

GIS と CIM の連携による震災被害分析モデルの構築に関する研究 A Study on Construction of Earthquake Damage Analysis Model by Linking GIS and CIM

○鈴木 哲朗^{*1}, 中澤 公伯^{*2}, 田部 優汰^{*3}, 坂本健^{*4}, 品田真希^{*5}, 杉山宗悦^{*6}
Tetsuro SUZUKI^{*1}, Kiminori NAKAZAWA^{*1}, Yuta TABE,
Takeshi SAKAMOTO, Masaki SHINADA, and Soetsu SUGIYAMA

*1 日本大学生産工学研究科建築工学専攻, 大学院生

Graduate School of Industrial Technology, Nihon University, Graduate Student

*2 日本大学生産工学部創生デザイン学科, 教授, 博士(工学) (千葉県習志野市泉町 1-2-1)

Dept. of Conceptual Design, College of Industrial Technology, Nihon University, Professor, Ph.D.

*3 日本大学生産工学部創生デザイン学科, 学部生

Dept. of Conceptual Design, College of Industrial Technology, Nihon University, Student

*4 東京都板橋区, 区長, 工学修士

Municipality of Itabashi, Tokyo, Mayor, Mst. of Eng.

*5 東京都板橋区教育委員会事務局, 近代化遺産担当係長

Board of Education, Municipality of Itabashi, Tokyo, Chief of Modernized Heritage

*6 東京都板橋区教育委員会事務局, 学芸員

Board of Education, Municipality of Itabashi, Tokyo, Curator

キーワード : BIM/CIM; GIS; 点群データ; 歴史的景観

Keywords: BIM/CIM; GIS; Point cloud data; historical landscape

1. はじめに

本稿は, 東京都板橋区に広がる加賀前田家の江戸下屋敷平尾邸の跡地の一部に所在していた旧陸軍第二造兵廠を対象として, 関東大震災の被害及び歴史的変遷を GIS と BIM/CIM を連携させ, モデル化することで, 歴史的及び防災上の課題の観点からの分析手法を検討したものである。

様々な歴史的な事象を経てまちは変遷し, 現在に至るが, その中でも関東大震災によって大きな被害を受けた。住家は総計 37 万棟に及び, その被害は極めて大きいものであった。また, その被害を受けて, 1924 年に市街地建築物法の改正により, 耐震規定が加えられることとなった。

旧陸軍第二造兵廠は明治 9 年(1876), 明治政府が初めて設置した近代的な火薬製造所であり, 終戦まで国内有数の火薬工場として稼働し, 戦後の日本の科学技術の発展に大きく貢献した。一方荒川南部の洪積台地中の谷底低地を中心に立地しており, 一般として軟弱地盤であり, 関東大震災では大きな被害を経験している。また現在のハザードマップでも比較的危険度が高い地域とされているが, 関東大震災に関しては, 軍事機密上公開された情報が少なく, 具体的な歴史的な情報としてあまり公開されてこなかった。

そこで本稿では, この程公開された被害情報が記された資料を基に, GIS 上で地理空間情報と合わせ, BIM/CIM と連携させることで 3 次元モデルを構築し, 歴史的及び防災

の観点からの分析より, デジタルツールを使用した歴史的景観の保存・再生に繋げることを目的とする。

2. 旧陸軍第二造兵廠と関東大震災

旧陸軍東京第二造兵廠は, 明治元年 (1864), 旧加賀藩江戸下屋敷平尾邸が明治政府に上地されることに始まる^[2]。当地の地理的環境の特色として, 石神井川が屋敷内に流れ込んでいる点がある。幕末期より加賀藩は平尾邸内で大砲鑄造を開始し, 大砲の砲身に穴を穿つための動力として, 邸内を流れる石神井川の水車の動力が重要な役割を果たしており, 後に火薬製造の用地として求められた。また, 防災上の観点から谷底低地であった事も用地選定理由の一つとされている。明治 36 年 (1903) には同敷地内に火薬研究所が発足しており, 陸軍火薬製造・研究部門の中心的存在となった。明治 37 年(1904 年)には日露戦争が勃発したこともあり, 徐々に規模が拡大し, 特に光学産業は戦後も継続したことから現在の「工都板橋」を形成する要因となった。大正 12 年 (1923) の時点で大小 299 の建築・構造物から構成されている^[3]。

同年に発生した関東大震災では特に荒川流路に沿って被害が大きく, 明治維新後に建設された煉瓦造の多くが倒壊し, また 10m を超える強風によって火災はたちまち延焼したとされている^{[4][5]}。荒川南部に位置する旧陸軍東京

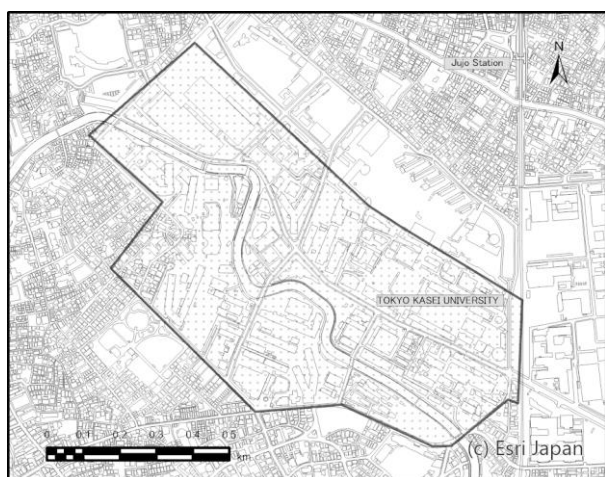


Fig. 1 Target area

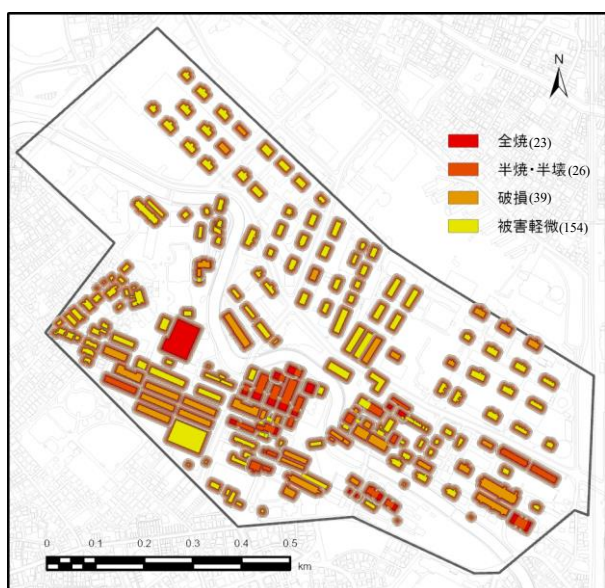


Fig. 2 Level of earthquake damage

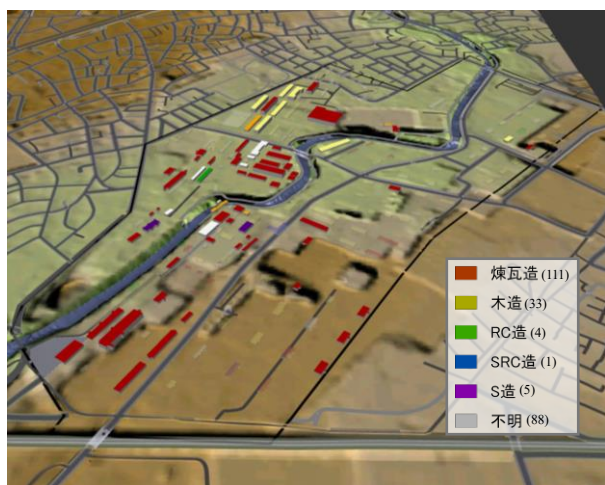


Fig. 3 Type of structure (1923)

第二造兵廠の建築物は煉瓦造と木造であり、大きな被害を受けたと推定されるが、上述した通りこれら状況を具体的

に整理した文献は見当たらない。

3. GIS・地理空間情報の活用

国土数値情報の整備は 1970 年代に遡るが、GIS は平成 7 年の阪神淡路大震災を契機に導入が進み、その後の地理空間情報活用推進基本法（平成 19 年 5 月 30 日法律第 63 号）の施行もあって、現在までに各方面で普及している。さらに、令和 3 年には国土交通省が「PLATEAU」をオープンデータとして公開し、3D 都市モデルも気軽に扱うことができるようになった。

著者らは、旧陸軍東京第二造兵廠遺構の点群データから GIS・BIM 及び地理空間情報を応用したデジタルコンテンツ及び詳細な空間情報を活用して作成した詳細模型を区民に公開した。

4. BIM/CIM の活用

現在、公共事業における BIM/CIM の適用が始まっており、広域的な景観デザインへの活用も期待されている。特に歴史的景観を保存していくためには、予算確保やノウハウ等の面で自治体への負担がかかるなか、BIM/CIM を活用することで効率的に歴史的景観を保存・再生を進めていく手法が探求されている。本稿では、GIS モデルを CIM と連携させ、BIM/CIM モデルを構築し、関東大震災における被害とその後の建築物の変遷を分析する。BIM/CIM モデルはあらゆる属性情報を付与することができ、対象地における歴史的変遷を分析していくことが可能となる。対象地域における BIM/CIM モデルを構築し、住民との意見交換や普及啓発となるようなコンテンツにまで展開する一方、古地図や資料をデジタル化し歴史的変遷を分析することで、BIM/CIM による歴史的景観の保存・再生手法を展開していく。

5. 旧陸軍東京第二造兵廠のデジタル化

5.1. 対象範囲

本稿が対象としている区域は、Fig.1 に示す通り、東京都板橋区、旧前田藩下屋敷跡地に集積した旧陸軍東京第二造兵廠としている。本稿では、分析便宜上、大正 12 年次の造兵廠の範囲(約 45ha)を対象とした。この範囲では、大正 12 年次での資料登録の建築・構造物は 299 で、この内、門等を除く 242 の建築物を抽出しデジタル化することで、分析の対象とした。昭和 9 年次、昭和 18 年次においても、同範囲を対象とし、同じくデジタル化した。

5.2. 使用データ・資料

以下の資料を使用し、対象地における 3 次元モデルを構築した。

- ・陸軍省：附図第二ノ四（震災被害建屋調査図）、防衛省防衛研究所所蔵、文庫・柚-375、大正 12 年¹³⁾
- ・陸軍省：部外秘第 10 号(昭和 9 年 4 月 1 日現在構内図)、

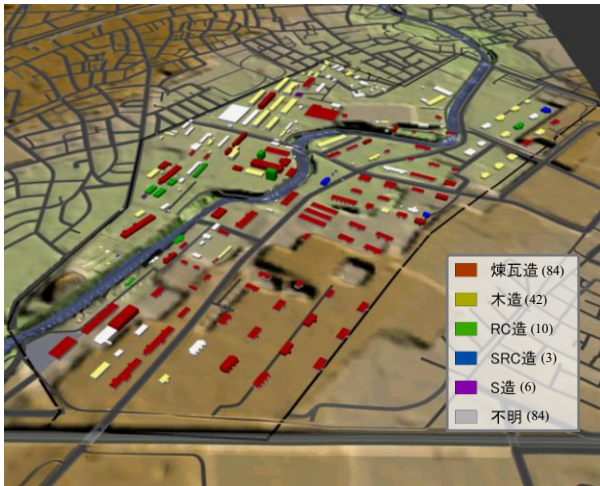


Fig. 5 Type of structure (1934)

陸軍省・大日記乙輯 S9-2-18, 防衛省防衛研究所蔵, 昭和

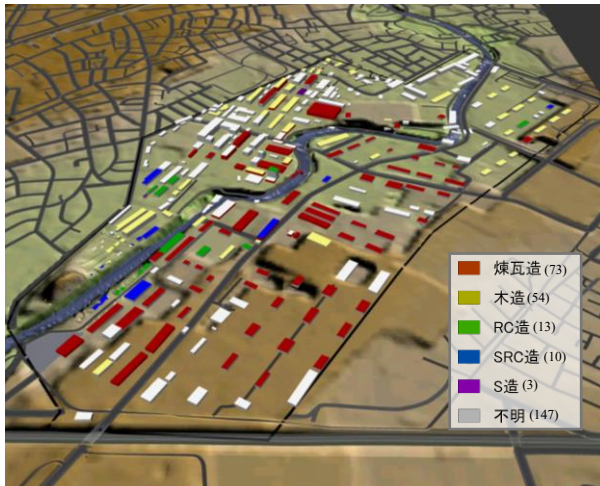


Fig. 6 Type of structure (1943)

9 年^[10]

・陸軍省：東京第二陸軍造兵廠本部及板橋製造所構内図，加賀五四自治会（肥田一穂氏寄贈）文書，史料番号 1，板橋区立郷土資料館所蔵，昭和 18 年^[11]

また，ベースマップ・モデルとして以下のデータを使用した。

- ・国土地理院：基盤地図情報基本項目－建築物の外郭線
- ・国土地理院：基盤地図情報数値標高モデル
- ・国土交通省：3D 都市モデル（Project PLATEAU）23 区
- ・東京都板橋区から提供された対象範囲一部の点群データ

GIS として ArcGIS Pro3.1, CIM として Civil 3D 2024, Infraworks 2024, BIM/CIM モデルのビューアソフトとして Navisworks manage 2024 を使用した。

5.3. 古地図・資料からの GIS モデル化

今回扱う古地図について，緯度・経度で示される位置の情報は含まれていないため，GIS 上で正確な位置の座標を付与する必要があった。対象範囲の建築物について，今もなお現存しているものがいくつかあるためそれらを目印

にし，現在のマップにプロットして位置座標を推定した。その後各年代の建築物をトレースし，ポリゴンとして作成した。また，古地図・資料について，記されていた情報として財務局 No, 構造，階数，施設名，また大正 12 年にのみそれらに加えて関東大震災の被害度(全焼全壊、半焼半壊、破損、被害軽微)があった。それらをポリゴンに属性情報として加えた。高さ情報としては，1 階建て 4m、2 階建て 8m、3 階建て 12m として数値を割り当てた。(Fig.2, Fig.3, Fig.4)

5.4. GIS モデルと CIM の連携

作成した大正 12 年の GIS モデルを CIM ソフト Infraworks と連携させることで，ポリゴン形状及び属性情報を取り込み，大正 12 年 3 次元モデルを構築した(Fig.6)。建築物については GIS で作成したポリゴンに，高さ情報の値を参照して立ち上げ LOD1 の詳細度で作成した。その他の属性情報についても，GIS モデルからそのまま付与した。地形については，東京都板橋区より頂いた点群データ及び基盤地図情報数値標高モデルから作成した。これらについては標高を色分けし，可視化した。今回，被害度と地形の関係を分析するうえで，点群データから作成した詳細な 3 次元地形モデルは，非常に有効であった。

6. 旧陸軍第二造兵廠の被災情報と復興状況の分析

6.1. 被災情報

Fig.2 は，関東大震災による造兵廠の被災状況を示している。大正 12 年の 242 棟の内、『全焼・全壊』23 棟(9.5%)，『半焼・半壊』26 棟(10.7%)，『破損』39 棟(16.1%)となっており，造兵廠南部の谷底低地で被害が大きくなっている。また，Fig.2 中の建築物に施した 5m バッファから，臨棟間隔 10m 以内の建築物で被害が大きい。関東大震災時における風速は 13.1m～21.86m と報告されており，造兵廠内でも瞬刻間に延焼が起こったことが想定できる。

Fig.3 は，大正 12 年における造兵廠内の建築物の構造を色別し（凡例），かつ被害状況を透明度で示したものである。CIM の特性を活かし，属性情報として格納している構造と被害状況の両方をジオメトリに反映している。特に組積造と S 造では被害が大きく，構造により被災の程度に差がある。

(2) 地形との関係性

Fig.4 は，CIM 上で示した大正 12 年次における造兵廠の被災状況と地形との関係性である。大正 12 年においては谷底平野に旧陸軍東京第二造兵廠内の建築物が集中しているが，高台上の建築物の被害が少なくなっていることがわかる。また，石神井川を境界に北側と南側とで被害の程度に顕著な差が認められる。これらの事から，谷底低地の端部法面及び石神井川が延焼の防止に繋がっている。

6.2. 復興の状況

242 棟の建築物が対象となった大正 12 年次における造兵廠の範囲では，関東大震災によって 24 棟が解体処分と

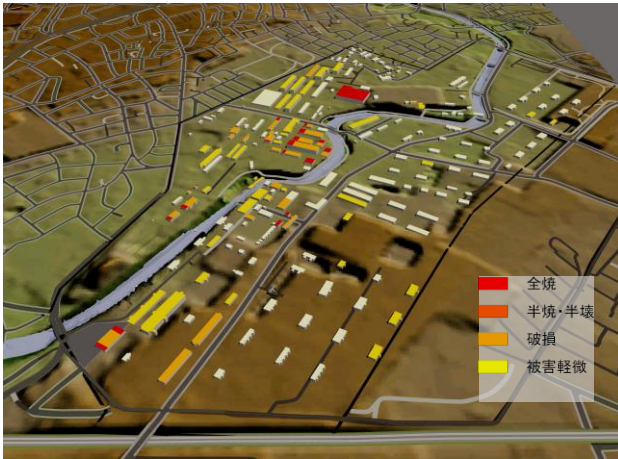


Fig. 4 3D-topographical map and earthquake damage

なり、昭和9年次では229棟に留まったが、昭和18年次では300棟にまで回復した。Fig.5, Fig.6は、昭和9年次ならびに昭和18年次における造兵廠内建築物の構造を示している。関東大震災発生時に111棟あった組積造(煉瓦)は減少し、昭和18年次では33%減となっており、一方組積造(煉瓦)以外の全ての構造が増加している。

7. まとめ

以上本稿では、この程公開された旧陸軍東京第二造兵廠を対象とした関東大震災による建築物の被害状況及び、復興状況についてGISモデル化及びCIMとの連携により、情報を三次元で可視化し、震災被害分析モデルとして構築した。

今回対象とした範囲の一部は、国指定の史跡として、当時の組積造(煉瓦)とRC造が混在しながら保存されている。今回関東大震災という歴史的事象による、建築物の変遷と震災の影響を明らかにすることで、その歴史的価値の創出に繋がることが確認できた。一方で、歴史的資料を扱っているため、解読不能な場合にデータの内容が不明となってしまうため、今後現地調査を含め、あらゆる可能性を思慮することでより正確なデータとなるようにしていく必要がある。また今回建築物の形状について資料不足なこともあり、LOD1での作成となったが属性情報によって屋根形状やマテリアルを自動生成することで、当時の街並みについても分析できることが期待できる。

歴史的な空間情報は未整備なことが多く、現在の地理空間情報と合わせたGIS分析によって歴史の変遷を理解する上で貴重な情報となると考える。今回、被災状況を地形データ等空間的に俯瞰することによって、被災状況を定量的に捉え、その原因を考察することができた。今後、空間情報が時間の情報を併せ持つなど、表現を多次元化していくことによって過去から現在までに至るまでの様々な事象を的確に捉えることが期待できる。また、特にCIMの活用によるコンテンツはあらゆる情報を一元化し、3次元

で可視化することにより専門家のみならず、最終的には住民とのインタラクティブなコミュニケーションツールとなることから、相互理解が深まり、合意形成の迅速化に効果的であると期待できる。

【参考文献】

- [1] 東京都都市整備局：地震に関する地域危険度測定調査, https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/bosai/chousa_6/home.htm, 2023年7月5日閲覧
- [2] 日本産業火災史編集委員会：火災史, 823p, 1967
- [3] 陸軍省：附図第二ノ四(震災被害建屋調査図), 防衛省防衛研究所所蔵, 文庫・柚・375, 大正12年
- [4] 梶秀樹・塚越功ほか：都市防災学, 学芸出版社, 278p, 2007
- [5] 内閣府政策統括官：1923 関東大震災, https://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/rep/1923_kanto_daishinsai/index.html, 2023年6月26日閲覧
- [6] 板橋区政策経営部：板橋区 ICT 推進・活用計画 2025, https://www.city.itabashi.tokyo.jp/_res/projects/default_project/_page/_001/031/411/keikaku.pdf, 2023年2月17日閲覧
- [7] 板橋区：都市計画情報マップシステム, http://www.machi-info.jp/machikado/itabashi_city2/city_plan/gis-toshi.html, 2023年7月5日閲覧
- [8] Caterina MORGANTI・中澤公伯・Cristiana BARTOLOMEI・加藤愛・坂本健：A Study on Preservation Method of Historic Buildings in Itabashi, Tokyo, Using BIM and GIS, 第41回情報システム利用技術シンポジウム論文集, pp.220-223, 2018
- [9] 板橋区：区長スナップフォト一工都光学展にて史跡公園模型の寄贈を受けました, <https://www.city.itabashi.tokyo.jp/mayor/snapphoto/1032552/1037342.html>, 2023年7月5日閲覧
- [10] 陸軍省：部外秘 第10号(昭和9年4月1日現在構内図), 陸軍省-大日記乙輯 S9-2-18, 防衛省防衛研究所所蔵, 昭和9年
- [11] 陸軍省：東京第二陸軍造兵廠本部及板橋製造所構内図, 加賀五四自治会(肥田一穂氏寄贈)文書, 史料番号1, 板橋区立郷土資料館所蔵, 昭和18年