

ICTデバイス等から得られた情報を活用した竜巻被害調査 —2018年6月29日に米原で発生した竜巻を例にとって—

西嶋一欽*・岩崎弘高**

* 京都大学防災研究所

** 京都大学工学研究科建築学専攻

要 旨

2018年6月29日午後1時38分頃、滋賀県米原市で竜巻によると思われる突風被害が発生した。今回の被害調査では、事前にICTデバイス等から得られた情報を活用することで効率的に調査を実施することができた。また、ドライブレコーダで撮影された映像から竜巻の通過時刻および移動速度が推定でき、さらに映像中の特定の飛散物に着目することで飛散物の飛散速度を推定する可能性が示された。ドライブレコーダで撮影された映像により朝日地区通過時の竜巻通過位置が特定できたので、竜巻中心からの距離と被害の程度を関連付けることが可能になり、被害と風速との関係を仮定することにより竜巻の最大速度および最大風速半径を推定することができた。本稿では以上のことについて報告する。

1. はじめに

2018年6月29日午後1時38分頃¹、滋賀県米原市で竜巻によると思われる突風被害が発生した。京都大学防災研究所は被害地域で建物の被害状況を調査する目的で、2018年6月30日午後に現地調査を実施した。調査は、西嶋一欽、土井こずえ、岩崎弘高（以上、京都大学防災研究所）と松井正宏氏（東京工芸大学）の4名で行った。

今回の竜巻被害調査では、事前にICTデバイス等から得られた情報を活用することで効率的に調査を実施することができた。また、調査を通じて得られた情報を追加的に活用することで竜巻による風速を推定した。本稿では、これらのプロセスを共有することで、ICT技術等から生み出される情報を活用した竜巻被害調査の可能性を示す。

本稿の構成は以下の通りである。まず、2節で竜巻による被害状況の分布を示す。また、竜巻襲来時に車を運転していた運転手の証言が得られたので紹介する。3節では、竜巻による風速を異なる方法で推定（うち一つは飛散物の飛散速度を推定）した結果を

示す。

2. 被害状況

2.1 竜巻経路と被害分布

米原市調査（平成30年6月30日午後3時現在）によると、家屋等の被害状況は朝日・夫馬・北方地区を含む伊吹山南西部で、建物の躯体に影響のある被害数が38戸、ガラスやトタン等の被害数が102戸におよんだ。また、市の災害対策本部（NHKニュース）によると、8名がけがを負った。

図1（左）に、現地調査およびニュースやインターネットでの被害映像や写真をもとに、被害を受けた建物等の分布を地図上にプロットしたものを示す。図中の青印のものは我々の現地調査によるもの、黄印のものはニュース映像等によって判断したもの、紫印のものはソーシャルメディア上で公開されている写真等によって判断したもの、赤印のものはニュースおよびソーシャルメディアで公開されている写真等によって判断したものである。また、米原市調査によると、これらの地域に加えて野一色でも建物の躯体に影響のある被害が報告され、グリーンヒルズ朝日、山東桜ヶ丘、坂口、烏脇、平和台でもガラス・トタン等の被害が報告されている。

朝日地区で記録されたドライブレコーダの映像によると、同地区では竜巻は南から北に向かって進行

¹ 関西電力によると、朝日・夫馬・北方地区等で6月29日午後1時38分48秒に停電が発生。この時刻頃に竜巻が当該地区を通過したと思われる。ただし、この停電はこれらの地区一帯で同時に発生したので、これらの地区のどこを竜巻が通過していたのかは不明。

していることがわかる。また、同映像より竜巻の回転方向は反時計回りであったことを確認した。図1(右)に、飛散物等による被害状況等から推察した、それぞれの地点での風向をプロットしたものを示す。北方地区での竜巻通過位置は不明であるが、夫馬地区および朝日地区では図1(左)で示している被害

を受けた建物の西側を北上したものと考えられる。なお、被害を受けた建物群のすぐ西側には田畑が広がっており、被害を受けうる住宅は存在していない。ただし、耕作地に設置されたパイプハウスのビニールが破損する被害が確認された。

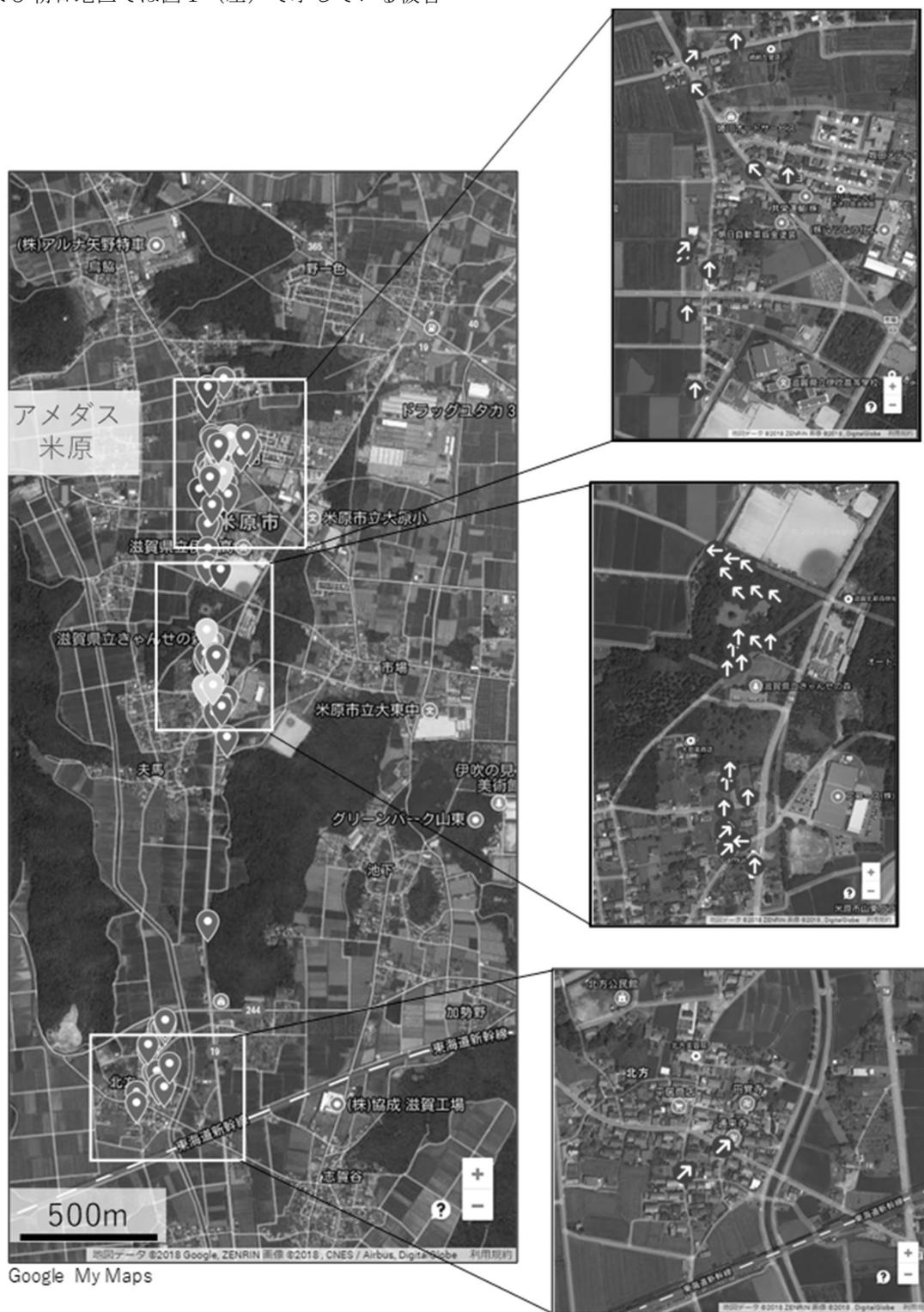


図1. 被害を受けた建物等の分布(左)と被害から推察される風向(右)

今回の調査では、調査を実施するまでに、ニュース映像やソーシャルネットワークで公開されている写真等に写っている被害を受けた住宅等の位置をGoogle ストリートビューを用いて概ね特定することができた。これによりあらかじめ調査対象地域を限定することが可能になり、調査効率が向上した。

また、朝日地区および北上地区で撮影されたGPS機能付きドライブレコーダの映像からそれぞれの地区での竜巻通過時刻（朝日地区：13時42分50秒、北上地区13時38分53秒）を知ることができた。それぞれの映像の撮影位置もGoogleストリートビューで特定することができたので、これらの情報から北上・朝日地区間（直線距離で約2.3km）における竜巻の平均移動速度が約35km/hと推定することができた。

2.2 聞き取り調査

朝日地区で竜巻を捉えたドライブレコーダの撮影者とソーシャルネットワーク経由でコンタクトが取ることができ、竜巻を捉えた映像ならびに当時の状況に関する証言が得られた。証言を要約したものおよびその時刻における映像を下記及び図2に示す。なお、証言者が運転していた。

【証言】

- ・画像スタートから（13時42分）25秒位まで、それまでかなり強く降っていた雨が、かなり小降りになった。
- ・後でドライブレコーダの映像を見たところ、この時すでに画面右上にそれらしき雲があることがわかったが、当時は気づかなかった。
- ・40秒あたりで前方に何か飛んでいるのは見えたが、単なる強風と思っていた。右側に家があったのでその先が見えていなかった。この時点でも竜巻には気づかなかった。
- ・42秒あたりで車に飛んで来た飛散物が当たる音が聞こえてきた。
- ・45秒から50秒にかけて、何が起きているのか理解出来なかった。
- ・55秒あたりで目の前を通過してようやく竜巻と気付いた。

この証言から運転中に竜巻と気づくことが困難であることがわかる。また、竜巻襲来当時朝日地区で小屋組みに被害を受けた住宅内部にいた方への聞き取り調査でも、竜巻が来るまで竜巻に気づかなかったという証言が得られた。

3. 風速推定

3.1 JEFスケールを用いた風速推定

朝日地区を竜巻が通過する際のドライブレコーダ映像から竜巻が道路上にある時点での中心位置を推



時刻：13時42分04秒



時刻：13時42分41秒



時刻：13時42分45秒



時刻：13時42分50秒



時刻：13時42分55秒

図2. ドライブレコーダ映像から切り出した画像

定した（図3上）。また、この道路に沿って点在する建物の被害の程度を用いて、日本版改良藤田スケールに関するガイドライン（平成30年3月改正版）に

記載されているDIおよびDODにあてはめ、竜巻通過時の風速を推定した（図3下）。これらを用いて、竜巻の半径方向の風速分布を推定した。その結果を図4に示す。これによると、朝日地区通過時の最大風

速は50～75m/s程度で最大風速半径は30～50m程度と推定される。

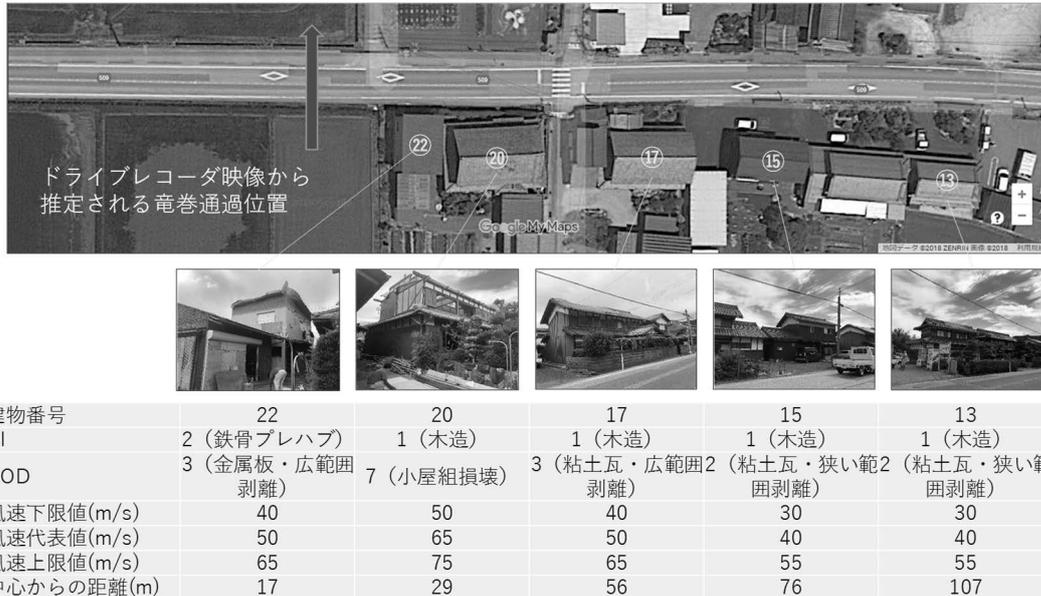


図3. 竜巻通過位置と建物の位置関係（上）、被害の程度から推定された風速値（下）

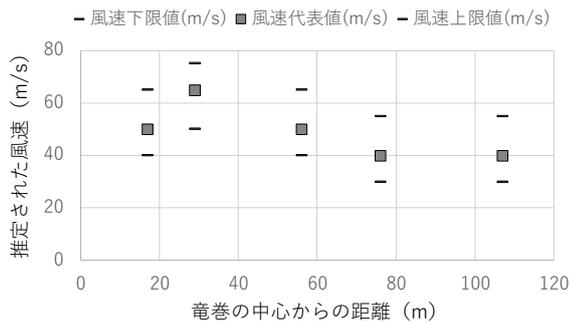


図4. 朝日地区通過時の半径方向（進行方向右側）の風速分布

3.2 飛散物の飛散速度の推定

朝日地区を竜巻が通過する際のドライブレコーダに録画されたデータから飛散物の飛散速度を推定することで竜巻の風速の推定を試みた。撮影に用いられたドライブレコーダは日本電気サービス社製のmirumo eye（型番：DRC-310）である。このデータには、図2に示す通り竜巻の様子が撮影されている。しかしながら、ドライブレコーダに内蔵されているカメラは単眼レンズであるため、被写体の空間上の位置を画像から計算することは一般的に困難である。そこで、本解析では映像中に飛散物として写っているカラーコーンが規格品であることに着目し、そのフレーム画像上の大きさとカラーコーン自体の大きさの情報を組み合わせ、カメラの諸元を加味したうえで幾何学的な関係を用いれば、空間上の位置を計算することができる考えた。詳細な説明は別の機

会に譲るが、おおよその手順は以下の通りである。

【手順】

- ・カラーコーンが十分大きくかつ明瞭に映っている4枚のフレームを選別する（ただし、選別したフレームは等時間間隔ではない）。
- ・画像処理によりフレーム画像からカラーコーンのみが強調された白黒画像を作成する。
- ・カラーコーンの特徴点（コーンの頂点と基部四角形の頂点）のフレーム画像上での座標を計測する。
- ・特徴点のフレーム画像上の幾何学的な位置関係と整合するように、カラーコーンの姿勢および空間上の位置を計算する。
- ・位置の差分を経過時間で割ることで飛散速度を推定する。

なお、録画データによると当時車は時速15km程度で移動していたが、本解析ではこのことを考慮していない。

図5に各時刻のカラーコーンの位置および推定された座標を1枚目のフレームに重ね合わせたものを示す。推定された位置の変化から推定したカラーコーンの飛散速度を指定した結果を図6に示す。図中のX軸はフレームの水平方向（右向きが正）、Y軸はフレームの垂直方向（上向きが正）、Z軸はフレーム直交方向（奥に行くほうが正）である。本解析によると水平方向の飛散速度は約40m/s程度と推定される。

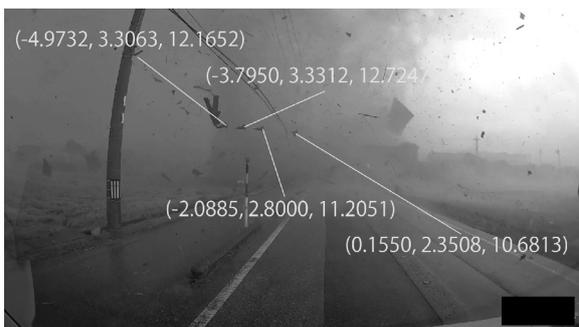


図5. 4枚の異なる時間に撮影された画像から推定されたカラーコーンの位置

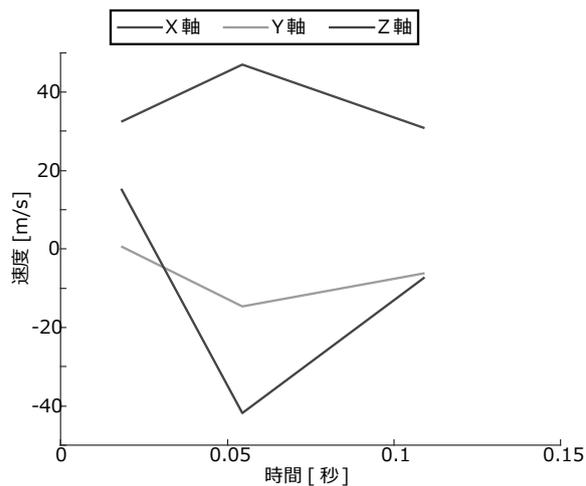


図6. 推定されたカラーコーンの飛散速度

4 まとめ

本調査では、ICTデバイス等で収集・発信される情報を活用することで、これまでの調査に比べてより効率的に被害調査を行うことができたことを報告した。また、ドライブレコーダのデータを活用することで竜巻通過時刻を知ることができること、複数の竜巻通過時刻をもとに竜巻の移動速度を推定できること、またドライブレコーダで撮影された映像から竜巻の通過位置を知ることができること、さらにはそれらを用いて風速分布を推定できることと飛散物の飛散速度を推定できる可能性があることを示した。

謝 辞

本調査およびデータの整理は京都大学防災研究所土井こずえ氏に協力していただいた。また、萱野匡章氏にはドライブレコーダによる竜巻通過の瞬間をとらえた貴重な映像ならびに当時の状況に関する証言をご提供いただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

気象庁 (2015) 日本版改良藤田スケールに関するガイドライン