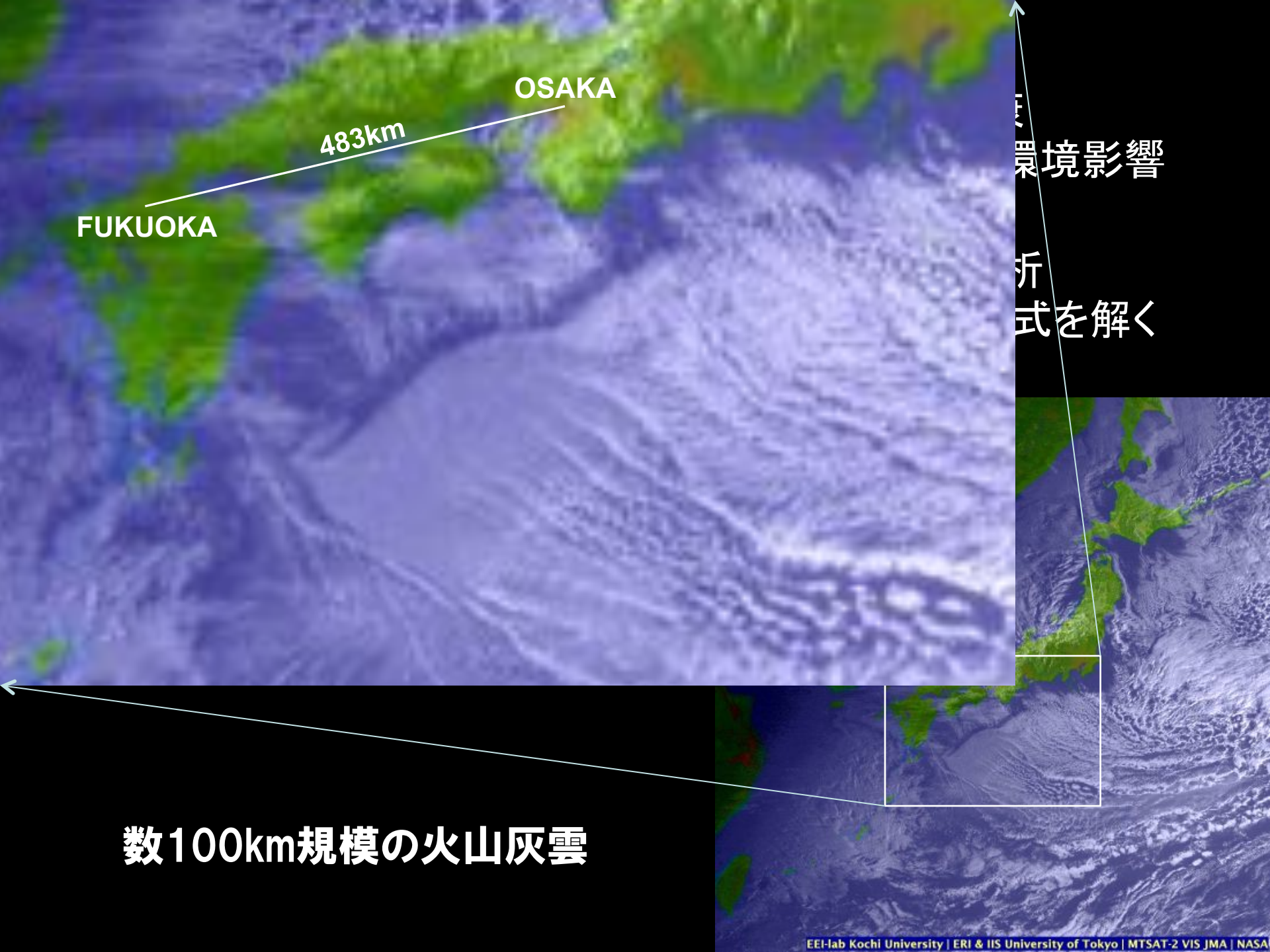


2011年新燃岳噴火にともなう火山灰雲の 再現実験

橋本明弘¹・鈴木雄治郎²・新堀敏基¹・石井憲介¹
¹気象研, ²地震研

本研究は、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けました。
本研究では、JAXA EarthCARE ミッションおよびJoint-Simulator チームに
よって開発された Joint-Simulator を使用しました。



OSAKA

483km

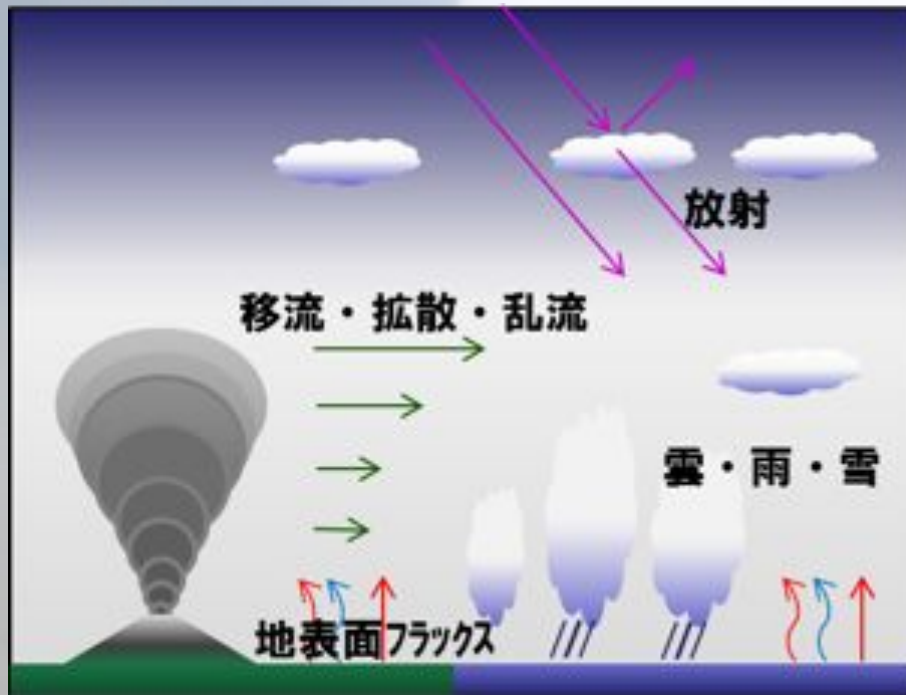
FUKUOKA

環境影響

析式を解く

数100km規模の火山灰雲

気象研噴煙一降灰モデル



**気象モデルをベースにした
火山灰輸送モデル**

**稠密な風速場データ
複雑地形上の降灰分布
多様な物理過程との結合が可能
降水・放射・化学過程**

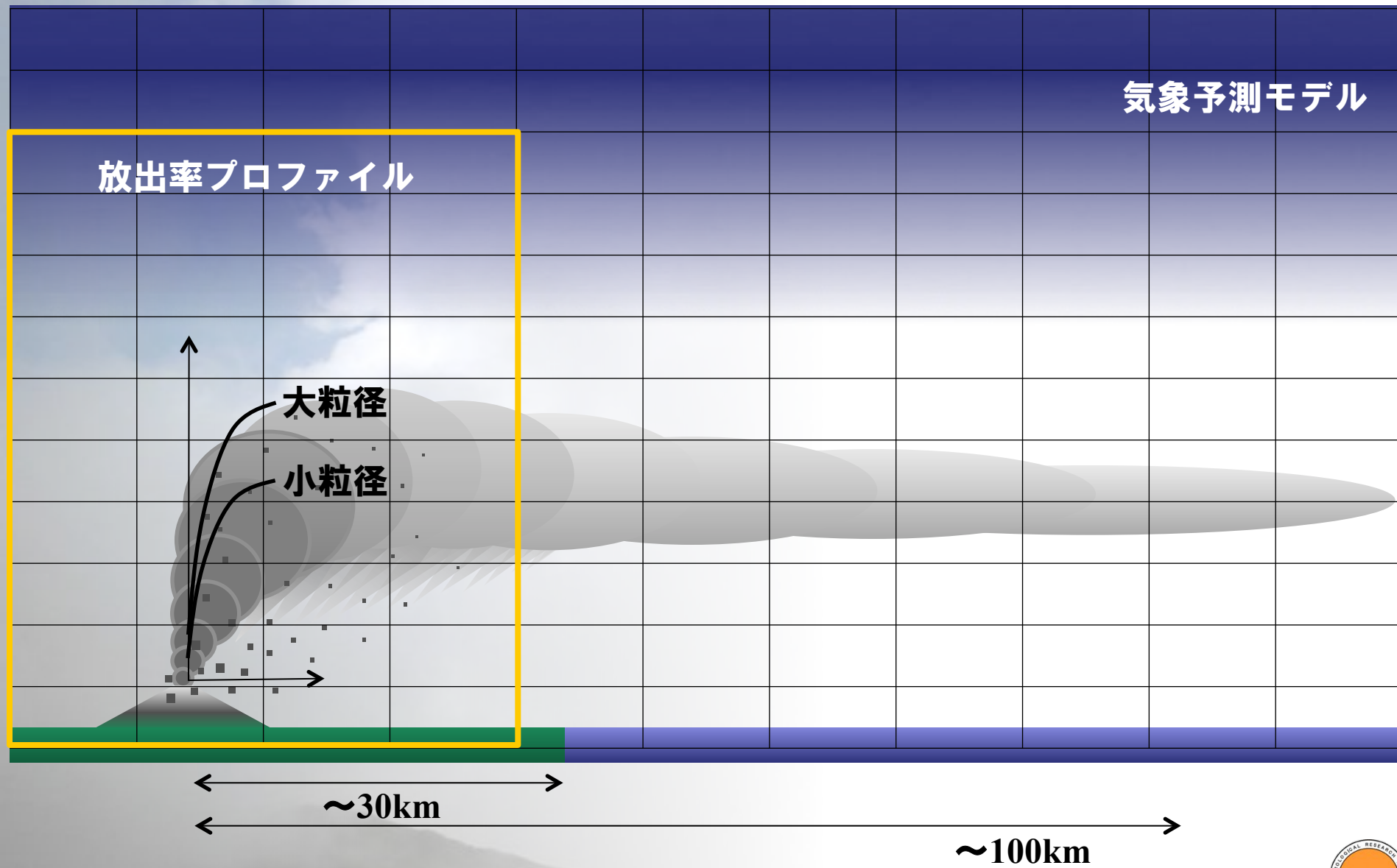
気象モデルを用いた火山灰輸送実験

	火山灰雲	観測	気象モデル
放出源の空間分布	点源(火口)	電磁気学的パラメータの大気中の空間分布	鉛直一次元 Suzuki (1983)
放出量の時間変化	粒子の質量・数濃度・射出速度が時間変化	～10分間隔	入力可能なデータに依存
環境風との相互作用	あり	観測から同定するのは不可能	なし
粒径	数 μm ～ 数mm	数 μm (衛星赤外) ～数mm (レーダー)	数 μm
	プリューム力学的挙動	断片的に検知	プリューム力学は無視

気象モデルを用いた火山灰輸送実験

火山灰雲	観測	3D噴煙シミュレーション	気象モデル
点源(火口)	電磁気学的パラメータの 大気中の空間分布	点源	鉛直一次元 Suzuki (1983)
粒子の質量・数濃度・ 射出速度が時間変化	～10分間隔	放出率一定	放出率一定
環境風との 相互作用あり	観測から同定するのは 不可能	環境風との 相互作用あり	環境風との 相互作用なし
数 μm ～ 数mm	数 μm (衛星赤外) ～数mm(レーダー)	数10 μm ～ 数mm	数 μm
プリューム力学的挙動	断片的に検知	プリューム力学あり	プリューム力学無し

サブグリッド放出率プロファイル



3次元噴煙ダイナミクスモデルを利用した放出プロファイルの構築

3次元噴煙シミュレーションデータ

Suzuki and Koyaguchi, 2013: 3D numerical simulation of volcanic eruption clouds during the 2011 Shinmoe-dake eruptions. *Earth Planets Space*, **65**, 581–589.

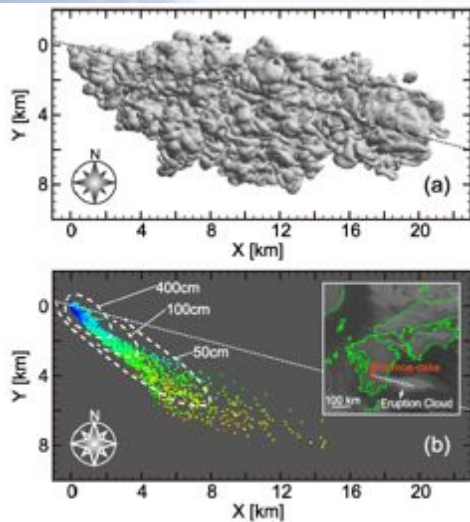
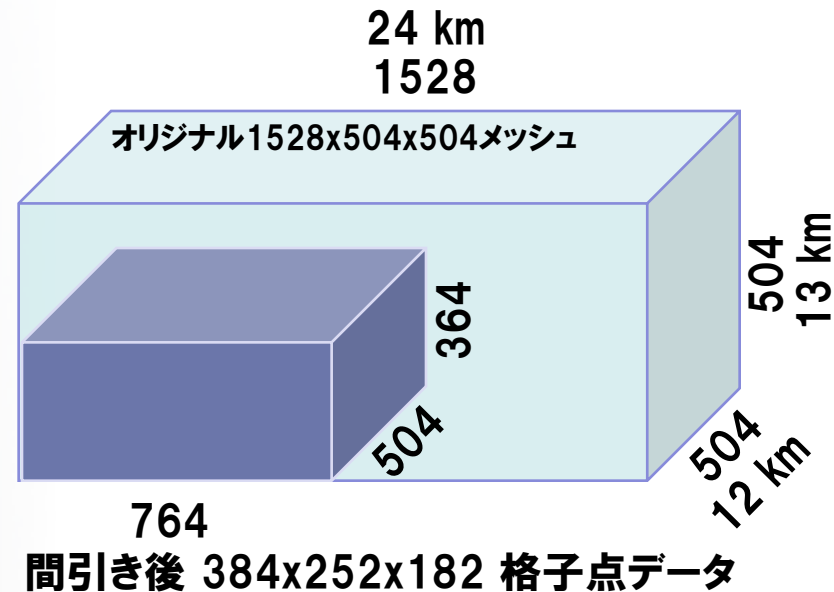
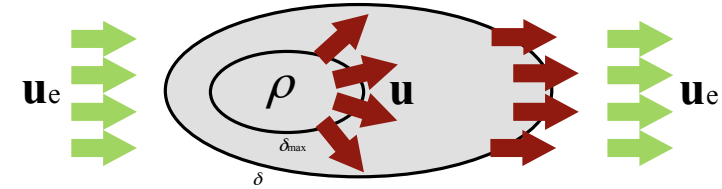
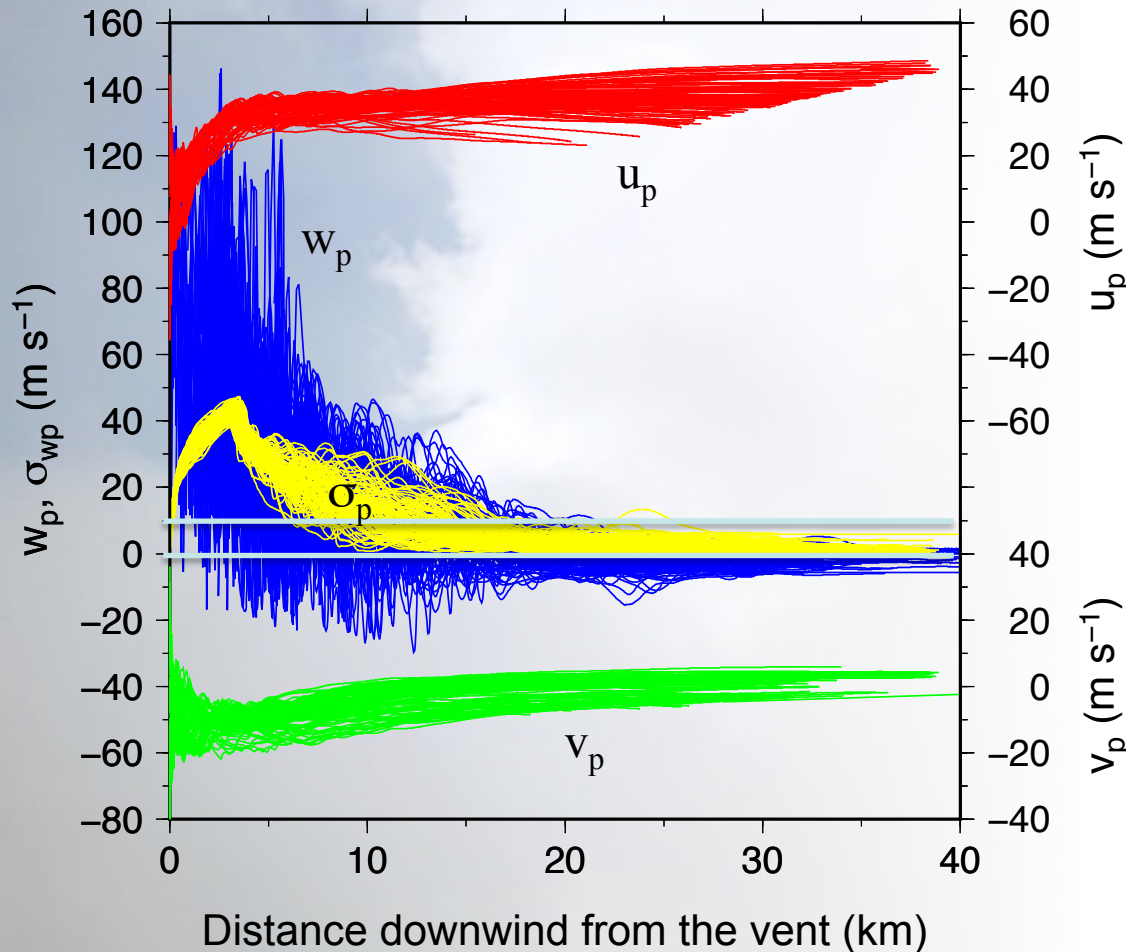


Fig. 5. (a) Top view of the isosurface of $\xi = 0.01$ at 480 s and (b) depositional pattern of marker particles at ground level; dashed curves in (b) represent isomass lines from the 26–27 January 2011 sub-Plinian eruptions of the Shinmoe-dake volcano, as observed in the field (Maeno *et al.*, 2012). Parameters used and vent conditions are given in Table 1. Inset in (b) is the infrared image taken by MTSAT-2 at 18:00 JST on January 26. The dotted lines in (a) and (b) represent the axis direction of the horizontally moving cloud observed by the satellite image.



計算開始後500秒から698秒までの
風速3成分, 噴出物質量比の平均値・標準偏差
大気との密度差, 圧力差, 温度差の平均値
マーカー粒子数約4000個

マーカー粒子の挙動



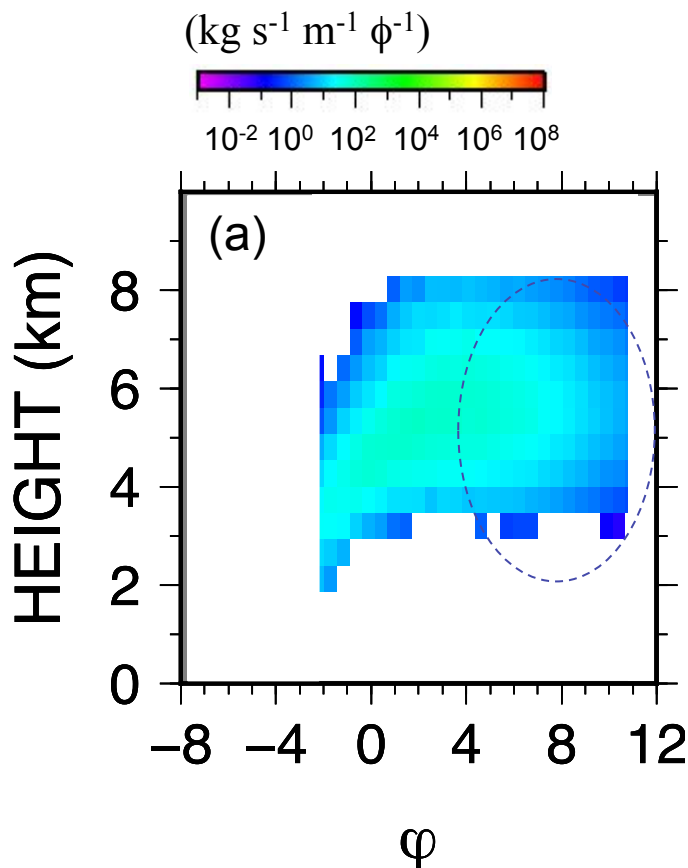
$$\sigma_p < 10 \text{ m s}^{-1}$$

$$|\text{AVE}(w_p)|_{60\text{sec}} < 5 \text{ m s}^{-1}$$

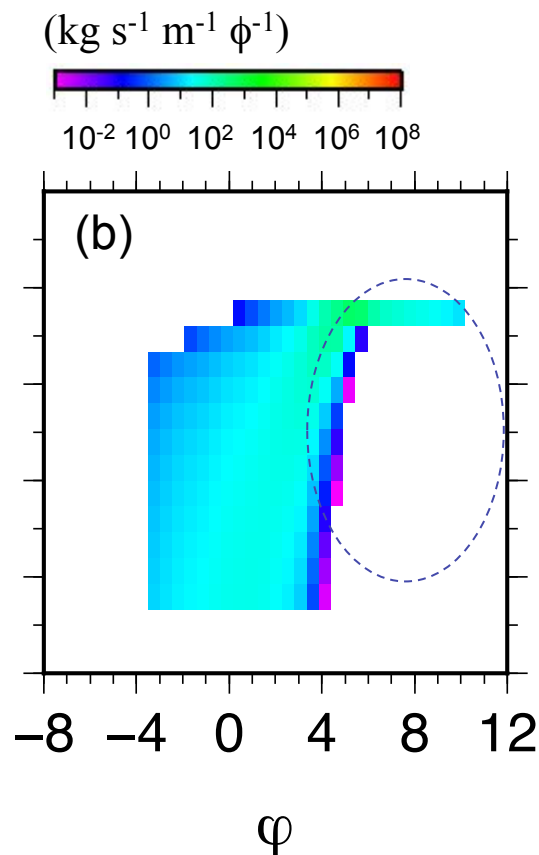
粒子の鉛直速度が比較的小さくなった時点の粒子座標を、噴煙柱からのリリースポイントと見なす。

火山灰放出プロファイルの新・旧モデル

ERI モデル

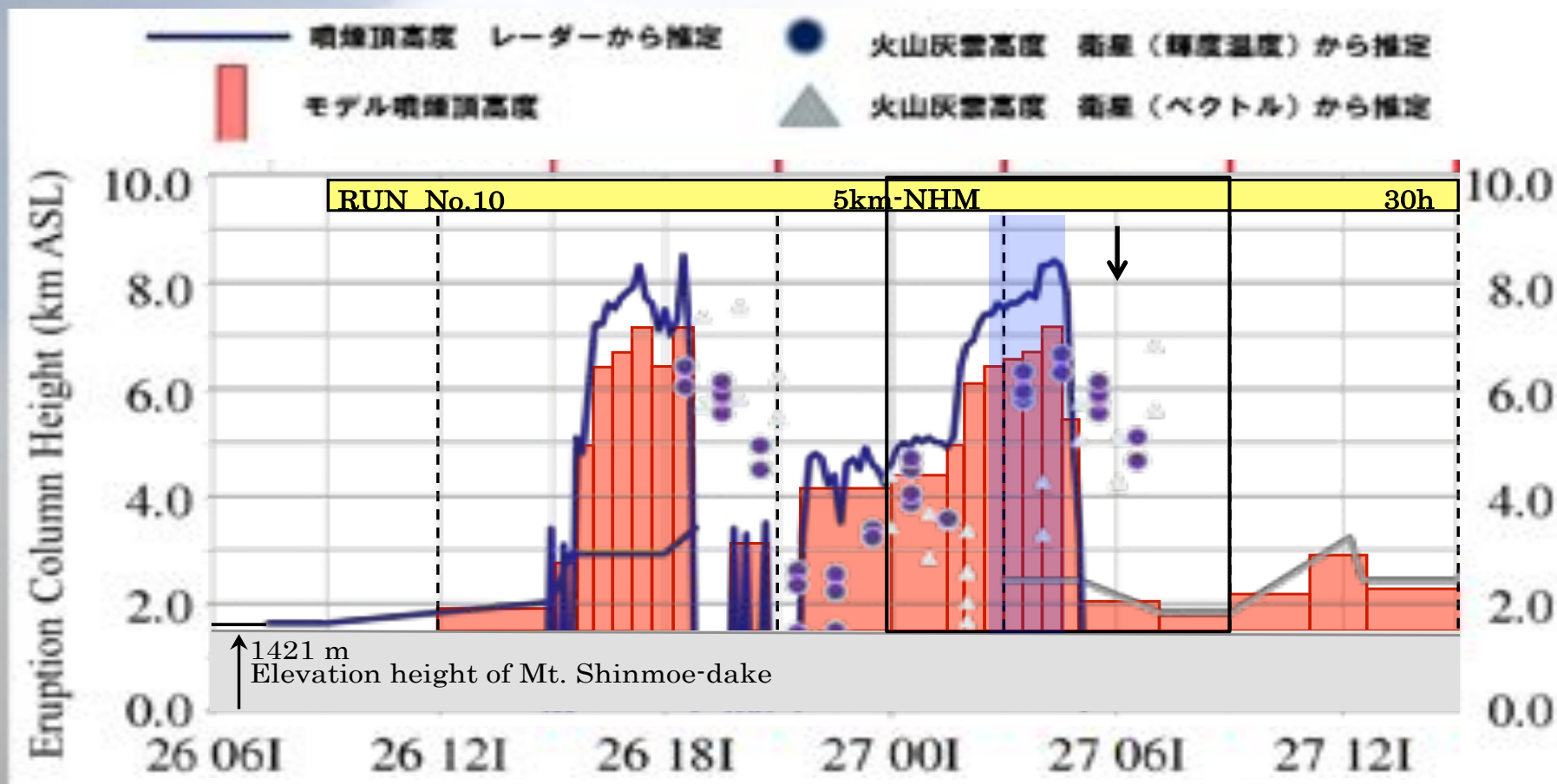


Suzuki (1983) モデル

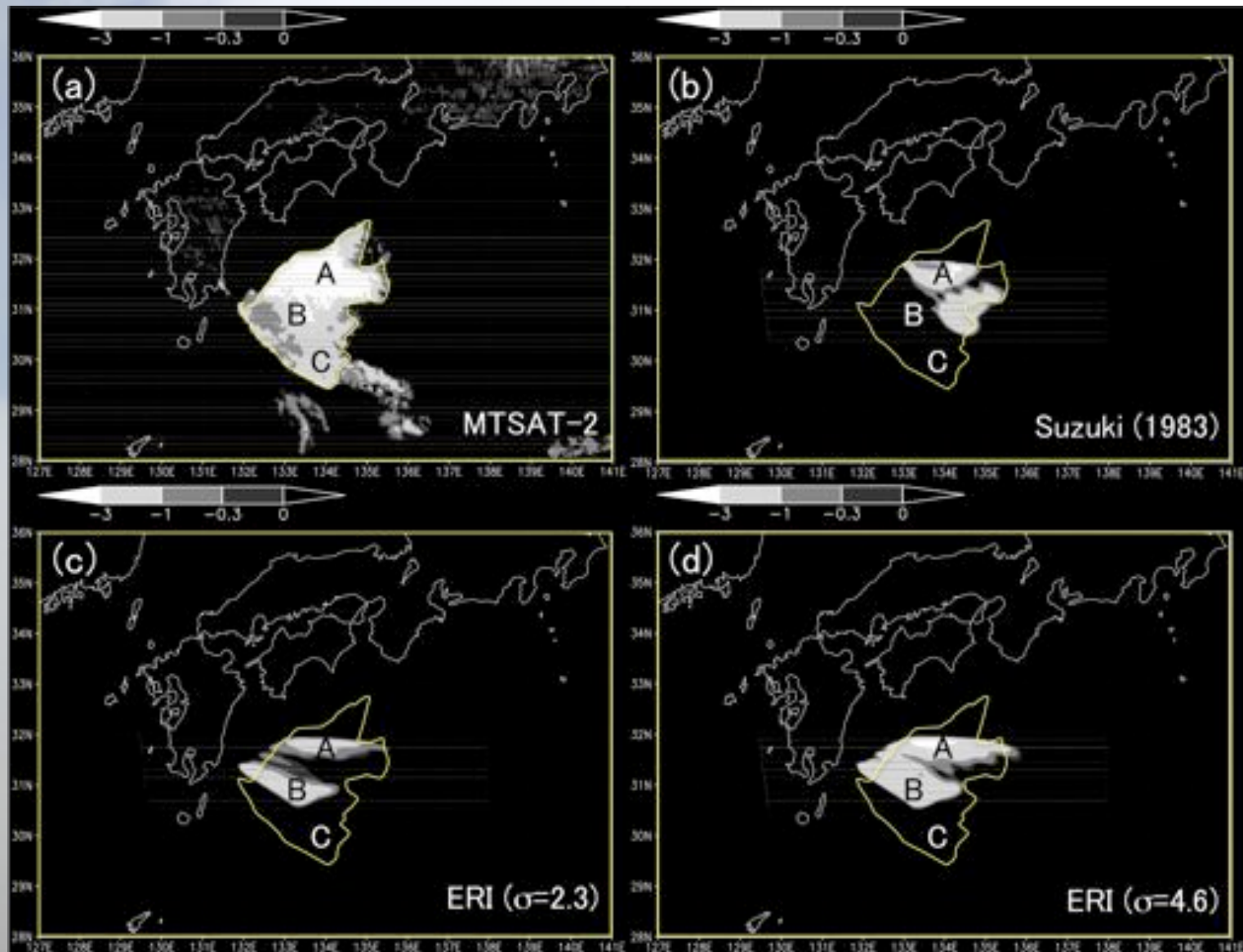


環境場(水平風)と噴煙との相互作用
を反映したプロファイル

噴煙頂高度



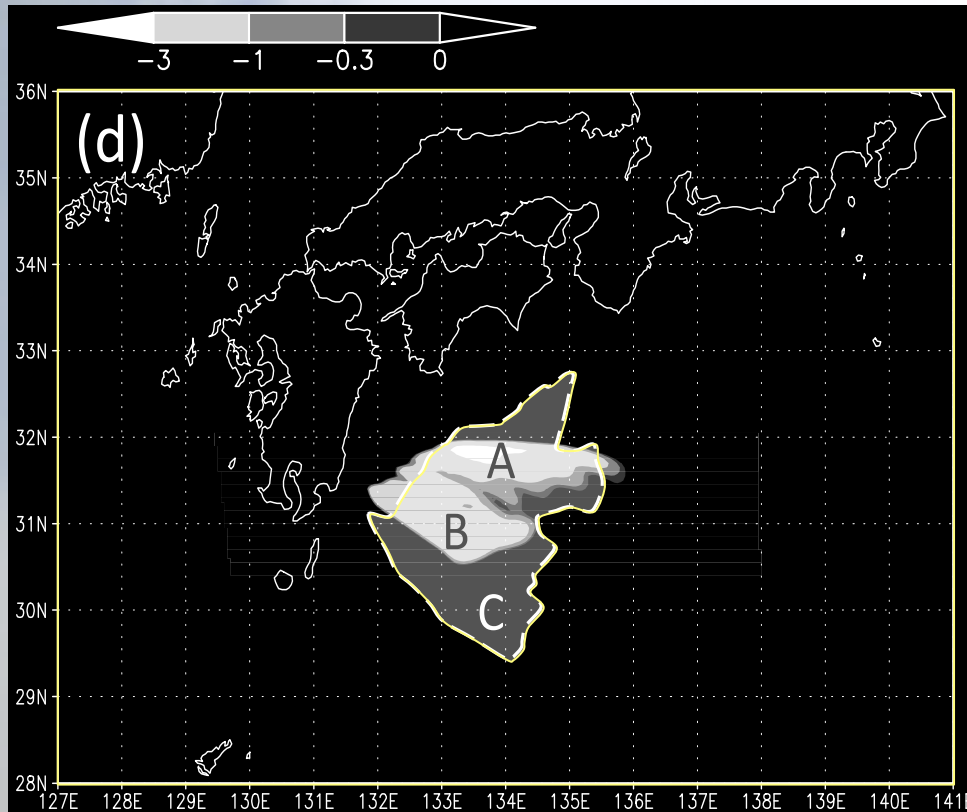
新しい火山灰放出プロファイル



まとめ 放出率プロファイルの再構成

- 3次元噴煙シミュレーションデータをもとに、放出率プロファイルを再構成。
- 対流圏中層に分布する火山灰雲について、再現性が向上。
火山灰の広域拡散の予測・再現には噴煙ダイナミクスを考慮する必要がある。
- 粒径分布(分散)に対する依存性。

放出時刻・放出高度によるマッピング解析



計算したのは、断続的に続く一連の噴火のごく一部。

一方、観測は一連の噴火にともなう火山灰雲の全てを見ている。

この違いを明確にしておきたい。

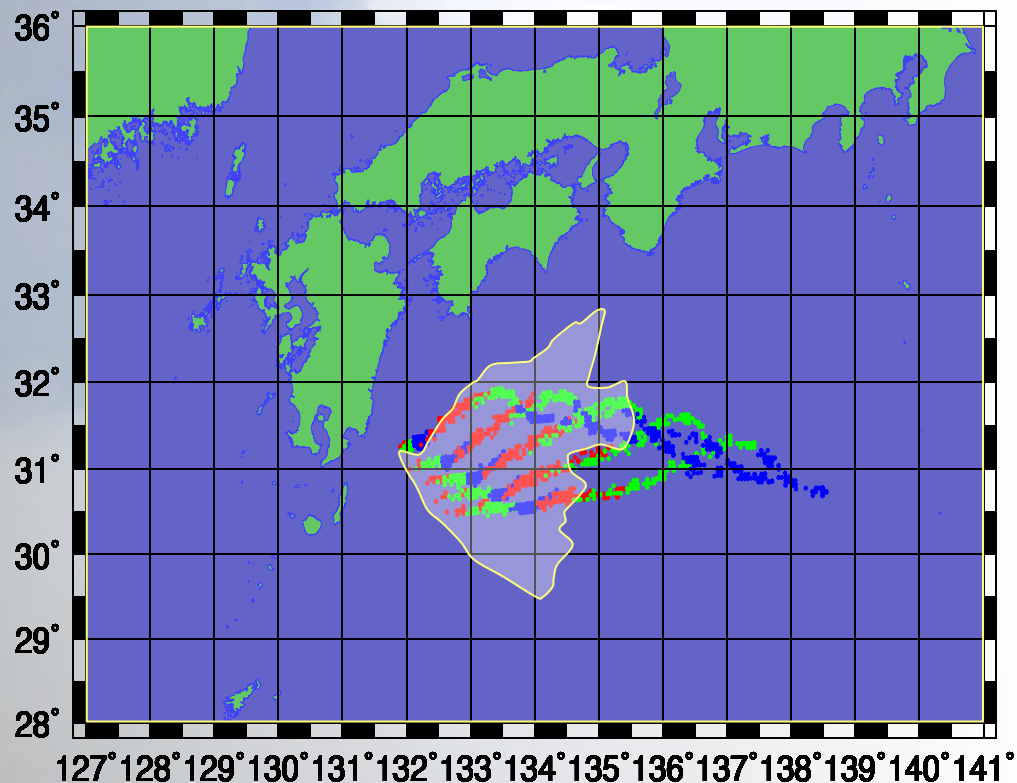
モデルによる赤外差分画像に放出時刻・放出高度マップを重ね書き。(10ページ目 Fig. 4dに対応)

結果① 領域Aは、高度5-6km 以上で放出された火山灰粒子に対応。火山灰雲がオーバーハングしている高度7-8km 付近では、赤外差分値が比較的大きくなっている。

結果② 領域Bは、高度4km以上で放出された火山灰粒子を良く表現している。より低い高度で放出された粒子は表現できていない。これは高度4km以下での放出率が小さいため。

結果③ 領域Cは、実験対象である02:30-04:30に放出された火山灰粒子よりも以前に放出された粒子を表している。

放出時刻・放出高度によるマッピング解析



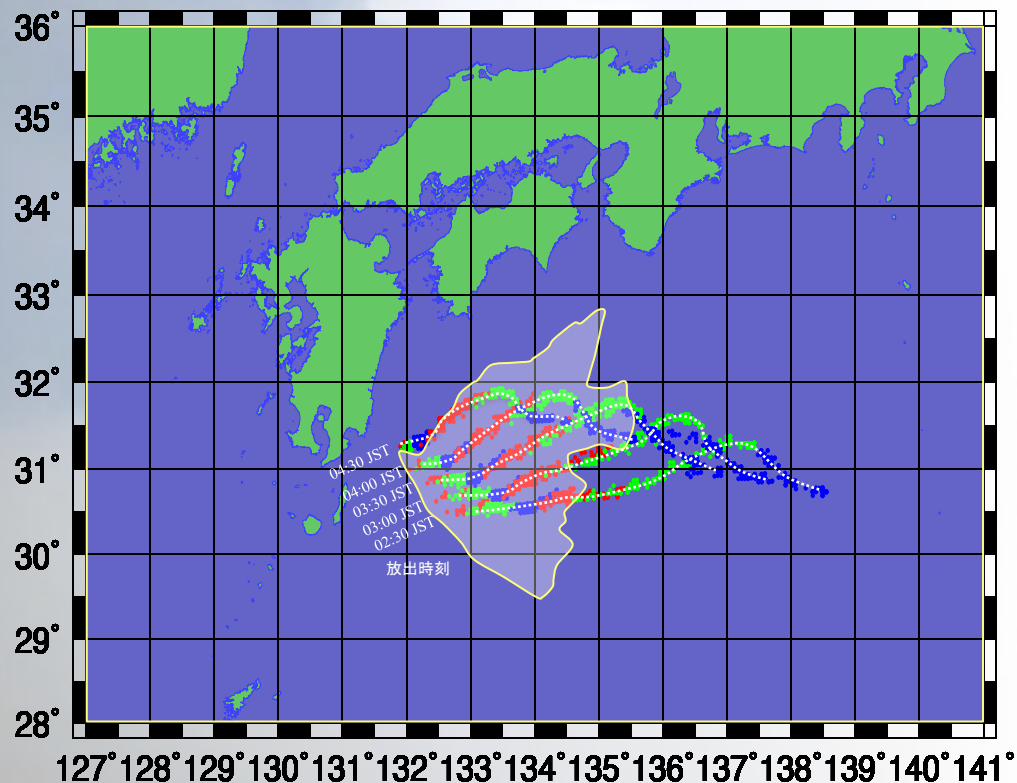
気象モデルの風速場をもとにしたトレーサ計算。

薄白: MTSATによる赤外差分画像にもとづく, 2011年1月27日6時JSTの火山灰分布.

色点: 時刻0230-0430JST, 高度2875 – 7615 m の範囲で新燃岳上空から放出されたトレーサ粒子の06:00JSTでの位置.

2011年1月27日6時JSTにおける火山灰雲域とトレーサ粒子の位置を重ね書き.

放出時刻・放出高度によるマッピング解析

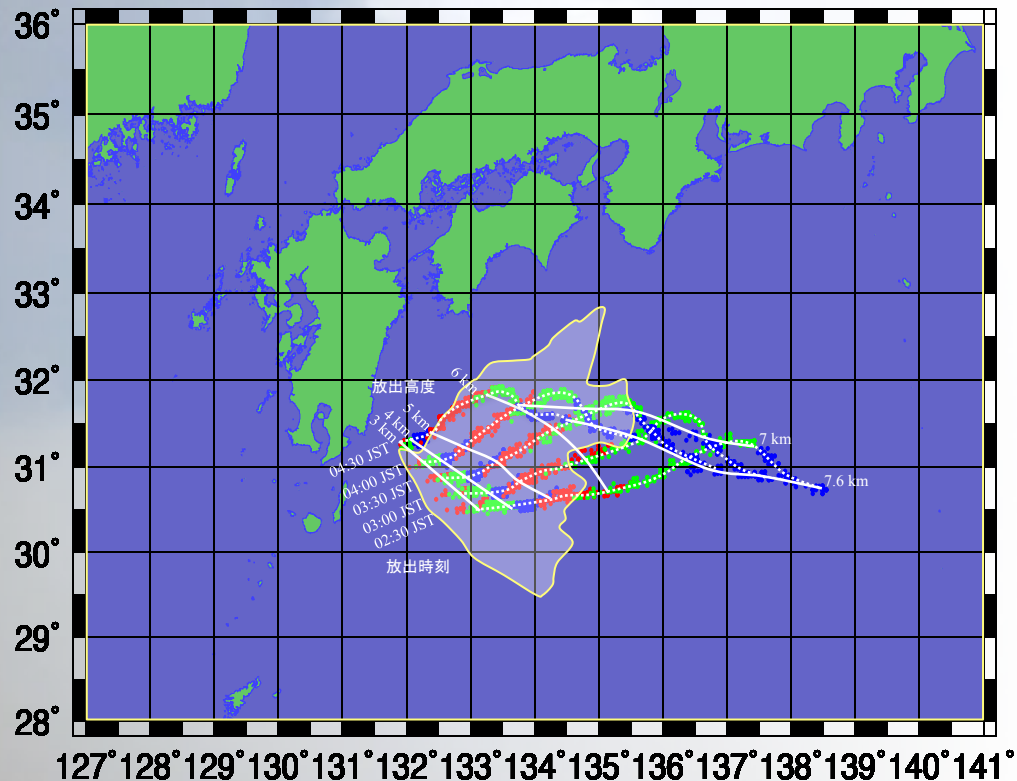


薄白: MTSATによる赤外差分画像にもとづく, 2011年1月27日6時JSTの火山灰分布.

色点: 時刻0230-0430JST, 高度2875 – 7615 m の範囲で新燃岳上空から放出されたトレーサ粒子の06:00JSTでの位置.

2011年1月27日6時JSTにおける火山灰雲域とトレーサ粒子の位置を重ね書き.
トレーサ粒子の放出時刻別にマーク.

放出時刻・放出高度によるマッピング解析

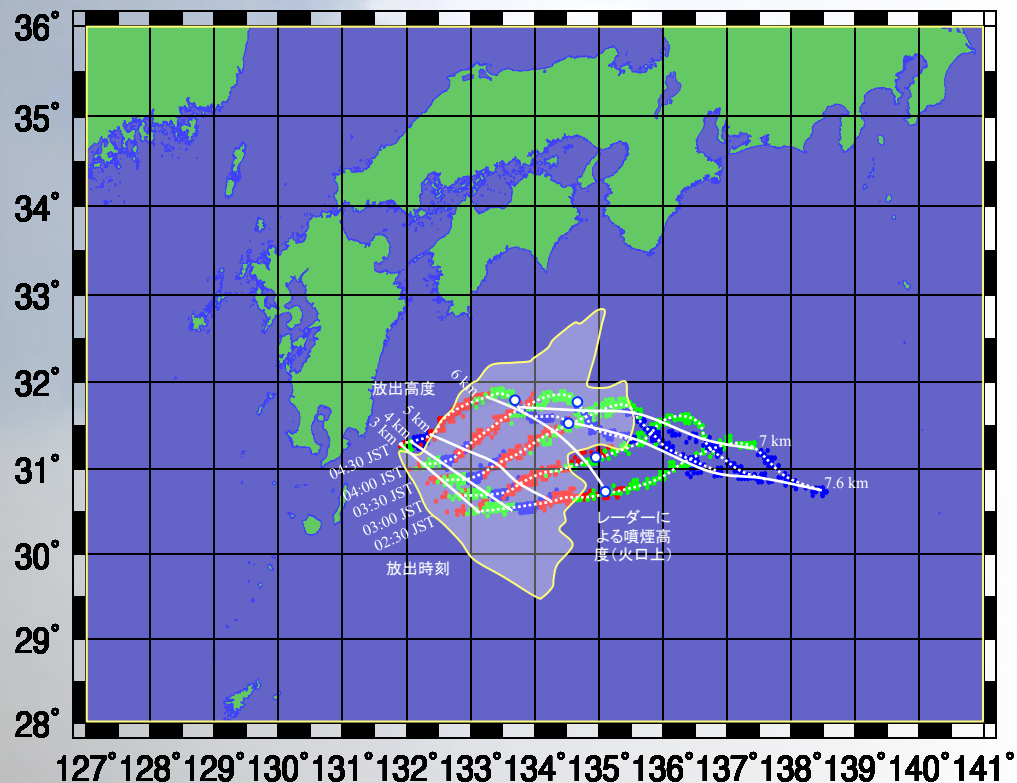


薄白: MTSATによる赤外差分画像にもとづく, 2011年1月27日6時JSTの火山灰分布.

色点: 時刻0230-0430JST, 高度2875 - 7615 m の範囲で新燃岳上空から放出されたトレーサ粒子の06:00JSTでの位置.

2011年1月27日6時JSTにおける火山灰雲域とトレーサ粒子の位置を重ね書き.
トレーサ粒子の放出時刻別にマーク.
さらに, 放出高度別にマーク.

放出時刻・放出高度によるマッピング解析

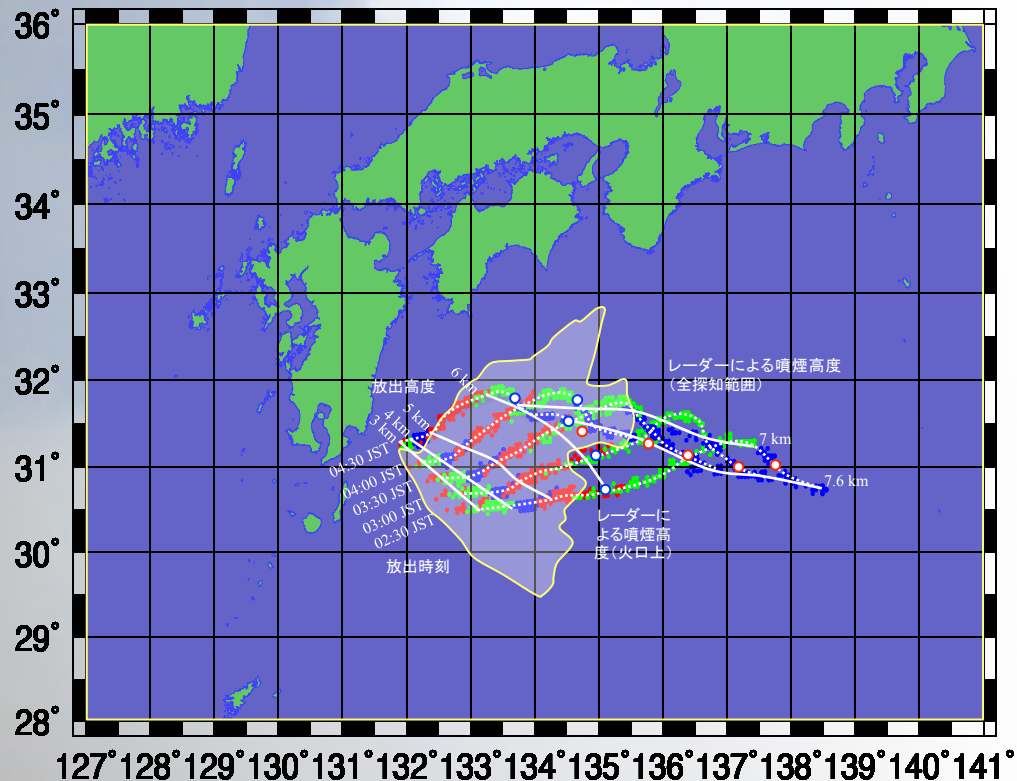


薄白: MTSATによる赤外差分画像にもとづく, 2011年1月27日6時JSTの火山灰分布.

色点: 時刻0230-0430JST, 高度2875 – 7615 m の範囲で新燃岳上空から放出されたトレーサ粒子の06:00JSTでの位置.

2011年1月27日6時JSTにおける火山灰雲域とトレーサ粒子の位置を重ね書き.
トレーサ粒子の放出時刻別にマーク.
さらに, 放出高度別にマーク.
新堀さんのレーダー解析の結果をもとに, 噴煙頂高度(火口上)をプロット.

放出時刻・放出高度によるマッピング解析



薄白: MTSATによる赤外差分画像にもとづく, 2011年1月27日6時JSTの火山灰分布.

色点: 時刻0230-0430JST, 高度2875 – 7615 m の範囲で新燃岳上空から放出されたトレーサ粒子の06:00JSTでの位置.

2011年1月27日6時JSTにおける火山灰雲域とトレーサ粒子の位置を重ね書き.

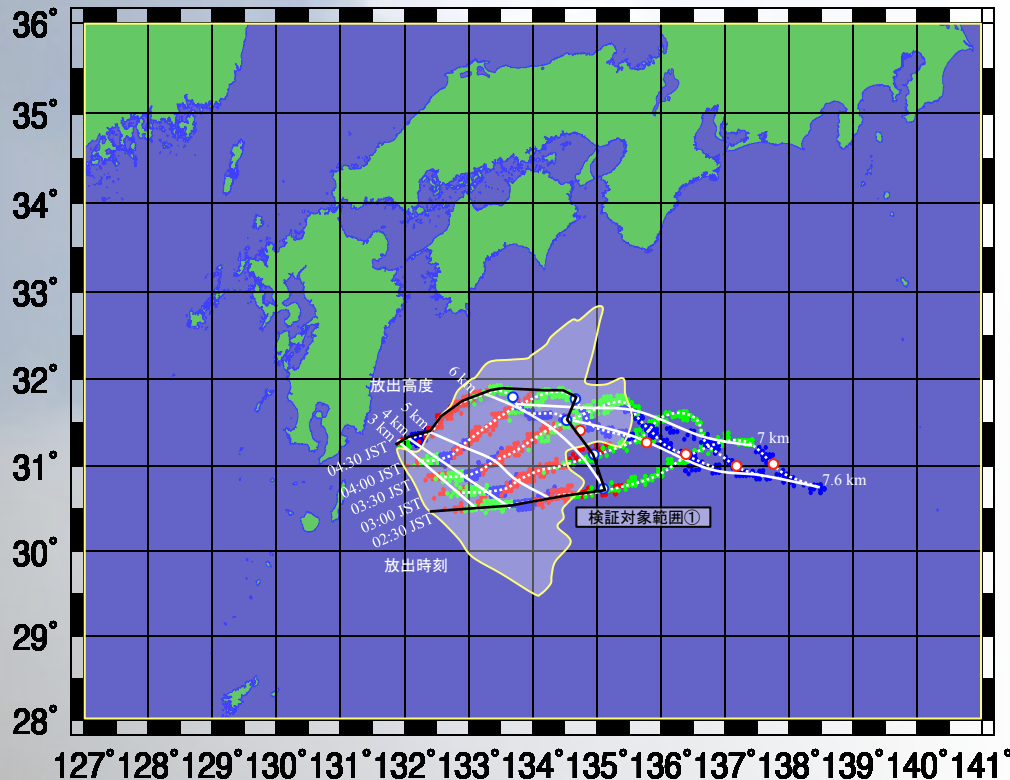
トレーサ粒子の放出時刻別にマーク.

さらに, 放出高度別にマーク.

新堀さんのレーダー解析の結果をもとに, 噴煙頂高度(火口上)をプロット.

新堀さんのレーダー解析の結果をもとに, 噴煙頂高度(火口上以外も含む)をプロット.

放出時刻・放出高度によるマッピング解析



薄白: MTSATによる赤外差分画像にもとづく, 2011年1月27日6時JSTの火山灰分布.

色点: 時刻0230-0430JST, 高度2875 – 7615 m の範囲で新燃岳上空から放出されたトレーサ粒子の06:00JSTでの位置.

2011年1月27日6時JSTにおける火山灰雲域とトレーサ粒子の位置を重ね書き.

トレーサ粒子の放出時刻別にマーク.

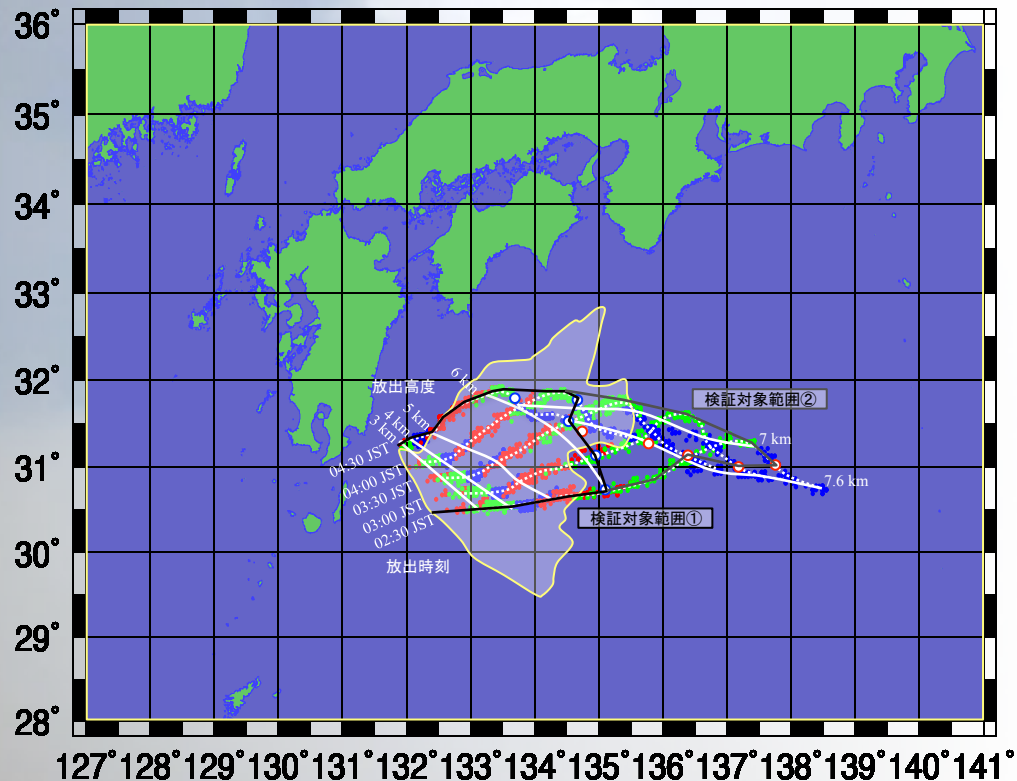
さらに, 放出高度別にマーク.

新堀さんのレーダー解析の結果をもとに, 噴煙頂高度(火口上)をプロット. (検証対象領域①)

新堀さんのレーダー解析の結果をもとに, 噴煙頂高度(火口上以外も含む)をプロット.

実際の火山灰粒子の分布域は, 上記ふたつの領域の間にあたる可能性が高い.

放出時刻・放出高度によるマッピング解析



薄白: MTSATによる赤外差分画像にもとづく, 2011年1月27日6時JSTの火山灰分布.

色点: 時刻0230-0430JST, 高度2875 – 7615 m の範囲で新燃岳上空から放出されたトレーサ粒子の06:00JSTでの位置.

2011年1月27日6時JSTにおける火山灰雲域とトレーサ粒子の位置を重ね書き.

トレーサ粒子の放出時刻別にマーク.

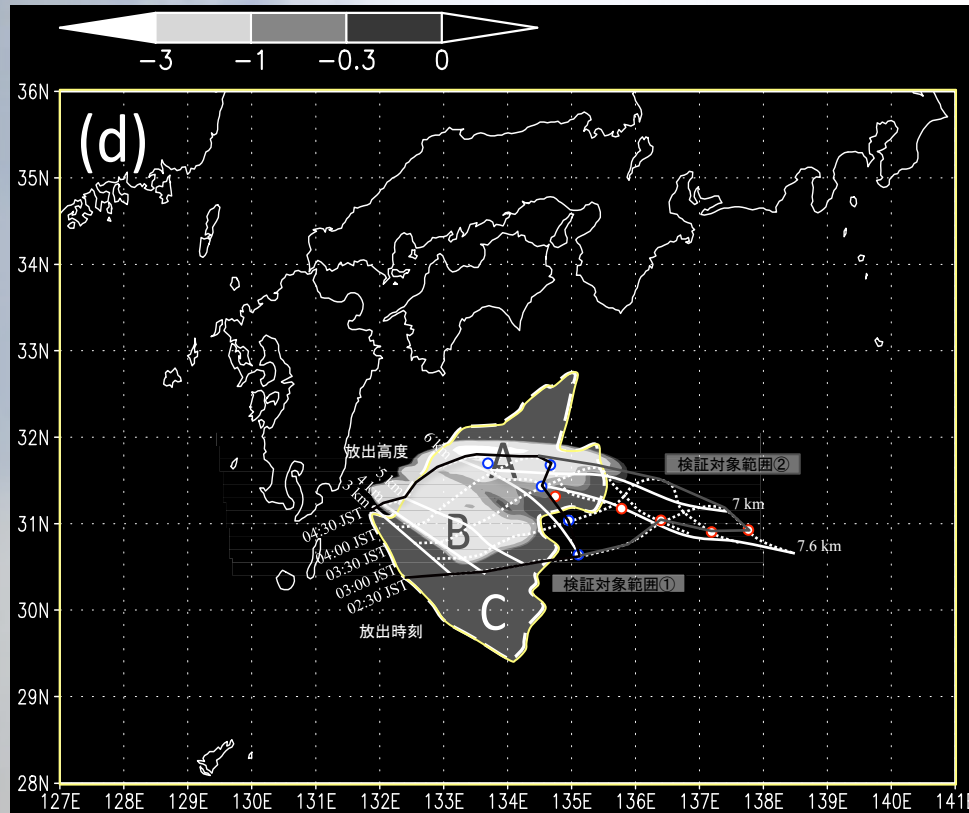
さらに, 放出高度別にマーク.

新堀さんのレーダー解析の結果をもとに, 噴煙頂高度(火口上)をプロット. (検証対象領域①)

新堀さんのレーダー解析の結果をもとに, 噴煙頂高度(火口上以外も含む)をプロット. (検証対象領域②)

実際の火山灰粒子の分布域は, 上記ふたつの領域の間にあたる可能性が高い.

放出時刻・放出高度によるマッピング解析



モデルによる赤外差分画像に放出時刻・放出高度マップを重ね書き。(10ページ目 Fig. 4dに対応)

結果① 領域Aは、高度5-6km 以上で放出された火山灰粒子に対応。火山灰雲がオーバーハングしている高度7-8km 付近では、赤外差分値が比較的大きくなっている。

結果② 領域Bは、高度4km以上で放出された火山灰粒子を良く表現している。より低い高度で放出された粒子は表現できていない。これは高度4km以下での放出率が小さいため。

結果③ 領域Cは、実験対象である02:30-04:30に放出された火山灰粒子よりも以前に放出された粒子を表している。

まとめ 火山灰粒子の放出時刻・高度によるマッピング

- ・2011年1月27日06時(JST)の火山灰雲に対して、火口上空における放出時刻・高度を対応づけ。
- ・領域Aは、高度6–8kmで放出された粒子に対応。
- ・領域Bは、高度4–5km程度で放出された粒子に対応。
より低い高度で放出された粒子は表現できていない。
- ・領域Cは、実験対象である02:30–04:30以前の時間帯に放出された粒子に対応。