

自動車交通シミュレーションによる駐車場選択行動ならびに 交通混雑度評価手法の検討

轟直希*1・平林佑基*2・柳沢吉保*3

Study of parking lot selection behavior
and Evaluation of Traffic Congestion Level by Automobile Traffic Simulation

TODOROKI Naoki, HIRABAYASHI Yu-ki, and YANAGISAWA Yoshiyasu

In Obuse Town, national route 403 is crowded on Saturdays, Sundays, and during the tourist season. According to the survey, the degree of congestion from the Murayama Obuse stop line was 1.05. The vehicle traffic is exceeding traffic capacity, especially at intersections in the center of town, with large bus operations and vehicles waiting for parking being a contributing factor. Therefore, this study uses the micro traffic simulation software Vissim to check congestion caused by entering and exiting parking lots, reproduce the movement of vehicles and pedestrians, and study traffic control methods. In addition, we will assume the influx of large buses and other vehicles, and aim to present the impact and appropriate guidance methods.

キーワード：マイクロ交通シミュレーション，駐車場選択，歩行者行動，混雑緩和

1. 本研究の背景と目的

長野県小布施町では、観光客が増加する土日や観光期において町内を南北に貫く国道 403 号線の混雑が問題となっている。平成 27 年度全国道路・街路調査¹⁾によると、国道 403 号線における村山小布施停車場線から小布施町町内にかけての混雑度が 1.05 となっており、自動車交通量が交通容量を超えた状態であることを示されている。特に町内の中心でもある上町交差点から中町交差点にかけては、大型バスの流入や国道沿いの駐車場への待ち行列の発生、さらには数少ない駐車場の探索行動により、町内の混雑に拍車がかかっている。国道 403 号線は、片側 1 車線（追い越し禁止）であるのにも関わらず、一部駐車場では自動車の待ち行列が発生するために周辺交通へ多大な影響を与えている。

そこで本研究では、対象地区内で問題となっている自動車の駐車探索行動に着目し、対象地区内における

*1 工学科都市デザイン系准教授

*2 東京海洋大学 流通情報工学科
(令和 3 年度 環境都市工学科卒業)

*3 工学科都市デザイン系教授
原稿受付 2022 年 5 月 20 日

駐車場選択を考慮した自動車や歩行者の振る舞いについて、マイクロ交通シミュレーションソフト Vissim を用いて再現するとともに、混雑を低減させる適切な交通制御方法について検討することを目的とする。さらに、観光期における大型バス等の流入を想定し、その影響度や適切な誘導方法の指針を得ることとする。

2. 本研究の位置づけ

マイクロ交通シミュレーションに関する研究として藤澤ら²⁾は、Vissim を用いて長野市中心市街地の主要な道路を対象にネットワークを構築し、中心市街地内への通過交通を考慮した大規模駐車場整備効果の検証手法について検討を行っている。しかしながら、整備前後で周辺の交通環境に及ぼす影響については明確化されていない。また、溝上ら³⁾はマイクロ交通シミュレーション NETSIM を用いて道路の車線増加による交通流動への影響を分析し、交通量配分と交通シミュレーションを結合した交通流動分析法の重要性を論じている。

そこで本研究では、対象地域内において物理的に整備可能な駐車場配置や信号現示等の改良を行い、その効果を定量的に評価することで混雑緩和効果を明確

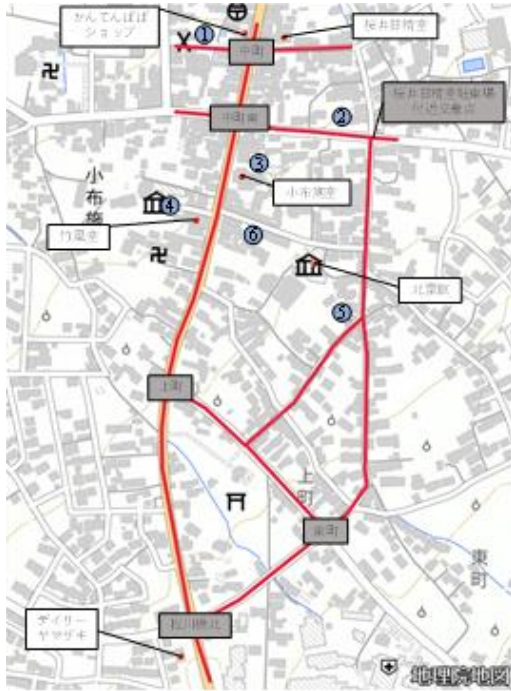


図1 調査対象地域ならびに駐車場配置



図2 上町交差点付近まで続く渋滞の様子

化する。また、将来的には町内に流入する自動車の交通量配分と観光客の駐車場選択行動を統合させた自動車来街行動シミュレーションの構築を目指していく。

3. 調査対象地域の概要

3-1 調査対象地域

本研究の対象としている長野県上高井郡小布施町の現況を図1に示す。小布施町の中心市街地は、長野電鉄小布施駅から徒歩5分ほどのところにあり、エリア内は片道15分ほどで散策ができるコンパクトにまとまったエリアである。

「栗と北斎と花の町」と言われるように、このエリアには葛飾北斎の肉筆画を集めた「北斎館」をはじめとした観光施設や老舗菓菓子店が軒を連ねている。観光シーズンである秋期は、観光客が観光バスや自家

表1 駐車場リスト

No	駐車場名	料金(1時間)	容量
①	かんでんばばショップ	—	31台
②	桜井甘精堂	200円	60台
③	織の広場	店舗利用者無料	20台
④	竹風堂	来店者30分無料	70台
⑤	東町	400円(3h)	47台
⑥	北斎館	—	15台

用車で多く訪れ、昼のピーク時間帯には中町ならびに中町南交差点の歩行者の横断により右左折できない自動車や、南側から流入した自動車による駐車待ち行列が竹風堂駐車場(④)を起点に発生しており、図2に示すような交通渋滞が200m以上にわたって続く時間帯もある。

また、竹風堂駐車場(④)入口の南側には国道403号線を横断する歩行者のための横断歩道があるものの信号機が設置されていない。このことから、歩行者による不規則な横断行動も混雑の一因となっている。

3-2 交通施設の状況

本研究では、小布施町中心部の混雑が著しい中町ならびに中町南交差点を中心に、図1に赤色で示す道路ネットワークを構築した。また、黄色で示す国道403号線を中心に①～⑥で示した地点に主要な駐車場が整備されている。各駐車場の1時間あたりの駐車料金と駐車容量を表1に示す。

4. 交通量ならびに駐車場待ち行列調査の概要

4-1 調査概要

観光期における自動車交通量ならびに駐車場利用実態を明らかにするため、交通量調査を2021年11月21日(日)に行った。混雑が想定される10時より調査を開始し、交差点交通量の減少が確認された14時まで実施した。交差点交通量は、各方向からの直進、右折、左折の台数を各時間帯に15分間計測し時間交通量を算出した。駐車場については、車両ごとにナンバーを確認し、駐車場待ち時間と入出庫時間の調査を行った。

4-2 時間帯別交通量

代表的な交差点の形状と時間帯別交通量を図3～5、表2～4に示す。

自動車交通量の傾向としては、小布施町へのアクセスとして国道403号線を通る南側から北側方向ならびに北側から南側方向の交通量が多いことが分かった。また、時間が経過するにつれて南側から北側へ向かう交通量が減少し、北側から南側への交通量が増加する傾向となっており、観光客は、小布施町

表 2 中町交差点における時間帯別交通量

項目 交差点	交差点	中町											
	天気	晴れ											
	方位	南→北			北→南			東→西			西→東		
	進行方向	左折	直進	右折	左折	直進	右折	左折	直進	右折	左折	直進	右折
10時		0	336	20	16	288	0	20	32	8	4	20	4
11時		0	224	44	56	236	16	48	24	8	8	20	8
12時		12	264	56	56	292	48	52	36	28	0	20	8
13時		40	220	12	20	276	0	20	32	48	0	20	12

表 3 上町交差点における時間帯別交通量

項目 交差点	交差点	上町											
	天気	晴れ											
	方位	南→北			北→南			東→西			西→東		
	進行方向	左折	直進	右折	左折	直進	右折	左折	直進	右折	左折	直進	右折
10時台			328	4	24	256		0		20			
11時台			340	26	80	248		4		32			
12時台			324	4	60	264		28		12			
13時台			280	8	32	280		8		32			

表 4 松川橋北交差点における時間帯別交通量

項目 交差点	交差点	松川橋北											
	天気	晴れ											
	方位	南→北			北→南			東→西			西→東		
	進行方向	左折	直進	右折	左折	直進	右折	左折	直進	右折	左折	直進	右折
10時台		76	244	76	28	212	36	32	68	32	68	68	60
11時台		76	356	68	28	232	56	28	88	12	136	72	60
12時台		72	276	68	16	268	256	20	84	52	44	60	56
13時台		80	200	68	16	312	40	32	60	4	40	60	96

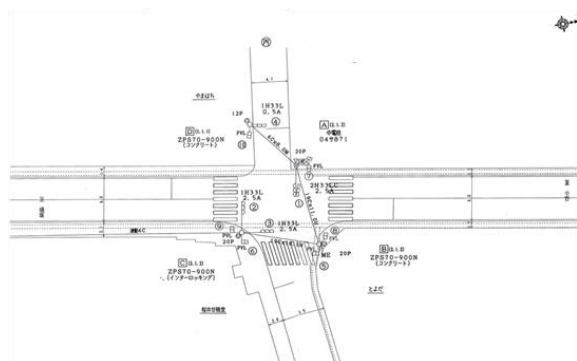


図 3 中町交差点の形状

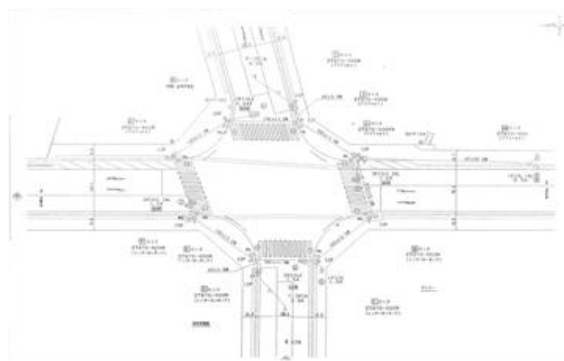


図 5 松川橋北交差点の形状

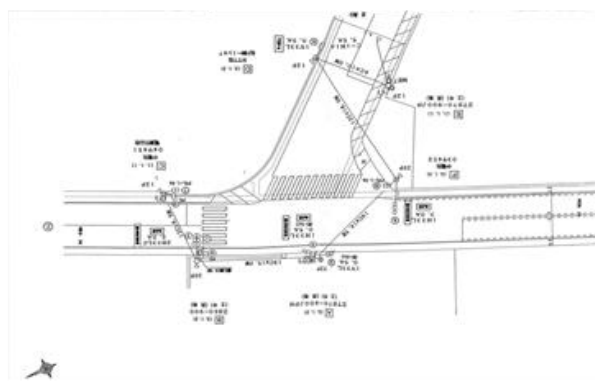


図 4 上町交差点の形状

南方からのアクセスが多い可能性が考えられる。

4-3 駐車場待ち時間

調査実施日においては、竹風堂駐車場(④)ならびに桜井甘精堂駐車場(②)の2か所にて5分以上の駐車場待ち行列が発生した。10分ごとの駐車場最大待ち時間を図6および図7に示す。

竹風堂駐車場では10時40分以降3時間程度は定常的に5分以上の駐車場待ち時間が生じており、これが起因となり国道403号線の交通混雑が発生している可能性が示された。また、桜井甘精堂は昼前の時間帯に一時的に最大7分程度の待ち時間が生じていたが、それ以外の時間帯では待ち行列はほとんど



図6 竹風堂駐車場の駐車場待ち時間

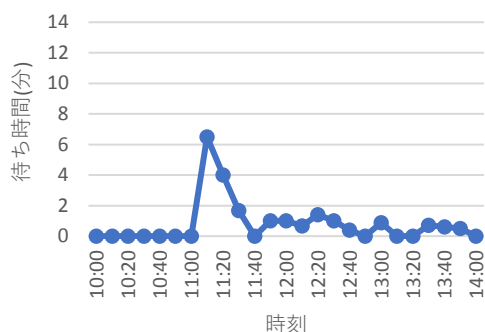


図7 桜井甘精堂駐車場の駐車場待ち時間

発生しなかった。

また、駐車場待ち台数は、竹風堂駐車場で最大9台程度の駐車場待ちの自動車が生じていた。片側一車線の国道403号線において、駐車場待ちの自動車だけで車線の約70m程度の車線を占有してしまっている状況を確認することができた。

5. ミクロ交通シミュレーション

5-1 シミュレーションソフト Vissim の概要

ミクロ交通シミュレーションは、アニメーション機能により視覚的に訴えかけてその認知を高めるなど、専門家ではない一般市民にも理解しやすい手法として開発されるようになった。以下にその主な特質を示す。

- ①個々の行動主体の挙動の記述・再現を目指す
- ②実行過程についてアニメーションを用いビジュアルに掲示することが可能
- ③実際の時間に比べ短時間でシミュレーション再現することが可能
- ④現実には実行不可能な施策であっても詳細に再現分析すること可能
- ⑤天候が運転手に与える影響など再現不可能なこと

表5 Vissimの主な入出力データ

入力データ		出力データ
ネットワークデータ	リンク プライオリティ規則 信号現示	交通量 平均遅れ時間 最大遅れ時間
	交通量データ	時間別交通量 時間別交差点分岐率
駐車場データ	駐車時間	平均速度 滞留長
	駐車率	旅行時間
	容量 満車時挙動	加減速 公共交通待ち時間 など

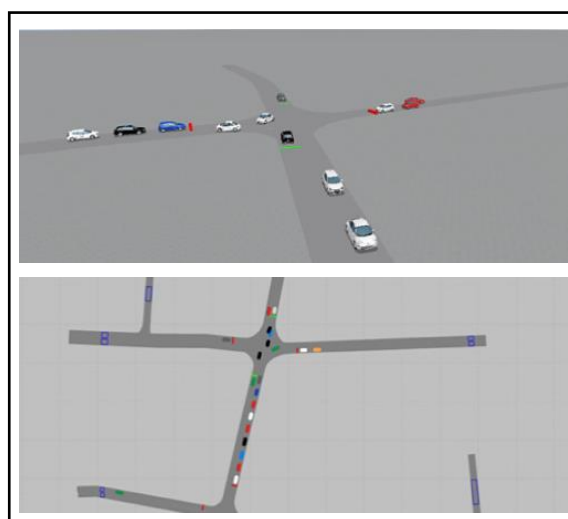


図8 シミュレーションの様子 (3D, 2D)

も含めることが可能

本研究では、ミクロ交通シミュレーションソフト Vissim を用いる。表5に主な入出力データを示す。Vissimは、1991年にドイツPTV AG社が開発したもので個別車両を離散的に取り扱い、車両の移動(追従、加速)を表現する部分と利用者の意思決定過程(経路選択)を表現する部分から構成されていることが特徴として挙げられる。さらに、Traffic flow model と Traffic control のインターフェイスを持ちリアルタイムな相互適用が可能でモデルに組み込むことが可能なこと、結果を3Dアニメーションで再現可能であるということなどが挙げられる。

シミュレーションの様子を図8に示す。

5-2 シミュレーション導入変数の整理

ミクロ交通シミュレーションを用いて現況を再現する上で用いた導入変数を以下に示す。

- ①自動車交通量：最も交通量が多かったとされる11時からの時間交通量のデータを各リンク端部から発生させた。

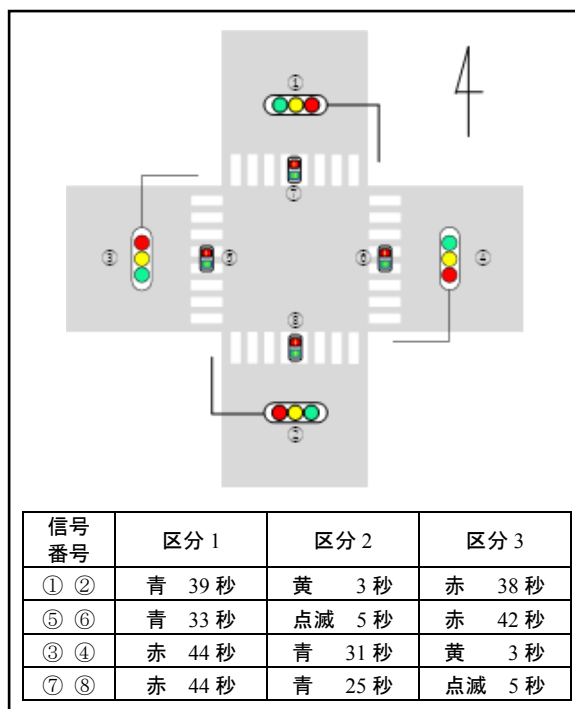


図 9 信号位置と現示（中町交差点の例）

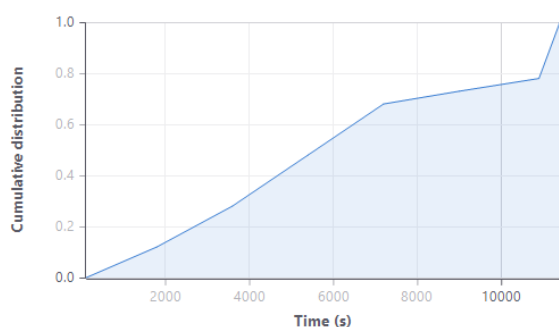


図 10 駐車時間分布（竹風堂駐車場）

②自動車右左折割合：リンク端部で発生した車両の右左折の割合は実測値より得られた値を適用する。なお、駐車場からの流出方向については流入方向と同様となるように設定した。

③歩行者通行量：「商店街の歩行者通行量調査」⁵⁾の結果を利用し中町および中町南交差点に導入した。なお、歩行者量は最大でも 1 回の青時間（30 秒程度）に 8～9 名程度であるため、観光期に比べると導入する歩行者数は少ない。

④信号現示データ：須坂警察署よりご提供いただいたパターン表を参考に図 9 に示す休日 11 時のパターンを導入した。

⑤駐車場：11 時から 12 時の間に入庫した車両の駐車時間を図 10 に示すようなグラフ形式で導入した。11 時から 1 時間の間に流入した車両の駐車時間を 30 分毎で区切り、その車両数とその時間に流入した全車両



図 11 小布施町道路ネットワーク

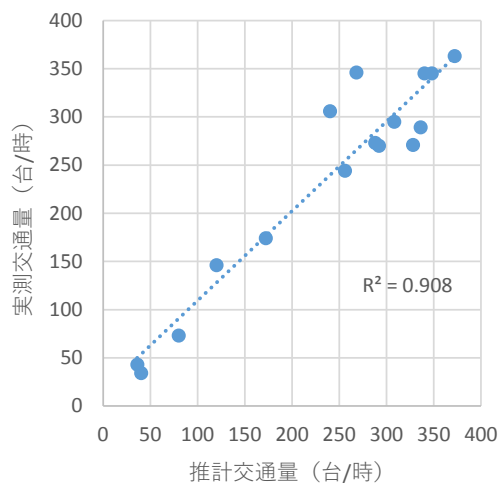


図 12 推計交通量の精度検証

数の割合を表している。

⑥道路網：小布施町中心市街地周辺の駐車場に接続しているリンクを航空写真に沿って設置し、図 11 に示す道路ネットワークを作成した。なお、駐車場はネットワーク上に実際と同様の位置に設置し、容量や駐車時間を設定する。ただし、本シミュレーションでは駐車場形状の考慮はしていない。

5-3 シミュレーション精度の検証

各交差点の実測時間交通量と推計時間交通量の関係性を分析した。結果を図 12 に示す。

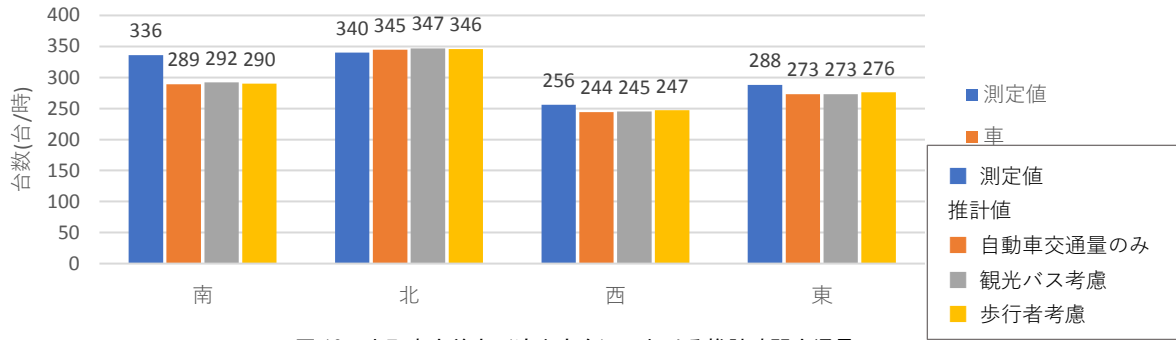


図 13 中町南交差点（流出方向）における推計時間交通量

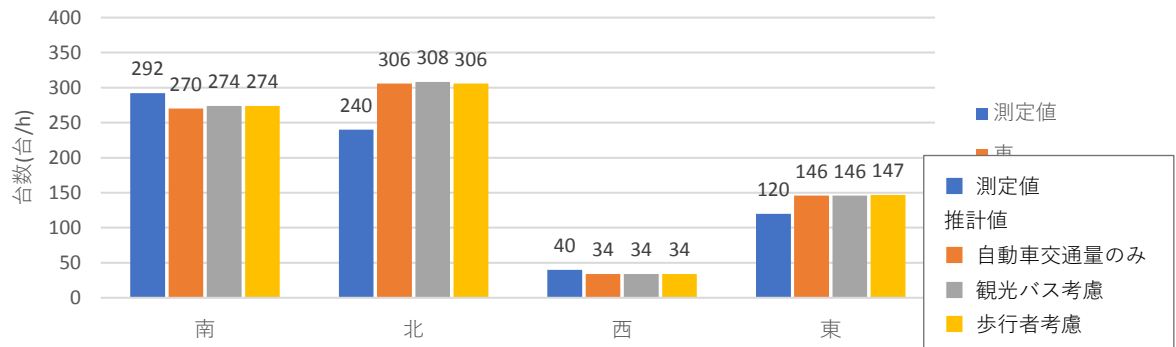


図 14 中町交差点（流出方向）における推計時間交通量

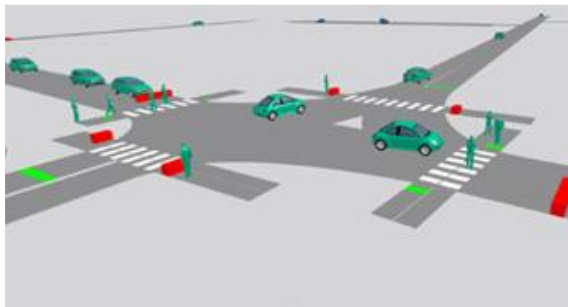


図 15 シミュレーションの様子（中町南交差点）

図 12 より実測時間交通量と推計時間交通量の相関は 0.9 以上であることから、精度の高いシミュレーションができていることが確認できた。本シミュレーション設定のもと、各種条件における道路混雑状況を分析していく。一部、シミュレーションに誤差がみられたが、本モデルでは駐車場へ入庫した車両は、出庫の際には必ず往路と同じ方向に向かう設定としたために生じた可能性がある。

5-4 観光期における交差点混雑状況の検証

普通自動車に加えて大型車両（観光バス）の流入がある場合の交差点交通量を検証した。なお、本研究では(1)自動車交通量のパターン、(2)大型バス 2 台/時を南北両方向から合計 4 台/時流入させてバス専用駐車場である北斎館駐車場(⑥)へ入庫させたパターン、(3)(2)に交差点を横断する歩行者を考慮したパターンの 3 つのパターンについて検証を行った。中町南

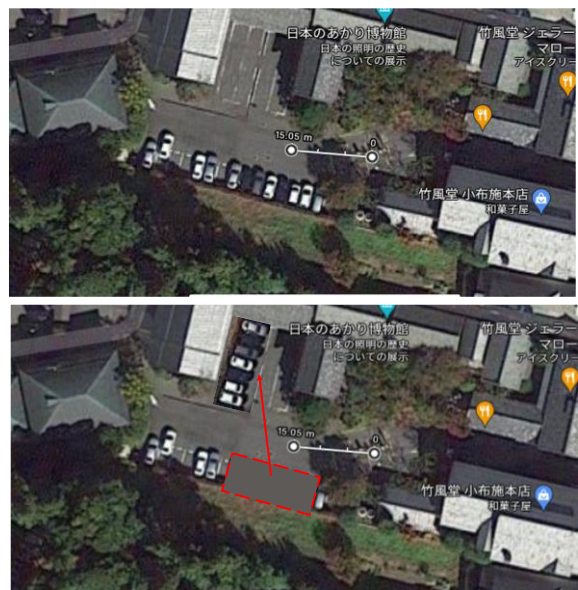


図 16 竹風堂駐車場入口ゲートと移設案(Google マップ)

交差点と中町交差点からの流出時間交通量を図 13 ならびに図 14 に示す。

図 13 ならびに図 14 より本シミュレーションの結果より、1 時間あたり 4 台程度の観光バスや通常時の休日に生じる歩行者横断は交差点の交通量に大きな影響を及ぼさないことが明らかとなった。シミュレーション動画からも横断歩行者が右左折する自動車を大きく妨げる状況を確認することはできなかった(図

表 6 入口ゲート設置位置変更による効果

ゲート位置	渋滞長(m)
0m (現状)	92.42
ゲートまで 10m 延長	16.78
ゲートまで 20m 延長	5.83

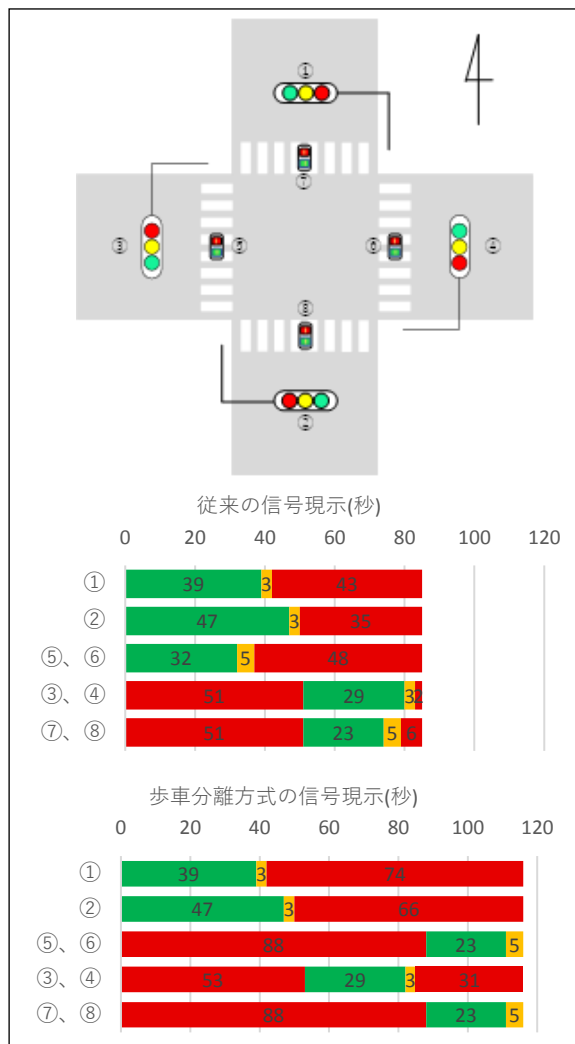


図 17 歩車分離方式信号現示の設定

15 参照).

5-5 駐車場形状変更による混雑緩和効果の検証

小布施町中心エリアの交通混雑に大きく影響していると考えられる竹風堂駐車場 (④) を対象にアプローチ部分の形状を変更することによる混雑緩和効果について検証する。

具体的には、駐車場入り口から駐車スペースまでの距離を延長させ駐車待ち車両のスペースを確保することで、どれほどの混雑緩和効果があるのか確認する。前述のとおり、観光期には竹風堂駐車場への駐車待ち車両に起因する国道 403 号の交通渋滞発生が確認されており、図 16 に示す駐車場入口ゲートまでの距離を延長して交通シミュレーションを実行した。図 16 にて 0 で示された地点に駐車場入口ゲートが設置さ

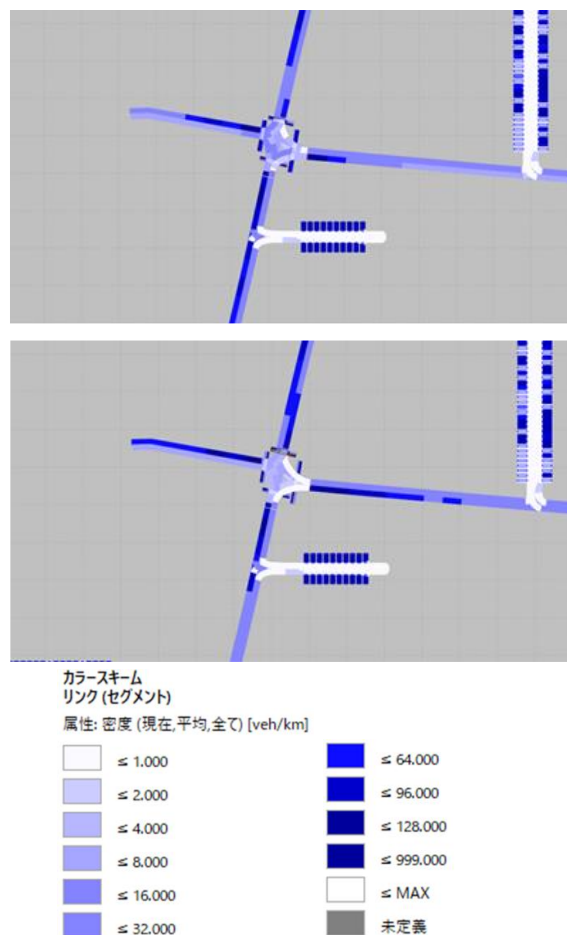


図 18 交通密度 (上: 現状, 下: 歩車分離方式)

れているが、一部駐車スペースを移設させることでゲート前に待ちスペースを確保した。

表 6 より、現在の状態である 0m と 10m 延長の渋滞長さを比べると、75.64m の短縮が確認できた。10m 延長から 20m 延長へはこれほど大きな短縮はされなかったことから、現在の状態から 10m 程度入口ゲートの位置を奥に設置することによって、混雑が大きく緩和される可能性を示すことができた。

5-6 信号現示変更による混雑緩和効果の検証

国道 403 号線の混雑緩和を目的として中町南交差点を対象に、信号現示を歩車分離方式に変更した場合の影響を分析する。車両の青時間は変更せずに歩行者の青時間を 23 秒として検討した信号現示を図 17 に示す。また、導入した信号現示を活用して交通密度を確認した結果を図 18 に示す。なお、交通密度とは一般に 1km あるいはそれよりも短い道路延長方向の距離を集計単位として、ある時点で存在する車両数を単位距離当たりの車両数に換算したものである。

図 18 より、改良前交差点を見ると、国道 403 号線の交通密度が高くなっている部分が南へ長く続いていることが分かる。一方、改良後の歩車分離信号方式

の交差点では、国道 403 号線の混雑度が小さくなっている。しかしながら、東西方向の交通密度が高い部分が長くなっている。これら交通密度を確認しながら、適切な信号制御を検討する必要がある。

7. 本研究の成果と今後の課題

7-1 ミクロ交通シミュレーションの精度検証

本研究では、観光期において問題となっている国道 403 号線の混雑を解決するために適切な交通制御方法について検討することを目的として、対象地区の交通状況についてミクロ交通シミュレーション Vissim を用いて再現した。交差点における断面交通量にて検証をした結果、比較的精度の高いシミュレーションモデルを構築することができた。

7-2 各条件におけるシミュレーション結果

構築した小布施町交通ネットワークを活用して、ネットワーク内の交差点形状や信号現示、駐車場位置・規模等を可能な限り再現し、駐車場形状や信号現示の改良を行うことで周辺の交通環境にどのような影響を及ぼすのかを分析した。

竹風堂駐車場を対象に駐車場入口ゲート部分のアクセス空間を確保する整備では、具体的には国道 403 号線から駐車場入口ゲートまでの距離を 0m (従来)、10m, 20m に延長させ、混雑緩和効果を分析した。その結果、駐車待ち空間を 10m から 20m に延長した時に比べ 0m から 10m に延長させた時の方が渋滞長さを大きく短縮することができた。

続いて、中町南交差点を対象に交差点信号を歩車分離方式に変更することによる影響分析を行った。その結果、国道 403 号線を中心に混雑緩和が期待される区間も確認できた一方、混雑度合いが悪化する区間も発生することがわかった。これら混雑度合いの差を可能な限り小さくするような最適な信号現示を検証していく必要があると考えられる。しかし、車両や歩行者の安全面から歩車分離信号の導入は有効なものであると考えられる。

7-3 今後の課題

今後の課題として、本研究では分析の対象とした竹風堂駐車場の入出庫の制御を行う入口ゲートの再現ができず駐車場待ちの車両発生地点にばらつきが出てしまった。Vissim 上では入出庫の制御も含めてゲ

ートを設計することが不可能であったため、制御が表現できるような工夫が必要であろう。これにより、駐車場形状変更後より正確な影響を分析することが可能となる。また、ゲートの有無での影響分析も可能となる。

本研究で用いた交通量のデータがコロナ禍における観光期のものであることから、本来の観光期ピークにおける普通自動車や大型バスの流入交通量を正確に確認できていない。それらを測定することで、さらに現況に近いシミュレーションを行うことができる。信号制御については、車両や歩行者の交通量に応じた適切な信号制御を検討していく必要がある。また、周囲の建築物の状況も併せて調査することでより現実的な交通設備の改良を提案可能である。

当該地区の混雑緩和は、車両の交通流をスムーズにするだけでなく、車両ならびに観光に訪れた歩行者の安全も確保できるため非常に重要である。本研究にて分析した駐車場と信号制御方法の検討は、混雑緩和効果を確認できたため、その他の交通設備の改良と組み合わせることで、観光と生活交通が両立した不便のない安全なまちづくりにつながっていくと考えられる。

参考文献

- 1) 平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査 箇所別基本表 国土交通省
- 2) 藤澤翔平: 中心市街地を対象とした駐車場選択を考慮した来街・回遊統合モデルの検討- 令和 2 年度 長野工業高等専門学校生産環境システム専攻 特別研究論文 2021.3
- 3) 溝上章志, 中山直智: 時間帯別交通量配分と交通シミュレーションをもちいた動学的ミクロ交通流解析法の街路整備計画への適用 土木計画学研究・論文集 2006.9
- 4) 小布施日和エリアガイド
<https://www.obusekanko.jp/area-guide>
- 5) 勝亦達夫: 「人のための道空間」づくり～長野県小布施町国道 403 号「市庭通り創生事業」に向けて 地域活性学会 第 11 回研究大会 2019.9