

維持管理段階における建築図面情報の二次利用に関する研究

—2D 図面データからの情報抽出と維持管理データベースとの連携を通して—

Research on the secondary use of architectural drawing information in the facility management phase

—Using information extraction from 2D drawing data and coordination with the facility management database—

○松澤 亮^{*1}, 墓田 京平^{*2}, 石川 隆一^{*2}, 陳 智青^{*1}, 村井 一^{*3}, 野城 智也^{*4}

Ryo MATSUZAWA^{*1}, Kyouhei HAKATA^{*2}, Ryuichi ISHIKAWA^{*2}, Chisei CHIN^{*1},

Hitoshi MURAI^{*3} and Tomonari YASHIRO^{*4}

*1 (株) 梓総合研究所 研究員

Researcher, Azusa institute of research.

*2 (株) 梓総合研究所 副主席研究員

Vice Chief Researcher, Azusa institute of research.

*3 東京大学生産技術研究所 特任助教 博士 (工学)

Project Assistant Professor, Institute of Industrial Science,
The Univ. of Tokyo, Dr,Eng.

*4 高知工科大学 教授 (工博)

Prof, Kochi University of Technology, Dr,Eng.

キーワード：維持管理; BIM; 建築図面; AI; SaaS

Keywords: Facility management; BIM; Architectural drawing; AI; SaaS

1. はじめに

1.1. 研究の背景

ファシリティマネジメント (FM) においては、BIM (Building Information Modeling) の活用等、デジタル技術の活用による維持管理の高効率化による解決が急務とされている。維持管理段階における情報は、設計・生産段階における情報以外にも様々な情報を含めた取扱いが必要であり、目的に応じた情報の変換が必要になるが、その実態の分析や利活用に関する調査・研究は未だ十分に行われていないと言え難い。一方、近年では BIM と維持管理データベースとの連携に関する開発や研究も行われているが¹⁾²⁾、そのために必要な空間情報の在り方、BIM データや 2D 図面データ (手書き図面や CAD 出力図面のデジタル保存データ) など手元にある空間情報の利活用について、比較・考察をした研究例は少ない。

1.2. 研究の目的

そこで、本研究においては、維持管理段階における 2D 図面データや BIM データの二次利用の現状を明らかにするとともに、特に 2D 図面データの二次利用におけるデジタル化を促進するデータ変換プログラムの試作を通して、データの変換や抽出、維持管理データベースとの連携に関する可能性と課題を考察する事を目的とする。

2. 維持管理段階における建築情報マネジメント

2.1. 位置情報・空間情報の取扱い

FM のオペレーションにおいては、「いつ」「何を」「どこで」といった情報の記録や確認が必要になる。「いつ」に関

しては日付や時間、「何を」に関しては課題事項や履歴事項としてテキスト情報のみでも概ねの記述が可能だが、「どこで」という位置・範囲・場所に関しては、情報を記述するための手段や媒体を選択する必要がある。現状の 2D 図面データは、PDF データなど媒体はデジタルであっても、目視による人の判断が介在する利用が主であり、machine read により連携を行っているケースは稀である。これに対して BIM データは部屋単位ごとに ID やリンクを付与する事が可能であり、位置・範囲・場所の記述をデジタル形式の「見取り図」として利用する事が期待できる³⁾。

2.2. イベント情報・履歴情報の取扱い

FM における「いつ」「何を」といったイベント情報や履歴情報については、集計ソフトウェア上で必要な情報をリスト化しているのが多くの現状であると思われる。建築や設備に限らず什器や備品の管理も必要であり、経時的な情報マネジメントが求められる。こうした情報は 2D 図面データや BIM データと相互参照する事が望ましいが、それらのデータ連携が実現している例は少ないと考えられる。

2.3. オープンネットワーク型の維持管理データベース



図1 AIR-Plateの概要図

筆者らは既報⁴⁾でこうした様々な情報連携が求められる維持管理段階における情報マネジメントの解決手段として、ゲームエンジンを用いて様々な端末からの閲覧を可能としたBIMデータを空間情報の基盤としつつ、既成のSaaS（Software as a Service）を束ねたデータベースと連携した仕組み（AIR-Plate）の開発について報告するとともに、共用性・情報連動性・適用性の高い、オープンネットワーク型のソリューションの有用性について考察している。

3. BIMデータの二次利用

3.1. BIMデータの基本構造

BIMデータは図2に示すように、建物の部屋や領域などの空間に関する情報と、柱・梁・床などの構成材の情報とに大別され、それぞれに形状情報と属性情報をあわせ持つ。こうした建築情報の単位化と、様々な目的に応じた構造化がBIMデータの利点である。AIR-Plateにおいてはこのうち部屋を単位とした空間の情報を起点として維持管理データベースとの連携を構築している。



図2 BIMデータの基本構造

3.2. 維持管理段階で利用するためのデータ変換

一方、維持管理に関わる様々なステークホルダーがBIMデータを閲覧するためには、BIMソフトウェアに依存しない閲覧環境が必要になる。また、建物規模の大きな情報については、描画性・操作性の負荷も大きい。こうした課題

を解決するために、AIR-Plateにおいてはネイティブ形式からIFC形式に変換したBIMデータをゲームエンジンUnreal Engine 5（以下、UE5）上で閲覧できる環境を構築している。

3.3. AIR-PlateにおけるBIMデータの利用

AIR-Plateの維持管理データベースの要となるのがノーコード型のデータエディターサービス、Notionである。BIMデータ内の部屋情報は単位ごとに個別のID（UID、ユニークID）が付与されており、このIDと維持管理データベース上の部屋リストとをリンクさせる事により、図1に示すような情報連携を実現している。

3.4. BIMデータを利用する際の利点と課題

しかしながら、BIMは国内での利活用が始まってからまだ十数年という事もあり、BIMデータの利用はBIMで設計が行われる新築の場合がほとんどである。維持管理用に新規にBIMデータを作成する事も可能であるが、手間やコストの課題もあるため、2D図面データやCADデータを前提とした情報の単位化・デジタル化を実現する仕組み構築への期待は大きいと考えられる。

4. 2D図面データの二次利用

4.1. 2D図面データの基本構造

2D図面データは特記仕様書、各種集計書、建物の形状情報を示した平面図・立面図・断面図などにより構成されており、建物のライフサイクルの段階に対応して、設計図面、施工図面、竣工図面など、利用目的に応じた内容や情報密度が異なる2D図面データが存在する。

維持管理段階においては、建物の見取り図情報や仕様を参照するために、竣工図面の紙媒体や画像データが利用される事が多い。この中でも特に平面図は建物の部屋名および各室の形状情報を階ごとに把握できることから、建物全体を管理するのに適した媒体であるといえる。

一方、このような2D図面データと、各種維持管理の履

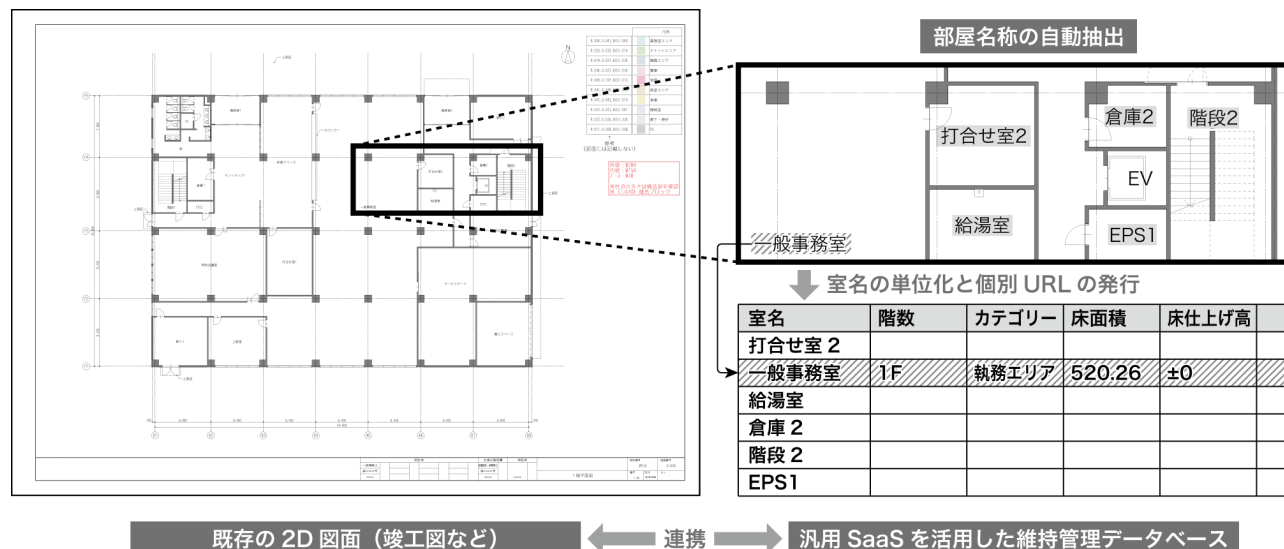


図3 2D図面データにおける部屋情報の単位化と維持管理データベースとの連携

歴情報とは、人の判読により紐付けられることが一般的であり、直接データを連携させることは難しい。また、既存建物の場合には、前章で述べた BIM データを維持管理用に入力する手間がかかる点も課題である。そこで本研究においては、2D 図面データの利用をベースに、図 3 に示すような部屋情報の抽出と個別 URL 発行による、維持管理データベースとの連携が可能なシステムを試作した。

4.2. 2D 図面データの情報変換フロー

試作においては、PDF 形式の 2D 図面データの使用を前提とした。PDF 形式のデータの中にも CAD から PDF 出力されたデータ構造を維持し、かつフォント情報を有するベクターデータ形式と、紙媒体をスキャンして作成し、フォント情報を持たないラスターデータ形式が存在するため、図 4 に示すようにそれぞれ異なる変換方式で部屋名情報を抽出した。

抽出された部屋名情報は、AIR-Plate において維持管理データベースとして利用する Notion 上に自動でリスト化するとともに、リスト化の過程で生成される部屋固有の URL を、PDF データ上の部屋名情報が記されたそれぞれの座標と対応した位置に貼り付ける事により、PDF から維持管理データベースへのハイパーリンクを有する PDF データを自動で生成することが可能となる。

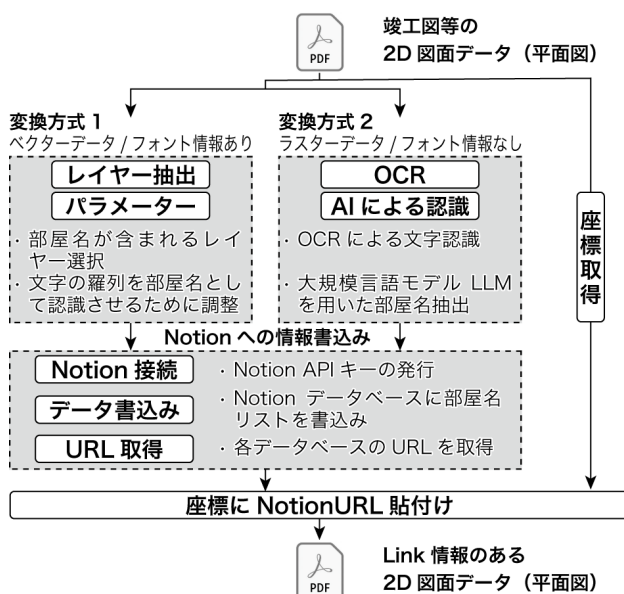


図 4 2D 図面データの情報交換フロー

4.3. 変換方式 1：レイヤー分類による情報抽出

2D 図面データがベクターデータの場合には、部屋名以外の文字情報を部屋名として誤認識させないため、部屋名情報のあるレイヤーのみを抽出する前処理を行った。この前処理を行った個別のテキスト情報を部屋名情報として認識させるために、図 5 に示す大きく 5 つの観点でパラメーターを調整した。なお、Python の外部ライブラリの一つ PyMuPDF 1.23.1 documentation（以下、PyMuPDF）を利用し

てこれらを実装した。

4.4. 変換方式 2：大規模言語モデルによる情報抽出

2D 図面データがラスターデータの場合、変換方式 1 のような文字情報の前処理は行えない。そこで、LLM (Large Language Model、大規模言語モデル) を用いて 2D 図面データから部屋名を抽出した。部屋名取得のためには OCR (Optical character recognition、光学文字認識) によるフォントデータの抽出が必要だが、スキャンを行う前の図面の状態やラスターデータの解像度により認識精度が左右される。LLM を用いた生成 AI の認識精度にも課題があり、OpenAI 社が開発した LLM、ChatGPT3.5 による検証では破線をアルファベットの "I" と誤認識してしまう事象等を確認している。このため LLM に対し部屋名を事前学習させるファインチューニングが不可欠である。

現状においては変換方式 2 の LLM による部屋名抽出よりも、変換方式 1 のレイヤー分類による部屋名抽出のための前処理を行うほうが高精度のため、レイヤー情報がある 2D 図面データは方式 1 を優先した。

① line_overlap (縦書き文字の単位化)	二つの文字が指定値以上に近い場合、同じ部屋名とみなされる。	EV ホール	事務室
② char_margin (横書き文字の単位化)	二つの文字が指定値以上に近い場合、同じ部屋名とみなされる。	EV ホール	事務室
③ word_margin (横並びの単位の識別)	同じ行の二つの文字が指定値以上に離れる場合、個々の部屋名として認識される。	EV ホール	事務室
④ line_margin (縦並びの単位の識別)	二つの行が指定値以上に近接する場合、同じ段落の一部とみなされる。	EV ホール	事務室
⑤ boxes_flow (図面上の読み取り順序)	テキストの行の順序を決定する際に、テキストの水平及び垂直の位置の優先度を指定する。 -1.0 ~ +1.0 の数値で指定 -1.0 : 水平方向優先 ↔ +1.0 : 垂直方向優先	EV ホール	事務室

図 5 部屋名認識のためのパラメーター調整

4.5. テキスト情報および位置情報の単位化と構造化

変換方式 1 および方式 2 で取得したプログラム上の部屋名情報は、部屋名の単なるリストであり、図面上のどの位置と紐づいているかの情報を持たない。そこで、図 6 に示すように部屋名の PDF 上の座標を矩形で 4 点取得し、部屋名情報の座標を定義した。なお実装にあたっては PyMuPDF を利用し、座標は PDF データの左下の座標を (0,0) とし、1inch あたり 72points の密度で指定した。

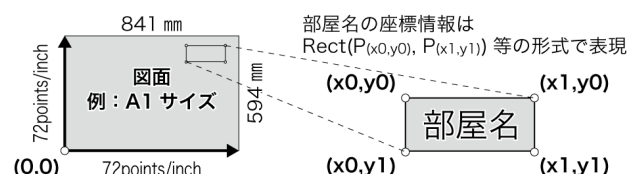


図 6 部屋名の座標表現

4.6. 維持管理データベースとの情報連携

変換方式 1 および方式 2 で取得した部屋名を AIR-Plate において Notion 上のデータベースに書き込んだ。その際、

Notion 側で発行する Notion API を用いて Notion にアクセスした。データベースに書き出された部屋名はそれぞれ個別の URL を持ち、それらの URL をコピーして 4.5 で取得した部屋名の矩形範囲にリンクとして貼り付けた。最終的には図 3 に示すように、Notion の各室諸元表へのリンクが 2D 図面データの各部屋名で作成された状態となった。

4.7. 2D 図面データを利用する際の利点と課題

表 1 に、2D 図面データへのリンク作成において、手作業による変換とプログラムによる変換の作業時間の比較を示した。表 1 に示すように作業時間を 1/6 に短縮することができた。自動処理の精度が高い変換方式 1 を利用するためには、部屋名のみをレイヤー化する手作業による前処理が必要になるが、手作業において最も処理に時間のかかる、部屋名を Notion に書込む作業と Notion の URL をコピーしてリンクを 2D 図面データに貼り付ける作業を自動化できるため、効果は大きいと考えられる。

表 1 変換作業時間の比較

	手作業	プログラム
ソース	某地方合同庁舎	検討用モデル
部屋数	163 部屋	57 部屋
部屋名レイヤー整理	0:00:00	0:10:00
部屋名 Notion 書込み	0:40:00	0:02:00
NotionURL コピー・リンク	5:30:00	
修正作業	0:00:00	0:10:00
合計作業時間	6:10:00	0:22:00
1 部屋当たりの作業時間	0:02:16	0:00:23

5. 二次利用における BIM データ・2D 図面データの特性比較

5.1. 維持管理データベースの運用方法の比較

AIR-Plate では、BIM データで生成した UID を Notion に貼り付けることで BIM データの閲覧プラットフォームである UE5 から Notion を参照している。本研究にて試作した 2D 図面データの変換方式では、Notion で生成した URL を 2D 図面データに貼り付けることで、2D 図面データから Notion を参照しており、建物の部屋情報から維持管理データベースを参照するという点においては同等の運用が可能であると考えられる。

5.2. 維持管理データベースの情報連携の比較

URL による維持管理データベースと 2D 図面データとの情報連携では、データベースの構成変化により都度 URL が変更されるため、ハイパーリンクが切れるリスクがある。AIR-Plate においてはこのリスクを回避するため、生成された原データはデータ構造上ユーザーが触れにくい階層に保管し、利用者は現データと紐づいた複製データベースを活用する手法をとった。

なお、BIM データを用いることができれば、維持管理データベースとの情報連携に UID を用いるため、同じ UID を用いればデータベースの構成が変化して URL が変わっても情報連携は担保し続けることができる。

6. 結論

本研究においては 2D 図面データのうち、平面図データの二次利用のための変換プログラムの試作を通して、データの変換や抽出、維持管理データベースの連携に関する一定の実効性を確認した。

フォント情報のあるベクターデータに限れば維持管理データベース構築を自動化できることに加え、2D 図面データしか保存されていない既存建物においても構築時間がかからない点は大きなメリットである。このため大量の既存建物を管理する必要のある地方公共団体やインフラ系の維持管理者など、維持管理データベースの機能を最小限に抑えつつ、短時間で費用を抑えて構築することにメリットを感じる建物管理者にとっては、本研究で試作した方法は、有効性が高い解決策であると考えられる。

7. 今後の課題と展望

一方、BIM データの二次利用との比較やデータベース連携の考察を通して以下のような課題が明らかになった。

7.1. 平面図以外の 2D 図面データの参照

各室諸元情報を平面的な位置関係、部屋の形状と結び付けることはできるが、各室の断面情報を取得することはいできない。また、維持管理においては天井裏の配管等断面図、設備図の照会も不可欠となるが、これらの情報は個別の図面を参照する必要がある。

7.2. 空間情報と維持管理データベースとの相互参照

本研究において試作したシステムにおいては 2D 図面データから維持管理データベースを参照することは可能であるが、維持管理データベースから 2D 図面データ上の特定位置を参照することはできない。データ参照の双方向性については今後の研究課題であると考えられる。

7.3. 変換システムのユーザビリティ検証

本研究で試作したデータ変換システムを実際に使用し、維持管理データベースとの連携を行うケースにおいて、実際の建物管理者のユーザビリティを考慮し、BIM データと 2D 図面データの違いを比較・評価する必要がある。

[参考文献]

- 1) 日本ファシリティマネジメント協会 BIM・FM 究部会. ファシリティマネジメントのための BIM 活用事例集. 日本ファシリティマネジメント協会, 2022.
- 2) 仲間祐貴, 大西康伸, 位寄和久. 施設維持管理における 3D ビュー活用の利点と問題点に関する研究. 日本建築学会計画系論文集. 2019, p.1029-1037.
- 3) 村井一, 野城智也. 建築空間に対する位置情報の付与と異種情報との連携に関する研究. 第 36 回建築生産シンポジウム論文集. 2021, p.227-232.
- 4) 墓田京平, 石川隆一, 村井一, 野城智也. 建築空間に対する位置情報の付与と維持管理データベースとの連携に関する研究. 第 45 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 2022, p.331-334.