

せんだい創生 COC プロジェクト
〔研究論文〕

避難安全教育における BIM 技術の活用方法に関する研究

許 雷¹⁾, 車塚 亜美²⁾, 相澤 拓弥³⁾, 氏家 清一⁴⁾

A Study on Evacuation Safety Education with BIM Technology

Lei XU¹⁾, Ami KURUMADSUKA²⁾, Takumi AIZAWA³⁾, Seiich UJIIE⁴⁾

Abstract

Most schools in Japan have fire drills or evacuation drills every year. Students only walk to the predetermined gathering places in turns, without any concern for the fire development or smoke concentration. In this research, firstly the status quo of fire safety education in a high school was investigated. Considering the problems investigated, BIM technology is adopted for fire safety education. According to the BIM data of an after-school club, a fire evacuation simulation is carried out by using the simulation software EDifc. And the evacuation behavior for evacuees and smoke concentration are predicted. About 30 pupils were given a fire safety lesson taught by one of the authors. With the visualization of simulation results, the pupils learned the different stages of fire development and the behavior of evacuees. They were astonished by the rapid-fire development and the speed of smoke transport, and also learned the correct way to evacuation in case of fire. Finally, conclusions are drawn that BIM technology is helpful in evacuation and fire safety education.

1 はじめに

日本では、数年おきに大地震が起き、建築物は大きな被害を受けている。平成 23 年 3 月に東日本大震災、平成 28 年 4 月に熊本地震が発生した。また、建物火災も多く発生しており、平成 28 年に建物火災が 20991 件¹⁾あり、住宅以外にも病院、商業施設等様々な場所で起きている。このような災害に備えるためには、避難訓練、防災教育が非常に重要である。日本では、小学校から大学まで毎年実施されている。しかし、避難訓練がマンネリ化することもある。

1) 東北工業大学工学部建築学科

Dept. of Architecture, Faculty of Eng. Tohoku Institute of Technology

2) 東北工業大学大学院

Graduate School, Tohoku Institute of Technology

3) 東北工業大学工学部建築学科 4 年生 (2016 年)

Senior Student (in 2016), Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tohoku Institute of Technology

4) 株式会社氏家建築設計事務所

Ujiie Architects

一方、建築業界におけるBIM (Building Information Modeling, 建築情報モデリング) 技術の応用が増えてきている。特に、建築モデルの3次元化、シミュレーション結果の見える化などを通して、専門知識がなくても、建築空間や環境解析結果への理解が容易になる。

そこで、本研究では、BIM技術を用いて、火災シミュレーションの結果を見える化し、それを通して避難訓練・防災教育を実施することに着目する。

2 研究概要及び現状調査

2.1 研究目的

本研究室が開発したBIM (建築情報モデリング) と火災避難解析を連携するEDifc ツール (Environmental Design using IFC)²⁾ を用いて、学校施設を対象として、火災避難シミュレーションを行い、避難安全教育へ活用することを目的とする。CFD解析による煙の流れ・避難者行動の見える化を実現しながら、火災時における避難訓練・防災教育への導入を試みる。

また、本研究に参加した学生にとっては、専門知識を高めるとともに、防災教育の参画力、実践力を高めることができると考えられる。学生の防災知識・実践力の向上とともに、地域や社会の安全性の向上に貢献することを目指している。

2.2 研究概要

平成28年度卒論研究^{3), 4)}の一環として、学校施設を対象に避難安全教育の現状をヒアリング調査した。また、設計事務所などを対象に建築防災設計の現状を調査した。そして、BIMソフトウェアArchiCAD^{注1)}を用いて、3次元の建築モデルを作成した。EDifcツールを用いて、学校における火災避難シミュレーションを行った。さらに、火災避難シミュレーションの結果を踏まえ、小学生を対象に避難安全教育を実施した。

3 ヒアリング調査及び結果

3.1 学校における防災教育の現状調査

担当学生の母校でもある仙台城南高等学校を選定し、防災教育の現状についてヒアリング調査を行った。東日本大震災を機に、避難訓練は年2回実施されている。5月に地震、11月に火災を想定とした避難訓練を行っている。どちらも事前に避難経路を生徒に伝え、全体の指揮は教頭先生がとっている。担任の先生は、生徒を誘導した後、中庭で生徒の点呼を実施している。副担任の先生は、各指定場所において生徒を誘導している。

地震時に大きく被害を受けた校舎から順次避難を行い、火災時には上の階から順次避難を行っていた。階段利用の可能性を考慮して避難経路を想定しながら、避難者の滞留を予測している。クラス担任の先生の引率・指示に従い、迅速・静粛に移動する。教室を退出する際には、教室の窓・扉は閉めて延焼防止に努めるとともに、タオルを携帯させ、煙の吸い込み防止に使用させる。

3.2 建築防災設計の現状調査

中小規模設計事務所を対象として、建築防災設計の現状を調査した。中小規模設計事務

所では、避難解析ソフトウェアを所有しておらず、主に外注で防災計画・設計を行っている。一部のプロジェクトでは、消火器、防火ドアなどを設置するだけで、火災・避難のシミュレーションが行われていないのが現状である。

3.3 調査結果のまとめ

高校における避難訓練は、担当学生が在籍していた当時とは全く違うことが分かった。平成 23 年以前、避難訓練は年に 1 回しかないが、東日本大震災を機に、年に 2 回避難訓練を実施している。大震災を通して、防災教育に力を入れ始めたことが分かった。しかし、避難訓練の重要性を十分理解しておらず、目的を分かっている生徒もいると感じている。

また、中小規模設計事務所では、避難解析ソフトウェアを所有していないため、一部のプロジェクトでは火災時の性能検証を行っていない。

4 学校施設を対象とした避難解析

4.1 EDifc ツールの紹介

本研究室が開発した BIM ソフト EDifc ツールのインターフェースを図 1 に示す。①から⑤を順番にクリックし、ArchiCAD で作成した建物 BIM データを読み込んで、火災避難解析を行い、煙の流れや避難者の避難行動などの見える化ができる。

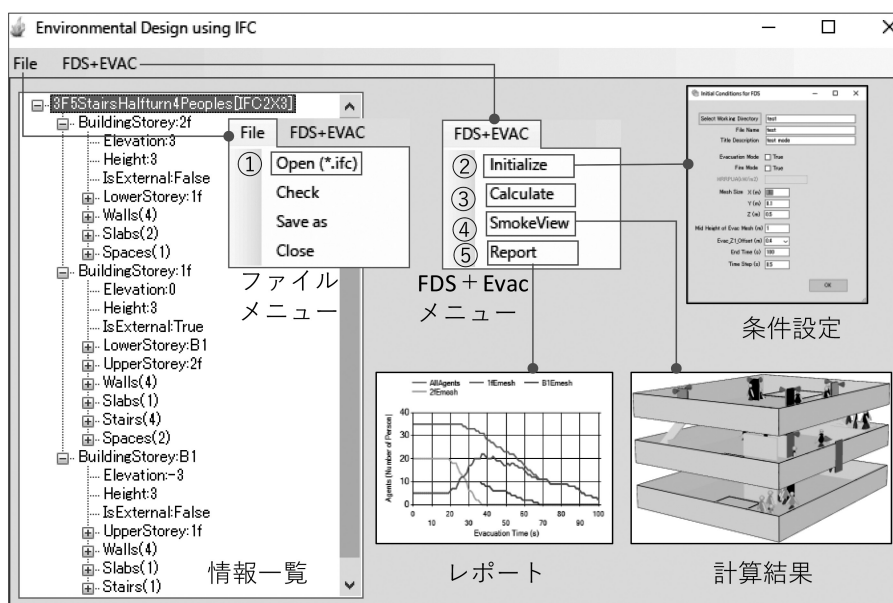


図 1 BIM ソフト EDifc ツールのインターフェース

4.2 ケーススタディの概要

児童館を対象として、火災避難解析を行った。対象児童館は小学校 1 階の 3 室で構成され、各室の床面積は 64.8 m² である。廊下を含め、延床面積は約 280 m² である（図 2）。出口は出口 1 と出口 2 の二箇所である。Room1 に 30 人、Room2 に 40 人、Room3 に 30 人の計 100 人と想定する。



図2 児童館の平面図

出火元がRoom2の出口1の近辺に設定した場合、図3に示すように、煙の降下時間はかなり早く、12秒で天井を覆い、人の高さまで到達した。避難者の視界はかなり奪われる上、煙を吸い込んでしまうため、とても危険であると言える。人の足元まで煙が到達するのが16秒であり、この時点で部屋の内部は見通せなくなり、歩行速度も普段より遅くなっていることが確認できた。

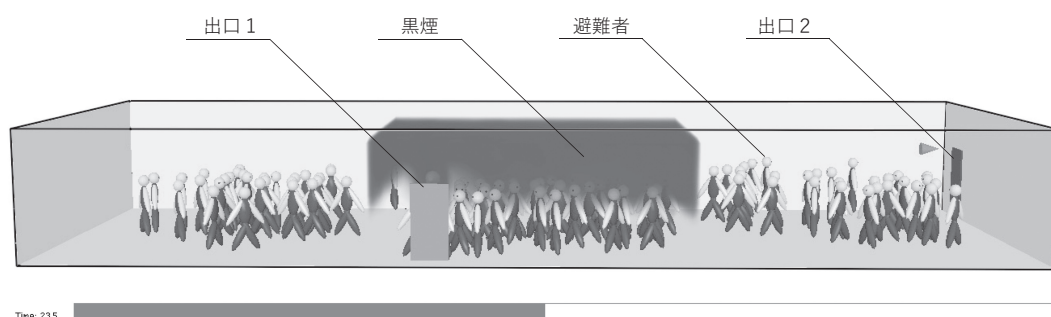


図3 火災時避難行動の見える化

注：避難者の動きを見やすくするため、間仕切り壁が非表示されている。

5 避難安全教育の実施及び効果

5.1 避難安全教育の実施

平成29年2月17日に小学校敷地内にある某児童館にて避難安全教育を実施した。担当学生が「火事が起きたらどうすればいいの?」というテーマで、低学年を中心とした約30名の小学生に講義した。火災時における出火の様子・煙の流れ・避難行動の見える化を通して、煙の流れや火災の怖さを紹介した(写真1)。火災が発生した場合、姿勢を低くしながら、いち早く屋外に避難するように説明した。また、3次元で適切な避難経路を示した。火災・避難結果の見える化を通して、小学生らは煙拡散の速さ、黒煙の怖さに興

味を持ってきて、防災意識・知識が高められたと感じた。



写真1 避難安全教育の風景

5.2 担当学生の感想

論文の発表という形ではなく、防災教育という形で自分の研究を人前で講義することは初めてだったため、伝え方や映像での見せ方など、担当学生が様々な悩みを抱えていた。火災避難の見える化をテーマに研究を行ってきたが、避難の様子を見せたとして、では何を話せば防災教育として効果を得られるものとなるのか、多くの課題があった。結果として、煙の広がる様子や教室から人が避難している様子を見せたことで、予想以上に子供たちが興味を持ってくれたので、防災教育として避難や危険について少しでも子供たちの心に残る講義ができたと考えられる。防災教育の実施は、大変貴重な経験になったとのコメントがあった。

6 結論

日本では、小学校から大学まで、毎年避難訓練・防災教育が実施されており、主に担当教員の指示で避難などを行っている。煙の流れ、煙の怖さを知らず、避難訓練がマンネリ化することもある。一方で、中小規模設計事務所では、避難解析ソフトウェアを所有しておらず、一部のプロジェクトにおいて火災・避難のシミュレーションが行われていないのが現状である。

本研究では、学生を主体として、研究室が開発した EDifc を用いたことで、CAD ソフトで作成した建築モデルを読み込んで火災避難解析が簡単に行われた。また、小学校児童館施設を対象として、避難解析を行った。一般の人に避難経路を見せたり危険なところを示したりするにはかなり有効であることを検証した。受講小学生の防災意識・知識を高め、講義担当学生の参画力、防災教育の実践力を鍛えた。

現在では、開発した EDifc は ArchiCAD で作成した ifc ファイルのみ対応しているが、今後では、Revit^{注2)} への対応を目指し、応用を拡大していきたいと考えている。さらに、EDifc の解析結果に基づいて、学校や高齢者施設、商業施設などにおける防災訓練や避難

訓練・防災教育に活用し、地域や社会の安全性の向上に貢献することを期待したい。

謝辞

本研究は地（知）の拠点整備事業（大学COC事業）の助成により平成28年7月～平成29年3月まで実施したものであります。研究を遂行するにあたり、仙台城南高等学校の今野基先生、千葉俊哉先生、有限会社Z設計代表取締役新澤悦夫氏、連坊小路マイスクール児童館長菅野由里子先生（当時）を始め、多くの先生方にご協力を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

注

- 注1) ArchiCADはグラフィソフト社が開発した建築設計用BIMソフトウェアである。
注2) Revitはオートデスク社が開発した建築設計用BIMソフトウェアである。

参考文献

- 1) 消防庁：平成28年（1月～12月）における火災の状況，http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h29/07/290728_houdou_1.pdf（参照2018-1-18）
- 2) 許雷：BIM技術を活用した火災避難解析ツールの開発－その1 ArchiCADで出力したIFCデータとの連携，日本建築学会学術講演梗概集2017（中国），p.405-406, 2017年8月
- 3) 車塚亜美：高齢者施設における避難シミュレーションの研究，東北工業大学工学部建築学科卒業論文2016年度，2017年2月
- 4) 相澤拓弥：BIM技術を活用した学校の防災教育に関する研究，東北工業大学工学部建築学科卒業論文2016年度，2017年2月