

2006年台風13号に伴って発生した竜巻による延岡市の建物被害

宮城弘守（宮崎大学）
菊川裕規（大分工業高等専門学校）
松井正宏（東京工芸大学）
曹曙陽（東京工芸大学）
田村幸雄（東京工芸大学）

1. はじめに

2006年9月10日にフィリピン東海沖で発生した台風13号(国際名 Shanshan)は、発達しながら北西に進み、15日から北寄りに向きを変えて16日には石垣島付近を通過し、東シナ海を北上して17日には九州に接近した。17日18時過ぎに長崎県佐世保市付近に上陸し、佐賀県、福岡県を通過して20時頃に玄海灘に抜け、日本海を北上して9月20日に北海道に再上陸し、温帯性低気圧に変わった。

この台風13号が九州に上陸する少し前の9月17日14時頃、宮崎県延岡市で突風被害が発生した。被害は、死者3人、住家、非住家あわせて全壊94棟等におよび、日豊本線では特急「にちりん」が横転した。現地の被害状況、被害者からの聞き取り調査により宮崎地方気象台はこの突風の原因を竜巻によるものと判断した。

この竜巻による被害の現地調査を被害発生翌日9月18日から実施した。その結果、延岡市の市街地をほぼ南北に縦断する形で被害が分布していることが明らかとなった。また、被害復旧活動が落ち着くのを待って、延岡市役所への聞き取り調査を11月7日に実施した。以上の調査結果について報告する。

2. 被害統計

延岡市役所による人的被害・住家被害の状況を表1に示す。延岡市は、被害発生直後から24日までに1次、2次調査を実施し、屋根の破損面積、主要構造骨組の損傷状況等に基づき、建物の被害状況を判定した。また、被災者生活再建支援制度など公的援助の基準になる全半壊の区分については、29日に判定会議を開き、その後、調査した全世帯に通知した。

人的被害では3名が亡くなり、11月7日の佐呂間竜巻による労災被害発生までの短期間であったが、1971年以降の気象庁の被害統計で死者数を更新する悲しい記録となった。報道等によると、浜町で2名(店舗陳列棚の下敷、屋外(畑)で高齢者がショック死)、山下町で1名(屋内に飛び込んできた飛散物が頭部を直撃)が亡くなっていて、屋内にいても飛来物による被害を受ける可能性があることが明らかとなった。

表1 2006年9月17日 延岡市の竜巻による被害統計

(延岡市防災推進室調べ：2006年11月6日現在、旭化成除く)

人的被害		死者		重傷者		軽傷者	
(人)		3		3		140	
住家被害		全壊	大規模半壊	半壊	一部破壊		
(棟)		79	83	265	753		
非住家被害		全壊	大規模半壊	半壊	一部破壊		
(棟)		15	9	33	110		
被害額	水産	農業	商工	公共施設	合計		
(千円)	65	88,474	1,188,700	16,847	1,294,086		

3. 気象状況，気象データ

図1~3に17日15時の地上天気図，14時の衛星画像，レーダーエコー図を示す。レーダーエコー図には台風中心位置と移動速度を併記した。竜巻が発生した9月17日14時に台風中心は延岡市の西南西約280kmに位置していた。竜巻発生当時、延岡市は、台風中心から伸びるレインバンドの下にあった。今回の竜巻はこのレインバンドを構成している積乱雲によってもたらされ

たとえられる。また、同様のレインバンドが南側にも伸びている。延岡市以外でも、日向市、日南市等で竜巻によるみられる突風被害が生じているが、これらの突風はこのレインバンド内で生じたものと考えられる。このレインバンドが宮崎県上空を北上して延岡市に達する約 2 時間の間に、日南市・宮崎市・日向市で竜巻を含む突風被害が次々と発生した。詳しい検討が必要だが、宮崎県内を北上中のレインバンドは、5 ケ所の被災地合計で約 15 分間、海上や地上に突風現象を生じさせている。

被害が細長い帯状で、被害の方向に収束性が認められることから宮崎地方気象台では、今回の突風は竜巻によるものであると 9 月 19 日に発表した。また、日南市油津で 1 人、日向市幸脇・平岩で 7 人が負傷した突風についても宮崎地方気象台は、現地調査の結果から、いずれも竜巻によるものと 9 月 22 日に発表した。さらに 9 月 27 日の宮崎地方気象台発表による竜巻の強度の推定結果は、延岡市が F2、日向市幸脇と日南市油津がいずれも F1 である。

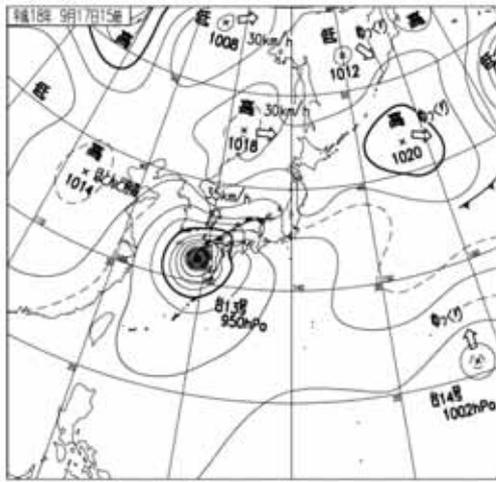


図 1 地上天気図 2006 年 9 月 17 日 15 時 (気象庁)

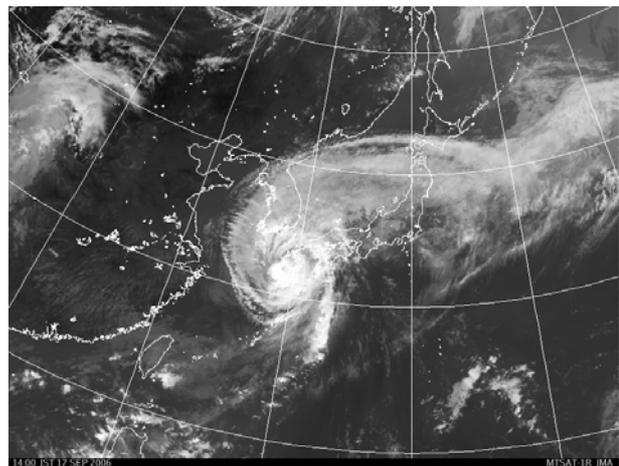


図 2 衛星画像 2006 年 9 月 17 日 14 時 (気象庁)

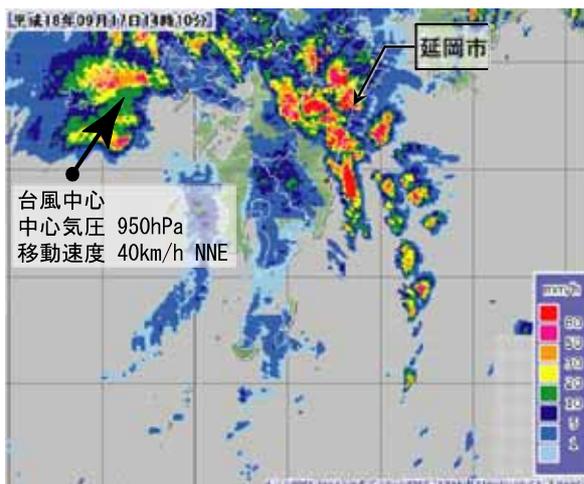


図 3 レーダーエコー 2006 年 9 月 17 日 14 時 10 (気象庁発表のものに台風中心位置等を加筆)

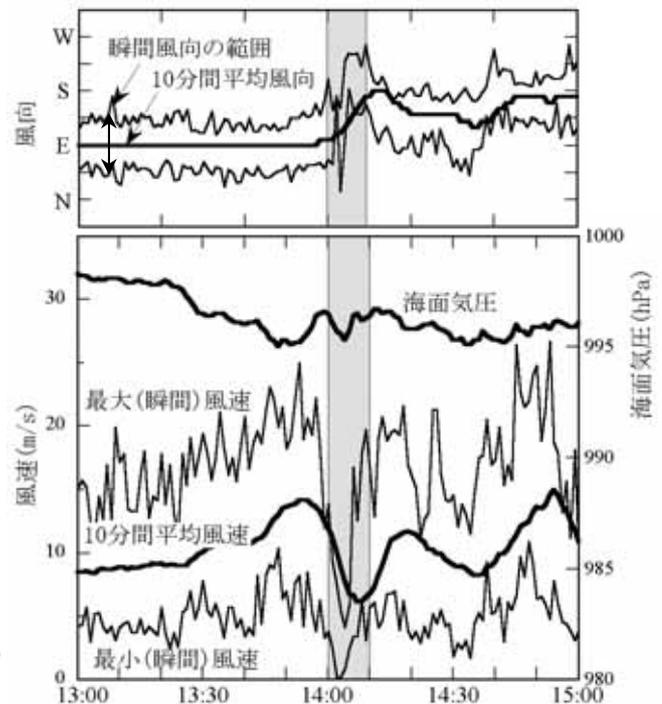


図 4 延岡特別地域気象観測所の風向，風速の時刻歴 (気象庁，1 分値)

表 2 風速観測記録

九州旅客鉄道株式会社	
五ヶ瀬川橋梁	14:05 風速 38～40m/s (脱線事故現場から北 1770m 地点, 複数の報道による)
旭化成株式会社	
恒富地区	14:06 最大瞬間風速 46m/s
愛宕地区	14:06 最大風速 46m/s (注)
延岡特別地域気象観測所	
最大風速	15.7 m/s SSE 17 日 18 時 50 分
最大瞬間風速	34.0 m/s SSE 17 日 19 時 00 分

(注) 記録された最大値。竜巻通過後, 風速計が破損していた。破損原因は飛来物によるものと推定される。

図 4 に延岡特別地域気象観測所における風向・風速の記録を示す。竜巻被害が発生した 14 時から 14 時 10 分にかけてを網かけで示した。観測所は, 被害帯から 1 km 西側に離れているため, 竜巻による顕著な強風が記録されていない。ただし, 竜巻が反時計回りに回転しながらほぼ北進したことから, 風速が弱まった可能性がある。被害帯に近い観測記録を表 2 に示す。被害地域から東に約 300m 離れた JR 九州の五ヶ瀬川橋梁(脱線事故現場から北 2 キロ地点)では, 14:05 に約 40m/s を観測した。また, 敷地内を竜巻が通過した旭化成工場でも, 2 ケ所で風の観測が行なわれていた。1 ケ所は被害帯の中央にあって飛散物により破損したが, 被害帯から東に 100～150m 離れた 1 ケ所では破損がなく設置状況も良いことから, 信頼できる。それによると, 14:06 に 46m/s が記録されており, 今回の竜巻による最大の突風は, 少なくともこの風速を超えるものであったと考えられる。この地点は, 竜巻の被害帯の東側であり, 突風被害の状況から竜巻の回転方向が反時計回りであったと考えられるので, 竜巻の進行方向成分により強まる可能性のある領域であったとも考えられる。

4. 突風被害の概要

4.1 被害の分布

図 5 に現地調査の結果, 構造物等に被害が認められた地点の分布を示す。被害は, 延岡市緑ヶ丘 5 丁目の海岸から尾崎町まで達する直線距離約 7.5km, 幅 100～200m の範囲に分布していることが明らかとなった。

竜巻は延岡市緑ヶ丘の海岸から上陸したと考えられる。また, 上陸地点の南東約 4km の遠見半島に竜巻と見られる被害はなく, 半島までの海上で発生したと推定される。

4.2 竜巻上陸地点から国道 10 号線付近の被害

竜巻が上陸したと考えられる緑ヶ丘 5 丁目の海岸では, 木製防砂柵が写真 1 の様にそこだけ 10m 程度北西に倒壊した跡があり, 海上で発生した竜巻がこの地点から上陸したと考えられる。

写真 2 に緑ヶ丘第一児童公園付近の被害を示す。北西角に向かって樹木や電柱が傾き, 北西角付近の建物等に大きな被害が集中した。4 階建て集合住宅の後ろの駐車場では, 移動した自動車や横転したジープがあった。竜巻の進行方向は写真中央奥向きである。

写真 3 に緑ヶ丘 4 丁目と 3 丁目を隔てるバス通りに面した建物の被害を示す。外壁にサッシが飛来・衝突してできた衝撃痕がくっきり残っている。

写真 4 に緑ヶ丘第三児童公園付近の被害を示す。樹木の被害が激しく周囲の電柱も西に倒壊した。公園内には多数飛来物が見られた。

写真 5 は被害帯の中央に位置して竜巻の直撃を受けたと推定される木造住宅の一つである。屋根, 窓, 外壁等の目立つ被害に加えて, 柱等の骨組みにも傾斜等の損傷が見られた。

4.3 浜町, 別府(びゅう)町, 旭町南部付近の被害

写真 6 に浜川西側のアパートの被害を示す。切妻屋根の東側の全てと西側の一部が剥ぎ取られた。屋根の行方は不明である(付近に落下していないため, 遠くに飛散した可能性がある)。



図5 現地調査による地上構造物等の被害分布
(宮城、菊川、松井の9月18日、19日の調査結果に基づく)



写真1 緑ヶ丘5丁目 海岸における防砂柵の損傷



写真2 緑ヶ丘第一児童公園付近の被害



写真3 緑ヶ丘4丁目と3丁目を隔てるバス通りに面した建物の東側壁面に刻まれたサッシの飛来痕



写真4 緑ヶ丘第三児童公園付近の被害



写真5 竜巻の直撃を受けたと推定される緑ヶ丘の木造住宅南面（延岡市役所提供、17日撮影）

写真7に国道10号沿道の事務所建物の被害を示す。原型が想像できないほど、損傷が激しい。
写真8に水田の北側の住宅の被害を示す。この付近では少なくとも2件の全壊があった。南側が比較的開けているが、被害の方向は西向きである。

写真9に屋外で高齢者がショック死した浜町の住宅地付近の様子を示す。周辺の民家の多くで瓦が飛散し、被害者近くの温室も倒壊したが、被害者に外傷は無かった（宮崎県警）。

写真10の大型量販店の店内では、商品棚が転倒して高齢者が亡くなった。竜巻通過時の急激な気圧低下で屋根ふき材折板の一部が剥がされ室内の気圧が下がり、建物東面の出入口の風除室のサッシが建物内側へ吸い込まれ、近くの商品棚を転倒させたと推定される。

写真11に大型量販店(写真9)西側のアパートの被害を示す。南側は窓の殆どが被害を受け、北側は切妻屋根が剥ぎ取られた。

写真12に自動車整備工場の被害を示す。浜川と道路が並行して東西に走る南側からの飛来物

や風圧により、屋根、窓、外壁等の外装材を中心に大きな被害が発生している。

写真 13 に運転士と乗客 6 人が軽傷を負った JR 日豊本線「にちりん」の横転と付近の被害を示す。「にちりん」は先頭車両と 2 両目が西側に横転した。周囲の住家や塀、樹木、電柱にも大きな被害が生じている。いずれも西ないし北西向きの強い風が作用したことをうかがわせるものである。乗客の一人は、横転の様子を「ゆっくり倒れ込んだ。」と表現している。

写真 14 にテント構造物の被害を示す。「にちりん」の転覆事故の北西側である。むしりとられた様な皮膜材の損傷が生じている。

4.4 旭町、中島町、新町付近の被害

旭町における被害の例を示す。写真 15 に工場外壁の被害を示す。建物南面、東面の外壁が破損している。特に東面には飛散物が衝突したと思われる痕跡が残っている。

写真 16 に中島町の住宅の被害を示す。波板スレートが飛散物となって外壁を突き破り室内の扉に突き刺さった。飛散物の衝撃力が非常に大きいものであることがわかる。また、この住宅に隣接する住宅では写真 17 のように飛散物により外壁に損傷を受け、屋根の一部が飛散した。これらの飛散物は、南側工場から発生したと見られる。

新町では、大瀬川に面した建物の外壁に損傷が顕著に見られた。障害物の無い約 240m の川幅の区間で突風が強まった様に川に面した部分で被害幅が広がっている。さらに、この地域は飛散物による被害が顕著であった。写真 18 は、南東側の住宅の瓦屋根が飛散物となり衝突することによる被害である。南面よりも東面の被害が大きく、竜巻が反時計方向の回転であることをうかがわせる。

写真 19 は、屋根の一部(波板トタン)と野地板、垂木が飛散し、電線に引っかかった状態になっている。この付近には、他の金属板屋根ふき材も飛来してきており、やはり電線に損傷を与えている。写真 20 は、壁材に角材が衝突した状況である。2 本の角材がサイディングを突き破っている。写真 21 は、鉄筋コンクリート構造のピロティにおける軒天井の被害である。この様に、構造骨組は無被害な鉄筋コンクリート構造でも、軒天井に被害を受けた建物が散見された。



写真 6 浜川付近のアパート東面の被害



写真 7 国道 10 号バイパス沿道の事務所建物の被害



写真 8 浜町における水田の北側に面した住宅の被害



写真 9 丸印付近の屋外で高齢者がショック死した浜町の住宅地（延岡市提供、宮崎県防災救急ヘリ「あおぞら」から、18 日撮影）



写真 10 入口サッシの倒壊で死亡事故が発生した
大型量販店（延岡市提供，宮崎県防災救急ヘリ
「あおぞら」から 18 日撮影）



写真 11 大型量販店西側のアパートの被害



写真 12 自動車整備工場の被害



写真 13 JR 日豊本線「にちりん」の横転と付近の被害



写真 14 テント構造物の被害



写真 15 工場外壁の被害(南東側から，外壁の剥離)



写真 16 飛散物が外壁を突き破って室内の戸に突
き刺さった状態



写真 17 飛散物による外壁の損傷



写真 18 飛散物による外壁の損傷
(延岡市役所提供, 17日撮影)



写真 19 飛散物(波板トタン屋根)による電線の被害



写真 20 飛散物(角材)によるサイディングの被害



写真 21 鉄筋コンクリート建築物のピロティ軒天井の被害

4.5 船倉町, 紺屋町, 祇園町, 博労町, 栄町, 山下町付近の被害

船倉町では, 飲食店街の看板が吹き飛ばされた。駐車場では看板, 自動販売機に北から南へ向かって倒壊しているものが見られた(写真 22)。この駐車場では, 標識等にも被害がでているが, 倒壊方向が東向きのももあり, 飛散物の衝突などの影響も考えられるが, 非常に複雑な風の力が作用したようである。多くの被害が, 建物東面, 南面に集中していたが, 五ヶ瀬川沿いのホテルの北面のガラスに被害が出ていた(写真 23)。

紺屋町では, 五ヶ瀬川沿いのホテルの窓ガラスが大きな被害を受けた(写真 24)。

博労町では, 高架水槽のタンクの落下があった(写真 25)。

恵比須町では, 写真 26 に示すように比較的簡易な造りの木造建物の被害が見られた。また, 店舗でガラス面積を広くとっている建物でガラスが殆ど全て破損した(写真 27)

山下町は住宅街であり, 住家に多くの被害が見られた。また, 飛散物によって1名が亡くなった。寝室に瓦やガラスが散乱しており, 雨戸をたてていない窓から飛来してきたものが頭に当たったものとみられている。写真 28 は電柱の折損被害である。電柱は北側に倒壊した。写真 29 は住宅の外壁の被害である。飛散物の衝突跡が東面にみられた。写真 30 は木造住宅の屋根面の被害である。瓦は全て飛散しており, 野地板まで被害が見られる。底部分の被害が大きい。

写真 31 に山下町の小高い丘陵傾斜面の東向きの谷間沿いの被害を示す。被害が顕著であるが、この付近は風が吹き込んでくる東側に障害物がほとんど無いこと、谷筋による縮流効果等が、被害拡大の理由として考えられる。

写真 32 は前述の谷間のすぐ北側に開発された住宅団地の被害である。丘陵頂部付近では、障害物が少ないことや、増速効果により風速が増大した可能性があり、比較的築年数が浅い住家屋根が野地板ごと剥離する被害が見られた。

写真 33 は富美山町における北側に傾斜した地形に建つ住宅の被害である。植生被害の状況から、竜巻は写真手前の屋根面に被害を与えながら、正面奥の尾根筋を通過したと判断される。



写真 22 船倉町駐車場看板，自動販売機，標識の被害



写真 23 船倉町ホテル北面の被害



写真 24 紺屋町ホテルの外装材の被害



写真 25 博労町の高架水槽タンクの落下



写真 26 恵比須町の木造建物の外装材の被害



写真 27 恵比須町でみられた外装材の損傷
(窓ガラスの破壊とサッシの歪み)



写真 28 山下町の電柱折損



写真 29 山下町の外壁損傷(東面)



写真 30 山下町でみられた木造住家の屋根ふき材損傷



写真 31 山下町における丘陵地斜面の東向き
の谷間の被害



写真 32 丘陵頂部付近における家屋の被害



写真 33 富美山町の北側斜面における建物の被害

4.6 富美山町，山月町，中川原町，尾崎町付近の被害

写真 34 に示す富美山町の山田団地付近では，屋根に比較的軽微な被害が発生するにとどまった。この付近では「空からばらばらと物が降ってきた」という証言も得られた。この付近は地形の起伏が激しく，竜巻に影響を与えた可能性がある。

写真 35 に中川原町の工場における仮設足場の被害を示す。ここでは建物の解体工事が行われており，その足場が倒壊し，一部が飛散した。写真 36 は，その飛散した足場の一部が衝突してできたと思われるフェンスの被害である。また写真 37 は，飛散した足場が祝子川（ほうりがわ）を越え，対岸約 200m の住家を直撃した被害である。足場板が受風面積を増加させたた可能性がある。横幅 5 スパン 9m，高さ 3 ないし 4 段の 5～6m 程度の大きさで，今回確認された飛散物の中では，最大級の大きさである。

尾崎町における稲の倒伏状況をみると転倒方向が徐々に変化しており，渦を巻いているようにも見る事ができる。

尾崎町の建物被害は，写真 38 に示すように，水田地帯を望む北側の山際の集落で発生した。非住家 5 棟を含む 22 棟の被害のうち 4 割に相当する 9 棟が全壊となっている。また，集落内やその南側の水田地帯では，電柱が多数折損した。

尾崎町の北側は山林になっており，集落近くに杉の倒木被害が見られたが，さらに北側の山中に被害が無いことが空撮（国際航業，9 月 21 日）から確認されており，今回の竜巻被害の北端と考えられる。



写真 34 富美山町における軽微な屋根被害



写真 35 中川原町 仮設足場の倒壊



写真 36 中川原町金属網フェンスの被害



写真 37 祝子川（ほうりがわ）を越えて南東方向約 200m から飛来してきた仮設足場の直撃を受けた建物（延岡市役所提供，17 日撮影）



写真 38 尾崎町における住家の屋根被害

5. 過去の延岡市における竜巻被害

延岡市は、過去に発生した竜巻について、図 6 の様に、大正 4 年(9 月 8 日午前 7 時、死傷者 21 名、半壊以上 41 棟)、昭和 25 年(7 月 19 日、死者 1 名、重傷者 2 名)、平成 5 年(負傷者 1 名、家屋被害 50 棟)、平成 15 年(10 月 12 日午前 4 時、半壊 16 棟)と発表している¹⁾。その経路は、ほとんどが海岸から北西に向かっており、特に昭和 25 年、平成 15 年の竜巻の経路は、今回の経路と一部重複する箇所がある。

今回の竜巻発生と同様、台風時に発生したのものもあり、同様の気象条件での竜巻の発生に注意すべきと考えられる。

6. おわりに

台風 0613 号に伴って発生した竜巻による延岡市の突風被害の分布は南北 7.5 km 東西 100m ~ 200m で、極めて局地的に集中したことが特徴であった。

風向、風速などの気象記録は、今回のような局所的な現象を捉えるには、1 点で計測する風速計では十分ではないことが、延岡特別地域気象観測所の記録などから明らかとなった。また、竜巻の通過経路にある風速計が大きな風速を計測しながらも、飛来物による損傷を受けたことは、竜巻などの気象擾乱に対する風速計測方法に注意が必要であることを示している。

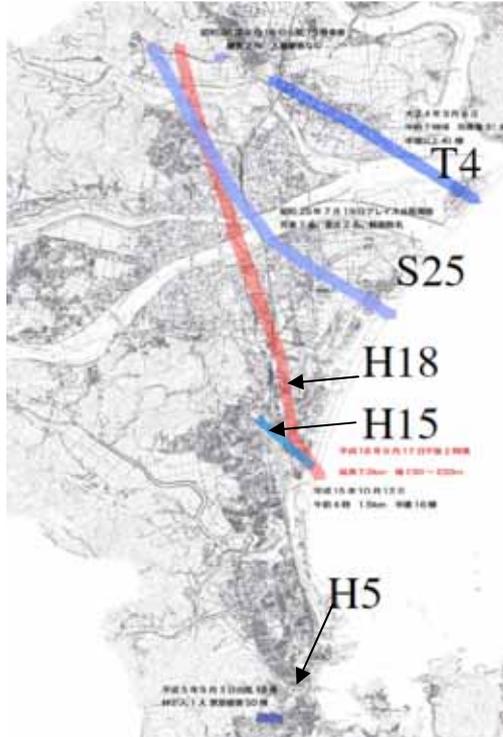


図6 過去の延岡市における竜巻被害¹⁾(延岡市役所による)

被害の内容では、飛散物の発生とそれによる人的被害、建物への被害件数が非常に大きかった。飛散物は建物に被害を与えるとその建物の屋根ふき材が飛散するきっかけを作り、更なる飛散物を発生させた。飛散物の衝撃力によりサイディング等を破壊する場合も見られた。

被害を受けた方向は、南面、東面が多かった。このことは、進行方向が北北西であることを考えると、竜巻の回転方向が反時計回りであることに対応する。

延岡市役所の調査により過去に同様の経路で竜巻が発生した記録があることが明らかとなった。

謝辞

今回の竜巻災害で亡くなられた方の御冥福を心からお祈り申し上げますとともに、被害を受けられた方々に対してお見舞いを申し上げます。

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。興電社 甲斐稔康様には初動調査で便宜をはかっていただきました。旭化成株式会社には風速計の記録をご提供いただきました。延岡市役所の関係部署、宮崎地方气象台、延岡市消防本部には、被害情報をご提供いただきました。京都大学防災研究所 林泰一先生、丸山 敬先生、高知大学 佐々浩司先生、九州大学 前田潤滋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、および延岡市街地図を利用した。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」、日本風工学会の突発性災害調査費により行われた。また追加調査および本報告の作成に当たり「2006年台風13号に伴う暴風・竜巻・水害の発生機構解明と対策に関する研究」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) 延岡市防災推進室、「ぼうさい瓦版」, 第5号, 2006.11.1