

平均区間速度調査の簡易化について

名古屋工業大学 正員 渡辺新三
大阪工業大学 正員 ○金九次男

1. まえがき

平均区間速度はその道路の交通能率(混雑度)を表わす尺度として重要なものであるが、区間速度調査は地点速度調査にくらべて多額の費用と労力を要するので従来あまり多く行なわれておらず、したがって区間速度調査に関する研究報告も少ない。平均区間速度調査において従来もっとも多く用いられてきた観測法は試験車走行法で、これは一種の標本調査である。しかしこの方法はかならずしも最良の標本調査法ではなく、それにもかかわらず多く用いられてきた理由はその簡便さにある。一般に区間速度調査を全数調査で行なおうとすれば多額の経費や労力を要するばかりでなく、交通量が非常に多い場合には技術的にも困難な問題が多い。本報告は平均区間速度調査を車両番号照合法によって観測する場合における標本調査の手法と、タイム・レジスター・カメラの利用による観測法について記述するとともに、著者の方法で実施した名阪国道の調査結果の一部を報告したものである。

2. 平均区間速度を推定するのに必要な標本数

従来の研究によれば区間速度の分布は正規分布で近似できることが経験的に知られているので、母集団を正規母集団と仮定することにさほど無理はないが、以下に展開する標本理論はかならずしも正規母集団に限定しなくとも適用できるものである。

いま交通量 N なる交通流の平均区間速度を標本調査で推定する場合において、推定誤差もある許容限度内に押え、かつ相当高い信頼度で平均区間速度を推定することを考える。このときの標本数は平均区間速度(母平均)を μ 、 μ の推定値を $\bar{x}$ とし、推定誤差 $|\bar{x}-\mu|$ を δ 以下に押えて信頼係数 $(1-\alpha)$ で μ を推定することを考え、つぎのように決定できる。

(1) 無限母集団の場合

必要標本数を n 、標本平均($\bar{x}$)の標準偏差を $\sigma_{\bar{x}}$ 、母集団分布の標準偏差を σ とすると、

$$n \geq u_0^2 \sigma^2 / \delta^2 \quad (1)$$

ここに u_0 は $1 - \Phi(u_0) = \alpha/2$ で定まる値で、 $\Phi(u_0) = \int_{u_0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du$ である。

(2) 有限母集団の場合

母集団の大きさを N 、許容誤差を δ とすると、

$$n \geq \frac{N \sigma^2 u_0^2}{(N-1) \delta^2 + \sigma^2 u_0^2} \quad (2)$$

(2)式を適用する際に母集団の大きさ(N)をいかに設定するかという問題があるが、本報告ではすべて片方向の時間交通量を採用した。その理由は区間速度は同一道路の同一区間を観測した場合でも交通状況(とくに交通密度)によって異なるので、ほぼ同じ交通状態の続いている時間帯(1~2時間)を1つの母集

図-1. タイム・レジスター・カメラによる
平均区間速度調査の例



図と考えて時間交通量を採用したのである。推定誤差と標本数の関係は表-1に示すようであるが、標本調査の目的から考えて許容推定誤差は母標準偏差の30~40%程度に押えるのが好ましく、また $N \geq 600$ では無限母集団として取扱っても標本数にほとんど差はない。

3. 車両番号照合法を標本調査で行なう場合の各観測点の抽出数

前節において平均区間速度を標本調査で推定する際に必要な標本数について述べたが、車両番号照合法による平均区間速度調査を標本調査で実施する場合には標本数以外に照合数の問題がある。すなわち各観測点でランダムに抽出した結果、照合可能な車が何台あるか、そしてこの照合台数が必要標本数を越えていることである。

いま図-2において交通量 N (V.P.H)なる交通の流れがAからBに向い、A~B間の途中には車両の出入がないものと仮定する。観測点A(入口側)において交通流 N からランダムに m 台の車を抽出し、車両番号と通過時刻を記録する。同様に観測点B(出口側)においてもランダムに r 台の車を抽出して車両番号と通過時刻を記録する。このようにして観測点A,Bでそれぞれ m 台、 r 台の車を任意抽出して記録した場合、A点(入口側)にもB点(出口側)にも記録されている車、すなわち照合可能台数がちょうど k 台ある確率 $P_r\{=k\}$ は次式で与えられる。

$$P_r\{=k\} = \frac{\binom{m}{k} \binom{N-m}{r-k}}{\binom{N}{r}} = \frac{\binom{Np}{k} \binom{N-Np}{r-k}}{\binom{N}{r}} \quad (3)$$

(ただし、 $p=m/N$; $N \geq m \geq k$; $r \geq k$; $k=0,1,2,\dots$)
ここに N :交通量、 k :照合数、 p :入口側抽出率、 r :出口側抽出数である。

すでに述べたように平均区間速度を δ 以内の誤差で推定するには少なくとも表-1で与えられた標本数が必要であるから、車両番号照合法による観測では $k \geq n$ でなければ標本調査は成立しない。したがって $\beta = P_r\{k=n\}$ と置いて、 β を大きくとればよい。

表-1 信頼係数95%で平均区間速度を推定する場合の標本数(n)と推定誤差

推定誤差 (δ/σ)	有限母集団(交通量: N)					無限母集団
	200	300	400	500	600	
0.10	132	169	196	218	245	385
0.20	65	73	78	81	87	97
0.30	36	38	39	40	41	43
0.40	22	23	23	23	24	24
0.50	15	15	15	15	16	16
0.60	11	11	11	11	11	11
0.70	8	8	8	8	8	8
0.80	6	6	6	6	6	6
0.90	5	5	5	5	5	5
1.00	4	4	4	4	4	4

なお、表において推定誤差は母標準偏差に対する相対誤差(δ/σ)として表わした。

図-2

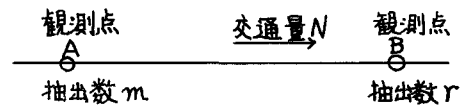


表-2 入口側抽出率と出口側抽出数との関係

(成功率 $\beta \geq 0.90$; 推定誤差 $\delta \leq 0.40$)
(信頼係数 $1-\alpha = 0.95$)

交通量 (N)	標本数 (n)	入口側の抽出率(p)					出口側 抽出数(r)
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
200	22	不可	全数	90	70	60	抽出数(r)
300	23	270	140	100	80	60	
400	23	270	140	100	80	60	
500	23	270	140	100	80	60	
600	24	290	150	120	90	70	

$$\beta = P\{k \geq n\} = \sum_{k=n}^{\infty} \frac{\binom{Np}{k} \binom{N-Np}{r-k}}{\binom{N}{r}} \quad (\text{ただし, } n: \text{標本数}) \quad (4)$$

表-2は推定誤差0.4以下、信頼係数95%で平均区間速度推定したい場合における本観測法の成功率(β)が90%以上になるように、入口側の抽出率と出口側の抽出数を求めたものである。

また交通量が非常に多い場合には(3)式は二項分布で近似できるゆえ

$$P\{r=k\} = \binom{r}{k} p^k (1-p)^{r-k} \quad (5)$$

$$\beta = \sum_{k=n}^{\infty} \binom{r}{k} p^k (1-p)^{r-k} \quad (6)$$

で出口側抽出数(r)を求めることができる。

4. 調査概要と結果

本方法による平均区間速度調査を名阪国道(国道25号)上野インターチェンジ～五月橋インターチェンジ間において実施した。観測法は記入法と写真法(図-1参照)を併用し、交通量は区間中央で調査した。また入口側と出口側のタイムラグは予備調査を行なった結果、旅行時間が約7分であることがわかったので、観測時間を5分ずらせた。

表-3は調査結果の1部を掲載したもので

表-3 抽出数と照合数および平均区間速度

記号	交通量(台/時)	標本数(台)	① 理論			② 実測			平均区間速度(km/h)
			入口	出口	照合数	入口	出口	照合数	
①	195	22	80 ($p=0.4$)	70	22	96	110	40	62.8
2	200				23	88	95	30	61.6
3	201				23	93	86	28	61.5
④	223				23	98	95	37	62.9
⑤	230				21	115	126	41	62.9
⑥	282	23	90 ($p=0.3$)	100	25	109	128	44	66.2
7	300				24	180	139	71	65.6
8	310				25	186	144	77	63.8
⑨	317				24	112	108	41	66.6
⑩	381	23	120 ($p=0.3$)	100	24	229	149	67	65.1
⑪	383				24	138	139	47	64.8
⑫	435				23	135	124	48	64.9
⑬	482				23	240	191	68	66.0
⑭	515	23	150 ($p=0.3$)	100	26	157	117	45	60.8

記号に○印のあるものはタイム・レジスター・カメラによる観測である。表-3において②実測欄の抽出数が多いのは観測区間の途中に3カ所のインターチェンジが存在し、区間の途中に若干の出入交通量を有するので実際の観測においては、理論抽出数よりも幾分多く抽出することによってこれを補ったためである。また①理論抽出数による照合欄は実測資料を理論抽出数に組み直して照合したものであり、元の資料が標本調査によるものではあるが一応の目安になる。表-3の平均区間速度は実測欄の照合数より求めたもので、今回の調査からは交通量による平均区間速度の変化はあまりみられなかった。

5. 結び

車両番号照合法を全数調査で行なう場合には観測時および観測後の照合に多大の労力経費を要するが、本方法に従えば観測人員の削減、照合の簡易化を図ることが可能である。またタイム・レジスター・カメラの利用によって非標本誤差(錯誤等)を防ぐことができる。なお調査を実施する際には、調査時間全体にわたってなるべく均等に抽出し、抽出が特定の時刻に偏らないように注意するとともに、入口側抽出数と出口側抽出数との差を少なくするように標本設計を行なうことが大切である。最後に、本調査にあたってご協力頂いた近畿日本鉄道KK石井喬氏、永井篤氏に厚く謝意を表する。

