

令和 6 年 9 月 5 日現在

機関番号：31303

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04375

研究課題名（和文）空調設備におけるBIM設計システムの軽量化と情報の見える化に関する研究

研究課題名（英文）Development of a Lightweight BIM System for HVAC Design and Information Visualization

研究代表者

許 雷 (Xu, Lei)

東北工業大学・建築学部・教授

研究者番号：40367115

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、BIM設計ツールの軽量化を目指し、オブジェクト指向のBIMデータに基づいた設備設計用WEBアプリケーションを開発した。Three.jsを用いて、軽量化ダクト設計用BIMツールを構築した。2D作業面と3D作業面を連携させ、距離に応じた図形モデルの表現方法を使用することで、詳細モデルと軽量化モデルの切り替えを可能にする提案を行った。また、継手の自動作成、システム風量の計算、ダクトの設計を実現した。さらに、設備メーカーの製品情報に基づいて、図形・セマンティック情報を含む設備データベースを構築した。同時に、図面データをJSON形式で保存し、IFC4.3データへの出力も実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、BIM国際規格IFCに基づいて、システムの観点から設備要素の解析、クリティカルパスの提案、設備システムの階層の解析方法を明らかにした。発表した論文2報の閲覧数はそれぞれ1197回、1286回となっており、研究成果への学術的関心が高いことを確認できる。国内でのBIM普及率はまだ高くないが、国内外の調査では、BIMソフトウェアと高性能パソコンの高いコストがBIM導入のバリアになっていると指摘されている。本研究で開発した空調設備システム設計用のWEBツールはブラウザ上で動作するため、低性能のパソコンでも利用可能である。設備設計における効率化を高め、BIM普及率の向上に貢献したいと考えている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to streamline BIM design tools and developed a web application for equipment design based on object-oriented BIM data. Utilizing Three.js, we created a lightweight BIM tool for duct design that links 2D and 3D interfaces. We proposed a method that allows transitioning between detailed and lightweight models, depending on the distance between the camera and objects. Furthermore, we implemented the automatic creation of joints, calculation of system air volume, and duct design. Based on manufacturers' product information, we constructed an equipment database comprising geometric and semantic data. Simultaneously, we stored drawing data in JSON format and enabled export to IFC4.3 data.

研究分野：建築設備とBIM

キーワード：IFC システム 軽量化モデル 詳細モデル クリティカルパス 図形 セマンティック情報 データベース

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 建築 BIM 推進会議の発足に伴い、BIM の国際仕様である IFC (Industry Foundation Classes) データの応用が注目されている。国土交通省は、2025 年に IFC を活用した BIM 確認申請の試行を開始する*1)と宣言し、これにより建築界は BIM の普及に向けた新時代への進入を予想している。

(2) 国内での BIM の普及率は依然として低いのが現状である。日本建築士事務所協会連合会や日経 BP などの調査によると、BIM ソフトウェアと高性能パソコン (ハードウェア) のコストが BIM 導入のバリアになっている。

2. 研究の目的

本研究では、BIM 設計ツールの軽量化を目指し、2 次元の線分・図形・高さ属性でオブジェクト指向の BIM データに基づいて、空調設備システム設計用 WEB アプリケーションを開発する。また、設備メーカーなどの BIM ライブラリと連携しながら、設備系統ごとの IFC データ構成・属性の見える化を実現することを目的としている。

3. 研究の方法

(1) 設備会社にヒアリング調査を行い、空調設計用 BIM ツールのあり方を探る。

(2) 3次元ライブラリ Three.js (オープンソース JavaScript ライブラリ) を利用し、Python プログラミングによりダクト設計用 BIM ツールを開発する。さらに、IfcOpenShell を用いて、IFC4 に対応する IFC データを出力する。

4. 研究成果

本研究を通じて、主に以下の研究成果が得られた。

(1) 設備用 IFC データの解析: BIM 国際規格 IFC に基づいて設備データ構築とシステム解析方法を提案した。クリティカルパスや設備系統の階層の解析方法を明らかにし、システムの観点から設備要素の解析、クリティカルパスの圧力損失、システムのパフォーマンスの評価を提案した (図 1)。

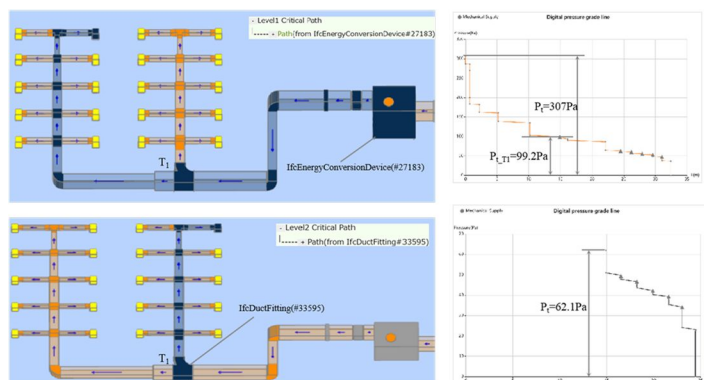


図 1 クリティカルパスと圧力損失の評価

(2) 図形モデル表現方法の提案: 3次元ライブラリ Three.js を利用し、ダクト設計用 BIM ツールを開発した。2D 作業面と 3D 作業面を連携し、距離に応じた図形モデルの表現方法 LOD (Level of Detail) メソッドに基づいて、設備要素の詳細モデル (LOD1) と軽量化モデル (LOD0) の切り替えを実現した (図 2)。

(3) 設備データベースの提案：設備メーカーの製品情報に基づいて、図形・セマンティック情報を含む設備要素のデータベースを構築し、設備要素の更新が便利になった。また、JSON形式で図面データを保存し、IFC4.3データへの出力を実現した。

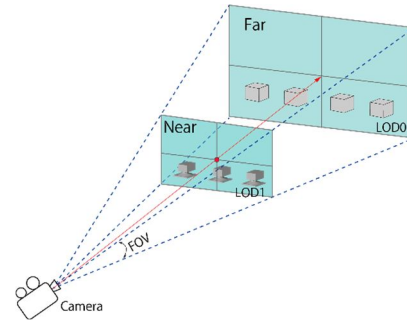
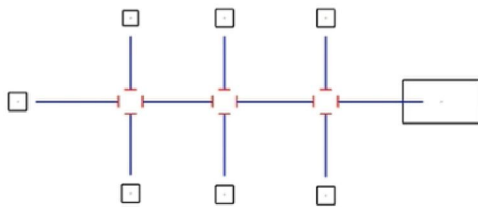


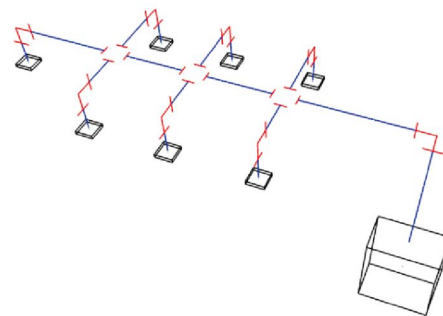
図2 距離に応じた図形表現

(4) ケーススタディ：図3-1に示すように、2次元でダクト、給気口、空調機の設備モデルを構築し、エルボなどの継手が自動的に作成された。また、単線

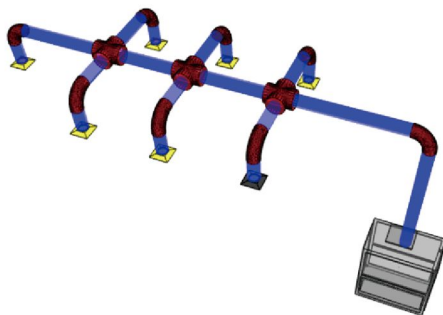
図で3次元の軽量化モデルを表示できた(図3-2)。視点から設備要素までの距離が短い場合、詳細モデルが表示される(図3-3)。さらに、設備要素の接続関係に基づいて、ダクトの風量や寸法などの計算が可能になった(図3-4)。



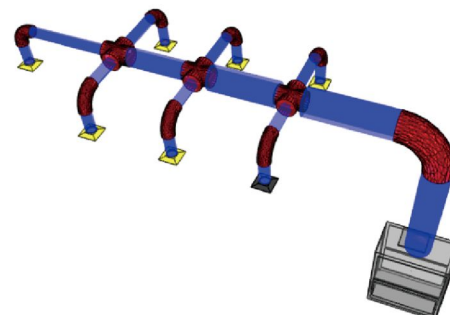
(1) 図面作成画面 (2次元)



(2) 軽量化モデル (3次元)



(3) 詳細モデル (3次元)



(4) ダクト設計

図3 ケーススタディの結果

<引用文献>

*1) 国土交通省、建築 BIM の将来像と工程表(増補版)、令和5年3月、<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/content/001603587.pdf> (参照日 2024/6/3)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Lei Xu, Yoshinobu Adachi, IFC-based performance data checking for ventilation system design, Journal of Asian Architecture and Building Engineering、vol.22, 2023、査読有、<https://10.1080/13467581.2022.2077734>

Hongxia Deng, Ying Liu, Lei Xu, et al, Web-based approach for systematic analysis and interactive visualization of the industry foundation classes data: a case study in duct design,

Journal of Asian Architecture and Building Engineering、vol.22, 2023、査読有、
<https://10.1080/13467581.2022.2085715>
劉雨萌、許雷、IFC データによる給排水設備システムの情報解析、空気調和・衛生工学会論
文集、vol.298, 2022、p17-23、査読有

〔主な学会発表〕(計5件)

劉瀛、許雷、空調設備における BIM 設計システムの軽量化に関する研究 LOD に基づいた
図形情報の表現、日本建築学会東北支部研究報告会、2024 年 6 月

許雷、ダクト設計における BIM 技術の応用と開発、buildingSMART ジャパン設備環境小委
員会設備 IFC セミナー、2024 年 4 月

Lei Xu, Ying Liu: Development of a Lightweight BIM System for Duct Design,
buildingSMART International Summit, Valencia, Mar.12-15, 2024

許雷、劉瀛、空調設備における BIM 設計システムの軽量化に関する研究 その 1 既存 BIM
ソフトウェアの調査及び提案概要、日本建築学会大会学術講演梗概集 情報システム技術
(近畿) 2023 年 9 月、p83-84

劉瀛、許雷、空調設備における BIM 設計システムの軽量化に関する研究 その 2 ダクト設
計用 BIM ツールの構築、日本建築学会大会学術講演梗概集 情報システム技術(近畿)
2023 年 9 月、p85-86

6. 研究組織

(1) 研究代表者氏名：許 雷

ローマ字氏名：XU, Lei

所属研究機関名：東北工業大学

部局名：建築学部建築学科

職名：教授

研究者番号(8桁): 40367115

(2) 研究協力者 1：鄧紅霞

ローマ字氏名：DENG, Hongxia

所属研究機関名：中国太原理工大学計算機科学と技術学院

(3) 研究協力者 2：王崇恩

ローマ字氏名：Wang, Chongen

所属研究機関名：中国太原理工大学建築学院

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Lei Xu, Yoshinobu Adachi	4. 巻 22
2. 論文標題 IFC-based performance data checking for ventilation system design	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Asian Architecture and Building Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13467581.2022.2077734	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hongxia Deng, Ying Liu, Yumeng Liu, Lei Xu, Chongen Wang	4. 巻 22
2. 論文標題 Web-based approach for systematic analysis and interactive visualization of the industry foundation classes data: a case study in duct design	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Asian Architecture and Building Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13467581.2022.2085715	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 劉雨萌、許雷	4. 巻 298
2. 論文標題 IFCデータによる給排水設備システムの情報解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会論文集	6. 最初と最後の頁 17, 23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 許雷, 劉瀛
2. 発表標題 空調設備におけるBIM設計システムの軽量化に関する研究 その1 既存BIMソフトウェアの調査及び提案概要
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 劉瀛, 許雷
2. 発表標題 空調設備におけるBIM設計システムの軽量化に関する研究 その2 ダクト設計用 BIM ツールの構築
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lei Xu, Ying Liu
2. 発表標題 Development of a Lightweight BIM System for Duct Design
3. 学会等名 buildingSMART International Summit (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 劉瀛, 許雷
2. 発表標題 空調設備におけるBIM設計システムの軽量化に関する研究 その3 設備データベースとの連携
3. 学会等名 空気調和 衛生工学会 東北支部 第13回 学術・技術報告会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 劉瀛, 劉雨萌, 許雷
2. 発表標題 IFCを活用した給水システムの設計手法に関する提案(その1)給水システムのIFCデータの構築
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会 東北支部 第12回学術・技術報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 劉 雨萌, 劉 瀛, 許 雷
2. 発表標題 IFCを活用した給水システムの設計手法に関する提案(その2)配管サイズおよびポンプ揚程の設計
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会 東北支部 第12回学術・技術報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山村尚生, 太田恭輔, 許 雷
2. 発表標題 BIM技術を活用した電気設計に関する研究(その1)電気設備システムの構築とIFCデータの作成
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会 東北支部 第12回学術・技術報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 太田恭輔, 山村尚生, 許 雷
2. 発表標題 BIM技術を活用した電気設計に関する研究(その2)IFCデータによる設備システムの情報解析
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会 東北支部 第12回学術・技術報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 許 雷, シャフ 愉季
2. 発表標題 BIM技術を用いた空調配管システムの設計に関する研究 配管システムの構築及びIFC データの確認
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋翔吾, 高橋朱利, 許雷
2. 発表標題 BIM 技術を用いた空調配管システムの設計に関する研究 その1 配管システムの構築及びIFC データの確認
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会 東北支部 第11回学術・技術報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋朱利, 高橋翔吾, 許雷
2. 発表標題 BIM 技術を用いた空調配管システムの設計に関する研究 その2 配管圧力損失及び管径の計算
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会 東北支部 第11回学術・技術報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 劉雨萌、許雷
2. 発表標題 BIM 技術を活用した給水システムの設計に関する研究
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会 東北支部 第11回学術・技術報告会
4. 発表年 2022年～2024年

1. 発表者名 許雷
2. 発表標題 IFC 4 で広げる建築設備設計
3. 学会等名 buildingSMART Japan (招待講演)
4. 発表年 2021年～2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

太原理工大学との共同研究として、Journal of Asian Architecture and Building Engineeringにて「Web-based approach for systematic analysis and interactive visualization of the industry foundation classes data: a case study in duct design」論文を発表した。

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	鄧 紅霞 (Deng Hongxia)	中国太原理工大学・計算機科学与技术学院・副教授	
研究協力者	王 崇恩 (Wang Chongen)	中国太原理工大学・建築学院・教授	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 BIM-MEP AUS Industry Briefing and Technical 2021	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 buildingSMART International Summit – Valencia 2024	開催年 2024年～2024年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------