

今月は論文集第124号(40年12月発行) 登載論文としてつぎの5編を紹介します。今月紹介した論文に対する討議は昭和41年6月20日まで受付けます。次号では第125号(41年1月発行) 登載予定論文として下記の4編を紹介します。

米谷栄二・河上省吾: しゅんせつ工事計画に関する一考察
 明神 証: バス路側停車による交通遅滞現象について
 高田 弘: 速度分布の特性よりみた道路交通流の解析
 渡辺 明: ボンド定着プレテンション部材の鋼線定着に関する実験的研究

Ripple Web Girderによる鋼板のせん断試験

島田 静雄

薄い鋼板を屏風状に曲げたものを腹板に使ったガーダー(Ripple Web Girder)を製作し、支間中央に荷重を作用させる曲げ試験によって、腹板のせん断強度の試験を行なった。ガーダーは支間80cm、腹板高25cmであり、腹板の板厚は1.6, 2.0, 2.3, 3.2, 4.5mmの5種類である。腹板の折り曲げは、80cmの支間を直の場合、4つ折り、5つ折り、8つ折りの4種類を各板厚ごとに製作し試験ガーダーは合計20本である。Rippleの波高はすべて、一波長に対して1/8倍振幅である。

使用鋼種は、降伏点 $\sigma_y=20\sim30\text{ kg/mm}^2$ である。ガーダーのせん断による耐荷力は、せん断強さにして、降伏点の $1/2\sim1/\sqrt{3}$ の範囲に入り、興味ある荷重・たわみ曲線を経過して座屈破壊が進行した。

(1965. 4. 19・受付)

[正会員 工博 名古屋大学助教授 土木工学科]

系統信号方式による街路交通制御に関する一考察

高田 弘・栗本 譲

本研究は系統信号方式においてその効率を最大にするような最適 Offset を決定するため新しい方法を紹介するとともに、さらにその計算法をプログラム化することにより、制御効率算定のため容易に電子計算機を利用できるようにしたものである。またこれを用いて最適 Offset の安定性および交通流の速度、サイクル時間等いろいろの条件が効率に与える影響に関して考察を行なった。

1. Normal Offset

すべての信号機で停止することなくこの路線を通り抜けられるような時間の帯、すなわち Through Band の幅

を最大にするように各信号機の現示時間に一定のずれ(Offset)を与えたときをもって最も効率的であるものと仮定する。

系統化された $n+1$ 個の信号機 ($S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$) の中で、最初の信号機 S_0 と他の任意の1個 S_i との1対についてののみ考えると両方向の Band 幅が相等しくしかも最大であるための Offset δ_i はつぎのように与えられる。

$$\delta_i = \begin{cases} 0 & 0 \leq \xi_i < \frac{1}{4}, \frac{3}{4} \leq \xi_i < 1 \\ 1/2 & \frac{1}{4} \leq \xi_i < \frac{3}{4} \end{cases} \dots\dots(1)$$

ここで ξ_i はつぎのような量である。

$$\xi_i = \sum_{j=1}^i \frac{d_{j-1,j}}{V_{j-1,j} \cdot T} - \left[\sum_{j=1}^i \frac{d_{j-1,j}}{V_{j-1,j} \cdot T} \right] \dots\dots(2)$$

ただし $d_{j-1,j}$; S_{j-1} 信号機より S_j 信号機までの距離
 $V_{j-1,j}$; $S_{j-1} \sim S_j$ 信号機間の交通流の速度
 T ; サイクル時間(各信号機共通)

[X]; Xの整数部を示す Gauss の記号

式(1)で与えられるものを Normal Offset と呼ぶ。

2. 最適 Offset

すべての信号機に対しそれぞれ Normal Offset を与えると、これが Through Band を最大にする最適 Offset であることもあるが、常にそうであるとは限らない。

そこで Normal Offset の逆転を考える。これは $\delta_i = 0 \rightarrow \frac{1}{2}, \delta_i = \frac{1}{2} \rightarrow 0$ のように Offset を変更することを意味する。いま図-1に示すように Band の前(後)端と r_i の後(前)端との間隔を x_i または y_i とし、その大きい方をとるとすればつぎの関係がある。

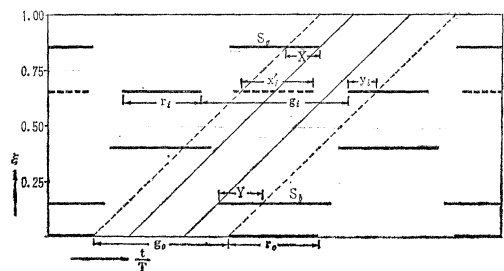
$$\left. \begin{aligned} y_i &= \frac{r_i - r_0}{2} + \xi_i \quad \left(\frac{1}{4} > \xi_i \geq 0 \right) \\ x_i &= \frac{r_i - r_0}{2} - \xi_i + \frac{1}{2} \quad \left(\frac{1}{2} > \xi_i \geq \frac{1}{4} \right) \\ y_i &= \frac{r_i - r_0}{2} + \xi_i - \frac{1}{2} \quad \left(\frac{3}{4} > \xi_i \geq \frac{1}{2} \right) \\ x_i &= \frac{r_i - r_0}{2} - \xi_i + 1 \quad \left(1 > \xi_i \geq \frac{3}{4} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots(3)$$

また Offset を逆転した場合これを x'_i, y'_i で示すと

$$x_i + x'_i = \frac{1}{2} + (r_i - r_0) \quad \text{または} \quad y_i + y'_i = \frac{1}{2} + (r_i - r_0) \dots\dots(4)$$

これらの関係を利用して最適 Offset を求めるには各信

図 1 Normal Offset の逆転



号機について x または y (大きい方), および逆転した場合の x' または y' を計算し, それらのすべての組み合わせにつきぎのような関係を満足する組を求めればよい。

$$\min\{\max(x_i, x_i') + \max(y_i, y_i')\} \dots\dots\dots (4)$$

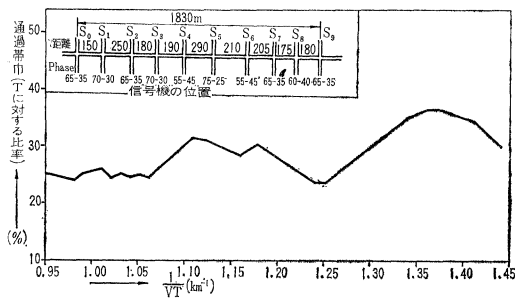
すなわちこの結果から Normal Offset に対してどの信号機の Offset を逆転すべきか決定される。

なお両方向の交通量に差がある場合には, このようにして求めた最適 Offset を基準にして方向別交通量比に対応するよう Offset を修正することも可能である。

3. 電子計算機の利用

上述の方法をプログラム化して電子計算機を利用すればきわめて簡単に最適 Offset を求めうるのみでなく, 速度や現示時間の変化が Through Band に与える影響を考察することができる。図-2 は 10 個の系統化された信号機群について $\frac{1}{VT} = 0.95 \sim 1.45$ の範囲内で Band 幅の変化を求めたもので, 小型電子計算機を利用して $\frac{1}{VT} = 0.01$ ごとに Band 幅を計算した。

図-2 Through Band と V, T との関係
(計算機による計算結果)



このように V, T の変化は当然最適 Offset および Through Band に大きな影響を与えるので, 特定の Offset で一定値以上の Band 幅を保つことを考えた場合, V, T の変化に対する許容範囲の大小(これを Offset の安定性と呼ぶ)が問題となる。実際の場合はいかに特定の V, T で計画してもこれらは交通条件の変化によって当然変わるものであるのに反して, Offset をひんぱんに変えることは好ましくないで, なるべく安定性の高い Offset を採択する必要がある。この例においてたとえば $\frac{1}{VT} = 1.05 \sim 1.45$ の範囲を 2 種類の Offset でカバーするには $\frac{1}{VT} = 1.11$ および $\frac{1}{VT} = 1.36$ として計算された最適 Offset を採るのが妥当であろう。

(1965. 3. 26・受付)

高田：正会員 防衛大学校 助教授
栗本：正会員 同 助手

都市交通網における通勤交通需要の予測について

天野 光三

都市における就業人口の各地区の供給, 需要量から, 将来の通勤交通量と, さらに各交通路線の区間別交通量を予測するため, 人口増分による分布交通量の収束計算法と交通路線の相互依存関係をあらわす連関表を提案し, その応用についておのべる。

1. 通勤分布交通量の予測

一般に都市における朝夕の通勤交通量はほとんど一方向性であり, また, 抜本的な都市再開発が行なわれる場合をのぞけば各住宅地区の既居住者の通勤目的地比率は変化しないと考えられる。この点に着目すれば, 都市の通勤交通に関して将来の OD 表の構成に変化をおよぼすのは就業者の主要な供給地区 m からの発生量の増分合計 $\Delta^m X^*$ と, 主要な需要地区 n' への吸収量の増分合計 $\Delta \cdot X^{n'}$ であると考えられ, その分布を問題としなければならぬ。

しかし分布交通量予測のための従来の収束計算法, たとえば Detroit 法, Fratar 法などは, 各地区の発生, 吸収交通量の増加率が基礎となっているので, これに対してつぎのように収束計算法の修正を考察した。

すなわち, 現在 OD 表における m から n' への交通量を ${}^m X^{n'}$ とし,

$${}^m X^* = \sum_n {}^m X^{n'}, \quad \cdot X^{n'} = \sum_m X^{m n'}, \quad \cdot X^* = \sum_m \sum_{n'} X^{m n'}$$

とおく。 m から n' への将来交通量の増分の第 1 次近似値を, $\Delta^m X^{n' (1)}$ とすると,

$$\Delta^m X^{n' (1)} = {}^m p^{n'} \frac{\Delta^m X^* \cdot \Delta \cdot X^{n'}}{\Delta \cdot X^*} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{ここに } {}^m p^{n'} = \frac{{}^m X^{n'} \cdot X^*}{{}^m X^* \cdot \cdot X^{n'}}$$

または

$$\Delta^m X^{n' (1)} = \frac{{}^m X^{n'}}{2} \left(\frac{\Delta^m X^*}{{}^m X^*} + \frac{\Delta \cdot X^{n'}}{\cdot X^{n'}} \right) \dots\dots\dots (2)$$

この第 1 次近似値 $\Delta^m X^{n' (1)}$ を用いて収束計算法はたとえば, つぎのような方法が考えられる。

m から n' への交通量増分の第 l 次近似値を $\Delta^m X^{n' (l)}$ とすると,

$$\Delta^m X^{n' (l)} = {}^m p^{n'} \frac{\Delta^m X^* \cdot \Delta \cdot X^{n'}}{\Delta \cdot X^*} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{ここに } {}^m p^{n' (l-1)} = \frac{\Delta^m X^{n' (l-1)} \cdot \Delta \cdot X^{n' (l-1)}}{\Delta^m X^* (l-1) \cdot \Delta \cdot X^{n' (l-1)}}$$

または,

$$\Delta^m X^{n' (l)} = {}^m q^{n' (l-1)} \Delta^m X^* \cdot \Delta \cdot X^{n'} \cdot \Delta \cdot X^* \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{ここに } {}^m q^{n' (l-1)} = \frac{\Delta^m X^{n' (l-1)}}{\Delta^m X^* (l-1) \cdot \Delta \cdot X^{n' (l-1)} \cdot \Delta \cdot X^* (l-1)}$$

信号交差点におけるトラフィックシミュレーション

明神 証

$$\Delta^m X^{n'}_{(l-1)*} = \sum_{n'} \left(\Delta^m X^{n'}_{(l-1)} \frac{\Delta X^{n'}}{\Delta X^{n'}_{(l-1)}} \right)$$

$$\Delta X^{n'}_{(l-1)*} = \sum_m \left(\Delta^m X^{n'}_{(l-1)} \frac{\Delta^m X^*}{\Delta^m X^*_{(l-1)}} \right)$$

通勤分布交通量に関しては従来の方法に比し、ここに提案した式(3),(4)の方法はより合理的な予測値を与えらるとともに、一般に反覆計算の収束度がいちじるしく高いことを明らかにした。

2. 通勤配分交通量の予測

都市近郊の地区 m から都心の地区 n' に流入する通勤者が、その経路として利用する交通網の相互乗換交通量に着目し、降車路線を縦に、乗車路線を横に配列して表をつくると、地区 m の発生交通量を付加価値、地区 n' の吸収交通量を最終需要とみなすことができ、この表(路線連関表)は IO 表と全く同じ構成をもつものと理解することができる。したがって、路線網の構成変化や地区別人口増加のいちじるしい差異が生じない場合、IO 表における投入係数が一定という仮定がそのまま適用できるから、将来の最終需要を与えて各路線間の乗換交通量を予測することができる。

さらに別の方法として、まず将来の OD 表 [${}^m Y^{n'}$] を式(3)または式(4)によって作成する。都市交通網の構成に変化がない場合、路線連関表の構成比率は m から n' に流入する将来の昼間移動人口 ${}^m Y^{n'}$ にかかわらず一定と考えられるから、将来における路線連関表の構成要素 ${}^m y^{n'}_{ij}$ は、

$${}^m y^{n'}_{ij} = {}^m \alpha^{n'}_{ij} {}^m x^{n'}_{ij}$$

ここに ${}^m x^{n'}_{ij}$: 現在の路線連関表の構成要素

$${}^m \alpha^{n'}_{ij} = \frac{{}^m Y^{n'}}{{}^m X^{n'}}$$

${}^m X^{n'}$: 現在の m, n' 間昼間移動人口

したがってこの都市通勤圏全域における将来の路線相互乗換関係をあらわす路線連関表の構成要素 ${}^m y^{n'}_{ij}$ は次式によって与えられる。

$${}^m y^{n'}_{ij} = \sum_m \sum_{n'} {}^m \alpha^{n'}_{ij} {}^m x^{n'}_{ij}$$

この二つの方法によって得られる将来の路線連関表を分析することにより、都心、近郊の各地区ごとの今後の発展の差異や、各路線間の関連性をも考慮して、各交通路線の区間別輸送需要を予測することができる。そうしてこの値がそれぞれの区間の輸送容量を超過する箇所を見出すと同時に、その超過量を知ることによってそれぞれの都市交通路線の適正な整備計画を策定することが可能となる。

(1965. 6. 18・受付)

[正会員 京都大学助教授 交通土木工学科]

道路の交差点における信号周期の決定に関して、従来主として確率論的な接近方法が試みられてきた。しかし、現実の街路や道路の交差点では、車の到着や出発等の現象が確率論的な解析においてしばしば仮定されるような理想的な形をとることはまれである。このように、対象とするシステムなり現象なりがかなり複雑な場合には、シミュレーションの手法を応用することによって、理想化という過程をふむことなく、システムの状態や挙動を効果的に解析することができる。最近、シミュレーションによるシステムの解析が広範囲に行なわれるようになったが、本研究では、信号交差点における信号周期を決定することを目的としてシミュレーションを実施してみた。

本研究で設定したモデルの概略は次のとおりである。

- ① 片方向1車線および2車線を有する信号つき平面交差点。
 - ② 横断歩行者を無視する。
 - ③ 車の到着はランダムとする。
 - ④ 直交方向の交通量は、考えている方向のそれと相等しい。
 - ⑤ 車の性能、大きさはすべて同じでかつ各ドライバーの素質は一様である。
 - ⑥ 到着した車は信号にしたがって所定の車線上で、設定された徐行・停止・発進・加速・右左折およびその他の挙動のモデルに従ってそれぞれの行動を行なう。
 - ⑦ モデルを操作する時間単位を1秒とする。
 - ⑧ 発生した車1台当りの平均待ち時間を最小にするような信号周期を最適信号周期とする。
- 以上のようなきわめて単純なモデルによっても次のような結論をえた。

- ① 1車線当り平均交通量が1時間当り約600台の交差点で、1台当り平均待ち時間を最小にする信号周期は約40秒(赤20秒、緑15秒、黄5秒)である。
- ② 同じく750台に対して約54秒(赤27秒、緑22秒、黄5秒)である。
- ③ 1車線当り平均交通量が1時間当り1000台以上の交差点では、80秒以上の信号周期が必要となる。
- ④ 一定の時間平均交通量に対して、平均待ち時間を最小にする信号周期をCとすると、Cより短い周期では平均待ち時間は急激に増大し、Cより長い周期ではその増加はきわめてゆるやかである。
- ⑤ 現実の交差点で、待ち時間を最小にすることを条件

として信号を設ける場合には、安全のために上のCよりやや大きい周期を採用すべきである。

- ⑥ 信号周期が短いほど、信号が緑になった際の実頭車の出発おくれが平均待ち時間におよぼす影響は大きい。このことは、たとえば加速性能の劣る車が存在する現実の交差点においては留意しなければならない点の一つである。
- ⑦ 周期約 30 秒以下の信号は、平均交通量がかなり小さい(600 台以下)場合でも、かえって円滑な交通を妨げるおそれがある。
- ⑧ 信号周期が長くなるにしたがって、右折車の右折待ち台数が増加し、これが後続の直進車の流れを乱す機会が多くなる。
- ⑨ 信号つき平面交差点の実用容量は約 800 台/時間/車線と推定される。

以上は本研究におけるシミュレーション結果から直接えられた結論の概略であり、その他一般的な結論として

- ① シミュレーションによる解析のキーポイントは、対象とするシステムをいかに巧妙にモデル化するかにある。きわめて実際に忠実なモデルを構成することは可能であるが必ずしも重要なことでなく、むしろシステムの骨子のみをとりあげて計算時間を短縮することに力を注ぐべきである。何がそのシステムの骨子となるかは常識的に判断できる場合もあり、あるいはシミュレーションを行なって後に発見できることもある。
- ② シミュレーションにおいてもちいる諸分布形ないしデータは任意のものでよいから、観測からえられる生のデータをそのままもちいたり、あるいはこれを適当に修正したものをもちいることができる。
- ③ 信号交差点網についてのトラフィックシミュレーションを実施するには大容量高速の計算機が必要となる。

(1965. 2. 9・受付)

[正会員 京都大学助手 交通土木工学科]

電子計算機を利用したシミュレーションによる道路交通流の解析

高田 弘

1. シミュレーションの概要

(1) 目的と利用分野

本研究は高速度大型電子計算機を利用して複雑な交通動態をシミュレートすることにより2車線道路の交通現象を最も現実的な形で表現し、道路計画、交通規制等の基礎資料を得るため、その方法及びこれに関連した諸問題について考察したもので次のような利用分野を持つ。

- (a) 従来の理論解析のみでは取り扱かえないような複雑で微視的な交通現象の解析
- (b) 計画道路における交通実態の予測

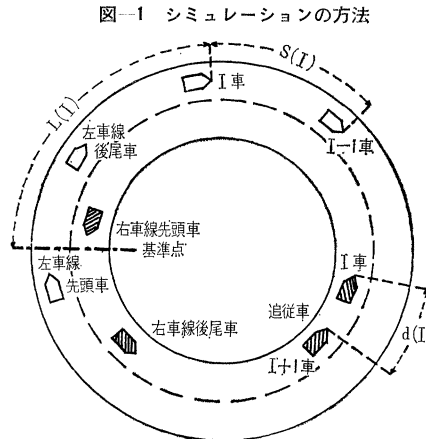
(c) 道路条件の変更または改良にともなう現象変化の把握

(d) 交通規制施策の効果または影響度の推定

(e) 交通容量に関する解析

(2) シミュレーションの方法

図-1 のような循環路線上にあらかじめ配置した一定台数の車につき Δt sec ごとに各車の走行状態を判定し、その結果により瞬間速度を計算し位置を移動させる。し



たがって路線長を変えるだけで各種の交通密度における現象をシミュレートできる。このため各車にはそれぞれ11語のコアメモリーを配当し、距離、自由速度、瞬間速度、追越回数、循環回数、区間速度、その他必要な諸元を格納する。また走行状態はつぎの9種類に区分しそのおのについて走行上のルールを規定する。

- (a)自由走行車 (b)加速走行車 (c)減速走行車
- (d)拘束走行車 No. 1 (e)拘束車走行車 No. 2
- (f)追従走行車 (g)追越車 No. 1
- (h)追越車 No. 2

(3) プログラムと計算時間

このシミュレーションは UNIVAC 1107 (加減算 4.0 μ S), および IBM 7090 の大型計算機2機により、このほか予備計算のため小型計算機2機 (NEAC 1103, MELCOM 1101, いずれも記憶容量 4000 語) を使用した。計算は表-1 にあるように Highway Capacity Manual (H.C.M) に示されている高速道路の資料および筆者が本邦の2車線道路において実測した資料にもとづく2つのモデルについて、交通密度 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 台/km の7種に関しそれぞれ実施した。このためのプログラムは入出力関係を除き FORTRAN で約 500 ステートメント、計算時間は $\Delta t=1$ sec, 両方向 200 台として実走行時間の 25~30% (UNIVAC), および 30~35% (IBM) であった。

2. 交通流モデル化における諸問題

シミュレーションにおいては交通流の推計的な性格を計算機に適するようにモデル化する必要がある。モデル化の基準としてはつぎの事項を規定した。

表-1 シミュレーションの内容

No.	道路交通条件	実走行時間	基礎資料	自由速度	追越加速	計算台数
1	直線平坦 乗用車のみ 最低速度制限 40 km/h	交通速度 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 台/ km につ きそれ ぞれ1時 間	H.C.M (高速 道路)	$\bar{v}_{s0} = 74.4$ km/h $\sigma_{s0} = 12.8$ km/h	A.A.S. H.O. の 資料に よる	両車線と も 100 台 計 200 台 乗用車 1500 cc クラス 左車線 135 台 右車線 65 台
2	直線平坦 乗用車のみ 速度制限なし			$\bar{v}_{s0} = 60$ km/h		
3	追越視距 全路段 300 m		本邦 2 車 線道路実 測資料	$\bar{v}_{s0} = 10$ km/h		
4	同上 200 m					
5	全路段の 1/4 区間追越禁止	各密度に つきそれ ぞれ30分 間		$\bar{v}_{s0} = 55.6$ km/h $\sigma_{s0} = 5.9$ km/h		
6	制限速度 60 km/h			$\bar{v}_{s0} = 60$ km/h $\sigma_{s0} = 10$ km/h		
7	両車線交通量 分布 2:1	各密度に つきそれ ぞれ1時 間				

(1) 自由速度

各車に与える自由速度の空間分布は正規分布にしたがうものとし、空間平均速度 \bar{v}_{s0} および標準偏差 σ_{s0} をつぎのように定め、乱数処理によって決め走行中は他車による拘束がない限り、この速度を維持または回復するものとした。

$$\begin{aligned} \text{(H.C.M) 高速道路モデル} & \begin{cases} \bar{v}_{s0} = 74.4 \text{ km/h} \\ \sigma_{s0} = 12.8 \text{ km/h} \end{cases} \\ \text{本邦 2 車線道路モデル} & \begin{cases} \bar{v}_{s0} = 60 \text{ km/h} \\ \sigma_{s0} = 10 \text{ km/h} \end{cases} \end{aligned}$$

(2) 前車の影響による減速

前車との車頭時間が T_m 以下に接近すると前車の影響をうけ減速し始めるのでこの場合の減速度はその瞬間 (t) における車頭間隔に逆比例し、前車との速度差に比例するものとし、追従車頭間隔にまで接近したとき前車と同じ速度に達するものとした。すなわちこの条件により計算すると

$$v(I) = V(I) - \{V(I) - v(I-1)\} \times \frac{\log S(I) - \log \{V(I) \cdot T_m\}}{\log d(I) - \log \{V(I) \cdot T_m\}}$$

ただし $v(I)$, $v(I-1)$; その車および前車の瞬間速度 $S(I)$, $d(I)$; 車頭間隔および追従車頭間隔 $V(I)$; 減速開始時の初期速度

(3) 車頭時間の分布

車頭時間はつきに示すような指数分布と Erlang 分布を合成した分布にしたがうものとし、追従車頭間隔はこの式にもつき乱数処理によって与えた。

$$P(t) = (1-r)e^{-t/\bar{t}_L} + re^{-\beta t} \sum_{n=0}^{\beta-1} \frac{(\beta t)^n}{n!}$$

ただし $P(t)$; 車頭時間が t 以上である確率, r ; 車群比, λ ; 追従車の平均到着率, β ; 定数 (今回は 6), \bar{t}_L ; 非追従車の平均車頭時間

(4) 追越時間と追越判断

追越加速テストの結果を集計して求めた追越加速度を利用してあらかじめ簡単なシミュレーションを実施し追

越初速と追越所要時間の関係を図-2 に示すように定めその瞬間における対向最近車との距離が、これより計算した条件を満足する時に追越は可能となるものとした。

3. シミュレーションの結果 (例)

これらのモデルについて実施したシミュレーション結果の一部を図-3 に示す。すなわち、本邦乗用車のモデルについて最も典型的な 2 車線道路の場合、全路段の視

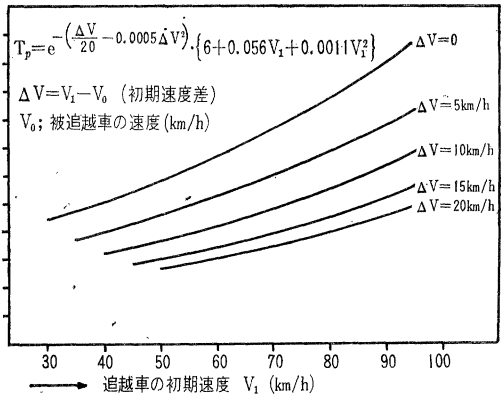


図-2 追越時間 (国産乗用車 1500 cc クラス)

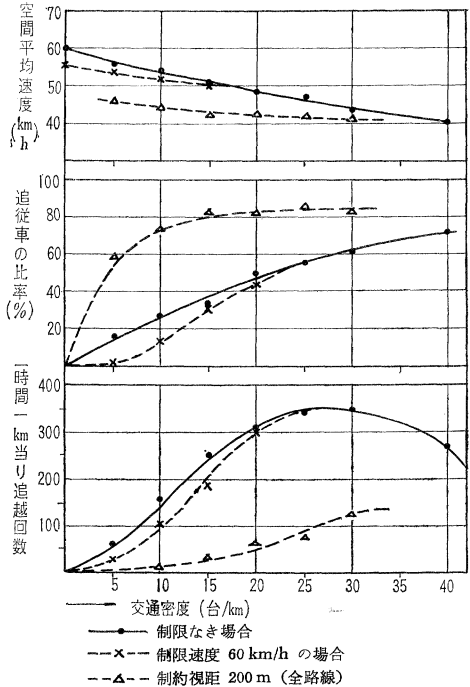


図-3 シミュレーションの結果 (例)

距が 200 m に制限された場合 60 km/h の速度制限を実施した場合のそれぞれに関し、平均速度、追越回数、追従走行車の比率を求めこれらと比較したもので、道路交通条件の影響をきわめて直観的に把握することができる。このほか交通量の方向別分布による影響、追越禁止区間設定の影響等についても興味ある結果を得た。

(1965. 7. 28・受付)

[正会員 防衛大学校 助教授]