

平成 30 年度

修士論文

BIM を用いたシミュレーション及び
建築計画の教育に関する研究

指導教員 加藤彰一教授

三重大学大学院工学研究科建築学専攻

竹内貴洋

目次

第1章 序章	6
1-1 研究の背景	7
1-1.1 BIMの導入の背景（労働生産性から）	7
1-1.2 BIMの定義と利点	9
1-1.3 CADの定義と背景	10
1-1.4 CADとBIMの違い	10
1-2 研究の目的	11
1-3 論文の構成	11
1-4 研究の方法	11
1-5 用語の定義	12
第2章 三重大学建築学科における建築計画のBIM教育の現状	17
2-1 研究の背景	18
2-1.1 PBLについて	18
2-1.1.1 問題発見解決型学習としてのPBL	18
2-1.1.2 プロジェクト学習としてのPBL	19
2-1.1.3 三重大学におけるPBLに関する取り組み	19
2-1.2 BIM教育について	19
2-1.2.1 三重大学工学部建築学科における建築計画のBIM教育	20
2-2 問題解決型授業で行うBIM教育の在り方の検討 -建築計画Iを事例に-	21
2-2.1 建築計画Iの概要	21
2-2.1.1 アクティブラーニングにおける学生への評価	21
2-2.2 評価方法の改善	21
2-2.3 ルーブリック	22
2-2.3.1 ルーブリックを用いた学習目標	22
2-2.3.2 ルーブリックを用いた学習目標の提示	23

2-2.3.3	ディスカッション中の評価.....	24
2-2.3.4	ポートフォリオ等の回収・分析方法の改善	25
2-2.4	調査手法と研究対象	26
2-2.5	建築計画Iにおける学生の学修実態の把握	27
2-2.5.1	学生の授業外学修の実態	27
2-2.5.2	課題終了後の BIM への認識.....	28
2-2.6	ディスカッション中評価に関する学生の認識	29
2-2.6.1	ディスカッション中の相互評価への認識.....	29
2-2.6.2	ディスカッション中の役割評価への認識.....	30
2-2.7	まとめ	31
2-3	BIM を用いた建築設計製図教育の現状考察 -建築設計製図IIIを事例に-	32
2-3.1	建築設計製図IIIの概要.....	32
2-3.2	ポートフォリオの導入.....	33
2-3.3	学生の学修実態の把握.....	36
2-3.3.1	学生全体の傾向分析	36
2-3.4	まとめ	40
第3章	BIM を用いた建築計画に関するシミュレーションの開発	41
3-1	研究の背景	42
3-1.1	BIM とシミュレーション	42
3-2	研究の目的・方法	42
3-2.1	シミュレーション作成環境	42
3-3	作成した簡易的なシミュレーション	43
3-3.1	視線範囲の表示アルゴリズム.....	43
3-3.2	動線量の表示アルゴリズム	44
3-3.3	最短距離の表示アルゴリズム.....	46
3-3.4	動線量と最短距離.....	47
3-4	実際に調査分析に用いたシミュレーションの手法	48
3-4.1	病棟追跡調査結果による病棟内看護師の動線量シミュレーション手法につい て	48
3-4.1.1	動線設定型の動線量解析のシステムフローについて.....	48

3-5	まとめ	53
-----	-----	----

第4章 看護追跡調査からみる病棟内における看護業務と看護動線に関する分析

54

4-1	研究の背景	55
4-2	調査対象施設の概要	55
4-2.1	調査対象病棟の概要	55
4-2.1.1	調査病棟の位置づけ	57
4-2.2	調査日の患者情報	58
4-2.2.1	対象病棟の平面構成	59
4-3	調査の目的	60
4-4	調査の概要	61
4-4.1	調査の方法	61
4-5	分析結果	61
4-5.1	業務分類方法	61
4-5.2	看護業務行為及び業務場所の割合	64
4-5.3	看護師の各室への訪問回数の分析	65
4-5.4	看護必要度に関する分析	68
4-5.4.1	看護必要度と訪問回数の関係性	68
4-5.4.2	看護必要度と病室滞在時間	70
4-5.4.3	看護師の各病室への訪問回数と滞在時間の関係性	72
4-5.4.4	病室から看護拠点までの距離との関係性	73
4-5.4.5	看護必要度と病室配置の関係性	75
4-5.5	PNSに関する分析	76
4-5.5.1	PNSにおけるペアで活動している時間の分析	76
4-5.5.2	PNSにおける看護業務や業務場所の分析	78
4-6	まとめ	80

第5章 BIM上の看護動線シミュレーションを用いた病棟の計画及び運営

に関する分析 81

5-1	研究の背景	82
5-2	研究の方法・目的	82
5-3	BIM上の看護動線シミュレーションを用いた現状分析	82
5-3.1	シミュレーションの方法及びデータの処理	82
5-3.2	現状の看護動線のシミュレーション結果	83
5-3.3	シミュレーション分析	90
5-3.3.1	東病棟と西病棟の比較分析	90
5-3.3.2	算出された移動距離と実際の移動時間による看護師の歩行速さ	90
5-3.3.3	病室訪問回数と移動距離	93
5-3.4	残業の扱いに関する分析	93
5-3.4.1	シミュレーション分析	99
5-3.5	看護必要度と看護動線に関する分析	99
5-3.5.1	看護必要度を加えたシミュレーション方法	99
5-3.5.2	シミュレーション結果	100
5-3.6	シミュレーション分析	102
5-4	BIM上の看護動線シミュレーションを用いた改善案の分析	102
5-4.1	シミュレーション方法	102
5-4.2	シミュレーション結果	102
5-4.3	シミュレーション分析	109
5-5	他病棟平面における看護動線量の予測	110
5-5.1	下呂温泉病院の概要	110
5-5.1.1	下呂温泉病院の病棟平面計画	110
5-5.2	シミュレーション方法	111
5-5.3	シミュレーション結果	112
5-5.4	シミュレーション分析	116
5-6	病棟配置による動線量の推計	116
5-6.1	看護拠点へ患者を近づけた場合	117
5-6.1.1	シミュレーション対象	119

5-6.1.2	シミュレーション結果.....	119
5-6.1.3	シミュレーション分析.....	123
5-6.2	看護拠点から患者を遠ざけた場合.....	123
5-6.2.1	シミュレーション結果.....	124
5-6.2.2	病棟評価の観点から見るシミュレーションの分析.....	127
5-7	まとめ.....	127
第6章 総括.....		129
6-1	本論文のまとめ.....	130
6-2	今後の展望.....	131
参考文献.....		132
謝辞.....		135
巻末資料.....		136

第1章 序章

- 1-1 研究の背景
- 1-2 研究の目的
- 1-3 論文の構成
- 1-4 研究の方法
- 1-5 用語の定義

1-1 研究の背景

1-1.1 BIMの導入の背景（労働生産性から）

現在、多くの業界では機械化の進展やIT化の推進により労働生産性は増加傾向にある。しかしながら、建設業界は他の業界と比較すると伸び率、絶対値共に低い値となっている（図 1-1、表 1-1）。このような実態の要因の一つとして考えられるのは、多様な関係者が介在し、それらの関係者の実態が分離していることだろう。そもそも、建築物は、基本的に単品受注生産でありプロジェクトごとに様々な業者と設計コンセプトや施工プロセス、予算などをする合わせる必要がある。そのため、建築の専門知識を持っていない人との情報共有等も増える傾向がある。また、建築では多様な知識と経験が必要であることから、建築設計・建築施工・構造設計・機械設備設計・電気設備設計など分業制にて行われている。更に、基本構想や基本設計、実施設計、施工、引き渡しなど様々な業務を行う主体が分離していることが多々ある。

このようなことから、プロジェクトメンバーや関係者内での情報伝達や情報共有を行うことが難しく、最新の情報がすべてのプロジェクトメンバーにいきわたらず、図面に齟齬が生まれ、うまく意思疎通ができないなどといった問題が発生してしまう。

それらにより、建築業界では労働生産性が低くなっていると考えられる。このような背景から、関係者間を3次元モデルでつなぐBIMの必要性が高まりつつある。

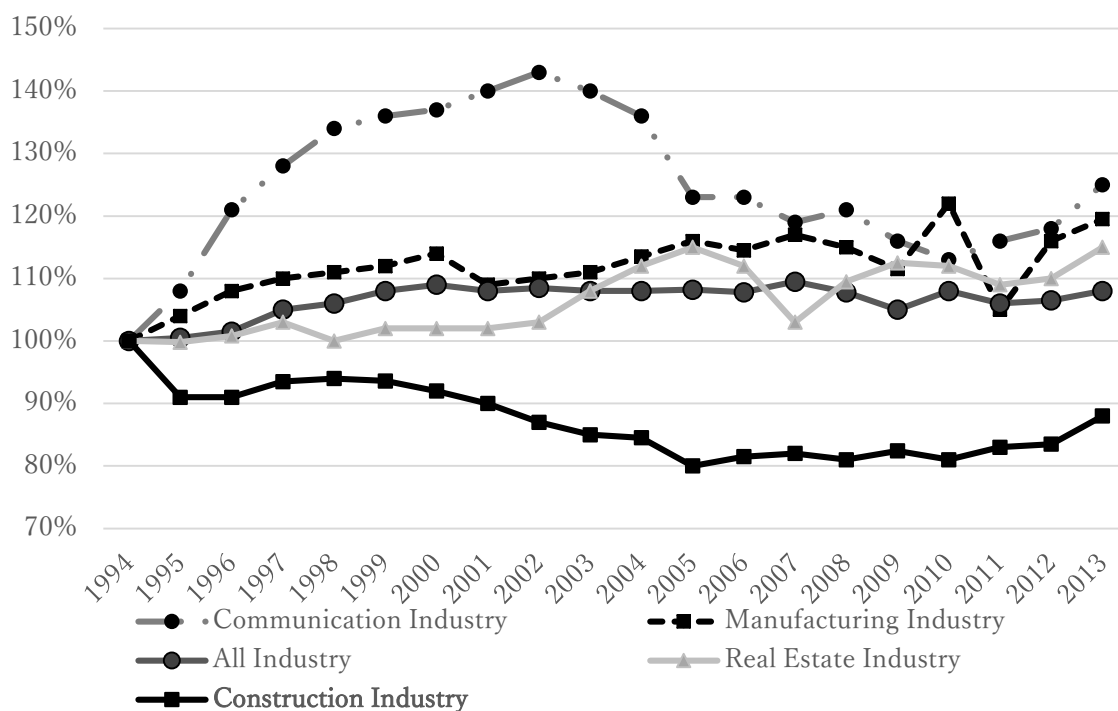


図 1-1 主要産業の名目労働生産性（就業時間1時間当たりの変化） [公益財団法人 日本生産本部 2015]

表 1-1 主要産業の名目労働生産性（就業時間 1 時間当たりの変化） [公益財団法人 日本生産本部 2015]

Classification	All Industry	Agriculture, forestry, and fishery	Mining Industry	Manufacturing Industry	Construction Industry	Electric and Gas Industry
In 1994 (A)	3,748	1,103	4,189	3,911	3,008	15,685
In 2013 (B)	4,026	1,111	4,771	4,663	2,642	9,104
Rate of Increase(B/A)	107%	101%	114%	119%	88%	58%

Classification	Wholesale, Retail	Finance and Insurance Industry	Real Estate Industry	Transport Industry	Communication Industry	Service industry
In 1994 (A)	3,305	6,570	26,519	3,537	6,164	2,778
In 2013 (B)	3,592	6,546	30,410	3,144	7,697	2,811
Rate of Increase(B/A)	109%	100%	115%	89%	125%	101%

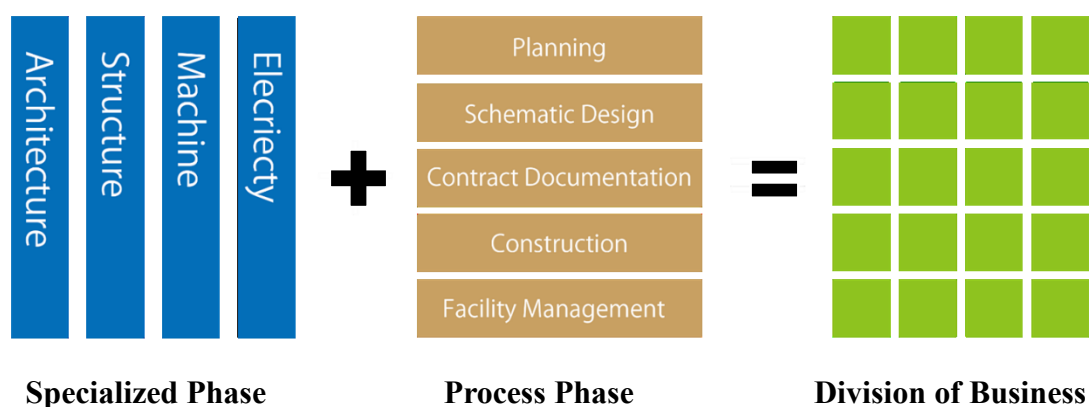


図 1-2 建築分野の様々な主体と業務 [「BIM その進化と活用」編集委員会, 2016]

1-1.2 BIM の定義と利点

BIM に関しては、非常に多様な解釈が可能であるが、「コンピューター上に作成した 3 次元の建物情報に加え、室名・面積・材料・部材の仕様・性能・仕上げなどの建築物の属性情報を併せ持つ建物情報モデルを構築すること」と定義できるだろう。[「BIM その進化と活用」編集委員会 2016]

また、American Institute of Architects(AIA) の 2008 年総会においては、BIM の特徴として指摘された点として、

- ① パラメトリック・モデルからの自動的な 2 次元図面の作成
- ② 強化されたビジュアライゼーション
- ③ クラッシュ・ディテクション
- ④ 制作の簡便化
- ⑤ モデルを使った解析
- ⑥ シミュレーション能力
- ⑦ 3 次元モデルへの知識の埋め込み

いう 7 点があげられる [加藤雅之 2014]。このような特徴を活用することによって、設計者の意図を様々な関係者に伝えやすくなり、情報伝達の祖語や施工後の仕様変更など問題が起こりにくくなる。また、⑦で挙げたように、3 次元モデルへの知識の埋め込みにより建築情報が BIM モデルに統合・一元化することができ、様々なプロセスを経ても BIM モデルを介して整合性を保つことができる。更に、設計・施工段階にて構築された BIM モデルは、FM 分野にて早期に使用することが可能になる。

このような利点から、図 1-3 で示すように建築プロセスにおいて、様々な業務が複雑に絡まっていた状態が BIM を導入することによって一元化することが可能になる。

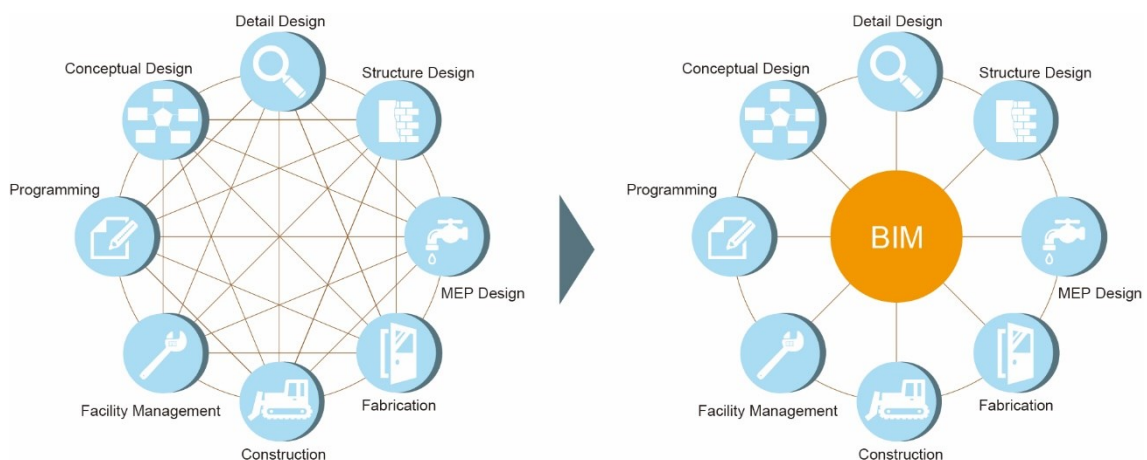


図 1-3 関係者間における建築情報の共時的共有

1-1.3 CAD の定義と背景

CAD(Computer Aided Design)とは、コンピューターを用いて設計を行うこと、またはそのシステムを指す言葉である。つまり、図形をデジタルデータとして扱い、それらによって数値計算や加工の処理をコンピューター上にて行えるようにしたものである。

建築業界において CAD は、1980 年ごろから普及し始めた。しかしながら、当時 CAD は、手書きの清書用としての利用にとどまり、本来の目的である設計を行うこととは程遠いものであった。

一方で、自動車や機械業界では 1970 年ごろから CAD/CAM(Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing)と呼ばれる 3 次元 CAD が導入され、生産性を飛躍的に向上させた。CAD/CAM とは、CAD データに基づいて工作機械を制御し、生産工程を自動化する仕組みのことである。建築は、先述した通り一品生産品であることから生産工程を自動化することは難しく、3 次元 CAD 導入が遅れていった背景がある。

1-1.4 CAD と BIM の違い

CAD と BIM とは、情報伝達システムに大きな違いがある。CAD は、従来の手書きの線をデジタルデータに置き換えたものであり、いわば手書きの線をコンピューターにて描いているというものである。一方で BIM は、建物そのものをコンピューター上に表現したものとイえる。図面を構成するのは、線ではなく壁やドアや部屋といったオブジェクトである。

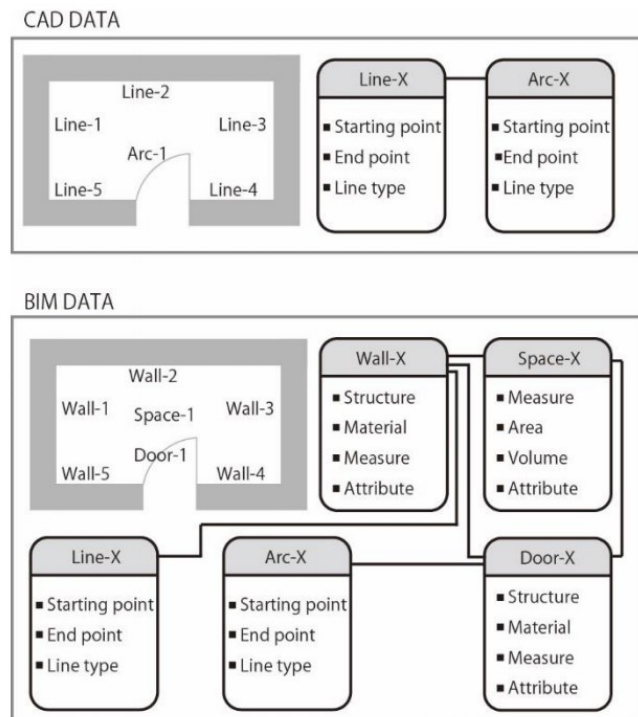


図 1-4 CAD と BIM のデータ構成の違い

り、それぞれが属性情報を持っている。そのため、あらゆる情報を BIM データとして取り込むことができ、プロジェクトを円滑に進めることが可能になる。

1-2 研究の目的

このように BIM の普及により、設計プロセスや建物の運営方法、さらには学生の設計方法まで、大きく変革がもたらされている。このような背景の中、本研究では、建築計画における高等教育機関の BIM 教育の現状について、また BIM を用いたシミュレーションによる病院病棟部の計画や運営についての分析を行い、建築計画分野において BIM を有効かつ適切に活用するための知見を得ることを目的としている。

1-3 論文の構成

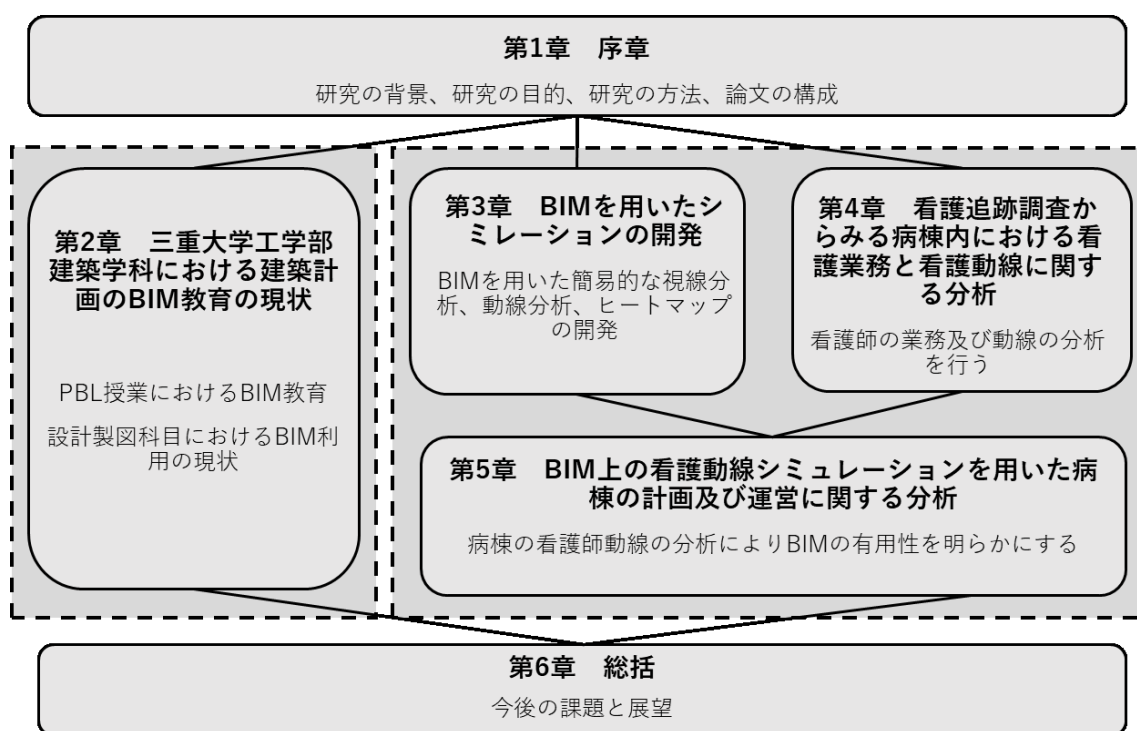


図 1-5 論文の構成

本稿は、BIM 教育と病棟における BIM を用いたシミュレーションの 2 軸によって構成されている。また、シミュレーションに関しては、第 3 章にて BIM を用いたシミュレーションの開発、第 4 章にてシミュレーションを行うデータである病棟の看護動線の分析について論じる。そして第 5 章にて、第 3 章及び第 4 章を踏まえた、病棟における BIM を用いた看護動線量シミュレーションの活用と分析について論じる。

1-4 研究の方法

以下にそれぞれの章で行った研究の方法について記述する。また詳細な調査方法は各章に記載することとする。

第2章) BIM 教育に関する研究方法

三重大学工学部建築学科にて行われている BIM に関する授業を対象に、アンケート調査やポートフォリオ調査から学生の学修実態を分析する。

第3章) BIM を用いたシミュレーションに関する研究方法

BIM ソフトウェア Revit とビジュアルプログラミングソフト Dynamo を使用し、BIM 上で表示できるシミュレーションを作成し、活用方法を考察する。

第4章) 碧南市民病棟の計画と運営に関する研究方法

PNS を採用している病棟を対象に看護動線調査（追跡調査）を行い、物品の流れや看護師の行動実態から、看護動線量に関する知見を得る。

第5章) 病棟における BIM を用いたシミュレーションの活用と分析に関する研究方法

4章で扱った病棟を対象に BIM を用いてシミュレーションを行い、看護動線量の効率化の提案及び、病棟計画に関する評価軸を提案する。

1-5 用語の定義

本研究で取り扱う用語を以下のように定義する。

FM (Facility Management : ファシリティマネジメント)

企業・団体等が組織活動のために、施設とその環境を総合的に企画、管理、活用する経営活動のこと [FM 推進連絡協議会 2018]

PNS (Partnership Nursing System : パートナーシップ・ナーシング・システム)

2人の看護師が安全で質の高い看護を共に提供することを目的に、良きパートナーとして対等な立場で互いの特性を活かし、相互に補完し協力し合って、毎日の看護ケアをはじめ委員会活動・病棟内の係の仕事に至るまで1年を通じて活動し、その成果と責任を共有する看護体制のこと [福井大学医学部附属病院 看護部 2018]

電子カルテの普及

電子カルテと医療情報端末システムの普及に関して「2006年度までに400床以上の病院及び全診療所のうち6割以上に電子カルテを普及させる」という政府の e-Japan 戦略により、現在多くの病棟で医療・患者情報の電子化が行われている。厚生労働省の医療施設調査によると、2014年10月時点で、400床以上の一般病院で710病院のうち506病院に電子カルテが導入されている。また、医療情報システムの開発に伴い電子カルテなどと連携した医療情報端末も導入されている。 [原玲子 2013]

調査対象である碧南市民病院においても、2016年4月から電子カルテを導入している。

また、医療情報システムの普及に伴い医療端末での情報交換が可能になり、それにより、カルテが紙媒体の時代には、看護拠点は1看護単位当たりにつき1つないしは2つが限度であったものが、電子化により看護拠点の分散配置が可能になった。

また、鳥山らは「情報の電子化により、看護拠点の位置、数が自由になり、患者の近くに配置できるようになった看護拠点のことをパーソナル看護拠点<PNB> (Personal Nursing Base) と呼称し、PNBが機能することで、看護動線の減少と業務場所に変化が出ること」を述べている。 [鳥山 亜紀 2007]



図 1-6 医療端末一覧 [加藤 雅之 2013]

7 対 1 看護体制の導入

急性期の看護に適正な報酬を付加するため、2006年度診療報酬改定において看護配置として7対1、10対1が導入された。7対1看護体制とは、文字通り患者7人に対して看護師1人を配置するものであり、10対1より病棟当たりの勤務看護師は大きくなる。 [北村 麻美子 日付不明]

パートナーシップ・ナーシング・システム (PNS) の開発

2009年に福井大学医学部附属病院でパートナーシップ・ナーシング・システム

(Partnership Nursing System : PNS) という看護提供方式が開発された。

PNSとは、看護師が安全で質の高い看護を共に提供することを目的とし、二人の看護師がよきパートナーとして、対等な立場で、互いの特性を活かし、相互に補完し協力し合っ
て、毎日の看護ケアをはじめ委員会活動、病棟内の係の仕事に至るまで、1年を通じて活動し、その成果と責任を共有する看護提供方式である。 [福井大学医学部附属病院 看護部 2018]また、二人の看護師が一緒に行動するため一人が処置や観察、会話をし、もう一人がリアルタイムに看護記録を記入するといった構図を作ることができる。そうすること

で、患者には安心・安全な看護が提供され、看護師にとっては効率的な看護実践による残業時間の削減が期待でき、看護の伝承・伝授による人材育成の効果も得られる。

一方で、ベテラン看護師の負担の増加や、看護師間のストレスの増加などの問題も上がっている。

次に表 1-2 に各看護提供方式をまとめた。

下記には、これまでに開発されてきた主な看護提供方式の特徴や新しい看護提供方式である PNS について述べていく。

これまで開発された主な看護提供方式の概要と比較

これまでに、患者に質の高い看護サービスを効率よく提供するために、様々な看護提供方式が開発されている。

(ア) 機能別看護方式

これは、複数人の看護師が看護を行う上での役割分担を示したもので、患者の看護に必要な仕事を「検温」「処置」「投薬」「清潔ケア」などの業務ごとに看護師を割り当てる方式である。特徴として、看護師の能力に応じて業務を割り当てるため、患者に提供する看護のレベルに差が生じにくく、比較的少ない看護師で能率的に看護を提供できる点である。

一方で、看護師が業務ごとに変わるため継続的な看護が提供しづらいことや、患者側から見ると複数人の看護師が入れ替わりで看護に来るため、聞きたいことを誰に聞いたら良いかわからないなどといった問題点もある。

(イ) チームナーシング

これは、1病棟で2つ以上のチームを作り、そのチームで一定の患者を受け持つ方式である。チームにはリーダーが存在し、メンバーはリーダーの責任の基、看護を行う。リーダーは、看護の方針を立て、チームメンバーへの指示、担当医師へ患者状況の報告を行う。メンバーは、リーダーの指示を受け実際の看護を患者に提供していく。

チームナーシングは、ベテランや新米看護師などの能力の差がある人材で一定水準の看護を提供することを目的に開発された方式である。一方で、リーダーの責任が大きい、責任の所在が不明慮といった指摘もある。

(ウ) プライマリナーシング

この看護提供方式は、1人の看護師（プライマリナース）が、患者の入院から退院まで一貫して担当し、担当患者のすべての看護に責任を持つ方式である。プライマリナースは、担当患者の看護を行うが、看護は24時間行われるため、看護師が交代で看護にあたる。そのためプライマリナースが不在の時があり、この時はプライマリナースが立案した計画に基づいて、別の看護師（アソシエイトナース）が看護にあたる。つまり、1人の看護師は数人の患者に対しては、プライマリナースとして、それ以外の患者に対してはアソシエイトナースとして関わる。特徴としては、看護に対する責任が明確になる上、看護の継

続性が保たれることである。一方で、プライマリナースの能力により看護内容の差が生じる可能性があることや、チームナーシングや機能別看護方式に比べて看護師の人数が多く必要であるという問題点もある。また、この看護提供方式は、看護師がやりがいをもって看護を提供できるように考案された。

(エ) モジュール型看護方式

この看護方式は、1病棟内に2つ以上のチームを編成し、チーム内でそれぞれの受け持ち患者を決め、担当患者の入院から退院まですべての看護を行うという方式である。つまり、モジュール型看護方式とは、プライマリナーシングと固定チームナーシングの折衷方式であり、チームのサポートを強化したプライマリナーシングといえる。これは、日本で生まれた方式で、アメリカで生まれたチームナーシングやプライマリナーシングを看護師の数が少ない日本においてアレンジを行って生まれた。

表 1-2 看護提供方式一覧 [叶谷 由佳 2007]

	特徴	患者との関係	必要な看護師の能力	必要な協同の内容
機能別看護方式	患者の看護ケアに必要な業務を検温、注射、清潔ケア、与薬などの係を決めて、業務中心に看護師に割り当てて看護ケアを行う。	患者からみると、だれが自分の看護について責任を持つのかかわりにくく継続的な看護が難しい	看護師の能力のばらつきがあっても許容される	口頭や文書による情報交換、引き継ぎの徹底。常にチームの責任者に情報を集中させる
チームナーシング	チームリーダーのもとに患者の看護ケアを行う	患者からみると、だれが自分の看護について責任を持つのかかわりにくく継続的な看護が難しい	チームリーダーには高い能力が求められる。その他のメンバーに看護師としての能力のばらつきは許容される	常にチームリーダーに情報を集中させることを徹底する。チームリーダーは、状況の把握に努める。チームメンバーは、割り当てられた仕事とその結果の報告を確実に行う。
プライマリナーシング	一人の看護師（プライマリナーシング）が、患者の入院から退院まで一貫して担当し、担当患者の看護ケアのすべての責任を持つ	患者と看護師の対応関係が明確であり、お互いの関係が保ちやすい。しかし、患者の看護師の相性が悪いと良好な関係が保ちにくい。	ほとんどの看護師がプライマリナーサとしての自立できる能力が問われる	適切な情報交換二ヨリ、共同の効果を最大限に引き出す
モジュール型看護方式	チームの看護師がモジュール内の患者の入院から退院まで一貫して担当し、担当患者の看護ケアのすべてのすべてに責任を持つ	患者とモジュールを受け持つ看護師の対応関係が明確であり、お互いに関係を保ちやすい	基本的に、看護師はプライマリナーサとして自立できる能力が問われるが、看護師の能力のばらつきはチームリーダーがサポートする必要がある	モジュール間での適切な情報交換により、共働の効果を最大限発揮
PNS	2人の看護師がパートナーを組んで複数の患者を受け持ち、対等な立場でお互いの特性・能力を活かしながら補完・協力し合い、看護業務を行う	担当が2人いるため安心感があり、点滴などの確認も2人で行えるため安全	お互いの知識を補完しながら行うことができる	パートナーが不在の時はチーム内の人ペアを組む。個人で分からないことをパートナー、グループ、全体で補完する四重構造

第2章 三重大学建築学科における建築計画 の BIM 教育の現状

- 2-1 研究の背景
- 2-2 問題解決型授業で行う BIM 教育の在り方の検討 -建築計画Ⅰを事例に-
- 2-3 BIM を用いた建築設計製図教育の現状考察 -建築設計製図Ⅲを事例に-

2-1 研究の背景

2-1.1 PBLについて

近年、多くの高等教育機関において問題発見解決学習(problem-based learning(PBL))という教育方法が導入されている。PBLには「問題発見解決学習(problem-based learning)」と「プロジェクト学習(project-based learning)」の二つがある。これらは、アクティブラーニングの一つである。

2-1.1.1 問題発見解決型学習としてのPBL

問題発見型学習は、1960年後半、カナダのマックマスター大学メディカルスクールで開発されたものだと考えられている。現在では、医療系だけでなく他の専門分野で広く用いられている学習戦略の一つである。可能な限り一般化した定義としては、「問題解決型学習とは、実世界で直面する問題やシナリオの解決を通して基礎と実世界とを繋ぐ知識の習得、問題解決に関する能力や態度等を身につける学習のことである」 [成田秀夫 2016]といえる。

Barrows らの研究によると PBL は以下の 6 つの特徴を理解することで理解が深まるとしている。

- ① 学生中心の学修であること
- ② 少人数のグループで学修すること
- ③ 教員は補助として行動すること
- ④ 解決する問題は基礎的事項であること
- ⑤ 解決する問題は学生の成長を促すものであること
- ⑥ 問題解決力の行使と新たな知識は自らの学修によって得られること

PBL 授業の流れについて、講義形式の授業と合わせて以下の図 2-1 に示す。

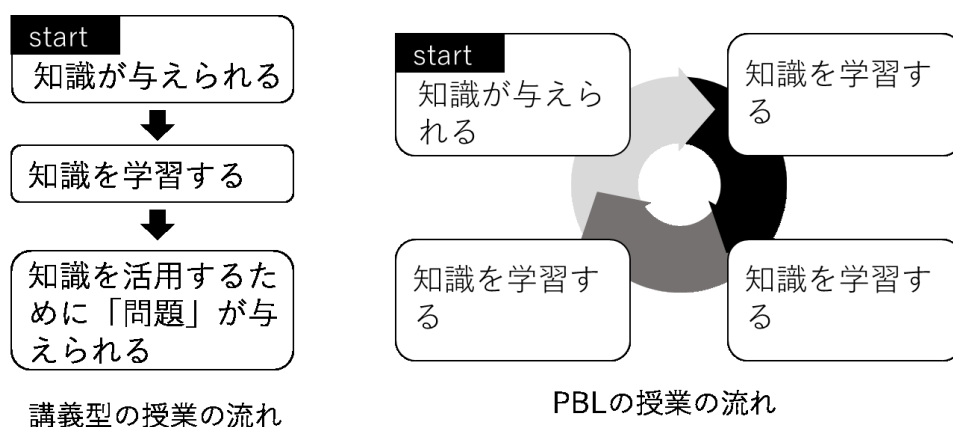


図 2-1 PBL の流れ

まず、「問題(problem)」が与えられるところから始まるのが PBL の最大の特徴といえる。その後問題についてグループ学修と個人学修を繰り返しながら問題を見定め、必要な知識を見定め収集する。次に、それらの知識を活用して問題解決に臨む。それで問題が解決すればよし。解決に至らなければ上記のステップを繰り返すという流れになる。講義を聞いてテストに臨むのがカリキュラム上のゴールとなる講義形式と違い、学修が繰り返しのサイクルになることも PBL の大きな特徴といえる。

2-1.1.2 プロジェクト学習としての PBL

プロジェクト学習(PBL : project-based-learning)は、実世界に関する解決すべき複雑な問題や問い、仮説をプロジェクトとして解決・検証していく学習のことである。学生の自己主導型の学習デザイン、教師のファシリテーションのもと、問題や問い、仮説などの立て方、問題解決に関する思考力や協働学習等の能力や態度を身に付ける学習と定義できる [成田秀夫 2016]。

上記の定義より、建築教育における設計製図授業はプロジェクト学習にあてはまるだろう。

2-1.1.3 三重大学における PBL に関する取り組み

三重大学でも、主体的な学習者の育成を目指して、個々の教員、部局の教務関係者、大学の執行部がそれぞれの立場から PBL に関する多様な取り組みを検討実施している。また、大学の教育目標を「感じる力」、「考える力」、「コミュニケーション力」、そしてそれらを統合した「生きる力」を養成することとしている。4つの力とは、具体的に以下の通りに定義している。

- ① 感じる力...感性、共感、倫理観、モチベーション、主体的学習力、心身の健康に対する意識
- ② 考える力...幅広い教養、専門知識・技術、論理的思考力、批判的思考力、課題探求力、問題解決力
- ③ コミュニケーション力...情報受発信力、討論・対話力、指導力・協調性、社会人としての態度、実践外国語力
- ④ 生きる力...感じる力、考える力、コミュニケーション力を総合した力

2-1.2 BIM 教育について

近年、BIM は急激に普及しており、高等教育機関における BIM 教育の必要性が高まっている。しかしながら、BIM に関する教育方法などが確立されていないのが現状である。

2-1.2.1 三重大学工学部建築学科における建築計画の BIM 教育

三重大学工学部建築学科では、2016 年度から 1、2 年生を対象に「BIM の概念及び建築計画に関する BIM を用いた事例を理解すること」を目的に問題解決型授業（PBL）を行っている。1 年生は、「BIM と建築計画」をテーマとしており、2 年生はより発展させた「BIM と FM」をテーマにて行っている。

さらに、2015 年度から 3 年後期の選択科目である建築設計製図Ⅳの病院設計にて BIM を用いた設計を必須化している。また、この課題では Autodesk Revit と呼ばれる BIM ソフトウェアの利用を推奨している。

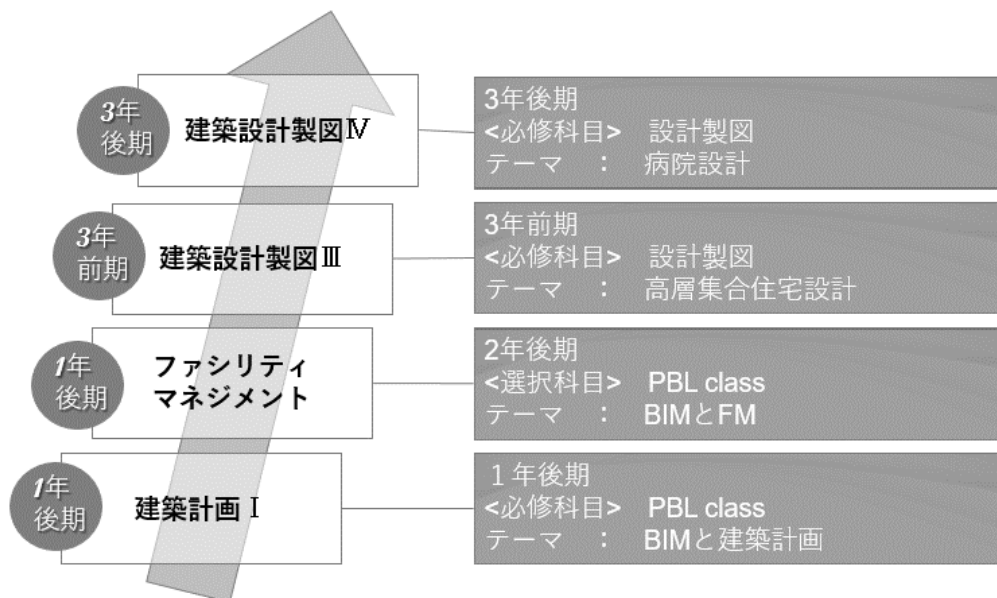


図 2-2 三重大学工学部建築学科で実施している BIM 教育

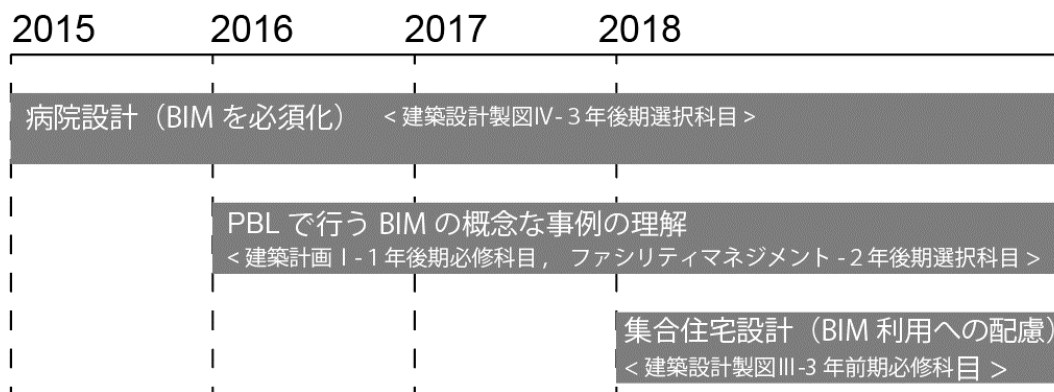


図 2-3 三重大学工学部建築学科における BIM 教育の推移

2018年度から3年生前期必修科目である建築設計製図Ⅲの授業にて、BIM利用を念頭に置いた高層集合住宅の課題を出題している。この授業では、BIM利用を考慮し、高スペックなPCの開放などといった取り組みを行っている。

2-2 問題解決型授業で行う BIM 教育の在り方の検討 -建築計画 I を事例に-

この節では、建築計画 I に関する分析を行う。

2-2.1 建築計画 I の概要

建築計画 I での学習目標は、建築の原点である住宅や集合住宅を中心に、建築計画にかかわる専門的知識、及び問題解決への応用力を習得すること。また、その中で社会の要求とそれを解決する手法を習得することである。

建築計画 I では「BIM と建築計画」をテーマとした課題のほか「巨匠の建築」「個人住宅」「集合住宅」をテーマとした課題を行っているが、本研究では、「BIM と建築計画」の課題のみを対象とした。

授業の流れとしては、初回に教員からテーマについての概要が説明され、その後グループ分けを行い（1 チーム 5～6 人、9 チーム）、グループごとに簡単なディスカッションが行われる。2 回目には、各自資料を持ち寄り 90 分間のディスカッションを行う。その後、教員と TA がフローティングファシリテーターとして各グループを回り補助を行う。3 回目に全グループがプレゼンテーションを行い、知識の共有を図るというものである。

2-2.1.1 アクティブラーニングにおける学生への評価

PBL のようなアクティブラーニングの評価方法としてよく取り上げられるのが、パフォーマンス評価やポートフォリオ評価である。パフォーマンス評価とは、スキルや知識を用いた学習者のパフォーマンスを手掛かりに、概念理解の深さや知識・スキルを総合的に活用する能力を質的に評価する方法である。事前に課題が与えられ学習者が時間をかけて準備する、レポートや論文、作品は「パフォーマンス課題」と位置付けられ、パフォーマンス評価の中核をなす。

一方で、ポートフォリオ評価とは、ポートフォリオに収められた学習の証拠資料に基づいて学習者の成長のプロセスを評価する方法である。このような評価方法の場合、学修の時間外学習を記録する「授業外学修ポートフォリオ」や目標を設定させる「ルーブリック」と呼ばれる評価基準が多く用いられる。

2-2.2 評価方法の改善

本研究室では 2016 年度から、建築計画 I を履修している学生に対し詳細な授業アンケートを実施し、PBL にて行われるべき BIM 教育の在り方を探ってきた。それに伴い、学生のアクティブラーニングを正當に評価するために様々な評価方法を実践している。本授業

では、アクティブラーニング評価として2016年から授業時間外学修におけるポートフォリオ評価、2017年からルーブリック評価、2018年からディスカッション中の学生相互評価を取り入れている。以下表2-1にそれぞれ説明を行う。

表 2-1 建築計画1での評価一覧

	評価方法	評価内容
個人評価	個人学修ポートフォリオ評価	授業外学修における個人活動を評価する
	発表の個人評価	発表を知識及びプレゼンテーション方法の2つから評価する
	最終レポート	全課題終了後のレポートにより理解度を評価する
	ディスカッション中の学生相互評価	ディスカッション中の、メンバーの役割や貢献度についての学生の相互評価を行う
グループ評価	グループ学修ポートフォリオ評価	授業外学修におけるグループ活動を評価する
	ルーブリック評価	ルーブリック評価表に基づいて発表時に評価する

2-2.3 ルーブリック

ルーブリックとは、前述したように、学習者のパフォーマンスを評価するための基準であり、様々な能力評価における基準を明示し、学生と課題の目標を共有するためのツールである。また、課題を始める前に学生に、ルーブリックを提示することにより、学生が課題の明確な評価基準を知ることができ、課題理解度の向上や能動的学習の促進などが期待できる。

2-2.3.1 ルーブリックを用いた学習目標

ルーブリックには、目的や用途によってさまざまな評価観点がある。本授業では、建築計画における専門知識の取得及びプレゼンテーション能力の向上を主眼に置いているため、評価観点項目を「基礎知識」「応用知識」「プレゼンテーション」の3つのまとまりのもと作成している。また、評価尺度はA、B、Cの三段階評価とし、それぞれの評価基準は学生の学習目標になりうるよう具体的に記述してある。(図2-4)

		A	B	C
基礎知識	BIMの定義	BIMという概念について多角的な視点から考え、自らの言葉で定義できている。	BIMの定義を一方面からのみ理解のみしかできなかったが、自らの言葉で定義できている。	BIMの定義について理解できなかったが、情報資源に記載されていた定義を引用している。
	BIMの特徴	「メリット・デメリット」または「異業種」などの複数の視点からBIMの特徴を把握し理解している。	一方面から見たBIMの特徴を理解している。	BIMの特徴について理解できなかったが、情報資源に記載されていた定義を引用している。
知識/理解(応用)	事例収集	BIMについて複数の事例を収集し、それらについて自分なりに比較や考察をすることができている。	BIMについて複数の事例を収集したが、比較や考察が十分にできていない。資料収集に留まっている。	1つの事例のみ収集している。
	BIM×建築計画	自チームが選んだ事例と建築計画分野との関連性を理解し、自分なりにまとめることができている。	自チームが選んだ事例と建築計画分野との関連性を見つけることはできなかったが、BIMと建築計画の関連性を理解し自分なりにまとめることができている。	BIMと建築計画との関連性を理解しまとめることができなかったが、関連する資料を集めることができている。
視覚資料		発表には適切でわかりやすい視覚資料を十分に含んでいる。その資料は自作であり且つ正確である。発表者は適宜その資料に言及し説明をしている。	発表には適切でわかりやすい視覚資料を含んでいる。その資料は自作であるが正確性が一部欠けている。資料について適宜説明しているものの一部不正確な部分がある。	発表に必要最低限の視覚資料を含んでいる。視覚資料を含んでいるものの他者が作成したものをそのまま掲載している。資料について説明が不十分である。
コミュニケーション		発表は想像力や説得力に富み、聴き手に主張を伝えるのに効果的である。発表者は聴き手の反応や質問に効果的に対応している。	発表は想像力に富むが説得力に欠ける部分がある。	主要な主張を述べてはいるものの聴き手に伝えるには効果的とは言えない。聴き手からの質問に対して上手く対応できなかった。

図 2-4 提供されるルーブリック

2-2.3.2 ルーブリックを用いた学習目標の提示

本研究において実践したルーブリックでは、評価基準を明確化するためだけのツールとしてではなく、学習意欲の向上のためのツールとして使用することを目的とし、ルーブリックの学生への提示に工夫を加えている。

まず、授業の課題発表時に学習目標であるルーブリックを提示し学生にするべき学習を明確化させる。その後ディスカッションの週ではルーブリックを基にグループ内で知識を深め、最終のプレゼンテーションでは、ルーブリックを用いグループで自己評価する。ま

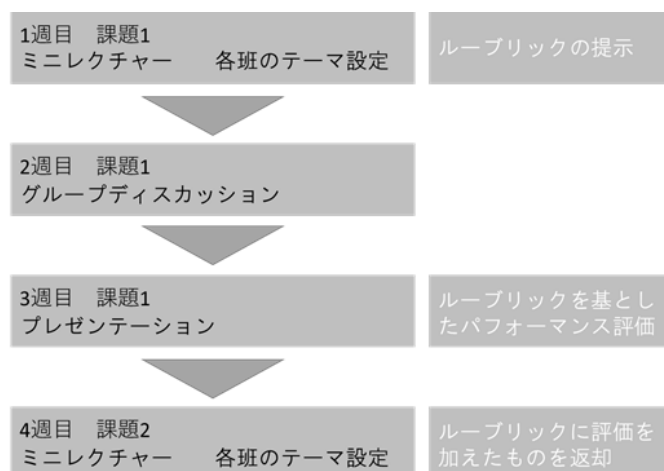


図 2-5 授業の流れとルーブリックの提示

た、同時に教師も、プレゼンテーションを基にルーブリックを用い各グループの評価を行う。プレゼンテーションの次の週には、教師の評価と学生が自ら行った評価を照らし合わせたルーブリックが返却され、次の課題へのステップアップに利用される。

また、2018年度では返却の時期を見直し、学修の改善を図った。2017年度のルーブリックの返却のタイミングでは次のテーマが始まってしまっているため、前テーマの復習と次テーマの学修を同時進行で行わなければならなかった。プレゼンテーション後すぐに評価を確認することができ、復習をすぐに始められるようにすることで知識の定着を増進することを目的に、2018年度では、回収したその日中に教員の評価を合わせたものをMoodle サイト上にアップロードするようにしている。

	A	B	C	
基礎知識	FM・BIM・ワークプレイスの定義	FM・BIM・ワークプレイスについて、それぞれの定義を多角的な視点から考え、自らの言葉で定義できている。	FM・BIM・ワークプレイスについて、それぞれの定義を一方からしか理解できなかったが、自らの言葉で定義できている。	FM・BIM・ワークプレイスについて、それぞれの定義を自分なりに理解できなかったが、情報資源に記載されていた定義を引用している。
	FM・BIM・ワークプレイスの特徴	「メリト・デメリット」または「異業種」などの複数の視点からFM・BIM・ワークプレイスの特徴を把握し理解している	一方から見たFM・BIM・ワークプレイスの特徴を理解している	FM・BIM・ワークプレイスの特徴について理解できなかったが、情報資源に記載されていた特徴を引用した
知識/理解(応用)	事例収集	ワークプレイスのFMIにBIMを用いた事例を収集し、多角的に分析できている。	ワークプレイスのFMIにBIMを用いた事例を収集し、ある一面ではあるが分析ができていない。	事例収集に留まっている。
	FM×BIM×ワークプレイス	ワークプレイスFMIにBIMを用いた事例と他のワークプレイス運営を比較し、ワークプレイスのFMIにBIMを使うことの建築計画的意義や今後の展望を多角的に理解し、それを表現できる。	ワークプレイスFMIにBIMを用いた事例と他のワークプレイス運営を比較し、ワークプレイスのFMIにBIMを使うことの建築計画的意義や今後の展望を一面的に理解し、それを表現できる。	ワークプレイスのFMIにBIMを使うことの建築計画的意義や今後の展望を記載している資料を収集して
プレゼンテーション	視覚資料	発表には適切でわかりやすい視覚資料を十分に含んでいる。その資料は自作であり且つ正確である。発表者は適宜その資料に言及し説明をしている。	発表には適切でわかりやすい視覚資料を含んでいる。その資料は自作であるが正確性が一部欠けている。資料について適宜説明しているものの一部不正確な部分がある。	発表には最低限の視覚資料を含んでいる。視覚資料を含んでいるもの他者が作成したものをそのまま掲載している。資料について説明が不十分である。
	コミュニケーション	発表は想像力や説得力に富み、聴き手に主張を伝えるのに効果的である。発表者は聴き手の反応や質問に効果的に対応している。	発表は想像力に富むが説得力に欠ける部分がある。	主要な主張を述べてはいるものの聴き手に伝えるには効果的とは言えない。聴き手からの質問に対して上手に対応できなかった。
	グループワーク	グループ内で個人間の発表の質に偏りがなく、グループ全体の発表としてまとまりがある。	グループ内で個人間の発表の質に偏りがなく、内容の重複やストーリー性の欠けがあり、グループ全体の発表としてまとまりに欠ける。	グループ内で個人間の発表の質に偏りがある。

図 2-6 返却されたルーブリック (Tは教師の評価、Sは学生が自ら行った評価)

2-2.3.3 ディスカッション中の評価

2017年度授業アンケートにおいて、グループワークにおける個人評価を要望する声があった。現在の成績評価に関する項目は表 2-1 で示す通りである。様々な観点で学生評価を行っているが、グループワークに関する評価はグループごとの評価にとどまっている。そのため、2018年度に試験的にディスカッション評価を導入した。ディスカッション評価とは、第2回の授業のディスカッション回にて、個人が行った行動について同じグループのメンバー同士にて評価し合う、学生による相互評価の方法である。行ったディスカッション評価の内容を表 2-2 に示す。

評価項目1では個人がディスカッション当日までに準備し、持参した資料の媒体と個数を報告させている。この項目は、授業時間外学修の評価という側面をもっており、ディスカッションでの活発度・貢献度の一つの指標としている。また評価項目2では、ディスカッション中の各グループメンバーの役割を自身も含めそれぞれ評価させている。ディスカッション中の役割は流動的に変化することを考慮し、複数回答可としている。役割の選択

肢は [Sheats, 1948]が分類した 26 種類の中から、授容・研究内容・学生の選択の容易化の 3 点を考慮し、一部を抜粋したものを使用した。それぞれの役割を以下の表 2-3 に示す。評価項目 3 では、自分を含めた各グループメンバーのディスカッションでの貢献度を“とても貢献した”“少し貢献した”“あまり貢献しなかった”“全く貢献しなかった”の 4 段階で評価させている。この項目がディスカッション当日の主な個人評価となる。評価項目 4 ではディスカッション全体の達成感を評価してもらった。評価指標は“とても達成感があった”“少し達成感があった”“あまり達成感がなかった”“全く達成感がなかった”の 4 つである。

以上の 4 項目について、ディスカッション終了時に 5 分ほど時間を取り評価させている。また、入力の際にはメンバーと話し合っ評価しないよう注意を促した。

表 2-2 ディスカッション評価

評価項目	評価分類
1. ディスカッション中に持参した資料(複数回答可)	自己評価
2. ディスカッション中の各人の役割(複数回答可)	グループ内相互評価(自身の評価も含む)
3. グループワークでの貢献度	グループ内相互評価(自身の評価も含む)
4. グループワークの達成感	自己グループへの評価

表 2-3 グループメンバーの役割

役割	定義
Gatekeeper	議論の進め方などを提案する。メンバーの発言を促すなど他者をよく見回す。
Information Giver	課題に関する補足的な情報な事実を提供する。
Opinion Giver	新しい提案を提供する。提案について自分の意見を述べる。
Summarizer	発散した議論を整理する。議論についての自分なりの結論を提案する。
Follower	他人の意見に反対せず自分の意見もあまり述べない。
Blocker	議論されている提案に反対、または否定的な態度をとる。
Playboy	議論されていることに対してほとんど関心をもっていない。

2-2.3.4 ポートフォリオ等の回収・分析方法の改善

建築計画 I では、授業評価の一つとして授業時間外の学修活動の評価及び振り返りのために、学修ポートフォリオ評価を採用している(表 2-1)。2017 年度までは、Moodle 上にフォームを作成し、個人学修とグループ学修に分けて、活動時間・活動場所・使用した設備機器や学修資源などを学生に入力させていた。しかしながら、これまでの Moodle での入力は毎回サイトにアクセスし、ログインする必要があり、手間がかかるため学生の提出

状況が芳しくなかった。また、集計や編集にも手間がかかり、被評価者と評価者の両方に負担がかかっていた。

そこで、今年度から Google フォームにてポートフォリオ表を作成し、回答と回収、集計の一括化を図った。Google フォームでは、入力フォームの作成が容易であり、且つログインの必要がないため被評価者と評価者の負担が減少した。また本フォームでは、回答の収集後、簡単な集計及びグラフ化を自動で行うことができるため、より効率的に授業を運営できるようになった。

2-2.4 調査手法と研究対象

本研究では、三重大学工学部建築学科の学部生を対象として行われている PBL 型授業の内、建築計画 I を受講する学生を対象とする（表 2-4）。先述したように、2017 年度からルーブリックを導入し、2018 年度からディスカッション中の相互評価を導入している。主な調査方法は、「BIM と建築計画」の課題終了後に行ったアンケート調査である。

表 2-4 建築計画の概要及びアンケートの調査概要

授業名	建築計画 I (2016)	建築計画 (2017)	建築計画 I (2018)
学年	1 年 (後期)		
履修人数	57 人	48 人	45 人
科目種別	必修科目 (PBL 形式)		
期間	2016.10.31~11.14	2017.10.27~11.13	2018.10.26~11.12
場所	三重大学 環境情報科学館階 3F PBL 演習室 3,4		
授業教員・TA	教授 : 1 人、TA : 4 人	教授 : 1 人、TA : 5 人	教授 : 1 人、TA : 8 人
ルーブリック	なし	あり	あり
ディスカッション評価	なし	なし	あり
	アンケート調査概要		
回答人数	48 人	44 人	42 人
調査日	2016.11.14	2017.11.13	2018.11.12
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 授業時間外のグループディスカッション回数 ・ BIM への理解度 ・ 今後の設計課題で利用したいか 		

また本研究では 2016 年度から行っている表 2-4 の下記のアンケート項目のほか、2017 年度からルーブリックについてのアンケートを行い、2018 年度からは、試験的に行ったディスカッション評価についてのアンケートも同時に行っている。

2-2.5 建築計画 I における学生の学修実態の把握

2-2.5.1 学生の授業外学修の実態

本授業時間内で行われるグループディスカッションは、1回のみであり、多くのグループが授業時間外にディスカッションを行っている。図 2-7 は、2016 年から 3 年間のグループディスカッション回数の推移である。図からわかるように、ルーブリックを導入した 2017 年度以降は、グループディスカッション回数が増加している。図 2-8 は、3 年間の平均ディスカッション回数の推移である。このことから、ルーブリックの導入により、授業時間外のディスカッションが増加したといえるだろう。

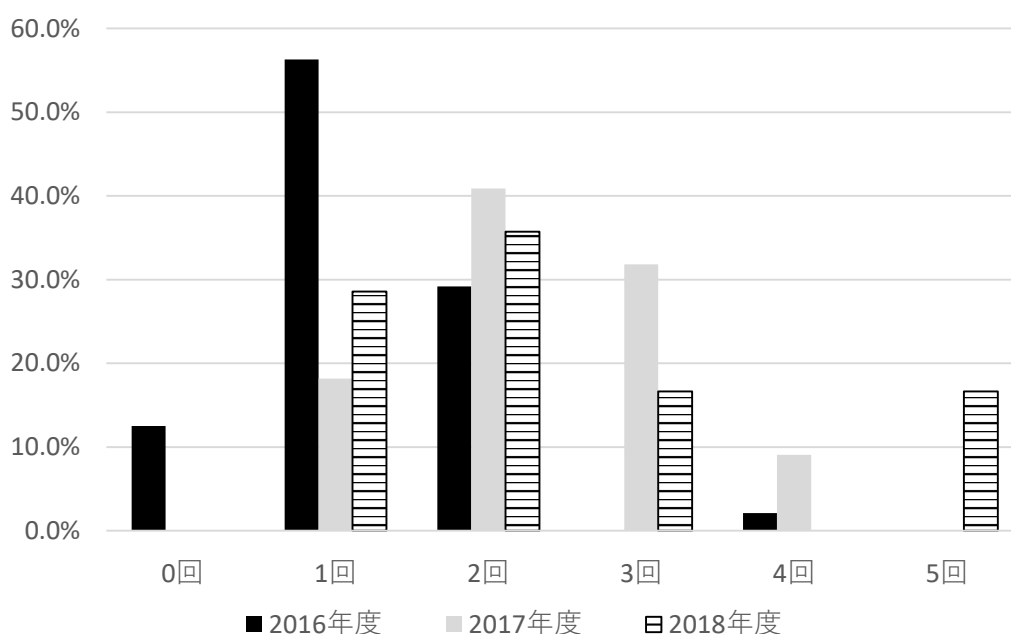


図 2-7 授業時間外のグループディスカッションの回数

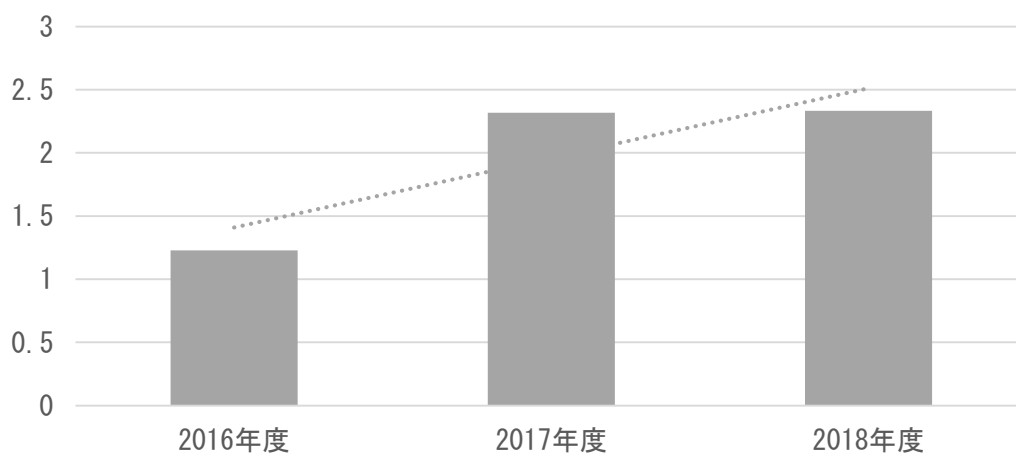


図 2-8 授業時間外のグループディスカッションの平均回数

2-2.5.2 課題終了後の BIM への認識

プレゼンテーション後に図 2-9、2-10 に示す BIM への認識に関するアンケートを行った。図 2-9 の BIM への理解度についてのアンケート結果から、2017 年度から飛躍的に学生の BIM の理解度が上昇しており、授業時間外のディスカッションの増加と同様に、ルーブリック導入による影響が大きいと考えられる。

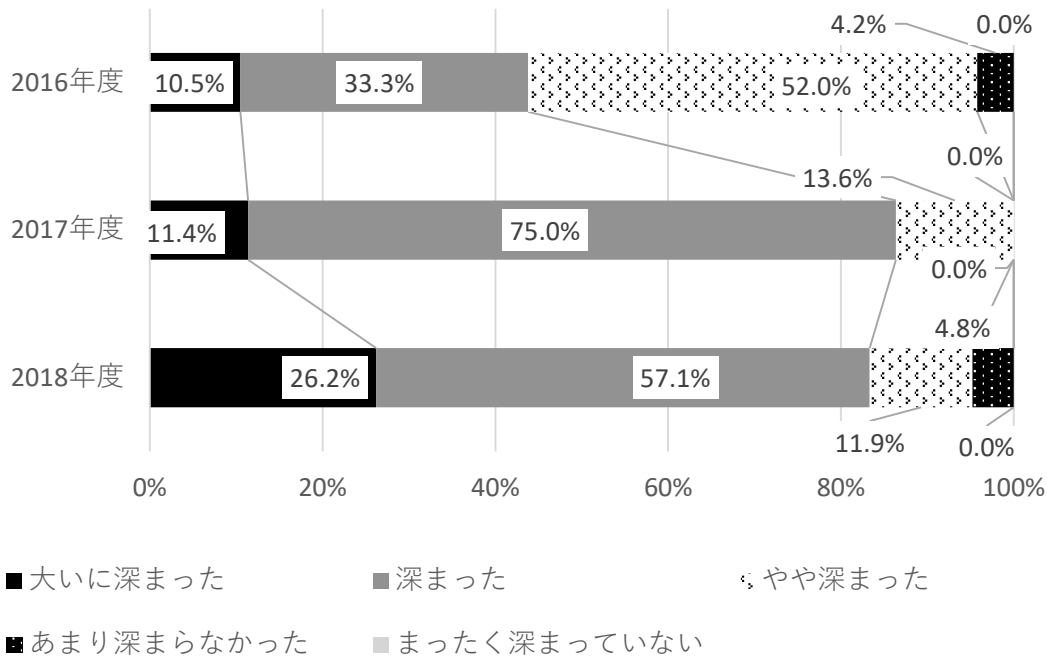


図 2-9 BIM の理解度は深まったか

またルーブリックについては、同アンケート内のルーブリックの有効性についての質問にて（図 2-10）、2017 年度、2018 年度共に、8 割以上の学生が役に立ったと答えている。その理由として、ルーブリックにより「抑えるポイントをはっきりわかる」や「学び

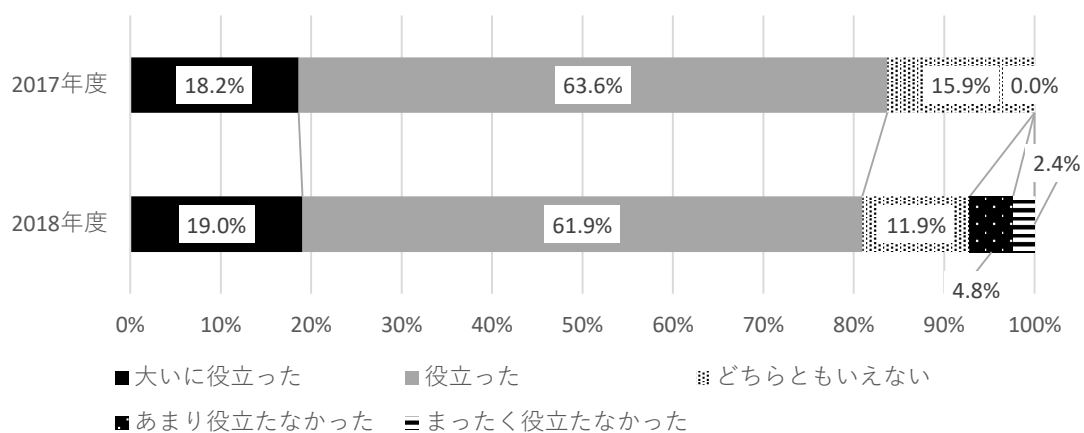


図 2-10 ルーブリックはこの課題で有効であったか

や発表の指針になる」といった声が多く、学生もルーブリック導入が理解度上昇につながっていると考えていることがわかった。一方で、ルーブリック導入により「(自ら学ぶというより、)作業になってしまう」などといった意見もあった。このようなことから、ルーブリックは、PBLで行うBIM教育における学習時間の向上やBIMの理解度上昇に有効であると考えられる。

図 2-11 は、今後、設計課題で BIM を利用したいかというアンケート結果を示したグラフである。図から、年度を重ねるごとに利用したいと考える学生が多くなっていくことがわかる。また、利用したいと思うと回答した学生は「BIM のメリットは大きそう」や「便利そう」と考えている一方で、「これからの時代、BIM は必須だと思う」などといった将

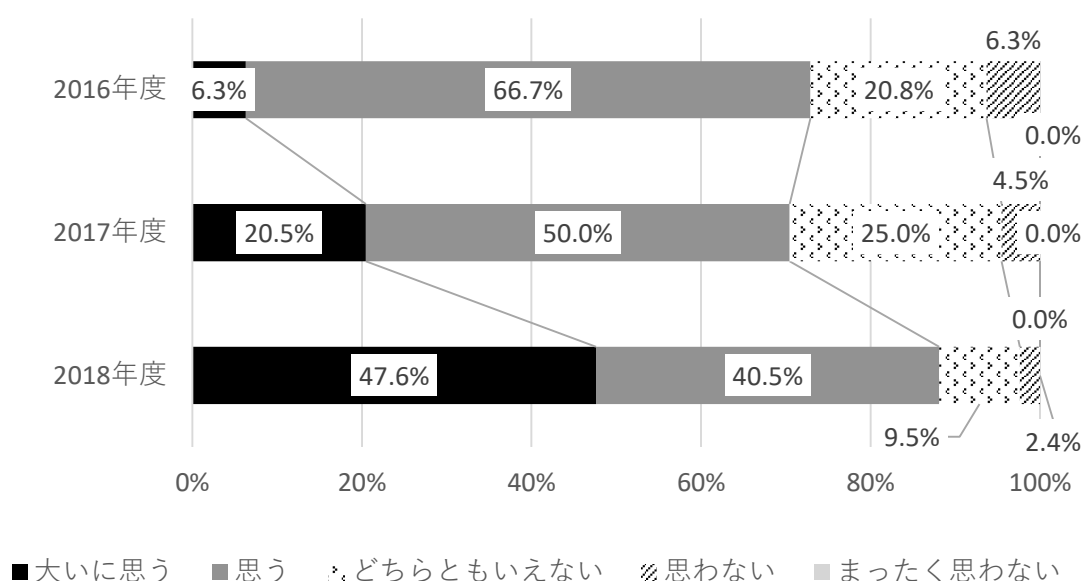


図 2-11 今後の設計課題で BIM を利用したいと思うか

来を見据えた意見が多くあった。さらに、年々BIMを利用する企業や団体が増え、BIM利用の先進的な事例も増え続けていることから、年度を重ねる毎に社会的にBIMを利用する必要性を考えるようになった学生が増えていったと推測される。

2-2.6 ディスカッション中評価に関する学生の認識

2-2.6.1 ディスカッション中の相互評価への認識

ここでは、2018年度から取り入れたグループディスカッション中の相互評価に関するアンケートを示す。

図 2-12 は、ディスカッション中の学生間での相互評価の必要性を感じたかというアンケート結果のグラフである。図から、必要だと感じた学生は 40%、どちらともいえないと感じた学生は 30%、必要でないと感じた学生は 30%と明確に賛否が分かれたことがわかる。必要だと感じた学生からは、ディスカッション評価により「発表以外の評価ができるから」や「互いに高めあうことができるから」といった意見がある一方でどちらともいえない、必要でないと感じた学生からは「評価基準が難しい」、「評価相手が友達で評価しづらい」といった意見があった。

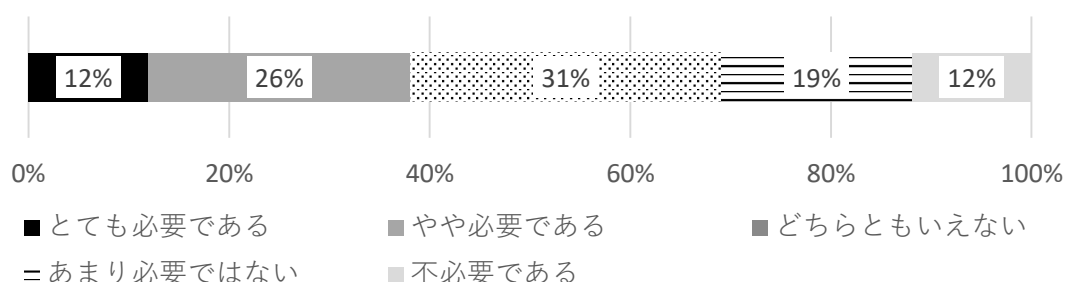


図 2-12 学生間での相互個人評価の必要だと感じたか

また、ディスカッション中の学生間での相互評価により、グループディスカッションは活性化したか（図 2-13）という質問に対しても、図 2-12 と同様に意見が分かれた。ポジティブな意見としては、「やる気につながった」、「評価されると意識が良い方向につながった」などの意見がある一方で、「評価自体を気にしてディスカッションしづらかった」などの意見も出た。このようなことから、ディスカッション評価が、ディスカッションの活発化に直接つながったかは言い難く、評価自体の妥当性も考え直す必要があると考えられる。

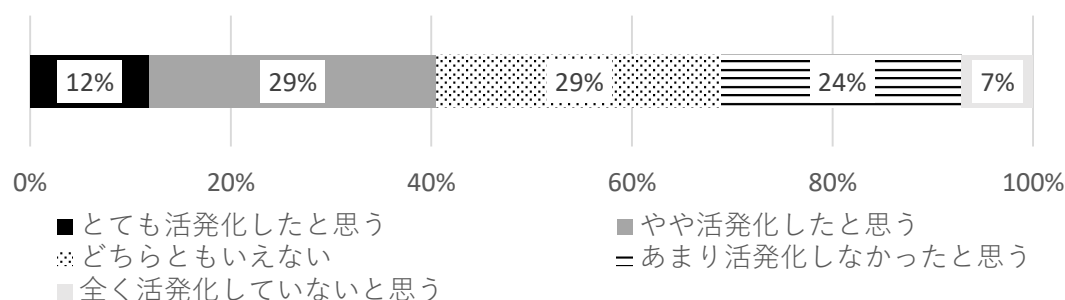


図 2-13 相互評価によりディスカッションは活発化したか

2-2.6.2 ディスカッション中の役割評価への認識

表 2 中の評価項目 2 に値する、PBL ではグループ内での役割が重要だと思うかというアンケート（図 2-14）では、6 割以上の学生が重要であると考えており、重要でないと考えている学生は、10%程度であることがわかった。

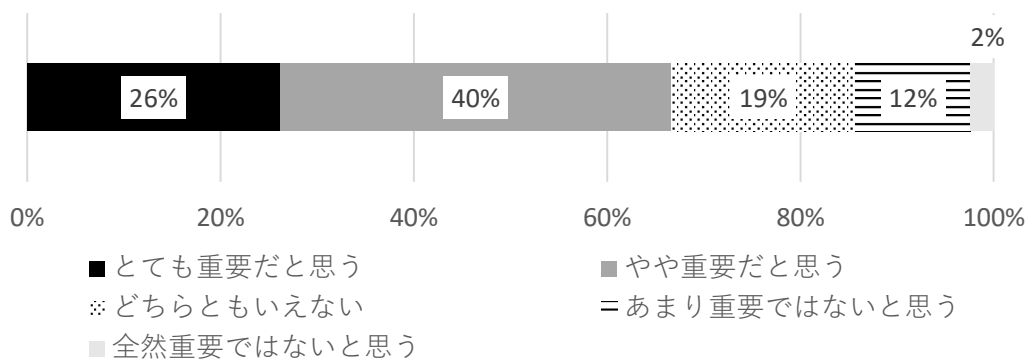


図 2-14 PBL ではグループ内での役割が重要だと思うか

また、個人の役割を意識することでグループディスカッションは活発化されると思うかというアンケート（図 2-15）では、70%程度の学生が役割を意識することによりディスカッションが活性化されると感じていることが分かった。その理由として「責任感が生まれる」や「やりがい生まれる」といった意見が多くを占めた。これにより、多くの学生が役割分担の相互評価により互いの役割を認識し、それによりグループワークの活性化とい

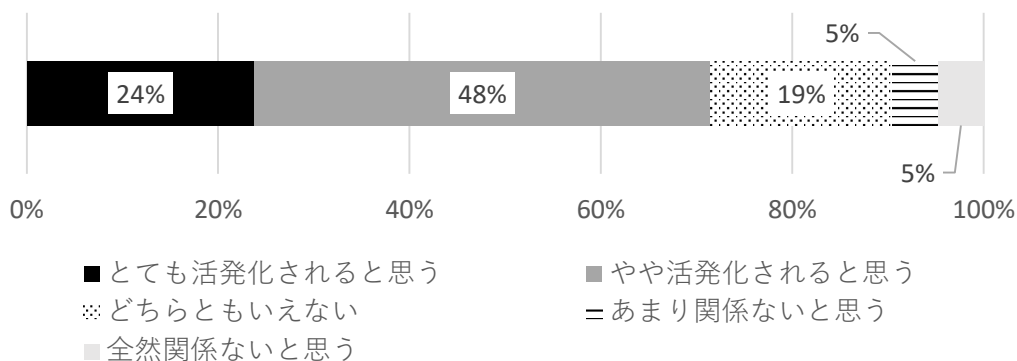


図 2-15 役割を意識することでディスカッションは活発化されると思うか
う効果を生み出していることがわかる。

2-2.7 まとめ

本研究では、PBL で行われる BIM 教育における評価方法を提示しそれに伴う学修実態や学生の意識の変化について、アンケートを用いて分析した。それにより、ルーブリック評価を実施することで、飛躍的に学生の学修理解度や学修意欲を向上させることができることが分かった。しかしながら、ルーブリック評価を提示することで、学生の学びの幅が制限させる可能性があると考えられる。

一方で、2018年度より導入したディスカッション評価では、学生が学生を相互評価するという評価方法のため、一部の学生が抵抗感を抱いたことから評価方法としての見直しが必要であると考えられる。一方で、ディスカッション中の役割意識を持つことは、多くの学生が重要であると感じており、役割の相互評価により、グループ内の役割認識が生まれディスカッションが活発化したと感じている学生も多くいた。以上から、ディスカッション中の評価としては、グループ内の役割認識を軸とした評価を構築していくことが重要ではないかと考えられる。

2-3 BIMを用いた建築設計製図教育の現状考察 -建築設計製図Ⅲを事例に-

2-3.1 建築設計製図Ⅲの概要

本研究で対象とする建築設計製図Ⅲは、3年前期の必須科目であり60人近い学生が履修している。授業の目的としては、中規模の集会的・公共的施設の設計作品の制作を通して、専門技術を習得する事としている。

2017年度までは低層集合住宅を課題としていたが、2018年度からはBIM等の利用も視野に入れ、高層集合住宅の設計を課題としている(表2-5)。

それに伴い、本課題では、BIM利用をアシストするために、研究グループの研究室にあるデスクトップパソコン4台の開放し、授業を受講している学生が常に利用できるように

表 2-5 対象授業の概要

授業名	建築設計製図Ⅲ
学年	3年
履修人数	56人
グループ数	28
期間	2018.6.1～2018.7.20
授業回数	7回
課題	高層集合住宅の設計
提出物	各種図面及びパース等をまとめたシート 及び模型
教員等	教授および講師 3人

表 2-6 対象授業の流れ

	日にち	内容	持ち物
第1回	6月1日	課題説明	
第2回	6月15日	構想計画	敷地分析・全体構想・事例調査
第3回	6月22日	構想計画	全体構想・住戸タイプごとの計画
第4回	6月29日	全体計画	+敷地利用計画
第5回	7月6日	詳細計画	詳細模型・平面図
第6回	7月13日	詳細計画	図面一式
第7回	7月20日	講評会	シート・模型

した。これは、BIM を利用するための PC の推奨スペックが高く、学生の BIM 利用の妨げとなっていると考え、行ったものである。

授業の流れを、表 2-6 に記載した。第 1 回と第 2 回の間のみ 2 週間となっている。

2-3.2 ポートフォリオの導入

ポートフォリオとは、「自分が自発的に学びの伸びや変容を多面的多角的、かつ長期的に評価し、新たな学びに生かすために学習物を集めたもの [安藤輝次 日付不明]」と定義されている。

本課題では学修状況ポートフォリオ及び設計整理ポートフォリオの 2 種類を作成し、今年度より導入した。これらの目的は学生の設計の向上、設計製図における新しい成績評価方法（ポートフォリオ評価）の実践、及び学生の設計製図の実態（主に BIM 利用の実態）の把握である。

設計整理ポートフォリオとは、設計変更ごとに建物の規模計画等を記入し、それに伴う法律や与条件に適合するかを確認するためのものである。これは主に学生の課題理解の向上や設計の補助としての役割を担っている（図 2-16）。毎週の提出義務はなく、設計要件を変更した場合のみ提出することとした。

一方、学修状況ポートフォリオは学生が 1 週間で行った検討や設計を、どのようなツールで行ったかを記入するものであり、主に、学生の学修実態の把握や授業時間外の評価を目的としている。図 2-17 は、実際に配布した学修状況ポートフォリオの評価項目部分を

	評価項目
駐車場計画	1台当たりの駐車面積
	駐車場の延床面積（おおまか）
駐輪場計画	駐輪場の面積
与条件整理・面積	最大限可能な建築面積
	最大限可能な延床面積
I 与条件の機能の面積	住戸タイプごとの想定人数
	集合住宅 合計収容人数（想定）
	住戸部分のみ延べ床面積
II.提案する機能の面積	
計画案の整理	建物の延床面積*1
	建物の基準階面積
	建物の階数
	建物の建築面積
	駐車場の延床面積（車路等含む）
	駐車場の建築面積（ 階建て）
	建物群の延床面積（建物+駐車場）
	建物群の建築面積（建物+駐車場）
	建物群の建ぺい率*2（< %）
	建物群の容積率*2（< %）

図 2-16 設計整理ポートフォリオの概要

抜粋したものである。評価項目の大枠として、設計前の調査やソフトウェアの操作といった設計準備段階と図面作成段階、設計段階の3つに分類している。

さらに、そのうちの設計段階では「構想段階」、「基本設計段階」、「細部のデザイン段階」の3つに細分化している（表 2-7）。そのため設計段階においては、学生に作業内容及び作業ツールだけでなく、どの設計プロセスにて設計作業を行ったかについても同時に記録してもらった。

表 2-7 設計プロセスの定義

構想段階	敷地分析・事例研究・課題条件から自分の設計したい集合住宅のイメージをつかむこと。アイデアを発想し、整える段階。 (複数案考え、検討すること)
基本設計段階	構想段階でつかんだイメージを具体化する段階。構想したイメージを基にした、各種寸法の検討や、家具・建具の配置、構造、動線、視界の確認・検討
細部のデザイン段階	素材の選定、接合部や部材の細部の設計、構法の検討

学修ポートフォリオの解説

6月8日(金) - 6月15日(金)
チーム名 ()

下記は○を付けること

評価項目	CODE	評価の基準	使用したツール						
			手書き	CAD	BIM	3Dモデルソフト	模型	グラフィック制作ソフト	その他(使用したツールを記述)
敷地調査	A-1	1.敷地の特性、敷地周辺資源・問題点把握(敷地図作成は下記項目に記載)	1週間ごとに集めます 注) 来週から開始 1チーム1枚毎週記入し提出してください						
事例調査	B-1	1.各図面の作成(収集した図面のトレースやレイアウト)							
	B-2	2.各図面や敷地等の分析							
ソフトウェア操作練習	C-1	1.ソフトウェアの操作練習(ソフト名:)	○	○	使用したツールに○を付けます(複数選択可)				

下記は構想段階：I, 基本設計段階：S, 細部のデザイン：Dと記すこと

評価項目	CODE	評価の基準	使用したツール						
			手書き	CAD	BIM	3Dモデルソフト	模型	グラフィック制作ソフト	その他(使用したツールを記述)
建物全体の形態や計画に関する項目	D-1	1.建物・駐車場のボリューム			I				
	D-2	2.建物・駐車場の敷地における配置			I				
	D-3	3.空間同士の禁がり(配置) <空間構成>							
	D-4	4.外観または外観を構成する部分や部材			S	D			
	D-5	5.外構空間(屋上緑化含)・アプローチ							
空間毎の形態や計画に関する項目	E-1	1.共用廊下・縦動線(階段・EV)							
	E-2	2.住戸(タイプ毎)							
	E-3	3.共用施設							
	E-4	4.立体駐車場(専路計画、歩行者計画、外観設計など)							
構造・設備に関する項目	F-1	1.高層建築における構造							
	F-2	2.環境負荷軽減対策							
その他	G-1	1							
	G-2	2							
	G-3	3							

下記は○を付けること

評価項目	CODE	評価の基準	使用したツール						
			手書き	CAD	BIM	3Dモデルソフト	模型	グラフィック制作ソフト	その他(使用したツールを記述)
図面の作成	H-1	1.敷地図の作成							
	H-2	2.配置図の作成							
	H-3	3.平面図の作成							
	H-4	4.立面図の作成							
	H-5	5.断面図の作成							
	H-6	6.断面・平面パースの作成							
	H-7	7.アクセシビリティ・アイソメの作成							
	H-8	8.パースの作成							
	H-9	9.ダイアグラムの作成							
	H-10	10 その他 ()							

<設計プロセスについて>

構想段階 (I) : 敷地分析・事例研究・課題条件から自分の設計したい集合住宅のイメージをつかむこと。アイデアを発想し、整える段階。(複数案考え、検討すること)

基本設計段階 (S) : 構想段階でつかんだイメージを具体化する段階。構想したイメージを基にした、各種寸法の検討や、家具・建具の配置、構造、動線、視界の確認・検討

細部のデザイン (D) : 素材の選定、接合部や部材の細部の設計、構法の検討

<ツールの例>

手書き：手書きの製図、スケッチなど

CAD：AutoCAD, Vectorworks - Jw_cadなど

BIM：Revit, ARCHICAD, Vectorworks Architect, GLOOBEなど

3Dモデルソフト：SketchUp, 3DSMAX, Rhinocerosなど

グラフィック制作ソフト：Photoshop, Illustratorなど

図 2-17 学習状況ポートフォリオ

さらに、いずれのポートフォリオも学生がエスキス時に持参し利用できるように、エスキス後に回収している。

2-3.3 学生の学修実態の把握

本節では学修状況ポートフォリオに基づく、学生の学修実態の分析結果を報告する。本授業履修している 28 グループ（2 人 1 組）に対して、すべての週に提出しているグループは 15 グループであった。

2-3.3.1 学生全体の傾向分析

課題中の学生の設計プロセスの移行を集計したものが、図 2-18 のグラフである。それぞれの設計プロセスの定義は、先述したとおりである。図の横軸は、ポートフォリオを回収した授業回、縦軸はその回に提出したグループにおけるその設計プロセスを行っていたグループの割合である。この図から、設計プロセスのピークが構想段階、基本設計段階、細部のデザイン段階へと移行していることが分かる。さらに、第 5 回目の授業（詳細計画のエスキス開始）に入ると、構想段階及び基本設計段階が減少傾向になり、急激に細部のデザイン段階のワークが多くなっていることが分かる。これらにより、多くの学生は設計プロセスの段階を踏んで、設計を行っていることが分かる。

次に、ツールの移行について考察する。提示したツールとしては、手描き、CAD、BIM、3DCAD、模型、グラフィックソフトである。図 2-19 は、学生のツールの移行であり、縦軸は、提出したグループにおけるそのツールを利用していたグループの割合を示している。図より、ツールの利用状態としては、全グループが手描きを利用しており、多くのグループが BIM を利用していることがわかる。また、ツールの移行としては、初めはすべての学生が手描きを利用しているものの、徐々に減少していき、それに伴い CAD や BIM が増加傾向になることが分かる。また、第 5 回（詳細計画のエスキス開始）以降の手描き・CAD・BIM の推移を見てみると、手描きや CAD の利用率が減少している一方で、

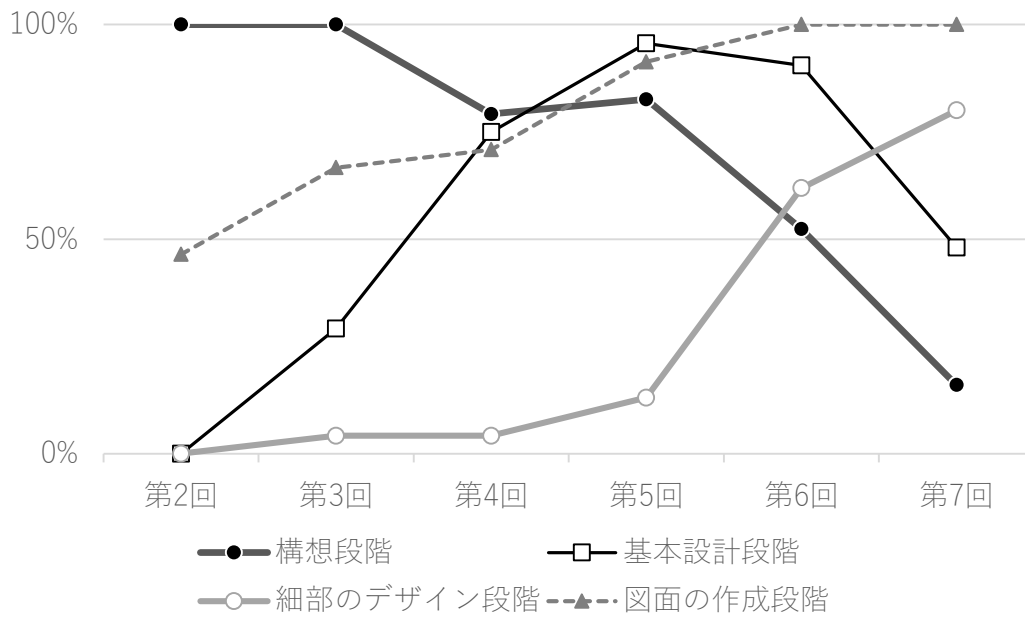


図 2-18 設計プロセスの移行

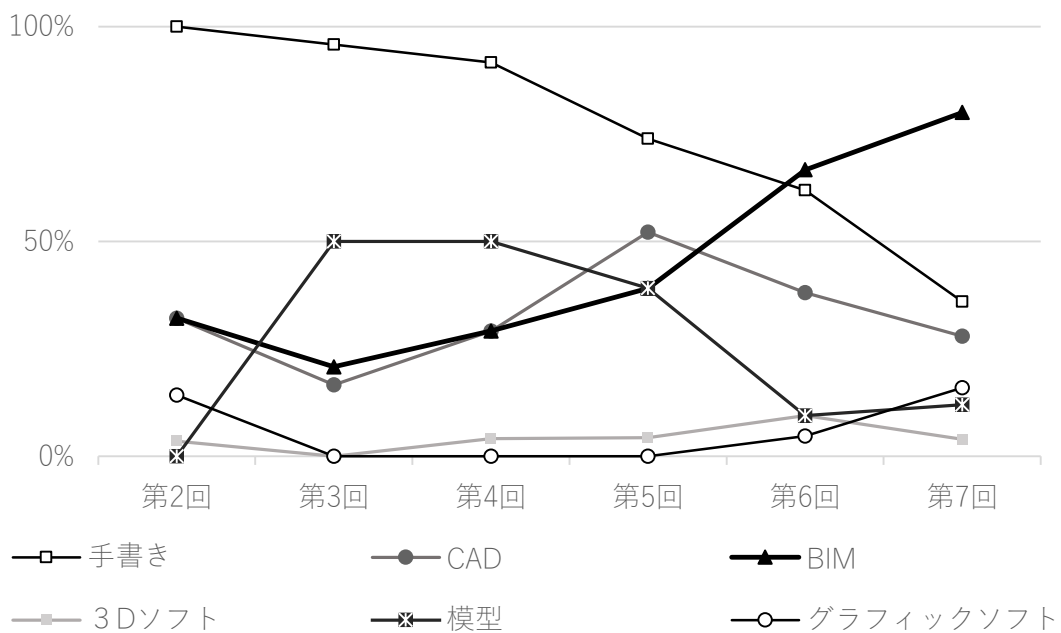


図 2-19 設計ツールの移行

BIM の利用率のみが増加している。そのため、詳細部分の設計や図面作成に入ると、一定数の学生は主な設計ツールを CAD や手描きから BIM へ移行したことが考えられる。

より詳細に分析するために、設計段階ごとのツールの移行を考察する。図 2-20 から図 2-23 はそれぞれの設計プロセスごとのツールの移行を示している。これらのグラフは、積み上げグラフとなっており、縦軸は、提出したグループにおける各ツールを利用していたグループの割合の積み上げであることに注意が必要である。

図 2-20 は構想段階におけるツールの移行のグラフであり、この図から構想段階では手描きで作業している学生の割合が高いことが分かる。また授業を重ねるごとに構想段階の割合は減り、それに伴い BIM や CAD の利用率が増加したことがわかる。よって、すでに CAD や BIM にて図面を作成している場合は現在利用しているツールにて構想を行う傾向があり、BIM は特にその傾向が強い。

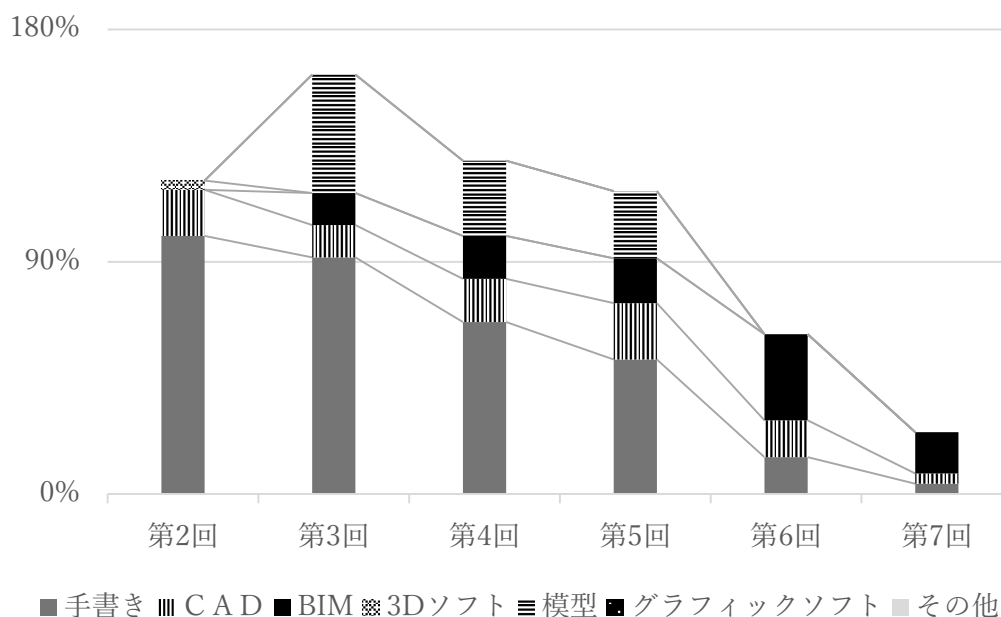


図 2-20 構想段階におけるツールの移行

図 2-21 は、基本設計段階におけるツールの移行のグラフである。基本設計段階では、手描き、CAD、BIM を同程度の割合の学生が利用していることが確認できる。一方で、各授業回でのツールの割合が大きく異なり、ツールの移行の流れは、図 2-19 にて示した全体の動きと重なる部分が多い。そのため、基本設計段階で利用しているツールも、構想段階と同様に、現在主として利用しているツールに依存する傾向があると考えられる。

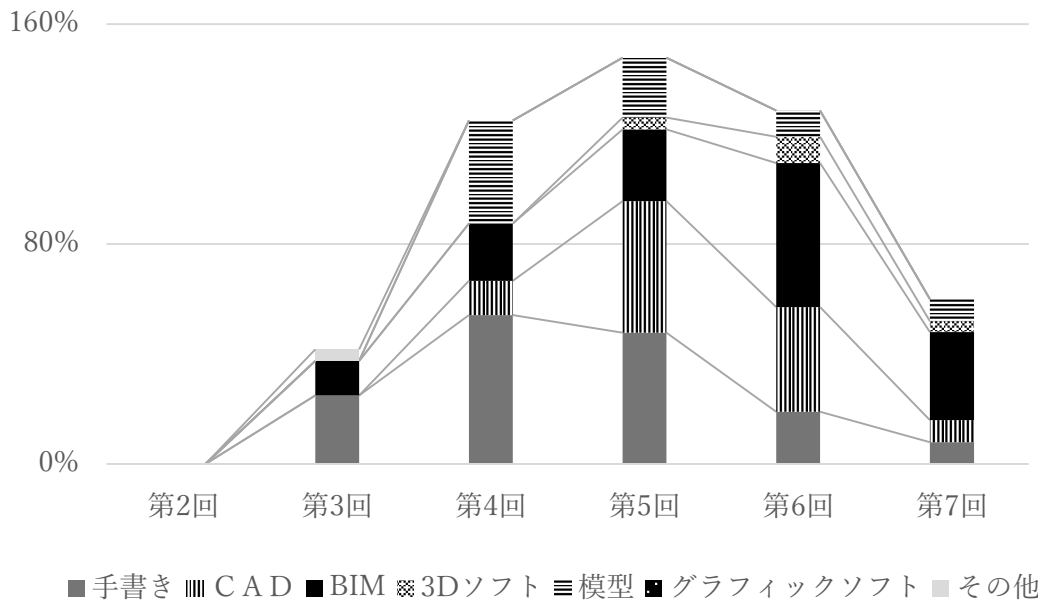


図 2-21 基本設計段階におけるツールの移行

図 2-22 は、細部のデザイン段階におけるツールの移行である。細部のデザインは、図 2-19 で示したようにすべての学生が行っているわけではないが、多くの学生は BIM を利用していることがわかった。これにより、BIM を利用した学生は、オブジェクトの詳細な属性情報（壁の素材等）を入力し、反映できるといった BIM の特性により、細部までデザインできたのではないかと推測される。

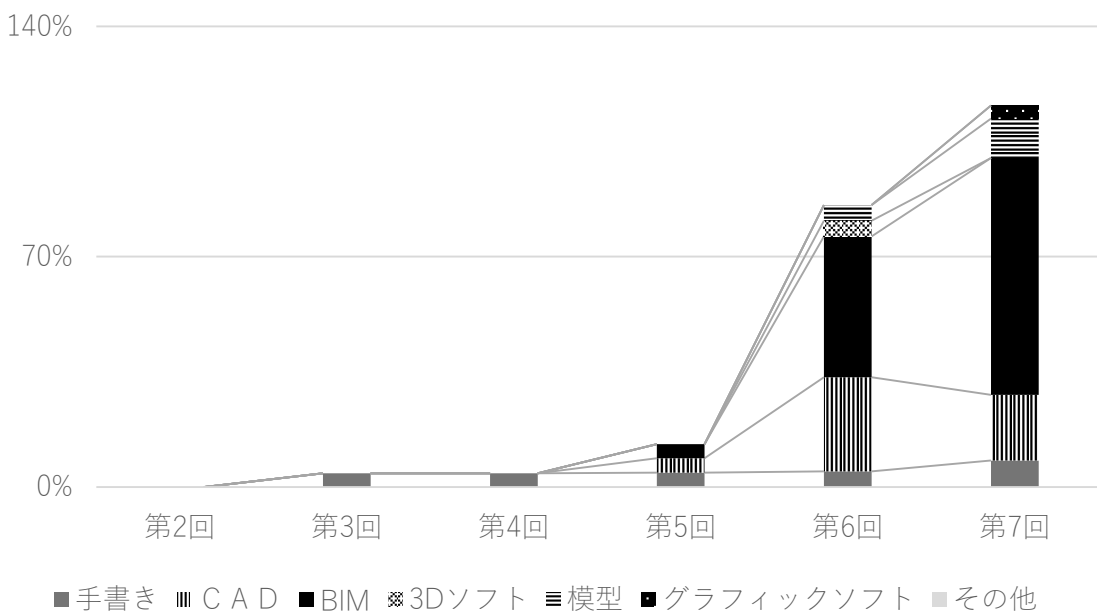


図 2-22 細部のデザイン段階におけるツールの移行

図 2-23 は、図面作成段階におけるツールの移行を示したものである。おそらく第 2 回から第 5 回程度までは、授業のエスキスに持参する各種スケッチの作成が主であり、第 6 回や第 7 回の図面作成は最終図面の作成も含まれてくると考えられる。このような想定から、多くの学生はスケッチのような図面は手描きで描き、デザインが確定すると CAD や BIM に移行していくことが推測される。

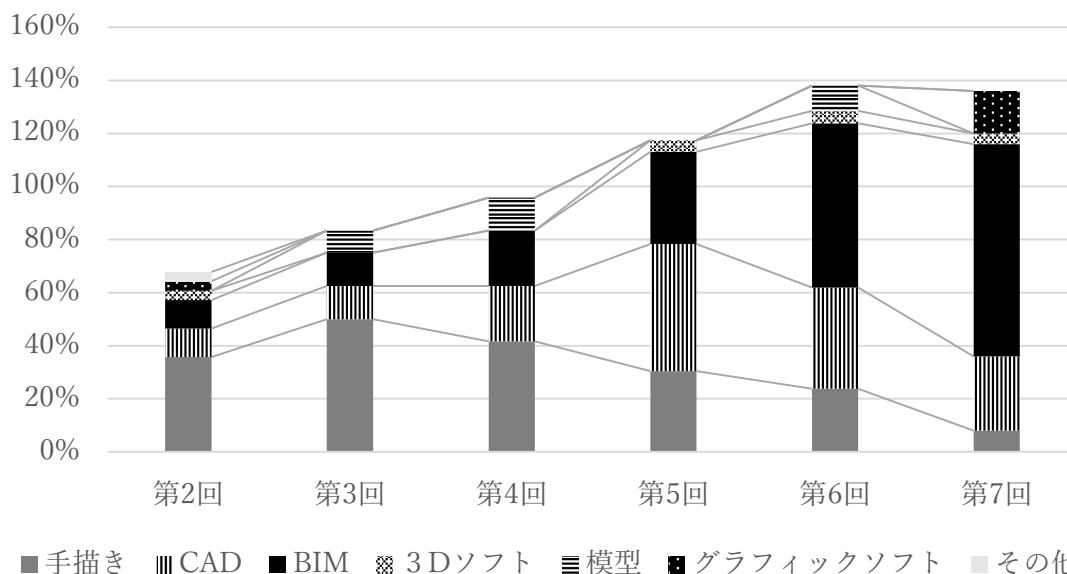


図 2-23 図面作成段階におけるツールの移行

2-3.4 まとめ

本研究では、高層集合住宅の設計課題における学生のツール利用の分析を行った。多くの学生は、手書きから CAD や BIM に移行する流れがあり、また、学生は設計プロセスによってツールを変化させるのではなく、現在使用しているツールでその設計プロセスを行う傾向が高いことも分かった。

一方で、BIM の利用方法としてシミュレーションなどに使った学生はおらず、ほとんどの学生がパース用に使用していた。このようなことから、BIM の特性（属性情報の保持、シミュレーション）を活かし設計を行っている学生をいなかったと推測される。

第3章 BIM を用いた建築計画に関するシミュレーションの開発

- 3-1 研究の背景
- 3-2 研究の目的・方法
- 3-3 作成した簡易的なシミュレーション
- 3-4 実際に調査分析に用いたシミュレーションの手法
- 3-5 まとめ

3-1 研究の背景

3-1.1 BIM とシミュレーション

BIM ではこれまで困難であった環境解析などのシミュレーションを低コストで行うことができるため、BIM を用いたシミュレーションも盛んに行われており様々な解析ソフトが開発されている。また、一部の BIM ソフトウェアではビジュアルプログラミングと呼ばれる環境も提供され始めている。

ビジュアルプログラミングとは、プログラム要素をグラフィカルに操作することでプログラミングを行う環境であり、Scratch などが代表的な例として挙げられる。従来のテキストプログラミングよりも直観的な操作ができ、プログラミング言語などの専門的な知識を必要とせずに、アルゴリズムを作成することができることが利点としてあげられる。

建築分野においても、3D モデリングソフトの Rhinoceros のプラグイン・ソフトである Grasshopper によってビジュアルプログラミング環境が提供されている。さらに Grasshopper は、C 言語などのテキストプログラミングによる開発にも対応しているため、現在、ユーザーが開発した様々な拡張機能がオープンソースとして配布されている。そのため、テキストプログラミングを 1 行も記述せずに、様々なシミュレーションを作成することも可能である。

また近年、BIM にも、Revit のプラグイン・ソフトである Dynamo によってビジュアルプログラミング環境が提供された。それにより、BIM にて作成しているモデルを別の解析用ソフトで開くことなく、BIM 上でそのまま解析することが容易になった。また、BIM は、CAD とデータ構成で大きく異なっている。CAD では先述したようにすべての要素が、線や曲線で構成されているのに対し、BIM では多くの要素が壁や柱、さらには空間によって構成されている。そのため BIM では、オブジェクトの選択や集計が自動化でき、様々なシミュレーションが容易にできるようになると考えられる。しかしながら、Dynamo は、開発されてから間もないため、Grasshopper と比べると拡張機能も少なく、さらに教本等も現時点では出版されていないため発展途上であるといえる。

3-2 研究の目的・方法

このような背景から本章では BIM のビジュアルプログラミングソフトである Dynamo にて行うシミュレーションに着目し、実際に簡易的なシミュレーションの作成を行うことで、BIM 上にてシームレスに行うシミュレーションの有用性を明らかにすること。さらに看護動線量分析のためのプログラムを作成することを目的としている。

3-2.1 シミュレーション作成環境

シミュレーション作成環境としては、BIM ソフトウェアに、Autodesk 社の Revit を使用し、プログラミングには、Revit のプラグインソフトウェアである Dynamo を使用している (図 3-1)。Dynamo とは、先述した BIM におけるビジュアルプログラミングソフトウェアのことである。また、Dynamo 上に入力する主要なテキストプログラミング言語として、

Python2.7 及び Design Script を使用している（表 3-1 アルゴリズム作成環境）。

表 3-1 アルゴリズム作成環境

用途	ソフトウェア名	補足
BIMソフト	Autodesk Revit	
ビジュアルプログラミングソフト	Autodesk Dynamo	Revitのために開発されたビジュアルプログラミングソフト
プログラミング言語	Iron Python	Dynamoに入力する主要なテキストプログラミング言語
	Design Script	Revitのために開発された言語



図 3-1 Dynamo の画面

3-3 作成した簡易的なシミュレーション

本章では、施設の運用や計画に関するシミュレーションを BIM 上で表示できるように作成しており、平面における視線範囲の表示、動線量の表示、最短距離の表示の 3 つを主に作成している。

本章では、碧南市民病院の病棟図面の一部を用い実験的に表示させている。図中のシミュレーション結果は実際の病棟運営上のデータとは異なるものである。

3-3.1 視線範囲の表示アルゴリズム

視線範囲の表示アルゴリズムは、ある 1 点から 360 度の視線をグラデーションで表示するものである。壁などの視線を通さないものを考慮して視線表示させることで、実際の視線に近い範囲をビジュアルに表現している（図 3-2）。

プログラミング上の大枠の流れとしては、まず Revit から壁や柱の位置情報をインプットし、その後、位置情報を基に壁等を仮想のグリッドに当てはめる。次に、視線範囲の決定し、視線が通らない場所を計算する。その後、テキストプログラミングにて記述したダイクストラ法と呼ばれるアルゴリズムにより視線範囲を探索し、最後に Revit に解析データとしてアウトプットするものである（図 3-3）。

視線表示はこれまで手で線を描くなどして把握してきたが、このように BIM 上で表示できるようプログラムを作成すれば、設計時間の短縮につながるだけでなく、そのまま施主へのプレゼンテーションとしても利用することができるだろう。

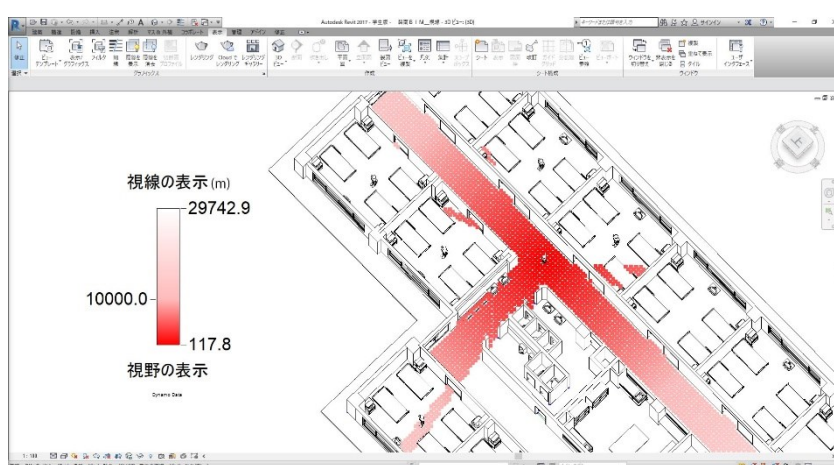


図 3-2 視線範囲の表示

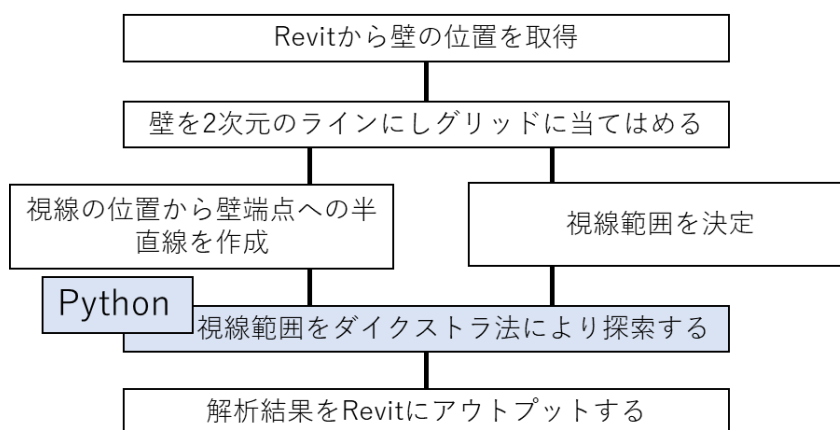


図 3-3 システムフロー

3-3.2 動線量の表示アルゴリズム

動線量の表示アルゴリズムとは、仮想の動線を何回通過したかという事をビジュアルに表現するものである。主に FM のための動線分析に用いることを想定しているため、あらかじめ予想される経路を線で描写することとした（図 3-4 では分かりやすいよう線を濃くしている）。その線に基づき、ナースコーナーから、各病室への動線を自動探索し、各地

点の動線量に基づき表示される仕様とした。図 3-5 のように動線量が多い座標ほど、濃い色で表示されるようになっており、動線量が多い地点や動線を簡単に把握できるようになっている。

プログラミング上の大枠の流れとしては、前述したプログラムと同様に、Revit から壁等を抽出しグリッドに当てはめたのち、事前に引いた経路を用いてテキストプログラミングにて記述した A-star 探索アルゴリズムと呼ばれるアルゴリズムにより最短距離を探索している。その後、動線上の座標と移動回数をリンクさせ、すべての動線の移動回数の合計を各座標の動線量として表示し、Revit にアウトプットしている (図 3-6)。

活用方法としては、想定される動線を解析前に引いているために、設計途中には利用しづらいと考えられる。しかしながら、線を手動で作成するため、設計者が想定する動線を自由に引くことができるようになり、施主へのプレゼンテーション等では利用しやすい場合があると考えられる。

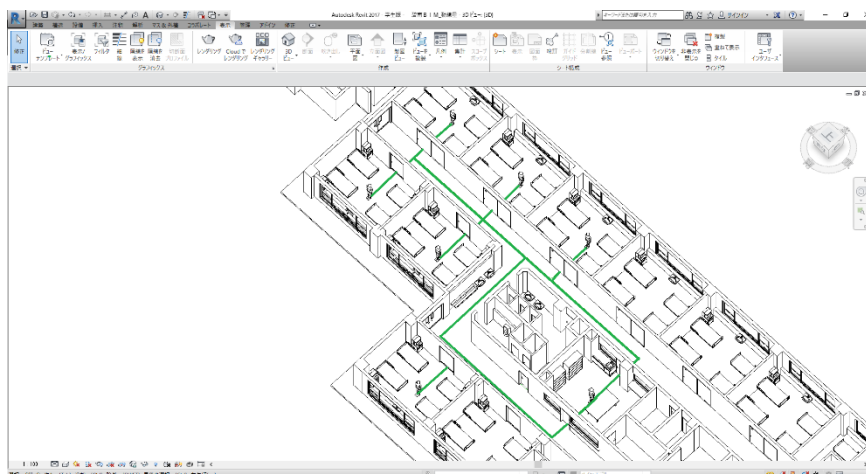


図 3-4 動線の指定

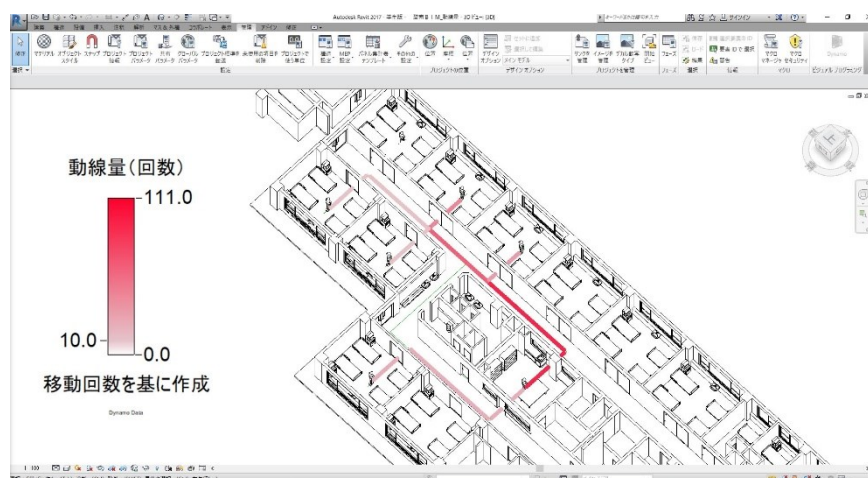


図 3-5 動線量の表示

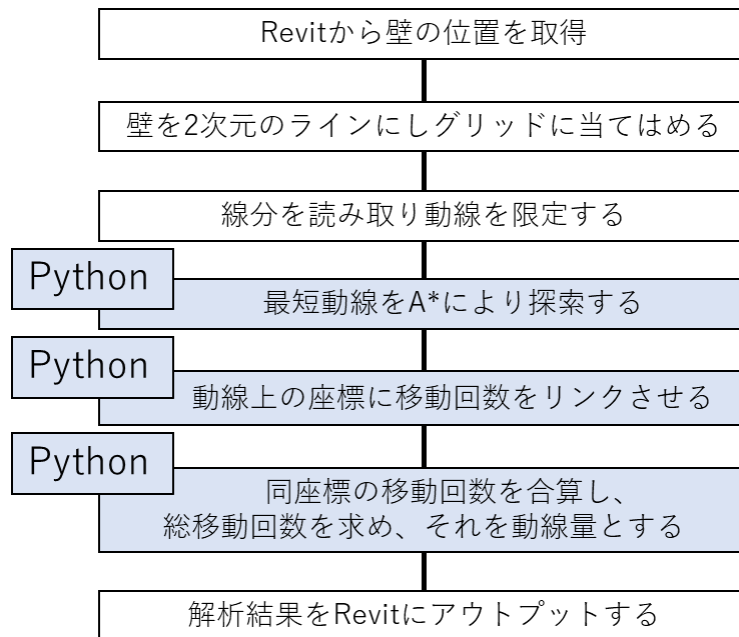


図 3-6 視線範囲のシステムフロー

3-3.3 最短距離の表示アルゴリズム

最短距離の表示アルゴリズムとは、始点から終点までの最短距離を求めるものである。また、すべての経路を直角のみの移動とするのではなく、ななめ45度を許容し探索しているため実際の最短距離との誤差は少なくなっている。さらに、Revit上で、動線距離に応じて動線の色が変わるようにプログラムしており、図3-7では、始点から10m以下は青色、10~20mは黄色、20m以上は赤色となっている。そのため、動線距離の大小がビジュアルに表現でき、設計段階だけでなくプレゼンテーションにも利用できると考えられる。

システムフローとしては、先述したプログラムと同様に、壁等をRevitから取得しグリッドにあてはめ、その後、テキストプログラミングにて記述したA-star探索アルゴリズムと呼ばれるアルゴリズムにより最短距離を探索する(図3-8)。動線測定に斜めを許容することで正確な最短動線距離を求めることができるという利点がある一方、探索する回数も増え解析時間が増える傾向にある。

また、活用方法としては、手動で壁等を考慮して最短の動線距離を測定するより、早く正確な数字を出力することができるため、様々な段階で利用できると考えられる。さらに、BIM上にプログラムが組み込まれているため、設計変更した場合や、始点終点の位置や数を変えた場合も、外部のソフトに移すことなく、BIM上でシミュレーションを実行することができる。一方で、最短距離を導き出すアルゴリズムは、目的地と目的地をつなぐことを重点に置いているため、滞留や目的のない移動などが行われる図書館や商業施設等とい

った建物の動線分析には不向きであると考えられる。そのため、避難動線や工場などにおける従業員動線など目的のはっきりした動線分析での利用が主となるだろう。

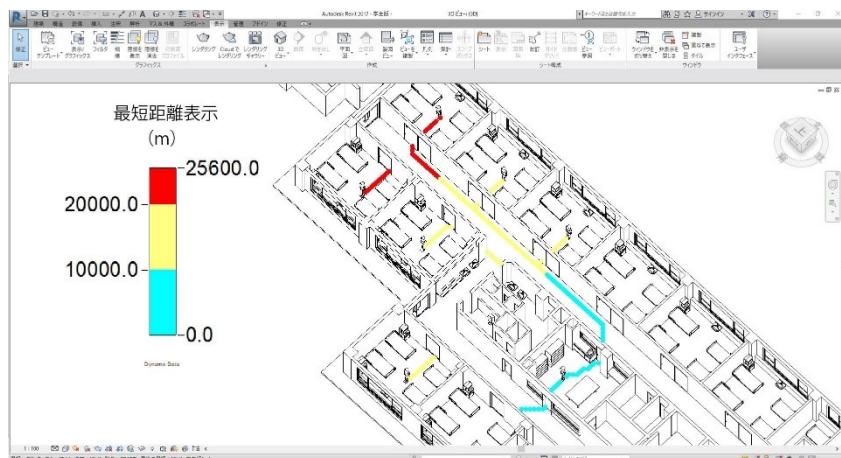


図 3-7 最短距離の表示

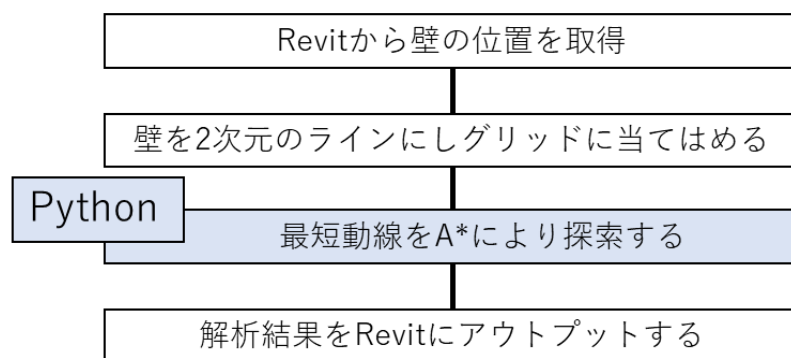


図 3-8 最短距離のシステムフロー

3-3.4 動線量と最短距離

さらに、動線量と最短距離を合わせたプログラムを作成することで、想定される動線をあらかじめ引かずとも動線量分析が可能になる。そのため、設計途中や、FM 段階にて物

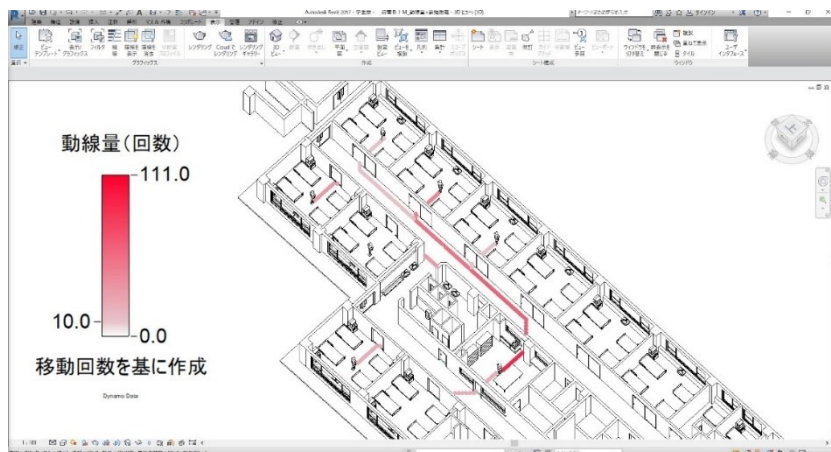


図 3-9 最短距離探索×動線量の表示

品などの場所を移動した際の動線量の確認などを簡単に行うことができると考えられる(図 3-9)。しかしながら現段階では、最短距離の都合上、同じ廊下を移動している場合でも廊下の両側に動線が生まれてしまい、うまく動線量が表示できないなど問題点が起きている。しかしながら、見方を理解している設計者が設計段階にて利用する程度であれば、利用できるだろう。

3-4 実際に調査分析に用いたシミュレーションの手法

ここでは、上記の一般的なシミュレーションを応用した BIM 上で行う看護動線量シミュレーションの手法について論じる。

病棟看護師は比較的目的がはっきりとした移動が多く、さらに複雑化していることから動線をプログラムにより分析することは有意義であると考えている。また、看護動線量分析を BIM 上のシミュレーションにて行うことで、病棟物品の配置やスタッフステーションの位置等を変更するといった様々な条件下にて看護動線量をシミュレーションすることができ、看護動線量の効率化をより多様に評価することができるだろう。さらに将来的には、病棟における看護動線量や動線距離の評価基準を作成することで、設計者が病棟を設計する際、BIM 上で病棟平面の評価を行いながら設計ができる環境を作成することも可能になってくる。

3-4.1 病棟追跡調査結果による病棟内看護師の動線量シミュレーション手法について

本研究にて行った動線量に関するシミュレーションは、最短経路アルゴリズムを利用した経路設定型の動線量解析、及び最短経路アルゴリズムを利用したオブジェクト認識型の動線量解析の 2 つに区分できる。先に挙げた経路設定型は、本章の 3.3-2 にて述べたプログラムを応用したものであり、主に病棟の動線量の現状把握やスタッフステーションの機能をナースコーナー等に移転させるなどの病棟平面を変化させない時の比較に用いることとした。

一方で、後者のオブジェクト認識型は、壁を認識し最短経路を探索するため、同じ廊下でも経路が異なり、動線量の表示が分かりづらい等の欠点はある。しかしながら、引いた経路による動線量の差といった人為的な要素を排除できるといった利点もある。さらに、経路を引く必要がないため設計時の利用に適しているといえよう。

3-4.1.1 動線設定型の動線量解析のシステムフローについて

図 3-10 は動線設定型のシステムフローを示したものである。システムフローとしては、主に、Excel にて目的地抽出などの初期設定を行い、その後 Dynamo にて主要なプログラムをかけ、Revit 及び Excel に解析結果を出力させるものである。また、図中の背景色がついていいる範囲は、完全自動化されているものであり、主に Revit にて「経路の線を引く」、「目的地を定める」の 2 点以外は、自動化されている。本シミュレーションは、様々な条

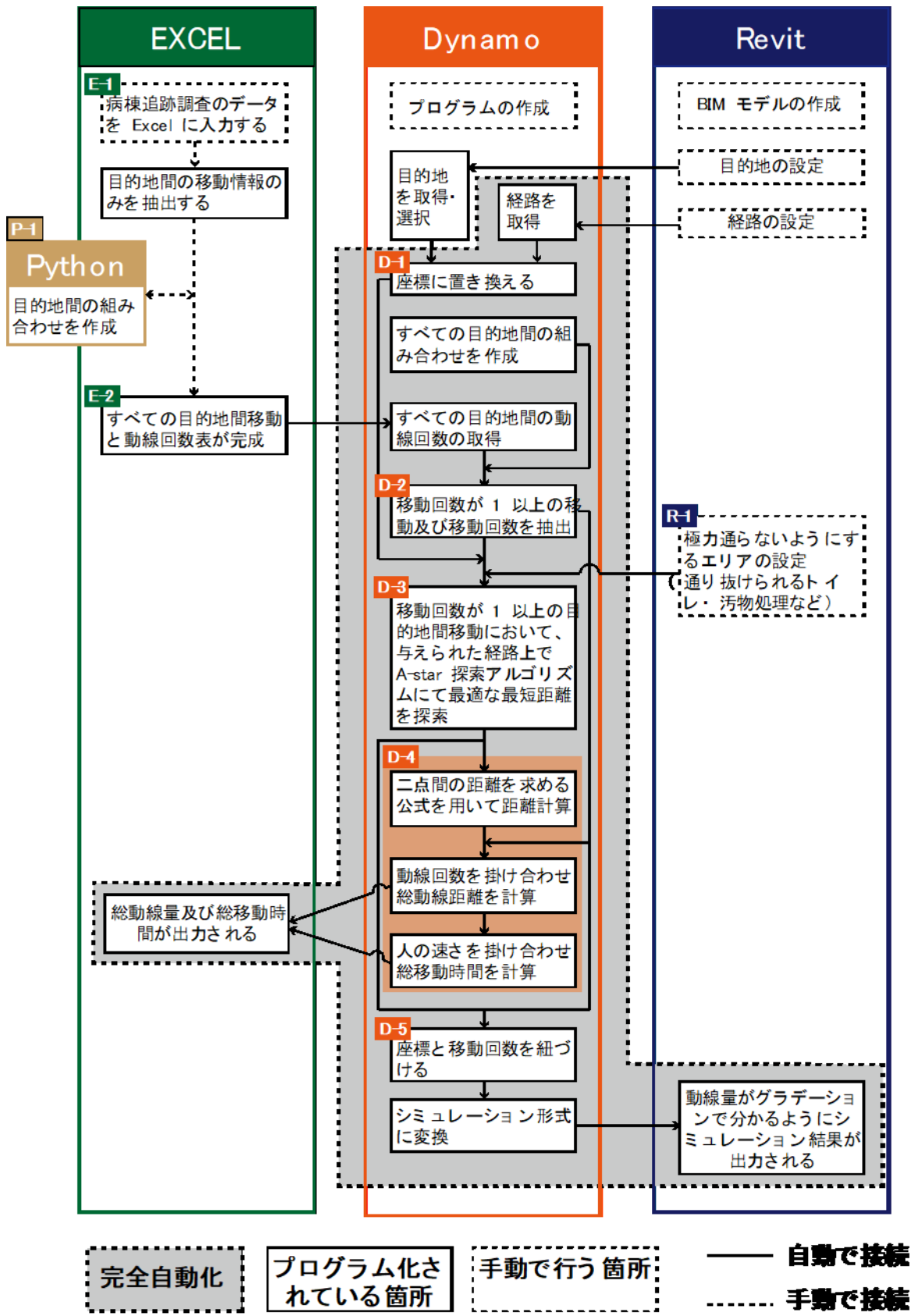


図 3-10 システムフロー

- D-1 <Dynamo>経路を座標に置き換える。

Revit から取得した経路を描いた線分を座標に置き換える。

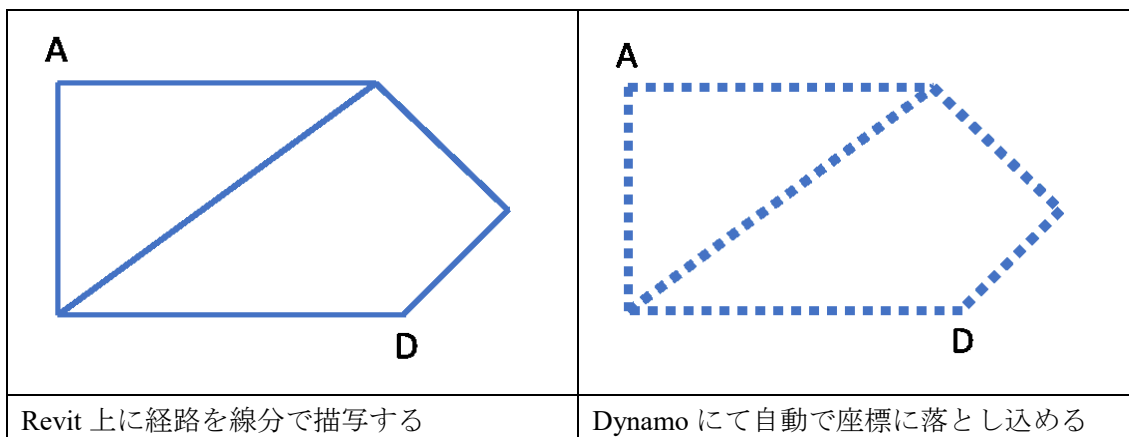


図 3-12 線分への置き換え概略図

- D-2 <Dynamo>移動回数が1以上の移動および移動回数を抽出

主要なプログラム (D-3) に入る前に、移動がなかった経路は探索せずに済むよう、あらかじめ排除しておく。例えば、表 3-2 の表で考えると、1653 の組み合わせがあるが、1427 の組み合わせが 0 回の移動、つまり、移動していないため 226 の探索で済むようになる。

- R-1 <Revit>極力通らないようにするエリアの設定

図 3-13 極力通らないにするエリアの設定中の赤色で塗りつぶした部屋は、トイレ及び汚物処理室である。これらは、看護師が通り抜けできるように設計されているものの、衛生上の観点から、通らないようにする方がよいと考えられている。つまり、一度用があ

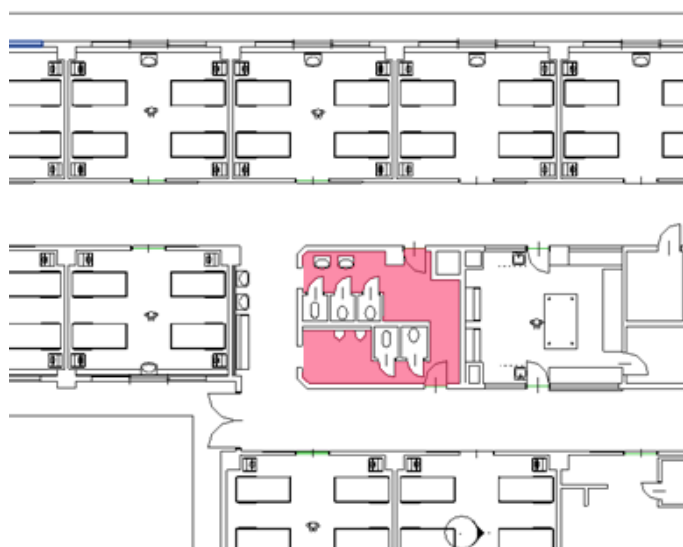


図 3-13 極力通らないにするエリアの設定

りトイレもしくは汚物処理室に入った場合、中に入れるようにするが、用がない場合は、たとえ最短距離だとしても中に入らないようなプログラムを作成する必要がある。

本研究で記述したプログラムでは、他の施設での汎用性も踏まえて、赤色のゾーンの入口地点をアルゴリズムにて探索した際、ほかの地点より 100 倍のコスト（負荷・距離）がかかってしまうというプログラムを追加している。しかしながら、単純に、赤色ゾーンに入りたい場合、赤色ゾーン周辺を 100 個探索した後、ようやく赤色ゾーンの中に入ることになり、シミュレーション時間が増加する恐れがある。

- D-3 <Dynamo> 移動回数が 1 以上の目的地間移動において、与えられた経路上で A-star 探索アルゴリズムにて最適な最短距離を探索

- D-5 <Dynamo> 座標と移動回数を紐づける

これらは、本章の 3-3.2 と同様のことを行っている。

- D-4 <Dynamo> 距離計算及び移動時間の計算

導き出された AD 間の経路上のすべての点で下記の計算し求める

$$AD = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

また、それらに動線回数を掛けて総動線距離を求める。

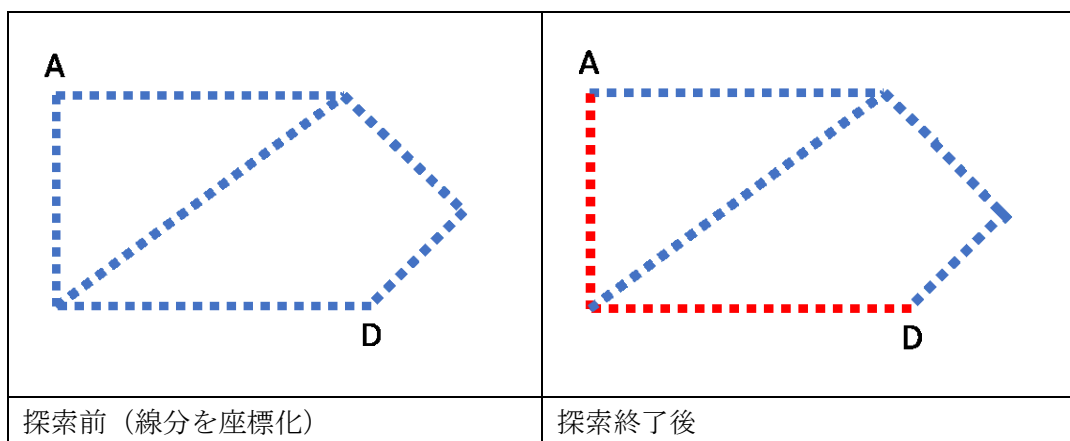


図 3-14 距離の求め方

さらに、平均歩行速度を 1.25m/s と仮定して、合計移動時間を算出する。

3-5 まとめ

本研究では「視線範囲の表示」、「動線量の表示」、「最短距離の表示」の3つのBIM上で表示できるシミュレーションを作成し、建築計画における平面評価に利用可能であることを考察した。しかしながら、本プログラムは、ビジュアルプログラミングソフトのDynamoを利用し開発しているのにもかかわらず、プログラムの主要な部分はテキストプログラミングによって記述している。そのため、上記のプログラムを作成するには、プログラム言語の専門的な知識が必要となるため設計者などが容易に作成及びカスタマイズできないのが現状である。しかしながら今後、Dynamo上に様々なシミュレーションの拡張機能が配布されることで、設計者やファシリティマネージャーなどがシミュレーションを作成及びカスタマイズしやすい環境となり、より身近になっていくだろう。

第4章 看護追跡調査からみる病棟内における看護業務と看護動線に関する分析

- 4-1 研究の背景
- 4-2 調査対象施設の概要
- 4-3 調査の目的
- 4-4 調査の概要
- 4-5 分析結果
- 4-6 まとめ

4-1 研究の背景

病棟看護師の業務内容や看護師の動きに関する研究は、1950年代以降様々な研究者が行ってきた。看護動線量が減少することで、看護業務が効率化され必然的に直接看護も上昇していくという考えから、いかに看護動線量を小さくするかが考察されてきた。それらの一つの成果として、1980年代後半に、看護拠点を複数配置する病棟を持つ病院が設計された。本研究にて調査を行った碧南市民病院もその一つである。

しかしながら、2000年代後半から、電子カルテや7:1看護体制が導入されるなど様々なソフト的な変化があった。さらに、2013年福井大学附属病院看護部によりPNS(Partnership Nursing System)と呼ばれる常にペアで業務を行う新たな看護方式が誕生するなど看護の在り方も変わりつつある。また、患者の重症度の観点にて看護必要度という概念が追加されるなど、患者のケアに関する考え方も変化している。

このような背景から、今一度看護動線量調査を行い、現在の病棟の使われ方、そして看護師の業務を調査することは意義があるものといえる。

4-2 調査対象施設の概要

調査対象である碧南市民病院は、愛知県碧南市にある第2次救急医療機関である。表4-1は、碧南市民病院の基本情報である。1988年に竣工されており、増改築もされている。

表 4-1 病院の基本情報

竣工年	1988年
敷地面積	50800㎡
建築面積	12243㎡
延床面積	27324㎡
病床数	320床（うち地域包括ケア40床）
1床当延床面積	85.3㎡
事業者	碧南市
設計者	久米建築事務所 名古屋大学工学部柳澤研究室
施工者	鹿島・白竹・親和建設共同企業体



図 4-1 碧南市民病院航空写真
[JIHa 日付不明]

4-2.1 調査対象病棟の概要

調査病棟は、4階西病棟（以下西病棟）及び4階東病棟（以下東病棟）である。既往研究から、看護方式が看護業務に大きな影響を与えていると考えられているため、碧南市民病院にて採用している4階東病棟（PNS+チームナーシング）と4階西病棟（チームナーシング）をそれぞれ調査した。また、東病棟では午後から看護師の応援が必要になりフリーの看護師を増やすためにチームナーシングに戻しており、実質的にPNSを行っているのは午前中のみである。

また調査当日は、西病棟は残業が発生していた。そのため西病棟の調査時間は、日勤看護師は8時30分から18時30分（1時間15分残業）、日中看護師は8時30分から22時30分（1時間残業）遅出看護師は12時45分から22時30分（1時間残業）である。また、今後、本稿では調查看護師を表4-2中記号(病棟名_シフト_ナンバー)を用い表示する。

表 4-2 調査病棟の概要

調査対象病院	碧南市民病院											
調査対象病棟	4F東病棟 血液内科・内分泌系内科・神経内科	4F西病棟 循環器内科・呼吸器内科										
入院基本料	一般病棟 7対1入院基本料	一般病棟 7対1入院基本料										
平均在院日数 (12月)	16.4日	14.8日										
調査日	2018.12.05~06	2018.12.12~13										
調査日患者数/稼働病床数	23/36	43/50										
病床利用率	63%	86%										
看護師勤務シフト (調査日の看護師数)	二交替制 早出 6:30~15:15 (1人) 日勤 8:30~17:15 (3人) 日中 8:30~21:30 (2人) 遅番 12:45~21:30 (1人) 夜勤 20:30~9:30 (2人)	二交替制 早出A 6:30~15:15 (1人) 早出B 7:30~16:15 (1人) 日勤 8:30~17:15 (3人) 日中 8:30~21:30 (3人) 午後 13:00~17:15 (2人) 遅番 12:45~21:30 (2人) 夜勤 20:30~9:30 (3人)										
看護方式	午前:PNS (3ペア) 午後:固定チームナーシング (2チーム) 継続受け持ち	固定チームナーシング (2チーム) 継続受け持ち										
●印は調査対象看護師を示す	○師長 1人	○師長 1人										
●印は1人を示す	<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">PNS</td> <td>Aペア</td> <td>●日勤(E_D_1) 1人 ●日中(E_DL_1) 1人</td> </tr> <tr> <td>Bペア</td> <td>●日勤(E_D_2) 1人 ●日中(E_DL_2) 1人</td> </tr> <tr> <td>Cペア</td> <td>○日勤 1人 ○早出 1人</td> </tr> </table>	PNS	Aペア	●日勤(E_D_1) 1人 ●日中(E_DL_1) 1人	Bペア	●日勤(E_D_2) 1人 ●日中(E_DL_2) 1人	Cペア	○日勤 1人 ○早出 1人	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">1チーム</td> <td>●リーダー 1人 ○日勤(W_D_1) 1人 ●日中(W_DL_1) 2人 ○早出 1人 ○午後 1人</td> </tr> <tr> <td>●リーダー 1人 ○日勤(W_D_2) 1人 ●日中(W_DL_2) 1人 ○早出 1人 ○午後 1人</td> </tr> </table>	1チーム	●リーダー 1人 ○日勤(W_D_1) 1人 ●日中(W_DL_1) 2人 ○早出 1人 ○午後 1人	●リーダー 1人 ○日勤(W_D_2) 1人 ●日中(W_DL_2) 1人 ○早出 1人 ○午後 1人
PNS	Aペア		●日勤(E_D_1) 1人 ●日中(E_DL_1) 1人									
	Bペア		●日勤(E_D_2) 1人 ●日中(E_DL_2) 1人									
	Cペア	○日勤 1人 ○早出 1人										
1チーム	●リーダー 1人 ○日勤(W_D_1) 1人 ●日中(W_DL_1) 2人 ○早出 1人 ○午後 1人											
	●リーダー 1人 ○日勤(W_D_2) 1人 ●日中(W_DL_2) 1人 ○早出 1人 ○午後 1人											
遅出	●メンバー(E_L) 2人	●遅出リーダー(W_L) 1人 ○メンバー 1人										
夜勤	●夜勤リーダー(E_N_1) 1人 ●メンバー(E_N_2) 1人	●夜勤リーダー(W_N_1) 1人 ●メンバー(W_N_2) 2人										
各チームの受け持ち患者および当日担当患者の決定方針	当日ペアがいる場合はペアで組み。当日ペアがない場合はその看護師の勤務歴や力量など総合的に判断し、違うチーム(C)のメンバーでペアを組む。	各チームの受け持ち患者は、部屋ごとに決めている。各看護師の当日担当患者は、チーム内で振り分けている。										
調査時間 西病棟は残業時間も調査を行った	日勤 8:30~17:15 (2人) 日中 8:30~21:30 (2人) 遅出 12:45~21:30 (1人) 夜勤 20:30~9:30 (2人)	日勤 8:30~18:30 (2人) 日中 8:30~21:31 (2人) 遅出 12:45~21:31 (1人) 夜勤 20:30~9:31 (2人)										

4-2.1.1 調査病棟の位置づけ

また、これらの病棟を含めた各病棟の機能情報を表 4-3 に記す。これらは、愛知県における医療機能ごとの病床の現状（平成 29 年度 病床機能報告結果）[医療福祉計画課 医療計画グループ 2018]から抜粋した平成 28 年 7 月 1 日～平成 29 年 6 月 30 日のデータからの

表 4-3 平成 29 年度 病床機能報告

		施設全体	2 階西	2 階東	3 階	4 階西	4 階東	5 階東	5 階西	
		急性期	急性期	急性期	急性期	急性期	急性期	急性期	回復期	
病床数	許可病床	320床	40床	46床	56床	50床	36床	52床	40床	
	稼働病床	320床	40床	46床	56床	50床	36床	52床	40床	
診療科 (上位 3 つの診療科を示す)		整形外科	外科	産婦人科	循環器内科	神経内科	神経内科	外科		
		歯科口腔外科	消化器内科(胃腸内科)	小児科	呼吸器内科	糖尿病内科(代謝内科)	消化器内科(胃腸内科)	整形外科		
		-	呼吸器外科	眼科	-	血液内科	泌尿器科	循環器内科		
算定する入院基本料・特定入院料		一般病棟 7 対 1 入院基本料	一般病棟 7 対 1 入院基本料	一般病棟 7 対 1 入院基本料	一般病棟 7 対 1 入院基本料	一般病棟 7 対 1 入院基本料	一般病棟 7 対 1 入院基本料	一般病棟 7 対 1 入院基本料	地域包括ケア病棟 入院料 1	
職員数	看護師	常勤	236人	23人	31人	21人	32人	19人	31人	18人
		非常勤	37.2人	1.4人	0.0人	1.8人	2.5人	1.4人	0.8人	0.8人
	准看護師	常勤	0人	0人	0人	0人	0人	0人	0人	0人
		非常勤	0.0人	0.0人	0.0人	0.0人	0.0人	0.0人	0.0人	0.0人
	看護補助者	常勤	0人	0人	0人	0人	0人	0人	0人	0人
		非常勤	48.0人	3.0人	4.0人	4.0人	5.0人	4.0人	4.0人	5.0人
年間入院患者数	新規入棟患者数(年間)	7,847人	1,099人	1,283人	2,181人	1,070人	620人	1,154人	440人	
	退棟患者数(年間)	7,856人	1,099人	1,285人	2,191人	1,071人	616人	1,154人	440人	
看護必要度	A得点 1 点以上の患者割合		31.8%	56.3%	48.0%	64.9%	47.5%	44.9%	27.6%	
	A得点 2 点以上の患者割合		17.5%	47.8%	45.5%	42.6%	26.7%	43.9%	8.9%	
	重症度、医療・看護必要度の評価において、A得点 2 点以上かつB得点 3 点以上の患者割合		13.1%	23.4%	15.5%	28.8%	17.6%	28.1%	0.0%	
	A得点 3 点以上の患者割合		9.8%	24.5%	19.5%	24.1%	11.2%	14.3%	0.7%	
	C得点 1 点以上の患者割合		10.6%	13.2%	5.3%	2.2%	0.3%	2.3%	0.0%	
	重症度、医療・看護必要度の評価において、A得点 2 点以上かつB得点 3 点以上、A得点 3 点以上またはC得点 1 点以上の患者割合		20.1%	35.4%	28.8%	34.0%	19.9%	32.5%	0.7%	

引用である。東病棟・西病棟共に急性期の内科系病棟であり、西病棟のほうが病棟規模が大きく、重症の患者の割合も大きいことがわかる。

4-2.2 調査日の患者情報

表 4-4 は、調査日の患者の情報である。表中の看護必要度とは、患者の状態を患者観点で評価する因子評価を手法としており、患者が必要としているケアの把握が行える指標である [梶村郁子 2009]。看護必要度は、2008 年度診療報酬改定で、急性期などの患者について手厚い看護の必要性、つまり「手のかかり具合」を測るための指標として「重症度・看護必要度」として導入されたのが始まりである。一般入院料の算定要件の一つに「重症度、医療・看護必要度」の該当患者割合の基準があり、例えば急性期一般入院料 1 なら「重症度、医療・看護必要度 I」の該当患者割合が 30%以上か、または「重症度、医療・看護必要度 II」の該当患者割合が 25%以上のいずれかを満たすことが要件 [m3.com 2019]などといった入院料の算定に用いられている指標である。

看護必要度は、主にモニタリング及び処置の度合いを測る A 項目と寝返り等が可能かといった患者の状態を評価する B 項目、手術等の医学的状況を評価する C 項目からなっている。また、表 4-4 にて用いられている看護必要度の区分けは、病床機能評価に用いられているものと同様なものを用いており、病棟の運営状態を評価する一つの指針となっている

平成30年度診療報酬改定 I-1. 医療機能や患者の状態に応じた入院医療の評価③ (1)急性期医療

重症度、医療・看護必要度の見直し③				
一般病棟用の「重症度、医療・看護必要度」の見直し(評価票について)				
▶ 一般病棟用の重症度、医療・看護必要度に係る評価票				
A	モニタリング及び処置等	0点	1点	2点
1	創傷処置 (①創傷の処置(褥瘡の処置を除く)、②褥瘡の処置)	なし	あり	—
2	呼吸ケア(喀痰吸引のみの場合を除く)	なし	あり	—
3	点滴ライン同時3本以上の管理	なし	あり	—
4	心電図モニターの管理	なし	あり	—
5	シリンジポンプの管理	なし	あり	—
6	輸血や血液製剤の管理	なし	あり	—
7	専門的な治療・処置 (①抗悪性腫瘍剤の使用(注射剤のみ)、 ②抗悪性腫瘍剤の内服の管理、 ③麻薬の使用(注射剤のみ)、 ④麻薬の内服、貼付、坐剤の管理、 ⑤放射線治療、⑥免疫抑制剤の管理、 ⑦昇圧剤の使用(注射剤のみ)、 ⑧抗不整脈剤の使用(注射剤のみ)、 ⑨抗血栓薬の持続点滴の使用、 ⑩ドレーナの管理、⑪無菌治療室での治療)	なし	—	あり
8	救急搬送後の入院(2日間)	なし	—	あり
B	患者の状況等	0点	1点	2点
9	寝返り	できる	何かにつかまればできる	できない
10	移乗	介助なし	一部介助	全介助
11	口腔清潔	介助なし	介助あり	—
12	食事摂取	介助なし	一部介助	全介助
13	衣服の着脱	介助なし	一部介助	全介助
14	診療・療養上の指示が通じる	はい	いいえ	—
15	危険行動	ない	—	ある
C	手術等の医学的状況	0点	1点	
16	開頭手術(7日間)	なし	あり	
17	開胸手術(7日間)	なし	あり	
18	開腹手術(4日間)	なし	あり	
19	骨の手術(5日間)	なし	あり	
20	胸腔鏡・腹腔鏡手術(3日間)	なし	あり	
21	全身麻酔・脊椎麻酔の手術(2日間)	なし	あり	
22	救命等に係る内科的治療(2日間) (①軽微の血管内治療 ②経皮的な心臓血管治療 ③機能的な消化器治療)	なし	あり	
[各入院料・加算における該当患者の基準]				
対象入院料・加算		基準		
一般病棟用の重症度、医療・看護必要度		・A得点2点以上かつB得点3点以上 ・「B14」又は「B15」に該当する患者であって、A得点が1点以上かつB得点が3点以上		
総合入院体制加算		・A得点3点以上 ・C得点1点以上 ・「B14」又は「B15」に該当する患者であって、A得点が1点以上かつB得点が3点以上		
地域包括ケア病棟入院料 (地域包括ケア入院医療管理料を算定する場合も含む)		・A得点1点以上 ・C得点1点以上		

図 4-2 看護必要度の内訳 [m3.com 2019]

表 4-4 から、調査日においても東病棟の方が西病棟よりも看護必要度が小さい、つまりケアの度合いが小さい患者が多いことが分かる。また、病床利用率を見ても西病棟の方が大きく、より繁忙であることがうかがえる。

表 4-4 調査対象病棟の患者概要

調査対象病院		碧南市民病院	
調査対象病棟		東病棟	西病棟
調査日		2018.12.05～06	2018.12.12～13
入院患者数/許可病床数		23/36床	43/50床
性別	男	9	27
	女	14	15
年齢	81歳～	11	19
	71～80歳	7	9
	61～70歳	2	6
	～60歳	3	9
	平均	75歳	76歳
看護必要度	A得点 1 点以上の患者割合	12	26
	A得点 2 点以上の患者割合	11	18
	重症度、医療・看護必要度の評価において、A得点 2 点以上かつB得点 3 点以上の患者割合	7	12
	A得点 3 点以上の患者割合	6	11
	C得点 1 点以上の患者割合	0	1
	重症度、医療・看護必要度の評価において、A得点 2 点以上かつB得点 3 点以上、A得点 3 点以上またはC得点 1 点以上の患者割合	4	9
救護区分	担送	10	11
	護送	9	23
	独歩	4	8

4-2.2.1 対象病棟の平面構成

本調査対象である東病棟及び西病棟は、当初、病棟平面を 1 つの看護単位とみなし、3 つの分散拠点から看護を供給していた。しかしながら、各拠点での看護業務量の差異や看護体制の変遷などによって現在では、2 つの看護単位（東病棟・西病棟）にて運営を行っている。それに伴い、西病棟は中央のスタッフステーションを主な看護拠点として利用し、東病棟は東ナースコーナーを主な看護拠点として使用している。西病棟では、西ナースコーナーは、ゴミ箱などはおいているものの、主な看護拠点としては利用されていない。また、現在はすべての病棟にて電子カルテを導入している。（病棟部拡大図は巻末資料に掲載）

表 4-5 設計当初と現在での運営方法の違い

	看護単位の分割方法	カルテ	看護方式
設計当初の運営方法		紙	チーム ナーシング
現在の運営方法		電子 カルテ	4階の場合 西 チーム ナーシング 東 PNS

4-3 調査の目的

このような背景の中、碧南市民病院の病棟平面において、どのような使われ方がされているか、
すなわち

- 1) 平面の構成方法（当初の想定とは異なる使用方法）により、看護業務及び動線はどのような影響を受けているか
- 2) 看護必要度によって病室滞在時間・病室訪問回数と患者の病室配置（スタッフステーションとの距離等）はどのような影響を受けているか
- 3) PNS の導入により、病棟で行われている看護業務はどのような影響を受けているか

について明らかににすること、さらには、このような病棟の使われ方から看護動線量の増減の要因に関する知見を得ることを目的としている。

4-4 調査の概要

4-4.1 調査の方法

1) 看護動線調査

病棟看護師を対象に業務分析調査(タイムスタディ法)を行う。看護師1名に対し調査員1名が付きスタッフステーション内及びナースコーナーの扉まで、病棟廊下、病室の扉までの範囲内の動きを追跡し、スタッフステーション内及びナースコーナー内などにおける行為内容・時刻・地点・携帯物等を記録する。記録は看護師の行動を視認し、調査票へ調査員が記入する。

2) 物品調査

看護動線量調査前に、図面上に主要な医療機器・什器・物品等の配置状況を調査する

3) 調査対象部門

PNS を採用している内科系病棟<4階東病棟>

チームナーシングを採用している内科系病棟<4階西病棟>

4) 調查看護師

日勤開始(8時30分)から夜勤終了時(翌日8時30分)まで追跡調査を行い、日勤帯は日勤看護師(8時30分から17時15分)2名、日中看護師と呼ばれるロング日勤(8時30分から21時30分)2名、遅出看護師(12時45分から21時30分)、夜勤看護師(20時30分から8時30分)2名を対象とした。なお、西病棟の際は残業も記録した。同時に、看護師の担当範囲等分析に必要な担当患者表及び看護必要度等のデータも記録した

4-5 分析結果

4-5.1 業務分類方法

業務分割の大分類としては、直接看護・間接看護・管理業務その他・移動である。直接看護では、生活援助・会話・診療介助の3つの中項目から構成されており、間接看護では、記録閲覧・スタッフ間連絡・準備片付け物品管理の中項目構成されている。また、小項目は日本看護協会が提唱する新作業分類表(表4-6)に基づいており、本研究では、新看護分類表を[鳥山 亜紀 2007]らの論文を参考に再分類しているものである。(表4-7中の※1は、日本看護協会が提唱する新作業分類表の分類の数字である)

表 4-6 日本看護協会が提唱する新作業分類表 [高橋悦子 2010]

Table 2 The classification of nursing work behavior

表 2 作業行為分類表

大項目	中項目	小項目
I. 日常生活の援助	1. 食事	食事介助, 体位・身支度, 経管栄養, 摂取量観察, 配茶, 配・下膳, 盛りつけ
	2. 排泄	排便・排泄介助, トイレ歩行介助, おむつ交換, 嘔吐時の世話, ストーマ・留置カテーテルの管理, 洗腸, 導尿
	3. 清潔	清拭(全身, 部分, 足浴), 洗髪・整髪, 口腔ケア, ひげそり・爪切り, 入浴・シャワー浴, 洗面介助, 陰部洗浄, 耳・鼻などのケア, 寝衣交換, リネン交換, おしぼり作り, 私物洗濯物整理
	4. 安全	転落・危険行動の予防(ベッド柵をつける・上げる, 抑制帯をつけるなど), 不穩・徘徊者の監視・病室巡視, 感染の予防(MRSA等院内感染を含む), 防災
	5. 安楽	体位交換, 体位の工夫(円座・安楽枕の使用等), 電法(氷枕・氷のう・湯たんぽ・電気毛布・湿布), マッサージ, 精神的安楽(話を聞く・側にいる・見守る)
	6. 入院環境の整備	採光・照明・室温調整, 騒音防止, 防虫, ベッド移動, ベッドサイドの整理・整頓・保清, ベッドメーカー
	7. 自立の援助	患者指導(食事指導, 生活指導, 服薬指導, 注射指導, 検査・処置・手術等の指導), リハビリ(声・呼吸を含む), 膀胱洗浄・訓練, CAPD, 在宅での看護方法, カウンセリング, レクリエーション, オリエンテーション(入院時, 検査, 術前などの全てのオリエンテーションを含む)
	8. 患者移動・移送	介助歩行, 車椅子, ストレッチャー移送(手術室・検査室・レントゲン室等)
	9. 患者及び家族との連絡・相談	家族との連絡, 患者との連絡(電話取次, 伝言), 家族との情報交換及び相談, ナースコール, 患者の用事(買い物など)
	10. 終末期看護処置	患者の見守り, 死後の処置, ムンテラ同席, 連絡や各種手続き等の説明, 遺体安置, お見送り
	11. 準備・後片づけ	日常生活に必要な準備と後片づけ(看護師でなくとも可能な)
II. 診療場における援助	12. 指示受け・報告	指示受け, 医師への確認, 病状報告, ドクターコール
	13. 測定	T, P, R, 血圧, 身長, 体重, 胸囲, 腹囲, BSチェック, テステーブによる糖尿・ケトン体のチェック, CVP, 意識レベル, 肺活量
	14. 呼吸・循環管理	レスピレーター操作, 酸素 Tent・酸素吸入, 排痰促進・喀痰吸引, 超音波ネブライザー, モニター観察(心電図), Aラインの管理, 肺・心音聴取, 水分出納チェック
	15. 診療・治療の介助	回診, 包帯交換, ギプス, 輸血・静脈注射, IVH・持続点滴の管理, 術前・術後処置, 洗浄, 薬浴, カテーテル挿入及び除去, 穿刺等
	16. 諸検査の介助及び検体採取	血液, 尿, 便, 痰, 胃液, 胆汁, 胸・腹水, 髄液, 組織, 分泌物等, 内視鏡・カテーテル・レントゲン検査など
	17. 与薬(注射)	皮下注, 筋肉注など
	18. 与薬(注射を除く)	内服, 経管より注入, 軟膏塗布, 坐薬, 点眼・耳・鼻
	19. 準備・後片付け	分包, ミキシング, 処置の準備・後片付け, 検体容器・提出準備, 検査結果整理等(看護師でなくとも可能な)
	III. 患者に対する記録	20. 看護計画・記録
21. その他の記録		処置計画, ワークシート作成
22. 看護師間の申し送り		申し送り, 看護師間の連絡(病棟内)
23. 病棟管理に関する記録物の記載		病棟管理日誌, 申し送り簿, 防災確認簿
24. 薬剤業務・薬剤管理		薬剤の請求・受領・管理(定時・臨時), 常備薬・麻薬・向精神薬等の管理, 薬品の返納
IV. 業務管理	25. 滅菌器材・消耗品の管理	有効期限のチェック, 滅菌依頼・受領, 消耗品(衛生材料・文具・帳票・器材・その他)の請求・受領, 検体容器の請求・受領
	26. 機器・機材の管理	レスピレーター・ME機器・救急カート・回診車, 清拭車・洗髪車等の点検整備
	27. 病室以外の環境整備	ナースステーション・休憩室・処置室・汚物室など病室以外の整理整頓, 営繕請求・修理
	28. 病室以外の連絡	薬局・栄養課・医事課・検査科・放射線科・外来・中材・会計・経理・看護部(総経長室)・他病棟・その他の部との連絡, 保健所・行政各所への連絡
	29. 事務作業	入院簿・患者一覽・ベッドネーム・薬札・食事伝票・処置伝票・貸し出し簿等の記載, カルテの整理, 診断書や各種伝票類の取扱・整理, 面会者・来客等の応対取次
	30. 物品搬送業務	物品・書類・検体・薬品等その他のあらゆる物品の搬送, 搬送機器の操作
	31. 職員の勤務及び調整	勤務割り振り表作成, 週間スケジュール表作成, 時間外勤務命令簿・年末簿等の記入
	32. 看護学生・職員の指導	看護学生の指導全般, 面接, スタッフの指導, 指導を受けていた, その他
	33. 教育・研修参加	院内研修・学習参加
V. その他	34. 会議	各種委員会・会議, 病棟会
	35. 休憩	休憩や休息(食事を含む)
VI. 情報管理	36. その他	その他全般
	37. メモへの記入	個人メモへの記入, 手・腕への記入
VII. 移動	38. ダブルチェック	ダブルチェック
	39. 情報収集	カルテ・伝票の確認, 心電図モニターを見る
VIII. 清潔保持	40. 患者容態確認	病室・廊下での容態確認(会話により)
	41. 移動	病棟廊下, ナースステーション内, エレベーター, 階段
	42. 清潔保持	手洗い, 手の消毒

表 4-7 本研究で作成した看護行為分類表

大	中項目	*1	小項目	細項目															
a	生活援助	1	食事	食事介助	体位・身支度	摂取量観察	配茶	配・下膳	盛り付け等										
		2	排泄	排便・排尿介助	体位身支度を整える	トイレ歩行介助	おむつ交換	嘔吐時の世話											
		3	清潔	清拭（全身、部分、足浴）	洗面介助	陰部洗浄	耳・鼻等のケア	洗髪・整髪	口腔ケア	ひげそり	爪切り	入浴・シャワー浴	私服洗濯物整理等						
		4	安全	病室巡視	不穏・徘徊患者の監視			更衣	リネン交換	おしぼり作り			私服洗濯物整理等						
		5	安楽	体位変換	体位の工夫（円座、安楽枕の使用等）														
		6	入院環境の整備	採光・照明・室温調整	ベッドメイキング等	騒音防止	防虫			ベッド移動			ベッドサイドの整理・整頓・保清						
		7	自立の援助	レクリエーション															
		8	患者移動・移送	介助歩行	車いす			ストレッチャー移送（手術室・検査室・レントゲン室等）											
		9	患者及び、家族との連絡・相談	ナースコールにより患者呼び出しに向かう															
		10	終末期看護処置	終末の見守り	死後の処置	遺体安置	見送り												
あ	直接看護	b	会話	4	安全	巡視のなかでの会話													
				5	安楽	精神的安楽（話を聞く・側にいる・見守る）等													
				7	自立の援助	患者指導（食事指導、生活指導、服薬指導、注射指導、検査・処置・手術等の指導）	在宅での介護方法指導						カウンセリング						
				9	患者及び、家族との連絡・相談	患者との連絡（電話取次、伝言）													
				29	事務作業	患者が同席の場合の面会対応													
c	診療	介助	1	食事	経管栄養														
			2	排泄	ストーマケア	留置カテーテルの管理			洗腸	導尿			分泌物の吸引等						
			5	安楽	褥法（氷枕・氷のう・湯たんぽ・電気毛布・湿布）														
			7	自立の援助	リハビリ（発声、呼吸を含む）	膀胱洗浄・訓練	CAPD												
			13	測定	体温（T）、心拍数（P）、呼吸数（R）、血圧、身長、体重、胸囲、腹囲、血糖値（BS）	チェック、テストテープによる尿糖・ケトン等のチェック、CVP意識レベル、肺活量など													
			14	呼吸・循環管理	レスピレーター操作	酸素 Tent、酸素吸入	水分出納チェック	排泄促進・喀痰吸引	超音波ネブライザー	Aラインの管理									
			15	診療・治療の介助	回診	包帯交換	ギブス	輸血・静脈注射	IVH・持続点滴の管理					術前・術後処置					
			16	諸検査の介助及び検体採取	洗浄	薬浴	カテーテル挿入および除去	穿刺等						82.内視鏡・血管造影・カテーテル・レントゲン検査					
			17	与薬（注射）	皮膚注射	皮下注射	筋肉注射												
			18	与薬（注射を除く）	内服	経管より注入	軟膏塗布	座薬	点眼・耳・鼻等										
d	記録・	閲覧	20	看護計画・記録	入院時看護記録	問題リスト	看護計画	経過記録	体温表	サマリー									
			21	その他の記録	処置計画・ワークシート作成等														
			37	メモへの記入	個人メモへの記入	手・腕への記入													
			39	情報収集	カルテ・伝票の確認（入力していない）														
			e	スタッフ	間	連絡	12	指示受け・報告	医師への確認	病状報告	ドクターコール等								
							20	看護計画・記録	カンファレンス等										
							22	看護師間の申し送り	申し送り	看護師間の連絡（病棟内）等									
							38	ダブルチェック											
							f	準備・	後片	付け	管理	3	清潔	おしぼり作り					
												4	安全	感染の予防（MRSA等院内感染を含む）					
11	準備・後片付け	日常生活援助に必要な準備と後片付け（看護師でなくても可能な）																	
14	呼吸・循環管理	SS内でモニター観察																	
g	面会	対	19	準備・後片付け	分包	ミキシング	処置の準備・後片付け			検体容器・提出準備	結果整理等（看護師でなくても可能な）								
			42	清潔保持	手洗い・手の消毒														
			24	薬剤業務・薬剤管理	薬剤の請求・受領・管理（定時・臨時）	常備薬・麻薬・向精神薬などの管理							薬品の返納等						
			25	滅菌器材・消耗品の管理	有効期限のチェック	滅菌依頼・受領	消耗品（衛生材料・文具・帳簿・器材・その他）の請求・受領												
			26	機器・器材の管理	レスピレーター・ME器械・救急カート・回診車								清拭車・洗髪車等の点検整備等						
			27	病室以外の環境整備	ナースステーション、休憩室、処置室、汚物室など病室以外の整理・整頓								宮結請求・修理等						
			30	物品搬送業務	物品・書類・検体・薬品等・その他あらゆる物品の搬送								搬送器械の操作等						
			9	患者及び、家族との連絡・相談	家族との連絡	家族との情報交換および相談													
			10	終末期看護処置	ムンテラ同席	連絡や各種手続き等の説明													
			h	管理業務	（物品	管理を	除く）	4	安全	防災等（火元確認・施設・防災対策）									
23	病棟管理に関する記録物の記載	病棟管理日誌						申し送り簿	防災確認簿等										
28	病室以外の連絡	薬局						栄養課	医事課	検査課	放射線科	外来・中材							
29	事務作業	会計・経理						看護部（総局長室）	他病棟	その他の部との連絡					保健所・行政各所への連絡				
29	事務作業	入退院簿						患者一覧表	ベッドネーム	薬札	食事伝票	処置伝票							
31	職員の勤務及び調整	貸出簿等の記載						カルテの整理											
31	職員の勤務及び調整	勤務割り振り表作成																	
32	看護学生職員の指導	看護学生の指導全般																	
33	教育・研修参加	院内研修・学習会参加																	
34	会議	各種委員会・会議、病棟会等																	
i	移動	41	移動																
		j	その他	（休憩	など）	35	休憩	休憩（食事を含む、健康診断）等											
9	患者及び、家族との連絡・相談					患者の買い物	ナースコールを止める	ナースコール受付											
		36	その他	訪問介護その他全般															

4-5.2 看護業務行為及び業務場所の割合

図4-3は、看護業務分析のグラフである。このグラフから、西側病棟の看護師の移動の割合が多いことが分かる。これは、平面構成の違いから生まれてくるものであると考えられ、場所別の分析時に詳細を記載する。一方で、直接看護（生活援助・会話・診療援助）の割合を見ると、西病棟の方が比較的大きいことが分かる。これは、西病棟では残業等も発生するほど忙しく患者を直接看護する時間が相対的に大きくなるためであると考察される。これらから、移動時間が大きくなると、直接看護等の割合が増加するのではなく、業務割合は変化せず直接、残業等が増大する可能性が大きいと考えられる。

また、間接看護の割合を見ると、東病棟が西病棟に比べて大きくなっている。これは、調査日は業務が少なかったため、PC入力等の間接看護を多く行っていたと考えられる。これらからも、調査対象病院では、たとえ移動や業務自体が少なくとも直接看護の時間は大きくはならないと推測される。（西病棟では、業務の内容面を加味し、残業分についてもデータに加えている。）

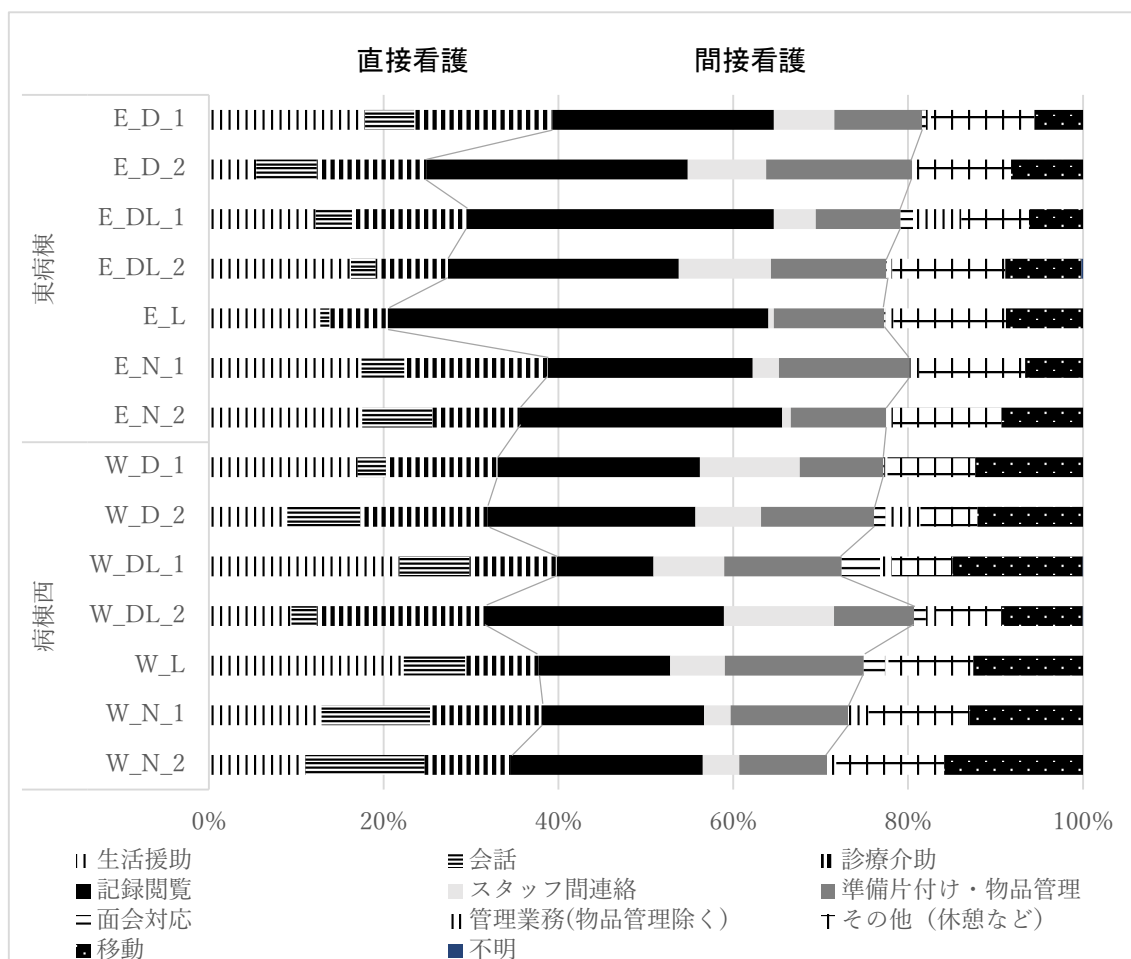


図 4-3 業務行為による分析

次に、場所別滞在時間の割合のグラフ（図 4-4）をみると、主に西病棟は、スタッフステーションを拠点としており、東病棟はナースコーナーを拠点としていることが分かる。これは、調査前のヒアリングから、東病棟はナースコーナー、西病棟はスタッフステーションを拠点にしていることはわかっていたが、データにて明らかになった形である。

また、病室の滞在割合を見ると、西病棟の方が大きくなっている。これは、単純に西病棟の方が病床利用率が高いだけでなく、看護必要度高い患者が多く、直接看護がより多く必要であったからだと考えられる。

また、スタッフステーションを主な看護拠点としている西病棟の看護師のほうが、廊下滞在時間及び移動時間が大きいことから、スタッフステーションを利用することで看護動線量が大きくなると推察できる。

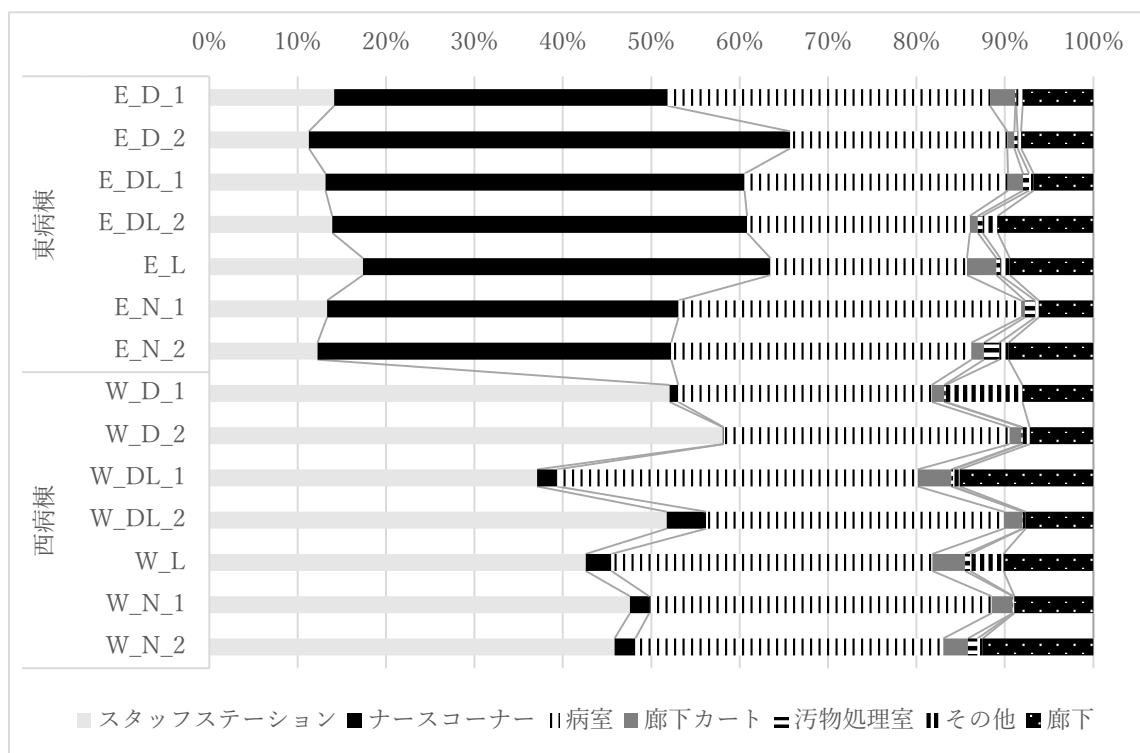


図 4-4 場所別滞在時間

4-5.3 看護師の各室への訪問回数の分析

図 4-5 から図 4-8 は、各担当看護師の訪問回数のグラフである。訪問する室としては、スタッフステーション、ナースコーナー、汚物処理室、廊下にあるカート（自分が持ってきたカートを含む）、病室に分類した。横軸は、各室への訪問回数であり、積み上げグラフであることに注意が必要である。スタッフステーション内の移動などはカウントせず、病室間移動においても、異なる病室に入室した際にカウントしている。

図から、西病棟・東病棟において訪問回数の傾向はみられなかった。そのため、看護拠点から病室までより離れている西病棟においても、特に各室への訪問回数の違いは明らかにならなかった。

また、病室の訪問回数の傾向と、実際の移動経路分析については後述する。

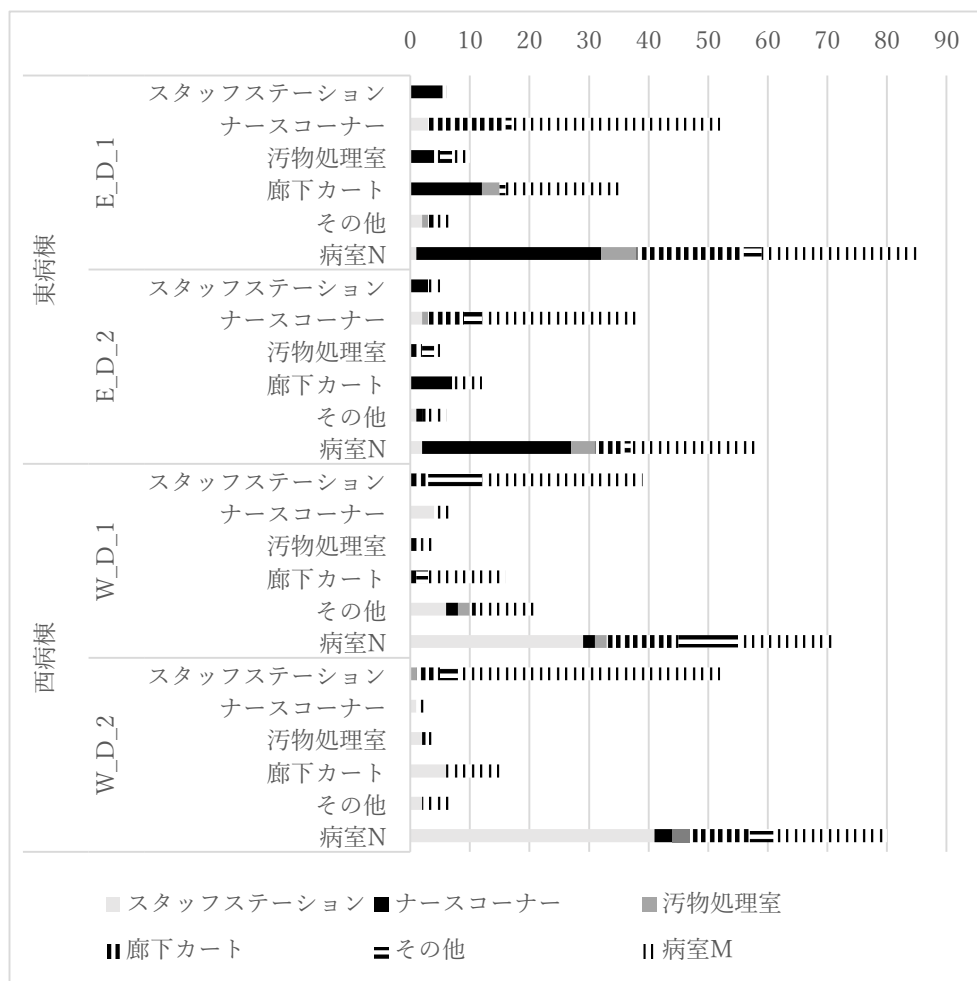


図 4-5 日勤看護師の訪問回数

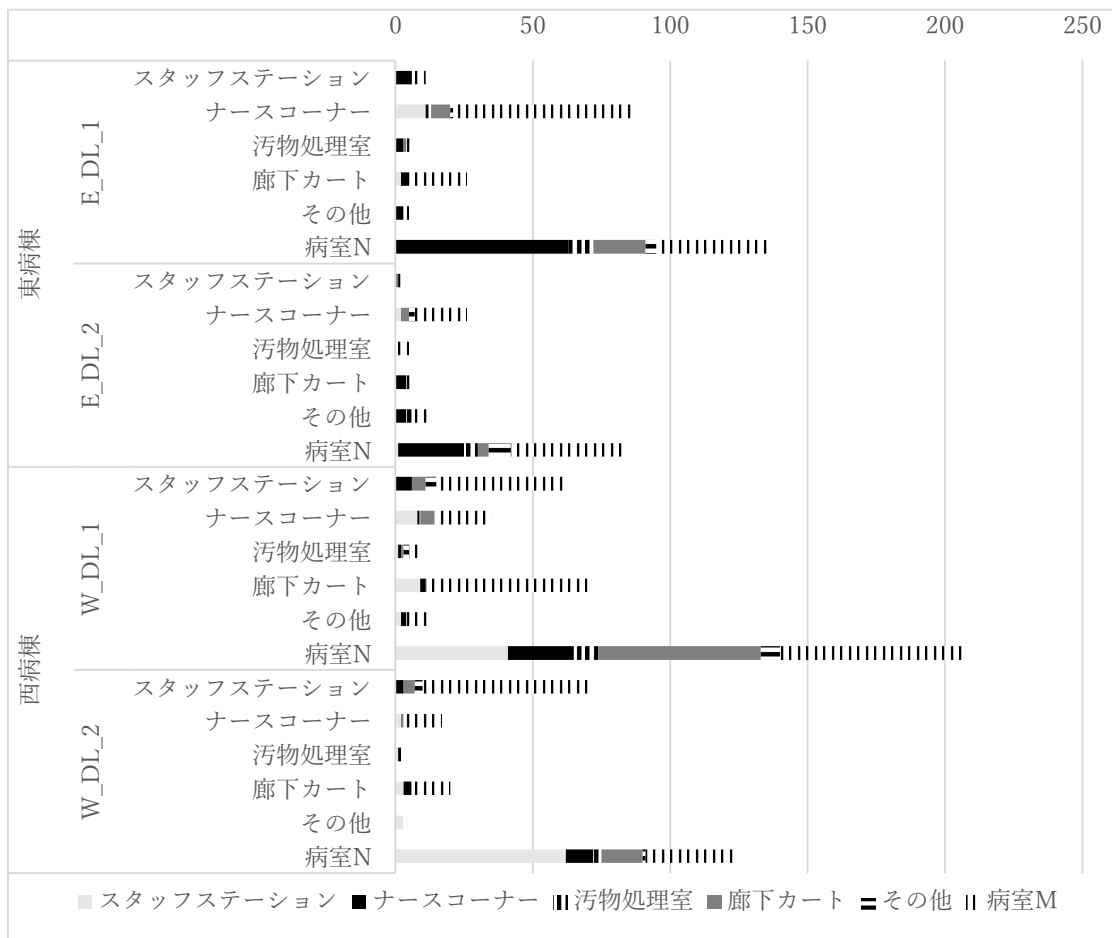


図 4-6 日中看護師の訪問回数

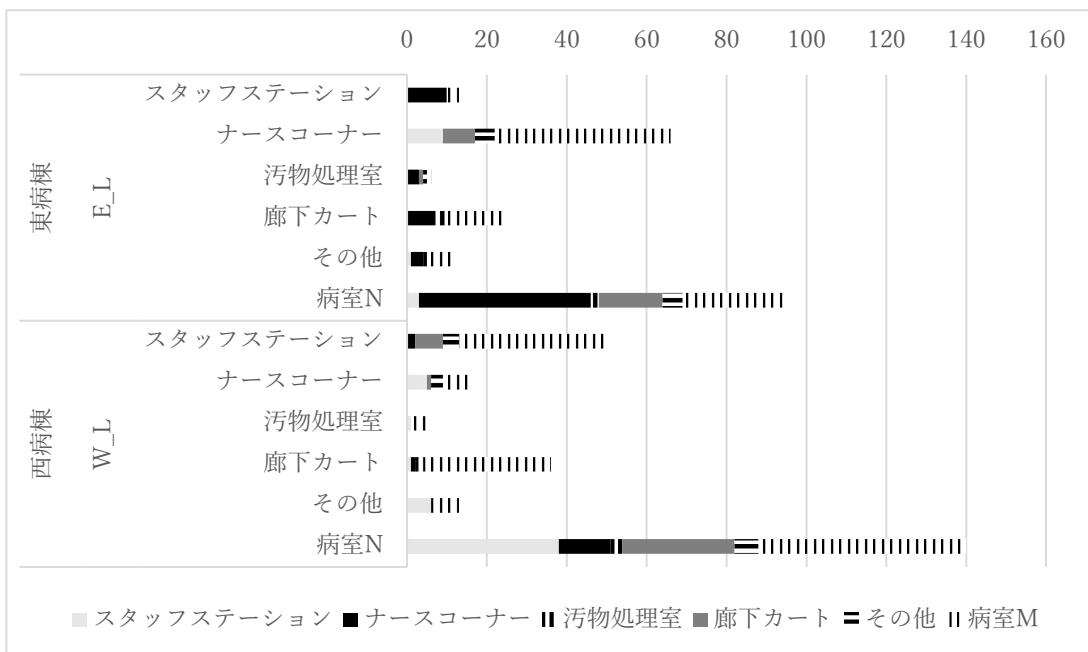


図 4-7 遅看護師の訪問回数

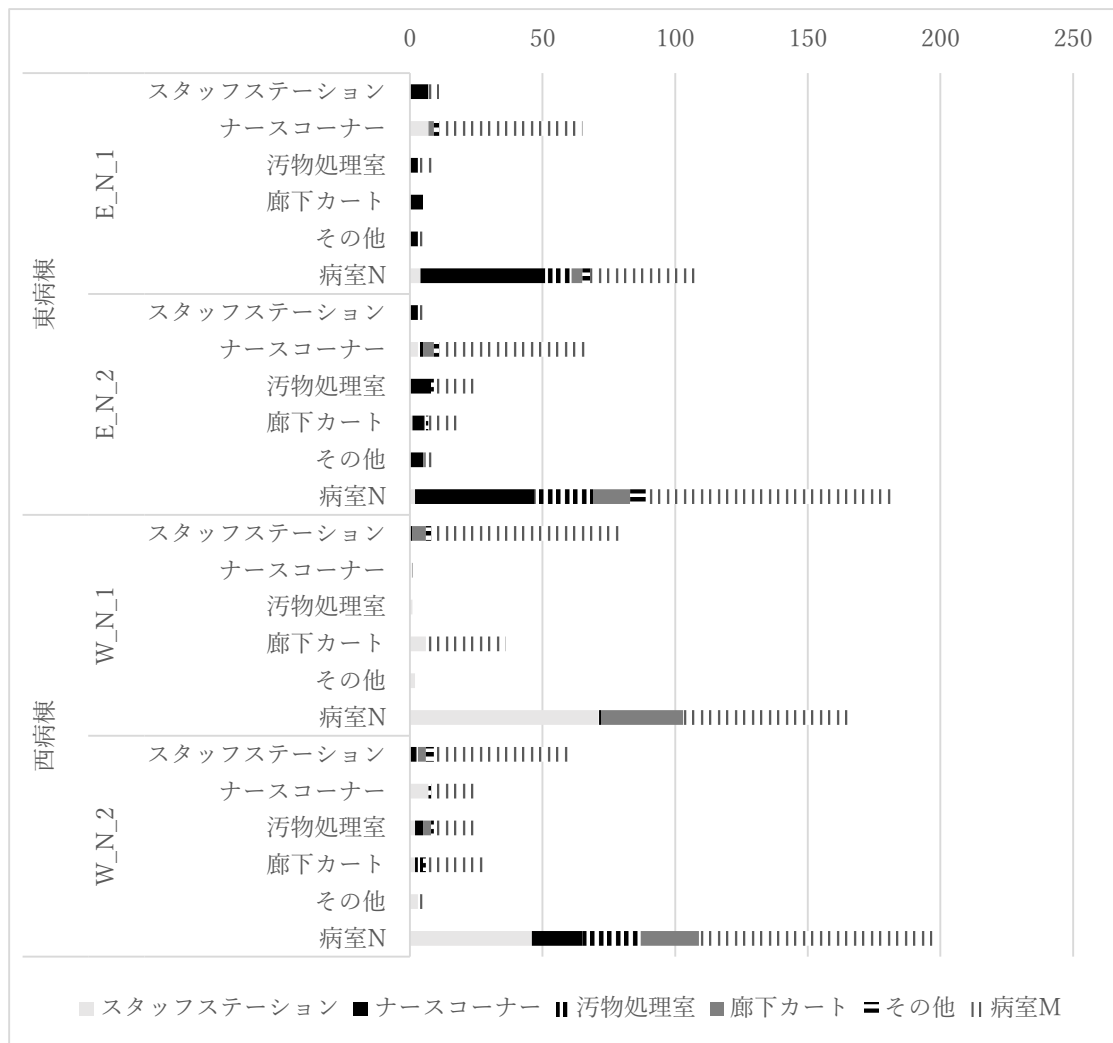


図 4-8 夜勤看護師の訪問回数

4-5.4 看護必要度に関する分析

ここでは、患者の看護必要度と様々要素との関係性を分析する。看護必要度は、先述したように看護のケアを表す指標であり、入院料の申請にも使われるため多くの病院で使用されているものである。これらと、病室訪問回数や病室滞在時間との関係性を見ることで、看護動線量に関する増減の要因の一つを明らかにすることができる。

4-5.4.1 看護必要度と訪問回数の関係性

本分析では、看護必要度における大分類である A 項目、B 項目、C 項目をそれぞれ分けて分析していく。それにより、どのような要素が訪問回数に影響を与えているかを考察することができる。

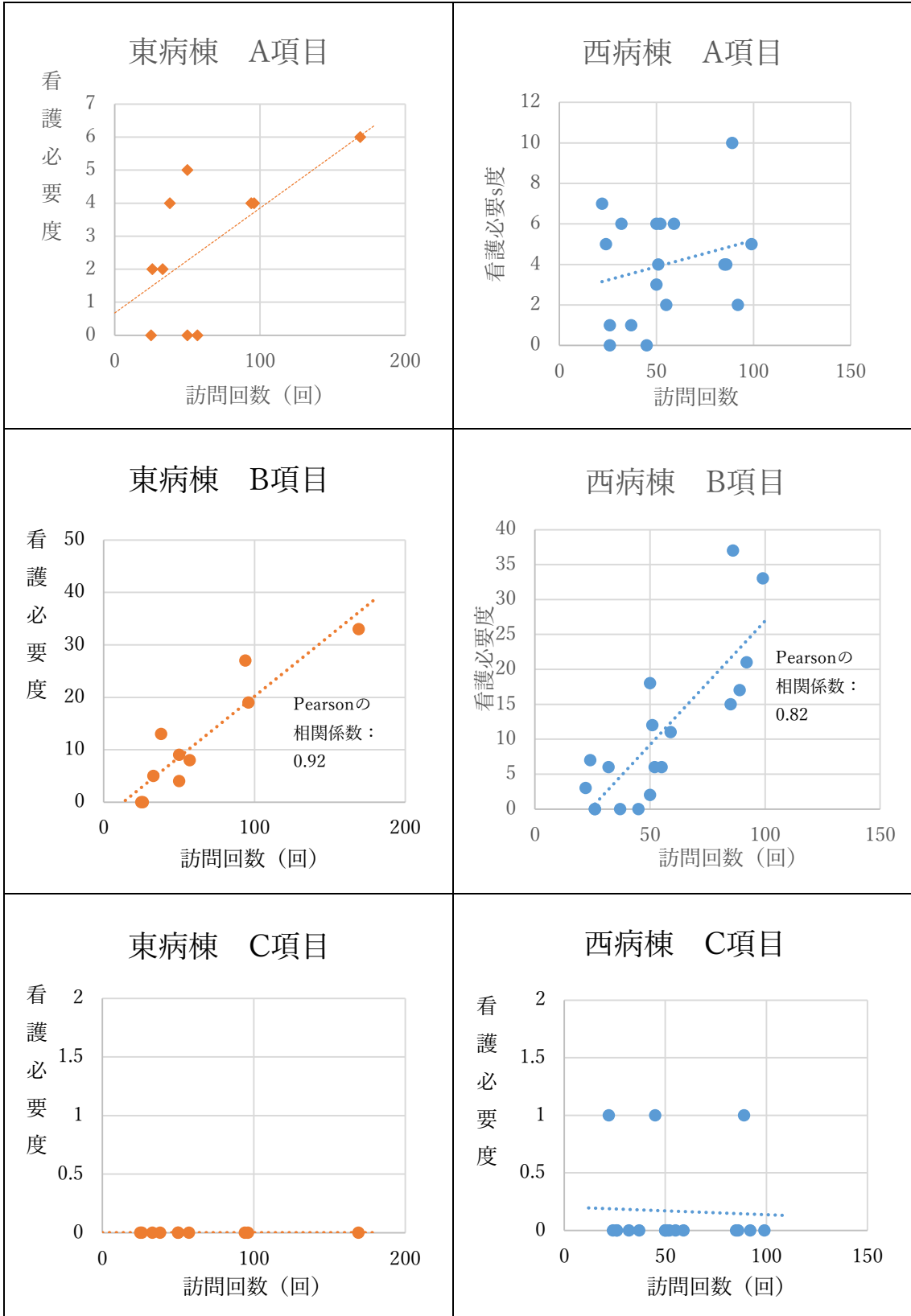


図 4-9 看護必要度と病室訪問回数

図 4-9 は、看護必要度と病室訪問回数との関係性を示したグラフである。縦軸は、1つの病室に入院している患者の看護必要度を合算したものである。そのため、4床室に4人入院していた場合は、4人分の看護必要度の合計をその部屋の看護必要度としている。横軸は、各病棟にて追跡した看護師7名の訪問回数を合算したものである。本調査ではすべての看護師を追跡調査できているわけではないので、あくまで予測値となる。

[渡辺玲奈 2010]らは、急性期病棟における周手術期の患者の看護必要度と訪問回数との関係性について分析しており、看護師の訪問回数と患者の看護必要度 B 項目にて正の相関関係が成立していると論じている。また、患者の転床に関して、個室から4床室への移転や看護拠点から近い病室から遠い病室への移転時には看護必要度 B が大きく減少している患者が多いと言及している。

グラフから、A 項目と B 項目で看護必要度と訪問回数との相関関係がみられ、特に B 項目では看護必要度と訪問回数との相関関係が顕著にみられていることが分かる。Pearson の相関係数も 0.92 と 0.82 と非常に高い値であり、密接な相関関係があるといえる。これらから、患者の状態が悪い、例えば寝返りができない、排泄ができないなどといった患者の状態によって訪問回数が増えることが考察される。

この結果は、渡辺らの研究と同様の結果であり、外科系病棟だけでなく内科系病棟においても B 項目による訪問回数の増加がみられることがわかった。

4-5.4.2 看護必要度と看護師の病室滞在時間

ここでは、看護必要度と看護師の病室滞在時間との関係性について分析する。この分析も調査日当日の看護師をすべて網羅できていないため、あくまで想定範囲である。図 4-10 は、看護必要度と看護師の病室滞在時間との関係性を示したグラフである。縦軸は、1つの病室に入院している患者の看護必要度（A 項目 B 項目 C 項目は分ける）を合計したものであり、横軸は、各病棟にて追跡した看護師7名の各病室あたりの滞在時間を合算したものである。

図 4-10 から、図 4-9 の看護必要度と訪問回数との関係性と同様に、B 項目にて看護必要度との正の相関関係がみられた。

このようなことを踏まえ、次に看護必要度と看護師の病室訪問回数及び病室滞在時間について包括的に分析したい。

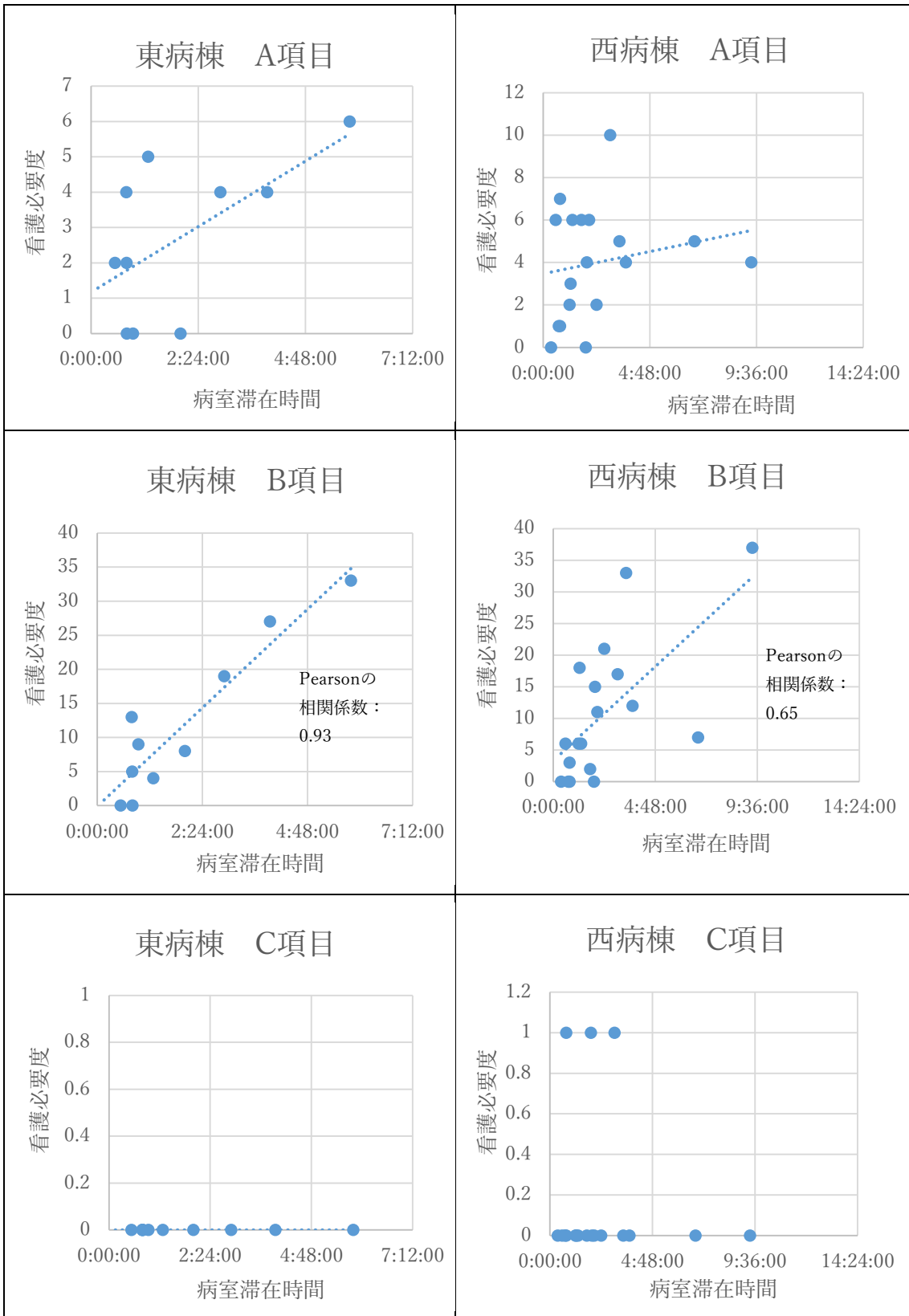


図 4-10 看護必要度と看護師の病室滞在時間

4-5.4.3 看護師の各病室への訪問回数と滞在時間の関係性

4-5.4.1 及び 4-5.4.2 にて、「看護師の病室訪問回数と各室の看護必要度」さらには、「看護師の病室滞在時間と各室の看護必要度」の相関関係があることが考察できた。ここでは、看護師の病室訪問回数とその部屋の看護師滞在時間そして看護必要度との関係性について分析を行う。

図 4-11 は、看護師の病室訪問回数とその病室の看護師滞在時間を表したグラフである。縦軸は、調査を行った 7 人の看護師が 1 日に訪問した回数で、縦軸がその 7 人の看護師が病室に滞在した時間である。この図から、西病棟は少し外れている個所はあるものの、訪問回数の多さと滞在時間の長さは比例関係にあることが分かる。また、図 4-11 の下のグラフは、看護必要度の B 項目の値の大きさをバブルの大きさに表現したものである。これを

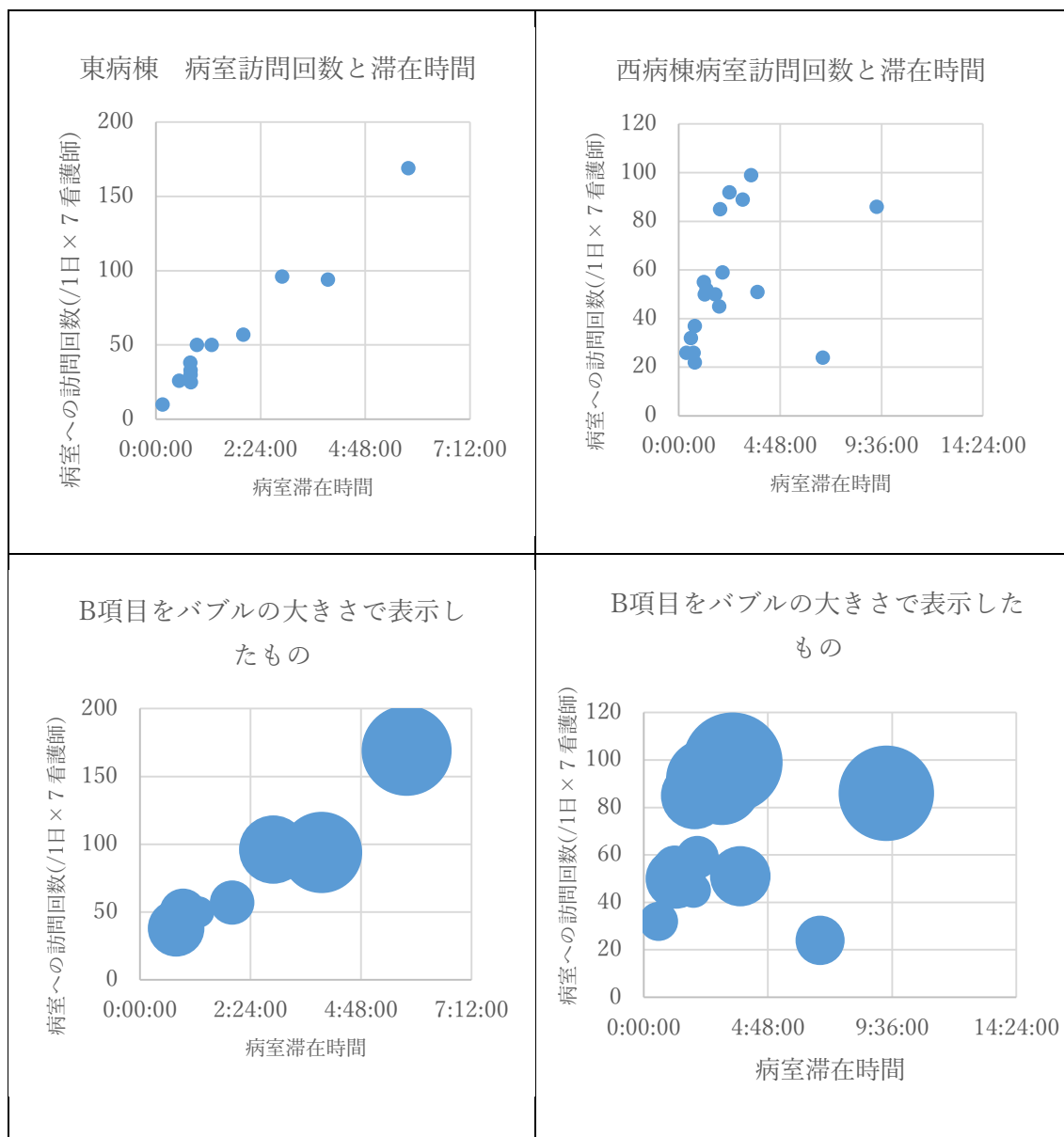


図 4-11 看護師の病室訪問回数と滞在時間

見ると、看護必要度の B 項目が大きいほど滞在時間が長くなりかつ訪問回数は大きくなる
ことが把握できる。

このようなことから、少なくとも本調査対象である市民病院クラスの内科病棟において
は、看護必要度、特に B 項目の値が高い病室は、看護師の病室訪問回数及び看護師滞在時
間が大きくなる可能性が高いことが考察できた。

そのため、重症患者（特に看護必要度の B 項目が高い患者）をできるだけナースコーナ
ーやスタッフステーションなどの看護拠点に近づけて配置することによって看護動線の短
縮そして看護業務の効率化を図ることができると考えられる。

このようなことを踏まえ、次に病室とスタッフステーションやナースコーナーといった
看護拠点との距離の現状について分析する。

4-5.4.4 病室から看護拠点までの距離との関係性

ここでは、病室とスタッフステーションやナースコーナーといった看護拠点と看護師の
病室訪問回数及び看護師の病室滞在時間、さらには看護必要度との関係性について分析を
行う。病室と看護拠点までの距離は、病室扉の位置から看護拠点の主な滞在位置までの距
離であり、看護拠点は、東病棟はナースコーナー、西病棟はスタッフステーションとして
いる。

まず、看護拠点から病室までの距離と看護師病院訪問回数のついでグラフを見ると、
あまり関係性が見えてこないことが分かる。同様に病室滞在時間や看護必要度についても
看護拠点と病室間の距離との関係性は見えてこない。

そのため、病室が看護拠点から離れているため看護師の病室滞在時間が長くなる、さら
には、病室と看護拠点が近いと、患者を訪問する回数が多くなるといった傾向は明らか
にならず、先述した看護必要度が大きいと看護師の訪問回数や滞在時間が大きくなる可
能性が高いことが確認できた。

また、下の看護必要度と看護拠点から病室までの距離のグラフから、少なくとも調査日
は、病室配置と看護必要度の相関関係はみられず、看護必要度が高い患者が看護拠点の近
くに配置されていたとは言えない。

次に、看護拠点と病室の距離と看護必要度との関係性をより詳しくみるために、調査日
を含めた 2 週間分の看護必要度を使用して看護拠点から病室の距離と看護必要度が高い患
者の病室配置について分析していく。

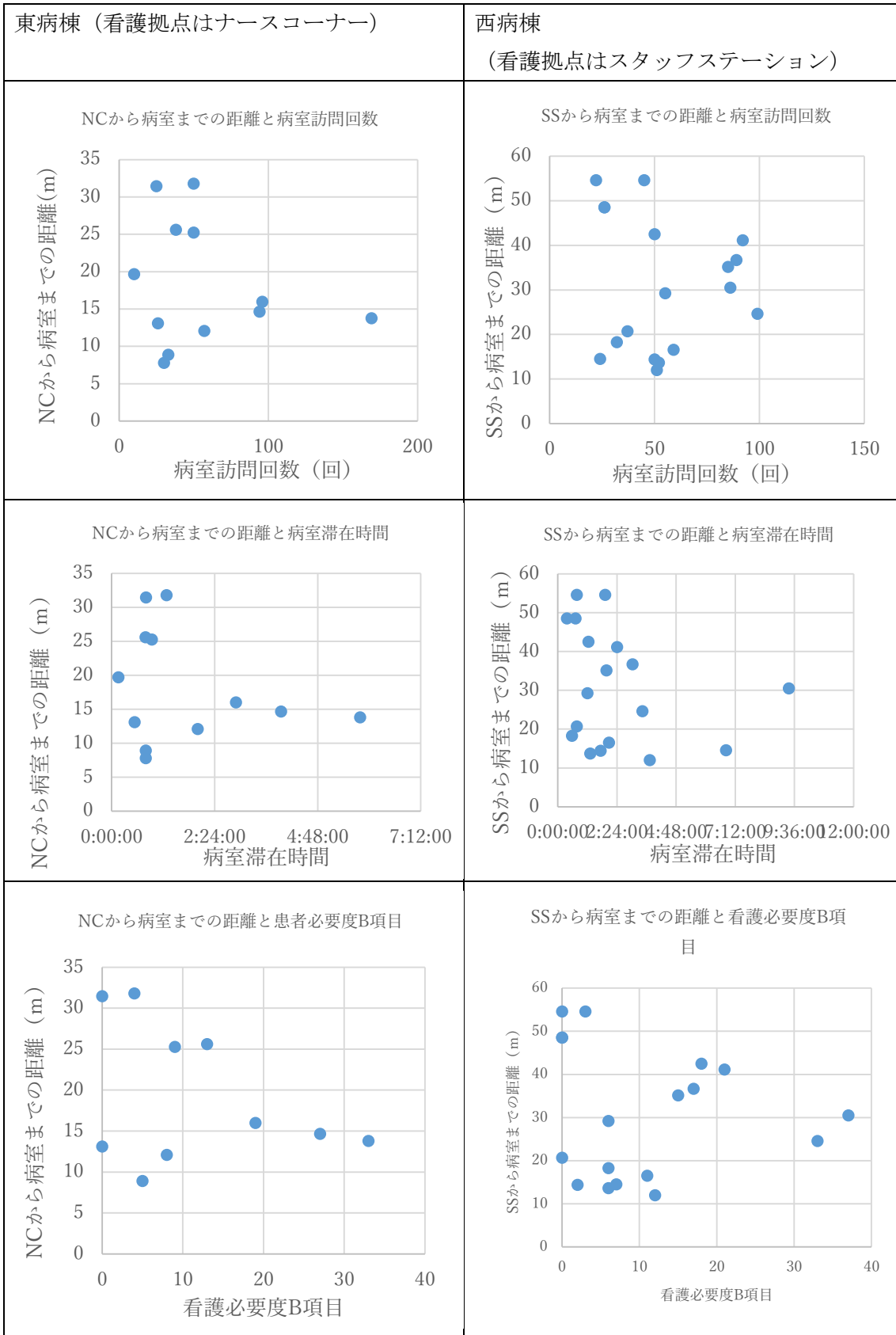


図 4-12 看護拠点から病室までの距離と看護師の性質

4-5.4.5 看護必要度と病室配置の関係性

ここでは、調査日を含めた14日分の看護必要度を用い、病室の配置（看護拠点と各病室までの距離）と看護必要度の関連性について分析する。ここでは、患者一人一人の看護必要度を基に分析しているため、4床室の患者が4人入院していた場合、4人個別に表記している（看護拠点からの距離は同じとみなしている）。

図4-13は、看護必要度のA項目及びB項目と看護拠点から病室までの距離を表したバブルグラフであり、縦軸は、一人当たりの看護必要度、横軸はその患者は入院している病室から看護拠点への距離、バブルの大きさは、点の重なりを表現しており、大きなバブルであるほど横軸の目盛りの距離の位置に縦軸の看護必要度の患者が多く、時間滞在していたことが分かる。

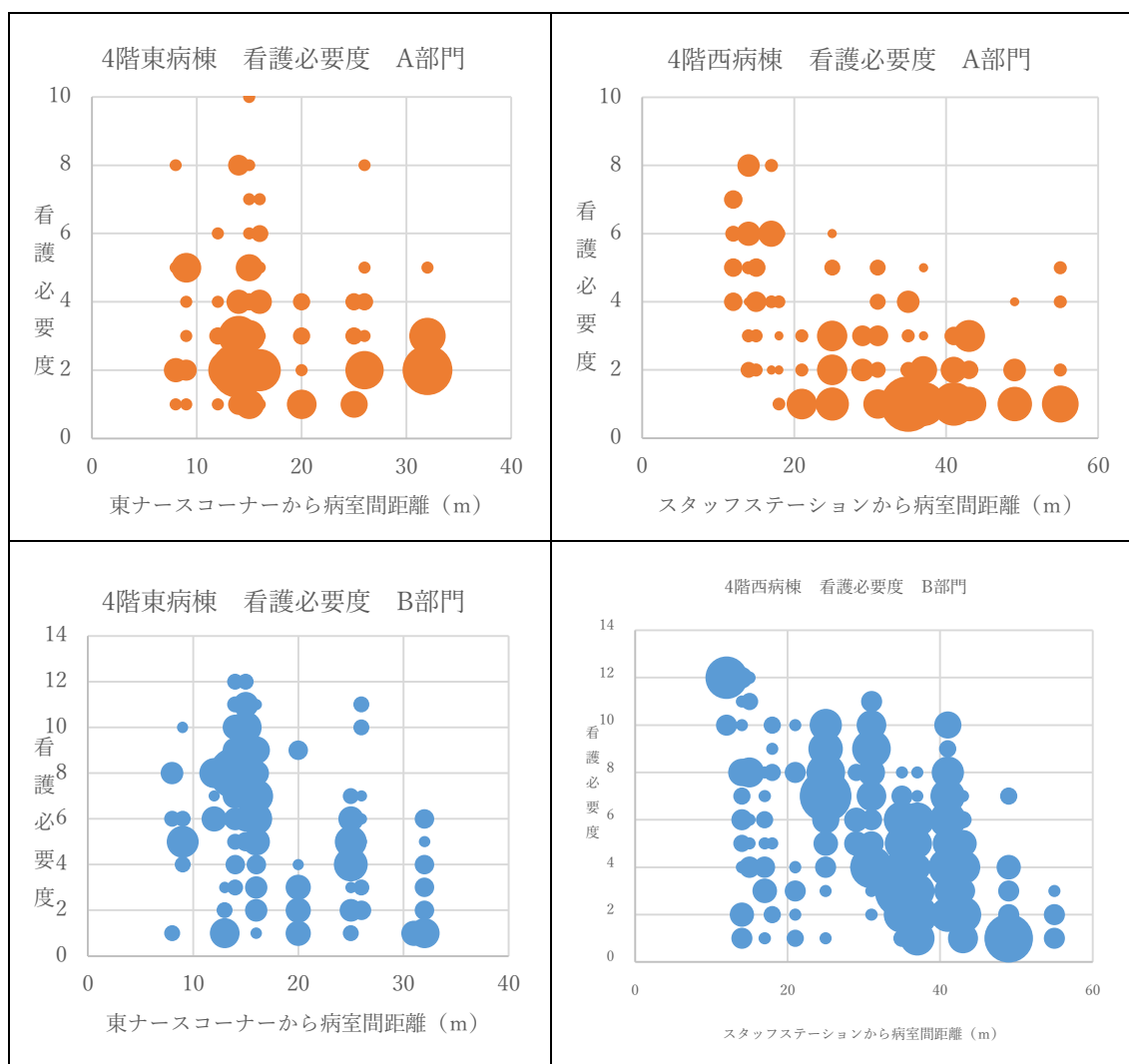


図 4-13 看護必要度と病室配置

図 4-13 から、看護必要度の B 項目において特に西病棟において看護拠点からは離れた位置にある病室ほど、看護必要度の B 項目が小さい患者を入院させている可能性が高いことが分かる。看護師長へのヒアリングから、患者配置の方法として看護必要度 B 項目、つまり介護度が高い患者は看護拠点から近い場所に配置するようにしていることが分かった。

しかしながら、図 4-13 からわかるように看護必要度は日に日に変わるため、看護必要度が高い患者においても拠点から離れた位置に入院しているケースも多々ある。このような現状を踏まえ、第 5 章においては、看護動線を主眼においた病室配置のシミュレーションを行う。

4-5.5 PNS に関する分析

4-5.5.1 PNS におけるペアで活動している時間の分析

ここでは、PNS に関する分析を行う。PNS を採用しているのは、東病棟のみであり、なおかつ午後からは PNS のパートナーを基本的に解体し、個々で動いているのが現状である。

碧南市民病院の東病棟では、主に早出・日中 2 人と日勤・日中 2 人（2 組）の計 3 組のパートナーとなり、病室をそれぞれ担当している。調査対象としたのは、後述した日勤・日中の 2 組である。

まず、これらの現状を分析するためにパートナー同士で活動している場所別の時間及び割合を分析する。分析方法としては、追跡調査にて得られたデータを使用し、滞在開始時間と滞在終了時間が重なった個所を抽出し、同時に同じ空間（室）にいた場合、パートナーで活動していたとみなしている。また、この分析では、ナースコーナー、スタッフステーション、受け持ち病室、非受け持ち病室の 4 つの場所に絞って分析した。

図 4-14 から、病室に注目すると PNS 導入時間（午前 8 時 30 分～午後 11 時 45 分）の方が、PNS 解体時（午後 0 時 45 分から午後 5 時 15 分）までと比べてパートナーでの活動時間を大きくしている。しかしながら、PNS 解体後、著しくパートナーでの活動は減ってはいない。看護師へのヒアリングでは、PNS を解体することでフリーの看護師を創出し、何か異変が起きたときにフリーの看護師が応援に向かうことができるような状態を作ることが狙いであるということだったが、PNS 解体後もダブルチェック等ではパートナーで話し合いながら活動している場合も多いということも分かった。このようなことから、碧南市民病院の東病棟では、午後からすべてチームナーシングのようになるのではなく、PNS を意識して活動していると考えられる。

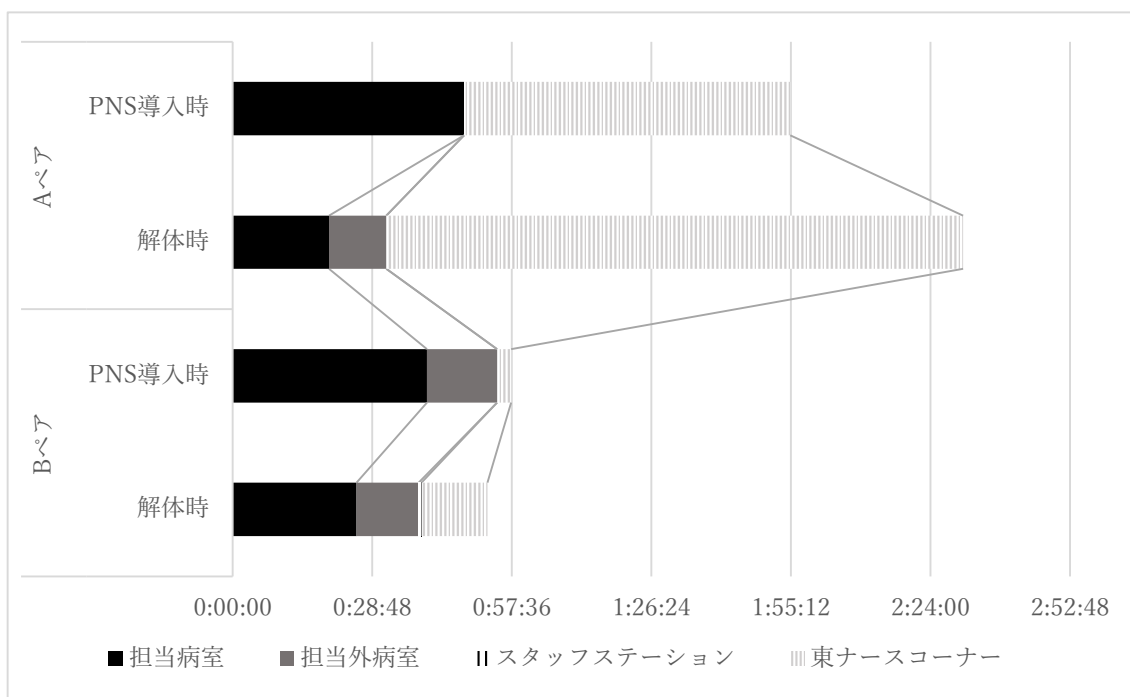


図 4-15 場所別ペア滞在時間

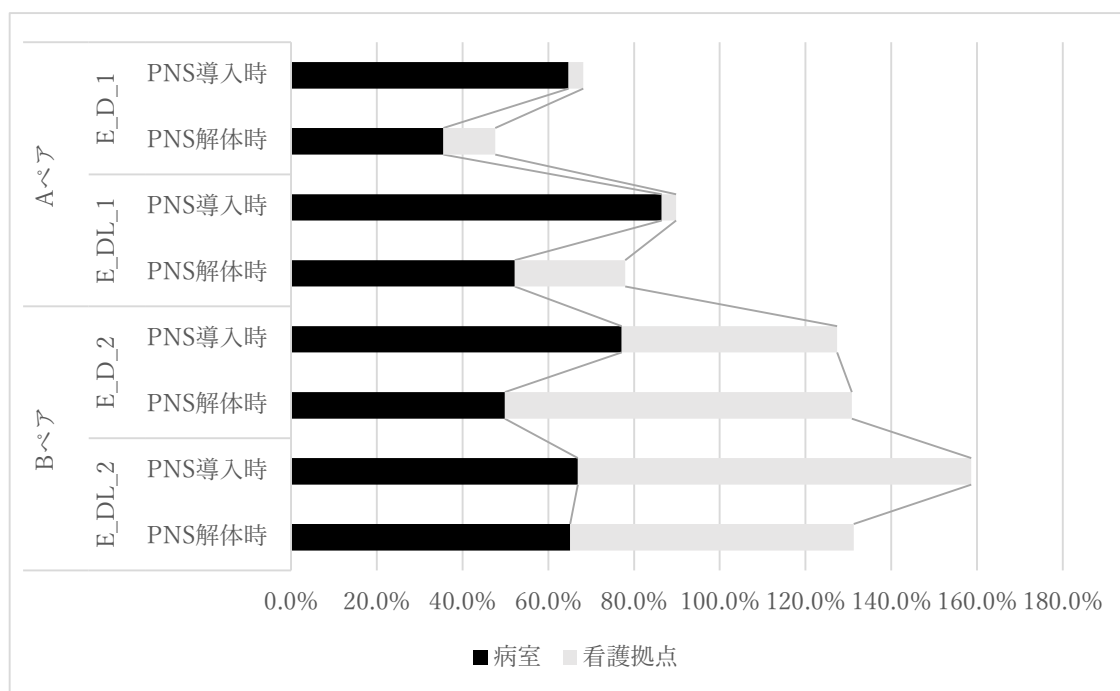


図 4-14 PNSを構成する看護師ごとのペアの割合

図 4-15 は、PNS を構成する看護師ごとの病室及び看護拠点におけるペアでいた時間の割合である。この図からも、病室におけるペア率は PNS 時の方が大きいものの、看護拠点も含めると、PNS 解体後においてもペアでいる確率はあまり下がらない。

4-5.5.2 PNS における看護業務や業務場所の分析

ここでは、PNS により業務形態に違いが生まれるかを分析するために、PNS を実践している午前と、PNS を行っていない午後に分けて看護業務や看護業務場所の比較分析を行った。また、西病棟においても同様に午前・午後と区分し看護業務・業務場所の分析を行うことで、PNS による変化なのか午前午後の業務の変化なのかを検証する。また、看護師の休憩時間は、午前午後の業務時間割合に大きく影響するため除いている。

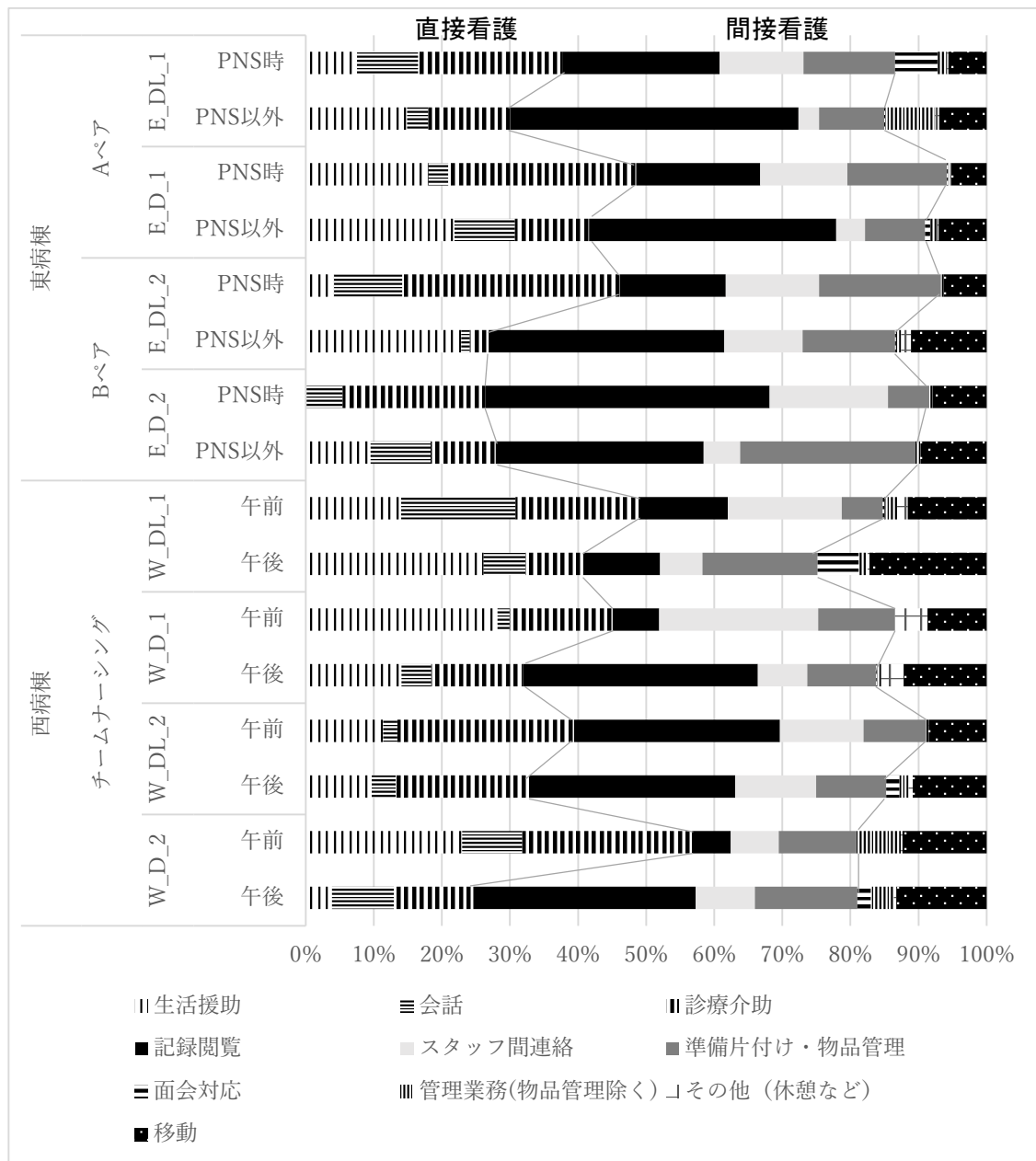


図 4-16 午前午後の業務分析

図 4-16 は午前午後の業務別割合を示したものである。これを見ると、午前（PNS 実施時）は西病棟、東病棟ともに、直接看護の割合が大きいことが分かる。これは、午前にモーニングケア（検温・血圧など）や患者さんとのあいさつ、患者への担当確認など様々なことを病室で行っており、午前は、午後と比較して直接看護が大きくなるためであると考えられる。よって、PNS 実施のため直接看護が大きくなったとは考えにくい。また、移動に着目してみても、西病棟と東病棟の午前午後の移動時間の割合の推移は、同様に増加しており、PNS 解体による移動の増加とは考えにくい。

次に、業務場所の午前午後の推移を考察する（図 4-17）。午後になると病室滞在の割合が減少していくことが分かる。これは先述したように、午前に配薬やモーニングケア、挨拶といった病室に行く機会が多いためと考えられる。

以上の分析から、本研究対象である碧南市民病院の PNS 実施時において業務の変化は少ないと考えられる。要因として、先述したように PNS 解体後もパートナーと同じ場所で活動することが多く、PNS の要素を加えたチームナーシングのような活動をしているためであると考えられる。

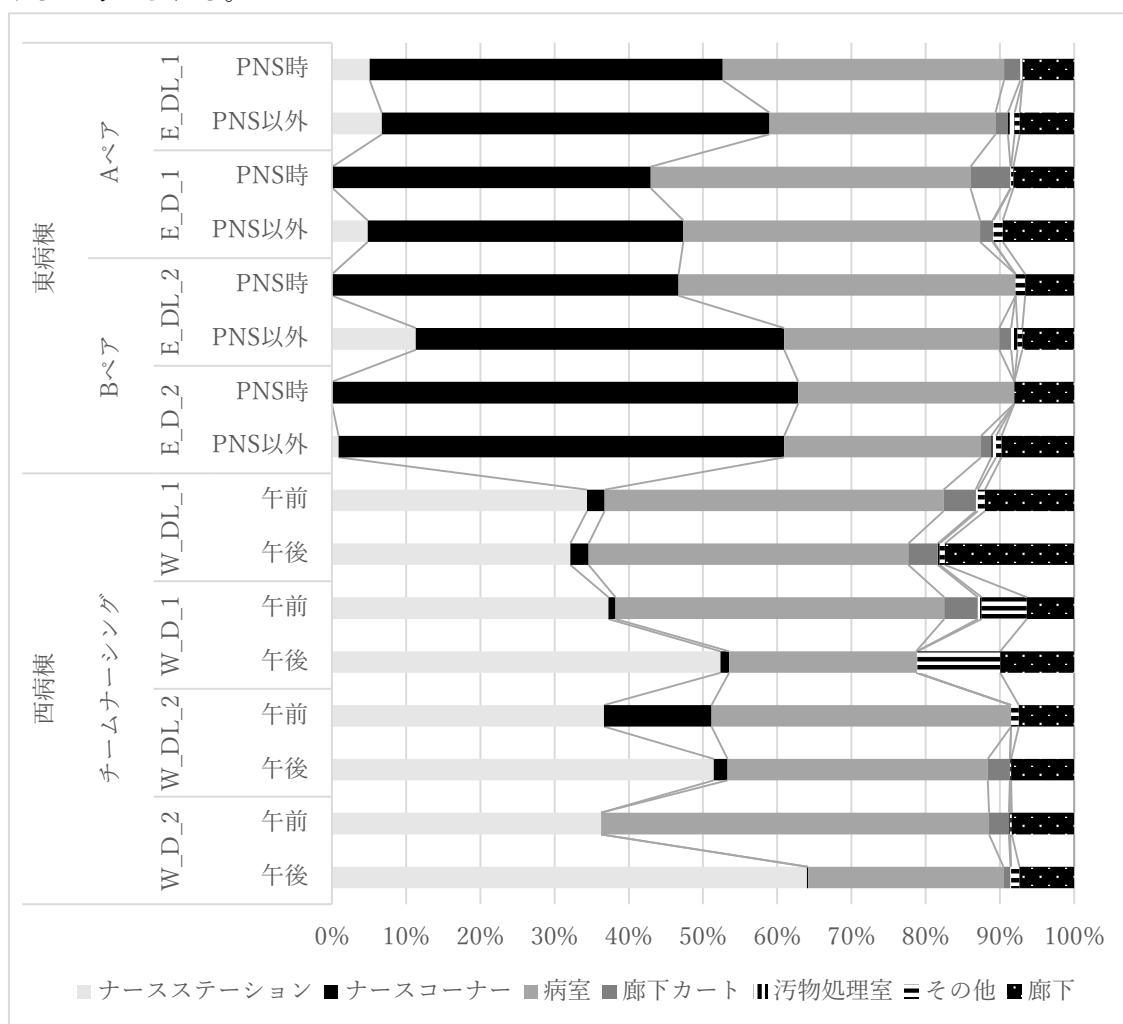


図 4-17 場所別分析

4-6 まとめ

看護業務割合においては、東病棟及び西病棟では大きな変化はなかったが、特に西病棟においては、移動時間が大きくなっていることがわかった。残業時間やPNS（看護方式）の分析から、西病棟の看護拠点においてナースコーナーを使用していないことが最も大きな要因であると考察できた。

また、各病室の看護必要度と訪問回数には、一定の相関関係がみられ特に患者の状態を問わず看護必要度B項目では、B項目の値と看護師の訪問回数との強い相関関係が明らかになった。つまり、看護必要度B項目が高い患者を担当する看護師ほど、病室に訪問する回数が増え、動線量が大きくなる可能性があるということが考察できた。

一方で、病棟運営の観点から病室配置と看護必要度（患者の重症度）をみると、特に西病棟では看護必要度のB項目が高い患者程、スタッフステーション（看護拠点）の近くに配置するようにしていることが分かった。また、看護師長へのヒアリングから、患者配置の方法として看護必要度B項目、つまり介護度が高い患者は看護拠点から近い場所に配置するようにしていることが確認できた。

このような分析から看護動線量は看護拠点の位置や、看護師受け持ち患者の看護必要度によって変化することが推察できる。

第5章 BIM 上の看護動線シミュレーションを用いた病棟の計画及び運営に関する分析

- 5-1 研究の背景
- 5-2 研究の方法・目的
- 5-3 BIM 上の看護動線シミュレーションを用いた現状分析
- 5-4 BIM 上の看護動線シミュレーションを用いた改善案の分析
- 5-5 他病棟平面における看護動線量の予測
- 5-6 病棟配置による動線量の推計
- 5-7 まとめ

5-1 研究の背景

第4章では看護業務や看護動線に関する分析を行い、看護動線量の増減に関する知見を得た。ここからは、看護動線分析のために開発した BIM を用いたシミュレーションを使用し、看護動線量に関する分析・考察を行う。以下に BIM を用いた分析を行うことによる利点を挙げる。

- ① BIM 上に結果が表示されるため、ビジュアルに結果を表示でき、多くの人に理解してもらいやすくなる。
- ② BIM 上に表示することで、平面と対応でき、平面形態を変更した場合などの様々なシミュレーションに使用できる。
- ③ 設計ソフトである BIM を使用したシミュレーションを行うことで、その結果を FM や設計へすぐに反映できる。

5-2 研究の方法・目的

本章では、第4章にて行った看護動線調査の結果を BIM を用いたシミュレーションにて解析することで、現状の看護動線を平面図や病室位置と関連付けて把握すること、また、様々な条件にてシミュレーションを行い看護動線の推移を分析することで、病棟への運営方法の基礎的知見とすること、またそれらの一連のシミュレーションを行うことで、BIM を用いた建築計画に関するシミュレーションの有用性を明らかにすることを目的としている。

5-3 BIM 上の看護動線シミュレーションを用いた現状分析

5-3.1 シミュレーションの方法及びデータの処理

分析方法は、以下のとおりである。（詳細は、3章を参照）

- ① 看護追跡調査の結果から、病棟内の各地点間の移動回数のみを抽出する。（スタッフステーションやナースコーナー及び汚物処理室内の詳細な移動については、本シミュレーションでは省略している）
- ② 通過頻度の高い経路を明らかにするため、あらかじめ病棟図面（BIM モデル）上に単純化した動線を設定する。
- ③ ①のデータから最適な看護動線を探索し、②で想定した経路上に動線回数を表示させる。
- ④ シミュレーションにより動線量を算出しさらに、動線量から一般的な人の歩く速度（秒速 1.25m と仮定）で除した移動時間を計算する。

5-3.2 現状の看護動線のシミュレーション結果

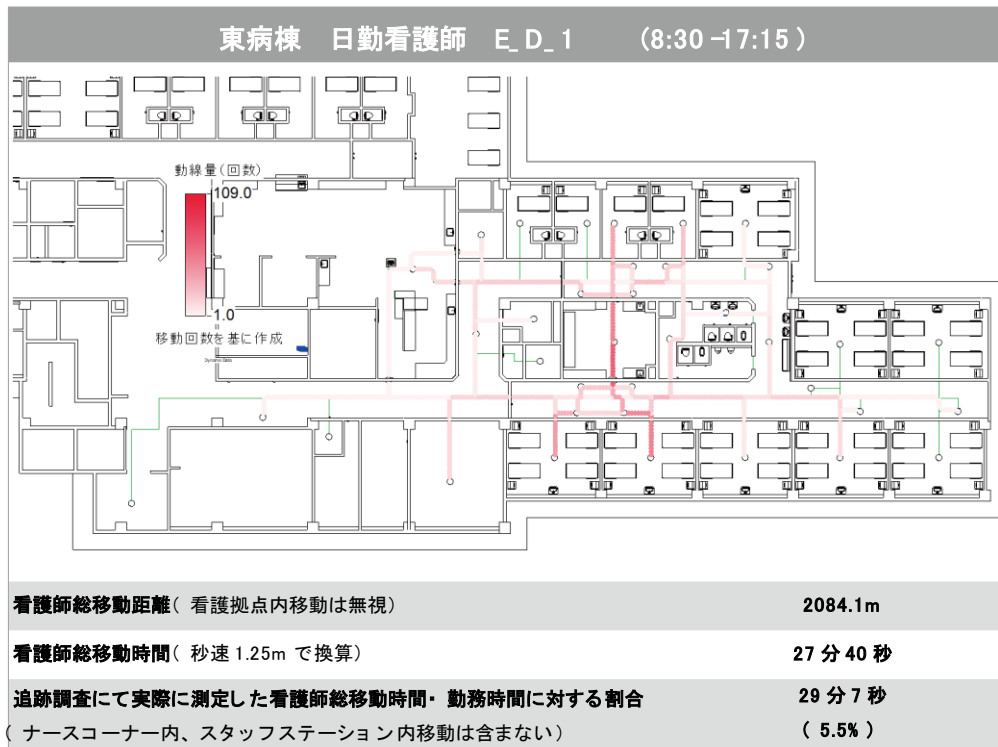


図 5-1 E_D_1 現状分析

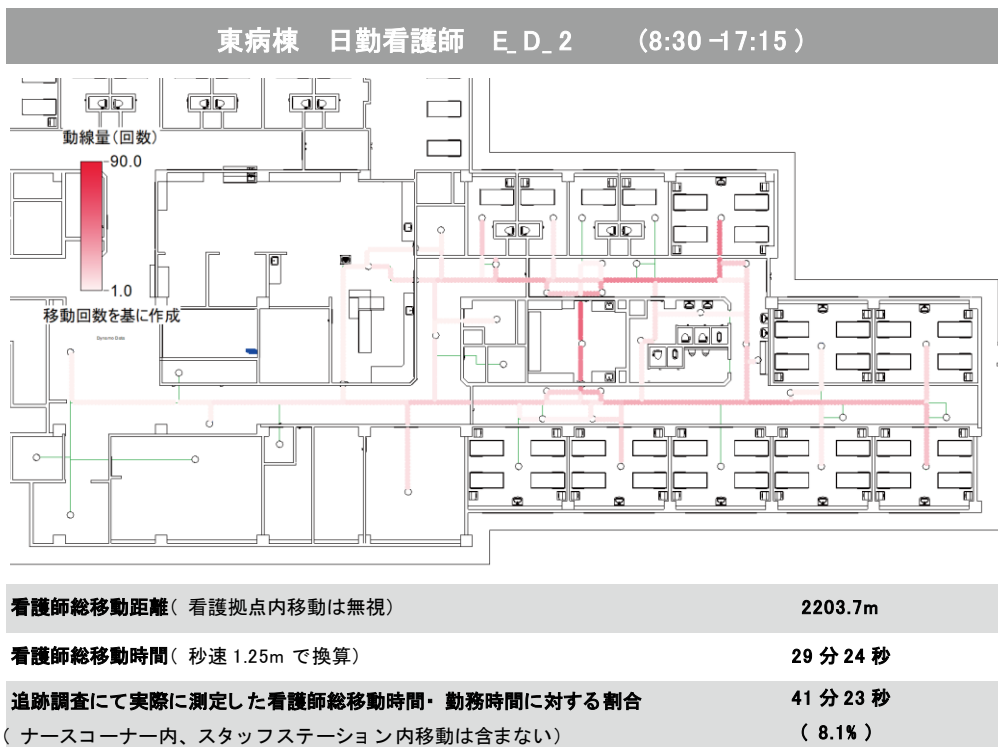


図 5-2 E_D_2 現状分析



図 5-3 E_DL_1 現状分析

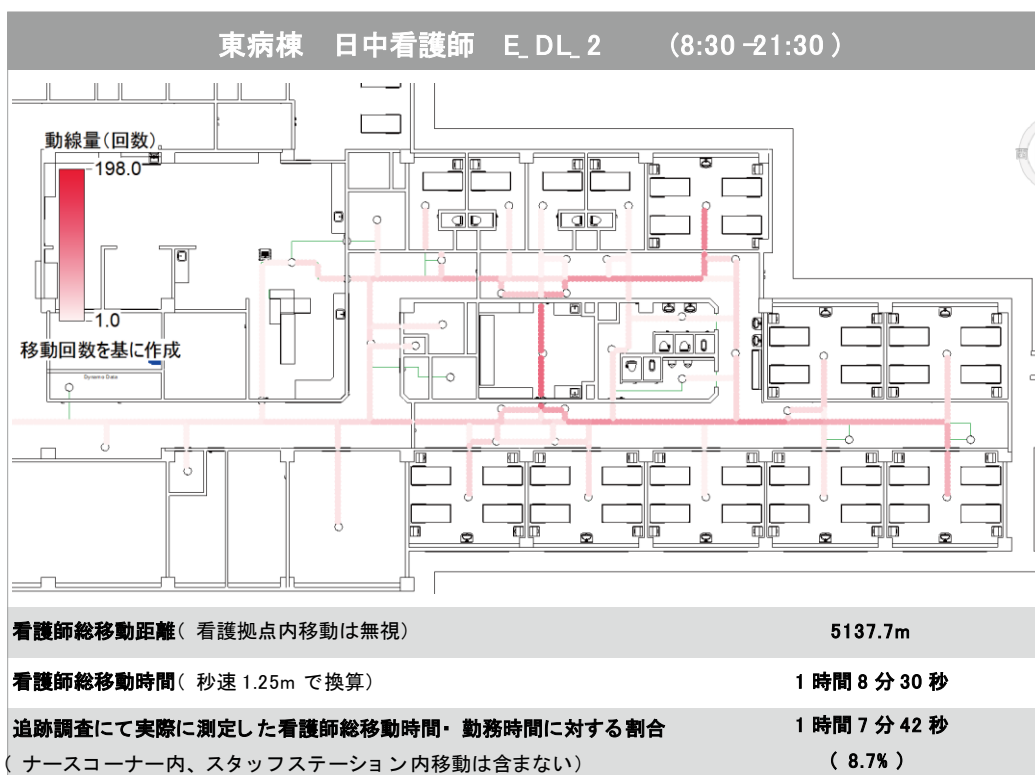


図 5-4 E_DL_2 現状分析

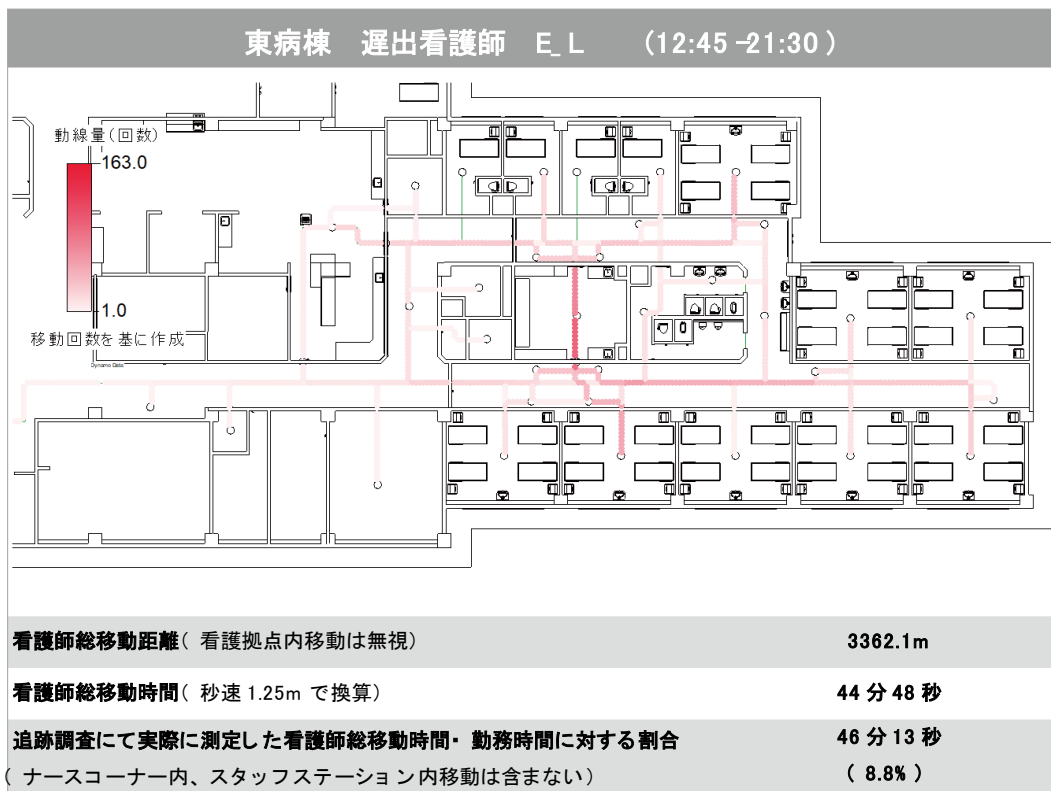


図 5-5 E_L 現状分析

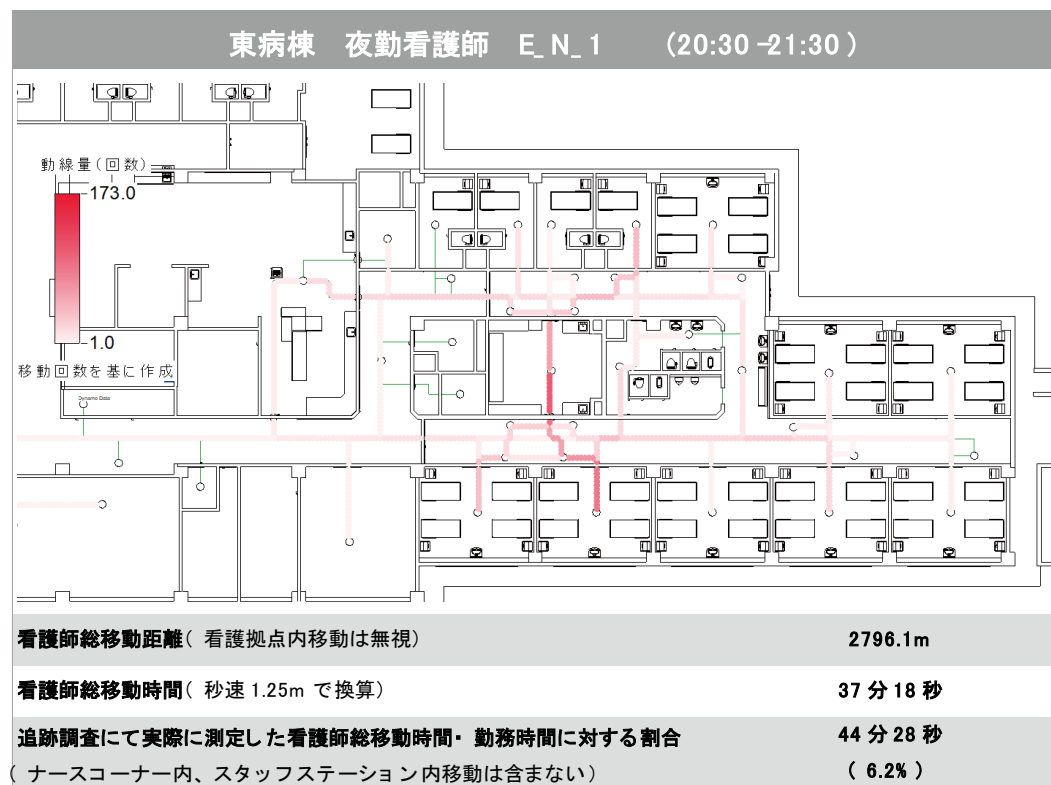


図 5-6 E_N_1 現状分析

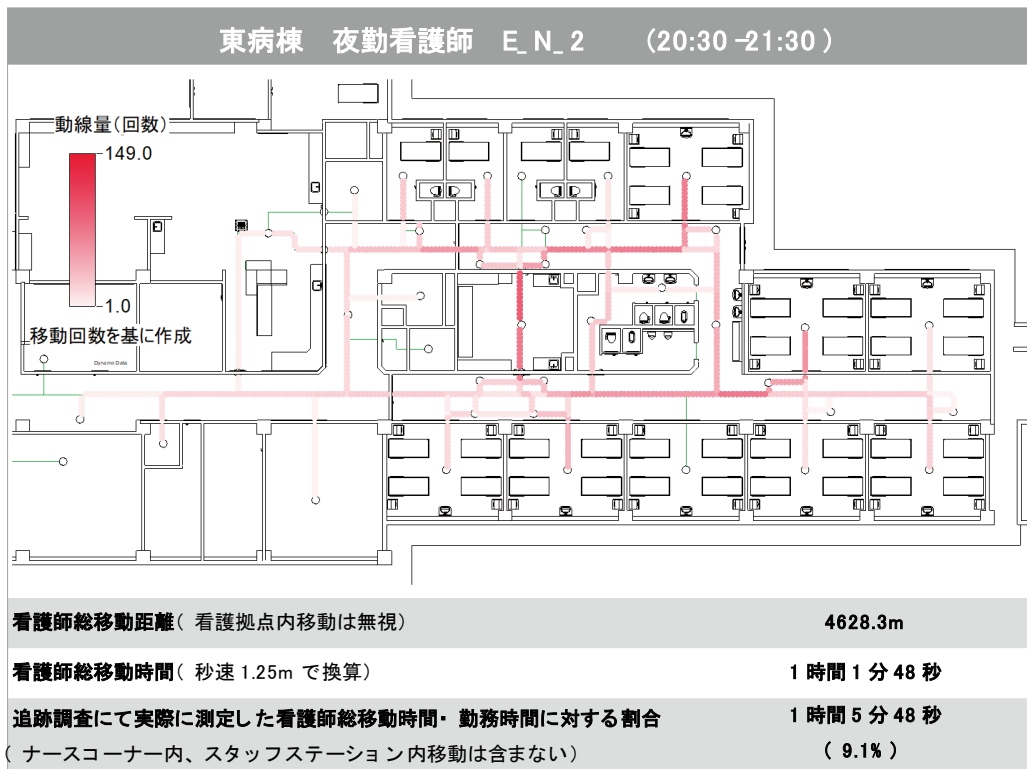


図 5-7 E_N_2 現状分析



図 5-8 W_D_1 現状分析

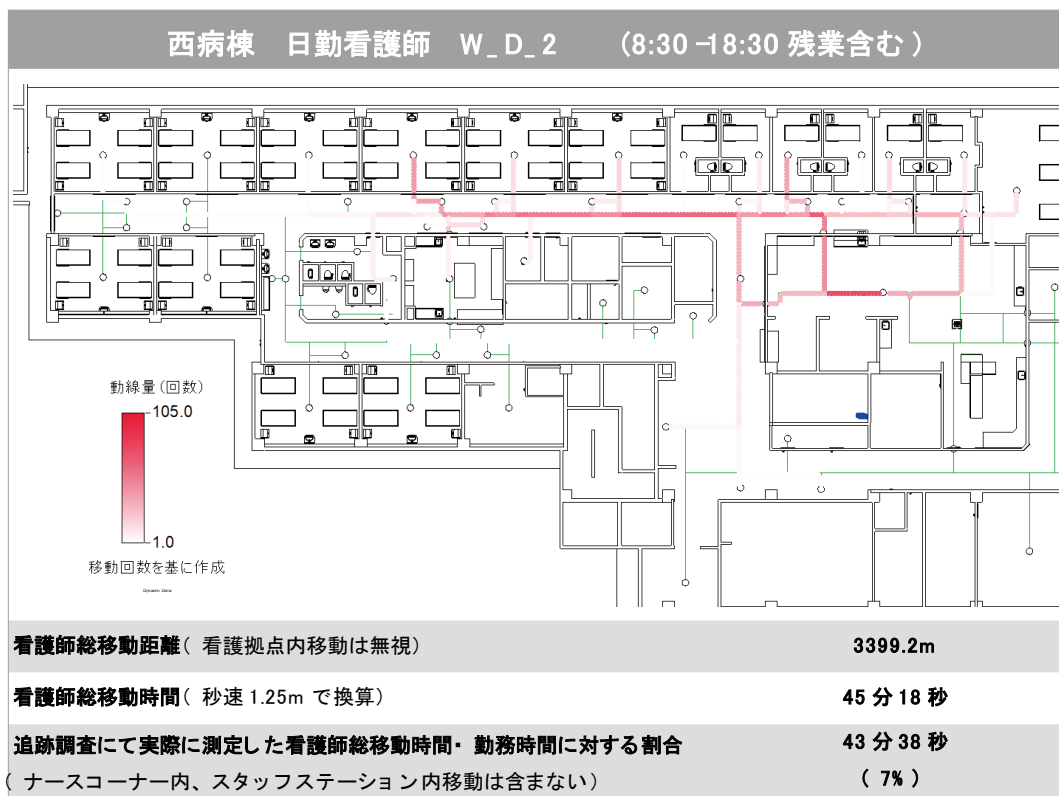


図 5-9 W_D_2 現状分析

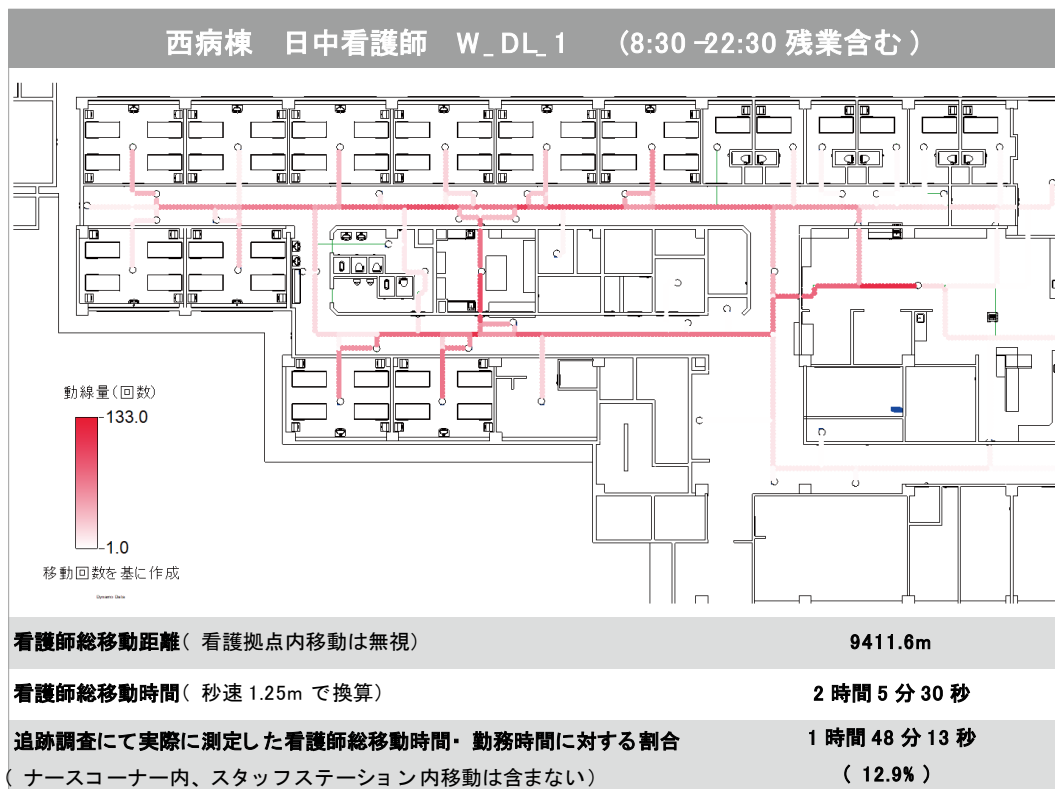


図 5-10 E_DL_1 現状分析

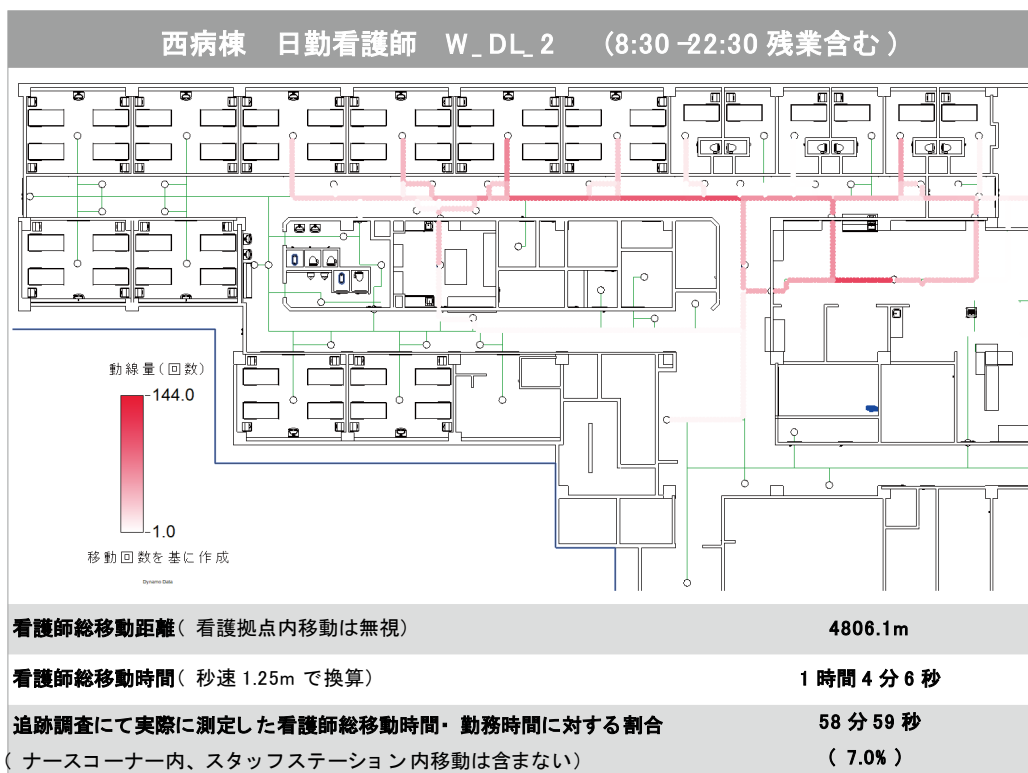


図 5-11 E_DL_2

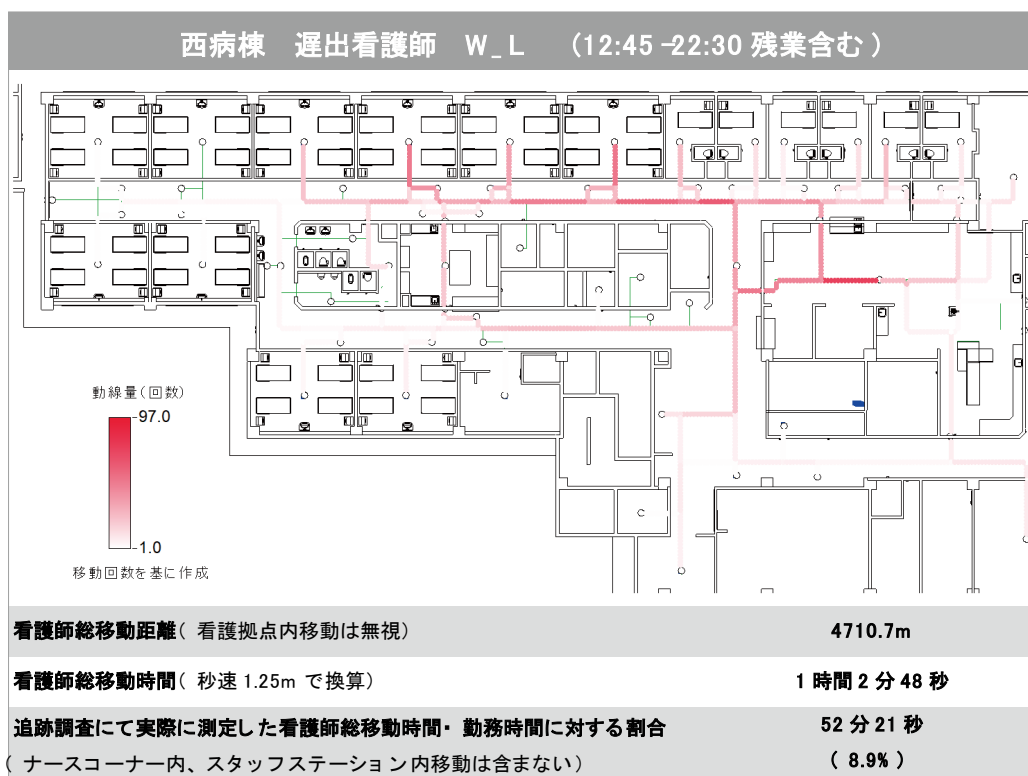


図 5-12 W_L 現状分析



図 5-13 W_N_1 現状分析

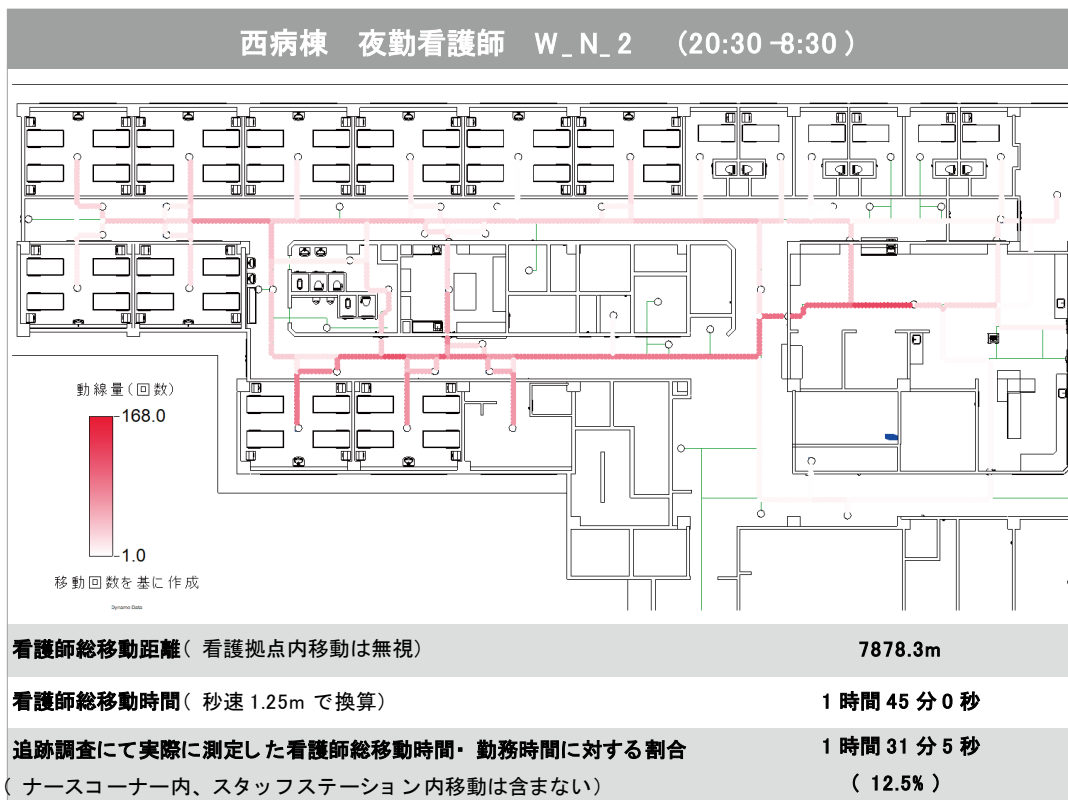


図 5-14 W_N_2 現状分析

5-3.3 シミュレーション分析

5-3.3.1 東病棟と西病棟の比較分析

東病棟と西病棟の看護動線を比較すると、すべての看護師において、西病棟の方が看護動線量が大きくなっていることが分かる。特に、W_DL_1の看護師は、非常に多くの病室を訪問していることから、看護動線距離は9kmを超える結果となった。また、この結果は、看護師が実際にたどったルートに基づいているため、比較的正確な値である。

このような、西病棟の看護動線量の大きさは、西病棟の主な看護拠点が、看護単位の中心部にある西ナースコーナーではなく、病棟平面の中心にあるスタッフステーションを使用していることに起因していることが考えられる。それを裏付けるものとして、

- ① 実際に西病棟においても、看護拠点（スタッフステーション）から担当病室が近い看護師は看護動線距離が短くなっている。
- ② 西病棟の看護師と東病棟の看護師において、訪問回数に大きな差はない

ということが考えられる。

①は、特に西病棟の日勤看護師・日中看護師同士を比較すると顕著に表れている。西病棟の日勤看護師のW_D_2や日中看護師W_DL_2は、W_D_1やW_DL_2と比較して動線量が短くなっている。これは、看護拠点であるスタッフステーションの近くの病室を担当しているためと考えられ、病室と看護拠点距離が小さくなることで、1日の看護動線距離が小さくなると考えられる。

②は、図4-5から図4-8の訪問回数のグラフから分かるように、東病棟と西病棟にて訪問回数に関しては大きな差はない。つまり、病室から看護拠点までの動線長が大きく起因し、合計看護動線量の違いになったと考察できる。それを踏まえ、のちの節にて西病棟の看護拠点をナースコーナーに移転させたシミュレーションを行った。

一方、西病棟の方が東病棟と比べ動線量が多い要因として、西病棟は残業を日勤・日中・遅出看護師が行っており、それにより勤務時間が1時間程度多くなっていることも考えられる。

これらについての詳細な分析も、後述する。

ここからは、シミュレーション図とそれらから得られた結果を基にした分析を行う。

5-3.3.2 算出された移動距離と実際の移動時間による看護師の歩行速さ

本研究では、看護動線量シミュレーションにて算出された距離を基に、一般の人の歩く速さを1.25m/sと仮定して、それに基づき想定移動時間を算出している。

一方で、看護動線調査により実際の移動時間も調査している。シミュレーションでは、スタッフステーションやナースコーナー内の移動を計算していないため、ここでは、看護

動線調査にて明らかになった実際の移動時間から、看護拠点内の移動を引いた移動時間、つまり、廊下内移動時間と実際の移動時間と定義した。（看護動線調査では、廊下内においても会話や作業を行っている時間は、移動時間に加算していないため純粋な移動時間を抽出できている。）その実際の移動時間と、シミュレーションにて算出した移動距離から、看護師の平均歩行速度を算出する。

また、それらと関連して、看護師の病室訪問回数や移動時間の割合、1時間当たりの平均移動距離も算出した。

さらに、碧南市民病院では、看護師のランクをつけており、表 5-1 のような評価基準となっている。これは、看護師の当日のチーム編成や夜勤の割り振り等に使われる指標であり、常に更新していることから信憑性は高いものであると考えられる。

表 5-1 看護師のランク表

ランク	役割
管理ランク	病棟全体のリーダー（主任クラス）
A	チーム全体のリーダー・病棟夜勤のリーダー
B	Aの代行的役割
C	リーダーはできない
D・E	新人

これらを、まとめたものが表 5-2 である。

表 5-2 シミュレーション結果と追跡結果

	看護師	ランク	勤務時間	シミュレーション		追跡調査結果			比較分析			
				A.廊下移動距離	B.算出廊下移動時間	C.病室訪問回数	D.総移動時間(SS内移動含)	E.廊下での移動時間	F.実際の平均歩行速度	G.1時間当たりの移動距離	H.1時間当たりの訪問回数	I.勤務時間における廊下移動時間の割合
東 病 棟	E_D_1	E	8時間45分	2084.1m	27分40秒	79回	29分12秒	29分7秒	1.19m/s	238.2m	9.0回	5.5%
	E_D_2	C	8時間45分	2203.7m	29分24秒	54回	42分3秒	41分23秒	0.89m/s	251.9m	6.2回	8.1%
	E_DL_1	C	13時間	4066.1m	54分12秒	130回	48分4秒	48分4秒	1.41m/s	312.8m	10.0回	6.2%
	E_DL_2	A	13時間	5137.7m	1時間8分30秒	80回	1時間8分10秒	1時間7分42秒	1.26m/s	395.2m	6.2回	8.7%
	E_L	C	8時間45分	3362.1m	44分48秒	93回	46分18秒	46分13秒	1.21m/s	384.2m	10.6回	8.9%
	E_N_1	C	12時間	2796.1m	37分18秒	107回	47分35秒	44分28秒	1.05m/s	233.0m	8.9回	6.2%
	E_N_2	A	12時間	4628.3m	1時間1分48秒	135回	1時間7分9秒	1時間5分48秒	1.17m/s	385.7m	11.3回	9.1%
西 病 棟	W_D_1	A	10時間	4152.1m	55分24秒	72回	1時間56秒	45分33秒	1.52m/s	415.2m	7.2回	7.5%
	W_D_2	A	10時間	3399.2m	45分18秒	80回	1時間14分52秒	43分38秒	1.30m/s	339.9m	8.0回	7.0%
	W_DL_1	E	14時間	9411.6m	2時間5分30秒	206回	2時間5分26秒	1時間48分13秒	1.45m/s	672.3m	14.7回	12.9%
	W_DL_2	D	14時間	4806.1m	1時間4分6秒	123回	1時間18分33秒	58分59秒	1.36m/s	343.3m	8.8回	7.0%
	W_L	A	9時間45分	4710.7m	1時間2分48秒	136回	1時間13分25秒	52分21秒	1.50m/s	483.1m	13.9回	8.9%
	W_N_1	C	12時間	4795m	1時間6分54秒	166回	1時間34分1秒	1時間2分51秒	1.27m/s	399.6m	13.8回	8.7%
	W_N_1	E	12時間	7878.3m	1時間45分	197回	1時間55分59秒	1時間31分5秒	1.44m/s	656.5m	16.4回	12.5%

F(実際の平均歩行速度) = A (廊下移動距離) / E(廊下での移動時間)

G(1時間当たりの移動距離) = A (廊下移動距離) / 勤務時間

H(1時間当たりの訪問回数) = C(病室訪問回数) / 勤務時間

I(勤務時間における廊下移動時間の割合) = E(廊下での移動時間) / 勤務時間 * 100

看護師の移動距離をみると、W_DL_1 や W_N_1 などの看護拠点から遠い病室を担当している新人看護師（ランク E）は極端に看護動線距離が大きくなっている。そのためこのような看護師は、看護拠点から遠いため小走りで移動する、看護物品を忘れ急いで戻るといったことが頻繁に行われている可能性が高い。

また、表中の看護師の平均歩行速度（F）をみると、東病棟と西病棟を比較して、看護師の歩行速度は西病棟の方が早いことがわかる。これは、西病棟の方が忙しかったこと、さらには、移動距離が大きいことが要因として考えられる。

W_D_1 と W_D_2、W_DL_1 と W_DL_2 を比較すると、1 時間当たりの移動距離と平均歩行速度ともに W_D_1 と W_DL_1 の方が大きくなっている。図 5-7 から図 5-11 を見ると、W_D_1 と W_DL_1 は、ともに看護拠点（スタッフステーション）から遠い病室を持っており、W_D_2 と W_DL_2 は、看護拠点から近い病室を持っている。これにより、病室と看護拠点が遠い看護師は、多くの距離を移動するためにより速く移動するようにしている可能性が高い。さらに言うと、看護拠点から担当病室が遠い看護師は、早く移動しており業務負荷が大きいといえるだろう。

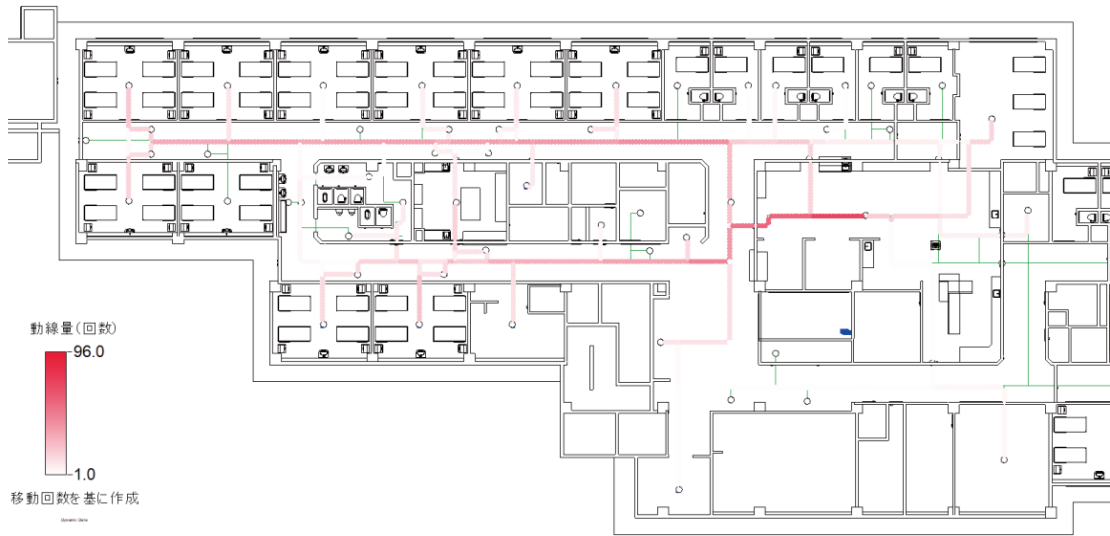
5-3.3.3 病室訪問回数と移動距離

ここでは、病室訪問回数と移動距離についてみていく。表 5-2 の日勤看護師同士(x_D_x)と日中看護師同士(x_DL_x)を比較すると、ほとんどの看護師の組み合わせで病室の訪問回数が少ない看護師の方が移動距離が大きくなっていることが分かる。これも先述したように看護師の担当している患者が看護拠点に近い場合は、たとえ看護師の病室訪問回数が多くとも、看護師の総動線量の方が小さくなるという事が分かる。そのため逆に、看護拠点から遠い病室をもつ看護師は、PC カートを病室の前に持っていき、病室前や病室のなかで患者情報を入力するなどし、極力病室訪問回数が少なくなるよう努めていることが考えられる。

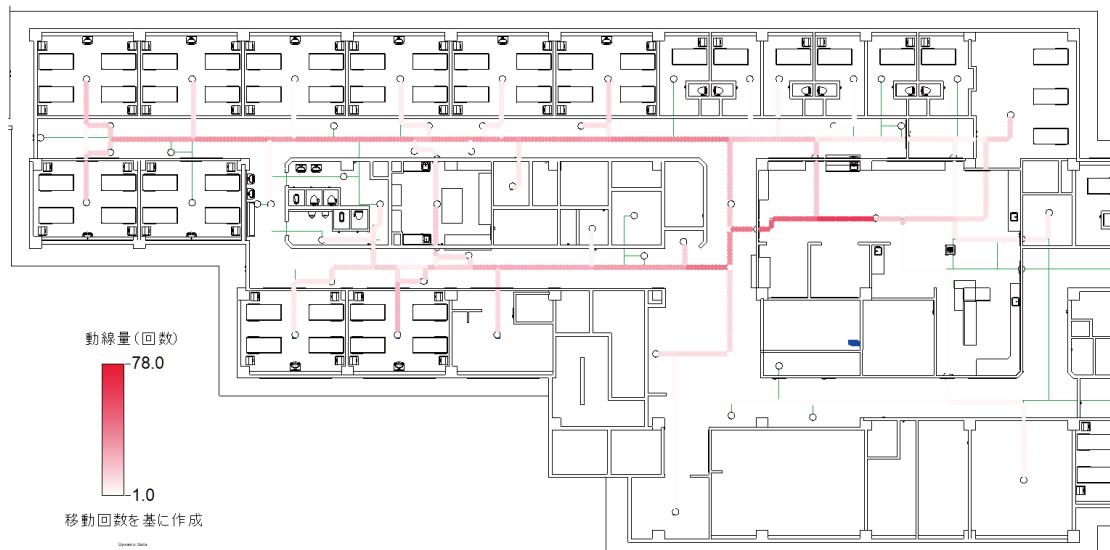
5-3.4 残業の扱いに関する分析

ここからは、西病棟において発生した残業に関する分析を行う。

西病棟 日勤看護師 W_D_1 (8:30 -18:30 残業含む)



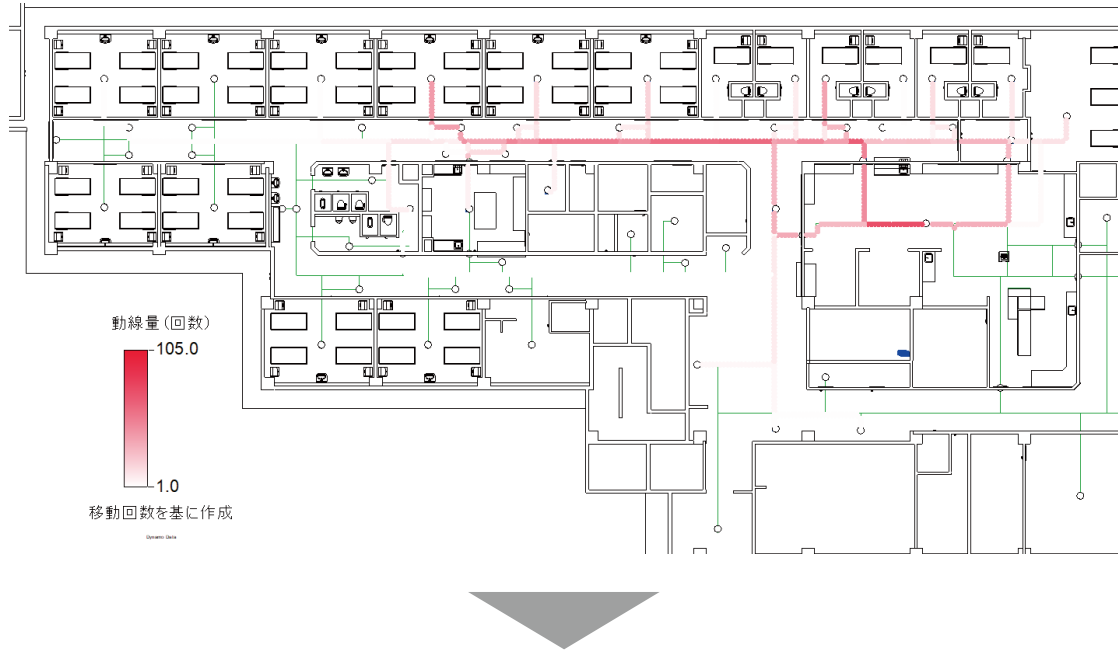
西病棟 日勤看護師 W_D_1 (8:30 -17:15)



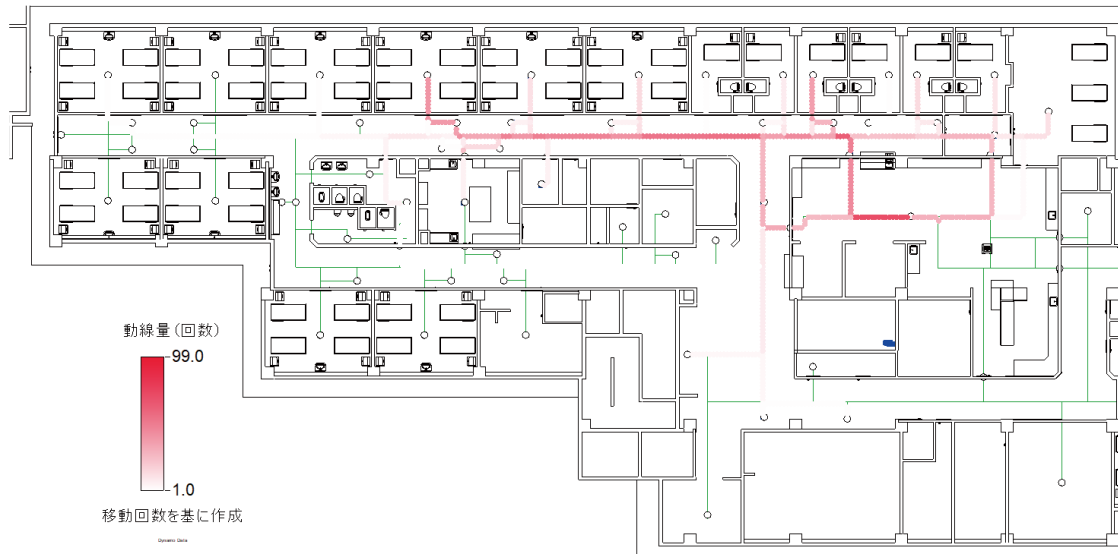
	残業あり	残業なし
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	4152.1m	3677.9m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	55分24秒	49分
追跡調査にて実際に測定した看護師総移動時間・勤務時間に対する割合 (ナースコーナー内、スタッフステーション内移動は含まない)	45分33秒 (7.5%)	39分44秒 (7.6%)

図 5-15 W_D_1 残業なし

西病棟 日勤看護師 W_D_2 (8:30-18:30 残業含む)



西病棟 日勤看護師 W_D_2 (8:30-17:15)



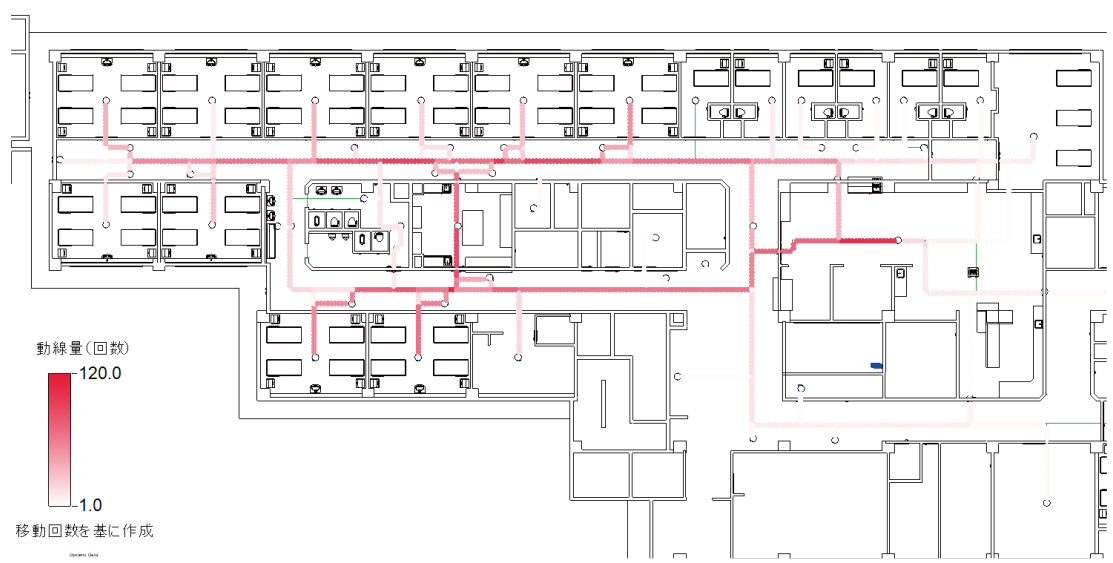
	残業あり	残業なし
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	3399.2m	3171.4m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	45分18秒	42.3分
追跡調査にて実際に測定した看護師総移動時間・勤務時間に対する割合 (ナースコーナー内、スタッフステーション内移動は含まない)	43分38秒 (7%)	40分16秒 (7.6%)

図 5-16 W_D_2 残業なし

西病棟 日中看護師 W_DL_1 (8:30 -22:30 残業含む)



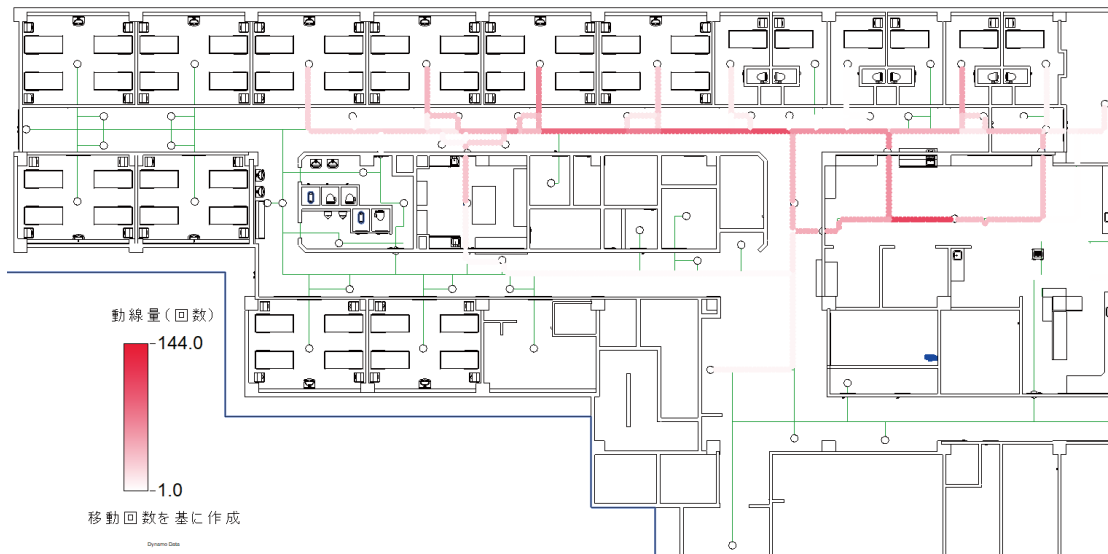
西病棟 日中看護師 W_DL_1 (8:30 -21:30)



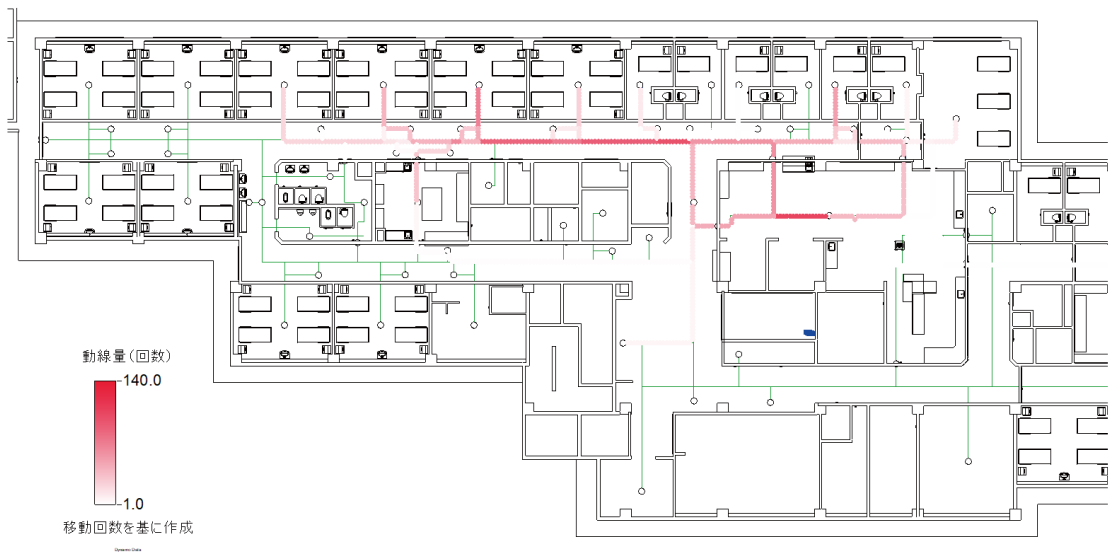
	残業あり	残業なし
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	9411.6m	8796.3m
看護師総移動時間(秒速 1.25m で換算)	2 時間 5 分 30 秒	1 時間 57 分 18 秒
追跡調査にて実際に測定した看護師総移動時間・勤務時間に対する割合 (ナースコーナー内、スタッフステーション内移動は含まない)	1 時間 48 分 13 秒 (12.9%)	1 時間 40 分 10 秒 (12.8%)

図 5-17 W_DL_1 残業なし

西病棟 日中看護師 W_DL_2 (8:30-22:30 残業含む)



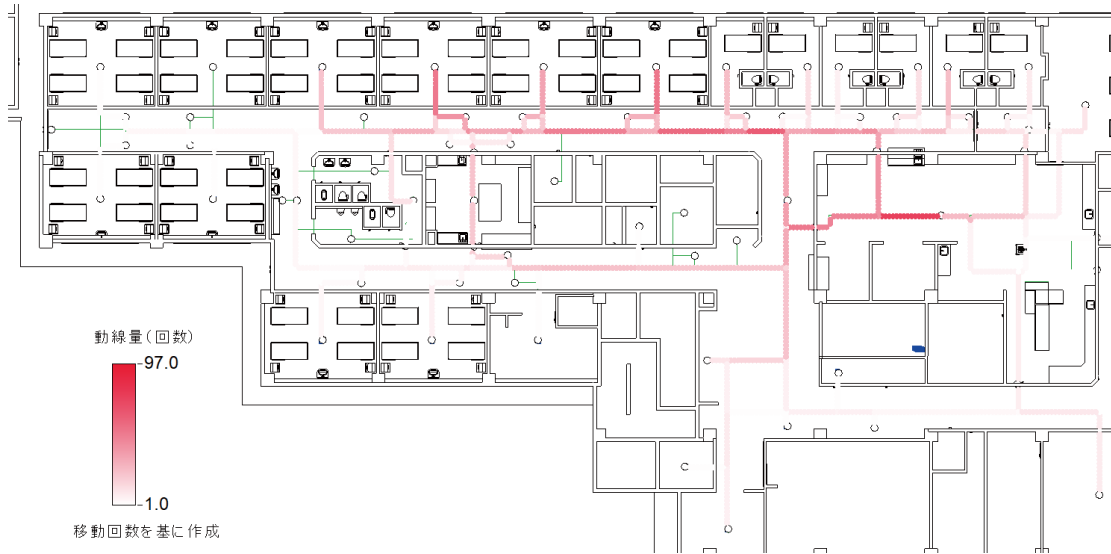
西病棟 日中看護師 W_DL_2 (8:30-21:30)



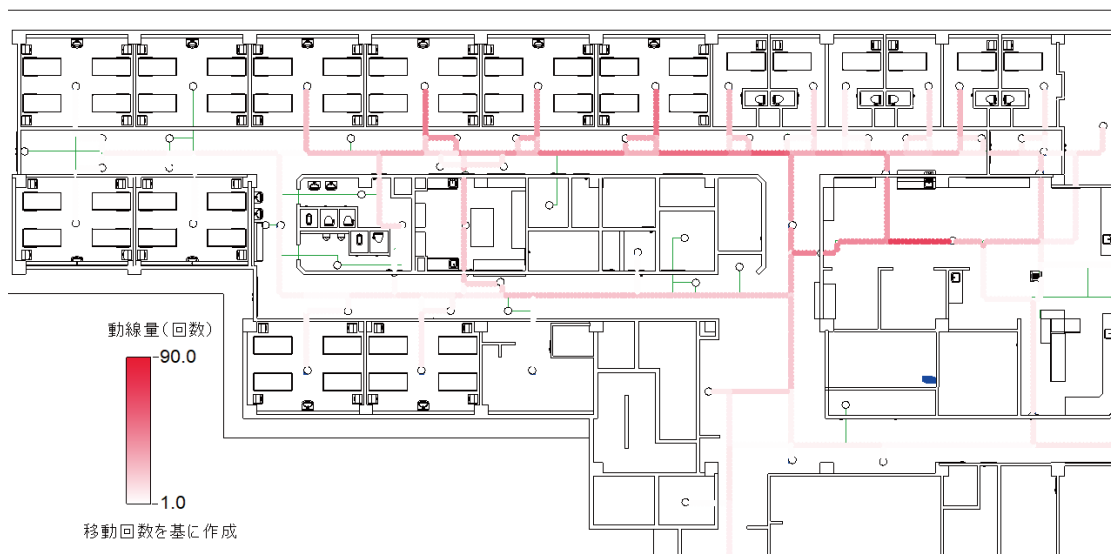
	残業あり	残業なし
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	4806.1m	4666.5m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	1時間4分6秒	1時間2分12秒
追跡調査にて実際に測定した看護師総移動時間・勤務時間に対する割合 (ナースコーナー内、スタッフステーション内移動は含まない)	58分59秒 (7.0%)	57分20秒 (7.3%)

図 5-18 W_DL_2 残業なし

西病棟 遅出看護師 W_L (12:45 -22:30 残業含む)



西病棟 遅出看護師 W_L (12:45 -21:30)



	残業あり	残業なし
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	4710.7m	4387.2m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	1時間2分48秒	58分30秒
追跡調査にて実際に測定した看護師総移動時間・勤務時間に対する割合 (ナースコーナー内、スタッフステーション内移動は含まない)	52分21秒 (8.9%)	45分20秒 (9.0%)

図 5-19 W_L 残業なし

5-3.4.1 シミュレーション分析

ほとんどの看護師にて、総じて5分程度移動時間が大きくなっている。また、勤務時間における移動の割合は、残業を含めない分析結果の方が少し大きくなっていることが分かる。これは、残業時間帯は看護拠点にてPCにて患者情報等を入力するなどの間接看護を行っていることが多いことが要因と考えられる。

一方で、残業時間帯に新たな経路が生まれるという事もなく、実質的にBIM上のシミュレーション結果の図は変わらないものであった。また、看護師の1日の業務負荷等の比較においては、残業時間を換算せず分析を行うと、西病棟の実質的な看護業務負担が評価できない、さらには、東病棟と西病棟の業務内容が異なってしまう恐れがあるため、本研究では残業時間を含めたものを西病棟の主なデータとして扱うこととする。

5-3.5 看護必要度と看護動線に関する分析

第4章の4-5.4にて、看護必要度と訪問回数に関する分析を行った。それにより、看護必要度のB項目の値が高い患者程、看護師の訪問回数が大きくなることが分かった。ここでは、看護必要度と看護動線がどのように関係しているかを、BIMを用いた看護動線量シミュレーションにより分析する。

5-3.5.1 看護必要度を加えたシミュレーション方法

本分析は、病棟全体に関する分析のため、シミュレーション対象に日勤看護師2人と日中看護師2人を合計した日勤日中看護動線量と、それと比較するために夜勤看護師の2人の看護師を合計した夜勤看護動線量を使用した。

また看護必要度に関しては、患者がいない病室を加味するために看護必要度B項目を偏差値に置き換えている(図5-20; 個人情報観点から病室名は伏せる)。さらに、病室の看護必要度は病室内にいる患者のB項目の偏差値の合計を病室の偏差値としてBIM上に表示している。

		東病棟																																			
病室	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#												
実データ	A	2	2		0	2	0	2	0	0	0		0	0		4	0	0		3	2	0	1				2	2			0	3	2	0			
	B	0	5		8	9	5	2	3	5	4		0	0		7	10	10		12	8	10	3				11	2			0	0	4	0			
	C	0	0		0	0	0	0	0	0	0		0	0		0	0	0		0	0	0	0				0	0			0	0	0	0			
偏差値	A	57	57		41	57.1	40.9	57.1	40.9	40.9	40.9		40.9	40.9		73.3	40.9	40.9		65.2	57.1	40.9	49				57.1	57.1			40.9	65.2	57.1	40.9			
	B	38	50		58	60	50	43	45	50	48		38	38		55	63	63		68	58	63	45				65	43			38	38	48	38			
偏差値	B 合計	38	50	0	58	198				98				75				181				234				0				108				160			

図 5-20 看護必要度変換表

また、シミュレーション結果の図においてでは、濃い青色の病室であるほど病室内の患者の看護必要度B項目の偏差値の合算値が高いことを示すようになっている。

5-3.5.2 シミュレーション結果

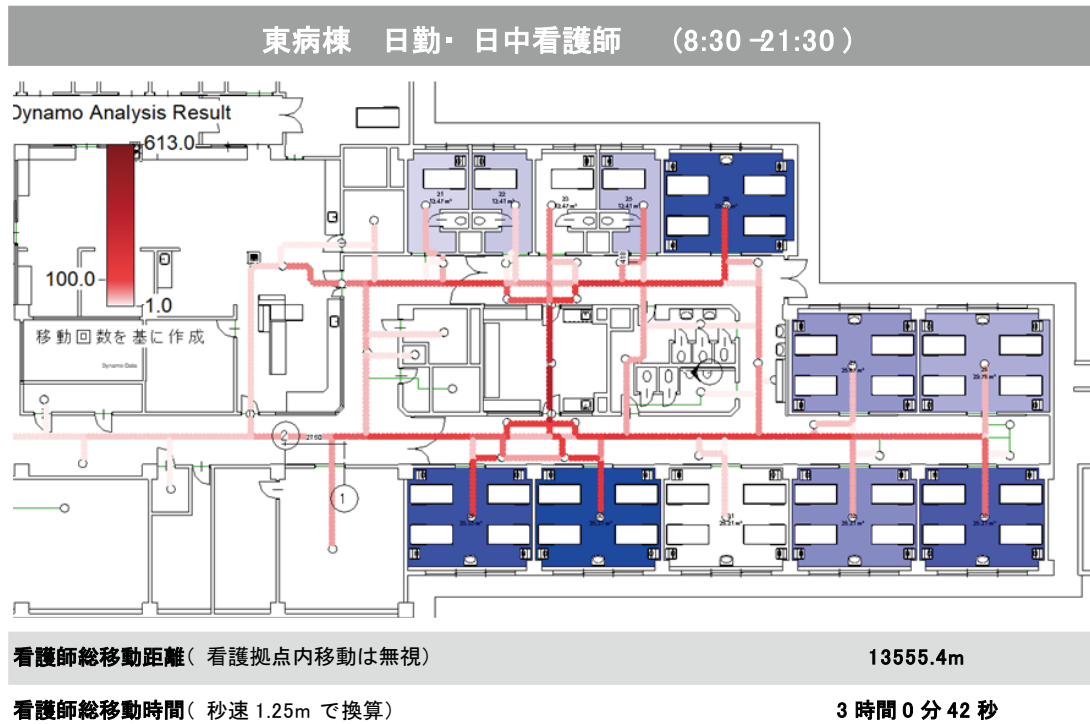
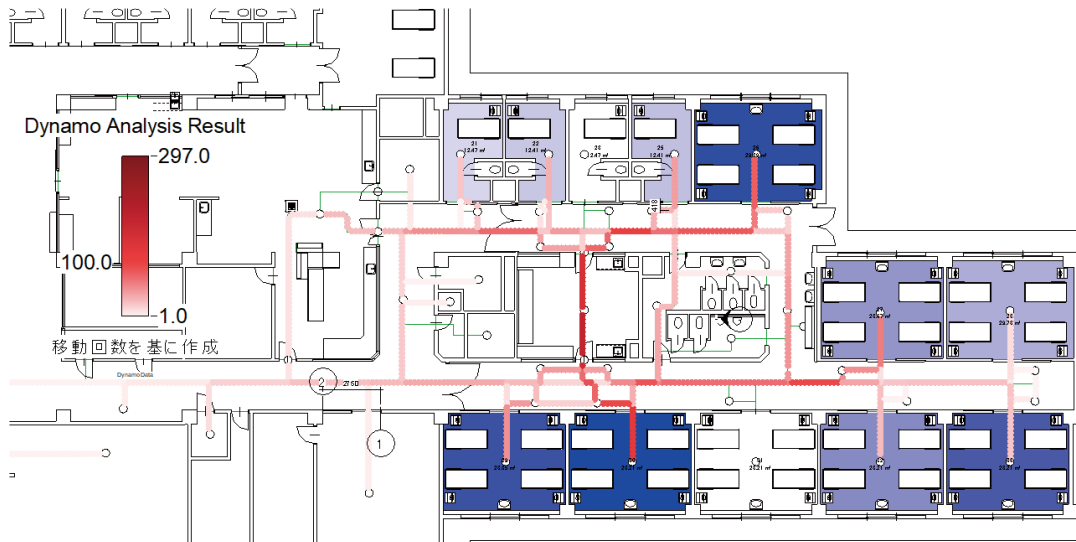


図 5-21 日勤日中を合わせたシミュレーション (東病棟)



図 5-22 日勤日中を合わせたシミュレーション (西病棟)

東病棟 夜勤看護師 (20:30 - 8:30)



看護師総移動距離 (看護拠点内移動は無視)

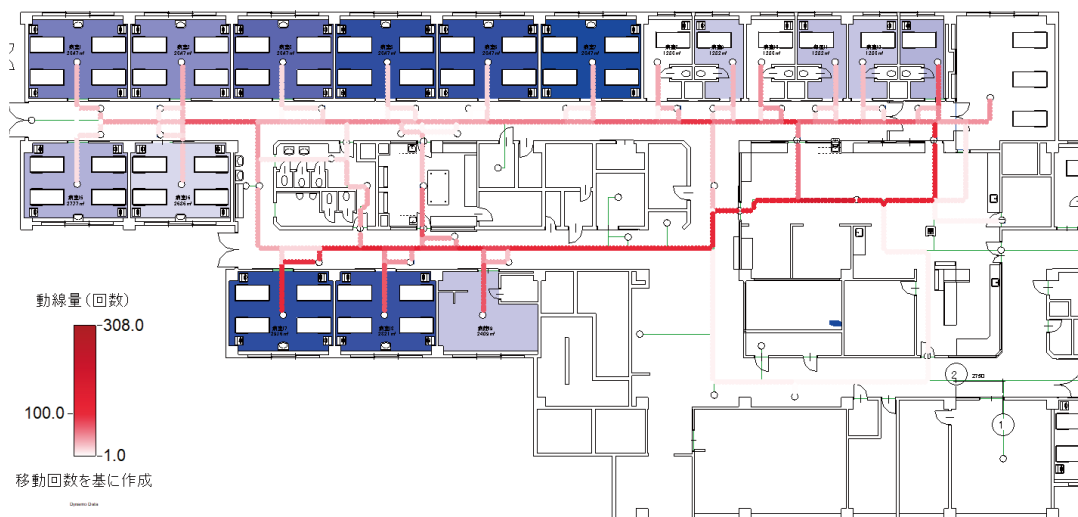
7404.9m

看護師総移動時間 (秒速 1.25m で換算)

1 時間 38 分 42 秒

図 5-23 夜勤を合わせたシミュレーション (東病棟)

西病棟 夜勤看護師 (20:30 - 8:30)



看護師総移動距離 (看護拠点内移動は無視)

12563.2m

看護師総移動時間 (秒速 1.25m で換算)

2 時間 47 分 30 秒

図 5-24 夜勤を合わせたシミュレーション (西病棟)

5-3.6 シミュレーション分析

図 5-21、図 5-22 は、それぞれ東病棟・西病棟の日勤日中の看護師 4 人分（日勤看護師：2 人、日中看護師：2 人）を合算した動線量のシミュレーションである。

これらを見ると日勤日中では、東病棟・西病棟ともに濃い青色の病室、つまり看護必要度 B 項目が高い患者がいる病室に多く訪問していることが分かる。また、東病棟・西病棟ともに看護必要度が高い病室は看護拠点に近い場所に配置しようとしていることがうかがえる。

一方で、夜勤看護師（図 5-23 図 5-24）（両病棟とも 2 人の夜勤看護師の看護動線量を合算したもの）は、看護必要度が高い病室に必ずしも多く訪問しているとは言えないことが分かる。これは、夜中は患者が睡眠できているかどうかといった看護必要度では測れない患者状態によって看護師訪問回数の量が変わってくる可能性がある考察できる。また、ヒアリングでは、そもそも夜間はナースコールの数も少ないため、定期的に行う巡視による移動が多いことが分かった。

5-4 BIM 上の看護動線シミュレーションを用いた改善案の分析

第 4 章で説明したように、現在、碧南市民病院の西病棟では、ナースコーナーはゴミ箱に物を捨てる、また流しで手を洗うといったことだけに使われている。そのため実質的に看護拠点はスタッフステーションのみであるといえ、ナースコーナーを有効活用していないといえる。そのような状況が西病棟の看護師の看護動線量が多い、最も重要な要因の一つと推測される。ここでは、この推察を実証するため、さらには、ナースコーナーに利用により、看護効率をどの程度上昇するかを実証するために、BIM 上のシミュレーションを用い分析を行う。

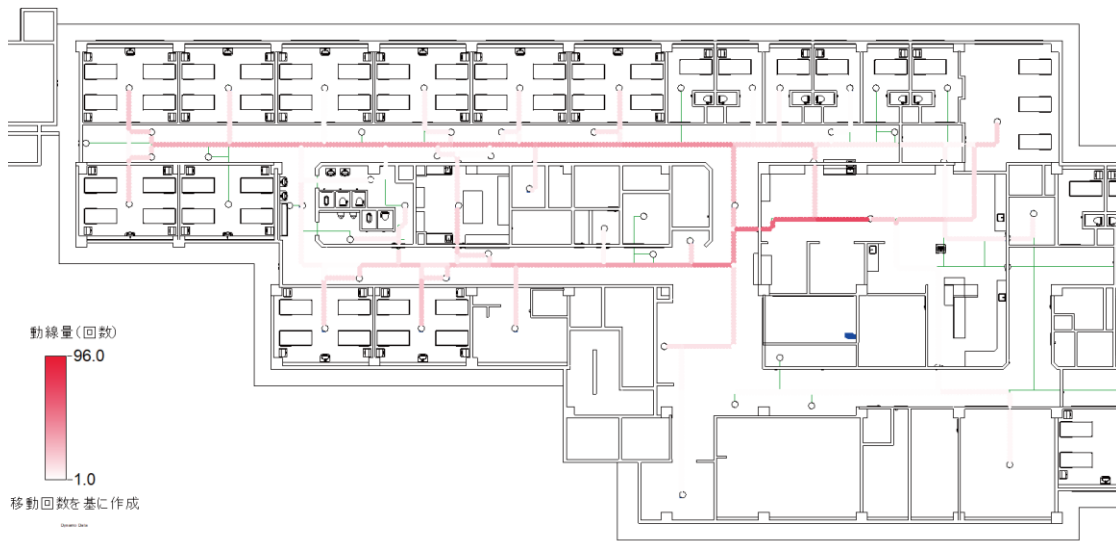
5-4.1 シミュレーション方法

本分析では、スタッフステーション内にあるナース休憩室以外の着点をすべて西ナースコーナーに移すものである。つまり、西ナースコーナーを、現状の東ナースコーナーのように使用した際のシミュレーションである。また、これまでの現状シミュレーションでは、どこのドアから出てきたなどの経路地情報を基に、なるべく本来の動線を表示するようにしているが、このシミュレーションはそのような経路地設定をすべて消去している。そのため、最短距離で看護動線を探索するようになり、実際の動きよりも動線量が小さくなる可能性がある。また、このシミュレーションでは遅出看護師は除いている。

5-4.2 シミュレーション結果

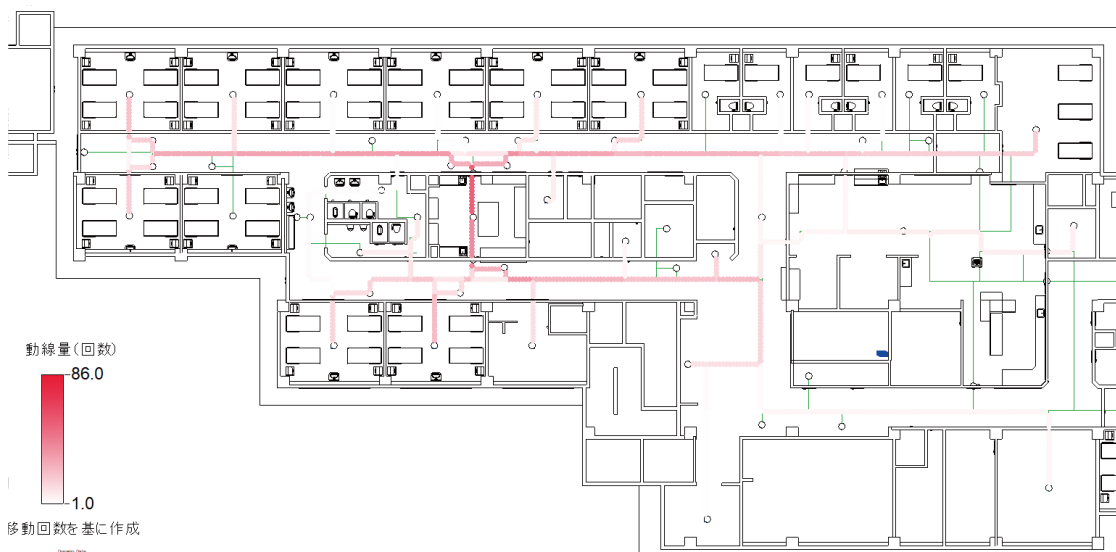
ここでは、現状のシミュレーションとスタッフステーションからナースコーナーに看護拠点を移した場合のシミュレーションの結果を記載する。

西病棟 日勤看護師 W_D_1 (8:30-18:30 残業含む)



拠点スタッフステーションからナースコーナーへ移転

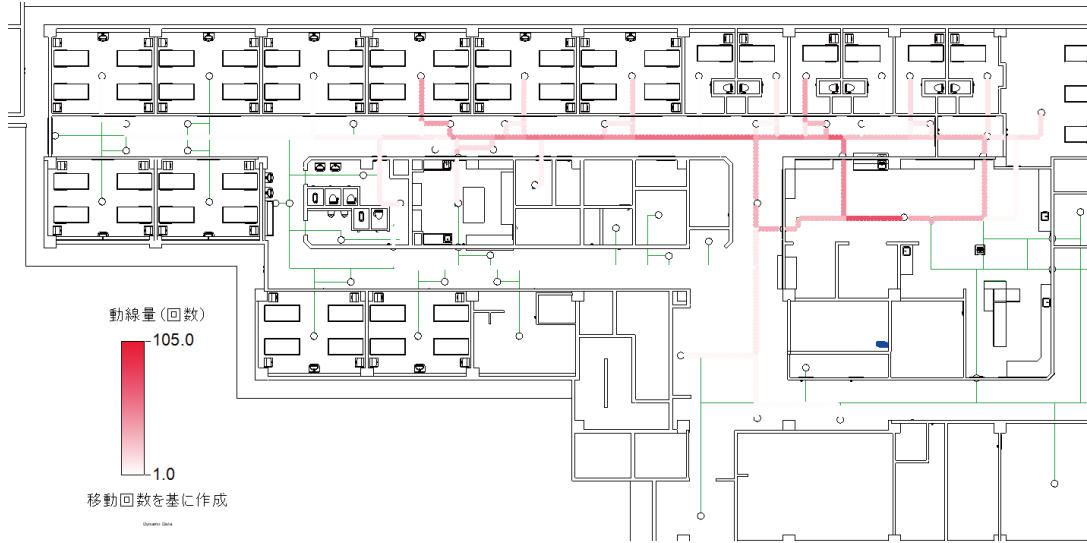
西病棟 日勤看護師 W_D_1 (8:30-18:30 残業含む)



	現状分析	移転後
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	4152.1m	3239m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	55分24秒	43分12秒
看護動線距離の差(看護拠点内移動は無視)		-913.1m
看護移動時間の差(看護拠点内移動は無視)		-12分12秒

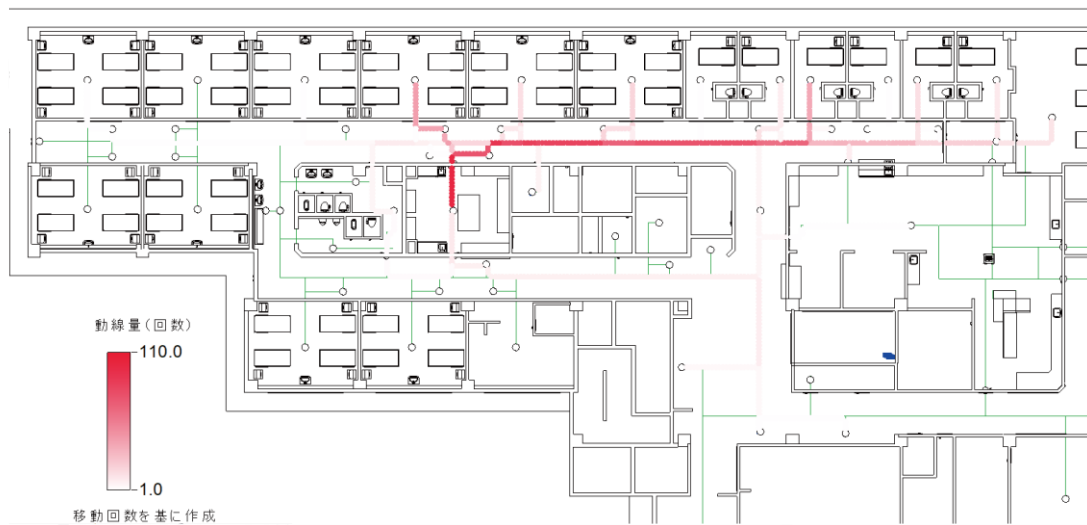
図 5-25 看護拠点移転シミュレーション (W_D_1)

西病棟 日勤看護師 W_D_2 (8:30-18:30 残業含む)



拠点スタッフステーションからナースコーナーへ移転

西病棟 日勤看護師 W_D_2 (8:30-18:30 残業含む)



	現状分析	移転後
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	3399.2m	3241.9m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	45分18秒	42分12秒
看護動線距離の差(看護拠点内移動は無視)		-157.3m
看護移動時間の差(看護拠点内移動は無視)		-3分6秒

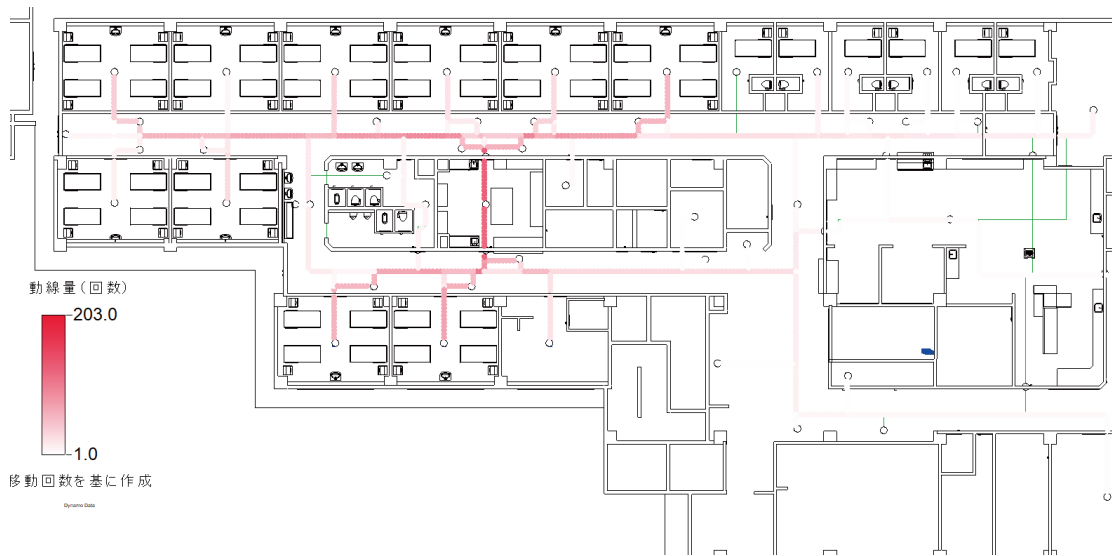
図 5-26 看護拠点移転シミュレーション(W_D_2)

西病棟 日中看護師 W_DL_1 (8:30 -22:30 残業含む)



拠点をスタッフステーションからナースコーナーへ移転

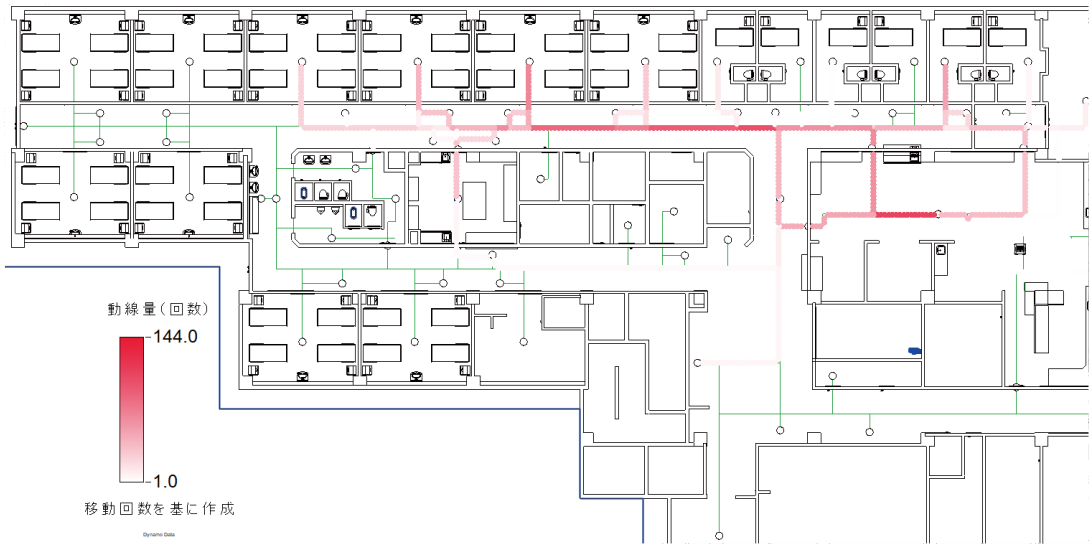
西病棟 日中看護師 W_DL_1 (8:30 -22:30 残業含む)



	現状分析	移転後
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	9411.6m	6939.1m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	2時間5分30秒	1時間32分30秒
看護動線距離の差(看護拠点内移動は無視)		-2472.5m
看護移動時間の差(看護拠点内移動は無視)		-27分

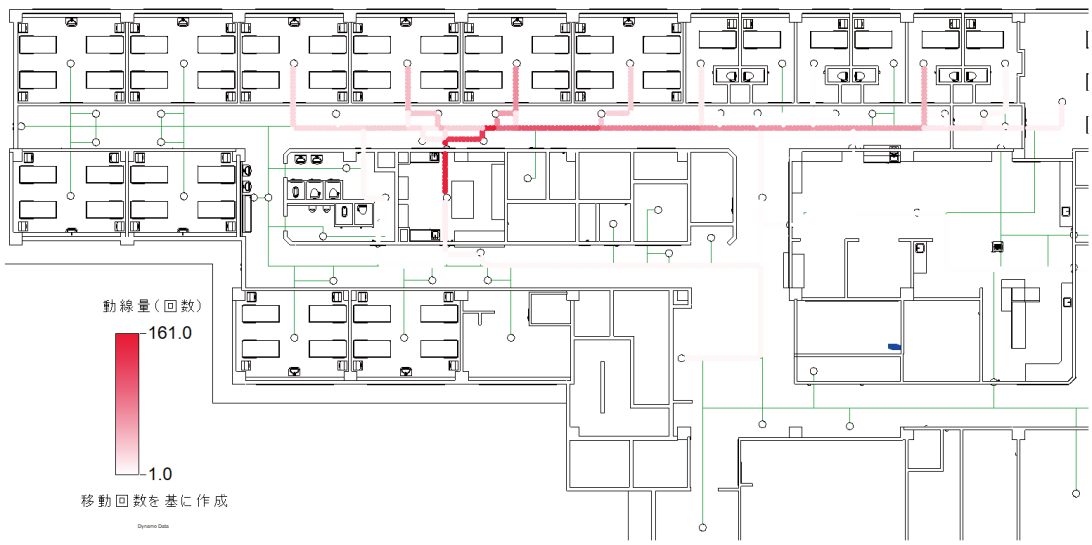
図 5-27 看護拠点移転シミュレーション(W_DL_1)

西病棟 日中看護師 W_DL_2 (8:30 -22:30 残業含む)



拠点をスタッフステーションからナースコーナーへ移転

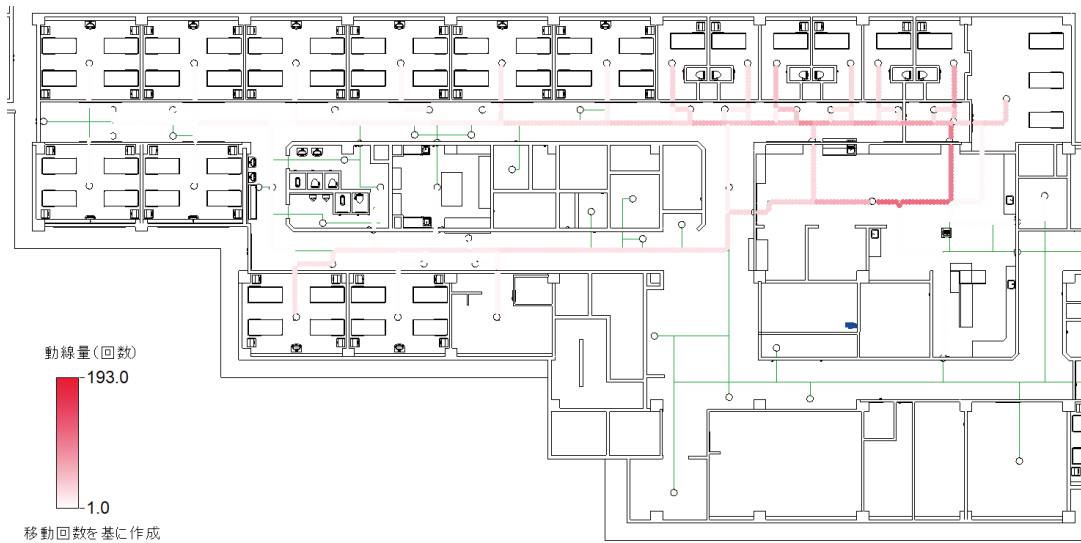
西病棟 日中看護師 W_DL_2 (8:30 -22:30 残業含む)



	現状分析	移転後
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	4806.1m	4362.3m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	1時間4分6秒	58分12秒
看護動線距離の差(看護拠点内移動は無視)		-443.8m
看護移動時間の差(看護拠点内移動は無視)		-5分54秒

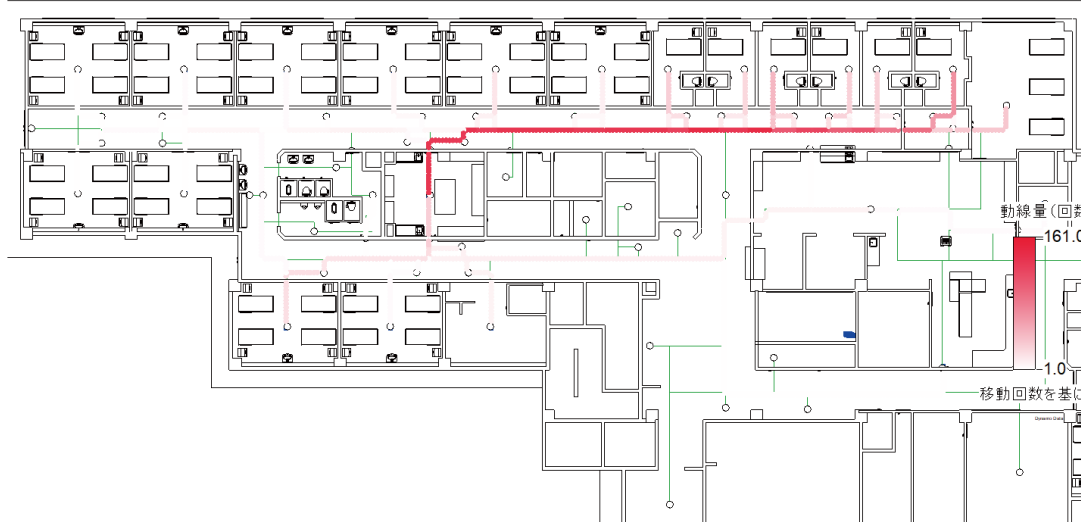
図 5-28 看護拠点移転シミュレーション(W_DL_2)

西病棟 夜勤看護師 W_N_1 (20:30-8:30)



拠点をスタッフステーションからナースコーナーへ移転

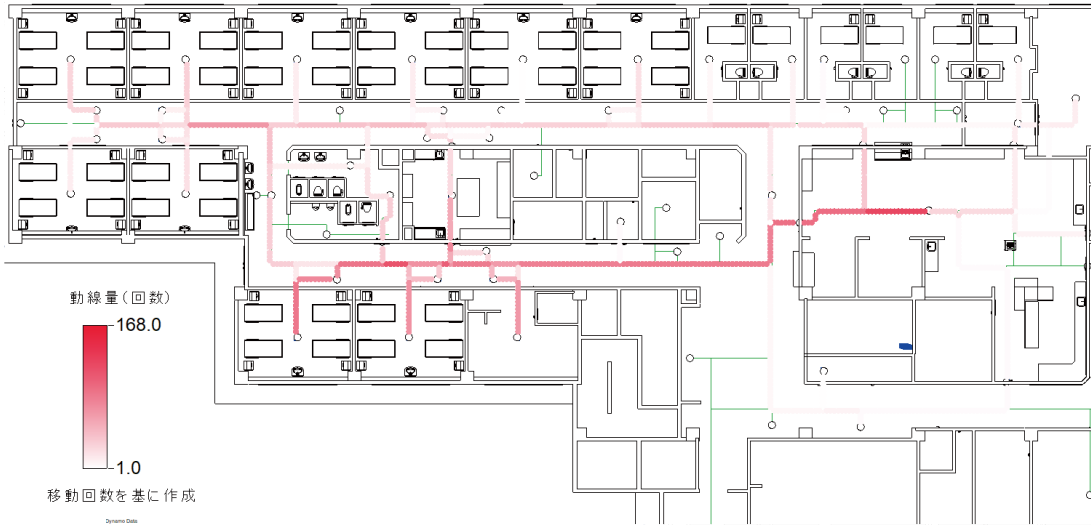
西病棟 夜勤看護師 W_N_1 (20:30-8:30)



	現状分析	移転後
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	4795m	6168.4m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	1時間3分54秒	1時間22分12秒
看護動線距離の差(看護拠点内移動は無視)		+1373.4m
看護移動時間の差(看護拠点内移動は無視)		+19分18秒

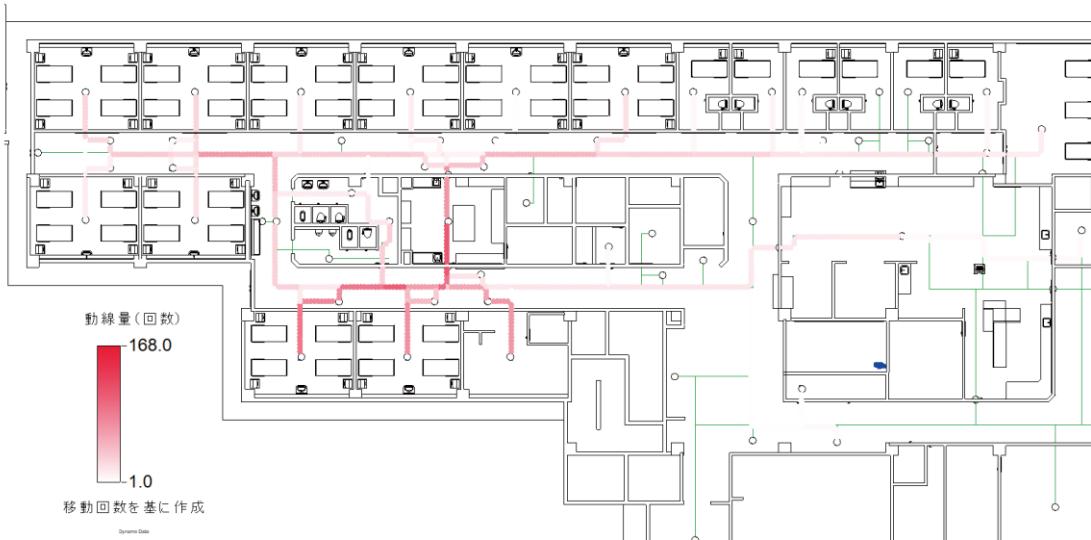
図 5-29 看護拠点移転シミュレーション(W_N_1)

西病棟 夜勤看護師 W_N_2 (20:30-8:30)



拠点をスタッフステーションからナースコーナーへ移転

西病棟 夜勤看護師 W_N_2 (20:30-8:30)



	現状分析	移転後
看護師総移動距離(看護拠点内移動は無視)	7878.3m	5746.4m
看護師総移動時間(秒速1.25mで換算)	1時間45分0秒	1時間16分36秒
看護動線距離の差(看護拠点内移動は無視)		-2131.9m
看護移動時間の差(看護拠点内移動は無視)		-28分24秒

図 5-30 看護拠点移転シミュレーション (W_N_2)

5-4.3 シミュレーション分析

ここから、シミュレーション結果の分析を行う。主な看護拠点をスタッフステーションから西ナースコーナーに移行させることで、西ナースコーナーに近い病室の担当看護は移動時間及び移動距離が大きく削減された。特に、日中看護師・夜勤看護師の西ナースコーナー近くを担当している看護師は、2km から 2.5km、移動時間にして 20 分から 30 分程度移動時間が削減したことになる。また、日中看護師(W_DL_1)は、移動時間だけで見ると、26%近く削減でき、全体の業務時間で見ても、3%程度（27分）業務時間が削減できることがわかった。さらに、移動時間が削減することで業務負荷も小さくなると考えられ、より業務時間が削減されることが期待できる。

一方で、スタッフステーションに近い病室を担当している看護師は、あまり変化が見られないことが分かる。さらには、スタッフステーションに近い病室を担当していた夜勤看護師(W_N_1)では、20 分ほど移動時間が増えてしまった（29%の増加）。つまり、西病棟の看護師全員の看護拠点をスタッフステーションから西ナースコーナーへ移動させればよいのではなく、担当病室によって看護拠点を使い分ける必要があることがわかった。このような病棟の使い方は、表 4-5 で示した設計当初の看護拠点の使い方に近いと考えられる。

また、日勤看護師同士・夜勤看護師同士を見てみると、スタッフステーションに近い病室を担当している看護師(W_D_2 と W_N_1)の現状の動線距離の結果と、スタッフステーションから遠い病室を担当している看護師(W_D_1 と W_N_2)の看護拠点移転後の結果を比較すると、ほとんど総動線量や移動時間が変わらなくなることがわかる(表 5-3 オレンジ部分)。そのため、ナースコーナーに近い病室を担当する看護師はナースコーナーを拠点とし、スタッフステーションから近い病室を担当している看護師は、スタッフステーションを拠点とすることで、看護動線を小さくすることができるだけでなく、看護業務量を同程度にすることができ、看護師の職場環境の向上につながると考えられる。

表 5-3 看護拠点移転時でのシミュレーション結果

		日勤看護師		日中看護師		夜勤看護師	
		W_D_1	W_D_2	W_DL_1	W_DL_2	W_N_1	W_N_2
現状分析	移動総距離	4152.1m	3399.2m	9411.6m	4806.1m	4795m	7878.3m
	移動時間	55分24秒	45分18秒	2時間5分30秒	1時間4分6秒	1時間3分54秒	1時間45分
移転後の分析	移動総距離	3239m	3241.9m	6939.1m	4362.3m	6168.4m	5746.4m
	移動時間	43分12秒	42分12秒	1時間32分30秒	58分12秒	1時間22分12秒	1時間16分36秒
比較分析	削減距離	-913.1m	-157.3m	-2472.5m	-443.8m	1373.4m	-2131.9m
	削減時間	12分12秒	3分6秒	27分	5分54秒	19分18秒	28分24秒
	削減率	-22%	-5%	-26%	-9%	29%	-27%

5-5 他病棟平面における看護動線量の予測

ここでは、碧南市民病院にて取得した看護動線量データを基に、他の病院の病棟平面の評価を行う。本研究では特異な例として、ユニット型個室にて構成される全室個室病棟を採用している下呂温泉病院にてシミュレーションを行うこととする。

5-5.1 下呂温泉病院の概要

シミュレーション対象施設である下呂温泉病院の規模と部門配置について、概要を示す。

対象施設である岐阜県立下呂温泉病院は、南飛騨地方の中核病院として、地域の救急医療を担っている。下呂温泉病院は、2014年に新築され、許可病床において全室個室を実現している。また、前病院の病棟稼働率の低さなどもあり、病床数を325床から206床に減少された。

規模	
竣工年月	2014年3月
建築面積	6,581.36㎡
延床面積	19605.17㎡
病床数	206床
1床当延床面積	95.17㎡
階数	地上6階
構造	RC造
事業者	地方独立行政法人 岐阜県立下呂温泉病院
設計監理	安井・熊谷共同体
施工	岐建・市川・中島・飛騨特定建設工事共同企業体

図 5-31 下呂温泉病院の概要

5-5.1.1 下呂温泉病院の病棟平面計画

下呂温泉病院では、ユニットホール空間を中心に多床室のように個室を並べているユニット型個室と呼ばれる病室を採用している。そのため、全室個室病棟でありながら多床室のようなつかい方が可能になる。また、個室の中にトイレはないものの、ユニットごとのトイレがありトイレの分散化がなされている。



図 5-32 病棟平面とユニット型個室平面図

一方で、スタッフステーションを中心とした回廊型の病棟であること、さらには全室個室病棟であることから碧南市民病院の病棟より病棟面積は大きくなる傾向にある。

5-5.2 シミュレーション方法

碧南市民病院の動線量シミュレーションを、下呂温泉病院の病棟（1看護単位38床）に
適応させるため、碧南市民病院の東病棟（1看護単位36床）の動線量シミュレーションの
データを使用した。病室の適応方法としては、碧南市民病院の東病棟にて患者当たりの重
症度が最も高い病室（図 5-33 赤色のゾーン）を、下呂温泉病院の見守り病床ユニットに入
れ、その病棟を固定して、その隣の病室からスタッフステーションを中心に巻き付けるよ
うに配置するものである（図 5-33）。



図 5-33 下呂温泉病院と碧南市民病院の病床の対応関係

また、先述したように碧南市民病院ではトイレや汚物処理が1つに集約されているのに対して、下呂温泉病院では分散させているため、トイレや汚物処理は、その前後の行き先から最も近いトイレや汚物処理を選択した。さらに、碧南市民病院調査にて病室前にカートを置いていた場合は、下呂温泉病院では、ユニットホールを中心にカートを置いていることとした。

また、看護師の看護拠点としては、見守り病室側の看護コーナーをナースコーナーのような場所と位置づけ、病棟平面図から見て右側の患者を受け持っている看護師は、ナースコーナーを主な看護拠点とし、夜勤や左側の病室を担当する看護師はナースコーナーを使用せず、スタッフステーションを主な看護拠点と位置づけシミュレーションを行った。

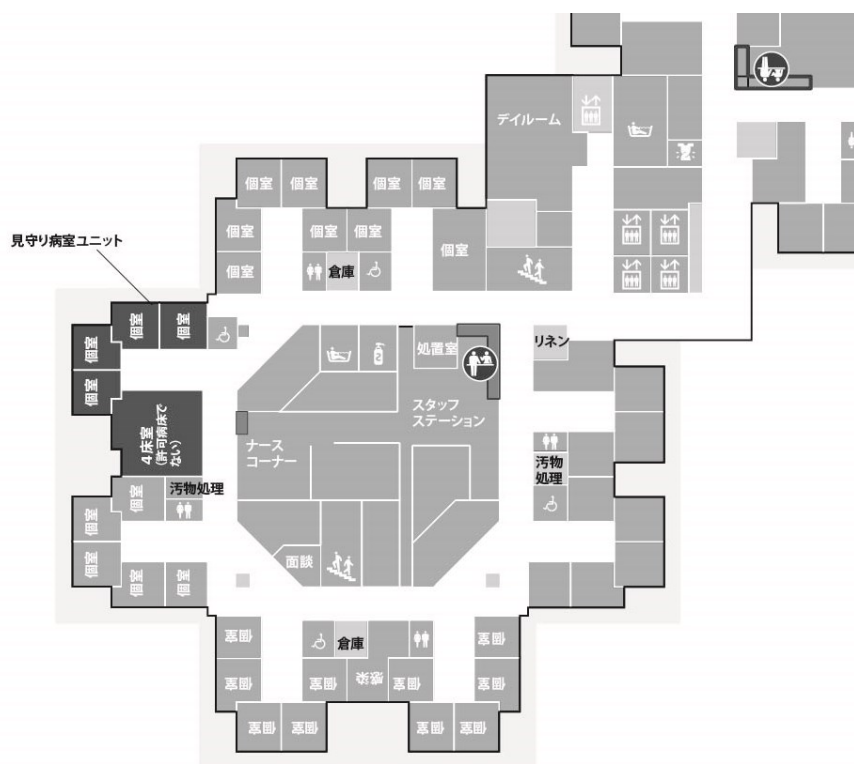


図 5-34 下呂温泉病院の病棟平面

5-5.3 シミュレーション結果

以下に、シミュレーションの結果を記載する。本シミュレーションでは、日勤看護師・日中看護師・夜勤看護師2人ずつをシミュレーションし、碧南市民病院の結果と比較した。

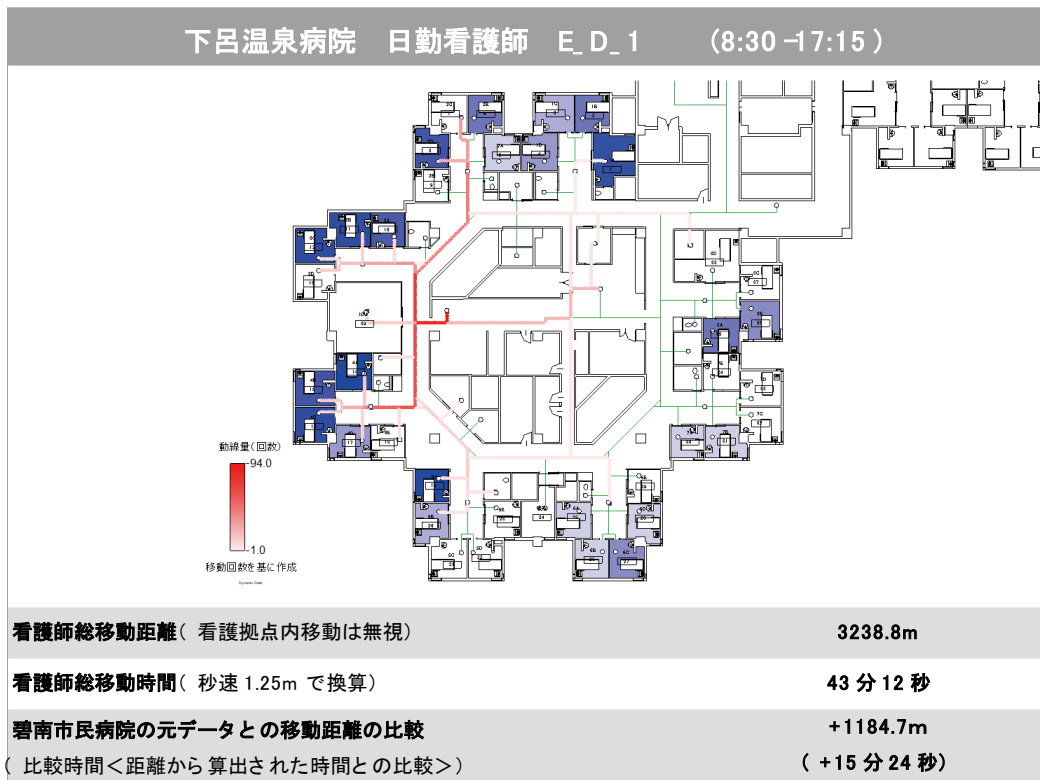


図 5-35 E_D_1 下呂温泉病院

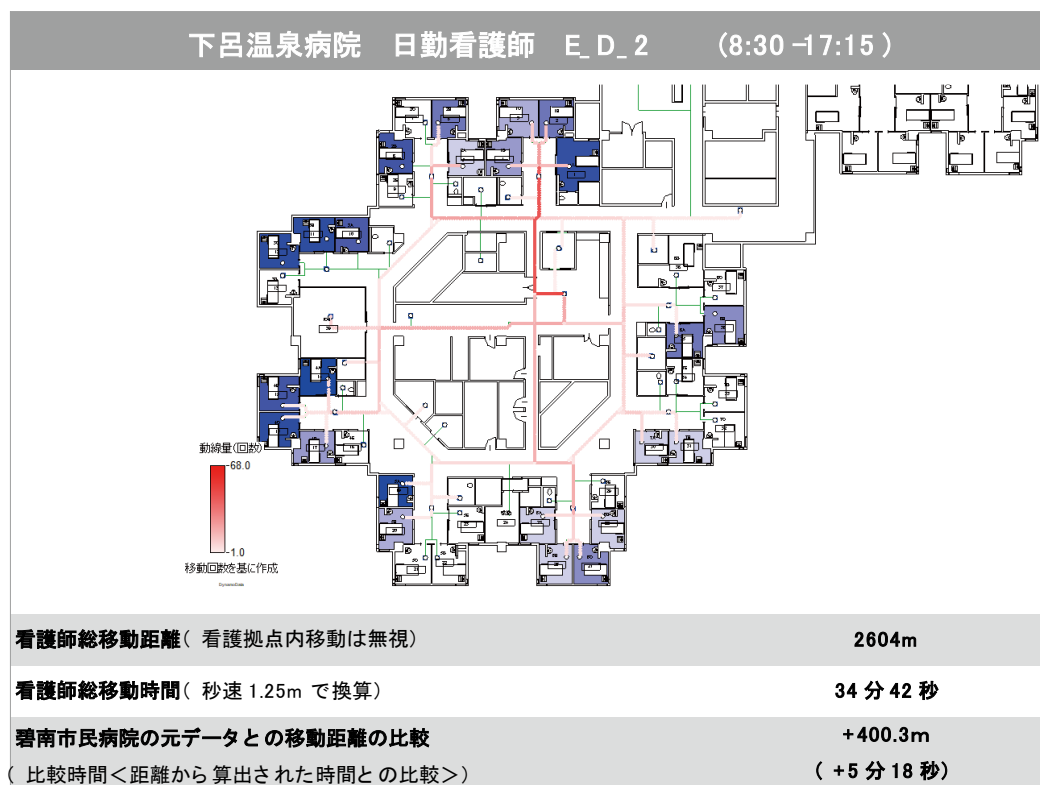


図 5-36 E_D_2 下呂温泉病院



図 5-37 E_DL_1 下呂温泉病院



図 5-38 E_DL_2 下呂温泉病院

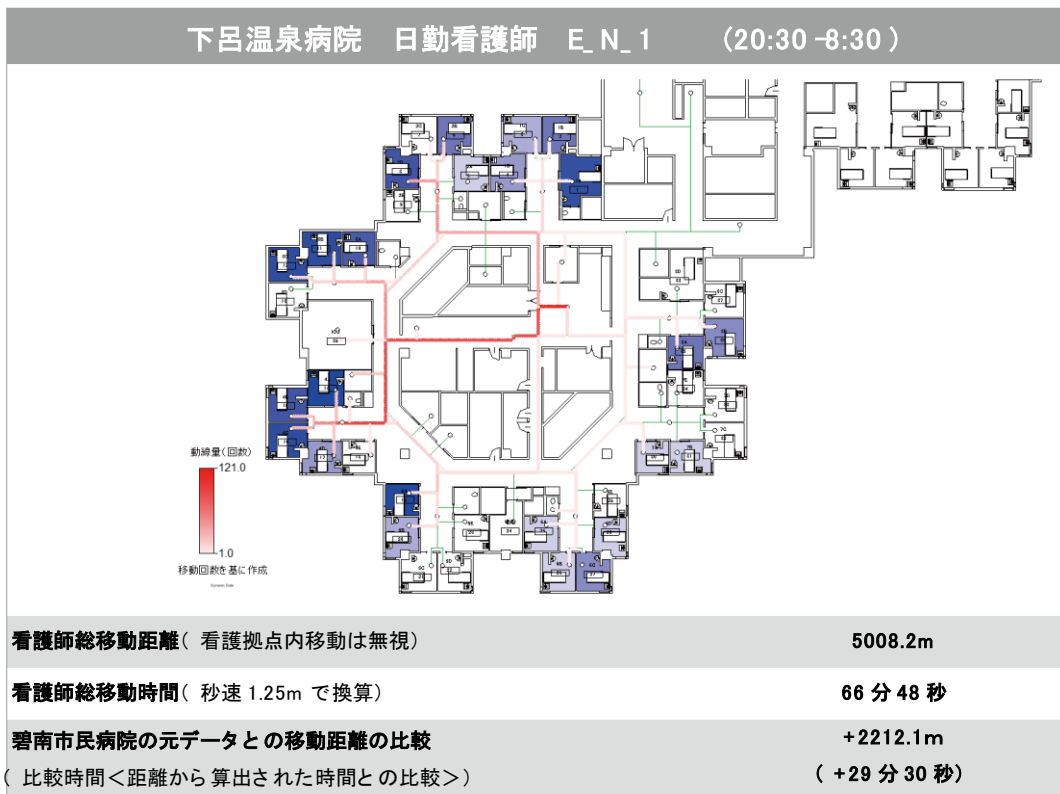


図 5-39 E_N_1 下呂温泉病院

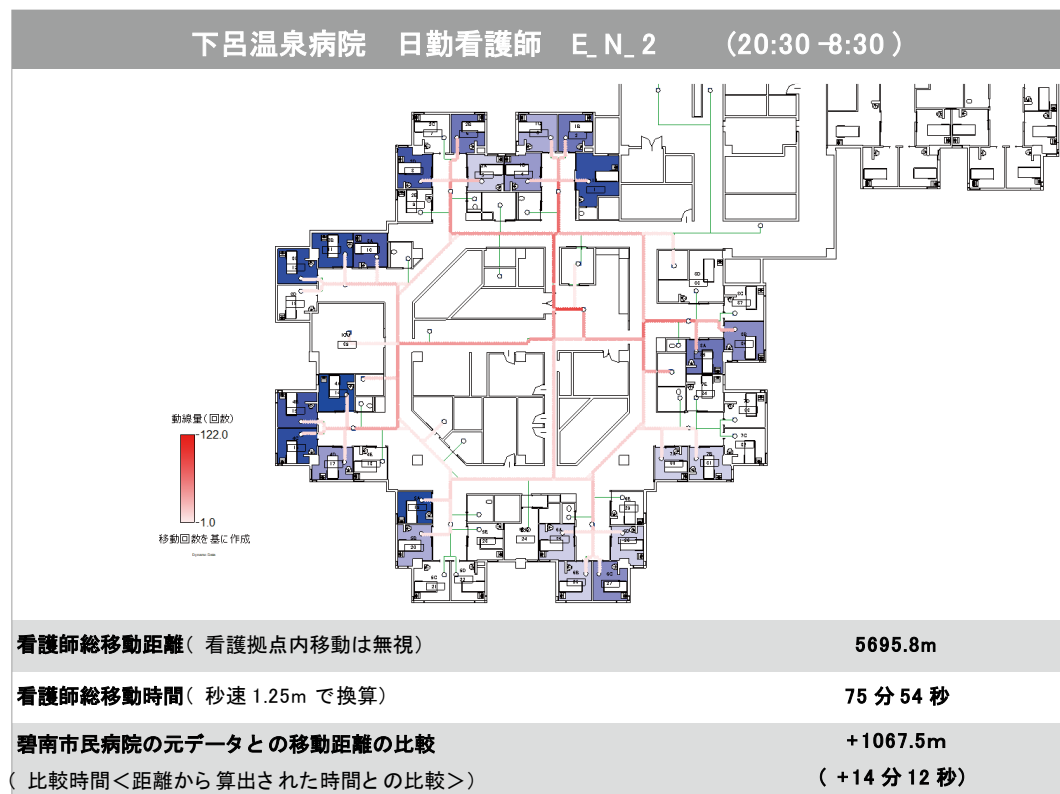


図 5-40 E_N_2 下呂温泉病院

5-5.4 シミュレーション分析

図 5-35 から図 5-40 は、下呂温泉病院にてシミュレーションを行った図である。これらを見ると、総じて下呂温泉病院の病棟の看護動線量の方が大きくなっている。下呂温泉病院では、先述したようにトイレや汚物処理室を分散化しており、シミュレーションにおいてもそれらを反映させ、最も近いトイレや汚物処理を使用するようにプログラムした。しかしながら、図のようにすべての看護師の動線が大きくなるという結果になった。この要因として以下のことが考えられる。

- ・ 下呂温泉病院は、全室個室病棟であるため、病棟平面が碧南市民病院の東病棟より大きい
- ・ ユニット型個室群と 4 床室を比較したとき、1 ユニット当たりの面積はユニット型個室群の方が大きく、ユニット同士の距離が大きくなってしまう。
- ・ 碧南市民病院のナースコーナーと比べて、下呂温泉病院のスタッフステーション部分（病棟コア）が大きい。

一方で、下呂温泉病院では、日勤看護師同士や日中看護師同士の動線量の差が小さくなり、看護師同士の業務量の差が均一になりやすいと考えられる。これは、下呂温泉病院の病棟平面のもう一つの特徴である回廊型病棟でかつスタッフステーションの中に十字に看護動線用の通路が確保されているという特徴から生まれた性質であると考えられる。

また、図 5-38 の日中看護師の動線量をみると、他の看護師と比べて増加率が大きいことが分かる。この看護師は、碧南市民病院ではナースコーナー前の病室に担当している看護師であるが、下呂温泉病院の場合も同様に、この看護師の担当病室はナースコーナーと位置付けたコーナーのすぐそばに配置している。しかしながらこのような結果が出たことから、下呂温泉病院の動線量が大きくなる要因として、ユニットとユニットの間の距離が碧南市民病院における 4 床室間の距離と比べて離れていることが大きな要因として考えられる。

5-6 病棟配置による動線量の推計

4 章での病室配置と看護必要度の関係性を見ても分かるように、調査日当日はすべて看護必要度に従って患者が配置されているわけではない。これは、患者の容態は日々変化するものであり、その都度患者を転床することは運営上非常に難しいことが要因として挙げられるからだ。

しかしながらここでは、そのような観点はおいて置き、調査日の患者をよりナースコーナー（看護拠点）へ最大限近づけた場合と最大限遠ざけた場合、どの程度看護動線量が変化するかを分析する。[谷口元 1984]らは、患者の配置換えによって看護動線量の減少が期待できると論じている。

5-6.1 看護拠点へ患者を近づけた場合

本シミュレーションでは、看護拠点に近い病床にできるだけ詰めて患者を入れ込んだ場合のシミュレーションを実施する。

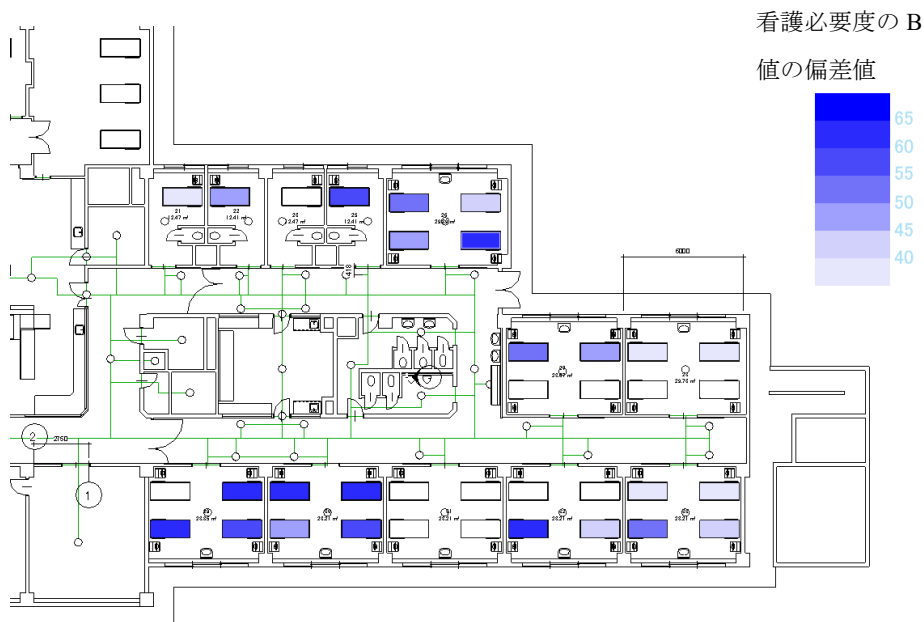


図 5-42 現状の患者配置における患者の看護必要度 B 項目の偏差値

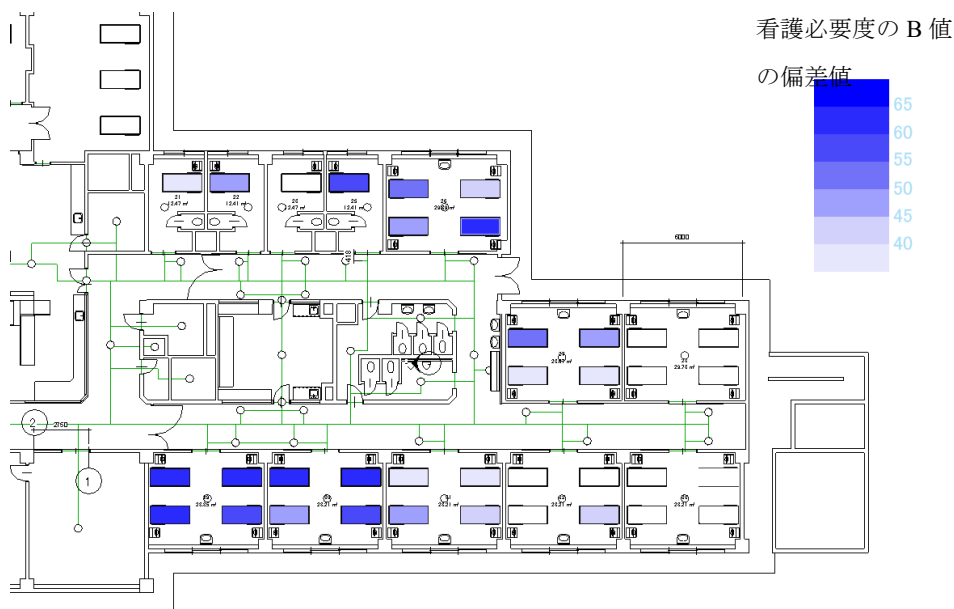


図 5-41 最適化させた際の患者配置における患者の看護必要度 B 項目の偏差値

図 5-41 は、碧南市民病院の東病棟において、調査日の患者の看護必要度 B 項目を偏差値で表したものである。図 5-42 は、現状の病床を生かしつつ、すべての患者をナースコーナ

一の近くの病室に詰めて配置しなおしたものである。そのため、本シミュレーションでは、4床室の訪問回数を一度解体し再配分する必要が出てくる。その指標として、4章にて訪問回数との相関関係が確認できた看護必要度 B 項目を使用する。（先ほど記載した下呂温泉病院への転用シミュレーションでは、4床室を個室ユニット（4床または5床）にそのままあてはめており、病室内の患者の看護必要度による訪問回数の差は動線量には関係しないため、看護必要度による調整は適応せず訪問回数をユニット内の病室で等分している。）

ここから、看護必要度 B 項目を使用した病室訪問回数の再配分の手法について説明する。まず、図 5-43 から下記の近似式が得られた

x : 看護必要度 B 項目の点数 y : 調査した看護師全員の訪問回数

$$y = 3.6577x + 20.639$$

これを基に、一度、病室内の患者ごとに看護必要度 B 項目を使用して、仮想の（調査対象看護師全員分を合わせた）訪問回数を算出する。その後、算出した患者の仮想訪問回数を、病室内の患者同士で比べて、病室内患者における想定訪問回数比率を算出する。それを基に、実際の看護師（本シミュレーションの場合日勤（2人）と日中（2人）を合わせたもの）の病室訪問回数に、作成した比率を掛けて、それぞれの患者における看護師の訪問回数とした。

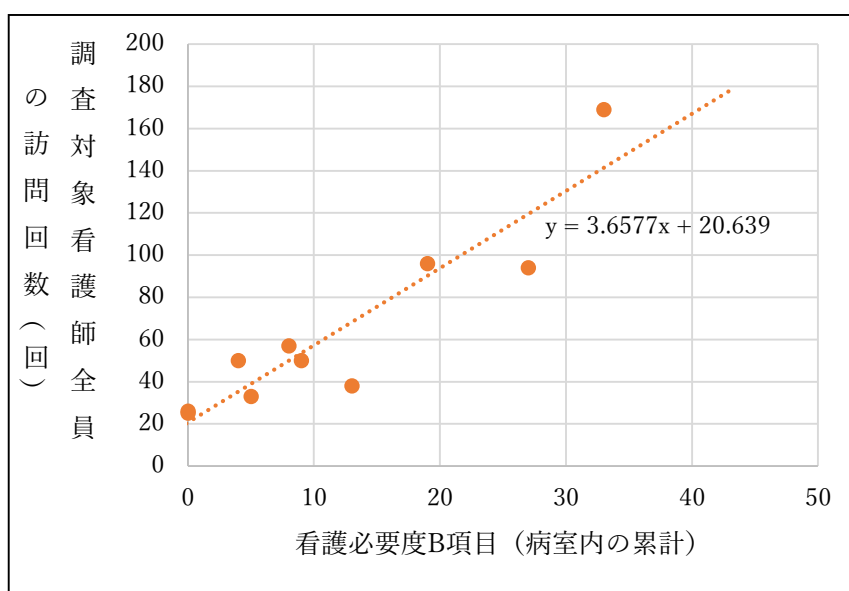


図 5-43 東病棟における看護必要度 B 項目と訪問回数の関係性

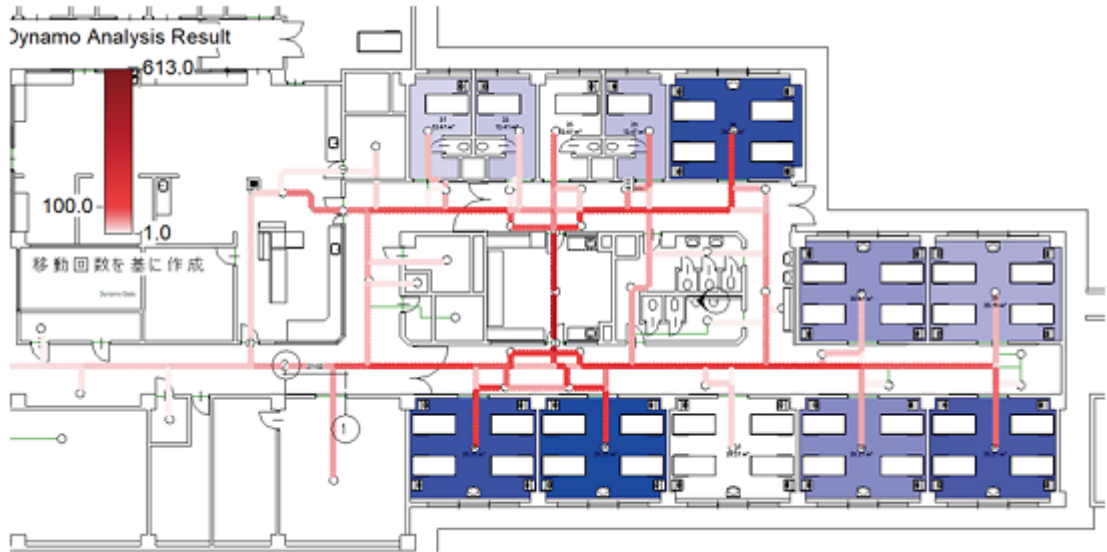
5-6.1.1 シミュレーション対象

本シミュレーションでは、東病棟の日勤看護師2人と日中看護師2人の動線量を合計したものを、シミュレーションに使用している。また、碧南市民病院の東病棟と下呂温泉病院の病棟でシミュレーションを行い、下呂温泉病棟では、前回と同様に、トイレ・汚物処理はその前後から最も近い場所を選択した。また同様に、看護師の受け持ち患者によってスタッフステーションとナースコーナーのどちらを主の看護拠点にするかを変更した。また、患者配置としては、前回同様見守り病棟を固定して、そこから病床を詰めるように配置した。下呂温泉病院の患者配置シミュレーションその1（図5-45）では、見守り病棟を固定し、上下に広がるように配置し、下呂温泉病院の患者配置シミュレーションその2（図5-46）では、病棟の上部に患者が来るように配置した。

5-6.1.2 シミュレーション結果

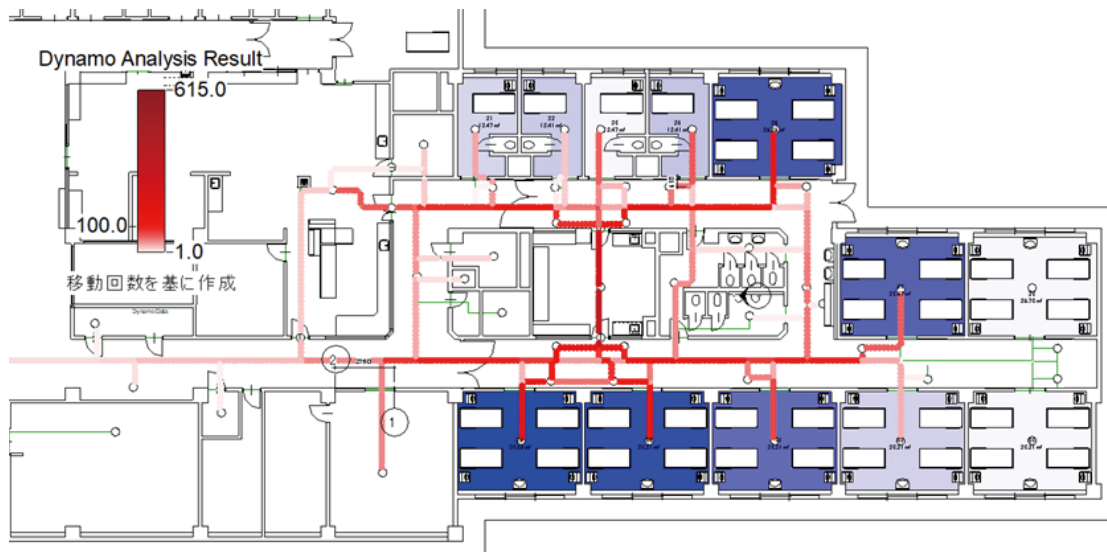
シミュレーション結果を記載する。

東病棟 日勤・日中看護師



患者をよりナースコーナー（看護拠点）へ近い方に移転

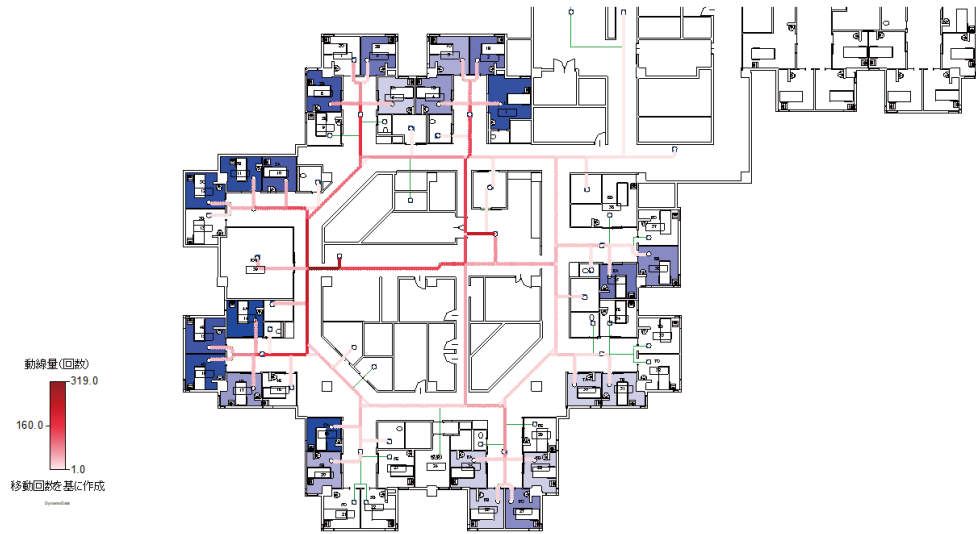
東病棟 日勤・日中看護師



	現状分析	患者配置換え後
看護師総移動距離（看護拠点内移動は無視）	13555.4m	12633.3m
看護師総移動時間（秒速 1.25m で換算）	3 時間 0 分 42 秒	2 時間 48 分 24 秒
看護動線距離の差（看護拠点内移動は無視）		-922.1m
看護移動時間の差（看護拠点内移動は無視）		-12 分 18 秒

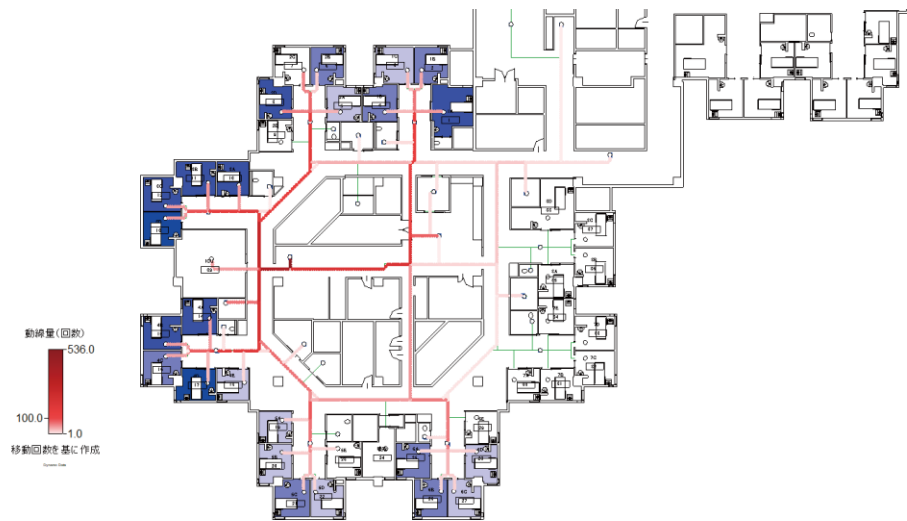
図 5-44 碧南市民病院の東病棟における患者配置シミュレーション

下呂温泉病院 日勤・日中看護師



患者をよりナースコーナー（看護拠点）へ近い方に移転

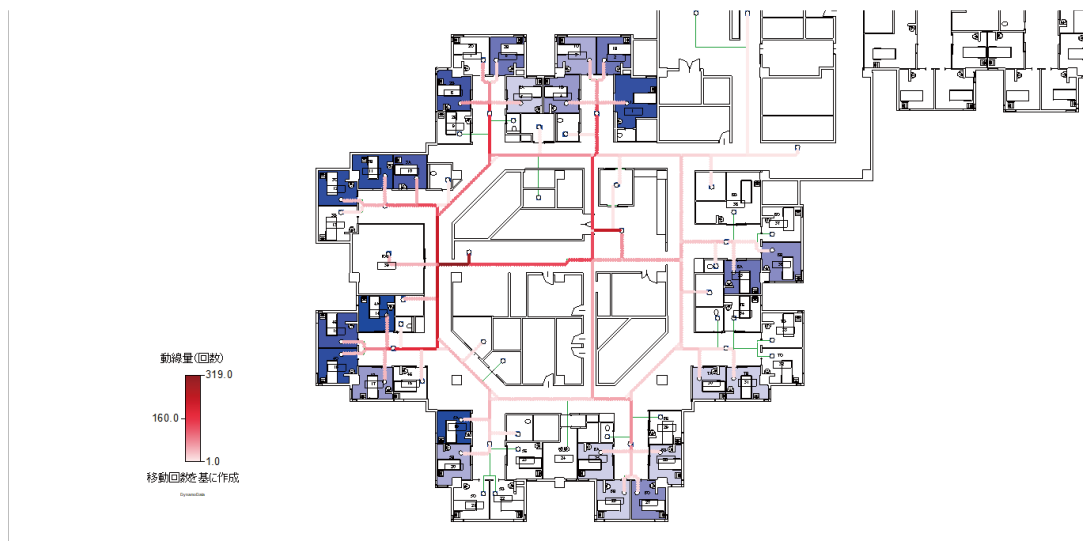
下呂温泉病院 日勤・日中看護師



	現状分析	患者配置換え後
看護師総移動距離（看護拠点内移動は無視）	17925.9m	18320m
看護師総移動時間（秒速 1.25m で換算）	3 時間 59 分	4 時間 4 分 18 秒
看護動線距離の差（看護拠点内移動は無視）		+394.1m
看護移動時間の差（看護拠点内移動は無視）		+5 分 18 秒

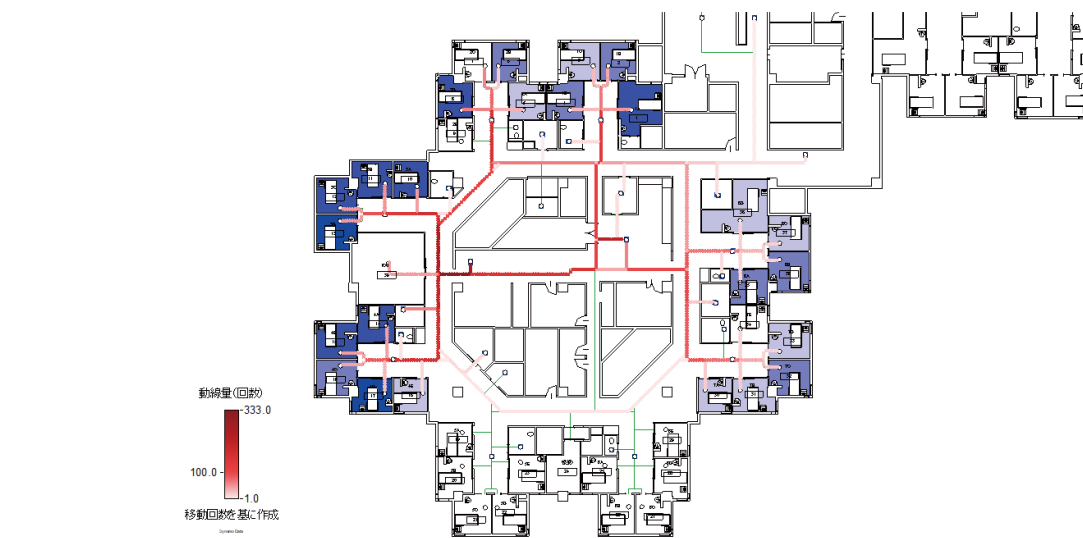
図 5-45 下呂温泉病院における患者配置シミュレーション その 1

下呂温泉病院 日勤・日中看護師



患者をよりナースコーナー（看護拠点）へ近い方に移転

下呂温泉病院 日勤・日中看護師



	現状分析	患者配置換え後
看護師総移動距離（看護拠点内移動は無視）	17925.9m	17466.1m
看護師総移動時間（秒速1.25mで換算）	3時間59分	3時間52分54秒
看護動線距離の差（看護拠点内移動は無視）		-459.8m
看護移動時間の差（看護拠点内移動は無視）		-6分6秒

図 5-46 下呂温泉病院における患者配置シミュレーション その2

5-6.1.3 シミュレーション分析

碧南市民病院では、日勤日中看護師4人を合算した移動距離において、1km減少した。減少率は、6%であった。[谷口元 1984]らは、5%程度の削減率の病棟をすでに効率化されている病棟と評価しており、本調査対象である碧南市民病院においてもすでに効率化されていたといえるだろう。

また、下呂温泉病院その1(図5-45)は、下呂温泉病院の病棟のナースコーナーを中心に患者を詰めて配置したものであるが、逆に動線量が大きくなっている。これは、下呂温泉病院の病棟平面では、平面図上でみるスタッフステーションの下のユニットは、スタッフステーションから少し離れており、その部分に多くの患者を配置してしまったため動線量が大きくなったと推測できる。一方で下呂温泉病院その2(図5-46)では、移動時間が5分ほど短縮できている。これは、ナースコーナーとスタッフステーションを中心に配置していったものであり、よりコンパクトな病棟形態としてみなすことができたと考えられる。

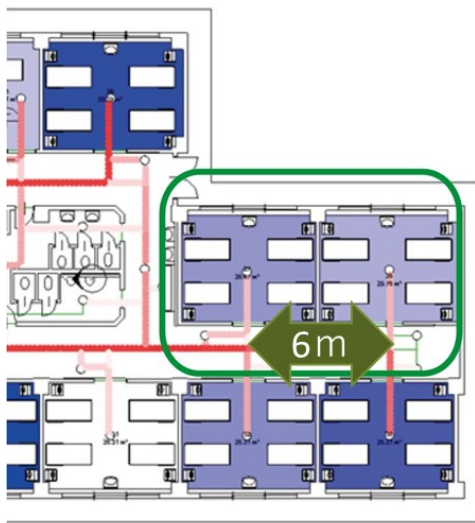
しかしながら、碧南市民病院と下呂温泉病院を比較した場合、4人分の看護師の合計移動時間にて約1時間(一人当たり20分程度)の差があり、患者の並び替えを行ってもその差は縮まらなかった。これは、5.5.4にて挙げてものと同様に、以下の要因にて下呂温泉病院の看護動線量が大きくなったと推測できる。

- ① 碧南市民病院の病棟と比べて下呂温泉病院の病棟面積がかなり大きいこと
(1床当たりの病棟面積 碧南市民病院：21.9 m²/床(病棟基準階面積：1886 m²)
下呂温泉病院：36.1 m²/床(病棟基準階面積：2741 m²))
- ② 下呂温泉病院の病室ユニット間の距離が碧南市民病院の4床室間の距離と比べて大きいこと(図5-47)

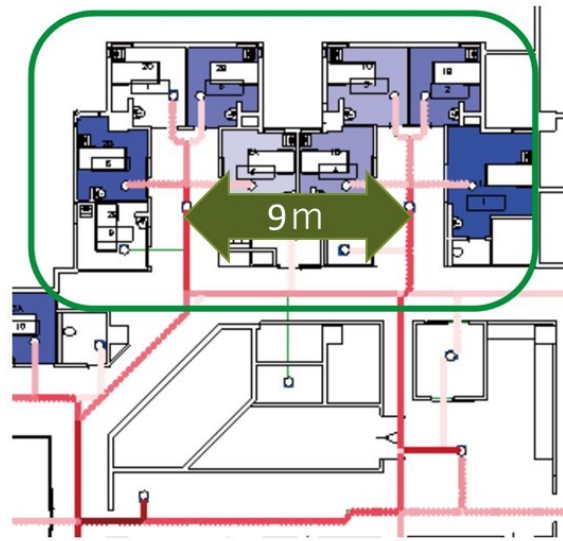
5-6.2 看護拠点から患者を遠ざけた場合

ここでは、反対に看護拠点から患者をできるだけ離れた場合のシミュレーションを行う。主に、先ほどの最適化した患者配置を反転させたものを患者と看護拠点を最大限離れたものとみなす。

一方で、下呂温泉病院では回廊型の病棟であり、どの病室からも看護拠点までの位置はそれほど変わらないため、先ほどのシミュレーションにて明らかになった病棟の下部のユニットが看護拠点から離れていることを利用し、スタッフステーションの下のユニットに患者を入れていき、そこから最大限看護動線が延びるように設定した。



碧南市民病院の病室間距離

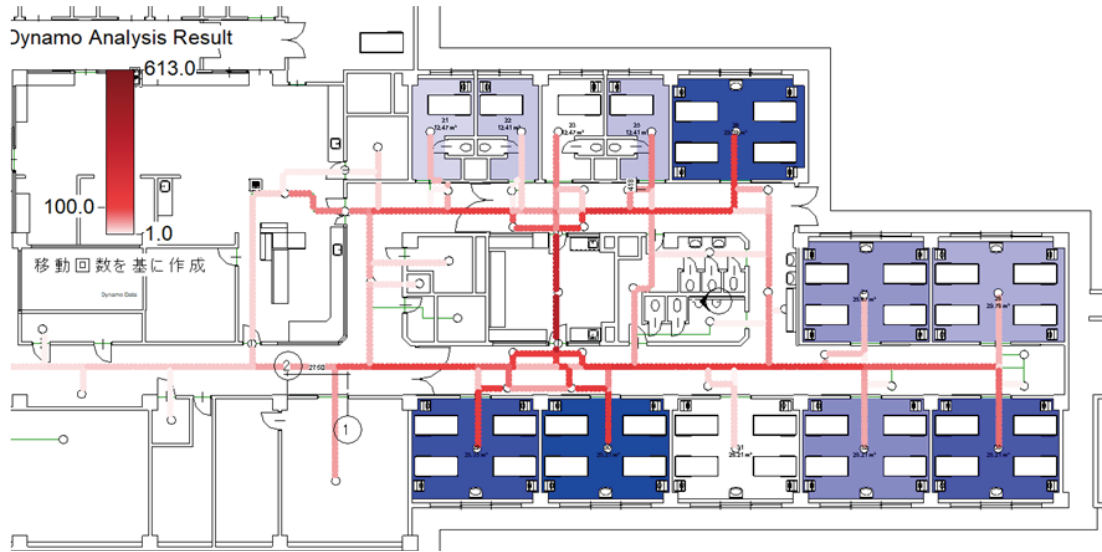


下呂温泉病院の病室間距離

図 5-47 碧南市民病院と下呂温泉病院の病室間距離

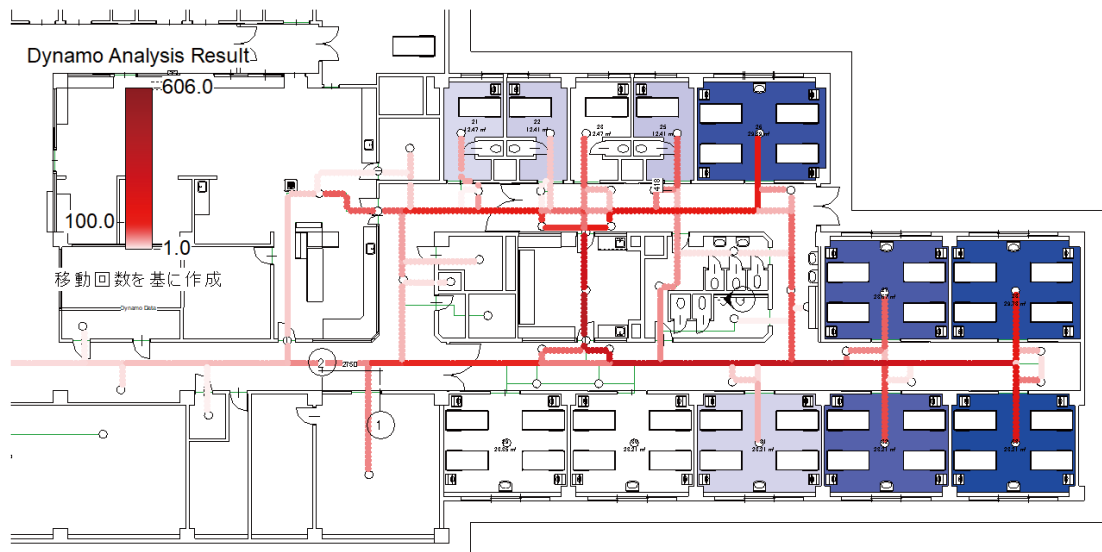
5-6.2.1 シミュレーション結果

東病棟 日勤・日中看護師



患者をよりナースコーナー（看護拠点）へ遠い方に移転

東病棟 日勤・日中看護師



	現状分析	患者配置換え後
看護師総移動距離（看護拠点内移動は無視）	13555.4m	16735m
看護師総移動時間（秒速1.25mで換算）	3時間0分42秒	3時間43分6秒
看護動線距離の差（看護拠点内移動は無視）		+3179.6m
看護移動時間の差（看護拠点内移動は無視）		+42分36秒

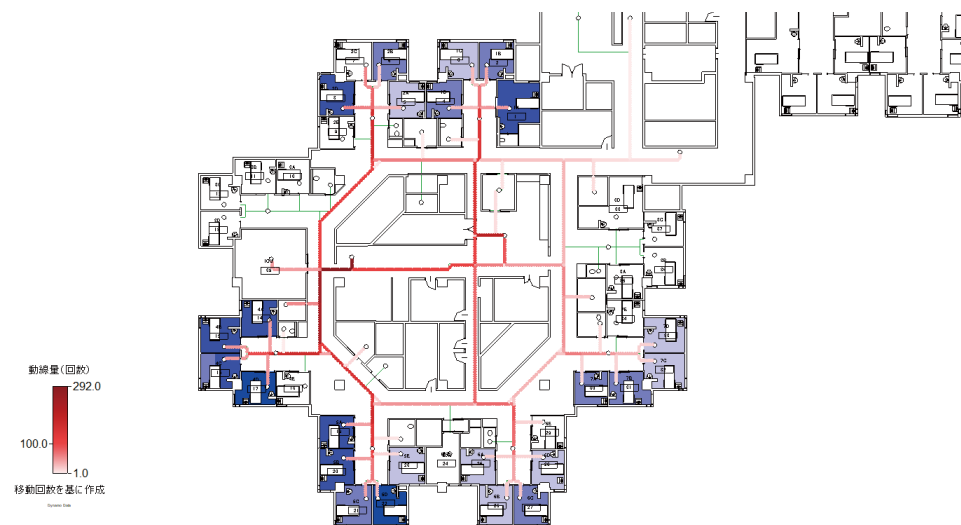
図 5-48 碧南市民病院の東病棟における患者配置変更後のシミュレーション

下呂温泉病院 日勤・日中看護師



患者をよりナースコーナー（看護拠点）へ遠い方に移転

下呂温泉病院 日勤・日中看護師



	現状分析	患者配置換え後
看護師総移動距離（看護拠点内移動は無視）	17925.9m	18433m
看護師総移動時間（秒速 1.25m で換算）	3 時間 59 分	4 時間 5 分 24 秒
看護動線距離の差（看護拠点内移動は無視）		+507.1m
看護移動時間の差（看護拠点内移動は無視）		+6 分 24 秒

図 5-49 下呂温泉病院における患者配置変更後のシミュレーション

5-6.2.2 病棟評価の観点から見るシミュレーションの分析

看護拠点と患者を最大限離した場合、碧南市民病院は23%の上昇率を見せたが、下呂温泉病院では、3%の上昇率にとどまった。また、碧南市民病院において、患者を看護拠点から最大限離した場合は、4人の看護師の総移動時間は、223分（2時間43分）となり、下呂温泉病院の現状（碧南市民病院の現状データを使い、なるべく同じ条件になるように下呂温泉病院に当てはめたもの）の移動時間239分（2時間59分）に限りなく近づいた。よって、碧南市民病院においても、病棟の使い方次第では下呂温泉病院と同程度の動線量になることが分かった。

また、看護拠点から病室が遠い場合と近い場合での上昇率の幅に注目すると、碧南市民病院は29.8%であるのに対し下呂温泉病院の病室配置による上昇幅は5.6%であり、看護拠点と病室の関係によってほとんど看護動線量に影響を受けないことがわかる。このような結果となったのは、下呂温泉病院は回廊型病棟であり、スタッフステーションの中から各病室への通路が確保されているという特徴からであると推測できる。つまり、一つ一つの病室は看護拠点から遠いものの、看護拠点から病室までの距離は、どの位置の病室でもほぼ同一となり、患者配置に左右されにくい病棟になっていると考えられる。そのため、将来病床をダウンサイジングして使用する際、動線量が他病院と比較して大きくなってしまいう可能性があることが分かる。

また、本分析では、下呂温泉病院の場合、個室のベッドを目的地と定めているのに対し、碧南市民病院の4床室では、病室の中心部を目的地と定めている。そのため、下呂温泉病院の動線量のほうが大きくなりやすく、単純に比較することが難しくなっている。今後は、このような誤差をどのように評価するかが重要であると考えられる。

表 5-4 患者配置による動線量の幅

	現状（下呂の場合 は、ユニットごとに 配置したもの）		患者を看護拠点に近づけた場合				患者を看護拠点から 遠ざけた場合	
	移動距離 (m)	移動時間 (分)	移動距離 (m)	移動時間 (分)	移動距離 (m)	移動時間 (分)	移動距離 (m)	移動時間 (分)
図番号	-		図5-43		-		図5-46	
碧南市民病院 の東病棟	算出値 13555.4	180.7	12633.3	168.4	-	-	16735	223.1
	増加率 -	-	-6.8%		-		23%	
図番号	-		図5-44		図5-45		図5-47	
下呂温泉病院 の病棟	算出値 17925.9	239	18320	244.3	17466.1	232.9	18433	245.4
	増加率 -	-	2.2%		-2.6%		3%	

5-7 まとめ

本章では、BIM上のシミュレーションを用い看護動線量に関する分析を行った。碧南市民病院の現状分析では、西病棟の日中看護師が約9kmの動線量があることが確認でき、

その要因として看護拠点であるスタッフステーションから遠い病室を訪問しているためであると推測された。また、その日中看護師を除くと、看護拠点から遠い病室を受け持つ看護師は、総じて総動線量が大きい一方で、病室訪問回数は少ないことが分かった。そのため、看護拠点から遠い病室を受け持つ看護師は、なるべく病室訪問回数を減らすように配慮して業務を行っている可能性が高いことが分析できた。

さらに、看護動線量が多い看護師は歩く速さも大きい傾向にあり、看護動線が大きい看護師は看護業務負担が大きくなっている可能性があるという事も考察できた。

また、西病棟において看護拠点をナースコーナーに移した場合のシミュレーションを行うと、ナースコーナーに近い病室を受け持つ看護師は 20 分から 30 分程度、移動時間が減少した。このようなことから、ナースコーナーを有効に使用することで看護業務の効率化や業務の削減が期待できることが分析できた。

また、下呂温泉病院の病棟に碧南市民病院の動線データを入れ、シミュレーションを行った際、下呂温泉病院が全室個室病棟であり、病棟平面が碧南市民と比較して大きいことから、すべての看護師において動線量が増加する結果となった。

一方で、碧南市民病院と下呂温泉病院にて患者配置の検討シミュレーションを行った際には、碧南市民病院は病棟配置によって動線量に大きく影響が表れたが、下呂温泉病院ではほとんど影響が出なかった。これは、下呂温泉病院が回廊型の病棟でありほとんどの病室がスタッフステーションから病室間の距離がほぼ同一であるためこのような結果が出たと考えられる。

また本章では、**BIM** を用いたシミュレーションを利用し分析してきた。**BIM** を用いてシミュレーションを行うことによって、結果をビジュアルに表現できるだけでなく、様々な観点から分析ができることが明らかになった。さらに、結果が図で表示されるためシミュレーションミスの防止やシミュレーション条件の把握に役に立つと考えられる。

第6章 総括

- 6-1 本論文のまとめ
- 6-2 今後の展望

6-1 本論文のまとめ

本論文は、建築計画における高等教育機関の BIM 教育の現状について、また BIM のシミュレーションを用いた建物の計画や運営に関する分析の方法についての 2 つの観点から考察を行うことで、建築計画分野において BIM を有効かつ適切に活用するための知見を得ることを目的とした。

第 2 章では、BIM の教育方法に焦点を当てた。BIM という複雑なツールを学部生に教育するために、自ら学び発見する PBL と呼ばれる教育方法を導入し、それらの有効性や問題点・改善点を論じた。ここでは、ルーブリックと呼ばれる評価基準を導入することで学生の理解度が上昇した一方、PBL の利点である学生の自主性を損なっている可能性があると考えられた。また、設計製図授業における BIM の利用に関しては、学部 3 年生の 80% 以上が BIM を利用しており、BIM の普及率が伺えた。多くの学生は、手書き、CAD、BIM といった流れで BIM を使用しており、BIM をパース作成のための 3DCAD 等と同様の扱いをしていることも分かった。建築計画における BIM の概念を教育する授業に出席をしていた学生がほとんどであったが、設計段階になると BIM の特性を生かしたシミュレーションや細部の提案がなされていなかった。

また、第 3 章では BIM のビジュアルプログラミングソフトを使用し、建築計画に関する様々なシミュレーションの開発について記述した。しかしながら、BIM のプログラミングソフトが開発されて間もないことから、主要なプログラムはテキストプログラミングにて記述する必要があることが分かった。

第 4 章では、碧南市民病院の看護動線量調査を基に看護業務の分析を行った。西病棟と東病棟で移動時間の差が生じていることが分析でき、それらは看護拠点の利用の差によるものであると推察された。また、各病室の看護必要度の B 項目と訪問回数には、強い相関関係がみられた。一方で、患者配置の観点から看護必要度を見ると、看護必要度の B 項目が高い患者ほど、スタッフステーション（看護拠点）の近くに配置するようにしていることが分かった。

第 5 章では、第 3 章で開発した BIM を用いたシミュレーションを使用し、病棟部の看護動線量シミュレーションを行った。病棟部における看護拠点の利用方法を適正化させることで、看護動線量を最大 27% 減らすことができることが分析できた。また看護動線量を使用した病棟評価の方法として、患者を最大限に看護拠点に近い病室に入院させた場合と、患者を最大限に看護拠点に遠い病室に入院させた場合のシミュレーションを行った。それにより、看護拠点から病室が遠い場合と近い場合では、看護動線量の上昇幅は 30% 近くに上ることが分析された。一方で、異なる病棟では、上昇幅は 5% となり、病棟平面の形により大きく差が出ることが考察された。

このように、BIM を用いたシミュレーションを利用することによって、結果をビジュアルに表現でき動線量増加の要因を把握しやすくなることや、より多様な分析ができるようになることが明らかになった。

本研究にて、建築計画 I の授業にて BIM の概念学習を行っているのにも関わらず、実際に BIM を利用する設計製図の授業では、BIM を使用している多くの学生が BIM の特性を生かした利用を行っていないことが明らかになった。そのため今後、動線量シミュレーションなどを公開し、学生に設計製図等で BIM シミュレーションを実際に体験させることで BIM の特性を適切に理解し、学生のうちから BIM を有効に活用できるようになると考えている。

6-2 今後の展望

BIM のシミュレーションに関しては、動線量シミュレーションをより発展させる必要があると考えている。特に、看護動線調査の場合、複数のエージェントを同時に動かすマルチエージェントシステムを利用して病棟看護師全体の動きを把握することで空間の混雑具合など新たな分析が可能になってくると考えられる。また、動線量シミュレーションなどをどのように設計段階に用いるかも重要な観点であると考えられる。現状、設計ではシミュレーション等をする時間は限られており、設計終了後の施主へのプレゼンテーション等に使用することが限度であると考えられる。そのため、シミュレーション結果を基に設計を変更、改善するようなプロセスの提案が必要である。

また、看護動線量調査に関しては、より多くの病棟平面でさらに調査を進めることが重要であると考えられる。特に本調査では、新たな看護方式である PNS に関する分析では、碧南市民病院の PNS の実態が明確に把握できなかつたことから、PNS と移動距離や看護業務との関係性の知見を得ることができなかつた。このようなことから、改めて、異なる病棟で調査する必要性があると考えられる。

参考文献

第1章

- [1] 公益財団法人 日本生産本部. “生産性データベース.” 2015.
- [2] 「BIM その進化と活用」編集委員会. 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. 株式会社 日刊建設通信新聞社, 2016.
- [3] 福井大学医学部附属病院 看護部. 福井大学医学部附属病院 看護部 PNS の紹介. 2018年11月20日. <https://www.hosp.u-fukui.ac.jp/kango/pns/>
- [4] 加藤雅之, 毛利志保, 加藤彰一. FM(Facility Management)における BIM(Building Information Modeling)の適用に関する展望. 日本建築学会東海支部研究報告集 (52), 581-584, 2014.
- [5] 竹内貴洋, 山口恭平, 加藤彰一. BIM 教育における公開された BIM ライブラリーの現状と課題, 日本建築学会大会学術講演梗概集、2018
- [6] 加藤 雅之, 毛利 志保, 原 玲子, 加藤 彰一. ポッドプランをもつ病棟における医療情報端末利用の展望. 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2013.
- [7] 叶谷由佳, 木村憲洋. <イラスト図解> 看護のしくみ. 日本実業出版社, 2007.
- [8] 原玲子, 毛利 志保, 加藤彰一. 病棟における医療情報端末に関する考察. 日本建築学会東海支部研究報告書, 2013.
- [9] 鳥山亜紀, 中山茂樹, 笈淳夫, 山下哲郎, 渡辺玲奈. 「パーソナル看護拠点」が看護業務に与える影響 : 医療・患者情報の電子化による急性期病棟計画の再検討その1. 日本建築学会計画系論文集 (622), 57-63, , 2007.
- [10] 福井大学医学部附属病院看護部. 新看護方式 PNS 導入・運営テキスト—導入から運営、監査・評価、フィードバックまで. 日総研出版, 2014.

第2章

- [1] ウッズ, 新道幸恵(訳)D.R. 『PBL(Problem-based Learning) - 判断能力を高める主体的学習』. 医学書院, 日付不明.
- [2] Sheats.D. Benne and PaulKenneth. Functional roles of group members. . Journal of Social Issues, 1948.
- [3] 安藤輝次. ポートフォリオ講座 : ポートフォリオってなあに? . 奈良教育大学カリキュラム開発実践センター, 日付不明.
- [4] 成田秀夫, 溝上慎一. アクティブラーニングとしての PBL と探求的な学習. 株式会社 東信堂, 2016.

- [5] 張琪, 黄宏軒, 木村清也, 岡田将吾, 大田直樹, 桑原和宏. グループディスカッション参加者の機能的役割とその変遷の分析-コミュニケーション能力の向上支援に向けて-. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 2018.
- [6] 竹内貴洋, 加藤彰一. PBL 教育における学生の学年別 BIM 習熟度に関する研究. 日本建築学会 東海支部研究報告集, 2017.
- [7] 竹内貴洋, 藤田祥行, 加藤彰一. 問題発見解決型学習における BIM 教育の評価方法に関する研究. 日本建築学会 東海支部研究報告集, 2018 発表予定.
- [8] Akikazu Kato, Takahiro Takeuchi, Yoshiyuki Fujita, Consideration on Educational Environment of the BIM Using PBL in the Department of Architecture at Mie University., Proceedings of the 49th Annual Conference of the Environmental Design Research Association, June 6-2018, Refereed Full Papers
- [9] 竹内貴洋, 藤田祥行, 加藤彰一. BIM を用いた建築設計製図教育の現状に関する考察. 日本建築学会 東海支部研究報告集, 2018 発表予定.

第3章

- [1] 福原涼平, 加藤彰一. コンピューティングによる手術部平面計画の評価手法の実践と評価 コンピューティングによる平面計画の評価手法に関する研究. 日本建築学会東海支部研究報告集, 2017.
- [2] 石津優子, 堀川淳一郎, Parametric Design with Grasshopper 建築・プロダクトのための Grasshopper クックブック, 株式会社ビー・エヌ・エヌ新社, 2017
- [3] 吉永卓矢, 脇田建, ビジュアルプログラミング言語とその実行・開発環境の提案、情報処理学会第73回全国大会, 2011
- [4] 竹内貴洋, 加藤彰一. BIM 上のビジュアルプログラミングにて行う簡易的なシミュレーションに関する考察, 支部研究報告集, 2018 発表予定.

第4章

- [1] JIHa. 病院建築賞. 日付不明. http://www.jiha.jp/wpweb_other/prize/hekinan.html.
- [2] m3.com. “重症度、医療・看護必要度って何?” m3.com. 2019. <https://www.m3.com/open/iryoshin/article/598744/>.
- [3] 医療福祉計画課 医療計画グループ健康福祉部愛知県. 愛知県における医療機能ごとの病床の現状（平成29年度 病床機能報告結果）. 2018年10月11日. <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/iryofukushi/29byousyokinouhoukoku.html>.

- [4] 渡辺玲奈, 笥淳夫, 鳥山亜紀, 山下哲郎, 中山茂樹, 急性期病棟における周手術期および看護師の訪問回数と看護必要度との関連 : 看護業務と病棟平面との関連性に関する研究 その8, 学術講演梗概集, 2010
- [5] 梶村郁子原由行, 押山伸次郎, 中根浩二石垣恭子, 看護必要度を活用した看護支援システムの開発と今後の課題. 医療情報学, 2009.
- [6] 厚生労働省. 日付不明. <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2006/07/dl/s0725-9f-12.pdf>.
- [7] 橘幸子. 新看護方式 PNS 実践ガイド&導入病院事例集—ステップアップ編. 日総研出版, 2015.
- [8] 高橋悦子, 内藤堅志, 飯田裕康, 酒井一博, 三浦雅郁子, 村上保夫, 心臓循環専門病院CCUにおける一事例の作業観察による観察業務の実態と特徴. 労働科学, 2010.
- [9] 北村麻美子. “主任看護師 管理・教育・業務.” 7対1や10対1の意味は?病棟に何人いればよい?勤務表作成時に活かす!, 日付不明.
- [11] FM 推進連絡協議会. 公式ガイド ファシリティマネジメント. 日本経済新聞出版社, 2018.

第5章

- [1] 谷口元, 今井正次, 加藤彰一, 山本和典, 志田弘二, 柳沢忠. 看護動線量の予測に関する基礎的研究-N 病棟外科病棟への適応-. 日本建築学会論文報告集, 1984.
- [2] 鳥山亜紀, 渡辺玲奈, 中山茂樹, 笥淳夫, 山下哲郎. 「パーソナル看護拠点」およびその他の看護拠点の機能と配置に関する研究 : 医療・患者情報の電子化と急性期病棟計画の再検討 その2, 日本建築学会計画系論文集, 2008
- [3] 竹内貴洋, 加藤彰一. BIM を用いた全室個室病棟の計画に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集、20171

謝辞

修士論文執筆に際し、研究の方向付けや詳細に至るまで多岐にご指導いただきました加藤彰一教授に深く感謝申し上げます。学部から3年間ご指導いただき、医療施設の設計やFM、さらにはBIMなどの建築情報の在り方など様々な知見を得ることができました。さらに、国際学会をはじめとした様々な場所での発表の機会を頂き、非常に貴重な体験をすることができました。ここに深く感謝申し上げます。

また、副査を引き受けてくださいました浦山益郎教授、大月淳准教授に感謝申し上げます。

三重大学附属図書館研究開発室・長澤多代准教授には、BIM教育研究において高等教育開発の観点から様々ご助言を頂きました。また、安井建築設計事務所の篠原様には、BIMのシミュレーションに関するご助言や実務に際した知見をご教授頂きました。深く感謝いたします。

BIM教育において共同研究者である同研究室大学院1年の藤田君には、アクティブラーニングに関する知見など教わることも多く、BIM教育に関する研究が円滑に進めることができたのも彼が率先して研究を進めてくれたからだと考えております。また、同研究室大学院1年の山口君は、病院研究やBIMシミュレーションを共に研究しており、互いに情報共有しながら活動し様々な知見を得ることができました。さらに、同研究室の学部4年の高木さんには、病棟追跡調査を共に中心となって実施し、看護師さんへの調査後のヒアリング等も積極的に行ってくれました。本研究では高木さんの行動力や作業量に非常に助けられました。ここに深く感謝申し上げます。

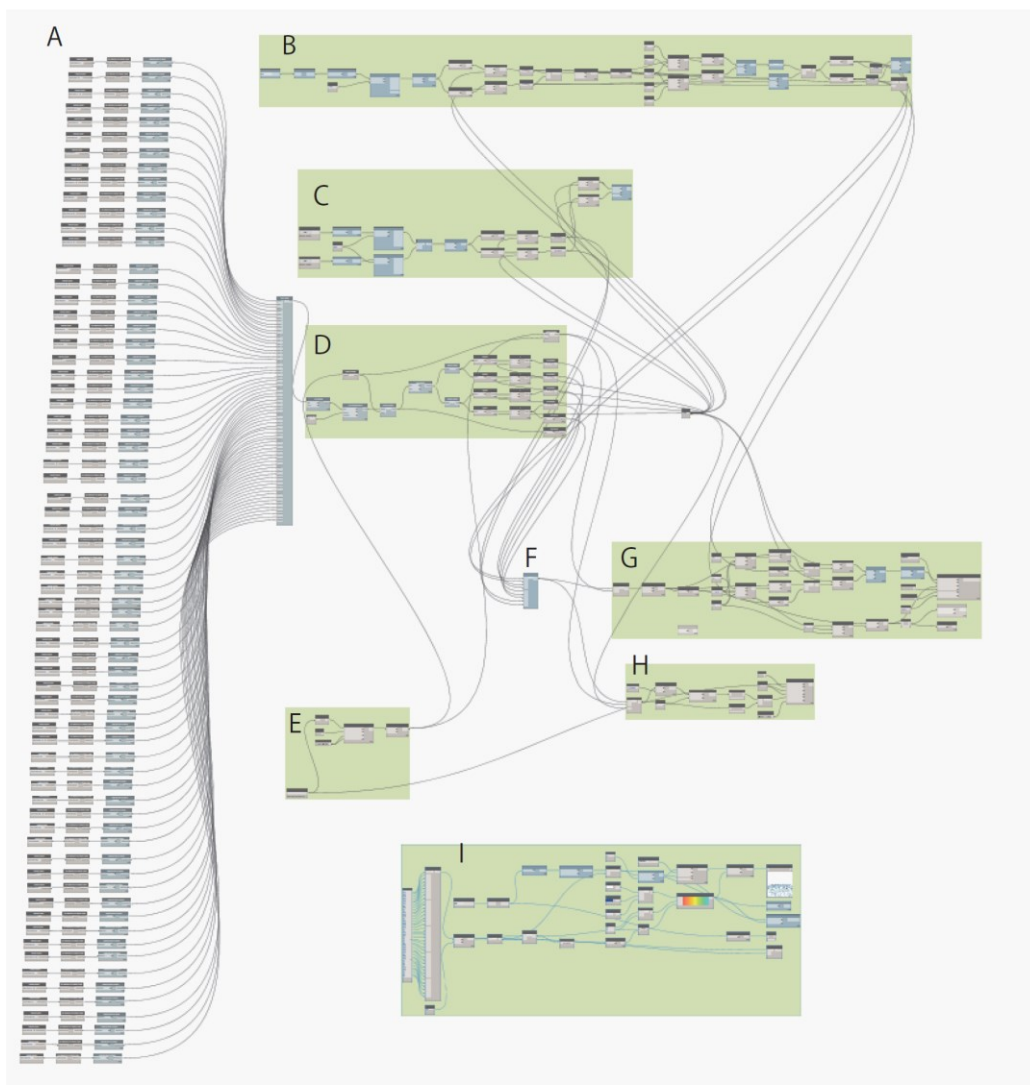
碧南市民病院の関係者の方々へは、個人への情報保護の観点からご氏名の記載を控えさせていただきますが、調査等へのご協力に対し厚く御礼申し上げます。病棟の看護師追跡調査という、看護師の方への負担も大きな調査を実施させて頂きましたことを、心より感謝申し上げます。これらの調査結果は、病院の改築工事等の知見になるよう今後とも精進してまいります。ご丁寧な対応をいただき、誠にありがとうございました。

また、同研究室ドクターの能登様には、病院研究の観点から設計実務に関することまで様々な知見を頂きました。研究室の同僚であるアドリアナさんには同じ修士論文を執筆するものとして様々な刺激をもらいました。学部4年生の今井さん、小林君、坂本君はそれぞれ非常にユニークな研究をしており、多くの知見を頂きました。深く感謝いたします。

なお、本研究の一部は、科学研究費 基盤研究（C）課題番号：15K0635、研究課題名：「建築3次元モデル化に関する問題発見解決型学習方法の開発と整備」に関する研究の一環として行われたものです。

巻末資料

ビジュアルプログラミングの概要図



- A：各目的地の設定と位置の把握
- B：移動線分の設定
- C：極力入らないようにするエリアの設定
- D：目的地の選定
- E：Excelからのデータインポート
- F：最短経路探索アルゴリズム（A-star）
- G：経路の重複の確認（重複していた場合濃い赤色にする）
- H：動線距離及び時間の算出
- I：部屋の着色（看護必要度等の指標にて）

F のテキストプログラミング

```
# Python のサポートを有効にして Design Script ライブラリをロード
import clr
clr. AddReference('ProtoGeometry')
from Autodesk.DesignScript.Geometry import *
# このノードへの入力は、リスト形式で IN 変数に格納されます。
dataEnteringNode = IN
# この行の下にコードを配置します
xlist = IN[0]
ylist = IN[1]
xstarts= IN[2]
ystarts = IN[3]
xgoals = IN[4]
ygoals = IN[5]
listkazu = IN[6]
costupper_x =IN[7]
costupper_y =IN[8]

xmax = max(xlist)
ymax = max(ylist)
xmin = min(xlist)
ymin = min(ylist)

# heap queue simple implementation

# -*- coding: latin-1 -*-

"""Heap queue algorithm (a.k.a. priority queue).

heap = [] # creates an empty heap
heappush(heap, item) # pushes a new item on the heap
item = heappop(heap) # pops the smallest item from the heap
item = heap[0] # smallest item on the heap without popping it
heapify(x) # transforms list into a heap, in-place, in linear time
item = heapreplace(heap, item) # pops and returns smallest item, and adds
# new item; the heap size is unchanged
```

```

__about__ = """Heap queues

__all__ = ['heappush', 'heappop', 'heapify', 'heapreplace', 'merge',
           'nlargest', 'nsmallest', 'heappushpop']

from itertools import islice, count, imap, izip, tee, chain
from operator import itemgetter

def cmp_lt(x, y):
    # Use __lt__ if available; otherwise, try __le__.
    # In Py3.x, only __lt__ will be called.
    return (x < y) if hasattr(x, '__lt__') else (not y <= x)

def heappush(heap, item):
    """Push item onto heap, maintaining the heap invariant."""
    heap.append(item)
    _siftdown(heap, 0, len(heap)-1)

def heappop(heap):
    """Pop the smallest item off the heap, maintaining the heap invariant."""
    lastelt = heap.pop()    # raises appropriate IndexError if heap is empty
    if heap:
        returnitem = heap[0]
        heap[0] = lastelt
        _siftup(heap, 0)
    else:
        returnitem = lastelt
    return returnitem

def heapreplace(heap, item):
    """Pop and return the current smallest value, and add the new item.

    This is more efficient than heappop() followed by heappush(), and can be
    more appropriate when using a fixed-size heap. Note that the value
    returned may be larger than item! That constrains reasonable uses of
    this routine unless written as part of a conditional replacement:

```

```

        if item > heap[0]:
            item = heapreplace(heap, item)
    """
    returnitem = heap[0]    # raises appropriate IndexError if heap is empty
    heap[0] = item
    _siftup(heap, 0)
    return returnitem

def heappushpop(heap, item):
    """Fast version of a heappush followed by a heappop."""
    if heap and cmp_lt(heap[0], item):
        item, heap[0] = heap[0], item
        _siftup(heap, 0)
    return item

def heapify(x):
    """Transform list into a heap, in-place, in O(len(x)) time."""
    n = len(x)
    # Transform bottom-up.  The largest index there's any point to looking at
    # is the largest with a child index in-range, so must have 2*i + 1 < n,
    # or i < (n-1)/2.  If n is even = 2*j, this is (2*j-1)/2 = j-1/2 so
    # j-1 is the largest, which is n//2 - 1.  If n is odd = 2*j+1, this is
    # (2*j+1-1)/2 = j so j-1 is the largest, and that's again n//2-1.
    for i in reversed(xrange(n//2)):
        _siftup(x, i)

def _heappushpop_max(heap, item):
    """Maxheap version of a heappush followed by a heappop."""
    if heap and cmp_lt(item, heap[0]):
        item, heap[0] = heap[0], item
        _siftup_max(heap, 0)
    return item

def _heapify_max(x):
    """Transform list into a maxheap, in-place, in O(len(x)) time."""

```



```
n = len(x)
for i in reversed(range(n//2)):
    _siftup_max(x, i)

def nlargest(n, iterable):
    """Find the n largest elements in a dataset.

    Equivalent to: sorted(iterable, reverse=True)[:n]
    """
    if n < 0:
        return []
    it = iter(iterable)
    result = list(islice(it, n))
    if not result:
        return result
    heapify(result)
    _heappushpop = heappushpop
    for elem in it:
        _heappushpop(result, elem)
    result.sort(reverse=True)
    return result

def nsmallest(n, iterable):
    """Find the n smallest elements in a dataset.

    Equivalent to: sorted(iterable)[:n]
    """
    if n < 0:
        return []
    it = iter(iterable)
    result = list(islice(it, n))
    if not result:
        return result
    _heapify_max(result)
    _heappushpop = _heappushpop_max
    for elem in it:
```

```

    _heappushpop(result, elem)
result.sort()
return result

# 'heap' is a heap at all indices >= startpos, except possibly for pos.  pos
# is the index of a leaf with a possibly out-of-order value.  Restore the
# heap invariant.
def _siftdown(heap, startpos, pos):
    newitem = heap[pos]
    # Follow the path to the root, moving parents down until finding a place
    # newitem fits.
    while pos > startpos:
        parentpos = (pos - 1) >> 1
        parent = heap[parentpos]
        if cmp_lt(newitem, parent):
            heap[pos] = parent
            pos = parentpos
            continue
        break
    heap[pos] = newitem

def _siftup(heap, pos):
    endpos = len(heap)
    startpos = pos
    newitem = heap[pos]
    # Bubble up the smaller child until hitting a leaf.
    childpos = 2*pos + 1    # leftmost child position
    while childpos < endpos:
        # Set childpos to index of smaller child.
        rightpos = childpos + 1
        if rightpos < endpos and not cmp_lt(heap[childpos], heap[rightpos]):
            childpos = rightpos
        # Move the smaller child up.
        heap[pos] = heap[childpos]
        pos = childpos
        childpos = 2*pos + 1

```

```

# The leaf at pos is empty now.  Put newitem there, and bubble it up
# to its final resting place (by sifting its parents down).
heap[pos] = newitem
_siftdown(heap, startpos, pos)

def _siftdown_max(heap, startpos, pos):
    'Maxheap variant of _siftdown'
    newitem = heap[pos]
    # Follow the path to the root, moving parents down until finding a place
    # newitem fits.
    while pos > startpos:
        parentpos = (pos - 1) >> 1
        parent = heap[parentpos]
        if cmp_lt(parent, newitem):
            heap[pos] = parent
            pos = parentpos
            continue
        break
    heap[pos] = newitem

def _siftup_max(heap, pos):
    'Maxheap variant of _siftup'
    endpos = len(heap)
    startpos = pos
    newitem = heap[pos]
    # Bubble up the larger child until hitting a leaf.
    childpos = 2*pos + 1    # leftmost child position
    while childpos < endpos:
        # Set childpos to index of larger child.
        rightpos = childpos + 1
        if rightpos < endpos and not cmp_lt(heap[rightpos], heap[childpos]):
            childpos = rightpos
        # Move the larger child up.
        heap[pos] = heap[childpos]
        pos = childpos
        childpos = 2*pos + 1

```

```
# The leaf at pos is empty now. Put newitem there, and bubble it up
# to its final resting place (by sifting its parents down).
heap[pos] = newitem
_sift_down_max(heap, startpos, pos)

# If available, use C implementation
try:
    from _heapq import *
except ImportError:
    pass

def merge(*iterables):
    """
    _heappop, _heapreplace, _StopIteration = heappop, heapreplace, StopIteration
    _len = len

    h = []
    h_append = h.append
    for itnum, it in enumerate(map(iter, iterables)):
        try:
            next = it.next
            h_append([next(), itnum, next])
        except _StopIteration:
            pass
    heapify(h)

    while _len(h) > 1:
        try:
            while 1:
                v, itnum, next = s = h[0]
                yield v
                s[0] = next()           # raises StopIteration when exhausted
                _heapreplace(h, s)     # restore heap condition
        except _StopIteration:
            _heappop(h)                # remove empty iterator
```

```

if h:
    # fast case when only a single iterator remains
    v, itnum, next = h[0]
    yield v
    for v in next.__self__:
        yield v

# Extend the implementations of nsmallest and nlargest to use a key= argument
_nsmallest = nsmallest
def nsmallest(n, iterable, key=None):
    """Find the n smallest elements in a dataset.

    Equivalent to: sorted(iterable, key=key)[:n]
    """
    # Short-cut for n==1 is to use min() when len(iterable)>0
    if n == 1:
        it = iter(iterable)
        head = list(islice(it, 1))
        if not head:
            return []
        if key is None:
            return [min(chain(head, it))]
        return [min(chain(head, it), key=key)]

    # When n>=size, it's faster to use sorted()
    try:
        size = len(iterable)
    except (TypeError, AttributeError):
        pass
    else:
        if n >= size:
            return sorted(iterable, key=key)[:n]

    # When key is none, use simpler decoration
    if key is None:
        it = izip(iterable, count())
                                # decorate

```

```

        result = _nsmallest(n, it)
        return map(itemgetter(0), result)                # undecorate

# General case, slowest method
in1, in2 = tee(iterable)
it = izip(imap(key, in1), count(), in2)                # decorate
result = _nsmallest(n, it)
return map(itemgetter(2), result)                    # undecorate

_nlargest = nlargest
def nlargest(n, iterable, key=None):
    """Find the n largest elements in a dataset.

    Equivalent to: sorted(iterable, key=key, reverse=True)[:n]
    """

    # Short-cut for n==1 is to use max() when len(iterable)>0
    if n == 1:
        it = iter(iterable)
        head = list(islice(it, 1))
        if not head:
            return []
        if key is None:
            return [max(chain(head, it))]
        return [max(chain(head, it), key=key)]

    # When n>=size, it's faster to use sorted()
    try:
        size = len(iterable)
    except (TypeError, AttributeError):
        pass
    else:
        if n >= size:
            return sorted(iterable, key=key, reverse=True)[:n]

    # When key is none, use simpler decoration

```

```

if key is None:
    it = izip(iterable, count(0,-1))           # decorate
    result = _nlargest(n, it)
    return map(itemgetter(0), result)         # undecorate
# General case, slowest method
in1, in2 = tee(iterable)
it = izip(imap(key, in1), count(0,-1), in2)  # decorate
result = _nlargest(n, it)
return map(itemgetter(2), result)           # undecorate
if __name__ == "__main__":
    # Simple sanity test
    heap = []
    data = [1, 3, 5, 7, 9, 2, 4, 6, 8, 0]
    for item in data:
        heappush(heap, item)
    sort = []
    while heap:
        sort.append(heapop(heap))

    import doctest
    doctest.testmod()

def calc_xm(n):
    return n - xmin

def calc_ym(n):
    return n - ymin

xlist2 = []
for val in xlist:
    xlist2.append(calc_xm(val))

ylist2 = []
for val in ylist:
    ylist2.append(calc_ym(val))

```

```

cost_ux = []
for val in costupper_x:
    cost_ux.append(calc_xm(val))

cost_uy = []
for val in costupper_y:
    cost_uy.append(calc_ym(val))

cost_u=[]
for i in range(len(cost_ux)):
    cost_u.append((cost_ux[i],cost_uy[i]))

if xmax >= ymax:
    s = max(xlist2)

if xmax < ymax:
    s = max(ylist2)

wall=[]
for i in range(len(xlist2)):
    t = xlist2[i-1]
    t2 = ylist2[i-1]
    z = (t , t2)
    wall.append(z)

class Queue:
    def __init__(self):
        self.elements=[]

    def empty(self):
        return len(self.elements) == 0

    def put(self, x):
        self.elements.append(x)

    def get(self):

```



```

        return self.elements.appendleft()

    # utility functions for dealing with square grids
def from_id_width(id, width):
    return (id % width, id // width)

class SquareGrid:
    def __init__(self, width, height):
        self.width = width
        self.height = height
        self.walls = []

    def in_bounds(self, id):
        (x, y) = id
        return 0 <= x < self.width and 0 <= y < self.height

    def passable(self, id):
        return id not in self.walls

    def neighbors(self, id):
        (x, y) = id
        results = [(x+1, y), (x, y-1), (x-1, y), (x, y+1) ]
        if (x + y) % 2 == 0: results.reverse() # aesthetics
        results = filter(self.in_bounds, results)
        results = filter(self.passable, results)
        return results

    def neighbors_naname(self, id):
        (x, y) = id
        results = [(x+1, y+1),(x+1,y-1), (x-1,y-1),(x-1,y+1)]
        if (x + y) % 2 == 0: results.reverse() # aesthetics
        results = filter(self.in_bounds, results)
        results = filter(self.passable, results)
        return results

class GridWithWeights(SquareGrid, object):

```

```

def __init__(self, width, height):
    super(GridWithWeights, self).__init__(width, height)
    self.weights = {}

def cost(self, from_node, to_node):
    return self.weights.get(to_node, 1)

def cost_naname(self, from_node, to_node):
    return self.weights.get(to_node, 1.4)

width = s + 100
height = s + 100

diagram4 = GridWithWeights(width, height)
diagram4.walls = wall

class PriorityQueue:
    def __init__(self):
        self.elements = []

    def empty(self):
        return len(self.elements) == 0

    def put(self, item, priority):
        heappush(self.elements, (priority, item))

    def get(self):
        return heappop(self.elements)[1]

def heuristic(a, b):
    (x1, y1) = a
    (x2, y2) = b
    return abs(x1 - x2) + abs(y1 - y2)

def a_star_search(graph, start, goal):
    frontier = PriorityQueue()

```

```

frontier.put(start, 0)
came_from = {}
cost_so_far = {}
came_from[start] = None
cost_so_far[start] = 0

while not frontier.empty():
    current = frontier.get()
    if current == goal:
        break
    for next in graph.neighbors(current):
        if next in cost_u:
            new_cost = cost_so_far[current] + graph.cost(current, next) + 100
            if next not in cost_so_far or new_cost < cost_so_far[next]:
                cost_so_far[next] = new_cost
                priority = new_cost + heuristic(goal, next)
                frontier.put(next, priority)
                came_from[next] = current

        else:
            new_cost = cost_so_far[current] + graph.cost(current, next)
            if next not in cost_so_far or new_cost < cost_so_far[next]:
                cost_so_far[next] = new_cost
                priority = new_cost + heuristic(goal, next)
                frontier.put(next, priority)
                came_from[next] = current

    for next in graph.neighbors_naname(current):
        if next in cost_u:
            new_cost = cost_so_far[current] + graph.cost_naname(current, next)+100
            if next not in cost_so_far or new_cost < cost_so_far[next]:
                cost_so_far[next] = new_cost
                priority = new_cost + heuristic(goal, next)
                frontier.put(next, priority)
                came_from[next] = current

        else:

```

```
        new_cost = cost_so_far[current] + graph.cost_name(current, next)
        if next not in cost_so_far or new_cost < cost_so_far[next]:
            cost_so_far[next] = new_cost
            priority = new_cost + heuristic(goal, next)
            frontier.put(next, priority)
            came_from[next] = current

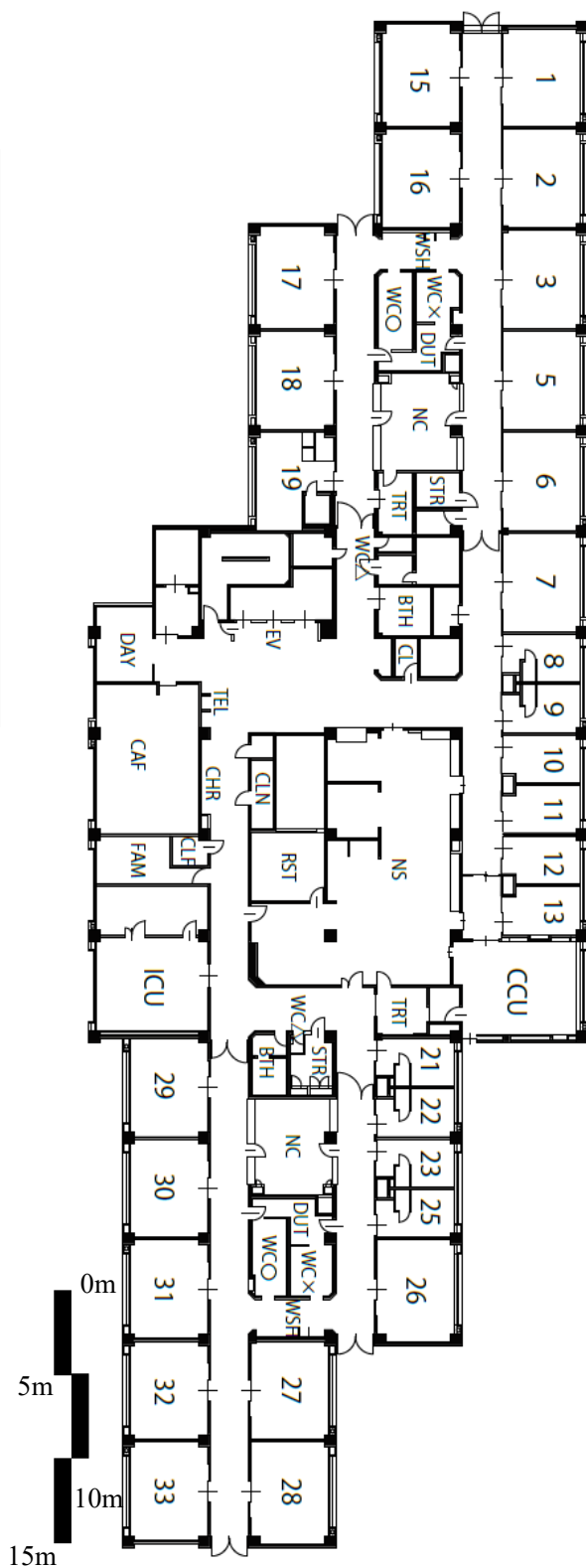
    return came_from, cost_so_far

def reconstruct_path(came_from, start, goal):
    current = goal
    path = []
    while current != start:
        path.append(current)
        current = came_from[current]
    path.append(start) # optional
    path.reverse() # optional
    return path

paths = []
for i in range(len(xgoals)):
    xgoal = xgoals[i]
    ygoal = ygoals[i]
    xstart = xstarts[i]
    ystart = ystarts[i]
    x = xstart - xmin
    y = ystart - ymin
    xg = xgoal - xmin
    yg = ygoal - ymin
    came_from, cost_so_far = a_star_search(diagram4, (x, y), (xg, yg))
    path = reconstruct_path(came_from, start=(x, y), goal=(xg, yg))
    paths.append(path)

# 出力を OUT 変数に割り当てます。
OUT = paths
```

碧南市民病院 平面図



病棟別	
BR	: Bed room
NC	: Nurse corner
WASH	: Wash basin
LAV	: Lavatory
DUT	: Dirty utility
STR	: Storage
TRE	: Treatment room
BTH	: Bath room
CL	: Closet
WC	: Water closet

各階共用	
NS	: Nurse station
EV	: Elevator hall
DAY	: Day room
CAF	: Cafeteria
FAM	: Family room
RST	: Rest room
CLN	: Closet
CLF	: Closet
WHC	: Wheelchair
TEL	: TEL corner
CHR	: Stretcher