

立命館大学理工学部 学生員 林 昌親
立命館大学理工学部 正 員 卷上安爾

1. はじめに

本研究は 航空写真撮影調査・ビデオ撮影調査を基礎資料として、時間・距離・累積台数の三軸から構成される三次元交通平面より 交通特性の推定および交通実態の把握を実施する一手法を示している。

2. 交通流の三次元表示

道路の個々の自動車の動きを逐一追跡し、表示していくため一般的に行なわれる方法は、自動車の軌跡を時間・空間平面上にプロットしていくことである。今、観測開始地点の観測開始時刻を原点に取り、図-1に示すような時空間平面を考える。道路上の走行車両はそれぞれの速度で走行しており、追越しなどで始めに付けた番号は下流側になると順不同になりかねない。しかし、この場合でも図-1に示すように追越しが起こるたびに先に出た車に番号を付けかえていくと、どの観測地点においても先頭車から来た順番に1号車、2号車、……と到着することを想定することができる。このように番号付けされた交通流を図-2のように、時間(t)、距離(x)および累積台数(n)の三つの直交軸にとった立体空間に階段状の平面として表示することができる。また、通常交通流の解析で取り扱うような100台あるいは1000台単位の累積台数を想定した場合、1台1台の軌跡を示す1段1段は微少なものと考える。1平面を滑らかな曲面にすりつけて考えていくことも可能である。今、領域 A_n で想定される交通平面を図-3に示すように A とする。交通平面 A の $n-t$ 平面への投影面積を A_x 、 $n-x$ 平面への投影面積を A_t とすれば、平均交通量(q)、平均密度(ρ)および平均速度(v)は次式で示される。

$$q = A_t / A_n \quad \rho = A_x / A_n \quad v = A_t / A_x \quad \text{--- (式-1)}$$

3. 広域交通流の三次元交通平面への適用

1) 前提条件と仮定

理論を展開するにあたって想定した交通と道路の条件および調査手段は次のとおりである。

- (i) 道路は上下分離・出入制限された高速道路の一定区間を想定し、調査の対象となるのはこのうち問題のある一定方向の交通のみとする。
- (ii) 交通実態の手段としては航空写真撮影と交通量計測とし、それぞれ下記に示す条件を満たすものとする。
 - (a) 航空写真撮影：固定翼機による写真撮影を想定する。撮影飛行の時間間隔は任意のものとするが、1回目の撮影において調査区間が連続的に撮影され走行車両がそれなく視認される画面が得られているものとする。
 - (b) 交通量計測：調査区間の任意の複数地点における本線交通量および全ての流入ランプ交通量の計測が行なわれるものとする。計測は観測時間帯を通して5分間単位で連続的に行なうものとするが、本線交通観測地点の

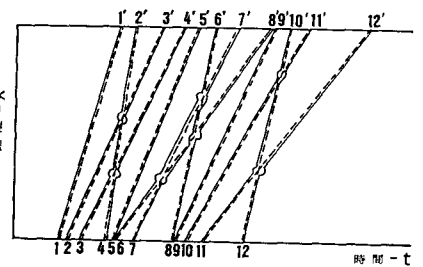


図-1 走行軌跡と順番の振替え

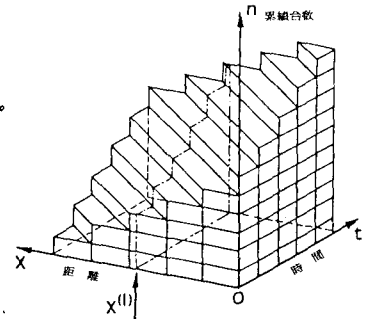


図-2 交通流の三次元表示

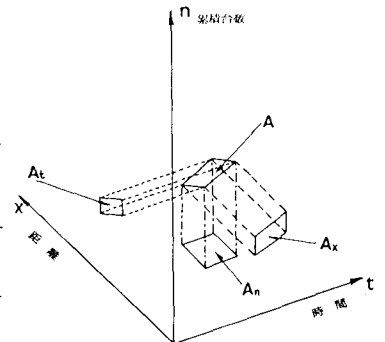


図-3 交通平面とその投影図

うす少なくとも2ヶ所は全ての車両の到着時刻が計測されているものとする。

上記の(a), (b)の前提条件のもとで撮影飛行の軌跡を時空平面上に求めることが可能になる。このような交通量計測と航空写真撮影の実施により、図-4に示すように調査実施の区間と時間帯で規定される交通平面上に飛行軌跡と計測線の位置を確定することが可能である。すなわち交通量計測の結果より、交通平面上の計測線が確定され、そして飛行軌跡に沿って撮影された道路上の車両台数を増減させていくことにより交通平面上の飛行軌跡を確定することが可能である。

2) 交通量変動の限界領域

ある地点 x_1 における飛行線の第 l 番目と第 $l+1$ 番目の時間間隔 $\Delta t_l^{PH}(x_1)$ 、時間当りの交通量 $g_l^{PH}(x_1)$ とする。3秒間通過交通量を計測した場合、交通量が互いに独立であると思えば、パラメータ k のアー-ン分布に従うと考えても無理がないので、中心限界定理により、地点 x_1 ・時間 t_1 における累積台数 $n(x_1, t_1)$ は平均が $[n(x_1) + \Delta t_l^{PH}(x_1) \cdot g_l^{PH}(x_1)]$ 、分散が $[\sigma^2(x_1, t_1) \cdot 3600 \cdot \Delta t_l^{PH}(x_1) / 3]$ の正規分布すると見なしてよい。今、信頼度 $\eta\%$ の信頼係数 α_η とした場合、 $n(x_1, t_1)$ の $\eta\%$ 信頼限界の上・下限値、 $\max n_\eta(x_1, t_1)$ と $\min n_\eta(x_1, t_1)$ は次式で示される。

$$\left. \begin{array}{l} \max n_\eta(x_1, t_1) \\ \min n_\eta(x_1, t_1) \end{array} \right\} = \left[n(x_1) + \Delta t_l^{PH}(x_1) \cdot g_l^{PH}(x_1) \pm \alpha_\eta \cdot \sigma(x_1, t_1) \sqrt{3600 \cdot \Delta t_l^{PH}(x_1) / 3} \right]$$

上記の式より、交通平面を幾何学的に示せば図-5のようなになる。

以上によって時空平面上の任意の点 (x_1, t_1) に対応する交通平面上の信頼限界を航空写真撮影とビデオ撮影からの読み取り結果から求めて行くことが可能となつた。道路上の任意の区間 $[x_1, x_2]$ と時間帯 $[t_1, t_2]$ で定められる時空平面上の領域 $A_n(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ に対応する交通平面の三次元表示空間内に占める可能性のある信頼限界領域の一例を図-6に示している。この信頼限界領域の $n-t$ 平面および $n-x$ 平面への投影面積を定めることで式-1により、交通流特性の推定が可能になる。

4. 交通流特性の推定

式-1を用いて、領域 $A_n(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ に対応した信頼限界領域の各平面

への投影面積より、交通量・密度および速度の算出が可能となる。ここでは交通量の算出方法について述べる。今、交通平面 $A(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ の $n-x$ 平面への投影面積の平均値を $\bar{A}_t(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ 、最大値を $\max A_t(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ として最小値を $\min A_t(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ とし、平均交通量を $\bar{g}(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ 、最大交通量を $\max g(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ として最小交通量を $\min g(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ とすると平均交通量は次式で計算される。

$$\bar{g}(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2) = \bar{A}_t(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2) / A_n(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$$

同様に、限界領域内の交通平面として $A_t(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ を最大にする位置は時間軸方向に累積台数への勾配を最大にする位置を想定すればよく、また勾配を最小にする位置を想定して、次式で最大・最小交通量を計算を行う。

$$\max g(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2) = \max A_t(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2) / A_n(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2) \quad \min g(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2) = \min A_t(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2) / A_n(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$$

以上と同様の計算を密度・速度について行えば、交通流特性の推定が可能となる。

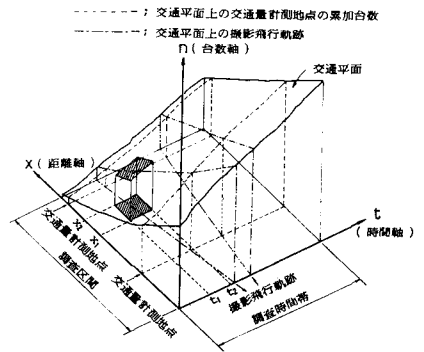


図-4 交通平面と実際調査記録の関係

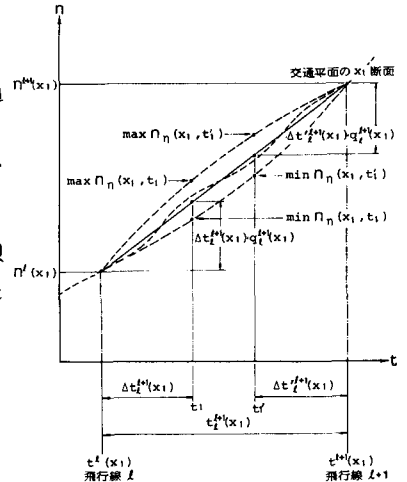


図-5 x_1 地点の任意の時点における累積台数の信頼限界

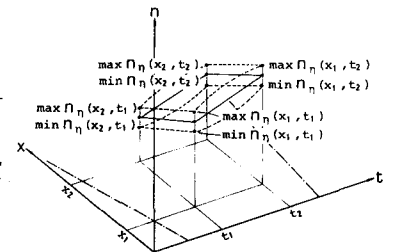


図-6 領域 $A_n(x_1 \sim x_2, t_1 \sim t_2)$ に対応する交通平面の信頼限界領域