

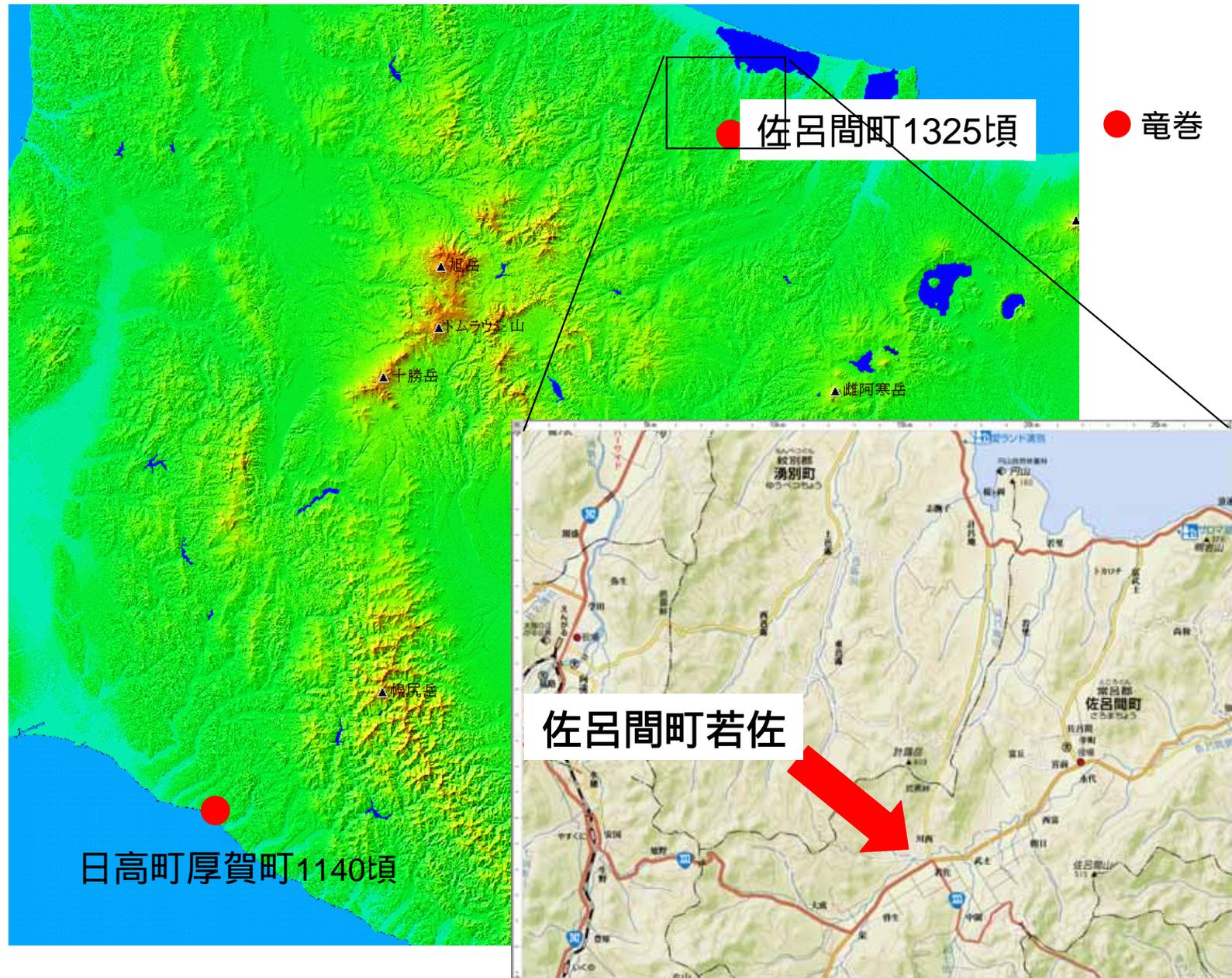
2006年11月7日佐呂間町の 竜巻の現地調査報告と 今後の観測的研究の課題

気象庁気象研究所
気象衛星・観測システム研究部
鈴木 修

報告の概要

- **11月7日の佐呂間町の竜巻の現地調査報告**
 - 現地調査の目的
 - 調査結果
- **気象的な特徴**
- **今後の観測的研究の課題について**

11/7の佐呂間町等の竜巻の位置及び時刻



被害の概要

(1) 人的被害

被災地	人的被害(人)		
	死者	重傷	軽傷
佐呂間町	9	6	23
	38		

北海道調べ(平成18年11月21日現在)

(2) 家屋被害等

被災地	家屋被害(棟)			非住家被害(棟)		
	全壊	半壊	一部損壊	全壊	半壊	一部損壊
佐呂間町	7	7	24	35	4	24
	38			63		

北海道調べ(平成18年11月21日現在)

(3) 電力関係

被災地	停電時刻	停電戸数(戸)
佐呂間町	11/7 13時25分~20時56分	631

北海道電力(株)北見支店調べ(11月22日現在)

(4) 電話関係1

被災地	故障件数(回線)
佐呂間町	140

佐呂間町調べ(平成18年11月22日現在)

(5) 被災総額

569,728千円

佐呂間町調べ(平成18年11月22日現在)

現地調査

現地調査の目的とその必要性

● 現地調査の目的

- 発生した気象現象を科学的に明らかにするため
- 防災の観点から被害についての知見を得るため
- 調査の結果を学術的・社会的に公表するための基礎資料を得るため

● 現地調査の必要性

- 対象とする現象は、被害をもたらす激しいものであるにも関わらず、局地的かつ突発的であるため、直接観測によるデータが得られることは稀である
- リモートセンシングや地上気象観測網では、分解能不足や観測不能域の関係から、対象とする現象を把握できないことが多い
- 被害調査は、現象の様子、風向風速などの定性的情報、発生時刻、時間変化、映像(、直接観測のデータ)などの各種の情報を得るための事実上ほぼ唯一の手段である

 **現象の実態を知るには、通常観測データでは不足、現地調査が必須**

現地調査から得られること

突風現象についての以下の情報またはその手がかり

- ・ 現象特定（竜巻、ダウンバースト、それ以外の突風か）
- ・ 発生時刻の特定（発生していた時間帯は）
- ・ 被害域の特定（どこで、また、形状は）
- ・ 被害の状況の調査（範囲は、また、被害程度は）
- ・ 突風の強さの推定（風速は、または、藤田スケールは）
- ・ 現象解明のための資料収集（写真、気象観測データ）
- ・ その他の突風の特徴の調査（飛散物、その他）

被害の様子



家屋被害



非住家や車両等被害



植物被害



車両等被害

被害の南端部及び北端部

(株)シン技術コンサル撮影



飛散していた冷蔵庫



破損した案内板



めくれた屋根、割れた窓



屋根が剥離した若佐コミュニティセンター

トンネル工事事務所付近の被害写真



横転した重機



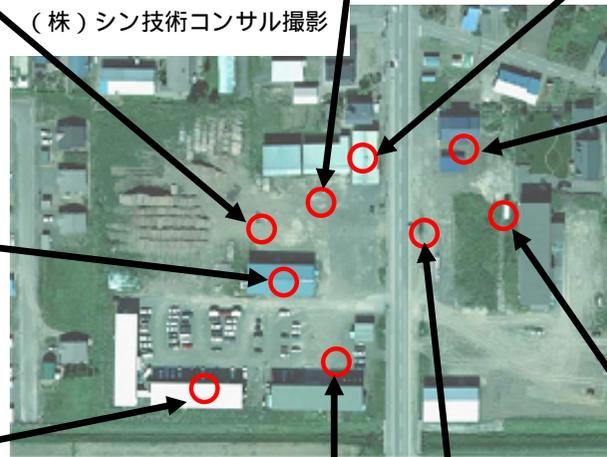
仰向けになったトラック



損壊した事務所



倉庫跡 鉄骨が曲がっている



(株)シン技術コンサル撮影



損壊した食堂 手前にあった物置は全壊し、片付けられている



トンネル工事事務所（プレハブ）跡
人命救助のため瓦礫は移動した後



千切れた/曲がった4本の掲揚ポール



倒壊した道路標識



横転したトラック

工事現場車両損壊状況図

(藤田スケール判定のために精査)



住宅地の被害



屋根が飛び、壁に木がささっている住家



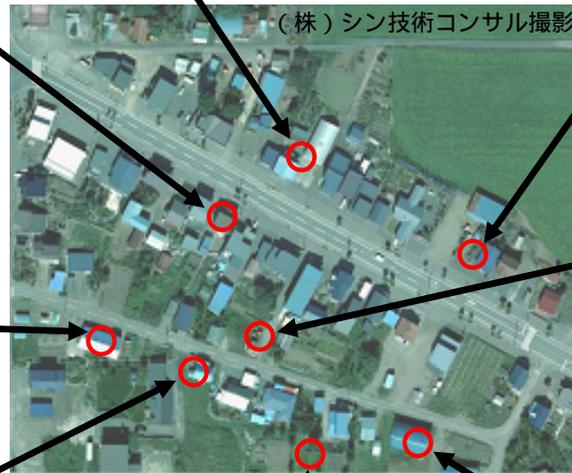
倒壊した住家跡



屋根が飛んだ住家



屋根及び壁が飛んだ倉庫



屋根が飛んだ住家兼寺務所



屋根が飛び傾いた空家
重機が横転している



倒木跡



入り口シャッターが飛ばされた
農耕具用倉庫

被害域と竜巻の移動方向



- ・被害域の長さは1.3～1.4km、幅は約300m
- ・竜巻はほぼ南南西から北北東へ移動

航空写真は(株)シン技術コンサル提供

網走地方気象台との合同調査

F3と推定した被害状況

別:



図1. 被災後の上空写真



写真1. 倒壊した住家跡



写真2 工事現場周辺の上空写真(は飛散した工事事務所跡)

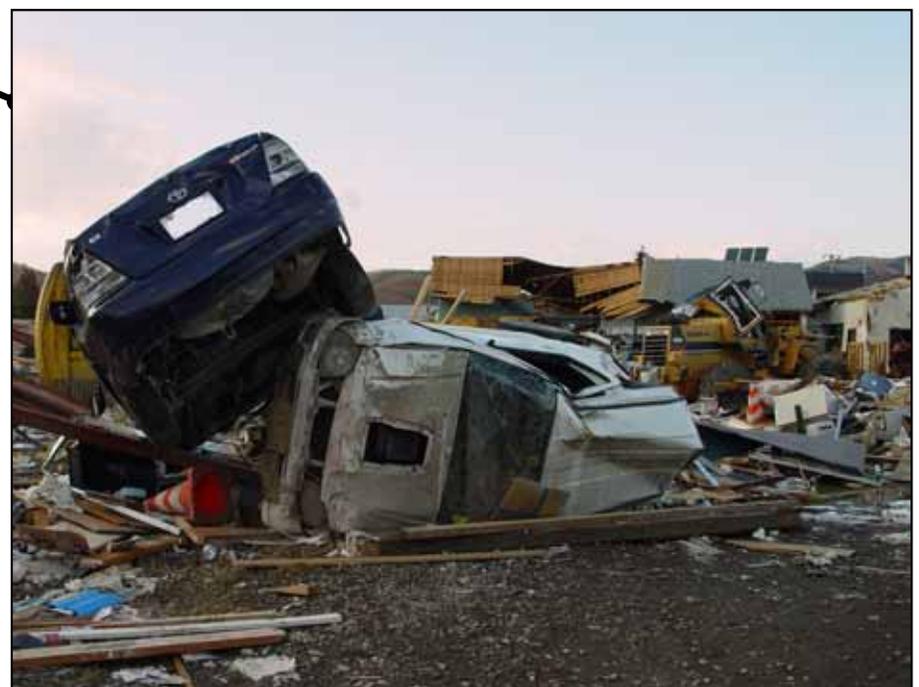
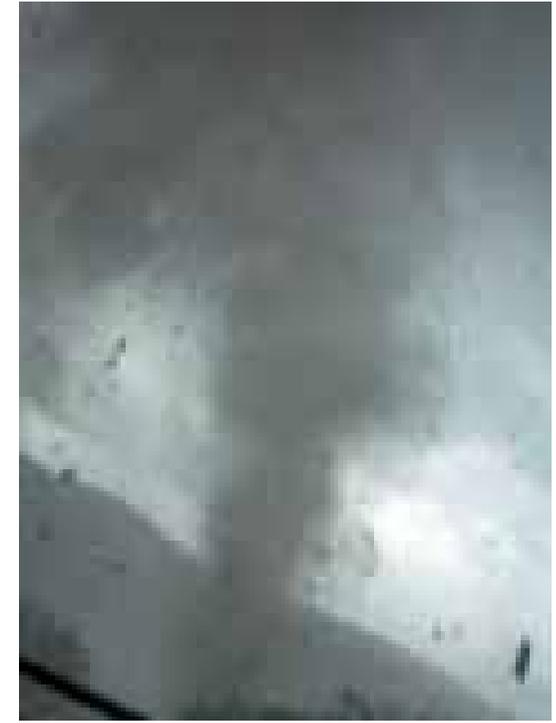


写真3 他の乗用車に乗り上げた青い乗用車

竜巻映像の解析



撮影:上湧別町Tさん

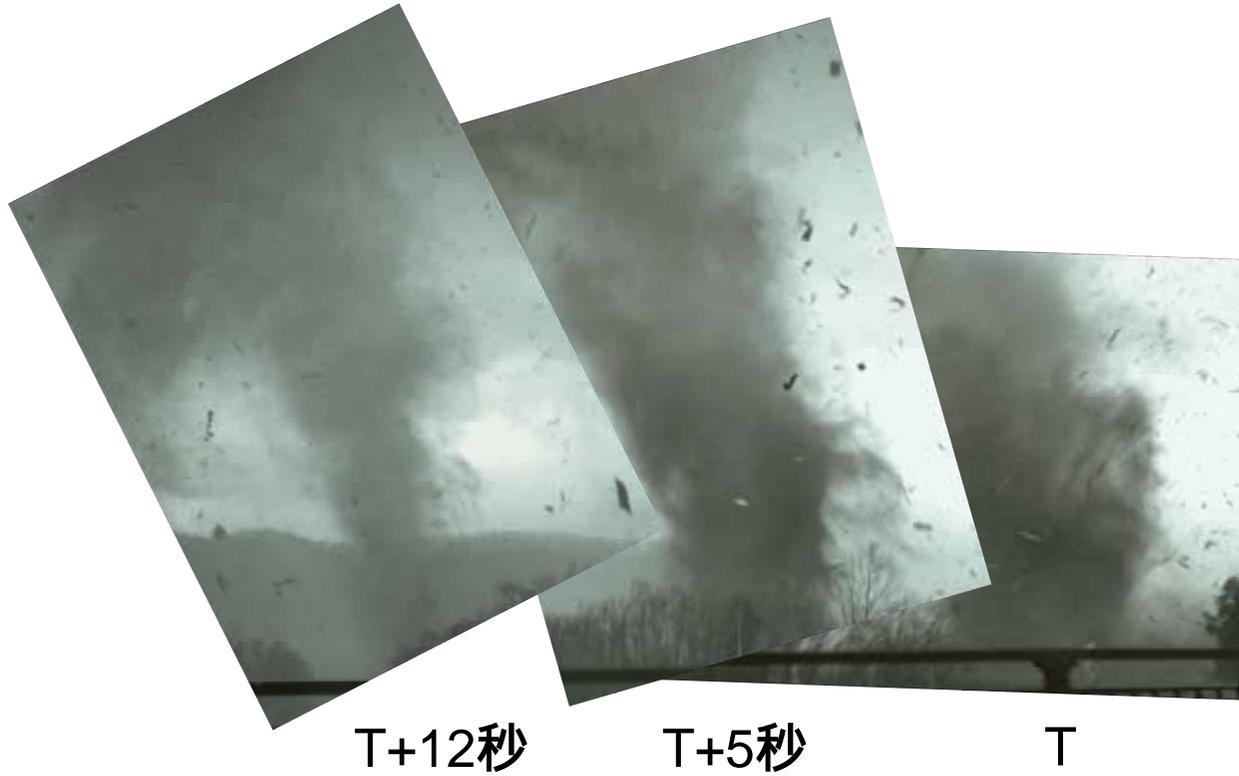
撮影時刻 13時24分52秒

撮影時刻 13時24分57秒

撮影時刻 13時25分04秒

時計はやや進んでいたと見られるため、補正が必要

竜巻の位置の同定



竜巻映像の入手



撮影時刻 13時23分26秒
補正時刻 13時23分26秒



撮影時刻 13時23分32秒
補正時刻 13時23分32秒

撮影:北見市Kさん

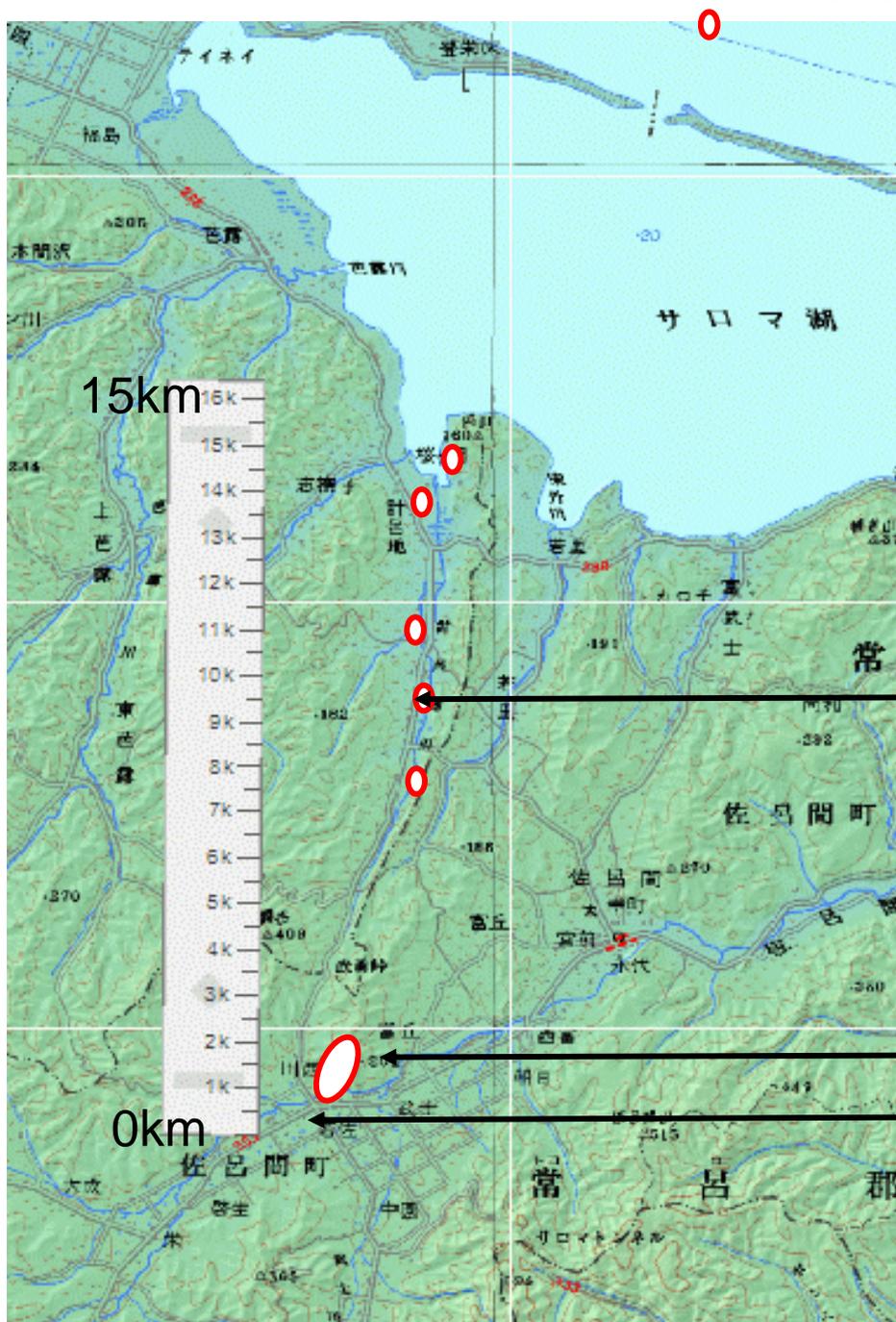
写真による竜巻経路・時刻の推定



デジカメによる時刻記録の解析とそれを用いた竜巻の移動解析

- ・写真の撮影時刻と竜巻の推定位置から、距離約250mを12秒間で移動したとみられることから、この付近での竜巻の移動速度はおよそ21m/s(=76km/h)であった。
- ・この移動速度を仮定すると竜巻は1分程度で被害域を通過したと推定できる。

遠方で発見された飛散物の分布



トタンなど



トタンなど

被災地

確認できたもので15km、目撃証言では約25km北まで。

確認された飛散物

湧別町計呂地で確認された飛散物



長尺トタン



ルーフィング(屋根下地材)



トンネル工事の報告書



飛散物(断熱材や紙など)

確認された飛散物

湧別町計呂地で確認された飛散物



土地の所有者により回収された飛散物
(ダンボール・断熱材・ソリ・腕章などトンネル工事事務所からの飛散物が多くあった。)

畳(発泡スチロール入)



断熱材



トンネル工事説明図と
キャビネットのドア



合板(コンクリートパネル)

現地調査から判ったこと

1. 突風の原因

佐呂間町の突風は、7日13時20分頃から13時30分頃にかけて、南南西から北北東に向かって進んだ竜巻によるものと判断される。

2. 突風現象の特徴

- ア. 目撃証言や携帯電話のカメラ、デジタルカメラ等により撮影された映像によって竜巻を示す漏斗雲や飛散物などが柱状になり回転している状況が確認された。
- イ. 被害の形状が竜巻の被害の特徴である細長い帯状であった。
- ウ. 目撃証言と映像などから、この漏斗雲等が被害域から北北東に向かって移動していたことが確認された。
- エ. 被害から推定した風向は、ウ項の帯状の被害域に対し収束する風向分布が見られた。これは、竜巻の回転性の風向分布に対応する。
- オ. 竜巻は映像の解析から、約80km/hの速度で移動したと推定される。
- カ. 被害域からの飛散物が、遠方まで運ばれた。飛散物は標高差では被害域より100m以上高い位置で、また、水平距離では北に約15 km離れた地点まで確認された。これは、竜巻に伴う上方への強い気流の存在を示唆する。

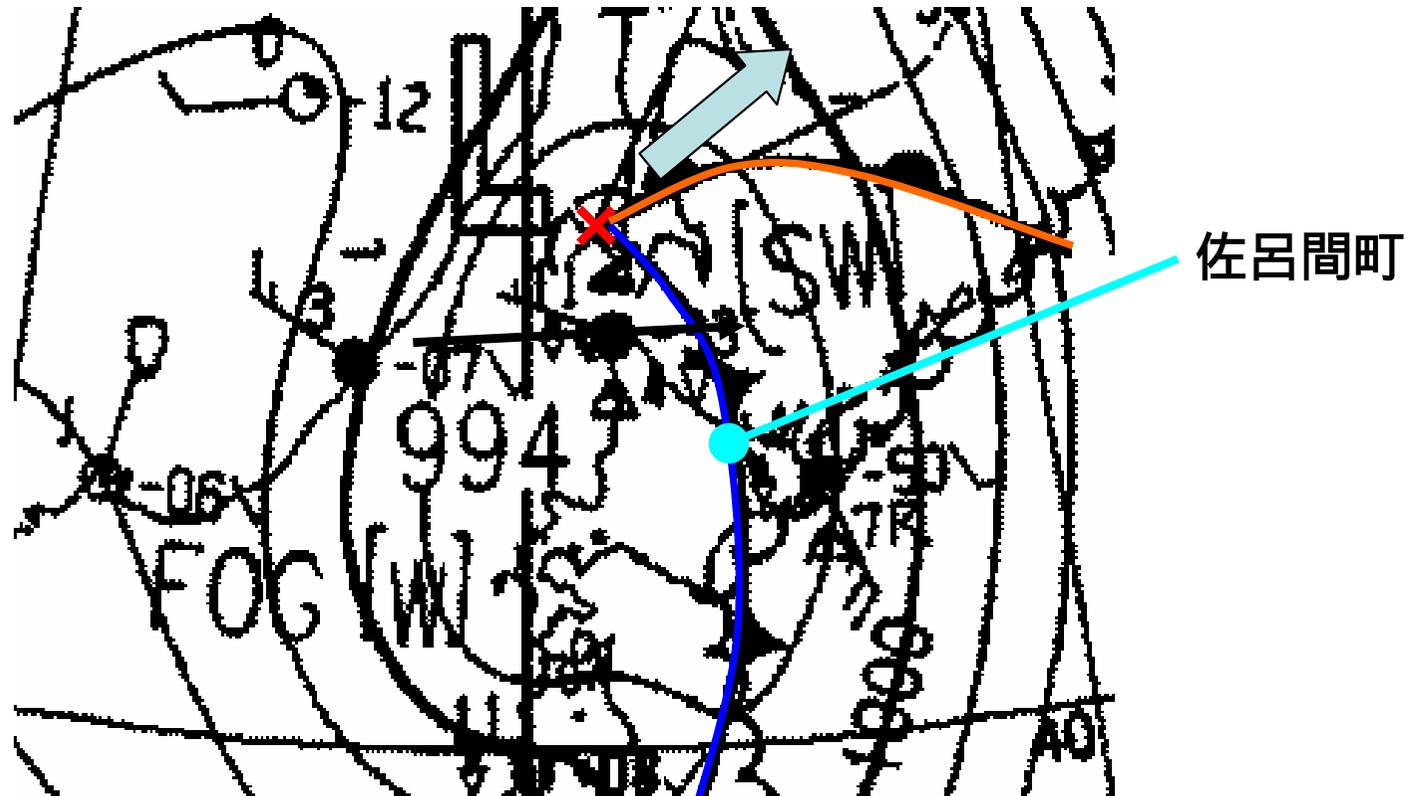
3. 竜巻の強さ

佐呂間町では、住家1軒(木造2階建)が原形をとどめず倒壊し、非住家(工事事務所)が飛散し瓦礫状態となった、車が持ち上げられて飛ばされた可能性のある被害が認められたことから、F3と推定した。

気象的なこと

- ・発生位置や時刻、竜巻の移動方向等の特徴は、
現地調査の結果を利用している。

11月7日15時の地上天気図(発生1時間半後)

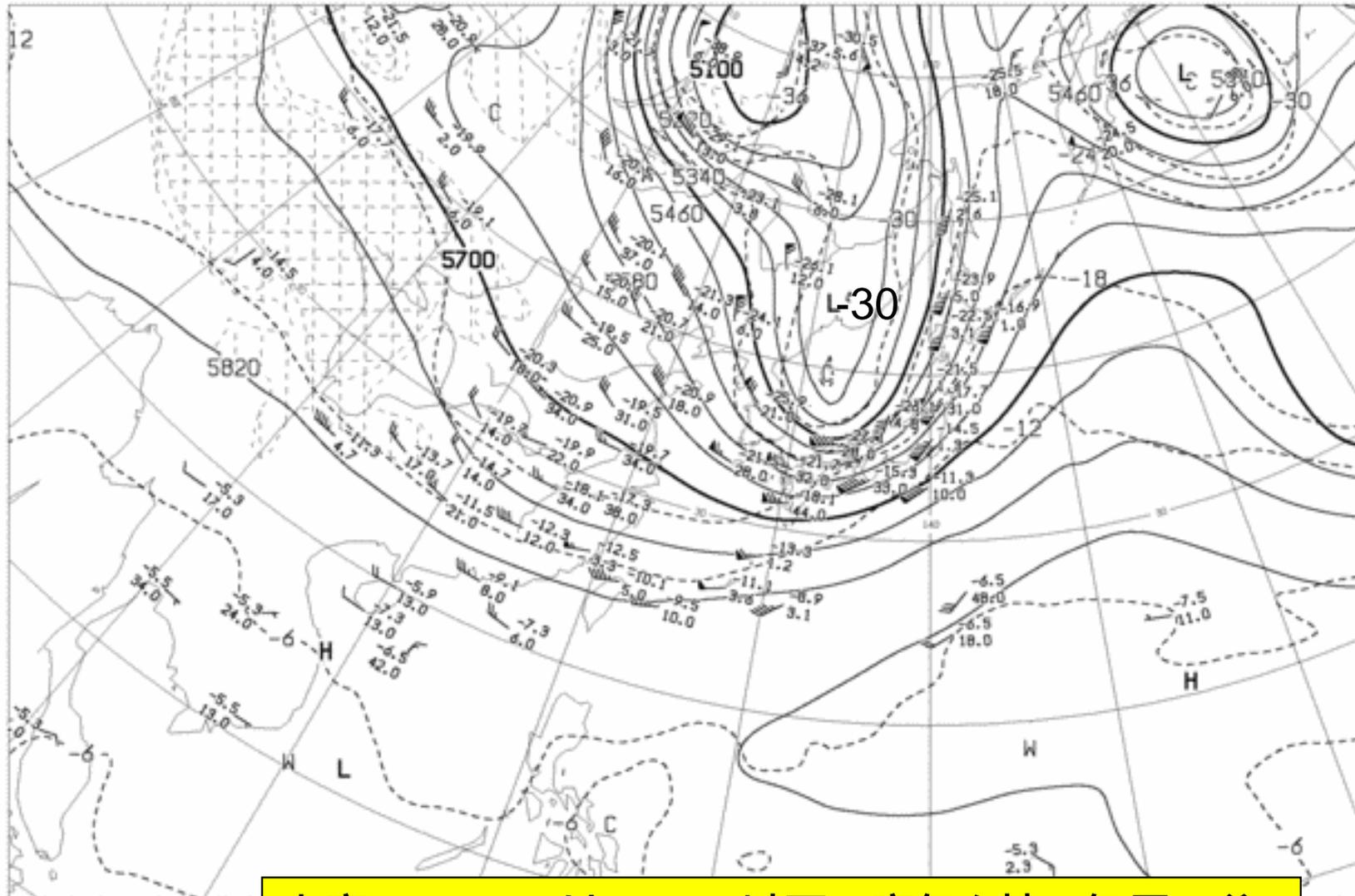


- ・発達中の低気圧に伴う寒冷前線が東日本を通過中
- ・佐呂間町付近は被害頃(1330頃)、寒冷前線の前面、低気圧の暖域と呼ばれる領域にある

[猛烈な発達]

7日03時からの24時間で24hPaも発達

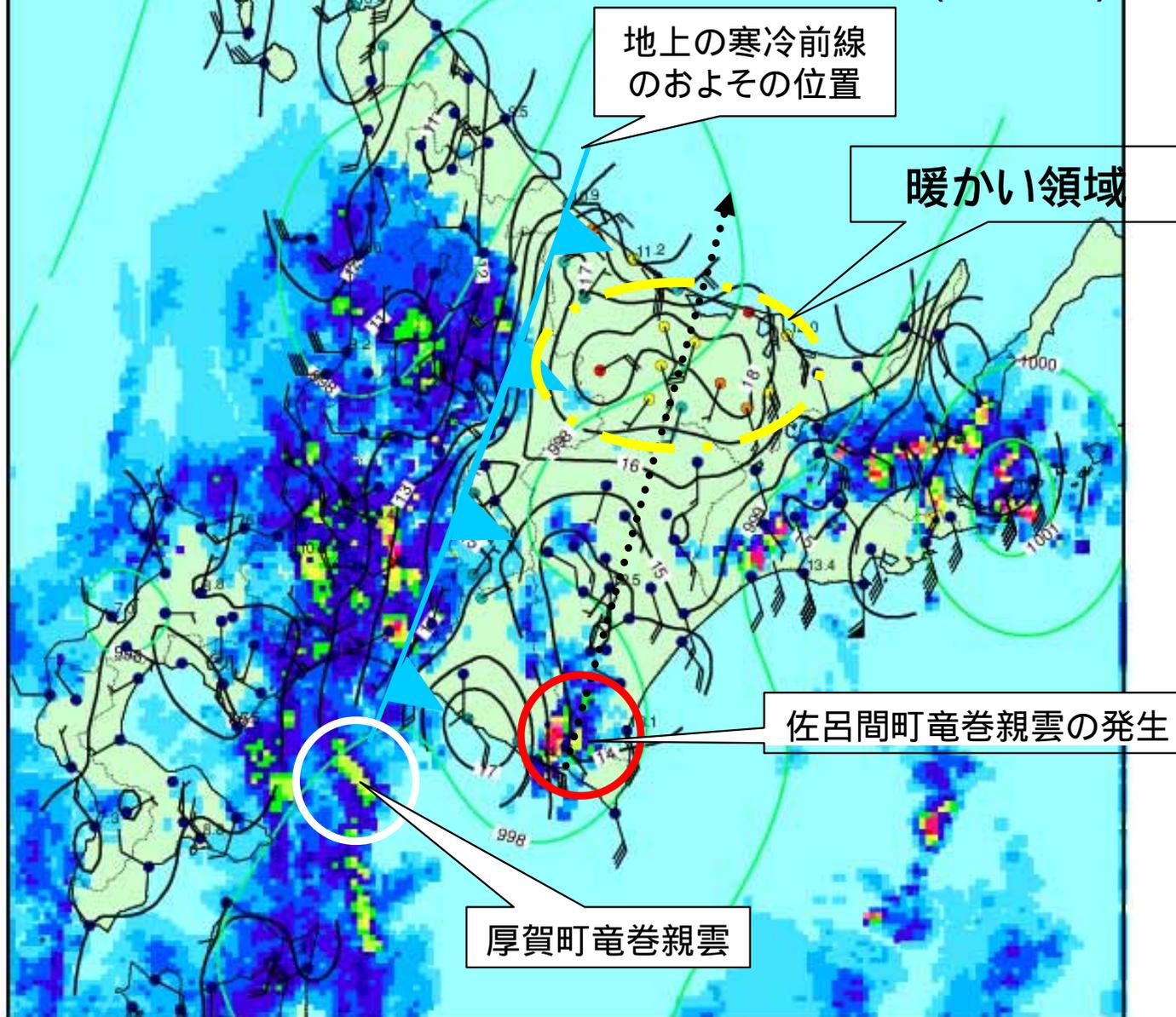
11月7日09時の高層(500hPa)天気図



ANALYSIS 500hPa:
AUPQ35 0

上空500hPaでは、-30 以下の寒気を持つ気圧の谷が接近中。
上空(8km付近)で50m/s以上の強風。

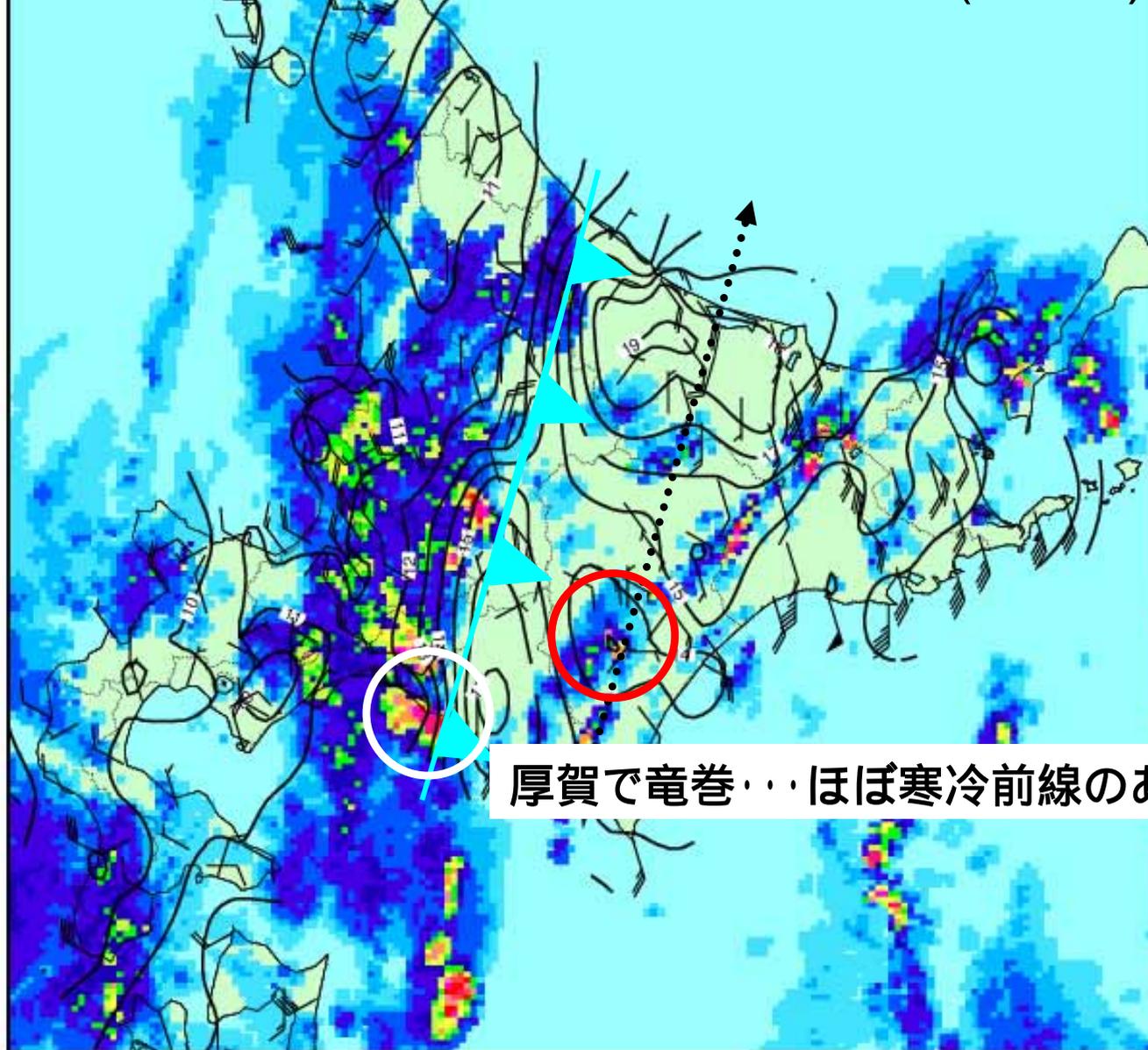
気象レーダーと地上気象観測データ(11:00)



2006/11/07 11:00(JST)

気象庁レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

気象レーダーと地上気象観測データ(11:40)

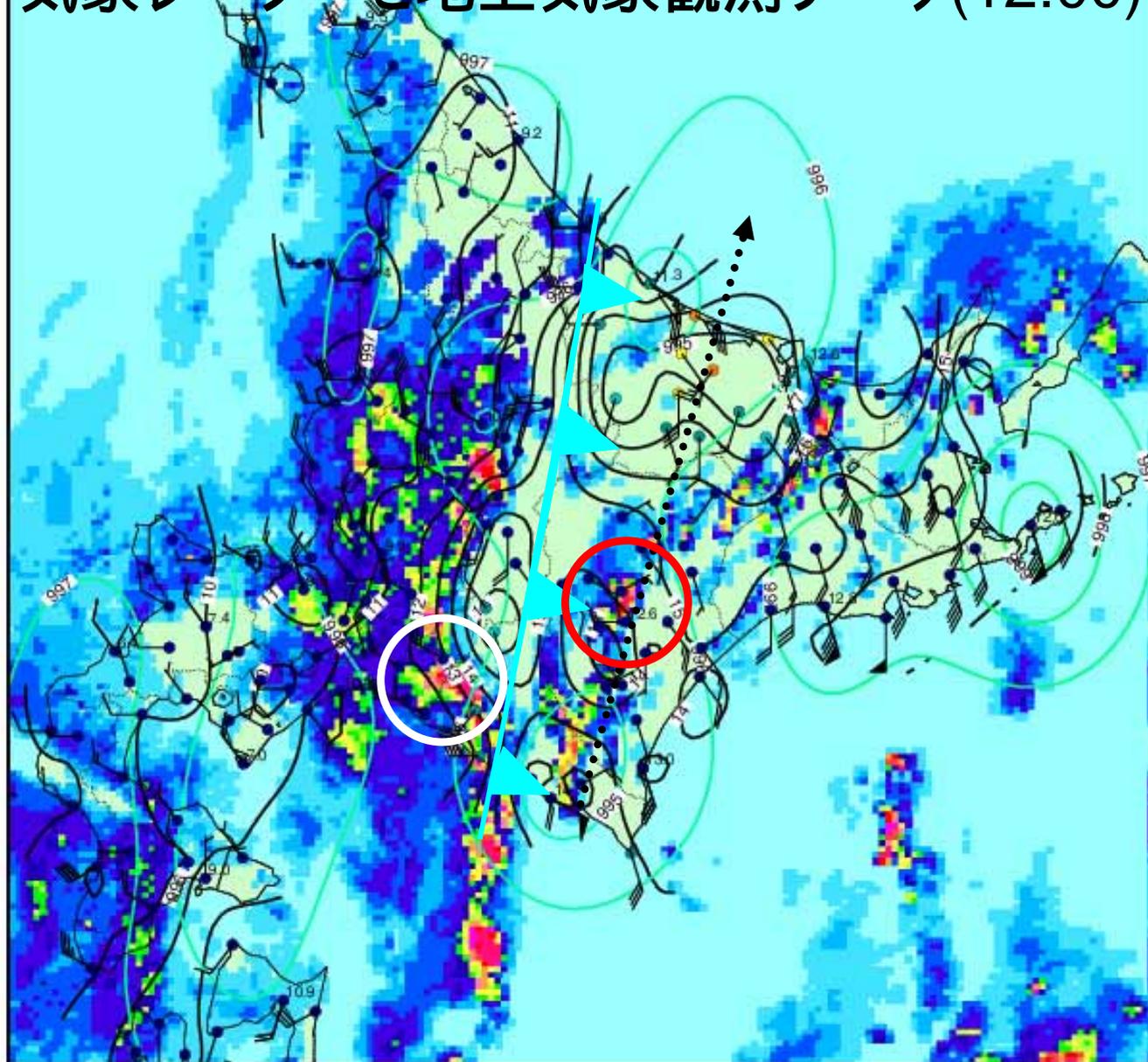


厚賀で竜巻・・・ほぼ寒冷前線のあたり

2006/11/07 11:40(JST)

気象庁レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

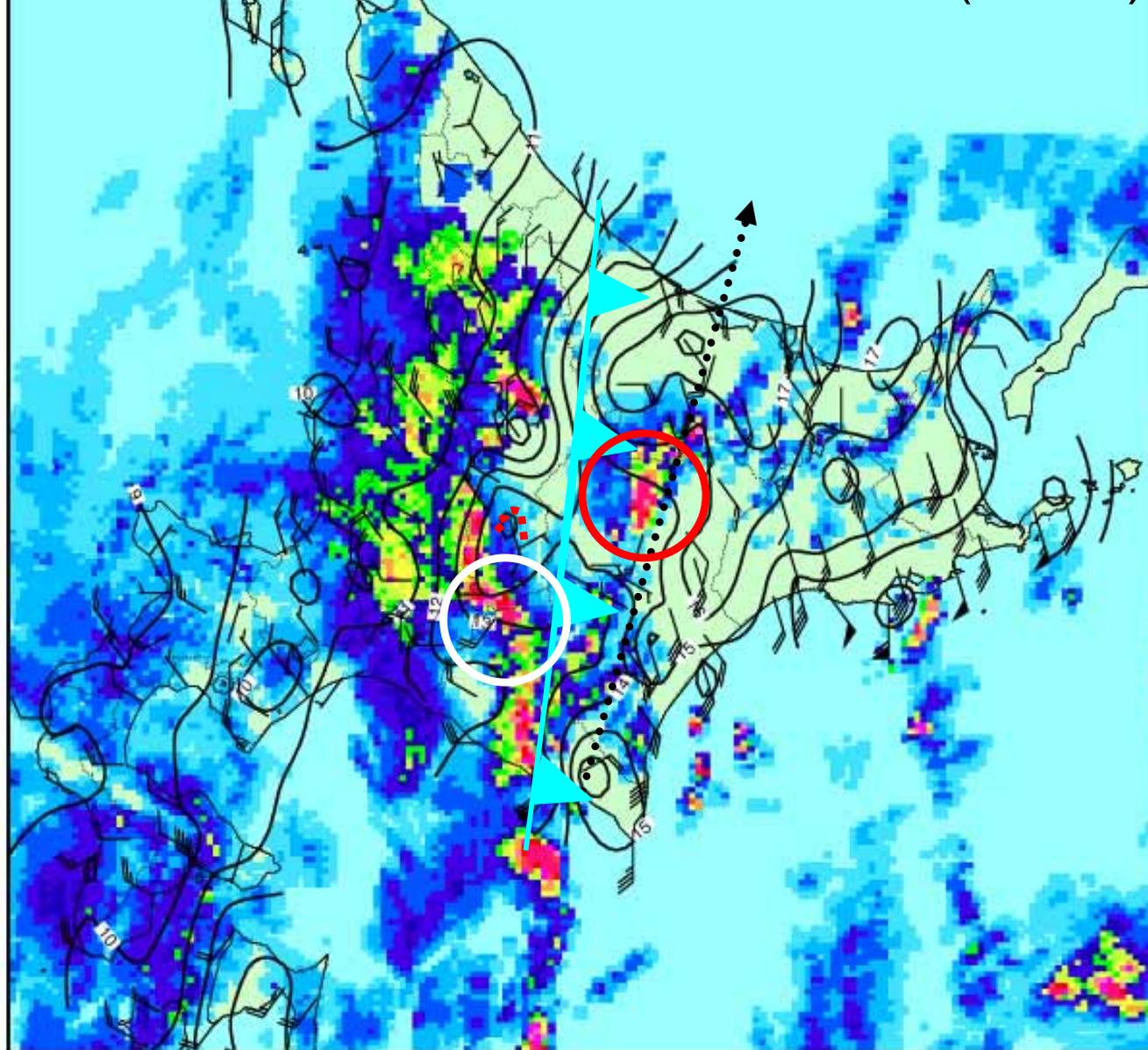
気象レーダーと地上気象観測データ(12:00)



2006/11/07 12:00(JST)

気象庁レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

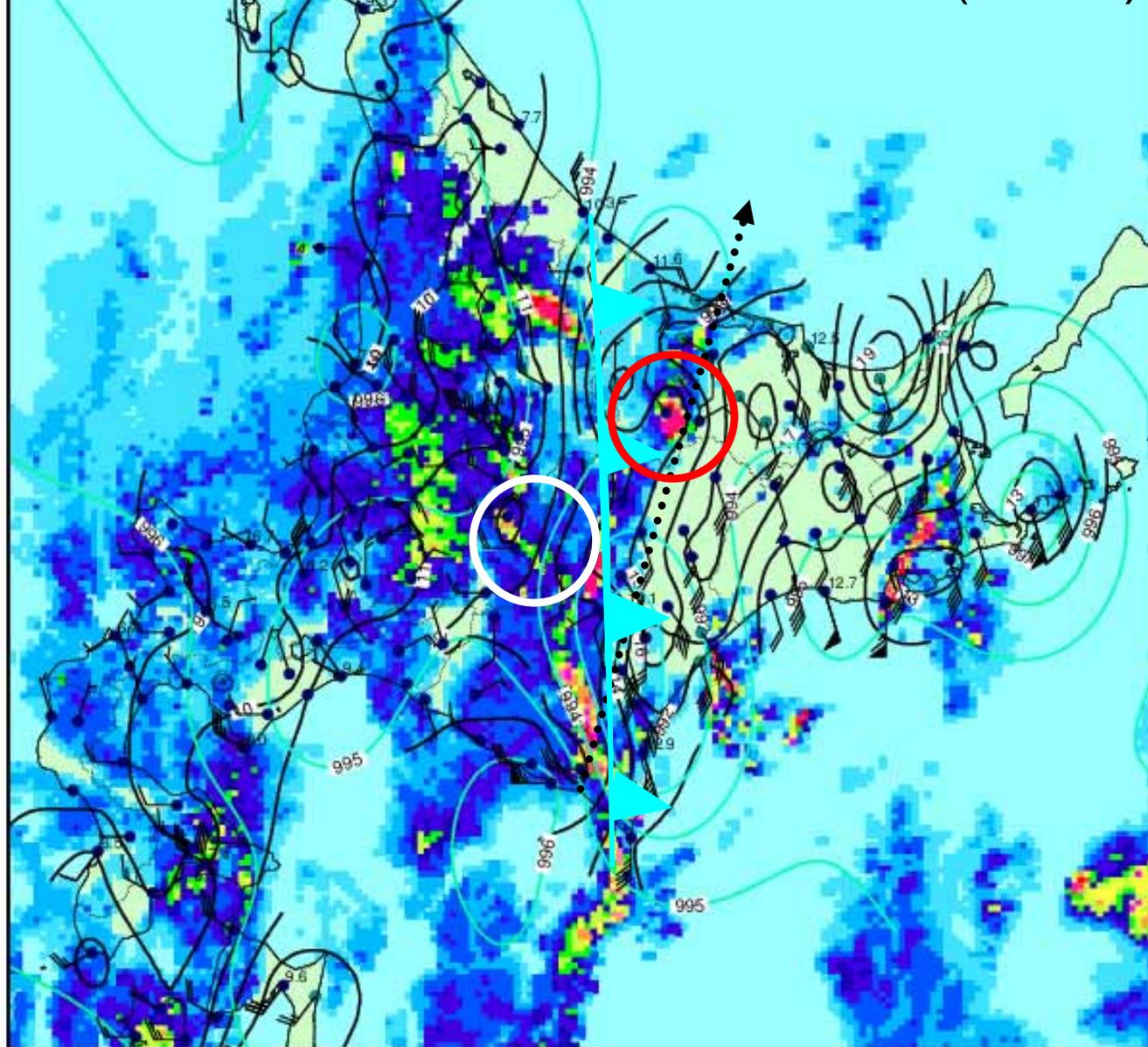
気象レーダーと地上気象観測データ(12:30)



2006/11/07 12:30(JST)

気象庁レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

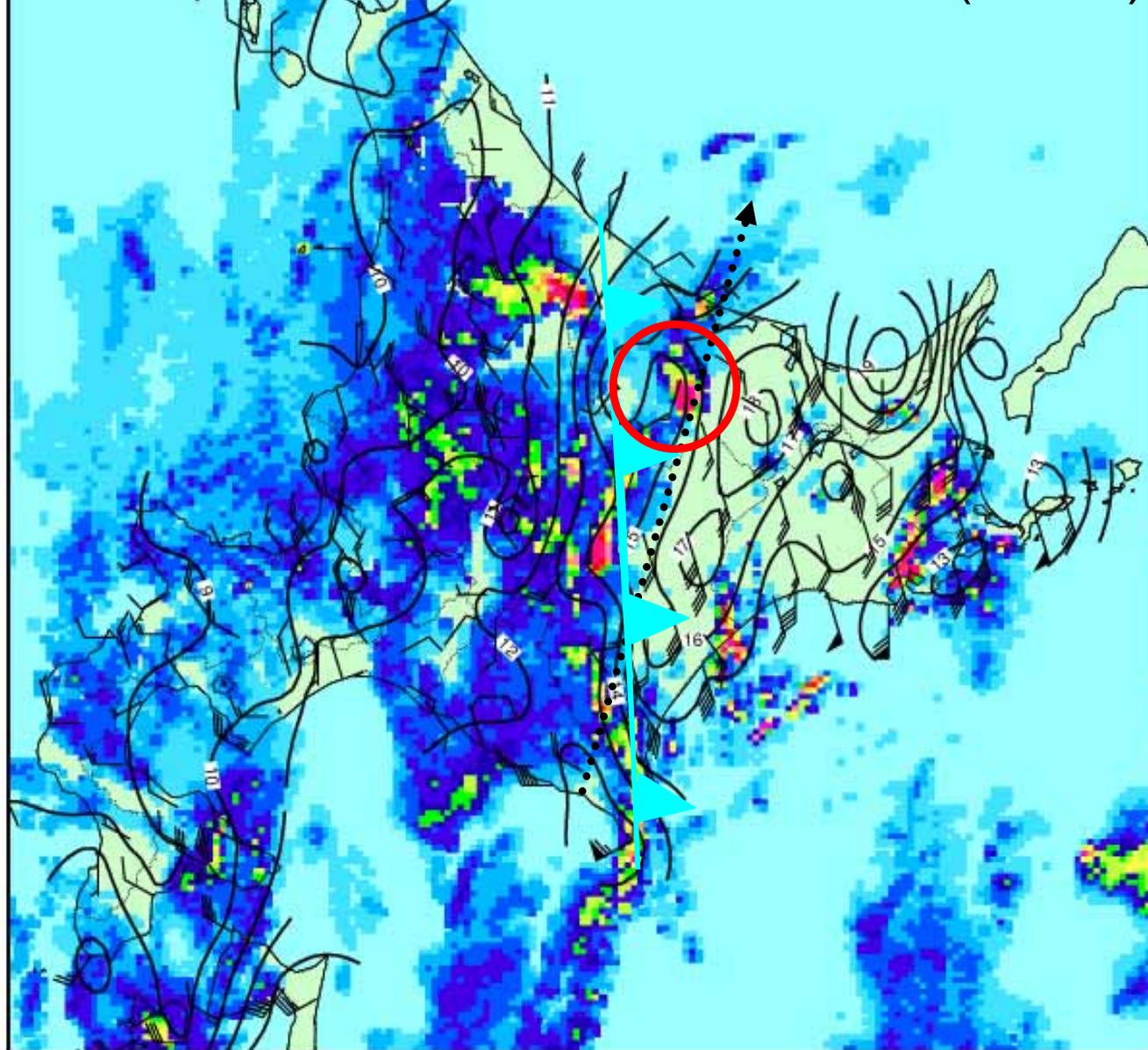
気象レーダーと地上気象観測データ(13:00)



2006/11/07 13:00(JST)

気象庁レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

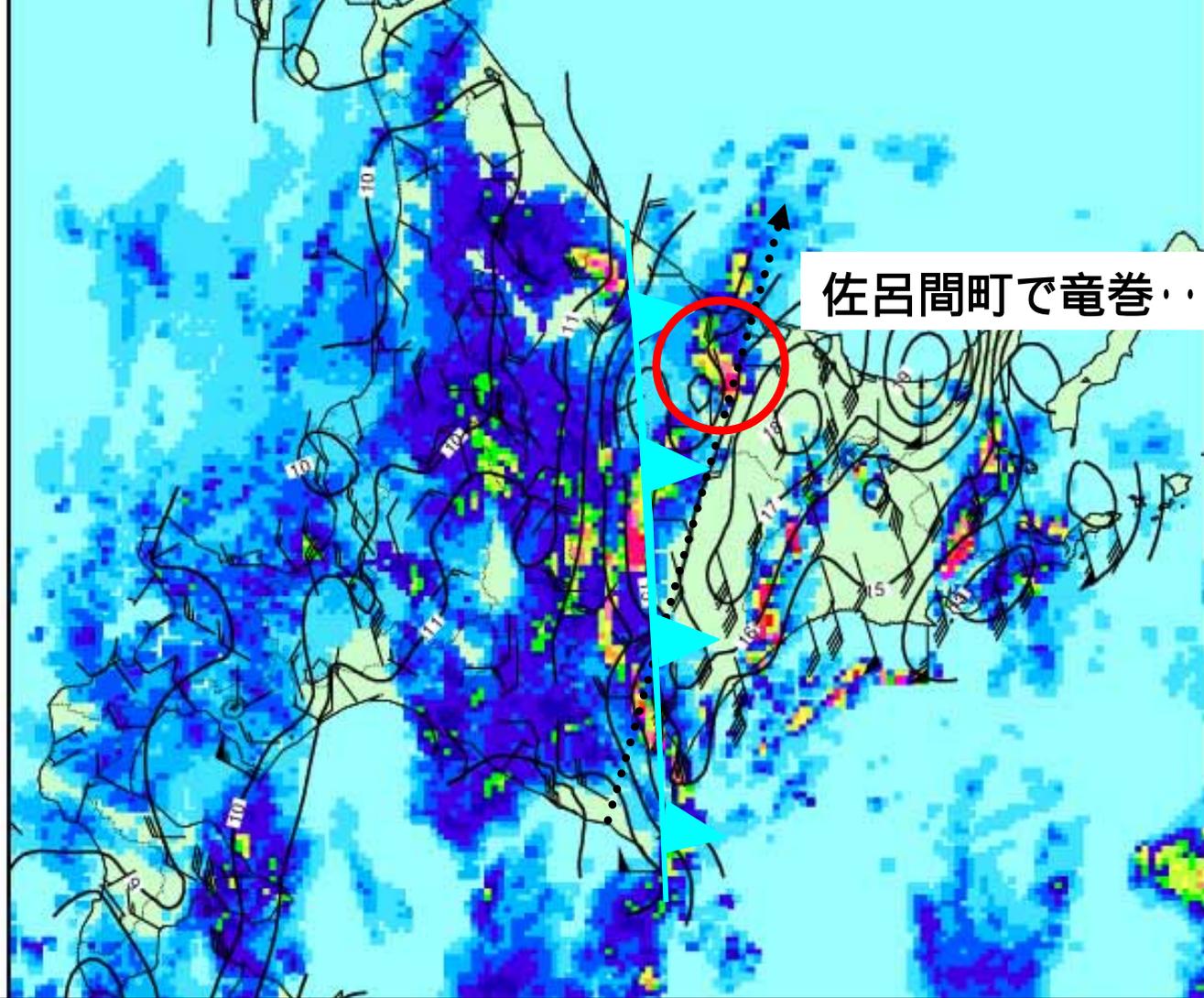
気象レーダーと地上気象観測データ(13:10)



2006/11/07 13:10(JST)

気象庁レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

気象レーダーと地上気象観測データ(13:20)

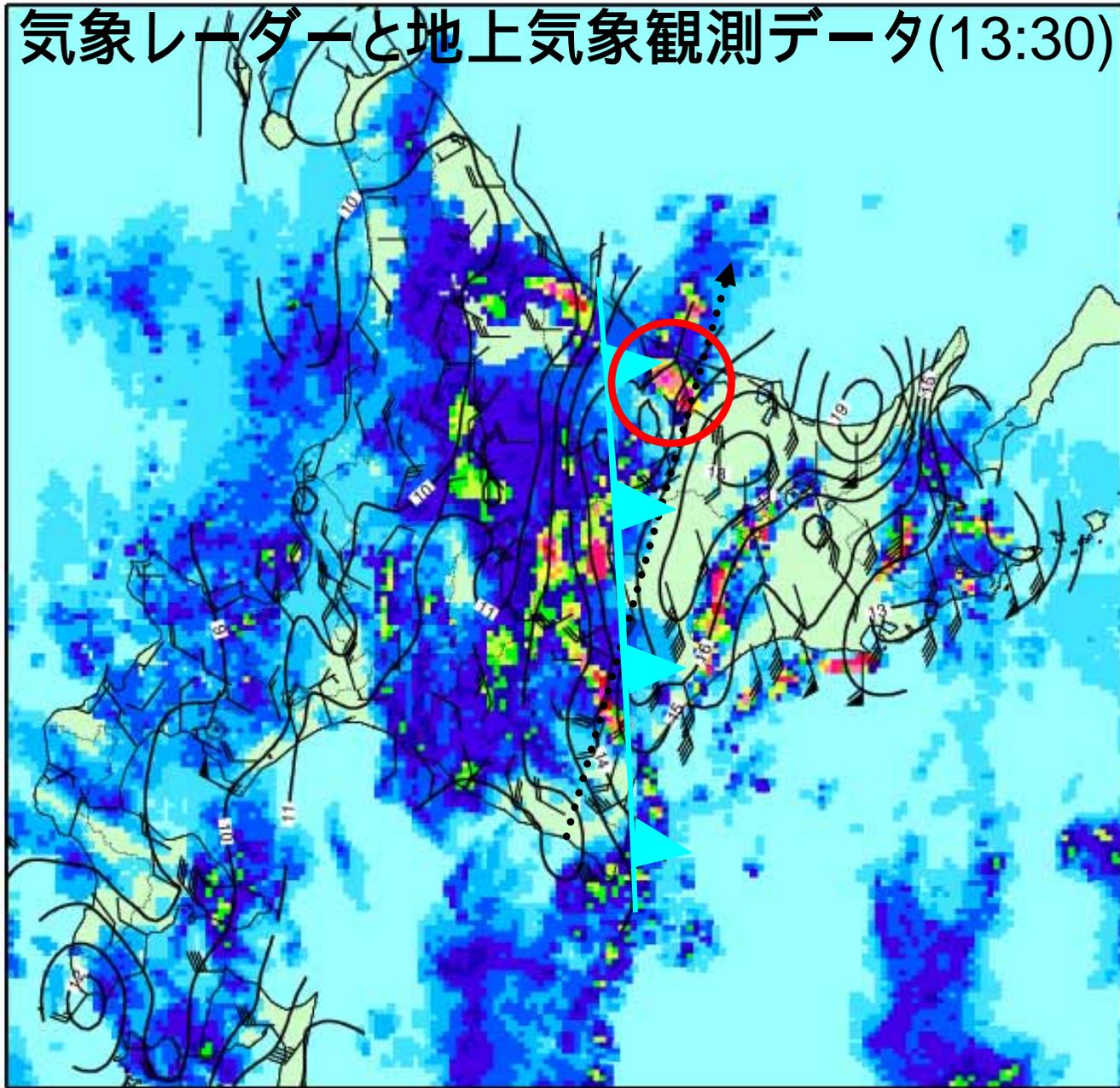


佐呂間町で竜巻・・・寒冷前線東側

現地調査による場所、時刻(13:25頃)と対応する積乱雲が親雲。
竜巻の移動速度、方向は、ほぼエコーの動きと同じであった。

レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

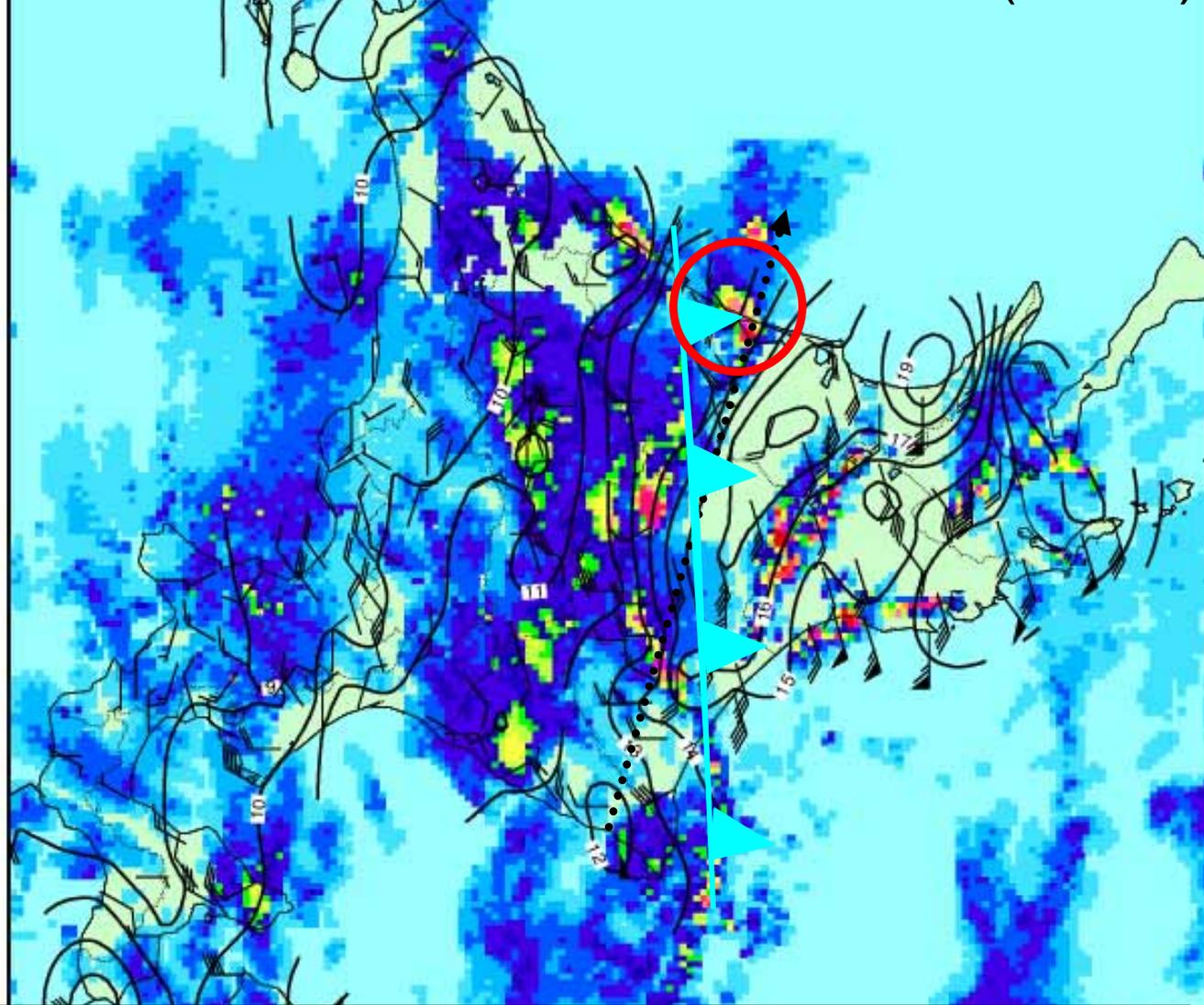
気象レーダーと地上気象観測データ(13:30)



2006/11/07 13:30(JST)

気象庁レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

気象レーダーと地上気象観測データ(13:40)



現地調査による、遠方へ飛ばされた飛散物は、このエコーの通過地点に対応していた。

レーダー合成図
緑は地上気圧(1hPa毎)
黒は気温(高度補正、1 毎)

気象的な主な特徴

天気図スケールの特徴

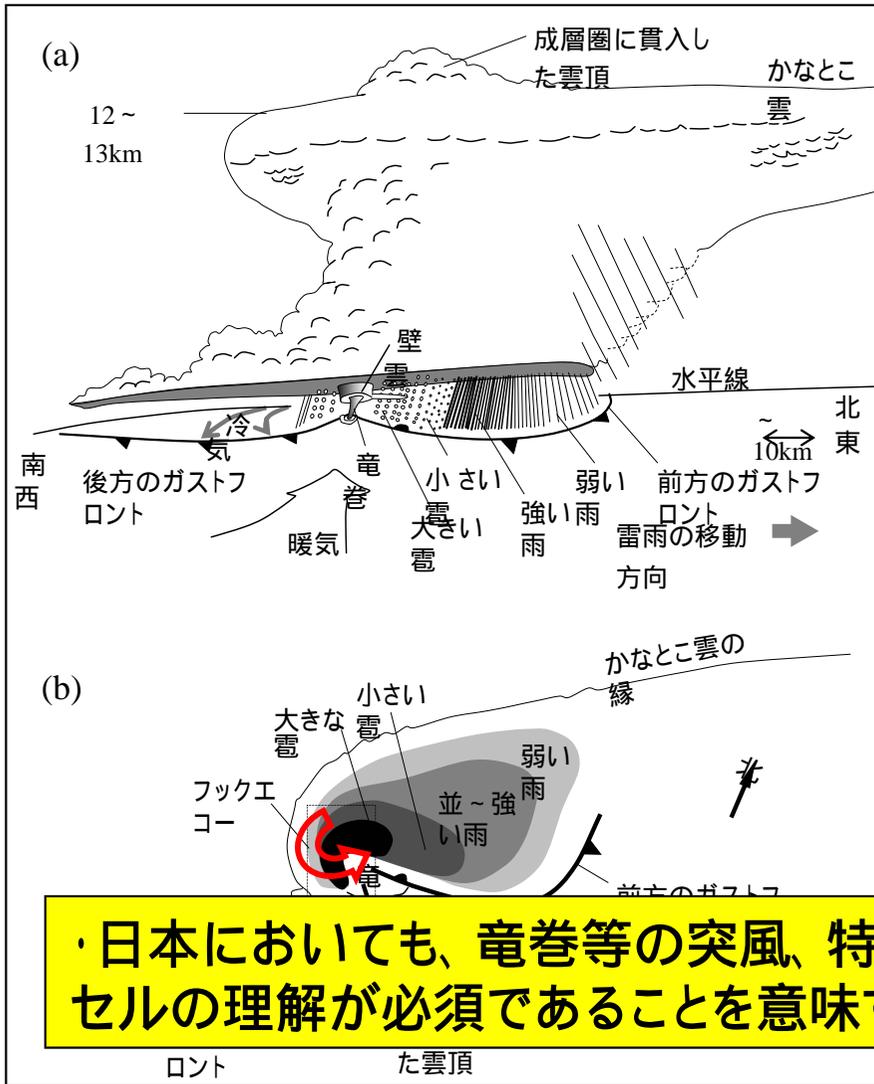
- 北海道付近は、発達中の「爆弾」低気圧に伴う寒冷前線が通過中であつた。
- 上空約5000mでは、-30 の寒気を持つ気圧の谷の通過中であつた。
- 北海道北東部、被災地付近は、フェーン現象の影響で暖かつた。

竜巻親雲の特徴

- 佐呂間町の竜巻親雲は、寒冷前線の東側の低気圧暖域内で発生・発達した。
- 佐呂間町竜巻の親雲は、11:00頃発生し北北東へ進み、3時間以上と長寿命であつた。
- 一方、厚賀町の竜巻親雲は、ほぼ寒冷前線付近で発生・発達した。

今後の観測的研究の課題

日本における竜巻等突風に関連したスーパーセル報告の例



報告の例(必ずしも竜巻の例ではない)

- ・1978/2/28 東西線車両が転覆した竜巻(低気圧)
- ・1990/9/19 栃木県壬生町竜巻(台風、ミニ)
- ・1990/12/11 茂原市竜巻(低気圧)
- ・1996/7/5 千葉市竜巻(低気圧、ミニ)
- ・1996/7/15 茨城で雹と突風(高気圧縁辺)
- ・1999/9/24 豊橋竜巻(台風、ミニ)
- ・2000/5/24 茨城・千葉で雹とDB(サーマルトラフ)
- ・2001/5/11 茨城・千葉で雹と突風(低圧部)
- ・2001/8/22 埼玉で竜巻、群馬で突風
- ・2001/9/10 東京都で竜巻(台風)
- ・2002/7/10 群馬県境町竜巻(台風、ミニ)
- ・2004/9/30 羽田空港で竜巻(台風)
- ・2005/5/15 東京、神奈川で突風(サーマルトラフ)
- ・2005/6/4 大阪空港でDB
- ・2006/9/17 延岡竜巻など(台風)

・日本においても、竜巻等の突風、特に強いものについては、米国同様にスーパーセルの理解が必須であることを意味する。

は、ミニと記述。

DBは、ダウンバーストの略

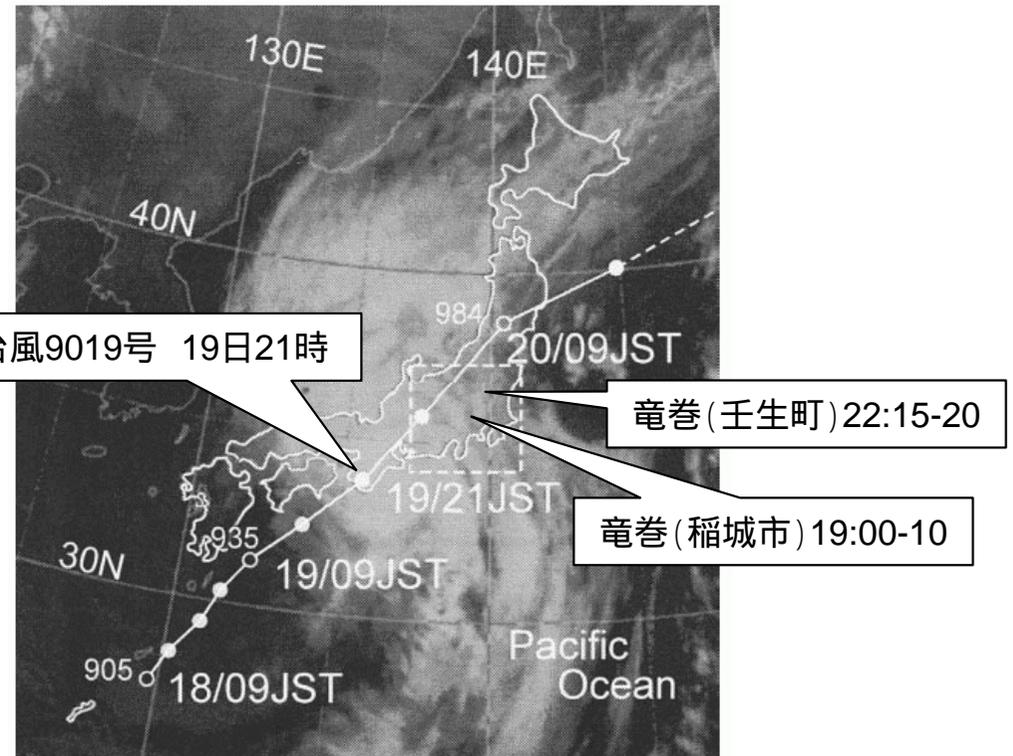
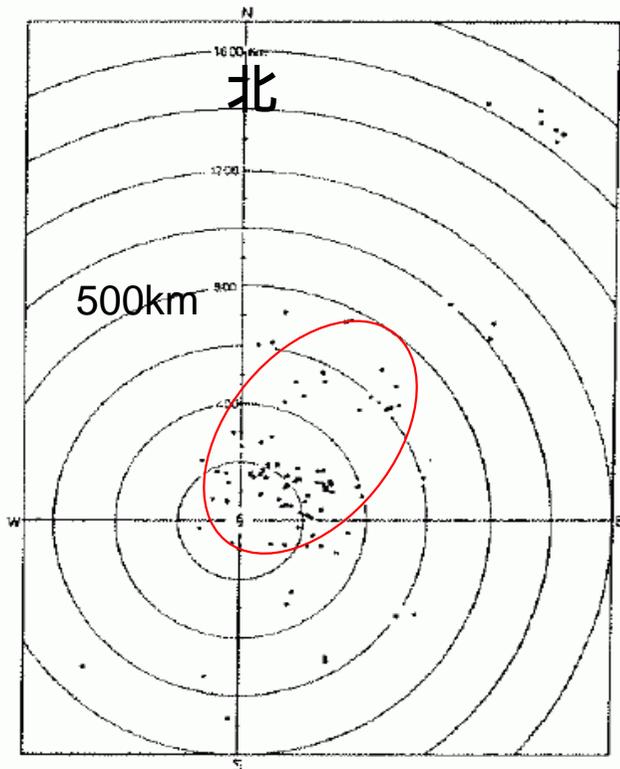
しかし、

- ・日本における竜巻とスーパーセルの関係は？
- ・スーパーセルやその発生環境の特徴は？

(Houze), 1995)。

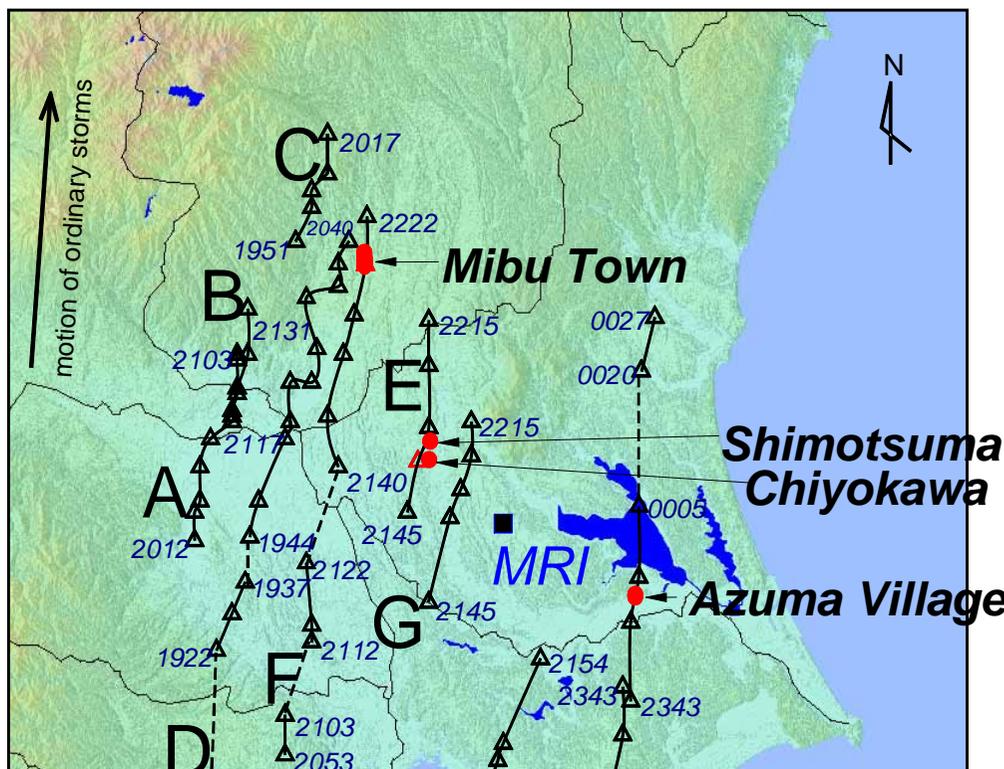
台風と竜巻

台風に伴う竜巻の割合は、1/4～1/3であり、今回の延岡竜巻もその一例であった。統計的には、台風中心からみて発生可能性の高い領域(下左)に関する過去の統計的事実や、観測例(下右)もある。



統計的には有効な知見である。しかし、
・竜巻発生可能性がある領域が広すぎる。
・詳細な事例解析は少なく、位置関係以外のどんな条件が竜巻発生に必要なのか？

台風に伴う竜巻の例：1990/9/19稲城市、壬生町竜巻



図の はメソサイクロンの位置、右の数値は日本時刻。

赤は、竜巻(東京都稲城市、栃木県壬生町、茨城県東村)、または、突風被害(下妻市、千代川村)のあった場所を示

- ・約5時間内に9つのスーパーセル(メソサイクロンを伴う積乱雲)が発生し、そのうち3つが竜巻を発生させた スーパーセル発生に適した環境がある 予報可能性
- ・では、竜巻を発生させたスーパーセルとそうでないものの差は？ 区別可能か？
- ・これらの竜巻は、地上の風や気温の変化が大きい領域付近で発生した(状況証拠)。しかし、地上の気温分布や風分布の影響評価は、1事例のみからは困難。

今後の観測的研究とその課題

- 現状の問題点

日本の竜巻については、被害調査の結果を基とした統計的な研究、個々の竜巻についての事例解析的な研究は蓄積されつつあるが、

- 竜巻に関する良質なデータは、質・量ともまだまだ不十分
- 竜巻の発生メカニズムの解明に役立つ観測的データの不足
 - 事例数の不足
 - 詳細な観測データの不足、特に、ドップラーレーダーデータの不足

- 今後の観測的研究に必要なこと

- 地上の観測データとしての即時的な現地調査の実施
- スーパーセル及びそれに伴う竜巻に関する研究の実施
- 非スーパーセル竜巻に関する研究の実施
- スーパーセル等の再現が可能な数値モデルによる解析との連携した解析の実施

謝辞

被災地域周辺の住民の皆様には、被災直後であるにも関わらず、聞き取り調査等にご協力いただき、深く感謝いたします。

本調査においては、防災関係機関、関係自治体、気象庁（本庁、札幌管区、網走地方気象台）等からの情報提供を受けました。

本発表では、次の報告書を参考にさせていただきました。
札幌管区気象台，2006、平成18年11月7日から9日に北海道（佐呂間町他）で発生した竜巻等の突風気象災害報告、災害時自然現象報告書、2006年第1号。