

BIM を用いたシミュレーションによる病院手術部建築の計画と運営に関する研究

A Study on Planning and Management of Hospital Surgical Department Using Simulation with BIM

三重大学大学院工学研究科建築学専攻 加藤研究室 福原 涼平

第 1 章 序論

1-1 研究の背景と目的

病院手術部の計画と運営においては手術部位感染の防止という観点から清潔性の確保が、回転率を上げ手術件数を増やすという点から業務の効率性が必要とされ、建築計画においてはそれらに対し動線計画とそれに伴う空間配置によってアプローチする考え方がある。

また近年の建設業における Building Information Modeling (以下“BIM”と呼称)の普及によって成果物や計画プロセスへ大きな変革がもたらされており、建築計画学からの分析考察が必要であると考えられる。BIM は強力な技術的可能性であり、種々の存在する必要性に対してそれら技術的可能性によってアプローチが可能であると考えられる。

本研究は手術部の計画において必要とされる事項に対し、BIM による技術的可能性によってアプローチする構想を、試行例を伴って提示することで、手術部の計画と運営に必要とされる事項への具体的技術を伴った解決手法を考えるにあたっての基礎的知見とすることを目的とする。

1-2 研究の方法

まず手術部の計画と運営において必要とされる事項と、既往研究より動線量による手術部平面計画の評価手法を押さえ、また現在に運用されている手術部の実態調査を行い、動線に關係する要素を収集し分析考察を行う。

また BIM についてその定義と沿革など基礎的事項を押さえ、現在にみられる事例を分析することで、その技術的可能性と展望について押さえる。

手術部の計画と運営において必要とされる事項、および BIM による技術的可能性より、実務における計画早期の段階における手術部平面計画に対し、実態データを基に動線量をシミュレートしその結果を可視化するという一連のフレームワークを試行し、また管理運営において必要とされる情報を、BIM による計画プロセスにて生成される成果物を利用した方法で提示する手法について、分析考察を行う

1-3 論文の構成

全 5 章で構成しており、前段として第 2 章で手術部について、第 3 章で BIM について述べ、それらを受けて後段として第 4 章で病院手術部を対象に BIM を用いたシミュレーションによる平面計画の支援構想を、またニーズに対する BIM によるソリューションという観点から管理運営計画に関する情報伝達手法についての構想を述べる。図 1 に論文構成のダイアグラムを示す。



図 1:論文の構成

第 2 章 病院手術部の計画と運営

2-1 病院手術部の計画及び運営に関する基礎的事項

序論で述べたように手術部の計画を考えるにあたって清潔性の確保と業務の効率性が必要とされ、建築計画としては動線計画による制御があり、それらは種々の機能の配置計画として現れる。また動線計画から考えられるように、計画時に想定された管理運営計画が存在するが、それらが適切に伝達されない想定通りに運用されない場合があり、その適切な伝達手段が必要であると考えられる。

2-2 既往研究

柳沢らの一連の研究¹⁾²⁾³⁾は病院手術部という分野に特定し、物品搬送の効率性や清潔性の確保など、そこにある特有の問題設定に基づいて研究を進めており、情報の分類や調査・分析手法を具体的に示し、また実際の手術部平面にそれらを適用できるよう整理(モデル化)し、実際の値を示したうえで分析考察を行っている。それら分析考察の結果から、物品配置の改善提案や空間構成・管理方式のパターン化を行っている。

また柳沢と同じ研究室の金らによる研究(1992)⁴⁾では複数の手術を対象にそれぞれある手術の患者入室から退室までの看護師を追跡調査しその動線実態データを収集し、それら動線より各手術部への分析考察を述べている。続く報告(1993)⁵⁾では収集したデータのうち物品の移動に着目し分析考察を行い、改善案の提案に至っている。

上述の実態データをモデル化し対象とする手術部の平面上に展開する技術的手法として、道場ら(1993)⁶⁾は当時の 2 次元 CAD である Autodesk 社の AutoCAD およびそのソフトウェア

専用の開発・機能拡張用プログラミング言語である AutoLISP を用い、2次元 CAD による手術部平面上にモデル化された実態データ動線量を線の太さによって表現する手法を報告している。

2-3 調査対象施設の概要

後述の実態調査およびシミュレーションの試行を4施設の手術部を対象として行っている。表1に4つの手術部に関する基本情報を示す。また平面図は第4章中の試行結果とともに示す。B・D病院は新設された手術部が2016年に運営開始されており、年間手術件数は旧手術部のものを表中に示している。

表1:調査対象施設に関する基本情報

病院	A*2	B	C*3	D
対象手術部設置年	2010	2016	1992	2016
延べ面積 [m ²]	129879.5	70405.4	54611.4	41350.8
手術部面積*1 [m ²]	2229.62	1619.10*4	1134.23	1769.85
病床数	561	200	419	290
対象手術室数	9	7	6	9
年間手術件数	3567(2015)	2027(2010)	3647(2014)	1163(2009)
平面形態	複アクセス	複アクセス	単アクセス	単アクセス

*1. 作図によって得た値

*2. 併設された施設のうち、延べ面積は併設施設と合わせたもの

*3. 延べ面積および病床数は対象手術部の属しない棟のものを含む

*4. 更衣室・看護師控室など他部門のスタッフの共用部分を含む

2-4 物品配置と動線に関する実態調査

既発表の報告⁹⁾では、前述のB施設の旧手術部を対象に術中のオペ室の中の物品移動に関する行為を記録調査し分析することで、動線発生因子が手術フローの中の各行為ごとに存在することを述べている。

また動線の分析にあたっての基点となる物品に配置静態について4施設を対象に調査している。調査結果を平面図上にプロットしたものは第4章中の試行結果とともに示されている。特徴的な傾向として、C施設は他と比べ対象手術部の設置年が古く、経年による物品量の増加により廊下の壁際等にME機器などが保管されている様子が確認されており、この傾向は前述のB施設の旧手術部においても確認されている。

第3章 BIMを用いた建築計画とFM

3-1 BIMに関する基礎的事項

用語“BIM”の定義について、本研究ではアメリカ建築家協会の2008年の総会での提言を基としている。多種の解釈が可能な中、最低限の定義として「種々の建築情報と3次元の形態がデジタル情報として統合されていること」とし、また特徴として、パラメトリックモデルからの自動的な図面の作成、強化されたビジュアライゼーション、干渉チェック、制作の簡便化、モデルを使った解析、シミュレーション能力、3次元モデルへの知識の埋め込みが挙げられ、それらによりタスクの効率化、優れたプレゼンテーション、設計品質の向上、データの多目的への応用などの達成が現在に期待されていると考えられる。

日本における普及について、2009年の日本建築家協会のシンポジウムにおいて、2009年はBIM元年となるという提言のもと、実務への導入を目処とした議論が行われ、また2009年を境に建設業に關係する組織においてBIMの導入への取り組みが活発になったと報じられている。

3-2 建築の計画プロセス早期における業務の重要性

計画から施工、管理運営までのプロセスにおける、各段階の労力が与える工期や費用など負荷への影響は、プロセスの段階が進むにつれて大きくなる。それら負荷の軽減を達成するアプローチとして、作業量及び資源投入量をプロジェクトの初期段階に集中させ後工程における負荷を削減させる手法であるFLが挙げられ、日本における各企業においてもその概念が重要視されており、その取り組みの一環としてBIMを用いてタスクの効率化を図ること、また他分野と計画早期から協働すること(IPD: Integrated Project Delivery)によって計画早期への労力のシフトを図る考え方がある。

3-3 BIMの導入における課題

前述のようにBIMの導入は計画プロセスに影響を与える。例えば計画早期に労力を集中させるには、計画案に対して早期により明確な意思決定とより成熟した設計案が必要とされる。これらは既存のプロセスを見直す必要があり、現在も各組織においてその課題に対し分析と試行が行われている。

第4章 BIMを用いたシミュレーションによる病院手術部の計画と運営の手法

4-1 BIMを用いた病院手術部の計画と運営の手法

第2章で述べた手術部の計画と運営において必要とされる清潔性と効率性および想定された管理運営計画の適切な伝達、および第3章で述べたBIMによる技術的可能性と計画プロセス早期のより成熟した設計案の重要性より、BIMによりデジタル化された建物データを用いて手術部平面の評価指標の算出とその見える化によって、より成熟した設計案の作成を支援する構想、およびBIMを用いた設計過程で生成されるデータを利用した、設計時に想定される管理運営に関する情報の伝達媒体の作成の構想を示す。図2に試行する一連のフレームワークを示す。

4-2 手術部平面計画の評価手法

各手術室から各目的空間の基点との間における動線量による手術部平面の評価手法を試行する。また本試行において評価結果を設計案へ反映する手法として、ある事例への評価結果をその線分の端点の表す空間の関係性またはその平面上における活動の様子を捉える指標として示し、設計者らによって解釈され平面計画上の空間の配置および想定される動線経路として反映される。

4-3 動線モデルの作成

平面計画に対して動線量を評価指標としてその指標を算出する手法を示す。また本研究では既往研究において動線実態データを他の病院に適用するために処理した、行為の種類ごとの動線発生回数である「モデル」に由来し、各基点までの

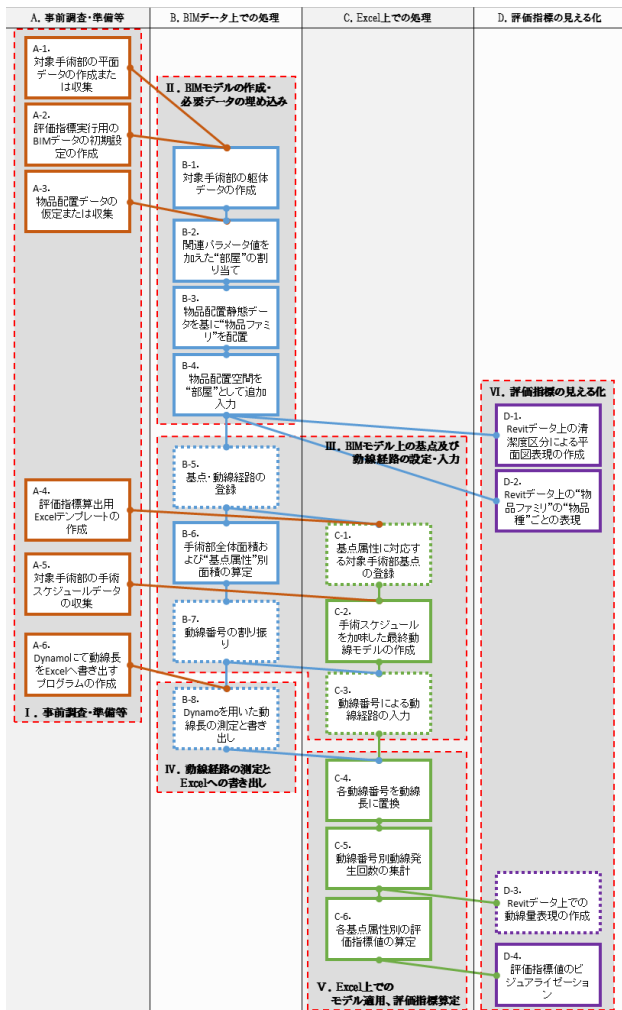


図2: 試行する一連のフレームワーク

動線発生回数を“動線モデル”と呼称している。

動線モデルは、金ら(1993)³⁾が調査された実態データから目的とする行為とその動線発生回数を、筆者が行った実態調査の結果を判断材料とし、データを抽出し他の手術部平面へ適用できるよう作成したものをを用いている。また手術部における手術スケジュールは一般的に1週間単位で基本となる手術枠が設定されているため、1週間分(休業日を除く)の手術件数から動線量を算定することが妥当であると考えられる。実態データから抽出し他の手術部平面へ適用できるよう、目的となる行為を抽象化しその目的地点の属性を表す“基点属性”として設定し、基点属性ごとに動線発生回数を集計している。また手術にはその規模によって必要とされる行為に差が生じると考えられ、本試行では患者入室から退室までの時間を手術の規模とみなし、実態データのうち60分・270分・360分程度の3種の所要時間を持つ手術の実態データ^{注1)}から作成した動線モデル(表2)を、試行事例とする手術部のスケジュールにおいてそれぞれ1~199分、120~299分、300分以上といった所要時間に対して割り当てる(表3)。基点属性は試行事例とする手術部平面計画において適当な基点を割り当てる必要があるが、本試行ではある基点属性に対して割り当てる基点が複数候補ある場合、その候補数で基点属性への動

線発生回数を案分する処理を行っている(表4)。また基点属性について、手術部平面形態は大きく単アクセス型と複アクセス型との2つに区別することができるが、それらによって該当する基点属性に差が出るため、この2種の平面形態ごとに実態データから動線モデルを作成している。したがって2つの平面形態と3つの所要時間ごとに、6つの動線モデルを実態データから作成している。本稿ではこの平面形態および所要時間ごとに実態データから基点属性ごとの動線発生回数を抽出した動線モデルを“基準動線モデル”(表2)、それらに適用する手術部の基点と1週間分の手術スケジュールを加え各手術室から各基点までの動線発生回数からなる動線モデルを“最終動線モデル”(表5)と区別して呼称する。

表2: 基準動線モデル

モデル基点		複アクセス型適用			単アクセス型適用		
清潔C/ 非清潔D	基点名	60分 モデル	270分 モデル	360分 モデル	60分 モデル	270分 モデル	360分 モデル
C	清潔物品各種	9	14	24	9	14	24
C	手洗	0	0	0	-	-	-
C	様子見	0	2	9	-	-	-
D	ME機械	0	2	4	0	2	4
D	医療器具・医療材料	0	16	68	0	16	68
D	リネン類	0	4	33	0	4	33
D	薬品	0	2	10	0	2	10
D	手洗	3	5	24	3	5	24
D	SS	0	14	3	0	14	3
D	患者搬送	3	9	5	3	9	5
D	様子見	2	34	88	2	36	97
D	休憩	1	8	9	1	8	9
D	その他物	4	2	79	4	2	79
付属室		0	0	16	0	0	16
total		22	112	373	22	112	373

表3: 手術スケジュールと基準動線モデルの適用数 (A施設)

手術室 番号	所要時間 診療科	2016/8/1 (月)				2016/8/5 (金)				基準動線モデルの適用数					
		15	15	30	30	15	60	14	1	0	15	60分	270分	360分	合計
OR1	診療科	外科	外科	外科	外科	外科	外科								
	所要時間	15	15	30	30	15	60			14	1	0	15		
OR2	診療科	外科	外科	消化器		外科	消化器			14	0	0	14		
	所要時間	15	15	30		15	75			14	0	0	14		
OR3	診療科	呼吸器	眼科	眼科		形成				10	2	0	12		
	所要時間	60	60	60		150				10	2	0	12		
OR4	診療科	形成	外科			小歯	小歯	小歯		3	1	1	5		
	所要時間	45	15			30	120	30	8	3	0	11			
OR5	診療科	心血外				心血外				3	1	1	5		
	所要時間	90				270				3	1	1	5		
OR6	診療科	脳神外				形成				0	5	0	5		
	所要時間	210				150				0	5	0	5		
OR7	診療科	泌尿器	整形			形成	形成			7	3	0	10		
	所要時間	60	45			150	60			7	3	0	10		
OR8	診療科	整形				外科	外科			6	2	1	9		
	所要時間	120				60	15			6	2	1	9		
OR9	診療科	泌尿器	整形			精神科	外科			6	3	0	9		
	所要時間	60	60			30	30			6	3	0	9		
										合計	68	20	2	90	

表4: 基点属性と対象手術部の各基点の対応関係の例 (A施設)

基点属性	対応する基点				案分値	
C_清潔物品各種	*清潔医材	*清潔医材	*清潔物品3		3	
C_手洗					0	
C_様子見					0	
D_ME機械	器材室3				1	
D_医療器具・医療材料	器材室1	診材・器材庫	麻酔科準備室		3	
D_リネン類	リネン庫				1	
D_薬品	麻酔科準備室				1	
D_手洗	手洗_OR1・2	手洗_OR3-7	手洗_OR8・9		3	
D_SS	スタッフトレーション				1	
D_患者搬送	スタッフトレーション				1	
D_様子見	外周廊下				1	
D_休憩	廊下(スタッフ)				1	
D_その他物	器材室3	器材室1	診材・器材庫	麻酔科準備室	リネン庫	5
D_OR付属室	人工心臓準備室				1	

表 5-a:最終動線モデル (A 施設)

	診材・器材庫	麻酔準備室	器材庫1	器材庫2	器材庫3	リネン室	洗浄室	手洗1	手洗2	手洗3	スタッフステーション(1)	スタッフステーション(2)	麻酔科医室	廊下(スタッフ)	外周廊下・様子見基点	人工心肺準備室	リカバリ室	供給ホール・材料配置側	供給ホール・器材配置側	供給ホール・様子見基点
OR1	7.50	27.00	7.50	6.50	7.50	13.00	26.00	15.67	0.00	0.00	14.00	51.00	11.00	11.00	62.00	0.00	0.00	37.00	87.00	18.00
OR2	4.67	17.97	6.30	6.30	6.30	11.67	16.80	14.00	0.00	0.00	0.00	42.00	7.00	7.00	28.00	0.00	0.00	35.00	77.00	14.00
OR3	9.00	30.90	6.90	4.90	6.90	11.00	30.40	0.00	13.33	0.00	28.00	48.00	13.00	13.00	88.00	0.00	0.00	29.00	75.00	18.00
OR4	11.17	37.37	7.20	4.20	7.20	10.67	37.20	0.00	13.00	0.00	42.00	51.00	16.00	16.00	118.00	0.00	0.00	26.00	74.00	20.00
OR5	14.57	39.52	3.78	11.45	16.28	26.57	45.70	0.00	12.67	0.00	17.00	23.00	10.00	10.00	123.00	0.33	2.00	15.23	34.57	73.00
OR6	14.17	45.17	6.00	1.00	6.00	6.67	46.00	0.00	8.33	0.00	70.00	45.00	20.00	20.00	170.00	0.00	0.00	10.00	50.00	20.00
OR7	10.83	36.08	6.75	3.75	6.75	9.83	36.00	0.00	12.00	0.00	42.00	48.00	15.50	15.50	116.00	0.00	0.00	23.50	68.50	19.00
OR8	18.40	52.40	6.33	13.00	18.83	30.40	58.50	0.00	0.00	17.33	31.00	41.00	15.50	15.50	163.00	0.33	2.00	24.73	61.07	80.00
OR9	10.50	34.80	6.30	3.30	6.30	9.00	34.80	0.00	0.00	11.00	42.00	45.00	15.00	15.00	114.00	0.00	0.00	21.00	63.00	18.00

表 5-b:最終動線モデル (B 施設)

	清潔物品1	清潔物品2	清潔物品3	清潔様子見1	清潔様子見2	器材庫(1)	器材庫(3)	器材庫(4)	器材庫(7)	XP	器材庫1	リネン・麻酔	薬品庫	外周手洗	SS	患者搬送	外周様子見	看護師控室
OR1	4.67	4.67	4.67	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	18.50	2.50	5.00	14.00	9.00	34.00	8.00
OR2	31.00	31.00	31.00	6.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.00	112.00	16.00	33.00	84.00	57.00	206.00	49.00
OR3	30.74	30.74	30.74	5.48	5.48	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	47.69	129.14	38.19	47.00	17.00	32.00	134.49	23.00
OR4	42.15	42.15	42.15	11.95	11.95	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	90.89	268.78	70.89	75.00	48.00	49.00	286.98	46.00
OR5	36.33	36.33	36.33	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	46.00	14.00	37.00	28.00	45.00	86.00	25.00
OR6	27.33	27.33	27.33	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	43.00	11.00	28.00	28.00	36.00	80.00	22.00
OR7	20.82	20.82	20.82	9.95	9.95	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	79.89	227.78	61.89	53.00	20.00	19.00	210.98	26.00

表 5-c:最終動線モデル (C 施設)

	手洗1	ELV前室	物品配置4	倉庫(糸)	物品配置5	物品配置7	物品配置8	器材室3	物品配置10	手洗2	X線置き場	器材室2	麻酔準備室	診材室	ナースルーム	ナースステーション	患者搬送基点	様子見基点	器材室(OR1)	物品配置9(OR3)
OR1	3.33	13.33	3.33	9.33	3.33	9.33	9.33	74.00	9.33	26.00	3.33	9.33	13.33	34.00	56.00	42.00	158.00	0.00	0.00	0.00
OR2	1.67	4.17	1.67	3.17	1.67	3.17	3.17	41.00	3.17	14.00	1.67	3.17	4.17	7.17	11.00	14.00	18.00	47.00	0.00	0.00
OR3	24.69	67.36	24.69	50.36	24.69	50.36	50.36	118.68	50.36	88.00	24.69	50.36	67.36	157.36	45.00	37.00	39.00	374.32	0.00	12.00
OR5	4.33	11.83	4.33	8.83	4.33	8.83	8.83	105.00	8.83	36.00	4.33	8.83	11.83	20.83	31.00	42.00	48.00	135.00	0.00	0.00
OR6	6.33	26.33	6.33	18.33	6.33	18.33	18.33	139.00	18.33	49.00	6.33	18.33	26.33	50.33	67.00	112.00	81.00	313.00	0.00	0.00
OR7	11.90	31.95	11.90	23.95	11.90	23.95	23.95	129.23	23.95	60.00	11.90	23.95	31.95	68.95	40.00	45.00	53.00	232.44	0.00	0.00

表 5-d:最終動線モデル (D 施設)

	入室ホール	大型器材保管庫	ME器材庫	手術準備1	手術スタッフステーション	様子見	物品スペース2	手術準備2	医薬品倉庫	器材保管庫1	リネン庫	減菌・器材保管庫	看護師休憩室1	手洗*	手術前室(1)	手術前室(2)	手術前室(3)
OR1	39.00	39.04	39.04	110.15	37.00	39.00	110.15	110.15	65.04	31.04	138.04	118.68	45.00	88.00	16.00	16.00	16.00
OR2	39.00	5.75	5.75	18.75	42.00	39.00	18.75	18.75	8.75	2.75	14.75	78.00	28.00	27.00	0.00	0.00	0.00
OR3	53.00	18.60	18.60	61.08	73.00	53.00	61.08	61.08	31.60	11.60	64.60	103.23	50.00	52.00	5.33	5.33	5.33
OR4	42.00	7.00	7.00	7.00	0.00	42.00	7.00	7.00	7.00	7.00	126.00	14.00	42.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OR5	61.00	31.19	31.19	90.16	62.00	61.00	90.16	90.16	51.19	23.19	105.19	149.45	55.00	83.00	10.67	10.67	10.67
OR6	36.00	5.25	5.25	18.25	42.00	36.00	18.25	18.25	8.25	2.25	14.25	69.00	27.00	24.00	0.00	0.00	0.00
OR7	18.00	3.00	3.00	3.00	0.00	18.00	3.00	3.00	3.00	3.00	54.00	6.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OR8	3.00	0.50	0.50	0.50	0.00	3.00	0.50	0.50	0.50	0.50	9.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OR9	57.00	9.50	9.50	9.50	0.00	57.00	9.50	9.50	9.50	9.50	171.00	19.00	57.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4-4 一連の評価手法および見える化までのフレームワーク

本稿において構想する設計案の評価および評価指標の見える化によるより成熟した設計案の作成の支援という一連のフレームワークを示す。そのフレームワークを現実的な技術可能性を含め示すにあたり、BIM ソフトウェアとして Revit (Autodesk 社) を、またデータの抽出・処理ソフトとして Dynamo (Autodesk 社) ^{注2)} および Excel (Microsoft 社) を使用している。

試行する一連のフレームワーク(図2)として、(I)事前調査・準備等、(II)BIM モデルの作成・必要データの埋込、(III)BIM モデル上の基点および動線経路の設定・入力、(IV)動線経路の測定と Excel への書き出し、(V)Excel 上でのモデル適用・評価指標値算定、(VI)評価指標の見える化という6つの段階があり、見える化される動線量について表とグラフを使用した表現方法および BIM データ上の平面に直接表現する方法を試行している。

(I)事前調査準備等として、すべての設計案に対して共通する初期設定と、設計案ごとに必要となる設定等が必要となる。前者は本試行における基準動線モデルなど評価手法に必要なデータ及びアルゴリズムと、それらに基づき BIM ソフトおよびデータ処理ソフト上の初期設定を施したテンプレート

が該当する。後者は本試行における手術スケジュールや物品配置による基点設定が該当する。

(II)BIM モデルの作成・必要データの埋込および(III)BIM モデル上の基点および動線経路の設定・入力について、壁・床・柱・開口といった躯体モデルや物品配置に関するデータは BIM を用いた実務の過程で生成されるものである。それらに加え平面計画の評価手法に必要なパラメータ値を加えることでその手法を実行することが可能となる。

(IV)動線経路の測定と Excel への書き出しとは、BIM データ上で描写した動線経路の経路長を数値化し Excel 上の計算に用いるための処理である。(III)の過程で描写した BIM データ上の動線経路を Dynamo で作成したプログラムによって測定され Excel テンプレート上の所定の位置に書き出される。

(V)Excel 上でのモデル適用・評価指標値算定について、(I)の過程である評価手法に準ずる数値処理を Excel 用の関数機能及び VBA コマンドを使用し自動的に処理されるよう初期設定を行っておくことで、この過程はクリック動作1つで実行され評価結果となる数値が算出される。(VI) 評価指標の見える化においても同様に、Excel 上及び Revit 上において初期設定を行ったテンプレートを利用することで視覚的表現による評価指標が特別な操作の必要無く設計者へ提示される。

計画早期の段階で設計者によるより成熟した設計案の作成を支援するためには、一連のフレームワークのうち(I)の初期設定以外の段階が簡便かつ即時に実行される必要があるが、図2上において破線で示されるノードは本試行において技術的困難から時間を要して手動で行われた工程であり、これら工程が自動化されることで実用性のあるものとなる。

4-5 見える化された評価指標と“清潔度区分”への考察

算出された評価指標である動線量について表とグラフを使用した表現方法を、動線量についてはBIMデータ上に直接表現する方法を試行する。評価指標を表現するにあたって設計者がより円滑に参照し判断することができる必要性からより視覚的に参照できる表現方法を提示する。

評価指標として算出された各数値を項目間で比較するにあたって、グラフによる表現(図3)は項目ごとに比較を直感的に行うことができるが、数値的根拠より設計案を変更するには簡易化された表現だけでは不十分であり、表形式の表現

(表6)も有用であると考えられる。表形式の表現においても数値の大小によって視覚的变化をつけることによって直感的な分かりやすさを補完できると考えられる。図面上の表現

(図5)は、数値は線の太さと長さという直感的な表現だが、実際に配置計画を考えるにあたって、情報を形態に還元する際に有用であると考えられる。これら複数の手法を組み合わせることでより分かりやすい表現手法となると考えられる。

図6はBIMデータ上に埋め込まれた“清潔度区分”という管理運営に関する情報を3次元モデルに着色することで作成したものである。3次元の表現と、回転させるなどそれらを任意に操作できることによって視覚的な分かりやすさが向上し情報の伝達媒体として有用なものとなると考えられる。

4-6 試行した評価手法とフレームワークへの考察

試行した評価手法は既往の実態データによる基準動線モデルと各手術部の手術スケジュールおよび物品配置の実態データを組み合わせることで、より現実起こり得る状況をシミュレーションし数値としてまたは平面上に表現することができる。また物品配置に関して手術部の物品配置の静態に関する実態調査から、使用する頻度の高い物品について、平面計画上で物品配置を意図した空間とは異なると考えられる手術室の入り口に近似的に分散的に配置された空間も試行時の評価対象となる基点に含めている。このように発生している状態は設計時に想定された状態に対し実際の運用によって淘汰されたより最適な状態を示すものであると考えられ、それらを実態調査に含め設計案に反映させることでより成熟した設計案が作成されると考えられる。

本稿では計画早期の段階における設計案の評価とその反映によるより成熟した設計案の作成の支援という構想を、技術的な具体性を含め一連のフレームワークとして提示しているが、その過程において便宜的に取り扱っている事項について言及する。本試行において基点属性に対して割り当てる基点は、物品配置の静態データから考えられる候補全てを考慮し

その候補数によって動線発生回数を案分している。また各手術について患者入室から退室までの所要時間が手術の規模を表すものとして取り扱い3つの基準動線モデルに当てはまるよう抽象化しており、手術の診療科による差異は加味されおらず、例えば手術の診療科ごとに頻繁に使用する物品を収めたカートによる差異は例示した評価結果には反映されていない。また患者入室から退室までの実態データを基に動線モデルを作成しているため、患者退室後から次の患者入室までの手術間に行われる片付け・清掃・準備といった作業によって生じる動線は含まれていない。手術間に生じる動線実態データ、診療科ごとに要する物品の差異およびそれに対応し得る物品配置の静態といった実態データによって補完しその実態データから作成される動線モデルを用いることで、より精緻な評価を行うことができると考えられる。

評価指標である動線量の値の参照について、各基点または基点属性ごとに比較する方法と、他の手術部において同手法によって算出された指標を比較する方法とが考えられる。前者は同手術部内で評価指標をそのまま比較することができるが、後者は試行時に用いた各手術部固有の条件を考慮する必要があり、その固有の条件として手術部全体の面積と、基準動線モデルへ変換し適用した1週間分の手術の合計所要時間が考えられる。

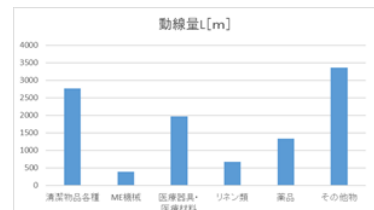


図3: グラフによる基点属性毎の動線量表現の例 (A 施設)

表 6-a: 動線量の算出結果と表による表現 (A 施設)

手術室・基点	清潔物品各種	M器械	医療器具・医療材料	リンゴ類	薬品	その他物	OR付属室	合計
OR1	472,799	908,959	127,119	604,016	574,963	1,100,210	681,900	2,755,736
OR2	261,901	480,387	72,178	541,798	439,319	906,575	844,070	3,267,147
OR3	367,110	460,338	131,812	349,625	367,719	673,028	811,339	3,260,471
OR4	473,081	1,062,390	235,593	302,410	403,036	682,136	555,271	2,748,816
OR5	434,932	1,126,231	122,481	683,678	707,447	1,396,048	1,782	3,443,892
OR6	497,026	1,884,679	7,363,321	64,967	292,167	377,326	252,270	9,077,501
OR7	147,416	1,247,537	261,765	163,060	183,788	346,098	1,009,368	1,764,956
OR8	485,190	2,783,156	364,242	314,238	322,572	482,417	1,003,202	1,432,209
OR9	406,893	2,078,020	402,708	63,273	151,979	87,534	784,778	1,501,916
動線量平均	406,117	1,238,147	222,292	342,178	388,140	670,299	708,370	2,055,209
各物品空間面積[m ²]	92,871	17,271	20,022	36,200	37,313	7,122	18,925	84,281

表 6-b: 動線量の算出結果と表による表現 (B 施設)

手術室・基点	清潔物品各種	M器械	医療器具・医療材料	リンゴ類	薬品	その他物	OR付属室	合計
OR1	132,476	704,113	398,837	-	-	-	116,282	1,247,608
OR2	638,291	295,442	231,707	-	-	-	872,025	1,367,465
OR3	905,799	539,344	1,967,188	27,744	-	-	122,159	3,433,070
OR4	289,161	3,314,121	768,437	-	58,715	-	62,861	4,432,295
OR5	2,905,799	2,722,068	476,272	-	-	-	484,182	6,108,221
OR6	1,597,008	1,677,004	181,406	-	-	-	484,182	3,455,500
OR7	1,165,243	1,937,736	311,460	-	-	-	298,261	3,412,700
動線量平均	1,217,098	1,442,181	897,024	0.000	27,674	58,715	73,285	1,615,518
各物品空間面積[m ²]	33	8,59	8,43	9,89	14,11	8,31	13,87	14,85

表 6-c: 動線量の算出結果と表による表現 (C 施設)

手術室・基点	清潔物品各種	M器械	医療器具・医療材料	リンゴ類	薬品	その他物	OR付属室	合計
OR1	41,241	141,117	122,811	48,241	188,211	288,211	148,211	838,211
OR2	24,170	91,211	82,211	32,211	122,211	182,211	92,211	514,211
OR3	182,211	282,211	172,211	282,211	182,211	182,211	182,211	1,000,211
OR4	282,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	1,000,211
OR5	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	1,000,211
OR6	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	1,000,211
OR7	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	1,000,211
OR8	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	1,000,211
OR9	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	1,000,211
動線量平均	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	182,211	1,000,211
各物品空間面積[m ²]	33	8,59	8,43	9,89	14,11	8,31	13,87	14,85

表 6-d: 動線量の算出結果と表による表現 (D 施設)

手術室・基点	清潔物品各種	M器械	医療器具・医療材料	リンゴ類	薬品	その他物	OR付属室	合計
OR1	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
OR2	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
OR3	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
OR4	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
OR5	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
OR6	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
OR7	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
OR8	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
OR9	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
動線量平均	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	1,238,147	8,628,858
各物品空間面積[m ²]	33	8,59	8,43	9,89	14,11	8,31	13,87	14,85

第5章 総括

5-1 BIM を用いた病院手術部の計画と運営の手法

本稿では手術部平面計画における物品配置と動線による評価と、その評価指標を見える化し設計者に提示することでより成熟した設計案の作成を支援するという構想のもと、一連のフレームワークを技術的具體性ととも提示した。より充実した実態データを用いることでより精度の高いシミュレーションを行うことができること、また円滑にフレームワークを実行できるよう技術面を整えることでより実現性の高い構想となると考えられる。

5-2 技術的可能性と必要事項の発信

BIM は建築計画から FM までの既存のプロセスに影響を及ぼし得る強力な技術的可能性であり、今後の展開への注視が必要であるとともに、本稿で示した建築計画学における評価手法の実行などあらゆるニーズに対して、そのすべてに対応しているわけではなく、それら必要とされる事項を分析し技術者側へ発信する必要があると考えられる。

5-3 他分野への適用可能性

手術部を取り扱った本研究は、手術部を明確な必要項目と充実した既往研究・分析考察のある一事例としてとらえると、病棟における動線計画と諸室構成など他分野への応用が可能であると考えられる。

本研究は、手術部の計画を例に、必要とされる事項への BIM による技術的可能性によるアプローチの構想を試行例を伴って提示することで、そのフレームワークの実現・適用可能性への分析考察の基礎的知見の 1 つとなったと考えられる。

主要参考文献

- 1) 柳沢忠, 今井正次, 谷口元: 中央手術部のサーキュレーションに関する研究・その 1 一人の動きのモデル化と予測の方法一, 日本建築学会論文報告集, 第 225 号, pp41-45, 1974 年 11 月.
- 2) 柳沢忠, 今井正次, 谷口元: 中央手術部のサーキュレーションに関する研究・その 2 一人の動きのモデル化と予測の方法一, 日本建築学会論文報告集, 第 226 号, pp63-71, 1974 年 12 月.
- 3) 柳沢忠, 今井正次, 谷口元: 中央手術部のサーキュレーションに関する研究・その 3 一管理方式と空間構成のパターン化一, 日本建築学会論文報告集, 第 236 号, pp69-77, 1975 年 10 月.
- 4) 金ら: 複アクセス型手術部における人の動きに関する研究—手術部の建築と運営に関する国際比較, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 440 号, pp71-77, 1992 年 10 月.
- 5) 金ら: 複アクセス型手術部における物品管理と平面類型の評価—手術部の建築と運営に関する国際比較, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 446 号, pp45-52, 1993 年 4 月.

注

注 1) 3 種の所要時間を持つ手術の実態データ

金ら(1993)⁵⁾の実態調査データのうち、<中労>の 63 分間のデータ、<碧南>の 260 分間のデータ、<ソ中>の 348 分間のデータより抽出している。

注 2) Dynamo (Autodesk 社)

プログラミング言語を基本的に用いない視覚的な環境下でその Revit ソフトウェアの機能を拡張するプログラムを作成するソフトウェアである。本稿では Revit データ上に描写した動線経路を数値化し Excel データに出力する媒介として用いている。

注 3) 動線量の平準化

算出した動線量に対し、手術部全体の面積は単位の次元をそろえるため平方根を取った値を用いて、また合計所要時間は基準動線モデルに置換した後の合計値を用いており、それらで動線量を除すことで平準化された動線量を示している。

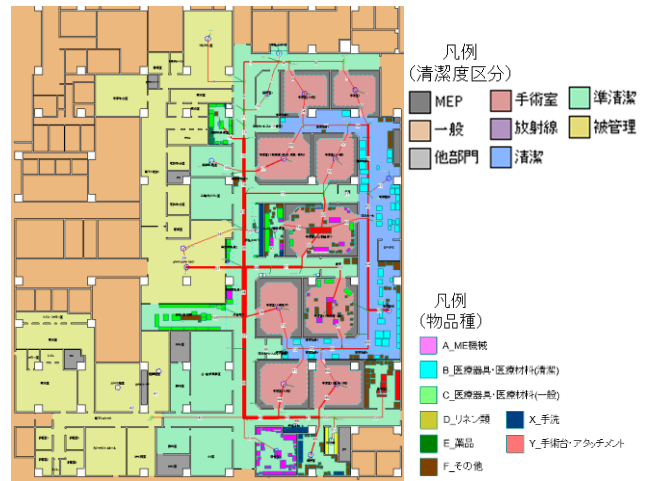


図 5-a: 図面上の動線量の表現 (A 施設)

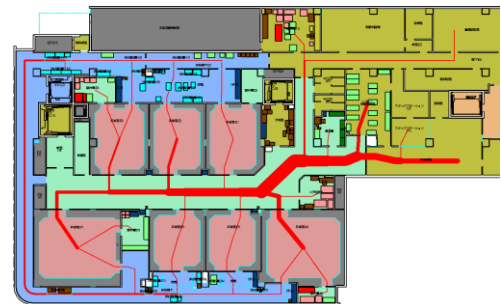


図 5-b: 図面上の動線量の表現 (B 施設)

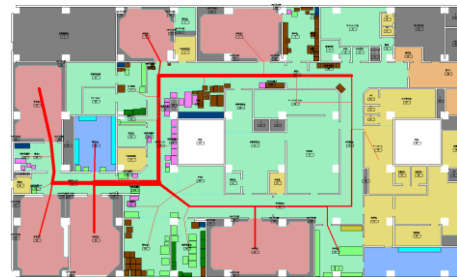


図 5-c: 図面上の動線量の表現 (C 施設)



図 5-d: 図面上の動線量の表現 (D 施設)

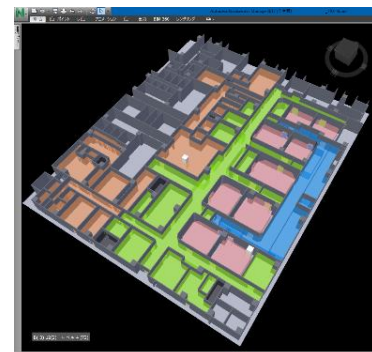


図 6: “清潔度区分” の 3 次元モデル上の表現 (A 施設)