

リアルタイム降雨・降雪モニタリングに基づく 高速道路の交通規制予報サービスの 実現可能性調査

東京大学・地球観測データ統融合連携研究機構（EDITORIA）

名古屋大学 宇宙地球環境研究所

研究代表者：柴崎亮介

協力機関；NEXCO東日本（株）

雨・雪による高速道路通行規制とそのインパクト



※株式会社ネクスコ・メンテナンス
北海道HPより



「県内大雪 国道8号の渋滞続く 一時通行止め、物流に影響」／新潟
毎日新聞2016年1月27日 地方版

いつ規制が始まるの？終わるの？
わかれば早目に対処できるのに…

高速か国道のどちらか
通行させてほしい…

規制のタイミングを
ずらしてくれたら…



トラック運送事業者

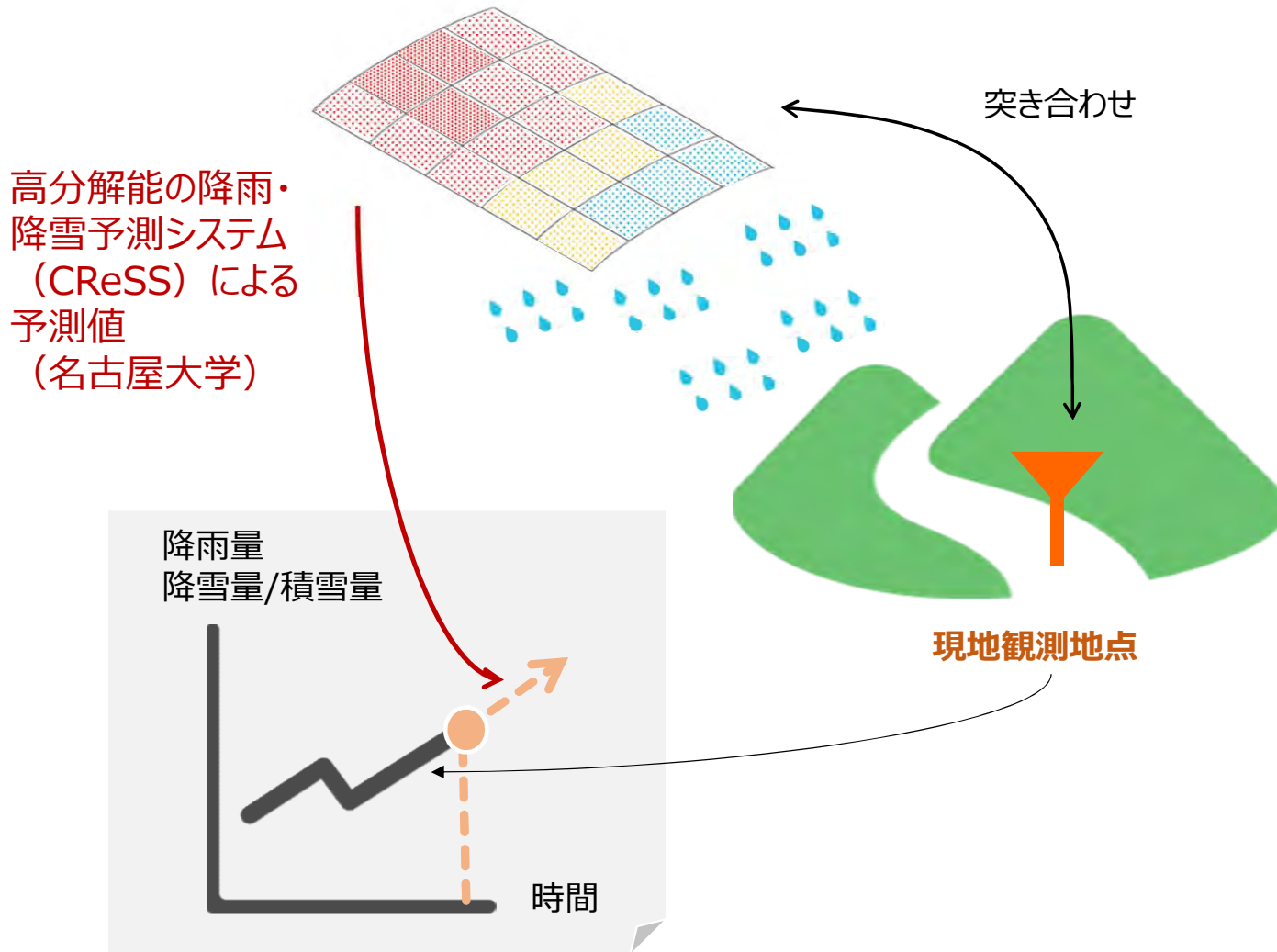
他の幹線道路と連携して、
同時全面通行止めは避けたい…

規制時間を短くする努力
はしているけれど…

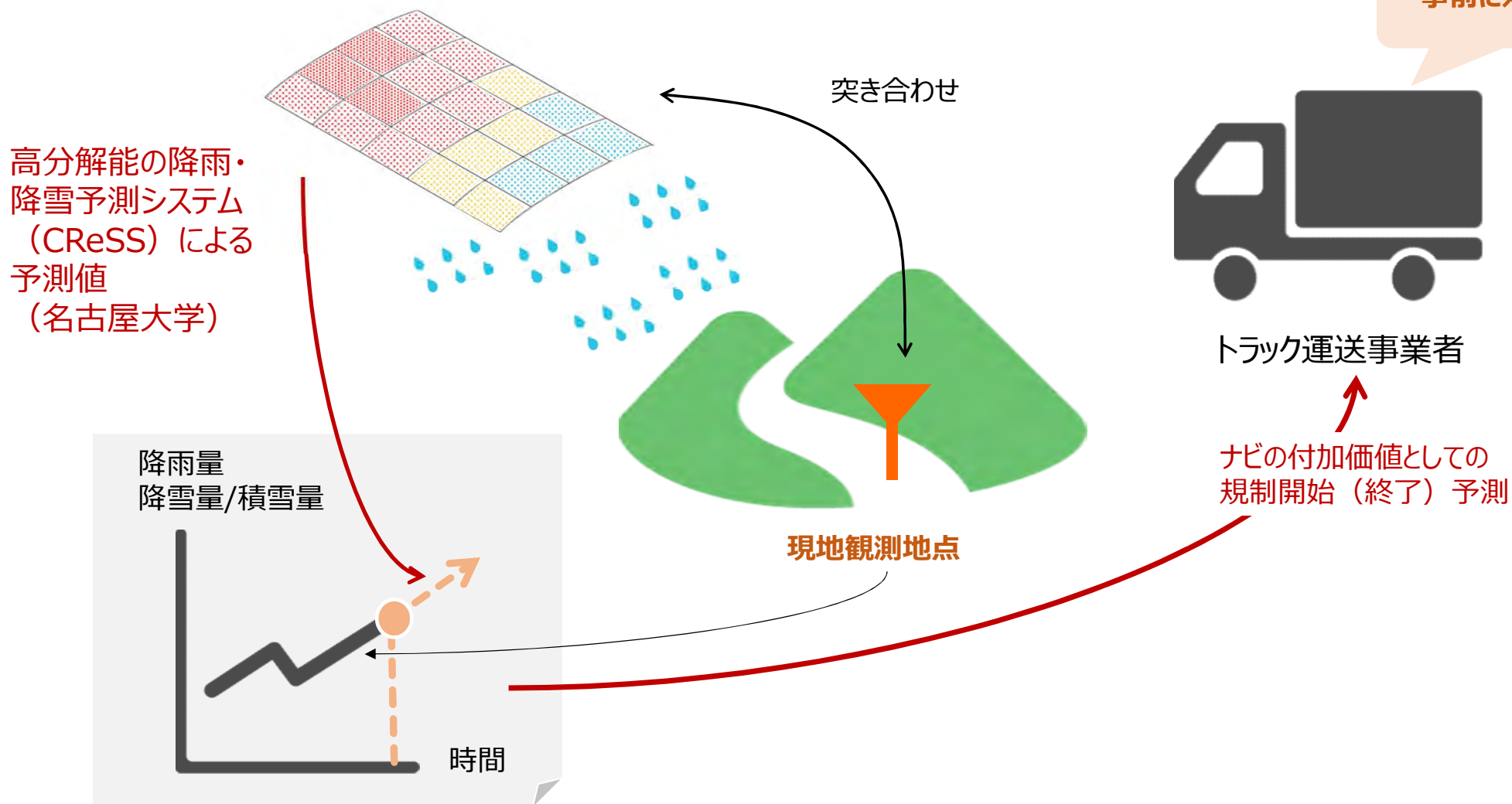


高速道路管理者

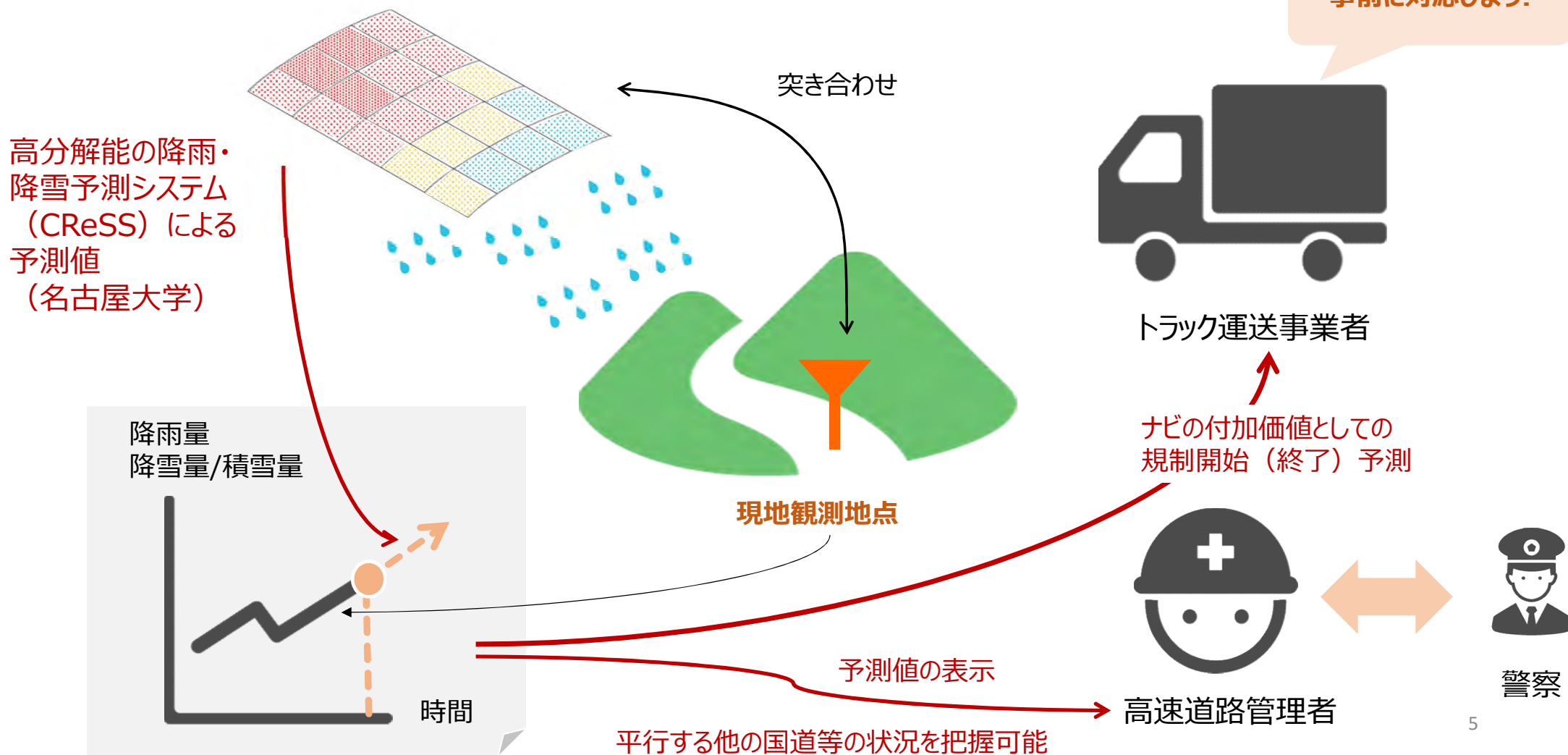
リアルタイム降雨・降雪モニタリングに基づく 高速道路の交通規制予報サービス



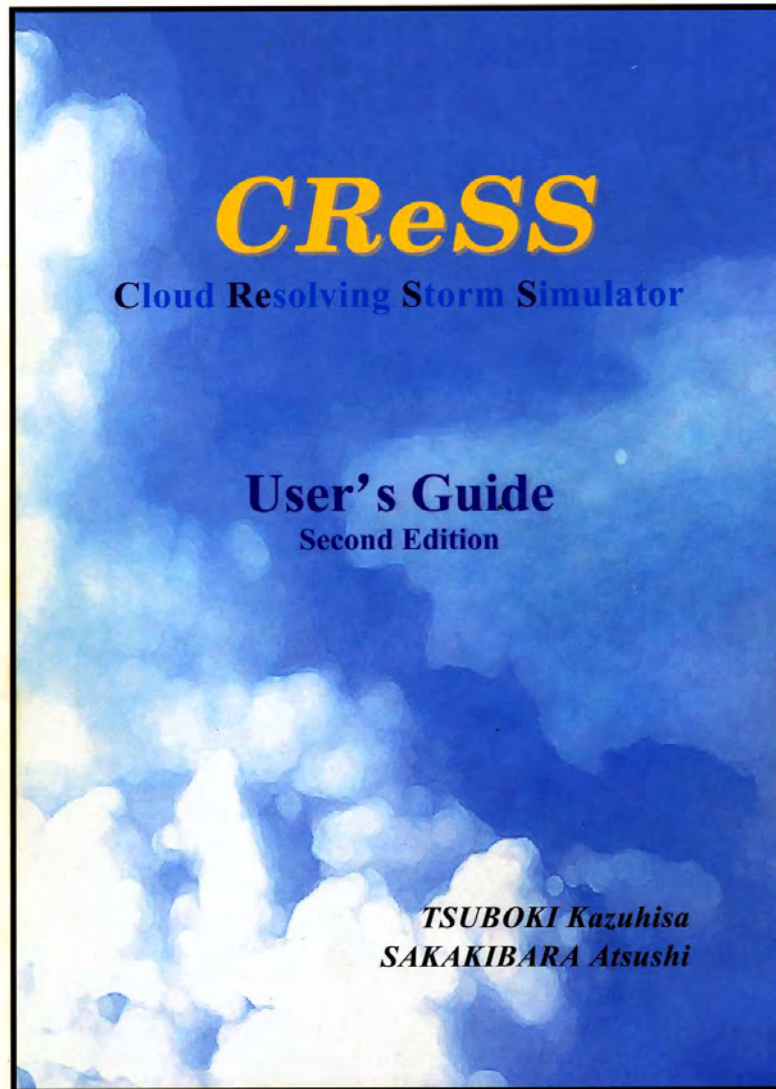
リアルタイム降雨・降雪モニタリングに基づく 高速道路の交通規制予報サービス



リアルタイム降雨・降雪モニタリングに基づく 高速道路の交通規制予報サービス



Cloud Resolving Storm Simulator (**CReSS**)



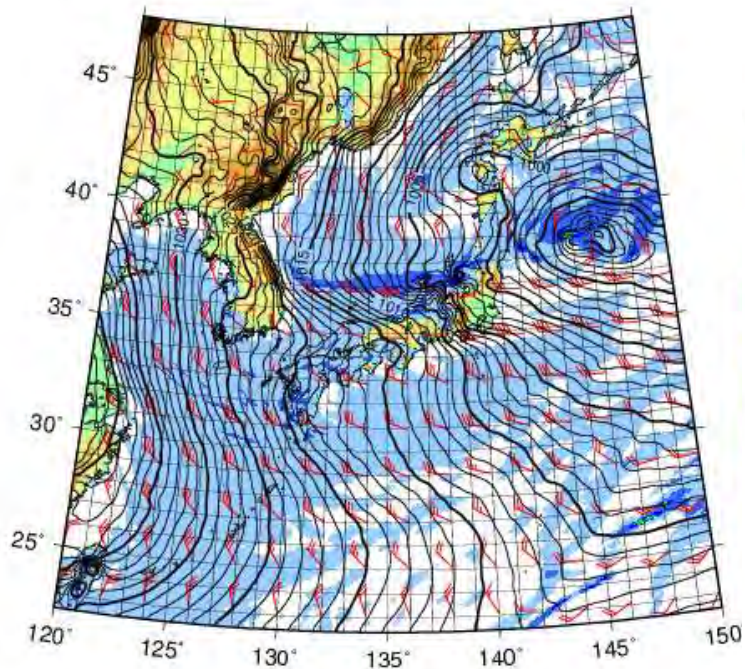
- CReSS develop from 1997 by Prof. Tsuboki and Mr. Sakakibara.
- CReSS has non-hydrostatic, compressible equation system and terrain-following coordinate system.
- CReSS has a bulk cold rain scheme (Q_v , Q_c , Q_r , Q_i , Q_s , Q_g).
- CReSS is optimized for parallel computers.
- The basic framework resembles WRF and ARPS.

気象庁現業モデルと、CReSSとの比較

MSM(5km)

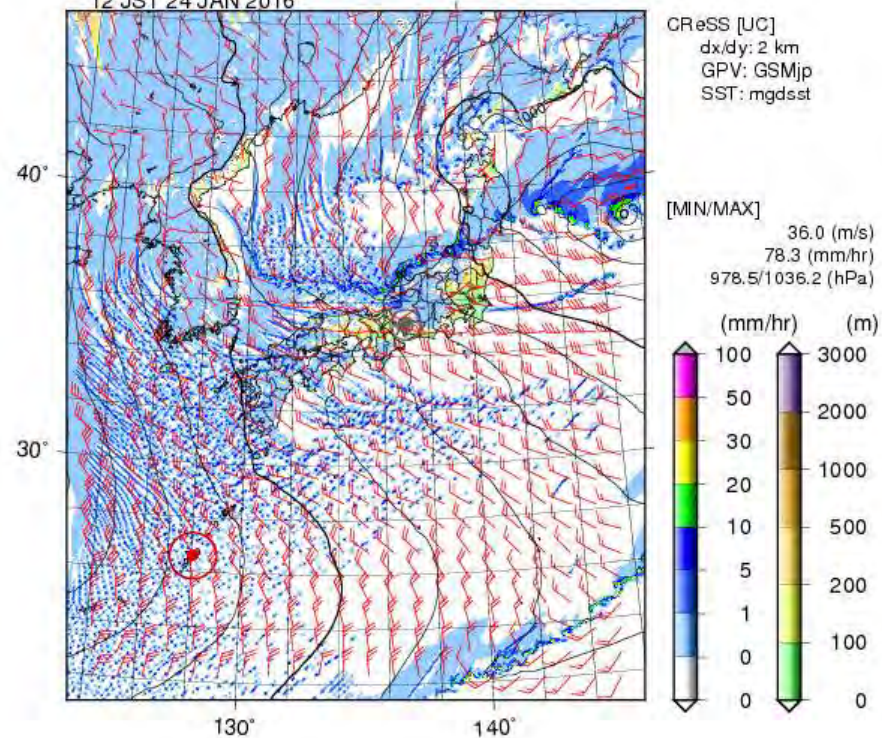
気象庁の現業モデル

SEA LEVEL PRESSURE AND 1HR RAINFALL
12 JST 24 JAN 2016



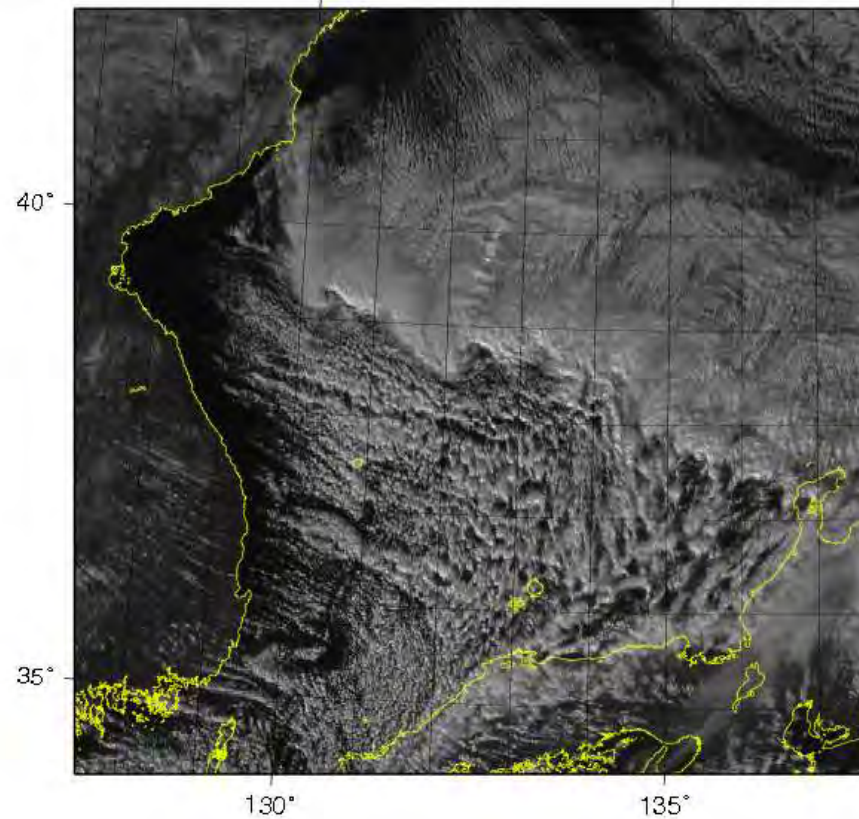
CReSS(2km)

SEA LEVEL PRESSURE, SURFACE WIND, AND RAINFALL RATE
12 JST 24 JAN 2016

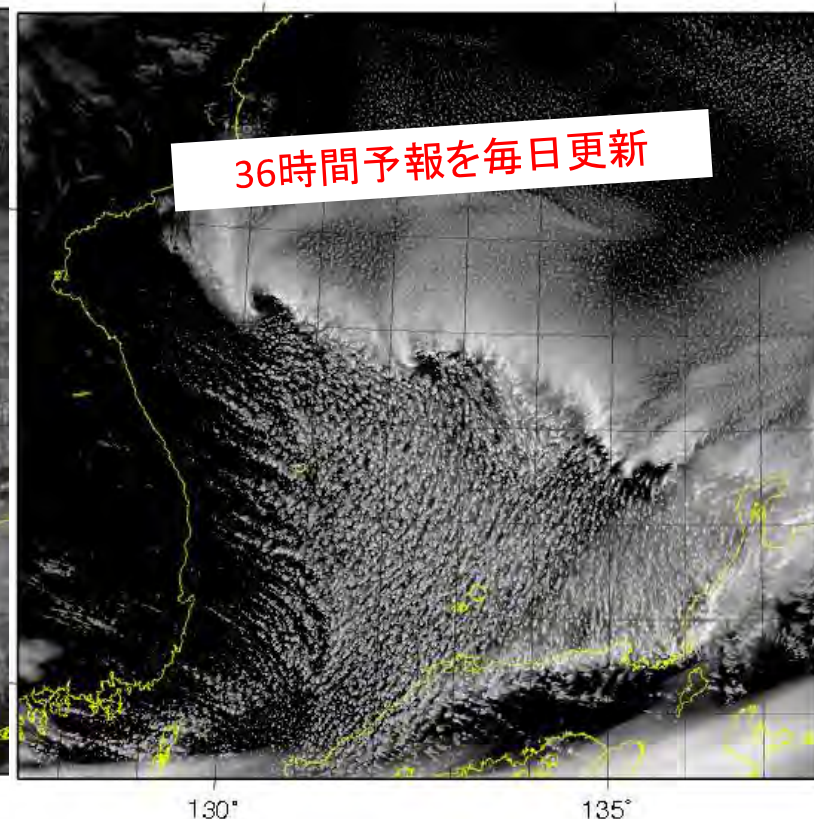


どちらが衛星画像か分かりますか？ 雪雲がきれいに再現されています。

13:30 JST 29 JAN 2011



衛星(可視画像)



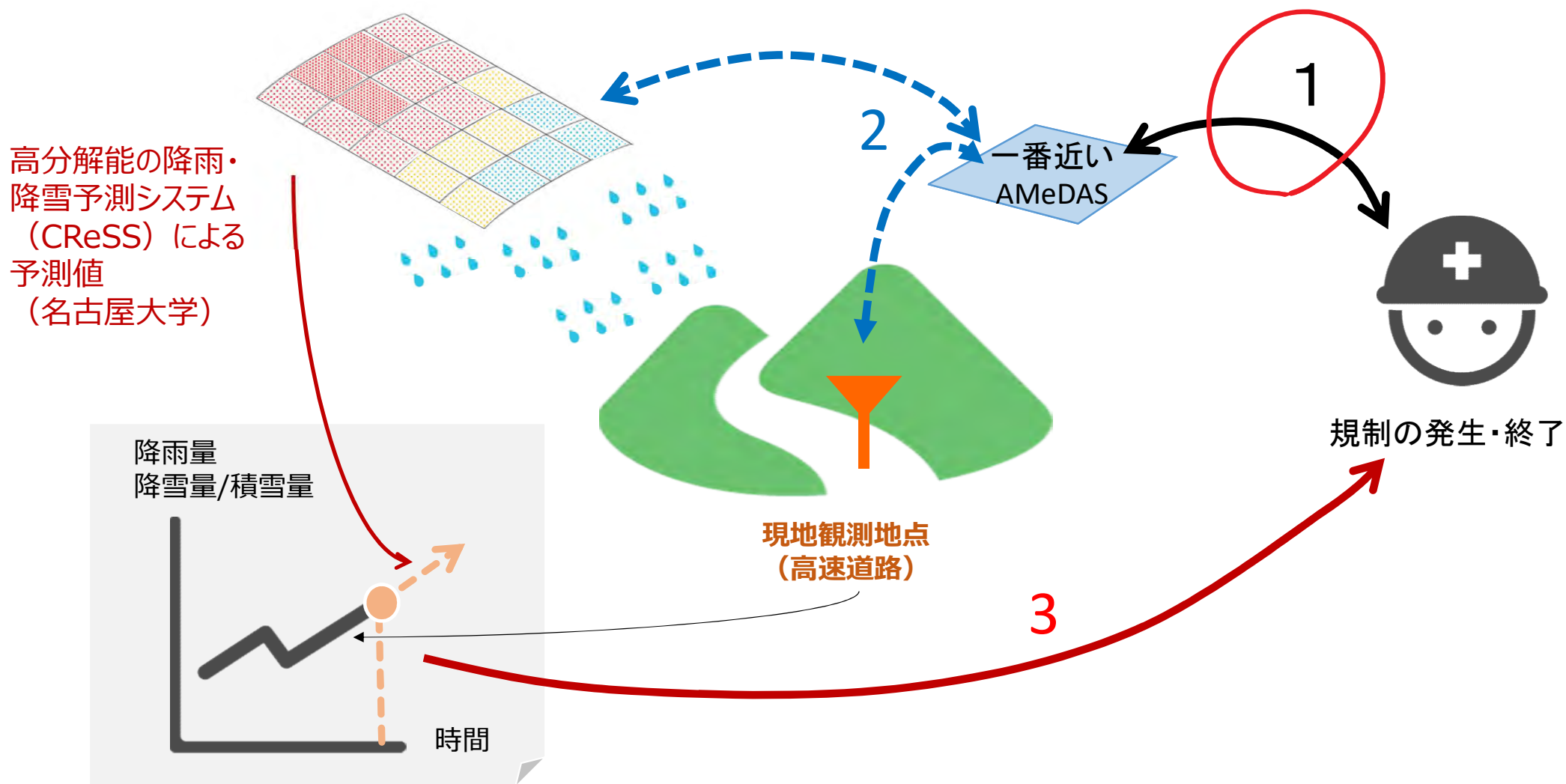
CRess ($\Delta x=500\text{m}$)

Grid Numbers 1883x1803x47

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

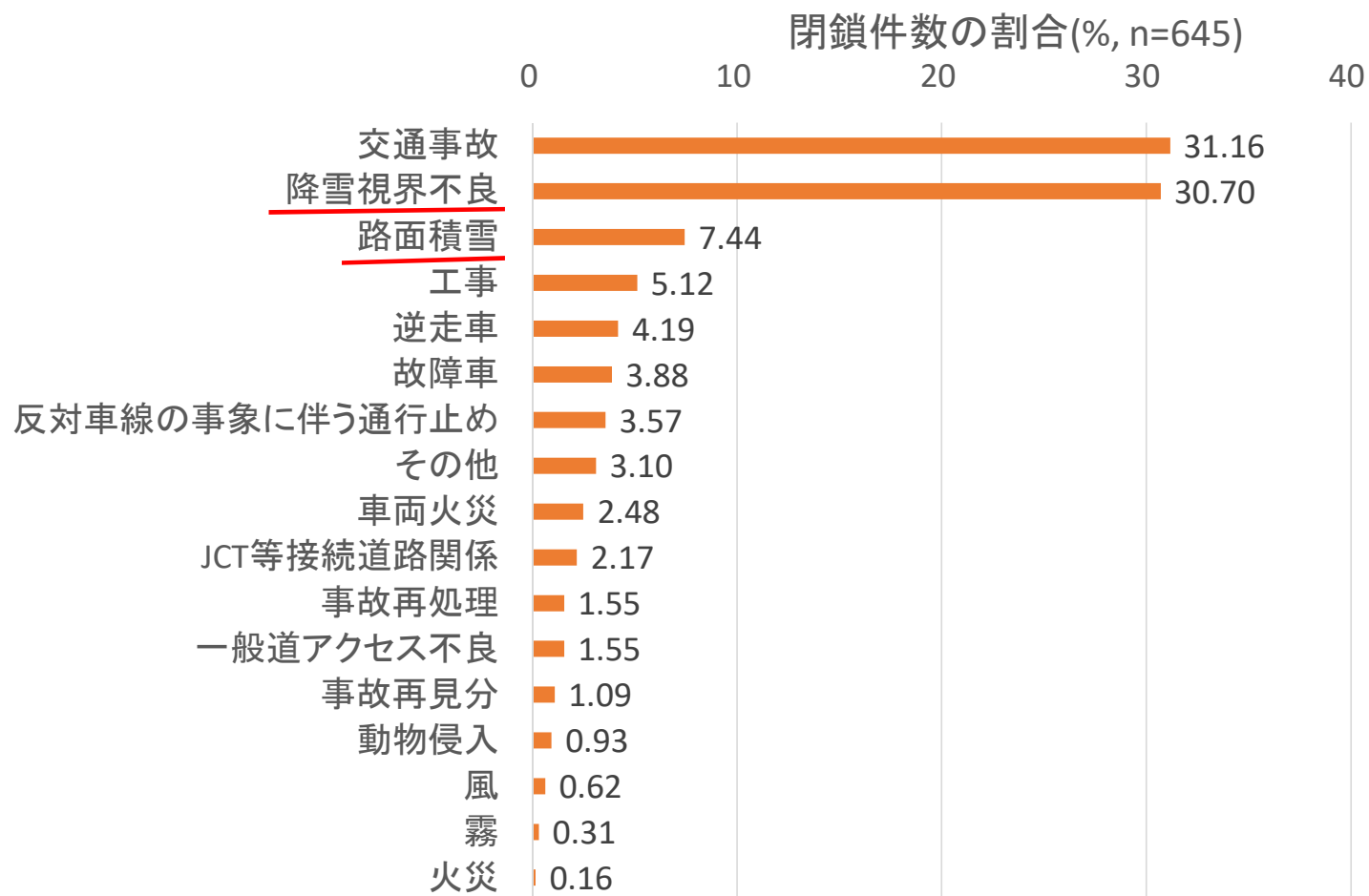
$\Delta z=300\text{m}(80\text{m})$

リアルタイム降雨・降雪モニタリングに基づく 高速道路の交通規制予報サービス



NEXCO東日本における閉鎖の原因

- 「路面積雪」と「降雪視界不良」が雪原因



閉鎖事象を予報するための手法

- 以下の3つの確率の組み合わせにより最終的な精度が決まる
 - P_m : 気象に関する予測
 - CReSSの出力結果とアメダス・IC上の気象観測情報との比較で検証予定
 - P_e : 事象に関する推定
 - 過去の閉鎖事象を学習データとし、結果を推定するモデルを開発。
 - U : その他の要因
 - 降雨と異なり、降雪による閉鎖事象には数値基準が存在せず、警察とNEXCO東日本との調整の元、主観的に決定される。とりあえず、ランダム要因として考えるしかない。

$$P_{total} = P_m \times P_e \times U$$

今回やっているのはこれ

事象に関する予測

• スパース多項式ロジスティック回帰 (SMLR: Sparse Multinomial Logistic Regression)

- イメージ的には、多項式ロジスティック回帰式をもとに、複数の変数に対して、学習値と推定値の間の誤差と、係数の複雑さ、この2つを最小化した上で、合理的な推定結果を導出するためのモデル
- 閉鎖時の条件(場所、時間、気象観測の絶対量や変化量)と、閉鎖未発生時の条件を与えて学習することで、閉鎖発生の確率を推定するモデルができる
- L1正則化を採用することで、与える影響が小さい変数の係数は0に収束する

多項式ロジスティック回帰

$$\log \frac{p}{1-p} = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots \beta_n x_n$$

スパースモデル(L1正則化回帰=Lasso回帰)

$$\min_{\beta} (||\mathbf{y} - \boldsymbol{\beta}\mathbf{X}||_2^2 + |\boldsymbol{\beta}|_1) \quad |\boldsymbol{\beta}|_1 = \lambda \sum_{i=1}^n |\beta_i|$$

誤差

L1ノルム(係数の複雑さを表す)

二つの条件を加えて最適化

「路面積雪」閉鎖の推定に有効なAMeDASデータと予測精度

複数回のランダムサンプリングによる推定結果から

◎：最も推定結果に影響を与えるパラメタ

○：有効なパラメタ

▲：L1正則化により、0収束するケースが4-6割発生

×：L1正則化により、0収束するパラメタ

	時間	場所	降水量	風速	気温	日照時間	積雪深 (Δ ＝降雪量)	精度
瞬間値	×	▲	◎	○	×	○	×	0.7418
1時間変化値		×	×	×	◎	×	○	0.6996
3時間変化値		×	×	▲	○	×	◎	0.6791
6時間変化値		×	×	×	×	×	◎	0.7006
12時間変化値		×	×	×	×	×	◎	0.7489
24時間変化値		×	×	×	×	×	▲	計算できない

「降雪視界不良」閉鎖の推定に有効なパラメタと精度

	時間	場所	降水量	風速	気温	日照時間	積雪深 (Δ ＝降雪量)	精度
瞬間値	○	○	○	○	○	○	◎	0.8042
1時間変化値		▲	○	○	○	○	◎	0.6444
3時間変化値		×	×	○	○	▲	◎	0.6493
6時間変化値		▲	×	○	▲	○	◎	0.7235
12時間変化値		○	×	×	▲	×	◎	0.7218
24時間変化値		○	×	×	×	×	◎	0.7431

これまでの成果と課題

- 物流企業：非常に意味がある。3時間前にわかるとよい。生産システム全体にインパクトがある。
- ナビサービス：差別化できるサービスとして非常に有望
- 道路管理者の管理方法も一層改善できる可能性も……
- 予測は、8割くらいの精度であれば、達成可能であろう。

一方……

- CReSSデータが巨大でハンドリングが大変
 - ➡ DIASがないと……苦しい。
- NEXCO東日本のような現業機関では、データを外に整理して出すというワークフローやシステムがなく、その整備をお願いする必要がある。