

新東名高速道路完成にともなう渋滞緩和と今後の予測

2009SE042 波多野泰啓 2009SE079 石黒一平

指導教員：澤木勝茂

1 はじめに

1.1 新東名高速道路とは

新東名高速道路とは、神奈川県海老名南 JCT を起点として、愛知県豊田東 JCT に至る延長約 254km の高速自動車国道である。以前から頻繁に渋滞をしていた東名高速道路との代替性を考え第二東名高速道路とも呼ばれている。新東名高速道路の主な役割として、東名高速道路の混雑解消と利用者サービスの向上、東名高速道路の代替性を有する路線、三大都市圏の連携強化という 3 つの大きな役割がある。新東名高速道路は現在、御殿場 JCT～三ヶ日 JCT の約 162km の区間が開通している。今後、新城 IC～豊田東 JCT、海老名南 JCT～御殿場 IC が完成予定で全線が開通するのは 2020 年度と予想されている。将来的には、2016 年度に全線の開通が予想されている新名神と新東名がつながり、現在混雑が著しい東名・名神との適切な交通分担機能を持ち、日本の産業・文化・社会経済活動の振興に大きく寄与することが期待される高速道路である。以下では新東名高速道路を新東名、東名高速道路を東名と表す。



図1 新東名高速道路 [4]

1.2 新東名高速道路の利点

新東名の開通により、改善されるものは 2 つあり、渋滞緩和と災害対策である。新東名開通前の東名は、交通量が交通容量を大きく上回っており、交通集中による渋滞が多く発生していた。その数は年間 2500 回にも及んでいた。新東名が開通することによって、東名を利用している交通が新東名に転換・分散することによって静岡区間における渋滞がほぼ解消される。

また災害対策の面では東名と国道 1 号、JR 東海道線が集約する静岡市由比海岸においては、大規模な地すべり地帯

であり、東名では台風や高潮による通行止めが多発している。さらに、東名沿線地域は東海地震の防災対策強化地域に指定されている。そのため、東名と新東名の間で相互に補完・連携する高速ダブルネットワークが確保されることにより、定時性が確保されるほか、災害等の緊急時の代替性の確保、避難路・緊急輸送路としての機能、緊急体制の支援など安全・安心の実現とともに信頼性が向上する。また、高い確率で想定されている東海・東南海・南海の 3 連動地震発生時には、山間地域を通過する新東名に津波が到達する可能性はなく、線構造物も被害を受けないため、海側を通過する東名の代替道路としての機能が期待できる。

1.3 研究の背景

高度経済成長後、日本では車の普及にともなって著しい道路の整備が行われてきた。都市と都市を短時間で移動することができる高速道路においても同じことができる。また道路が整備された一方で渋滞が大きな問題となっている。これは日本だけで起こっている問題ではなく、土地が少ない国ではよく起こる問題である。渋滞の緩和のためにイギリスのロンドンをはじめとして諸外国では渋滞が発生する区間に入るために渋滞税という税金を支払わなければならない国もある。日本でも都市高速や大型連休の度に渋滞がニュースで取り上げられる程である。一方で高速道路の利用者が大変少なく、経営が成り立たない高速道路もあるのが現状である。本論文では以前から日常的に自然渋滞が発生していた東名が 2012 年度に一部開通した新東名によってどの程度渋滞が減少したかを待ち行列とセルオートマトン法を用いて考える。また今後の全線開通の際にはどのような効果があるのかを現在開通している区間の開通前と開通後を比べることで考えていく。

2 新東名の完成前と完成後の比較

2.1 交通量の変化

新東名の開通後 6 か月間の平均交通量は、全日で 41000 台/日、平日で 38000 台/日、休日で 47000 台/日となっている。また静岡県内での交通量の増加は著しく静岡県内の主要断面における新東名、東名、国道の交通量は、全日最大 14 % 増、平日最大 14 % 増、休日最大 14 % 増とそれぞれ増加している。

2.2 渋滞の変化

新東名開通前の渋滞の仕方は交通量が交通容量を超えているために発生する渋滞と、事故や災害などによって通行止めとなる区間による渋滞が多かったが、開通後はどちらのケースの渋滞も減少している。その一方で合流地点での渋滞や、上り坂の部分でスピードが減少しての渋滞などが

目立ってきている。特に合流地点の渋滞は、交通量が以前よりも増加しているためひどくなっている傾向にある。



図2 東名と新東名 [4]

3 モデルの定式化

この章では待ち行列理論とセルオートマトン法の両方を用いて東名と新東名の交通渋滞を定量的にモデル化しその解決策について考察する。まず合流地点での渋滞を考えるにあたって、合流をサービスと見立てられるためここでは待ち行列理論によるモデルを作る。次に自然渋滞の多発個所であるちょっとした坂のサグ部分は待ち行列理論よりも実際の流れの様子を観察しやすいセルオートマトン法によるモデルを作る。

3.1 使用する文字の説明

- λ_1 : 東名からの到着率
- λ_2 : 新東名からの到着率
- λ : 全体の到着率 ($\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$)
- μ : 合流地点のサービス率
- ρ : 合流地点の利用率
- q : 交通量
- k : 交通密度
- P_q : 待たされる確立
- L_q : 行列の平均の長さ
- W_q : 平均待ち時間

3.2 M/D/1 モデル

このモデルは、車の到着がランダムでポアソン型であり、サービス時間分布が一定である。無限待ち行列が可能であるとして M/D/1 モデルを考える。

の時 M/D/1 の平均待ち時間 W_q は、

$$W_q = \frac{\rho}{2\mu(1-\rho)} \quad (\lambda > \mu)$$

となる。

次に M/D/1 の平均待ち行列 L_q は、平均待ち時間を用いて

$$L_q = \lambda W_q$$

と表すことができる。

よって

$$L_q = \frac{\lambda\rho}{2\mu(1-\rho)} \quad (\lambda > \mu)$$

となる。

3.3 道路が空いているとき

表3 東名と新東名の合流地点 (平日 空いている時)

平日(空いている)1分間に120台合流する					
到着交通量(台/時)	1500.00	1600.00	1700.00	1800.00	1900.00
交通容量(台/時)	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
λ (台/秒)	0.42	0.44	0.47	0.50	0.53
μ (台/秒)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
W_q (秒)	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09
L_q	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
ρ	0.21	0.22	0.24	0.25	0.26
P_q	0.21	0.22	0.24	0.25	0.26

表4 東名と新東名の合流地点 (休日 空いている時)

休日(空いている)1分間に120台合流する					
到着交通量(台/時)	2000.00	2100.00	2200.00	2300.00	2400.00
交通容量(台/時)	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
λ (台/秒)	0.56	0.58	0.61	0.64	0.67
μ (台/秒)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
W_q (秒)	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13
L_q	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08
ρ	0.28	0.29	0.31	0.32	0.33
P_q	0.28	0.29	0.31	0.32	0.33

・考察

道路が空いている場合は、平日休日に関わらずサービス率の値が大きくなるため合流する際スピードをほとんど落とすことなく合流できる。そのため平均サービス時間がほとんどかかっていないことが分かる。

またサービス率の値が到着率に比べて大きく上回っているため、平日休日の曜日の変化に関わらず到着交通量がある程度まで大きくなっても平均待ち時間にはおおきな変化は見られない。

3.4 道路が通常状態の時

表5 東名と新東名の合流地点 (平日 通常時)

平日(通常)1分間に80台合流する					
到着交通量(台/時)	1500.00	1600.00	1700.00	1800.00	1900.00
交通容量(台/時)	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
λ (台/秒)	0.42	0.44	0.47	0.50	0.53
μ (台/秒)	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
W_q (秒)	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25
L_q	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13
ρ	0.31	0.33	0.36	0.38	0.40
P_q	0.31	0.33	0.36	0.38	0.40

表6 東名と新東名の合流地点 (休日 通常時)

休日(通常)1分間に80台合流する					
到着交通量(台/時)	2000.00	2100.00	2200.00	2300.00	2400.00
交通容量(台/時)	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
λ (台/秒)	0.56	0.58	0.61	0.64	0.67
μ (台/秒)	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
Wq(秒)	0.27	0.29	0.32	0.35	0.38
Lq	0.15	0.17	0.20	0.22	0.25
ρ	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50
Pq	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50

・考察

日常的に最も多く存在する道路が通常の状態の場合も、道路が空いている場合と似ている。サービス率の値も到着率に比べて大きく上回っているため、到着交通量がある程度まで大きくなっても平均待ち時間にはおおきな変化が見られない。しかし平日と休日を比べると平日の空いている場合は待ち時間にもそれほど大きな変化は見られなかったが休日の待ち時間は若干ではあるが増え方が少しずつ大きくなっているため、これ以上到着交通量が増加すると渋滞が発生するのではないかと考えられる。

3.5 道路が混雑している時

表7 東名と新東名の合流地点 (平日 混雑時)

平日(混雑時)1分間に40台合流する					
到着交通量(台/時)	1500.00	1600.00	1700.00	1800.00	1900.00
交通容量(台/時)	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
λ (台/秒)	0.42	0.44	0.47	0.50	0.53
μ (台/秒)	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Wq(秒)	1.55	1.90	2.38	3.05	4.10
Lq	0.65	0.84	1.12	1.53	2.16
ρ	0.66	0.71	0.75	0.79	0.84
Pq	0.66	0.71	0.75	0.79	0.84

表8 東名と新東名の合流地点 (休日 混雑時)

休日(混雑時)1分間に40台合流する					
到着交通量(台/時)	2000.00	2100.00	2200.00	2300.00	2400.00
交通容量(台/時)	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
λ (台/秒)	0.56	0.70	0.73	0.77	0.80
μ (台/秒)	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Wq(秒)	5.92	∞	∞	∞	∞
Lq	3.29	∞	∞	∞	∞
ρ	0.88	1.11	1.16	1.22	1.27
Pq	0.88	1.11	1.16	1.22	1.27

・考察

道路が混雑している場合は、全体のスピードが落ちるため単位時間当たりにおける通過台数が減ることによってサービス率が低下している。このとき合流地点のサービス率と全体の到着率に大きな差がないため平均待ち時間が大きくなっていることが分かる。また到着交通量が100台増えるたびに、平均待ち時間がかなり大きくなっていて、到着交通量が1900台を超えたところからは、サービス率を到着率が超えてしまっているため列は増えていくと考えられる。

4 セルオートマトン法

4.1 セルオートマトン法とは

セルオートマトン法とは、有限個の状態をとるセルから構成され、離散的に時間を経過させると、ある時間におけるセルの状態が、そのセル自身および隣接するセルの直前の状態によって決定されるようなモデルである。これを車の流れで考える。道路を1つ1つのセルに分割して車の有無を決定する。さらに時間の経過のルールを決め、それをもとにして変化させることでセルオートマトンを導入する。またここでは視覚的に分かりやすいように“●”を速度が落ちることなく進む自動車、“○”をサグにより速度の落ちる自動車として、前の自動車に追いつくとブレーキをかけ、その後また1段階速度がおちてから元の速度に戻るということを条件としておこなった。ここでは縦軸を時間とし1マス2秒、横軸を距離とし1マス20mとする。

4.2 実際のデータ

ここでは、新東名が開通してからの6ヶ月間の交通量を使いセルオートマトン法を用いて渋滞について考える。以下に示すデータは、自然渋滞が多く発生している東名のサグ部のデータで、富士川橋と大和トンネル、宇利トンネルの3か所のものである。このデータは、まずその地点での交通量、次に走っている車の割合を見るための大型車混入率、その地点の道路における車の密度、低速車密度は3割が軽自動車や大型車などとし算出、最後に平均速度を出している。そこから、ピーク時の状況を見るためにピーク比率を示し、ピーク時の交通量と密度を算出する。それらを1車線あたり見たものが右側の数値である。

表9 宇利トンネル

宇利トンネル付近	1車線	
交通量(全日)	85000.00 (台/日)	
	0.98 (台/秒)	0.25 (台/秒)
大型車混入率	41.20 (%)	10.30 %
密度	44.27 (台/km)	11.07 (台/km)
低速車密度		3.32 (台/km)
速度	22.22 (m/秒)	
ピーク比率	109.70 %	
混雑時交通量	1.08 (台/秒)	0.27 (台/秒)
混雑時密度	48.57 (台/km)	12.14 (台/km)
低速車密度		3.64 (台/km)

表10 大和トンネル

大和トンネル付近	1車線	
交通量(日中)	84110.00 (台/日)	
	1.95 (台/秒)	0.28 (台/秒)
大型車混入率	29.70 (%)	4.24 %
密度	87.61 (台/km)	12.52 (台/km)
低速車密度		3.75 (台/km)
速度	22.22 (m/秒)	
ピーク比率	109.80 %	
混雑時交通量	2.14 (台/秒)	0.31 (台/秒)
混雑時密度	96.20 (台/km)	13.74 (台/km)
低速車密度		4.12 (台/km)

表 11 富士川橋付近 (開通前)

富士川橋付近(開通前)		1車線	
交通量(日中)	41535.00 (台/日)		
	0.96 (台/秒)	0.24 (台/秒)	
大型車混入率	33.60 (%)	8.40 %	
密度	34.56 (台/km)	8.64 (台/km)	
低速車密度		2.59 (台/km)	
速度	27.78 (m/秒)		
ピーク比率	110.00 %		
混雑時交通量	1.06 (台/秒)	0.26 (台/秒)	
混雑時密度	38.07 (台/km)	9.52 (台/km)	
低速車密度		2.86 (台/km)	

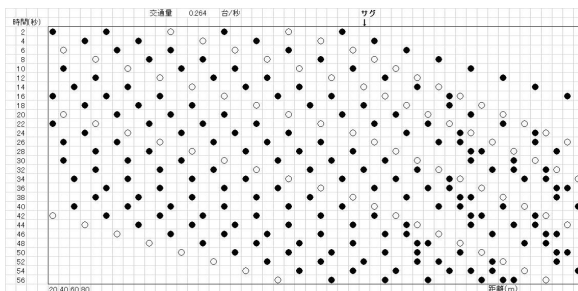
表 12 富士川橋付近 (開通後)

富士川橋付近(開通後)		1車線	
交通量(日中)	41000.00 (台/日)		
	0.47 (台/秒)	0.12 (台/秒)	
大型車混入率	33.60 (%)	8.40 %	
密度	17.08 (台/km)	4.27 (台/km)	
低速車密度		1.28 (台/km)	
速度	27.78 (m/秒)		
ピーク比率	110.00 %		
混雑時交通量	0.52 (台/秒)	0.13 (台/秒)	
混雑時密度	18.79 (台/km)	4.70 (台/km)	
低速車密度		1.41 (台/km)	

4.3 サグ部でのセルオートマトン法 (新東名開通前)

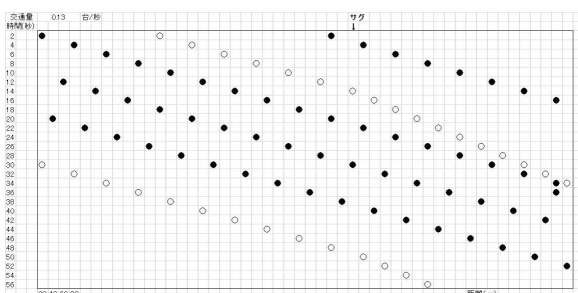
この表は、東名の富士川橋におけるセルオートマトン法によるシミュレーション結果である。ここでは縦軸を時間、横軸を道路の距離を示しており、2秒あたりの道路の状況の推移を示している。表 13 は新東名が開通する前のピーク時の状態の結果で、表 14 は新東名が開通したあとのピーク時の状態の結果である。

表 13 富士川橋 (新東名開通前)



4.4 サグ部でのセルオートマトン法 (新東名開通後)

表 14 富士川橋 (新東名開通後)



4.5 考察

セルオートマトン法で東名での渋滞多発個所である3つのサグの交通量を比較したところ、その3か所はほぼ同じ量であった。なので、今回は新東名ができた区間である富士川橋付近をセルオートマトン法でシミュレーションしてみたところ完成前では坂により自然と速度の落ちる自動車である大型車と軽自動車が約3割存在するというのを考えて実行した。その結果速度の落ちる自動車により前が詰るといことが起きており、時間を重ねることでサグより前の区間にも混雑が見られるということがわかった。このような現象が東名のサグ付近でおこる自然渋滞につながっているということがわかる。しかし、新東名が完成した後のデータを入れたところ交通量の大幅な減少により、遅い車がいっても追いつくことがあっても詰る前にサグを抜けてしまい渋滞につながることは見られなかった。

4.6 まとめ

セルオートマトン法を用いた解析では新東名の完成に伴い交通量が二つに分散されたためこの道路自体の交通容量に収まり密度が下がることで車間が空き、前の車の速度が低下しても目立った渋滞にはつながりにくくなったと言える。次に合流地点を待ち行列理論を用いてモデル化してみたところ、一度は分散された交通量もここで東名と新東名の両方から自動車が到着し、重なることで渋滞の発生につながっていることが分かる。以上のことから新東名が完成したからといって全ての区間で渋滞が減少したとは言えない。新東名と東名が並行して走っている区間では交通量が分散されているため渋滞の数は大きく減少している。一方でまだ開通されていない東名のみの区間では、全体の交通量は増加しているため以前よりも渋滞がひどくなっている区間もみられた。

5 参考文献

- [1] 西成活裕『クルマの渋滞 アリの行列』。技術評論社、東京、2007。
- [2] 福田正・遠藤孝夫・武山泰・堀井雅史・村井貞規。『交通工学 第3版』、朝倉書店
- [3] NEXCO 中日本
<http://www.c-nexco.co.jp/>
- [4] 道路交通センサス
<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/index.html>
- [5] 桐山光広『待ち行列がわかる本』。日刊工業新聞社