

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

大都市中心エリア、都市型複合災害、ICT、
災害の可視化、エリア防災計画

村上正浩* 境野健太郎**
藤賀雅人***

1. はじめに

2020 年東京オリンピック・パラリンピックを控え、大都市・東京では、首都直下地震などの震災だけでなく、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焦眉の課題である。

本テーマでは、一日の乗降客数が 350 万人超の新宿駅を核とする新宿駅周辺地域および郊外部の住宅地の大都市中心エリアにおいて、発生が懸念される震災と水害に起因する都市型複合災害の仮想体験からエリア防災計画策定、訓練実施を支援するツール群（オールハザード対応キット）を開発する。

2. 研究概要

新宿駅周辺地域には、事業者や新宿区医師会、防災関係機関、新宿区等で構成される新宿駅周辺防災対策協議会がある。当地域では、本協議会の構成員を主な対象として「災害対応の知識・経験を得るためのセミナー」（年 5 回程度、図 1 左）、「実践的な技能を習得するための講習会」（年 4 回程度、図 1 中央）、「身につけた知識・技能を活かす地震防災訓練」（年 1 回、図 1 右）を体系化した教育訓練プログラムを継続して実践し、自助と共助によるエリア震災対応の仕組みづくりを進めている（図 2）。2016 年にはその仕組みを実効性あるものにするため、発災後からの来街者や協議会構成員の震災対応行動をタイムライン化した地



図 1 教育訓練プログラムの実施例

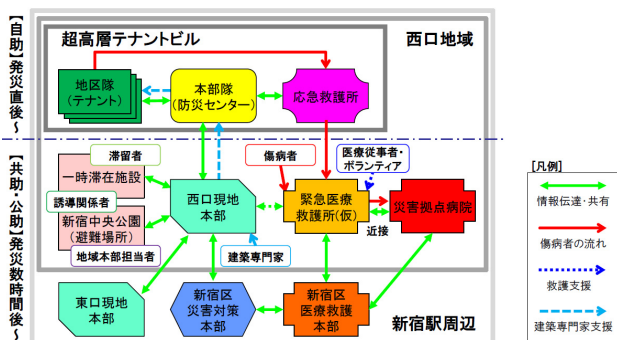


図 2 新宿駅周辺地域のエリア震災対応の仕組み

域行動計画を策定した。また、2015 年の水防法改正に伴い、当地域の地下街・地下道管理者およびそれに接続するビル管理者が参加する東京都地下街等浸水対策協議会において浸水対策計画の策定も進められている。

一方、新宿駅周辺地域の郊外部の住宅地には、町会の自主防災組織や幾つの自主防災組織で構成する避難所運営管理協議会がある。こうした組織においても、防災点検マップづくりや発災対応型防災訓練、避難所運営訓練、さらに復興期を見据えた復興模擬訓練を通じて、自助・共助の担い手の育成と住民主体の震災対応の仕組みづくりを進めている。

本テーマでは、これら既存組織・活動と連携し、アンケート・ヒアリング調査および訓練への適用により開発ツール群の有効性を検証したうえで、他地域に展開可能な標準化ツールとして社会実装を目指す。

表 1 が本テーマの研究実施体制である。建築学部と情報学部の各教員がそれぞれの専門性をいかし、以下のツール群の開発を担当する。初年度は各ツールの開発環境を整備し、2 年度から 3 年度にかけてプロトタイプを試作とヒアリング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、最終年度にはキットを完成させ成果を公開する。

- ①マルチハザード認識ツール：VR(仮想現実)や AR(拡張現実)の情報技術の活用によって仮想・現実空間で都市型複合災害を模擬体験できるツールを開発する。
- ②エリア防災計画策定ツール：高層ビルの被災度判定システムや地下街への浸水感知といったモニタリング技術、さらにドローンによる群衆映像から、災害の予防および災害発生時の対応に必要な情報を抽出す

表 1 研究実施体制

担当者	所属	主な役割
村上正浩 (リーダー)	建築学部・教授	中心市街地の危機対応モデル
福田一帆 (サブリーダー)	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 次元モデリング

るための動画像処理技術と群衆行動分析手法等を援用し、事前の災害対応行動計画・行動ルール策定のモデルとなるツールを開発する。

③オールハザード対応訓練ツール：3次元モデリング技術とVR技術の併用により都市型複合災害を可視化した仮想空間を構築し、災害の規模・時間帯など各種条件に対応した災害状況における人の行動・心理実験や訓練を行うことができるツールを開発する。

3. ドローンによる情報収集および情報提供実験

本研究テーマにおいて、筆者らはエリア防災計画策定ツールの開発を主に担当する。本年度は、ツール開発のための環境整備に重点をおきつつ、新宿駅周辺地域のエリア震災対応（図2参照）においてドローンの活用可能性を検証する実験を行った。

本実験にあたり、図3の設備（ドローン、モニター類、Webカメラは除く）を購入したうえで、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）・避難場所（新宿中央公園）間にFWA（Fixed Wireless Access）無線による通信網を構築し、各拠点にドローンからの映像を受信するためのコーディング機器と各拠点の状況把握のためのWebカメラを設置した。

実験の結果、避難場所上空で飛行するドローンで撮影した映像を、西口現地本部・新宿区災害対策本部間でリアルタイムに共有することができた（図4）。なお、撮影にはハイビジョンカメラに加えて、夜間の情報収集を想定してサーモグラフィーカメラも使用したが、各拠点間のFWA無線のスループットは95Mbps程度で、そのうちドローンからの映像のトラフィックは21Mbps程度、Webカメラ映像のトラフィックは10Mbps程度であった。また各拠点間での映像伝送の遅延時間は最大でも11msec程度でパケットロスも殆どなく、十分な映像伝送と各拠点での高画質の映像受信が可能であることが確認できた。

並行して、ドローンにスピーカーを登載し、上空から地上への音声情報の提供可能性も検証した。周辺の騒音状況にもよるが、飛行場所から半径170m程度であれば100m上空からの音声も十分に聞き取れることがわかった。

4. おわりに

本年度の実験では、高層ビル街での俯瞰的な情報収集と災害対応活動へのドローンの活用可能性を確認した。実験結果を受け、ドローンを除く購入設備は本

年度末までに工学院大学・新宿区役所・新宿中央公園に常設する予定である。次年度はプロトタイプを試作に向け、動画像処理技術と群衆行動分析手法を導入したドローンからの映像解析、さらに研究対象を地下街等にも拡大し複合災害のリスク検討などに着手する。

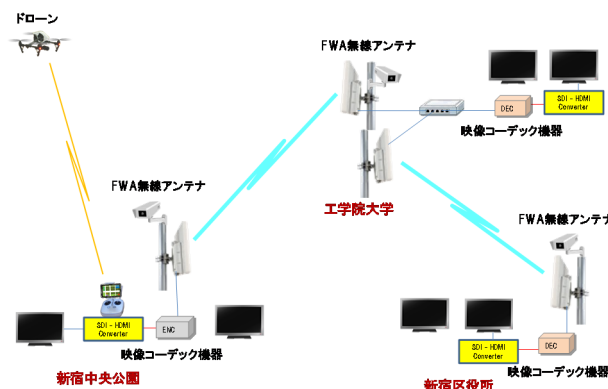


図3 実験で用いた設備の全体構成

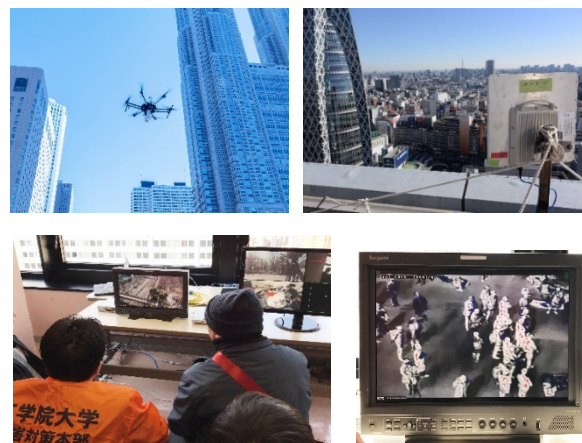


図4 実験の様子（左上：新宿中央公園上空で飛行するドローン、右上：工学院大学屋上のFWA無線アンテナ、左下：西口現地本部でのドローンからの映像受信、右下：西口現地本部で受信したサーモグラフィー映像）

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（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」による「首都圏複合災害への対応・減災支援技術」、文部科学省・都市脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査・研究」による「中心市街地における効果的な災害対応能力向上のための教育・訓練システムの開発」、および新宿区の委託研究の成果の一部を活用させて頂いています。また、ドローンによる情報収集・情報提供実験は、ドローンを保有する損害保険ジャパン日本興和株式会社をはじめ、SOMPO リスクアマネジメント株式会社、株式会社理経、新宿区危機管理担当部のほか、新宿駅周辺防災対策協議会、株式会社 NSi 真岡、アイベックステクノロジー株式会社、日東通信株式会社と共同で実施しました。

* : 工学院大学建築学部まちづくり学科, ** : 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

VR、動画画像解析、視線計測を利用した都市災害時の対応モデル、訓練ツールの開発

キーワード：VR、動画画像解析、視線計測、行動、心理

福田一帆*

小西克己**

1. はじめに

巨大都市の災害においては、地下から高層階への階層構造、大群衆の行動、避難スペースの不足などの要因から、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。特に、巨大都市における災害については、多種多様な人々が集まるため災害時の人々の行動の予測が難しい。そのため、災害への有効な危機対応モデルを構築、適用するためには、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、また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不可欠である。

そこで、都市災害体験ツールとして、VR空間に都市災害を再現して各種条件に対応した災害状況における行動・心理実験を実施する。また、動画画像処理技術により映像からの被災状況把握手法を開発する。更に、都市災害を可視化した3D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。VRを利用した防災啓発・訓練用コンテンツとしては、「浸水・火災疑似体験アプリ(1)」「バーチャル災害体験コンテンツ(2)」など、この数年に様々なものが開発されているが、都市災害に適したコンテンツが必要である。

2. 研究計画と成果

2.1 VRによる都市災害状況可視化コンテンツ作成

新宿西口エリアの3Dデータを作成して、VRシミュレーションソフトウェア（Forum8 UC-win/Road）に取り込み、歩行者などの交通流を発生させる。3Dデータの作成には3Dスキャナ計測データおよび写真解析3Dモデル生成ソフトウェア（Agisoft PhotoScan）を利用する。また、曜日・時間帯別の新宿滞在者の人数、天候・時間帯の変化など想定される様々な条件下での災害状況の可視化をおこなう。

本年度は作業環境の導入および、データの試作をおこなった。図1～2に試作したVRデータからキャプチャしたシーンを示す。図1は、サンプルとし

て提供されている交差点データに、VRソフトの機能を利用して歩行者流を発生させて、その上空を飛行するドローンからの視点を模擬した映像を作成した結果である。図2は工学院大学地下1階エントランスを撮影した複数写真から、写真解析ソフトウェアを使用して3Dモデルを生成してVRソフトウェアに取り込み、歩行者流を発生させた結果である。

今後は、（1）災害発生時の被災者の行動分析実験、（2）防災啓発・訓練用コンテンツの作成、（3）ドローンや固定カメラを利用した災害状況把握方法開発のための模擬映像作成、（4）避難スペースへの効率的な誘導方法の検討、などに利用するVRデータの作成を進める。

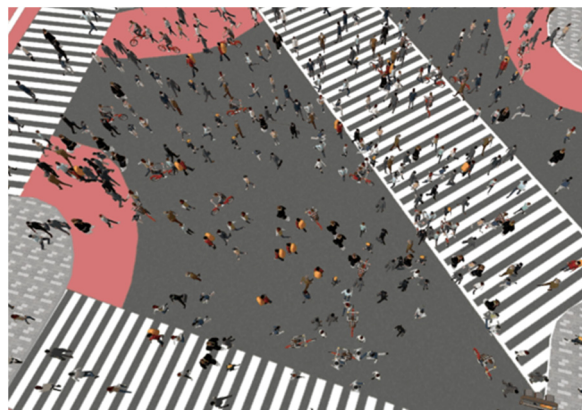


図1. VR試作結果1（ドローン空撮模擬映像）



図2. VR試作結果2（工学院大学地下1階入口）

2.2 専門家の視線計測結果を利用した建物被害状況判断モデルの構築と訓練コンテンツの作成

都市災害では避難スペースの不足が問題となり、避難所として利用可能な建物と、立ち入り禁止にす

*：工学院大学情報学部情報デザイン学科， **：工学院大学情報学部コンピュータ科学科

べき利用不能な建物を迅速に識別することが必要である。現状、建物の被害状況の初期確認は事業者の責務とされているが、一般的に事業者は建物の被害状況把握のために必要な知識や経験を有さない者が大半であり、専門家が被災時に迅速に現地にて建物の状況を確認することも難しい。そこで、この問題を解決するために、ビルの事業者に対する建物被害状況把握の教育訓練ツールを作成する。

建物被害状況判断モデルの構築と訓練コンテンツの作成にあたり、モバイル型アイマークレコーダー（EMR-9、ナックイメージテクノロジー）を使用して専門家による建物被害状況確認時の視線の動きの時系列データを取得して分析をおこなう。

今年度は視線計測装置の導入および、計測試験をおこなった。図 3 に新宿駅西口から都庁方面へ続く地下通路の工学院大学入口前において歩行時の視線計測をおこなった計測例を示す。次年度は、災害時を想定した建物被害状況判断の訓練をおこない、専門家と一般の視線計測データを取得して特徴を比較、分析する。



図 3. 視線計測予備測定（図中の○印が視線位置）

2.3 動画画像解析による災害状況把握アルゴリズムの開発

大都市における災害では、災害後の人々の密集や異常行動などに起因する 2 次災害が生じる可能性がある。このような 2 次災害による被害を防ぐため、人々の行動を素早く把握し、危険箇所を迅速に特定する必要がある。そこで、定点カメラやドローン等により撮影された動画を解析することで、これらの危険箇所を特定するアルゴリズムの開発を行う。

今年度は、ビルの屋上等に設置された定点カメラを想定し、群衆の中で異常行動する人物を検出するアルゴリズムの開発に取り組んだ。動画画像中の歩行

者を検出し、その動き（速度ベクトル）を算出することで、その後の動きを予測し、予測した動きと極めてことなる動きをした人物を異常行動人物として特定する手法である。同アルゴリズムにより、図 6 のように適切に歩行者を検出することができている。また、突然走り出したり、向きを変える歩行者の検出も可能となっており、突然動きを変えた人物の特的高い精度で可能であることを実験により確認している。これらの成果は国際会議で発表した⁽³⁾。

今後は、突然動きを変えた人物が本当に「異常」であるかを判断するアルゴリズムの開発、および、群衆の密集地帯を特定するアルゴリズム、さらに、群衆の動きから危険地域を特定するアルゴリズムの開発を行う予定である。

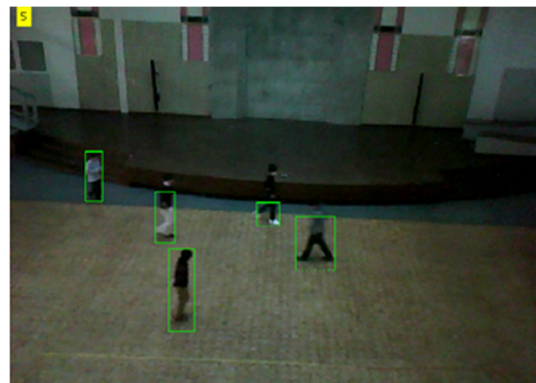


図 4. 検出された歩行者

3. おわりに

今年度は、各テーマ研究環境の整備およびデータの試作、予備的な実験を実施した。次年度は、各テーマの研究および、VRデータの試作を進める。3 年次に試作モデルを完成させて、フィードバックを得た後、5 年次に改良した最終版を完成、公開する計画とする。

参考文献

- 1) 板宮朋基, 神保貴彰, 四村好紀, 幸村衡, 北河佑基, ヘッドマウントディスプレイを用いた洪水疑似体験システムの開発と市民啓発への応用, 日本バーチャリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会 CSV2016-5, 25-28 頁 (2016)
- 2) 永山武志, パーチャル災害体験コンテンツ, NTT 技術ジャーナル, 2006.9
- 3) Akira Horinouchi, Katsumi Konishi, An Emergency Detection Algorithm for A Security Camera using Optical Flow, Proc. of RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, 2017

建築分野における A R・V R 技術の基礎的研究

VR, AR, ターゲット, 情報端末, BIM

石田航星*

1. はじめに

建築分野においても ICT 技術は重要な技術であるが、欧米の情報産業が中心となって新技術を開発することが多く、我が国の建築分野では、ICT 技術については専ら外来の技術を援用することが多い。また、ICT 技術の進歩は急速であり、建築分野内での自前主義的な開発方法では、ICT 技術を取り巻く環境変化に対応できない可能性が高い。そこで、2016 年度の研究においては、昨今、普及が著しい BIM に至るまでの技術開発の歴史を整理することで、“BIM” の位置付けを確認し、次の技術開発テーマとして有望な AR/VR 技術の可能性に関して検討を行った。その上で、建築分野における AR/VR 技術の利用方法を検討し、開発環境の構築を行った。

2. BIM に類する技術の整理

BIM が我が国に本格的に導入されたのは 2009 年頃だと言われており、この事実は以下の図 1 に示す 2009 年以降の B I M に関する研究数の推移からも確認できる。BIM は、CALS や情報化施工のように ICT 技術により建築分野の生産性向上を目指す技術であるが、過去に例がない速度で技術開発が行われていると言える。

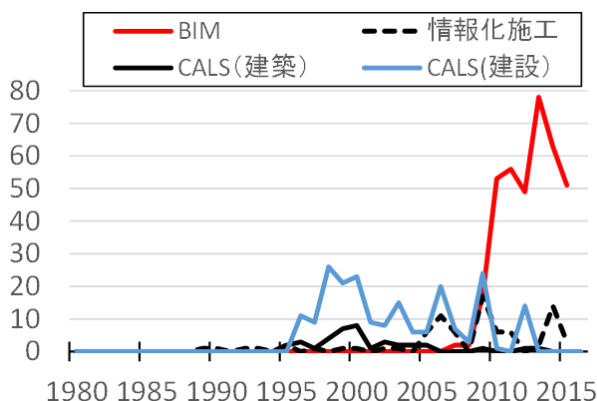


図 1 Cinni での BIM に関する研究数の推移 ¹⁾

ただ、BIM という技術自体はまったく新しい発想ではなく、その基礎的な構想は 1970 年代の CAD システムの自社開発の時代まで遡ることが出来る。また、3次元設計と構造・環境・生産設計の一体化は 1980 年代の CAE でも想定されており、建物情報を設計から施工・施設管理まで分野横断的に利用することは 1990 年代のコンカレントエンジニアリングにおいても提唱された概念である。一方で、ネットワークの通信速度とコンピュータの処理速度の飛躍的な向上もあって、前述の技術的構想を実用レベルで利用可能な形でまとめた技術が BIM であると考えられる。

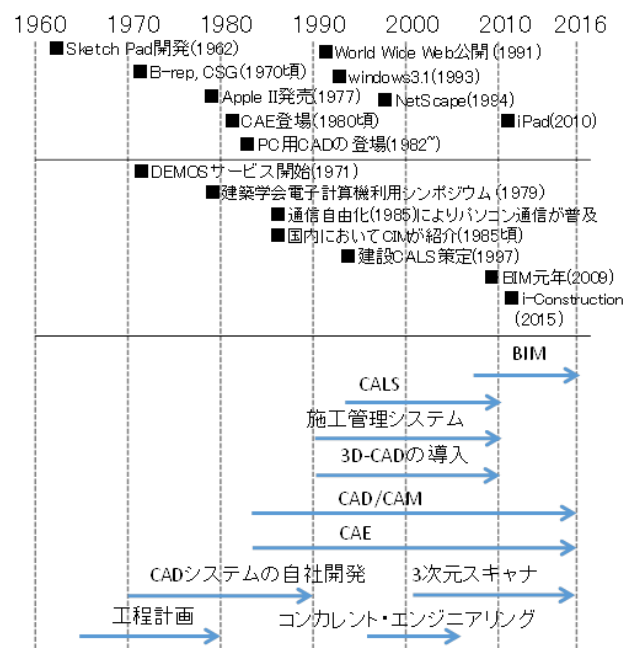


図 2 建築生産における ICT 技術導入の流れ ²⁾

3. 3次元モデルの利用方法としての VR/AR 技術

仮想空間上に構築した建物の 3D モデルを利用する研究や技術開発は少なくとも 20 年以上の歴史があるが、その実用化に際して 3D モデルを作製するコストの高さが大きな障害となっていた。一方で、BIM の本格的な普及は、多くの新築工事において 3次元モデルが作成されることを意味しており、少な

* : 工学院大学建築学部建築学科

くとも新築の建物においては 3D モデルが存在することを意味し、実用化の障害がなくなることを意味している。また、既存建築物でも、ソフトウェアの高度化により 3D モデル作成自体が容易に行えるようになっており、高層ビルの BIM モデルの製作も簡易なものであれば 1 週間ほどで可能である（図 3）。

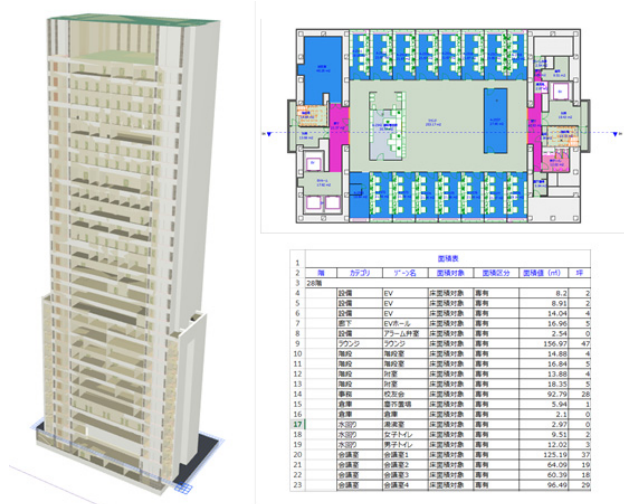


図 3 作成した BIM モデルの例 ²⁾

研究室で横断的に開発が実施されることが想定されるため、VR/AR 技術を含む 3D ソフトウェアの開発方法に関するマニュアルの整備を重点的に実施した（図 5）。

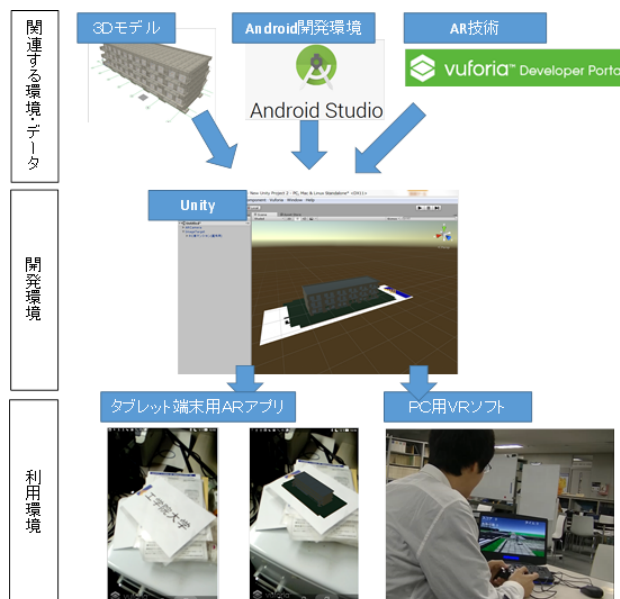


図 4 AR/VR 技術の開発環境

そこで、本研究においては建物の 3D モデルを積極的に利用する方法として、AR/VR 技術に着目し、基礎的な研究を実施した。VR 技術は仮想空間内への没入感に優れ、操作者に臨場感を与えることが可能であるため、安全教育などへの利用が期待できる。AR 技術は、タブレット端末やスマートフォンなどの持ち運びやすい機器での 3D モデルの閲覧を容易するため、ファシリティ・マネジメントなどへの利用が期待できる。

AR 技術と VR 技術は根本的には異なる技術であるが、これら技術を統合的に開発できる環境としてユニティテクノロジーズ社が提供する Unity がある。Unity はゲーム開発環境として公開されているが、ArchiCAD などの BIM ソフトで作成した 3D モデルを 3ds ファイルに変換することで読み込み可能であるため、これを利用した。また、AR アプリの開発のためにはターゲットマーカを認識する AR カメラが必要となるが、本研究・開発においては Vuforia を利用する。

2016 年度においては、BIM 上で作成した 3D モデルを利用して AR/VR 開発を実施するために必要な条件を調査し、図 4 に示すようにこれら技術の開発の環境を整備した。その上で、2017 年度以降は多くの

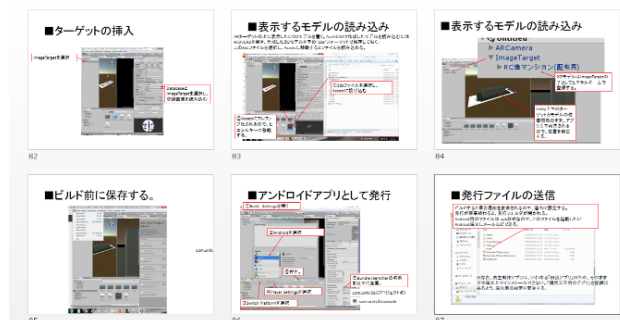


図 5 AR アプリ開発のマニュアルの一部

4. おわりに

次年度においては、安全教育を目的とした VR ソフトウェアの開発を行う。また、学生を被験者として、その教育効果の確認を実施する。

参考文献

- 1) 石田航星、人口減少社会と建築生産における ICT 技術、建築コスト研究、pp. 7-16、2016. 10
- 2) 石田航星、3 次元モデルと大学施設の維持・管理の連携手法に関する研究、第 32 回建築生産シンポジウム論文集、pp. 127-132