

平成 30 年台風第 21 号に伴う強風による建築物等被害 現地調査報告（速報）

国土交通省国土技術政策総合研究所
国立研究開発法人建築研究所

1. はじめに

台風第 21 号は平成 30 年 9 月 4 日 12 時頃、非常に強い勢力で徳島県に上陸した後、速度を上げながら近畿地方を縦断した。その後、日本海を北上し、9 月 5 日 9 時に間宮海峡で温帯低気圧に変わった。この台風の接近・通過に伴って、西日本から北日本にかけて非常に強い風が吹き、非常に激しい雨が降った。特に、四国や近畿地方では、猛烈な風が吹き、猛烈な雨が降ったほか、これまでの観測記録を更新する記録的な高潮となったところがある。これらの暴風や高潮の影響で、建築物の被害のほか、関西国際空港の滑走路の浸水をはじめとして、航空機や船舶の欠航、鉄道の運休等の交通障害、断水や停電、電話の不通等ライフラインへの被害も発生した。

国土交通省国土技術政策総合研究所と国立研究開発法人建築研究所は、国土交通省住宅局の要請を受け、この台風による強風被害が生じた建築物等を対象に現地調査を実施した。調査の概要は下記のとおりである。本報告は、この現地調査の結果を速報として取りまとめたものである。

（1）調査日及び調査場所

- ・ 9 月 6 日（木）14 時～16 時頃 大阪府大阪市
- ・ 9 月 12 日（水）16 時～17 時 30 分 岐阜県岐阜市
- ・ 9 月 13 日（木）9 時 30 分～15 時頃 大阪府泉佐野市
15 時頃～16 時 30 分 大阪府泉南郡田尻町

（2）調査者

- ・ 国土交通省国土技術政策総合研究所
建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官 喜々津仁密（9 月 12 日～13 日）
- ・ 国立研究開発法人建築研究所
構造研究グループ長 奥田泰雄（9 月 6 日）
建築生産研究グループ 研究員 沖 佑典（9 月 13 日）

（3）調査の目的

本調査では、台風第 21 号の強風により被災した非住家建築物のうち、庁舎と店舗を対象とする。庁舎では、窓ガラス等の被害状況と発災後の継続使用状況の把握を目的とする。また、最大瞬間風速 58.1m/s を記録したアメダス観測点（関空島）に比較的近い範囲での低層の店舗について、風圧力に対する

内外装材の被害形態を把握する。そして、風圧力による外装材から内装材までの被害の進展過程推定の一助とすることを目的とする。

2. 台風第 21 号の気象概要^{1),2)}

平成 30 年 8 月 28 日に南鳥島近海で発生した台風第 21 号（最低中心気圧 915hPa）は、日本の南を北西に進み、9 月 3 日には向きを北寄りに変え、4 日 12 時頃に非常に強い勢力で徳島県南部に上陸した。上陸時の中心気圧は 950hPa、最大風速は 45m/s（いずれも速報値）である（図 2.1）。非常に強い勢力のまま上陸するのは、平成 5 年の台風 13 号以来 25 年ぶりとなる。その後、4 日 14 時頃には兵庫県神戸市に再び上陸し、速度を上げながら近畿地方を縦断し、日本海を北上、5 日 9 時には間宮海峡で温帯低気圧に変わった。台風の接近・通過にともなって、西日本から北日本にかけて非常に強い風^{注1)}が吹き、非常に激しい雨^{注2)}が降った。特に四国や近畿地方では、猛烈な風が吹き^{注1)}、猛烈な雨^{注2)}が降ったほか、顕著な高潮となったところがあった。

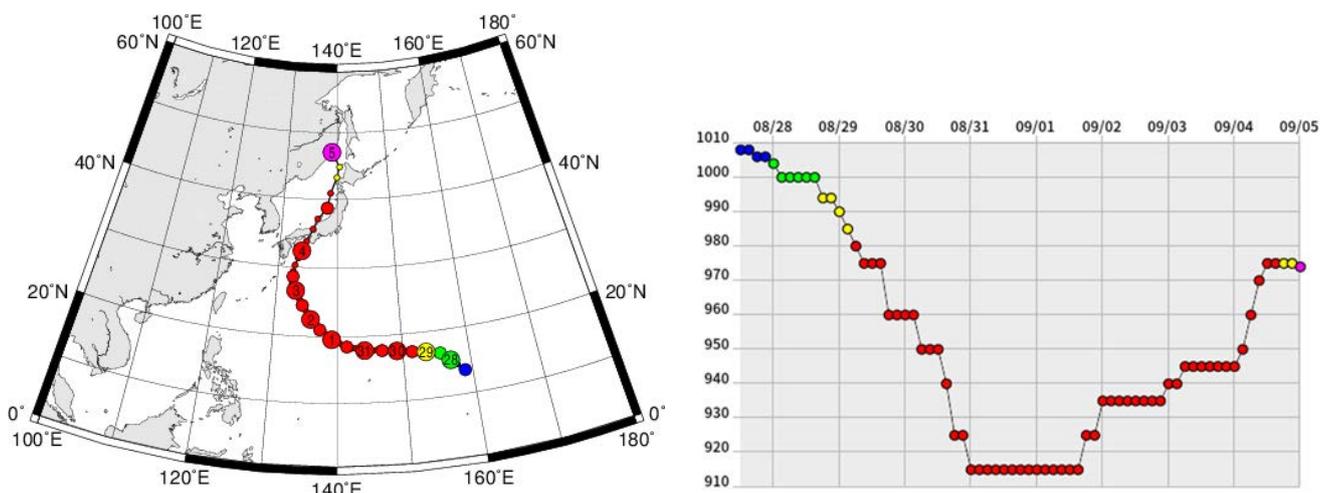


図 2.1 台風経路と中心気圧の変化³⁾

この台風の接近・通過にともない、近畿や東海地方等で記録的な暴風となり、全国約 930 の風の観測点のうち、最大風速（10 分間平均風速の最大値）は合計 53 地点、最大瞬間風速（風速計の測定値(0.25 秒間隔)を 3 秒間平均した値の最大値）は合計 100 地点でそれぞれ観測史上 1 位を更新した。

各地のアメダス観測点で記録された主な最大風速値と最大瞬間風速値を表 2.1～表 2.2 に示す。いずれの表も内閣府資料⁴⁾を引用したものである。

表 2.1 には参考として、以下の 3 つの風速もそれぞれ併記した。

- 各地で記録された風速値を、建築基準法令で定める基準風速 V_0 の定義（地表面粗度区分Ⅱ、地上 10m）に従って①式で換算した風速 V_{II}
- 各地の基準風速 V_0 （再現期間が概ね 50 年である暴風の 10 分間平均風速に相当）
- 各地の基準風速 V_0 の 1.25 倍（再現期間が概ね 500 年である暴風の 10 分間平均風速に相当）

注1) 「非常に強い風」は風速が 20m/s 以上 30m/s 未満の風、「猛烈な風」は風速がおおよそ 30m/s 以上、または最大瞬間風速が 50m/s 以上の風をさす（気象庁）。

注2) 「非常に激しい雨」は 1 時間に 50mm 以上 80mm 未満の雨、「猛烈な雨」は 1 時間に 80mm 以上の雨をさす（気象庁）。

$$V_{II} = V_{obs} \left(\frac{Z_{G,obs}}{Z_{obs}} \right)^{\alpha_{obs}} \cdot \left(\frac{10}{Z_{G,II}} \right)^{\alpha_{II}} \quad \text{①}$$

ここで、 V_{obs} ：各アメダス観測点で記録された最大風速値(m/s)、 Z_{obs} ：各アメダス観測点での風速計高さ(m)、 α_{obs} 及び $Z_{G,obs}$ ：各アメダス観測点で想定した地表面粗度区分でのべき指数及び傾度風高さ(m)、 α_{II} 及び $Z_{G,II}$ ：地表面粗度区分Ⅱでのべき指数及び傾度風高さ(m)である。各アメダス観測点での風速計高さについては文献 5)を参照し、地表面粗度区分については海上に立地する「関空島」、「友ヶ島」、「神戸空港」、「セントレア」はⅠ、県庁所在地の市街にある「和歌山」と「金沢」はⅢ、左記以外の地点は全てⅡと仮定している。

表 2.1 をみると、「室戸岬」、「関空島」、「友ヶ島」、「和歌山」では基準風速 V_0 を超える換算風速 V_{II} となっている。ただし、「関空島」、「室戸岬」及び「神戸空港」の現在の風速観測箇所での観測開始年月日は、基準風速を定めた建設省告示の公布時以降とされている。また表 2.2 をみると、「関空島」を含む近畿、四国地方の 6 カ所で 50m/s を超える最大瞬間風速を記録している。

次に、図 2.2 に主な観測値（最大風速と最大瞬間風速）と建築基準法令で想定する風速等との比較を示した。基準風速として $V_0=34\text{m/s}$ 、一般的な地表面粗度区分としてⅢを想定し、以下の②式と③式に従った風速 V_{III} と瞬間風速（相当値） V_{III}' を図示した。さらに、被災した建築物が必ずしも現行基準で設計されたものだけではないので参考に、④式に従って旧基準から換算される風速 V' も併せて示した。

$$V_{III} = V_0 \cdot E_r(III) \quad : \text{風速} \quad \text{②}$$

$$V_{III}' = V_0 \cdot E_r(III) \cdot \sqrt{G_f(III)} \quad : \text{瞬間風速（相当値）} \quad \text{③}$$

$$V' = \sqrt{\frac{q \cdot 9.8}{0.6}} \quad : \text{瞬間風速（旧基準）} \quad \text{④}$$

ここで、②、③式中の $E_r(III)$ と $G_f(III)$ は、平成 12 年建設省告示第 1454 号第 1 第 2 項、第 3 項表中の地表面粗度区分Ⅲによる。また、④式中の q は次式により、 h は地上からの高さ(m)である。

$$q = \begin{cases} 60\sqrt{h} & (0 \leq h < 16) \\ 120\sqrt[4]{h} & (16 \leq h) \end{cases} \quad \text{⑤}$$

表 2.1 最大風速値（9月3日00時～9月5日24時）⁴⁾

都道府県	市町村	地点名	風速計	最大風速 (m/s)	風向	粗度区分Ⅱ, 高さ10mでの 風速 V_{II} (m/s)	V_0 (m/s)	$1.25V_0$ (m/s)
			高さ(m)					
高知県	室戸市	室戸岬	21.8	48.2	西	42.9	40	50
大阪府	泉南郡田尻町	関空島	10	46.5	南南西	37.6	34	42.5
和歌山県	和歌山市	友ヶ島	9.4	42.9	南	34.9	34	42.5
和歌山県	和歌山市	和歌山	42.1	39.7	南南西	37.4	34	42.5
兵庫県	神戸市中央区	神戸空港	10.2	34.6	南南西	28.0	34	42.5
徳島県	海部郡美波町	日和佐	15.4	34.6	東南東	32.4	38	47.5
和歌山県	西牟婁郡白浜町	南紀白浜	9.7	33.4	南東	33.6	34	42.5
愛知県	常滑市	セントレア	10	31.5	南南東	25.5	34	42.5
新潟県	佐渡市	両津	18.8	28.8	南西	26.2	32	40
石川県	金沢市	金沢	48.4	28.8	南西	26.4	30	37.5

表 2.2 最大瞬間風速値 (9月3日00時~9月5日24時) ⁴⁾

都道府県	市町村	地点名	風速計	最大瞬間風速 (m/s)	風向
			高さ(m)		
大阪府	泉南郡田尻町	関空島	10	58.1	南南西
和歌山県	和歌山市	和歌山	42.1	57.4	南南西
高知県	室戸市	室戸岬	21.8	55.3	西
和歌山県	和歌山市	友ヶ島	9.4	51.8	南
大阪府	泉南郡熊取町	熊取	10	51.2	南
徳島県	海部郡美波町	日和佐	15.4	50.3	東
福井県	敦賀市	敦賀	28	47.9	東南東
大阪府	大阪市中央区	大阪	24	47.4	南南西
愛知県	常滑市	セントレア	10	46.3	南南東
滋賀県	彦根市	彦根	19.7	46.2	南東

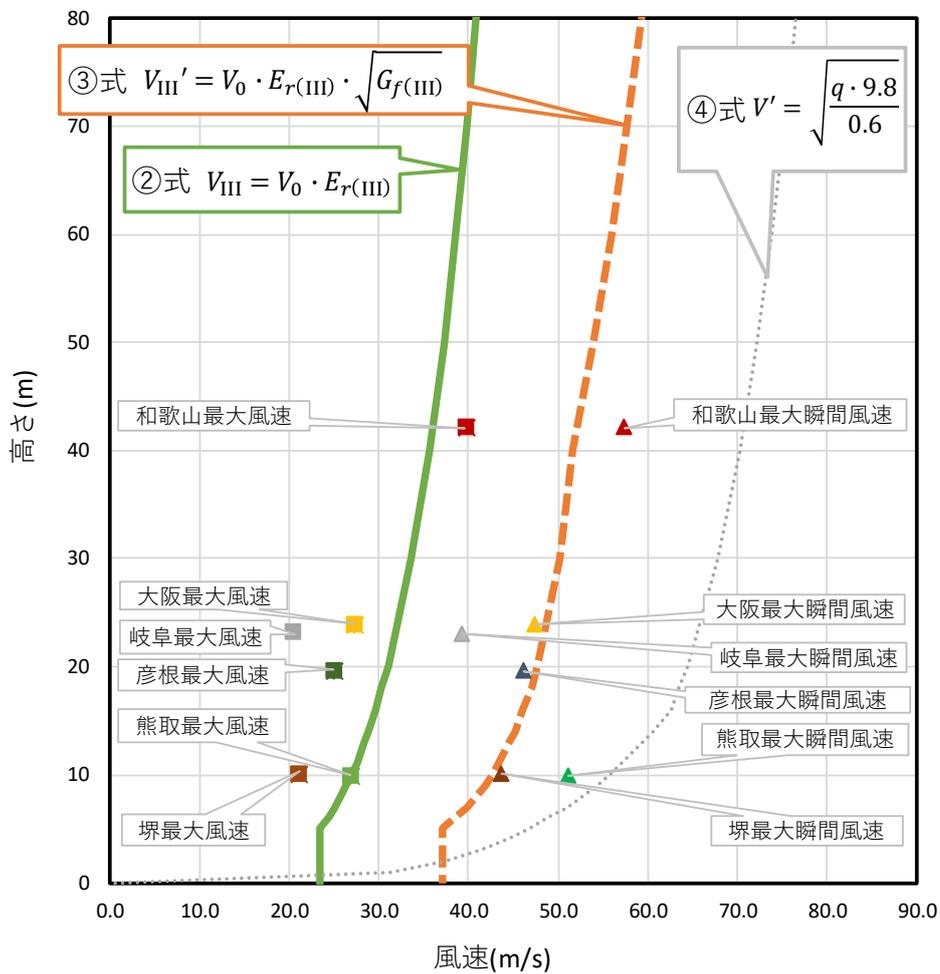


図 2.2 主な観測値 ⁶⁾と建築基準法令で想定する風速等との比較

3. 庁舎建築物の被害状況

3.1. 大阪市内の庁舎の被害

以下では、大阪市内の庁舎の被害状況をまとめる。調査対象の庁舎Aは平成5年（1993年）に竣工した17階建ての鉄骨鉄筋コンクリート造建築物であり、大阪城の南西に位置し、南側は阪神高速13号東大阪線に面している（図3.1）。

大阪管区気象台（風速計は庁舎Aより約2.5km東に設置、地上高さ24m）では、9月4日午後2時10分ころに最大瞬間風速47.4m/s（室戸台風、第2室戸台風に次ぐ第3位 南南西）、最大風速27.3m/sを記録している。ただし、建築基準法令（平成12年建設省告示第1454号）では大阪市の基準風速は34m/sとされており、上記の記録は瞬間値と10分間平均値ともに、建築基準法令で想定する風速値（図2.2の②、③式による結果）よりも下回っている。

図3.2に調査対象の庁舎Aの配置と被害箇所を示す。被害の概要としては、1階店舗の東面開口部のガラスの破損および室内天井の脱落、南側エントランスの軒天井の持ち上がり、1階執務室（東面窓）、2階共用会議室（東面窓）および13階執務室（南面窓）の窓ガラスの破損、12～15階執務室（南面窓）の窓枠の外れなどであった。なお、隣接する庁舎Bでの3階西面の窓ガラス破損、庁舎Cでの1階出入口の窓ガラス破損、などが報告されている。

- ・ 1階店舗の防犯ビデオによると、9月4日午後2時10分ころに突風が室内に吹き込んで天井の一部が脱落し（写真3.1）、東面開口部のガラス2枚が室内側から外側に向かって破損、同1枚に多数のヒビが入った（写真3.2）。南風により南側エントランスの軒天井が上方に持ち上げられ（写真3.3）、外壁のすき間を通して1階店舗の天井裏に風が吹き込み、店舗の天井の一部が破損・脱落し一部が下方に垂れ下がり（写真3.4）、店舗内に風が吹き込んできたと考えられる。その結果、店舗内の内圧が上昇し、建築物側面にあたる東面では負の風圧が作用していたと考えられ、両者の合力でガラスを破損させるほどの風力が発生したと考えられる。また、1階南面の開口部のガラスは破損していなかった（写真3.3）。調査時は破損したガラス面には合板が嵌められて養生されていたが、店舗内の後片付けを行っており、被災後1週間後に店舗は営業を再開したとのことである。1階店舗で想定される内外装材の被害の進展過程を図3.3に示す。
- ・ このほか、1階店舗の北側に位置する執務室の窓ガラスも破損した（写真3.5～写真3.6）。また、2階東面の窓ガラスも破損し（写真3.7）、天井の一部が下方に垂れ下がっていた（写真3.8）。当時室内には人がいなかったため、破損した時刻は特定できなかった。1階東面には飛来物の衝突痕もあったので、風圧の作用と飛来物の衝突による破損が想定される。調査時は、ガラス面には合板が嵌められて養生されていた。
- ・ 13階の被災時には数10名が室内で執務中であった。南面の窓ガラス1枚が9月4日午後2時ころに急に破損し、強風が室内に吹き込み、室内に書類が散乱した（写真3.9～写真3.10）。また、天井の一部が上方に持ち上げられていた（写真3.11）。ヒアリングによると12階で水漏れが生じたとのことである。13階は地上高さ約50mであり、南側に阪神高速が通っているため、南方向は開けており（写真3.12）、また周辺の外壁等に飛来物の衝突痕もないことから、飛来物が衝突して窓ガラスが破損した可能性は低く、正の風圧により窓ガラスが破損した可能性が高いと考えられる。窓ガラスの破損および強風の吹き込みにより3名が負傷（軽傷）した。写真3.10のように吹き込んだ強風により室内に書類等が散乱したが、1日で片づけを終えて翌日（9月5日）から通常業務を開始したとのことである。12、13、14、15階南面で確認された窓枠の外れも正の風圧による被害と推定される（写真3.13）。



図 3.1 大阪市内の倉舎 A、B、C の周辺地図

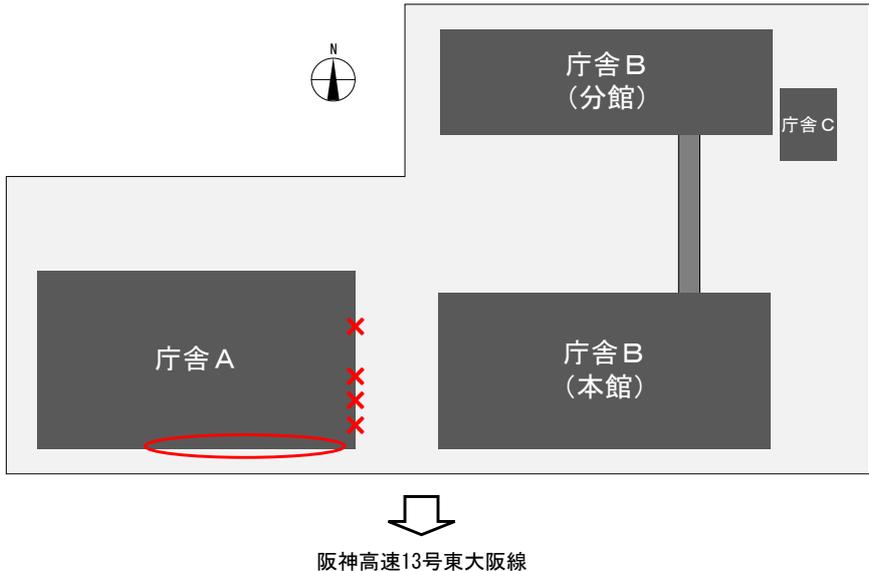


図 3.2 倉舎 A、B、C の配置と被害箇所

(倉舎 A の 1 階での被害について、×印は窓ガラスのおおよその破損箇所、○印は軒天井のおおよその持ち上がり範囲を表す)



写真 3.1 1階店舗被災時の状況
(当該庁舎提供)



写真 3.2 1階東面窓ガラスの破損
(当該庁舎提供)



写真 3.3 1階の軒天井の持ちあがり



写真 3.4 1階店舗の天井の被害



写真 3.5 1階窓ガラスの破損
(当該庁舎提供)



写真 3.6 窓ガラスが破損した1階室内
(当該庁舎提供)



写真 3.7 2階窓ガラスの破損
(当該庁舎提供)



写真 3.8 窓ガラスが破損した2階室内



写真 3.9 13階の破損した窓ガラス
(当該庁舎提供)



写真 3.10 被災直後の13階室内の様子
(当該庁舎提供)



写真 3.11 被災直後の13階天井の持ち上がりの様子
(当該庁舎提供)



写真 3.12 庁舎A南側の様子



写真 3.13 15 階窓枠の外れ（当該庁舎提供）

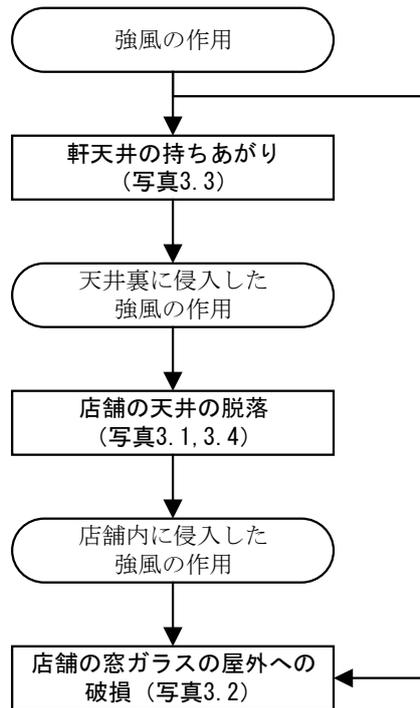


図 3.3 庁舎 A の 1 階店舗で想定される内外装材の被害の進展過程

3.2. 岐阜市内の庁舎の被害

以下では、岐阜市内の庁舎の被害状況をまとめる（図 3.4～図 3.5）。庁舎Dと庁舎Eが昭和 41 年竣工、庁舎Fが昭和 53 年竣工であり、庁舎Dが鉄骨鉄筋コンクリート造、庁舎Eと庁舎Fが鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）である。

これらの庁舎から直線距離で約 4 km 離れた岐阜地方気象台（風速計の高さ 23m）では、9 月 4 日の 15：20 に最大風速 20.7m/s（南東）、15：40 に最大瞬間風速 39.3m/s（南南東）を記録している⁶⁾。ただし、建築基準法令（平成 12 年建設省告示第 1454 号）では岐阜市の基準風速は 34m/s とされており、上記の記録は 10 分間平均値と瞬間値ともに、建築基準法令で想定する風速値（図 2.2 の②、③式による結果）よりも下回っている。

- ・ 図 3.5 に示す庁舎D～Fで、計 3 枚の窓ガラスが破損した（写真 3.14～写真 3.16）。その内訳は、庁舎Dの 10 階執務室で 1 枚（1910mm×1140mm×6mm）、庁舎Eの 2 階倉庫で 1 枚（2220mm×1680mm×6mm）、庁舎Fの 3 階会議室で 1 枚（2220mm×1740mm×6mm）である。設計当時の図面によると、庁舎Dと庁舎Eには熱線吸収ガラスが使用されている。おおよその破損位置を図 3.5 に×印で示す。
- ・ いずれの窓ガラスの破損も、風圧によるものか飛来物によるものか不明であるが、室内に飛来物と思われる物体は確認されていない。調査時には、いずれの窓ガラスも復旧済みであった（写真 3.17）。写真 3.18 は、庁舎Dの 10 階で割れた窓ガラスの位置から見た外部の様子であり、周囲に高い建築物がなく比較的開けた状況である。
- ・ 庁舎Dでの窓ガラスの被害発生直後、課内の概ね全ての範囲（桁行方向約 9m×張間方向約 8.5m）で書類等が散乱していたとのことである。調査時に、廊下側のロッカーに吊るしているカレンダーが、雨水を含んでふやけていることを確認した。
- ・ 被害発生直後から全ての窓ガラスの復旧までの対応状況は、以下のとおりである。
 - 9 月 4 日（火）15 時頃
庁舎Dの 10 階執務室で窓ガラスが破損し、職員 1 名がガラスの破片を受けてけがをした（当時、写真 3.19 の A 氏は不在、執務中の B 氏がけが）。被害発生直後に、当課内にいた職員はすみやかに避難し、当課前の廊下の範囲も含めて立入禁止措置とされた。一方、庁舎Eと庁舎Fで窓ガラスが破損した部屋では、被害発生時に職員は不在であった。
 - 9 月 4 日（火）17 時すぎ（強風がほぼおさまった頃）
庁舎Dでは、ガラスの破片の回収作業を開始（写真 3.20）。厚手のビニールシートを張り付けて、割れた窓ガラスの範囲を養生した（写真 3.14）。
 - 9 月 4 日（火）19 時頃まで
庁舎Eと庁舎Fで、ガラスの破片の回収作業を実施（写真 3.20）。業者がガラス寸法の確認に来庁。
 - 9 月 5 日（水）
庁舎Dの当課内では、執務再開。常設のゴンドラを使用して、17 時頃から復旧作業を開始。2 時間程度で作業完了。
 - 9 月 7 日（金）
庁舎Eと庁舎Fの窓ガラスの復旧完了（写真 3.21～写真 3.22）。庁舎Eと庁舎Fには常設のゴンドラがないため、高所作業車の手配にやや時間を要した。なお、この週には会議室の使用予定がなかったこともあり、優先的に作業する必要もなかった。

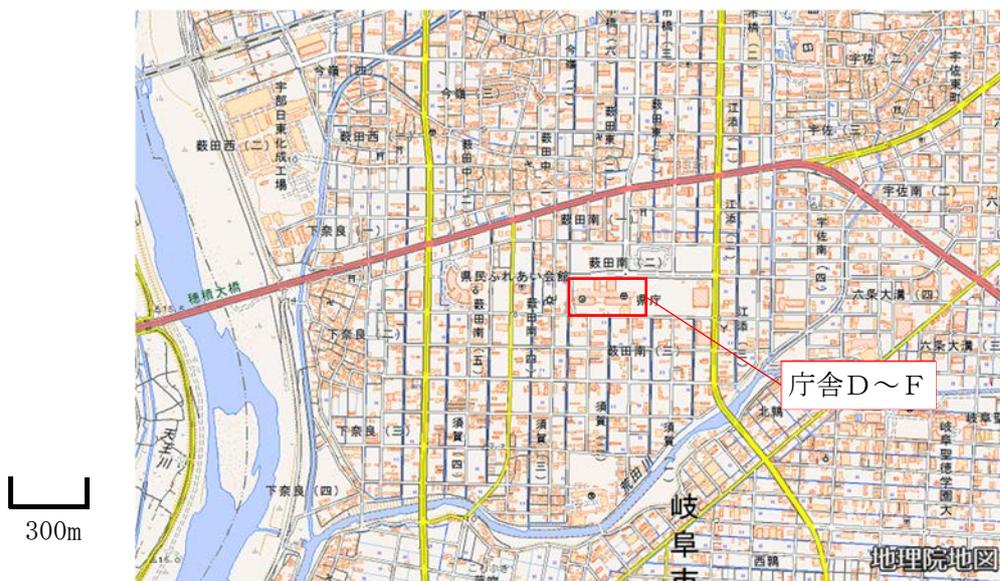


図 3.4 岐阜市内の庁舎D、E、Fの周辺地図

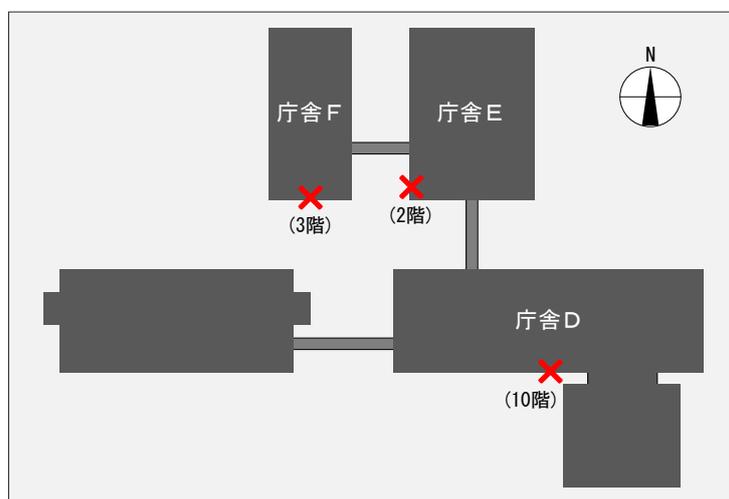


図 3.5 庁舎D、E、Fの配置と被害箇所



写真 3.14 庁舎Dの10階の窓ガラスの養生の状況（当該庁舎提供）



写真 3.15 庁舎Eの2階で破損した窓ガラス（当該庁舎提供）



写真 3.16 庁舎Fの3階で破損した窓ガラス
(当該庁舎提供)



写真 3.17 庁舎Dの10階で破損した窓ガラスの
サッシ (復旧済み)



写真 3.18 庁舎Dの10階から見た屋外の様子



写真 3.19 調査時の庁舎Dの10階 (復旧済み)



写真 3.20 廃棄処理されたガラス一式



写真 3.21 調査時の庁舎Eの2階 (復旧済み)



写真 3.22 調査時の庁舎Fの3階 (復旧済み)

4. 店舗等の被害状況

以下では、図 4.1 に示した大阪府泉佐野市内のりんくうタウン、大阪府泉南郡田尻町で把握した低層の店舗その他の被害状況をまとめる。また、図 4.1 左上にりんくうタウンおよび田尻町の調査範囲と、表 2.1 および表 2.2 における泉南郡田尻町の「関空島」、泉南郡熊取町の「熊取」の2つの観測点との位置関係を示す。りんくうタウンは、9月4日の13:40頃に瞬間風速 58.1m/s の強風を記録したアメダス（関空島）から直線距離で約 6 km 離れたエリアに位置している。なお、写真 4.1 はアメダス（関空島）が設置されている関西国際空港をりんくうゲートタワービルから遠望したものであり、その周囲は空港の滑走路や海面に囲まれている状況である。

以下、4.1 節で泉佐野市内のりんくうタウンに位置する店舗 A～D、4.2 節で泉南郡田尻町に位置する店舗 E～F、4.3 節でその他の被害について示す。なお、写真内で施設等を特定しうと思われる部分は加工処理をしている。



図 4.1 泉佐野市・田尻町での調査範囲
(左上は関西空港地方气象台・泉南郡熊取町の気象観測点との位置関係)

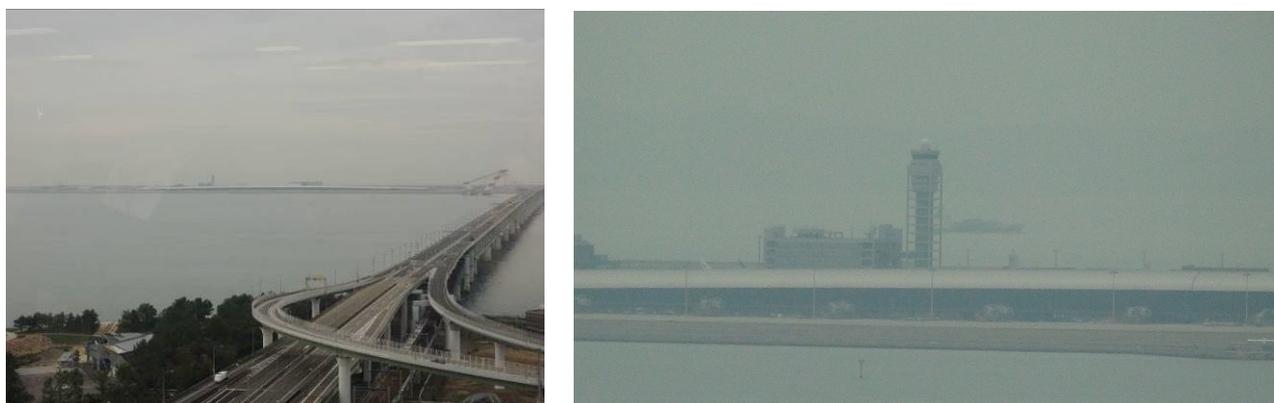


写真 4.1 アメダス（関空島）が設置されている関西国際空港

4.1. 泉佐野市内の店舗の被害

(1) 店舗A (図 4.2)

- ・ 図 4.2 に示す店舗Aは平成 26 年竣工、鉄骨造 1 階建てである。内外装材の損傷位置を同図に示す。
- ・ 強風の作用によって屋外（北東）に面する建具が屋内側に脱落・転倒した（写真 4.2）。調査時には、脱落した範囲をせっこうボード又は合板で塞いで仮復旧済みであった（写真 4.3、写真 4.4）。壁を支持していた上部には軽鉄下地が残っている（写真 4.5）。
- ・ 屋内では、北（北西）側と南（南東）側の壁が屋外側に変形した損傷状況を確認した（写真 4.6）。北（北西）側において、内装材の構成部材である上部ランナーと見られる軽鉄材が脱落、垂れ下がっていた（写真 4.7）。
- ・ 調査時には修復済みであったが、西側の天井が比較的広範囲にわたって損傷していた（写真 4.8）。天井は軽鉄材で構成される在来工法天井とみられ、ボードの種類、枚数は不明である。また、損傷範囲を修復した天井付近では、壁との取り付け部分において、目視で約 2~3cm 天井面が浮き上がっている様子が確認された（写真 4.9）。
- ・ 損壊した天井の上部の鋼板製屋根材が損壊しており、脱落している状況が確認された（写真 4.10）。調査時にはブルーシートで養生されており、鋼板製屋根材の復旧作業が行われていた（写真 4.11）。
- ・ その他、店舗入り口付近の駐輪場の屋根材が飛散していた（写真 4.12）。
- ・ 9 月 6 日に範囲を限定して営業再開し（天井が損傷した範囲は立入禁止）、9 月 9 日午前に天井の修復作業を完了したとのことである。
- ・ 店舗Aの損傷状況から推測される風の進入経路を図 4.2 に、想定される内外装材の被害の進展過程を図 4.3 に、それぞれ示す。

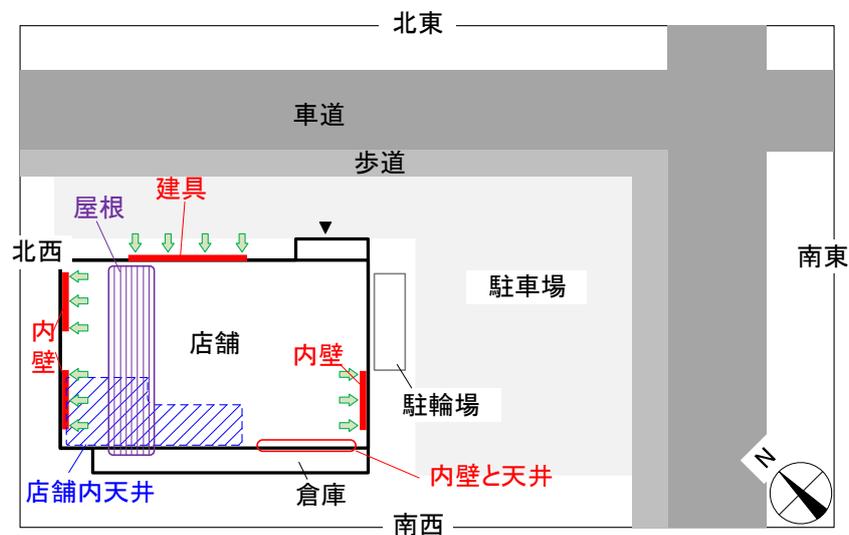


図 4.2 店舗Aの配置図

(凡例：赤は鉛直方向部材（内装材、屋外に面する建具、窓等）、青、紫は水平方向部材（天井、屋根等）の被害箇所を指す。矢印は推測される風の作用方向。図 4.4、図 4.6、図 4.8 も同様)



写真 4.2 屋外に面する建具の被害直後の状況
(当該店舗提供)



写真 4.3 脱落・転倒した建具の仮復旧状況
(屋外側)



写真 4.4 脱落・転倒した建具の仮復旧状況
(屋内側) 1



写真 4.5 脱落・転倒した建具の仮復旧状況
(屋内側) 2



写真 4.6 北西側の内壁の損傷 1



写真 4.7 北西側の内壁の損傷 2



写真 4.8 店舗内天井と屋根の損壊状況
(当該店舗提供)

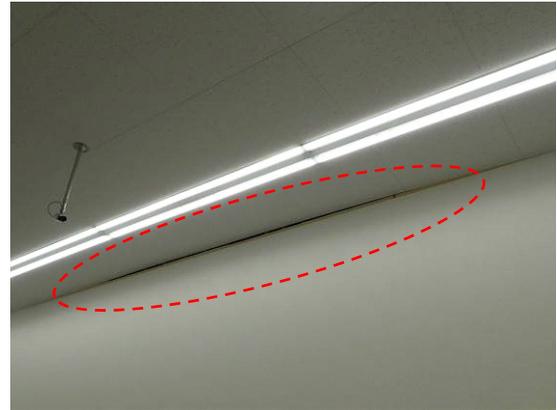


写真 4.9 南西側の内壁と天井とのすき間



写真 4.10 鋼板製屋根材の脱落
(当該店舗提供)



写真 4.11 鋼板製屋根材のブルーシートによる養生



写真 4.12 駐輪場の屋根材の損傷
(店舗Aの南東側)

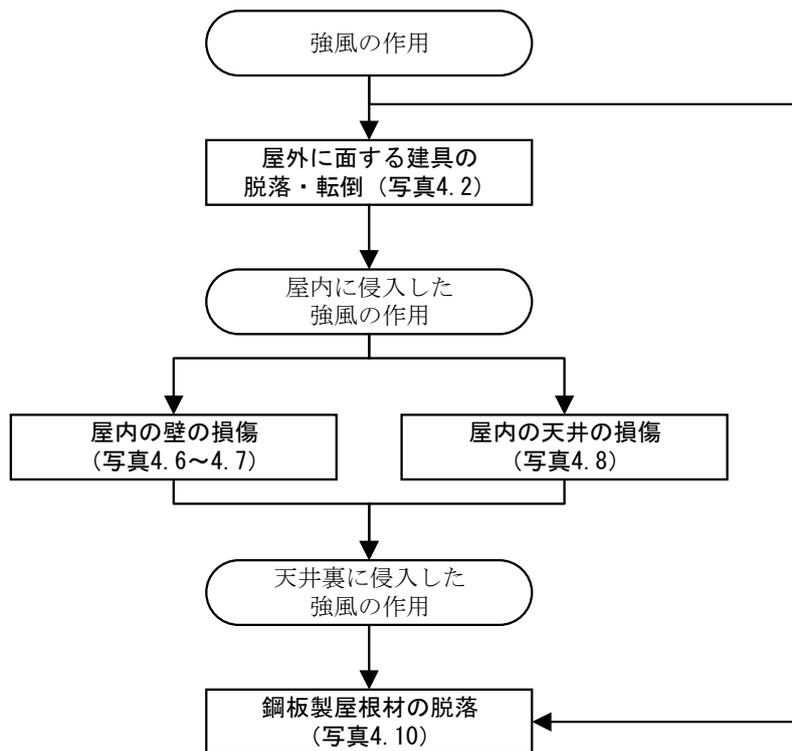


図 4.3 店舗Aで想定される内外装材の被害の進展過程

(2) 店舗B (図 4.4)

- ・ 図 4.4 に示す店舗Bは鉄骨造1階建てである。内外装材の損傷位置を同図に示す。
- ・ 南東に面している店舗入口のガラス自動ドアが風除室内に脱落・転倒し、その直上に設けられていた天井が脱落した(写真 4.13)。風除室内側の自動ドアは破損を免れており、こちらからの風が店舗内に影響を与えることはなかったと見られる。なお、調査時には修復中であったが(写真 4.14、写真 4.15)、店舗は9月12日に営業を再開し、店舗出口を入口を兼ねた通路としていた。
- ・ 屋根の断熱材と鋼板製屋根材が広範囲にわたって飛散していた(写真 4.16)。なお、店舗の内部には天井が取り付けられていなかった。調査時点では、当該箇所を合板によって仮修復済みであった(写真 4.17)。
- ・ 店舗の南西側には、その外側にある倉庫・事務室と隔てる間仕切が設けられているが、その一部が店舗側に向かって倒壊していた(写真 4.18)。調査時点で壁は修復済みであったが、壁際の什器は使用不能となっており、覆いがかけられていた(写真 4.19)。この壁の裏側にある事務室通路部分の天井の吊り材や吊り先のハンガーが変形しており、ハンガーより下側が全面的に脱落していた(写真 4.20、調査時点では一部修復済み)。
- ・ 店舗の入口付近左側(南側)の庇に設けられた鋼板製屋根材(折板ぶき)が一部脱落していたほか、倉庫のシャッターが損傷している形跡が見られた(写真 4.21)。また、南西側に面するシャッターも同様に損傷していた。
- ・ その他、駐車場に設置してある看板脚部の折損(写真 4.22)やフェンスの著しい変形が見られた。
- ・ 店舗Bの損傷状況から推測される風の進入経路を図 4.4 に、想定される内外装材の被害の進展過程を図 4.5 に、それぞれ示す。

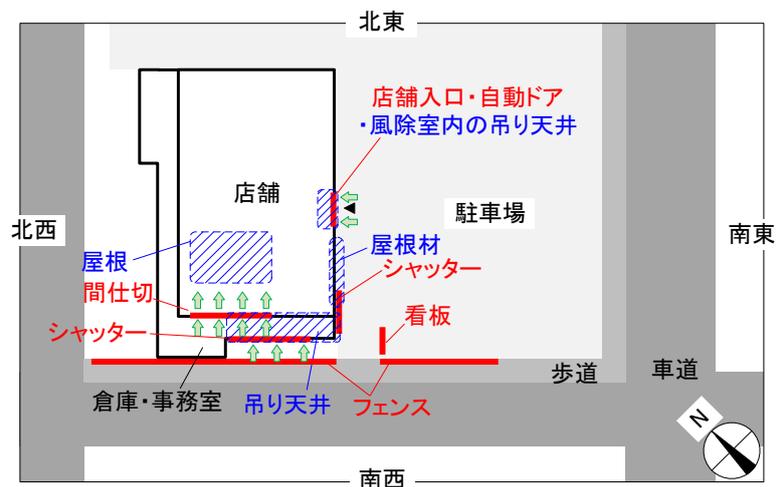


図 4.4 店舗Bの配置図

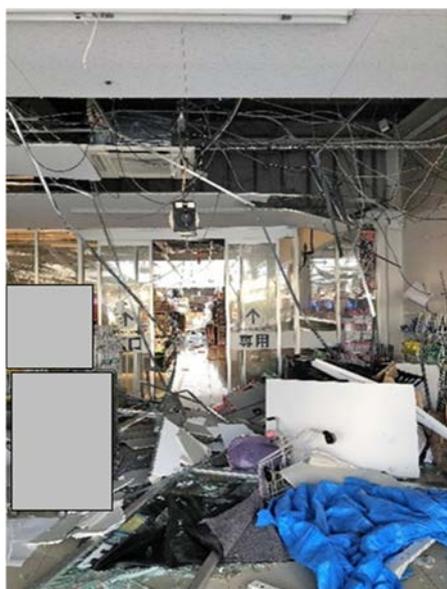


写真 4.13 店舗入口の自動ドアと天井の脱落
(当該店舗提供)

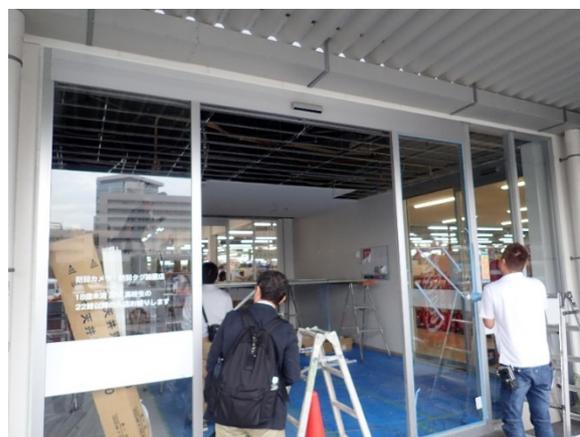


写真 4.14 店舗入口での修復中の天井と自動ドア



写真 4.15 天井の修復状況



写真 4.16 鋼板製屋根の飛散
(当該店舗提供)

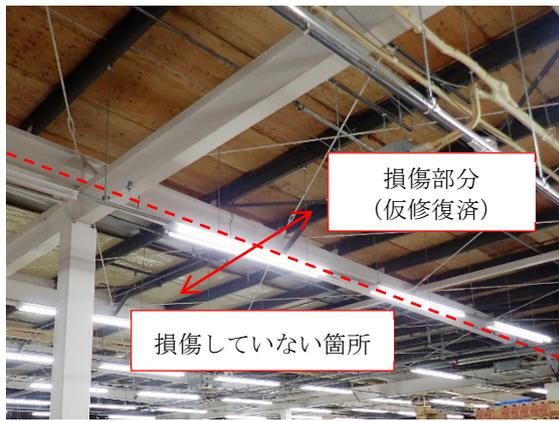


写真 4.17 屋根の損傷部分での補修状況



写真 4.18 店舗南西側の間仕切
(当該店舗提供)

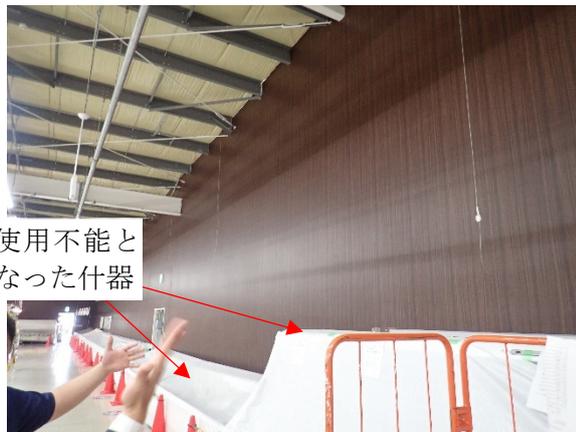


写真 4.19 修復済みの間仕切



写真 4.20 倉庫・事務室での天井の脱落



写真 4.21 庇の屋根材の脱落とシャッターの損傷

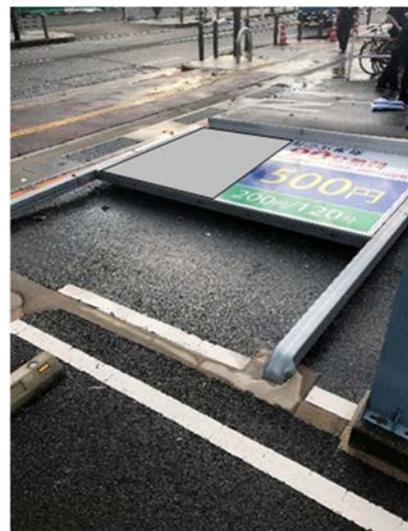


写真 4.22 看板脚部の折損
(当該店舗提供)

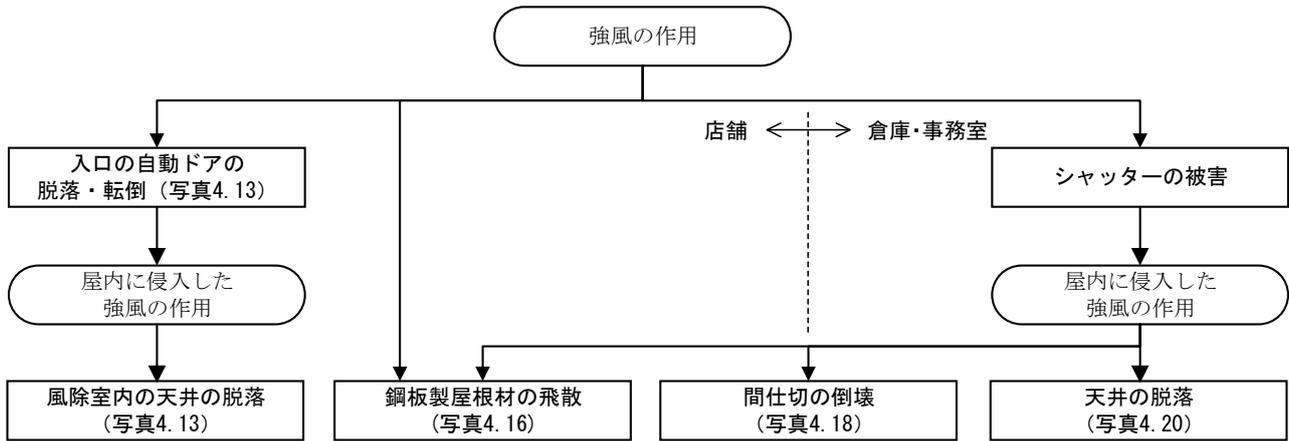


図 4.5 店舗Bで想定される内外装材の被害の進展過程

(3) 店舗C (図 4.6)

- ・ 図 4.6 に示す店舗Cは2階建てである。内外装材の損傷位置を同図に示す。
- ・ 店舗Cの職員によると、屋外（南西）に面する開放型の建具（写真 4.23 のA）の金具が外れて屋内側に開放 → 屋内に強風が侵入 → 屋外（南東）に面する建具のガラス（写真 4.23 のB）の破損 → 屋外にガラスの破片が散乱、の過程で被害が進展したとのことである。歩道に残っていたガラスの破片は板厚約 10mm であった（写真 4.24）。
- ・ 南西に面した入口自動ドア付近のガラスも破損していた（写真 4.25 のC）。
- ・ 車庫の軒天井とシャッターが損傷していた（写真 4.26）。軒天井は、写真 4.26 の奥ほど損傷が大きい傾向であり、鋼製下地材の変形や外れが見られた（写真 4.27）。この箇所では以前にも強風被害を受けたことがあり、仕様を向上させたシャッター製品に更新していたが、今回また被害を受けた。この製品は特注品であったので、修復に時間を要する可能性があるとのことである。
- ・ 屋上階段室外の軒天井が全面的に脱落していた（写真 4.28）。また、階段室内の間仕切が損傷していた（写真 4.29）。
- ・ 軒天井は目測で吊り長さは 20cm ほどであるとみられ、吊り元は鉄骨に溶接されていた。天井は軽鉄材による下地と、板厚 6mm のボード 1 枚貼りにより構成されている。仕上げボードを留めていたビスが抜けるだけでなく、下地の接合金物であるハンガーの開きやクリップの脱落など、下地材の損傷も見られた。
- ・ 1 階の倉庫（在庫保管用の部屋）の窓ガラスが破損し、屋内の天井が落下している状況を確認した（写真 4.30、写真 4.31）。
- ・ 敷地の北西側にある看板に、鋼板製の飛来物が突き刺さっていた（写真 4.32）。また、北西のフェンスを構成する板材の多くが脱落していた（写真 4.33）。
- ・ 店舗Cの損傷状況から推測される風の進入経路を図 4.6 に、想定される内外装材の被害の進展過程を図 4.7 に、それぞれ示す。

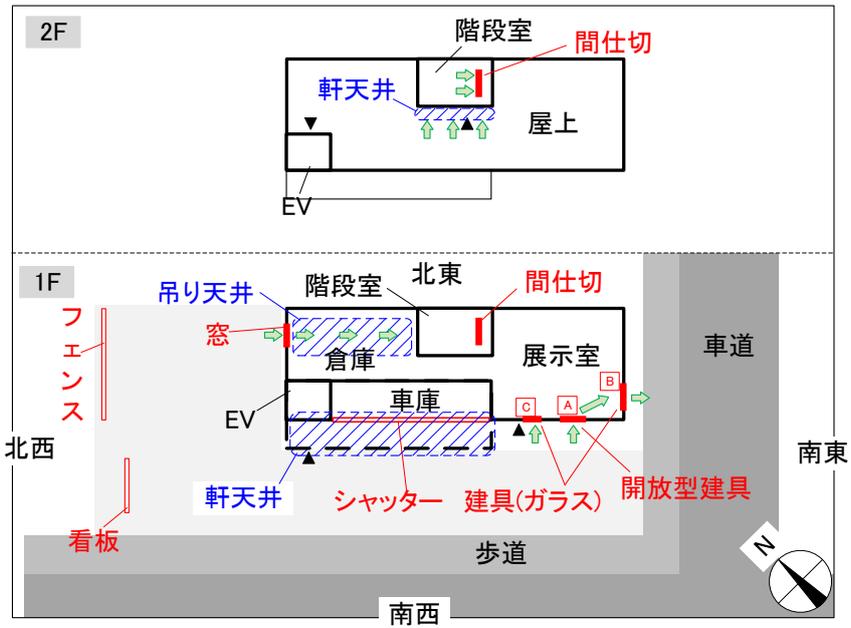


図 4.6 店舗Cの配置図

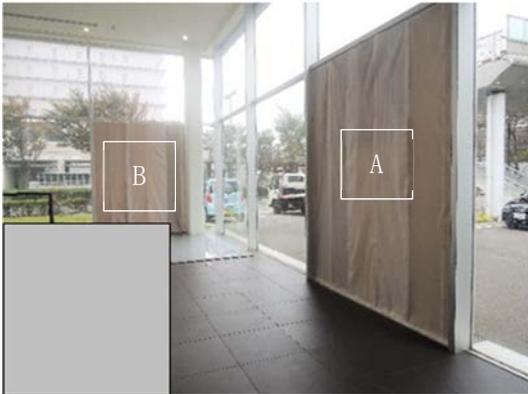


写真 4.23 屋外に面する建具に組み込まれたガラスの範囲の養生



写真 4.24 歩道に残っていたガラスの破片

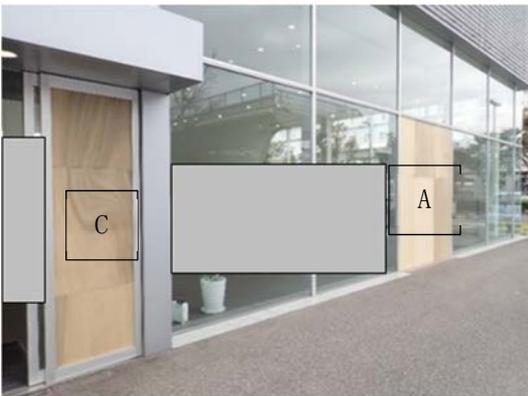


写真 4.25 南西に面した店舗入口のガラス破損



写真 4.26 軒天井の損傷 1



写真 4.27 軒天井の損傷 2



写真 4.28 屋上階段室の軒天井の脱落



写真 4.29 階段室内の間仕切の損傷



写真 4.30 1階倉庫の窓ガラスの破損（仮修復済み）と天井の脱落 1



写真 4.31 1階倉庫の天井の脱落 2

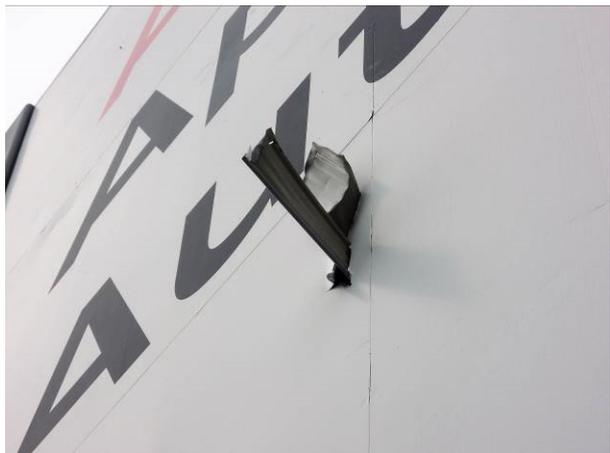


写真 4.32 看板への飛来物の突き刺さり



写真 4.33 フェンスを構成する板材の脱落

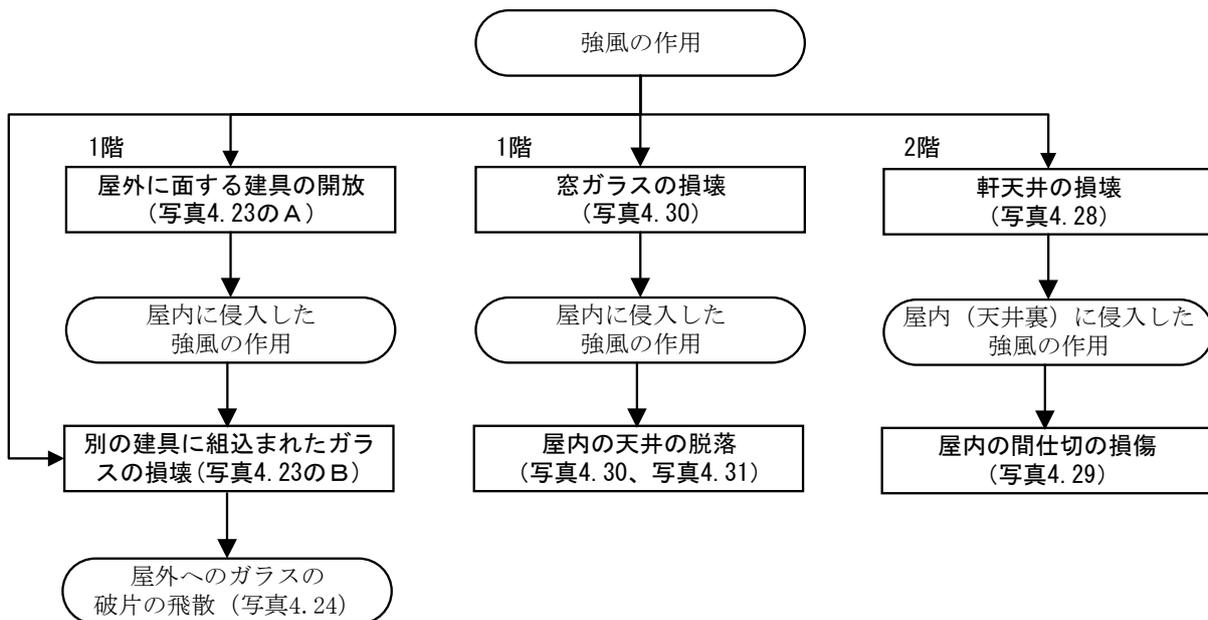


図 4.7 店舗Cで想定される内外装材の被害の進展過程

(4) 店舗D

- 鉄骨造建築物の壁と屋根を構成する膜材料が、広範囲にわたって破損している状況を確認した (写真 4.34、写真 4.35)。



写真 4.34 壁に張った膜材料の破損状況



写真 4.35 屋根に張った膜材料の破損状況

4.2. 泉南郡田尻町内の店舗の被害

(1) 店舗E (図 4.8)

- ・ 図 4.8 に示す店舗Eは1階建てで、平成16年8月に営業開始している。内外装材の損傷位置を同図に示す。
- ・ 店舗Eの職員によると、店舗は9月6日に営業を再開したとのことである。
- ・ 被害発生直後の状況では、写真 4.36 に示す屋外(南東)に面する建具が屋内側に脱落・転倒し、写真 4.37 に示す別の屋外(南西)に面する建具が屋外側に脱落・転倒していた。調査時には、それぞれ合板等で仮修復されていた(写真 4.38、写真 4.39)。
- ・ 建具が脱落・転倒した結果、その内側にあるカート等が移動していた(写真 4.40)。また、入口の内側にある間仕切用の建具も脱落・転倒していた(写真 4.41)。なお、調査時には、この建具があった付近で天井の損傷は見られたものの、店舗Aの状況と異なり、店舗部分の内壁における内圧上昇による損傷は確認できなかった。
- ・ 脱落・転倒した建具は金物によって上部を留めていたとみられる(写真 4.42)。
- ・ 南東に面した壁面上にある軒天井の面材が損傷していた。吊りボルト直下のボードが抜けていると推測され、また、隅角部でのボードが破損していた(写真 4.43、写真 4.44)。
- ・ 入口付近の損傷のほか、南西側のガラス扉が損傷しており(写真 4.45)、調査時には仮修復されていた。
- ・ 店舗Eの損傷状況から推測される風の進入経路を図 4.8 に、想定される内外装材の被害の進展過程を図 4.9 に、それぞれ示す。

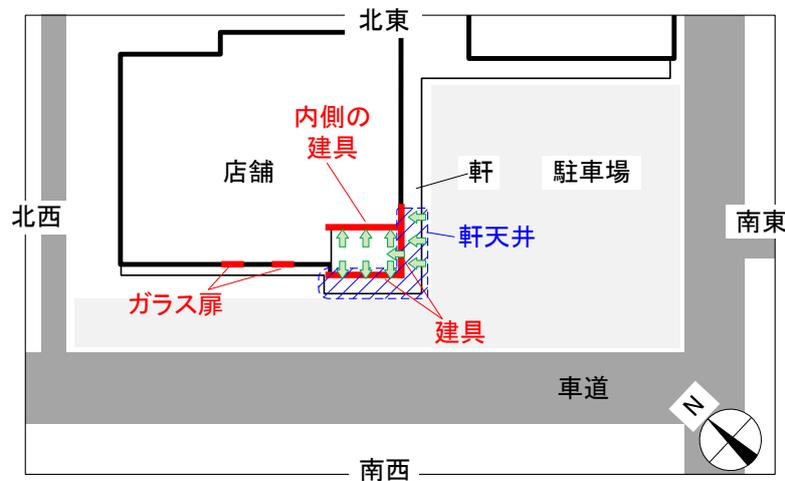


図 4.8 店舗Eの配置図



写真 4.36 南東に面する建具の脱落・
屋内への転倒(当該店舗提供)



写真 4.37 南西に面する建具の脱落・
屋外への転倒(当該店舗提供)



写真 4.38 南東面の養生の状況



写真 4.39 南西面の養生の状況



写真 4.40 建具の脱落・転倒とカート等の移動
(当該店舗提供)



写真 4.41 入口内側にある建具の脱落・転倒
(当該店舗提供)

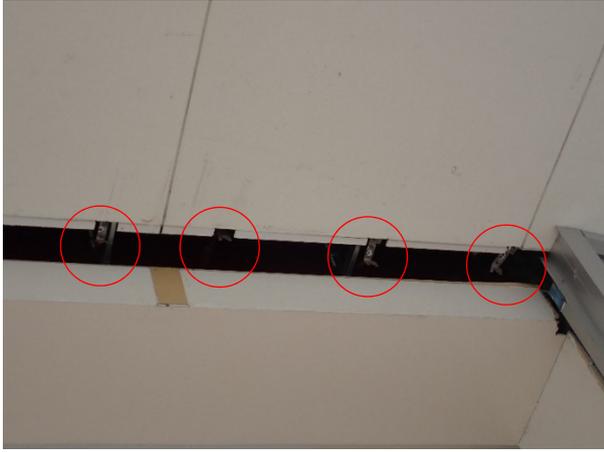


写真 4.42 脱落・転倒した入口での建具の留め付け部分



写真 4.43 軒天井の損傷



写真 4.44 軒天井の隅角部での損傷



写真 4.45 南西側のガラス扉の損傷

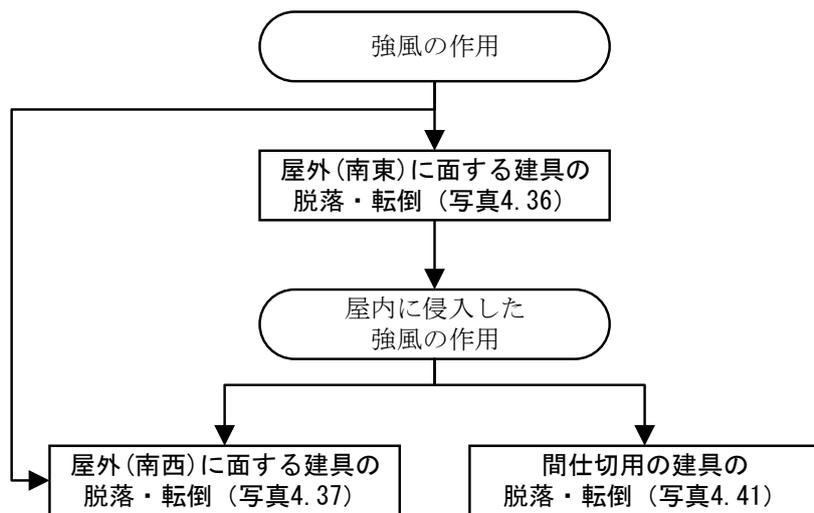


図 4.9 店舗Eで想定される内外装材の被害の進展過程

(2) 店舗F

- ・ 南東に面する壁面上にある軒天井のボードが広範囲にわたって脱落しており（写真 4.46）、調査時には、エントランスの真上の範囲にネットを掛けた状態で営業再開していた。エントランスのガラスが損傷していたようであり、その範囲がブルーシートで養生されていた。
- ・ 店舗敷地内の鋼製屋根のふき材が損傷していた（写真 4.47）。また、道路に面する看板の脚部が折損し、フェンスも著しく変形していた（写真 4.48、写真 4.49）。



写真 4.46 軒天井の損傷



写真 4.47 店舗敷地内の鋼製屋根のふき材の損傷

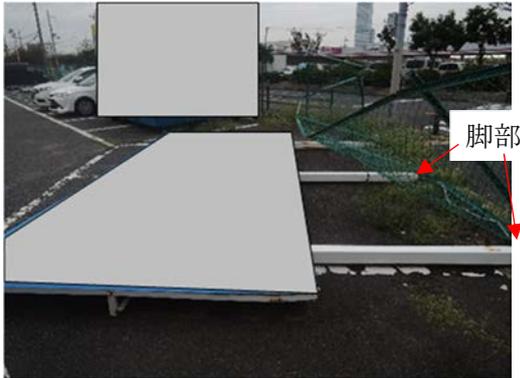


写真 4.48 看板の脚部の折損



写真 4.49 フェンスの著しい変形

4.3. その他の被害

- ・ 上記以外の被害として、りんくうタウンでの医療施設の窓ガラス損傷、移動式門扉の転倒、海に面した工事現場の囲いの飛散状況を確認した（写真 4.50～写真 4.52）。
- ・ 建築物・工作物以外の被害としては、りんくう公園内の樹木や街路樹に多数の根返りや折損を確認した（写真 4.53、写真 4.54）。



写真 4.50 医療施設での窓ガラスの損傷



写真 4.51 移動式門扉の転倒



写真 4.52 海に面した工事現場の囲いの飛散



写真 4.53 マツの根返り



写真 4.54 街路樹の折損（折損範囲を切断済み）

5. まとめ

国土交通省国土技術政策総合研究所と国立研究開発法人建築研究所は、平成30年9月4日に台風第21号による強風被害を受けた建築物等を対象にして、大阪府大阪市、泉佐野市、泉南郡田尻町及び岐阜県岐阜市にて現地調査を実施した。調査対象のうち庁舎については、窓ガラス等の被害状況と発災後の継続使用状況の把握、低層の店舗については、内外装材全般の被害形態と被害の進展過程の把握を主な目的とした。主な調査結果を以下にまとめる。

(1) 大阪市内の庁舎

庁舎Aでは、南面の窓ガラスの破損や窓の開放が発生し、3名の負傷者があった。13階の室内には強風が吹き込んだため室内に書類が散乱したが、翌日には通常業務に復帰していた。一方、1階では窓ガラスの破損に加え、天井の落下、商品の散乱等があり、営業開始には1週間を要したとのことである。

(2) 岐阜市内の庁舎

庁舎D～Fでは、計3枚の窓ガラスが破損し、1名の負傷者があった。庁舎Dでの10階の執務室ではガラスの破損後に風雨が吹き込み、職員は一同避難して立入禁止措置がされたが、翌日には通常業務に復帰していた。3日後の9月7日までに全ての窓ガラスの復旧が完了した。

(3) 大阪府泉佐野市・泉南郡田尻町での店舗等

大阪府泉佐野市と泉南郡田尻町にある低層の店舗では、外装材や膜材料の被害として、鋼板製屋根材の広範囲のはく離、壁や屋根に設けた膜材料の広範囲のはく離、屋外に面する建具の脱落・転倒、軒天井やシャッターの損傷等を確認した。また、屋外に面する建具、軒天井、又は窓ガラスが損壊した後に強風が屋内（又は天井裏）に吹き込んだ結果、鋼製下地材で構成された天井や内壁が脱落等した被害状況を確認した。なお、調査時点で店舗によっては破損した店舗入口や外壁、天井を養生又は復旧させて営業を再開しており、店舗とは仕切られた倉庫や事務室の天井等は復旧中か被災直後の状態であった。

その他、建築物の付属設置物や工作物の被害としては、看板への飛来物の貫通、移動式門扉の転倒、駐輪場の屋根材の飛散、フェンスの著しい変形、看板脚部の折損を確認し、建築物以外の被害としては、多数の樹木の根返りや折損を確認した。

謝辞

本調査を実施するにあたり、近畿財務局総務部の前出紀央氏、近畿運輸局自動車交通部の平田克也氏、同名越正典氏ならびに、岡部順子氏ほかの皆様には、復旧作業の忙しい中、ヒアリング調査にご協力を頂き、被災時の写真や動画をご提供頂きました。また、岐阜県総務部の高木三功氏には、ヒアリング調査にご協力を頂きました。

被災された店舗A、B、C及びEの関係各位には、原状回復までの途上で大変忙しい中、被災状況等のヒアリングのご協力と被災直後の画像のご提供を頂きました。また、泉佐野市の竹内一郎氏には、現地調査同行のご協力を頂きました。

以上の皆様に対し、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1. 気象庁：災害をもたらした気象事例 台風第21号による暴風・高潮等，平成30年9月11日
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180911/jyun_sokuji201800903-00905.pdf (2018.9.20 閲覧)

2. Tenki.jp : 非常に強い台風 21 号 徳島県南部に上陸
<https://tenki.jp/forecaster/deskpart/2018/09/04/1953.html> (2018.9.20 閲覧)
3. デジタル台風 : 台風 201821 号 (JEBI)
<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/summary/wnp/s/201821.html.ja> (2018.9.20 閲覧)
4. 内閣府 : 平成 30 年台風第 21 号に係る被害状況等について, 平成 30 年 9 月 14 日
http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon21/pdf/300914_typhoon21_01.pdf (2018.9.20 閲覧)
5. 気象庁 : 地域気象観測所一覧, 平成 30 年 9 月 19 日現在
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/ame_master.pdf (2018.9.20 閲覧)
6. 気象庁 : 各種データ・資料
<https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> (2018.9.20 閲覧)