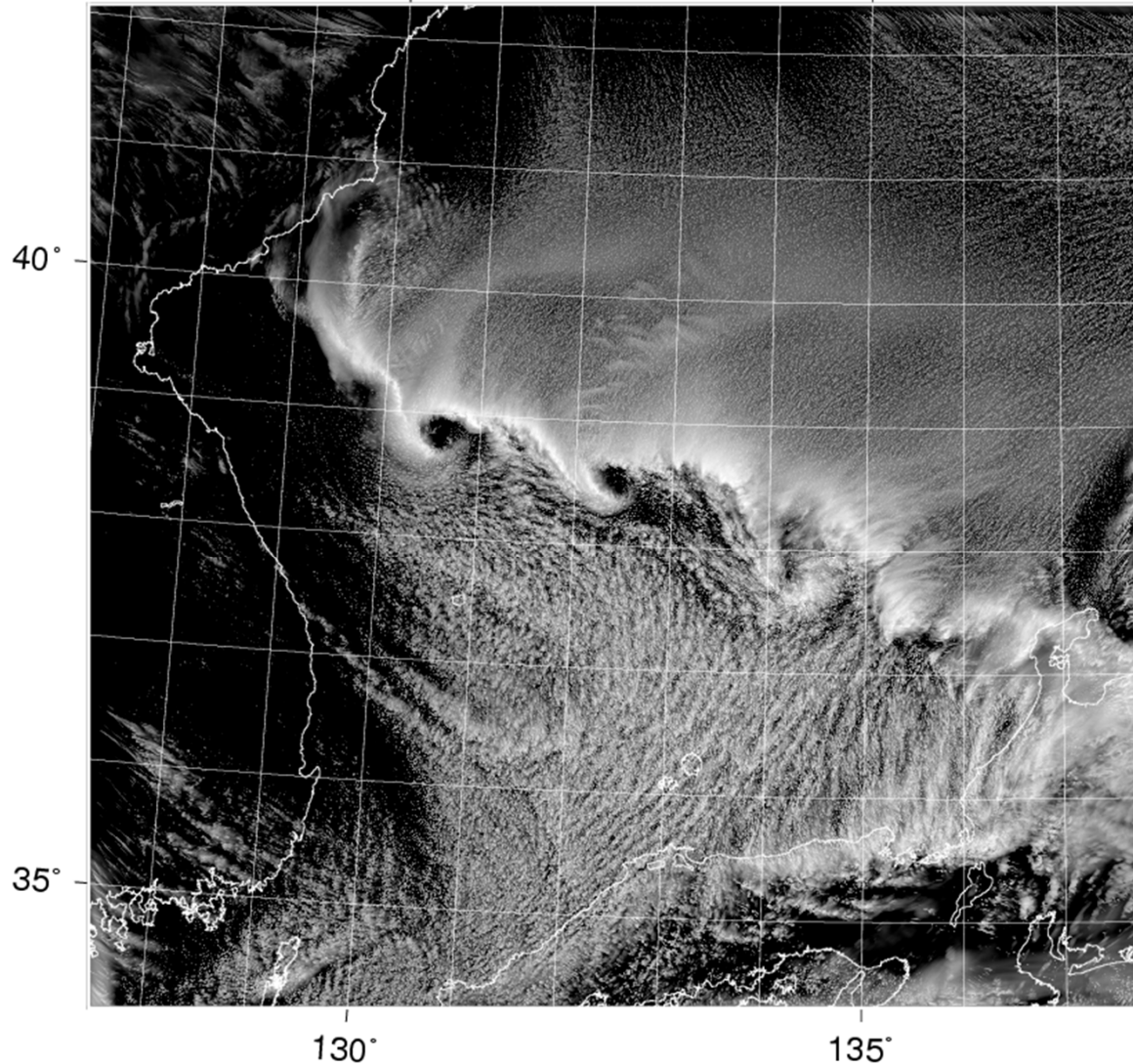


雲解像モデルCReSS の紹介

～2018年1, 2月の降雪シミュレーション結果～



加藤雅也

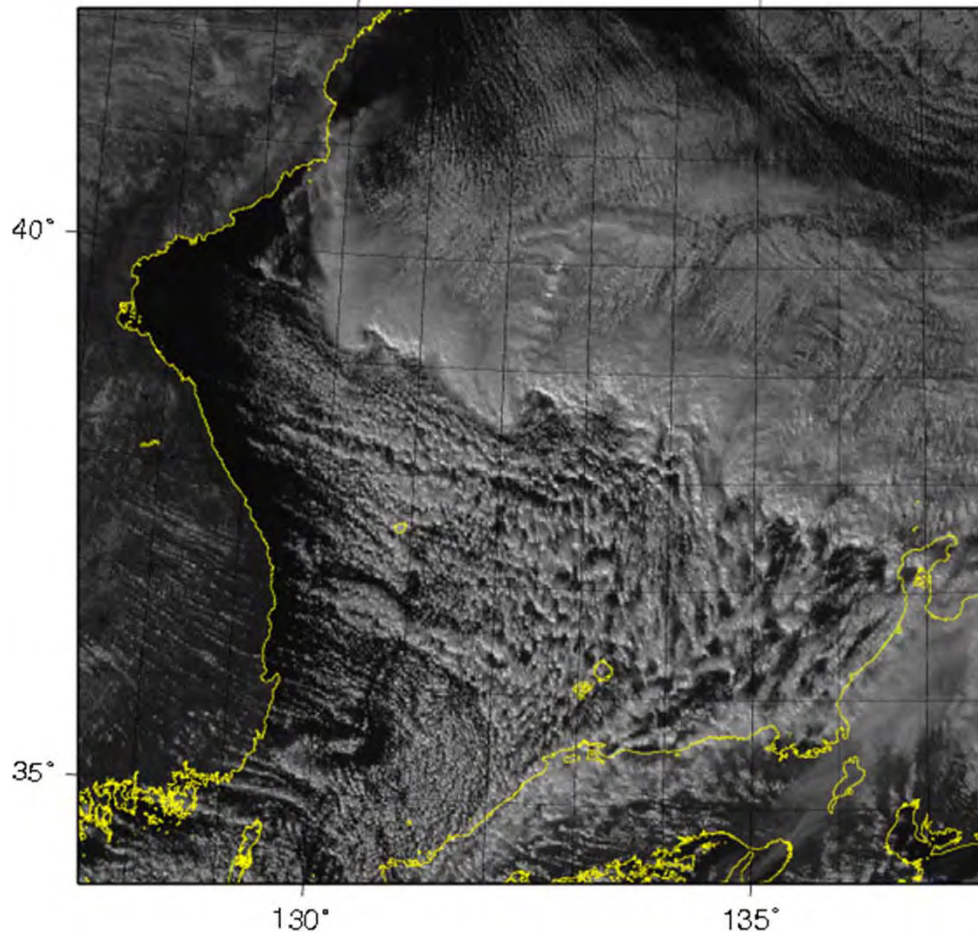
名古屋大学
宇宙地球環境研究所

内容

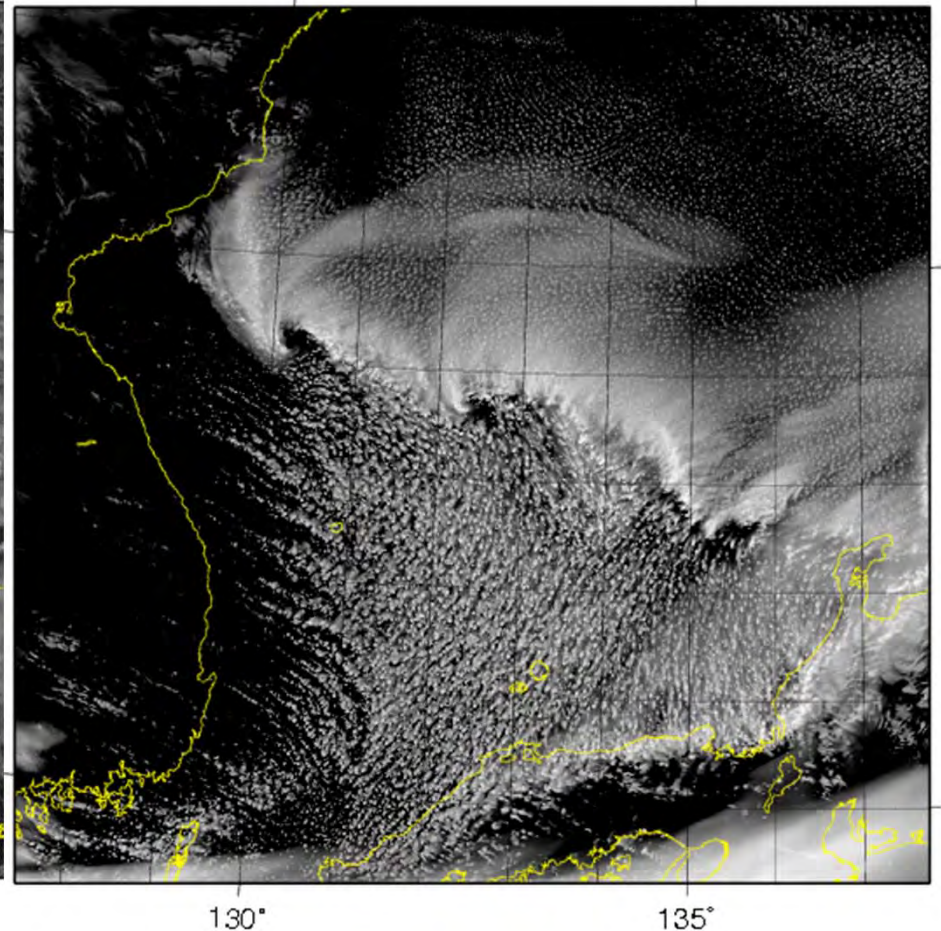
1. CReSS の紹介
2. 日々のシミュレーション
3. 今年の降雪の再現性の検証
4. 利用例
5. まとめ

雪雲の再現 — どちらが衛星画像か分かりますか？

13:30 JST 29 JAN 2011



衛星(可視画像)



CRess ($\Delta x=500\text{m}$)

Grid Numbers 1883x1803x47

Grid Size $\Delta x=500\text{m}$

$\Delta z=300\text{m}(80\text{m})$

CReSS (Cloud Resolving Storm Simulator)

非静力学・雲解像シミュレーションモデル

台風、竜巻、豪雨、豪雪、スーパーセル、積乱雲などのシミュレーション

開発者: 坪木和久・榊原篤志

1998年: 開発開始

2002年: Ver.1 (振興調整費: 住教授)

2007年: Ver. 2 (HyARC共同研究)

2011年: Ver. 3 (革新プログラム: 坪木)

国内外の対抗するモデル

MRI-NHM(気象庁)

WRF(NCAR)

ARPS(U. of Oklahoma)

Supertyphoons in store as seas warm

KYODO

A supertyphoon stronger than the deadly Hurricane Katrina that devastated the southern United States in 2005 could hit Japan in the latter half of this century if global warming continues, according to a study by a Japanese research team made available Monday.

Typhoons packing winds of at least 241.2 kph are often called supertyphoons, but the one feared by the researchers could blow as strong as 288 kph on the ground, the team from Nagoya University and the Meteorological Research Institute said.

Several supertyphoons may also develop between 2074 and 2087 due to a projected 2-degree rise in sea temperatures in the Western Pacific south of Japan, the study showed, based on a scenario drawn up by the Intergovernmental Panel on Climate Change in which average global temperatures will rise about 3 degrees from preindustrial levels by the end of the century.

"Given that global warming is under way, it is little wonder that typhoons develop in an extreme way," Nagoya University associate professor Kazuhisa Tsuboki said. "The point is

how we will forecast them and take disaster control measures."

Using the Earth Simulator supercomputer, the team predicted in detail the occurrence and development of typhoons around Japan during the 2074-2087 period.

A rise in sea temperatures generally makes typhoons more powerful because they develop by taking energy from warm seas. Such typhoons would also bring heavy rain because warmer temperatures will increase water vapor in the air.

If global warming is arrested, supertyphoons are less likely, the team said.

One of the expected supertyphoons could have a minimum atmospheric pressure of 866 hectopascals at its center and maximum winds of 288 kph on the ground, which is stronger than Katrina at 902 hectopascals or the devastating typhoons that have struck Japan.

It could have a short, steep decline in central pressure and rapid development, according to the team.

Another predicted typhoon could bring more than 1 meter of rainfall in the Tohoku region, according to the simulation.

国内利用機関・組織 : 京大防災研、東大、東北大、山梨大、岩手大、福島大、会津大、京都産業大、愛媛大、長崎大、酪農学園大、JAMSTEC、防災科研、土木研、国土地理院、東京海上日動、明星電気、東芝、中電CTI他。

国外利用国

カナダ、台湾、韓国、中国、バングラデシュ、ベトナム他。

主要プロジェクト・プログラム

21世紀気候変動予測革新プログラム(文部科学省)

国土交通省XバンドMPLレーダプロジェクト(国土交通省)

気候変動リスク情報創生プログラム(文部科学省)、他

主要論文 (CReSSを用いた査読付論文 21編)

Tsuboki, K and A. Sakakibara, 2002: *High Performance Computing*

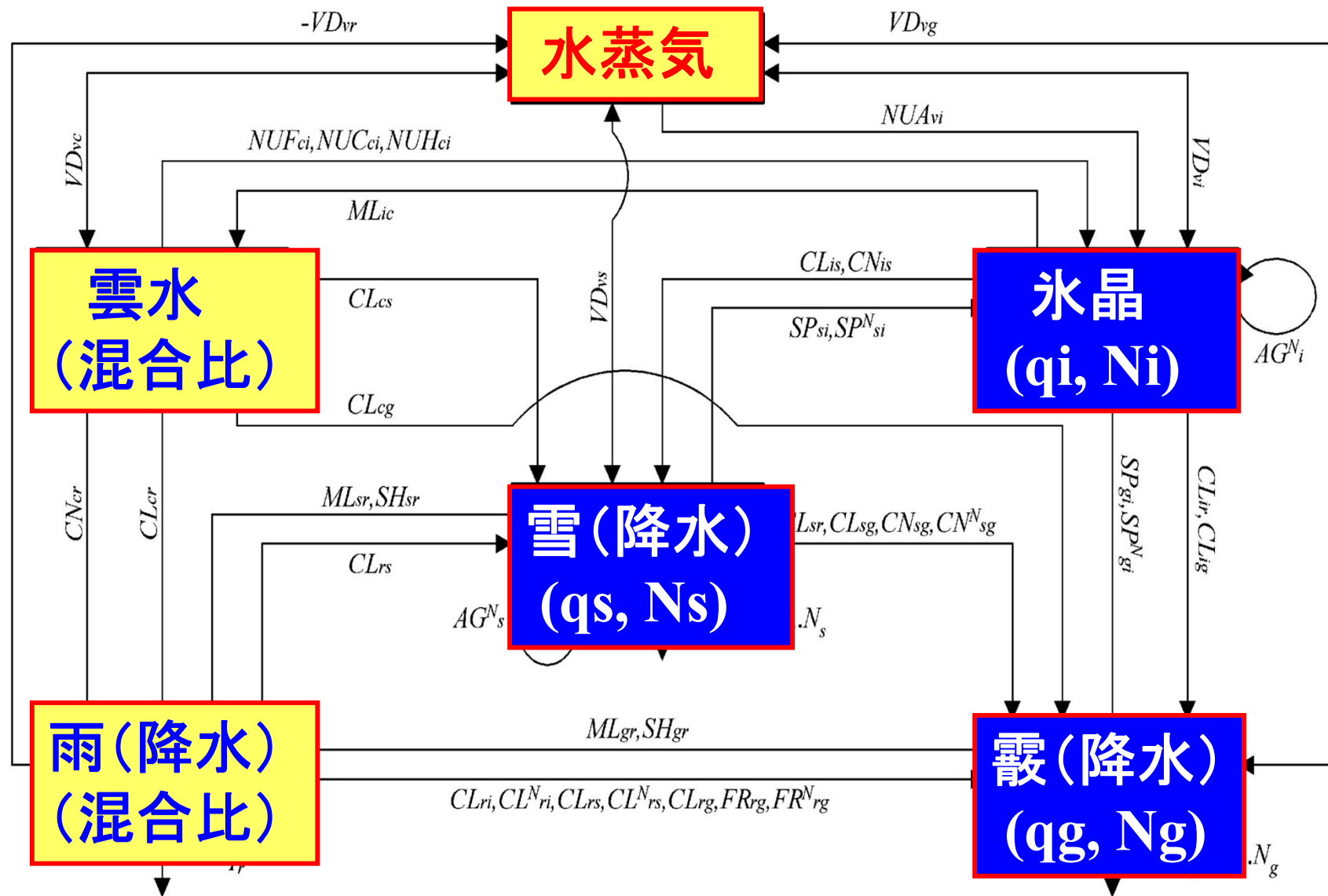
Iwabuchi, H. and K. Tsuboki, 2004: *Journal of Visualizations* (SGI賞)

Akter, N. and K. Tsuboki 2012: *Monthly Weather Review*

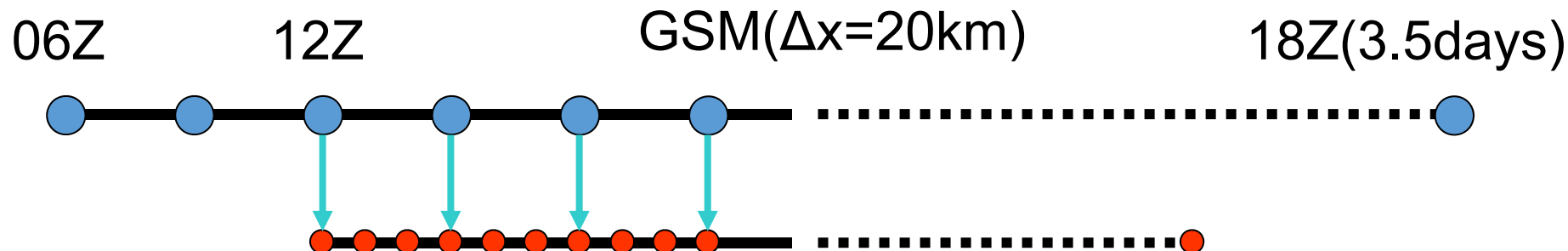
The Japan Time (2009.9.8)

革新プログラムの成果の記事

CRess における雲物理過程



CReSS による日々のシミュレーション実験

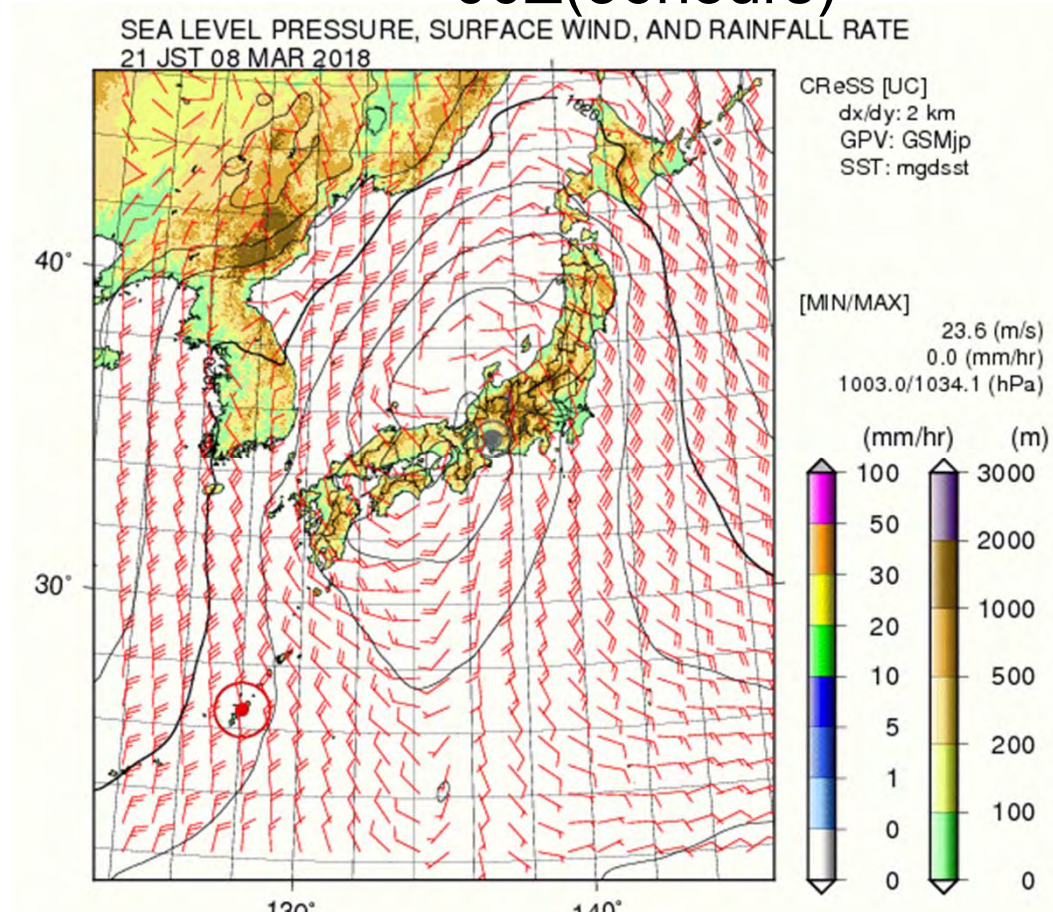


<http://www.rain.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~kato/result/>

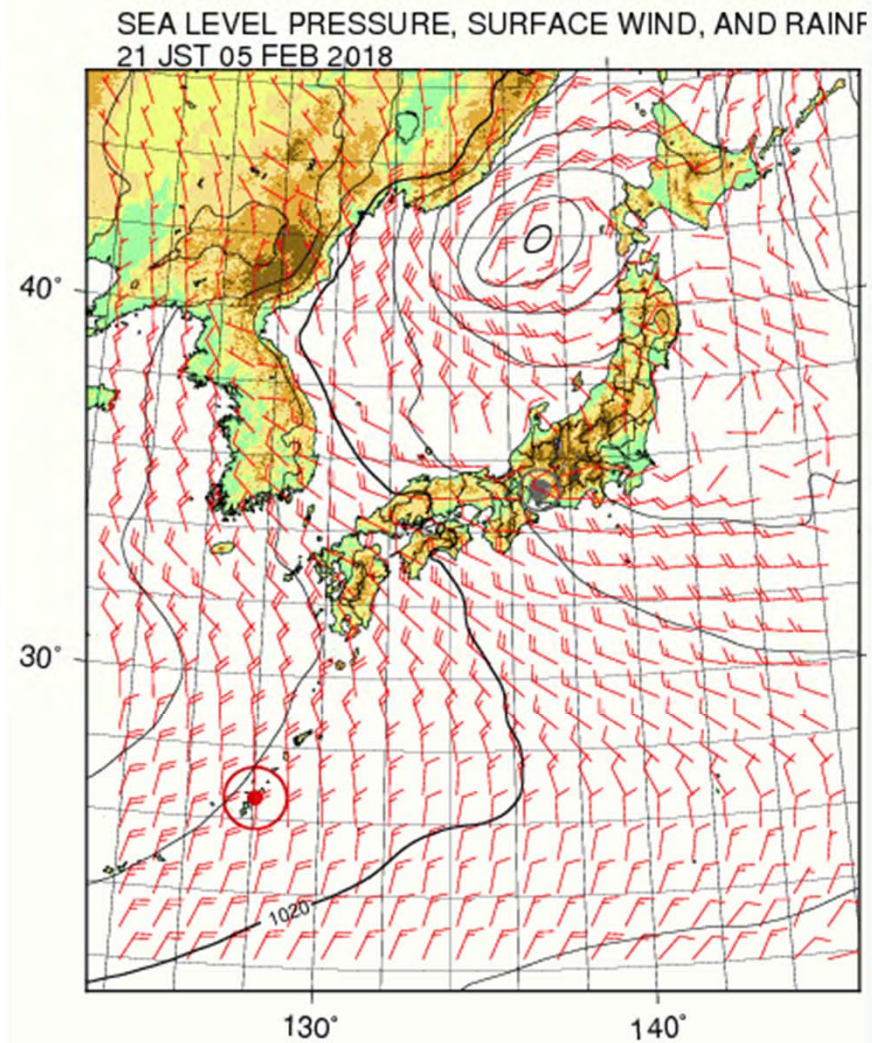
00Z(36hours)

- ・ 2005年より継続的に実施。
- ・ 格子間隔2 km は2012年11月以降

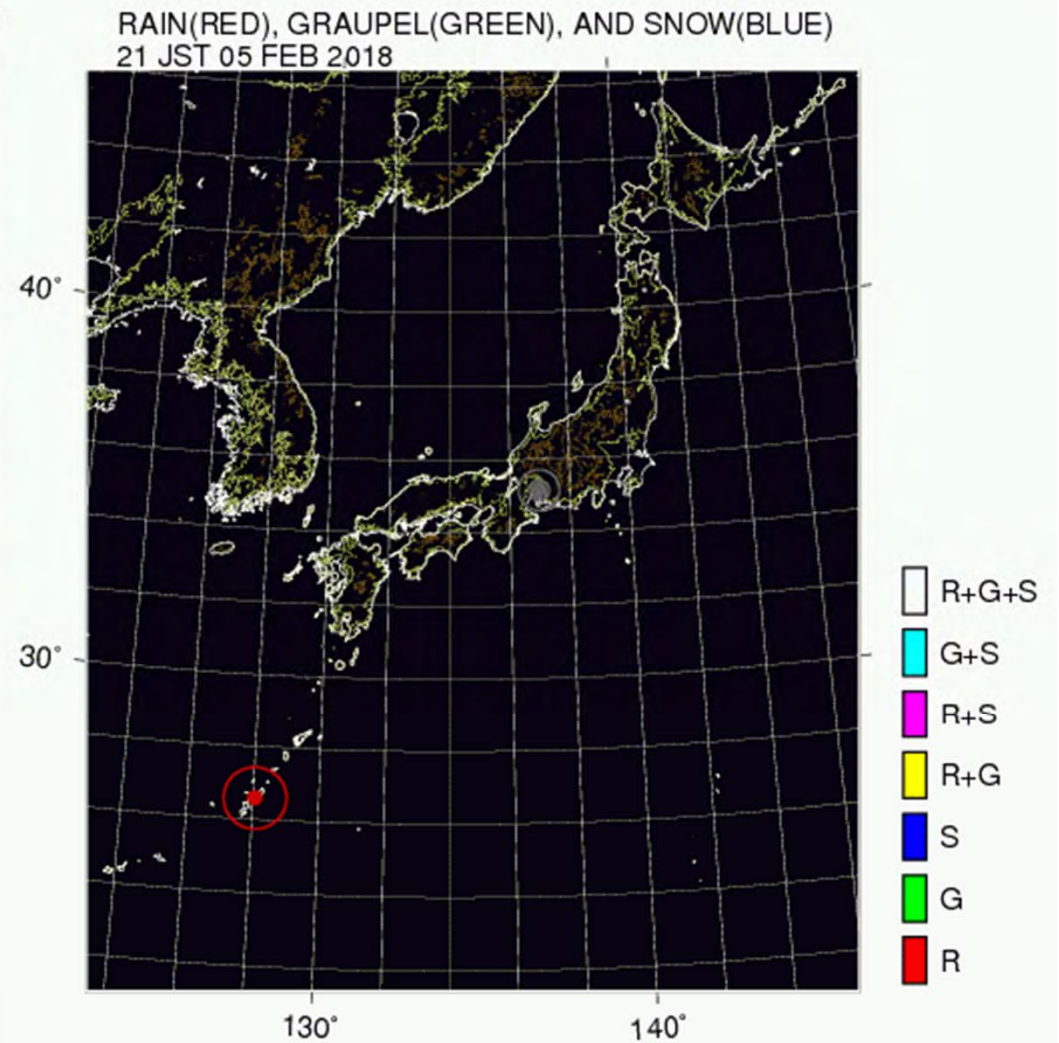
Grid Numbers	1173x1403x35
Grid Size	$\Delta x=2.0\text{km}$
	$\Delta z=550\text{m}(\text{lowest } 100\text{m})$
Computer	42nodes (336cores)
	(Xeon® X5570 2.93GHz – 16nodes)
	(Xeon® X5660 2.80GHz – 16nodes)
	(Xeon® E5-2667 2.90GHz – 10nodes)
Computational Time	7.5 hours



事例1：2018年2月6日

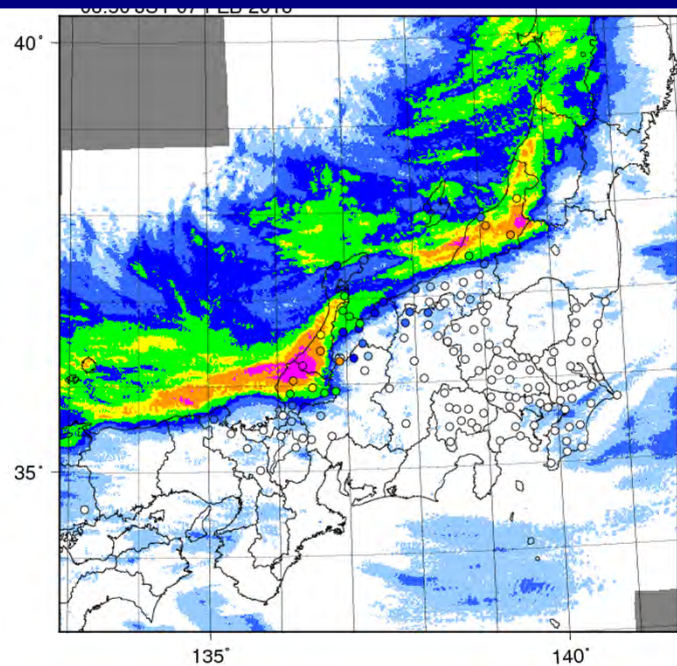


気圧・降水強度・地上風

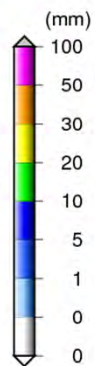


雨(R)・雪(S)・あられ(G)判別

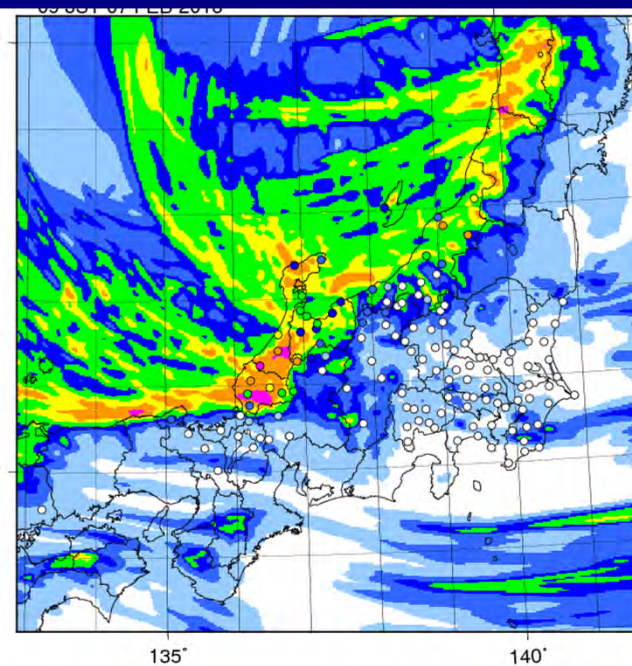
事例1：2018年2月6日（2/6 9:00 – 2/7 9:00）



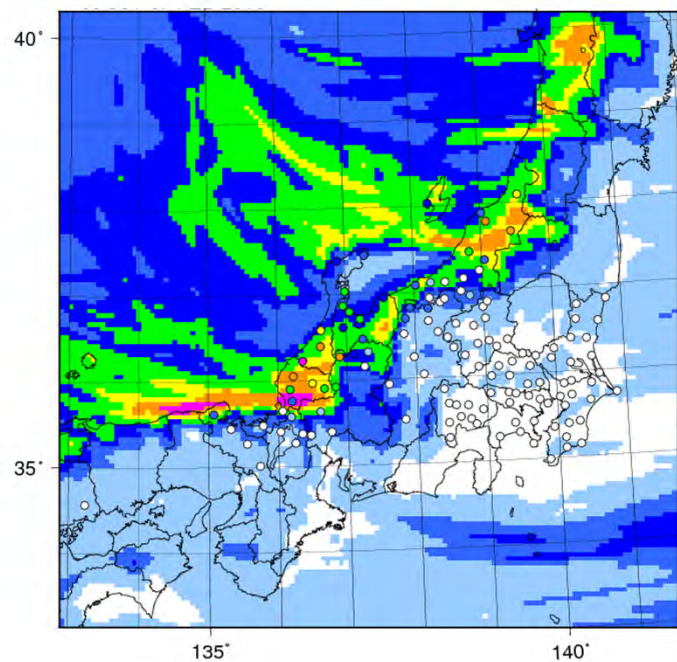
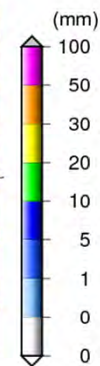
レーダー



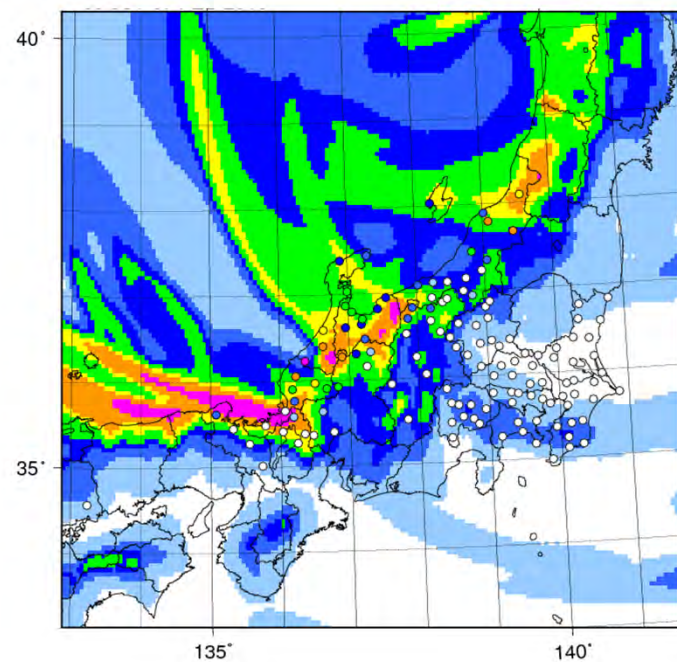
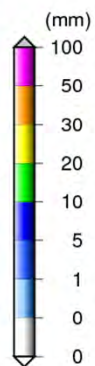
○ 観測



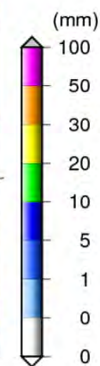
CReSS
 $\Delta x = 2 \text{ km}$



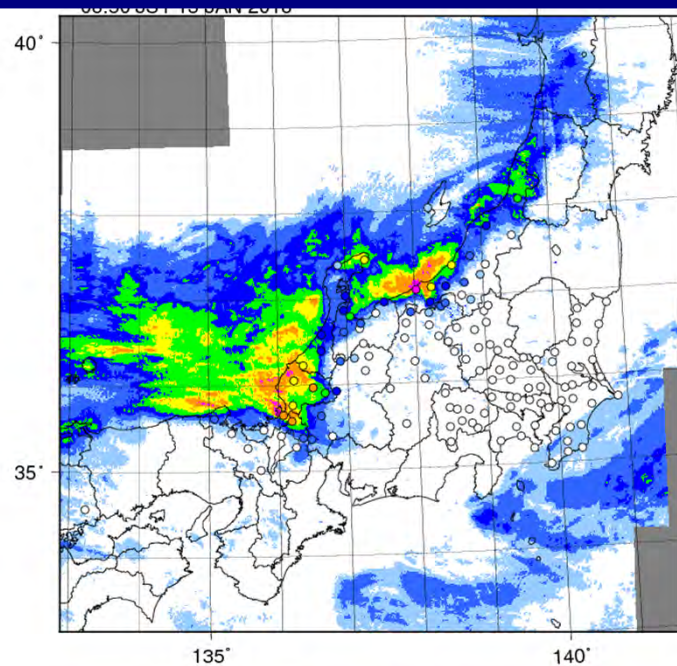
MSM
 $\Delta x = 5 \text{ km}$



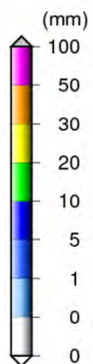
CReSS
 $\Delta x = 5 \text{ km}$



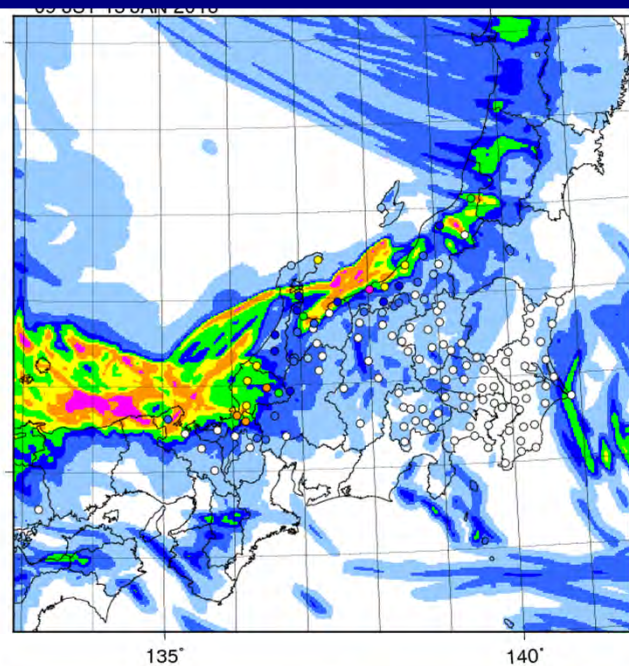
事例2: 2018年1月12日 (1/12 9:00 - 1/13 9:00)



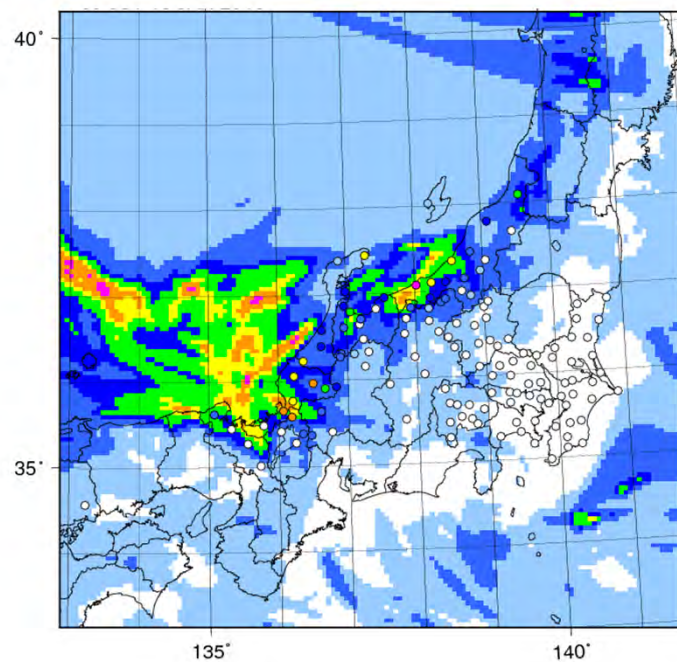
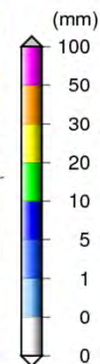
レーダー



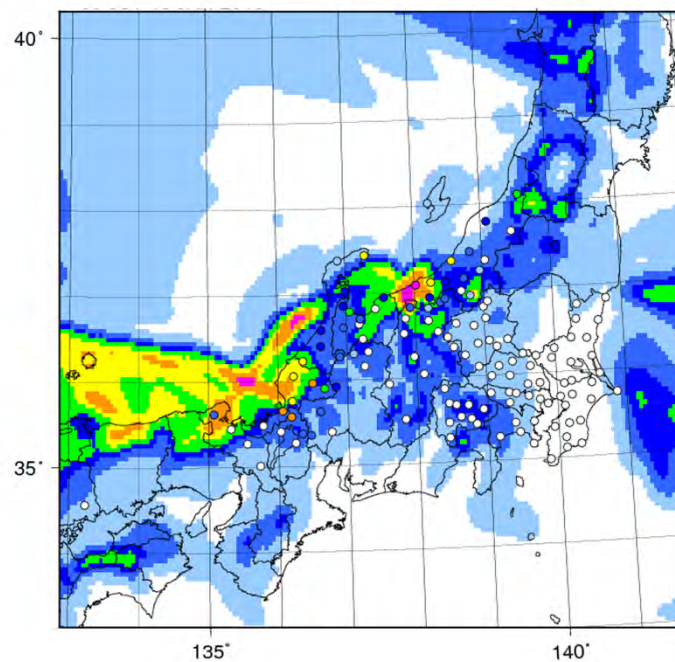
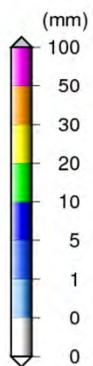
○ 観測



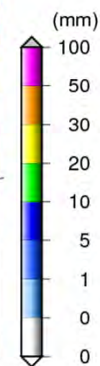
CReSS
 $\Delta x = 2$ km



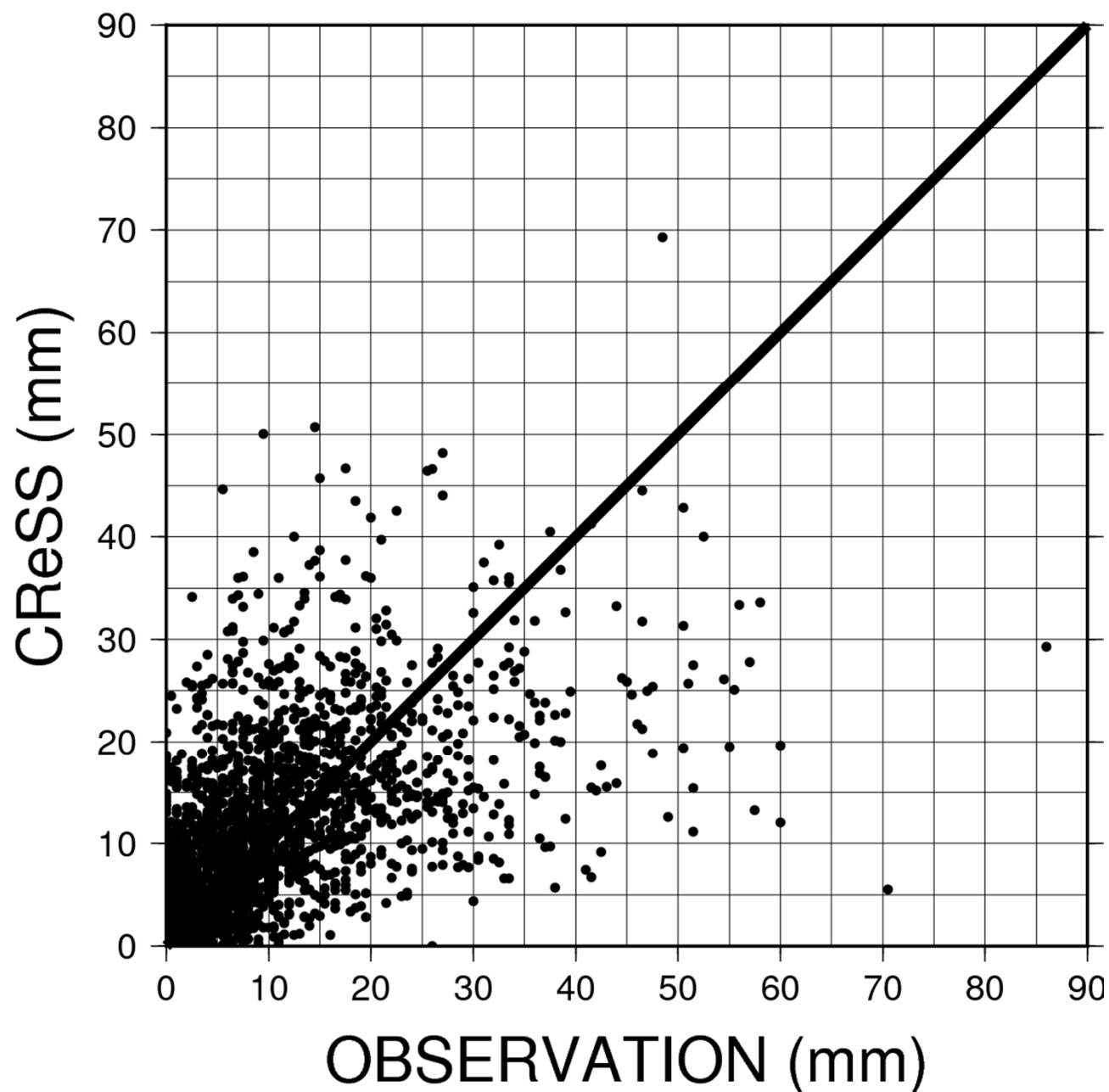
MSM
 $\Delta x = 5$ km



CReSS
 $\Delta x = 5$ km



24時間降水量の検証(2018年1月1日～2月21日)



観測点:

新潟県から京都府の
日本海側の府県
(全66点)

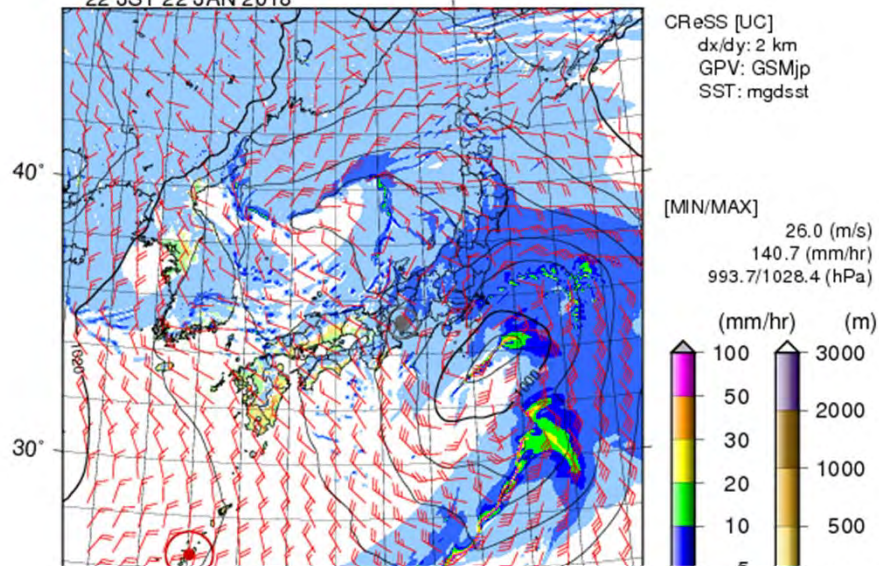
観測点に最も近い
CReSS 格子点で検証

N = 3339

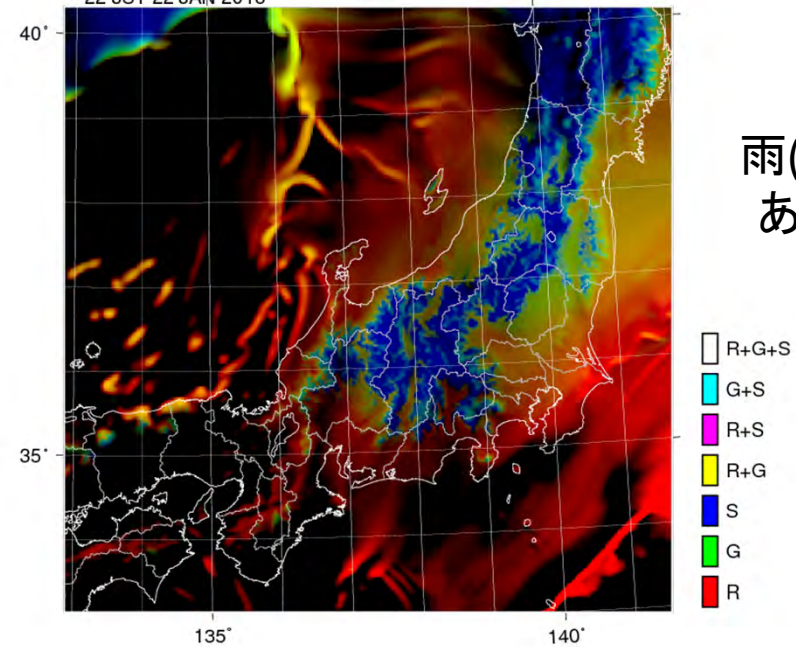
R = 0.7

事例3：2018年1月22-23日

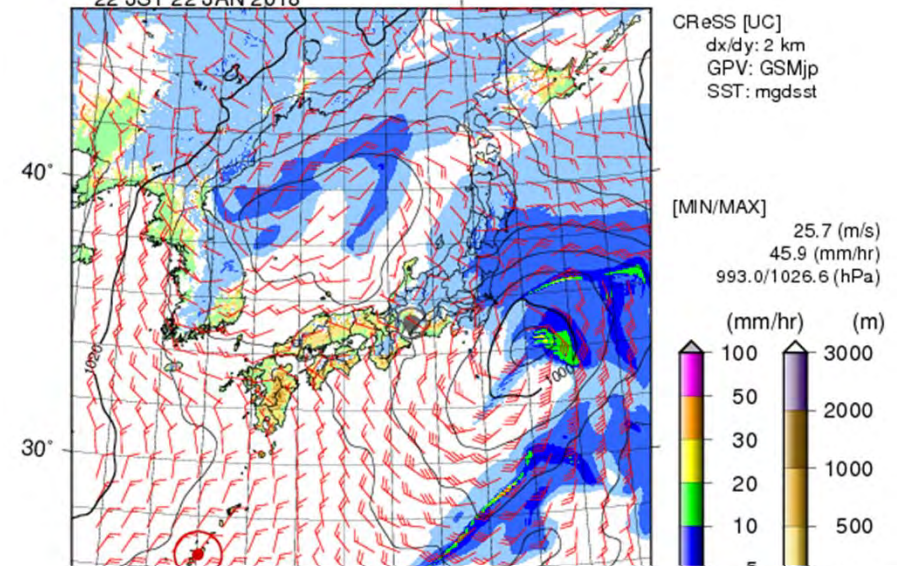
SEA LEVEL PRESSURE, SURFACE WIND, AND RAINFALL RATE
22 JST 22 JAN 2018



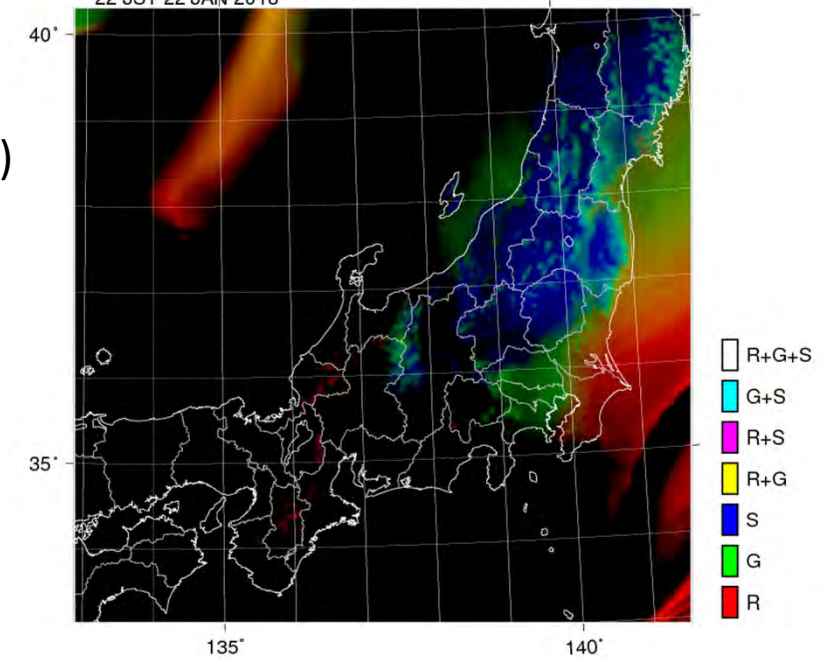
RAIN(RED) / GRAUPEL(GREEN) / SNOW(BLUE)
22 JST 22 JAN 2018



SEA LEVEL PRESSURE, SURFACE WIND, AND RAINFALL RATE
22 JST 22 JAN 2018



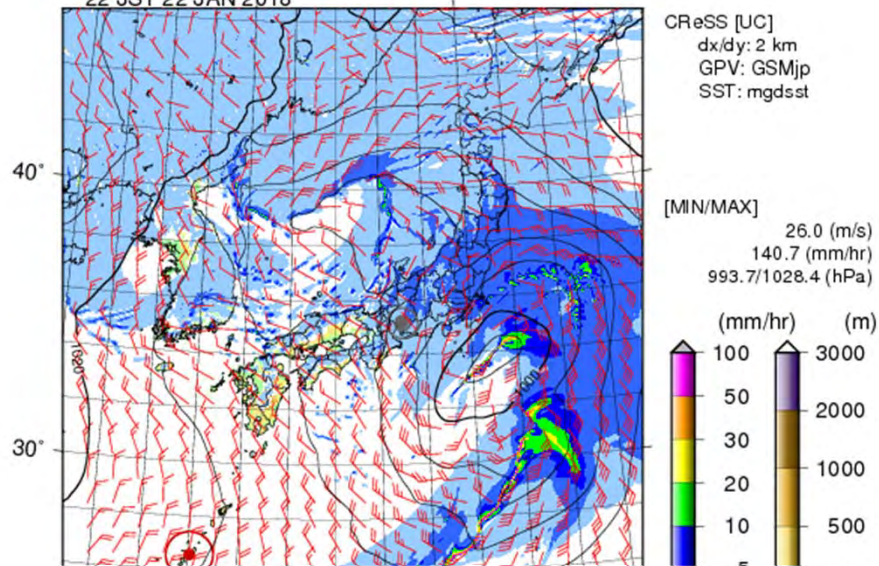
RAIN(RED) / GRAUPEL(GREEN) / SNOW(BLUE)
22 JST 22 JAN 2018



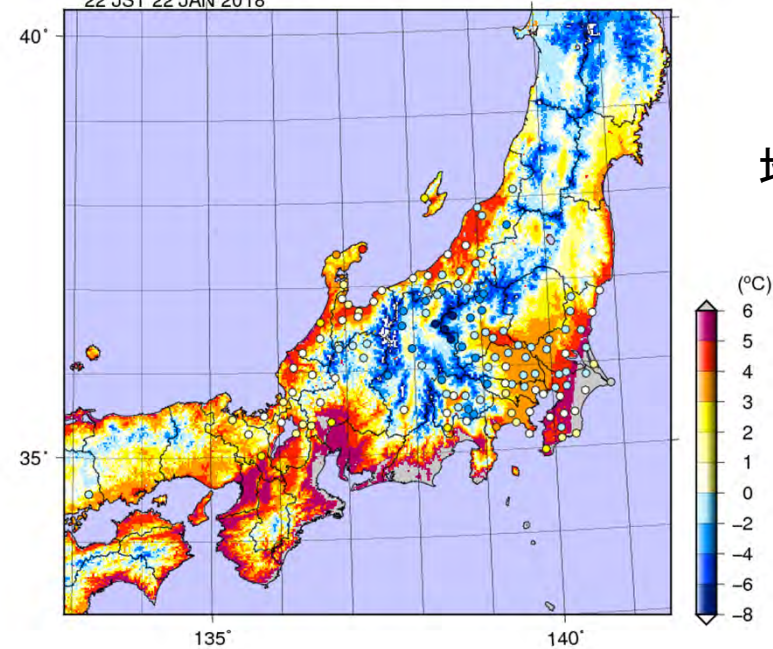
雨(R)・雪(S)
あられ(G)
判別

事例3：2018年1月22-23日

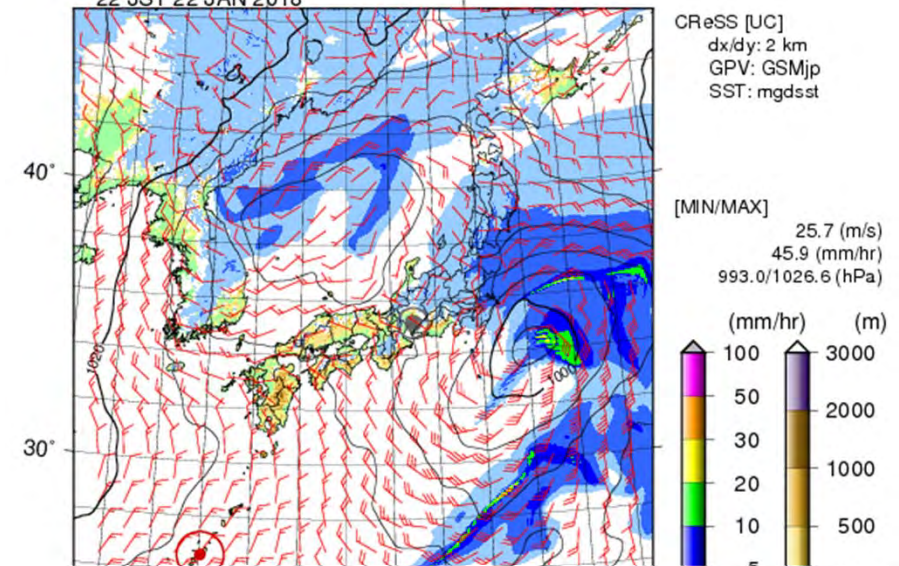
SEA LEVEL PRESSURE, SURFACE WIND, AND RAINFALL RATE
22 JST 22 JAN 2018



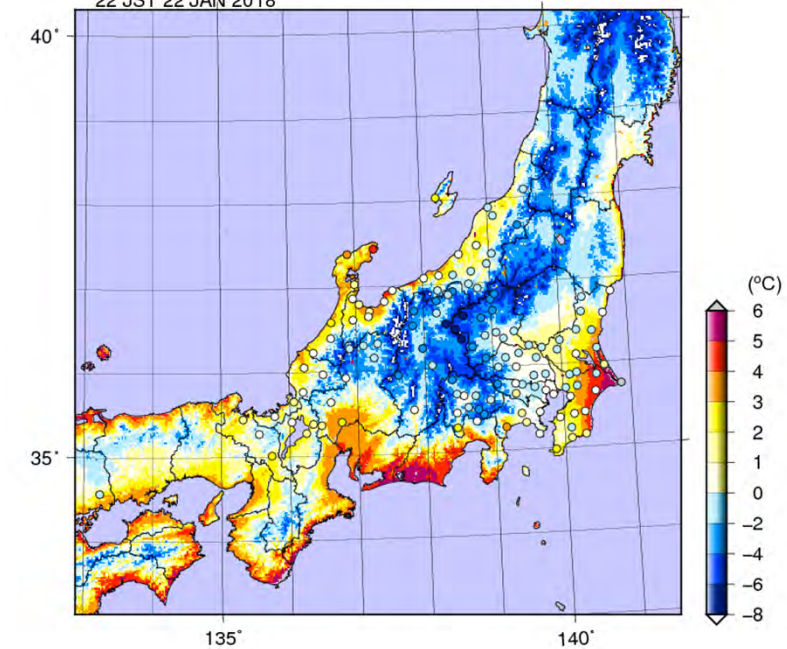
SURFACE TEMPERATURE
22 JST 22 JAN 2018



SEA LEVEL PRESSURE, SURFACE WIND, AND RAINFALL RATE
22 JST 22 JAN 2018



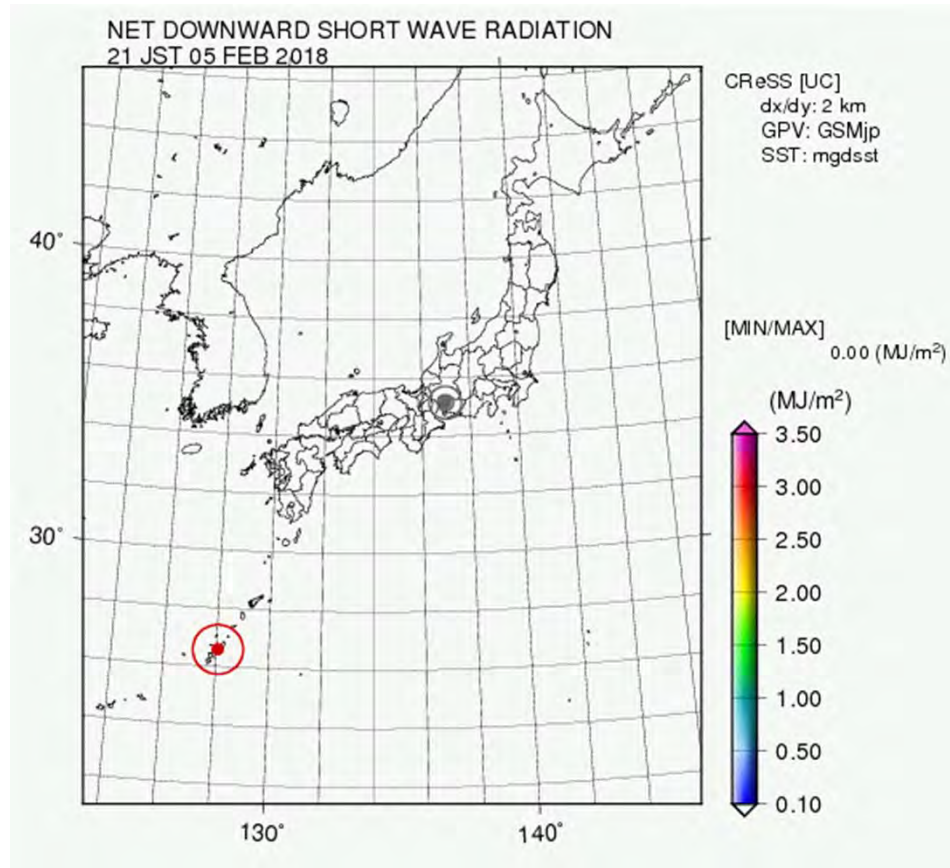
SURFACE TEMPERATURE
22 JST 22 JAN 2018



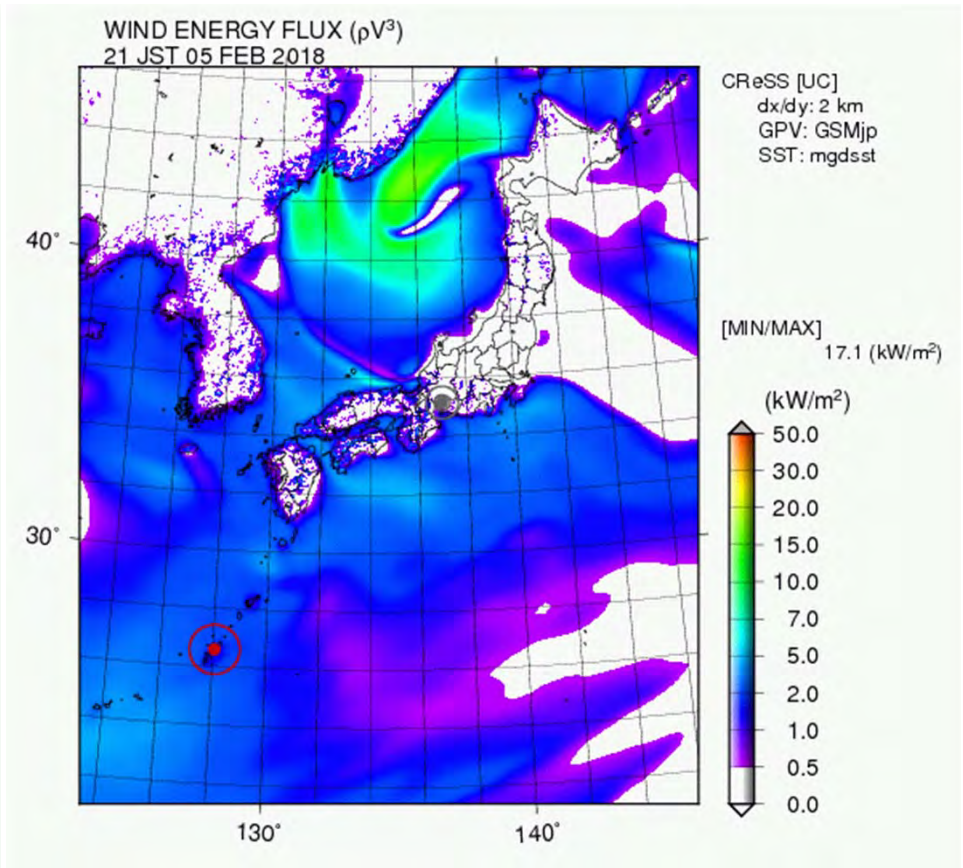
地上気温

日々のシミュレーション実験の利用例

下向き短波放射(日射量)



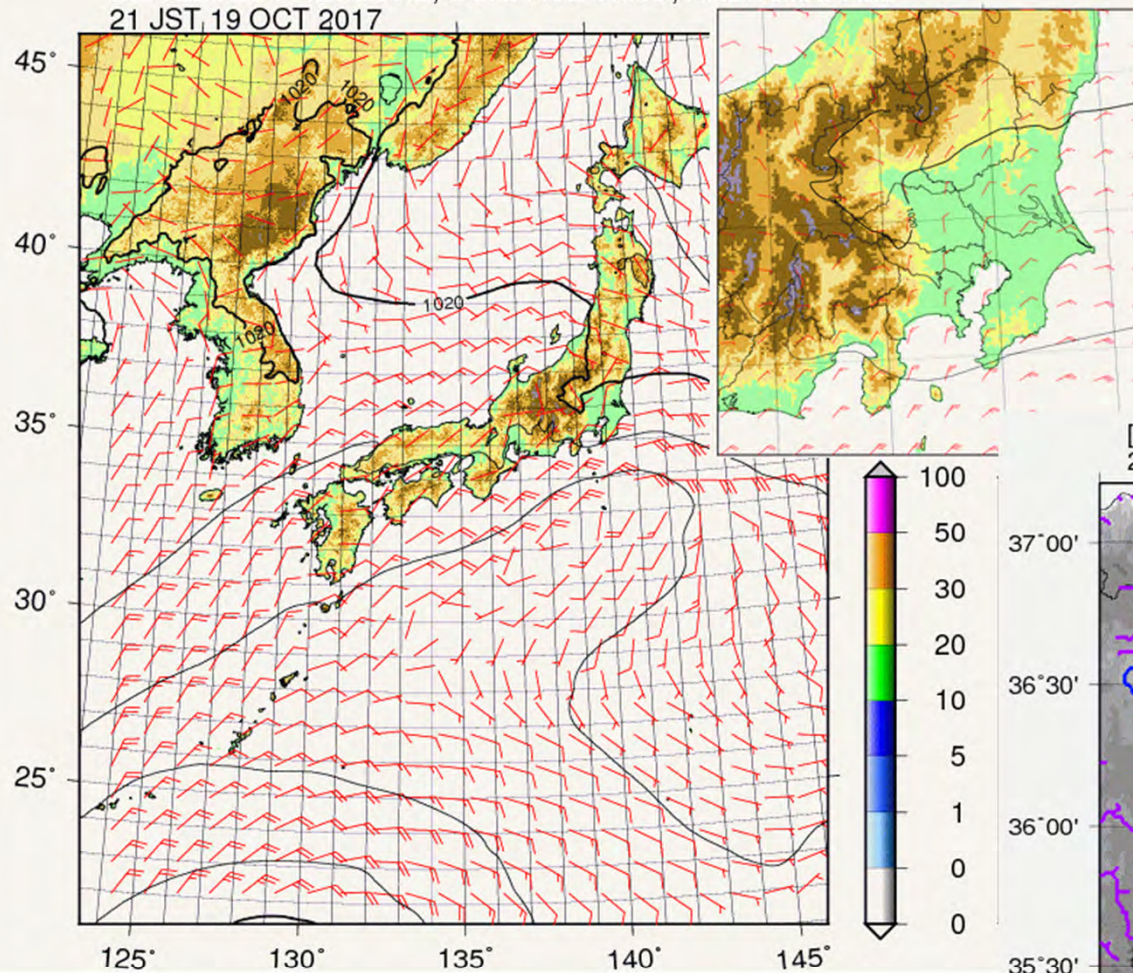
風のエネルギーフラックス



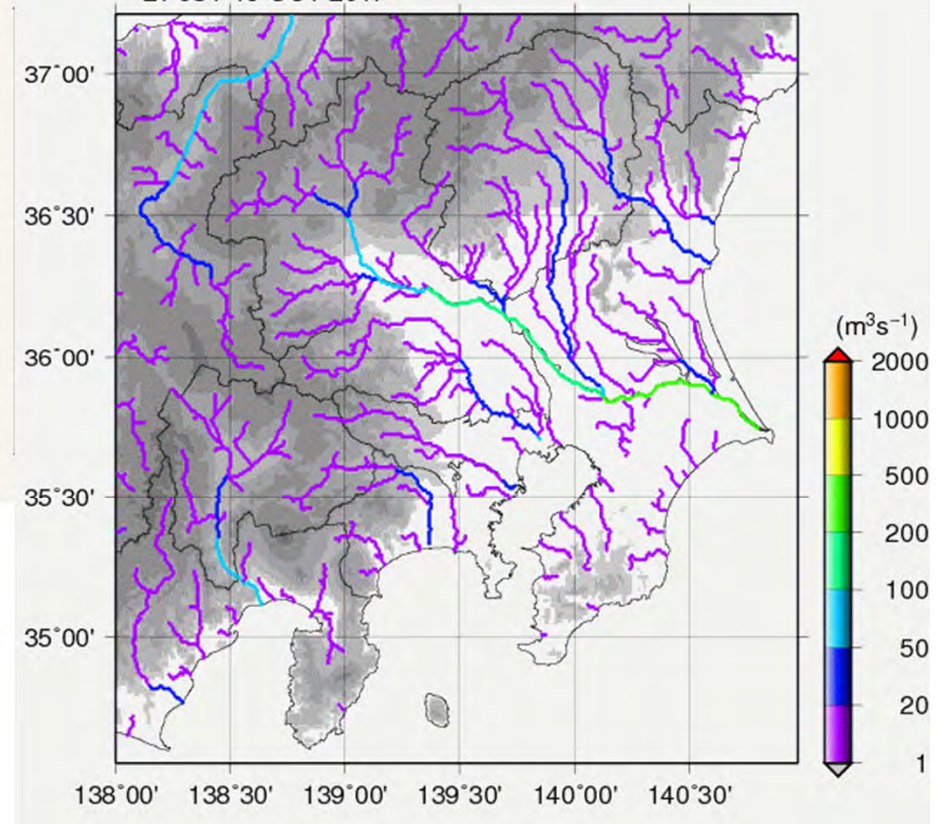
太陽光発電・風力発電等のアセスメントに利用

日々のシミュレーション実験の利用例（河川流量シミュレーション）

SEA LEVEL PRESSURE, SURFACE WIND, AND RAINFALL
21 JST, 19 OCT 2017



[JPN2.0KM:KANTO] RIVER DISCHARGE
21 JST 19 OCT 2017



まとめ

名古屋大学宇宙地球環境研究所では雲解像モデル CReSS の開発を行い、日本全域をカバーする領域で毎日の気象シミュレーションを格子間隔 2 km で実施している。

<http://www.rain.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~kato/result/>

- 2018年1, 2月の日本海側の降水現象を精度よく再現
- 南岸低気圧に伴う関東の降雪
 - ＞ 低気圧とそれに伴う降水はよく再現
 - ＞ 降雪ではなく降雨(またはみぞれ)として再現

まとめ

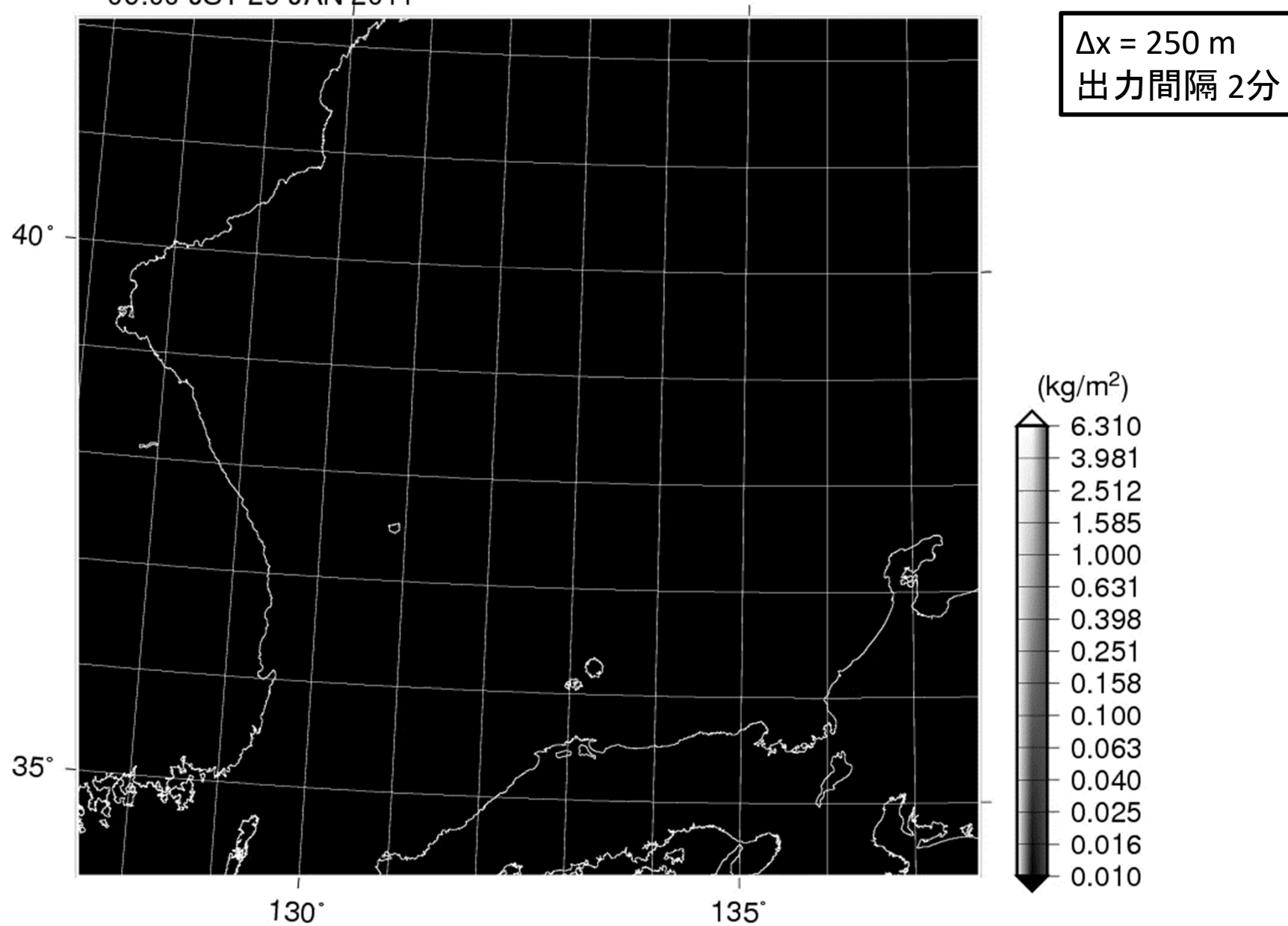
名古屋大学宇宙地球環境研究所では雲解像モデル CReSS の開発を行い、日本全域をカバーする領域で毎日の気象シミュレーションを格子間隔 2 km で実施している。

<http://www.rain.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~kato/result/>

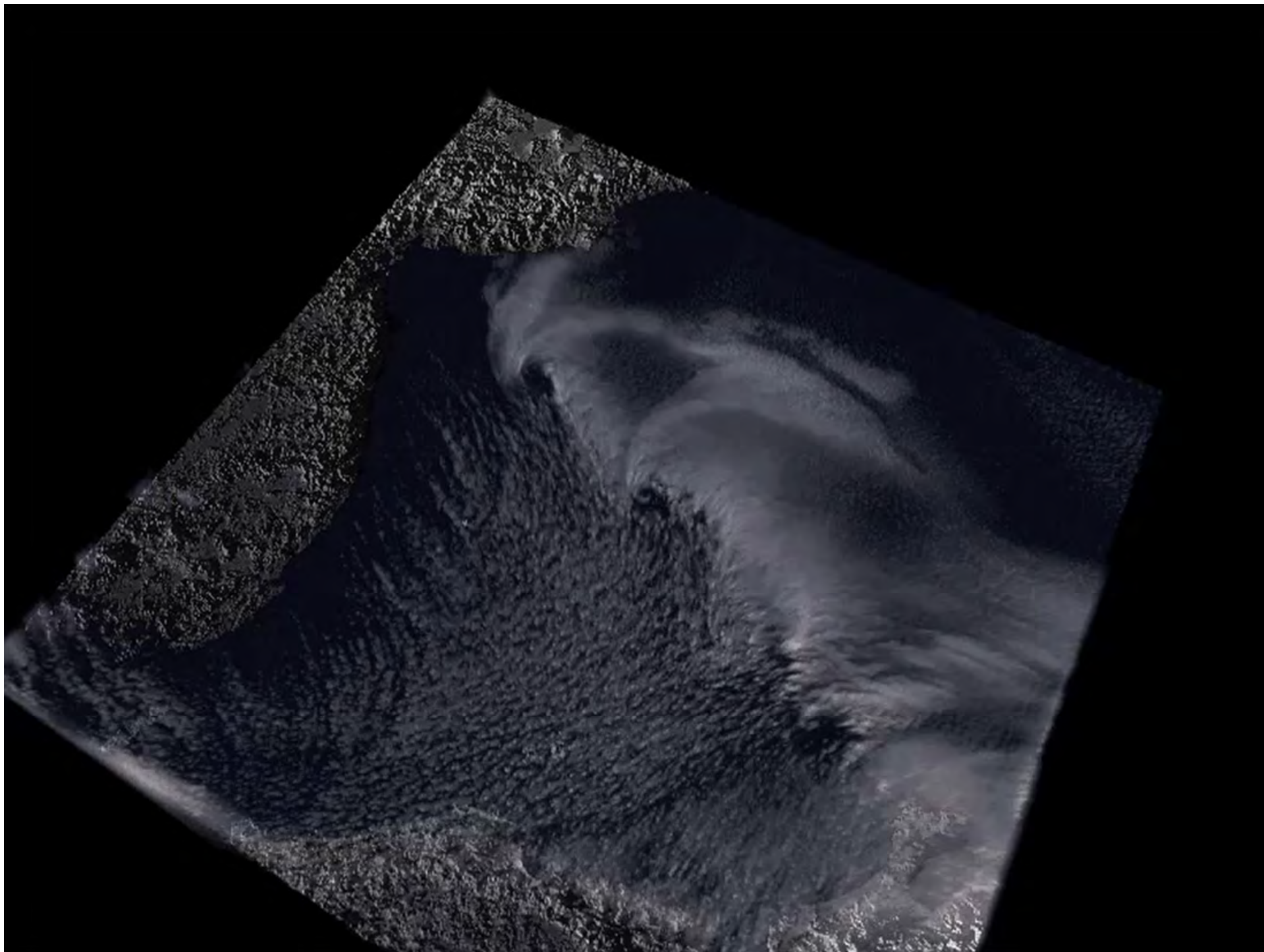
- 過去の結果を閲覧可能 (研究室 Web より)
- 地上・上空のデータ共に**1時間**という高頻度な出力間隔
- 5年以上の蓄積があり、**事例解析**用途だけではなく
長期的な解析も可能
- モデルの生データ提供のため、**研究・応用どちらの用途にも使用可能**
- 非常に単純な書式(単純バイナリ)の出力のため、**比較的扱いが容易**

2011年1月29日の事例の超高解像度シミュレーション動画

INTEGRATED MIXING RATIO OF TOTAL HYDROMETERS
06:00 JST 29 JAN 2011







雲解像モデル

Cloud Resolving Storm Simulator “CReSS”

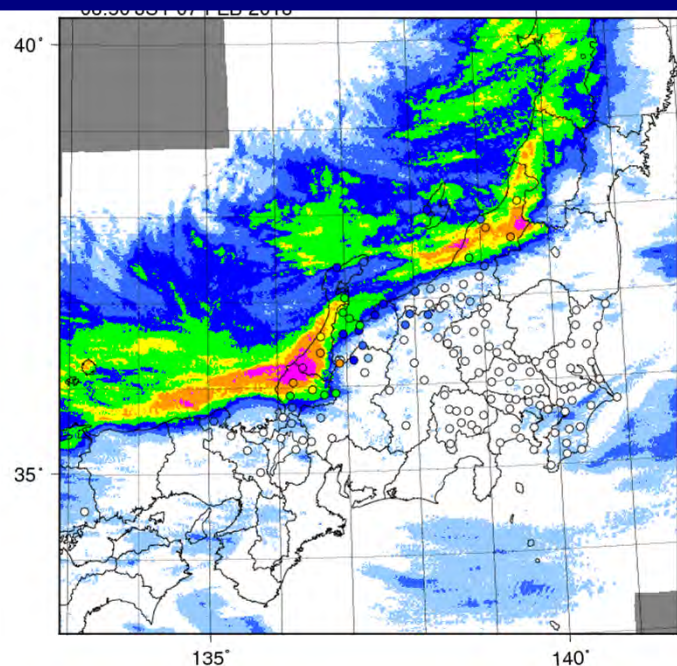
雲スケールからストームスケールの現象のシミュレーションを地球シミュレーターなどの大規模並列計算機で行うことを目的とした雲解像領域気象モデル。

大規模並列計算機に最適な純国産の雲解像領域モデルを開発することを目標として、1998年よりCReSSの開発を行なってきた。

MSM(業務支援センター配信分)と CReSSの出力データの比較

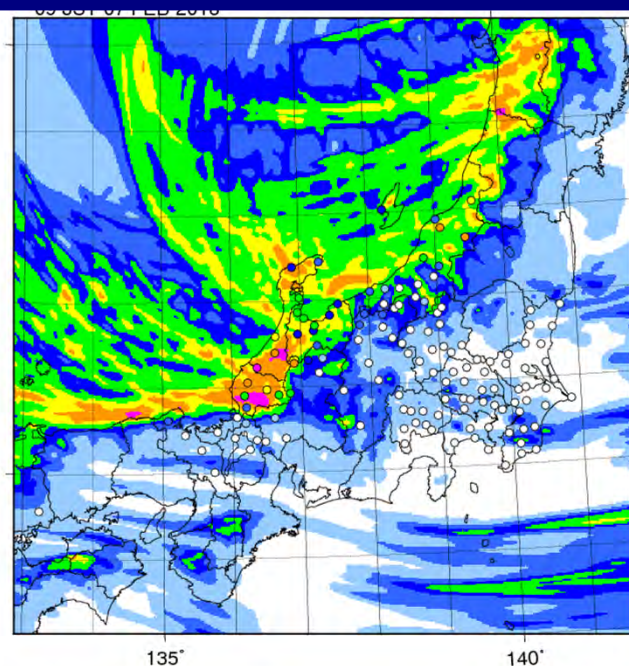
	MSM	CReSS
上空	約10 km、3時間毎	2 km、1時間毎
	16層	32層
	風、気温、高度、相対湿度	風、温位、圧力、水蒸気混合比
		凝結物質(雲水・雲氷、雨、雪、あられ)混合比
		凝結物質(雲氷、雪、あられ)数濃度
		乱流運動エネルギー
地上	約5 km、1時間毎	2 km、1時間毎
	気圧(海面更生、地上)	地上気圧
	風、気温、相対湿度、雲量	風、温位、水蒸気混合比、雲量
	時間降水量	凝結物質(雲水、雲氷、雨、雪、あられ)別 時間降水量、降水強度
		長波、短波放射
		潜熱・顕熱
		運動量、熱、水蒸気フラックス
容量	280 MB	136 GB (上空 129 GB、地上 7 GB)
書式	GRIB2	単純バイナリ

事例1＊：2018年2月6日（2/6 9:00 – 2/7 9:00）

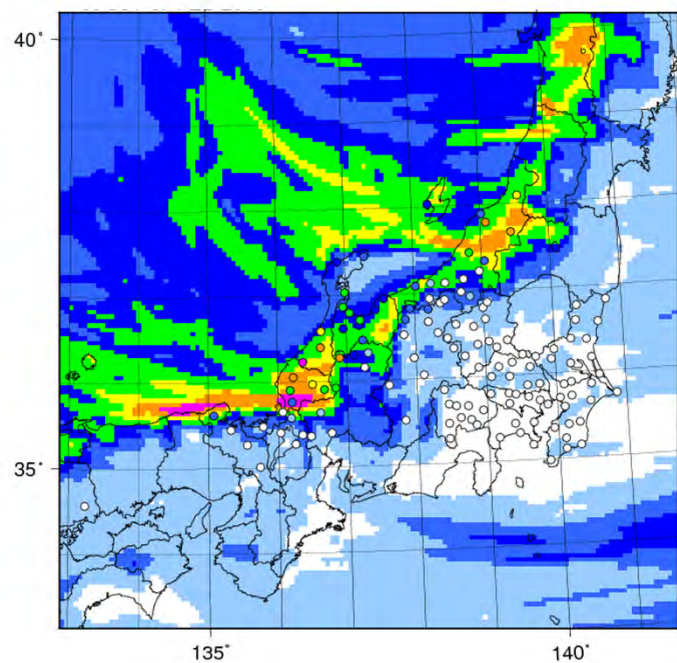


レーダー

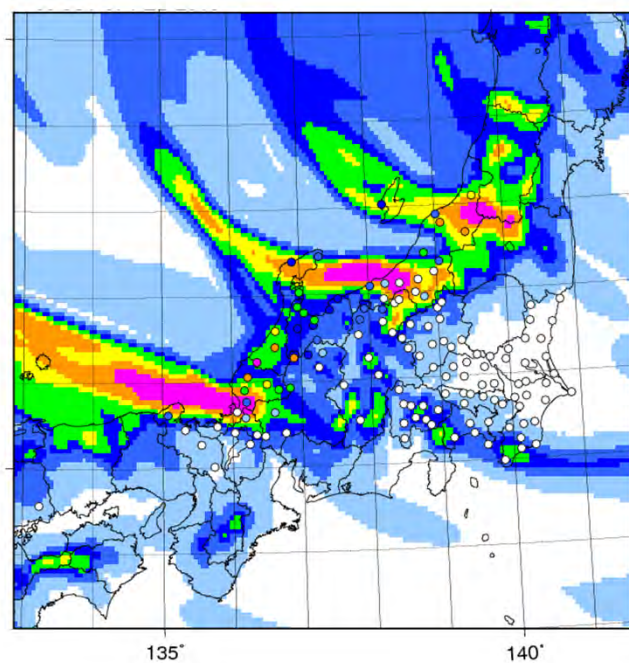
○ 観測



CReSS
 $\Delta x = 2$ km

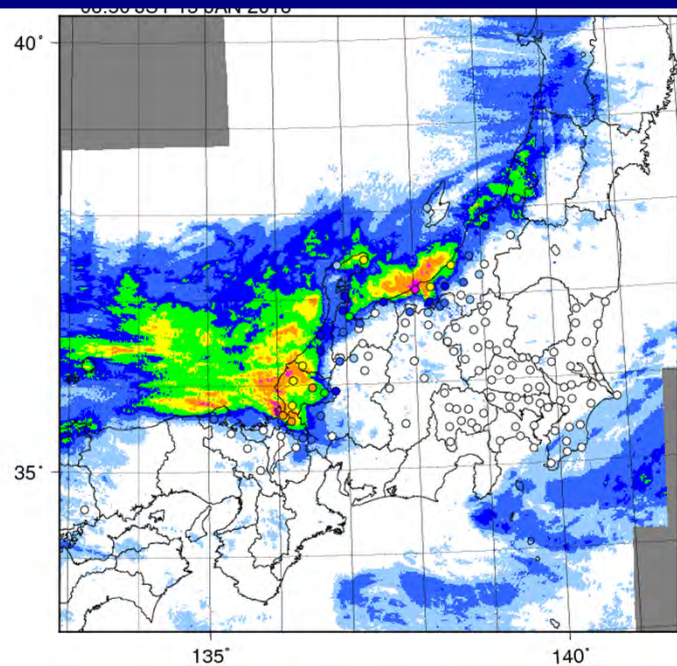


MSM
 $\Delta x = 5$ km



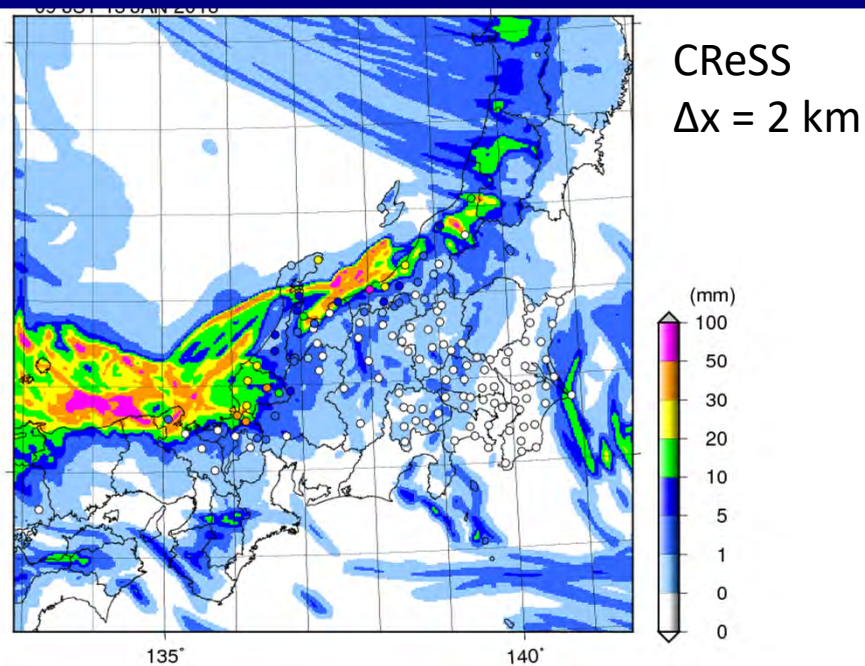
CReSS
 $\Delta x = 5$ km

事例2＊：2018年1月12日（1/12 9:00 – 1/13 9:00）



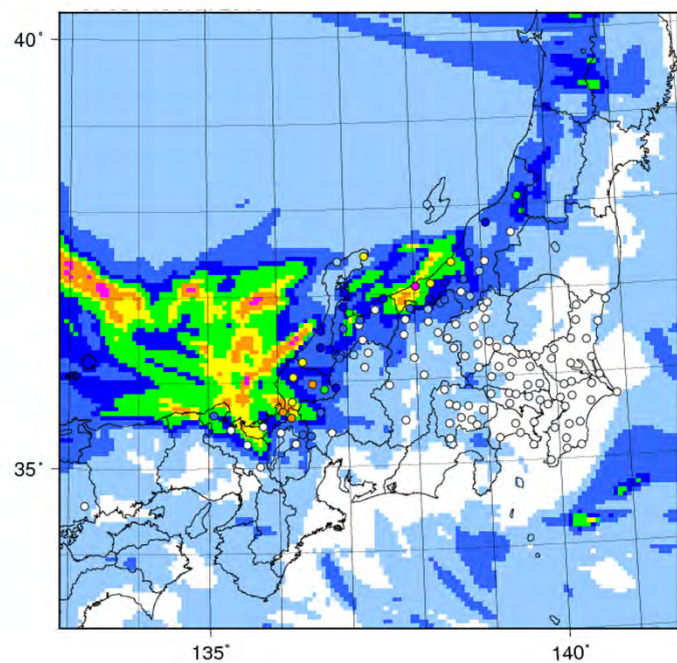
レーダー

○ 観測



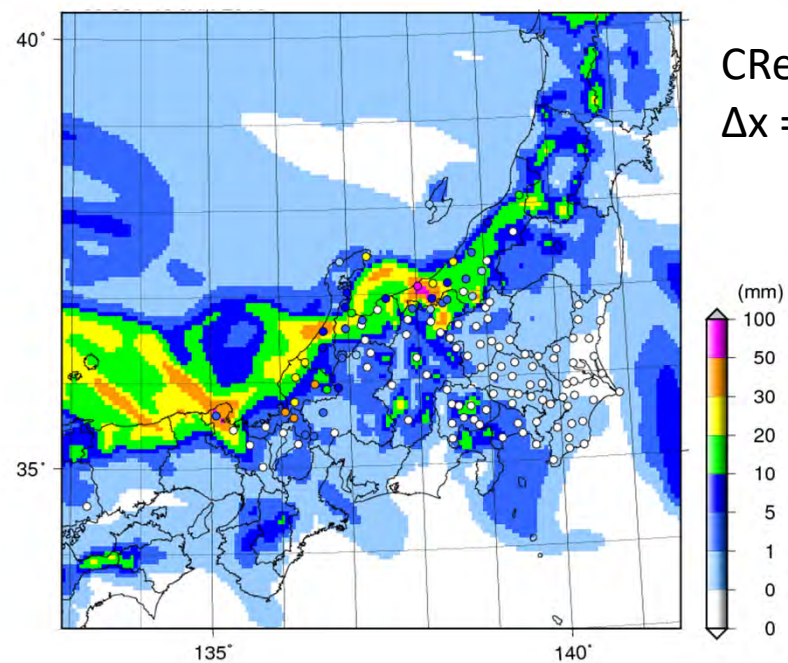
CReSS

$\Delta x = 2$ km



MSM

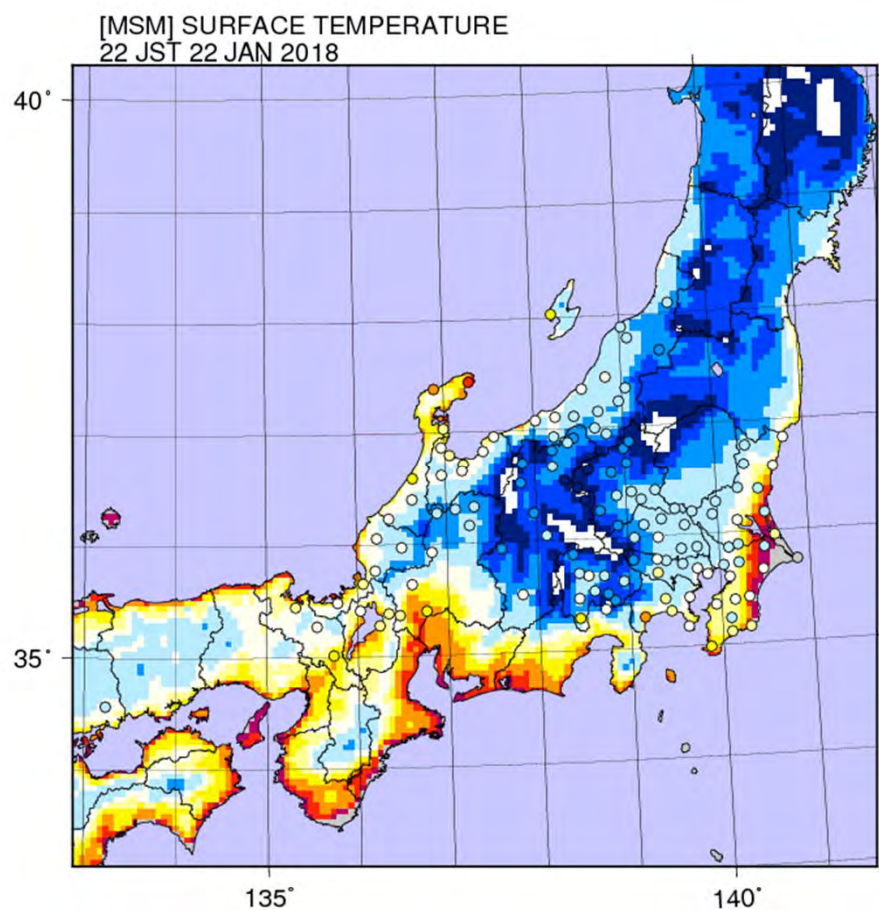
$\Delta x = 5$ km



CReSS

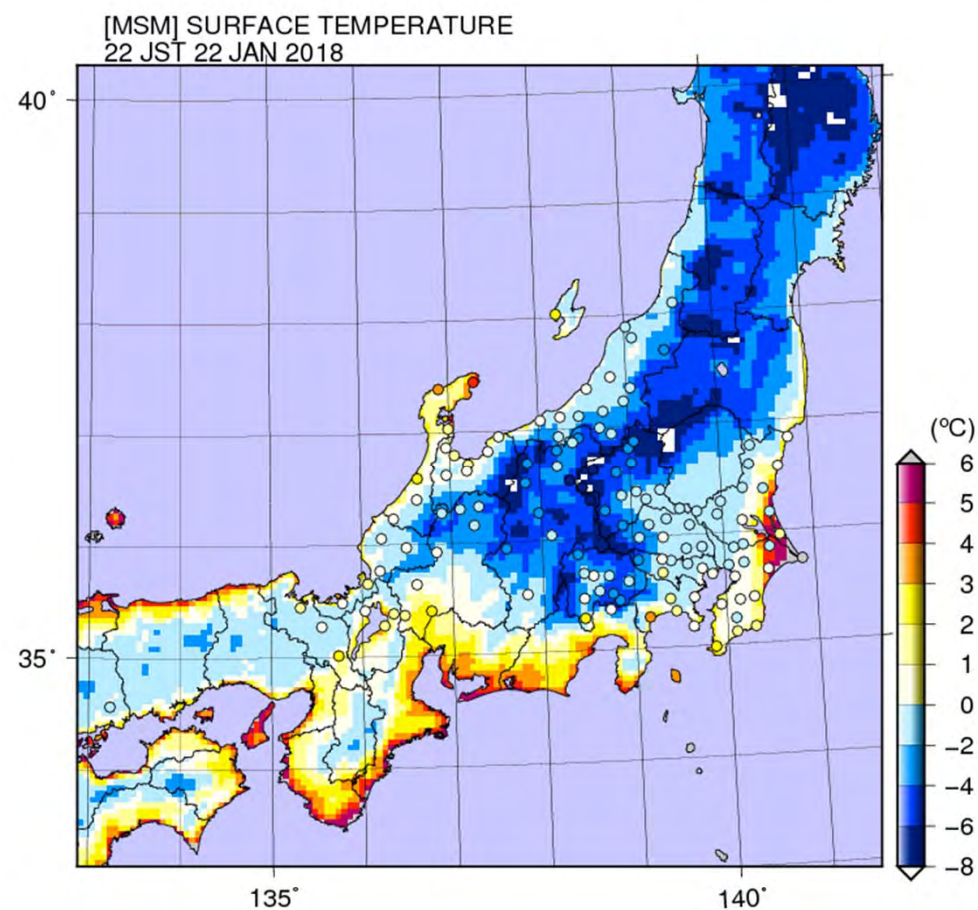
$\Delta x = 5$ km

事例3：2018年1月22-23日



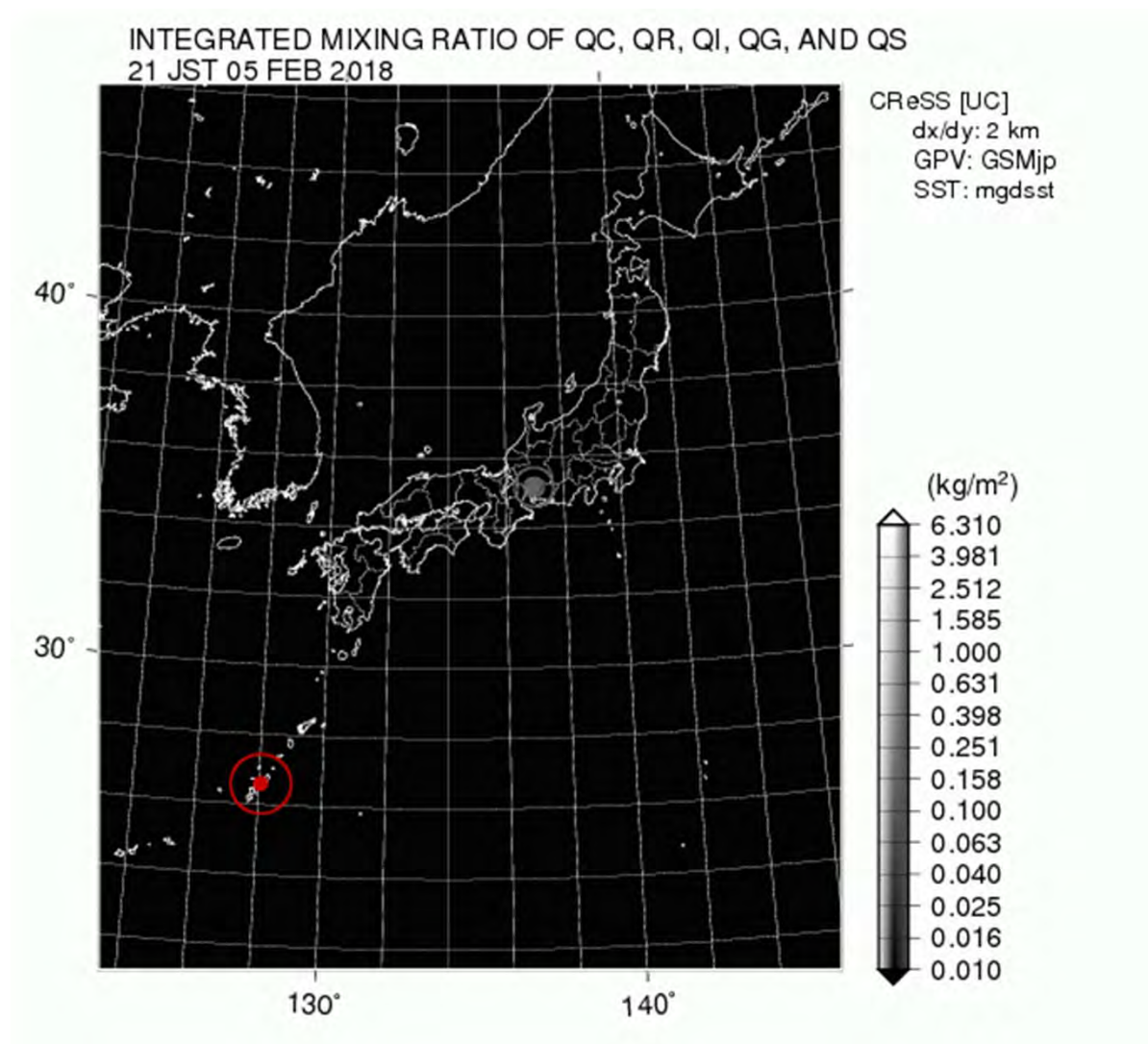
2018年1月21日9時初期値

MSM
地上気温



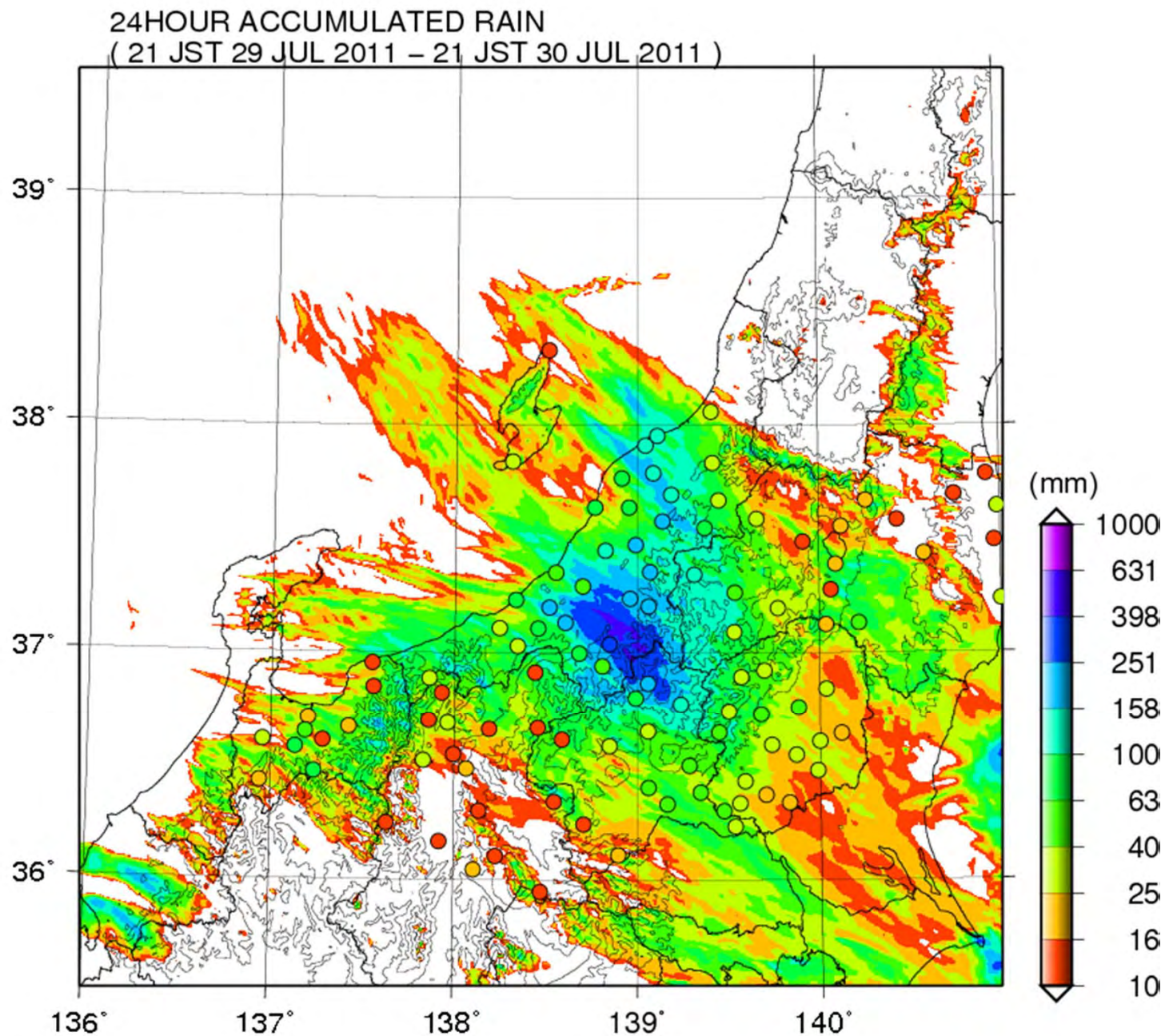
2018年1月22日0時初期値

事例1：2018年2月6日



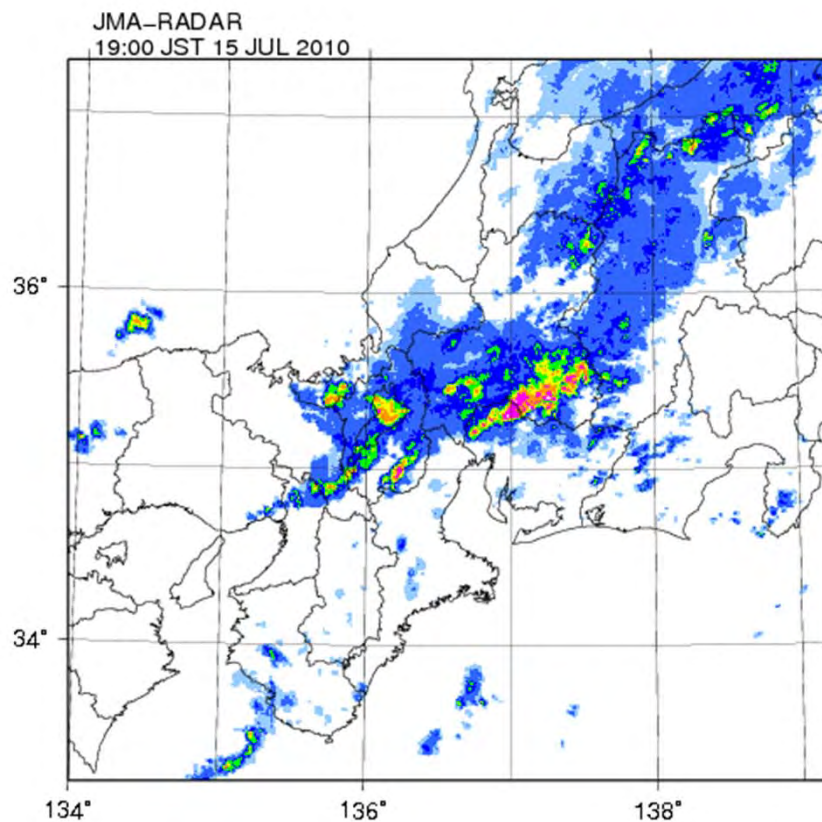
豪雨の再現(平成23年7月新潟・福島豪雨)

$\Delta x = 0.75\text{km}$

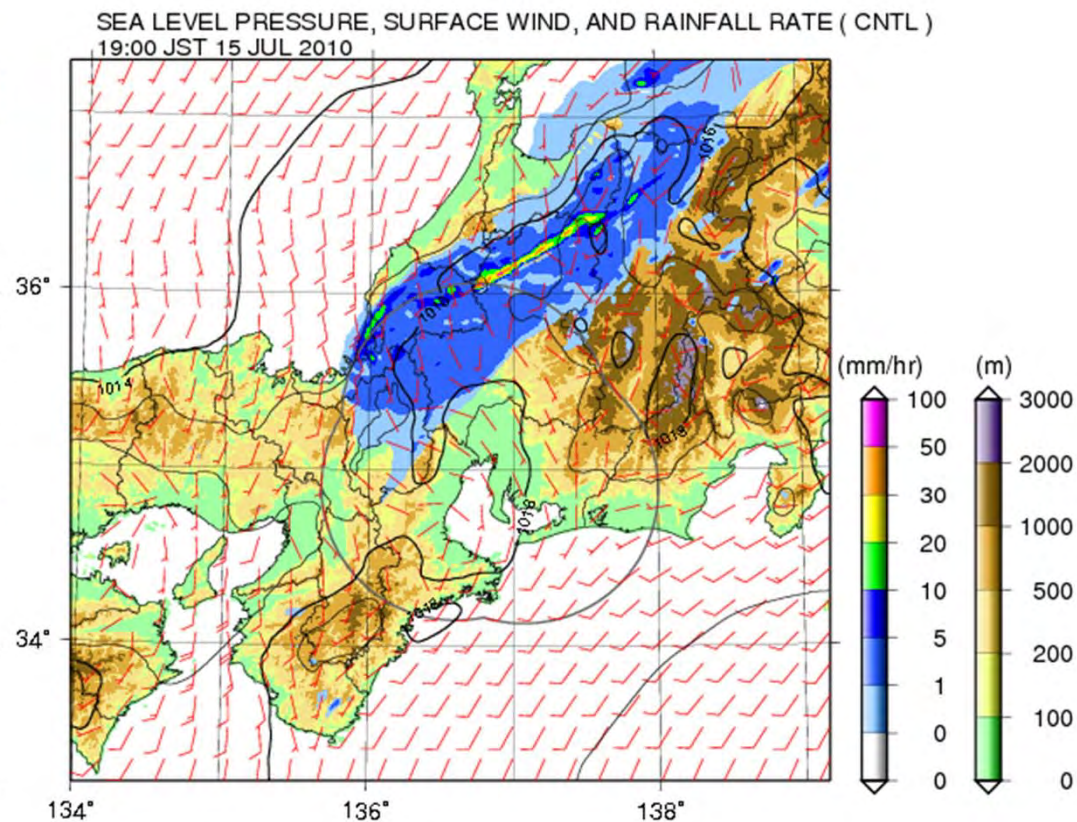


X-RAIN データ同化の取り組み

観測 (気象庁Radar)



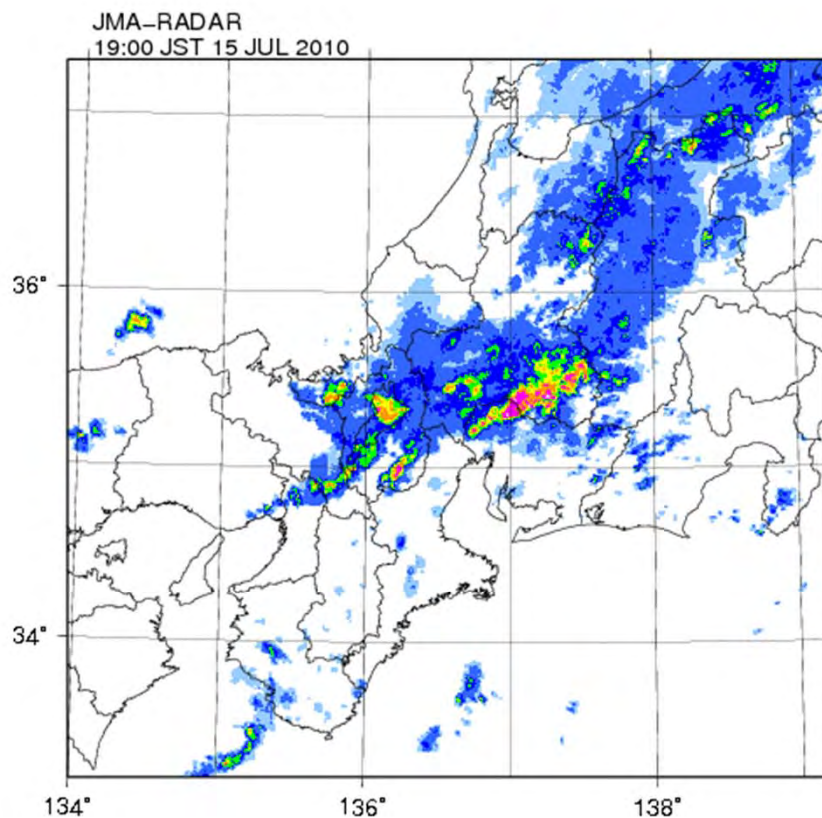
CReSS結果 ($\Delta x=1$ km)



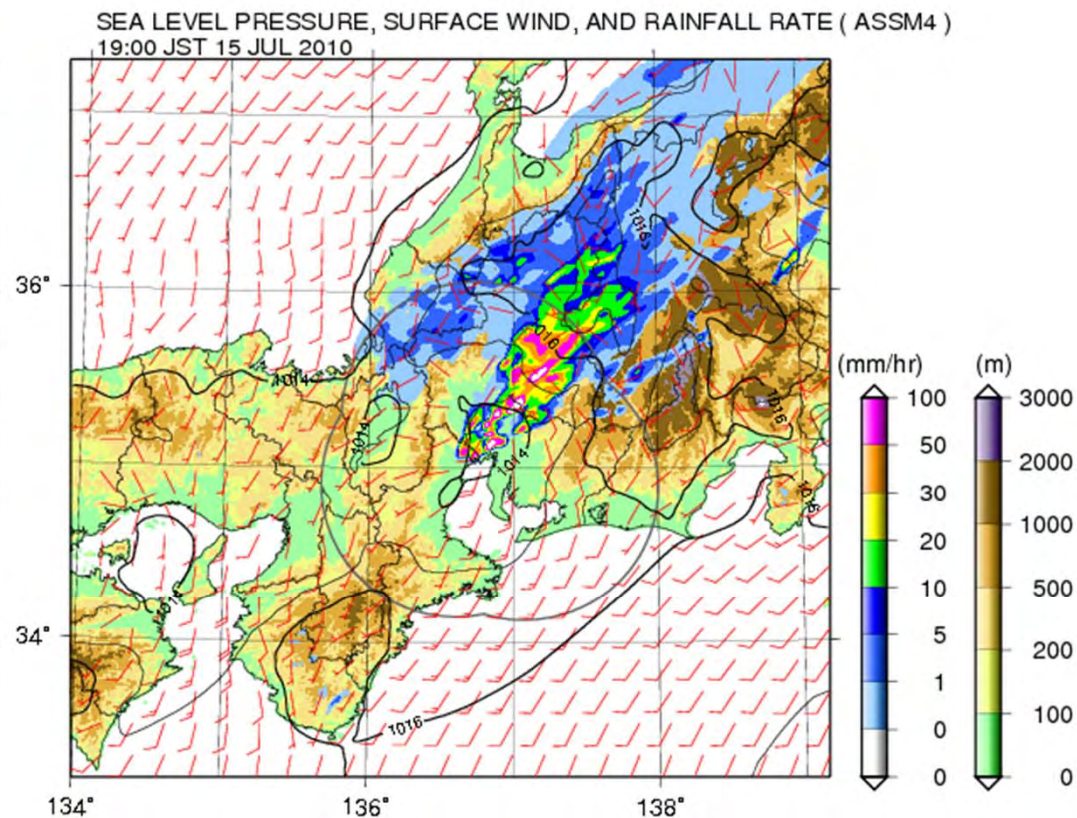
X-RAIN のデータを
同化しないで
実行した結果

X-RAIN データ同化の取り組み

観測 (気象庁Radar)



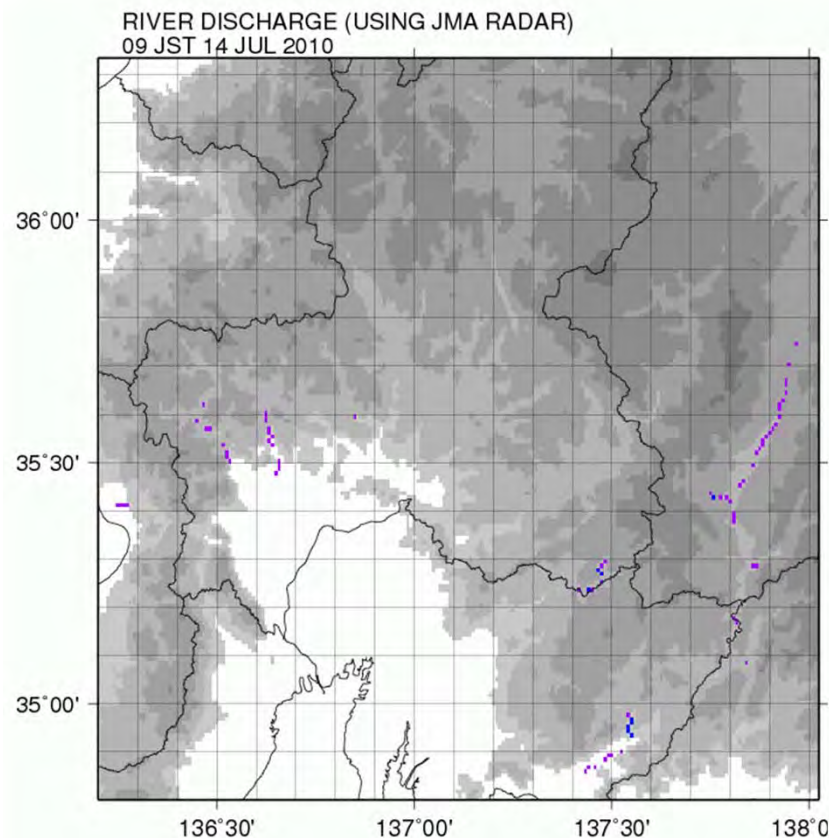
CReSS結果 ($\Delta x=1$ km)



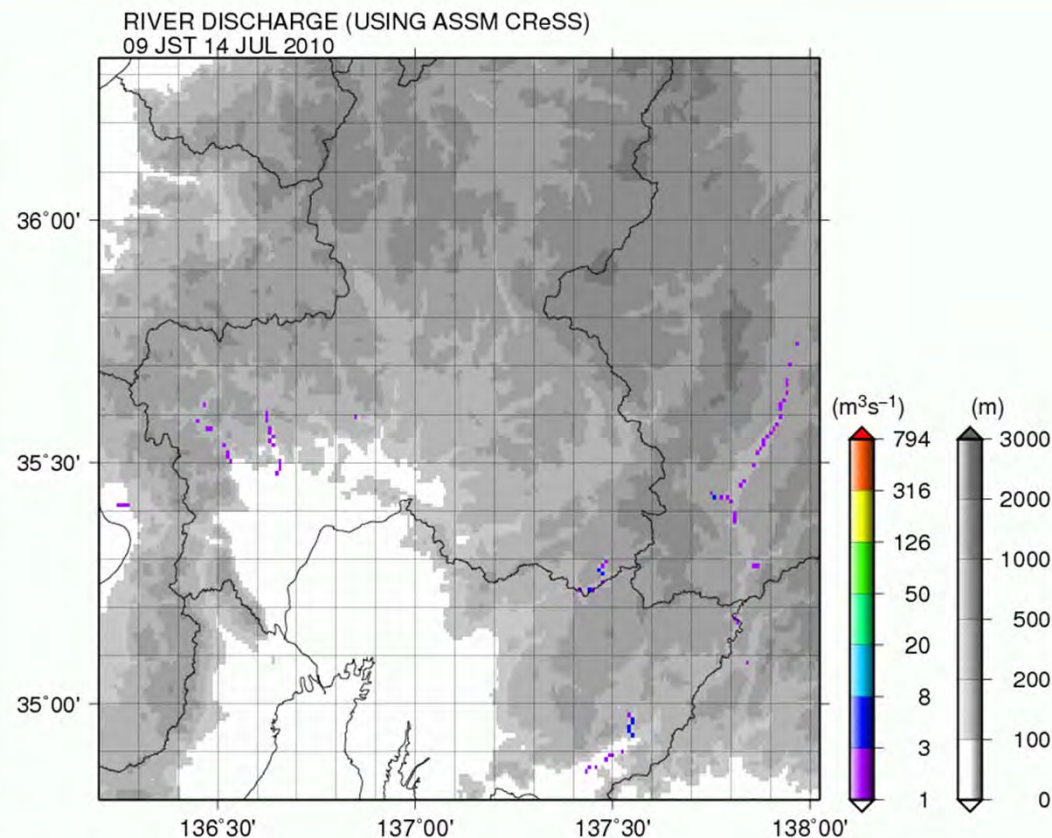
X-RAIN のデータを
同化を行って
実行した結果

日々のシミュレーション実験の利用例

JMA-RADAR



CReSS (ASSM)

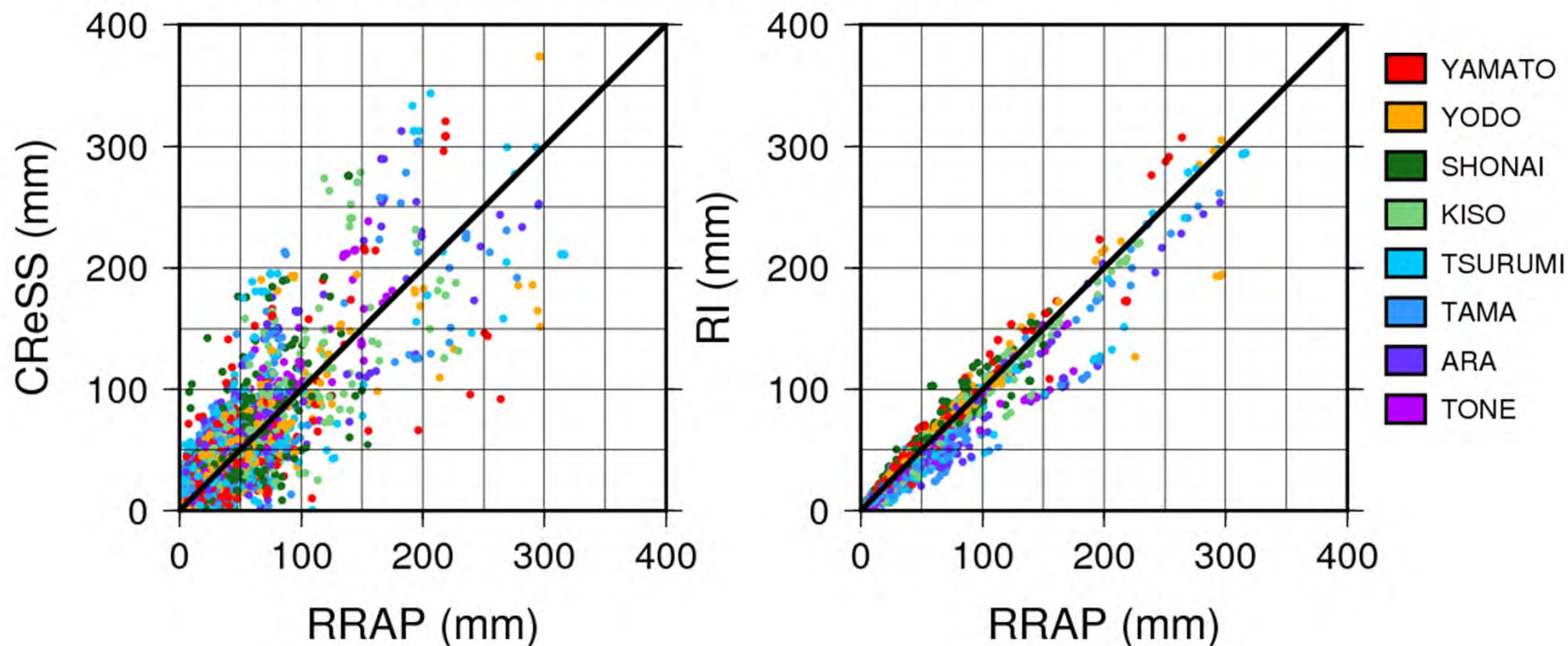


CReSSで計算された降水量データを河川流出モデルの入力値として使用
(淀川領域は現在 Web で閲覧可能)

※ 使用河川流出モデル: 京都大学工学研究科開発 1K-DHM
<http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/products/1K-DHM/1K-DHM.html>

[Area] 各河川流域の平均5日降水量の比較 (2013/06 – 2015/12)

TOTAL PRECIPITATION (N = 529)



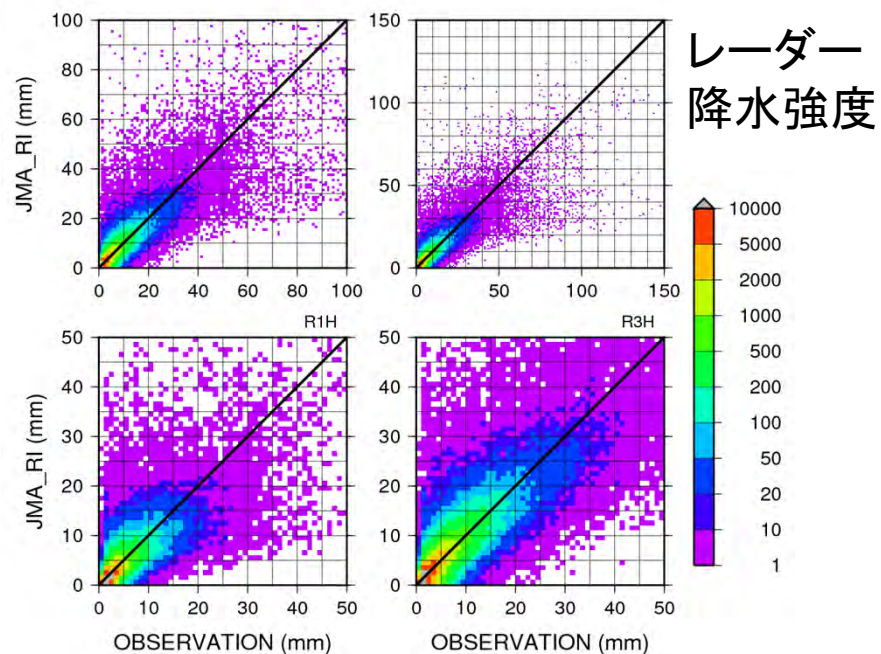
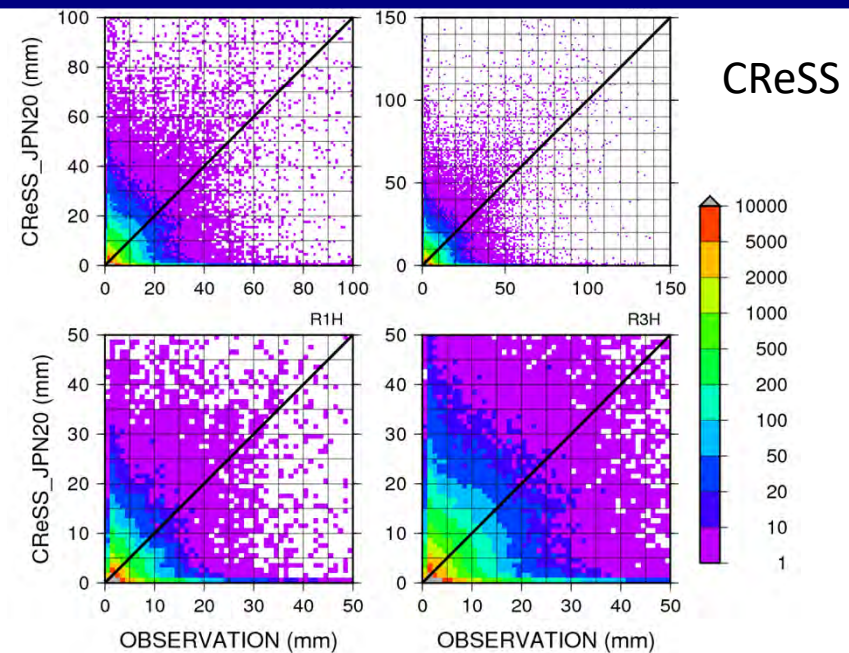
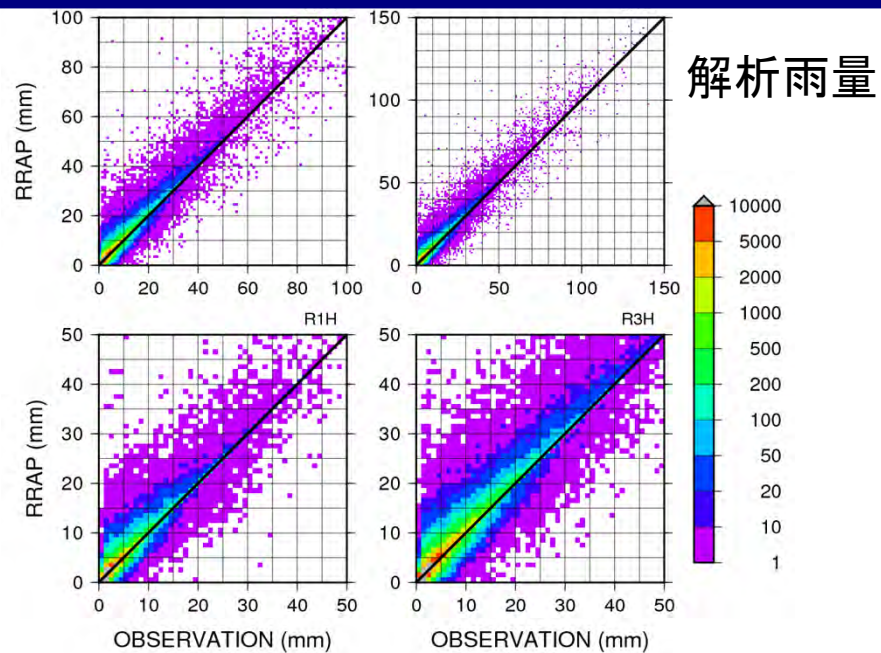
CReSS の計算誤差の原因

1. 降水現象を表現失敗
2. 位置ずれ
3. 時間ずれ

■ CReSS による日々のシミュレーション実験による領域・期間降水量は観測を比較的によく再現。 → 降水現象はよく再現

■ レーダー降水強度において、関東の河川流域においてやや過小評価する傾向。

[1 vs 1] 地上観測点との比較 (2013/06 – 2015/12)



6時間
雨量

24時間
雨量

1時間
雨量

3時間
雨量

全観測点数: 153地点
ビンサイズ: 1 mm