

## 大都市中心エリアを対象としたオールハザード対応キットの開発

エリア防災計画、ドローン技術、情報技術、行動マニュアル

村上 正浩\*

### 1. 研究課題の目的・実施体制・実施計画

本研究課題（テーマ 1）では、大都市中心エリアのモデルとして新宿駅周辺地域および郊外部の住宅地を対象に、マルチハザード認識・エリア防災計画策定・オールハザード対応訓練のツール群で構成するオールハザード対応キットを開発する。具体的には、①VR 技術等を活用した震災・水害による都市型複合災害を模擬体験できるマルチハザード認識ツール、②モニタリング技術等を活用した事前の災害対応計画・行動ルール策定の手引書となるエリア防災計画策定ツール、③3次元空間モデリングと VR 技術を活用した都市型複合災害の訓練セットであるオールハザード対応訓練ツール、を開発する。開発したツール群は対象地域への適用を通じて社会実装する。

本研究課題は表 1 に示す教員 6 名が担当する。初年度は開発環境を整備し、2 年度から 3 年度にかけて各ツールのプロトタイプを試作とアンケート調査等による有用性の検証を行う。4 年度には訓練等への適用を通じてプロトタイプのブラッシュアップを図り、最終年度はキットを完成させ成果を公開する。

表 1 研究実施体制

担当者	主な役割
村上正浩(建築学部・教授)	中心市街地の危機対応モデル
福田一帆(情報学部・准教授)	VR 活用の危機対応モデル
境野健太郎(建築学部・准教授)	地下街のリスク評価・避難計画
小西克巳(情報学部・准教授)	動画像処理・群衆行動分析
藤賀雅人(建築学部・助教)	住宅地の危機対応モデル
石田航星(建築学部・助教)	3次元空間モデリング

### 2. 本年度の研究成果

本年度はエリア防災計画策定ツールのプロトタイプ構築に向け、図 1 に示す新宿駅周辺地域の震災対応をモデルに以下の研究を遂行した。まず、(1) 現地本部を中心とした情報共有と滞留者誘導のための情報発信に、ドローン技術と情報技術を活用し、その有効性と課題を検証した。また、(2) 大勢の就業者等が滞在し一時滞在施設としての機能も担う、高層ビルの継続使用性やビル周辺の安全性に関わる外壁損傷等調査へのドローン技術の活用についても検討した。一方、(3) 活動拠点の円滑な運営と効果的な地域連携を行うための行動マニュアルとそれを可視化した運営キットを、現地本部と一時滞在施設を対

象に試作し、図上演習・訓練で有効性を検証した。

#### 2. 1 ドローンを用いた情報共有・滞留者誘導実験

新宿駅周辺地域では、震災時の混乱抑止を図るため、自助・共助・公助の行動ルールに基づく地域行動計画として「新宿ルール実践のための行動指針」を策定し運用している。図 1 はこの計画に基づく震災対応を概念的に示したものである。すなわち、震災直後は事業者がビル内で自衛消防隊を中心とした自助対応を行い、一方で行き場のない滞留者は避難場所へ誘導する。事業者と新宿区が現地本部を設置後は、現地本部を中心に各活動拠点が連携し、それぞれの役割に応じた災害対応活動を行う。

本年度の実験は、こうした震災対応へのドローンの活用を想定し、2017 年 12 月 12 日に実施した。実験では、昨年度成果をもとに避難場所(新宿中央公園)・西口現地本部(工学院大学)・新宿区災害対策本部(新宿区役所)の各拠点間に 4.9GHz 帯無線 LAN による自営通信網を常設したうえで、避難場所上空にドローン(DJI 社:Matrice210・600)を飛行させ、①自営通信網と LTE 網による上記 3 拠点間の双方向リアルタイム情報共有、②動画像解析を活用した空撮映像からの定量情報の把握、③西口現地本部から避難場所の滞留者への情報提供を主に検証した(図 2、図 3)。なお③では、提供情報は「やさしい日本語」を参考に、聞き取りやすい速さやポーズの数等にも配慮し合成音声(男声、女声)を作成して実験を行った。

実験の結果、①では通信環境が不安定になる場面はあったが、各拠点間での双方向のリアルタイム情報共有が可能であることが確認できた。ドローンの空撮映像に加え、地図と連動したドローンの飛行情

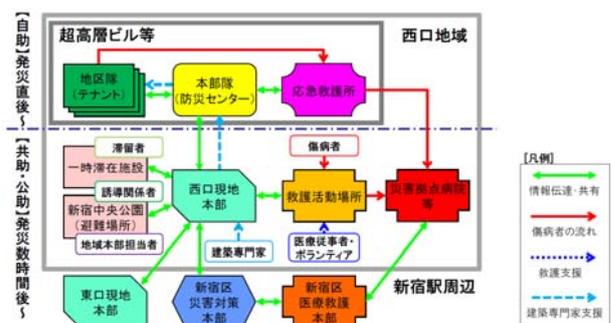


図 1 新宿駅周辺地域のエリア震災対応の仕組み

\* : 工学院大学建築学部まちづくり学科

報の可視化や固定カメラ等による映像の併用が意思決定に有用であることも確認できた。また②は、西口現地本部や区災対本部での状況判断等への活用を目的としたものである。結果として、録画した避難場所の空撮映像から滞留者の密集度・移動方向等が把握できることを確認し、さらにリアルタイム化に向けた解析条件等も整理できた。③では、避難場所内の滞留者役 10 名（20 代：7 名、60 代：3 名）を対象に、情報提供する高度（50m、75m、100m）ごとに聞き取りやすさと理解しやすさをアンケート調査した。その結果、情報を聞いた場所周囲の騒音の大きさによって聞き取りやすさに違いは見られたが、いずれの年代でも高度による違いはなく、女声による情報提供が高い評価を得た。一方、聞き取りにくい単語が複数あることも確認でき、聞き取りやすさにも配慮した単語の選択が必要であることがわかった。

## 2. 2 外壁損傷等調査へのドローン活用実験

大勢の就業者等が滞在し一時滞在施設としての機能も担う、高層ビルの継続使用性やビル周辺の安全性に関わる外壁損傷等の早期把握は欠かせない。そこでテーマ 2 と連携し、ドローンによるビル外周の動画像情報から外壁の損傷度を効率良く判定する手法の確立を目標として、2017 年 9 月 8 日に工学院大学新宿キャンパス南側の外壁をモデルに検証実験を行った。実験では、ドローンに搭載したカメラで 8 階から 2 階までの外壁を 1 層分ずつ順次撮影してい

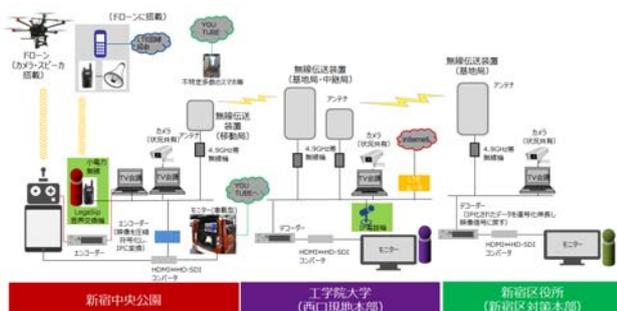


図 2 各拠点における機器類の接続構成と実験環境



図 3 実験の様子（上段：西口現地本部での情報共有画面と本部内の様子、左下段：動画像解析の結果例、右下段：滞留者への情報提供実験の様子）

き（ドローンと外壁間の撮影距離は 3m 程度）、施設部より入手した外壁改修工事時の損傷データと比較した（図 4）。画像からは主にひび割れや色調の違いによる補修跡を判別した。赤外線カメラによる画像も撮影し、温度差による下地の浮き等が把握できるかも検証した。その結果、0.5mm 幅以上のひび割れは確認できたが、より小さなひび割れやタイル陶片・下地の浮き、欠損箇所は判別できなかった。これらの解決にはカメラ性能の向上や AI による画像解析の援用が考えられる。外壁の種類により損傷の現れ方等が異なるため、複数ビルで検証を継続する。

## 2. 3 行動マニュアルと運営キットの試作

エリア行動計画に基づいて各活動拠点が効果的に地域連携を行えるよう、現地本部及び一時滞在施設を対象に開設・運営に関わる実施事項・手順等をセットにした行動マニュアルと、それをファンクショナル・アプローチの手法で可視化した運営キットを試作した（図 5、図 6）。これらを実働訓練（2017. 11. 8）と図上演習（2018. 2. 1）へ適用し、参加者へのアンケートにより有効性を検証した。その結果、一定の高い評価を得ることができたが、各作業担当のアクションカードの追加等の改善点が明らかになった。

## 2. 4 おわりに

次年度は震災対応を主としてプロトタイプを構築し、実働訓練等への適用により有効性を検証する。

### 謝辞

本研究では、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（研究代表：久田嘉章）、新宿区の委託研究及び JSPS 科研費 17K01340（研究代表：村上正浩）の成果の一部を活用しています。また、ドローンの検証実験では、建築学部まちづくり学科 4 年の麻生嵩紘君、チーム・新宿をはじめ日本電気（株）など多くの企業の協力を頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

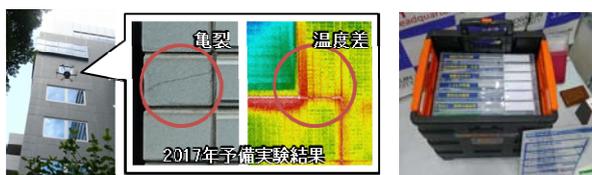


図 4 ドローンの撮影画像の比較 図 5 試作したキット

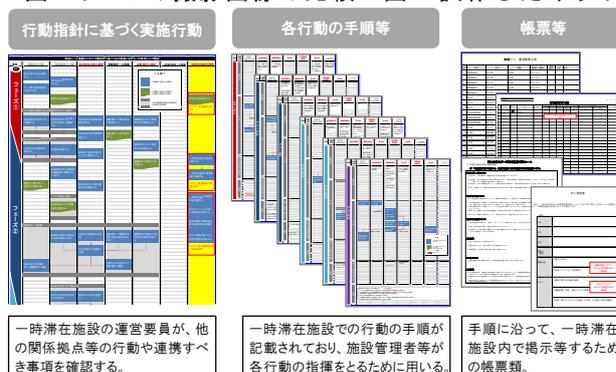


図 6 一時滞在施設の行動マニュアルの構成

## 都市災害と群集行動に関する動画像解析・認知行動実験による 都市災害対応モデル・訓練ツールの検討

キーワード：VR，災害，群衆，動画像解析，行動，心理

福田一帆\*

小西克己\*\*

### 1. はじめに

本ブランディング事業テーマ 1 では、都市災害の対応モデル・訓練ツールの開発として、バーチャルリアリティ防災啓発・訓練用コンテンツを作成し、建物被害の確認や避難誘導等のトレーニング・訓練の効果の検証をおこなう。都市災害においては、人の行動が被害状況に大きく影響をおよぼすことが想定される。災害への有効な危機対応モデルを構築するためには、人々の行動や心理を理解した上で危機対応モデルを作成すること、被災状況や災害時の人々の行動を速やかに把握することが重要である。

本稿では、動画像解析により群衆の異常行動から被害を検知するアルゴリズムの開発（小西）、VR空間において災害体験ツールを試作して、それを用いて災害体験や群集行動に対する認知行動実験およびVRによる災害体験に対する生理的変化の実験（福田）を実施した結果を報告する。

### 2. VR空間における災害体験・群集行動に対する認知行動特性および生体反応の検討

災害発生後の避難行動に関する調査研究は数多く行われており、パニックの発生よりも逃げ遅れによる人的被害を指摘する報告が多い<sup>1)</sup>。また、人の避難行動は、経路への知識<sup>2)</sup>や周囲の群衆<sup>3)</sup>などの環境要因に大きく影響を受けることが知られている。そこで、VR災害体験ツールの試作とともに、これらの要因が複合的に発生したときの避難者の行動特性について実験を実施して検討した。また、VRによる災害体験の効果を定量的に評価する手法としてストレス指標の有用性を検討した。

実験では、3DVRシミュレーションソフトUC-win/Road (FORUM8 CO., LTD.)を用いてVR空間に街並みを作成して歩行者群衆を発生させた(図1)。初めに被験者へ課題の説明をおこない、被験者はヘッドマウントディスプレイOculus Rift CV1を装着して頭部回転により周囲を見回すことができ、また、コントローラーを用いて歩行操作が可能であった。被験者の課題は平常時のターゲット探索行動、災害時の避難経路探索行動の2つであった。また、周囲

群衆の行動の影響を検討するために、被験者を2グループに分けて、周囲群衆が災害発生直前に被験者の通ってきた経路を戻す条件と、周囲群衆が被験者の通ってきた経路の先に進む条件の行動を比較した。さらに、ストレス指標として有効性が報告されている唾液アミラーゼの測定を課題1の実施前、課題1と課題2の間、課題2の完了後の3回実施した。

以上の実験について、いくつかの特徴的な傾向が表れたので報告する。第一に、予備実験においては避難時に特定の群集行動が無い場合はほぼ全被験者が通ってきた経路を戻す方向へ避難したのに対して、本実験では全被験者が周囲の群衆に追従して避難した。第二に、被験者ごとの平常時における探索行動と災害時における避難行動の移動距離に強い相関が見られた(図2)。第三に、一部の被験者においてストレス指標(唾液アミラーゼ値)が、災害体験前から体験後にかけて上昇を示した(図3)。



図1. 災害発生場面（右）と周囲の群集行動（左）

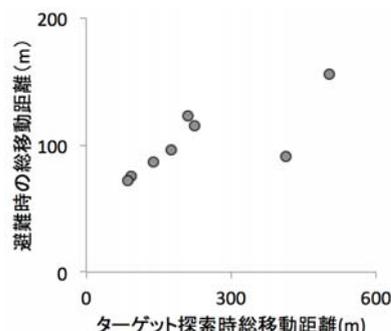


図2. 平常時の探索行動と災害時の避難行動の移動距離の相関図.

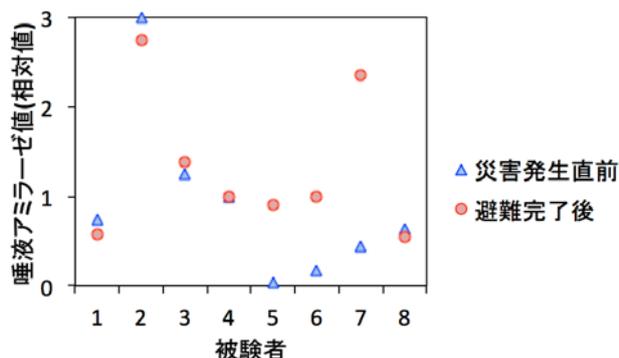


図 3. VR 災害体験による唾液アミラーゼ値の変化。唾液アミラーゼ値は平常時の VR 体験前の値に対する比率で表している。被験者 5, 6, 7 は災害発生直前△から避難完了後○にかけて値が上昇している。

次に、前述の「避難時に周辺群衆に追従する」という傾向に関連して、群衆がどの程度と同調性をもつと追従する可能性があるか検討するため、周辺群衆の進行方向に対する認知特性を検討した実験について報告する。前述の実験と同様の実験環境にて、新宿周辺の 3D 都市モデルデータ（©2016 ZENRIN CO., LTD.）上にランダムな方向に進行する歩行者群を発生させた。この歩行者群の一部を同一方向に歩行させたときに、その同調運動の方向に対する正答率を測定した。その結果、次の傾向が示された。第一に、群衆の約 30% が同一方向へ進行すると同調運動の方向を同定可能であった。第二に、正答率は群衆と観察者の位置関係により変化し、群衆と観察者の距離、観察者の視点の高さが影響した<sup>4)</sup>。他に、建物等の傾きが感覚や生体反応に与える影響についての研究も実施している。



図 4. 周辺群衆の進行方向に対する認知特性を検討した実験映像の 1 コマ（視点高さ 1.2m の条件）

### 3. 動画像解析により群衆の異常行動から被害を検知するアルゴリズムの開発

災害発生時の避難経路の確保のため、災害によつ

て生じた障害物を正確に把握することは重要である。そこで、監視カメラやドローンの映像から障害物を推定する手法を導出し、シミュレーション実験により有効性を検討した。

災害時には、様々なものが障害物となりうるため、予め具体的な障害物を想定して、それを画像認識により特定する手法は適切ではない。そこで、群衆の行動を解析し、その行動から障害物の場所を特定する手法を構築した。具体的には、監視カメラ等に映った群衆のオプティカルフロー（動き方向のベクトル）を計算し、そのオプティカルフローの分布により障害物の場所を検出する手法である。様々な状況の中で、様々な物体が障害物となりうることを想定し、深層学習を利用して障害物の検出を行う手法を構築した。図 5 のような歩行者 CG 映像を作成し、障害物の有無を判別する判別器を作成した。実験により、98% 以上の正解率を達成することを確認した。



図 5. 監視カメラ映像を想定した実験映像の 1 コマ

### 3. おわりに

次年度は、3次元レーザースキャナにより取得したデータを利用して、VR 防災啓発訓練ツールの作成をおこなうとともに、その評価方法についても検討を進める。

### 謝辞

本稿に報告する実験は、工学院大学情報学部の高橋昇汰さん、高橋祐哉さん、飛山文音さんが主に実施したものである。ここに記して謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 元吉, “災害に関する心理学的研究の展望 - 防災行動の規定因を中心として-,” 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要. 心理発達科学, 51, 9-33, 2004.
- 2) 市田, “地下空間での歩行者の避難行動と環境認知 - 実験による検証-,” 景観・デザイン研究講演集, No. 3, 13-21, 2007.
- 3) 加藤, 下園, 岡安, 個体行動特性を考慮したハイブリッド型群集津波避難シミュレーション, 土木学会論文集, B2-65(1), 1316-1320, 2009
- 4) 高橋, 福田, 3DVR 空間における歩行者群衆移動からの大域的運動検出特性と視点位置の影響, 映像情報メディア学会技術報告, 42 (7), 21-24, 2018

## 新宿駅西口地下街の避難出口に関する考察

新宿駅西口、地下街、避難出口、階段幅、浸水

境野健太郎\*

村上正浩\*\*

石田航星\*

### 1. はじめに

超高層建築や広大な地下街等を有する巨大都市の中心市街地とその周辺地域では、首都直下地震や近年の異常気象に起因した集中豪雨による水害など、都市型複合災害への対策が喫緊の課題となっている。本学が位置する西新宿は、超高層ビル群に加え、世界最大規模の乗降客数を誇る新宿駅や広域に広がる新宿地下街、多くの外国人観光客など、75 万人とい

われる昼間人口以外にも多様な人々が集まるエリアである。このような地域で激甚災害が起きた場合、その群衆行動が適切に処理される必要がある。

本研究は、ビックデータを援用した群衆移動に伴う新宿駅周辺のハザード評価の基礎資料として、新宿駅西口の地下街を対象に、案内表示の状況と地上への避難出口の状況を確認するものである（図 1）。避難出口の調査結果を表 1 に示す。



図 1 新宿駅西口地下街配置構成図（Yahoo!地図を元に著者作成）

\* : 工学院大学建築学部建築学科, \*\* : 工学院大学建築学部まちづくり学科

表1 新宿西口地下街の出口状況一覧

エリア	出口番号	接続先	階段形状	階段（通路）幅 mm			併設		利用可能時間	海抜
				下	中	上	ESL	EV		
新宿駅 西口地下広場	1	小田急百貨店前	直線	3000	2910	2910				
	2	小田急百貨店前	直線	2930	2930	2930				
	3	京王百貨店前	直線	3000	2930	2930				
	4	京王百貨店前	直線	2900	2900	2900				
	5	京王百貨店前	直線	3000	3000	3000				
	6	ヨドバシカメラ前	曲折	3000	3000	3000				
	7	ヨドバシカメラ前	かな折れ	2890	2890	2890				
	8	明治安田生命新宿ビル前	直線	2420	2420	2420				
	9	明治安田生命新宿ビル前	直線	2420	2410	2410				
	10	明治安田生命新宿ビル前	直線+折り返し	2050	2040	1890			平日 8:00-19:00	
	11	バスターミナル16, 17	直線	2940	2940	2940				
	12	バスターミナル12, 14, 15	直線	2940	2940	2940				
	13	バスターミナル7, 8, 9, 10	直線	2960	2960	2960				
	14	バスターミナル1, 2, 3	直線	2940	2940	2940				
	15	バスターミナル16, 17	直線	2940	2940	2940				
	16	バスターミナル12, 14, 15	直線	2940	2940	2940				
	17	バスターミナル7, 8, 9, 10	直線	2930	2930	2930				
	18	バスターミナル1, 2, 3	直線	2930	2930	2930				
19	スバルビル	北 直線+折り返し（分岐）	2940	2970	1490					
20	新宿エルクア前	南 直線+折り返し（分岐）	5160	5160	5160					
A10	メトロ食器街	直線	3940	3940	3940					
A11	メトロ食器街	北 直線+折り返し（分岐）	2870	2870	1450					
		南 直線+折り返し（分岐）	2870	2870	1460					
A12	新宿駅西口地下広場	直線	14330	14330	14330					
A13	新宿駅西口地下広場	直線	6300	6300	6300					
A14	新宿駅西口地下広場	直線	2860	2860	2550					
A15	新宿駅西口地下広場	直線	5450	5450	4660			6:00-23:00		
A16	新宿駅西口地下広場	直線	5030	4990	4990			6:00-23:00		
A17	新宿駅西口地下広場	直線	3040	3040	2940			6:00-23:00		
A18	新宿駅西口地下広場	直線	1670	1670	1670					
B14	新宿駅西口地下広場	直線	5340	5340	5340					
B15	ユニクロ	-								
B16	小田急ハレク	-						6:00-終業時		
B17	ハスのりば 35, 36	曲折	3930	3930	3420					
B18	新宿エルクア前	折り返し	2480	2480	2420			6:00-23:00		
D1	ユニクロ	-								
D2	141ビル	かな折れ+折り返し	2280	1210	1210					
D3	新宿カード西交差点	折り返し+かな折れ	1950	1950	1620					
D4	新宿第一アイルビル前	直線	1950	1950	1610					
D5	新宿レイディビル	直線+折り返し	2510	1620	1610					
S-1	(階層中) 永和ビル	-								
S-2	8号線・新宿ビルディング前	曲折	2300	2300	1800					
S-3	8号線・エスタック情報ビル前	曲折	2300	2300	1800					
-	エスタック情報ビル	-								
-	工学院大学	直線+折り返し	3870	1230	1200					
-	京王プラザホテル横	折り返し	1850	1850	1850					
N1	スバルビル	-								
N2	モード学園カウンター	-								
N3	モード学園前	曲折	2290	1810	1810					
N4	新宿センタービル前	曲折	2350	2350	1800					
N5	新宿センタービル	-								
N6	新宿センタービル	-								
-	新宿三井ビル前広場	直線+折り返し	2320	1890	1900					

※階段部のみ、併設のESL幅は含まない ○：全区間設置 △：一部区間のみ設置

エリア	出口番号	接続先	階段形状	階段（通路）幅 mm			併設		利用可能時間	海抜
				下	中	上	ESL	EV		
地下鉄 「都庁前」駅	B1	西口地下通路（南）に接続	直線	2000	2000	2000				
	B2	西口地下通路（北）に接続	直線	2010	2010	2010				
	A1	新宿駅西口方面地下道に接続	直線	3500	3500	3500			6:00-23:00	
	A2	都議会議事堂前	中空き	2000	2500	2490				
	A3	都議会議事堂前	中空き	4300	4300	6030			通常 8:00-21:30 開庁日 10:30-18:00 日曜日 8:00-18:00 年末年始 終日閉鎖	
	A4	東京都庁前	かな折れ+折り返し	4980	2050	3000				34.3m
	A5	新宿中央公園前	かな折れ+折り返し	3390	2010	3000			5:00-22:00	34.5m
	A6	(階層中)	-							
	A7	タイムズアベニューに接続	直線	2090	2090	2090			6:00-23:00	
	E1	東京都庁前	直線	1730	1730	1730			6:00-23:00	
	E2	新宿住友ビル前	直線	4170	4170	4170			6:00-23:00	
	E3	新宿住友ビル前	まわり	2890	2500	2500			6:00-23:00	
	E4	小田急第一生命ビル前	まわり	2890	2490	2500			6:00-23:00	
	E5	東京医大病院前	直線	1570	1570	1570			6:00-23:00	
	E7	新宿警察署前	中空き	3000	1410	1630			6:00-23:00	
	E8	住友不動産西新宿ビル前	折り返し	1320	1320	1320			6:00-23:00	
	C1	東京都庁第一本庁舎	-							
	C4	ハイアットリージェンシー東京	直線	2990	2990	2990				
C5	(階層中) 新宿住友ビル	-								
C6	小田急第一生命ビル	折り返し+かな折れ	2500	2000	4540					
C7	新宿アイランド	ESLのみ								
C8	ヒルソノ東京	直線								
C10	新宿アイランド	-								
C12	野村不動産西新宿ビル前	折り返し	1600	1600	1600					
C13	新宿野村ビル前	直線+かな折れ	3380	3380	6310					
地下鉄 「西新宿」駅	1	野村不動産西新宿共同ビル前	かな折れ	4000	3030	3030				
2	東京医大病院前	直線	4190	4190	4190					
京王モール	B	KFC前	直線	3000	3000	3000				
C	みずほ銀行前	直線	3000	3000	3000					
D	110ビル前	直線	3180	3000	3000					
E	ヨドバシカメラ前	直線	3010	3010	3010					
F	京王百貨店前	直線	3000	3000	3000					
G	京王百貨店前	折れ	3000	3000	3000					
京王モール アネックス	1	(階層中)	-							
2	ミヤコ新ビル前	かな折れ+折り返し	4550	2990	3020				地階-23:00	
3	ファミリマート前	直線	2990	2990	2990					
4	久保ビル	折り返し	2990	2990	3050					
5	ヤマダ電機	折り返し	2100	2100	2100					
6	新宿東海上自動車ビルディング	折り返し	2510	2510	2510					
7	甲州街道・8号道路交差点北東	直線	2980	2980	2980					
8	ワンズストリートに接続	直線								
ワンデー ストリート	O-1	甲州街道南側	中空き	5010	3000	3010				
O-2	モリタビルディング前	かな折れ	3010	3010	2950					
-	新宿フントホテル	かな折れ	5500	5500	6460					
-	新宿NSビル	東 かな折れ（分岐）	3290	7130	7130					
-		西 かな折れ（分岐）		6510	6080					
シーズン ロード	S1	西新宿二丁目交差点	直線	3030	3030	3030				
S2	KDDIビル前	直線	2000	2000	2000					
S3	新宿モノリス前	直線	2740	2420	2420					
S4	新宿モノリス広場	北 直線+折り返し	4000	4000	8400					
-		南 かな折れ（分岐）		3310						
-	京王プラザホテル入口	スロープ+直線	3850	5500	1980					

## 2. 地下街の避難出口の状況

新宿駅西口地下には、東西・南北に地下街が延び都市の回遊性が高められる一方で、地上の様子が把握しづらく、震災時の照明の消失や天井の落下、ガラスの飛散、水害による浸水の際に、群衆を安全に誘導するための計画が求められる。

新宿駅西口地下広場や京王モールには、近い距離に地下から地上への出入口が複数設けられているが、地上の歩道幅が狭く建物が迫っている箇所も多い。商業施設や鉄道駅からの群衆の移動を考慮すると、安全な誘導計画が求められる。西口バスターミナルは周囲の建物から距離が離れているため、上部からの落下物への安全性は確保されるが、バスターミナル内に人が溢れる場合は、却って危険が増すおそれもあり、誘導計画を検討する必要がある。

地下鉄「新宿西口」駅方面の出入口は、通路幅の狭い箇所が多く、混乱が生じやすい。改札まわりや地下街に比較的スペースがあるが、新宿駅西口より海抜が低いため、浸水状況などのシミュレーションによる詳細な検討が必要となる。

京王モールアネックス、ワンデーストリートは地

上への出入口が離れている。地上の海抜は高いが、地下通路内には深く下がる場所もあり、円滑な移動のために地下道内での浸水対策が求められる。

シーズンロードの出入口には、幅が狭く、傾斜が急な箇所がある。新宿モノリスや京王プラザホテルには地下道に接続する広場が設けられているが、滞留できる人数には限りがあるため、群衆行動の詳細なシミュレーションが必要である。

地下鉄「都庁前」駅やタイムズアベニューには、夜間に閉鎖となる出入口がある。一方、周囲の建物からの連絡通路も多く、東京医大病院とも繋がるため、安全な誘導が求められる。地下鉄「都庁前」駅周囲は海抜が低いため、浸水への対策も求められる。

## 3. おわりに

次年度以降に、浸水状況、地下街出口の安全性、停電時における地下街の状況把握（ガラスの飛散、天井の落下、照明の消失など）等の調査を行い、避難シミュレーションや教育用ソフトウェアの開発に向けた検討へと繋げていく予定である。

## 大都市中心部に位置する木造密集市街地の地域変化

木造密集市街地，地域危険度，不燃化推進特定整備地区  
建替え， 除却

藤賀 雅人\*

### 1.はじめに

大都市中心部はターミナル駅周辺をはじめとした商業・業務地域とともに、その外部に位置する住宅地での対応も重要となる。殊、東京都の防災力向上に向けては、山手外周に位置する木造密集市街地を対象とした不燃領域率の向上、骨格道路整備や防災公園整備が展開されており、面的整備となる再開発事業から、点的整備となる個別の老朽建築物の更新に至る多様な手法による防災まちづくりが進められている。近年では、重点密集地域内に不燃化推進特定整備地区（以下、不燃化特区）が指定され、集中的な施策が展開されている。これにより、大都市中心部に位置する西新宿、東池袋、渋谷区本町といったターミナル駅近郊の住宅地や十条駅、大山駅、曳舟駅といった沿線の核となる駅舎整備と再開発事業を導入する地区も見られており、ターミナル駅周辺と住宅地の連携を視野にした防災対応の必要性が高まっている。

ここでは、住宅地における防災まちづくりの現状把握を進めるため、大都市中心部に位置する木造密集市街地の整備動向を把握することで、オールハザード対応キットに求められる社会状況の把握を進めることとする。

### 2.不燃化特区における防災まちづくりの実態

現在、東京の防災まちづくりでは「木密集地域不燃化 10 年プロジェクト」が掲げられ、木造密集市街地の不燃化を目的とした施策が展開されている。ここでは 2020（平成 32）年度を目標期限として、対象地区の不燃領域率 70%の実現、延焼遮断帯となる対象計画道路の 100%整備が指針として示されている。こうした目標の内、不燃領域率向上を実現するための手法として、骨格道路や再開発等のコア事業と不燃化特区内の建替え助成制度が設定されている。

各区・地区の特性が表れやすい、不燃化特区の助成内容をみれば、除却費用では各区の判断基準から細分化がなされ、特別区が設定する助成金額の開き

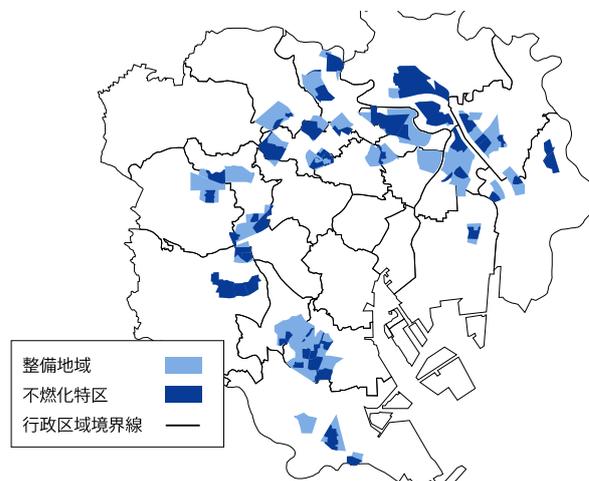


図 1. 不燃化推進特定整備地区の分布



写真 1. 東池袋地区

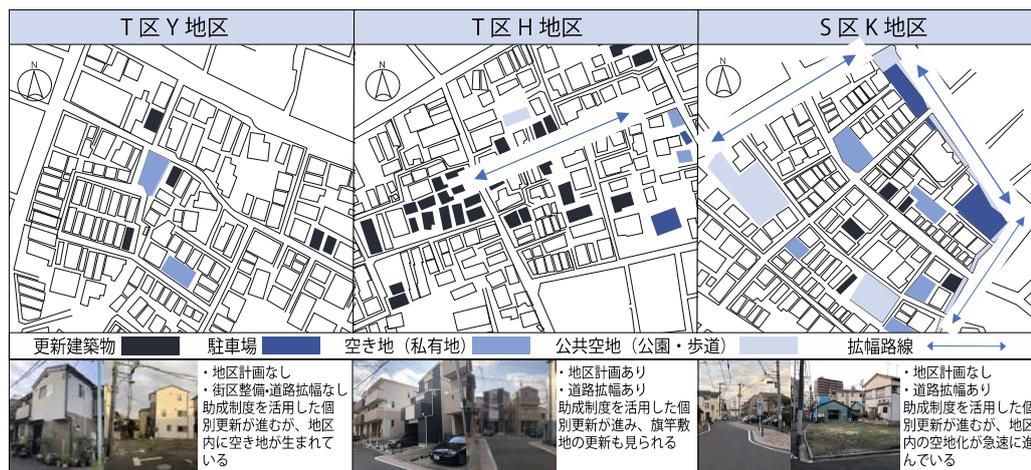
写真 2. 西新宿地区

が大きなものとなっている。特に、従前の除却基準を踏襲する区では、助成額が著しく低く設定されている。一方、設計費助成では東京都の示した金額に沿った活用がなされ、助成額の差も小さいものであったが、敷地形態・建築形態や建設後の用途等、助成対象の設定に対する違いが確認された。また、除却・設計費助成を個別で適用する区と、建替えを念頭にセットとして活用する区に分かれており、実態的な課題から、余条件を加算方式で示す独自の運用を行うケースも見られている。

こうした制度導入の違いは、更新意欲と共同住宅の受容に対する違いから来るものであるが、大都市中心部の事例を見れば、西新宿、東池袋では再開発事業の計画はあるものの、建替えに対しては共同住宅等を認めておらず、大規模開発と個別建築物の二極化を進める計画となっている。大山駅、曳舟駅周

\* : 工学院大学建築学部まちづくり学科 助教

表 2. 不燃化推進特定整備地区における空間変化



されていない。不燃化特区による助成は拡幅道路に面さない場所で適用されており、拡幅道路隣接敷地では助成を活用しない除却や駐車場化が進んでいる。実態として公共空間、私有地の空き空間が地区に過度な空洞化を生んでいる。

辺でも同様の制度運用がなされており、こうした高層建築物と戸建て建築物の住まいに対する対応検討が、今後の大都市周辺部の防災まちづくりの前提となりつつある。

### 3. 不燃化特区における市街地環境の変化

実際に個別建物の更新による市街地の変化を見れば、更新の行われた建築物は鉄骨造の3階建て若くは2階建ての準耐火構造の個人住宅が多く、東京都及び各区の設定する最低基準を満たすものとなっている。特徴的な更新状況としては、従前の木造密集市街地整備と助成制度の関係が必ずしもないことから、地区計画等の規制誘導が設定されていない地区、特定の道路拡幅を進める地区、再開発事業を含む地区などがある。T区Y地区のように、地区計画の指定や道路拡幅による整備が計画されていない場合、接道条件と前面道路幅員を満たす状況であれば助成制度が適用されるものとなっている。こうした地区では点的に建替えが進む状況が見られている。その一方で、T区H地区では防災生活道路整備による道路拡幅が行われ、隣接する街区で集中的な更新が進んでおり、ここに不燃化特区による助成適用物件もみられている。こうした更新の進む街区内では接道敷地の建物と旗竿敷地を同時に更新する例も見られており、個別の建替えを基本に無接道敷地の解消が進む状況も見られている。ヒアリングからは、道路拡幅に伴う建替え助成の適用を重点的に周知することが確認されており、地区計画を前提としたエリア全体で助成周知を行う地区と状況が分かれている。こうした中、S区K地区の動向は特異で、地区内で道路拡幅事業が展開されるが、地区計画の指定はな

以上のように、木造密集市街地の個別更新からくる環境変化は①点在建替え型、②集中建替え型、③隙間発生型に別れている。こうした状況から防災力向上に向けて、(i)個別更新を進めることを前提としつつも、更新後のビジョン形成と規制誘導計画策定に向けた支援が必要である地域。(ii)空き地化した敷地をまちづくりに活用する検討が必要となる地域。(iii)急激な市街地変化後のソフト面での防災対応を再構築する必要がある地域が確認された。

### 4. おわりに

以上のように、本年度は木造密集市街地を中心に東京都の防災まちづくりの展開と市街地の変容実態、これらから認識される防災まちづくりの課題を把握した。次年度は、本年度確認された市街地変化に対応したソフト面での防災まちづくり及び防災教育の事例展開を行うとともに、住宅地での防災まちづくりとターミナル駅周辺での対策とを連動性させるための検討を行う。

### 参考文献

- 1) 二橋舜輝, 藤賀雅人「不燃化推進特定整備地区における建替え助成制度の運用実態」日本建築学会関東支部研究発表会, 2018.3
- 2) 大井雅代, 藤賀雅人「郊外住宅地の密集市街地整備に対する事業変更と協議体制の関係性に関する研究-川口市芝地区における土地区画整理事業解除後の動向に着目して-」日本建築学会関東支部研究発表会, 2018.3
- 3) 藤賀雅人「オーダーメイドの再開発をどこまで進められるか」再開発コーディネーター, No. 192, p. 1, 2018.3

## 3次元レーザースキャナにより取得した計測データのVR環境への利用について

3次元レーザースキャナ, 点群データ, ポリゴン, VR

石田航星\*

### 1. はじめに

VRアプリケーションの開発において、その質を左右する重要な要素に建築物や点景の「3次元モデル」を精緻に作り込むことがある。これは、本事業において開発を目指す防災の教育用VRアプリケーションにおいても同じである。3次元モデルの作製は、建築分野においては Revit や ArchiCAD などの BIM ソフトウェアを用いて作成することが多いが、既存の建築物の 3次元モデルの作製においては、3次元計測技術を活用し、現実中存在する建築物の形状を計測したデータを用いて、仮想空間に建築物の形状を再現することも多い。本報では、既存の建築物の 3次元形状を 3次元レーザースキャナにより取得した点群データから作成する方法について述べる。

3次元計測技術にはいくつかの種類があり、3次元レーザースキャナと写真測量が主要な 2種類である。3次元レーザースキャナは広範囲を精緻に計測することに秀でているが、計測に際して専用の機器を必要とし、分析においても専用のソフトウェアを必要とする。写真測量は専用のソフトウェアが必要であるが、写真自体は市販のデジタルカメラやスマートフォンで取得した画像を使うことができる。

防災に関する教育用VRアプリケーションで再現する環境は建物内部を想定しており、屋内の形状の計測を精緻に行うことが出来る 3次元レーザースキャナを利用することとした。2017年度中に Faro 社より 3次元レーザースキャナを購入し、校舎内の計測を行った。取得したデータを用いて、各種図面の作成や、VR アプリケーションへの転用方法について、手順を整理したうえで、マニュアルを整備している。本報においては、3次元レーザースキャナにより取得したデータを VR アプリケーションとして利用した事例について紹介を行う。

### 2. 既存建築物の 3次元モデルの作製方法

#### 2.1. 3次元レーザースキャナにより取得したデータの分析手順

3次元レーザースキャナにより取得した点群データから、計測対象のポリゴンデータを作成し、VRア

プリケーションを作成する手順と利用したソフトウェアの一覧を以下の表 1 に示す。また、計測と処理の概念図を図 1 に示す。

表 1 本報における計測と分析の手順

	処理手順	本報での利用機器・ソフトウェア
1	3次元レーザースキャナを用いて計測	Faro Focus S150
2	取得データの統合・ノイズ処理	FaroScene
3	点群データのポリゴン化	FaroScene
4	変換処理	Meshlab
5	VR アプリケーションへの読み込み	Unity

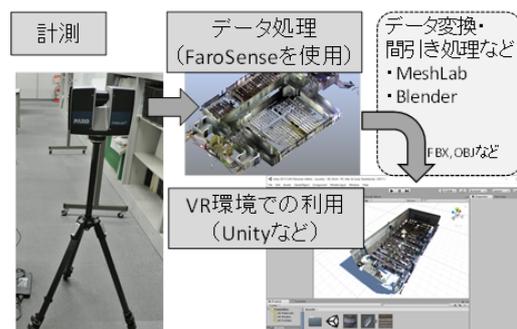


図 1 計測と分析の手順

#### 2.2. 3次元レーザースキャナの諸元

本報で紹介する事例では工学院大学ブランディング事業で購入した 3次元レーザースキャナを用いる。以下に、諸元を示す。

表 2 3次元レーザースキャナの諸元

製造会社 (型番)	Faro 社 (Focus S150)
計測範囲	0.6~350m
測定速度	97.6 万点/秒 (最大値)
重量・サイズ	4.2Kg 230 x 183 x 103mm
センサ類	GPS、方位計、2軸補正センサ等

### 3. 大規模な計測データの取得

前述した 3次元レーザースキャナを用いて、複数の居室に区切られた空間の計測を行った。新宿キャンパス高層棟 5階を対象とし、全 18か所で計測を実

施した。計測は 2018/2/23 に実施し、計測時間は機器や球ターゲットの設置を含め、延べ 4 時間かかっている。計測終了後、速やかに点群データの処理を実施した。データ読み込みからターゲットの検索、統合、ノイズ処理、ポリゴンモデルの作製に至るデータ処理全体で延べ 5 時間かかっている。

以下の図 2 に取得した点群データの全体像を示す。図 2 の点群データは約 4 億点の点群で構成されている。図 3 は図 2 の点群データの細部を示す。また、図 4 に示すように点群データから天井部分のみを抽出し、水平面に投影した図を作成した。天井伏図に相当する図の作製が行えることを確認した。

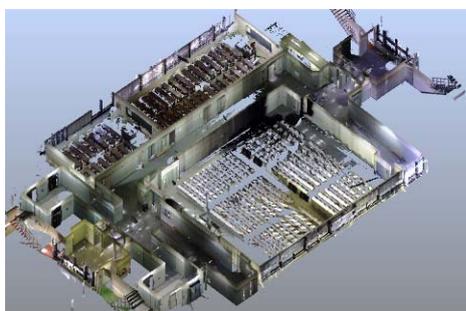


図 2 取得したデータの全体像



図 3 取得したデータの細部

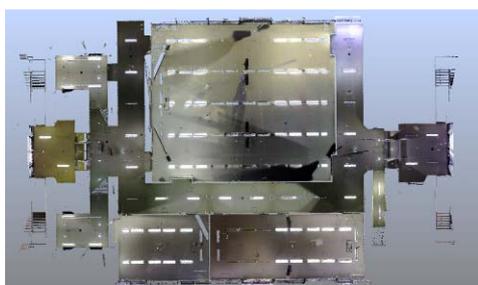


図 4 点群データから作成した天井伏図

#### 4. 3次元でモルのVR開発環境への読み込み

本報で取得した点群データを元に、計測対象の状況を VR 空間上で観察するアプリケーションを作成した。利用した点群データを図 5 に示す。前述したように取得した点群データをポリゴンデータに変換して、VR アプリケーションの開発環境である Unity に読み込む。両ソフトウェア間でのデータのやり取りには OBJ 形式を採用した。ただ、OBJ 形式にはい

くつかの種類が存在し、FaroScene は頂点座標における色を RGB で示す形式で OBJ ファイルを出力するが、Unity は OBJ 拡張子の元ファイルからは形状データのみを取得し、色情報は MTL ファイルに紐づけされた画像ファイルをテクスチャとして貼り付ける形式を採用している。そのため同一の OBJ ファイルであるが、データの変換が必要となる。本報では MeshLab を利用してデータの変換を行った。

このデータを Unity に取込み、屋内を 1 人称視点でウォークスルーにより閲覧するアプリケーションを作成した。読込んだポリゴンデータは約 330 万の三角形で構成されている。非常に重いデータだが、高性能ではない PC (Windows 7, CPU:Corei7-3840QM, メモリ:16GB, グラフィックカード:HDgraphics 4000) でも、発行ファイルを起動し、閲覧することが出来た。図 6 に写真とポリゴンデータの比較を示す。



図 5 利用した点群データ



図 6 Unity に読込んだ 3 次元モデル（左）と  
同一個所の写真（右）

#### 5. おわりに

2017 年度においては 3 次元レーザースキャナを用いた計測と、取得したデータを VR 開発環境に利用する方法について整理した。これにより VR アプリケーション上で用いる 3 次元モデルを作成する環境の整備が完了した。