

オフィスビルにおけるトイレ設計のための 衛生機器自動配置システムの開発

Development of Automatic Layout System of Sanitary Equipment for Office Restroom Planning

○前田 隆成*¹, 大西 康伸*²
Ryusei MAEDA*¹ and Yasunobu ONISHI*²

*1 熊本大学大学院自然科学教育部 大学院生

Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ.

*2 熊本大学大学院先端科学研究部 准教授 博士 (学術)

Associate Prof., Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto Univ., Ph. D.

キーワード: オフィスビル; BIM; 便所; 衛生機器; ビジュアルプログラミング; 自動配置

Keywords: Office; BIM; restroom; sanitary equipment; visual programing; automatic layout planning.

1. 研究の背景と目的

近年、建築分野において BIM が普及しつつあり、設計段階でも効率化を目指してその導入が進んでいる。しかし、単に BIM ソフトを用いるだけでは、設計の効率化には限界がある。BIM ソフトで稼働する設計作業の自動化システムを導入することで、人が行っている煩雑な作業を効率化し、設計案作成におけるルーティン作業にかかる手間を削減することができると思われる。

一方、トイレの設計における大便器ブース、洗面台、小便器（以下、衛生機器）の配置計画には身体寸法を基にした様々なルールが存在しており、それらを考慮した配置計画を行う必要がある。トイレの衛生機器の配置に関するルールを明らかにし、それに基づき BIM データ内に自動的に設計案を提示できるプログラムを作成すれば、手作業だと手間がかかる衛生機器の配置パターンを検討する作業や、配置個数を計算する作業を短時間で行うことができるため、意匠設計者がプロポーザルや基本設計などにおいて活用できると考える。

そこで本研究では、BIM ツールで稼働する、トイレの設計における衛生機器の自動配置プログラム（以下、自動配置プログラム）の開発を目的とする。なお、本研究では対象をオフィスビルのトイレとする。理由として、オフィスビルは他の用途に比べ事例数が多く機能重視であり、トイレの配置ルールの特徴が分析しやすいと考えたためである。

2. 既往研究

設計の自動化を行った研究として、川窪ら¹⁾、桑川²⁾は、住宅における所要室の隣接関係を入力することで、その条件を満たした室配置を簡易的な図として提示する

プログラムを開発した。しかし、住宅のプランニングは室の隣接関係以外に多くのことを考慮する必要があり、自動化できたのはプランニングの一部であると言える。一方、本研究で対象とするオフィスビルのトイレはある程度共通化されたルールに従ってプランニングが制御されており、基本設計段階でのプランニングの大部分の自動作成が可能である。また、BIM データ内に自動的にモデルが生成されるため、BIM を使って設計を行う中で任意のタイミングで開発プログラムを利用することができる。

施工計画作業で自動化を行った研究として、松尾ら³⁾は RC の構造設計モデルを対象に、せき板を自動的に割付けるシステムを開発した。BIM モデルの形状情報に基づきオブジェクトを自動で配置する点で参考になる。しかし、本研究はより複雑な配置ルールを考慮している点、配置パターンを複数の条件分岐から決定している点でこの研究とは異なる。

3. オフィスビルにおけるトイレの衛生機器配置ルールと配置パターンの作成

3.1. 配置ルールの作成

システムを開発する手順として、まず、コンパクト建築設計資料集⁴⁾及び SHASE-S206-2019 給排水衛生設備規準・同解説⁵⁾をもとに、トイレの衛生機器基本配置ルールの整理を行った。次に、整理したルールと建築雑誌である「新建築」より収集したオフィスビルにおけるトイレの図面^{註1)}（以下、実在案）との比較分析を行い、自動配置プログラムに実装するオフィスビルのトイレの衛生機器配置ルールを作成した（表 1）。

作成した 33 項目の配置ルールの中から、単純な条件分

岐では一意に配置位置を決定できない SK に関するルール等を除いた 27 項目のルールを本研究の自動配置プログラムに実装する配置ルールとした。また、プログラムに実装する配置ルールのうち、No.24「ドアを設けない場合は視線制御トラップを設ける」については、本研究では視線制御トラップを用いた出入口の方が好ましいため、ドアを設ける方法を採用しないこととする。

表 1 抽出した衛生機器配置ルールとプログラムの実装

カテゴリ	No.	ルール	実装
便器	1	ブースの大きさは、間口 900~1100mm、奥行き 1350mm 以上とする	○*
	2	ドアの幅は 550~600mm とする	○
	3	ライニングの奥行きを 200mm~300mm 設ける	○
	4	器具端 430mm~550mm 設ける	○
	5	器具ピッチは 900mm~1000mm とする	○
	6	通路に対して、垂直・平行の 2 つのタイプがある	○
	7	大便器の最小器具数は、男子は労働者数/60、女子は労働者数/20 とする	×
小便器	8	小便器は奥行き 400~500mm とする	○
	9	ライニングの奥行きを 100~300mm 設ける	○
	10	器具端は 380~700mm とする	○
	11	器具ピッチは 750~900mm とする	○*
	12	小便器の最小個数は、労働者数/30 とする	×
洗面台	13	洗面カウンターの奥行きは 400~650mm とする	○
	14	器具端は 380~700mm とする	○
	15	器具ピッチは 750mm~900mm とする	○
	16	入り口付近に配置する	○
	17	鏡に便器類が写らないようにする	○
通路幅	18	洗面台の個数は大便器の個数と同数か±1 個とする	○
	19	大便器ブースに面した通路幅は 600mm 以上とする	○
	20	大便器ブースが向かい合う場合の通路幅は 1000mm 以上とする	○
	21	小便器に面した通路幅は 800mm 以上とする * 動作必要寸法を含める	○
	22	洗面ブースの通路幅は 1000mm 以上とする * 動作必要寸法を含める	○
出入口	23	前室通路幅は 900mm 以上とする	○
	24	ドアを設けない場合は視線制御トラップを設ける	○
	25	出入口の幅は 800mm 以上とする	○*
	26	通路の進行方向から見て男子トイレを手前、女子トイレを奥に配置する	×
	27	男女の出入口はなるべく離す	○
その他	28	SK は 1.男女それぞれに設置、2.ニュートラルゾーンに設置、3.男性用のみに設置の優先順位で設ける	×
	29	SK のブースの大きさは、間口 800~1400mm、奥行き 600~1400mm とする	×
	30	多目的トイレは入り口付近に設けることが望ましい	○
	31	オフィスの利用人員=執務面積×0.1(人員密度)	×
	32	多目的トイレのブースの大きさは、男女トイレと隣接して配置される場合は間口 2000~2600mm、奥行き 2000~2600mm とする	○
	33	多目的トイレのブースの大きさは、男女トイレとそれぞれに配置される場合は間口 1400~2200mm、奥行き 1200~2600mm 以上とする	○

○:実装する配置ルール、○*:実装する配置ルール(設計者が手動で設定)
×:実装しない配置ルール

3.2. 配置パターンと配置個数の作成

自動配置プログラムに実装するトイレの配置パターンを決定するため、収集した実在案 178 事例を男女トイレの位置関係(隣接しているかどうか)、男女トイレを合わせたトイレ全体(以下、トータルエリア)の形状、多目的トイレの配置位置で分類を行った。分類した結果、178 事例中 79 事例が男女トイレが隣接しており、かつトータルエリア形状が矩形であった。研究の第一歩として、これらを本プログラムで支援する対象とした。

多目的トイレの配置位置は、本研究で対象とする 79 事例の分類により決定した。分類した結果、本プログラムに実装する多目的トイレの配置パターンは、1.多目的トイレ男女間隣接配置(79 事例中 14 事例)、2.多目的トイレ男女それぞれ配置(79 事例中 8 事例)、3.多目的トイレ配置なし(79 事例中 46 事例)の 3 パターンとした。

次に衛生機器の配置パターンの分類を行った。その結果、トータルエリアの形状は横型(廊下に男子または女子トイレ(以下、サブエリア)の長辺が接しているもの)、

縦型(廊下にサブエリアの短辺が接しているもの)に分類できた。配置パターンは実在案 178 事例の分析により、サブエリアの短辺が大きくなるにつれて、1.横並び(男子 14 事例、女子 47 事例)、2.向かい合い(男子 51 事例、女子 6 事例)、3.アイランド(男子 7 事例、女子 6 事例)の大きく分けて 3 つの配置パターンへと順に変化し、サブエリアの長辺が大きくなるにつれて、衛生機器の配置個数が増加していることが明らかになった(図 1)。

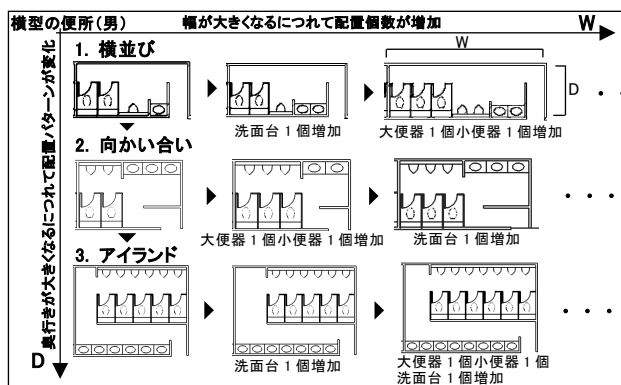


図 1 プログラムの方針

4. トイレの衛生機器自動配置プログラムの開発

4.1. 開発環境

開発にあたり、BIM ソフトとして Revit2021(以下、Revit)、Revit のプラグインとしてとしてビジュアルプログラミング言語が実装できる Dynamo2.0.3(以下、Dynamo)を使用した。BIM パーツとして大便器ブース 2 種類(トイレ内通路に対して垂直に配置される場合と並行に配置される場合)、小便器 1 種類、小便器ライニング 1 種類、洗面台 1 種類、多目的トイレ 2 種類(男女トイレ間に隣接して配置される場合と、男女トイレ内それぞれに配置される場合)を作成した。

4.2. プログラムの概要

自動配置プログラムは、多目的トイレの配置パターンによって「多目的トイレ男女間隣接」、「多目的トイレそれぞれ/配置なし」の 2 つのプログラムを設計者が目的に応じて選択する。設計者はトイレの出入口を作成する壁を指定するだけで、プログラムはトータルエリアの寸法に基づき配置パターンを選択するとともに、器具寸法等のパラメータ値に基づき衛生機器の配置数を決定し、配置ルールに従った案が BIM データ内に作成される。なお、廊下側から見て男子が右側、女子が左側に作成される仕様とする。プログラムで扱うパラメータを図 2 に示す。

自動配置プログラムの処理の流れを図 3 に示す。Step1~4 において、設計者が選択した多目的トイレ配置位置や、トータルエリアの寸法、設計者が設定したパラメータ情報を取得し、男子トイレと女子トイレのサブエリアに分割する。Step5 以降は男女トイレそれぞれで同様の流

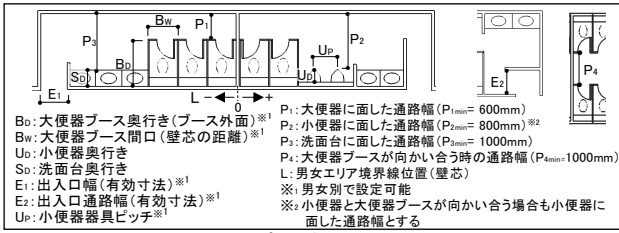


図2 自動配置プログラムで扱うパラメータ

表2 プログラム案と実在案の相違点

相違点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	計	
a	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	32
b	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	26
c	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	14
d	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5	
e	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3	
f	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	

相違点 a、b、c のみに当てはまる 25 事例

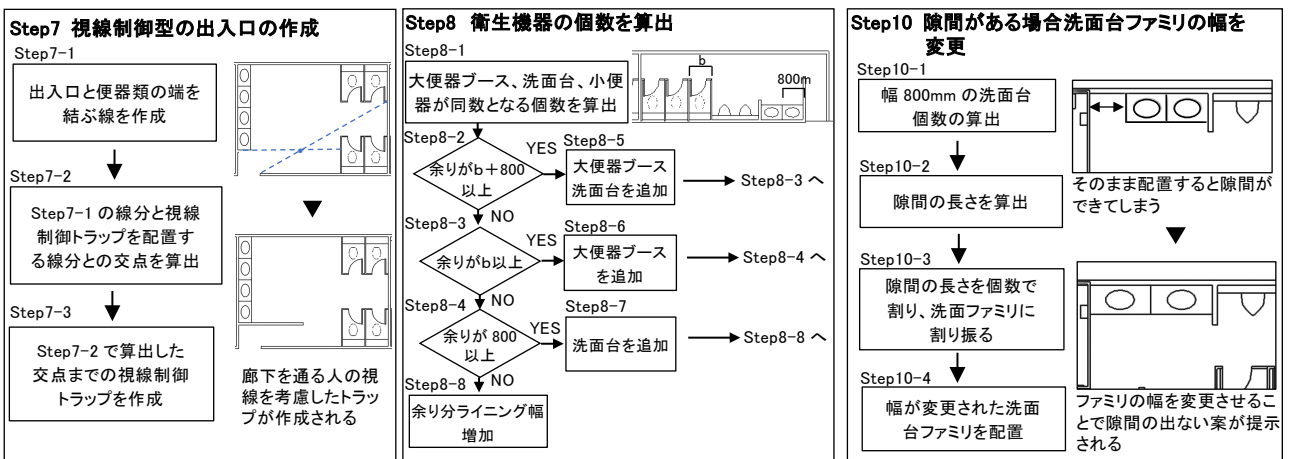
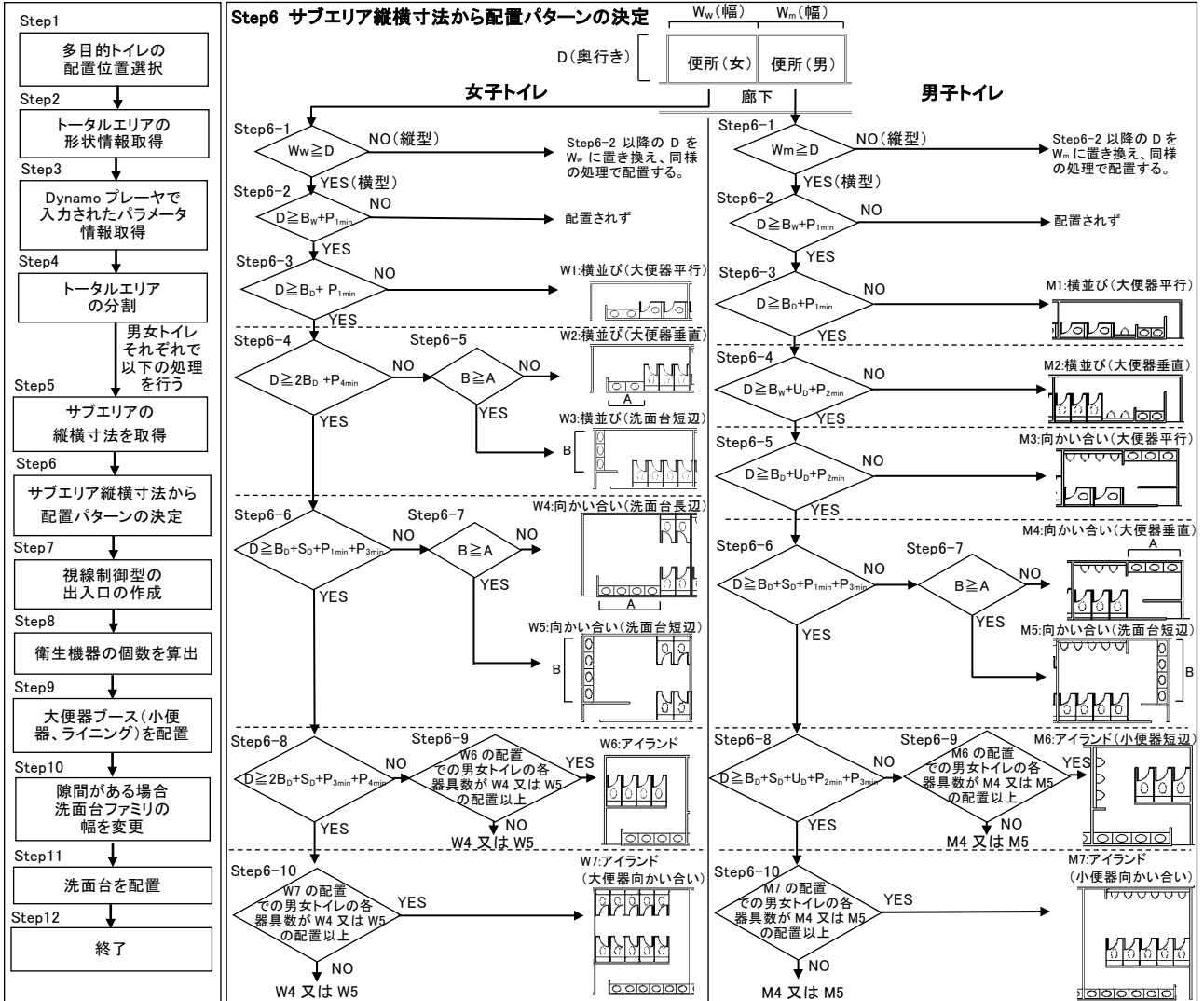


図3 プログラムの処理の流れ

れで処理を行う。

Step6の男子トイレと女子トイレの配置パターンは、サブエリアの縦横長さから、 $W \geq D$ である横型と、 $W < D$ である縦型に分類し、そこから短辺の長さで各配置パターンが決定される。以下は男子トイレ横型の配置パターンの判定について説明する。配置パターンは、サブエリアの短辺が大きくなるにつれて横並び、向かい合い、アイランドの順に判定し、トイレ内の通路幅の最小値が確保できるように決定される。M6、M7の配置より、M4、M5の配置の方が器具数を多く確保できる場合があるため、Step6-9、Step6-10でM6、M7の各器具数をM4、M5と比較し、多い方が採用される。縦型も横型と同様の判定がされる。配置パターンは、多目的トイレの配置位置3パターンに対して、それぞれ14の衛生機器配置パターンが存在するため、男女トイレ各42パターンが存在する。

Step8では、横型の場合サブエリアの長辺の大きさから衛生機器の配置個数が決定される。洗面台、大便器ブースの個数は、表1のNo.18「洗面台の個数は大便器ブースの個数と同数か±1個とする」のルールに基づき最大数が配置され、小便器は設定した器具配置間隔で最大数が配置される。また、アイランド型の配置は異なった衛生機器が横に並ぶことがなく配置個数の関係を考慮する必要がないため、各衛生機器が最大数で配置される。

5. 自動配置プログラムの評価

5.1. 評価方法

本プログラムが実在案と近い配置案を提示できるか評価するため、自動配置案と実在案の「器具数、通路幅、洗面台大きさ、出入口位置、余白面積、配置パターンの違い」について比較した。開発プログラムが対象とした79事例を、多目的トイレの位置、トイレ面積の規模、エリアの縦横比に基づき分類し、各分類において4事例以下しかないものは全ての事例を対象とし、4事例より多い項目は無作為に抽出した3事例を対象とした。その結果、計34事例を比較対象とした。なお、比較評価では実在案と同じトイレエリア形状とパラメータ値を設定した。

5.2. 評価結果

評価の結果、全34事例中33事例は各器具数が同程度（自動配置案の器具数-実在案の器具数 ≥ -1 ）の配置案が作成されたが、以下のような相違点が見られた（表2）。

相違点a「SKやPSがない」は、配置パターンに大きく影響はなく配置パターン決定後に手動でも対処できる要素である。相違点b「出入口の位置や視線制御トラップの入り方が異なる」は、配置パターンは同じであっても出入口の位置が異なることで洗面台の配置に影響を与えている。そのため、プログラムで出入口の位置を変更できる仕様とする必要がある。相違点c「化粧・歯磨きス

ペースがない」は、配置パターンに影響はなく洗面台前の余剰スペースに適宜手動で化粧・歯磨きスペースを設けることで対処できる。相違点d「便器類と洗面台が向かい合う配置になっていない」は、鏡に便器類が写ってしまうため、本研究ではルール上対応していない配置パターンである。器具数を確保したい場合に配置されるパターンとして導入する必要がある。相違点e「男女トイレそれぞれの多目的トイレが出入口側に配置されない」は、多目的トイレの位置は全体の配置に影響を与える要素であるため、プログラムが対応する必要がある。相違点f「出入口が両側にある場合に対応できない」は、本研究では考慮していないパターンであり、全体の配置も大きく異なるため、プログラムを大幅に改変して対応する必要がある。以上の結果から、相違点a、b、cのみに当てはまる34事例中25事例は、手動での配置や、衛生機器の移動により容易に対処でき、実在案と同様の配置パターンを作成することができたと言える。一方、相違点d、e、fに当てはまる9事例は実在案の配置パターンとは根本的に異なるため、プログラムを改善する必要がある。

6. 本研究の成果と課題

本研究の成果として、1) 実在案の分析によるオフィスのトイレの配置ルールの作成と配置パターンの分類、2) 作成した配置ルールと配置パターンに基づく衛生機器自動配置プログラムの開発、3) 実在案との比較評価による自動配置プログラムの評価があげられる。

課題と展望として、1) 余剰スペースの解消、多目的トイレの配置や出入口のバリエーションに対応したプログラムの開発、2) 配置ルールやパターン以外の条件の加味（配管設備など）があげられる。

注釈

注1) 新建築社編、「新建築2001年1月号」、新建築社、2001～新建築社編、「新建築2020年5月号」、新建築社、2020に掲載されたオフィスのうち、トイレの図面が確認できる全178事例。

参考文献

- 1) 川窪広明、辻正矩、「2階建て住宅平面プラン作成方法について ユーザーフレンドリーな知的CADシステムの開発（その4）」、日本建築学会第22回情報・システム・利用・情報シンポジウム論文集、pp.205-208、1999
- 2) 桑川栄一、「室配置方角と室接続関係の図式化を用いた平面プラン作成支援方法の提案」、日本建築学会計画系論文集、pp.13-20、2004
- 3) 松尾賢史、大西康伸、「BIMを利用した構造設計モデルに基づく型枠データの自動生成に関する研究」、日本建築学会第42回情報・システム・利用・情報シンポジウム論文集、pp.58-63、2019
- 4) 日本建築学会編、「コンパクト建築設計資料集」、丸善出版、2005.3
- 5) 空気調和・衛生工学会、「SHASE-S206-2019 給排水衛生設備標準・同解説」、空気調和・衛生工学会、2020.07