

# Topological Gridによるデータベース化と その検索手法に関する研究

○松川 昌平\*1

キーワード：Topological Grid 隣接グラフ 直方体分割グラフ 建築の遺伝子

## 1. 研究の背景

「デザインの最終の目的は形である。(中略) どのデザインの問題も、求められている形と、その形全体との脈絡、すなわちコンテキストという二つの存在を適合 (fit) させようとする努力で始まるという考え方に基づいている」<sup>1)</sup>。クリストファー・アレグザンダーは『形の合成に関するノート』(以下『ノート』)の中でデザインをこのように定義した。このシンプルな定義から2通りのデザインの方法が考えられる。(A)まずコンテキストを分析して、そのコンテキストに適合する形を創造する。(B)まず形を生成して、そのかたちに適合するコンテキストを創造する。

アレグザンダーは、物理的な形を実際につくりながら漸進的に修正を加えていくという建築の設計方法—すなわち(B)の方法を『ノート』の中で高く評価する。しかしながら、そのような実環境での試行錯誤はあまりにも高価であり、近代以降の環境変化のスピードに適合するには明らかに不合理である。そのためアレグザンダーは、(B)の方法のオルタナティブとして(A)の方法をシステムティックに提示したのであった。しかし現在、情報テクノロジーがもたらしたチープ革命によって、(B)の方法が必ずしも不合理ではなくなってきている。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、膨大な形の可能態を実環境ではなく情報環境(すなわちインターネット上)にデータベース化する手法を提案する。さらにユーザーの要求に応じた形を検索する手法も合わせて提案する。

## 3. 研究の内容

### 3-1. かたちのデータベース

#### 3-1-1. 単位空間

本研究では、nLDK形式で表現されるような住宅設計を扱う。nLDKはあらかじめ機能が与えられたベッドルーム(B)、リビング(L)、ダイニング(D)、キッチン(K)という機能空間の組み合わせだが、一旦その機能を剥奪してみると、n個の単位空間Sとして表すことができる。逆にいえば、nLDKとは、n個の単位空間SのすべてにBLDKという機能を与えた場合の特殊解にすぎない。同様に内部と外部の区分けも事後的に行うことができるので、単位空間は必

ずしも内部空間のみである必要はなく、ここでは外部空間も単位空間とみなすこととする。

#### 3-1-2. 位相的な隣接関係

ここで2つの単位空間S1とS2の位相的な関係性に着目すると、離散、外接、交差、内接、内包の5通りの状態があり得る(図1)。本研究では、外接、交差、内接の3通りのみを扱い、それらを合わせて単位空間相互の隣接関係と呼ぶ。(交差は3つの単位空間の隣接関係として表すことができる。)

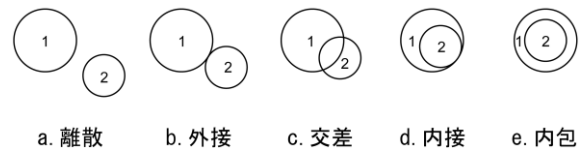


図1 2つの単位空間の位相的な関係性

#### 3-1-3. 隣接関係のビット化

単位空間相互の隣接関係は、n個の単位空間Sをノード、それぞれの位相的な隣接関係をエッジとすれば、図2の左図で示すような隣接グラフで表現できる。またその隣接グラフは、図2の中図のように、n行n列のマトリクスへと可逆変換することができる。各セルには、単位空間相互に隣接関係があれば1を、なければ0を割り当てる。全セルの個数はn<sup>2</sup>であり、同一空間同士の隣接関係はないのでnを引く。さらに右上と左下の情報は重複しているので必要な情報は半分である。したがってn個の単位空間Sの位相的な隣接関係の全パターンは、図2の右図のように、(n<sup>2</sup>-n)/2ビットでエンコードできる。例えば、高々7個の単位空間でも、21ビット=約209万パターン組み合わせがある。

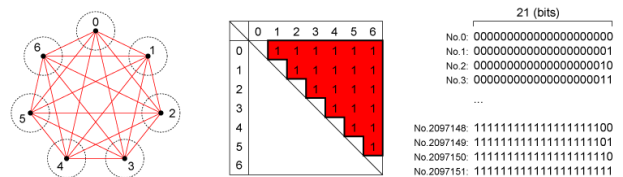


図2 位相的な隣接関係をビット列にエンコードする

### 3-1-4. 幾何的な制約

もちろん上述の 209 万パターンはあくまでも位相的な関係性であって、幾何的な制約によってはそのすべてが 3 次元空間に表象できるわけではない。そこで次は幾何的な制約条件を加えてみる。

図 3 は筆者が 2005 年に設計した〈砺波の美容室〉のスタディ案で、上段は単位空間をボロノイ分割した最終案であり、下段は直方体分割したスタディ案である。一見すると幾何的な形は全く異なるように見えるが、単位空間相互の位相的な隣接関係はどちらも同じである。また図 4 を見ると、直方体分割はボロノイ分割の特殊なパターンであり、通常我々が CAD 等で用いているユニバーサルなグリッドは、さらに特殊なパターンであることがわかる。本研究では住宅設計に最も応用できると思われる直方体分割を幾何的な制約とする。

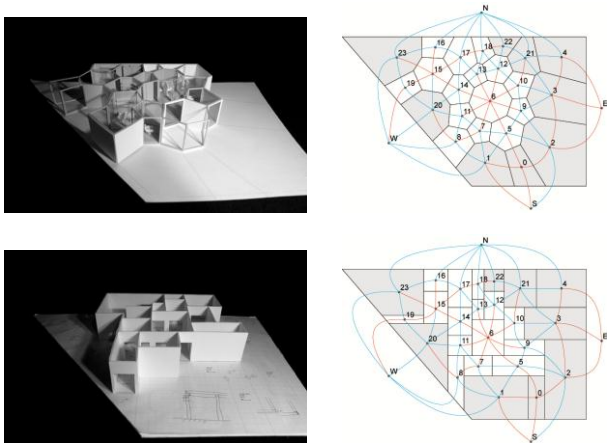


図 3 〈砺波の美容室〉のスタディ案。ボロノイ分割案（上）と直方体分割案（下）

### 3-1-5. Topological Grid

本研究での列挙アルゴリズムは、吉田による直方体分割図作成法<sup>2)</sup>をベースとしながら、さらに東西南北上下の区別を独自に付け加えたアルゴリズムを用いた。このように作られた空間の補助線を、ここでは「Topological Grid」(以下 TG) と呼ぶ。つまり TG とは、単位空間相互の隣接関係を表す隣接グラフと、その双対グラフである直方体分割グラフを合わせたグリッドのことである。

### 3-1-6. 建築の遺伝子

TG は  $n$  個の空間単位  $S$  だけでなく東西南北上下との関係性も示すので、 $n(n-1)/2+6n$  ビットでエンコードできる。多少の勇み足は承知の上で、このようなビット列を「建築の遺伝子」と呼んでみたい。筆者は上述のアルゴリズムを用いて、今のところ  $n=7$  までの TG を列挙し、その建築の遺伝子をデータベース化した(図 5)。

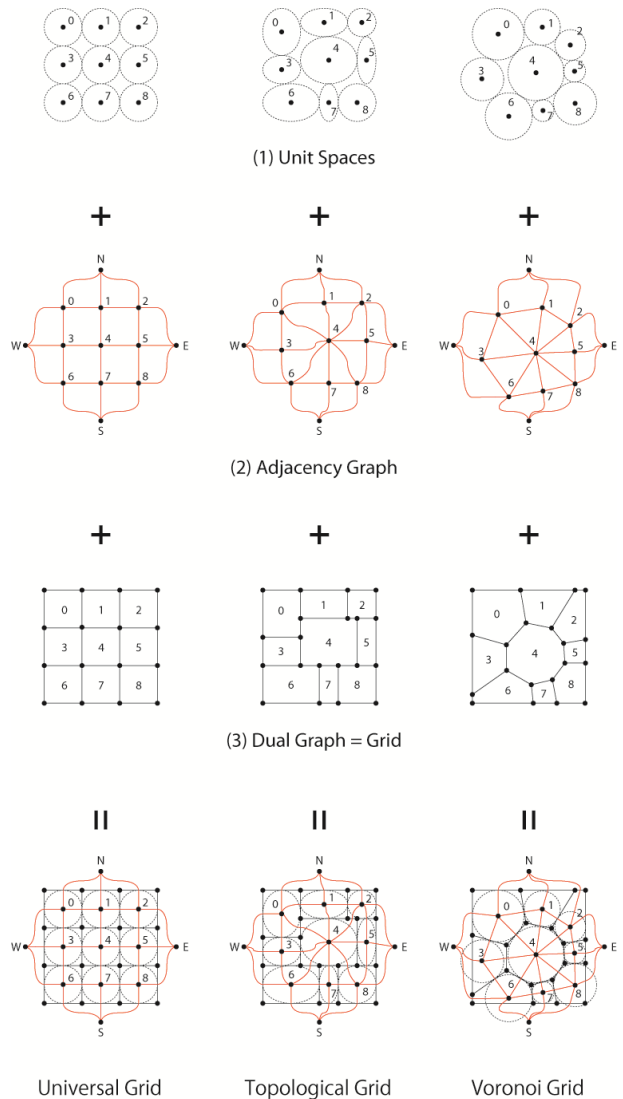


図 4 位相的な隣接関係をビット列にエンコードする

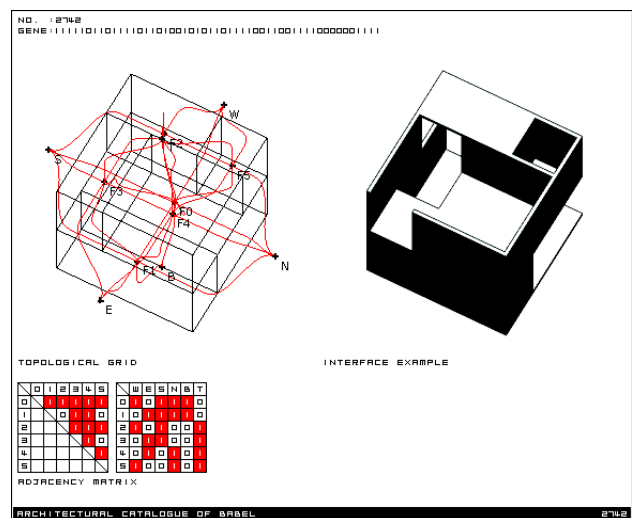


図 5 Topological Grid の  $n=6$  までのパターンを映像化したもの  
<http://youtu.be/PpKV071KX00>

### 3-2. かたちの検索

#### 3-2-1. 入力された隣接関係のエンコード

ここからは、かたちの検索についての手法を概説する。web 上には、図 6 のようなユーザーインターフェースを用意する。ユーザーは必要な単位空間とその隣接関係をインタラクティブに入力できる。この例では、単位空間の数は 7 つで、階層を 1 層に限定している。入力された隣接グラフは、3-1-6 と同様に建築の遺伝子へと自動的にエンコードされサーバへ送られる。

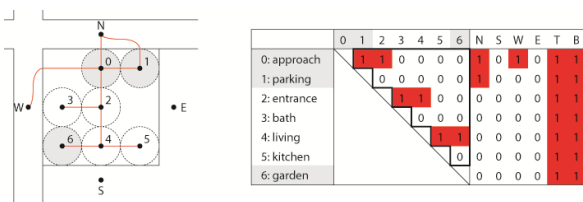


図 6 要求された隣接関係を入力するためのユーザーインターフェイス

#### 3-2-2. 検索アルゴリズム

入力された接続グラフが部分グラフとなるようなすべての TG を検索する。ここでは吉田によって提案された検索アルゴリズム<sup>3)</sup>をベースに、東西南北上下の隣接関係も考慮した検索アルゴリズムを用いた。検索された建築の遺伝子は TG へとデコードされる。

n=7 で階層が 1 である TG は全部で 4456 パターンあるが、そのうち図 6 の隣接関係を満たす TG は 2770 パターン検索された<sup>4)</sup>。その一例を図 7 に示す。赤いグラフは要求された機能的な接続関係であり、残りの青いグラフは TG の幾何的な性質によって偶発的に隣接した関係性である。この青いグラフは、要求された機能性に留まらず、単位空間相互の関係性をより豊かにするための可能性と考えられる。したがってここでは、そのような形の解釈の余地が大きい TG ほど適応度 (fitness) が高いとみなされ、より上位に表示される。



図 7 図 6 の要求を満たす TG の一例

#### 3-2-3. ビルディング・エレメントの割り当て

検索された TG にはビルディング・エレメント<sup>5)</sup>を割り当てることができる。本研究では、人が通れる／通れない、

視線が通る／通らない、空気が通る／通らないという 3 種類の作用因子<sup>6)</sup>を用いる。これらは 3 ビットで表現できるので、全 8 パターンに対応するビルディング・エレメントを、図 8 のように割り当てる。

例えばある 2 つの単位空間の間に、人が通れない(0)、視線が通らない(0)、空気が通らない(0)という機能的な関係性があるならば、2 つの単位空間を隔てる境界面 (インターフェイス) は 000 という 3 ビットで記述され、具体的には開口のない壁や床や屋根が存在する。同様に、111 ならば物理的には何もなく、100 ならばドアが、010 ならば fix のガラス窓などが備え付けられる。それらインターフェイスの組み合わせによって、多様な単位空間の性質が規定される。

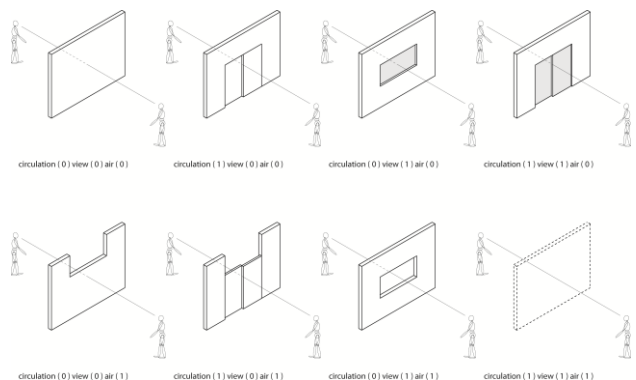


図 8 3 つの作用因子とビルディング・エレメントとの対応関係

### 3-3. かたちの解釈

このように抽象的な TG を検索した後で具体的なビルディング・エレメントを割り当てていくと、例えば中庭・縁側・ピロティ・はなれ等といった特定の空間を指し示す言葉は、事前的に与えられるような機能ではなく、建築の遺伝子がある特定のパターンを示したときに事後的に解釈されるかたちの意味であることがわかる。また近年よく耳にする「内と外の曖昧な関係性」「近くて遠い関係性」「個室のような一室空間」等といった両義的な空間表現も、部分的には性質の異なる単位空間が複数集まったときの全体的な空間性であり、それらもまた建築の遺伝子で表現できることがわかるだろう。

ここで重要なのは、そのような新たな空間性を、「いかに作られているか」という作り手の論理ではなく、「いかに体験できるか」という使い手の論理から検索できることである。潜在的な形を「どのように使おうか」という解釈の創造性は、何も建築家だけに与えられた特権ではない。システムとのフィードバックを繰り返す中で、それぞれの価値観に応じた豊かな空間性を誰でも発見することができるだろう。

### 3-4. 既存の住宅建築とのひも付け

TG は未知の建築の可能態を生成するためだけではなく、既存の建築でも単位空間相互の隣接関係で表現できる建築ならば、TG とひも付けることによって誰でもそれらを検索することができる。

例えば図 9 は、妹島和世建築設計事務所が設計した〈梅林の家〉を同様の手法で分析したものである。図 9-e の〈梅林の家〉の平面図を、図 9-d で示した TG にひも付けておけば、図 9-a, b, c で示したような機能的な関係性を入力することで〈梅林の家〉を検索することができる。

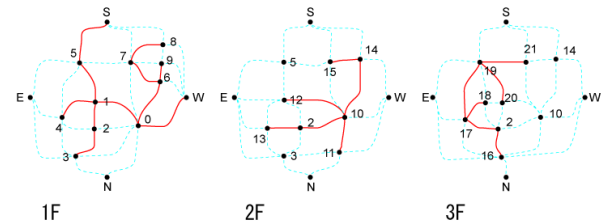
既存建築や不動産物件のデータベースは数多く存在するが、その多くは作品名や設計者名、あるいは構造・用途・規模のような建物の属性から検索するものがほとんどであるため、本研究のように単位空間相互の機能的な関係性から検索できることは意義があると考えられる。

また図 9-a, b, c の関係性を満たす TG は、図 9-d 以外にも無数に存在する。「梅林の家」と同じ建築の遺伝子を含んでいながら、全く異なる TG を用いた兄弟のような建築の可能態を生成することもできる。

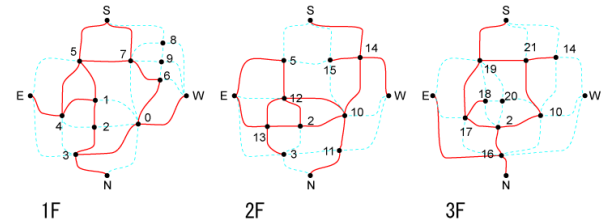
#### 4. まとめ

本研究では、単位空間相互の隣接グラフとその双対グラフである直方体分割グラフをあわせた Topological Grid を列挙し、情報環境へデータベース化する手法と、その検索の手法を提案した。

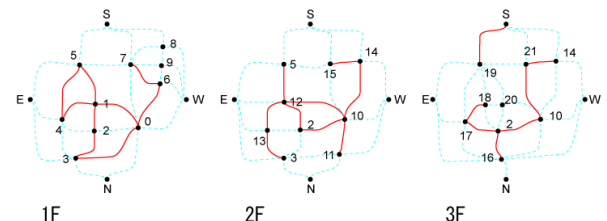
今後の課題としては、漏れも重複もない直方体分割図生成アルゴリズムの開発と、リアルタイムの構造シミュレーションの実装などが挙げられる。



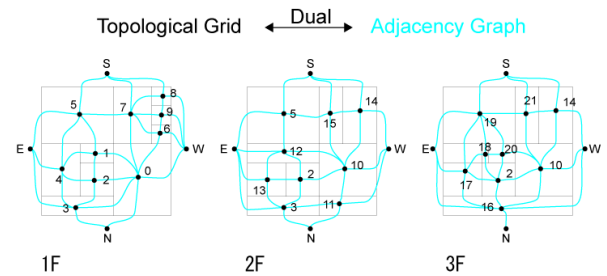
a : 人が、通れる(赤:1)／通れない(0)



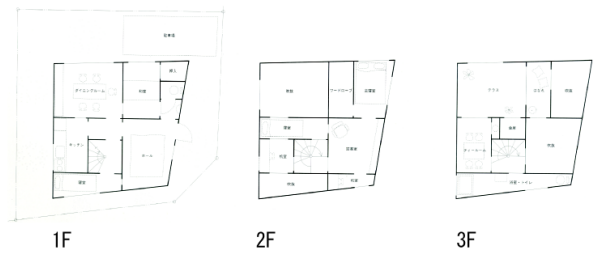
b : 視線が、通る(赤:1)／通らない(0)



c : 空気が、通る(赤:1)／通らない(0)



d : TGと隣接グラフ



e : 「梅林の家」(妹島和世建築設計事務所、2004)の平面図

図 9 機能的な関係性と妹島和世設計「梅林の家」。出典＝『新建築 2004 年 03 月号』掲載の平面図を元に、筆者が作成

#### 【参考文献】

- 1) クリストファー・アレグザンダー：形の合成に関するノート、稲葉武司訳、鹿島出版会、1978、p12
- 2) 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、1980.07
- 3) 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、1980.09
- 4) 全4456パターンと検索された2270パターンは下記に掲載されている。松川昌平：Topological Grid、JA77、SPRING 2010
- 5) 内田祥哉、宇野英隆、井口洋佑：Building Element の定義に就て、日本建築學會研究報告(48)、81-84、1959-06
- 6) 内田祥哉：Building Element の考え方について、日本建築学会研究報告(53)、131-134、1960-12

\*1 慶應義塾大学環境情報学部 専任講師