

1. まえがき

料金徴収所における交通処理の問題は、待ちセ理論を用いて解析することが広く行われている。しかし実際の待ちセの現象には理論の仮定するような条件に適合しないことも多いと考えられる。そこで阪神高速道路の料金徴収所において交通現象の実測調査を実施し、さらにシミュレーションを行って料金徴収所の処理能力の検討を試みた。

2. 到着流の特性

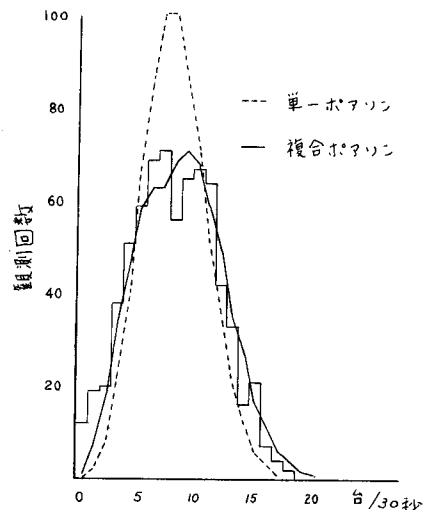
実測結果によると、ある時間内に到着する車の台数の分布は単一ポアソン分布よりも複合ポアソン分布に近く、到着流への信号や差点の影響がかなり大きいことが示された。図1は、350 m離れた丁字型差点から間けつ的に流入する交通と反対方向から継続して流入する交通が重なるような入路での観測例で30秒間に到着する台数の観測回数を示している。図2は、400 m離れた十字差点からの交通が流入してくる入路における観測例である。図中に実線で示される複合ポアソン分布はそれぞれ次式で表わされる。

$$P_n = 0.3(5)^n e^{-5}/n! + 0.7(5)^n e^{-5}/n!$$

$$P_n = 0.2(7)^n e^{-7}/n! + 0.45(11)^n e^{-11}/n! + 0.35(18)^n e^{-18}/n!$$

ただし P_n は30秒間に n 台の車が到着する確率である。

図1 到着台数の分布



3. サービス時間の特性

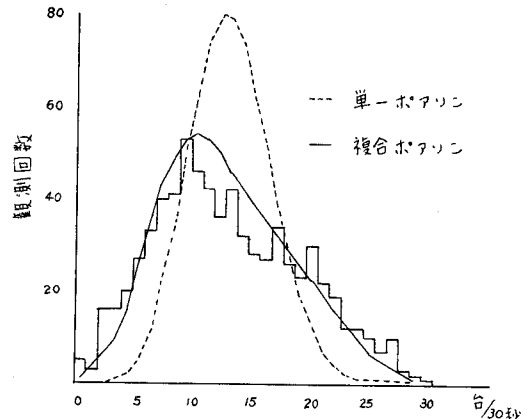
サービス時間の分布は、最小時間を2秒とする位相3のアーラン分布、または最小時間を3秒とする位相2のアーラン分布に近いことがわかった。図3に観測されたサービス時間の分布と最小時間を2秒とする指数分布および位相3のアーラン分布を示した。このアーラン分布は次式で表わされる。

$$P(t) = 0.108 t^2 e^{-0.6t}$$

ただし $P(t)$ はサービス時間が $(2+t, 2+t+dt)$ の間である確率である。

平均サービス時間は、車種比率、つり銭を要する車の比率、回数券を利用する車の比率などによって

図2 到着台数の分布



変化すると考えられる。そこでサービス時間を料金徴収所に車が停止してから発進するまでの処理時間と、車が発進してから次の車が停止するまでの車頭時間と隔に分けて、処理時間は車種ごとにつり銭あり、つり銭なし、回数券の平均値を、車頭時間と隔は普通車と大型車の組合せごとに平均値を求めた。結果は表1、表2に示すとおりである。これより平均サービス時間は次式で求めることができる。

$$T = A_1(1.8A_1 + 5.4A_2 + 0.7A_3) + B_1(2.6B_1 + 6.5B_2 + 0.9B_3) + 4.0A_1^2 + (4.7 + 5.9)A_1B_1 + 6.5B_1^2$$

ただしTは平均サービス時間、 A_1 は普通車の比率、 B_1 は大型車の比率、 A_1, A_2, A_3 は普通車のつり銭あり、つり銭なし、回数券の比率、 B_1, B_2, B_3 は大型車のつり銭あり、つり銭なし、回数券の比率、 $A_1 + B_1 = 1$ 、 $A_1 + A_2 + A_3 = 1$ 、 $B_1 + B_2 + B_3 = 1$ である。これらの比率は入路の立地条件によって異なるもので、通過交通の多い入路では大型車の比率とつり銭ありの比率は大きく、回数券の比率は小さくなることが予想される。

また、交通量と平均サービス時間の関係を求めると図4のとおりとなった。平均サービス時間は交通量が増加するにつれて減少する傾向があることがわかる。これは交通量が増えるにつれて料金徴収員や運転者の動作がばやくなること、運転者が待たされている間にあらかじめ料金の準備をはじめることのためであると考えられる。

4. 到着流、サービス時間の特性と処理能力の関係
到着流とサービス時間の特性が料金徴収所の処理能力に与える影響を調べるためシミュレーションを実施した。

モデルは2車線の入路を設定し、到着流がランダムでサービス時間一定(M/D/2)、ランダム到着でサービス時間が最小2秒の指数分布(M/M/2)、到着流が信号交差点によって変調されサービス時間一定(F/D/2)、変調到着でサービス時間が最小2秒の指数分布(F/M/2)の4ケースについてシミュレートした。平均サービスを6秒としたときの平均待ち時間と交通量の関係は図5のとおりとなった。このシミュレーションの結果は、交通量が小さいときは到着流の特性が処理能力に大きく影響するが、交通量が大きくなるにつれてサービス時間の特性の影響のほうが次第に大きくなる

図3 サービス時間の分布

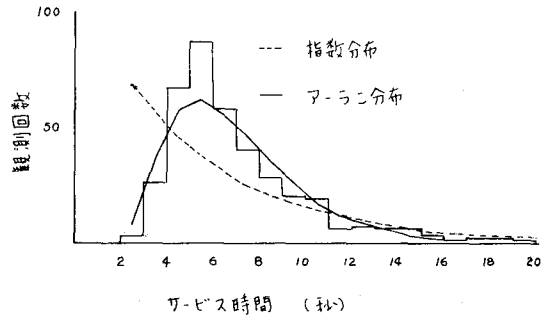


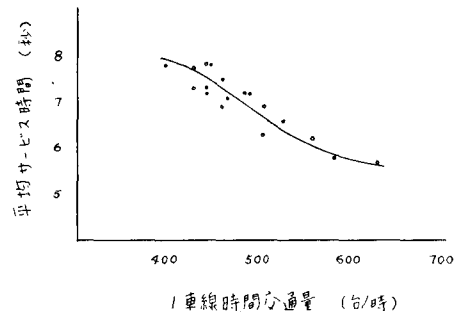
表1 平均処理時間

	つり銭なし	つり銭あり	回数券
普通車	1.8 秒	5.4 秒	0.7 秒
大型車	2.6	6.5	0.9
全車	1.9	5.6	0.8

表2 平均車頭時間と隔

普通車・普通車	普通車・大型車	大型車・大型車	大型車・普通車
4.0 秒	4.7 秒	6.5 秒	5.9 秒

図4 交通量-平均サービス時間



ことを示している。

図5 シミュレーション結果

5. 実測値とシミュレーションの比較

2車線の入路において実測された交通量と平均待ち時間の関係とシミュレーションで得られた結果を示すと図6のとおりである。シミュレーションは変調到着、指数サービス($F/M/2$)で平均サービス時間を5~8秒とした場合について行った。図中の破線は交通量と平均サービス時間の関係を考慮したものである。シミュレーション結果は実測値より平均待ち時間がやや大きくなっているが、指数分布のサービス時間をアーラン分布とすることによって

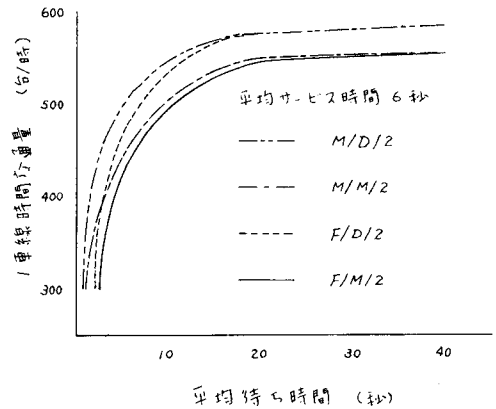
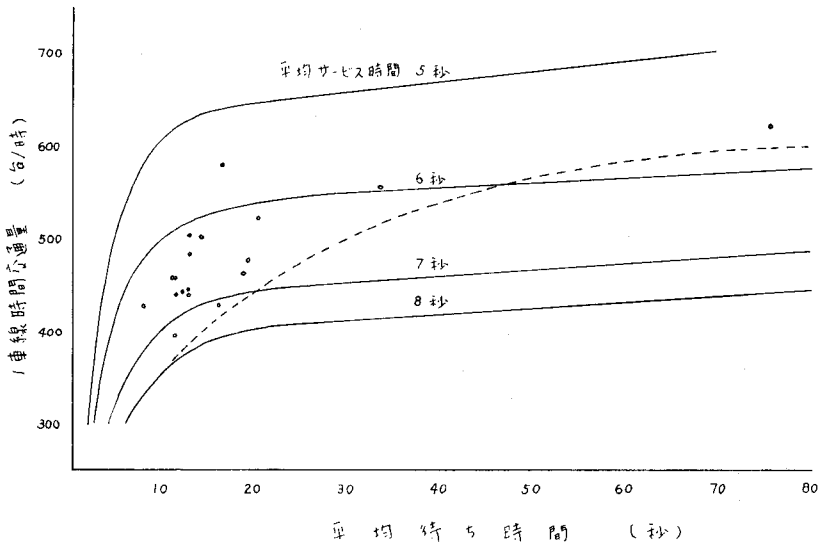


図6 交通量-平均待ち時間

この差はさらに小さくなるものと思われる。



6. まとめ

この調査研究は、防神高速道路の料金徴収所の処理能力に関するマニュアルを作成することを最終目標としているが、まだ充分なデータが得られていないといえる。さらに実測調査とシミュレーションを積重ねて研究をすすめたいと考えている。

図7 シミュレーションの概略フローチャート

