

http://blog.livedoor.jp/vivovivo

高精度豪雨予測に向けた 陸域の雲データ同化システム

東工大 環境・社会理工学院
瀬戸里枝
東京大学 工学系研究科
ICHARM
小池俊雄



背景

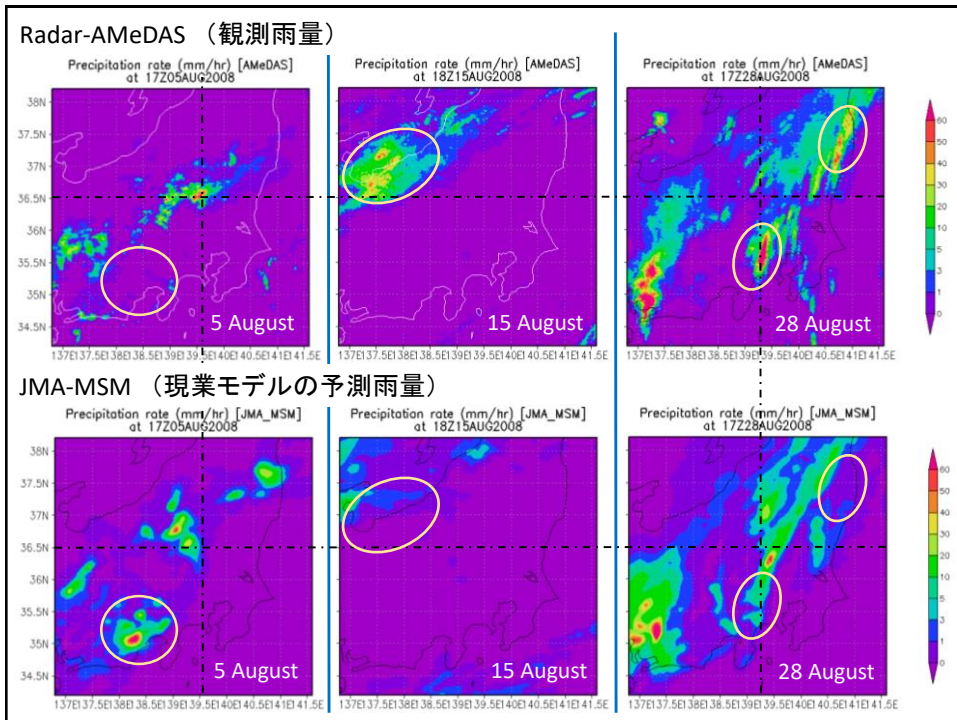
最先端の降水予測の現状

気温・気圧・風速など数多くの観測データを同化している
JMA-MSM(現業予測モデル)でも、降水の位置の予測
精度は十分でない

JMA-MSMに同化されている観測データ

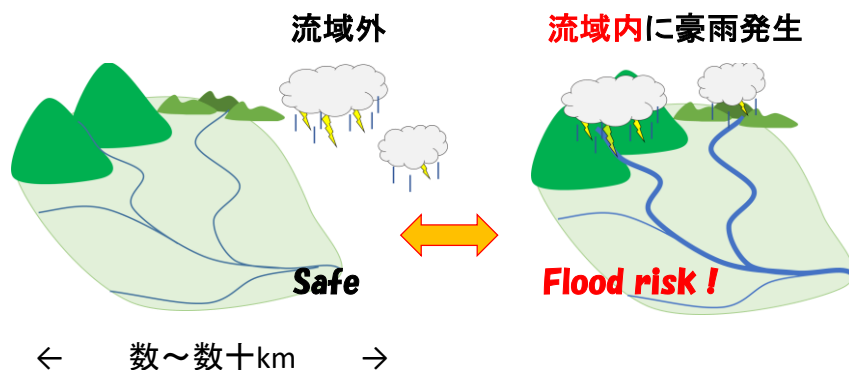
利用する主な観測（観測データもしくは算出データ）	ラジオゾンデ（気圧、気温、湿度、風）、ウィンドプロファイラ（風）、航空機（風、気温）、地上（気圧 ² 、積雪深 ⁷ ）、空港気象レーダー（ドップラー速度）、気象レーダー（解析雨量、ドップラー速度、反射強度 ¹¹ ）、船舶・ブイ（気圧 ⁵ ）、アメダス（積雪深 ⁷ ）、衛星可視赤外イメージャ（大気追跡風）、衛星マイクロ波サウンダ（輝度温度）、衛星マイクロ波イメージャ（降水強度、輝度温度）、静止衛星赤外イメージャ（輝度温度）、地上 GNSS（可降水量）
--------------------------	---

数値予報研修テキスト(気象庁)



背景

降水域と河川流域の位置関係の詳細な予測情報は
洪水予測や最適な貯水池操作に不可欠！



背景

最先端の降水予測の現状

気温・気圧・風速など数多くの観測データを同化している
JMA-MSM(現業予測モデル)でも、降水の**位置**の予測
精度は十分でない

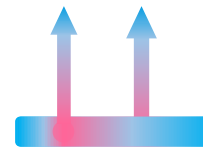


降水位置の予測精度が低い要因

気温・水蒸気など大気変数のごく僅かなず
れで、対流の位置(=降水の位置)が大き
くずれてしまう

解決策

降水の位置情報を直接含み、広範囲で均
質に得られる**雲の衛星観測を同化**するの
が最も効果的



5

課題 —陸上の雲の同化は困難—

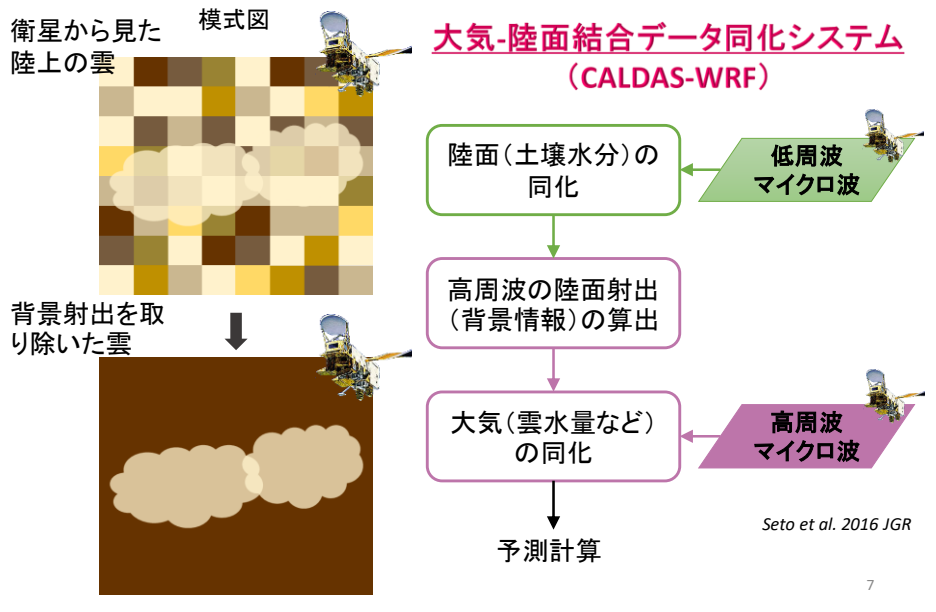


陸面からの射出は雲のシグナルに
比べて強く、かつ不均一

陸面射出を適切に推定し、背景情
報として取り除くことで、雲が精度
良く捉えられる

6

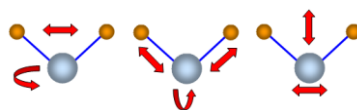
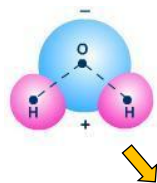
課題 - 陸上の雲の同化は困難 - → 解決手法



手法 - マイクロ波と水分子 -

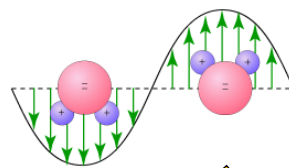
水を含む物質はマイクロ波を射出する
 ⇕
 マイクロ波は対象物の水分量に関する情報を含む

水分子は電子双極子

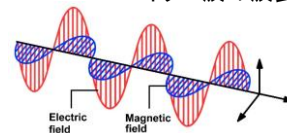


水分子の回転

電磁波の生成



マイクロ波の波長に相当



8

手法 ー複数波長を用いた陸面-大気結合同化ー

土壌水分
推定分布



CALDAS-WRF

陸面(土壌水分)の
同化

低周波
マイクロ波



$$T_s(1 - \Gamma_p)$$

大気

$$T_s(1 - \Gamma_p)$$

地表面

$$T_s$$

$$T_s \Gamma_p$$

Γ_p Reflectivity

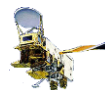
手法 ー複数波長を用いた陸面-大気結合同化ー

陸面の輝度温度
推定分布(高周波)



CALDAS-WRF

高周波の陸面射出
(背景情報)の算出



$$T_s(1 - \Gamma_p)$$

大気

$$T_s(1 - \Gamma_p)$$

地表面

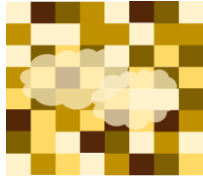
$$T_s$$

$$T_s \Gamma_p$$

Γ_p Reflectivity

手法 ー複数波長を用いた陸面-大気結合同化ー

観測輝度温度
(高周波)



CALDAS-WRF

大気(雲水量など)
の同化

高周波
マイクロ波



大氣

地表面

$$T_s(1 - \Gamma_p)e^{-\tau_a}$$
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})$$
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})\Gamma_p e^{-\tau_a}$$
$$T_s(1 - \Gamma_p)$$
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})$$
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})\Gamma_p$$
 T_s
$$T_s \Gamma_p$$
 Γ_p Reflectivity
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})(1 - \Gamma_p)$$

手法 一複数波長を用いた陸面-大気結合同化一

雲の推定分布



CALDAS-WRF

大気(雲水量など)
の同化

高周波
マイクロ波

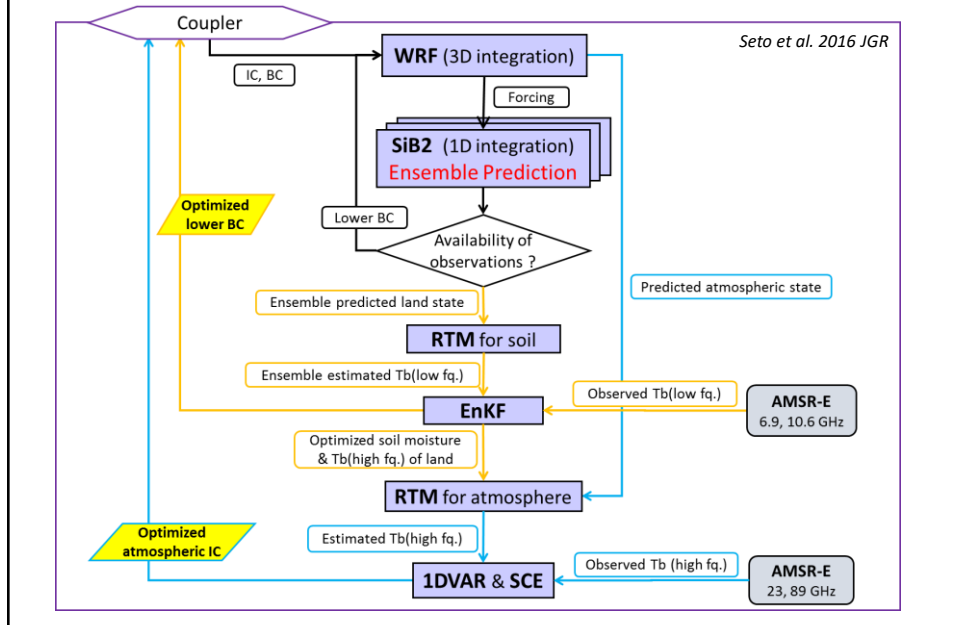


大氣

地表面

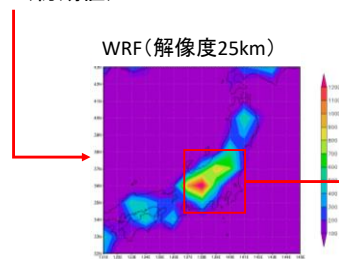
$$T_s(1 - \Gamma_p)e^{-\tau_a}$$
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})$$
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})\Gamma_p e^{-\tau_a}$$
$$T_s(1 - \Gamma_p)$$
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})$$
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})\Gamma_p$$
 T_S
$$T_S \Gamma_p$$
 Γ_p Reflectivity
$$T_a(1 - \omega_a)(1 - e^{-\tau_a})(1 - \Gamma_p)$$

大気-陸面結合データ同化システム: CALDAS-WRF

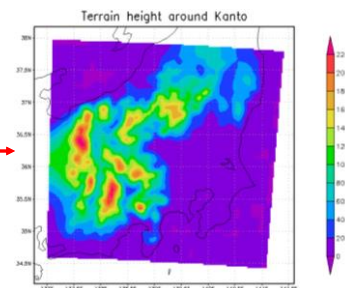


データ同化実験設定 - 対象領域 -

① NCEP FNL (初期値)

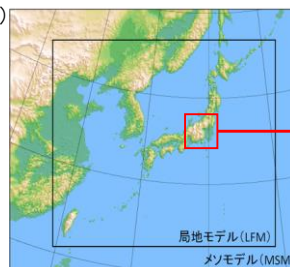


大気-陸面データ同化 (CALDAS-WRF) 対象領域 (解像度 5km)



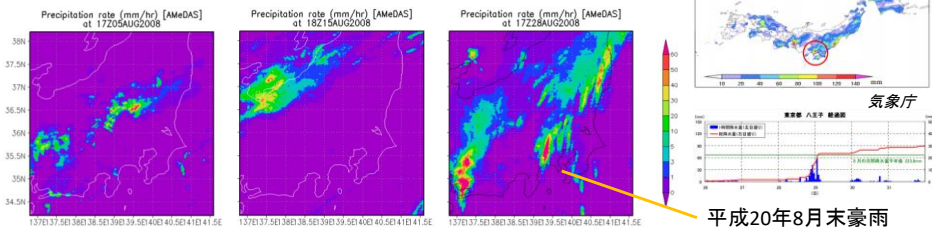
② JMA-MSM (初期値)

(解像度 5km)



データ同化実験設定 -対象事例&モデル設定-

対象事例: 2008年8月5日、15日、28日の降水事例



システム設定

Domain	Resolution, grid No.	25km, 51×51 grids, 35 layers (parent) 5km, 76×76 grids, 35 layers (nest)
Time step	Calculation time step	30 sec.(WRF), 1min.(SiB2)
Physics	Radiation	RRTMG
	Surface layer	MYNN
	Boundary layer	Mellor - Yamada level 2.5
	Convection	Kain-Fritsch (on or off)
Assimilation	Microphysics	WSM6
	Ensemble number	50 (land surface model)
	Assimilation variables	Soil moisture (3 layer, EnKF) Vertically integrated CLWC & QV and T inside clouds (1d-Var)

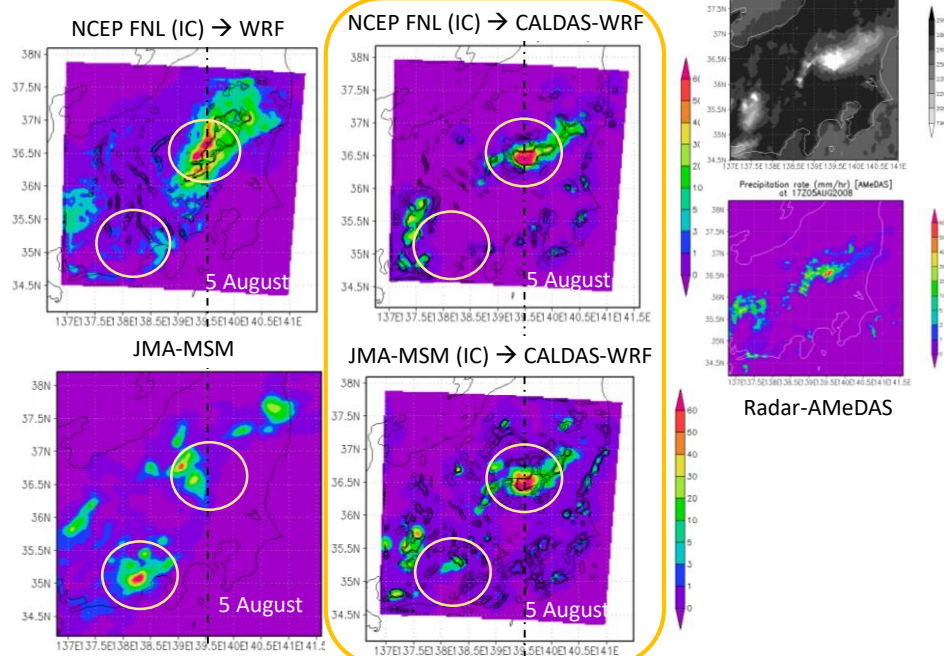
観測データ

AMSRE
(6.9, 10.3, 23, 89GHz)

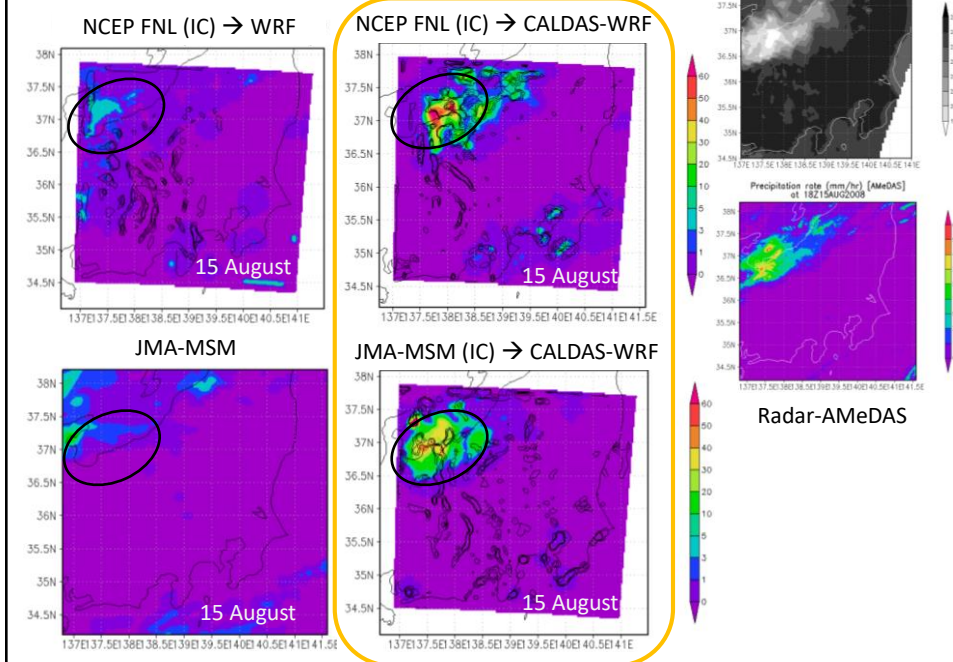
Land/Sea flag による
Q CTL

15

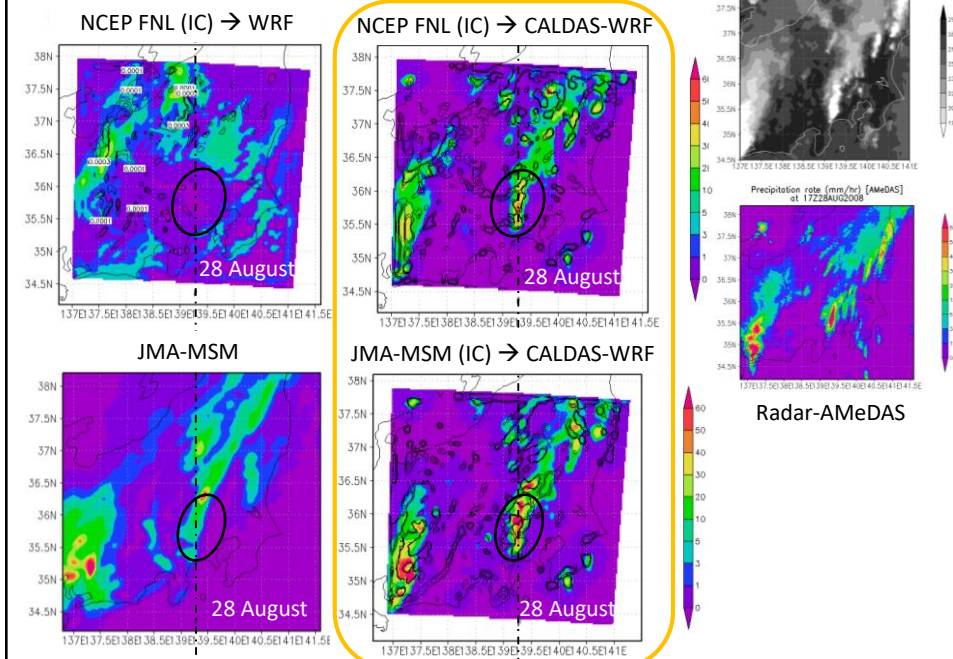
結果 -降水強度(mm/h)の比較(8月5日17UTC)-



結果 — 降水強度 (mm/h) の比較 (8月15日18UTC) —

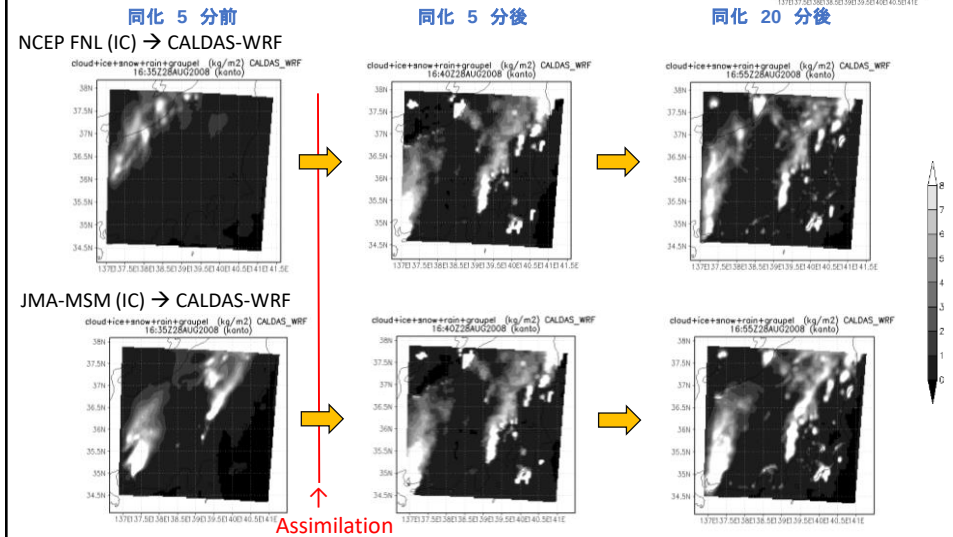


結果 — 降水強度 (mm/h) の比較 (8月28日17UTC) —



結果 - 鉛直積算雲水量の分布 -

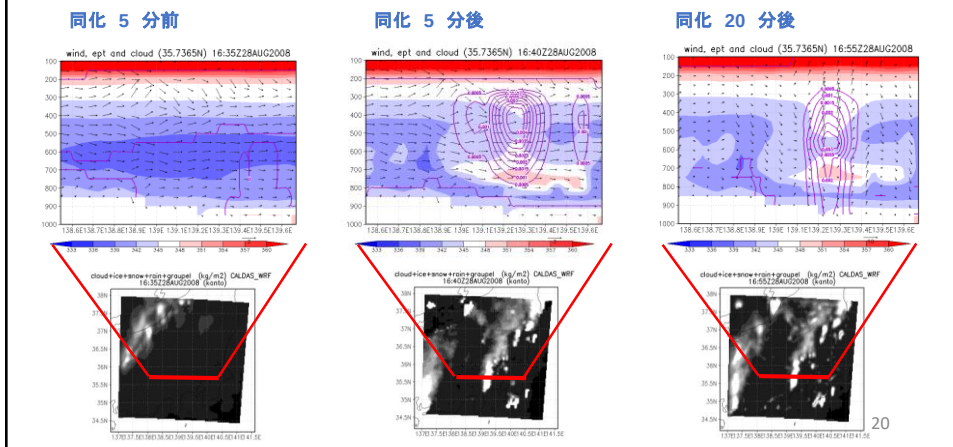
- 雲の水平分布の改善
- JMA-MSMをICに使うと、2時間以上継続



結果 - 上昇風 & 温位 -

- 大気モデルを通した上昇風の生成
- 相当温位の高い空気塊が雲システム上部に形成

雲水量、相当温位、上昇風の鉛直断面図

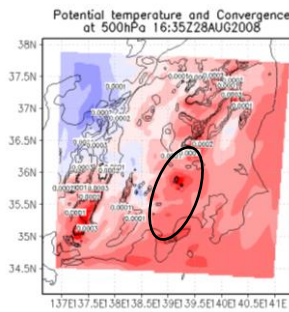


結果 - 温位 & 収束 -

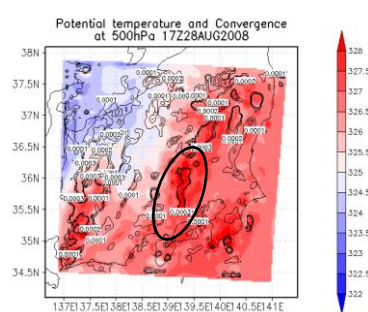
- 豪雨域に対応した温位の上昇と収束の形成

500hPa気圧高度面
温位と収束の変化

同化 5 分前

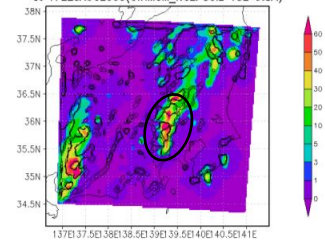


同化 20 分後



↑
Assimilation

Precipitation rate (mm/hr) and convergence
at 17Z28AUG2008(CW-MSM_NCEP50IL 15Z start)



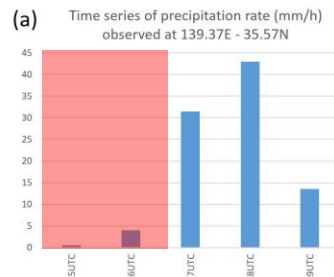
結果

一降雨強度の比較 (AMeDAS vs CALDAS-WRF) -

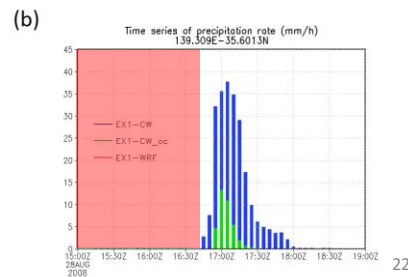
- ポイントスケールでもピーク時の降水強度が精度よく再現されている

降水強度の時間変化

AMeDAS



CALDAS-WRF



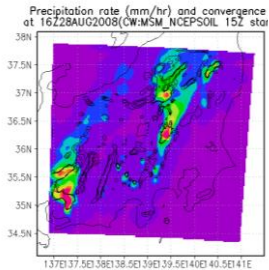
22

問題点

降水強度は持続するが、時間経過とともに
降水分布が広域大気場の影響を受け、
JMA-MSMの予測結果と近くなっていく

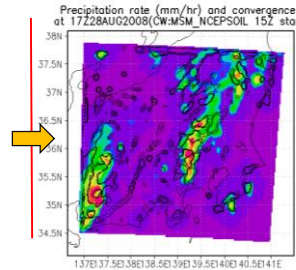
CALDAS-WRF

16Z

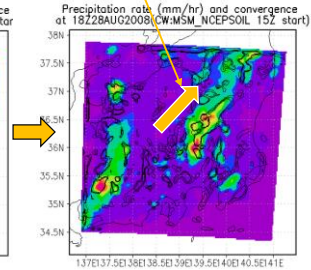


Assimilation

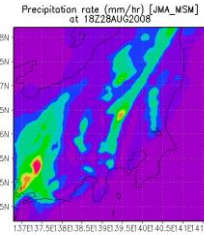
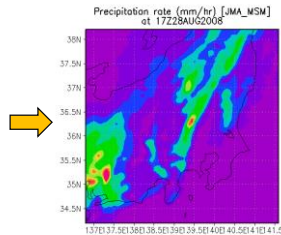
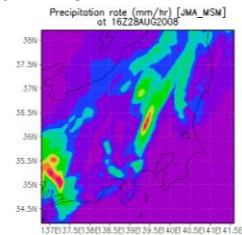
17Z



18Z



JMA-MSM



新しい衛星データ(GCOM-W, Himawari-8) の利用に向けて

• CALDAS-WRFの修正

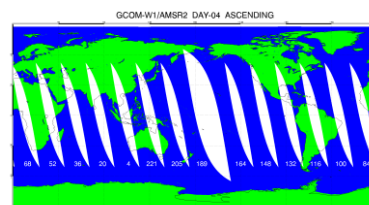
AMSR2 (the Advanced Microwave Scanning Radiometer 2)

GCOM-W/Main Specifications of AMSR2

Scan and rate	Conical scan at 40 rpm
Antenna	Offset parabola with 2.0m dia.
Swath width	1450km
Incidence angle	Nominal 55 degrees
Digitization	12bits
Dynamic range	2.7-340K
Polarization	Vertical and horizontal

AMSR2 Channel Set

Center Freq.	Band width	Pol.	Beam width	Ground res.	Sampling interval
GHz	MHz		degree	km	km
6.925/7.3	350	V/H	1.8	35 x 62	10
10.65	100		1.2	24 x 42	
18.7	200		0.65	14 x 22	
23.8	400		0.75	15 x 26	
36.5	1000		0.35	7 x 12	5
89.0	3000		0.15	3 x 5	



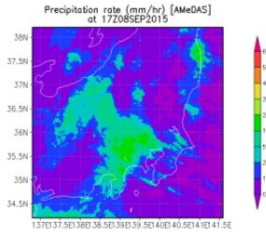
JAXA home page

24

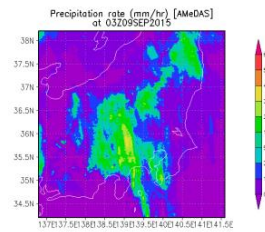
AMS2を使った同化実験

対象事例：2015年9月8～10日の豪雨

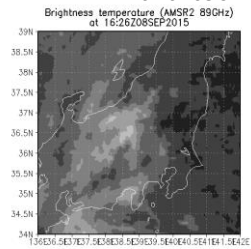
Radar-AMeDAS 降水強度 17Z 08 SEP



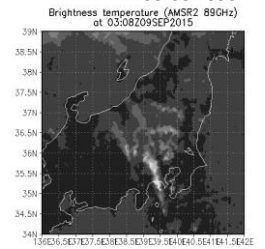
3Z 09 SEP



AMS2 89GHz 輝度温度 16:26Z 08 SEP



03:08Z 09 SEP



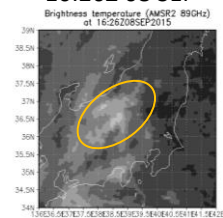
25

結果 —鉛直積算雲水量の分布—

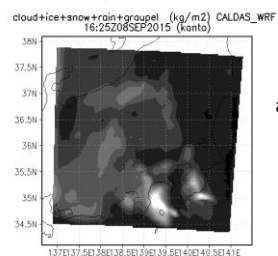
対象事例：2015年9月8～10日の豪雨

- 雲の水平分布の改善

AMS2 89GHz
16:26Z 08 SEP

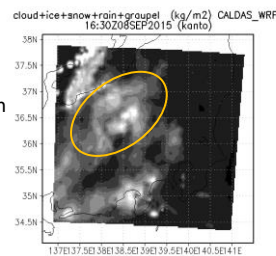


同化前



AMS2
assimilation

同化後

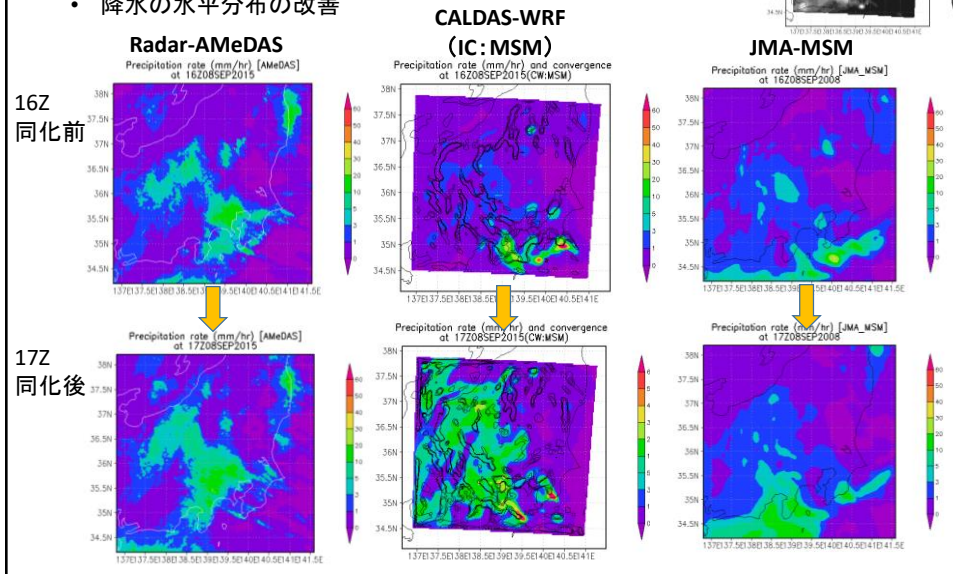


26

結果 —降水強度の比較—

対象事例: 2015年9月8～10日の豪雨

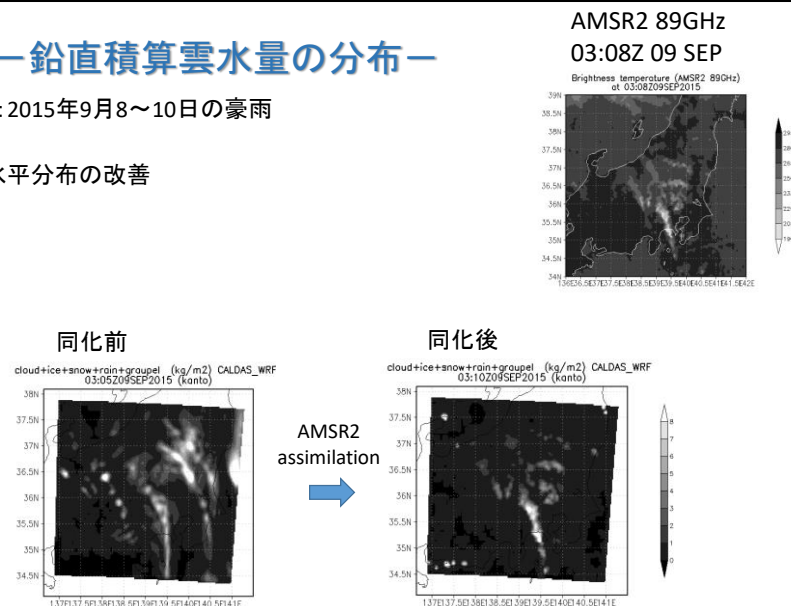
- 降水の水平分布の改善



結果 —鉛直積算雲水量の分布—

対象事例: 2015年9月8～10日の豪雨

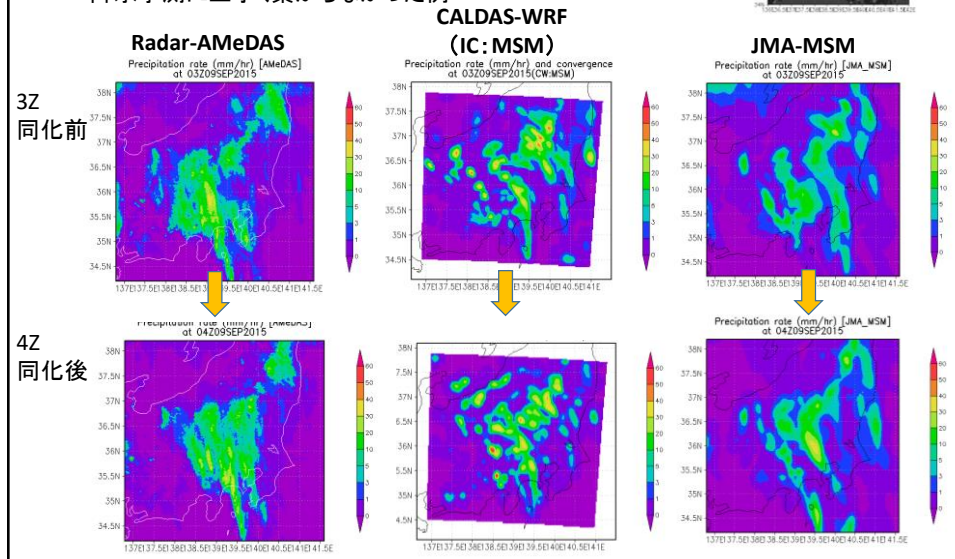
- 雲の水平分布の改善



結果－降水強度の比較－

対象事例：2015年9月8～10日の豪雨

- 降水予測に上手く繋がらなかった例



まとめ

- 陸域の雲データ同化による降水位置の再現性向上を目的として、大気－陸面結合データ同化システム(CALDAS-WRF)を開発した
- CALDAS-WRFは、異なる周波数のマイクロ波の波長特性を利用して陸と大気を同時に同化することができる
- 雲・降水の水平分布や降水強度を高精度に再現し、対応する上昇風の形成や雲域周辺の大気場の改善が確認された
- AMSAR2でも同様に雲・降水予測の改善が確認された
- 改善された降水位置の持続が今後の課題の1つ