

災害につながる気象現象の その場検出の試み

スマートIoT推進フォーラム
テストベッド分科会
第5回データ分析・可視化タスクフォース
日時：2021年1月21日(木)
場所：Web会議

高知大学理工学部門
本田理恵

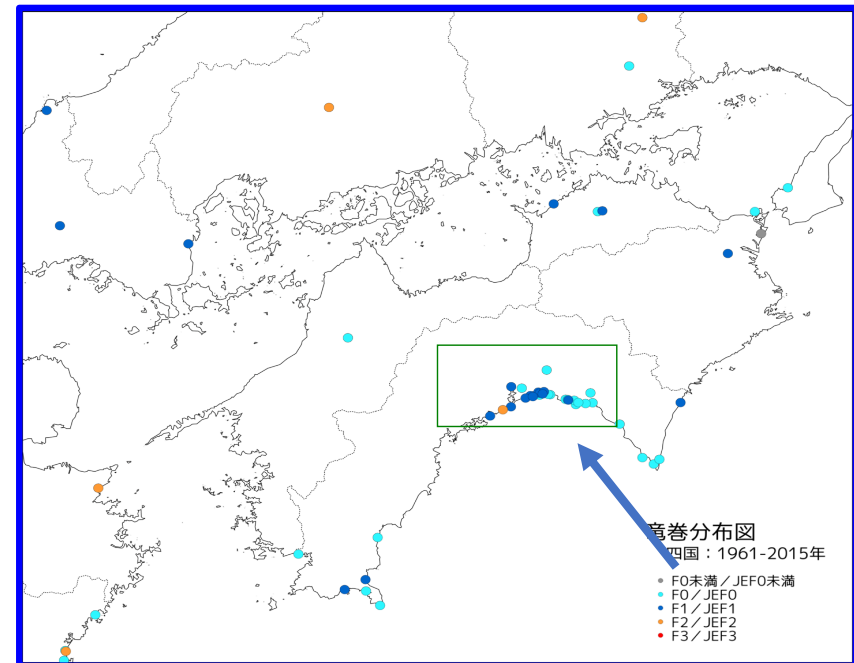
本日の内容



- 災害につながる気象現象についての研究事例紹介
 - フェーズドアレイ気象レーダからの降水コア検出
(NICT共同研究, 統計学的モデリング)
 - 気象監視カメラからの竜巻の抽出、追跡
(高知大学地球環境防災学科佐々教授との共同研究,
深層学習)
- その他の研究事例紹介

竜巻（漏斗雲）の検出

- 竜巻→甚大被害 => 現象の理解と予測の必要性
 - 高知県では多数の海上竜巻が観測（全国3位）
 - 土佐湾から高知平野に上陸
 - 竜巻の観測はおもに人による報告に基づく
 - 人家のないところでは報告が上がらない
 - 正確な発生頻度や条件を把握する必要あり
 - 直前予測、アラートにも有用
 - 高知大学（佐々研究室）では土佐湾沿岸に竜巻監視用の監視カメラネットワーク（6基）を展開
 - カメラ画像からの漏斗雲自動抽出を検討



竜巻等の突風データベース（気象庁）

竜巻（漏斗雲）の検出



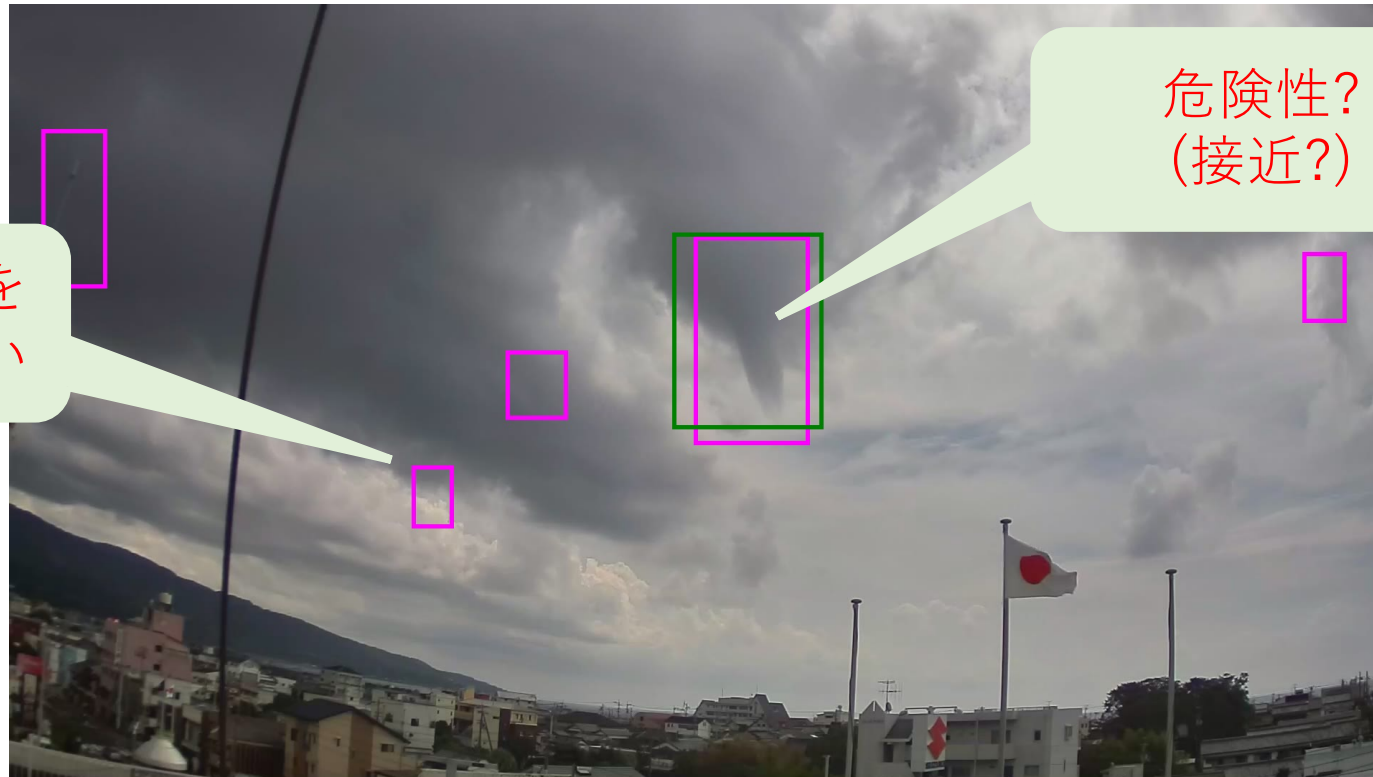
• 目的

- マルチサイトの監視カメラ画像からの漏斗雲自動検出、とアーカイブ、アラート
 - 漏斗雲の形状は時間とともに変化、また移動
 - 遠方にある微細なものから画面を覆う大きなものまで
 - このような特徴のある漏斗雲を確実に抽出、追跡

• 手法

- 深層学習Yolo (Redmon, 2016など) をベースに
 - 遠方の微細な構造をいち早く発見し継続的に抽出継続するための組み合わせ手法（階層化、冗長化）を検討
 - また、時間をまたいだ同一のオブジェクトの判定法（事後処理）を検討

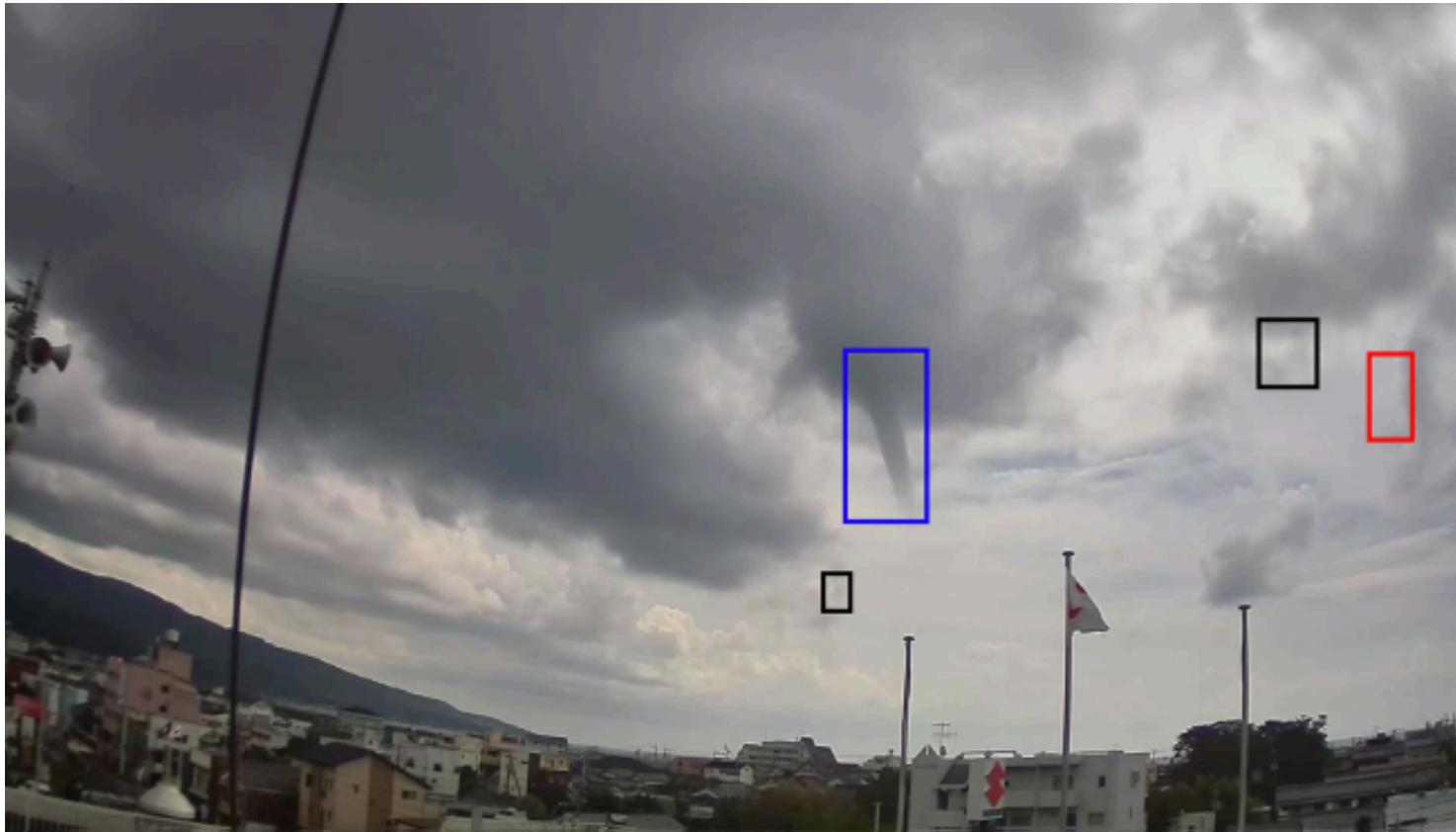
竜巻（漏斗雲） 検出特有の問題と 同一性判定の導入



□ 正解(視認) □ 推測(YOLO)

- 同一性判定が必要
 - 隣り合うフレームでオーバーラップ率が高いものは同一
 - 短期の見過ごしは可とする（猶予期間を設ける）
 - 継続時間の短いものは、ノイズと判定

漏斗雲の追跡 (YOLO v1+階層化+同一性判定) の実装結果



黒以外の同色の枠: 同一オブジェクト
黒枠: 削除された解

- 概ね同一性の判定に成功
- 精度 (0.46 → 0.71), 再現率 (0.85 → 0.77)
- 領域拡大による危険性判定ができるように
- Tiny YOLO v3についても同様の傾向

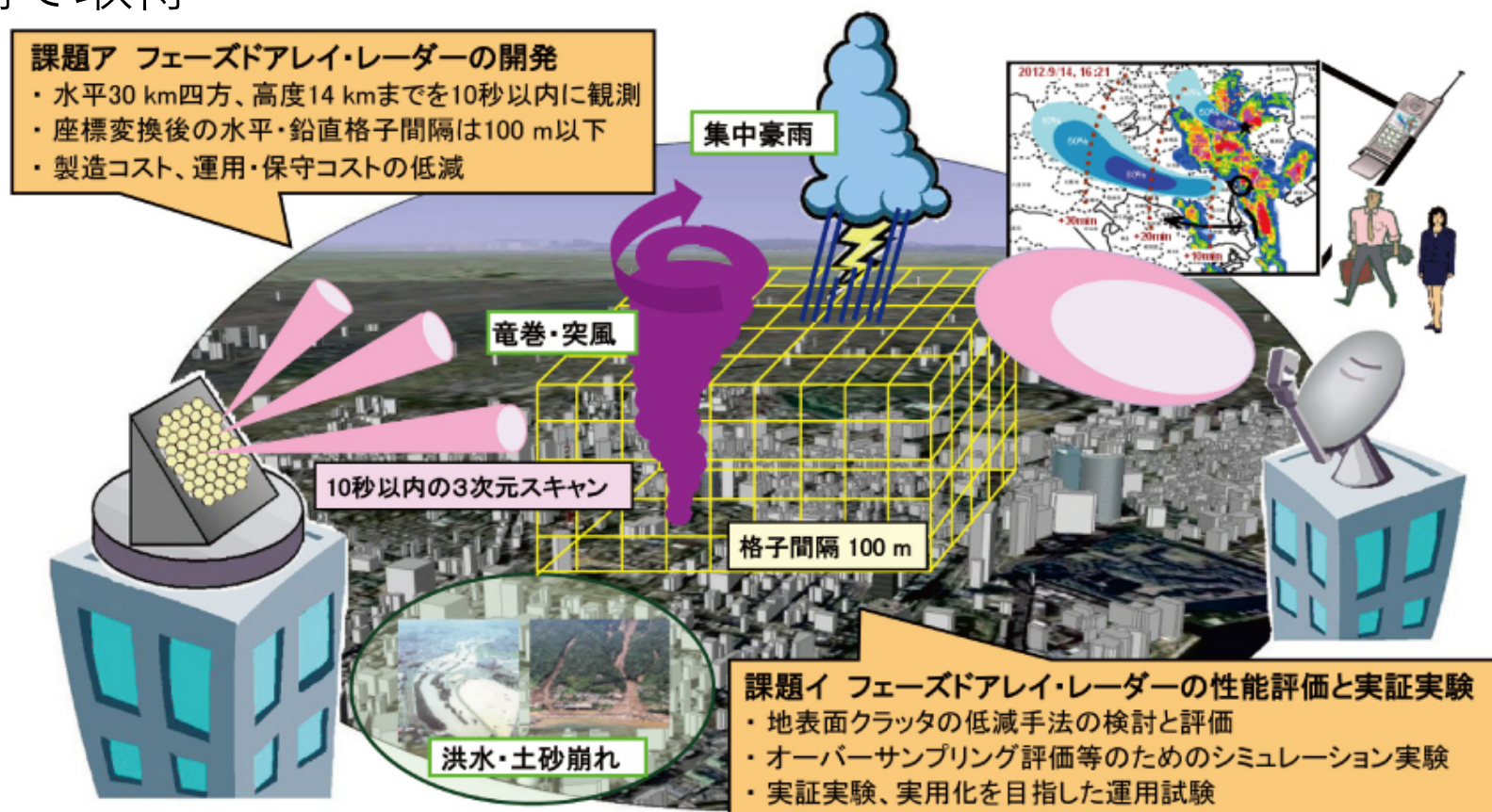
竜巻アラートシステム プロトタイプシステムのデモ



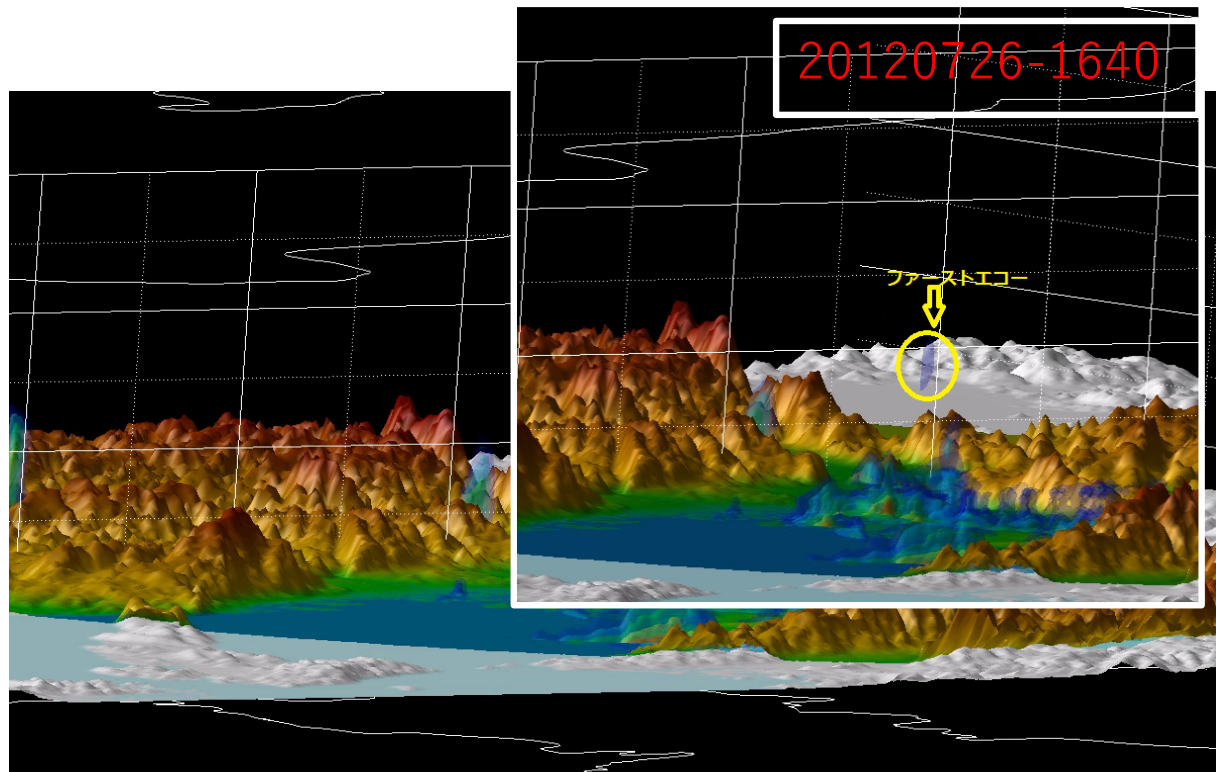
- ・ 簡易的なリアルタイム表示システムは実現 (5, 60sec)
- ・ 追加機能、ネットワーク、サーバの負荷などの考慮が必要

フェーズドアレイ 気象レーダーデータ

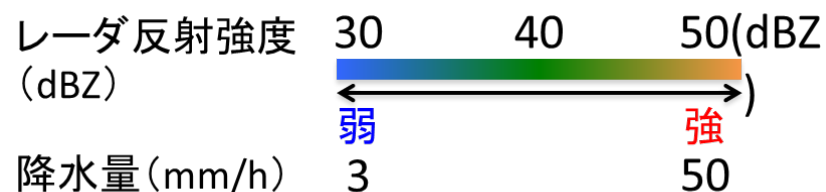
- 2012年5月、大阪大学吹田キャンパスに設置.
- 豪雨や竜巻をもたらす雨雲の詳細な3次元構造を10～30秒間隔で取得



フェーズドレイ3Dレーダからの 降水コア抽出



2012年7月26日に発生した局地的大雨
(NICT, <http://pawr.nict.go.jp/topics/explanation/kyokutiteki.html>)



- 理研ではデータ同化による予測の研究（三好ほか他、大きな成果）
- スマートフォンアプリなども開発
- その場観測としては、**豪雨の卵（ファーストエコー）**をとらえることができれば、豪雨発生の直前検知、アラートに役立てられる
- -> 塊の自動抽出と追跡（当研究室の取り組み）

フェーズドアレイ3Dレーダからの 降水コア抽出



- 目的

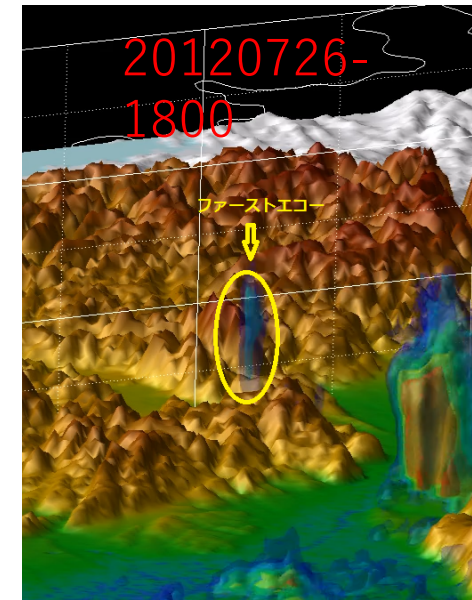
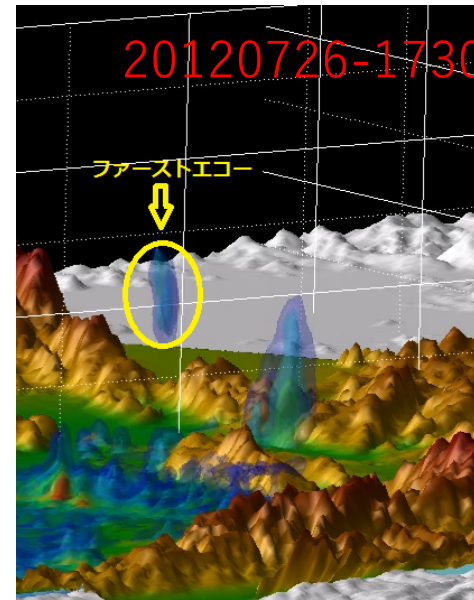
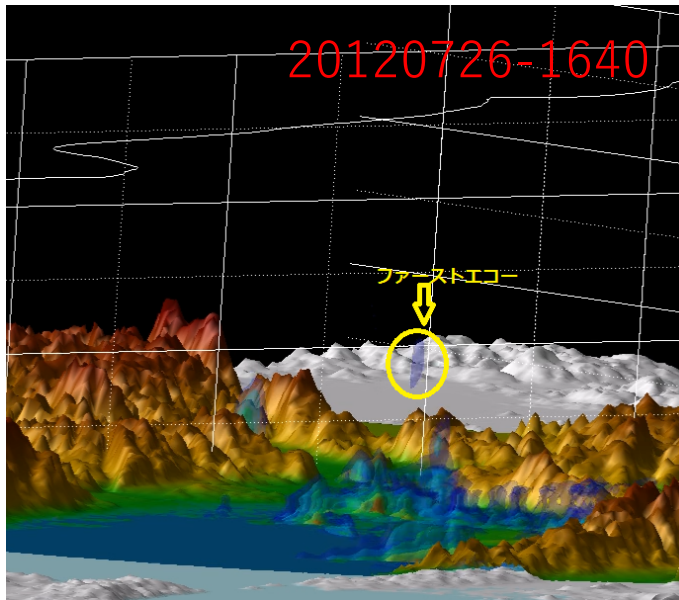
- フェーズドアレイ気象レーダから雨雲の塊の自動抽出・追跡による豪雨の直前予測への活用

- 手法

- 多変量正規分布の混合分布によるモデリング
- 0, 1のデータではなく、レーダ強度のようなグリッドデータの値を重みとして取り入れる
- Greedy EM法を用いて、時間をまたいで同じ成分に同じラベルをつけたり、分岐したものが識別できるように改良

フェーズドアレイ3Dレーダからの 降水コア抽出- ターゲット事例-

2012年7月26日，大阪地方の局地的大雨
(NICT, <http://pawr.nict.go.jp/suita/topics/explanation/kyokutiteki.html>)



- 約30分おきに豪雨が繰り返し発生
 - 16時40分頃：京都府八幡市および城陽市
 - 17時半頃：大阪府枚方市、京都府京田辺市から精華町
 - 18時頃：京都府亀岡市南部
- 直前に高度5 km付近に「豪雨のタマゴ」とも呼ばれるファーストエコーが発生し、強い雨が30分程度継続

リアルデータによる実験 -結果-



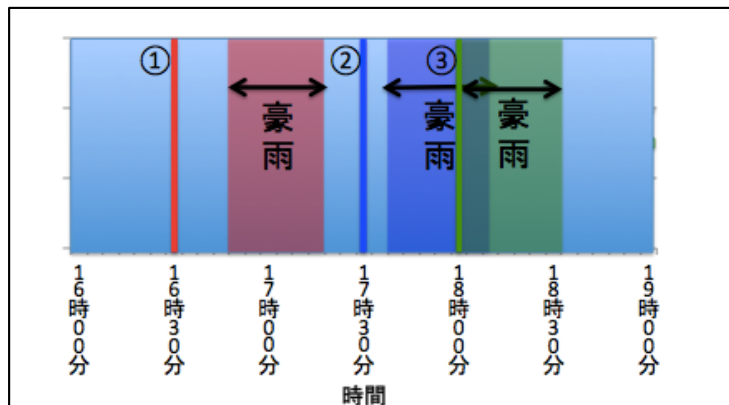
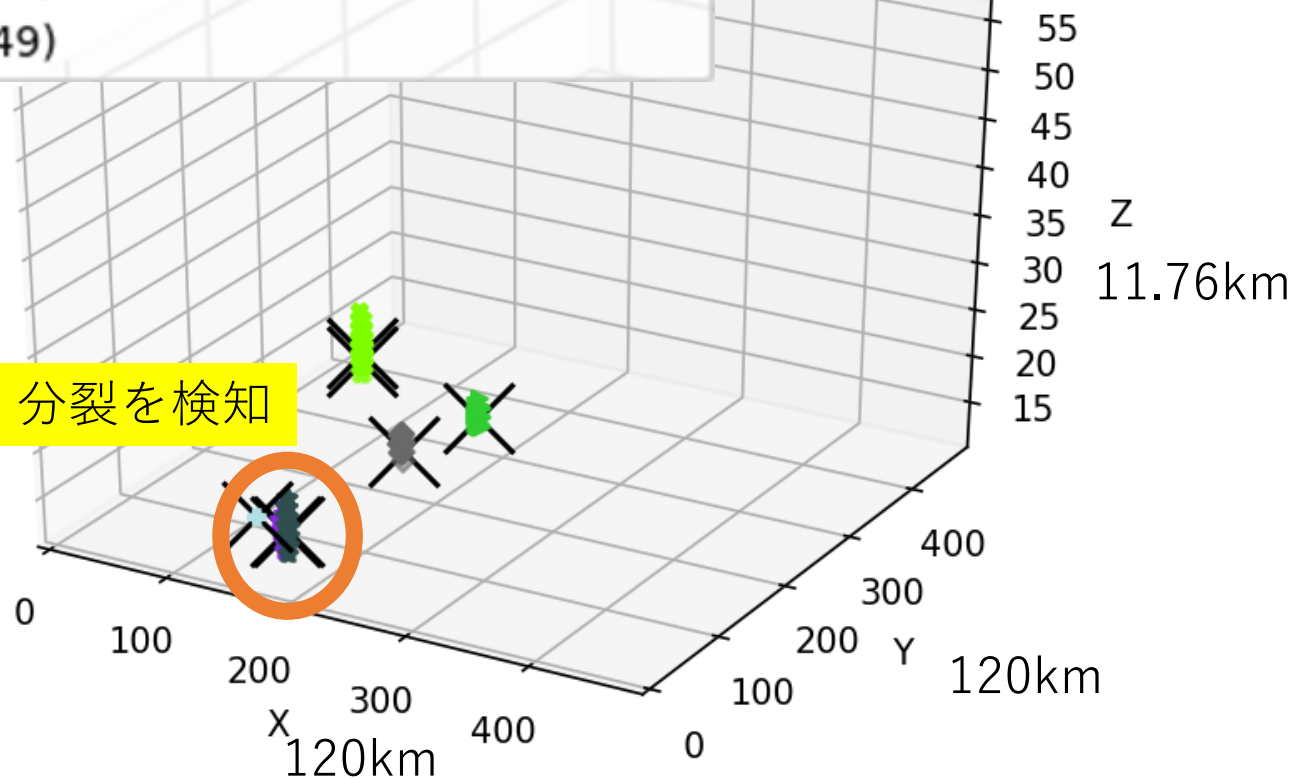
閾値 35dbZ

各点には負担率
最大の成分の
ID(色)を付与

- ◆ cluster_((1)+(15)+(32)+(34)+((18)+(25)))
- ★ cluster_((43)-1)
- ☆ cluster_(43)
- ✖ cluster_(46)
- ▶ cluster_(47)
- ⊕ cluster_(49)

解候補の作成：5回
EM繰り返し数：100回

16:25



リアルデータによる実験 -結果-



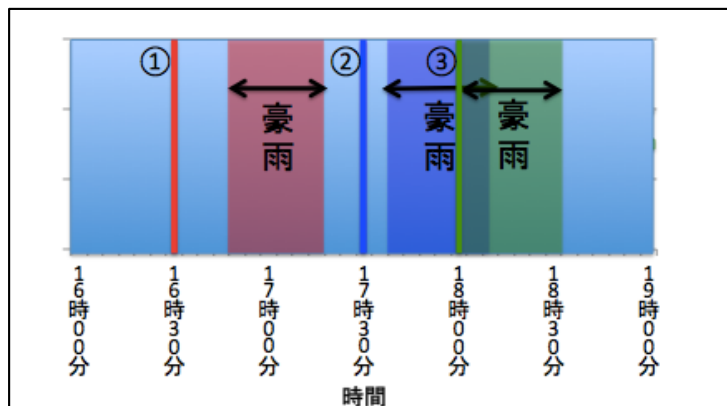
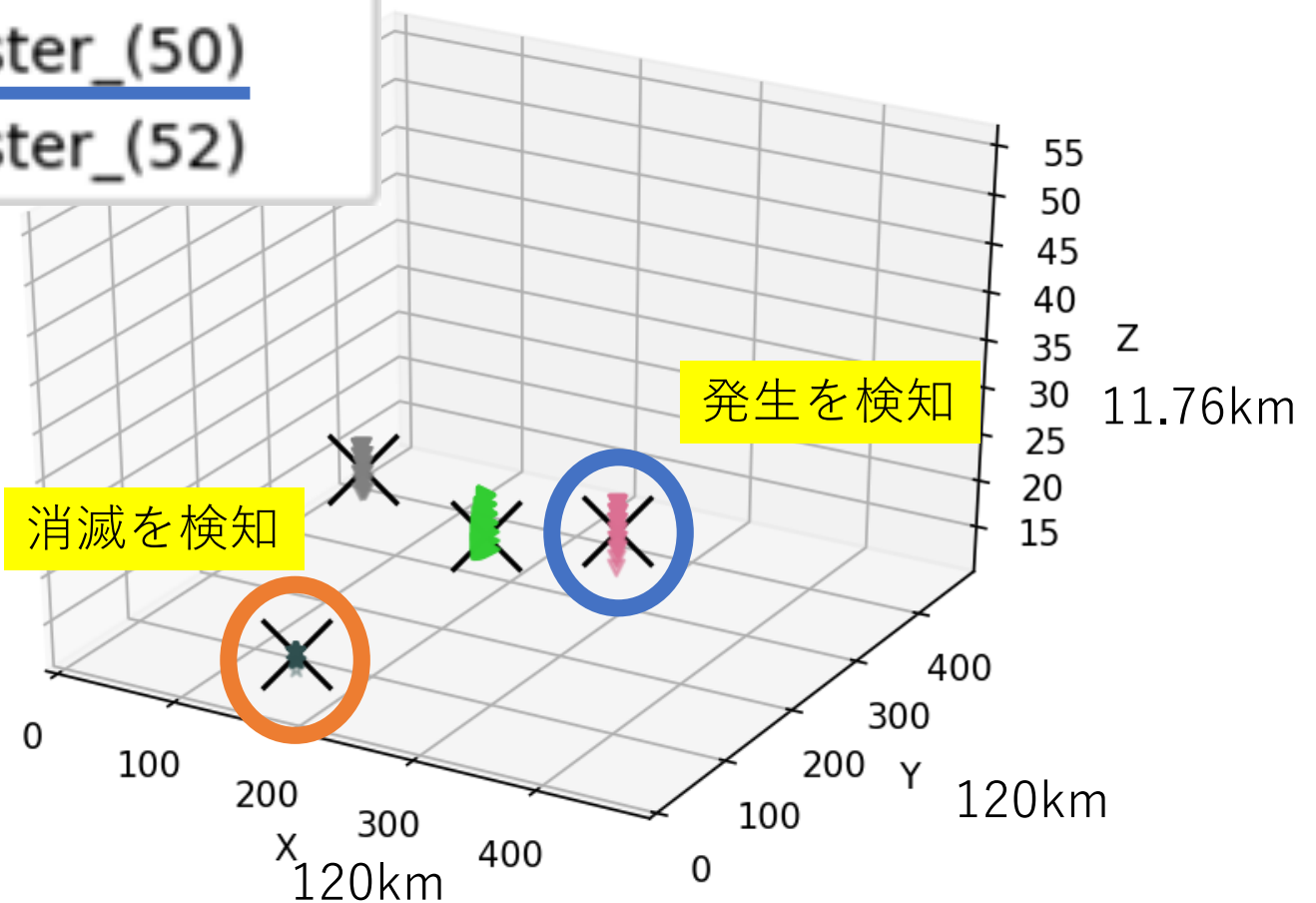
閾値 35dbZ

各点には負担率
最大の成分の
ID(色)を付与

- ★ cluster_((43)-1)
- ▶ cluster_(47)
- ▼ cluster_(50)
- ▼ cluster_(52)

解候補の作成：5回
EM繰り返し数：100回

16:30



フェーズドアレイ気象レーダー -今後の課題-



- イベント判定手法などのさらなる改良
 - オブジェクトの広がりなどの考慮
 - データの時間間隔の変更
- 高速化
 - 481x481x45の時系列（5分間隔）で1データあたり20分の計算時間
- 可視化，データベース化
 - 特定オブジェクトの可視化，ラベルの樹形図
- 特徴的な動きをするオブジェクトの学習や検出

まとめ

- 災害につながる気象現象を主軸として研究事例を紹介
 - 竜巻抽出
 - フェーズドアレイ気象レーダデータからの降水コア抽出
- 課題
 - アルゴリズムの開発・研究・プロトタイプシステム構築は研究室での実施で実用レベルの少し手前までたどり着くがエッジ展開でつまづくことが多い
 - 可視化システム、データ収集システム、エッジでの実装などを小規模な研究室で実施するには負担が大
 - ポテンシャルユーザへの宣伝やアクセスも課題
 - マンパワーリソース（院生）に揺らぎ
 - 共同研究で得意分野を組み合わせられる共通の興味のある課題があると良い

参考文献・研究費



• 参考文献

- 藤井祐貴, 本田理恵, 佐々浩司, 村田健史, 村永和哉, 有岡無敵, 棚瀬旺和, 気象監視カメラを用いた災害監視システムの構築ー深層学習による漏斗雲の自動抽出と追跡ー, DEIM Forum 2020, J8-4, 1-7, 2020
- 林諒, 本田理恵, 佐藤晋介, 村田健史, 村永和哉, 鵜川健太郎, 佐々浩司, 村田文絵, 時空間オブジェクトの混合分布によるモデリングと追跡ーgreedyEM法に基づくイベントを考慮した追跡手法の検討ー, DEIM Forum 2019, A8-4, 1-7, 2019

• 研究費

- 科研費17K00158 および18H01682 の補助により実施