

博士論文

建築平面の設計支援に関する研究

桑川 栄一

2006年 2月 20日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
博士（工学）授与の要件として提出した博士論文である。

桑川 栄一

審査委員： 渡邊 勝正 教授
植村 俊亮 教授
伊藤 実 教授
山下 茂 助教授

建築平面の設計支援に関する研究*

桑川 栄一

内容梗概

近年、建築物の住み手や利用者が積極的に建築物の設計に参加する参加型設計が増加しつつある。設計段階における設計参加手法はワークショップの形式を採ることが多い。ワークショップとは設計参加者同士がツール等を用いて互いに意見を出し合い、建築や空間のイメージの共有を図って具体的な設計案を作り上げる作業である。しかし、設計経験があまりない設計参加者にとって言葉やイメージから設計案を作成することは困難なことであり、現在、設計案（図面）の作成は設計専門家の助言の下で行われている。設計専門家と非設計専門家の違いは設計に関する知識と経験を持っている点であり、これら設計に関する知識と経験によって設計案が作成される。

そこで、本論文では設計案を作成する知識と経験を過去の優れた設計事例に求めた。優れた設計事例は建築計画的に考慮されており、設計に関する知識を内包している。また、同一用途の建築物を複数集積することは当該建築物に関する経験と言え、経験により様々な設計条件に応じた設計案を作り出すことが可能である。

本論文では、過去の優れた設計事例に内包されている知識と経験を新しい設計に活用するために「検索形設計支援システム」を提案する。

非設計専門家が積極的に設計に参加できるようにするために、本論文では新しく設計しようとする建築物に対する言葉やイメージなどの断片的、不確定なユーザーの入力から平面プランを描くことを目標とした。設計に対する要求をまとめて大まかな設計案を作成する段階を概念設計と呼び、この概念設計を計算機により支援することが非設計専門家の設計支援に繋がる。

*奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学専攻学位論文，
NAIST-IS-DD0161015, 2006年2月20日。

検索形設計支援は、過去の優れた既存設計事例を計算機内に格納しておき、新規の設計を行う際には設計要求・条件を満たした既存設計事例を検索・選定し、選定した既存設計事例を基に新規の設計を行うものである。

このため、既存設計事例を検索可能な形式で計算機に格納する必要がある。既存設計事例を検索可能な形式で計算機に格納するための方法として「空間配列」を提案した。また、選定した空間配列を基にして新たな平面プランを描く方法を提案した。

本論文で提案した「空間配列を用いた検索形設計支援方法」により、設計条件として入力した室配置方角、室接続関係を満たした空間配列を検索・選定することができた。また、選定した空間配列を基にして新たな平面プランを得ることができた。選定した空間配列および空間配列を基にした平面プランの両者は共に設計条件とした室配置方角、室接続関係を満たしており、本論文で目標とした断片的な入力から平面プランを得ることを可能とした。

また、検索形設計支援方法を大規模な設計に対応させるために「ゾーンプランニング手法」を提案・導入した。大規模設計では、配置する室数が大幅に増加するため、関連室同士を「室グループ」として扱い、平面図を大まかに区分けした「ゾーン」に配置していく方法が有効である。このため、ゾーンプランニングを計算機によって扱うための「ゾーン配列」及び、積層型建築物の設計に対応させるために「3次元空間配列」を提案した。

ゾーン配列を用いることで大規模設計事例を抽象化することができ、これを計算機に格納することが可能になった。また、ゾーン同士の接続関係から既存大規模設計事例のゾーン配列を検索・選定することができた。

キーワード

建築設計支援， 検索形設計支援， 既存設計事例， 平面図記号化， 空間配列

A Study in Architectural-floor-planning support *

Eiichi Kuwakawa

Abstract

Recently, building-users are being concerned with the building design actively. Most of them are non-design specialists, and they take part design in workshop. Design participants share each other's building image, and a concrete design plan is made in the workshop. But it is difficult for design participants to make a design plan by the word and the image, because they do not have the design experience for the design object. Therefore, design participants are making a design plan under the advice of design specialists. A difference in the design specialist and the non-design specialist is to have the knowledge and the experience about the design object. In other words, the knowledge and the experience about the design object make a design plan.

The knowledge that is necessary for the design is contained in the same kind of existent design. And, it becomes a design experience when the same kind of existent design is reserved.

In this paper, we propose how to support new design by using the existent design.

So, we propose "Room-matrix" as the way of storing the characteristics of the existent design in a computer. The Room-matrix shows the room-direction and the room-connection of the existent design. And Room-matrix can be looked up from the some part of the room-direction and the room-connection. A designer (user) can make new building design by this retrieval design system.

The purpose of this paper is the proposal of the system which smooths the design activities of the non-design specialists.

. *Doctoral Dissertation, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-DD0161015, February 20, 2006.

Then, a goal for this paper is to draw a building plan from the fragmentary design request such as the some part of the room-direction and the room-connection. A stage to make a rough design plan from the design request is called a conceptual design. So, we propose “retrieval design” to give the support of the conceptual design by the computer. The process of the retrieval-design is shown here.

First, store the existent designs in the computer.

Next, select the existent design that satisfies the design request.

Then, make a new building plan based on the selected existent design.

So, we propose “Room-matrix” as the way of storing existent design in the computer. And, we show the method with that the existent design is looked up from the design request. After that, we mention the method that draws a new building plan based on the selected existent design. We could make the new building plan that satisfied a design request as a result of using the Room-matrix and the retrieval-design.

Next, we propose “Zone-planning-method”, and by means of it we realize the retrieval-design for the large-scale design. The number of rooms increases drastically in the large-scale design. So, the rooms of the similar use are collected as “room-group”, and the room-groups are posted in some zone. The building plan is sorted in some “zone”. We propose “Zone-matrix”, and apply it to store the zone-plan of the large-scale existent design in the computer. And, we propose “Three-dimensional Room-matrix” to make a layer-building-plan.

The large-scale existent design was made in the abstract by using Zone-matrix, and it could be stored in the computer as a result. Moreover, Zone-matrix of the large-scale existent design is looked up from the connection between the zones, and it can be selected. We propose Room-matrix and Zone-matrix, and show the validity of retrieval-design from the experiment of Room-matrix and Zone-matrix in this paper.

Keywords:

Computer-Aided-Architectural-Design, Retrieval-design, Existing-floor-plan, Floor-plan-encoding, Room-matrix

目次

第1章 はじめに	1
1-1. 建築設計の展開	1
1-1-1. 住み手参加型設計の増加	1
1-1-2. 設計への参加手法	2
1-1-3. デザインワークショップの事例	4
1-2. 非設計専門家のための建築設計支援	8
1-2-1. 空間に対する要求の把握	8
1-2-2. 要求から平面形への翻訳	8
1-2-3. 空間計画に関する知識の支援	8
1-3. 既存設計事例を活用した建築設計支援	13
1-3-1. 既存設計事例の空間配列の作成	13
1-3-2. 空間配列の検索	13
1-3-3. 空間配列から平面形への翻訳	13
1-4. 本論文の概要	15
第2章 設計のプロセス	17
2-1. 設計要求	17
2-1-1. 要求内容の明確化	17
2-1-2. 機能解析	18
2-2. 概念設計	18
2-2-1. 機能の組合せ	18
2-2-2. 方式の選定	20
2-3. 基本設計	20
2-3-1. 設計案の具体化	20
2-3-2. 形状モデル	23
2-4. 詳細設計	23
2-4-1. 基本設計の最適化	23
2-4-2. 寸法の割付	24

2-5.	建築の設計要求	25
2-5-1.	要求内容の明確化	25
2-5-2.	機能解析	25
2-6.	建築の概念設計	27
2-6-1.	機能の組合せ	27
2-6-2.	方式の選定	28
2-7.	建築の基本設計	29
2-7-1.	設計案の具体化	29
2-7-2.	形状モデル	30
2-8.	建築の詳細設計	30
2-8-1.	基本設計の最適化	30
2-8-2.	寸法の割付	31
2-9.	章結	32
第3章 計算機による建築設計支援		34
3-1.	建築設計支援に関する既往研究	34
3-1-1.	直方体分割図を用いた設計計画	34
3-1-2.	逐次近似型室配置	36
3-1-3.	フレキシブル条件の室配置	36
3-1-4.	グラフ理論的アプローチによる平面計画	40
3-1-5.	遺伝的アルゴリズムによる形状の最適化	41
3-1-6.	直交グラフ描画法を用いた室配置手法	42
3-1-7.	GAを用いた室・通路・出入口配置の最適化	44
3-1-8.	ルールに基づいて室を配置するエキスパート・システム	45
3-1-9.	制約処理による室配置	46
3-1-10.	空間的関係の評価	46
3-1-11.	既往研究の傾向	48
3-2.	非設計専門家を対象とした設計支援システム	50
3-3.	章結	51

第4章 計算機による概念設計支援	53
4-1. 非設計専門家のための建築設計支援の目標	53
4-2. 計算機による概念設計支援の既往研究	56
4-2-1. 創成形概念設計	56
4-2-2. 検索形概念設計	58
4-3. 空間配列検索形の概念設計支援	59
4-3-1. ボルトの創成形概念設計における組合せ	59
4-3-2. 建築平面の創成形概念設計における組合せ	59
4-3-3. 室接続関係を考慮した創成形概念設計の困難さ	61
4-3-4. 空間配列検索形概念設計	62
4-4. 既存設計事例上の空間配列の活用	65
4-4-1. 建築平面の計画知識	66
4-4-2. 既存設計事例上の室配置方角	68
4-4-3. 既存設計事例上の室接続関係	72
4-5. 章結	74
第5章 既存設計事例を活用した設計支援システム	76
5-1. 既存設計事例を活用した設計支援システムの概要	76
5-2. 既存設計事例の空間配列化	78
5-2-1. 室配置方角と室接続関係の記号化	78
5-2-2. 記号化された平面図の最小化	78
5-3. 空間配列の蓄積	81
5-3-1. 空間配列データの格納	81
5-3-2. 室数と室の種類	81
5-4. 空間配列の検索	82
5-4-1. 室数と室種類を用いた空間配列の検索	82
5-4-2. 室配置方角を用いた空間配列の検索	84
5-4-3. 室接続関係を用いた空間配列の検索	87
5-5. 空間配列を用いた平面図の描画	91

5-5-1. 室配置順序の取得	91
5-5-2. 各室の寸法	92
5-5-3. 室配置順序に従った平面図の描画	94
5-6. 空間配列と平面図の評価	96
5-6-1. 空間配列上の室接続関係の評価	96
5-6-2. 平面図上の室接続関係の評価	97
5-7. 章結	103
第6章 空間配列と平面図作成の改良	106
6-1. 既存平面図の非圧縮空間配列化	106
6-1-1. 非圧縮空間配列	106
6-1-2. 平面図 bitmap-file の作成	110
6-1-3. 平面図 bitmap-file の空間配列化	110
6-1-4. 特殊な平面形の空間配列化	114
6-2. 空間配列の検索	116
6-2-1. 室数と室種類からの検索	116
6-2-2. 室配置方角からの検索	116
6-2-3. 室接続関係からの検索	117
6-2-4. 面積からの検索	117
6-3. 平面図の描画	117
6-3-1. 空間配列上の各室の面積	117
6-3-2. 室面積の変更	121
6-3-3. 平面図の描画	121
6-4. 章結	123
第7章 大規模な設計への対応	124
7-1. 大規模設計のパターン化	124
7-1-1. 大規模設計の特徴	124
7-1-2. ゾーンプランニング	126
7-1-3. 室のグルーピング	126
7-1-4. 型と室群の類型化	127

7-1-5. 大規模設計のプロセス	130
7-2. 大規模設計支援	132
7-2-1. ゾーンプランニングの支援	132
7-2-2. ゾーン配列同士の比較方法	135
7-2-3. 積層型設計への拡張	137
7-2-4. 3次元空間配列	137
7-2-5. 各ゾーンに応じた空間配列パターンの検索	140
7-2-6. ゾーンプランニングを利用した大規模設計支援	142
7-3. 章結	144
第8章 本論文のまとめ	146
謝辞	151
参考文献	152
付録	156
A. 著者研究業績	156
図目次	
1.1 参加型公共建築の竣工数の推移	2
1.2 参加段階ごとの参加手法	3
1.3 高齢者センターのためのデザインゲーム	5
1.4 立体デザインゲームを用いた配置計画案の作成	7
1.5 空間に対する要求の把握（内部機能の把握）	10
1.6 要求から形態への翻訳	11
1.7 設計参加者と設計専門家の意見の交換方法	12
1.8 既存設計事例を活用した建築平面設計支援	14
2.1 設計プロセス	17
2.2 航空旅客機の基本機能の解析	18

2.3	機能の組合せ	19
2.4	概念設計における好適方式の選定	21
2.5	設計案の具体化	22
2.6	平面形状モデルによる平面形の検討	23
2.7	最適化の概念	24
2.8	建築の設計プロセス	25
2.9	ホテル建築の機能図（機能解析）	26
2.10	ホテルの部門別面積構成比（機能の組合せ）	28
2.11	設計の方向性に応じた型（方式）の選定	29
2.12	平面構成のモデル化	30
2.13	基本設計の詳細・最適化	31
2.14	ホテル客室の寸法割付	32
3.1	隣接グラフと直方体分割図	35
3.2	逐次近似型室配置	37
3.3	条件の概念の違い	38
3.4	フレキシブル条件の室配置	39
3.5	有向隣接グラフを用いた長方形分割図の作成	40
3.6	GAによる中廊下型プランにおける室配置の最適化	41
3.7	GAによる住棟配置の最適化	42
3.8	直交グラフ描画法を用いた室配置手法	43
3.9	GAを用いた室・通路・出入口配置の最適化	44
3.10	ルールに基づいて室を配置するエキスパート・システム	45
3.11	制約処理による室配置	46
3.12	空間的関係の評価	47
3.13	建築の設計プロセスと既往研究の位置付け	49
4.1	建築設計プロセスの抽象表現と情報量	55
4.2	ボルトの創成プロセス	57
4.3	船舶の主機関選定	58
4.4	ボルトの各部の組合せ	59
4.5	配置方角と配置諸室の組合せ	60
4.6	平面図を描くことのできる室接続グラフ（平面性判定）	62

4.7	空間配列を利用した平面図の作成	64
4.8	室の配置方角と接続関係による空間配列候補の選定	65
4.9	自然環境からみた居室の配置	67
4.10	既存設計事例上の室配置方角と室接続関係	70
4.11	既存設計事例上の各室の方角別室配置頻度	71
4.12	既存設計事例上の室接続関係	73
5.1	既存設計事例を活用した設計支援システム	77
5.2	既存設計事例から空間配列を作成する手順	80
5.3	空間配列データの格納	81
5.4	室数と室種類を用いた空間配列の検索	83
5.5	室配置方角を用いた空間配列の検索	86
5.6	室接続関係を用いた空間配列の検索	90
5.7	室配置順序の取得	91
5.8	一般型誘導居住水準と各室の初期設定寸法	93
5.9	室配置順序に従った平面図の描画	95
5.10	9室の空間配列と平面図(1)	99
5.11	9室の空間配列と平面図(2)	100
5.12	9室の空間配列と平面図(3)	101
5.13	10室の空間配列と平面図(1)	102
5.14	10室の空間配列と平面図(2)	103
6.1	5章で提案した設計支援方法との比較	109
6.2	R G B 値を用いた既存平面図の空間配列化	112
6.3	Square-type_009 の空間配列化	113
6.4	L字型平面形の空間配列化	115
6.5	空間配列上の各室の面積	120
6.6	室面積の変更と平面図の描画	122
7.1	ゾンプランニング	126
7.2	ホテルの所要室のグループ分けと各グループの所属ゾーン	127
7.3	空間配列パターンの組み合わせによる基本設計	129
7.4	別棟型ホテルの空間配列パターンの一例	131
7.5	大規模既存設計事例の抽象化と抽象事例の検索	134

7.6	ゾーン配列同士の比較方法	136
7.7	3次元ゾーン配列と3次元空間配列	139
7.8	各ゾーンに応じた空間配列パターンの検索	141
7.9	ゾンプランニングを利用した大規模設計支援	143

表目次

1.1	参加型公共建築に関して調査した建築関連雑誌	1
1.2	設計への参加手法の分類	3
1.3	三愛ホームデザインワークショップの流れ	6
2.1	ホテルの種類	27
4.1	居室の種類と住生活行為	67
5.1	空間配列と出力平面図における既存設計事例上の室接続関係の再現性	98
6.1	既存設計事例上の各室の面積	119

第1章 はじめに

本章では、研究の背景、目的、方法について説明し、本論文の概要を示す。

1-1. 建築設計の展開

1-1-1. 住み手参加型設計の増加

住宅や地域の住み手が要求したり構想したりする空間を実現するためには、居住者不在の設計・計画過程ではなく、住み手参加による設計手法が効果的である。

参加型設計には、住宅、公共施設といった区別を問わず、これまでも多くの事例がある。表 1.1 に示した時事的に建築プロジェクトを紹介している建築関連雑誌 5 誌「新建築」「日経アーキテクチュア」「建築雑誌」「造景」「公共建築」において、1993 年 1 月から 2003 年 7 月までの約 10 年間に紹介された参加型公共建築の竣工数は、図 1.1 に示す通りである。

図 1.1 の傾向を見ると、1980 年代後半から徐々に竣工数が増加し、1993 年以降は変動があるものの竣工数は安定している。最も多かったのは 1996 年の 20 件であり、2000 年以降はほぼ一定して 10 件程の事例が竣工している。

一方、建築の用途別に見ると、最も古い事例は 1974 年の「帯広の森」で用途は「公園施設」である。1990 年代初頭までは「公園施設」「教育施設」が多い。1993 年頃から徐々に「複合施設」「文化施設」が増加していき、1996 年頃から「福祉施設」が増加している。1996 年以降は「複合施設」「文化施設」「福祉施設」が多くを占めており、1998 年以降には「住居施設」も見られるようになってきている[1]。

このような住み手参加型設計の増加傾向から、建築物利用者（住み手）の建築に対する関心が高まってきていることがわかる。

表 1.1 参加型公共建築に関して調査した建築関連雑誌（文献[1]p.76 より抜粋）

雑誌名	発行元	調査範囲
新建築	新建築社	1993.1～2003.7
日経アーキテクチュア	日経BP	1993.1～2003.7
建築雑誌	日本建築学会	1993.1～2003.7
造景	建築資料研究社	1996.2～2002.夏
公共建築	公共建築協会	1993.1～2003.7

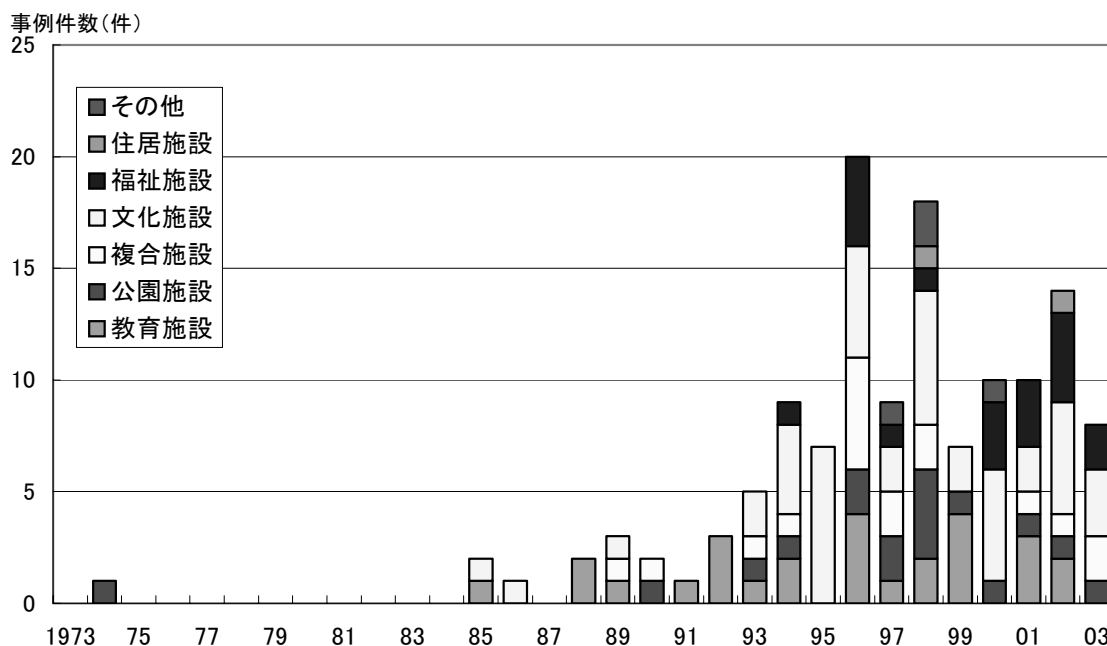


図 1.1 参加型公共建築の竣工数の推移 (文献[1]p.79 より抜粋)

1-1-2. 設計への参加手法

次に、住み手の設計への参加がどのような参加手法で行われているのかを見てみる。これまで述べてきた「設計」は広義の意味での設計を指し、必ずしも図面を作図する行為のみを指すものではない。広義の設計は「構想段階」「設計段階」「施工段階」「運営段階」に段階分けすることができる。図 1.2 を見るとこれらの各段階において住み手の設計参加件数が最も多いのは「設計段階」であり、次いで「構想段階」「運営段階」「施工段階」となる。ここで言う「設計段階」とは狭義の意味での設計を指し、図面の作図を意味する。即ち、施設や設備および各室の配置等を具体的に取り決める段階を指す。また、図 1.2 を見ると、「設計段階」における参加手法には「意見交換会」「ワークショップ」(表 1.2) といった双方向的な作業が多い。これは、「設計段階」が図面を作図するという「創造・創作的段階」であり、設計参加者のより能動的・作業的な参加が不可欠であることを示している。

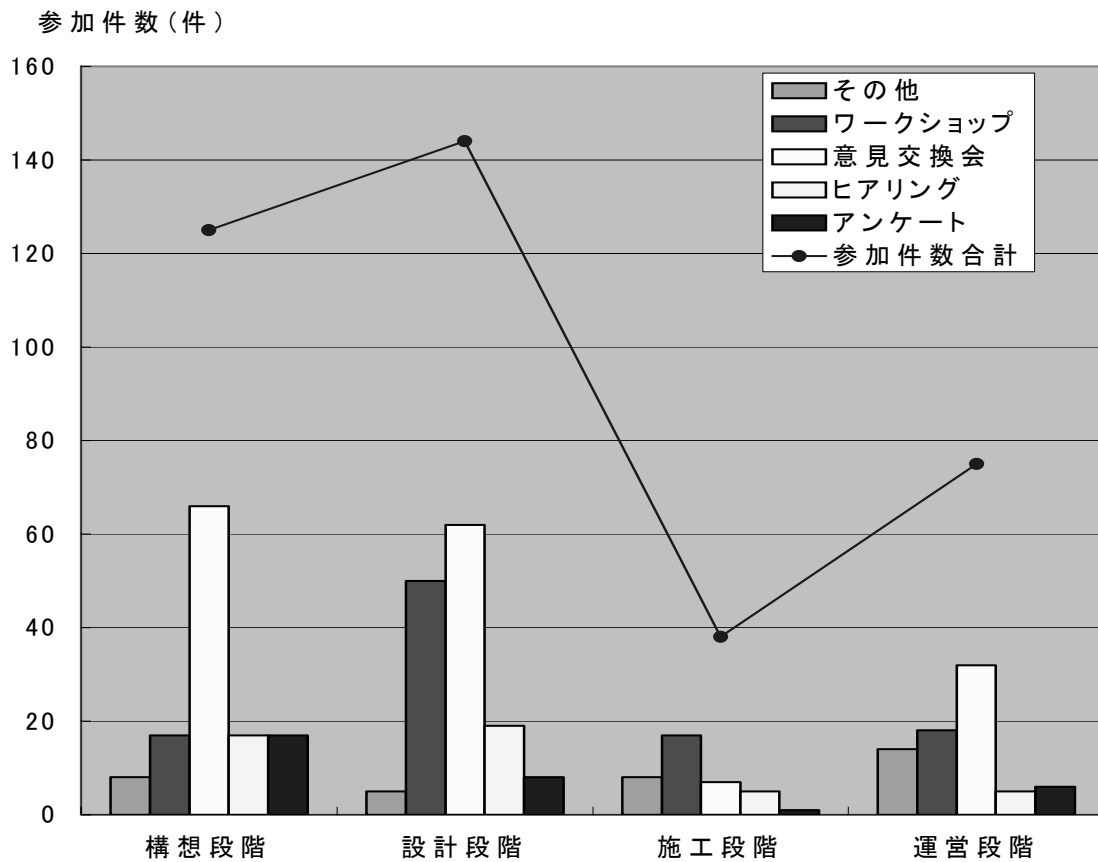


図 1.2 参加段階ごとの参加手法 (文献[1]p. 82 を参考)

表 1.2 設計への参加手法の分類 (文献[1]p. 76 より抜粋)

参加の手法	備考
ワークショップ	ツール等を用いて手足を動かしながら、互いに意見を出し合いイメージの共有を図るもの。
意見交換会	一つの会場に参加者全員が集まり、相互に意見を述べ合うもの。
ヒアリング調査	質問項目に従いながら、調査者と被調査者が対面しながら意見を収集するもの。
アンケート調査	調査用紙を配布し、質問項目に従って非調査者に意見を記入してもらうもの。

1-1-3. デザインワークショップの事例

ここでは、設計への参加手法の一つであるワークショップにおける具体的作業を見てみる。ワークショップには、ヘンリー・サノフの「デザインゲーム」[2]や「空間カルタ」を用いた建築計画ワークショップ[3]等の事例がある。図 1.3 にデザインゲームの一例を示す。ここでいうゲームとは、実生活の一場面を凝縮して試みることで、問題の本質的な特性を取り出して検討してみようという、問題解決方法を指す。図 1.3 のように、デザインゲームでは、高齢者センターに必要な活動スペースを表す図形を組み合わせて、高齢者センターの設計や改善案を創り出す。この時、活動スペース同士の係わり合いや、隣り合わせておく必要のあるスペース、互いに離しておいたほうがよいスペースを検討することがこのゲームのねらいであり、ルールである。

デザインゲームは、生活活動を図形に置き換えることで、生活空間の検討をより簡易なものにしており、住み手の設計参加、特にワークショップへの参加には非常に効果的な方法と言える。

次に、実際のデザインワークショップがどの様に行われているのかを示す。ここで取り上げる事例は、愛知県日進市に計画された特別養護老人ホーム『三愛ホーム』の基本計画づくりである。このワークショップでは、「コア企画会議」と「わくわく市民会議」という二つのワークショップを交互に実施している（表 1.3）。これら二つのワークショップは、2001 年 3 月から 9 月までに合わせて 9 回実施され、施設は 2003 年 10 月に完成している。

表 1.3 を見ると、序盤では建物やそこでの生活のイメージづくりが行われ、中盤では具体的な配置計画・基本計画を行っている。そして終盤では現場の敷地を確認しながら基本計画案の修正を行っている。中盤の第二回コア企画会議(5/12)では、『立体デザインゲーム』を用いて建物配置の可能性を検討している。この設計プロジェクトでは、敷地が 10m を越える斜面地であり、建物の断面構成が複雑になるため、図 1.3 に示したような平面的なデザインゲームを用いることは困難である。このために各空間を立体的なブロック模型に置き換えたものが立体デザインゲームである（図 1.4 中段）。

立体デザインゲームを用いた配置計画案作成への参加は次のように行われて

いる。まず、設計参加者は4つのグループに分かれ、ワークショップの序盤でまとめた建物や生活のイメージを実際の敷地と照らし合わせ「玄関をどこへ配置する」「浴室を尾根へ配置する」といったように具体的な提案を行う(図 1.4 上段)。次に、設計専門家の助言を受けながら先述した提案を設計参加者グループ毎に配置計画案にする(図 1.4 中段)。そして、設計参加者グループ同士が互いの配置計画案を評価しあう(図 1.4 下段) [1]。

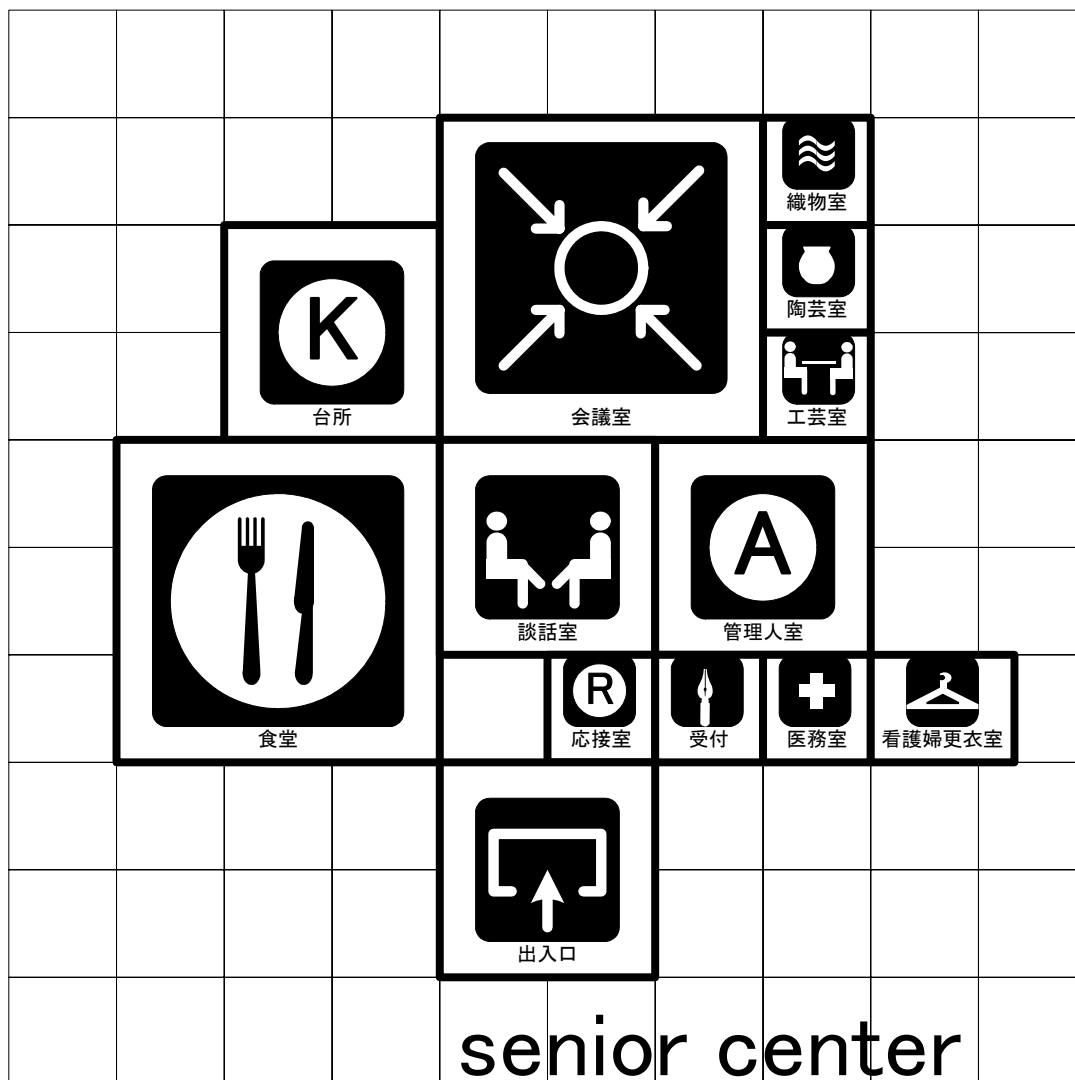


図 1.3 高齢者センターのためのデザインゲーム [2]


(図 1.3 出典：まちづくりゲーム，晶文社，p.75 より抜粋)

表 1.3 三愛ホームデザインワークショップの流れ（文献[1]p.13 より抜粋）

●ワークショップ全体の流れ●	
コア企画会議準備会(3/20)	
『三愛ホームをみんなで考える土俵づくり』	
○関係諸団体の立場を理解する	
○これからの話し合いのプロセスを検討する	
○話し合いに参加してもらいたい人の輪を広げる	
第一回わくわく市民会議(4/8)	
『みんなが望む希望のホーム・イメージづくり』	
○自己紹介『希望のホーム…だったらいいネ』	
○『希望のホーム』への道	
○『こんなホームで暮らしたい』イメージづくり	
第一回コア企画会議(4/21)	
『三愛ホームをみんなで考える土俵づくり』	
○施設規模の内容について理解する	
○グループユニットケア方式について考える	
○施設イメージを共有化する	
第二回わくわく市民会議(4/28)	
『希望のホームの暮らしと空間の関係づくり』	
○自己紹介『あなたはホームの料理人』	
○暮らしの魅力づくりを考えよう	
	『暮らしの提案カード』づくり
○『三愛ホームの一日』ビジョンゲーム	
第二回コア企画会議(5/12)	
『三愛ホームの施設規模を考える』	
○敷地条件を確認し、宝物を発見しよう	
	『敷地読みとりアンケート』
○暮らしと空間の提案リストからおすすめ提案を話し合おう	
	『暮らしと空間の提案リスト』
○建物配置の可能性を検討しよう『立体デザインゲーム』	
第三回わくわく市民会議(6/2)	
『三愛ホーム物語と配置計画の検討』	
○『三愛ホーム物語』をイメージする	
○三愛ホームの配置計画案の検討	
第三回コア企画会議(6/16)	
『三愛ホームの基本計画を検討する』	
○基本計画案について理解しよう	
○外部空間とアプローチを現場で確認しよう	
○基本計画案の問題点とアイデアを出し合おう	
第四回わくわく市民会議(7/28)	
『三愛ホーム物語と基本計画案の確認』	
○基本計画案を現地で確認しよう	
○『三愛ホーム物語』で基本計画案を確認しよう	
第四回コア企画会議(9/1)	
『三愛ホームの基本計画を確認する』	
○今までのワークショップの成果を振り返ろう	
○基本計画案の修正点を確認しよう	
○基本計画案の残された課題を検討しよう	

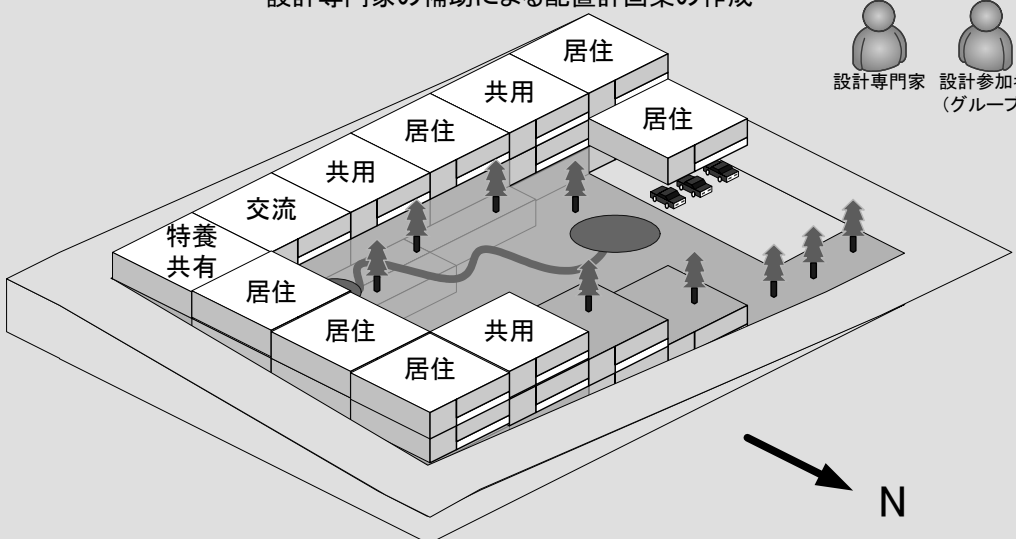
設計参加者グループによる提案



- ・下手が3階建て。上手が2階建て
- ・特養玄関とデイサービスが正面
- ・その上に居室部分と屋上庭園があり、東側から特養のドックヤードアプローチがある
- ・東西に風を抜きたい
- ・牧場からいうと丘の上が正面になる。一番良い所に共有部分をもって、愛泉館(老人保健施設)の人にも来てもらう
- ・尾根に一部デイサービス(露天風呂)
- ・一番良い所に、十字ヶ丘の方から来る人用のかわいらしいゲートをつくる
- ・水を流す



設計参加者
(グループ)

設計専門家の補助による配置計画案の作成




設計専門家 設計参加者
(グループ)

設計参加者による評価軸とコメント

1. 住居ユニットのつながりと快適性
 - ・南向きの居室が多い
 - ・住戸ユニットの快適性
2. 共有空間の配置と有効性
 - ・池が大きい!
 - ・地域交流スペースの位置がよい
 - ・動線上、中央で集まる形でなく、通り抜けられて斜面を活かしているのがよい
 - ・南の一番いい場所に広く開いている
3. 外部空間の配置と有効性
 - ・せせらぎが聞けて良い
 - ・水の流れの長さで勝負
 - ・中庭は自由に出られる安全な空間としてベンチ、パーゴラを配置
 - ・現実的には南側へ上がるのは無理? 入所者は庭を風景の一つとして見て楽しむ
4. 牧場との関係
 - ・地域交流スペースの位置がよい
 - ・ダイレクトに入れる
5. ホームへのアプローチの雰囲気
 - ・斜面の景観が良く地域交流スペースが2カ所あり、愛泉館、牧場両方から入りよい
6. 厨房と住戸ユニットの関係
 - ・あげて下ろす一番回りくどい動線
7. その他
 - ・別棟がよい
 - ・デイサービスのお風呂で特養と交流(遠いところにあるのも良い)



設計参加者
(グループ)

図 1.4 立体デザインゲームを用いた配置計画案の作成 (文献[1]pp. 20-23)

1-2. 非設計専門家のための建築設計支援

1-2-1. 空間に対する要求の把握

前節から、住み手の設計参加，とりわけデザインワークショップでは，設計参加者の建物に対するイメージ，要求，提案をどの様に具体的な配置計画に置き換えていくのかが問題となる。

図 1.3 に示したデザインゲームでは，建築空間に対する利用者の要求等形を持たない設計上の諸要件を，建築的な形態に置き換える翻訳的な作業を行っている。建築空間に対する利用者の要求は場合により様々である。「中庭が見える談話室」「発表会や集会に使える食堂」等のように言葉による空間のイメージで要求をする場合や，もう少し具体的に「10 人くらいで作業できる陶芸室」といった規模的な要求から始まる場合もある。

しかし，各室毎に対する要求ではなく，建築物の全体に対する要求は「どういった室が何室必要で，それらの室同士はどのように関連付けられている」といったいわゆる建物内部の機能を示唆するようなものでなくてはならない(図 1.4)。

図 1.5 のような図は「機能図」「動線図」「ダイヤグラム(diagram)」等と呼ばれており，図 1.3 に示した平面形の基盤になっている。従って，機能的に優れた平面形(平面図)を得るには，初めに図 1.5 に示す機能図を検討しなければならない。図 1.3 に示したデザインゲームは，こういった建物の機能的な検討を，非設計専門家を含めた多人数で行なうために導入された。

1-2-2. 要求から平面形への翻訳

建築設計では，空間に対する要求が定まると，次にこれを形態へ変換していく。仮に図 1.5 に示した機能(図)が空間に対する要求であるとするならば，一つの答えとして図 1.6 のような平面形(平面図)に置き換えることができる。

1-2-3. 空間計画に関する知識の支援

建築設計では，空間に対する要求を把握し，建築的な平面形へ置き換える作業を行なう。図 1.3 のデザインゲームはこれらの作業を，設計を専門としない人にも簡易に行なえるように提案されたものであり，デザインゲームを用いると例え

ば学校の設計であれば、実際の施設利用者である教員や学生から設計案を募ることができる。こういった点から、デザインゲームは設計への参加手法として有効な手段であると考えることができる。

しかし、現状では規模の大きな建築物の場合には、参加型設計があまり行われていないのが現状である。文献[1]によれば、「参加型公共建築の事例は、比較的規模の小さなものが多く、延床面積 10,000 m²以下で敷地面積 30,000 m²以下のものが大部分を占めている。これは専門的知識を持たない一般市民でも計画の全体像を把握しやすい比較的小規模の建築の方が、市民参加プロジェクトの対象としやすいため」と分析している。

つまり、ある程度大きな建築規模では、配置する空間（室）の数が多くなり、設計経験や建築計画の知識を持たない者にとっては設計への参加が困難となっているのが現状である。

こういった現状から、住み手や利用者の設計参加をより活発な取り組みとしていくには、設計経験や建築計画の知識をあまり持たない設計参加者の設計行為を支援することが必要と考えられる。

現在の参加型設計における参加方法は「意見交換会」「ワークショップ」といったものが多い。意見交換会やワークショップでは、設計に対する要求を言葉で発することが多く具体的な平面形として示されないため、他の設計参加者や設計専門家の理解を得ることが難しい。また、設計参加者の言葉から概念理解して平面図を作成したとしても、設計参加者のイメージしていたものと異なる場合には概念の理解からやり直さなければならない（図 1.7 上段（言葉による設計への参加））。

これに対して、デザインゲームを用いて設計参加者同士の要求を平面形にすると、具体化されているため他の設計参加者とのイメージの共有が促進される。同時に設計専門家との意思の疎通がやり易くなる（図 1.7 中段（平面形を用いた設計への参加））。

しかし、先述したように規模の大きな建築物の設計では、設計経験や建築計画の知識が必要になる。デザインゲームは室の配置を盤面上で示し、他の設計参加者や設計専門家に対して空間的な要求を具体的に伝える。しかし、室の配置はあくまでも設計参加者が配置していく。このため、設計参加者は周囲の室との関係を考慮しながら各室を配置していかなければならない。このことが大きな設計物

になったときの障害となる。

そこで、本論文では設計参加者が行う室配置を建築計画的な知識によって支援するシステムを提案する。提案する設計支援システムはデザインゲームの場合と同じ位置付けで使用する。つまり、設計参加者がシステムを用いて平面図（設計案）を作成することで、他の設計参加者や設計専門家との視覚的な意思疎通を図る。また、建築計画の知識に基づいて平面図を作成・出力することで、設計参加者の設計案作成の負担を軽減することを目的としている（図 1.7 下段（設計案を用いた設計への参加））。

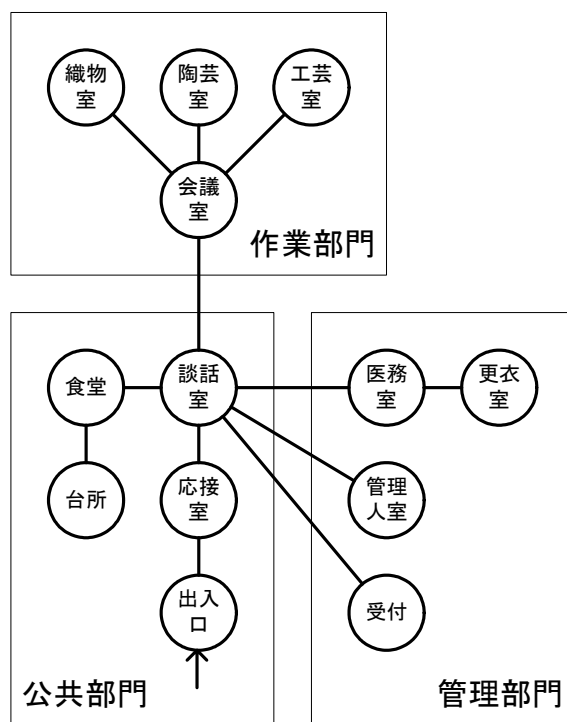


図 1.5 空間に対する要求の把握（内部機能の把握）

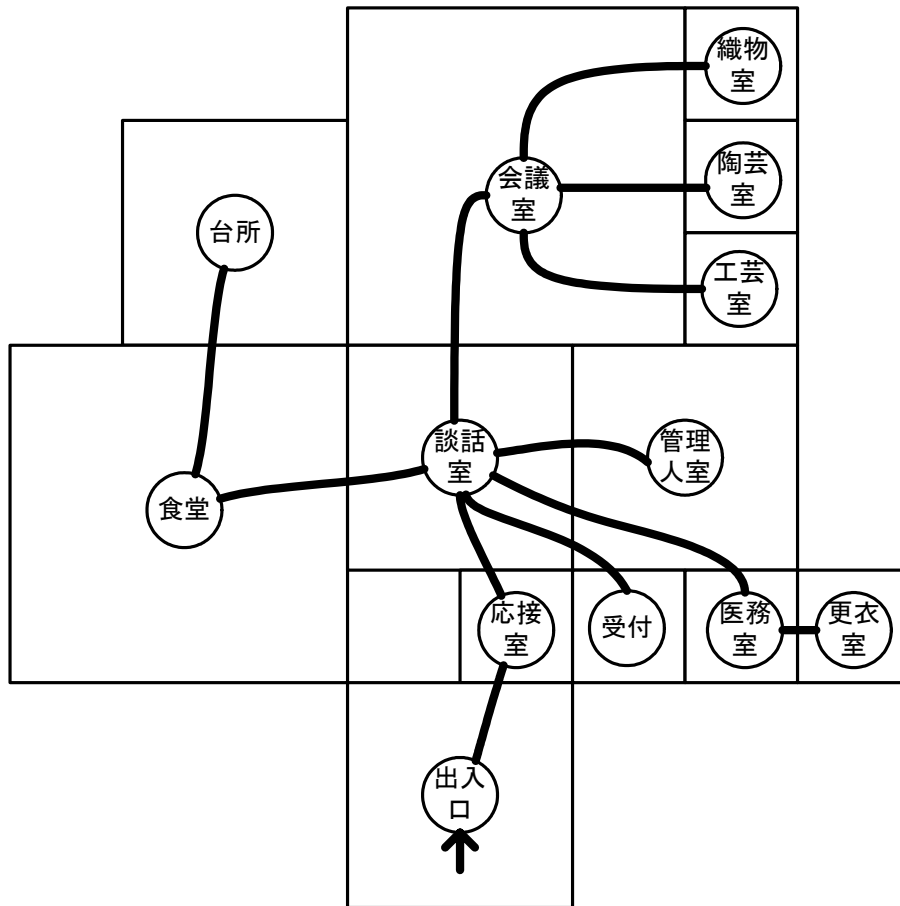


図 1.6 要求から形態への翻訳

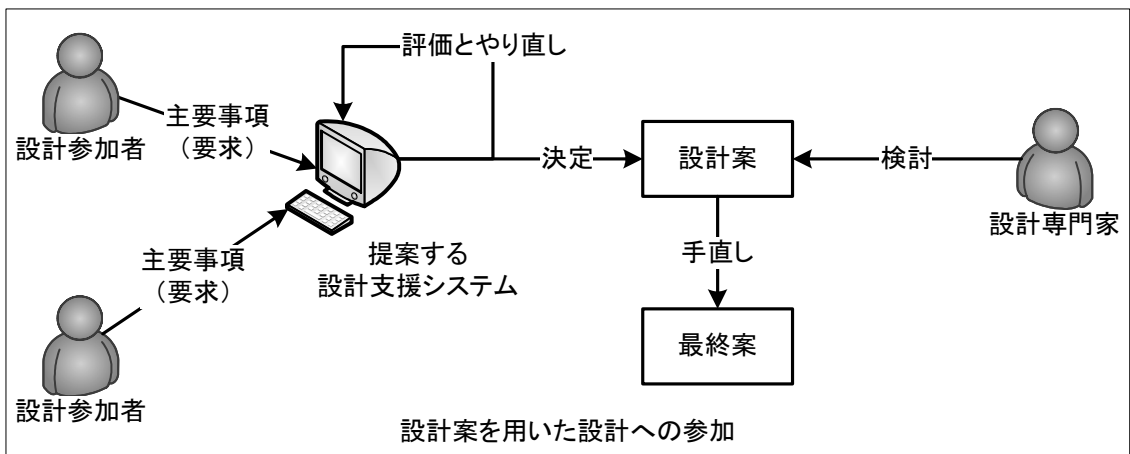
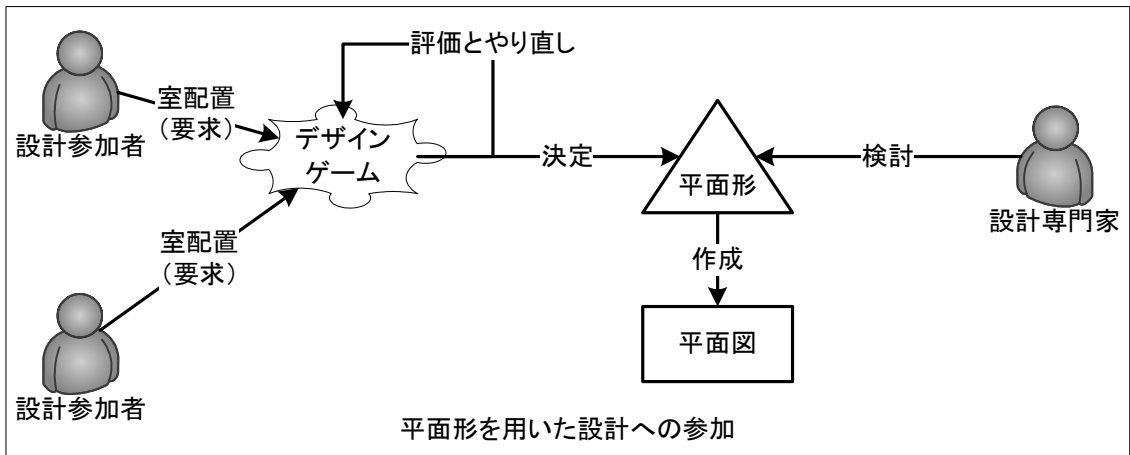
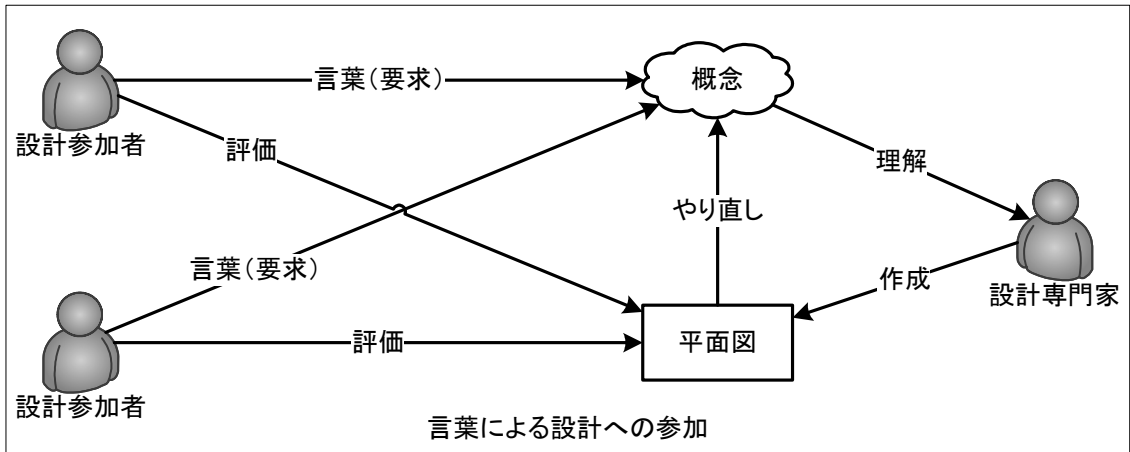


図 1.7 設計参加者と設計専門家の意見の交換方法

1-3. 既存設計事例を活用した建築平面設計支援

1-3-1. 既存設計事例の空間配列の作成

先述したように、設計経験や建築計画の知識をあまり持たない設計参加者にとって規模の大きな設計への参加は困難である。特に、こういった設計参加者による図面などの具体的表現による意見や提案の表明は難しい。

本研究では、この問題を解決するために建築計画の知識に基づいて平面図を作成するシステムを提案する。ここで、平面図作成において設計経験や計画の知識をどのように補うのかが問題になるが、両者とも簡単に得られるものではない。

そこで、既存の設計事例に注目する。建築計画的に考慮された既存設計事例には建築計画の知識や経験が活かされており、これらの設計事例の空間配列を新たな設計に活用することで建築計画的に優れた平面図を作成することができると考えた。この考え方を基盤とした設計支援システムを図 1.8 に示す[4]。

まず、準備段階として既存設計事例から空間配列を作成し、これらを空間配列データベースに格納しておく。空間配列を構成している各空間は各室を指し、各室がどのように並んでいるのかを配列によって計算機内に記録しておく。

1-3-2. 空間配列の検索

システムの実際の使用では、設計参加者、つまりユーザーはシステムに対して空間の特徴を入力する。ここで言う空間の特徴とは、例えばどういった室がどの方角に外面して配置されるのかといった点などである。システムはこうした入力から空間配列をデータベースより検索してくる。検索により得られる空間配列は、検索条件にもよるが一つに限られるものではない。条件に該当する空間配列全てが選り出される。この場合、それらの空間配列の中からユーザーが選択するか、検索条件を変更するか、または検索条件を増やすなどして該当する空間配列を絞り込む。

1-3-3. 空間配列から平面形への翻訳

検索やユーザーの選択から空間配列を決定すると、次にこの空間配列を基盤として平面図を描画する。先述したように、空間配列は各室の並び方を記録したも

のである。建築計画的に考慮された既存設計事例から作成した空間配列に従って各室を配置していけば、良好な平面計画が得られるはずである。

しかし、各室はそれぞれ異なった寸法（間口×奥行）を持っているため、空間配列から平面図（平面形）への変換（翻訳）は困難である。

建築の平面図の作成方法には、各空間を連結していく手法と建物全体の平面を分割していく手法がある。どちらも一長一短の特徴を持っており、同じ空間配列から平面図を描く場合であっても、採る手法によって平面図は異なってくる。本論文では、これら両手法によって平面図を作成し、幾つかの側面から評価してみる。

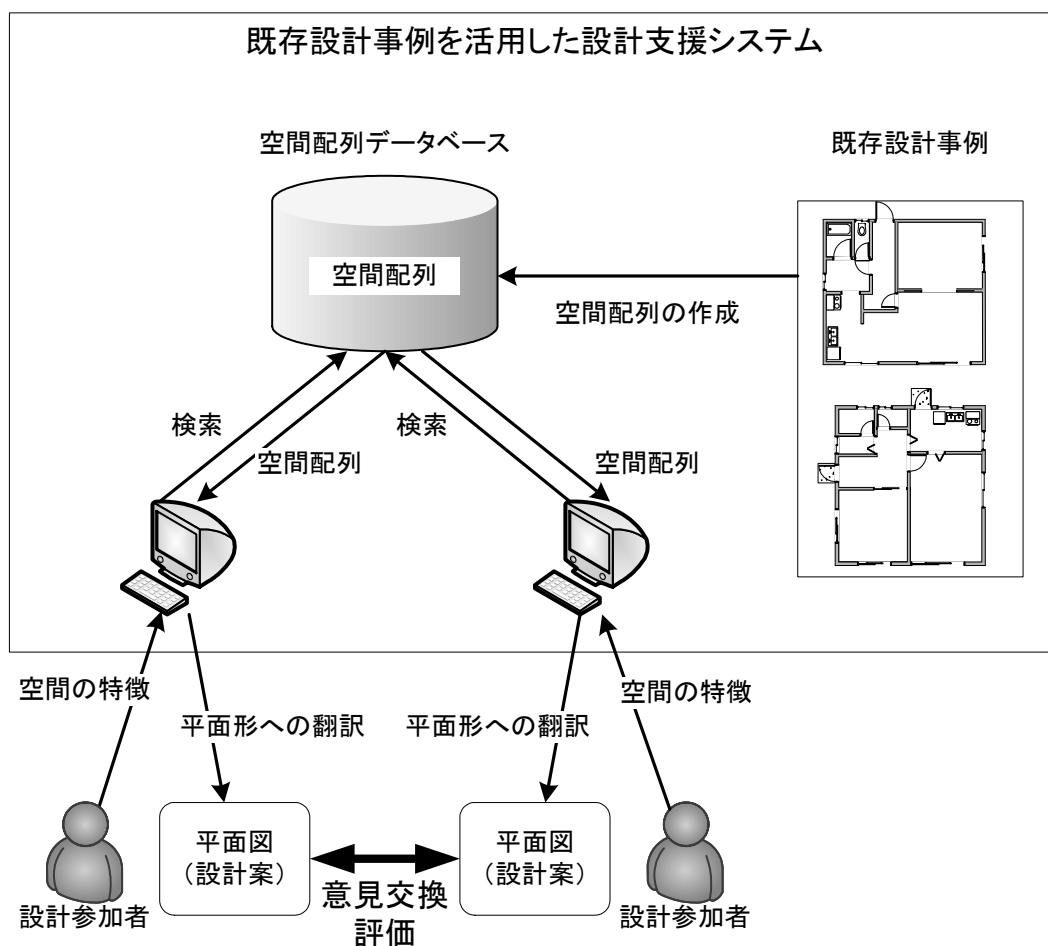


図 1.8 既存設計事例を活用した建築平面設計支援（文献[4]を参考）

1-4. 本論文の概要

次に本論文の概要を示す。

第2章では、設計のプロセスを幾つかの段階に分け、各段階における設計処理について述べる。計算機による設計支援を行なうためには、設計行為をプロセスとして捉えることが大切である。現在の計算機言語は、プログラム（手順）処理的な側面が大きく、計算機にある行為（設計支援）をさせようとする場合、その行為を手順的に計算機に記述する必要がある。このために、設計プロセスを幾つかの段階に分解し、各段階における設計処理の特徴的なパターンを見つけ出す。

第3章では、計算機による建築設計支援に関する既往研究を紹介する。既往研究ではどのような点に主眼が置かれ、本研究はどういった点でこれらの研究と異なるのかについて述べる。

第4章では、本論文で提案する非設計専門家のための既存設計事例を活用した設計支援システムについて述べる。

まず、既存設計事例の室配置方角、室接続関係について分析し、既存平面図が建築計画の知識によって作成されていることを証明する。既存平面図が建築計画の知識によって作成されているのであれば、既存平面図を計算機処理できる形式に置き換えることで建築計画の知識を計算機に蓄積できるはずである。

第5章では、4章で説明した既存設計事例を活用した設計支援システムについてさらに詳しく述べる。既存設計事例の空間配列化、計算機への空間配列の蓄積、計算機内に蓄積された空間配列の検索方法、検索・選定された空間配列から新たに平面図を描く方法について述べる。

第6章では、5章で述べた設計支援システムの改良について述べる。5章で述べた方法では、出力される空間配列と平面図上の室接続関係が意図した通りにならないことがある。そこで、既存設計事例から空間配列を作成する際に RGB 値を用いることにした。また、空間配列から平面図を作成する際には分割的配置手法を導入した。これらの改良により、出力される空間配列と平面図上の室接続関係

は、基とした既存設計事例の室接続関係を踏襲することができるようになった。

第 7 章では、5, 6 章で説明した手法を用いて、室数の多い大規模な設計を行う。このような場合に、現状でどのような問題があり、それに対してどういった解決策が考えられるのかを説明する。

第 8 章では、本論文のまとめについて述べる。

参考文献)

- [1] 日本建築学会：参加による公共施設のデザイン，丸善株式会社（2004）.
- [2] Henry Sanoff：DESIGN GAMES, William Kaufmann, Inc（1979）.
- [3] 日本建築学会：対話による建築・まち育てー参加と意味のデザイナー，（株）学芸出版社（2003）.
- [4] 桑川栄一、渡邊勝正：平面プラン作成支援における設計資産の活用～建築平面プランを対象として～，情報処理学会 2005 年情報学シンポジウム 講演論文集，pp. 47-52（2005）.

第2章 設計のプロセス

本章では、設計プロセスで行なわれていることを理解するために、設計プロセスを段階分けする。そして、それぞれの段階において行なわれる設計処理を一般的に定義する。「設計は、人間が必要とする機能を一つの製品として具体化する過程」[5]と定義するならば、設計過程をいくつかの段階に分け、それぞれの段階で行なわれる特徴的な設計行為（処理のパターン）を見出すことは設計支援を行なう上で非常に重要である。

本章では、設計プロセスを上流過程から順に（1）設計要求（2）概念設計（3）基本設計（4）詳細設計に段階分けし、これら各設計段階について説明する。

2-1. 設計要求

2-1-1. 要求内容の明確化

設計プロセスを大まかに段階分けすると（1）設計要求（2）概念設計（3）基本設計（4）詳細設計の各段階に分けることができる（図 2.1）。設計プロセスにおける最初の段階は、設計要求を把握することである。これは、設計における「大局的な意思決定」に相当する。現代社会の価値観の多様化によって、求められる製品の個性化、個別化が進み、この段階の重要性は高まってきている。しかし、設計要求は一般に漠然としていることが多い。これに対して、設計される製品は個々の構成部品に至るまで明確な目的と機能を持っている。従って、設計要求を要求する機能として明確・具体的に表すことにより、設計しようとする製品はどのような構成部品から成立っていれば良いのかが分かる。

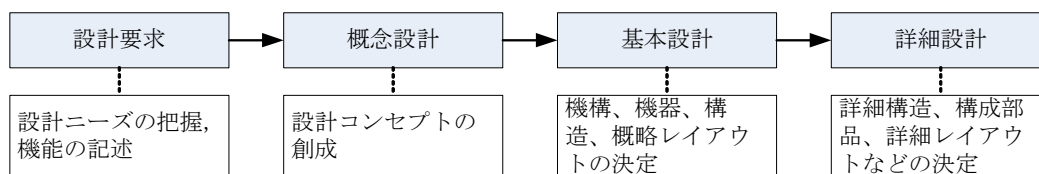


図 2.1 設計プロセス

2-1-2. 機能解析

このように要求する機能を明確化，記述することを「機能解析」と呼ぶ．例えば，航空旅客機に要求される機能は「人や荷物を積む」「空中に浮かび上がる」「空中を進む」「進む方向を変える」と記述できる．そして，これらの機能を実現するためには「旅客・貨物搭載」「支持機能」「推進機能」「操舵装置」等の基本機能が必要である．さらに操舵装置は「水平尾翼」「垂直尾翼」に分けることができる（図 2.2） [5]．このような機能解析によって，航空旅客機には，どのような機能が必要で，そのためにはどういった構成部品が必要であるのかを明確にする．

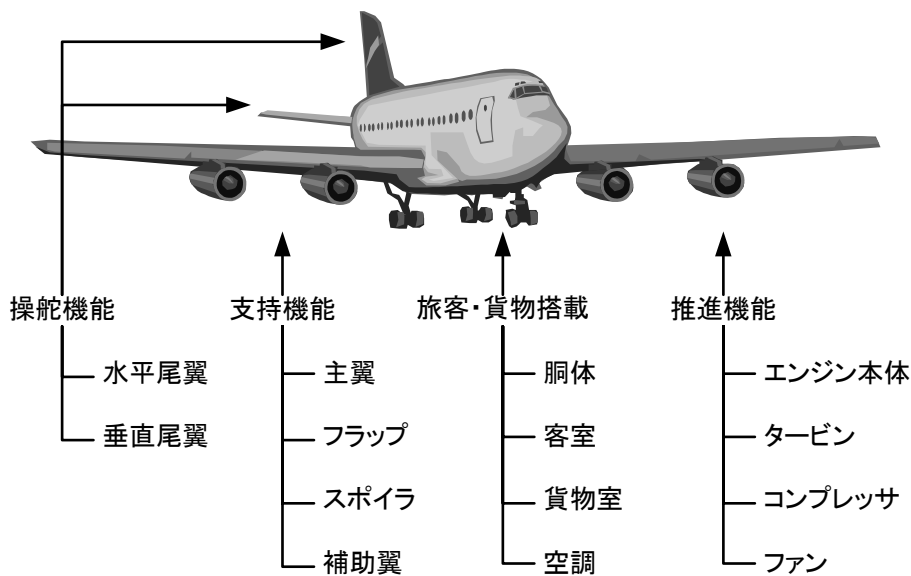


図 2.2 航空旅客機の基本機能の解析（文献[5]p. 28 より抜粋）

2-2. 概念設計

2-2.1. 機能の組合せ

設計に必要な機能やその機能を果たすための構成を明確にした後，次に行うことはこれらの機能や構成同士を組合せることである．これらの組合せは設計要求を満たすように行うが，設計要求の項目同士は「交換関係」にあることが多い．

ここで言う交換関係とは、例えば航空機の乗客数を増すと重量の増大により航続距離が短くなり、また、離着陸距離が伸びるといった関係である。

このため、機能や構成の組合せは、各設計要求から均衡点を探さなければならず、非常に困難である。概念設計の目標は、このように設計要求における機能解析から得られた機能同士の組合せを行うことで設計要求を満たすことができる概念的な設計案を得ることである（図 2.3）。

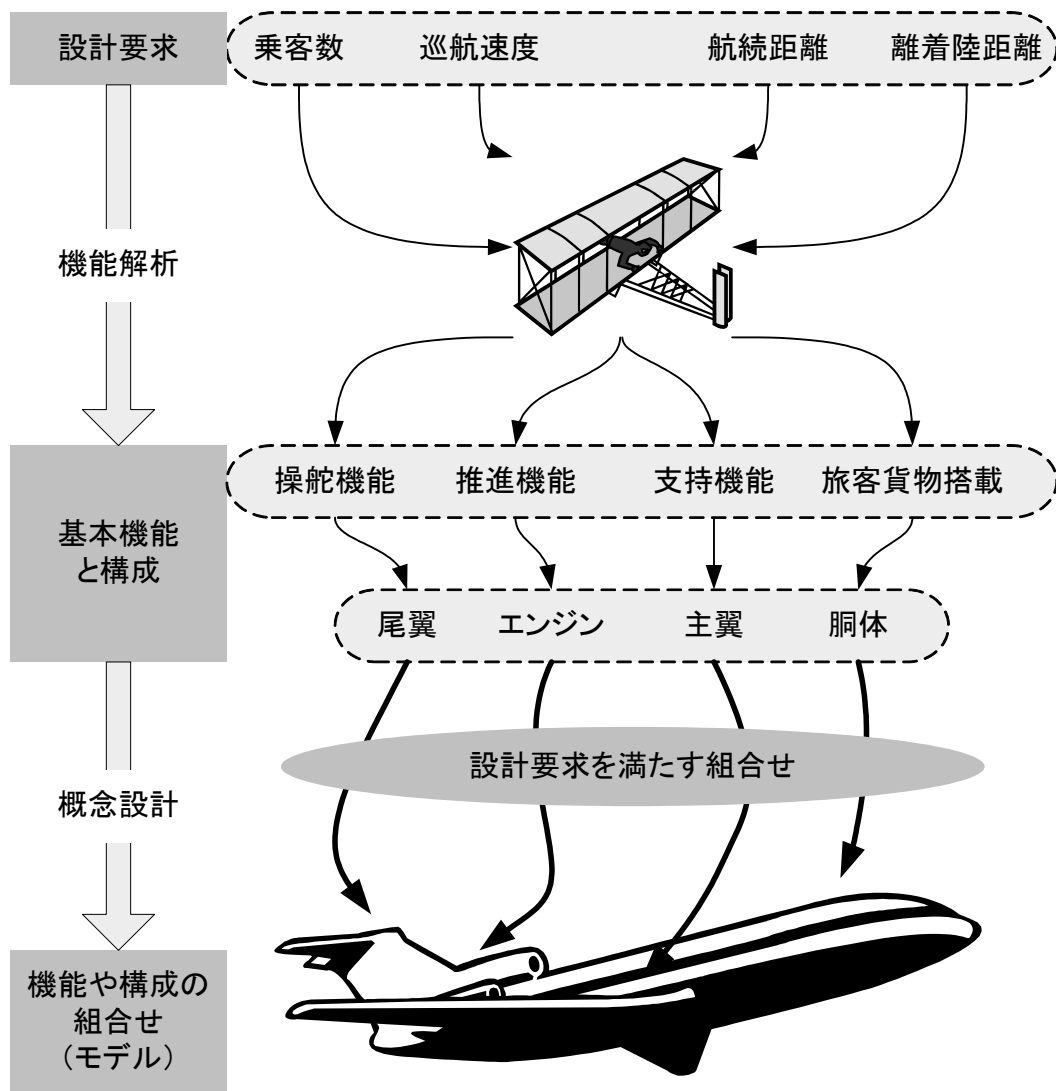


図 2.3 機能の組合せ（文献[5]p.146を参考）

2-2.2. 方式の選定

前節で述べたように、設計要求を全て満たす機能や構成の組合せを新規に行うことは困難な問題である。これに対し、過去の設計例を基にして寸法などを一部変更して概念設計を行う方法がある。これは「類似設計（または相似設計）」と呼ばれる。この場合であっても、数多くある過去の設計例から参考となる設計例を総当り的に探し出すことは大変な仕事である。そこで、予め過去の設計例をある観点から分類しておき、当該の設計問題に適した設計例を探し出す方法がある。これを「好適方式の選定」と呼ぶ[5]。図 2.4 は、橋の概念設計における好適方式の選定を示したものである。設計要求として全長（スパン）60m の橋を架けるのであれば、これに好適な方式はトラス橋ということになる。そこで概念設計ではトラス橋を設計モデルとして選定し、次の段階である基本設計へ渡す。

2-3. 基本設計

2-3-1. 設計案の具体化

基本設計における主な作業は概念設計で組合された、または選定された設計案（方式）を具体化することである。工学分野の基本設計過程では設計モデルを設定した後、機能や強度などを確認するための工学解析と評価が繰り返し行われる。

基本設計を終えると次の段階である詳細設計へと進み、詳細部分の形状や寸法を定める。基本設計と詳細設計は明確に区分することが難しく、両者を一つの過程として扱う場合もある。

両者の区別を大まかに表現すると、基本設計は機能を定めることが中心課題であり、詳細設計は寸法やレイアウトの決定に重点がある[5]。図 2.5 に基本設計における設計案の具体化についての説明図を示す。設計要求から機能解析を行うことで得られた胴体、エンジン、主翼、尾翼といった基本構成を組み合わせる、つまり概念設計を行うと航空旅客機らしき設計案ができる。この設計案には具体的な数値や寸法はまだ与えられていない。

そこで、設計要求で明確化された乗客数、巡航速度等から先の各構成要素に数値、寸法を与えていく。例えば、設計要求の乗客数から必要な胴体長、胴体径が割り出され、巡航速度や、機体重量からエンジン出力が割り出される。これら胴体長、胴体径、エンジン出力等は主要目と呼ばれ、設計物全体における主要な数

値，寸法にあたる。

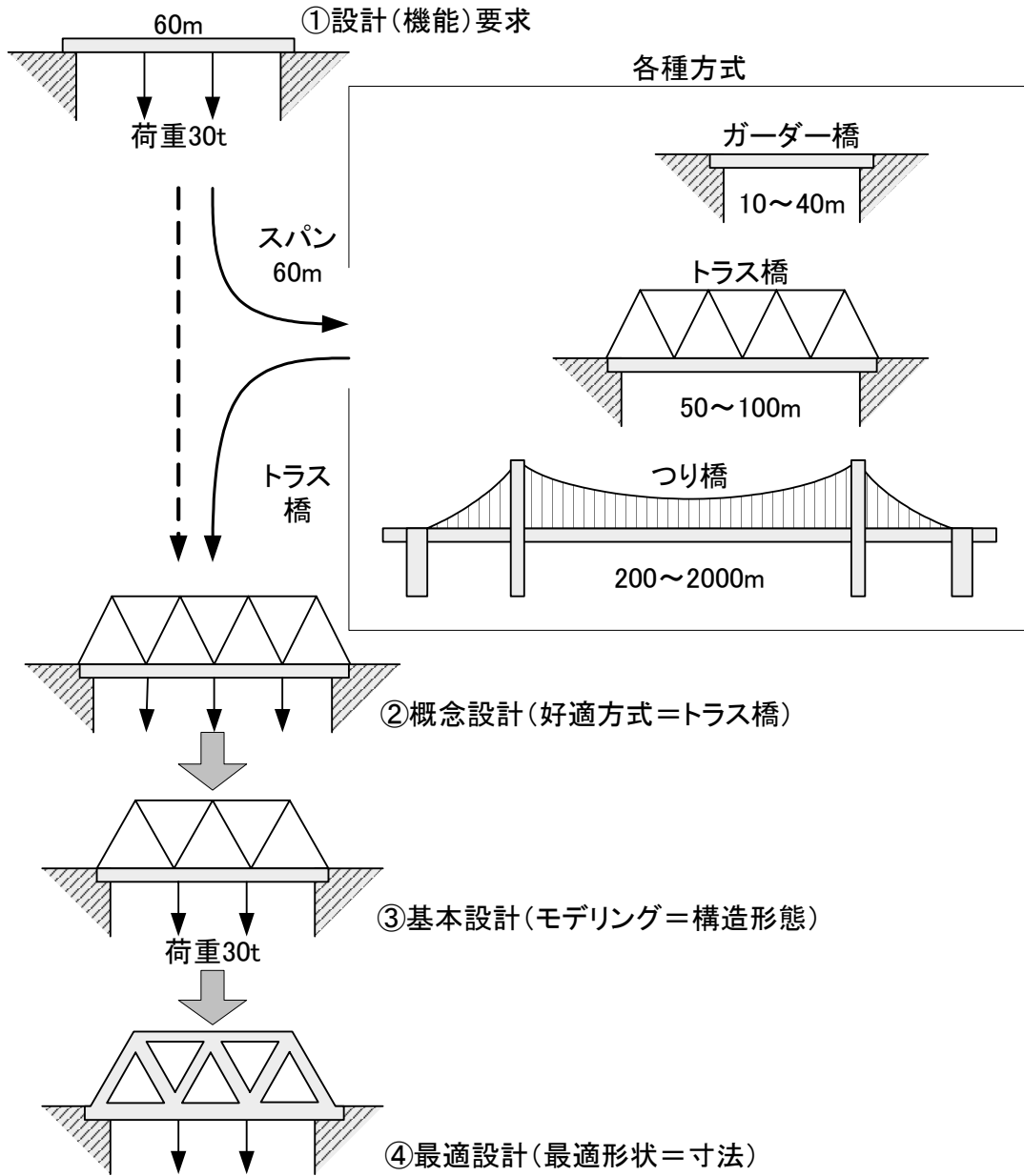


図 2.4 概念設計における好適方式の選定 (文献[5]p.13より抜粋)

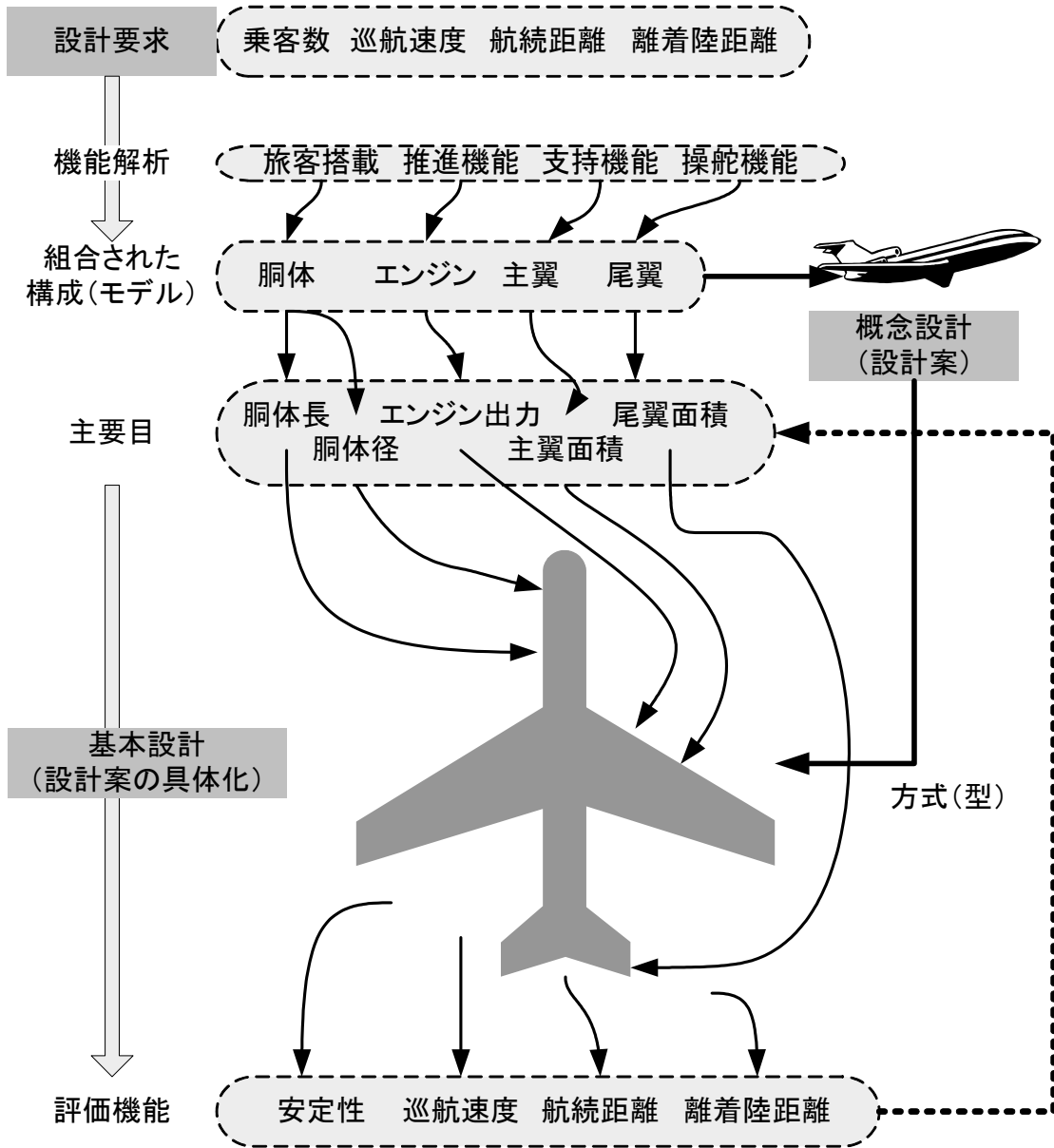


図 2.5 設計案の具体化 (文献[5]p. 146 を参考)

2-3-2. 形状モデル

主要目が定められると、基本形状を与えることができる。よく知られるところでは、3次元形状モデルに該当するワイヤフレームモデル、サーフェスモデル、ソリッドモデル等がある。ここでいう形状モデルは3次元形状だけでなく2次元形状のモデルも含める。例えば、航空機の場合、他の関連要素もあるが、要求される巡航速度から主翼の後退角を検討する[6]。この場合、翼の平面形を見直さなければならないが、この際に用いられるのが平面の形状モデルである(図 2.6)。

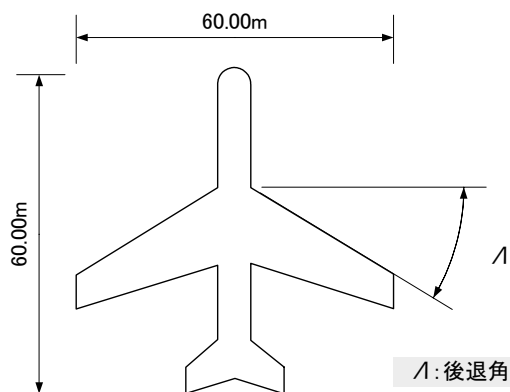


図 2.6 平面形状モデルによる平面形の検討

2-4. 詳細設計

2-4-1. 基本設計の最適化

最適化は幾つかある実行可能な方式の中から好適な方式を見つけだし、さらに好適方式の範疇で最適な設計を行うものである。基本設計の最適化の概念を図 2.7 に示し、実行可能システム、好適システム、最適システムについて以下のよう
に定義する。

- ① 実行可能システム：システムの目的・機能を満たし最小限の制約条件を満足する方式
- ② 好適システム：①の条件を満たす方式の中で規模に応じて決まる好適な方式
- ③ 最適システム：②の方式を採用するなかで、例えばコスト、寸法、効率など

が最適になるポイント（規模）

これらを前出の図 2.4 に対応させると、トラス橋、つり橋が実行可能システムとして挙げられる。つまり、高々スパン 60m の場所にもつり橋を架けることは可能であると考えられる。しかし、スパン 60m の場所につり橋を架けると部材やコスト的に無駄が生じる。そこで、最適システムの考え方に頼るとスパン 60m 程度であればトラス橋が最適方式であると判断することができる。トラス橋というのは一般的に方式を指す名称であり、実際には現場に合わせた設計が必要となる。例えば、総重量が最小になるように各部材の寸法を最適化する。これらの最適化された寸法を持ったものが図 2.7 における最適システムに該当する。

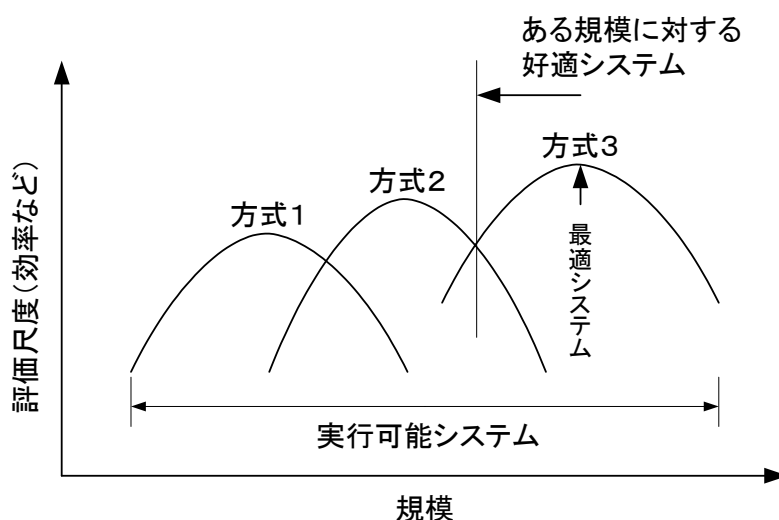


図 2.7 最適化の概念（文献[7]p. 54 より抜粋）

2-4-2. 寸法の割付

主要な部分の寸法は 2-3-2. で示した形状モデルや 2-4-1. 基本設計の最適化によって割付けられるが、例外的に、寸法を変更しても構造的に変化の起こらないような部分、所謂意匠的な部分の寸法は詳細設計の最終段階で調整されることもある。

2-5. 建築の設計要求

前節までに、一般的な工学設計プロセスと各設計プロセスの作業について述べた。本節では、建築設計の平面設計を 2-1. 節で示した設計プロセスに段階分けし、各段階で行なわれる作業や処理について述べる。建築平面設計のプロセスも、図 2.1 のプロセスに準えて上流過程から (1) 設計要求 (2) 概念設計 (3) 基本設計 (4) 詳細設計の順に段階分けすることができる。建築平面設計の各段階における決定すべき事項や作成すべき図面の種類を図 2.8 に示す。

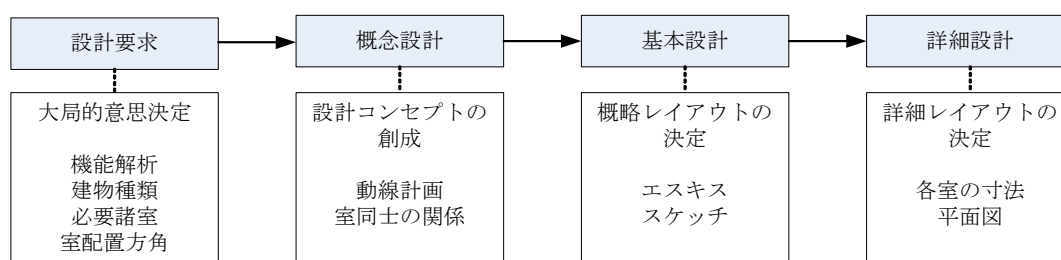


図 2.8 建築の設計プロセス

2-5-1. 要求内容の明確化

2-1-1. でも述べたように、設計要求では「大局的な意思決定」を行なう。建築設計における大局的な意思決定とは、建築物の種別を決定することである。建築物には住宅、ホテル、病院、学校、劇場、百貨店、図書館、博物館といった様々な建築種別がある。また、住宅も戸建住宅、集合住宅といった分類や、規模、室数といった点で様々な分類できる。

2-5-2. 機能解析

始めに設計しようとする建築物の種別を定め、その種別の建築物の機能解析を行うことで、その建物にはどういった室や設備がどれだけ必要なのか見当をつけることができる。図 2.9 に示すホテル建築の機能図[8]は、2-1-2. で述べた機能解析に相当する。この機能解析により、どういった室や設備が必要であるのかを知ることができる。

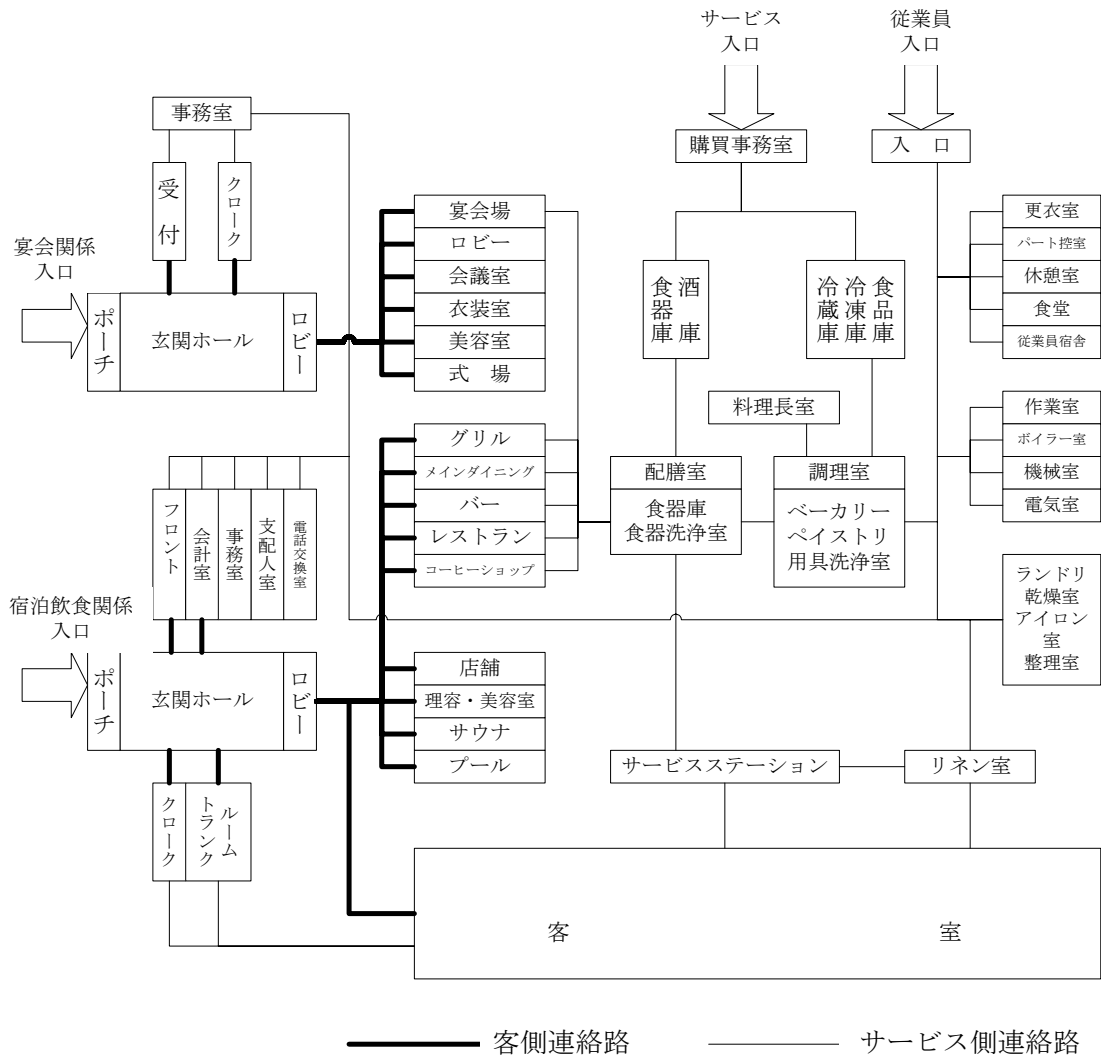


図 2.9 ホテル建築の機能図 (機能解析) (文献[8])

2-6. 建築の概念設計

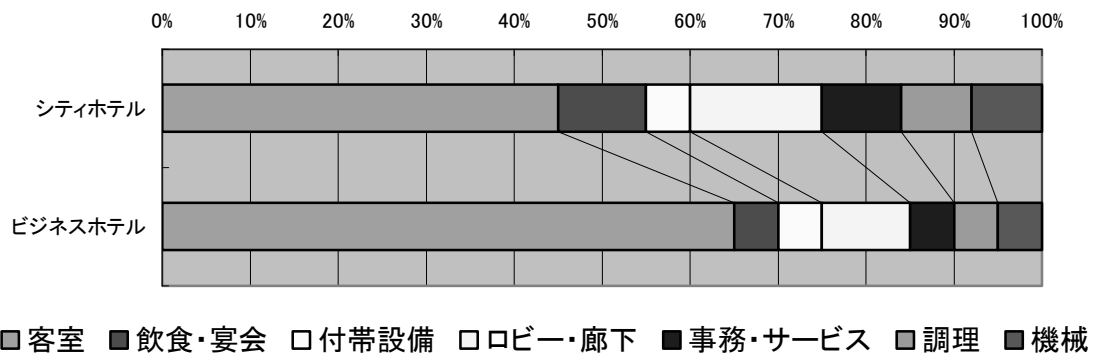
建築における概念設計も 2-2. 節で示したような「機能の組合せ」「方式の選定」といった作業に準じて説明することができる。

2-6-1. 機能の組合せ

設計要求段階の機能解析から、必要な部屋や設備を知ることができると、次にこれらの室や設備の面積構成を概略決める必要がある。ホテル建築は、大別すると「ビジネスホテル」「シティホテル」「リゾートホテル」に分類することができ、それぞれ表 2.1 に示すような特色を持っている。ビジネスホテルとシティホテルの特色をごく簡単に表現するのであれば、ビジネスホテルはできるだけ多くの客室が必要であり、シティホテルは集会、宴会、接客等のサービスをする室が充実していなければならない。従って、ビジネスホテルでは建築床面積に対する客室面積の割合を大きくし、シティホテルでは会議室、宴会・食堂室の割合を大きくする。図 2.10 にホテルの各部門別の面積構成比率を示す。全体を客室、飲食・宴会、付帯施設、ロビー・廊下などの客用部分と事務・サービス、調理、機械等の管理部分とに分けて比率をみると、シティホテルの客用部分は全構成の約 70～80%を占めており、ビジネスホテルの客用部分は全構成の約 80～90%を占める。これらのことから面積構成は、設計要求として出される建築物の特色や方向性を実現するための重要な決定要素になることがわかる。こういったホテル内の各機能の組合せは概念設計段階に相当する。

表 2.1 ホテルの種類（文献[8]より一部抜粋）

	名 称	特 色
ホテル	ビジネスホテル	主として業務上の旅行者を対象とする 安い料金で宿泊施設を提供する 交通の便利な所に建てられることが多い
	シティホテル	宿泊、集会、宴会、接客、飲食などの場として多様に利用される 広く都市施設の一環として利用される 都市の最も活動的で交通の便利な所に建てられることが多い
	リゾートホテル	立地条件によって特色付けられる 環境的条件を十分考慮して建築される 付帯設備としてレクリエーション施設を持つものが多い



- 客室：客室，客室棟の廊下・ロビー，リネン室など
- 飲食・宴会：食堂・レストラン・コーヒーショップ・宴会場など
- 付帯施設：会議室，美容院，店舗など
- ロビー・廊下：玄関ホール，ロビー，廊下，客用便所など
- 事務・サービス：事務関係諸室，サービス関係諸室，厚生施設など
- 調理：調理室，配膳室，食品貯蔵庫など
- 機械：空調機械室，電気室，ボイラー室など

図 2.10 ホテルの部門別面積構成比 (機能の組合せ) [8]

2-6-2. 方式の選定

建築物の方向性を定め，方向性に応じた機能の組合せを行うと，次にそれらの機能の組合せを実現するにふさわしい外形を創成，または選定する．しかし，機能の組合せから全く新しい外形を創成することは非常に高度で難しい作業である．このため，一般的には当該の機能の組合せに似通った過去の設計事例の型(方式)を参考として外形を決めることが多い．例えばホテル建築の場合，「基壇型」「アトリウム型」「別棟型」「箱型」といった代表的な4つの種類の型(方式)がある(図 2.11)．これらの「型」は，単に形状が異なっているだけではなく，それぞれの形状がそれぞれ内部空間の特徴を持っている．例えば「箱型」は限られた敷地の中で最大限の体積を得ることができ，客室を多く取ることが可能である．アトリウム型は内部に広大な吹抜けや中庭が作られ，高級な内部空間の演出がな

される。また、型の選定は、建築予定地の敷地の状況等も考慮して行なわれることが多い。

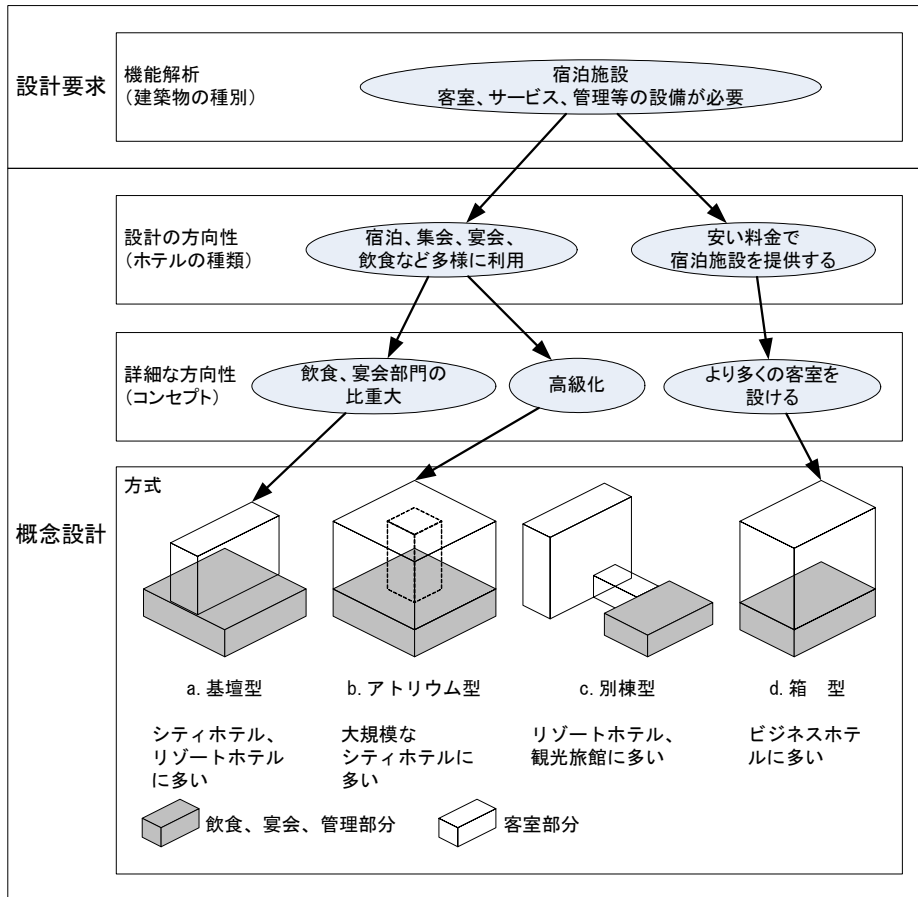


図 2.11 設計の方向性に応じた型（方式）の選定

2-7. 建築の基本設計

2-7-1. 設計案の具体化

基本設計では、概念設計で選定した「型（方式）」に従って必要な部屋や施設を暫定的に配置していく。これを平面構成のモデル化と呼ぶ。図 2.11 で示した型（方式）も外形を表す一種のモデルであるが、建築の平面構成は部屋や壁等を配置し、空間に区切りを入れて構成される。このため、平面構成のモデル化とは、

大まかな空間の区切りを入れることを指す．図 2.12 下段にホテル建築の別棟型平面構成モデルを示す．一般に建築設計では，平面スケッチ，エスキス(esquisse)などの表現がこれに相当する．

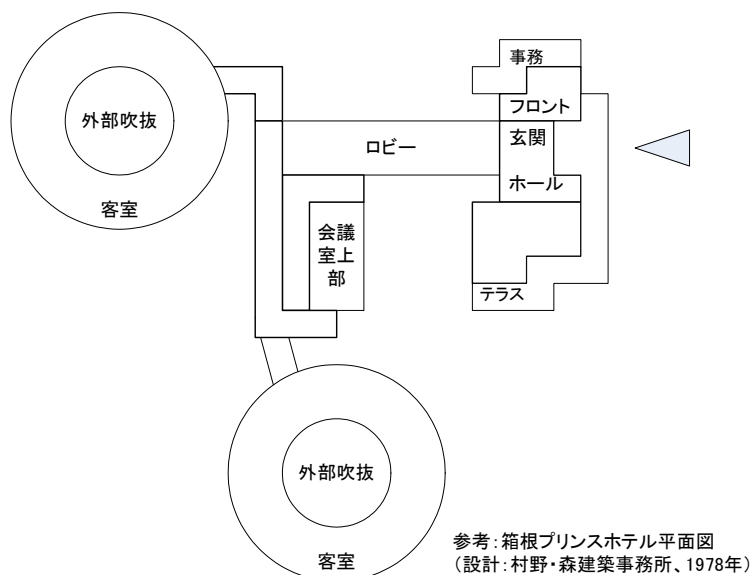


図 2.12 平面構成のモデル化 (文献[8]p. 56 を一部参考)

2-7-2. 形状モデル

2-6-2. 方式の選定で述べた外形や形状とは異なり，基本設計における「形状モデル」では，平面構成モデルが前提となる．つまり，平面構成モデルを作成した後，上下（高さ）方向の形状を決定する．

2-8. 建築の詳細設計

2-8-1. 基本設計の最適化

詳細設計では，基本設計の結果を基にしてさらに詳細な形状，寸法，レイアウトなどを決定していく．基本設計の結果がこの過程で問題なく実現されることが望ましいが，場合によっては基本設計の段階に立ち戻ってやり直す必要がある．

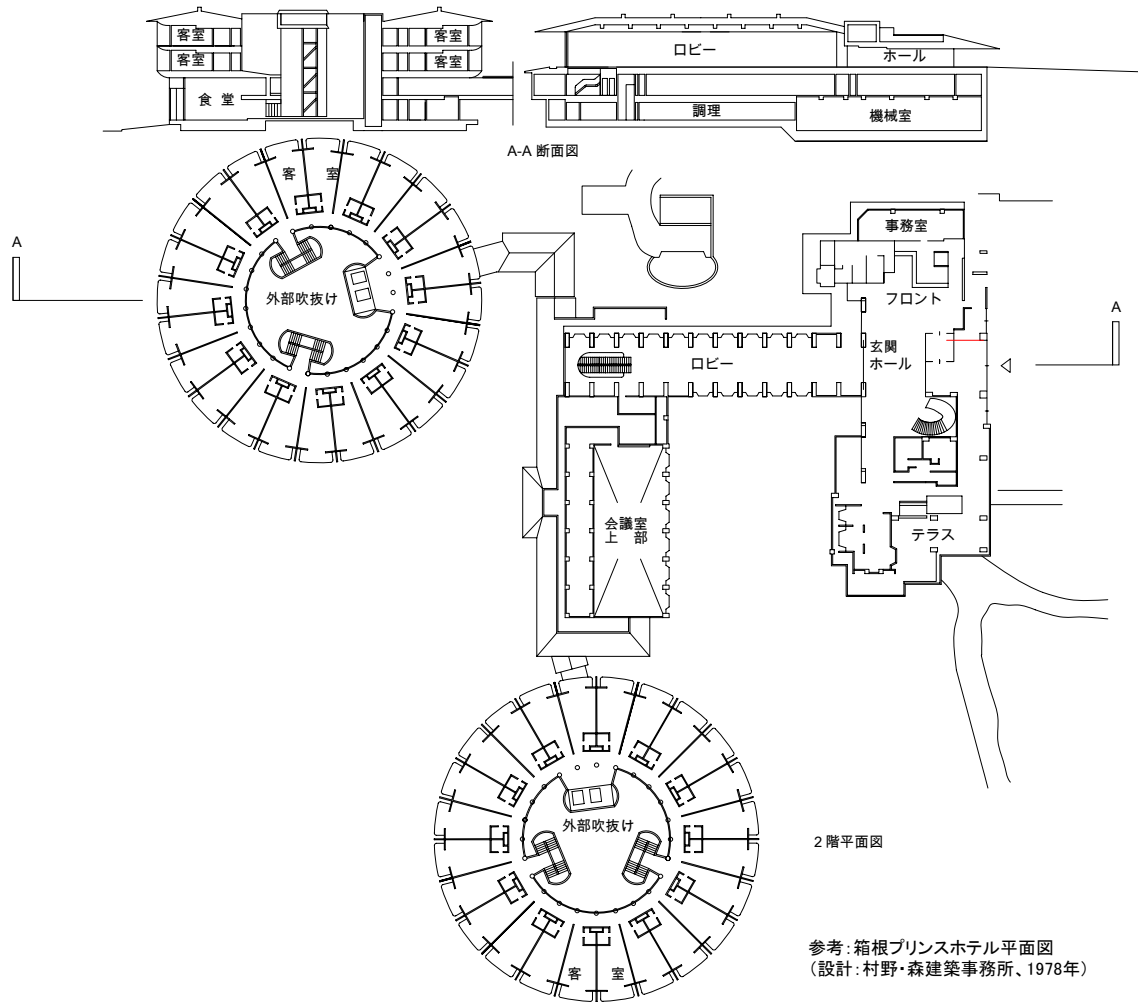
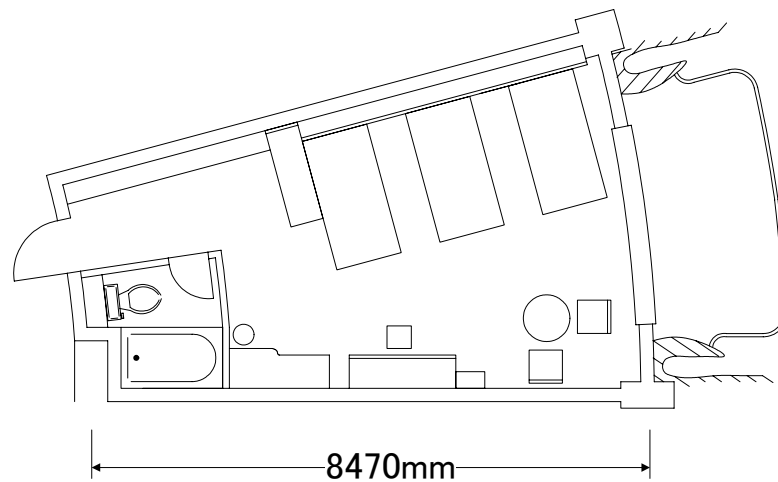


図 2.13 基本設計の詳細・最適化 (文献[8]p. 56 より抜粋)

2-8-2. 寸法の割付

例えば、宿泊施設では、客室部門、飲食宴会部門、事務部門などの各部門の面積を基本設計と共に決めておき、詳細設計において各部門内の部屋・設備等の寸法を割り当てていく (図 2.14)。



参考:箱根プリンスホテル
 トリプルベッドルーム(37.1㎡)
 (設計:村野・森建築事務所, 1978年)

図 2.14 ホテル客室の寸法割付 (文献[8]p. 63 より抜粋)

2-9. 章結

2章では、設計行為の中で行なわれる処理を手順的に説明する為に設計のプロセスを「設計要求」「概念設計」「基本設計」「詳細設計」の4つの段階に分け、それぞれの段階における処理や作業について説明した。説明は、特定の設計分野に偏向した説明を避けるために、本章前半部では航空機と橋梁設計を例として挙げ、後半部では同様の項目で建築設計の場合について説明した。

各設計段階の特徴をまとめると次のようになる。

1. 設計要求では、何を設計し、それは何と何で構成されるのかを明確にする。つまり構成部品を明らかにする。例えば、宿泊施設であればどういった部屋や設備が必要なのかを明確にする。
2. 概念設計では、設計要求から設計の方向性を定め、それに適した「型(方式)」を選定、または創成する。
3. 基本設計では、型を基盤として概略の構成や図面を作成する。この時点で重要なことは、構成部品同士がどのように組み合わせられるのかを検討

することである。例えば，建築平面であれば，室や空間同士がどのように隣り合うのかを概略図を用いて検討する。

4. 詳細設計では，基本設計を基に詳細部分の形状，寸法，レイアウトなどを決定していく。基本設計の結果がこの過程で上手く実現されない場合は基本設計に立ち戻ることもある。

以上が各設計段階の主な作業である。また，次章以降，本論文では，これら4つの設計段階を中心に論述を展開していく。

参考文献)

- [5] 赤木新介：設計工学(上)-新しいコンピュータ応用設計-, コロナ社(1991)。
- [6] 牧野光雄：航空力学の基礎，産業図書株式会社 (1980)。
- [7] 赤木新介：設計工学(下)-新しいコンピュータ応用設計-, コロナ社(1991)。
- [8] 岡田光正，柏原士郎，辻 正矩，森田孝夫，吉村英祐：現代建築学 (新版) 建築計画 2，鹿島出版会(2003)。

第3章 計算機による建築設計支援

第1章で述べたように、本論文では非設計専門家が設計案を作成する際に使用する建築平面プラン作成支援を提案する。本章では、非設計専門家が設計案を作成するシステムはどのようなものであればよいのかを考察する。まず、計算機によって建築平面プランを作成する既往研究を紹介し、これらの研究の特徴について述べる。そして、本論文で支援の対象とする非専門家の設計支援では、どのような設計要求を想定し、こういった結果が得られることが望ましいのかを考察する。

3-1. 建築設計支援に関する既往研究

計算機によって建築平面プランを作成する問題は「室配置問題」「平面プラン問題」と呼ばれ、これまでも様々な方法や考え方による研究が数多く行われている。本節では、代表的な既往研究を紹介し、これらの特徴について述べる。



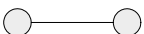



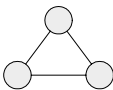


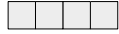
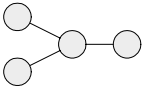

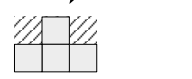
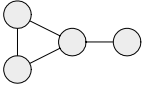

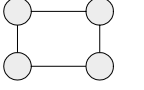

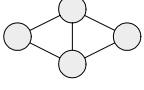
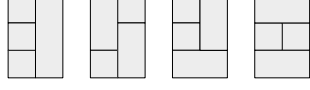
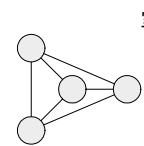
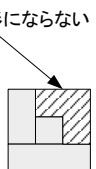
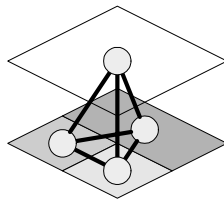
3-1-1. 直方体分割図を用いた設計計画

吉田の矩形分割を用いた一連の研究[9][10][11]では、建物の内部が如何に仕切られ、各部屋がどのように隣り合っているのかを示すモデル（直方体分割図）を用いている。設計条件として何室が必要であるのかを定め、その室数に応じた分割数の直方体分割図を全て作り出し（図 3.1）、設計条件に適合する分割図をその中から抜き出して適正な規模の面積や容積を割付けることで、適正な室配置を得る。室を表す図形はそれぞれ矩形（正方形を含む）に限定され、L字型等の室は用いない。また、直方体分割図の外形も矩形に限り、T字型等の外形は用いない。例えば図 3.1 斜線部はこれらの条件に反するので用いない。以下にまとめると

1. 設計条件として何室が必要かを与える
2. 室数に応じた直方体分割図を知りうる限り作り出す
3. 室同士の隣接関係を条件としないため、作り出される隣接グラフは多い
4. また、1つの隣接グラフから複数の直方体分割図が得られる

以上から、非常に多くの直方体分割図が作り出されることがわかる。そして、例えば西側に3室、北側に2室面しているといったように次なる設計条件を与え

てさらに設計案を絞り込む。

1点 (1室)	0辺			
2点 (2室)	1辺			
3点 (3室)	2辺			
	3辺			
4点 (4室)				
	3辺			
				
	4辺			
	5辺			
	6辺			

各室間の隣接関係ないしは接続関係を表すグラフと直方体分割図

図 3.1 隣接グラフと直方体分割図

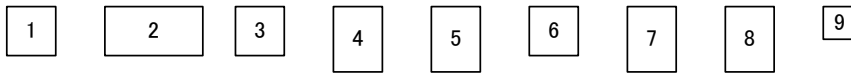
3-1-2. 逐次近似型室配置

岡崎等の逐次近似室配置[12]では、所与の面積と形状を持つ諸室の配置を「室間親近度 c_{ij} と室相互の距離 d_{ij} の積」の総和を最小にすること、つまり必要な動線距離を最短にする室配置を行なっている(図 3.2)。入力は、諸室の形状、各室間の親近度、特定の室と敷地との関係である。特定の室と敷地との関係は図 3.2 の初期配置に置き換えられる。

3-1-3. フレキシブル条件の室配置

青木のフレキシブル条件の室配置[13]では「明白な条件」に拘らず「漠然とした設計意図」といった概念(図 3.3)を導入することで、岡崎等の逐次近似室配置を基礎としてより現実的な室配置を求める方法を提案している。

フレキシブル条件による室配置では、各室の「条件を変えてよい度合い」に応じて室の変形を許す。これにより、凹凸の少ない平面プランを得ることができる。(図 3.4)。平面プランにおける凹凸の排除は、平面プランの洗練化と考えることができる。図 3.4 は、ユーザーが平面プラン上の各室(室 1, 2, 3, 4, 5)に対して、それぞれ条件を変えてよい度合い(☆印)を与えた結果得られた出力例である(出力 No. 1, No. 2, No. 3)。つまり、ユーザーが☆印を 2 つ以上与えた室は、平面プランの外形を平滑にするために変形している。



諸室の形状

	ROOM 1	ROOM 2	ROOM 3	ROOM 4	ROOM 5	ROOM 6	ROOM 7	ROOM 8	ROOM 9
ROOM 1		4	1	0	0	0	0	0	0
ROOM 2	4		6	10	1	1	2	1	0
ROOM 3	1	6		4	5	0	0	0	0
ROOM 4	0	10	4		10	4	5	1	0
ROOM 5	0	1	5	10		0	0	0	0
ROOM 6	0	1	0	4	0		0	0	3
ROOM 7	0	2	0	5	0	0		4	0
ROOM 8	0	1	0	1	0	0	4		0
ROOM 9	0	0	0	0	0	3	0	0	

空間親近度

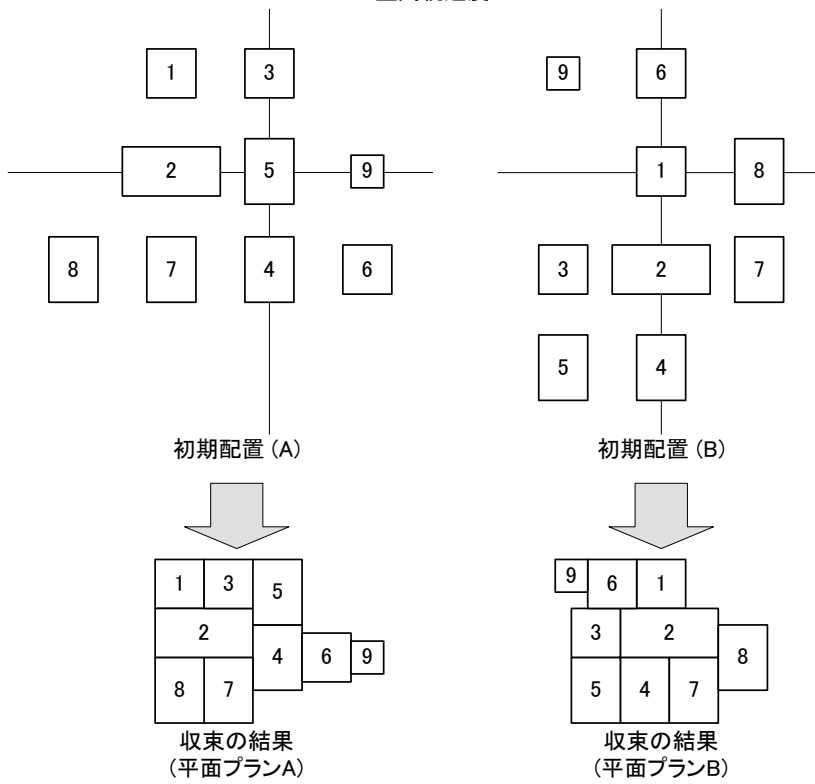


図 3.2 逐次近似型室配置

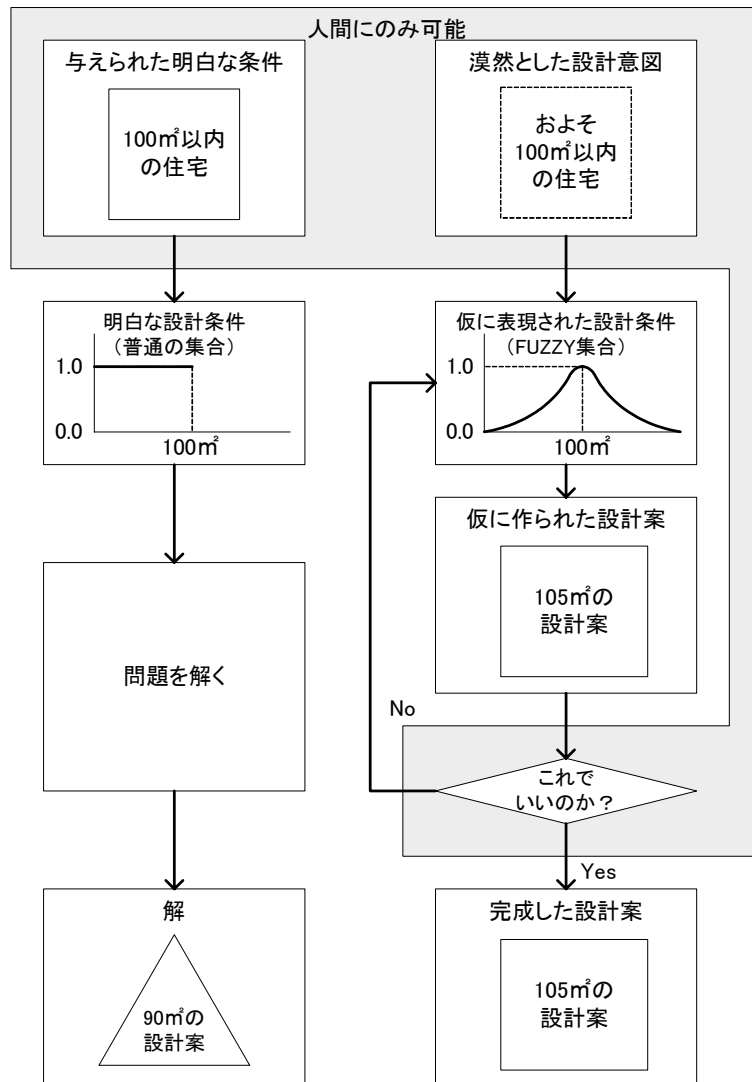


図 3.3 条件の概念の違い

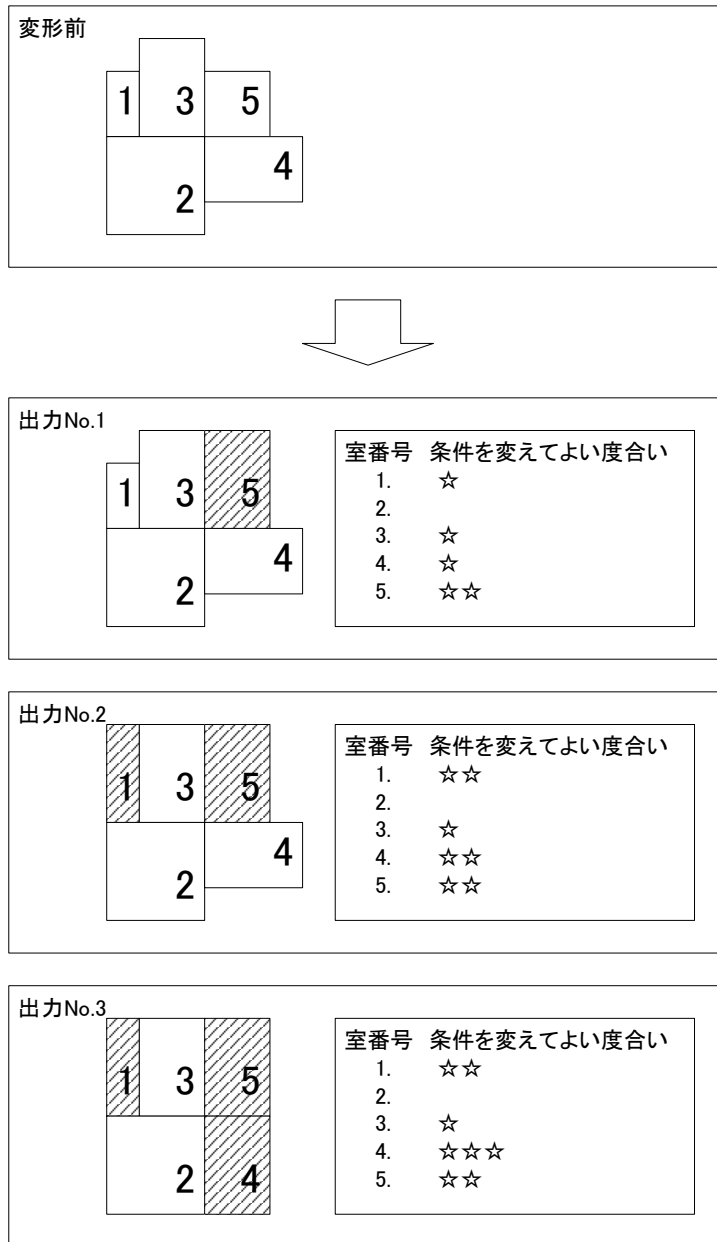


図 3.4 フレキシブル条件の室配置

3-1-4. グラフ理論的アプローチによる平面計画

辻等のグラフ理論的アプローチによる平面計画方法の研究には、室間の隣接強度を表す隣接行列と室が面する方位を表す方位行列から平面グラフを作成し、さらに長方形分割図を作成する方法[14]、各室に対応した基準面積を持つ正方形を隣接条件に従って連結し、さらに移動、変形することによって面積条件を有する平面プランを作成する方法[15]、隣接関係を4方向の有効グラフで表現する方法[16]等の研究がある（図 3.5）。

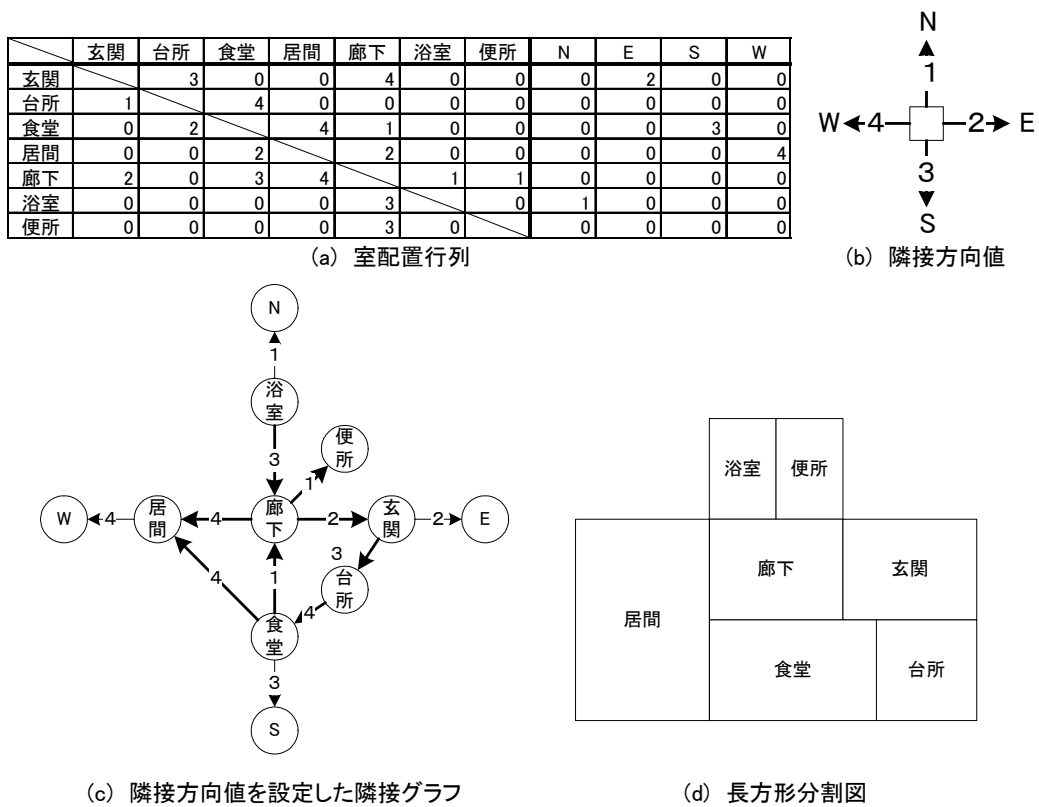


図 3.5 有向隣接グラフを用いた長方形分割図の作成

3-1-5. 遺伝的アルゴリズムによる形状の最適化

村岡等の研究では[17], 室間移動コスト, 建設コスト, 使いにくさを考慮して, 中廊下型プランにおける室の配置と形状を GA(Genetic Algorithm)により最適化している. この研究では, 利用頻度の高い室同士は中央にまとめ, あまり利用されない室は端に配置する, 同じ床面積であれば室の短辺を廊下に面し, 隣室同士の壁の長さ(壁量)を揃えるなど, 人間が設計中に行なう知的な作業が室配置に現れるといった結果が出ている(図 3.6).

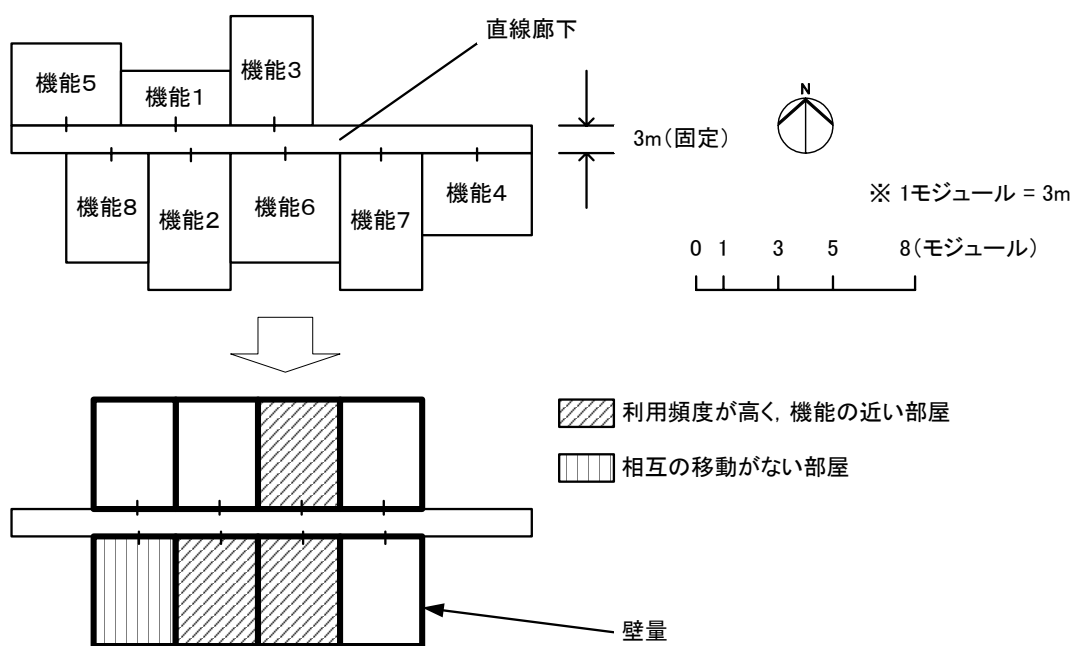
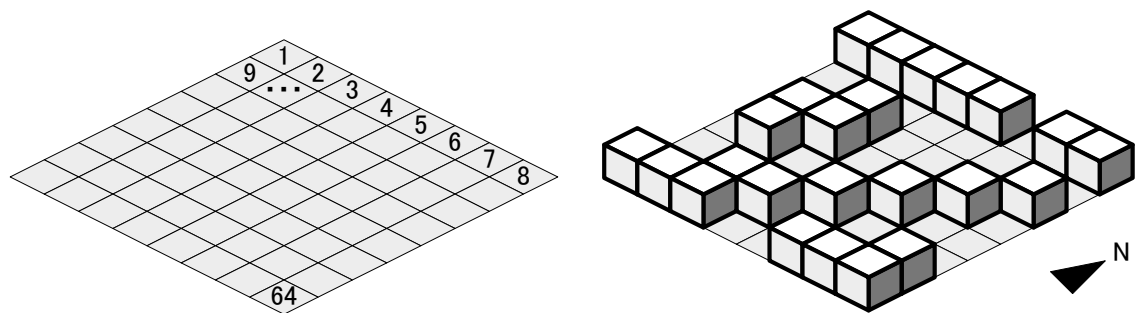


図 3.6 GA による中廊下型プランにおける室配置の最適化

村岡等の研究には, 同じく GA を用いて建物形状を最適化する研究[18]がある. 冬至における住戸への日照を最大にするように 8×8 の正方グリッド上に 24 の住棟ユニットを配置するもので, GA の進化過程において日照を受けやすい雁行型の住棟配置を得るなどの結果を出している(図 3.7).



単位面積当たり直達日射量 × 壁面の太陽からの見え総面積 → 最大化

図 3.7 GA による住棟配置の最適化

3-1-6. 直交グラフ描画法を用いた室配置手法

これまでの室配置手法の多くは、室形状を矩形に限定したものが多く、意図した室同士の隣接関係を満たせない場合があった。この問題を解決する為に加藤等は、直交グラフ描画法[19]を用いてL字型等の非矩形室の生成を行い、同時に平面プラン外形形状の設定を可能としている（図 3.8）。

図 3.8 では、まず入力として所与の室配置平面グラフを与えている。室配置平面グラフには各室同士がどのように隣接しているかの情報が記されているが、これらの情報は設計者（ユーザー）が与える。

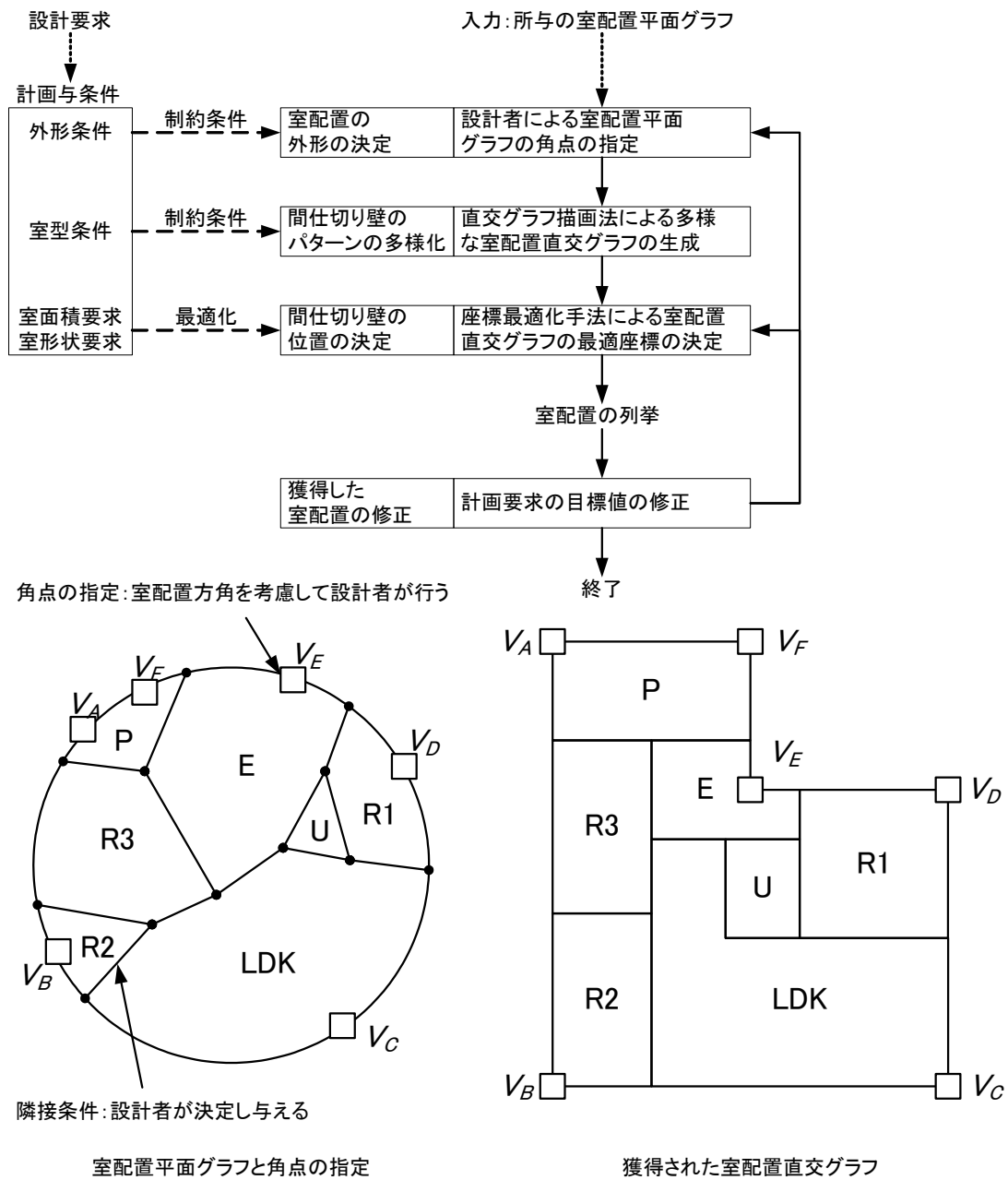


図 3.8 直交グラフ描画法を用いた室配置手法

3-1-7. GA を用いた室・通路・出入口配置の最適化

また，加藤等は GA を用いることで，室・通路・出入口配置の最適化を行なっている [20]．この研究では，敷地領域条件，移動量条件，外接方位条件，室面積条件，室形状条件を与え，室面積，室形状の満足度，室間の総移動コストを最適化指標として，室同士の隣接グラフを GA によって変化させながら優れた室配置を探索する．

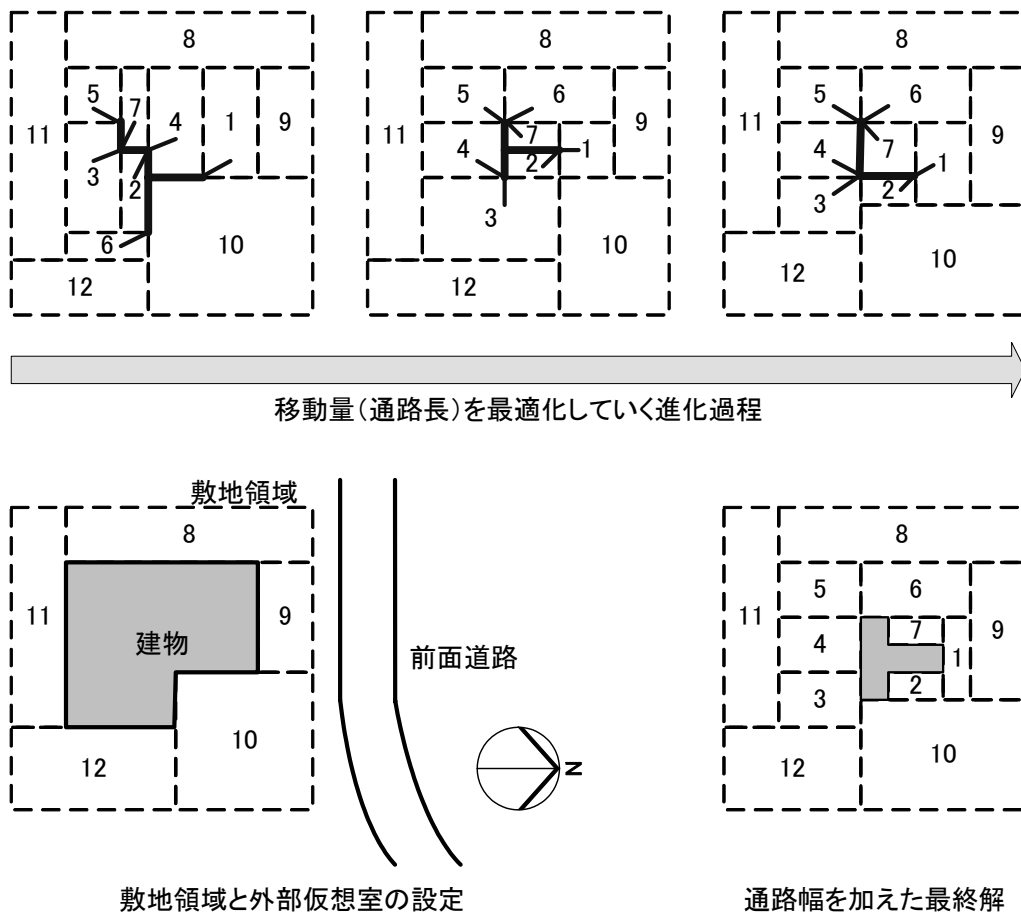


図 3.9 GA を用いた室・通路・出入口配置の最適化

3-1-8. ルールに基づいて室を配置するエキスパート・システム

加藤等[21]は、与えられた平面形状の中に与えられた室ユニットを住戸設計における基本的制約条件や建築主の要望等から定められる幾つかのルールに基づいて配置することにより、平面設計を行なうエキスパート・システムの検討を行っている（図 3.10）。

no	種類	W	D
1	玄関	1	2
2	居間	3	4
3	食堂	3	4
4	台所	2	2
5	浴室	2	2
6	洗面所	2	2
7	トイレ	1	2
8	和室	3	4
9	押入	1	2

ルール No	ルールの内容
1	玄関は北に1マス以上面する
2	居間は南に3マス以上面する
3	洗面所と浴室は1マス以上隣接
4	洗面所と浴室は2マス以上隣接
5	和室と押入れは1マス以上隣接
6	和室と押入れは2マス以上隣接
7	食堂と台所は2マス以上隣接
8	玄関は食堂または居間と1マス以上隣接
9	台所、洗面所、浴室、トイレは東または西または北に1マス以上面する
10	台所、洗面所、浴室、トイレ、押入れは南に2マス以上面さない
11	洗面所、トイレは居間または食堂と1マス以上隣接

(a) 室寸法

(b) 室配置ルール

ルール No 組合せ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	解総数
case 1	○											25920
case 2	○	○	○		○							1508
case 3	○	○		○		○						420
case 4	○	○		○		○	○	○				72
case 5	○	○		○		○	○	○	○	○	○	16

(c) ルールの強化による解総数の変化

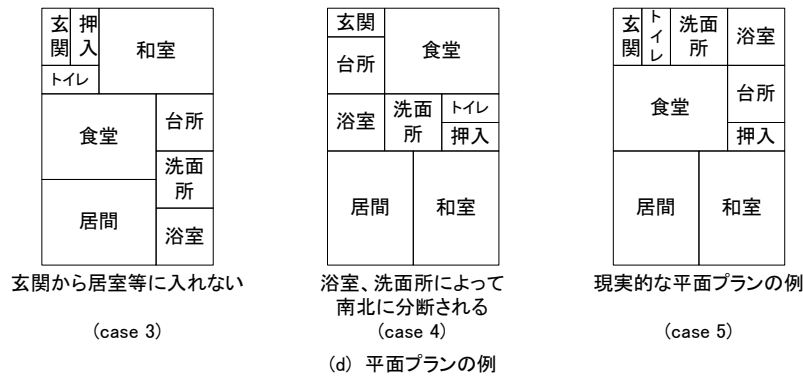


図 3.10 ルールに基づいて室を配置するエキスパート・システム

3-1-9. 制約処理による室配置

本多[22]の各室の寸法と隣接関係に関する制約処理によって平面プランを作成する方法では，配置する各室に関する知識として間口と奥行の上限および下限を与え，配置に関する制約として各室同士の隣接関係を与える．これにより，配置対象領域（フロア）以内で隣接関係を満たした室配置を得る（図 3.11）．

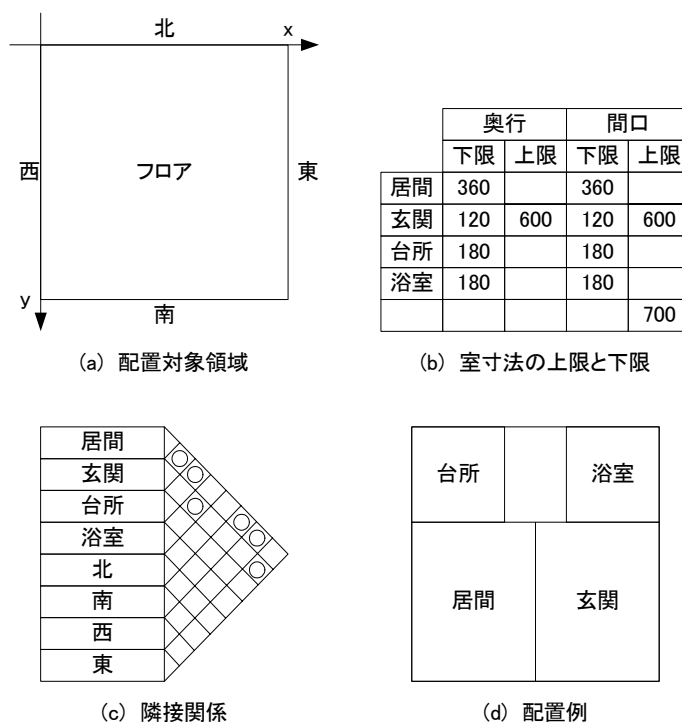


図 3.11 制約処理による室配置

3-1-10. 空間的關係の評価

以上では，主に平面プランを作成する研究を紹介してきた．一方では，平面プラン上の動線の循環性を評価し，平面プランの改善案を提示する研究も行われている[23]．まず，平面プラン上のドアの配置を考慮した各室間の接続関係を求める．つまり，ドアを通じて各室間の行き来をするため，建物内における実際の人の動きをグラフ化する．次に平面プランの隣接関係を求める．平面プランの隣接関係はドアの配置を考慮せず，他室の壁が当該室の壁と接していればこれを隣接

しているものとする．室間の接続関係と隣接関係は図 3.12 左下のグラフのようになる．Dijkstra's Algorithm により室間隣接グラフ上の全ての室同士の最小経路の探索を行うと室 6 と室 7 の行き来には室 5 と室 4 は通過しないことがわかる．つまり，図 3.12 左下の室間接続グラフと室間隣接グラフを比較すると室 6 と室 7 の間にドアを設けると循環性が改善されることがわかる．

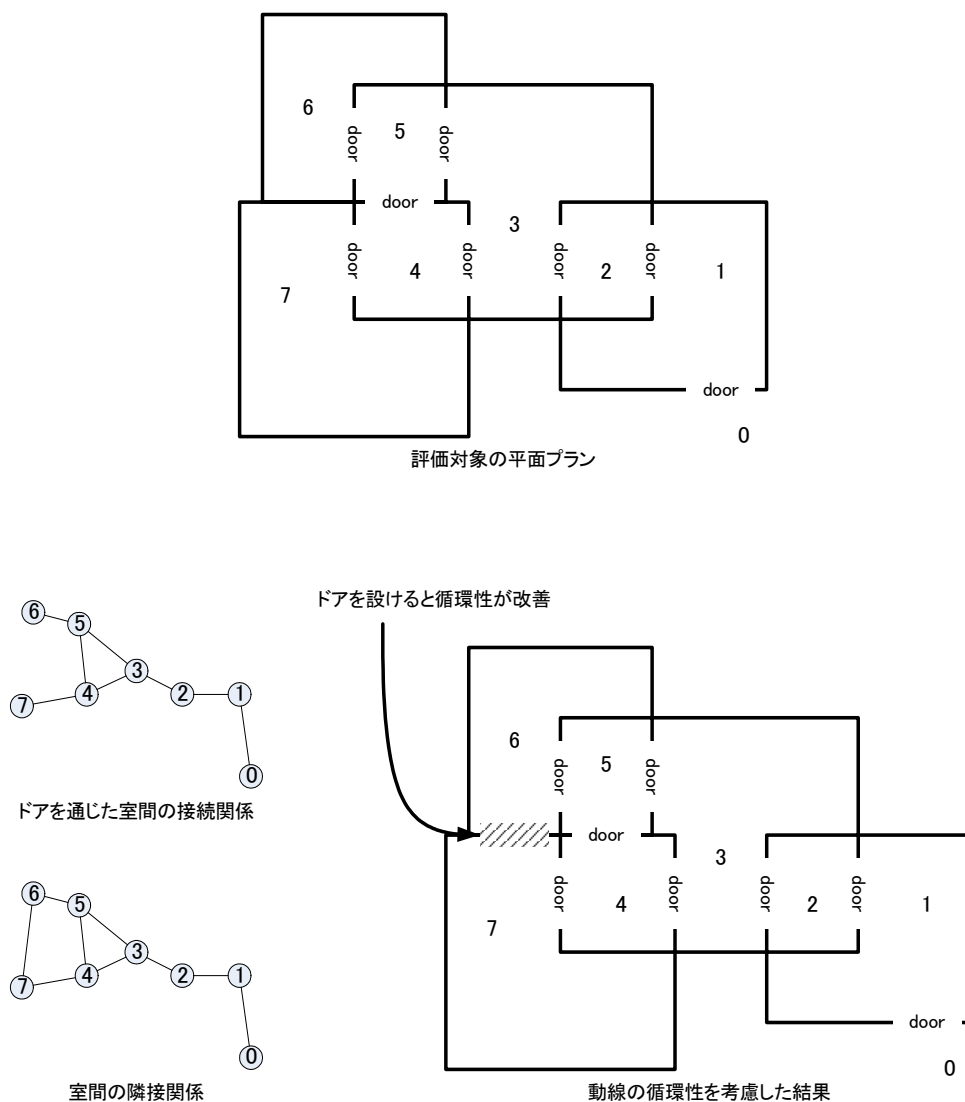


図 3.12 空間的関係の評価

3-1-11. 既往研究の傾向

以上で見てきた既往研究を入力の見点からまとめると以下のようなになる。

1. 設計条件として必要な室数を与える[9][10][11]
 2. 諸室形状, 室間親近度, 特定の室と敷地との関係を与える[12]
 3. 既往研究[12]で出力される平面プランを洗練する[13]
 4. 必要諸室とこれら室同士の隣接関係を与える[14][15][16]
 5. 各室の利用頻度を与え, 室間移動距離, 壁量の観点から室配置を最適化する[17]
 6. 日射量の観点から集合住宅の最適な住戸ユニットの配置を求める[18]
 7. 外形, 室型, 室面積の条件を与えて室配置を求める[19]
 8. 敷地領域, 移動量, 外接方位, 室面積, 室形状の条件を与え, 主に室間の総移動コストを最適化指標として室を配置する[20]
 9. 各室寸法, 室同士の隣接ルールを与えて室配置を行う[21]
 10. 各室寸法の上限下限と各室の隣接関係をあたえて室を配置する[22]
 11. 平面プランの室間の接続関係と隣接関係を比較し, 動線を改善する[23]
- ([]内番号は参考文献番号)

以上15件の既往研究中で, 室間の隣接, 接続関係, 親近度等を与えて(入力して)いる研究は参考文献[12][14][15][16][21][22]の6件である。また, 各室の利用頻度, 室間移動量等を与えているものは[17][20]の2件であるが, 各室の利用頻度, 室間移動量からは必要とする室接続関係を導き出すことができるため前出の6件に加えて考えることができる。従って, 室接続関係等を入力として与えている研究は[12][14][15][16][17][20][21][22]の8件とすることができる。

この他[9][10][11]の一連の3件の研究では, 必要な室数を与えており, [13]は[12]の研究で出力される平面プランを洗練化させる詳細レイアウトに関係するものである。[18]は住戸ユニットを一単位としてのもので他の研究と異なっている。[19]は主に外形形状や室形状を入力としたレイアウトを主眼に置いたものである。[23]は作出された平面プランを動線の観点から評価・改善するものであり, [23]の研究もまたレイアウトに主眼を置いたものといえる。

以上で述べてきた既往研究を第2章において整理した建築の設計プロセス上

に位置付けると図 3.13 のようになる。

可能な限りの室構成を作出し、室配置方角や室接続関係等の条件から設計案と成り得るものを抜き出す[9][10][11]の3件の研究では、可能な限りの基本設計を作出し、その中から設計要求、概念設計に従った基本設計を抜き出していると言える。また、室接続関係を主な入力とした[12][14][15][16][17][20][21][22]の8件の研究は、ユーザーが概念設計によって作成した室接続関係を入力し、基本設計を作り出している。一方、[13][19]の研究は、基本設計の洗練化やレイアウトに焦点を当てているため基本設計から詳細設計にかけての研究と位置付けることができる。[23]の研究は、作出された平面プランの動線を評価・改善するもので、平面プランの洗練化と言える。従って、基本設計から詳細設計の段階に関連した研究と言える。

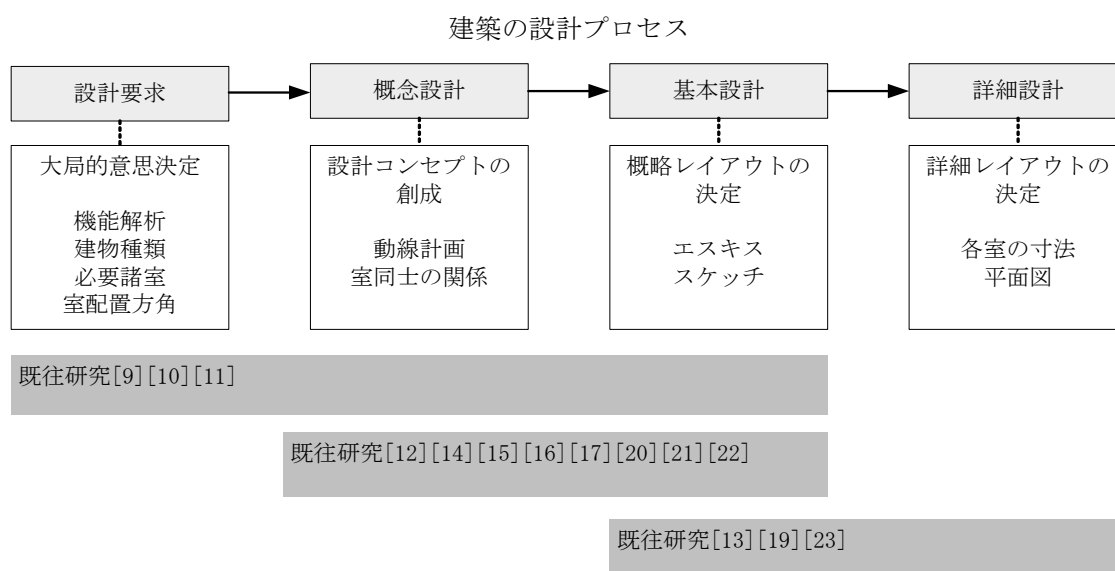


図 3.13 建築の設計プロセスと既往研究の位置付け（上段は図 2.8 に同じ）

図 3.13 を見ると、既往研究ではユーザーが決定した室接続関係を入力し、基本設計を出力する設計プロセス中期段階のものが多い

（[12][14][15][16][17][20][21][22]）。その他、レイアウトの最適化を行う設計プロセス後期段階のもの（[13][19][23]）、必要な室数や室配置方角等の入力

から基本設計案を抜き出す設計プロセス初期段階に該当するもの（[9][10][11]）まで幅広く存在していることがわかる。

3-2. 非設計専門家を対象とした設計支援システム

前節 3.1 で見てきたように、建築設計支援の既往研究は設計プロセスの広範囲に渡って行われており、図 3.13 に示したようにそれぞれの既往研究を位置付けた。ここで、本論文の背景、目的、方法をまとめ、研究の位置付けをしておく。

本論文の背景は、1-1. で述べたように「住み手参加型設計の増加」である。住み手参加型設計では、複数の非設計専門家と設計専門家が意見交換やデザインワークショップ等を通じて建築物のイメージや空間を構成していく。建築物についての抽象的イメージは、言葉で表すことができるため、他の参加者との共有することはそう難しいことではない。しかし、室の配置案といった具体的な設計案の共有は難しい。このため、現在のデザインワークショップでは、「デザインゲーム[2]」や「空間カルタ[3]」等の手法が用いられている。これらの手法では、建物の種別、規模、使われ方を考慮し、必要諸室、室配置方角、室同士の関係等を調整しながら1室ずつ配置していくため、設計経験の少ない非設計専門家である設計参加者にとっては非常に手間のかかる作業である。

そして、このような「非設計専門家の設計参加」の状況から、1-2. では「非設計専門家の利用を見込んだ設計支援システム」の必要性について述べた。非設計専門家が利用する設計支援システムでは、必要諸室、室配置方角等の設計に対する要求から平面形へ翻訳することが主な課題であり、目的である。

第2章で説明したように、設計要求から基本的なレイアウト、即ち基本設計を作成するまでの段階は設計プロセス中の前半の段階に位置している。従って、本論文で提案する「非設計専門家が利用する設計支援システム」では、設計プロセスの前半段階、設計要求から基本設計の段階に主眼を置き、必要諸室、室配置方角、室接続関係等から良好な平面プランを作出する方法を見つけるか、または作り出すことが必要である。

必要諸室、室配置方角、室接続関係等から建築計画的に良好な平面プランを作成する方法として、本論文では 1-3. で述べたように「既存設計事例を活用」する。「既存設計事例を活用した設計支援システム」については第4章で詳述していく。

3-3. 章結

3章では、建築設計支援に関する既往研究の中から主なものを紹介し、これらの研究の概略について説明した。また、2章で定義した設計プロセスにこれらの既往研究を位置付けし、設計プロセス中のどういった設計段階の研究が多く行われてきたかを明確にした。この結果から、既往研究では予め設計者側（ユーザー側）で作成した室接続関係を入力し、平面プランを作出するものが多いことが分かった。しかし、非設計専門家にとっては室接続関係を定めることもまた困難な作業である。従って、非設計専門家が利用する設計支援システムでは、室接続関係、即ち概念設計を支援することが望ましいといえる。

本論文で提案する支援方法では、既存設計事例を基にして室接続関係を構築し、平面プランを作出する。このための方法を次章以降で述べる。

参考文献)

- [9] 吉田勝行：直方体分割図の電算機による作成法と設計計画への適用性に関する研究(1)一直方体分割図の機械的な作成法とそのプログラム化一，日本建築学会論文報告集，第293号，pp.105-115，1980.7
- [10] 吉田勝行：直方体分割図の電算機による作成法と設計計画への適用性に関する研究(2)一直方体分割図の種類とそれを母体としたラインプランに納め得る設計計画上の条件一，日本建築学会論文報告集，第295号，pp.103-113，1980.9
- [11] 吉田勝行：非線形計画法による直方体分割図を母体とした最適平面の作成法に関する研究(1)一非凸計画による最適規模の割付け法とそのプログラム化一，日本建築学会論文報告集，第314号，pp.131-142，1982.4
- [12] 岡崎甚幸，伊藤明宏：逐次近似型室配置・通路モデルの研究，日本建築学会論文報告集，第339号，pp.90-100，1984.5
- [13] 青木義次，山縣 洋：CADにおけるフレキシブル条件の概念の定式化と応用，日本建築学会計画系論文報告集，第365号，pp.68-74，1986.7
- [14] 辻 正矩，川窪広明：計画与条件に適合する長方形分割図の作成方法について グラフ理論的アプローチによる平面計画の方法 その1，日本建築学

- 会計画系論文集, 第 494 号, pp. 120-136, 1997. 4
- [15] 川窪広明, 辻 正矩: 長方形分割図の室寸法を決定する方法について グラフ理論的アプローチによる平面計画の方法 その 2, 日本建築学会計画系論文集, 第 513 号, pp. 159-166, 1998. 11
- [16] 川窪広明, 辻 正矩: 有効隣接グラフを用いた長方形分割図の作成方法について グラフ理論的アプローチによる平面計画の方法 その 3, 日本建築学会計画系論文集 第 549 号, pp. 161-168, 2001. 11
- [17] 村岡直人, 青木義次: 遺伝的アルゴリズムによる平面形状の最適化と設計ノウハウの獲得, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 497 号, pp. 111-115, 1997. 7
- [18] 村岡直人, 青木義次: 評価基準の学習をとり入れた遺伝的アルゴリズムによる建物形状の最適化, 日本建築学会計画系論文集, 第 514 号, pp. 141-146, 1998. 12
- [19] 宗本晋作, 加藤直樹: 直交グラフ描画法を用いた室配置手法ータブー探索法を用いた対話型多目的最適化ー, 日本建築学会計画系論文集, 第 529 号, pp. 279-286, 2000. 3
- [20] 浅野寛治, 加藤直樹, 吉村茂久: Sequence Pair に基づく室・通路による優良解探索ー, 日本建築学会計画系論文集, 第 572 号, pp. 209-216, 2003. 10
- [21] 加藤誠巳, 村上周三, 藤井 明: 住宅間取り設計エキスパート・システム, 情報処理学会研究報告, IPSJ-ICS84037001, 1984. 11
- [22] 本多一賀: 制約に基づくフロアプランニング自動化システムの実現方法, 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 11, pp. 2102-2111, 1997. 11
- [23] Jae Wan Park, Jin Won Choi: A Computational Approach to Evaluate Physical Requirements and Spatial Managements of Apartment Unit Floor Plans, JOURNAL OF ASIAN ARCHITECTURE AND BUILDING ENGINEERING, Vol. 2 No. 2 November 2003, pp. 103-109, 2003. 11

第4章 計算機による概念設計支援

非設計専門家が利用する設計支援システムでは、概念設計の支援が重要である。本章では、これまでの計算機による概念設計支援を紹介し、これらの概念設計支援を建築平面の概念設計に応用する方法について考察する。

4-1. 非設計専門家のための建築設計支援の目標

1章で述べたように、本論文では非設計専門家の設計参加を円滑なものとするために、非設計専門家が設計案作成に利用する設計支援システムを提案する。非設計専門家が設計参加で行う主要な決定・設計事項は、「(自らの)空間に対する要求」を「平面形(平面図)」へ翻訳することである。空間に対する要求から平面形を作出することは、2章で定義した設計プロセス中の設計要求から概念設計を経て基本設計までと位置付けることができる。

3章で見てきたように計算機による建築設計支援の既往研究では、室同士の接続関係から概略レイアウトを作出するもの、つまり概念設計から基本設計にかけての研究が多い。これらの研究では、各室間の親近度や室接続関係を入力としていることから、設計者(ユーザー)が設計した概念設計を入力して基本設計を出力するものと言い換えることができる。従って設計プロセス全体から見ると、ある程度の設計の見通しが立った段階で入力を開始している。

これに対して非設計専門家のための建築設計支援では、必要な諸室、室の配置する方角、各室同士の接続関係の決定が重要な意味を持つ。つまり、設計要求から概念設計案を作出することが非設計専門家のための設計支援に繋がる。

次に、設計要求、概念設計、基本設計、詳細設計の各段階における処理を明確化し、各処理間の繋がりを図4.1に示す。

2章でも述べたように設計要求は、設計に対する要求や、設計者の意思決定を行う段階である。例えば、建築平面設計では、敷地を想定し、主要な室のおおよその配置方角を決定したりする。

次の概念設計では、設計要求で決定した主要な室の配置方角等を満足するように設計対象の構成を定める段階で、ここでは室の配置方角に加えて各室同士の接続関係を定める。

基本設計では、概念設計で定めた構成を具体化していく。例えば、設計対象が

平屋建てであれば、概念設計で定めた構成は全て2次元平面状に置き換えられる。

最後の詳細設計では、基本設計で具体化した構成を詳細に定める。例えば、図4.1で設計対象物を構成している構成要素は各室である。詳細設計では、これらの室に対して寸法を割り当てていく。

次に、建築設計プロセスを情報量の観点から整理してみると図4.1下段のようになる。まず、設計プロセス上で最も多くの情報量を持っているのは当然完成された平面図であるが、説明を簡単にするために以下ではこれを詳細設計として扱う。詳細設計には、平面図として必要な以下の5つの情報を持っていないといけない。

1. 全室の名称
2. 全室の配置方角
3. 各室同士の接続関係
4. 各室同士の相対的關係
5. 各室の寸法

この他にも壁厚やドア・窓等の寸法なども考えられるが、ここでは割愛する。次に情報量の多いのは基本設計であり、上述の1~5.までの情報の内、1~4.までの情報を持っている。つまり、詳細設計は基本設計を5.の「各室の寸法」の分だけ具体化したものと言える。同様に、基本設計は概念設計を4.の「各室同士の相対的關係」の分だけ具体化している。また、概念設計は設計要求に対して3.の「各室同士の接続関係」の分を加えて具体化している。

このように見ると設計プロセスは具体化のプロセスと考えることができる。また、具体化には情報が必要であることがわかる。ここで次々に加えていく情報は、設計者が決定して与えていくものである。3章で紹介した既往研究は、上記1~5.までの何れかの情報を組合せ、与えることで平面プランを出力していた。従って、これらの研究では、設計者が平面図を描き出す手間は計算機の支援によって省くことができるが、上記1~5.までの情報を決定し、入力していることは計算機支援を用いない場合と違いはない。

故に、図4.1下段のように、室の配置方角や各室同士の接続関係を設計プロセスの初期段階から厳密に与えることは難しく、このことが非設計専門家による設計を困難にしている原因の一つと考えられる。

そこで、本論文では「厳密でない設計要求から概念・基本設計を行い、平面プランを作成する方法」を提案する。また、同時にこれを非設計専門家のための建築設計支援の目標として設定する。

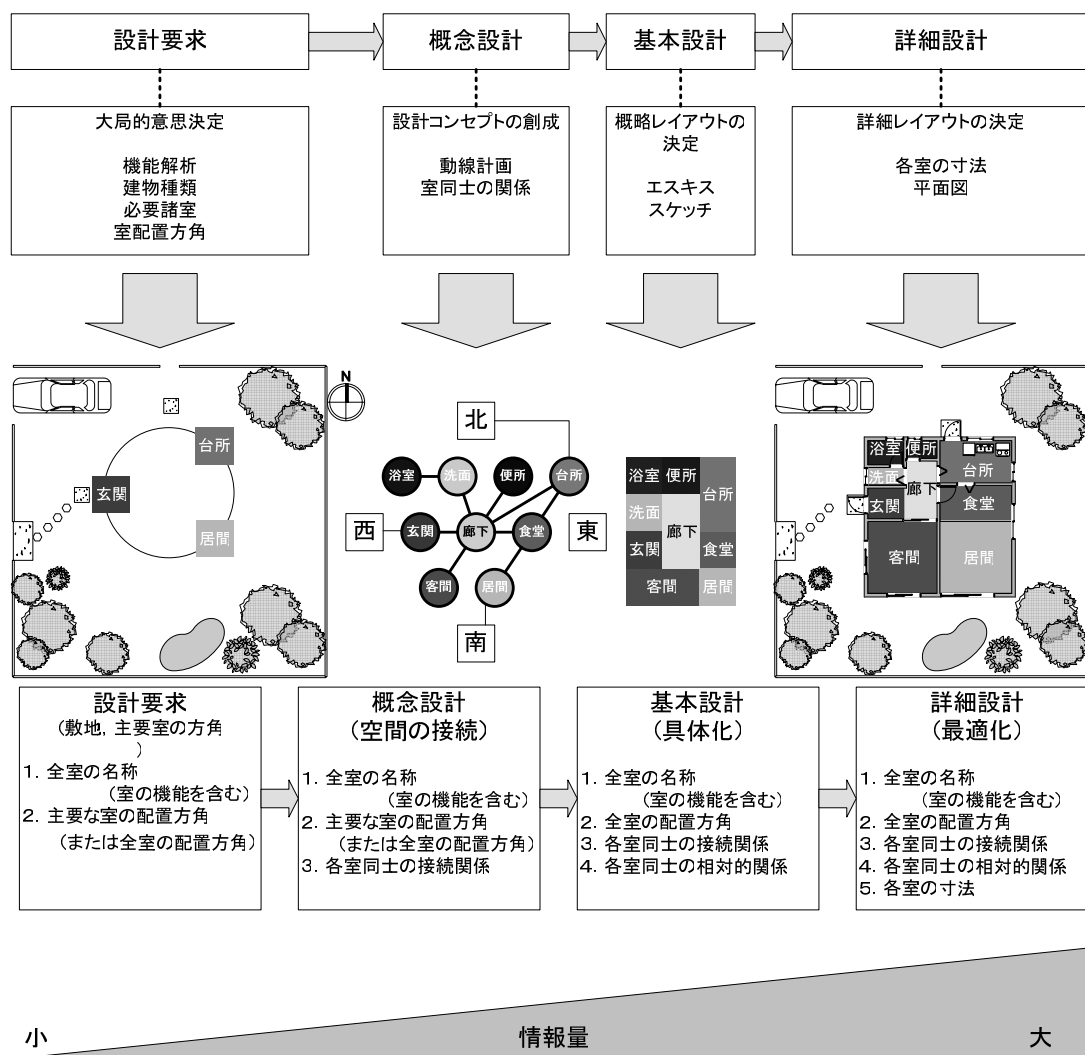


図 4.1 建築設計プロセスの抽象表現と情報量（上段は図 2.8 に同じ）

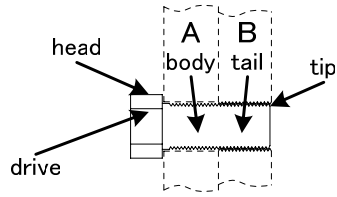
4-2. 計算機による概念設計支援の既往研究

4-2-1. 創成形概念設計

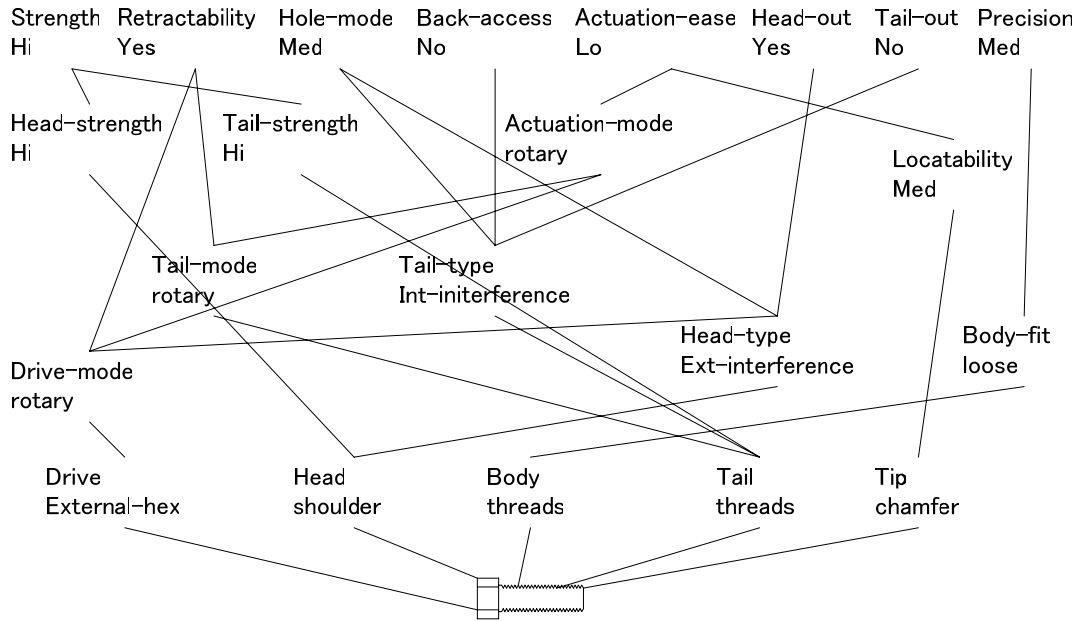
概念設計の処理方法には、赤木等[24]によって二つの方法が提示されている。一つは可能な構成を創成する「創成形」の概念設計であり、もう一方は優れた構成や方式を過去の設計事例から検索する「検索形」の概念設計である。ここでは、これら二つの概念設計方法に従った設計支援システムを例に挙げ、「創成形概念設計」と「検索形概念設計」について説明する。

創成形概念設計システムは、計算機によって設計対象についての何らかの“創成”を実行させようとするものである。創成形システムの研究には、Ulrich と Seering のボルトの創成に関する研究[25]がある。この研究は、既存の多数の種類を母体として、新規なボルトを創成させるものである。まず、図 4.2(a)のようにボルトの構造を各部分に分ける。次に、分けられた各部分の機能を(b)のようなネットワークで表現するが、ネットワーク上で上位レベルに行くほど抽象的な記述となり下位レベルに行くほど具体的な記述になる。(b)のようなネットワークを既存の多種のボルトについて作成して計算機にストアしておき、求めたいボルトの持つ機能を、例えば(strength Hi) and (retractability Yes) and (precision Hi)・・・と言う具合に指定し、これらを満たす新しいボルトを(d)のように創成する。この研究を一言で言い表すと、ある機能を持つ部分同士を組み合わせて全体として新しい特徴を持つ「混血種」を創り出していると言える[24]。上述の処理を見ると、機能の分解、合成といった内容を含んでおり、これは「2-1-2. 機能解析」「2-2-1. 機能の組合せ」で定義した処理内容に一致する。

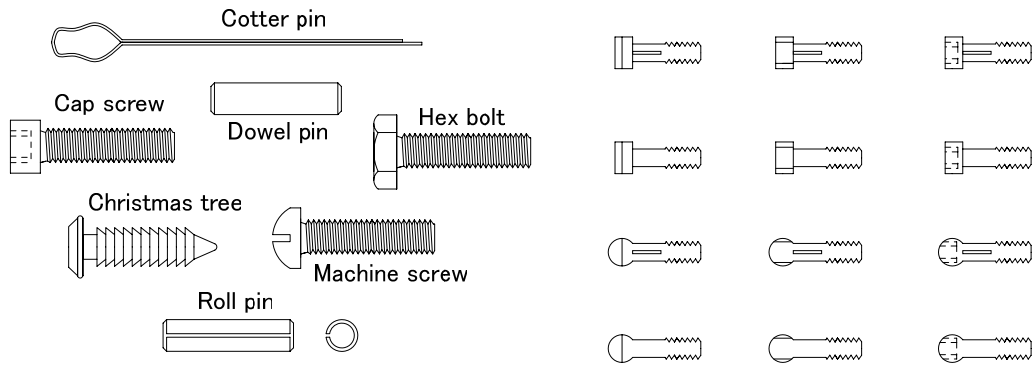
しかし、創成形概念設計システムでは次の二点が必要となる。第一には、設計解の母体となる既存の部品等のデータ構成が各部分に分割され、それぞれの機能が分離・記述できなければならない。例えば、図 4.2(a)のようにボルトは drive, head, body, tail, tip といった各部分に分割され、それぞれの部分が分担する機能が把握できなければならない。第二に、設計解を評価する機能が必要である。最終的な評価は設計者に委ねられるが、組合せを作る段階で意味のない組合せや非常に機能の劣るものを排除し、候補を絞り込む必要がある。これにより組合せの爆発を避けることができる[7]。



(a) ボルトの各部分



(b) ボルトの各部分



(c) 既存のボルト

(d) 創成されたボルト

図 4.2 ボルトの創成プロセス (文献[24]より抜粋)

4-2-2. 検索形概念設計

次に、検索形概念設計システムについて説明する。ここで紹介する赤木等の研究[26]は計画された船に最も適する主機関を選定するものである。船の主機関には、ディーゼル機関、タービン機関などの機関の種類に加え、それぞれの種類の機関について多くのサイズがあり、数ある機関の中から船の種類や所要動力などに応じて、その船に最も適した機関を選定する（図 4.3）。選定は、各主機関の大きさや出力等のデータを主機関別に計算機に蓄えておき、設計者が入力した主機関の大きさや出力等を満たした主機関を検索することで行われる。こういった処理は「2-2-2. 方式の選定」で定義した処理内容と同様に考えることができる。

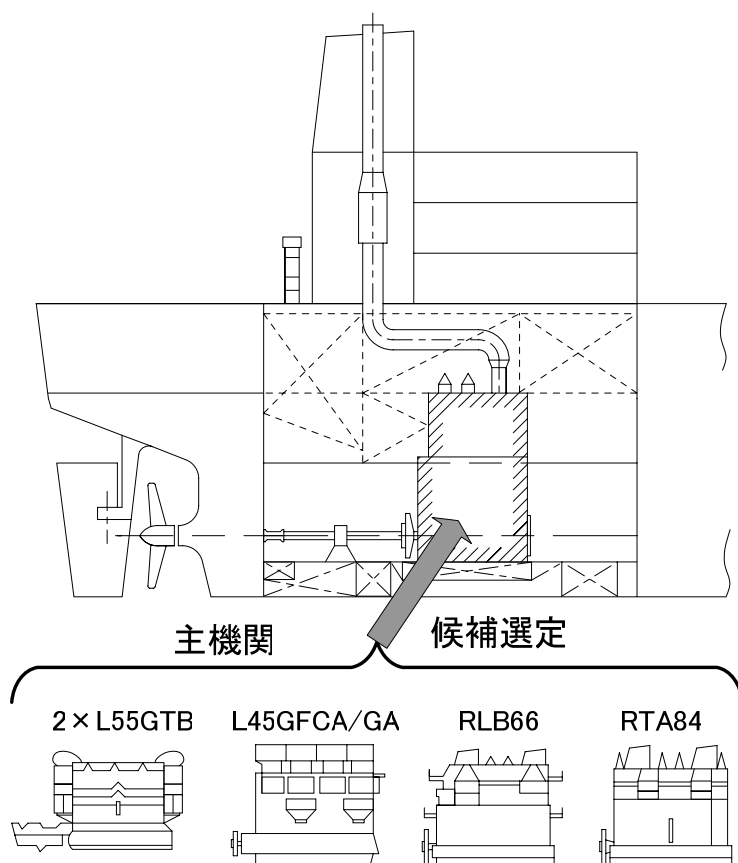
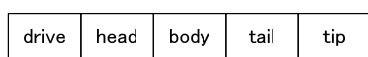


図 4.3 船舶の主機関選定（文献[24]より一部抜粋）

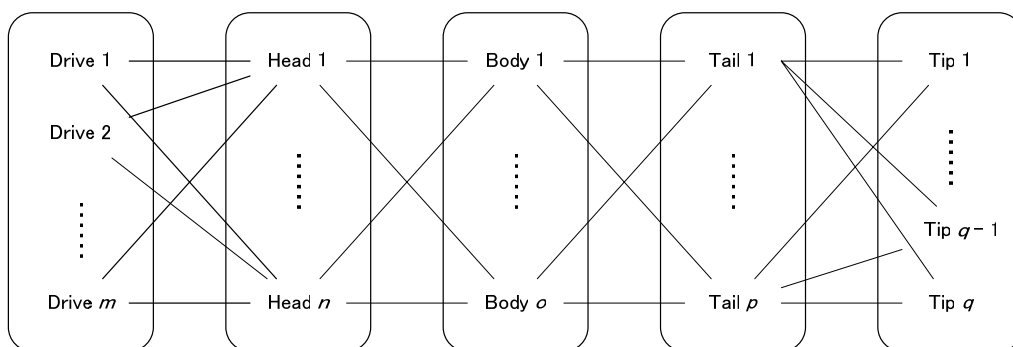
4-3. 空間配列検索形の概念設計支援

4-3-1. ボルトの創成形概念設計における組合せ

4-2-1. で述べたように，創成形概念設計は，ある機能を持つ部分同士を組み合わせて全体として新しい特徴を持つ「混血種」を創り出している．図 4.2 に示したボルトの創成問題を組合せ問題として考えてみる．ボルトは「drive」「head」「body」「tail」「tip」の各部分に分割でき，しかもこれら各部分の配置順序は図 4.4(a) に示すように決まっている．Drive の種類が m 個あり，head の種類が n 個，body の種類が o ，tail の種類が p 個，tip の種類が q 個ある場合，創成されるボルトの組合せは $(m \times n \times o \times p \times q)$ 通りになる（図 4.4(b)）．



(a) ボルトの各部分の配置順序



(b) ボルトの各部分の組合せ $(m \times n \times o \times p \times q)$ 通り

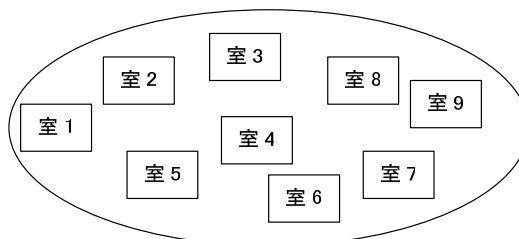
図 4.4 ボルト各部の組合せ

4-3-2. 建築平面の創成形概念設計における組合せ

次に，建築平面の概念設計にこのような創成形概念設計を用いた場合を考えてみる．建築平面の場合，ボルトの場合とは異なり，図 4.4(a) のような 1 次元の配置順序を初めから与えることはできない．ここで，建築平面プランは 2 次元平面上に各室を配置していく問題であるため，図 4.4(a) のような 1 次元の配置順序を 2 次元に拡張すれば図 4.4 のような組合せの問題として扱えそうであると考

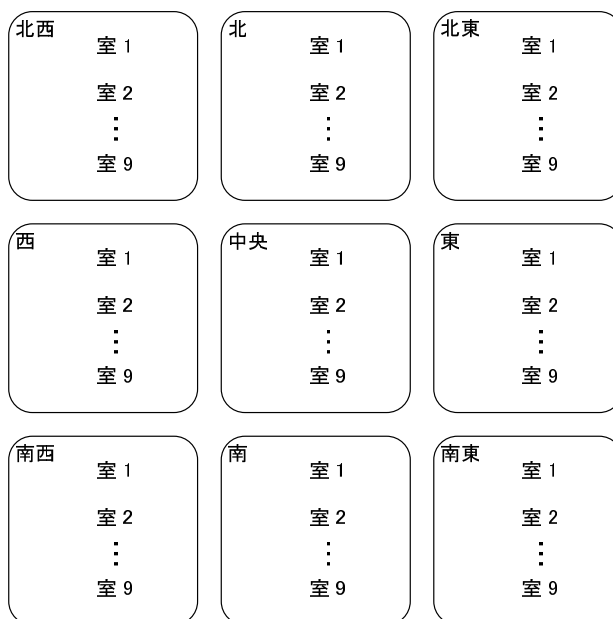
えることができる．まず，建築予定の敷地を図 4.5(a)のように方角別に分割（9ブロック）する．次に配置する諸室（9室）を用意する．先の9つの方角ブロックそれぞれに対して配置諸室を1室ずつ配置すると，初めの方角ブロックの配置候補は9室あるので9通り，2番目の方角ブロックへの配置候補は初めの方角ブロックに配置した1室を除く8室になる．このように考えると9つの方角ブロックに対して9つの室を配置する組合せは(4.1)式から9！（362880）通りになる．

$$9 \times 8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 9! \quad (4.1)$$



(a) 方角別にした配置順序(配置方角)

(b) 配置する諸室(室数 9)



(c) 配置方角と配置諸室の組合せ(9！通り)

図 4.5 配置方角と配置諸室の組合せ

4-3-3. 室接続関係を考慮した創成形概念設計の困難さ

しかし、建築平面プランでは、室配置方角と各室同士の接続関係を考慮しながら2次元平面上へ配置していく必要がある。例えば同じ9室の配置を行う場合であっても、図4.1の概念設計に示した室接続関係を満たそうとすると3×3の方角ブロックでは不可能である。例えば廊下、台所などは室接続関係の制約から2ブロック必要であり、図4.1の基本設計に示した図から全体として3×4の方角ブロックが最低限必要である。つまり、与える室接続関係によって配置順序に該当する方角ブロック数は異なってくる。以上のことから、建築平面の概念設計は「室配置方角」と「室接続関係」の両者を同時に考慮しつつ行われなければならないことがわかる。

ここで改めて「室配置方角」と「室接続関係」から建築平面の概念設計を作成する方法を考えてみる。

図4.1に示した概念設計は室配置方角と室接続関係から作成したグラフになっている。従って、建築平面プランの概念設計支援はこのグラフ作成を支援すればよい。以下、このグラフを「室接続グラフ」と呼ぶ。

室接続グラフは、室配置方角と室接続関係から作成するが、最終的に平面図が作成できる室接続グラフには条件がある。それは、室接続グラフが平面的グラフ(planar graph)でなければならない点である。平面的グラフとは、どの2つの辺も、それらが接続する点以外では幾何学的に交差しないように平面に描かれたグラフを指す[27]。

例えば図4.6(1a)に示す室接続グラフであれば、(1b)の平面図を描くことができる。同様に図4.6(2a)の室接続グラフは(2b)の平面図を描くことができる。しかし、図4.6(3a)の室接続グラフは非平面的グラフであり、「室2」「室4」の室接続と「室3」「室4」の室接続は交差を避けることができない。この場合、図4.6(3a)の室接続グラフから平面図を描くことはできない。建築平面プランの作成を難しいものとしている理由の一つとして、このような室接続関係の決定の難しさがある。つまり、部分的な条件に従って室接続関係を決めていくと最終的に平面図を描けないことがある。

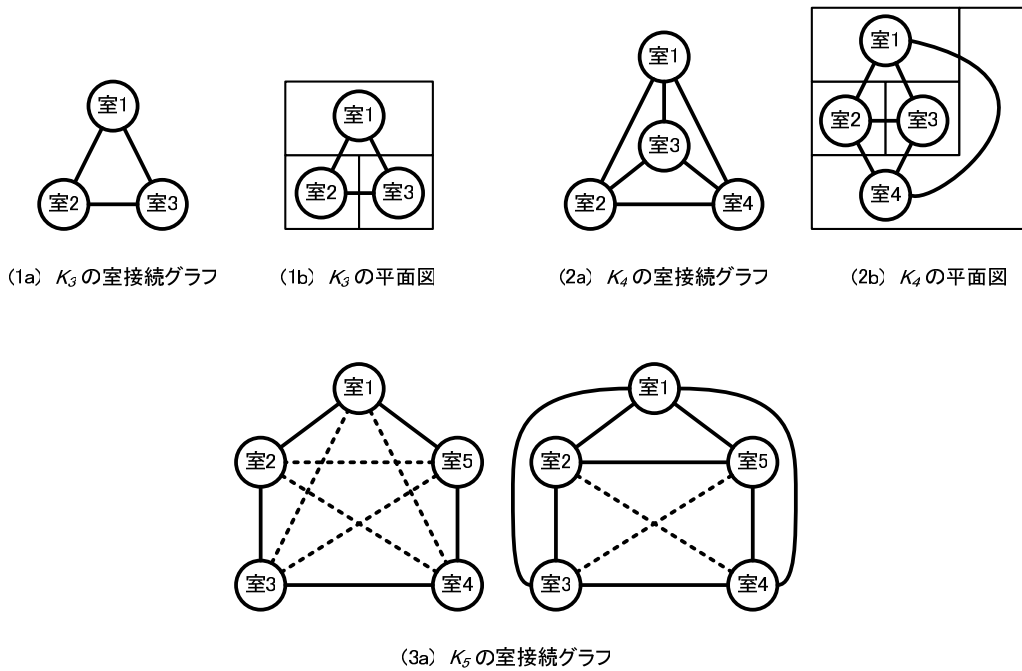


図 4.6 平面図を描くことのできる室接続グラフ（平面性判定）

4-3-4. 空間配列検索形概念設計

4-3-3. で述べたように、室接続グラフは最終的に平面図を描けるような平面性を持ったグラフでなければならないが、常に平面性を持つように室接続グラフを作成することは困難である。建築平面の概念設計の難しさは、設計者の要求を取り入れつつ平面性（平面実現性）を持った室接続グラフを作ることにある。設計者は平面性を持った図 4.7(a)室接続グラフを作り、これを図 4.7(b)平面図に変換していく。そして、平面図が上手く描けない場合には再び室接続グラフを直さなければならない。

図 4.7 を見ると、(a)室接続グラフから(b)平面図が描けるとすれば、(b)平面図には(a)室接続グラフの情報が含まれているはずである。これを図示すると図 4.7(c)のようになる。図 4.7(c)に含まれる室接続グラフは矩形（室）同士の接続関係を示しているため、当然、室接続グラフの平面性は実現されている。

ここで図 4.7(c)を定義しておく。厳密に言うと図 4.7(c)と(b)平面図は異なる。

図 4.7(b)は各室が寸法を持っていると仮定しているため「平面図」と呼ぶが、図 4.7(c)の各矩形（各室）は寸法を持っていない。つまり室の並びだけを示した図である。そこで、(b)平面図と区別するために図 4.7(c)を「空間配列」と呼ぶことにする。

もし、図 4.7(c)のような建築計画的に有用かつ検索可能な空間配列が多数あるとすれば、図 4.7(a)室接続関係の入力からこれを満足する(c)空間配列を検索・選定し、これを基に(b)平面図を描けるはずである。また、このように空間配列を検索対象とすることで、図 4.8(a)のように室配置方角からの検索も可能であり、図 4.8(a)からの検索、(b)からの検索、(a)(b)両者からの検索というように検索の自由度は高い。

ここで述べた空間配列検索形概念設計の手法を採るには次の点に留意する必要がある。

1. 空間配列を多数用意する
2. 用意する空間配列は建築計画的に有用であること
3. 室配置方角と室接続関係から検索できる空間配列として計算機に格納する

本手法は、検索システムのため検索対象である「1. 空間配列」は多数用意されていなければならない。数多く用意されていれば様々な室配置方角や室接続関係から検索することができる。もし、単純に入力した室配置方角や室接続関係から空間配列や平面図を描き出す支援システムであれば考えられる限りの空間配列の組合せを計算機によって作り出しそこから検索する方法が考えられる。しかし、この方法では創成形の設計手法に近い。つまり、考えられる限りの空間配列の組合せを計算機によって作り出す段階でこれまでに無いような空間配列が創成されると考えられるからである。4-2-1.の文末で赤木[7]が述べているように、創成形では組合せの爆発を避けなければならない。そのためには組合せを作る段階で意味の無い組合せや機能の劣るものを排除し、候補を絞り込む必要がある。ここで、意味の無い組合せや機能の劣るものを排除すると「2. 建築計画的に有用」な空間配列を用意すればよいと考えることができる。建築計画的に有用な空間配列を規則の組合せによって計算機で作成することは可能である。しかし、そ

の規則自体が何種類もなければならぬ。仮に、図 4.8(b)に示す室接続関係が建築計画的に模範となる室接続関係であったとしても、全ての建物がこれと同じ室接続関係で建てられるわけではない。図 4.8(d)上段、下段のように廊下と台所の直接の行き来（室接続）ができない建物も存在し、こういった室配置がよいとする人（設計者）や場合もある。このように考えると、一つの規則により空間配列を作り出すことには限界があり、規則もまた複数用意しておかなければならないことがわかる。

まとめると、意味の無い組合せや機能の劣るものを排除した上で、複数の有用な規則（室接続関係）を得る必要がある。これら両者を満たすものとして本論文では「既存設計事例」に着目した。優れた過去の設計事例には、意味の無い空間配列の組合せは無く、建築計画的に良好な室接続関係の空間配列がなされているはずである。次節では、既存設計事例上の空間配列を概念設計支援に用いる有効性について述べる。

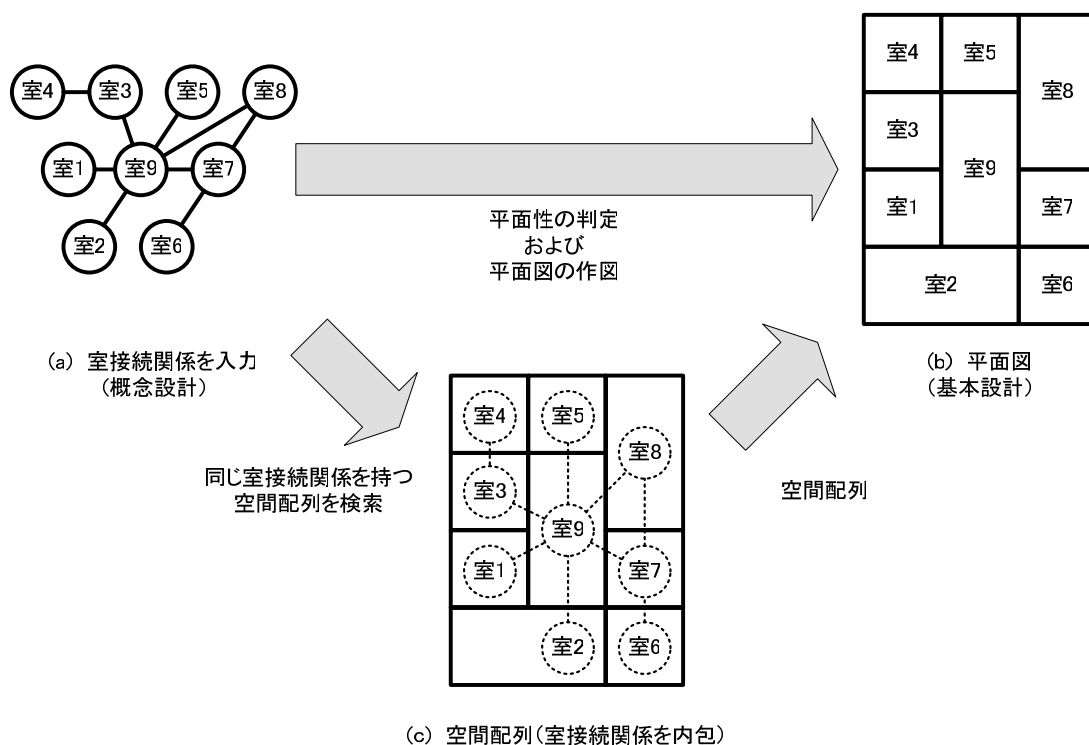


図 4.7 空間配列を利用した平面図の作成

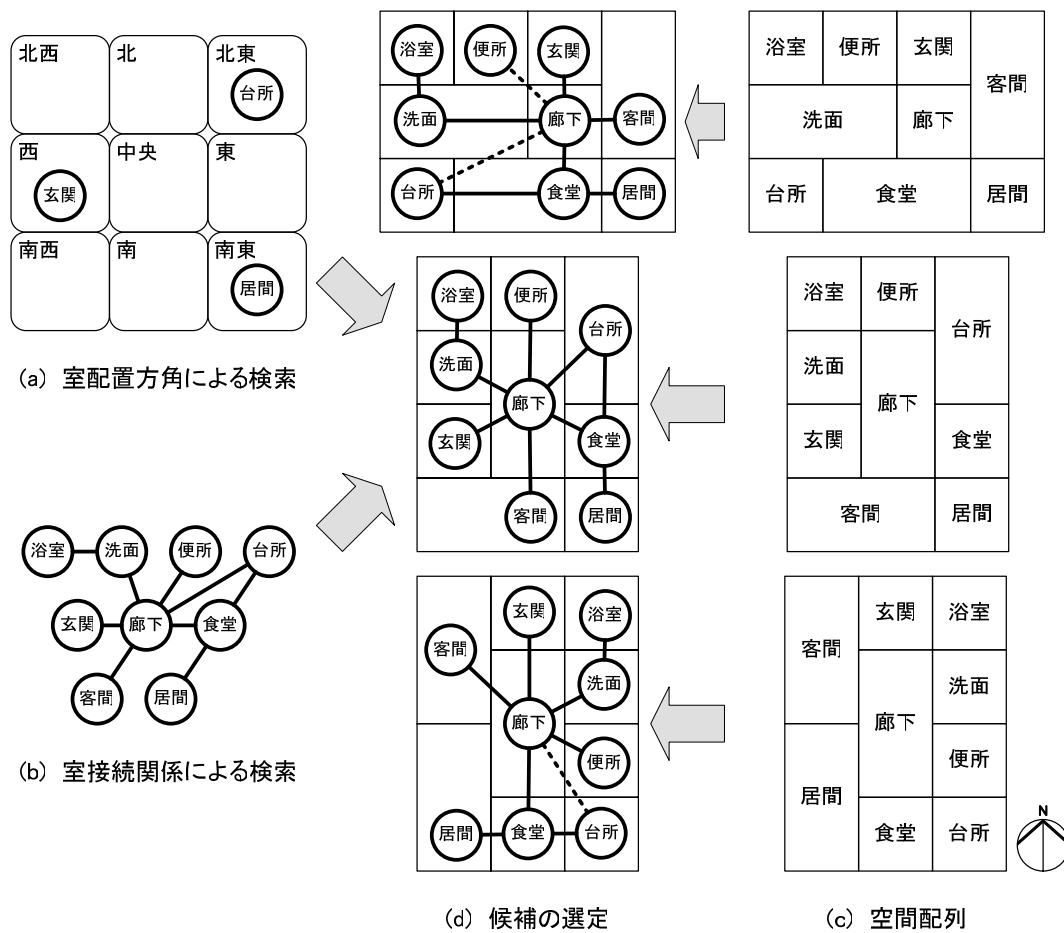


図 4.8 室の配置方角と接続関係による空間配列候補の選定

4-4. 既存設計事例上の空間配列の活用

前節で述べたように、意味の無い組合せや機能の劣るものを排除し、複数の有用な室接続関係を得るために「既存設計事例」に着目する。

本節では、既存設計事例上の有効性を示すために、まず、建築計画に関する文献から建築計画的に良好とされる室配置方角と室接続関係を定義する。次に、幾つかの既存設計事例から室配置方角と室接続関係を抽出する。そして、建築計画に関する文献と既存設計事例上の室配置方角および室接続関係を比較する。

もし、複数の既存設計事例上の室接続関係にある程度の類似性が見られ、建築

計画に関する文献上に記載されている室接続関係とも類似性があるとするれば、当該文献に記載されている室接続関係は、既存設計事例の計画知識を代表的に明示していると考えられることができる。また逆に既存設計事例は、建築計画の文献に記載されている代表的な室接続関係を少しずつ変化させたバリエーションであり、空間配列候補として有用であると結論付けできる。

4-4-1. 建築平面の計画知識

まず、建築計画に関する文献から建築計画的に良好とされる室配置方角と室接続関係を定義する。ここでは、戸建て住宅設計における居室配置の際に考慮すべき室配置方角と室接続関係を一般的にどのような方向性で決定されているのかを建築計画に関する文献から調べる。

各居室・設備は、その中で行われる生活行為が必要とする条件により配置される。この条件の一つとして考えられるのは日当り・風通しなどの自然環境である。日本における戸建て住宅の敷地を想定し、日当り・風通しなどの自然環境の点から、典型的な室配置方角を示すと、図 4.9 のようになる[28][29][30]。家族の多くが共通して使い、日中の滞在時間が長い居室は、日当りがよく、風通しも得やすい南側に配置するのが望ましく、朝の目覚めから朝食までの一連の生活行為を考慮すると食事室・台所などは東側に配置するのが望ましい。一方、壁で囲まれて窓が少なく、使用する時間も限られている洗面・浴室などの設備や玄関は、居室を配置しにくい西側に配置すると全体の計画が立てやすくなる。また、書斎・アトリエなどの作業を行う居室は、方向性を持たない採光が得られる北側に配置するのが望ましい[30]。

次に、住宅設計における室接続関係に関して述べる。住宅の平面は、さまざまな種類の居室や設備部分により構成される。各々の機能を発揮して十分な役割を果たせる合理的な配置と結合が重要であり、そのためには住宅内で行われる生活行為と、それが行われる居室の相互関係を考慮しなければならない。居室の種類とその中で行われる生活行為をまとめると表 4.1 のようになる。表 4.1 から同一の生活行為や類似した生活行為が複数の居室で共通して行われていることが分かり、居室にはグループを持ったまとまりがあることがわかる。

以上、一般的に住宅平面の設計は、図 4.9 の居室配置方角や表 4.1 の居室同士の間連性を考慮して行われる。

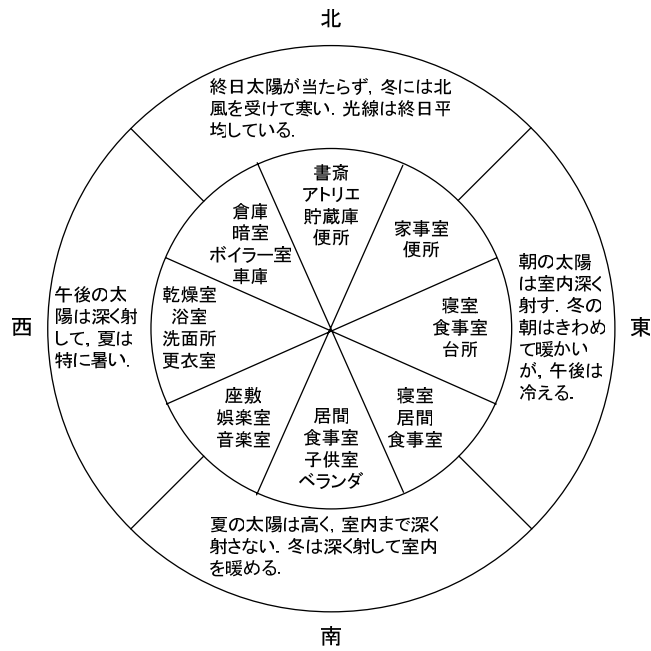


図 4.9 自然環境からみた居室の配置 (文献[28][29][30]より抜粋)

表 4.1 居室の種類と住生活行為 (文献[30]より抜粋)

◎: 特に関連が深い ○: 関連がある

住生活行為	居室の種類												
	居間	食堂	応接室	書斎	主寝室	子供室	地下室	台所	浴室	便所	押入	廊下	玄関
住生活行為													
集合的行為	家族の団らん	◎	○					○					
	食事	○	◎					○					
	遊びと趣味	○	○	○	○	○	○						
	接客	○	○	◎									
個別的行為	夫婦の就寝				◎								
	子供の就寝					◎							
	仕事・勉強	○	○		◎	◎	○					○	
家事的行為		○						◎					
生理的行為	入浴								◎				
	排泄									◎			
補助的行為	移動	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎

4-4-2. 既存設計事例上の室配置方角

次に、既存設計事例として木造住宅の平面図を示す。図 4.10 に示した木造住宅の平面図は、「玄関(E)、廊下(H)、客間(R)、洗面(W)、浴室(B)、便所(T)、居間(L)、食堂(D)、台所(K)」の 9 室から構成された、全体の平面形が正方形に近い形となるものを文献[31]から選んでいる。このように同じ種類の室を同数持つ平面図同士を比較することで、室同士の接続関係の検討を行うことができる。また、各室の室配置方角の比較の容易さから正方形型の平面図を扱うこととした。

図 4.10 の 12 例の平面図上のグラフは各室間同士の動線を示している。つまりグラフの辺(edge)で結ばれた室(点(vertex))同士は直接の行き来ができる。例えば、Square-type_002 上において室 E と室 H は直接の行き来ができるが、室 E と室 R は隣接しているが直接の行き来はできない。ここで、前者を「接続関係」と呼び、後者を「隣接関係」と定義しておく。

図 4.10 を見ると、同じ種類の室を同数持つ平面図同士であっても様々な種類の平面図がある。これら平面図間の差異は「室配置方角」「室接続関係」「各室の面積」の 3 点にある。図 4.10 の 12 例の平面図はこれら 3 点がそれぞれ異なっている。同じ種類の室を同じ数だけ持つ平面計画において上記 3 点が異なる要因は、敷地の面積や前面道路の方角といった「敷地固有の条件の相違」と、住み手(設計者)の「住宅に対する要求の相違」の 2 点が考えられる。

例えば、前面道路が敷地の南側にある場合において玄関を南側に配置するのは前者に該当する。多くの場合、南東には居間や客間が配置されるが、玄関を南東に配置すると居間や客間は別の方角に配置しなければならない。これにより、室配置方角の比較において他の平面図との違いが出てくる(Square-type_007)。

一方、前面道路と玄関の関係のように敷地固有の条件に左右されないにも拘らず室同士の行き来(動線)に違いがあるのは後者の「住宅に対する要求の相違」に該当する。例えば Square-type_004 と Square-type_009 は各室の配置方角がよく似ている。しかし、Square-type_004 では玄関(E)、廊下(H)から直接に客間(R)に入れるのに対し、Square-type_009 では玄関(E)、廊下(H)、居間(L)を經由して客間(R)に入る。このことから、意図的に Square-type_004 の客間は独立性を高められていると言える。

ここまでをまとめると、「室配置方角」「室接続関係」「各室の面積」の3点が建築平面に個別性を与えており、これら3点は「敷地固有の条件」「住宅（建物）に対する要求」の2点から決定されると考えることができる。また、これらの点について設計毎にそれぞれ異なるため、同種同数の室を配置する場合であっても図4.10に示したように様々な平面図が描かれることが分かる。

本節では、これらの既存設計事例と先述の建築計画に関する文献上の室配置方角と室接続関係を比較する。もし、既存設計事例と文献の両者間に共通性が見られるのであれば、当該設計事例は建築計画（室を配置する）知識として扱うことができる。つまり図4.8(c)の空間配列の基盤として扱える可能性が出てくる。

ここでは12例の既存設計事例上の各室の配置方角（図4.10）と建築計画に関する文献上の室配置方角を比較してみる。図4.11上段は図4.9から図4.10に関係する室の配置方角を抜粋したものである。図4.11下段の8つのグラフは図4.10の12例の平面図上の各室を、中央を含む9つの方角別に累積的に表したものである。これら8つのグラフを見ると、居間は南東に配置される割合が多く、洗面（室）は西に配置される割合が多いことが分かる。これを上段の建築計画に関係する文献上の室配置方角と比較してみるとおおよそ同じ室が同じ方角に配置されている。従って、これらの既存設計事例は建築計画で良好とされている室配置方角におおよそ従って設計されており、建築計画に関する知識に従っている。また、既存設計事例上の室配置方角が建築計画で良好とされている室配置方角に全く同じとならないのは先述した「敷地固有の条件」や「住宅に対する要求」の違いによるものである。

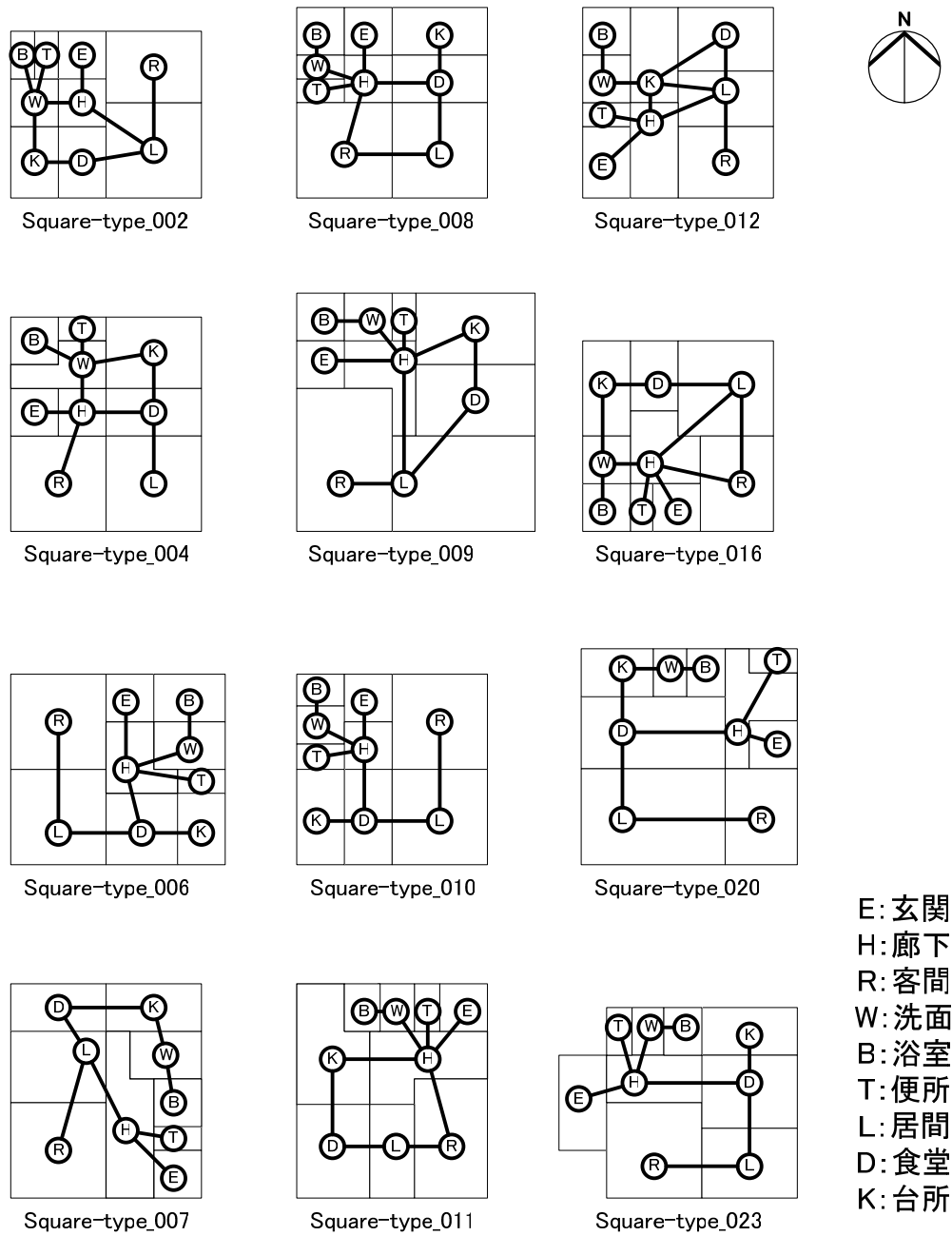
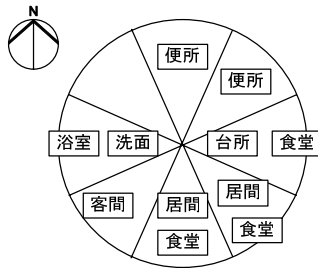


図 4.10 既存設計事例上の室配置方角と室接続関係（文献[31]より一部抜粋）



自然環境からみた居室の配置(図4.9より抜粋)

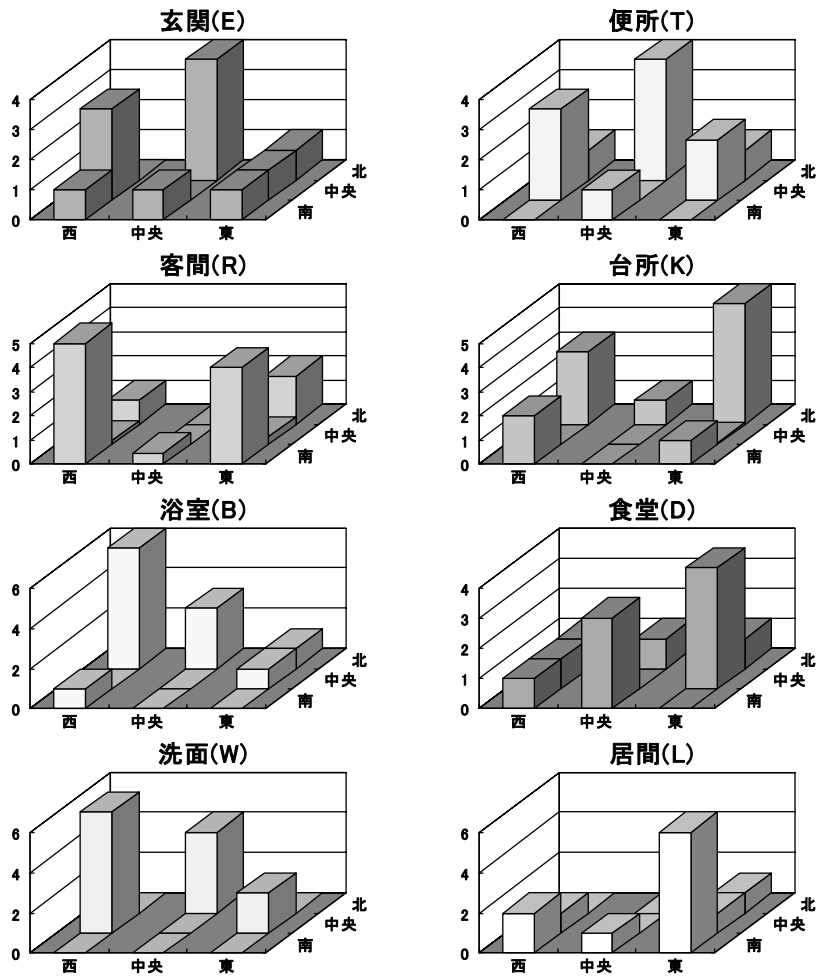


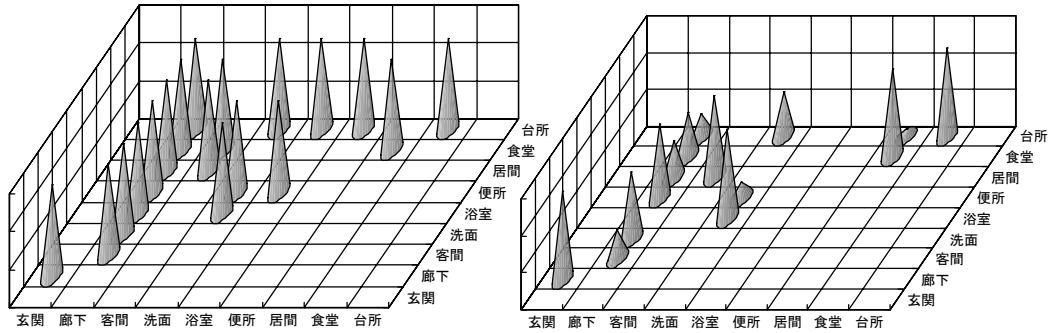
図 4.11 既存設計事例上の各室の方角別室配置頻度

4-4-3. 既存設計事例上の室接続関係

12 例の既存設計事例の室接続関係と建築計画に関する文献から得られる室接続関係の比較は次のように行った。建築計画に関する文献には表 4.1 のように居室の種類と住生活行為の関連性が表されているが、規範となるような室接続関係は示されていない。そこで、同種の住生活行為を持つ居室同士間に室接続関係を与えた。例えば表 4.1 において居間と食堂は集合的行為の観点から関連性が高いので室接続関係を与える。補足として表 4.1 には洗面（室）の記載がないが、一般的に脱衣所としての役割があるため、浴室との室接続関係を与えている。また、表 4.1 の応接室は図 4.12 上では客間としている。これら住生活行為の関連性からみた規範的な室接続関係を図 4.12(a)に示す。

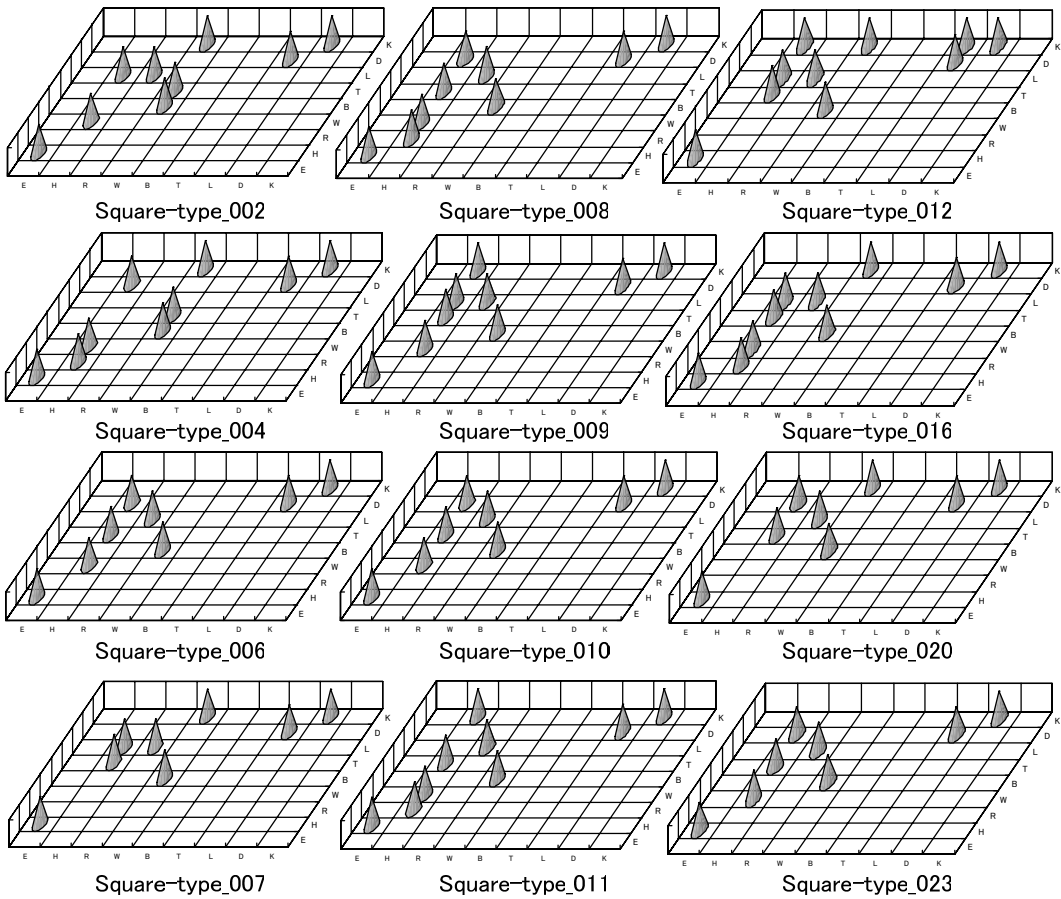
一方、比較対象とする図 4.10 の既存設計事例 12 例の室接続関係は、Square-type_002 から Square-type_023 で表している。またこれら 12 例の室接続関係を累積的に示したものを図 4.12(b)に示す。図 4.12(b)を見ると玄関と廊下、食堂と台所の間には室接続関係、つまり直接の行き来が行えるように設計される割合が多いことが分かる。

また、図 4.12(a)と(b)を比較し全体的な傾向を見ると、既存設計事例上の室接続関係は、建築計画の文献上で示された住生活行為の関連性を踏襲するところが大きいと言える。



(a) 住生活行為の関連性からみた室接続関係(表4.1より)

(b) 下記12例の室接続関係の累積



E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所

図 4.12 既存設計事例上の室接続関係

4-5. 章結

非設計専門家、つまり設計や計画を行う経験や知識をあまり持たない者にとって概念設計段階は複雑な設計作業と言える。4-1. では、建築平面設計のプロセスを示し、非設計専門家のための建築設計支援の目標を概念設計に定めた。続く4-2. では、計算機による概念設計支援に関する既往研究を調べ、計算機による概念設計支援には大きく分けて「創成形」と「検索形」の手法があることを示した。4-3. では、創成形と検索形の概念設計を建築平面の概念設計に適用した場合、創成形を建築平面の概念設計に適用するとかなり多くの組合せが考えられ、膨大な組合せの中から絞込みや検索を行わなければならないことが分かった。また、建築平面設計では2次元平面上に室配置を行うことから、室接続関係を考慮した組合せを考えると組合せ方はさらに複雑になり膨大になると予測できる。

一方、検索形概念設計を建築平面設計に適用する場合には、検索対象として建築計画的に良好な設計事例を数多く用意しておかなければならない。しかし、検索対象である設計事例は既に室配置方角と室接続関係を上手く組合せたものであるため、検索により候補が選定されさえすれば平面形概念図（基本設計図）が得られる。

先述したように、検索形概念設計では建築計画的に良好な設計事例を数多く用意しておかなければならない。そこで、良好な設計事例を既存設計事例から得ることにした。このために、4-4. では既存設計事例が建築計画的に考慮された設計であることを示した。まず、建築計画に関する文献から良好な平面を計画する知識として室配置方角と室接続関係を収集した。次に、12例の木造住宅の設計事例を用意し、これら設計事例上の各室の配置方角と室接続関係を収集した。そして、文献から得た平面計画知識（室配置方角と室接続関係）と既存設計事例から得た室配置方角と室接続関係をそれぞれ比較した。これらの比較結果から既存設計事例は一般的な平面計画知識に従っていることが分かった。室配置方角に関しては、居間や客間等は日当りの良好な南側に配置されることが多く、室接続関係では、食堂と台所、玄関と廊下等はほぼ全ての設計事例で直接の行き来ができるように設計されている。こういった結果は当然のように思われる。しかし、人間の設計者にとっては意識されずに行われる設計作業であっても、計算機に設計作

業を代行させるにはこれら過去の設計事例（経験・評価を含む）を何らかの形で計算機に与えておく必要がある。これは、例え設計事例を図式的に与えない場合であっても何らかの評価関数を与えた場合も同じである。

これらの調査・考察から、設計対象物に類似・関連した既存設計事例は概念設計に必要な知識（建築計画に関する知識）を持っていることを証明した。このことにより、既存設計事例は検索形概念設計支援において十分に選定候補として扱えることが分かった。次章では、既存設計事例を活用した設計支援システムについて述べる。

参考文献)

- [24] 赤木新介, 藤田喜久雄: 設計エキスパートシステムの基礎と応用, コロナ社 (1990).
- [25] Ulrich, K. and Seering, W. : Conceptual design as novel combination of existing device features, Proc. 1987 ASME Design Automation Conf., p. 295, 1987
- [26] 赤木新介・田中敏幸・窪西英俊・島本幸次郎・榎本隆一: AI 技術を応用した船用動力プラントのエキスパート CAD システムの研究, 日本機械学会論文集 53C-486, pp. 512-517, 1987
- [27] Robin J. Wilson: Introduction to Graph Theory, Pearson Education Limited(1972).
- [28] 芦川 智, 佐生健光: すまいを科学するー新しいすまい学 30 課ー, 地人書館(1990).
- [29] 住環境の計画編集委員会編: 住環境の計画 2 住宅を計画する 第二版, 彰国社(1998).
- [30] 田中 勝, 小川正光, 村上良知, 小林敬一郎, 白砂伸夫, 笠嶋 泰, 谷村留津: 図解住居学 2 住まいの空間構成, 彰国社(2000).
- [31] 神山定雄, 川島洋一: 木造住宅の平面百科, 彰国社(1991).

第5章 既存設計事例を活用した設計支援システム

本章では、第4章で提案した既存設計事例を活用した設計支援システムについて述べる。また、概念設計で得られた空間配列（基本設計図）から平面図を描画する方法について詳述する。

5-1. 既存設計事例を活用した設計支援システムの概要

4章で提案した既存設計事例を活用した設計支援システムの概要を図5.1に示す[32][33][34]。まず、本システムの管理者は建築平面の既存設計事例を複数用意する（図5.1(a)）。次に、管理者はこれら既存設計事例上の各室の室配置方角及び室接続関係をシステム（計算機）に与える（図5.1(b)）。システムは与えられた室配置方角と室接続関係から空間配列を作成し、これを蓄積する（図5.1(c)）。ここまでの作業は設計支援システムの管理者側の作業である。

一方、ユーザーが本設計支援システムを用いて実際に平面図を得ようとする際には主要室の室配置方角を入力する（図5.1(d)）。設計支援システムは入力された主要室配置方角と一致する空間配列を図5.1(c)の中から検索し、選定する（図5.1(e)）。次に、選定した空間配列から室配置順序を取得する（図5.1(f)）。そして、面積を持った各室（図5.1(g)）を室配置順序に従って配置し、平面図を得る（図5.1(h)）。

上記のプロセスをまとめると以下の4段階となる。次節以降ではそれぞれの段階における処理内容について詳述する。

1. 既存設計事例の空間配列化（5-2. 節）
2. 空間配列の蓄積（5-3. 節）
3. 空間配列の検索（5-4. 節）
4. 空間配列を用いた平面図の描画（5-5. 節）

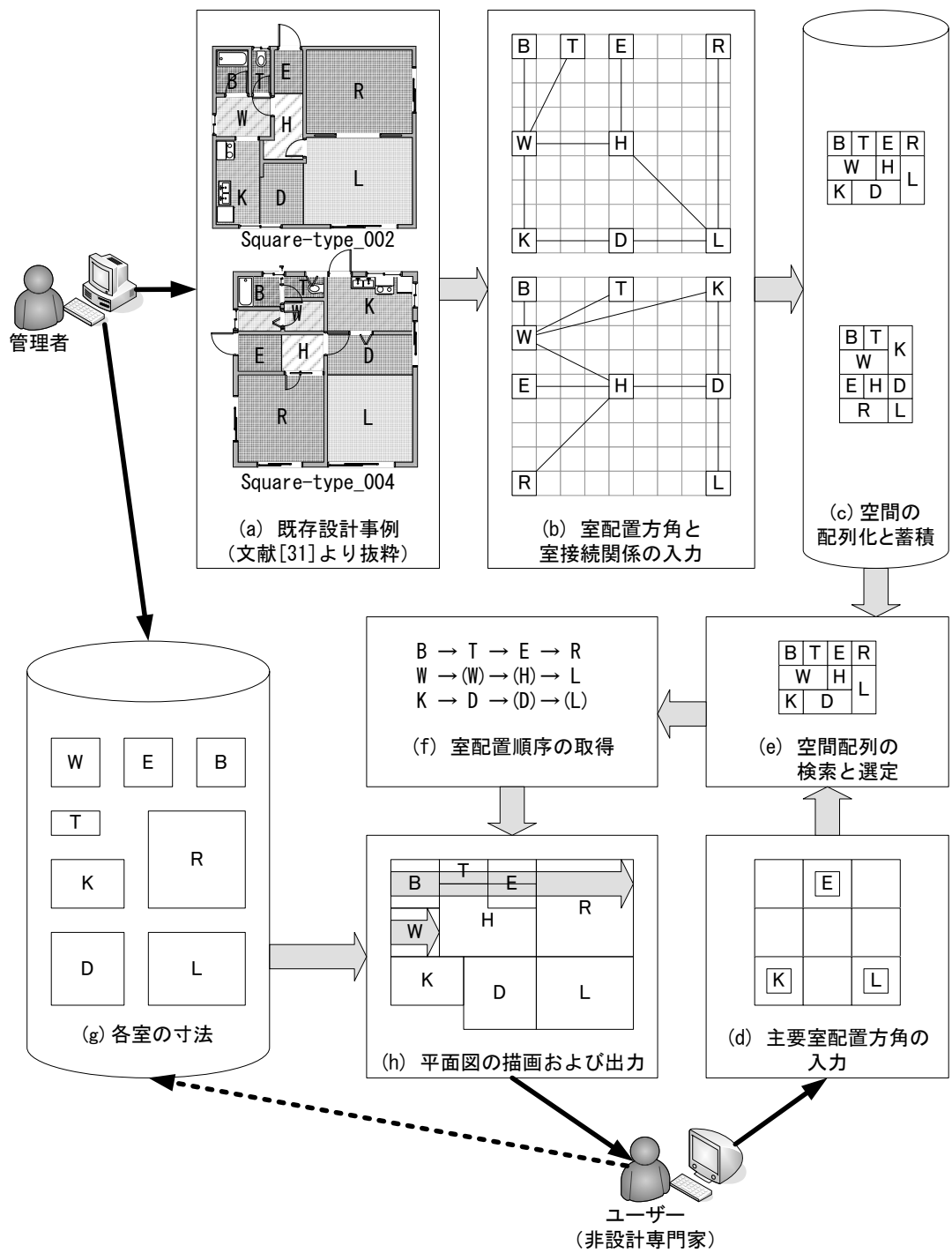


図 5.1 既存設計事例を活用した設計支援システム(文献[32][33][34]より抜粋)

5-2. 既存設計事例の空間配列化

図 5.1(a)(b)(c)の一連のプロセスを既存設計事例の空間配列化と呼ぶ。本論文で言う空間配列とは各室配置方角と室接続関係を最小のブロックで表現したものを指す。本節では、既存設計事例（既存の建築平面図）から空間配列を作成する手順について述べる。なお、文献[32][33][34]では空間配列を「最小配置図」と呼んでいる。

5-2-1. 室配置方角と室接続関係の記号化

既存設計事例の空間配列化は次のように行う。まず、図 5.2(a)に示すような既存の建築平面図上の各室を記号で表し、これら各室を 9×9 のグリッド上に配置していく。各室の配置は平面図上の各室の配置方角に従い図 5.2(b)のように配置する。例えば図 5.2(a)左上の「Square-type_002」では浴室(B)が北西に位置している。この場合、浴室(B)は 9×9 のグリッド上の左上に配置する(図 5.2(b)左列)。また、「Square-type_002」上の廊下(H)のようにどの方角に対しても接していない、つまり開口部を持たない室の場合にはグリッド上の中央に配置する。

9×9 のグリッド上に各室の配置を終えた後、これら各室間の室接続関係を定義する。図 5.2(b)のグリッド上では、各室を表したアルファベット間を結んだ線が室接続関係を示している。ここまでの入力は図 5.1 の管理者の入力によって行われる。ここで、グリッドの大きさを 9×9 としている理由は既存設計事例上の各室が全て同じ方角に開口部を持つ場合を想定しているためである。例えば全室が北側に開口部を持っている場合、つまり北側壁面に接している場合には各室をグリッドの最上段に横一列に配置する必要がある。合計 9 室の平面図の場合には横に 9 グリッド必要である。同様に 9 室全てが西に向いている場合には、グリッドの最左列に縦に 9 グリッド必要である。このように様々な既存設計事例を想定し、合計 9 室の平面図の場合には 9×9 グリッドに配置するものとしている。同様の考え方で、合計 12 室の平面図の場合には 12×12 グリッドを用いる。

5-2-2. 記号化された平面図の最小化

次に、図 5.2(b)を最小化し、図 5.2(e)のような空間配列（最小配置図）を作

成する。まず、図 5.2(b)上の不要な部分を削除する。例えば「Square-type002」図 5.2(b)のグリッド上、左から 2 列目 (B と T の間) の縦 9 グリッドには室が配置されておらず空白である。この場合にはこの縦 9 グリッドは不要グリッドと見做して削除する。同様に左から 4 列目 (T と E の間) の縦 9 グリッドも削除する。このようにして E と R の間の縦 3 列も同様に削除する。列 (縦) 方向の不要グリッドの削除を終えた後、同様に行 (横) 方向の不要グリッドを削除していく。例えば「Square-type_002」では、図 5.2(b)左図上の B, W 間の 3 行及び W, K 間の 3 行を削除する。以上のようにグリッド上の不要な行と列を削除していき、最小化すると図 5.2(c)左図に示す状態になる。

しかし、図 5.2(c)に示す状態では、室同士の接続関係を示していることにはならない。例えば「Square-type_002」の場合、図 5.2(a)左図及び同(b)左図から室 D と室 K は接続関係にあることが分かるが、図 5.2(c)左図では室 D と室 K を表す室ブロック同士が接していない。そこで、図 5.2(d)左図のように室 D のブロックを左に伸長し、室 D と室 L のブロック同士を接続する。同様にして室 W と室 H のいずれかを伸長して接続させるが、室 W は同時に室 T とも接続する必要がある。この場合には必ず室 W の方を伸長しなければならない。また同じ理由から室 L のブロックを上を伸長する (図 5.2(d))。このようにして全ての室接続関係を満たすようにして図 5.2(d)各室ブロックを伸長していくと図 5.2(e)に示す空間配列を得ることができる。

図 5.2 のように既存設計事例を空間配列化 (記号化) することは、本論文で提案している検索形概念設計支援システムを実現する上で非常に有効な手段である。既存設計事例を空間配列化すると次の 5 点が可能になる。

- (1) 室数と室の種類を記録できる
- (2) 各室の配置方角及び並び方を記録できる
- (3) 各室同士の接続や隣接の関係を記録できる
- (4) 上記 (1) (2) (3) の観点から検索ができる
- (5) 空間配列を利用して新たな平面図を描画できる

(1) から (3) までの記録は空間配列だけで記録が可能である。つまり、空間配列にこれら全ての情報が記録される。これは (4) に述べているように (1) (2) (3) の観

点から検索可能な点から言える．なお，検索については5-4.で述べる．

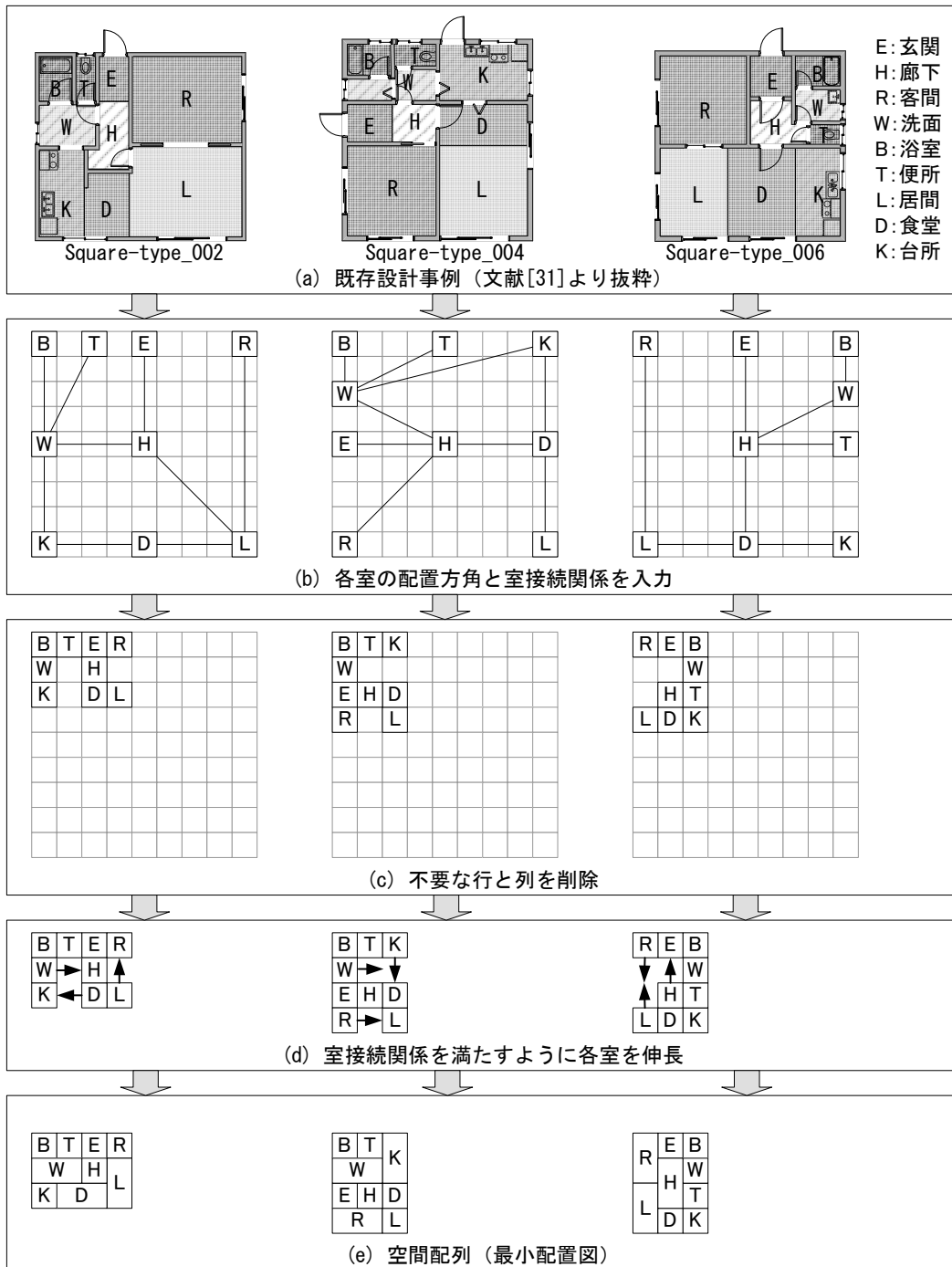


図 5.2 既存設計事例から空間配列を作成する手順(文献[32][33][34]より抜粋)

5-3. 空間配列の蓄積

5-3-1. 空間配列データの格納

前節 5-2. で作成した空間配列は，計算機に複数格納しておくことで検索形概念設計支援システム内の検索対象（概念設計案）とすることができる．図 5.3(b) に示すように，空間配列は 2 次元配列として計算機に格納する．この時，例えば図 5.3(a) 左図において室 L は縦方向に 2 グリッド分占有している．これを 2 次元配列として格納する場合には，室 L は配列要素 (1, 3) と (2, 3) の 2 ヶ所に格納する．同様に室 W は配列要素 (1, 0) と (1, 1) の 2 ヶ所に格納し，室 D は配列要素 (2, 1) と (2, 2) の 2 ヶ所に格納する．

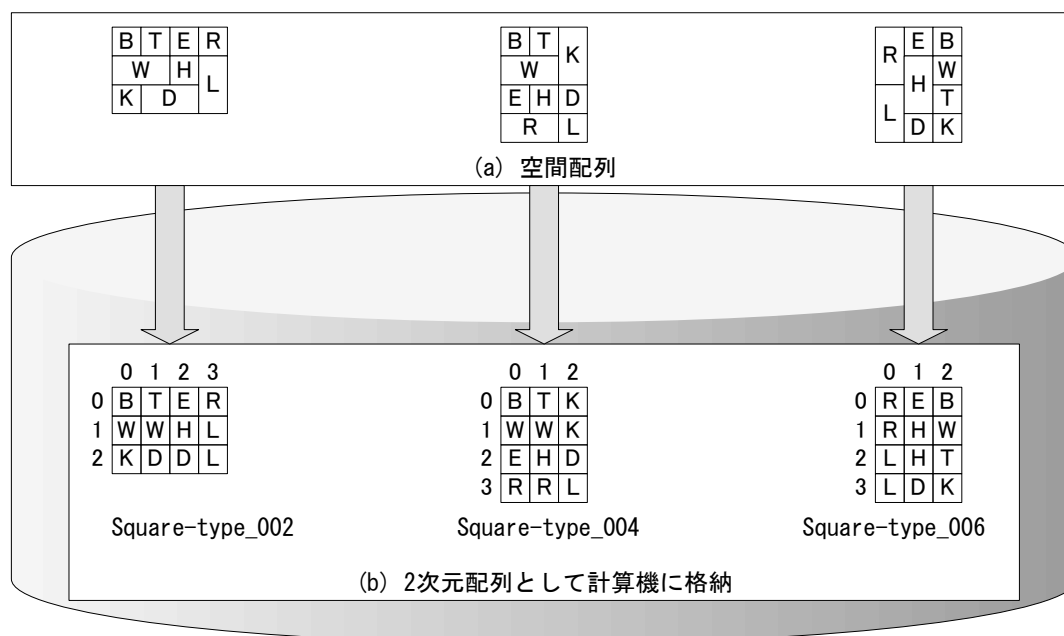


図 5.3 空間配列データの格納（文献[35]より抜粋）

5-3-2. 室数と室の種類

5-2-2. でも述べたように空間配列は室数と室の種類を記録する．例えば室の種類が玄関であれば「E」，居間であれば「L」といったようにアルファベットで区別可能である．また，室数に関しては例えば 2 世帯住宅の玄関のように同種の室

が2室ある場合には玄関をそれぞれ「E1」「E2」と表現する必要がある。

5-4. 空間配列の検索

5-2.5-3. で述べてきた「既存設計事例の空間配列化」と「空間配列の蓄積」は図 5.1 で示しているように支援システムの管理者側の作業である。

これに対して、本節で述べる「空間配列の検索」は支援システムのユーザーが行う入力に該当する。つまり、2章で述べたユーザーの設計要求をシステムに入力し、この設計要求を満足する空間配列を検索する。図 5.1 では、ユーザーの入力する主要室の配置方角によって空間配列を検索している。しかし、実際には5-2-2.でも述べたように次の3点から空間配列の検索は可能である。1. 室数と室種類からの検索 2. 室配置方角からの検索 3. 室接続関係からの検索 本節では、これらの検索方法について述べる。

5-4-1. 室数と室種類を用いた空間配列の検索

室数と室種類は建築設計において最も基本的要素の一つである。厳密に言うとこれ以前にどういった種類の建物を設計するのかを決めておかなければならない。例えば、学校建築と病院建築では図面に計画（表現）する室の種類は全く異なってくる。故に建築種別の決定は最初になされるべき決定事項である。

ここではこのような建築種別は扱わずに同種の建築物の設計における室数と室種類だけを扱うことにする。

今、計算機の中には図 5.4(a)に示す3種類の空間配列 (Square-type_001) (Square-type_002) (Square-type_003) が格納されており、ユーザーがこれから設計しようとする設計対象物は室 (E, H, R, W, B, T, L, D, K) を持つ住宅だとする。こういった場合にはまず、ユーザーが要求する室から空間配列候補の検索・絞込みを行う。検索はユーザーが要求する室 (E, H, R, W, B, T, L, D, K) と計算機に格納されている各空間配列を総当り的に比較する。図 5.4(b)から Square-type_001 ではユーザーが要求する室群に対して室 L(居間)が不足しており、Square-type_003 では室 Y(洋室)が過剰であることがわかる。一方、Square-type_002 ではユーザーが要求する室群を全て備えているため、ここでの検索では Square-type_002 が選定される。

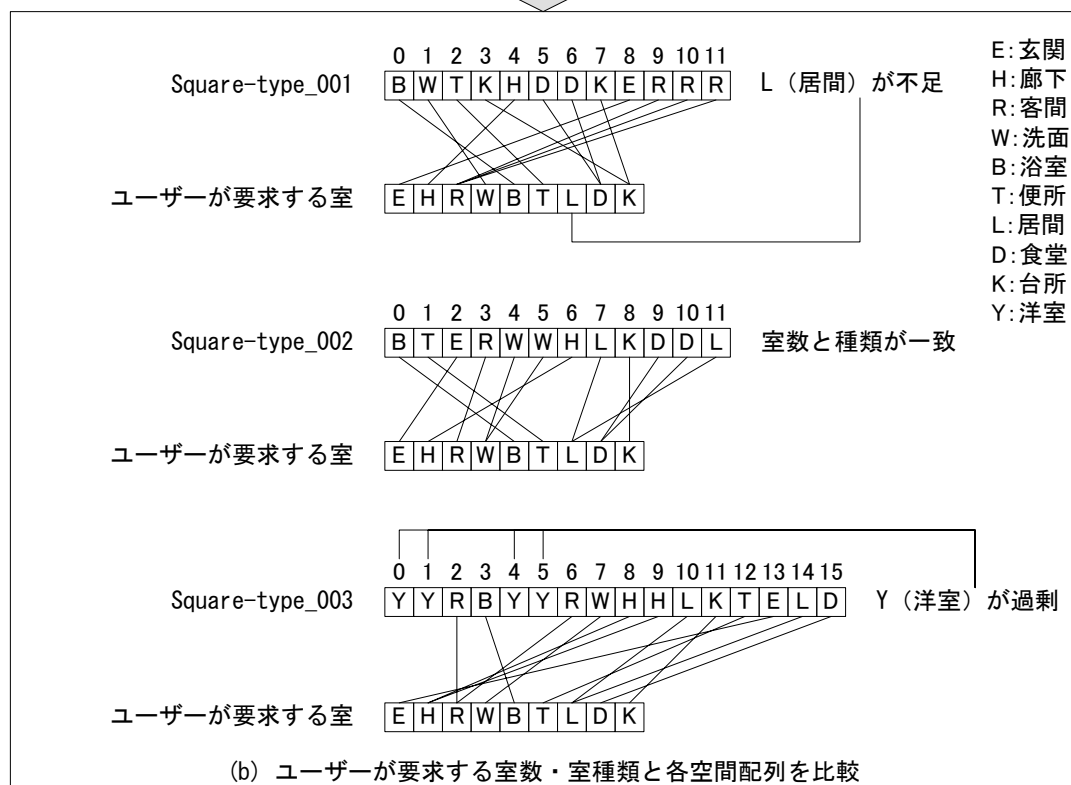
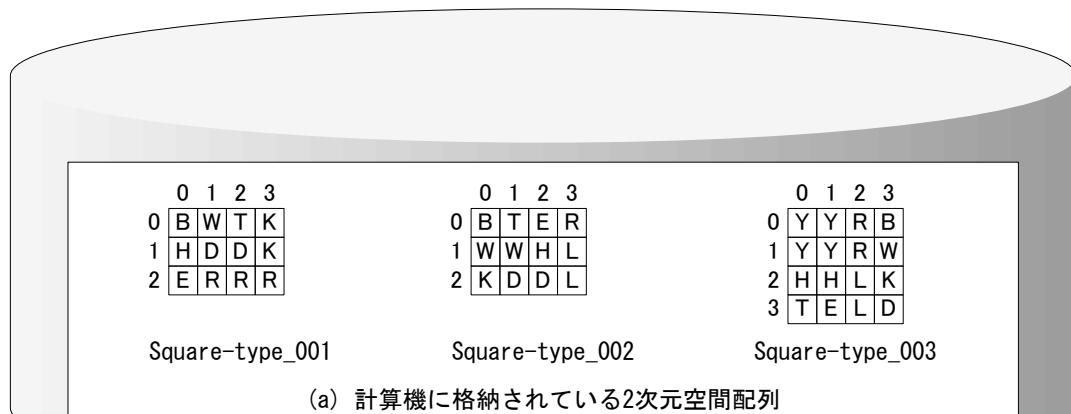


図 5.4 室数と室種類を用いた空間配列の検索

5-4-2. 室配置方角を用いた空間配列の検索

室数と室種類に次いで重要と考えられる事項は室配置方角である。特に玄関等の出入口の配置方角は建物の前面道路との関係により決定されることが多く、玄関等の配置方角は室配置計画の中でも初期の段階で検討・決定されるべきである。また、居間、食堂、客間といった比較的滞在時間の長い部屋、所謂「居室」と呼ばれる室の配置方角も室配置計画の中では重要視され、初期の段階で検討・決定されることが多い。

4-4-1. 図 4.9 のように一般的に各居室には自然環境からみた好ましい室配置方角がある。例えば居間、食事室等は南東に配置することが自然環境からみて好ましい。しかし、現実には敷地前面道路が南側・東側に位置している場合、玄関を南東に配置する配置計画を立てることがある。この場合、居間や食事室を南東に配置することはできず、他の方角に配置する必要がある。例えば、図 4.10 「Square-type_007」では玄関を南東に配置し、居間、食堂を北西に配置している。以上のことから、図 4.9 のように一般的に好ましいとされる室配置方角が定義されていても、現実には主要な室の配置方角は敷地の状況やユーザーの希望によって決定されるものであることが分かる。

このような理由から[32][33][34][35][36]の一連の研究では室配置方角から設計案を得る方法を検討してきた。文献[36]は室配置方角から全く新たに平面図を出力しようとする研究であるが、平面図として現実的な室接続関係が得られないなどの問題点があった。そこで、こういった問題点を解消するために、[32][33][34][35]の研究では、本論文と同じく既存設計事例を空間配列（最小配置図）化して計算機に多数蓄積しておき、設計に有用な空間配列を選定し、空間配列をベースにして平面図を作成する方法を採っている。

室配置方角から空間配列を検索する方法を図 5.5 に示す。図 5.5(a)は計算機に格納されている 2 次元空間配列である。この空間配列を (b) に従って 9 方向の方角ブロックに分割する。9 方向の方角ブロックへの分割方法は、空間配列を 2 次元配列 (L_i, L_j) として以下のように行う (図 5.5(b))。

北西：配列要素 $(0, 0)$
北：配列要素 $(0, 1) \sim (0, L_j-1)$
北東：配列要素 $(0, L_j)$
西：配列要素 $(1, 0) \sim (L_i-1, 0)$
東：配列要素 $(1, L_j) \sim (L_i-1, L_j)$
南西：配列要素 $(L_i, 0)$
南：配列要素 $(L_i, 1) \sim (L_i, L_j-1)$
南東：配列要素 (L_i, L_j)
中央：その他の配列要素

図 5.5(a)の空間配列を図 5.5(b)に従って分割すると、図 5.5(c)のように 9 方向の方角ブロックに分割できる。

一方、ユーザーが空間配列を検索する際には各室の配置方角を与え、これに一致する室配置方角の空間配列を選定する。室配置方角の与え方は図 5.5(d)に示すように 9 方向の方角ブロックに対して室を配置していく。ただし、空間配列の検索は全室の室配置方角を与えなくてもよく、図 5.5(d)のように幾つかの主要室の配置方角を与えるだけでも検索は可能である。例えば図 5.5(d)では北に玄関(E)、南東に居間(L)を入力している。これを先述の図 5.5(c)の分割済み空間配列と比較すると、玄関(E)と居間(L)の配置が Square-type_002 と一致することが分かる。従って、図 5.5(e)のように図 5.5(d)の入力からは Square-type_002 の空間配列を選定する。

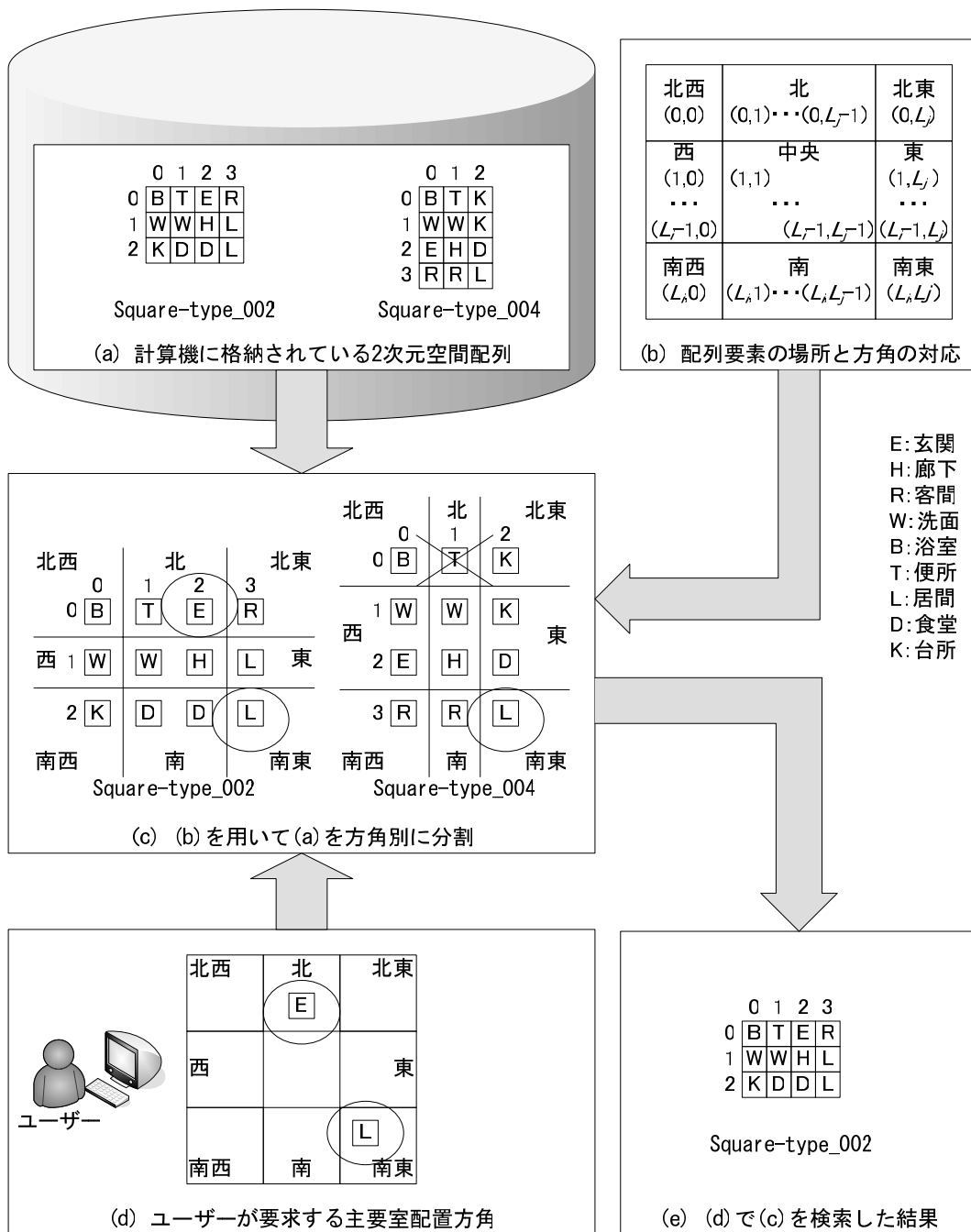


図 5.5 室配置方角を用いた空間配列の検索 (文献[32][33][34][35]より抜粋)

5-4-3. 室接続関係を用いた空間配列の検索

計算機に格納されている空間配列を検索する3つめの方法として室接続関係を用いることが可能である。4-4-1.でも述べたように室接続関係は建築物内における住生活行為を想定して決定されるものであり、建築物の使い易さに影響する。

図 5.6 に室接続関係を用いた空間配列の検索方法を示す。計算機には2次元配列の形式で空間配列が格納されている(図 5.6(a))。まず、これらの空間配列から室同士の接続関係を取得する。

取得の方法は、空間配列を配列(L_j, L_j)とし、配列要素(0,0)とその右隣の配列要素(0,1)に格納されているアルファベットを取得する。つまり、配列要素(i, j)とその右隣の配列要素($i, j+1$)を接続している関係として取得する(図 5.6(b))。次に配列要素(0,1)と配列要素(0,2)、そして配列要素(0,2)と配列要素(0,3)の順番で順次アルファベットを取得していく。配列の右端まで到達すると一段下がり、配列要素(1,0)と配列要素(1,1)、次に配列要素(1,1)と配列要素(1,2)といったようにして配列内の全ての右向き方向の接続を取得する。

右向き方向の接続を全て取得した後に、下向き方向の接続を取得していく。右隣の接続を取得する場合と同様に配列要素(0,0)から始め、配列要素(0,0)とその下の配列要素(1,0)に格納されているアルファベットを取得する。そして、配列要素(0,1)と配列要素(1,1)、配列要素(0,2)と配列要素(1,2)の順に接続を取得していく。つまり、下向き方向の接続関係は配列要素(i, j)と配列要素($i+1, j$)を接続している関係として取得する(図 5.6(b))。また、右隣の接続を取得する場合と同様に配列の右端まで到達した場合には、一段下がって配列要素(1,0)と配列要素(2,0)を取得し、次いで配列要素(1,1)と配列要素(2,1)とアルファベットを取得していく。

上記の方法により空間配列内の配列要素間の縦横の接続を取得していくと次のようなアルファベットによる接続関係が取得できる(図 5.6(c))。

Square-type_002

右隣との接続

$$\{(i, j), (i, j+1)\} \cdots \{B, T\} \{T, E\} \{E, R\} \{W, W\} \{W, H\} \{H, L\} \{K, D\} \{D, D\} \{D, L\} \quad (5.1)$$

下方との接続

$$\{(i, j), (i+1, j)\} \cdots \{B, W\} \{T, W\} \{E, H\} \{R, L\} \{W, K\} \{W, D\} \{H, D\} \{L, L\} \quad (5.2)$$

Square-type_004

右隣との接続

$$\{(i, j), (i, j+1)\} \cdots \{B, T\} \{T, K\} \{W, W\} \{W, K\} \{E, H\} \{H, D\} \{R, R\} \{R, L\} \quad (5.3)$$

下方との接続

$$\{(i, j), (i+1, j)\} \cdots \{B, W\} \{T, W\} \{K, K\} \{W, E\} \{W, H\} \{K, D\} \{E, R\} \{H, R\} \{D, L\} \quad (5.4)$$

ここで、(5.1)と(5.2)を合わせたものが Square-type_002 の空間配列上の接続関係となり、(5.3)と(5.4)を合わせたものが Square-type_004 の空間配列上の接続関係となることを補足しておく。つまり、右隣との接続と下方との接続は区別なく空間配列上の室同士の接続である。

一方、ユーザーが要求する室接続関係は図 5.6(d)に示すグラフの形式で示すことができる。このグラフの頂点のアルファベットはそれぞれ室の種類を表しており、グラフ上の辺を全て取得すると次ようになる。

ユーザーが要求する室接続関係

グラフ G 上の全ての辺

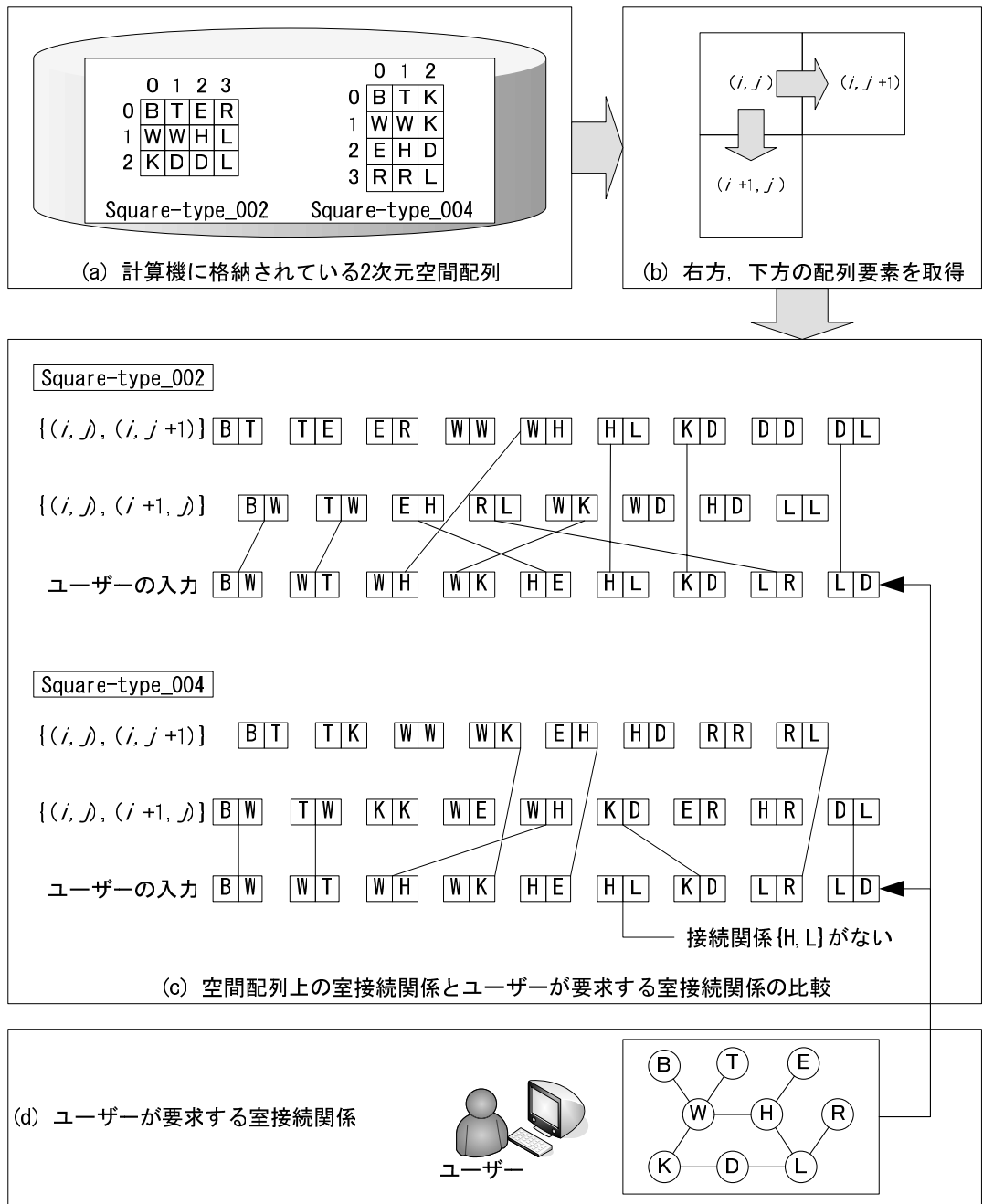
$$E(G) \cdots \{B, W\} \{W, T\} \{W, H\} \{W, K\} \{H, E\} \{H, L\} \{K, D\} \{L, R\} \{L, D\} \quad (5.5)$$

ユーザーが要求する室接続関係を持つ空間配列を検索するには上記(5.1)と(5.2)を合わせたものと(5.5)を比較することで選定を判断する。(5.5)に示している対になった9つのアルファベットの組は全て(5.1)または(5.2)のアルファ

ベットの組の中に存在する（この時アルファベットの組の前後の順序は考慮しなくてよい）．従って Square-type_002 の空間配列はユーザーが要求する室接続関係を満たしていることになり，選定の対象となる．

同様にして(5.3)と(5.4)を合わせたものと(5.5)を比較すると，(5.5)中のアルファベットの組{H,L}（または{L,H}）が(5.3)(5.4)の何れにも無いことが分かる．この場合，Square-type_004 の空間配列はユーザーが要求する室接続関係を満たしておらず，選定の対象とならない（図 5.6(c)）．

5-4. 節では空間配列の検索方法を説明した．5-4-1. では室数と室種類を用いた空間配列の方法について述べ，5-4-2. では室配置方角を用いた空間配列の検索方法，5-4-3. では室接続関係を用いた空間配列の検索方法についてそれぞれ述べた．これらの検索方法はそれぞれ独立しており，全ての検索方法を必ず使う必要はない．また，検索によって選定される空間配列は一つとは限らない．従って，検索によって選定された空間配列候補が複数ある場合には他の検索方法を使ってさらに候補の絞込みを行うとよい．



E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所

図 5.6 室接続関係を用いた空間配列の検索

5-5. 空間配列を用いた平面図の描画

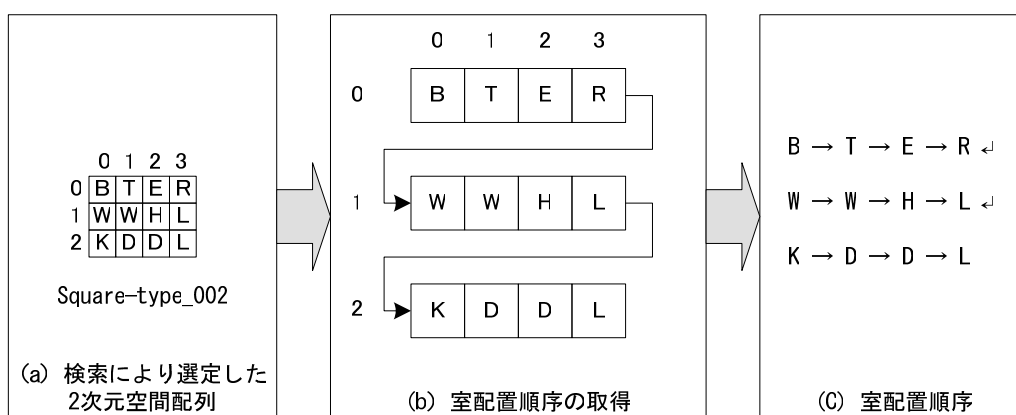
本節では、5-4. 節で検索・選定した空間配列を用いて平面図を描画する方法について説明する。

5-5-1. 室配置順序の取得

平面図は、5-4. 節で選定した空間配列上の室配置順序に従って描画していく。つまり、厳密には最初の1室を配置（描画）した後に2番目の室を配置する。このようにする理由は、平面図上に描かれる各室はそれぞれ寸法が異なっているためである。平面図の描画方法については5-5-3. で述べることにし、ここでは室を配置していく順序の取得について述べる。

図5.7に空間配列上の室配置順序の取得方法を示す。5-4. 節の各種検索により選定した空間配列(図5.7(a))上の室種類を表すアルファベットを配列要素(0,0)から順に右に取得していく。配列の右端に達すると一段下の左端（配列要素(1,0)）に移り、ここからまた右に取得していく。そして先程と同様に配列の右端に達すると一段下の左端に移る。これを空間配列上の全てのアルファベットを取得するまで繰り返す(図5.7(b))。

このようにして図5.7(c)に示す室配置順序を取得する。この時、配列の右端に達して一段下の左端に移る「改行」も記録しておく。



E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所

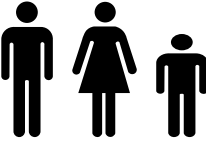
図 5.7 室配置順序の取得

5-5-2. 各室の寸法

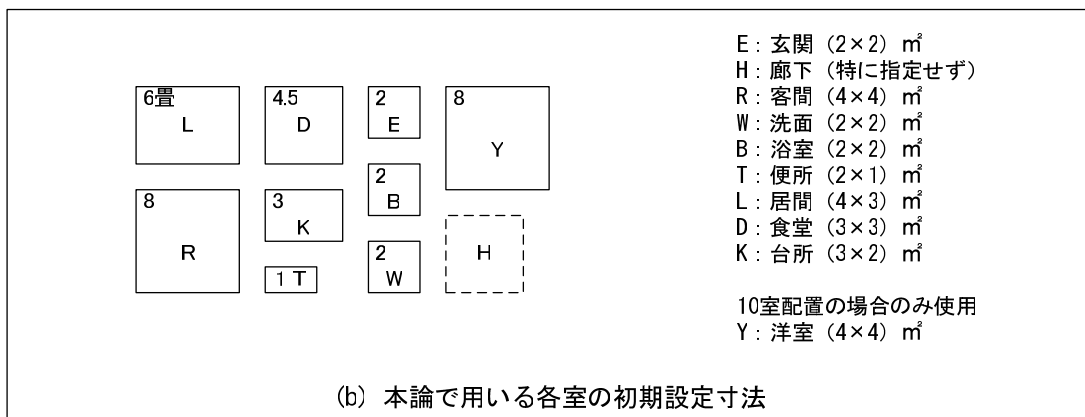
次に，平面図描画の際に用いる各室の寸法について説明する．平面図に描かれる各室は面積（間口×奥行）を持っている．各室の面積は設計毎に異なるのが普通であるが，一般的に望ましいとされる室面積水準は存在する．図 5.8(a)に建設省（現国土交通省）が定めた一般型誘導居住水準の一例を示す．

一般型誘導居住水準は世帯構成から望ましいと考えられる室の構成や面積を示したものであり，居間，食堂，台所，客間（文献[30]では余裕室と表示），寝室の面積（畳数）を示している（図 5.8(a)）．

本論文では，図 5.8(a)に示すこれら一般型誘導居住水準を各室の初期設定寸法とする（図 5.8(b)）．但し，図 5.8(a)に示している寝室は本論文では用いていない．5-6. 節で用いる既存設計事例は 1 階において 9 室または 10 室の配置をしている既存設計事例のみを扱うこととし，比較・評価を平易にしている．これらの既存設計事例では寝室が 2 階に配置されており，5-6. 節では配置・評価の対象としないこととしている．また，図 5.8(b)の玄関(E)，洗面(W)，浴室(B)，便所(T)，洋室(Y)については一般的と思われる面積を与えた．一方，廊下に関しては他室と異なる扱いをしており，ここでは面積の指定を行わない．廊下の描画・面積については 5-5-3. で述べる．

世帯構成	一般型誘導居住水準						
	住戸型(面積)	寝室	居間・食事室・台所等				
夫婦 + 子供1人 	2LDK + R (98㎡)	8畳 Bedroom (1) 6畳 Bedroom (2)	<table border="1"> <tr> <td>6畳 L</td> <td>4.5 D</td> </tr> <tr> <td>8 R</td> <td>3 K</td> </tr> </table>	6畳 L	4.5 D	8 R	3 K
6畳 L	4.5 D						
8 R	3 K						

(a) 一般型誘導居住水準（建設省 昭和61年）（文献[30]より一部抜粋）



E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所 Y: 洋室

図 5.8 一般型誘導居住水準と各室の初期設定寸法

5-5-3. 室配置順序に従った平面図の描画

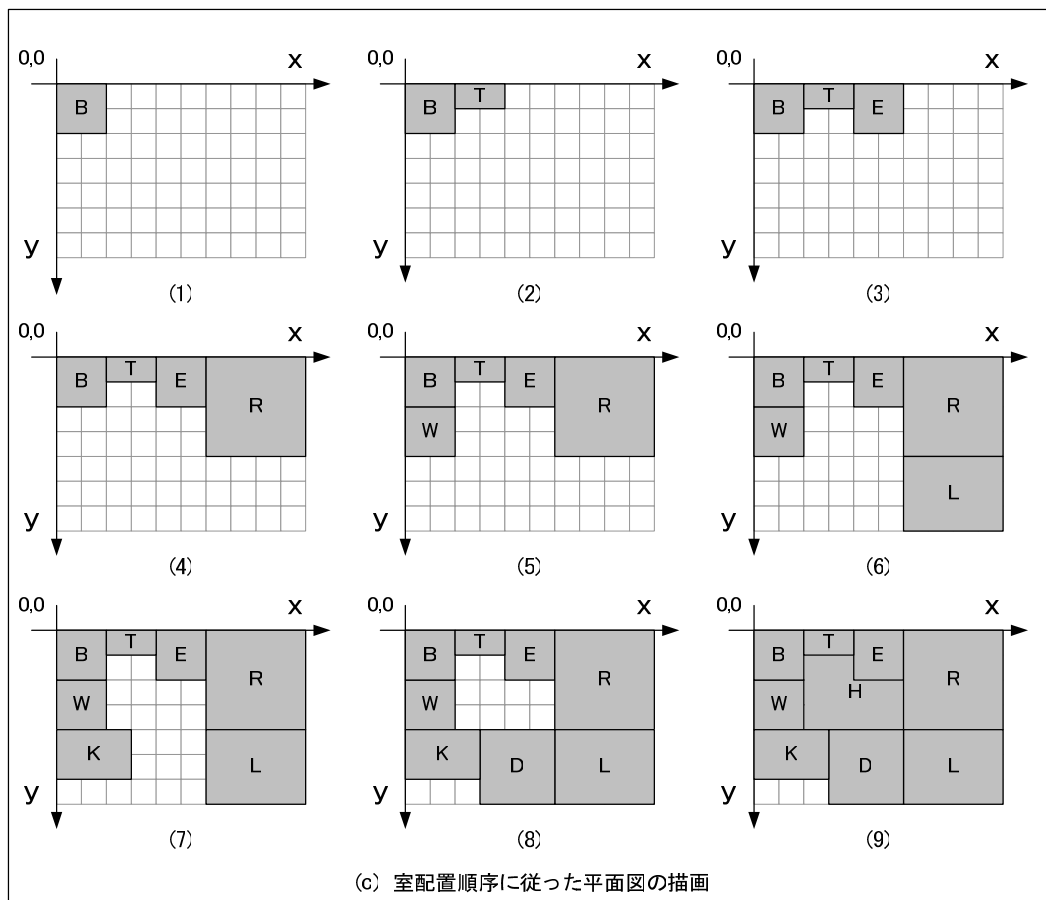
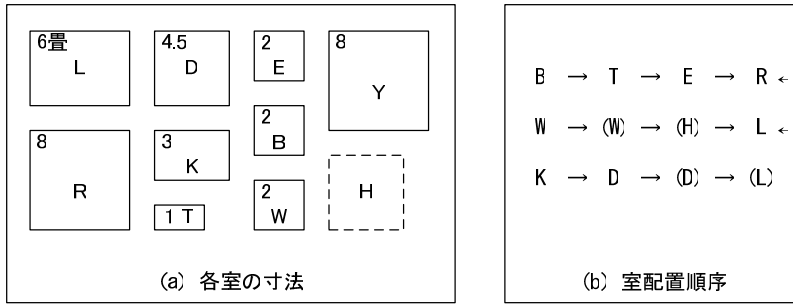
平面図の描画は、5-5-2. で面積（間口×奥行）を与えた各室を 5-5-1. で取得した室配置順序に従って配置することで行う。図 5.9(a)に平面図に配置しようとする各室の寸法を示す。先述したように廊下の寸法はここでは指定しない。また、図 5.9(b)に室配置順序を示す。各室は図 5.9(c)に示しているように左上から配置していく。

室配置順序の先頭は「B」となっており、平面図描画面の左上に室 B を配置する（図 5.9(c)(1)）。次の室配置順序は「T」なので先の室 B の右隣に室 T を配置する（図 5.9(c)(2)）。同様に室配置順序に従って室 E、室 R と配置していく（図 5.9(c)(3)(4)）。室配置順序を見ると「R」の次には改行が記録されているため、次の室 W は平面図上においても一段下がった左端に配置する（図 5.9(c)(4)）。

室配置順序に従うと、次も「W」となっているが室 W は既に配置しているため、2 度目は室 W を配置しない。つまり、同じ室は重複して配置しないようにする。また、次の室配置順序の「H」は廊下を意味するが、廊下の配置は最後に行うためここでは室 H を配置しない。次の「L」の配置は室 H（廊下）を仮に配置した状態で行う。つまり、後に室 H を配置することを想定した上で室 L を配置する。室配置順序を見ると室 L の真上は室 R になっているため室 L は室 R の下方に配置する。

このように室配置順序中で「W」や「D」のように同じアルファベットが出現した場合には 2 度目の室配置は行わない。また、「H（廊下）」については他室の配置が全て終わった後に配置する。室配置順序中でこれらの特殊な扱いをするアルファベットには()を付している（図 5.9(b)）。

室 H（廊下）以外の室を全て配置し終わると図 5.9(c)(8)に示す状態になる。先程の室配置では、室 H（廊下）分を仮に想定して各室を配置したため、平面図中央には空白部分がある。この空白部分に残る室 H（廊下）を配置する（図 5.9(c)(9)）。なお、室 H（廊下）は空白部分を埋めるように配置するため、矩形にならずに L 字型や T 字型の平面形になることがある。



E:玄関 H:廊下 R:客間 W:洗面 B:浴室 T:便所 L:居間 D:食堂 K:台所

図 5.9 室配置順序に従った平面図の描画

5-6. 空間配列と平面図の評価

本節では、5-2. 節で述べた空間配列化方法により作成した空間配列と 5-5. 節で述べた平面図描画方法により作成した平面図を主に室接続関係の観点から評価する。

9 室で構成される既存設計事例から作り出した 12 例の空間配列と空間配列から新たに作り出した 12 例の平面図を図 5.10～図 5.12 に示す。また、同様に 10 室で構成される既存設計事例から作り出した 6 例の空間配列と空間配列から新たに作り出した 6 例の平面図を図 5.13～図 5.14 に示す。

図 5.10～図 5.14 までの見方を簡潔に説明する。最左列には既存設計事例[31]である 9 室配置の平面図 12 例と 10 室配置の平面図 6 例を示している。なお、この平面図上では、ドア、障子等の建具を省略する代わりに室間の行き来が分かり易いように室接続関係をグラフの形式で描いている。

左から 2 列目には既存設計事例から各室の配置方角と室接続関係を取り出しこれを示している。

続いて 2 列目の室配置方角と室接続関係から作出した空間配列を左から 3 列目に示す。なお、基となった既存設計事例の室接続関係を空間配列上で保持できた場合には右下に○印を記し、保持できない場合には×印を記している。

最後に最右列には空間配列を基にして新たに作出した平面図を示す。同様に基となった既存設計事例の室接続関係を平面図上で保持できた場合には右下に○印を記し、保持できない場合には×印を記している。なお、平面図上の各室の面積（間口×奥行）には図 5.9 に示したものをを用いている。

作出した空間配列と平面図が、基になった既存設計事例上の室接続関係をどの程度保持しているのかを表 5.1 にまとめる。表 5.1 上の○、×印は図 5.10～図 5.14 上の○、×印を抜粋したものである。

5-6-1. 空間配列上の室接続関係の評価

空間配列の有効性は、既存設計事例の各室の配置方角と室接続関係を保ちながら計算機で処理できる形式に抽象化する点にある。ここでの抽象化とは各室を記号に置き換えて空間配列とすることである。従って、空間配列の有効性の評価に

は、既存設計事例上の各室の配置方角と室接続関係が記されているのかを調べる必要がある。

各室の配置方角に関してはほぼ、基となった既存設計事例の各室の配置方角を表している。但し、図 5.13 Square-type_015 の既存設計事例では右上（北東側）が少し削れているような平面図であるが、これを空間配列にすると玄関(E)が右上の凹みを埋めたような形になる。平面図では北東側に凹みが現れているが、これは玄関(E)の面積が小さい為である。空間配列上でこのような凹みを表現できないことは、例えばL字型の平面形を空間配列で表現できないことを示す。この点については課題が残ることが分かる。

次に空間配列上の室接続関係をみると既存設計事例上の室接続関係をほとんど保持している。9室配置では12例の既存設計事例中10例で室接続関係を満たし、10室配置では6例中6例全ての例で室接続関係を満たしている（表 5.1）。

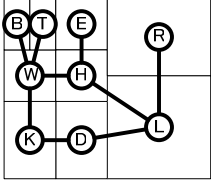
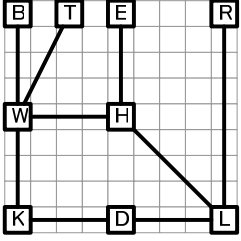
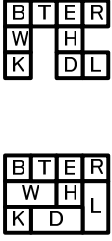
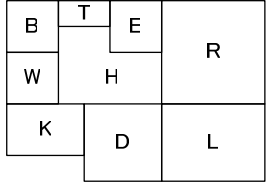
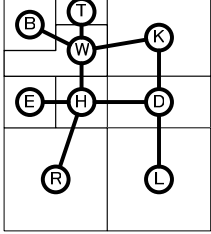
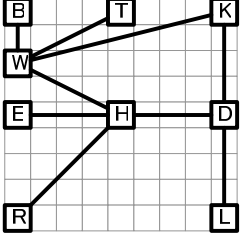
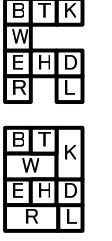
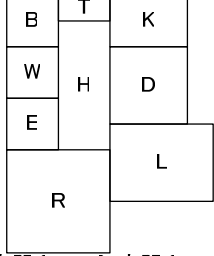
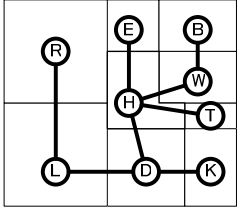
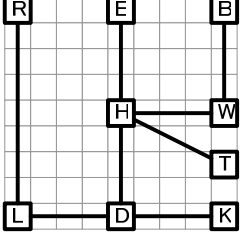
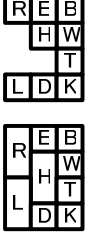
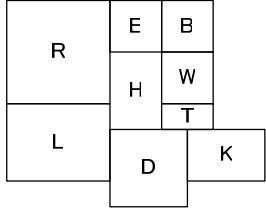
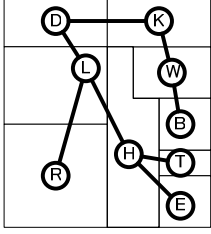
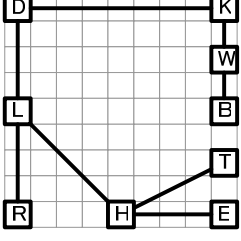
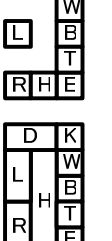
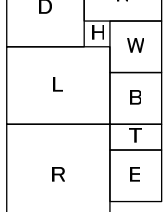
5-6-2. 平面図上の室接続関係の評価

一方、空間配列から新たに作出した平面図上の室接続関係を見ると既存設計事例上の室接続関係を満たす率は低下する。9室配置では12例の既存設計事例中3例で室接続関係を満たし、10室配置では6例の既存設計事例中2例で室接続関係を満たしている（表 5.1）。このことから図 5.9 のように固定した各室の面積（間口×奥行）を配置していただくだけでは室接続関係を満たすことが難しいことが分かる。

また、図 5.10～図 5.14 最右列の新たに作出したこれらの平面図では平面形に凹凸が多い。特に図 5.10 Square-type_006, 図 5.11 Square-type_010, 図 5.12 Square-type_012, 図 5.13 Square-type_015 では凹凸が目立つ。これらの平面形に凹凸が多い理由もやはり図 5.9 のように固定した各室の面積（間口×奥行）を用いた点にあると考えられる。

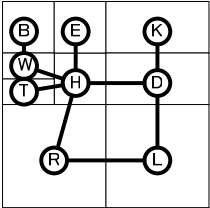
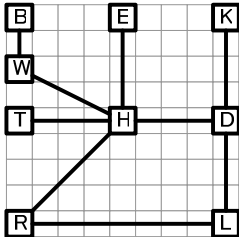
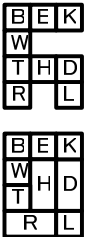
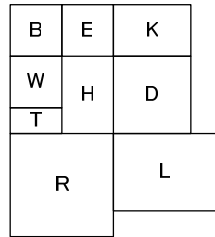
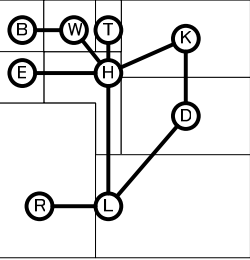
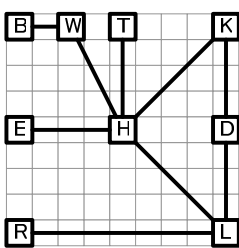
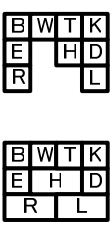
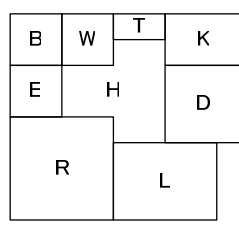
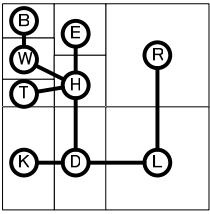
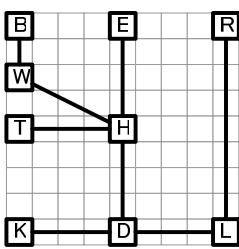
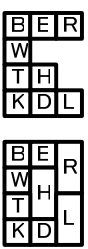
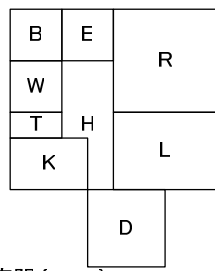
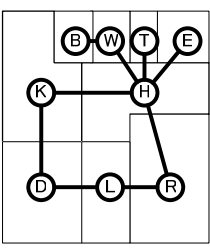
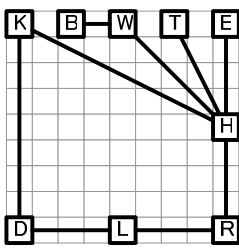
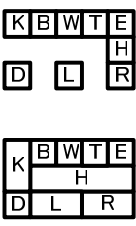
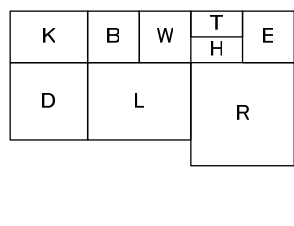
表 5.1 空間配列と出力平面図における既存設計事例上の室接続関係の再現性

9室			10室		
既存設計事例	空間配列	平面図	既存設計事例	空間配列	平面図
Square-type_002	○	×	Square-type_003	○	○
Square-type_004	○	×	Square-type_005	○	×
Square-type_006	○	○	Square-type_013	○	×
Square-type_007	○	×	Square-type_015	○	×
Square-type_008	○	○	Square-type_017	○	×
Square-type_009	×	○	Square-type_021	○	○
Square-type_010	○	×	室接続関係を達したもの(成功数)	6	2
Square-type_011	○	×	室接続関係を成さないもの(失敗数)	0	4
Square-type_012	○	×	成功率	100.0%	33.3%
Square-type_016	×	×	失敗率	0.0%	66.7%
Square-type_020	○	×			
Square-type_023	○	×			
室接続関係を達したもの(成功数)	10	3			
室接続関係を成さないもの(失敗数)	2	9			
成功率	83.3%	25.0%			
失敗率	16.7%	75.0%			

既存設計事例	室の配置方角と接続関係	空間配列	空間配列から描画した平面図
 <p>Square-type_002</p>			 <p>○ 空間 {W, T} 空間 {L, H} 室接続不可 ✕</p>
 <p>Square-type_004</p>			 <p>○ 空間 {W, T} 空間 {W, K} 室接続不可 ✕</p>
 <p>Square-type_006</p>			 <p>○ ○</p>
 <p>Square-type_007</p>			 <p>○ 空間 {H, T} 空間 {H, E} 室接続不可 ✕</p>

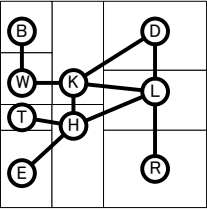
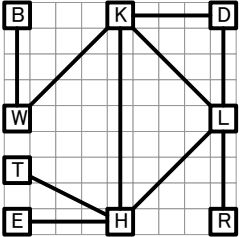
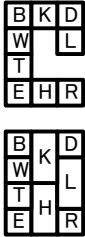
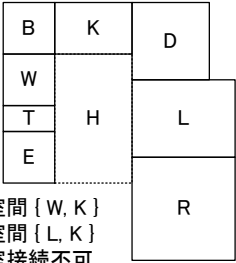
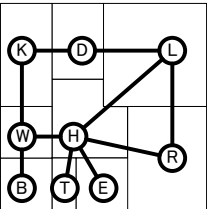
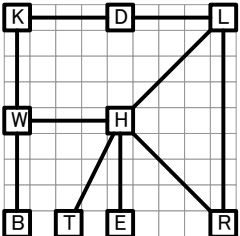
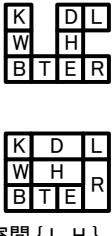
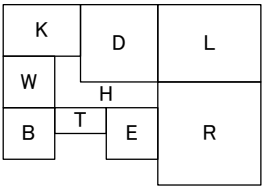
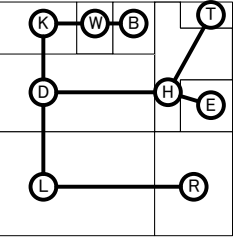
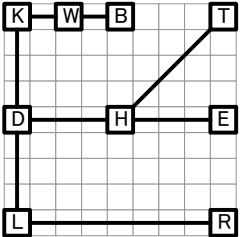
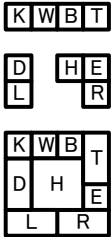
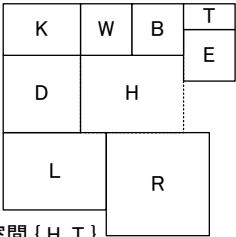
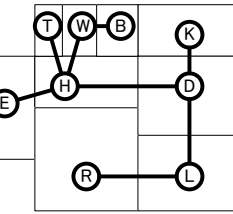
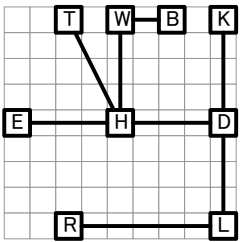
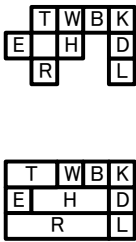
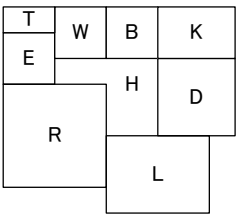
E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所

図 5.10 9 室の空間配列と平面図 (1)

既存設計事例	室の配置方角と接続関係	空間配列	空間配列から描画した平面図
 <p>Square-type_008</p>			
 <p>Square-type_009</p>		 <p>室間 {H, K} 室接続不可</p>	
 <p>Square-type_010</p>		 <p>室間 {K, D} 室接続不可</p>	
 <p>Square-type_011</p>		 <p>室間 {H, K} 室接続不可</p>	

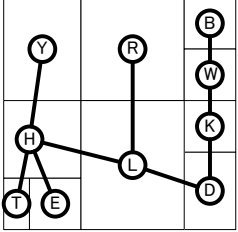
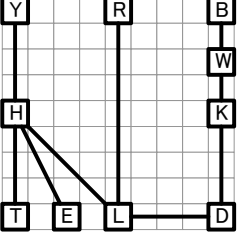
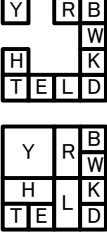
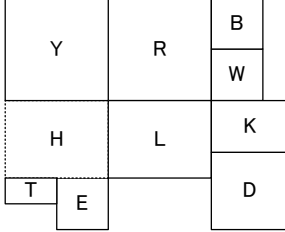
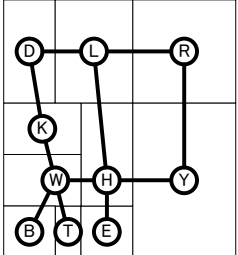
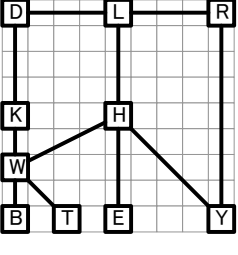

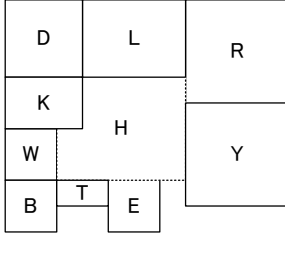
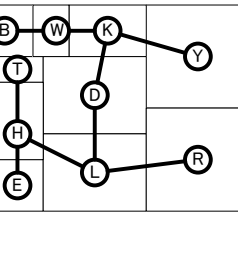
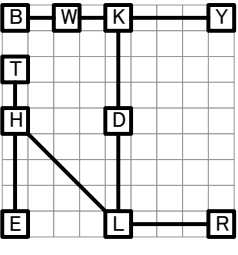
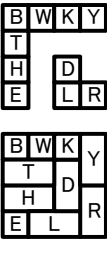
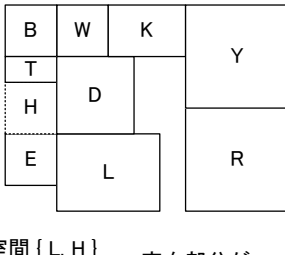
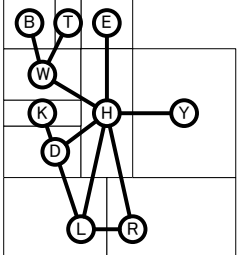
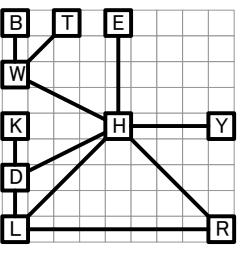
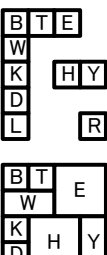
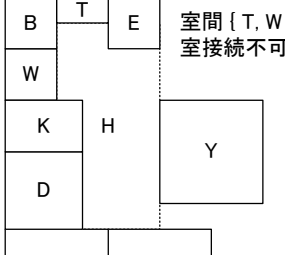
E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所

図 5.11 9 室の空間配列と平面図 (2)

既存設計事例	室の配置方角と接続関係	空間配列	空間配列から描画した平面図
 <p>Square-type_012</p>			 <p> 室間 {W, K} 室間 {L, K} 室接続不可 </p>
 <p>Square-type_016</p>			 <p> 室間 {L, H} 室接続不可 </p>
 <p>Square-type_020</p>			 <p> 室間 {H, T} 室接続不可 </p>
 <p>Square-type_023</p>			 <p> 室間 {H, T} 室接続不可 </p>

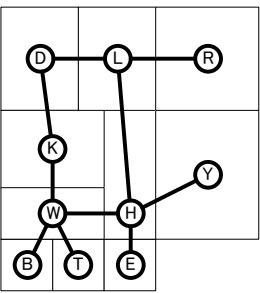
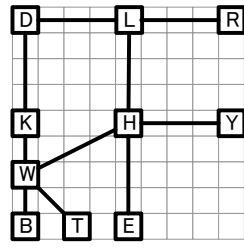
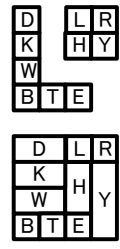
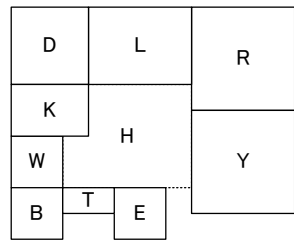
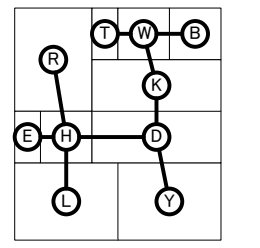
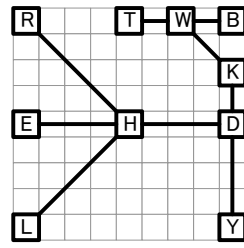
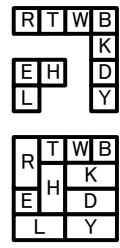
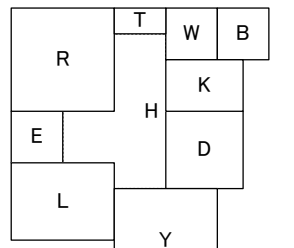
E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所

図 5.12 9 室の空間配列と平面図 (3)

既存設計事例	室の配置方角と接続関係	空間配列	空間配列から描画した平面図
 <p data-bbox="295 618 501 645">Square-type_003</p>		 <p data-bbox="965 618 989 645">○</p>	 <p data-bbox="1300 618 1324 645">○</p>
 <p data-bbox="295 947 501 974">Square-type_005</p>		 <p data-bbox="965 947 989 974">○</p>	 <p data-bbox="1013 940 1133 985">○ 空間 {W, T} 室接続不可</p> <p data-bbox="1300 947 1324 974">✕</p>
 <p data-bbox="295 1276 501 1303">Square-type_013</p>		 <p data-bbox="965 1276 989 1303">○</p>	 <p data-bbox="1013 1243 1133 1321">○ 空間 {L, H} 空間 {L, R} 室接続不可</p> <p data-bbox="1165 1254 1284 1310">空白部分が できる</p> <p data-bbox="1300 1276 1324 1303">✕</p>
 <p data-bbox="295 1628 501 1655">Square-type_015</p>		 <p data-bbox="965 1628 989 1655">○</p>	 <p data-bbox="1204 1344 1324 1400">○ 空間 {T, W} 室接続不可</p> <p data-bbox="1300 1628 1324 1655">✕</p>

E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所 Y: 洋室

図 5.13 10 室の空間配列と平面図(1)

既存設計事例	室の配置方角と接続関係	空間配列	空間配列から描画した平面図
 <p>Square-type_017</p>			 <p>空間 { T, W } 室接続不可</p>
 <p>Square-type_021</p>			

E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所 Y: 洋室

図 5.14 10 室の空間配列と平面図 (2)

5-7. 章結

本章では、第 4 章で提案した既存設計事例を活用した設計支援システムについて述べた。本章で提案した設計支援システムの最も基本となる発想は、過去の優れた設計事例上の室接続関係を新たな設計に活用することにある。

しかし、新たに設計しようとするものにも設計（平面図描画）を創める以前に予め設計に関する制約のようなものが存在するはずである。これは、例えば敷地前面道路が東側にあるため玄関は東寄りに配置するといった制約である。従って、過去の設計事例を活用する場合にも玄関が東寄りに配置された過去の設計事例を探し出し、これを基にして新たに平面図を作成しなければならない。

このように、過去の設計事例上の各室の配置方角と室接続関係を記述し、尚且つこれらを計算機処理によってユーザーが希望する室配置方角や室接続関係か

ら検索することを可能とするために「空間配列」を提案した。

本章後半では空間配列から新たに平面図を作出した。そして、空間配列と空間配列から新たに作出した平面図が基となった既存設計事例の室配置方角と室接続関係をどの程度満たすことができるのかといった点について評価した。

作出した空間配列と平面図の評価から分かったことは、空間配列では室配置方角と室接続関係を上手く表現・記録されていた。一方、空間配列から新たに作出した平面図では、基となった既存設計事例と同様の方角に各室が配置されているのに対して、室接続関係は既存設計事例と同様の室接続関係を満たせるものは少なかった。

作出した平面図の全体的な傾向を見ると、作出した平面図は外形が凹凸になっているものが多い。各室の面積（間口×奥行）を規定した上で平面図を作成するため、ある程度の凹凸はやむをえないが、外形をもう少し平滑にする平面図作成方法も考慮すべき課題である。

また、こういった意図しない外形上の凹凸とは逆に、意図的に外形をL字型T字型等にする室配置（平面図描画）方法も課題である。本章で説明した空間配列作成方法では、L字型等の空間配列は無く、空間配列全体は矩形にすることを前提としていた。従って、既存設計事例がL字型の平面形であっても、L字型という平面形上の特徴は空間配列に記録されず、L字型の平面図を作成することはできない。

提案した方法を改良する課題はあるが、既存設計事例上の各室の配置方角と室接続関係を空間配列の形式で計算機に記録することにより、計算機上で様々な方法で検索することが可能になった。また、検索・選定した空間配列を基に新たに平面図描画を可能とすることができた。次章では、上述の課題を改良する方法について述べる。

参考文献)

- [32] 桑川栄一，渡邊勝正：既存設計事例を参考とした平面プラン作成方法の提案：Design Symposium 2004 講演論文集，pp.149-152，2004年7月。
- [33] 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 第584号，pp.13-20，2004年10

月.

- [34] 桑川栄一、渡邊勝正：平面プラン作成支援における設計資産の活用 ～建築平面プランを対象として～，情報処理学会 2005 年情報学シンポジウム講演論文集，pp. 47-52，2005 年 1 月.
- [35] 桑川栄一，渡邊勝正：A Study of the planning-support using the floor-plan-database：FIT2004（第 3 回情報科学技術フォーラム）一般講演論文集 第 3 分冊，pp. 453-456，2004 年 9 月.
- [36] 桑川栄一：主要室の配置方角から概略的な室配置を得る方法，日本建築学会大会学術講演(2003(東海))，E-1 分冊，p. 607，2003 年 9 月.

第6章 空間配列と平面図作成の改良

本章では、第5章で述べた既存設計事例の空間配列化の方法を見直し、平面図描画方法の改良を行う。5章で作成した空間配列では既存設計事例上の室接続関係を満たすことができない場合があり、また、L字型などの特殊な平面形を空間配列化することはできなかった。一方、空間配列から新たに作成する平面図においても設計者（ユーザー）が期待する室接続関係を得られない場合がある。これらの問題点を解決する一つの方法として、本章ではRGB値を用いて既存平面図を空間配列化する方法を提案する。

6-1. 既存平面図の非圧縮空間配列化

6-1-1. 非圧縮空間配列

本章で述べる設計支援方法においても、既存平面図を空間配列化して計算機に複数蓄積しておき、それら空間配列の中から設計者の要求に応じた空間配列を検索・選定し、選定した空間配列を基に新たな平面図を描くという手順に大きな変更は無い。

RGB値を用いた空間配列化の特徴を一言で表すと「既存平面図の保存」である。これは5-2.節で説明した空間配列に加えて各室の間口・奥行の寸法も空間配列内に表現するためである。しかし、ユーザーの要求する各室の寸法と完全に一致する既存平面図があることは稀である。

そこで、室の配置方角、室接続関係等の点で設計者の要求に近い既存設計事例（空間配列）を探し出し、これを基に各室の面積（間口・奥行寸法）を変更して平面図を描き出す方法とした。これにより多少の室面積の変更であれば全体が矩形に近い平面図が得られる。

本節では、5-2.節で説明した空間配列化の方法を以下のように変更した。

1. 既存平面図を室毎に異なる色で着色し、平面図 bitmap-file を作成
2. 平面図 bitmap-file 上のRGB値を取得して空間配列を作成
3. 上記の空間配列を計算機に格納

この方法により作成した空間配列は、既存平面図上の各室配置方角，室接続関係，各室寸法は一つの空間配列によって計算機に格納可能である．また，5章の空間配列が抱えていた問題点である「既存平面図の室接続関係の保存」と「L字型等の特殊な平面形[37]の空間配列化」が可能になる．

図 6.1 に 5 章で提案した設計支援方法の流れと本章で改良した方法の流れを示す．本章の提案は既存設計事例（図 6.1(a)）から空間配列を作成する方法にある．5 章で提案した空間配列作成方法では，図 6.1(a)の既存設計事例を参考にして図 6.1(b1)のように室配置方角と室接続関係を入力し，空間配列（図 6.1(c1)）を作成した．空間配列を作成する段階で既存設計事例上の各室の面積（または寸法）情報を省いているため，作成される空間配列は室配置方角と室接続関係のみを表した圧縮状態（図 6.1(c1)）になる．

これに対して本章で提案する空間配列作成方法では，まず，図 6.1(a)の既存設計事例上の各室を異なる色でトレースし，図 6.1(b2)のような bitmap-file を作成する．次に bitmap-file 上の各色をアルファベットに置き換えこれを空間配列として計算機に格納する図 6.1(c2)．先述の空間配列作成方法とは異なり，既存設計事例上の各室の間口・奥行といった寸法も空間配列として保存することから非圧縮の空間配列と言える．

計算機に保存した空間配列は 5-4. 節で説明した方法により室種類，室数，室配置方角，室接続関係等から検索可能である．これらに加えて，図 6.1(c2)に示す空間配列では室面積値からの検索も可能になる．しかし，先述したようにユーザーの要求する室面積と完全に一致する空間配列が見つかる確率は低い．そこで室面積による空間配列の検索では完全に一致しなくともユーザーの要求する室面積に近い空間配列を検索し，平面図描画の段階で多少の室面積の変更を行うこととした（図 6.1(f2)）．

次に，簡単に本手法の利点と欠点を挙げる．利点としては 5 章の手法で作成した平面図（図 6.1(f1)）と本手法で作成した平面図（図 6.1(f2)）を比較すると判るように矩形の既存設計事例を基にしたものであれば得られる平面図も矩形になる．また，後述しているが各室の面積を大きく変更しないのであれば L 字型平面形も得られ易くなる．また図 6.5(g)のように各室寸法の初期値を与えたり，管理したりする必要は無くなる．

逆に欠点として挙げられる事は、図 6.1(c2)のように既存設計事例の平面形の特徴をほぼ完全に空間配列として記録するため、ユーザーの検索から得られる空間配列を（室面積の変更をせずに）そのまま用いると基となった既存設計事例を模写した平面図になる。また、例え室面積を変更したとしても既存設計事例を基に変更を加えた程度の平面図と捉えることができる。図 6.1(f1)に比べて図 6.1(f2)の平面図は新規性の点で問題があることは確かである。

しかし、6-3-1.でも詳述するが、室数の少ない住宅平面図では建築面積に対する各室面積にそれほど大きな差は無く、同程度の建築面積といった条件下では各室の配置方角や室接続関係に既存平面図の差異や特徴が現れると考えることが出来る。従って、建築面積のそれほど大きくない（100 m²以下程度）住宅設計等という条件下であれば、本章で提案する手法のように既存の設計事例に依存する度合いを高めた方法も有効な方法であると考えられる。

逆に、次章で述べるような大規模な設計では、例え建築面積が同程度の既存設計事例を見つけてきたとしても多少の室面積の変更程度ではユーザーの要求とはかけ離れたものになるであろう。

このような小規模な設計と大規模な設計との違いは様々に考えられるが、その一つには設計の自由度に大きな違いがある。単純に考えると大規模な設計は小規模な設計に対して遥かに自由度が高い。実際には大規模な設計であっても法規的にかかなりの制限があるが、配置する室数の多さから考えられる室配置の組み合わせ方は非常に大きくなる。

大規模設計の場合の支援方法は7章で述べることとし、本章では住宅平面図のような小規模な設計に有効な空間配列作成方法について述べることにする。

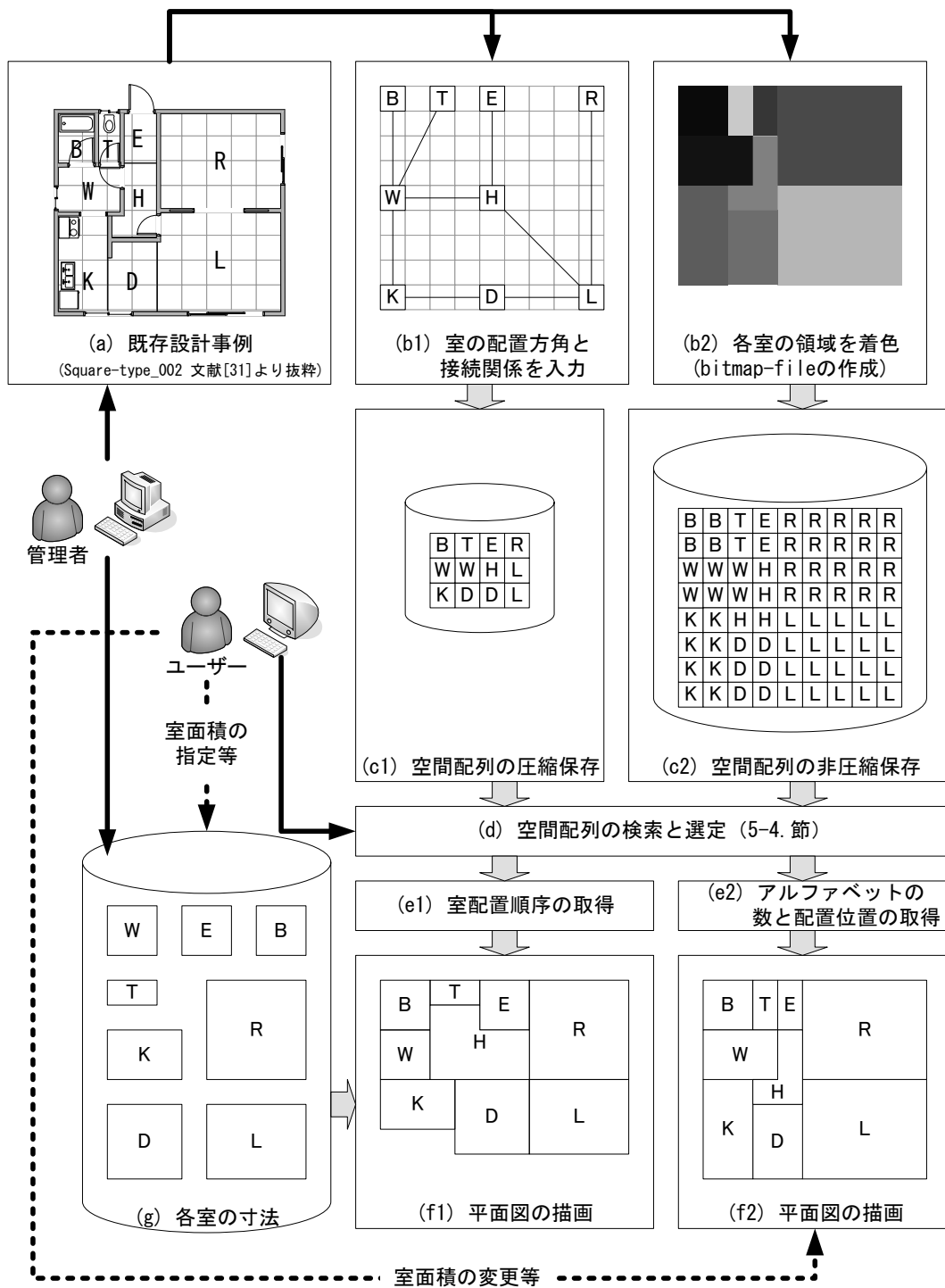


図 6.1 5 章で提案した設計支援方法との比較

6-1-2. 平面図 bitmap-file の作成

先述したように本章で述べる空間配列作成方法は5章で述べた空間配列作成方法を変更，改良したものである．但し，6-1-1.で触れた様に本手法は住宅平面図等の限定された小規模な設計支援の場合のみに有効であり，大規模な設計の場合には別の設計（支援）方法が必要である．

本章で提案する空間配列作成方法は「非圧縮の空間配列」である．図 6.1(c2)を見ると判るように本手法では既存設計事例上の各室領域を1 m²毎にアルファベットに置き換える．従って，アルファベットの個数は各室の面積や寸法を表すことになる．

図 6.1(c2)の空間配列は，6-1-3.で説明する方法によって図 6.1(b2)の bitmap-file から自動生成されるが，支援システムの管理者が計算機に既存設計事例を格納，保存しようとする際にはペイントソフトウェアを用いて図 6.1(b2)の bitmap-file を作成する必要がある．

ここでは，図 6.1(a)に示す既存平面図を空間配列化する例を取り上げて空間配列化方法を説明する．図 6.2(a)に示す既存平面図は「田舎間」と呼ばれる1グリッド当たり900mmを基準に設計されている平面図であるが，ここでは説明を簡単にする為に1グリッド当たり1000mmとして扱うことにする．従って間口×奥行は9グリッド×8グリッド(9000mm×8000mm)であるので72 m²の平面図とする．

まず，既存平面図上の各室の領域をRGB系統色によって色分けし，bitmap-file を作成する．bitmap-file は通常のペイント系ソフトウェアを用いて平面図をトレースしていく．この際の各室領域の一辺の最小単位長さは1000mm，つまり1グリッドとする（図 6.2(b)）．

6-1-3. 平面図 bitmap-file の空間配列化

次に作成した bitmap-file 上の各室領域をアルファベットに置き換えることで空間配列を作成する．なお，この段階の作業は計算機プログラムによって自動化されている．

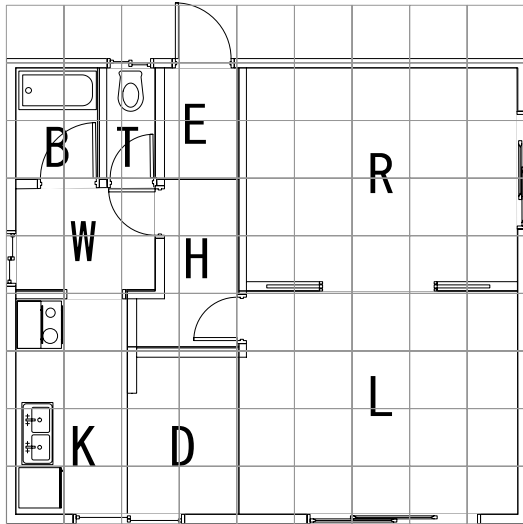
まず，bitmap-file 上の各室領域を着色しているRGB値を等間隔に取得していく．通常の住宅平面図の場合には，最小単位長である1000mm毎に縦横にRG

B 値を取得していく。厳密には図 6.2(c)に示すようにグリッド上の中心点の R G B 値を取得する。

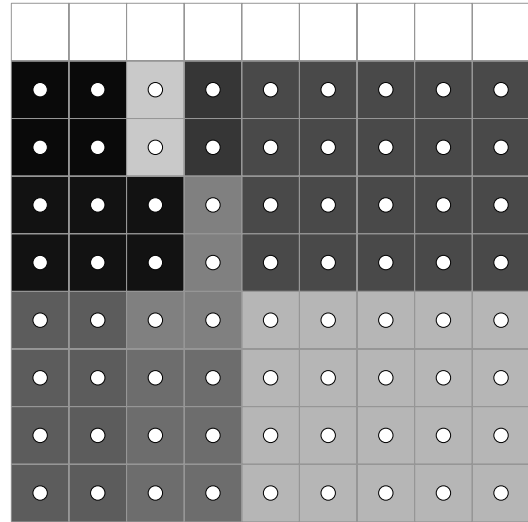
続いて、取得した R G B 値をアルファベットに変換していく。例えば図 6.2(a)の平面図上の北西側（左上）にある室は浴室(B)である。浴室は図 6.2(b)において DarkBlue(R=0 G=0 B=139)に色分けを行った。図 6.2(c)のように R G B 値の取得を行うと北西側（左上）の 4 グリッドは「R=0 G=0 B=139」の R G B 値を取る。従って北西側（左上）の 4 グリッドは図 6.2(d)に示しているように浴室を表すアルファベット「B」に変換する。

上記のように各室領域をアルファベットに変換していくと図 6.2(d)に示しているように 9×8 グリッドのアルファベットの配列が作成される。この配列を「R G B 値を用いた空間配列」と呼ぶことにする。ここで作成した R G B 値を用いた空間配列は 5 章で作成した空間配列に比して配列サイズが大きくなりデータ量が増大し、空間配列の検索にも多少の影響が予想される。しかし、5 章 図 5.11 Square-type_009 で作成した空間配列のように室 H, 室 K 間の室接続関係が得られないといったことは避けることができる。

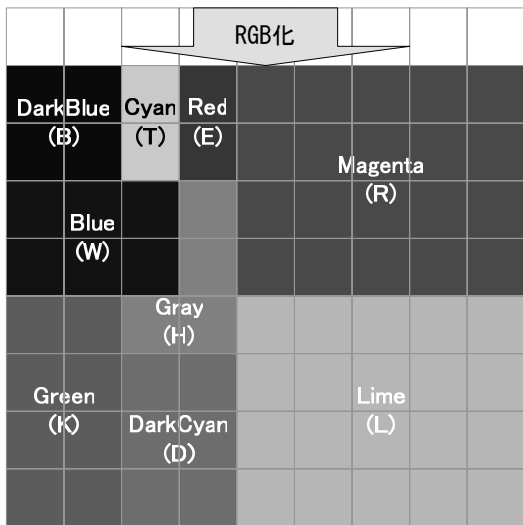
図 6.2 と同様の方法で Square-type_009 を図 6.3 のように空間配列化すると図 6.3(d)に示す空間配列が得られ、空間配列上の○で囲った部分のように室 H, 室 K 間は接続しているものとして検索することができる。なお、室接続関係を用いた空間配列の検索方法は 5-4-3. 節で述べたものと同様である。



(a) 既存平面図 (Square-type_002)
(文献[31]より抜粋)



(c) グリッド上の中心点のRGB値を取得



(b) 各室を色分けした bitmap-file

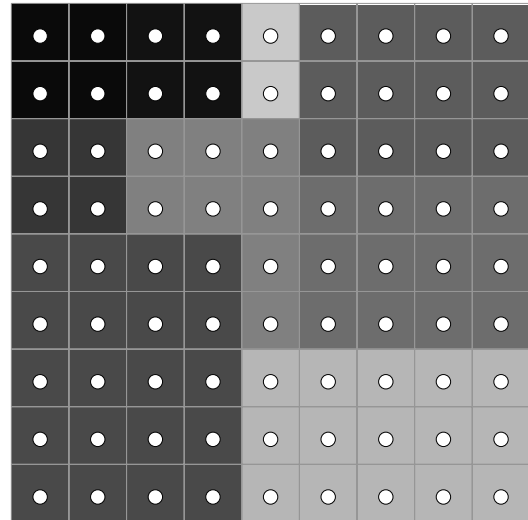


(d) RGB値に応じてアルファベットに変換

図 6.2 RGB値を用いた既存平面図の空間配列化

	B		W		T				
								K	
	E			H					
									D
		R							
								L	

(a) 既存平面図 (Square-type_009)
(文献[31]より一部抜粋)



(c) グリッド上の中心点のRGB値を取得



(b) 各室を色分けした bitmap-file

空間配列化

B	B	W	W	T	K	K	K	K
B	B	W	W	T	K	K	K	K
E	E	H	H	H	K	K	K	K
E	E	H	H	H	D	D	D	D
R	R	R	R	H	D	D	D	D
R	R	R	R	H	D	D	D	D
R	R	R	R	L	L	L	L	L
R	R	R	R	L	L	L	L	L
R	R	R	R	L	L	L	L	L

(d) RGB値に応じてアルファベットに変換

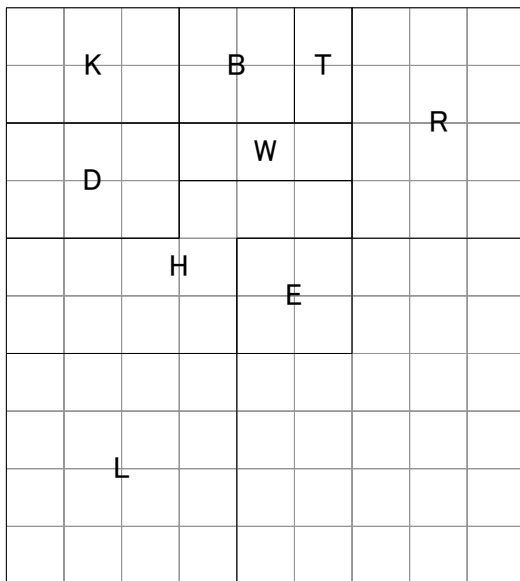
図 6.3 Square-type_009 の空間配列化

6-1-4. 特殊な平面形の空間配列化

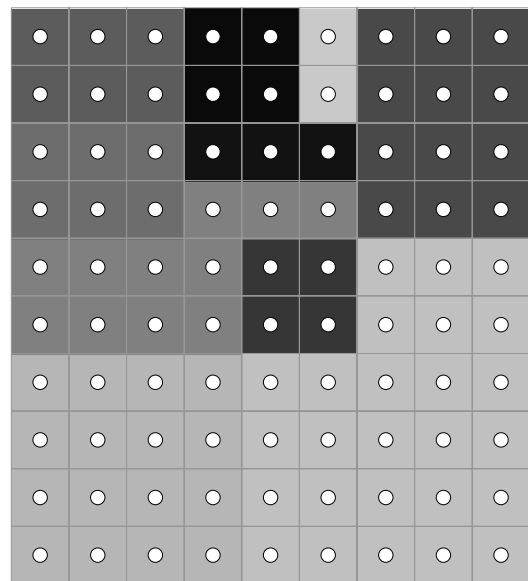
次に、5章で述べてきた空間配列のもう一つの問題点であったL字型等の特殊な平面形の空間配列化について説明する。

図 6.4(a)にL字型平面形の一例を示す。このL字型平面図は南東側（右下）に室が配置されておらず空白になっている。先述の2例と同様に平面図上の各室を色分けしていくが、この際に南東側の空白部を室に使用した色と異なる色で塗りつぶす。つまり、空白部を仮想室のように扱う（図 6.4(b)）。

そして、先述の2例と同様にグリッド上のRGB値を取得し値に応じたアルファベットに変換していくと図 6.4(d)のようになる。図 6.4(d)では先に設定した空白部には「Y(Yard)」が置かれる。平面図描画時には「Y」をおいた部分には室を配置しないため、作成される平面図（形）はL字型の平面図になる。



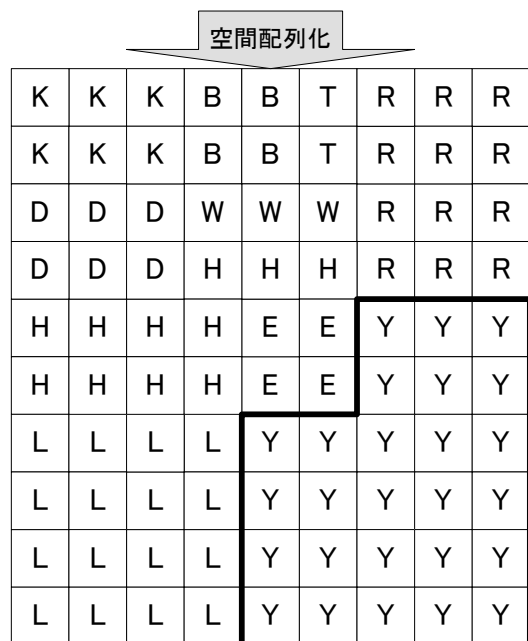
(a) 既存平面図(L-type_005)
(文献[31]より一部抜粋)



(c) グリッド上の中心点のRGB値を取得



(b) 各室を色分けした bitmap-file



(d) RGB値に応じてアルファベットに変換

図 6.4 L字型平面形の空間配列化

6-2. 空間配列の検索

6-1. 節で述べたRGB値を用いた空間配列化によって作成された空間配列も基本的には5-4. 節で述べた各種の検索方法で多角的に検索が可能である。但し、図6.4に示したようなL字型平面形の空間配列が可能となった事と引き換えに検索方法を再検討する必要がある。一方、RGB値で作成した空間配列は図6.2(c)、図6.3(c)、図6.4(c)に示す各図のように1㎡毎のグリッド単位で各室の領域を取得、決定している。従って、図6.2(d)、図6.3(d)、図6.4(d)上のアルファベット1文字ずつが1㎡の面積を持っている。このため、各室の面積(㎡単位)から空間配列の検索が可能になる。本節ではこれらRGB値で作成した空間配列の検索について説明する。

6-2-1. 室数と室種類からの検索

室数と室種類からの空間配列の検索方法については5-4-1. 及び図5.4で説明したものと同様である。

6-2-2. 室配置方角からの検索

室配置方角からの検索方法も基本的には5-4-2. 及び図5.5で説明したものと同様の方法である。但し、図6.4のようにL字型平面形等で玄関(E)が空間配列の中ほどにある場合には玄関の配置方角からの検索はできない。本論文第5章で扱った既存平面図は全て矩形平面形であり、敷地前面道路の方角に玄関を配置するものとして考え、以下のように扱うことができた。

矩形平面形の場合・・・前面道路→玄関→その他の室(廊下等)

これに対して図6.4に示したL字型平面形の場合には以下のように考えて扱う必要がある。

図6.4の場合・・・前面道路→玄関前庭→玄関→その他の室(廊下等)

従って、図 6.4 の空間配列を玄関方角から検索するには、まず「玄関前庭」の配置方角からの検索を行うようにする。

6-2-3. 室接続関係からの検索

室接続関係からの空間配列の検索も 5-4-3. 及び図 5.6 で説明したものと同様に行うことができる。但し、5-6. 節で例として取り上げた「Square-type_009」「Square-type_016」から作成した空間配列では、一部で室接続関係が断たれる場合があったが、RGB 値から空間配列を作成する本手法では室接続関係が全て記録できる（図 6.3）。

6-2-4. 面積からの検索

RGB 値を用いた空間配列作成手法の最も大きな利点は、既存設計事例上の各室の面積及び間口、奥行を空間配列に記録できる点である。これは先述したように、各室の領域を 1 m²毎のグリッド単位で取得し、各室の種別を空間配列化しているためである。各室を表すアルファベット 1 文字が 1 m²の室面積を表しているため、例えば 16 m²の居間を持つ空間配列を検索するのであれば 16 文字の「L(Living room)」を持つ空間配列を検索・選定すればよい。

また、建築面積からの検索の場合にはアルファベットの総文字数から検索することができる（但し図 6.4 の場合には「Y」は建築面積に含まないので差し引く）。

6-3. 平面図の描画

本節では、RGB 値から作出した空間配列から新たに平面図を描く方法について述べる。

6-3-1. 空間配列上の各室の面積

6-2. 節で検索・選定した空間配列から新たに平面図を描くが、5 章で述べた方法とは異なっている。ここでは、標準的・画一的な各室の面積（間口×奥行）を初期値として与えているのではなく、RGB 値から作出した空間配列上のアルファベット数から各室の面積を与える。これは先述したように RGB 値を用いた空間配列では、基となった既存設計事例の各室の面積を記録しているからである。

5章でも用いた9室から構成される12例の既存設計事例を1㎡単位のグリッド上に描くと図6.5のようになる(文献[31]上では1グリッド当たり900mm)。最小単位を1㎡としているため、既存設計事例上の寸法値とは若干異なってくるが、各室の面積を表すと表6.1のようになる。

表6.1は12例の既存設計事例上の室面積を室種類毎に分類して表しており、表最右列には各室の面積値を合計した値を示している(床面積)。ここで採り上げた12例の既存設計事例は廊下を含めた9室で構成される平面図のみを集めているが、当然、床面積は事例毎に異なっている。

12例中最小の床面積は56.0㎡であり、最大の床面積は100.0㎡である。また、12例の設計事例の床面積の平均値は71.1㎡である。表最下段に5章図5.8(a)で採り上げた一般型誘導居住水準とされている室面積と床面積を示す。一般型誘導居住水準で提示している床面積は98.0㎡であるが、この数字には図5.8(a)に示されている寝室2室を含んだ数字である。これら寝室は8畳、6畳とされており、これを1㎡単位グリッドに置き換えると16㎡、12㎡と算定できる。ここで採り上げた12例の設計事例は2階部を扱わず、1階部のみを扱っているため、2階部の寝室は表に含まれていない。従って、一般型誘導居住水準の床面積から寝室2室分の面積を差し引いた面積は $98.0\text{㎡} - (16.0\text{㎡} + 12.0\text{㎡}) = 70.0\text{㎡}$ であり、12例の床面積の平均値71.1㎡とほぼ同じである。

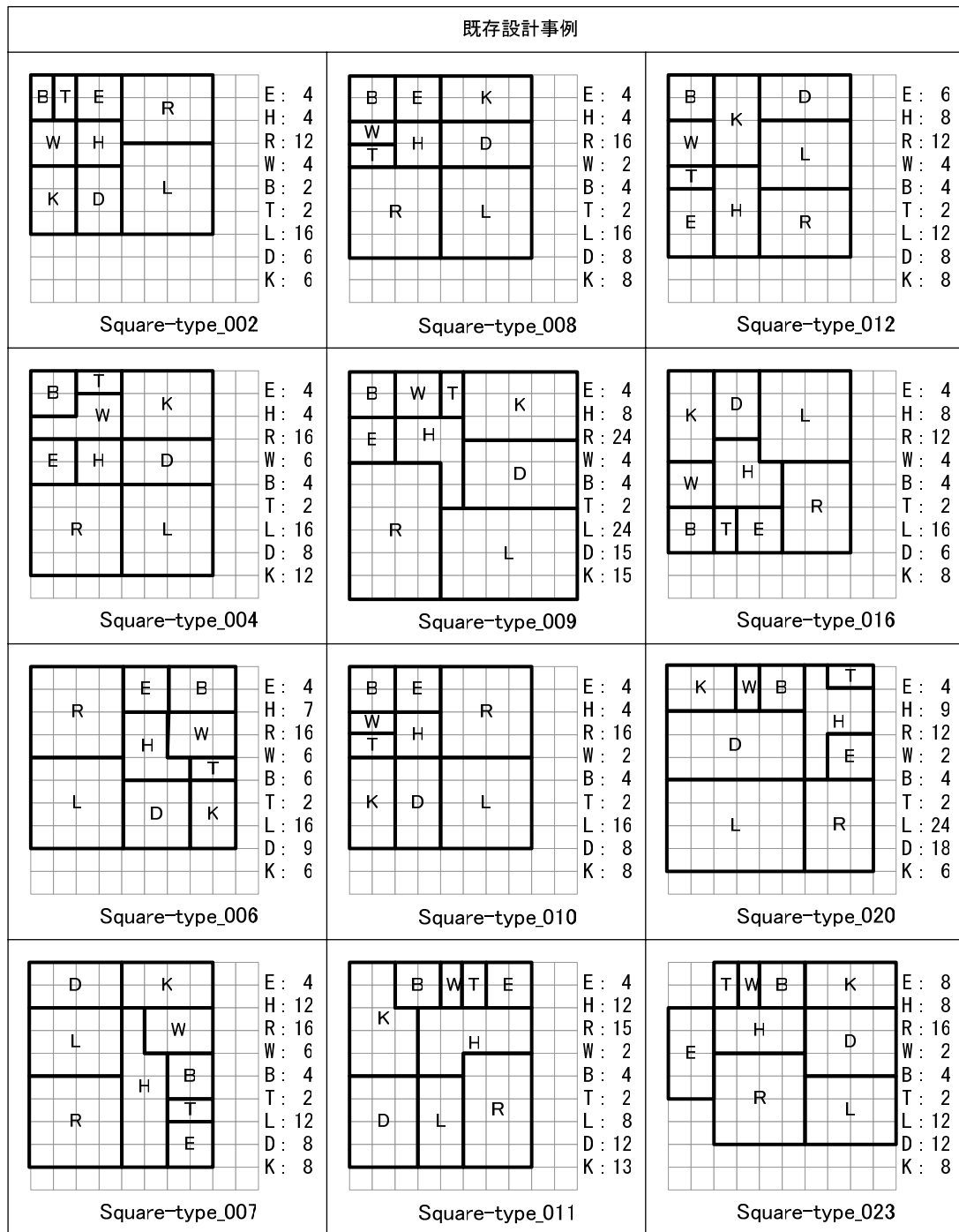
よって、ここで取り上げた12例の設計事例と5章で示した一般誘導型居住水準は規模的にほぼ同様であり、一般型誘導居住水準で提示された客間、居間、食堂、台所の各室面積を12例の各室面積の比較対象とすることに問題は無いと言える。

図5.8(a)に示した一般型誘導居住水準では、客間、居間、食堂、台所以外の室面積を規定していない。そこで、5章において上記以外の室に対して仮に室面積を定義し(図5.8(b))、これらによって新しい平面図を描き出した。この時、図5.8(b)で仮に定義した各室面積を下から2段目に示す。また、12の既存設計事例上の各室の平均面積を下から3段目に示している。これらの室面積値と一般誘導型居住水準で提示している各室面積を比較するとほぼ一般誘導型居住水準を満たしていることが判る。

以上のことから、ここで取り上げた12の既存設計事例上の各室面積を新しい平面図を描く際の初期値として用いることに支障はないと言える。

表 6.1 既存設計事例上の各室の面積（文献[31]より一部抜粋）

	E(玄関)	H(廊下)	R(客間)	W(洗面)	B(浴室)	T(便所)	L(居間)	D(食堂)	K(台所)	床面積
Square-type_002	4.0	4.0	12.0	4.0	2.0	2.0	16.0	6.0	6.0	56.0
Square-type_004	4.0	4.0	16.0	6.0	4.0	2.0	16.0	8.0	12.0	72.0
Square-type_006	4.0	7.0	16.0	6.0	6.0	2.0	16.0	9.0	6.0	72.0
Square-type_007	4.0	12.0	16.0	6.0	4.0	2.0	12.0	8.0	8.0	72.0
Square-type_008	4.0	4.0	16.0	2.0	4.0	2.0	16.0	8.0	8.0	64.0
Square-type_009	4.0	8.0	24.0	4.0	4.0	2.0	24.0	15.0	15.0	100.0
Square-type_010	4.0	4.0	16.0	2.0	4.0	2.0	16.0	8.0	8.0	64.0
Square-type_011	4.0	12.0	15.0	2.0	4.0	2.0	8.0	12.0	13.0	72.0
Square-type_012	6.0	8.0	12.0	4.0	4.0	2.0	12.0	8.0	8.0	64.0
Square-type_016	4.0	8.0	12.0	4.0	4.0	2.0	16.0	6.0	8.0	64.0
Square-type_020	4.0	9.0	12.0	2.0	4.0	2.0	24.0	18.0	6.0	81.0
Square-type_023	8.0	8.0	16.0	2.0	4.0	2.0	12.0	12.0	8.0	72.0
室毎の最小面積	4.0	4.0	12.0	2.0	2.0	2.0	8.0	6.0	6.0	56.0
室毎の最大面積	8.0	12.0	24.0	6.0	6.0	2.0	24.0	18.0	15.0	100.0
室毎の平均面積	4.5	7.3	15.3	3.7	4.0	2.0	15.7	9.8	8.8	71.1
5章で定義した各室面積	4.0	-	16.0	4.0	4.0	2.0	12.0	9.0	6.0	-
一般型誘導居住水準	-	-	16.0	-	-	-	12.0	9.0	6.0	98.0



E: 玄関 H: 廊下 R: 客間 W: 洗面 B: 浴室 T: 便所 L: 居間 D: 食堂 K: 台所(数字はm²数)

図 6.5 空間配列上の各室の面積 (文献[31]より一部抜粋)

6-3-2. 室面積の変更

6-3-1. 図 6.5 に示している各室の面積は各空間配列が持っている初期値としての室面積である。従って、設計者の要求する面積を満たさない室が出てくる可能性がある。このような場合には面積を大きく取りたい室のアルファベット数を増やす。但し、外壁に当たる室を数㎡変更する場合には、平面形に多少の凹凸が発生する程度であるが、平面形の内側に位置する室の面積を変更する場合には平面に隙間が発生したり、隣室との室接続関係が断たれたりする場合がある。

これらの事から、設計者が重要と考える室については必要面積を考慮した上で空間配列を検索することが望ましいと言える

6-3-3. 平面図の描画

次に、空間配列から新たに平面図を描画する方法について述べる。5-5. 節で述べた平面図描画方法とは異なり、空間配列自体に各室の間口・奥行寸法が記録されているためこの寸法値に従い平面図を描く。各室の間口・奥行寸法は空間配列上のアルファベット数で決定することができる。先にも述べたように既存設計事例を空間配列化する際に 1㎡をアルファベット 1 文字に変換しているため、逆に空間配列から平面図を描く場合には空間配列上のアルファベット 1 文字を 1㎡の面積として計算して平面図を描く。

図 6.6 に一例を挙げる。設計者（ユーザー）は要求する室配置方角と室接続関係から図 6.6(a)の空間配列を選定する。ここで、設計者が希望する場合には室面積の変更を行う。図 6.6(b)では客間(R)を 5㎡減じて居間(L)を 4㎡拡張している。この場合、斜線部のように 1㎡の空隙ができる。これを修正したものが図 6.6(c)である。現時点ではこういった空間配列の修正の自動化は出来ておらず、手動の修正が必要である。そして、図 6.6(c)の空間配列を基に平面図を作出すると図 6.6(d)の平面図となる。

B	B	T	E	R	R	R	R	R
B	B	T	E	R	R	R	R	R
W	W	W	H	R	R	R	R	R
W	W	W	H	R	R	R	R	R
K	K	H	H	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L

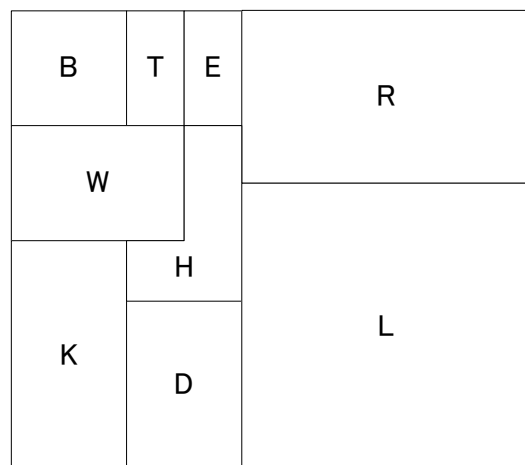
(a) 選定した空間配列 (Square-type_002)

B	B	T	E	R	R	R	R	R
B	B	T	E	R	R	R	R	R
W	W	W	H	R	R	R	R	R
W	W	W	H	L	L	L	L	L
K	K	H	H	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L

(c) (L)を1㎡修正 (拡張)

B	B	T	E	R	R	R	R	R
B	B	T	E	R	R	R	R	R
W	W	W	H	R	R	R	R	R
W	W	W	H	L	L	L	L	L
K	K	H	H	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L
K	K	D	D	L	L	L	L	L

(b) 客間(R)の面積を5㎡減じて
当該部分へ(L)を4㎡拡張



(d) (c)から作出した平面図

図 6.6 室面積の変更と平面図の描画

6-4. 章結

本章で提案した方法は、既存設計事例を非圧縮に空間配列化することで既存設計事例上の各室の面積，寸法値を空間配列上に保存するものであり，既存設計事例の完全保存に近い形を採っている．これに対して5章で説明した空間配列化は，既存設計事例上の各室の配置方角と室接続関係を抽象，最小表現したものであった．

本章で提案した空間配列作成方法では，既存設計事例を保存したものである．従って，この方法によって作成した空間配列は設計者（ユーザー）の希望に近い既存設計事例を計算機の中から検索し，設計者の要求に応じて各室の面積を変更するといった様に利用される．

既存設計事例を検索・選定する方式は5章で説明した方法を踏襲しており，このためには5章と同じく既存平面図の空間配列化が必要である．本章では，RGB値を用いた空間配列化を導入したことにより，L字型等の特殊な平面形の検索・選定が可能になり，既存設計事例上の各室面積を初期値として空間配列に記録することが可能となった．同時にL字型の空間配列からはL字型平面図の作出が可能となった．また，各室面積の初期値を利用する限りにおいては，新たに作出される平面形は凹凸の少ないものになる（特殊な平面形を指定した場合を除く）．

床面積100 m²以下で9室から構成される平面図といったように，ある程度限定された条件下では，本章で用いた手法のように設計者の要求や条件に類似する既存設計事例を選び出し，これを基にして各室面積を変更して新たに平面図を描くといった方法が有効であることが分かった．

参考文献)

- [37] 桑川栄一，木村晋二，渡邊勝正：構成概念モデルによる空間配置の支援，ヒューマンインタフェース学会，ヒューマンインタフェースシンポジウム2001 論文集，pp. 175-178，2001年10月．

第7章 大規模な設計への対応

本章では、前章までに述べてきた設計支援方法を基にして大規模な設計支援の場合について考察する。既に2章において述べたように設計の基本的な流れは設計要求から概念設計、基本設計、詳細設計といったように抽象・概略的な段階から順に具象・詳細な段階へと進行していく。このように概略から詳細へ進行していく設計のプロセスは設計規模の大小を問わずに言えることであり、設計規模が大きくなっても基本的には変わることはない。しかし、大規模な設計では小規模な設計に比して配置すべき室数が異なる為、幾つかの点を変更または新たに加えるなければならない。本章では、こういった点を中心に大規模設計の支援方法について述べる。

7-1. 大規模設計のパターン化

7-1-1. 大規模設計の特徴

大規模な設計の場合であっても設計の基本的プロセスは2章で述べたように設計要求、概念設計、基本設計、詳細設計で表すことが出来る。また、図2.8において設計要求では大局的意思決定、概念設計では設計コンセプトの創成、基本設計では概略レイアウトの決定、詳細設計では詳細レイアウトの決定を行うことについて述べた。これは、設計の基本的プロセスが概略から詳細へ向かっていることを示している。

こういった概略から詳細へと向かう設計プロセスを踏まえた上で、5、6章において提案した設計支援方法では、主要な室の配置方角や室接続関係によって既存設計事例の中から設計候補を絞り込み、検索・選定結果を基にして平面図を描き出した。このような方法はある一定の条件下では有効といえる。

しかし、本章で取り上げるような大規模な設計の場合には、5、6章で用いた方法をそのまま適用することは難しい。これは単純に既存設計事例（平面図）の面積が大きくなり、扱う室数が多くなるために大きな空間配列を扱わなければならない、計算機処理が困難になるだけのものではない。

端的に言うと大規模な設計では新たに設計しようとする平面図に類似した既

存設計事例を見つけることは難しい。これには以下のような理由がある。

第一に室数が多いため、新たに設計する平面図に配置する室数と全く同数の室数を持った既存設計事例を見つけることが困難である。

第二に室数が同数であっても室種類も考慮するとこれと同様な既存設計事例を見つけることが困難である。

第三に住宅等の廊下とは使い方が異なる。大規模な建築物はおおよそ公共的なものが多く、室と室の間を行き来する殆どの場合には廊下を通過すると考えてよい。従って、大規模な設計では廊下の形状と平面形状の関係が深い。

以上の3点から、単に大規模な既存設計事例を計算機内に格納したとしてもこれらをそのまま新たな設計に活用することは出来ない。

しかし、大規模な場合であっても既存設計事例には新たに設計しようとする平面図との間に何らかの共通する部分や参考となる部分があるはずである。

もし、既存設計事例に共通する部分や参考となる部分が全く無いとすれば、通常の、設計者の思考による設計の際に過去の設計資料や設計図書を見る必要は無い。これは一見すると先述の3点と相反しているが、やはり実際には既存設計事例には参考となる点がある。大規模な設計の際に既存設計事例を活用するポイントは「抽象的視点で既存設計事例を観察、構成し直して新たな設計の基盤とする」点である。

つまり、先述の3点のように室数、室種類、室寸法、廊下形状等の細部までを既存設計事例として新たな設計の参考とするのではなく、既存設計事例の概略（空間）構成を参考にして新たな設計を行っている。勿論、室寸法、廊下形状等の細部も後の詳細設計の段階では大いに参考となる。しかし、例え仮にでも基本設計がなければ詳細部分の検討は出来ない。従って大規模設計であっても設計要求、概念設計、基本設計、詳細設計のプロセスに変更はなく、基本的にはこのプロセスに従って設計を進める必要がある。

本章での方針をまとめると、5、6章の小規模設計に対し、大規模設計の支援ではより抽象的な視点を持つことが必要である。抽象的視点から既存設計事例の（抽象）構成を把握してこれを計算機に格納し、新たに設計する際には設計要求を満足する抽象構成を持った既存設計事例を選び出す。そして抽象構成を基にして各室等の詳細な配置を行う。

次に、大規模設計における抽象的視点について述べる。

7-1-2. ゾーンプランニング

大規模設計における抽象的視点にゾーンプランニングがある。ゾーンプランニングは呼び名の通り全体空間を幾つかのゾーンつまり区域や部分に分けて計画することで、建築計画ではゾーニングと呼ぶこともある。区域や部分に分割する方法には、例えば高低差などのように敷地条件によるもの、建物の形態によるもの、機能や使われ方によって行うものがある[38]。

ゾーンプランニングの例を図 7.1 に示す。このようなゾーンプランニングは図 2.11 で示した概念設計における方式の選定と並行して行うことが多い。このことから、ゾーンプランニングは概念設計の段階で行われることがわかる。こういったゾーンプランニングを行う理由は次の基本設計段階を円滑に進めるためである。例えば基本設計では客室は利用ゾーン内に配置すればよく、廊下、エレベーター等は共用ゾーンに配置する。つまり基本設計段階においては、室の種類に応じて各ゾーン内での配置を考慮すればよいことになる。

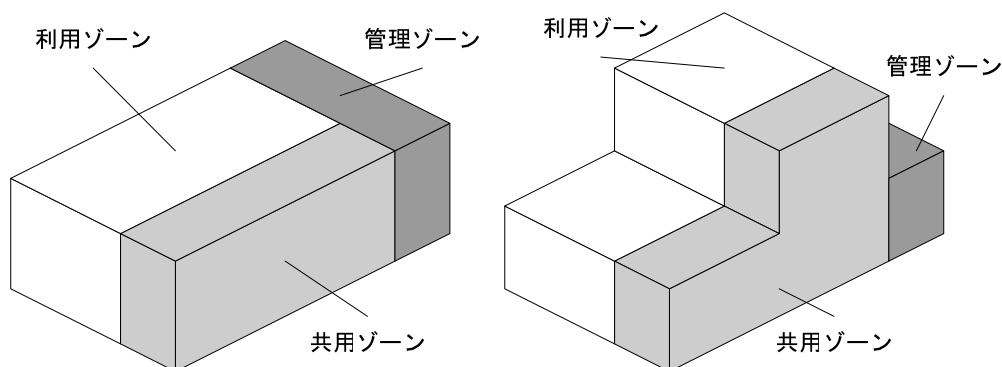


図 7.1 ゾーンプランニング (文献[39]より抜粋)

7-1-3. 室のグルーピング

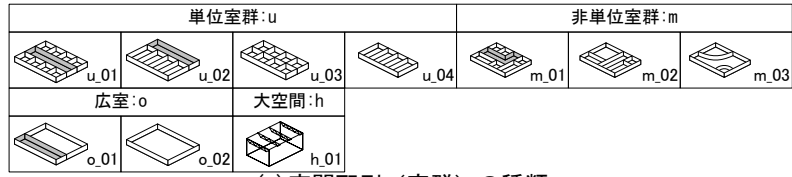
概念設計においてゾーンプランニングを行えば基本設計では各ゾーン内での室配置を行えばよく、室配置をゾーン単位で行うことが出来る。但し、このため

また、これら4種類の室群はさらに細かく分類することができる。例えば単位室群は中廊下型 (u_01)、片廊下型 (u_02)、廊下の無い8等分割 (u_03)、廊下の無い4等分割 (u_04) に分類することができる (図 7.3(a))。勿論、等分割数には6等分割、10等分割など様々に考えられるが、ここでの認識は各室の採光 (窓等の開口部面) が片面なのか両面なのかといった程度でよい。

同様に非単位室群は廊下のある「m_01」、廊下の無い「m_02」、その他「m_03」に分類することが出来る。また、広室についても廊下を持つ「o_01」、廊下を持たない「o_02」に分類できる (図 7.3(a))。

図 7.3(a)のように室群 (空間配列パターン) を定義するに当たって重要なことは空間を何分割するのかといった点ではなく、どのような空間 (室) 同士で構成されているかである。例えばホテルの客室フロアであれば単位室群を選択し、さらに再分類された「u_01」～「u_04」の中から検討されるであろうし、大きなエントランスやロビーであれば「m_03」「o_02」等から設計計画が検討される。つまり、室同士の組み合わせ方や空間 (フロア) のイメージを示すことが重要である。

また、図 7.3(a)に示した空間配列パターンを組み合わせることで多種多様な大規模建築の基本設計案を示すことができる。これを示したものが図 7.3(b)である。図 7.3(b)では建築物の主要用途に応じた空間配列パターンの組み合わせ例を示している。これら空間配列パターンの組み合わせは建築計画学的または過去の設計事例から抽出したものである [40]。図 7.3(b)に示した空間配列の組み合わせ方は一部であり、この他にも様々な組み合わせ方がある。



(a) 空間配列 (室群) の種類

外形ヴォリューム による全体形	単体	複数ヴォリューム						多く見られる 主要用途
		付加			並列			
室配列								
単位室群建築	●単位室群 							●ホテル・宿泊施設 ●診療所・病院 ●集合住宅
	●単位室群+非単位室群 							●ホテル・研究所 ●大学・学校 ●診療所・病院
	●単位室群+広室 							●研究所・学校 ●商業施設 ●ホテル・宿泊施設
	●単位室群+大空間 ●単位室群+非単位室群+大空間 							●大学・学校 ●ホテル・研修所 ●事務所・庁舎
非単位室群建築	●非単位室群 							●美術館・博物館 ●事務所・庁舎 ●商業施設
広室建築	●広室 ●広室+非単位室群 ●広室+大空間 ●広室+非単位室群+大空間 							●図書館 ●百貨店 ●事務所・庁舎
大空間建築	●大空間 ●大空間+広室 							●工場 ●美術館・博物館 ●宗教施設
	●大空間+非単位室群 							●会館・ホール ●体育館 ●美術館・博物館

(b) 用途別の建築種別と空間配列の組み合わせ

図 7.3 空間配列パターンの組み合わせによる基本設計 (文献[40]より抜粋)

7-1-5. 大規模設計のプロセス

図 2.13 に示した平面図をヴォリューム→室群タイプ→平面図の順で作成すると図 7.4 のようになる。2 章 2.6 で説明したように設計要求を明確にした後、概念設計では設計要求を満たすことができる型（方式）の選定を行う（図 2.11）。この段階に該当するのが図 7.4(a) ヴォリューム（型）の検討である。ここでは型の検討と共に図 7.1 に示したゾンプランニングを並行して行う。ゾンプランニングは各棟がそれぞれどういった役割を持つ部分であるのかを明示する。

次に、各棟の役割が明確になれば図 7.3 を用いて室群パターンを決定することが出来る。図 7.4(b) では、客室部に単位室群(u)、管理部に非単位室群(m)、パブリックな部分には広室(o)や大空間(h)を適用している。こういった各部分やゾーンに対する室群の適用はその部分空間の目的に従って行われている。このことは図 7.3(b)を見ると分かるように、ヴォリューム（型）に室群を与えた時にどういった用途に使われる建物であるのかを推測できることから明らかである（例えばホテル、学校、病院などでは単位室群が用いられる等）。また、図 7.4(b)の室群の組み合わせを具体化した平面図を図 7.4(c)に示す。

大規模設計のプロセスをまとめると、大規模な設計では始めに建物の主要用途を明らかにし（設計要求）、次にヴォリュームを設定し、ゾンプランニングを施す（概念設計）。そして分割されたゾーンに対し室（群）配置計画を行い（基本設計）、最後に室の詳細な配置を実施する（詳細設計）。

実際の大規模設計では、図 7.4(a)に示したヴォリュームの検討が重要である。小規模な建築物に対して大規模な建築物は周囲の景観に与える影響が大きく、また逆に景観を蔑ろにした建築物は建物自体の価値を損ねる場合もある。こういったヴォリューム検討段階は住み手・非設計専門家が最も関わり易い設計段階である。これは図 1.4 より明らかである。

また、大規模設計ではゾンプランニング（室のグルーピングを含む）といった段階が必要である。また、ゾンプランニングから基本設計に至るには室群単位を用いると良い。図 7.3 に示したように室群単位の組み合わせから様々な建物の草案を作り出すことができる。

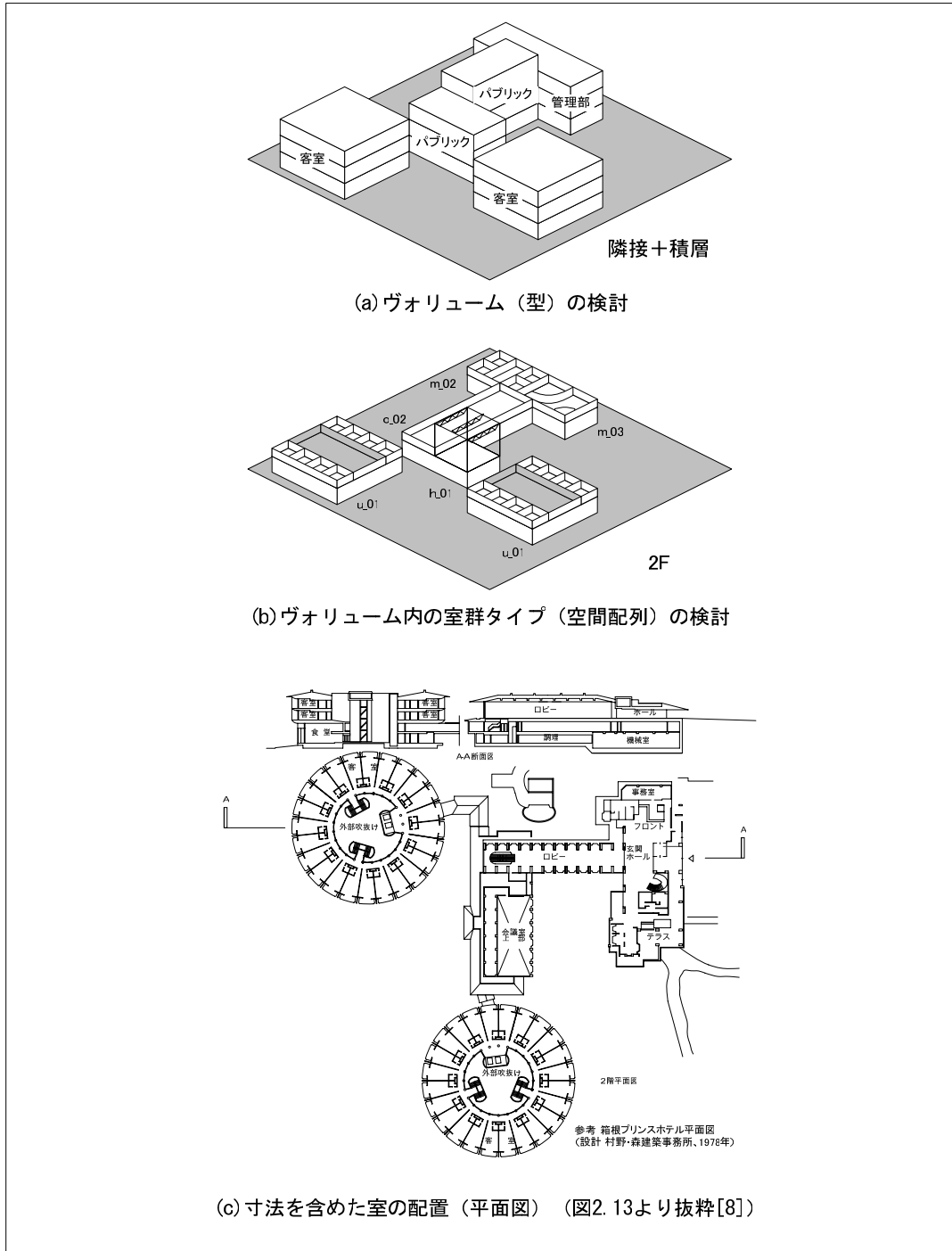


図 7.4 別棟型ホテルの空間配列パターンの一例

7-2. 大規模設計支援

7-2-1. ゾーンプランニングの支援

7-1-1. でも述べたように大規模な建築物は個別性が高く、過去の設計事例から当該設計に類似する設計事例を見つけることは難しい。しかし、図 7.3 のように建築物を室群に見立て、室配置を抽象化した上で類型化すると図 7.3 右欄のようにある程度建物の主要用途を推測することが出来る。これを逆に考えると建物の主要用途が明らかであれば図 7.3 のように空間配列パターンの組み合わせによる基本設計案を得ることが可能である。

大規模設計における概念・基本設計段階で重要な事は図 1.4 や図 7.3 のような空間配列パターンの組み合わせを作り出す、または探し出すことである。

後者のように空間配列パターンの組み合わせを探し出すといった設計支援では、本論文 5 章、6 章で提案したように新たな設計を行う際に有効な既存設計事例を探し出す方法が有効である。

但し、先述したように大規模設計では既存設計事例上の各室の配置方角や室接続関係と新たに設計しようとする建物の条件（室配置方角や室接続関係）を比較・検索することは難しい。つまり、室レベルでの比較では類似する設計事例を見つけることは困難である。

そこで、図 7.5 のように大規模な設計物をゾーン単位に抽象化しこれをゾーン配列として計算機に格納しておき、新たな設計の際には設計条件に類似したゾーン配列を検索することでゾーンプランニングを支援するようにする。

大規模既存設計事例（図 7.5 最下段）は図 7.3 に示した空間配列パターンの組み合わせに分解することができる（図 7.5 下から 2 段目）。

次に、それぞれの空間配列パターンはその室群の性質や室名称からゾーンに区分けすることができる。例えば「u_02」の単位室群は老人保健施設の「療養室」、 「m_02」の非単位室群は「事務・職員室」、 「o_02」広室は「食堂」「レクリエーションルーム」等のゾーンに区分けできる（図 7.5 下から 3 段目）。

そして、これら各ゾーンをアルファベットに置き換えてゾーン配列を作り、ゾーン配列を計算機内に格納しておく（図 7.5 下から 4 段目）。

以上で大規模設計事例のゾーニングパターンを一つ計算機に格納したことに

なる。

次に、新しく大規模設計を行う場合のプロセスについて述べる。

新たに大規模な設計を行う場合には、設計しようとする建築物に必要なゾーンを列挙することから始める（図 7.5 最上段）。必要な諸室名を全て挙げ、全必要諸室の配置を同時に考慮しながら設計を行うことは、これまでも述べてきたように組み合わせの爆発を起しかねない（4-2-1.）。また、設計経験の豊富な設計者であるほどゾンプランを疎かにする事は無い。特に大規模建築では人の活動を様々に予測・計画をする必要がある。例を挙げると図 7.5 に示している老人保健施設では大きく分けて「療養者」「職員」に2分することができる。「職員」も事務的な仕事をする領域と療養者の世話をする領域は意図的に分けられる。

これらのことを設計者（非設計専門家を含む）らが検討した結果、ゾーン間の動線と領域を作成することができる（図 7.5 上から 2 段目）。

次に、決定したゾーン間の動線と領域を計算機上に入力するためにゾーン配列にする（図 7.5 上から 3 段目）。

設計者（システムユーザー）はゾーン配列を入力して、計算機に既に格納されている既存設計事例のゾンプラン（ゾーン配列）と比較・検索し、類似した大規模設計事例を選定する。

そして、設計者側が入力したゾンプランに類似した大規模既存設計事例（抽象事例）が計算機内にあればその空間配列パターンの組み合わせを得ることが出来る（図 7.5 下から 2 段目）。

7-2-2. ゾーン配列同士の比較・検索方法

図 7.5 では、設計者（ユーザー）が新しく設計しようとする建築物に必要なゾーンとゾーン同士の関係を与え、これらの関係を満たす既存設計事例（抽象事例）を検索することを示した。既存設計事例の検索には図 7.5 に示したゾーン配列同士を比較することが必要である。ここではユーザーの入力側のゾーン配列と既存設計事例側のゾーン配列との比較方法について述べる。

まず、既存設計事例側のゾーン配列の作成について述べる。通常、入手することが出来る既存設計平面図は図 7.5 最下段のように各ゾーンの領域は示されていない。通常の平面図を各ゾーンに区分けする方法は 7-2-1.でも述べたように各室の名称および図 7.3 上段のような室群によって判断する必要がある。判断にはこの他に図 7.2 のような知識も必要であり、この作業はシステムの管理者側が行うことになる。システムの管理者によって各ゾーンに区分けされた平面図は図 7.5 下から 4 段目のような状態になる。これを 6 章図 6.2 と同様の方法で計算機上に配列化すると図 7.6 最上段のようになる。どのゾーン同士が隣接しているかを調べるには 5 章図 5.6 に示した方法を用いることが出来る。しかし、平面図の広大な場合、図 5.6 の方法を適用するには配列が大きく成り過ぎる。そこで、図 5.6 の方法をより効率的にするために、図 7.6 上から 2 段目に示す方法によって配列の圧縮を行う。このように同様のアルファベットの並びを持つ行や列を削除することでゾーン同士の隣接関係を損ねることなく配列を圧縮することができる（図 7.6 上から 3 段目）。図 7.6 上から 3 段目の配列はそれほど圧縮率が高くはないが、これは平面図の平面形が複雑なためである。圧縮を行って最小化されたゾーン配列から図 5.6 で説明した方法によってゾーン配列の隣接関係を取り出す。これをマトリクスとして表したものが図 7.6 上から 5 段目のゾーン隣接マトリクスである。一方、ユーザー側はゾーン間の動線と隣接関係から図 7.6 最下段に示すようなゾーン配列を入力する。ここで入力したゾーン配列は上記で述べた既存設計事例のゾーン配列を検索するための検索キーになる。また、入力したゾーン配列をゾーン隣接マトリクスに表すと図 7.6 下から 2 段目のようになる。先述の既存設計事例から作成したゾーン隣接マトリクスとユーザーが入力したゾーン隣接マトリクスを比較し、前者が後者を満たしている場合にはその既存設

計事例（ゾンプラン）は設計案の候補となる。

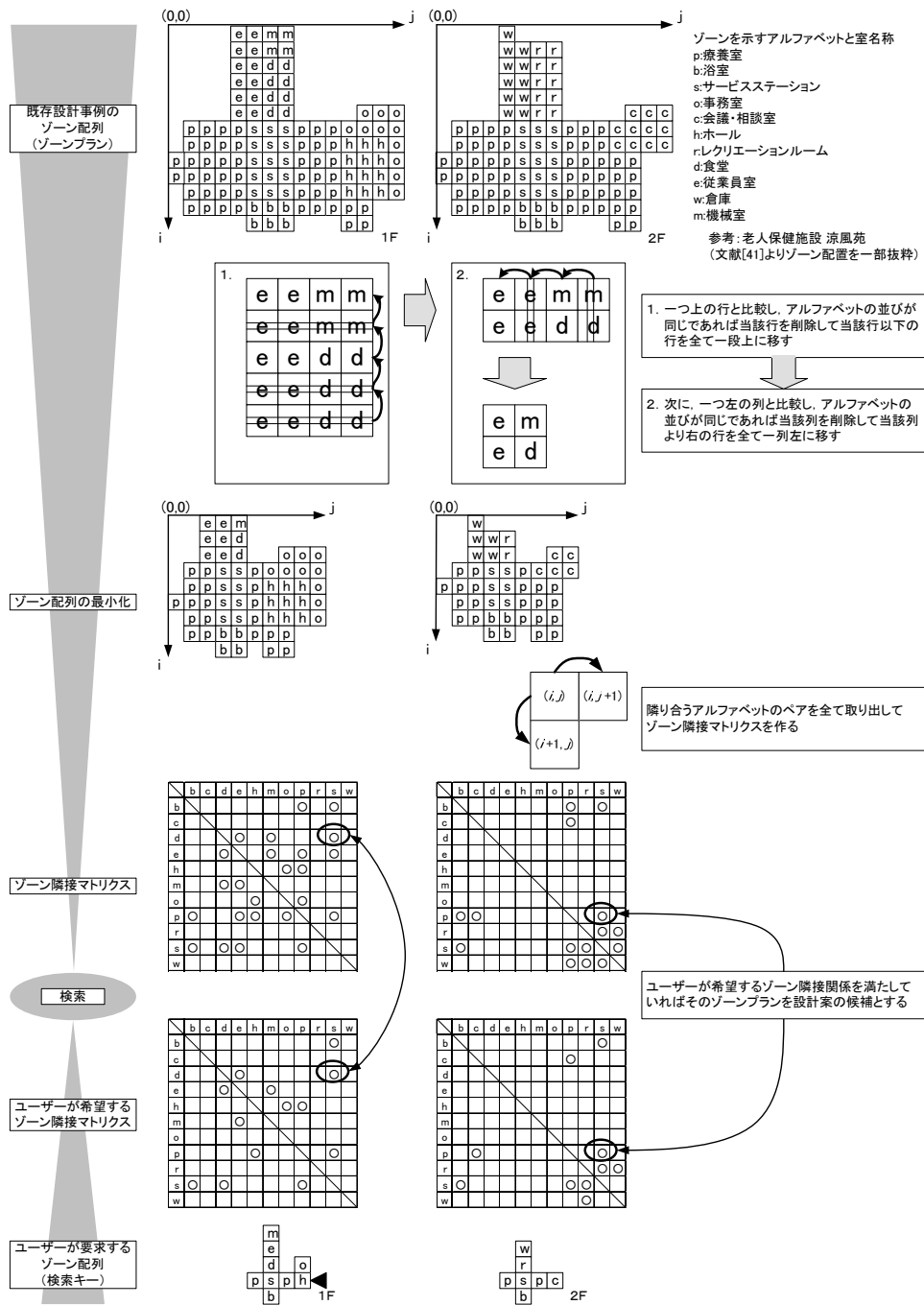


図 7.6 ゾーン配列同士の比較方法

7-2-3. 積層型設計への拡張

5章, 6章で例として挙げてきた設計事例や出力設計案では1階のみを扱っていた。本章では, 大規模な設計への対応方法として積層型設計への拡張方法について述べる。

住宅等の小規模設計の場合でも建築物の設計を行うには平面的な検討だけではなく, 立体的な検討や設計が必要である。特殊な場合を除くと建物内での人間の行動は垂直に移動する場合に比べて水平に移動することが多いため, 平面計画は重要である。しかし, 上層・下層の統制がなければ建物内での人の垂直移動は不可能であるし, 柱等の構造的な問題も含めると立体的な検討も疎かにすることはできない。

図 7.5 最下段の図を見ると 1 階の療養室群の中心に中庭があり (左図), 2 階の同じ場所は吹抜けになっている (右図)。同様に浴室, 広室, その他の非単位室等の位置は 1, 2 階に関連性がある。このことは図 7.5 下から 2 段目の図を見ても明らかである。また, 図 7.5 では表現していないが階段室の配置には必ず上層階と下層階における位置を一致させる必要がある。

以上のことから, 2 階建て以上の設計支援を行う場合には垂直方向の空間同士の間隔を扱う必要があり, このためには空間配列の垂直方向への拡張が必要である。

7-2-4. 3次元空間配列

次に, 空間配列の垂直方向への拡張方法について述べる。5章, 6章で行った空間配列化の目的は隣り合ったゾーン同士や室同士の関係を取得したり計算機に格納したりすることである。従って, 空間配列の垂直方向への拡張では, 上下階の同じ位置にどのようなゾーンや室が存在しているのかを示すことができるようにする。

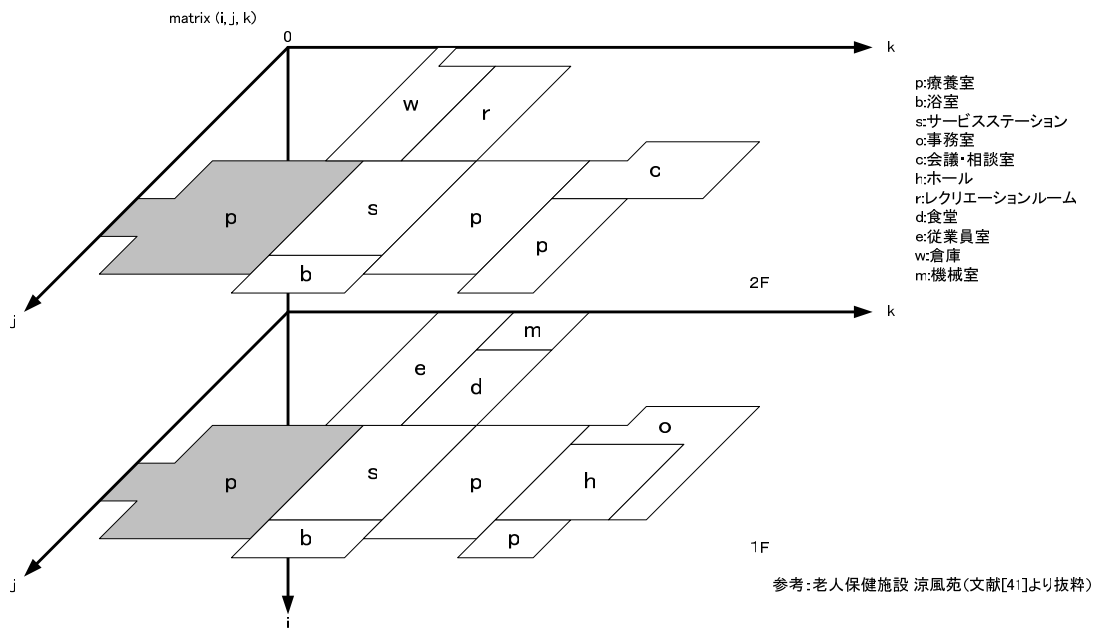
このために図 7.7 のように空間配列を 3 次元配列に拡張する。図 7.7(a) に示しているのは 3 次元配列にしたゾーン配列である。このように見ると, 吹抜けや階段室のように上下階共に同じ場所に配置する室や空間の配置計画を立てることができる。例えば図 7.7(a) の場合では, 上下階共に「p (療養室群)」が与え

られているゾーンや「s (サービスステーション)」が与えられているゾーン内に吹抜けや階段室を設けると良いことが分かる。

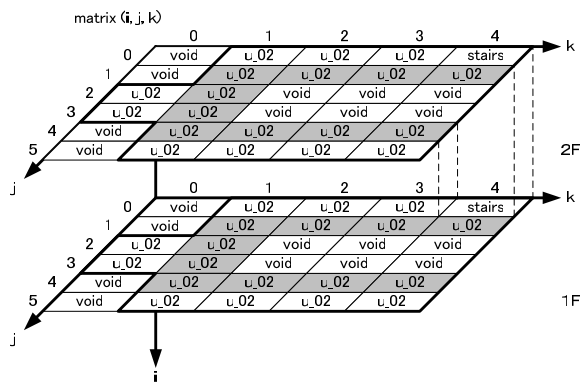
ゾーン内に対して各室の配置を具体的に決定する場合には、図 7.7(b)のように 3次元空間配列として扱う。図 7.7(b)は図 7.7(a)内のグレーで示している「p (療養室群 (ゾーン))」を詳細に示したものである。図 7.7(b)において吹抜け空間を配する場合には上下階共に同じ場所 (配列要素) に「void」を置き、階段室を設ける際には同様にして「stairs」を配列に加える。

また、図 7.7(b)を基に各室の配置を示すと図 7.7(c)のようになる。但し、図 7.7(b)、同(c)にグレーで示した部分は既存設計事例上の廊下を模して意図的に配置したものである。このように既存設計事例上の室や廊下を全て 3次元空間配列内に記録することは可能であるが、この段階まで詳細な空間配列化を行うと逆に新しい設計に活かすことが困難になる恐れがある。

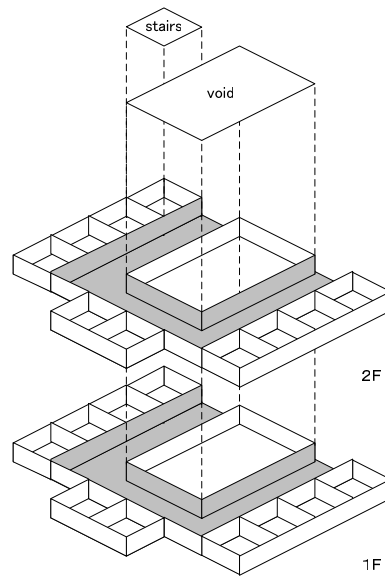
簡単に言うと設計の前期段階から具体的で完成度の高い既存設計事例を示されるとその設計事例に傾倒してしまい、新しい空間配列 (設計) を生み出すことが難しくなる。従って、図 7.7(b)の段階ではユーザー側に何らかの選択の余地があることが望ましい。



(a) 3次元ゾーン配列



(b) 3次元空間配列



(c) 各室の配置

図 7.7 3次元ゾーン配列と3次元空間配列

7-2-5. 各ゾーンに応じた空間配列パターンの検索

次に 7-2-4. 図 7.7(b) で示したように各ゾーン内の空間配列パターンを決定する方法について述べる。但し，厳密には空間配列パターンは一意に決定されるのではなく，当該ゾーンに適している空間配列パターンの候補を挙げ，これら候補の中からユーザーが選択する。

各ゾーンに応じた空間配列パターンの候補を検索する方法を図 7.8 に示す。

まず，図 7.8(a) に示す既存設計事例を同図(b)の空間配列パターンに分割すると同図(c)に示す領域分割された空間配列パターンの組み合わせが得られる。

同じく図 7.8(a)の既存設計事例上の各室を関連室毎にグルーピングし，各室グループ（室群）をアルファベットに置き換え記号化すると同図(f)に示すゾーン分割図が得られる。

次に図 7.8(c)と同図(f)を比較すると，どういった空間配列パターンがどのゾーンに使われているのかがわかる。例えば空間配列パターン(u_02)は療養室ゾーン(p)に用いられ，空間配列パターン(m_02)は従業員室ゾーン(e)や事務室ゾーン(o)に用いられている。このような空間配列パターンとゾーン間の関連性は図 7.8(g)のように示すことができ，新規の設計における各室の配置の参考として利用できる。

図 7.8(g)の空間配列パターンとゾーン間の関連性を用いると次のように考えることが出来る。例えば療養室ゾーン(p)における室配置には空間配列パターン(u_01)(u_02)(u_03)(u_04)が適しており，従業員室ゾーン(e)や事務室ゾーン(o)における室配置には空間配列パターン(m_01)(m_02)が適している。

つまり，図 7.8(g)からゾーン(p)には空間配列パターン群(u)に属している空間配列パターンが適当であり，ゾーン(e)や(o)には空間配列パターン群(m)に属している空間配列パターンが適当である（図 7.8(h)）。

この考え方を新規のゾンプラン（図 7.8(i)）に適用すると図 7.8(j)のように各ゾーンの空間配列パターンを絞り込むことが出来る。このようにして新規のゾンプランに対して新しく空間配列パターンを適用すると図 7.8(k)に示すような新たな平面プランを得ることが出来る。

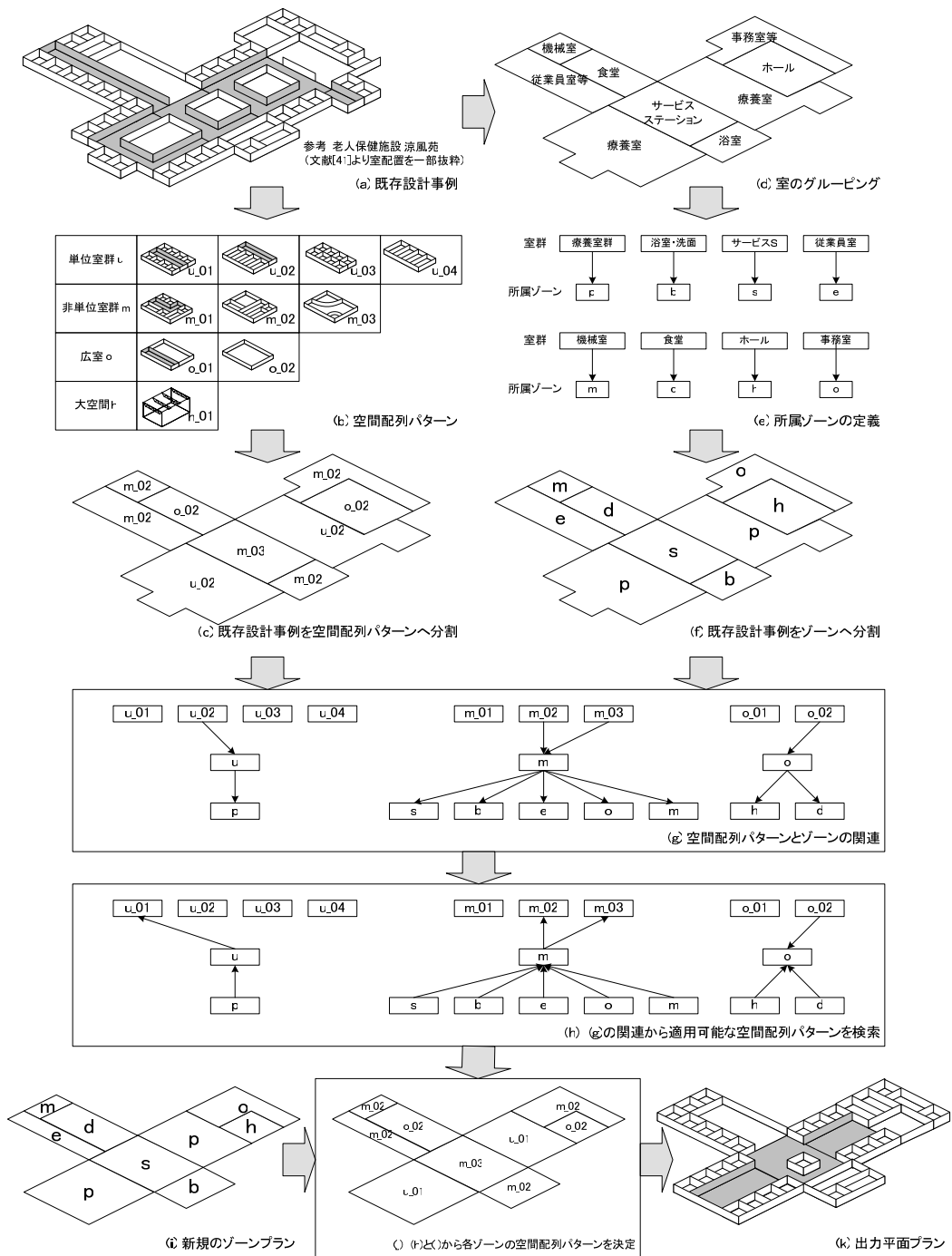


図 7.8 各ゾーンに応じた空間配列パターンの検索

7-2-6. ゾーンプランニングを利用した大規模設計支援

最後に本章で述べてきたゾーンプランニングを利用した大規模設計支援の流れについてまとめる。大規模な設計支援であっても基本的には5章，6章で用いた方法と同様であり，既存設計事例を計算機内に格納しておく。格納の方法は以下のようなになる。

1. 既存設計事例(図 7.9(a))上の各室を空間配列パターンに置き換える(同図(b))。
2. 既存設計事例(同図(a))上の各室を室同士の関連性に従ってゾーンプランに置き換える(同図(c))。
3. 空間配列パターン(図 7.9(b))とゾーン(同図(c))の関連性を計算機に格納しておく(同図(d))。
4. ゾーンプラン(図 7.9(c))を配列に変換して計算機に格納しておく(同図(e))。

以上が既存設計事例を計算機内に格納するまでのプロセスである。次に，格納した既存設計事例のデータを用いて新規に平面プランを作成するプロセスを示す。

5. ユーザー(施主)が構想・希望するゾーンプラン(図 7.9(f))を検索キー(同図(g))としてゾーン空間配列DB(同図(e))内を検索する。
6. 検索結果として新たな設計の基盤となりうるゾーン配列を選定する(図 7.9(h))。
7. 選定したゾーン配列(図 7.9(h))を設計規模・条件等に応じて変更する(同図(i))。
8. 空間配列パターンとゾーンの関連性(図 7.9(d))から各ゾーンに適した空間配列パターンを候補として提示する(同図(j))。
9. 候補の中から選択した空間配列パターンに従って各室を配置する(図 7.9(k))。

以上がゾンプランニングを利用した大規模設計支援のプロセスである。

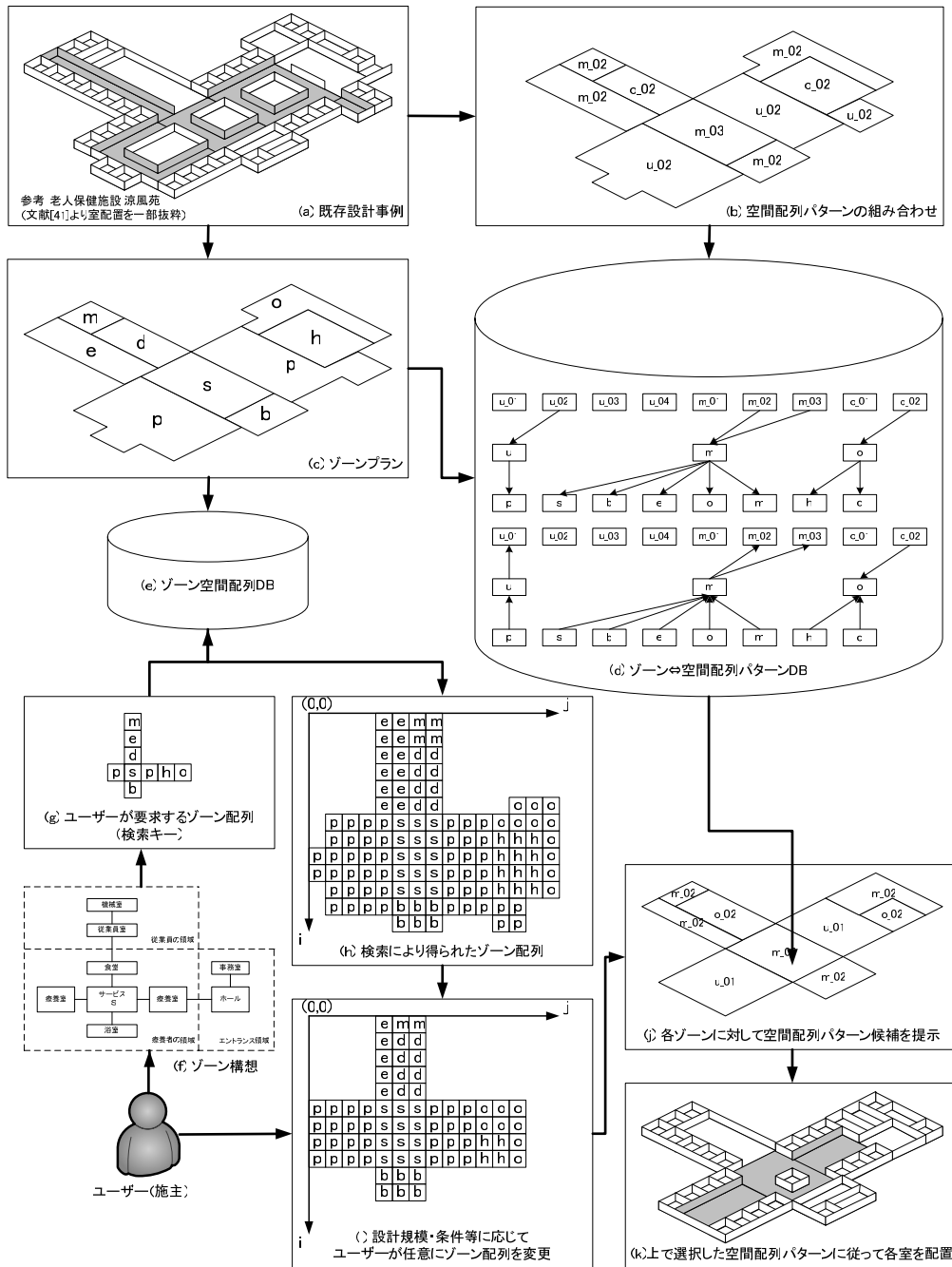


図 7.9 ゾンプランニングを利用した大規模設計支援

7-3. 章結

本章では、大規模設計の際に用いられるプロセスを示し、このプロセスを基にして設計支援方法を提案した。設計支援方法は5章、6章で示した方法と同様に既存設計事例を新たな設計に活用しようとするものである。

通常の大規模設計では小規模設計に対して扱う室数が多くなるため、幾つかの関連のある室をグループにまとめ、これらをゾーンとして配置するゾンプランニングの手法が用いられている。

そこで、本章では大規模既存設計事例をゾーンに分割・抽象化し、これをゾーン配列の形式にして計算機に格納しておき、新たな設計の際に基盤となるゾーン配列を計算機から検索・選定することにした。

ゾーン配列を決定した後に各ゾーン内に室の配置を行う。6章で示したように既存設計事例上の各室の配置を空間配列として保存しておき、これを先のゾーン配列における検索・選定と同様の方法によって各室の配置を得ることも可能である。

しかし、先にも述べたようにゾンプランの決定から図 7.7(c)のような各室の配置計画までを示すことは早計とも考えられる。大規模設計では設計プロセス中の幾つかの段階で案の取捨が必要と思われるからである。

従って、本論文では現在のところ既存のゾンプランを検索・選定する段階に留まっている。得られたゾンプランから図 7.5 最下段や図 7.7(c)に示しているように各室の領域を区切る方法については今後の課題である。

但し、図 7.3 のように既存設計事例の室群を類型化することは非常に有効な方法と言える。室群の類型化を用いればゾンプランを検索・選定した後、各ゾーンの性格から室群タイプ（空間配列パターン）の候補を挙げる事ができる。

また、大規模設計では積層型建築の空間配列化が必要である。これについては7-2-3.7-2.4.で述べたような空間配列の3次元化を提案した。これにより垂直方向の室関係を取得することができ、階段室、吹抜け等の配置検討が可能になった。

参考文献)

- [38] 岡田光正, 柏原士郎, 森田孝夫, 鈴木克彦: 現代建築学 建築計画 1 (新版), 鹿島出版会(2002).
- [39] 建築のテキスト編集委員会: 初めての建築計画, 学芸出版社(2000).
- [40] 日本建築学会: 建築設計資料集成 総合編, 丸善(2001).
- [41] 建築思潮研究所: 建築設計資料 66 老人保健施設・ケアハウス, 建築資料研究社(1998).

第8章 本論文のまとめ

本論文では、非設計専門家を対象とした建築設計支援に関する研究について述べた。

本研究を始めた動機は、近年の住み手参加型設計の増加から従来の製図（詳細設計）主体の CAD (Computer Aided Design) とは異なった非設計専門家を対象とした CAD システムが必要であると考えられた為である。

非設計専門家、設計専門家を問わず設計の初期段階では口述的、断片的な不確定なイメージから始めることが多い。このことは1章 図 1.4 の住み手参加型設計の例から明らかである。本研究の目的はこのように設計者（ユーザー）の不確定なイメージから平面プランを作出することである。（1章）

研究の方法としては、まず、設計プロセスの明確化と設計段階の定義を行った。建築物に限らず、設計行為では設計に必要な知識とは別に設計者の勘や経験に頼った部分が多く、設計プロセス中の各設計段階においてどのような作業が行われているのかを明確に示されることは少ない。また、従来の製図主体の CAD システムと本研究で提案する概念設計、基本設計主体の CAD システムの位置付けを明確にするためにも設計プロセスの定義は必須である。

設計プロセスの明確化と定義により、口述的、断片的なイメージから平面プラン案を作出する段階は、設計プロセス中の概念、基本設計段階に位置付けることができた。（2章）

次に、建築平面プランを作成する既往研究について調査を行った。既往研究では、予め設計者側が作成した全ての室接続関係を入力して平面プランを自動作成するものが多く、建築平面プランにおいて室接続関係が重要な意味を持つことが分かった。しかし、設計初期段階において非設計専門家が室接続関係を定めることは困難である。従って、非設計専門家が利用する設計支援システムでは、室接続関係、即ち概念設計段階を支援する必要がある。（3章）

このことから、計算機による概念設計支援問題に重点を置くことになった。建築設計に限らず、計算機による概念設計支援問題は2つの手法に大別することができる。一つは可能な構成を創成する「創成形」の概念設計であり、もう一方は優れた構成や方式を過去の設計事例から検索する「検索形」の概念設計である[24]。

創成形概念設計は機能を持つ部分同士を組み合わせることで全体として新しい構成を作り出す。あらゆる組み合わせを作り出すと組み合わせの爆発を引き起こす恐れがある。従って組み合わせを創る段階で意味の無い組み合わせや非常に劣る組み合わせを排除し、候補を絞り込む必要がある。しかし、こういった組み合わせ問題を建築平面プラン作成に用いることには問題がある。仮にボルトの組み合わせ問題(図4.4)と同様に建築平面プラン作成に組み合わせ問題を適用すると膨大な組み合わせが存在することが分かる(式4.1)(図4.5)。原因は、平面プラン問題が2次元になることと方位の差異を持つことから、組み合わせ問題がボルトの問題に対して数段複雑になるためである。

こういった理由から、本論文では検索形概念設計に着目することにした。しかし、検索形であっても創成形と同様に予め意味の無いものや機能的に非常に劣る検索対象(既存設計事例)を除いておく必要がある。そこで、既存設計事例を検索形概念設計の検索対象として用いることの妥当性を示すために建築計画の一般的知識と既存設計事例を照らし合わせることにした。

既存設計事例上の各室の配置方角及び室接続関係を建築計画で一般的に良好とされる室配置方角、室接続関係と比較した結果、既存設計事例がほぼ建築計画で推奨されている室配置方角や室接続関係に従って設計がされていることが分かった。この結果では、既存設計事例を検索形概念設計における優れた過去の設計事例(検索対象)として扱えることを示した。(4章)

また、既存設計事例を検索形概念設計の検索対象とし、検索処理を計算機に行わせるために「空間配列」を提案した。空間配列は既存設計事例上の室配置方角と室接続関係を保持したまま最小限の配列で「平面プラン」を計算機に記録するものであり、平面図(既存設計事例)の記号化によって行う。

空間配列は室数、室種類、室配置方角、室接続関係といった様々な側面から検

索することができ、検索キーを固定的にすることがない。このため、既往研究に多くあったように検索に際して室接続関係を全て入力する必要はなく、ユーザーが必要と考える室接続関係のみを検索キーとして検索することが可能である。つまり断片的な条件の入力から検索が可能である。

検索方法の提案に続き、選定した空間配列から新たに平面図を描画する実験を行った。空間配列化に伴い各室の面積を省いた空間配列に対して再び各室面積を与えて平面図を描画すると、空間配列の基である既存設計事例とは異なる点が幾つか出てきた。これらは、想定していた室接続関係が保持できていない。全体の平面形（外形）に凹凸が見られる等の不具合である。しかし、室同士の相対的な位置関係や室配置方角で出力平面図を評価すると検索キーとして入力した条件に即した平面プランを得ることが出来た。（5章）

出力される平面プランの外形に凹凸が見られることや想定した室接続関係を保持することができない原因は、既存設計事例から各室の面積情報を捨象して空間配列を作り、再びこの空間配列に新しく各室面積を与えて平面プランを作ろうとしていることにある。つまり、空間配列は既存設計事例を非可逆圧縮したものであり、既存設計事例の原形を留めてはいない。

そこで非圧縮の空間配列を用いる方法を検討した。非圧縮空間配列は既存設計事例の原形をほぼ完全に記録するといつてよい。厳密には6章で行ったように平面面積 1 m^2 を最小単位として配列を作っているのが既存設計事例の完全保存ではなく、ある程度の抽象化を行っている。非圧縮空間配列は 1 m^2 を最小単位として既存設計事例を保存する。従って、各室の面積も配列に保存する。

非圧縮空間配列を用いた方法は既存設計事例の検索システムと言える。この方法を用いた検索では、室種類、室配置方角、室接続関係に加え暫定的に各室の面積を検索キーとして使用可能な点で5章の方法とは異なる。また、この方法では想定した（検索キー）室接続関係を保持した平面プランを得ることが出来る。（6章）

本論文の提案方法や実験等は主に9室および10室配置の平屋建て平面プランを対象に行っている。しかし、1章で述べたように実際の住み手参加型設計では、複数の住み手が集まって共に公共建築（大規模設計）の設計に携わろうとするも

のが多い。従って、本研究も大規模設計支援を見据えた展開を行う必要がある。

大規模設計は住宅等の小規模設計に比べて遥かに複雑になる。理由の主なものには、配置する室数が多くなる、建築物の用途も様々で用途に応じて室の配置計画が大きく異なってくる、建物全体のヴォリューム（フロアの隣接・積層）を考慮する必要がある等の点がある。また、これらの理由から大規模設計では非常に個別性が高くなる。従って、5, 6章の方法で既存の大規模既存設計事例上の各室を空間配列化するだけでは新たな大規模設計に活用することは難しい。

そこで、まず多室数の配置問題を簡略化するためにゾンプランニングを設計支援プロセスの中間過程に導入することにした。室をグルーピングしたゾーンの配置構成、つまりゾンプランを抽象モデルとして導入することで大規模既存設計事例と新たに設計しようとする大規模設計の間に共通性見出す事ができると考えた。ここでの提案の一つめは新規の設計に対して有効な既存ゾンプランを検索によって得ることである。既存のゾンプランを計算機に格納しておき、検索対象とするために「ゾーン配列」を提案した。

次に、2, 3階建てといった積層型プランの問題に対して「3次元空間配列」を提案し、これにより積層型設計支援の可能性を示した。

また、ゾンプラン決定後、各ゾーン内に各室を配置する方法を提案した。方法は各ゾーンに応じた室配置を行うものでこれには室群の類型化が必要である。

最後にゾンプランニングを利用した大規模設計支援の流れを示した。(7章)

以上が各章で得られた知見および提案内容である。次に本論文全般のまとめについて述べる。

本論文で行った設計支援の研究方針は優れた既存設計事例を基にして新に平面プランを作出することである。これは断片的、不確定なユーザーの入力から平面プラン全体を描くには、既に建築計画的に考慮された既存設計事例の情報の一部を用いることが有効であると考えられたからである。

新規の設計の基盤と成り得る、またはユーザーの構想に近いと思われる既存設計事例を検索・選定するといった考え方から、設計支援システムとしての形式は、検索形（概念）設計支援の形式を採った。

既存設計事例の特徴や骨格を検索対象として計算機に保存する方法として「空

間配列」を提案した。空間配列は従来の CAD システムのベクトルデータとは異なり、室同士の接続関係や室の配置方角の情報を持つことができる。従って、空間配列の形式で既存設計事例を保存すると多様な側面から検索し、選定した空間配列から新しい平面プランを描くことができる。

また、「3次元空間配列」の提案により大規模設計支援の可能性を示した。大規模設計支援についてはゾンプランの検索段階に留まっており、今後は各ゾーン内における各室の配置方法を検討する必要がある。

最後に本研究中に気付いた点について述べる。それは「空間配列」である。つまり各室を配列として計算機に保存することである。この空間の記号化・配列化により従来のベクトルデータとは異なった空間操作を可能とすることができた。現段階では空間同士の隣接、接続関係のみを扱っているが室間の距離や親近度等の要素を加えることでより高度な空間配列の検索が可能であると思われる。また、本論文では新たに平面プランを作出する立場から、空間配列の作成方法、空間配列の検索方法、および空間配列からの平面図作成方法についてのみ述べているが、空間配列は建築計画、空間構成等他の研究分野にも応用することができそうである。これらの可能性から今後更に多様な設計に関する知識を得て本研究を発展させて行くつもりである。

謝辞

主指導教員の渡邊勝正教授には，研究生及び博士後期課程在学中，研究指導認定退学後2年間の計6年間にわたりご指導を賜りました．心より感謝致します．

植村俊亮教授，伊藤 実教授には，お忙しい中，副指導教員となっただきました．両教授に深く感謝致します．

山下 茂助教授には副指導教員となっただいた他，日頃より研究発表等で多くの助言を頂きました．深く感謝致します．

武庫川女子大学の岡崎甚幸教授には，建築設計の専門家としてのお立場から貴重な助言を頂きました．深く感謝致します．

早稲田大学木村晋二教授，京都大学堀山貴史助手には，研究の前半段階でご指導を頂きました．ここに感謝の意を表します．

また，蔵川 圭助手，中西正樹助手には日頃から本研究に関する助言を頂いた他，研究生活における様々な面でお世話になりました．深くお礼を申し上げます．

最後に，既修了生も含めた渡邊研究室の皆様のお蔭で長期にわたる学生研究生生活を成し遂げることができました．皆様に感謝いたします．

参考文献

第 1 章

- [1] 日本建築学会：参加による公共施設のデザイン，丸善株式会社（2004）.
- [2] Henry Sanoff：DESIGN GAMES, William Kaufmann, Inc（1979）.
- [3] 日本建築学会：対話による建築・まち育て－参加と意味のデザイン－，
（株）学芸出版社（2003）.
- [4] 桑川栄一，渡邊勝正：平面プラン作成支援における設計資産の活用～建
築平面プランを対象として～，情報処理学会 2005 年情報学シンポジウム
講演論文集，pp. 47-52（2005）.

第 2 章

- [5] 赤木新介：設計工学（上）-新しいコンピュータ応用設計-，コロナ社（1991）.
- [6] 牧野光雄：航空力学の基礎，産業図書株式会社（1980）.
- [7] 赤木新介：設計工学（下）-新しいコンピュータ応用設計-，コロナ社（1991）.
- [8] 岡田光正，柏原士郎，辻 正矩，森田孝夫，吉村英祐：現代建築学（新
版）建築計画 2，鹿島出版会（2003）.

第 3 章

- [9] 吉田勝行：直方体分割図の電算機による作成法と設計計画への適用性に関
する研究(1)－直方体分割図の機械的な作成法とそのプログラム化－，
日本建築学会論文報告集，第 293 号，pp. 105-115，1980. 7
- [10] 吉田勝行：直方体分割図の電算機による作成法と設計計画への適用性に関
する研究(2)－直方体分割図の種類とそれを母体としたラインプランに
納め得る設計計画上の条件－，日本建築学会論文報告集，第 295 号，
pp. 103-113，1980. 9
- [11] 吉田勝行：非線形計画法による直方体分割図を母体とした最適平面の作成
法に関する研究(1)－非凸計画による最適規模の割付け法とそのプログ
ラム化－，日本建築学会論文報告集，第 314 号，pp. 131-142，1982. 4
- [12] 岡崎甚幸，伊藤明宏：逐次近似型室配置・通路モデルの研究，日本建築学
会論文報告集，第 339 号，pp. 90-100，1984. 5

- [13] 青木義次, 山縣 洋: CADにおけるフレキシブル条件の概念の定式化と応用, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 365 号, pp. 68-74, 1986. 7
- [14] 辻 正矩, 川窪広明: 計画与条件に適合する長方形分割図の作成方法について グラフ理論的アプローチによる平面計画の方法 その 1, 日本建築学会計画系論文集, 第 494 号, pp. 120-136, 1997. 4
- [15] 川窪広明, 辻 正矩: 長方形分割図の室寸法を決定する方法について グラフ理論的アプローチによる平面計画の方法 その 2, 日本建築学会計画系論文集, 第 513 号, pp. 159-166, 1998. 11
- [16] 川窪広明, 辻 正矩: 有効隣接グラフを用いた長方形分割図の作成方法について グラフ理論的アプローチによる平面計画の方法 その 3, 日本建築学会計画系論文集 第 549 号, pp. 161-168, 2001. 11
- [17] 村岡直人, 青木義次: 遺伝的アルゴリズムによる平面形状の最適化と設計ノウハウの獲得, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 497 号, pp. 111-115, 1997. 7
- [18] 村岡直人, 青木義次: 評価基準の学習をとり入れた遺伝的アルゴリズムによる建物形状の最適化, 日本建築学会計画系論文集, 第 514 号, pp. 141-146, 1998. 12
- [19] 宗本晋作, 加藤直樹: 直交グラフ描画法を用いた室配置手法—タブー探索法を用いた対話型多目的最適化—, 日本建築学会計画系論文集, 第 529 号, pp. 279-286, 2000. 3
- [20] 浅野寛治, 加藤直樹, 吉村茂久: Sequence Pair に基づく室・通路による優良解探索—, 日本建築学会計画系論文集, 第 572 号, pp. 209-216, 2003. 10
- [21] 加藤誠巳, 村上周三, 藤井 明: 住宅間取り設計エキスパート・システム, 情報処理学会研究報告, IPSJ-ICS84037001, 1984. 11
- [22] 本多一賀: 制約に基づくフロアプランニング自動化システムの実現方法, 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 11, pp. 2102-2111, 1997. 11
- [23] Jae Wan Park, Jin Won Choi: A Computational Approach to Evaluate Physical Requirements and Spatial Managements of Apartment Unit Floor Plans, JOURNAL OF ASIAN ARCHITECTURE AND BUILDING ENGINEERING, Vol. 2 No. 2 November 2003, pp. 103-109, 2003. 11

第 4 章

- [24] 赤木新介, 藤田喜久雄 : 設計エキスパートシステムの基礎と応用, コロナ社 (1990).
- [25] Ulrich, K. and Seering, W. : Conceptual design as novel combination of existing device features, Proc. 1987 ASME Design Automation Conf., p. 295, 1987
- [26] 赤木新介, 田中敏幸, 窪西英俊, 島本幸次郎, 榎本隆一 : AI 技術を応用した船用動力プラントのエキスパート CAD システムの研究, 日本機械学会論文集 53C-486, pp. 512-517, 1987
- [27] Robin J. Wilson : Introduction to Graph Theory, Pearson Education Limited(1972).
- [28] 芦川 智, 佐生健光 : すまいを科学するー新しいすまい学 30 課ー, 地人書館(1990).
- [29] 住環境の計画編集委員会編 : 住環境の計画 2 住宅を計画する 第二版, 彰国社(1998).
- [30] 田中 勝, 小川正光, 村上良知, 小林敬一郎, 白砂伸夫, 笠嶋 泰, 谷村留津 : 図解住居学 2 住まいの空間構成, 彰国社(2000).
- [31] 神山定雄, 川島洋一 : 木造住宅の平面百科, 彰国社(1991).

第 5 章

- [32] 桑川栄一, 渡邊勝正 : 既存設計事例を参考とした平面プラン作成方法の提案 : Design Symposium 2004 講演論文集, pp. 149-152, 2004 年 7 月.
- [33] 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 第 584 号, pp. 13-20, 2004 年 10 月.
- [34] 桑川栄一, 渡邊勝正 : 平面プラン作成支援における設計資産の活用 ～建築平面プランを対象として～, 情報処理学会 2005 年情報学シンポジウム講演論文集, pp. 47-52, 2005 年 1 月.
- [35] 桑川栄一, 渡邊勝正 : A Study of the planning-support using the floor-plan-database : FIT2004 (第 3 回情報科学技術フォーラム) 一般講演論文集 第 3 分冊, pp. 453-456, 2004 年 9 月.
- [36] 桑川栄一 : 主要室の配置方角から概略的な室配置を得る方法, 日本建築学会大会学術講演(2003(東海)), E-1 分冊, p. 607, 2003 年 9 月.

第 6 章

- [37] 桑川栄一，木村晋二，渡邊勝正：構成概念モデルによる空間配置の支援，ヒューマンインタフェース学会，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2001 論文集，pp. 175-178，2001 年 10 月．

第 7 章

- [38] 岡田光正，柏原士郎，森田孝夫，鈴木克彦：現代建築学 建築計画 1（新版），鹿島出版会(2002)．
- [39] 建築のテキスト編集委員会：初めての建築計画，学芸出版社(2000)．
- [40] 日本建築学会：建築設計資料集成 総合編，丸善(2001)．
- [41] 建築思潮研究所：建築設計資料 66 老人保健施設・ケアハウス，建築資料研究社(1998)．

付録

A. 著者研究業績

本論文に関連する研究業績

論文誌（査読付き）

- (1) 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 第 584 号，pp. 13-20，2004 年 10 月．

シンポジウム（査読付き）

- (1) 桑川栄一、渡邊勝正：平面プラン作成支援における設計資産の活用～建築平面プランを対象として～，情報処理学会 2005 年情報学シンポジウム 講演論文集，pp. 47-52，2005 年 1 月．

シンポジウム・研究会（査読なし）

- (1) 桑川栄一，木村晋二，渡邊勝正：構成概念モデルによる空間配置の支援，ヒューマンインタフェース学会，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2001 論文集，pp. 175-178，2001 年 10 月．
- (2) 桑川栄一，渡邊勝正：建築空間配置のゾーニングによる設計支援の有効性，ヒューマンインタフェース学会 ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 論文集，pp. 369-372，2002 年 9 月．
- (3) 桑川栄一：主要室の配置方角から概略的な室配置を得る方法，日本建築学会大会学術講演(2003(東海))，E-1 分冊，pp. 607-608，2003 年 9 月．
- (4) 桑川栄一，渡邊勝正：既存設計事例を参考とした平面プラン作成方法の提案：Design Symposium 2004 講演論文集，pp. 149-152，2004 年 7 月．
- (5) 桑川栄一，渡邊勝正：A Study of the planning-support using the floor-plan-database：FIT2004（第 3 回情報科学技術フォーラム）一般講演論文集 第 3 分冊，pp. 453-456，2004 年 9 月．

その他の研究業績

研究会等（査読なし）

- (1) 西畑阿紀，桑川栄一，木村晋二，渡邊勝正：口語的条件記述から設計の評価値に基づいて室配置を得る方法，ヒューマンインタフェース学会 第 16 回ヒューマンインタフェース学会研究会，vol. 4, No. 1, pp. 81-85, 2002 年 1 月.
- (2) 渡邊勝正，駱 福全，井上晶広，桑川栄一，水原隆道，中西正樹：能動関数の配列によるアクティブソフトウェアの構成，日本ソフトウェア科学会第 20 回大会(2003 年度)論文集，4B-1, 2003 年 9 月.

