

□平成30年台風21号による建物等の 強風被害について

高知大学教育研究部自然科学系理工学部門 教授 野田 稔

1. 平成30年台風21号の概要

図1および2に平成30年台風21号のベストトラックと中心気圧の時刻歴を示す¹⁾。平成30年台風21号（アジア名: Jebi, 以下、T1821号と呼ぶ）は、同年9月28日9時に南鳥島近海で発生し、急激に発達して29日には暴風域が伴い、同日15時に強い勢力、30日15時には非常に強い勢力に発達、31日9時には中心気圧が915hPaまで低下して猛烈に強い勢力に発達した。その後、9月4日12時頃に中心気圧950hPa、10分間平均風速相当で最大風速45m/sの非常に強い勢力を保った状態で徳島県南部に上陸、紀伊水道を北上し、同日14時頃に兵庫県神戸市付近に再上陸、速度を速めて、5日午前9時に間宮海峡で温帯低気圧に変わった。

T1821号が日本を通過する間に、全国の100か所に及ぶ気象観測点で最大瞬間風速の記録が更新されており、表1に示すように上位10か所のうち6か所が大阪府、和歌山県、徳島県における最大瞬間風速である。大阪府南部、和歌山市、徳島県東部で50m/sを超える最大瞬間風速を記録しているほか、大阪市では室戸台風（1934）、第2室戸台風（1961）に次ぐ強風（47.4m/s）が吹くなど、これまで長らく強風を経験していない地域である近畿地方を中心に強風が吹いたことが分かる。図3に9月4日～5日に記録された瞬間最大風速分布を示すが、台風の進路から見て右側（危険半円側）において広く高い最大瞬間風速が記録され

ており、また、関東地方のように台風進路からかなり離れているエリアにおいても40m/s近い最大瞬間風速が発現しており、T1821号が広域にわたって強風をもたらしていたことが分かる。

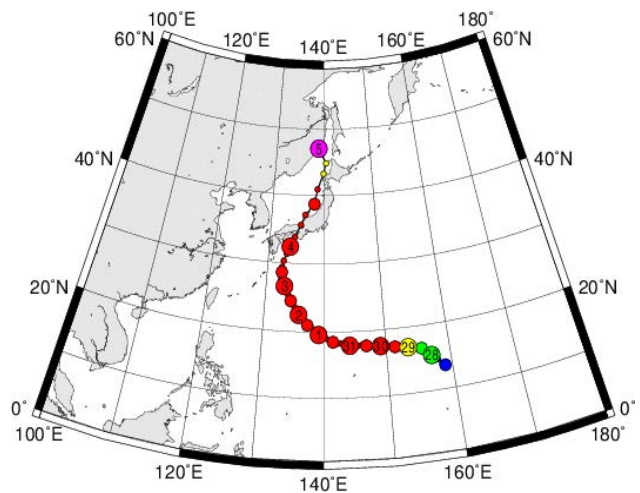


図1 T1821号のベストトラック

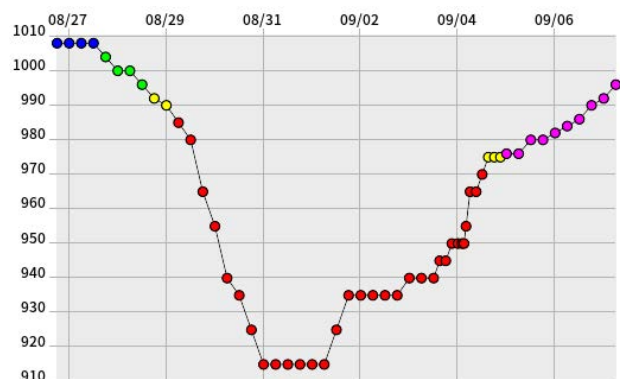


図2 T1821号の中心気圧変化

表1 T1821号通過時に最大瞬間風速が更新された気象観測点(上位10か所)

	都道府県	市町村	地点	更新した値				これまでの1位の値			統計開始年
				m/s	風向	年月日	時分	m/s	風向	年月日	
1	大阪府	泉南郡田尻町	関空島(カンクウジマ)	58.1	南南西	2018/9/4	13:38	41.2	南	2018/8/23	2009年
2	和歌山県	和歌山市	和歌山(ワカヤマ)*	57.4	南南西	2018/9/4	13:19	56.7	南	1961/9/16	1940年
3	大阪府	泉南郡熊取町	熊取(クマトリ)	51.2	南	2018/9/4	13:40	32.5	南	2014/8/10	2008年
4	徳島県	海部郡美波町	日和佐(ヒワサ)	50.3	東	2018/9/4	11:05	41	東	2018/8/23	2009年
5	徳島県	阿南市	蒲生田(カモダ)	48.8	東	2018/9/4	11:13	44	東南東	2014/8/10	2008年
6	福井県	敦賀市	敦賀(ツルガ)*	47.9	東南東	2018/9/4	15:00	41.9	北	1961/9/16	1909年
7	愛知県	常滑市	セントレア(セントレア)	46.3	南南東	2018/9/4	14:17	44.2	北北西	2009/10/8	2009年
8	滋賀県	彦根市	彦根(ヒコネ)*	46.2	南東	2018/9/4	14:13	42.5	南東	1950/9/3	1920年
9	和歌山県	県西牟婁郡白浜町	南紀白浜(ナンキシラハマ)	45.8	南南東	2018/9/4	11:33	43.7	南東	2018/8/23	2009年
10	兵庫県	神戸市中央区	神戸空港(コウベクウコウ)	45.3	南南西	2018/9/4	13:55	42.2	南	2018/8/23	2009年

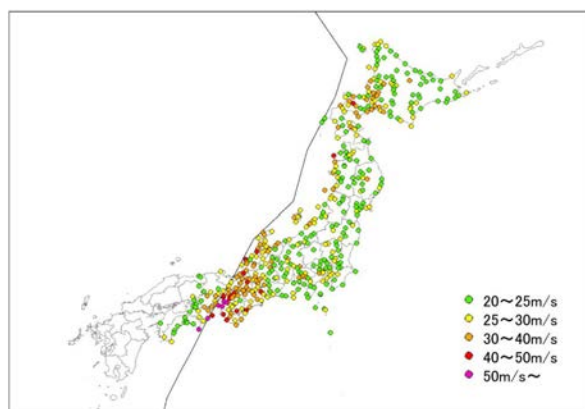


図3 9月4日～5日に記録された瞬間最大風速分布

2. 全国および近畿地方における被害の分布状況

表2に消防庁がまとめた各都道府県の被害数を示す³⁾。ここで、本表では浸水による被害の情報は除外している。この表より、被害は全国に広く分布しているが、特に大阪府の被害が突出していることが分かる。図4に都道府県毎の死者、負傷者を合わせた人的被害件数の分布を示す。危険半円側の広域で人的被害が発生していることが分かるが、このうち死者は特に進路に近い危険半円側で発生しており、部屋に飛び込んだ飛散物、全壊した倉庫の下敷き、屋根からの転落などが原因となっている。

次に、都道府県毎の一部損壊以上の被害住家数

の分布を図5に示す。この図から、台風進路近傍の危険半円側となった近畿地方以東に広く住家被害が発生していることが分かる。ここで、住家の絶対数の違いを除外するために図5に示した被害住家数を各都道府県の世帯数で除した簡易的な被害率の分布を図6に示す。この結果から、大阪府の住家被害が突出していることがよく分かる。表3に日本損害保険協会がまとめた各都道府県においてT1821号にかかる支払保険金の集計結果⁵⁾を示すが、1991年の19号台風による損害保険金支払額5,680億円を大きく上回り、日本全体の損害保険金支払額は1兆678億円に達し、その内、大阪府における損害保険金支払額だけでも6,000億円を超えていることから、大阪府の被害が如何に甚大であったかを知ることができる。

表2 各都道府県における T1821号による被害件数（消防庁応急対策室まとめ：平成31年2月12日現在）

都道府県	人的被害件数（名）				住家被害件数（棟）				非住家（棟）	
	死者	重傷	軽傷	負傷者合計	全壊住家	半壊住家	一部損壊住家	被害住家合計	公共建物	その他
北海道		1	6	7		2	220	222	8	50
青森県				0			14	14		
岩手県				0			0	0		
宮城県			1	1			2	2		1
秋田県				0			70	70	1	7
山形県			1	1			8	8		1
福島県			1	1			21	21	2	6
栃木県			4	4			3	3		5
埼玉県			18	18			50	50		
千葉県			2	2			4	4		9
東京都			4	4			26	26		1
神奈川県			8	8			27	27	1	1
新潟県		2	5	7		1	84	85		7
富山県			6	6			23	23	1	
石川県			8	8			34	34		5
福井県		1	6	7		4	111	115	29	44
山梨県			3	3		4	15	19	1	3
長野県			5	5		1	35	36		1
岐阜県		6	41	47		15	960	975	64	99
静岡県			3	3			1	1		1
愛知県	2	3	105	108	1	8	555	564	30	89
三重県	1	2	32	34	5	10	770	785		23
滋賀県	2	8	66	74	2	17	2,151	2,170		46
京都府		3	56	59	4	32	8,955	8,991	56	124
大阪府	8	7	487	494	28	436	64,556	65,020	986	3,143
兵庫県		6	53	59	7	37	3,036	3,080	1	72
奈良県		2	7	9			19	19		
和歌山県	1	5	25	30	11	59	3,866	3,936	13	766
島根県				0				0		
岡山県			2	2				0	1	20
徳島県			8	8	1	1	98	100	1	
香川県			1	1				0		1
高知県			1	1			1	1		4
合計	14	46	965	1,011	59	627	85,715	86,401	1,195	4,529

表3 T1821号にかかる支払保険金(含見込)

都道府県名	車両保険(含商品車)		火災保険		新種保険(含傷害保険)		合計	
	台数	支払保険金	証券件数	支払保険金	証券件数	支払保険金	件数	支払保険金
	(台)	(千円)	(件)	(千円)	(件)	(千円)	(件)	(千円)
北海道	1,164	457,602	16,093	14,199,138	499	203,893	17,756	14,860,633
青森県	22	5,886	539	436,347	35	28,582	596	470,815
岩手県	25	6,096	183	966,117	7	27,972	215	1,000,185
宮城県	34	5,815	434	283,863	24	9,035	492	298,713
秋田県	44	10,933	823	590,541	20	3,563	887	605,037
山形県	33	11,243	727	465,015	10	3,554	770	479,812
福島県	27	5,558	405	383,441	12	6,456	444	395,455
茨城県	53	20,667	808	830,431	29	10,190	890	861,288
栃木県	48	13,165	642	617,897	12	4,347	702	635,409
群馬県	29	9,460	544	457,205	11	25,089	584	491,754
埼玉県	211	70,352	3,911	2,677,604	71	29,346	4,193	2,777,302
千葉県	99	33,553	1,503	2,042,231	165	26,866	1,767	2,102,650
東京都	1,907	1,487,787	6,039	8,331,225	8,797	4,155,780	16,743	13,974,792
神奈川県	140	44,514	2,632	3,385,298	68	35,158	2,840	3,464,970
新潟県	159	42,540	1,204	1,023,253	32	17,708	1,395	1,083,501
富山県	240	65,667	3,379	2,318,537	42	40,336	3,661	2,424,540
石川県	290	79,915	5,705	3,578,934	65	41,640	6,060	3,700,489
福井県	541	177,915	7,279	6,148,247	103	98,054	7,923	6,424,216
山梨県	112	38,947	2,128	1,649,092	45	60,197	2,285	1,748,236
長野県	124	35,785	1,534	1,261,250	64	24,621	1,722	1,321,656
岐阜県	3,491	1,317,642	34,734	29,388,103	603	376,963	38,828	31,082,708
静岡県	139	40,701	1,889	1,636,378	38	26,904	2,066	1,703,983
愛知県	5,724	2,246,568	59,807	49,437,348	1,387	964,883	66,918	52,648,799
三重県	1,795	771,196	24,406	19,495,678	457	399,751	26,658	20,666,625
滋賀県	3,170	1,456,540	24,592	25,191,757	392	297,124	28,154	26,945,421
京都府	6,347	3,348,678	69,378	73,874,631	489	490,964	76,214	77,714,273
大阪府	72,239	52,823,156	347,068	542,218,325	5,128	5,705,569	424,435	600,747,050
兵庫県	7,864	9,197,324	39,953	60,924,725	799	2,076,644	48,616	72,198,693
奈良県	842	453,792	14,242	11,589,258	131	88,965	15,215	12,132,015
和歌山県	6,098	3,310,387	37,715	44,735,290	554	532,653	44,367	48,578,330
鳥取県	3	348	118	139,619	2	1,132	123	141,099
島根県	5	1,813	64	87,149	5	81	74	89,043
岡山県	40	22,384	412	743,536	13	14,578	465	780,498
広島県	13	3,613	240	1,826,291	20	9,809	273	1,839,713
山口県	8	2,983	107	365,238	6	1,925	121	370,146
徳島県	695	307,846	4,940	3,599,271	116	95,738	5,751	4,002,855
香川県	43	15,059	1,069	712,622	30	24,978	1,142	752,659
愛媛県	11	3,914	133	303,012	10	4,787	154	311,713
高知県	21	8,718	329	240,178	15	82,846	365	331,742
福岡県	15	4,954	541	1,041,607	43	4,461	599	1,051,022
佐賀県	3	3,074	57	37,073	0	0	60	40,147
長崎県	6	1,190	45	28,332	12	488	63	30,010
熊本県	10	2,375	114	80,230	16	1,627	140	84,232
大分県	6	2,861	84	506,311	3	421	93	509,593
宮崎県	5	960	103	161,069	10	3,536	118	165,565
鹿児島県	12	5,740	150	174,817	18	1,550	180	182,107
沖縄県	8	3,608	60	43,901	403	8,531	471	56,040
合計	113,915	77,980,824	718,862	920,227,415	20,811	16,069,295	853,588	1,014,277,534

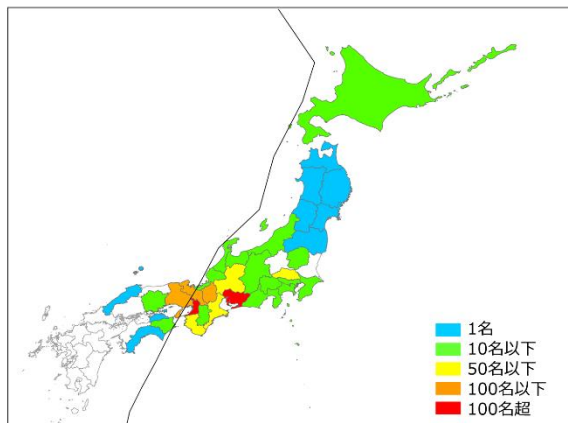


図4 各都道府県における人的被害数の分布

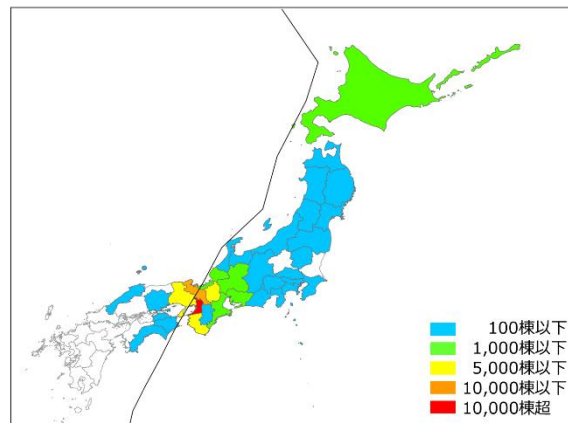


図5 各都道府県別の一部損壊以上の被害住家数の分布

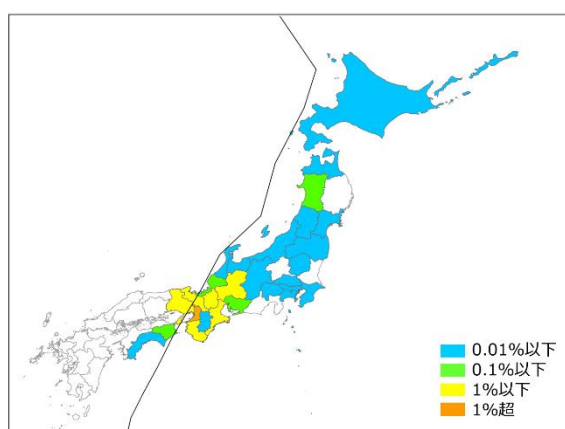


図6 各都道府県別における住家の被害率

図7に近畿地方における市町村別の住家被害率の分布を示すが、この限られたエリアの中にあっても、台風進路の危険半円側に被害が分布しており、特に最大瞬間風速58.1m/sを記録した関西国際空港の対岸に位置する泉佐野市が最も高い被害率を示している。図8に平成30年11月に実施した航空調査によって読み取られたブルーシートをかけた建物の分布と、市町村毎のブルーシートをかけた建物の数を世帯数で除した簡易的なブルーシート率を示す⁶⁾。この結果から、大阪府南部の海岸沿いの市町村のブルーシート率は、貝塚市、熊取町、泉佐野市、泉南市付近が特に高く、山側の市町村や和歌山県北部の部分においてもブルーシート率が存在する結果となった。この特に被害の突出したエリアは、住宅が過度に密集しており、1件の住家に屋根被害が発生すると、風下側に飛

散した瓦や屋根材などが他の住家に被害を与え新たな飛散物を生む被害の連鎖によって特に被害が拡大したものと考えられる。

また、関西電力管内では1,343本に及ぶ電力柱が折損や倒壊、傾斜などの被害を受け、4,914か所で配電線の断線などの被害が発生した結果、最

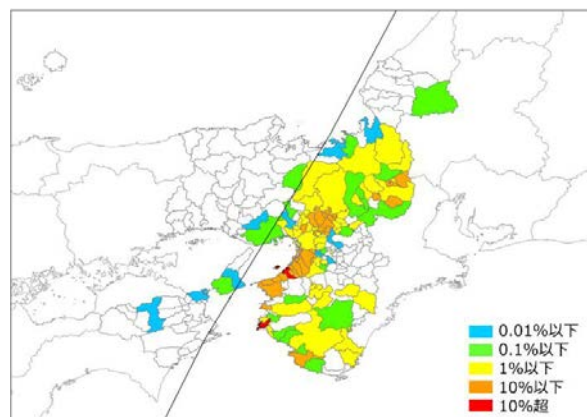
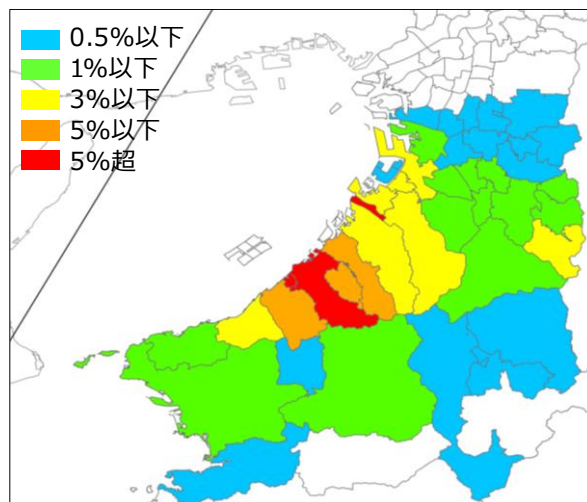


図7 近畿地方における市町村別の住家被害率



(a) 飛行経路とブルーシートの分布



(b) ブルーシート率

図8 航空調査により得られたブルーシートの分布とブルーシート率

大168万件、延べ220万件の停電が発生し、場所によっては復旧に2週間を要する被害が発生した⁷⁾。

3. 近畿地方に見られた主な被害の事例

前述の通り、T1821号の通過によって近畿地方、特に大阪府南部では甚大な被害が発生した。ここでは、主に著者が直接確認した被害を中心に代表的な被害例を紹介する。表1に示した通り、住家被害については、全壊、半壊件数は、一部損壊以上の被害住家65,000棟の中では1%に満たず数としては少なかったが、写真1に示すような被害は発生している。この建物は、剥離した外壁や周辺

のコンテナハウスの飛散状況から2風向に対して破壊されていた。破壊プロセスについて正確に推定することは難しいが、屋根部分と壁部分が剥離飛散していることから、最初の風向で過大な風荷重が作用することでいずれか、または窓ガラス等が破壊され、室内に風が吹き込む状態になることで、次の風向に対してさらに破壊が進んだものと考えられる。

次に、数多く確認された住家の屋根被害を写真2に示すが、いずれも瓦ぶきの屋根の瓦が浮き上がりまたは剥離を起こしている。日本版改良藤田スケール⁸⁾ (以下、JEFスケールと呼ぶ) によれば、木造の住宅や店舗の屋根ふき材(粘土瓦ぶき)の



写真1 強風により壁や屋根が飛散した店舗建物(大阪府泉南郡田尻町、著者撮影)



写真2 屋根瓦の剥離・飛散被害（いずれも大阪府泉佐野市、著者撮影）



写真3 強風により屋根が飛散した体育館（大阪府岸和田市、著者撮影）



写真4 店舗屋根裏材の剥離・脱落（左：大阪府堺市、右：大阪府貝塚市、いずれも著者撮影）

浮き上がりや剥離は、35～40m/sの瞬間風速で発生する被害である。このような屋根ふき材の剥離、飛散被害は、風下にあるほかの建物に衝突してさらなる破壊を生み出して被害を拡大させることが多い。屋根被害については、写真3に示すような体育館のような大規模な建造物でも発生する。この被害は、金属屋根の剥離被害であるが、強風被害としてはよく発生する被害形態のひとつである。また、屋根周りの被害としてよく見られるものとしては、軒下材の脱落、剥離被害（写真4）もよく発生する。この被害は、軒の下面で発生する圧力低下によって軒下材が剥離するために起こるものであり、JEFスケールでは、軒天井の破損として瞬間風速40m/s程度で発生するものとされている。写真5のように、外装材の剥離、窓ガラス



写真5 店舗のガラス破損、外装材剥離（大阪府貝塚市、著者撮影）

の破損などが複合的に発生すること例も多く、これらの破壊はいずれも飛散物を生み、被害の連鎖を起こす可能性がある。

T1821号の被害では、建物被害以外に写真6に示すような大型の屋外広告版の倒壊被害も多数発生していた。JEFスケールによれば、地上広告版の倒壊被害は瞬間風速55m/s程度で発生するものである。倒壊方向によっては道を塞ぐなどの二次被害を生む可能性がある。また、T1821号の通過に際しては、写真7に示すような電柱の倒壊被害が多数発生した。電柱被害は、1本の電柱が飛散物の衝突などによって破壊されると、その影響が隣の電柱に波及して破壊され、倒壊の連鎖が起こる。この写真にあるように、一斉に倒壊した場合、道を塞ぐ二次被害を生む可能性が高く、特に今回のような広域にわたる強風被害が発生した場合には、復旧にも時間を要することになる。単独で折損した電力柱被害の例を参考にJEFスケールに照らし合わせると、電力柱被害からは50m/s程度の瞬間風速が生じていた可能性がある。

そのほかの被害として、写真8に示すようなガントリークレーンの倒壊被害も発生している。この被害は、仮置き状態のものであったため、正常な設置状態を前提としたJEFスケールの被害指標には照らし合わせられないが、このような重量の大きな構造物であっても、設置状況に問題があ



写真6 強風により倒壊した広告板（左：大阪府泉南郡田尻町、右：大阪府泉南市、いずれも著者撮影）



写真7 折損・倒壊した電柱（左：大阪府泉南市、産経新聞社産経フォト⁹⁾、右：大阪府泉南市、著者撮影）



写真8 強風により転倒、破壊されたガントリークレーン（兵庫県西宮市、著者撮影）

れば、倒壊することがある。このほかに、T1821号の通過時には、乗用車やトラックなどの車両の横転や、建設工事現場の仮設足場、クレーンなどの被害も発生しており、広域にわたって甚大な被害が発生した。今回の台風では、インターネット上で数多くの動画が配信されたことも特徴の一つであり、中には、隣のマンションの屋根ふき材が飛散して、部屋に飛び込んでくるようなものも存在した。また、大阪北部の繁華街等では、歩道に置かれるような小型看板が強風で飛んでいくよう

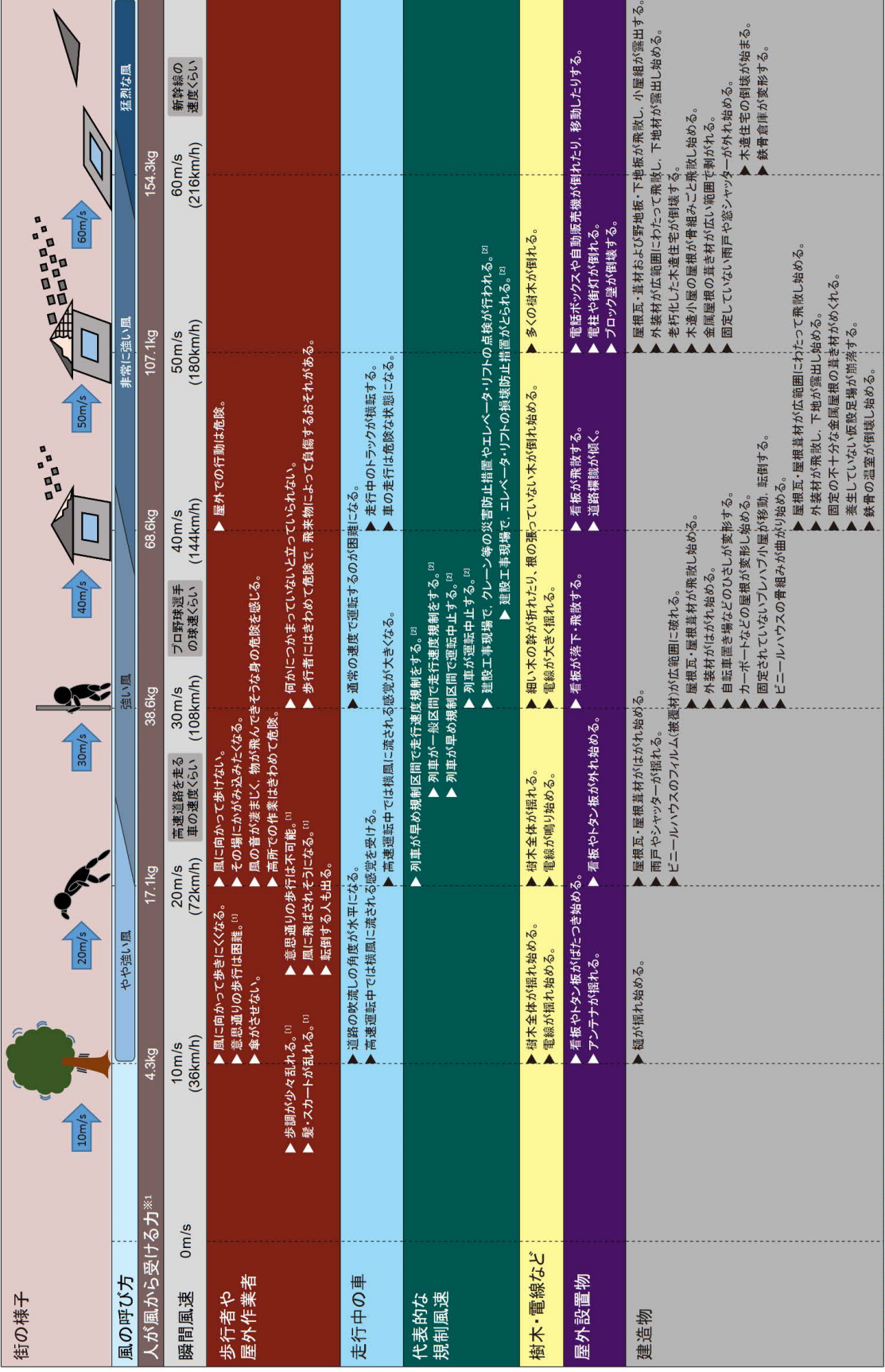
な例もあり、人身被害の原因ともなっている。さらに、大阪府南部では、交差点に設置されている交通信号機が強風によって動いてしまい信号機の方が狂ってしまっている上に、停電による機能不全も起こっていたため、交差点における事故の発生が懸念された。

以上に挙げた被害の例は、T1821号の被害のほんの一部であるが、基本的には、強い風による建造物の破損と、固定が不十分なものや強風で破壊されたものが飛散し、衝突する被害に大別され、これらの相互作用によって被害が拡大した可能性が高い。これらの被害を低減させるためには、被害を受けやすい屋根や外壁等のメンテナンスを定期的実施して建物の健全度を保つことと、屋外に飛散しやすいものを放置しないこと、が有効と考えられ、建物所有者への普段からの周知が必要である。

4. 被害と風速

JEF スケールに照らし合わせた風速は、前述の通りであるが、観測値も含めて考えると、T1821号によって吹いた風は、平均的に瞬間風速40～50

瞬間風速と人や街の様子との関係



※1 成人男性が風から受ける力(N)=1/2 x ρ x U² x Aとして計算(ρ:空気密度(1.2kg/m³と仮定)、U:風速(m/s)、A:風力係数(1.0と仮定))。風から受ける力は重量換算で表記。
引用文献 [1] 村上三ほか、歩行者に対する強風の影響とその評価尺度に関する研究、日本建築学会論文報告集、第287号、pp. 99-109、1980年1月。
[2] 特集：強風による規制と対策、日本風工学会誌、第40巻1号(通号第142号)、pp. 3-35、2015年1月。

図9 瞬間風速と人や街の様子との関係¹⁰⁾

m/s程度であったものと考えられる。図9に日本風工学会風災害研究会が作成した瞬間風速と人や街の様子との関係を示す。この図表においても、瞬間風速40～50m/s付近では、屋外での行動は危険であり、走行中のトラックが横転するような危険な状態となり、看板が飛散、道路標識が傾く、屋根瓦や屋根ふき材が広範囲に飛散し始め、外装材が飛散し、固定の不十分な金属屋根のふき材がめくれ、養生していない仮設足場が崩落するといった事象が示されており、今回の台風被害で確認された事例と概ね一致していることが分かる。

5. まとめ

ここでは、T1821号の通過時に記録された風速記録や、T1821号がもたらした主に建物の強風被害について紹介し、T1821号によってなぜ甚大な被害が発生したのかについて述べた。その理由として挙げられるのが、室戸台風や第2室戸台風以降に吹かなかったような強風が吹いたこと、そういった強風の経験をしていない建物が被害を受けるに至ったこと、被害を受けたことによって発生した飛散物がさらなる被害の拡大を招いたこと、などである。また、強風被害低減のためには、気象情報による台風進路や強さの周知のみならず、予想される最大風速から起こり得る表9に示される事象についても周知し、被害拡大を防ぐ対策が必要と考えられる。

謝辞

ここに紹介した被害写真は、T1821号による強風被害の発災後に迅速に提供された日本風工学会突発災害調査費の支援により実施した被害調査で撮影したものである。また、本調査においては、日本風工学会風災害研究会の委員諸氏の協力により、被害の全貌を短時間で把握することができた。ここに記し、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国立情報学研究所, デジタル台風, <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>, 2019/06引用.
- 2) 気象庁, 台風第21号による暴風・高潮等・平成30年(2018年)9月3日～9月5日(速報), <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180911/20180911.html>, 2019/06引用.
- 3) 総務省消防庁, 平成30年09月03日 平成30年台風第21号による被害及び消防機関等の対応状況, https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/saigaizyohou_06.pdf, 2019/06引用.
- 4) 平成30年度科学研究費補助金(特別研究促進費)「平成30年台風21号による強風・高潮災害の総合研究」報告書, 2019.
- 5) 日本損害保険協会, 平成30年台風21号にかかる支払保険金(見込含む)年度末調査結果<車両・火災・新種保険>, http://www.sonpo.or.jp/news/statistics/disaster/weather/pdf/2018_w02.pdf, 2019/06引用.
- 6) 野田稔, 友清衣利子, 竹内崇, 大阪府南部・和歌山県北部におけるT1821号による強風被害の航空調査, 日本風工学会誌, Vol.44, No.2, 2019.
- 7) 関西電力株式会社, 台風21号対応検証委員会報告, https://www.kepcoco.jp/souhaiden/pr/2018/pdf/1213_1j_02.pdf, 2019/06引用.
- 8) 気象庁, 日本版改良藤田スケールに関するガイドライン, https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/kentoukai/kaigi/2015/1221_kentoukai/guideline.pdf, 2015/12.
- 9) 産経新聞社, 「【台風21号】電柱倒壊、道ふさぐ 民家直撃も 大阪・泉南」, <https://www.sankei.com/photo/story/news/180905/sty1809050012-n1.html>, 2018/9/5.
- 10) 日本風工学会風災害研究会, 瞬間風速と人や街の様子との関係, <https://jawe.jp/ja/gust.html>, 2019/06引用.