

竜巻等の突風による被害予測手法に関する研究

研究背景

▶2012年5月に茨城県つくば市の住宅密集地を直撃した竜巻では、死者1名を含む多くの人々が負傷し、たくさんの建物が壊れました。

つくば市竜巻
(2012)



べた基礎ごと転倒した住宅



瓦のほとんどが飛散



大型のバン吹き飛び



樹木の枝折れ

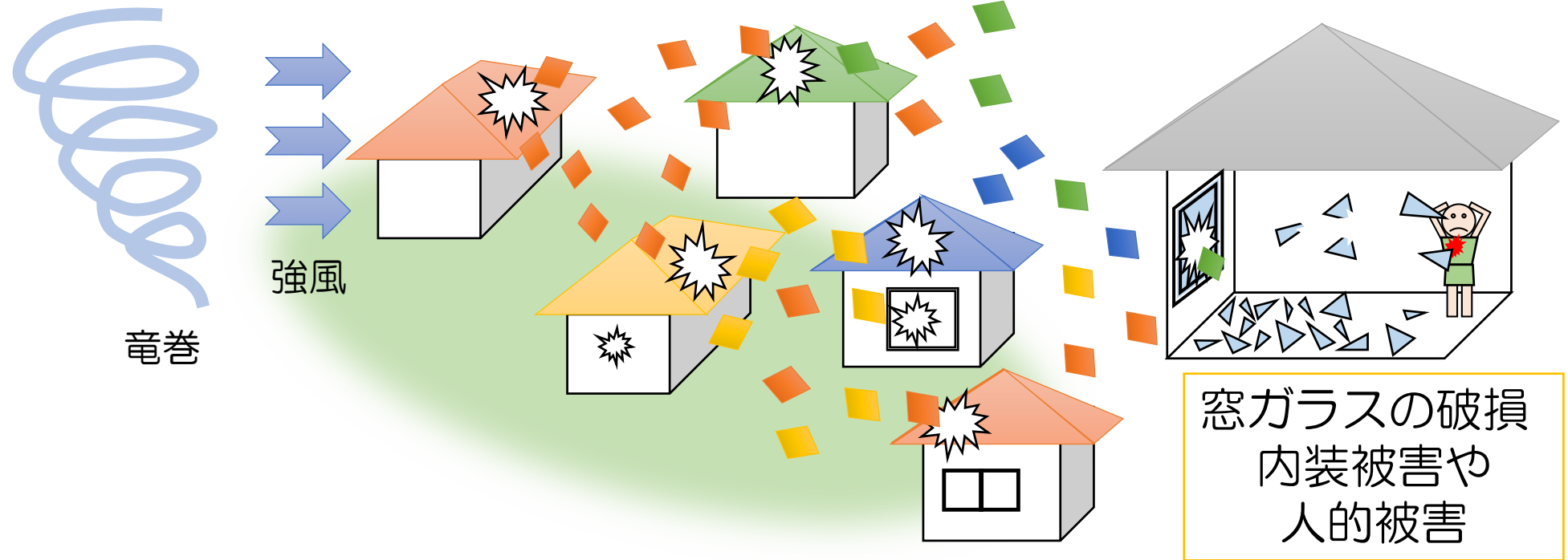


物置小屋は飛散

竜巻等の突風の特徴的な被害

- ① 突風で破損した屋根葺材などの構造材が飛散し、近隣の建物に衝突する二次被害
- ② 突風風圧または飛散物による窓ガラス等の破損が原因の人的被害や建物内部の破損

屋根葺材の飛散と被害拡大



窓ガラスの破損
内装被害や
人的被害

▶竜巻等の突風によって生じる被害には強風の風速のみでなく、被災建物と近隣の建物との位置関係や被災建物の開口面積、構法など、さまざまな要因が関連しています。

▶局所的な被害をもたらす竜巻等の突風の予測や対策は十分ではありません。しかし、自治体の防災対策や損害保険リスク算定のためにも、ある地域を竜巻等の突風が襲った場合の被害リスクを想定する必要があります。

- ・突風風速
- ・周辺環境
- ・開口面積
- ・建築構法

突風被害の拡大要因

地域単位での竜巻被害リスクの算定

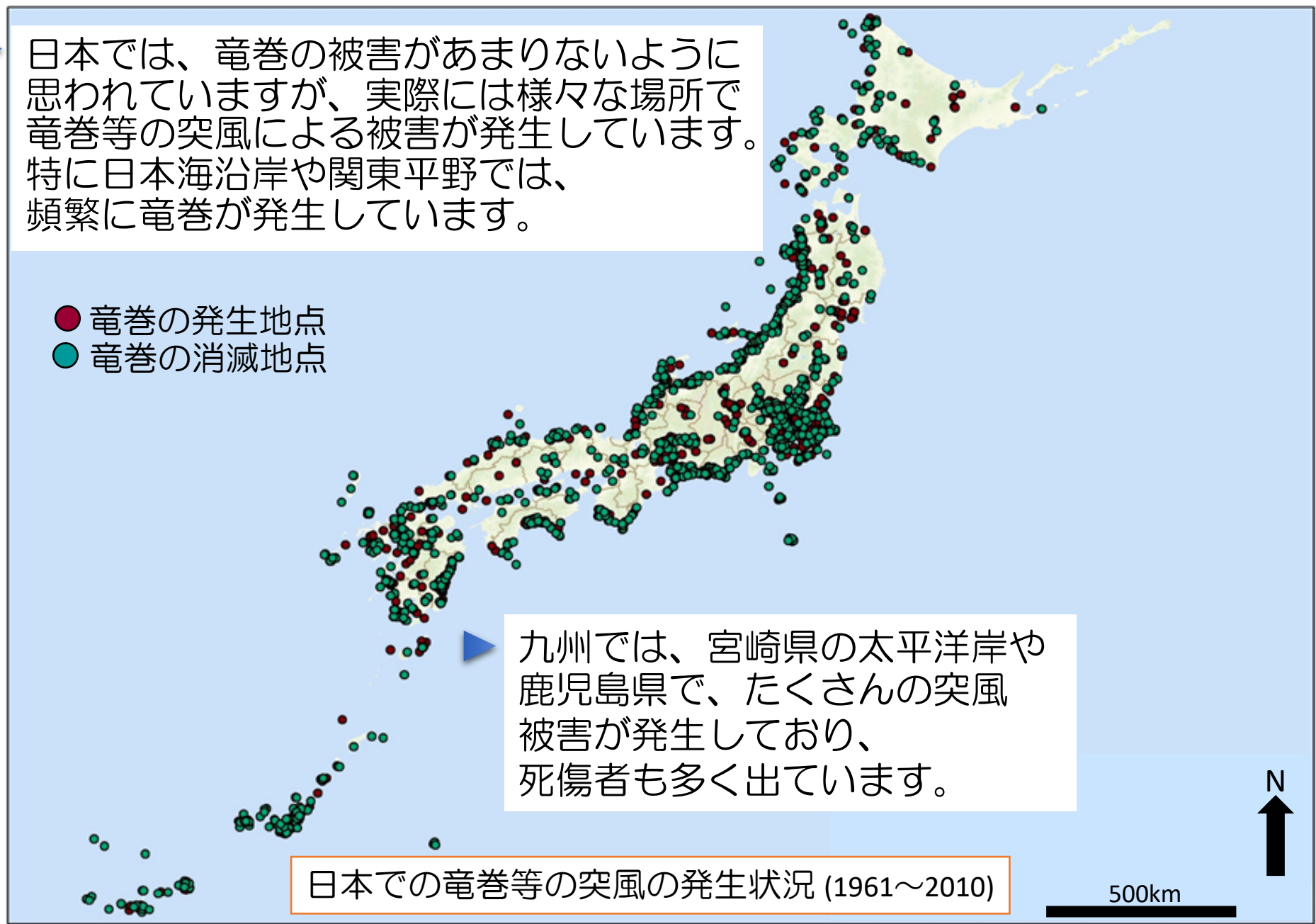
自治体の防災対策や
損害保険リスク算定のために

建物被害
人的被害

竜巻等の突風被害事例と特徴

▶日本では、竜巻の被害があまりないように思われていますが、実際には様々な場所で竜巻等の突風による被害が発生しています。特に日本海沿岸や関東平野では、頻りに竜巻が発生しています。

- 竜巻の発生地点
- 竜巻の消滅地点



▶九州では、宮崎県の太平洋岸や鹿児島県で、たくさんの突風被害が発生しており、死傷者も多く出ています。

日本での竜巻等の突風の発生状況 (1961~2010)

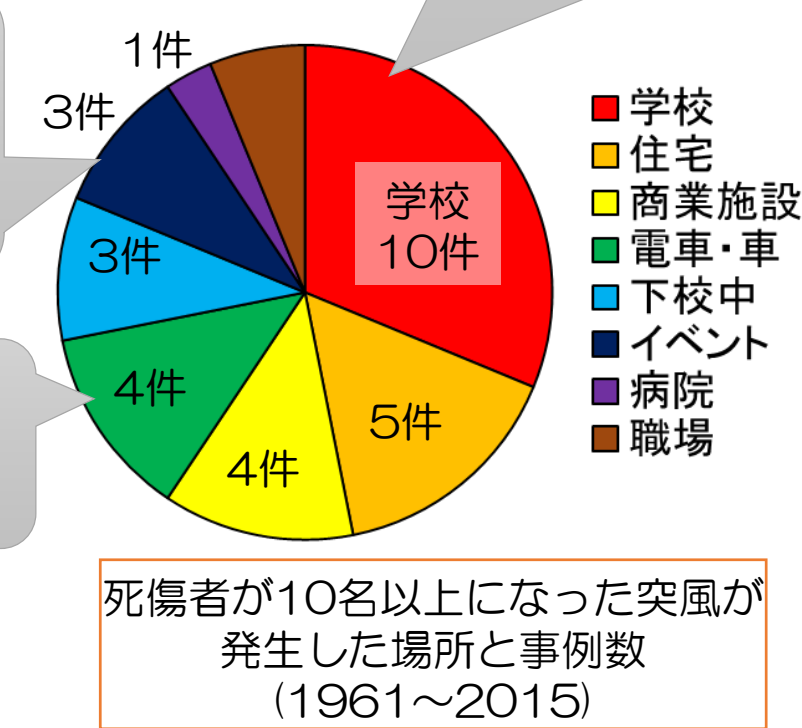
人的被害の特徴

▶台風と異なり、竜巻は突然発生するので、人的被害が多いのが特徴です。負傷者が多くなるのは、学校やスーパー、屋外のイベント会場、電車などです。1960年代は、住宅の倒壊による死傷者も多かったのですが、現在では少なくなりました。

イベント会場の仮設テントが吹き飛ばされてケガをする

電車が脱線、横転して乗客がケガをする

人が多く集まる場所で広い開口部（ガラス窓）があると、割れたガラスでケガをする



死傷者が10名以上になった突風が発生した場所と事例数 (1961~2015)

建物被害：延岡市竜巻（2006）の場合

▶2006年に宮崎県延岡市で発生した竜巻による建物被害の分布図です。

- ・2006年9月17日14時頃発生
- ・被害幅 150~300m
- ・被害域長さ 7.5km
- ・死者3名、負傷者143名（重傷3名、軽傷140名）
- ・住家被害 1180件（全壊79件、半壊348件、一部損壊753件）ただし、台風に伴う被害を含む
- ・藤田スケール F2

竜巻は親雲（積乱雲）の動きに合わせて移動する

被害は帯状に分布する

経路の中心より少し右側で被害が大きくなる

- 5：壊滅的な被害
- 4：甚大な被害
- 3：顕著な被害
- 2：軽微な被害
- 1：ごく軽微な被害

シカゴ大学の藤田哲也博士が考案した竜巻の風速を推定するための指標です。地震の震度に似ています。アメリカではF5の竜巻が発生しますが、日本ではF3の竜巻が最大規模です。

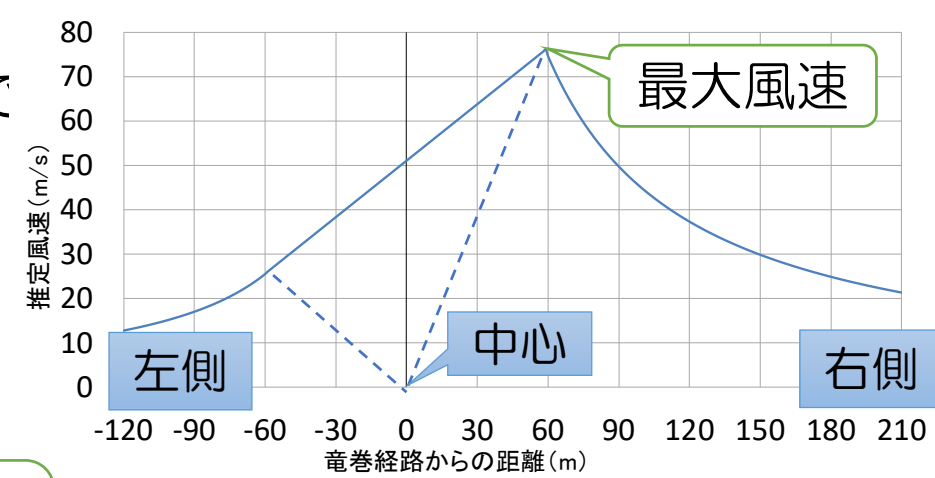
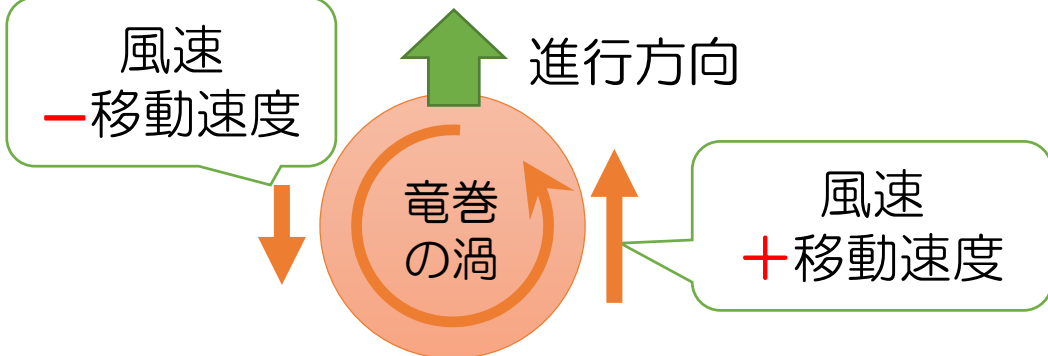
地震とは異なる、強風による建物の被災程度を判定するための基準です。

延岡竜巻による建物の被害分布 (強風被災度ランク*別) ※被害の一部

竜巻による建物被害の予測

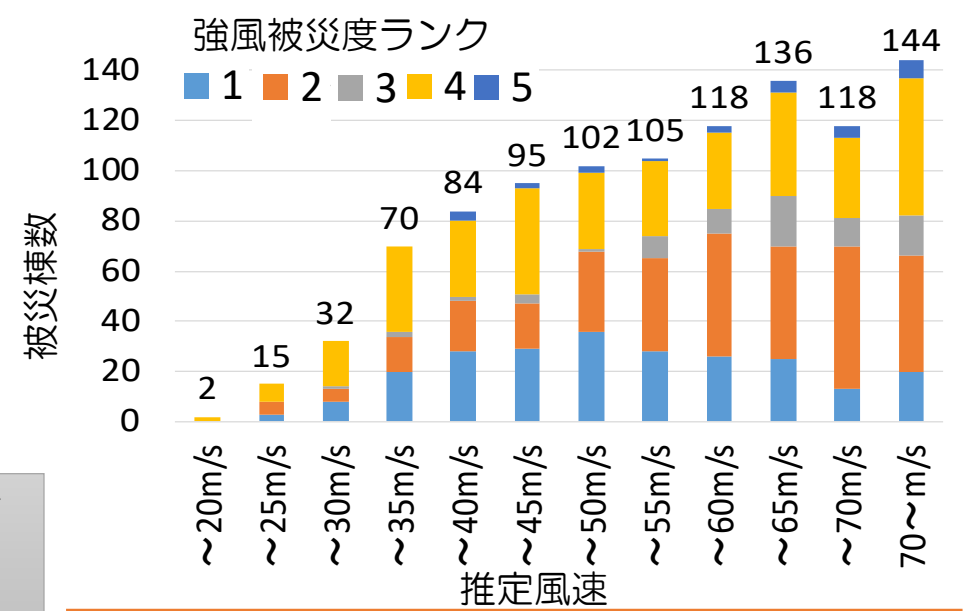
竜巻の風速分布の推定

▶竜巻の風は渦を巻いているので、移動速度との相対関係で中心より右側で強い風が吹きます。その風速分布を表現するモデルがいくつか提案されています。



渦モデルを使って推定される竜巻の風速分布

▶推定風速と被災した建物の数や被災程度を調べました。風速30m/sを超えると建物の被害が急増し、50m/sを超えると被害程度が大きくなります。

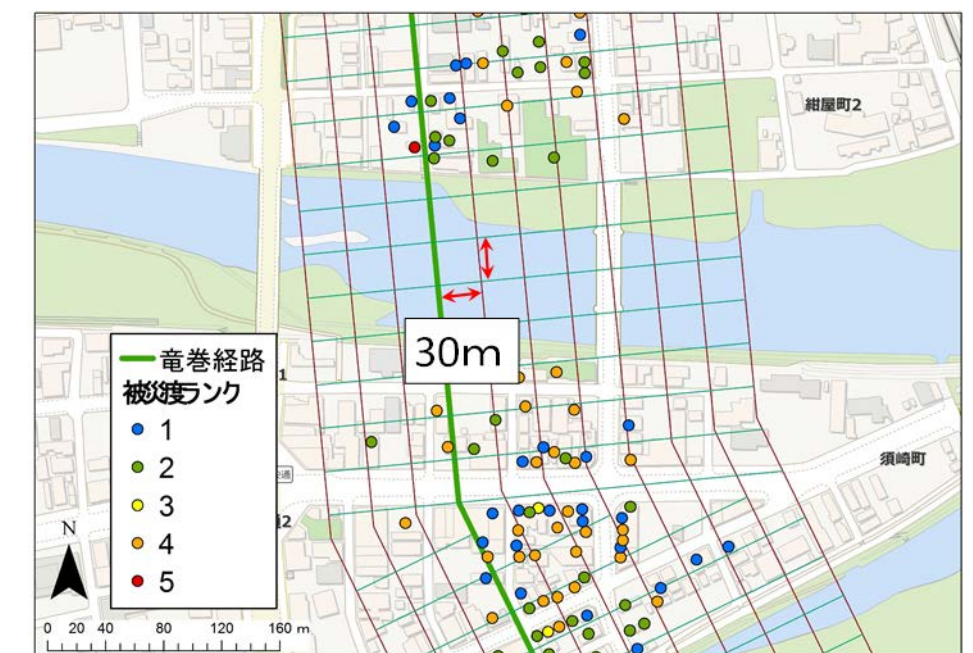


推定風速と被災建物数や程度との関係

竜巻の大きさ（風速）が分かれば
およその被害範囲を推定できる

建物密度と被害の関係

▶被災した領域を同じ面積で分割してみます。当然のことですが、建物がない田畑や川には被害がありません。建物がたくさんあると、被害件数が増えます。



同じ面積の領域に分布する建物数は違う

▶風速と建物の密度を考慮して、建物の被害面積を予測しました。竜巻の中心より右側で、建物が多く存在する領域で、大きな被害面積が予測されており、実際の被害と大体合っています。

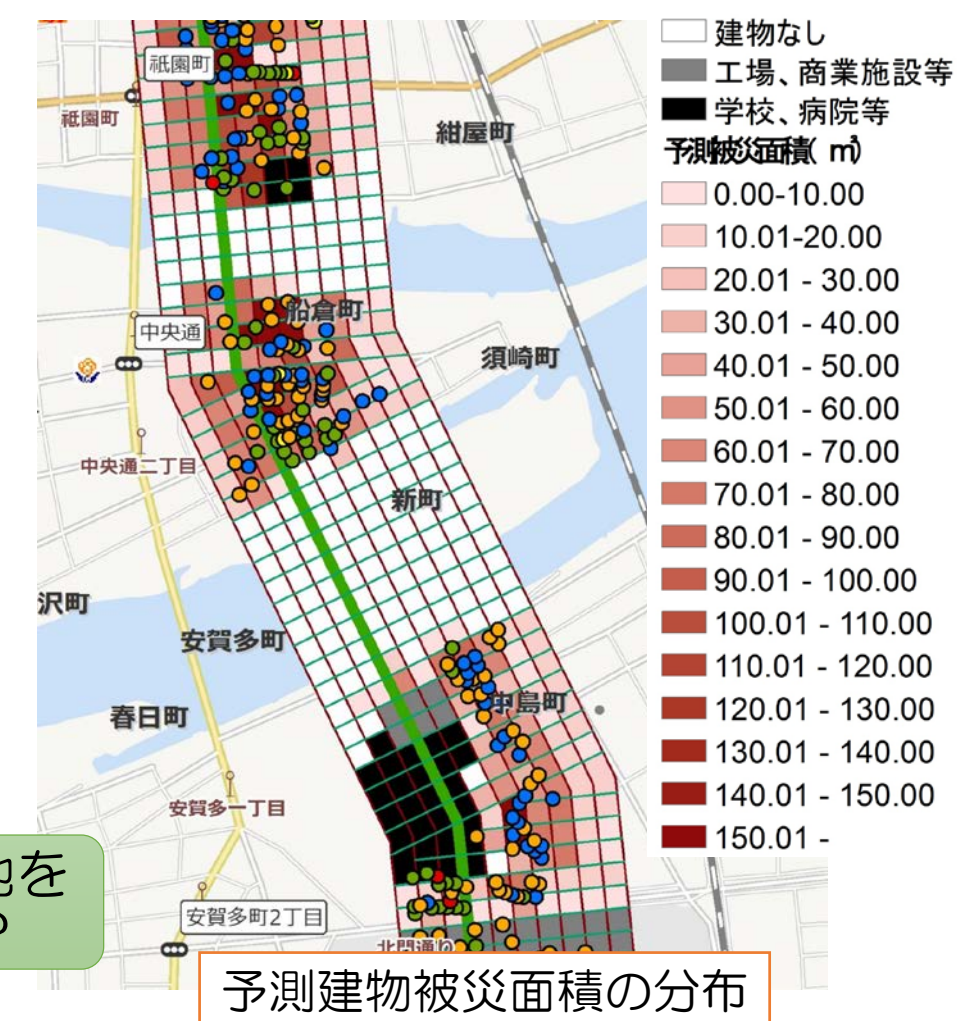
▶鉄骨造建物（工場や商業施設）や鉄筋コンクリート造建物（学校や病院）は、木造の住宅とは壊れ方が違うので、別の方法で被害を予測する必要があります。

もっと大きな竜巻が通過したら??

竜巻が住宅密集地を通過したら??

竜巻の大きさや経路を変えて被害の予測が可能

自治体の防災対策や損害保険リスク算定ができる



予測建物被災面積の分布

*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論文集, pp.223-228, 2006.12.