

明石海峡大橋関連区間の渋滞特性の分析と 予測手法に関する一考察

田 村 正

本州四国連絡高速道路（株） 神戸管理センター 計画課 （〒655-0852 神戸市垂水区名谷町549）

本州四国連絡高速道路の明石海峡大橋関連区間では、H21.3から適用された、土日祝日の上限を1,000円とするETCを活用した高速道路料金の割引（以下、特別割引）により、交通量が大幅に増加するとともに、混雑期の渋滞が顕著となった。このため、各混雑期毎にトラカンデータの収集と分析を行い、さらに、渋滞発生メカニズムの確認調査を実施し、主な渋滞箇所である舞子トンネル（上り線）及び淡路島内（上り線）の渋滞特性を概ね把握するに至った。本論文は、平成21、22年度データに基づく明石海峡大橋関連区間の渋滞特性の分析結果と、渋滞の予測手法に関する考察を報告するものである。

キーワード 明石海峡大橋、渋滞特性、渋滞メカニズム、渋滞予測

1. 明石海峡大橋関連区間の概要

本州四国連絡高速道路は、瀬戸内海で隔てられた本州と四国を3つの路線で連結することで、交通輸送の円滑化を図り、関連地域の生活利便と経済水準の向上に寄与するとともに、全国的な幹線道路網・鉄道網の一環を形成している。このうち神戸淡路鳴門自動車道の明石海峡大橋と同時（1998年4月）に供用を開始した、神戸西IC～津名一宮ICまでを明石海峡大橋関連区間という。（図-1参照）当該区間は、延長44.4km、道路等級第1種2級、設計速度100km/hrで、車線数は垂水JCT～淡路IC間が片側3車線で、その他の区間は片側2車線となっている。

神戸側では、山陽自動車道、阪神高速北神戸線、第二神明道路などと接続し、関西圏と四国を直結する道路ネットワークを形成するため、特別割引の適用によって交通量が大幅に増加し、混雑期の渋滞が顕著となった。



図-1 明石海峡大橋関連区間の概要

2. 交通量の変化と渋滞箇所

(1) 特別割引適用後の交通量

明石海峡大橋断面の年度累計交通量は、H21年度で11,574千台であり、H20年度（特別割引適用前）との比較で1.26倍と大幅に増加している。また各混雑期毎の比較（図-2）では、11～32%の増加となっており、H22年度においても概ね同じレベルで推移している。

(2) 明石海峡大橋関連区間の主な渋滞箇所

特別割引適用以降、特に上り線における渋滞の増加が著しい。（表-1及び図-3参照）これは上下線の道路構造の違いの他、各混雑期とも上りのピーク（日交通量）が下りのピークを上回ることから、淡路島・四国方面からのUターン交通の集中も一つの要因と考えられる。

以降に、当該区間の主な渋滞箇所のうち、明石海峡大橋の北側に位置し渋滞が多発する舞子トンネル（上り線）と、特別割引によって渋滞が顕著となった淡路島内（上り線）の渋滞原因及び渋滞特性の分析結果を報告する。

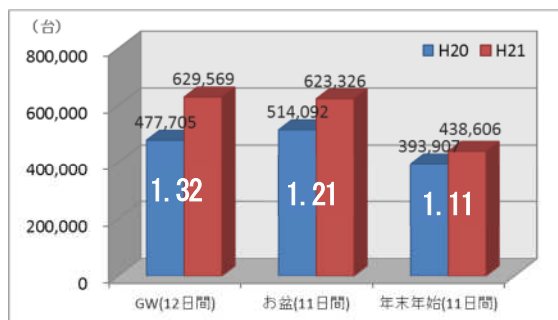


図-2 各混雑期の交通量比較（明石断面H20:H21）

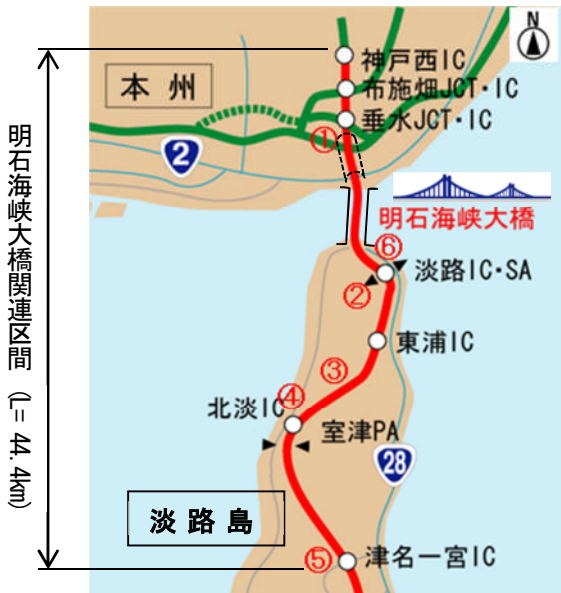


図-3 明石海峡大橋関連区間の主な渋滞箇所

表-1 主な渋滞箇所と道路構造

上下	発生場所(渋滞の先頭)	道路構造(原因)	No
上り	舞子トンネル出口付近	サグ及び上り坂、JCT分岐手前	①
	淡路SA付近	SA駐車場からの滞留	②
	川井谷トンネル付近	上り坂	③
	北淡IC付近	サグ及び上り坂、合流	④
	津名一宮IC付近	サグ及び上り坂、合流	⑤
下り	淡路SA付近	SA駐車場からの滞留	⑥

3. 舞子トンネル（上り線）

(1) 舞子トンネル（上り線）の渋滞原因

舞子トンネル（上り線）の道路構造は、片側3車線、設計速度100km/hr（規制速度80km/hr）、縦断線形はトンネル内のサグ点から2%の上り勾配が約3km続いている。

また連結する垂水JCTへの車線運用は、公安委員会との協議により、お客様が本線からランプに入ったことを認識し十分な減速を行うよう、第一走行車線から外側線（破線）を跨いで分岐するレーンマーク処理としている。

一方、当該付近の交通流は、約7割の車両が垂水JCT方面へ分岐するため、第一走行車線への車両集中や割り込みと、サグからの上り勾配による速度低下が重なり渋滞の原因となっている。（写真-1、図-4参照）

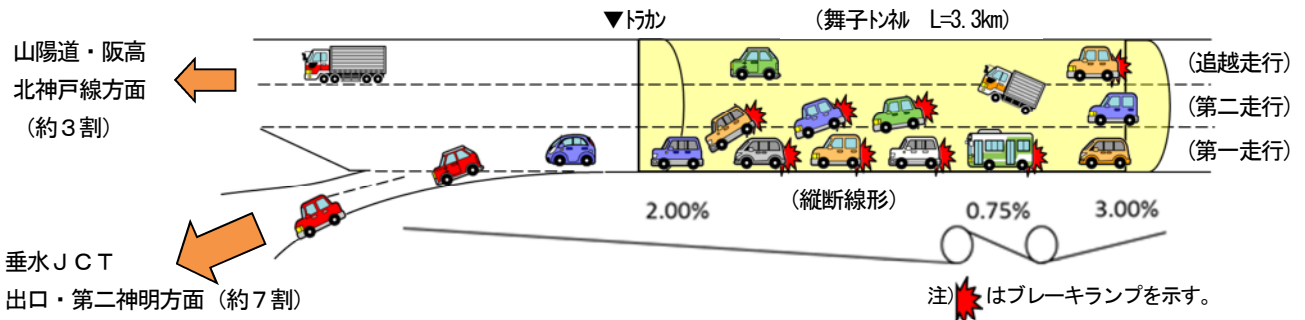


図-4 舞子トンネル（上り線）の渋滞発生メカニズム

(2) 舞子トンネル（上り線）の渋滞特性

a) 交通流の特性

舞子トンネル（上り線）のトラカンデータによる渋滞日の車線別分布台数を図-5に示す。各渋滞日とも垂水JCTへ分岐する第一走行車線の比率が高く54~57%の値を示している。なお、垂水JCT分岐後に位置する垂水第二料金所を通過する車両は、上り線本線交通量の約70%（営業データより）であることから、その差約15%の車両がトンネル出口からの短い区間で車線変更し、垂水JCTへ分岐しているものと考えられる。

一方で、垂水JCTへ分岐する第一走行車線が混雑した際に、山陽道、阪高北神戸線方面に迂回（直進）する車両が増加すると考え、混雑期における布施畑JCT~垂水JCT間(A)と垂水JCT~淡路IC間(B)の本線交通量（上り線）の相関を整理した。（図-6参照）



写真-1 舞子TN(上り線)の渋滞状況

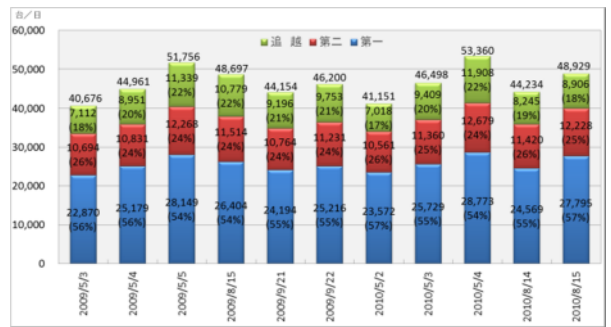


図-5 舞子TN(上り線)渋滞日の車線別分布台数

時間交通量と直進台数の相関を図-7に、時間交通量と直進率の相関を図-8に示す。なお、垂水JCTからの流入車の影響は軽微であるため無視している。

図-7では、交通量の大半を占める小型車において、時間交通量と直進台数の相関が非線形であること、また図-8でも、時間交通量の増加とともに直進率が徐々に増加していることから、垂水JCT分岐の混雑に伴い迂回車両が増加しているものと考えられる。

以上のことから舞子トンネル（上り線）では、事前の情報提供等により早い段階から直進率を上げることが出来れば、渋滞緩和に繋がる可能性があると考えられる。

なお図-8で、1,000台/hr以下の混雑していない領域で、直進率が分散傾向にあるが、これは母数が少ないことによる影響の他、山陽道を経由し長距離移動されるお客様が、渋滞回避のため深夜～早朝に通行するオフピーク利用が一定割合含まれていると推測される。

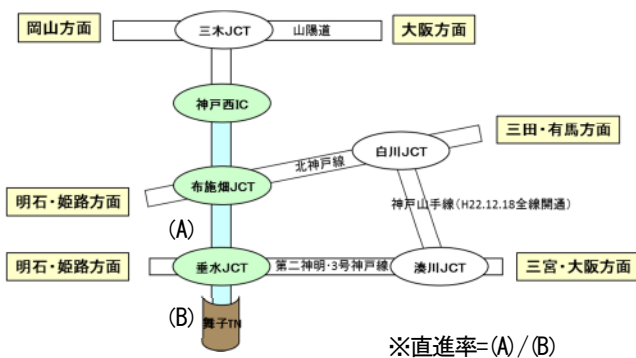


図-6 神戸側の道路（自専道）ネットワーク

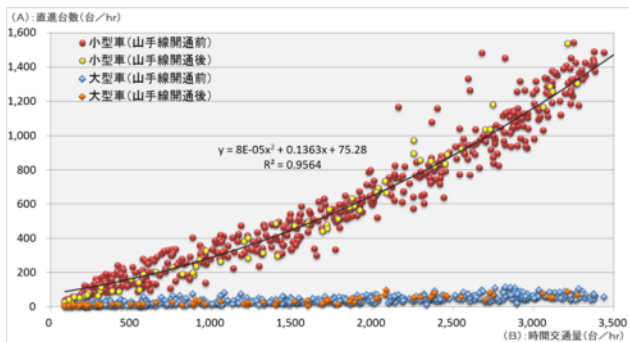


図-7 舞子TN(上り線)時間交通量と直進台数の相関

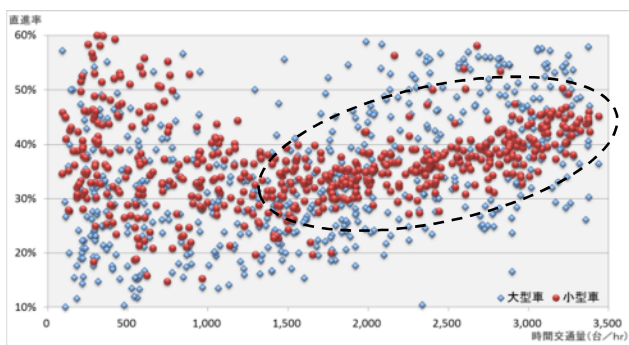


図-8 舞子TN(上り線)時間交通量と直進率の相関

b) 時間交通量と交通容量の特性

舞子トンネル（上り線）の渋滞日における時間交通量の推移を図-9に、時間交通量と走行速度（第一走行）の相関を図-10に示す。

図-9, 10から、各日の渋滞発生直前の時間交通量のピークと、渋滞発生後の時間交通量が概ね同じ傾向を示し、時間交通量が3,200台/hr前後をピークに低下し、渋滞後は2,900台/hr程度で推移していることが確認できる。

なお、図-10では、時間交通量がピークに達した時点で走行速度が既に30km/hr台にまで低下しているが、そこまでの経過は緩やかに速度低下する傾向であることが分かる。一方で、図-9, 10には一定の幅があり、特に図-9では、渋滞前の時間交通量のピークが3,000～3,500台/hrと約500台/hrの範囲が確認される。

これは、渋滞前の交通容量が3,000台/hrを超えた付近にあり、さらにこの領域が僅かなきっかけで渋滞が発生する極めて不安定な状態にあるためと考えられる。

なお、渋滞予測では、渋滞前交通容量に幅を持たせることが難しいことから、渋滞前交通容量（しきい値）を3,200台/hr、渋滞後交通容量を2,900台/hrに設定している。

4. 淡路島内（上り線）

(1) 淡路島内（上り線）の渋滞調査

特別割引適用以降、淡路島内（上り線）の渋滞が顕著になったことから、H22GWに淡路島内の渋滞状況確認

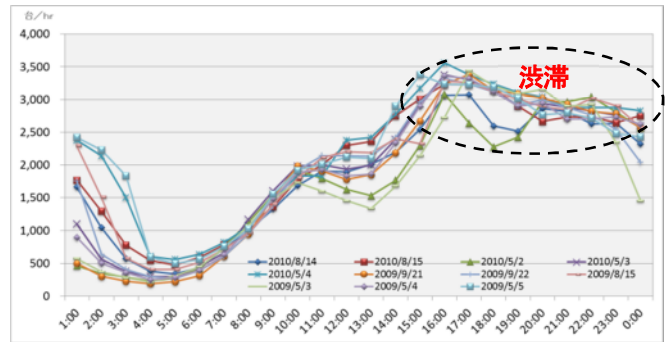


図-9 舞子TN(上り線)時間交通量の推移

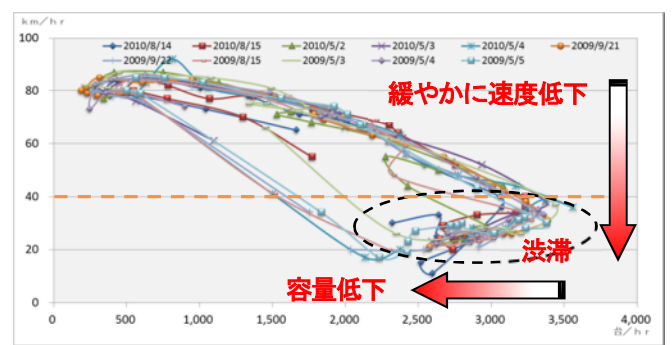


図-10 舞子TN(上り線)時間交通量と走行速度の相関

とビデオ撮影を実施した。調査にあたっては、H21の渋滞状況と現地の視認性等を考慮し、北淡ICと津名一宮ICを調査箇所を選定し、調査日は上り線のピークが見込まれる5/4(祝)の午後とした。

なお、表-2に示すとおり、調査箇所を選定した北淡IC、津名一宮IC付近の道路構造は、片側2車線、設計速度100km/hr(規制速度100km/hr)、縦断勾配の下りから上りに転じるサグ点に位置し、さらに上り坂が5~6km続き、ONランプの合流がある等、一般的に渋滞が発生しやすい条件となっている。

a) 交通量と渋滞の実績

当日の交通量は、GW期間中の上り線のピークを記録し、津名一宮IC付近で38,921台/日(上り線)であった。

また当日は、川井谷トンネル付近(表-1、図-3参照)を先頭に調査箇所である北淡IC、津名一宮ICを超える、最大約24kmの渋滞が発生した。

b) 調査結果(渋滞のメカニズム)

- ・時間交通量がピークとなった15~16時頃から、走行・追越車線共に、比較的速度の遅い車が頭押さえとなり、団子状の車列(以下、「車列」という)が断続的に発生
- ・車列内は車両密度が高く、サグ部及び連続する上り坂区間で速度が低下
- ・上り坂区間の速度低下は、上流側に増幅して伝搬し、ついには完全停止した車両の連なり(以下、クラスタ)が発生
- ・車列に時間的間隔がある場合、上り坂区間のクラスタは解消
- ・交通量の増加とともに、車列の延長は長く、発生間隔は短くなり、上り坂区間のクラスタが解消されず上流側へと伸び、短時間のうちに渋滞が発生
- ・ICからの合流台数は少なく、渋滞への影響は小さい(図-11参照)

c) トラカンデータの分析

津名一宮IC付近(上り線)のトラカンデータによる、調査日の時間交通量と走行速度(第一走行)の相関を図-12に示す。調査結果を裏付けるように、交通量がピークを迎えた16時頃から急激に速度が低下しており、18時には20km/h以下にまで低下していることが分かる。

また、渋滞前に約2,700台/hを超える交通量が、渋滞後には2,000台/h以下にまで容量低下を起していることが確認できる。

表-2 渋滞調査箇所の道路構造

区分	北淡IC付近(上り)	津名一宮IC付近(上り)
車線数	本線	2
	ONランプ	1
線形	平面	R=6000
	縦断	2.00% 3.00%
上り勾配の延長	約6km	約5km

表-3 調査日の日交通量(H21.5.4)

上下	津名一宮IC付近	明石海峡大橋
上り	38,921	53,360
下り	28,621	37,056
計	67,542	90,416

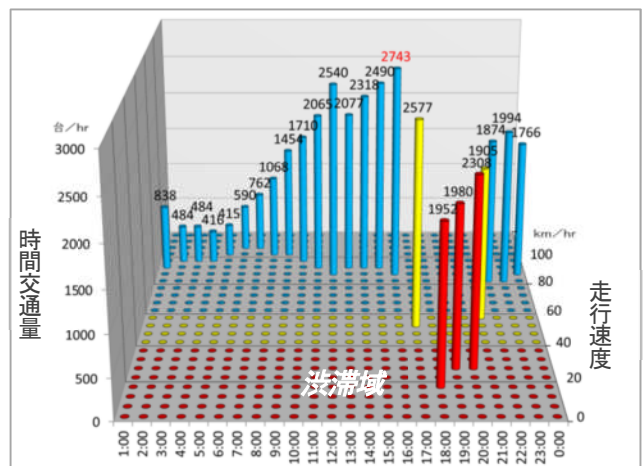


図-12 時間交通量と走行速度の相関(H21.5.4津名一宮IC(上り線))



写真-2 津名一宮IC付近(上り線)の渋滞状況

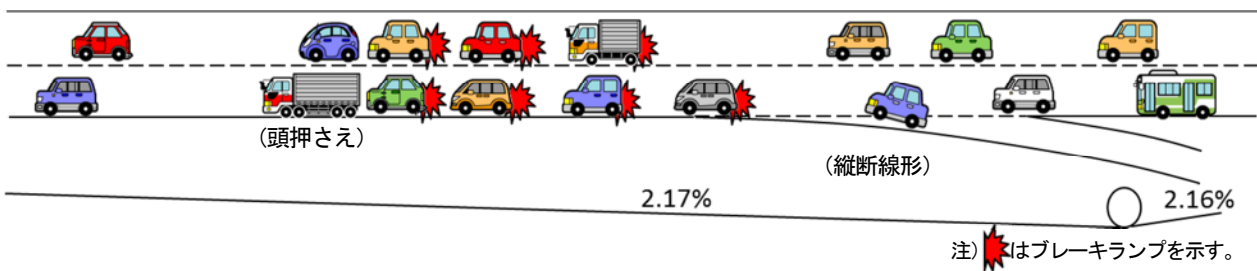


図-11 淡路島内(上り線)の渋滞発生メカニズム

(2) 淡路島内（上り線）の渋滞特性

淡路島内はトラカン配置が少ないことから、津名一宮IC付近（上り線）を代表区間として、時間交通量と交通容量の特性を分析した。

淡路島内（上り線）の渋滞日における時間交通量の推移を図-13に、時間交通量と走行速度（第一走行）の相関を図-14に示す。図-13, 14から、渋滞発生直前のピークと渋滞発生後の時間交通量が概ね同じ傾向を示しており、各渋滞日とも時間交通量が2,700台/hr前後をピークに急激に速度と時間交通量が低下し、渋滞後は2,300台/hr程度の交通量で推移していることが確認できる。

また図-13では、舞子トンネル（上り線）と同様に、ピークの時間交通量に、2,500~2,800台/hrと約300台/hrの範囲が確認されることから、この領域が極めて不安定な状態にあると考えられる。

一方、淡路島内（上り線）の図-14と、舞子トンネル（上り線）の図-10を比較した場合、淡路島内（上り線）は、ピーク交通量に至るまでの速度低下が少ないのに対し、ピークを超えれば急激に速度低下し渋滞するという特徴的な違いが確認できる。

この違いには道路構造（車線数、縦断勾配、分岐条件）の違いや、渋滞箇所とトラカン配置の関係等が影響していると考えられるが、現時点では原因解明に至っておらず、さらなるデータの蓄積と分析が必要と考えている。

なお、淡路島内（上り線）の渋滞予測でも、渋滞前交通容量に幅を持たせることが難しいことから、渋滞前交通容量（しきい値）を2,700台/hr、渋滞後交通容量を2,300台/hrに設定している。

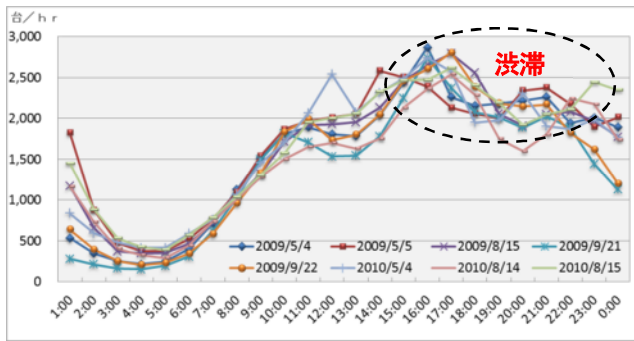


図-13 淡路島内(上り線)時間交通量の推移

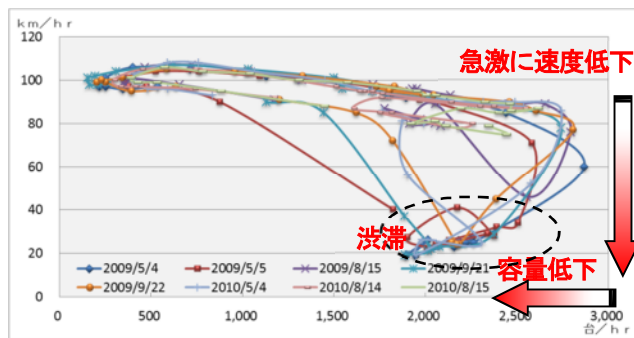


図-14 淡路島内(上り線)時間交通量と走行速度の相関

5. 予測手法に関する考察

(1) 予測手法の問題点

現在の渋滞予測では、今回得られた渋滞前交通容量(以下、Cb)、渋滞後交通容量(以下、Ca)を用い、予測交通量がCb以上となれば渋滞が発生し、さらに交通容量がCaに低下するものとして渋滞長を計算している。

(図-15参照) 一方、実際の渋滞は、図-16に示すとおり、時間交通量の増加とともに、①速度低下から、②不安定領域に入り、③速度と交通容量が低下する3段階で推移する。特に②不安定領域は、割り込みや不用意なブレーキ等の僅かなきっかけが渋滞を引き起こす極めて不安定な状態にあり、ある程度の範囲を持つこととなる。

しかし渋滞予測では、この不安定領域（範囲）を考慮することが困難であるため、渋滞のトリガーを一定の値Cbで割り切り、予測交通量がCb以下であれば渋滞なし、

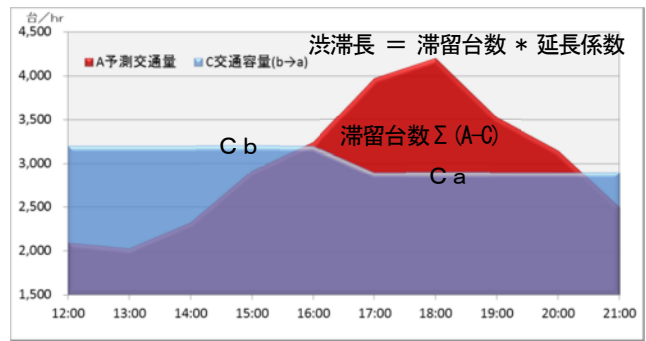


図-15 渋滞予測のイメージ

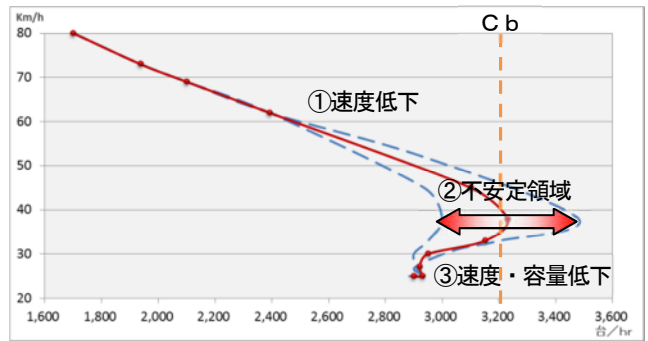


図-16 渋滞に至る時間交通量と走行速度のイメージ

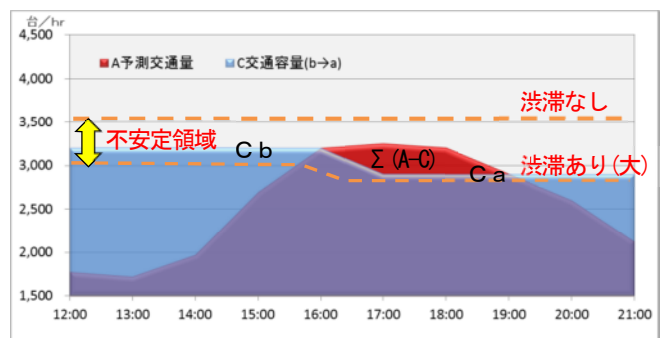


図-17 渋滞予測が乖離するイメージ

予測交通量がCb以上であれば渋滞ありとして渋滞長の計算を行うこととしている。

よって、図-17に示すとおり、Cb付近に予測交通量がある場合、僅かな交通量の差が予測結果（渋滞の有無）を左右することになってしまう。また、実交通量でもCbを超えて渋滞が発生しない場合、逆にCb以下でも渋滞が発生する場合があります。仮に予測交通量と実交通量が一致しても、渋滞の有無や渋滞長が大きく乖離する可能性がある。

(2) 今後の課題

渋滞予測の精度向上には、予測交通量の精度向上とともに、交通容量の不安定領域の傾向把握に取り組む必要があると考える。しかし、現在収集できるトラカンデータでは質量ともに不足しているため、データ採取箇所の追加（トラカン未設置区間での簡易計測）、延長当たりの車両密度の測定、データ集計の単位からさらに細かくする等、データ採取のための努力と工夫が必要である。

一方、舞子トンネル（上り線）では、今回の分析結果から、山陽道や阪高北神戸線方面への迂回情報を適切に提供することで、渋滞を緩和する可能性があることが分かった。

また、平成22年末の阪神高速31号神戸山手線の全線開通により、神戸都心及び大阪方面との新たなネットワークが完成したことも踏まえ、迂回路の事前広報をはじめ、SA・PAや本線上でのリアルタイムな情報提供等、ソフト面での渋滞対策の検討も必要と考えている。

今後も、渋滞データの蓄積並びに分析を継続することで、渋滞予測の精度向上とともに、個々の特性を踏まえた渋滞対策を実施し、本四道路を快適にご利用していただける様、サービスの充実に努めてまいります。

以上