

BIMとGISを活用したパラメトリックな都市空間デザインに関する研究 -東京都千代田区秋葉原駅周辺における風環境を事例として

○山崎 翼*¹ 中澤 公伯*²

キーワード： 都市環境, BIM, GIS, パラメトリックデザイン

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

近年、都心では再開発などにより大規模な建築物が数多く建設されている。定住人口の都心回帰の流れにより、オフィス街の一部が中高層マンションに転用されるなど、住環境としての利用も増えている。2020年の東京オリンピックを控えていることもあり、今後もますます住商が混在した高度な都心開発が進められていくことが予測される。

また、地球温暖化によって二酸化炭素や温室効果ガスの排出抑制や省エネルギーなど地球環境への負荷の軽減や自然との共生に対する重要性が強く認識され、建築物を建設する際にも周辺環境に及ぼす影響を事前に検討するケースが増えてきている。生活の質的向上に伴い、ゆとりや潤いのある都市整備への要請がより一層高まっており、住民は、将来の都市景観の変化や生活を取り巻く環境に非常に敏感であると言える。

生活上のサステナビリティのある街づくりを構築するためには、2次元による分析や法規上の処理からは読み解く事ができない、3次元モデルによる環境シミュレーションを経た都市空間デザインが有効であろう。そこで本研究では、BIMとGISを活用しながら、都市環境を評価するパラメータ（数値）を基にした、新たな都市空間デザインの手法を検討することを試みる。

1.2 既往研究との位置付け

BIMやGISをテーマとした既往研究¹⁾²⁾³⁾に続くものとして、著者らはBIMとGISを連携した都心商業地域における日照シミュレーション手法の提案を行い、BIMとGISの特徴を活用したパラメトリックな都市空間デザインの可能性を検討した⁴⁾。本研究では、東京都千代田区秋葉原駅周辺を事例とし、都市環境条件として風環境をパラメータにした具体的なパラメトリックデザインを試みる。

1.3 研究の流れ

本稿の前半部分では、BIMとGISの機能、またそれぞれのデータの特性を整理した上で研究方法を検討し、都市空間パターンモデルの生成を行う。後半部分では、東京都千代田区秋葉原駅付近を対象としてケーススタディ

として、風環境シミュレーション及び評価を通じ、パラメトリックな都市空間デザインの可能性や効果を検証する。

2. 研究方法

2.1 BIMとGISの活用

3次元モデリング・属性情報管理が主目的のBIMと、既に膨大な空間情報が整備され、広域分析が種目的のGISとを連携することによって、都市スケールでのパラメトリックな都市空間デザインに活用することができる。

本研究では、BIMソフトとしてGRAPHISOFT ArchiCAD、GISソフトとしてESRI ArcGIS 10.0を使用する。使用データとして、国土地理院が提供する基盤地図情報（町字界線、道路縁、道路構成線、建築物の外周線、標高）に加え、自作の建築物の階数データを使用する。これらのGISデータをBIMに取り込み、解析範囲の全736棟の高さをランダムに変化させた10パターンの3次元モデルを作成する。

研究対象領域内における標高差は、GISによる分析結果より5.16m（5mメッシュ：全7,508ポイント）でありほとんど平地であるため風環境評価の際には影響しないと考える、そのため本研究において作成する3次元モデルでの地形は均一で作成する。

2.2 パラメトリックデザイン

パラメトリックデザイン（Parametric Design）とは、設計する要素を数値化したパラメータ（変数）を操作することで、設計者の意図を超えた膨大なパターン生成が容易になる。単なる設計段階での効率化には留まらず、総体的理解が可能となることで、その最適化や新たなパラメータの生成や設定など検討することにより、建築を検討する範囲を拡大させ、建築の新たな姿への発展を導くことが可能である⁵⁾。

本研究では、パラメータとしてビル風や通風など、生活上の問題としてたびたび取り上げられる風環境及び建築物の階数をパラメータとし都市空間モデルを検討するパラメトリックデザインを試みる。

2.3 研究対象領域

千代田区では既に区民の8割以上がマンションで生

活しているが、今後も再開発等により多くの中高層マンションが供給されることが想定される東京都千代田区秋葉原駅周辺を対象とする（図1）。

この地域は、商業・業務機能と居住機能が共存した職住近接型の活力のある都市空間を形成してきた。しかしながら、業務床需要の増大や地価の高騰等によって、業務系床への転換が進行し、長らく住宅床が喪失し、居住人口の減少は著しいものとなっていた。そこでこの地区では、健全な都市の発展に向け、土地の有効・高度利用により快適で魅力ある居住機能の確保・回復と都市機能の更新を誘導することを地区計画の目標としている地域である⁶⁾。

2.4 風環境シミュレーション

ビル風問題や大気汚染、さらにはヒートアイランド問題などの諸問題に見られるように、人工的に作られた都市の中で生活をする上で、風環境を無視することは難しい。都市における風環境の特徴のひとつとして、風が強すぎても問題が発生するが、弱すぎても異なる問題が発生する状況である。

本研究では BIM と GIS の連携により、包括的に都市における風環境をとらえることができると考える。BIM と GIS によって生成した都市空間モデルを用いて風環境シミュレーションを行い、風環境の面からみた都市環境デザインについて考察を行う（図2）。

風環境の3次元シミュレーションとして、Autodesk Ecotect Analysis を使用する。

3. 都市空間パターンモデルの生成

図4に示す現状の建築物のボリュームモデルをベースにして、Excel VBA (Visual Basic for Applications) を用いて、下記の条件下のもと乱数を用いて各建築物に階数を与え、パターンモデルの生成を行った。

VBA 式の条件は図3の通りであり、5階建て以上の中高層マンションが都心に増加するという今後の都市のボリュームの変化を想定した。研究対象領域における現状の総フロア数が200%となったときを想定しながら、建築物の階数をランダムに操作して10パターン都市空間パターンモデルを生成した。

乱数で階数を与える建築物は、現状の階数において15階以下の713個であり、駅舎や高層建築物は変化を与えず現状のボリュームのままとした。シミュレーション結果（風速）を表示する高度として人間の主な活動である地上1.5mと地上5m, 10m, 20m, 30m, 40mと段階的に上げていき表示する。初期設定としては、表1の通りである。

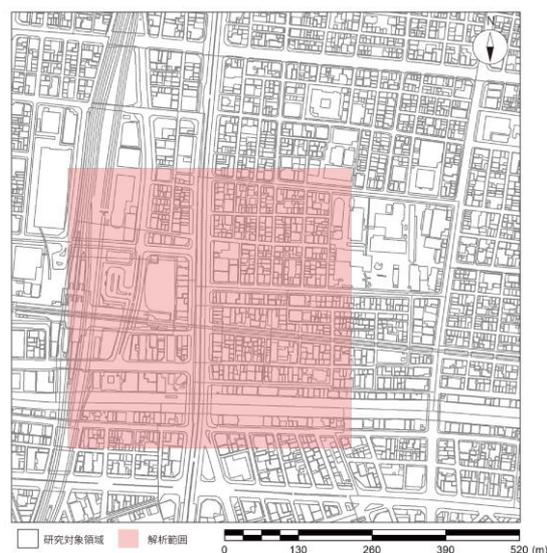


図1 - 研究対象領域

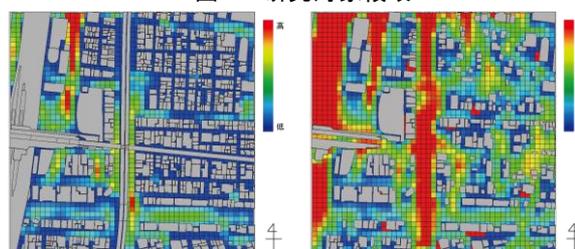


図2 解析結果 - 解析高度 5mと20m (現状モデル)

表1 風環境シミュレーション設定

時期	夏季
風向き (角度)	南 (180°)
流入風速 (m/s)	15
解析高度 (m)	1.5-5-10-20-30-40

```
Public Sub ()
Const CNUMSUM As Long = 7326
Const CROWMAX As Long = 713
Const CNUMMAX As Long = 15
Dim iAry(1 To CROWMAX) As Long, iPos(1 To CROWMAX) As Long
Dim i As Long, j As Long, k As Long
Dim iNum As Long, iHdn As Long

Randomize
For i = 1 To CROWMAX
iAry(i) = 0
iPos(i) = i
Next

k = 0
iNum = CNUMSUM
iHdn = 0
While (iNum > 0)
k = k + 1
j = Int((CROWMAX - iHdn) * Rnd()) + 1
i = iPos(j)
iAry(i) = iAry(i) + 1
If (iAry(i) >= CNUMMAX) Then
iPos(j) = iPos(CROWMAX - iHdn)
iHdn = iHdn + 1
End If
iNum = iNum - 1
Wend
Debug.Print "k = " & k

Range("C1").Resize(CROWMAX) = _
WorksheetFunction.Transpose(iAry)
End Sub
```

図3-VBA式

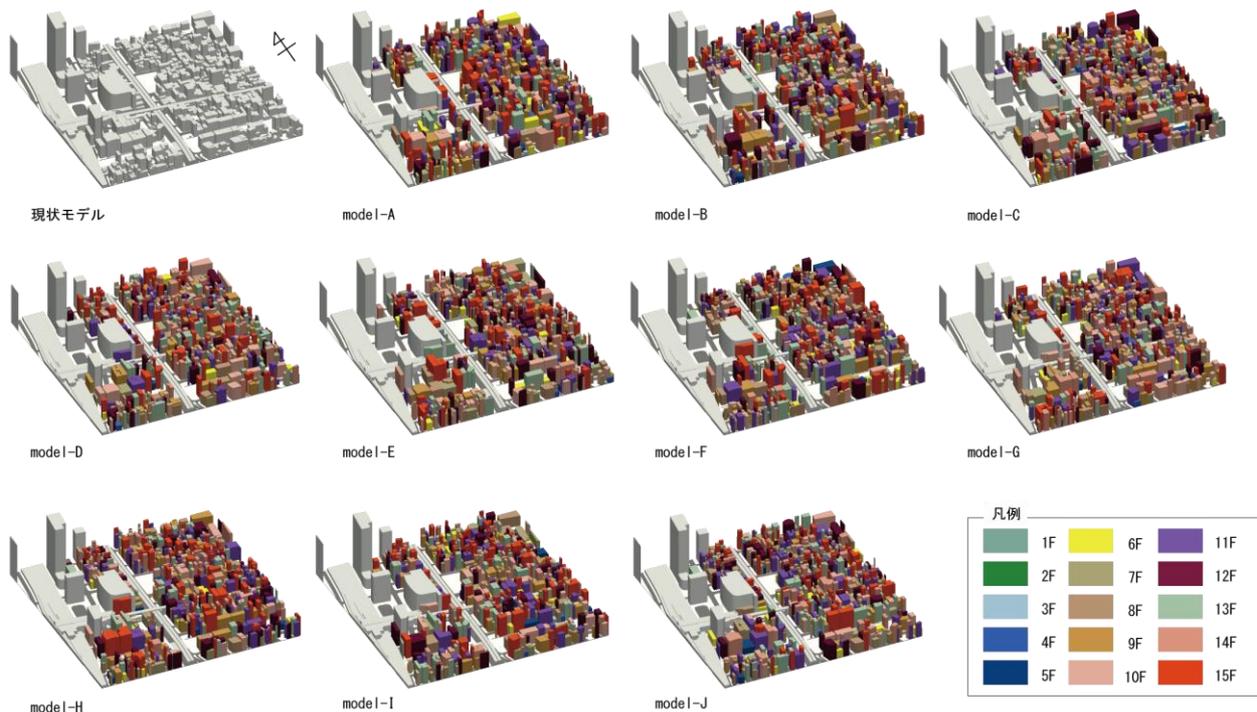


図 4-都市空間パターンモデルの生成

4. 風環境シミュレーション

4.1 風環境評価の基準

本稿ではケーススタディとして、気象データを 2011 年における夏至（6 月 21 日）の東京の正午と設定する。表示したシミュレーション結果を評価する基準として、気象庁風力階級表⁷⁾より風力階級 2 にあたる風速 1.6-3.4 % を快適な風環境だと設定し、シミュレーション結果を評価していく。

今回、快適な風環境の値と設定している風速は、顔に風を感じ、木の葉が動く程度の軽風のことを想定している。また夏至における都市空間において風が通り心地よい環境が生まれると想定している。

4.2 風環境評価

Autodesk Ecotect Analysis の風環境シミュレーションより得られた解析結果を基に生成した各モデルの風環境評価を行う。

評価方法としては、乱数によって生成した 10 パターンの解析モデルの各高度の解析結果はメッシュ数 50×50 の合計 2500 の値とし ArcGIS に取り込み風環境評価に活用する（図 5）。現状モデルと各解析モデルの解析結果を比較し良好な風環境モデルを考察する。

4.3 現状の風環境

現状の解析結果を整理すると、最大値は観測高度

10m~40m における風力階級 6 の雄風（10.8~13.8 %）である。これらは都市空間の所々で剥離流や谷間風が原因でやや強い風が発生していると考えられる。また、駅のホームや、河川、大きな道路などの上空など、風の障害となるものが少なく吹きさらしとなっていることが考えられる。

逆に、風力階級 0 である平穏（0.0~0.2 %）の値の数が全 15000 中 6843 で 46%を占めている。これらは、建築物が密集しているために空間に入り込む風を妨げ、内部まで循環するような風が吹いていないことが確認できる。

5. パラメトリックな都市空間デザイン

5.1 良好な風環境と判断したモデル

生成した都市空間パターンモデル 10 パターンにおいて、良好な風環境であったモデルとして model-E, model-G, model-F と考えられる。表 2 より、風力階級 2 の数は現状モデルよりも減少しているものの、風力階級 3~5 においてどのモデルも現状のモデルよりも数が減少している。つまり本研究において基準としていた風力階級の値よりも強い値の風が減少しており他のモデルよりも良好な風環境に近づいていると考えられる。しかし都市のボリュームが高密度化したため風力階級 0~1 の値の数が増加している。より強い風力の値は減少したがそれと同時に都市内部まで風が届かない状況も生まれている。

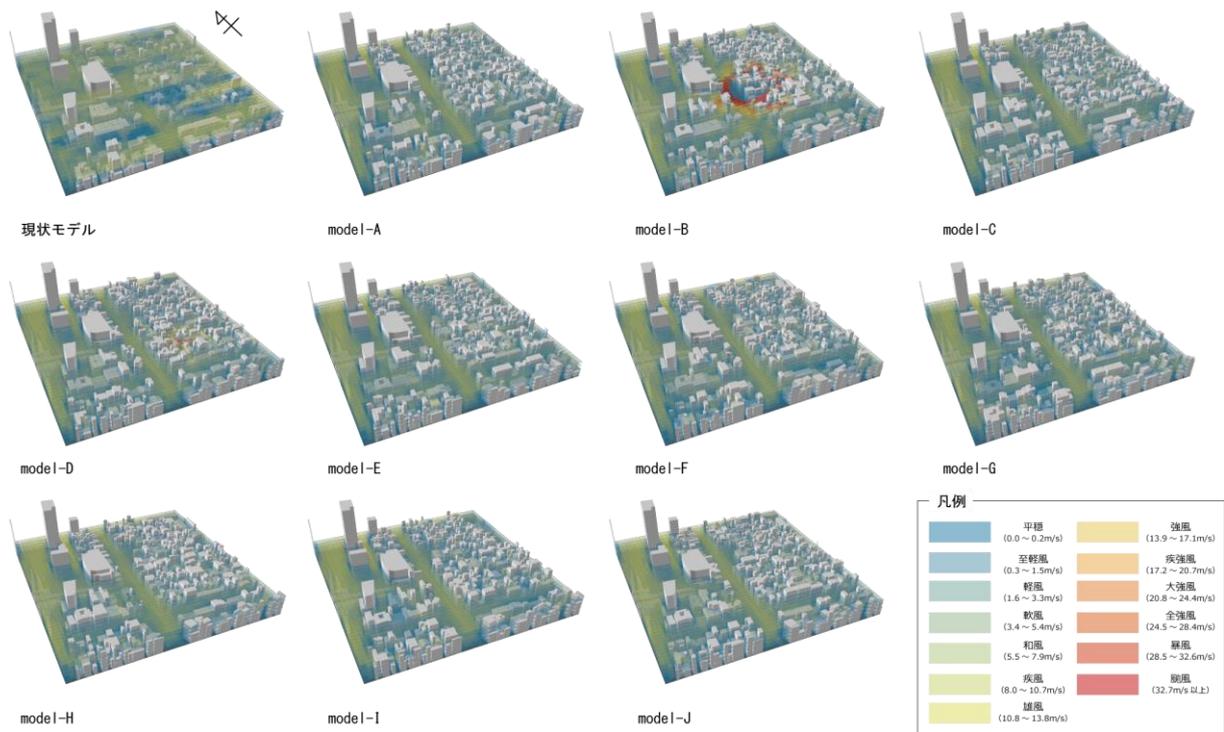


図5 - 風環境シミュレーション及び評価結果

表2-風環境評価結果（メッシュ数）

風力階級 (%)	解析モデル	メッシュ数					
		1.5m	5m	10m	20m	30m	40m
平穏 (0.0~0.2%)	現状モデル	1,978	1,928	1,538	930	311	158
	model-E	2,015	1,966	1,635	1,431	1,020	541
	model-F	1,995	1,952	1,628	1,415	1,058	566
	model-G	2,001	1,973	1,647	1,437	1,045	587
至軽風 (0.3~1.5%)	現状モデル	358	210	273	288	177	68
	model-E	299	166	216	257	361	362
	model-F	355	168	232	255	355	389
	model-G	312	133	210	241	353	323
軽風 (1.6~3.3%)	現状モデル	155	215	274	503	644	273
	model-E	177	224	281	299	456	591
	model-F	136	237	286	333	462	603
	model-G	161	245	267	297	473	613
軟風 (3.4~5.4%)	現状モデル	9	83	248	457	672	575
	model-E	9	88	206	240	290	510
	model-F	14	97	200	234	250	450
	model-G	22	98	207	228	216	465
和風 (5.5~7.9%)	現状モデル	0	54	149	236	554	1,182
	model-E	0	31	133	192	277	347
	model-F	0	32	134	188	285	359
	model-G	4	38	150	201	277	316
疾風 (8.0~10.7%)	現状モデル	0	10	16	79	130	226
	model-E	0	24	26	77	88	134
	model-F	0	14	19	72	84	119
	model-G	0	12	18	91	125	179
雄風 (10.8~13.8%)	現状モデル	0	0	2	7	12	18
	model-E	0	1	3	4	8	15
	model-F	0	0	1	3	6	14
	model-G	0	1	1	5	11	17

5.2 悪影響を及ぼす風環境と判断したモデル

現状モデルの最大値より大きな値が生じてしまい、都市環境が建築物のボリューム増加によって悪化してしまったモデルと判断したのが model-B, model-D である。共に建築物が密集したエリアで強い風が発生していることが確認することができる。

6. まとめ

本稿では、BIM と GIS を用いて、都市空間 3 次元モデリング、風環境シミュレーション及び風環境評価を行うという一連の作業を行うことでパラメトリックな都市空間デザインを試みた。同一の条件下において生成した解析モデルの風環境変化の要因を考察し、それより新たなパラメータの作成を検討し、風環境に対応した新たに都市の変容を予測することができた。

以下に課題を述べる。

本研究では GIS データの活用が基盤地図情報のデータと自作の階数データのみであり、更なる GIS データの有効活用の余地があると考え。そのため今後は、様々な GIS データの空間情報の組み合わせや、結果データの管理、加工などが必要だと考える。また今回、建築物の 3 次元モデル作成、乱数によるランダムパターンモデルの作成や風環境評価などの過程で多くのアナログ作業を要した。BIM と GIS の連携には、システム上の問題や、操作者の技術の面など多くの課題があると考え。

また、風環境をパラメータとした都市環境要素を切り口に、都市内の建築物の高層化などをはじめとする都市の発展と都市内部で生活を営む住民の生活環境の質の調和を目指し、簡易的にボリュームの変化によるシミュレーションを行った。今後は、ボリューム変化のみに留まらず建築物の配置パターンやシミュレーションに加える要素の追加、解析技術の向上などから都市空間シミュレーションを通しての良好な都市形成ツールの提案を目指している。

[参考文献]

- 1) 木本, 片岡, 高橋: BIM を用いた建築基準法適合判定に関する基礎研究 建築基準法適合判定のしくみと 3 次元建築物情報モデリングの方法論, 日本建築学会計画系論文集 第 76 巻 第 666 号, pp. 1443-1451, 2011. 8
- 2) 大西康伸, 両角光男: 3DCAD 及び解析ソフトを活用した包括的建築教育プログラムの開発とその評価, 日本建築学会計画系論文集 第 76 巻 第 665 号, pp. 1337-1345, 2011. 7
- 3) 荒谷 亮: Web 対応型都市景観検討支援システムの開発, 日建築学会技術報告集 第 22 号, pp. 533-537, 2005. 12
- 4) 藤澤範好, 宮崎隆昌, 中澤公伯: BIM と GIS の連携による日

- 照シミュレーション手法への応用に関する研究, 日本建築学会技術報告集 第 21 巻 第 47 号, pp. 355-360, 2015. 2
- 5) 日本建築学会: アルゴリズムックデザイン 建築・都市の新しい設計手法, 鹿島出版会, 2009
 - 6) 東京都都市整備局: 秋葉原駅付近地区 地区計画
 - 7) 風の強さと向き: 国土交通省 気象庁, 2013. 3

*1 日本大学大学院生産工学研究科 博士前期課程

*2 日本大学生産工学部創生デザイン学科 准教授・博士(工学)

A study on urban environmental and parametric design utilizing BIM and GIS

As an example the wind environment in the vicinity of Chiyoda-ku, Tokyo Akihabara Station

○Tsubasa YAMAZAKI*¹ Kiminori NAKAZAWA*²

Keywords : Urban Enviroment , BIM , GIS , Parametric Design

This study, to target the location where the commercial and residential uses are mixed, utilizing BIM(Building Information Modeling) and GIS(Geographic Information System) , consider the method of urban environmental and parametric design.

We see a lot of large-scale construction in urban areas in late years due to redevelopment projects. As residential population in urban areas expands, some parts of business district began to be used as residential district. For example, some parts of the office complex have been changed into mid-rise or high-rise condominiums. Advanced urban development of making Residential-Commercial Mixed Areas seems to be promoted in years to come since Tokyo Olympics is held in 2020.

Global warming made people realize the importance of environmental load reduction by CO₂ and greenhouse gases emission control or energy conservation, and also the importance of life co-existing with nature. Therefore, it is becoming common to discuss the impact of the construction on the surrounding environment before we construct a building. This would meet the demand of flexible urban development claimed by inhabitants whose quality of life has been increased. It can be said that inhabitants are very sensitive to the future scenery and environment.

When designing a sustainable city plan, it is effective to use three-dimensional model for environmental simulation instead of two-dimensional model. The purpose of this study is to examine the new way of designing the urban space, which is based on a parameter that evaluate urban environment.

Chiyoda-ku, Tokyo Akihabara Station is a target area, commercial and business functions and residential function has been to form an urban space with vitality of workplaces proximity to coexist. For the development of a healthy city, it is a region that is the goal of the district plans to induce the update of ensuring and recovery and urban functions of a comfortable and attractive residential function by effective, advanced use of the land.

In this paper, with the aim of harmonization of the quality of the living environment of residents engaged in life in developing and urban interior of the city, including such high-rise buildings in the city, simple manner to simulate due to changes in volume, it was possible to predict the transformation of the new city corresponding to the wind environment.

*1Graduate Student, Graduate school of Industrial Tech., Nihon Univ.

*2Associate Professor, Dept. of Conceptual Design, College of Industrial Tech., Nihon Univ., Dr.Eng.