

路面電車が共存する交差点におけるムーブメント制御方法に関する研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○青木俊介 愛媛大学大学院 正会員 吉井稔雄
愛媛大学大学院 正会員 高山雄貴

1. はじめに

日本の一般道路における渋滞は、主に信号交差点が原因となって発生している。信号交差点による渋滞の発生は、交通需要と対応していない不適切なスプリットの設定や、時間や曜日等の規則性を持たない交通需要の変動がある場合において顕著である。信号交差点における渋滞は旅行時間の増加やそれに伴う経済損失、イライラによる危険運転の誘発等が考えられることから、解消されることが望ましい。

愛媛県松山市においても渋滞の原因となる信号交差点が数多く存在し、その中でも上一万交差点では、交通需要の不規則な変動を原因とした渋滞が発生している。また、当交差点では路面電車が自動車用車線と並行して進行しており、路面電車の進行に配慮した現示やスプリット等の制御パラメータとなっているため、交通需要に応じた制御パラメータが設定されていない。そのため、交差点を車両が1台も通過しない時間が存在する非効率的な制御が行われ、渋滞が発生している。

そこで、本稿では松山市上一万交差点の現状の交通需要やサイクル長、スプリット等の結果から遅れ時間や需要率を計算し、問題点を把握する。そして、その改善策として新しい信号制御の適用を提案する。

2. 調査概要・結果

愛媛県松山市の上一万交差点において平日の昼(14:00-16:00)に調査を実施した。調査項目として、交差点の構成、現示の順序、サイクル長、スプリット、車線・方向別の交通量をそれぞれ観測した。

まず、上一万交差点の概要を図1に示す。松山市上一万交差点は、松山市中心部から道後方面を結ぶ交差点である。図1より、流入路DからA方向、B方向にそれぞれ伸びている線は路面電車の線路を表している。また、車線数は流入路Aが3車線、流入路Bが2+2車線、流入路Cが2車線、流入路Dが3車線であった。

次に、図2に上一万交差点における現示の表示順序、及び各現示の青時間を示す。図2より、路面電車は流入路AからD、もしくは流入路DからAを進行する場合は現示2Φ、流入路BからD、もしくは流入路D

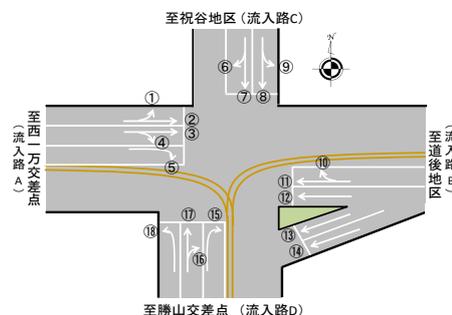


図1 上一万交差点図

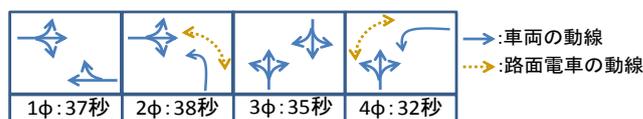


図2 現示表示順序図

からBを進行する場合は現示4Φのときに通行権が与えられている。また、サイクル長は160秒だった。

3 サイクル間に通過した交通量を表1に示す。表1より、交通量は流入路Dから左折する車両(18)が最も多く、次いで流入路Bから直進する車両(11)が多かった。また、流入路Cからの交通量が少ないものの、残り3つの流入路間では差はなかった。しかし、1サイクル毎では需要の変動が大きく、特に流入路Dから左折する車両(18)の交通量は最大で約2倍の差があった。

表1 交通量の観測結果(台/3サイクル間)

方向	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	計
普通車	5	39	15	22	19	5	18	26	7	2	43	35	20	27	13	28	41	53	418
大型車	0	1	1	3	0	0	0	1	0	1	1	2	1	2	4	4	8	9	38
バイク	0	3	0	0	1	0	0	0	1	0	3	2	3	0	0	4	4	4	21
計	5	43	16	25	20	5	18	27	7	4	44	40	23	32	17	32	53	66	477

3. 現状の信号制御評価

現状の信号制御の能力を把握するため、各現示における需要率(λ)と、方向別の1台当たりの平均遅れ時間(\bar{d})を算出した。

$$\lambda = q/s, \quad \bar{d} = R^2 / 2C(1-\lambda)$$

ここで、 q を交通需要、 s を飽和交通流率、 R を赤時間長、 C をサイクル長とする。現示1Φにおける計算結果を表2に示す。この時、流入路Aの④・⑤の交通需要は現示2Φのみで捌かれるため、また、流入路Bの右折方向(10)の交通需要は、現示2Φと3Φの切り替わり時以外では捌けられないと考えられるため、需要率、及び平均遅れ時間の算出の際に考慮していない。現示

1Φの需要率を決定する際には流入路A方向(①・②・③)は現示2Φを利用して捌くことが可能であるため、流入路B方向(⑪・⑫)の交通需要のみを考慮すればよい。よって、現示1Φにおける需要率は0.16となる。

表2 現示1Φにおける計算結果

現示	方向	交通量 (台/時)	飽和交通流率 (台/時)	需要率	有効青時間 (秒)	赤時間長 (秒)	平均遅れ時間 (秒/台)
1Φ	①・②・③	479.3	3780	0.13	77	83	24.7
	⑪・⑫	630.0	3880	0.16	37	123	56.4

現示2Φにおける結果を表3に示す。現示2Φでは流入路Dからの左折方向(⑩)の交通需要は現示3Φ、4Φでも捌くことが可能であるため、主に流入路A方向(①・②・③)の捌け残り(④・⑤)が捌ける交通需要を考慮しなければならない。よって、現示2Φにおける需要率は0.10となる。

表3 現示2Φにおける計算結果

現示	方向	交通量 (台/時)	飽和交通流率 (台/時)	需要率	有効青時間 (秒)	赤時間長 (秒)	平均遅れ時間 (秒/台)
2Φ	①・②・③ (捌け残り)	249.0	3780	0.07	40	120	48.2
	④・⑤	337.5	3348	0.10	40	120	50.0
	⑩	495.0	1620	0.11	112	48	8.1

現示3Φにおける結果を表4に示す。現示3Φでは流入路D方向(⑮・⑯・⑰・⑱)の交通需要は現示4Φでも捌くことが可能であるため、流入路C方向(⑦・⑧・⑨)の交通需要のみを考慮した。また、流入路Dからの直進(⑰)、流入路Cからの右折方向(⑥)は現示3Φでは通行できないものとして考え、現示3Φの需要率の決定には影響を与えないものとした。よって、現示3Φにおける需要率は0.13となる。

表4 現示3Φにおける計算結果

現示	方向	交通量 (台/時)	飽和交通流率 (台/時)	需要率	有効青時間 (秒)	赤時間長 (秒)	平均遅れ時間 (秒/台)
3Φ	⑦・⑧・⑨	390.0	2907	0.13	35	125	56.4
	⑮	127.5	1530	0.08	72	88	26.4
	⑯	240.8	1620	0.15	35	125	57.4
	⑱ (捌け残り)	154.7	1620	0.10	35	125	54.0

現示4Φにおける結果を表5に示す。現示4Φでは流入路Bからの左折方向(⑬・⑭)と流入路D方向(⑮・⑯・⑰・⑱)の現示3Φでの捌け残りを考慮しなければならない。その結果、現示4Φにおける需要率は最も大きな値である流入路Dからの右直混用車線(⑯・⑰)の0.30となる。以上の観測結果より、上一万交差点の需要率は4現示分の需要率を合計した0.69と算出された。

表5 現示4Φにおける計算結果

現示	方向	交通量 (台/時)	飽和交通流率 (台/時)	需要率	有効青時間 (秒)	赤時間長 (秒)	平均遅れ時間 (秒/台)
4Φ	⑬・⑭	412.5	3492	0.12	32	128	58.1
	⑮ (捌け残り)	65.5	1530	0.04	37	123	49.4
	⑯・⑰ (捌け残り)	522.0	1735	0.30	37	123	67.6
	⑱ (捌け残り)	163.5	1620	0.10	37	123	52.6

次に、この需要率の計算結果を Webster の実験式に代入し、最適サイクル長(C_{opt})を算出する。

$$C_{opt} = \frac{1.5L + 5}{1 - \lambda}$$

ここで、 L を損失時間とする。損失時間を3秒とした場合と5秒とした場合の最適サイクル長、及び最適スプリットの計算結果を表6に示す。表6より最適サイクル長は損失時間3秒の場合に現サイクル長と約88秒、損失時間5秒の場合に約60秒の差が生じている。

最適スプリットは路面電車が通る現示2Φで差が最も大きく、損失時間3秒の場合は約27秒、損失時間5秒の場合は約23秒の差が生じることが分かった。これは、現スプリットでは交通需要がない場合でも路面電車が交差点を通行するために最低限必要である時間を確保しなければならないことが影響していると考えられる。その結果、現示2Φでは現スプリットと最適スプリット間で差が生じ、路面電車の進行を配慮したスプリットが他の流入路の車両の遅れ時間を増加させる原因となっていると考えられる。

表6 最適サイクル長及び最適スプリット (秒)

現示	1Φ	2Φ	3Φ	4Φ	合計	サイクル長
現スプリット	37	35	35	32	139	160
最適スプリット (損失時間3秒)	11.9	7.4	9.6	22.3	51.2	74
最適スプリット (損失時間5秒)	18.1	11.3	14.7	33.9	77.9	113

4. まとめと改善策の提案

本稿では、上一万交差点では路面電車の影響等によって適切なサイクル長やスプリットが設定されていないことが問題点として明らかとなった。そこで、改善策として上一万交差点へ交通需要に応じて個々の動線(ムーブメント)別に現示の順序が変化し、需要に対応した適切な青時間で表示される信号制御であるムーブメント制御の適用を提案する。その理由として、ムーブメント制御では需要の無い流入路の現示はスキップされ、別の現示が表示されることから、無駄な青時間が無くなり、効率的な信号制御となるからである。また、路面電車到着時には遅延を防ぐために路面電車に通行権が与えられる現示を表示させ、それ以外の場合には、引き続き交通需要に応じた制御を実施することで、渋滞解消に有効な手段と成り得ると考えられる。

今後は、本稿で提案したムーブメント制御をシミュレーション等を用いて分析し、遅れ時間や需要率を比較し、ムーブメント制御適用の有効性を検証する。