

積雪寒冷地における付加車線の設計について

Design Guidelines for Additional Lanes in Cold Regions

平沢 匡介* 小長井宣生**

Masayuki HIRASAWA and Nobuo KONAGAI

本報告は付加車線の設計について検討したものである。検討方法は交通流シミュレーションモデルと現地調査を行っている。その結果、最適な設置方式、設置延長、設置間隔、箇所数を決定することができた。

《付加車線：追越車線》

This is a report of an investigation of design guidelines for additional lanes. The investigation used simulation of traffic flows and a field survey. As a result, an optimum design method, lengths, intervals, and number of lanes necessary could be determined.

Keywords: additional lane, passing lane.

まえがき

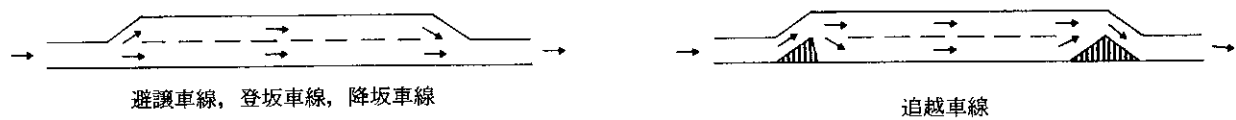
北海道の国道の大半は2車線道路で、約半分が追い越しのためのはみ出し禁止の規制を受けている。このはみ出し禁止の規制が長い区間は低速走行車両による車群が随所に形成され、円滑な交通流を阻害したり、無理な追い越しによる事故を誘発する原因になる場合もある。そして北海道は、都市間距離が長く広域分散型社会であるため、交通手段を自動車に頼る割合が大きく、円滑な道路交通に対するニーズは非常に高い。そこで2車線道路の安全性を確保しつつ、交通の円滑性を高める方法の一つに付加車線の設置がある。この付加車線は、本線の左側に車線を付加し、対向車線にはみ出さなくても部分的に

追い越しを可能にする車線で、運用方式や設置場所の違いで図-1のように追越車線、避讓車線、登坂車線、降坂車線がある。

また近年高規格幹線道路の一般国道の自動車専用道路（以下高規格道路）の計画・建設が進められているが、かなりの期間を暫定2車線道路として供用されることが予想されるため、付加車線の設置は必須である。しかし積雪寒冷地における付加車線の設置基準は確立されておらず、最適な設置方法は現在関係機関で検討中である。

本報告は積雪寒冷地における付加車線、特に追越車線と避讓車線の設置に対し、設計指針の参考となることを目的としている。

*交通研究室員 **同室長



図一1 運用方式

1. 検討方法

解析は現地調査と交通シミュレーションモデルの結果を使用した。

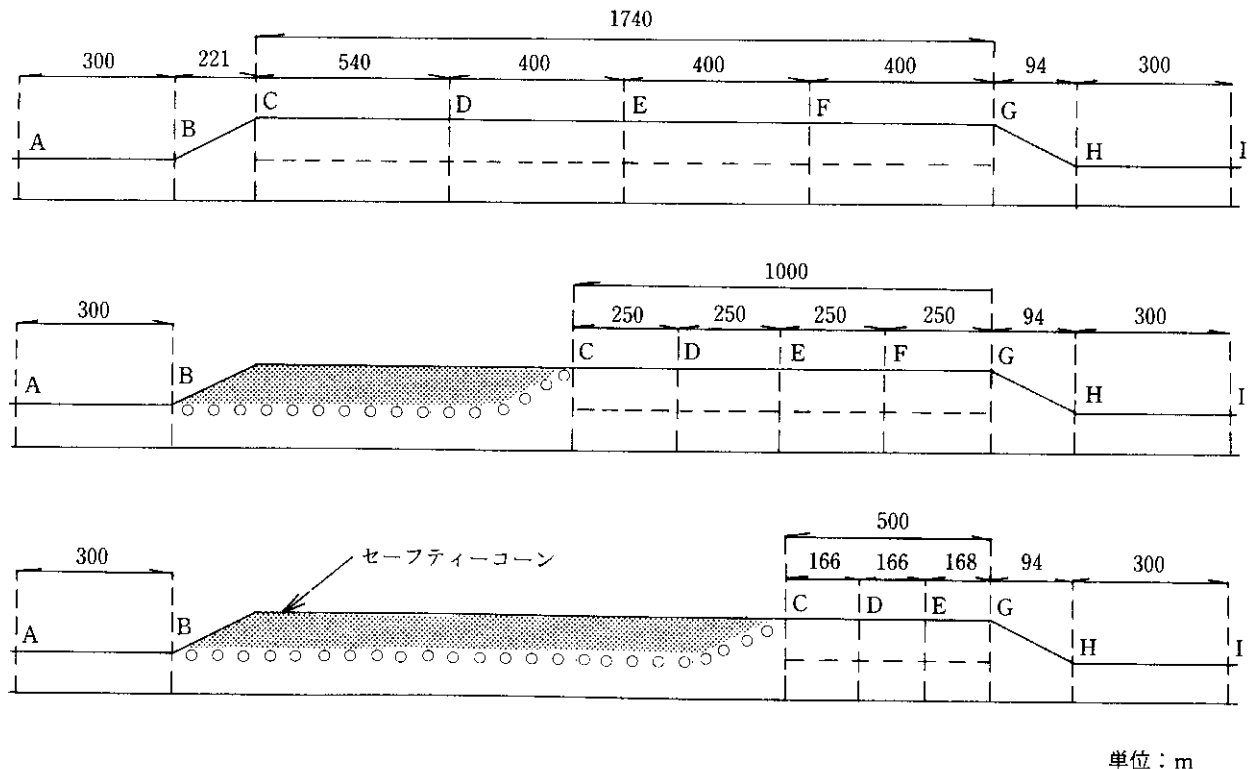
現地調査は一般国道 36 号で昭和 63 年度の夏期と冬期に行い、図一 2 のように延長 1,740 m の部分 4 車線区間を 500, 1,000 m と延長を 3 パターンに変化させた。調査は、「ゆずりゾーン」という標識を設置し、各地点の走行車両の通過時刻、通過位置を測定した。調査時間は 1 時間とし、交通量がほぼ同程度の時間帯で行った。冬期調査時の路面は圧雪路面であった。

交通シミュレーションモデルは、日本道路公団試験所・交通環境試験室が暫定 2 車線区間における追越車線の設置効果を定量的に捉えるために開発したプログラムであり、交通環境試験室の協力を得て、数種類の条件でシミュレートを行った。この交通シミュレーションモデルの実行方式は、等時間間隔ごとに新しい事象の生起を走査する Periodic Scanning

方式（演算実行方式は 0.1 秒）を採用しており、各時刻における車両状態（位置、速度、走行状態）を計算し、その出力結果を解析用データ、図形作成用データとしてファイルに出力する。入力条件はかなり詳細に設計されており、代表的なパラメーターとして、道路構造（トンネル区間、縦断勾配）、付加車線の位置・延長、交通量、大型車混入率などの外部要因と各車両の希望速度、希望車頭時間、希望走行車線などの内部要因があり、必要に応じて変更できる。なお詳細は文末の参考文献の 1) を参照のこと。

2. 運用方式

運用方式は、追越方法の違いにより図一 1 のように避讓車線と追越車線の 2 つに大別される。避讓車線は、左側が避讓車線、右側が走行車線で、既に全国で多数設置されてる登坂車線と同じ運用方式であり、車群先頭の低速走行車両が後続車両のたに走行



図一2 調査概要図

車線を譲り、左側車線を走行し、後続車両が追い抜くという方式である。追越車線は、現在高速道路の暫定2車線区間において運用実績があり、走行車線が左側で、各車両は追い越す場合に右側車線を走行するという高速道路と同じ運用方式である。

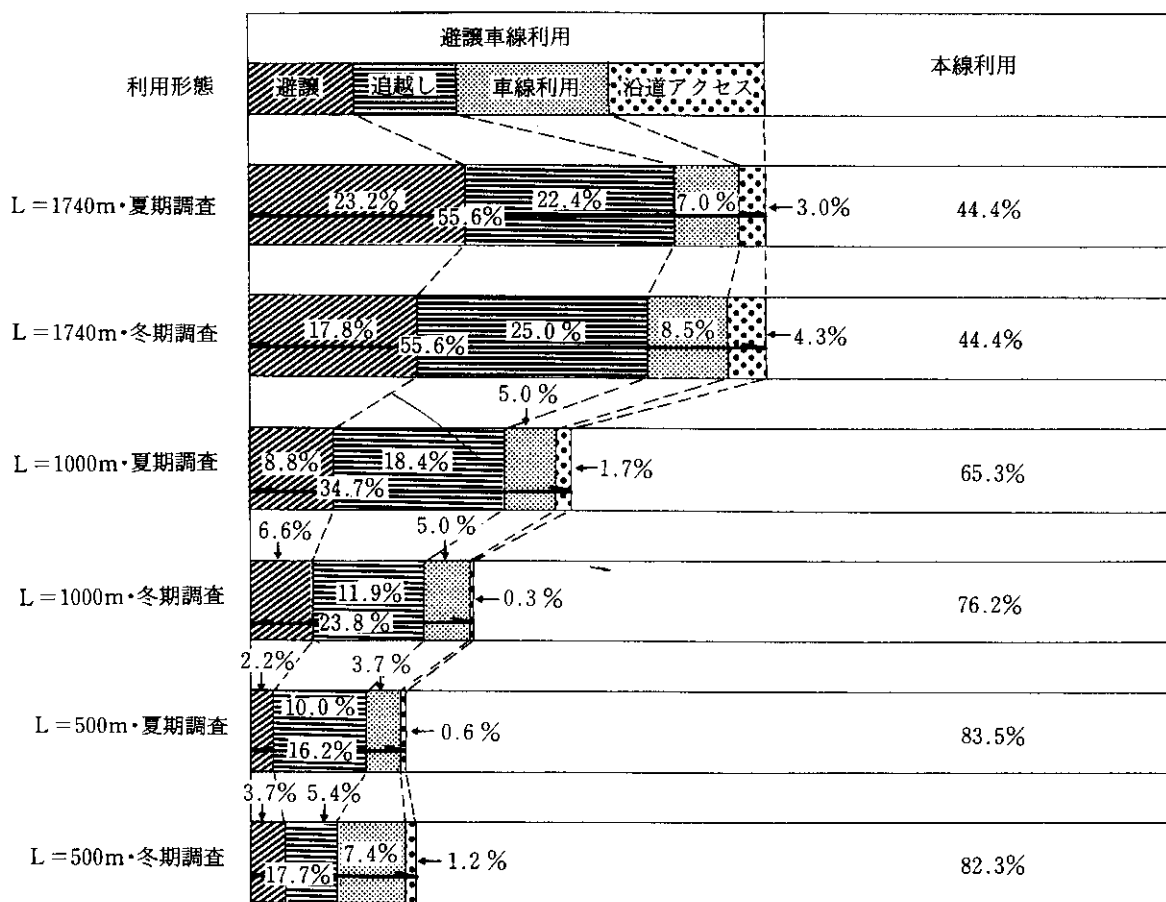
表一1 避讓車線と追越車線の長所・短所

	避讓車線	追越車線
長所	追越車線に比べ用地が少なく設置できる。	- 追越車両のみが右側車線を走行するので、追越・被追越車両が分離され、円滑な交通流が期待できる。 - 高速走行車両が本線に合流するので円滑な合流が期待できる。
短所	- 低速走行車両が避讓しなければ効果が期待できない。 - 左側からの追越しが発生する可能性がある。 - 追越車両と被追越車両が両方の車線で錯綜する可能性がある。 - 低速走行車両が本線に合流するので、交通安全上の配慮が必要である。	- 本線をシフトさせるので、延長の割に用地が多く必要となる。 - 一般国道では設置例がない。 - 追越し時に速度が過大になりやすい。

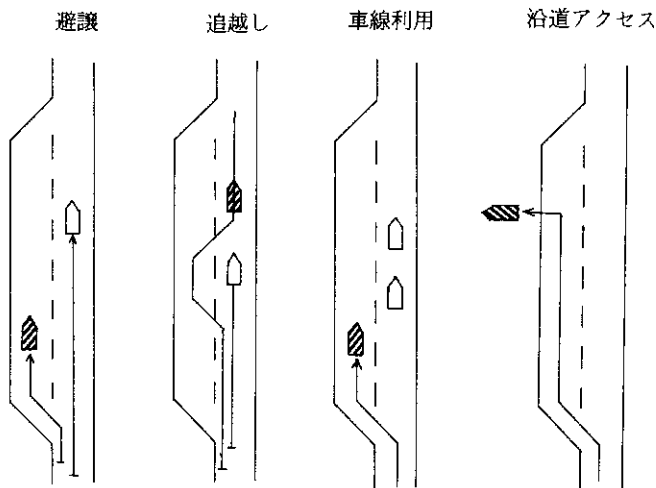
表一1は避讓車線と追越車線の長所・短所である。避讓車線は追越車線よりも同じ延長ならば用地が少なく設置できるが、ドライバーの避讓という行為に頼らなければ設置効果は期待できない。ここで問題なのは、低速走行車両のドライバーが自分が低速で走行しているという自覚を持ち、避讓車線方式で積極的に後続車両のために避讓車線を走行するかどうかである。そこで実態調査で得た避讓車線利用形態を図一3に示す。そしてそれぞれの行動パターンを図一4に示す。図一3より避讓という行為は少なく、すべての調査において避讓より左側からの追い越しとして避讓車線を利用する車両が多いことが分かる。これは両側の車線で追越・被追越車両が錯綜状態で走行している状況であり、追越効率も悪く、交通安全上望ましくない。

従って避讓車線を設置する場合は、左側からの追い越し禁止と低速車両のゆずり促進対策が必要であり、現状では円滑な交通流を乱さない追越車線方式が望ましい。

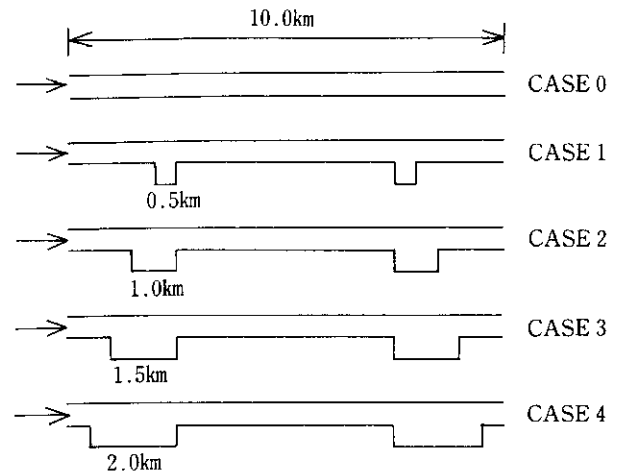
しかし追越車線は現在一般国道に設置されていな



図一3 避讓車線利用形態の割合



図一4 避讓車線利用の行動パターン



図一5 道路条件概略図 (1)

いので、実際に設置する場合はドライバーが、追越車線を初めて通過する時に困惑しないよう標識の表示方法などを検討する必要がある。

3. 設置延長

付加車線を設置する上で最大の検討項目は、付加車線の設置延長である。設置効果の評価は交通シミュレーションモデルの出力結果のうち「円滑性」として旅行時間、平均速度、「快適性」として追越回数、自由走行時間、「安全性」として強制合流回数の項目を使用する。交通という面からのみ考慮すると、延長はより長い方が「円滑性」、「快適性」、「安全性」において効果があるのは当然である。しかしもう一つ考慮しなければならない項目として「経済性」がある。そこで単位延長あたりの「円滑性」、「快適性」、「安全性」を「経済性」とする。

3.1 追越車線の交通シミュレーションモデル出力結果

出力結果は道路条件の変化点における全通過車両の平均値である。また強制合流回数は付加車線の合流部における強制的な合流が発生した回数である。入力条件を(1)の通りとし、シミュレーションパターンを①の CASE0～CASE4 とした。CASE0 は、付加車線設置効果を把握するための比較条件として付加車線なしとなっている。また延長 2,000 m* 以上の長い付加車線は、運転者に 2 車線道路の錯覚を引き起こすことと、現在道路公団が暫定 2 車線区間の高速

道路で運用している追越車線の延長が約 1.5 km であることから、検討対象外とした。図一5 は道路条件の概要を示す。

(1)入力条件

- ①設置延長…0.0 (CASE0), 0.5 (CASE1), 1.0 (CASE2), 1.5 (CASE3), 2.0 (CASE4) km
- ②総延長…10.0 km
- ③設置間隔…5.0 km
- ④設置箇所数…2 箇所
- ⑤交通量…500 台/h
- ⑥大型車混入率…25.0%
- ⑦勾配…0.0%
- ⑧トンネル区間…なし
- ⑨希望速度…希望速度は現地調査の部分 4 車線区間における実測値を採用し、表一2 に示す。付加車線部追越車線の速度は、片側 2 車線区間における追越しを行った車両の平均速度とし、その他の車両の平均速度を付加車線部走行車線の速度とした。
ただし上限値、下限値は平均速度 $\pm 1.96 \times$ 標準偏差とした。
- ⑩シミュレーション時間…1 時間

(2)設置効果分析

各項目の出力結果を図一6～10、表一3 に示す。そして各 CASE の終点で得られた結果を、設置延長

*米国の道路設計指針 (AASHOT, 1984) では約 3.2 km を越えた追越車線は、ドライバーにもともと 2 車線道路である認識を失わせるとしている。規制速度は 55 mph である。

表-2 希望速度の設定 (単位: km/h)

対面通行区間

車 種	平均速度	標準偏差	上限値	下限値
小 型 車	54.70	4.76	64.03	45.37
大 型 車	53.50	4.20	61.73	45.27
特大型車	53.50	4.20	61.73	45.27

付加車線部走行車線

車 種	平均速度	標準偏差	上限値	下限値
小 型 車	64.57	5.69	75.72	53.42
大 型 車	60.83	4.62	69.89	51.77
特大型車	60.83	4.62	69.89	51.77

付加車線部追越車線

車 種	平均速度	標準偏差	上限値	下限値
小 型 車	73.43	7.94	88.99	57.87
大 型 車	68.58	5.66	79.67	57.49
特大型車	68.58	5.66	79.67	57.49

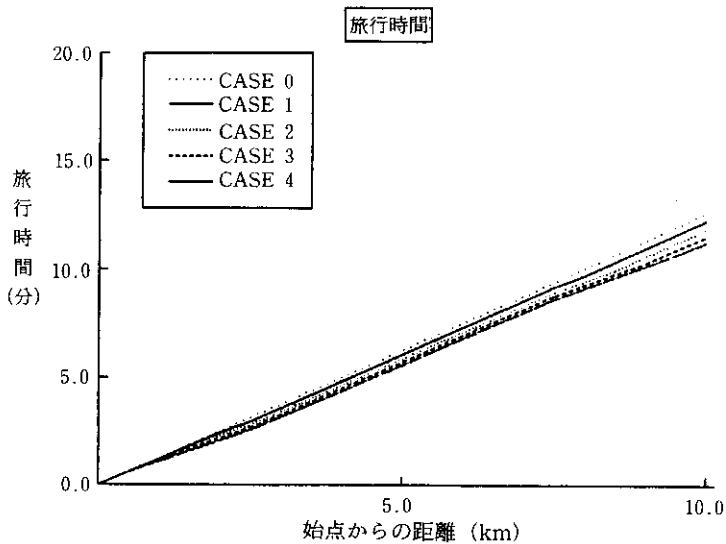


図-6 旅行時間の出力結果 (1)

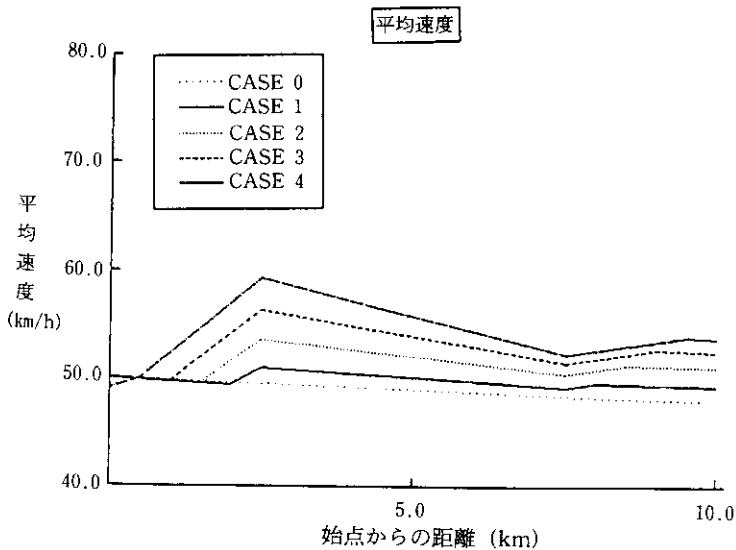


図-7 平均速度の出力結果 (1)

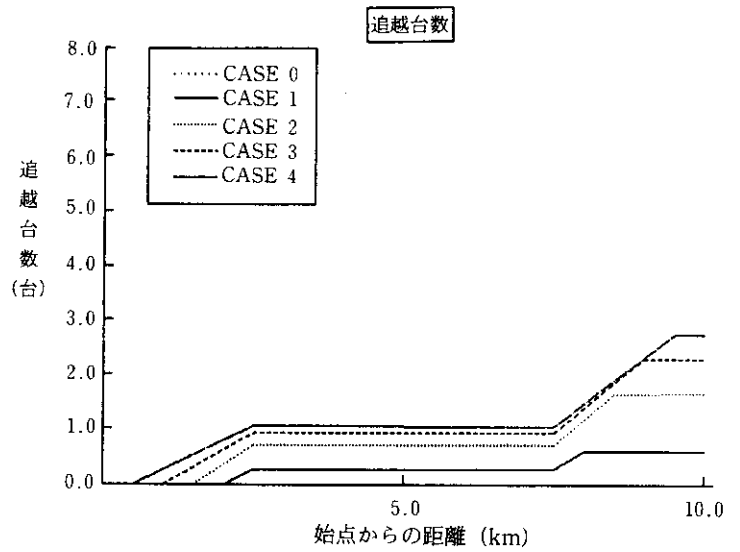


図-8 追越台数の出力結果 (1)

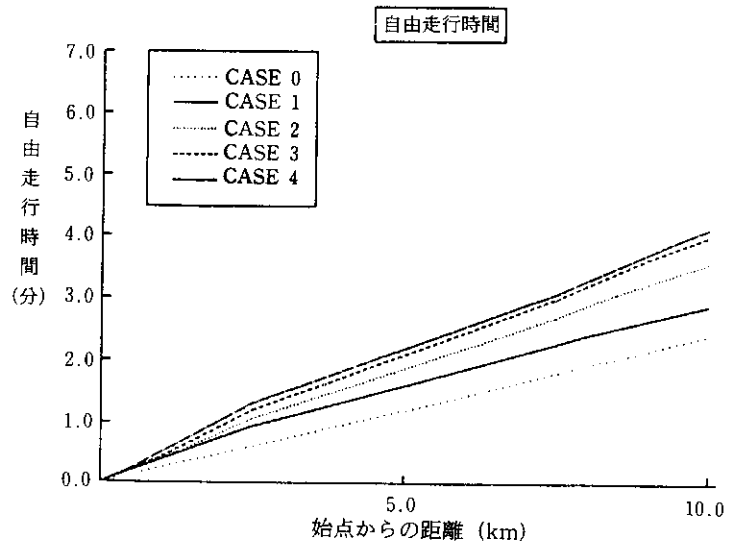


図-9 自由走行時間の出力結果 (1)

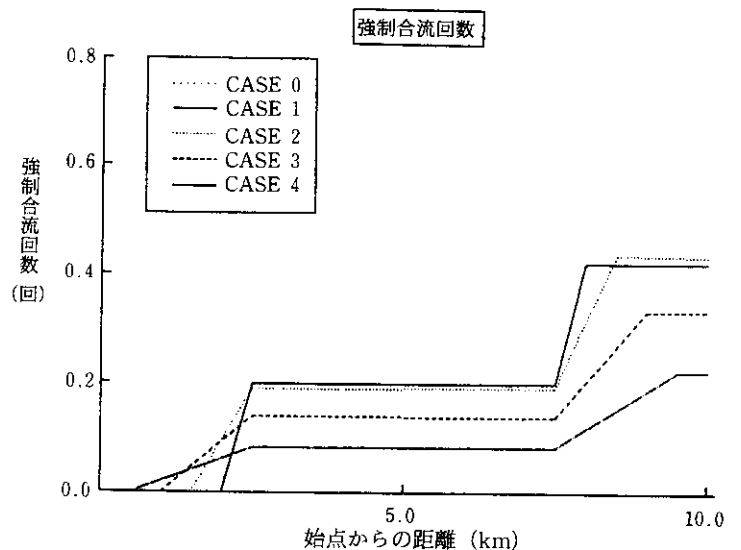


図-10 強制合流回数の出力結果 (1)

表-3 出力結果 (1)

延 長 (m)	CASE 0 0	CASE 1 500	CASE 2 1000	CASE 3 1500	CASE 4 2000
旅 行 時 間 (分)	12.57	12.22	11.80	11.48	11.21
平 均 速 度 (km/h)	47.81	49.19	50.93	52.40	53.66
追 越 台 数 (台)	0.00	0.47	0.76	0.92	0.98
自由走行時間(分)	2.41	2.87	3.55	3.99	4.12
強制合流回数(回)	0.00	0.42	0.43	0.33	0.22

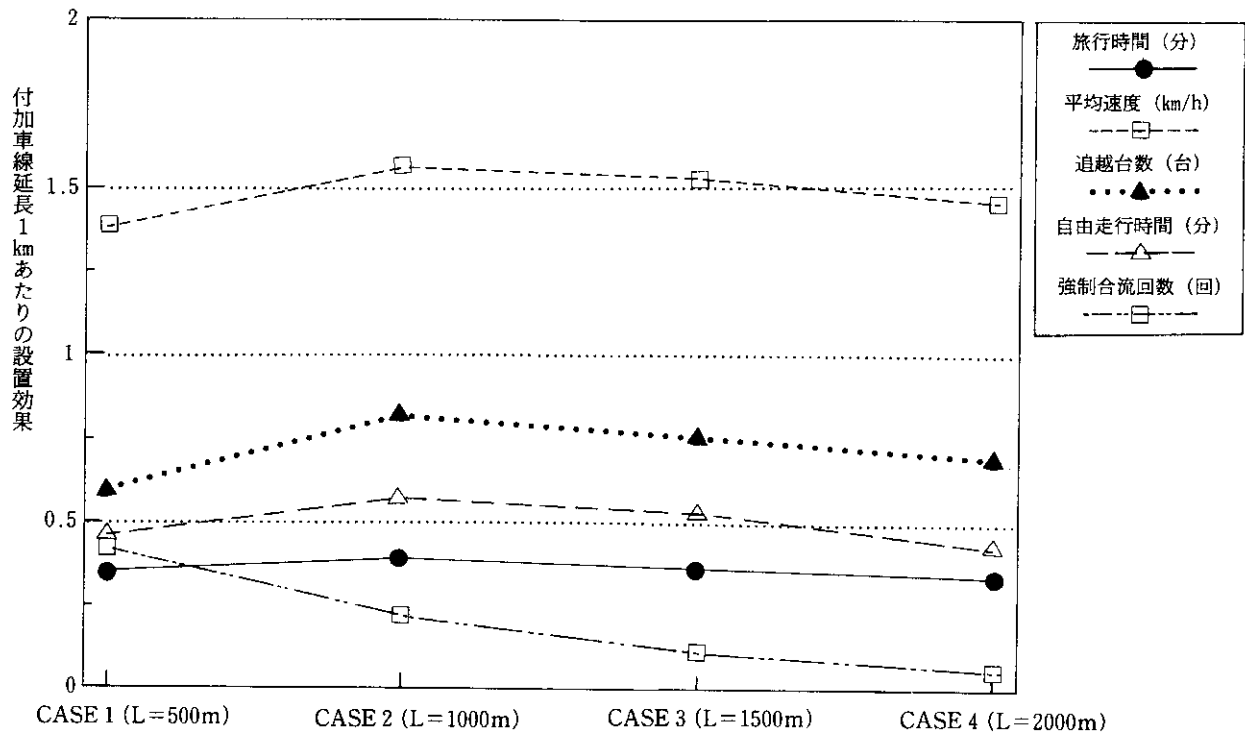


図-11 付加車線 1 kmあたりの設置効果

1 km あたりの値は補正したものが表-4と図-11である。

表-3から「円滑性」、「快適性」、「安全性」を、表-4から「経済性」を求めてまとめたものが表-5である。

図-11、表-5より経済性がすぐれているのがCASE2であり、強制合流回数を除き各数値で最も高い数値を示す。CASE4は経済性以外では高い数値を示し、これは付加車線の延長が長ければ長いほど交通流に対し効果があることを表わしている。CASE3は各評価指標で良好であり、CASE2に次いで良い結果を示す。CASE1は各評価指標で最低である。結論としては、効率が良いのが設置延長 1.0 km のCASE2である。ただし、北海道のような積雪寒冷地では積

雪路面を考慮すると**、設置延長 1.5 km であるCASE3も有効と考えられる。従って 1.0~1.5 km が付加車線の設置延長として最適である。

(3)費用便益

ごく簡単に、費用便益を算出した。便益は旅行時間短縮のみとし、その数値は表-3の数値を用いた。時間評価値として、普通貨物：49 円/台・分、乗用車：44 円/台・分（昭和 62 年度価格）を用いた。また交通量は 500 台/h なので 6000 台/12h とした。施行コスト (C) は、2 車線で改良：約 2.3 億円、舗装：約 1 億円なので、1 車線あたり総額で約 1.65 億円とする。大型車混入率は 25.0% とする。5 年間の費用便益は表-6 のようになる。

B/C はいずれの CASE も 1 を超えたが、やはり

**参考文献 3) では、積雪路面によって車線変更長が 1.4 倍になるとしている。

CASE2 が効率的である。

3.2 避讓車線における現地調査結果

避讓車線における現地調査結果を図一12～14 に示す。各図の数値は図一2 における各地点の全車の平均値であり、各 CASE は下記の通りである。

夏期・延長 500 m → CASE11

冬期・延長 500 m → CASE21

夏期・延長 1000 m → CASE12

冬期・延長 1000 m → CASE22

夏期・延長 1740 m → CASE13

冬期・延長 1740 m → CASE23

各 CASE の終点 (I 地点) で得られた調査結果を表一7 に示す。また避讓車線の設置効果を分析するために、それぞれの CASE における始点 (A 地点) から避讓車線直前の区間で得られた数値が、もし避讓車線がなければ終点の I 地点まで継続するであろうという仮定をして、この数値と調査結果との差が、避讓車線の設置効果ということで示したものが、表一8 である。例えば、CASE23 は避讓車線 1 km あたり、各車両で 0.27 分の旅行時間が短縮したということになる。

図一15 は表一8 の値を図に示したものである。表一8 と図一15 より設置効果がすべての項目で良好であったのは、CASE13, 23 の延長 1740 m であった。逆に CASE11, 21 の延長 500 m の場合は、すべての項目で数値が低く、特に冬期では旅行時間、平均速度がマイナスの値となり、設置することにより、かえって逆効果となっている。これは合流区間で強制合流が頻発し、極端に流れが悪くなるため、図一12 に明確に示されている。

表一8 と表一4 を比較すると、平均速度では避讓車線の方が高い数値を示すが、旅行時間、追越台数では追越車線の方が高い。これは図一3 が示すように避讓車線では走行状態が錯綜しており、本来目的とする利用方法ではないことが原因である。

従って避讓車線の最適な設置延長は、CASE13, 23 が夏冬通じて効果が高かったことから 1500～2000 m となる。延長が 500 m 以下の短い避讓車線は、冬期に交通流の悪化を招き、交通安全上も好ましくなく、単位延長あたりの効果も低いので設置すべきではない。

表一4 付加車線 1 km あたりの設置効果

延 長 (m)	CASE 1 500	CASE 2 1000	CASE 3 1500	CASE 4 2000
旅 行 時 間 (分)	0.35	0.38	0.36	0.34
平 均 速 度 (km/h)	1.38	1.56	1.53	1.46
追 越 台 数 (台)	0.47	0.38	0.31	0.25
自 由 走 行 時 間 (分)	0.46	0.57	0.53	0.43
強 制 合 流 回 数 (回)	0.42	0.22	0.11	0.06

表一5 各CASEの設置効果

評価指標	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
円 滑 性	×	△	○	◎
快 適 性	×	△	○	◎
安 全 性	×	△	○	◎
経 済 性	×	◎	○	×

表一6 5 年間の費用便益

	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
時間短縮 (分/km)	0.35	0.39	0.36	0.34
B : 費用便益 (億円/km)	1.73	1.93	1.78	1.68
B / C (C=1.65億円/km)	1.05	1.17	1.08	1.02

※ B = 6000台 / 12h × 365日 × 5年 × (44円 / 台・分 × 0.75 + 49円 / 台・分 × 0.25) × 時間短縮

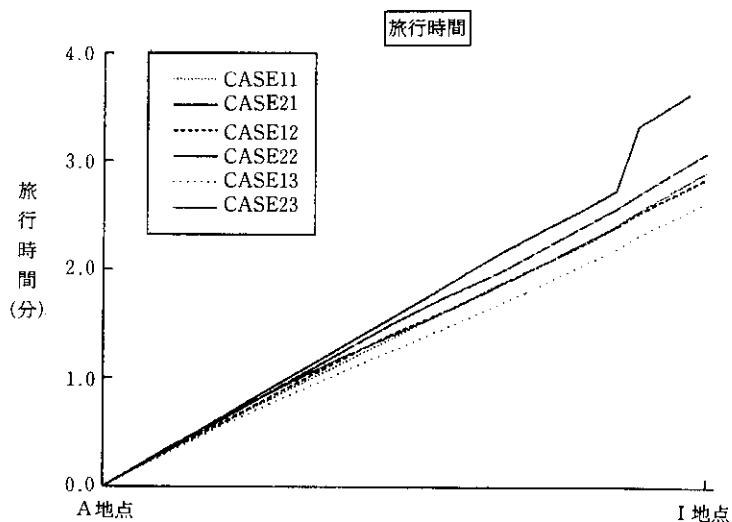


図-12 旅行時間の調査結果

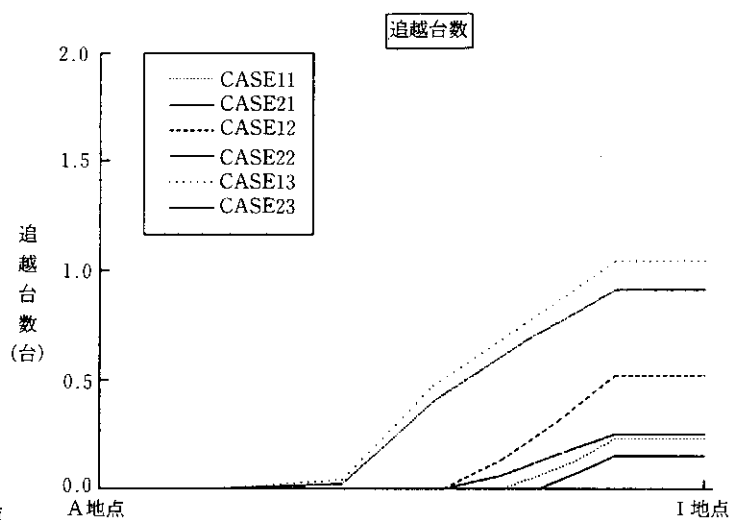


図-14 追越台数の調査結果

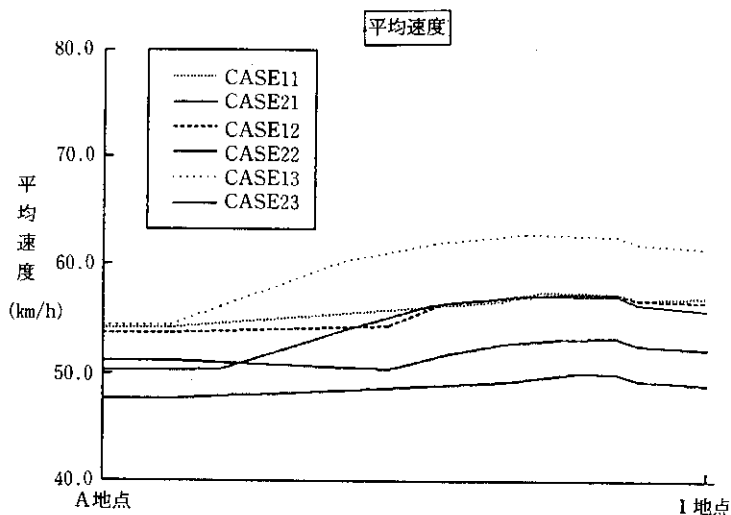


図-13 平均速度の調査結果

表-7 調査結果

延長 (m)	CASE 11 500	CASE 12 1000	CASE 13 1740	CASE 21 500	CASE 22 1000	CASE 23 1740
旅行時間 (分)	2.82	2.83	2.61	3.71	3.06	2.89
平均速度 (km/h)	56.84	56.47	61.44	48.94	52.25	55.69
追越台数 (台)	0.23	0.52	1.04	0.15	0.25	0.91

表-8 避譲車線 1 kmあたりの設置効果

延長 (m)	CASE 11 500	CASE 12 1000	CASE 13 1740	CASE 21 500	CASE 22 1000	CASE 23 1740
旅行時間 (分)	0.03	0.12	0.18	-0.91	0.08	0.27
平均速度 (km/h)	0.48	2.13	4.06	-0.56	1.84	3.10
追越台数 (台)	0.46	0.52	0.60	0.30	0.25	0.52

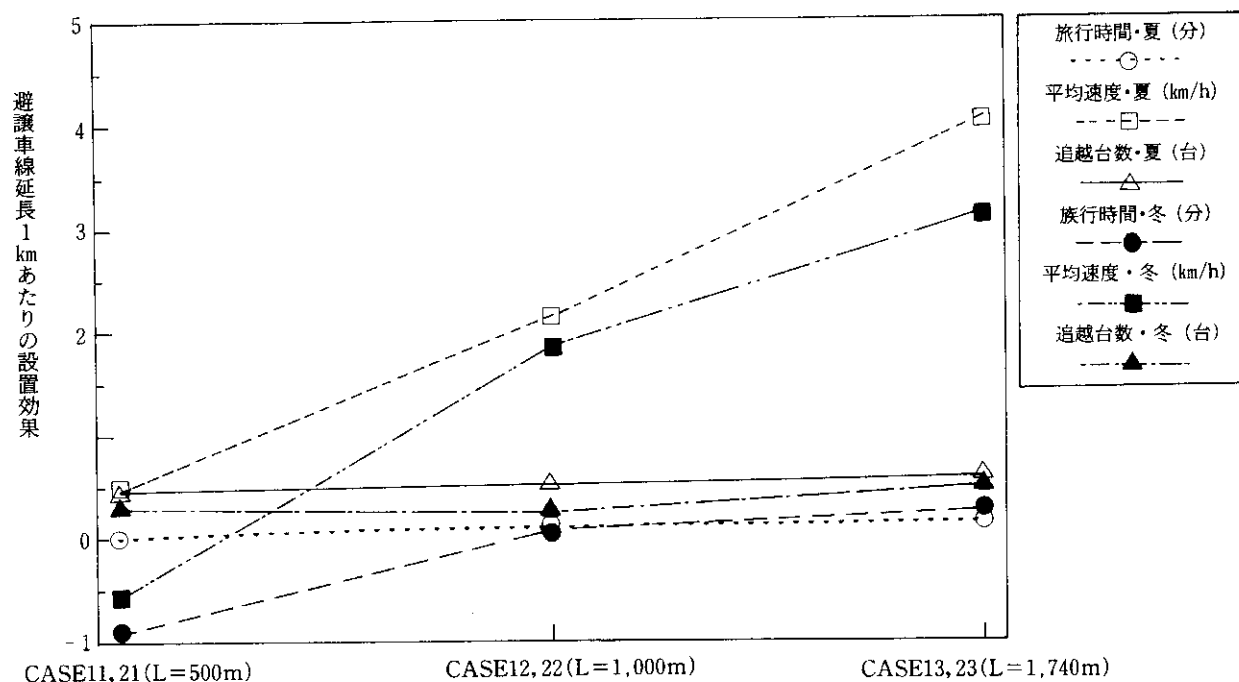


図-15 避讓車線 1 kmあたりの設置効果

4. 設置間隔

設置延長が決定した段階で、次に最適な設置間隔を決める必要がある。設置間隔が短すぎる場合、運転者に短期的に分流、合流の運転操作を強いる結果となり望ましくはない。また長すぎた場合、追越車両の運転者にイライラを増大させ無理な追越しを誘発する。従って設置延長を考慮して、設置間隔は③の5, 8, 10 kmとして、(1)の入力条件でシミュレーションを行った。概要図を図-16に示す。

(1)入力条件

- ①設置延長…1.0 km
- ②総延長…14.0 km
- ③設置間隔…5.0 (CASE5), 8.0 (CASE6), 10.0 (CASE7)km
- ④設置箇所数…2箇所
- ⑤交通量…500 台/h

⑥大型車混入率…25.0%

⑦勾配…0.0%

⑧トンネル区間…なし

⑨希望速度…希望速度は表-2とする。

⑩シミュレーション時間…1時間

(2)設置効果分析

各項目の出力結果を図17～21に示す。そして各CASEの終点で得られた結果を、CASE5を基準に補正した値が表-9である。出力結果はCASE5が効果的であると思われ、設置間隔は長くなるほど効果が落ちる。しかし設置間隔はCASE5の5 kmが最適というわけではなく、設置延長・対象区間の距離によって変化する。これらのCASEでは設置延長が1 kmの場合、設置間隔は5 kmが最適となり、約5倍の値となった。

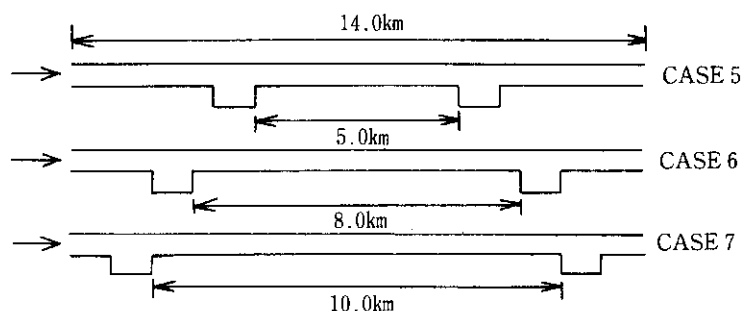
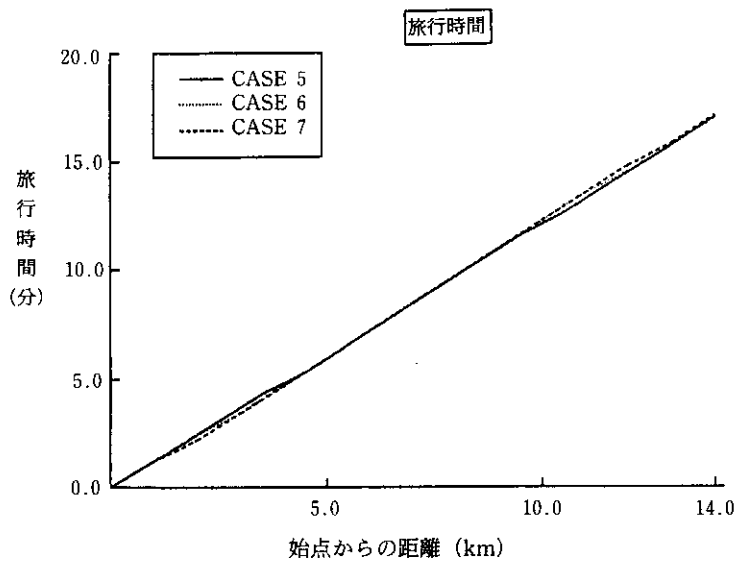
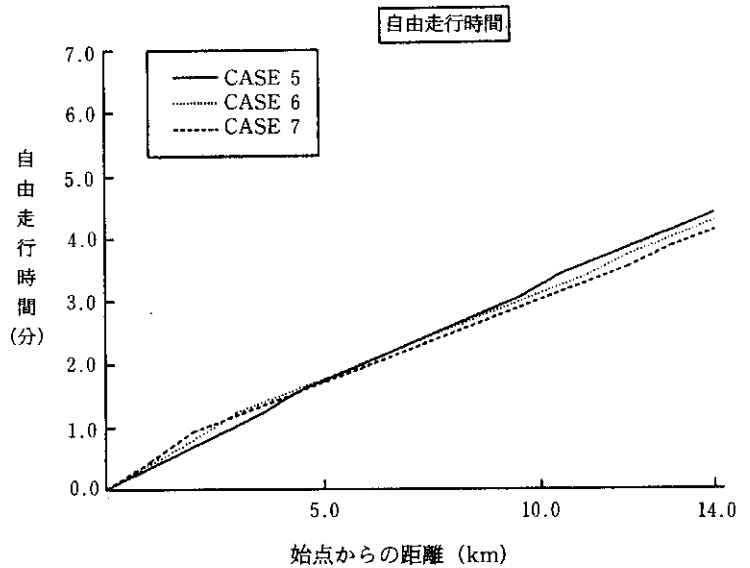


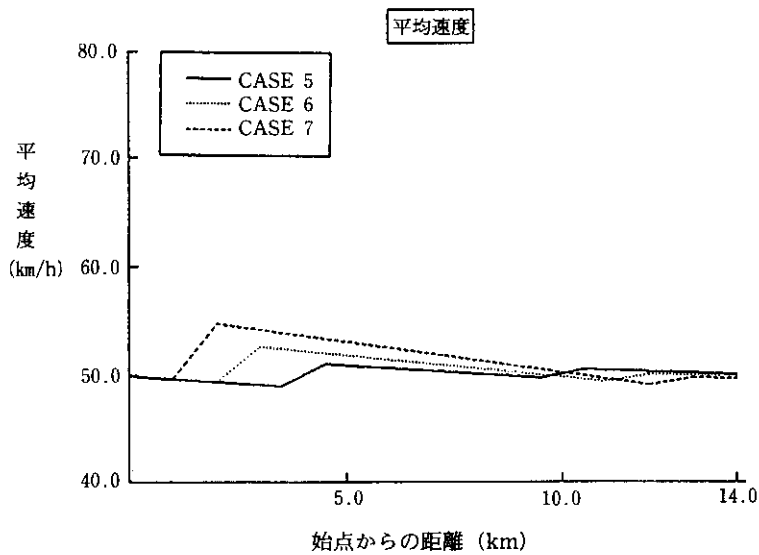
図-16 道路条件概略図 (2)



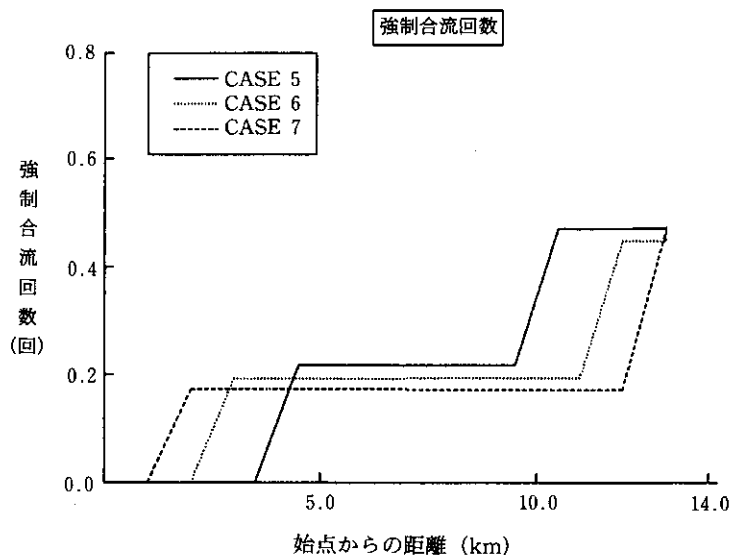
図一17 旅行時間の出力結果 (2)



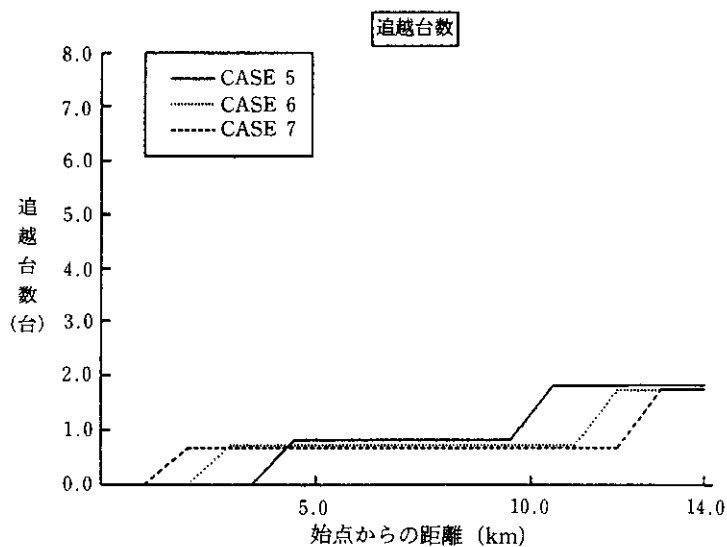
図一20 自由走行時間の出力結果 (2)



図一18 平均速度の出力結果 (2)



図一21 強制合流回数の出力結果 (2)



図一19 追越台数の出力結果 (2)

表一9 出力結果 (2)

	CASE5	CASE6	CASE7
設置間隔 (km)	5	8	10
旅行時間 (分)	16.83 1.00	16.88 1.00	16.82 1.00
平均速度 (km/h)	50.00 1.00	49.85 1.00	50.01 1.00
追越台数 (台)	1.82 1.00	1.74 0.96	1.83 1.01
自由走行時間 (分)	4.40 1.00	4.27 0.97	4.29 0.98
強制合流回数 (回)	0.47 1.00	0.45 0.96	0.44 0.94

※下段の数値は、CASE6,7の値をCASE5の値で除したものである。

5. 箇所数

ある一定区間に付加車線の配置を計画するとき、図-22のように1箇所集中させる集中タイプと数箇所に分散させる分散タイプがある。そこで入力条件のうち①、③、④を変化させ、箇所数を1、2、4箇所とした。

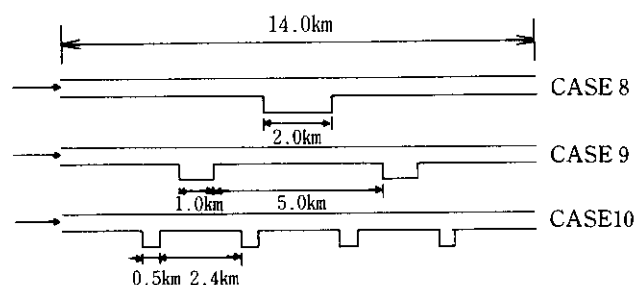


図-22 道路条件概略図 (3)

(1)入力条件

- ①設置延長…2.0 (CASE8), 1.0 (CASE9), 0.5 (CASE10)km
- ②総延長…14.0 km
- ③設置間隔…0 (CASE8), 5.0 (CASE9), 2.4 (CASE10)km
- ④設置箇所数…1 (CASE8), 2 (CASE9), 4 (CASE10)箇所
- ⑤交通量…500 台/h
- ⑥大型車混入率…25.0%
- ⑦勾配…0.0%
- ⑧トンネル区間…なし
- ⑨希望速度…希望速度は表-2とする。
- ⑩シミュレーション時間…1時間

(2)設置効果分析

各項目の出力結果を図-23～27に示す。そして各CASEの終点で得られた結果を、CASE8を基準に補正した値が表-10である。各CASEの値を比較すると、CASE10が他のCASEよりも評価指標において劣る値を示す。また強制合流回数はCASE8から10まで0.20, 0.47, 0.82となっており、1カ所あたり約0.2回ずつ増加している。従って付加車線を過度に分散させることは強制合流回数を増加させることにより、効果的とはいえない。

CASE8と9では強制合流回数以外では数値的には

ほとんど差がない。しかしCASE8は図-24～26の平均速度、追越台数、自由走行時間が示すように、付加車線区間における数値の傾きが大きく、円滑性という面ではCASE9の方が効果的である。

付加車線の設置箇所では4箇所以上に分散させることは機能を低下させ、また1箇所に集中させることも好ましくない。適切な延長と間隔が付加車線の機能を引き出す。

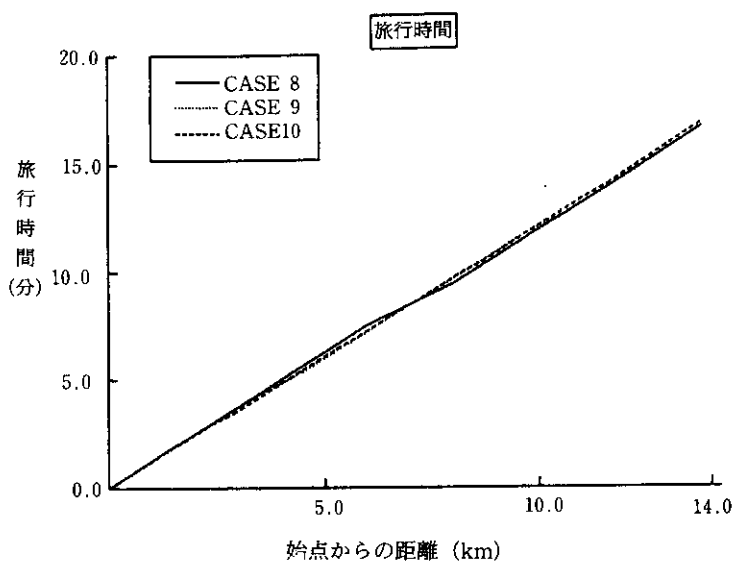


図-23 旅行時間の出力結果 (3)

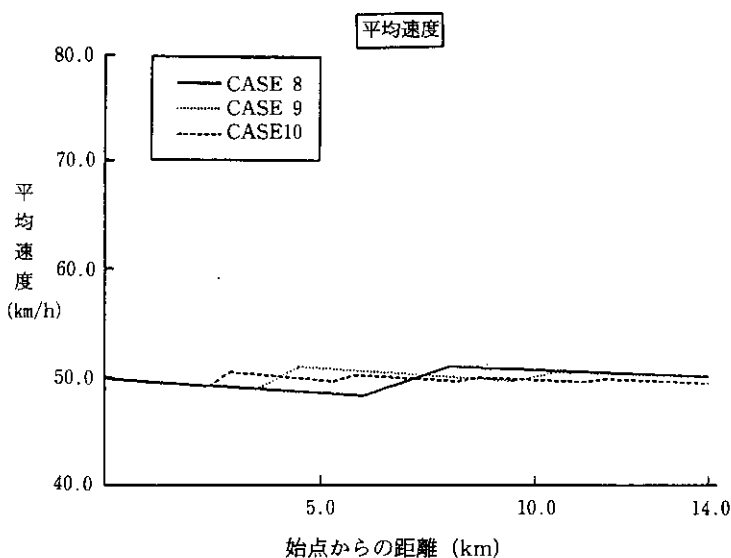
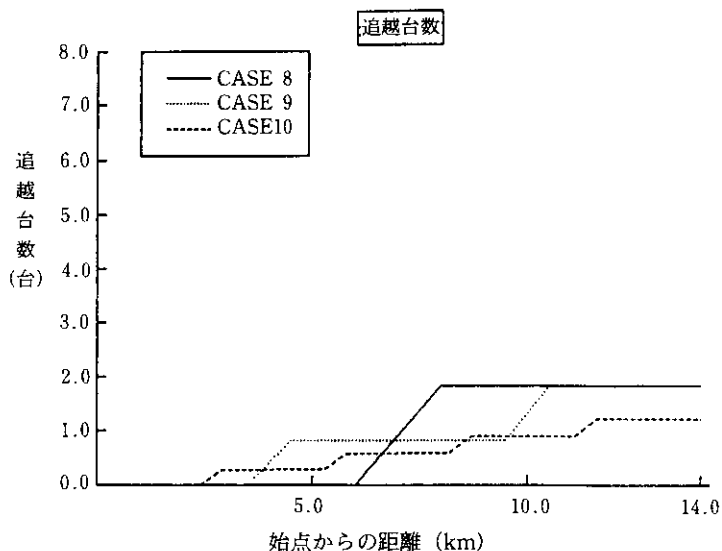
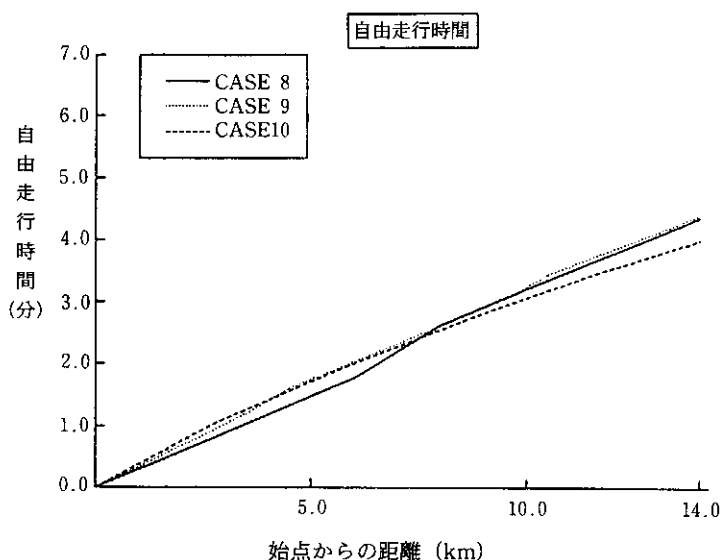


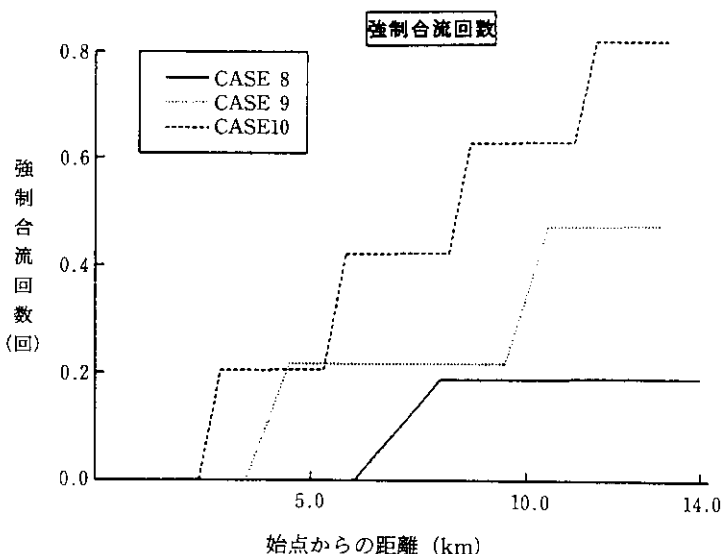
図-24 平均速度の出力結果 (3)



図一25 追越台数の出力結果 (3)



図一26 自由走行時間の出力結果 (3)



図一27 強制合流回数の出力結果 (3)

表一10 出力結果 (3)

	CASE8	CASE9	CASE10
箇所数	1	2	4
旅行時間 (分)	16.81 1.00	16.83 1.00	17.00 1.01
平均速度 (km/h)	50.05 1.00	50.00 1.00	49.47 0.99
追越台数 (台)	1.83 1.00	1.82 0.99	1.20 0.66
自由走行時間 (分)	4.35 1.00	4.40 1.01	3.99 0.91
強制合流回数 (回)	0.20 1.00	0.47 2.35	0.82 4.10

※下段の数値は、CASE9, 10の値をCASE8の値で除したものである。

6. 結果のまとめ

- ①運用方式は、追越車線が望ましい。
- ②追越車線の設置延長は、1.0～1.5 km が最適である。
- ③避讓車線の設置延長は、1.5～2.0 km が最適である。
- ④延長が 500 m 以下の短い避讓車線は、冬期に交通流の悪化を招き、交通安全上も好ましくなく、単位延長あたりの効果も低いので設置すべきではない。
- ⑤設置間隔は設置延長が 1.0 km の時、5 km が最適である。
- ⑥設置箇所は、1 箇所に集中させたり、数箇所に分散させることは望ましくない。適切な設置延長と設置間隔が付加車線の機能を高める。

あとがき

現在道路上の交通は多種多様の車両が走行する雑交通であり、その走行速度は必ずある値を平均値とし、正規分布に近い形を示す。これがドライバーの希望速度であり、規制速度にかかわらずこの傾向は変わらない。よって 2 車線道路では必ず車群が形勢され、そこには追越需要が存在する。もし無理な追い越しが発生し、事故に結び付いた場合は、最も重大な事故に至りやすい正面衝突という惨事を引き起こす。このため 2 車線道路の機能性と安全性を向上させるためには、付加車線の設置は必要不可欠である。

北海道において付加車線を設置する場合には、地域性を考慮しなければならない。積雪寒冷地であること、走行速度が他の地域よりも高いことや“道をゆずる”というモラルが低いことである。このため設置

延長の短い避讓車線は機能を発揮しないばかりか、悪影響をもたらす。避讓車線を設置する場合は、道路標識の設置のみではなく、ドライバー教育によるモラルの向上が不可欠である。そして追越車線は避讓車線より効率的であるが、一般国道においては設置例がほとんどないことから、どのように道路利用者に案内、誘導するかが今後の課題である。

最後に日本道路公団試験所交通環境試験室の皆様と交通シミュレーション担当の丸山氏には多大なご協力をいただき、深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 平沢匡介：流動研究成果報告書，平成3年8月。
- 2) 平沢匡介，服部健作，門山保彦，田高 淳：冬期道路における避讓車線の交通流について，第32回北海道開発局技術研究発表会講演概要集，平成元年2月。
- 3) 平沢匡介，服部健作，門山保彦，田高 淳：避讓車線における流入部・合流部の走行特性，土木学会第44回年次学術講演会，平成元年10月。

※

※

※