmメッシュへの
高解像度化

対象流域のスケールの雨量データ

将来洪水予測、流況計算



降雨流出氾濫 (WEB-RRI) モデル
(Water and Energy based Rainfall-Runoff-Inundation Model)
等を活用した洪水と渇水状況の推定

浸水エリア、深さ、期間、低水流量

社会経済変化の影響の反映
(人口、土地利用等)

洪水・渇水被害予測

洪水被害予測

農業経済被害、影響人口等

灌漑被害予測

灌漑可能エリア、予想収穫量等

気候変動への適応策の検討

フィリピンでの取り組み

想定されるリスクに対応した適応策の構築

- 現地の関係行政機関により構成される水のレジリエンスと災害に関するプラットフォームを支援し、対話を実施
- 現地でのニーズに応じた気候変動適応策の検討と能力開発を実施



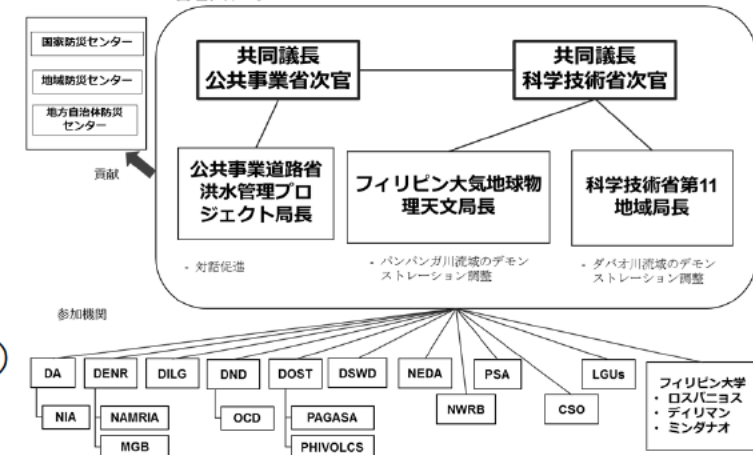
フィリピン 水災害プラットフォームの諸活動

会議

2017.3.13 第1回プラットフォーム会合
2017.6.15 第2回プラットフォーム会合
2017.9.18 代表者会議
2018.2.7-9 主要機関実務者会議
2018.3.12-13 主要機関個別会合
2018.5.18 研究対象流域(ダバオ川)における実務者会議
2018.10.24-26 代表者会議(第11回GEOSSアジア太平洋シンポジウム)
2018.12.03-07 主要機関実務者会議

2019.2.6 第3回プラットフォーム全体会合

フィリピン 水災害プラットフォームの構成

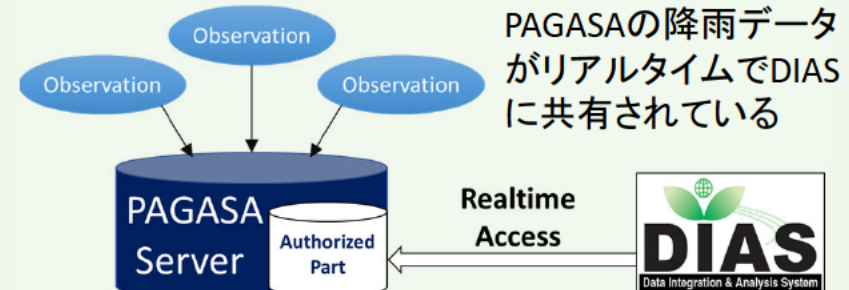


最近の主な取り組み

ハザード、被害、社会経済データの収集

ダバオ川流域(DOSTダバオ局)およびパンパンガ川流域(PAGASA)のハザード、被害、社会経済データを関係機関から収集し、DIASにアップロードを開始

降雨観測データのリアルタイム共有



インドネシアでの取り組み



インドネシア 水災害プラットフォーム設立に向けた活動

プラットフォーム コア省庁

● 公共事業・国民住宅省(PUPR)

・水資源総局(DGWR)

〔TOUGOUの対象流域としてソロ川を認定〕

・地域インフラ整備庁(BPIW)

〔PUPR内での気候変動適応策検討の事務局〕

・調査開発庁(RDA)

〔プラットフォーム構築の責任部局〕

- 調査開発庁水資源研究所(PUSAIR)

● 国家防災庁(BNPB)

〔ソロ川流域において関係省庁連絡調整したワークショップを開催〕

● 気象気候地球物理庁(BMKG)

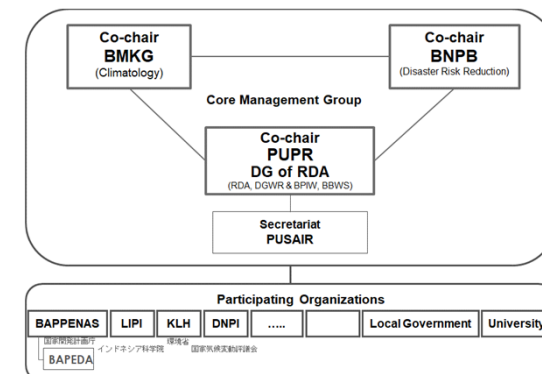
〔CORDEXの一環でダウンスケーリングを実施し、解像度向上に取り組中〕

2018.08 ミッション 大臣確認、3省庁確認

2018.12 ミッション 水資源研究所訪問

2019.01.29 第1回プラットフォーム会合 開催予定

インドネシア 水災害プラットフォームの構成案





C/D TOUGOU Session & Data Training Workshop

- C/D TOUGOU Session (13 presentations from C/D TOUGOU Research Teams)
- TOUGOU GCM/RCM Data Training Workshop: Presenters: Dr. Sasaki, Dr. Nakaegawa, Dr. Tachikawa, Instructors: Dr. Patinya Hanittinan, Dr. Teerawat Ram-Indra, Chulalongkorn & Kyoto University Graduate School Students
 - To present a newly-developed, super-high resolution Regional climate model (MRI NHRCM) to ASEAN academic network and practitioners community,
 - To demonstrate data handling, extraction, manipulation, and simple application of the usage of MRI NHRCM at the selected River Basins in Thailand, and
 - To disseminate the distribution policy toward ASEAN academic network and practitioners community.

Data Training Workshop at THA2019



佐々木氏による東南アジア域でのダウン
スケーリングデータ作成に関する講演

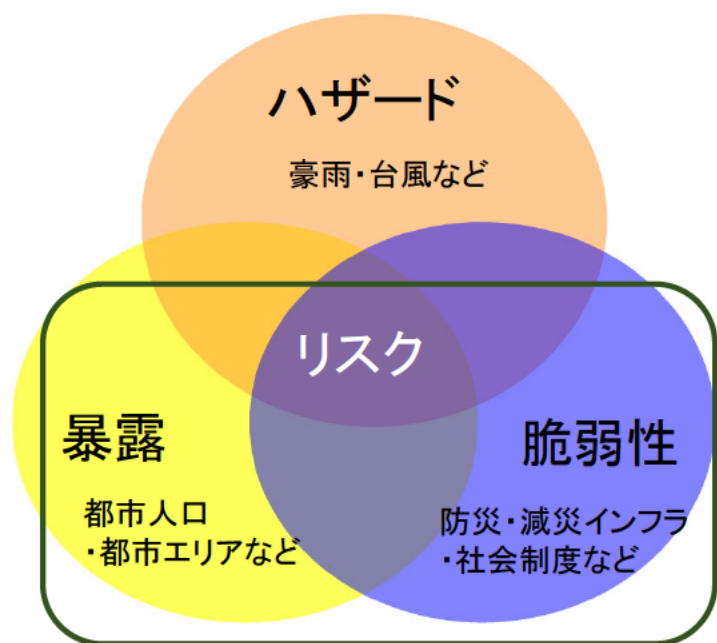


データ講習会の様子

発表内容(研究課題)

- i. 極端なハザードの強度と頻度の長期評価(極端現象)
 - ・ 京都大学防災研究所・森 信人
- ii. 21世紀末までのシームレスな影響評価(100年シームレス)
 - ・ 京都大学防災研究所・田中賢治
- iii. 過去災害のハザード分析と気候変動影響評価(過去ハザード)
 - ・ 京都大学防災研究所・竹見哲也
- iv. 影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力(アジア・太平洋)
 - ・ 京都大学大学院工学研究科・立川康人
- v. 様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略(適応戦略)
 - ・ 京都大学防災研究所・多々納裕一
- vi. バイアス補正法・極値評価技術の開発(バイアス補正・極値)
 - ・ 名古屋工業大学・北野利一

研究目標



長期変化と動的な適応政策

気候変動に伴う極端事象変化に対する
適応策を設計・評価する方法論の構築

気候変動リスクの長期予測に含まれる科学的不確実性
とその時系列変化を適応戦略評価に反映

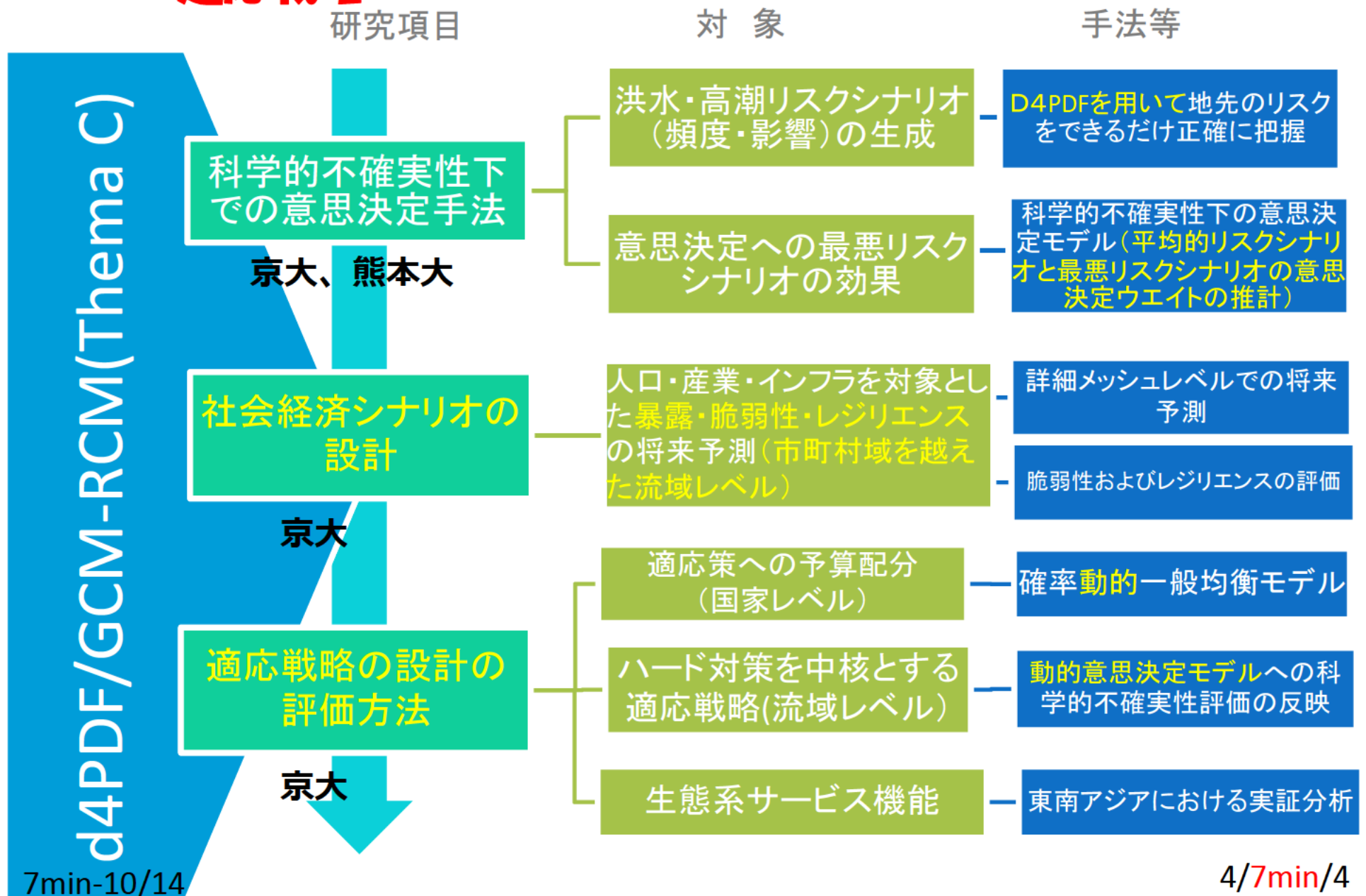
気候変動によるハザードの変化のみならず、
暴露や脆弱性の変化を予測

国家レベルの防災投資に関する意思決定と、流域や
地先レベルでのハード整備に関わる適応戦略の設計・
評価を実施するための方法論の開発



「後悔しない」適応政策の設計・実施

課題v. 様々な変化を考慮した後悔しない 適応戦略



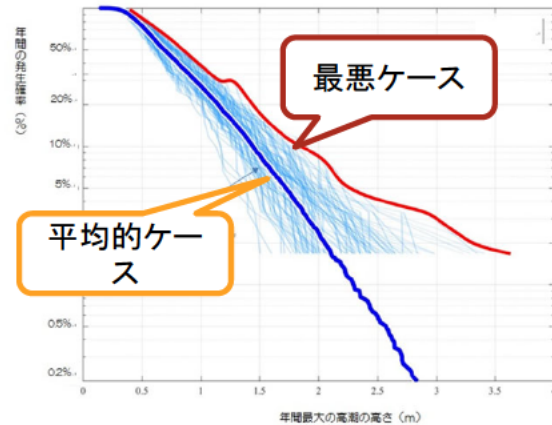
平成30年度研究計画

- **国家レベルの防災投資に関する意思決定と、流域や地先レベルでのハード整備に関わる適応戦略:**それぞれの戦略設計・評価を実施するための方法論の開発を継続する。特に、科学的不確実性下の意思決定手法の構築に関して、大阪湾等の高潮を対象として、地先ベースの平均的リスクシナリオと最悪のリスクシナリオを予測し、居住地特性を反映したモデルに改善するための分析を進める。この結果に基づいて、大阪湾等の高潮リスク変化に対する適応戦略の設計のための基礎的検討を開始する。
- **気候変動適応戦略の設計・評価のための社会経済シナリオの設計:**人口、産業およびインフラに着目した将来予測に関するレビューおよびデータ整備を進めるとともに、共有社会経済パス（SSPs）に整合した人口や資産等の暴露量の予測方法に関しても研究を進める。
- **生態系サービス機能:**については、インドネシア・スカンブン川流域等を対象にデータベースを構築しつつ、気候変動の影響を踏まえた生態系サービス評価方法についての設計と解析を継続する。

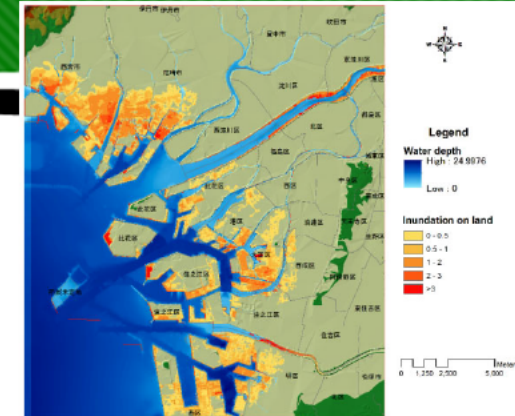
後悔しない適応戦略の設計

d4PDF/GCM RCM

氾濫解析



多数の
ケース
を想定



平均的リスクシナリオ

頻度	年間確率			
10年に1回	10%			
20年に1回	5%			
50年に1回	2%			
100年に1回	1%			
200年に1回	0.5%			
浸水の深さ				
		0.1m以上 (床下浸水)	0.5m以上 (床上浸水)	3.0m以上 (家屋水没)

最悪リスクシナリオ

頻度	年間確率			
10年に1回	10%			
20年に1回	5%			
50年に1回	2%			
100年に1回	1%			
200年に1回	0.5%			
浸水の深さ				
		0.1m以上 (床下浸水)	0.5m以上 (床上浸水)	3.0m以上 (家屋水没)

地先の
リスクを
できる
だけ正
確に提
示

Webア
ンケート
(CVM)

平均的リスクシナリオと最悪リスクシナリオの意
思決定ウエイト(α)の推定

平均的リスクシナリオ

最悪リスクシナリオ

$$V(f) = (1 - \alpha) \int u(f(\omega)) d\bar{p}(\omega) + \alpha \min_{p \in P} \int u(f(\omega)) dp(\omega)$$

後悔しない適応戦略

適応策に関する戦略(f)に関する意思決定モデル

$$\text{Max}_{f \in \Omega} \int_0^T \{ (1 - \alpha) \int u_t(f_t(\omega_t)) d\bar{p}_t(\omega_t) + \alpha \int u_t(f_t(\omega_t)) dp_t(\omega_t) \} dt$$

社会経済シナリオの反映

100年シームレスハザード予測の反映



回答者

分析結果：効用関数のパラメータの推定

期待効用関数のパラメータ推定結果

	本調査				ブレ調査	
	全世帯		一戸建て世帯		一戸建て世帯	
	係数	p値	係数	p値	係数	p値
リスク回避度 r	0.5304	0.000	0.5424	0.000	0.3764	0.000
不確実性回避度 α	0.0832	0.229	0.0988	0.207	0.0951	0.014
標本数	646		508		660	
対数尤度	-433.5		-340.8		-391.5	
疑似R2	0.029		0.027		0.134	

いずれの場合も α は概ね0.1

最悪ケースの相対頻度0.04を大きく上回る
最悪ケースを重視する傾向が読み取れ、しかも安定している！

リスク階級別 期待被害額, リスクプレミアム, 不確実性プレミアム推定結果

リスク規模	浸水リスク水準		プレミアム	本調査				ブレ調査	
	平均	最悪		全世帯	(比率)	一戸建て世帯	(比率)	一戸建て世帯	(比率)
大	L1	L5	期待被害額	17.68	0.38	17.68	0.36	17.68	0.49
			リスクプレミアム	19.66	0.42	20.63	0.42	10.52	0.29
			不確実性プレミアム	9.22	0.20	11.24	0.23	7.96	0.22
			支払意思額	46.56	1.00	49.54	1.00	36.16	1.00
中	L14	L7	期待被害額	8.75	0.68	8.75	0.65	8.75	0.69
			リスクプレミアム	1.60	0.12	1.64	0.12	1.09	0.09
			不確実性プレミアム	2.58	0.20	3.08	0.23	2.81	0.22
			支払意思額	12.92	1.00	13.46	1.00	12.65	1.00
小	L15	L18	期待被害額	0.17	0.80	0.17	0.77	0.17	0.78
			リスクプレミアム	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			不確実性プレミアム	0.04	0.20	0.05	0.23	0.05	0.22
			支払意思額	0.22	1.00	0.23	1.00	0.23	1.00

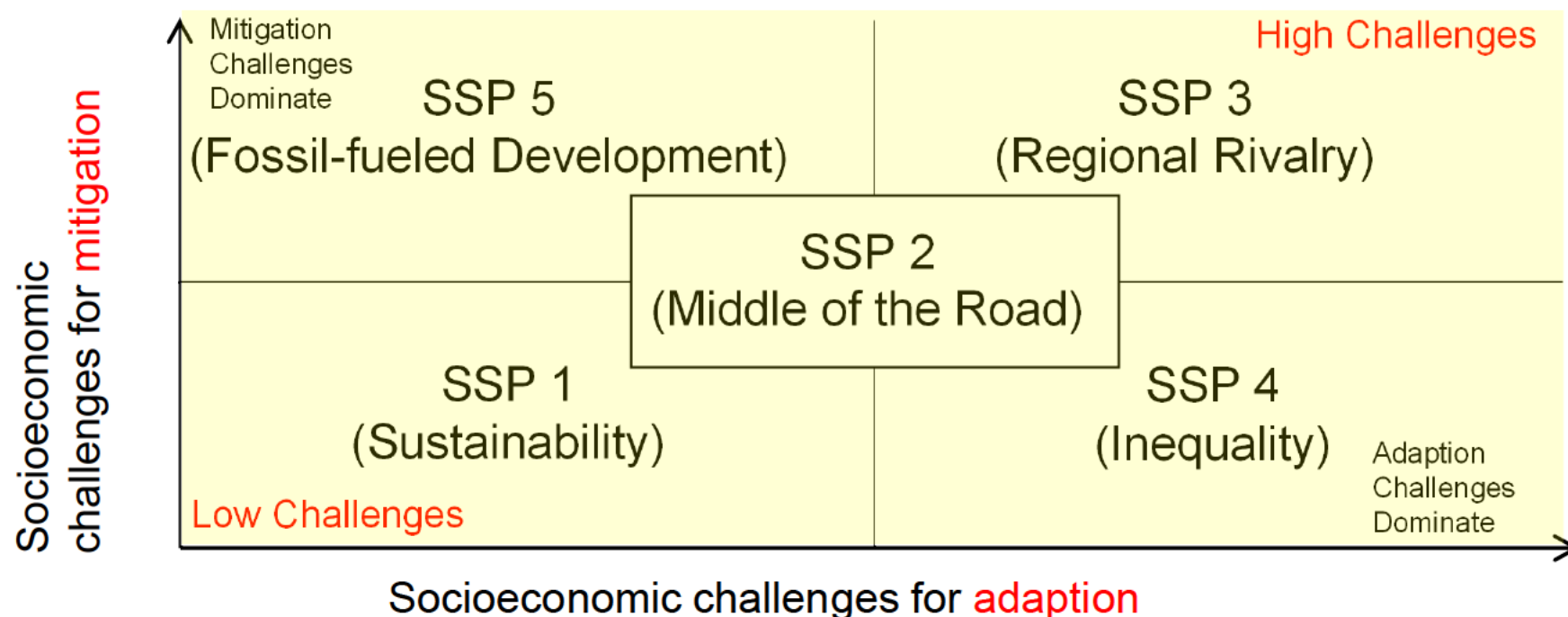
各プレミアムの推定結果は、比較的安定的。
リスク(大)場合: リスクプレミアム+不確実性プレミアムが期待被害額と同等かそれ以上となる可能性を示唆

リスクが小さくなるにつれ、リスクプレミアムは急激に小さくなるが、不確実性プレミアムの減少は緩やか

→ ケースを増やして安定性の検証を継続

Shared Socio-economic Pathways

- 気候変動の影響、適応、および脆弱性評価などの研究にあたって共有将来シナリオ
 - SRES (Special Report on Emissions Scenarios) の後継
 - 適応と緩和の困難度の2軸による叙述的なシナリオ



SSPsにおける転出入率の仮定

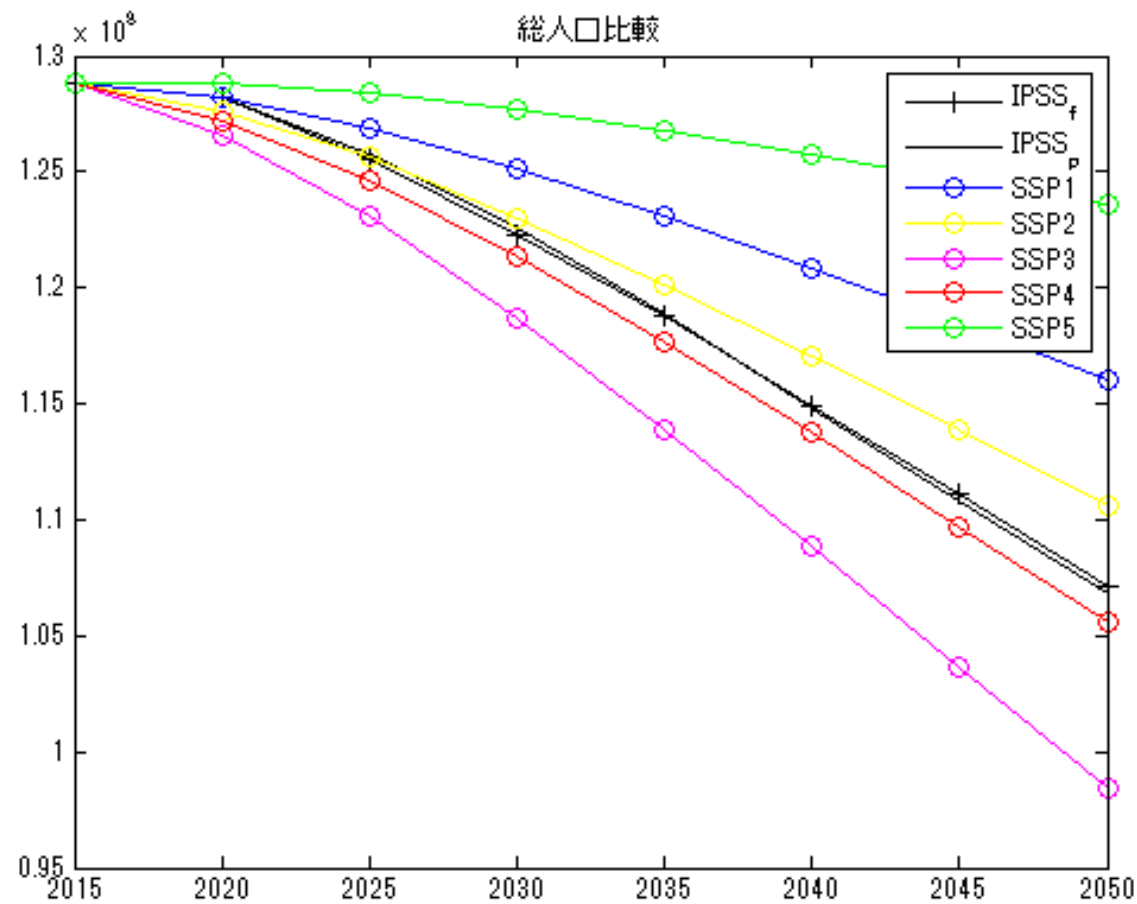
SSP element	SSP1 (Sustainability)		SSP2 (Middle of the Road)		SSP3 (Regional Rivalry)		SSP4 (Inequality)		SSP5 (Fossil-fueled Development)	
出生率	低		中		低(高)		低～中		中～高	
死亡率	低		中		高		中		低～中	
移民	中～高		中		中～低		低～中		高	
都市化程度	中		中		低		中		高	
総人口	+		0		--		-		++	
都市と地方	コンパクト +ネットワーク		現状維持		荒廃、スラム		都市中心への集中、 郊外の衰退		大都市圏への集中	
市区町村分類	転出率	転入率	転出率	転入率	転出率	転入率	転出率	転入率	転出率	転入率
1. 県庁所在地	0	+	0	0	—	0	0	+	0	—
2. 核都市	0	+	0	0	—	0	0	+	+	—
3. 東京都市(雇用) 圏内の都市	0	—	0	0	—	0	0	—	0	+
4. それ以外の都市	0	—	0	0	—	0	0	—	+	—

注1) 出生率, 死亡率, 移民者数の想定は, Samir KC, W.Lutz (2017) The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100, Glob. Environ Change, 181-192 による

注2) 都市と地方は国環研による日本版SSPの想定シナリオ名(仮)

注3) 市区町村分類及び転出率、転入率の想定は独自想定

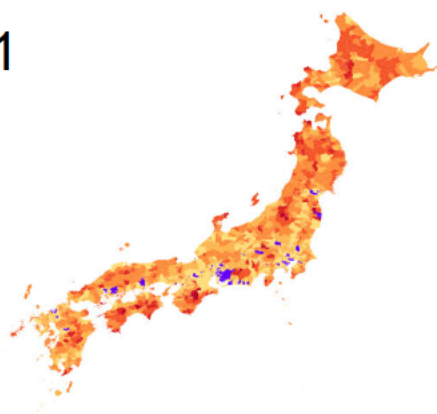
SSPsにおける2050年人口推計値



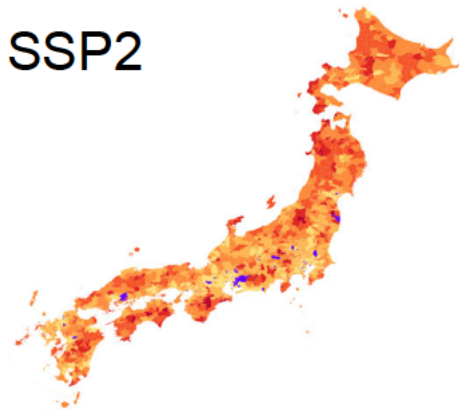
注1) 出生/生残率, (純)移民者数は, Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital によって公開されているデータを利用

SSPsにおける2015年を基準とした 2050年人口推計値比率

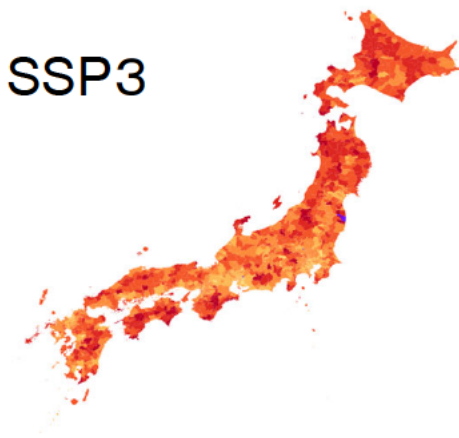
SSP1



SSP2



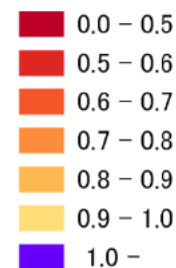
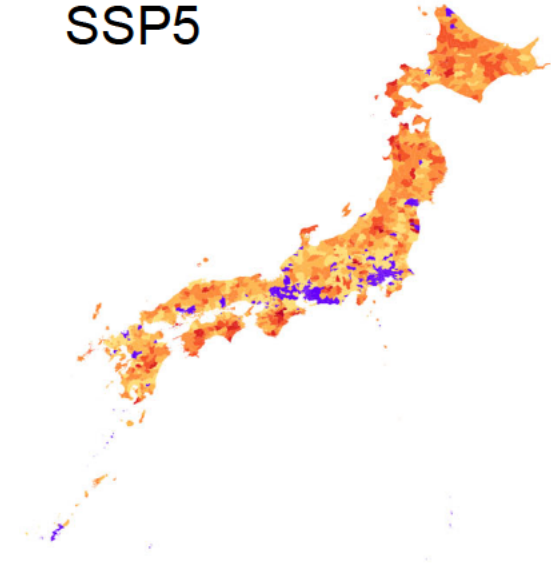
SSP3



SSP4



SSP5



適応政策の評価方法(国家レベル)

経済主体の移住を考慮した、生産／防災インフラ投資の地域間配分の分析

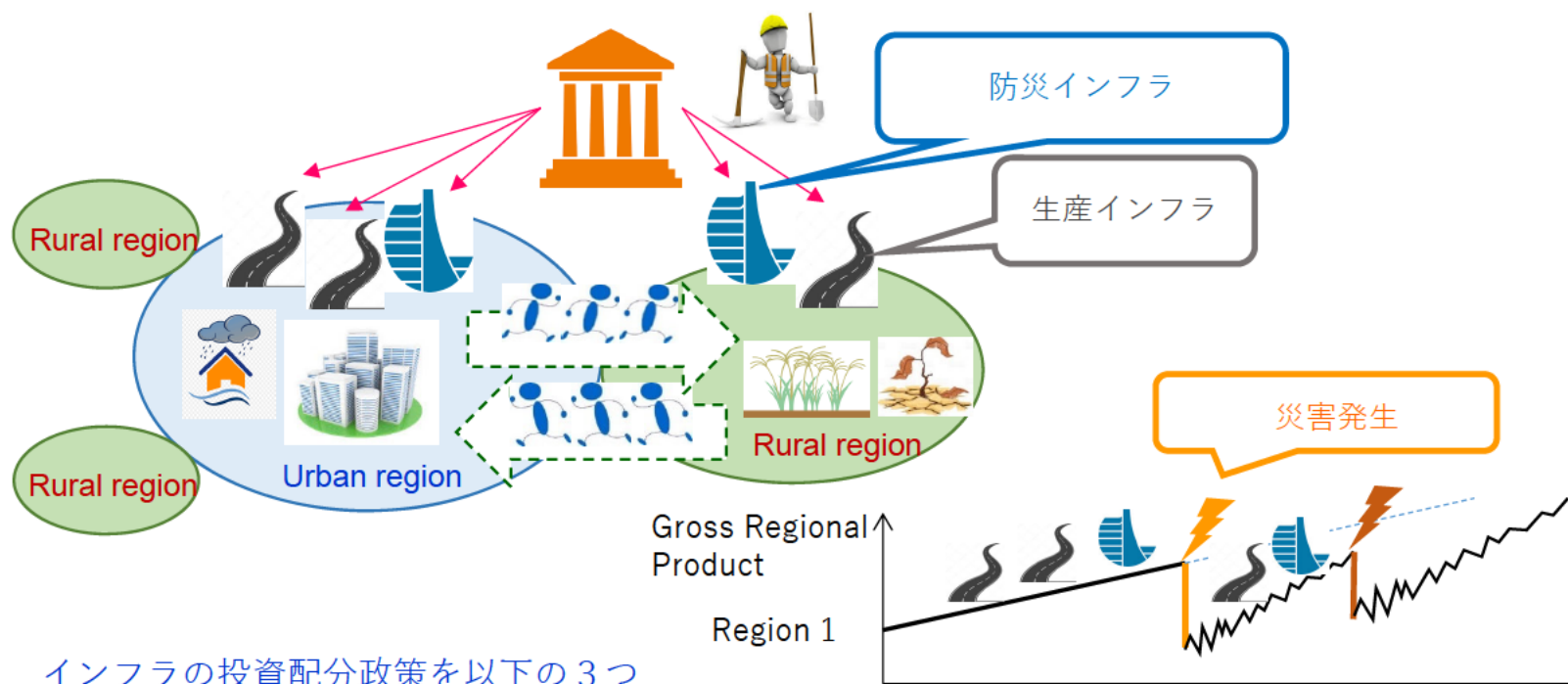
モデルの特徴

- ✓ 動学的, 多地域, 多部門(産業), 国際貿易
- ✓ 複数ハザード: 洪水(生産施設や家屋・家財が損壊)と干ばつ(農作物の収穫が減少)
- ✓ 複数の所得階級の家計, 地域間移動(移住)

シミュレーションのアウトプット

- 以下の変数や指標等について、モンテカルロ・シミュレーションによって期待動学経路(変化過程)を導出する。
- ✓ 国・地域・部門レベルの GDP, 成長率
- ✓ 家計間・地域間・部門間の格差

現在プログラムのコーディング中



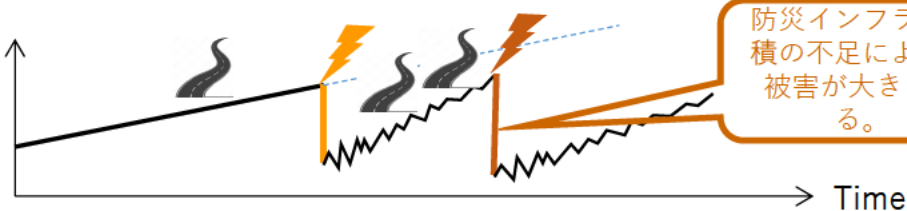
インフラの投資配分政策を以下の3つの視点から分析する。

- 1) 生産インフラと防災インフラの間の配分
- 2) 地域間の配分
(都市重視はさらなる人口集中を招く?)
- 3) 時間軸上での配分
(今と将来、どちらが多く?)

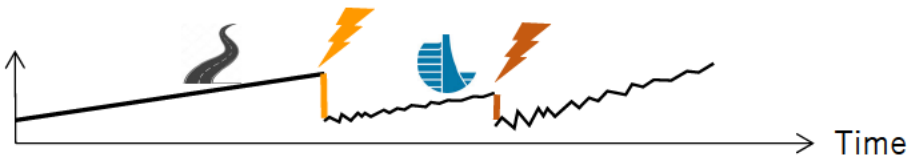
Gross Regional Product
Region 1



GR
P
Region 2



GR
P
Region P



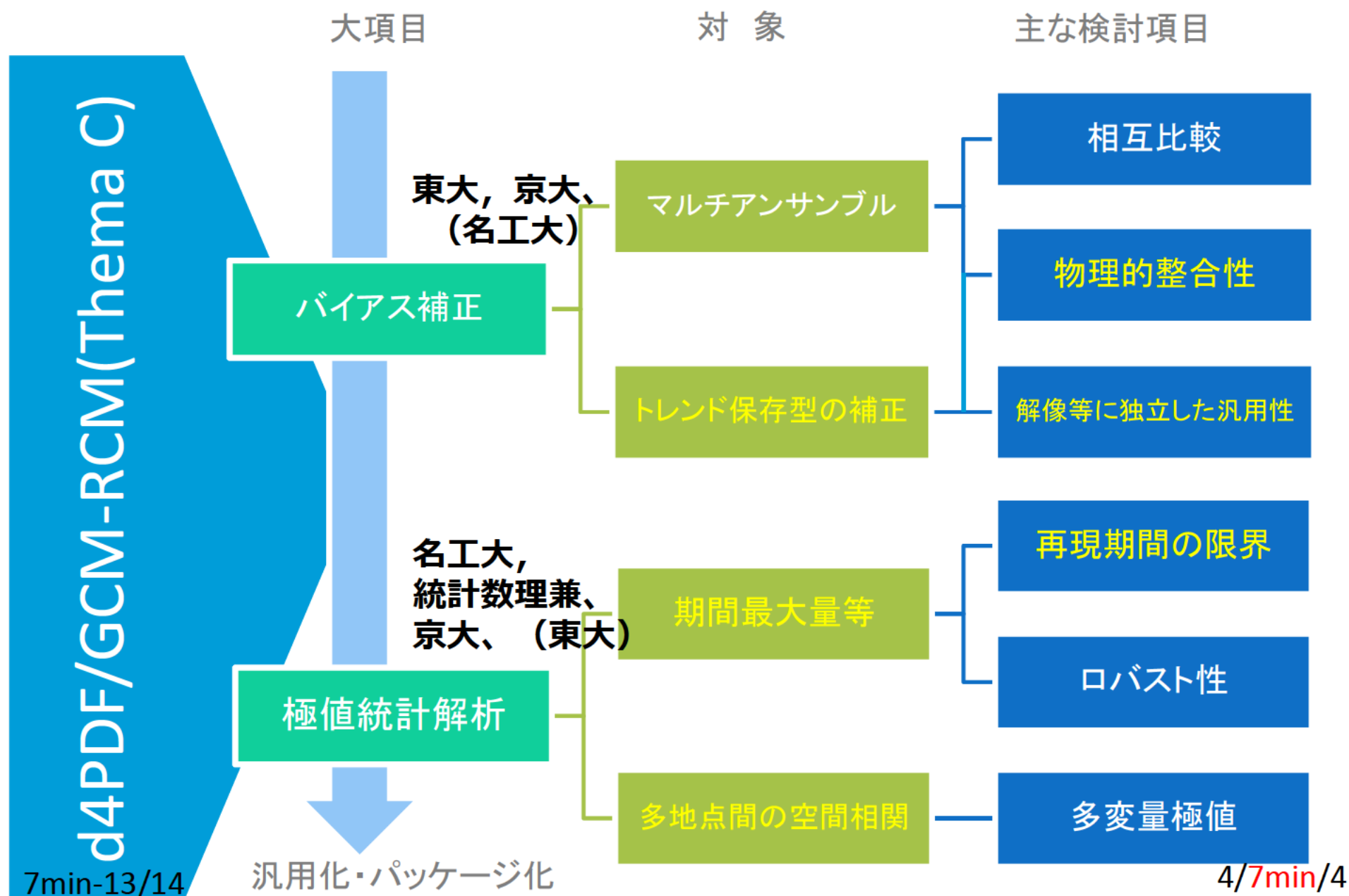
まとめ

- ✓不確実下の動的意思決定モデルとして、適応政策決定のためのプロトタイプモデルを定式化・試算
- 科学的不確実性に対する選考の反映(最大クラスシナリオを含む科学的不確実性の意思決定への反映)
- 高潮被害シミュレーション結果の反映
- 状態変数: 気温の反映

発表内容(研究課題)

- i. 極端なハザードの強度と頻度の長期評価(極端現象)
 - ・ 京都大学防災研究所・森 信人
- ii. 21世紀末までのシームレスな影響評価(100年シームレス)
 - ・ 京都大学防災研究所・田中賢治
- iii. 過去災害のハザード分析と気候変動影響評価(過去ハザード)
 - ・ 京都大学防災研究所・竹見哲也
- iv. 影響評価のアジア・太平洋諸国への展開と国際協力(アジア・太平洋)
 - ・ 京都大学大学院工学研究科・立川康人
- v. 様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略(適応戦略)
 - ・ 京都大学防災研究所・多々納裕一
- vi. バイアス補正法・極値評価技術の開発(バイアス補正・極値)
 - ・ 名古屋工業大学・北野利一

課題vi.バイアス補正法・極値評価技術の開発



平成30年度研究計画

- **バイアス補正について**：d4PDF等を対象とした補正手法の有効性の検証を継続する。また前年度各課題でそれぞれ扱われている補正手法について整理を進めてきた結果を基に、各課題における補正手法の共通点および課題の抽出を行う。
- **極値統計について**：d4PDF等の多数のアンサンブル標本数に対する解析手法の開発を継続して行う。さらに、各地点の年最大値を対象に、空間的な同時性を考慮した多変量極値統計の開発を行う。各課題の中で必要とされるバイアス補正法ならびに極値評価技術の支援を行なう手立てを検討する。

課題vi (バイアス補正・極値評価)の哲学

整合性を, どのように確保するか? を検討,
その手法をコミュニティで**共有**, **実装**(組込み).

バイアス補正: 観測値との**整合**, 変数間の物理的**整合**,
解像度に依存しない(という**整合**)

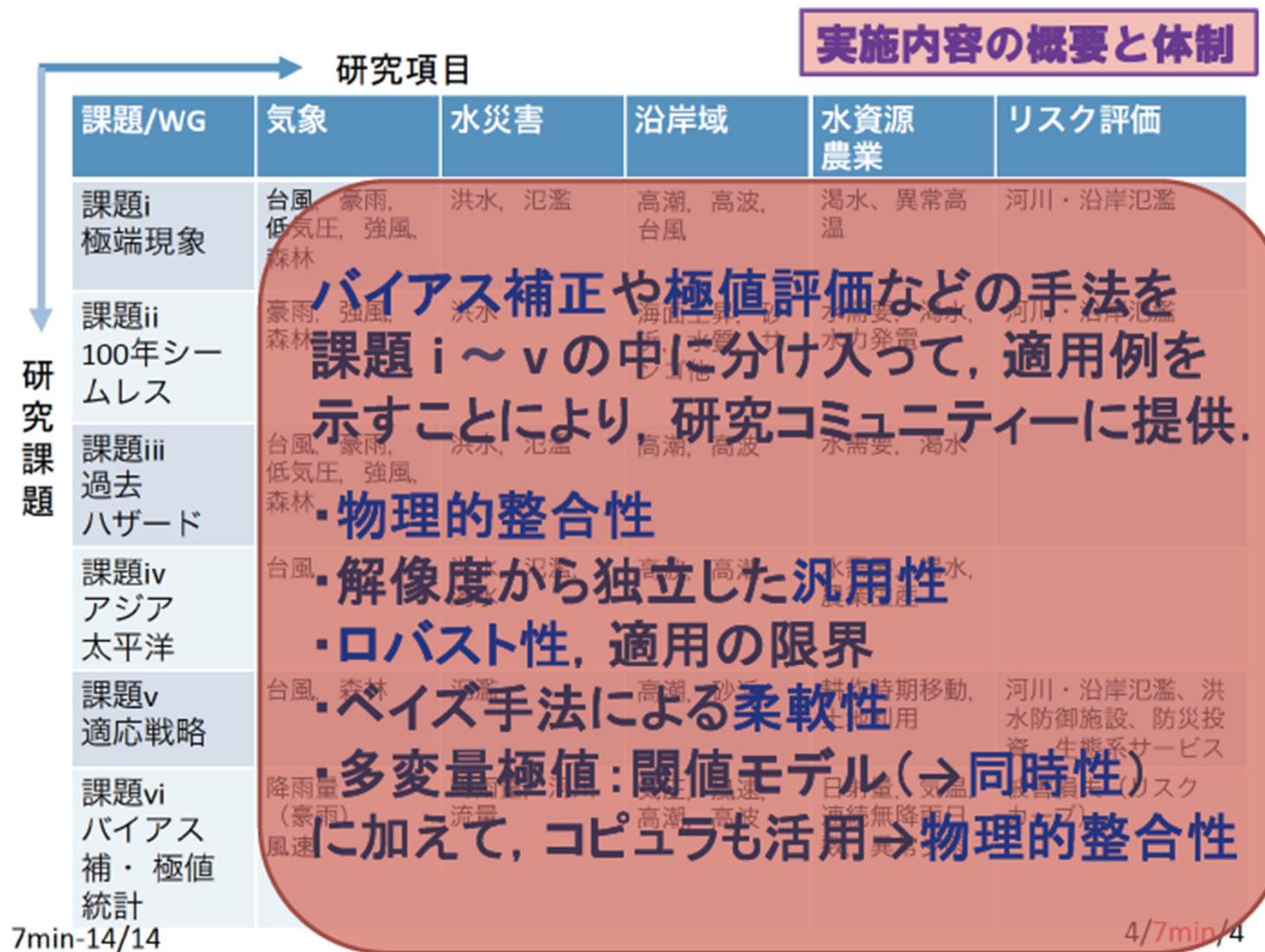
- 基本的に正解は無いが, 望ましさに応じた結果がある.
- 各種提案されるバイアス補正に**共通の枠組み**を与え,
間に合わせ的に既に用いた補正であっても,
後付け的に正しく評価する方法や,
可能なら容易に使える代替手段を提供(したい)
指針や手引きとして提示して共有, **プログラムに直接実装**,
補正済みデータの作成.

課題vi (バイアス補正・極値評価)の哲学

整合性を, どのように確保するか? を検討,
その手法をコミュニティで**共有**, **実装**(組込み).

極値評価: 極値理論との**整合**(漸近的整合),
統計的な変動(**バライアビリティ**)に対する**整合**
多変量の(統計理論による)論理的な**整合**.

- 観測値に対して, **外挿を推定する技術**から,
多数アンサンブルに対して, 統計的な**整合性を検証する技術**に.
- **ノンパラメトリック統計**によるアプローチ
(単に数えるだけではなく, **誤差変動も含めた骨組み**を入れる)
- **多変量同時極値**(event-wise extremes)の理論展開
多変量極値(component-wise max.)と似て非なる.
極値のバイアス補正, **コピュラ**的なアプローチ.



バイアス補正も、極値評価も、**整合性**をとるための道具。
整合性が不十分であると、いろいろと検討するにつれて、あとあと困る！

バイアス補正手法の手引きの作成

✓ 手引きの構成

1. バイアス補正の前提

- バイアス補正の定義（類似手法との違い）
- バイアス補正の仮定と限界
- バイアス補正を適用する場面について
～その他の手法とどのように使い分けるか？～

2. バイアス補正分類と各手法の特徴

- バイアス補正手法の分類
- 各分類に属する具体的手法例とその特徴

3. 手法の検証と比較

- 検証/比較に関する既往研究
- 手法の仮定により生じる結果の違い

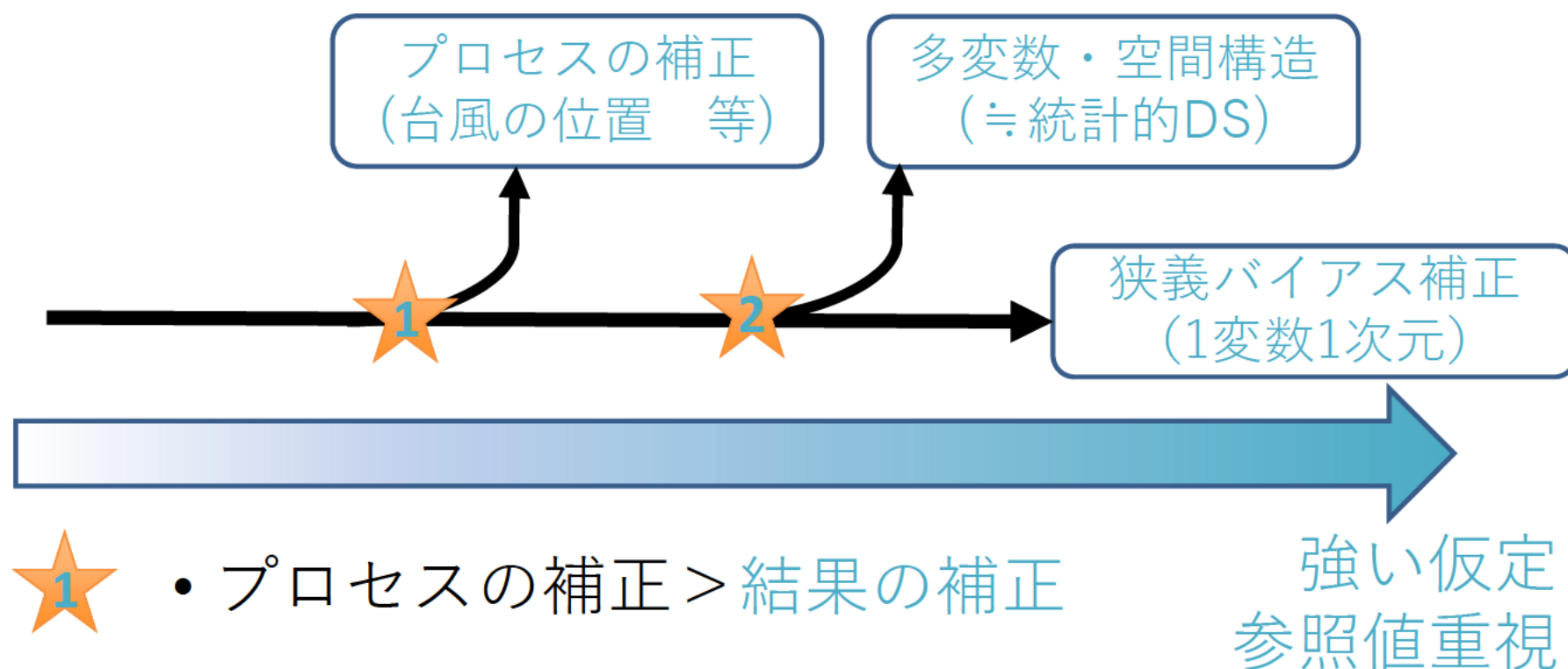
4. 補正手法関連の課題と展望

- 多変数の取り扱いに関して
- 大規模アンサンブルデータへの適用

✓ 国内外の既往研究のレビュー＋独自の解析結果

バイアス補正法選択フレームワーク

✓ 狭義バイアス補正(強い仮定)以外を優先



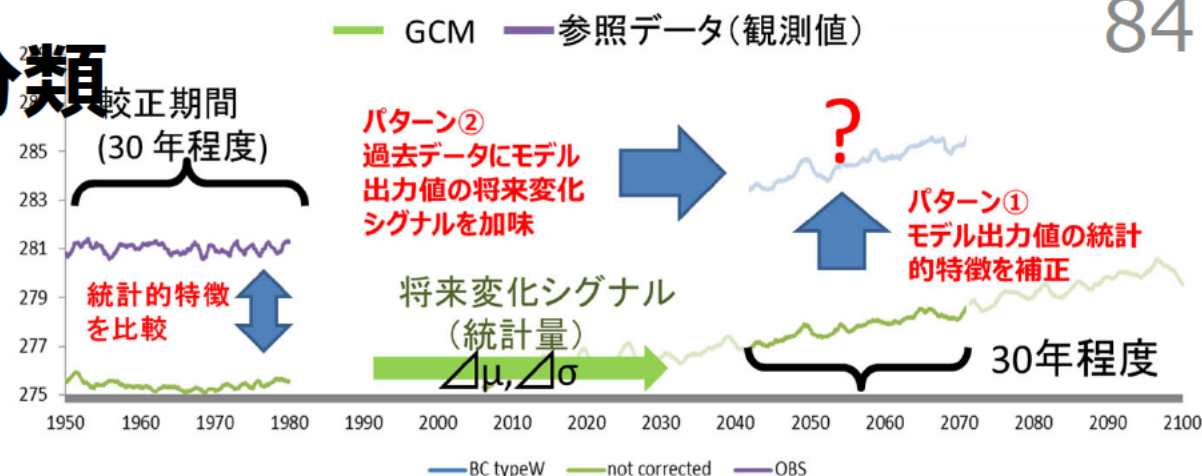
★1 • プロセスの補正 > 結果の補正

★2

	空間構造の考慮	1次元補正
多変数補正	統計的DS(天気図法)	統計的DS(多項式法)
単一変数補正	多次元バイアス補正	狭義バイアス補正

バイアス補正の分類

C (補正データ)
Mf (モデル将来)
Mp (モデル現在)
R (参照データ)



$$C = R - Mp + Mf \quad [Pr(R) = Pr(Mp) = Pr(Mf) \text{ の時}]$$



$$C = R + Ff(Pr(R))$$

トレンド保存型

- 将来変化情報の保存
- × 単一の時系列
- × 変化関数が粗い

$$C = F + Fr(Pr(Mf))$$

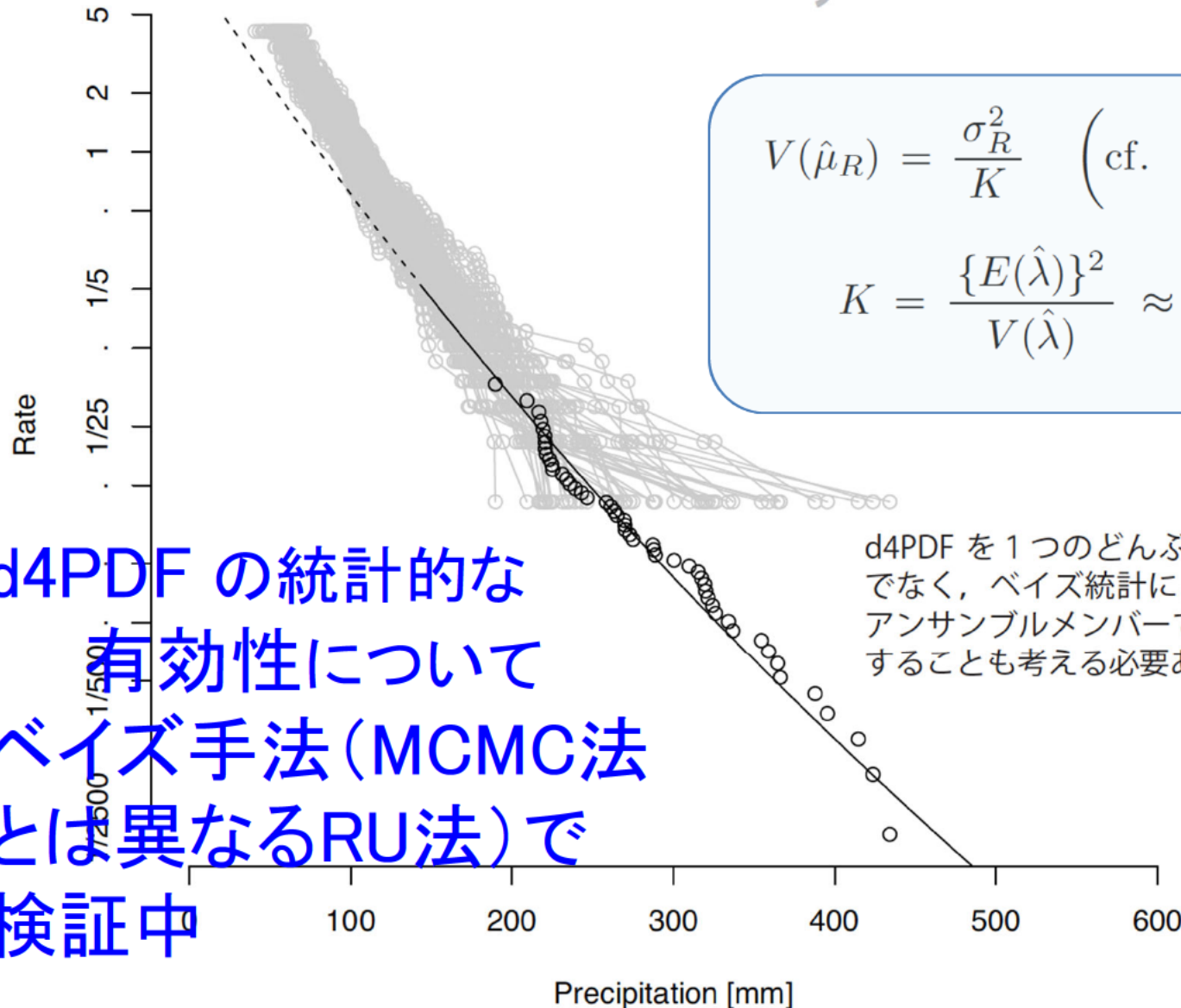
バイアス保存型

- 再現性が高い
- 密な変化関数が可能
- × 変化情報にバイアス

$$C = Mp + Fr(Pr(Mp)) + Ff(Pr(Mp))$$

参照と補正の2つに異なる関数形

MLE → Bayes → Ensemble



$$V(\hat{\mu}_R) = \frac{\sigma_R^2}{K} \quad \left(\text{cf. } V(\bar{X}) = \frac{\sigma^2}{n} \right)$$

$$K = \frac{\{E(\hat{\lambda})\}^2}{V(\hat{\lambda})} \approx \frac{1}{V\{\log \hat{\lambda}_1(y)\}}$$

d4PDF の統計的な
有効性について
ベイズ手法(MCMC法
とは異なるRU法)で
検証中

d4PDF を1つのどんぶりに入れて考えるだけでなく、ベイズ統計による母数標本のように、アンサンブルメンバーであることを有効に利用することも考える必要あり。

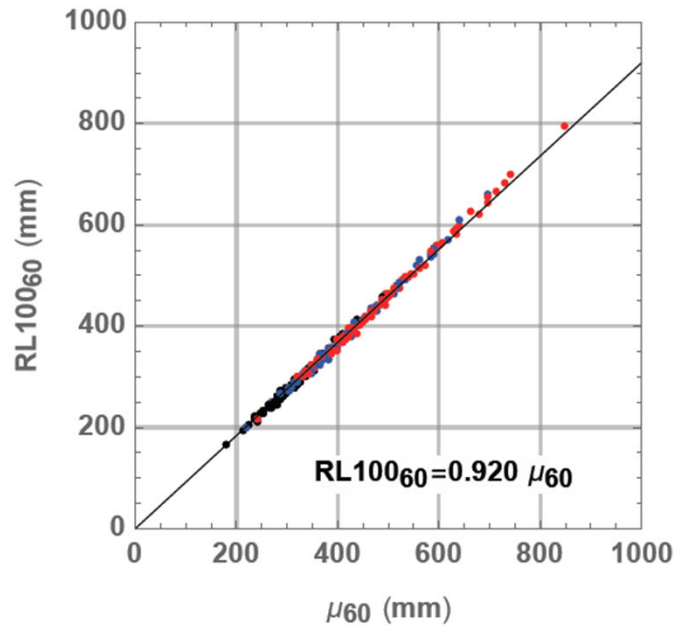


Fig.4 Relationship between 100-year Return Level and Ensemble Mean of 60-year Maxima for 1(Black), 2(Blue) and 3(Red) day Precipitation at 6 River Basins

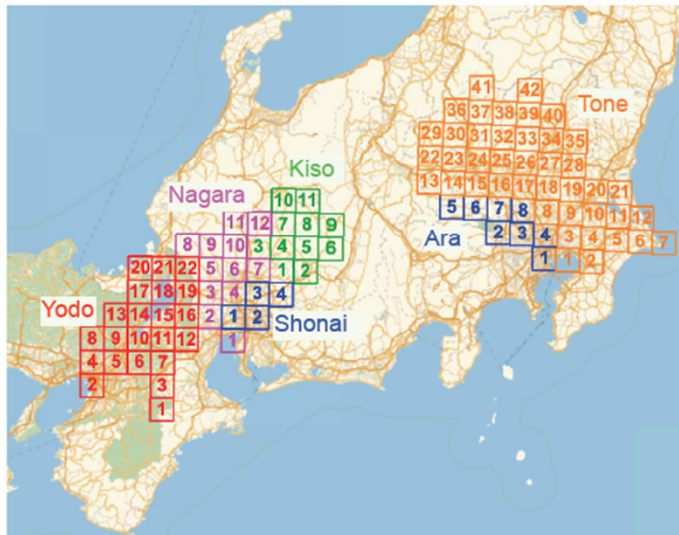


Fig.2 Locations of Target six Major River Basins in Japan

田中茂信
(京大防災研)

D4PDF による 各種降水量の統計量の関係性 (日降水量の極値と, 2日/3日降水量の極値 ならびにそれらの確率降水量との関係)

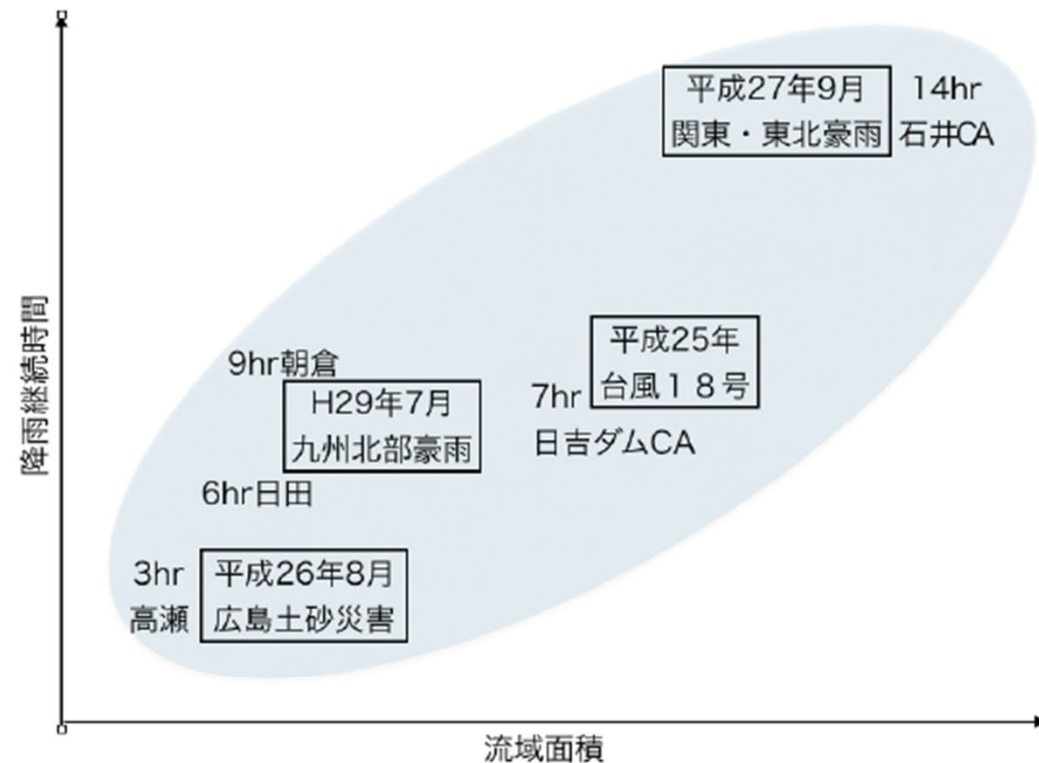


Fig.1 Map showing relationship between spatial scale and duration exceeding 20mm/h of recent major water-related disasters in Japan

雨量—継続時間—空間的集中度の関連を 3次元正規コピュラで表現した流量頻度計算

田中(智)

$$G_X(x) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} G_{R|D\Gamma}(r_i(x)|d_i, \gamma_i)$$

$$V = \begin{pmatrix} 1 & \theta_{rd} & \theta_{r\gamma} \\ \theta_{rd} & 1 & \theta_{d\gamma} \\ \theta_{r\gamma} & \theta_{d\gamma} & 1 \end{pmatrix}$$

$$G(r, d_i, \gamma_i) = C(u_r, u_d, u_\gamma) = \Phi(\mathbf{u}; \mathbf{0}, V)$$

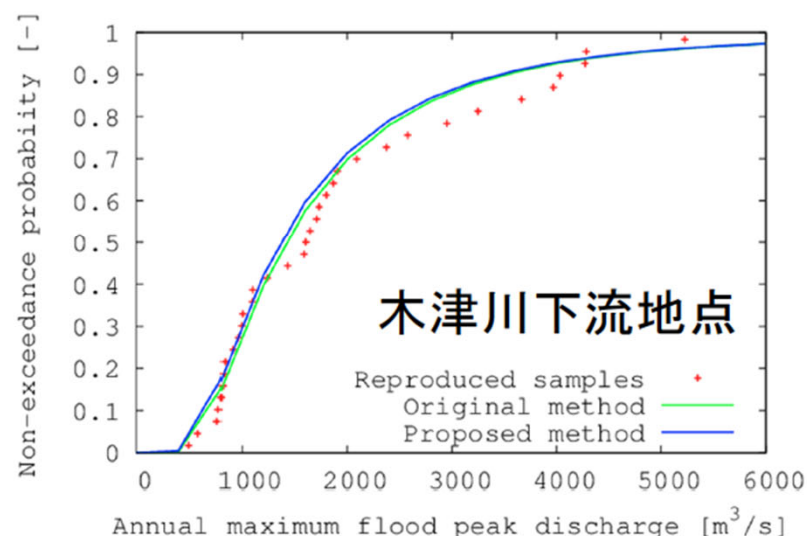
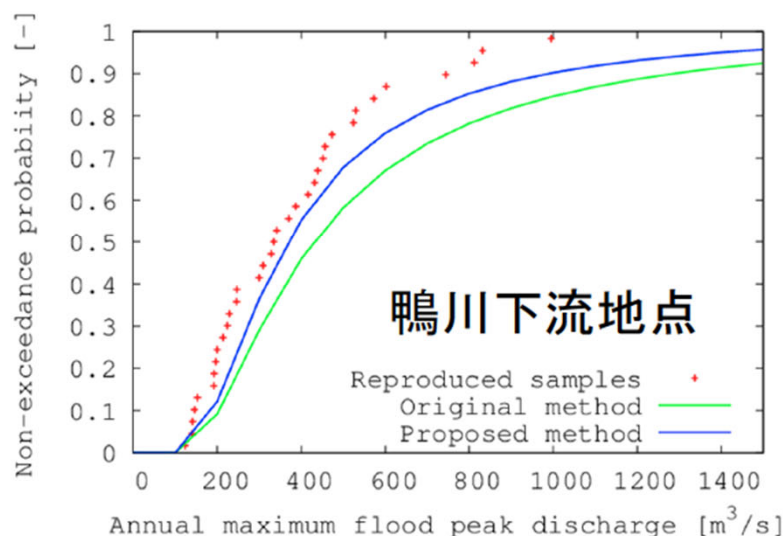
(x : 推定する洪水流量・浸水被害額)

r : 流域平均雨量

d : 降雨継続時間

$\gamma = \max_j \{R_j/R\}$, 最大比支流流域雨量

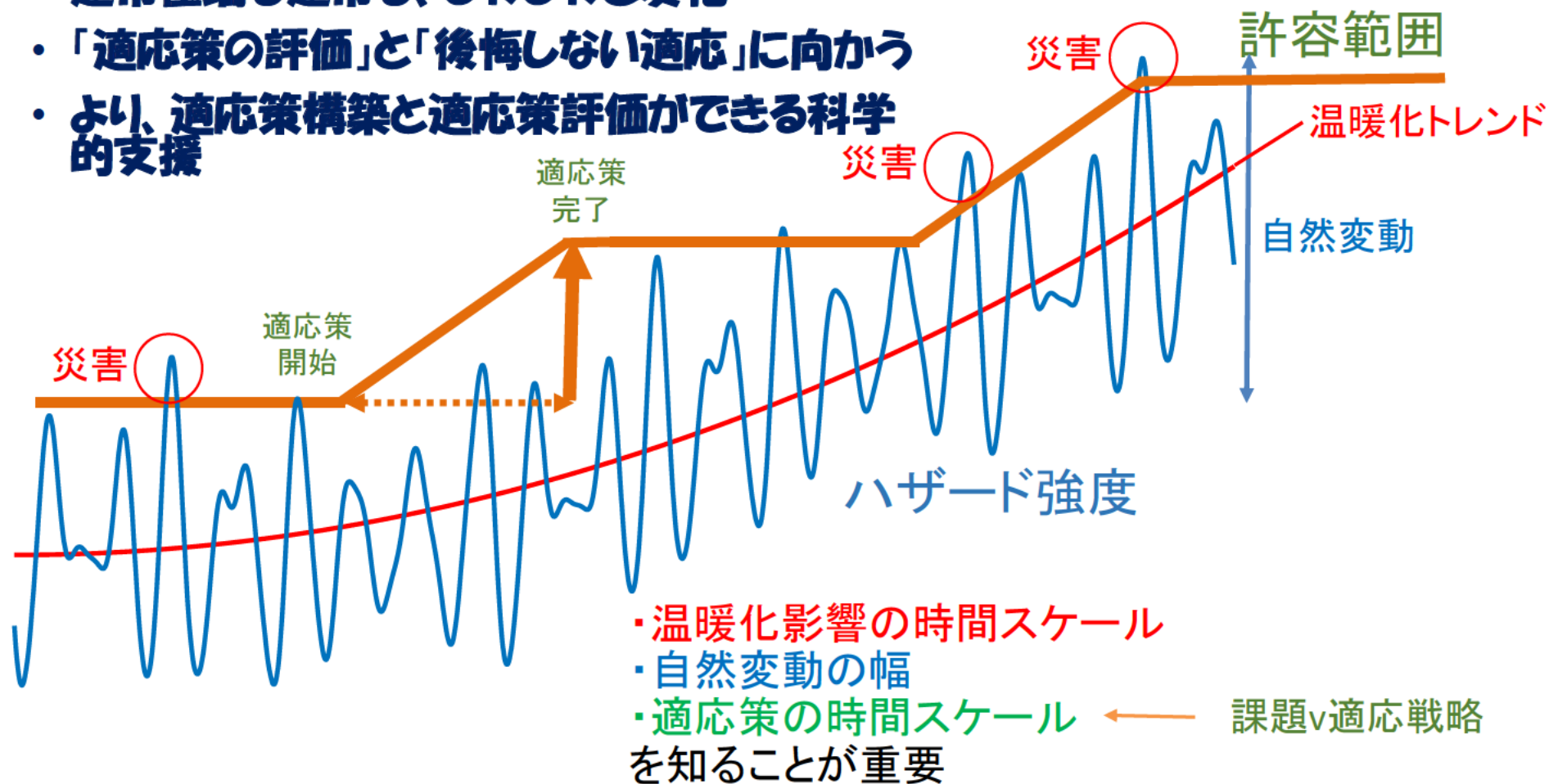
- 降雨パターンのもつ「空間的集中度」と流域雨量の関連を考慮することで流域面積の大きい木津川の推定精度を維持したまま流域面積の小さい鴨川の推定精度を向上
- 異なる流域規模の水害リスクも極値統計+コピュラによって雨量データから推定が可能
- ただし、極値統計のWGとしては、(3次元)コピュラを極値分布の周辺分布と組み合わせる妥当性の検証が必要?



大切なバックボーン 後悔しない適応とは何か？

基本的な考え方

- ・ 通常極端も通常も、じわじわと変化
- ・ 「適応策の評価」と「後悔しない適応」に向かう
- ・ よい、適応策構築と適応策評価ができる科学的支援



ご静聴ありがとうございました

創生C・D
影響評価・
適応策創出
の仲間です。

写真:宇治川、塔の島

