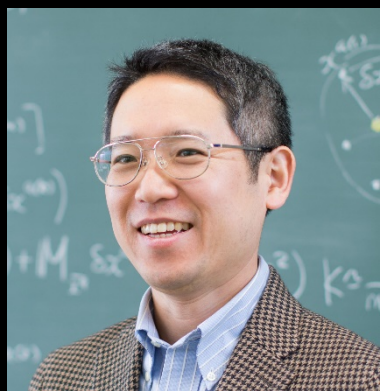


ビッグデータ同化

～ ゲリラ豪雨予測から、予測科学へ～



みよし たけまさ
三好 建正

Ph.D. (Meteorology)
データ同化研究者

理化学研究所
計算科学研究センター
データ同化研究チーム



Youtube動画：データ同化研究—ゲリラ豪雨予測から、その先へ
<https://www.youtube.com/watch?v=ifQWmhhhRbhM>

Who am I?

大学卒業



気象庁企画課 (2年)



気象庁数値予報課 (1.25年)



メリーランド大学大学院留学
(2年, M.S. and Ph.D.)



気象庁数値予報課 (3.5年)



メリーランド大学 (4年)



理化学研究所 (7年+)

<http://data-assimilation.riken.jp/~miyoshi/>

Takemasa Miyoshi, Ph.D.

Team Leader

Data Assimilation Research Team
RIKEN Center for Computational Science

Deputy Director

RIKEN interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences
(iTHEMS) Program

Chief Scientist

Prediction Science Laboratory
RIKEN Cluster for Pioneering Research

Visiting Professor

University of Maryland, College Park

Affiliate Professor

Graduate School of Science, Kyoto University

Visiting Principal Scientist

Application Laboratory, JAMSTEC

Research Counselor

Servicio Meteorológico Nacional (National Meteorological Service),
Argentina



Education

- **2005** Ph.D. in Meteorology, University of Maryland, College Park, Maryland, USA ([Dissertation PDF](#))
- **2004** M.S. in Meteorology, University of Maryland, College Park, Maryland, USA ([Scholarly Paper PDF](#))
- **2000** B.S. in Physics, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto, Japan

TEDx
Sannomiya

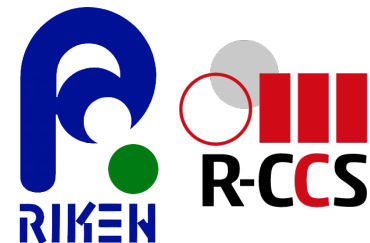


<http://tedxsannomiya.com/en/speakers/takemasa-miyoshi/>

データ同化研究チーム

Data Assimilation Research Team

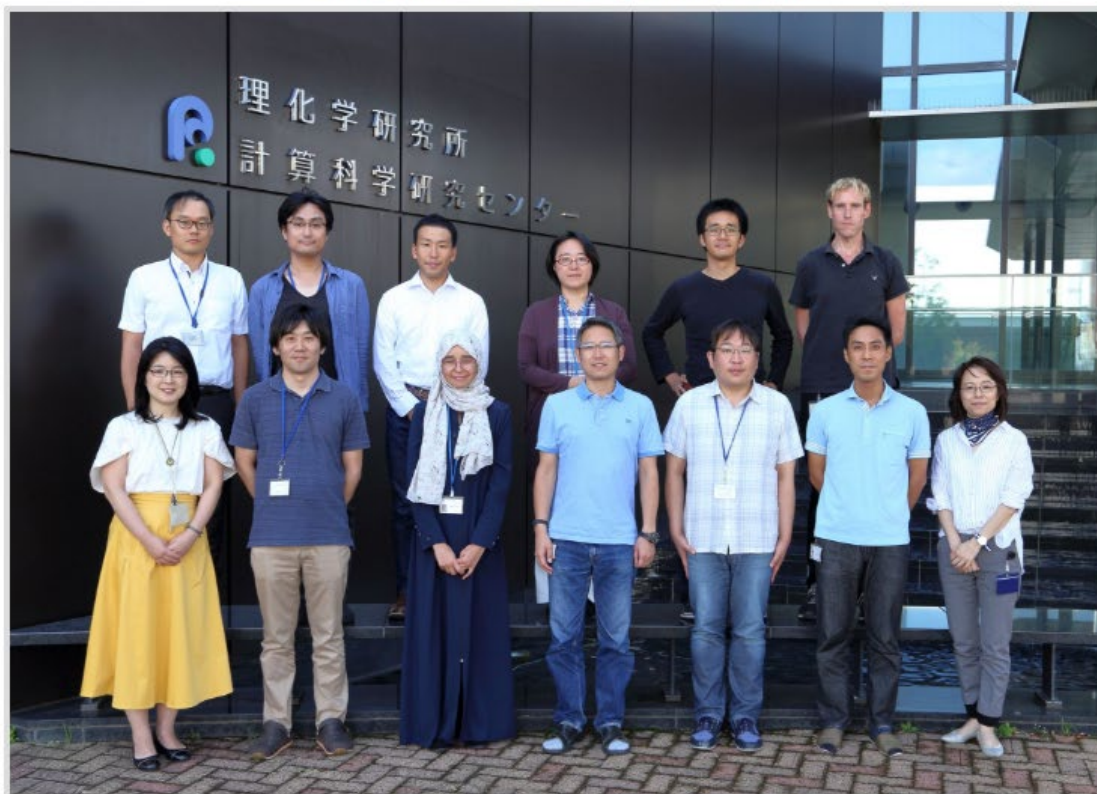
```
CALL MPI_BARRIER(MPI_COMM_WORLD, ierr)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(0, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(1, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(2, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(3, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(4, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(5, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(6, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(7, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(8, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(9, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(10, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(11, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(12, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(13, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(14, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(15, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(16, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(17, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(18, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(19, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(20, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(21, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(22, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(23, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(24, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(25, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(26, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(27, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(28, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(29, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(30, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(31, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(32, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(33, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(34, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(35, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(36, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(37, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(38, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(39, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(40, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(41, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(42, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(43, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(44, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(45, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(46, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(47, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(48, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(49, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(50, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(51, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(52, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(53, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(54, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(55, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(56, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(57, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(58, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(59, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(60, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(61, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(62, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(63, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(64, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(65, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(66, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(67, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(68, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(69, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(70, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(71, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(72, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(73, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(74, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(75, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(76, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(77, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(78, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(79, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(80, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(81, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(82, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(83, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(84, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(85, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(86, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(87, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(88, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(89, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(90, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(91, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(92, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(93, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(94, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(95, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(96, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(97, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(98, ana30_ana20)
CALL MPI_GET_PROCESSOR_NAME(99, ana30_ana20)
CALL MPI_FINALIZE(ierr)
```



データ同化研究チームについて

データ同化研究チームでは、データ同化に関する研究開発を行っています。例えば天気予報は、高度な計測技術、スーパーコンピューティング技術、情報通信技術など、人類が生み出した科学技術の結晶です。これらを組み合わせる要が、データ同化という科学分野です。データ同化を高度に探求することで、最新鋭のレーダー観測、スーパーコンピュータ「京」を組み合わせ、これまで困難だったゲリラ豪雨の予測を可能にしました。データ同化は未来をつなぎ、その可能性が広がり始めています。

▶ Youtube 動画: データ同化研究 -ゲリラ豪雨予測から、その先へ-



2019年10月4日 理研 R-CCS にて

[/www.data-assimilation.riken.jp/](http://www.data-assimilation.riken.jp/)

チームリーダー	研究員	研究員
		
三好建正 (みよしたけまさ)	寺嶋康児 (てらさきこうじ)	大塚成徳 (おつかしげのり)

特別研究員	特別研究員	特別研究員	特別研究員
			
本田匠 (ほんただたくみ)	高玉孝平 (たかたまこうへい)	James Taylor (ジェームズテイラー)	田宮新 (あめみやあらた)

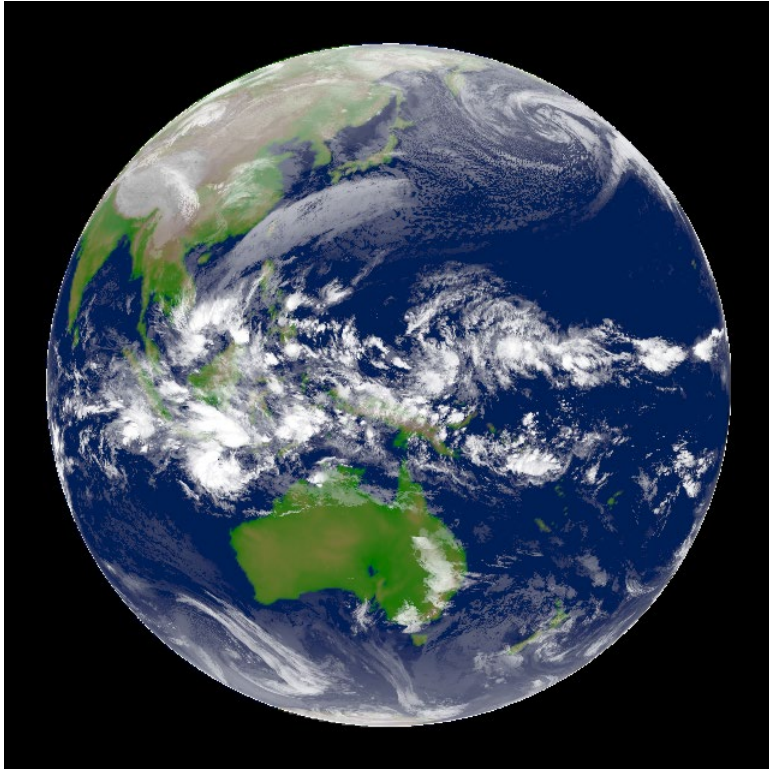
特別研究員	リサーチ アソシエイト	テクニカルスタッフ
		
Maha Mdini (マハムジニ)	前島康光 (まえじまやすみつ)	坂本英之 (さかもとひでゆき)

序章

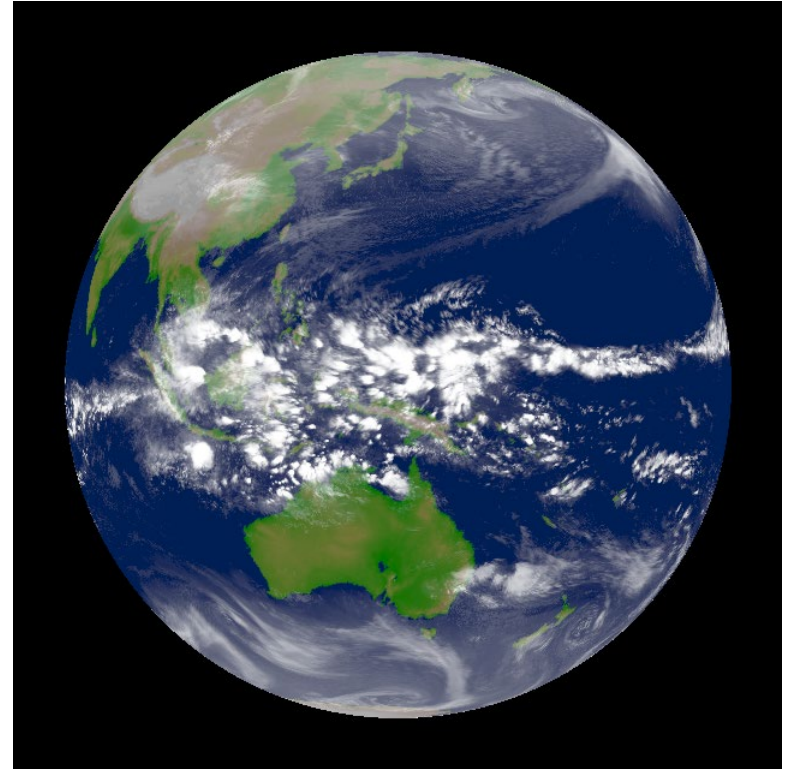
数値天気予報について

シミュレーションと本当の観測、どっち？

A



B

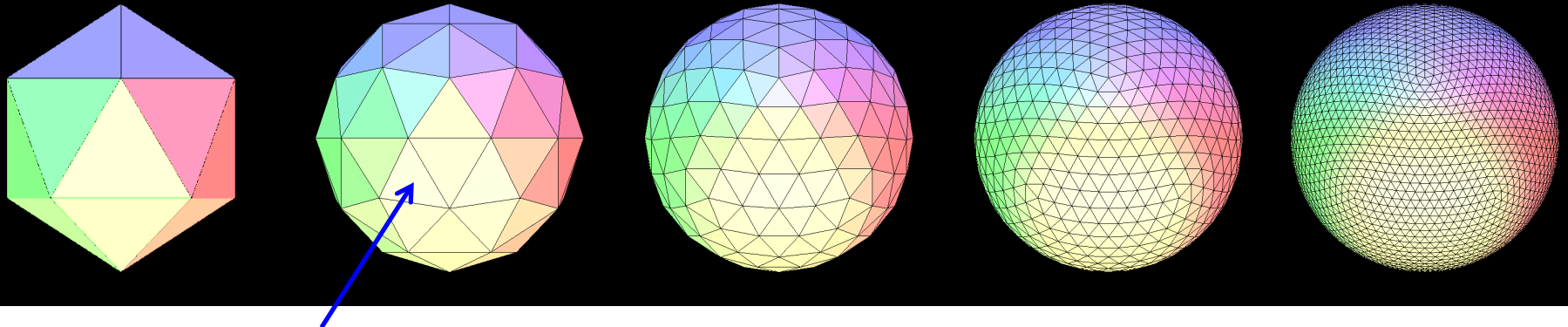


東京大学 三浦裕亮 准教授 提供

天気予報シミュレーションの方法

1. 地球を細かく分割します。

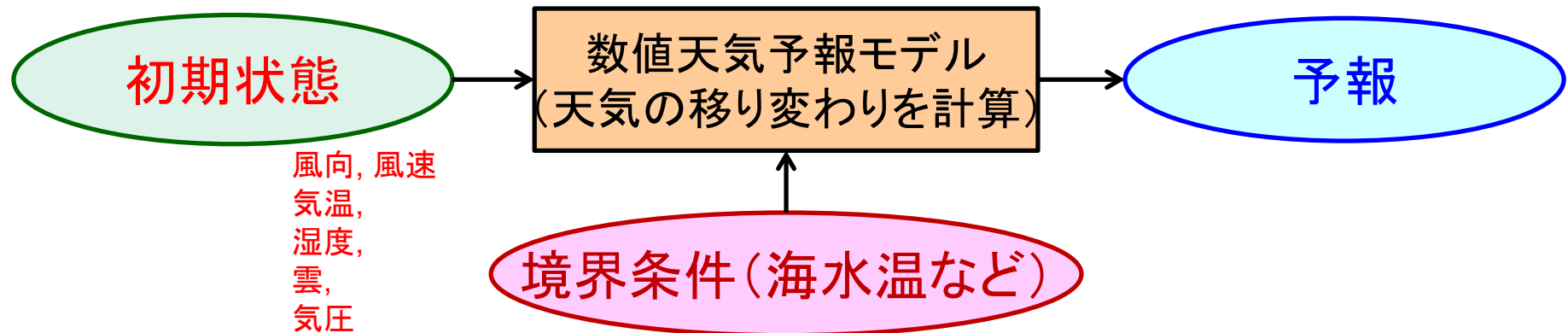
東京大学 三浦裕亮 准教授 提供



分割したそれぞれの場所で、「大気状態」を考えます。

風速、風向、気温、湿度、雲、気圧

2. 周辺の影響などを考えて、天気の移り変わりを計算します。

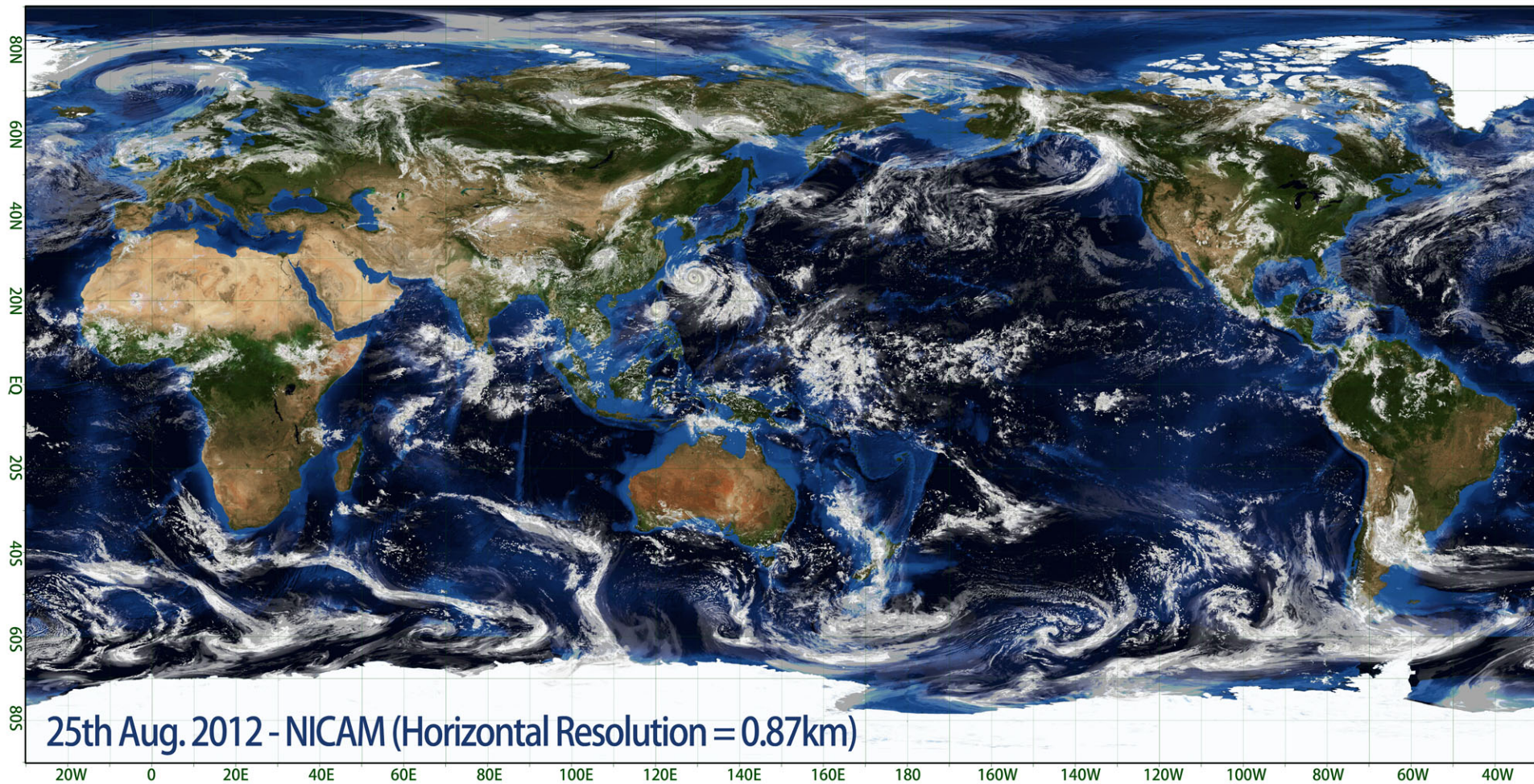




©RIKEN

最先端のシミュレーション (*Miyamoto et al. 2013*)

「京」による全球870メートル世界最高解像度のシミュレーション

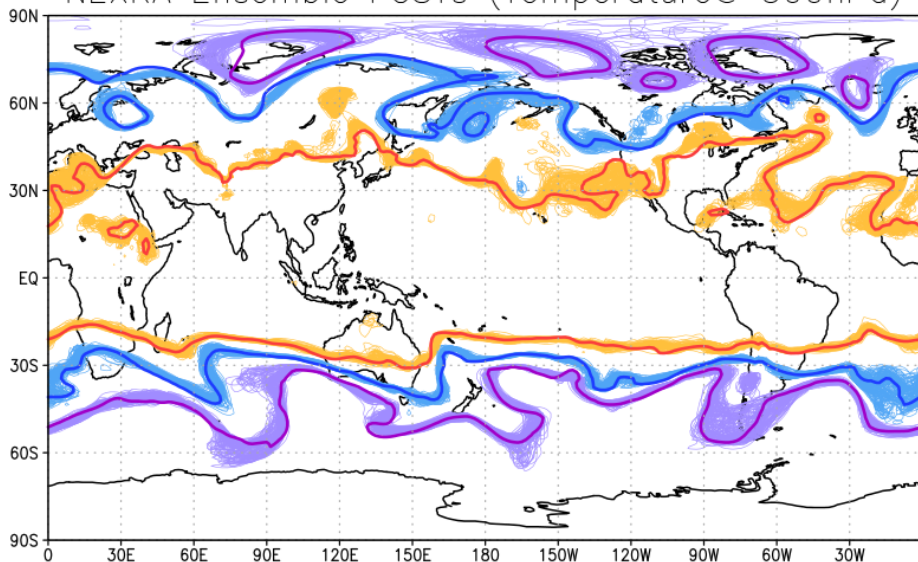


©JAMSTEC・AORI (SPIRE Field3), RIKEN/AICS
Visualized by Ryuji Yoshida

予報の誤差はだんだん増える

1日予報

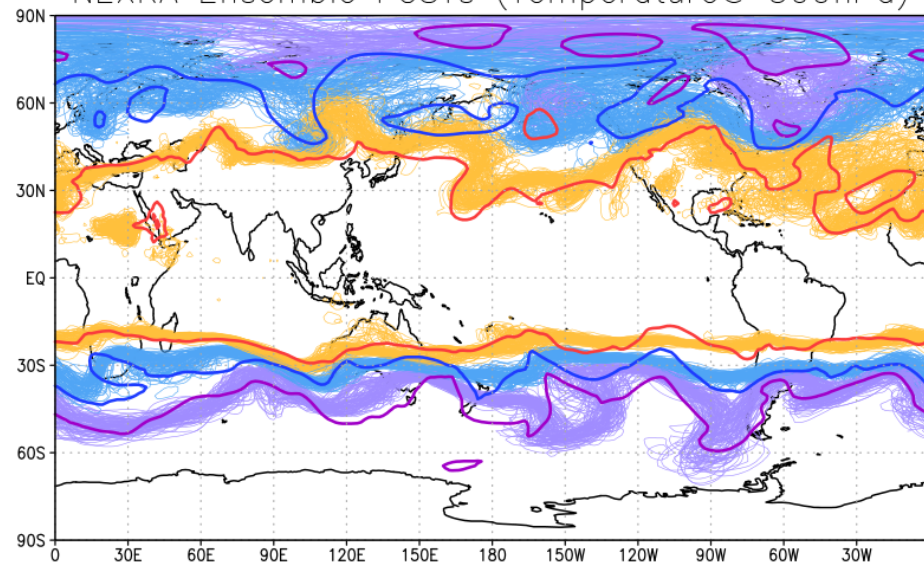
NEXRA Ensemble FCSTs (Temperature@ 500hPa)



FCST INITIALIZED TIME :: 2018070300
FCST EVALUATION TIME :: 2018070400 (FCST LEAD TIME=024hr)
ENSEMBLE FCST at FCST TIME { —: -24 —: -16 —: -8 [deg]}
ANALYSIS MEAN at FCST TIME { —: -24 —: -16 —: -8 [deg]}

5日予報

NEXRA Ensemble FCSTs (Temperature@ 500hPa)



FCST INITIALIZED TIME :: 2018070300
FCST EVALUATION TIME :: 2018070800 (FCST LEAD TIME=120hr)
ENSEMBLE FCST at FCST TIME { —: -24 —: -16 —: -8 [deg]}
ANALYSIS MEAN at FCST TIME { —: -24 —: -16 —: -8 [deg]}

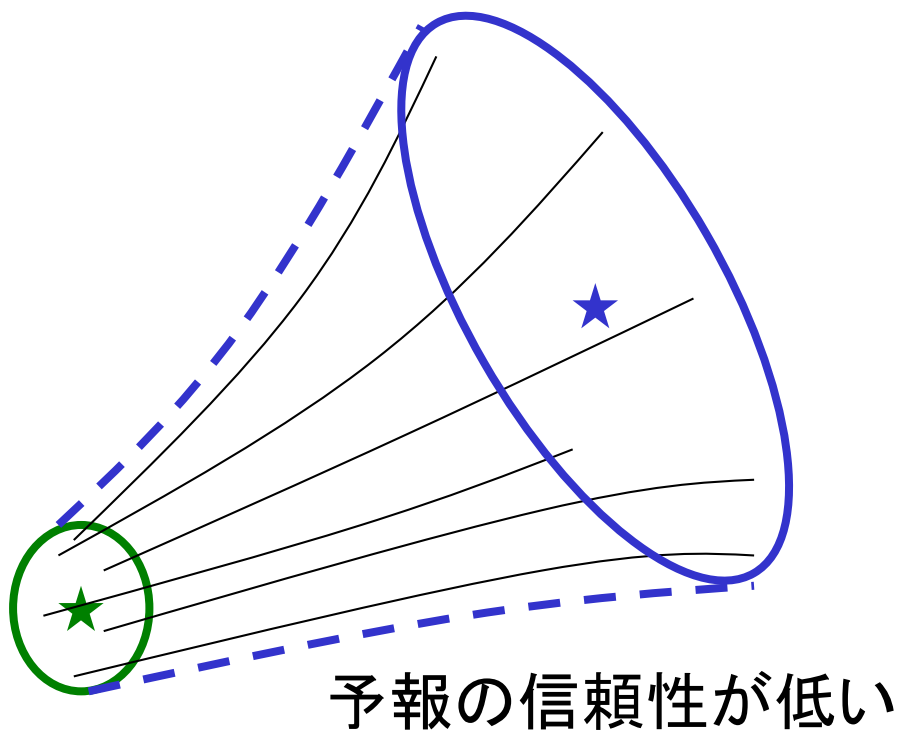
第1章

予測可能性の数理

予測について科学する

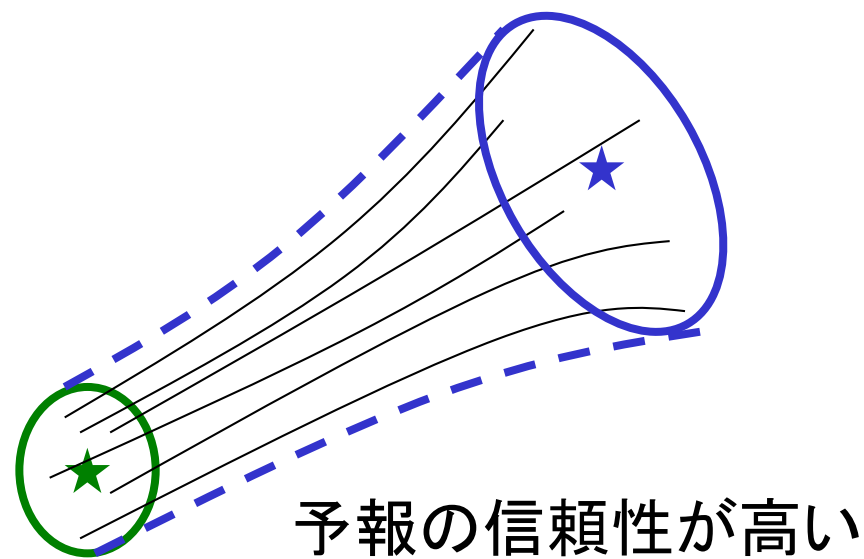
- どんな予報が当たりやすいか？
 1. 雷雨
 2. 季節予報(この夏は暑い夏になる？)
 3. 潮の満ち引き
 4. 日食
 5. 株価
 6. 誰と結婚するか？
- 予報の信頼性は何が決めるか？

カオス性の強さ



$T=t_0$

$T=t1$



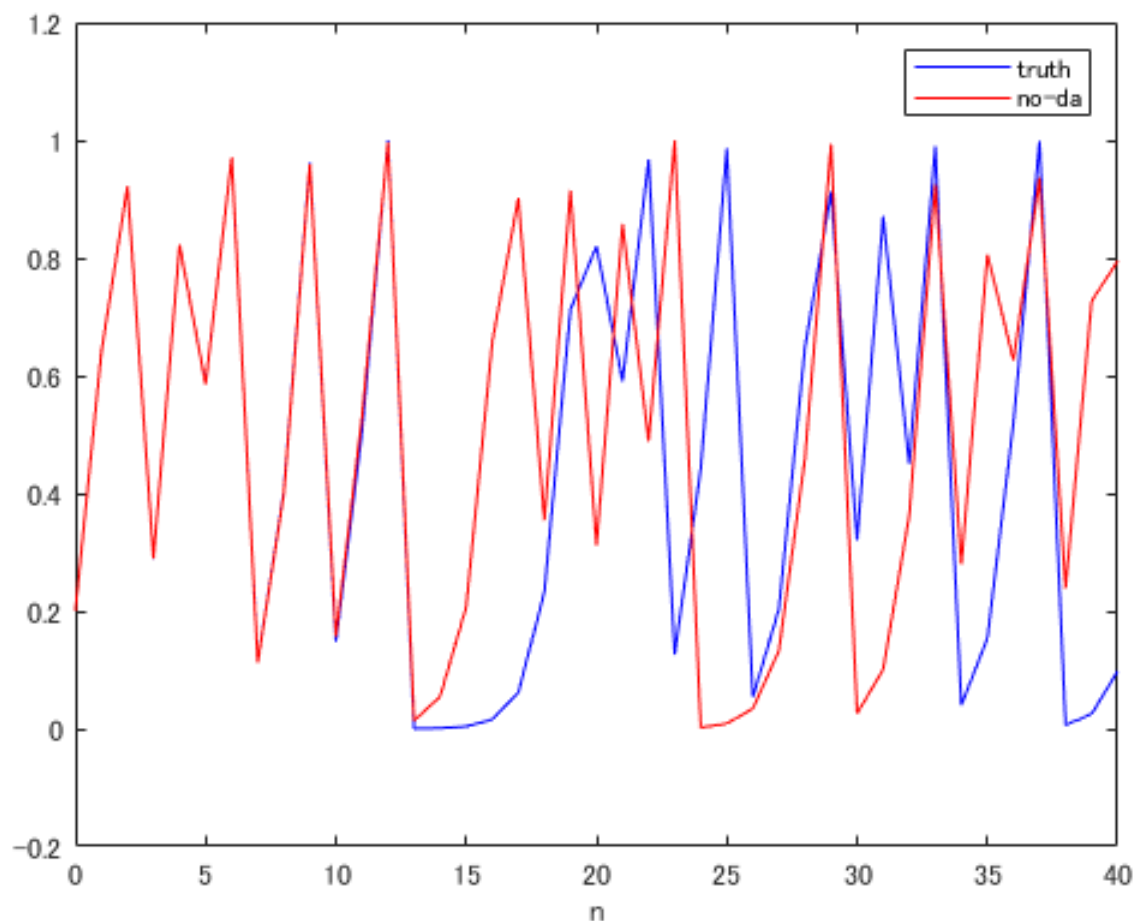
$T=t_0$

$T=t1$

ロジスティック写像

簡単な漸化式 $x_{n+1} = ax_n(1 - x_n)$ を考える。

$a = 4$ として計算してみた。



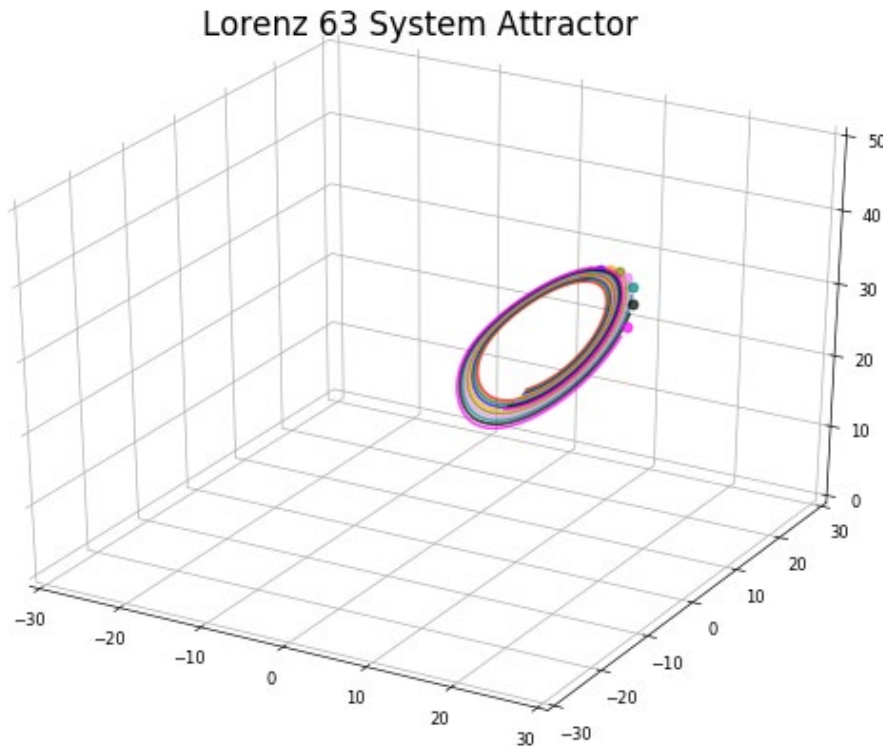
truth no-da

1	0.200000	0.200010
2	0.640000	0.640024
3	0.921600	0.921573
4	0.289014	0.289104
5	0.821939	0.822092
6	0.585421	0.585026
7	0.970813	0.971082
8	0.113339	0.112327
9	0.401974	0.398838
10	0.961563	0.959065
11	0.147837	0.157037
12	0.503924	0.529506
13	0.999938	0.996518
14	0.000246	0.013881
15	0.000985	0.054755
16	0.003936	0.207027
17	0.015682	0.656668
18	0.061745	0.901820
19	0.231730	0.354162
20	0.712124	0.914925

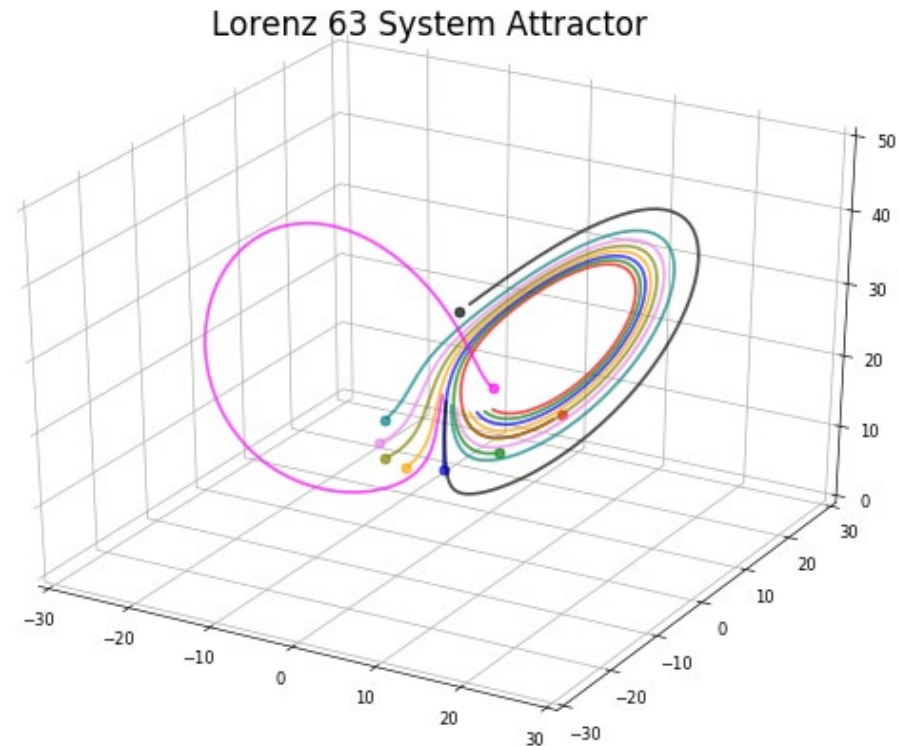
予測可能性は変動する

小槻峻司氏提供

予測が易しい場合



予測が難しい場合



予測時間・初期値の不確実性が同程度でも
予測可能性は場によって大きく異なる

第2章

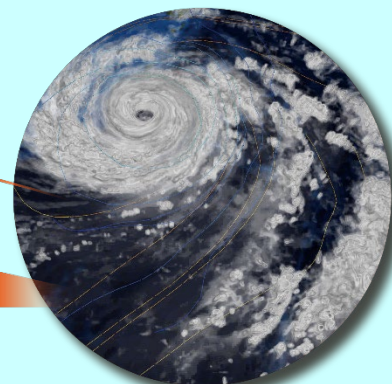
データ同化

データ同化

観測・実験データ



シミュレーション



データ同化

Data Assimilation

データ同化は、シミュレーションと現実世界を結びつけ、相乗効果を生み出す。

双方の情報を最大限に抽出

データ同化

観測・実験データ



データ同化



シミュレーション



> 2

データ

Data-driven

帰納
現実世界

観測・実験データ

1

データ同化

+

Process-driven

演繹
サイバー空間

シミュレーション

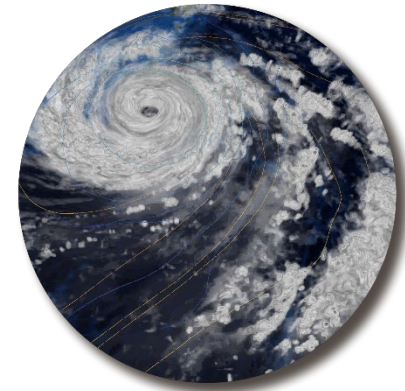
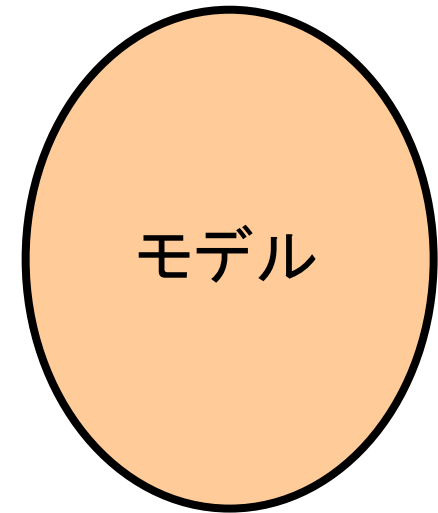
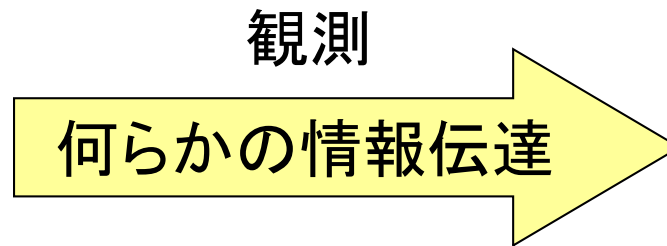
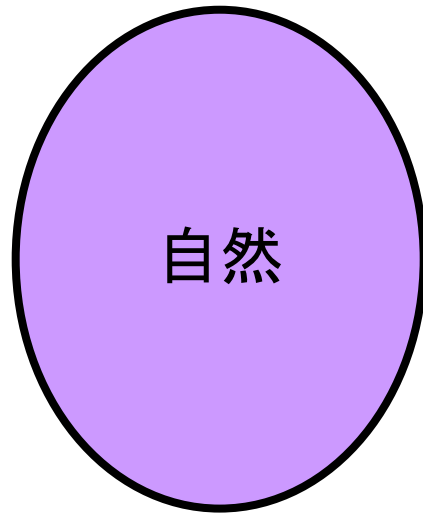
1

> 2

カオス同期 Chaos Synchronization

Master (drive) system

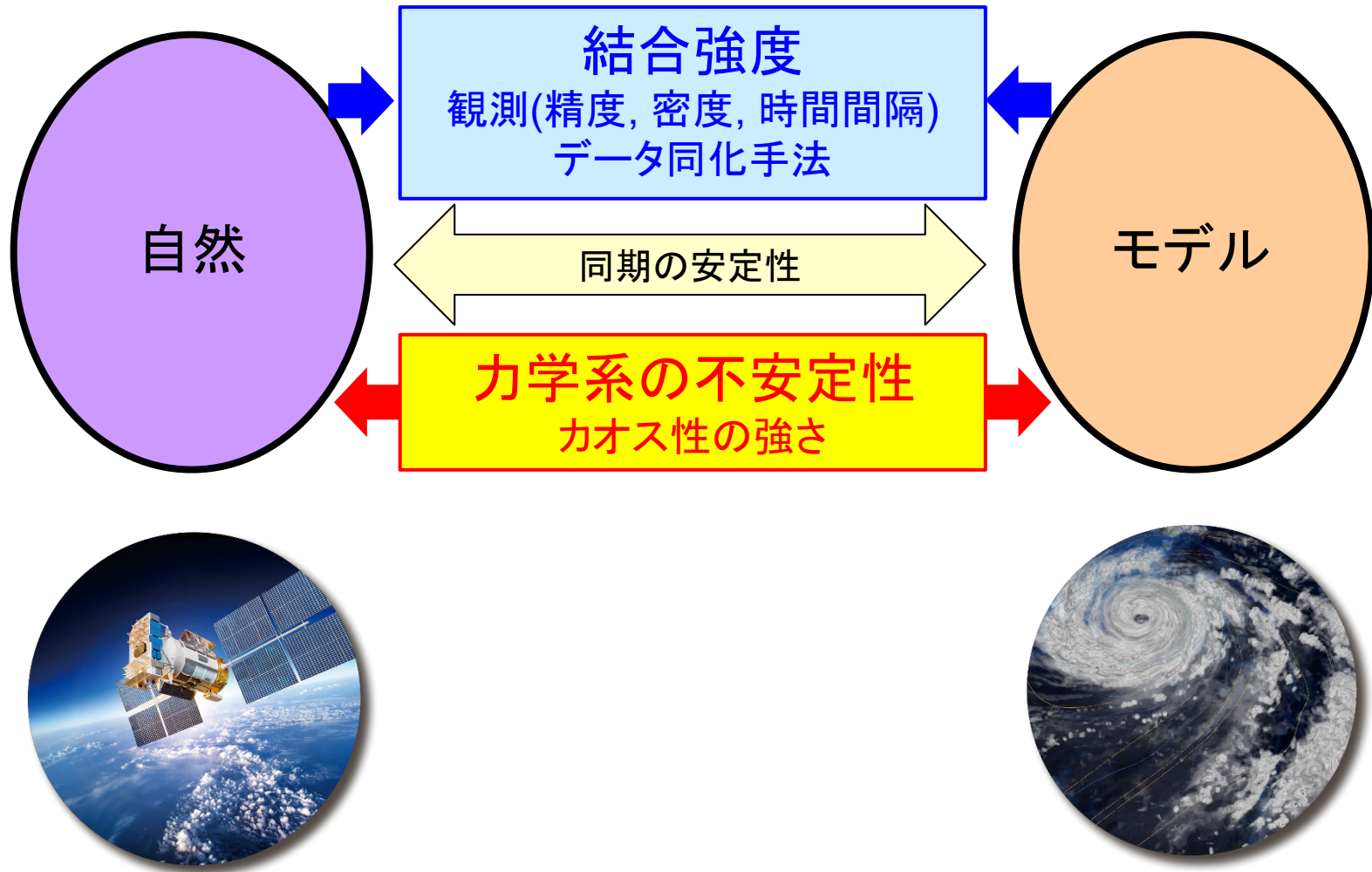
Slave (response) system



カオス同期 Chaos Synchronization

Master (drive) system

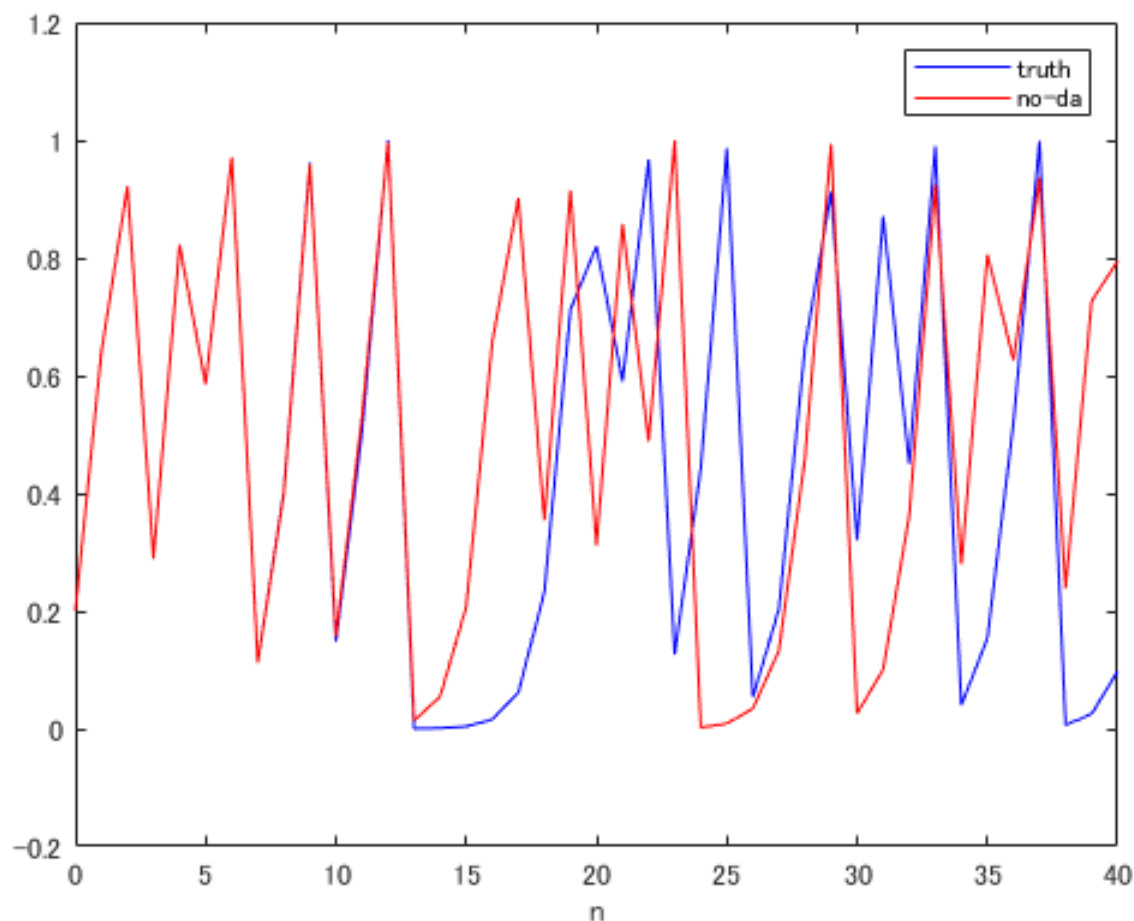
Slave (response) system



ロジスティック写像

簡単な漸化式 $x_{n+1} = ax_n(1 - x_n)$ を考える。

$a = 4$ として計算してみた。

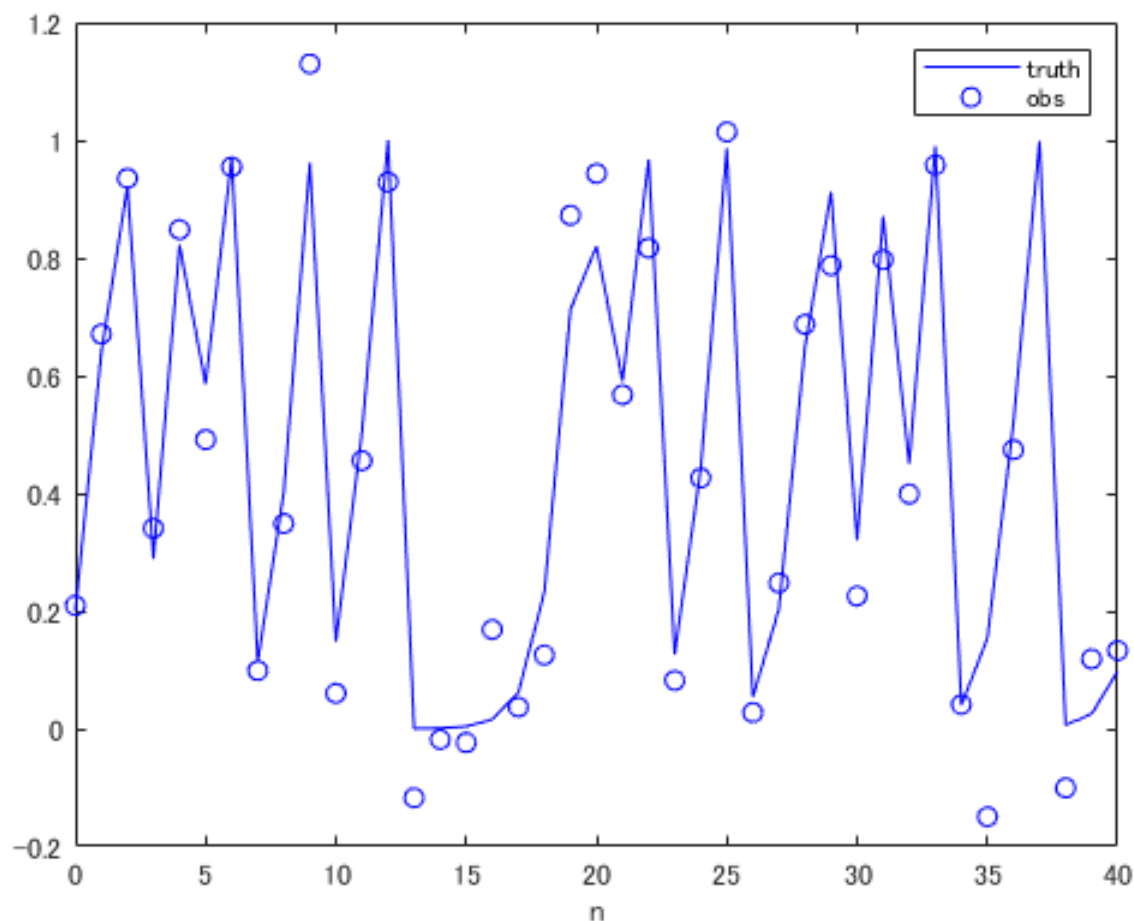


truth no-da

1	0.200000	0.200010
2	0.640000	0.640024
3	0.921600	0.921573
4	0.289014	0.289104
5	0.821939	0.822092
6	0.585421	0.585026
7	0.970813	0.971082
8	0.113339	0.112327
9	0.401974	0.398838
10	0.961563	0.959065
11	0.147837	0.157037
12	0.503924	0.529506
13	0.999938	0.996518
14	0.000246	0.013881
15	0.000985	0.054755
16	0.003936	0.207027
17	0.015682	0.656668
18	0.061745	0.901820
19	0.231730	0.354162
20	0.712124	0.914925

ロジスティック写像

ノイズのある観測(○)を
作った(擬似乱数)



truth no-da

1	0.200000	0.200010
2	0.640000	0.640024
3	0.921600	0.921573
4	0.289014	0.289104
5	0.821939	0.822092
6	0.585421	0.585026
7	0.970813	0.971082
8	0.113339	0.112327
9	0.401974	0.398838
10	0.961563	0.959065
11	0.147837	0.157037
12	0.503924	0.529506
13	0.999938	0.996518
14	0.000246	0.013881
15	0.000985	0.054755
16	0.003936	0.207027
17	0.015682	0.656668
18	0.061745	0.901820
19	0.231730	0.354162
20	0.712124	0.914925

ロジスティック写像でデータ同化

ノイズのある観測(○)を
データ同化してみた

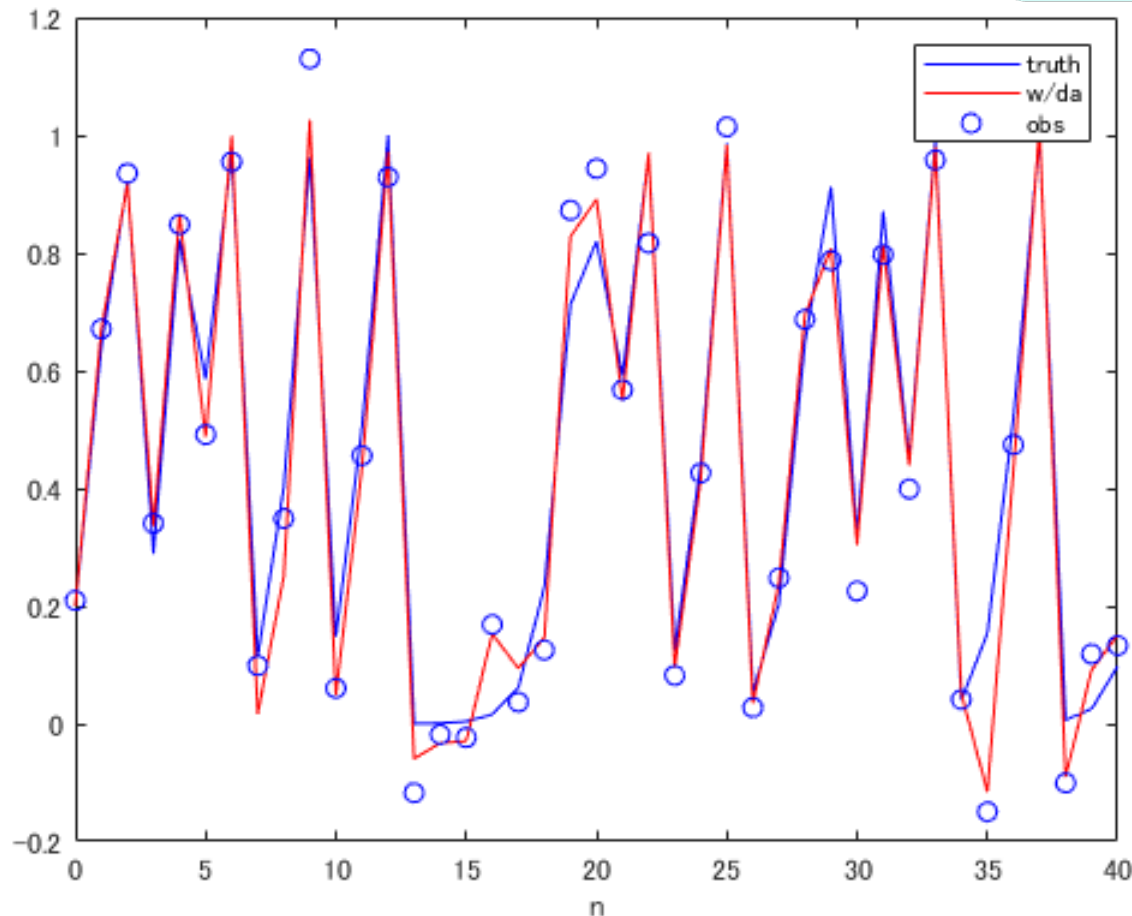
観測・実験データ

シミュレーション



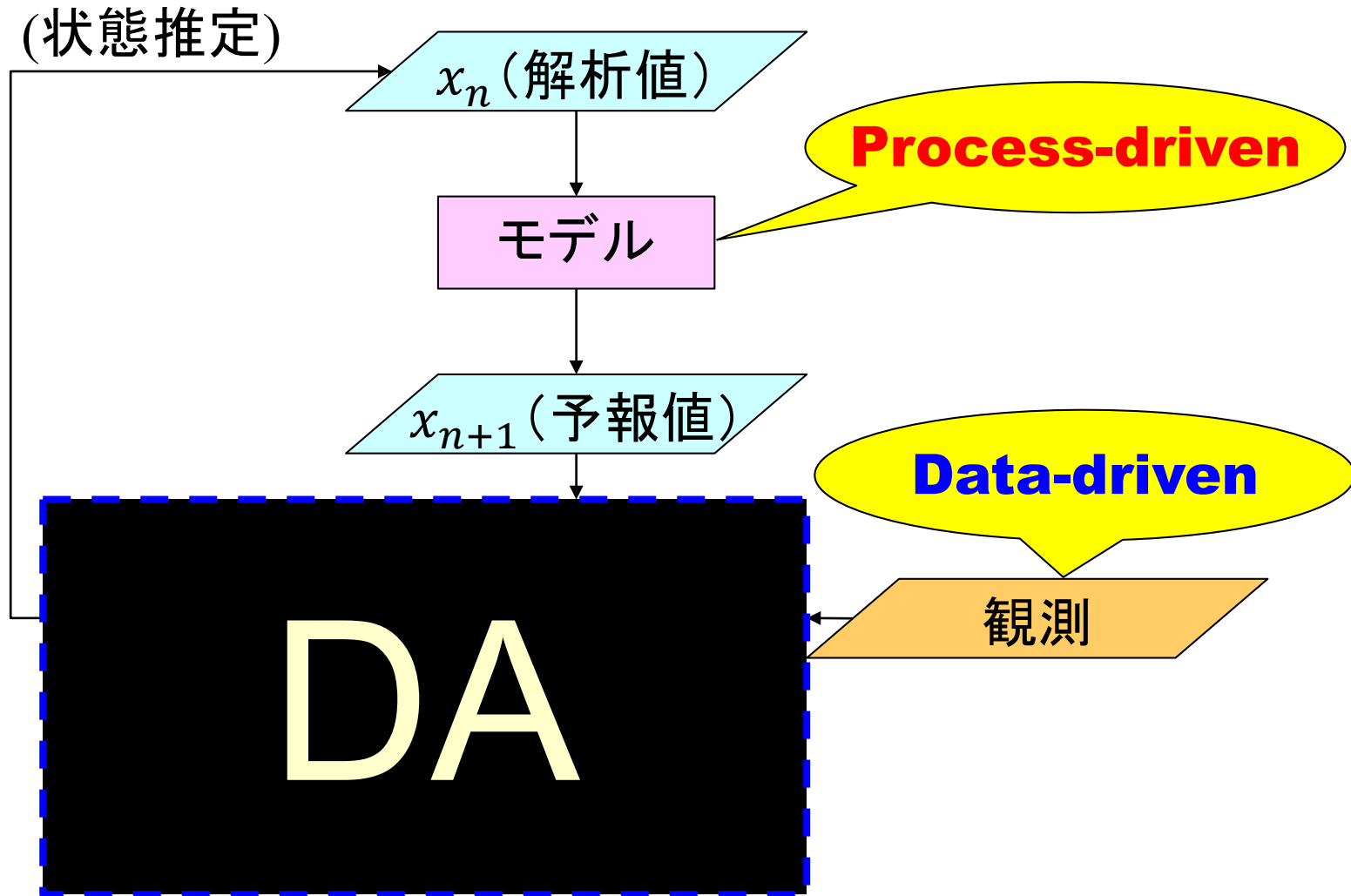
データ同化

Data Assimilation

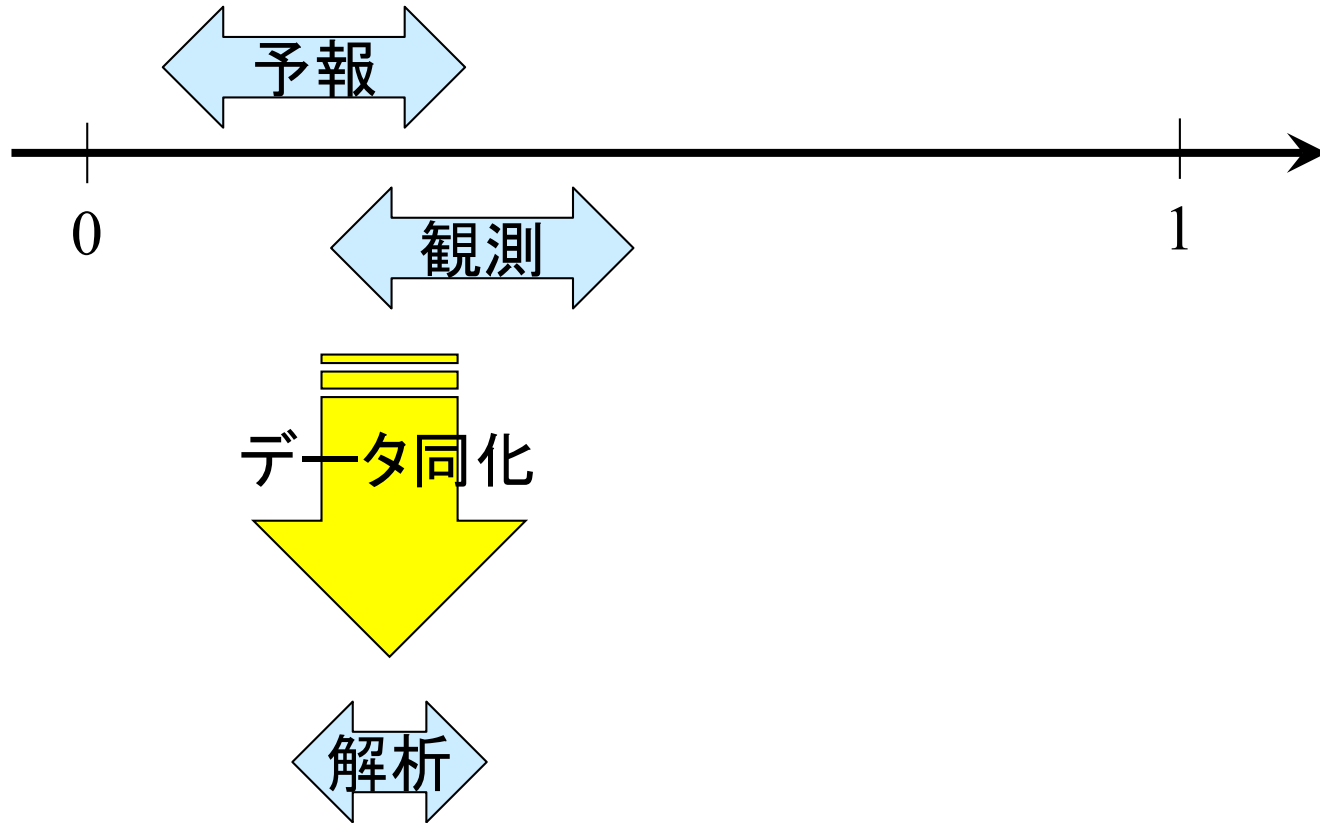


→ カオスが同期した！

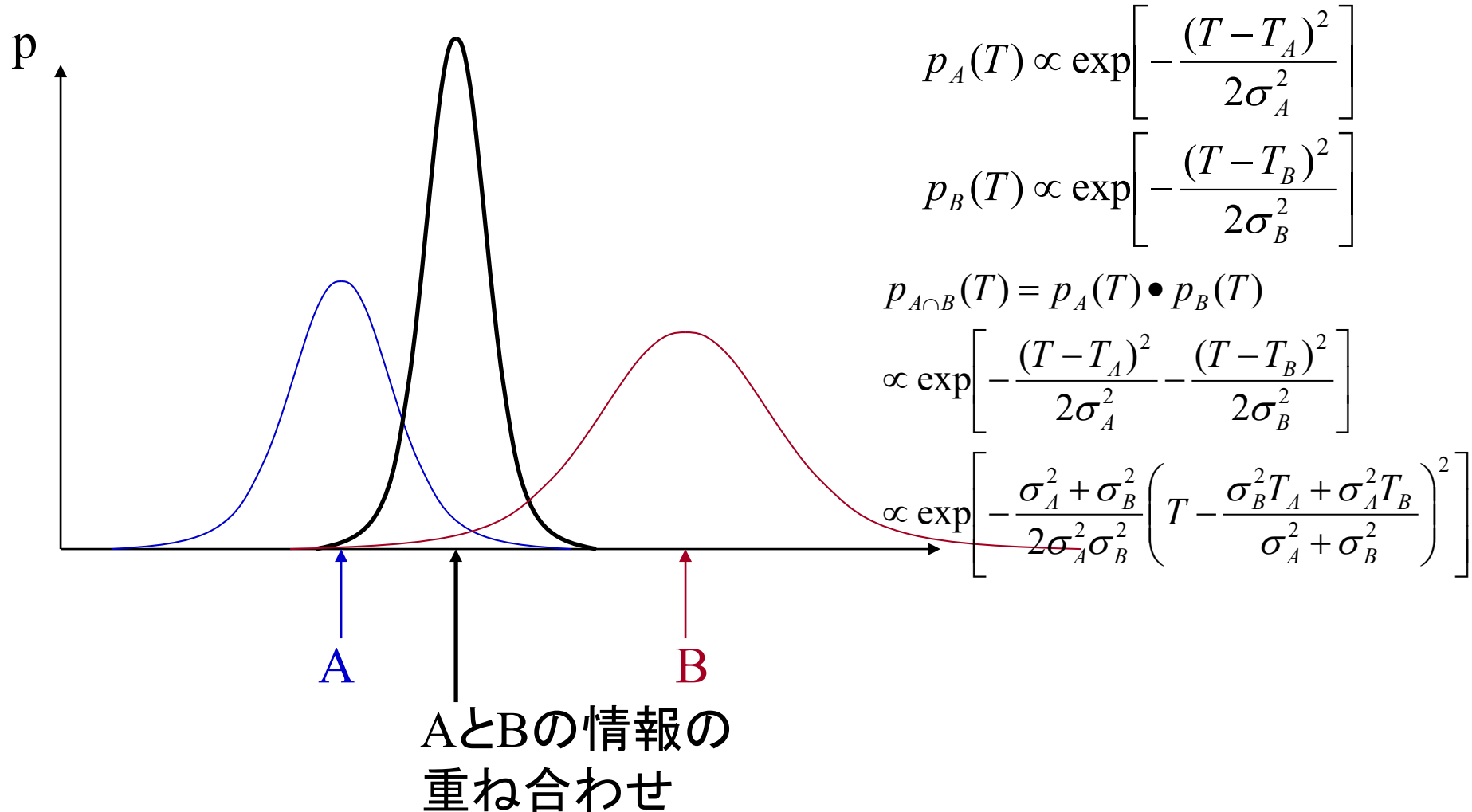
データ同化 (DA) の workflow



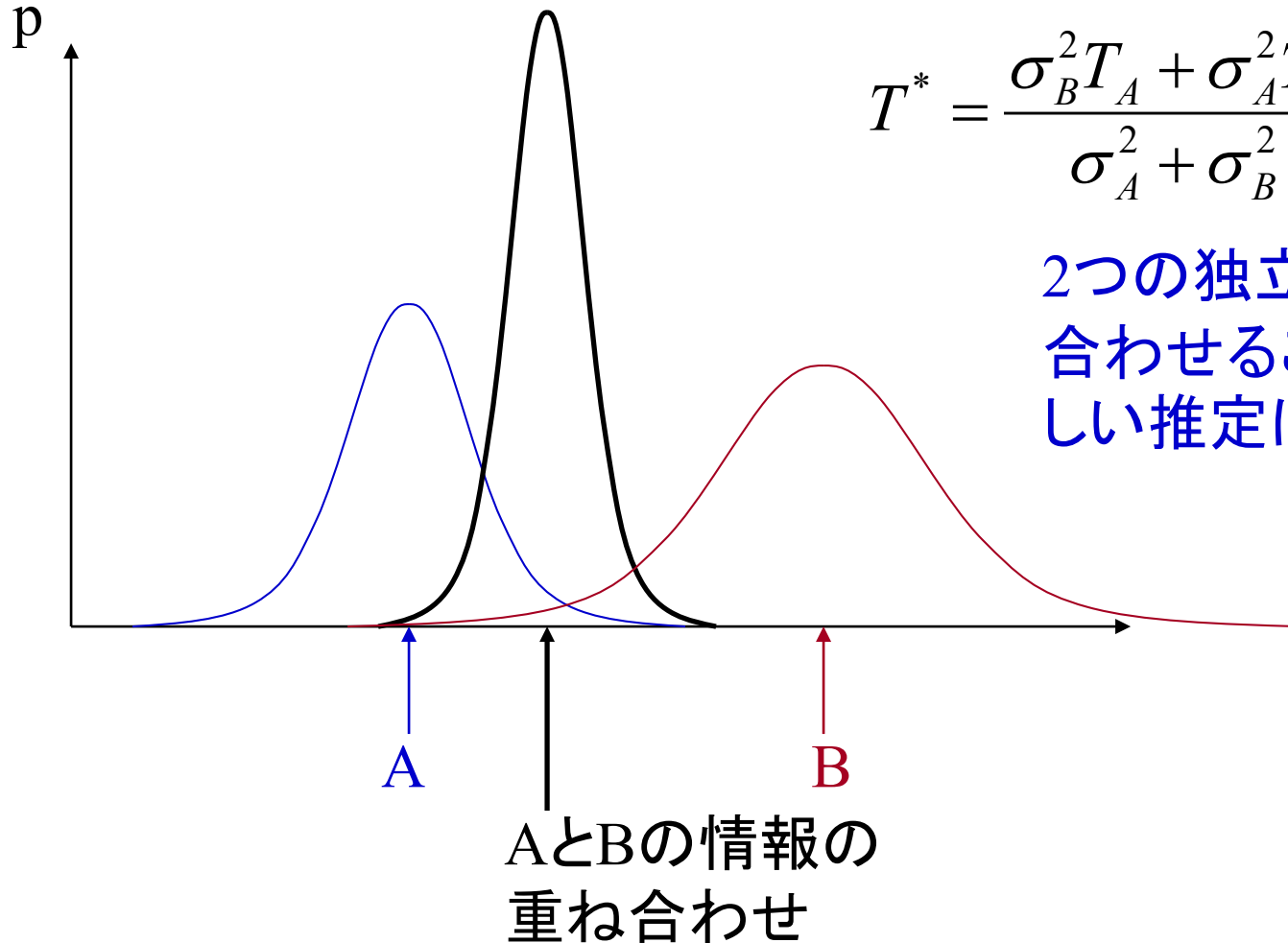
データ同化 = 誤差の数理



2つの情報の重ね合わせ (ベイズ推定)



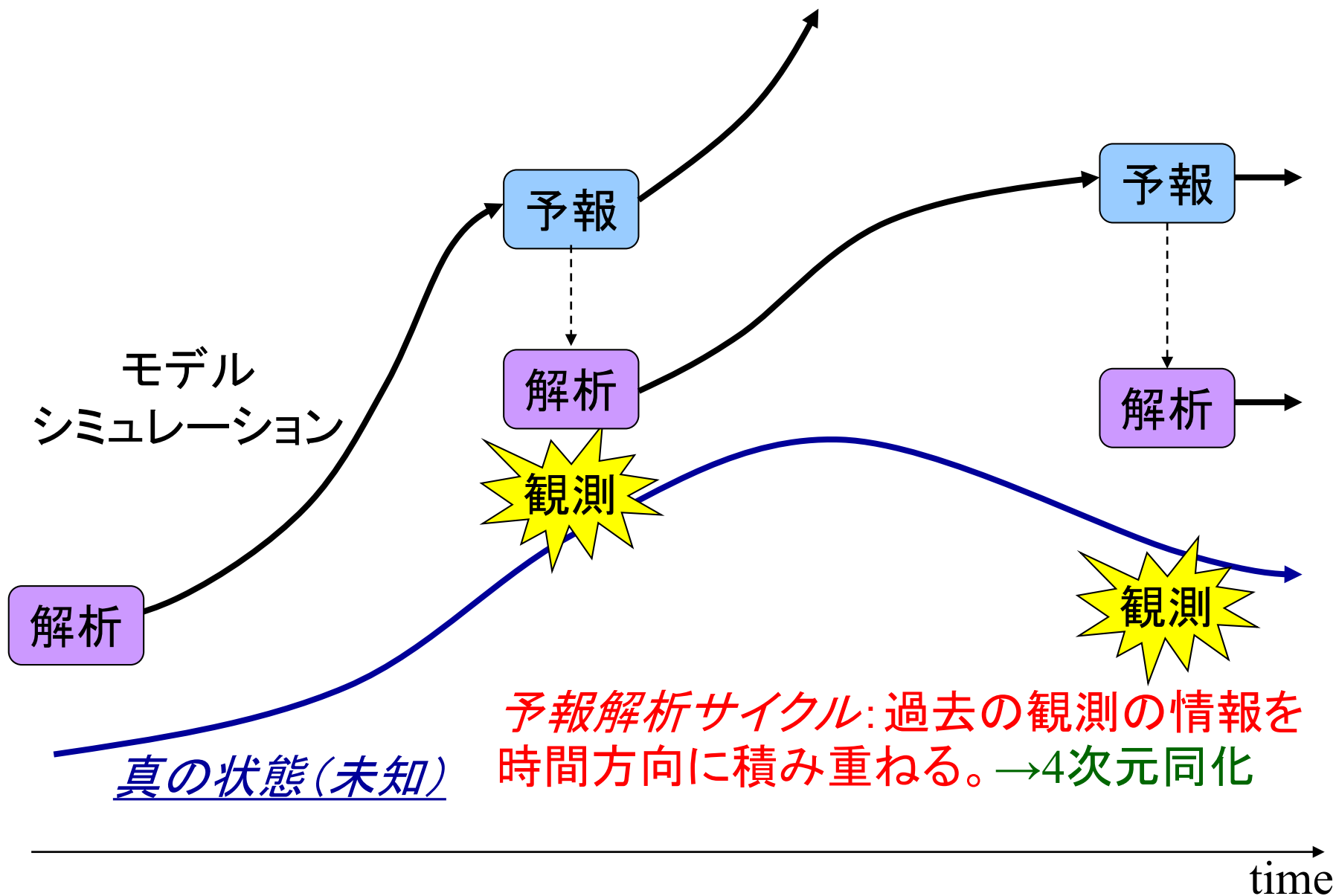
2つの情報の重ね合わせ(ベイズ推定)



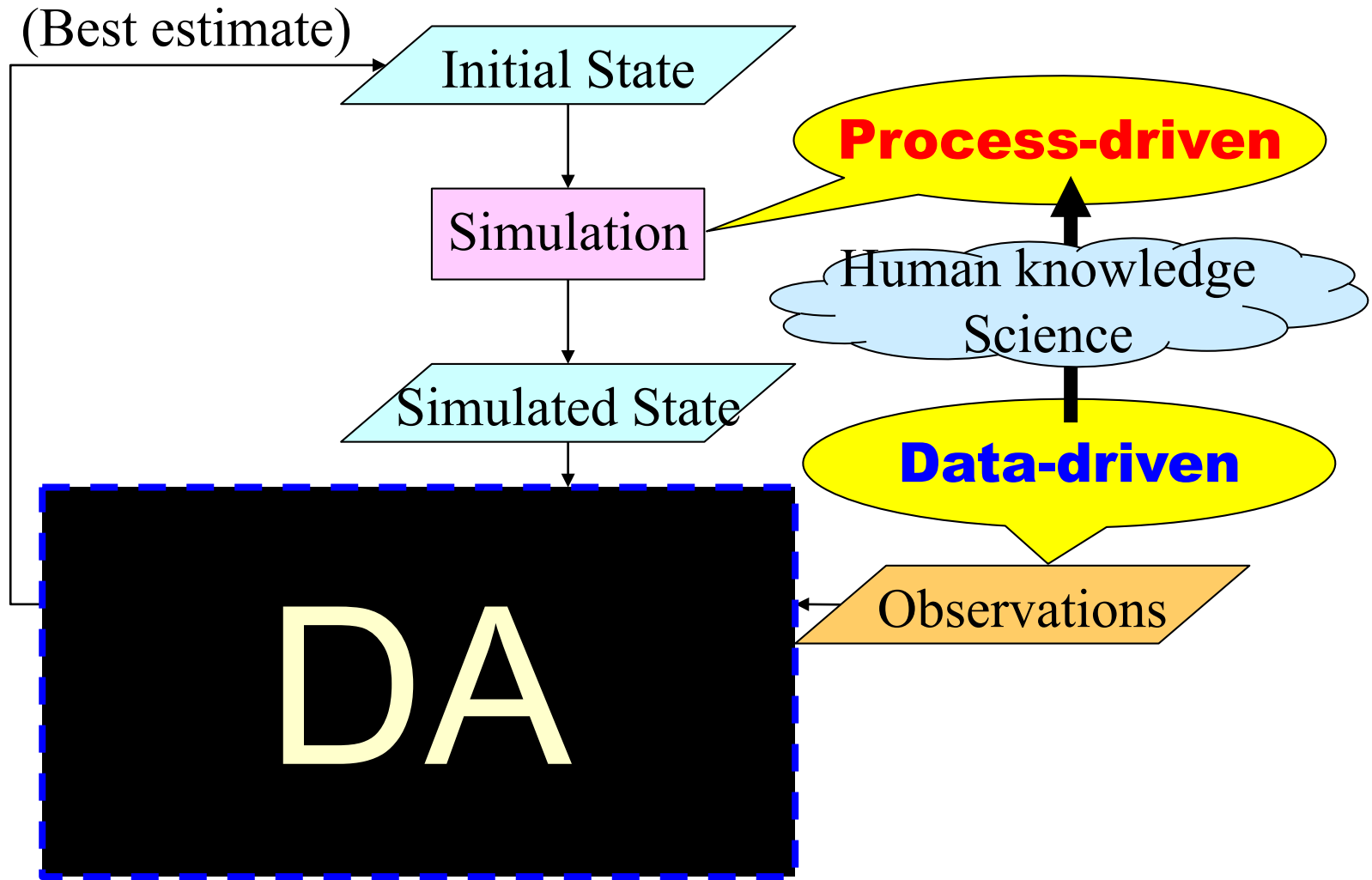
$$T^* = \frac{\sigma_B^2 T_A + \sigma_A^2 T_B}{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}, \sigma^* = \frac{\sigma_A^2 \sigma_B^2}{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}$$

2つの独立した情報を重ね
合わせることで、より確から
しい推定になる

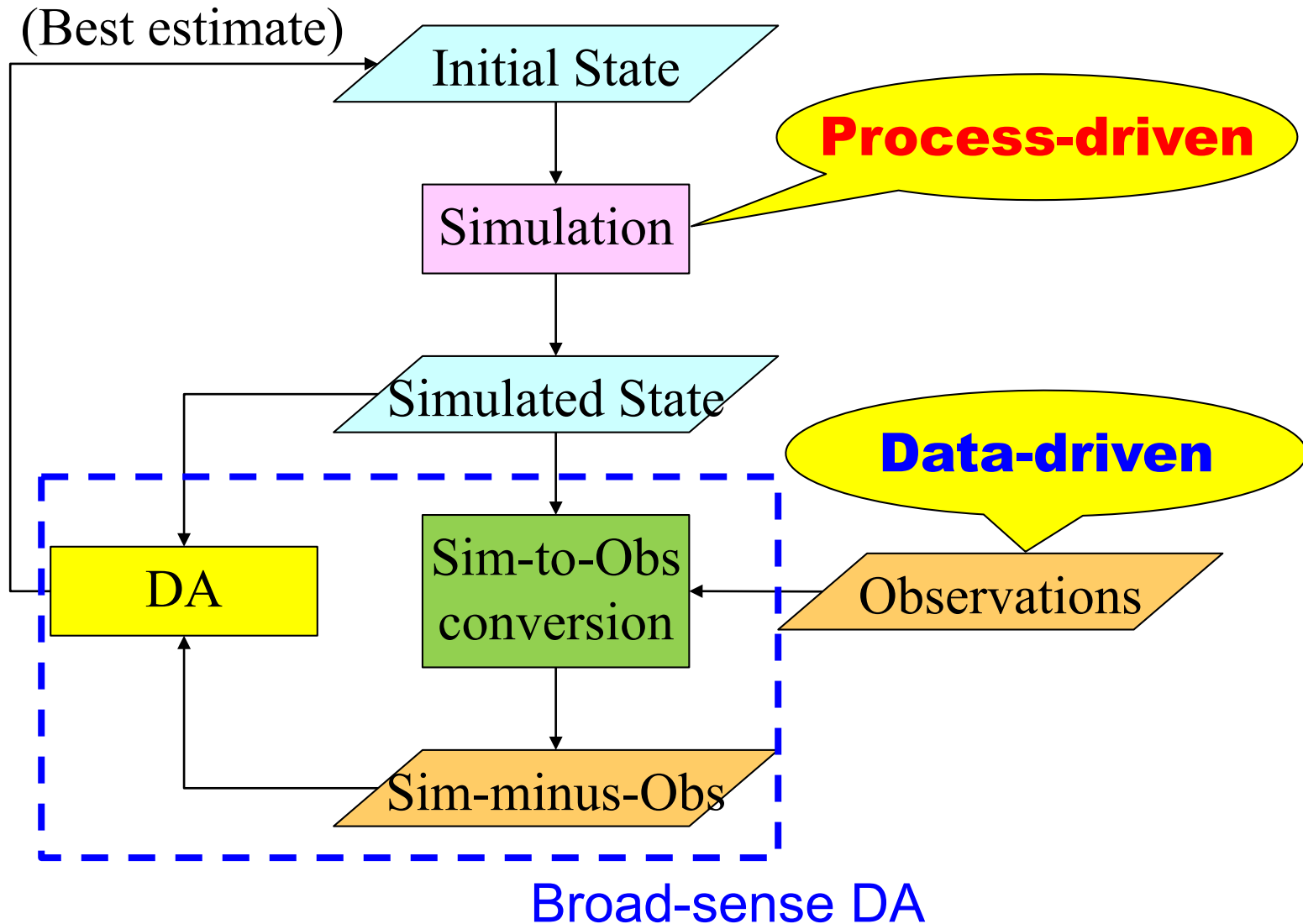
数値天気予報のしくみ



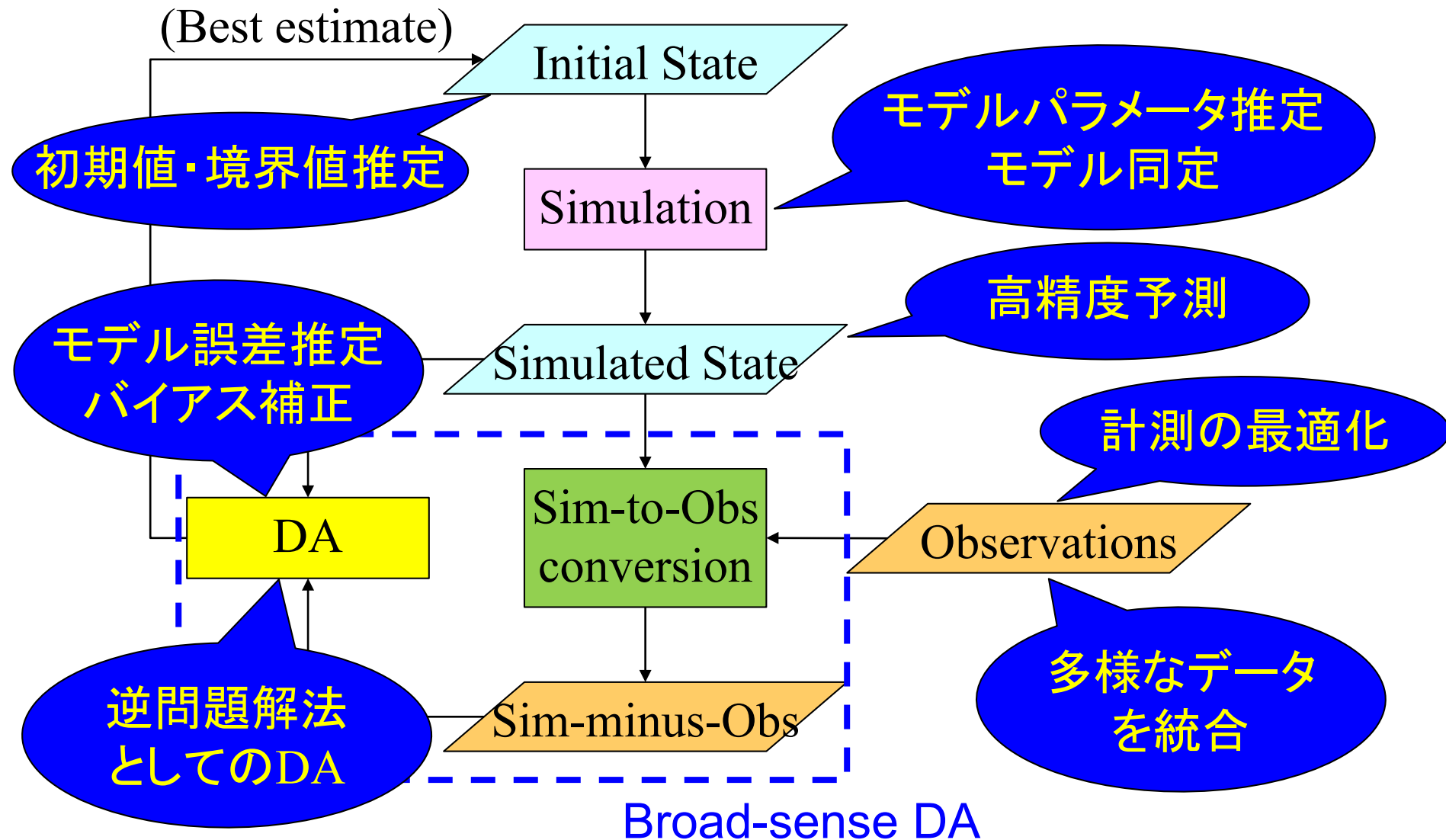
データ同化 (DA) のworkflow



データ同化 (DA) の workflow



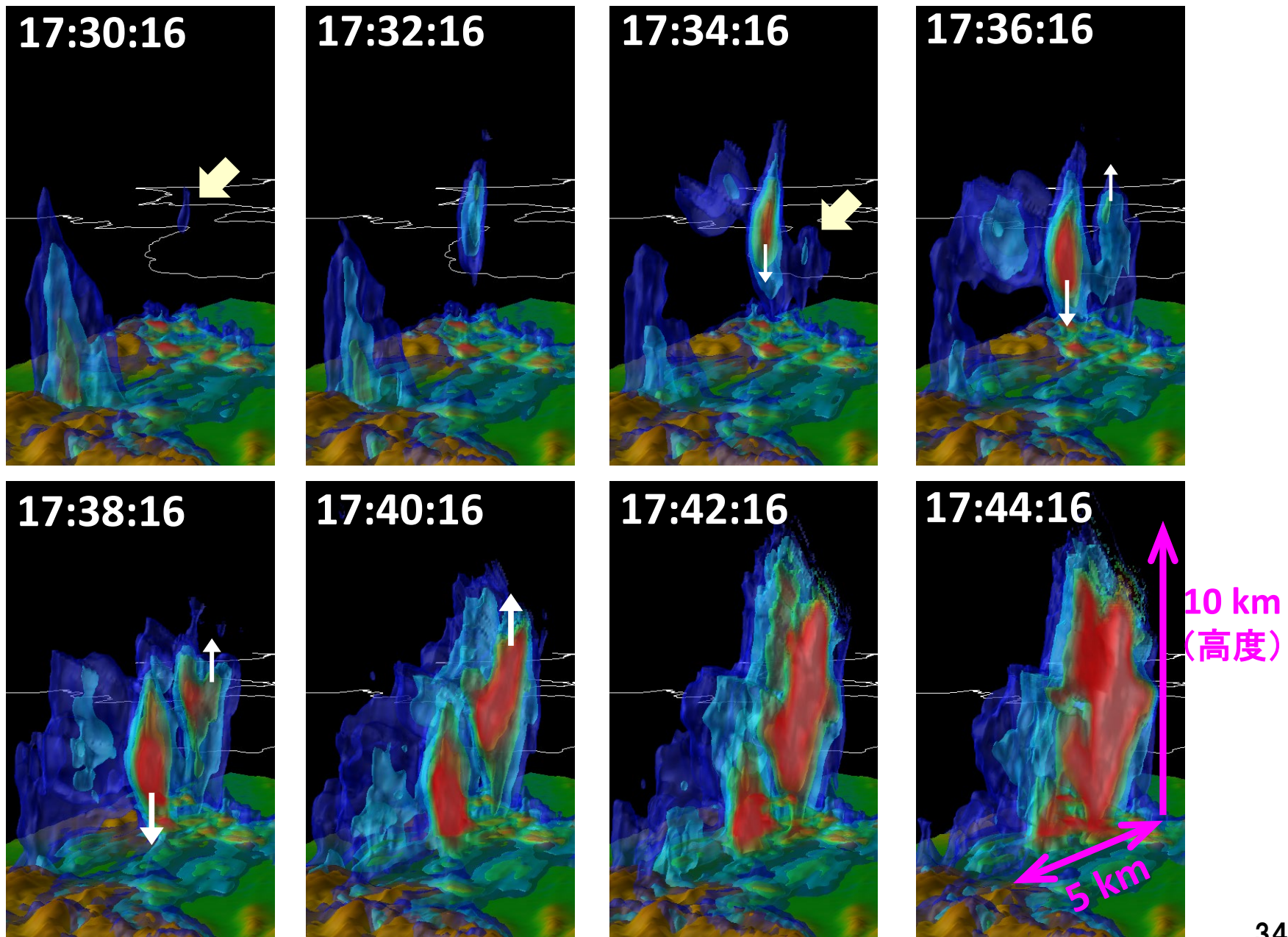
データ同化 (DA) でできること



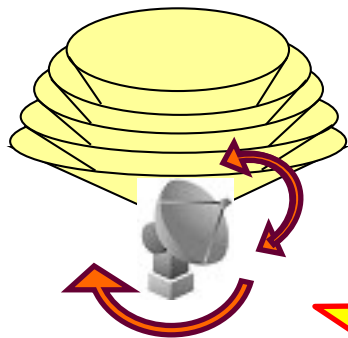
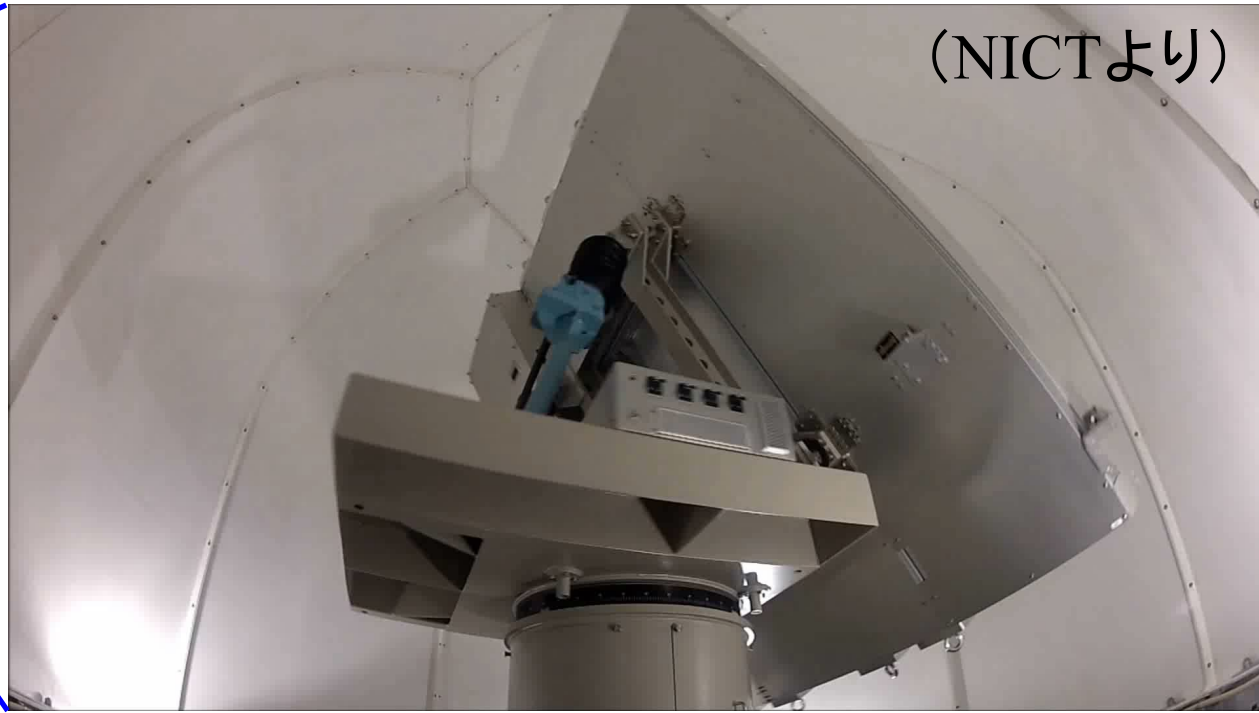
第3章

天気予報の世界最先端研究

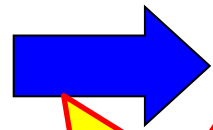
NICT わずか10分で急変化するゲリラ豪雨 (NICTより)



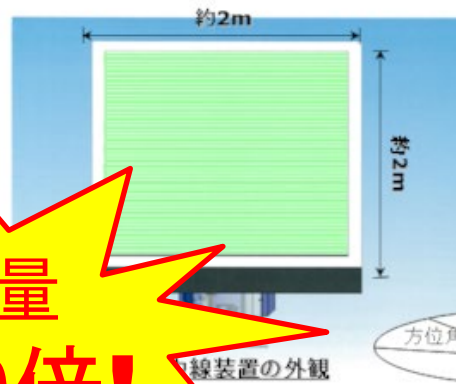
Phased Array Weather Radar (PAWR)



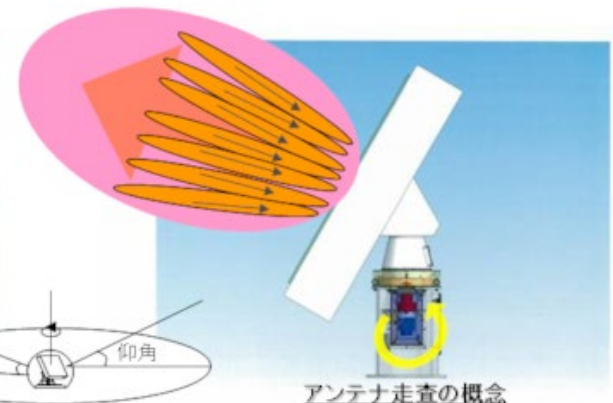
3-dim measurement using a parabolic antenna (150 m, 15 EL angles in 5 min)



データ量
約100倍!



線装置の外観

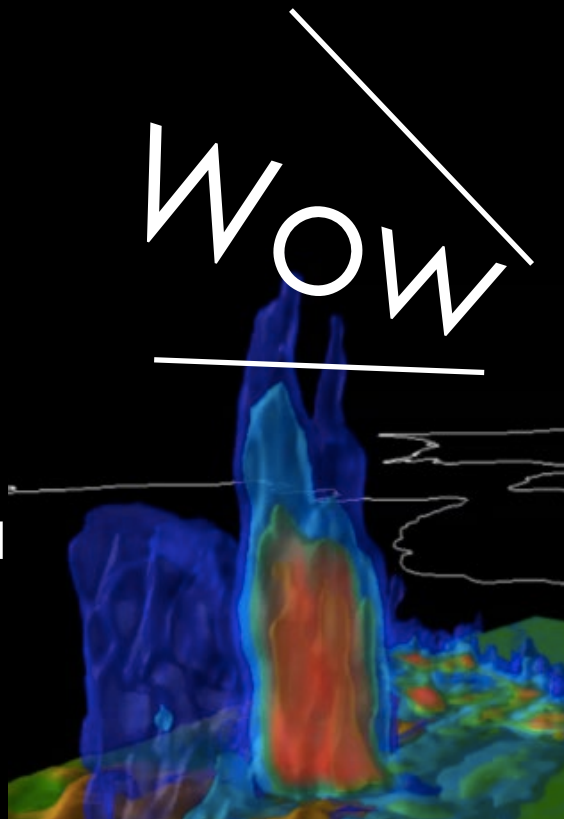


アンテナ走査の概念

3-dim measurement using a phased array antenna (100 m, 100 EL angles in 30 sec)



+

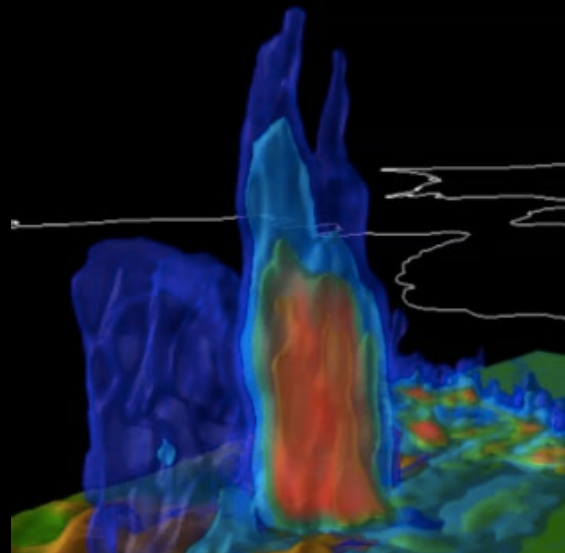


=



Data Assimilation





= ~~ゲリラ~~豪雨

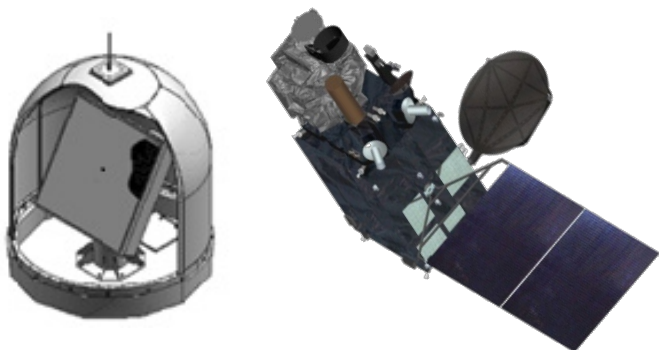
ビッグデータ同化

観測・実験データ

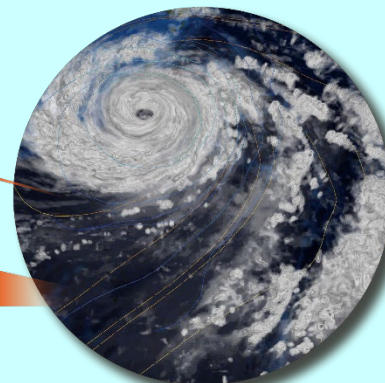


ビッグデータ

新型センサ、IoT



シミュレーション



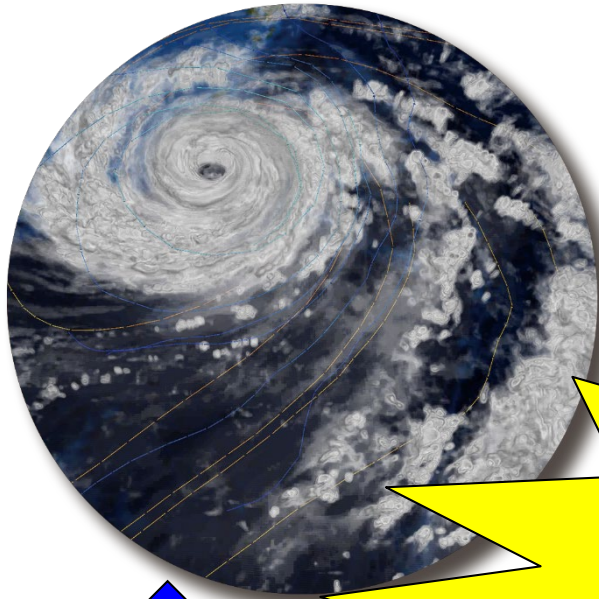
ビッグデータ

スーパーコンピュータ



“ビッグデータ同化”時代を先取り

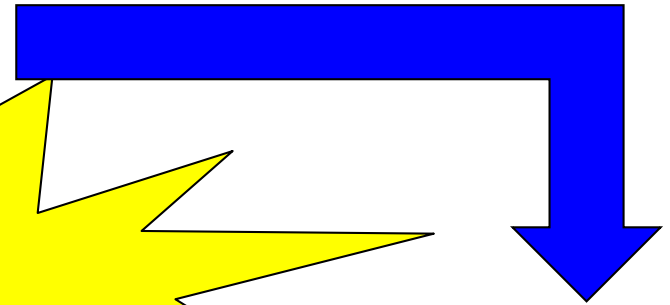
高精細シミュレーション



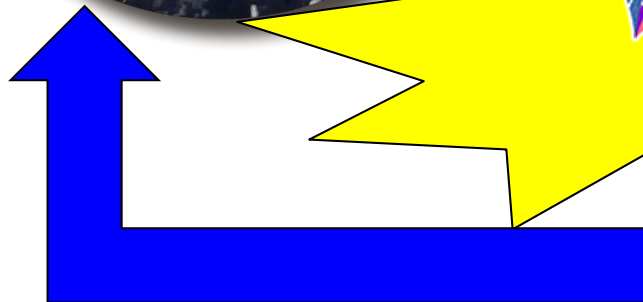
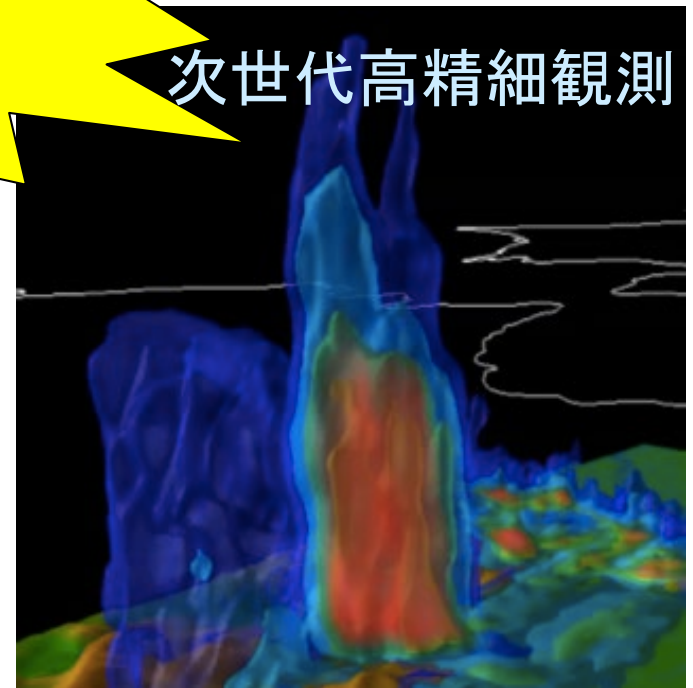
国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

CREST

10年後の未来を見据えた
次世代技術のコラボレーション

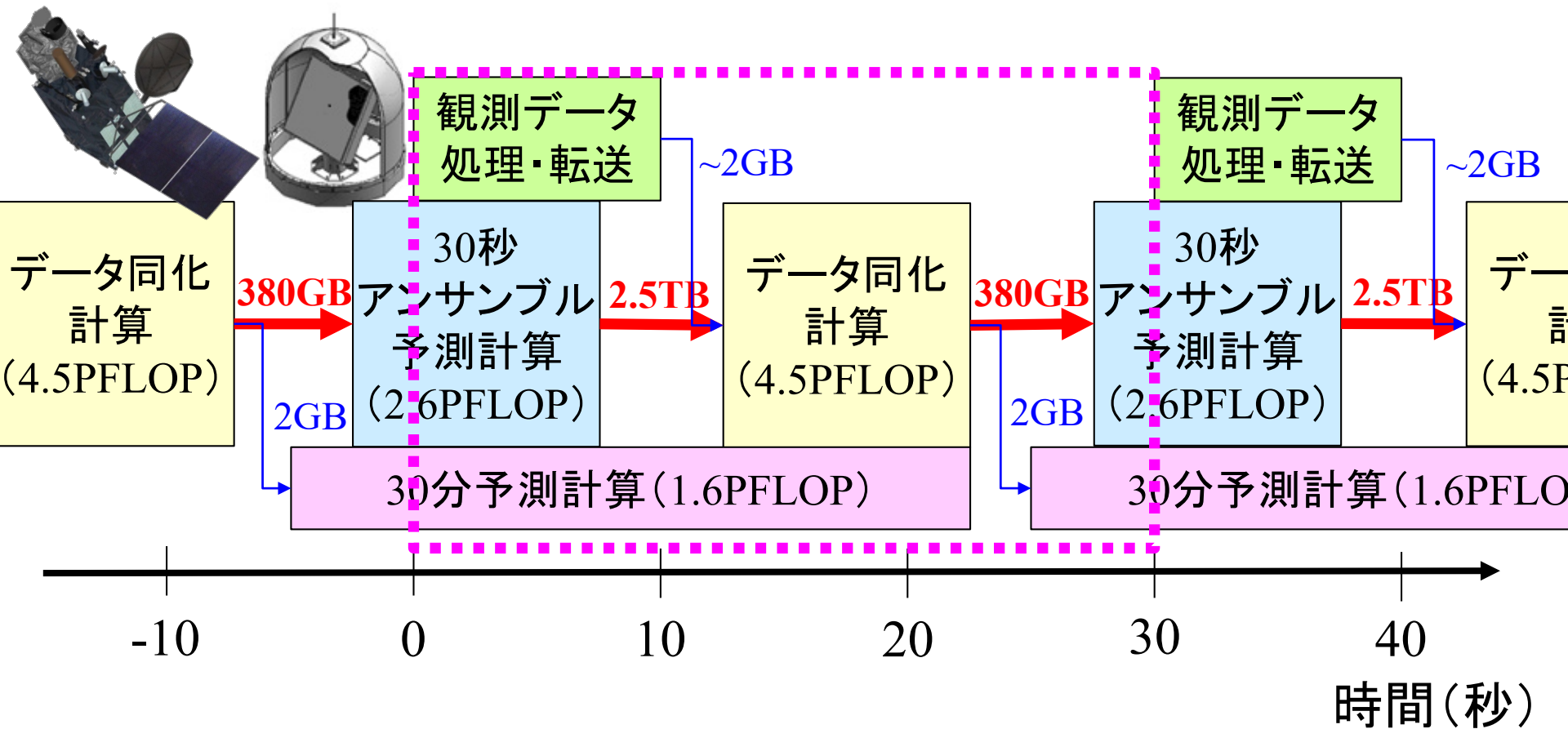


次世代高精細観測



シミュレーションの改善

革新的な超高速30秒更新天気予報



現在の毎時更新システムよりも

120倍高速

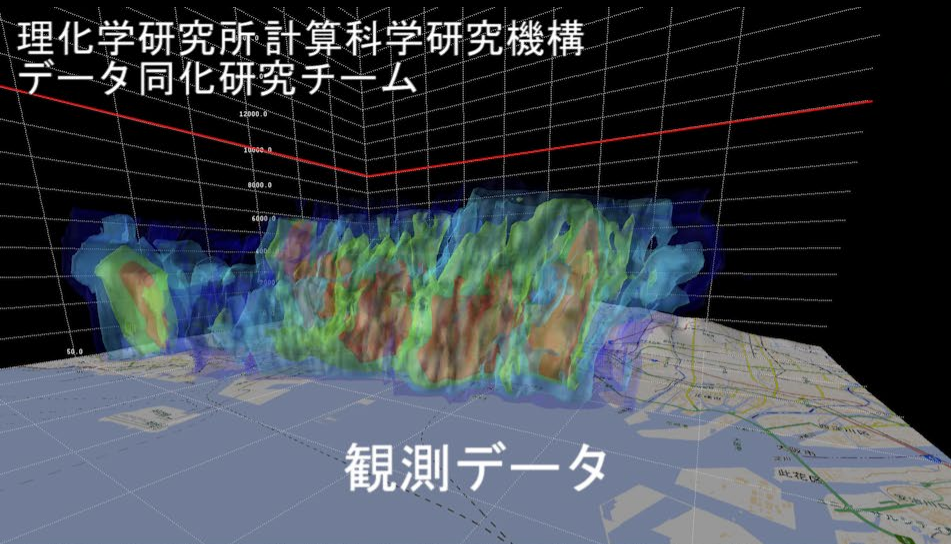
CREST



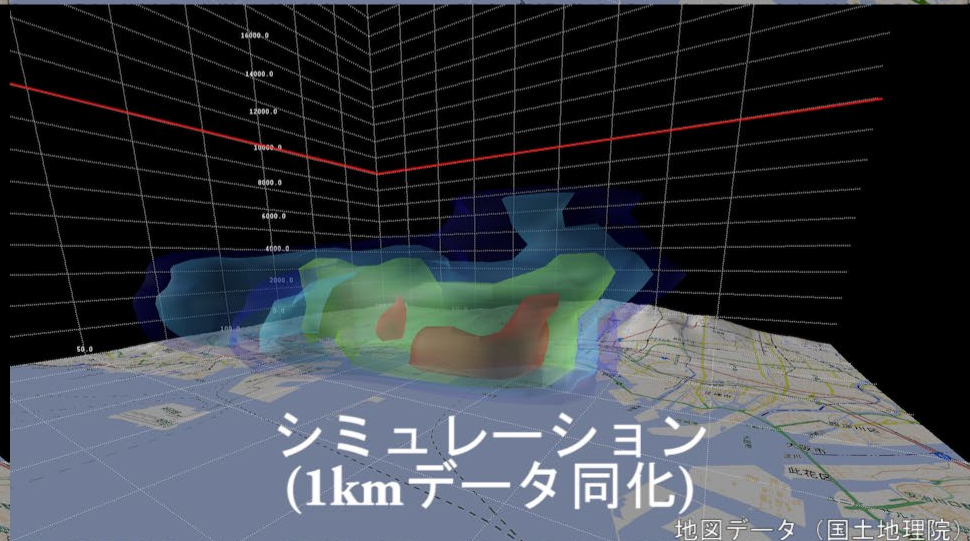
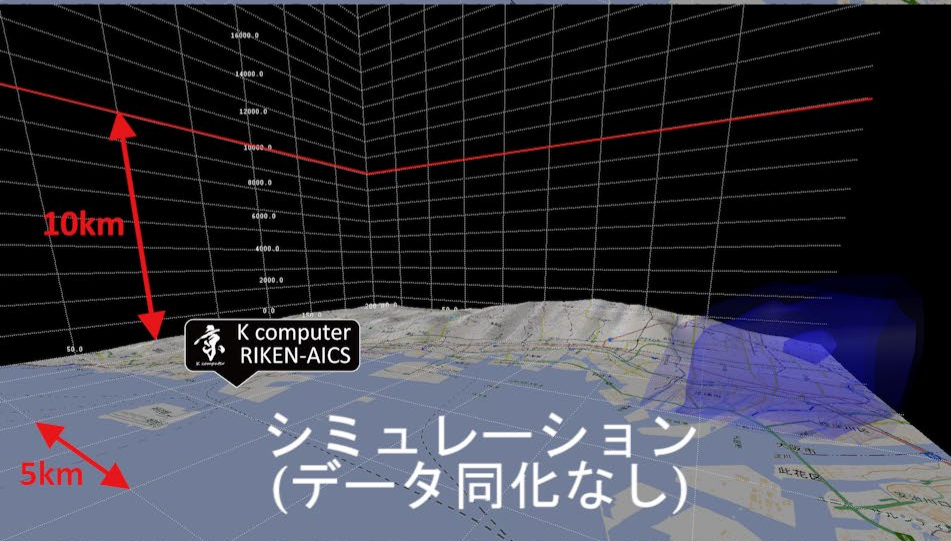
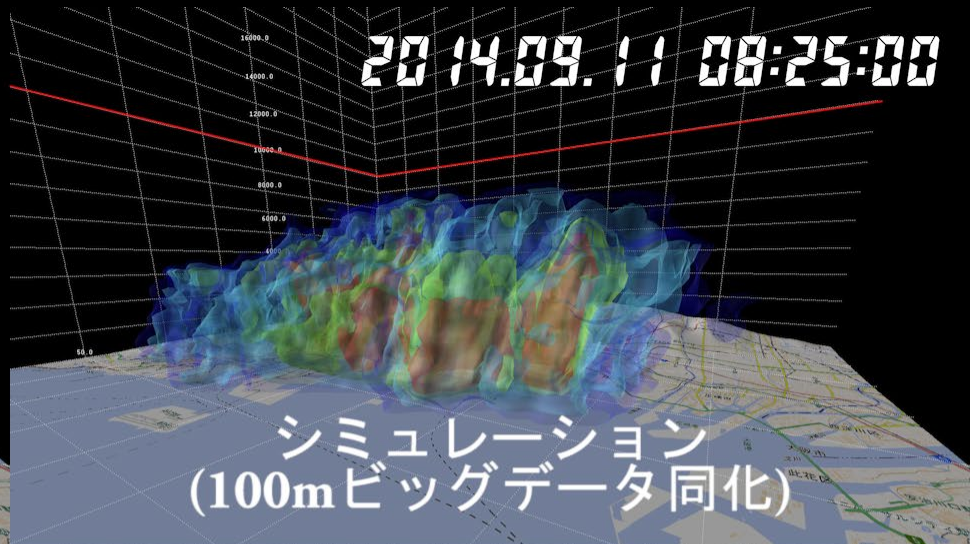
独立行政法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

2014年9月11日朝、ゲリラ豪雨

理化学研究所 計算科学研究機構
データ同化研究チーム



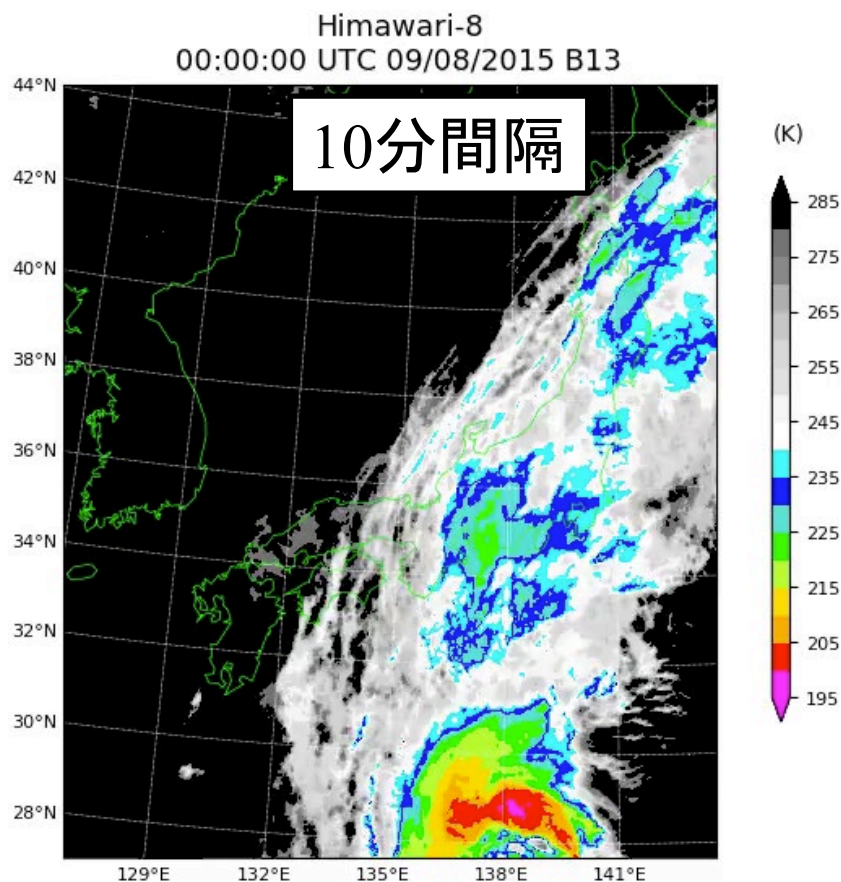
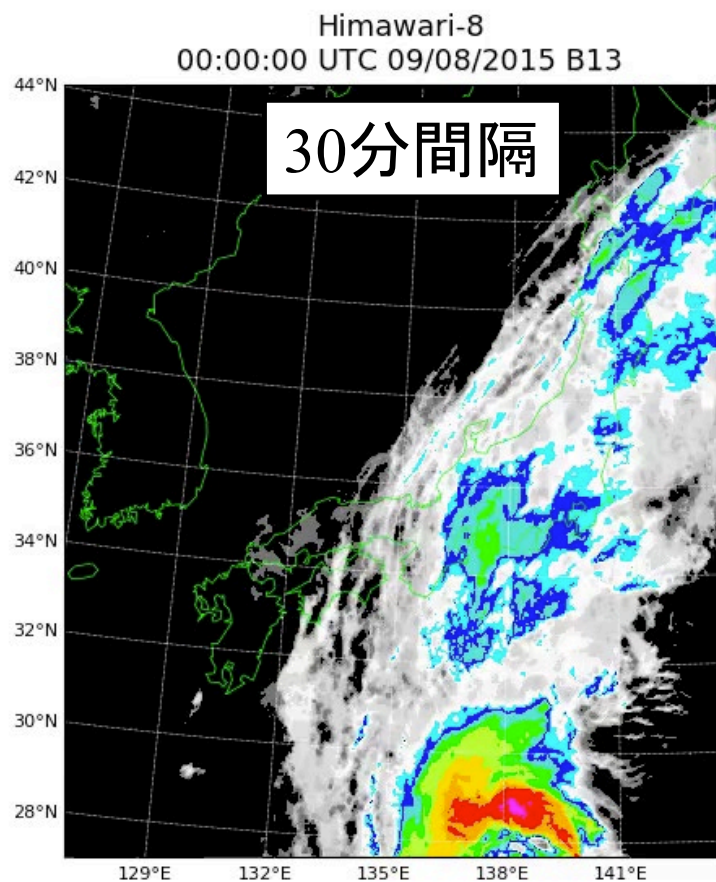
2014.09.11 08:25:00



Youtube動画 : <https://www.youtube.com/watch?v=42NZTGdp1Js>

気象衛星ひまわり8号

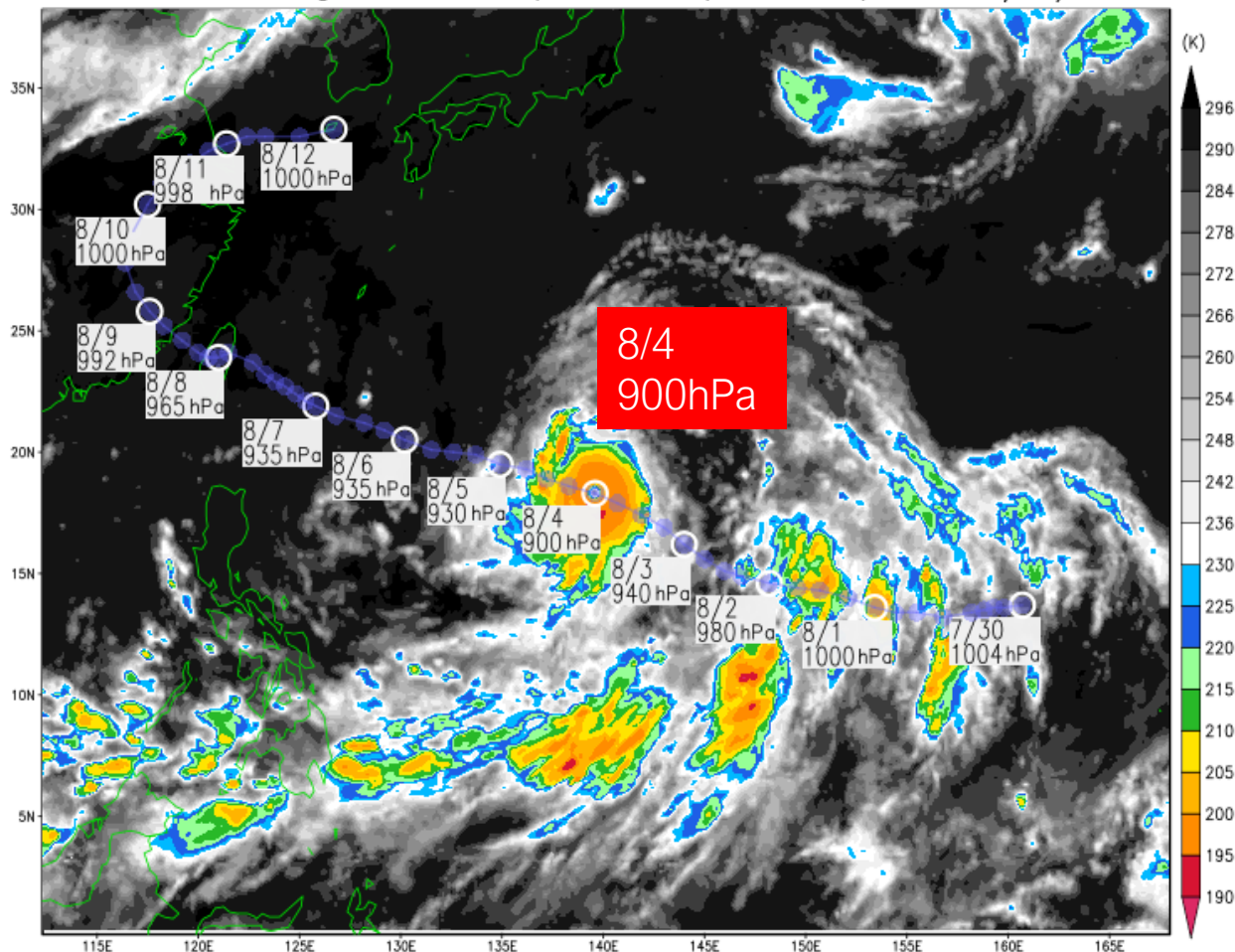
- 2015年7月に運用開始
- これまで(30分毎)よりも**高頻度(10分毎)**に広域を観測
➡ **高頻度に初期値改善(データ同化) & 降水予報を更新できる可能性**



台風Soudelor (2015)

- 2015年の北西太平洋で最も発達した台風
- 運用開始直後のひまわり8号が観測

Himawari-8 Brightness Temperature (Band 14) at 08/04/2015 00UTC



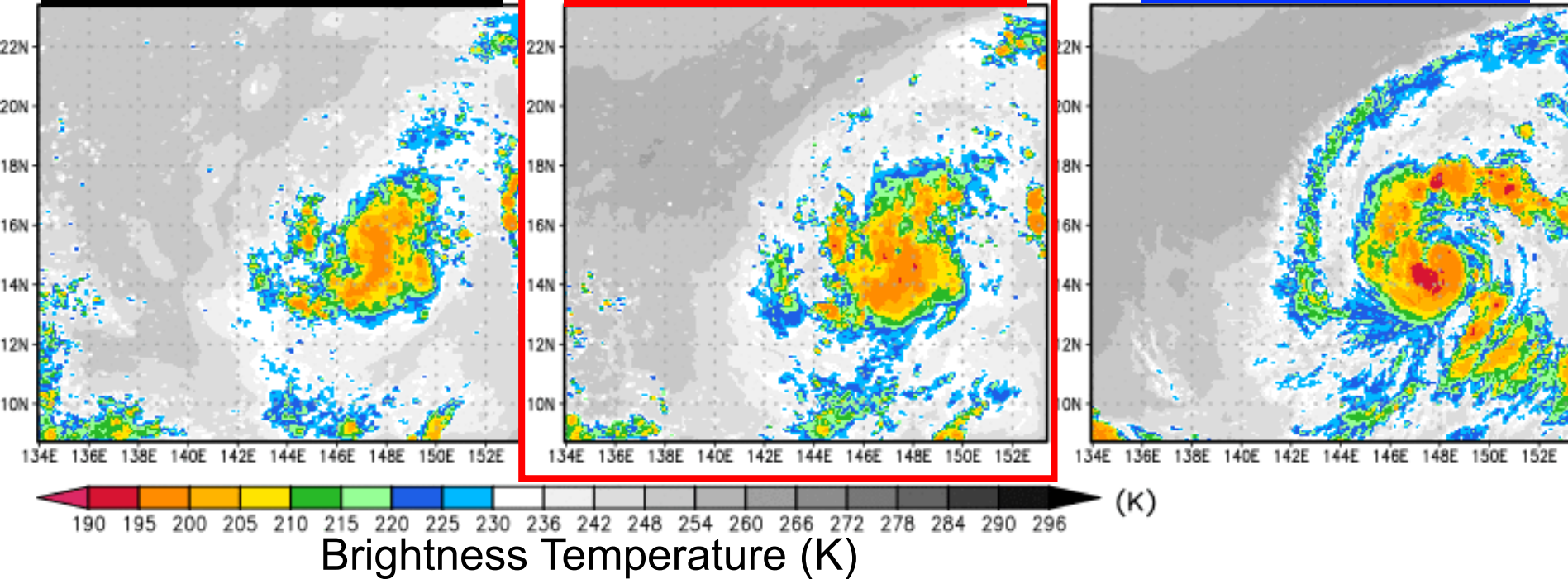
輝度温度パターン

シミュレートされたひまわり8号輝度温度相当量と実際の観測

ひま8同化なし

ひま8同化あり

ひま8観測



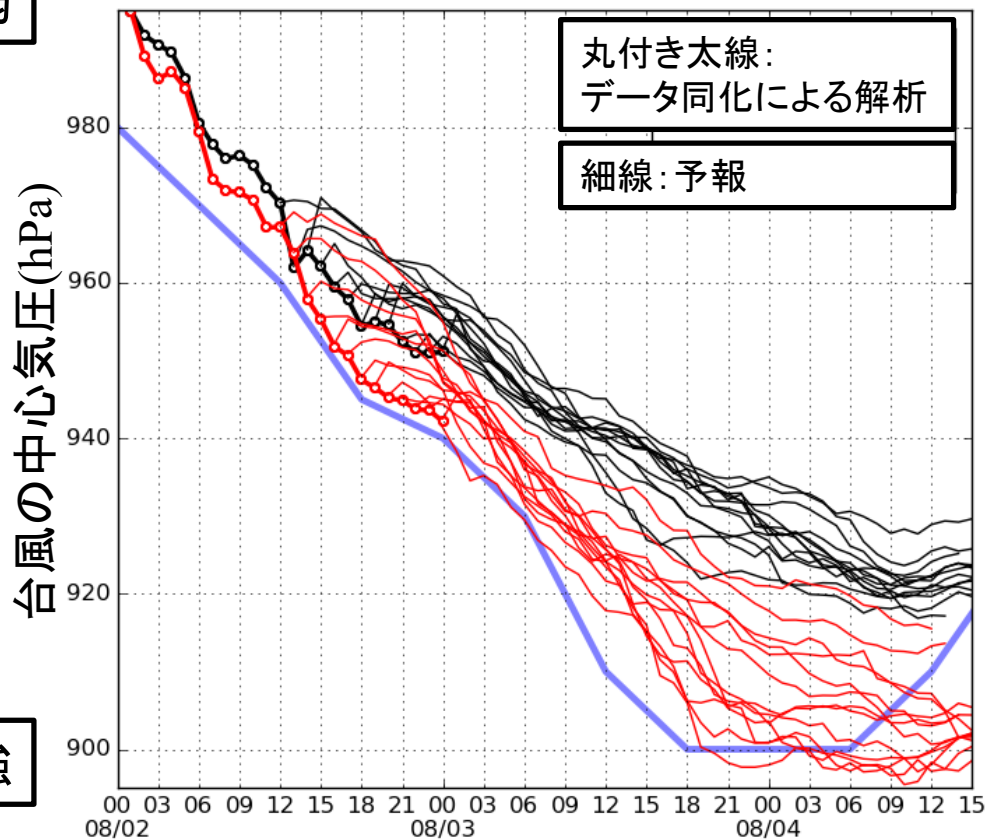
Honda, Miyoshi, et al. (2018)

ひまわり同化で台風の構造(外側の降雨帯と中心付近)
が改善

台風強度予報へのインパクト

台風の中心気圧(hPa)の解析(太線)と予報(細線)

弱



ベストトラック(≡観測)

ひま8同化なし

ひま8同化あり

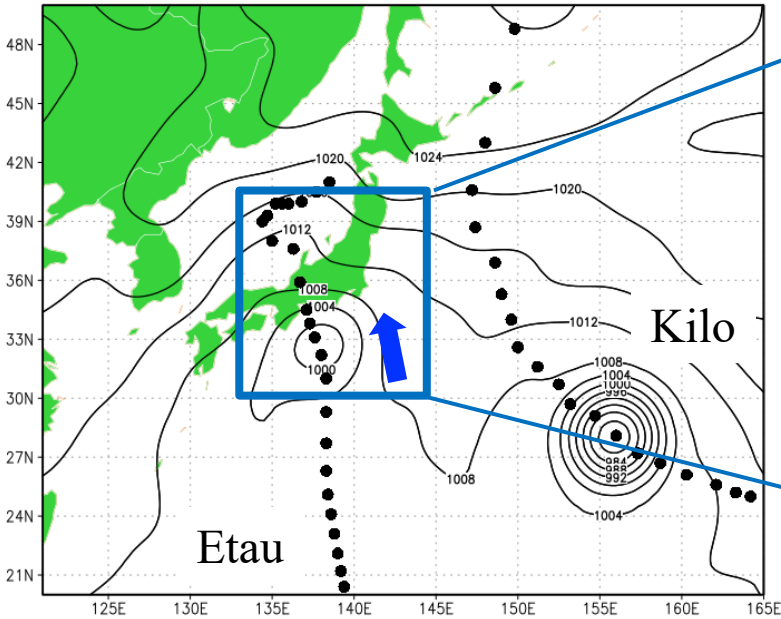
強

ひまわり同化で台風の急速な強化を予測可能へ

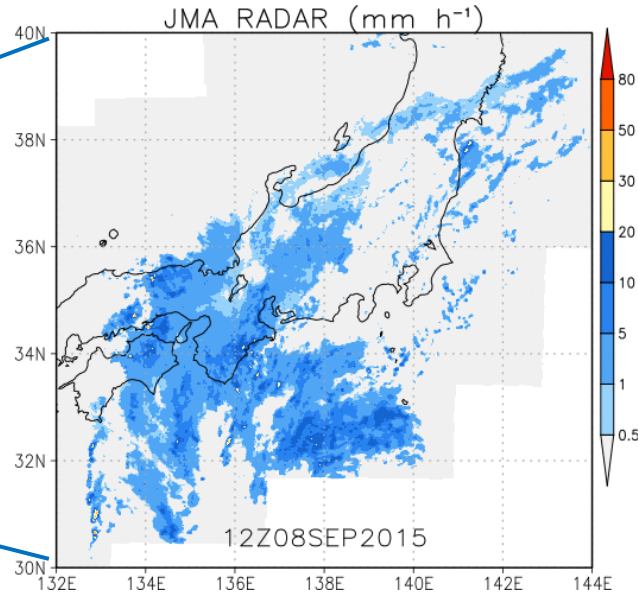
平成27年9月関東・東北豪雨事例

台風Etauによる北向きの
水蒸気輸送

GFS Analysis SLP (hPa) & Best track 18:00 UTC 09/08/2015



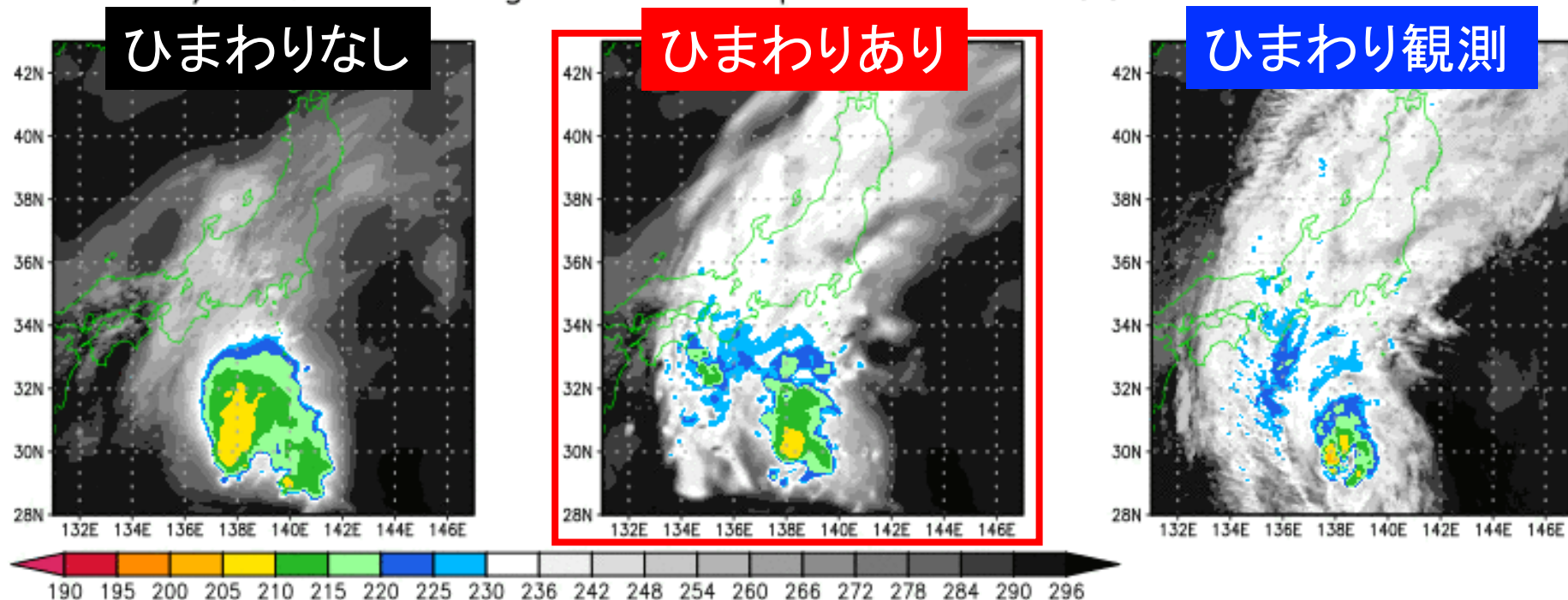
2日間の積算雨量 ~ 600 mm (観測史上最大)
鬼怒川の堤防決壊



解析雲パターン

色: モデルと実観測それぞれの赤外輝度温度 (バンド13)

Simulated/Observed Brightness Temperature B14 (K), at 07:00z08SEP2015 cycle 6th



低: 高い雲 高: 低い雲/晴天

台風本体や関連する雲域が劇的に改善

降水予報へのインパクト

12時間後の降水量予測

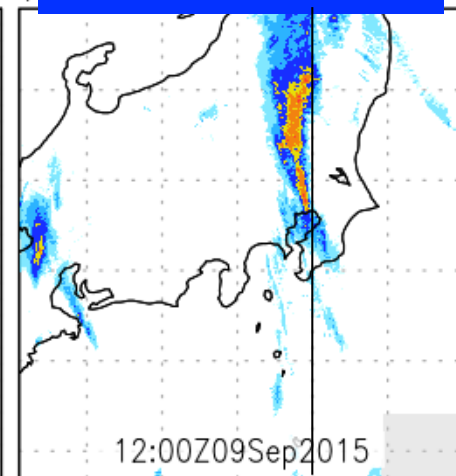
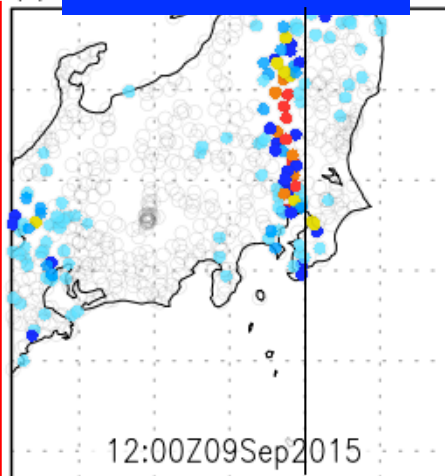
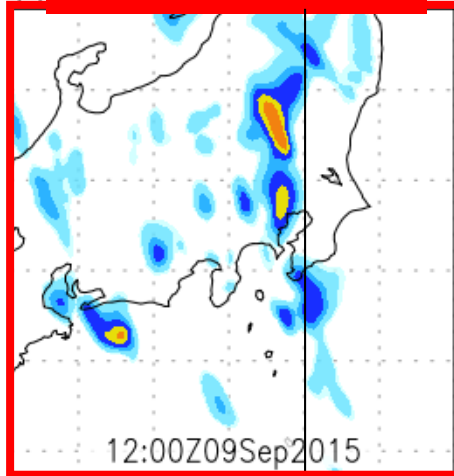
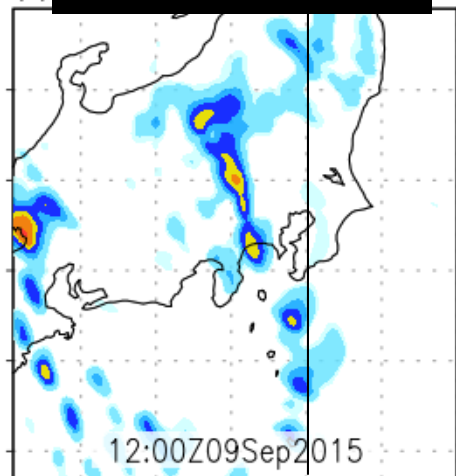


ひまわりなし

ひまわりあり

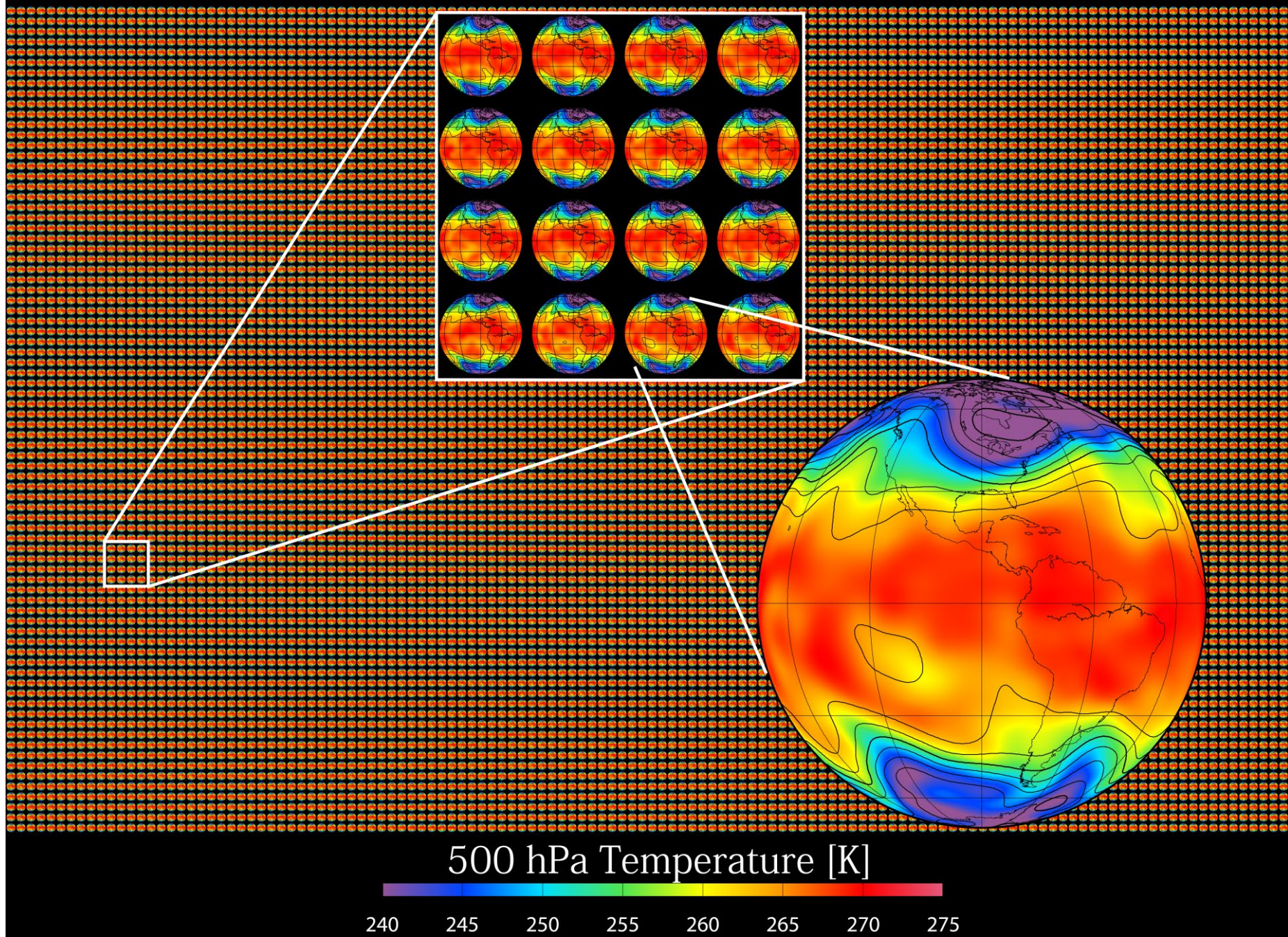
雨量計

レーダー観測



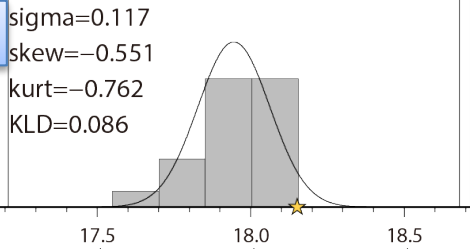
降水帯の位置がひまわり8号同化によって改善

10240 parallel earths

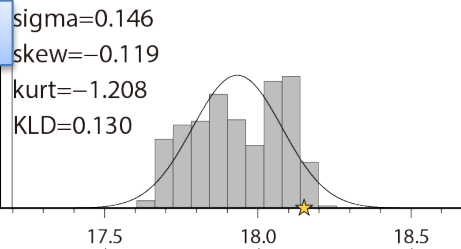


アンサンブル数＝確率を捉える解像度

20

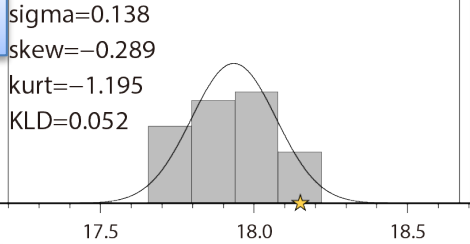


640

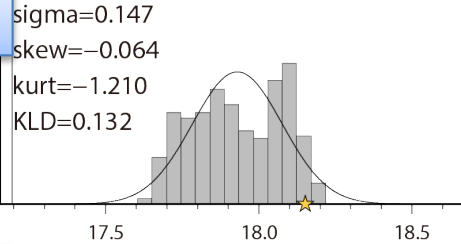


1.856N, 176.25E

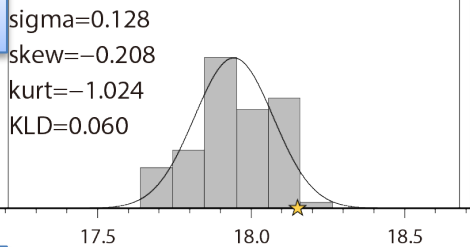
40



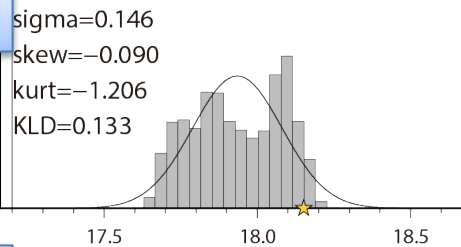
1280



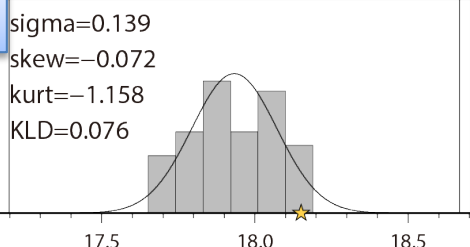
80



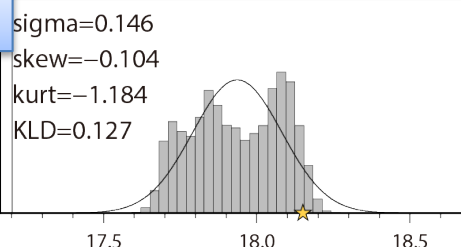
2560



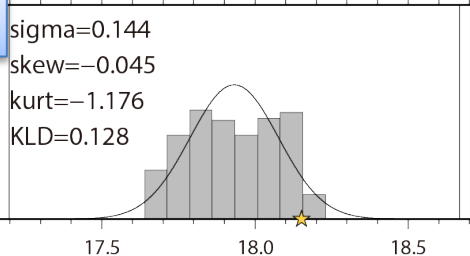
160



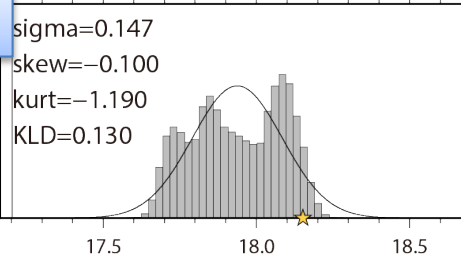
5120



320

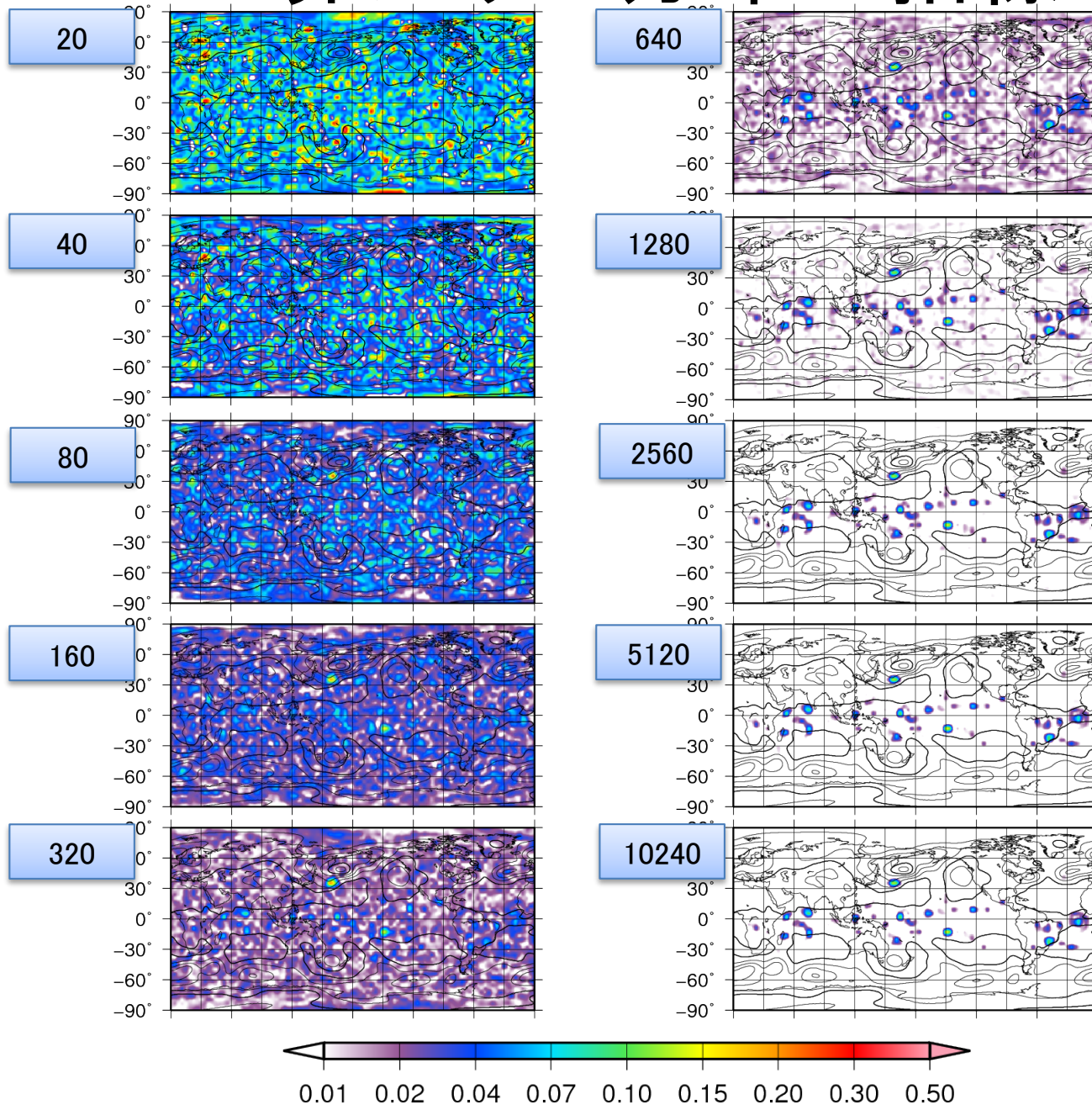


10240



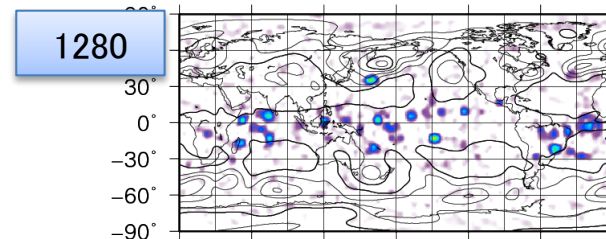
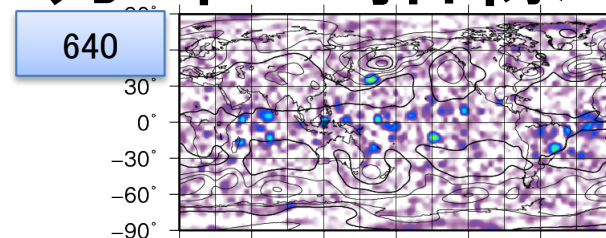
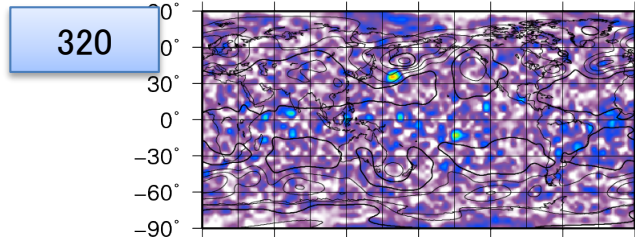
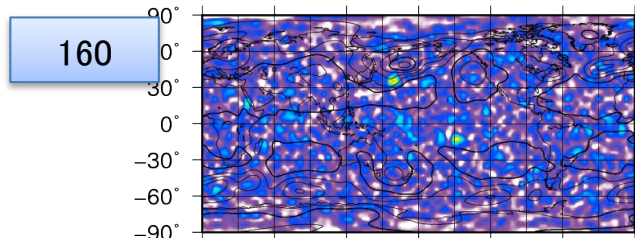
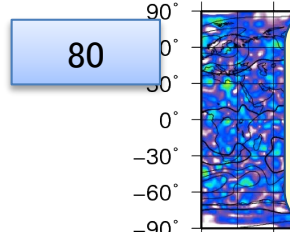
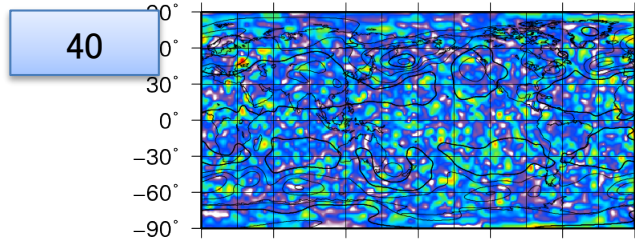
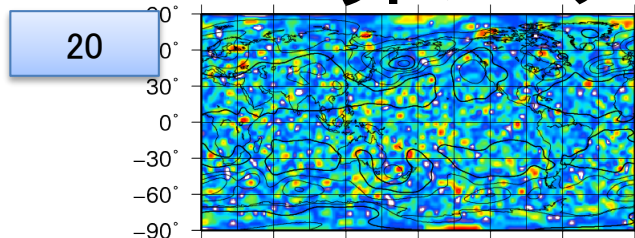
(Kondo, Miyoshi 2016)

非ガウス分布の指標 (KLD)

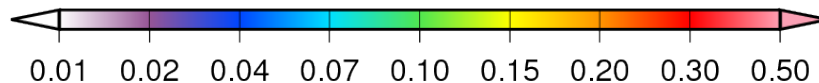
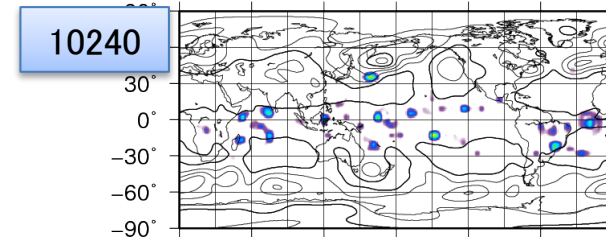
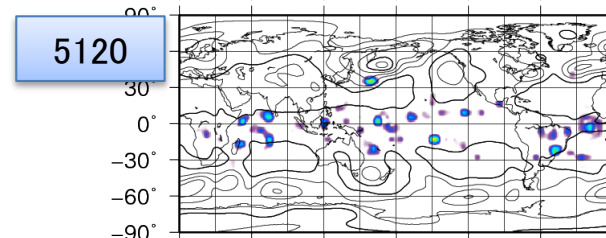


(Kondo, Miyoshi 2016)

非ガウス分布の指標 (KLD)



**1000個以上で、
非ガウス性が見やすくなる**

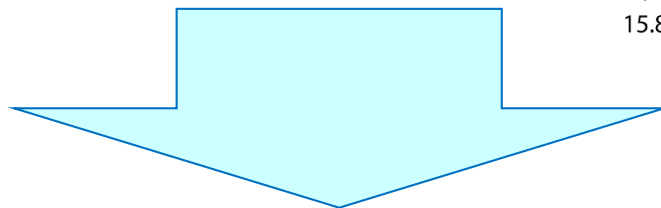
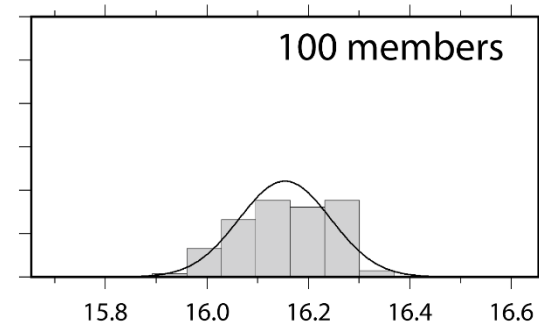
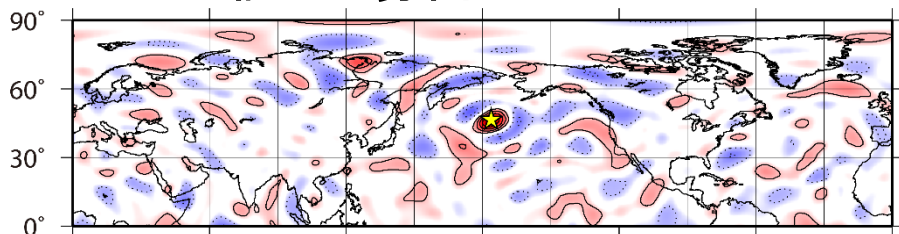


(Kondo, Miyoshi 2016)

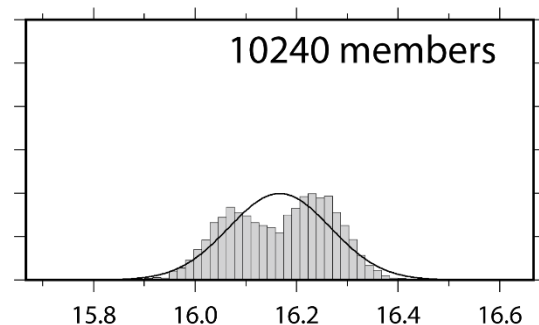
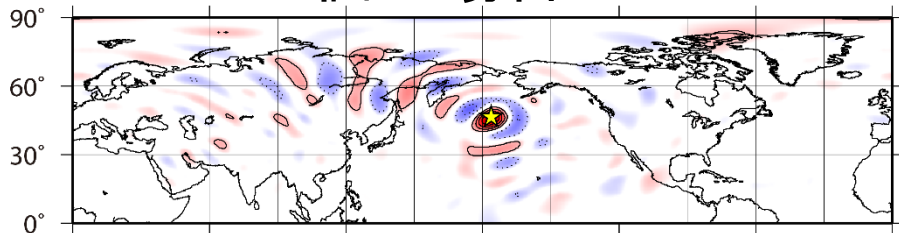
巨大アンサンブルの効果

(Miyoshi, Kondo, Imamura 2014)

100個の場合



10240個の場合



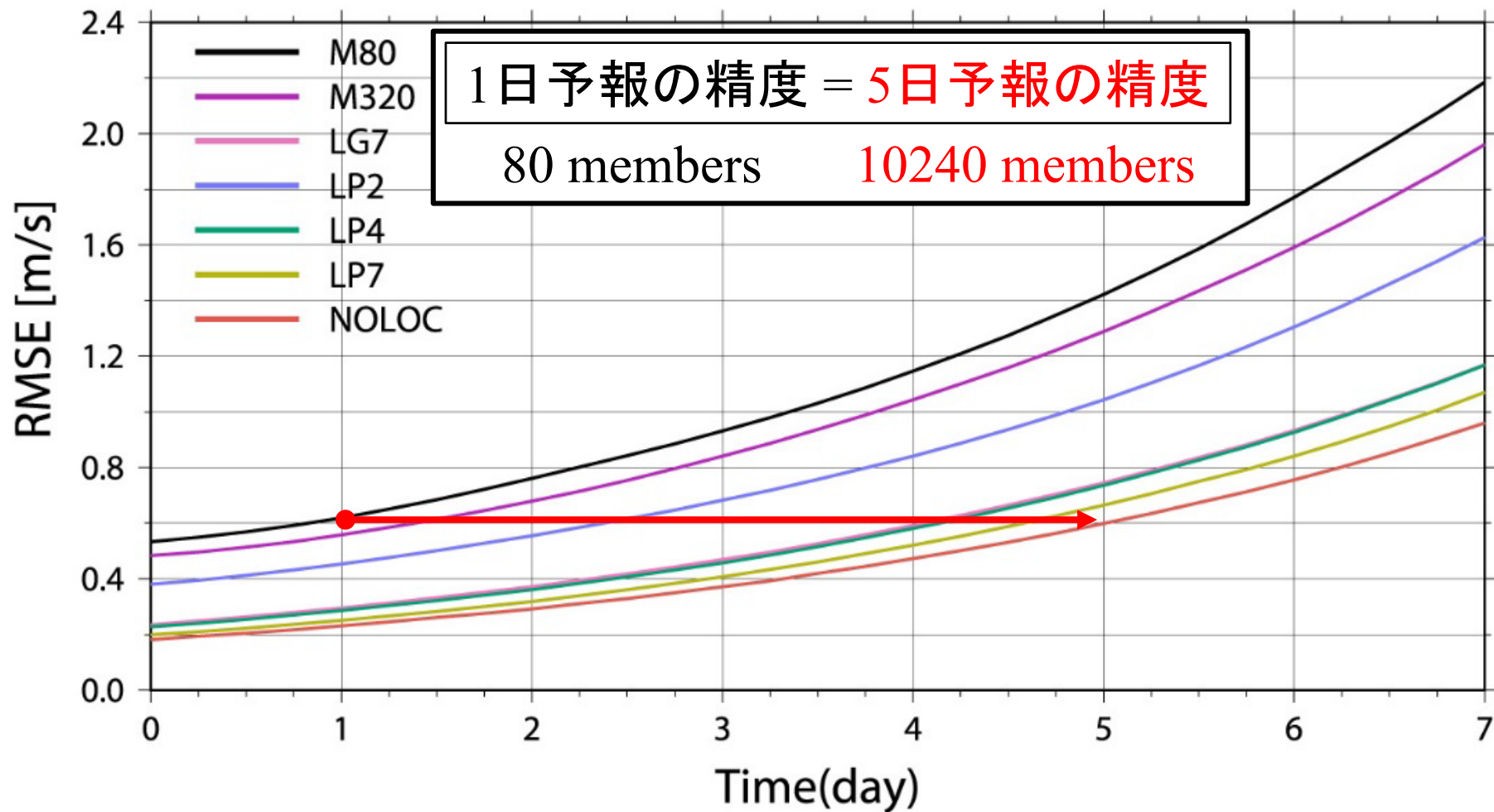
誤差を高精度に表現

確率分布の精度向上

データ同化を改善

(a)

Forecast RMSEs (U, Lev = 4)



「京」で切り拓いた天気予報革命

ビッグデータ × ビッグシミュレーション

30秒更新(1時間より120倍高速)

100mメッシュ(1kmの100倍の格子点)

10240個のアンサンブル(100個の100倍)

→ 天気予報を革命

すべて
世界一!

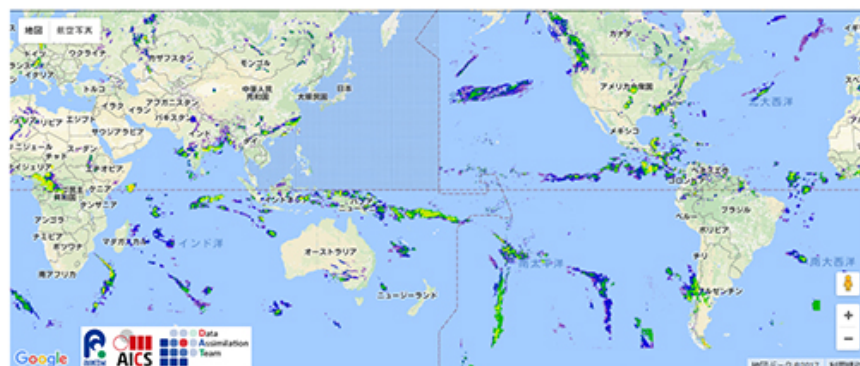


第4章

理研天気予報の紹介

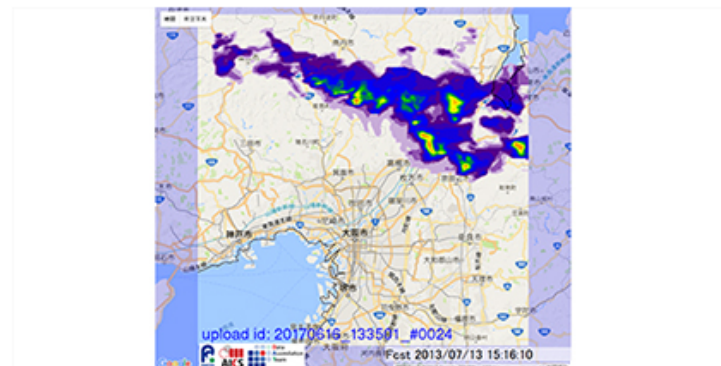
理研 R-CCS: データ同化研究による気象予報

世界の降水予報



1時間更新、12時間予報

関西の降水予報



30秒更新、10分予報

このページについて

理化学研究所計算科学研究センターデータ同化研究チームでは、シミュレーションと観測データを結びつけ、気象予測に関する研究を行っています。気象予測のシミュレーション結果は、時間が経過するとともに現実の大気の状態と合わなくなっていきます。そこで、一定の時間間隔で観測データによりシミュレーションを軌道修正し、現実に近い結果を得る。このように、「観測データとシミュレーションを融合する」方法がデータ同化です。詳しくは[こちら](#)をご覧ください。データ同化研究チームでは、最新のデータ同化

広報活動



[Home](#) > [広報活動](#) > [プレスリリース\(研究成果\) 2017](#) >

報道発表資料

2017年7月4日

理化学研究所

情報通信研究機構

首都大学東京

大阪大学

科学技術振興機構

[← 前の記事](#)

[↑ 一覧へ戻る](#)

[→ 次の記事](#)

✓ いいね! 233

ツイート



広報活動

プレスリリース(研究成果)

2018

2017

2016

2015

2014

2013

2012

2011

2010

2009

2008

2007

2006

2005

2004

2003

2002

2001

2000

1999

1998

30秒更新10分後までの超高速降水予報を開始 - 最新鋭気象レーダを活用したリアルタイム実証 -

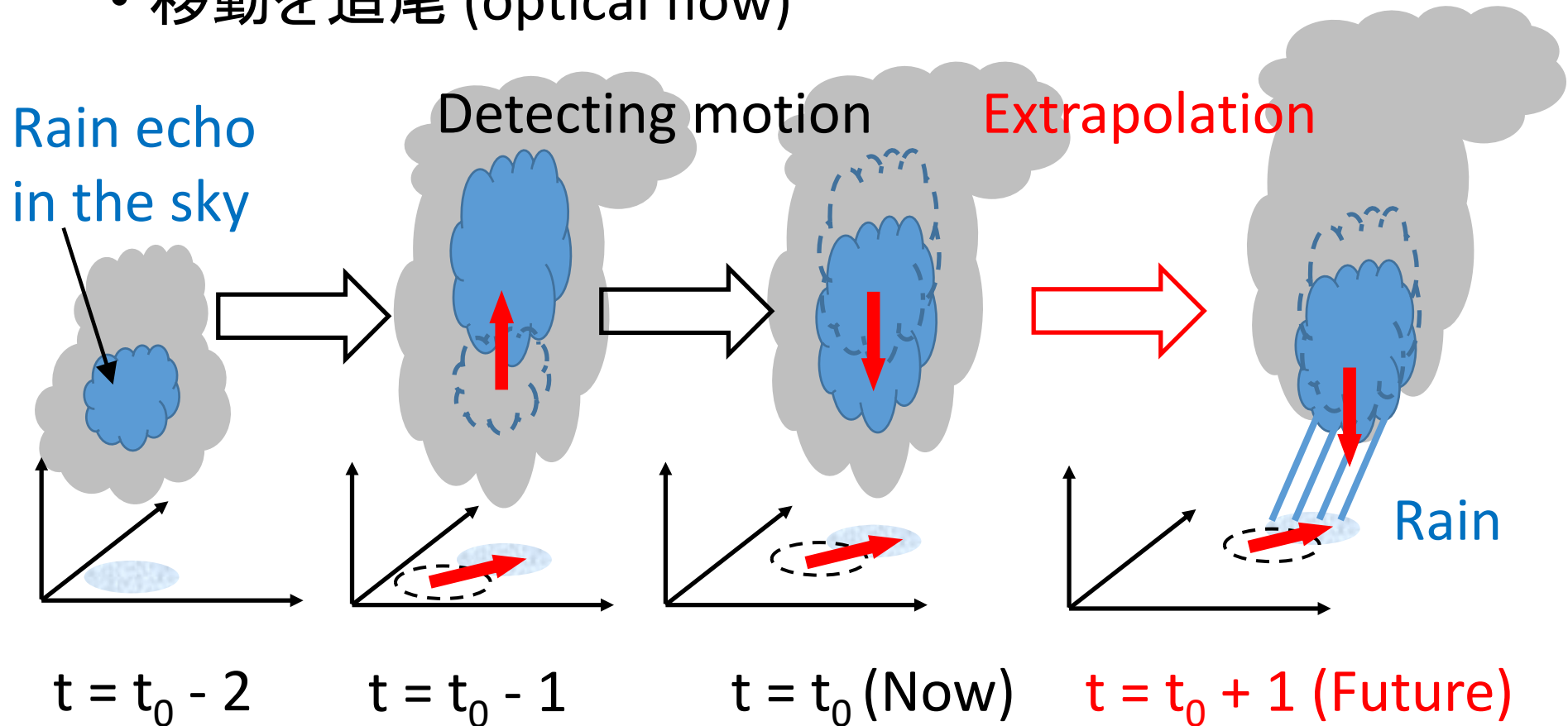
ポイント

3D降水ナウキャストによる10分後の降水分布予報の例



フェーズドアレイレーダーを生かす 新しいナウキャスト

- 3Dナウキャスト
- 移動を追尾 (optical flow)



エムティーアイのスマホアプリ 「3D雨雲ウォッチ」で配信

PR TIMES

Top | テクノロジー | モバイル | アプリ | エンタメ | ビューティー | ファッション | ライフスタイル | ビジネス

プレスリリース・ニュースリリース配信サービスのPR TIMES

ゲリラ豪雨検知アプリ『3D雨雲ウォッチ』実証実験を関東エリアへ拡大！

～隅田川花火大会の公認アプリとして、当日の天気や安全な大会運営をサポート～

株式会社エムティーアイ

🕒 2017年7月27日 12時11分

4				
いいね！	ツイート	はてな	画像DL	その他
シェア				

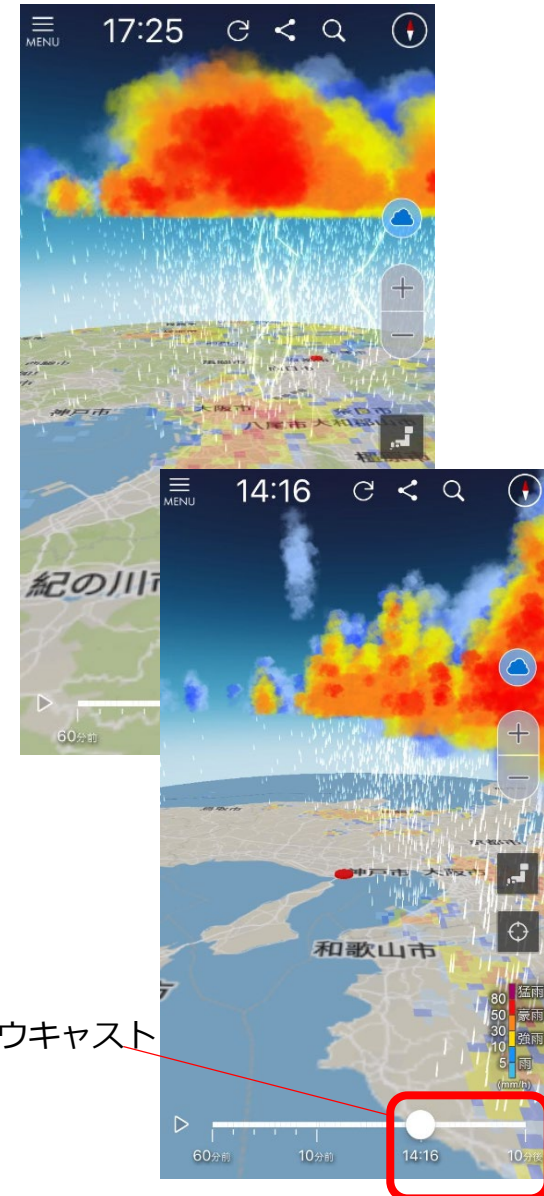
（株）エムティーアイが運営する天気総合情報サイト『ライフレンジャー』は昨年に続き、国立研究開発法人情報通信研究機構との共同研究により開発した、ゲリラ豪雨検知アプリ『3D雨雲ウォッチ～フェーズドアレイレーダ～』の実証実験を、7月27日（木）より開始します。

今年で3年目となる実証実験では、3月より行っている国立研究開発法人理化学研究所（以下、理研）との共同研究で得られた予測データを用いて、ゲリラ豪雨のお知らせから避難までの時間を伸ばす試みを行います。さらに日本無線（株）からのデータ提供により、対象地域を関東にも拡大しアプリの利用人数を増やすことで、より多くの意見やデータを収集しサービスの有用性の検証と質の向上を図ります。

また今回アプリを活用した新たな取り組みとして、「第40回 隅田川花火大会」の公認アプリとして当日の天気や運営のサポートを行います。

◆理研との共同研究による予測データを用いてゲリラ豪雨の発生を10分前に通知！

本アプリは、最先端の気象レーダ「フェーズドアレイレーダ」のデータを用いてゲリラ豪雨の発生をリアルタイムでお知らせするサービスです。今まで察知が難しかったゲリラ豪雨が発生する可能性を、瞬時にスマートフォンでプッシュ通知で知らせます。



理研ナウキャスト

エムティーアイのスマホアプリ 「3D雨雲ウォッチ」で配信

PR TIMES

Top | テクノロジー | モバイル | アプリ | エンタメ | ビューティー | ファッション | ライフスタイル | ビジネス

プレスリリース・ニュースリリース配信サービスのPR TIMES

ゲリラ豪雨検知アプリ

〜隅田川花火大会〜

株式会社エムティーアイ

4
いいね!
シェア

ツイート

>247,000 DL
Ranked #3!

(株)エムティーアイが運営する天気総合情報サイト「フレンドジャー」が、昨年に続き、国立研究開発法人情報通信研究機構との共同研究により開発した、ゲリラ豪雨検知アプリ「3D雨雲ウォッチ〜フェーズドアレイレーダ〜」の検証実験を、7月27日(木)より開始します。

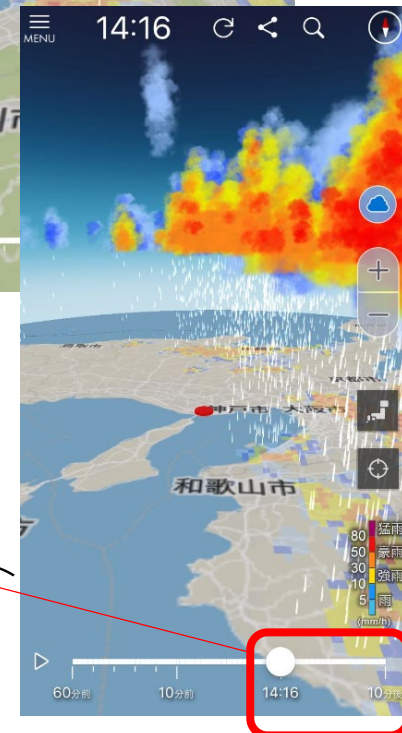
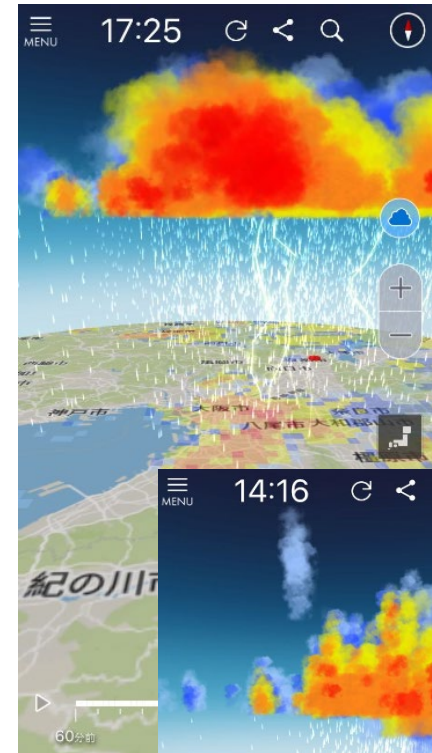
今年で3年目を迎えた「隅田川花火大会」の開催期間中、大会会場周辺にゲリラ豪雨が発生した場合、大会の安全確保のため、大会の中止や延期などの対応が必要となります。本アプリは、最先端の気象レーダ「フェーズドアレイレーダ」のデータを用いてゲリラ豪雨の発生をリアルタイムでお知らせするサービスです。今まで察知が難しかったゲリラ豪雨が発生する可能性を、瞬時にスマートフォンでプッシュ通知で受け取れます。

◆理研との共同研究による予測データを用いてゲリラ豪雨の発生を10分前に通知!

本アプリは、最先端の気象レーダ「フェーズドアレイレーダ」のデータを用いてゲリラ豪雨の発生をリアルタイムでお知らせするサービスです。今まで察知が難しかったゲリラ豪雨が発生する可能性を、瞬時にスマートフォンでプッシュ通知で受け取れます。

Making societal impact

理研ナウキャスト



第5章

「富岳」へ

「富岳」で行う計算
全球3.5kmメッシュ
1000アンサンブル

「京」で行った計算
全球112kmメッシュ
10240アンサンブル

富岳：京 = 100 : 1

解像度32倍
(格子点数1024倍)

アンサンブル数1/10

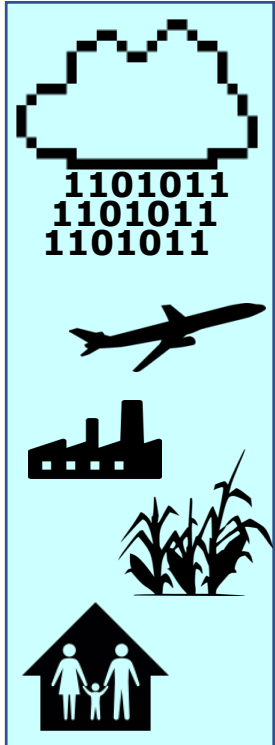
2030年「高度天気予報活用社会」へ

サイバー世界

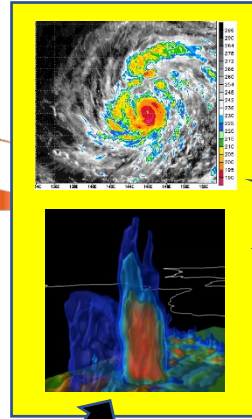
同期・予測・制御

現実世界

シミュレーション

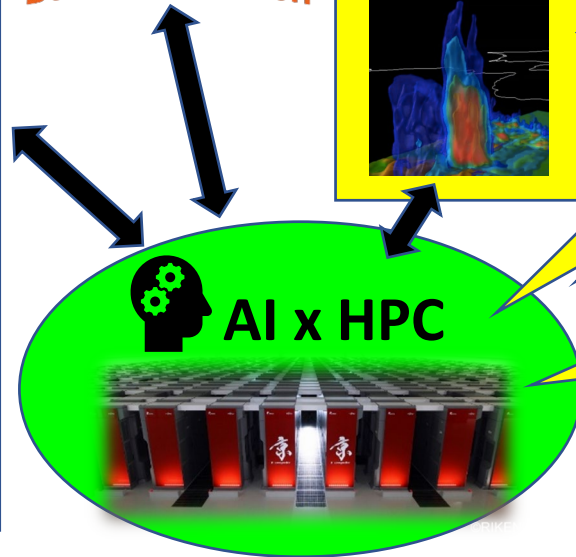


ビッグデータ



ビッグデータ同化

Data Assimilation



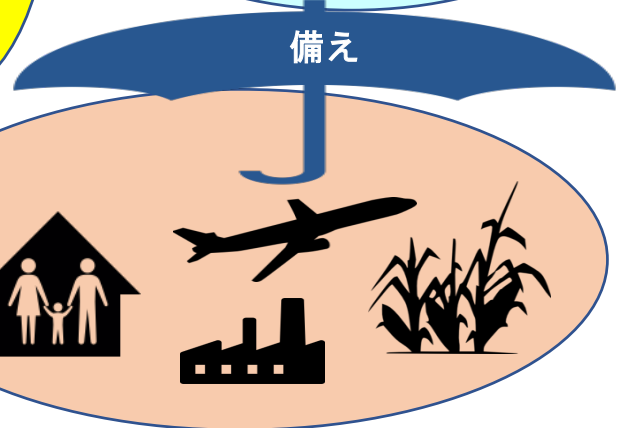
計測



自然



備え



生活・社会経済

2030年「高度天気予報活用社会」へ

サイバー世界

同期・予測・制御

現実世界

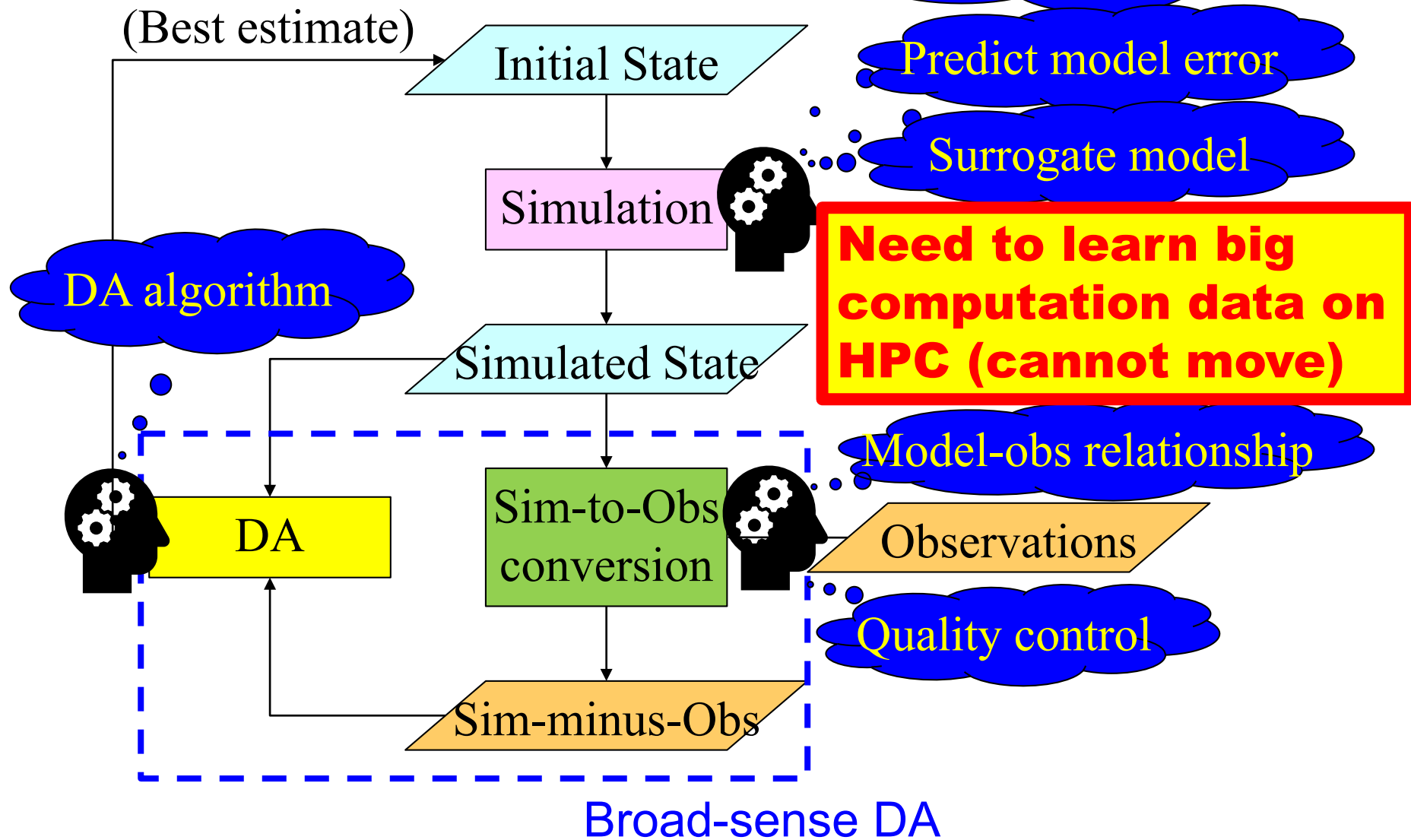
「巨大アンサンブル」で見逃さない

- より早く（リードタイム）
 - 正確に（精度）
 - 想定外をなくす

→効果的な防災対応へ

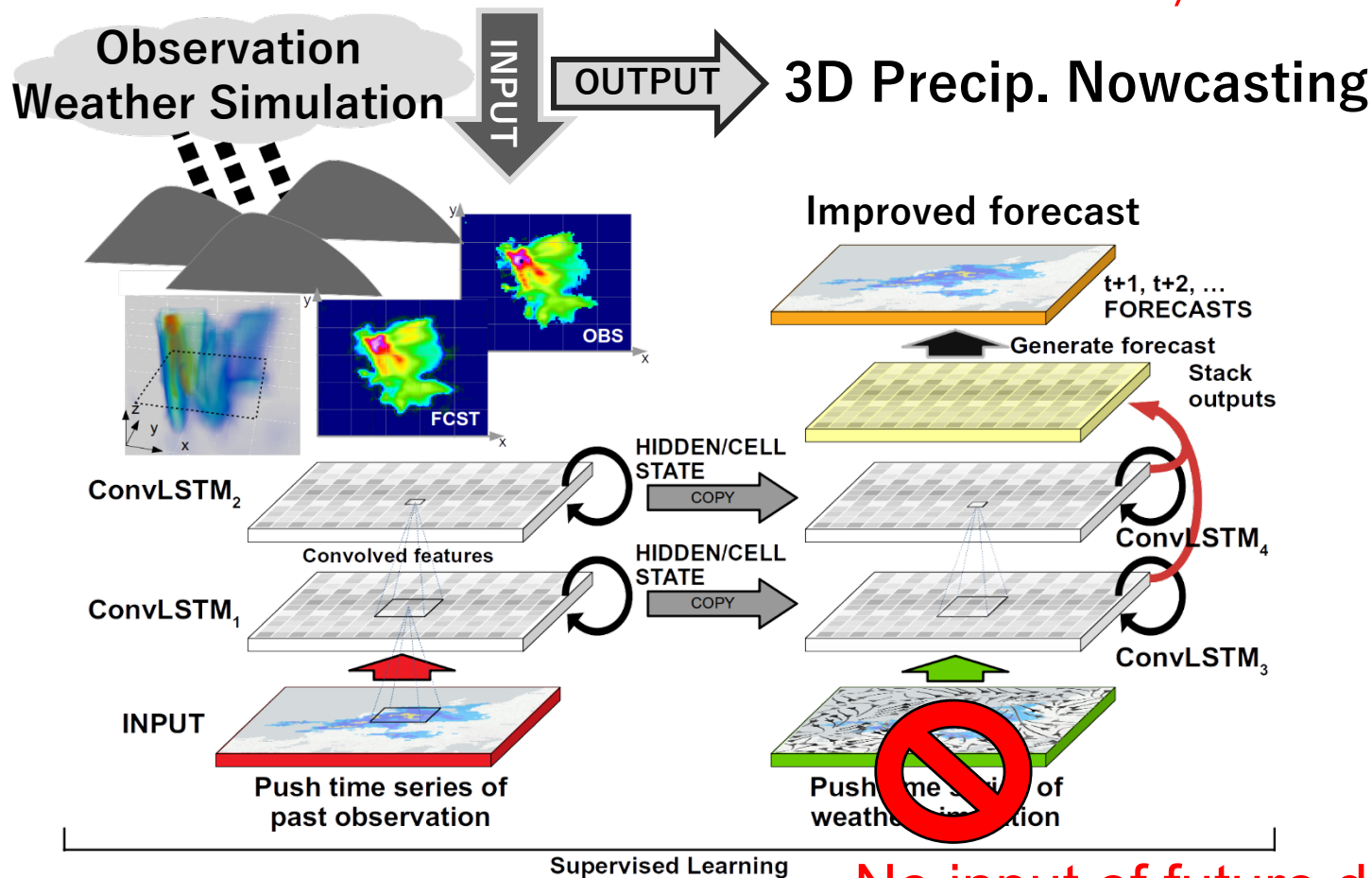
- どこがいつ崩れるか
- どこでいつ何m浸水するか

DA-AI fusion



PAWR 3D Nowcasting

Parallel test of real-time
nowcasting w/ ConvLSTM
since June 6, 2019!!

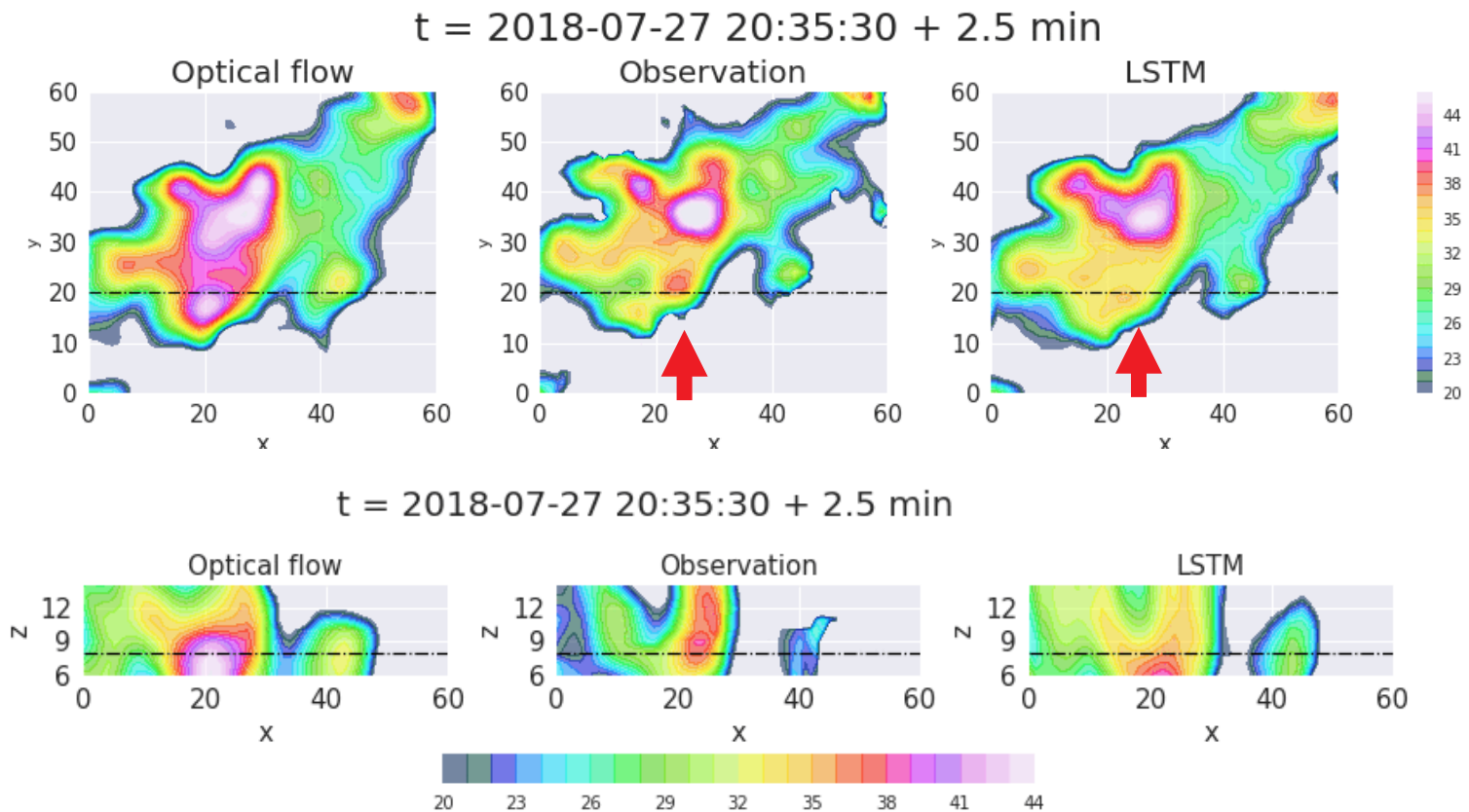


No input of future data
at this moment

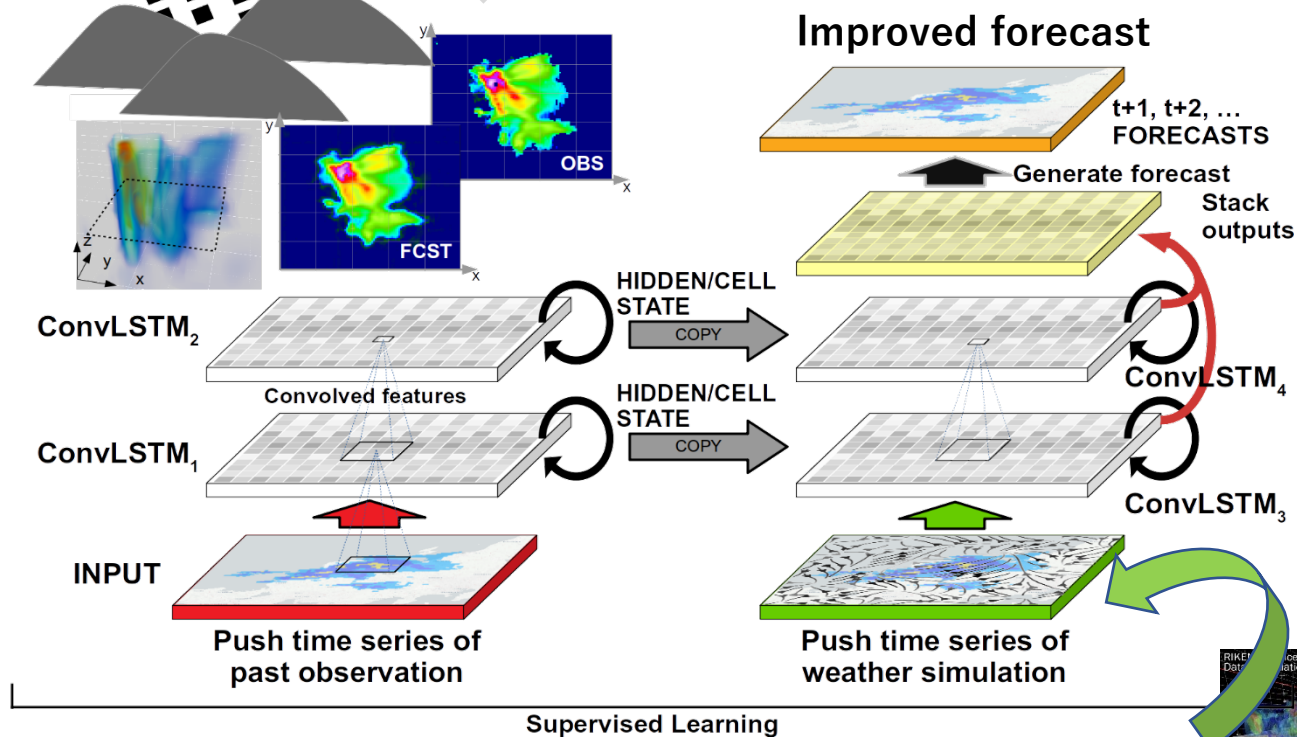
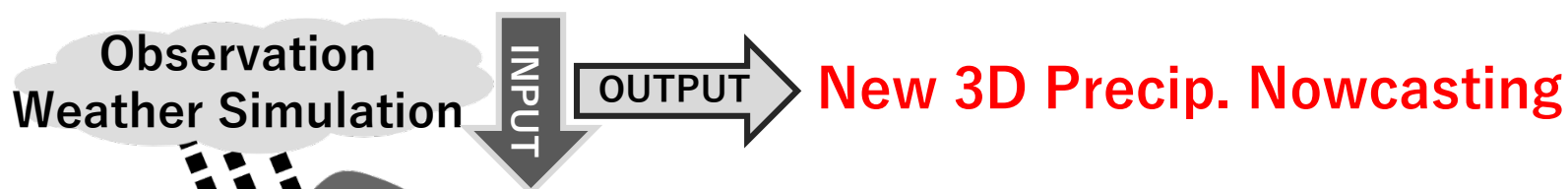
Conv-LSTM is effective.

(Work with Mr. Viet Phi Huynh and Prof. Pierre Tandeo)

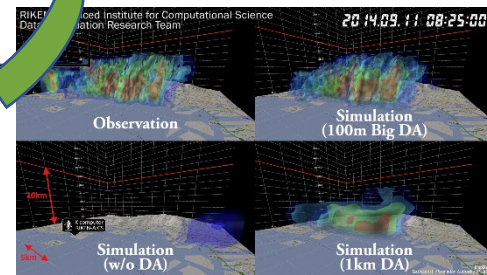
2.5-min prediction



Future direction: **Fusing ML+DA+Simulation**



Input of future data
from NWP!!



DA-AI fusion

(Best estimate)

Initial State

Simulation

Predict high-resolution
from low-resolution model

Predict model error

Surrogate model

Need to learn big

DA algorithm

Integrating DA and AI
→ Pioneering new meteorology

DA

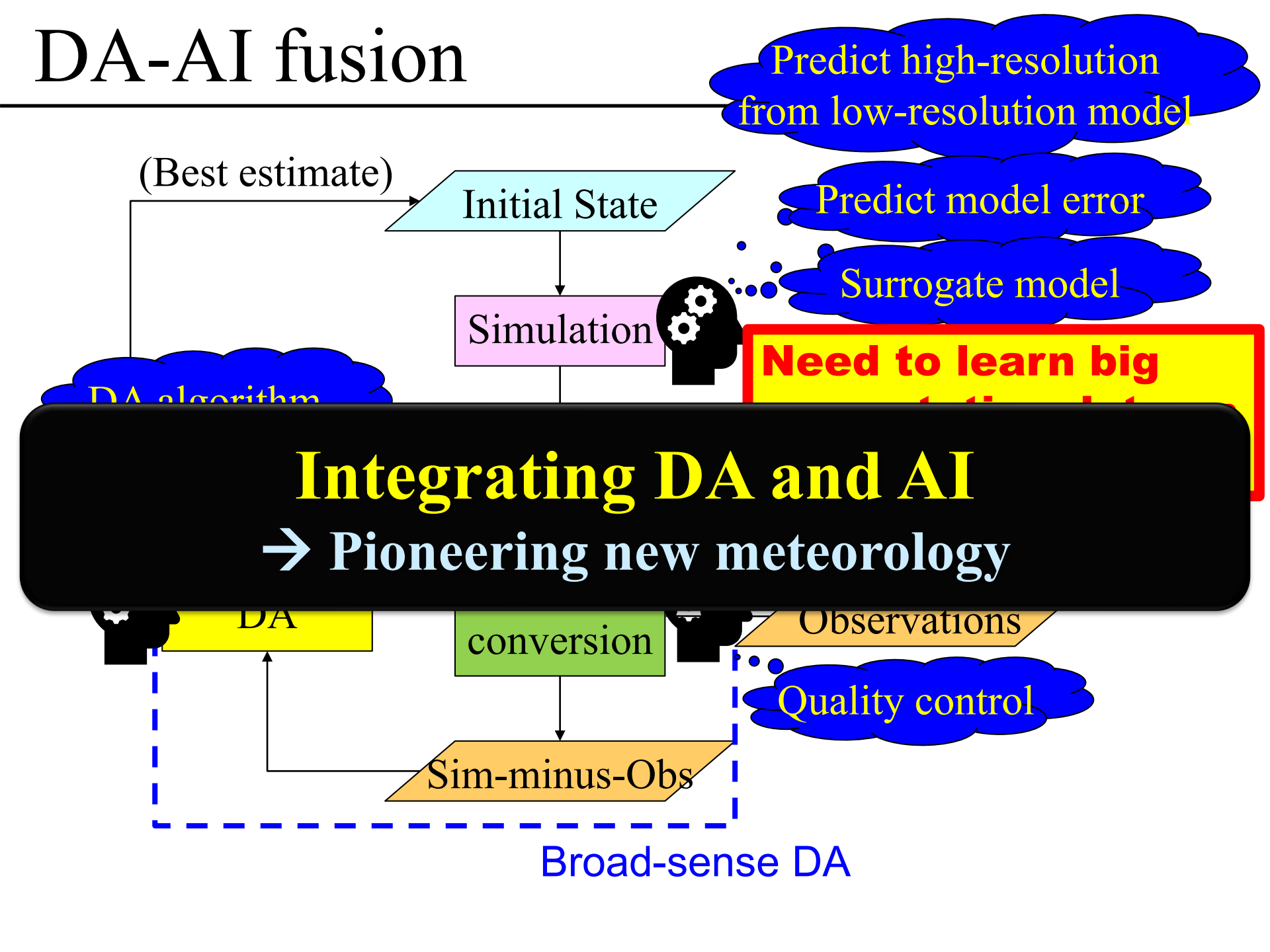
conversion

Observations

Sim-minus-Obs

Quality control

Broad-sense DA



第6章

天気予報の数理 → 「予測科学」へ



日本地球惑星科学連合ニュースレター Vol. 11
November, 2015 No. 4

TOPICS	
データ同化の進展と広がり	1
水天体に注がれる熱い視線 「地球規模の測地基準座標系」に関する 国連総会決議	3
BOOK REVIEW	5
地球温暖化 - そのメカニズムと不確実性 -	8
NEWS	
国際地学オリンピック報告	9
地理オリンピック報告	9
SPECIAL	
フェロー授賞記念特集	10
INFORMATION	15



TOPICS 気象学

データ同化の進展と広がり

理化学研究所 計算科学研究機構 三好 建正

日々の暮らしや防災に役立つ天気予報は、スーパーコンピュータを使ったシミュレーションに基づいている。大気の運動の物理法則により、コンピュータ上に時々刻々と変動する大気の仮想世界を作り出す。この仮想世界が実際の天気をよく表すように、現実世界の観測データを取り込み、コンピュータ上の仮想世界に「同化」させていく。この仮想と現実を結ぶ「データ同化」が予報の精度を左右する。気象学における最先端のデータ同化研究が進んでいるほか、データ同化は気象学を超え、様々な分野に広がっている。データ同化はシミュレーションとデータの双方が駆動する第5パラダイムとも考えられ、新しい科学リテラシーとしての可能性も秘める。

天気予報のシミュレーション

日々目にする天気予報は、コンピュータシミュレーションに基づいている。大気を3次元の格子に区切り、各格子での風、気温、気圧、湿度、雲などの気象変数を数値化し、コンピュータ上で大気状態を表す。ある時刻の大気状態がわかれば、それが短い時間でどう変化するかを物理法則からはじき出し、すぐ後の時刻の大気状態を計算する。これを何度も繰り返すことで、時々刻々と変動する大気をシミュレーションする。コンピュータ上の仮想世界である。

気象庁は、日々の天気予報のため、地球全体を水平方向に約20 km メッシュに区切ったシミュレーションを行っている。日本・アジア周辺域に限った領域では5 km メッシュ、さらに日本周辺域では2 km メッシュのシミュレーションを行って、より詳細な天気予報や防災情報に活かしている。また、スーパーコンピュータ「京」を使った最先端のシミュレーション研究では、地球全体を870 m メッシュに区切った世界最高解像度のシミュレーションに成功した (Miyamoto et al.,

2013)。図1に示すように、この美しい地球の雲の動きを詳細にシミュレーションし、世界を驚かせた。

仮想と現実を結ぶデータ同化

天気予報を行うには、コンピュータ上の仮想世界が現実世界をよく表す必要

がある。そのために、現実世界の観測データを取り込み、仮想世界に同化させる「データ同化」が行われている。具体的には、直近の短時間予報と観測データを組み合わせて、最も確からしい状態を統計的手法により推定する (図2 a)。これを繰り返すことで、時間方向に観測データを積み重ね、精度を向上する。4次元同化と呼ばれる方法である (露木ほか, 2008)。

シミュレーションで表現されているのは、人工的な仮想世界であり、定期的に並んだ格子上の気象変数の変動が計算される。一方で観測データは、地上観測、風船による高層観測などの直接観測のほか、気象レーダーや人工衛星によるリモートセンシングなど、多種多様な観測データが空間的にも時間的

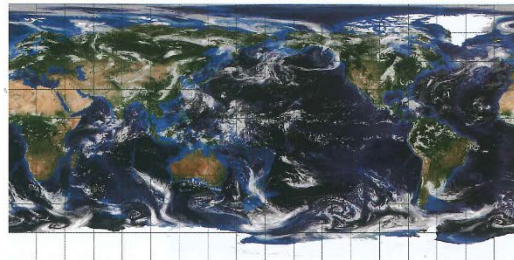


図1 正二十面体型全球大気モデル NICAM を使った世界最高解像度 870 m メッシュのシミュレーションによる雲の画像 (海洋研究開発機構・東京大学大気海洋研究所 (HPCI 戦略プログラム分野 S) および理化学研究所計算科学研究機構の共同研究より理化学研究所 吉田龍二氏提供)。

日本地球惑星科学連合 ニュースレター (JGL)

<http://www.jpгу.org/jgl.html>

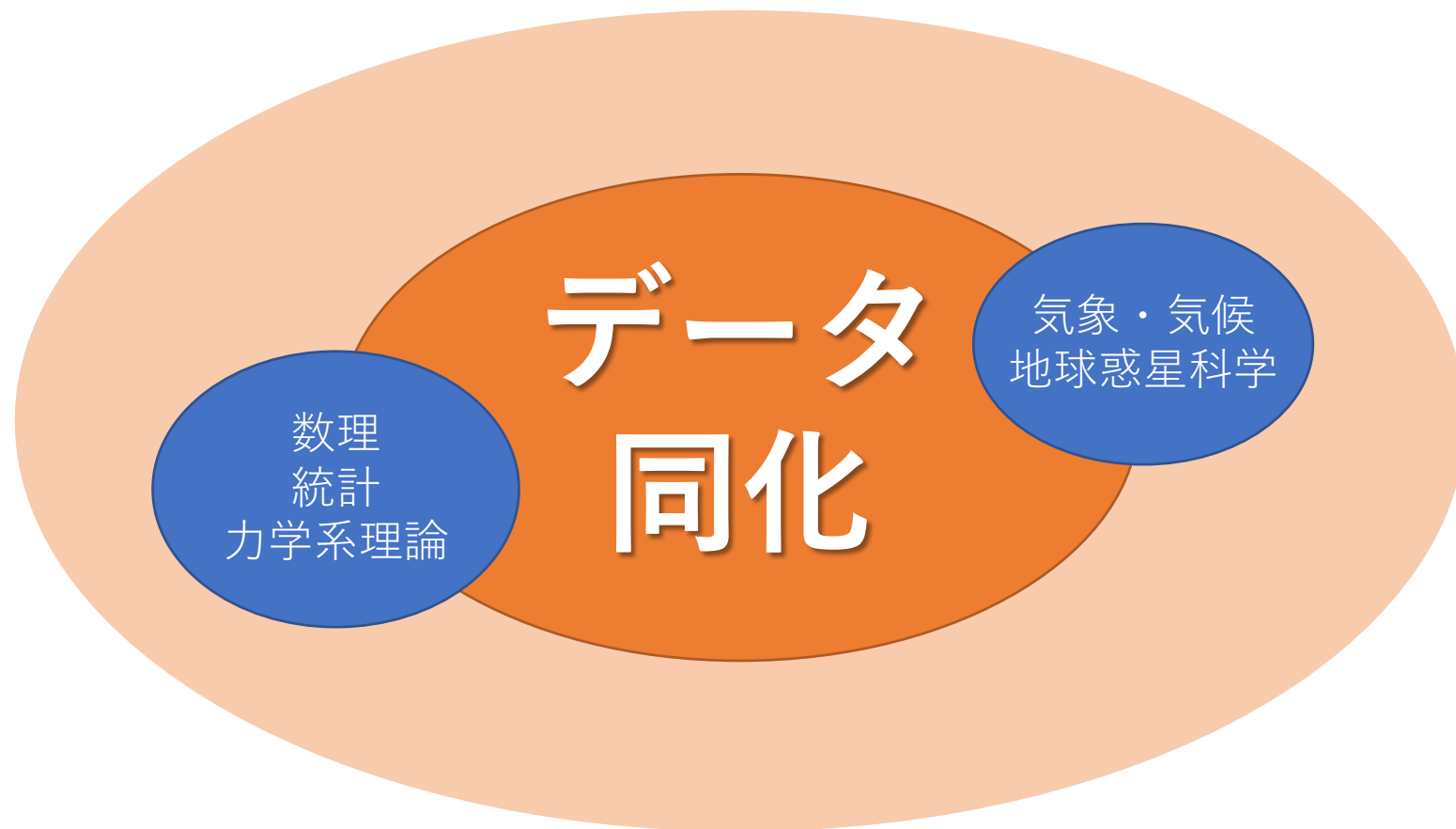
2015年 No.4 約2ページの巻頭記事

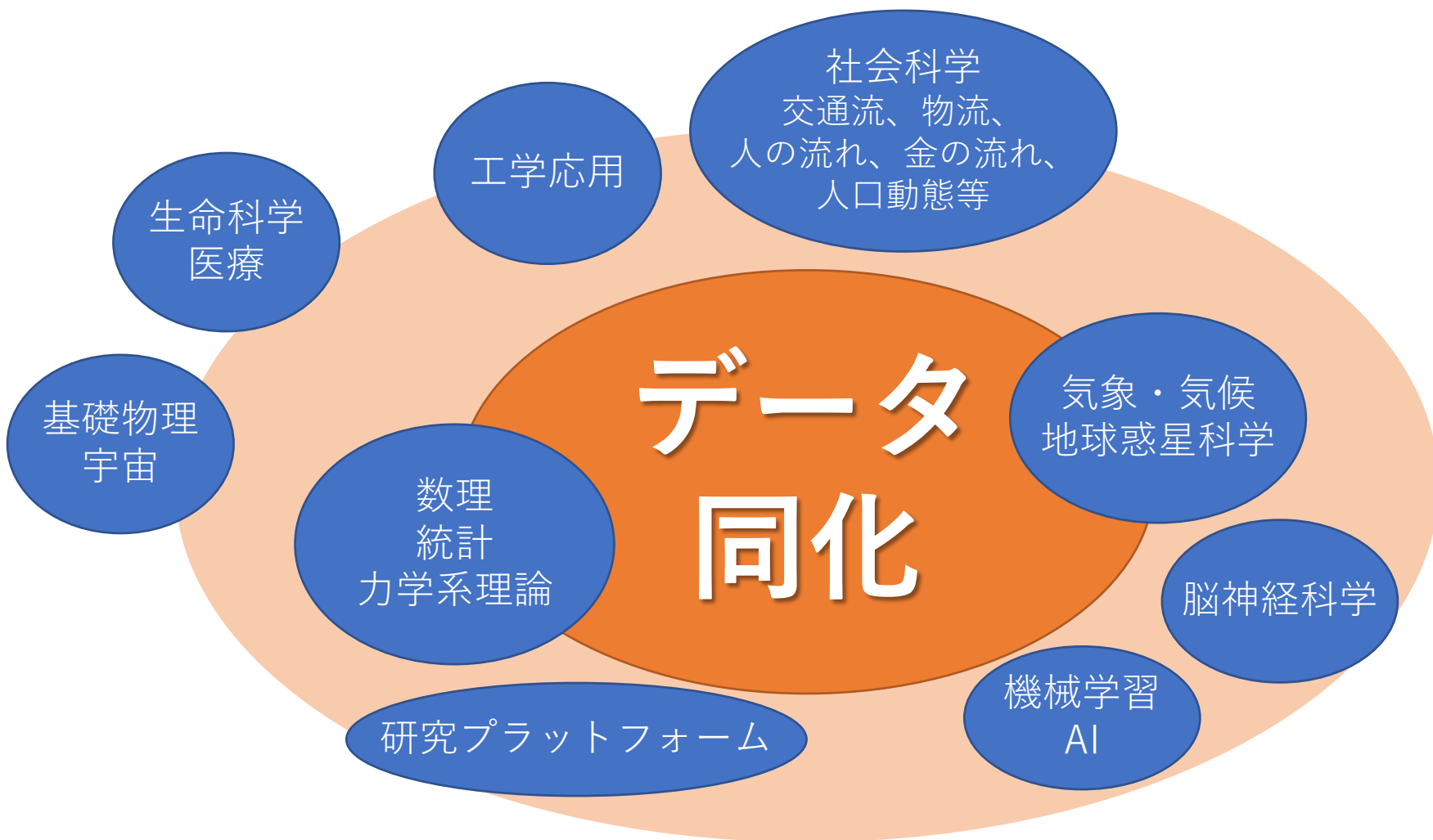
データ同化の進展と広がり

理化学研究所 計算科学研究機構

三好 建正

日々の暮らしや防災に役立つ天気予報は、スーパーコンピュータを使ったシミュレーションに基づいている。大気の運動の物理法則により、コンピュータ上に時々刻々と変動する大気の仮想世界を作り出す。この仮想世界が実際の天気をよく表すように、現実世界の観測データを取り込み、コンピュータ上の仮想世界に「同化」させていく。この仮想と現実を結ぶ「データ同化」が予報の精度を左右する。気象学における最先端のデータ同化研究が進んでいるほか、データ同化は気象学を超え、様々な分野に広がっている。データ同化はシミュレーションとデータの双方が駆動する第5パラダイムとも考えられ、新しい科学リテラシーとしての可能性も秘める。

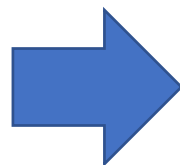




社会実装
産業応用



ユーザーコミュニティ形成、拡大
教育、啓蒙
新応用分野発掘、拡大



枠を超えたサイエンスの新潮流
データ同化を学術分野として確立

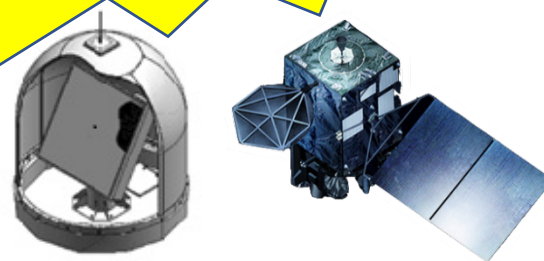
昨今の情勢

スーパーコンピューティング
クラウド



→ 「富岳」

センサ技術
情報通信技術
ビッグデータ・IoT



昨今の情勢

スーパーコンピューティング
クラウド

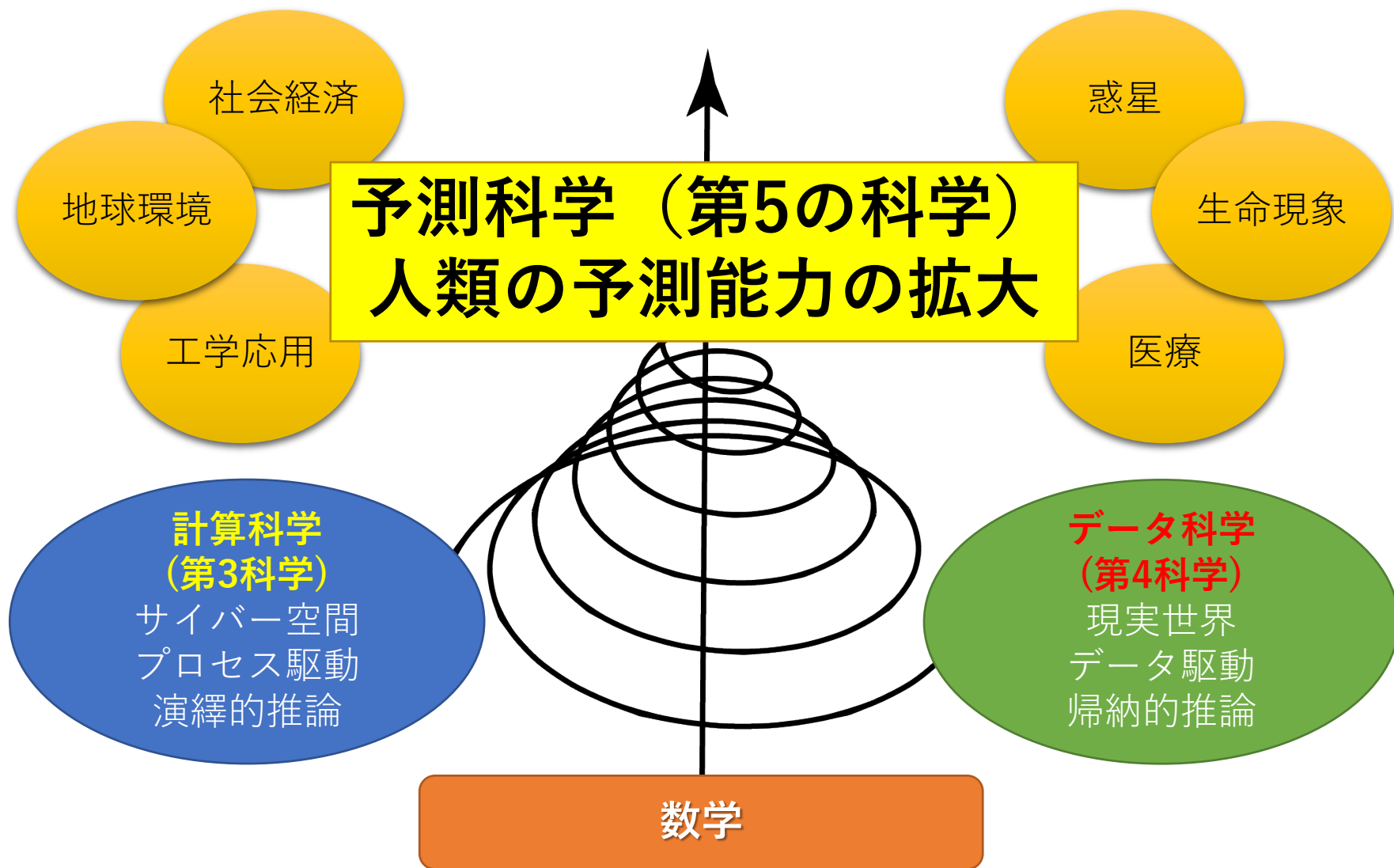
計算科学
(第3科学)

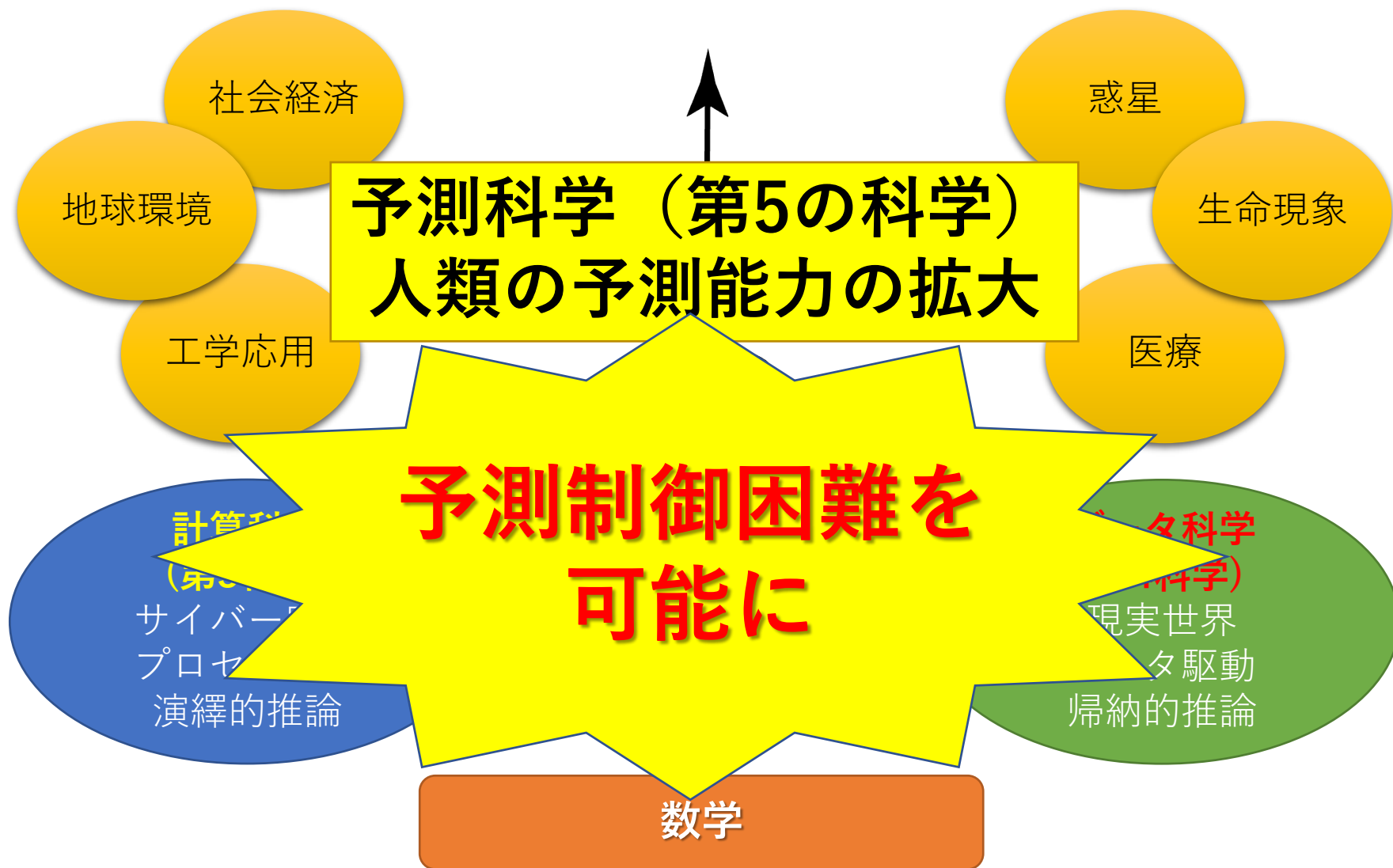
サイバー空間
プロセス駆動
演繹的推論

センサ技術
情報通信技術
ビッグデータ・IoT

データ科学
(第4科学)

現実世界
データ駆動
帰納的推論





気象学の方法

観測・実験データ

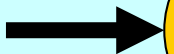


ノイズ・欠損

気象学の方法

観測・実験データ

ノイズ・欠損を除去

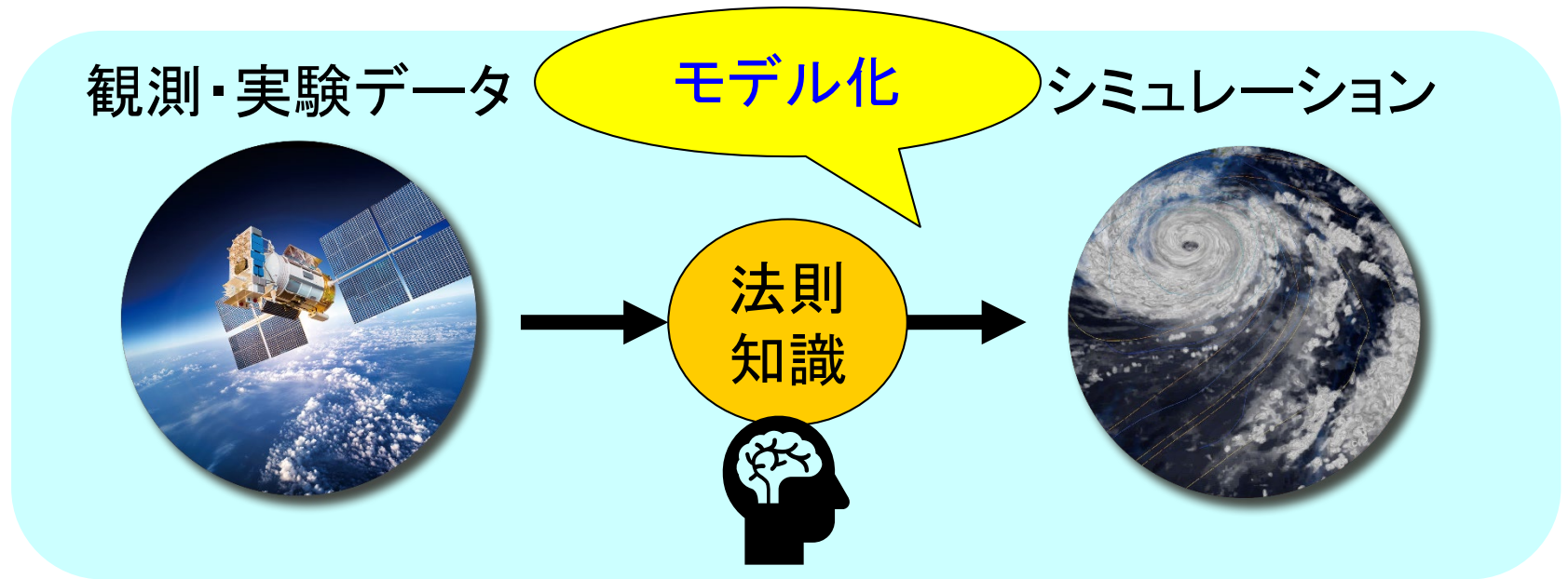


法則
知識



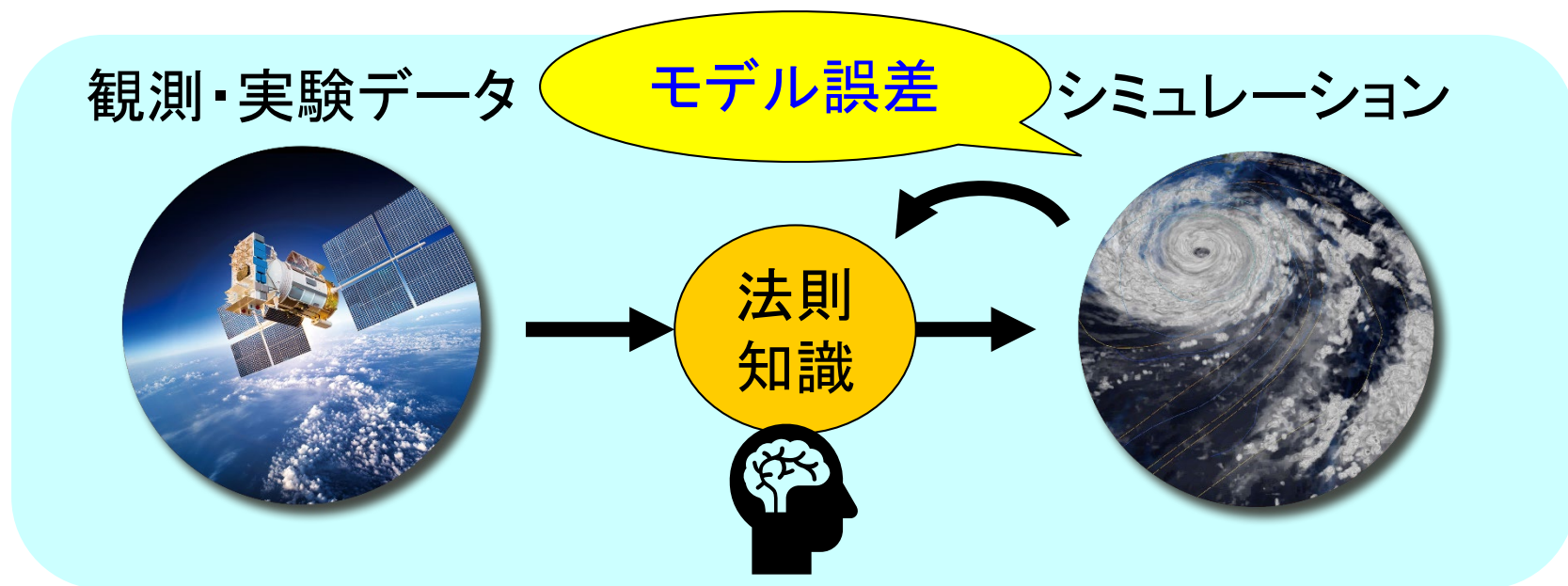
第1の科学(観測・実験科学)

気象学の方法



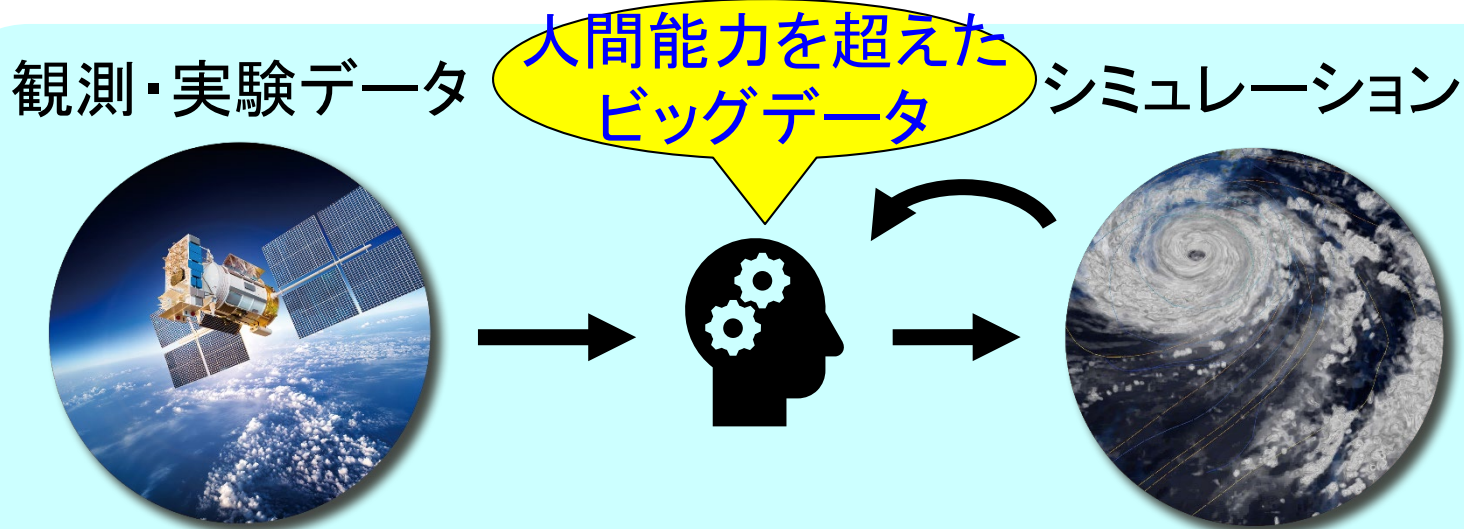
第2の科学(理論科学)

気象学の方法



第3の科学(計算科学)

気象学の方法



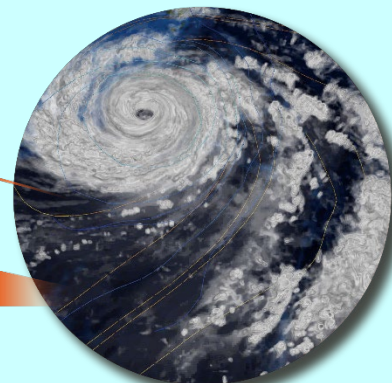
第4の科学(データ科学)

データ同化

観測・実験データ



シミュレーション



データ同化

Data Assimilation

データ同化は、シミュレーションと現実世界を結びつけ、相乗効果を生み出す。

双方の情報を最大限に抽出

データ同化



第5の科学 ???
(データ科学 × 計算科学)

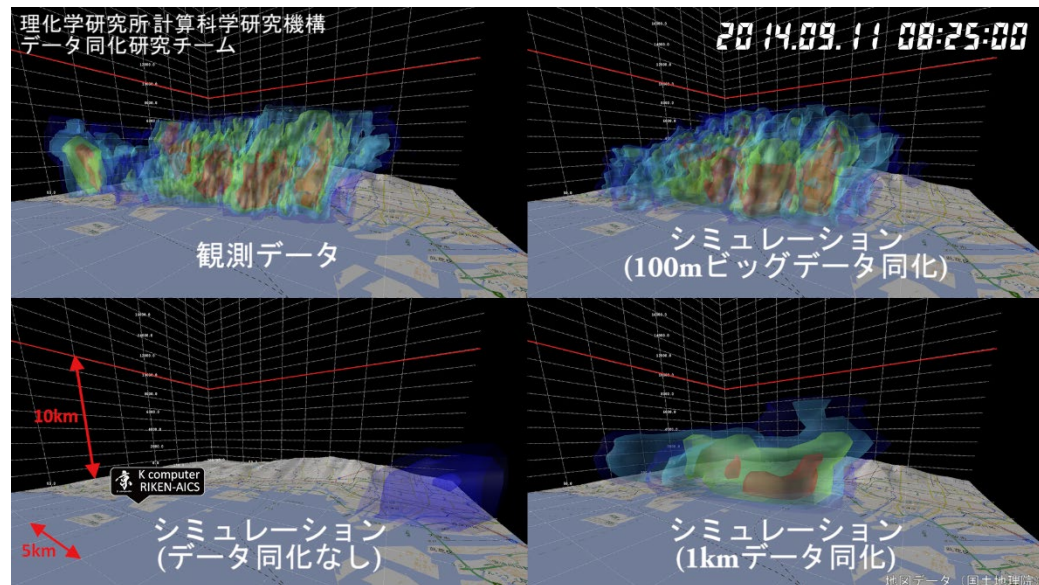
予測と制御の方法論

演繹的推論

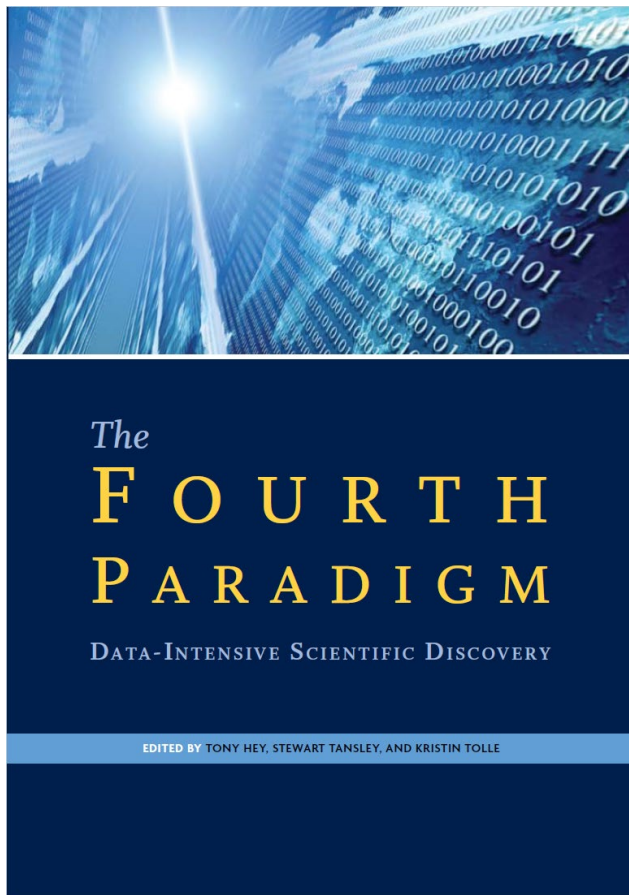
プロセス
モデル

計算科学
(第3科学)

予測と制御



予測と制御の方法論



Hey et al. (2009)

帰納的推論

経験・データ
内挿的



データ科学
(第4科学)



予測と制御

予測と制御の方法論

演繹的推論

プロセス
モデル



計算科学
(第3科学)



帰納的推論

経験・データ
内挿的

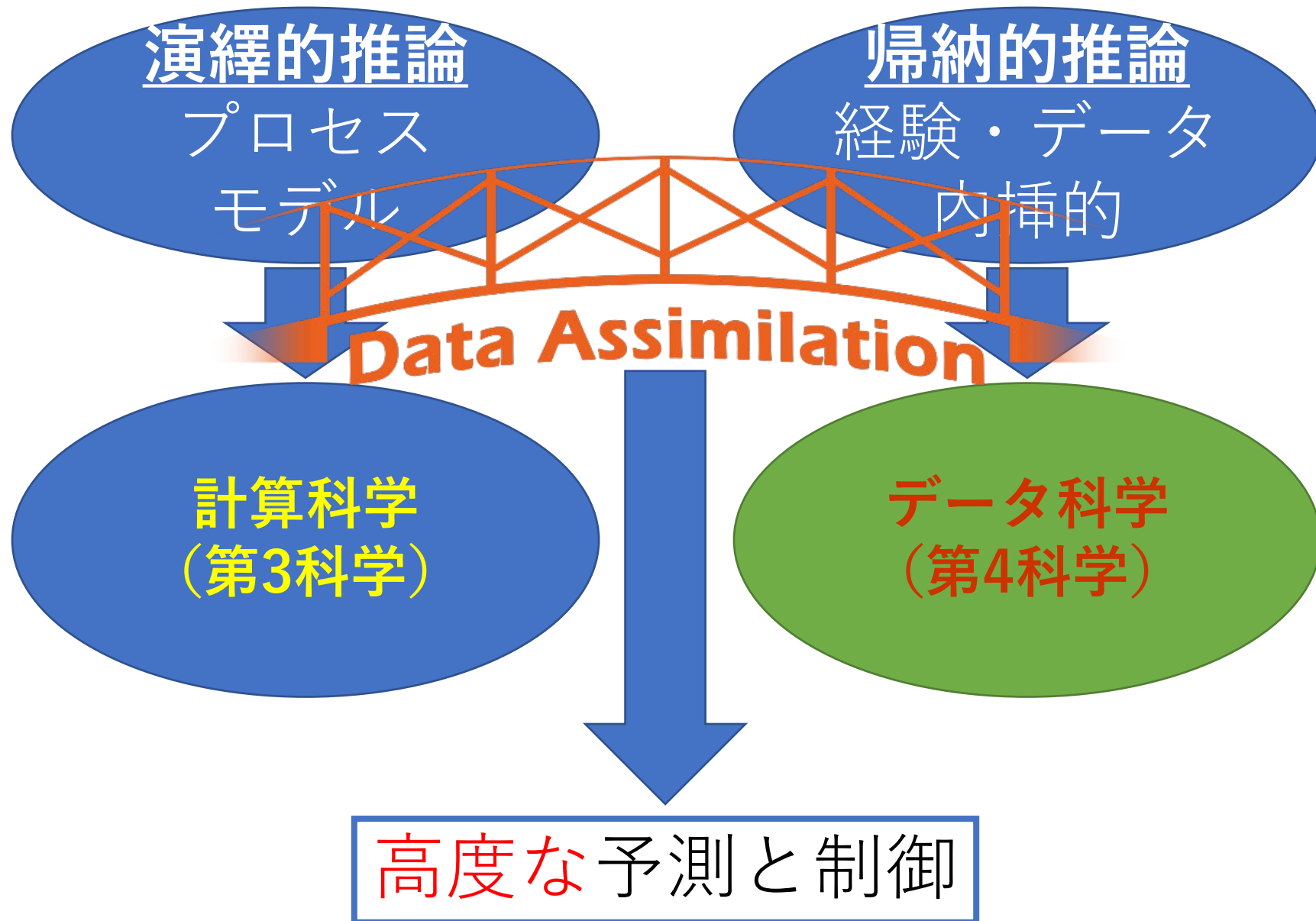


データ科学
(第4科学)



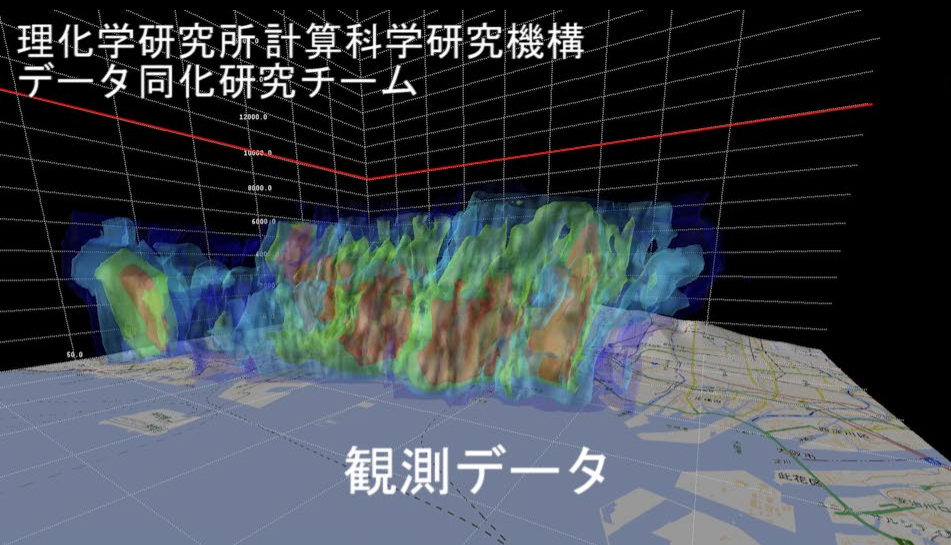
予測と制御

予測と制御の方法論

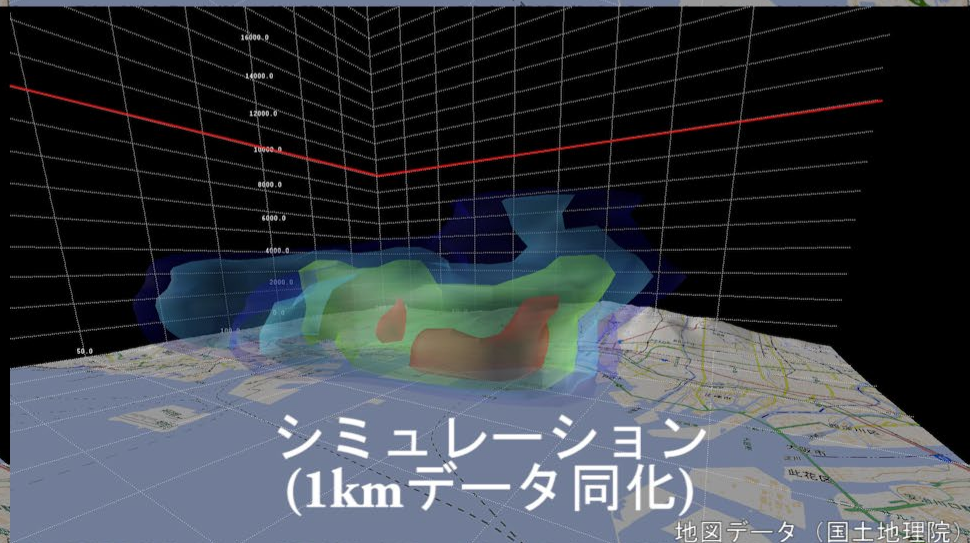
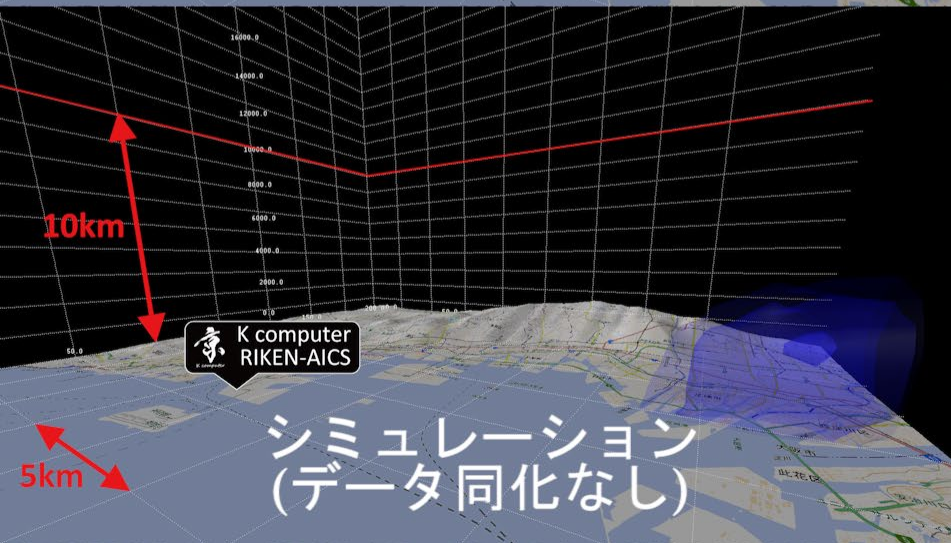
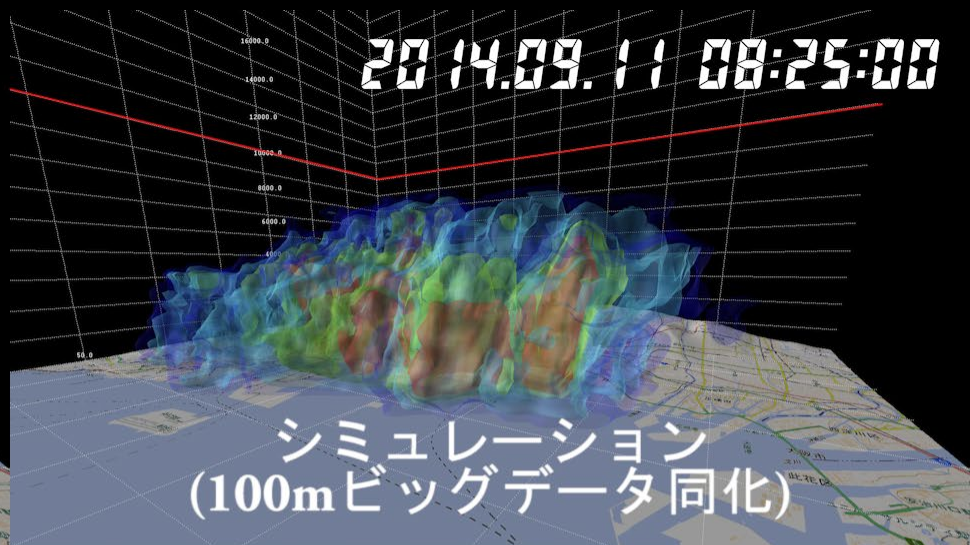


2014年9月11日朝、ゲリラ豪雨

理化学研究所 計算科学研究機構
データ同化研究チーム

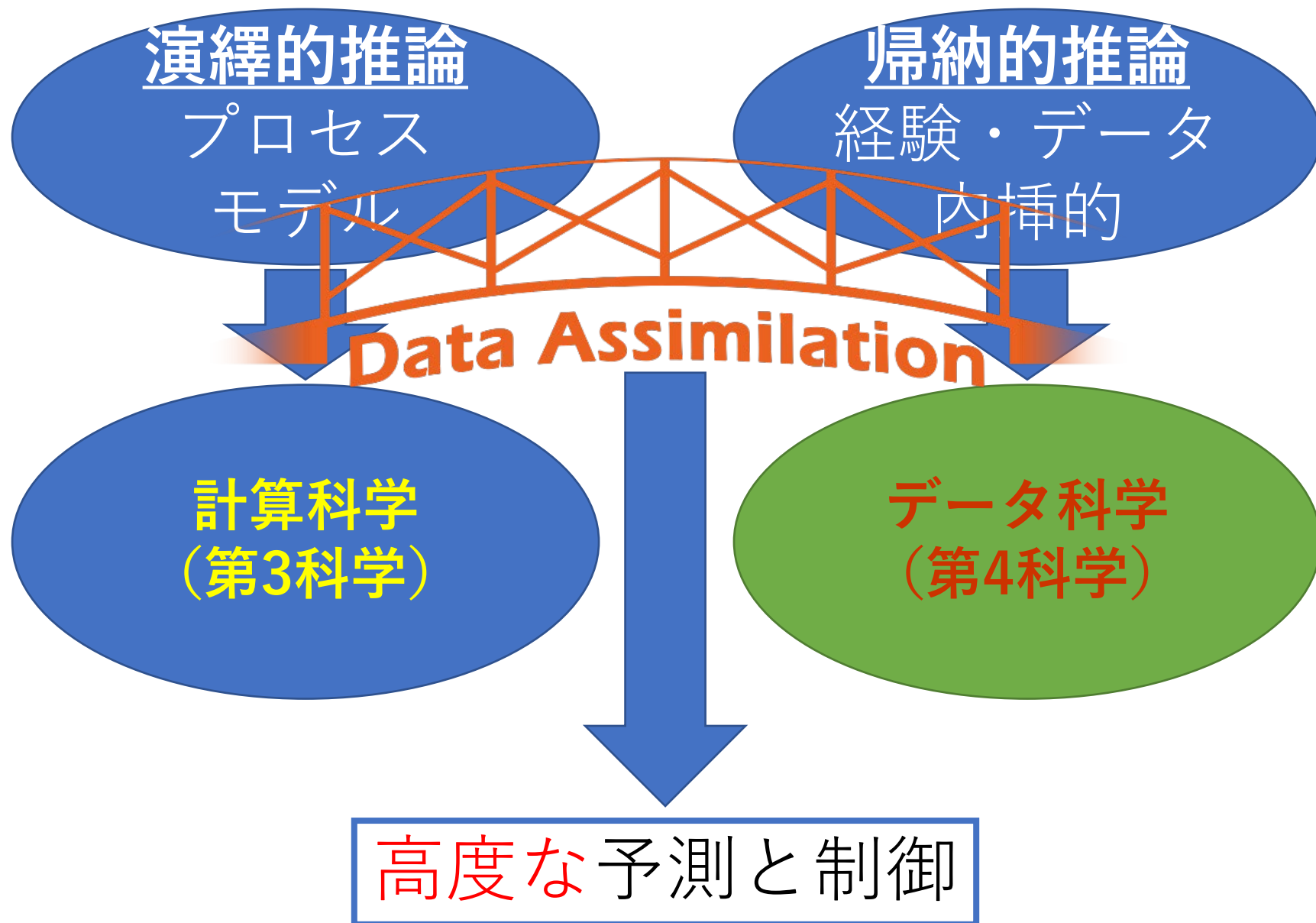


2014.09.11 08:25:00



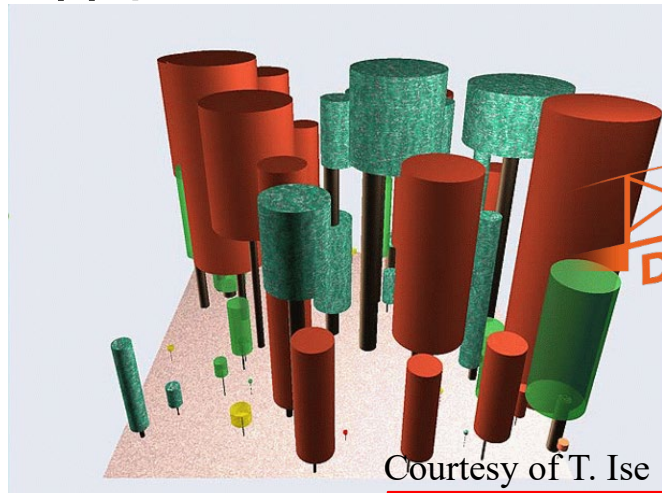
地図データ (国土地理院)

気象以外への応用展開

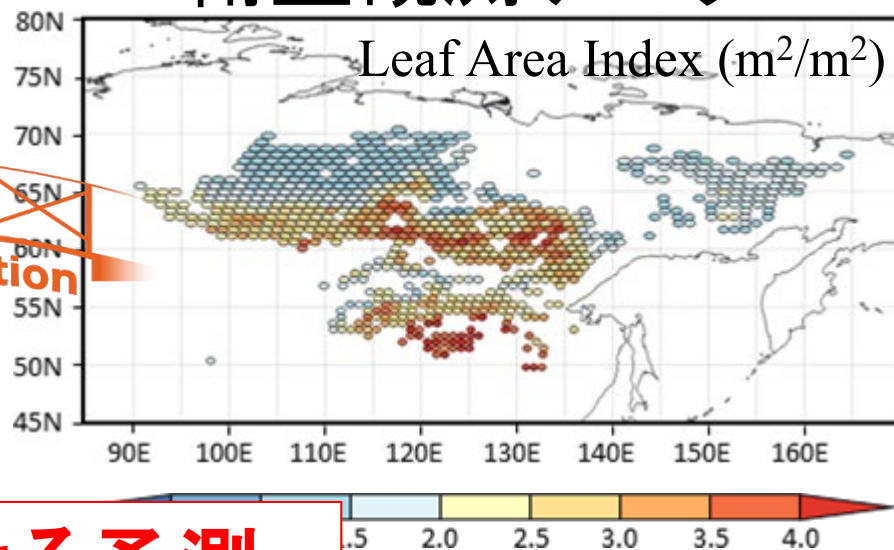


生態系の制御問題

森林のシミュレーション

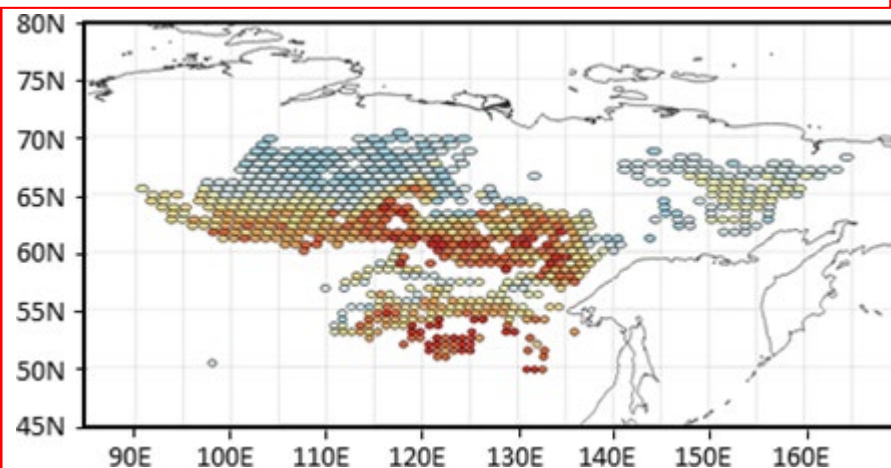


衛星観測データ



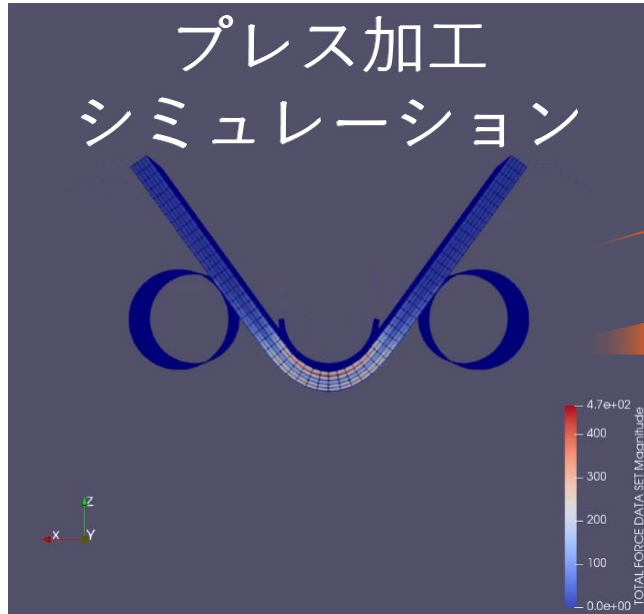
Data Assimilation

データ同化による予測



*Arakida,
Miyoshi, et al.
(2018)*

プレス加工のデータ同化 (坂本・高村)



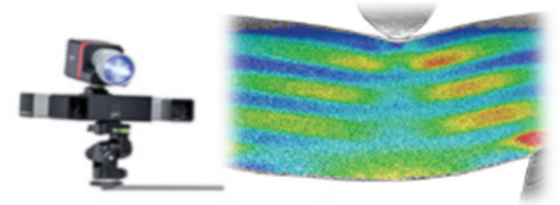
データ同化

Data Assimilation



プレス加工の最適化

プレス加工中の
測定データ



Surface strain measured by ARAMIS



不具合を防止

Crack



Springback



チャレンジ

演繹的推論

プロセス

複雑なモデル



計算科学
(第3科学)



帰納的推論

経験 データ

悪いデータ



データ科学
(第4科学)



予測と制御

ブレイクスルー

演繹的推論

プロセス

複雑なモデル

力学系理論
対称性や不変量

帰納的推論

経験 データ

悪いデータ

トポロジー
不確実性定量化 (UQ)

現代数学

第5パラダイム

演繹的推論

プロセス

帰納的推論

経験 データ

複雑

データ

Data Assimilation

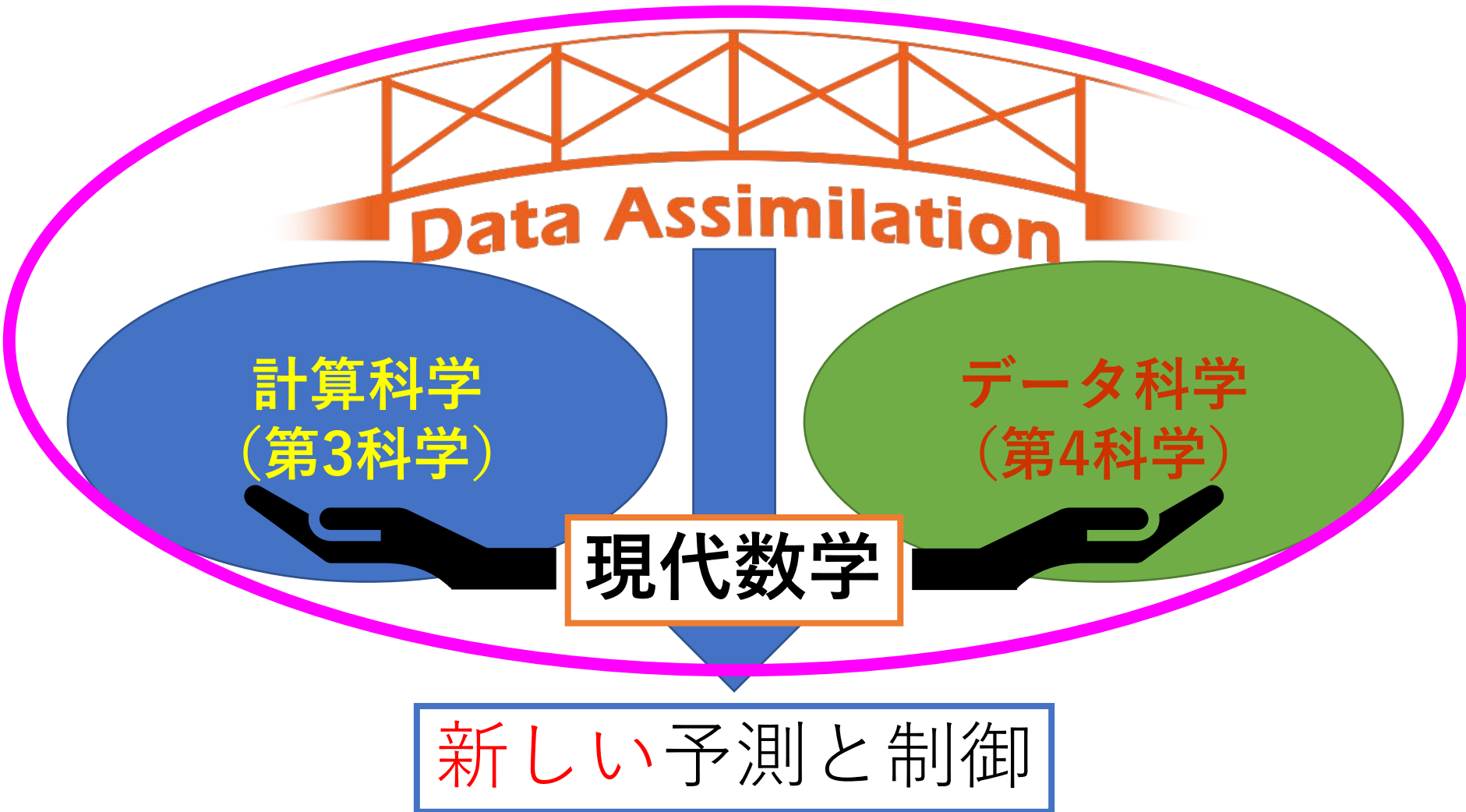
力学系理論
対称性や不変量

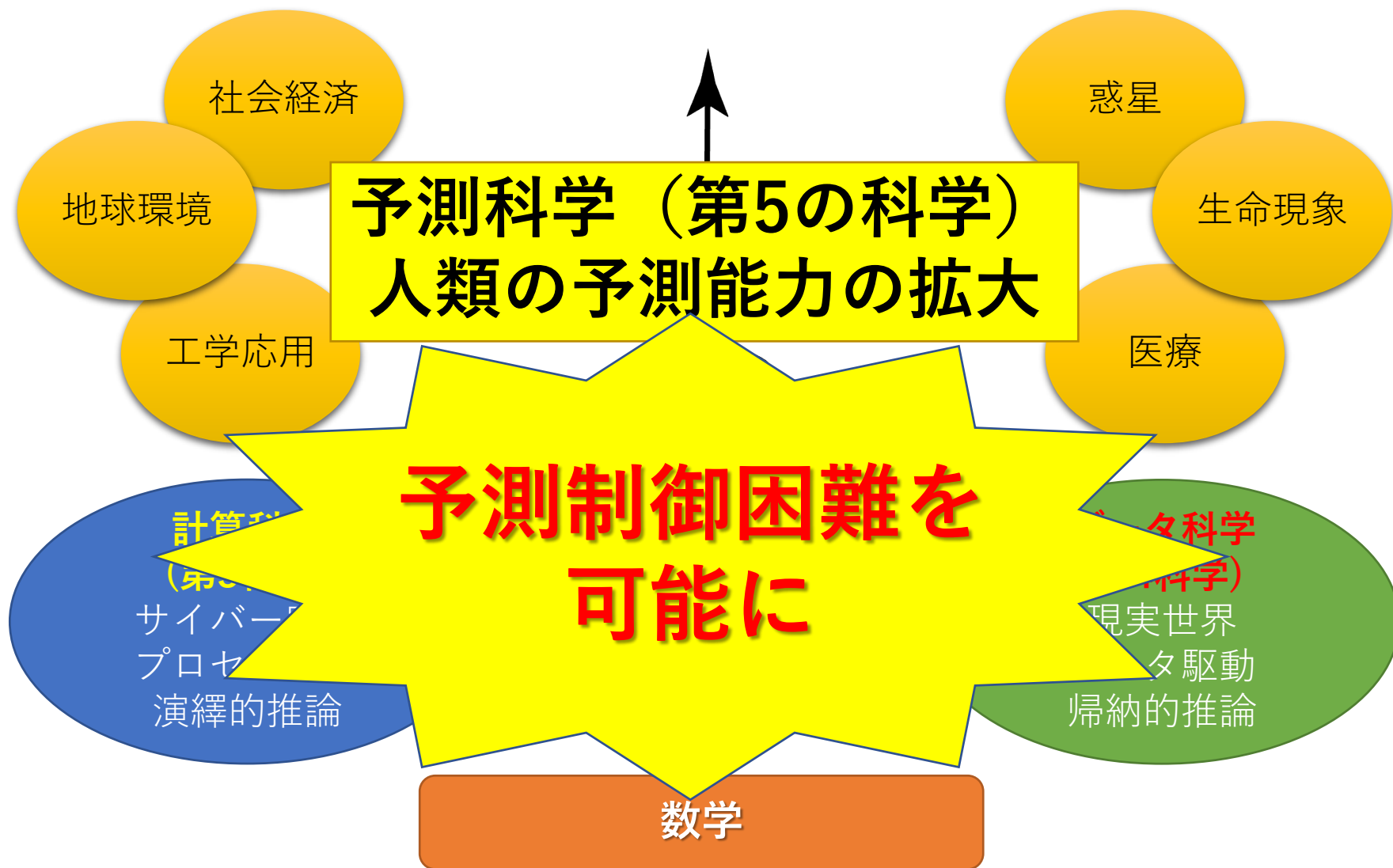
トポロジー
不確実性定量化 (UQ)

現代数学

第5パラダイム

第5の科学





データ同化 (DA) でできること

