(1) 防災教育すごろくゲームのための VR コンテンツの制作

新保　泰輝[1]・永島　桃子[2]・寺山　一輝[3]・越野　亮[4]

[1]正会員　石川工業高等専門学校准教授　環境都市工学科（〒929-0392 石川県河北郡津幡町字北中条）
E-mail: shimbo@ishikawa-nct.ac.jp

[2]石川工業高等専門学校　環境都市工学科（〒929-0392 石川県河北郡津幡町字北中条）

[3]正会員　石川工業高等専門学校講師　環境都市工学科（〒929-0392 石川県河北郡津幡町字北中条）
E-mail: terayama@ishikawa-nct.ac.jp

[4]石川工業高等専門学校准教授　電子情報工学科（〒929-0392 石川県河北郡津幡町字北中条）
E-mail: koshino@ishikawa-nct.ac.jp

頻発激甚化する災害被害を軽減するために，住民自らが災害渋滞時の避難行動を学習し，最適な避難経路を考える必要が出てきている．著者らは防災教育を目的とし，実際のハザードマップ等を利用した防災すごろくを開発している．防災すごろくを通して避難行動に関する意識向上が見受けられた．しかし，何度も実施すると，災害に対する慣れが生じてしまう問題がある．これは防災すごろくでは災害を単にすごろくマスへの進入禁止で表現しているためであり，リアリティに欠けているからである．この慣れを軽減するために，防災すごろくに Virtual Reality（以下，VR）映像を用いた災害表現を取り入れる．そこで，本研究では，その基礎としてすごろくマス自体といくつかの災害に対する VR コンテンツを制作した．

Key Words: *Sugoroku , disaster prevention education, omnidirectional image, Virtual Reality*

1.　はじめに

近年，我が国では地震や豪雨に伴う土砂災害などの自然災害が頻発激甚化している．令和元年度の土砂災害発生件数は 1,996 件であり，集計開始以後 4 番目に多い件数となった．令和元年台風 19 号による土砂災害は 952 件であり，台風に伴う土砂災害では過去最多となった．その他，南海トラフ地震が想定されるなど巨大地震の懸念も尽きない．著者らは頻発激甚化する自然災害による被害を低減するために，災害時の渋滞とその避難経路に着目している．2011 年の東北地方太平洋沖地震において自動車による避難によって渋滞が発生した．また，2019 年の新潟山形地震において，石川県輪島市では津波避難のために渋滞が発生した．渋滞によって避難行動が阻害される可能性があるため，住民自らが常日頃から災害渋滞時の避難行動を学習し，最適な避難経路を考える必要がある．そのためには，家族・町会・市町などのグループ単位での防災意識の向上も必要である．防災意識向上のために，これまでに様々な活動が行われている．このうち，ゲームを用いた防災訓練として DIG（ディグ）[1]がある．DIG とは Disaster（災害），Imagination（想像力），Game（ゲーム）の頭文字を取って命名された住民参加型の大きな地図を基に参加者で実際に地図に避難経路などを書き込みながら防災訓練を実施する取り組みである．一方，車両等の環境負荷を体験するための交通すごろくが存在する．著者らは，これらの特徴を融合し，道路渋

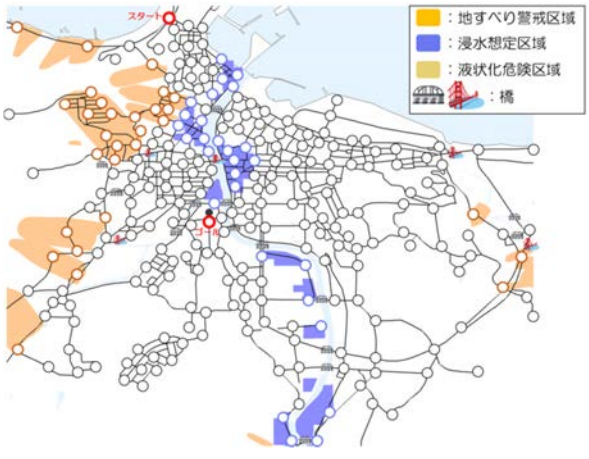

図-1　防災すごろくマップ

図-2　こども石川高専での防災すごろくによる防災教育

滞を表現した災害時の避難行動について学ぶゲーム「防災すごろく」を開発している [2]（**図-1**）．防災すごろくは以下の特徴を有するすごろくゲームである．

- 実際の道路ネットワークやハザードマップ情報（地すべり警戒区域，津波浸水想定区域，液状化危険区域）を用いている．
- コマ進行時に先行するコマを追い越せないようにすることで道路渋滞を表現している．
- ターン毎に災害が発生する可能性がある．災害が発生した場合，災害対象となるすごろくマスへの侵入は禁止（道路封鎖）となる．
- プレイヤー全員がスタート地点から避難所に到達したターン数をグループごとに競う．

周知のすごろくゲームにこれらの特徴を合わせることで，老若男女問わず，我が町マップによる机上訓練・災害の地域特性を考慮した机上訓練が可能となる．

これまでに石川県河北郡津幡町と石川県輪島市の 2 つの地図を用いてすごろくマップを製作している．製作した地図を用いて，**図-2** に示すような小学生，高校生を対象とした講座を実施した．その結果，初めて防災すごろくを実施する場合，各人が我先にゴールへと向かっていたものが，渋滞によって通路が封鎖されたり，災害でゲームオーバーになったりする経験を通して，渋滞を避けるような行動をとるようになり，全員が早急に避難するための協調行動やクリティカルな交差点を見極めに関する意識向上が図られた．しかしながら，何度も防災すごろくを実施すると，災害に対する慣れが生じてしまう問題がある．これは，防災すごろくでは単に道路封鎖で災害を表現しているからである．

一方，VR 映像を用いた教育・体験システムがある．板宮ら [3, 4] は VR/AR 映像を用いて津波を体験する Disaster Scope や高潮による浸水没入体験システムを開発している．植野ら [5] は防災教育のために VR 体験型津波避難シミュレーションシステムの構築を行っている．このように，災害を表現する手段として VR/AR 映像は有用といえる．そこで，防災すごろくに VR 映像を取り入れることで，慣れを軽減し，災害を目で見て感じられるより良い防災教育ゲームになるといえる．本研究では，その基礎的検討として，すごろくマスに対して 360 度全天球映像による表現を行った．また，災害誘因となる降雨やそれに伴う浸水，降雨や地震に伴う落石や地滑りの VR コンテンツを制作した．なお，本稿では，VR 技術のうち，特にヘッドマウントディスプレイ（以下，HMD）などの機器に対応した 360 度全天球画像や 3 次元モデル等で制作したコンテンツを VR コンテンツと称している．

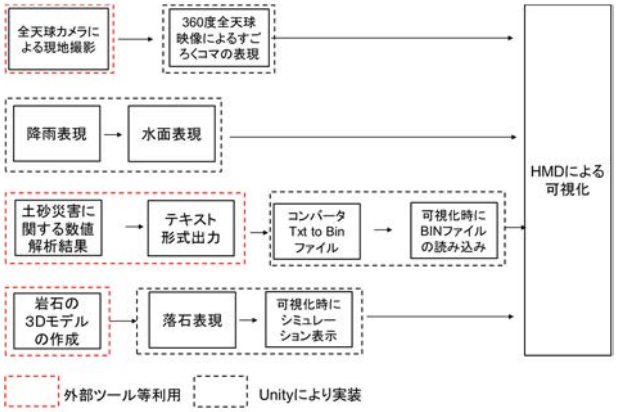

図-3　開発概要

2.　VR コンテンツの制作

(1) 開発環境と使用機器

VR コンテンツの開発環境として Unity (2018.1.6f1 バージョン) を用いた．また，HMD には Oculus 社の Rift S を用いた．開発用パソコンは Windows10 64bit，CPU は Core i7 7700HQ 2.80GHz，GPU は Geforce GTX 1060Ti，メモリは 16GB，SSD 256GB，HDD 1TB である．また，後述する 360 度全天球映像の撮影には，RICOH THETA V を用いた．

(2) 開発概要

図-3 に本研究で実装した VR コンテンツの概要を示す．本研究では 360 度全天球映像によるすごろくマスの制作，降雨，浸水，落石と地滑りの VR コンテンツを制作する．

(3) すごろくマスの表現

図-1 に示すようにすごろくマスは地図上に配置されたいくつかの点である．そのため，すごろくでは通過する道路までを VR 映像で表現する必要がない．そこで，すごろくマスについては，対象位置に対して全方位を確認できる 360 度全天球映像を用いた．具体的には，すごろくマスとなる現地において全天球カメラを用いて写真を撮影し，HMD で 360 度全天球映像を見せることで現地映像を見せる．ただし，撮影時のデータは**図-4** に示すようなエクイレクタングラー（正距円筒図）であるため，球体モデルにエクイレクタングラーをテクスチャとして貼り付けてすごろくマスを制作した．テクスチャを

図-4　全天球カメラで撮影した写真

図-5　球体モデルにテクスチャを貼り付けたすごろくマス

設定した球体モデルを**図-5** に示す.

(4) 降雨の表現

降雨の表現は，Unity の Particle System を利用し，Render に雨粒のテクスチャを張り付けて表現した．実装した結果を**図-6** に示す．なお，球体モデル内全域に降雨が表示されるように Particle System の大きさは球体モデルの直径よりも大きな値に設定している.

(5) 浸水の表現

浸水の表現は，球体モデル内の可視化範囲内に水面を設置することで表現した．Unity の Standard Asset の WaterProDaytime を球体モデル内に配置している．**図-7** に球体モデル内に WaterProDaytime を配置した映像を示す．WaterProDaytime は画像の反射も表現できることから，周囲の風景が水面に映っているのが見て取れる.

(6) 落石の表現

既報 [9]にて，Agisoft PhotoScan を用いて静止画像から岩石の３次元モデルを制作し，落石シミュレーションを行った．本研究では，既報で制作した落石モデルを球体モデル内で落下させることで落石を表現した．可視化範囲外のランダムな位置から落石を発生させ，物理演算によって落石モデルを可視化範囲内に落下させている．**図-8** に落石モデルが球体モデル内を落下する様子を示す.

(7) 地滑りの表現

地滑りの表現は，国際斜面災害研究機構の地滑り発生

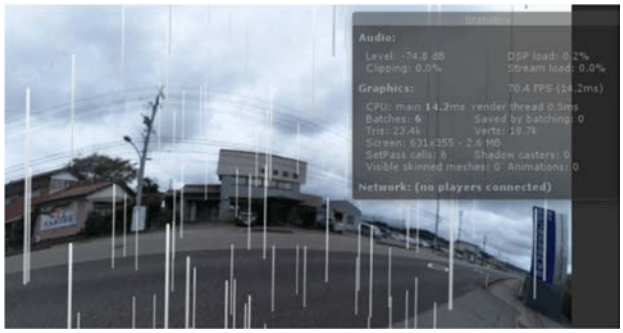

図-6　球体モデル内から見た降雨の表現

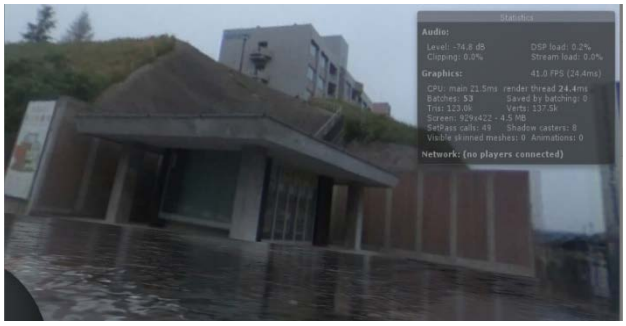

図-7　球体モデル内から見た浸水の表現

図-8　球体モデル内から見た落石の表現

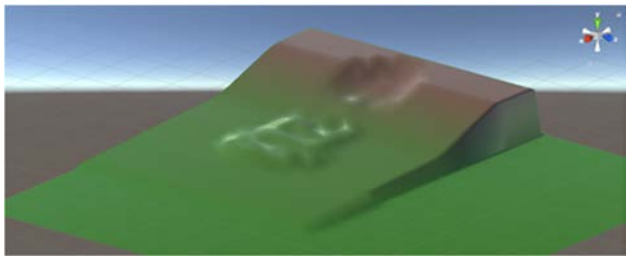

図-9　地滑りモデル全体像

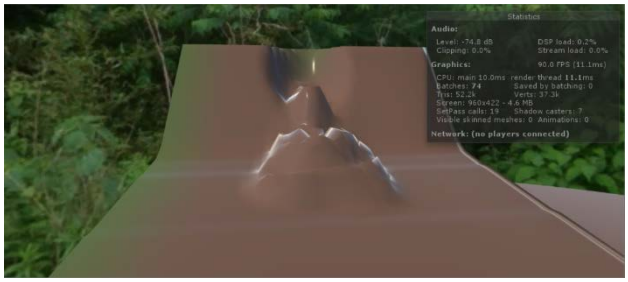

図-10　球体モデル内から見た地滑りの表現

運動統合シミュレーションソフトウェア LS-Rapid による地滑り解析結果を利用した．LS-Rapid は格子状に配置された土柱の高さを時刻ごとに変化させて地形や地滑りの

移動を表現している．そのため，格子状のデータが配置可能な Unity の Terrain を用いて VR コンテンツを制作した．利用した地滑りモデル全体像を**図-9** に示す．また，球体モデル内に設置した地滑り途中の映像を**図-10** に示す．なお，可視化負荷を軽減するために，解析結果は一旦，時刻ごとのバイナリファイルに変換し，それを可視化時に読み込んで表示している．

3. VR コンテンツの成果と課題

制作した VR コンテンツについて学生，建設系教員や土木技術者に体験してもらった．その結果，以下の感想を得た．

- 実際にその場で水に浸かっているような感覚を得た．（学生）
- 降雨の表現は時間何 mm を想定したものなのかが分かると良い．（教員）
- 体験すると落石の危険性や浸水の怖さを感じられた．ただし，地滑りは規模が小さく感じられるため，地形や表現方法の検討が必要だと思う．（教員）
- 落石モデルの出来は大変良い．落石が転がりながら出現するともっと良くなると感じた．（土木技術者）

以上の感想から，制作した VR コンテンツは災害表現として一定の効果があったといえる．ただし，規模の大きい現象である地滑りの表現方法については，更なる検討が必要であることが分かる．

4. おわりに

本研究では，防災教育ゲーム「防災すごろく」を複数回実施することで生じる災害に対する慣れを解消するために，防災すごろくのための災害に関する VR コンテンツを制作した．制作した VR コンテンツについて，体験者から一定の評価を得たものの，一部表現方法については更なる検討が必要であることが分った．今後は災害表現方法について検討を進め，更に建物倒壊や落橋などの災害に関する VR コンテンツを制作していく．

謝辞：本研究の一部は，一般社団法人北陸地域づくり協会の第 25 回「北陸地域の活性化」に関する研究助成「地域づくり研究事業」の助成を受けて実施した．ここに記して感謝する．五大開発株式会社には LS-Rapid の解析を行って頂き，助言を頂いた．ここに記して感謝する．

参考文献

1) 小村 隆史，平野 昌：図上訓練 DIG (Disaster Imagination Game)について，地域安全学会論文報告集，Vol.7，pp.136-139，1997.
2) 寺山一輝，新保泰輝：防災意識向上を目的とした道路渋滞・道路封鎖を考慮した防災ダイスゲームの作成とその発展，令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，pp.CS1-15，2019.
3) 板宮朋基，吉村達之：複合現実による災害想定没入体験アプリ Disaster Scope の開発と避難訓練における活用，日本災害情報学会論文誌 災害情報，No.16-2，pp.191-198，2018.
4) 板宮 朋基，村上 智一，小笠原 敏記，川崎 浩司，下川 信也：スマートフォン用ヘッドマウントディスプレイを用いた高潮想定没入体験システムの開発，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.74，No.2，pp.I_773-I_778，2018.
5) 植野雄貴，陳詩凌，金澤功樹，大川博史，樫山和男：防災教育のための VR 技術を用いた津波の疑似体験システムの構築に関する研究，土木情報学シンポジウム講演集，Vol.44，pp.113-116，2019.
6) 新保泰輝，川除佳和：Virtual Reality を用いた落石調査技術者向け PSE に関する基礎検討，第 21 回 PSE ワークショップ，pp.25-26，2018.