

BIM を用いたファシリティマネジメントに関する事例研究

Case Study on the Facility Management by Utilizing BIM

三重大学大学院工学研究科建築学専攻 加藤研究室 関俊祐

第1章 序章

1-1 研究の背景

我が国における BIM (Building Information Modeling) の普及は、2009 年の「日本の BIM 元年」を機に一部の大手設計事務所や総合建設会社の研究目的、実証実験として急速に広まり、今日では中小企業や工務店にも広がりを見せている¹⁾。国土交通省官庁営繕部では、設計・施工から維持管理に至る過程で一貫して BIM を活用することが、施設整備・保全に係る行政コストの削減、官庁施設の品質確保、及び官庁施設における顧客満足度の向上に資すると考えており、2010 年 3 月に「BIM 導入宣言」を行い、官庁営繕事業の基本設計段階において BIM を導入したプロジェクトの施行を実施した²⁾。BIM モデルの特徴は 3 次元の形状情報と属性データを持つことでライフサイクル全ての段階で活用が図れることであり、FM 活用としては、従来活用している FM システムの初期データとして BIM を活用する BIM-FM データ連携と、建物の運営段階での BIM 活用の 2 つの側面が存在する。発注者、設計者、施工者、利用者のステークホルダー間の相互理解が進み、ファシリティにとって最適な環境が早期に実現されることが望ましい。

1-2 研究の目的・方法

本研究では、国内外の BIM-FM 連携の事例を調査し、三重大学工学部建築学科における BIM 教育、三重大学附属図書館、小児専門病院における BIM を用いた FM 事例について分析を行い、施設を有効・適切に計画・管理・運営するための知見を得ることを目的とする。

国内外の BIM を用いた FM 事例について文献や関係する企業の HP を調査し、現状を把握した。また、建築学科の授業における取り組みを TA として参加しながら学年別習熟度について調査した。また、附属図書館、小児専門病院への視察調査やアンケート調査、BIM モデルの作成を行い、今後の BIM 活用 FM の影響とその可能性についての検討を行う。

1-3 論文の構成

論文の構成を図 1 に示す。第 2 章では、国内外の BIM を用いた FM の事例について文献を基に分析を行い、第 3 章では、三重大学工学部建築学科で行われている BIM に関する講義および設計課題についてまとめ、BIM に関する課題を取り扱った PBL 授業について、発表成果物やアンケート調査を基に分析を行う。第 4 章では、2012 年度の改修工事でラーニングコモンズを導入した三重大学附属図書館について、現在のゾーニングに至るまでのプロセスや管理・運営状況を調査するとともに BIM を用いたウェイファインディングに関して考察を行う。第 5 章では、小児専門病院の救急棟増築プロジェクトにおいて BIM を用いて設計者、施工者、病院側との意思疎通が取られた事例を

調査し、BIM の設計・施工時の利用および竣工後の施設維持管理への考察を行う。第 6 章では、PICU の管理・運営状況・ファミリーセンタードケアの実践内容について調査を行い、医療機器配置・スタッフ動線の調査を基に、BIM を用いてベッド周りの作業領域の検討を行う。第 7 章では、第 3・4・5・6 章の考察を踏まえ、今後の展開について考察する。

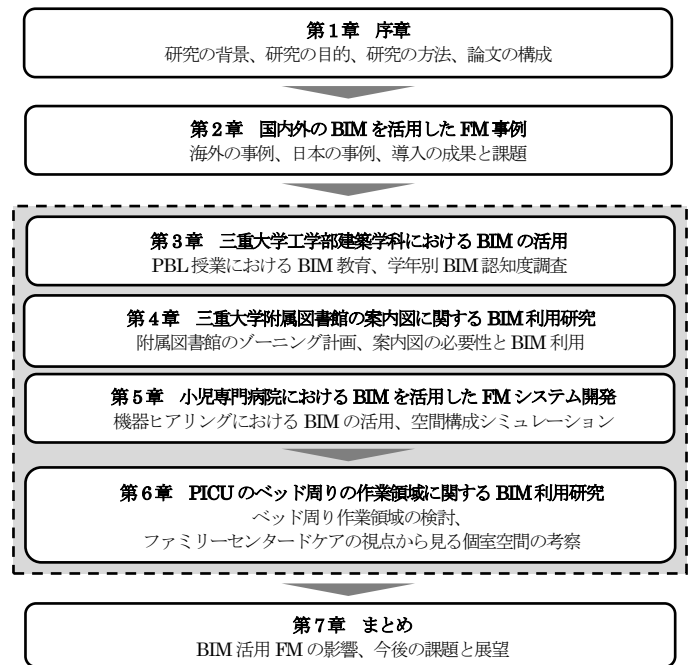


図 1 論文の構成

第 2 章

2-1 国内外の BIM 活用 FM 事例

国内の事例として、東京都に位置する NTT ファシリティーズ新大橋ビル、加賀電子本社ビル、国外の事例として米国のザビエル大学および南カリフォルニア大学について BIM を利用した FM 事例を調査した。

BIM を FM へ導入する上で、プロジェクトの開始時に BIM を用いて設計する点と BIM モデルを FM に用いる点を明確化している事が明らかとなった。BIM を用いることの利点は、設計者・施工者に対してこれまで多く挙げられているが、BIM を導入する事への理解を建築主に示すために FM 的視点を盛り込むことは、これからのプロジェクトにおける BIM 導入に欠かせない考え方になると言える。

また、BIM をプロジェクトに導入し FM へ活用する際には、意匠・構造・設備がそれぞれで使用しているソフトウェア、データ入力形式の違いがネックになっていることが伺える。データ容量の大きい BIM データのうち、どのデータを FM へ取り込むか等を含めて、プロジェクトの早期段階におけるステークホルダー間の合意形成が今後も課題になると考えられる。

第3章 建築学科における BIM 教育

3-1 建築学科の PBL と BIM の導入

大学における学習空間の在り方は、PBL (Problem Based Learning : 問題発見解決型学習) と呼ばれる学生主体の教育方法の導入により大きな変化を迎えている。高等教育における教育方法の変化により、今日では PBL が世界中で導入されている。PBL は 1960 年代後半にカナダのマックマスター大学の医学部で初めて実施された。三重大学においては、2005 年の HEDC (Higher Education Development Center : 高等教育創造開発センター) 設立以降、医学部より順に PBL が導入されており、建築学科では 1 年前期必修科目「4つのカスタートアップセミナー」、1 年後期必修科目「建築計画I (以下: AP1)」、2 年後期必修科目「建築経営工学I (以下: FM1)」、3 年後期選択科目「建築経営工学II (以下: FM2)」に導入されている。

BIM 教育としては、3 年次の必修科目である建築家職能論の授業において BIM 設計の特徴やメリットについて国内外の実例を交えながら授業に取り入れている。建築家職能論は隔週開講であり、BIM 教育はそのうちの 1 授業で行われる。2013 年度より 3 年後期の選択科目である建築設計製図IVの病院設計課題において BIM を用いた設計が推奨され、次年度以降は BIM データの提出が義務化された。病院設計で BIM を活用した学生の中には、4 年次の建築企画設計において BIM を用いて医療施設を設計する学生も見られた。

3-2 PBL 教育への BIM 導入

三重大学における BIM 教育は、これまで 3 年生以上が対象であった。しかし、近年の BIM 普及の機運の高まりを受け、2016 年度より AP1、FM1、FM2 のそれぞれの第二課題で BIM をテーマとした。AP1 では「BIM と建築計画」FM1・FM2 では「BIM と FM」をテーマとした。第一課題として AP1 では「有名建築家の住宅」、FM1・FM2 では「FM」をテーマとして既に PBL 型の授業に取り組んでいる。授業の流れは、第 1 回に教員からのミニレクチャーを経て、各自で詳細なテーマ設定・グループディスカッションを開始し、第 2 回では各自が収集した情報を基にグループディスカッションを展開、第 3 回に各グループが発表を行う構成となっている。また、グループ分の PC やプロジェクター、電子黒板を整備し、BIM に関する書籍を 9 冊用意して学生への貸し出しを行った。

3-3 学年別の BIM 認知度に関する調査

最終プレゼンテーション終了後に「BIM への理解度」「今後の設計課題で BIM を利用したいか」「利用しやすそうだと感じた BIM ソフトウェア」についてアンケートを行ったところ、全学年の 9 割以上が BIM への理解をある程度示しており (5 段階評価で 3 以上)、今後の設計課題で BIM を利用したいと考える学生は 1・2 年で 7 割、3 年で 5 割程度であった。また、利用しやすそうだと感じた BIM ソフトウェアについては、1 年生は日本製であるという理由から GLOOBE を選択する学生が 2 割、3 年生は既に周辺で使用している学生がいるという理由から ArchiCAD を選択する学生が 7 割近く見られた。

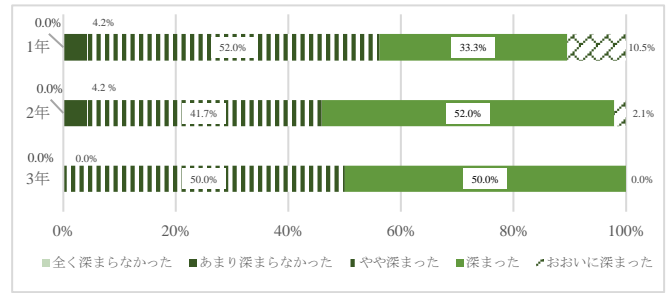


図2 アンケート調査「BIM への理解度はふかまったか」

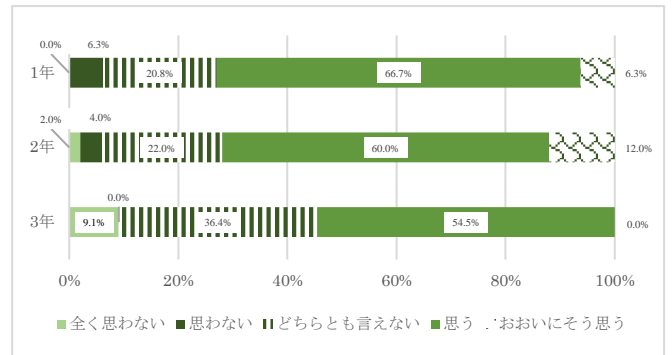


図3 アンケート調査「今後の設計課題で BIM を利用したいと思うか」

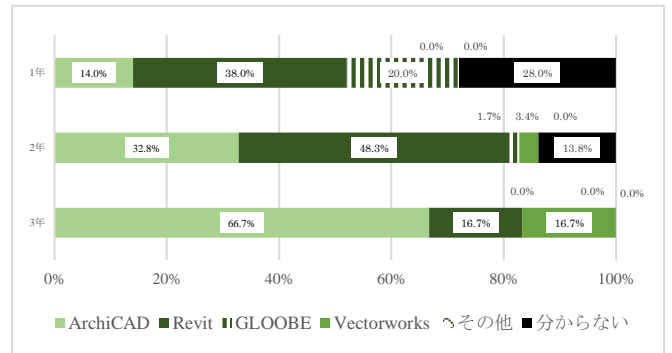


図4 アンケート調査「利用しやすそうだと感じた BIM ソフトウェア」

大学の教育に BIM を取り入れる場合、CAD との違いや設計課題で BIM を活用することの有用性、設計課題に用いる際の各 BIM ソフトウェアの特徴を解説する必要があると考えられる。BIM・FM の概念と病院計画について PBL で学習する事で、3 年次の設計課題、特に 3 年後期後半の病院設計への BIM 利用が期待される。

第4章 三重大学附属図書館の案内図に関する BIM 利用

4-1 案内図の必要性和 BIM 利用

建築空間において、ウェイファインディングは分かりやすさを論じる上で重要な概念である。初めて、もしくは数回しか利用したことのない施設を利用する上でウェイファインディングが果たす役割は大きく、特に図書館内での図書検索における効果的なウェイファインディングは課題の 1 つである。

現状の図書探索では、ウェイファインディングそのものではなく、空間把握のレベルで利用者への支援がなされている。そのため、空間を把握してから目的地にたどり着くまでは利用者

個人に委ねられる。図書館利用者は空間把握によって得られた情報から認知マップを創造し、自らでウェイファインディングを行う必要がある。図書館利用者にとって自己の認知マップを強化するための案内図は必要不可欠であり、そのために適切な案内図が求められる。

BIM を用いることで、設計段階では建具や設備などをウェイファインディングと一体的に、竣工後では什器の配置をウェイファインディングと合わせ多面的にシミュレーションが可能となる。附属図書館の BIM データから得られる各種の図面をもとにアンケート調査を実施し利用者のニーズを調査した。

4-2 案内図の BIM 利用に関するアンケート調査

アンケート調査では、附属図書館の BIM データから抽出した3次元の情報をもとに平面図、軸測投影図、透視図の3通り、またそれぞれに必要な最小限の情報を示した図と館内の写真を挿入した図の計6種類を作成し、附属図書館入口にてどの図が一番案内図として分かりやすいか人気投票およびアンケート調査を行った。一週間の調査で延べ188の投票が集まった。投票の内訳は図5に示す通りであり、Bの平面図(館内写真あり)が32%とDの軸測投影図(館内写真あり)の30%をわずかに上回る結果となり、いずれも館内写真ありの図の人気が高かった。3Dで表現することで「本棚の高さ等の感覚がつかみやすい」、「全体を捉えやすい」等の意見がある一方で「3Dは圧迫感とゴチャゴチャ感があって見づらい」、「壁があって見にくい」等の意見も見られた。3D表現では必要としない情報が多く含まれており、瞬時に情報を知りたい案内図には、3D表現において情報の取捨選択が求められる結果となった。館内写真においても、「実際の写真があるのが見やすい」という意見の一方「写真が多すぎる」、「写真によって案内図が見にくい」等の意見もあり、館内の主な利用者である学生が訪れる場所を優先し、サイズを抑えた写真の必要性が明らかとなった。

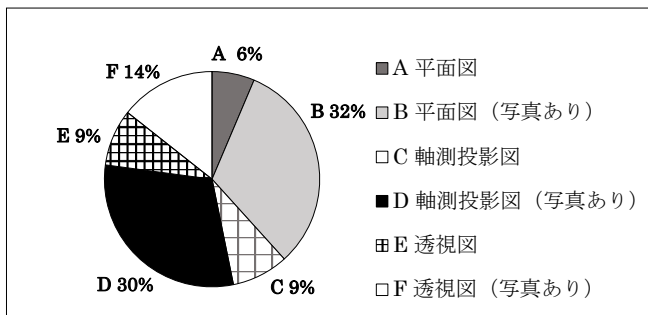


図5 アンケート調査「現在の案内図と比較してどの図が分かりやすかったか」

人が環境から得る空間表象は「サーベイマップ」と「ルートマップ」の二つに分類される。サーベイマップは目的地までの移動に地図のような俯瞰的なイメージ図を思い浮かべて行動するパターンであり、ルートマップは移動の際に主観的な視点から実際に見られるものを頼りにして目的地へ辿り着こうとする行動パターンである。人は成長過程でルートマップからサ

ーベイマップへと変容していくが、新たな環境に置かれた大人に対してはサーベイマップではなくルートマップが先行する報告がある³⁾。アンケート調査に用いた図面の種類では平面図が軸測投影図や透視図に対してサーベイマップとして俯瞰形式の図であり、館内写真がルートマップ的認知を支援する要素となる。調査の結果、平面図、軸測投影図、透視図の3種類全てにおいて館内写真ありの案内図に対する票が多く、軸測投影図や透視図と比較して平面図をより見やすいと回答する票が多かった。図書館内で案内図を必要とする利用者はルートマップで考察している場合が多く、サーベイマップを活用した俯瞰的な情報を提供することが求められる。

第5章 小児専門病院における BIM 活用 FM

5-1 あいち小児保健医療総合センター (以下: あいち小児センター) 救急棟増築における BIM 利用

あいち小児センターの救急棟増築プロジェクトでは、病院スタッフ、設計者、施工者、医療備品業者の間で行われる施工図確認に伴い医療機器の配置や数量、使用等を確認する機器ヒアリングへ BIM を用いた 3D モデルが活用された。BIM モデルには、既存棟から救急棟に移設する、または新調する物品情報が整理され、機器ヒアリングでは備品レイアウトの BIM モデルが活用された (建物 BIM は安井建築設計事務所・安井ファシリティーズ作成、医療機器 BIM は三重大学作成)。

5-2 空間構成のシミュレーション

図6はあいち小児センター救急棟 PICU を BIM 上で画像データに変換したものである。機器ヒアリングの際に使用した BIM モデルに照明や床材等の詳細な情報を付与することで実際の PICU とほとんど変わらないイメージを竣工前に表現することが可能となる。

あいち小児センターの既存棟には、オリジナルキャラクターのイラストが描かれている。今回増築される救急棟にも既設棟と同様のイラストが随所に描かれ、子どもの精神的負担を和らげる効果が期待されている。このイラストを BIM データ上に組み込むことで、事前に諸室内でイラストがどのように表現されるか、また、どの位置にイラストを配置すると PICU における子どもの療養環境として効果的か等の検討を施工前に行うことで効果的なシミュレーションが可能となる。



図6 PICUの竣工後の写真(左)とBIMで作成したイメージ(右)

5-2 医療機器配置のシミュレーション

あいち小児センターの既設棟に整備されていた8床の術後ICUは、心臓外科の患者を中心に満床に近い状態であることが

多く、院内発生の救命救急患者ですら受け入れにくい状態となっていた。救急棟増築においては、救命救急対応のPICUが16床整備され、その内の8床は図6に示すような大部屋の空間構成となっている。大部屋のPICUで子どものプライバシーを確保するために、両隣のベッドと通路側との間にロールカーテンが設置されている。ロールカーテン使用時のベッド周りの見え方や空間構成について検討するためにBIMモデルを作成した(図7)。ベッド周りをロールカーテンで完全に囲う場合の採光や照明の確保、看護観察の可能範囲等のシミュレーションが可能となる。



図7 医療機器を配置したPICUのロールカーテン使用時のシミュレーション

5-3 パノラマタグ付けソフトによるFMシステム開発

今回作成したBIMモデルを病院内のFMシステムに活用するために、パノラマタグ付けソフトを用いる事で、竣工前の建築物へのFMシステムを開発する。BIM上で画像データに変換したイメージをパノラマタグ付けソフトに組み込み、360°を見渡すことが可能なパノラマタグ付けソフトに物品の情報を入力することでFMシステムを構築した。現在の位置がパノラマタグ付けソフトのマップ上で表示され、物品のモデルを指し示すと、その物品の情報が表示される。BIMモデルからパノラマタグ付けソフトに視覚的情報と、物品情報、位置情報を抽出し、スタッフの誰もがアクセス可能な媒体となる。

竣工後は諸室のパノラマ写真を撮影し、パノラマタグ付けソフトに用いてFMシステムを構築することが可能となれば、諸室内の物品管理に視覚的情報を付与することで混在する医療現場の物品を効率的に管理することが期待される。あいち小児センターにおいては、パノラマ写真を撮影し、安井ファシリティーズが作成した空調設備管理のFMシステムが納入された。

第6章 PICUのベッド周りの作業領域とファミリーセンタードケアに関するBIM利用研究

6-1 調査対象施設と管理・運営状況

小児専門病院のPICU (Pediatric Intensive Care Unit: 小児集中治療室) について、その管理・運営状況を明らかにするとともにベッド周りの作業領域について検査処置時の医療機器配置・スタッフ動線およびファミリーセンタードケアの視点から調査・検討を行う。表1に対象とした病院の概要を示す。

6-2 PICUの設置基準と診療報酬改定の影響

PICU設置の基準を示した「小児集中治療部設置のための指針」が2007年に策定され、厚生労働省より2014年度に診療報

酬改定が公表され、特定集中治療室管理料の保険点数とその設置基準も改定された。また、PICU整備の機運の高まりから「小児特定集中治療室管理料」が新たに新設された。日本小児総合医療施設協議会によると、2016年4月の時点で小児特定集中治療室管理料の算定を受けている病院は6病院であり、本研究の調査対象病院においては2病院が算定をしていた。算定をしていない2病院については、通常の「特定集中治療室管理料」に小児加算を算定している事が明らかとなった。

6-3 ベッド周りの医療機器配置

調査対象とした4病院について、患者のいない状態や搬送直後、検査・処置時、安静時等におけるベッド周りの作業領域について以下に示す。表1に示したベッドの中心間の距離を見ると、A病院、H病院が4m以上を確保しており、余裕を持って医療機器が配置されている様子が分かる。また、ベッドの中心間距離が3.1mと比較的狭いT病院では、ベッドを傾けて作業領域を広くとる工夫がされている。

表1 調査対象病院の概要

	K病院	T病院	A病院	H病院
PICU開設年	2005	2010	2016	2016
延べ床面積	22,383.4㎡	129,879.5㎡	27,321.2㎡	41,324.6㎡
総病床数	419床	561床	200床	290床
PICU病床数	10床	10床	16床	4床
個室率	20%	20%	50%	0
稼働率	85.6%	80.7%	未集計	73.8%
平均滞在日数	6.0日	5.8日	未集計	3.0日
ベッドの中心間距離	3.4m	3.1m	4.0m	4.1m
小児特定集中治療室管理料の算定	していない	している	している	していない

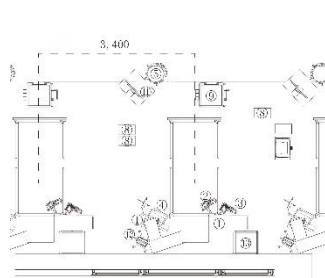


図8 K病院標準状態

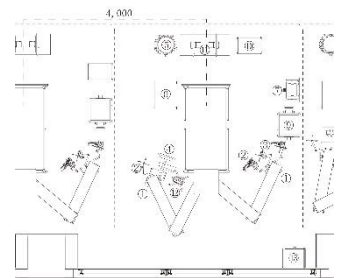


図9 A病院標準状態

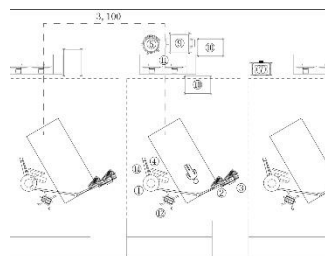


図10 T病院患者安静時

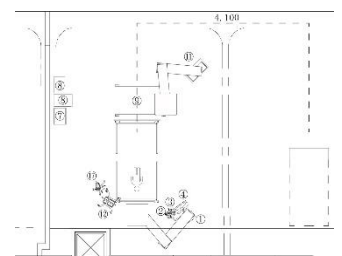


図11 H病院患者安静時

表2 図中の医療機器一覧

番号	医療機器名	番号	医療機器名	番号	医療機器名
①	シーリングペンダント	⑧	一般廃棄物容器	⑮	一酸化窒素ガス
②	シリンジポンプ	⑨	麻酔カート	⑯	超音波診断装置
③	輸液ポンプ	⑩	ステンレスカート	⑰	点滴スタンド
④	ベッドサイドモニタ	⑪	記録台(電子カルテ)	⑱	患者家族用椅子
⑤	作業用椅子	⑫	人工呼吸器	⑲	救急カート
⑥	PCカート	⑬	患者家族用ワゴン	⑳	脳波計
⑦	医療用廃棄物容器	⑭	無影灯	㉑	透析器

6.4 ファミリーセンタードケアに対する取り組み

NICU、PICUへ入室する患者の両親が主体的に親役割を發揮することは難しく、子どものケアや意思決定への参加を積極的に推奨するファミリーセンタードケア (Family-Centered Care: 家族中心のケア、以下:FCC) の理念が重要視されている。NICUを対象としたFCC実践の促進・阻害要因に関する研究⁴⁾を基に各病院のPICUにおける取り組みを調査した。

面会可能時間については、A病院のみ24時間可能との回答があり、面会可能家族は4病院とも父母、祖父母、中学生もしくは高校生以上の兄弟と規定していた。K病院では、状況に応じて、小さな兄弟は普段は面会が行えない申し送りの時間を利用して面会を行うとの回答が得られた。個室での家族用寝具の貸し出しについては4病院とも簡易ベッドを貸し出していたが、終末期の患者等、特定の状況のみの対応となっていた。家族に対する子どものケア参加の促進に関しては、看護師が提案する、または家族と相談してケアに参加してもらう、という対応が見られた。子どものケアに関する家族と看護師の情報共有に関してA病院では、終末期の患者家族に医療チームのケアの方針決定に参加してもらう、といった対応が見られた。

6.5 BIMを導入したベッド周りの作業領域の検討

本研究で対象とした4病院の調査結果を基にBIMを用いたオープンエリアの検査・処置における医療機器配置およびスタッフ動線からベッド周りの作業領域についての検討を行う。

PICUにおいて患者のベッド周りの作業領域の検討を行う場合には、ビデオ録画によってもその作業領域を検討することが可能だが、患者のプライバシー保護の観点から実現性は低い。そこで、BIMを用いた3Dモデル表現を活用することでベッド周りの作業領域についての検討を行う。

患者の入室から処置終了までの一連の作業が確認でき、大型の医療機器等をベッド周りで広く展開していたA病院の事例についてBIMを用いて表現し、患者入室から処置終了までをアニメーション化した(図11)。図11中の人のモデルは、医師を緑色、看護師を青色で表現している。この一連の処置の中で、ベッド周りのスタッフ・医療機器の配置が最も過密していた場面として、超音波診断装置の使用直前の状態を抽出した(図12)。この場面では、患者の右手側の医師が超音波診断装置を操作し、看護師がPCカートの入力のため、よりスペースの広い隣のベ

ッドの領域まで移動した。A病院ではベッドの中心間距離を4m確保しているが、過密時には隣のベッド周りで作業する場面も見られた。隣接するベッドに空きスペースがある場合は問題ないが、両ベッドの周辺が混雑する場合は、さらにスペースが必要になる。今回調査した場面において、PC入力を円滑に作業するために後方にさらに30cm必要とすると、オープンエリアではベッドの中心間距離が4.3m必要であると考えられる。



図11 処置行程のアニメーション化



図12 ベッド周りの作業領域の検討

第7章 まとめ

設計施工で活用したBIMモデルを施設管理者がFMに活用することで施設を有効・適切に運用していく事が可能となる。PICUにおけるBIM活用では、オープンエリア、個室のベッド周りの空間で行われる具体的な作業内容を加味した検討が可能となる。運用段階では検査・処置時のスタッフの行動・立ち位置等の確認、BIMデータに医療機器データが内包されていることから新人看護師の処置における医療機器解説等の役割を担うことが期待される。

今後の課題としては、BIM導入FMの成功事例を分析するとともに、PICUに関しては、処置の事例について、さらに複数の病院について調査し、より一般的な作業領域の必要面積について検討する必要がある。

参考文献

- 1) BIM その進化と活用』編集委員会、公益財団法人 日本建設情報技術センター、中元 三郎、林立也、森谷 靖彦、BIM その進化と活用: 建築を目指す人、BIM に取り組む人のガイドブック、日刊建設通信新聞社、2016。
- 2) 国土交通省大臣官房庁営繕部、官庁営繕事業における BIM 導入プロジェクトの開始について[Internet]. <http://www.mlit.go.jp/common/000110964.pdf> [accessed 2017-01-22]
- 3) Hart RA, Moore GT. The development of spatial cognition. In: Downs RM, Stea D. (eds.). Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior. Chicago: Aldine Publishing Co.;1973.
- 4) 浅井 宏美、森 明子、NICU の看護師が認識する家族中心のケア (Family-Centered Care) の利点および促進・阻害要因、日本看護学会誌、2015;35:155-165。

