

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第17回 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター(CEReS) (2022.10.7)

12:05 – 12:10(5分)	: 研究所・センターの概要
12:10 – 12:25(15分)	: 小槻峻司 気象制御実現への挑戦
12:25 – 12:45(20分)	: 質疑応答

【お願い】

- ☆担当研究所・センターを「共同ホスト」として設定いたしますので、司会進行をお願いします
- ☆録画等される場合は「コンピュータ上に保存」をお願いします（当方では録画等していません）
- ☆13時になりましたら、「共同ホスト→ ホスト」に設定変更の上、NPO担当者は退席いたします。

環境リモートセンシング研究センターの設置目的

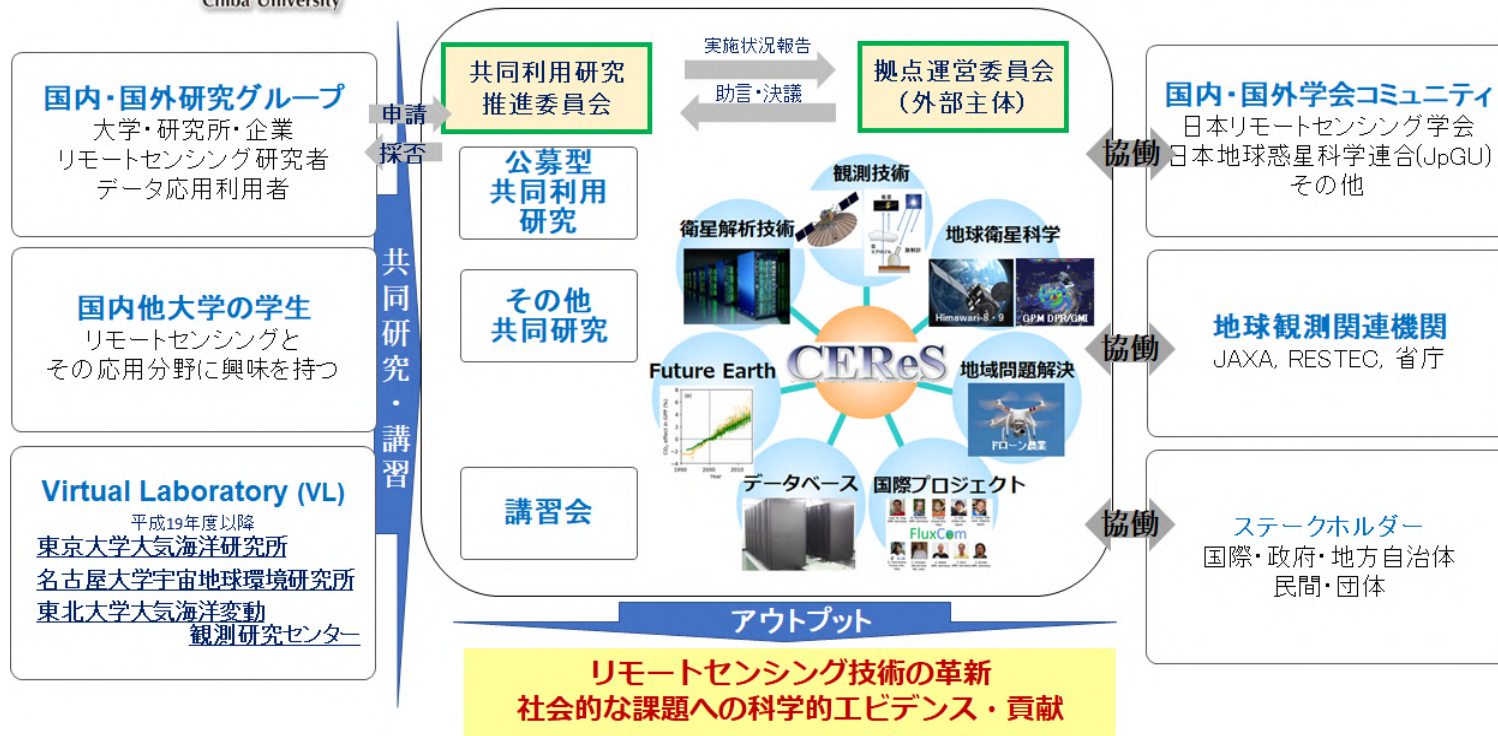
リモートセンシング技術の確立と環境への応用

使命 共同利用・共同研究拠点

- (1) リモートセンシングに関する先端的な研究を行うこと
- (2) リモートセンシングデータを用いて地球表層環境変動研究を発展させること
- (3) リモートセンシングを社会に役立てる研究を行うこと



Center for Environment Remote Sensing
千葉大学環境リモートセンシング研究センター

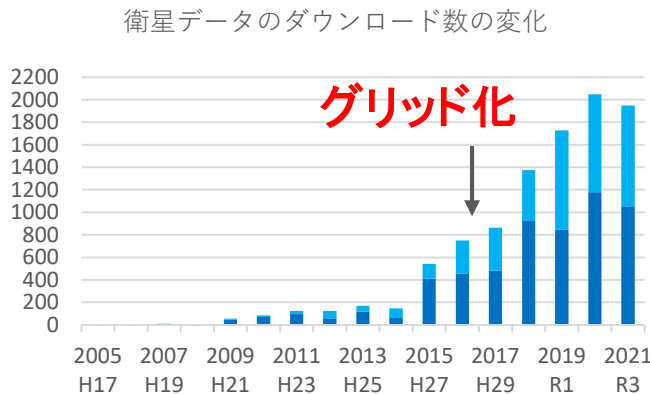
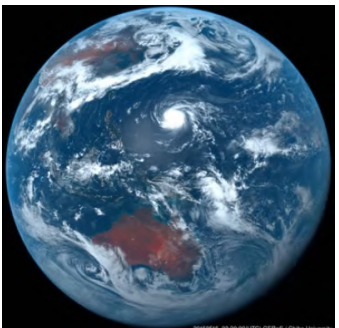


“研究拠点”としての強み

観測 → データ構築 → コミュニティへ提供 → “共同研究” → 研究成果

○ 衛星RSデータアーカイブ

ひまわり8号など種々の衛星データの
加工・提供 (MODIS, GOES-R他)

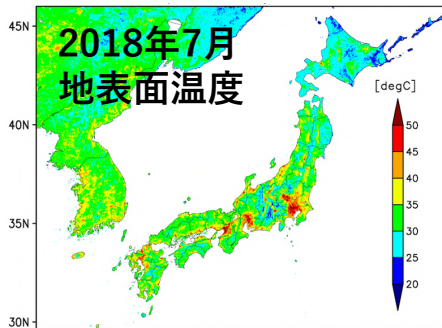


■ データダウンロード学内 ■ データダウンロード学外
**主要ダウンロード先: JAMSTEC,
NASA, 名古屋大, 東京大, 京都大 etc.**

CEReS

ひまわり8号データの
波及研究の一例

地表面温度推定
→ 都市域への応用
(ヒートアイランド)



[Yamamoto et al. 2018]

○ 国際地上RS観測ネットワーク: SKYNET

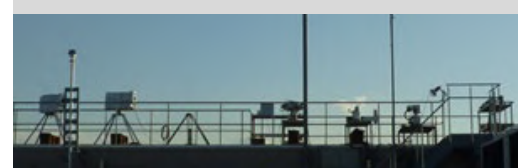
CEReS主導観測網(アジア、欧州)
[90サイト以上(CEReS 10サイト)]



Fig. SKYNET/skyradiometer site map. Sites with data available as of July 30, 2013 are shown in red.

<http://atmos3.cr.chiba-u.jp/skynet/>

CEReS屋上の放射計群

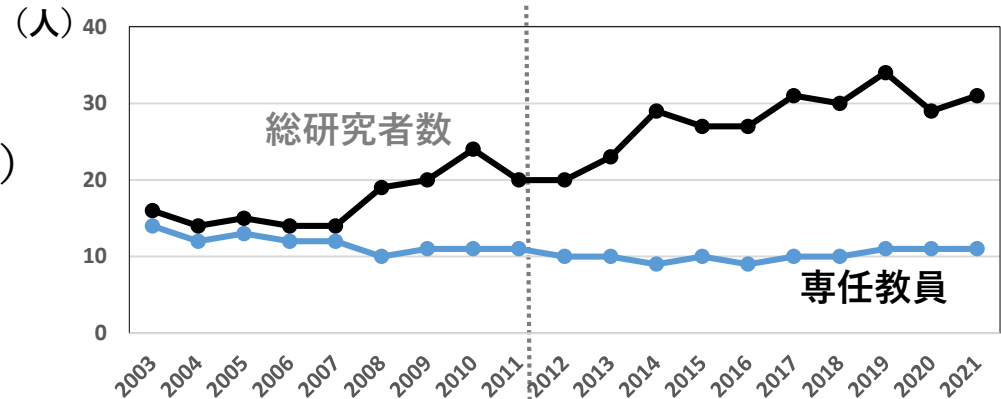


WMO/GAW
Contributing
Network
に認定 (H29年度)

千葉大学環境リモートセンシング研究センター

人員

- ・専任教員11名, 特任教員9名 (R4.8月)
- ・外部資金などによる特任教員の雇用

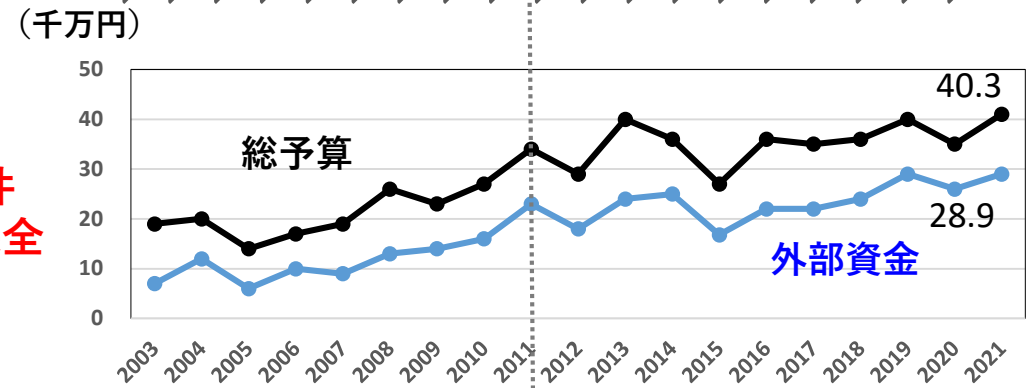


予算

- ・総予算, 外部資金ともに増加傾向
- ・科研費: 基盤A1件 + 国際Bなど継続7件
- ・外部資金: JST, JICA, JAXA, 環境再生保全機構など25件約1億9千万円

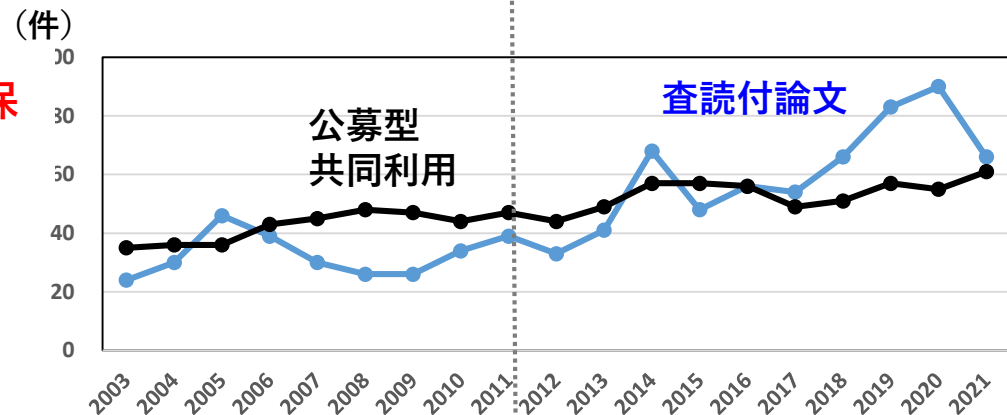
R4は新規に基盤S1件, 基盤B2件,
学術変革A2件、挑戦的研究(萌芽)2件
+ 継続5件

- ・外部資金: JST, JICA, JAXA, 環境再生保全機構など 25件約1億6千万円(8月末)



共同利用研究と成果

- ・公募型共同研究 R3 61件 (R4 61件)
- ・研究成果(査読付論文) R3 66報



共共拠点認定

“共同利用・共同研究拠点”としての貢献

公募型国内共同研究

H29 (38件, 28機関), H30 (43件, 34機関)

R1 (51件, 40機関), R2 (46件, 40機関), R3 (48件, 36機関), R4 (51件)

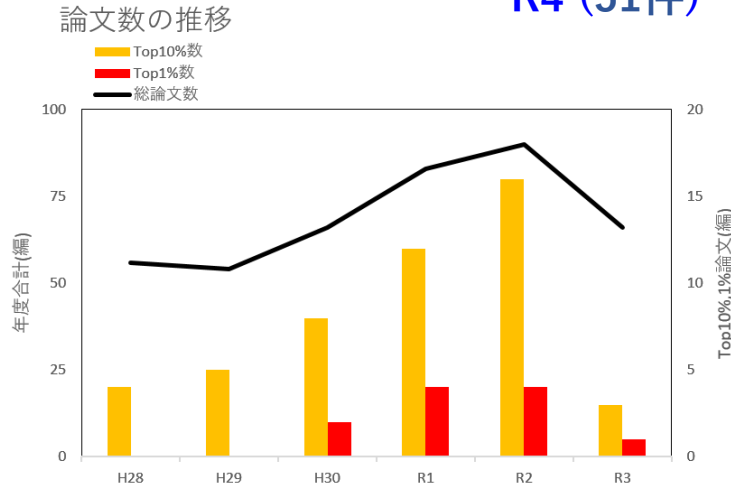
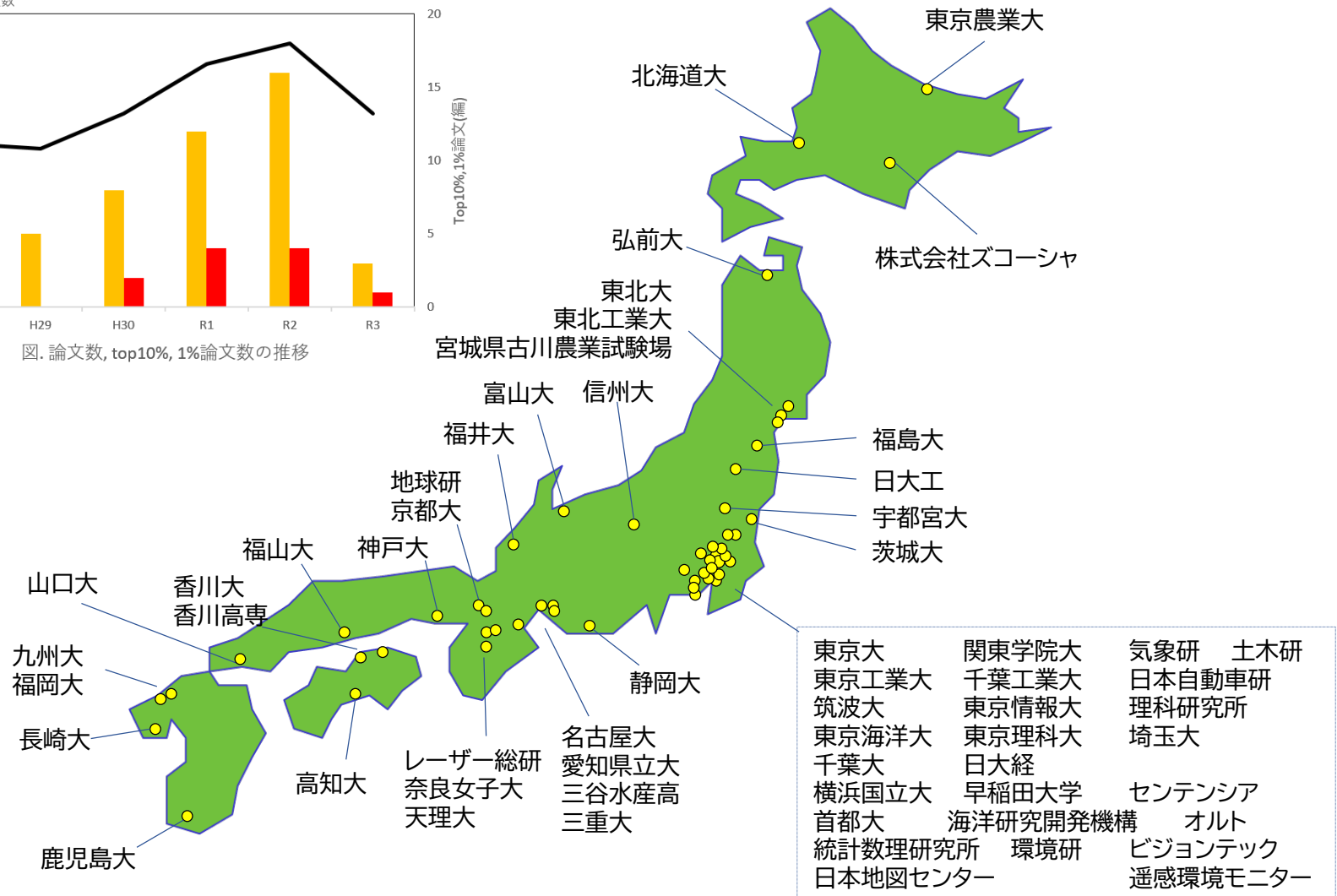
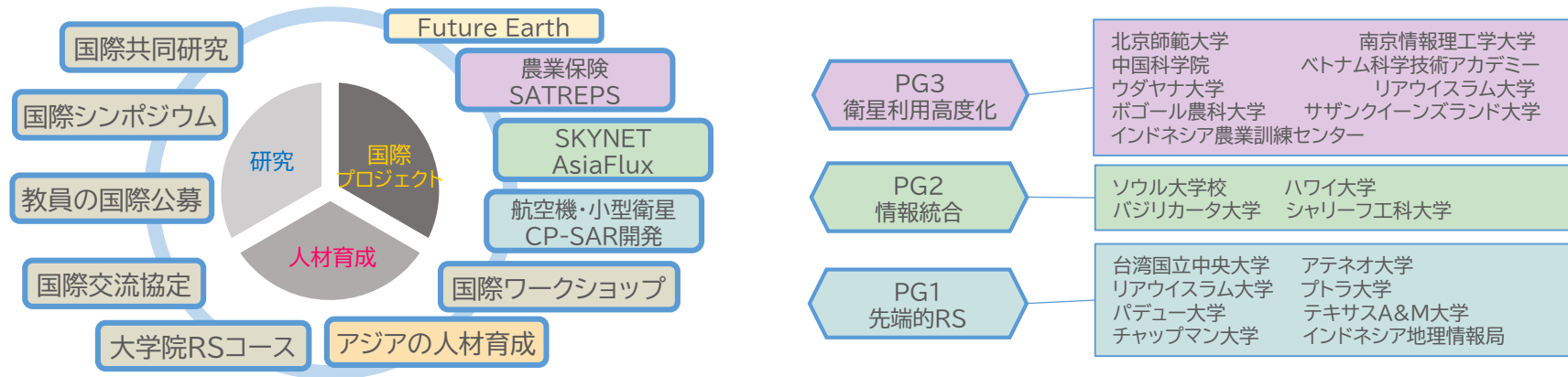


図. 論文数, top10%, 1%論文数の推移



“共同利用・共同研究拠点”としての貢献

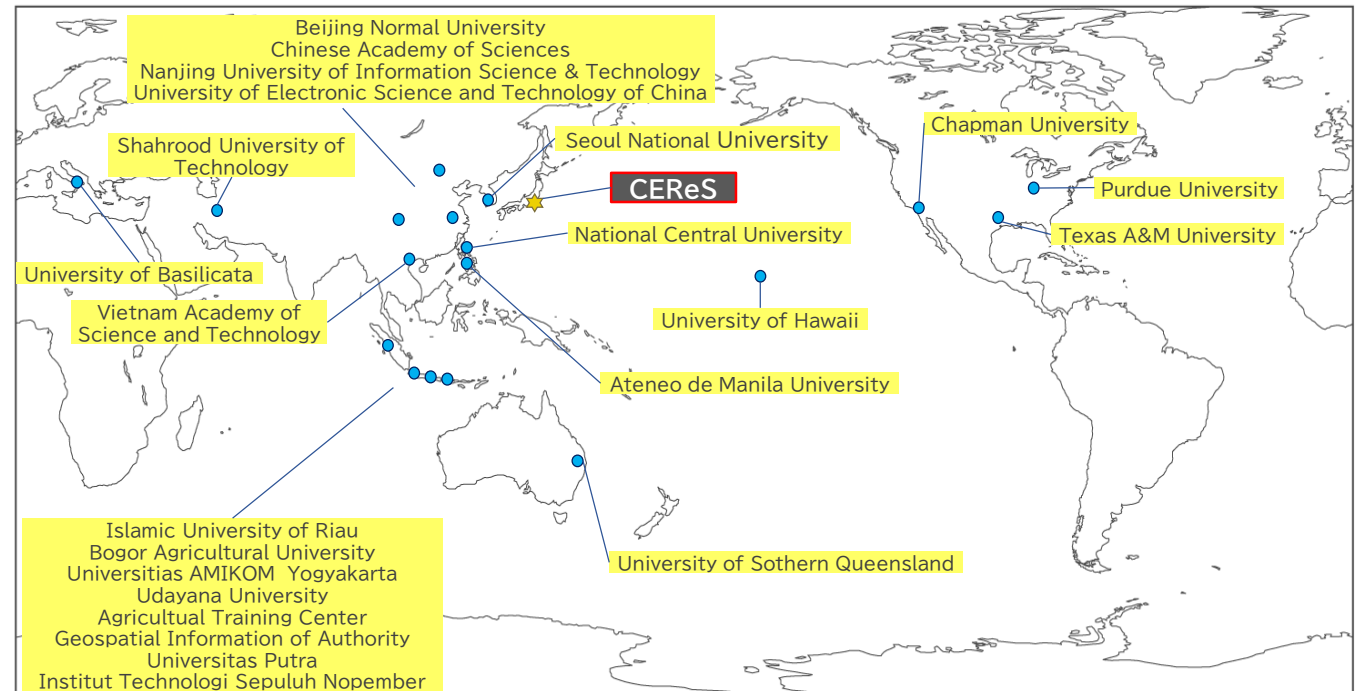
グローバル化への対応



6年間(-2021)国際公募 23機関

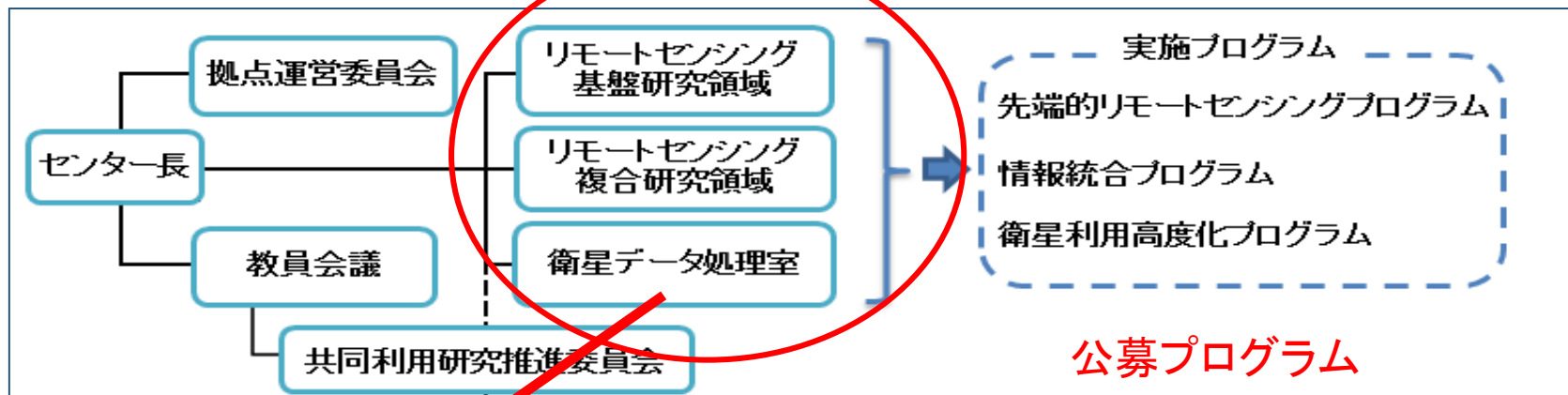
2022 10件、2021 13件、2020 6件、
2019 6件

Beijing Normal University
Chinese Academy of Sciences
Nanjing University of Information
Science & Technology
University of Electronic Science
and Technology of China
Seoul National University
National Central University (Taiwan)
Vietnam Academy of Science
and Technology (VAST)
Ateneo de Manila University
Bogor Agricultural University
Islamic University of Riau
Udayana University
Universitas AMIKOM Yogyakarta
Agricultural Training Center
Geospatial Information of Authority,
Indonesia
Universitas Putra (UNPI)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Shahrood University of Technology
University of Southern Queensland
University of Hawaii
Chapman University
Purdue University
Texas A&M University
University of Basilicata

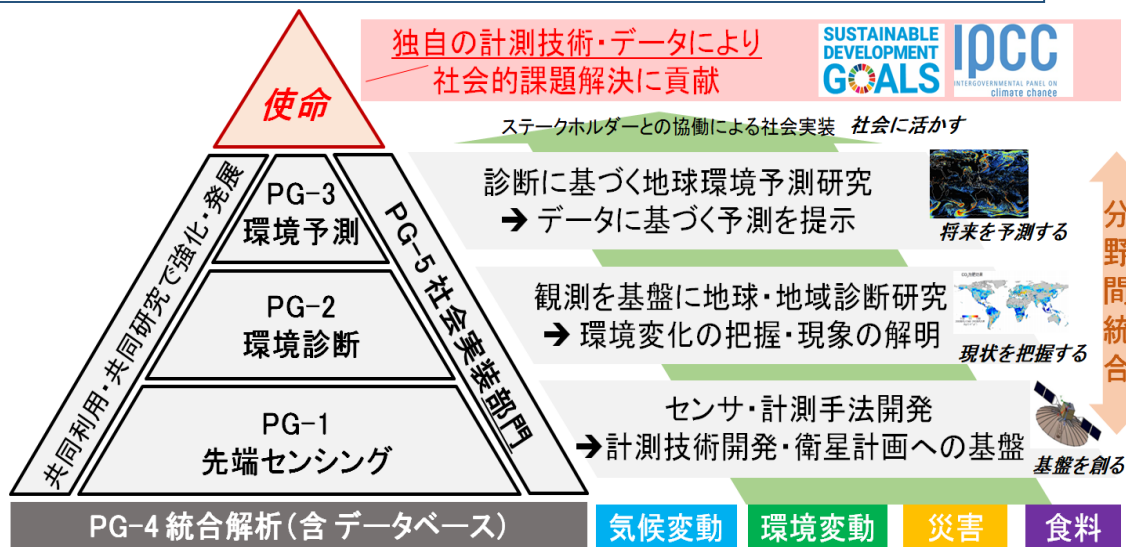
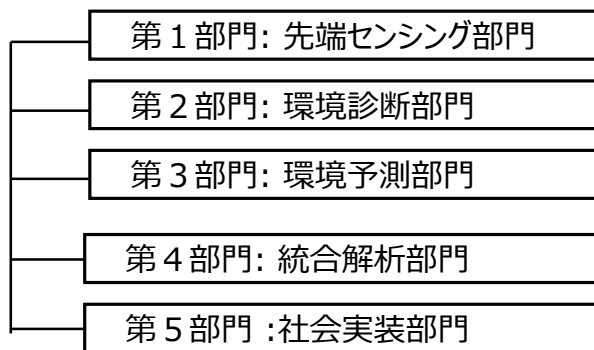


CEReS機能強化のための組織改革

現状



新

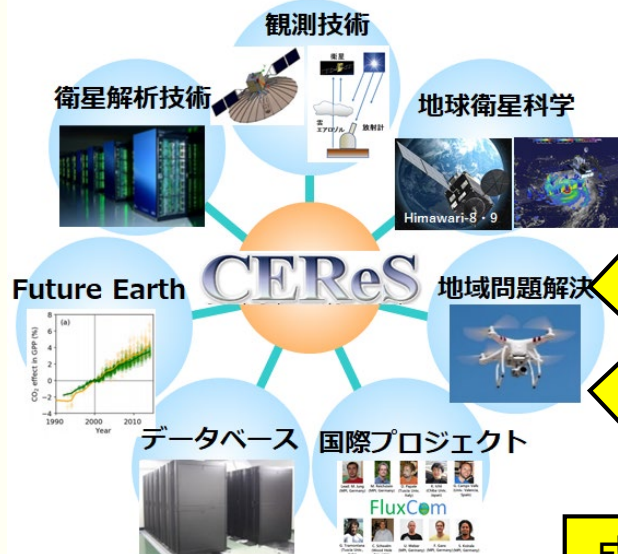


学内機能強化

災害治療学研究所、園芸学研究院、工学研究院、理学研究院

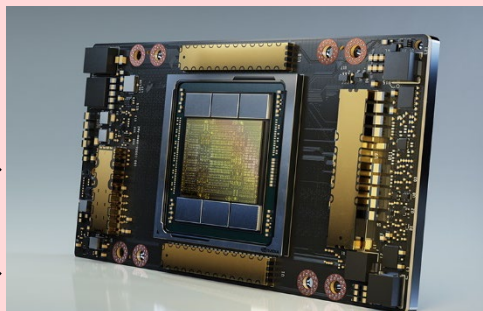
国際高等研究基幹（学際的先端研究支援プログラム「衛星ビッグデータとデータサイエンスの統合による地球環境・災害予測研究の新展開」に採択）

共同研究基盤の蓄積



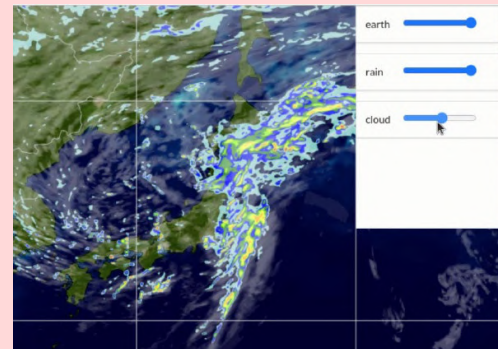
地球環境データ統合&情報発信システム

CPU/GPU 計算機を整備



衛星Big Dataを用いた
統合 & AI研究を加速化！

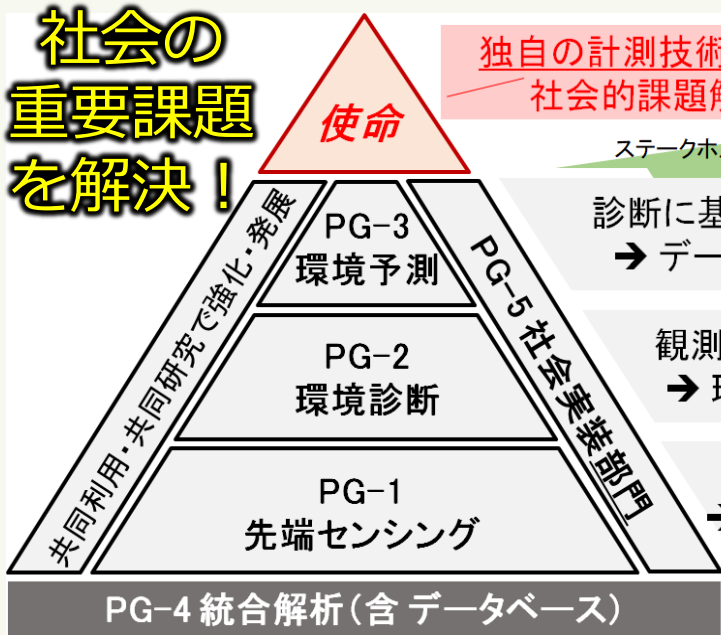
地球モニタシステム



可視化で研究推進を加速。
更に成果のアウトリーチへ！

成果加速

社会の 重要課題 を解決！

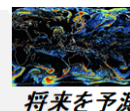


独自の計測技術・データにより
社会的課題解決に貢献

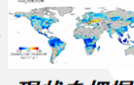


ステークホルダーとの協働による社会実装 社会に活かす

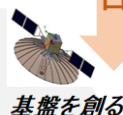
診断に基づく地球環境予測研究
→ データに基づく予測を提示



観測を基盤に地球・地域診断研究
→ 環境変化の把握・現象の解明



センサ・計測手法開発
→ 計測技術開発・衛星計画への基盤

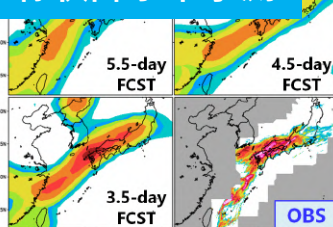


分野間統合

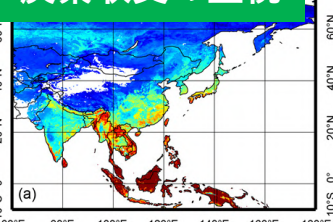
成果例

地球環境問題・ 災害問題への貢献

線状降水帯予測



炭素収支の監視



気候変動

環境変動

災害

食料

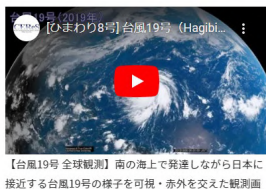
静止気象衛星ネットワークによる陸域環境変動モニタリング

これまでの経緯：静止衛星アーカイブ
(世界的にも独自性; 日中米欧)

現在の状況： 静止衛星陸域モニタリングの国際拠点化
→ 地球CO₂収支解明、気候変動影響評価、生物多様性

衛星データベース

主に気象モニタリング



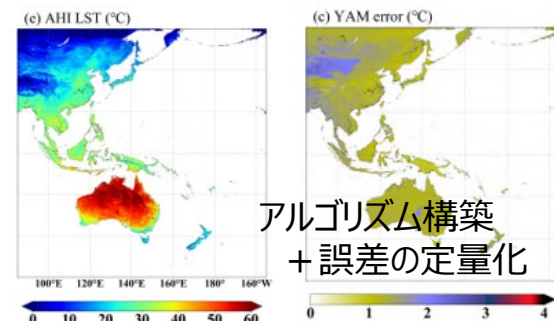
【台風19号 全球観測】 南の海上で発達しながら日本に接近する台風19号の様子を可視・赤外を交えた観測画

CERES Youtube

拠点研究活動の展開

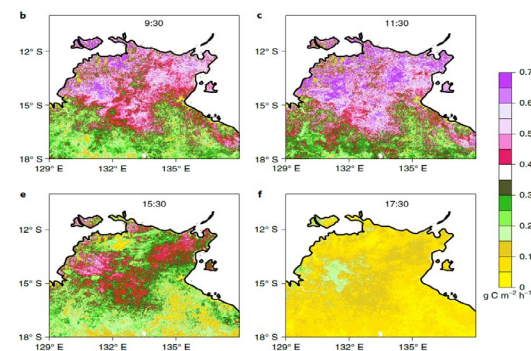
2022-2026

JSPS研究拠点形成事業(a.先端型) 地表面温度の新プロダクト構築・公開
科研費 基盤S



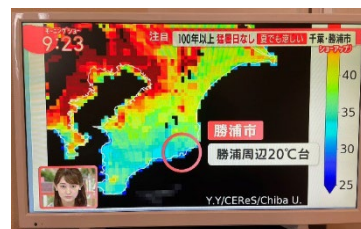
[Yamamoto et al. 2022; ISPRS (IF=11.8)]

植生成長ストレス早期検出(猛暑)



[Xiao et al. 2021, Nature Plants (IF=17.3)]

マスコミ関連例



2022/08/12 羽鳥慎一モーニングショー

国際静止衛星ネットワーク化

国際共同研究 (5ヶ国)
国内40名以上
国外15名以上

IPCC AR6 (2021)

にも
近年進展した
観測技術
として引用

[Miura et al. 2019, Sci Rep]

[他Hashimoto et al. 2021; N. Comm]

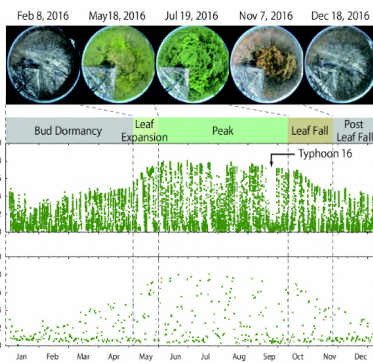
共同利用
を介した
コミュニティ形成

新型静止気象衛星
(ひまわり8号; 2015-)

- ・ 陸域モニタリングに強力
- ・ 10分に1度の超高頻度
- ・ 独自精密位置精度補正

日本の植物季節観測(ひまわり8号)

[データ格段増→温暖化影響評価に適切]

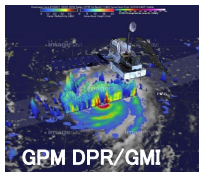


線状降水帯の脅威軽減への応用

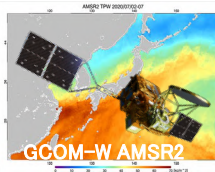
人工衛星・地上観測のビックデータ



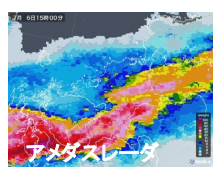
気象観測



全球降水観測

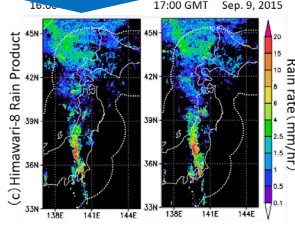
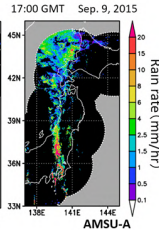
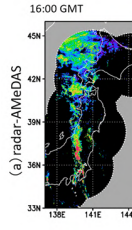
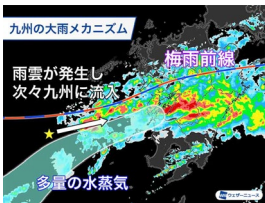


水循環変動観測



雨量変動観測

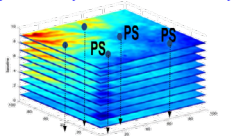
水蒸気量の予測モデル



入力情報

入力情報

全国共同利用共同研究拠点
(データベースサーバー保存)



気象・地上データの蓄積

利用者



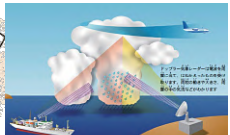
メディア



政府防災関連機関



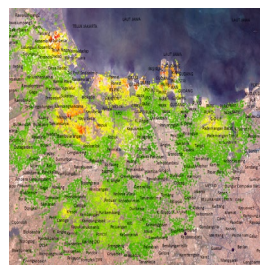
一般利用者



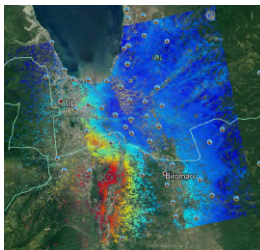
気象教育研究機関

実時間情報公開

マルチセンサによる詳細
地上変化情報公開



地殻変動



地すべり

データ化

情報公開

可視化

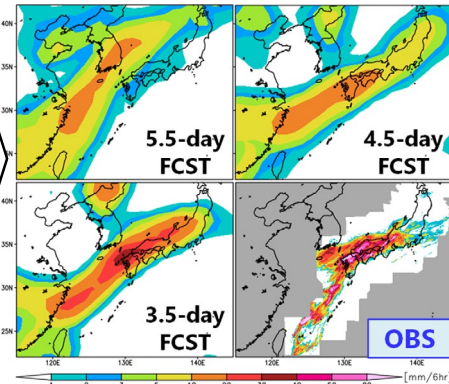
同化解析

災害予報

人工衛星・地上ビックデータと解析モデル(AI、機械学習)によるデータ同化で、線状降水帯(複合災害)の気象予測モデルを行う。



衛星・地上データで
物理量の長時間逆
解析や気象計算



詳細観測

迅速観測

マルチセンサ
による線状降
水帯(複合災
害)の精密・実
時間観測

成層圏
プラットフォーム
HAPS



CP-SAR



HSC

人工衛星
Himawari-8/9
GOSAT, GCOM, GPS、
SAR 等



CP-SAR



HSC

マルチセン
サによる被
災地の集中
観測

昼夜・全天候
型センサ観測

線状降水帯

豪雨

洪水

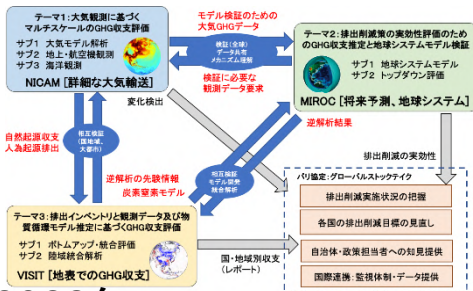
地すべり

SKYNET

地球環境問題に対する国際協定とCEReSの貢献

気候変動（地球温暖化）

パリ協定
カーボンニュートラル宣言



生物多様性

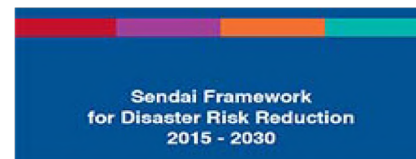
post-愛知目標(本年度)



2019, 2021

評価報告書執筆へ貢献
(統括責任者, 共著者)

防災

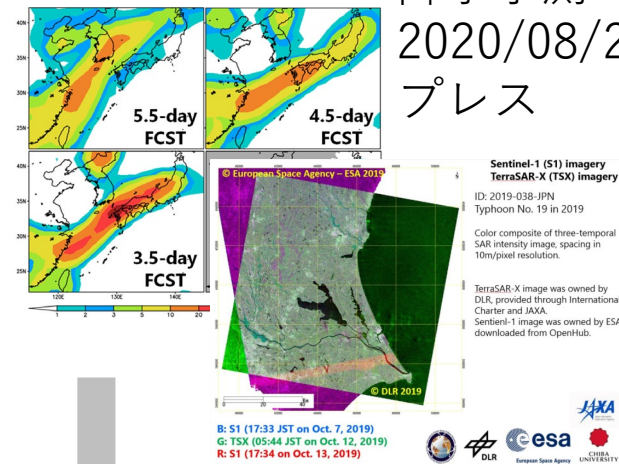


仙台防災枠組2015-2030

豪雨災害の予報・モニタリング
地震予測、被害モニタリング



衛星+モデルによる
降水予測
2020/08/20
プレス



浸水モニタリング

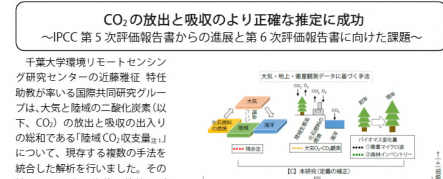
futureearth
Research. Innovation. Sustainability.

千葉大Future Earth etc.

2019年

陸域CO2収支の統合評価(プレス: 2019/12/12)

Future Earthの成果にも引用





文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第17回 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター (2022.10.7)

12:05-12:10(5分) : 研究所・センターの概要
12:10-12:25(15分) : 小槻峻司 気象制御実現への挑戦
12:25-12:45(20分) : 質疑応答

【お願い】

- ☆担当研究所・センターを「共同ホスト」として設定いたしますので、司会進行をお願いします
- ☆録画等される場合は「コンピュータ上に保存」をお願いします（当方では録画等していません）
- ☆13時になりましたら、「共同ホスト→ホスト」に設定変更の上、NPO担当者は退席いたします。

気象制御実現への挑戦

小槻 峻司

(shunji.kotsuki@chiba-u.jp)

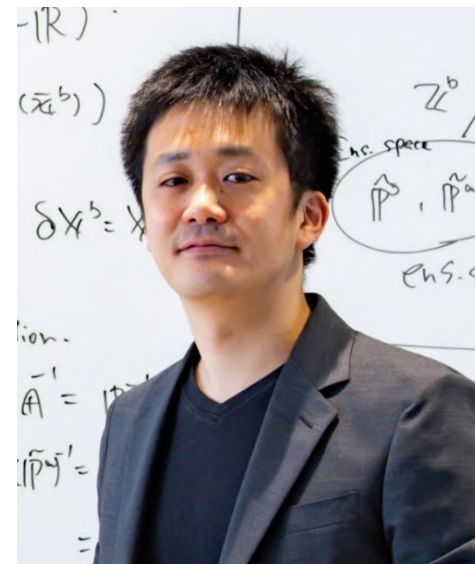
千葉大学

環境リモートセンシング研究センター / 国際高等研究基幹

自己紹介: 小槻 峻司



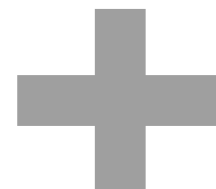
環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing



(36歳)

- 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
- 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
- 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
- 2022.07 千葉大学 国際高等研究基幹 / 環境リモセン 教授

現象科学
(土木・気象・水文)



形式科学
(計算・統計数理)

JSTさきがけ・数理



衛星・情報科学
(リモセン・AI)

内閣府MS・気象制御

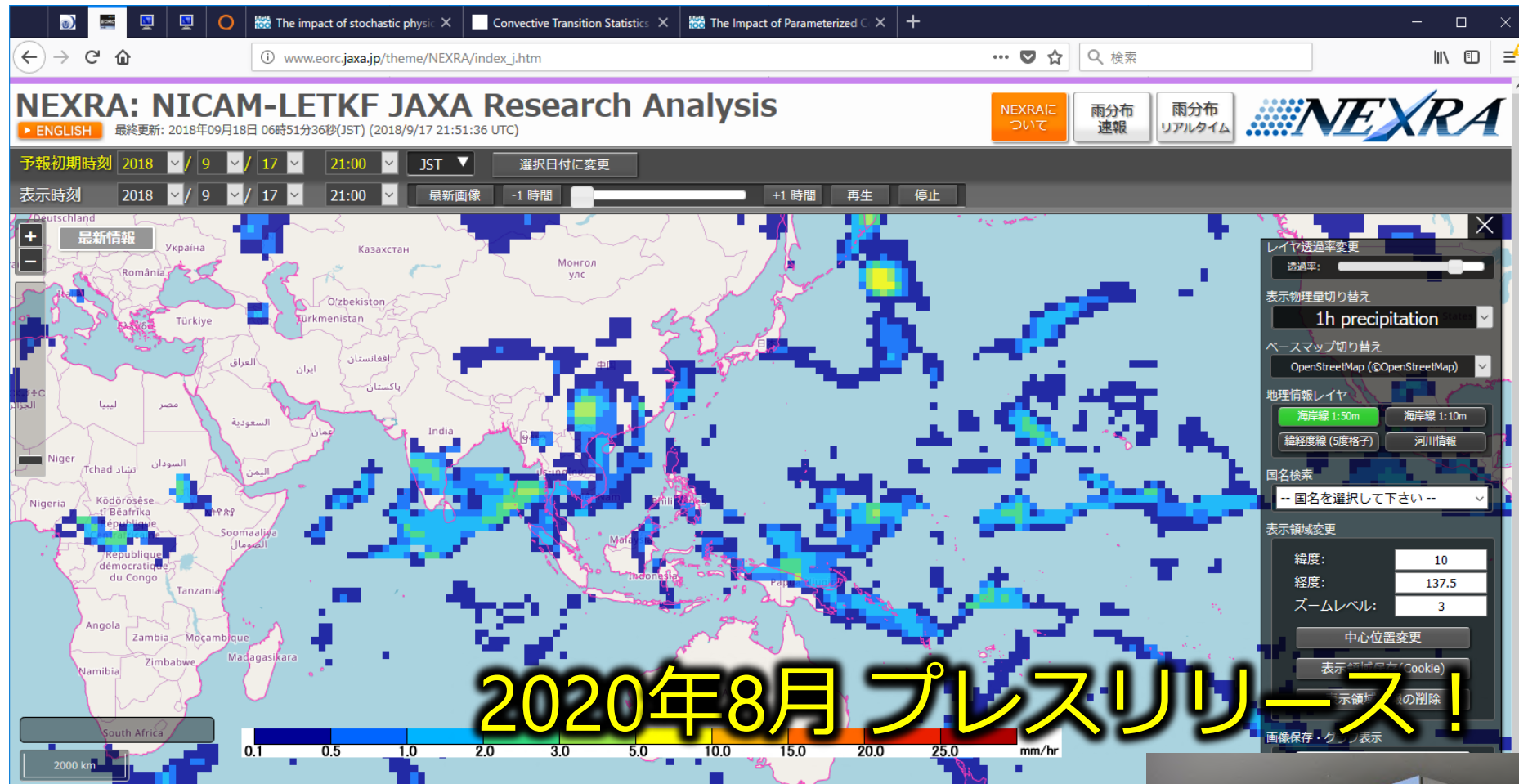
文部科学省関連の活動

- ・2017年 卓越研究員、2022年 文部科学大臣表彰 (若手)
- ・2020年~ 富岳成果加速・防災減災、2022年~ 気候変動予測・先端研究プロ

専門： 全球天気予報の開発



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing



- JAXA, 理研, 東大との共同開発。
- スパコン「富岳」も使い研究推進。
- 膨大な人工衛星情報もデータ同化



- ▶ **(1) 数値天気予報の仕組み**
 - ▶ 分野の基本知識

- ▶ **(2) 気象制御への取り組み**
 - ▶ 我々の挑戦を紹介する

(1) 数値天気予報と 平成30年7月豪雨

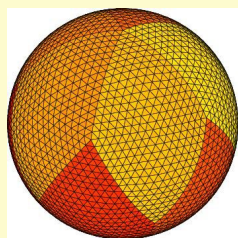
天気予報 と データ同化



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

より良い予測を実現するために必要な技術開発

① 数値天気予報モデル
→ 初期値から時間発展



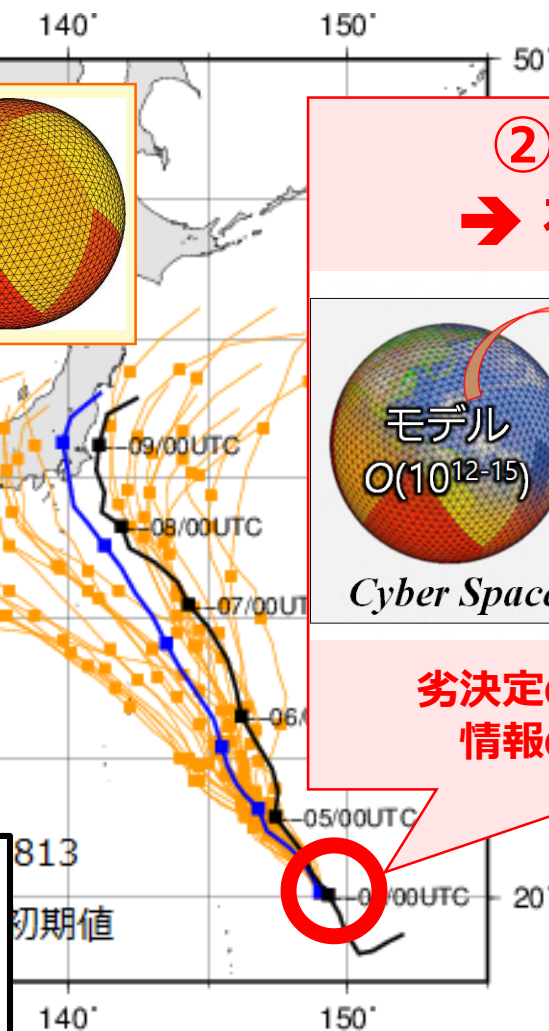
② データ同化
→ 初期値の推定

Prediction



劣決定の逆問題を解くために
情報のスパース性を活用

—: 正解進路
—: 決定論的予報
—: アンサンブル予報

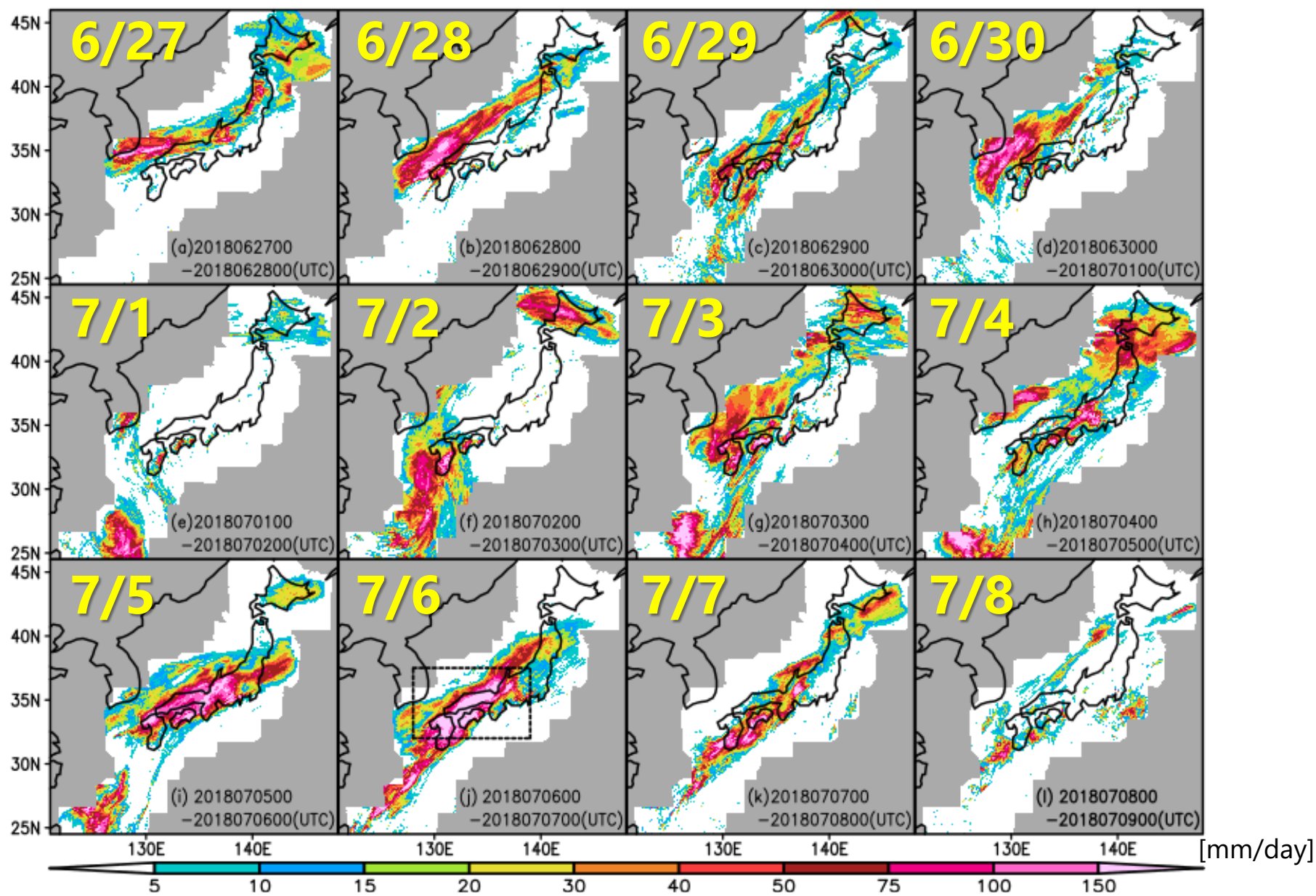


@ 気象庁「アンサンブル予報」より

平成30年7月豪雨 (気象庁観測)



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

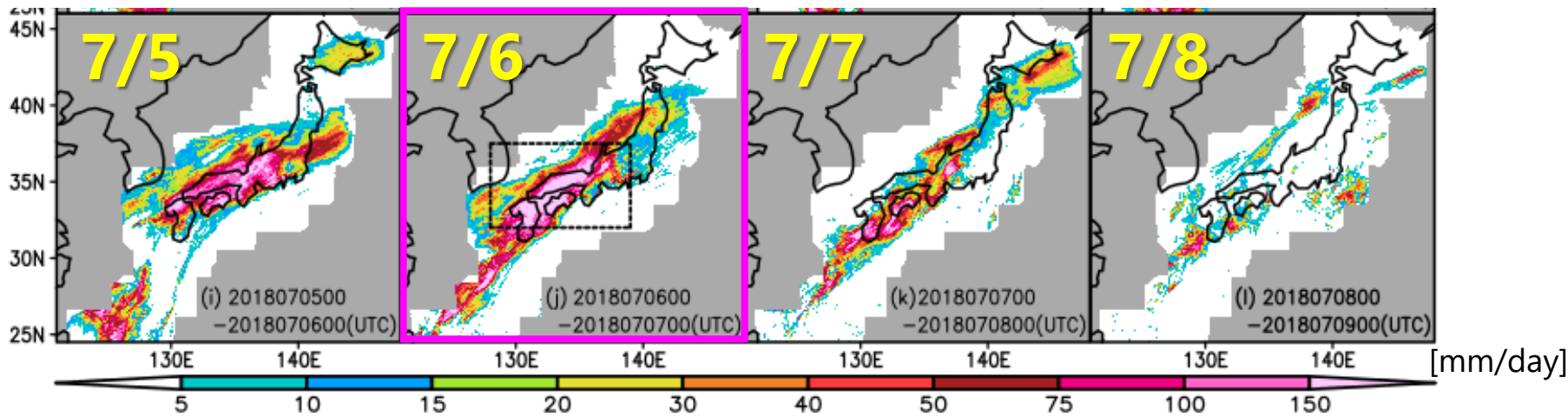


平成30年7月豪雨 (気象庁レーダー観測)

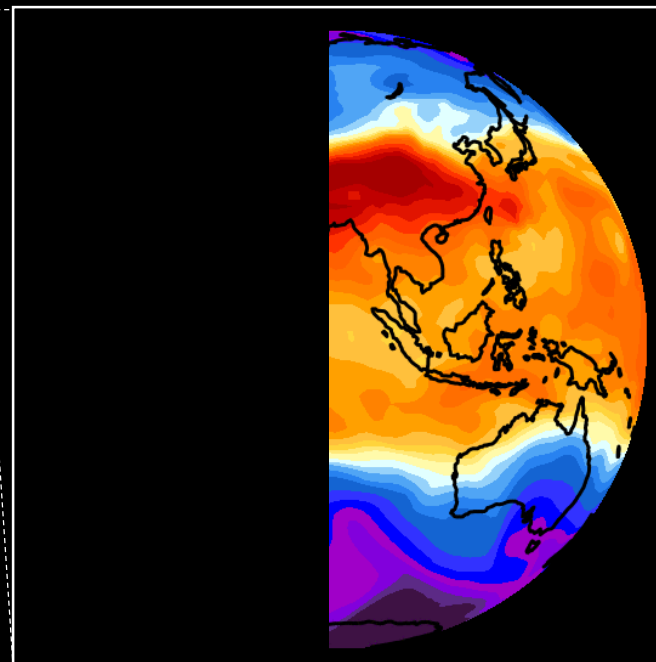


環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

最も激しく降った
7月6日の豪雨は
何日前から
予測可能だったのか？



極端現象の予測は難しい。どうする？



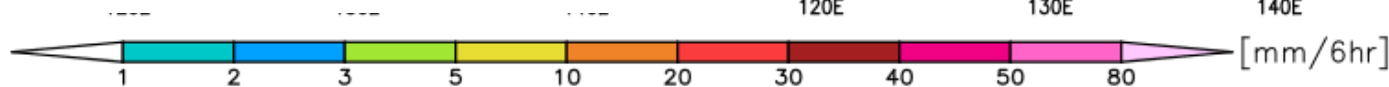
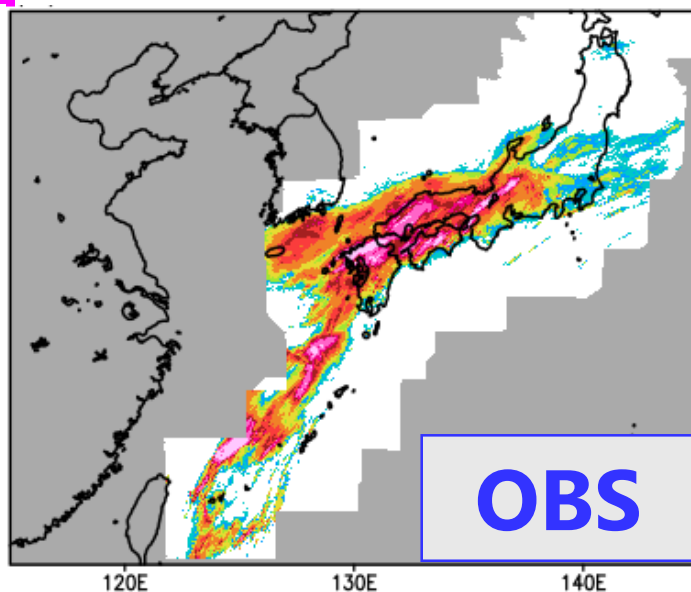
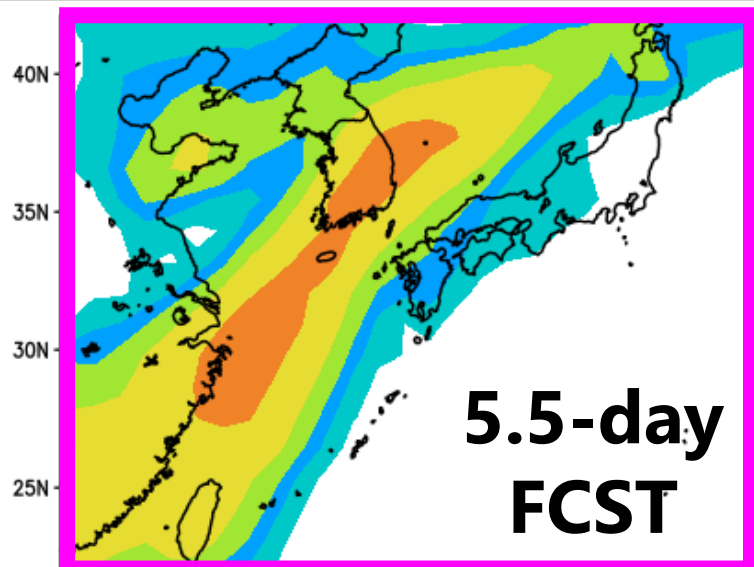
*Running on JAXA's
Supercomputer (JSS3)*

Terasaki et al. (2015), Kotsuki et al. (2019), Chen et al. (in prep.)

NEXRAアンサンブル予測



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing



DA

7/1

7/2

7/3

7/4

7/5

7/6

7/7

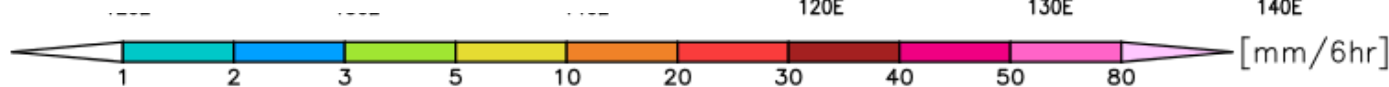
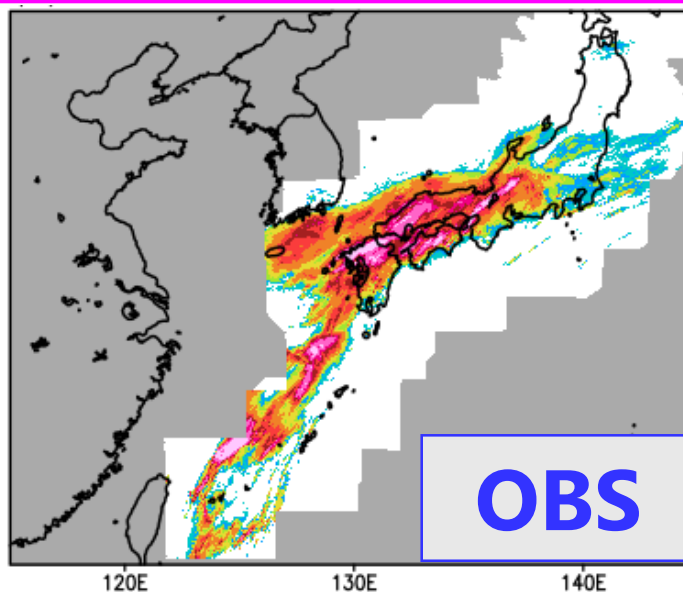
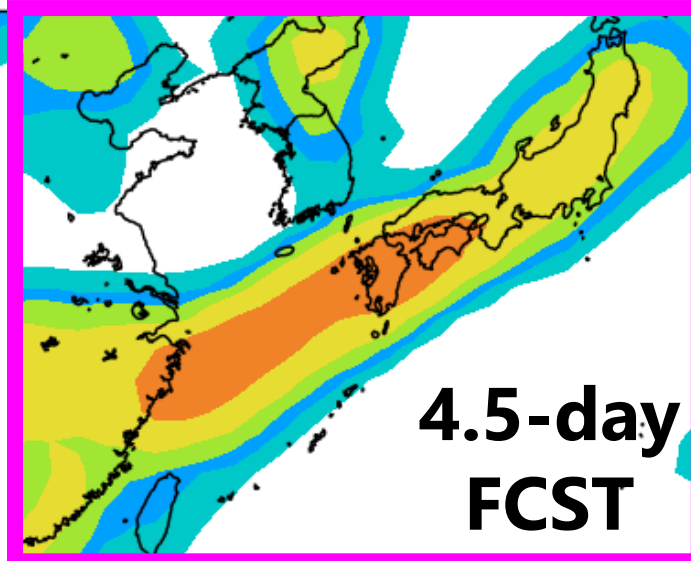
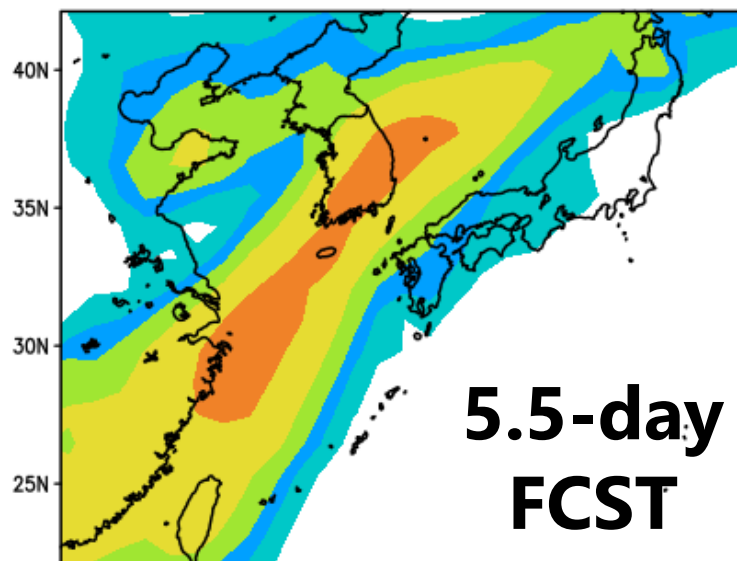
6hr

FCST

NEXRAアンサンブル予測



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing



7/1

7/2

7/3

7/4

7/5

7/6

7/7

DA

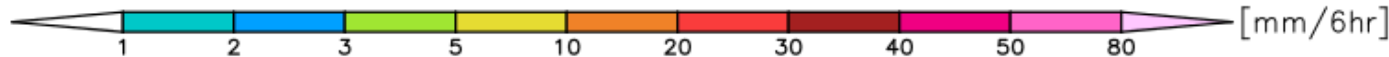
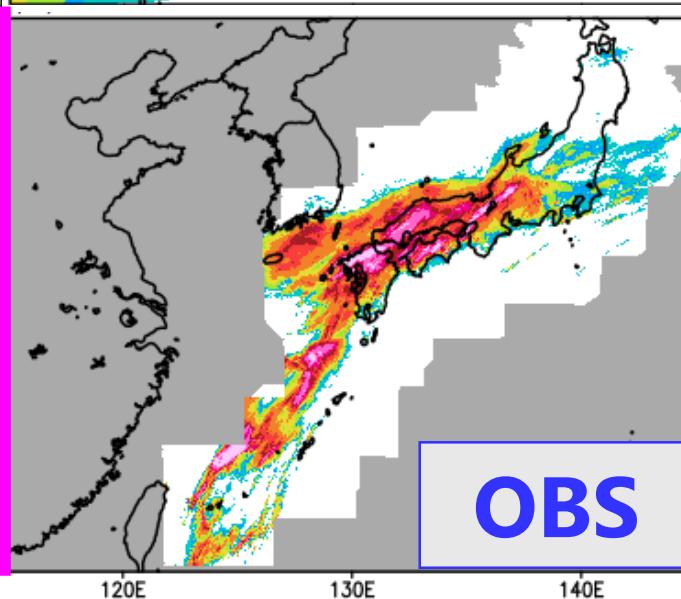
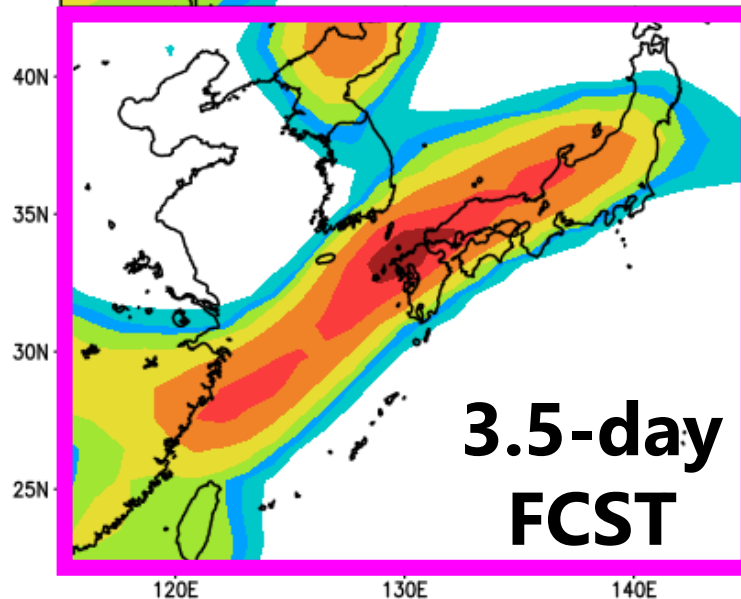
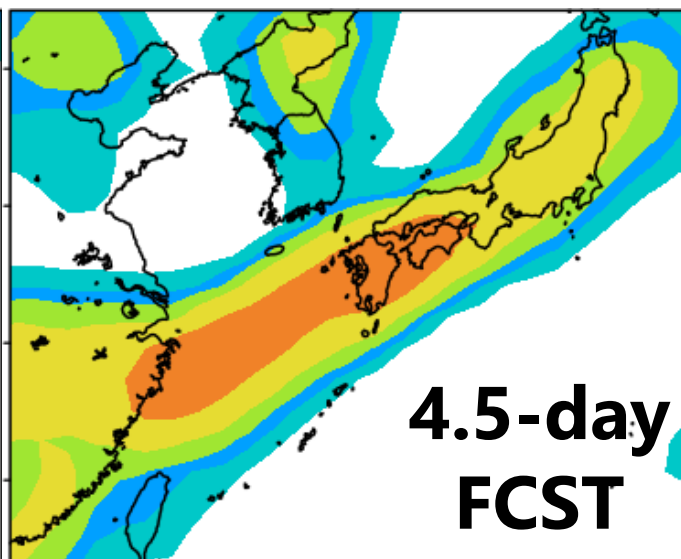
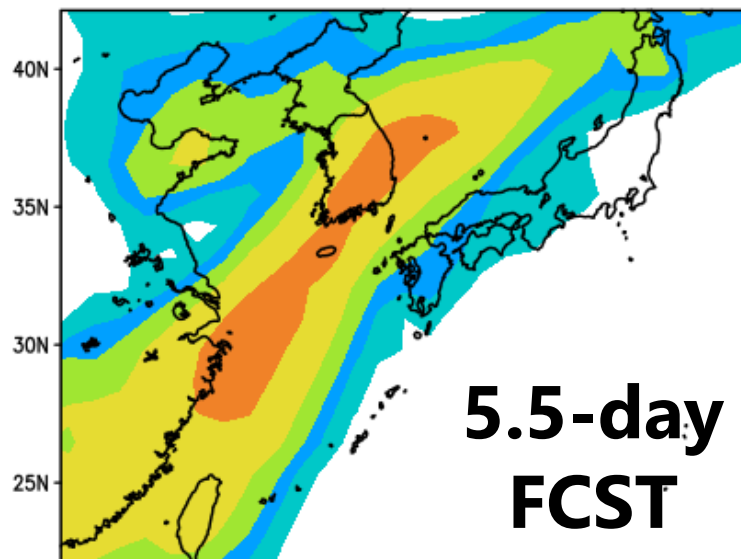
6hr

FCST

NEXRAアンサンブル予測



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing



7/1

7/2

7/3

DA

7/4

7/5

7/6

6hr

7/7

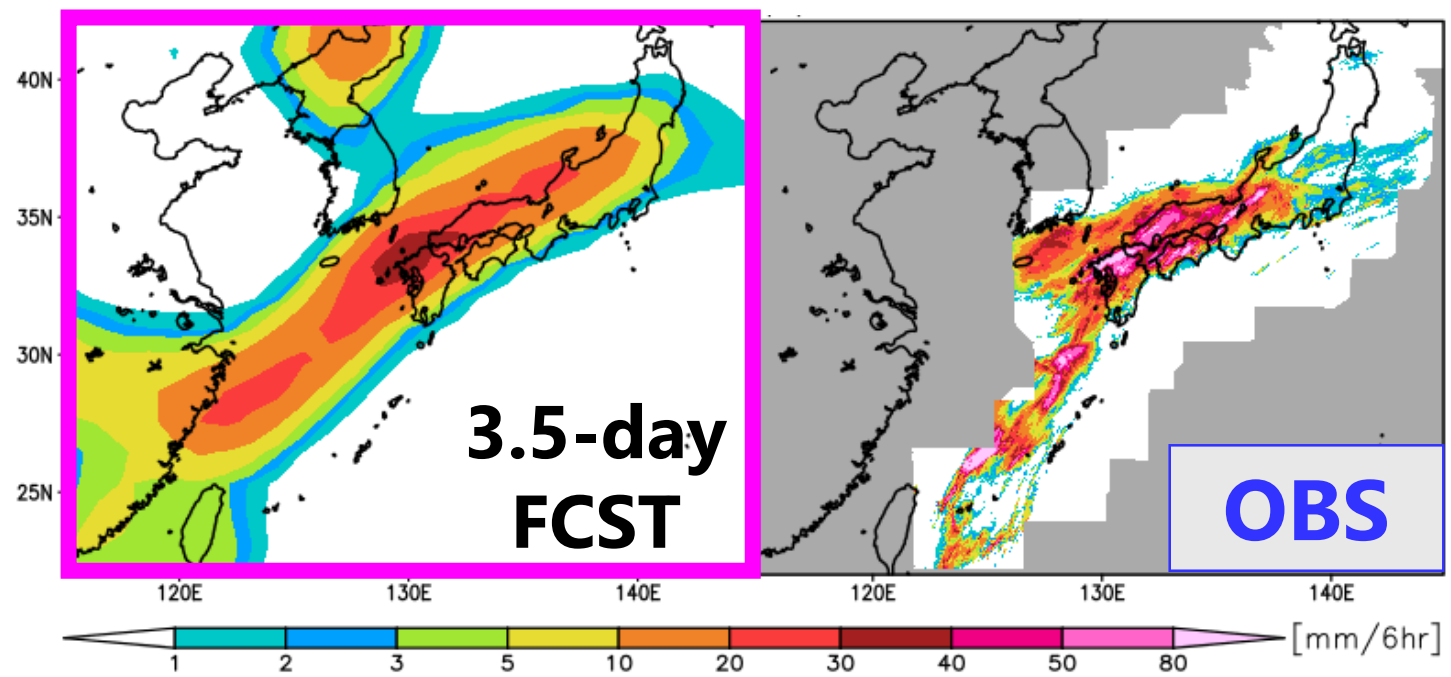
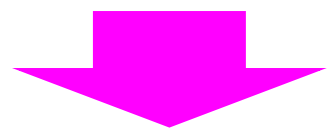
FCST

予測のターニングポイント



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

ここで何が起こったのか？



7/1

7/2

7/3

DA

7/4

7/5

7/6

6hr

7/7

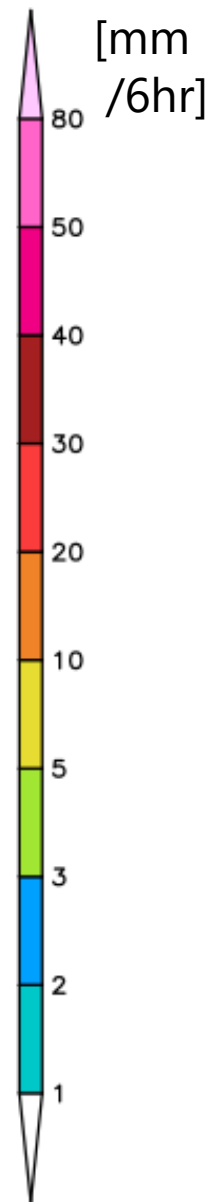
FCST

予測のターニングポイント



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

100個のアンサンブル
降水予測



気象制御実現への挑戦 (ongoing)

気象制御実現への挑戦



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing



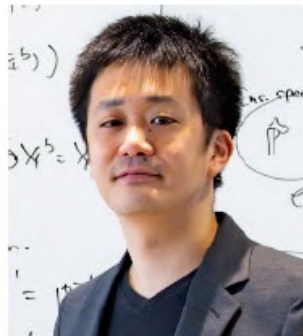
目標8 2050年までに、激甚化しつつある台風や豪雨を制御し極端風水害の脅威から解放された安全安心な社会を実現

気象制御のための制御容易性・被害低減効果の定量化

Project manager

小槻峻司

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



プロジェクト概要

気象制御を実現するためには、意思決定のボトルネックである「制御効果最大化」の議論を可能とする必要があります。その議論に不可欠な「気象制御にかかるコスト」と「気象制御による被害低減効果」の比較検討を行うため、本プロジェクトでは下記の技術開発を行います。

1. 気象制御容易性の定量化
過去の災害事例に対し「少しの操作で災害を回避できる、災害/非災害の分水嶺が存在するか？」を機械学習により明らかにします。
2. 気象制御による被害低減効果の定量化
制御・非制御シナリオの被害金額・影響人口を日本全域で算出することを目指します。

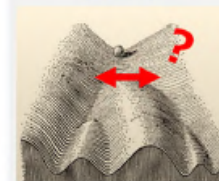
気象・数理・ビジネス
に跨る横断グループ

プロジェクト内の研究開発テーマ構成

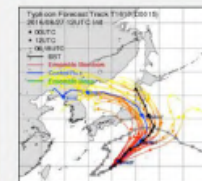
制御効果を最大化



数理研究班
気象制御容易性
の定量化



データ同化研究班
大アンサンブル
気象予測情報創出



経済被害研究班
日本全域の
被害低減効果推定



小槻峻司 (千葉大) 徳田慶太 (筑波大) 小蔵正輝 (大阪大) 小林亮太 (東京大) 薄良彦 (京都大) 井元佑介 (京都大) 山田進二 (SOMPO) 岡崎淳史 (弘前大)

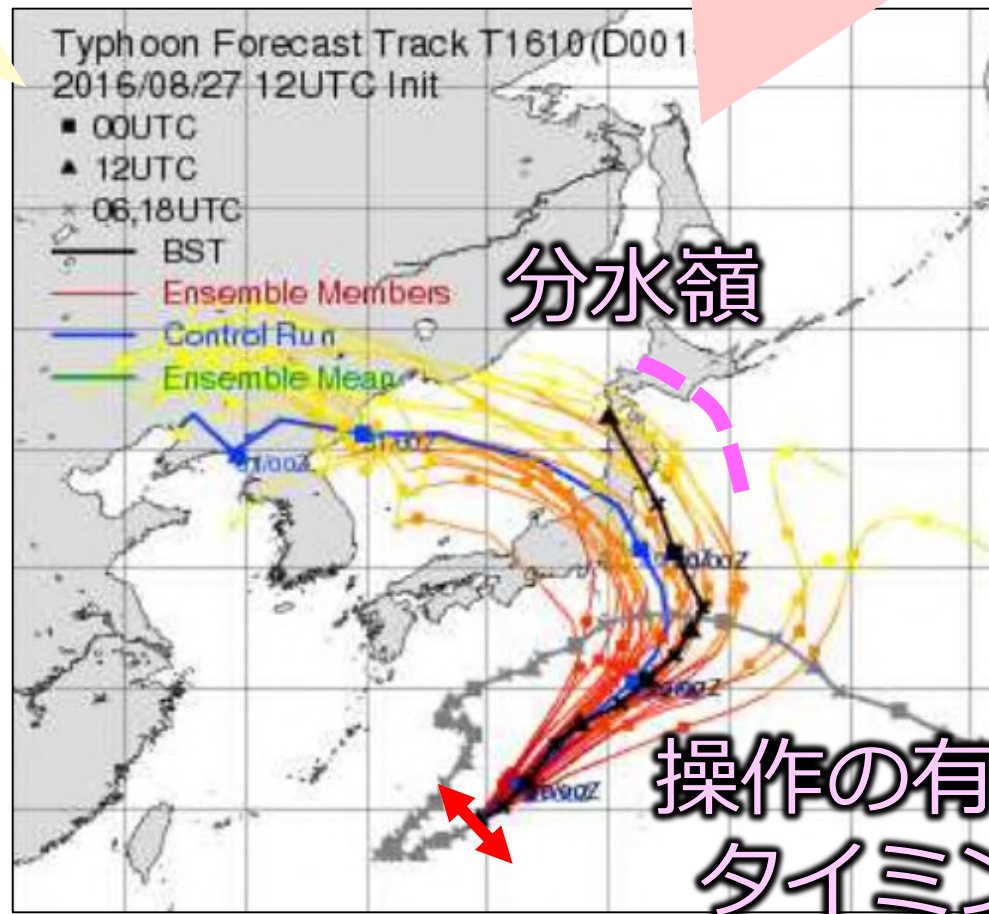
発想の転換：カオスとは？



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

初期値鋭敏であり
決定論的予測に限界がある

特定のアトラクタが存在
→ シナリオの分水嶺や
操作容易な点があるのでは？



気象制御へ向けた研究

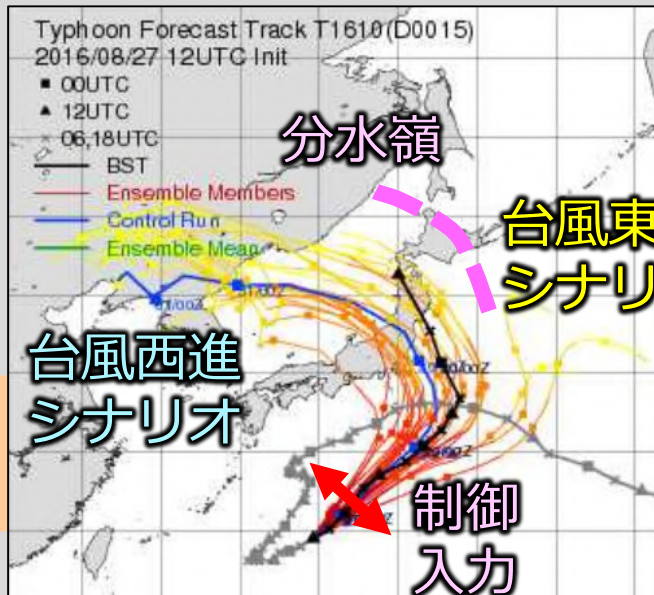


環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

操作有効性の検証

気象・データ同化研究

アンサンブル気象予測



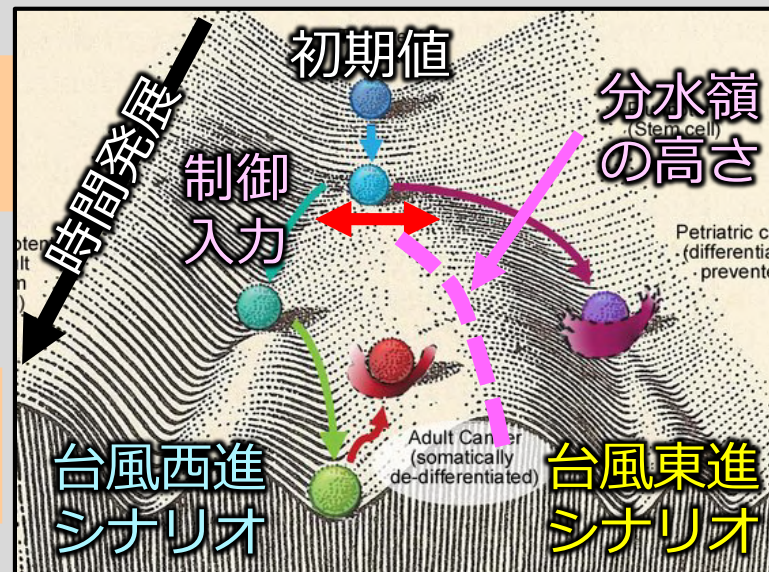
気象
予測

制御
入力

制御あり/なし気象予測

数理研究

低次元空間のランドスケープ

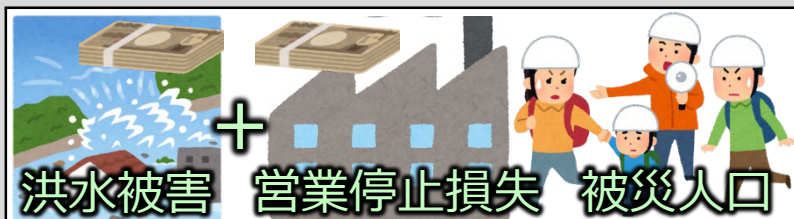


Rossi et al. (2015) を改変

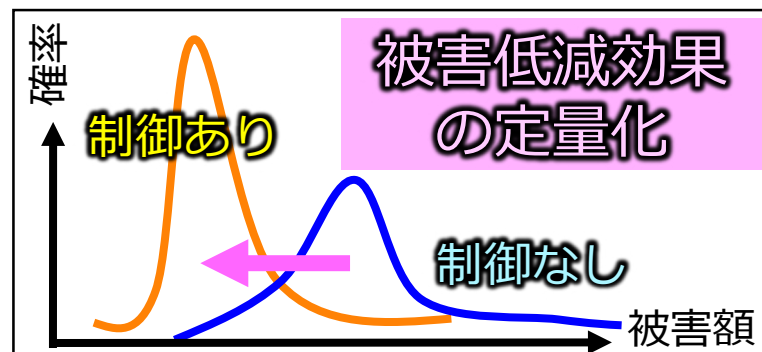
制御容易性を定量化

経済被害研究

日本
全域



被害
比較



気象・数理・損保会社にまたがる分野横断・産学連携チームを組んでムーンショット・気象制御領域で推進中。

- ▶ (1) 大規模データの低次元化
- ▶ (2) 気象状態の高精度な推定
- ▶ (3) 気象モデルの計算高速化

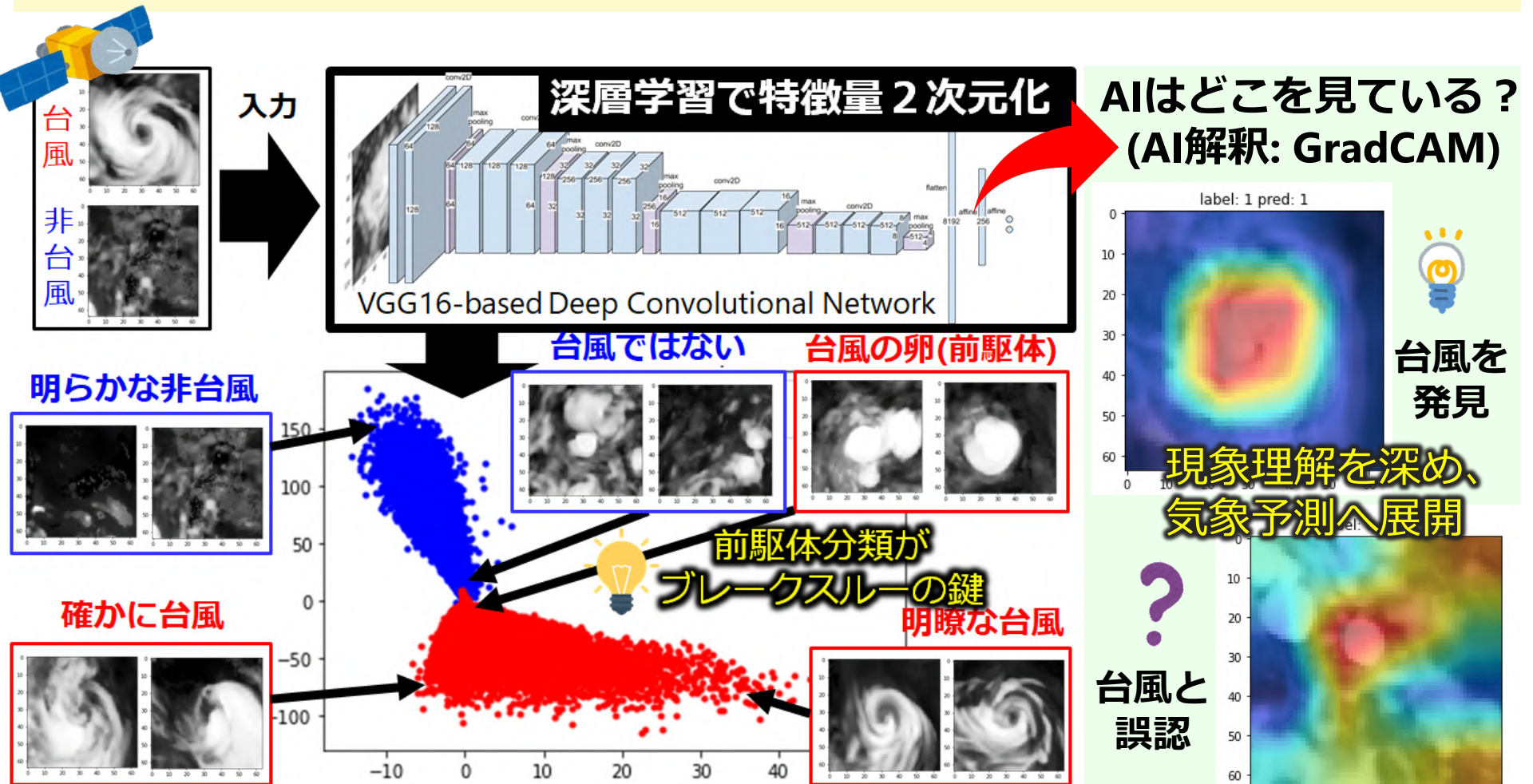
技術開発①: AI 情報圧縮



環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

Issue: 大規模ビッグデータをどうやって情報圧縮するのか？

→ 深層学習による衛星画像圧縮。台風など災害をデータ駆動型予測。



意味: 衛星画像 → たった 2 つの情報特徴量に集約 → 台風を判断可能

技術開発②：観測位置最適化



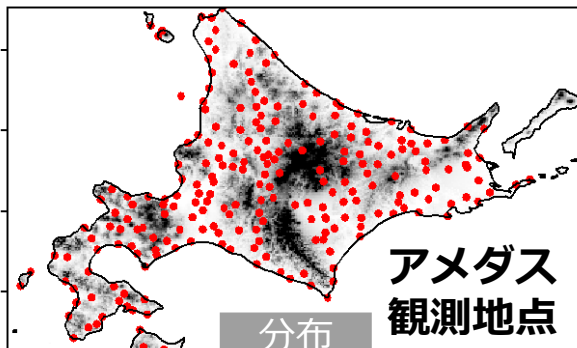
環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

Issue: どうやって気象場を正確に把握するのか？

費用対効果の高い観測をデザインするデータ駆動型技術を開発。

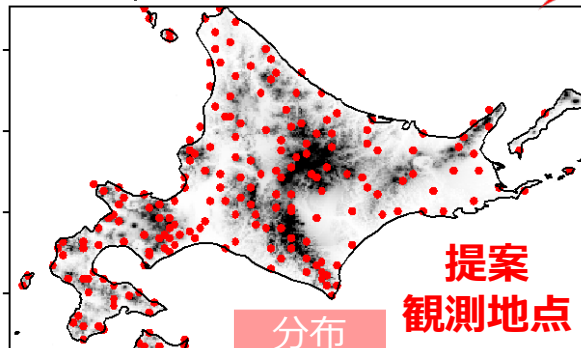
北海道の雨量観測地点への適用例

AMeDAS stations

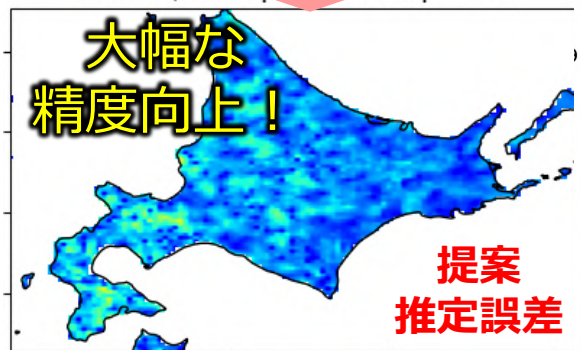
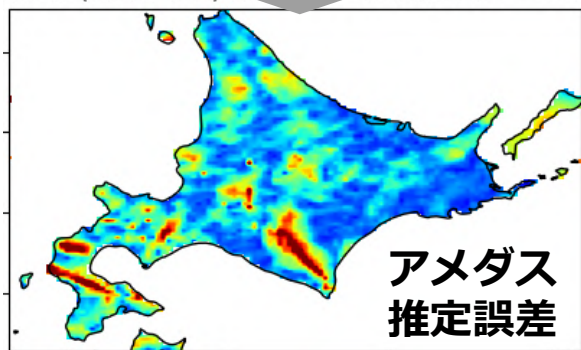


MSE (AMeDAS) for stations = 349

Sparse Sensor Placement



RMSE (SSP) for stations = 200, $p=200$



mm/14days

様々な問題に適用可能

機動的観測の最適化



(気象研・岡本)



気象庁

医学計測の最適化



脳の電極位置
(京都大・中江)

検査のタイミング
(千葉大・川上)

JST・さがけ研究の成果。鉄道総研と実証実験に向け調整中。

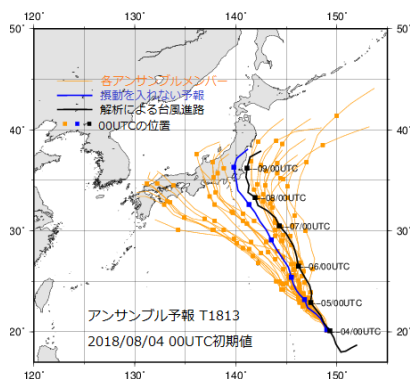
技術開発③: AIで計算高速化



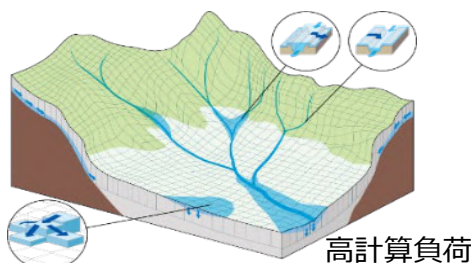
環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

Issue: アンサンブル気象予測を、どう日本全国の洪水氾濫に繋げる？
→ 氾濫予測モデルをAIで学習 & 計算高速化。

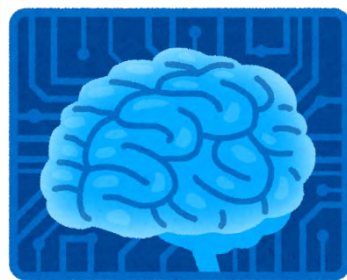
気象予測情報



洪水・氾濫モデル

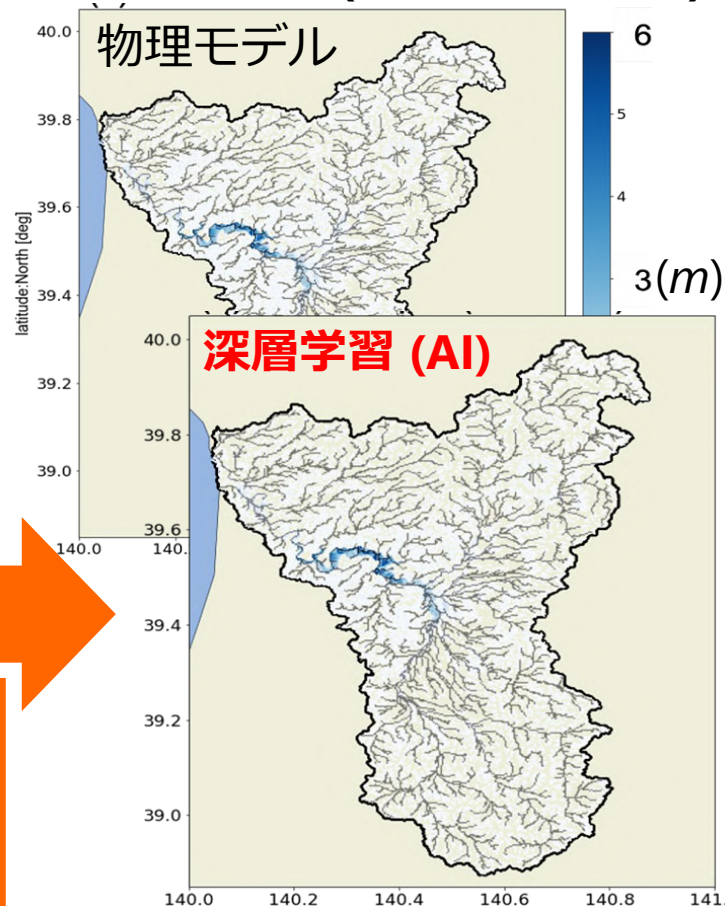


深層学習 (AI)



低計算負荷

最大浸水深 (@秋田・雄物川)



事前の特徴量抽出 (お膳立て) がAIの学習に有効

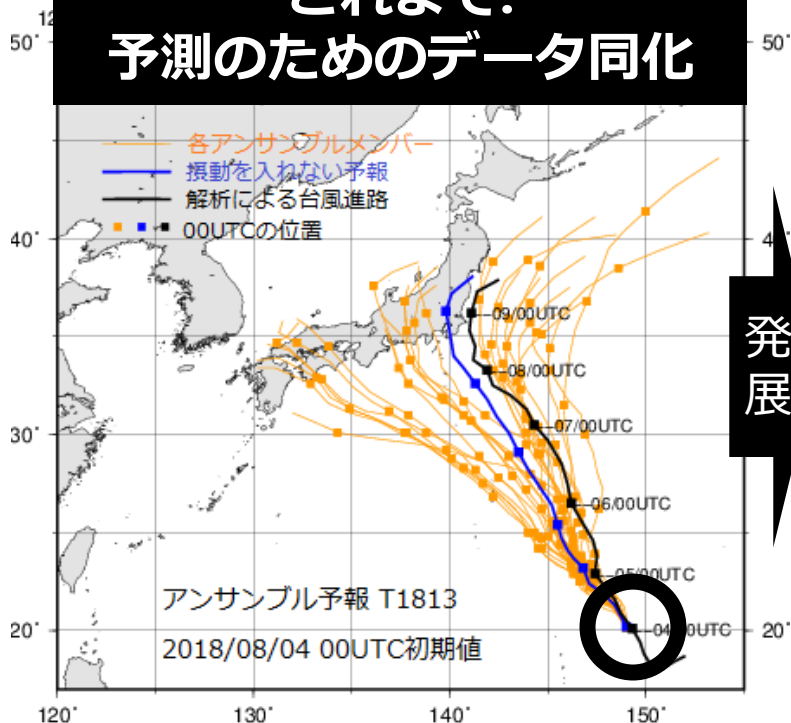
国交省・京大防災研・建設コンサルと共同研究
文科省、富岳・気候変動先端プロなどへも発展中

「予測」のその先へ

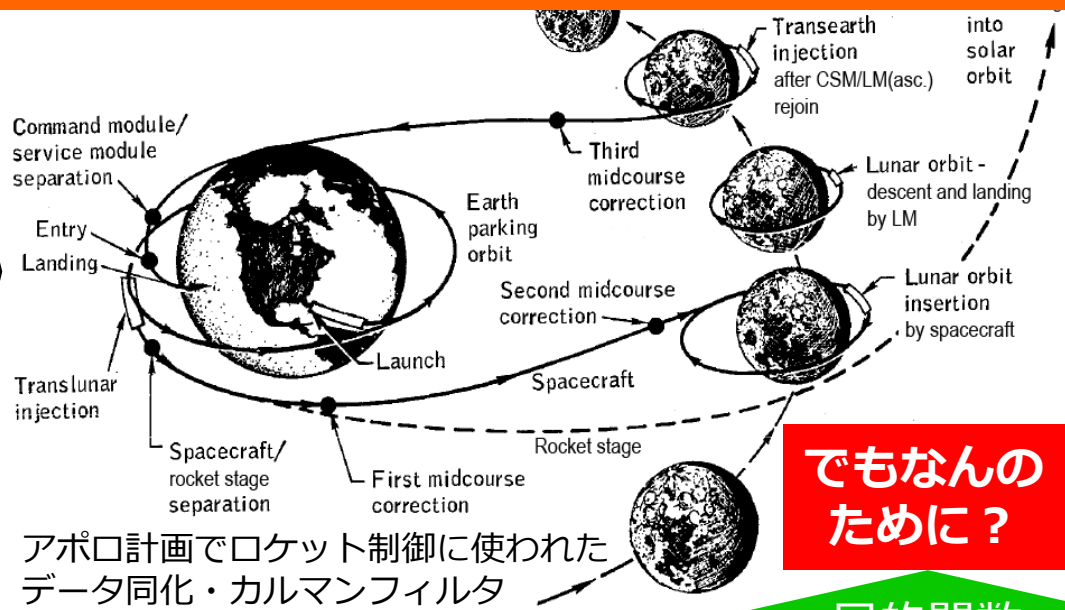


環境リモートセンシング
研究センター
Center for Environmental Remote Sensing

これまで： 予測のためのデータ同化



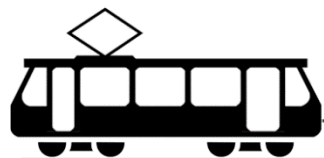
これからの科学的挑戦： 予測&制御&設計のためのデータ同化



アポロ計画でロケット制御に使われた
データ同化・カルマンフィルタ

目的関数

Society 5.0 (スマート社会) → Well-being (幸福社会)

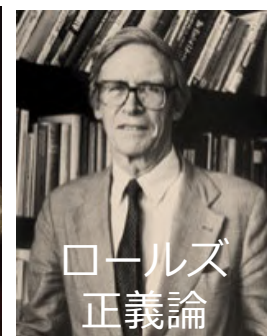
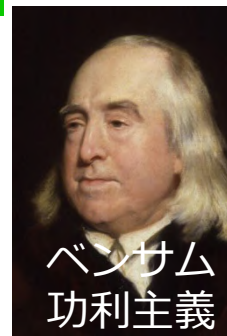


非制御
被害大

気象制御で直面するトロツコ問題
功利主義・幸福最大化は良しとするが、、

制御
被害小？

何を以って幸福？



▶ 分野の動向

- ▶ 人工衛星 Big Data は、地球科学発展に不可欠
- ▶ 「Big Data 解析の先」の研究が世界で深化中
 - ▶ 数値モデル・データ統合
 - ▶ 衛星データ同化研究の強化 (米国・NASA、ドイツ気象局など)
 - ▶ モデル・同化・AI統合気象予測 (欧州・中期気象予測センター)
 - ▶ データ駆動型予測
 - ▶ 短時間降水予測 (google/deepmind)
 - ▶ 気候モデルの模倣 (NDIVIA)
- ▶ → 戦略: 「より良いIssue」で戦う

▶ 挑戦中のIssue: 気象制御の実現

- ▶ Issue 1 気象の次元圧縮 → 深層学習
- ▶ Issue 2 計算の高速化 → AIによるエミュレーティング
- ▶ Issue 3 予測の高度化 → 計測位置の最適化

イシューからはじめよ

知的生産の「シンプルな本質」

ISSUE
DRIVEN

ヤフー株式会社 COO室長
安宅和人

問題を「良く解く」より
「良い問題」を解く