

都市土木工事における交通規制の影響評価シミュレーション技術の検証

汎用交通シミュレーションツールを活用した道路占有時の交通渋滞予測の試み

蕪尾 はるみ^{*1}・河野 浩之^{*2}・清水 英樹^{*2}

Verification of simulation method for evaluating the influence of traffic regulation in urban civil engineering construction work

Harumi KABUO, Hiroyuki KOUNO, Hideki SHIMIZU

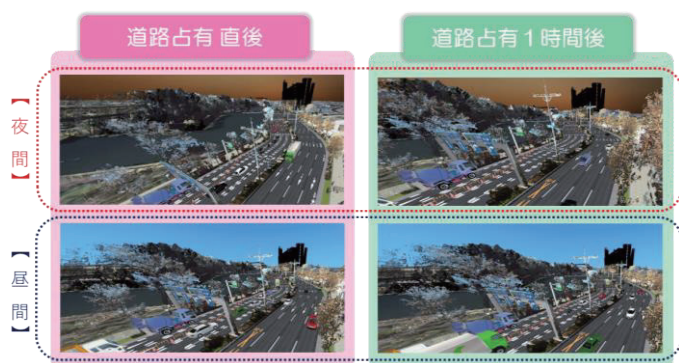


図-1 道路占有 夜間・昼間 解析結果

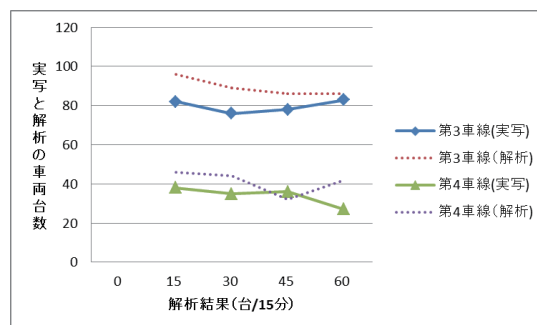


図-2 道路占有時の実測値と解析値の比較

研究の目的

都市土木工事に伴う車線規制等は、しばしば交通渋滞の原因となるため、所轄警察署との道路占用協議には多大な労力を要している。実際の交通量に基づく適切な占用時間帯の設定や隣接信号機との連動措置等による渋滞緩和策の効果が精度よくシミュレート出来る技術を確認し、協議に要する手間と時間を大幅に削減することを目的とする。

技術の説明

汎用の交通シミュレーションツールが数多くある中、本開発ではFORUM8社製「UC-win/Road」を準用した3D-VRシミュレーションモデルを作成し、交通量の現況や道路占有条件を忠実に再現可能な交通流のマイクロシミュレーションを試行した。実現場における道路占有時の実測交通量と解析結果の整合性を確認することで、本ツールの都市土木工事における交通規制影響評価ツールとしての有用性を検証した。

主な結論

(1)実施項目

あるモデル現場（都心官庁街が隣接する内堀通り沿いに位置）を舞台として、「UC-win/Road」による道路占有時の渋滞発生予測解析と精度検証を試みた。検討項目は以下の通り。

- ・MMS（Mobile Mapping System）計測に基づく周辺概況の点群データ取得と3D-VRモデリング化。
- ・全天球カメラを用いた実態状況撮影（夜・中間）と撮影画像からの交通量等把握。
- ・これらを用いた交通シミュレーションに必要な入力パラメータの決定。
- ・道路占有前後の交通流マイクロシミュレーションの実施。
- ・道路占有時の交通量実態調査および解析結果との比較検証。

(2)得られた成果

- ・「UC-win/Road」を用いることで道路占有が交通流に及ぼす影響を定量的に評価可能であることを確認。
- ・都市土木工事における交通規制影響評価手法としての本ツールの現場適用性を検証。
- ・さらなる事例の蓄積により、道路占有協議の労力低減とスピードアップに貢献可能なツールとなりうる。
- ・実際には規制できない昼間の渋滞緩和措置の効果をシミュレートした渋滞予測が可能となった。

*1 本店 土木事業本部 土木設計部

*2 本店 土木事業本部 土木技術部

都市土木工事における交通規制の影響評価 シミュレーション技術の検証

蕪 尾 はるみ^{*1} 河 野 浩 之^{*2}
清 水 英 樹^{*2}

要 旨

都市土木工事では、しばしば交通規制によって深刻な問題が発生することがある。この場合、建設会社は施工を開始する前に警察をはじめ、関連機関との申請手続等に多大な時間と労力を費やす必要がある。

本稿では、交通規制が交通流に及ぼす影響を評価するためのシミュレーションツール「UC-win/Road」¹⁾の検証を試みた。交通規制後の実測交通量と解析交通量を比較することにより、交通規制の影響を定性的・定量的に十分に正確に予測できることが確認された。その結果、このシミュレーション方法は、道路占有許可申請の効率化のための強力なツールとしての現実的な可能性があると結論付けられた。

キーワード 総合評価／道路占有許可／全地球カメラ／MMS／UC-win/Road／3D-VRモデル

目 次

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. はじめに | 3. 工事占有影響のシミュレーション事例 |
| 2. 交通シミュレーションに用いたツールの概要 | 4. 今後の検討課題と展望 |

Verification of simulation method for evaluating the influence of traffic regulation in urban civil engineering construction work

Harumi KABUO Hiroyuki KOUNO
Hideki SHIMIZU

Synopsis:

In urban civil engineering construction work, traffic regulation often brings problematic traffic jam. In this case, construction company has to spent a huge amount of time and effort for the road occupation consultation with related organs as police officer before starting the execution.

In this paper, verification of a simulation tool 「UC-win/Road」 for evaluating the influence of traffic regulation to traffic flow was attempted.

By comparing the measured and calculated traffic volume after traffic regulation, it was verified that this method can predict the influence of traffic regulation in enough accuracy qualitatively and quantitatively.

As a result, it was concluded that this simulation method has a realistic potentials as a strong tool for improving the efficiency of occupation consultation.

* 1 本店 土木事業本部 土木設計部

* 2 本店 土木事業本部 土木技術部

都市土木を担当する作業所では、施工計画と同時に、工事に着手するための道路占有許可申請を行う必要がある。警察署などの関係各所への説明に加え、膨大な図面や資料を準備する必要があるなど、労力・コスト・認可時間の 3 重苦が現場の工期やコストを圧迫している。申請は非常に煩雑であることを、図-1 に示す。窓口の数が多く、繰り返しや、やり直しが生じていることが推察される。

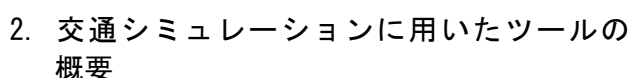
関係各所の担当者が納得するためには、工事占有の影響をビフォアアフターで見せること、それが現実をかなり正確に表現していることを確認してもらう必要がある。

また、その道路占有を行う現場の実際の条件で解析した結果を示すことにより、よりリアリティがあればさらに信頼性が増す。この2つの要素が必要であると考えた。

この2つの条件を満足するツールを模索し、当社の実現場で試行に取り組んだ。さらに、道路占有が「有り」、「無し」の解析を行い、実際に占有した時の交通量の実情をどの程度再現できるかを検証した。

本稿では、より分かりやすく、短期間で道路占有許可を得ることができ、「誰でも安価・簡易に」工事占有の影響評価解析を可能とするツールの検討を行った。

実現場に活かすことを目指し、今回はそのための第一段階としての検証結果を報告する。



道路占有許可協議においては、道路の通行規制等を可能な限り最小限に抑えるための工夫が求められる。

本試行では、FORUM8 社の「UC-win/Road」（以下：UC-win/Road）を準用。UC-win/Road の優位性は、CAD 連携（Civil-3D インポート等）、点群データインポート、現地交通量調査結果を解析初期境界条件としてインプットする等により、緻密かつリアルな VR（国土地理院提供の標高図データと連携、ビジュアルティとリアリティを併せ持つ）機能を有する所にある。さらに、車両移動量に関する工学的かつ精緻な制御アルゴリズムを内包し、後述の試行結果でも、高い交通流予測精度を確認した。

UC-win/Road の交通シミュレーションは、交通流プロフィール、交差点信号現示、経路確率、走行車グループなどの設定により、リアルタイムに交通流が可視化され、交通シミュレーション結果を説得力のあるプレゼンテーション資料として示すことができる。

本稿で用いた交通流のマイクロシミュレーションモデルでは、UC-win/Road の中で独自に組み立てられた複数の車両制御アルゴリズム群が用いられている。

制限速度制御，減速・停止制御（赤信号，急カーブ，先行車両の減速，車線変更による割り込み時等），安全距離（制動距離）制御（先行車両の減速，車線減少，IC合流時等）などがこれに該当し，車両が持つ走行性能に応じた移動量を車両同士の相互作用を考慮したうえでリアルタイムに算定する．各車両の走行のばらつきには乱数が用いられる．解析は以下の手順に従って行われる．

- 2 -

- ① 地形・地図情報の入力（空間モデルの作成）
- ② 道路定義
（平面、縦横断線形・交差、橋梁トンネル等）
- ③ 現地交通量（初期条件）と
道路占有条件（境界条件）の設定
- ④ 交通流のミクロシミュレーション

①では、一般的な地図情報に加え、現場の設計 CAD 情報や実測点群データを用いることで、モデル化の精度（リアリティ）を高める事が可能である。③の現地交通量に関しては、後述する全天球カメラを用いた現地調査の実施により、解析精度を高めることも可能である。

なお、道路占有は、解析モデルの中では走行可能路線の変更、減少という境界条件の変更として表現される。

3. 工事占有影響のシミュレーション事例

3.1 対象とした現場の概要

東京土木支店・メトロ竹橋作業所「東西線竹橋駅エレベーター設置その他に伴う土木・建築工事」において、地上スロープ及び EV 新設のための工事着手時に、道路占有について管轄の警察署を始め関連各所との協議が必要であった。実現場の対象交差点及び道路標準断面を図-2に示す。

施工場所は、都心官庁街に隣接する内堀通り沿いに位置し、施工ヤードに隣接する通称「内堀通り」をはじめ、東京都道 401 号麹町竹平線など主要道路が多く、交通量は非常に多いエリアである。

そのため、作業時間帯は交通量が減少傾向にある夜間のみに限られる。



図-2 解析の対象とした現場の概要（位置図・断面図）

3.2 解析モデル、解析ケースおよび解析条件

交通シミュレーションに用いる解析モデルの精緻化のために、交通現況を再現するための道路情報、データ、解析条件の設定において、渋滞の発生が予測される実際の交差点交通量調査結果（規制帯設置前・設置後）があると極めて有用である。

このため、解析モデル情報の照査は、一般公開データである「千代田区路線網図」および「道路幅員図」³⁾に加え、交通量調査計画書、施工図（道路幅員）等の情報を併せ用いた。

解析条件には、解析対象となる実際の交差点における交通量（規制帯設置前・設置後）が必要であるが、一般公開されている道路交通センサスでは十分な精度の情報が得られないため、独自に交通量調査を行うことにより、交通シミュレーションモデルの入力パラメータを取得した。⁴⁾

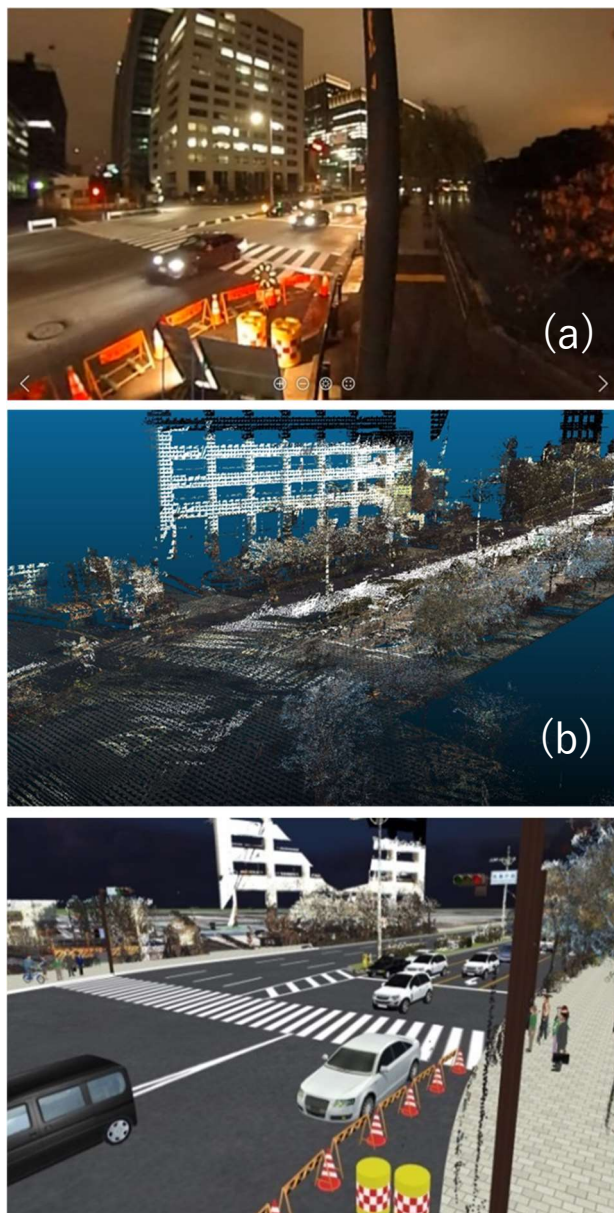


図-3 実現場・点群・VRモデルの比較

図-3に、本論文で用いた解析（空間）モデルの一部を示す。図-3 (a)の実現場空間、図-3 (b)の点群データ空間、図-3 (c)の VR 空間の順に、リアルからバーチャルへの空間変換が高精度で実施されている。

補足として、図-3 (b)に示したように、交通シミュレーションモデリングにあたり、路盤以外のリアルな外部環境を再現するため、移動式高精度3次元システムである Mobile Mapping System（以下、MMS）による点群計測を導入し、MMS による計測結果（点群データ）を UC-win/Road に搭載した。

(1) 交通量測定の実況と測定結果

本試行では、メトロ竹橋での規制帯設置時に渋滞の発生が予測される実際の交差点として、「気象庁前交差点」「平川門交差点」を選定した。本報告では、「気象庁前交差点」の解析結果を中心に報告する。

図-4には、交通流解析の初期条件となる現地交通量の測定状況と測定結果を示す。現地交通量の測定は、図-4 (a)に示す全天球カメラを用いて交通量計測の動画を撮影し、目視により通行車両台数と車種などをレーン（車線）ごとにカウントした。

さらに、モデル内の全交差点サイクルのデータも取得。

図-4 (b)に、その結果の一例を示す。道路占有と同時刻（夜間）を狙い、占有箇所に流入する手前の交通量を各車線、昼夜毎（実際には普通車やトラック、バイクなどの車種毎）に整理した。交通流解析では、これらの実測交通量を初期条件として入力した。解析は以下の3ケースを実施した。

① ケース1：夜間交通流の現状再現モデル

夜間に実測した交通量と周辺の交通路線条件下で現状の再現をおこなう基本ケース

② ケース2：夜間に道路占有した場合の交通流予測モデル



図-4(a) 交通量測定用の動画取得状況

夜間に道路占有した場合の交通流の変化を予測

③ ケース3：昼間に道路占有した場合の交通流予測モデル

図-4 (b)に示した昼間の交通量に対して、ケース2と同じ条件の道路占有を行った場合の変化を予測。

なお、道路占有の影響は図-5に示すように、空間的な制約条件の違い、すなわち走行可能なレーンの限定・削減としてモデル化される（車両移動制御の境界条件の変化）。

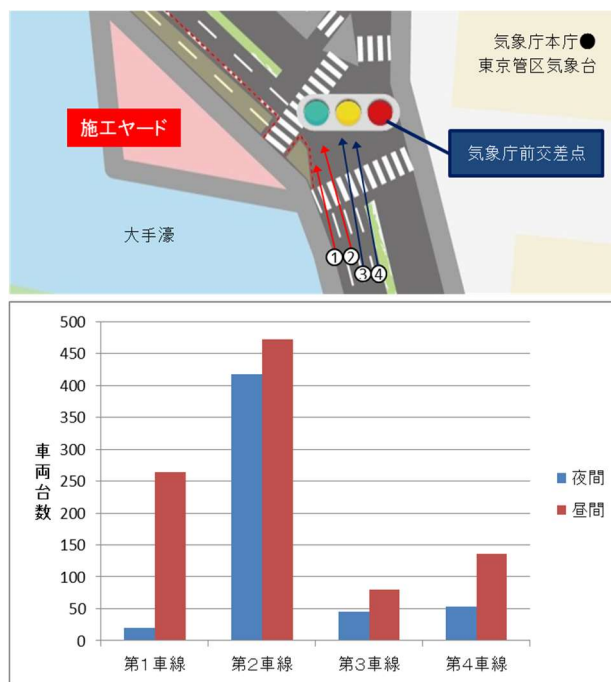


図-4(b) 車線別 1時間の交通量測定結果比較



図-5 道路占有の表現方法

道路占有 直後



道路占有 1 時間後



図-6(a)道路占有 夜間 解析結果

道路占有 直後



道路占有 1 時間後

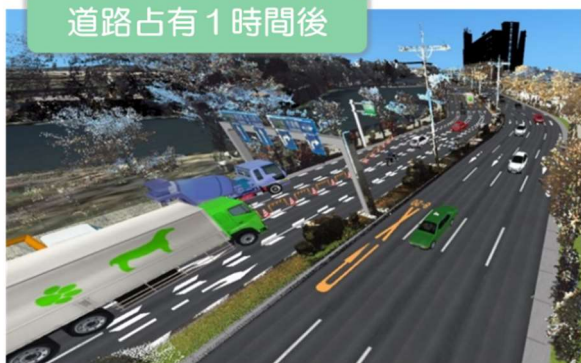


図-6(b)道路占有 昼間 解析結果

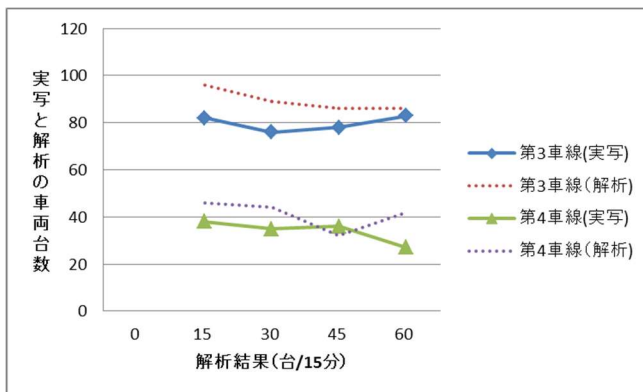


図-7 普通乗用車 実写・解析の車両台数比較

3.3 解析結果および考察

図-6 は、道路占有による交通渋滞が発生しやすい気象庁前交差点付近の解析結果を切り取り、道路占有開始直後、および 1 時間経過後の渋滞状況をケース 1: 図-6(a) (夜間) とケース 2: 図-6(b) (昼間) で比較したものである。

夜間の道路占有による交通渋滞の影響は、占有開始直後には若干見られるものの早期に解消し、1 時間経過後にはその影響がかなり低減している。これは、道路占有を元々交通量の少ない夜間に設定したことの妥当性を裏付けるものである。

一方、仮想的に実施したケース 2 の昼間占有のケースでは、当然、夜間よりも相対的には渋滞が発生しやすい結果になっている。しかしながら、本現場条件ではそれでも 1 時間経過するとその影響はかなり低減し、深刻な交通渋滞をもたらすものではないことを示唆している。

本現場では、実際には夜間のみの道路占有許可となったが、UC-win/Road の解析ツール⁵⁾の大きな特徴は、物理的・工学的制御モデルに基づく精緻な交通流予測を組み込んでいる点にあるため、このような解析結果を関係者に示すことで、夜間占有はよりスムーズに認可され、さらに昼間占有の許可を得ることも可能となることが期待される。

本現場では、実際に夜間占有を行った時の交通量調査を図-4(a)の方法により後日、別途実施した。図-7 は、その実測データと解析結果を直接比較したものである(交通量の大半を占める普通車を対象として整理)。

図より、両者は良好な一致を示し、本解析手法による交通渋滞予測の精度が確認された。道路占有による規制帯設置後に渋滞の影響の第 3 車線と第 4 車線では、交通量の値のみならず、その時間的な低減傾向が異なるが、解析結果は、そのような違いも比較的良好に再現している。

4. 今後の検討課題と展望

道路占有許可協議において、短期間で警察等の許可を得ることのできる交通シミュレーション結果を簡単に作成するツールの構築を目指し、今回はその第一段階として、1 現場、1 条件での適用性を確認した。今後、新たな現場条件を定義し、初期交通条件や占有条件が異なるケースで同様の検討を実施、さらに本ツールの汎用性を確認する必要がある。

今後の課題として、実際に警察署などの関係各所の担当者向け、このツールによる資料で説明を行い、実測と解析の良好な一致も含めて、その反応を確認する必要がある。説得資料としてのブラッシュアップや、資料作成に伴う当社としてのマニュアル化や社内人材育成、ビッグデータを扱うハードやソフトの環境整備も課題となる。

また、今回の図-7を作成するために実測と VR の画像を人力目視にてカウントした。そのような場合において、AI による画像認識、自動判定ツールを導入し、解析結果整理の大幅な効率化を目指したい。

今回は、都市土木の工事占有をターゲットにしたが、今後、建築工事、コンセッション事業、建築設計プロポーザル等への展開が期待できるため、解析事例を重ねて、「誰でも安価・簡易に」解析できるツールとして、改善を進める必要がある。

今後の展望として、実現場での試行が必要ではあるが、景観・気象・災害・避難等の外部シミュレーションと連携することにより、災害時の津波と車・人の非難の連携解析など、社会システム評価への展開（CSV 的な価値の追求）も可能など、本ツールのポテンシャルは高く、当社がその適用実績の蓄積を継続していく意義は高い。同時に、広域的な環境アセスメント対応等への拡張を目指すならば、より高度な連携型解析モデルのカスタマイズにも取り組んでいく必要がある。

謝辞：本試行は、支店開発の一環としての取り組みでした。ご協力頂いた関係各社の皆様、ご協力いただき、誠にありがとうございました。

参考文献

- 1) FORUM8 社製「UC-win/Road」：
<http://www.forum8.co.jp/product/ucwin/road/ucwin-road-.html>
- 2) 国土交通省関東地方整備局 道路の占有許可申請：
http://www.ktr.mlit.go.jp/road/sinsei/road_sinsei00000068.html
- 3) 千代田区路線網図および道路幅員図：
<http://www.city.chiyoda.lg.jp/koho/machizukuri/tochi/rosenmozu/index.html>
- 4) 警察による ITS：
<https://www.tmt.or.jp/research/pdf/its-j.pdf>：pp.16-47.
- 5) 交通シミュレーションクリアリングハウス：
<http://www.jste.or.jp/sim/verification/index.html>.