

マイクロ交通シミュレーションを用いた信号現示変更による渋滞対策の評価

Evaluation of traffic congestion measures by changing signal display using micro traffic simulation

室蘭工業大学建築社会基盤系学科 ○学生員 江戸元希(Motoki Edo)
 室蘭工業大学大学院工学研究科 学生員 大井啓史(Hirofumi Oi)
 室蘭工業大学大学院工学研究科 正会員 有村幹治(Mikiharu Arimura)

1. はじめに

現在、札幌都市圏の幹線道路である札幌新道では、道路交通量の増大に伴い高速道路上で渋滞が度々発生している。特に、札幌新川 IC のオフランプ部において、国道5号との合流が円滑でないことによる、高速道路本線上の路側帯における渋滞は、走行車両との速度差を考慮すると極めて危険な状況である。そのため、可能な限り渋滞の発生を抑制する必要がある。合流部周辺の信号現示パターンの変更による合流交通量の増大化は、合流部分の改良等のハード対策と比較して、短期間での実装かつコスト削減が可能である。

本研究では、信号現示パターンの改良による交通渋滞対策効果を、マイクロ交通シミュレーションを用いて評価することを目的とした。具体には、交差点間の赤信号表示開始時点のずれを意味する赤オフセット秒数と青信号表示の秒数である青時間の組み合わせでのグリッドサーチを行い、最適な信号現示パターンを得る。なお、本研究の対象交差点は、新川 IC に隣接する新川交差点とその東に位置する新琴似通交差点とする(図-1)。

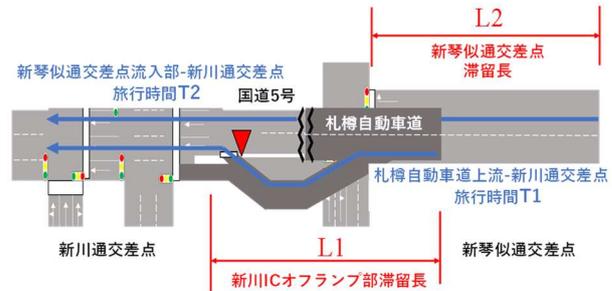


図-1 対象交差点

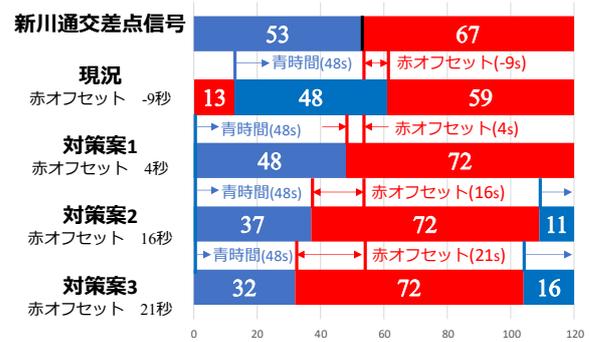


図-2 令和2年度社会実験信号現示

2. 対象交差点における社会実験の概要

札幌新道では、交通円滑化を目的とした渋滞対策が検討されており、令和2年度には対象交差点において、短期対策の改良信号現示を実装する社会実験として、現況信号現示と3パターンの対策案が施行された(図-2)。対策案では新琴似通交差点の赤オフセット秒数を現況より正となる方向に調整し、オフランプ部から国道5号への合流機会が増大することで、高速道路上での渋滞緩和が期待される。社会実験の概要と結果を表-1に示す。対策案の施行により、交通流に一定の影響を与えた。特に対策案2は、現況信号現示と比較して、最大滞留長が約1km短縮した。

先行研究では、交通シミュレーションを用いて、社会実験での現況信号現示施行日の交通再現と渋滞対策案3パターンの効果検証を行った¹⁾。本研究では、高速道路上の渋滞緩和効果に加えて、新琴似通交差点を通過する交通への影響を把握する。

3. 最適な信号現示の探索方法

3.1 グリッドサーチ

最適な信号現示パターンを得るための調整すべきパラメータには、赤オフセット秒数と青時間がある。赤オフセット秒数と青時間は、それぞれ新琴似通交差点の赤信号表示が新川交差点より早く始まる秒数、新琴似通交

表-1 令和2年度社会実験概要

項目	現況	対策案1	対策案2	対策案3
調査実施日	R1.9.18(水)	R2.9.30(水)	R2.10.14(水)	R2.10.22(木)
赤オフセット	-9秒	4秒	16秒	21秒
青時間	48秒	48秒	48秒	48秒
オフランプ部最大渋滞長	2,500m	1,970m	1,530m	1,900m

差点から新川交差点へ通行できる秒数である。この赤オフセット秒数を増加、青時間を減少させることで、新琴似交差点からの流入交通を調整し、オフランプ部からの合流スペースが確保できるため、合流交通量の増大が見込める。

本研究では、赤オフセット秒数と青時間の最適な組み合わせを得るために、グリッドサーチを行う。設定した組み合わせを表-2に示す。令和2年度社会実験の結果から、対策案2の信号現示を基に赤オフセット秒数、青時間を4パターンずつ、計16の信号現示パターンを構成した。各パラメータの1秒間隔の調整では、交通流への影響が微小であるため、赤オフセット秒数を2秒、青時間を3秒間隔で設定した。

3.2 評価方法

新川 IC オフランプ部と新琴似通交差点の交通状況が円滑になるように信号現示を調整すべきである。しかし、渋滞対策を施行する上で、両者はトレードオフの関係にあるため、最適な信号現示パターンが一意に定まらない。よって、本研究では新川 IC オフランプ部と新琴似通交差点の交通への影響から、最適な信号現示パターンを得ることを目標とする。

交通への影響の指標として、10分毎最大滞留長と10分毎旅行時間を用いる。新川 IC オフランプ合流部の滞留長をL1、新琴似交差点東側の滞留長をL2とする。また、高速道路流入部から新川通交差点までの約3000mの旅行時間をT1、新琴似通交差点流入部から新川通交差点をまでの約660mを通過する旅行時間をT2とする。サンプル数は信号現示1パターンあたり40サンプルである。評価には、各回の最大値の平均を用いてピーク時の危険な交通状況に耐えうる信号現示パターンを得る。

4. 交通シミュレーション

4.1 Vissim

本研究では、交通流マイクロシミュレーションソフトにPTV Vissim²⁾を使用した。Vissimは道路構造や交通運用、交通量、大型車混入率等のデータを入力することにより、現実の多様な交通現象を再現したシミュレーションモデルの構築が可能である。シミュレーション中のある地点での通過交通量や滞留長、2地点間の旅行時間等のデータの測定や、車両の挙動を3Dアニメーションによって可視化することができる(図-3)。以上の機能を有するため渋滞対策の事前効果検証等に用いられている。

4.2 現況交通の再現性の確認

本研究では、社会実験が実施された4日間の交通をそれぞれ再現したシミュレーションモデルを構築した。現況再現性の判断指標として方向、車種別10分間交通量での交通量の相関、GEH値、オフランプ部最大滞留長を用いた。再現性の検証結果を表-3に示す。結果として、構築したシミュレーションモデルは、4日間それぞれの交通をおおむね再現できたといえる。

4.3 シミュレーション条件

シミュレーション条件を表-4に示す。シミュレーション回数と入力交通量はそれぞれ10回、4種であるため信号現示1パターンにつき40サンプルが得られる。

5. 結果

5.1 最適な信号現示

以上より、信号制御パラメータのグリッドサーチを行い滞留長と旅行時間におけるパレート最適解を得た。滞留長の結果を図-4、旅行時間の結果を図-5に示す。

図-4より、オフランプ部滞留長L1、新琴似通交差点滞留長L2の双方を最小に満たす信号現示は(19-42, 19-45, 23-48, 21-48, 19-48, 17-48)の6パターンであった。パレート最適解からL1の緩和を優先する場合は信号19-45、L2の緩和を優先する場合は信号23-48が最

表-2 検討する信号現示の組み合わせ

交通量 4パターン	青時間				
	48	45	42	39	
赤 オフ セット	17	17-48	17-45	17-42	17-39
	19	19-48	19-45	19-42	19-39
	21	21-48	21-45	21-42	21-39
	23	23-48	23-45	23-42	23-39



図-3 Vissimシミュレーション画面(例)

表-3 現況再現性検証結果

項目	現況	対策案1	対策案2	対策案3
GBH値 GEH5の割合	0.0025	0.0009	0.0025	0.0042
交通量の相関 重相関係数R2	0.911	0.932	0.970	0.945
最大滞留長 パーセント誤差	3.67	8.27	4.22	9.49

表-4 シミュレーション条件

シミュレーション回数	10回 (評価には10回の平均値使用)
Random Seed	42+8n
シミュレーション時間	4h (15:00~19:00)
評価時間	3h (16:00~19:00)
車種	小型二輪、普通車、小型貨物、 普通貨物、バス
測定項目	10分毎最大滞留長L1, L2 10分毎平均旅行時間T1, T2
入力交通量	4パターン (社会実験実施日の再現モデル使用)

適であるといえる。

一方で、図-5では旅行時間T1、T2の組み合わせが最小となる信号現示は、(19-45, 17-48, 23-48)の3パターンであった。パレート最適解から、T1の緩和を優先する場合は、信号19-45が最適であり、T2の緩和を優先する場合は信号17-48が最適であるといえる。

以上から、危険な交通状況を想定したシミュレーションにおいては滞留長や旅行時間が最小となる信号現示パターンは一意に定まらなかったが、信号17-48, 19-45, 23-48により渋滞対策として効果があることを確認した。

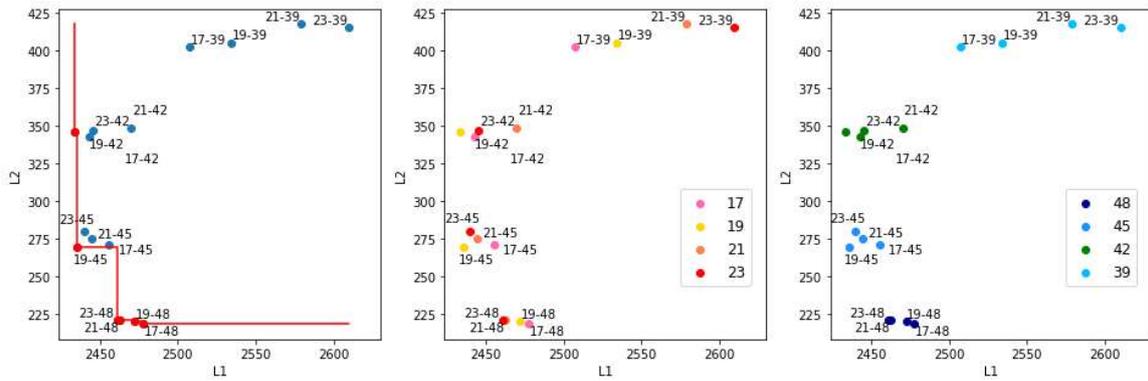


図-4 新川IC オフランプ部側滞留長 L1, 新琴似通交差点滞留長 L2 の散布図—最大滞留長平均
(左: パレート最適解 中央: 赤オフセット秒数 右: 青時間)

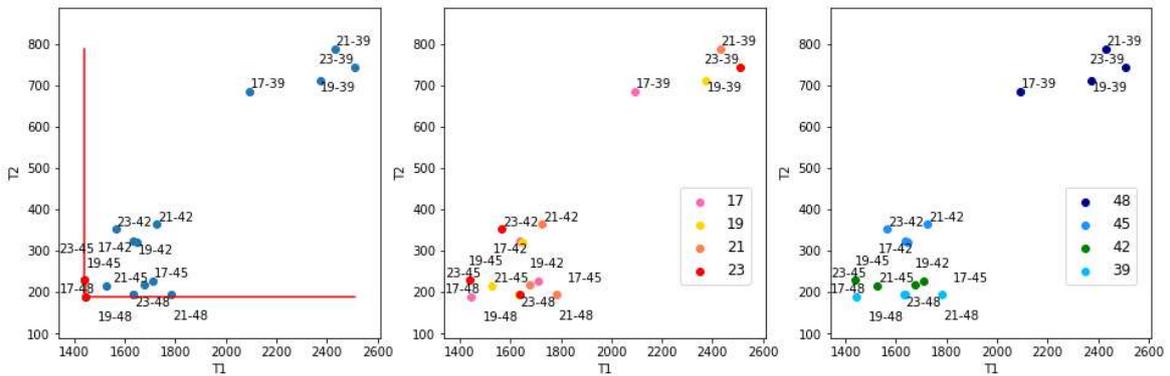


図-5 新川IC オフランプ部経由旅行時間 T1 と新琴似交差点国道5号経由旅行時間 T2 散布図—最大旅行時間平均
(左: パレート最適解 中央: 赤オフセット秒数 右: 青時間)

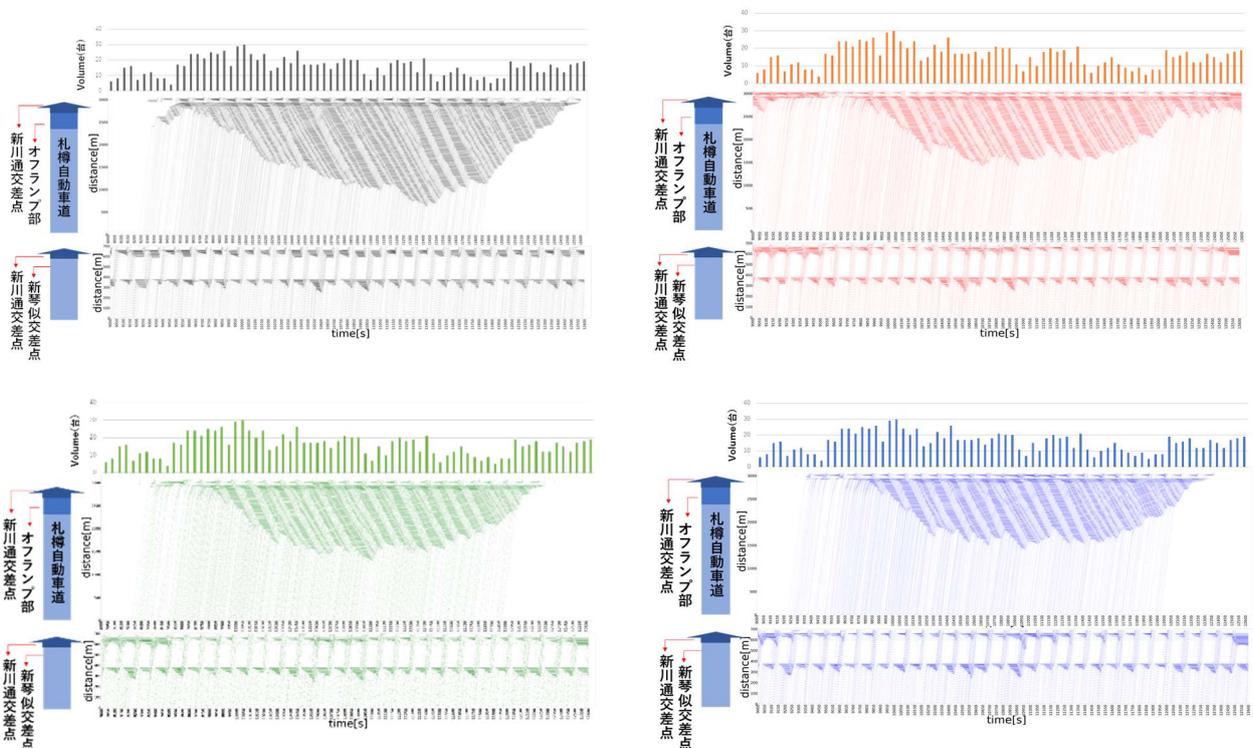


図-6 Time-Space Diagram
(左上: 現況信号現示 右上: 信号現示 17-48 左下: 信号現示 19-45 右下: 信号現示 23-48)

5.2 Time-Space Diagram

現況信号現示との比較により、グリッドサーチから得られた最適信号現示パターンの交通流への効果を把握する。比較図には対象道路上での車両軌跡を可視化する Time-Space Diagram を用いることで、車両の速度と、停止している車両数から渋滞長の変動が把握できる。本研究では、17:30 から 18:30 の 1 時間で高速道路流入部から新川通交差点通過までと新琴似交差点東流入部から新川通交差点通過までの路線上の車両軌跡を 0.15 秒間隔で測定した。信号現示パターン現況、信号 17-48, 19-45, 23-48 施行時の Time-Space Diagram を図-6 に示す。

高速道路上渋滞長についての検討では、信号 17-48, 19-45, 23-48 の 3 パターンの信号現示と現況を比較すると渋滞長は大幅に減少している。また 3 パターンの信号現示による効果では赤オフセットに起因する特徴がみられた。信号 17-48 では、渋滞解消したのちに再度渋滞が発生していることから、他の信号現示パターンよりも L1 の緩和効果が小さく、L2 の緩和を優先していることが確認できた。信号 19-45 では、車両の密な部分が少ないことから一度停止して発進した際の移動距離が長くなっている。また、信号 23-48 では、車両の密な部分が多いことから一度停止してから発進した際の移動距離が短く、L2 の緩和を優先した信号現示であると考えられる。

新琴似通交差点渋滞長についての検討を行う。現況信号現示の場合、常に車両の密な部分が多く停止時間も長いことが確認できる。信号 17-48 の場合、現況と同様、一定のスパンで車両の停止が起こっているが、一回あたりの渋滞長は現況よりも短い。信号 19-45, 23-48 の場合は、信号 17-48 で得られたデータとの差が微小であり同様な結果となっていた。これは、3 つの信号現示パターンの青時間が 48 秒、45 秒であったため、新琴似通交差点渋滞長に対する緩和効果に大きな差は見られなかった。

以上から、本研究で得られた信号現示 17-48, 19-45, 23-48 の 3 パターンについて、高速道路上では渋滞長の変動が把握できた。新琴似通交差点については 3 パターンの信号現示すべてが、現況より優れた効果が期待できるが、3 パターン間では大きな差はなかった。したがって、L2 の緩和優先等の期待する効果から、3 パターンの信号現示それぞれの特徴を考慮し適用する。これにより状況に応じた交通渋滞対策を行うことができる。

6. まとめ

本研究ではマイクロ交通シミュレーションを用いて、信号現示の改良が交通流にもたらす効果を検証した。社会実験より、得られたデータから構築したシミュレーションモデルを用い、最適信号現示の探索を行った。指標に新川 IC オフランプ部と新琴似通交差点の滞留長 L1, L2 と旅行時間 T1, T2 を用いて検証した結果、3 パターンの最適な信号現示が得られた。また、これらの信号現示は現況の信号現示と比較して、渋滞緩和に一定の影響を及ぼすことを確認した。

本研究の課題としては、交通量は常に変化をするため、すべての交通量に対して効果を発揮する信号現示パターンを得る必要がある。また、本研究の対象日時は秋季で

あったため、冬季交通についても考慮すべきである。冬季は、積雪により道路状況が悪化し、それに伴い旅行速度の低下等、車両挙動が大きく変化する。これらを考慮することで、より最適な信号現示パターンが得られる。

今後の展望として、冬季の交通量データから冬期交通に対応する最適信号現示を確認する。また実際の交通状況に応じて、適用する信号現示を変更する信号制御システムを構築する。このシステムを用いることによって、本研究で得られた信号現示パターンより L1, L2, 双方の交通流をさらなる円滑化が期待できる。

参考文献

- 1) 大井啓史, 有村幹治: 信号現示の変更による IC 交差点渋滞対策シミュレーションの構築, 令和 2 年度論文報告集 第 77 号 部門 D, 2021
- 2) PTV Vissim: [PTV Vissim: Software for multimodal traffic simulation \(ptvgroup.com\)](https://www.ptvgroup.com/traffic-simulation) (2021/12/15)