

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24360252

研究課題名(和文)既存施設群の維持・運用情報マネジメントのためのBIM導入手法の構築

研究課題名(英文)Method of Information Management using BIM for Operation and Maintenance of Existing Buildings

研究代表者

位寄 和久 (IKI, KAZUHISA)

熊本大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：00244103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,600,000円

研究成果の概要(和文)：施設の戦略的な維持管理のためには、あらゆる維持管理情報の一元化が必要である。本研究では、BIMの概念に対応した3DCADによって構築した建築情報モデルを、リレーショナル3Dデータベースとして維持管理業務で活用する実践的手法を提案した。具体的には、a) 既存施設維持管理に必要な情報を建築情報モデル内で一元化する手法、b) 維持管理者が建築情報モデル内の情報を利活用する手法、c) 建築情報モデル内の情報及び3Dモデル形状を作成・メンテナンスする手法、の3点について提案した。極めて基礎的な研究であると言えるが、BIMを活用したFMにおける次世代情報マネジメントの構築に寄与すると考える。

研究成果の概要(英文)：For strategic building operation and maintenance, it is important to grasp the conditions of the building in detail and integrate them. In this research, we proposed the practical method which utilize building information model produced by BIM tool for relational 3D database in building operation and maintenance.

a) Method to integrate information for operation and maintenance of existing buildings into building information model. b) Method for maintenance manager to use building information model in his work. c) Method for maintenance of attribute information and geometry of building information model.

The result of our research will contribute to building new method of information management in FM.

研究分野：建築計画、都市計画

キーワード：FM 維持保全 運用管理 BIM 3DCAD データベース インフラ 建築情報モデル

1. 研究開始当初の背景

近年、社会環境の変化や地球環境問題の深刻化から、社会資本ストックの有効活用の必要性が高まっている。その手段の一つとして、既存建物の計画的な維持保全による物理的長寿命化や良質な利用環境の提供（維持保全）、効率的な施設運用によるスペースや備品の有効活用（管理運用）の実施がある。そのためには、維持管理会社や組織内の営繕担当部署、その関係部署（以下、維持管理者）が、対象となる全施設の維持管理に必要な最新の状態の情報を把握・分析し、利活用する必要がある。しかし、そのような情報マネジメントを実現するためには、以下の問題がある。

- a) 施設群の維持管理に必要な情報が分散している：通常、施設の維持管理に必要な情報は、図面、財産管理台帳、水光熱費台帳、清掃発注履歴、修繕・改修発注履歴、劣化診断報告書、LCC 試算報告書、室利用台帳、備品管理台帳など、異なったフォーマットでかつそれら業務の直接窓口となる異なった部署が所有している。このことが、維持管理情報全体や維持管理情報間の関係の把握の障害となっている。
- b) 施設群の維持管理に必要な情報が最新の状態で維持されていない：維持管理情報を管理する主体によって、最新状況の反映スピードはまちまちである。例えば支払いが絡む財務系の情報は受発注のシステムにより、常に最新の情報に維持されている。一方、情報のタイムラグがすぐさま大きな影響を及ぼさない室利用情報は、調査を実施した時しか更新されないということも少なくない。建物の図面は竣工時や大規模更新時のものしか保管されていないことが多い。

これらの問題が、維持管理者による総合的観点からの既存施設群の維持管理業務を阻害する原因となっていると考えられる。結果として、事後保全による機能性の低下や長寿命化の阻害、非効率なスペース運用、利用者満足度の低下等を招いている。また、90年代から様々な CAFM システムが開発されてきたが、システムの汎用性や柔軟性の欠如、3D 空間情報を扱えないという問題のために、十分に世の中に浸透していない。

一方で、建築 CAD 分野に目を向けると、建築部材に関する様々な情報（部材種別、素材、体積、コスト、製造情報など）を部材の 3D 形状と関連付けて管理する Building Information Modeling (BIM) の概念に基づいて開発された新しい 3DCAD (以下 BIMCAD) が設計や施工業務を中心に浸透しつつある。この新しい CAD により作成されたモデル（以下建築情報モデル）は「リレーショナル 3D データベース」とも呼ばれ、データの統合化・視覚化能力において FM 分野での活用に多大な期待が寄せられている。建物の 3D 形

状の各部材に維持管理に関する各種情報を格納して建築情報モデル (3D データベース) を作成し、建築情報モデルが持つデータの統合能力・3D 視覚化能力を生かした情報マネジメント手法が確立できれば、前述した問題 a) b) を解決することが期待できる。

2. 研究の目的

「建築情報モデルを活用して、既存施設群の維持管理に必要な情報をマネジメンする手法」を構築することを本研究の目的とする。具体的には、以下の 3 点について提案する。

- a) 既存施設維持管理に必要な情報を建築情報モデル内で一元化する手法を構築する。
- b) 維持管理者が建築情報モデル内の情報を利活用する手法を構築する。
- c) 建築情報モデル内の情報及び 3D モデル形状を作成・メンテナンスする手法を構築する。

これは、FM における新しい情報マネジメント手法の確立に向けた基礎的研究である。なお、設計や施工の際に建築情報モデルが作られる新築施設ではなく、あらたに建築情報モデルを整備する必要のある既存の施設群を研究対象とする。

3. 研究の方法

FM における新しい情報マネジメント手法の確立にとって実践データは理論構築、理論検証の上で不可欠である。

そこで本研究では、申請者らが所属する熊本大学施設部及びその他部署が保有する維持管理実績データの提供を受け、主にそれらをケーススタディとして研究を進める。なお、当該大学の全施設数は規模の小さなものまで含めて 250 棟余り存在する。そのうち、規模や役割的に主要なもの 100 棟程度を対象に建築情報モデルとして入力する。

本研究の進め方の大きな流れを以下に示す。

1. 建築情報モデルへの施設維持管理情報の格納方法の検討
2. 熊本大学施設 (全 250 棟中、約 100 棟) を対象とした建築情報モデル (リレーショナル 3D データベース) の構築
3. 3D データベース利活用手法の検討

建物維持管理における建築情報モデルを活用した情報マネジメント手法の概要を図 1 に示す。基本的には市販されている BIMCAD の基本機能を活用することとする。なお、カスタマイズの柔軟性、データベースとしての専門性、普及の程度を考慮し、BIMCAD としてオートデスク社の Revit を利用する。また、分散しない、それだけで完結したリレーショナル・データベース構築が可能であるという、従来の CAFM にはない建築情報モデルの特徴を生かすため、できる限り BIMCAD 外部にデータベースを作成しないことを方針とする。

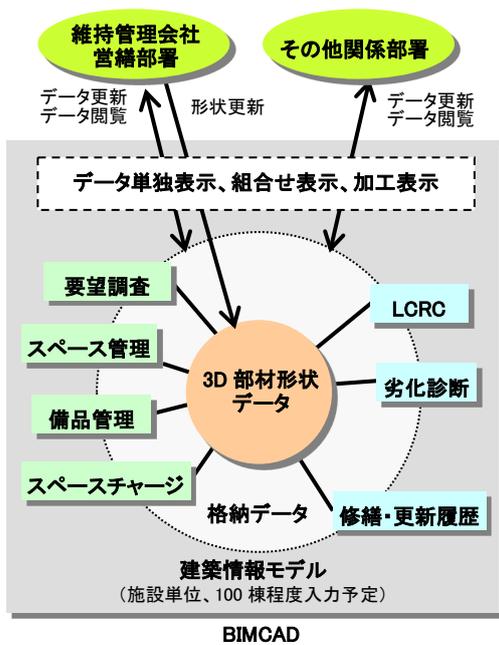


図1 建築情報モデルを活用した情報マネジメント手法

4. 研究成果

(1) 必要資料の入手と事前調査

ケーススタディの対象とする施設を熊本大学施設から選定し、本申請研究で取り扱いを想定している施設維持管理に関連する情報や図面を施設部やその他関係部署から入手した。それらを対象に、どんな情報が含まれているのかを調査し、整理した。また、BIMを用いたFMや維持管理に関する文献・資料などを調査した。

(2) 維持管理情報を建築情報モデルで一元化する手法の構築

はじめに、既存建物や大学キャンパスの外構（樹木、駐車場、駐輪場、屋外構造物）、地中埋設物（共同溝、配管）などのインフラ等、大学キャンパス全体のモデリングと建築情報モデル構築手法の検討を行った。竣工図面やその後実施された工事の図面を手がかりに BIMCAD に入力する方法を検討した。また、建築情報モデルの各部材、スペースに格納する維持管理情報の特定及び格納方法の検討を行った。事前調査で入手した膨大な情報から、どれが維持管理上必要かという観点から建築情報モデルへ格納する情報を選別し、情報の種類ごとに最適なプロパティテーブル（情報を格納するルール）を設計した。履歴をどのように扱うかが一番の問題であったが、BIMCAD の仕様と同様に属性情報にあえてヒエラルキーを持たせずに、属性名で解決することを提案した。

具体的には、以下の5つの維持管理業務への適用を念頭に、情報を付帯させることとした。

- ① LCRC の算定（精算法による算定、独自構築した推定式による算定）（図2）

- ② 室利用状況の把握を中心としたスペースマネージメント（図3）
- ③ スペースチャージの算定（表1）
- ④ 建築設備（機械、電気、衛生）やインフラの修繕更新履歴の記録
- ⑤ 備品（IT機器）の管理（図4）

また、複数の維持管理業務に対応する建築情報モデルの構築を目指し、モデリングの緻密さ（LOD: Level of detail）を3段階設定した（表2）。各レベルのモデル作成指針を提案し、それがカバーする維持管理業務を整理した。

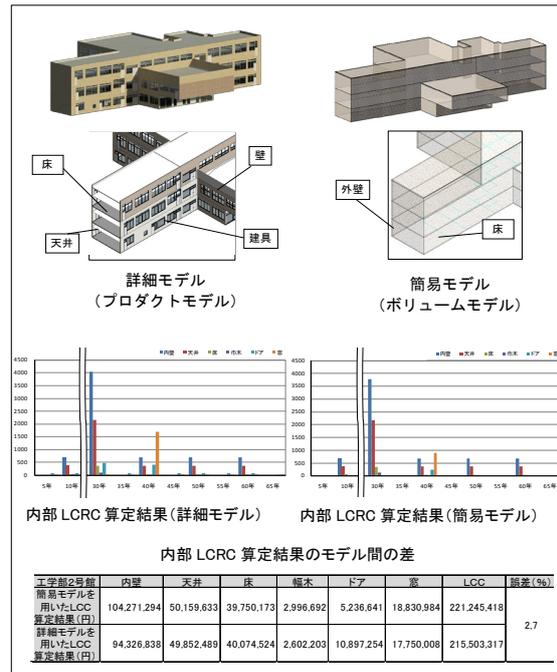


図2 LCRC算定のための詳細モデルと簡易モデル

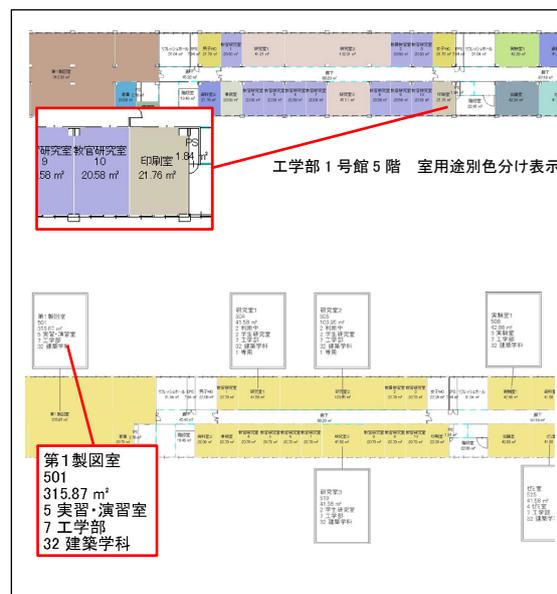


図3 図面上への室情報の表示、塗り分け

表 1 スペースチャージ算定手法と算定結果

スペースチャージ算定方法

対象面積 分類		スペースチャージ算定方法	
		建築数別	用途別
標準面積	ケース1	課金対象面積 × 平均㎡単価(建築別)	ケース3
	ケース2	ケース4	課金対象面積 × 平均㎡単価(用途別)
専有面積	チャージ料金(建築別) × 専有面積(建築別)	チャージ料金(用途別) × 専有面積(用途別)	

スペースチャージ算定結果(14棟、ケース4)

学科名	教員研究室	学生研究室	実験・演習室	研究支援	計(算定額)
物質生命化学科	1,446,000	738,720	8,341,770	1,090,800	11,617,290
マテリアル工学科	891,360	844,992	5,048,610	596,592	7,381,554
機械システム工学科	2,637,360	3,802,869	7,487,910	895,104	14,823,243
情報電気電子工学科	3,183,000	4,536,243	12,028,350	1,026,000	20,773,593
数理工学科	471,000	0	117,000	340,200	928,200
社会環境工学科	1,928,400	3,352,860	5,640,060	827,604	11,748,924
建築学科	1,249,000	1,806,300	5,419,320	691,200	9,164,730
計	11,805,120	15,081,984	44,083,020	5,467,500	76,437,534

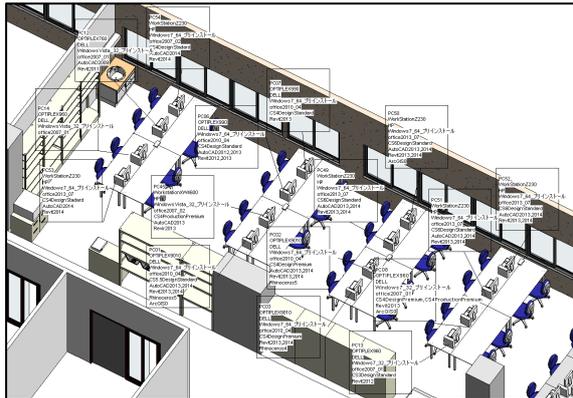


図 4 備品(IT機器)の管理

表 2 建築情報モデルの維持管理業務別 LOD

階層	モデル名	構成要素	対象業務	モデルイメージ
1	初期プロジェクトモデル	・部屋	・スペースマシニング ・各種調査(利用状況、有効活用、省エネ) ・スペースチャージ算定(底層種別) ・設備維持保全(設備、演出設備の有無)	
2	階層モデル	・部屋 ・柱 ・天井 ・大井 ・階段 ・設備機器(エス) ・外壁 ・内装	・スペースマシニング ・各種調査(利用状況、有効活用、省エネ) ・スペースチャージ算定(精度向上) ・設備維持保全(調査、演出設備の位置) ・建築維持保全(施設)	
3	連携モデル	・部屋 ・柱 ・天井 ・大井 ・階段 ・外壁 ・内装 ・設備機器(設備) ・設備機器(設備)	・スペースマシニング ・各種調査(利用状況、有効活用、省エネ) ・スペースチャージ算定(精度向上) ・設備維持保全(設備、演出設備の位置) ・建築維持保全(施設) ・設備機器(設備)	

アンダーラインは前階層より増加したものを示す

(3) 建築情報モデルの構築と維持管理情報の格納(入力)

提案手法のケーススタディとして、熊本大学黒髪南キャンパス(工学部、理学部)の建物を対象に、LODに基づきモデリング及び維持管理業務に必要な属性情報を付帯した。同キャンパスの大半の建物は精度の低いモデルで作成し、一部の建物は精度の高いモデルとした(図5)。

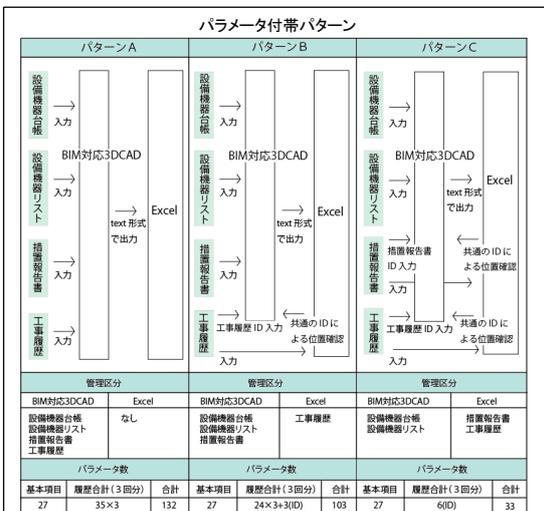


図 5 熊本大学黒髪南キャンパスの建築情報モデル

(4) 維持管理者が建築情報モデル内の情報を活用する手法の構築

はじめに、維持管理情報の BIMCAD 内での表示方法の検討を行った。3D モードでの選択部材の情報表示、スプレッドシート形式での一覧表示を基本的な情報閲覧手法として考案した。

次に維持管理情報を登録・編集する方法について、検討を行った。実用的手法確立のために、建築情報モデルから書き出した属性情報を、表計算ソフトを併用することで管理する方法を提案した。全て BIMCAD で行う手法から、基礎情報以外の大部分を表計算ソフトで管理する手法まで9パターン考案し、それぞれのメリット・デメリットを考察した(図6)。ここでのケーススタディでは、特に建築設備に焦点を当てて、ワークフローを提案した。



モデルとパラメータ付帯パターンの組み合わせ

外部データベースのExcel利用率増加	パラメータ付帯パターン		
	付帯パターンA	付帯パターンB	付帯パターンC
上 B で 1 がの M 容異列 属性に 構 3 なる D なる C 表 A 示 D	建築情報モデル モデルA 部屋モデル+部屋オブジェクトモデル	手法1	手法2
	モデルB 建具無モデル+設備ボリュームモデル	手法4	手法5
	モデルC 簡易建具モデル+設備詳細モデル	手法7	手法8
		手法3	手法6
		手法9	手法9

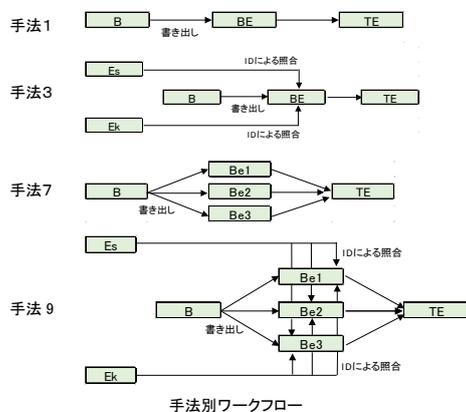


図 6 建築情報モデルの活用手法

さらに、大規模更新等で 3D モデル形状が変わった際にも問題なく属性情報が引き継

ることができるよう、表計算ソフトで管理している属性情報を BIMCAD 上で建築情報モデルへ戻すフローを提案した。

また、IT 機器を対象とした備品管理のケーススタディにおいて、タブレットなどの携帯型端末の活用により、維持管理情報へアクセスするハードルを下げる検討を行った(図7)。

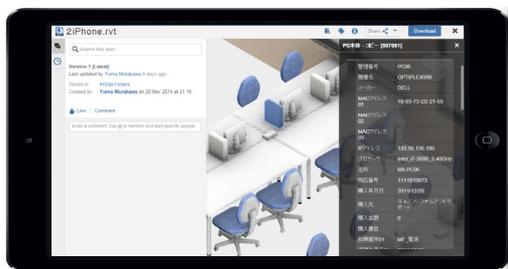


図7 携帯型端末を用いた維持管理情報の閲覧

(4) 研究の成果と今後の展望

本研究では、BIMCAD によって構築した建築情報モデルをリレーショナル 3D データベースとして維持管理業務で活用する実践的手法を提案した。極めて基礎的な研究であると言えるが、BIM を活用した FM における次世代情報マネジメントの構築に寄与すると考える。

BIMCAD は設計業務を目的とした専門性が高いツールであるため、FM での活用には様々な障害がある。建築情報モデルをデータベースとする操作性に優れた FM ビューワーを開発し、誰もが簡単に建築情報モデルが扱える作業環境の開発が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計9件)

- ① 井崎梨那、位寄和久、大西康伸、弟子丸諒介、安川晃生、「大学学生研究室におけるPC配置に着目したフリーアドレスに関する研究」、日本建築学会研究報告九州支部、査読なし、第54号3、pp. 157-160、2015. 3、熊本
- ② 水上堯之、大西康伸、位寄和久、「設備維持保全業務における建築情報モデルの利用方法の提案ーキャンパス FM 業務モデルに関する研究ー」、日本建築学会第37回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(DVD)、査読有り、pp. 67-72、2014. 12、東京
- ③ 井手裕哉、位寄和久、大西康伸、木村龍之介、前崎裕子、「設備維持管理業務を対象範囲に加えた建築情報モデルの階層構成ーキャンパス FM 業務モデルに関する研究 その36ー」、日本建築学会研究報告九州支部、査読なし、第53号3、

pp. 9-12、2014. 3、佐賀

- ④ 木村龍之介、位寄和久、大西康伸、前崎裕子、「複数の維持管理業務を対象とした建築情報モデルの階層構成ーキャンパス FM 業務モデルに関する研究ー」、日本建築学会第36回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(DVD)、査読有り、pp. 19-24、2013. 12、東京
- ⑤ 木村龍之介、位寄和久、大西康伸、前崎裕子、「BIMによる複数の維持管理業務を対象とした建築情報モデルの階層構成ーキャンパス FM 業務モデルに関する研究 その43ー」、日本建築学会大会学術講演梗概集、査読なし、F-1、pp. 35-36、2013. 8、北海道
- ⑥ 水上堯之、位寄和久、大西康伸、前崎裕子、「BIMによるキャンパス施設のスペースチャージ算定手法に関する研究ーキャンパス FM 業務モデルに関する研究 その42ー」、日本建築学会大会学術講演梗概集、査読なし、F-1、pp. 29-30、2013. 8、北海道
- ⑦ 水上堯之、位寄和久、大西康伸、長曾我部真裕、前崎裕子、「BIMによるキャンパス施設のスペースチャージ算定手法に関する研究ーキャンパス FM 業務モデルに関する研究 その33ー」、日本建築学会研究報告九州支部、査読なし、第52号3、pp. 5-8、2013. 3、大分
- ⑧ 前崎裕子、大西康伸、位寄和久、長曾我部真裕、「BIM対応3DCADによる既存施設のスペース情報管理に関する研究ーキャンパス FM 業務モデルに関する研究ー」、日本建築学会第35回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(DVD)、査読有り、pp. 91-96、2012. 12、東京
- ⑨ 前崎裕子、位寄和久、大西康伸、長曾我部真裕、「BIMによる既存施設のスペース情報管理に関する研究ーキャンパス FM 業務モデルに関する研究 その36ー」、日本建築学会大会学術講演梗概集、査読なし、F-1、pp. 17-18、2012. 9、名古屋

6. 研究組織

(1) 研究代表者

位寄 和久 (IKI, Kazuhisa)
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：00244103

(2) 連携研究者

大西 康伸 (ONISHI, Yasunobu)
熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号：20381006

下田 貞幸 (SHIMODA, Sadayuki)
熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学科・教授
研究者番号：10259971