

# 研究学園都市のプロシージャルモデリング

○渡辺 俊<sup>\*1</sup> 北田春華<sup>\*2</sup>

キーワード：デザイン科学、GeoDesign、公務員宿舎、形態文法（Shape Grammar）

## 1. はじめに

近年、都市計画分野において GeoDesign への関心が高まりつつある<sup>1)</sup>。GeoDesign のルーツはイアン・L マクハーグの「デザイン・ウィズ・ネイチャー」<sup>2)</sup>にあるとも言われるように、そこでは GIS を単なる空間分析の道具ではなく、「デザイン」の道具として改めて戦略的に活用する手法が模索されている。特に、三次元の都市空間を記述する簡便な手法として注目されているのが、形態文法（Shape Grammar）を基盤としたプロシージャルモデリングである<sup>3),4)</sup>。「空間構成ルール」を記述することで、これまでの様に都市の構成要素を一つ一つ手作業モデリングをしなくても、それぞれ個別の属性値から自動的に三次元の形態を生成することが可能となるのである。

一方で、日本において、戦後の高度経済成長期に数多く建設された公営住宅の類は、近代的都市空間を形成し特徴づける重要な構成要素の一つであり、その佇まいは人々の都市生活・環境に大きな影響を及ぼしてきた。それらの平面計画は建築計画分野における当時の研究成果が反映されており、極めて体系的な「空間構成ルール」を有している。しかしながら、新規開発に主眼が置かれがちな景観シミュレーションでは「図」である計画案等に対して「地」として見なされる場合も多く、情報技術利用分野においてもあまり注目されてこなかった。一方で、老朽化に伴う取り壊しや大規模修繕なども進んでおり、今後の動向が注目されている。

## 2. 目的

そこで本研究の目的は、筑波研究学園都市を対象に、1970年代に建設された公務員宿舎等に関する形態文法の解明を通じて、その空間構成を明らかにするとともに、同地区の今後の再開発に向けた景観検討の枠組みを提供することである。

## 3. 研究学園都市の空間構成

東日本大震災の復興財源を捻出する一環として、政府は「国家公務員宿舎の削減計画」を発表し、筑波研究学園都市内のほとんどの宿舎が今後数年で一期に廃止・処分されることが明らかになった。一方で、公務員宿舎の廃止はこれまでも部分的に行われてきており、先行し

て廃止された街区には大規模な高層マンションが建設されている。それらの多くは研究学園都市の都市構造・文脈に背を向けており、これまで育まれてきた独自の空間構成との間に大きな齟齬が生まれている。

国家公務員宿舎建設概要 1987<sup>5)</sup>によれば、筑波研究学園都市の建設においては、都心地区（春日・吾妻・竹園）、花室東部地区、並木地区、松代地区の4地区に合計で747棟・7624戸の公務員宿舎が計画された。その住棟タイプは、低層棟（1～2階）では戸建住宅やタウンハウスの形態、中層棟（3～5階）では階段室型による板状や雁行状の形態、高層棟（6階以上）では片側廊下型・中廊下型による板状や雁行状の形態に加え階段室型による塔状の形態などが採用されている。また、中層棟・高層棟ではメゾネット形式なども試みられており、それらは全体で55種類である。また住戸の床面積により、独身用b（約25m）、単身用b（約40m）、世帯用c（約60m）、世帯用d（約75m）、世帯用e3（約90m）、世帯用e3（約115m）、世帯用e1（約130m）の7つのグレードに分かれている（写真1）。

各地区に建設された公務員宿舎について、住棟タイプ別に集計した棟数を表1に示す。それぞれの型番は、建設年度、構造種別、グレード、階数、方位（と思われる）を示している。これからも、地区毎に同じ住棟タイプの公務員宿舎が数多く計画・建設されたことが確認できる。



写真1 公務員宿舎の建設当時の外観（文献5より）

表1 住棟タイプ別の建設棟数

型番	型式	都心地区	花室東部地区	並木地区	松代地区
68-RC-d-4NW	階段室型		4		
70-RC-e-3N-R	階段室型		1		
70-RC-c-5N-R	階段室型		3		
70-RC-b-5N-R(C)	階段室型		2		
72-RC-c-5NR	階段室型		4		
73-RC-e3-2NW	階段室型		18		
73-PC-d-3N, 3NG	階段室型		7	6	
73-PC-c-4NT(d)	階段室型		9		
73-PC-c-3N, 3NG	階段室型		4	10	
73-HPC-b(単)-7N	片廊下型		2		
73HPC-b(独)-7N(A, B)	中廊下型		17		
74-RC-e1-2N(A)	戸建		17		
74-RC-e1-2N(B)	戸建		17	20	
74-RC-e2-2N(A)	戸建		28	26	
74-RC-e2-2N(B)	戸建			25	
74-RC-e2-2N(C, C')	戸建			26	
74-RC-e2-2N(D)	戸建		12		
74-RC-e3-2N(A~E)	タウンハウス型				
74-RC-d-3, 4NG	片廊下型			5	
74-PC-d-3, 4NS	階段室型			19	
74-PC-c-3, 4NS	階段室型			11	
74-HPC-b(単)-7N	片廊下型		1	22	
74-SRC-b(独)-11N	片廊下型		1	20	
75-RC-e2-2N(C, C')	戸建			70	
75-RC-e3-1N	タウンハウス型		4		
75-RC-e3-2S	タウンハウス型		3		
75-PC-d-3, 4N(G)	階段室型	4		16	
75II-PC-d-4N(G)	階段室型	10	9		11
75-PC-c-3N(G)	階段室型	4		20	
75-SRC-b(単)-10N	片廊下型			4	2
75-RC-b(独)-7N	片廊下型	1			
75-SRC-b(独)-13N	中廊下型	2			
76-PC-e3-2N	タウンハウス型	4			
76-RC-d-7N	片廊下型				
76-SRC-b(単)-6.8SW	片廊下型	2			
76-SRC-b(独)-5.8SW	片廊下型	2			
76-SRC-b(独)-9N	片廊下型	1			
76-SRC-b(独)-13N	中廊下型	1			
77-RC-e2-2S(A, A', C)	タウンハウス型	17			
77-RC-e2-2EW(B, B', D)	タウンハウス型	24			
77-RC-e3-3N	メゾネット型	14			
77-PC-d-4N(G)	階段室型	17			
77-RC-d-6N	メゾネット型	6			
77-SRC-d-13N	メゾネット型	1			
77-SRC-d-14N	タワー型	3			
77-PC-c-4N(G)	階段室型	9			
77-RC-c-6N	メゾネット型	1			
77-SRC-c-13N	メゾネット型	1			
77-SRC-c-14N	タワー型	1			
77-HPC-b(単)-7W	片廊下型	4			
77-SRC-b(単)-10NS	片廊下型	2			
77-HPC-b(独)-9W	片廊下型	1			
78-RC-e2-2N	戸建				133
78-PC-d-3, 4NS(G)	階段室型				27
78-SRC-d-8N	メゾネット型	2	2		
計		134	165	300	173

一方、筑波研究学園都市内の道路は、幹線道路・補助幹線道路・街区内道路による階層的なネットワーク構造が厳格に適用されており、それらは概ね90度と45度を基本として交差している。沿道には、道路ごとに異なる樹種の街路樹が二本を基本単位として植えられており、道路景観を特徴づけている。幹線道路・補助幹線道路で囲われた街区には独立した歩行者専用路（ペデ）が整備され、ハーフカットされた幹線道路と立体交差して相互に結ばれている。街区中心の歩行者専用路の交差部分には街区公園が配置されるとともに、それぞれの住棟は歩行者専用路に沿って、あるいは街区公園を囲むように計画されている（図1）。

これらは、近代都市計画の教科書的な理念を忠実に再現しており、その今日的な評価は分かれるものの、他の都市の空間構成とは異なる筑波研究学園都市の大きな特徴である。

#### 4. 公務員宿舎の形態文法

公務員宿舎の形態文法を記述するに当たり、まず文献5に掲載された公務員宿舎の平面図を参考に空間構成ルールの抽出を行った。一方で、それぞれの立面については参考となる図面が掲載されていないため、現地調査で撮影してきた写真、及び既に取り壊されている住棟については過去の写真を利用することにした。

図2に典型的な事例の住戸平面図および住棟の構成パターンを示す。

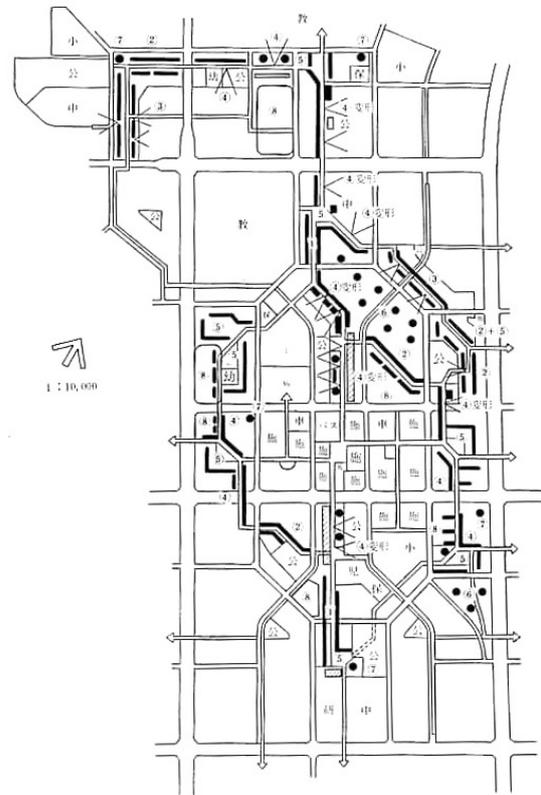


図1 都市空間の構成ルール（文献6より）

階段室型の中層住棟は、いずれも左右対称のユニットが複数連続することで構成されている。それぞれの住戸平面は、南側に連続したバルコニーを持ち、ほぼ均等に南北に分割された後、その広さに応じて南側は2室または3室に、北側は2室とユーティリティスペース（玄関、トイレ、洗面、浴室）に分割されている。平面構成を反映し、中層住棟の南北立面は左右対称の開口部パターンによる二次元配列状となるが、妻側は一切の開口部がなく一面の壁である。

片廊下型の単身用高層棟では、コア（エレベータ・階段）を折山曲り部分として住戸がL字またはV字形に連なることで住棟全体が構成されている。このような空間構成は、45度傾いた道路やペデに沿わせることで、景観の連続性を確保するためとされている。それぞれの住戸平面は、まず左右に二等分され、左側はさらに上下分割されて廊下側がユーティリティスペース（トイレ、洗面、浴室）となる。右側は、初期の平面構成では台所と居室に分割されていたが、その後はLDKとして1室のままとなっている。平側の立面は開口部パターンによる二次元配列状であるが、妻側には二方向避難のための非常階段が設えられる。

タワー型の高層棟の平面は、大枠の正方形を四分割し、北側住戸となるユニットを除いたL字型の3住戸で構成されている。それぞれの住戸平面は主開口面に対して三分割され、中央がLDKである。左右はさらに三分割され、それぞれの中央部分がユーティリティスペースあるいはエントランスコアとなる。両端の住戸は主開口面全体にバルコニーを持つが、角の住戸では他とのバルコニーの長さを均等とするために二つの壁面に分割されており、その違いがそれぞれの立面に現れている。

この様に公務員宿舎では、建設時の効率性や住戸間での差異を無くすことを優先して、空間構成ルールを一律に適用した結果、角部屋などに対する戸別の配慮などはなされていないことが分かる。

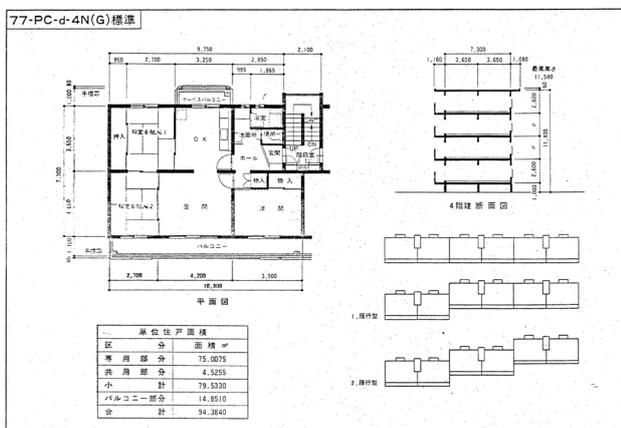


図2 典型的な低層住棟（文献5より）

## 5. システムの構築

導出された形態文法に基づき、ArcGIS および CityEngine を用いて、筑波研究学園都市の景観シミュレーションシステムの構築を開始した。

対象地区のベースマップとしては、国土地理院の基盤地図情報 2500 と数値地図 2500（空間データ基盤）を利用することにした。つくば市の基盤地図情報 2500 には、2011年12月21日時点での建物のポリゴンデータが含まれている。それらの概形はかなり細かくトレースされているものの、そのままでは必ずしも適切な形状という訳ではないため、適宜修正するとともに、三次元形状の自動生成に必要な住棟タイプを属性データとして追加した。道路データとしては、茨城県全域の数値地図 2500（空間データ基盤）から切り出して使うことにした。これは、基盤地図情報の道路データは外形のラインデータであり、スクリプトで道路を生成するためには道路中心線のラインデータである必要があるためである。道路データの属性としては、車道と歩道の幅員を追加した。これらは ArcGIS 上のデータベースとして、解像度 25cm の航空写真レイヤや、その他の用途地域レイヤ、廃止計画区域レイヤなどとともに、統合されている。

一方で、導出された公務員宿舎の形態文法に基づく空間構成ルールは、CityEngine の CGA 言語を利用して記述している。例えば階段室型の中層住棟の平面は、以下のようなスクリプトとして記述することで自動的に生成することができる。

```

attr width = 18.7
attr depth = 7.3

Lot -->
  Unit
    [t(-depth/2, 0, -width) Unit]
    [t( depth/2, 0,  width) Unit]

Unit -->
  split(x)
  {~1 : split(z)
    {~1 : NorthSide |
    2.1 : StairWay |
    ~1 : mirrorScope(false, false, true) NorthSide} |
  ~1 : split(z)
    {~1 : SouthSide |
    ~1 : mirrorScope(false, false, true) SouthSide} |
  1.1 : split(z)
    {~1 : Balcony | ~1 : Balcony }}

StairWay -->
  t(-0.2, 0, 0)
  s(1.2, 0, 1)

NorthSide -->
  split(z){0.95 : CL | 2.7 : R1 | ~1 : DK | 2.85 : Utility}

SouthSide -->
  split(z){2.7 : R1 | ~1 : L | 2.85 : R2}
  
```

リスト1 低層住棟平面のスクリプト

CGA 言語によるスクリプトにより自動生成された各種住棟タイプの三次元モデルを図3に示す。

最後に、文節化されたポリゴン（タイル）をそれぞれのテクスチャに置き換えるルールを追加することで、より現実に近い景観に仕上げることができる（図4）。また、各住棟の階数、階高などは全てパラメータとして変更することが可能であり、自動的にモデルが生成されているため、簡便な景観シミュレーションが実現できる。

## 6. おわりに

CGA 言語はまだ使える述語が限られており、導出される形態文法を全て記述することは困難である。たとえば、CGA 言語ではトップダウンにルールを適用し細部へと展開していく一方通行であるため、パラディオ風ヴィラの平面の文法<sup>7)</sup>に含まれていたような、部分同士のパターンからボトムアップにそれらを統合するようなプロセスは記述できない。今後のさらなる体系の充実を期待したい。

インフラの老朽化などが問題となる中で、これまでのストックを如何に有効に活用していくかが求められている。一方で、老朽化に伴う取り壊しも進んでおり、これまでとは異質の再開発により親しまれてきた空間の記憶が途絶えることが懸念されている。これらの問題に向き合うためには、まず既存の都市環境を正確に記述し検討の叩き台を提供することが不可欠であろう。

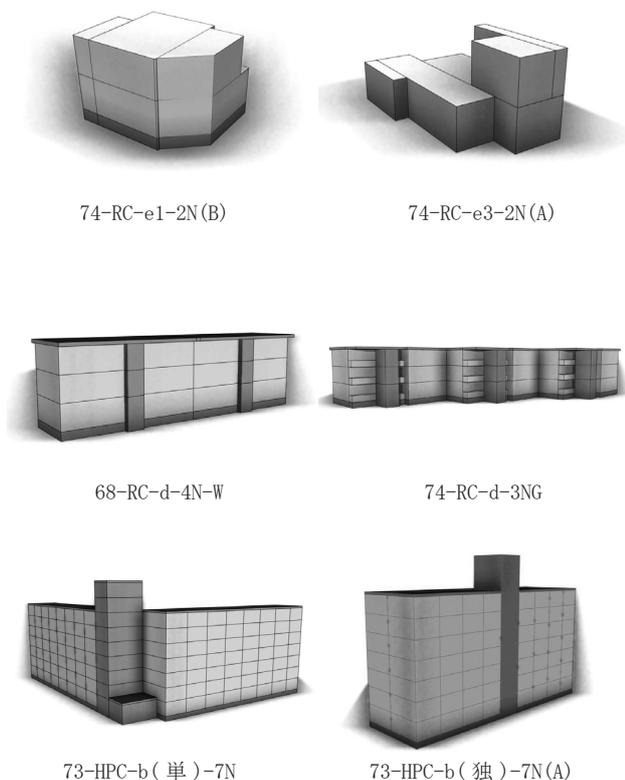


図3 スクリプトで生成された各種住棟

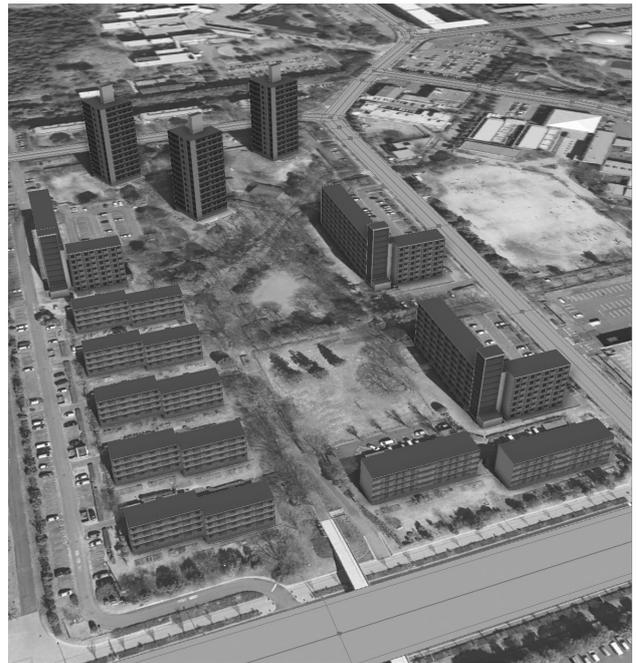


図4 CityEngine で再現された景観

現在、システムは構築の途中であり、順次範囲を広げている。今後は、全ての公務員宿舎について適応可能なルールへと拡張し、研究学園都市全体を再現していく予定である。

本研究は、科学研究費補助金 基盤研究 (A)「地理情報科学と都市工学の空間情報解析融合技術の戦略的活用」及び「老朽化する都市インフラの選択集中整備に関する理論・実証研究」の支援を得て行われた。

### 参考文献

- 1) Carl Steinitz: A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design, Esri Press, 2012/7
- 2) イアン・L マクハーグ 著、下河辺淳、川瀬篤美 監訳：デザイン・ウィズ・ネチャー、集文社、1994/9
- 3) Yoav I H Parish and Pascal Müller: Procedural Modeling of Cities, SIGGRAPH '01 Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp.301-308, 2001
- 4) Pascal Müller, Peter Wonka, Simon Haegler, Andreas Ulmer, Luc Van Gool: Procedural Modeling of Buildings, SIGGRAPH '06 ACM SIGGRAPH 2006 Papers, pp.614-623, 2006
- 5) 大蔵省関東財務局：筑波研究学園都市 国家公務員宿舎建設概要 1987
- 6) 大蔵省関東財務局：筑波研究学園都市 国家公務員合同宿舎要覧 1980/3
- 7) ウィリアム・ミッチェル著、長倉威彦訳：建築の形態言語ーデザイン・計算・認知について、鹿島出版会、1991/9
- 8) George Stiny: SHAPE, Talking about Seeing and Doing, The MIT Press, 2006

\*1 筑波大学システム情報系・准教授・博士（工学）

\*2 筑波大学理工学群社会学類都市計画専攻4年