

# 衛星観測データを利用 した日射推定 および 予報技術

樋口 篤志\*1  
+多くの関連研究者\*2

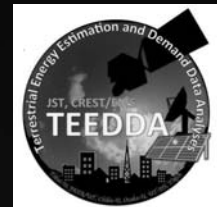


\*1: 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

\*2: 竹中栄晶・中島映至 (JAXA), 中島孝 (東海大),  
村田健史 (NICT), 日暮明子 (NIES), 橋本真喜子 (JAXA)  
安部大介・森田清輝・瀬戸雄太・小山健宏 (WNI),  
鈴木健太郎, 打田純也 (東大AORI)  
橋本博文・Ramakrishna Nemani  
(NASA Ames 研究センター)

日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第21回セミナー (28/Aug/2017)

地球科学SGは再生可能エネルギー大量導入を見据えた分散協調型エネルギー管理システム(EMS)の基盤技術開発及びその運用に資する地球科学情報の算定技術に関する研究を実施する。  
本SGはEMSに有効である地球科学ビッグデータ提供のため明確な三つの大きな柱をもって研究を遂行する。



## “Nowcast” 現況把握技術

ひまわり8,9号を主軸とする衛星推定  
日射量準リアルタイム・モニタリング  
SKYNETによる地上観測及び検証

## “Forecast” 短時間予測技術

衛星観測と地球物理モデルの連携による  
新しい数値モデル予測手法の開発  
大気場の時空間的な外挿予測手法開発

## “Hindcast” 過去再現実験

過去データ及び将来予測データによる  
地球環境シナリオデータ構築  
状況シナリオによる再現実験

## 地球科学物理データ



日射量

地上気温

風向風速

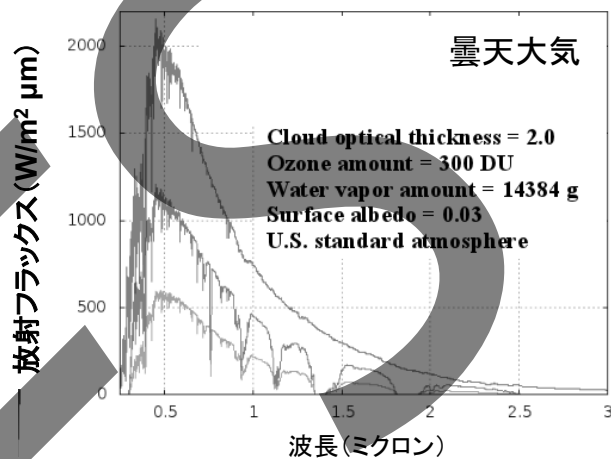
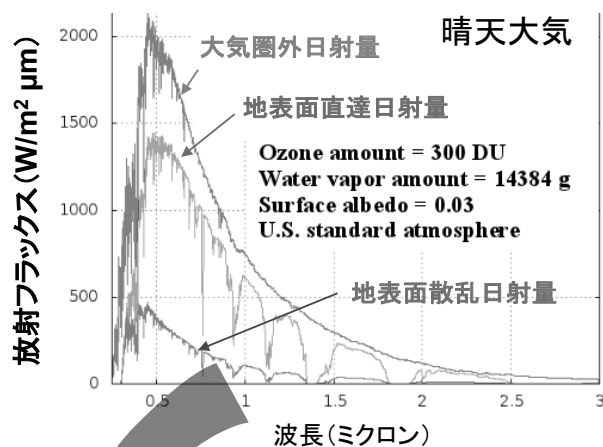
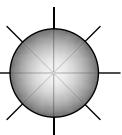
エアロゾル

雲

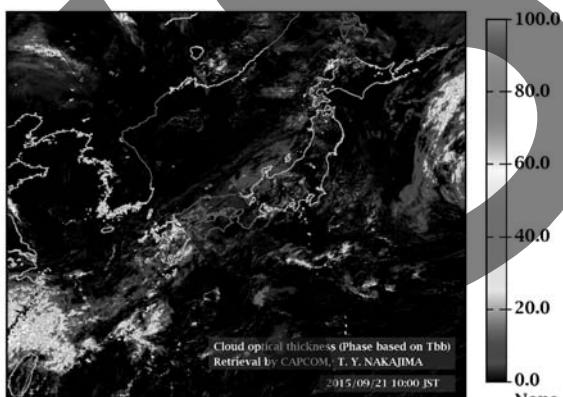
etc.

# 第一原理に基づいた太陽放射推定「フォトン(光子)の旅を正しく追う」

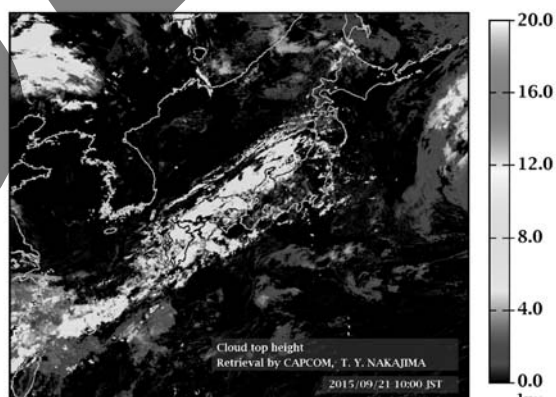
STAR放射伝達コード群による第一原理に基づいた地表面放射フラックス計算. 人工衛星データから雲・水蒸気・エアロゾル等の特性を推定, 日射量計算に使う.



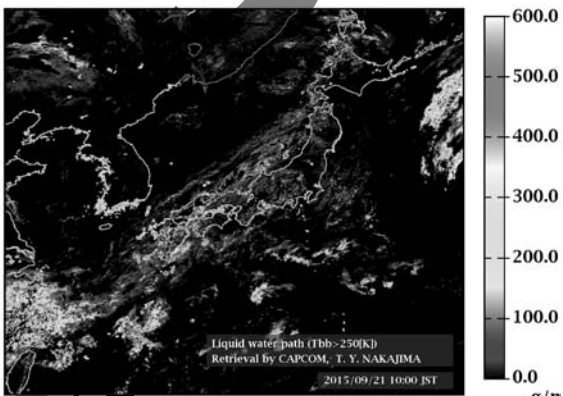
## 太陽放射最大不確定要素は雲→雲総合解析システム CAPCOM



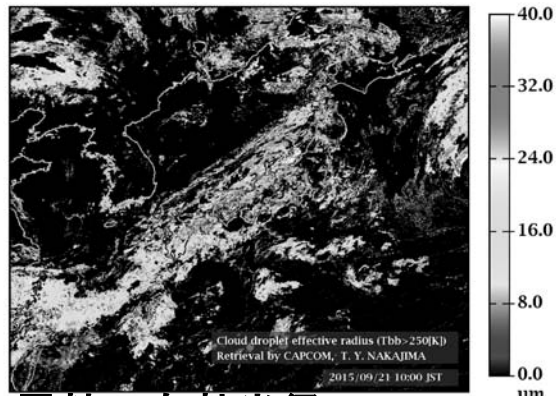
雲の光学的厚さ



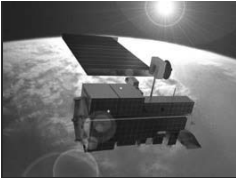
雲頂高度



雲水量

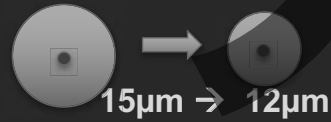
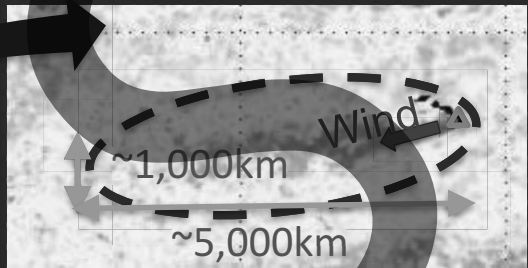
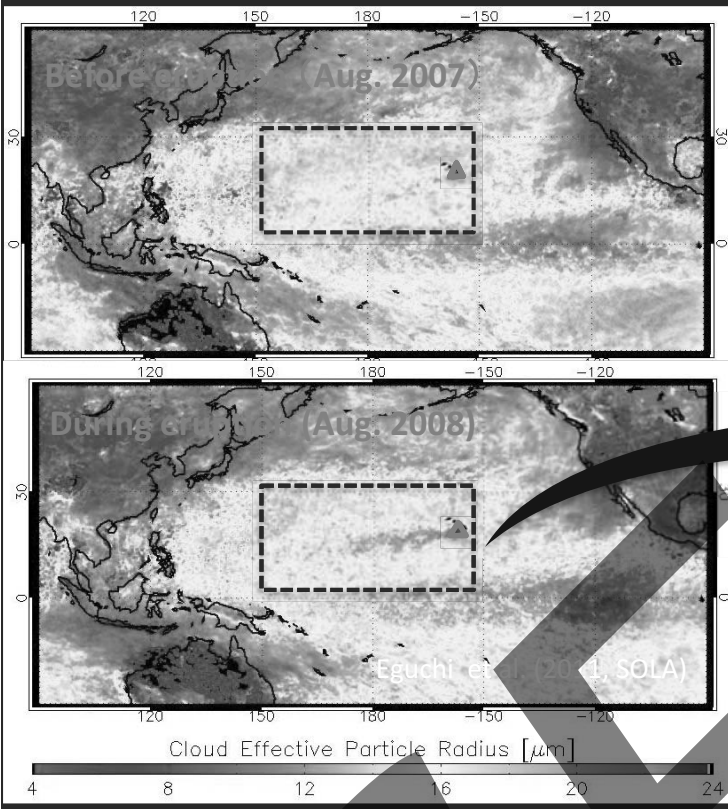


雲粒の有効半径



Eguchi et al. (2011)

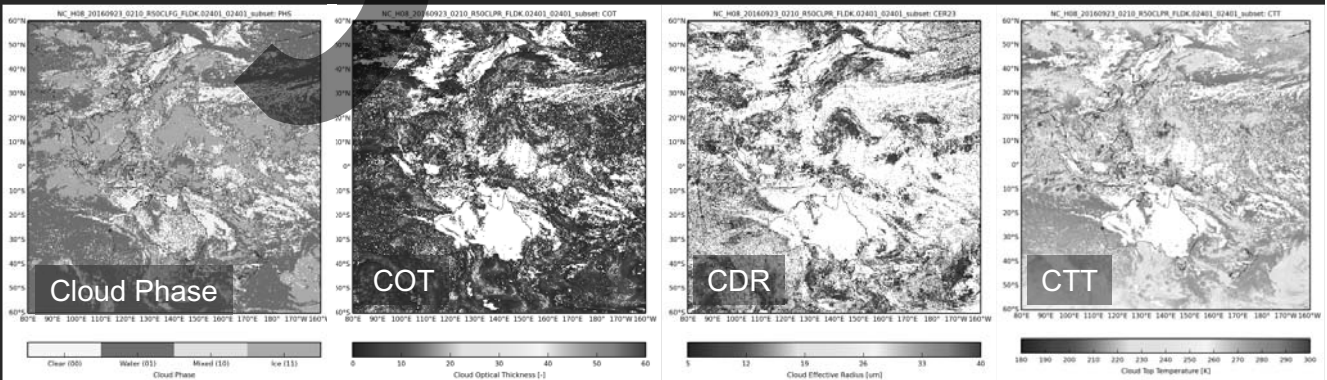
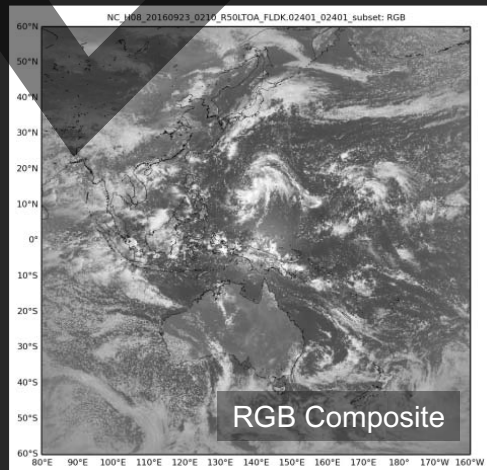
# Evidence of the *aerosol indirect effect* *Hawaii Mt. Kilauea eruption in 2008*



6

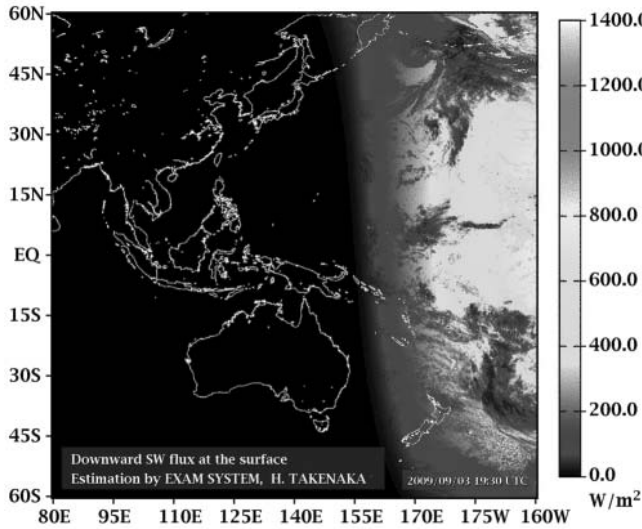
## Retrieval of cloud properties using Himawari-8 data and New scattering database

(Nagao, et al. 2016)

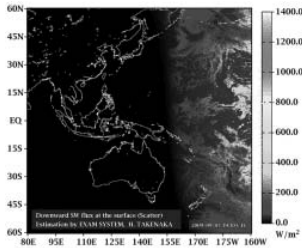


# 放射伝達式を高速で解くシステム (EXAM; 2007/07/07 より運用)

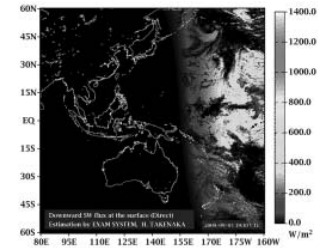
## 地表面での下向き太陽放射量



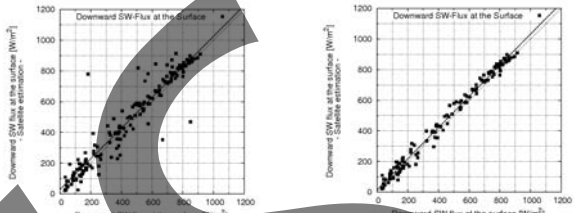
## 地表面散乱日射



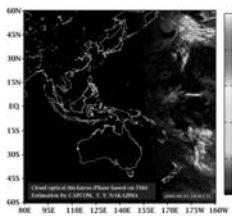
## 地表面直達日射



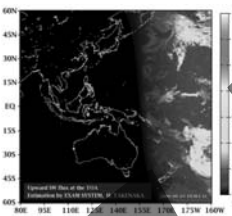
## 地上観測データでの検証例



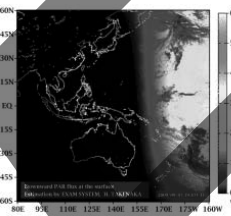
## 雲の光学的厚さ



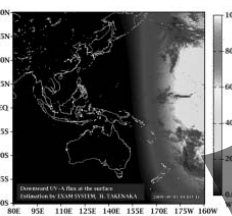
## 大気上端での上向き太陽放射



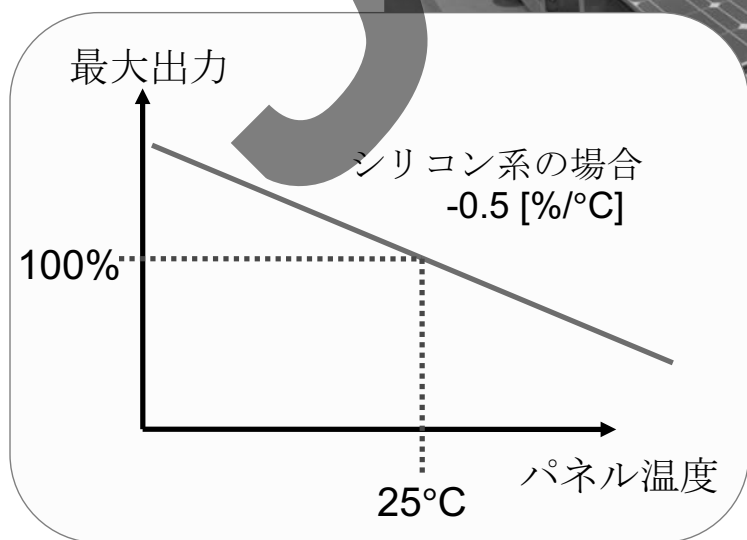
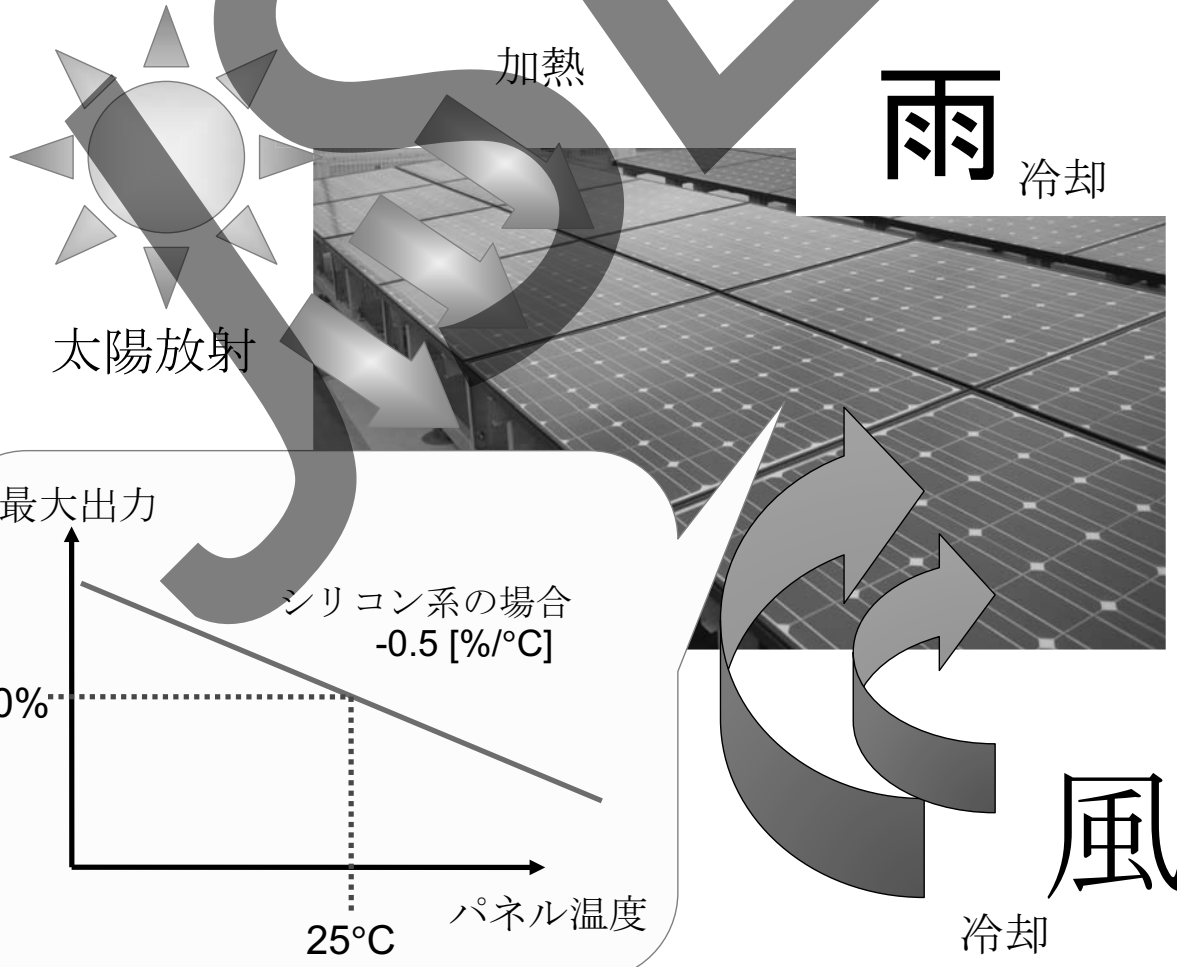
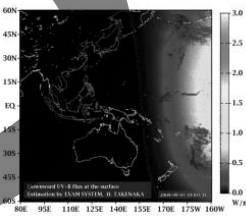
## 地表面での光合成有効放射 (PAR)



## 地表面での紫外線-A量



## 地表面での紫外線-B量



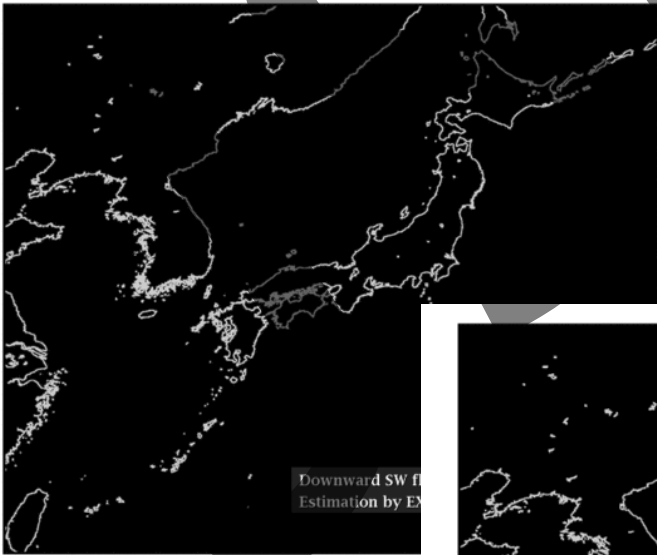
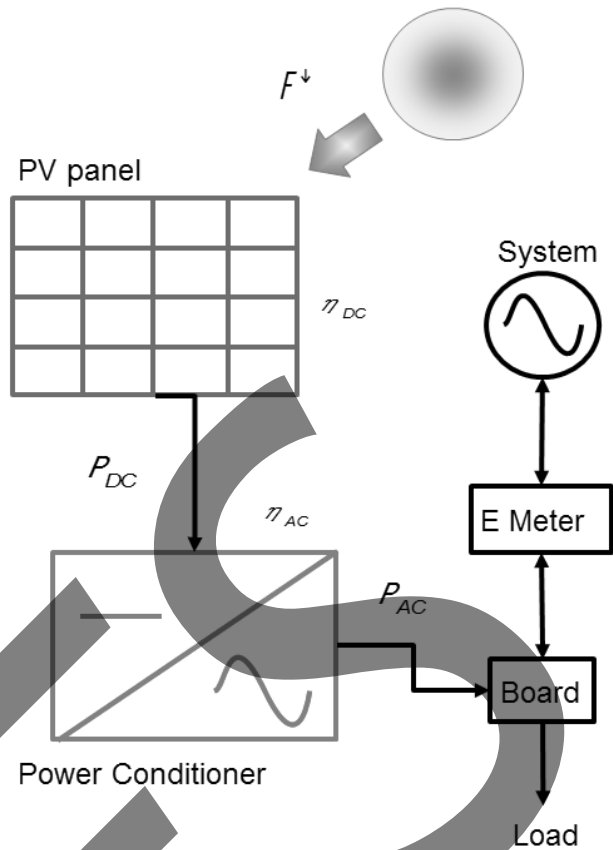
$\eta = \eta_{DC} \times \eta_{AC}$   
 $\eta_{DC}$ : PV panel efficiency  
 $\eta_{AC}$ : PC conversion efficiency

$$\eta_{DC} = \left\{ \frac{100 + T_c(T_{CR} - 25)}{100} \right\}$$

$T_{CR}$ : PV panel temperature [°C]  
 $T_c$ : temperature loss [%/°C]

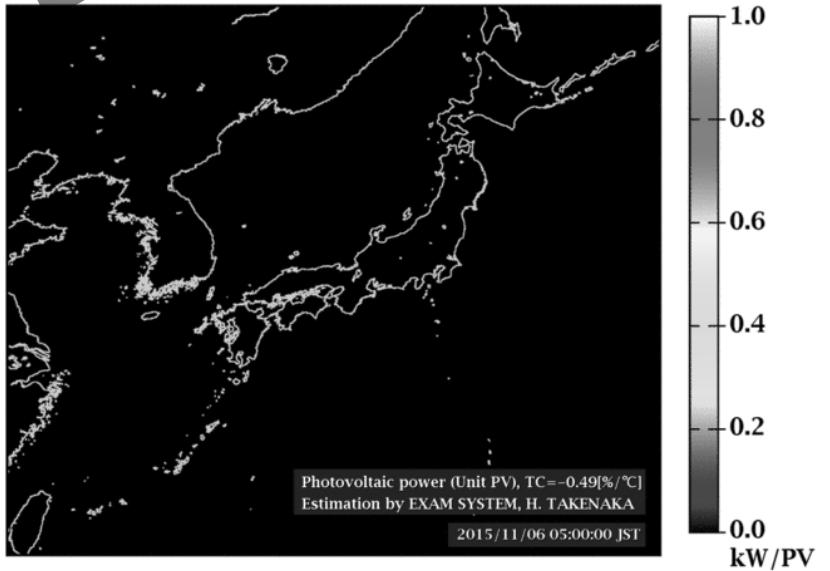
$$P_{est} = \eta \times \bar{F}^\downarrow$$

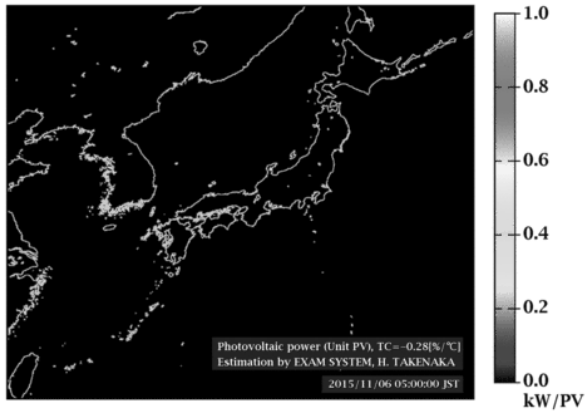
$P_{est}$ : Estimated power [W/m<sup>2</sup>]  
 $\bar{F}^\downarrow$ : Solar radiation [W/m<sup>2</sup>]



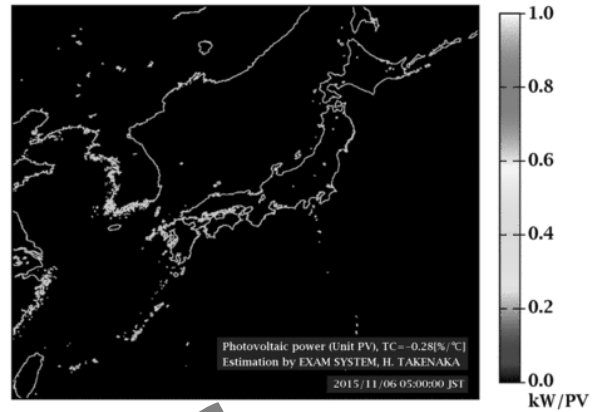
Solar radiation  
 (Every 2.5min)  
 1x1km

Photovoltaic  
 power  
 (Every 2.5min)

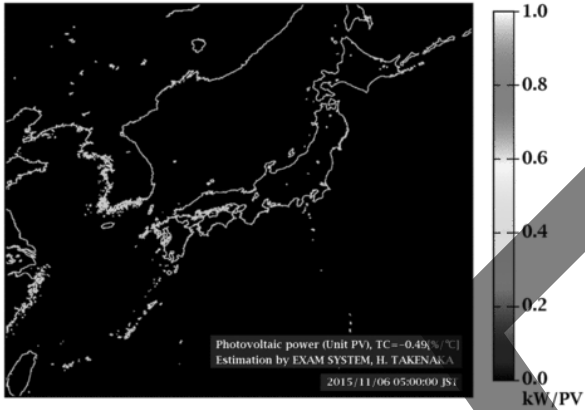




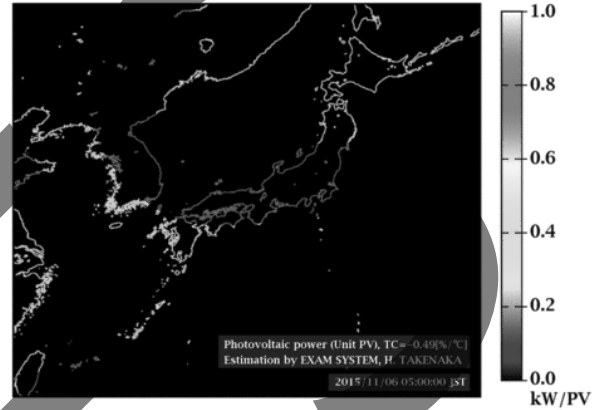
TC=-0.28[%/K], AC=94.5[%]



TC=-0.28[%/K], AC=97.5[%]



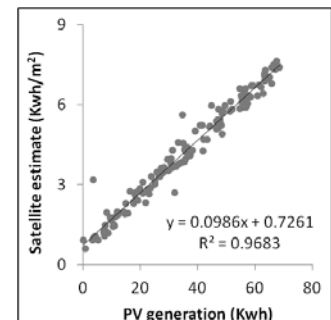
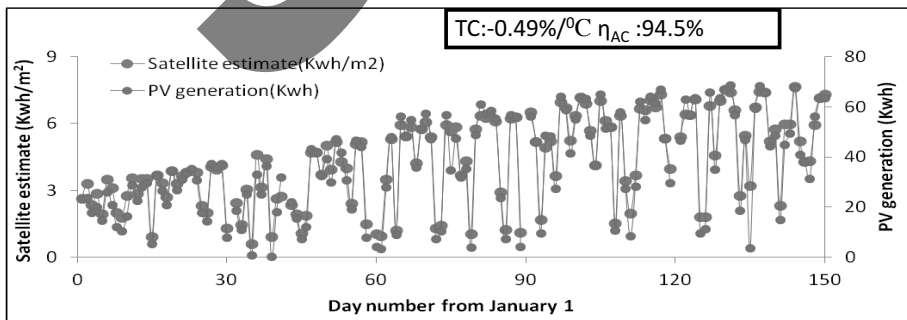
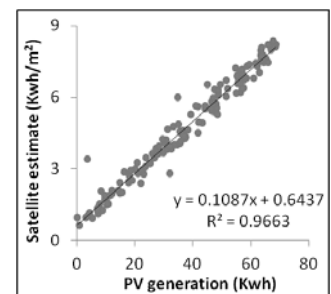
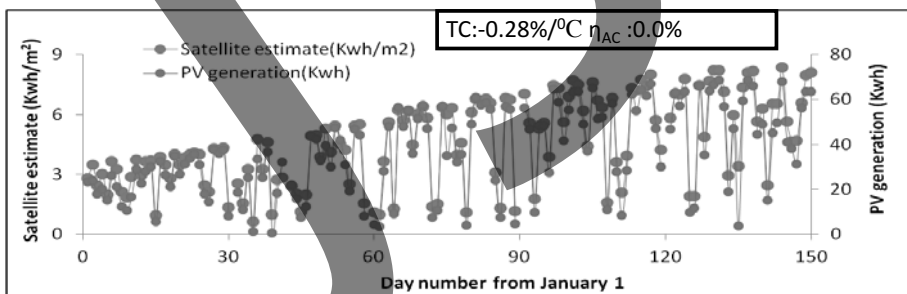
TC=-0.49[%/K], AC=94.5[%]

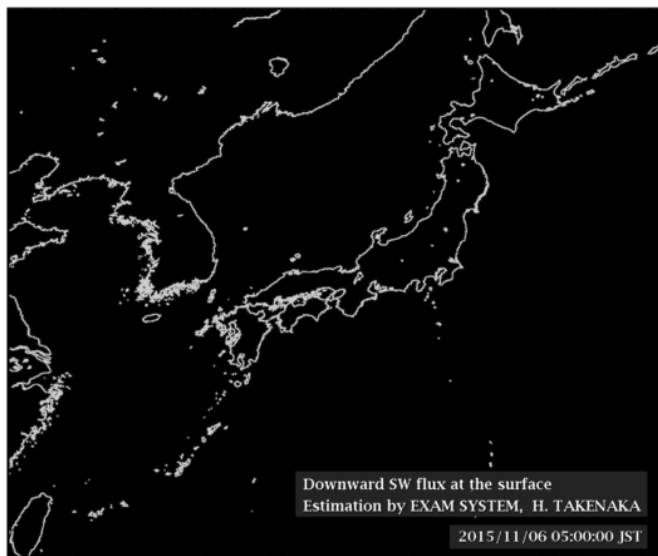


TC=-0.49[%/K], AC=97.5[%]

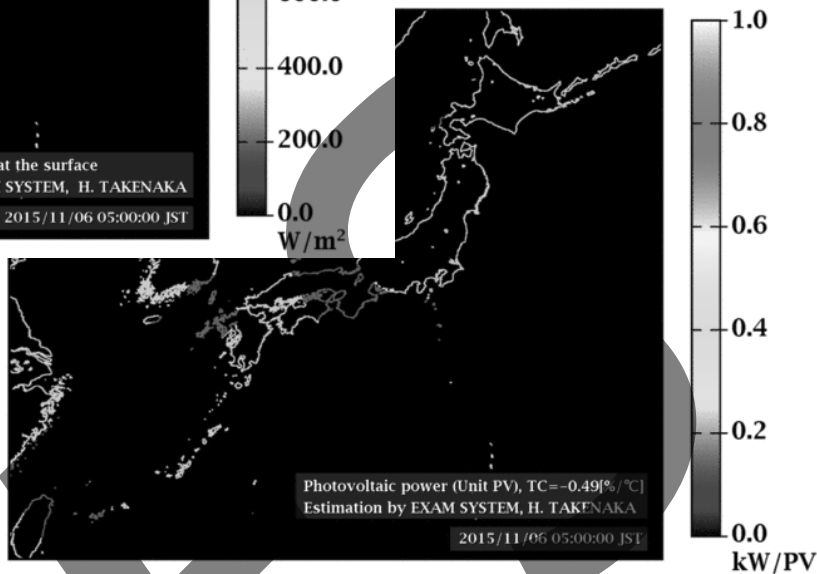
# Validation of Photovoltaic power output

CERES chiba-u (2014年)



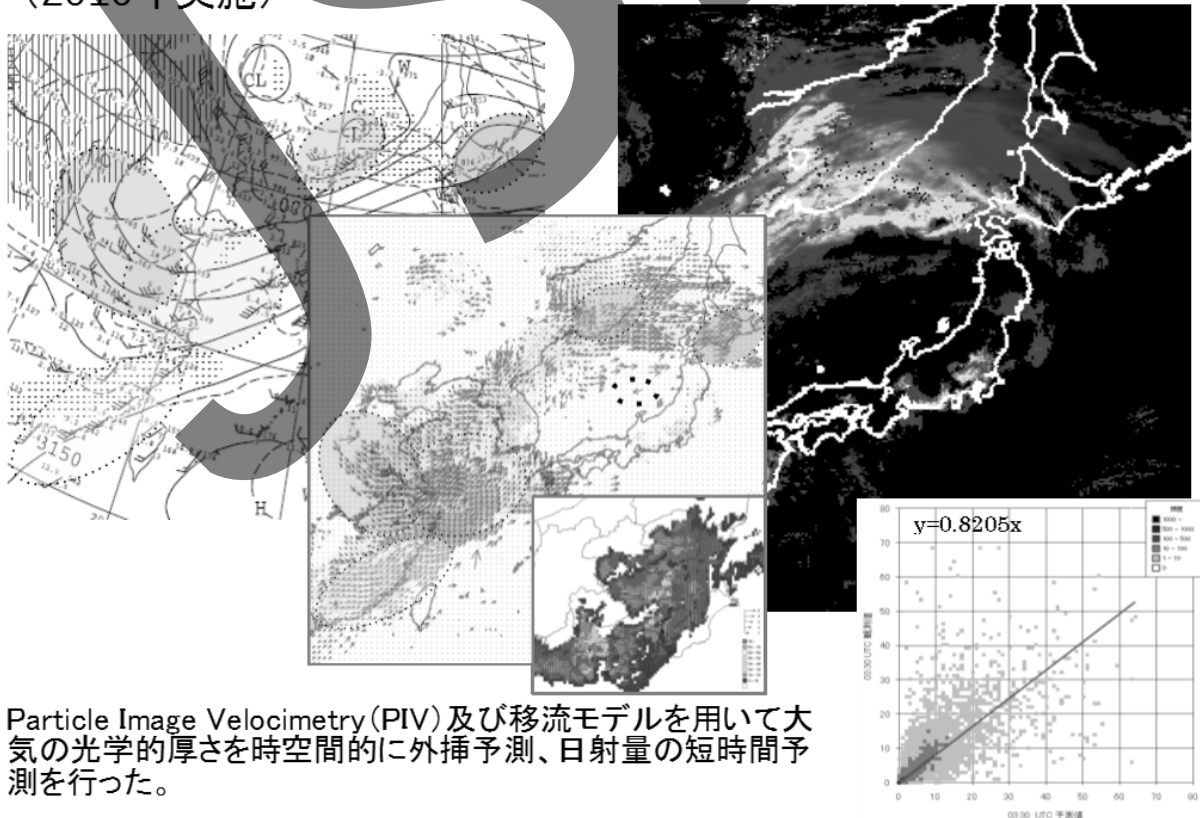


地表面での  
太陽放射  
(2.5分日本域)  
1x1km

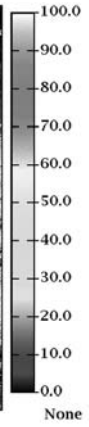
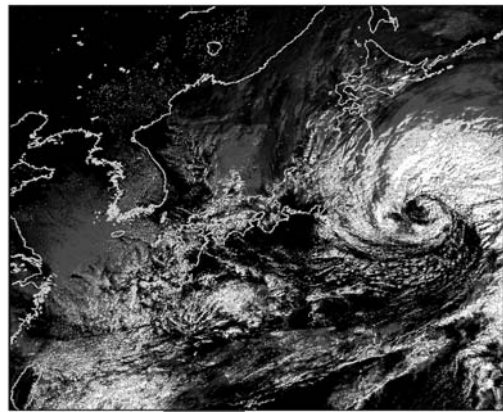
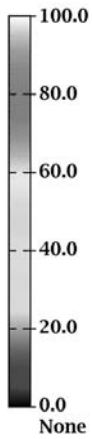
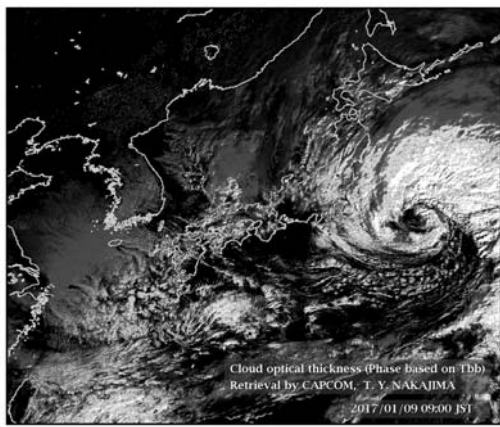


## 太陽光発電 推定量 (2.5分)

PIVと移流モデルを用いた衛星観測データに基づく日射量予測手法  
(2010年実施)

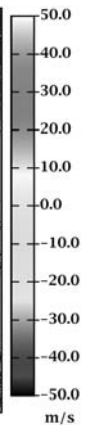
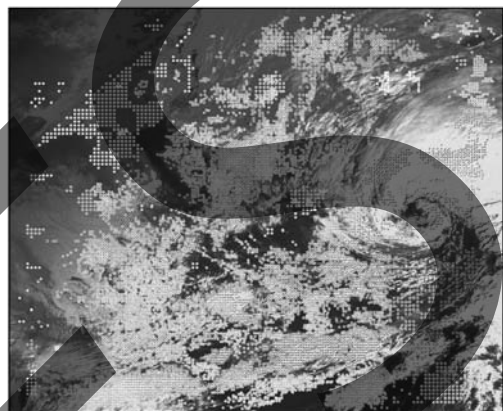


Particle Image Velocimetry (PIV) 及び移流モデルを用いて大気  
の光学的厚さを時空間的に外挿予測、日射量の短時間予  
測を行った。

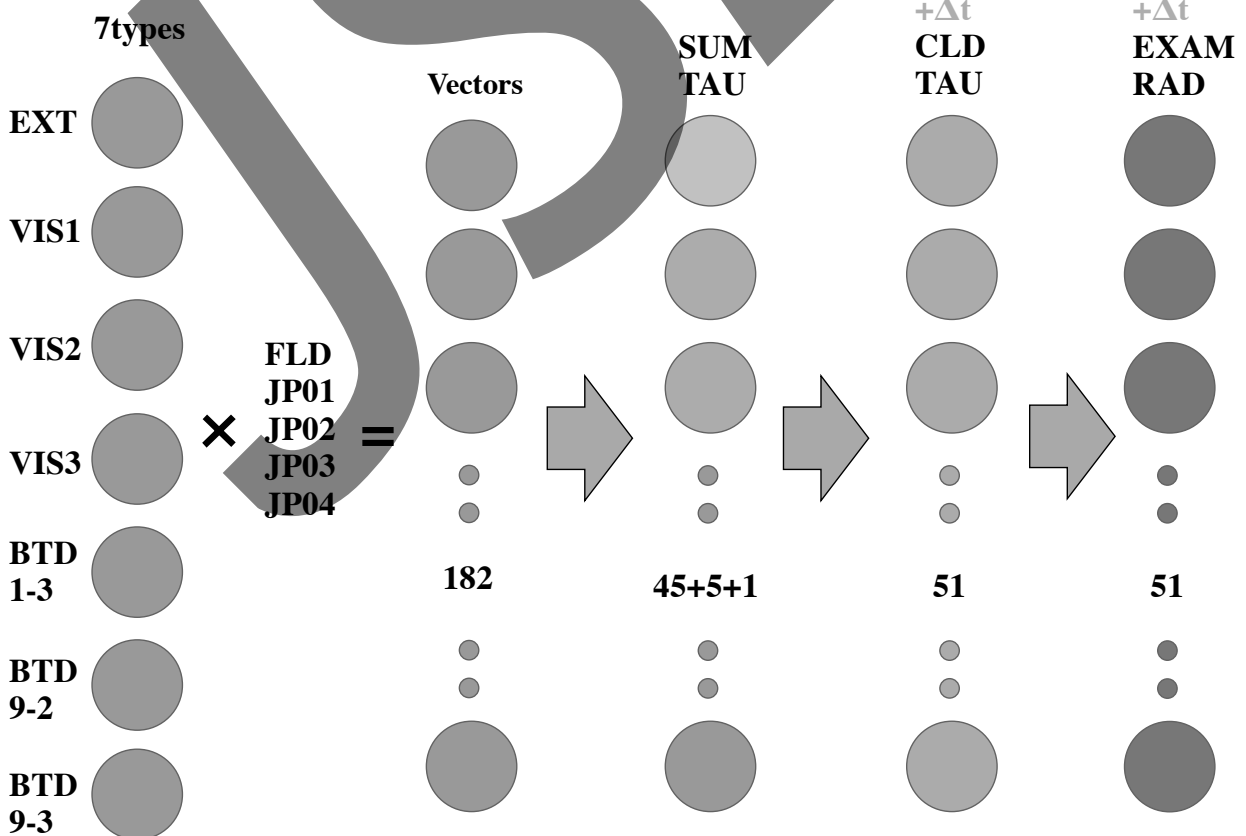


# Short Term Forecast Using AMV

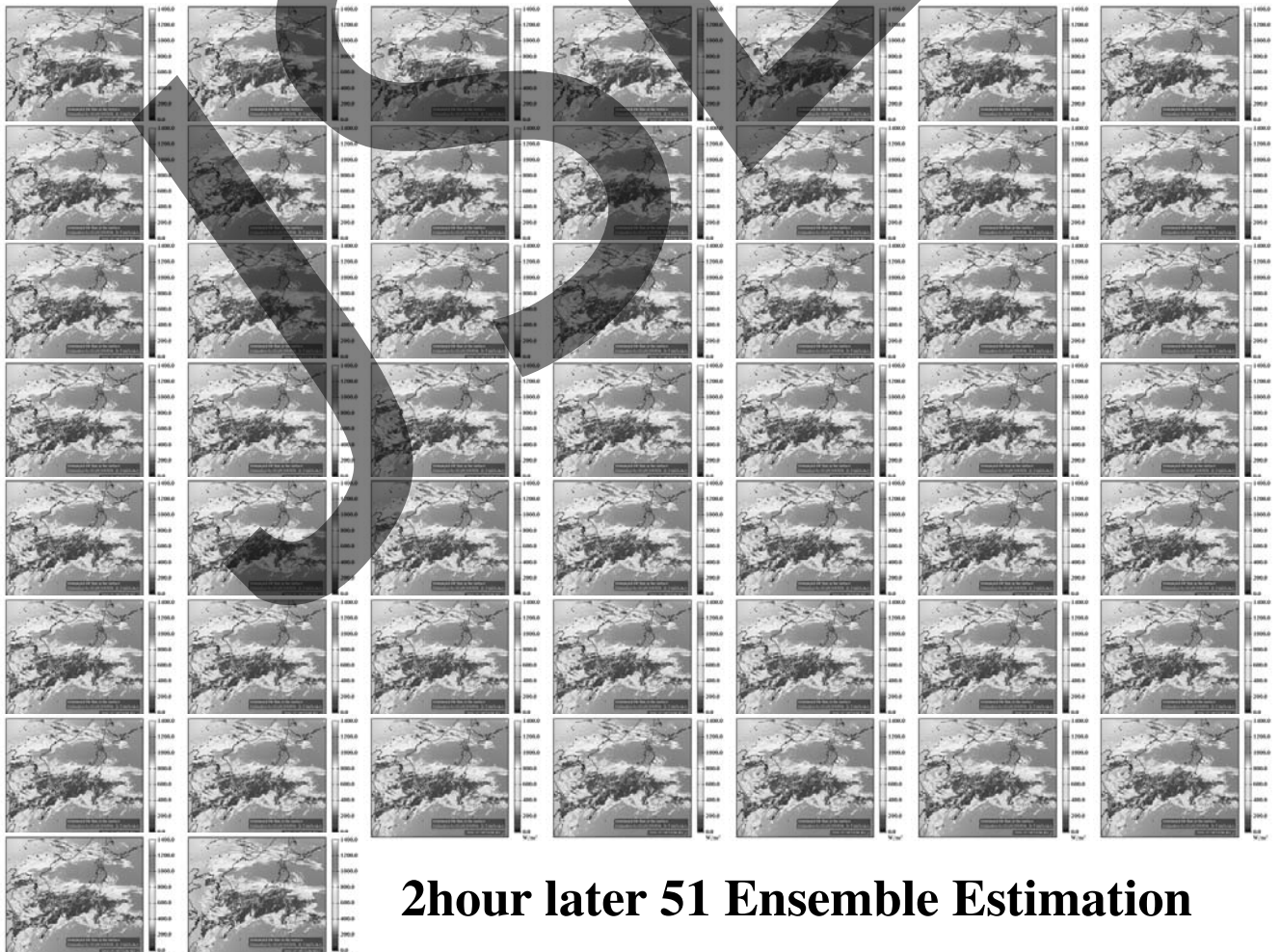
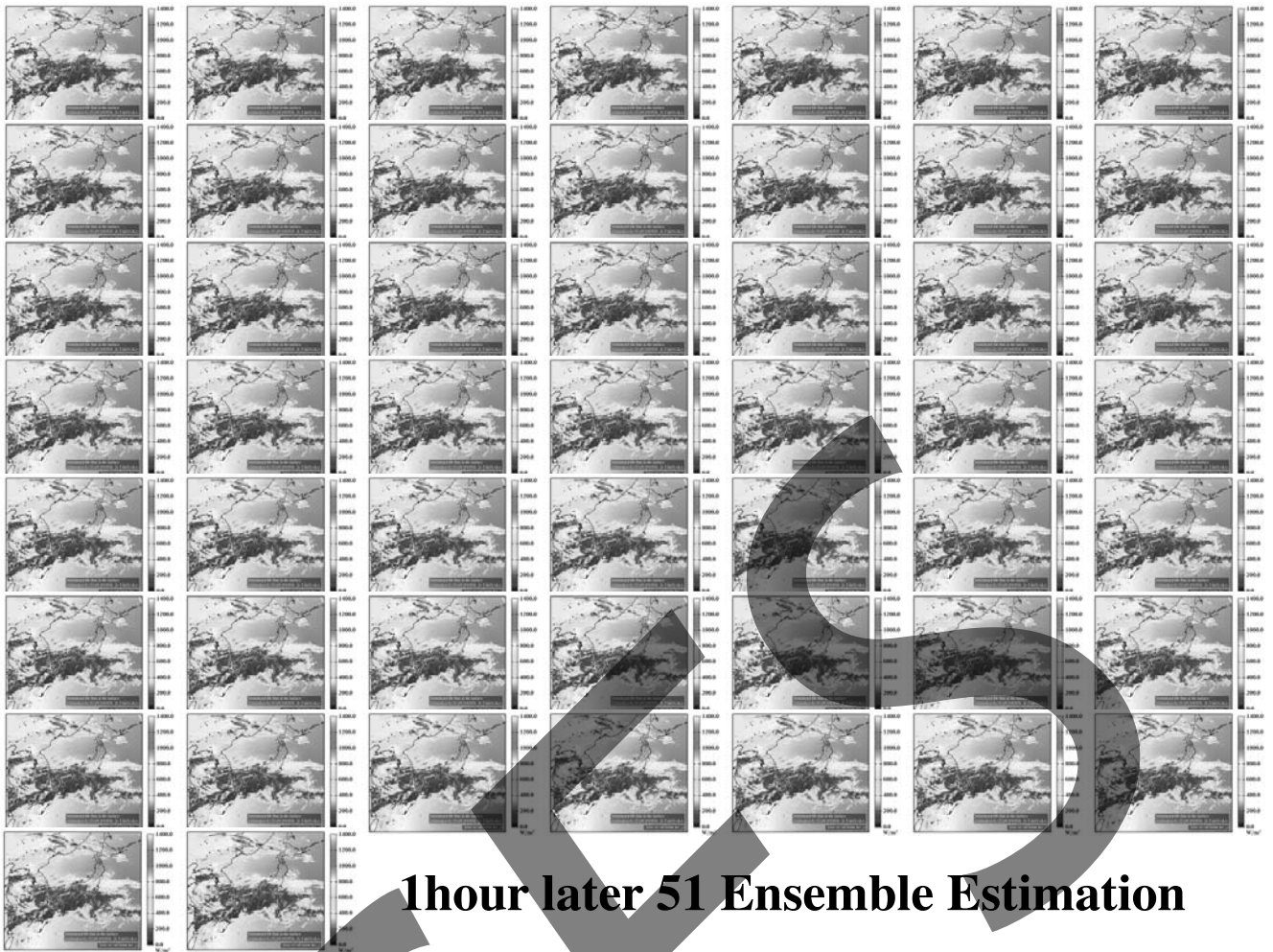
HIMAWARI-8  
2017/01/09 00UTC

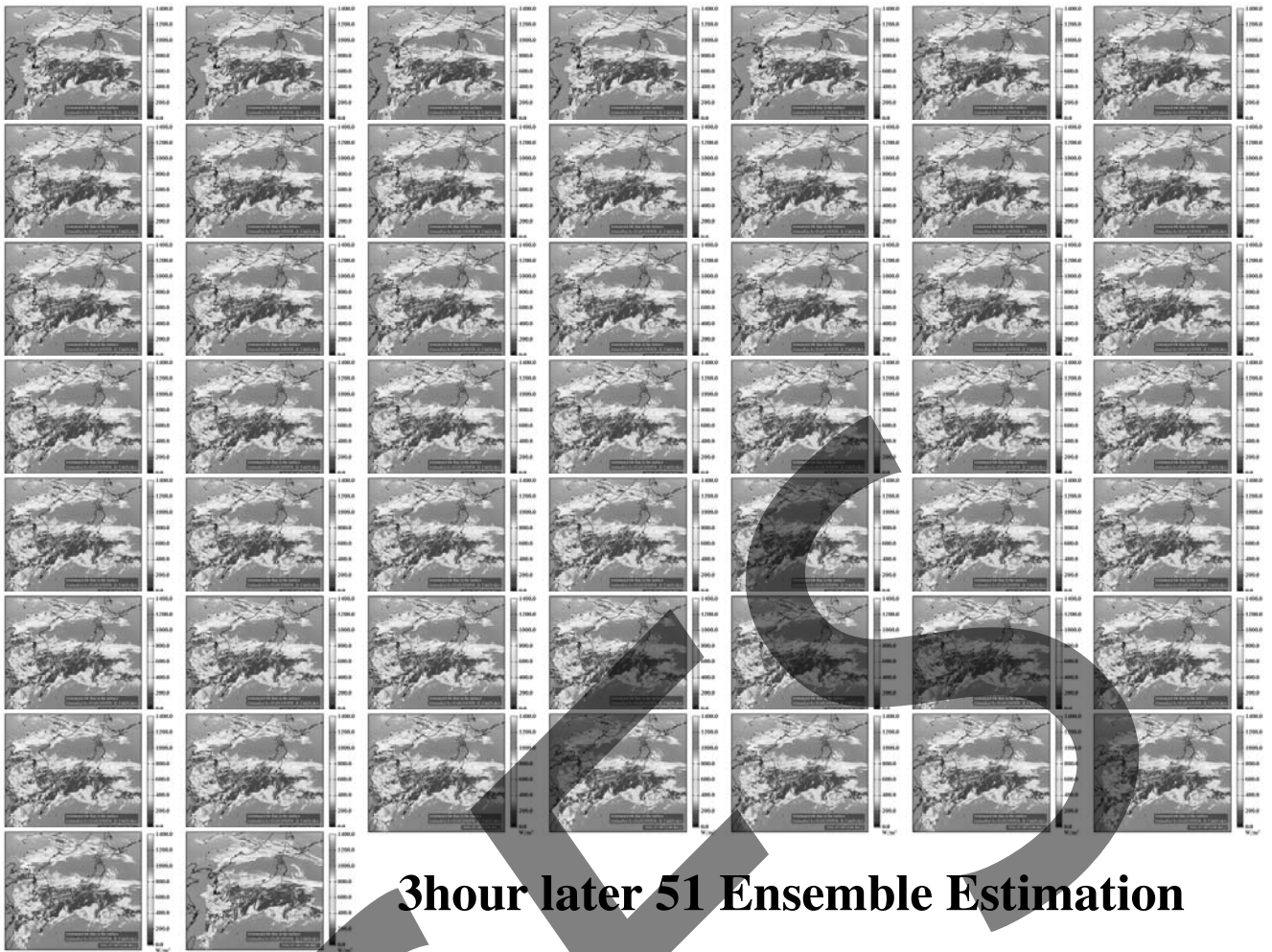


## Forecast for Cloud and Aerosol optical properties using Atmospheric motion Vectors based on Ensemble, and Estimation of Solar radiation

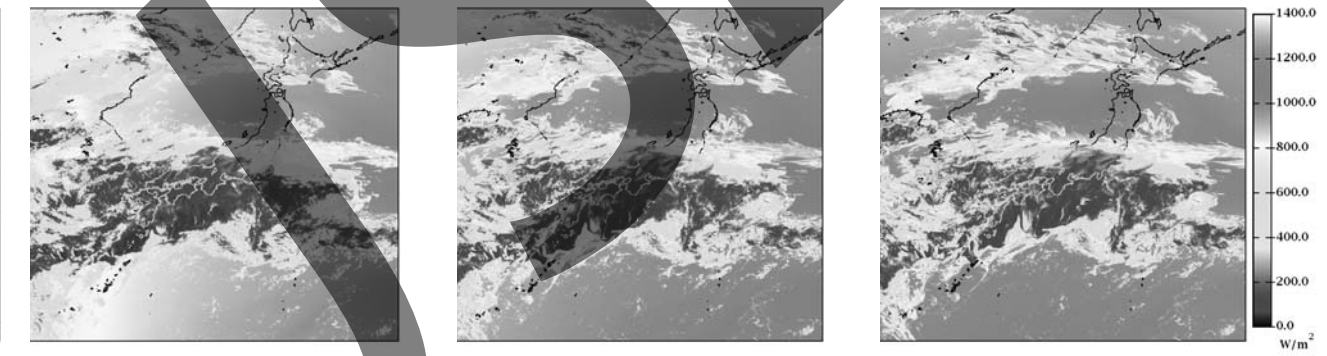








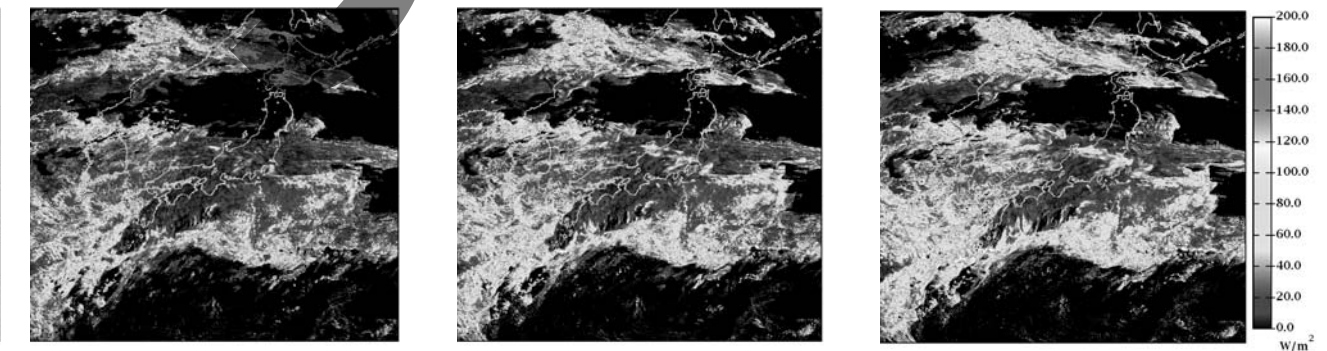
Downward SW flux at the surface 51 mean value



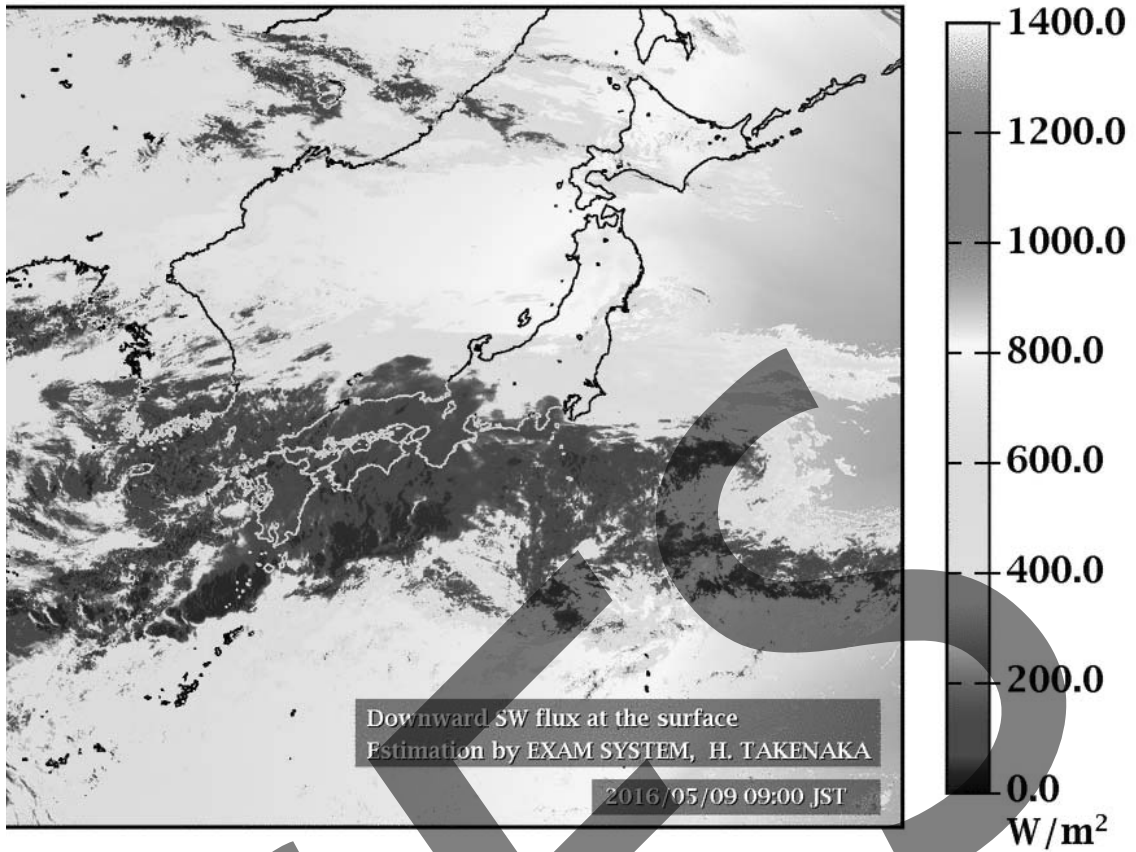
1hour later

2hour later

3hour later



Standard deviation of Downward SW flux at the surface



◆ユーザーインターフェイスの開発(支えるデータIF, 高速通信技術)

ひまわり8号リアルタイムWeb構築

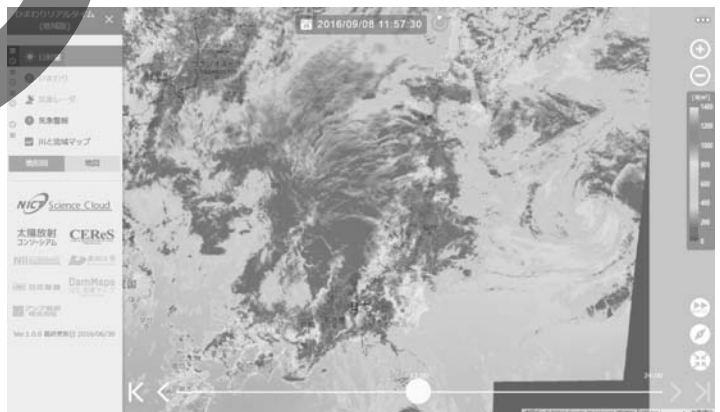
ひまわり8号衛星データ  
 ・サイズ: 417GB/日  
 ・ファイル数: 2万/日

7号の50倍以上

- ・ 8号全てのデータ (16バンド) RT Web公開
  - ・ 解像度5500<sup>2</sup>~22000<sup>2</sup>
  - ・ モバイルOS対応
- 誰もいつでも閲覧可



ひまわり8号RT"Amaterass" Web構築  
<http://amaterass.nict.go.jp/>



データ可視化技術

データ収集技術

データ保存技術

データ処理技術

	File / step	Size / step	File / Day	Size / Day	File / Year	Size / Y
Himawari Web タイル画像	3,756	446 [MB]	20,166	74 [GB]	7,360,590	26 [TB]
Amaterass Web タイル画像	10,462	376 [MB]	4,268,496	153 [GB]	1,558,001,040	55 [TB]

学校, 科学館, 報道(防災), イベント等

# NPO法人「太陽放射コンソーシアム」

<http://amaterass.org/>

太陽放射コンソーシアム

Tel:043-274-9012  
E-mail:info-consortium@amaterass.org



太陽放射コンソーシアムのページをご覧ください

太陽放射コンソーシアムとは

太陽放射コンソーシアムは衛星観測に基づく日射量データを提供し、データ配布の取り組みと利用促進に関わるサポートを実施します。日射量は気象・気候における基礎的な物理量の一つです。衛星観測に基づく日射量は広域的な分布の情報を持っており、広域における日射量の時空間的変動を利用することが出来ます。また、静止衛星の観測精度にあわせた解析が可能であるため、リアルタイムにて日射量データを利用することが出来ます。衛星観測に基づく日射量は再生可能エネルギーや農業利用など様々な分野での応用が考えられるため、本コンソーシアムでは分野の壁を取り払うことで新しい研究やビジネスを推進し、社会を活性化することで社会貢献を果たすことを目的としています。

Global flux

お問い合わせ

太陽放射コンソーシアム  
(特定非営利活動法人)  
連絡先: 事務局 〒261-0233  
千葉市中央区千原1-3 舞浜テクノ  
ガーデンB18  
TEL: 043-274-9012  
FAX: 043-299-6736  
E-mail:  
info-consortium@amaterass.org

NPO法人 太陽放射コンソーシアム

平成29年度第1回説明会・報告会

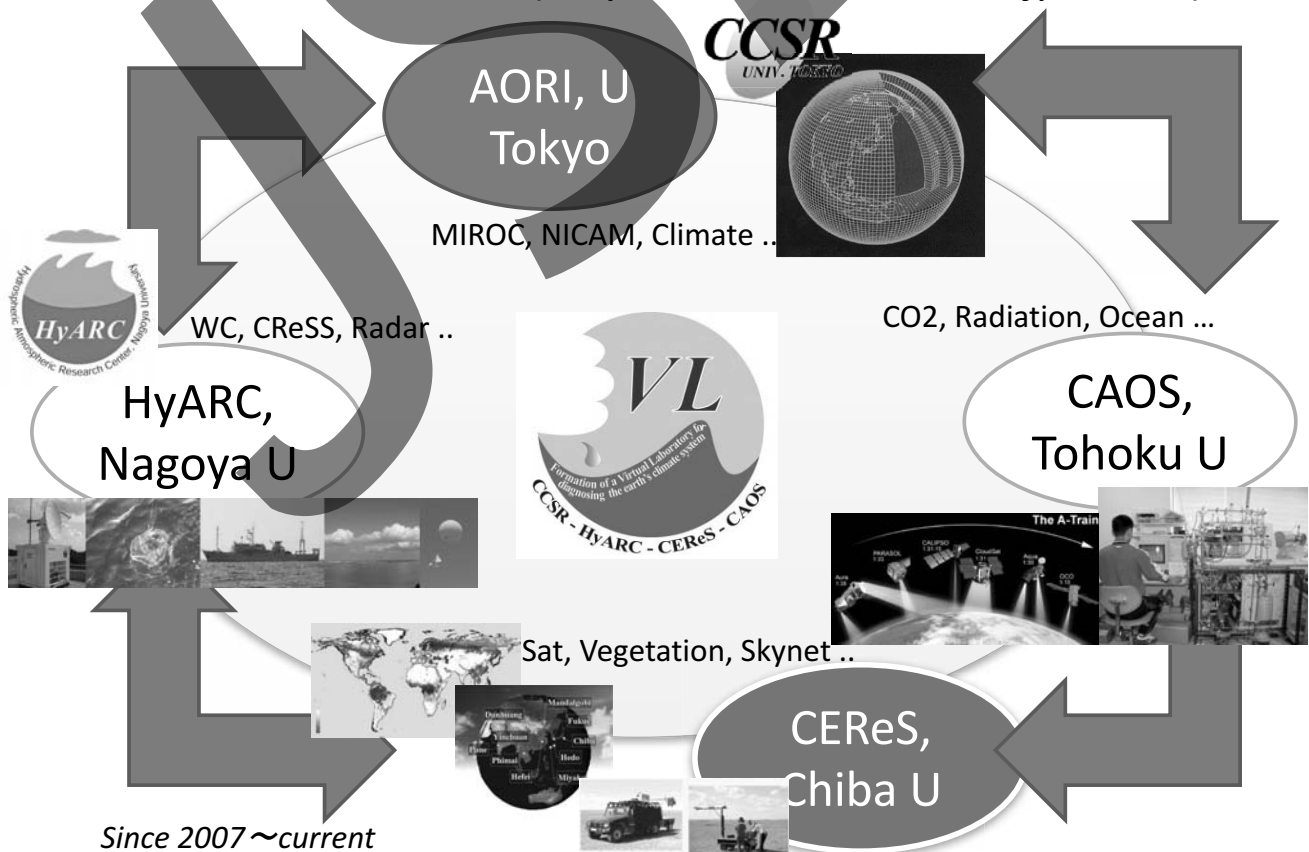
日時:平成29年6月27日(火)

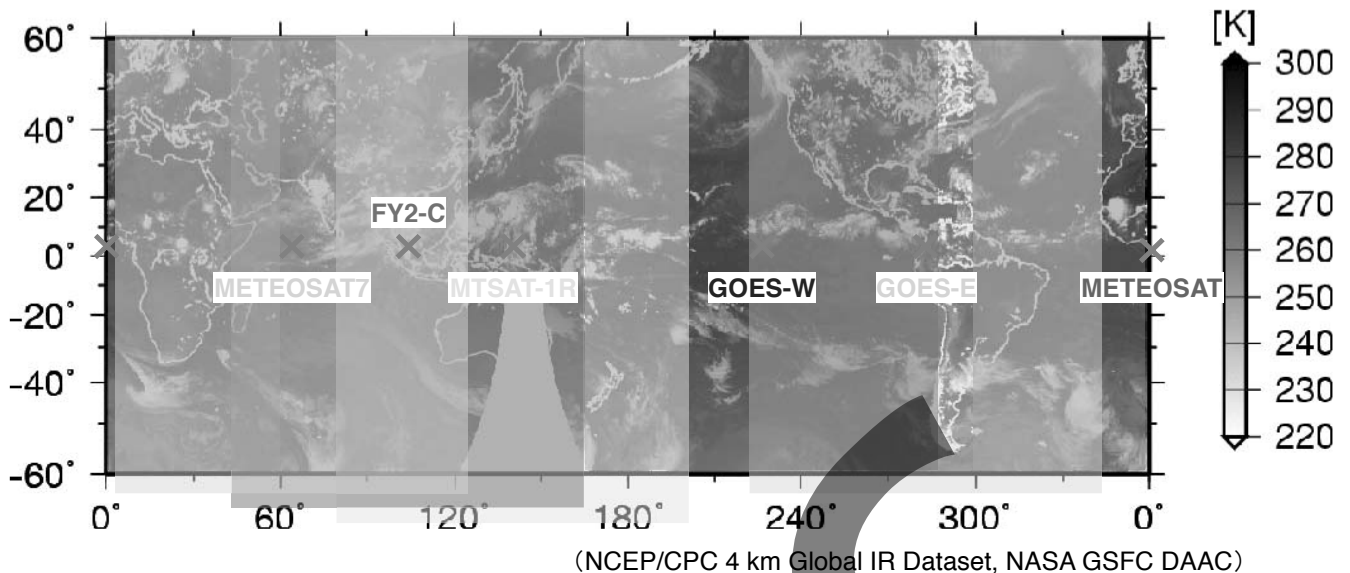
# 終了しましたが、今後適宜実施予定  
・データ活用事例報告

- 東海大学 中島 孝 : 太陽放射推定の学理基盤研究
- 東京大学大学院 泉田 悠貴 : 自然変動電源の発電予測値を用いた発電機起動停止計画による調整力の分析
- 山梨大学大学院 石平 博 : 山梨県内のブドウ栽培農地における気候・水文特性の検討
- 産業技術総合研究所 大竹 秀明 : 衛星推定日射量データの再生可能エネルギー分野への活用  
—CREST HARPSにおける検討—

お問い合わせは [info-consortium@amaterass.org](mailto:info-consortium@amaterass.org) へ

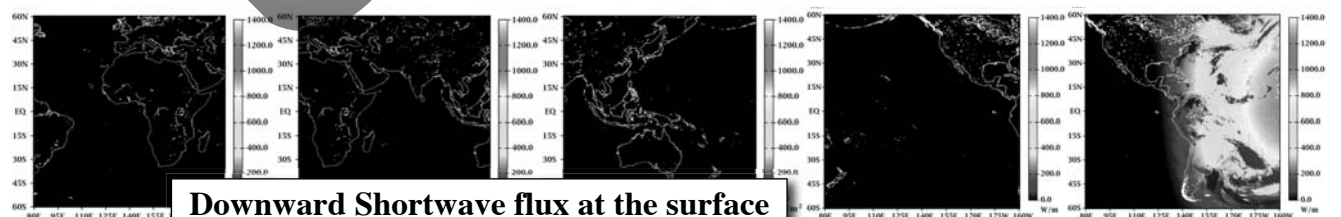
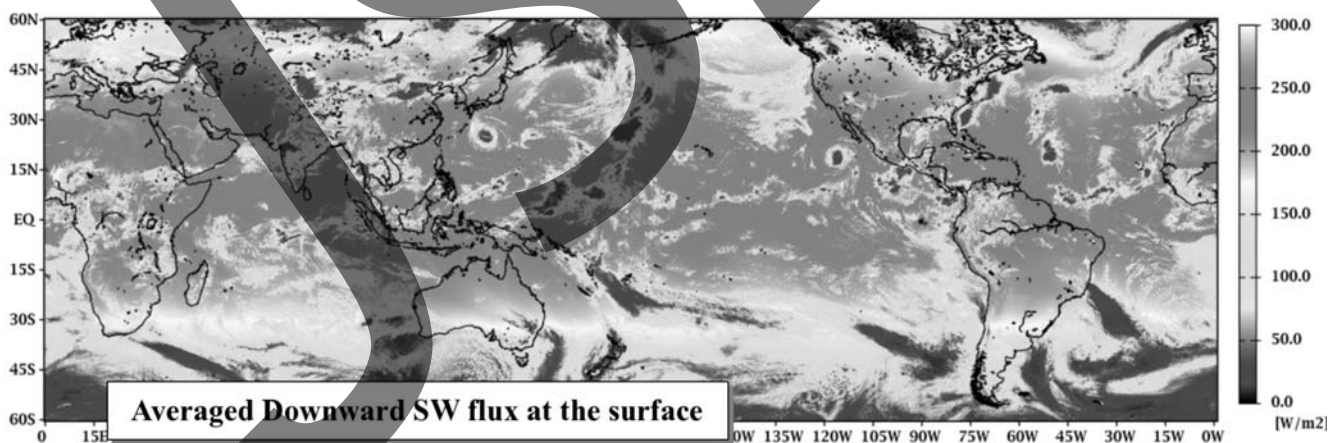
## VL formation (<http://www.cr.chiba-u.jp/~4vl/>)





- ▶ (at least) latest a ten year six GEO data archiving
- ▶ Grided data product generation & sensor calibration algorithm
- ▶ Open data (JMA GEOs, GOES-W, -E, FY-C, -E?) via anonymous ftp servers, MTSAT2, FY, GOES-W, -E are quasi-realtime processing & data released.
- ▶ ALL channels, such as VIS (0.63  $\mu\text{m}$ ), IR1 (10.8  $\mu\text{m}$ ), IR2 (12.0  $\mu\text{m}$ ), WV (6.75  $\mu\text{m}$ ), released

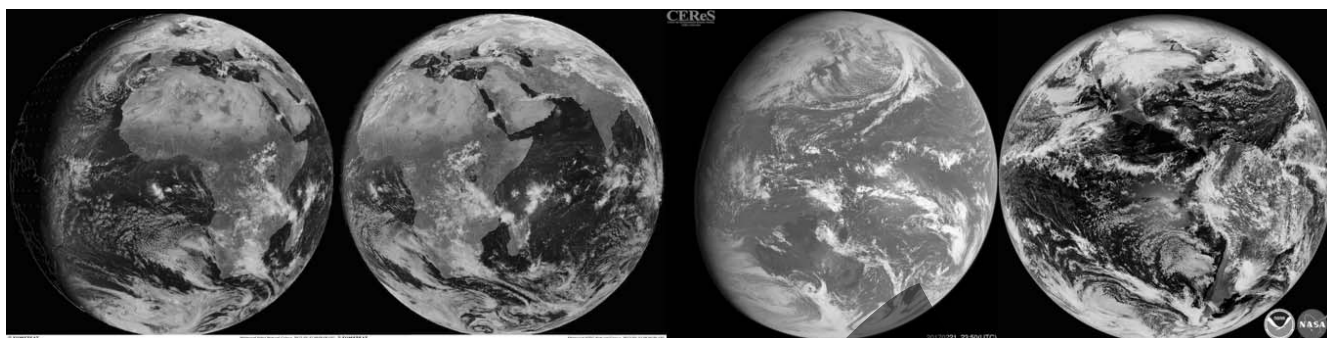
## EXAM 全球プロダクト試作例



METEOSAT-7      METEOSAT-5      GMS-5      GOES-10      GOES-8

- ✓ 全球合成しても各静止気象衛星データの繋ぎ目が分からない
- 各静止気象衛星のセンサ再校正(代替校正)の成功
- 本推定アプローチの優位性 (EXAM計算後にチューニングしていない)

# 世界は既にモノクロからカラーへ



2020年(東京オリンピック開催時)には主要静止気象衛星が全て第3世代衛星へ  
✓ひまわり 8/9号を先行利用した日本が世界競争(研究/ビジネス利用)で有利!!



## まとめ

- AMATERASS 衛星推定日射プロダクトは第一原理に基づき算出され、10年以上の運用実績.
- Nowcastの技術を用いた衛星観測ベースの短期予測技術を開発中.
- NPO法人「太陽放射コンソーシアム」を通じたデータ提供(研究成果の社会還元).
  - 商用利用も有償会員となることで可能. 窓口にお問い合わせ頂ければ幸いです.
- 世界展開(世界はもうほぼフルカラー): 共同研究, プロジェクト研究を通じて実施準備中.
  - 皆様の支援, 応援が励みになります!