

沿岸都市域の浸水影響評価と適応策

公開シンポジウム「都市と気候変動」
2022/09/24

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)

海面上昇による浸水影響予測

大場他(2021)

児玉他(2022)

- 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、土地利用シナリオの活用

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

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

潮汐

TPXO9

主要4分潮の合計を使用

将来人口

NIES 日本版SSP3次メッシュ人口シナリオ、土地利用シナリオ

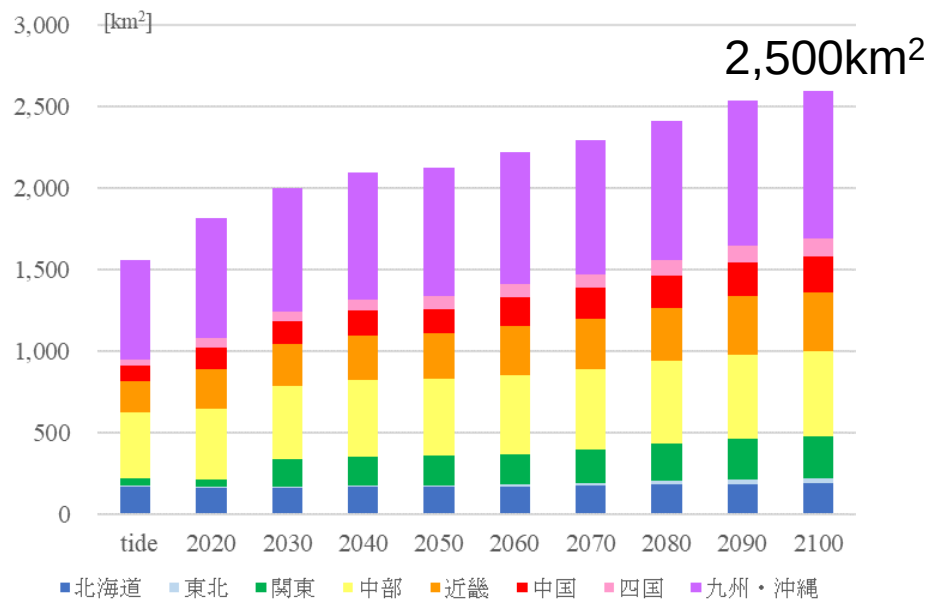
海面上昇

MIROC-ESM-CHEM
RCP8.5, 2.6

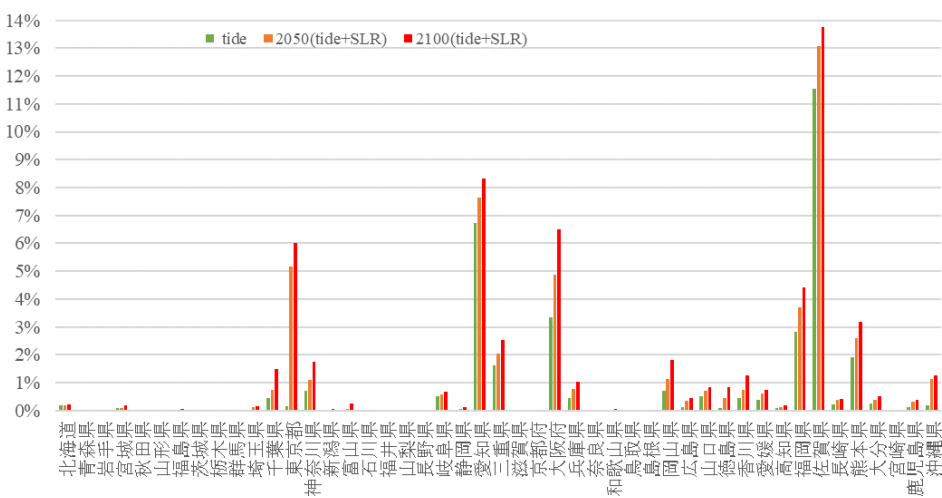
- ①EM-DAT(大場他, 2022)、
②治水経済調査マニュアル(案)(児玉他, 2022)
に基づく被害額推計

海面上昇による浸水影響予測

大場他(2021)

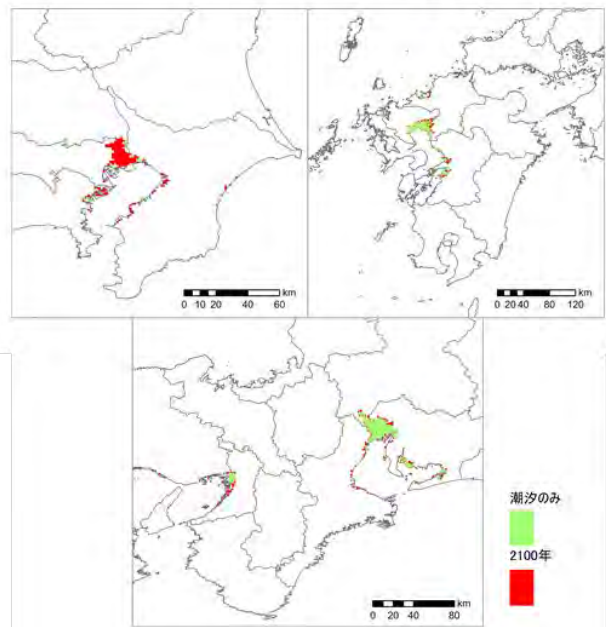


潜在的浸水面積



都道府県別の浸水面積比

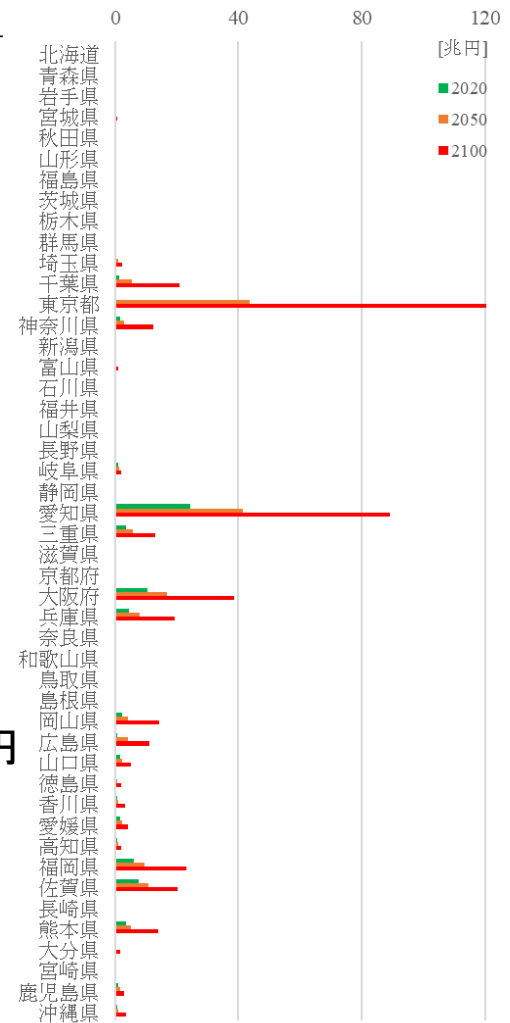
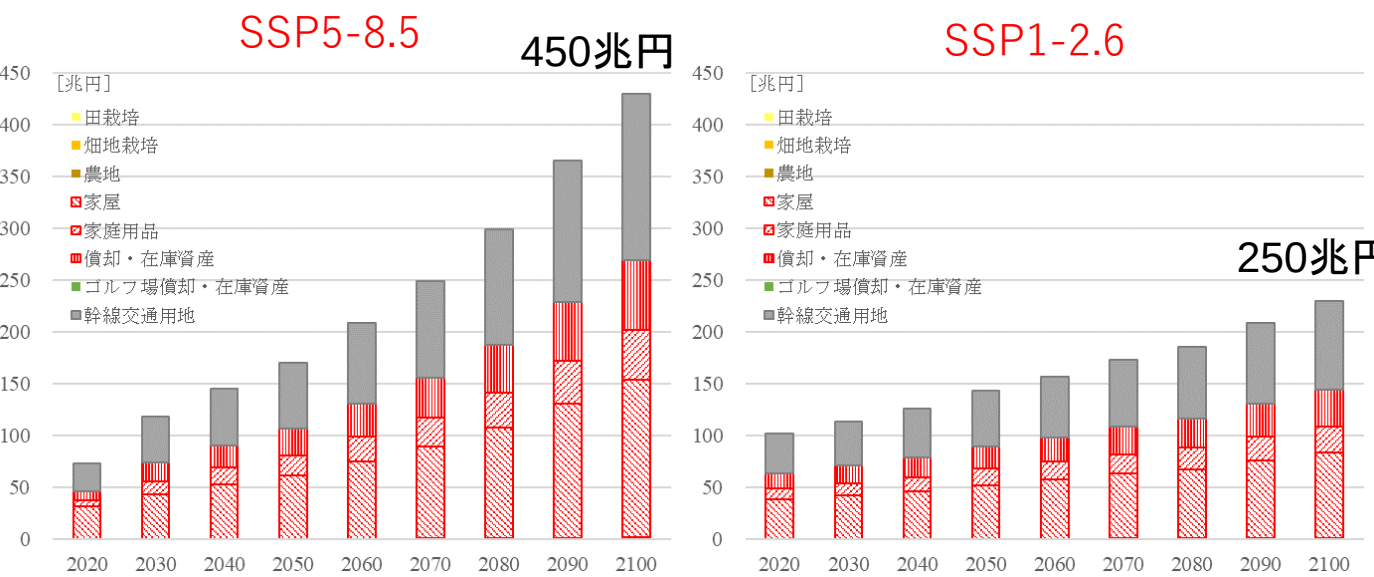
全国の
約0.7%



潜在的浸水域(2100年、RCP8.5)

被害額推計②：治水経済調査マニュアル(案)

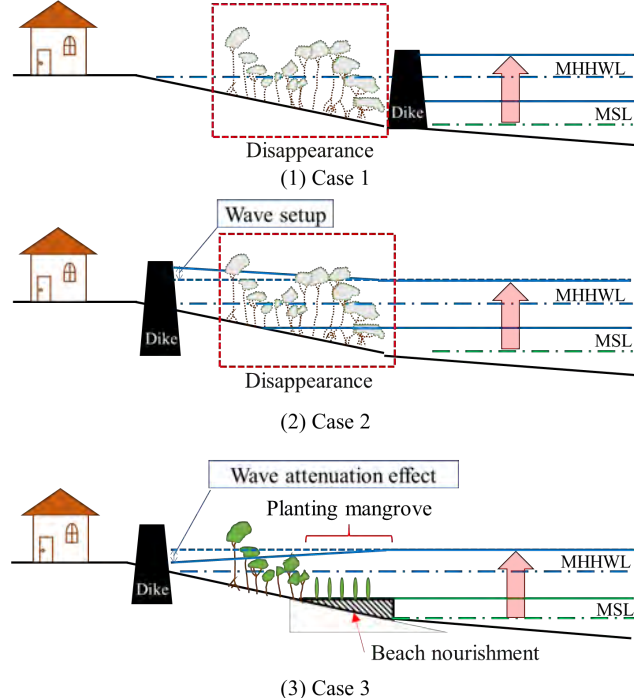
- EM-DAT推計法(大場他, 2021) vs 治水経済調査マニュアル(案)推計法(児玉他, 2022)
 - データ制約から全球向け評価として前者を使っていたが国内向けでは後者が主流(特に洪水など)
 - ただし、治水経済調査マニュアルは原則、洪水などの一時的浸水評価を対象。SLRのような常時浸水被害額の実績値はほぼ存在せず
- 国交省(2020)「治水経済調査マニュアル(案)」を利用
- NIES 3次メッシュ土地利用シナリオを利用
 - 土地利用現状固定よりもSSP5は荒れ地が増える、建物用地が減る
=>SSP5土地利用は被害額が1割弱小さくなる(Tamura and Yokoki, 2021)
- EM-DAT推計法(大場他, 2021)の約24倍(RCP8.5)
 - 箭内他(2019)と同様の傾向
- 三大湾の被害がより顕著
 - 影響人口、建物用地等の影響が強く出る



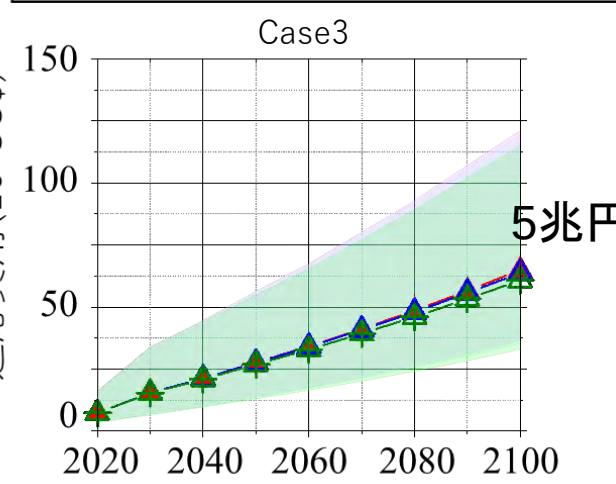
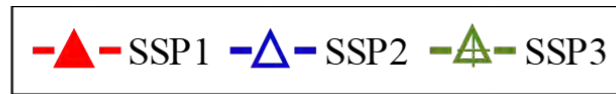
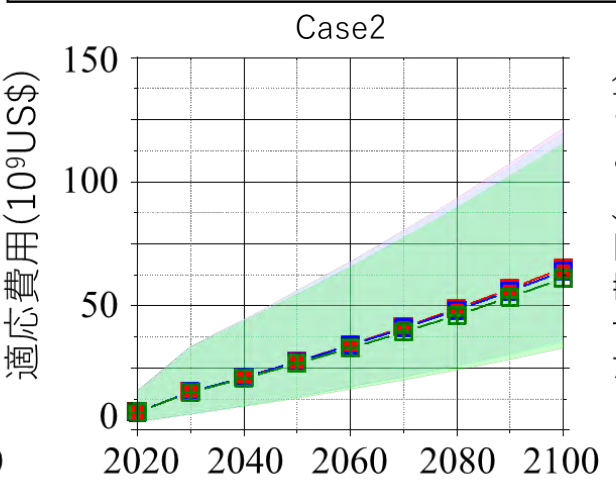
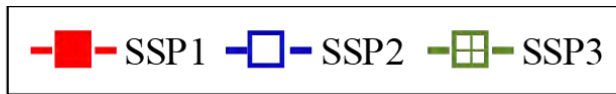
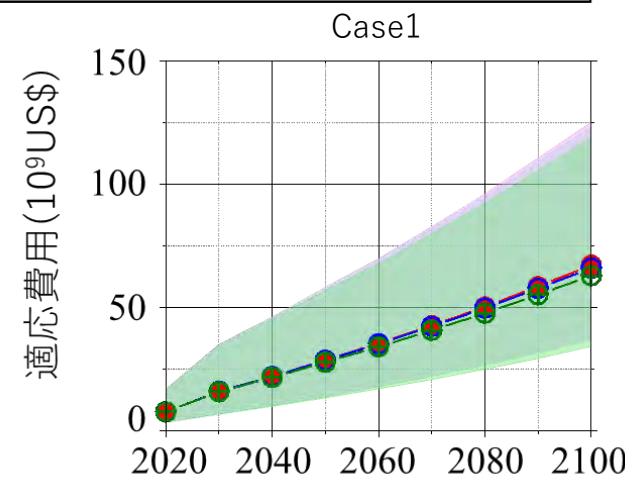
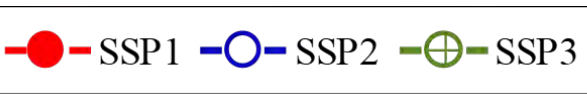
海面上昇による浸水被害額：児玉他(2022)

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



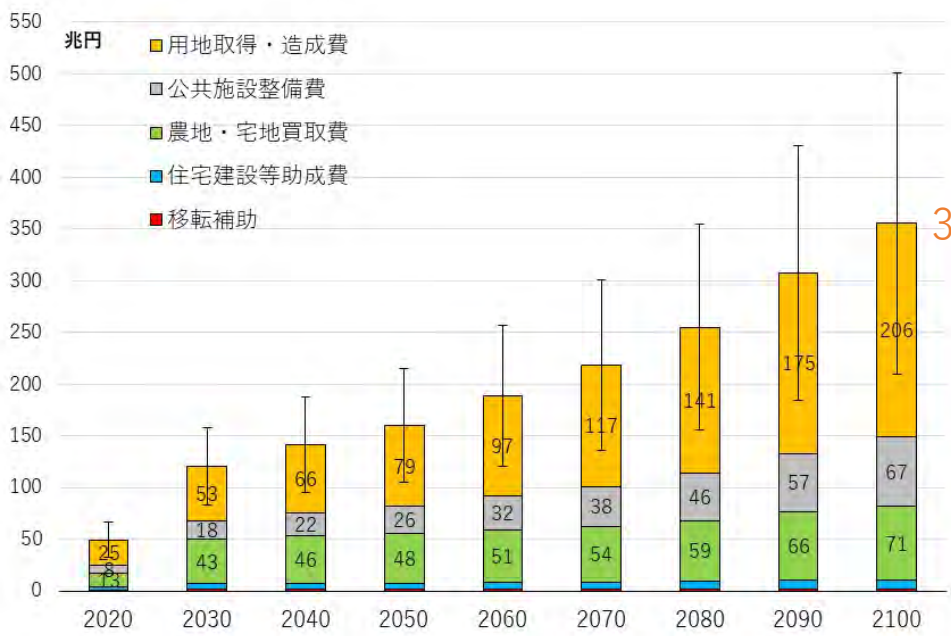
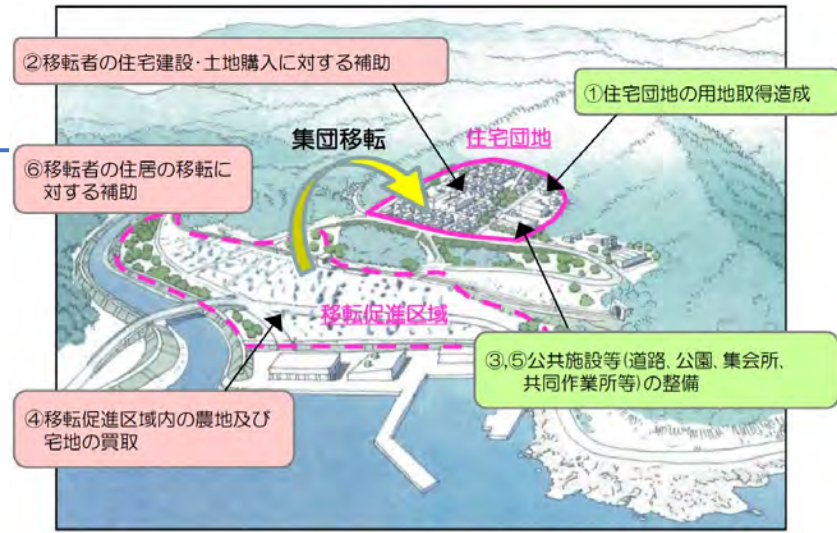
防護シナリオ



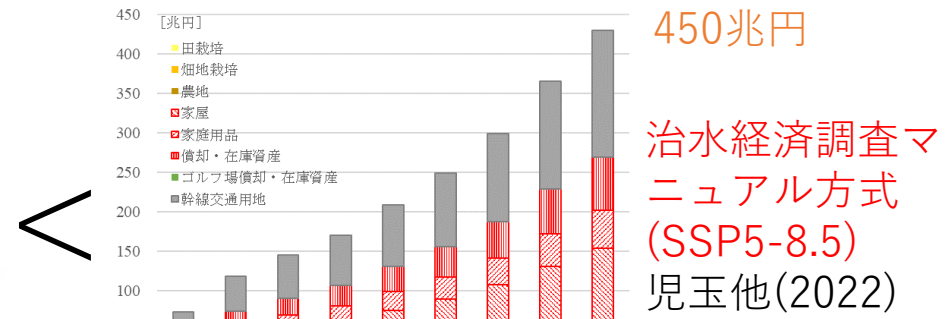
日本の多重防護費用(RCP8.5): Kumano et al.(2021)より作成

住宅移転費用の推計

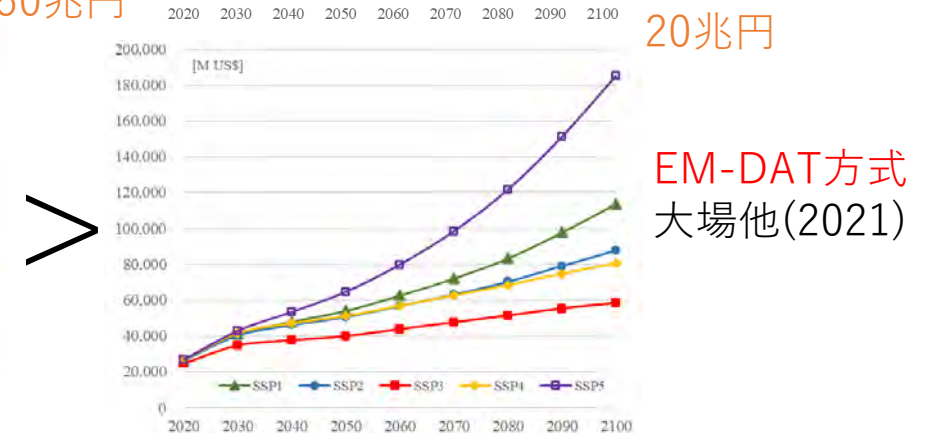
- 既存の枠組み(防災集団移転促進事業)に基づいて移転を行う場合の費用推計手法を確立
 - 主に地方での住宅移転を想定した枠組みを全国適用



移転費用(SSP5-8.5, 今村他, 2022)



450兆円
治水経済調査マニュアル方式(SSP5-8.5) 児玉他(2022)



20兆円
EM-DAT方式 大場他(2021)

図 浸水被害額(再掲)

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

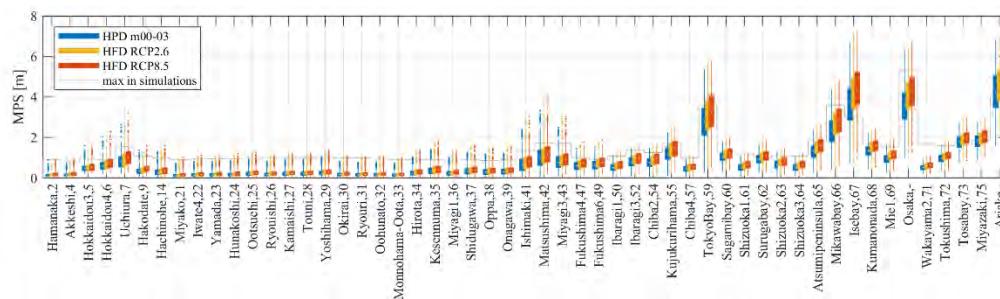
金沢大学

二宮順一

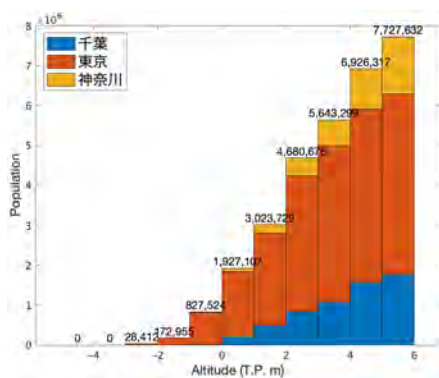
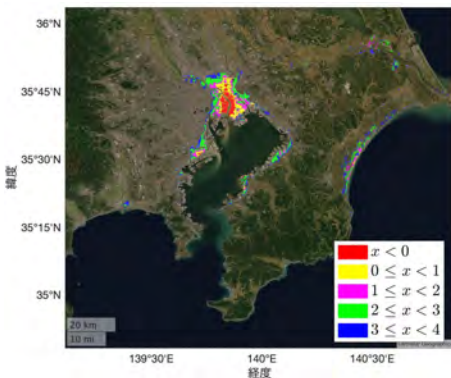
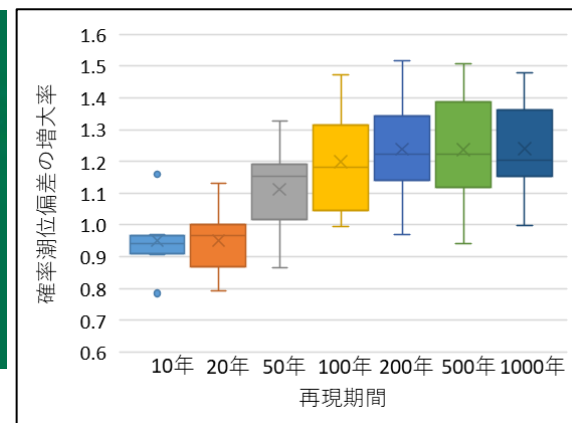
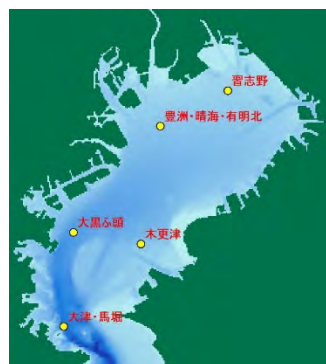


海面上昇 + 高潮影響評估

- 解析手法
 - 暴露データ（全国）
 - 地形データ
 - 国土数値情報 5 次メッシュ (10m)
 - 人口データ
 - ZENRIN 人口メッシュデータ2019 (100m)
 - ハザードデータ
 - 海面上昇量（全国）
 - IPCC AR6 データ
 - 日本領域モデルアンサンブル
 - 高潮偏差の将来変化
 - d4PDF+力学モデル（3大湾）
 - 可能最大高潮モデル（太平洋側）



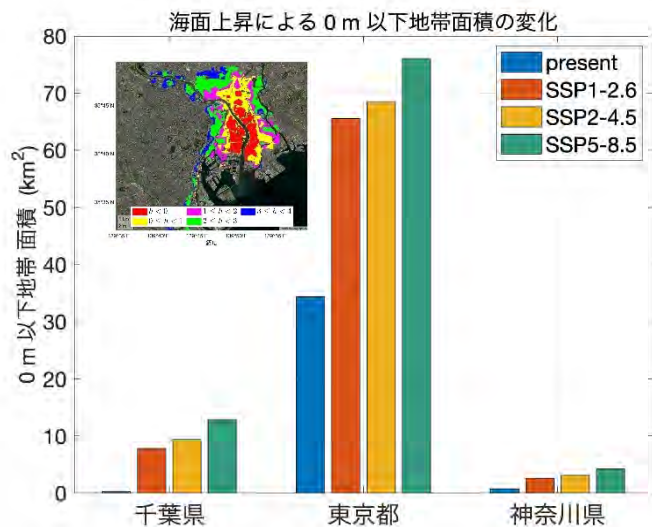
可能最大高潮モデル(MPS model) (統合P予測)



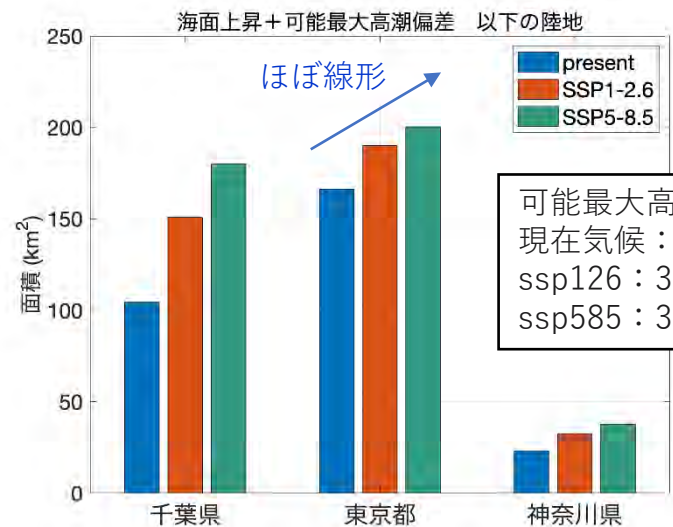
d4PDFを用いた高潮潮位偏差の将来変化 (三大湾の主要港湾エリア)

海面上昇 + 高潮の将来変化の影響：東京湾

影響面積

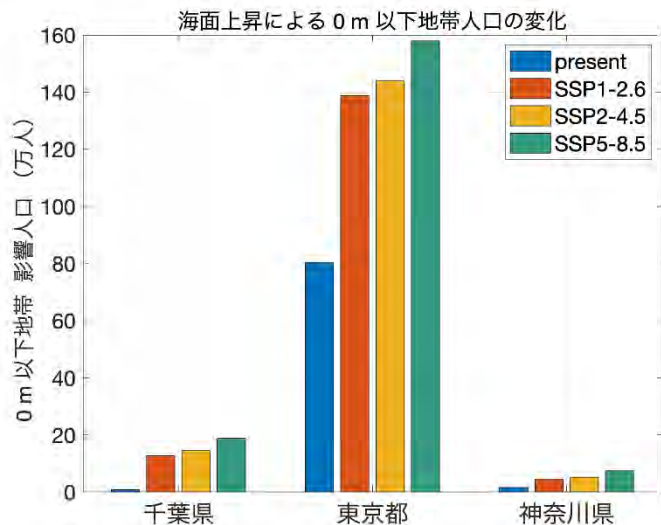


3-10倍

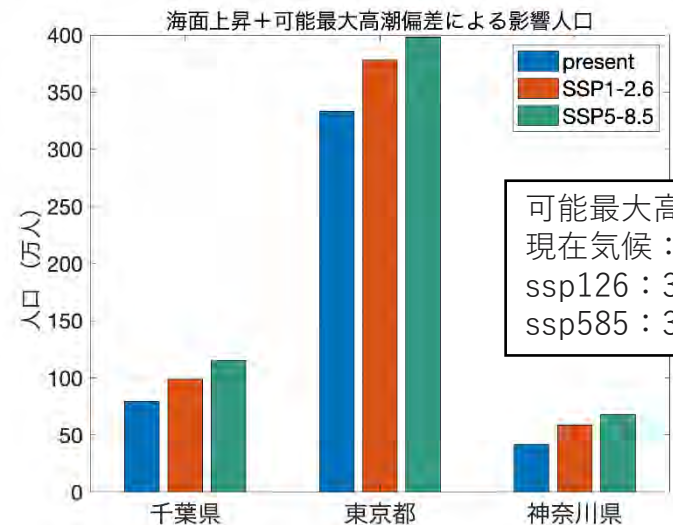


可能最大高潮
現在気候：2.80 m
ssp126：3.18 m
ssp585：3.25 m

影響人口



3-10倍



可能最大高潮
現在気候：2.80 m
ssp126：3.18 m
ssp585：3.25 m

海面上昇のみ

海面上昇 + 高潮



S-18テーマ3(3)

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）

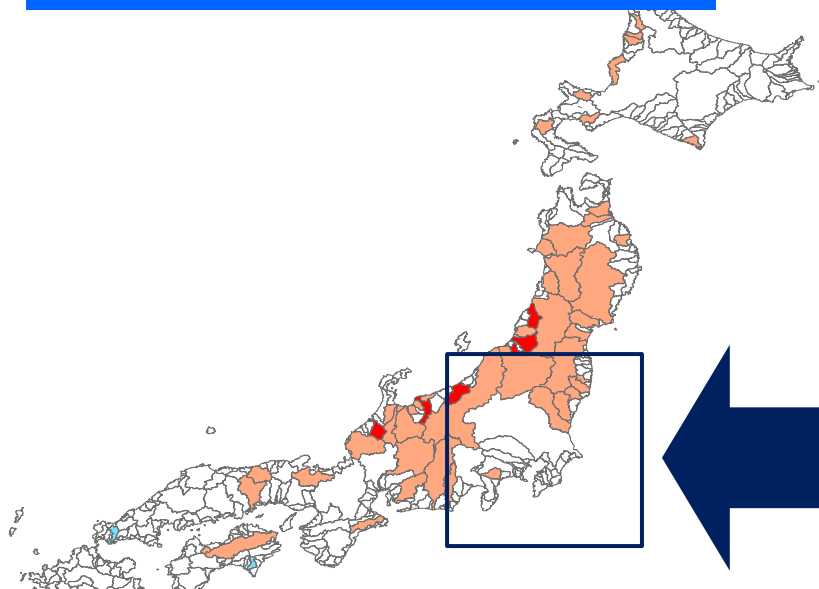
佐藤 嘉展（愛媛大学）・工藤 亮治（岡山大学）

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



流域：水利用の評価



- **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

- **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

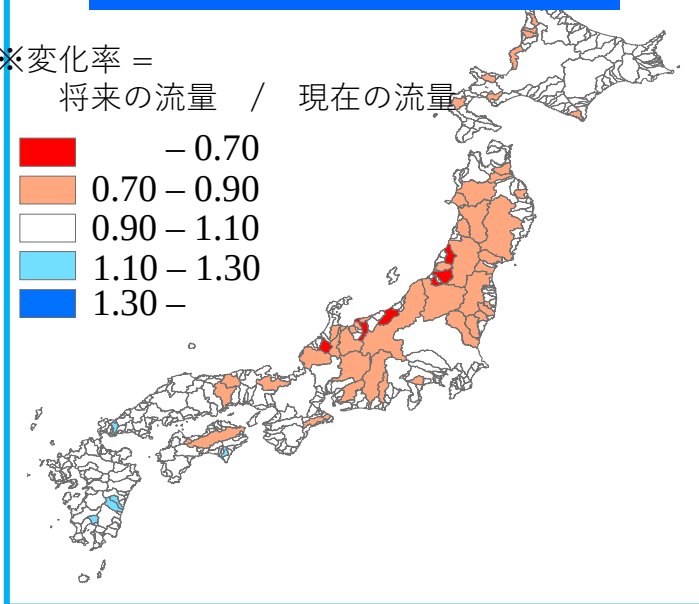
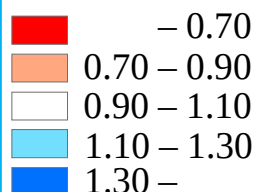
結果

RCP8.5/2081-2100

代かき期（5月）

※変化率 =

将来の流量 / 現在の流量



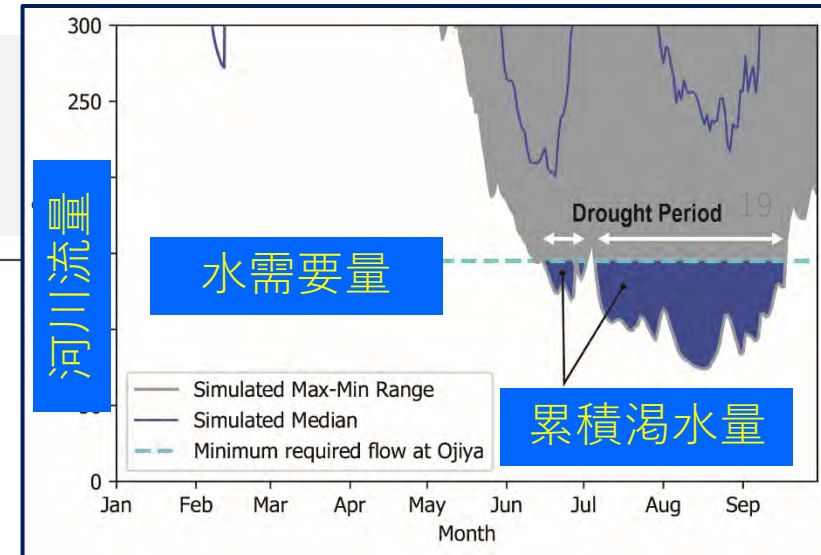
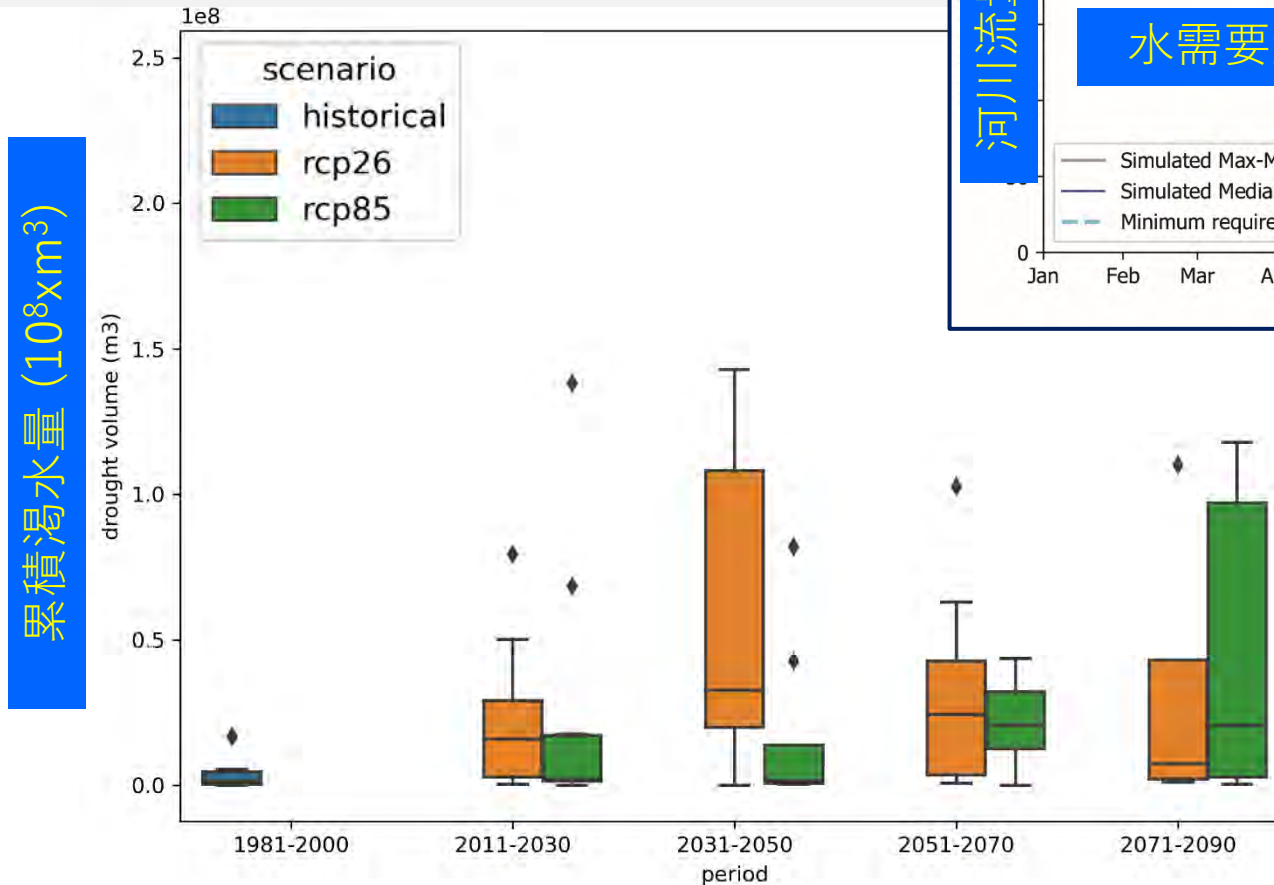
出穂期（8月）



- ✓ 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

- 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
- 沿岸都市域での将来予測の不確実性
 - 複合的な物理現象と活発な社会経済活動およびそれらの相互作用
 - 現状（災害対策レベル）の把握が困難
適応費用の推定の困難
 - 土地利用規制，移転施策などの有効性
経済的な評価では不十分