

京都大学工学部 学生員 ○喜多 秀行

京都大学工学部 正 員 長尾 義三

1. 緒 言

運輸交通施設計画に用いられる容量概念は主として過去の経験則に基づいて規定され、必ずしも統一した評価基準を持っていないと思えない。これは新たな交通システムの開発や運行方法、さらには総合交通体系を計画しようとする場合の合理性の欠陥となる。本研究は、容量を規定する交通量と待ち行列理論を用いて解析し、適正な合理的規模・容量決定のための方法論を示したものである。

2. 解析モデル

実際の交通現象では、ある区間とその区間に固有の規格速度で走行するには、速度に見合った安全車頭間隔を維持する必要があり、維持し得ないときは、その間隔に見合った速度にまで減速して走行している。本研究では、交通量の増加による走行速度低下がもたらす走行時間の増加分を「走行中の待ち時間」と定義し、これを待ち行列理論を用いて求めるために次のようなモデルを考える。すなわち、車輛が当該路線区間に進入するとき、必要な安全車頭間隔が得られなければ区間の入り口で待ち、得られた瞬間に進入するという仮定の待ち行列系である。これは、実際の交通現象とは異なるが、総走行時間と速度によって説明しようとするとき、現象の再現性において有利と考えられるものである。

次に、この待ち行列系を規定する諸因子について述べる。規律に関するものとして、行列長さの制限・妨害・中途離脱・他行列への影響はなく、先着順サービスとする。窓口数は通行方向の片側車線数である。到着に関してはポアソン到着とし、当該区間の1時間交通量を平均到着率とする。サービスに関しては、「道路の規格が与えられたとき、安全な車頭間隔を規格速度で走行するのに費やされる時間」をサービス時間とすると、サービス時間の逆数をもってサービス率、サービス時間の平均と平均値とする指数分布をもってサービス分布とする。なお、解析にあたっては、道路規格と規格速度及び安全車頭間隔との関係が明らかでないため統計的にサービス率を求めるが、その際、路線区間を単路部と交差部（ここでは信号交差を考慮する）とに分ける。交差部区間は、減速を開始する地点から停止地点までの後方区間と、停止地点から加速終了地点までの前方区間との和として定義され、それ以外の区間はすべて単路部区間とみなせる。単路部のサービス率は、大型車・勾配・線形・車線幅員及び側方余裕幅より構成され、交差部のサービス率は、大型車・右折車・左折車・信号周期及び有効線時間率より構成される。算出にために十分な実測データが得られなから、ために、既存の容量補正率に基づき計算を行った。以上より平均待ち時間が与えられ、 M 箇所の交差部を有する区間の所用時間 t_T は、次式により得られる。

$$t_T = \sum_{i=1}^M (Ct_{ai} + Ct_{oi} + Ct_{ni}) + (St_a + St_n) \cdot \left(TL - \sum_{i=1}^M CL_i \right)$$

ここに、 Ct_a, Ct_o, Ct_n は交差部での待ち時間、平均停止時間、規格走行時間、 St_a, St_n は単路部での待ち時間、規格走行時間、 CL は交差部区間長、 TL は路線長である。

3. 規模決定のあり方と評価モデル

規模決定法は、以下の条件を満たすべきである。

- (1) 統一的な根拠と評価基準を有すること。
- (2) 施設と手段との相対的バランスによって決定されること。
- (3) 数量的評価がなされていること。

1. 用地費	6. 運搬具償却費
2. 建設費	7. 燃料潤滑油費
3. 維持管理費	8. 人件費
4. 環境対策費	9. 時間費用
5. 固定資産税	10. 快適性費用

表-1 費用項目

- (iv) 理論的裏付けによる、ある評価基準を満たしている保証があること。
- (v) 不確実性を考慮していること。
- (vi) 技術性・社会性・経済性などの現実的状況と踏まえていること。
- (vii) 計画の決定者に具体的な情報と与えること。

このような条件を満たすものとして、費用便益基準と評価基準とする規模・容量決定モデルを定式化する。これは交通による便益を一定と考えることにより、交通客体1単位あたりの費用を最小とする規模及び交通量を最適とするものである。モデルを構成する費用は表-1に示すものを用いたが、この中で大きな比重を占めると思われる時間費用の算出については、前項の所用時間算定のためのモデルが有効に利用される。なお、費用を施設費用と走行費用及び時間費用に分類し、それぞれの比をパラメータ表示して扱う。

4. 規模-容量表作成手順

- 規模-容量表は次のように作成する。
- (i) 費用パラメータを設定する。
- (ii) 車線数、サービス率、到着率を設定する。
- (iii) 各費用パラメータ及びサービス率のもとで、車線数と到着率の組み合わせを設定する。
- (iv) 交差点を有する区間は交差点車線数を操作する。
- (v) それぞれの費用を計算し、最適解を選ぶ。

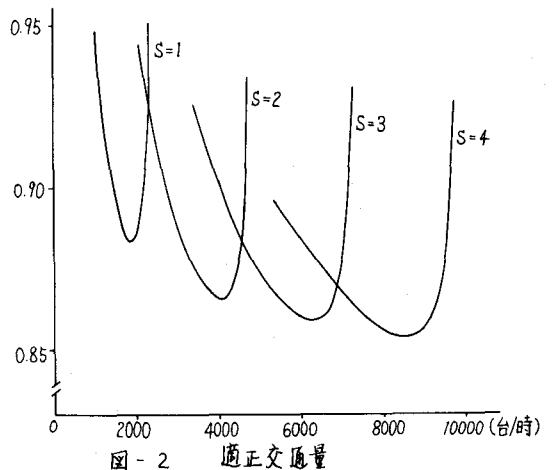
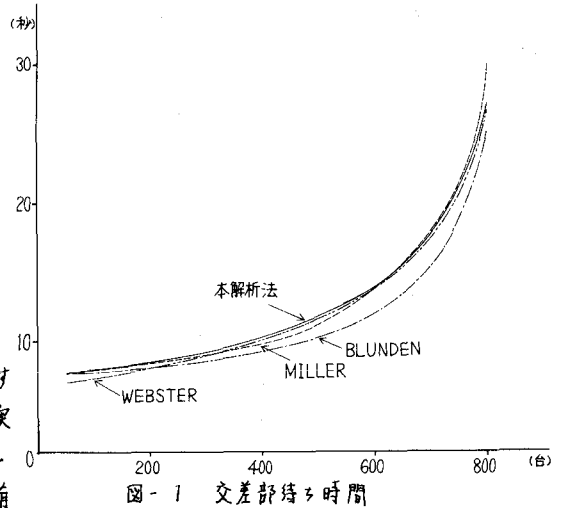
5. 解析結果

本解析モデルの整合性を見るため、交差点通過に要する待ち時間を計算したものが図-1である。これは、実際の現象をよく表わしているといわれている Webster, Millerらの結果とほぼ一致しており、実用上十分な整合性を有していると思われる。

図-2は費用パラメータ $\beta_1 = 0.30$, $\beta_2 = 0.30$, サービス率 2500 (台/時) のときの適正交通量が、1車線では 1860 台、2車線では 4000 台、3車線では 6200 台、4車線では 8400 台であることを示している。

表-2は費用パラメータ $\beta_1 = 0.30$, $\beta_2 = 0.40$, 単路部サービス率 2500 (台/時)、交差点サービス率 1010 (台/時)、単路部車線数2の路線の費用を示すもので、この場合は3車線へ車線数を増した時に適正となっている。総じて、2車線道路の場合は3~5車線へ思いきった車線増設をするのが有利となる結果となっており、一種の規模の経済性が生じている。

以上の議論より、待ち行列理論を用いた本解析法は、実測データあるいは車輛機能面から十分な精度をもってサービス率を決定することなどが今後の課題となるものの、簡略かつ十分な精度を有する方法として実用に耐えよう。また、いろいろな交通現象を持つ各種施設の規模-容量決定に関して、この考え方を生かすに、本研究の方法論は有用な情報と与え得るものといえる。



車線数	費用
2	0.63423
3	0.63088
4	0.63338
5	0.63634

表-2 交差点車線数と費用