

まちづくり DX プラットフォームプロトタイプとしての 3D 都市モデル・データ基盤の構築

佐藤裕一*・佐土原聡**谷光清 丹羽雄輔

Title Construction of 3D city model data infrastructure as a town development DX platform prototype

Yuichi Sato*, Satoru Sadohara**, Mitsukiyo Tani, Yusuke Niwa

In order to build a town development DX platform / data infrastructure prototype, we combined the 3D city model of LOD2-4 of City-GML with the pedestrian space network, and combined the building / facility (use, total floor area, floor, shape, etc.) and human flow (Lidar measurement). By inputting data (data, mobile spatial statistics, etc.), we will build a data infrastructure with functions for predicting and guiding people flow based on spatial analysis, and seeds people flow management solutions such as congestion avoidance and evacuation guidance. Derived by a two-way approach to needs.

Keywords: data infrastructure , visualization, space analysis, walking movement,

1. はじめに

日本が第5期科学技術基本計画の下でサイバー／フィジカル空間が高度に融合した Society5.0・超スマート社会をめざす中、まちづくりの DX 化が求められている。エネルギーやモビリティなどの個別テーマに重点をおいたスマートシティの取組みは行われてきたが、まちづくりの DX 化によって、それらを連携して様々な価値を創出することが期待されている。シンガポールやヘルシンキをはじめ、世界的に都市のデジタルツインの構築が進んでおり、国土交通省も 2020 年度に 3D 都市モデルのオープンデータ化、ユースケース検討のプロジェクト「PLATEAU」^{文献}りに着手した。しかし、その具体化に向けた研究はこれからであり、特に自治体やエリアマネジメント組織などの現場ステークホルダーにとっては、どのように取り組んでよいかかわからない、手探りの状況にある。今後、空間情報の可視化、共有化を図りながらステークホルダーと協働でデジタルツインの構築に向けた知見を一步ずつ積み上げていくことが重要であり、空間解析機能をもつ GIS が、そのための基盤技術として重要である。

2. PLATEAU プロジェクトと横浜市調査

DX の根幹をなす考え方は CPS (Cyber Physical System) で、仮想空間 (サイバー空間) と現実空間 (フィジカル=物理的な空間) の融合を図り、相互が影響し合う中から新たな知見の獲得を目指し新たな価値を創出するデジタルツインである。本研究では横浜市の都心エリアである横浜みなとみらい 21 地区をフィールドに 2012 年から横浜市・エリマネ組織・企業と研究グループを結成し、2015 年に GIS ベースの 3D 都市モデルを構築し、まちづくりプラットフォームによる具体的な都市課題の解決や新たなまちの価値を創出できるまちづくりの DX の基盤の検討に取り組んできた。

2020 年に国土交通省の「PLATEAU」プロジェクトを契機にまちづくりの DX の展開が本格化し始め、横浜市・エリマネ組織も取り組みを本格化させつつあり、本研究もそれらの動きと軌を一にして GIS ベースの 3D 都市モデルによるまちづくり DX プラットフォーム・データ基盤のプロトタイプ構築に着手した。

2.1. PLATEAU の 3D 都市モデル

PLATEAU は地理空間データのための唯一の標準データフォーマットである CityGML を採用している。

*正会員 横浜国立大学都市イノベーション研究院 (Yokohama National University), 045-339-4246

**正会員 横浜国立大学都市イノベーション研究院 (Yokohama National University) 045-339-4247

それは LOD (Level of Detail) と呼ばれる概念を持ち、2020 年度に LOD1.2 の 3D 都市モデルがオープンデータ化された。横浜市を含む全国 56 都市がモデル都市に指定され、この 3D モデルを基にしたデジタルツインで、様々な分析やシミュレーションを繰り返し、新たな都市の価値を先進的に創出できる方策やソリューションの開発が期待されている。本研究では PLATEAU のプロジェクトが立ち上る以前の 2015 年より横浜市みなとみらい 21 地区で LOD2 と LOD4 (エリアの一部) の 3D 都市モデルを作成しデジタルツインの検討を進めてきたが、PLATEAU でオープンデータ化されたのを機にその LOD2 モデルをベースに 3D 都市モデル (デジタルツイン) の構築を始めている。

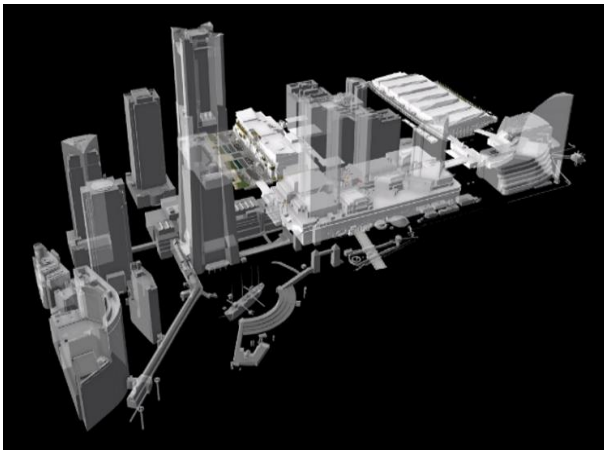


図1 みなとみらい21クイーン軸周辺の3D都市モデル (2015年作成)

2.2. 横浜市のデジタル化まちづくり調査

モデル都市の指定を受け 2020 年度横浜市は「デジタル社会の実現による地域活性化方策検討調査」(以下同調査) ^{文献2)} 報告をまとめた。同調査は横浜市のデジタル化の指針となるものである。

新たな都市基盤として、以下の3基盤を検討対象としてあげ、

- ア データ連携基盤(都市 OS)
- イ 3D都市モデル(デジタルツイン)
- ウ 都市における共用 5G 基盤

都心部のモデル地域における課題シナリオとして 5 ポイントを挙げており、3D 都市モデル (デジタルツイン) に関しては以下の2点が重要である。

①新たな技術・事業の検証がスピーディーに行っていない→実証フィールドとしての都市基盤の充実

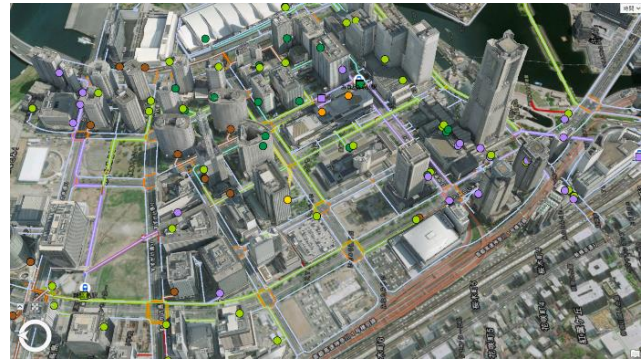


図2 「PLATEAU」LOD2 (航空写真と合成) 3D 都市モデルと3D 歩行空間ネットワーク

②都心部での混雑緩和・避難誘導等に課題がある→リアルタイムデータの収集・可視化

2.3 都心部モデル地区での3D都市モデル(デジタルツイン)構築

同調査の整理を踏まえ、地区エリアマネジメント組織よこはまみなとみらい21との2012年以降の共同研究の蓄積もあり、これら2課題とソリューション開発を念頭に本研究では、3D都市モデル(デジタルツイン)を横浜市の社会デジタル化を牽引するデジタル都市基盤と位置づけ研究を進めている。

3. 研究フィールドの課題とソリューション

まちづくりのDXにとって「シーズ(技術) 起点」から「ニーズ(顧客・市民) 起点」への切り替えが必要であり、3D都市モデル(デジタルツイン)技術で地区の課題解決のためにどのようなソリューションを創出するかが重要である。

したがって本研究では横浜市調査の指摘している「新たな技術・事業の検証がスピーディーに行っていない。都心部での混雑緩和・避難誘導等に課題がある。」の2つの課題を本研究開発の重点テーマとし、「横浜みなとみらい21エリアをDXの実証フィールドとしての3D都市モデル(デジタルツイン)データ基盤を構築しての充実とリアルタイムデータの収集・可視化のデジタルを活用した課題解決のための、具体的なソリューションを創出し検証する」こととなる。

3.1 3D都市モデルによるバーチャルみなとみらい21構築

本研究ではまず2015年に横浜市から提供されたクイーンズスクエアの公共空間CADを基にLOD4

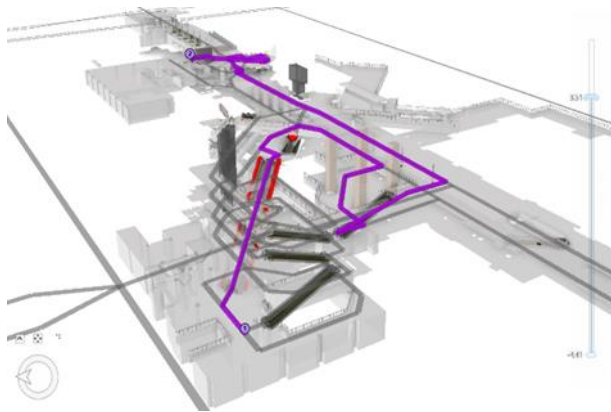


図3 キーンズスクエア（地上）とみなとみらい駅（地下）周辺の3D階層モデルと3D歩行空間ネットワーク

の3D都市モデルを作成し、オブリーク測量によるLOD2のエリア全域の3D建物モデルと組み合わせ最初の3D都市モデルを作成した。(図1)

そして2020年度「PLATEAU」プロジェクトでみなとみらい21エリアの3D都市モデルがオープンデータ化されたので、現在はこのLOD2を基にバーチャル空間モデル作成を進めている(図2)。

3.2 基盤データとしてのヒト・データ

具体的課題として「都心部での混雑緩和・避難誘導等」が挙げられているが、その課題解決のためには3D都市モデルの建物や都市空間のベースデータに紐づけられる人流・交通データや行動データのリアルデータが必要であり、有効な人流マネジメントのためにはその把握のための解析・シミュレーションと最終的にはリアルタイムでのセンシングが求められる。都市は人の活動・行動の場であるので、これら人流などのヒト・データが基盤データとして不可欠で、ヒト・データの計測・可視化・解析とシミュレーション・予測などの機能が3D都市モデル(デジタルツイン)に求められる。

3.3 人流の計測データ

本研究では地区内数か所でのLidar(レーザー)による人流計測を実施し、また横浜市・YMM21の「みなとみらい21地区来街者調査」の観測員による目視カウントによる歩行者流動量調査データとを利用している。

前者はキーンズスクエア、グランモール公園美術の広場とヨーヨー広場で2018、2019年にレーザーによる人流計測を実施した



図4 キーンズスクエア2F キーンズモールにおける歩行者軌跡データ

後者は2003年から毎年11-12月の休日・平日の両日に周辺からの来出接点30から40ヶ所の調査ポイントで実施されるもので、目的はみなとみらい地区への来街者数を推計するためである。現時点では駅の乗降客数や駐車場利用台数を除いて人流を長期間定期的に計測した唯一のデータである。

来街者推計値を目的変数とし建物延床面積を説明変数として回帰分析を行うと図4のように0.98という高い相関を示し、年間来街者数推計値の増加は建物延床面積で説明される。また各調査ポイントの、建物の延床面積や用途と各調査ポイントを休日・平日の歩行者流動量の休日比率%(休日量/休平日総量)と、歩行者流動量時間帯分布の朝夕の通勤時間帯7:30-10:00、17:00-19:00の歩行者流動量の比率%(時間帯量/休平日総量)の2変数での重心法クラスタ分析を行い、休日型・休平日型・平日型の3クラスターを得た(図5)。

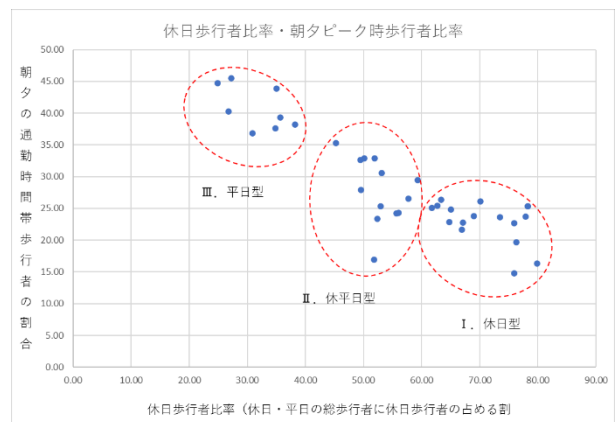


図5 調査ポイントクラスター分布図

調査ポイントのクラスターを3D都市モデルに入力し、各建物を集合住宅建物群を含む4クラスターに

類型化して可視化したものが図6である。

歩行者流動量調査によると来街者の80%超が鉄道を利用してと推計され、居住人口が1万人未満のこの地区においては歩行者のほとんどが地区外からの鉄道利用の来街者で、就業、ショッピング、コンベンション、宿泊、観光など目的が明確である。そのため駅からショッピング、コンベンション、観光などの休日での行動に対応する用途の休日タイプの建物・施設群へのルートの調査ポイントは休日型となり、平日タイプの業務ビルが集中するエリアへのルートの調査ポイントは平日型となり、両方のタイプが混在する複合都市集積エリアへのルートへの調査ポイントは休平日型となり、建物・施設の配置が計画的になされてきたみなとみらい地区ではそれらの都市構造が比較的明確である。

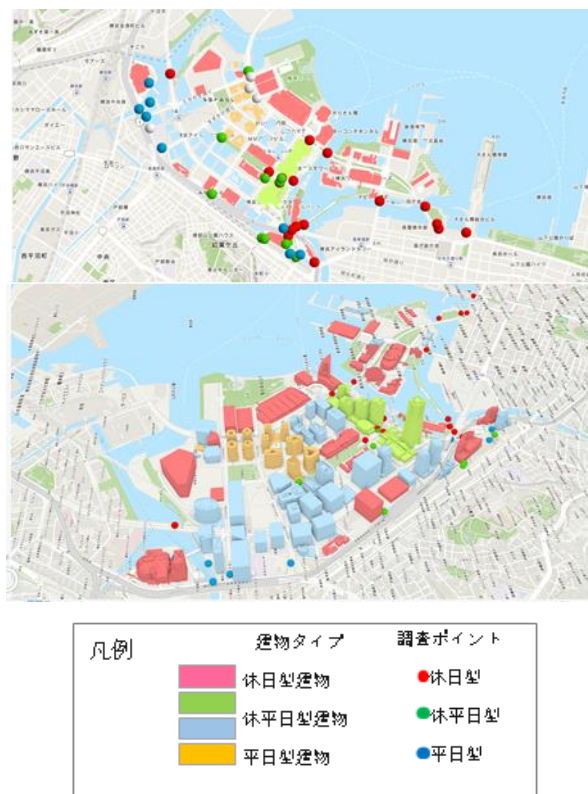


図6 歩行者実態調査ポイント位置・タイプ分類と建物タイプ分類

3.3 歩行空間ネットワーク解析と歩行者流動量推計

□上記のことから駅からの最寄建物施設への最短ルートと建物施設規模（延床面積）、用途で歩行者流動量がある程度推計可能と思われ、この推計を基に混雑緩和・避難誘導等の課題解決のソリューション

を導出することにつながると考えた。

□図3にあるように、みなとみらい21の歩行公共空間は地下5階から地上2、3階までの立体構造で、計画的に歩車分離がなされており、階段・エスカレーター・エレベーターで各階層が結ばれていて、ルートの抽出を3Dで行い、3Dネットワーク解析を行う必要がある。□□□□□□□□□□□□

本研究では公共モール、地下鉄駅構内、地下街を3D都市モデルを基にCADや構内図を参照して3D歩行空間ネットワークを国交省歩行空間ネットワーク仕様^{文献3)}に準拠して作成し、それをGISネットワークデータ化しネットワーク解析をし、最寄建物施設のメインエントランスから最も近い駅の改札口までの最短距離ルートを検出した。(図7)

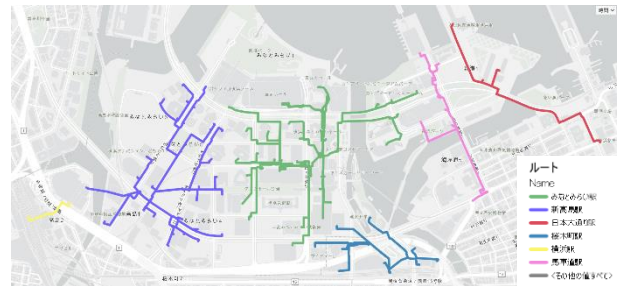


図7 各駅からの最寄建物施設への最短ルート

その最短ルートに最寄建物施設の延べ床面積を乗じネットワークのリンク毎に加算し太さとして可視化表示したのが図8である。ここに示されてるようにリンクの延床面積積算値は通過歩行者数の代理変数と考えられ、その多寡が通過歩行者数の多寡を表示すると推計できる。今後地区内の主要なリンクで通過歩行者変動数を実測して、沿道の建物用途別や時間別の測定結果などとあわせて分析し、歩行者一人当たり目的建物延床面積などを考慮することで、歩行空間の通行量の把握や予測各に役立てたいと考えている。



図8 各駅からの最寄建物施設への最短距離ルート延床面積

3.4 マルチエージェント・シミュレーション□□
 □人流推定結果の実践的活用手法の開発と有用性検証のため、現在、対象エリアで人流に関する最も喫緊の課題となっている、大規模集客施設でのイベント終了時の混雑緩和、安全な人の誘導に、マルチエージェント・シミュレーションを活用して、人の動きの時空間変化を把握し、リスク評価を行う手法がある。なお、分析に用いる断面通行量の計測データとして、現時点では、年1回20年間行っている来街者調査、レーザーを用いた詳細測定、携帯電話位置情報ログの3種類が考えられる。

2017年に本研究グループのメンバーである湘南工科大学浅野教授が（一社）みなとみらい21と横浜市の相談を受けて2020年オープン予定の1万人収容の音楽アリーナ「ぴあアリーナMM」のオープンにあたって大規模イベント終了時の混雑回避の解決策の相談を受け、マルチエージェント・シミュレーションを実施した事例を紹介する。



図11 ぴあアリーナMMの内部構造とペDESTリアンデッキなしの場合



謝辞

本研究をすすめるにあたり一般社団法人横浜みなとみらい21、横浜市都市整備局横浜駅・みなとみらい推進課、環境創造局のご支援を賜りました。御礼申し上げます。

横浜市の考えた混雑回避策は「ぴあアリーナMM」の前のペDESTリアンデッキからみなとみらい大通りを横断するペDESTリアンデッキの設置である。

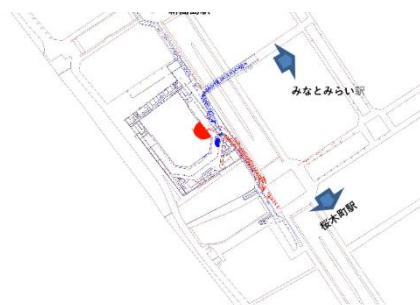
ぴあアリーナMMのLOD4の3D都市モデル（横断ペDESTリアンデッキ付）を作成、それをベースに1,2階での6,000人規模の退場シミュレーションを試行した。

□結果はペDESTリアンデッキからの退出が無い場合1Fで大規模な対面人流が発生し、滞留混乱が生じる危険性が予想されるが、デッキ設置の場合スムーズに退場できるというものであった。

□今後大規模開発が続くキング軸とグランモール軸の歩行軸が交差する新高島駅周辺での活用が期待できる。



図12 みなとみらい大通り横断のペDESTリアンデッキ追加設置の場合



参考文献

国土交通省（2020）3D都市モデル「PLATEAU」
<https://www.mlit-a.jp/platform/showcase/case-8.html>

横浜市（2020）デジタル社会の実現による地域活性化方策検討調査 横浜市政策局政策課

国土交通省（2018）歩行空間ネットワークデータ等整備仕様書案 国土交通省 URL

<https://www.mlit.go.jp/common/001177504.pdf>