

都市の 3D モデルと統計データの 一体的活用の可能性

赤星 健太郎¹・矢部 俊男²・石井 儀光³・谷口 守⁴

¹正会員 内閣府地方創生推進室都市可視化調整官 (〒100-0014 東京都千代田区永田町 1-11-39)

E-mail: akahoshi-k28r@mlit.go.jp

²非会員 森ビル株式会社都市開発本部計画企画部メディア企画部部长 (〒100-0014 東京都港区六本木 6-10-1)

E-mail: totoro@mori.co.jp

³非会員 国立研究開発法人建築研究所 住宅・都市研究グループ (〒305-0802 茨城県つくば市立原 1)

E-mail: ishii@kenken.go.jp

⁴正会員 筑波大学システム情報系社会学域 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

E-mail: mamoru@sk.tsukuba.ac.jp

人口減少社会を迎え、集約型都市構造の実現に向けた取り組みが進められている。都市構造の将来像を定める際の合意形成の重要性については論を待たず、このために、検討結果を直感的にわかりやすく表現することが必要である。また、その検討にあたっては定量的かつ直感的なツールを活用し、地域での開かれた検討プロセスが求められることも考えられる。近年の ICT 技術の向上により、マルチスケールでインタラクティブな都市構造の可視化が可能となりつつあり、都市構造の検討と都市景観の検討を合わせて行う事例も見られるようになってきている。このような状況を踏まえ、都市の 3D モデルと統計データの一体的活用の可能性について述べる。

Key Words: urban structure, communication, 3D Modeling, ICT, grid square statistics

1. はじめに

人口減少社会を迎え、集約型都市構造の実現に向けた取り組みが進められるようになってきた。都市構造の将来像を検討するためには、現状の都市構造をきちんと把握することが必要である。また、都市構造の将来像を定める際の合意形成の重要性については論を待たず、このために、検討結果を直感的にわかりやすく表現することはもとより、検討の過程をわかりやすく示すことが有効であると考えられる。

これまでは都市構造の将来像については、都市計画の専門家が匠の技で検討することが多かったが、これからは定量的かつ直感的なツールを活用し、都市計画の専門家の指導を受けるなどしながら、地域での開かれた検討プロセスが求められることも考えられる。

一方で、都市構造に関するデータの蓄積や IT 技術の発展により、直感的なツールを作成するための環境は整ってきており、都市構造可視化計画ウェブサイトのように、現場で利用されるものもみられるようになってきた。また、Google Earth の普及やゲームエンジンの進化により、都市を再現した 3D モデルの構築や活用のための環境も

整いつつあり、それらの活用は新たなフェーズへと移行している。本稿では、このような必要性の高まり、実現性の高まりを述べつつ、今後の展開について取りまとめる。

2. 都市計画を取り巻く環境の変化

都市計画は、人口減少段階に入り、拡大から縮小へ、規制からビジョン共有へとその位置付けを大きく変容させている。特に、都市の縮退局面においては、民間投資の誘導の必要性が高まること、サステナブルな都市構造の形成には市民の理解が不可欠であることから、ビジョン共有のための手法が強く求められている。

拡大基調においては、土地利用を規制することにより都市開発を任意の地域へ誘導することができたが、今後、人口減少局面においては、将来的な都市の拠点をどこに設定するのか、そしてその実現性をいかに示すかが、都市開発を誘導するためには重要な要素となる。特に、人口減少下において民間投資によるまちづくりを実現するためには、規制と同時に適切な誘導のための情報開示を

行うことにより投資環境を整える必要がある。特に都市が縮退する局面においては、その都市が将来どのような都市構造を目指しており、投資物件との地理的な関係がどうか、また、目指している都市構造の信頼性が、投資判断の重要な要素になりうることからより精緻なデータの整理と開示が、今後求められていくものと考えられる。

また、都市構造のビジョンを実効性のあるものとするためには、当然のことながら市民の合意が必要であり、このような観点からも、都市の将来像をわかりやすく示すことの重要性はますます高まっている。

3. 都市の 3D モデルに着目する意義

近年の IT 技術の向上によって都市の 3D モデルが急速に普及しており、モデル作成を広く行えるようになりつつある。これまでの歴史を踏まえ、今後の技術の発展の方向性を検討していくことが必要である。

街並みを再現した模型は、都市模型、レリーフマップ、ジオラマ等呼び名は様々あり、縮尺や材質、表現方法も用途により異なるが、過去・現在・未来の街の姿を視覚化してシミュレーションを行うために、世界中の多くの都市で作られてきた。

都市模型は都市の景観を俯瞰して捉えることができることから、その特徴を活かした多くの活用事例がある。例えば、景観分野では、開発予定地の模型を作成して、プランの検討や合意形成に用いられてきた実績がある¹⁾。

また、都市のボリューム模型は都市の形状を再現できることから、その特徴を活かした多くの活用事例がある。例えば、環境分野では、都市空間のボリューム模型を使った温熱環境の評価²⁾や風環境、採光環境の評価³⁾⁴⁾などが行われてきた。コンピュータシミュレーションが行われるようになってからも、模型を用いた評価は継続して行われている。このように、熱や風、光と言った物理現象については都市模型を用いた定量的な評価が行われているが、人口密度や交通量、販売額といった都市活動にまつわる現象について、都市模型と関連づけて定量的な評価を行った事例は管見では見られない。都市活動に関わる様々な統計データの空間的分布を都市構造の観点から分析しようとするとき、都市活動の基盤となる建物 1 棟毎のボリュームや用途、道路や鉄道の情報と関連づけて考察することは自然な流れであり、そのために都市模型を用いることは有効であると考えられる。

都市の 3D モデルによる再現とは別に、人口密度や交通量、販売額といった都市活動にまつわる現象について、統計データを用いて可視化を行なっている例として、都市構造可視化計画ウェブサイトや EvaCva などが挙げられる。特に都市構造可視化計画ウェブサイトは、地図上

に 3 次元で統計データを表示する技術を用いており、都市の 3D モデルとの親和性は高まりつつある。

なお、近年はコンピュータ技術の発展により都市の 3D モデルの技術が大幅な進化を遂げていることから、物理的な都市模型だけでなく、都市の 3D モデルを活用することも期待される。特に、VR 技術を活用した都市モデルは、都市全体を俯瞰することに加え、実際の街を歩くような表現ができ、まちづくりの検討における都市模型とのマッシュアップの効果は多く指摘されている⁵⁾。

都市の建物の増減は都市構造に影響を与える一方で、建物を 1 棟単位で再現する都市の 3D モデルと一定の空間的範囲で集計された統計データを一体的に取り扱おうとした事例はこれまで見られない。

本稿は、都市構造を把握するとともに、将来都市構造についてのビジョンの共有、合意形成、周知、都市の IR などを実現するために、都市の 3D モデルと統計データを一体的に捉えており、他に見られないものである。

4. 都市模型と VR の歴史と到達点

(1) 都市模型の歴史

17 世紀頃のフランスでは、軍事的なシミュレーションツールとして模型が使われた。城塞都市を再現したレリーフマップを用いて敵陣の包囲をシミュレーションし要塞や砦の建設を行った事例や、君主が戦術について説明を与える際にレリーフマップを活用したという記録が残っている。革命や帝政を経て、街を要塞化する事もなくなった 1870 年の普仏戦争後まで、フランス各地のレリーフマップ制作は続いたと言われている⁶⁾。



図-1 フランス・ヌフ＝ブリザックのレリーフマップ⁷⁾

1930 年代には、数々の都市の理想像や未来像が模型を使って描かれた。1939 年～1940 年開催のニューヨーク万国博覧会にて米国・ゼネラルモーターズ社が出展したジオラマ展示・ライド型アトラクション「フューチャラマ」⁸⁾は、観客が遊覧飛行をするように未来の都市を眺めることができるもので、巨大な都市模型によって 20 年後の輝かしい米国が描かれた。

ミュージアム等に展示されている事例も多く、観光資源としても大きな役割を果たしている。

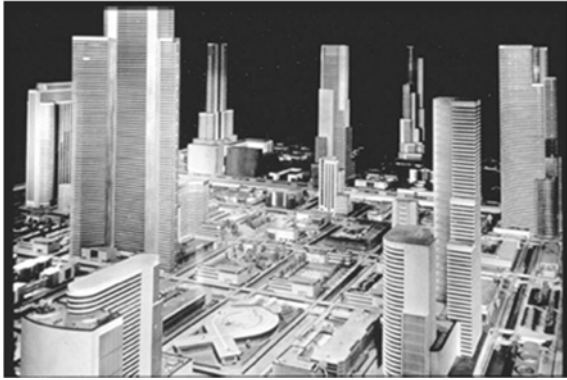


図-2 「フューチャラマ」の模型⁸⁾

米国におけるニューディール政策実施の際には都市模型を制作し雇用を生み出すという活動が行われ、1940年にサンフランシスコ市の都市模型が完成した。それは長い間カリフォルニア大学バークレー校に保管され、その後の都市環境シミュレーションに活かされた。

そして、1964年～1965年に再び米国・ニューヨーク市で開催された万国博覧会ではニューヨーク5区の巨大都市模型が展示品として制作され、その後も都市計画のツールとして役立っている⁹⁾。

近年、欧米に限らず世界各国に都市模型は存在しており、インフラ整備や再開発事業のシミュレーションを始め、開発の確認申請に利用されている例もある。

オーストラリア・シドニー市では、市内中心部の建物の外観変更を伴う開発やそれ以外のエリアでの新しい開発、また500万ドル以上や3階建て以上の大規模再開発において、開発申請書や3Dデジタルデータと共に、指定した仕様で制作した模型の提出を求めている。それにより、1980年代に制作された縮尺1/500の都市模型を継続的に更新しており、既存建物、開発承認済みで未着工、建設中、承認待ち等の状況により建物を色分けすることで、開発の進捗を確認している。また、新しい開発案件における日影シミュレーションや景観検討にも活用している。



図-3 オーストラリア・シドニー市の開発検討用模型¹⁰⁾

さらに、都市模型は都市のマスタープランを世界に発信するツールとして市役所のホールや歴史博物館、都市

表-1 世界の主な都市模型

都市	展示場所	縮尺	制作年
シンガポール シンガポール市	シティギャラリー	1/400	1960年～
米国 ニューヨーク市	クイーンズ美術館	1/1200	1961～1964年
ドイツ ベルリン市	ベルリン州 政府 都市開発部局	1/500	1990年
オーストラリア シドニー市	カスタムハウス	1/500	1998年
スイス チューリッヒ市	チューリッヒ市 都市計画課	1/1000	1999～2002年
中国 上海市	上海城市規画展 示館	1/500	2000年
中国 北京市	北京市都市計画 展示館	1/750	2004年
イギリス ロンドン市	ビルディングセ ンター	1/1500	2008年
韓国 ソウル市	ソウル歴史博物 館	1/1500	2009年
ロシア モスクワ市	全ロシア博覧会 センター(2015)	1/400	2012年～
マレーシア クアラルンプー ル市	クアラルンプー ルシティギャラ リー	1/1500	制作中

(2) インフォボックスの事例 (1995年～2001年)

1995年、ドイツ・ベルリン市のポツダム広場再開発の現場に、プロジェクトのシンボルとして「インフォボックス」という名のインフォメーションセンターが設置された。その具体的な状況を把握することを目的として、1995年12月にインフォボックスを訪れた。

インフォボックスは、再開発の理念からインフラのシステムまで、変貌するポツダム広場をプレゼンテーションするための施設であった。基本コンセプトや事業計画の説明、完成模型の展示や建築家の紹介等、再開発に関するあらゆる情報が展示、公開された。また、建築家や都市計画家によるツアーも実施され、この再開発がいかにより未来のベルリンに重要なのか意義を周知する活動も盛んに行われた。さらに屋上には再開発事業が行なわれている場所の一部が展望できる展望台が設けられた。実際の工事現場も一般に公開され、住民や観光客に完成までのプロセスを提示した。

訪問者は、明快な開発理念や再開発の歴史・背景をストーリー立った展示により理解した上で、建築家からのメッセージを受け取り、実際の再開発工事風景を見学する。インフォボックスは、そういった壮大なショーを見

せることで、街が作られていく高揚感や未来へのビジョンを市民、企業、行政が共有することに貢献した。

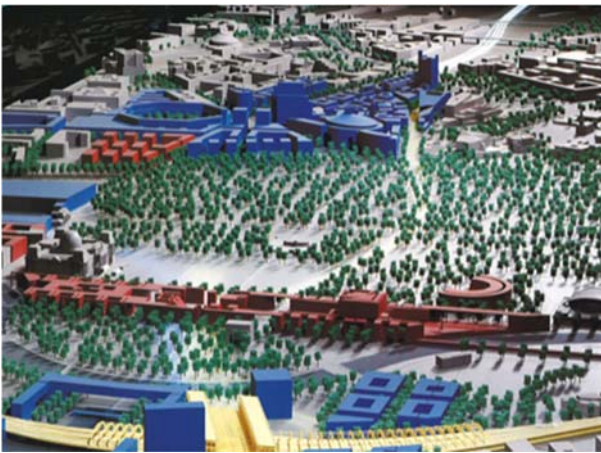


図-4 インフォボックス¹¹⁾

(3) チューリッヒ市の事例 (1960年～現在)

都市模型を行政に活用している事例としては、チューリッヒ市が挙げられる。チューリッヒ市は、1960年から1/1000の都市模型を製作しており、現在使用している都市模型は15年かけて5万件の建物を有する規模となっている。

都市模型の運用、都市模型の活用による効果・成果事例について意見交換を行なうことを目的として、2017年6月6日にチューリッヒ市建築局都市計画課長のジュリア・フィッシャー氏を訪問した。

都市模型は、建築を専門としない政治家や国民が関わる合意形成において重要な役割を担っており、規模の大きなプロジェクトでは、模型を活用して市民に公開している。都市模型の役割として、小学校、中学校の児童、生徒、建築士、興味を持った国民へのプレゼンテーションがある。ワークショップも開催しており、建築家のコンペに活用されている。その際、一部を分割して使用することができる。

また、この都市模型は開発許可の判断において重要なツールとなっている。建築申請が妥当であることを確認する検討組織があり、全体的な見え方を確認するために

都市模型を活用している。6,000m²以上の建物の建築許可が申請されると白色の建物模型が設置される¹²⁾。様々な写真を撮って都市の景観に与える影響を確認している。建築許可が下りると他と同様の仕様で反映される。

政治家が是非を決める場面では、景観は重要な要素として扱われることから、簡単に景観への影響を視覚化できるツールとして、都市模型の役割は重要である。

チューリッヒ市では、これまで都市模型に2.5億スイスフランの投資を行っており、その維持のために都市模型専属の職員の雇用など、年間16万スイスフランを支出している。チューリッヒ市では活用状況などを鑑み、このコストは決して高額ではないと考えられている。

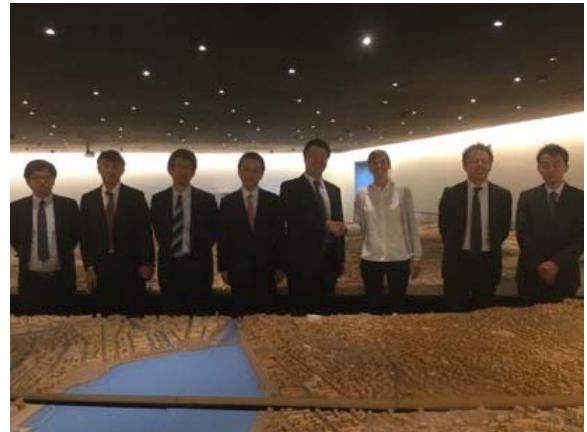


図-5 チューリッヒ市都市模型と視察状況

(4) VRの歴史

まちづくりのシミュレーションツールとして都市模型と併用されているVRも、都市模型と同様に軍事目的のツールから始まっていると言われている。

VRの前身技術は、米国人のエドウィン・リンク氏が開発したリンク・トレーナーという飛行機シミュレーターで、1930年代に開発され第二次世界大戦中にはパイロットの操縦訓練として使われたものである。

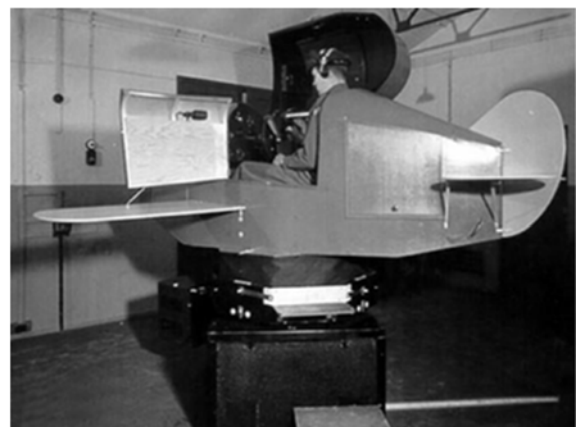


図-6 リンク・トレーナー¹²⁾

VR という言葉が現在の意味（仮想現実、つまりコンピュータ上に人工的な環境を作り出し、まるで現実かのような感覚を味わえる技術）で使われるようになり、実用レベルになったのは、1986年にNASAが開発した宇宙飛行士の訓練用 VR と考えられる。

1989年、米国にてジャロン・ラニアア氏が設立した VPL Research というベンチャー企業がデータグローブという製品の紹介の場面で VR を使用、そして1990年、日本の松下電工（現 Panasonic）がシステムキッチンのオーダーメイドを行う際に詳細な図面を見せて説明する代わりに VR で寸法を見せる技術を開発したことがきっかけとなり、VR が認知され始めた。



図-7 データグローブ¹²⁾

1990年、米国の業務用のコンピュータの開発・製造・販売を行うシリコングラフィックス社（SGI）がコンピュータ・グラフィックスに特化したコンピュータを出し始め、その登場を機に、1990年から VR ブームが起り、米国では VR の開発に国の予算が多く取り付けられるようになった。日本においては、1994年にはセガから VR ヘッドセットを装着し、筐体に乗って現れる敵を撃ち落とすアーケードゲーム「VR-1」が登場した。

2012年、米国・Oculus VR 社のパルマー・ラッキー氏がクラウドファンディングを行いヘッドマウントディスプレイ（HMD）Oculus Rift を開発した。開発キットの Oculus Rift は5万円程度という価格帯だったことから、改めて VR に注目が集まり、VR コンテンツ制作が過熱する。2014年には Oculus VR 社が Facebook 社に買収され、さらに注目が高まった。

2016年には台湾・HTC 社の VR 製品 VIVE、スマートフォンに装着して使うことのできる韓国・サムソン社の GearVR、そして PS4 と接続できるソニー・インタラクティブエンタテインメント社の PSVR の登場により2016年は VR 元年と呼ばれることになる¹³⁾。

その一方で、それらハードウェアとソフトウェアに統一の規格がないため、コンテンツの相互利用に大きな問題がある。そのような状況を打開すべく、OSVR (Open Source Virtual Reality) や OpenXR という統一規格の策定に向けた動きがある。

(5) 技術革新によるシミュレーションツールの進化

誰もが現実を把握し未来を予測できるために、都市模型と VR は、より現実感のあるシミュレーションツールを目指して改良・開発が進められてきた。

a) 都市模型と VR の進化

都市模型制作における技術革新は、デジタルデータの解像度の向上および制作技術の向上と効率化である。建物の上面に貼り付ける航空写真、そして建物の側面に貼り付ける写真の解像度の向上や、印刷技術の進化により、鮮明な画像生成と出力が可能になった。画像編集ソフトのフォトショップの加工技術の向上や、建物ファサードをデータベース化することによる作業効率化も、全体的な模型の品質向上につながっている。その結果、圧倒的にリアルで高精細、高密度の都市模型が作られるようになった。



図-8 リアルで高精細、高密度の都市模型

VR 制作においても、画像解像度の向上はもちろんのこと、シミュレーションツールとしての VR にゲームエンジンを取り入れることで、より現実感のある高品質な表現が可能になった。例えば、自動車や電車の動き、風による樹木、水面の揺らぎ、木漏れ日、365日1分おきに変化する日影等の表現である。シミュレーションとは関係ないと思われる表現も、それにより仮想現実空間がリアリティの高いものとなり、より没入感のある体験ができシミュレーションの信頼性の向上につながっている。



図-9 ゲームエンジンを使うことで表現力が向上した VR (福井市の例)

ゲームエンジンの導入に加え、グラフィック性能の著しい向上により、膨大なデータ入力が可能となった。つまり、広範囲で再現された都市空間と詳細に再現された建物内観が、ほぼ遅延することなくリアルタイムで描画される。また、高解像度ディスプレイやヘッドマウントディスプレイといったデバイスの進化も、より現実味を帯びたシミュレーションを可能にしている。

b) 都市模型と VR を一体的に使ったシミュレーション事例

都市模型と VR は組み合わせて活用することで、鳥の視点、人の視点を切り替えて総合的に空間を捉える事が可能となる。都市全体を鳥の視点で俯瞰することで、言葉では伝わりにくい都市の構成、街や建物のスケール、位置関係等も一目で容易に把握することができる。同時に、人の視点で都市を見ることで、計画した街を歩いた時に実際にどう感じるのか等をシミュレーションできる。以下の自治体は都市模型と VR を同時に制作し、まちづくりのシミュレーションやイメージ共有のために有効に役立てている。

① 柏駅東口周辺模型・VR (2009年)

制作者：柏市都市計画課

目的：まちづくりビジョン案作成のためのシミュレーション、市民への普及啓発



図-10 柏駅東口周辺模型 (左) と VR (右)

② 神戸市三宮周辺模型・VR (2009年)

制作者：神戸市都市計画総局計画部まちのデザイン室

目的：景観まちづくりシミュレーション



図-11 神戸市三宮周辺模型 (左) と VR (右) ¹⁴⁾

③ 福井市中心街地模型・VR (2012年～2015年)

制作者：福井市都市戦略部都市整備室

目的：中心市街地活性化に向けた市民との協働によるまちづくりにおけるイメージの共有



図-12 福井市中心市街地模型 (左) と VR (右)

(6) 新しいシミュレーションツールの登場

Google Earth は Google 社が無償で提供する 3D 地図ソフトウェアで、3D で作成された地形や建物の上に様々な情報を重ね、データベースを自由に構築することができる。都市空間を俯瞰しながら、その上に新たな開発プロジェクトの 3D 等を重ねて近未来の都市の姿を表現できる点において、都市模型と VR 両方の利点を活かせるツールとして、近年シミュレーションやプレゼンテーションに利用されるようになってきている。

Google Earth で閲覧できる都市のモデルは、個々の都市で個別の開発のためにエリアを限定して作成されたリアルな都市の VR データと比較すると精度は落ちることがある。しかし、高精細ゆえに表示範囲が限定されてしまうという VR の欠点に対し、Google Earth はシームレスに全世界の都市を閲覧することができる。従って、広域でのボリューム検討や簡単な眺望シミュレーションを行いたい場合には、安価かつ短期間で結果を出せるという特徴がある。また、地球全体を対象とできることや、地図やストリートビューなどが一体的に提供されていることなどの特徴を踏まえれば、都市間の比較や検討結果の公開、検討実績の共有などの成果の蓄積のプラットフォームとして優れているものと考えられる。

Google Earth は「自宅にいながら世界中の都市を 3D で閲覧できる」という単にエンターテインメント的な要素に留まることなく、シミュレーションツールとしても活用される時代になっている。

(7) ヴァーチャル・シンガポール

シンガポールでは、国土全体を 3D モデル化する大規模プロジェクト「ヴァーチャル・シンガポール」¹⁵⁾が、シンガポール国立研究財団 (NRF)、シンガポール土地管理局 (SLA)、GovTech Singapore の主導で進められている。2014 年 12 月に開発が開始され、2018 年完成・公開予定となっている。

ヴァーチャル・シンガポールは単に都市の 3D モデルを作成するだけではなく、あらゆる都市データ、例えば建物であれば建築面積や高さ、日照時間・日射量等の属

性情報を埋め込み、ビッグデータのプラットフォームを構築する。都市計画や住宅開発、環境・防災対策等、様々な分野のシミュレーションで活かすのが目的である。

ヴァーチャル・シンガポールの開発責任者を務めるシンガポール国立研究財団のジョージ・ロー氏を 2017 年 3 月 1 日に訪問しヒアリングを行なった。ヴァーチャル・シンガポールの完成に向けては「仮想化 (Virtualize)」「可視化 (Visualize)」「商業化 (Venturize)」という 3 つの段階がある。仮想化はシンガポールの都市を 3D モデルとして再現すること、可視化は 3D モデルに都市データを付与しそれらを閲覧できる状態にすることである。そして最終段階の商業化とは、ヴァーチャル・シンガポールというデータベースをシミュレーションツールとして具体的な問題解決や改善のために活用する段階を指している。

膨大な情報を包括したデータベースであるがゆえに、運用方法や公開については今後議論が必要であり、また、常に変化していく都市データや 3D モデルをどのように更新していくかも課題とのことである。ただ、整備された国土全体の 3D データはシンガポールにとって貴重な財産であり、今後シミュレーションのみならずシティ・セールスに活かされていく可能性もあると考えられる。



図-13 ヴァーチャル・シンガポール¹⁵⁾

5. 都市構造の可視化の取り組み

(1) 都市構造可視化図とは

都市構造可視化図は、メッシュ統計データを KML 形式⁹⁾に変換したもので、図-14に示すように各メッシュポリゴンに高さや色の情報として様々な統計データの値を埋め込んで 3 次元化したものである¹⁶⁾。なお、図-14 は 2005 年国勢調査における糸島市の夜間人口を示しており、メッシュのサイズは 500m (2 分の 1 地域メッシュ) である。

昼間人口や従業者数、商業販売額などは中心市街地が突出した値を示す傾向にあり、平面のコロプレスマップ等による表現には限界があると考えられる。しかし、3 次元で表現すると、メッシュ毎の統計値の分布を把握する事

が可能となる。図-14 のような 3 次元の表現は従来から GIS ソフトウェア等を用いて作成することができたのだが、図-14 のように 2 次元に投影された状態だと、大きな値をとるメッシュの裏側の様子が分からなくなるという欠点がある。一方、KML を用いれば視点を自由に変更できるので、様々な角度から統計データの分布を眺めることが可能となる。それに加え、建物 1 棟レベルから日本全域を超える範囲までマルチスケールで表示することが可能であり、統計データの分布の特徴を把握しやすいという利点がある。KML ファイルの代表的ビューワーとしては、Google 社の Google Earth がある。本稿に掲載している都市構造可視化図は全て Google Earth を用いて表示したものである。



地図データ : Google, SIO, NOAA, U.S.Navy, NGA, GEBCO, Zenrin, Landsat

都市構造可視化図 : 都市構造可視化計画ウェブサイト¹⁷⁾

図-14 都市構造可視化図の例 (糸島市の夜間人口)

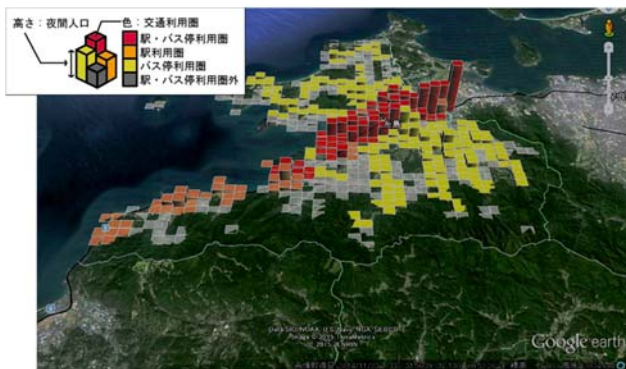
(2) 3 次元を活かした都市構造可視化図の工夫

これまで統計データを 3 次元表示したものは、2 次元の主題図の延長線上にあり、前出の図-14 のようにメッシュの色の塗り分け用の統計値と高さの統計値が同一であった。そこで、3 次元で表示できる特徴を活かして、メッシュの色の塗り分けに用いる統計値 (あるいは属性値) とメッシュの高さの統計値を分ける工夫をし、クロス表示と呼んでいる。

図-15 は都市構造可視化図 (クロス表示) の例である。各メッシュの高さの値として糸島市の夜間人口データを用いている点は図-14 と同じであるが、各メッシュの色は公共交通利用圏の属性値を用いている。ここでは、駅から 1km の円内および円にかかるメッシュを駅利用圏、バス停から 300m の円にかかるメッシュをバス停利用圏とし、赤色は駅利用圏かつバス停利用圏、オレンジ色は駅利用圏、黄色はバス停利用圏、灰色はそれらの圏外が示されている。

図-15 をみると、駅・バス停利用圏を示す赤色のメッシュで人口の集積がみられる (高さが大きい) ことが一目瞭然である。その一方で、ある程度人口の集積があるにも関わらず、灰色で塗られているメッシュでは、バス

の運行を検討した方がよいのではといった課題も視覚的に把握する事が可能となっている。



地図データ：Google, SIO, NOAA, U.S.Navy, NGA, GEBCO, Zenin, Terra Metrics

都市構造可視化図：都市構造可視化計画ウェブサイト¹⁷⁾

図-15 公共交通と人口のクロス表示の例

この他にも、メッシュの色をハザードマップの予想浸水深とし、高さを夜間人口としたマップなど、クロス表示を用いる事で様々な表現が可能であり、専門家はもちろん、市民にも分かりやすく都市構造の現状と課題を伝えることができるものとなっている。

(3) 都市構造可視化図に用いるデータ

都市構造可視化図に用いるデータとして、国勢調査、事業所・企業統計等のメッシュデータがまずあげられる。メッシュデータの特徴としては、1)集計範囲が緯度経度で規定されるために行政区界の変更による影響を受けず、時系列の比較が可能であること⁽⁴⁾、2)メッシュのサイズが全国ほぼ同じ大きさであるため、地域間の比較が行いやすいこと、3)国勢調査と商業統計といったように、異種のデータであっても、標準地域メッシュの作成方法に則って作成されているものであれば、重ね合わせが可能であること、などである。また、メッシュデータ以外のものについても、適切な変換を行うことにより都市構造可視化図に用いることができる。例えば空き家のポイントデータを集計してメッシュデータに変換したり、駅のポイントデータの有無によりメッシュの色分けに活用すること、震度情報による色分けなど、様々な可視化が行われているところである。

(4) Google Earthによる現地状況との連携

KML ファイルの代表的ビューワーである Google Earth はバージョンアップを繰り返しており、2014年には、ストリートビューとの連携機能が搭載された。これにより、都市構造可視化図を Google Earth で表示することにより、統計データとストリートビューのシームレスな連携が可能となり、使い勝手が大幅に向上した。特に、上空からの航空写真だけではわからない具体的施設の状況等につ

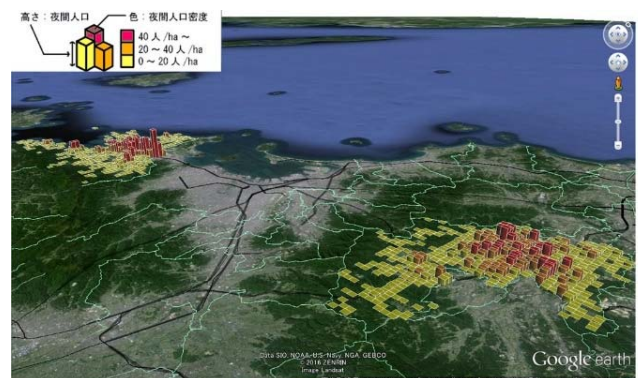
いて、ストリートビューによってあたかも現地で確認するように把握することが可能となり、これも都市構造の議論を行う際に強力なツールとなっている。2017年4月には、Google Earth の最新版 v9.0 が Google Chrome で動作する Web アプリケーションとしてリリースされ、ナビゲーションが改善されたほか、一部制限はあるものの、都市構造可視化図の表示も可能となっている。

(5) 時系列データのアニメーション表示

都市構造を把握する上で、その都市の歴史的経過を辿ることは重要である。そのため、都市構造可視化図は、KML に過去から現在まで統計データとして入手可能な範囲で時系列のデータを格納している。Google Earth のタイムスケール機能を使って、過去から現在まで、アニメーションで都市構造の変化を把握する事が出来る。もちろん、年度によって統計データの同定方法が異なる事や、集計項目が異なることがあり、時系列で表示することは正確性に欠けるという問題がある。そのため、メッシュ単位での分析などを行うのでは無く、その都市の歴史的経過を俯瞰的に把握する程度にとどめた使い方が推奨される。

(6) 複数市町村の一体的表示

都市構造可視化図の KML は市町村や都道府県などの単位で作成されることが多いが、複数の KML ファイルを比較してみたい場合には、同時に表示することが可能である。図-16 は糸島市(左上)と飯塚市(右下)の夜間人口(2010年国勢調査, 500mメッシュ)を同時に表示した例である。



地図データ：Google, SIO, NOAA, U.S.Navy, NGA, GEBCO, Zenin, Landsat

都市構造可視化図：都市構造可視化計画ウェブサイト¹⁷⁾

図-16 複数市町村の比較

都市構造可視化図は、直接目で見る事が出来ない人口の分布や小売業の販売額などの統計データを可視化したものであるが、それらが道路、鉄道、河川、建築物といった物理的な空間と重ねて表示されることで、はじめ

て都市構造の把握が可能となる。データを重ねて都市空間との対応を見なければ意味が無いと言っても過言ではないだろう。都市構造可視化図は KML を用いているので、Google Earth が提供している様々な衛星画像、航空写真、地物データを利用できるため、都市構造が把握しやすくなっている。Google Earth 以外でも、KML をサポートする環境であれば、マッシュアップすることが可能である。なお、地理空間情報の国際標準化団体 OGC(Open Geospatial Consortium)があり、KML は 2008 年から OGCKML として OGC 標準になっている。そのため、データの相互変換により様々な主体が整備したデータとマッシュアップ可能である。

6. 都市の 3D モデルと統計データの一体的活用

都市模型は、有効な合意形成ツールとして使われてきた。近年の技術革新に伴い 3 次元データを用いた VR の活用も普及しつつある。

一方で、都市構造可視化計画に見られるデータの可視化の潮流がある。VR による景観検討と、データによる都市構造検討はこれまで別個のものと考えられてきたが、これらが共通のプラットフォーム上で取り扱えるようになりつつあり、これら相互のマッシュアップには大きな可能性があるものと考えられる。



地図データ：Google, Zenrin, Digital Globe, SIO, NOAA, U.S.Navy, NGA, GEBCO

都市構造可視化図：都市構造可視化計画ウェブサイト¹⁷⁾

図-17 開発に伴う都市構造の変化の事例

図-17 は福岡県直方市の小売業販売額の変化を表した

もので、上が 1979 年、下が 2007 年のデータである。駅周辺の小売業販売額が低下し、郊外に大規模商業施設が開発されたこと等により、都市構造が大きく変化し、郊外の小売業販売額の方が大きくなっていることが容易に理解できる。この事例は過去の開発のものであるが、今後は、都市の 3D モデルによる開発モデルの作成と、統計データとの一体的な活用により、事前にこのような都市構造の変化を確認することが考えられる。

このような場合に、これまでは都市単位での経済効果をもとに議論がなされる例はあったものの、都市構造への空間的なインパクトを定量的に分析した上で、議論に活用した事例は見られない。都市の 3D モデルと統計データの一体的活用を行うことにより、これが可能となる。すなわち、どのような開発が行われるのかを都市の 3D モデルで表現し、都市構造可視化と一体的に取り扱うことによって、鳥の目と虫の目での確認を同時に行うことができれば、専門家およびそれ以外の関係者による都市の将来像に対する合意形成が、定量的な観点を基盤としたものになることが期待できる。

このことは、都市の 3D モデルと統計データの一体的活用が、都市構造のビジョニングの実現のために非常に重要なツールとなる可能性があることを示している。

7. 終わりに

都市の 3D モデルと統計データの一体的活用にあたって最も重要な点は、一体的活用を容易とする基盤の整備である。すなわち、各種のデータがばらばらに作成され、散逸するのではなく、都市整備と同様、作成したデータが都市のストックとなっていく枠組みを構築することが必要であると考えられる。また、その際には独自仕様を策定するのではなく、デファクトスタンダードな形式でのデータの蓄積を様々な主体が意識し、様々なマッシュアップが可能となっていくことが望ましい。

一方で国際標準となっていないものについては、拡張を提案することも考えられる。例えば、都市の 3D データとビッグデータを同一プラットフォーム上で取り扱うことのできる CityGML は国際標準として取り扱われつつあるが¹⁸⁾、この形式に統計データのためのレイヤーを追加し、拡張していくことなどが想定される¹⁹⁾。

将来的には、都市開発および縮退を個別に評価することができれば、事前明示によらない土地利用規制が可能となる可能性がある。これは土地利用の創意工夫を生み出し、新たな成長へとつながる可能性があるものとも考えられる。この運用にあたっては、オーソリティと、それをデータで支援する仕組みが必要となる。都市模型、VR、データのマッシュアップはその枢要な部分を占める可能性がある。

謝辞

本稿を取りまとめるにあたり、現地および事前の調査等において、大内雅弘先生、尾住秀樹氏、河内健氏、田中雄一氏、中平浩正氏、橋本尚佳氏、服部祥子氏、羽藤和紀氏、森尾淳氏、山口佐知子氏、結城勲氏をはじめとする多くの方々に、多大なご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

補注

- (1) "Future" (未来) と "Panorama" (パノラマ) を組み合わせた造語。
- (2) 6,000m² 以上の建物について建築許可が必要となるため、建築許可の申請がなされた建物は全て都市模型の対象となる。
- (3) KML とは、点や線分、多角形などの地理的情報を記述する XML 形式の言語。
- (4) 日本測地系から世界測地系への変更により、メッシュの位置が変更されていることに注意が必要である。

参考文献

- 1) 山田 雄大他：デザインワークショップにおける模型を用いた目標空間イメージの具体化のプロセス：地方都市の中心市街地再生を実現するまちづくりの方法論(3), 学術講演梗概集 F-1, pp.625-626, 日本建築学会, 2003.
- 2) 尾島 俊雄他：都市規模熱拡散に関する研究：その 8 発熱量を制御した都市模型実験と流れの可視化, 学術講演梗概集 計画系 51, pp.475-476, 日本建築学会, 1976.
- 3) 稲垣 厚至, 神田 学：屋外模型都市における接地境界層内の乱流特性の鉛直分布, 水文・水資源学会研究発表会要旨集 18, pp.116-116, 2005.
- 4) 小木曾 定彰他：東京における日照環境等の地域別実態に関する研究：その 2 実態模型の製作および実験, 学術講演梗概集 計画系 50, pp.1189-1190, 日本建築学会, 1975.
- 5) 松尾 学他：三次元 CG と模型を併用したワークショップ支援手法に関する研究(その 1), 日本建築学会中国支部研究報告集 28, pp.757-760, 2005.
- 6) MUSÉE DES PLANS-RELIEFS : the relief map museum <<http://www.museedesplansreliefs.culture.fr/telechargements/depliants/2-depliant-anglais.pdf>>, (accessed 2017.7.28)
- 7) La France en relief (collection des Plans-reliefs de Louis XIV à Napoléon III), <<https://meridi-anes.org/2012/01/26/la-france-en-relief-collection-des-plans-reliefs-de-louis-xiv-a-napoleon-iii/>>, (accessed 2017.7.28)
- 8) D. Pittenger: Norman Bel Geddes' First City of the Future, <<http://artcontrarian.blogspot.jp/2013/07/norman-bel-geddes-first-city-of-future.html>>, (accessed 2017.7.28)
- 9) Queens Museum: Panorama of the City of New York <http://www.queensmuseum.org/wp-content/uploads/2016/10/Panorama%20Brochure_Web.pdf>, (accessed 2017.7.28)
- 10) CITY OF SYDNEY: Application guide , Model Requirements <<http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/development/application-guide/application-process/model-requirements/>>, (accessed 2017.7.28)
- 11) Eberhard Diepgen, et al.: INFO BOX THE CATALOGUE, Verlag Dirk Nishen GmbH & CO KG, 1996.
- 12) ゆうの Lv3: VR の歴史が一目で分かるインフォグラフィック, <<http://www.moguravr.com/vr-history-infographic/>>, (閲覧日 2017.7.28)
- 13) Communications@Syracuse staff member: The Evolution of Virtual Reality [Infographic], <<https://communications.syr.edu/blog/virtual-reality-infographic/>>, (accessed 2017.7.28)
- 14) 神戸市：デザイン都市・神戸～模型・CG を用いた合意形成のあり方検討業務, <<http://www.mlit.go.jp/common/000112032.pdf>>, (accessed 2017.7.28)
- 15) National Research Foundation of Singapore Government: Virtual Singapore, <<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>>, (accessed 2017.4.24)
- 16) 赤星健太郎他：関東地方における都市構造の可視化推進に関する研究：関東地方における都市構造のあり方に関する検討会の取り組み事例の報告, 日本都市計画学会学術研究発表会論文集, NO.45-3, pp.169-174, 2010.
- 17) 福岡県, 国立研究開発法人建築研究所, 日本都市計画学会都市構造評価特別委員会：都市構造可視化計画ウェブサイト, <<https://mieruka.city>>, (閲覧日 2017.7.28)
- 18) 石丸伸裕：3 次元地理空間データ CityGML /IndoorGML に関する国際標準化活動, 地図, Vol.52, No.3, pp.29-36, 2014.
- 19) 国土交通省総合政策局交通計画課：「標準的なバスフォーマットを定めました, <<http://www.mlit.go.jp/common/001178826.pdf>>, (閲覧日 2017.7.28)

Possibility of integrated use of 3D city model and statistical data

Kentaro AKAHOSHI , Toshio YABE, Norimitsu ISHII and Mamoru TANIGUCHI