

3D都市モデルDXプラットフォーム基盤の構築

佐藤裕一* 佐土原聡* 谷光清* 丹羽雄輔**

Construction of DX platform infrastructure of 3D city model

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

We are developing a sample model of DX platform infrastructure based on a 3D city model that can create solutions for town development area management for the Yokohama Minatomirai 21 District. In particular, we will create a management solution that revitalizes urban activities by studying quantitatively and visibly estimating human behavior in areas using smartphone location information using walking space network data.

Keywords: DX platform, data infrastructure, visualization, spatial analysis, pedestrian movement, network data set

1. はじめに

横浜市は 2020 年度の「デジタル社会の実現による地域活性化方策検討調査」と翌 21 年度に「デジタル技術の活用による地域活性化方策検討調査」を実施した。一方国は 2021 年 6 月にデジタル改革関連法案を成立させ 9 月 1 日にデジタル庁を創設した。これ等を踏まえ横浜市はデジタル統括本部を創設し「デジタル×デザイン」のコンセプトのもとに、同 21 年 6 月年に横浜 DX 戦略（素案）をまとめた。そして DX に取り組む最初の 4 年間で、DX 実現へ向けた“First Step”と位置づけ、戦略推進の土台づくりと初動のアクションを中心に、「先行、先進のプロジェクトを地域や都市レベルで展開・発信」等の 7 つの重点方針を掲げて取り組むことになった。

都心域の横浜みなとみらい 21 地区はほぼ 90%が施行され、地区の担い手がそろい転換期を迎え、エリアの新たな魅力づくりが求められ、DX 戦略においても先導的な役割を期待されている。このエリアの新たな魅力や価値創出のまちづくりのまとめ役がエリアマネジメント組織の（一般社団法人）横浜みなとみらい 21（以下 YMM21 と記す）である。横浜みなとみらい 21 開発プロジェクトは来年 2023 年着工 40 年を迎えるが、2019 年 10 月に YMM21 はエリアマネジメントのあり方（ビジョン・アクションプラン）をまとめ、2019 年の「スマートシティ

モデル事業重点事業化促進プロジェクト」を見直し、2022 年度に DX 推進をベースとする「スマートシティ推進計画」を策定する。

2. 3D都市モデルによるデジタルツイン「バーチャルサンドボックス」

2.1. デジタルツイン（バーチャルサンドボックス）

スマートシティ推進計画では、3D 都市モデルによるデジタルツインのバーチャルみなとみらい 21 が DX プラットフォーム基盤となり DX が新たな都市機能を提供し様々なソリューションを創出し、エリアの魅力と価値を飛躍的に高めることができると想定している。それゆえデジタル技術の活用による地域活性化方策検討調査では、「デジタル技術で再現した 3 次元の都市モデル上で、建物データ、地理空間データ等のベースデータを提供し、各種シミュレーションや仮想空間サービスを提供・連携するための情報基盤及びその運営サービスである『バーチャルサンドボックス』を重点的に検討」している。YMM21 のスマートシティ推進計画では、このデジタルツイン（バーチャルサンドボックス）「バーチャルみなとみらい 21」を DX プラットフォーム基盤として構築し、デジタルツインの機能サイクル（① 様々なソースから最新・リアルタイムなデータ取得 → ② データを時系列で蓄積 → ③ 仮想条件の設定/シ

*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

**ESRI ジャパン（ESRI Japan）052-959-2170

ミュレーション→④バーチャル上での検証結果をリアル空間に還元) *図1を参照を回して、みなとみらい21の未来課題を解決可能な多分野横断のソリューションを導き出し検証する機能を、横浜DX戦略の“First Step”として実装することを検討している。

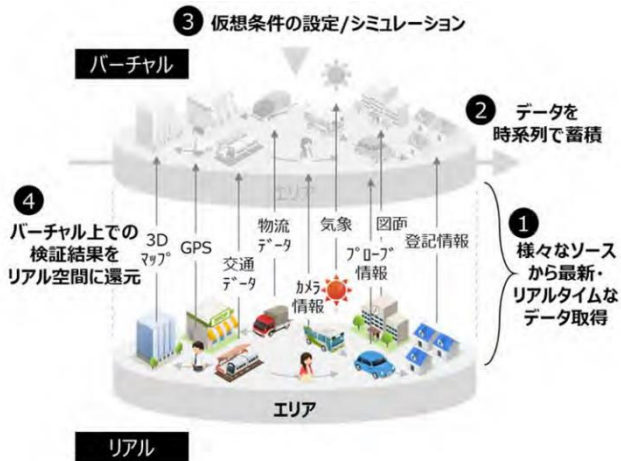


図1 バーチャルサンドボックス概念図 (横浜市デジタル技術の活用による地域活性化方策検討調査報告書より)

2.2. PLATEAUの3D都市モデルの現況

国のPLATEAUで作成された横浜市内のCityGMLによる3D都市モデルは、現段階ではみなとみらい21地区がLOD2レベルでそれ以外の全域はLOD1レベルであり、どちらにしろ、建物データ、地理空間データ等のベースデータを蓄積・提供し、各種シミュレーションや仮想空間サービスを提供・連携できる精度には限界がある。本プロジェクトではエリア内の一部ゾーン(クイーンモール、グランモール公園)を対象に建物内部を含むLOD4レベルのモデルを作成し、3D都市モデルの精度を先行検証している。そのレベルならば、建物内部や地下空間を含む地理空間ベースデータを蓄積し、シミュレーションや仮想空間サービスを提供することが可能である。BIM/CIMレベルの3D都市モデルが理想的であるが、少なくとも簡略精度の屋内外3D階層モデルが必要であると判断される。3D都市モデル自体のデータ容量が大きく処理負荷のためPC操作が困難となるので、対象データの種類・用途に応じてモデル精度を組み合わせ使い分ける必要がある。

2.2. デジタルツイン(バーチャル)上の属性データについて

デジタルツイン機能サイクルのバーチャル上で

扱う属性データは以下のように大別される。

- ① 静的データ：建物の物理(面積・材質)状態、所有・管理・賃貸者、用途・業務・機能、イベント・展示・コンベンション
- ② 動的データ：人・車両・貨物、水・大気・流動物・熱

動的データは絶えず移動するのが原則で、時系列でのデータ取得・蓄積・解析・検証が重要となってくる。

3. 移動空間ネットワークデータセット

3.1. 歩行者や車両の移動空間のネットワークデータ

動的データの歩行者や車両は建物・施設の屋内外を滞り・移動する。今回対象としているみなとみらい21地区はペDESTRIAN・デッキや屋内外モーターが整備され、歩行者・車両空間が明確に分離されていて、歩行者が横断歩道を除いて車道を移動することがない。一方で車両は地下・高架立体の車道・駐車場が整備され、できるだけ歩行者や車両が安全かつ快適に移動できるよう設計されている。そして歩行者・車両の空間は全く別のルールで運用され、別個のネットワークを形成している。

GISのネットワークデータセットはシンプルフィーチャ(ラインとポイント)およびターンを含めることができるソースフィーチャから作成され、ソースフィーチャの接続性を格納する。これにより一方通行の道路、ターン規制、および高架/トンネルの複雑な都市移動空間ネットワークの3Dモデリングが可能となる。これらネットワークが都市の建物・施設間を連結した歩車別での移動・循環が都市活動を支えており、このネットワークの3D都市モデルによるデジタルツイン・データ化により、建物・施設の3Dモデルと連結して、建物・施設と歩車空間の全体が一体化したネットワーク・データセットとして機能して多様な空間解析が可能となる。さらには地下鉄・鉄道を含んだマルチモーダル交通ネットワークなどの複雑な接続性のシナリオも考えられる。

3.3. 3Dネットワーク・データセットの作成

具体的な歩行者空間ネットワークの作成事例を報告する。みなとみらい21地区の3D都市モデルは

PLATEAUのLOD2の建物のみであるので、地表面の道路や公園の標高データを持つ3Dモデルを作成し連結体する必要がある。道路は横浜市の2Dの道路台帳GISを、公園は設計CADを使用しこれらデータが標高値を持たないので、国土地理院基盤地図情報数値標高データを地表面サーフェス・データとして使用して3D化して、PLATEAUの建物3Dモデルと連結する。その地表面や通路面の上に歩行空間の形状に合わせて建物のメインエントランスや横断歩道を結ぶラインフィーチャを作成し、それをソースフィーチャとしてノードとリンクの連結関係を構築したネットワーク・データセットを作成する。

このことによりArcGISの各種ネットワーク解析(ルート、最寄り施設、ODコスト等)を機能させることができる。

同様の手順で車道のネットワーク・データセットが作成できるが、歩行ネットワークがODの始点終点がメインエントランスであるのに対し、駐車場入口となり、右折禁止・一旦停止などの様々な通過(時間)コストが付加される。

4. 歩行空間ネットワークデータとスマートフォン位置情報を用いた歩行者数推定手法の検討

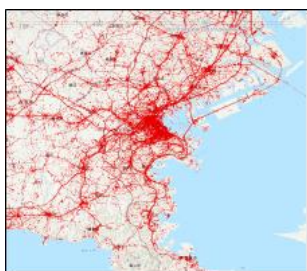


図2 神奈川県東部の携帯位置情報のデータ事例

1の全域の歩行者数(断面通行量)を推定する手法を検討している。

一般にスマートフォンから得られる位置情報²は、全歩行者数の一部分で、取得頻度も粗く、位置精度もばらつきがあり利用上の課題がある。そこで歩行空間ネットワークデータとスマートフォン位置情報を用いて推定算出した歩行者数と同時間帯の目視調査の歩行者数を比較することで、歩行者数の推定とその精度について検証した。この検討では歩行者に自転車利用者も含んだ。

4.1. 検討の概要と使用データ

この歩行空間ネットワークを使用しスマートフォン位置情報を利用してみなとみらい21の全域の歩行者数(断面通行量)を推定

4.2. 使用したデータについて

目視調査結果は2021年11月23日(水曜、祝日)に一般社団法人横浜みなとみらい21が調査したデータのうち西区内8か所のデータと、同日に筆者らが計測した新高島駅周辺の6か所の計14か所のデータで比較した。時間帯は、7:30~9:00、10時、12時、14時、17時台の歩行者数と自転車利用者数が30分ごとのデータを用いた。一方、スマートフォンの位置情報データは、横浜市西区を対象としたAgoop社の「ポイント型流動人口データ」を使用した。項目は、デイリーID(日毎に付与されるユーザーID)、緯度経度、GPS精度、移動速度を用いた。

4.3. スマートフォン位置情報に基づく歩行者数の算出とポイントデータ解析

1) 抽出条件と評価データ

横浜市西区のスマートフォンの位置情報ポイントデータ約130万ポイント/日のうち、分析対象地区に関するデータとして、歩行空間ネットワークデータの各リンクから100mの範囲内、GPS精度20m以内のデータを抽出した。また、歩行者と自転車利用者のデータに限るため移動速度4m/s以内のデータを利用する。30分ごとに分割し移動経路を推定する。

検討ではスマートフォンの位置情報ポイントデータを、歩行空間ネットワークデータのリンクの最も近い位置にそれぞれ位置づけた。その上で30分間ごとの同じデイリーIDの各ポイントを時系列に最短距離で結ぶネットワーク上の経路をArcGIS Pro

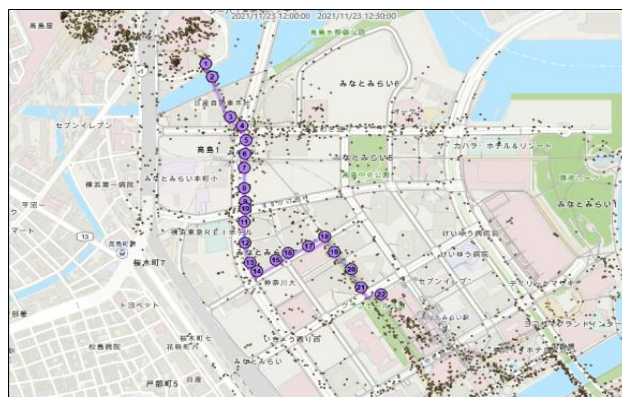


図3 選択ルートの検証事例

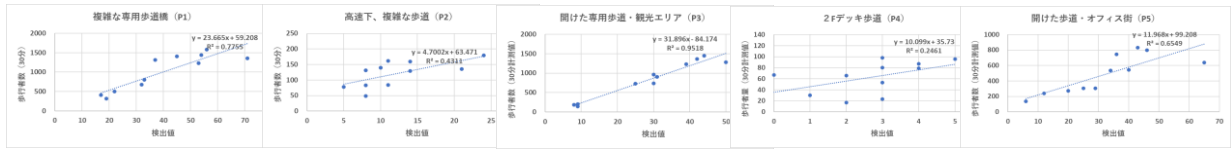


図5 各計測場所の単回帰分析結果

を用いて求め、これを選択移動経路とする。ネットワーク上の任意の地点に対して通過する経路数を集計し、その地点の30分間の歩行者数とする。

3) 目視調査との比較

スマートフォン位置情報を基に算出した値を目視調査結果と比較した。結果の一部を図4に示す。算出した歩行者数は目視調査結果に比べ非常に少ない一方、時間変化の傾向が似ていることが見て取れる。そこで、目視調査の30分間の歩行者数(自転車利

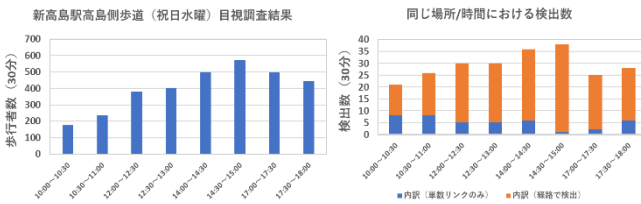


図4 ある場所での歩行者数調査データと算出値の比較

用者を含む)を目的変数、スマートフォン位置情報に基づく30分間の歩行者数を説明変数とする単回帰分析を、目視調査の調査地点ごとに行った。回帰係数はいずれも正であるが、その値には大きな幅がある。

4) 検討のまとめ

3D都市空間モデルを用いて作成した歩行空間ネットワークデータセットとスマートフォンから得られる位置情報を用いて、街路ごとの歩行者量を算出することができ街路空間の特徴に影響する回帰式を得ることができた。この回帰式の精緻化と適用できる歩行空間の定義を明確化し、ほかの地域での適用を検討する。

5. シーズ・ニーズ志向のソリューションの開発

プラットフォーム基盤を用いたデジタルツインの研究開発にあたってはシーズとニーズをマッチングさせた双方向アプローチが不可欠である。プラットフォーム基盤のサンプルモデルを作成し、デジタルツインの4機能サイクルを回しながら絶えずニーズ側のユースケースとシーズ側のデータ・機能作成

の突合せを行う必要がある。これにより望ましいユースケースの創出と適切な開発コストを導出することで、操作性に富む機動的なデジタルツイン・プラットフォームを構築できる。

6. ダッシュボード

ArcGISの、3D都市モデル上のリアルタイムデータを監視、追跡、および評価に特化したダッシュボード機能で、全体の状況把握や、個々の事象に注目した状況把握も可能である。関係者がオペレーションビューを見て、空間的・定量的な視点から認識できる。緊急時の対応状況や事象を一目で確認することができ、実践的な意思決定に役立つ。ビューは、さまざまなビジュアライゼーションツールを構成して、適切なビューを開発無しですぐに作成でき、迅速な状況把握を強力にサポートする。

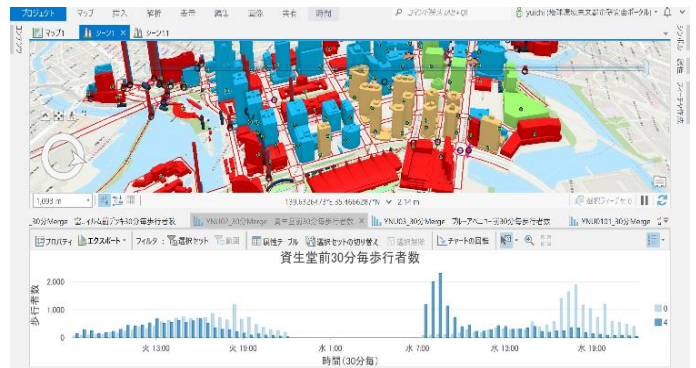


図6 みなとみらい21のダッシュボード表示例(3D都市モデル建物タイプ/歩行ネットワーク/歩行調査地点30分毎歩行者数休日・平日)

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 (2021) デジタル技術の活用による地域活性化検討調査 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>