

接続情報に基づく BIM モデルからの系統図の生成

BIM を用いた電子データ化による設計図書の整備とその利活用

○松林 道雄*¹ 渡辺 俊*²

キーワード：既存建築ストック 維持更新 設計図書電子化 BIM 系統図の生成

1. 背景と目的

わが国では、高度経済成長期に大量に建設されたストックの維持更新が緊急の課題である。また、これらが建設されるのに用いられた設計図書は紙媒体によって記録がなされてきた。現在、これらの設計図書は劣化や紛失等によって、維持更新にて使用するのに適さないものも見られてきている。既存建築ストックの維持更新を進める上で、参考とする資料が確保されるためには、これらを電子データ化していくことが必要である。著者らは様々な電子データ化の手段がある中で、Building Information Modeling (BIM) による情報収録に焦点を当てている。

ところで、平成 26 年 3 月に国土交通省より BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン¹⁾が策定され、新規建設においては実用に向けた整備が進んでいる。一方で、これから増加が予想される既存ストックを対象とした検討は発展途上の段階にある。設計情報保存のためのケーススタディとして、著者らは筑波大学の古い設計図書から BIM モデルへの変換を行っている²⁾。また、筑波大学では共同溝によって電気や水道などが各建物に供給される。これらの状況も考慮するために複数建物を扱うキャンパスデータベースとしての構築に取り組んでいる。

建築物においては、通常、躯体よりも機械設備の方が更新サイクルは早く訪れる。機械設備の分野では BE-Bridge の開発³⁾に見られるように、異なる CAD ソフト間で形状だけでなく属性情報を保持する取り組みが見られる。一方で、維持更新においては、補修等で建物の確認が必要になったときに図面をどのように活用できるかが重要となる。例えば、機械設備図の要素同士のつながりが把握しやすいことも求められる。現実と同じように 3D モデルによって配置がされると、逆にどの要素同士が繋がっているかを把握することが難しい。一つの方法として、複雑な BIM モデルを単純化して従来の記法による系統図を生成できれば、既存手段と同等に設計情報が扱える点において効率的な施設管理に貢献すると考える。

よって、本稿では既存建築ストックの維持更新の場面で、BIM モデル活用が施設管理者にとって効率的な施設管理を行う手段となるよう、接続情報に基づいて取り出した要素の属性情報から系統図生成を実現することを目的とする。

2. 機械設備図の要素の表示

BIM においては、視点を移動すること、要素の表示を限定することから、従来の記法による各図面への変換が行える。BIM モデルを水平に切断することにより平面図を、垂直に切断することにより立面図や断面図を作成することができる。機械設備の系統を把握するには、「機械設備図」の要素のみを表示する方法が挙げられる。この場合、各要素は実物と同じ配置がされているため、入り組んで表示され、系統ごとのつながりを把握することは困難である。一方、従来の系統図では「機械設備図」の要素の記述が単純化されており、系統ごとのつながりが把握しやすい。

3. BIM モデル作成に用いた設計図書

系統図生成には筑波大学 5C 棟の BIM モデルを使用した。施設の概要を表 1 に記す。5C 棟で建物全体をカバーする工事は昭和 48 年の新営工事と平成 18 年の大規模改修工事が挙げられ、これらを参照してデータを作成している。また、表 2 にて該当する時期の各分野の設計図書について記した。系統図に関しては、「空調」は自動制御と空調ダクト、空調配管、動力二次で区別されていた。「衛生」は給水と排水・通気、消防、雑用水、給湯・ガスで区別されていた。「電気」は幹線と結線図、弱電、火災報知等にて区別されていた。また、「機械」と「電気」の全ての断面方向を表す図面はスケールが設定されていない。一部の工事で、建築の立面図と断面図を掲載するものが見られた。避雷針設備のみはスケールが設定された図面であった。建物内で収まるもの、複数の建物と管理室との対応を示すもの、装置の内部構造と他装置との対応を示すものが見られた。

4. BIM モデルからの要素の抽出

まずは BIM モデルに含まれる「機械設備図」の要素を接続情報に基づきテキストデータとして抽出した。これらの作業は BIM モデル作成に用いたソフトウェア^{註1)}の API 環境にて行い、要素を抽出するためのプログラム作成には C#を用いた。

要素は選択されると固有の属性情報を確認することができるが、接続情報など表示されない項目も存在する。そのため、ソフトウェアに付属するプラグイン^{註2)}を用いて、各要素の内部構造を走査しながら接続情報を持つものを

確認した。カテゴリごとに保持する属性情報が異なるが、接続情報に関する項目は、主に Revit MEP に属するカテゴリで見られた。

データ抽出をするにあたって、図1に示すようにまず、選択した要素に対して全ての接続先を確認し、接続先の要素と関係付けて属性情報を取り出した。要素は選択されると、その属性情報にアクセスが可能となる。IsConnectedの値を確かめることによって他要素との接続の有無を確認した。Trueである場合、AllRefsにアクセスした後に接続先の要素からElementIDと属性情報を獲得した。

そして、該当のシステムに含まれる全てのカテゴリ^{注3)}の要素に対して同様の作業を順番に行った。空調のダクトを例とすると、関連するカテゴリはダクト、フレキシブルダクト、ダクト継手、機械設備、エアターミナルが該当する。それぞれの要素に対して、図1に示す作業を順番に行う。その都度、データが追加され、最終的には一つのテキストファイルとしてエクスポートした。他には配管、ケーブルラック、電設管、配線で分類し、それぞれに対してデータを抽出した。取り出したデータに含まれるカテゴリ別要素の数量は表3の通りとなった。なお、これらの数字は図2に表されるモデルを対象としたものであり、図3は「機械設備図」に関連する要素のみを表示したものである。

表1 対象施設の概要


対象施設	筑波キャンパス 南地区 体育・芸術エリア 5C棟	外観
建築年	昭和48年	
構造	SRC、S造	
規模	地下1階~地上6階	
延べ面積	18,027㎡	

表2 参考とした設計図書一覧

専門	年度	数量	系統図の名称
建築	S48	55	-
建築	S49	119	-
建築	H18	106	-
建築	H18	79	-
機械	S48	48	(空調)ダクト、配管、(自動制御)計装図、結線図、(衛生)配管[給水、防火、排水・通気、給湯・ガス]
機械	S48	11	空調、衛生
機械	H18	87	(空調)エアバランスフロー図、ダクト、配管、(衛生)給水、雑用水、給湯・ガス、排水・通気、消火、(制御)計装図、集中監視、(動力二次)結線図
機械	H19	94	(空調)エアバランスフロー図、ダクト、配管、(衛生)給水、雑用水、給湯・ガス、排水・通気、消火、(制御)計装図、集中監視、(動力二次)結線図、(中央監視)システム構成図
電気	S48	67	送電、幹線、結線図、弱電、火災報知
電気	S49	17	幹線、結線図
電気	H18	71	結線図、リモコンスイッチ、幹線、情報通信、拡声、火災報知、受変電結線図、蓄電池、電気室動作フロー、外線図
電気	H19	68	結線図、幹線、通信、拡声、火災報知、変電、中央監視

5. 抽出データのグラフによる配置

次に、BIMモデルから抽出されたデータに記載される要素のElementIDを用いてノードとエッジの集合として表現した。機械設備の系統図においては、グラフ表現を用いた取り組みが見られ、3Dモデルを自動生成するのに用いるもの⁵⁾、類似の図面を検索するもの⁶⁾などが挙げられる。グラフとして要素を表示するには、統計用ソフトのネットワーク解析用パッケージ^{注4)}を用いた。

ソフトウェアにデータを読み込むにあたって、各要素のElementIDをノードとし、接続する場合の要素のElementID同士の繋がりをエッジとした。そして、表示をみやすくするために、読み込んだグラフに対して無向グラフの選択を行った。その後、パッケージが持つ自動レイ

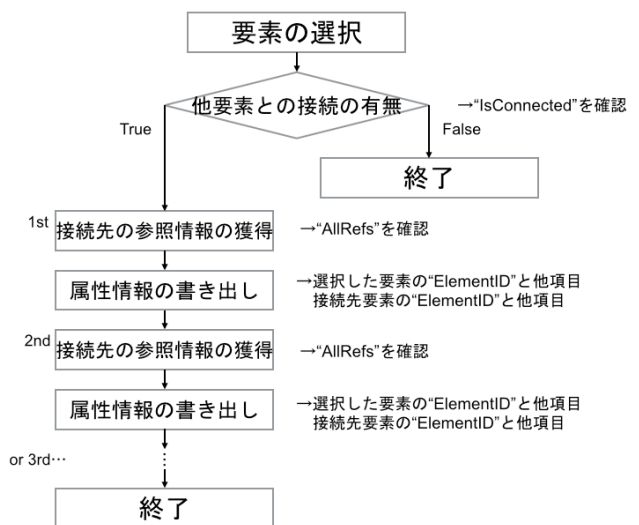


図1 要素の属性情報抽出のフロー

表3 各カテゴリの数量

名称	数量
ダクト	1,001
フレキシブルダクト	1
ダクト継手	653
エアターミナル	108
機械設備	36
配管	2,194
フレキシブル配管	1
配管継手	1,103
衛生器具	20
スプリンクラ	0
ケーブルラック	15
ケーブルラック継手	1
電線管	9
電線管継手	3
配線	69
電気器具	89
電気設備	0
照明器具	28
照明装置	0

表4 ノードとエッジの数量

名称	数量
ノード(ダクト関係)	1,800
エッジ(ダクト関係)	2,674
ノード(配管関係)	3,319
エッジ(配管関係)	5,670
ノード(ケーブルラック関係)	16
エッジ(ケーブルラック関係)	1
ノード(電線管関係)	12
エッジ(電線管関係)	6
ノード(配線関係)	186
エッジ(配線関係)	275

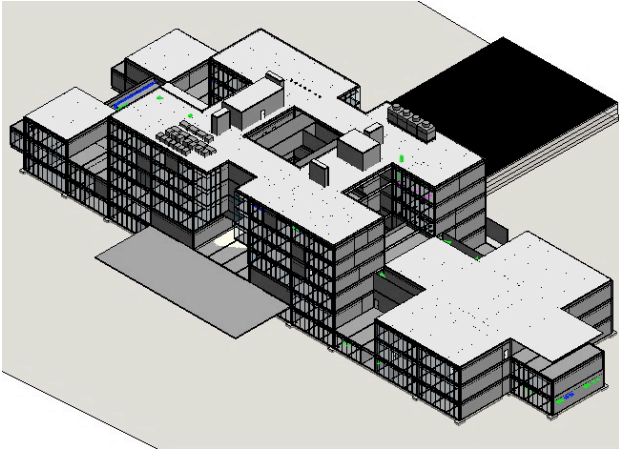


図2 BIMモデルの外観（全体）

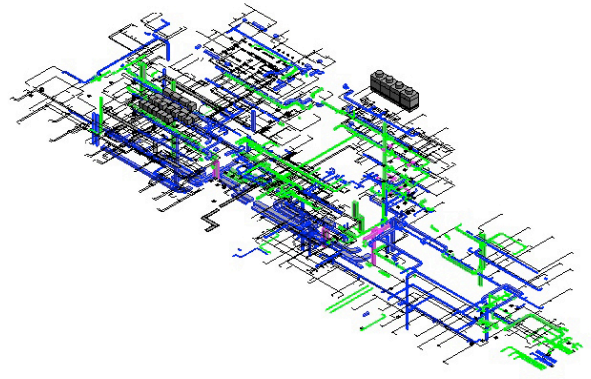


図3 BIMモデルの外観（機械・電気）

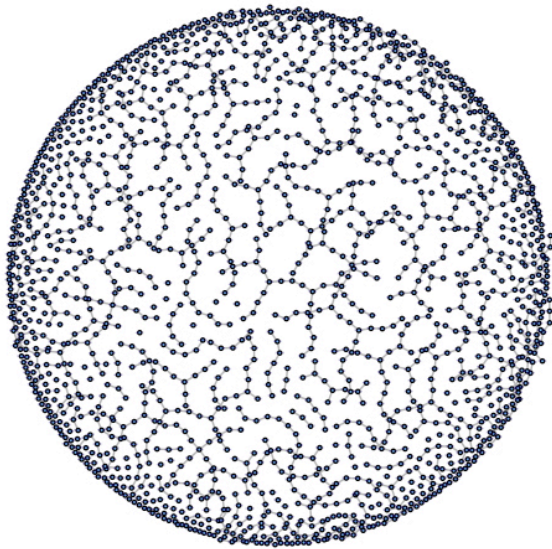


図4 グラフ（ダクト関係）

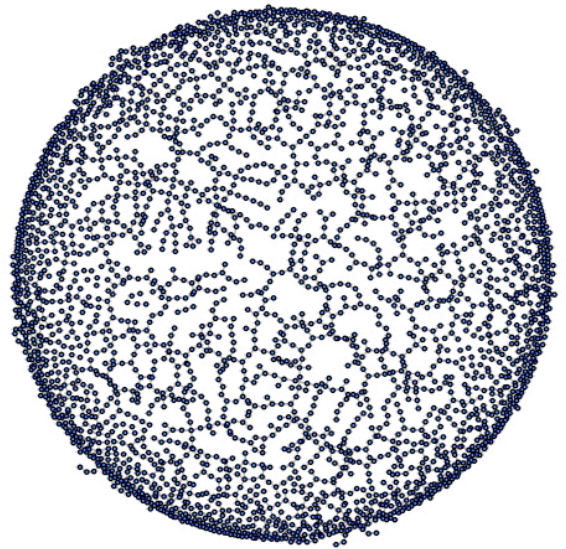


図5 グラフ（配管関係）

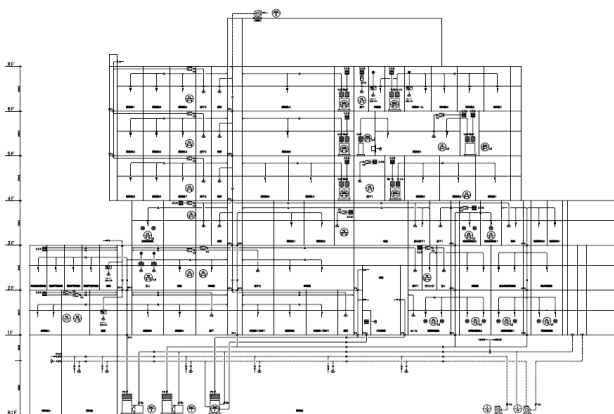


図6 空調設備 ダクト系統図（機械 H18 より）

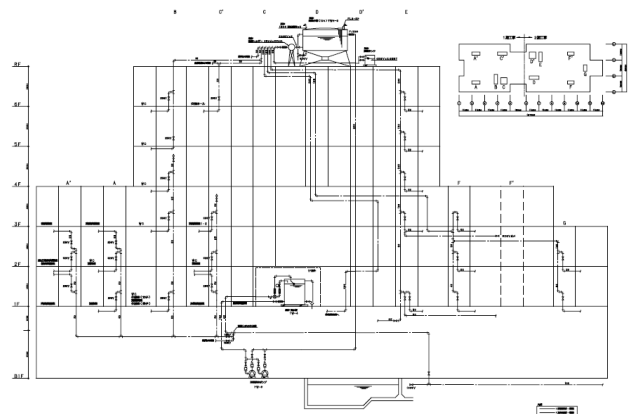


図7 衛生設備 配管系統図（機械 H18 より）

アウト機能の中で、ノード同士が重ならないように配置されるものを選択して表示した。その結果、ダクト関係のグラフが図4、配管関係のものが図5の通りに表示された。

作成したグラフのノードとエッジの数量を表4に示す。これらは作図途中のデータ^(注5)ではあるが、機械設備や電気設備などの設備は数量が少ないという傾向が捉えられる。一方、ダクトや配管、ケーブルラック、電線管、配線など経路となる要素の数量は膨大なものとなる。エアターミナルや衛生器具、照明器具、電気器具等の数量はそれらの中間に納まる傾向として捉えられた。このことから、要素同士のつながりをエッジとすることによりネットワークを表現する場合は、カテゴリ間の数量の違いを考慮に入れる必要があると考える。

6. 既存図書の系統図との比較

最後に、既存の設計図書に含まれる系統図との比較を行った。参考として、機械 H18 の図面からダクト系統図を図6、給水に関する配管系統図を図7に示す。

既存の設計図書を確認すると、要素の配置が断面図に近い位置関係で表現される。また、大量のダクトや配管、それぞれの継手は線分として、機械設備やエアターミナルなどはシンボルとして表現される。そして型番が近くに付される。これらはノードとそのラベルに属性情報を反映させることで表現が行えると考える。一方で、機械設備周辺には細かい装置の配置が確認でき、例えば仕切弁や温度計、メーターなどがあるが、ソフトウェアのライブラリに存在しないものも見られた。

また、ダクトや管ごとの区別が見られた。送気や排気、温水や冷水、給水や排水、消防などで区別される。そして、機器や配管の近くにラベル表記が見られた。サイズやスペックの記載などが見られる。これらはエッジとそのラベルに属性情報を反映させることによって表現が行えると考える。

ノートとエッジ以外では、階数や階高、部屋名など建築空間に関連する記載が見られた。また、衛生の系統図では、平面図における手前と奥で配管や衛生器具が重なる部分があるが、見やすくするためにこれら重複するものを左右にずらして再配置する操作が見られた。

7. まとめ

本報告では BIM モデルから接続情報を基に、接続する要素同士の属性情報をテキストデータとして抽出し、要素の ElementID をノードとしたグラフとして配置するところまでを扱った。配置は各ノードが重ならないことを優先した。抽出したデータからは機械設備図のネットワークを再構成できることが確認できた。また、BIM モデル作成の途中でもデータを抽出することができるため、作図の進捗を確認する目的にも使用することができる。

今後の課題は、既存の系統図に表現を近づけていくことである。既存図書との比較から、座標値をノードに反映させること、管の種類をエッジに反映させること、サイズやスペック等をラベルへ反映させることで系統図に近いものになると考える。また、ノードやエッジに属性情報を反映させること以外のデータ処理についても検討したい。

BIM による設計図書の電子データ化は、3D データにて各要素の正確な位置とサイズを保持する点が特徴的である。しかし、既存建築ストックの維持更新を想定した検討は発展途上である。系統図を生成する手段が実現することによって、既存の図書と近いかたちにて BIM が活用できる点で、維持管理の場面においてもより使いやすいものになると考える。

[注]

注1) 3D モデル作成には Autodesk Revit 2012 を用いた。

注2) 要素が保持する属性情報の探索には Autodesk Revit 2012 の SDK に含まれるプラグイン Revit LookUp を用いた。

注3) カテゴリの名称はソフトウェア Autodesk Revit 2012 にて採用されるものを用いている。

注4) 要素同士のつながりの表示はネットワーク分析用のパッケージ igraph を用いて統計解析ソフト R 内にて行った。

注5) 表3と表4の数値は作図途中のデータにおけるものである。また、分野によって作図進捗が異なり、空調や衛生が他分野に比べて進捗度が高い。

[参考文献]

- 1) 国土交通省大臣官房官庁営繕部：「BIM ガイドライン」の策定とその運用について，国土交通省 報道発表資料，2014.03
- 2) 松林道雄，渡辺俊：既存建築ストックの維持更新に向けた BIM による設計図書電子化の検討 -筑波大学の施設を題材として-，日本建築学会技術報告集，第 20 巻 第 45 号，pp.795-798，2014.06
- 3) 文部科学省大臣官房文教施設企画部：“国立大学法人等施設実態報告書 平成 25 年度”，文部科学省 国立大学法人等施設の実態，http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/kokuritu/_icsFiles/afidfile/2013/08/30/1297929_1.pdf，(参照 2014-08-29)
- 4) 一般社団法人建設業振興基金 設計製造情報化評議会：“BE-Bridge とは”，設計製造情報化評議会 C-CADEC，http://www.kensetsu-kikin.or.jp/c-cadec/be_bridge/teigi.html，(参照 2014-09-29)
- 5) 池平怜史，木村元：機器配置図・系統図に基づく配管自動設計手法の開発，日本船舶海洋工学論文集，第 9 号，pp.223-229，2009.06
- 6) 脇本浩司，島光秀，田中聡，前田暉：グラフ表現を利用した図面の類似検索方式，電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol.J77-D-II No.7，pp.1302-1310，1994.07

*1 筑波大学大学院システム情報工学研究科 博士後期課程

*2 筑波大学システム情報系 教授 博士(工学)