

# 北海道佐呂間町における竜巻による建物被害

曹曙陽\*，小林文明\*\*，吉田昭仁\*，松井正宏\*，  
菊池浩利\*\*\*，佐々浩司\*\*\*\*，田村幸雄\*

\* 東京工芸大学工学部建築学科  
\*\* 防衛大学校地球海洋学科  
\*\*\* 清水建設技術研究所  
\*\*\*\* 高知大学理学部自然環境科学科

## 1. はじめに

平成 18 年 11 月 7 日午後 1 時 25 分頃，寒冷前線の通過に伴って，北海道佐呂間町若佐地区で，国内最大級の竜巻が発生し，死者 9 名，負傷者 26 名の甚大な被害をもたらした。本現地調査は当該竜巻被害の実態を正確に把握することを目的として，11 月 8 日および 9 日の 2 日間実施し，被害状況に関するデータベースを作成した。ここでは，建築物およびその他の構造物の被害状況についてまとめた。

## 2. 被害状況

竜巻被害を受けた佐呂間町若佐地区は図 1 に示すように高さ 100m ~ 200m の丘陵地の谷に位置する。11 月 7 日午後 1 時 25 分頃，強い竜巻が図 1 の矢印で示した方向で南西から北東へ進み，集落を通り過ぎ，甚大な被害をもたらした。筆者らは，建物と構造物の被害状況を把握することを目的とし，被害発生翌日から，航空機からの上空視察と地上での各構造物の被害状況について詳しく調査を行った。また，聞き取り調査や役場での情報収集も行い，建物ごとの被害データベースを作成した。

図 1 に示すように，被害地域は，竜巻発生付近地域 A、被害集中地域 B と竜巻進路からやや外れた地域 C と三つに分けられる。畑を挟んだ地域 A と B における被害は，飛散方向などの被害状況から，同一竜巻によるものと判断できる。地域 B と C の間にある住宅は突風被害を受けていないことなどから，地域 C で発生した被害は別の竜巻による可能性がある。なお，複数の竜巻を見たとの証言が，聞き込み調査で得られた。地域 A にある，若佐地区の最南端の構造物である倉庫は屋根が被害を受けたが，それより南にある山に倒木などの直接的な強風被害の痕跡はなかったことから，竜巻はこの辺りで生成したと考えられる。なお，地域 A の南側の丘で白っぽいかたまりを見たとの目撃証言もあった。地域 B、C の北側に位置する山に，南側から飛んできた屋根葺き材などの飛来物がたくさん散在していたが，強風による直接的な被害は，川沿い（地点 E）での倒木と神社（地点 D）での看板被害だけであった。竜巻による被害域は，長さが約 1.5km、最大幅が約 250m の帯状

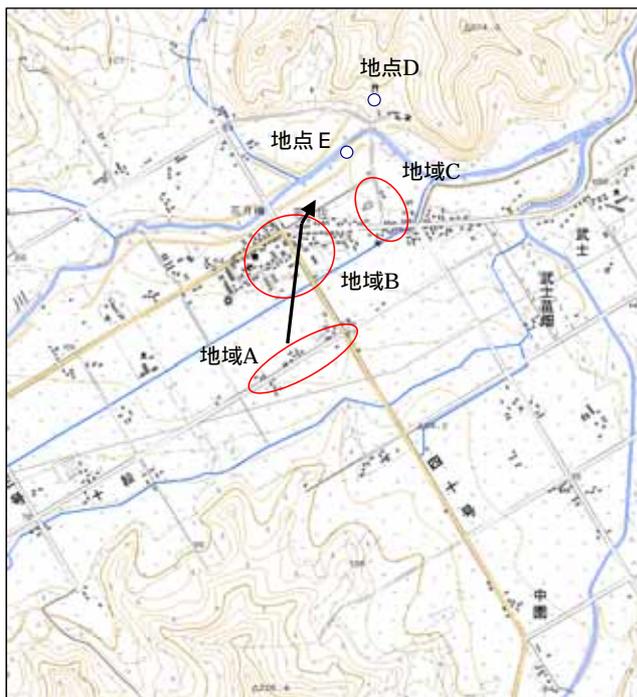


図1 竜巻被害を受けた佐呂間町若佐地区

(国土地理院発行の2万5千分の1の地形図を利用したもの)



写真1 被害直後の航空写真

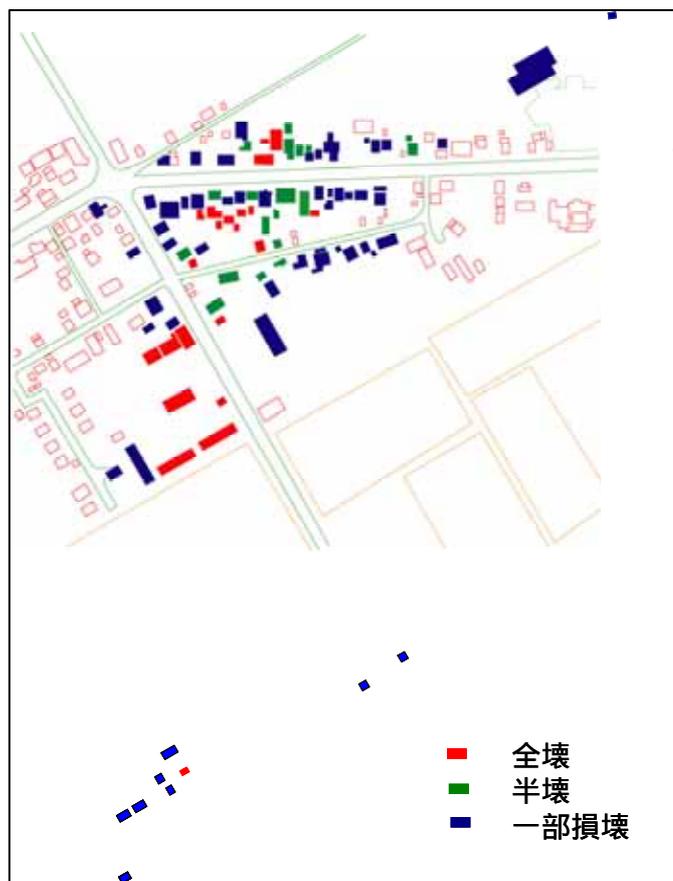


図2 被害家屋の分布

であり、この範囲より南側と北側には明確な被害が上空から確認できなかった。地域 C で起きた突風と地域 A、B を襲った竜巻との関連や竜巻経路の屈曲（図 1 の矢印で示す）などは気象学において興味深いですが、本報告では、竜巻そのものを対象にせず、竜巻被害の実態を詳細に記述することにとどめる。

### 3. 建物被害

写真 1 被害直後の航空写真を示す。がれきはほぼ一直線に散在していることが分かる。図 2 に建物被害を全壊、半壊および一部損壊に分けて示す。一部被害を含めた建物等の被害は幅 250m 前後で帯状に分布しているが、全壊・半壊家屋など特に激しい被害は僅か数十 m の幅で直線状に分布している。これは、竜巻の移動速度がかなり速く、竜巻の進行方向に対して右側部分で竜巻自体の回転成分による風速と重なって、より強い風速がほぼ竜巻の進行方向と同じ向きに発生したためと考えられる。佐呂間役場による 2007 年 1 月 21

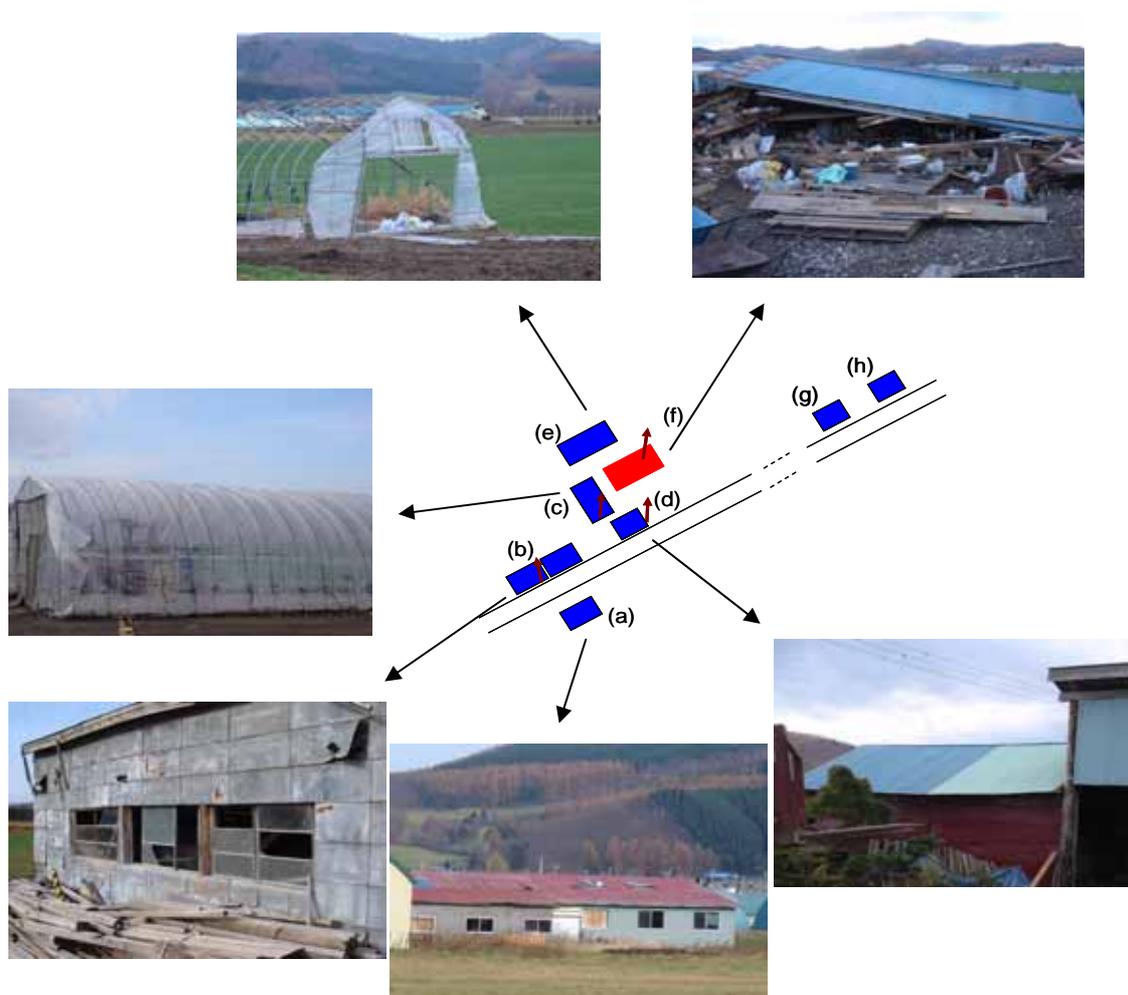


図 3 地域 A における構造物被害

日時点の集計では、全壊住家 7 棟、全壊非住家 35 棟、半壊住家 7 棟、半壊非住家 4 棟、一部損壊住家 25 棟、一部損壊非住家 28 棟、合計 106 棟となっている。我々の調査結果は、被害調査日と被害判定基準の差異で、佐呂間町のまとめと少々異なっている。内閣府が規定した判定基準は主に地震と洪水による被害を対象としており、屋根被害が顕著である強風被害に適用する際には過小評価となる可能性が多い<sup>1)</sup>。そのため、同じ 2007 年に発生した延岡竜巻被害を判定する際、延岡市役所は内閣府基準ではなく延岡基準を作成している。本報告中に示した全・半壊の判定は、内閣府の基準に基づいて行っているが、野地板や骨組みに甚大な被害があった場合には半壊とした(内閣府の基準では一部損壊となる)。今回の竜巻被害で全壊した建物には、木造の事務所 1 棟、住家 2 棟、仮設の軽量鉄骨造 2 階建てプレハブ事務所 2 棟が含まれるが、これら以外は木造倉庫や物置など比較的軽微な建物であった。半壊した建物は、主に屋根の被害によるものであった。竜巻進路付近のほぼ全ての住家で屋根葺材が飛散している。一部損壊した建物は主に飛散物による外装材の破損、屋根の被害である。以下に被害状況に詳細に述べる。

### 3.1 地域 A

図 3 に地域 A における被害状況を示す。矢印は飛散物の飛散方向を示している。若佐地区の最南端に位置する構造物である倉庫の屋根が図 3(a)のようにめくり上がった。図 3(b)の倉庫は南側の窓ガラスが破れ、ガラス破片は建物の中に落ちていた。図 3(c)のビニールハウスは南側部分が押し倒れて、ビニールハウスに止まっていた農機にかかっていた。図 3(d)の倉庫の屋根は南側の半分が風に飛ばされた。なお、写真は屋根修復後のものである。図 3(e)ではビニールハウスの扉が破損した。図 3(f)にある車庫は風圧で全壊し、竜巻の進行方向に押し倒れた。また、被災直後の被害調査では気がつかなかったが、佐呂間町役場によると、図 3(g)と図 3(h)にある倉庫は、竜巻の進行方向からは外れていたが、トタン屋根の一部が剥がれていたとのことであった。なお、地域 A で発生した被害は、いずれも北北東の風向であったことを示唆している。

### 3.2 地域 B と地域 C

図 1 に示した地域 A と B の間の畑で漏斗状雲を見たとの証言があり、強い勢力を持つ竜巻がここで既に形成され、地域 B にあるプレハブ工事事務所を直撃したと思われる。本竜巻により発生した最も大きな被害は、このプレハブ工事事務所が強風により飛ばされたことにより、2 階に居た 9 名の従業員が亡くなったとの人的被害である。死者 9 人の人的被害は、1971 年からの気象庁の竜巻に関する統計の中でも最大である。図 4 にプレハブ工事事務所の平面図を示す。事務所と宿舍として使われていた軽量鉄骨造 2 階建てのプレハブは長さ 37.56m、幅 9m の平面を持ち、高さは 7m であった。竜巻によってガラス面や壁面がばらばらに飛散し、2 階部分は北に約 90m 飛ばされ、地面あるいは倉庫に激突したと見られる。亡くなった 9 人の遺体は、飛散した 2 階部分の瓦礫の下から見つかった。1 階部

佐呂間竜巻災害現場平面図

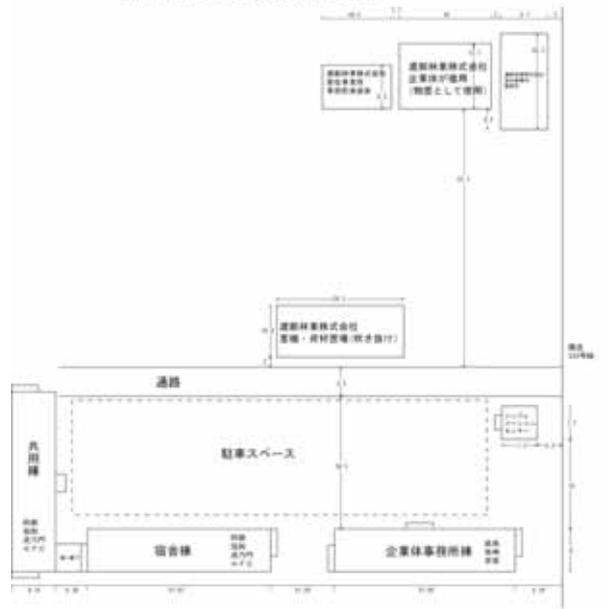


図4 プレハブ工事事務所の平面図



写真2 被害直後のプレハブ



写真3 飛ばされた事務所兼宿舎の基礎



写真4 4tトラックの転倒



写真5 渡部林業事務所と倉庫の被害(共同通信社提供)



図 6 渡部林業の北側にある倉庫屋根葺き材被害

分も、コンクリートパネルの床ごと飛散したが、大きく持ち上がることはなかったようである。図 2 に被害直後の強風に押し倒れたプレハブ（宿舎棟）を示す。なお、プレハブ工事事務所は、脚部がかすがいとくぎで木杭に留められているだけであった（写真 3 を参照）。プレハブの倒壊に伴い、様々な飛散物が大量に発生し、町中に 2 次被害を及ぼした。プレハブ工事事務所が所有する書類と思われるものは竜巻進行方向 20km の遠い場所でも発見された。飛散物による被害については後で詳細に述べる。

工事事務所敷地にある小屋（インフォメーションセンター）と北側にある渡部林業株式会社の倉庫（重機・機材置き場）が全壊した。工事事務所の北側駐車場と渡部林業敷地に止めてあった乗用車とトラックは破損が激しい、計 54 台の車が全壊また半壊した。車が持ち上げられて飛ばされた可能性のある被害であるため、気象庁は今回の竜巻は F3 に相当すると推定した。写真 4 に一例として、渡部林業敷地に転倒した 4 トントラックの被害を示す。写真 5 に渡部林業事務所及び倉庫の被害を示す。事務所の屋根は骨組みまで飛ばされ、側壁も突風による飛散物が激突した痕跡が大きく残っている。2 棟の倉庫も屋根葺き材が飛ばされたり、工事事務所から飛んできた梁などの衝撃で側壁が倒れたりする被害を受け、全壊した。一方で、全壊した倉庫のすぐ北側にある別の倉庫の金属屋根は、竜巻進行方向と反対する方向（南方向）へ剥離し、南方向へ飛散した（写真 6）。

写真 7 に集落における被害の一部を示す。写真 7a では食堂兼住宅の被害を示す。この 2 階建て切妻屋根の木造住宅は、竜巻の進路に当たり、大きな被害を受けた。風上側位置にある南側の屋根葺き材は、大きい負圧を受ける端部から剥がれた。壁と窓ガラスは各方向から飛散物の衝撃で壁に傷ついたり窓ガラスが割れたりするなどの被害を受けたが、南側と西側の被害は特に顕著であった。また、工事事務所か渡部林業事務所重機置き場から飛んできたと思われる梁などの大量な飛散物がこの建物の周辺に溜まった。写真 7b に示す 1 階建て切妻屋根の住宅は、屋根葺き材、野地板と屋根骨組みとともに飛散した。各方角の窓ガラスが割れた。建物の柱がむき出し、傾いていたことで、全壊と判断される。図 7c に全壊した倉庫と物置を示す。今回の竜巻で全壊した構造物は主にこのよう木質系パネル



(a) 食堂兼住宅の被害 (共同通信社提供)



(b) 全壊した住宅



(c) 全壊した倉庫(共同通信社提供)



(d) 全壊した住宅(共同通信社提供)



(e) 屋根被害 (共同通信社提供)



(f) 折板屋根の被害 (共同通信社提供)



(g) カーポートの被害

図7 建築構造物被害例

の簡易なものである。風圧または飛散物の衝撃で、原形をとどめず倒壊した。図 7d に全壊した住家の元位置を示す。この築 30 年の 2 階木造住宅は今回の竜巻で原形をとどめず倒壊し、この被害は F3 相対するといわれている。この全壊した住宅のすぐ西側にある木造戸建住宅も半壊し、屋根は全て飛散、窓ガラス、玄関とも全て飛散していた。この全壊した住宅のすぐ東側にある住宅の被害を図 7e に示す。屋根骨組みが残しているが、葺き材と野地板が飛散された。壁に多数の衝撃痕跡があり、窓ガラスが多数割れた。図 7f に地域 C におけるコミュニティセンターの屋根被害を示す。この RC 造の建物は円弧屋根と切り妻屋根で組み合わせた複合屋根を持ち、金属切板屋根が南側の切り妻屋根との境から西側に剥がれている。また、この建物西側の植栽の枝が折れ、北西側に飛散していた。図 7g には、民家のカーポートが基礎のブロックごと飛散し、風下側の民家壁面で当たり、止まっていた。カーポートの基礎部が貧弱で 10cm 角程度のブロック 6 個にボルトで固定した。なお、ブロックは 15cm 程度しか埋まっていなかった。カーポートのシャッターは開いていたままであったので、突然入り込んだ強風により一気に押し上げられたと考えられる。

建築構造物以外の被害では、車の被害と電柱の被害は顕著であった。約 80 台の車は、窓ガラス破損やボディへこみなどの飛散物によると思われる被害にあった。図 8 に風圧で転倒したトラックを示す。この 1 トントラックは荷物を積んでいない、ほぼ竜巻進行方向に転倒した。また、本竜巻では、多数の電柱や街灯が竜巻進行方向に倒れた。図 9 はその一例である。

#### 4 建物被害の特徴

今回の竜巻被害では、竜巻被害でよく見られる断続的な被害ではなく、竜巻進行方向にある構造物は例外なく全て被害にあった。全壊・半壊・一部損壊した構造物 106 棟のうち、全壊したのは 42 棟（佐呂間町役場の集計結果）で、非常に高い全壊率となっているが、全壊した構造物の多くは木質系パネルの倉庫や物置で、全壊住家は 2 棟しかなかった。軽量鉄骨造プレハブ 2 棟が竜巻の直撃で全壊したと考えられる。仮設構造として立てられた



図 8 転倒したトラック



図 9 倒壊した電柱

プレハブは耐風性が弱い、今回の被害を拡大させたと思われる。事務所兼宿舍として使われている、数多くの人間が仕事と生活をする場所を、構造物の予定使用期間から仮設構造かどうかを判断する考えを見直必要があると思われる。住家 2 棟（図 7b と 7d）が竜巻の直撃で全壊した。木造一戸建て事務所兼住宅 1 棟（渡部林業）の被害は、飛散物による二次被害である可能性が高いと思われる。半壊と一部被害を含め、本竜巻による屋根被害、窓ガラス被害と壁被害は以下の特徴がある。

#### 4.1 屋根被害

竜巻進路付近にある構造物の屋根被害は目立った。被害にあったすべての構造物のうち、約 78% は屋根被害を受け、屋根被害の高い比率を示した。屋根は突風被害を受けやすい部位であることを裏付けられた。全壊と半壊した構造物はすべて屋根被害を受けた。このことから、屋根が一旦被害を受けると、重大な建物被害に発展しかねない可能性が大きいことを示唆する。瓦屋根葺きではなく折板葺きと平板葺き金属屋根が多く、またいろいろな屋根勾配が混在する特徴があるが、竜巻進路付近にある 2 階建て住宅の屋根はすべて破損されたので、被害と葺き材と屋根傾斜度の依存関係ははっきり整理できなかった。

#### 4.2 窓ガラスと壁被害

被害にあったすべての構造物のうち、約 77% は窓ガラスが割れたり、壁に衝撃傷があったりする被害を受けた。突風被害の中では、外装材被害は顕著であることを示した。これらの被害はほとんど飛散物の衝撃により生じたものであることから、飛散物による二次被害の防止が非常に重要であることは分かる。図 10 は、被害状況から判断した飛散物の大まかな飛散方向を示す。各風向から飛散物被害を受けたが、竜巻進行方向の南西方向からの被害が最も多かった。また、佐呂間地域では、広い窓を有する住家が相対的に多く、雨戸など一定な防風効果が期待できるものは、ほとんどつけられていないことで、より多く窓ガラス被害が出たことにつないだ。

#### 4.3 飛散物

飛散物による被害が目立ったため、ここで飛散物のみを注目した。図 11 に今回の竜巻で生じた飛散物被害の一部の様子を示す。図 11a にある 2 階建て木造住宅は 2 箇所ですべて顕著な飛散物被害を受けていた。西側壁に角材が突き刺さっていると同時に小屋組みと思われるものが南窓に引っかかっている。図 11b には、角材が車のフロントガラスに突き刺さっている。なお、今回の竜巻では、飛散物の飛散距離の長さが目立った。竜巻発生直後に、現場から約 20km 離れたオホーツク海上で、被害に遭った建物の一部とみられる 40cm 四方の板が落下するのを目撃していた人がいた。これら飛散物は非常に広い範囲で二次被害を起こす可能性を持ち、竜巻発生時の飛散物の飛散距離や衝撃について、今後の更なる研究が必要と思われる。

佐呂間竜巻被害現場から、屋根骨組み、角材、金属梁、屋根葺き材、冷蔵庫などの家庭電器製品など、様々な飛散物が見つかった。なお、現場から北側に10km以上離れた計呂地でもトタン屋根などが見つかったし、下記飛ばされやすい薄い板状なものは、軽トラット20台分収集されたという：木片、トタン、衣類、グラスウール、鉄板、屋根、網戸、布団など。



図10 飛散物の大まかな飛散方向



(a) 住宅に飛来した飛散物



(b) 車に突き刺さっている角材

図11 飛散物被害

## 5 まとめ

平成 18 年 11 月 7 日に北海道佐呂間町若佐地区で発生した竜巻による建築物の被害を調査した。当該竜巻被害の実態を正確に把握するとともに、被害状況に関するデータベースを作成した。

### 謝辞

現地調査に際し、被災地域の皆様に貴重な証言を頂きました。心より謝意を表します。また、共同通信社には航空視察の便宜を図っていただき、または航空写真の使用をご許可くださいました。日本風工学研究会の各先生には貴重なご意見を頂きました。ここに記して謝意を表します。

地図は国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図を利用した。本調査の一部は 21 世紀 COE プログラム「都市・建築物へのウインド・イフェクト」により行われた。また追加調査および本報告の作成に当たり「北海道佐呂間町で発生した竜巻による甚大な被害に関する調査研究」への科学研究費補助金（特別研究促進費）の補助を受けた。

### 参考文献

- 1) 奥田泰雄、喜々津仁密、西村宏昭：強風被災度ランク、第 19 回風工学シンポジウム、p223-228.