

# 気象制御実現への挑戦

- 気象をコントロールして豪雨災害を減らせるか！？ -

小槻峻司

([shunji.kotsuki@chiba-u.jp](mailto:shunji.kotsuki@chiba-u.jp))

千葉大学

国際高等研究基幹 / 環境リモートセンシング研究センター 教授

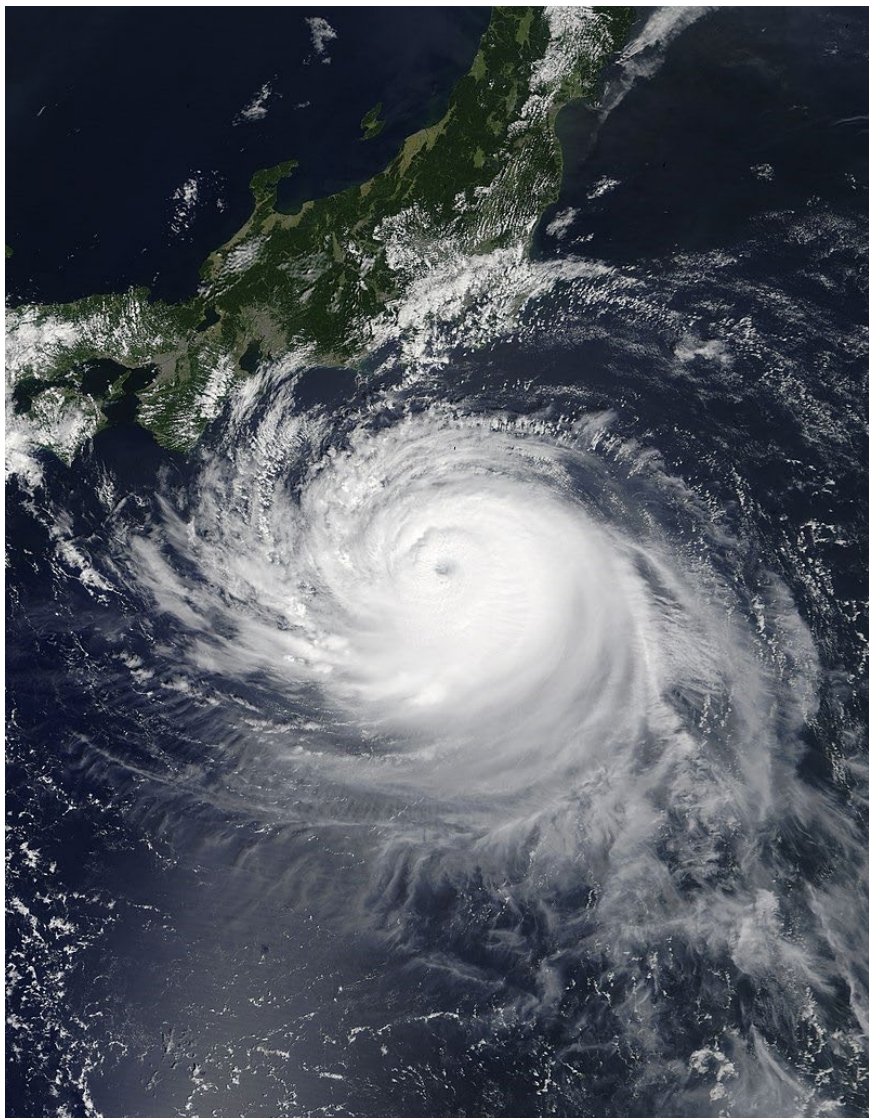
東進・未来発見講座 (小学生向け)





# 激化する気象災害

## 令和元年房総半島台風 (2019)



被災住居



倒壊した鉄柱@市原市

images from wikipedia, 市民防災研究所

# 最初にクイズ

地球温暖化により、日本では  
雨の日の数は増えているでしょうか？

**YES**

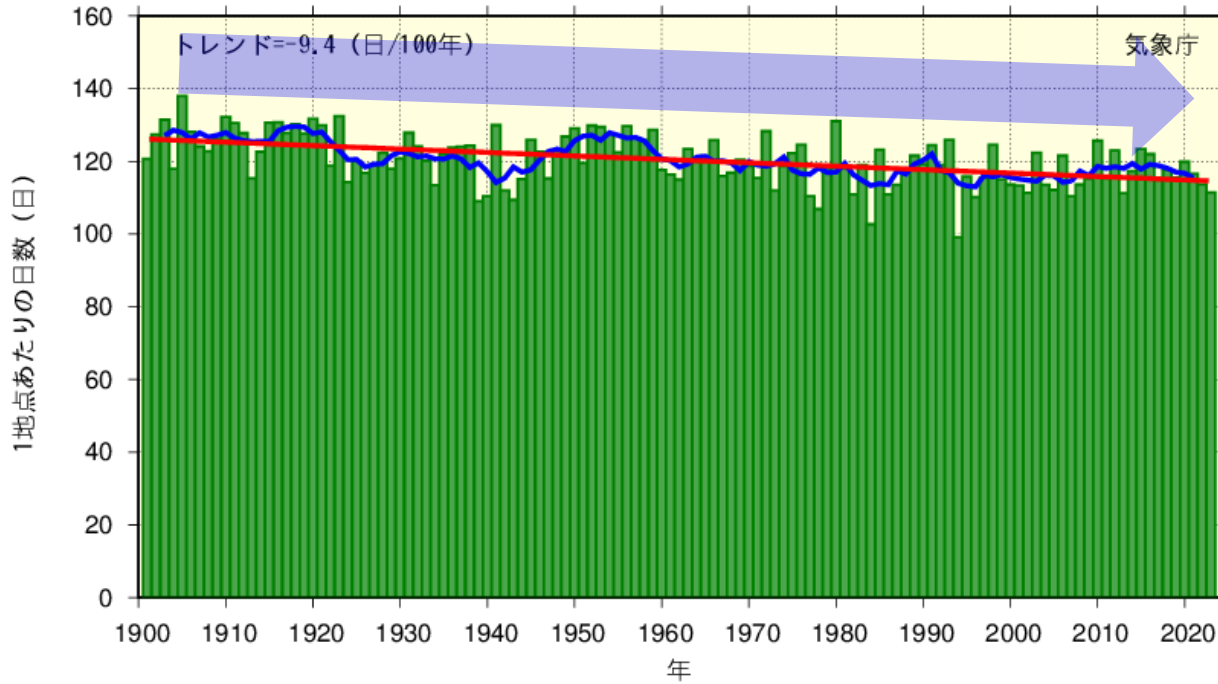
**NO**

# 激化する気象災害

## 全国アメダス51地点 年間降水の日数

雨の日の数は**減少**傾向

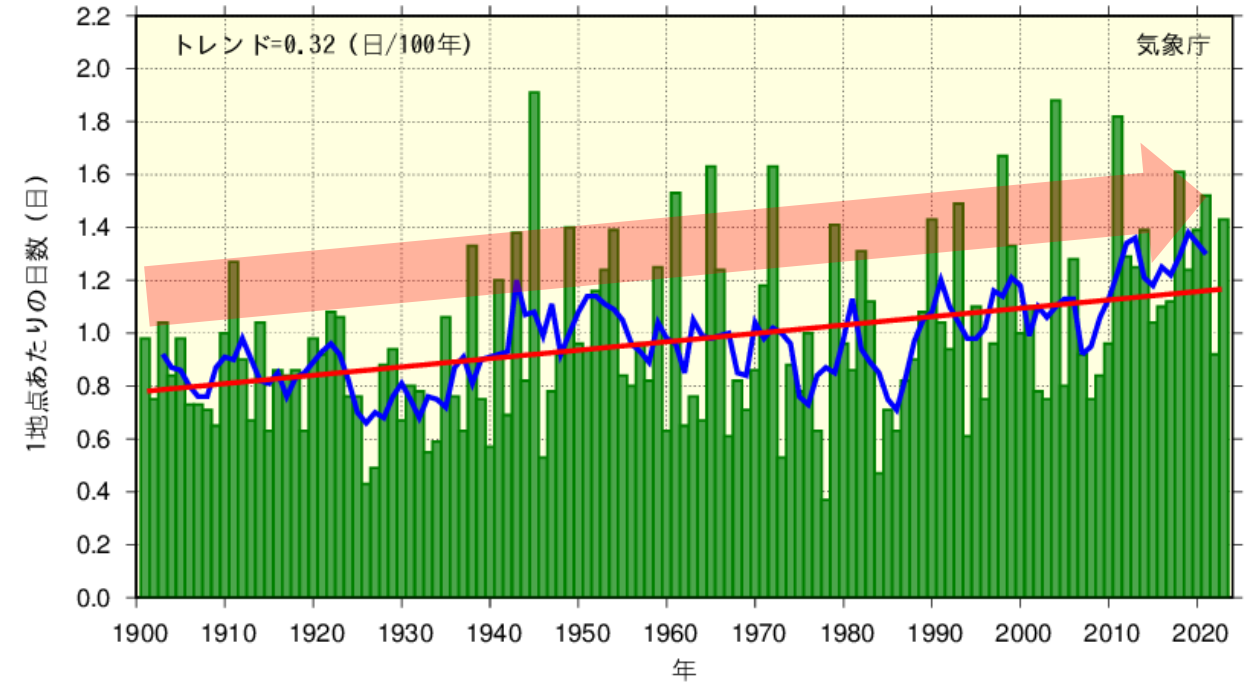
【全国51地点平均】日降水量1.0mm以上の年間日数



## 全国アメダス51地点 豪雨の回数

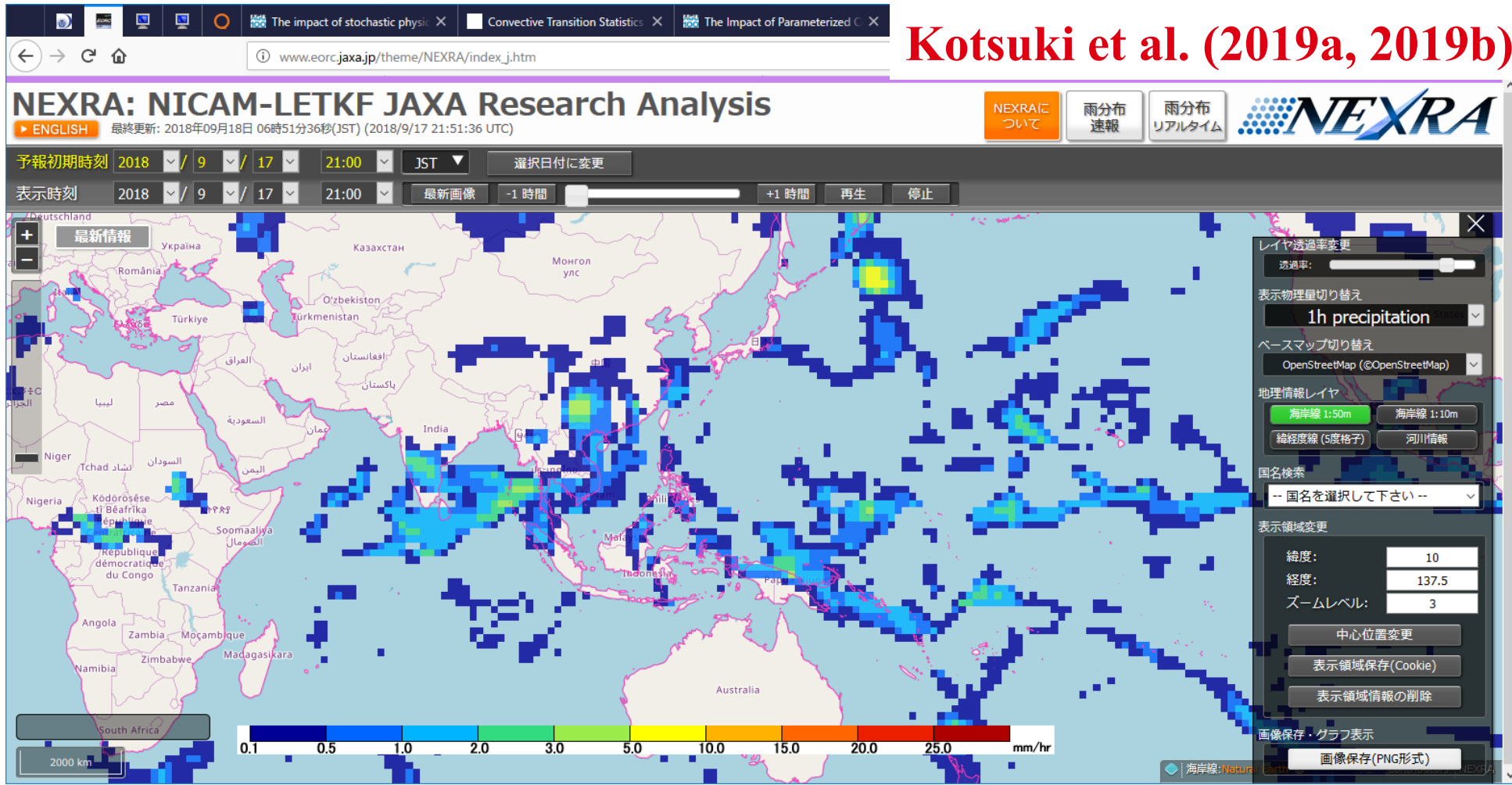
豪雨の数は**増加**傾向

【全国51地点平均】日降水量100mm以上の年間日数





# 私の専門: 全球天気予報システムの開発



Kotsuki et al. (2019a, 2019b)

- JAXA, 理研, 東大と共同開発。
- スパコン「富岳」も使い研究推進。
- 社会生活に直結する研究！

富岳プロジェクトも参画



2021年 千葉大学 先進学術賞

2022年 科学技術分野の文部科学大臣表彰・若手科学者賞

# 頑張っている研究: ムーンショット・気象制御

## 内閣府・ムーンショット事業 (2050年までの目標実現):

我が国発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にないより大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発 (ムーンショット) を推進する大型研究プログラム

新聞報道 (2023.1.11 朝日新聞)

### 海で豪雨発生させ 地球救う志

観測データ+シミュレーション融合 千葉大 小槻峻司教授



「理系チカラ」

噴水装置で積乱雲 地上の被害減めず

海上で豪雨を発生させるイメージ

大気中の水蒸気が減って地上の被害減少

マイクログラビティで加熱

冷気の塊を形成

海上で豪雨を発生させるイメージ

大気中の水蒸気が減って地上の被害減少

マイクログラビティで加熱

冷気の塊を形成

取材 (2024.07 JST News)

### 小槻 峻司 Kotsuki Shunji

千葉大学 国際高等研究基幹 / 環境リモートセンシング研究センター 教授  
2022年よりムーンショット型研究開発事業 目標8 プロジェクトマネージャー



特集1 OVERVIEW

### 遠くの海上で人為的に豪雨を発生 陸地における被害の緩和を目指す

近年、集中豪雨の発生頻度が増加し、全国各地で土砂災害や氾濫などの被害が生じている。令和に入ってから被害総額は全国で3兆5000億円以上のにぼり、影響は甚大だ。千葉大学国際高等研究基幹 / 環境リモートセンシング研究センターの小槻峻司教授は、海上からの水蒸気供給に起因する集中豪雨に着目し、陸地から遠く離れた海上で人為的に豪雨を発生させ、大気中の水蒸気を大幅に減らすことで、陸地における被害の緩和を目指している。

テレビ放送 (2024.07 BSフジいまからサイエンス)



メディア放送 (2025.?? 東進・未来発見講座)

東進ハイスクール 東進衛星予備校 合格実績 近くの校舎を探す 東進模試 過去問データベース

学びの原動力となる「夢を見つけ、志を高める」

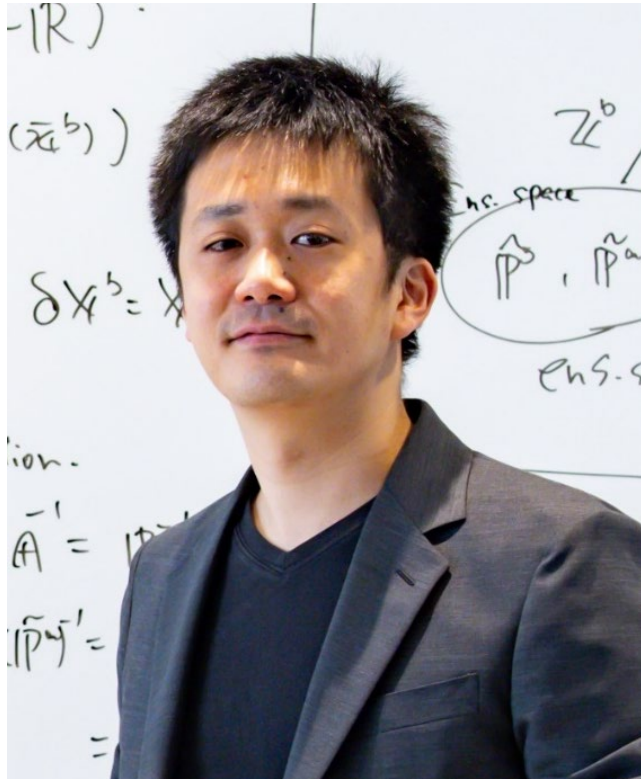
## 特別講義 未来発見講座

—— 最先端の研究・ビジネスからワクワクする未来を発見





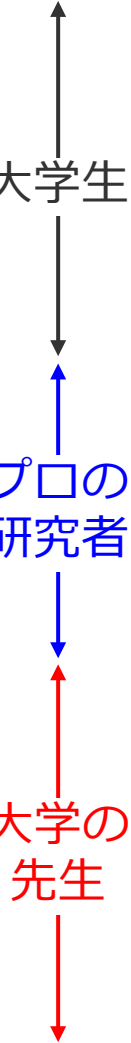
# 自己紹介: 小槻 峻司 (こつき しゅんじ)



(38歳)

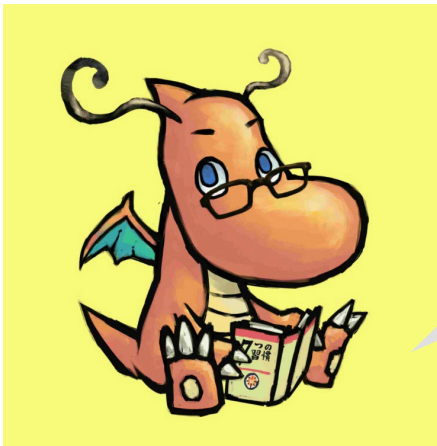
趣味:  
感動した言葉の収集

- 1986.05 高知県高知市に生まれる
- 2005.04 京都大学 工学部 地球工学科 入学 (18歳)
- 2013.11 同 大学院 工学研究科 工学博士
- 2014.01 理化学研究所 計算科学 特別研究員 (27歳)
- 2017.10 同 研究員
- 2019.10 千葉大学 環境リモセンセンター 准教授 (33歳)
- 2022.07 千葉大学 国際高等研究基幹 / 環境リモセン 教授 (36歳)





- (1) 小槻の経歴: 研究者になるまで
- (2) 研究の紹介: 天気予報の仕組み と 気象制御への挑戦
- (3) 学生さんへのメッセージ



小槻の人生を変えた言葉や  
人生から得た教訓も紹介していきます

友人の描いてくれた小槻の-avatar: コツキング

# 小槻の経歴: 研究者になるまで



特殊な人だけが研究者になるんじゃないくて  
案外、普通な人も研究者になります。

# 1. 小学生: 高知県高知市でのんびりと育つ



性格は臆病で気弱。集中力はあった。  
高知県の豊かな海・川・山で遊び、  
これが後の研究者の原点になる。  
(ということに35歳くらいで気が付く)





# 1. 小学生時代

本来臆病なのだが、クラスや野球部では手を挙げる。



野球部ではキャプテン(しんどかった)

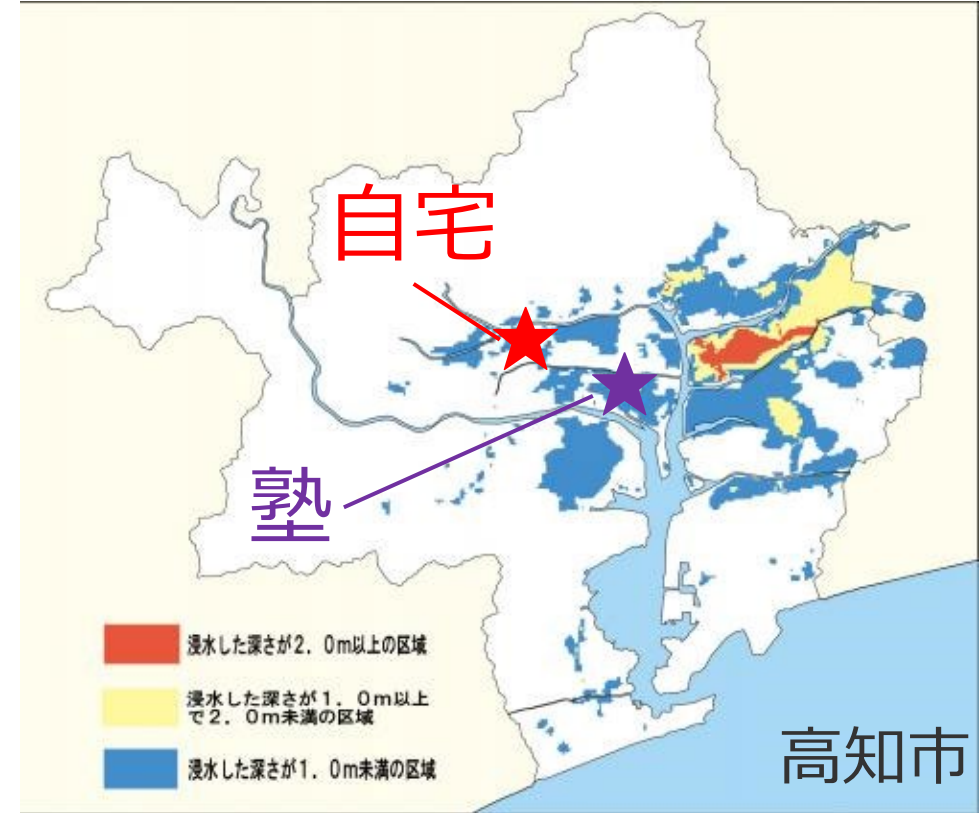


教訓: 迷ったら手を挙げる, と決めておく  
→ 集中力が上がる & 経験値を積める



# 1. 小学生時代のビックリ: 大洪水 (1998年高知豪雨)

1時間雨量129.5mm および 24時間雨量861.0mmは、いずれも観測史上最多 (高知市)



小学校に通う道路が水に浸かっている。  
自然の力に心底ビックリする。

## 2. 大学進学: 京都大学工学部・地球工学科に進学 (18歳)

高知県にある竜馬イズム  
「おっきいことせにゃならん」



地球のお医者さんにな  
りたいなあ  
(ぼんやり)



入学のガイダンス  
先生「土木工学だよ」  
小槻「マジすか、、」



構造



計画



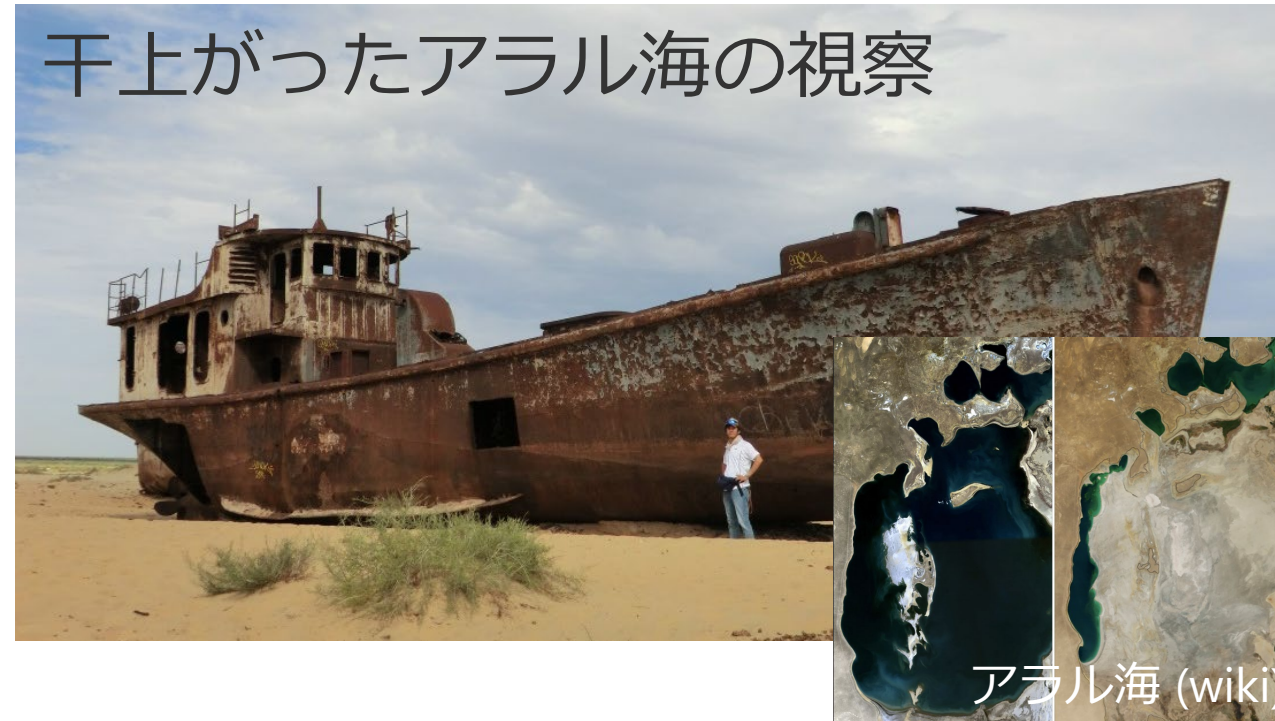
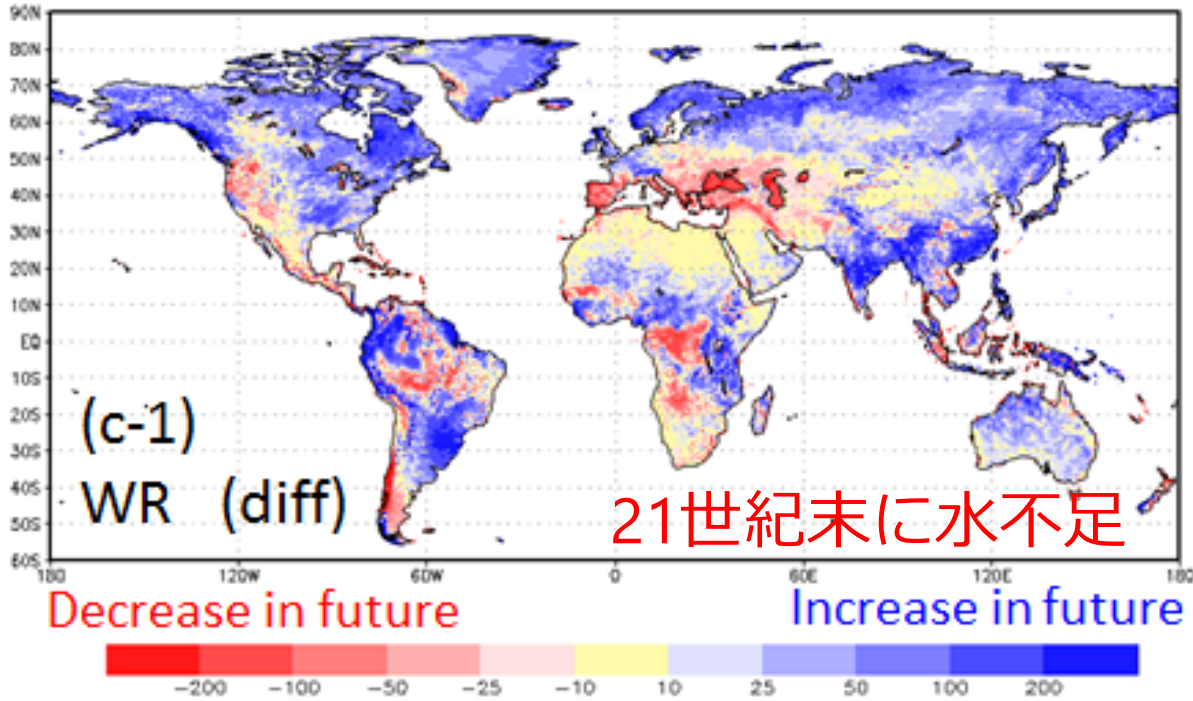
水





### 3. 研究室では世界各地での経験を積ませて頂く

気候変動で、世界のどこで、将来水不足が起こるのか？



研究室では、多くの地域に行く経験を積ませて頂いた。

現地視察: エジプト、ウズベキスタン、タイ、ベトナム

会議参加: 中国、韓国、フランス、ドイツ、シンガポール、台湾

### 3. 進路に迷う24歳

研究者か？



シンクタンクか？



公務員か？



国土交通省

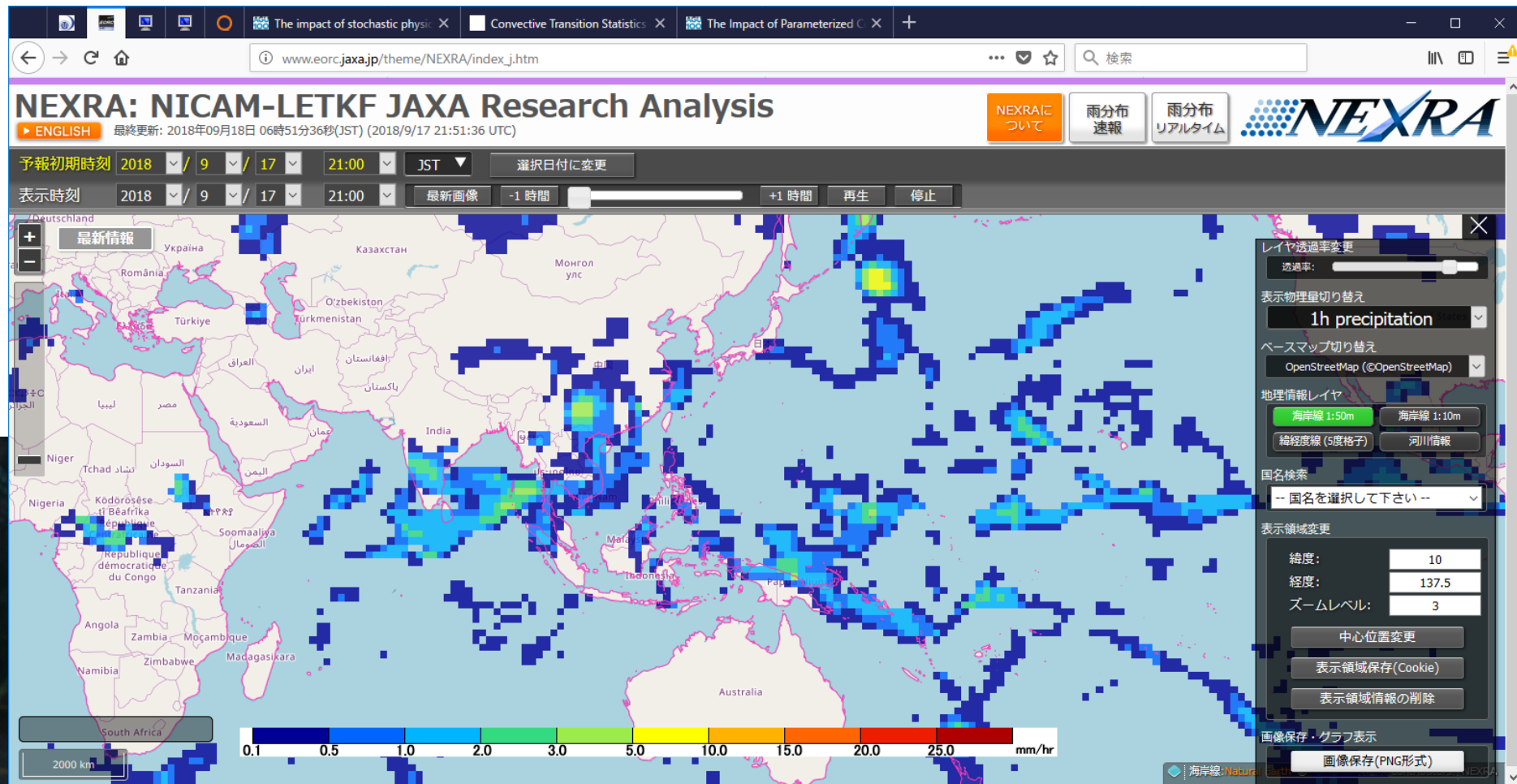


理由 (1): 研究が楽しくなってしまった。  
理由 (2): 歴史に名を残せる仕事を選びたかった。  
理由 (3): 攻略本の無い人生を選びたかった。  
(なお、学部生の頃は銀行に就職してお金を稼ぎたいと考えていた)

# 4. 研究員 @ 理化学研究所・計算科学研究センター (28歳)



JAXAとの共同研究で天気予報システムの開発に打ち込む。  
苦しくも実りを得た青春時代。





# 人生からの学び

# 1. アウトプットを意識してインプットする

## • 質問しようとして聴けば、インプットの精度が上がる

- アウトプットを意識したインプットで、学習効率は劇的に向上
- 試しに、「明日友達に説明する」つもりで本を読んでみる。
  - 最初は大変だけど、慣れると出来るようになる。
- 「自分の言葉」で世界を理解できるようになってくる。



## • 「悩んだらやる」と決めておけば、悩まなくなる

- 質問にせよ、グループの代表にせよ、フィードバックが得られる。
  - 上手くいくにせよ、失敗するにせよ、この経験値が非常に重要。
- 立場が人間を創る。多くの経験を積みれば、人間性を磨ける。
- 仮にその立場でなくても、ロールプレイングゲームはできる。





# 2. ぼんやりとした興味、が人生の道標になる

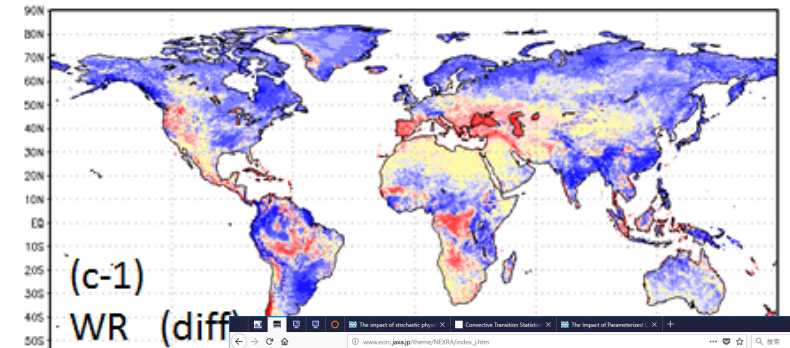
地球のお医者さんになりたいなあ  
(ぼんやり)



- スティーブ・ジョブス (意識)
- ・ 経験が役立つかなんか分からん。
  - ・ 後で繋がって見えるものだ。
  - ・ だから心の声に従って行動せい。

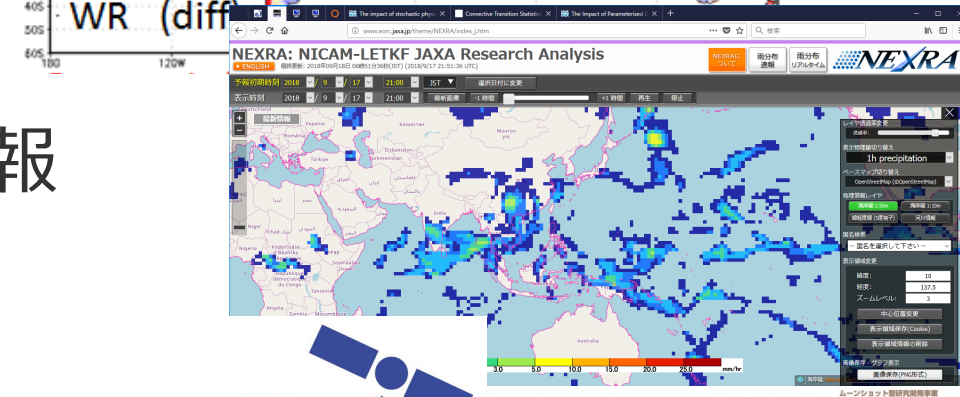
博士の研究

世界の水資源



研究員時代

世界の天気予報



千葉大の着任

衛星研究センター



現在

気象制御への挑戦



遠くの上で人為的に豪雨を発生  
陸地における被害の緩和を目指す

3. ? ? ? ? ? ?

3 番目は一番最後に紹介





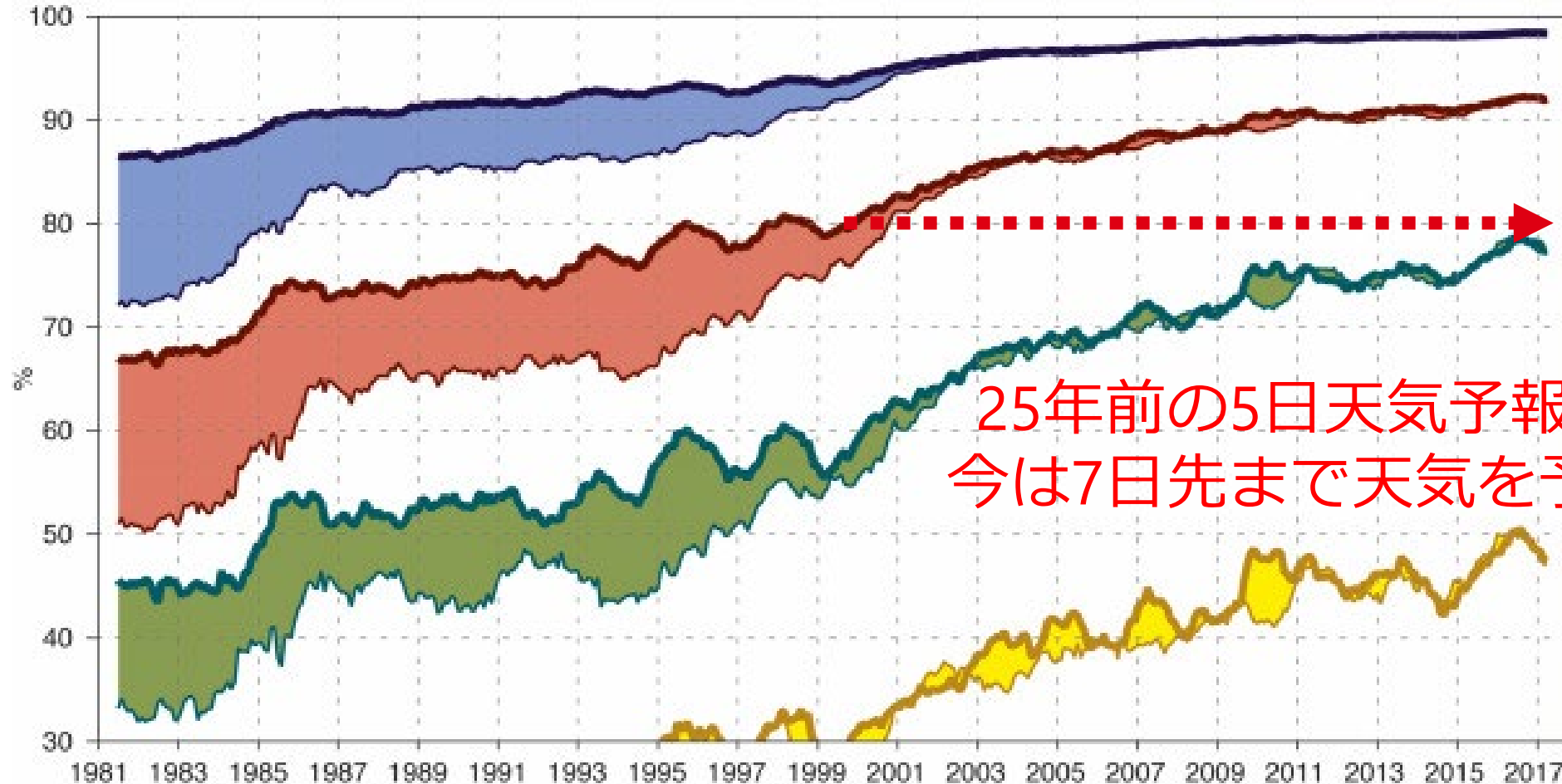
# 研究の紹介: 気象制御について

# 研究の背景: 天気予報の精度の向上

## 欧州中期予報センターの予報スキルの向上

500hPa geopotential height  
Anomaly correlation  
12-month running mean  
(centered on the middle of the window)

- Day 7 NHem
- Day 7 SHem
- Day 10 NHem
- Day 10 SHem
- Day 3 NHem
- Day 3 SHem
- Day 5 NHem
- Day 5 SHem



25年前の5日天気予報の精度で  
今は7日先まで天気を予報できる

# 世界の降水量のシミュレーション



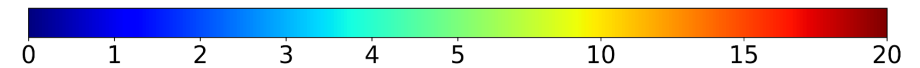
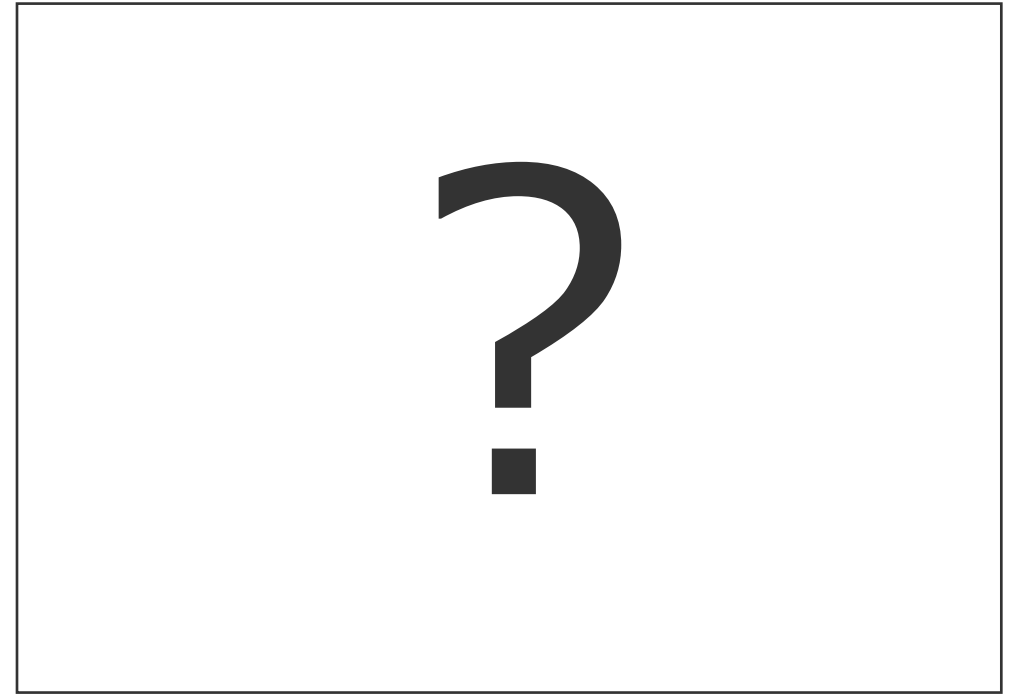
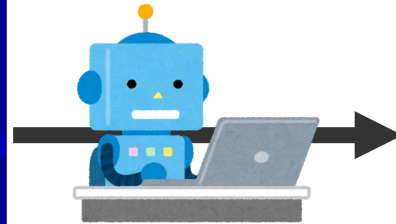
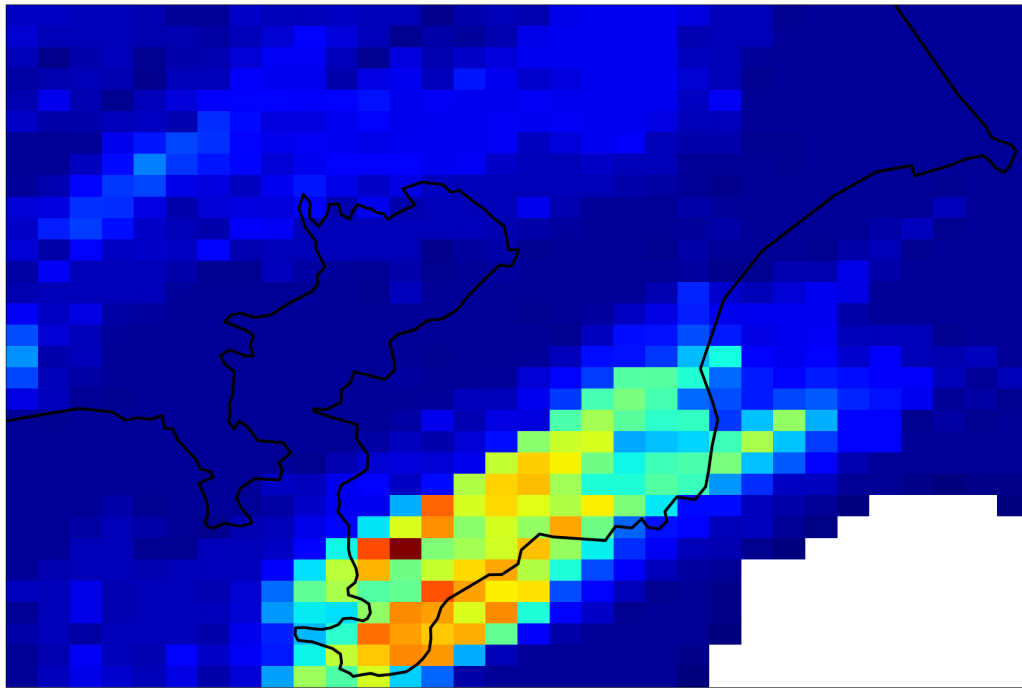
2014/05/25 00:00



# 天気予報研究の最前線: AI研究

粗い降水データ × AI → 災害予測の高度化

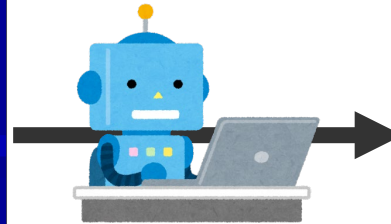
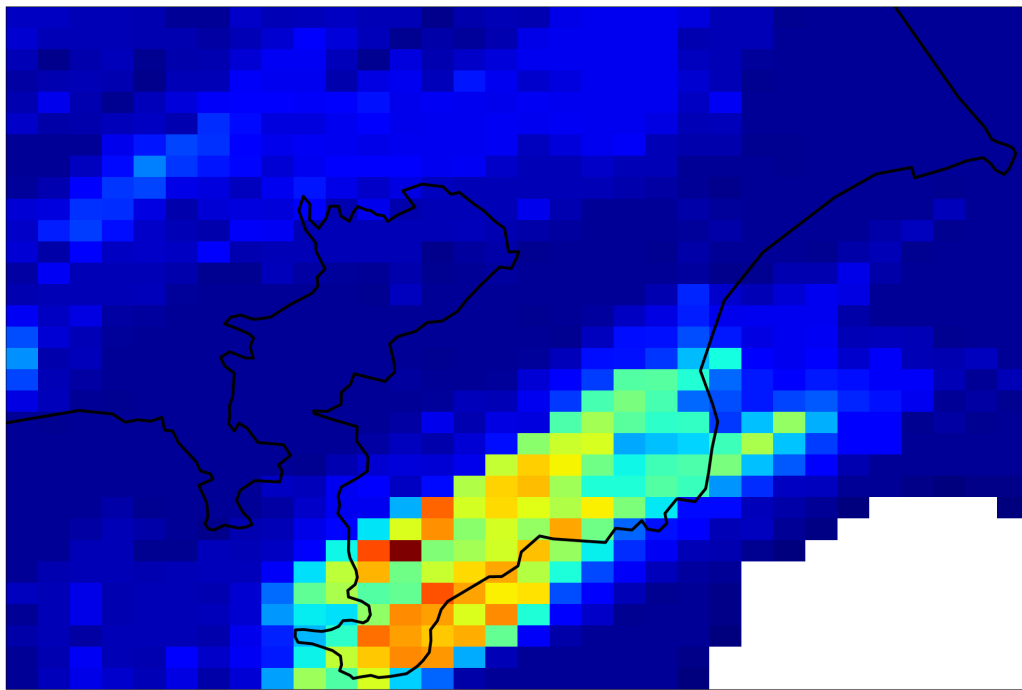
入力降水分布 (低解像度☹)



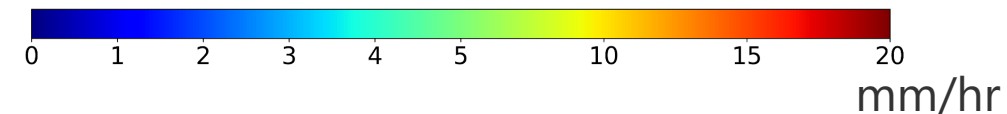
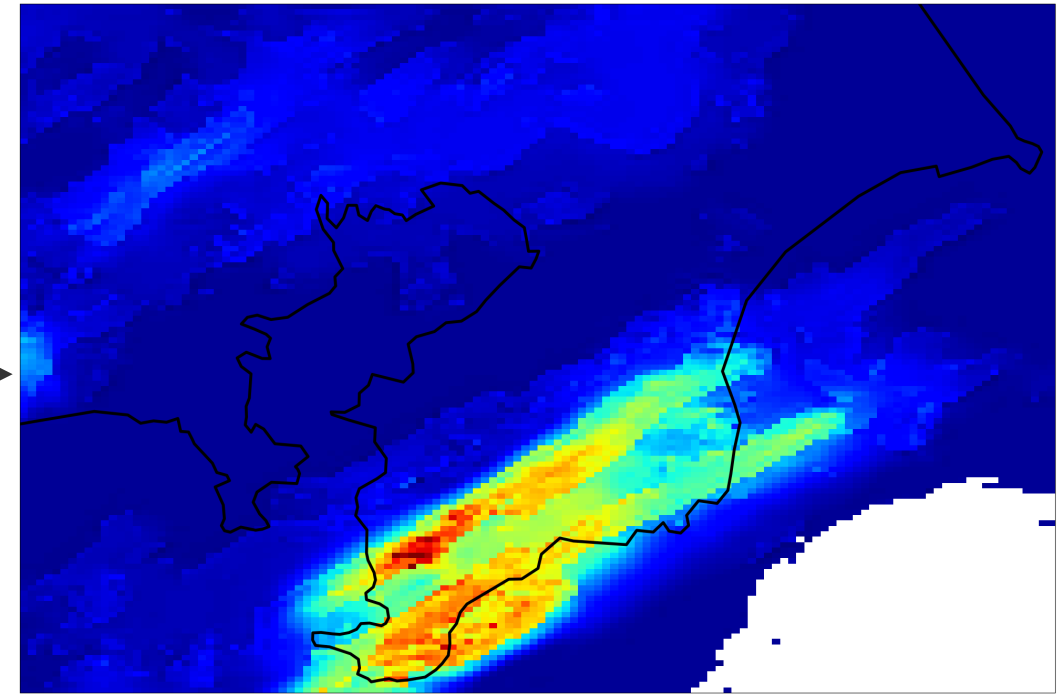
mm/hr

## 粗い降水データ × AI → 災害予測の高度化

入力降水分布 (低解像度☹)



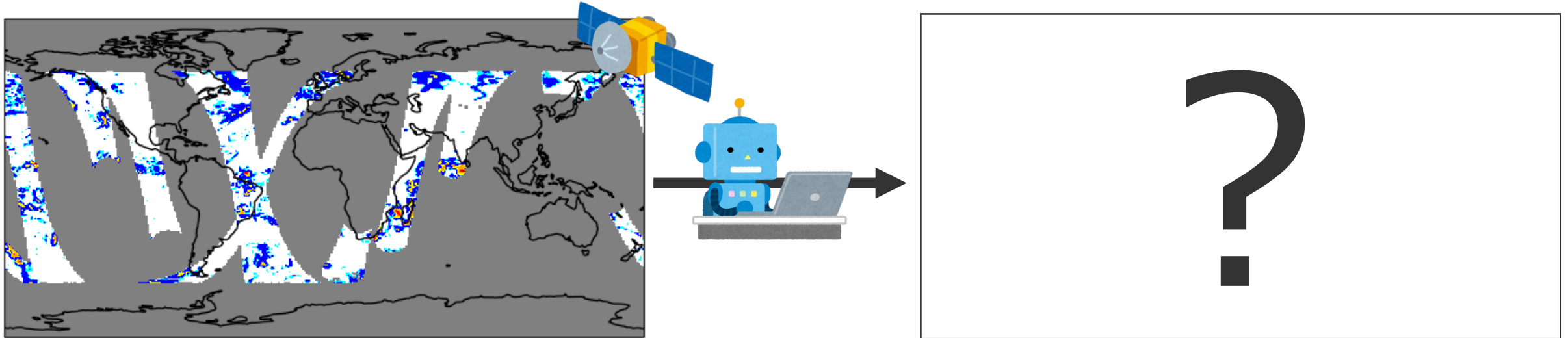
高解像度の降水分布



# 天気予報研究の最前線: AI研究

衛星観測降水 × 生成AI → 世界の災害を監視

衛星観測降水 (空間的に疎☹)

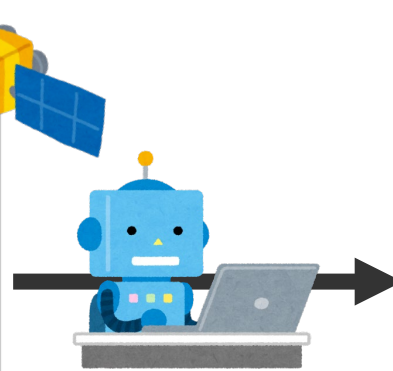
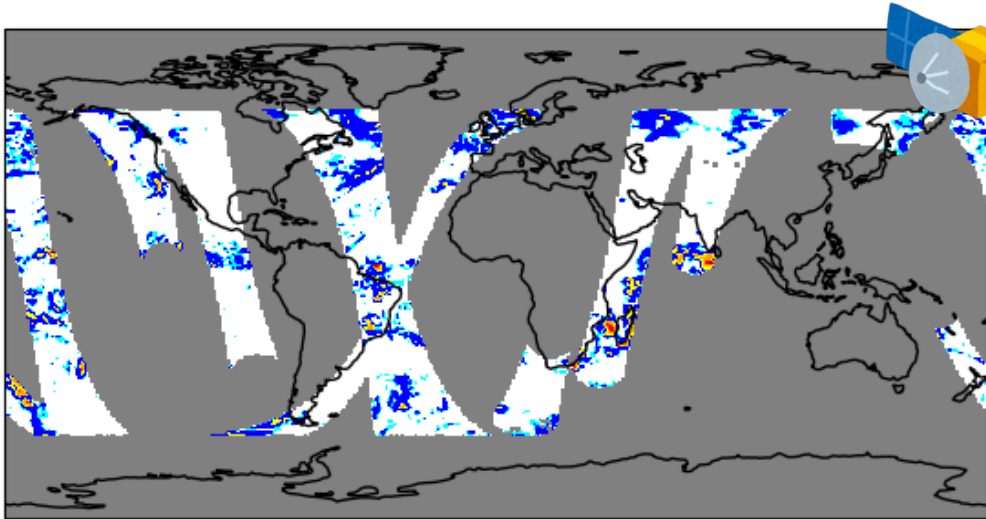




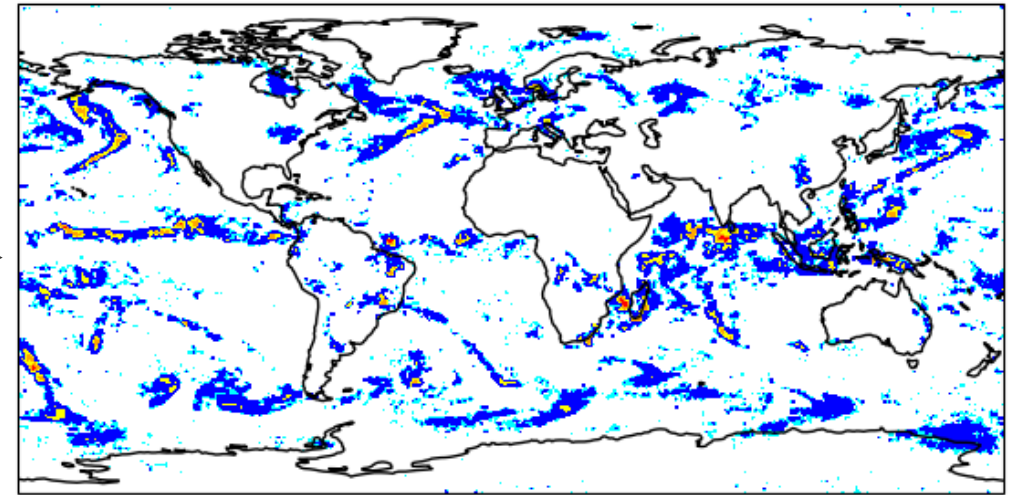
# 天気予報研究の最前線: AI研究

衛星観測降水 × 生成AI → 世界の災害を監視

衛星観測降水 (空間的に疎☹)



世界の降水分布



# 激化する気象災害

## 日本の水害被害

### 年別の全国水害被害額合計

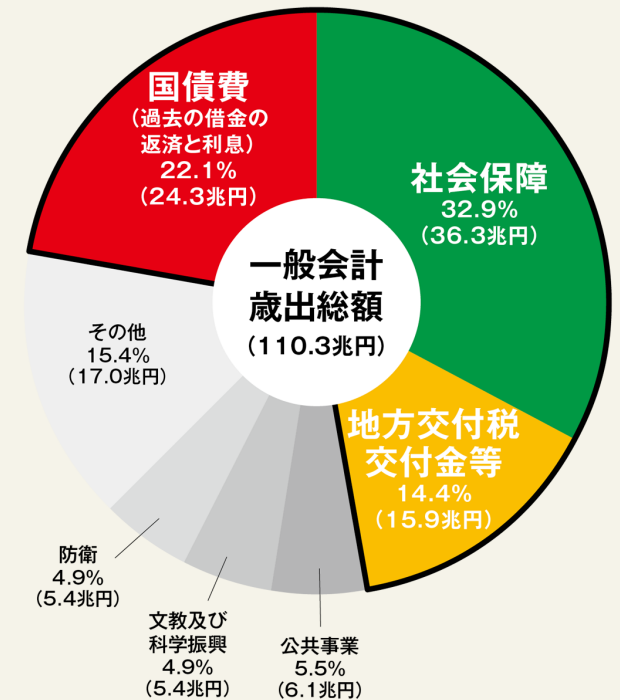
2013年	4,061億円	2018年	1兆4,051億円
2014年	2,938億円	2019年	2兆1,799億円
2015年	3,896億円	2020年	6,618億円
2016年	4,661億円	2021年	3,583億円
2017年	5,360億円	2022年	5,967億円

出典:ソニー損害保険株式会社

(<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000036.000063966.html>)

## 日本の国家予算

【2022年度補正後予算】



(注1) 「その他」には、新型コロナ及び原油価格・物価高騰対策予備費 (5.5% (6.1兆円)) が含まれる。  
(注2) 補正後予算は、令和4年5月31日成立の補正に基づくもの。

出典: 財務省

# 気象予測 から 気象制御 へ

天気予報モデルやAIにより  
気象災害を予測の予測技術は  
大きく進展

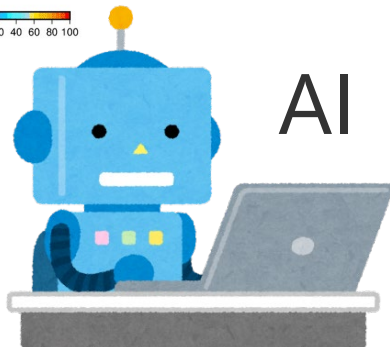
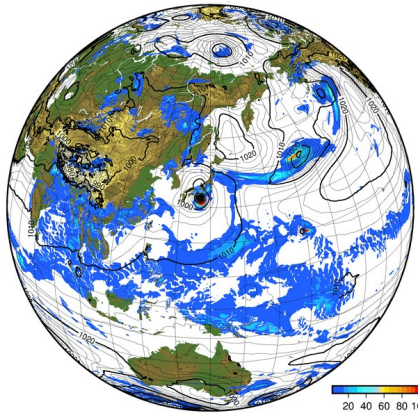
集中豪雨



洪水



天気予報モデル



人為的に気象を変える制御で  
気象災害を減らせないか？

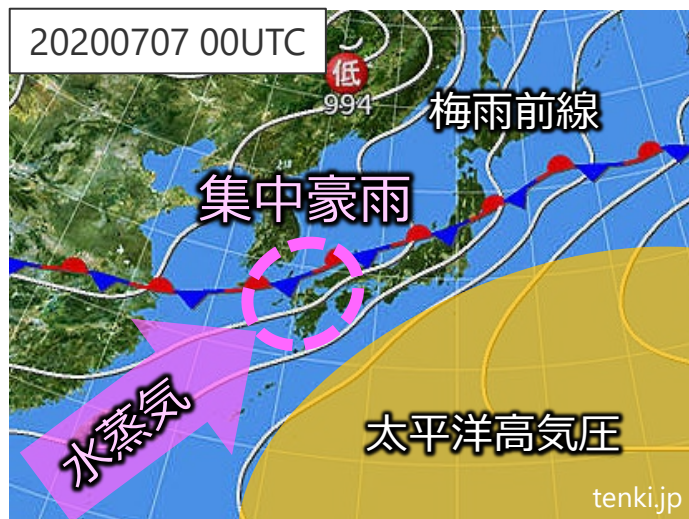


# 気象制御実現への挑戦

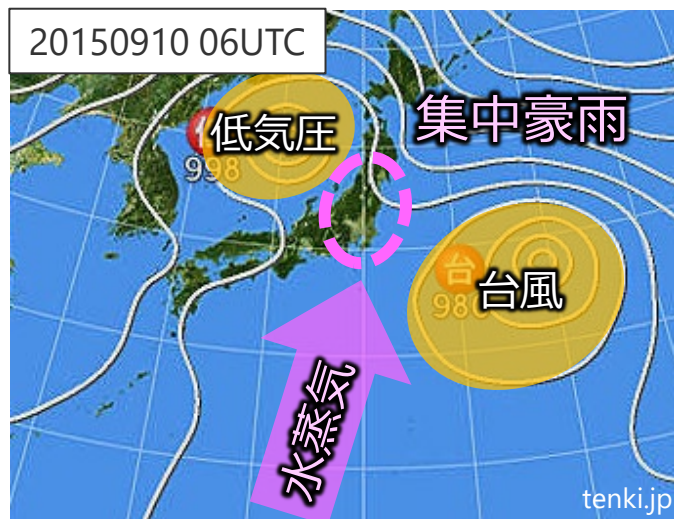
# 日本や世界で引き起こされる集中豪雨

海上からの水蒸気供給に起因する集中豪雨の例

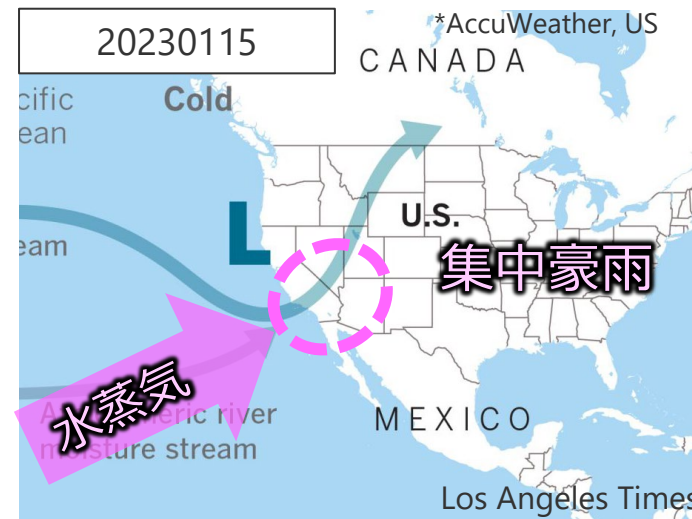
令和2年7月豪雨 (被害5,800億円)



平成27年関東・東北豪雨(被害2,940億円)



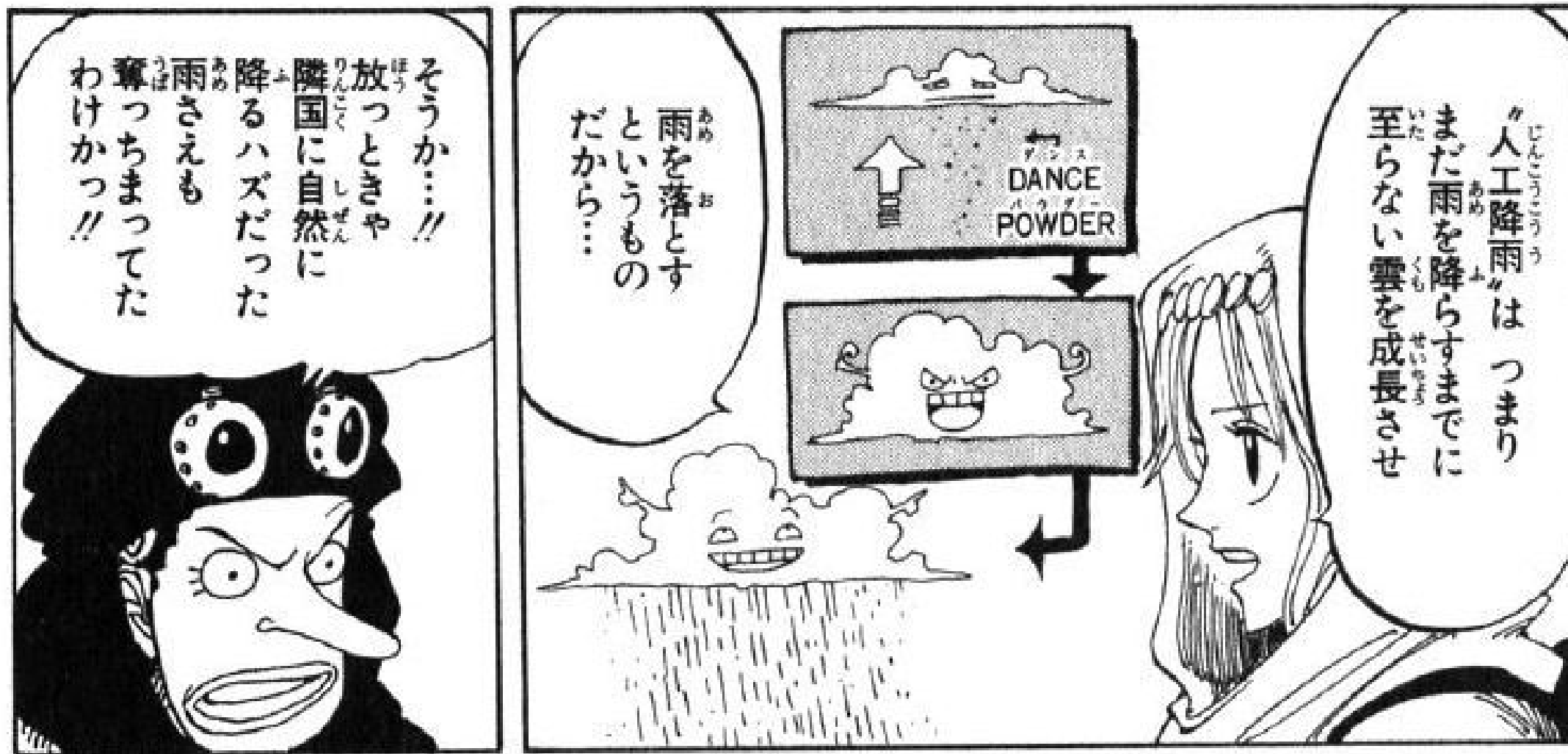
2023年米国カリフォルニア豪雨(被害4兆円)



どうやったらこのような集中豪雨の被害を防げるだろうか？

# プロジェクトの戦略

日本に降るはずだった豪雨を先に降らすことができれば！？





# 豪雨緩和戦略のイメージ

自然界にあるメカニズム  
バックビルディング・集中豪雨

集中豪雨を人為的に、  
水蒸気の流入する  
上流海上で起こす

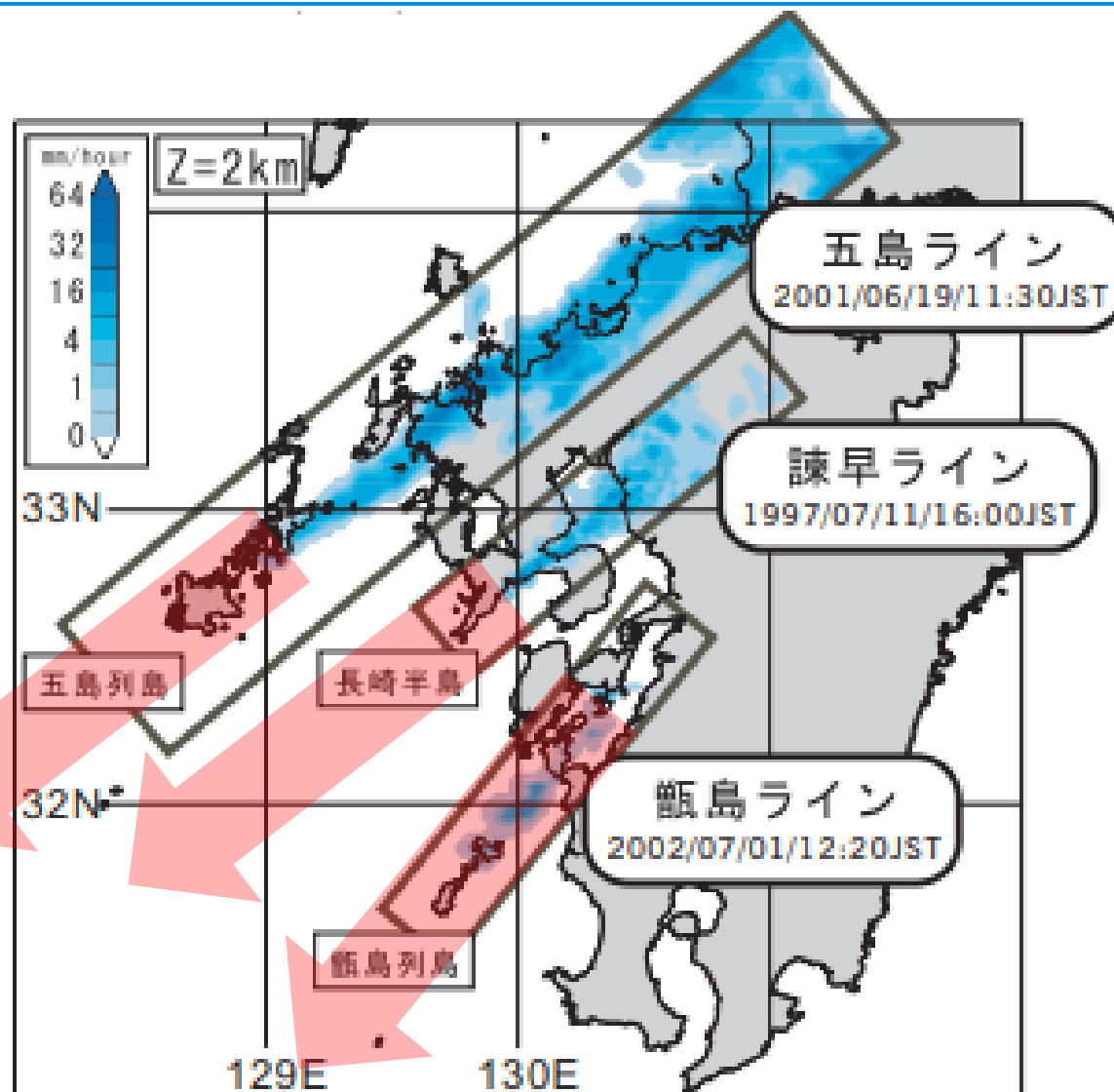
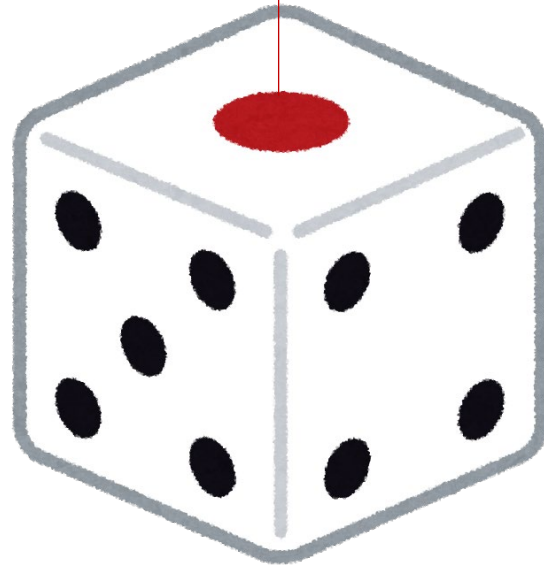


図 1: 九州地方に見られる最も顕著な地形性降水帯の例。高度 2km における降水強度の水平分布 (JMA レーダー)。

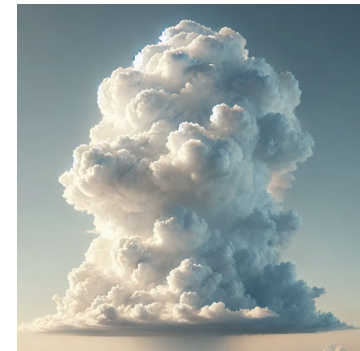
# 気象制御に向けて解決すべき課題

## 気象研究

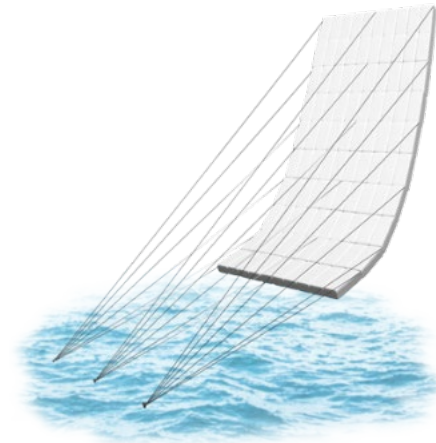
如何に海上豪雨を形成するか?



シーディング



風



最初のステップ: 気象への介入により集中豪雨は緩和できるのか?  
→ フィールド実験を行う前に、計算機を使った数値モデル実験で検討

# 数値モデルを用いた人工降雨実験



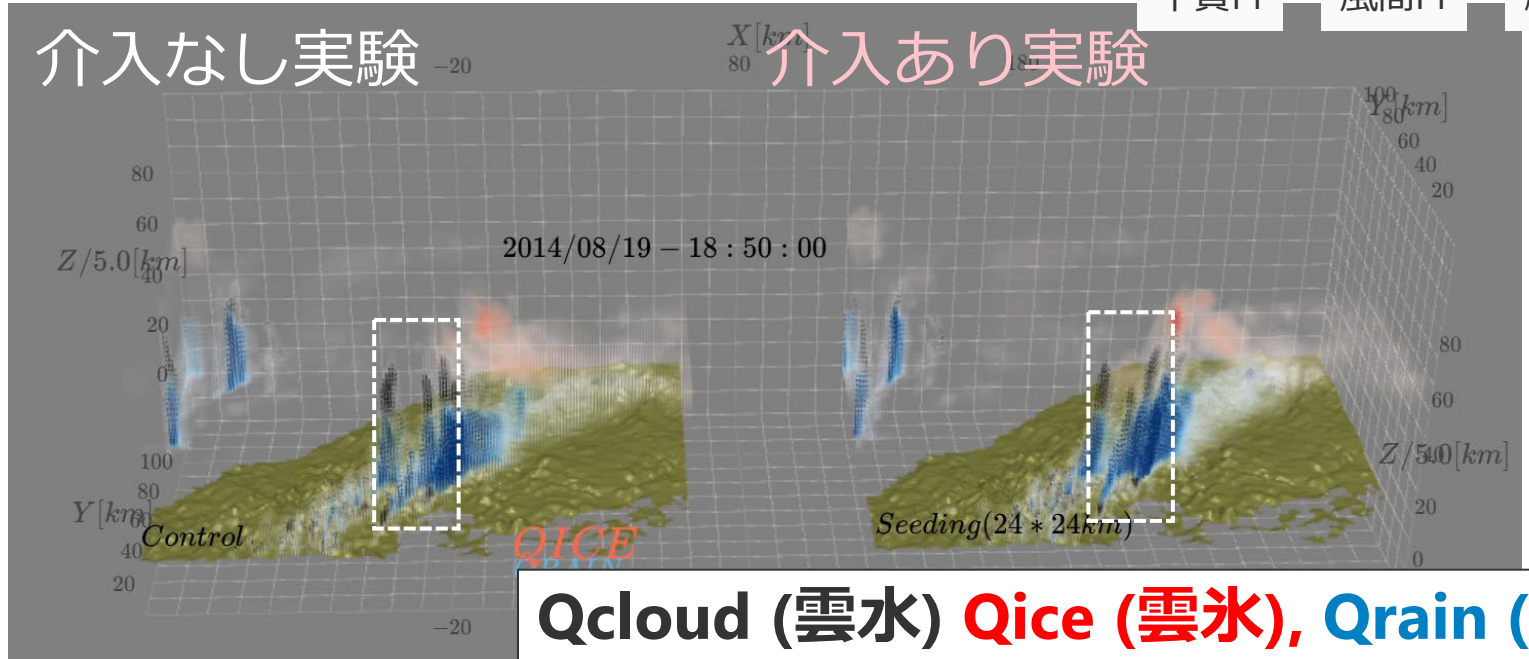
平賀PI

風間PI

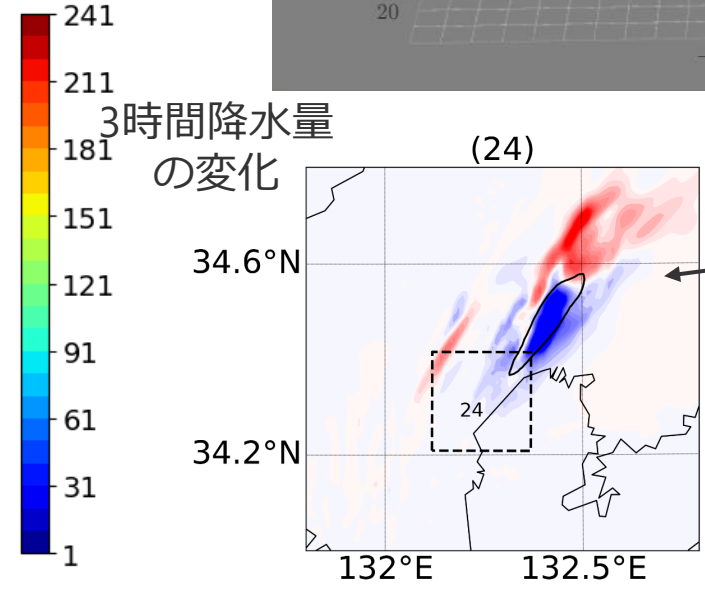
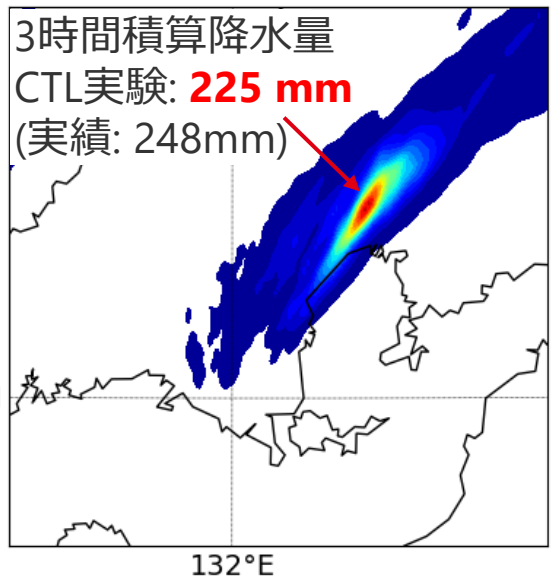
船富PI

現実的な介入 (オーバーシーディング) により集中豪雨の緩和を数値計算で実証

平成26年8月 広島豪雨

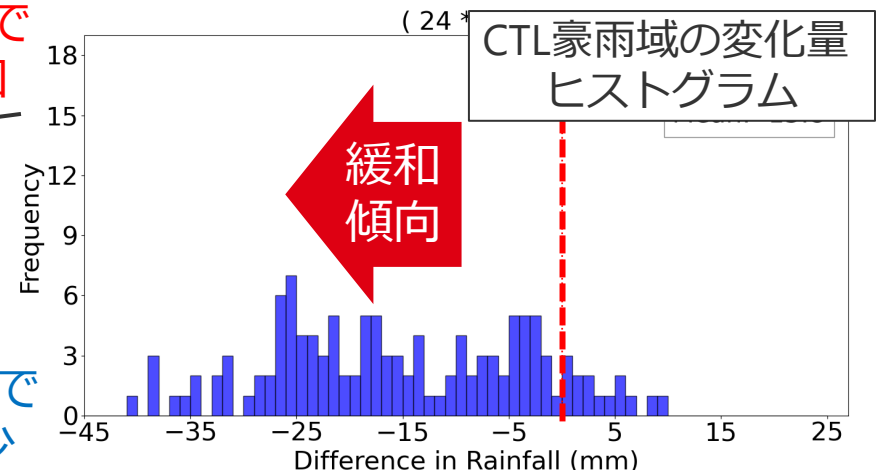


Qcloud (雲水) Qice (雲氷), Qrain (雨)



介入で  
増加

介入で  
減少





# 凧による気象介入実験



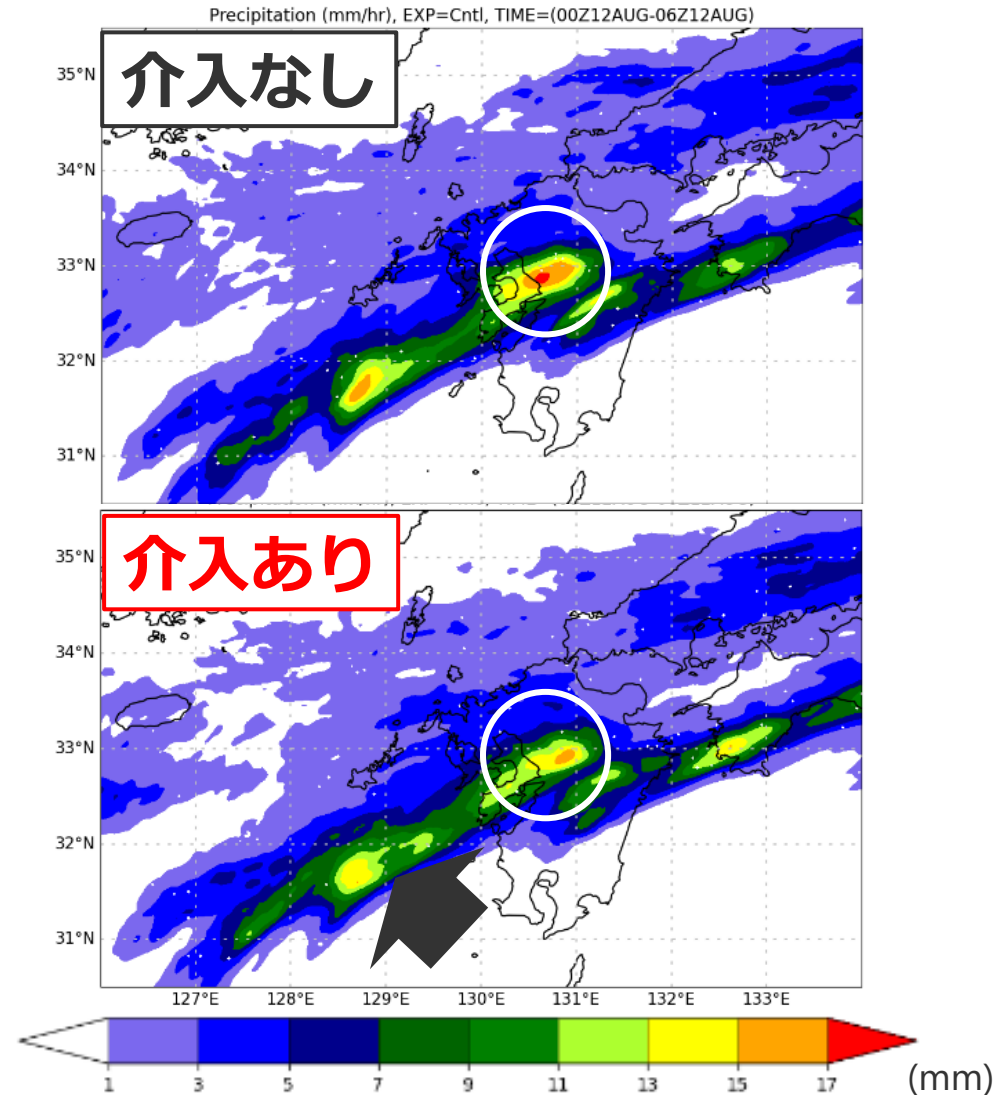
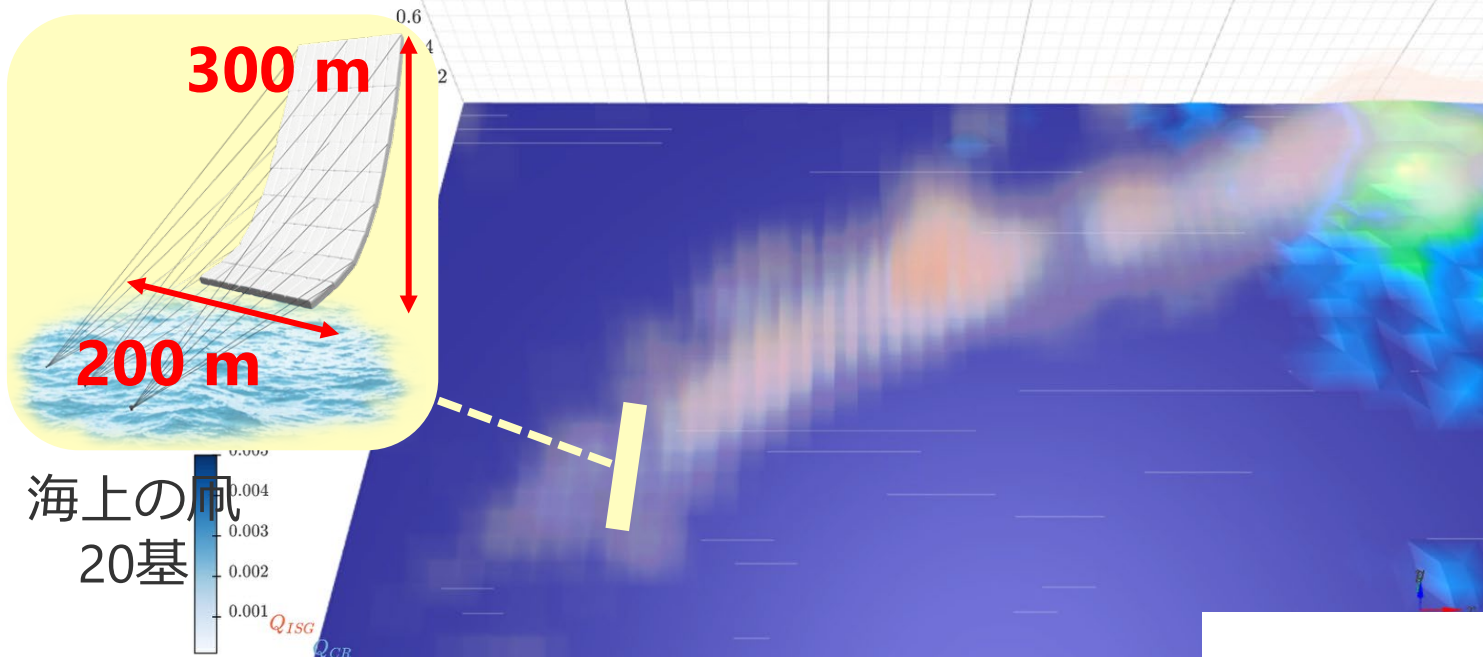
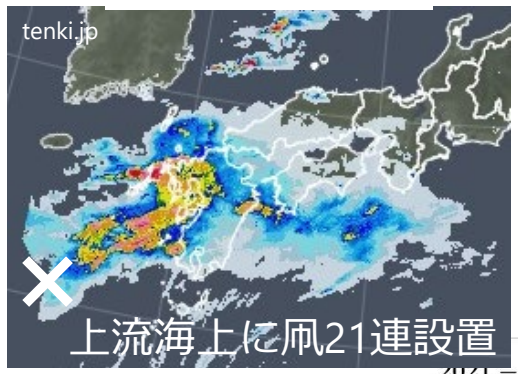
安永 PI

船富 PI

凧は上流域の降水量を増加させ、下流域の降水量を減少させる

6時間平均降水量 (アンサンブル平均)

2021年8月豪雨





# 目標実現に向かって頑張っています！



2024年12月・プロジェクト会合@千葉大





最後のメッセージ：  
「経験」して自分の「好き」を見つけよう



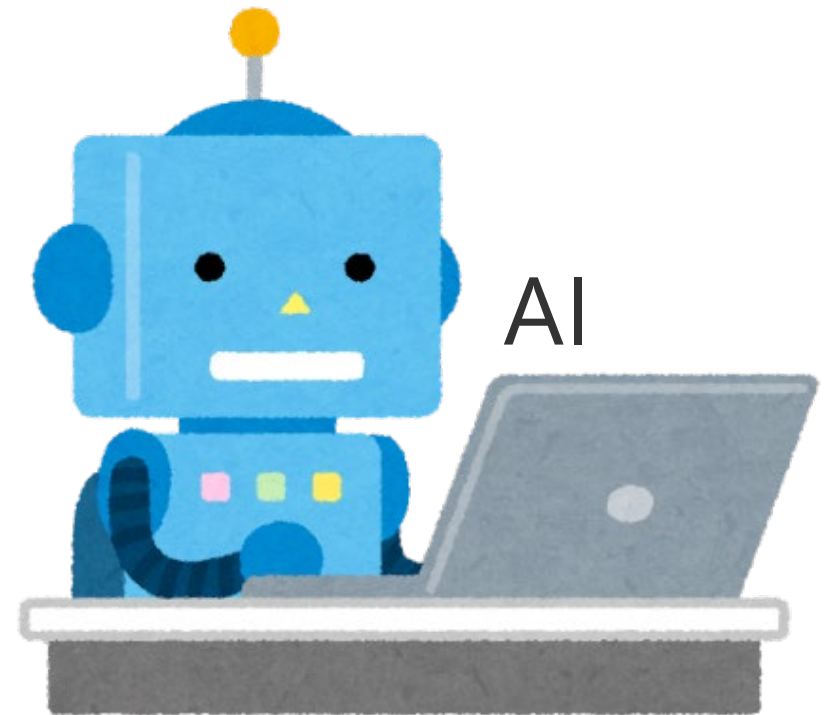
# 時代の背景①: 人工知能

これまで



優れていれば人生は楽だった

これから



優れているだけでは厳しい

# 時代の背景②: 世界にあふれる「いいこと」

モノサシが「合っているか否か」では決められない

お金



社会  
貢献



趣味



仕事



家族



優れる よりも 異なる 方が簡単

では、どうすれば異なれるのか？

→ 君だけの経験を重ね、「好き」を見つける  
「合っているか」ではなく「好きか嫌いか」  
を判断のモノサシにしていく



# 実際に経験する、は、本当にタイパが悪いのか？

## 時間のかかる読書

## 時間の短い要約



タイパ: タイムパフォーマンス (時間効率)

# 最後のメッセージ

- 「将来を考える」ことは、「夢や仕事を決める」ことだけじゃない
- 自分の中にある「好き」と「嫌い」を知ること、とっても大事
  - 自分がどんな時に楽しくて、どんな時に楽しくないのか？
  - 自分はどんなことが好きで、どんなことが嫌いなのか？
  - 自分が没頭してしまうことは何か？お金を払ってもやりたいことは何か？
- それを知るために、「**いろいろな事を実際に経験**」してみたい
  - やって見たら分かることが、たくさんある。
  - 身を置いているだけで得ていることが、たくさんある。
- 君だけの経験が、君だけの価値観を育み、他人から差別化する。