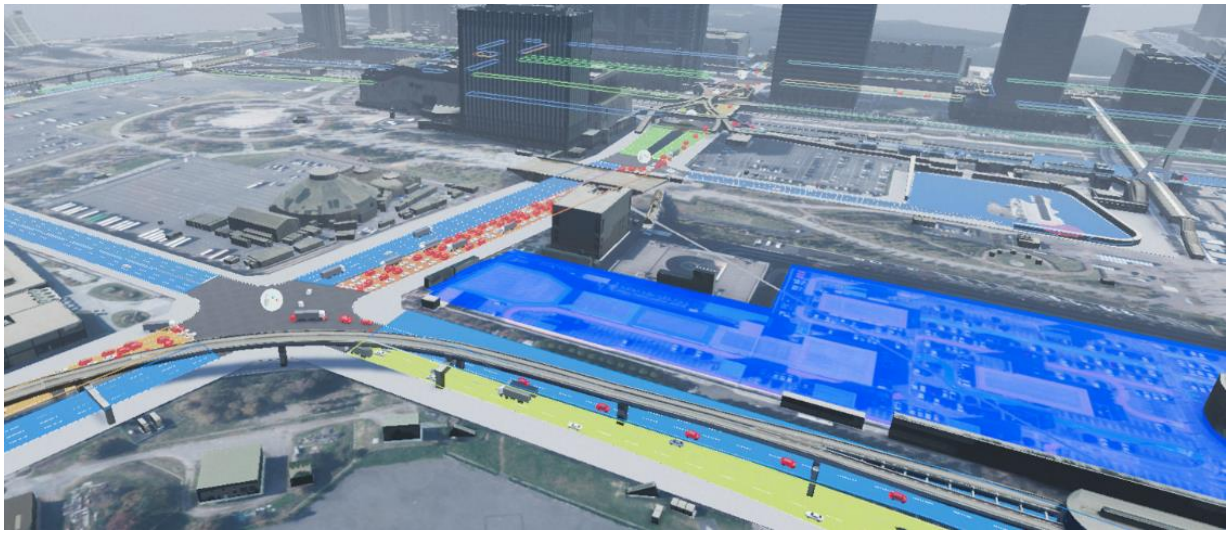
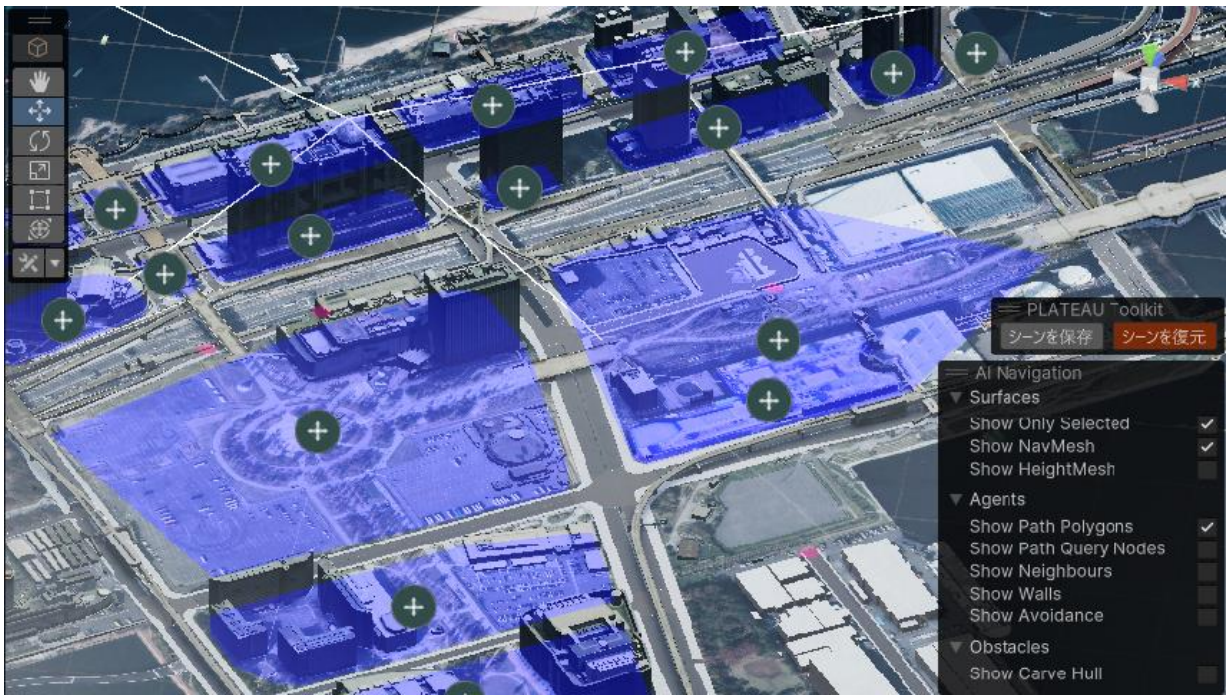
PLATEAU by MLIT

PLATEAU Technical Report

3D都市モデル活用のための技術資料





商業施設等の立地に関する交通シミュレータの開発技術検証レポート

series No. 96

Technical Report on Microsimulation of Traffic Flow

目次

1. ユースケースの概要 - 3 -
1-1. 現状と課題 - 3 -
1-1-1. 課題認識 - 3 -
1-1-2. 既存業務フロー - 3 -
1-2. 課題解決のアプローチ - 5 -
1-3. 創出価値 - 6 -
1-4. 想定事業機会 - 7 -
2. 実証実験の概要 - 8 -
2-1. 実証仮説 - 8 -
2-2. 実証フロー - 8 -
2-3. 検証ポイント - 8 -
2-4. 実施体制 - 9 -
2-5. 実証エリア - 9 -
2-6. スケジュール - 10 -
3. 開発スコープ - 11 -
3-1. 概要 - 11 -
3-2. 開発内容 - 11 -
4. 実証システム - 13 -
4-1. アーキテクチャ - 13 -
4-1-1. システムアーキテクチャ - 13 -
4-1-2. データアーキテクチャ - 14 -
4-1-3. ハードウェアアーキテクチャ - 15 -
4-2. システム機能 - 17 -
4-2-1. システム機能一覧 - 17 -
4-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ - 18 -
4-2-3. 開発機能の詳細要件 - 19 -
4-3. アルゴリズム - 41 -
4-3-1. 利用したアルゴリズム - 41 -
4-3-2. 開発したアルゴリズム - 44 -
4-4. データインタフェース - 49 -
4-4-1. ファイル入力インタフェース - 49 -
4-4-2. ファイル出力インタフェース - 54 -
4-4-3. 内部連携インタフェース - 69 -
4-5. 実証に用いたデータ - 71 -
4-5-1. 活用したデータ一覧 - 71 -
4-6. ユーザーインタフェース - 76 -

4-6-1. 画面一覧 - 76 -
4-6-2. 画面遷移図 - 77 -
4-6-3. 各画面仕様詳細 - 78 -
4-7. 実証システムの利用手順 - 85 -
4-7-1. 実証システムの利用フロー - 85 -
4-7-2. 各画面操作方法 - 86 -
5. システムの非機能要件 - 95 -
5-1. 社会実装に向けた非機能要件 - 95 -
6. 品質 - 96 -
6-1. 機能要件の品質担保 - 96 -
6-2. 非機能要件の品質担保 - 96 -
7. 実証技術の機能要件の検証 - 97 -
7-1. 検証目的 - 97 -
7-2. KPI - 97 -
7-3. 検証方法と検証シナリオ - 98 -
7-4. 検証結果 - 99 -
8. 実証技術の非機能要件の検証 - 118 -
8-1. 検証目的 - 118 -
8-2. KPI - 118 -
8-2-1. 検証方法と検証シナリオ - 118 -
8-2-2. 検証結果 - 118 -
9. 有用性検証 - 119 -
9-1. 検証目的 - 119 -
9-2. 検証方法 - 119 -
9-3. 被験者 - 120 -
9-4. ヒアリング・アンケートの詳細 - 121 -
9-4-1. アジェンダ・タイムテーブル - 121 -
9-4-2. アジェンダの詳細 - 121 -
9-4-3. 検証項目と評価方法 - 122 -
9-4-4. 実証実験の様子 - 122 -
9-5. 検証結果 - 125 -
10. 成果と課題 - 128 -
10-1. 本実証で得られた成果 - 128 -
10-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性 - 128 -
10-1-2. 3D 都市モデルの公共政策・ビジネス面での優位性 - 128 -
10-2. 実証実験で得られた課題と対応策 - 129 -
10-3. 今後の展望 - 131 -
11. 用語集 - 132 -

1. ユースケースの概要

1-1. 現状と課題

1-1-1. 課題認識

近年、産業構造の変化等に伴い大規模な低未利用地が発生したこと等により、市街地における大規模な都市開発や郊外における商業施設等の新設が行われている。このような開発は、その規模の大きさや交通需要の多さから、発生集中交通量が大きく、渋滞等のさまざまな交通問題を生じる可能性が高い。
これらの問題に対処するためには、個別の開発に先立って、開発に伴う発生集中交通量の予測、既存の交通施設への影響の評価及び必要な交通対策の立案を行い、開発に合わせて必要な道路交通対策を実施することが必要である。
これに対し、個々の車両における行動を考慮し、実際の交通状況に近い効果を予測する自動車のミクロ交通シミュレーション等の活用が期待されるが、シミュレーションの実行に必要となるデータ群の整備において、データ自体の取得の手間やシミュレーション用データへの変換のハードルが高く、実務レベルでの活用が進んでいない。

1-1-2. 既存業務フロー

商業施設等の立地に伴う交通対策の検討における関係者協議、交通シミュレーションに係る業務フロー概要、及びボトルネックとなる部分を以下に示す。

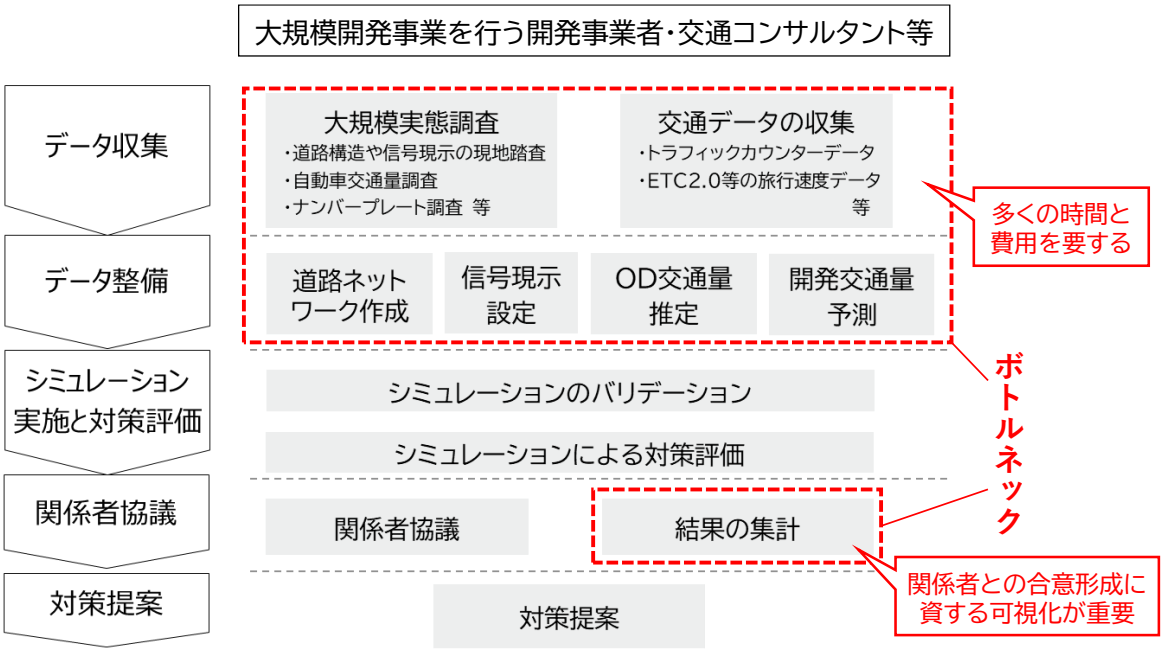


図 1-1 既存業務フロー

表 1-1 既存業務概要

実施項目	実施主体	業務概要
商業施設等の立地に伴う交通対策立案	大規模開発事業を行う開発事業者、交通コンサルタント等	● 商業施設等の開発に先立ち、開発にともなう発生集中交通量[*1] の予測、交差点や特定の路線等への交通集中にともなう渋滞への影響の評価及び必要な交通対策の立案からなる一連の局所的な都市交通計画を策定し、開発に合わせて必要な交通対策を実施する
データ収集	大規模開発事業を行う開発事業者、交通コンサルタント等	● 商業施設等の周辺地域の道路構造や信号現示の現地調査、自動車交通量調査、ナンバープレート調査を実施する
データ整備	大規模開発事業を行う開発事業者、交通コンサルタント等	● 交通シミュレーション用の道路ネットワークデータや信号現示データの作成、OD 交通量の推定を行う ● 商業施設等の開発に伴い増加する交通量を予測、設定する
シミュレーション実施、対策評価	大規模開発事業を行う開発事業者、交通コンサルタント等	● 交通シミュレーションの現況再現（バリデーション）及びシミュレーションによる交通影響評価、対策案の評価を行う
関係者協議、対策提案	大規模開発事業を行う開発事業者、交通コンサルタント及び関係自治体等	● 開発に伴う交通影響及び対策案の評価結果に基づき、関係自治体担当者等との事前協議を行う

＊1　発生集中交通量：ある地区を出発する交通量と到着する交通量の合計値のこと

1-2. 課題解決のアプローチ

大型商業施設等の大規模開発に伴い、自動車交通が集中して周辺道路に影響を及ぼすため、開発前の段階から交通影響評価と対策検討が不可欠である。刻一刻と変わる交通流を反映したミクロ交通シミュレーションによる影響評価は技術的に成熟しているが、データ取得や整備に手間がかかるため、実務活用が進んでいない。
そこで、3D 都市モデルと交通関連の各種オープンデータ等を活用し、さまざまな自動車ミクロ交通シミュレータと連携可能なシミュレーション用インプットデータの生成機能、及び結果の 3D 可視化機能を開発する。具体的には、3D 都市モデルを活用した道路ネットワークデータ生成機能、交通発生点[*1]の設定機能、交通オープンデータ等を活用した OD 交通量[*2]の推定機能、開発交通量[*3]の推定機能のほか、これらを統合する基盤となるシミュレーションデータ生成 UI 及びシミュレーション結果を 3D 可視化する表示機能を自動車ミクロ交通シミュレータとも連携可能な形式で開発し、大規模商業施設の影響評価への適用性について検証する。

＊1 交通発生点：交通シミュレータにおける交通流の発生源や発着点
＊2 OD 交通量：Origin（出発地）－Destination（到着地）の略語
＊3 開発交通量：新たな開発地域や施設が完成した際に想定される交通量や交通需要

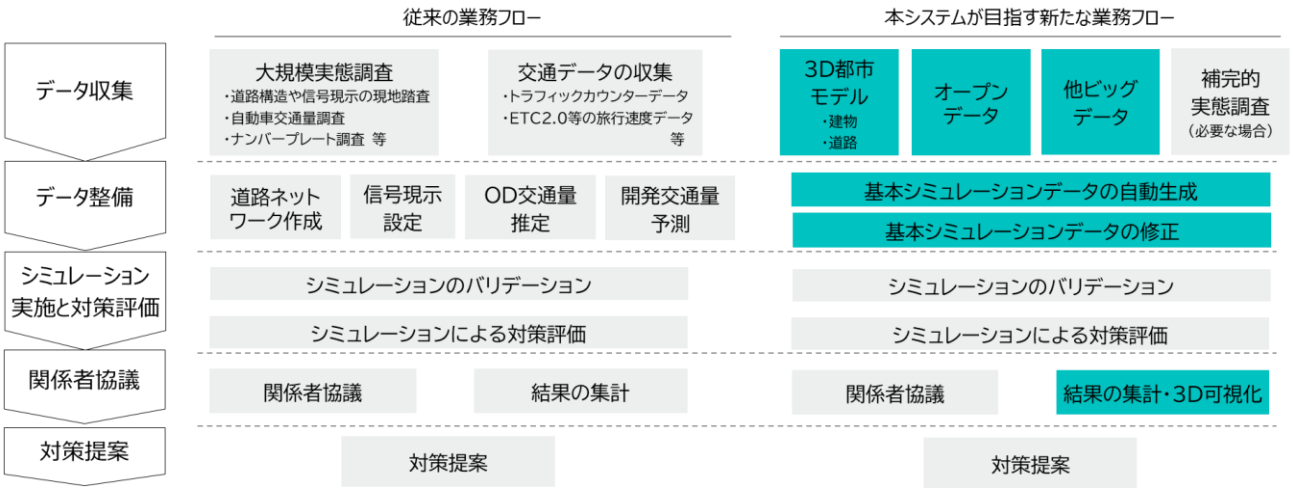


図 1-2 改善後の業務フロー（いずれも大規模開発事業を行う開発事業者、交通コンサルタント等が実施）

表 1-2 本システム導入による改善点

実施項目	実施主体	本システム導入による改善点
データ収集	大規模開発事業を行う開発事業者、交通コンサルタント等	● 3D 都市モデルを活用した道路ネットワークデータの整理、交通発生点の設定、交通のオープンデータ等を活用した OD 交通量の推定、開発交通量の推定を自動的に行うことが可能となり、データ収集にかかわる時間が大幅に削減される
データ整備	大規模開発事業を行う開発事業者、交通コン	● 収集されたデータや各種の設定、推定結果を統合する基盤となるシミュレーションデータの生成 UI により、これまで多くの時間

	サルタント等	を要していた作業の効率化、省力化が図られる
関係者協議	大規模開発事業を行う開発事業者、交通コンサルタント、及び関係自治体等	● シミュレーション結果を 3D 可視化する表示機能として、あらゆるミクロ交通シミュレータとも連携可能な形式で開発することで、汎用性の向上と関係者とのスムーズな合意形成に寄与する

1-3. 創出価値

都市の実態を記述するさまざまなデータにより構築される都市のデジタルツインは、都市や交通のみならず、さまざまな分野における政策の社会的意思決定の高度化を実現する技術として期待が高い。道路交通分野においては、自動車のミクロ交通シミュレーションが、言わば、道路分野のデジタルツイン技術として発展してきており、この活用を先駆け的に普及促進することが、対策等にかかわる意思決定の高度化に資するだけでなく、デジタルツインに対する社会的受容性を高めることにも役立つと考えられる。

本プロジェクトでは、オープンデータとシミュレーションとの間をつなぐインプットデータやシミュレーション結果の可視化をオートメーション化する仕組みを開発することを通じて、ミクロ交通シミュレーションの利用促進を図るものである。また、シミュレーション結果の可視化機能により、大規模商業施設の開発前と開発後の交通状況を比較し、新たな渋滞発生箇所等の事前確認を行うことが可能となり、対策提案の協議が容易となることが期待される。また、提案した対策の評価（交通状況の比較）も可能であり、円滑な関係者協議の実施に寄与する。

なお、本プロジェクトの実証においては商業施設の立地に伴う交通影響評価をユースケース開発のターゲットとするが、ウォーカブルなまちづくりのための都心部における道路空間再編、駅まち再編、多様なモビリティサービスの社会実装等、多方面にわたる道路交通影響評価に応用可能なシステムとして開発を目指す。

1-4. 想定事業機会

大規模開発事業者や交通影響評価を担当する交通コンサルタントが想定利用者となり、道路交通アセスメントや交通影響対策のコンサルティングサービスを事業機会と見込む。

表 1-3 想定事業機会

項目	内容
利用者	● 大規模開発事業を行う開発事業者 ● 大規模小売店事業者 ● 交通コンサルタント ● 自治体
サービス仮説	● 大規模開発に伴う交通影響評価の効率化 ● より効果的な交通影響対策の提案による外部不経済の低減 ● 同地域における他の大規模開発との複合的影響を考慮した対策の実施 ● 影響に対して関係者間でより明確な共通認識を形成
提供価値	● 安価かつ容易なシミュレーションインプットデータ ➢ 3D 都市モデルを活用した道路ネットワークデータ出力機能や交通発生点設定機能を含む、交通シミュレーションに必要なインプットデータの収集、作成を効率化する機能を開発し、安価かつ容易にシミュレーション実行が可能 ● 議論を想定したシミュレーション結果可視化 ➢ 交通影響評価の議論の場における活用を想定した、車両・渋滞可視化機能、視点操作機能、2D/3D 切替え機能を提供

2. 実証実験の概要

2-1. 実証仮説

- ミクロ交通シミュレーションの実行に必要なインプットデータの自動生成及びその編集を容易にする一連の機能を開発することによって、シミュレーション実行にかかる手間を減らすことができる
- シミュレーション結果を 3D 可視化する機能を導入することによって、開発事業者、行政、警察、市民等の間で、交通影響やその対策の有用性等にする認識の共有が促進される

2-2. 実証フロー

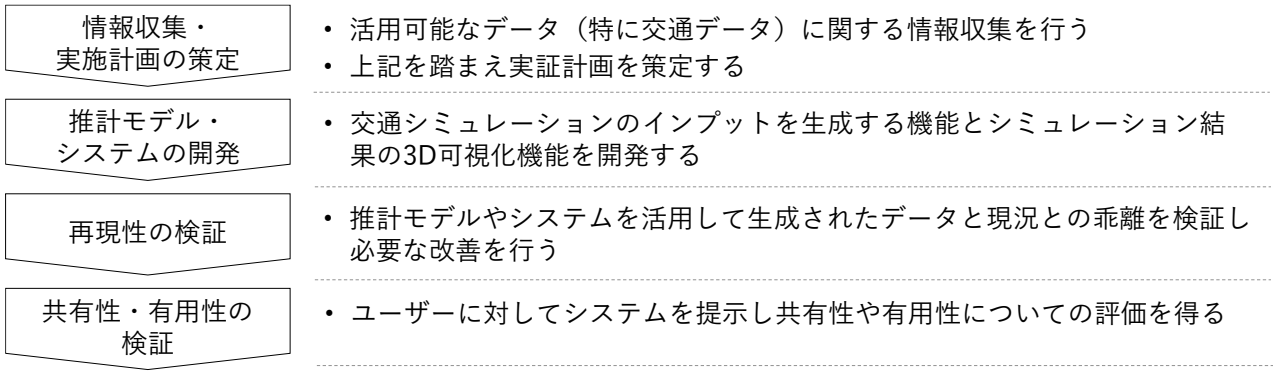


図 2-1 実証フロー

2-3. 検証ポイント

- 交通シミュレータの再現性の担保
  - 自動生成した道路ネットワークデータが現実社会の道路（車線数、交差点形状、信号制御等）を的確に表現しているか、ならびに OD 交通量が実際の交通状況と同じ条件になっているか等の再現性が確保されるかを確認する

上記 1 点の検証ポイントについては、【7.実証技術の機能要件の検証】で検証結果を記載

- 交通シミュレータの操作性及び有用性の検証
  - 操作を直感的に理解でき、シミュレーションを使用するユーザーが使いやすい UI を実現できるか、ユーザーが利用したいと思うシステムとなっているかを確認する

上記 1 点の検証ポイントについては、【9.BtoB ビジネスでの有用性検証】で検証結果を記載

2-4. 実施体制

表 2-1 実施体制

役割	主体	詳細
全体管理	国土交通省都市局	プロジェクト全体ディレクション
	アクセンチュア	プロジェクト全体マネジメント
実施事業者	計量計画研究所	ユースケース実証における全体統括 開発交通量推定機能の開発
	シナスタジア	道路ネットワークデータ生成機能の開発 交通発生点の設定機能開発 シミュレーションデータ生成 UI 機能の開発 シミュレーション結果可視化機能の開発
	アイ・トランスポート・ラボ	OD 交通量の推定機能の開発

2-5. 実証エリア

表 2-2 実証エリア

項目	内容
実証地	東京都港区台場
面積	約 0.6 ㎢
マップ （対象エリアは 赤枠内）	

2-6. スケジュール

表 2-3 スケジュール

実施事項	2024 年									2025 年		
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
1. 3D 都市モデルの活用方策、実施計画の策定	⟷	⟷										
2. 推定モデル、システム基本設計			⟷	⟷								
3. 道路ネットワーク生成、OD 交通量設定、開発交通量の推定機能等の開発				⟷	⟷							
4. シミュレーションデータ生成 UI の開発					⟷	⟷	⟷					
5. 再現性の検証、技術実証								⟷	⟷			
6. 成果とりまとめ										⟷	⟷	

3. 開発スコープ

3-1. 概要

今回のプロジェクトでは、①シミュレーションデータ生成ツール、②シミュレーション結果の可視化ツールの2つを開発する。
①シミュレーションデータ生成ツールとして、3D 都市モデルを活用した道路ネットワークデータ出力機能、交通発生点の設定機能、信号現示設定機能、交通発生集中点間走行経路判定機能、既存交通 OD 交通量推定機能、開発関連発生集中交通量推定機能、開発関連 OD 交通量推定機能を開発する。
②シミュレーション結果の可視化ツールとして、車両・渋滞可視化機能、視点操作機能、2D/3D 切替え機能を開発する。

3-2. 開発内容

本プロジェクトは、3D 都市モデルを含むオープンデータを活用し、ミクロ交通シミュレーションの実施に必要なインプットデータを簡易かつ低コストに生成するツールを開発することにより、大規模不動産開発に伴う交通影響解析実施ハードルを下げ、道路交通対策の高度化に貢献するものである。
近年、産業構造の変化等に伴い大規模な低未利用地が発生したこと等により、市街地における大規模な都市開発や郊外における商業施設等の新設が行われている。このような開発は、その規模の大きさや交通需要の多さから、発生集中交通量が大きく、渋滞等のさまざまな交通問題を生じる可能性が高い。これらの問題に対処するためには、個別の開発に先立って、開発に伴う発生集中交通量の予測、既存の交通施設への影響の評価及び必要な交通対策の立案を行い、開発に合わせて必要な道路交通対策を実施することが必要である。これに対し、個々の車両における行動を考慮し、実際の交通状況に近い効果を予測する自動車のミクロ交通シミュレーション等の活用が期待されるが、シミュレーションの実行に必要となるデータ群の整備において、データ自体の取得の手間やシミュレーション用データへの変換のハードルが高く、実務レベルでの活用が進んでいない。

今回のプロジェクトでは、ミクロ交通シミュレーションに必要なインプットデータを簡易に生成する①シミュレーションデータ生成ツール、及び②シミュレーション結果可視化ツールを開発した。
①シミュレーションデータ生成ツールには、3D 都市モデルの建築物モデル、交通（道路）モデル、地形モデルをインプットとした道路ネットワークデータ生成機能や交通発生点[*1]の設定機能のほか、道路交通に関するオープンデータを活用したOD交通量[*2]の推計機能や開発交通量[*3]の推計機能を持たせ、これらの機能により、ミクロ交通シミュレータの利用に必要なインプットデータ群を自動生成するものである。
②シミュレーション結果可視化ツールは、シミュレーション結果を 3D 表示で分かりやすく可視化する機能を持ち、大規模な不動産開発において生じる道路交通への影響評価についての関係者間の認識共有を補助し、対策に関する合意形成を促進することが期待される。

本プロジェクトで開発したツールにより、これまで専門知識が必要とされていた道路ネットワーク生成等の作業を自動化し、より多くの関係者がこれらの機能を利用できるようになった。
このように、専門知識を持たずとも手元の端末で汎用的にミクロ交通シミュレーションを実施できる環境を構築することにより、高度な交通影響の解析を手軽かつ低コストに実現し、交通影響評価に基づく施策の蓋然性を高め、都市の持続可能な発展に寄与するものである。

＊1 交通発生点：交通シミュレータにおける交通流の発生源や発着点
＊2 OD 交通量：Origin（出発地）－Destination（到着地）の略語
＊3 開発交通量：新たな開発地域や施設が完成した際に想定される交通量や交通需要

4. 実証システム

4-1. アーキテクチャ

4-1-1. システムアーキテクチャ

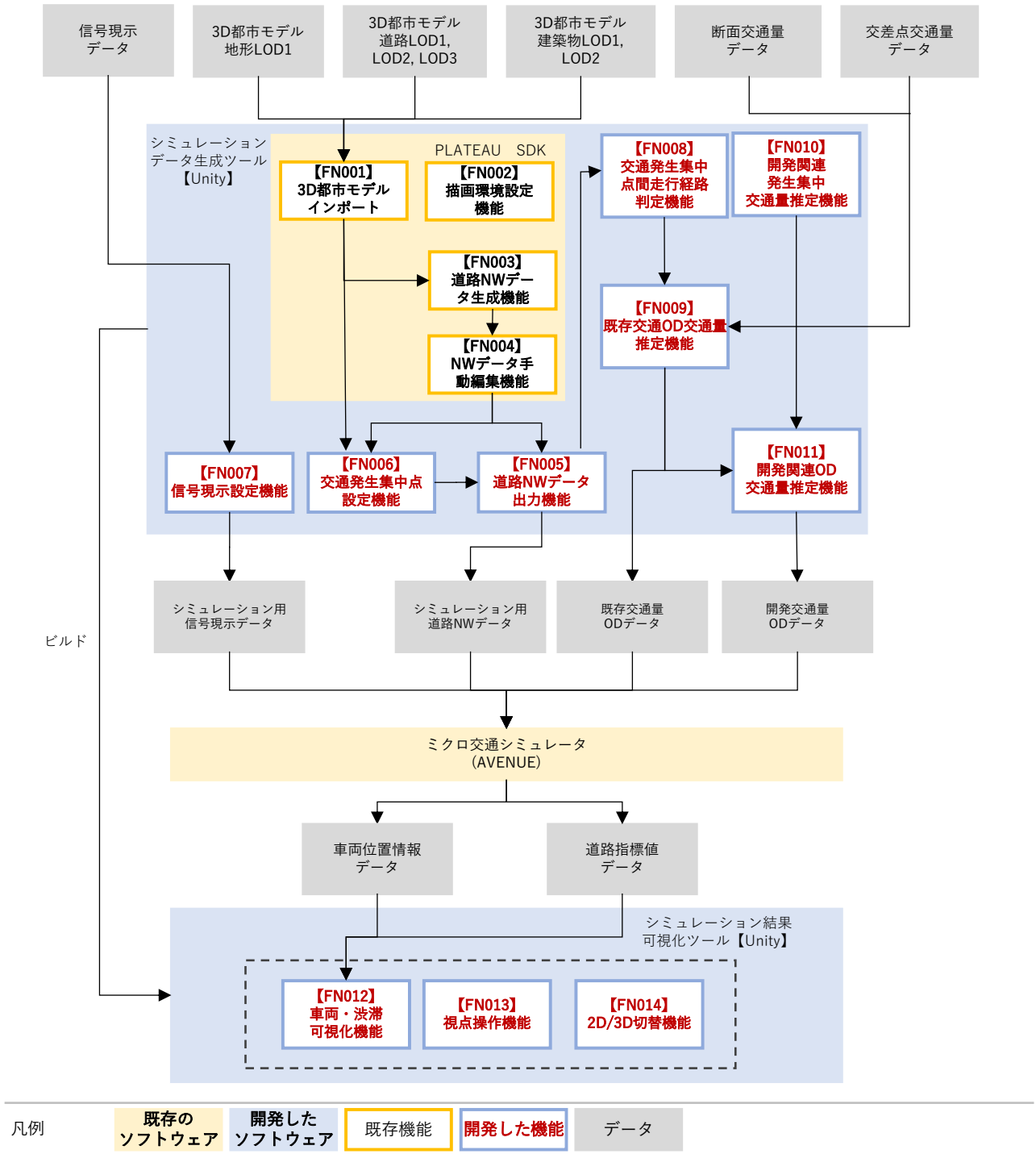


図 4-1 システムアーキテクチャ

4-1-2. データアーキテクチャ

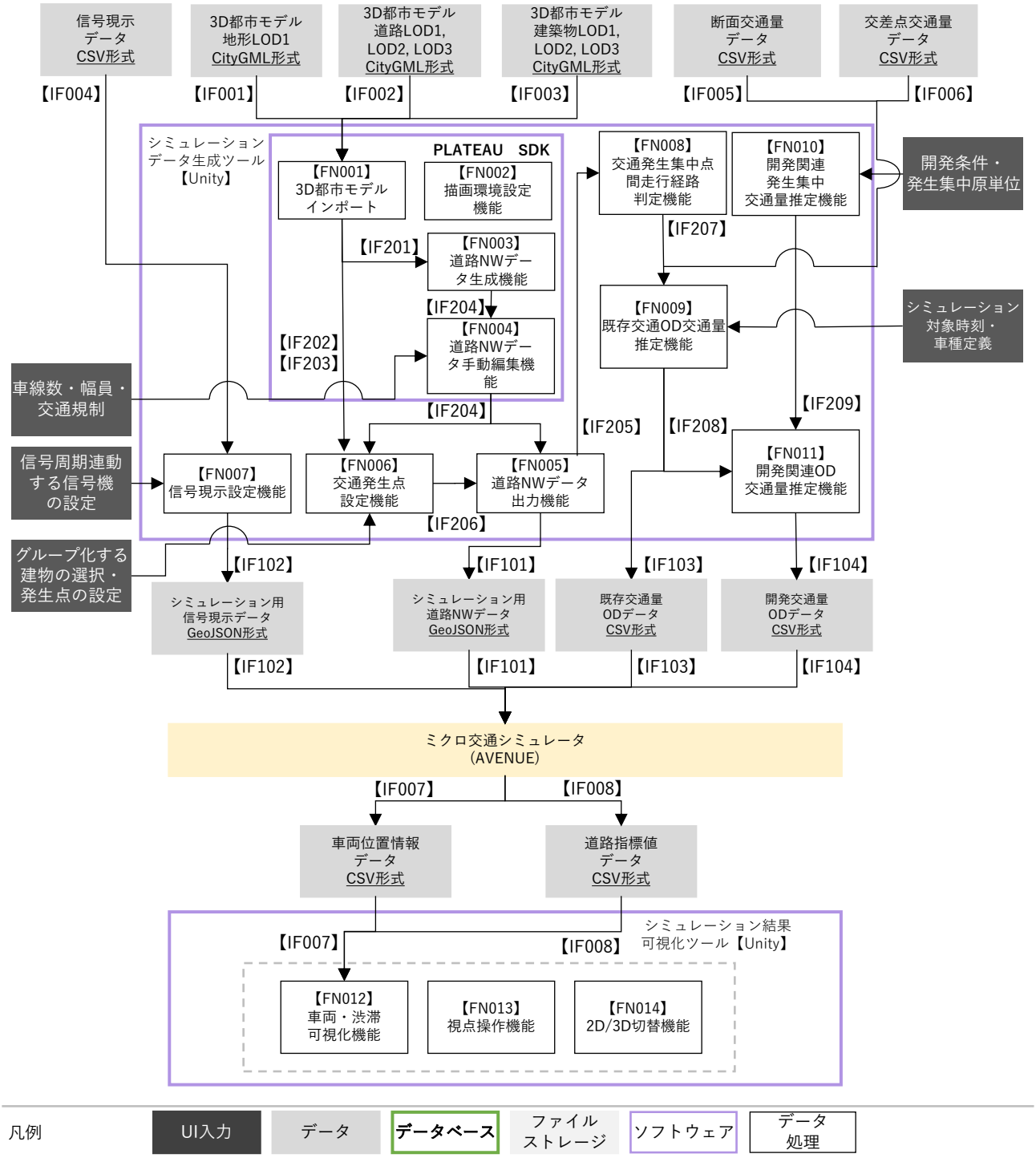


図 4-2 データアーキテクチャ

4-1-3. ハードウェアアーキテクチャ

4-1-3-1. 利用したハードウェア一覧

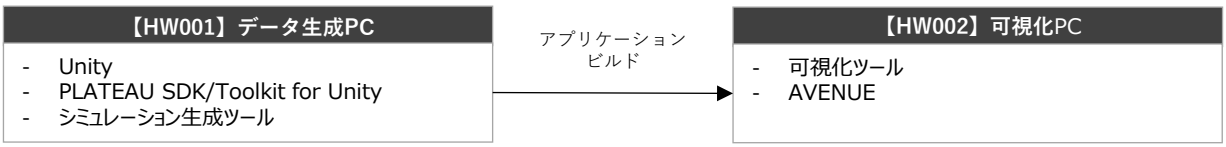


図 4-3 ハードウェアアーキテクチャ

表 4-1 利用したハードウェア一覧

ID	種別	品番	用途
HW001	データ生成 PC	ROG ZEPHYRUS G14　G402X	● シミュレーションデータの生成
HW002	データ可視化 PC	ROG ZEPHYRUS G14　G402X	● シミュレーションデータの表示

4-1-3-2. 利用したハードウェア詳細

1)　【HW001】データ生成 PC

- 選定理由
  - シミュレーションデータを生成するのに十分なスペックである
- 仕様・スペック
  - CPU：Intel クロック周波数 2GHz 以上
  - GPU：NVIDIA® GeForce RTX™ 4060 Laptop GPU
  - メモリ：32GB 以上
  - ストレージ：200GB 以上の空き容量
  - OS：Windows 11 Home 64 ビット
- イメージ

図 4-4 PC イメージ

2)　【HW002】：データ可視化 PC

- 選定理由
  - シミュレーションデータを可視化するのに十分なスペックである
- 仕様・スペック
  - CPU：Intel クロック周波数 2GHz 以上
  - GPU：NVIDIA® GeForce RTX™ 4060 Laptop GPU
  - メモリ：32GB 以上
  - ストレージ：200GB 以上の空き容量
  - OS：Windows 11 Home 64 ビット
- イメージ

図 4-5 PC イメージ

4-2. システム機能

4-2-1. システム機能一覧

表 4-2 システム機能一覧

※赤文字：新規開発・既存改修

大分類	小分類	ID	機能名	機能説明
データ生成	PLATEAU SDK	FN001	3D 都市モデルインポート機能	● 3D 都市モデルを Unity にインポートする
		FN002	描画環境設定機能	● Unity での描画環境（光源、空、フォグ等）の設定を行う
		FN003	道路ネットワークデータ自動生成機能	● 道路モデルから自動で車両の道路ネットワークを生成する
		FN004	道路ネットワークデータ手動編集機能	● 自動生成された道路ネットワークを手動で編集する ● 具体的には、車線単位での車両の経路情報、停止線、優先道路情報の設定を行う
	シミュレーションデータ生成【Unity】	FN005	道路ネットワークデータ出力機能	● 交通発生点を情報として含んだ道路ネットワークをシミュレータ向けのフォーマットで出力する
		FN006	交通発生点設定機能	● 建築物モデルを入力として交通発生点及び発生量の設定を行う。発生量は bldg:lod0FootPrint、bldg:measuredHeight、bldg:usage を基に自動で推定される他、手動での設定も可能である
		FN007	信号現示設定機能	● CSV で定義された信号現示情報を読み込み、3D 空間に信号アセットを配置した上で信号制御情報、対応する停止線を設定する
		FN008	交通発生集中点間走行経路判定機能	● 発生集中点間経路を推定する。プローブデータ※等の走行経路データが入手可能な場合、その経路パターンを参考に OD 間経路を設定する。データが得られない場合、経路選択モデルを利用し、交差点方向別交通量を参考に発生集中点間経路を設定する
		FN009	既存交通 OD 交通量推定機能	● 交通発生点間走行経路判定機能で得られた推定走行経路と OD 交通量との関係を定式化し、既知の観測交通量との乖離が最小となる OD 交通量を推定する

大分類	小分類	ID	機能名	機能説明
		FN010	開発関連発生集中交通量推定機能	● 開発条件（用途、床面積等）から、「大規模開発地区関連交通計画マニュアル（H26.6）」に記載の発生集中原単位を乗じて開発に伴う発生集中交通量を推定する
		FN011	開発関連 OD 交通量推定機能	● 発生集中交通量と既存交通 OD 交通量の推定結果を用いて、開発関連 OD 交通量を推定する
分析結果の可視化	シミュレーション結果可視化ツール【Unity】	FN012	車両･渋滞可視化機能	● シミュレータから送られた情報を基に車両オブジェクト、渋滞状況を可視化する
		FN013	視点操作機能	● 3D 空間内での視点位置を自由に操作する
		FN014	2D/3D 切替え機能	● 描画を 2D/3D で切り替える

※プローブデータ：GPS やセンサ等により把握される車両の位置、速度、加速度等に関する移動情報

4-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ

表 4-3 利用したソフトウェア・ライブラリ

※赤文字：新規開発・既存改修

ID	項目	内容
SL001	PLATEAU SDK for Unity	● 3D 都市モデルを Unity で扱うためのツールキット
SL002	Unity	● Unity 社が提供するゲームエンジン
SL003	AVENUE	● 一般街路ネットワークを対象として開発された交通流シミュレーションシステム
SL004	GeoJSON.NET	● GeoJSON を読み込み、書き出すためのライブラリ
SL005	NetTopologySuite	● 2D 形状の解析を行うためのライブラリ ● 建物の床面積の計算、ゾーンの自動設定に利用する。
SL006	ProBuilder	● カスタムメッシュ作成のための Unity プラグイン
SL007	PLATEAU SDK Sandbox Toolkit for Unity	● 3D 都市モデルを用いたゲーム開発、映像製作、シミュレーション実行等を支援するツール ● 車、人、都市設備等のアセットをシーンに配置する機能を提供している
SL008	PLATEAU SDK Rendering Toolkit for Unity	● 3D 都市モデルのグラフィックスを向上させるツール ● Unity シーン内に配置した 3D 都市モデルの天候や時間帯の変更、テクスチャ調整等の機能を提供している

4-2-3. 開発機能の詳細要件

1. 【FN001】3D 都市モデルインポート機能

- 機能概要
  - PLATEAU SDK for Unity によって CityGML をインポートする。
- 処理フロー

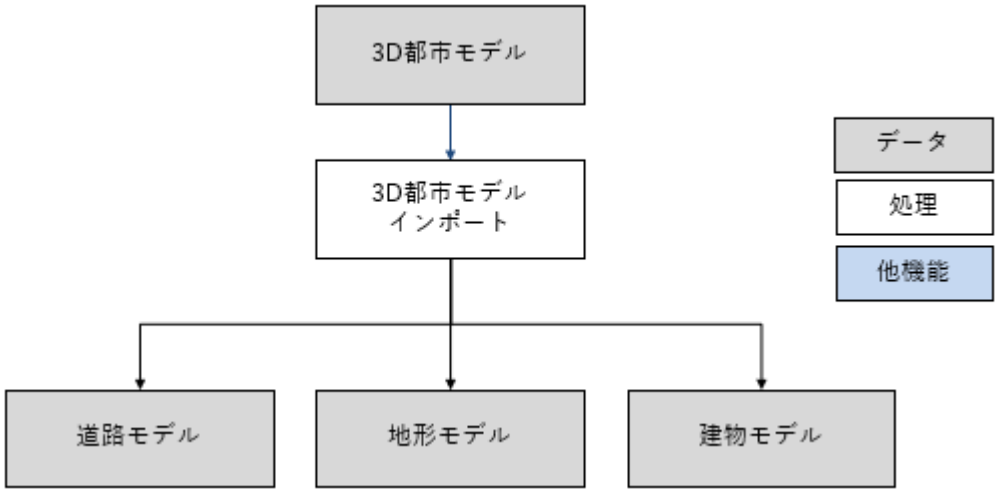


図 4-6 3D 都市モデルインポート機能 処理フロー

- データ仕様
  - 入力
    - 3D 都市モデル
      - 内容
        - 3D 都市モデル標準製品仕様書に準拠した CityGML 形式の 3D 都市モデルデータ
      - 形式
        - CityGML
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF001】を参照
  - 出力
    - 3D 都市モデル（道路）
      - 内容
        - 3D 都市モデルの道路データ
      - 形式
        - Unity にインポートされた 3D 都市モデル
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
    - 3D 都市モデル（建築物）
      - 内容
        - 3D 都市モデルの建築物データ

- 形式
  - Unity にインポートされた 3D 都市モデル
- データ詳細
  - 内部連携インタフェース【IF202】を参照

✧ 3D 都市モデル（地形）

- 内容
  - 3D 都市モデルの地形データ
- 形式
  - Unity にインポートされた 3D 都市モデル
- データ詳細
  - 内部連携インタフェース【IF203】を参照

- 機能詳細
  - 3D 都市モデルインポート
    - ✧ 処理内容
      - 2D 地図上で範囲選択されたエリア内の CityGML をパースし、Unity 内データとしてインポートする
    - ✧ 利用するライブラリ
      - PLATEAU SDK for Unity
    - ✧ 利用するアルゴリズム
      - なし

2. 【FN002】描画環境設定機能

- 機能概要
  - PLATEAU SDK Rendering Toolkit for Unity によって光環境の設定を行う。
- 処理フロー
  - なし
- データ仕様
  - 入力
    - ✧ なし
  - 出力
    - ✧ なし
- 機能詳細
  - 環境設定
    - ✧ 処理内容
      - ビジュアルクオリティを簡易に向上させるため、PLATEAU SDK Rendering Toolkit for Unity によって光環境の設定を行う。
    - ✧ 利用するライブラリ
      - PLATEAU SDK Rendering Toolkit for Unity
    - ✧ 利用するアルゴリズム
      - なし

3. 【FN003】道路ネットワークデータ自動生成機能

- 機能概要
  - PLATEAU SDK for Unity を利用して、道路モデルから道路ネットワークを生成する。
- フローチャート
  - なし
- データ仕様
  - 入力
    - 3D 都市モデル（道路）
      - 内容
        - 3D 都市モデルの道路データ
      - 形式
        - Unity にインポートされた 3D 都市モデル
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF201】を参照
  - 出力
    - 道路ネットワーク（Unity 内データ）
      - 内容
        - Unity 内で保持された道路ネットワークデータ
      - 形式
        - Unity 内データ
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF204】を参照
- 機能詳細
  - 道路ネットワーク生成
    - 処理内容
      - PLATEAU SDK for Unity を利用して、道路モデルから道路ネットワークを生成する。
    - 利用するライブラリ
      - PLATEAU SDK for Unity
    - 利用するアルゴリズム
      - なし

4. 【FN004】ネットワークデータ手動編集機能

- 機能概要
  - PLATEAU SDK for Unity を利用して、道路ネットワークを手動で編集する。
- フローチャート
  - なし
- データ仕様
  - 入力
    - 道路ネットワーク（Unity 内データ）
      - 内容
        - Unity 内で保持された道路ネットワークデータ
      - 形式
        - Unity 内データ
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF204】を参照
  - 出力
    - 道路ネットワーク（Unity 内データ）
      - 内容
        - Unity 内で保持された道路ネットワークデータ
      - 形式
        - Unity 内データ
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF204】を参照
- 機能詳細
  - 道路ネットワーク編集
    - 処理内容
      - PLATEAU SDK for Unity を利用して、道路ネットワークを手動で編集する。
    - 利用するライブラリ
      - PLATEAU SDK for Unity
    - 利用するアルゴリズム
      - なし

5. 【FN005】道路ネットワークデータ出力機能

- 機能概要
  - 交通発生点を情報として含んだ道路ネットワークをシミュレータ向けのフォーマットで出力する。
- フローチャート

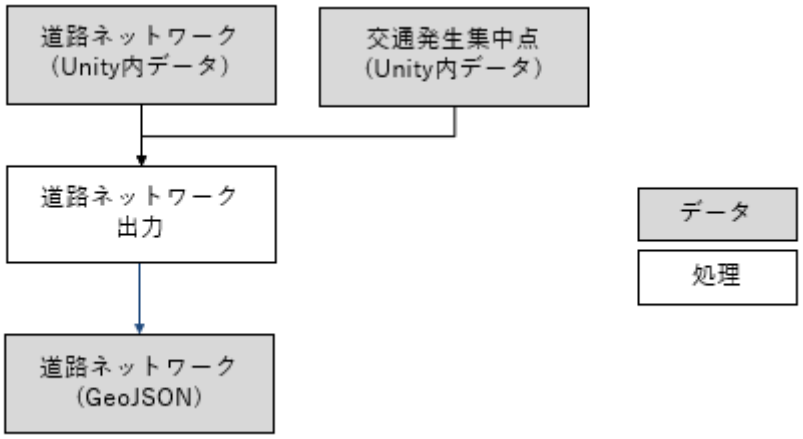


図 4-7 道路ネットワークデータ出力機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - 道路ネットワーク（Unity 内データ）
      - 内容
        - 道路ネットワーク
      - 形式
        - Unity で生成、設定された道路ネットワーク
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF204】を参照
    - 交通発生集中点（Unity 内データ）
      - 内容
        - 交通発生集中点及びそれに付随する情報
      - 形式
        - Unity で生成、設定された交通発生集中点
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF206】を参照
  - 出力
    - シミュレーション用道路 NW データ
      - 内容
        - 交通発生集中点を含んだ道路ネットワーク
      - 形式
        - GeoJSON

- データ詳細
  - ファイル出力インタフェース【IF101】を参照
- シミュレーション用道路ネットワークデータ、発生集中交通量初期値データ内容
  - 交通発生集中点を含んだ道路ネットワーク
- 形式
  - GeoJSON、CSV データ
- データ詳細
  - 内部連携インタフェース【IF205】を参照

- 機能詳細
  - 道路ネットワーク出力
    - 処理内容
      - Unity 内データとして保持された道路ネットワーク及び交通発生集中点を GeoJSON 形式で出力する。
    - 利用するライブラリ
      - GeoJSON.NET
    - 利用するアルゴリズム
      - なし

6. 【FN006】交通発生集中点設定機能

- 機能概要
  - 交通発生集中点の情報を生成、編集する
- フローチャート

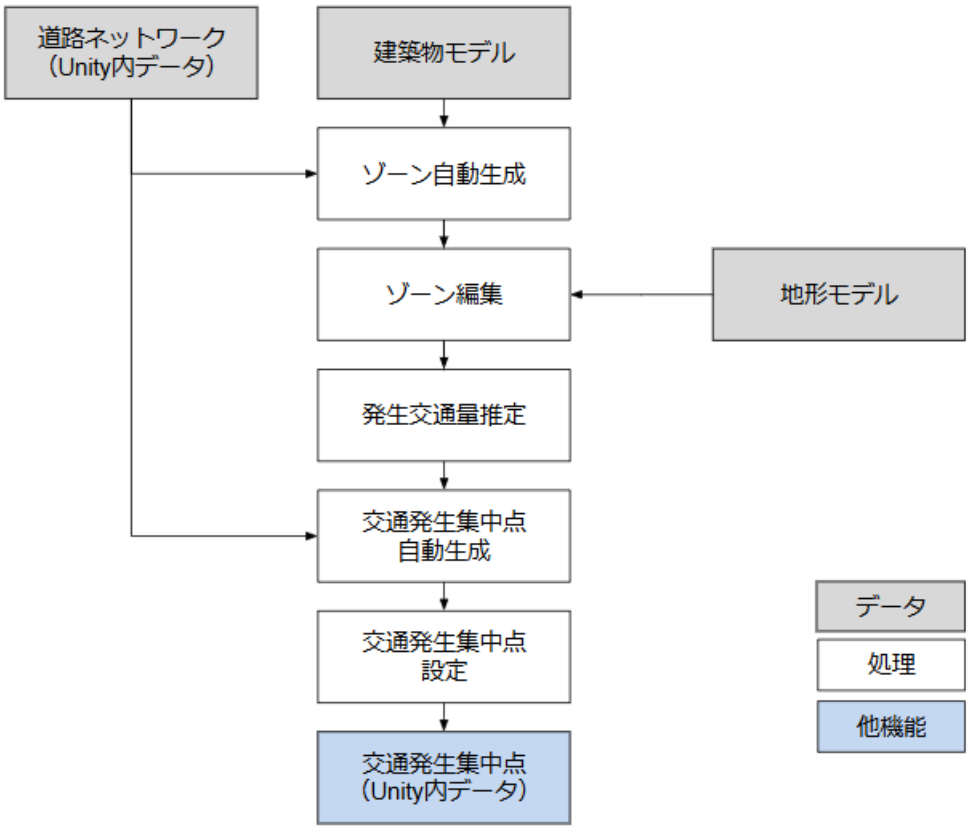


図 4-8 交通発生集中点設定機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - 3D 都市モデル（建築物）
      - 内容
        - 3D 都市モデルの建築物データ
      - 形式
        - Unity にインポートされた 3D 都市モデル
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF202】を参照
    - 3D 都市モデル（地形）
      - 内容
        - 3D 都市モデルの地形データ
      - 形式
        - Unity にインポートされた 3D 都市モデル
      - データ詳細

- 内部連携インタフェース【IF203】を参照
- ✧ 道路ネットワーク（Unity 内データ）
  - 内容
    - Unity 内で保持された道路ネットワークデータ
  - 形式
    - Unity 内データ
  - データ詳細
    - 内部連携インタフェース【IF204】を参照
- 出力
  - ✧ 交通発生集中点（Unity 内データ）
    - 内容
      - Unity 内で保持された交通発生集中点データ
    - 形式
      - Unity 内データ
    - データ詳細
      - 内部連携インタフェース【IF206】を参照

- 機能詳細
  - ゾーン自動生成
    - ✧ 処理内容
      - 建物に発生集中する交通を簡易に定義するため、交通発生集中のゾーンを自動で生成する
      - ゾーンはポリゴン形状のエリアとして定義され、ポリゴン形状とゾーン内の建物は以下の手順で自動生成される
        - 道路ネットワークで囲われた建物をグループ化する
        - 各グループについて、NetTopologySuite を用いてグループ内の全ての建物の lod0FootPrint を囲う凸多角形を生成しゾーンとみなす
      - 建物のグループ化は以下の方法で行う
        - 道路モデルの各座標から高さを省き、2D のポリゴン化する
        - 2D 化した全てのポリゴンを NetTopologySuite の Union 関数を用いて結合する
        - 道路モデル全てを囲う長方形のポリゴンを生成する
        - NetTopologySuite の Difference 関数を用いて長方形のポリゴンと結合した道路モデルのポリゴンの差分のポリゴンを求める。このポリゴンは道路モデルで区切られた街区のポリゴンとみなせる
        - 街区のポリゴンそれぞれに対し、重複する建物を一つのグループとみなす
    - ✧ 利用するライブラリ
      - NetTopologySuite
    - ✧ 利用するアルゴリズム
      - なし
  - ゾーン編集
    - ✧ 処理内容

- ゾーンのポリゴン形状を作成、変更、マージする
- ポリゴン形状の作成は地形モデルをクリックすることで行う
  - ProBuilder の API を利用して外形頂点を順にクリックして登録していき、最後に始点がクリックされたらポリゴン形状として登録する
- ゾーンがマージされると、マージ元に含まれる全ての建物がグループ化され、ゾーンポリゴンが再計算される

✧ 利用するライブラリ
- ProBuilder

✧ 利用するアルゴリズム
- ゾーンポリゴンの自動生成

➢ 交通発生集中点自動生成

✧ 処理内容
- エリア内の建物、エリア外の道路からの交通流入出の起点、終点として使用される交通発生集中点を自動生成する
- エリア内の建物とひも付く発生集中点は、ゾーンから一定距離（50m を想定）以内のノードをゾーンにひも付く交通発生集中点として登録する

✧ 利用するライブラリ
- Unity.Library.eppz.Geometry

✧ 利用するアルゴリズム
- なし

➢ 交通発生集中点設定

✧ 処理内容
- 自動生成が行えないエリア内高速道路の出入り口からの交通流入出の起点、終点として使用される交通発生集中点や自動生成できなかった交通発生集中点を手動で設定する

✧ 利用するライブラリ
- なし

✧ 利用するアルゴリズム
- なし

➢ 発生集中交通量推定

✧ 処理内容
- ゾーン内の建築物の用途（bldg:usage）、高さ（bldg:measuredHeight）、床面積（ライブラリを利用して bldg:lod0FootPrint から算出）から延べ床面積を算出し、用途別の発生集中交通量原単位を乗じることで発生集中交通量を推定する
- 交通量はゾーンにひも付く発生集中点に均等に振り分けられる
- この機能で得られた交通量は既存 OD 交通量推定機能での初期値として利用される

✧ 利用するライブラリ
- NetTopologySuite

✧ 利用するアルゴリズム
- 既存建物の発生集中交通量推定

7. 【FN007】信号現示設定機能

- 機能概要
  - CSV で定義された信号現示情報を読み込み、3D 空間に信号アセットを配置した上で信号現示情報、対応する停止線を設定する
- フローチャート

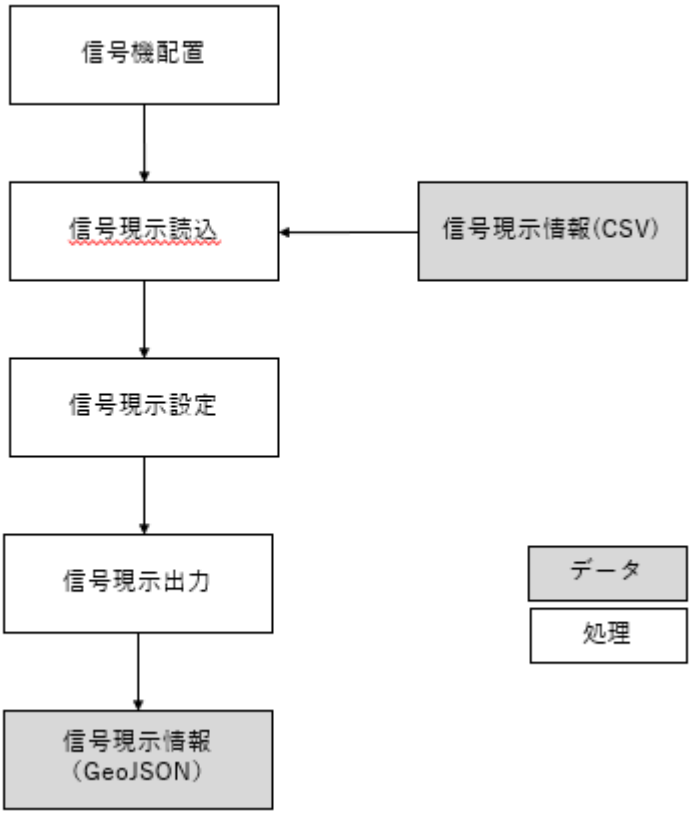


図 4-9 信号現示設定機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - ✧ 信号現示データ（CSV）
      - 内容
        - 信号の制御周期情報
      - 形式
        - CSV
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF004】を参照
  - 出力
    - ✧ シミュレーション用信号現示データ（GeoJSON）
      - 内容
        - 信号の制御周期情報

- 形式
  - GeoJSON
- データ詳細
  - ファイル出力インタフェース【IF102】を参照

- 機能詳細
  - 信号機配置
    - 処理内容
      - 信号機アセットを 3D ビュー上に配置する
    - 利用するライブラリ
      - PLATEAU SDK Sandbox Toolkit for Unity
    - 利用するアルゴリズム
      - なし
  - 信号現示読込
    - 処理内容
      - CSV 形式の信号現示情報を読み込み、フェーズ数、スプリット、各フェーズにおける制御状態を適用する
      - オープンデータとして提供されている交差点情報の CSV データでは、交差点は座標値ではなく交差点ごとに一意に付与された ID によって定義されているため、交差点検索図から対応する ID を確認し、CSV データを読み込む前に生成ツールから各交差点に ID を割り振る必要がある

図 4-10 交差点検索図

※地図出典：公益財団法人日本交通管理技術協会（https://www.tmt.or.jp/research/index10_13.html）

- ✧ 利用するライブラリ
  - なし
- ✧ 利用するアルゴリズム
  - なし

➢ 信号現示設定

- ✧ 処理内容
  - 交差点（ノード）ごとに信号制御器の制御パターンとして以下の内容を手動で編集する
    - ➢ フェーズ数
    - ➢ 各フェーズの長さ（スプリット）
    - ➢ 各フェーズにおける信号灯器の制御状態
      - ✧ 進行可能方向、色（青、黄、赤）
  - 信号灯器ごとに以下を設定する
    - ➢ 対応する停止線
- ✧ 利用するライブラリ
  - なし
- ✧ 利用するアルゴリズム
  - なし

➢ 信号現示出力

- ✧ 処理内容
  - 設定された信号現示情報を GeoJSON 形式で出力する
- ✧ 利用するライブラリ
  - GeoJSON.NET
- ✧ 利用するアルゴリズム
  - なし

8. 【FN008】交通発生集中点間走行経路判定機能

- 機能概要
  - 交通発生・集中点が属するゾーン間の走行経路を判定する
- フローチャート

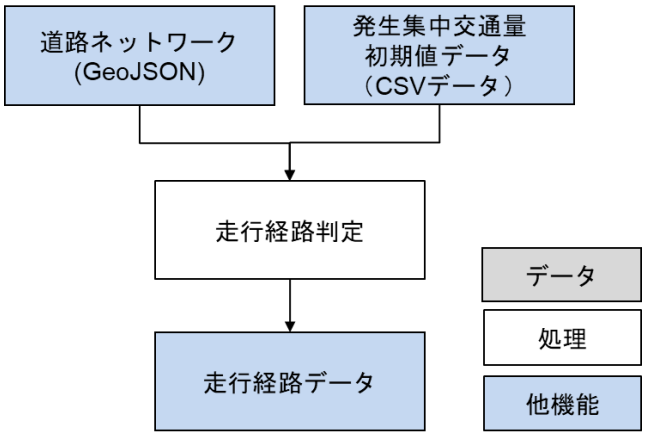
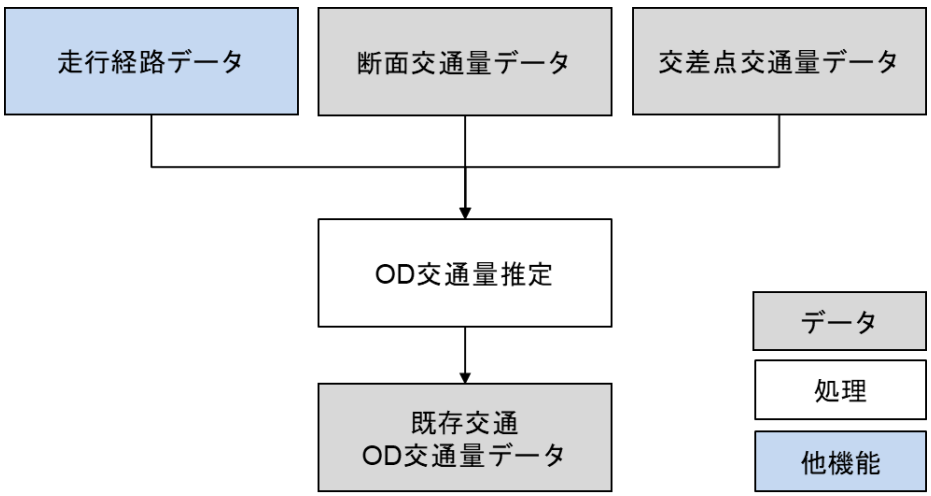


図 4-11 交通発生集中点間走行経路判定機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - シミュレーション用道路ネットワークデータ
      - 内容
        - 道路ネットワークと、発生集中交通量初期値データ
      - 形式
        - GeoJSON、CSV データ
      - データ詳細
        - ファイル出力インタフェース【IF101】、内部連携インターフェース【IF205】を参照
  - 出力
    - 走行経路データ
      - 内容
        - 交通発生点間の経路と経路選択確率
      - 形式
        - CSV データ
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF207】を参照
- 機能詳細
  - 走行経路判定
    - 処理内容
      - リンク属性（規制速度等）を基にした経路探索計算を行い、各交通発生点間の走行経路を交通量の多い経路から上位 3 パターン生成し、経路選択確率を付与する
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - 【AL001】ダイクストラ法

9. 【FN009】既存交通 OD 交通量推定機能

- 機能概要
  - 走行経路データ、断面交通量データ、交差点交通量データから、OD 交通量推定処理を行う
- フローチャート



4-12 既存交通 OD 交通量推定機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - 断面交通量データ
      - 内容
        - 道路上に設置された車両感知器による交通量観測データ
      - 形式
        - CSV ファイル形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF005】を参照
    - 交差点交通量データ
      - 内容
        - 交差点分岐率、信号現示データ、滞留長等の現地調査データ
      - 形式
        - CS ファイル形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF006】を参照
    - 走行経路データ
      - 内容
        - 交通発生点間の経路と経路選択確率
      - 形式

        - CSV データ形式
    - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF207】を参照

- 出力
    - 既存交通量 OD データ
        - 内容
            - 交通発生点 OD 交通量データ
        - 形式
            - CSV ファイル形式
        - データ詳細
            - ファイル出力インタフェース【IF103】を参照

- 機能詳細
    - OD 交通量推定
        - 処理内容
            - 各交通発生点間の走行経路と経路選択確率から求めた断面観測交通量及び交差点交通量計測断面の交通発生点から発生した交通量の総和と、当該断面の交通量観測データとの差が最小となるよう発生交通量を補正し、OD 交通量を推定する
        - 利用するライブラリ
            - なし
        - 利用するアルゴリズム
            - 【AL102】エントロピー最大化法を用いた OD 交通量推定アルゴリズム

10. 【FN010】開発関連発生集中交通量推定機能

- 機能概要
  - 開発条件（都市規模、用途地域の別、当該店舗面積）と発生集中原単位を入力し、開発に伴う発生集中交通量を算出する
- フローチャート

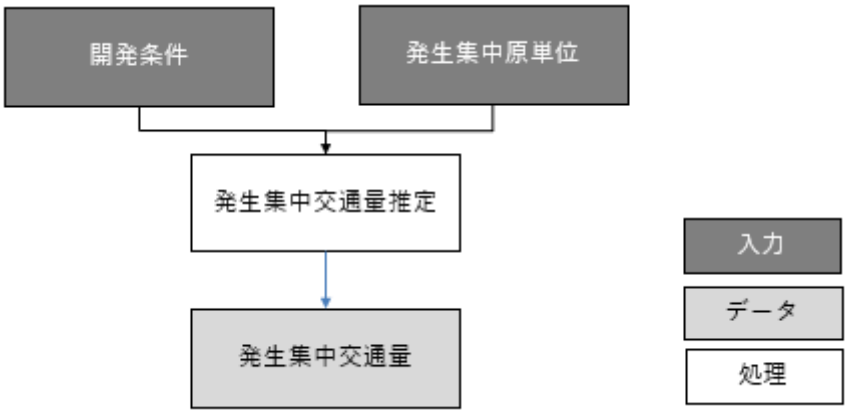


図 4-13 開発関連発生集中交通量推定機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - なし
  - 出力
    - 発生集中交通量データ
      - 内容
        - 当該開発施設に出入り（発生、集中）する自動車交通量
      - 形式
        - CSV データ形式
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF209】を参照
- 機能詳細
  - 発生集中交通量推定
    - 処理内容
      - 大規模小売店舗立地法に基づく「大規模小売店舗を設置する者が配慮すべき事項に関する指針」を踏まえ、UI から開発条件及び発生集中原単位（店舗面積当たり日来客数原単位）を入力し、そこから算出された当該施設の 1 日の来客数に、ピーク率、自動車分担率を乗じ、さらに平均乗車人員を用いて自動車台数に換算することで発生集中交通量を推定する
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし

11. 【FN011】開発関連 OD 交通量推定機能

- 機能概要
  - 開発関連の発生集中交通量【FN010】 及び既存交通の OD 交通量【FN009】を読み込み、開発に伴う自動車交通の OD 交通量を推定する
- フローチャート

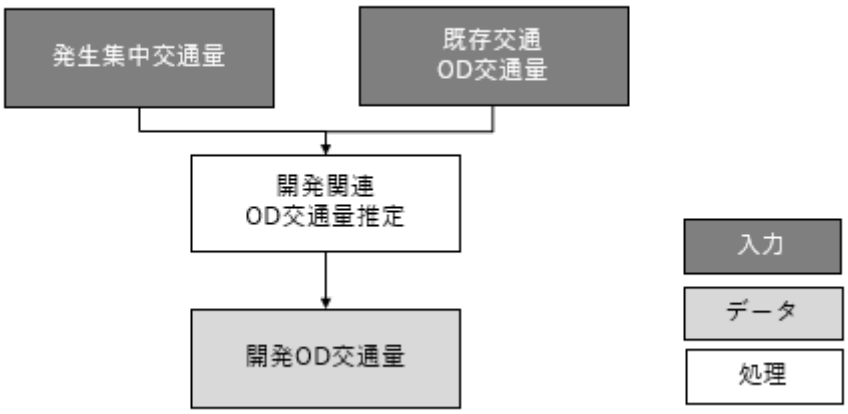


図 4-14 開発関連 OD 交通量推定機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - 発生集中交通量データ
      - 内容
        - 当該開発施設に出入り（発生、集中）する自動車交通量
      - 形式
        - CSV データ形式
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース【IF209】を参照
    - 既存交通 OD 交通量データ
        - 対象エリアにおける OD 交通量
      - 形式
        - CSV データ形式
      - データ詳細
        - 内部連携インタフェース IF208 を参照
  - 出力
    - 開発交通量 OD データ
      - 内容
        - 当該開発施設を発着する自動車交通に関する OD 交通量
      - 形式
        - CSV ファイル形式

- データ詳細
  - ファイル出力インタフェース【IF104】を参照

- 機能詳細
  - OD 交通量推定
    - 処理内容
      - 既存交通の OD 交通量から、当該施設が含まれるゾーン関連の OD 交通量を抽出し、当該ゾーンとその他ゾーンとの OD 交通量の比率を算出した上で、これを当該施設の発生集中交通量に乗じることで、開発関連 OD 交通量を推定（発生集中交通量をゾーン間交通量に割り付け）する
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし

12. 【FN012】車両・渋滞可視化機能

- 機能概要
  - シミュレーション結果として CSV 形式で出力された車両位置情報データ、道路指標値データを読み込み、3D 空間上で可視化する
- フローチャート

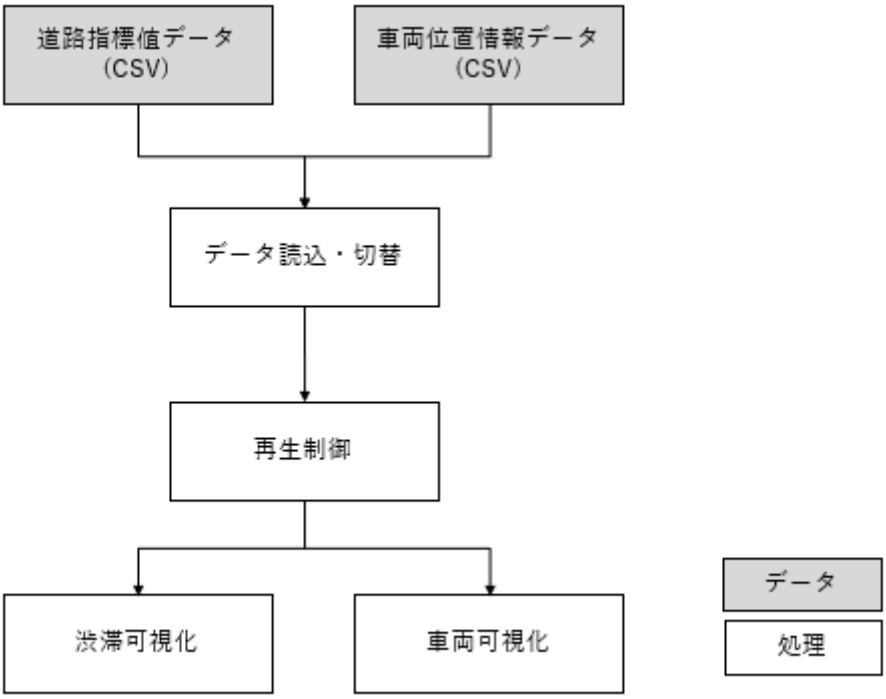


図 4-15 車両・渋滞可視化機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - 車両位置情報データ（CSV）
      - 内容
        - 交通シミュレーション結果として出力される車両位置の時系列データ
      - 形式
        - CSV ファイル形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF007】を参照
    - 道路指標値データ（CSV）
      - 内容
        - 交通シミュレーション結果として出力される道路指標値の時系列データ
      - 形式
        - CSV ファイル形式
      - データ詳細

- ファイル入力インタフェース【IF008】を参照
- 出力
  - 画面出力

- 機能詳細
  - データ読込・切替え
    - 処理内容
      - 読み込んだデータの一覧を表示し、表示するデータを切り替える。
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし
  - 車両可視化
    - 処理内容
      - PLATEAU SDK Sandbox Toolkit for Unity で提供される車両アセットを、車両位置情報を基にして 3D ビュー上に表示する。
      - 交通発生点についても表示し、交通発生点がクリックされた際、そこから発生する車両をハイライトで強調表示する機能を備える
    - 利用するライブラリ
      - PLATEAU SDK Sandbox Toolkit for Unity
    - 利用するアルゴリズム
      - なし
  - 渋滞可視化
    - 処理内容
      - 道路指標値データを基にして、各道路の渋滞状況をヒートマップ等の表現によって 3D ビュー上に表示する
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし
  - 再生制御
    - 処理内容
      - シミュレーション結果の再生、停止、時間指定での再生位置の設定を行う
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし

13. 【FN013】視点操作機能

- 機能概要
  - 3D ビュー上での視点操作を行う機能を提供する
- フローチャート

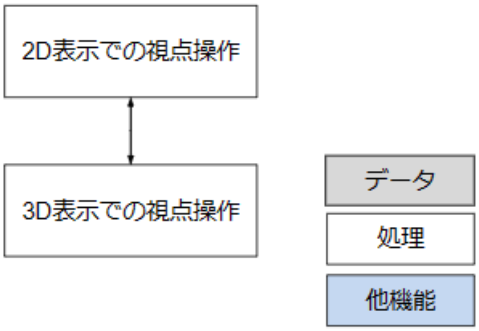


図 4-16 視点操作機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - なし
  - 出力
    - 画面出力
- 機能詳細
  - 3D 視点での視点操作
    - 処理内容
      - 視点操作は以下の方法で行う。視点の操作感はなるべく PLATEAU VIEW と同等になるように実装する
      - マウスの右ボタンを押しながらドラッグで注視点中心に視点回転
      - マウスの左ボタンを押しながらドラッグで視点の水平方向の移動
      - マウスホイールの前後操作で前後方向の移動
      - WASD キーで視点の水平方向の移動
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし
  - 2D 視点での視点操作
    - 処理内容
      - 視点操作は以下の方法で行う
      - マウスの左ボタンを押しながらドラッグで視点の水平方向の移動
      - マウスホイールの前後操作でズームイン、アウト
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし

14. 【FN014】2D/3D 切替え機能

- 機能概要
  - ビューポートの表示を 2D と 3D で切り替える
- フローチャート

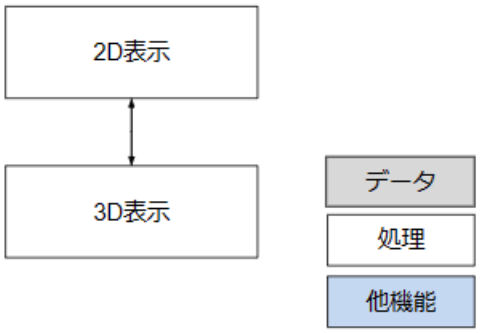


図 4-17 2D/3D 切替え機能のフローチャート

- データ仕様
  - 入力
    - なし
  - 出力
    - 画面出力
- 機能詳細
  - 2D 表示
    - 処理内容
      - カメラを上方向から真下に正射投影させて描画する
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし
  - 3D 表示
    - 処理内容
      - カメラを通常モードで描画する
    - 利用するライブラリ
      - なし
    - 利用するアルゴリズム
      - なし

4-3. アルゴリズム

4-3-1. 利用したアルゴリズム

表 4-4 利用したアルゴリズム一覧

ID	アルゴリズムを利用した機能	名称	説明	選定理由
AL001	FN008	ダイクストラ法	● ネットワークデータから検索の開始・終了地点を選択し、指定した条件下（コスト）で、最短のルートを求めるアルゴリズム ● 通過所要時間をコストとして利用し、交通発生・集中点間から各リンクまでの所要時間を計算する	● 実装が容易で、ルート探索の処理負荷も小さいため
AL002	FN008	ダイアルのアルゴリズム	● 単一始点最短経路問題を解くアルゴリズムのひとつ ● ダイクストラ法によって求めた交通発生・集中点間から各リンクまでの所要時間を用いて各リンク尤（ゆう）度を計算し、経路情報を取得する	● OD 間経路の算出にあたり、経路列挙を不要とし、冗長な経路を計算対象から除外できるため

1) 【AL001】ダイクストラ法

- 計算量
  - 頂点集合を V、辺の集合を E として
    ヒープを使わない場合： $O(|V^2|)$

- アルゴリズムの詳細

1. 最短経路探索の起点を決定する。決定したノードのコストを 0 として、そのノードをリストに追加する
2. リストから最もコストが低いノードを取得する。取得したノードはリストから削除する
3. 取得したノードiから接続するノードjへのコスト$\dot{c}_j$を計算する

$$\dot{c}_j = c_i + t_{ij} \left(c_j > c_i + t_{ij}\right)$$
$$\dot{c}_j = c_j \left(c_j \leq c_i + t_{ij}\right)$$

i, j: ノード番号
c: 更新前ノードコスト
$\dot{c}$: 更新後ノードコスト
t: リンクコスト

4. コストが更新された場合はそのノードをリストに追加する
5. リストからノードが無くなるまで 2.～4.を繰り返す

- イメージ

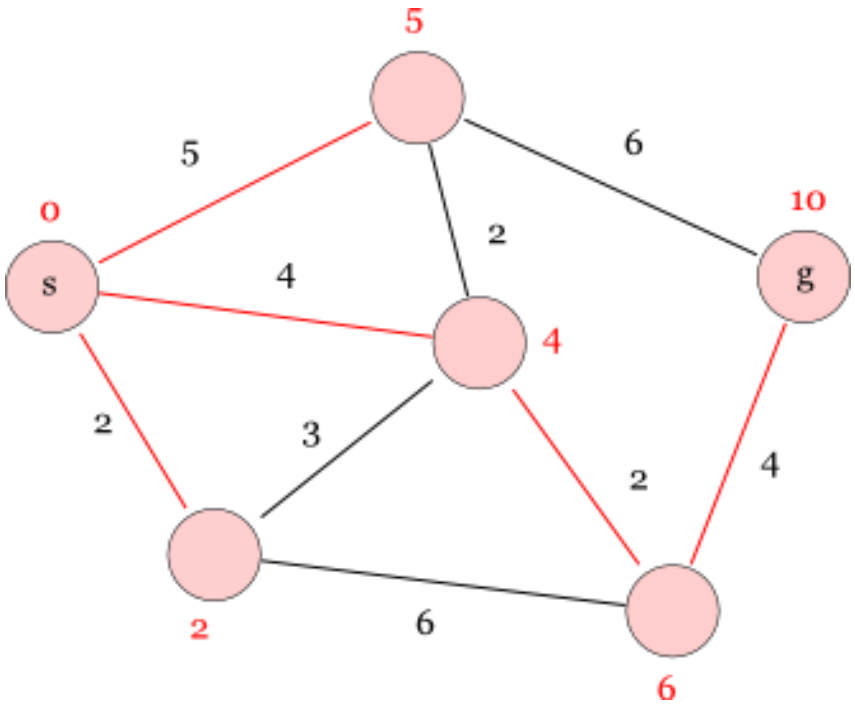


図 4-18 ダイクストラ法によるルート検索のイメージ

2) 【AL002】ダイアルのアルゴリズム

- 計算量
  - 辺の集合を E として
    - $O(|E|)$

- アルゴリズムの詳細

1. 起点から各ノードiへの最小到達コストc_iを求める
2. 各リンクの尤度L_{ij}を求める。

$$L_{ij} = exp\ \{\theta(c_j - c_i - t_{ij})\}\ (c_i < c_j)$$
$$or\ 0\ (otherwise)$$

θ:感度パラメータ

t:リンクコスト

3. コストc_{ij}の昇順に、ノードiから流出するリンクのウェイトW_{ij}を求める

$$W_{ij} = L_{ij}\ (i = r)$$
$$or\ L_{ij} \sum W_{mi}\ \ m \in I_i\ (otherwise)$$

I_i: ノードiへ流入するリンクの起点集合

4. コストc_{ij}の降順に、ノードiに流入するリンクの配分交通量x_{ij}を求める

$$x_{ij} = \left(q_{rj} + \sum x_{jm|m \in O_j|}\right) W_{ij} / \sum W_{mj\,m \in i_j}$$

q_{rj}: ノードjに流入する既存交通量

O_j: ノードjから流出するリンクの終点集合

- イメージ

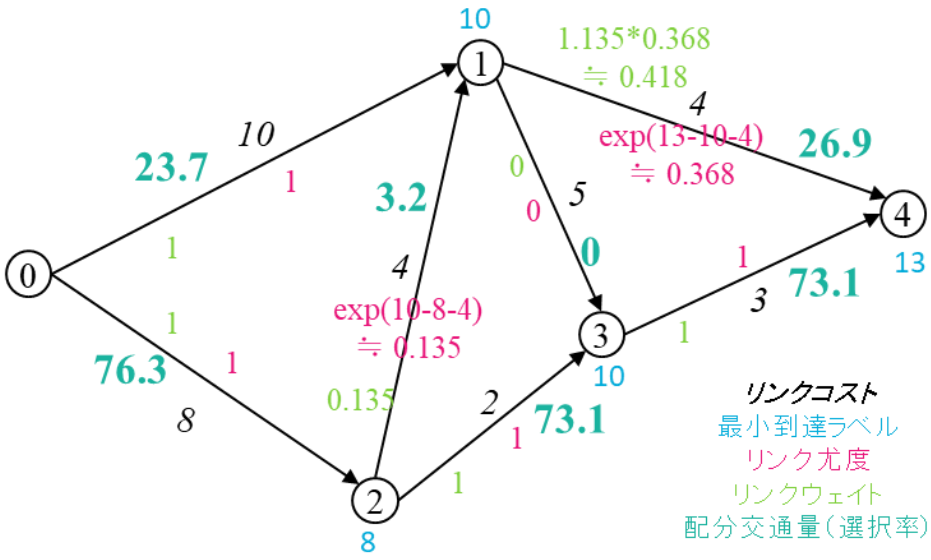


図 4-19 ダイアルのアルゴリズムによる配分交通量のイメージ

4-3-2. 開発したアルゴリズム

表 4-5 開発したアルゴリズム一覧

ID	アルゴリズムを利用した機能	名称	説明	選定理由
AL101	FN008	走行経路判定アルゴリズム	● 取得したネットワークデータから、各発生・集中ノード間の最短経路とそのコストを、【AL001】ダイクストラ法を用いて算出し、走行経路の候補となる経路及びその配分率を算出する	● 実装が容易で、ルート探索の処理負荷も小さいため
AL102	FN009	エントロピー最大化法を用いたOD 交通量推定アルゴリズム	● 推定総交通量の未知変数について、観測交通量、初期 OD 表、OD ごとの地点通過確率から、推定リンク交通量を観測交通量に近似させることを制約条件とした上で、地点通過確率を応用して OD 交通量の同時生起確率を最大化することにより OD 表を推定する	● 観測交通量と初期 OD 表のみを入力とし、自動生成したネットワークデータから適切に OD 交通量を推定可能なため
AL103	FN006	交通量推定アルゴリズム	● 建築物モデルデータから、対象エリア内で発生、集中する交通量を生成する ● シミュレーションエリア内の発生交通量の未知変数について、ゾーン内の総延床面積から対象ゾーンの出入り台数を観測交通量として推定する	● 建築物モデルの属性値を適用し、対象ゾーンの出入り台数を推定可能ため

1) 【AL101】走行経路判定アルゴリズム

- 本アルゴリズムを利用した機能
  - 【FN004】
- アルゴリズムの詳細

取得したネットワークデータから、各発生・集中ノード間の最短経路とそのコストを、【AL001】ダイクストラ法を用いて算出し、走行経路の候補となる経路及びその配分率を算出するアルゴリズムを開発した

1. 発生・集中ゾーンと道路ネットワークデータを読み込み、右左折を表現できる経路抽出用ネットワークを作成する
2. 経路誘導ネットワーク上のリンク属性（規制速度、リンク長）を基にリンク旅行時間を算出する
3. 各発生・集中ノードから全ての各発生・集中ノードに対して最短経路探索を行い、各目的地までの最短経路、コストを確定させる
4. Dial のアルゴリズムを利用してリンク尤度を算出し、候補となる経路を複数抽出する

- イメージ

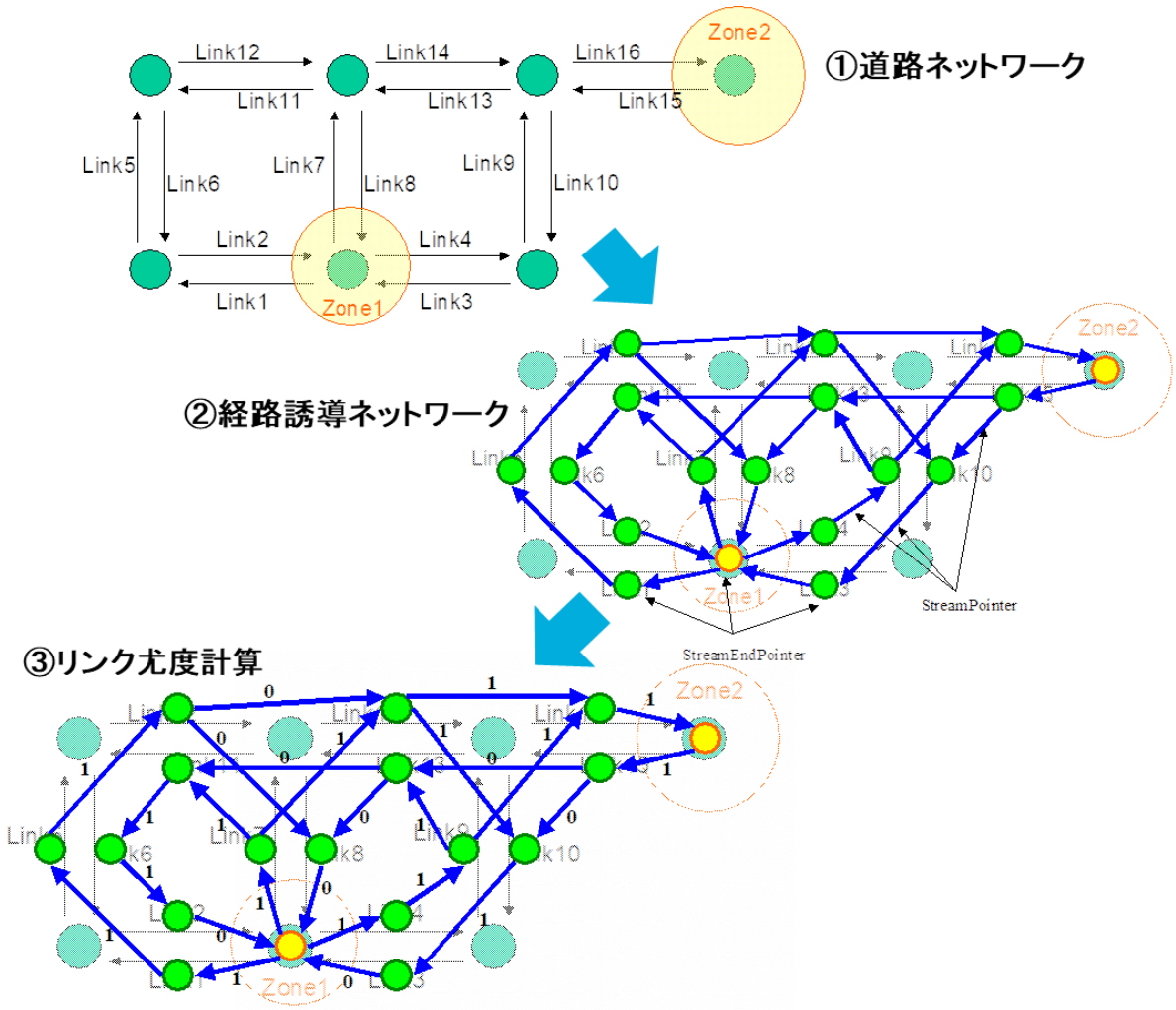


図 4-20 アルゴリズム詳細

2) 【AL102】エントロピー最大化法を用いた OD 交通量推定アルゴリズム

- 本アルゴリズムを利用した機能
  - 【FN009】
- アルゴリズムの詳細

推定総交通量の未知変数について、観測交通量、初期 OD 表、OD ごとの地点通過確率から、推定リンク交通量を観測交通量に近似させることを制約条件とした上で、ラグランジュの未定乗数法を適用し、地点通過確率を応用して OD 交通量の同時生起確率を最大化することにより OD 表を推定するモデルを活用したアルゴリズム

1. OD 表、OD ごとの地点通過確率から推定リンクの交通量は以下の式で表される

$$v_a = \sum_w p_{aw} q_w$$

a: リンク

w: OD ペア

v_a: リンク交通量

q_w: OD 交通量

p_w: リンク通過確率

観測誤差を考慮する時、ラグランジュ未定乗数を適用することで、推定 OD 交通量と、aリンクの推定交通量は以下の式で表される

$$\bar{q}_w = \hat{q}_w \prod_a {X_a}^{p_{aw}}$$

$$\bar{v}_a = \hat{v}_a X^{-1/\gamma}$$

$\bar{v}_a$: 推定リンク交通量

$\bar{q}_w$: 推定 OD 交通量

$\hat{v}_a$: 先験リンク交通量

$\hat{q}_w$: 先験 OD 交通量

γ: リンク交通量の確率変動の重み

X_aは以下の方程式を解くことにより得られるラグランジュの未定乗数を含むパラメータである

$$\hat{v}_a {X_a}^{-\frac{1}{\gamma}} = \sum_w p_{aw} \hat{q}_w \prod_a {X_a}^{p_{aw}}$$

$Y_a = logX_a$とおくと、推定 OD 交通量と、aリンクの推定交通量は以下の式で表される

$$\bar{q}_w = \hat{q}_w \exp\left(\sum_{\acute{a}} Y_{\acute{a}}\, p_{\acute{a}w}\right)$$

$$\bar{v}_a = \sum_w \left\{ p_{aw} \hat{q}_w \exp\left(\sum_{\acute{a}} Y_{\acute{a}}\, p_{\acute{a}w}\right)\right\}$$

2. 次に、OD 毎の地点通過確率、地点観測交通量を基に、エントロピー関数を定義する

$$L = \sum_{a}\left[X_a{}^{1/\gamma}\sum_{w}\left\{p_{aw}\hat{q}_w\prod_{\acute{a},h}X_{\acute{a}}{}^{pp_{\acute{a},w}}\right\} - \hat{v}_a\right]^2$$

$Y_a = logX_a$とおくと、次式で定義される

$$L = \sum_{a}\left[\exp\left(\frac{Y_a}{\gamma}\right)\sum_{w}\left\{p_{aw}\hat{q}_w\exp\left(\sum_{\acute{a}}Y_{\acute{a}}p_{\acute{a},w}\right)\right\} - \hat{v}_a\right]^2$$

3. エントロピー関数をY_aについて偏微分することで降下方向ベクトルを算出する

$$\frac{\partial L}{\partial Y_a} = -2\sum_{\ddot{a}}[\{(\mathrm{EXY}_{\ddot{a}})(VAX_{\ddot{a}}) - \hat{v}_{\ddot{a}}\}(\mathrm{EXY}_{\ddot{a}})(DYA_{a\ddot{a}})] - 2\{(\mathrm{EXY}_a)(VAX_a) - \hat{v}_a\}(EXY_a)(VAX_a)(1/\gamma)$$

$$\mathrm{EXY}_a = \exp\left(Y_a/\gamma\right)$$

$$VAX_a = \sum_{w}\left\{p_{aw}\hat{q}_w\exp\left(\sum_{\acute{a}}Y_{\acute{a}}\,p_{\acute{a}w}\right)\right\}$$

$$DY\mathrm{Y}_{a\ddot{a}} = \sum_{w}p_{aw}p_{\ddot{a}w}\hat{q}_w\exp\left(\sum_{\acute{a}}Y_{\acute{a}}p_{\acute{a}w}\right)$$

初期 OD 交通量に対して推定リンク交通量をもとに降下方向ベクトルの向きに推定 OD 交通量を更新する。降下方向ベクトルがゼロとなり、エントロピー関数が極大値に到達した時点で探索を終了する

- イメージ

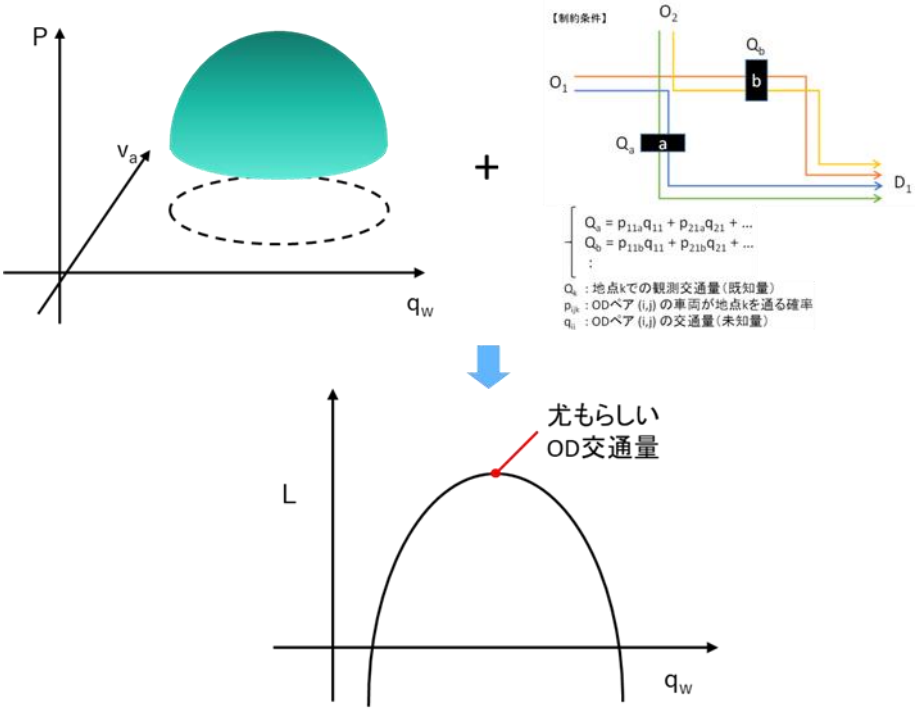


図 4-21 アルゴリズム詳細

3) 【AL103】交通量推定アルゴリズム

- 本アルゴリズムを利用した機能
  - 【FN006】
- アルゴリズムの詳細

PLATEAU 建築物データから、対象エリア内で発生、集中する交通量を生成する。
シミュレーションエリア内の発生交通量の未知変数について、ゾーン内の総延床面積から対象ゾーンの出入り台数を観測交通量として推定するアルゴリズム。

1. ゾーン内の建物データから総延床面積を取得する
2. 単位面積当たりの車両発生数（生成ツール設定値）と総延床面積から、そのゾーンの出入り台数を設定する

$$\dot{V} = \sum_{i}^{N} c_i s_i$$

$\dot{V}$:1 日あたりのゾーンの出入り台数
i:建物番号
c:単位面積あたりの車両発生数
s:延床面積

3. OD 設定時間当たり交通量へ変換する

$$\dot{v_{in}}(t) = \dot{V} p_{in}(t)$$

$$\dot{v_{out}}(T) = \sum_{t=0} v_{in}(t) p_{out}(t, T)$$

t, T:時間帯
$\dot{v_{in}}(t)$: t時間帯のゾーンの集中台数
$\dot{v_{out}}(t)$: t時間帯のゾーンの発生台数
$p_{in}(t)$: t時間帯の集中時間帯係数
$p_{out}(t, T)$: t時間帯に集中した車両がT時間帯に発生する確率

4-4. データインタフェース

4-4-1. ファイル入力インタフェース

1) 【IF001】3D 都市モデル 地形データ

- ファイル形式：CityGML
- 本インタフェースを利用した機能：【FN001】
- 3D 都市モデル標準製品仕様書に準拠した 3D 都市モデルデータを入力対象とする
- ゾーン設定においてクリック対象として利用する

2) 【IF002】3D 都市モデル道路データ

- ファイル形式：CityGML
- 本インタフェースを利用した機能：【FN001】
- 3D 都市モデル標準製品仕様書に準拠した 3D 都市モデルデータを入力対象とする
- 道路ネットワークの生成に利用する

3) 【IF003】3D 都市モデル建物データ

- ファイル形式：CityGML
- 本インタフェースを利用した機能：【FN001】
- 3D 都市モデル標準製品仕様書に準拠した 3D 都市モデルデータを入力対象とする
- bldg:measuredHeight, bldg:usage 及び bldg:lod0FootPrint を交通発生集中量の推定に利用する

4) 【IF004】信号現示データ

- ファイル形式：CSV
- 本インタフェースを利用した機能：【FN007】

表 4-6 信号制御データ　CSV ファイル入力

時刻	情報源コード	交差点番号	サイクル長	スプリット#1～#6	リンクバージョン
2024/03/01 00:00	300C	1	120	53	202200
2024/03/01 00:00	300C	2	135	38	202200
…	…	…	…	…	…
データの年月日時分を表す。時分は 5 分単位（00、05、10 … 50、55）	各都道府県警のコード	交差点定義情報で定義された番号	信号表示が一巡することに要する時間（単位：秒）	スプリット#1 からスプリット#6 まで定義される。同時に通行権が与えられている交通流の一群に割り当てられる時間の長さのサイクル長に対する割合（単位：%）を表す。未定義の場合は空白となる	公益財団法人日本交通管理技術協会が管理する一般道路用リンク（交通管理リンク）番号のバージョンを表す

表 4-7 信号定義データ　CSV ファイル入力（1/3）

日付	情報源コード	交差点番号	流入リンク数	流出リンク数	流入リンク#1～#8 定義_2 次メッシュコード
2024/03/01	300C	1	3	4	533946
2024/03/01	300C	2	4	4	533946
…	…	…	…	…	…
データの年月日	各都道府県警のコード	交差点ごとに割り当てられた番号	交差点に流入するリンクの数	交差点から流出するリンクの数	標準地域メッシュで定められている約 10km 四方のメッシュのコード

表 4-8 信号定義データ　CSV ファイル入力（2/3）

流入リンク#1～#8 定義_リンク区分	流入リンク#1～#8 定義_リンク番号	流出リンク#1～#8 定義_2 次メッシュコード	流出リンク#1～#8 定義_リンク区分
2	4	533946	2
2	1702	533946	2
…	…	…	…
リンクの区分を表す。0:高速道路、1:都市内高速、2:一般道、3:その他	公益財団法人日本交通管理技術協会が管理する一般道路用リンク（交通管理リンク）番号	標準地域メッシュで定められている約 10km 四方のメッシュのコード	リンクの区分を表す。0:高速道路、1:都市内高速、2:一般道、3:その他

表 4-9 信号定義データ　CSV ファイル入力（3/3）

流出リンク#1～#8 定義_リンク番号	スプリット#1～#6 _流入リンク#1～#8	スプリット#1～#6 __流出リンク#1～#8	リンクバージョン
1838	1	1	202200
1709	0	0	202200
…	…	…	…
公益財団法人日本交通管理技術協会が管理する一般 道路用リンク（交通管理リンク）番号	各リンクの通行権の有無を表す。 0:通行権なし、1:通行権あり	各リンクの通行権の有無を表す。 0:通行権なし、1:通行権あり	公益財団法人日本交通管理技術協会が管理する 一般道路用リンク（交通管理リンク）番号のバー ジョンを表す

5) 【IF005】断面交通量データ

- ファイル形式：CSV
- 本インタフェースを利用した機能：【FN009】

表 4-10 断面交通量データ　CSV ファイル入力

観測地点 ID	集計開始時刻	集計終了時刻	リンク ID	車線番号	下流リンク ID	断面交通量
T1	202408010900	202408010915	Link1	0	Link1	10
T2	202408010915	202408010930	Link2	2	Link3	10
…	…	…	…	…	…	…
感知器設置地点を表す	集計開始時刻を表す	集計有料時刻を表す	感知器設置リンク ID を表す	計測対象の車線番号を表し、外側から 1,2,3 の順とする。 0 の場合は全車線を計測対象とする	感知器設置リンクの下流側リンク ID を表す。当該交通量データが右左折方向別交通量として計測されている場合に設定する。 リンク ID と同名の場合は右左折方向を考慮しない	断面交通量を表す

6) 【IF006】交差点交通量データ

- ファイル形式：CSV
- 本インタフェースを利用した機能：【FN009】

表 4-11 交差点交通量データ　CSV ファイル入力

観測地点 ID	集計開始時刻	集計終了時刻	リンク ID	下流リンク ID	断面交通量
C1	202408010900	202408010915	Link1	Link1	10
C2	202408010915	202408010930	Link2	Link3	10
…	…	…	…	…	…
感知器設置地点を表す	集計開始時刻を表す	集計有料時刻を表す	感知器設置リンク ID を表す	感知器設置リンクの下流側リンク ID を表し、当該交通量データが右左折方向別交通量として計測されている場合に設定する。 リンク ID と同名の場合は右左折方向を考慮しない	断面交通量を表す

7) 【IF007】車両位置情報データ

- ファイル形式：CSV 出力
- 本インタフェースを利用した機能：【FN012】

表 4-12 車両位置情報データ CSV 入力

時刻	車両 ID	車種	車両位置緯度	車両位置経度	走行リンク ID	リンク始端からの走行位置	走行車線番号	トラック番号	速度	出発発生点 ID	到着集中点 ID
20240801090000	V1	small	36.959901	137.959901	Link1	0.1	1	99	10	Z1	Z2
20240801090001	V1	small	36.959911	137.959901	Link1	10.1	1	99	10	Z1	Z2
20240801090002	V1	small	36.959915	137.959911	Link2	20.1	1	99	10	Z1	Z2
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	
時刻を表す	車両 ID を表す	車種を表す	車両位置緯度を表す	車両位置経度を表す	車両走行リンク ID を表す	車両走行リンク内の進行方向走行位置をリンク始端からの距離[m]で表す	車両が走行する車線の番号（外側から昇順）を表す	車両が走行する交差点内導線番号を示す。99 は交差点外	車両走行速度[m/s]を表す	出発地のゾーン ID を表す	到着地のゾーン ID を表す

8) 【IF008】道路指標値データ

- ファイル形式：CSV 出力
- 本インタフェースを利用した機能：【FN012】

表 4-13 道路指標値データ CSV 入力

集計開始時刻	集計終了時刻	リンク ID	交通量	平均速度
202408010900	202408010915	Link1	8	10
202408010915	202408010930	Link1	5	12
202408010900	202408010915	Link2	12	9
…	…	…	…	…
集計開始時刻を表す	集計終了時刻を表す	車両走行リンク ID を表す	リンク交通量[台]を表す	平均旅行速度[m/s]を表す

4-4-2. ファイル出力インタフェース

1) 【IF101】シミュレーション用道路ネットワークデータ

- ファイル形式： GeoJSON
- 本インタフェースを利用した機能：【FN005】
- 本実証では AVENUE への入力として使用するが、他の交通シミュレータとも連携できるように汎用的なデータフォーマットで設計している
- データ詳細
  - ノードデータ

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "crs": {
    "type": "name",
    "properties": {
      "name": "urn:ogc:def:crs:"EPSG::4326
    }
  },
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "ID": "I_22_533936_04777"
      },
      "geometry": {
        "type": "Point",
        "coordinates": [
          139.7742125,
          35.6203916666
        ]
      }
    },
]
}
```

  - 道路データ

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "crs": {
    "type": "name",
```

```
    "properties": {
      "name": "urn:ogc:def:crs:"EPSG::4326
    }
  },
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "ID": "I_23_533936_02662_533936_02665",
        "NODE1": "I_22_533936_02662",
        "NODE2": "I_22_533936_02665",
        "ANGLE1": 329,
        "ANGLE2": 147,
        "RDTYPE": 9,
        "LENGTH": 182,
        "TYPE": 1,
        "NUMLANE": 2,
        "WIDTH": 0,
        "SPEEDLIMIT": 0,
        "NUMPOINT": 1
      },
      "geometry": {
        "type": "LineString",
        "coordinates": [
          [
            139.7814077047,
            35.6137480603
          ],
          [
            139.7813875,
            35.613775
          ],
          [
            139.7803308702,
            35.6150691672
          ]
        ]
      }
    },
]
}
```

- リンクデータ


```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "crs": {
    "type": "name",
    "properties": {
      "name": "urn:ogc:def:crs:"EPSG::4326
    }
  },
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "ID": "I_11_533936_02662_533936_02665",
        "UPNODE": "I_22_533936_02662",
        "DOWNNODE": "I_22_533936_02665",
        "LENGTH": 176.06,
        "LANENUM": 1,
        "RLANENUM": 0,
        "RLANELENGTH": 0,
        "LLANENUM": 0,
        "LLANELENGTH": 0,
        "CAPACITY": 1800,
        "FREESPD": 50,
        "JAMDENS": 140,
        "LEFTSFR": 1800,
        "STRAIGHTSFR": 1800,
        "RIGHTSFR": 1800,
        "UTURNSFR": 1800,
        "PROHIBIT": "u_turn",
        "TURNCONFIG": 247,
        "TYPECONFIG": -1,
        "FIXTOLL": 0,
        "VARTOLL": 0,
        "ROADID": "I_23_533936_02662_533936_02665"
      },
      "geometry": {
        "type": "LineString",
        "coordinates": [
          [
```

```
            139.7813677,
            35.6137181
          ],
          [
            139.7813481,
            35.6137442
          ],
          [
            139.7802921,
            35.6150375
          ]
        ]
      }
    },
]
}
```


- 車線データ


```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "crs": {
    "type": "name",
    "properties": {
      "name": "urn:ogc:def:crs:"EPSG::4326
    }
  },
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "LineString",
        "coordinates": [
          [
            139.78450282391739,
            35.634528422484884
          ],
          [
            139.78463220764343,
            35.634428594791572
          ],
```

```
        [
          139.78476196580121,
          35.634315299242267
        ],
        [
          139.78492698592217,
          35.63414582679318
        ],
        [
          139.78557885202386,
          35.633372733736635
        ],
        [
          139.78604357804647,
          35.632810573013856
        ]
      ]
    },
    "properties": {
      "ID": "Lane0_32_28_0",
      "LINKID": "Link0_32_28",
      "LANEPOS": 0,
      "LENGTH": 236.88784790039063,
      "WIDTH": 3.2052569389343262
    }
  },
]
}
```


- 発生集中点データ


```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "crs": {
    "type": "name",
    "properties": {
      "name": "urn:ogc:def:crs:EPSG::4301"
    }
  },
  "features": [
    {
```

```
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "ID": "I_27_0422185753717",
        "ZONETYPE": "Polygon",
        "ARRIVALPTN": "Random"
      },
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [
          [
            [
              139.7879198749,
              35.6110419851
            ],
            [
              139.7880888316,
              35.6110145103
            ],
            [
              139.7882320517,
              35.6109363272
            ],
            [
              139.7877509039,
              35.6110145688
            ],
            [
              139.7879198749,
              35.6110419851
            ]
          ]
        ]
      }
    },
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "ID": "I_27_0422185821290",
        "ZONETYPE": "Polygon",
        "ARRIVALPTN": "Random"
```

```
      },
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [
          [
            [
              139.7911546866,
              35.6254860168
            ],
            [
              139.7913236726,
              35.6254585376
            ],
        ]
      }
    },
]
}
```


2) 【IF102】シミュレーション用信号現示データ

- ファイル形式： GeoJSON
- 本インタフェースを利用した機能：【FN007】
- 本実証では AVENUE への入力として使用するが、他の交通シミュレータとも連携できるように汎用的なデータフォーマットで設計している
- データ詳細
  - 信号現示データ


```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "crs": {
    "type": "name",
    "properties": {
      "name": "urn:ogc:def:crs:"EPSG::4326
    }
  },
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "ID": "I_16_0422190252764",
        "NAME": "",
```

```
        "ALLOCNODE": "I_22_533936_03637",
        "GAPCHECK": 1,
        "OFFSETBASESIGID": "none",
        "NUMOFPATTERN": 1,
        "PATTERNID": "ptn_01",
        "INITCYCLE": 100,
        "PHASENUM": 6,
        "OFFSETTYPE": 0,
        "OFFSET": 0,
        "STARTTIME": "07/00/00"
      },
      "geometry": {
        "type": "Point",
        "coordinates": [
          139.7798,
          35.6267916666
        ]
      }
    },
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "ID": "I_16_0422190351162",
        "NAME": "",
        "ALLOCNODE": "I_22_533936_00260",
        "GAPCHECK": 1,
        "OFFSETBASESIGID": "none",
        "NUMOFPATTERN": 1,
        "PATTERNID": "ptn_01",
        "INITCYCLE": 100,
        "PHASENUM": 6,
        "OFFSETTYPE": 0,
        "OFFSET": 0,
        "STARTTIME": "07/00/00"
      },
      "geometry": {
        "type": "Point",
        "coordinates": [
          139.7819375,
          35.62795
```

```
        ]
      }
    },
]
}
```

➢ 信号灯火データ

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "crs": {
    "type": "name",
    "properties": {
      "name": "urn:ogc:def:crs:"EPSG::4326
    }
  },
  "features": [
     {
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "ID": "I_6_0214190039917_ptn_01_00",
    "SIGNALID": "I_16_0214190039917",
    "PATTERNID": "ptn_01",
    "ORDER": 0,
    "DURATION": 53,
    "SIGLIGHT": [
      "I_17_0214190039917_533936_0221533936_021800",
      "I_17_0214190039917_533936_0234533936_021801",
      "I_17_0214190057720",
      "I_17_0214190101267"
    ],
    "GREEN": [
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ],
    "RED": [
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ]
  },
  "geometry": {
```

```
    "type": "Point",
    "coordinates": [
      139.779875,
      35.623383
    ]
  }
},
{
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "ID": "I_6_0214190039917_ptn_01_01",
    "SIGNALID": "I_16_0214190039917",
    "PATTERNID": "ptn_01",
    "ORDER": 1,
    "DURATION": 3,
    "SIGLIGHT": [
      "I_17_0214190039917_533936_0221533936_021800",
      "I_17_0214190039917_533936_0234533936_021801",
      "I_17_0214190057720",
      "I_17_0214190101267"
    ],
    "YELLOW": [
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ],
    "RED": [
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ]
  },
  "geometry": {
    "type": "Point",
    "coordinates": [
      139.779875,
      35.623383
    ]
  }
},
{
  "type": "Feature",
```

```
  "properties": {
    "ID": "I_6_0214190039917_ptn_01_02",
    "SIGNALID": "I_16_0214190039917",
    "PATTERNID": "ptn_01",
    "ORDER": 2,
    "DURATION": 3,
    "SIGLIGHT": [
      "I_17_0214190039917_533936_0221533936_021800",
      "I_17_0214190039917_533936_0234533936_021801",
      "I_17_0214190057720",
      "I_17_0214190101267"
    ],
    "RED": [
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214",
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ]
  },
  "geometry": {
    "type": "Point",
    "coordinates": [
      139.779875,
      35.623383
    ]
  }
},
{
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "ID": "I_6_0214190039917_ptn_01_03",
    "SIGNALID": "I_16_0214190039917",
    "PATTERNID": "ptn_01",
    "ORDER": 3,
    "DURATION": 35,
    "SIGLIGHT": [
      "I_17_0214190039917_533936_0221533936_021800",
      "I_17_0214190039917_533936_0234533936_021801",
      "I_17_0214190057720",
      "I_17_0214190101267"
```

```
    ],
    "GREEN": [
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ],
    "RED": [
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ]
  },
  "geometry": {
    "type": "Point",
    "coordinates": [
      139.779875,
      35.623383
    ]
  }
},
{
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "ID": "I_6_0214190039917_ptn_01_04",
    "SIGNALID": "I_16_0214190039917",
    "PATTERNID": "ptn_01",
    "ORDER": 4,
    "DURATION": 3,
    "SIGLIGHT": [
      "I_17_0214190039917_533936_0221533936_021800",
      "I_17_0214190039917_533936_0234533936_021801",
      "I_17_0214190057720",
      "I_17_0214190101267"
    ],
    "YELLOW": [
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ],
    "RED": [
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ]
```

```
  },
  "geometry": {
    "type": "Point",
    "coordinates": [
      139.779875,
      35.623383
    ]
  }
},
{
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "ID": "I_6_0214190039917_ptn_01_05",
    "SIGNALID": "I_16_0214190039917",
    "PATTERNID": "ptn_01",
    "ORDER": 5,
    "DURATION": 3,
    "SIGLIGHT": [
      "I_17_0214190039917_533936_0221533936_021800",
      "I_17_0214190039917_533936_0234533936_021801",
      "I_17_0214190057720",
      "I_17_0214190101267"
    ],
    "RED": [
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0221533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214",
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0215",
      "I_11_533936_0234533936_0218->I_11_533936_0218533936_0214"
    ]
  },
  "geometry": {
    "type": "Point",
    "coordinates": [
      139.779875,
      35.623383
    ]
  }
},
]
}
```

- 信号位置データ


```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "crs": {
    "type": "name",
    "properties": {
      "name": "urn:ogc:def:crs:EPSG::4301"
    }
  },
  "features": [
     {
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "ID": "I_16_0214190039917",
    "NAME": "",
    "ALLOCNODE": "533936_0218",
    "GAPCHECK": 1,
    "OFFSETBASESIGID": "none",
    "NUMOFPATTERN": 1,
    "PATTERNID": "ptn_01",
    "INITCYCLE": 100,
    "PHASENUM": 0,
    "OFFSETTYPE": 0,
    "OFFSET": 0,
    "STARTTIME": "-"
  },
  "geometry": {
    "type": "Point",
    "coordinates": [
      139.779875,
      35.623383
    ]
  }
},
]
}
```

3) 【IF103】既存交通量 OD データ

- ファイル形式：CSV 出力
- 本インタフェースを利用した機能：【FN009】

表 4-14 OD 交通量データ　CSV ファイル出力

発生点 ID	集中点 ID	集計開始時刻	集計終了時刻	台数	車種
Z1	Z2	202408010900	202408010915	10	small
Z1	Z3	202408010900	202408010915	10	small
Z2	Z1	202408010900	202408010915	10	large
…	…	…	…	…	…
発生点を表す	集中点を表す	集計開始時刻を表す	集計終了時刻を表す	OD 交通量を表す	車種を表す（small：乗用車、large：大型車の 2 区分）

4) 【IF104】開発交通量 OD データ

- ファイル形式：CSV 出力
- 本インタフェースを利用した機能：【FN011】
- 【IF103】と同様

4-4-3. 内部連携インタフェース

1) 【IF201】道路モデル（Unity 内データ）

- Unity にインポートされた道路モデル
- 本インタフェースを利用した機能：【FN001】【FN003】

2) 【IF202】建築物モデル（Unity 内データ）

- Unity にインポートされた建築物モデル
- 本インタフェースを利用した機能：【FN001】【FN006】

3) 【IF203】地形モデル（Unity 内データ）

- Unity にインポートされた地形モデル
- 本インタフェースを利用した機能：【FN001】【FN006】

4) 【IF204】道路ネットワークデータ（Unity 内データ）

- Unity 内で設定された道路ネットワーク
- 本インタフェースを利用した機能：【FN003】【FN004】【FN005】【FN006】

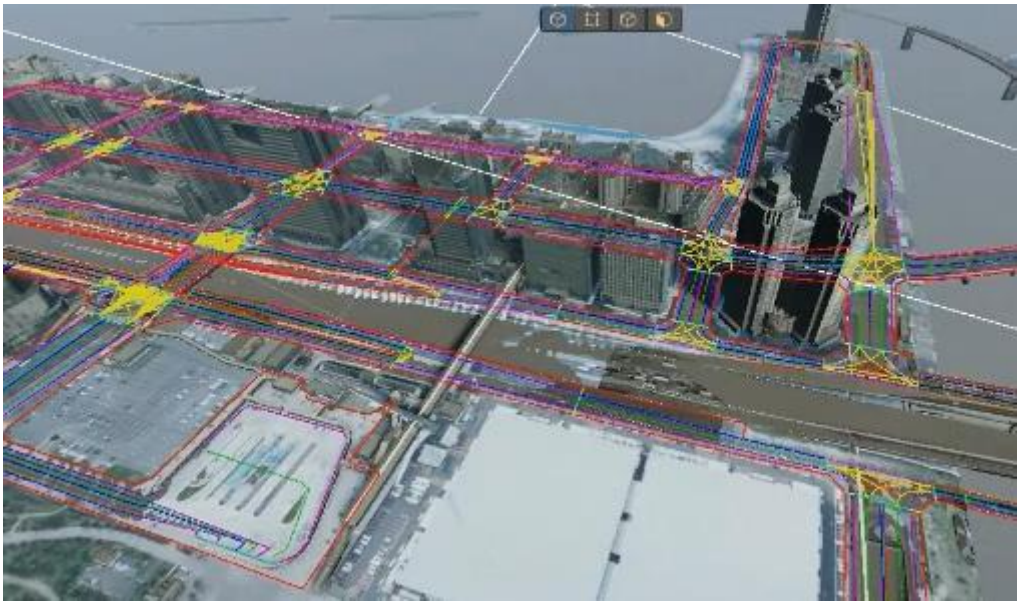


図 4-22 道路ネットワークのイメージ

5) 【IF205】シミュレーション用道路ネットワークデータ、発生集中交通量初期値データ

- データ形式：GeoJSON ファイル、CSV データ
- 本インタフェースを利用した機能：【FN005】【FN009】
- 【IF101】発生集中交通量データ

表 4-15 発生集中交通量初期値データ CSV

ゾーン ID	集計開始時刻	集計終了時刻	発生台数	集中台数
Z1	202408010900	202408010915	10	10
Z1	202408010900	202408010915	10	10
Z2	202408010900	202408010915	10	10
…	…	…	…	…
発生点を表す	集計開始時刻を表す	集計終了時刻を表す	発生台数を表す	集中台数を表す

6) 【IF206】交通発生集中点（Unity 内データ）

- データ形式：Unity 内データ
- 本インタフェースを利用した機能：【FN005】【FN006】

7) 【IF207】走行経路データ

- データ形式：CSV データ
- 本インタフェースを利用した機能：【FN008】【FN009】

表 4-16 走行経路データ CSV

発生点 ID	集中点 ID	経路選択確率	車種	リンク 1	リンク 2	リンク 3	リンク 4	…
Z1	Z2	0.823	small	Link1	Link2	Link3		
Z1	Z2	0.120	small	Link1	Link4	Link3		
Z1	Z2	0.057	small	Link1	Link5	Link6	Link7	Link3
Z2	Z1	0.756	small	Link3	Link2	Link1		
…	…	…	…	…	…	…	…	…
発生点を表す。	集中点を表す。	右のリンク列となる経路の選択確率を表す。	車種を表す。	経路を構成するリンク ID を、経路上流から順に記載する。				

8) 【IF208】既存交通 OD 交通量データ

- データ形式：CSV データ
- 本インタフェースを利用した機能：【FN009】【FN011】
- 【IF103】と同様

9) 【IF209】発生集中交通量データ

- データ形式：プログラム内データ
- 本インタフェースを利用した機能：【FN010】【FN011】
- 【IF103】と同様

4-5. 実証に用いたデータ

4-5-1. 活用したデータ一覧

1） 利用した 3D 都市モデル

- 年度：2023 年度（西暦）
- 都市名：東京都港区、江東区
- ファイル名：13108_koto-ku_city_2023_citygml_1_op（オープンデータ化後に記載）
- メッシュ番号：53393662、53393652、53393642、53393651、53393641、53393632、53393631（インデックスマップで赤色囲いの箇所）

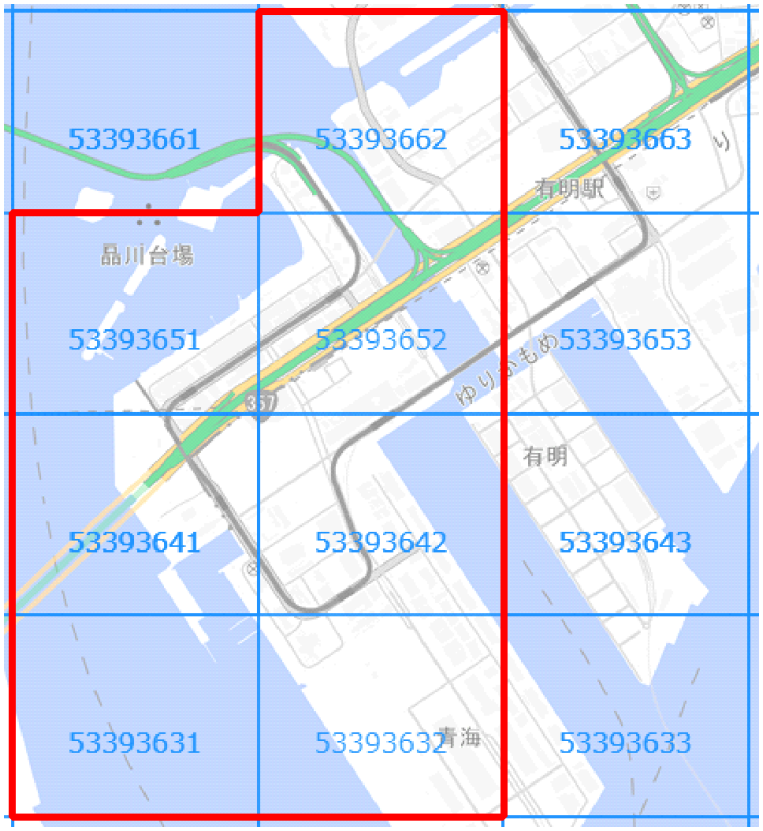


図 4-23 インデックスマップ（東京都港区台場）

表 4-17 利用した 3D 都市モデル

地物	地物型	属性区分	ID	属性名	内容	データを利用した機能（ID）
建築物 LOD2	bldg:Building	空間属性	DT001	bldg:lod2Solid	3D 可視化に利用	FN002
			DT002	bldg:lod0FootPrint	面積を算出することで延べ床面積の推定に利用	FN006
		主題属性	DT003	bldg:measuredHeight	延べ床面積の推定に利用	FN006
			DT004	bldg:usage	交通発生量の推定に利用	FN006
建築物 LOD1	bldg:Building	空間属性	DT005	bldg:lod1Solid	3D 可視化に利用	FN002
			DT006	bldg:lod0FootPrint	面積を算出することで延べ床面積の推定に利用	FN006
		主題属性	DT007	bldg:lod0FootPrint	延べ床面積の推定に利用	FN006
			DT008	bldg:usage	交通発生量の推定に利用	FN006
道路 LOD1	tran:Road	空間属性	DT009	tran:lod1MultiSurface	道路ネットワークの自動生成に利用	FN003, FN004
道路 LOD2	tran:TrafficArea	空間属性	DT010	tran:lod2MultiSurface	道路ネットワークの生成に利用	FN003, FN004
		主題属性	DT011	tran:function	道路ネットワークの生成において道路構造の把握のために利用。LOD2 では車道部の抽出のみ	FN003, FN004
道路 LOD3	tran：TrafficArea	空間属性	DT012	tran:lod3MultiSurface	道路ネットワークの生成に利用	FN003, FN004
		主題属性	DT013	tran:function	道路ネットワークの生成において道路構造の把握のために利用	FN003, FN004
地形 LOD1	tin:ReliefFeature	空間属性	DT014	dem:tin	航空写真を付与し、道路ネットワーク作成時の参考データとして利用	FN004

2) 利用したその他のデータ

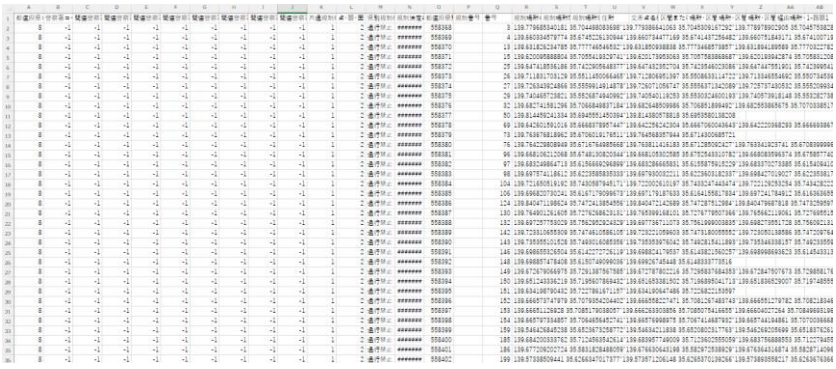
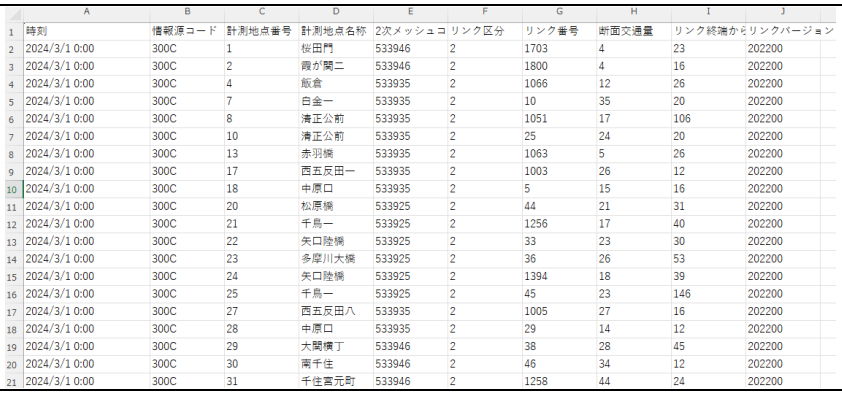
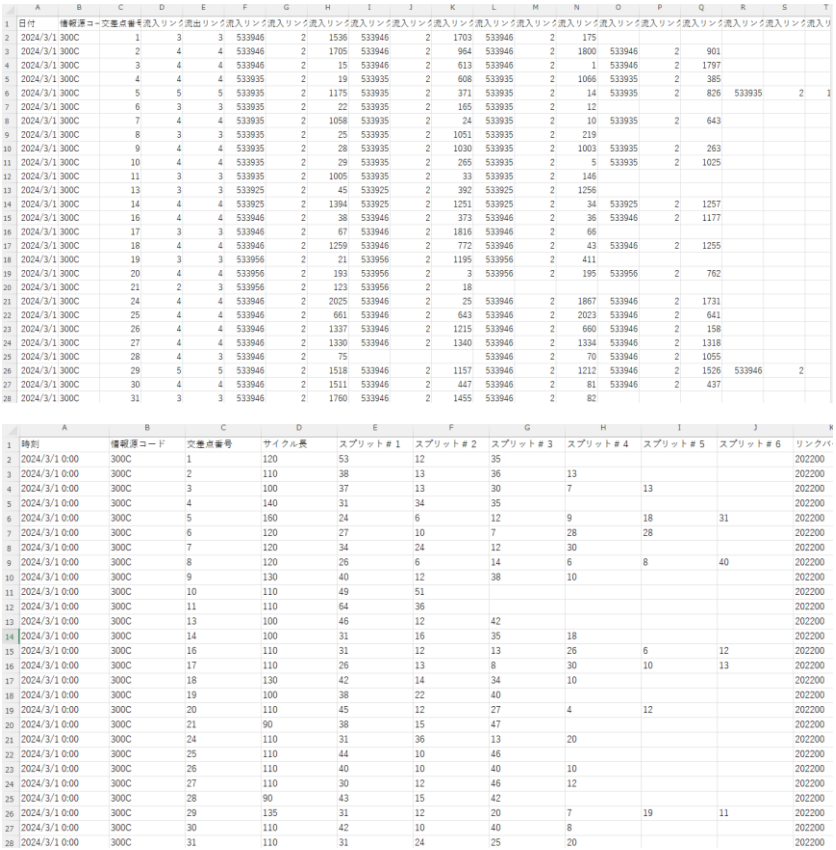
1. データ一覧

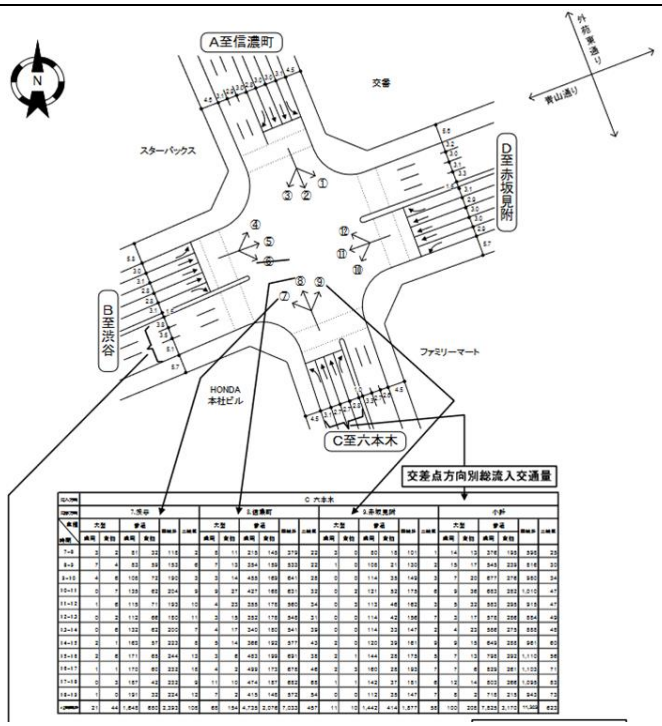
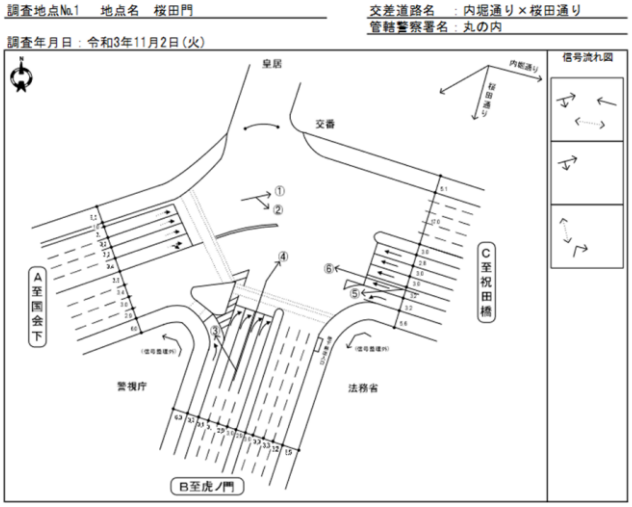
表 4-18 利用したその他データ（一覧）

ID	エリア（都市）	活用データ	内容	データ形式	更新情報	出所	データを利用した機能（ID）
DT101	東京都港区台場	交通規制情報	各都道府県警察が公開する交通規制データベースに入力された交通規制情報。交通発生点間走行経路判定機能での経路パターンの参考とする	CSV形式	2024年5月1日（毎月月初更新）	日本道路交通情報センター	FN008
DT102	東京都港区台場	断面交通量情報	各都道府県警察が車両感知器等の計測機器で収集した断面交通量に関する情報。既存交通 OD 交通量推定処理で、OD 交通量の推定処理に利用する	CSV形式	2024年5月1日（毎月月初更新）	日本道路交通情報センター	FN009
DT103	東京都港区台場	交差点制御情報	各都道府県警察の設定した信号機のサイクル長及びスプリット値に関する交差点制御情報並びに各スプリットにかかわる流入道路、流出道路並びに通行権に関する交差点定義情報。交通発生点間走行経路判定機能での経路パターンの参考とする	CSV形式	2024年5月1日（毎月月初更新）	日本道路交通情報センター	FN008
DT104	東京都港区台場	交通調査データ	交差点分岐率､信号現示データ、滞留長等の現地調査データ。交通発生点間走行経路判定機能での経路パターンの参考とし、既存交通 OD 交通量推定処理で、OD 交通量の推定処理に利用する	CSV形式等	交通量調査の実施ごと	自治体、開発主体等	FN008, FN009

2. データサンプル（イメージ）

表 4-19 利用したその他データ（サンプル）

ID	活用データ	サンプル・イメージ
DT101	交通規制情報	
DT102	断面交通量情報	
DT103	交差点制御情報	

DT104	交通調査データ	 

4-6. ユーザーインタフェース

4-6-1. 画面一覧

1） シミュレーションデータ生成ツール

表 4-20 シミュレーションデータ生成ツール画面一覧

ID	連携（ID）	画面名	画面説明	画面を表示した機能（ID）
SC001	-	Unity エディタ画面	Unity 標準のエディタ画面	-
SC002	SC001	3D 都市モデルインポート	PLATEAU SDK for Unity で 3D 都市モデルのインポートを行う	FN001
SC003	SC001	描画環境設定	PLATEAU SDK Rendering Toolkit で描画環境の設定を行う	FN002
SC004	SC001	道路 NW 自動生成	道路ネットワークの生成を行う	FN003
SC005	SC001	道路 NW 手動編集	道路ネットワークを手動で編集する	FN004
SC006	SC001	交通発生集中点作成	交通発生点の作成を行う	FN006
SC007	SC001	信号現示設定	信号現示の設定を行う	FN007
SC008	SC001	OD 交通量推定	OD 交通量の推定を行う	FN008, FN009
SC009	SC001	開発交通量推定	開発交通量の推定を行う	FN010, FN011
SC010	SC001	データ出力	交通シミュレータの実行に必要なデータを出力する	FN005

2） 可視化ツール

表 4-21 可視化ツール画面一覧

ID	連携（ID）	画面名	画面説明	画面を表示した機能（ID）
SC101	-	メイン画面	可視化ツールのメイン画面	FN012，FN013, FN014
SC102	SC101	シミュレーションデータ読込	シミュレーションデータの読み込みを行う	FN012

4-6-2. 画面遷移図

1) シミュレーションデータ生成画面遷移図

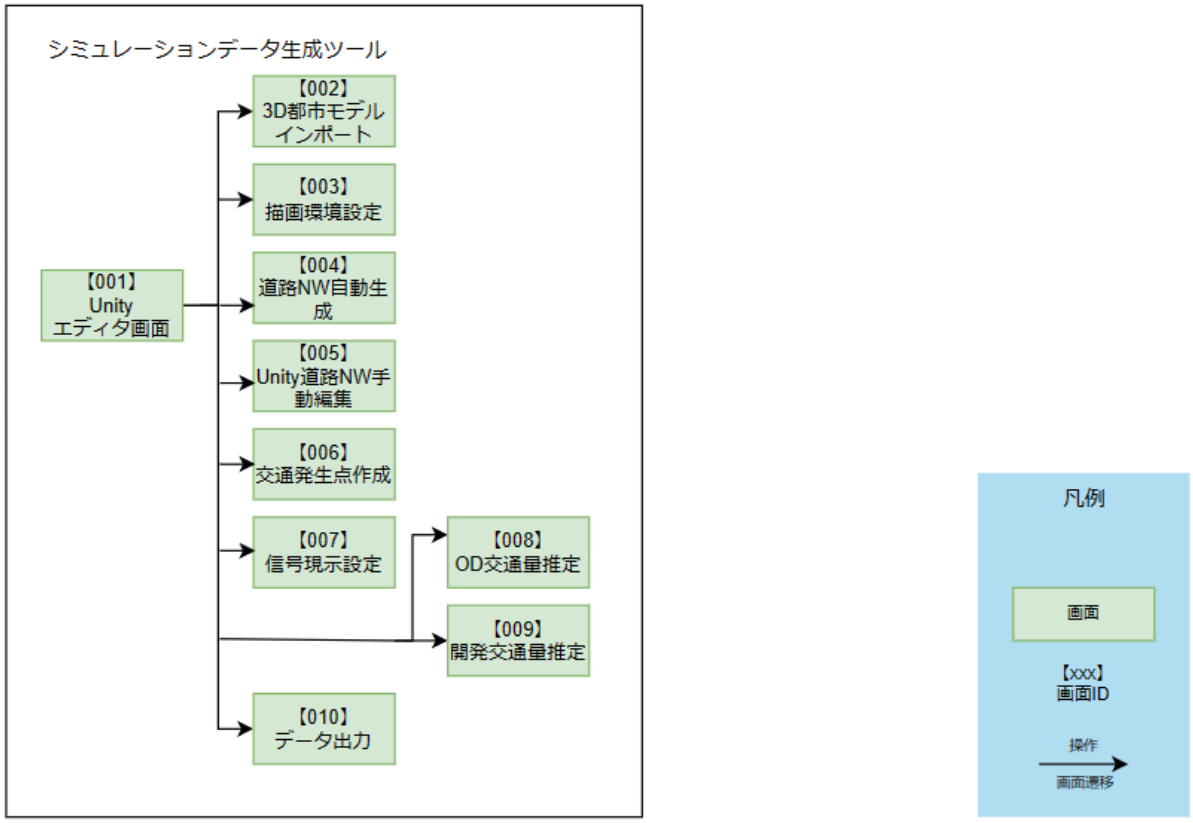


図 4-24 シミュレーションデータ生成画面遷移図

2) 可視化画面遷移図

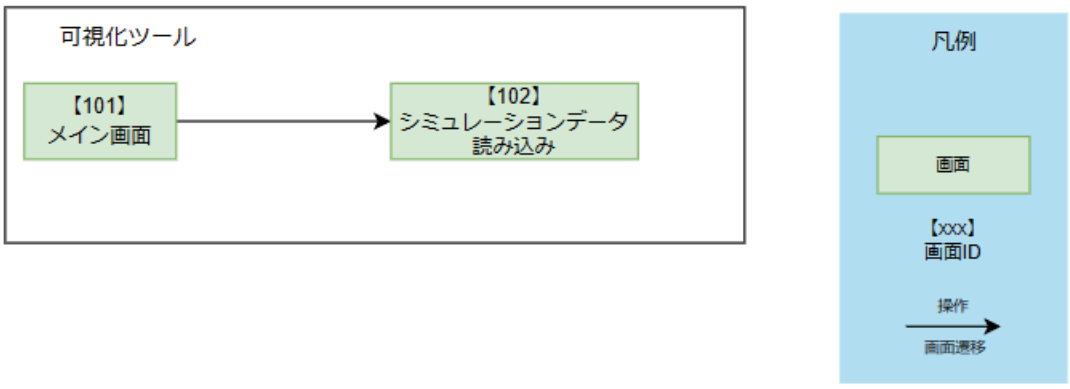


図 4-25 可視化画面遷移図

4-6-3. 各画面仕様詳細

1) シミュレーションデータ生成画面

1. 【SC001】エディタ画面

- 画面の目的・概要
  - Unity のエディタ画面
  - シミュレーションデータ生成の機能は Unity エディタを拡張する形で実装されている
  - 各機能には Unity エディタのメニューから「PLATEAU」→「交通シミュレーション」を選択することでアクセスする
- 画面イメージ

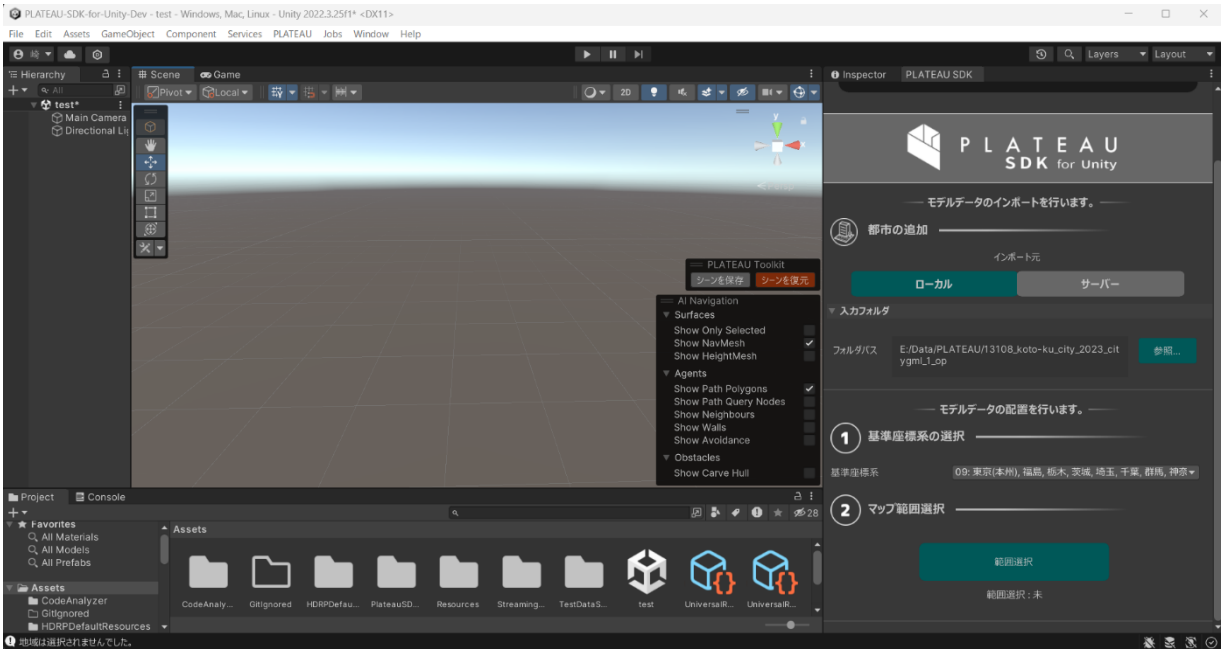


図 4-26 Unity エディタ画面のイメージ

2. 【SC002】3D 都市モデルインポート

- 画面の目的・概要
  - PLATEAU SDK for Unity の 3D 都市モデルインポート機能を利用して、3D 都市モデルのインポートを行う

- 画面イメージ

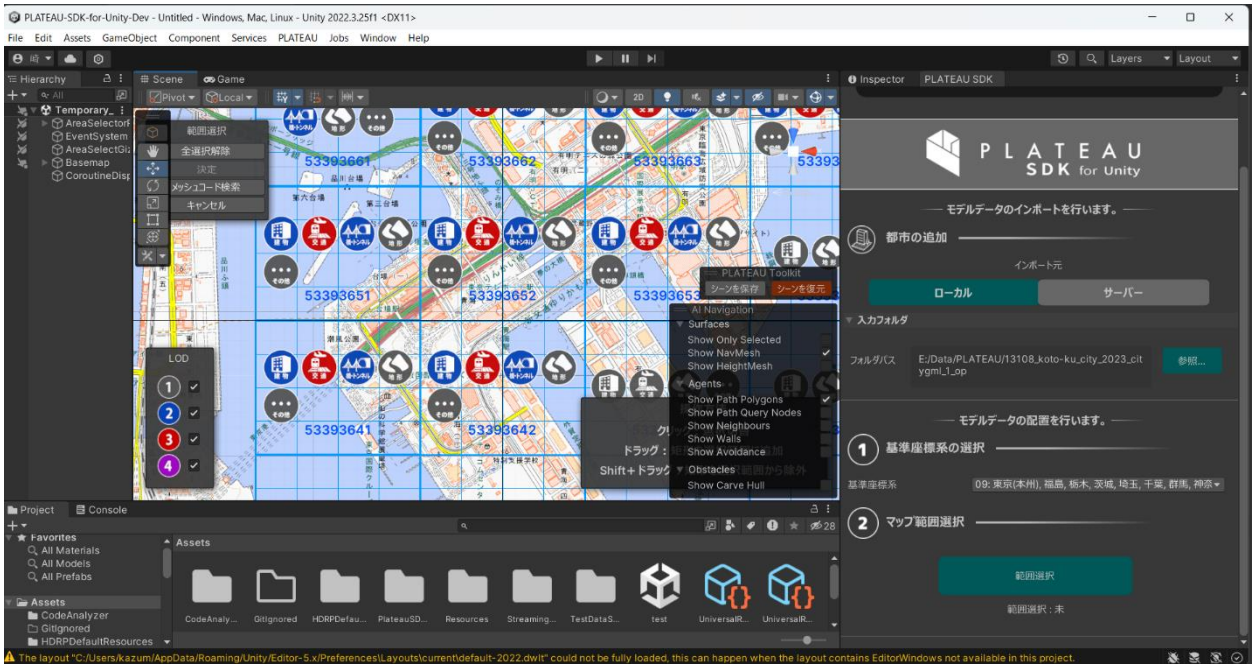


図 4-27 3D 都市モデルインポート画面

3. 【SC003】描画環境設定

- 画面の目的・概要
  - PLATEAU SDK Rendering Toolkit for Unity を利用して、描画環境の設定を行う
- 画面イメージ

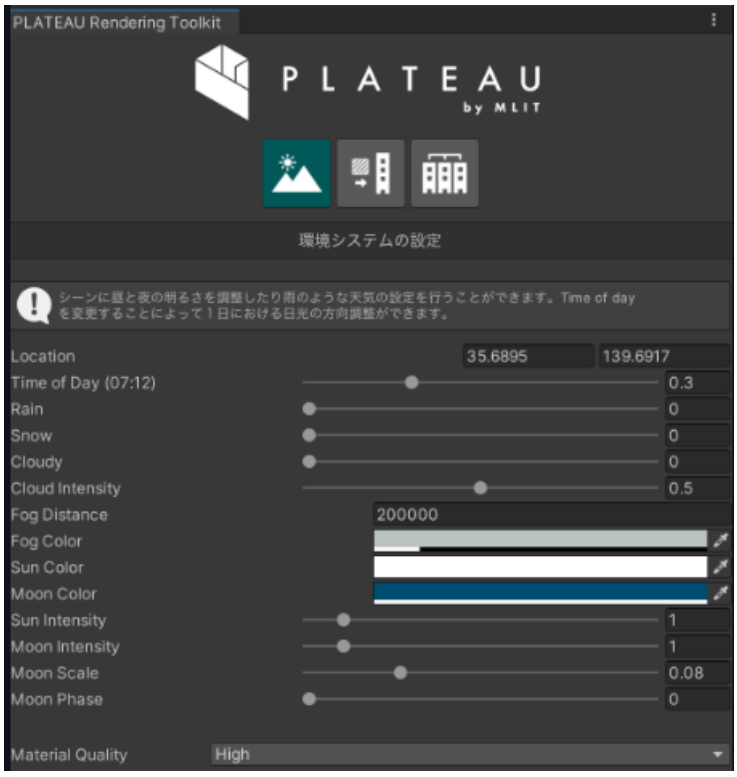


図 4-28 描画環境設定画面

4. 【SC004】道路 NW 自動生成

- 画面の目的・概要
  - PLATEAU SDK for Unity を利用して、道路ネットワークの自動生成を行う
  - エディタウィンドウ上で自動生成ボタンを押すとインポートされた 3D 都市モデル全域にわたって道路ネットワークが自動で生成される
- 画面イメージ

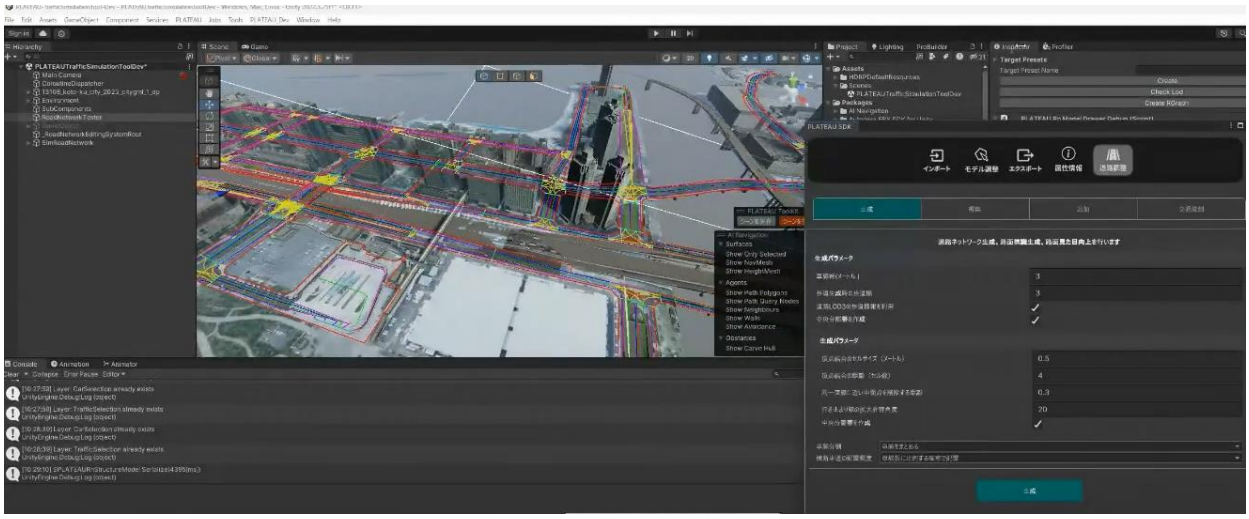


図 4-29 自動生成された道路ネットワークのイメージ

5. 【SC005】道路 NW 手動編集

- 画面の目的・概要
  - PLATEAU SDK for Unity を利用して、道路ネットワークを編集する

6. 【SC006】交通発生集中点作成

- 画面の目的・概要
  - 交通発生集中点として必要なゾーンのエリア、ゾーンが接するノード、ゾーンに属する建物、交通発生集中量を設定する
  - エディタ画面上で自動生成ボタンを押すことで、道路ネットワーク全域のゾーン、交通発生集中点が自動で生成される
  - 交通発生集中点は手動で 3D ビュー上をクリックすることでも作成でき、以下の項目を個別に編集することができる
    - ゾーンのサイズ、中心点を 3D ビュー上で設定
    - ゾーンが接するノードを 3D ビュー上で設定（オプション）
    - ゾーンに属する建物を 3D ビュー上で追加・削除

- 画面イメージ

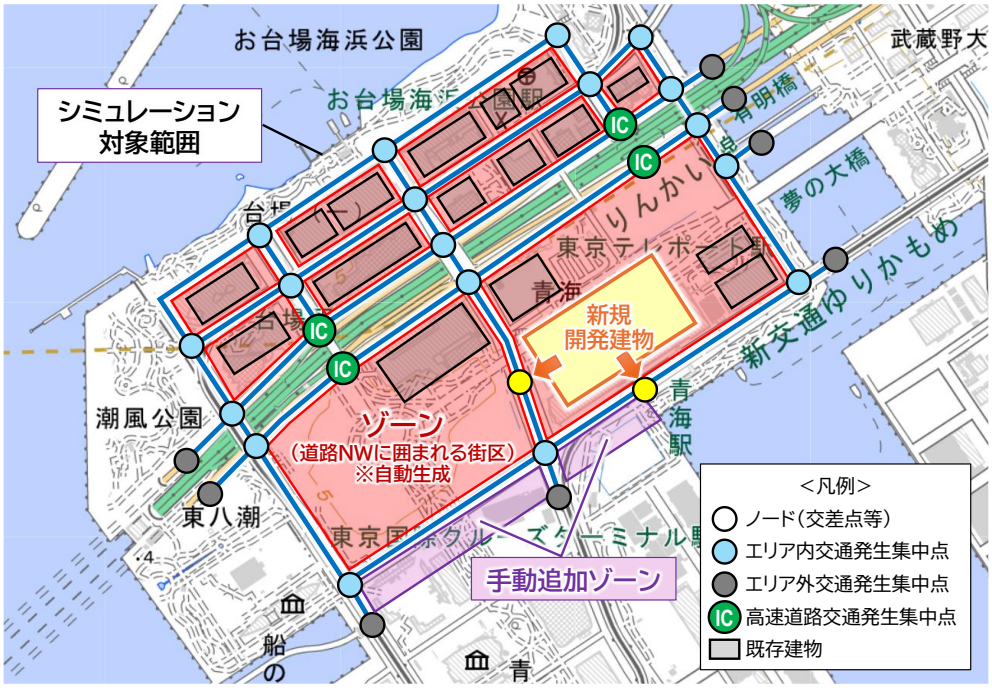


図 4-30 交通発生集中点作成のイメージ

7. 【SC007】信号現示設定

- 画面の目的・概要
  - 3D ビュー上で各交差点について信号現示の設定を行う
  - 道路ネットワークから各交差点を選択した上で ID の付与を行い、信号現示の CSV ファイルを指定して読み込むことで、自動で信号現示が設定される

手動で信号現示を設定したい場合、UI からフェーズ数、各フェーズにおけるスプリット・各フェーズにおける制御状態を設定する

8. 【SC008】OD 交通量推定

- 画面の目的・概要
  - 以下の情報を設定した上で実行ボタンを押すことで OD 交通量の CSV ファイルが生成される
    - 入力する道路ネットワーク GeoJSON ファイルのパス
    - 入力する断面交通量 CSV ファイルのパス
    - 入力する交差点交通量 CSV ファイルのパス
    - 出力される OD 交通量のパス
    - シミュレーション開始時刻
    - シミュレーション終了時刻
      - デフォルトでは入力ファイルの時刻を包含する形で設定される

9. 【SC009】開発交通量推定

- 画面の目的・概要
  - 以下の情報を設定した上で実行ボタンを押すことで開発関連 OD 交通量の CSV ファイルが生成される
    - 出力される開発 OD 交通量のパス
    - 開発条件
      - 用途・床面積
    - 時間帯別交通量の比率（1 時間単位）
    - 発生集中原単位
    - 開始・終了時刻

10. 【SC010】データ出力

- 画面の目的・概要
  - 出力先のパスを指定して実行ボタンを押すことで道路ネットワーク・開発 OD 交通量・信号現示の GeoJSON ファイルが出力される

2) シミュレーションデータ可視化画面

1. 【SC101】メイン画面

- 画面の目的・概要
  - シミュレーション可視化におけるメイン画面。画面上に常に表示される
  - 3D ビュー上には交通発生点が可視化され、クリックされた点から発生する車両を識別できるようにハイライトで強調表示される
  - メイン画面上には以下の UI が表示される
    - 2D/3D の切替えボタン
    - シミュレーションデータ読込ボタン
    - 読み込みデータの切り替えパネル
    - タイムスライダー
      - 再生・停止位置の指定を行うことができる
    - 渋滞状況の表示・非表示トグル
      - ON になっている場合、画面上にヒートマップが表示される
    - 車両モデルの表示・非表示トグル
  - 信号機設置個所に信号機アイコンが表示される
- 画面イメージ

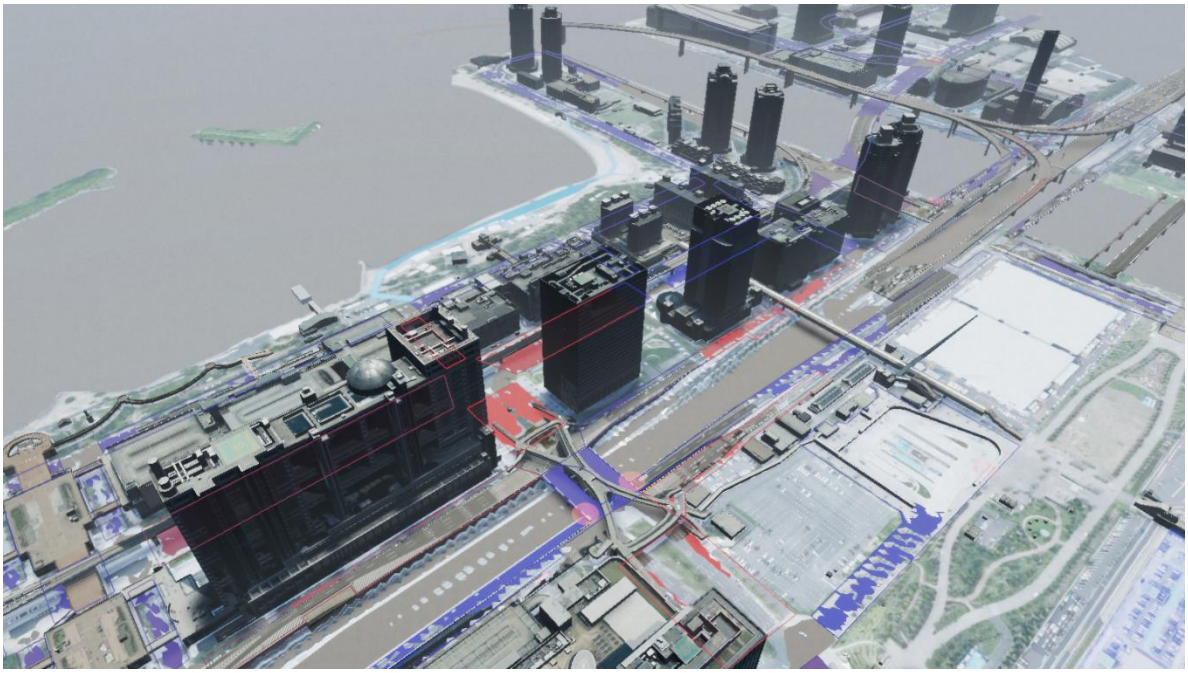


図 4-31 渋滞ヒートマップ表示のイメージ

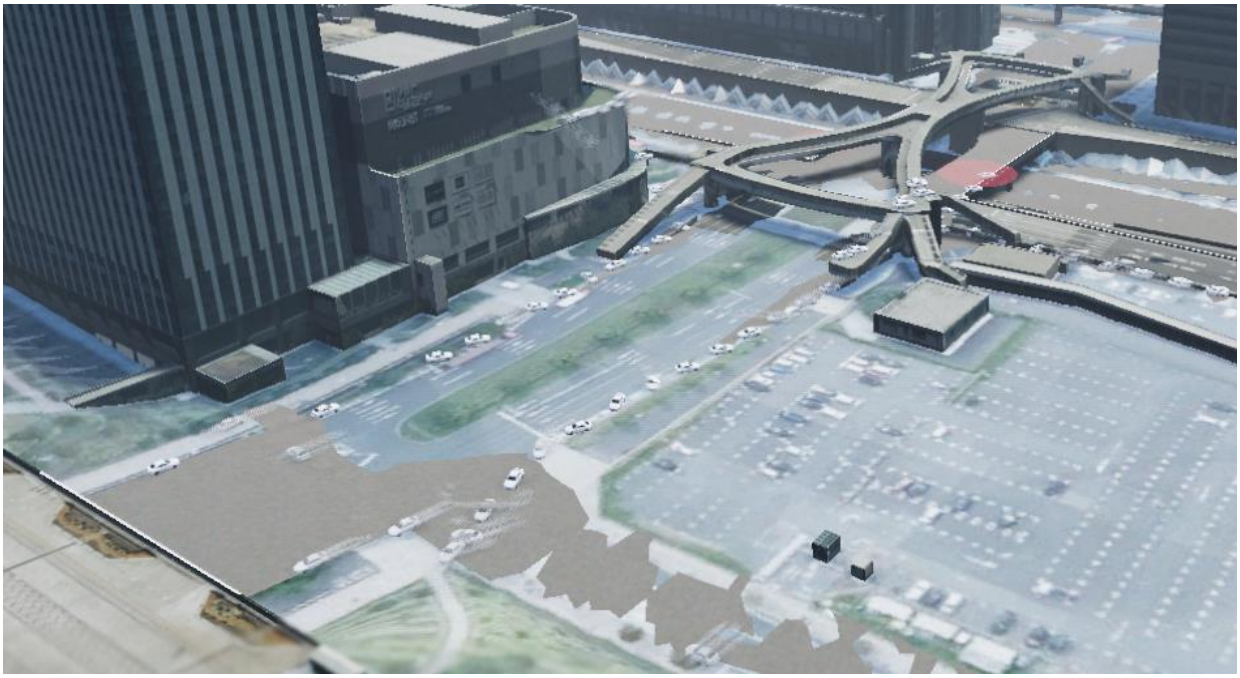


図 4-32 車両表示のイメージ

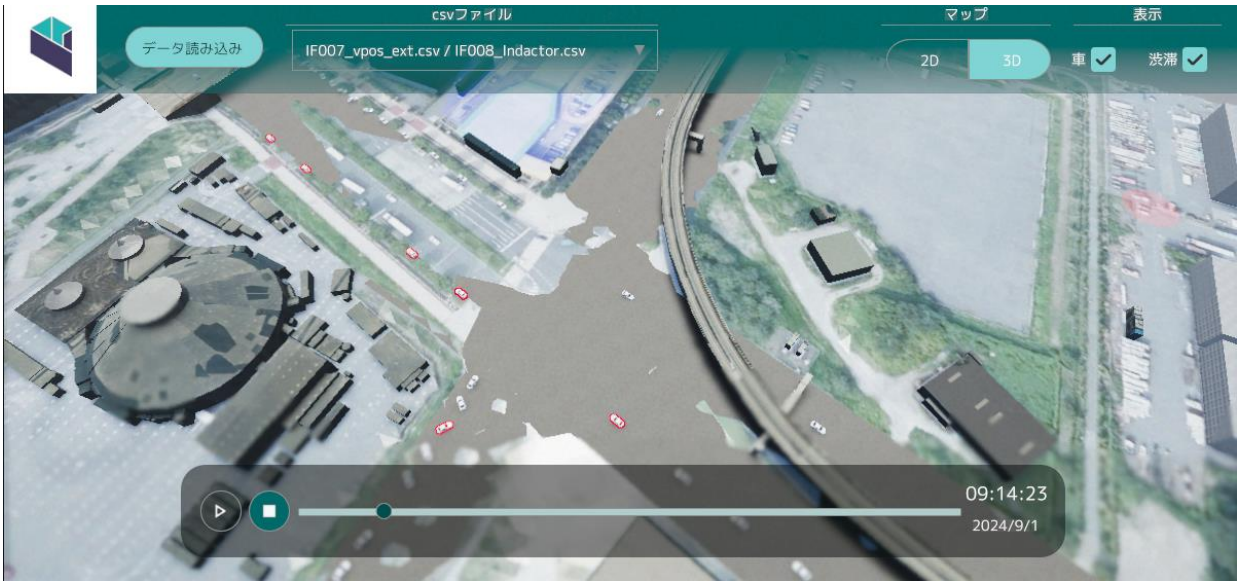


図 4-33 ハイライトでの強調表示のイメージ

2. 【SC102】シミュレーションデータ読み込み画面

- 画面の目的・概要
  - シミュレーションデータ読み込みボタンを押すと表示される
  - 入力するシミュレーションデータを選択し実行ボタンを押すことでデータが読み込まれる

4-7. 実証システムの利用手順

4-7-1. 実証システムの利用フロー

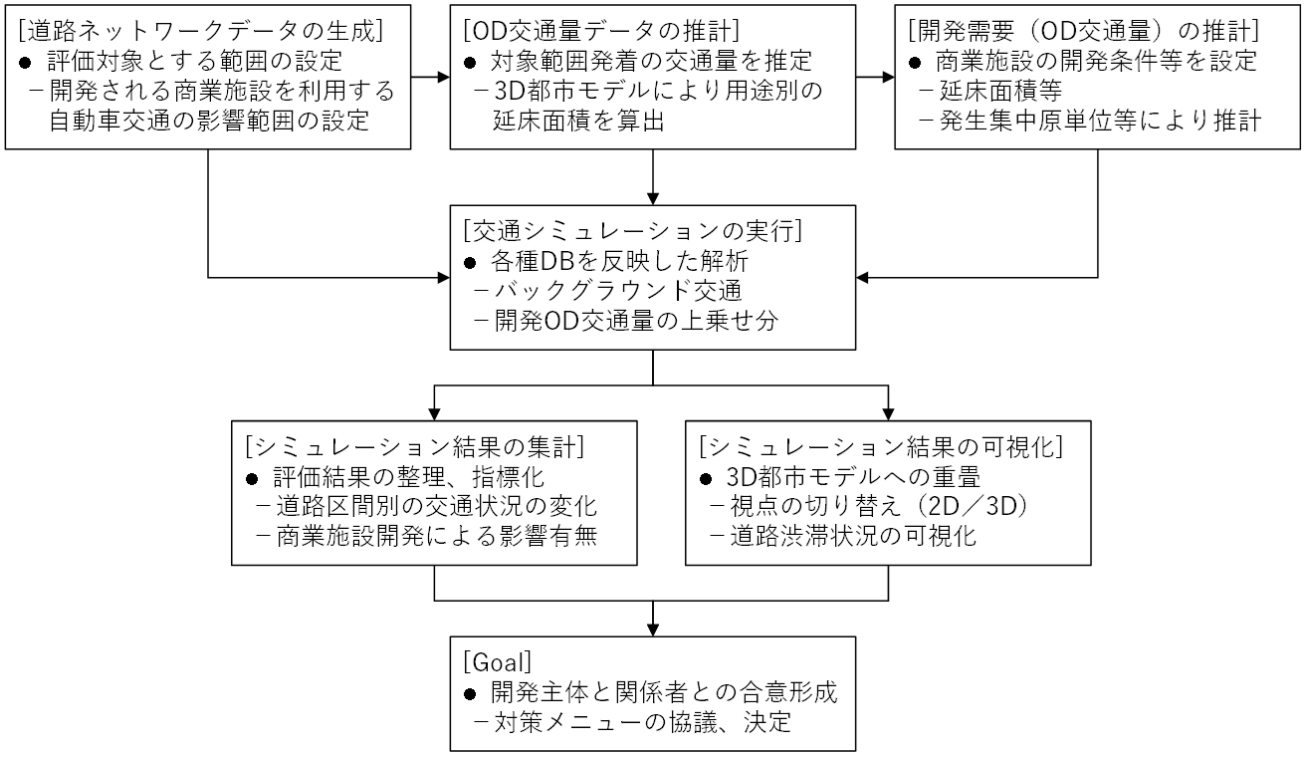


図 4-34 システムの利用フロー

- 商業施設開発による影響想定範囲（交通シミュレーションによる解析対象範囲）を定義し、シミュレーション用のネットワークデータ・OD 交通量データを作成の上、シミュレーションを実施して、それらの計算結果を基に評価指標の算定、3D 都市モデルにおいて可視化することにより、開発主体と関係者との合意形成を図る

4-7-2. 各画面操作方法

1) 道路ネットワークデータの生成

- PLATEAU SDK for Unity のインポート画面で交通影響の評価対象とするエリアを指定しインポートする

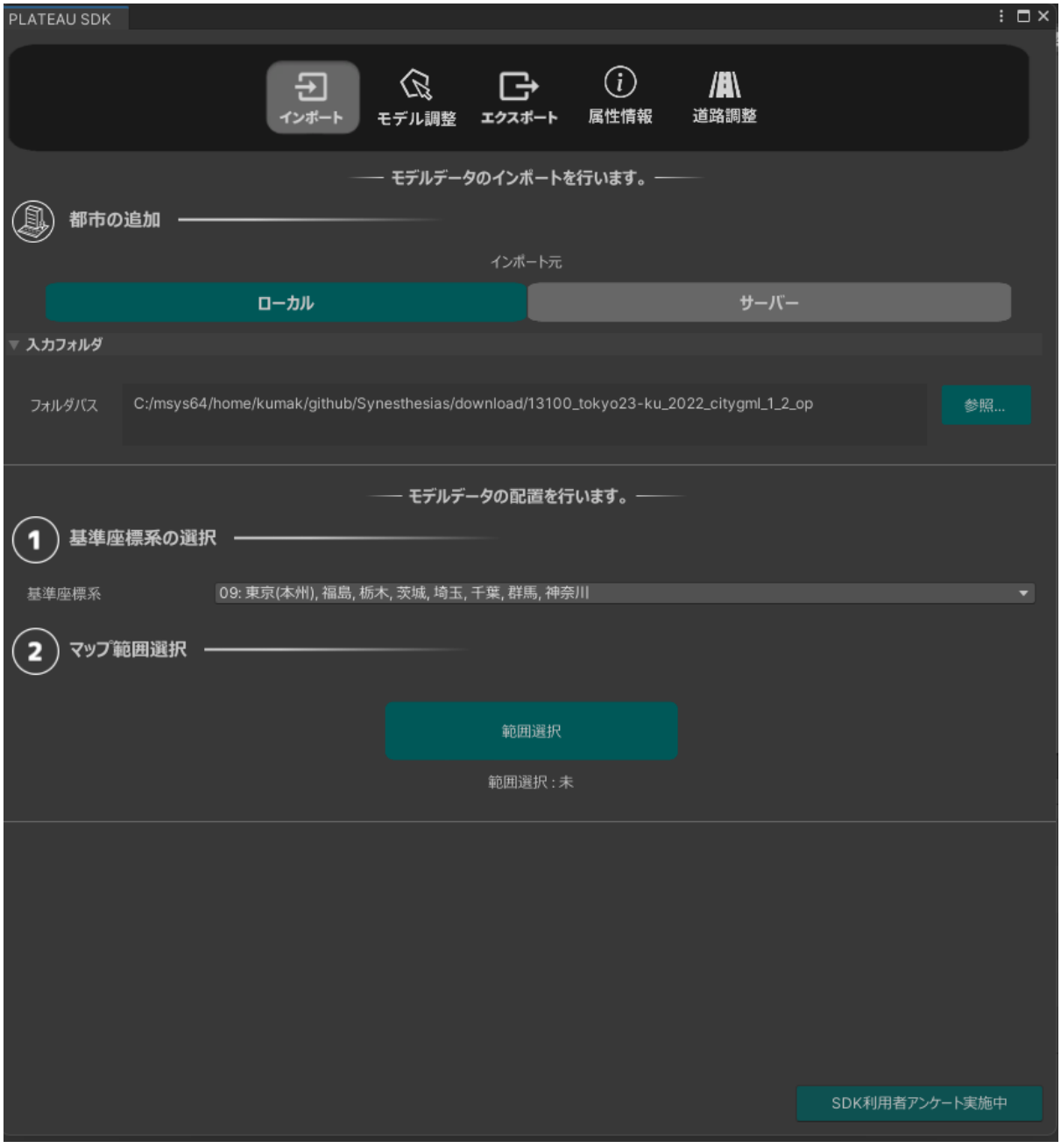


図 4-35 PLATEAU SDK for Unity の画面（例：インポート）

- インポートした 3D 都市モデル内で道路ネットワークを自動生成する

図 4-36 PLATEAU SDK for Unity の画面（例：道路生成）

- 修正の必要な個所があれば道路ネットワークの編集を行う

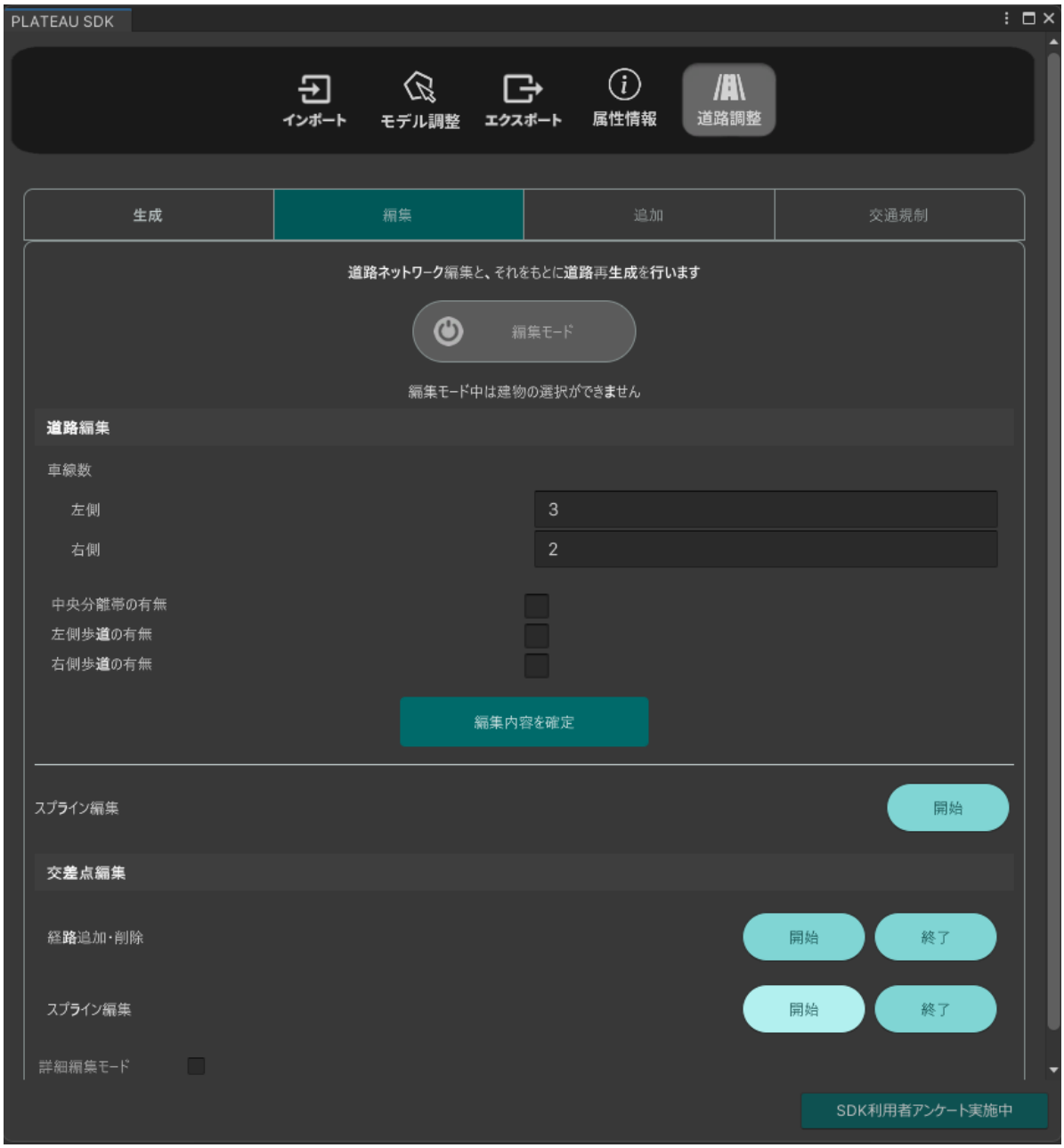


図 4-37 PLATEAU SDK for Unity の画面（例：道路編集）

2) OD 交通量データの推定

- ゾーン・交通発生集中点（エリア内の街区と交差点の接続点・エリア外との接続点・高速道路との接続点）を設定し、交通量を 3D 都市モデルから初期推定する

図 4-38 PLATEAU SDK for Unity の画面（例：交通発生点設定）

- 道路ネットワーク・初期推定された交通量を入力として OD 交通量の推定を行う

図 4-39 PLATEAU SDK for Unity の画面（例：交通量推定）

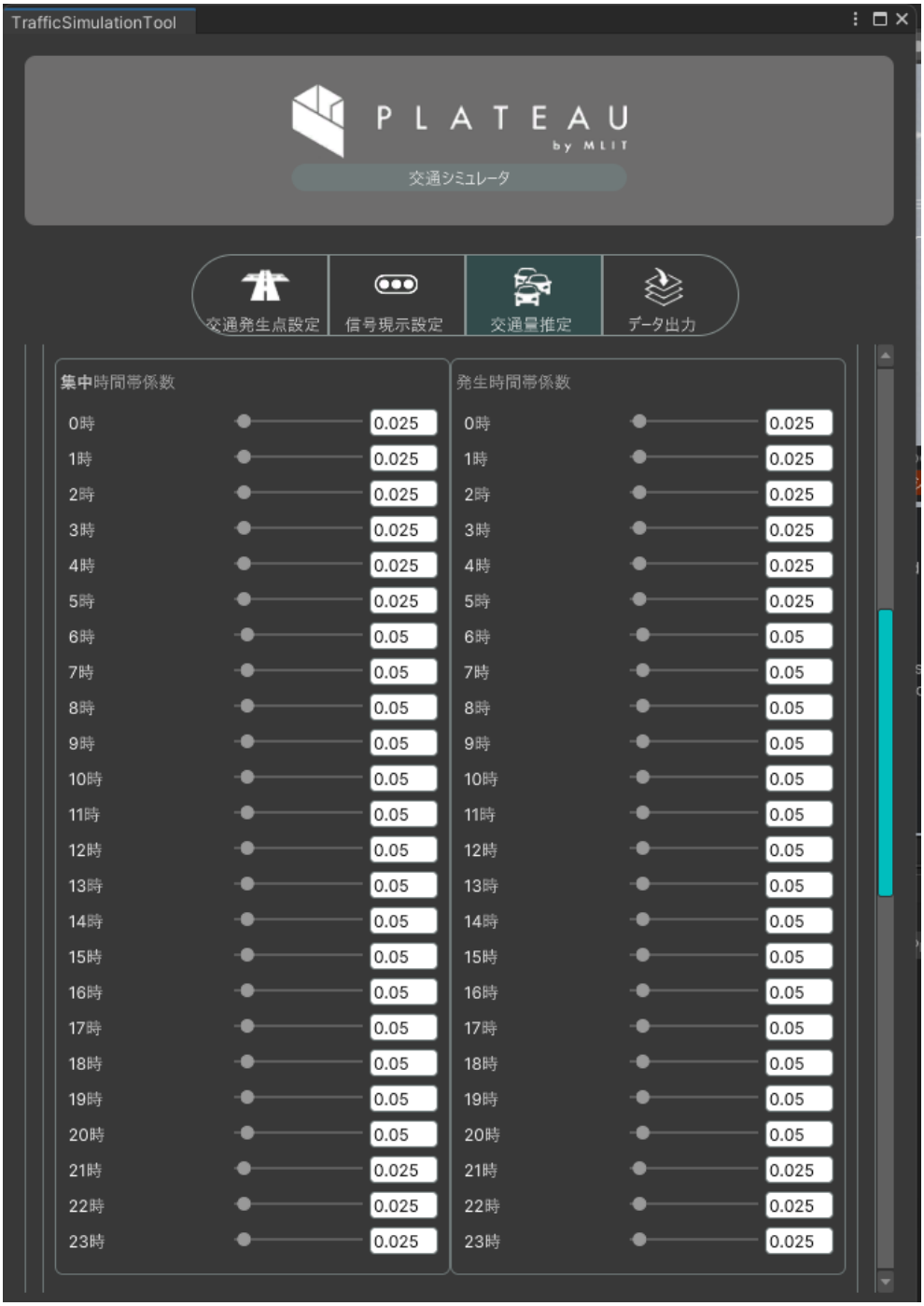


図 4-40 PLATEAU SDK for Unity の画面（例：交通量推定）

図 4-41 PLATEAU SDK for Unity の画面（例：交通量推定）

3) 開発需要（OD 交通量）の推定

- 開発条件・延床面積を設定し、開発商業施設の OD 交通量を推定する

図 4-42 PLATEAU SDK for Unity の画面（例：交通量推定）

4) 交通シミュレーションの実行

- AVENUE に道路ネットワーク・OD 交通量を入力し既存交通量及び開発 OD 交通量の上乗せ分の解析を行う

5) シミュレーション結果の集計

- AVENUE の出力結果を集計し、交通状況の変化を整理・指標化する

6) シミュレーション結果の可視化

- 3D 都市モデル上で渋滞状況・車両モデルの可視化を行う

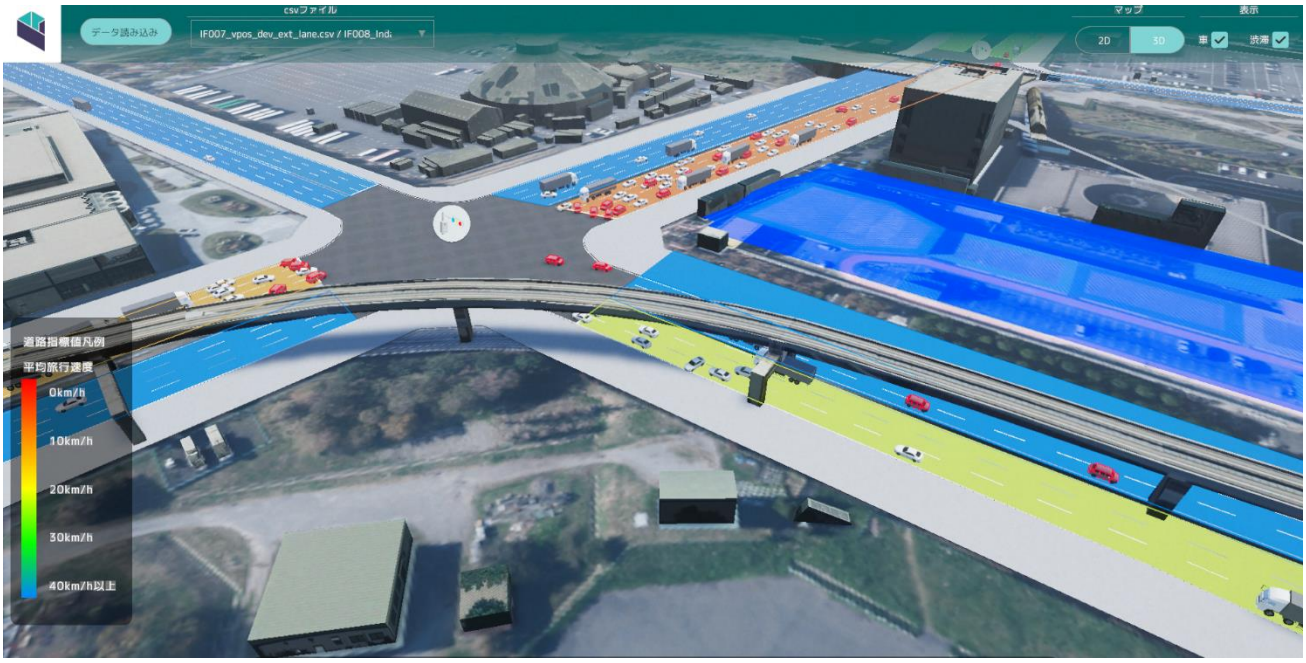


図 4-43 シミュレーション結果の可視化イメージ

7) 開発主体と関係者との合意形成に活用

- 可視化ツールを使用して商業施設開発による交通影響を関係者と共有し、合意形成に活用する

5. システムの非機能要件

5-1. 社会実装に向けた非機能要件

表 5-1 非機能要件一覧

カテゴリ	ID	項目	詳細
性能性	NR001	動作環境	シミュレーション実行時、フレーム描画周期が 30fps 以上であること。
可用性	NR002	データ生成時間	1.5km 四方の OD 推定処理が 3 時間以内に終了する

1) 【NR 001】動作環境

- 本非機能要件を適用するシステム
  - シミュレーションデータ生成ツール、シミュレーション結果可視化ツール
- 目標値
  - データ生成 PC で問題なくデータが生成できる
  - データ可視化 PC で問題なくデータが可視化できる
- 設定理由
  - 対象ユーザーの標準的な PC 環境でシミュレーションを可能とするため
- 評価方法
  - シミュレーションを行う際にシステムダウンや、HW001、HW002 の PC のフリーズが発生しないことを確認する

2) 【NR 002】データ生成時間

- 本非機能要件を適用するシステム
  - シミュレーションデータ生成ツール、シミュレーション結果可視化ツール
- 目標値
  - 1.5km 四方の OD 推定処理が 3 時間以内に終了する
- 設定理由
  - 実業務での利用を想定し、短時間でのシミュレーションを可能とするため
- 評価方法
  - 1.5km 四方の OD 推定処理を行い、かかる時間を測定する

6. 品質

6-1. 機能要件の品質担保

表 6-1 機能要件の品質担保方針

対象プロセス/サブシステム	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
道路ネットワークデータ生成機能	入出力対応	● 入出力の一致	2024/8～10 月	● 単体テストによる検証
交通発生点設定機能	入出力対応	● 入出力の一致	2024/8～10 月	● 単体テストによる検証
OD 交通量の推定機能	入出力対応	● 入出力の一致	2024/8～10 月	● 単体テストによる検証
開発交通量の推定機能	入出力対応	● 入出力の一致	2024/8～10 月	● 単体テストによる検証
シミュレーションデータ生成 UI 開発	UI	● ユーザーの評価（満足度）	2024/8～12 月	● ユーザーの意見を採り入れた開発
シミュレーション結果表示機能	UI	● ユーザーの評価（満足度）	2024/8～12 月	● ユーザーの意見を取り入れた開発

6-2. 非機能要件の品質担保

表 6-2 非機能要件の品質担保方針

対象項目	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
・シミュレーションデータ生成ツール ・シミュレーションデータ可視化ツール	動作環境	● 30fps 以上	2024 年 10～12 月	● 運用テストによる検証
・シミュレーションデータ生成ツール ・シミュレーションデータ可視化ツール	データ生成時間	● 15 秒	2024 年 10～12 月	● 運用テストによる検証

7. 実証技術の機能要件の検証

7-1. 検証目的

- 自動生成した道路ネットワークデータ及び OD 交通量の再現性が確保されたかを検証する

7-2. KPI

表 7-1 KPI 一覧

NO.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
1	道路ネットワーク形状の再現性	80%	● 3D 都市モデルによる自動生成機能により、シミュレーション用の道路ネットワークはおおむね再現可能と想定されるため	● 地理院地図の航空写真と目視による比較 ● 手動編集を行う前の状態で、どの程度再現可能かを確認する
2	道路区間別交通量	相関係数 0.8	● 本システムにより推定される OD 交通量は、既知の観測交通量との乖離が最小となるよう推定されるため、道路区間別交通量と観測交通量との整合性は高くなると想定されるため	● 観測交通量と推計交通量の相関係数

7-3. 検証方法と検証シナリオ

1) 道路ネットワーク形状の再現性の検証

- 3D 都市モデルによるシミュレーション用の道路ネットワーク自動生成機能において、以下の 2 つの観点から、実際の道路ネットワーク（Web 地図や地理院地図の航空写真等）と目視による比較によって検証する
  - 道路構造の再現性: 交通シミュレーションの実施に必要な道路ネットワークの要素（a-1 ノード、a-2 リンク、a-3 リンク長、a-4 車線数、a-5 交差点付近のレーン形状）がどの程度再現されるかを検証する
  - 入力する道路モデルによる比較（3 シナリオ）: LOD（1、2、3）による精度を比較、検証する
- 今回の実証エリア内の 3D 都市モデルにはアンダーパスやトンネル等の地下構造が含まれていないため、道路ネットワークの自動生成が行えない。そのため、検証にあたっては当該構造の道路区間は除外した
- 生成パラメータは初期状態を使用し、道路ネットワーク手動編集機能による補正は行わない状態で検証する

表 7-2 検証シナリオ一覧

NO.	ケース（項目）	エリア	検証方法
a-1	ノード（交差点）	東京都 港区台場	地理院地図の航空写真と目視による比較 ※対象エリア内の 10 箇所程度を対象に検証
a-2	リンク（交差点間）		
a-3	リンク長（区間延長）		
a-4	車線数		
a-5	交差点付近のレーン形状		

2) 道路区間別交通量

- 既存交通 OD 交通量推定機能において、推定交通量が観測交通量に近似するように OD 交通量が推定されていることを検証する

7-4. 検証結果

検証の結果、自動生成した道路ネットワーク及び OD 交通量の再現性は、交通シミュレータのインプットデータとして利用できる品質であることが分かった。ただし、道路ネットワーク形状の一部は、手修正機能を用いて現況と一致させる必要があり、改良の余地が見られた

- 道路ネットワーク形状の再現性の検証
  - 5 つの評価項目から 3 つの項目で達成し、2 つの項目で未達となった
  - 検証の結果、主要な交差点や分合流地点で実空間と一致する様にノード、リンクを生成することが出来た
  - LOD1 では車線数が一致するリンクを生成することは評価対象リンク上では確認できなかった。LOD2 と 3 においては一部のリンクで車線数が一致することが確認できたが、大部分のリンクでは一致しない結果であった。
  - 右左折専用レーン等の付加車線情報が生成出来ないことから交差点付近のレーン形状は一部のリンクで一致しない結果であった
  - LOD ごとの比較では、ノードの生成、リンクの生成においては大きな差異が見られなかった。ただし、車線数の生成においては LOD2 と LOD3 のほうが LOD1 より正確であったことから、道路ネットワーク構造の生成にあたっては LOD1 の利用でも問題ないが、正確な車線数が要求されるミクロ交通シミュレータに適用するネットワークデータの生成には LOD2 や LOD3 の使用が適することが示唆された
- 道路区間別交通量の検証
  - 8 箇所の交差点の観測交通量を基に、その断面を利用する尤度の高い経路となるように OD 交通量を調整した。その結果、観測交通量と推定交通量との相関係数が 0.94 程度となる OD 交通量の推定が可能でとなった

表 7-3 検証結果サマリー

黄セル：KPI 達成	青セル：KPI 未達

評価指標・KPI	検証内容	目標値	結果		示唆
			項目	評価値	
道路ネットワーク形状の再現性	道路構造の再現性の検証	80%以上(5 項目のうち 4 項目)	a-1	LOD1：82% LOD2：91% LOD3：91%	● 信号交差点や分合流といった道路の接続箇所にノードが設置されており、自動生成により実用可能なノードが生成できた
			a-2	LOD1：80%	● 各ノード間を結ぶリンクが道路上に

				LOD2：80% LOD3：80%	生成されており、自動生成による実用可能なリンクが生成できた
			a-3	LOD1：80% LOD2：80% LOD3：80%	● 生成された各リンクの区間長は実道路の区間長とおおむね一致しており、自動生成による実用可能なリンクが生成できた
			a-4	LOD1：0% LOD2：20% LOD3：20%	● 高い LOD のほうが実際の車線数に近い結果であった
			a-5	LOD1：0% LOD2：0% LOD3：0%	● 右左折専用レーン等の付加車線情報も自動生成する必要性がある
道路区間別交通量	既存交通 OD 交通量の推定精度の検証	相関係数 0.8 以上	－	0.94	● 推定された道路区間別交通量は観測交通量と十分な相関が得られ、実用可能な既存交通 OD 交通量が推定できた

a. 道路構造再現性

① ノード（交差点）

地理院地図の航空写真と生成したノードの形状を目視で確認した結果、80%以上のノードで一致する結果であった。信号交差点や分合流といった道路の接続箇所にノードが設置されており、ノード内に生成された走行導線が適切な形状となっていることを目視で確認した。各リンクに接続する導線数は両端リンクの車線数に依存するため評価の対象外とせず、その方向に作成されているかどうかを判断基準とした。検証地点と検証結果を図 7-1 に示す。

自動生成に適用した道路モデルの LOD ごとの評価では、LOD1 では 11 か所中 9 か所、LOD2 では 11 か所中 10 か所、LOD3 では 11 か所中 10 か所のノードで航空写真との一致が確認できた。

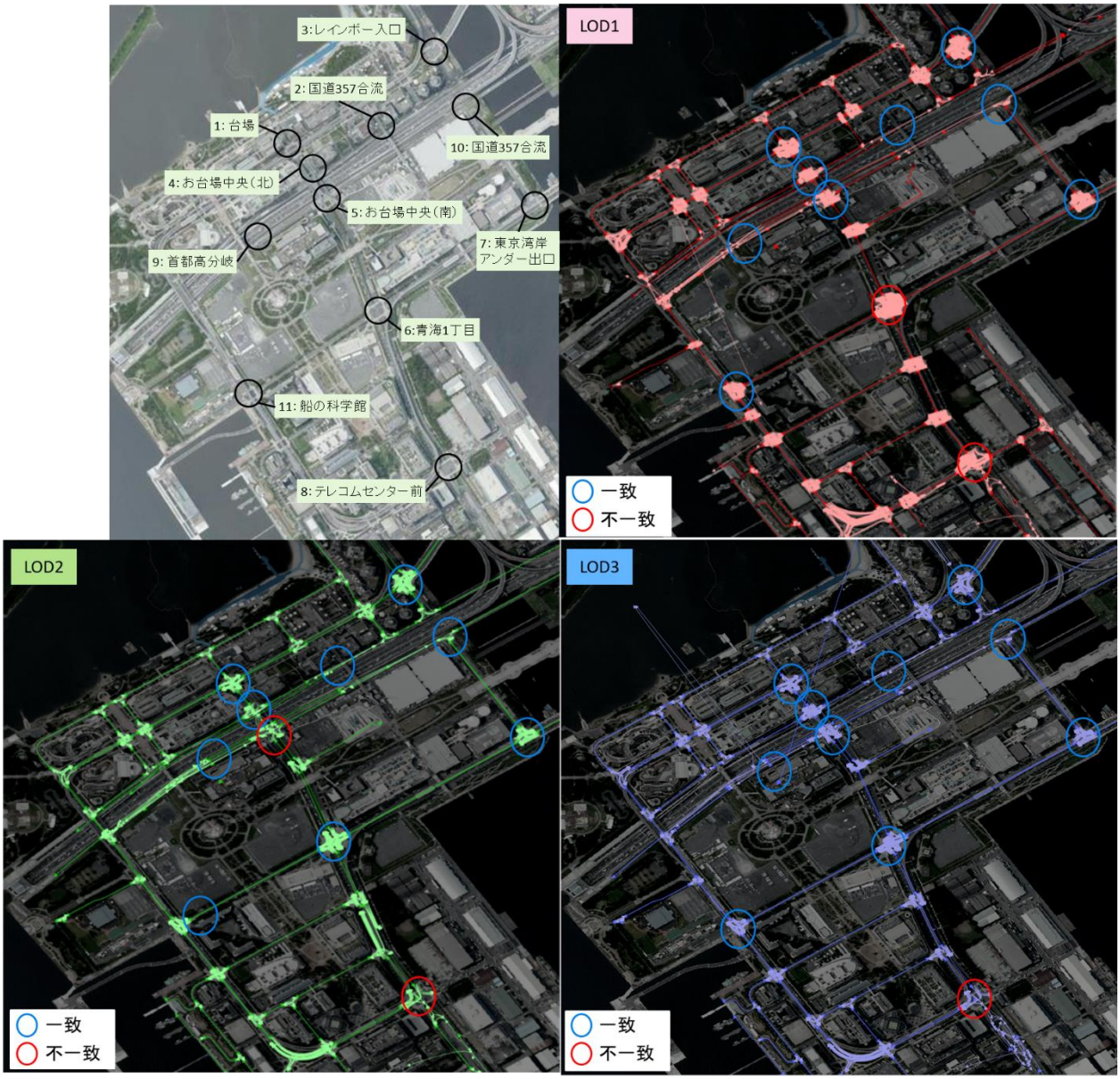


図 7-1 ノード形状検証地点と検証結果一覧

適切にノードを生成できた例としてお台場中央交差点（南）を図 7-2 に、適切にノードを生成でできなかった例としてテレコムセンター前交差点を図 7-3 に示す。お台場中央交差点においては、四方から接続するリンクが交差点内で各方面に対して交差点内導線が生成されていることを確認でできたため一致とした。テレコムセンター前においては、南方向の流入出するための交差点内導線が正しく生成されていなかったため不一致とした。

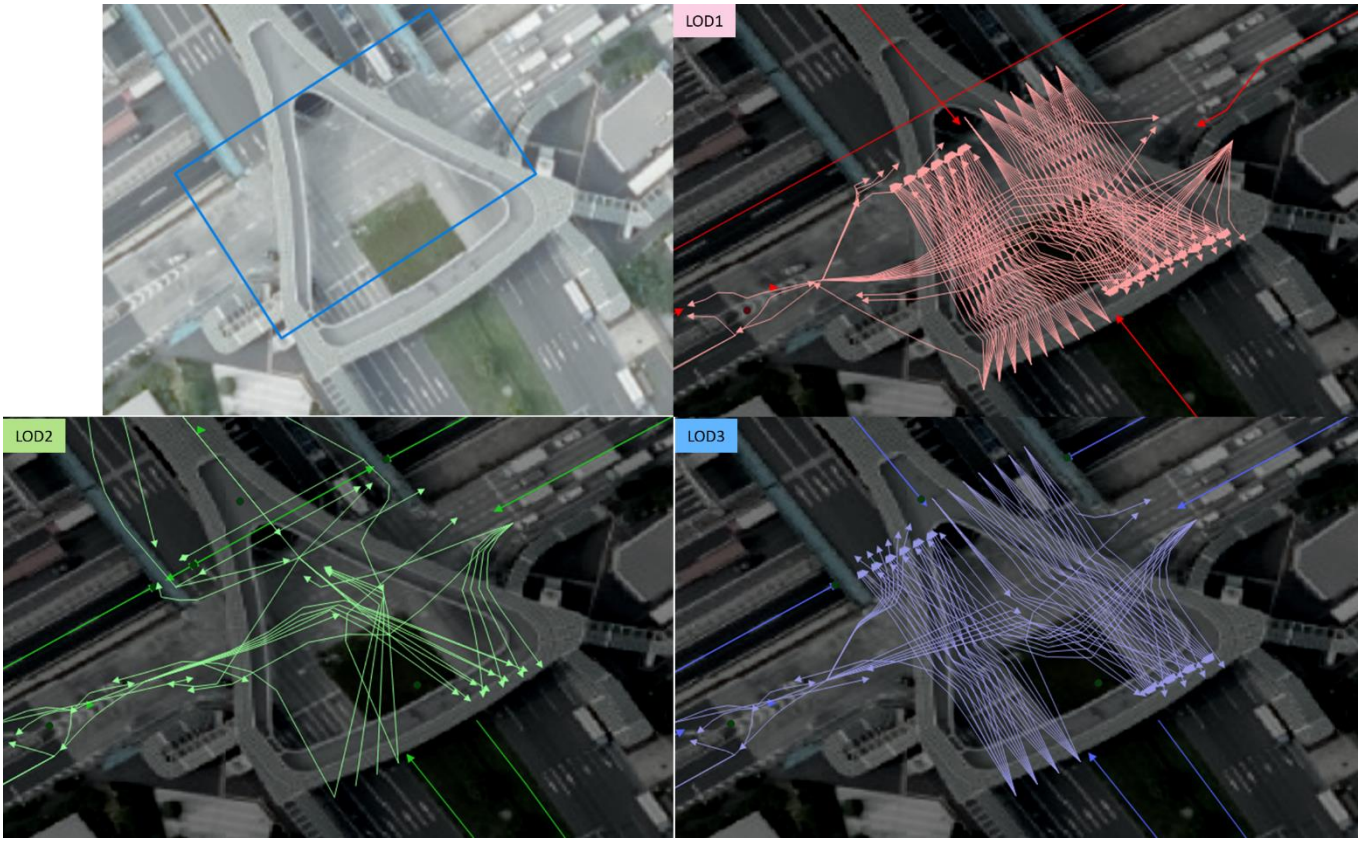


図 7-2 お台場中央交差点（南）の形状

図 7-3 テレコムセンター前交差点の形状

② リンク（交差点間）

地理院地図の航空写真と生成したリンクの形状を目視で確認した結果、すべての検証箇所で交差点間のリンク形状が一致し、上下流端のノードと接続する結果であった。検証地点と検証結果を図 7-4 に示す。

LOD1、LOD2、LOD3 ともに全てのリンクが正しく生成されており、上下端のノードと接続していることが確認できた。

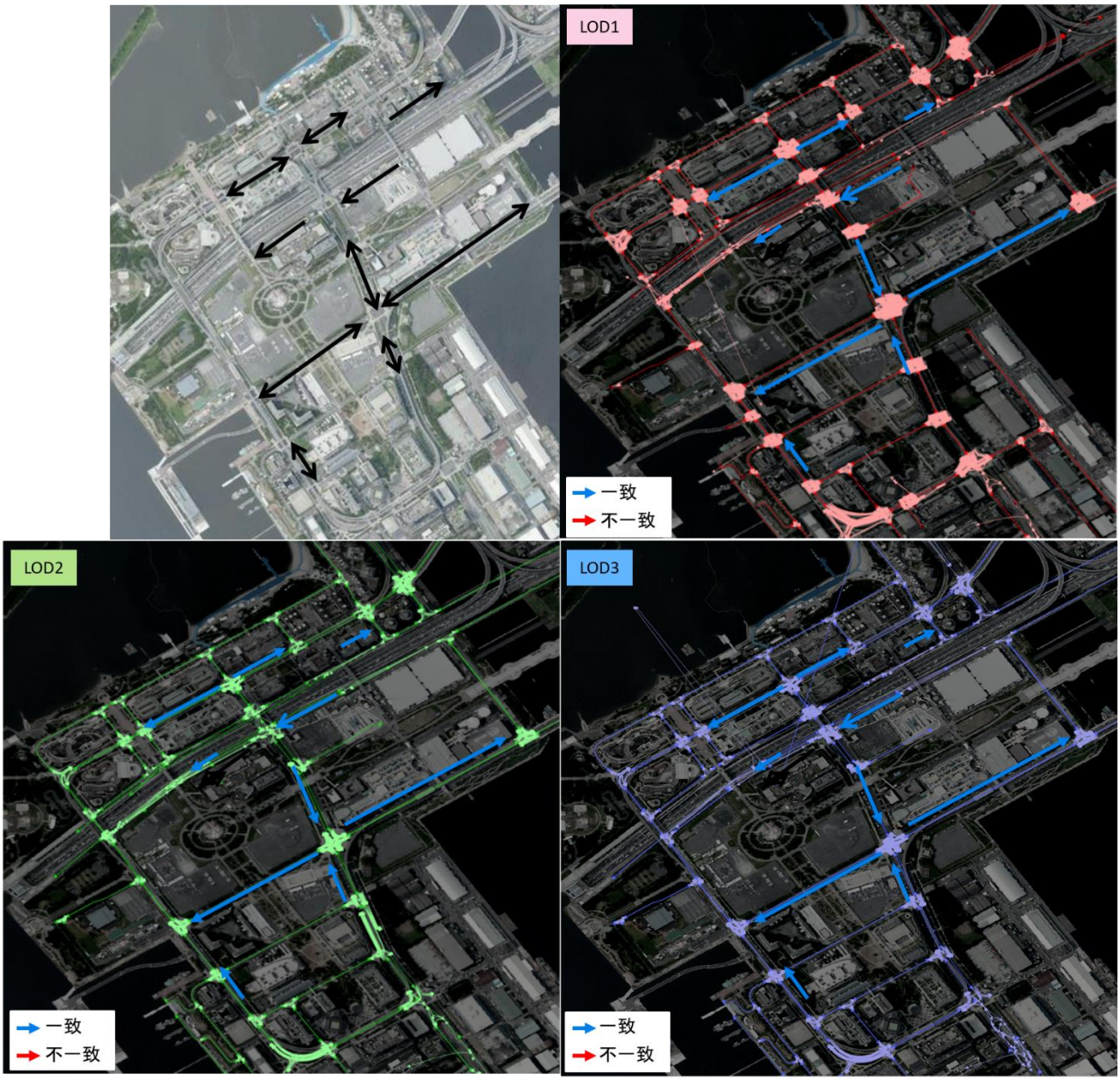


図 7-4 リンク形状検証地点と検証結果一覧

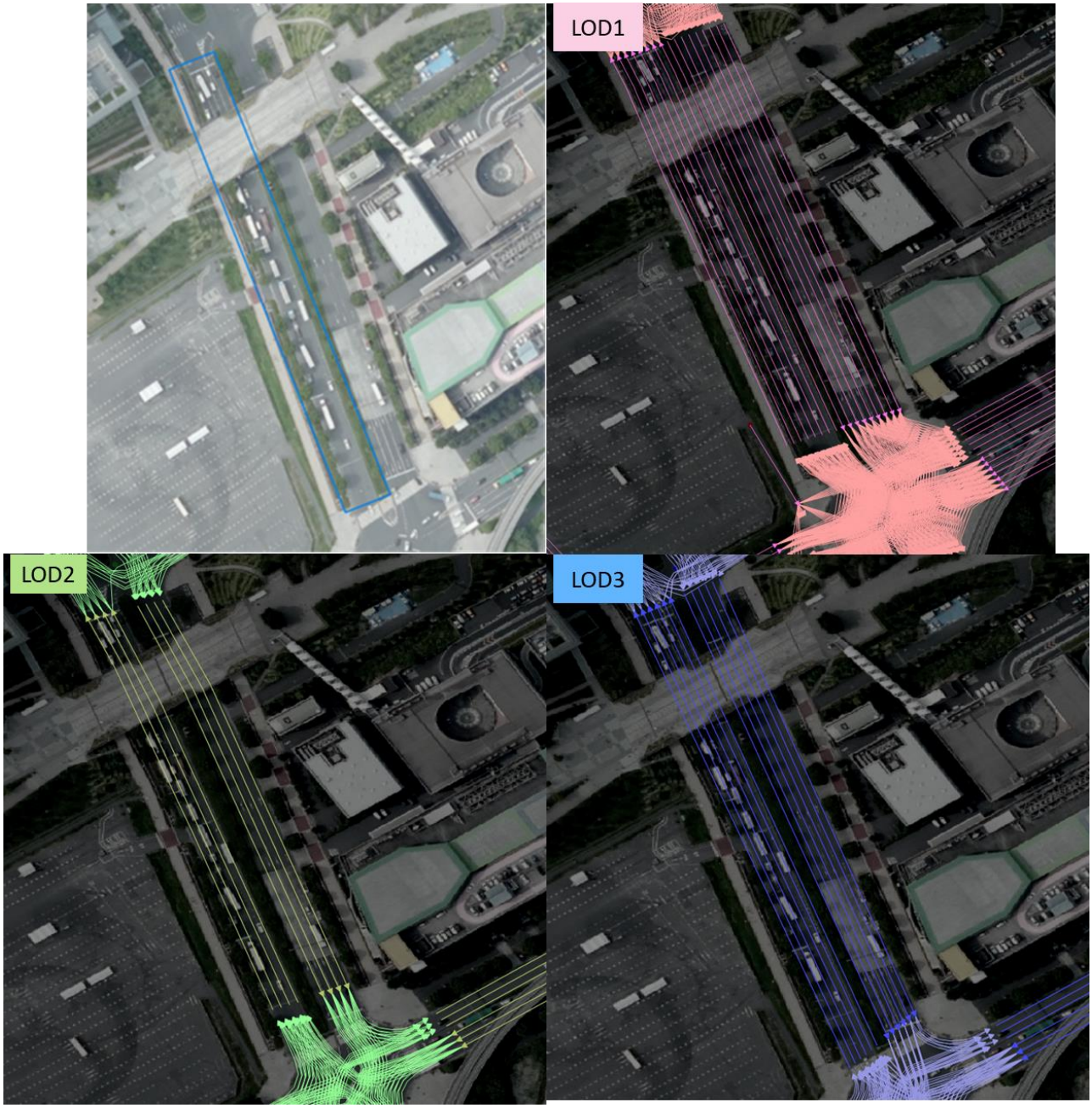


図 7-5 お台場中央交差点-青海一丁目交差点間の道路形状

③　リンク長（区間延長）

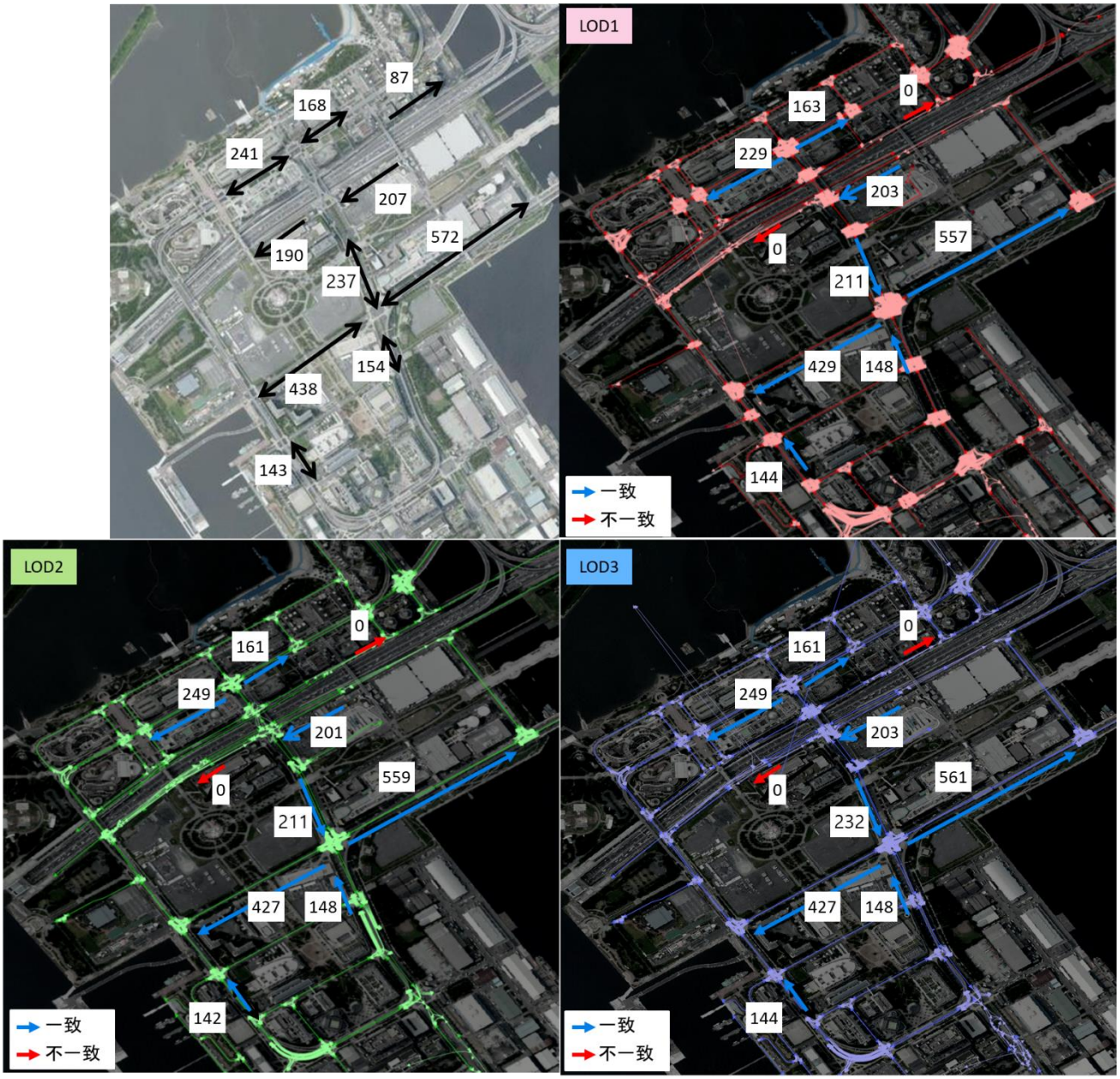
地理院地図上での実測距離と生成したリンク長との比較の結果、10 か所中 8 か所のリンクで区間延長の誤差率 20%以内であり、評価基準以内の結果であった。

リンク 3、4 は国道 357 号や首都高速道路の分合流区間と接続するリンクとなっており、リンク長がゼロメートルとなった。今回のノードを定義するアルゴリズムではノードが連続する形状となり、その間の区間を示すリンク長は 0m となったことが誤差の原因となった。表 7-4 に検証箇所の各区間延長の一覧を、図 7-6 に検証地点と検証結果を図に示す。

表 7-4 生成したリンクの区間延長の比較

比較対象リンク	地理院地図 区間延長［m］	データ生成ツール区間延長[m]		
		LOD1	LOD2	LOD3
1	241	229(95.1%)	249(96.7%)	249(96.7%)
2	168	163(97.1%)	161(95.9%)	161(95.9%)
3	87	0(0%)	0(0%)	0(0%)
4	213	0(0%)	0(0%)	0(0%)
5	207	203(98.1%)	201(97.2%)	203(98.1%)
6	237	211(89.1%)	232(97.9%)	232(97.9%)
7	438	429(98%)	427(97.5%)	427(97.5%)
8	572	557(97.4%)	427(74.7%)	561(98.1%)
9	154	148(96.2%)	148(96.2%)	148(96.2%)
10	143	144(99.4%)	142(99.4%)	144(99.4%)

※括弧内は再現率 I；(データ生成ツール区間長 - 地理院地図区間長) / 地理院地図区間長



※図中数字は当該リンク区間延長を示す

図 7-6 リンク長検証地点と検証結果一覧

LOD ごとの道路生成状況を確認するため、入力とする道路モデル を LOD1、LOD2、LOD3、および重複して存在する領域では最高レベルのモデルを適用（LOD1+LOD2+LOD3）して生成した道路ネットワークのエリア内での道路延長を比較した結果を表 7-5 に示す。合わせて同エリア内の国土地理院地図情報（道路中心線）[1]による道路延長[2]との比較も補記する。

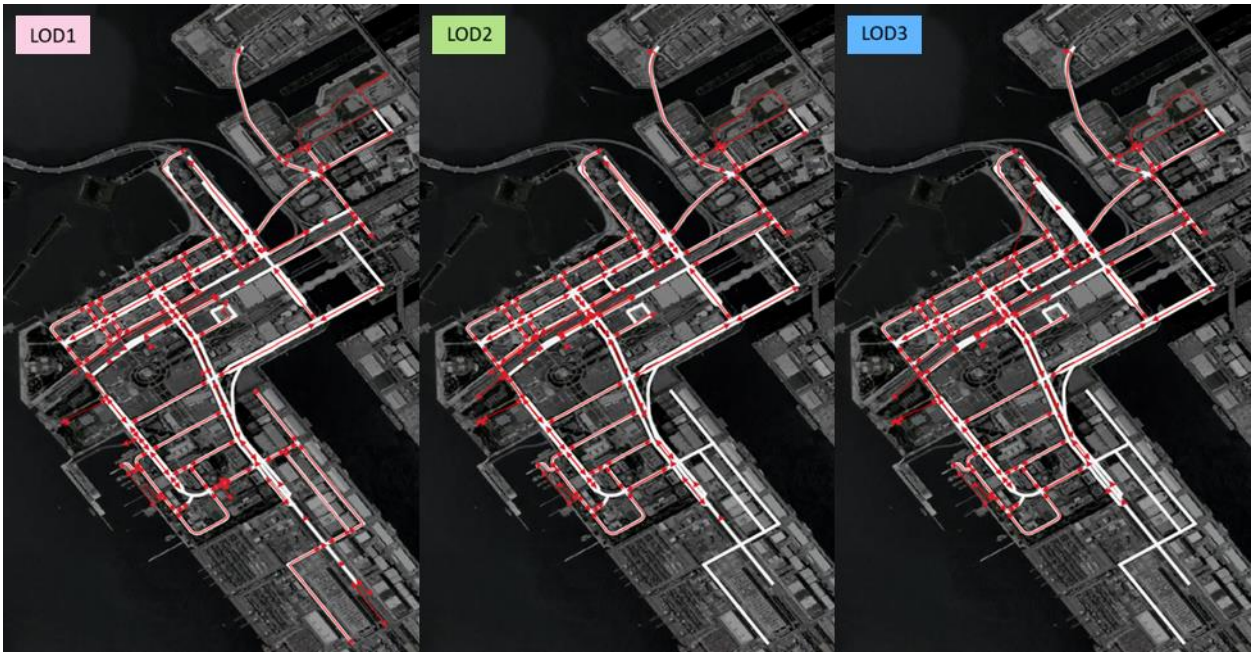
[1] 国土地理院ベクトルタイル提供実験（地図情報（道路中心線））　https://github.com/gsi-cyberjapan/experimental_rdcl の GeoJSON タイルに含まれる geometry の総延長（state=通常部、tollSect=無料区間のみ抽出、上下非分離区間については往復方とするために路線長を 2 倍として集計 ）

[2] 航空写真では視認できるが道路中心線データに含まれない道路は目視による実測で路線延長に追加した

道路中心線データに対しては道路延長が過小となるのは、分合流区間において合流車線部が存在する区間を交差点領域と判定し、トラックデータ（交差点内導線）としているためである。

表 7-5 生成したネットワークの道路総延長[m]の比較

比較対象リンク	道路延長[m]	LOD1+LOD2+LOD3に対する比率[%]	道路中心線データに対する比率[%]
LOD1	33,920.8	96.0%	72.9%
LOD2	32,890.6	93.1%	70.6%
LOD3	30,534.2	86.4%	65.6%
LOD1+LOD2+LOD3	35,323.1	-	75.9%
（道路中心線データ）	46,556.7	131.8%	-

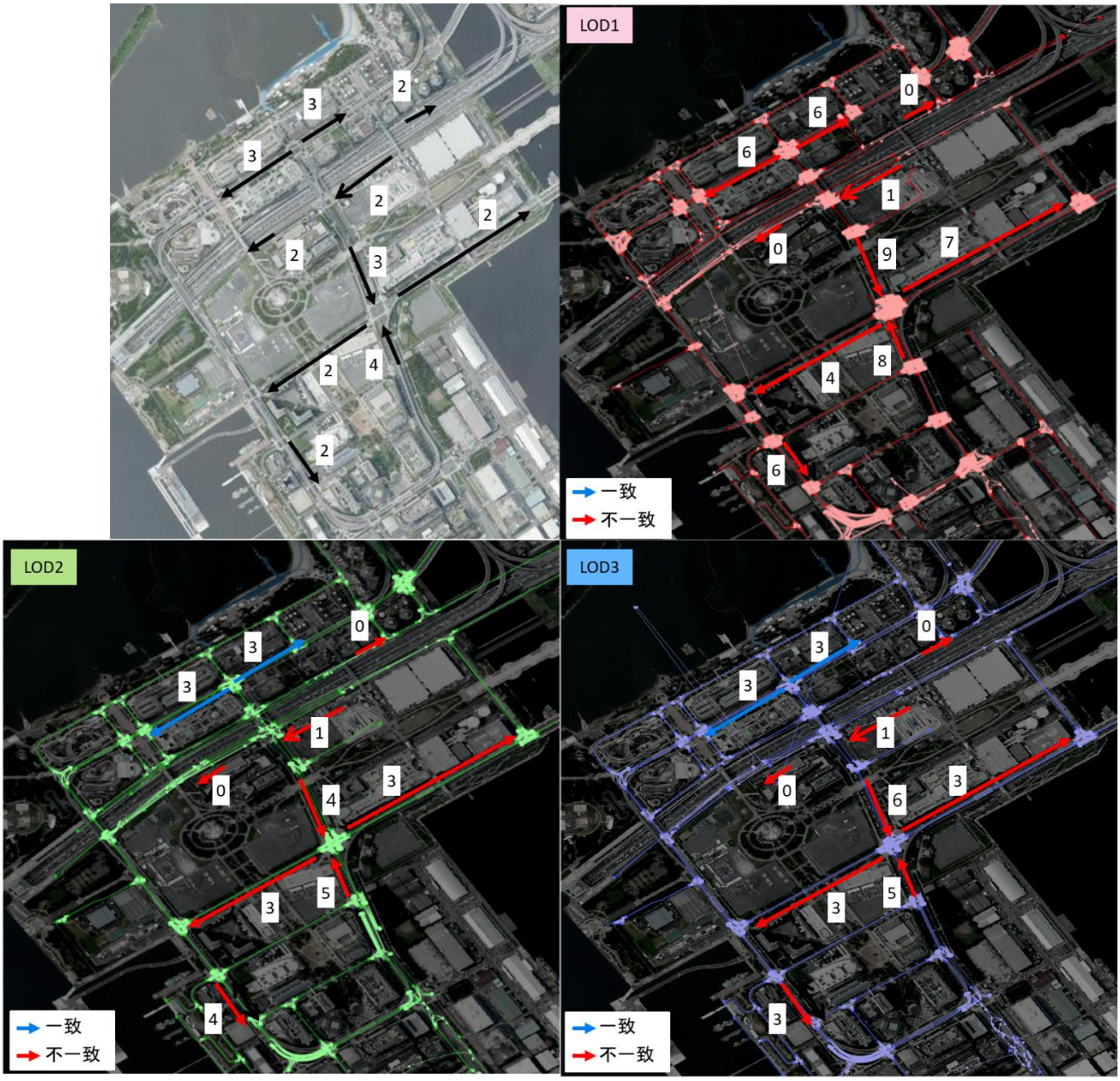


※赤線：生成道路ネットワーク　白線：国土地理院地図情報（道路中心線）データ

図 7-7LOD ごとの生成道路ネットワーク

④　車線数

地理院地図の航空写真と生成したリンクの車線数を目視で確認した結果、LOD1 ではすべての検証箇所で車線数が異なる結果であった。LOD2，LOD3 では比較対象リンク 1、2 においては LOD2 と LOD3 の車線数が一致したが、他の検証箇所で車線数が異なる結果であった。表 7-6 に車線数の比較一覧を、



※図中数字は当該リンク車線数を示す

図 7-8 に検証地点と検証結果を示す。また、台場交差点から東方向へ流出するリンク（比較対象リンク 1）の詳細を図 7-9 に、青海 1 丁目交差点からに西方向へ流出するリンク（比較対象リンク 8）の詳細を図 7-10 に示す。台場交差点の車線数が 3 本の道路に対して 3 本として生成しているため一致とした。また、青海 1 丁目交差点から東方向へ流出するリンクの車線数が 2 本の道路に対して LOD1 では 7 本、 LOD2、3 では 3 本として生成したため不一致とした。

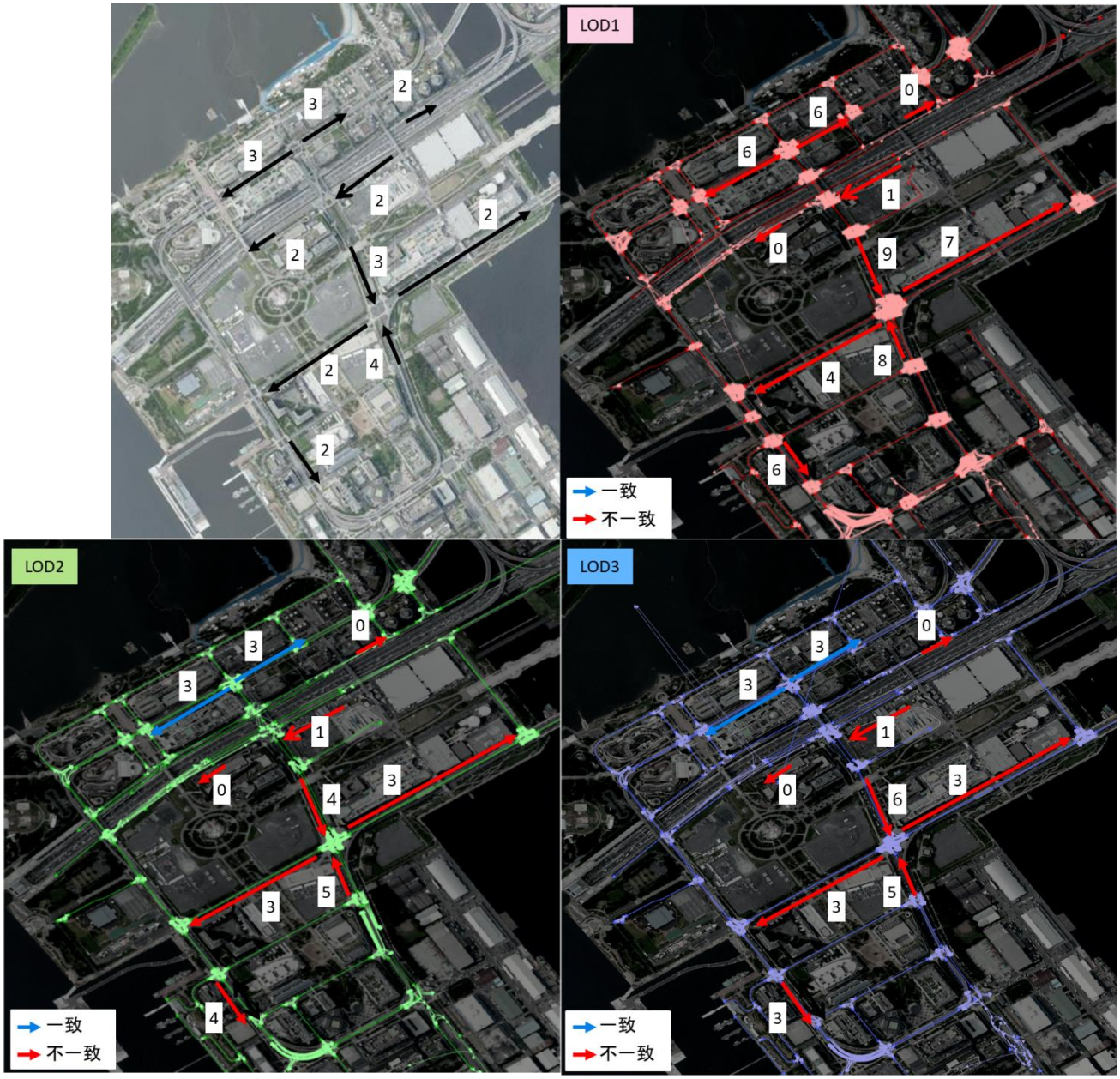
各リンクでの誤差を比較すると、LOD1 は LOD2 や LOD3 よりも誤差が大きくなる結果となった。

なお、車線数の生成パラメータは道路ネットワークの編集機能で修正することが可能である。パラメータ初期値を適用しての自動生成では車線数が一致しない結果であったが、生成パラメータの調整や、生成後の手動編集機能を用いることで車線数を一致させることが可能である。

表 7-6 生成したネットワークの車線数の比較

比較対象リンク	地理院地図車線数	データ生成ツール 車線数		
		LOD1	LOD2	LOD3
1	3	6 (3)	3 (0)	3 (0)
2	3	6 (3)	3 (0)	3 (0)
3	2	0 (-2)	0 (-2)	0 (-2)
4	2	0 (-2)	0 (-2)	0 (-2)
5	2	1 (-1)	1 (-1)	1 (-1)
6	3	9 (6)	4 (1)	6 (3)
7	2	4 (2)	3 (1)	3 (1)
8	2	7 (5)	3 (1)	3 (1)
9	4	8 (4)	5 (1)	5 (1)
10	2	6 (4)	4 (2)	3 (1)

※括弧内は誤差；データ生成ツール-地理院地図



※図中数字は当該リンク車線数を示す

図 7-8 車線数確認場所と検証結果一覧

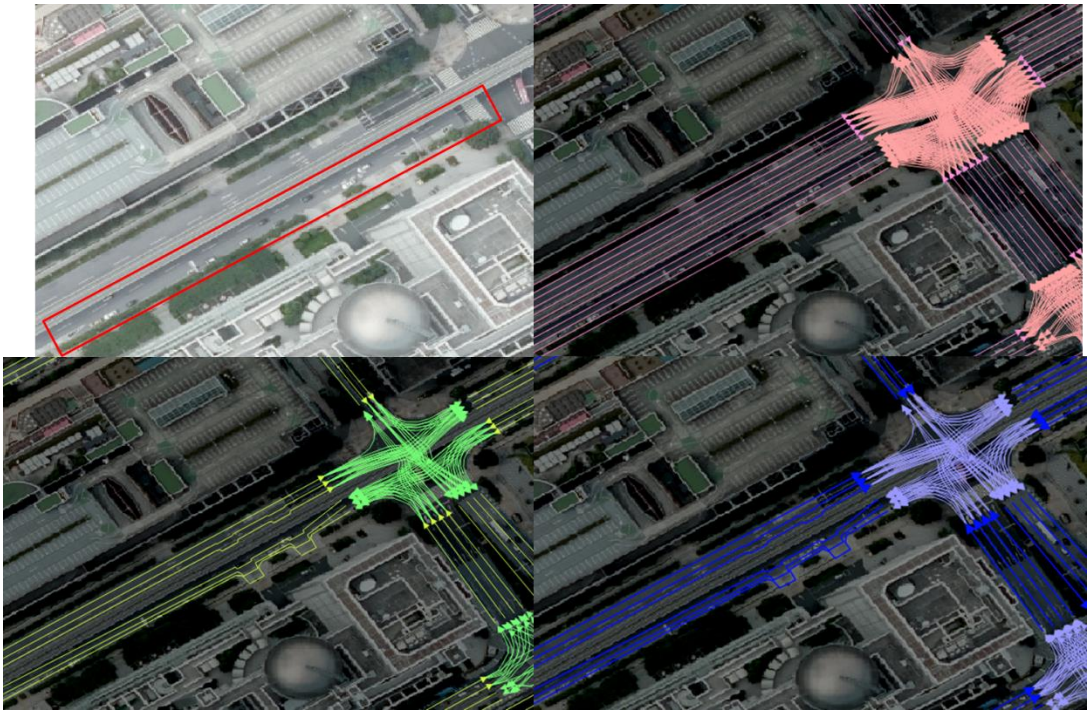


図 7-9 台場交差点から西方向へ流出するリンク上流端のレーン形状

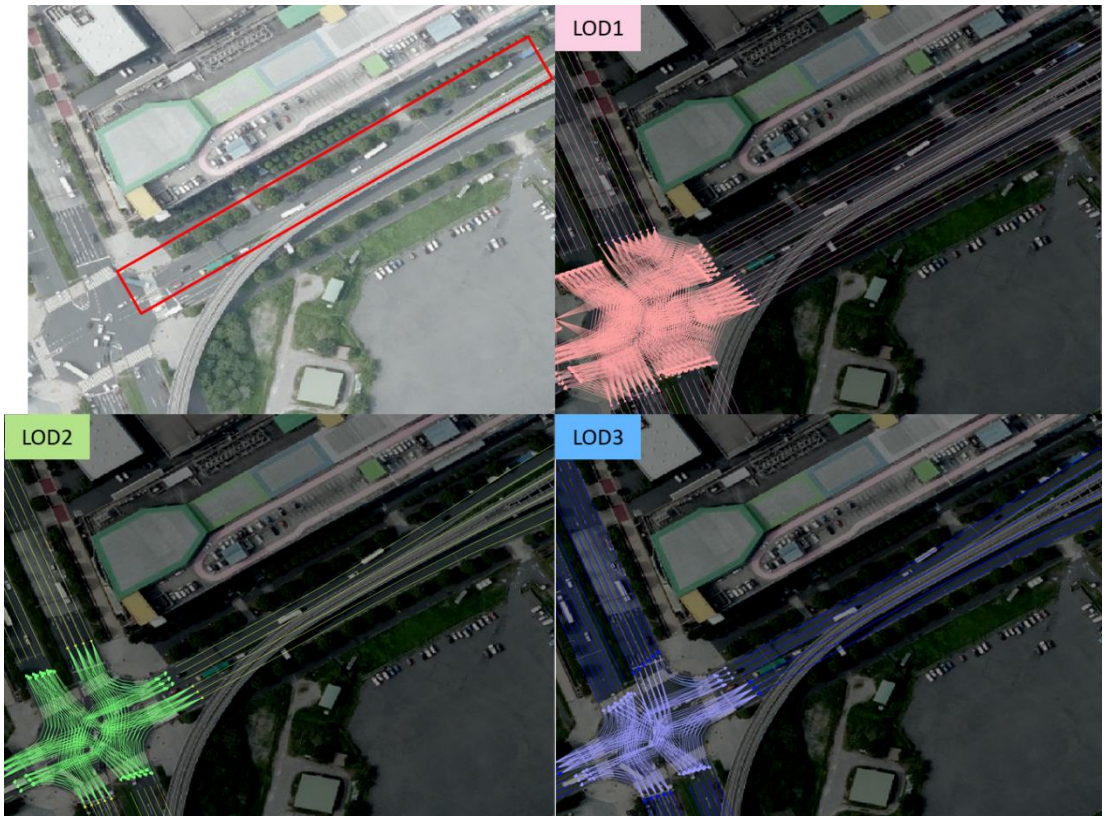


図 7-10 台場交差点から西方向へ流出するリンク上流端のレーン形状

⑤　交差点付近のレーン形状

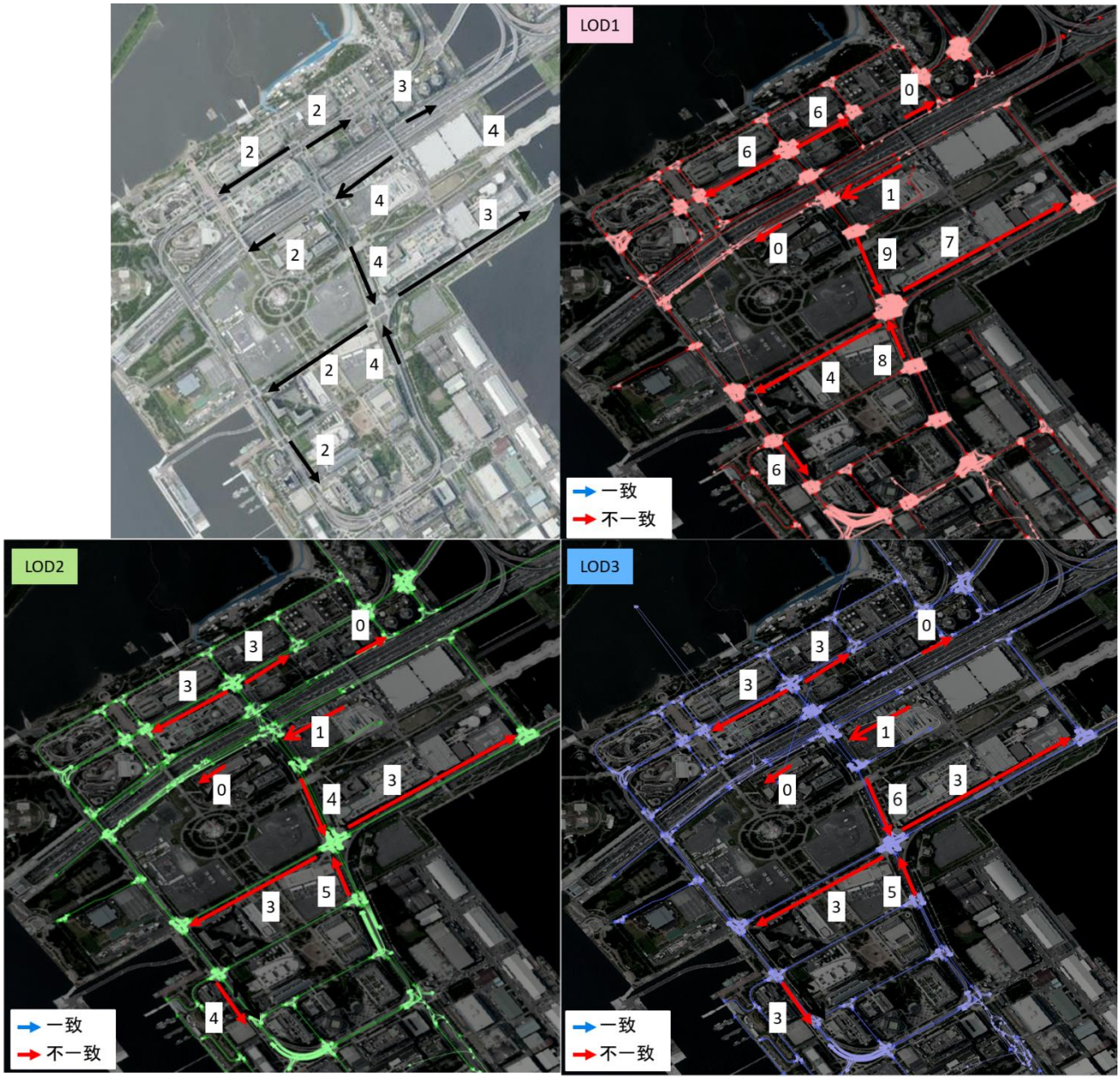
地理院地図の航空写真と生成した交差点付近のレーン形状を目視で確認した結果、すべての検証箇所でレーン形状が異なる結果であった。表 7-7 にリンク下流端の車線数の比較一覧を、図 7-11 に検証地点と検証結果を示す。

道路ネットワーク生成ツールは付加車線情報を編集できない為、交差点付近のレーン形状は一致しない結果となった。

表 7-7 生成したネットワークの付加車線を含む車線数の比較

比較対象リンク	地理院地図車線数（付加車線を含む）	データ生成ツール 付加車線を含む車線数		
		LOD1	LOD2	LOD3
1	2	6 (4)	3 (1)	3 (1)
2	2	6 (4)	3 (1)	3 (1)
3	3	0 (-3)	0 (-3)	0 (-3)
4	2	0 (-2)	0 (-2)	0 (-2)
5	4	1 (-3)	1 (-3)	1 (-3)
6	4	9 (5)	4 (0)	6 (2)
7	2	4 (2)	3 (1)	3 (1)
8	3	7 (4)	3 (0)	3 (0)
9	4	8 (4)	5 (1)	5 (1)
10	2	6 (4)	4 (2)	3 (1)

※括弧内は誤差；データ生成ツール-地理院地図



※図中数字は当該リンク下流端車線数を示す

図 7-11 交差点付近のレーン形状確認場所と検証結果一覧

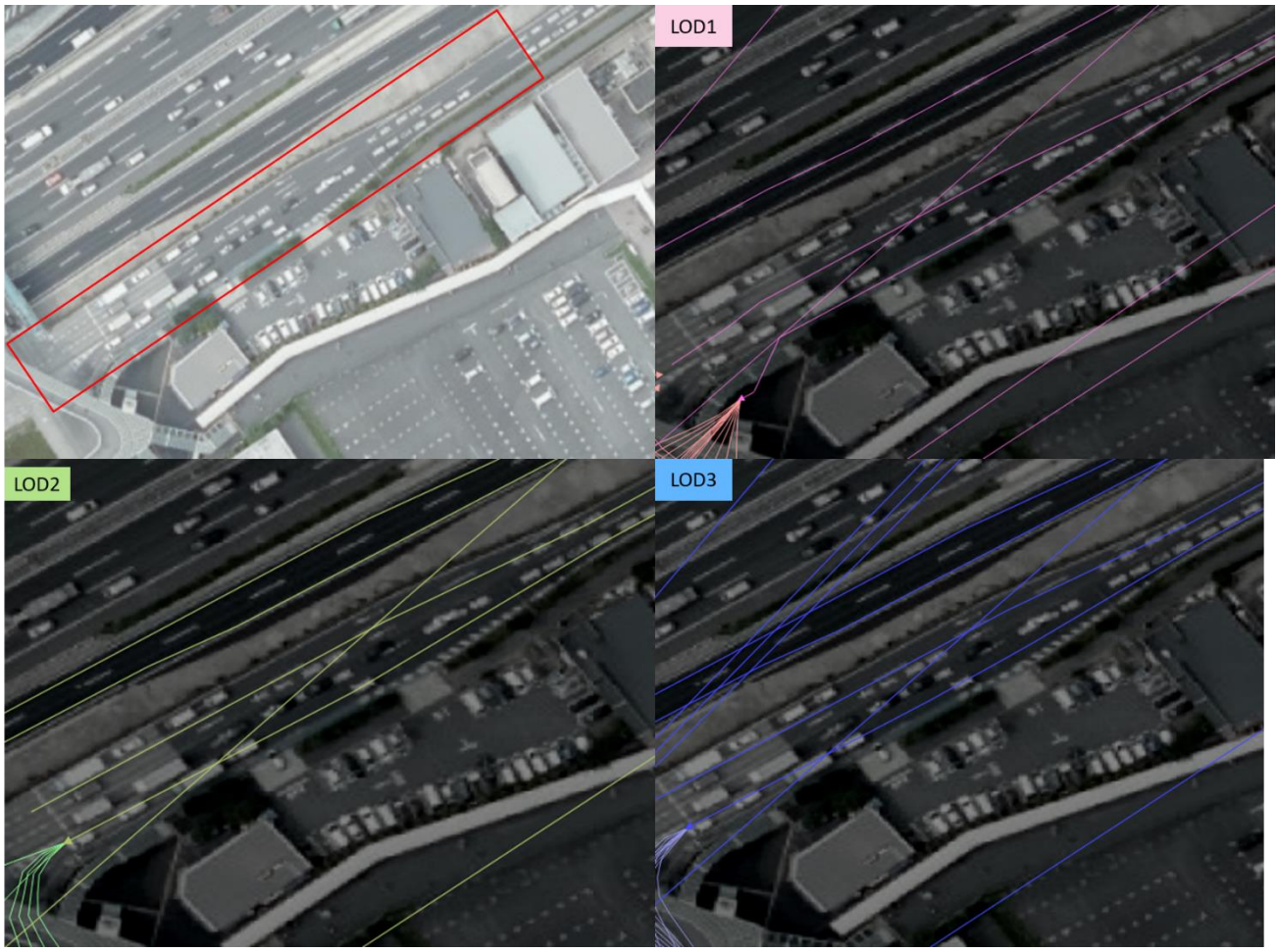


図 7-12 お台場中央交差点（南）に接続するリンク下流端のレーン形状

b. 道路区間別交通量再現性

観測交通量は、2024 年 10 月 10 日（木）の午前 10 時から午後 3 時まで、お台場地区の 13 箇所の交差点 13 箇所でそれぞれ 15 分間、車種別進行方向別に人手計測を行った。各交差点で観測時刻が異なるが、一定の交通量日変動を加味して補正し平日の代表的な交通量として OD 交通量推定に適用した。

なお、交通量が数台程度と極めて少ない方向については、OD 交通量の推定の過程で推定交通量が 0 台となり、結果として得られる全断面で推定した OD 交通量の推定精度を低下させることがあるため、15 分当たり 10 台以上となった進行方向のみを観測交通量として適用し、本検証において観測交通量は、エリア内の主要 8 か所の交差点を対象とした。

午前 10 時～午前 10 時 15 分の 15 分間について OD 推定を実施した。推定後の OD 交通量と経路の配分率から求められるリンクの断面交通量を集計して、推定に適用した 8 交差点に接続するリンクの観測交通量との比較を行った。観測断面交通量と推定断面交通量の相関図を図に示す。

観測断面に対する推定交通量の相関係数は 0.94 となり、目標値の 0.8 を上回る結果となった。

図 7-13 断面交通量調整対象交差点

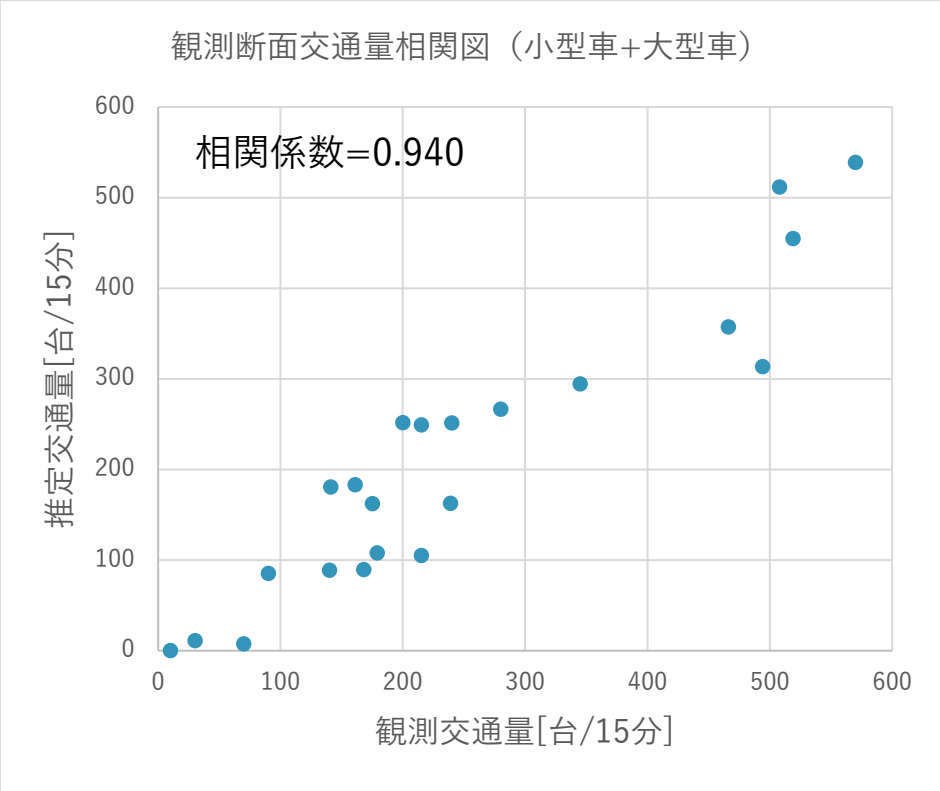


図 7-14 交通断面別推定交通量の相関図

8. 実証技術の非機能要件の検証

8-1. 検証目的

- ミクロ交通シミュレーション用のインプットデータの自動生成及びその編集を容易にする一連の機能を開発することにより、シミュレーションの実行にかかる手間を減らすことができるかどうかを評価するため、対象ユーザーの標準的な PC 環境で問題なくデータが可視化できることを検証する
- 実業務での利用を想定し、短時間でのシミュレーションを可能とするため、シミュレーション対象となる一定範囲内の OD 推定処理が短時間で終了することを検証する

8-2. KPI

表 8-1 KPI 目標値

NO.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
1	フレーム描画周期（シミュレーション実行時の動作環境）	30fps 以上	対象ユーザーの標準的な PC 環境でシミュレーションを可能とするため	シミュレーションの実行時にシステムダウンや、PC のフリーズが発生しないことを確認する
2	データ生成時間	3 時間以内に終了	実業務での利用を想定し、短時間でのシミュレーションを可能とするため	1.5km 四方の OD 推定処理を行い、かかる時間を測定する

8-2-1. 検証方法と検証シナリオ

表 8-2 非機能要件の検証方法

対象項目	品質評価項目	目標値	期間の単位	アクティビティ
・シミュレーションデータ生成ツール ・シミュレーションデータ可視化ツール	動作環境	● 30fps 以上	2024 年 10～12 月	● 運用テストによる検証
・シミュレーションデータ生成ツール ・シミュレーションデータ可視化ツール	データ生成時間	● 15 秒	2024 年 10～12 月	● 運用テストによる検証

8-2-2. 検証結果

シミュレーション実行時のフレームレートは、おおむね 85fps を超えており、30fps を割ることはなかった。また、データ生成時間が 3 時間を超えるようなことはなく、設定した非機能要件を満たすことを確認した。

9. 有用性検証

9-1. 検証目的

実証仮説に基づき、以下の検証目的を設定する。

【実証仮説】

- ミクロ交通シミュレーションの実行に必要なインプットデータの自動生成及びその編集を容易にする一連の機能を開発することによって、シミュレーションの実行にかかる手間を削減することができる
- シミュレーション結果を、3D 可視化機能を導入することによって、大規模開発事業者、行政、警察、市民等の間で、交通影響やその対策の有用性等に関する認識の共有が促進される

主に以下の 2 点について、有用性検証を行った。

- ユーザビリティ評価
  - 本システムの使い勝手に問題がないかを確認する
- シミュレーション結果の共有性の評価
  - 関係機関への協議調整への活用可能性や時間短縮に寄与するか、ヒアリングを通じて確認する

9-2. 検証方法

検証方法としては、システムによる道路ネットワーク形状の再現性や道路区間別交通量等の精度確認に加え、交通シミュレーションにかかわる作業負荷の軽減（作業時間の短縮）状況、及びシステム利用者において実際にシステムを操作、体験してもらった結果をヒアリングし、評価を行う。
（ヒアリング項目は「9-4.ヒアリング・アンケートの詳細」で記載）

【事業者向けヒアリングの実施方法】

- 会場：自社の会議室等
- 機材：体験・デモ用に以下のスペックの社用 PC を用意する
  - CPU：Intel クロック周波数 2GHz 以上
  - GPU：NVIDIA® GeFroce RTX™ 4060 Laptop GPU
  - メモリ：32GB 以上
  - OS：Windows 11 Home 64 ビット
  - 通信環境：各社で用意された社用 Wi-Fi

9-3. 被験者

本ユースケースでは、大規模開発等を企画、立案、施工する大規模開発事業を推進する担当者、大規模開発等の許可に係る申請窓口である行政機関の担当部局の担当者をターゲットとしている。
大規模開発事業を推進する担当者は、本システムの操作性や分かりやすさ（ユーザビリティ）に関する主観的な評価を行う。また、行政担当者は、交通シミュレータによる評価結果を 3D 可視化することで、さまざまな主体と共有がしやすくなるか、またスムーズな合意形成に寄与するかを確認する。
本実証実験では、これらのユーザーに該当する以下の方々にヒアリング・アンケートを行い、本システムの価値を検証する。

表 8-3 被験者リスト

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
事業者/ ユーザー	三菱地所設計	−	−	商業施設開発計画、 道路交通影響評価等	6 名
行政機関/ ユーザー	港区役所	街づくり支援部 開発指導課	開発指導課長 同再開発担当係長	大規模開発等の許可、 関連した調整	2 名
	江東区役所	都市整備部 都市計画課	都市計画担当係長 担当者	大規模開発等の許可、 関連した調整	2 名
		都市整備部 まちづくり推進課	担当者	大規模開発等の許可、 関連した調整	1 名

9-4. ヒアリング・アンケートの詳細

9-4-1. アジェンダ・タイムテーブル

表 8-4 アジェンダ・タイムテーブル

NO.	アジェンダ	所要時間
1	実験の目的を説明	5 分
2	作業手順のデモ、説明	15 分
3	操作の体験 （シミュレーションデータ作成ツール、シミュレーション結果可視化ツール）	20 分
4	操作感のヒアリング、アンケート回答	20 分

9-4-2. アジェンダの詳細

表 8-5 アジェンダの詳細

NO	アジェンダ（再掲）	内容
1	実験の目的を説明	● 本実証実験でアプローチする背景や課題の説明 ● 本実証実験で用いるシステムの提供価値 ● システムの全体像の説明
2	作業手順のデモ、説明	● 交通シミュレーションデータ生成ツール ➢ 3D 都市モデルを活用した道路ネットワークデータ出力機能、既存交通 OD 交通量推定機能、開発関連 OD 交通量推定機能等 ● シミュレーション結果可視化ツール ➢ 車両・渋滞可視化機能、視点操作機能、2D/3D 切替え機能等
3	操作の体験	● 上記デモ内容を事業者が体験
4	操作感のヒアリング、 アンケート回答	● 質疑応答及びヒアリングを実施 ● その場で、アンケートへ回答

9-4-3. 検証項目と評価方法

既存システムとの比較とユーザビリティ評価を検証項目とし、それぞれを定量的、定性的に評価する。

表 8-6 検証項目と評価方法

検証観点	NO.	検証項目	定量評価	定性評価
1) ユーザビリティの評価	1	画面表示（UI）が分かりやすいか	● 対象ユーザーが本システムを体験後、アンケートを実施 ● 選択肢は「とても不満」を 1、「とても満足」を 5 とした 5 段階とし、各設問に対する回答の、過半数で 4 以上を目標とする	● アンケートの各設問に自由記入欄を設定
	2	直感的に操作できるか		
	3	交通シミュレーションの作業時間の短縮に寄与するか		
2) シミュレーション結果の共有性の評価	4	関係機関への協議調整において活用可能か		
	5	協議調整の時間を短縮することができそうか		
	6	今後、同様の開発の際に、本システムを活用する機会は想定されるか		

9-4-4. 実証実験の様子

交通シミュレータによる評価結果の 3D 可視化画面と操作方法を説明している様子。

図 8-1 シミュレーション結果の 3D 可視化画面の説明

開発したシステムを利用し、交通シミュレーションへのインプット用の道路ネットワークを調整している様子

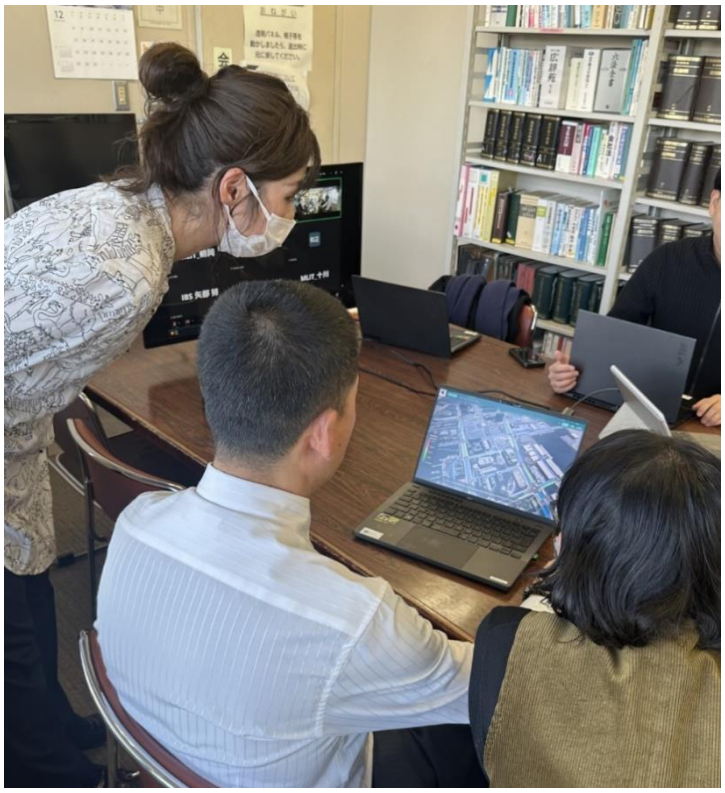


図 8-2 システム操作状況①

開発したシステムを利用し、3D 可視化画面の画角操作等をしている様子

図 8-3 システム操作状況②

開発予定地に右左折で向かう車両が混雑するシミュレーションの様子

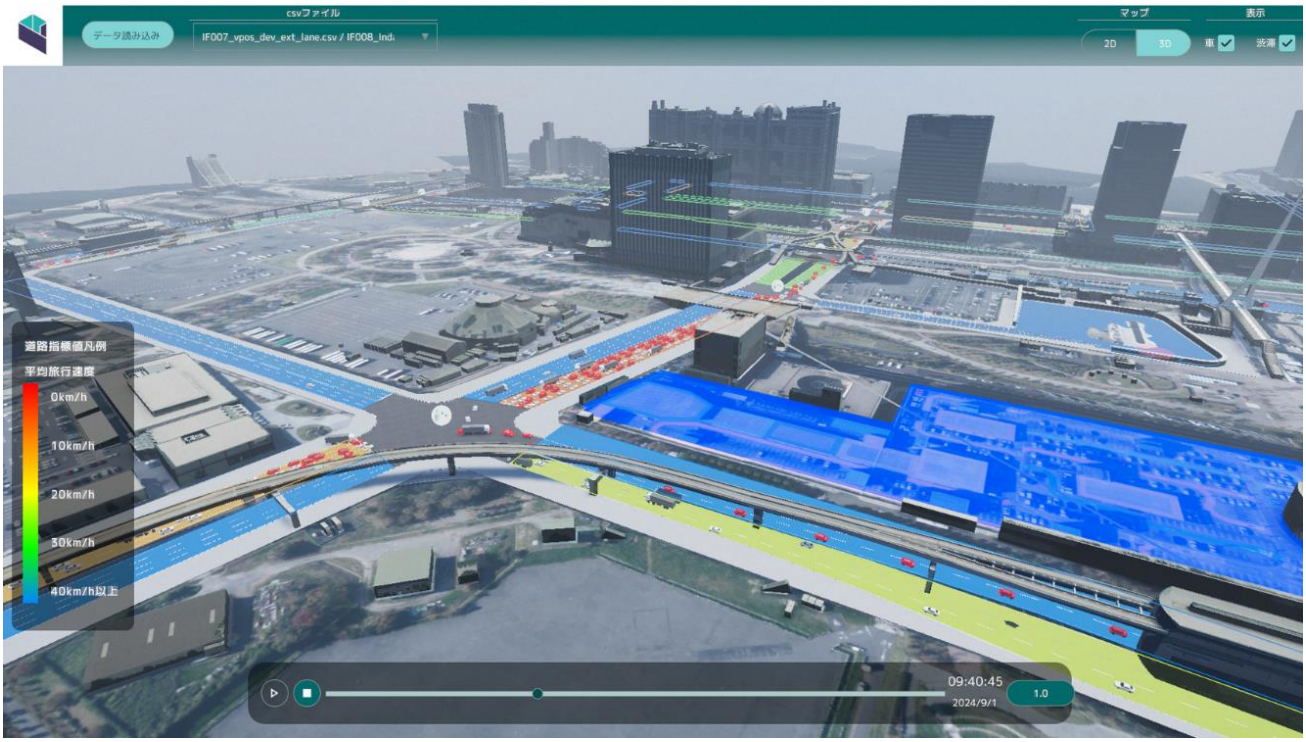


図 8-4 シミュレーション画面①

図 8-5 シミュレーション画面②

9-5. 検証結果

ミクロ交通シミュレーションの実行に必要なインプットデータの自動生成及びその編集を容易にする一連の機能を開発することによって、シミュレーションの実行にかかる手間を削減できることが確認できた。また、シミュレーション結果を 3D 可視化することによって、大規模開発事業者・行政・警察・市民等の間で、交通影響やその対策に関する認識共有が効率化される可能性が示された。

1)　ユーザビリティの評価

計 19 名の回答者の内、「良い」もしくは「やや良い」を選択した割合が、画面表示の分かりやすさについては 100%、直観的な操作性については 94%、作業時間の短縮については 90%であった。
特に、画面表示の分かりやすさや直観的な操作性が高く評価されており、技術リテラシーを問わず活用可能なシステムとして受け止められていることが分かる。一方で作業時間の短縮については相対的に高い評価は得られていないことから、時間短縮に関わる機能の改良の余地があることが考えられる。

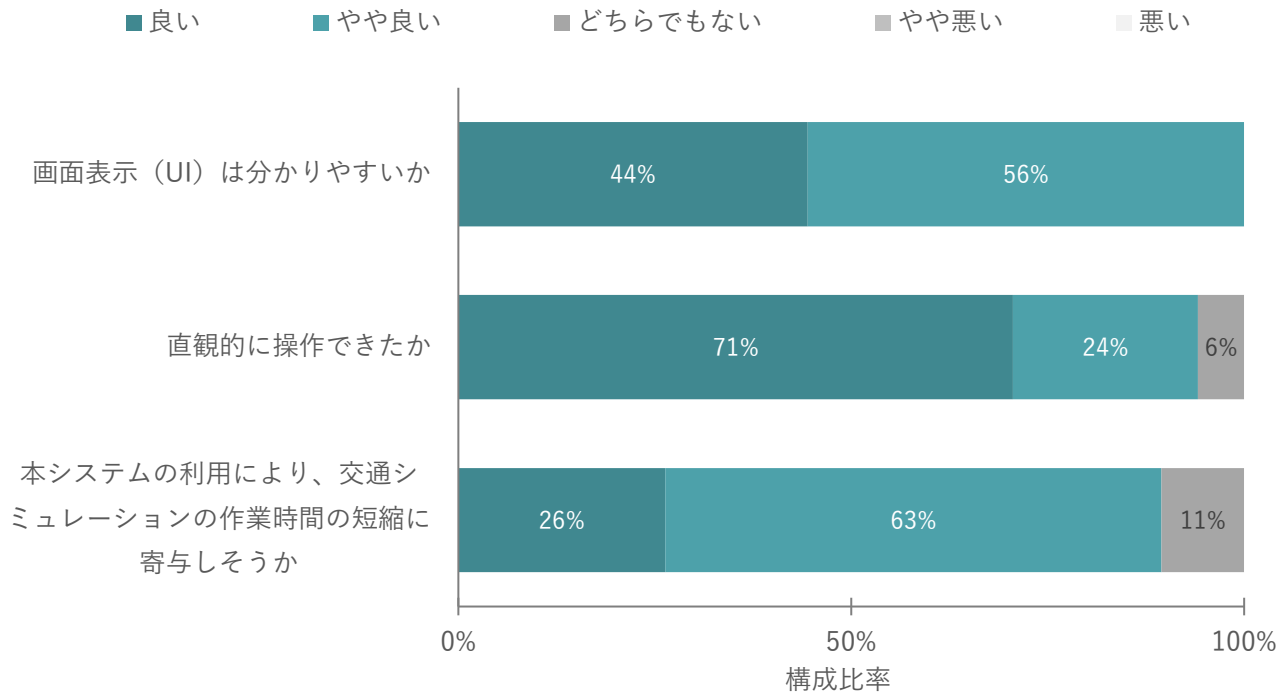


図 8-6　ユーザビリティの評価に関連するアンケート結果

2)　シミュレーション結果の共有性の評価

計 19 名の回答者の内、「とても期待できる」もしくは「期待できる」を選択した割合が関係機関との協議調整における活用可能性については 79%、時間短縮ついては 47%、今後の開発・施策推進における活用可能性については 69%であった。
関係者期間との協議調整における活用可能性や、今後の活用機会への期待度が高いことから、幅広い機会で活

用可能なシステムとして受け止められていることが分かる。一方で協議時間の短縮については課題が残る結果となっていることから、速やかな協議に直結するシステムとして受け止められていない可能性がある。

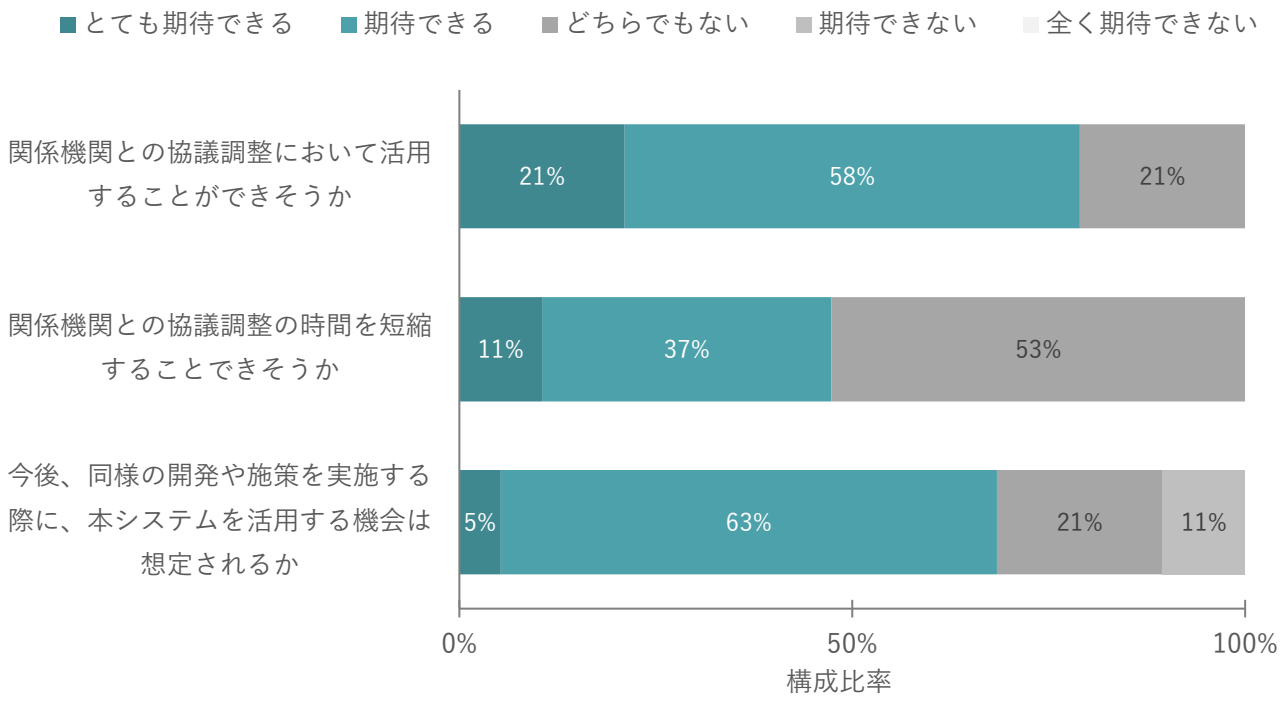


図 8-5 シミュレーション結果の共有性の評価に関連するアンケート結果

表 8-7 関連する定性コメント

NO.	検証項目	関連する定性コメント
1	関係機関との協議調整において活用することができそうか	【とても期待できる・期待できる】 ● 事業者との情報共有等（警察協議には課題あり） ● 本格的な協議の前のスタディ等で活用できそう ● 交通混雑が顕在化しているエリア等における初期検討で活用できそう
2	関係機関との協議調整の時間を短縮することができそうか	【とても期待できる・期待できる】 ● 交通管理者や内部でパターンごとのシミュレーションの説明に使える 【どちらでもない】 ● 実際の交通管理者協議に向けては精度向上が必要 ● 現況再現で交差点の実交通量との相関が取れていることを示すことが出来ればよい
3	今後、同様の開発や施策を実施する際に、本システムを活用する機会は想定されるか	【期待できる・とても期待できる】 ● 自治体側ではなく、開発事業者側による検討提案などに活用できる ● 開発事案の是非の判断及び住民説明会（事業者側からの説明ツール）等 ● 現在、ウォーカブルなまちづくりに向けて検討しており、今後の「ほこみち」等の施策を検討していく上で、活用できるのではないか

		● 事業者からの検証結果の報告の際、こうしたもので見せられるとイメージが共有できる ● 地域交通計画の策定や施策検討の際に活用が想定される 【どちらでもない】 ● 現状実務においてシミュレーションをする機会はないが、いつでも使えるものであれば活用は進んでいき、新たなシミュレーションのパターンも思いつくのではないか

10. 成果と課題

10-1. 本実証で得られた成果

10-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性

実証実験を通じて、以下のような 3D 都市モデルの技術面での優位性が示された。

表 10-1 3D 都市モデルの技術面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの技術面での優位性
システム・機能	交通シミュレーション用の道路ネットワークデータの自動生成	● 3D 都市モデルによる自動生成機能により、道路線形構造をおおむね再現したシミュレーション用ネットワークを作成でき、交通シミュレーションの利用が容易になる
	交通シミュレーション結果の 3D 可視化	● 3D 可視化の機能を用いて、交通シミュレーション結果を表示することにより、道路の混雑状況や交差点での混雑状況や車両の走行導線を視認できる ● 3D 空間内の視点変更により、街並みを含めた道路周辺環境を含めた交通シミュレーション結果を使用者が直感的に把握することができる
アルゴリズム	交通量推定アルゴリズム	● 3D 都市モデルにおいて建物の床面積や階高、用途が整備されていることから、対象エリア内の発生集中交通量の推計ができる

10-1-2. 3D 都市モデルの公共政策・ビジネス面での優位性

実証実験を通じて、以下のような 3D 都市モデルのビジネス面での優位性が示された。

表 10-2 3D 都市モデルのビジネス面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルのビジネス面での優位性
サービスの提供価値向上	合意形成の容易化	● 3D 都市モデルを活用して、シミュレーション結果を 3D 可視化する機能により、交通関係者とのスムーズな合意形成に寄与する
サービス開発期間・コストの削減	開発工数の削減	● 3D 都市モデルによる自動生成及びその編集を容易にする一連の機能により、交通シミュレーション実行にかかる手間を大きく減らすことができることが分かった
	整備範囲の広さによるビジネスの拡張性	● ビジネススケールを考えた場合、3D 都市モデルの全国的な整備が進むことで特定の地域に限らない活用ができる

10-2. 実証実験で得られた課題と対応策

表 10-3 実証実験で得られた課題と対応策

大項目	小項目	実証実験で得られた課題	課題に対する対応策
システム（機能）	実行環境を考慮した可視化ツールの改善	● 実際に本システムを利用する自治体の端末上で問題なく機能するかの確認が必要	● 自治体の端末上の制約を考慮し、限られた性能の端末でもストレスなく動作するよう、可視化ツールの描画速度を改善
	信号現示の可視化機能開発	● 車両挙動は信号に従うが、可視化ツールでは信号現示自体の可視化は行われない	● シミュレーション時の信号現示状態を反映する機能の実装が必要
システム（UI・UX）	利用しやすいUI・UXの提供	● 画面上の操作方法が不明確で、ユーザーにより利用が難しいと感じる場面がある	● 画面上に適切な操作案内やガイドを表示し、ユーザーが迷わずに操作できるようにする
アルゴリズム	シミュレーション精度向上	● 実際の交通管理者協議に向けては精度向上が必要 ● 現況再現では、交差点の実交通量との相関が取れていることを示す必要がある	● 道路ネットワークの再現については、道路幅員から車線数を判定するが、歩道空間と車道空間の境界や停止線位置、横断歩道位置が属性情報として整備されることが望ましい ● 交差点の現況再現には右折車線の設置が不可欠で、道路ネットワークの生成機能に付加車線の追加・編集機能の実装が必要
	車両走行軌跡データの可視化	● 車両の表現に課題がある	● 交通シミュレータの仕様により、車両走行位置の推計出力の粒度が異なるため、可視化にあたっては使用目的に応じた適切な交通シミュレータの選定が必要
その他	3D 都市モデルのアンダーパスの整備	● 3D 都市モデルにアンダーパスが含まれず、道路ネットワークが生成されないため、手動で調整する必要があった	● アンダーパスについても3D都市モデルの整備範囲とする
	交差点制御情報のオープンデータ範囲	● JARTIC 提供の交差点制御情報は、日本交通管理技術協会が管理する交差点・リンク番号により作成されているが、オープンデータではないため3D都市モデルとのひも付けが困難	● 交差点番号やリンク番号は3D都市モデルの属性情報として整備されるのが望ましい

	歩行者と自動車の相互作用の検討	● 可視化において、歩行者シミュレータのデータと重ね合わせることで、より現実的なシミュレーション結果の提示が可能	● 交通シミュレータと歩行者シミュレータの結合により実装は可能であるが、自動車用道路ネットワークと、歩行者用道路ネットワークのひも付けが必要

10-3. 今後の展望

今回のプロジェクトでは、開発した交通シミュレーションシステムのシミュレーションデータ生成ツールを活用することで、ミクロ交通シミュレータの利用に必要なインプットデータの作成にかかる負担が軽減され、利用が容易になることが示された。また、開発に伴う関係者協議で可視ツールを活用することで、交通状況をより直観的に把握することができ、議論の円滑化に役立つことが示された。

今後は、シミュレーションデータ作成をより簡易化するために、道路ネットワークデータ生成の精度向上が求められる。今回の実証では対象外としたアンダーパスやトンネル等の道路についても、効率的な再現手法の検討が必要である。再現率を向上させることで、自動生成が可能な範囲を広げ、地下道路からの流出入が多く発生する都心部でも本システムを活用することが可能になる。

さらには、活用場面をさらに広げるために、歩行者シミュレーションとの連携が求められる。大規模商業施設の開発に伴う交通影響評価に留まらず、近年においては、ウォーカブルなまちづくりのための道路空間の再配分の影響評価等においてもニーズが高いことが本実証を通して示された。これらのニーズを満たすためには、車両・人流が相互に与える影響を加味する必要があり、より詳細かつ高度な交通及び人流の動態シミュレーションが求められる。

これらの取組みにより、交通シミュレータの利用を普及させることで道路交通対策を高度化し、大規模不動産開発に伴う地域への交通影響の解消を図り、市民と交通の安全性と快適性を両立するまちづくりの実現を目指す。

11. 用語集

A)　アルファベット順

表 11-1 用語集（アルファベット順）

NO..	用語	説明
1	CityGML	都市モデルの 3D データを統一的に表現するための XML ベースの標準フォーマットで、建物、地形、道路などの都市要素を階層的なレベル（LOD：Level of Detail）で表現したもの
2	ETC2.0 プローブデータ	ETC2.0 車載器を搭載車両から収集される走行履歴や車両情報を含むデータで、交通流分析や道路管理、カーナビの最適経路案内等に活用される
3	GeoJSON	地理空間データを JSON 形式で表現するためのフォーマットで、ポイント、ライン、ポリゴンなどの地物情報を格納でき、地図アプリケーションや GIS で広く活用されている
4	GIS	位置に関するさまざまな情報を持ったデータを加工、管理したり、複数のデータを地図上で重ね合わせたりして、視覚的に判読しやすい状態を表示し、地図の作成や高度な分析などを行うためのシステム技術の総称
5	LOD	Level of Detail の略。モデルの詳細度を表し、LOD0～LOD4 の 5 段階が定義されている
6	OD 交通量	OD は Origin（出発地）－Destination（目的地）の略で、一定の集計時間間隔で設定された各ゾーン間の相互の交通需要
7	JARTIC	公益財団法人日本道路交通情報センターの略称であり、日本における道路交通情報の収集及び提供を行う業務機関
8	PLATEAU SDK	3D 都市モデルを Unity 又は Unreal Engine で扱うための SDK(ソフトウェア開発キット)の総称
9	Unity	ゲームや 3D アプリケーションの開発に広く使用されるマルチプラットフォーム対応のゲームエンジン

B)　五十音順

表 11-2 用語集（五十音順）(1/3)

NO.	用語	説明
1	ウォーカブル（なまちづくり）	歩行者が快適かつ安全に移動できる都市環境を整備するまちづくりの概念で、歩道の拡充、公共空間の充実、低速交通の推進などを通じて、人中心の魅力的な街並みを形成し、健康増進や環境負荷の低減にも貢献するもの
2	ゲームエンジン	効率的にゲーム開発をするツールであり、グラフィック、演算などの機能を提供するソフトウェアツールを一般にゲームエンジンと呼ぶ。ゲームに限らず、シミュレーション、映像制作などの幅広い目的で利用されることもある
3	現況再現（バリデーション）	過去や現在の環境・状況をデータやシミュレーションを用いて現実に近い状態を再現する手法
4	交差点制御情報	全国の都道府県警察が設定した主要な交差点の信号制御の実施状況
5	交通シミュレータ （ミクロ交通シミュレーション）	時間変化する交通需要に沿って車両を発生させ、交通流の物理的なモデリングに基づき、車両の走行過程を逐次計算するシミュレーションシステム
6	交通発生集中点	交通シミュレータにおいて交通需要の起点又は終点となる、リンク又はノードにひも付けられた点
7	社会的受容性	新しい技術や政策、インフラ整備などが社会に受け入れられる度合いを指すもので、環境・経済・倫理的側面を考慮しながら、対話や情報提供を通じて高めることが求められる
8	車両感知器 （トラフィックカウンター）	道路上の車両の通行を検知し、交通制御や渋滞解析に活用される装置で、ループコイル式、赤外線式、カメラ式などの種類がある
9	渋滞長	は、道路上で発生した渋滞の延長距離を示す指標で、渋滞の規模を把握するために用いられる
10	信号現示	交通信号機がドライバーや歩行者に対して示す灯火の状態を指し、青・黄・赤などの色や矢印信号などが含まれ、交通の円滑化や安全確保のために適切に制御・変更される
11	スプリット	信号制御において 1 サイクル内の各信号現示に割り当てられる時間配分を指し、交通量に応じて最適化されるもので、交差点の効率的な通行や渋滞緩和を目的として調整される
12	相関係数	2 つの変数間の関係の強さや方向を数値で表す指標で、-1 から 1 の範囲をとり、1 に近いほど正の相関、-1 に近いほど負の相関が強く、0 に近いほど相関がないことを示す

表 11-3 用語集（五十音順）(2/3)

NO.	用語	説明
13	ゾーン	交通需要が発生、集中する領域。領域内で集計された OD 交通量を発生集中点に与え、交通シミュレータに交通需要を発生させる
14	大規模開発地区関連交通計画マニュアル	適切な関連交通計画の策定を推進し、良好な都市交通を実現するために、国土交通省により作成されたマニュアル
15	ダイクストラ法	グラフ理論に基づく最短経路探索アルゴリズムで、重み付きグラフにおいて、単一の始点から各ノードへの最短経路を求めるのに適しており、ナビゲーションシステムやネットワーク最適化などで広く活用される
16	滞留長	信号待ちや渋滞によって停止または低速走行している車両の列の長さを示す指標であり、一般的に、交差点や渋滞箇所での交通状況を把握し、信号制御の最適化や渋滞対策の検討に活用される
17	単一始点最短経路問題	グラフ理論において、特定の始点から他の全ての頂点への最短経路を求める問題であり、代表的な解法としてダイクストラ法があり、ナビゲーションやネットワーク最適化などで広く利用される
18	地理院地図	国土地理院が提供するオンライン地図サービスで、日本全国の地形図や航空写真、標高データなどを閲覧できる
19	低未利用地	適切に活用されていないものの利用の可能性がある土地を指し、都市部や郊外に点在し、地域活性化や防災対策の観点から有効活用が求められ、自治体や民間企業による再開発や利活用の促進策が進められている
20	デジタルツイン	現実世界の物理空間やシステムをデジタル上にリアルタイムで再現し、シミュレーションや分析を行う技術
21	道路交通アセスメント	新たな開発や都市計画が周辺の道路交通に与える影響を事前に評価する手法で、交通量の増加や渋滞の発生を予測し、適切な道路整備や交通対策の検討に活用される
22	道路中心線	道路の幾何形状を表す基準となる線で、設計図や地図上で道路の軸を示す
23	道路ネットワーク	道路を有向リンク、交差点及び道路端点をノードとしたグラフ構造を持ち、道路線形や車線等の空間的情報と制限速度や右左折規制等の交通規制情報を含む道路情報
24	ナンバープレート調査	車両のナンバープレートを記録・分析することで交通流動や通行特性を把握する調査手法
25	ノード	交差点や駅、バス停など、移動経路の接続点を表す。リンクの始点や終点として機能し、交通ネットワーク全体の構造を定義する

表 11-4 用語集（五十音順）(3/3)

NO.	用語	説明
26	発生集中原単位	特定の土地利用や施設ごとに発生・集中する交通量を示す基準値（原単位）であり、原単位とは、単位面積や利用者数あたりの平均的な交通発生・集中量を指す
27	発生集中交通量	特定の地域や施設において発生（出発）または集中（到着）する交通の量を表す指標で、都市計画や交通需要予測で用いられ、道路整備や公共交通の最適化、渋滞対策の検討に活用される
28	標準地域メッシュ	日本の国土を一定の格子（メッシュ）に区分し、統一的に地域情報を管理・分析するための基準であり、約 1km 四方を基本単位とし、統計解析や都市計画、防災対策など幅広い分野で活用される
29	ヒートマップ	データの分布や密度を視覚的に表現するために、色の濃淡やグラデーションを用いた図のこと
30	付加車線	は、道路の特定区間で交通容量を増やすために追加される車線で、追越車線、右左折レーン、登坂車線などが含まれる
31	フレーム描画周期	ディスプレイやレンダリングシステムにおいて、1 フレームを描画するのにかかる時間を指す
32	分合流区間	高速道路や主要道路において、車両が本線から分岐（分流）または本線へ合流（合流）する区間を指す
33	平均乗車人員	1 台の車両に乗車している人数の平均値を示す指標であり、交通需要分析や道路計画において、車両あたりの利用効率や渋滞緩和策の検討に活用される
34	旅行速度	ある区間を移動する際の平均的な速度を示す指標で、総移動距離を総所要時間で割って算出される
35	リンク	道路や鉄道などの移動経路を表す単位。ノード間を結ぶ線分として扱われ、交通流量や速度、経路選択などのシミュレーションに使用される

以上

商業施設等の立地に関する交通シミュレータの開発
技術検証レポート

発　行：2025 年 3 月
委託者：国土交通省　都市局
受託者：一般財団法人計量計画研究所
株式会社シナスタジア
株式会社アイ・トランスポート・ラボ