建築プロジェクトと Whole-life cost のマネジメント手法に関する研究

研究代表者　石田 航星
（創造理工学部 建築学科　准教授）

１．　研究課題(研究計画書より抜粋)

人工知能を始めとした情報化技術の急速の進歩や、社会の複雑化に伴う多様な入札契約方式の導入など建築産業を取り巻く環境が大きく変化している。このような社会環境の変化に合わせるために、建築産業全体で BIM(Building Information Modeling)や VDC(Virtual Design and Construction)の導入などの ICT 技術を通じた生産性向上の取組みや、プレゼンテーション方法の工夫による発注者と受注者間での共同作業による質の高い建築物を実現する仕組みの実現が図られている。本プロジェクトにおいては、BIM の普及に伴う建築プロジェクトの実施方法の変化に関する現状調査を実施した上で、基本計画、基本設計、実施設計、施工、運用、解体に至る建築物のライフサイクル全般における建築プロジェクトのあるべき姿について研究を行う。

(1) BIM データに基づく施工シミュレーション手法について
(2) 複雑化する建築物の発注と運用に関する発注者への支援手法について
(3) 施工 BIM と FM-BIM の連携について
(4) 建築物の施設マネジメントについて
(5) 建築物の Whole-life cost について

なお、2023 年度は以下の研究として、まず、これまで継続的に実施してきた「不動産管理 BIM を実装した大型商業施設における運用状況の分析」を行うこととした。また、この大型商業施設における不動産管理 BIM の作成の方法論を中小規模の商業施設に展開することとし、「複数棟の小型商業施設における BIM データの作成と管理情報の BIM 連携、Whole-life cost の算出」を行った。また、西早稲田キャンパスにおいて建て替え工事が始まったことに合わせて、「BIM データに基づく施工ステップのプレゼンテーション方法」に関しても研究を行った。

２．　主な研究成果１　―BIM を活用した不動産管理情報の可視化に関する研究―

近年DXが推進されている建築業界において、不動産管理への BIM の活用例は他業種と比較して多くない。不動産管理において BIM を活用する際、不動産管理情報を BIM と紐づけることが有力であると考えられる。これにより、情報管理の一元化や三次元モデルによる意思決定の高次化などの効果があると考えられる。本研究においては投資用賃貸オフィスビルの不動産

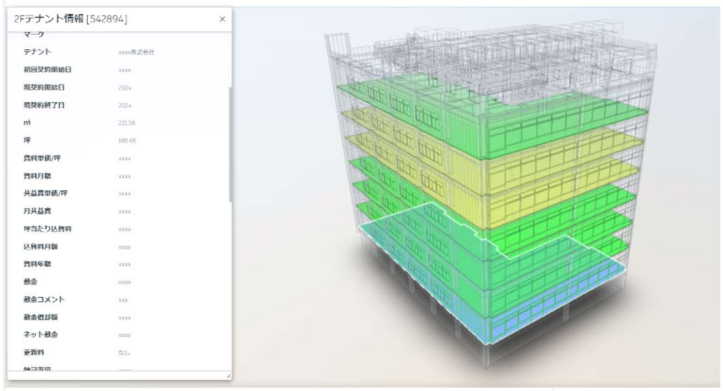

図１ 電気使用量とテナント情報を BIM に表示させた様子 [3)]

管理業務における BIM 活用に着目した。不動産管理 BIM の作成要件定義に関する考察と不動産管理の文字・数値情報と BIM の連携手法、情報の可視化手法について考案を行った。本研究では投資用賃貸オフィスビルのテナント情報と電気使用量を例に挙げ、各文字情報・数字情報を BIM モデルに連携させた。図 1 に作成した BIM モデルに不動産情報を表示させた様子を示す。以上のような連携を行った結果、各報告業務が効率化するなどの効果がみられた反面、効果が BIM ソフトを利用できる人のみに限定されるといった結論を得た。

３．　主な研究成果２　―BIM を活用した築古不動産の再生に関する研究―

フロー型からストック型への移行が進む現在の不動産市場において、建物の老朽化やオーナーの高齢化に伴う空きビル化した築古不動産が増加している。一方で築古不動産への投資は、費用性、収益性、市場性の観点で実際の使用価値よりも価格がつきにくい現状がある。本研究では投資家への訴求力向上として BIM を活用し、その効果を分析・評価する。実例として築 50 年の空きビル化した築古不動産を用いた。

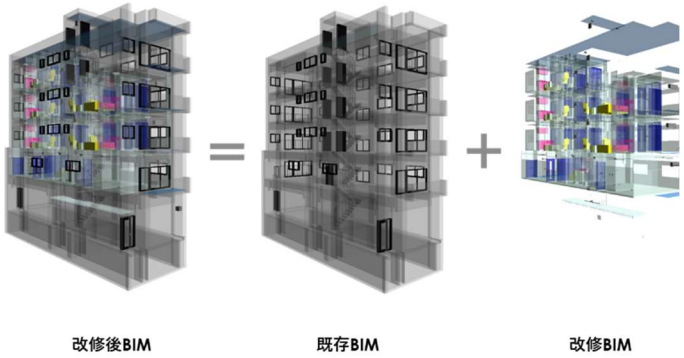

図 2 改修 BIM の構成 [43)]

市場分析とリスク分析、BIM を用いた積算による残存価値の算出を行った後に、現状維持で運用する場合、改修工事を行う場合、建て替え工事を行う場合の 3 点について収益性の比較を行った。比較の結果、改修工事がこの実例において最も有用な再生手段であることが分かった。図 2 に改修における BIM の構成を示す。次に BIM を用いた不動産の運用段階における資産管理手法を検証する。改修後の不動産価値の評価を、除却損を伴う場合と伴わない場合について BI ツールとの連携を含めて行い、投資家への判断材料の一部とした。最終的に築古不動産の再生プロセスにおける BIM 活用は定量的、客観的な判断材料として有用であるとの結論を得た。

４．　主な研究成果３　―改修工事におけるに BIM の管理手法に関する研究―

ストック建築が多くある日本において、既存建築を改修によって長期利用することが求められている。その上で BIM の活用による一貫した情報管理は有効ではあるが、現状の既存建築の改修工事において BIM の活用例は少なく、BIM の保有者は工事業者側にある場合がほとんどである。建物オーナーが BIM を保有することにより、改修工事における BIM 活用が促進すると考えられる。本研究では、BIM の管理者ではなく改修工事を行う業者にモデルの更新を委ねることにより、オーナーの保有する BIM モデルが現況の建物の状況を常に再現することを目指す。実例として東京オペラシティビルを用い、オーナー向け BIM の作成に関する規則の設定、手順につ

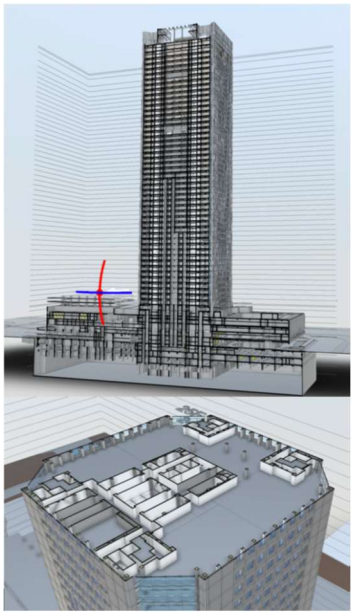

図 3 作成した BIM モデルの様子 [2)]

いて考察を行う。また、作成に際する図面との不一致・欠如に関しても考察を行った。図 3 に本研究で作成したオーナー向け BIM の様子を示す。最終的に、今後の改修工事に向けた基礎として、オーナー向け BIM の作成に関する手法を確立した。

５． 主な研究成果４ —XR 技術を用いた改修工事における情報共有アプリケーションの開発—

近年建設業において、その積極的な活用の進むBIMデータの活用法としてXR技術を用いたモバイルアプリケーションを提案し、建築生産活動の効率化を目指す。

具体的な事例として本大学キャンパスの改修工事について取り上げ、施設利用者に対する情報提供ツールとして AR（拡張現実）/MR（複合現実）技術を用いたモバイルアプリケーションの開発とその有用性の検証を行う。AR/MR 技術では 3D モデルを直感的に操作できるため、不特定多数の利用者に改修工事の情報を効果的に提供できる。これにより、見落とされがちな施設利用者への施工計画、および改修工事後の建物イメージの情報共有が可能となり、改修工事に対する意識を持つきっかけとなることを願う。さらに VR、動画、ブラウザ、ファイルなどの他の共有手法と比較し、それぞれの利点と問題点を明らかにすることで、今後の建築生産における AR/MR 技術の活用の指針とする。

図 4 アプリケーション開発に際して作成した、BIM データとキャンパスモデルの統合データ [9)]

６． 共同研究者

高口 洋人（創造理工学部・建築学科・教授）
小松 幸夫（理工学術院 名誉教授）
五十嵐 健（招聘研究員）
石原 健司（招聘研究員）
四戸 俊介（招聘研究員）
板谷 敏正（客員教授）

７． 研究業績

7.1 総説・著書

1) 大月敏雄, 大岡龍三, 鍵直樹, 宮原真美子, 石田航星, 垣野義典, 長谷川麻子, 村山顕人, 山口健太郎, 岩佐明彦, 植林麻衣：横断的なコラボレーションでコロナ禍を振り返り, 次につなげる - ウイズ／アフターコロナに適応する建築・都市に関する特別調査委員会の取り組み(<連載>コロナ備忘録), 建築雑誌 1778 号, pp24-31, 2023.08
2) 石田航星 : 建築生産システムの単純化と高度化という二つの潮流, 建築コスト管理システム研究所, 建築コスト研究, Vol.32 No.1, pp.44-49, 2024.01

7.2 学会および社会的活動

1) 竹原孝純, 石田航星:探索アルゴリズムを用いた間取り生成と 3D モデルの自動生成に関する

研究，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp387-390, 2024.03
2) 小林明日香，石田航星，板谷敏正，大野 晃敬，千葉 一輝，田中 諒裕：改修工事での活用を想定したオーナーズ BIM の構築―BIM モデルの作成手順・作成方法について―，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp391-394, 2024.03
3) 千葉一輝，石田航星，板谷敏正，石原健司：不動産管理業務への BIM 導入に関する研究―賃貸オフィスビルにおける実用データを用いた BIM 導入の考察―，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp395-398, 2024.03
4) 森さくら，石田航星，津田英俊：水害対策における VR 体験ツールの開発に関する研究―止水板を用いた防災訓練の体験アプリケーションの開発―，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp399-402, 2024.03
5) 押野谷希美，石田航星，四戸俊介：点群データを用いた既存建築を対象とした建築規制の建築基準法適合判定の仕組みに関する研究，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp403-406, 2024.03
6) 堀口颯太，石田航星：YOLOv8 を用いた手書き平面図画像からの部位検出，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp407-410, 2024.03
7) 石川遥登，石田航星，佐々木智志：屋内工事のための SLAM を用いた自己位置推定に関する研究 ―SLAM により生成された環境地図の精度検証―，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp411-414, 2024.03
8) 金行章，石田航星：建設現場の状況把握のための物体検出器の開発―YOLOv8 を用いた車両および作業員の位置情報把握システムの開発―，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp415-418, 2024.03
9) 田中喬子，石田航星：AR/MR 技術を用いた改修工事における情報共有アプリケーション，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp419-422, 2024.03
10) 菊池健心，石田航星：全天球カメラによる VisualOdometry での位置推定精度と撮影時の移動の仕方の関係についての研究，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号，pp423-426, 2024.03
11) 服部俊史，石田航星，板谷敏正，石原健司：公共施設における施設マネジメントに関する研究―公開情報を用いた公立病院経営に関する分析―，日本建築学会関東支部研究報告集第 94 号, pp439-442, 2024.03
12) 本多花帆，田上敬祐，岡本崇利，春木優汰，菊地健心，石田航星，南聡史：写真測量技術を活用した建築現場状況のデジタル化に関する研究　その 6：写真測量法の精度評価を行うための検証環境の構築，材料施工学術講演梗概集 2023 号, pp1261-1262, 2023.07
13) 春木 優汰，田上 敬祐，岡本 崇利，本多 花帆，菊地 健心，石田 航星，南 聡史：写真測量技術を活用した建築現場状況のデジタル化に関する研究　その 7： 検証環境を活用した SfM の寸法精度評価，材料施工学術講演梗概集 2023 号, pp1263-1264, 2023.07
14) 菊地 健心，本多 花帆，田上 敬祐，春木 優汰，岡本 崇利，石田 航星，南 聡史：写真測量技術を活用した建築現場状況のデジタル化に関する研究　その 8 SfM 位置推定精度の高品質手法の提案・有効性検証，材料施工学術講演梗概集 2023 号, pp1263-1264, 2023.07
15) 石田 航星，桜井 宏行：建築物群の形状データの作成手法に関する研究　（その 5）3 次元データの存在しない団地を対象とした撮影経路の算出，材料施工学術講演梗概集 2023 号, pp1263-1264, 2023.07

16) 桜井 宏行, 石田 航星：建築物群の形状データの作成手法に関する研究　（その 6）撮影経路に基づいたドローンの自動飛行と 3 次元モデルの作成, 材料施工学術講演梗概集 2023 号, pp1265-1266, 2023.07
17) 田中 喬子, 石田 航星：MR 技術を用いた一般構造の学習アプリケーションの開発　MR アプリケーションにおける学習効果の検証, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp77-78, 2023.07
18) 森 さくら, 位田 達哉, 三上 可菜子, 石田 航星：大学における体験型施工教育に関する基礎的研究　第 2 報 VR 空間における釘打ち訓練が作業能率に及ぼす影響, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp79-80, 2023.07
19) 三上 可菜子, 位田 達哉, 森　さくら, 石田 航星：大学における体験型施工教育に関する基礎的研究　第 3 報 生理的指標を用いた VR 釘打ち訓練に関する評価, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp81-82, 2023.07
20) 鄧 嘉瑩, 石田 航星：中国における大学 BIM 人材育成の現状に関する調査, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp85-86, 2023.07
21) 花澤 健介, 石田 航星：動線計画の安全性の検討に用いるシミュレーションに関する研究―その 1：危険予知活動で用いるシミュレーションシステムの開発―, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp93-94, 2023.07
22) 藤澤 拓弥, 石田 航星：深層強化学習を用いた自律搬送ロボットの安全性と資材の大きさに依る経路探索に関する研究, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp105-106, 2023.07
23) 佐々木 智志, 石田 航星：建築工事における建設ロボットの BIM による管理に関する研究 BIM を介した周辺環境の形状情報の複数ロボット間での共有, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp107-108, 2023.07
24) 新井 慧, 石田 航星：画像分類器を用いた騒音要因の分析と使用画像ごとの比較, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp113-114, 2023.07
25) 今井 凪, 石田 航星：深層学習を用いた建築図面の図面認識手法及び BIM モデルの自動作成手法に関する研究, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp129-130, 2023.07
26) 津田 英俊, 石田 航星：VR 空間における建築物の検討のための椅子の動作の再現に関する研究, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp137-138, 2023.07
27) 舘野 遥青, 小山 桂介, 石田 航星：大規模点群データを用いた既存建築物の水害シミュレーションの開発, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp141-142, 2023.07
28) 小山 桂介, 舘野 遥青, 石田 航星：大規模点群データを用いた既存建築物の水害の体験ツールの開発, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp143-144, 2023.07
29) 山口 晃太, 石田 航星：画像認識技術による建物外壁の状態把握に関する研究　―ドローンとスマートフォンを用いた建築物への画像分類器の作成と検証―, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp145-146, 2023.07
30) 金行 章, 石田 航星：航空写真上の建築物の屋根種別判別に関する研究　DenseNet201 を用いた画像分類器による屋根種別判別システムの作成と検証, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp147-148, 2023.07
31) 板谷 敏正, 大野 晃敬, 石田 航星, 高口 洋人, 上田 紘暉, 織田村 嶺：既存大型施設における不動産管理 BIM の構築とその活用　その 8 一定期間のメンテナンス情報の可視化に関する研究, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp159-160, 2023.07

32) 大野 晃敬, 板谷 敏正, 織田村 嶺, 石田 航星, 高口 洋人, 上田 紘暉：既存大型施設における不動産管理BIMの構築とその活用　その9一定期間の賃貸契約情報の可視化に関する研究, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp161-162, 2023.07
33) 織田村 嶺, 上田 紘暉, 板谷 敏正, 大野 晃敬, 高口 洋人, 石田 航星：既存大型施設における不動産管理 BIM の構築とその活用　その 10 不動産管理 BIM のビルマネジメント業務における運用方法とその検証, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp163-164, 2023.07
34) 小林 明日香, 石田 航星, 板谷 敏正, 大野 晃敬, 織田村 嶺：既存大型施設における不動産管理 BIM の構築とその活用　その 11一業務日報と BIM データの連携のためのオブジェクト ID 決定一, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp165-166, 2023.07
35) 宮原 泰地, 石田 航星, 板谷 敏正, 佐々木 智志：部位別減価償却法による改修工事効果の検証　実例建築の既存躯体 BIM と改修工事費内訳書を用いた残存価値評価, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp175-176, 2023.07
36) 鈴木 健, 石田 航星, 石原 健司, 板谷 敏正：東京都における賃貸住宅のダウンタイムの推定手法に関する研究, 建築社会システム学術講演梗概集 2023 号, pp193-194, 2023.07
37) 石田航星：ネットワーク手法の一般化による工程計画の定石の発見に関する研究, 第 38 回建築生産シンポジウム論文集, pp177-182, 2023.08
38) 津田英俊, 石田航星：FEM 解析を用いた工事動作の身体負荷の評価に関する研究一バイオメカニクスと組み合わせた工事動作における全身の力学的負荷の解析一, 第 38 回建築生産シンポジウム論文集, pp195-200, 2023.08
39) 藤澤拓弥, 石田航星：深層強化学習を用いた自立走行搬送ロボットの運搬計画の合理化に関する研究, 第 38 回建築生産シンポジウム論文集, pp209-214, 2023.08
40) 山口晃太, 石田航星：深層学習を用いた画像認識技術による建物外壁に関する研究一コンクリート外壁の状態把握のための画像分類器から 3D モデルの作成と検証, 第 38 回建築生産シンポジウム論文集, pp237-242, 2023.08
41) 鈴木健, 石田航星, 石原健司, 板谷敏正：首都圏における賃貸住宅のダウンタイムの推定手法に関する研究一半減期を活用した募集期間のモデル化, 第38回建築生産シンポジウム論文集, pp243-248, 2023.08
42) 佐々木智志, 石田航星：建築工事における建設ロボットの BIM による管理に関する研究一自立走行ロボットにより取得した形状情報の再利用, 第 38 回建築生産シンポジウム論文集, pp249-254, 2023.08
43) 宮原泰地, 石田航星, 板谷敏正：部位別減価償却法と BIM を用いた実例民泊建築の改修効果の定量的検証, 第 38 回建築生産シンポジウム論文集, pp255-260, 2023.08

８．研究活動の課題と展望

2023 年度は、「不動産管理 BIM を実装した大型商業施設における運用状況の分析」、「複数棟の小型商業施設における BIM データの作成と管理情報の BIM 連携、Whole-life cost の算出」、「BIM データに基づく施工ステップのプレゼンテーション方法」の 3 点に関して研究を実施した。この成果を踏まえ、次年度は複数の商業施設を対象として BIM データを作成し、不動産管理情報と連携させることで、建物群としての管理方法に関して試行する。また、この際に各施設の故障情報や工事の状況を BIM データと連携させ、修繕工事の発生状況に関してモデル化を行う。