

# 自然災害・水資源分野の影響と適応策

IPCC報告書連携シンポジウム  
2022/04/26

横木裕宗

茨城大学  
大学院理工学研究科都市システム工学領域  
茨城県地域気候変動適応センター

# 講演の概要

- S-18テーマ3の概要
- 海面上昇の影響評価と適応費用推計
- 沿岸域の脆弱性：高潮と砂浜侵食
- 外水・内水氾濫に対する適応効果
- 水資源への影響と適応策

# テーマ3：自然災害分野を対象とした影響予測手法の高度化と適応策の評価

テーマリーダー：横木裕宗（茨城大学理工学研究科）

<https://s-18ccap.jp/>

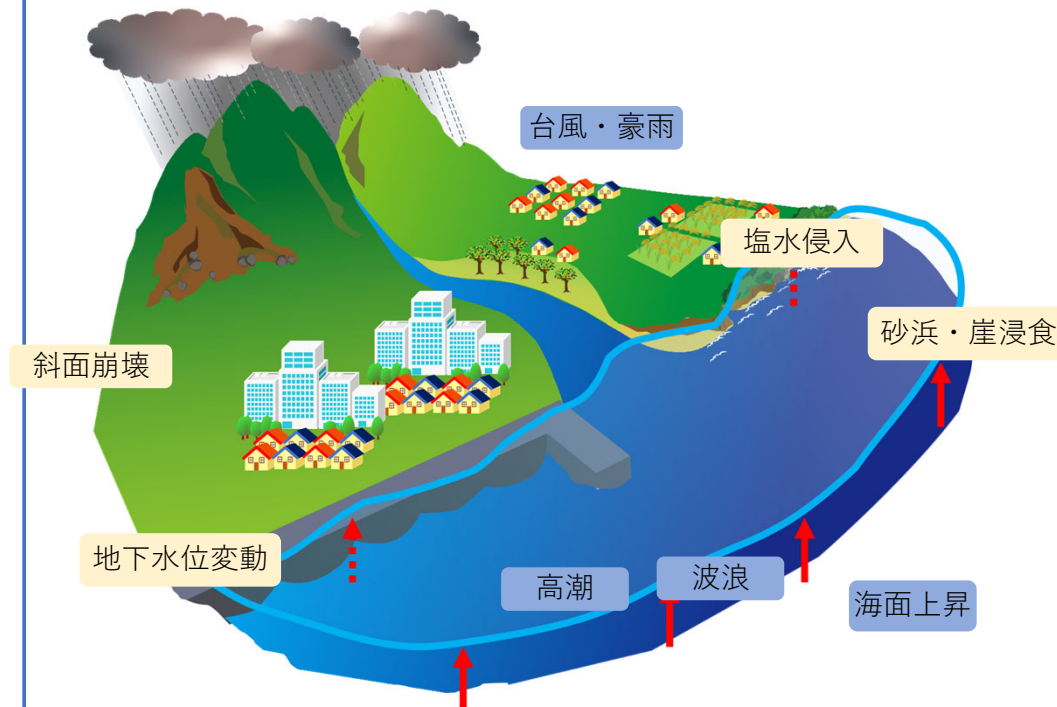
## 成果目標：

沿岸域を中心とする流域における**自然災害**、**水資源に関する影響予測の高度化**、**適応評価**、**その経済評価**を行う。テーマ1から提供される気候シナリオおよび社会経済シナリオを用いて、全国の沿岸域・流域を対象に1km程度の解像度で浸水影響評価を行う。

適応策についてはグレーインフラ、グリーンインフラを組み合わせ防護の評価に加えて、人口減少下での順応、撤退についても検討対象とする。さらに、自然災害分野では治水経済マニュアル等に基づき、直接被害の算定を行う。

## サブテーマ構成：

- ST1. 気候変動による氾濫・浸水災害の統合影響予測と適応策の経済評価  
（横木裕宗，茨城大）
- ST2. 高潮・高波等を対象とした 沿岸域への気候変動影響予測と適応策の評価  
（森信人，京都大）
- ST3. 河川洪水・内水氾濫による影響予測と適応策の評価  
（風間総，東北大）
- ST4. 流域における水資源への気候変動影響予測と適応策の評価  
（吉田武郎，農研機構）



環境研究総合推進費戦略的研究開発領域  
S-18テーマ3(1)

# 気候変動による氾濫・浸水災害の 統合影響予測と適応策の経済評価

Integrated Projection of Climate Change Impacts and  
Economic Evaluation of Adaptation to Flooding and Inundation

横木裕宗\*・田村誠\*・増永英治\*・外岡秀行\*・柴田傑\*・今村航平\*

佐藤大作\*\*・熊野直子\*\*\*

(\*茨城大学, \*\*摂南大学, \*\*\*愛媛大学)

# 海面上昇(SLR)による浸水影響予測

大場他(2021)

- 最新の気候シナリオ、潮汐データ、社会経済シナリオを活用して、日本沿岸域の海面上昇と浸水影響を3次メッシュ(1km)の解像度で全国一律に評価
- NIES SSP 3次メッシュ人口シナリオの活用
- EM-DAT(Emergency Events Database)に基づく被害額推計

## 使用データ

### 標高

国土交通省

標高・傾斜度3次メッシュ  
平均標高を使用

### 将来人口

NIES 日本版SSP3次メッシュ  
人口シナリオ第1版

### 潮汐

TPXO9

主要4分潮の合計を使用

### 行政区域コード

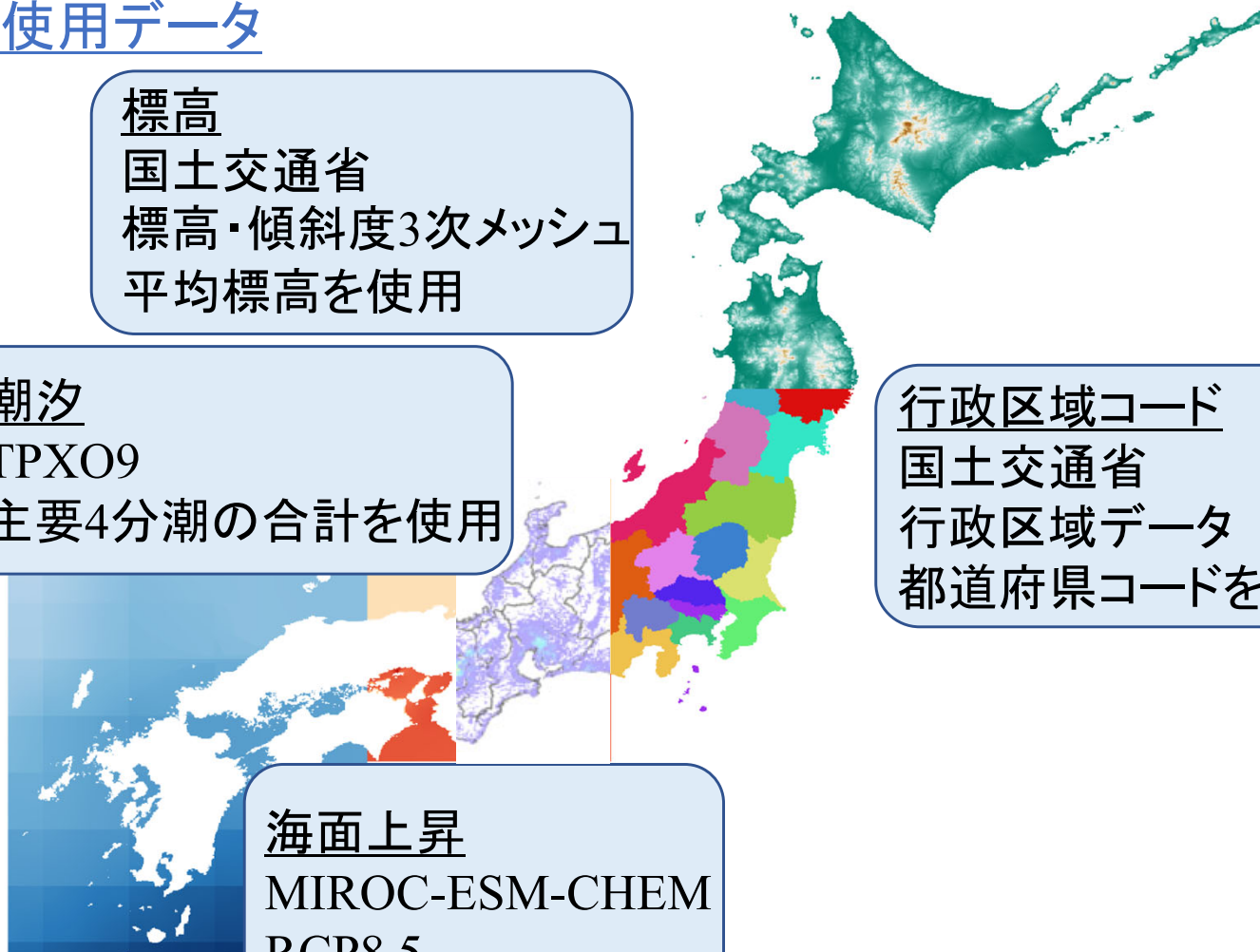
国土交通省

行政区域データ

都道府県コードを使用

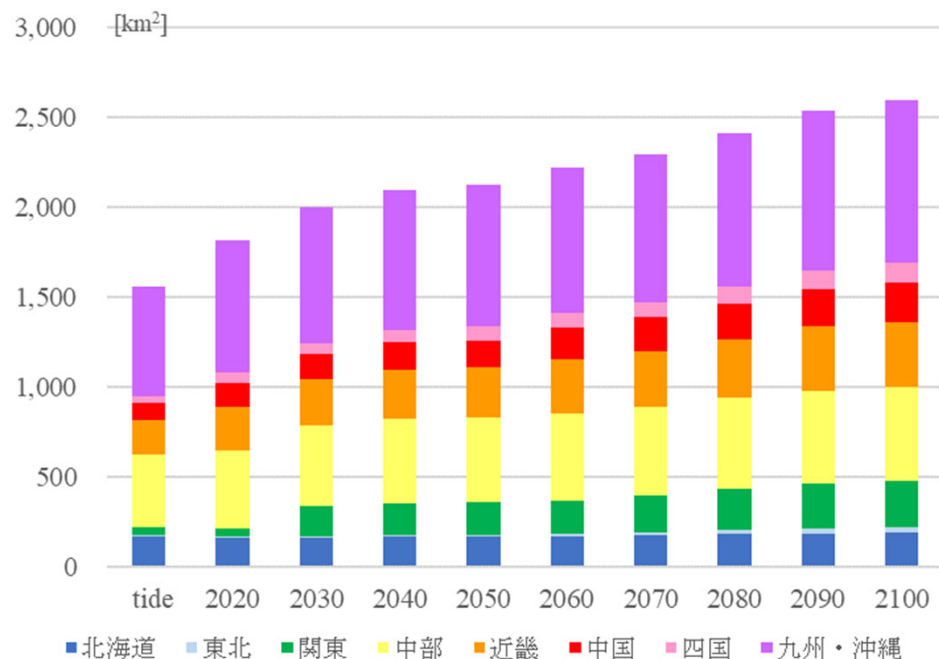
### 海面上昇

MIROC-ESM-CHEM  
RCP8.5

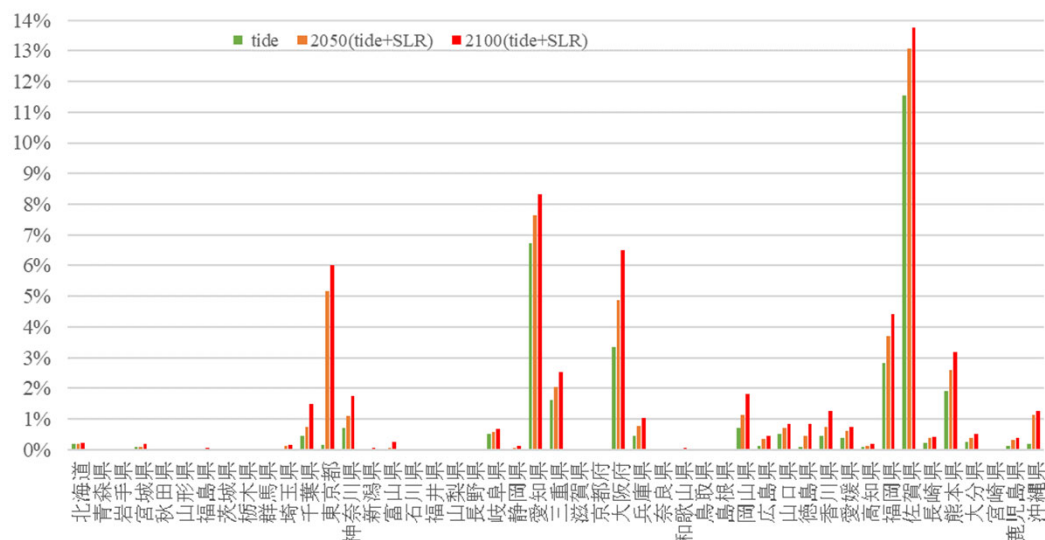


# 潜在的浸水域

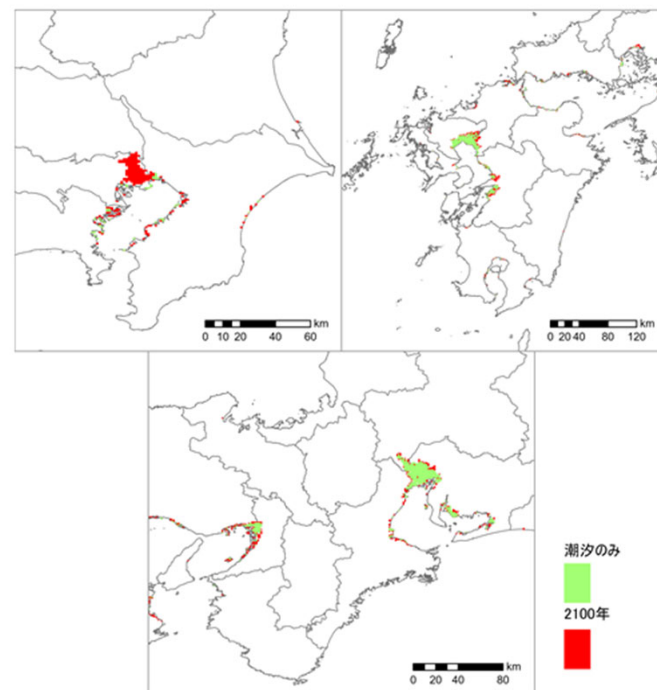
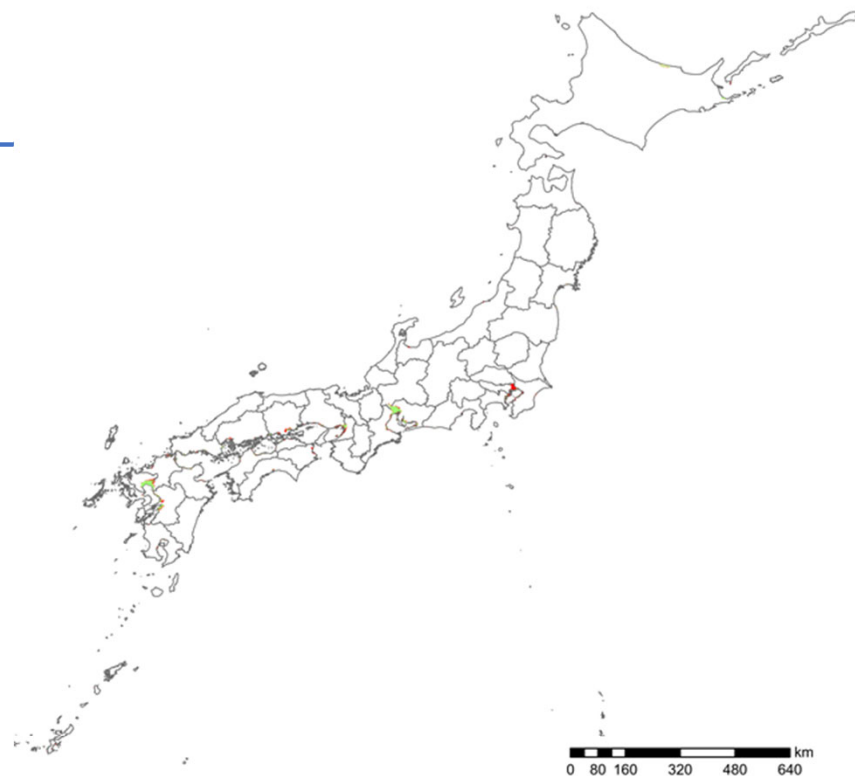
大場他(2021)



## 潜在的浸水面積



## 都道府県別の浸水面積比

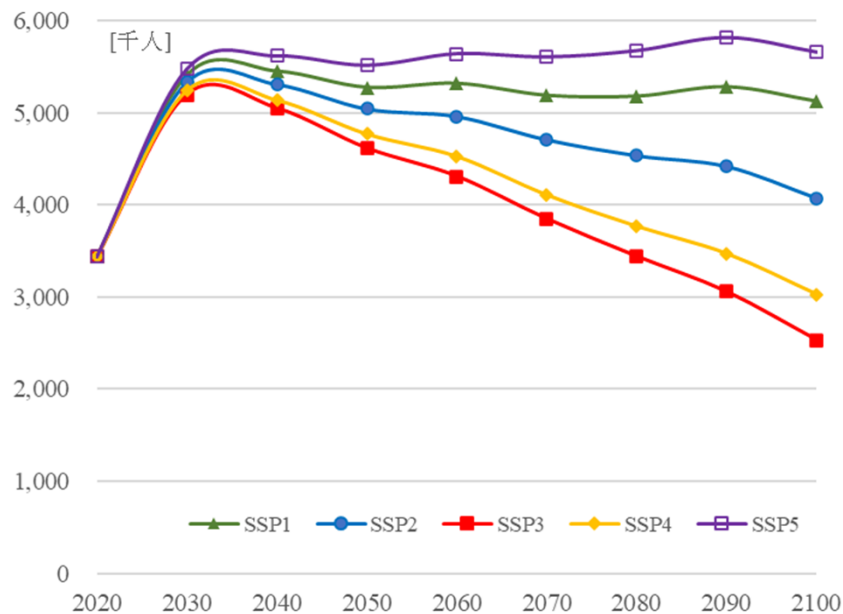


## 潜在的浸水域(2100年、RCP8.5)

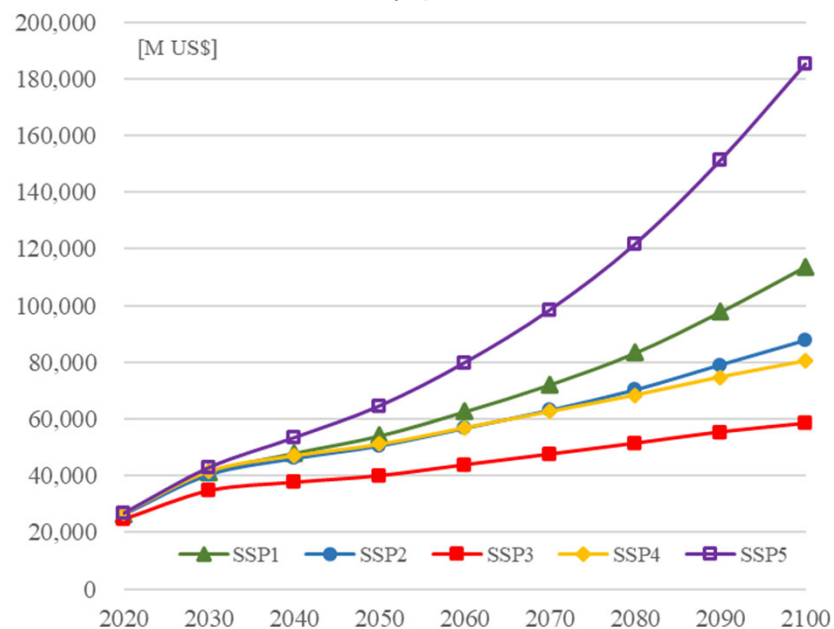


# 影響人口、被害額（全国，都道府県別）

大場他(2021)

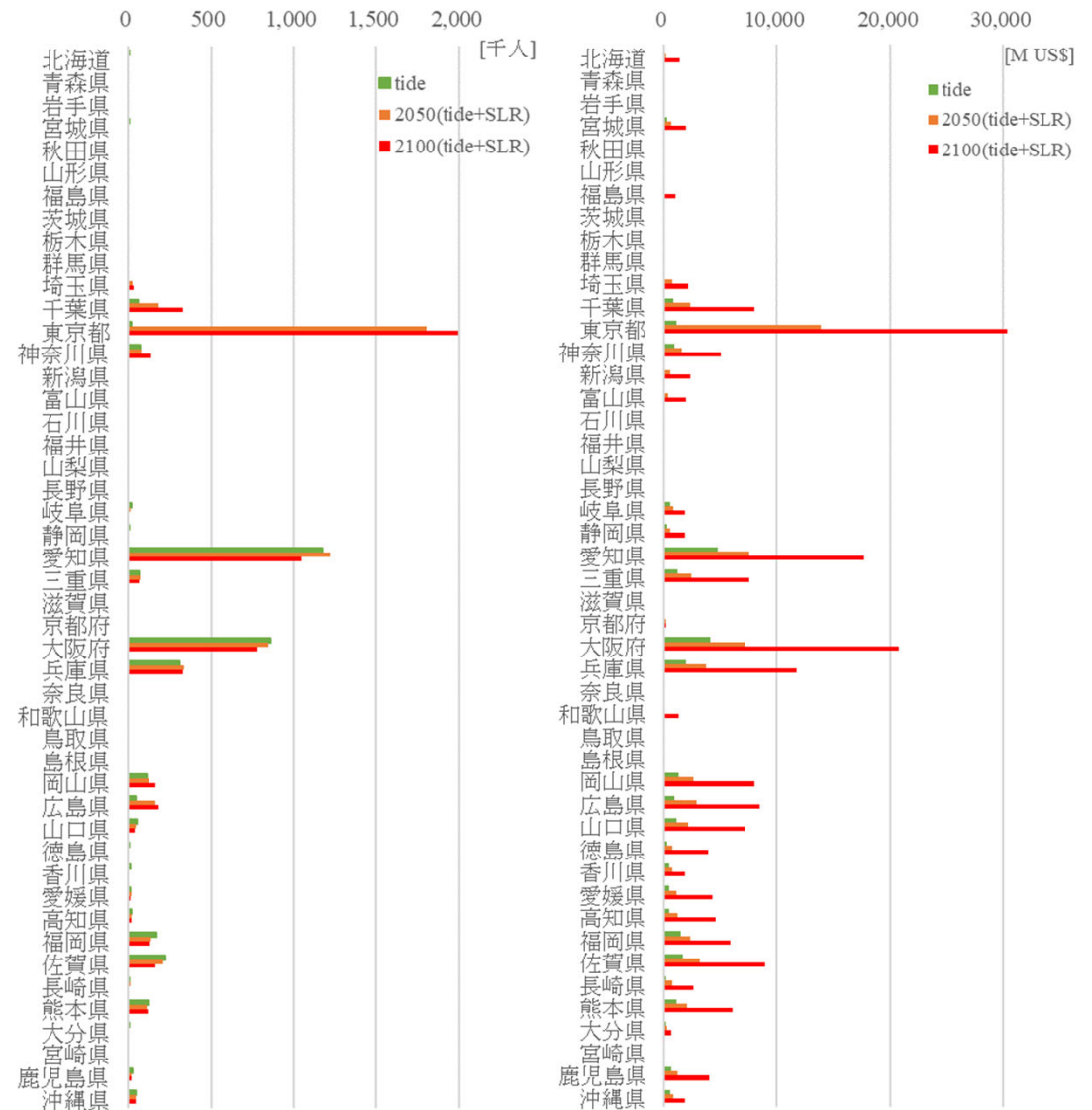


影響人口



浸水被害額

● 被害額は、①EM-DATの過去被害額より推計



都道府県別の  
影響人口(SSP5)

都道府県別の  
浸水被害額(SSP5)

# 適応効果評価

- 浸水影響と適応効果、適応費用を算出する
  - 適応費用の収集、更新

- 防護

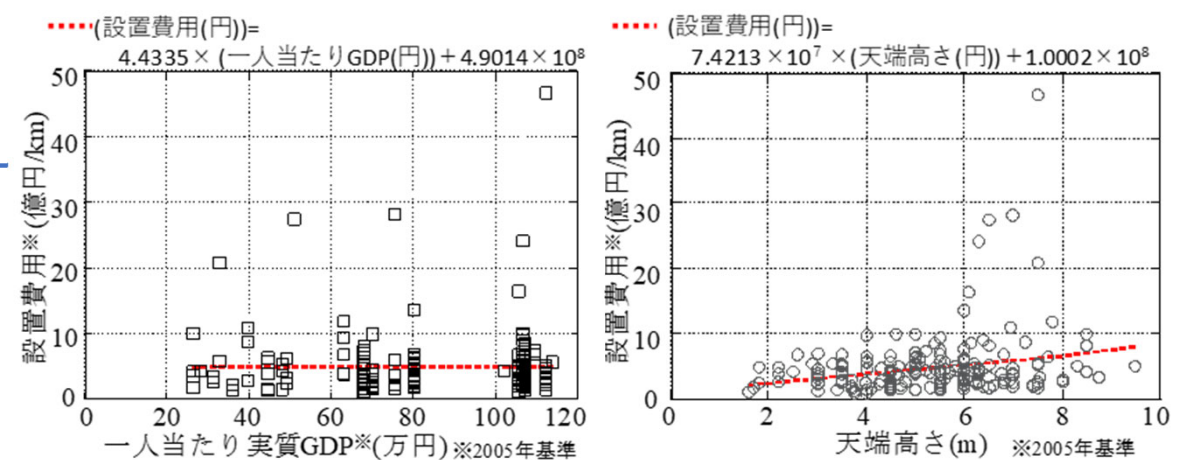
- グレーインフラ：構造物データ(分布、高さ)、堤防・護岸の新設、嵩上げの建設費、維持費
- グリーンインフラ：防潮林の整備費用等

- 順応

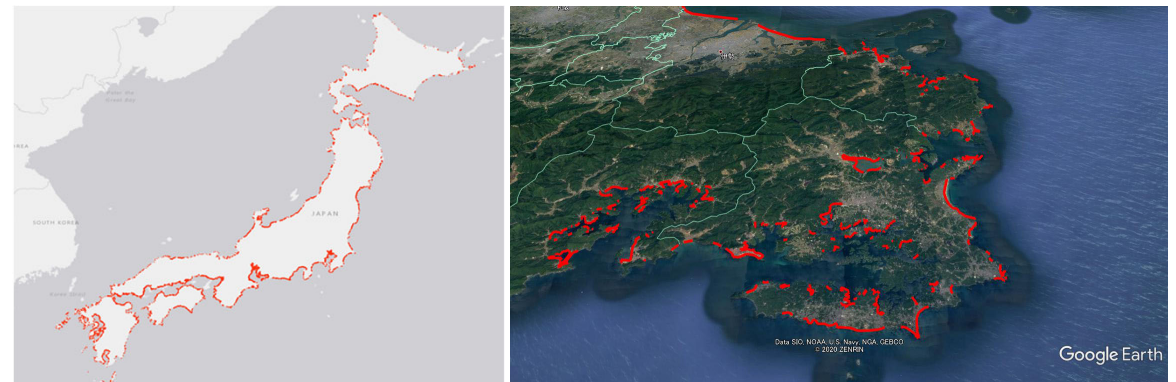
- 建築様式変更(嵩上げ等)、沿岸域管理、避難システム等

- 撤退（移転）

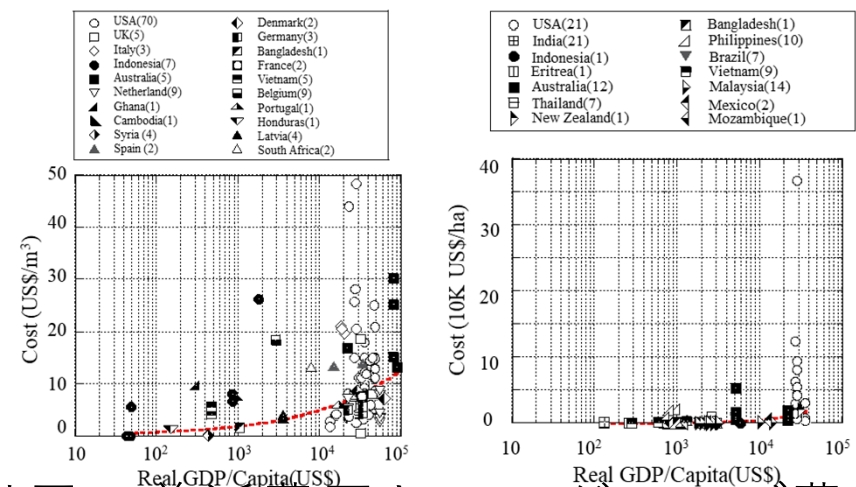
- 用地取得費、土地造成費、インフラ整備等
- 土地利用シナリオに対応した費用推計



日本の堤防設置費用(熊野他, 2017)



海岸堤防分布(箭内他, 2019) 構造物：紀伊半島の例

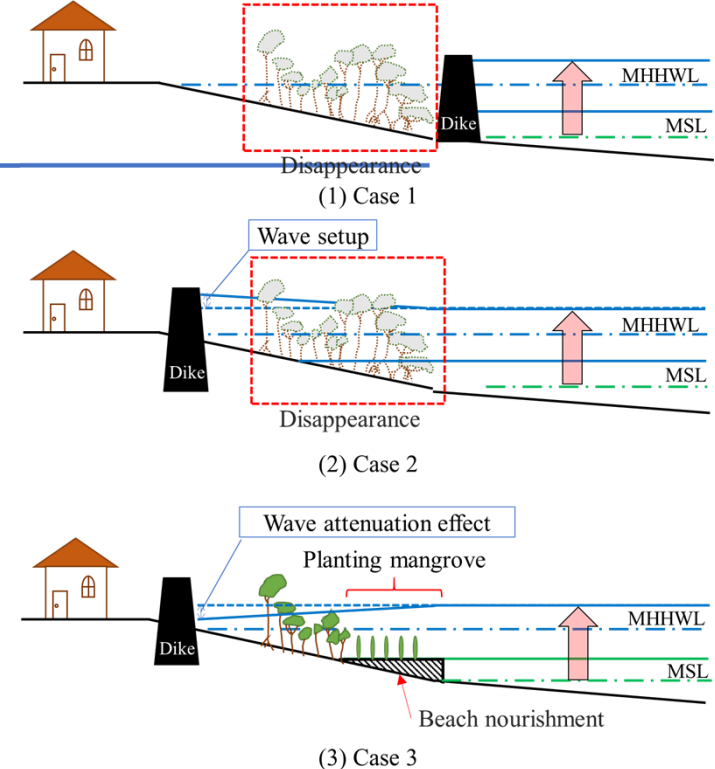


世界の養浜費用とマングローブ費用(熊野他, 2018)

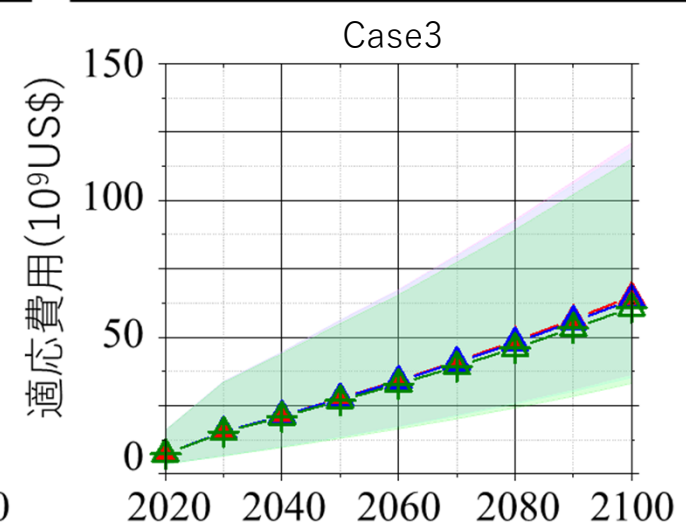
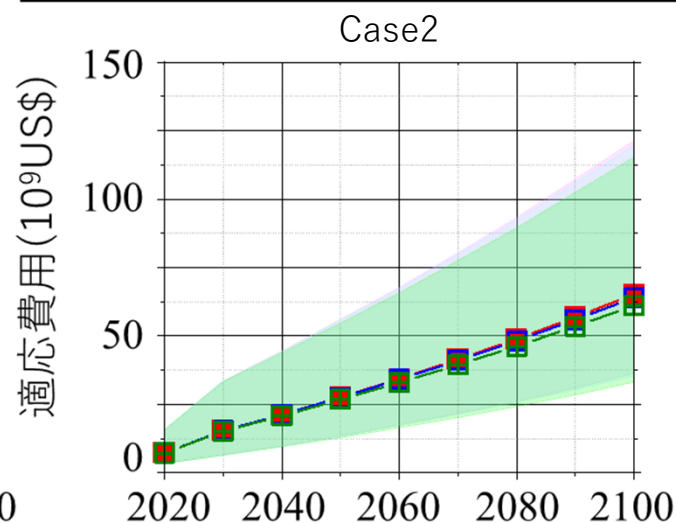
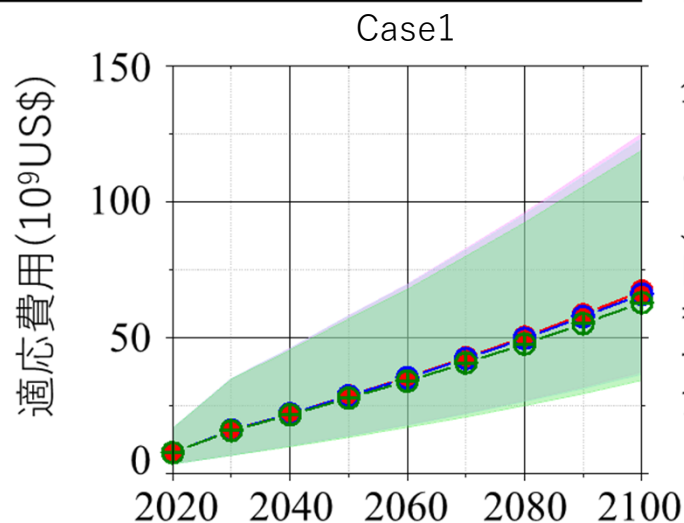
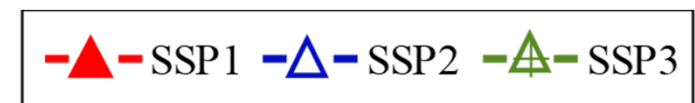
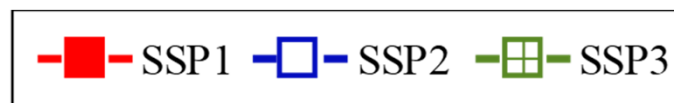
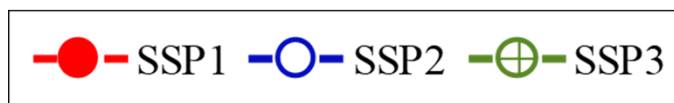


# 多重防護費用の推計

- Kumano et al.(2021)の全球評価の日本データ抽出
  - 2.5'(約5km)グリッド
- 堤防とマングローブ等による多重防護シナリオに基づく防護費用推計
- 国交省によれば海岸線長は約34,000km、既設の堤防・護岸長さは14,524km
  - 浸水する海岸線のうち、マングローブ林に守られている海岸線は4%
- 防護費用
  - Case1(堤防のみ)が最も高額
  - Case1→Case2 約3.0%の減少
  - Case1→Case3 約3.4%の減少



防護シナリオ



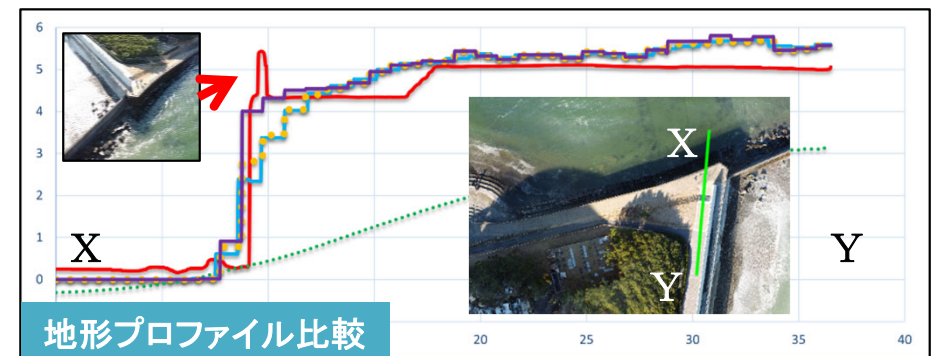
日本の多重防護費用(RCP8.5): Kumano et al.(2021)より作成

# ドローン観測等による堤防高の比較評価

(外岡秀行、柴田傑、大江栄輝; 茨城大)

- 評価場所
  - 那珂川河口(茨城・大洗町)
  - 那珂川中流域(茨城・ひたちなか市)
  - 河原子海岸(茨城・日立市)
- 方法
  - 現地にてドローンによる多方向撮影(高度30m前後)
  - 現地にて堤防高の測量
  - ①ドローン(DJI Mini 2) + SfMソフト(Pix4Dmapper)によるDSM/DTM、②国土地理院5m DEM(DioVISTA標準)、③AW3D 1m DSM/DTM、④現地測定値、を比較
- 結果
  - 土堤は国土地理院DEMで十分(※築堤時期とDEMの作成時期の違いに注意)
  - ドローンは1～数cmの精度。コンクリート構造物はドローン計測が有効だが、AW3D 1m DSM(衛星)は不十分
- 今後
  - AW3D 50cm DSM(衛星)、航空機レーザー測量の評価
  - 茨城県海岸構造物データとの比較

那珂川河口(大洗)の例



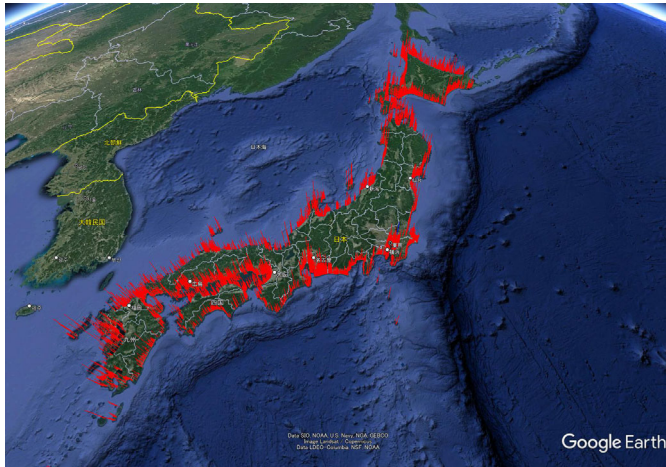
地形プロファイル比較

赤: Pix4Dmapper-フル解像度DSM  
緑点線: Pix4Dmapper-フル解像度DTM  
青: 基盤地図情報-5mメッシュDEM  
紫: AW3D-1mメッシュDSM  
黄点線: AW3D-1mメッシュDTM

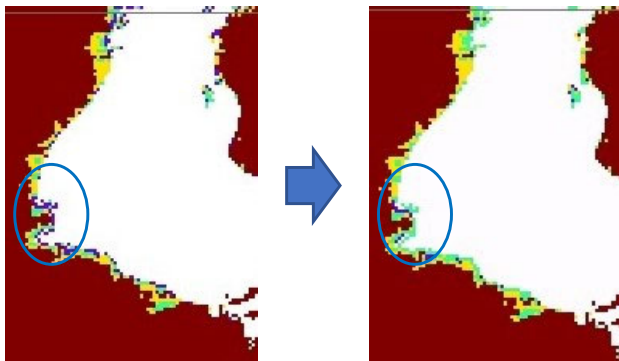
# 浸水域評価のための標高データ作成

(佐藤大作, 摂南大)

- 複数の標高データにおける沿岸部標高のばらつき評価

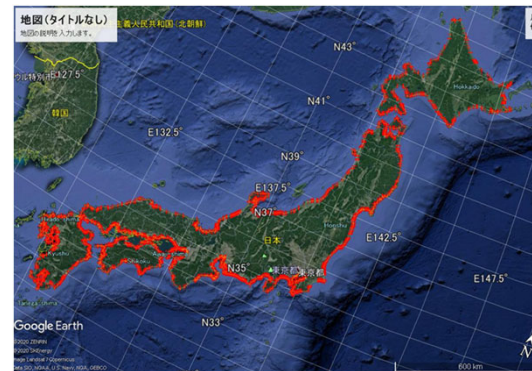


海岸保全施設を考慮した  
標高データ



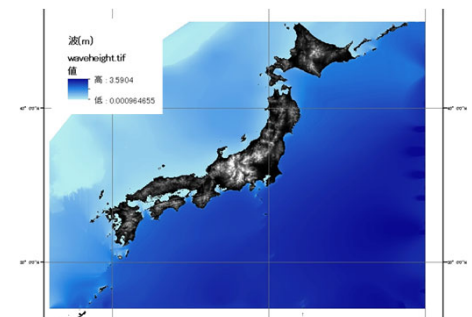
- 海岸保全施設高さの評価

海岸保全施設の位置



海岸保全施設の高さ

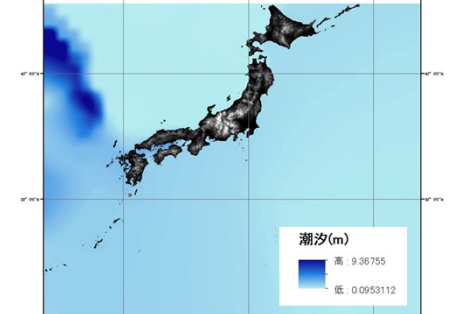
平均的な沿岸波高



過去20年間での最大  
大潮高さ



過去10年間での  
最大潮位高



- 海岸保全施設を考慮した浸水評価
- より現実的な適応費用算定





# サブテーマ3-2 高潮・波浪等による沿岸部の影 響手法の高度化と適応策の検討

京都大学 防災研究所

森 信人・志村智也・宮下卓也・Ho Tungcheng

国土技術政策総合研究所

加藤史訓・本多和彦

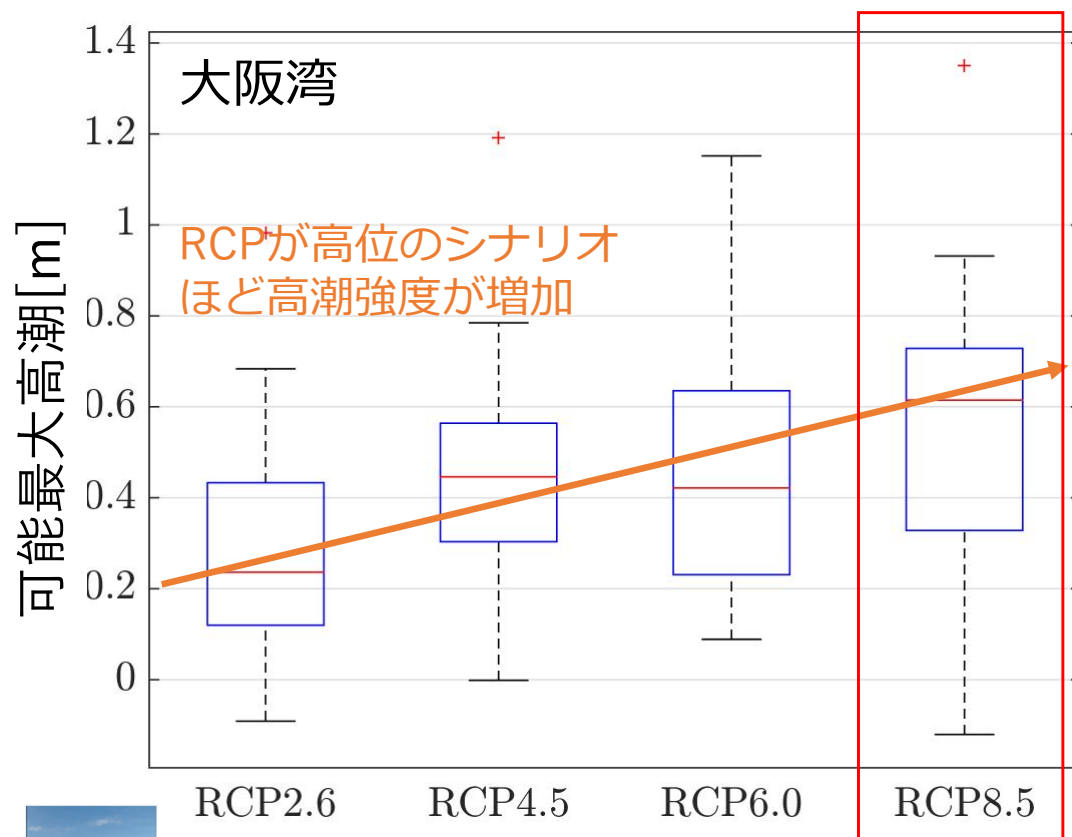
金沢大学

二宮順一



# 沿岸域の脆弱性：高潮

WGI 第9章 海洋，雪氷圏，及び海面水位の変化



Mori et al. (2021) Climatic Change

## ■AR6

- 全海面上昇量の評価が行われつつある

## ■日本

- 3大湾では，海面上昇＋高潮＋高波が評価可能となっている
- AR6とほぼ同じ内容が「日本の気候変動2020」に反映



大阪高潮ゲートの更新事業

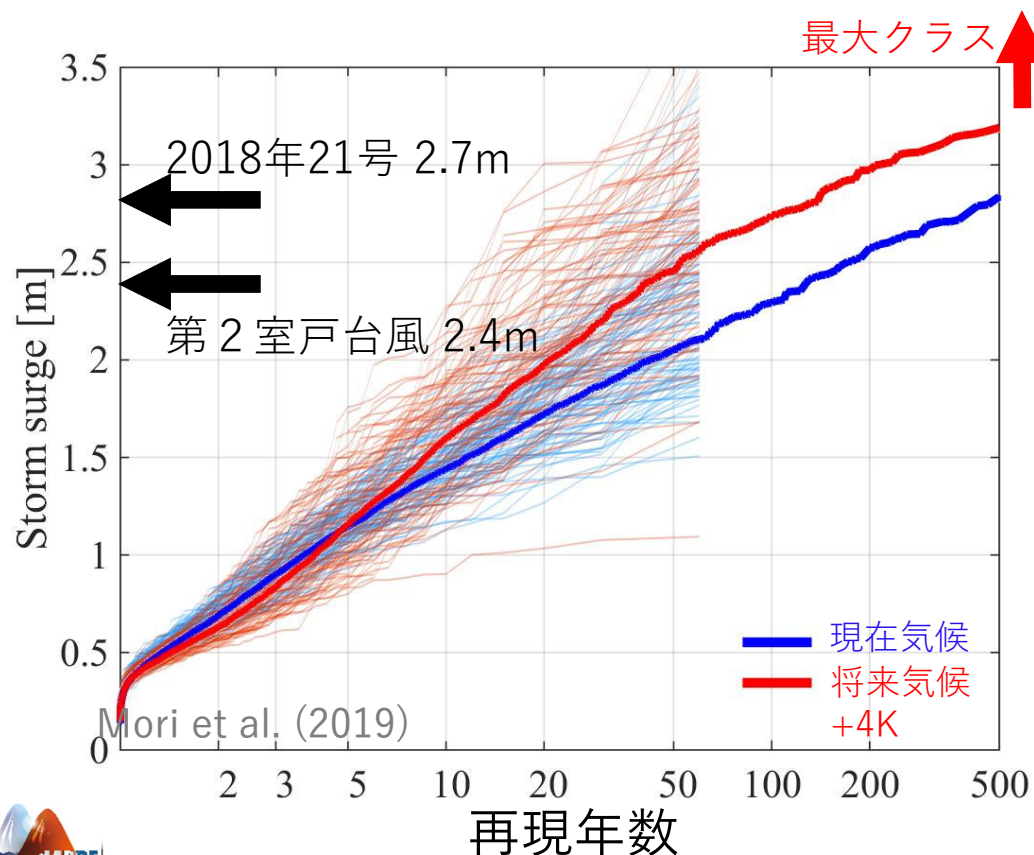


# 沿岸域の脆弱性：高潮

WGI 第11章 変化する気候下における気象及び気候の極端現象

WGII 第10章 アジア

統合の知見



## 大阪湾の高潮の将来変化d4PDF

Mori et al. (2021) Coastal Eng. Journal

## 日本の極端海面水位

■統合Pでは、CDが連携して台風→高潮の影響予測を実施

■将来予測

- 最大クラス高潮
- 高潮の長期評価

■全球・全国の評価はこれから



【現況：パイザーゲート式】



【整備後：ローラーゲート式】

大阪高潮ゲートの更新事業

# 砂浜全国評価

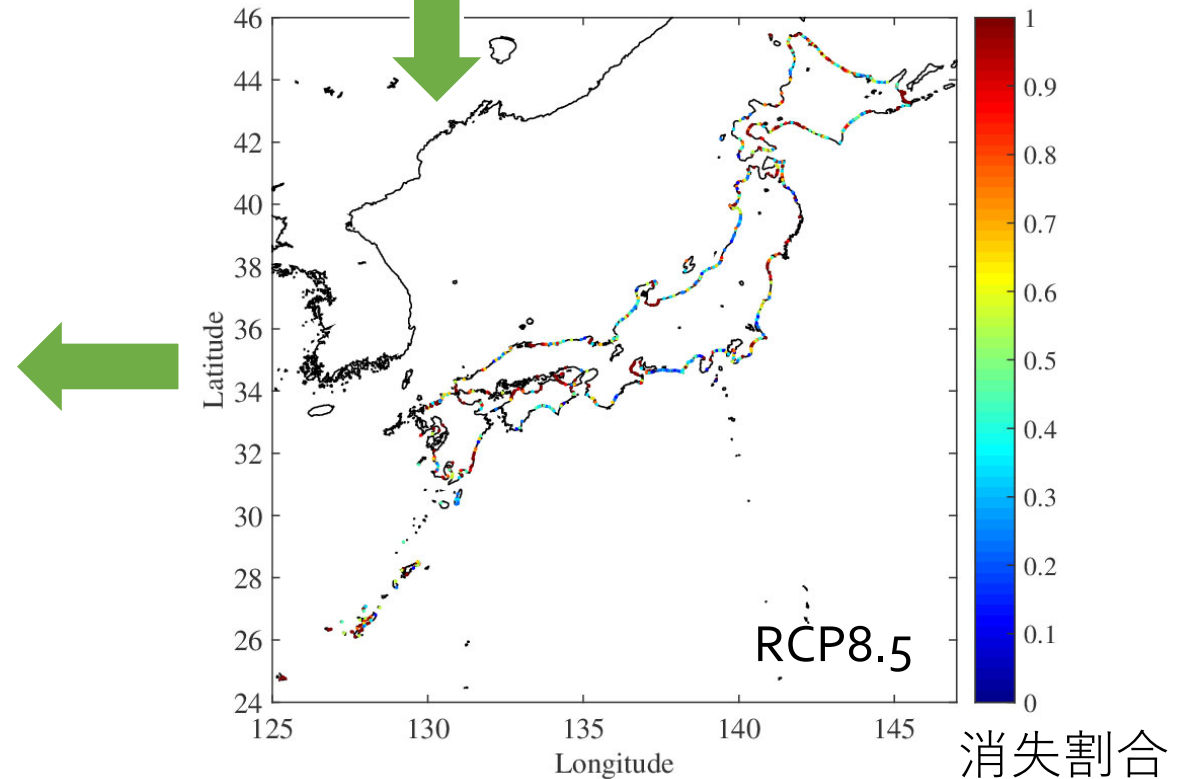
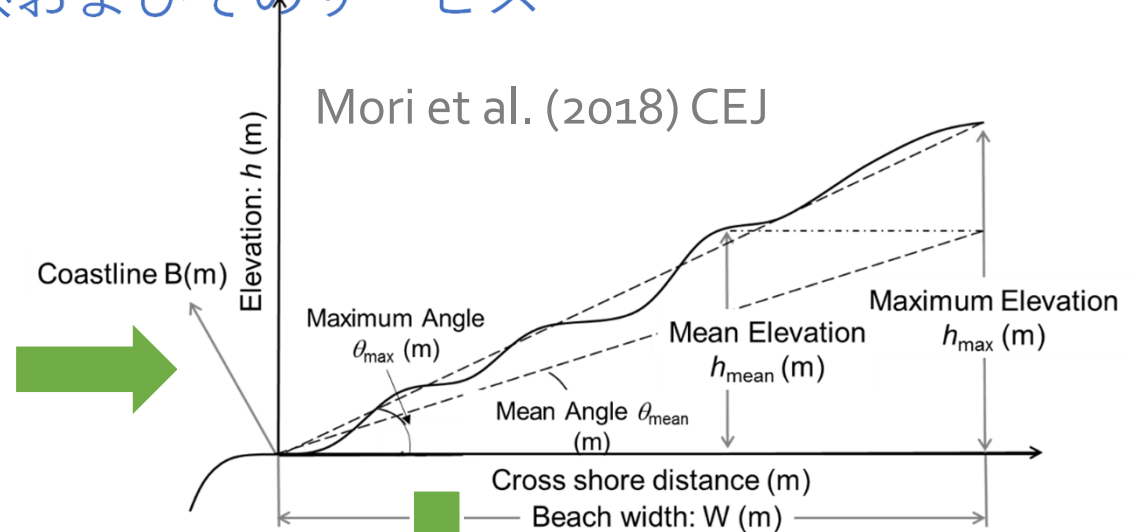
## WGII 第3章 海洋と沿岸生態系およびそのサービス

### 砂浜DB概要（京大・国総研）

- 入力データ
  - DEM: 国土地理院5次メッシュ + GE: O(10m)
  - AR5海面上昇量
- 評価方法
  - 陸上側の前浜勾配

### S-18での展開

- データ項目の充実とモデルの高度化
  - データ：代表粒径・限界水深
  - モデル：平衡断面モデル他
- SROCC/S-18共通シナリオ等のSLRを入れて評価





気候変動影響予測・  
適応評価の総合的研究

# 外水と内水氾濫の将来被害展望と 対策の評価

東北大学 風間 聡

茨城大学 桑原祐史，福島大学 川越清樹，富山県大 呉修一

# 外水氾濫適応評価(2021年度成果まとめ)

- 個別の適応策  
20世紀末以上  
に被害増加

		適応策なし	土地利用規制	ピロティ建築	治水水準向上	田んぼダム
20世紀末		0.0%	-19.8%	-65.5%	-17.6%	-3.9%
近未来	RCP2.6	41.7%	15.5%	-29.9%	24.3%	35.6%
	RCP8.5	41.8%	15.6%	-30.4%	24.5%	35.6%
21世紀末	RCP2.6	27.7%	2.7%	-41.8%	10.4%	22.4%
	RCP8.5	56.6%	28.7%	-17.2%	39.5%	50.2%

- 適応策の組み  
合わせ  
20世紀末以下  
に抑えられる

		土地利用規制 & ピロティ建築	土地利用規制 & 治水水準向上	土地利用規制 & 田んぼダム	ピロティ建築 & 治水水準向上	ピロティ建築 & 田んぼダム
20世紀末		-73.0%	-34.4%	-23.5%	-73.4%	-68.0%
近未来	RCP2.6	-44.6%	0.7%	9.7%	-41.7%	-34.6%
	RCP8.5	-45.0%	0.9%	9.7%	-42.5%	-35.2%
21世紀末	RCP2.6	-55.2%	-12.0%	-2.4%	-52.5%	-45.8%
	RCP8.5	-33.9%	13.8%	22.6%	-30.1%	-22.4%

		土地利用規制 & ピロティ建築 & 治水水準の向上	土地利用規制 & ピロティ建築 & 田んぼダム
20世紀末		-79.0%	-75.3%
近未来	RCP2.6	-54.1%	-48.9%
	RCP8.5	-54.7%	-49.5%
21世紀末	RCP2.6	-63.5%	-58.9%
	RCP8.5	-44.5%	-38.8%

被害額 増加	50.1% ~
	30.1% ~ 50.0%
	1.1% ~ 30.0%
20世紀末基準	-0.9% ~ 1.0%
被害額 減小	-29.9% ~ -1.0%
	-49.9% ~ -30.0%
	~-50.0%

- RCP8.5においては適応策の組み合わせ  
だけでは抑えきれない→適応策と緩和策の両立が必要

# 内水氾濫適応評価(2021年度成果まとめ)

現在気候の適応策なしの期待被害額に対する各シナリオの期待被害額の変化率[%]  
(赤色:増加したシナリオ, 青色:減少したシナリオ)

シナリオ名	期間	RCP シナリオ	適応策なし	内水排除施設の 整備水準の向上 (Plan-1)	建物のピロティ化 (Plan-2)	Plan-1+Plan-2
排水 シナリオ	現在気候	-	0	-61	-33	-74
	近未来	RCP2.6	110	19	57	-13
		RCP8.5	113	20	60	-11
	21世紀末	RCP2.6	87	-1	37	-29
		RCP8.5	162	59	101	20
排水不良 シナリオ	現在気候	-	0	-54	-42	-71
	近未来	RCP2.6	106	39	44	-3
		RCP8.5	108	39	45	-3
	21世紀末	RCP2.6	84	17	24	-20
		RCP8.5	153	82	83	31

□ 21世紀末のRCP8.5を除き, 2つの適応策を同時に講じることで  
将来気候の内水被害額を**現在気候より3~29%減少**  
→ 複数の適応策を同時に講じることの重要性を示唆

□ 21世紀末のRCP8.5において, 2つの適応策を同時に講じたとしても,  
内水被害額は**現在気候より20~31%増加**  
→ 緩和策と適応策を同時に講じることの重要性を示唆



環境研究総合推進費 戦略的研究開発領域  
S-18 サブテーマ3-4

# 流域における水資源への 気候変動予測と適応策の評価

吉田 武郎・皆川裕樹・土原 健雄・吉本 周平・

高田亜沙里・丸山篤志（農研機構）・

角 哲也・堀 智晴（京都大学防災研究所）

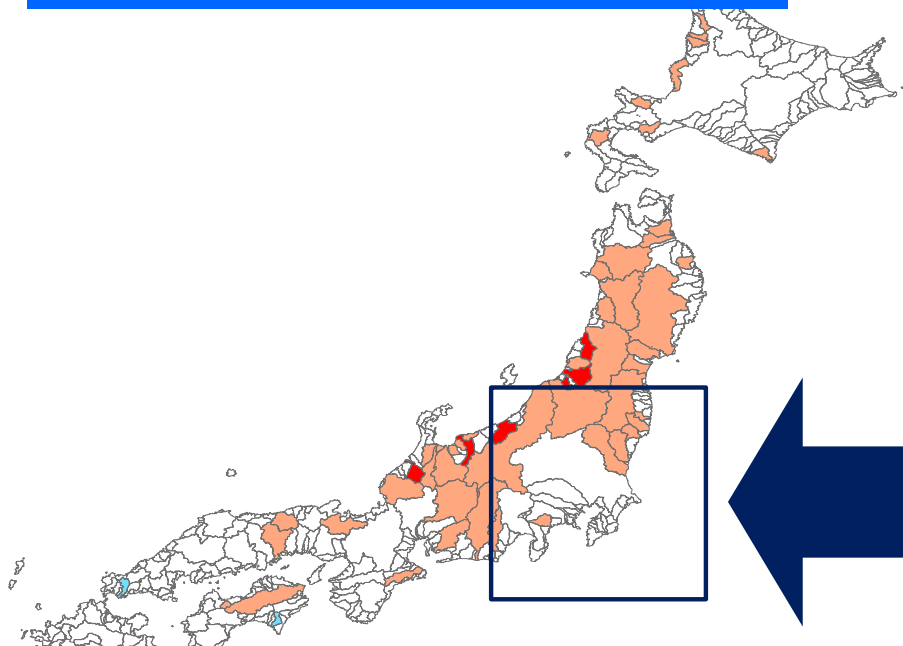
佐藤 嘉展（愛媛大学）・工藤 亮治（岡山大学）

# 目的・対象

## 目的

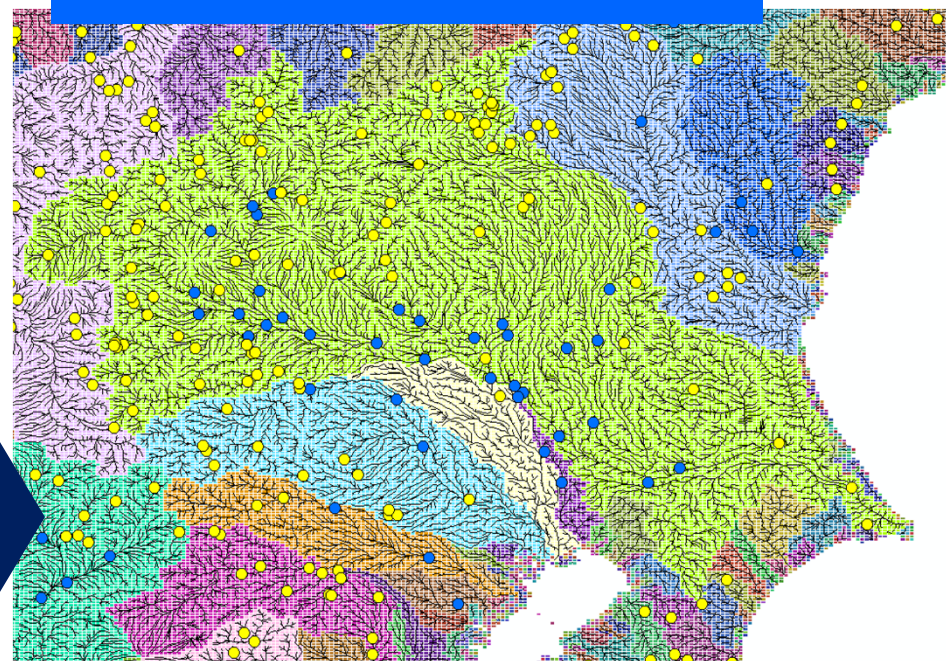
気候変動による**水利用**への影響を**高解像度**で評価  
**地域的な適応策**の策定のためのデータベース構築

### 全国：水資源の評価



- **自然条件**（降水量・気温等）の変化を反映
- 地域性（マップ化）が可能

### 流域：水利用の評価



- **人間的条件**（需要量・水利用時期等）の変化も反映
- モデルのバイアス誤差の影響：大
- 流域の事例研究を増やす

# 日本域：水資源の影響予測

## 手法

- 5月（代かき期），8月（出穂期）の**渇水流量の変化率**
- 全国の河川を **5km** のグリッドセルにより表現
- **CMIP5** の5モデル・11アンサンブルによる結果

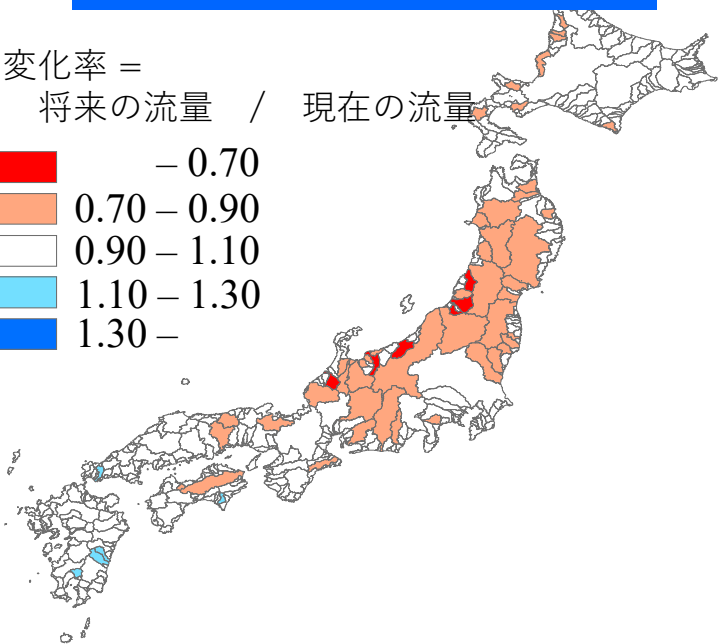
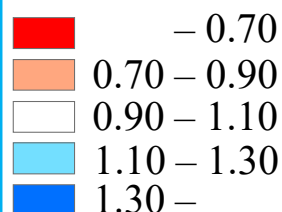
## 結果

RCP 8.5/2081-2100

代かき期（5月）

※変化率 =

将来の流量 / 現在の流量



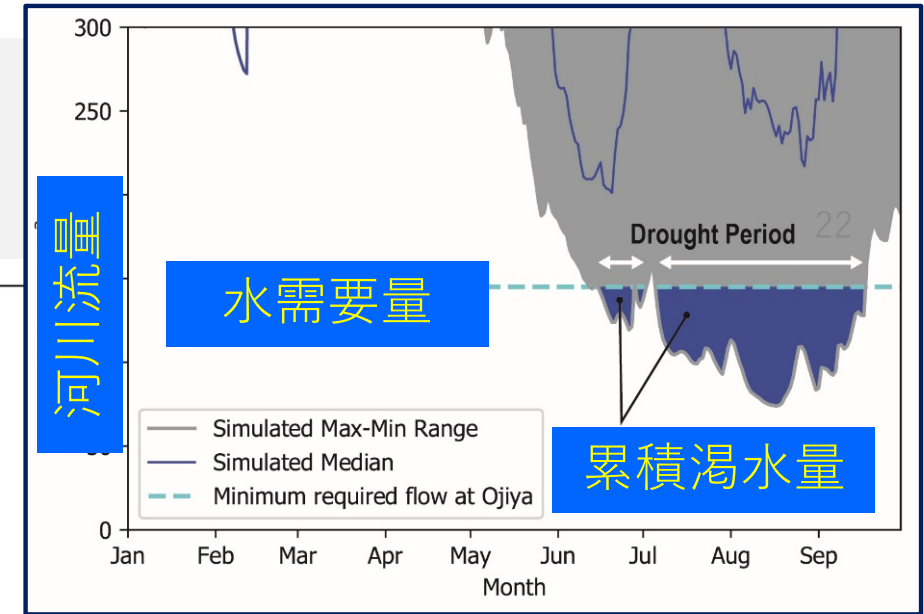
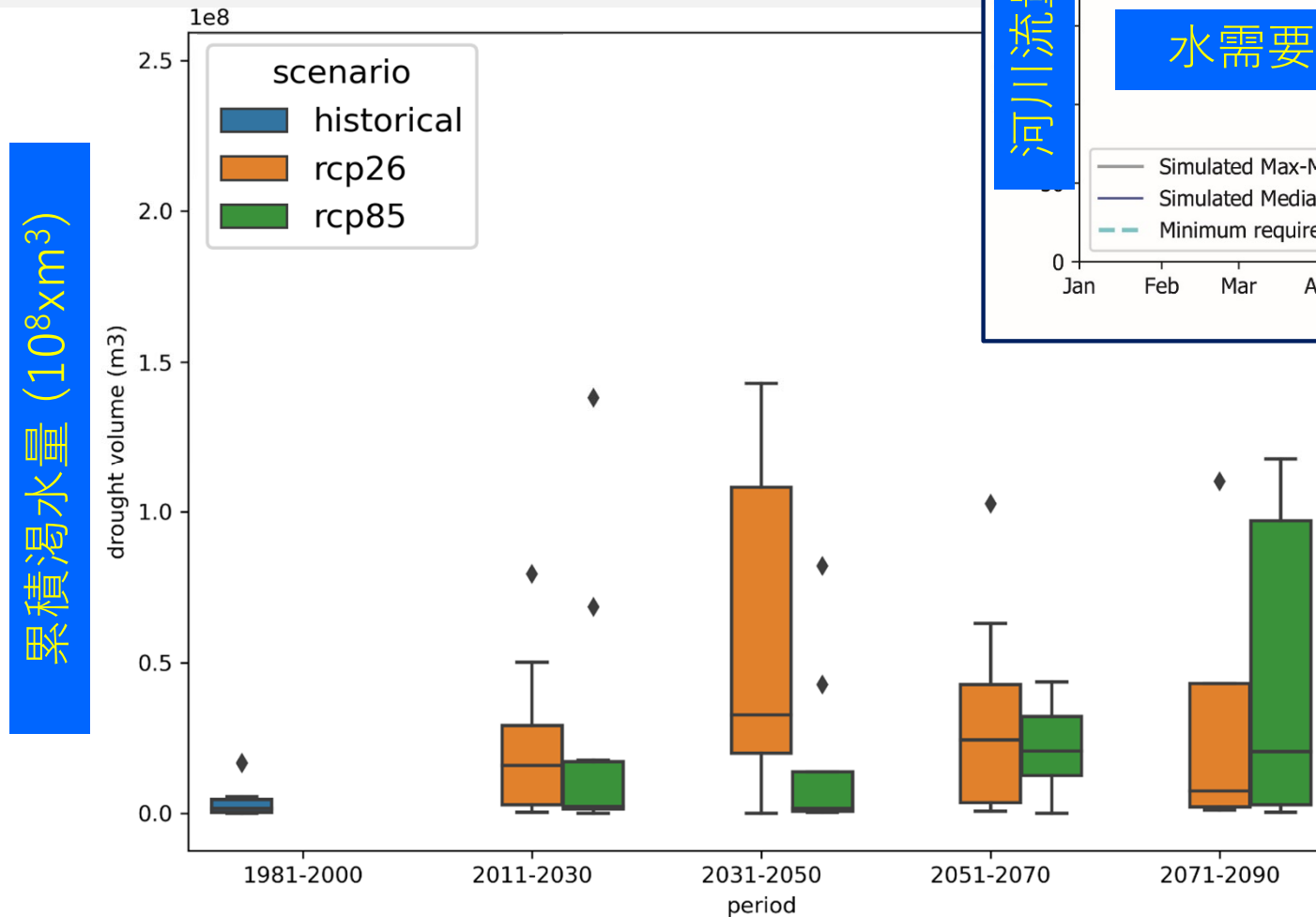
出穂期（8月）



- ✓ 5月の水資源量：融雪の早期化により東北・北陸で減少
- ✓ 夏季の水資源量：やや減少．明確な傾向は得られず

# 累積渇水量の変化

- 5～9月（灌漑期間）の**累積渇水量**
- CMIP5**の3モデルの平均



- 現在期間に比べて**渇水強度が高まる**
- シナリオ，期間の関係は不明瞭（精査中）

# まとめと課題

- 気候変動による流域・沿岸域での自然災害・水資源の将来予測
  - 浸水・氾濫面積から影響人口・経済評価
  - 適応策の効果（被害の減少）
  - 適応費用→効果的かつ経済的な適応
- 将来予測の不確実性
  - 物理現象と社会経済変化
  - 確率分布を示すのが困難なものもある
  - 現状（災害対策レベル）の把握（適応費用）