

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

代表機関： 東京大学 地球観測データ統融合連携研究機構 柴崎研究室 実施責任者： 柴崎亮介
分担機関： 名古屋大学 宇宙地球環境研究所 坪木研究室

概要

現在、高速道路等の幹線道路を中心に、豪雨・豪雪等の災害に強い道路造りや管理に向けた様々な努力がなされているが、道路閉鎖等の頻度を減らし、時間を短くするのは容易ではない。しかし、もし道路閉鎖の開始時刻を事前に予測することができれば、貨物車等が事前に迂回し、また道路閉鎖の解除予測時刻を見て高速道路利用に切り替えるなど、適応的な運行が可能となる。

そこで、本事業では、「データ統合・解析システム（DIAS）」が有する大容量のデータ空間とアプリケーション開発を支援するプラットフォーム環境を利用して、降雨・降雪を中心とした道路気象のリアルタイムモニタリング環境に向けた研究開発と、豪雨・豪雪が起こりうる可能性を早期に発見し、それらの気象情報から速やかに高速道路上の交通規制の予測情報へと変換する技術について検討するとともに、より適応的な高速道路管理や柔軟な物流ネットワークの形成へつながる、高速道路の交通規制予報サービスに関する実現可能性調査を目的とする。

サービスによる効果・社会的な裨益と、持続可能性

1. 高速道路管理者

問合せなど利用者対応が円滑になる。また立ち往生するトラックなどが減り、復旧が早くなる。
面的な状況が、将来も含めてわかるので、除雪等の事前準備や、一般国道管理との連携が容易に。
→継続的なデータ提供・協力のインセンティブがある。また、使用料を負担するユーザになり得る。

2. トラック運送事業者

運行計画や配車を変更して、影響を最小化できる
荷主への対応を円滑化できる
→使用料を負担するユーザになり得る。

3. 社会

雨・雪といった気象災害が物流に与える影響が最小化され、社会的費用が減少する
在庫で減らすことができるなど、生産・物流システムが効率化・安定化する

社会課題とユーザニーズ

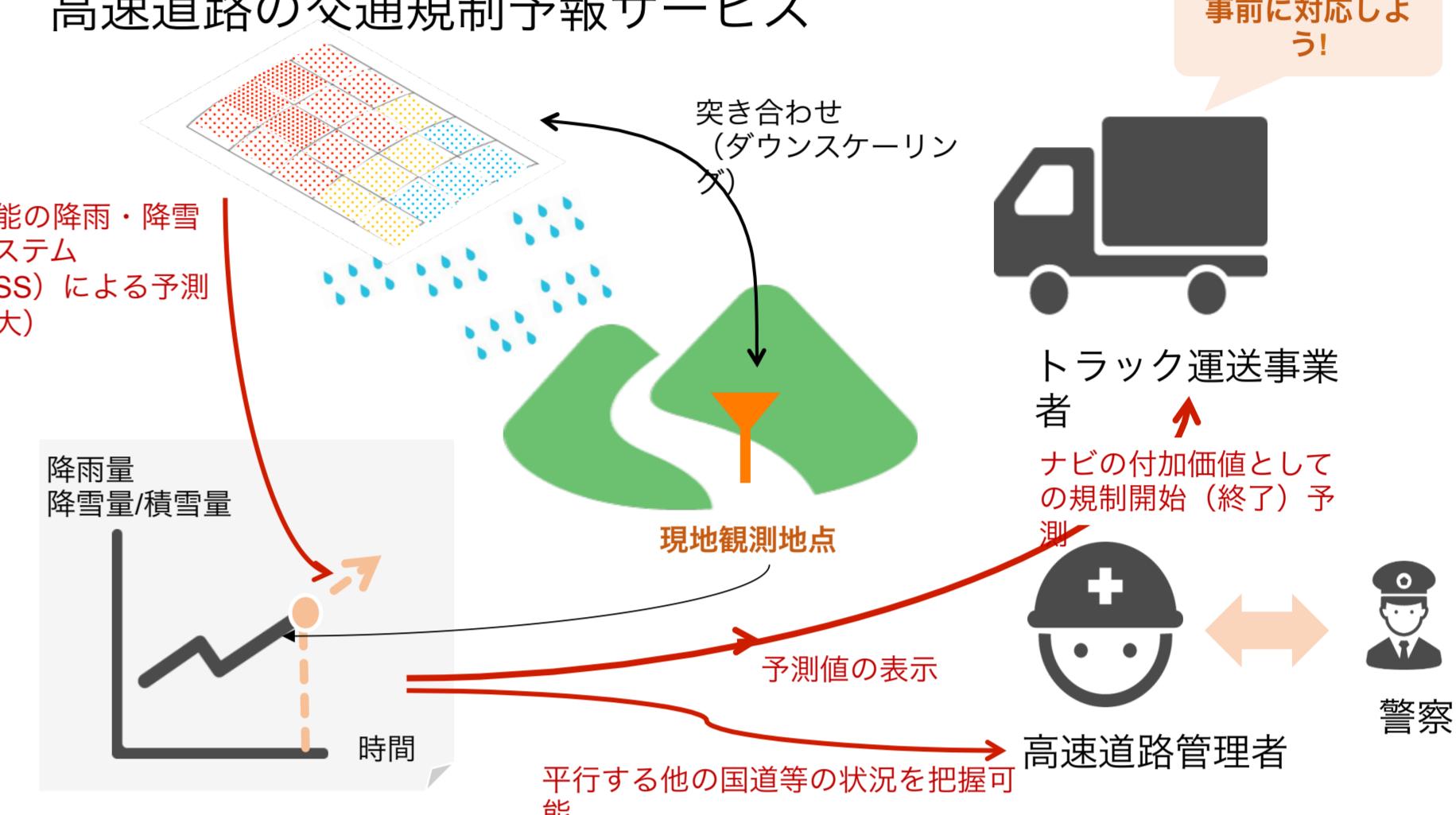
雨・雪による高速道路通行規制とそのインパクト



*株式会社ネクストメンバナス北海道HPより
「東北地方太平洋沖地震」による津波による被害
毎日新聞2016年1月27日 地方版



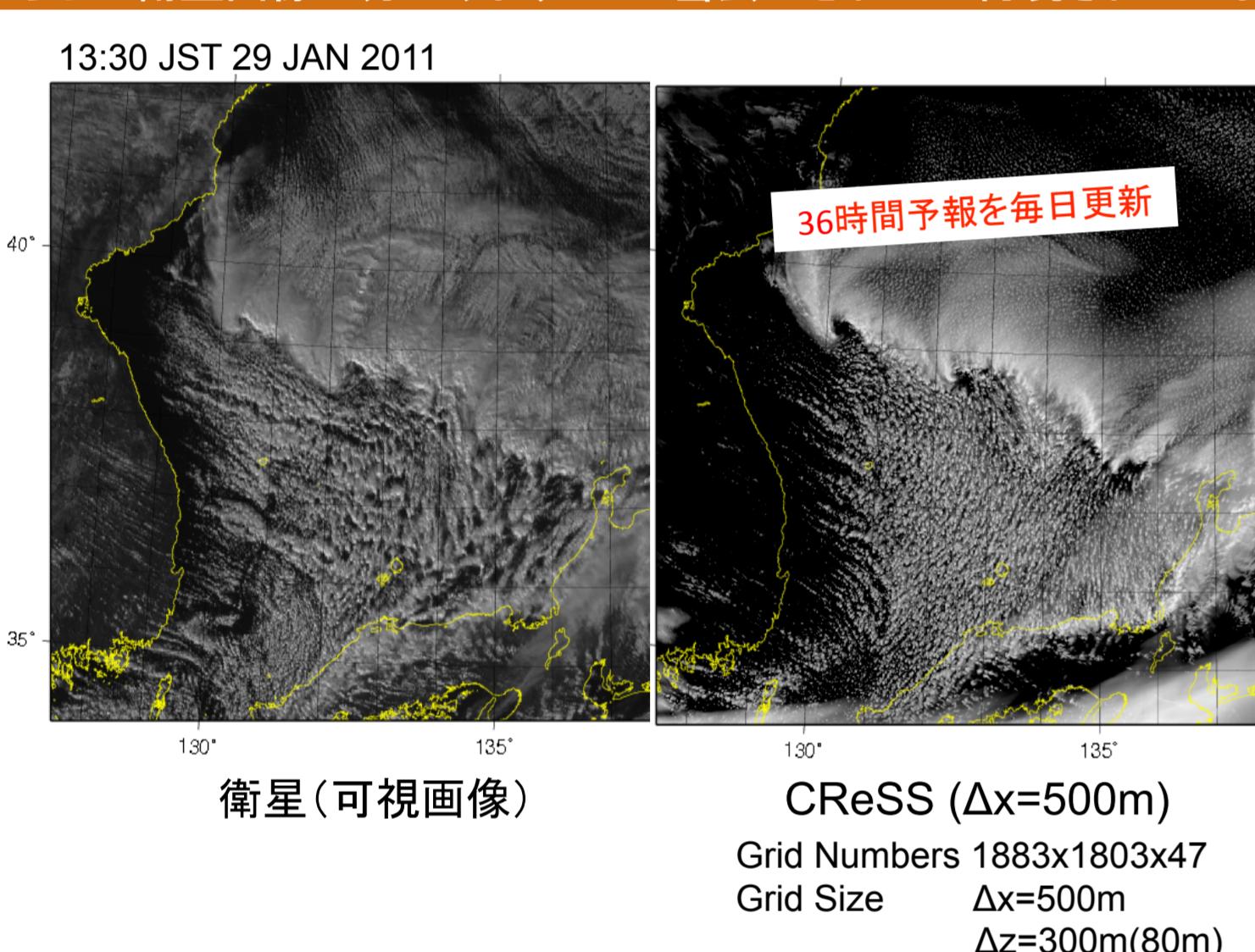
リアルタイム降雨・降雪モニタリングに基づく高速道路の交通規制予報サービス



課題の特徴（利用データ）

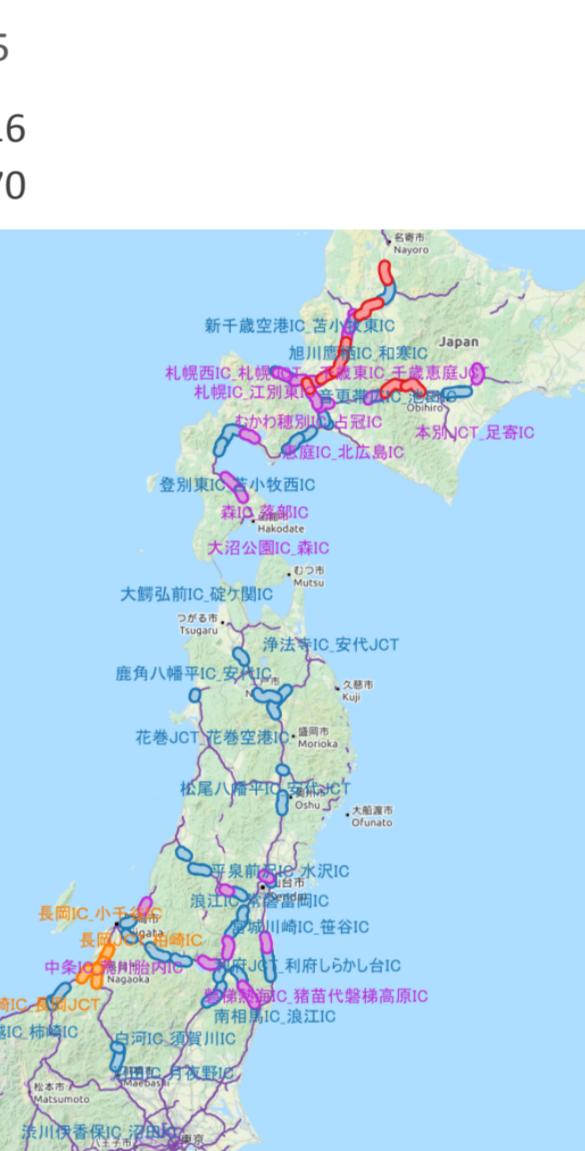
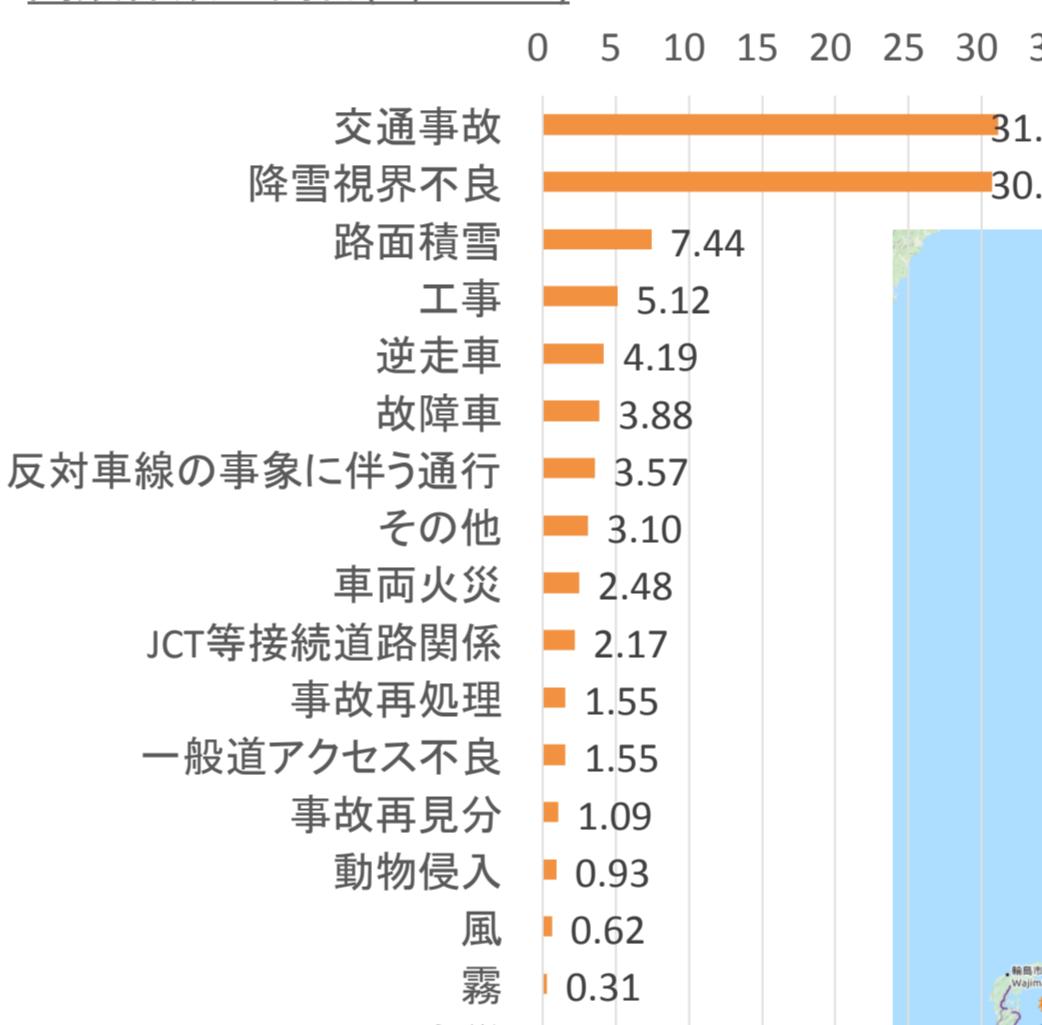
どちらが衛星画像か分かりますか？雪雲がきれいに再現されています。

気象庁現業モデルと、CReSSとの比較



雲解像モデルCReSS
(名古屋大学)

閉鎖件数の割合(% n=645)



高速道路区間リンクの分割とノードの配置



閉鎖事象の予測手法の概要

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（シミュレーション結果）とアメダス・IC上の気象データ（観測情報）との比較で検証
- 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。
 - 時系列分析とスパース多項式ロジスティック回帰による手法を提案
- 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。
 - この要因は、理論的に計算不可能

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

時系列分析

- 閉鎖発生時の前後一日の気象観測量の変化を分析
- 気象観測項目ごとに、以下のパターンがあることがわかった
 - 閉鎖発生時にピークがある → 降水量、風速、降雪
 - 閉鎖発生前に兆候がある → 気温
 - 閉鎖発生前に兆候がある、閉鎖発生後も継続 → 積雪深
 - パターン不明 → 日照時間

スパース多項式ロジスティック回帰 (SMLR) による推定

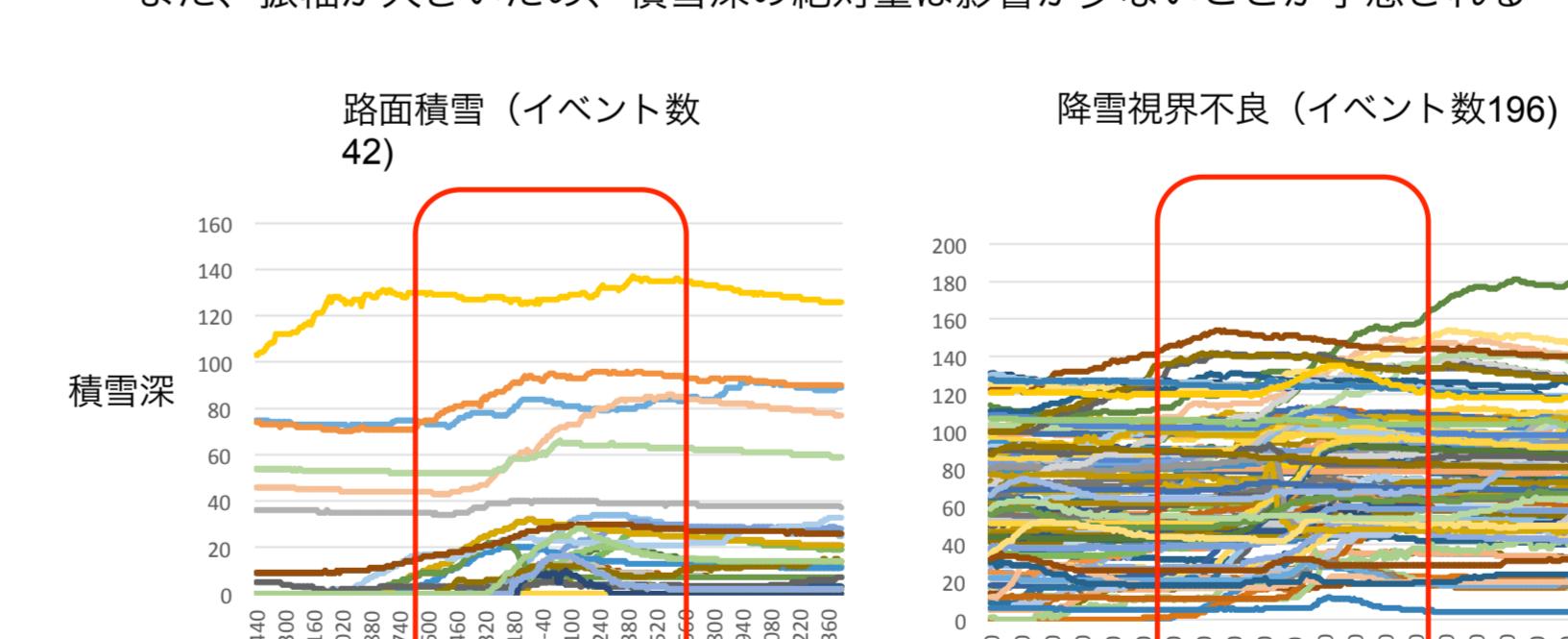
- 閉鎖事象の推定に有用なパラメータが明らかに
 - 閉鎖に最も影響を及ぼすパラメータは、積雪深。
 - その他のパラメータも、条件次第では有効。
 - 降水量・風速・降雪のピーク時に、閉鎖が発生する（判断がなされる）傾向がある
 - 気温が閉鎖直前に急低下する傾向があるなど
- 精度について
 - クロスバリデーションの結果、SMLRでは精度が割合程度
 - ただし、現実の事象に対してこれだけの精度が出るかどうかは、より詳細な検証が必要

予測手法

時系列分析による結果

閉鎖発生前に兆候が表れ、閉鎖発生後も継続

- 積雪深(cm)は、閉鎖発生前にから増加する傾向がみられ、閉鎖発生後も継続する
- 12時間前、3時間前あたりに急上昇のポイントがある
- また、振幅が大きいため、積雪深の絶対量は影響が少ないと予想される



時系列分析による
気象情報のパターン分析

スパース多項式ロジスティック回帰(L1正則化)による推定結果

時間、場所、降水量、風速、気温、日照時間、積雪深(降雪量)で計算

- サンプルデータをトレーニングセット: テストセット=7:3に分割して、クロスバリデーションによる推定

時間	場所	降水量	風速	気温	日照時間	積雪深(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	×	×	×	×	×	▲	計算不可

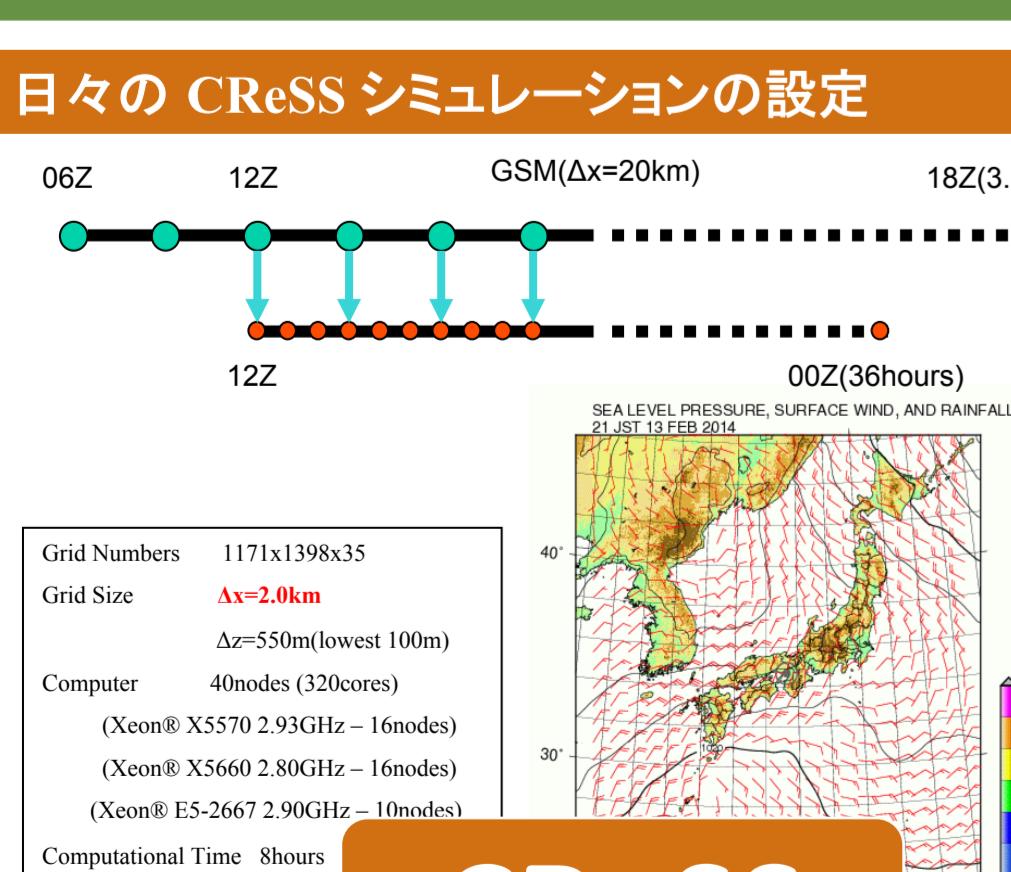
降雪視界不良閉鎖の推定に有効なパラメータと精度

時間	場所	降水量	風速	気温	日照時間	積雪深(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

スパース多項式ロジスティック回帰による閉鎖事象の推定

DIASの活用

日々のCReSSシミュレーションの設定



名古屋大学 宇宙地球環境研究所 坪木研究室が開発したCReSS(Cloud Resolving Storm Simulator)は、積乱雲とその組織化したメソスケールのストームの数値実験、および実際の激しい気象現象の予報実験を日々実施している。

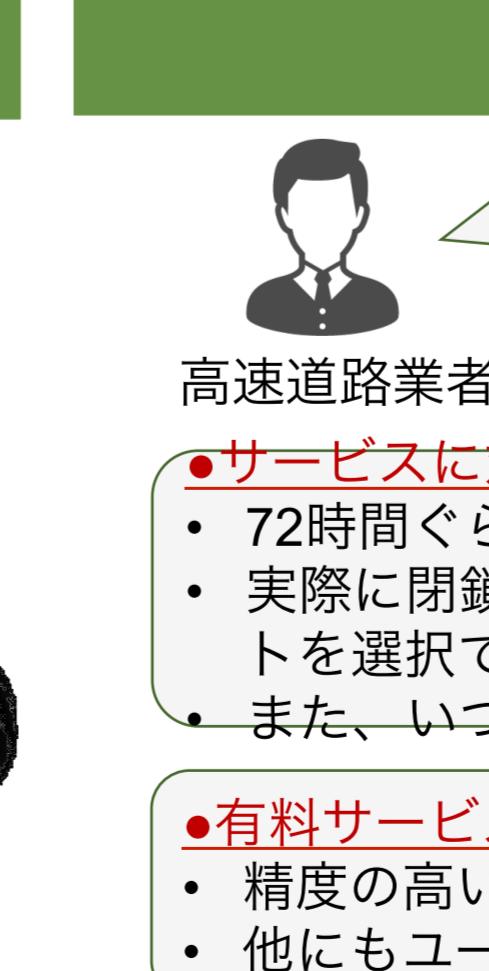
こうして、CReSSから生成される大規模な気象データをリアルタイムで取り込み、道路交通関連情報等と統合的に解析するための環境を構築するためには、定期的・安定的に運用されているDIASの大容量のデータ解析基盤が必要不可欠である。

そこで、DIASへのCReSS出力データのリアルタイムのアーカイブ手法について、地球環境情報プラットフォーム構築閣の開発者と共に検討。その結果、データ転送方法等の技術的な課題について、特別困難な問題ではなく、実現できる見通しが確認された。

出力可能な物理量

- + 10m 高度での x 成分の風
- + 10m 高度での y 成分の風
- + 1.5m 高度での気圧
- + 1.5m 高度での風速
- + 1.5m 高度での水蒸気混合比
- + 地表の熱フラックス
- + 地表の水蒸気混合比
- + 地表の風速
- + 地表面及び海表面温度
- + 脳熱
- + 潜熱
- + 太陽放射
- + 正味の下向短波放射
- + 下向きの長波放射
- + 上向きの長波放射
- + 下層の雲被覆率
- + 中層の雲被覆率
- + 上層の雲被覆率
- + 平均の雲被覆率

DIAS



高い関心

- 気象情報から閉鎖の可能性を事前に予測する手法については、大変興味深い
- 交通規制の情報を、ドライバーや関連企業に伝えるための支援をしてくれると思われる



サービスに対するニーズ

- 72時間くらい前に、閉鎖が起きる可能性を把握しておきたい。
- 実際に閉鎖が発生しそうなときは、早めに教えて欲しい。数時間前に分かれれば、ドライバーは迂回ルートを選択できる
- また、いつ解除になるかも教えて欲しい



有料サービスとしての利用可能性について

- 精度の高い予報であれば、有料サービスであっても利用する可能性は高い。
- 他にもユーチャーはあると思う。



サービスの運用について

- 興味深い。カーナビや道路交通情報を扱う部門と一緒に、サービスの可能性について検討したい
- 予測精度やシステム間の連携などが鍵になると思う