

運輸省港湾技術研究所

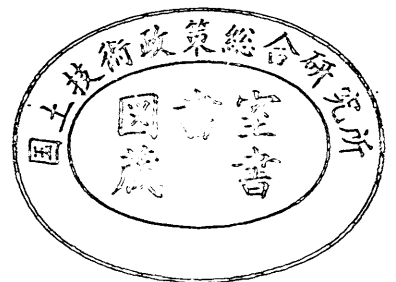
港湾技術研究所 報告

REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

資料係
文献複写
禁持出

VOL. 13 NO. 1 MAR. 1974

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第13巻 第1号 (Vol. 13, No. 1), 1974年3月 (Mar. 1974)

目 次 (CONTENTS)

1. 波浪の統計的性質に関する調査・解析……………合田良実・永井康平……………3
(Investigation of the Statistical Properties of Sea Waves with Field and Simulation Data……………Yoshimi GODA and Kohei NAGAI)
2. 海洋底における土質力学の問題……………中瀬明男…………… 39
(Geotechnical Problems of the Ocean Floor ……………Akio NAKASE)
3. ネガティブフリクションに関する実験と考察 (第1報)
……………高橋邦夫・沢口正俊・善 功企・篠原邦彦・橋本光寿…………… 65
(Experiment and Study on Negative Skin Friction on Piles (1st Report)
……………Kunio TAKAHASHI, Masatoshi SAWAGUCHI, Koki ZEN,
Kunihiko SHINOHARA and Koji HASHIMOTO)
4. ポアソン到着待ち合せモデルの数表——埠頭の数および泊地規模の決定——
……………奥山育英・笹嶋 博・早藤能伸・中井典倫子…………… 87
(Table of Poisson Arrival Queueing Model—Optimum Number of Berths and
Optimum Anchorage Requirements——……………Yasuhide OKUYAMA,
Hiroshi SASAJIMA, Yoshinobu HAYAFUJI and Noriko NAKAI)

4. ポアソン到着待ち合せモデルの数表

——埠頭の数および泊地規模の決定——

奥山育英*・笹嶋 博**・早藤能伸**・中井典倫子**

要 旨

オペレーションズリサーチの手法を用いて、港湾計画における主要な決定事項である、埠頭の最適数と泊地の最適規模を求める方法を開発し、利用しやすい形に図表化し、利用方法についても簡単にふれている。

具体的には、貨物船の入港分布、接岸時間分布を現実的な指数分布、アーラン分布とし、待ち合せ理論でいうところの $M/M/S$, $M/E_2/S$, $M/E_3/S$, $M/D/S$ の解を $S=1$ から 10 まで、 $\rho=0.05$ から 0.80 までの範囲で求め、その理論式の展開と、結果の図表化、具体的な港湾計画における利用方法を考察するとともに、この種の作業に欠かすことのできないアーラン分布表とポアソン分布表をも求めている。

* 設計基準部 システム研究室長

** 設計基準部 システム研究室

4. Table of Poisson Arrival Queueing Model

—Optimum Number of Berths and Optimum Anchorage Requirements—

Yasuhide OKUYAMA*

Hiroshi SASAJIMA**

Yoshinobu HAYAFUJI**

Noriko NAKAI**

Synopsis

In port and harbour planning, it is one of the major problems to determine the optimum number of berths and the optimum anchorage requirements.

This report approaches above problems by the aid of queueing theory which is one branch of Operations Research, regarding the arrival distribution and service distribution as Poisson distribution and Erlung distribution with phase 2 or 3, respectively, showing the queueing tables of $M/M/S$, $M/E_2/S$, $M/E_3/S$, and $M/D/S$ and the probability distribution tables of Poisson and Erlung with phase 1, 2 and 3, and referring simply to the way of using these results.

* Chief of the System Laboratory, Standard Division

** Member of the System Laboratory, Standard Division

目 次

要 旨	87
1. ま え が き	91
2. 数学モデル	91
2.1 $M M S$ モデルの解	93
2.2 $M E_2 S$ モデルの解	93
2.3 $M E_3 S$ モデルの解	93
2.4 $M D S$ モデルの解	94
2.5 結果の図表化	94
3. 図表の使用例	95
3.1 λ と μ および埠頭の建設コスト, 船の損失コストが与えられている 場合の最適な埠頭の数と泊地規模の決定	95
3.2 λ, μ, S が決定したときに泊地規模を推定する場合	95
3.3 λ, S , および泊地規模 N が決っている場合	95
4. あとがき	95
参 考 文 献	96

1. まえがき

港湾計画を行うにあたって、取扱貨物量が推定されると次に問題となるのは、港湾の規模である。規模という概念は場合によっては取扱貨物量までも含むが、物理的な規模に限定しても埠頭の数、泊地の広さ、上屋、倉庫等の貨物貯留場所の広さ、エプロンの巾、臨港道路の数等々までを含む。このような港湾の規模を一括して扱うには各々の規模を決定する要因が多くなりすぎることで、および各々の規模はお互いに関連しあっているもののお互いの結合部分での関係を明確にさせたいおけば、各々の最適規模を考察してからすべてを結合するという接近方法が可能なることの二つの理由から、今回は埠頭の数と泊地規模について数学モデルを作成し、ある判断基準を設けたときの最適数および規模を決定する方法論を考察し、利用しやすいように図表を提示した。

2. モデルの概要

埠頭の数および泊地規模を決定するにあたって、ここで取扱う施設、すなわち、埠頭および泊地ということばの適用の範囲を定義する。

埠頭：貨物船が接岸して荷役を行うために船舶が接岸する所定の場所。従って、貨物船バースと同義であるとし、旅客およびその他の目的に供するバースはここでは考えないとする。

泊地：埠頭に先着した貨物船が接岸して新しく入港した貨物船が着岸すべき埠頭がない場合に先着した船舶が離岸して埠頭が空くまでの間停泊するための水域。

従って、入港した貨物船は先着した貨物船が埠頭に接岸して着岸する場所がない場合には、先着した貨物船の荷役が終了して離岸するまでバース待ちをし、接岸している先着貨物船が離岸してはじめて着岸する。この場合、泊地で先着貨物船が既にバース待ちをしているときは着岸順序は先着順 (FIFO— First In First Out) とする。

このようなモデルは、商店における客の到着と店員の数、病院における外来患者の到着と医師の数と待合室の広さ、切符売場等における客の到着と窓口の数等と同様なモデルで論ずることが可能であり、一般的な待ち合せ理論を応用できることとなる。すなわち、患者の到着数に対して医師の数が少いと、患者の待ち時間が増大し、同時に待ち患者数も増加することから待合室を広くする必要が生ずる現象がみられるが、このことは、貨物船の到着隻数に対して埠頭の数が少いと、貨物船のバース待

ち時間が増大し、同時に泊地規模も広大にしなければならないことと同様である。待ち合せ理論における方法を用いると、埠頭の建設コスト、貨物船がバース待ちをすることによる損失コスト、泊地の建設コストを考慮することにより、埠頭の最適数や泊地の経済的な最適規模が求まる。もしも、コスト以外の社会的メリット、デメリットが何らかの方法で数量化できて金額に換算できるならば、それらを考慮した最適規模が容易に求められよう。さらに、埠頭の数や泊地規模が、物理的あるいは社会的理由から制限を受ける場合に、所定の貨物量をさばくために荷役効率をどこまであげるべきかを知りたいときには、その貨物量から貨物船の到着隻数を算定したうえで、制限を受けているバース数と泊地規模から、待ち合せ理論の結果を用いて、適切な接岸時間、いいかえれば、遊び時間等を差し引いて所要の荷役時間が得られ、荷役の効率をそこまで上げない限り、その制限下での埠頭数や泊地規模では所定の貨物量が取り扱えないことが判明される。

ここで、注意すべきことは、港湾における待ち現象が商店や病院の現象と類似している点もあるが、客や患者や貨物船の到着がそれぞれ異なること、店員の応対時間、患者の診療時間、貨物船の接岸時間がそれぞれ異なることの二点から、港湾独自の待ち合せ理論を展開する必要が生ずることである。そのためには、港湾における貨物船の入港の型と接岸時間の型を見出せばよく、その点については多くの報告書*が入港分布については入港時間隔が指数分布**、接岸時間についてはフェーズ2または3のアーラン分布、あるいは対数正規分布等いずれも山が左側にずれている分布であることが確かめられている。(図-1参照)

従って、ここでは貨物船の入港分布としては指数分布を用い、接岸時間としてはフェーズ2または3のアーラン分布を用いて待ち合せ数表を作成したが、最も簡単なケースとして知られている接岸時間が指数分布の場合、および連立方程式を解くことにより容易に得られる接岸時間が一定時間(レギュラー分布)である場合をつけ加えた。その理由は、指数分布はランダムな現象の発生時間隔であり、レギュラー分布は等時間隔毎に起る現象の発生時間隔であることから、在港時間の分布がフェーズ2または3のアーラン分布でない場合でも最悪の両者の間にあることは確実であることから両極端のケースとし

* 文献 1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9), 10), 11), 12), 13), 14), 15), 16), 17), 18)

** 一定時間隔に入港する隻数の分布がポアソン分布であることと同じことである。

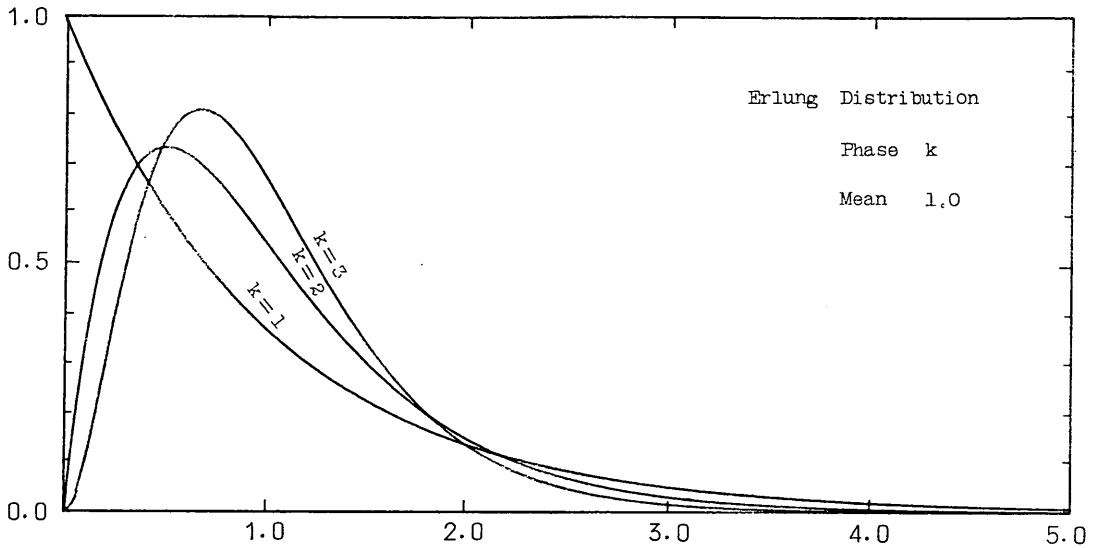


図-1 アーラン分布

て付け加えた。数学的にいっても、指数分布はフェーズ1のアーラン分布であり、レギュラー分布はフェーズ ∞ のアーラン分布であること、また、平均値が a の場合にフェーズ n のアーラン分布の分散は a/n であることから、 $n=1,2,3,\infty$ の4ケースを考察しておけば実用に耐え得るとみて4ケースに留めた。以下、各ケースについて理論式を示すが、そのまえに、待ち合せ理論で用いるケンドールの記号以下弱干の語句について述べる。

ケンドールの記号とは、ここで取扱っている待ち合せの型、すなわち、入港—接岸または待ち—待ちの後に接岸—接岸後に出港という型の場合に、入港分布、接岸時間分布、バース数（商店の場合でいえば、客の到着分布、店員の対応時間分布、店員数に対応する）を分布型により記号化したものであり、分布については次の英字で示されたものである。

M : 指数分布（到着分布に用いる場合は、一定時間内の到着数がポアソン分布であることと同じここである）

E_n : フェーズ n のアーラン分布

D : レギュラー分布

G : 一般の分布

これらの英字を用いて、到着分布がポアソン分布で、サービス時間分布（貨物船の場合の接岸時間分布）がレギュラー分布で、店員の数（貨物船の場合のバース数）が S である場合の待ち現象を、 $M/D/S$ と記す。ケンドールの記号を用いると、これから取扱う4ケースは、

$M/M/S$ （または $M/E_1/S$ ）

$M/E_2/S$

$M/E_3/S$

$M/D/S$ （または $M/E_\infty/S$ ）

と表わされる。

ここで取扱っている型の待ち現象がケンドールの記号により説明されたが、実際の待ち現象を詳述するには分布型やバース数 S の他に、分布を決定すべきパラメーターが残っている。アーラン分布の場合は平均値を与えると分布形が決定するので、到着に対しては平均到着時間間隔を $1/\lambda$ とし、接岸時間に対しては平均値を $1/\mu$ とする。従って、 λ は単位時間あたりの平均到着数であり、 μ は1バースの単位時間あたりの処理能力（隻数）であると考えられる。

バース数が1の場合に、平均在港時間が平均到着時間間隔よりも大きいと、時間の経過に伴って待ち船数が増加していくことから、

平均接岸時間 < 平均到着時間間隔

すなわち、

$$1/\mu < 1/\lambda$$

が成立しなければならない。バース数が S の場合には、

$$1/\mu < S \times 1/\lambda$$

が成立しなければ、待ち船数が増加してゆくことは $S=1$ の場合と同様であり、このことから

$$\rho = \lambda/S\mu$$

は、 $0 < \rho < 1$ であって、 ρ が0に近いときは待ちが余り生じないこと、 ρ が1に近づくとき待ちが増加すること

が、予想される。さらに、 ρ は理論的に（理論的に解けない場合は数値解で確かめると）バースの利用率と完全に一致する。いかえれば、バース数 S の場合に T 時間観測して、貨物船がバースに接岸している時間のバース毎の累計時間を T' とすると、 T を十分大にとると $T'/(S \times T) = \rho$ が成立する。従って、埠頭の遊休率は $1 - \rho$ で与えられる。

また、ここでは待ち現象のシステム全体にいる貨物船の隻数 i の確率 p_i を求めることを目的とする。本来 p_i は、時刻 t の関数で $p_i(t)$ と記すべきであり、時刻 0 におけるシステム全体にいる貨物船の隻数 i_0 にも依存するが、 $t \rightarrow \infty$ とすると定数になることが、ほとんどの場合確かめられているので、 i_0 に関係なく考察が可能となる。このような解 $\{p_i\}$ を定常解とよび、時刻 t に依存しなくなった状態を定常状態とよぶ。

2.1 M/M/S の解

ここでは、到着分布がポアソン分布、接岸時間分布が指数分布の場合を取り扱う。この場合は、待ち合せ理論の成書*で必ず取扱っており、定常解 $\{p_k\}$ は、

$$p_k = \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!} p_0 \quad (k \leq S)$$

$$p_k = \frac{S^S (\lambda/S\mu)^k}{S!} p_0 \quad (k > S)$$

$$\text{但し } p_0 = \left\{ \sum_{k=0}^{S-1} \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!} + \frac{(\lambda/\mu)^S}{(S-1)!(S-\lambda/\mu)} \right\}^{-1}$$

で与えられる。

2.2 M/E₂/S の解

接岸時間分布がフェーズ 2 のアーラン分布の場合は、バース数 S の場合理論的に解かれているといえるが**、それはあくまでも理論的であり、直ちに計算できるという形の計算式で与えられているわけではないことから以下で述べるように数値的に解いた。

まず、平均値が a であるフェーズ n のアーラン分布は、平均値が各々 a/n である n 個の互に独立な指数分布に従う確率変数の和と考えられるから、アーラン分布のサービスを受ける場合には何番目の指数サービスを受けているかを知らば、あとは M/M/S の場合と同様に指数分布の特性を生かして処理することが可能である。

系内に k 隻いる確率 p_k を求めるために、系内に k 隻いる状態をフェーズ 2 として考えると、

i) $k \leq S$ の場合

この場合には、 k 隻はすべて接岸しており、そのうちの i 隻が 1 番目の指数サービスを受け、 j 隻が 2 番目の指数サービスを受けている合計 $(k+1)$ 個の状態

に分割される。それらの状態確率を p_{ij} と記す。 ($i+j=k, 0 \leq j \leq k$)

ii) $k > S$ の場合

この場合には、 S 隻は接岸しているが、残る $(k-S)$ 隻はバース待ちをしているわけであり、状態は i 隻が 1 番目の指数サービスを受けており、 j 隻が 2 番目の指数サービスを受けている合計 $(S+1)$ 個の状態に分割される。それらの状態確率を $p_{k-S+i,j}$ と記す。 ($i+j=S$)

このように状態を細分すると、細分された状態の定常状態での状態確率 p_{ij} の間で次式が成立する。

$$(\lambda + j \times 2\mu + [x] \times 2\mu) p_{ij} = \lambda p_{i-1,j} + (j+1) \times 2\mu p_{i,j+1} + [x+1] \times 2\mu p_{i+1,j}$$

$$(i=0, 1, 2, \dots; j=0, 1, 2, \dots, S-1, S)$$

但し、右辺で $i-1 < 0$, および $j+1 > S$ のときは、 $p_{i-1,j} = 0$, $p_{i,j+1} = 0$ とし、 $[x] = \min(x, S)$ とする。

この連立方程式は解けないので、系内に m 隻いる確率がほとんど 0 となるような十分大なる m をとって、そこで打切ることにより有限次元の連立方程式に帰着して数値的に各々の p_{ij} を求め、最終的に k 隻いる状態確率 p_k を

$$p_k = \sum_{i+j=k} p_{ij}$$

として求めた。具体的な m の数値としては $p_m < 0.000001$ なるような m を用いた。

2.3 M/E₃/S の解

2.2 と同様であるが、この場合は 1 番目、2 番目、3 番目と 3 個の指数サービスを受けるわけであり、 k 隻いるという状態は、フェーズ 3 であることを考慮すると次の様に分割される。

i) $k \leq S$ の場合

この場合には、 k 隻はすべて接岸しており、そのうちの i 隻が 1 番目の指数サービスを受け、 j 隻が 2 番目の指数サービスを受け、 $l (=k-i-j)$ 隻が 3 番目の指数サービスを受けているという合計 $(k+1)(k+2)/2$ 個の状態に分割される。それらの状態の定常状態における状態確率を p_{ijl} と記す。 ($i+j+l=k$ で、 i, j, l は 0 以上 k 以下の整数のすべての組である)。

ii) $k > S$ の場合

この場合には、 S 隻は接岸しているが、残る $(k-S)$ 隻はバース待ちをしているわけであり、接岸している S 隻が、1 番目の指数サービスを受けている隻数 i 、2 番目の指数サービスを受けている隻数 j 、3 番目の指数サービスを受けている隻数 $l (=S-i-j)$ のすべて

*) 文献 20), 21), 22)

**) 文献 23)

の組合せ $(S+1)(S+2)/2$ 個の状態に分割される。これらの状態の定常状態における状態確率を $p_{k-S+i,j,l}$ ($i+j+l=S$) と記す。

このように状態を細分すると、細分された状態の定常状態での状態確率 p_{ijl} の間で次式が成立する。

$$\begin{aligned} & (\lambda + [i] \times 3\mu + j \times 3\mu + l \times 3\mu) p_{ijl} \\ & = \lambda \times p_{i-1,j,l} + [i+1] \times 3\mu p_{i+1,j-1,l} \\ & + (j+1) \times 3\mu p_{i,j+1,l-1} + (l+1) \times 3\mu p_{i,j,l+1} \\ & (i=0, 1, 2, \dots, j, l=0, 1, 2, \dots, S-1, S) \end{aligned}$$

但し、右辺で $i-1 < 0$, $l-1 < 0$, $j+1 > S$, および $l+1 > S$ となるような添字を伴った項は 0 とし、

$$[x] = \min(x, S) \text{ とする。}$$

この連立方程式は、解けないので系内に m 隻いる確率がほとんど 0 となるような十分大なる m ($p_m < 0.0000001$ とした) をとって、そこで打切ることにより有限次元の連立方程式に帰着して数値的に各々の p_{ijl} を求めるのは 2.2 と全く同様である。最終的には、系内に k 隻いる確率 p_k を求めるが、それは

$$p_k = \sum_{i+j+l=k} p_{ijl}$$

より求めた。

2.4 M/D/S の解

この場合は、 $M/M/S$ の場合同様、単純な連立方程式に帰着し^{*}、具体的な p_k の式は求まらないが、数値的には容易に求まる。

2.5 結果の図表化

以上 4 ケースの各々に対して、 $S=1$ から $S=10$ までを $\rho=0.05$ から 0.95 まで 0.05 刻みで結果 $\{p_k\}$ を求め、それらの累積分布 $\{q_k\}$ を片対数グラフの上に表わしたのが図 1-1-1 ~ 図 1-4-10 である。

ここで

$$q_k = \sum_{i=0}^k p_i$$

であり、図において横軸は ρ の値、縦軸は累積確率を対数尺で表わし、曲線は下から順に $q_0, q_1, q_2, q_3, \dots$ の順である。横軸の ρ に関しては結果は $\rho=0.95$ まで求めたが、 $p \geq 0.8$ の部分は曲線が重なって判別が難しくなること、港湾においては ρ の値は $0.2 \leq \rho \leq 0.8$ で十分なことから $\rho \geq 0.8$ は省略した。

図 2-1-1 から 図 2-1-10 は $M/M/1$ から $M/M/10$ の結果であり、図 2-2-1 から 図 2-2-10 は $M/E_2/1$ から $M/E_2/10$ の結果であり、図 2-3-1 から 図 2-3-10 は $M/E_3/1$ から $M/E_3/10$ の結果であり、図 2-4-1 から 図 2-4-10 は $M/D/1$ から $M/D/10$ の結果である。

具体的に図のよみ方を説明すると、図 2-1-1 を例にと

ると、 $\rho=0.4$ のときには一番下の q_0 カーブは 0.60 であり、 q_1 カーブは 0.84 , q_2 カーブは 0.94 , q_3 カーブは 0.97 , q_4 カーブは 0.99 であることが図よりよみとれる。このことから $p_0=0.60$, $p_1=q_1-q_0=0.24$, $p_2=q_2-q_1=0.10$, $p_3=q_3-q_2=0.04$, $p_4=q_4-q_3=0.02$ とわかる。すなわち、バース数が 1 で $\lambda/\mu=0.4$ でしかも入港時間隔分布と在港時間分布が指数分布で近似できるときには、バースが空いている確率は 0.60 , バースに接岸している待ち船のない状態の確率は 0.24 , 1 船待っている状態 (従って系全体には 2 隻いる状態であり $k=2$ として) の確率は 0.10 , 以下次々に状態確率が求まる。また $q_4=0.99$ ということから、 $S=1$ を考慮すると、3 隻分の泊地を用意しておけば、まず 100 日のうち 99 日は正常に活動でき、待ち船数が 4 隻以上となるのは、残りの 1% であることがわかる。

次に、図 3 に平均在港隻数を、図 4 に平均待ち船隻数を示した。図 3、図 4 の次の 1, 2, 3, 4 は、 M/M 型、 M/E_2 型、 M/E_3 型、 M/D 型であり、各々の図において、横軸に ρ を縦軸に隻数を対数尺でとり、10本の曲線は上から $S=1, S=2, \dots, S=10$ の場合である。

平均在港隻数 L , 平均待ち船隻数 L_q , 平均在港時間 (港内にいる時間で入港から出港までの平均時間であり、バース待ち時間と接岸時間の和の平均時間) W , 平均待ち時間 W_q の間には、次の関係式が常に成立するので、図 2、図 3 より船舶の平均在港時間および平均待ち時間も容易に求まる。

$$L = \lambda W, L_q = \lambda W_q$$

さらに、到着分布が指数分布で、サービス分布が一般の分布の場合に $S = \infty$ とすると定常解は平均 λ/μ のポアソン分布になることが確められている^{*}。このことは、

S が有限の値の場合には、 $\sum_{k=S}^{\infty} p_k$ がほとんど 0 に等しければ、待つ確率がほとんど 0 あることと同じで、実質的には $S = \infty$ と同様の意味をもち、 $\{p_k\}$ は平均 λ/μ のポアソン分布に一致する。 ρ と S で表わすと、 $\rho = \lambda/S\mu$ より、平均 $S\rho$ のポアソン分布に従うこととなる。従って、十分大なる S に対して ρ が小さく、 $\sum_{k=S}^{\infty} p_k$ がほとんど 0 に等しいときは、どの場合でも $\{p_k\}$ は平均 $S\rho$ のポアソン分布になる。 $\sum_{k=S}^{\infty} p_k$ は、新たに到着した船が待つ確率であり通常 Π で記す。 M/M 型の場合に、 $S=1 \sim 90$, $\rho=0.05 \sim 0.95$ に対する Π の値を表-1 に示す。

表-1 から、 $S=30, \rho=0.5$ の場合をみると、 $\Pi=0.0004$

^{*} 文献 21)

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

とほとんど0に近いと考えられるから、港内に k 隻いる確率は、平均 $S\rho=15$ のポアソン分布に従うと考えられる。平均10までのポアソン分布表は付表-2にのせたが、平均10以上のポアソン分布は正規分布で近似できることから在港隻数95%の限界値は、平均値を m 、標準偏差を σ とすると正規分布表より $m \pm 1.96\sigma$ が95%限界値であることおよび平均15のポアソン分布の標準偏差は $\sqrt{15} \approx 3.87$ であることから、7隻以上23隻以内の船が在港している確率が0.95とわかる。正規分布の対称性から23隻以上となる確率は0.025であることも得られる。

3. 図表の使用例

ここでは、簡単な判断基準を設けて埠頭の数、泊地規模、荷役効率の上昇分等の算出を試みる。複雑な場合にも、図表の意味を理解すれば容易に応用可能である。

3.1 λ と μ および埠頭の建設コスト、船の損失コストが与えられている場合の最適な埠頭の数と泊地規模の決定

まず、埠頭の建設コストを1バースあたり C_b 、貨物船のバース待ちによる単位時間あたりの損失を C_w とする。 S バース建設したとすると建設コストは $S \times C_b$ であり、 S バースのときの平均待ち時間 W_q を求めるには、図-4により、 $\rho = \lambda/S\mu$ をよみ、それを上へのぼして上から S 番目の曲線との交点から縦軸の値平均待ち隻数 L_q をよみ、 λ で除して、 $W_q = L_q/\lambda$ が求まる。次に考察すべき期間を T （単位時間に直す）とすると、期間 T の間に入港する船は λT 隻で、一船平均 $W_q = L_q/\lambda$ （単位時間）だけ待つから、船の損失の合計は $\lambda \cdot T \cdot L_q/\lambda \cdot C_w$ で与えられる。従って、全体の費用 C は

$$C = S \times C_b + T \cdot L_q \cdot C_w$$

で与えられ、これを最小とする S を見い出せばよい。この場合、 M/M の表を使用するか、 M/E_2 か M/E_3 か M/D かのどれを選択するかが問題として残っているが、これは、在港時間のヒストグラムを作って、図-1のどの形に最も近いかをみればよい。具体的に分布の適合度の検定（ χ^2 -検定）を行えるよう、平均1の指数分布、フェーズ1のアーラン分布、フェーズ2のアーラン分布の密度と累積分布を付表-1, 2, 3に示す。平均 a の分布に直すには、 a 倍した値の欄をみて、密度に関しては $1/a$ の値を採用し（全確率の和を1にするため）、分布に関してはそのままの値を用いればよい。

3.2 λ , μ , S が決定したときに泊地規模を推定する場合

在港時間の分布形に関しては3.1同様の処置をし、場

合によっては $M/D/S$ の場合をも考慮して、どの図を採用するかをはじめに決める。その図の $\rho = \lambda/S\mu$ の値を縦に上へのぼして、0.95, 0.99, 0.999等との交点を通り過ぎる曲線 q_k を求め、 $k-S$ をもって泊地の規模とすればよい。 $k-S \leq 0$ のときは $k=0$ でよい。0.95と0.99と0.999等の限界値の設定は、別途決定する。その決定の基準は、年間何日以内ならば泊地が満杯になっても、何らかの処置（例えば、他の泊地の転用、その期間だけ荷役能率をあげて在港時間の短縮化等）によりそれを回避できるかによる。

3.3 λ , S , および泊地規模 N が決まっている場合における μ の算定

この場合も在港時間の平均値 $1/\mu$ を求めるにあたってそのままに在港時間の分布形を決定する。その決定がなされたら、 S の場合の図表より、 $k=S+N$ として、 q_k 曲線（下から $k+1$ 番目の曲線）が0.95, 0.99, 0.999等計画決定者があらかじめきめておいた限界水準よりも小となるような ρ を見出し、 $\mu = \lambda/S\rho$ を計算して μ が求まる。

4. あとがき

埠頭の数および泊地規模の決定方法は、現在のところ、港湾工学における他分野の設計方法等と比較すると非常に遅れており、港湾構造物設計基準においても、“埠頭の規模は、その港を利用する貨客の数量、種類、荷姿および海陸の輸送機関の実状を把握し、将来の貨物量の増大、船型的大型化など輸送体系の変化を十分考慮に入れて決めなければならない”とあり、では具体的にどうかとなると、構造物の設計基準の様にきめ細い基準は存在していない。

このような状況の下で、埠頭の規模を決定する複雑なメカニズムから離れて、単純なO.R.的接近方法が在来行われてきたが、それらを整理し、また新しく付け加えてまとめたのが本報告であり、O.R.的見地からみた場合の埠頭の数と泊地規模の決定方法を簡単な例をとって示し、広く港湾関係者の批判をあおぐものである。

本報告書において、実在する港における現状とここで紹介したモデルによる結果と、どの程度一致しているか、どこから一致なくなるかについて触れられなかったことが惜しまれるが、現在、ブラックボックス的なこの分野に対する第一次近似とみなして頂ければ著者らの努力は十分酬われたといえよう。

現在、システム研究室においては、モデルとはなれた港湾活動の実情についても調査研究しており、両者の結

果を統合して、第二次近似解をも模索中である。更に、今回は埠頭の数と泊地規模のみに留めたが、埠頭の貯留容量に対する O. R. 的接近をも試みており*、埠頭全体の規模決定に対する方法論を、今回同様、第一次近似解という形で報告する予定である。

終りにあたって、わが国でも比較的早い時期にあたる昭和30年頃からはじまった港湾計画への O. R. の導入が途中でストップしていたにも拘らずここまで進歩できたことは前システム研究室長工藤和男氏ならびに港湾局諸先輩のおかげであり、ここに深く感謝の意を表する次第である。
(1973年12月20日受付)

参 考 文 献

- 1) 第二港湾建設局「10. 輻奏の問題(待ち合せ又は順番待ちの理論)」港湾技術要報No. 20, 1958
- 2) 第三港湾局設計班「摩耶埠頭計画及び設計概要(第二次作業の取括め)」1958
- 3) 第二港湾建設局京浜港工事事務所「山下埠頭利用計画書」1958
- 4) 長尾義三「港湾技術の発展に関する方法論的研究」第三港湾建設局 1959
- 5) 北海道開発局港湾部「電子計算機の港湾技術への導入(入港船舶のシミュレーション分析)」第12回直轄港湾技術研究会資料 1961
- 6) 片山猛雄, 石渡友夫「38. 待ち合せ理論の港湾計画への応用(特に泊地面積の検討とそのための調査)」第5回技術研究発表会「報文集」北海道開発局1961
- 7) 第二港湾建設局京浜港工事事務所「横浜港公共埠頭の計画」1961
- 8) 第三港湾建設局神戸調査設計事務所「業務資料, 六甲埠頭のバース計画に関する基礎的研究」1964
- 9) 港湾局, 第三港湾建設局「雑貨埠頭計画調査中間報告」1964
- 10) 工藤和男, 高野聖三, 奥山育英「埠頭の取扱い能力についての研究」港湾技術研究所報告第4巻8号, 1965
- 11) 佐藤肇「雑貨輸出入埠頭計画論」第三港湾建設局業務資料, 1965
- 12) 港湾局「埠頭標準能力調査報告書」1966
- 13) 第二港湾建設局, 第五港湾建設局「港湾計画の標準化へのアプローチ(埠頭施設編)」第17回直轄技術研究会討議 No. 10, 1966
- 14) 港湾局「埠頭標準能力調査報告書(内貿編)」1967
- 15) 第一港湾建設局「埠頭能力調査報告書」1968
- 16) 「港湾における船舶の接岸待ち時間の予測」港湾荷役 Vol. 13, No. 4 港湾荷役化協会 1968
- 17) 奥山育英, 工藤和男, 中村松子, 中井典倫子「待ち合せ理論の港湾への適用に対する考察——その前提条件の実証的解析——」港湾技研発表会講演概要 1968
- 18) 笹嶋博, 工藤和男, 中井典倫子「石油製品積出しバースの特性」港研資料 No. 151, Dec. 1972
- 19) 奥山育英, 工藤和男「埠頭のシステム設計について——容量の決定——」港湾技研講演会講演概要, 1973
- 20) 森村英典, 大前義次「待ち行列の理論と実際」日科技連ライブラリー⑦, 1962
- 21) 本間鶴千代「待ち行列の理論」理工学者 1966
- 22) W. Feller「An Introduction to Probability Theory and Its Applications」volume 1, JohnWiley & Sons, 1957
(邦訳) 河田竜夫他「確率論とその応用(上・下)」現代経営科学全集5, 紀伊国屋書店 1961
- 23) John C. HEFFER「Steady-State Solution of the $M/E_k/C(\infty, \text{FIFO})$ Queueing System」Canadian Operational Research Society, Vol. 7, No. 1, March 1969
- 24) 工藤和男: A Practical Approach to the Average Waiting Time of $M/G/S$ Type Queueing Models, 港研報告11巻1号, 1972

*) 文献 19)

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

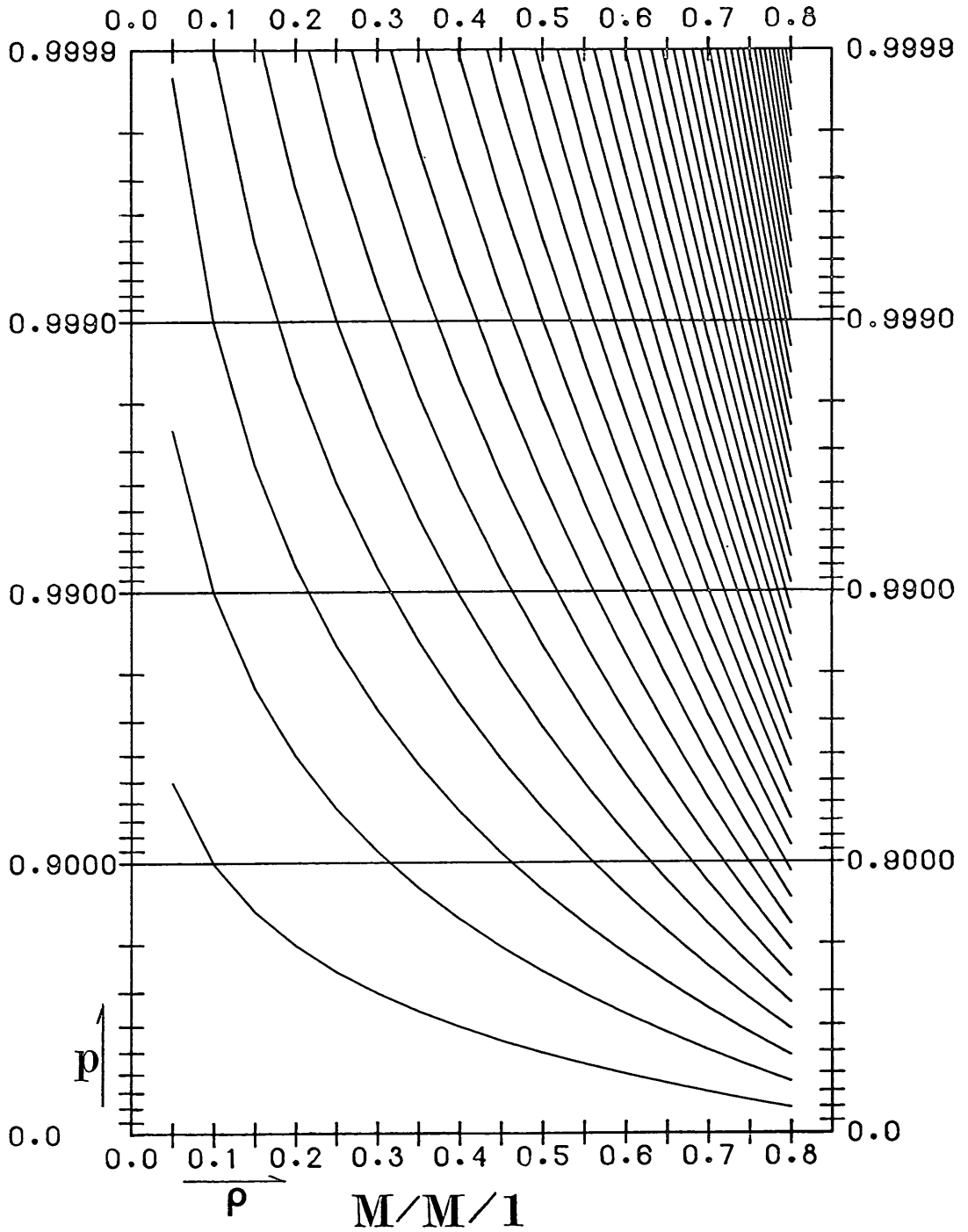


図-2-1-1 状態確率分布 $M/M/1$

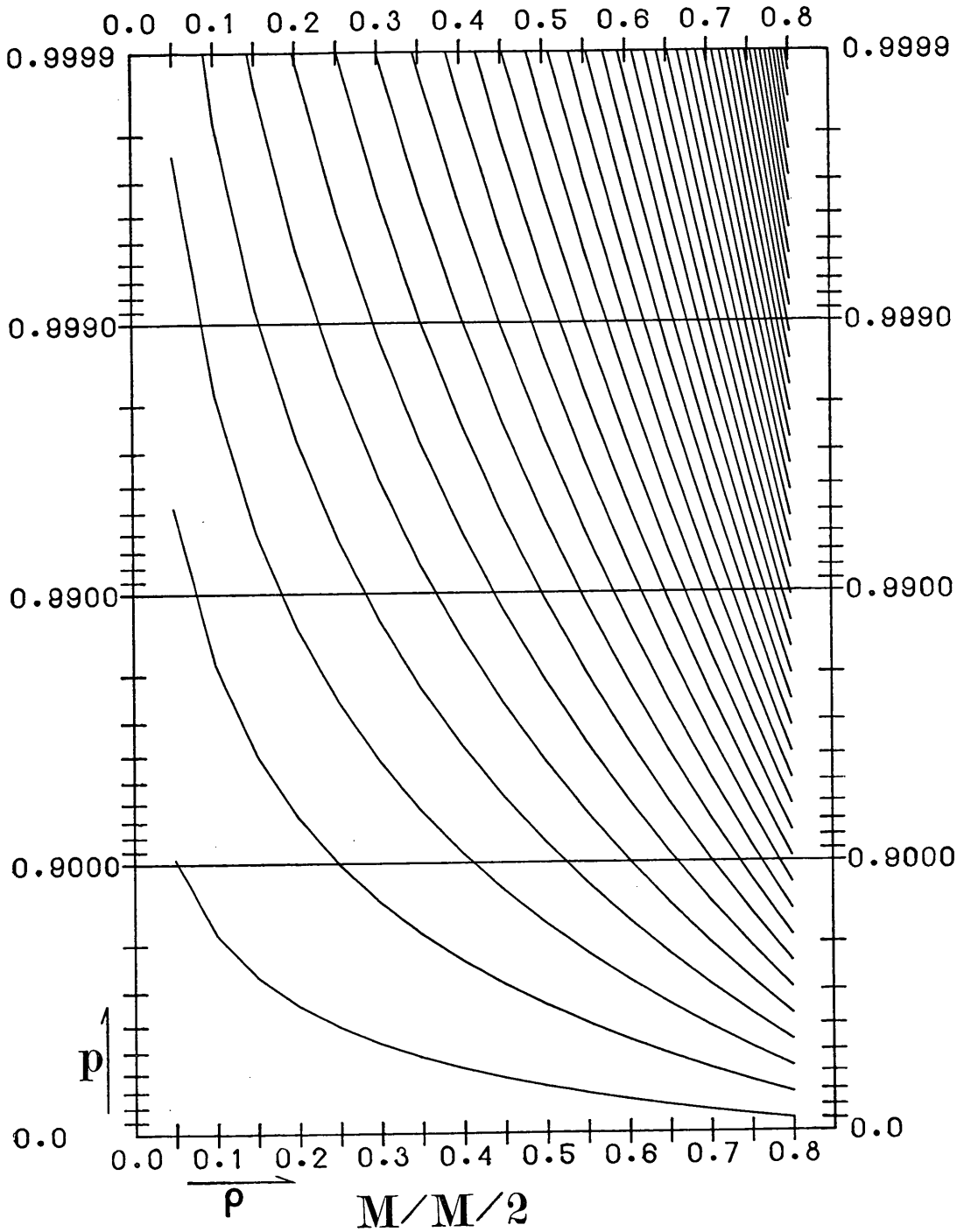


图-2-1-2 状态確率分布 $M/M/2$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

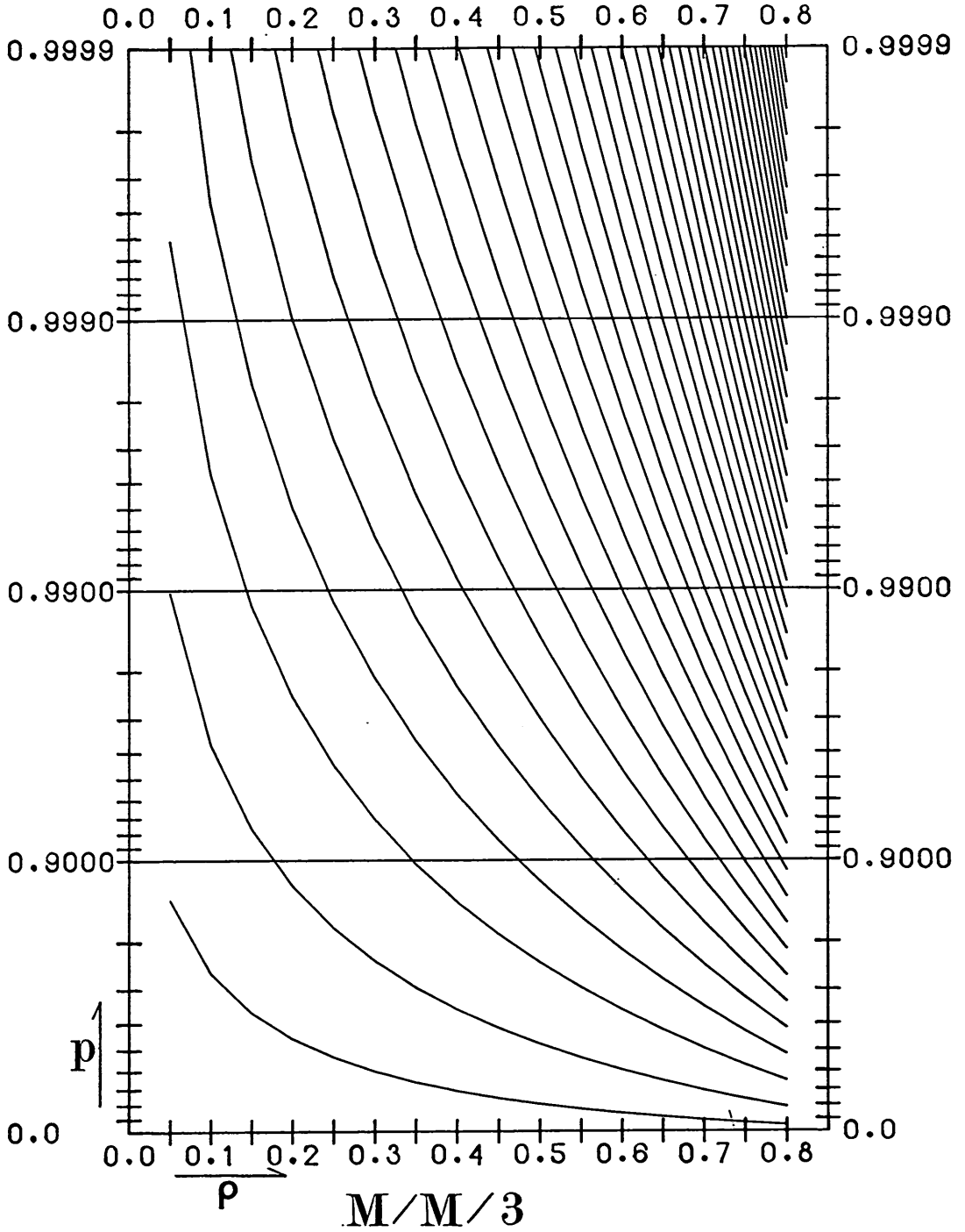


図-2-1-3 状態確率分布 $M/M/3$

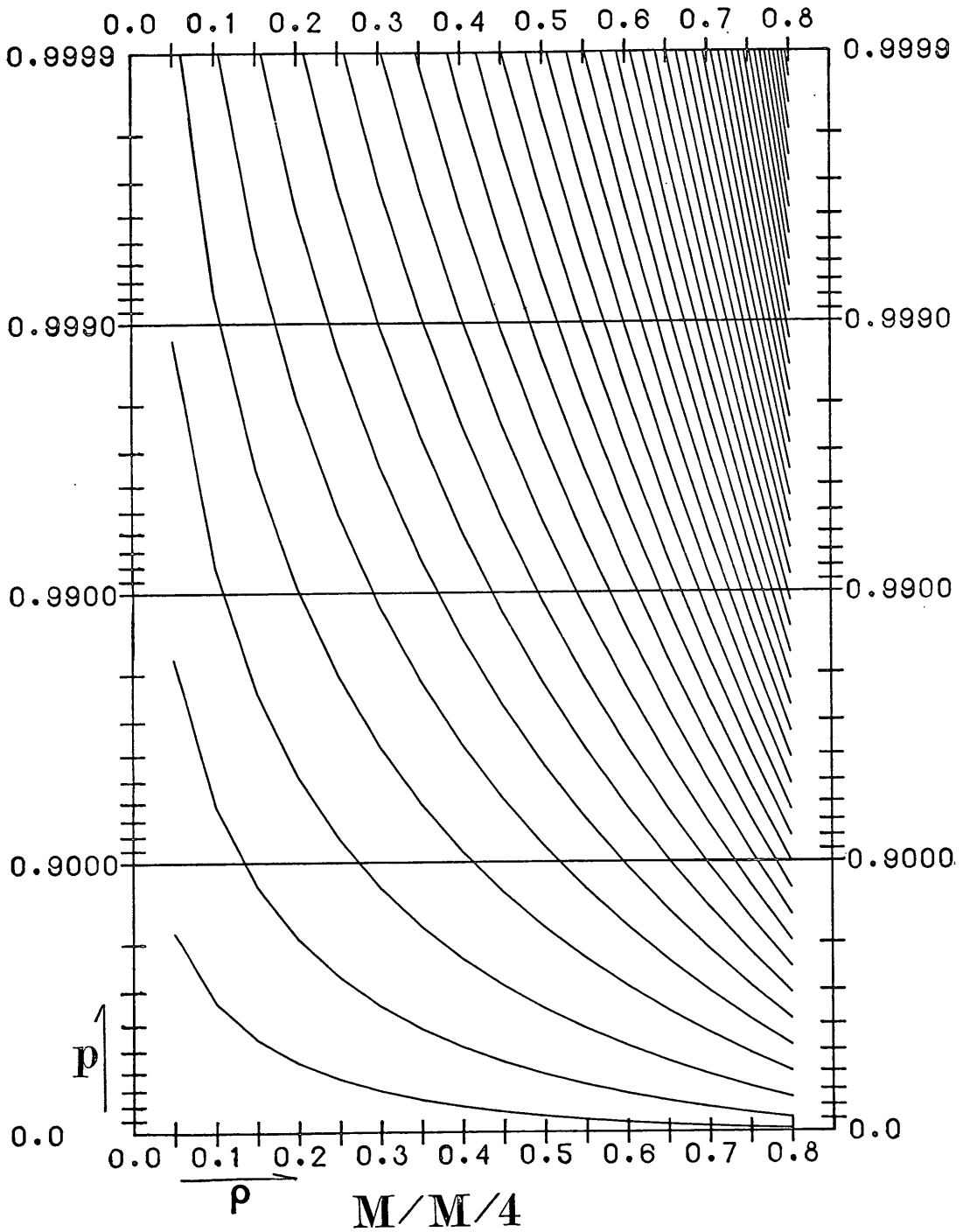


图-2-1-4 状态確率分布 $M/M/4$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

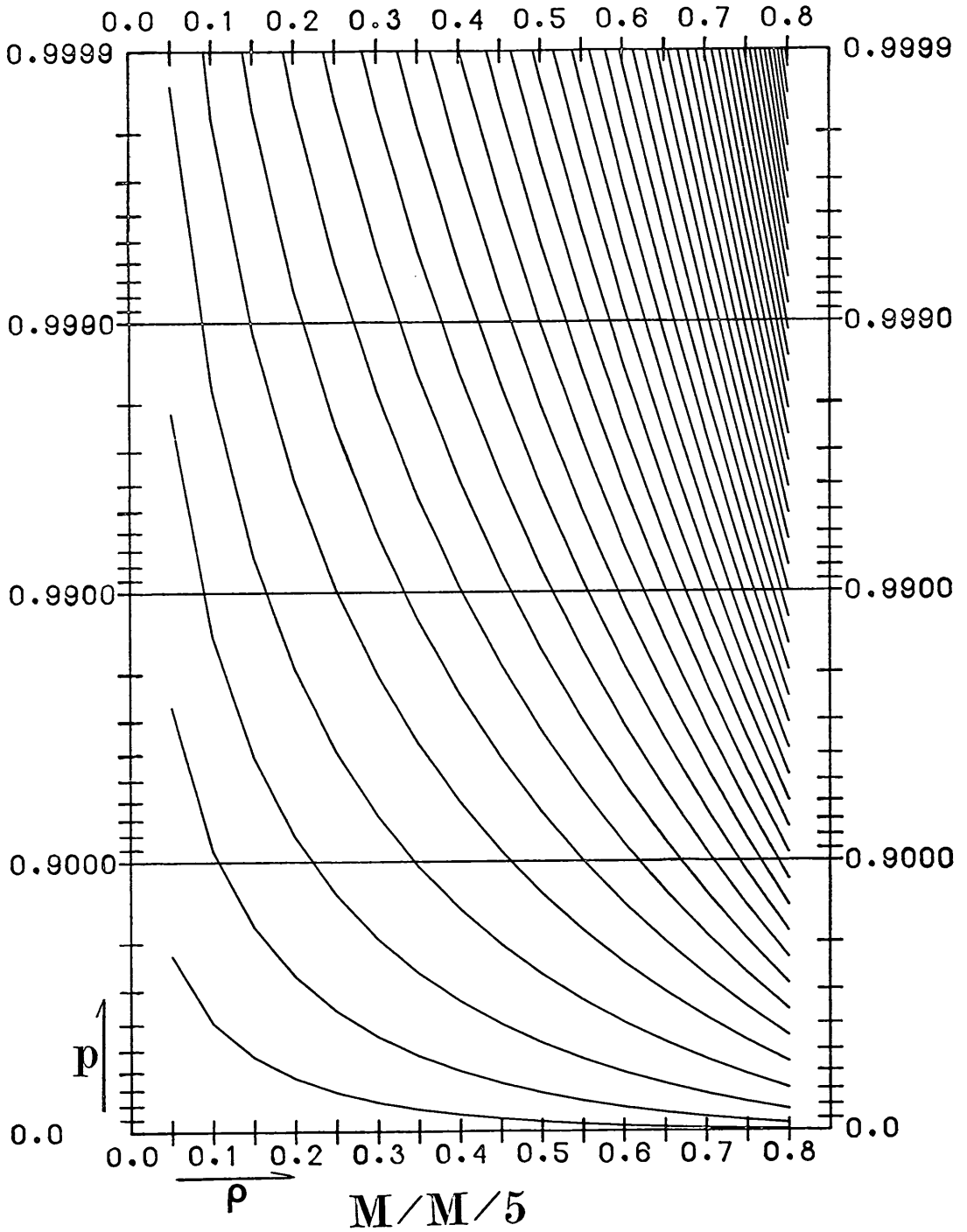


図-2-1-5 状態確率分布 $M/M/5$

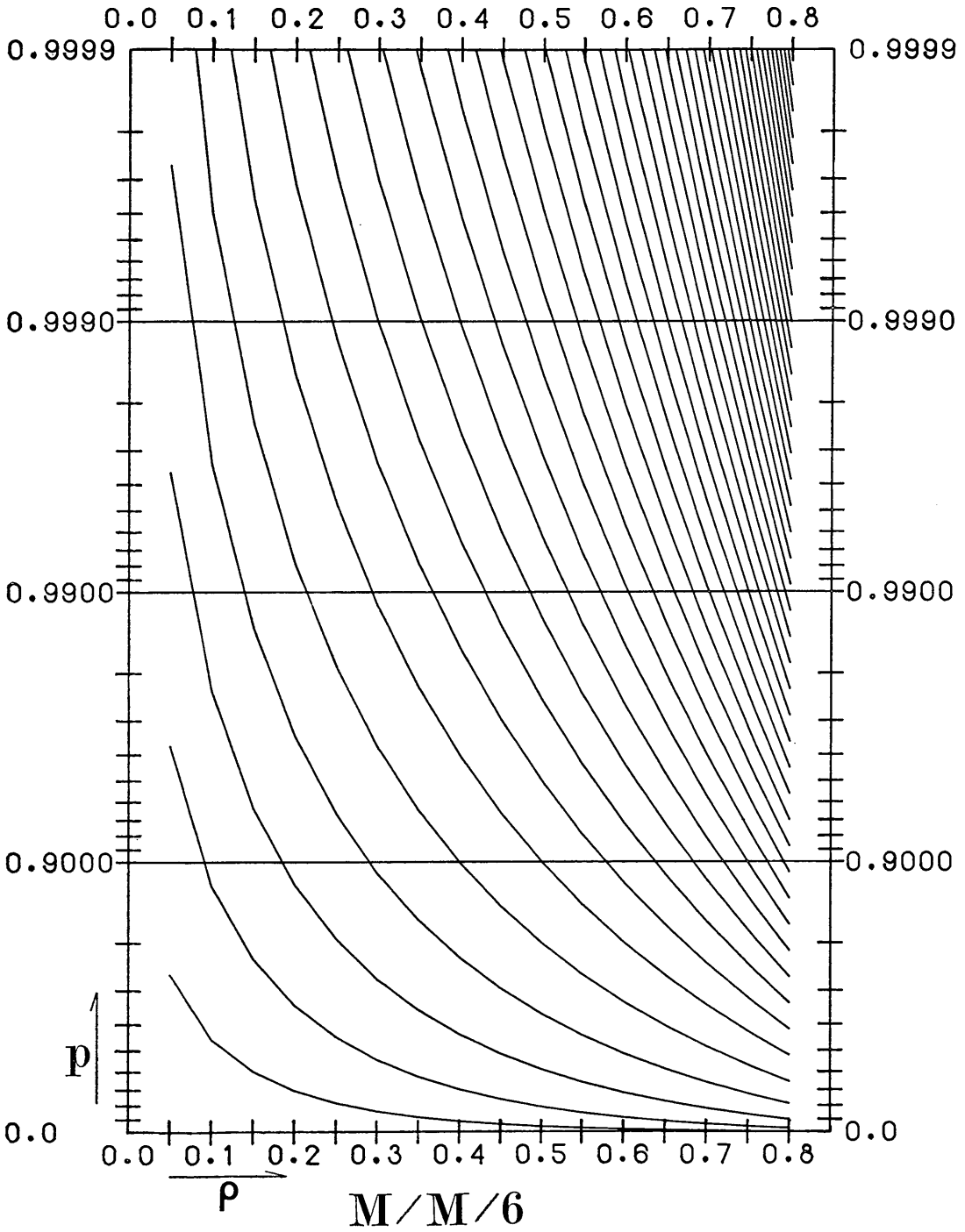


图-2-1-6 状态確率分布 $M/M/6$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

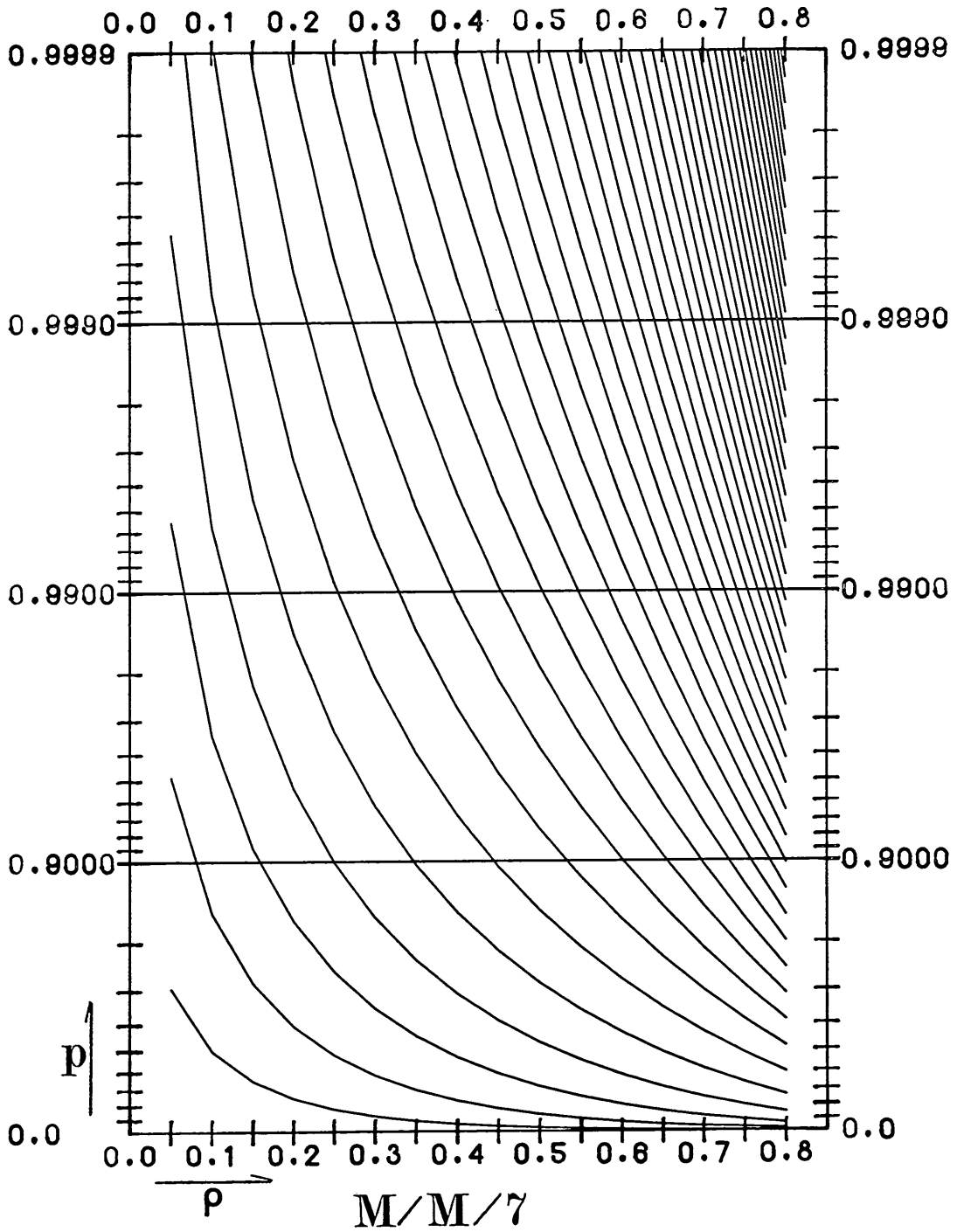


図-2-1-7 状態確率分布 $M/M/7$

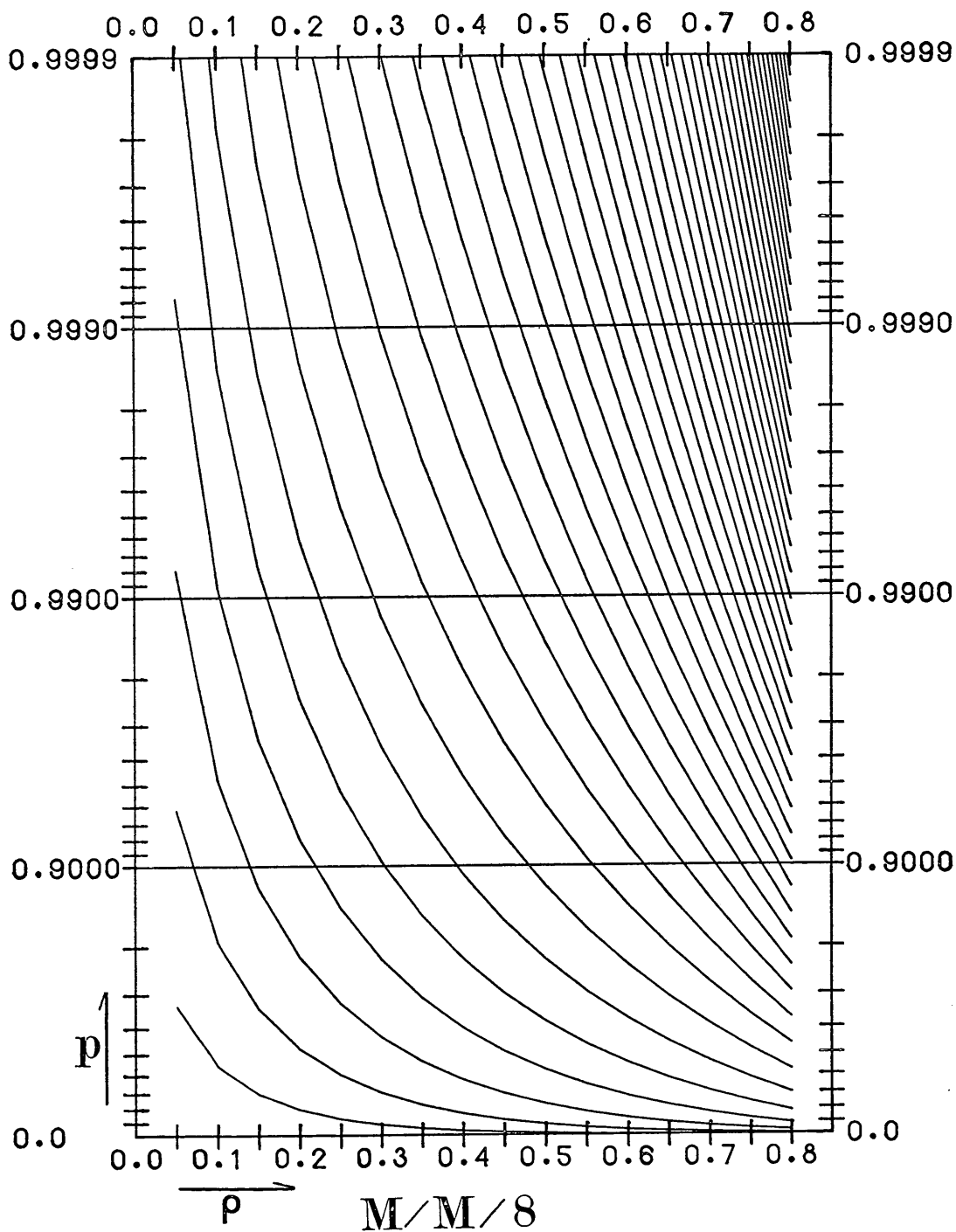


图-2-1-8 状态確率分布 $M/M/8$

ポアソン到着待ち合せモデルの教表

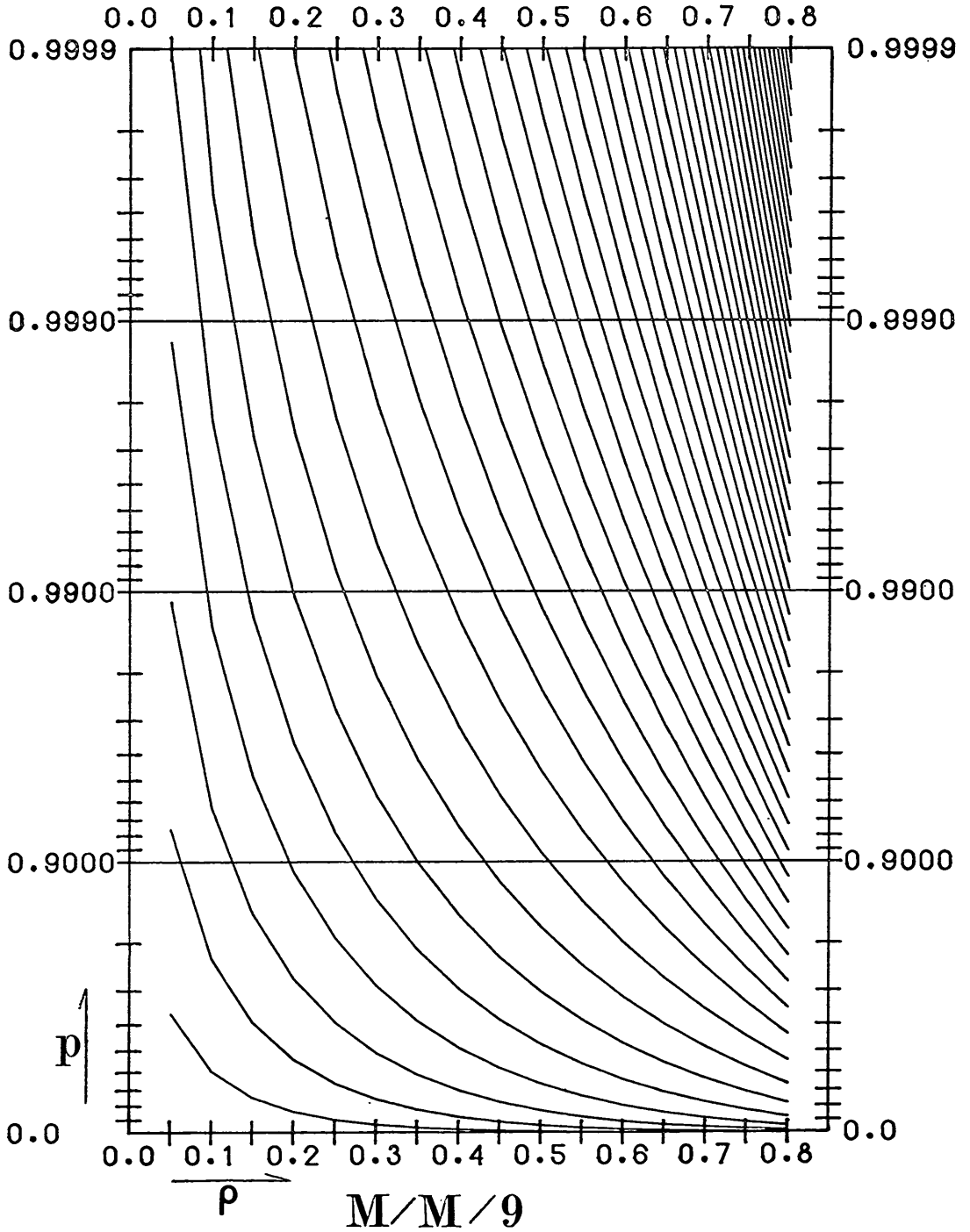


図-2-1-9 状態確率分布 $M/M/9$

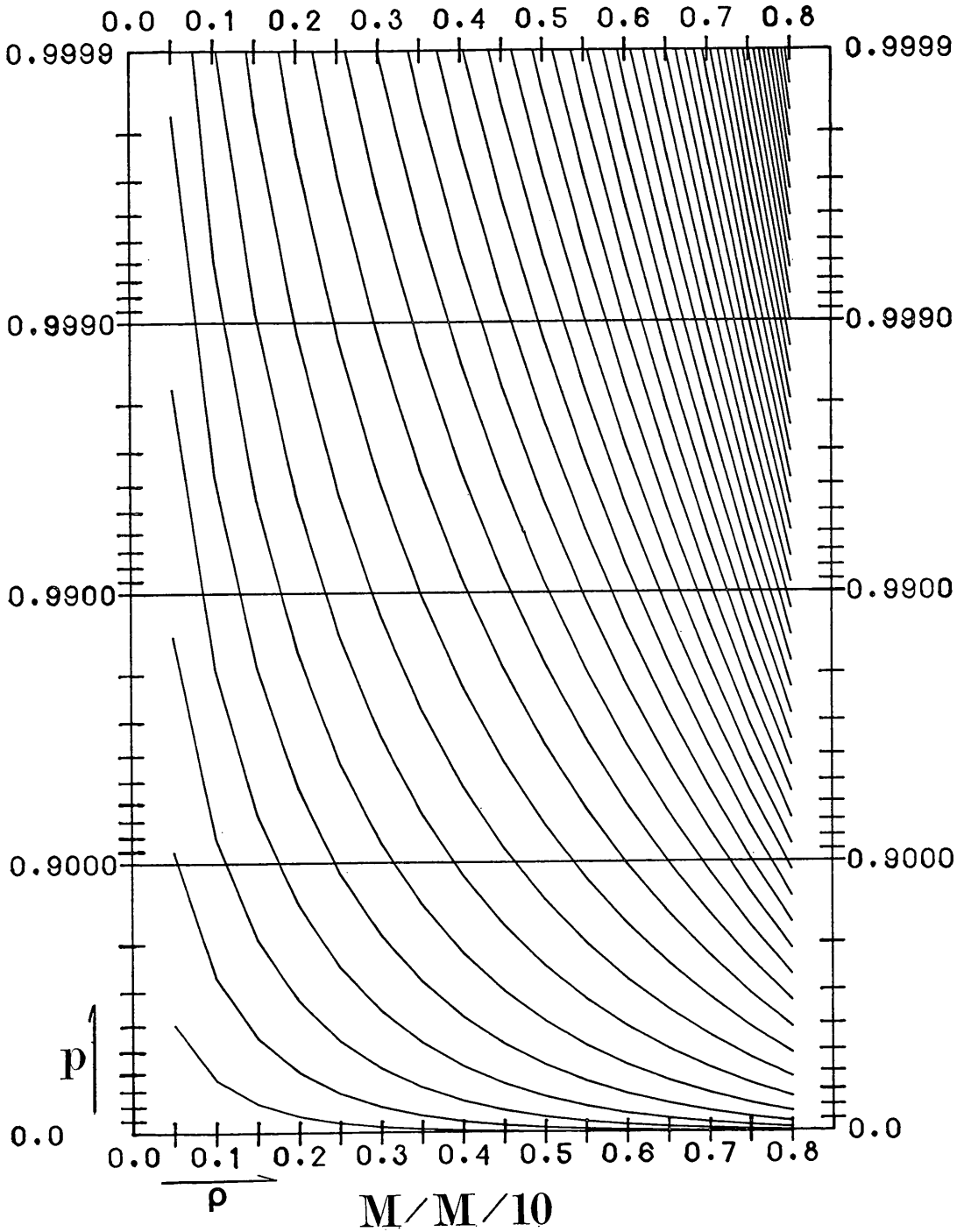


图-2-1-10 状态確率分布 $M/M/10$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

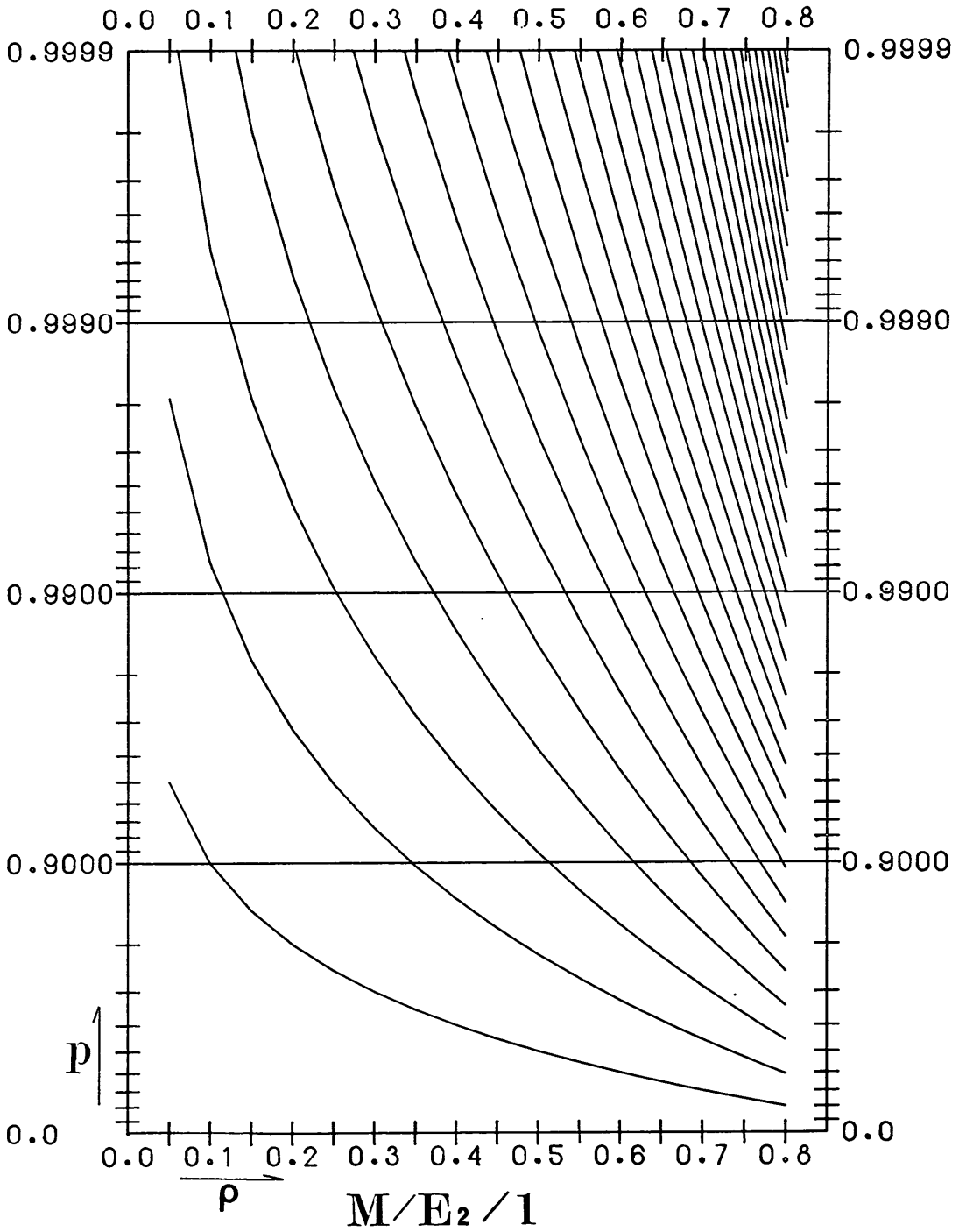


図-2-2-1 状態確率分布 $M/E_2/1$

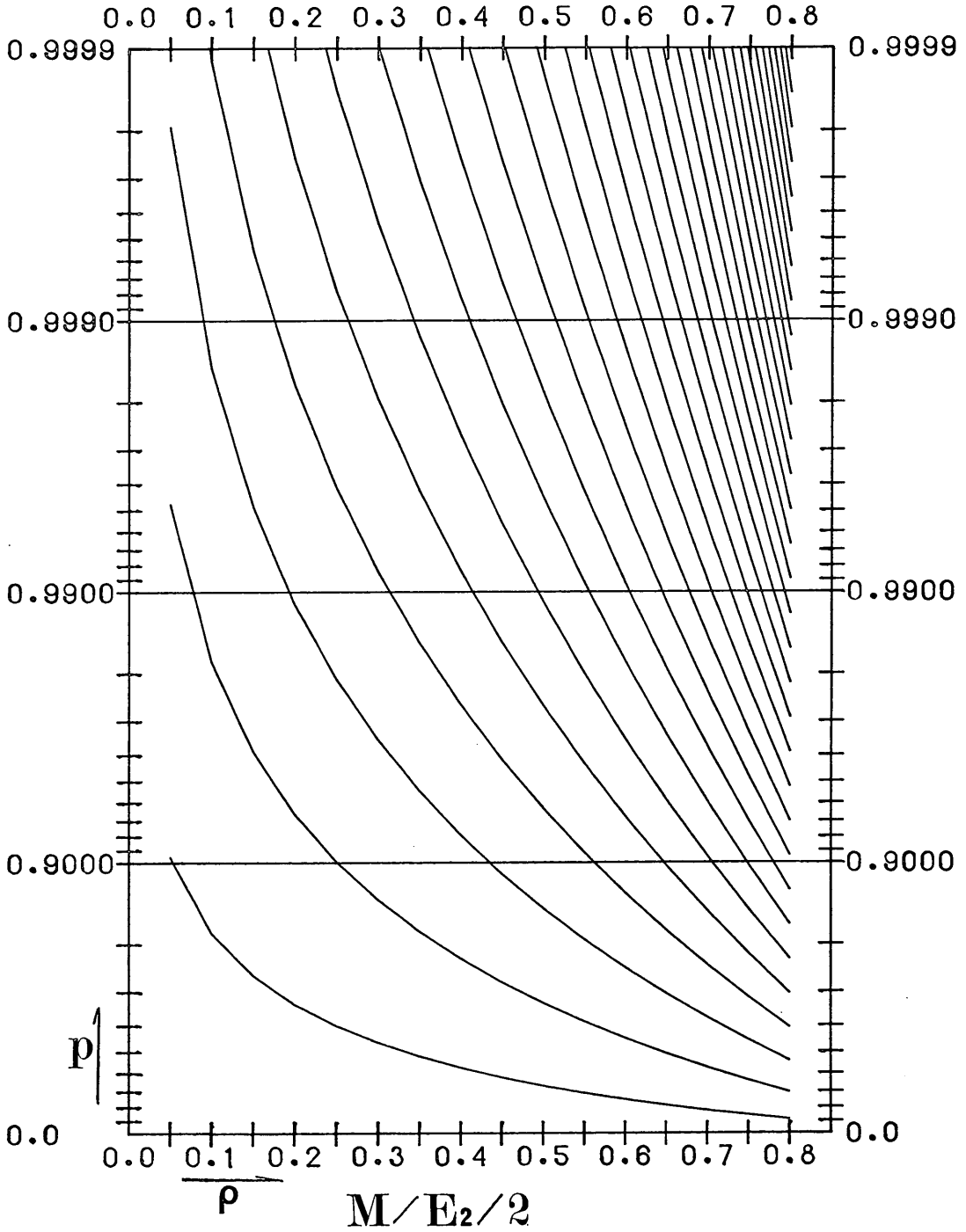


图-2-2-2 状态確率分布 $M/E_2/2$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

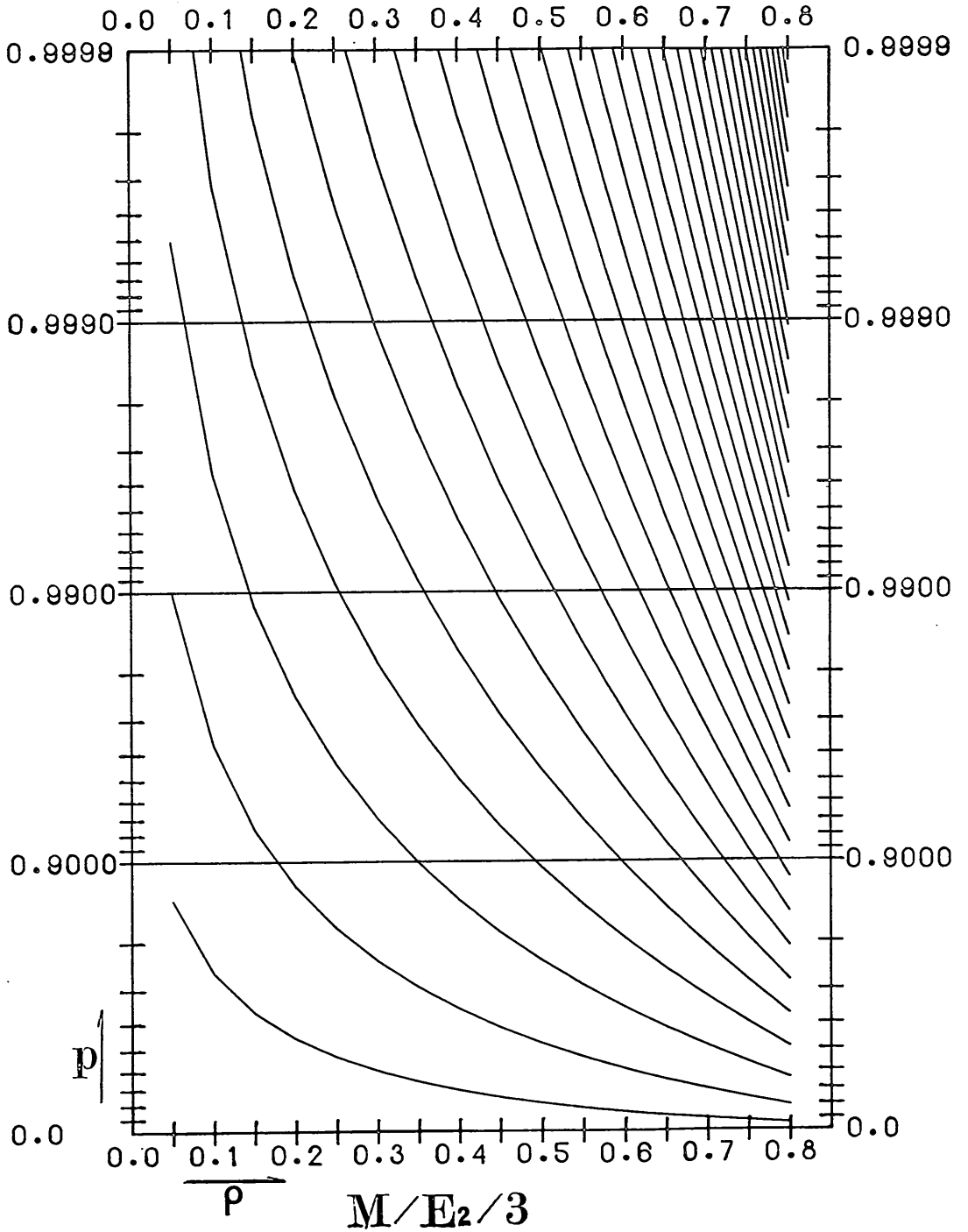


図-2-2-3 状態確率分布 $M/E_2/3$

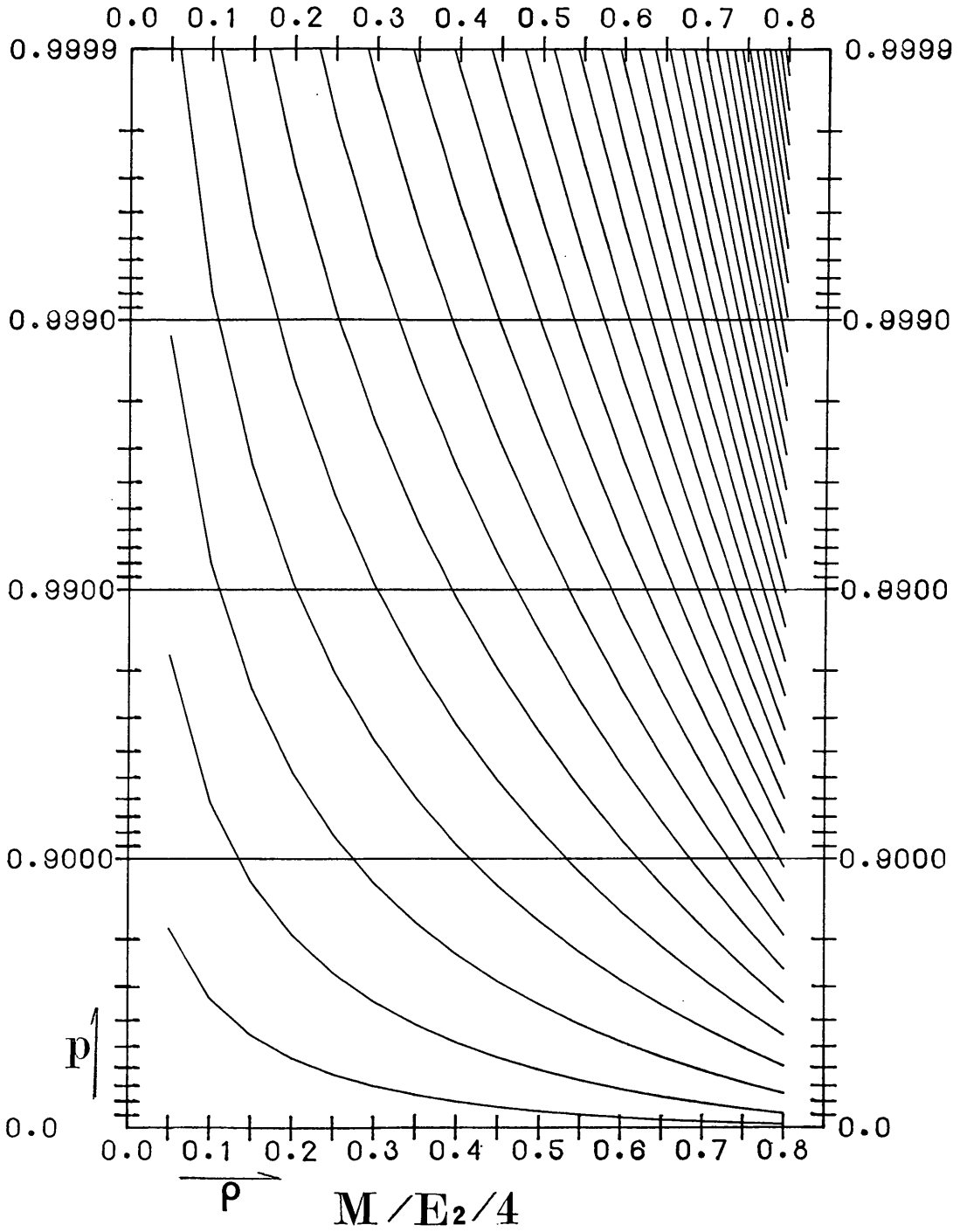


图-2-2-4 状态確率分布 $M/E_2/4$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

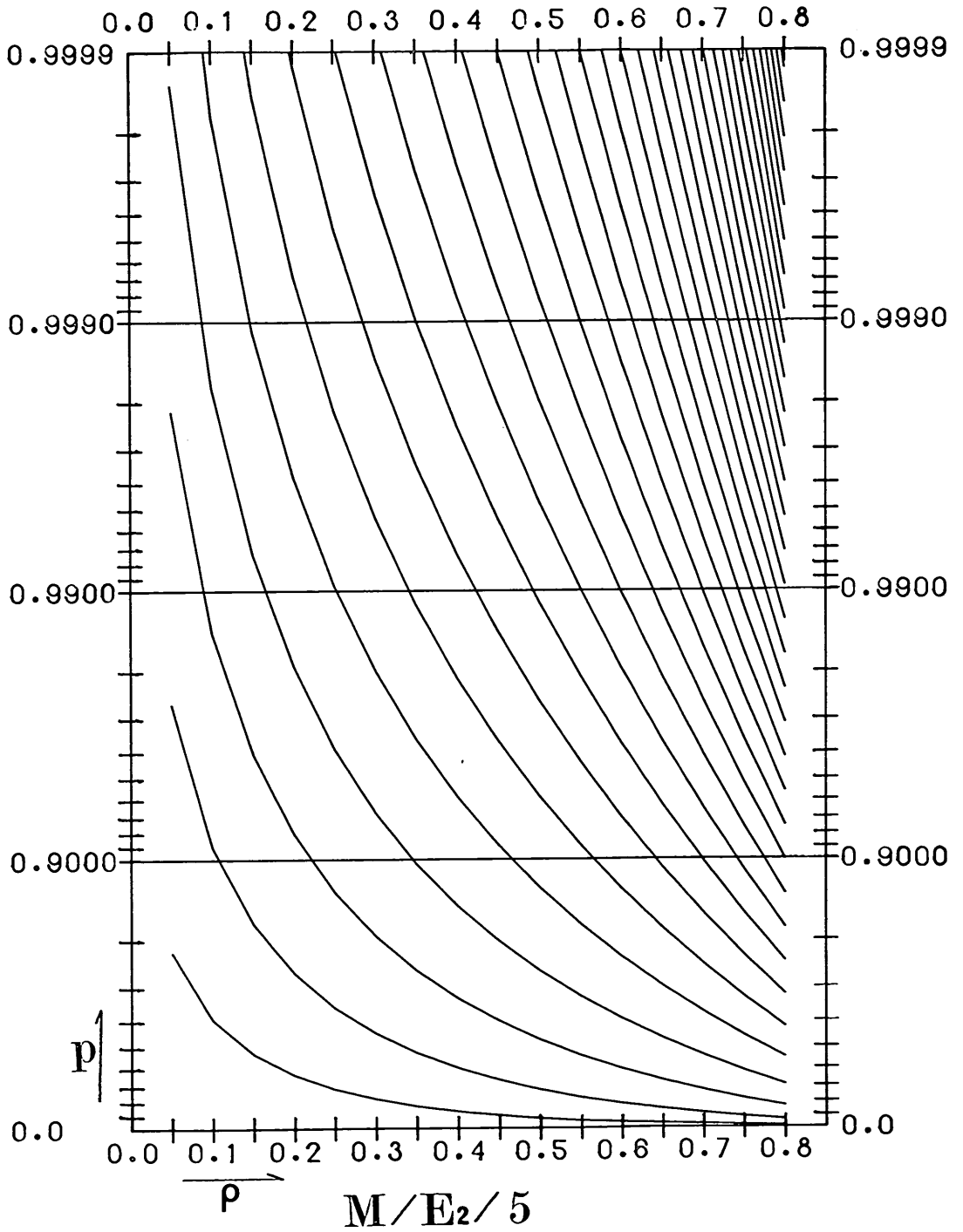


図-2-2-5 状態確率分布 $M/E_2/5$

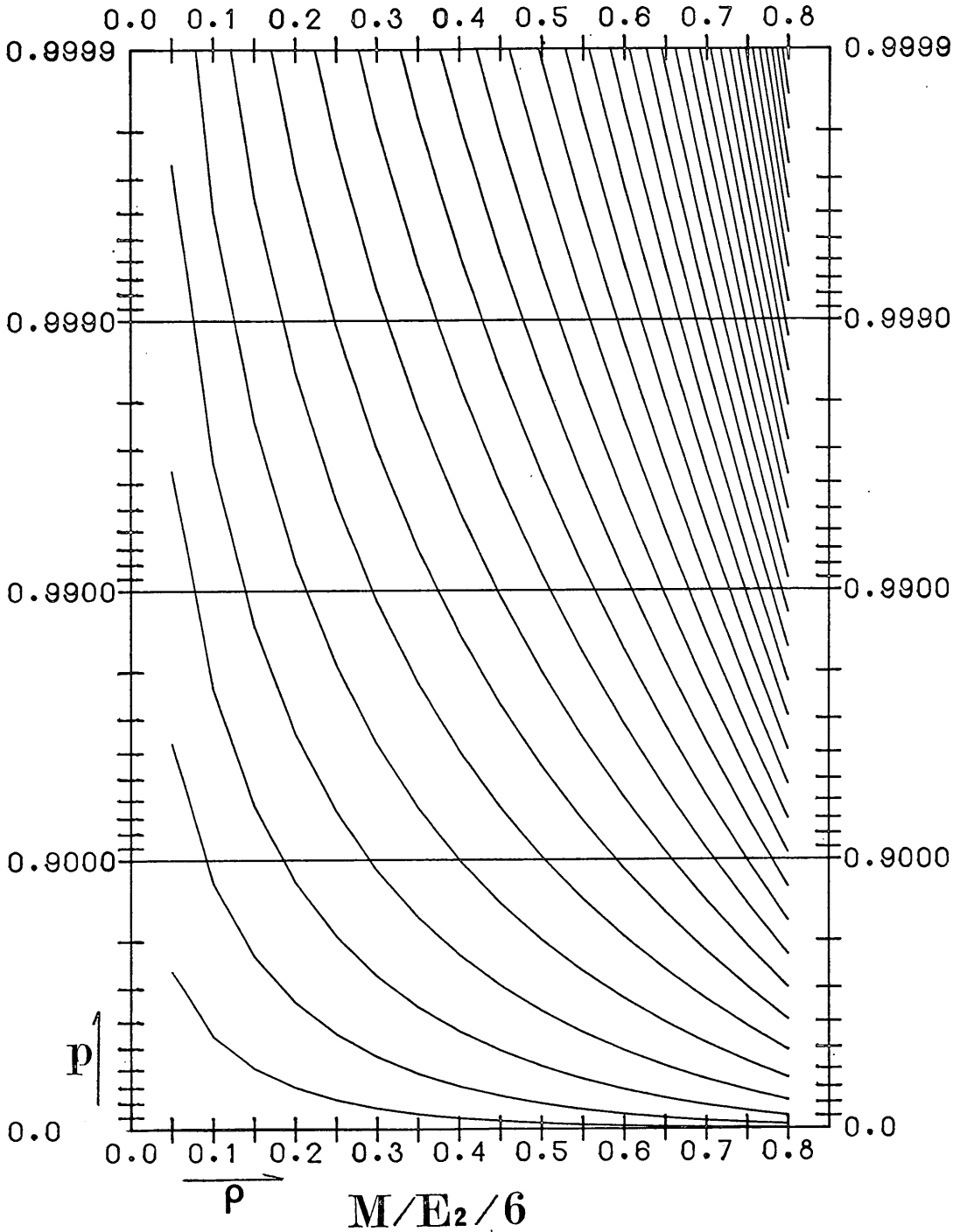


图-2-2-6 状态確率分布 $M/E_2/6$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

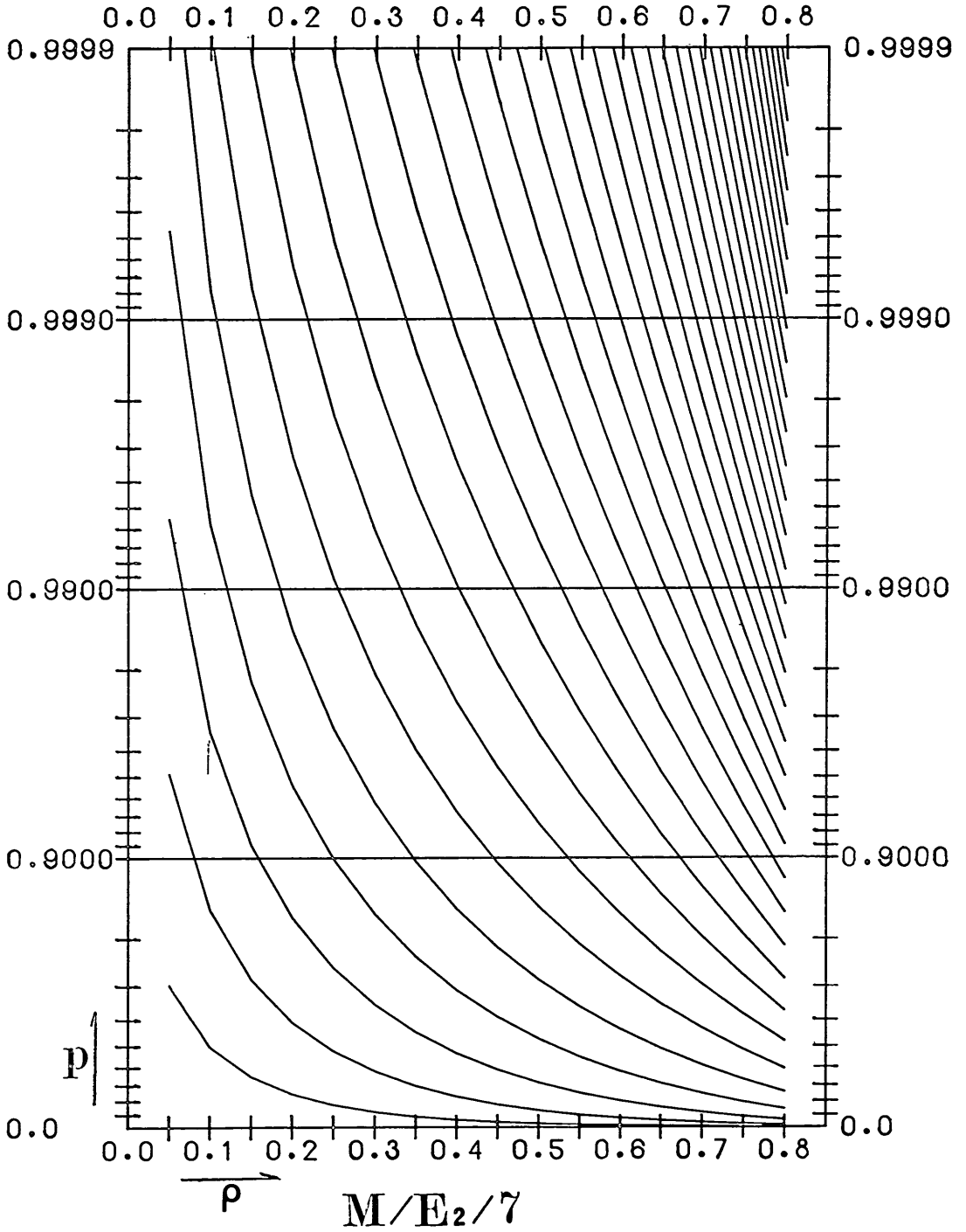


図-2-2-7 状態確率分布 $M/E_2/7$

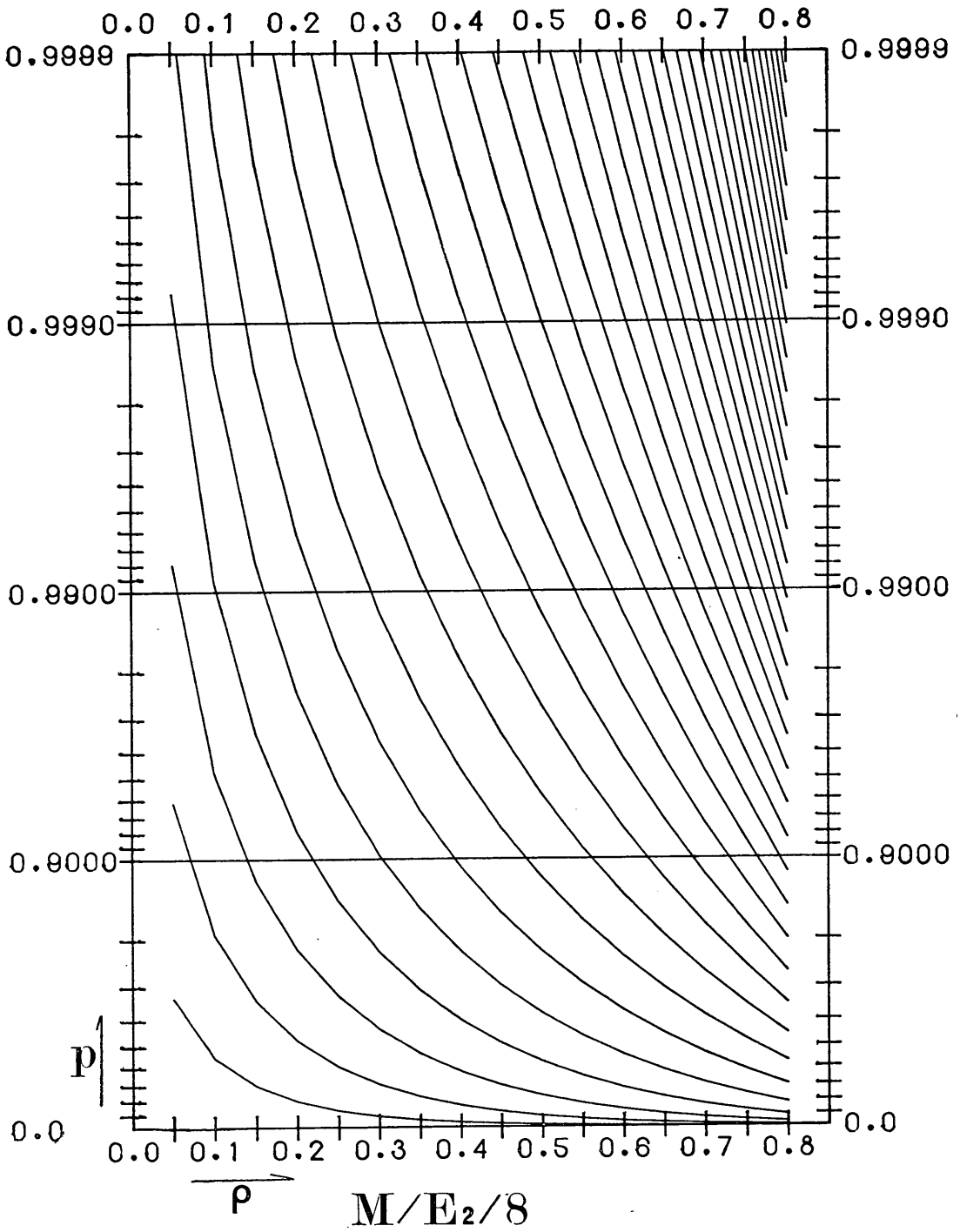


图-2-2-8 状态確率分布 $M/E_2/8$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

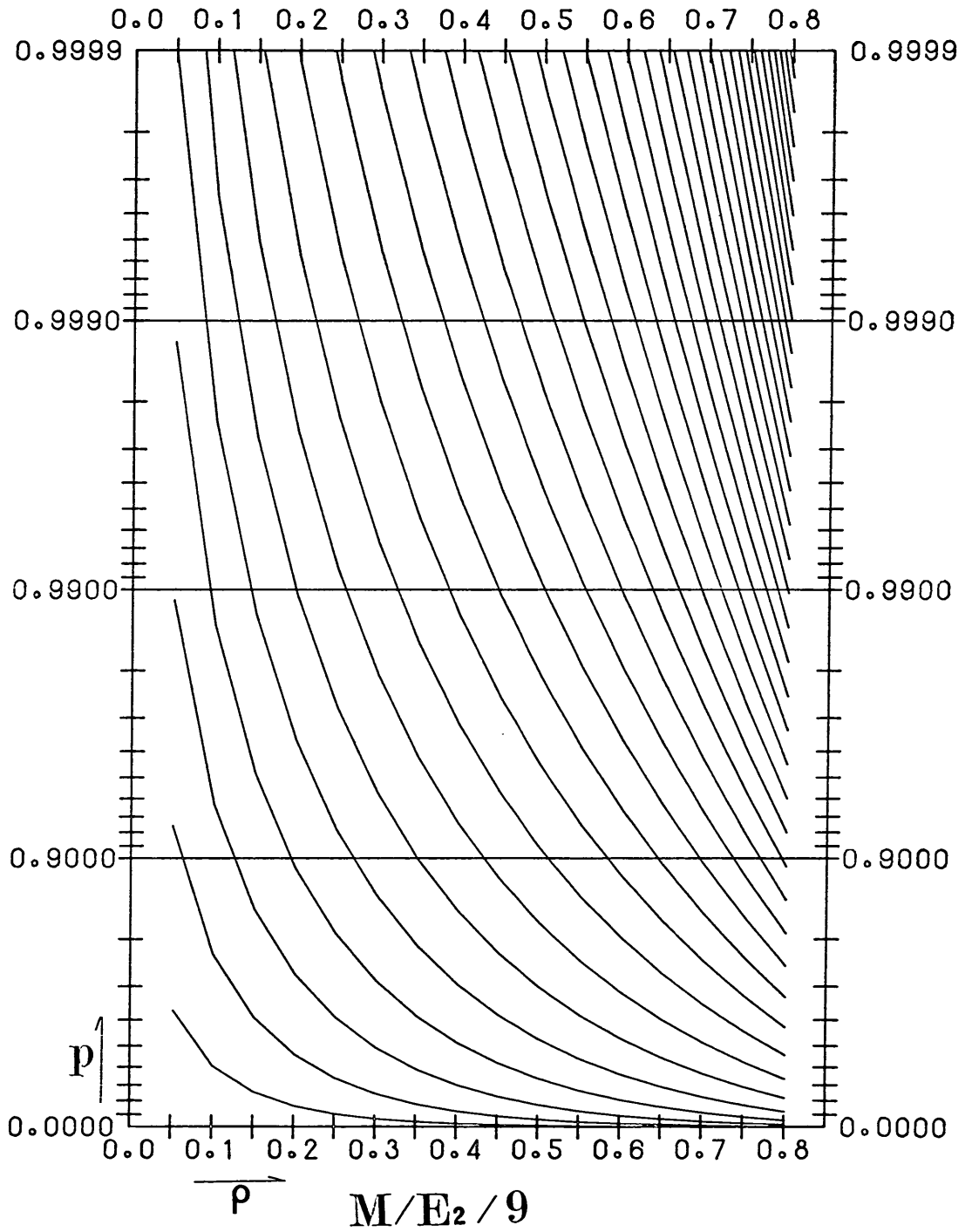


図-2-2-9 状態確率分布 $M/E_2/9$

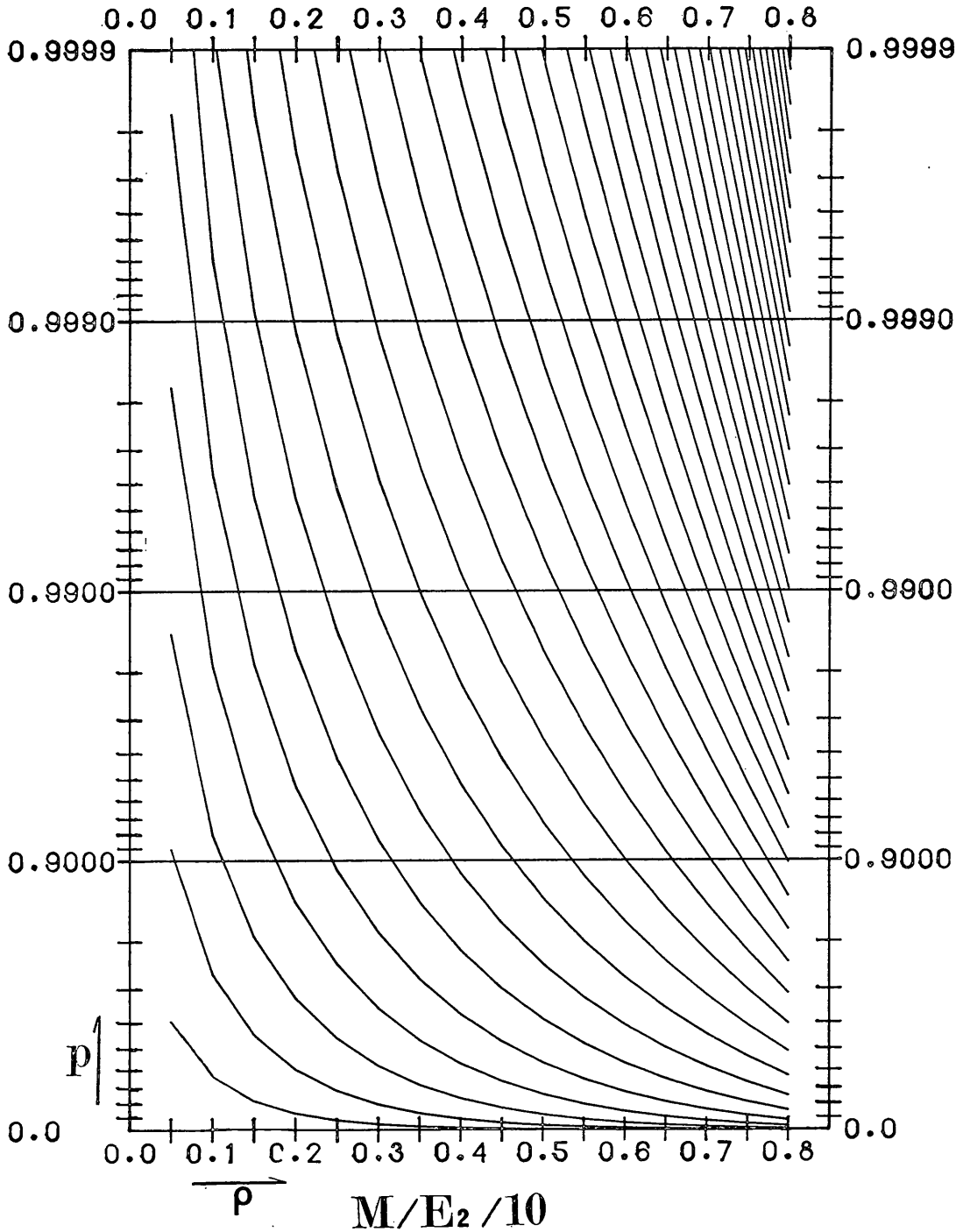


图-2-2-10 状态確率分布 $M/E_2/10$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

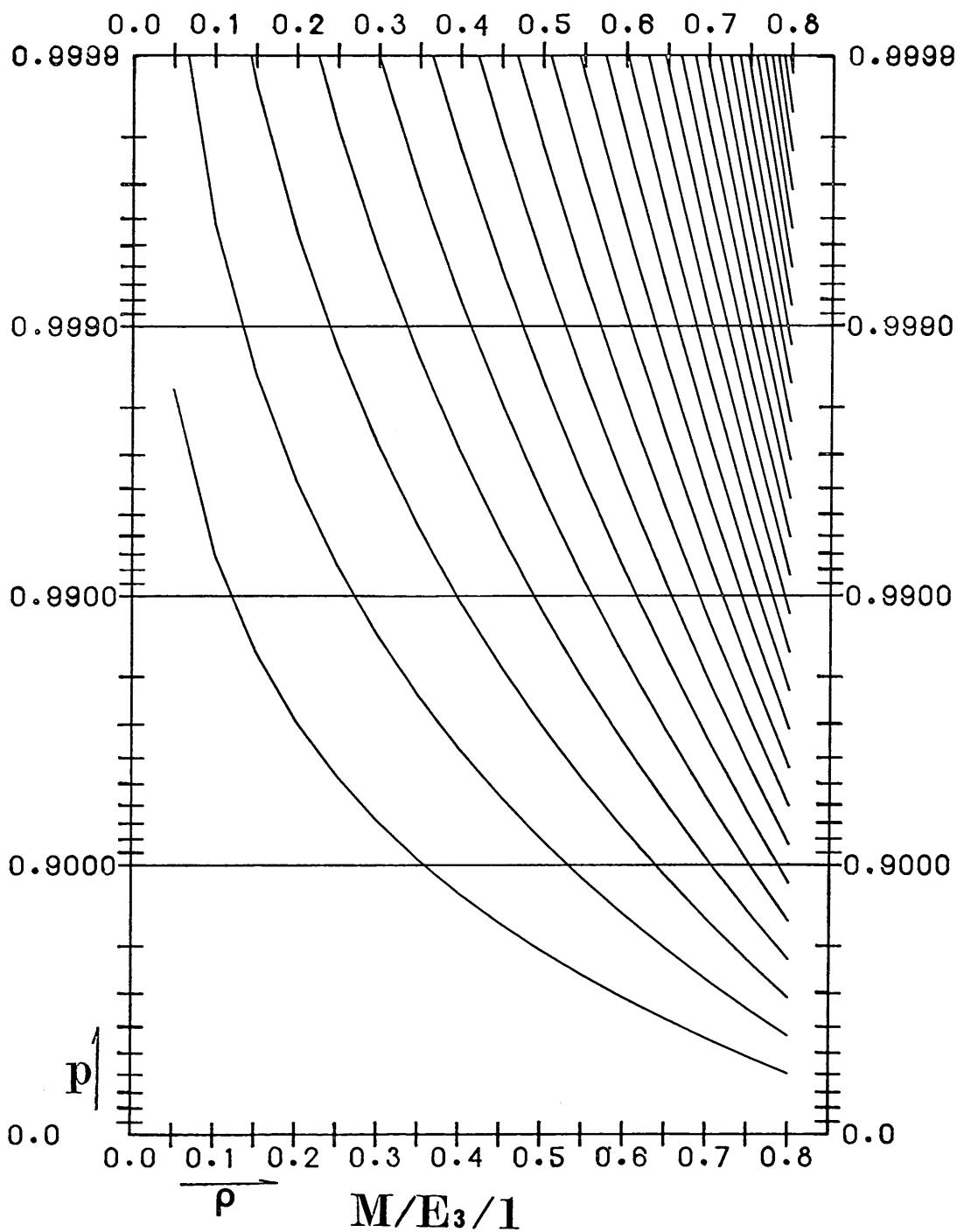


図-2-3-1 状態確率分布 $M/E_3/1$

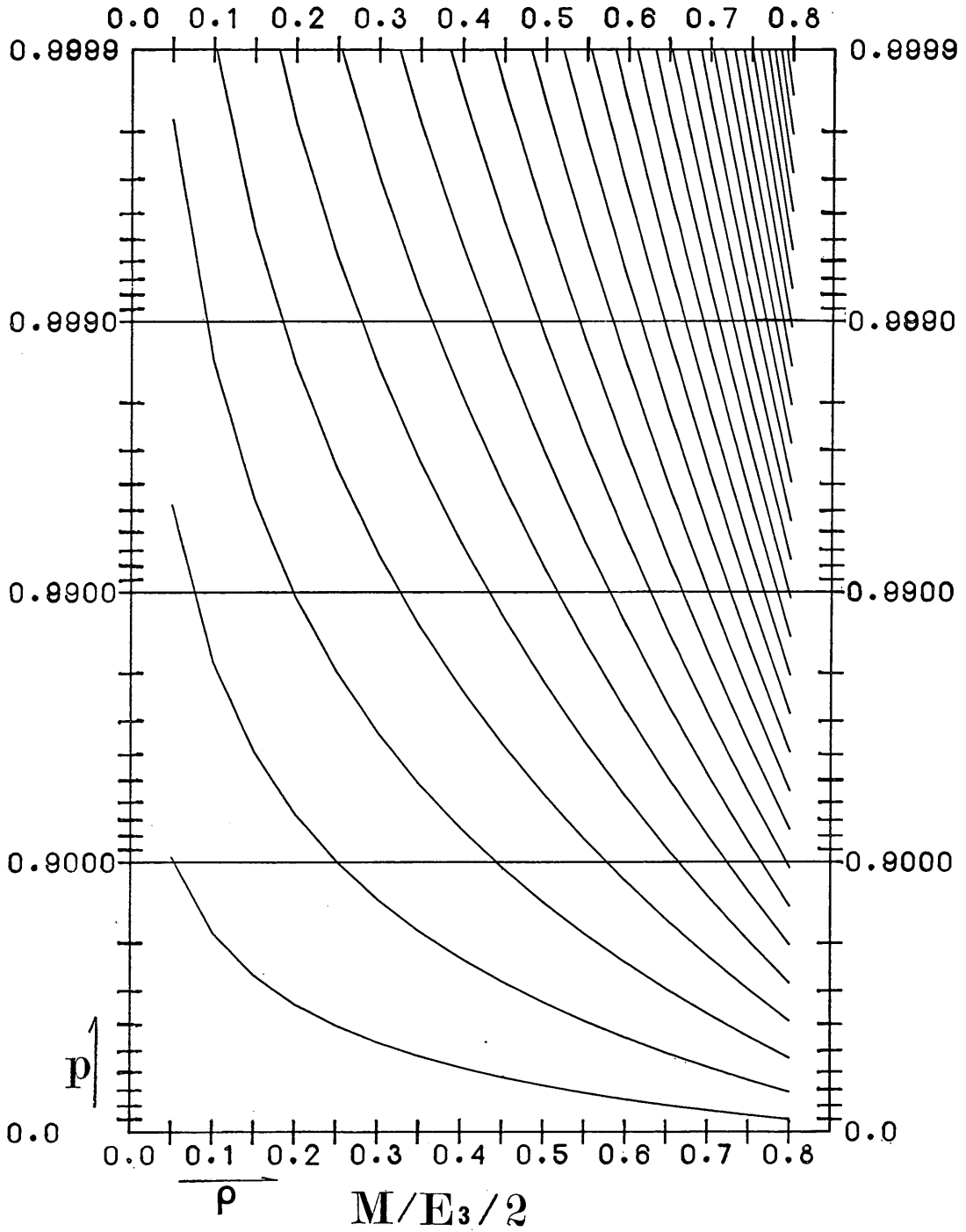


图-2-3-2 状态確率分布 $M/E_3/2$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

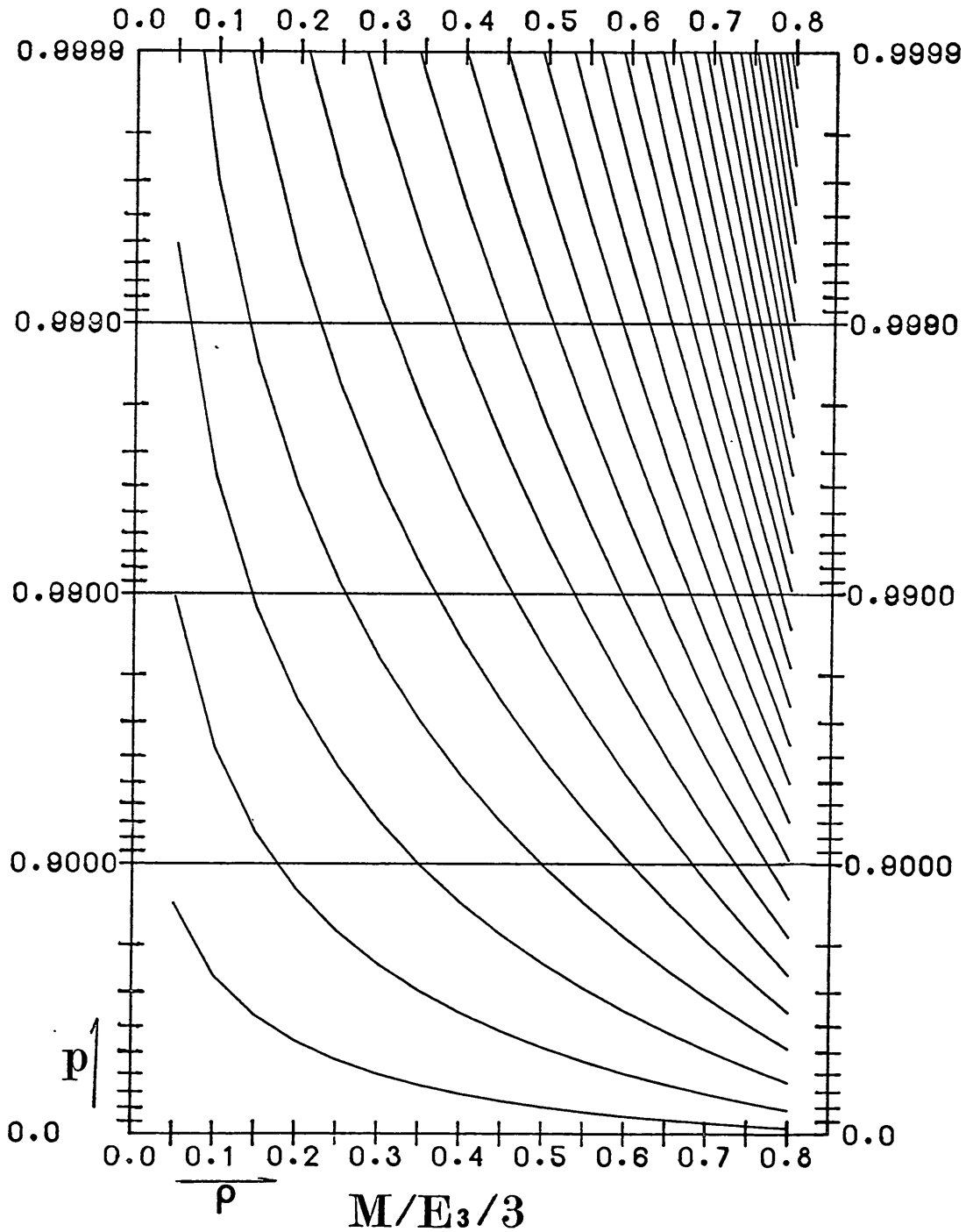


図-2-3-3 状態確率分布 $M/E_3/3$

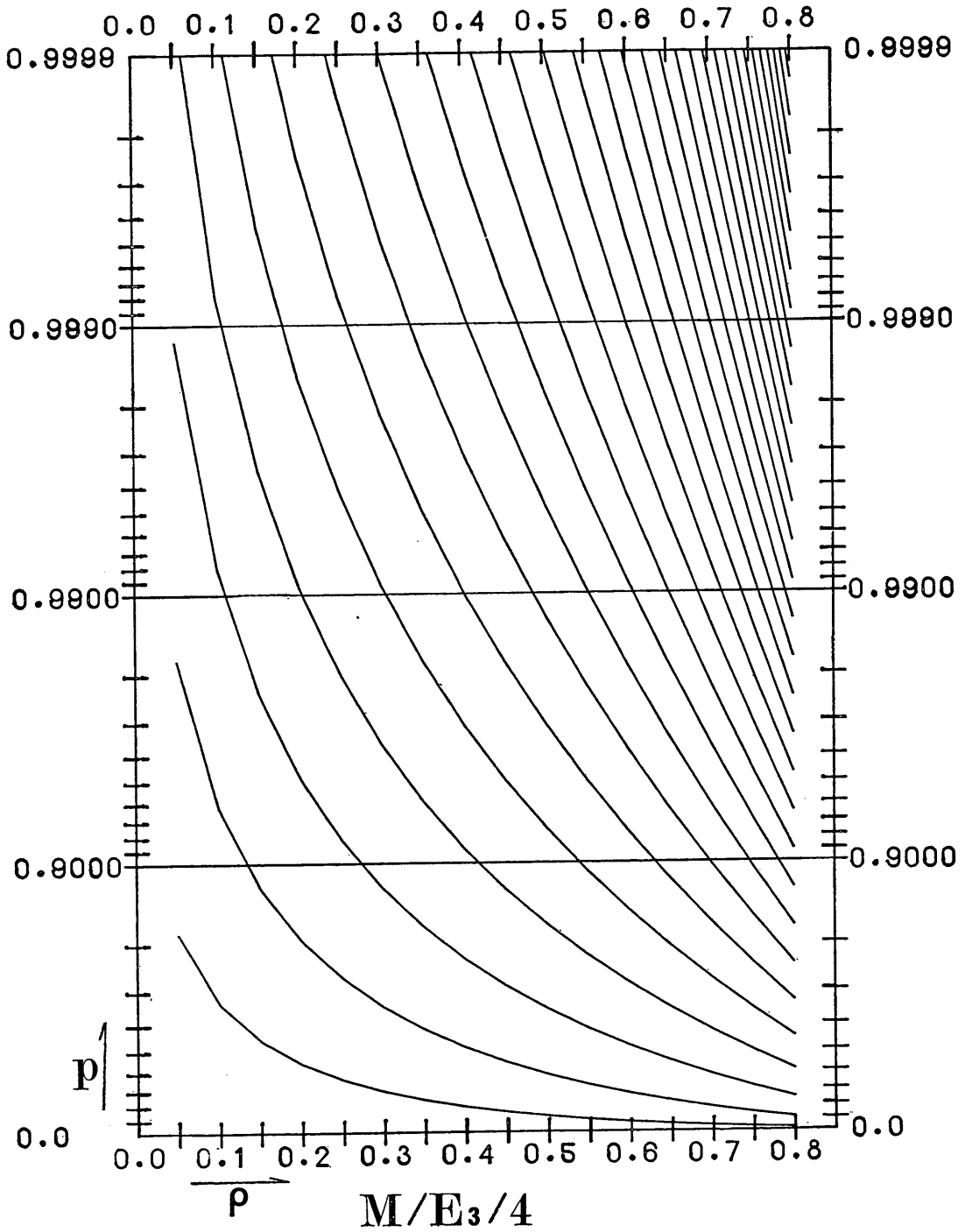


图-2-3-4 状态確率分布 $M/E_3/4$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

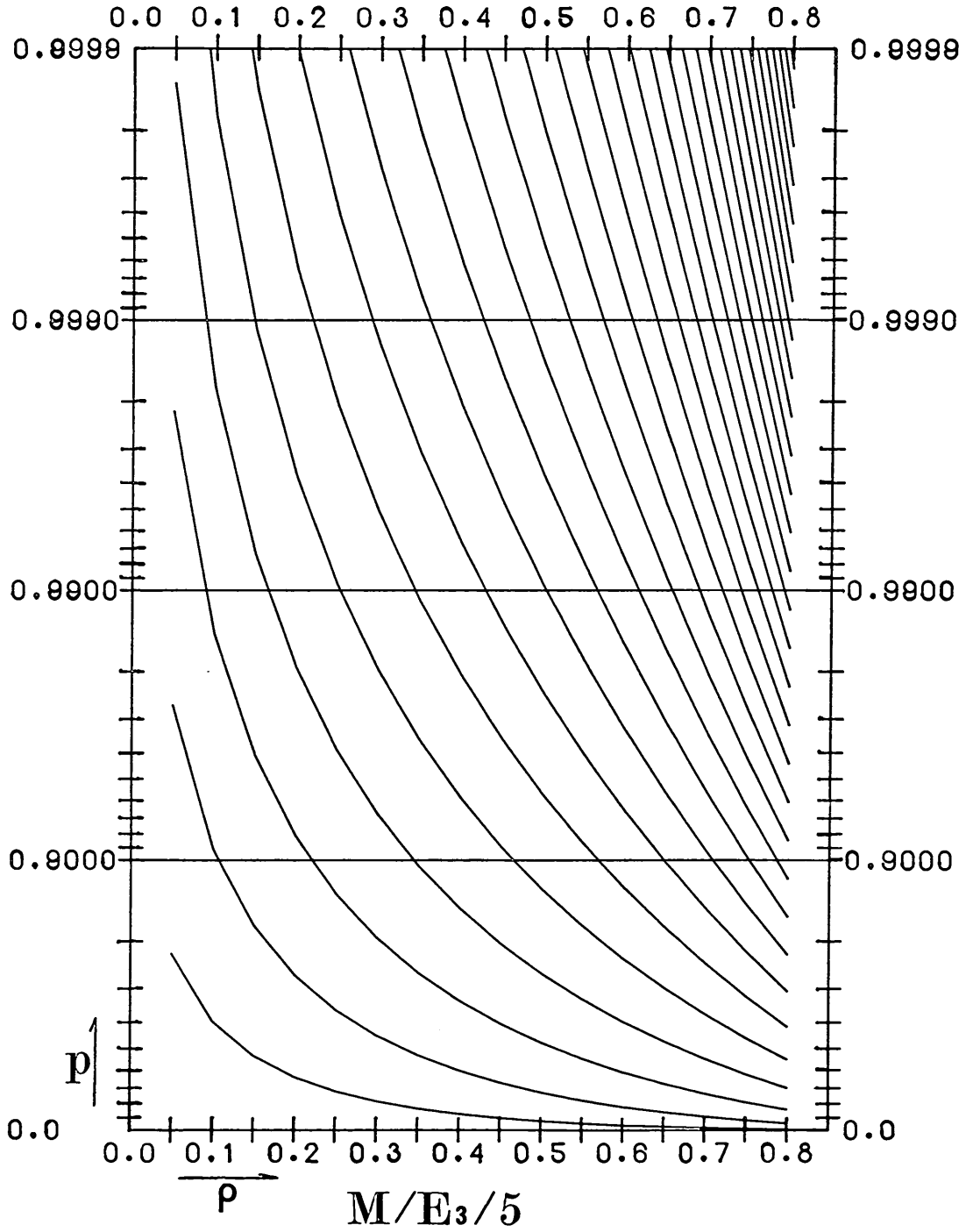


図-2-3-5 状態確率分布 $M/E_3/5$

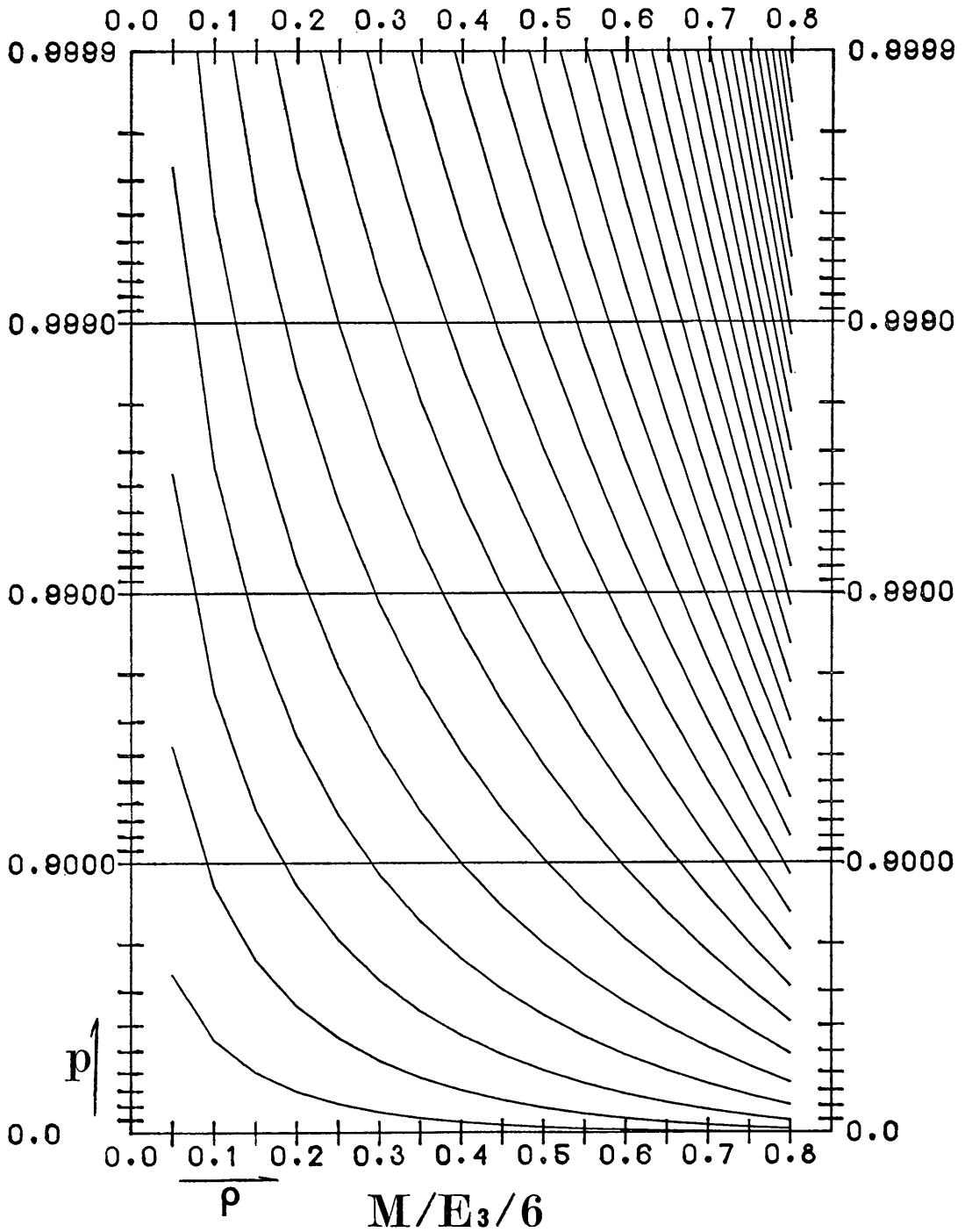


图-2-3-6 状态確率分布 $M/E_3/6$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

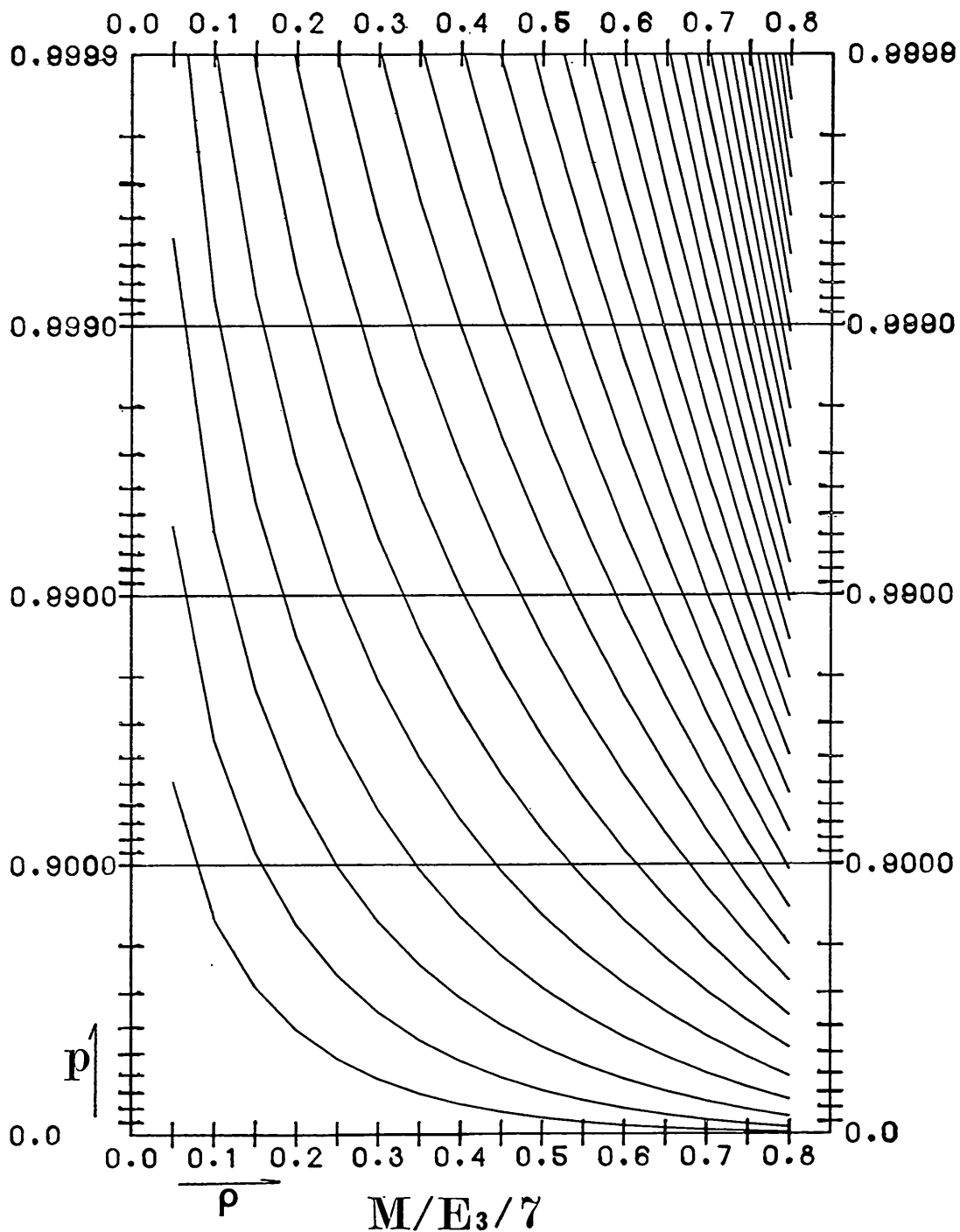


図-2-3-7 状態確率分布 $M/E_3/7$

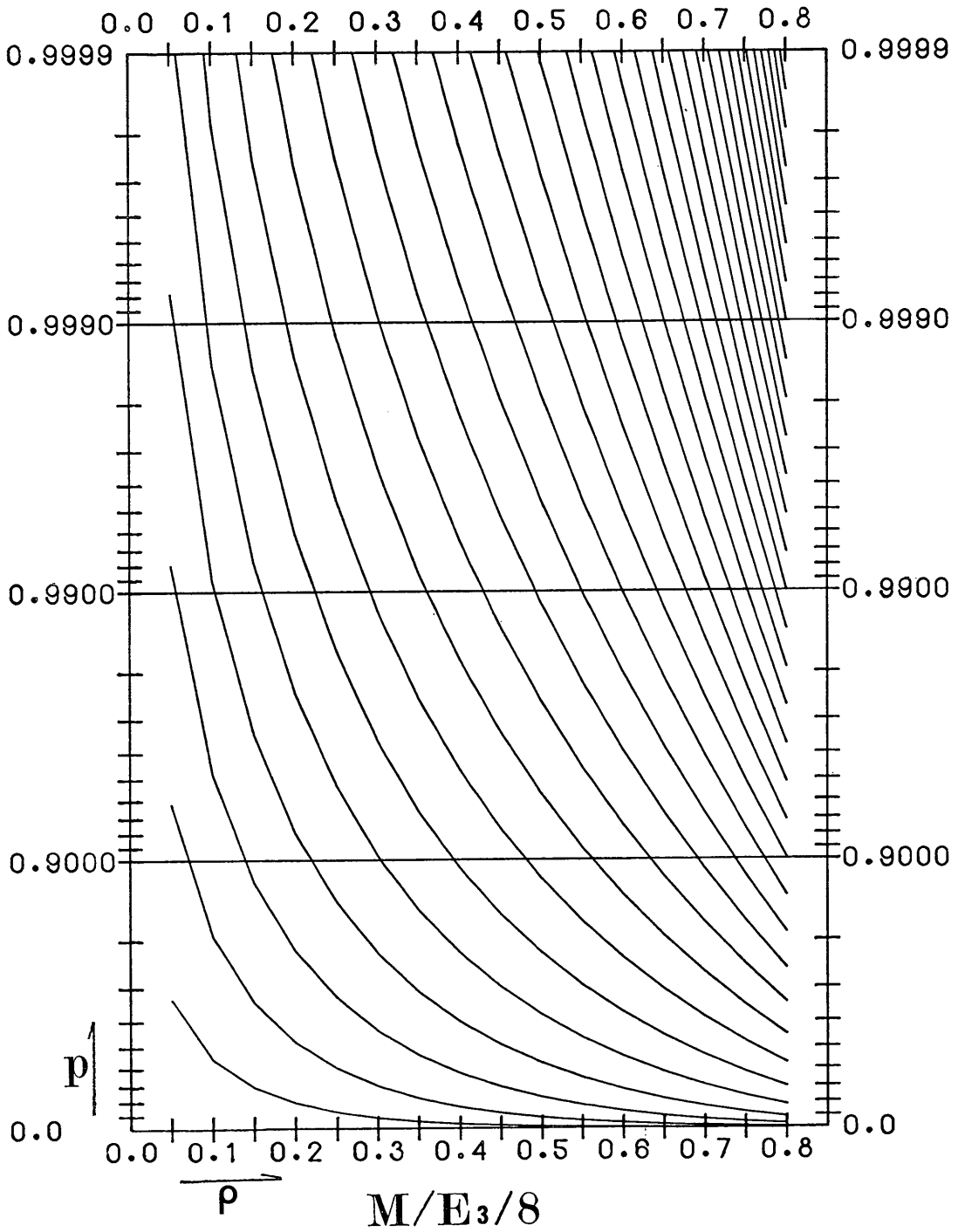


图-2-3-8 状态確率分布 $M/E_3/8$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

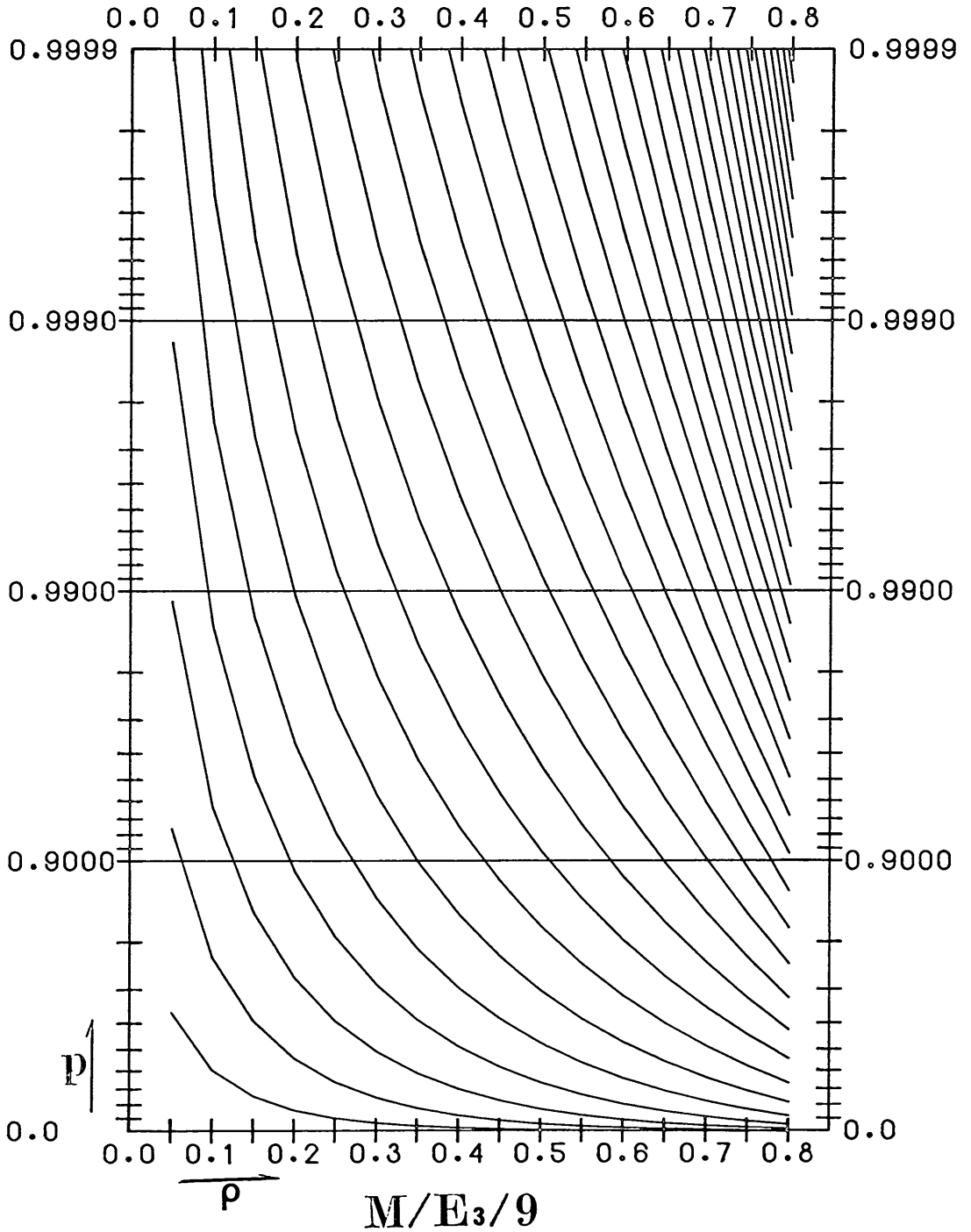


図2-3-9 状態確率分布 $M/E_3/9$

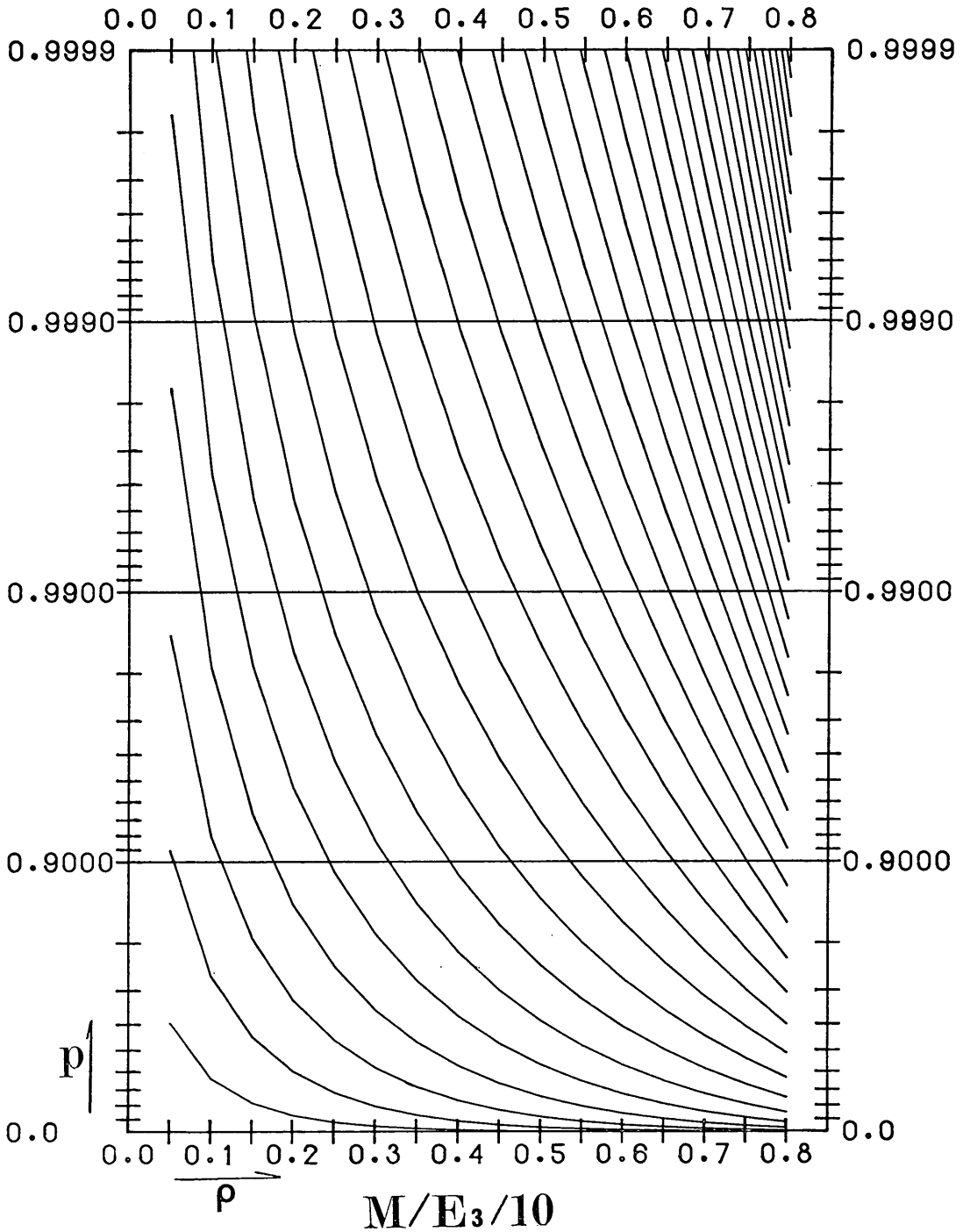


图-2-3-10 状态確率分布 $M/E_3/10$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

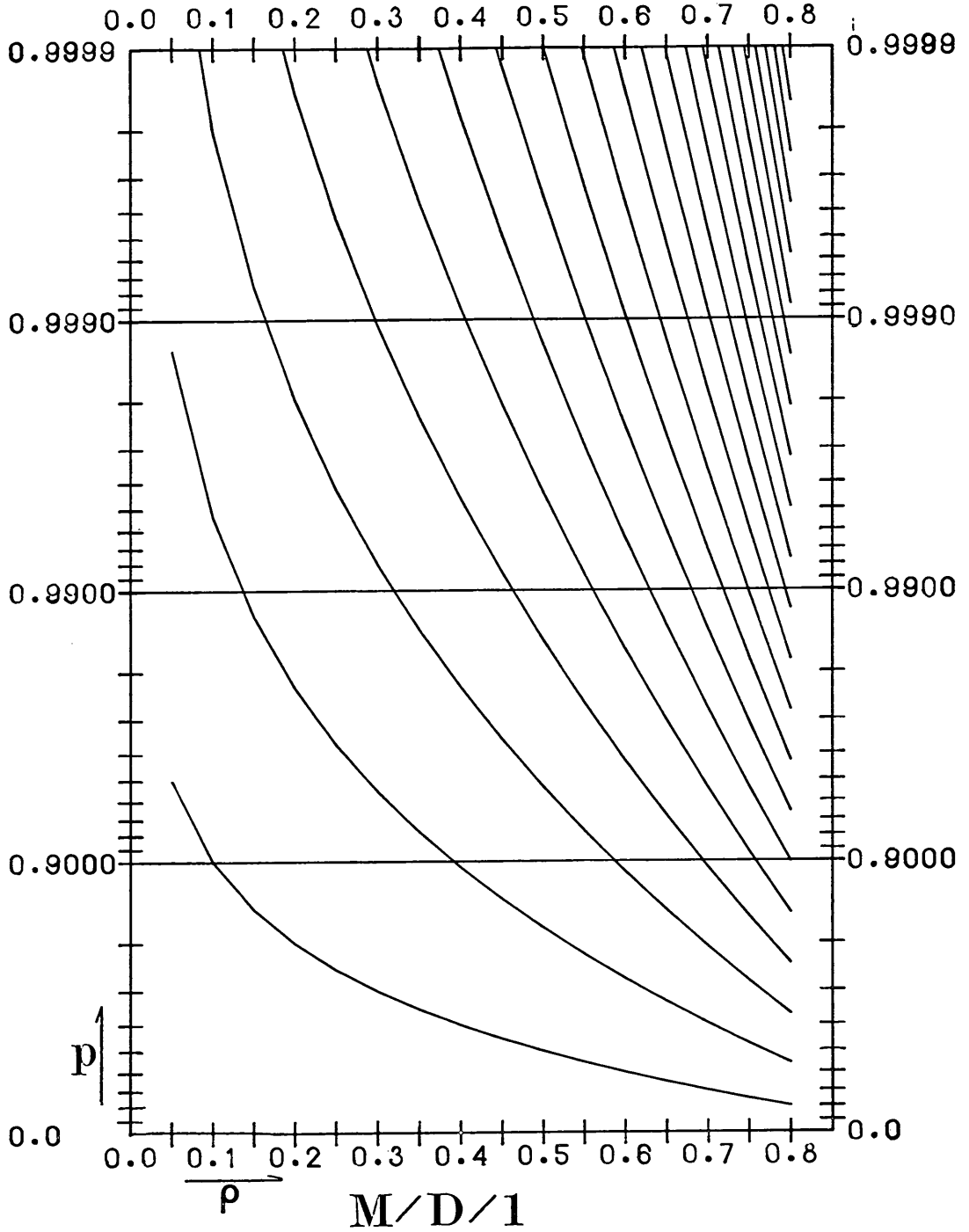


図-2-4-1 状態確率分布 $M/D/1$

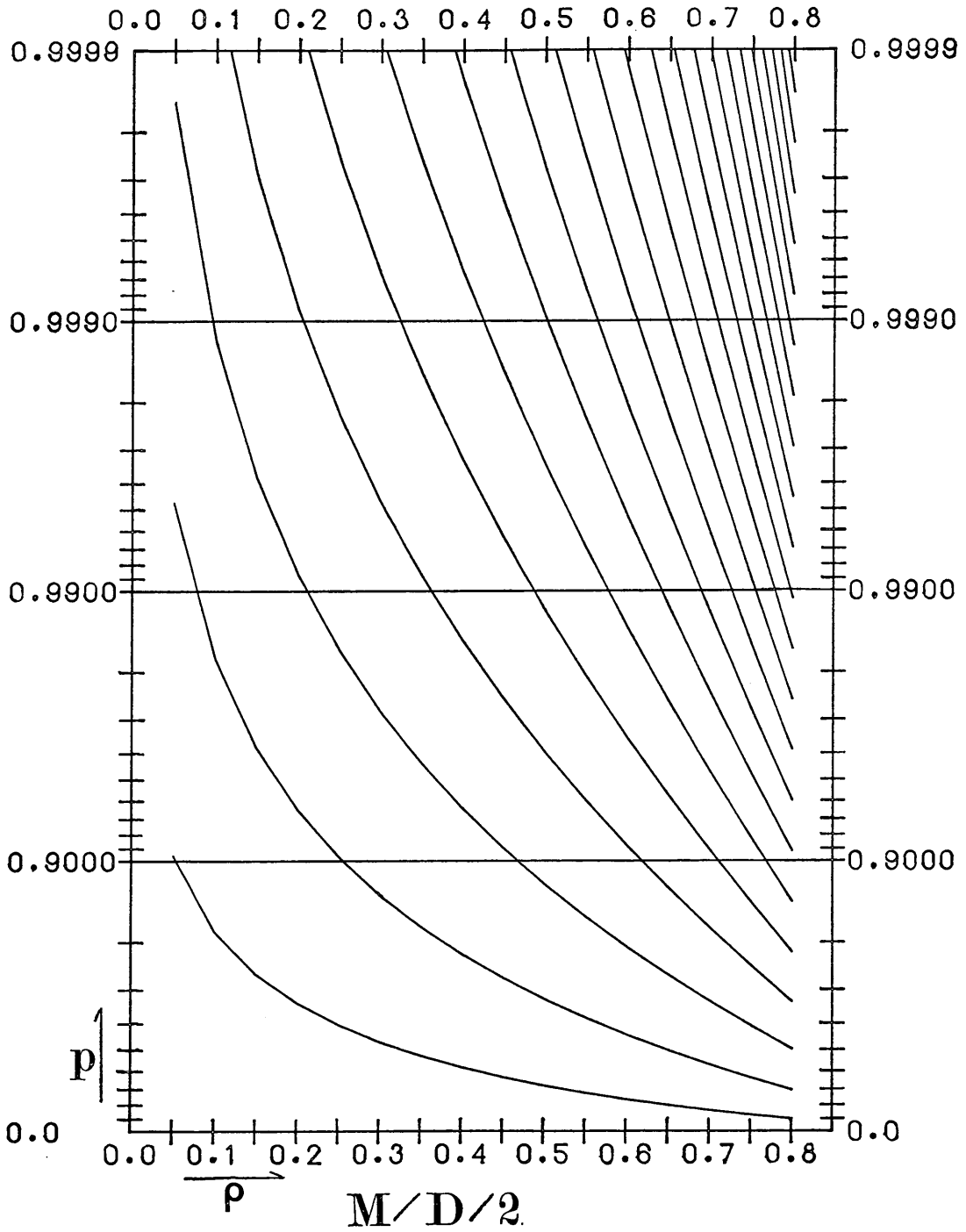


图-2-4-2 状态概率分布 $M/D/2$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

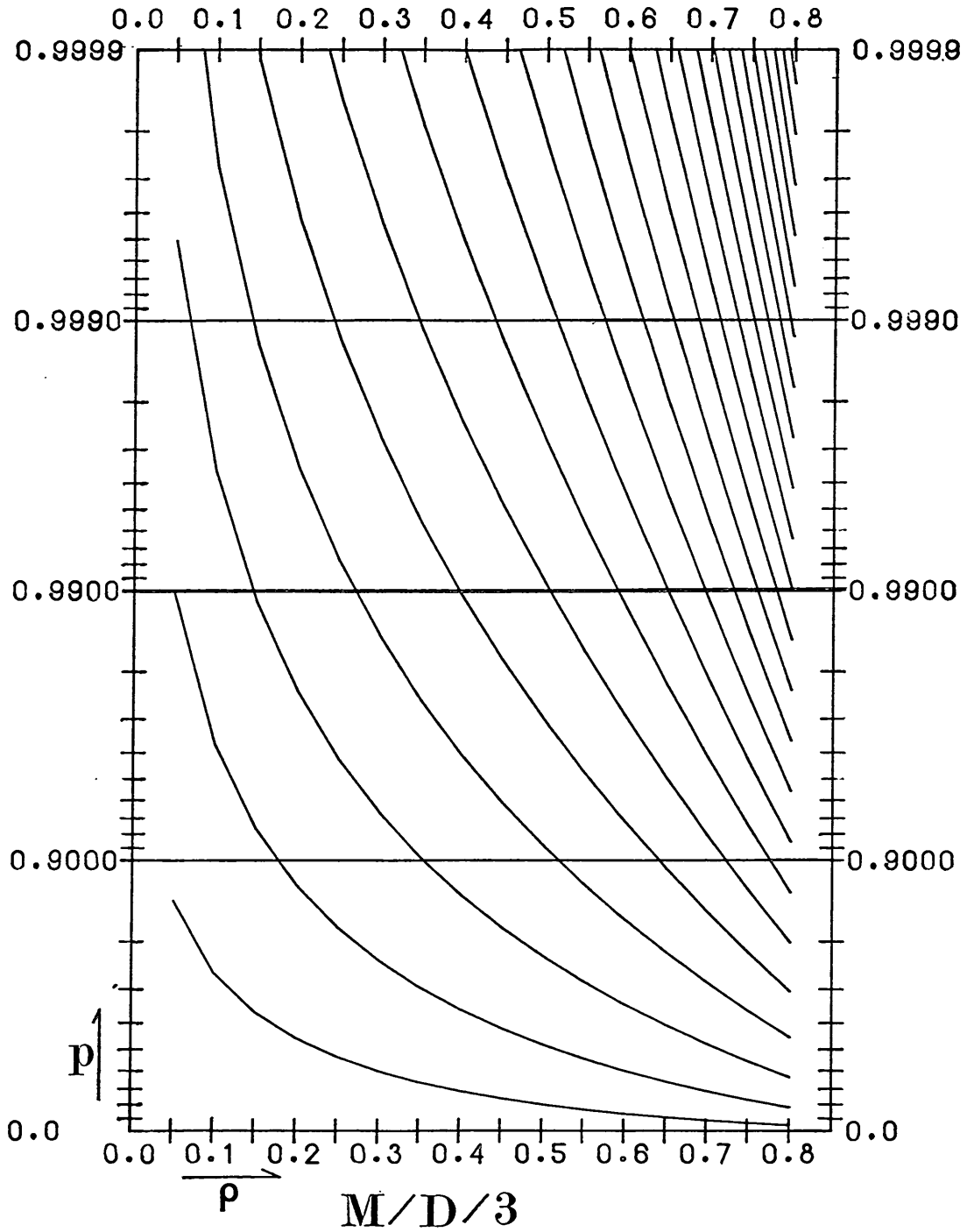


図-2-4-3 状態確率分布 $M/D/3$

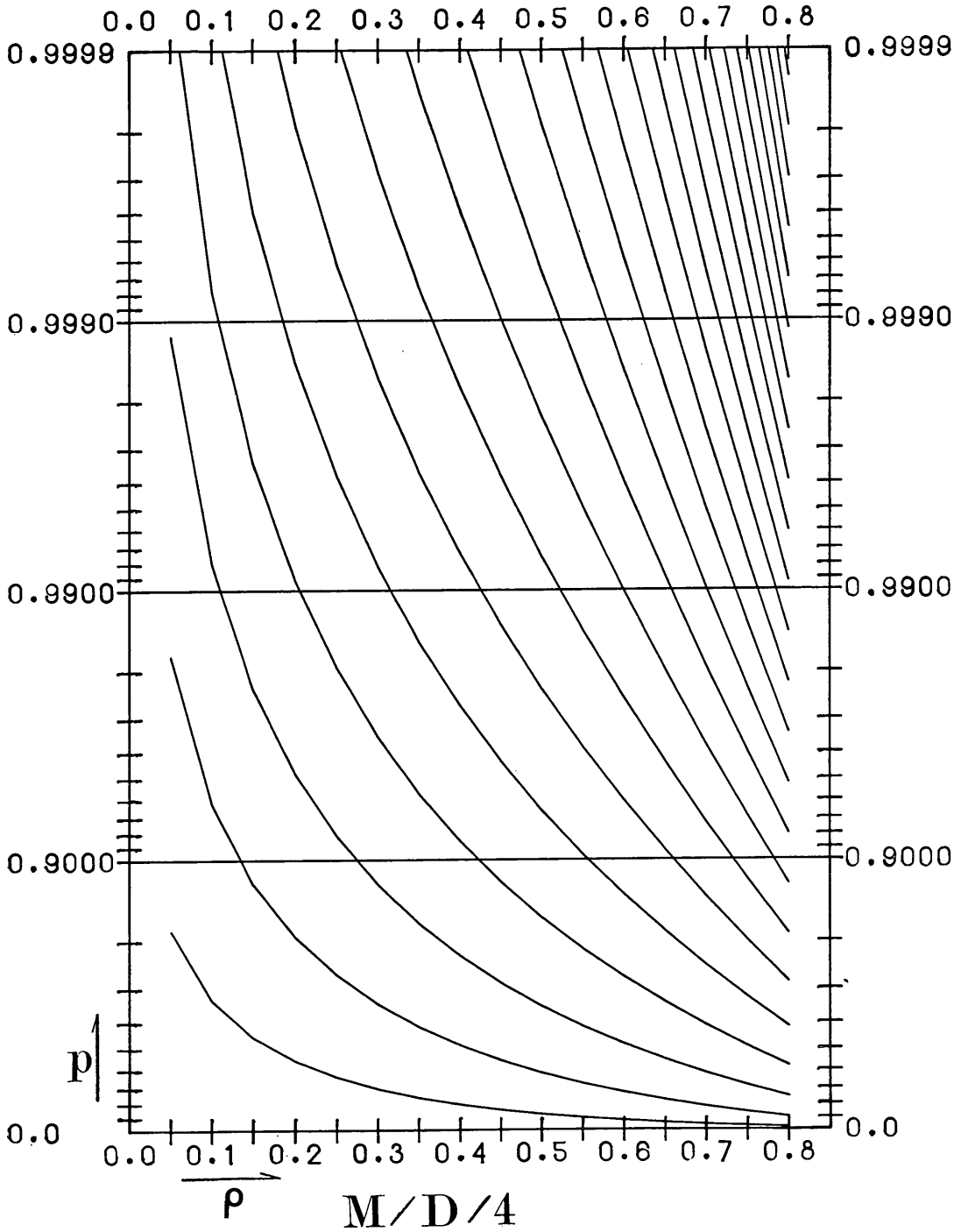


图-2-4-4 状态概率分布 $M/D/4$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

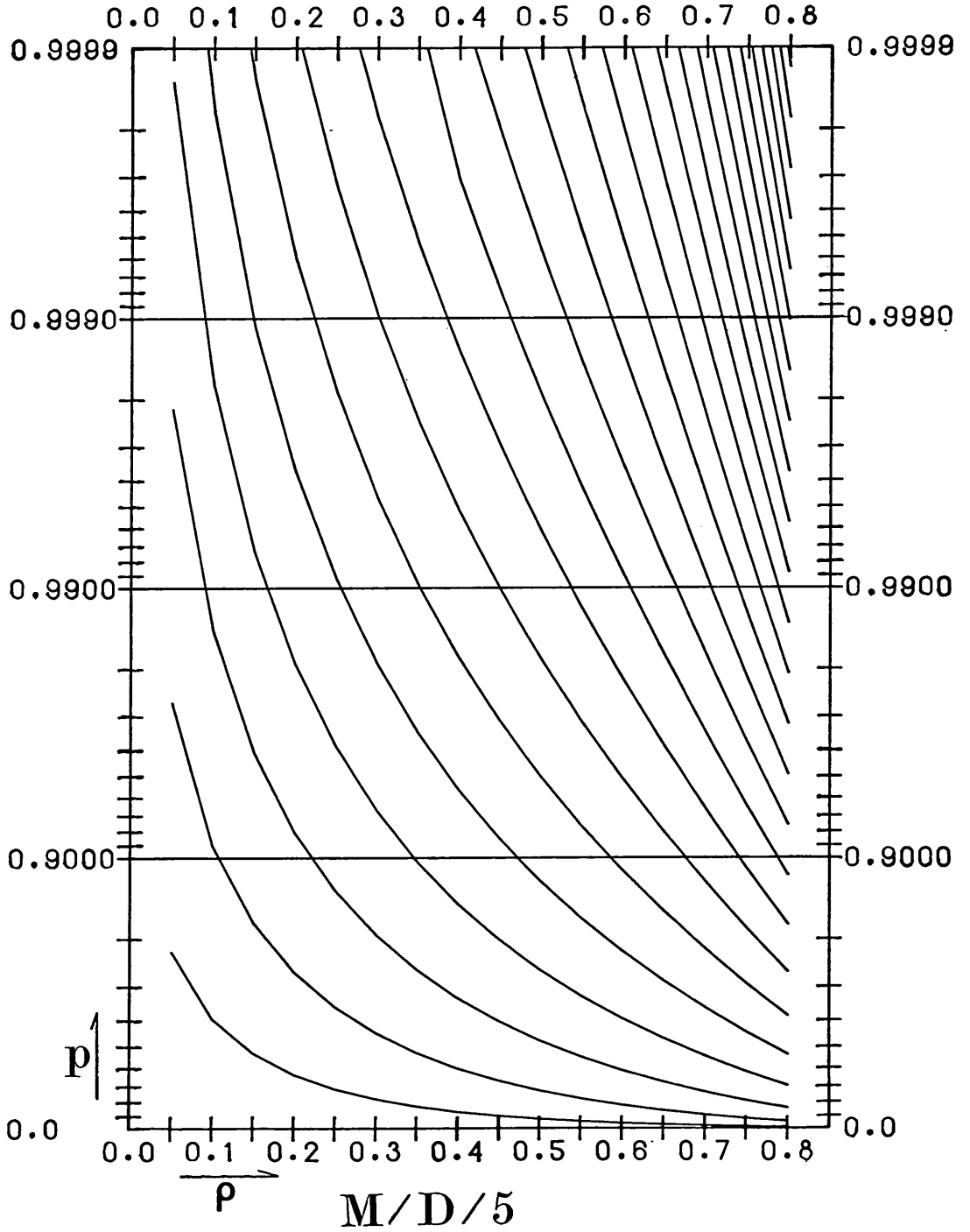


図-2-4-5 状態確率分布 $M/D/5$

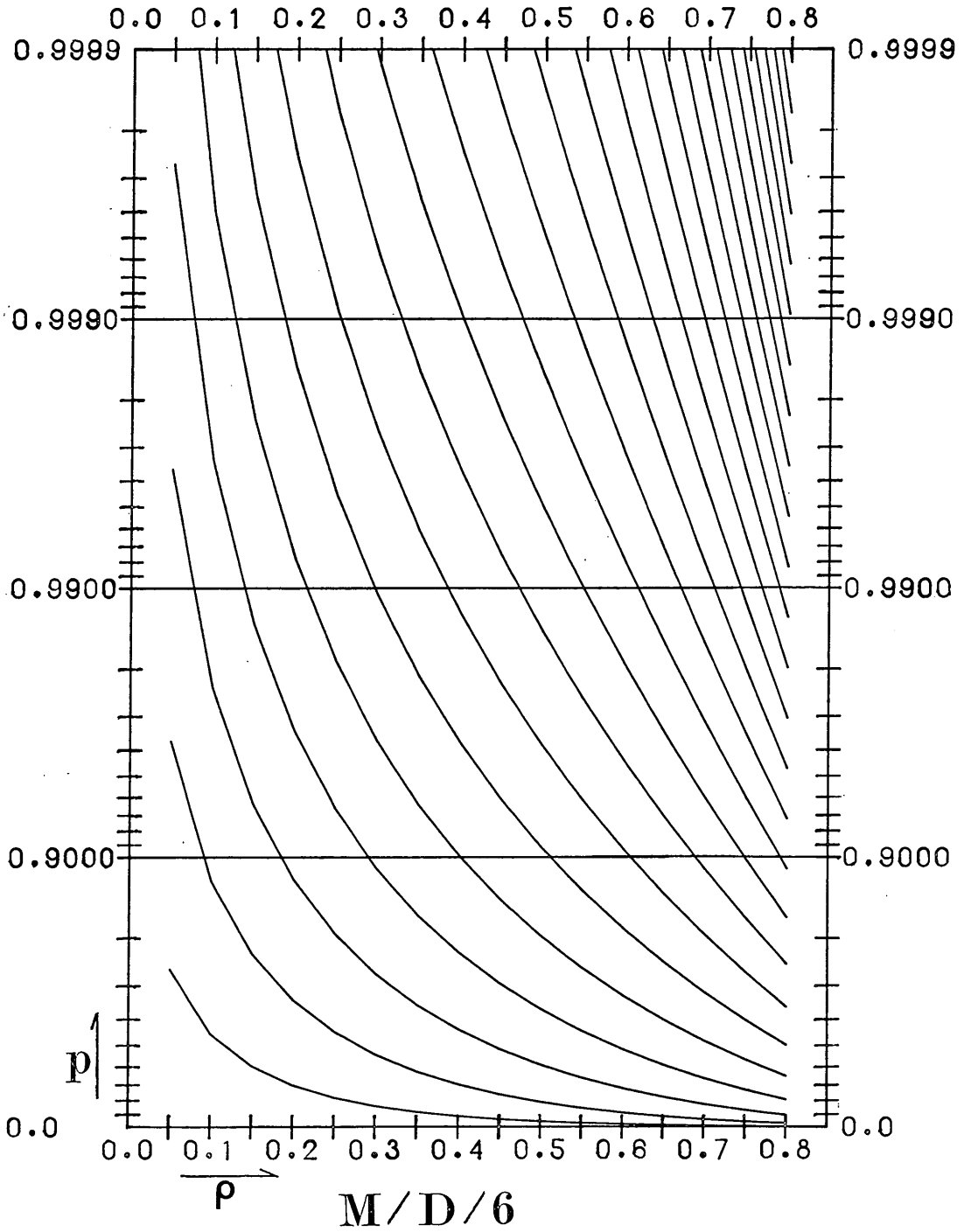


图-2-4-6 状态確率分布 $M/D/6$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

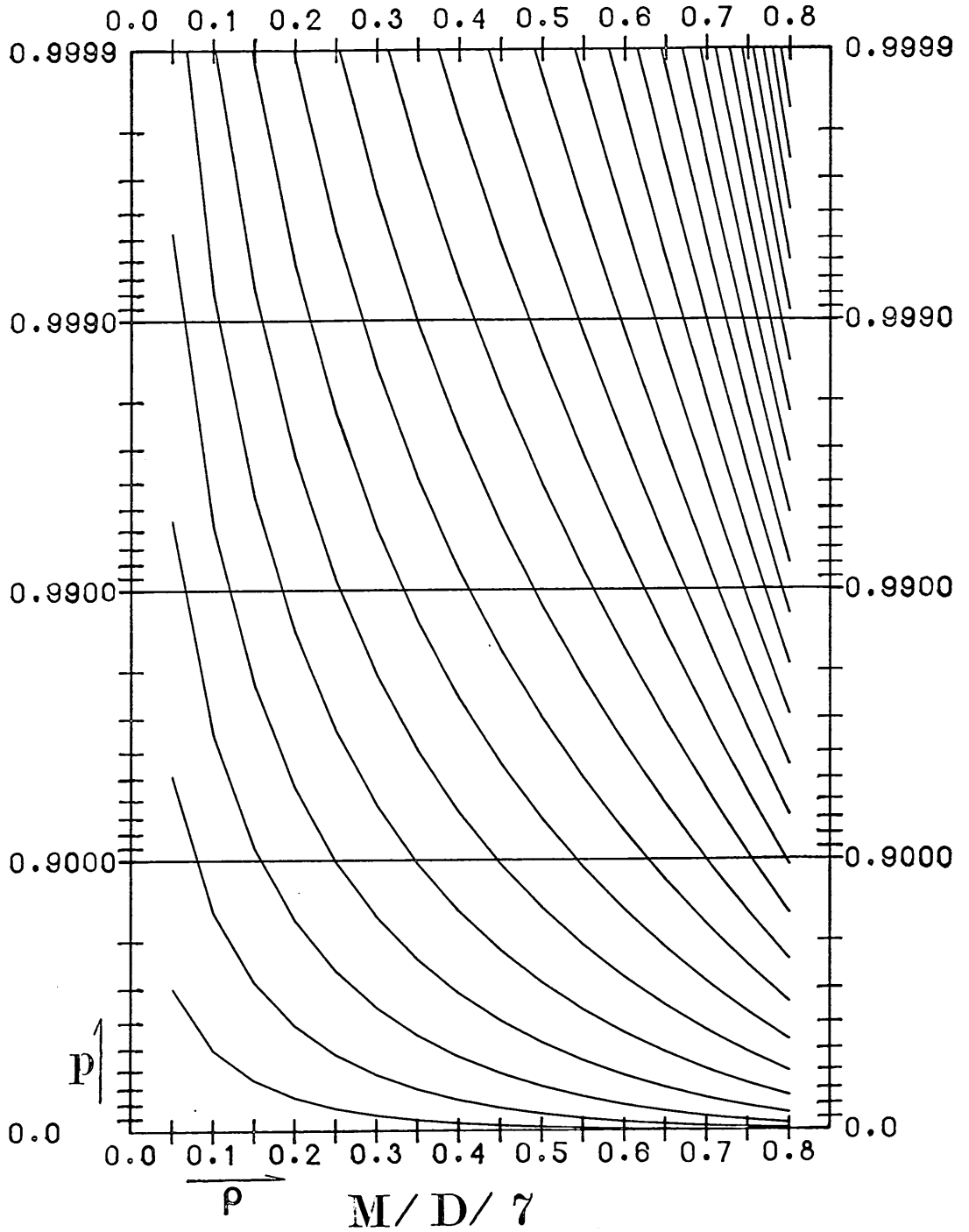


図-2-4-7 状態確率分布 $M/D/\gamma$

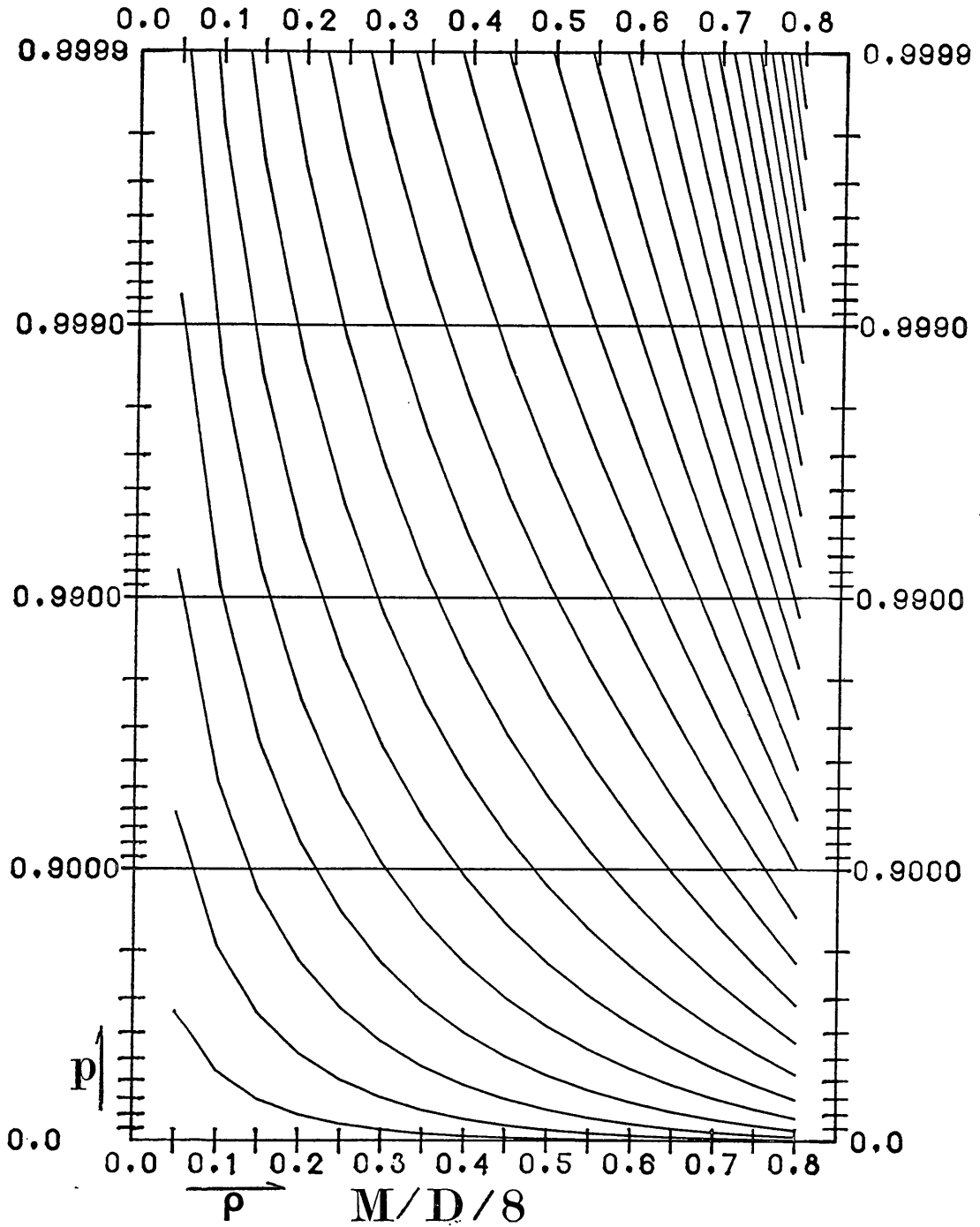


图-2-4-8 状态確率分布 $M/D/8$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

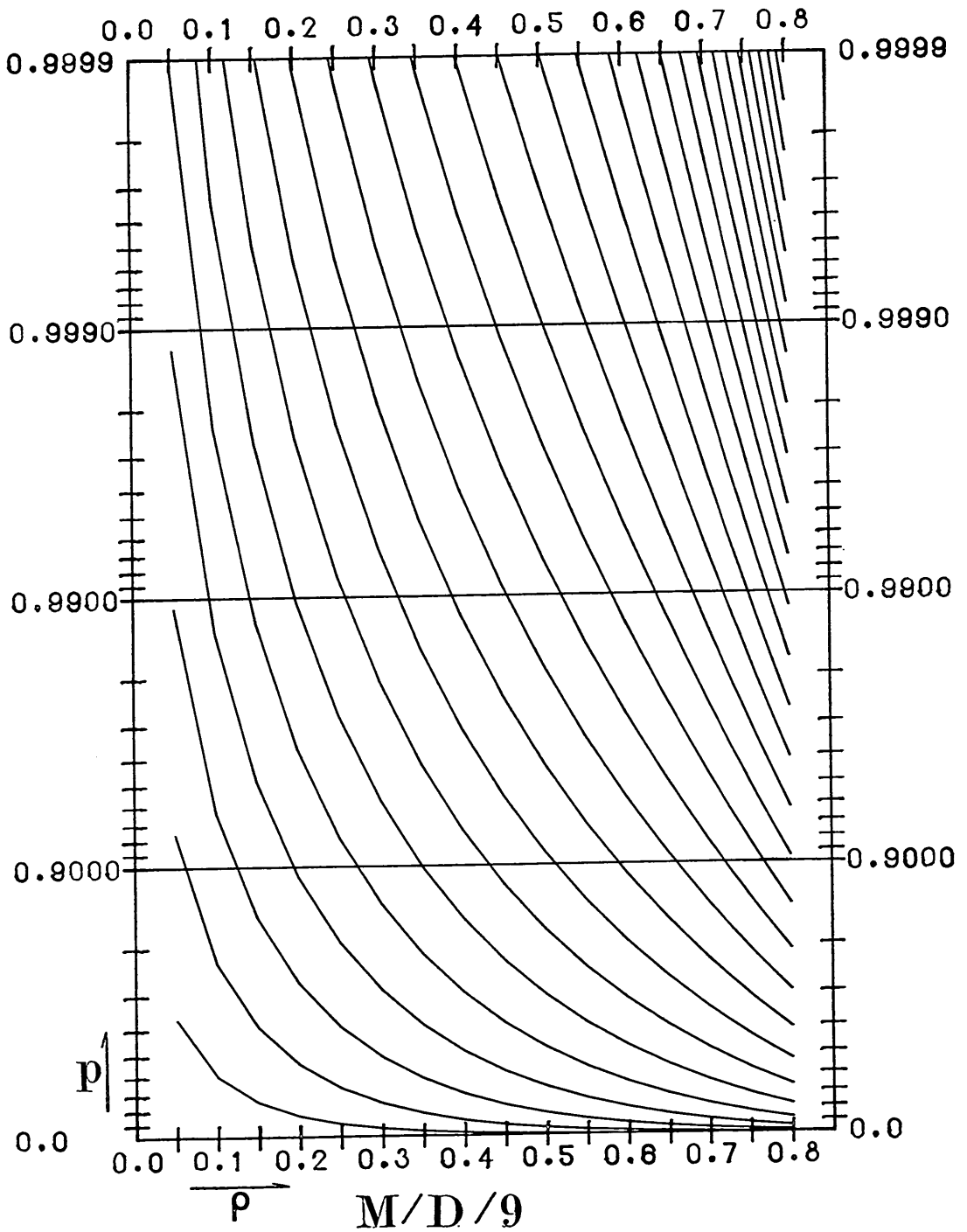


図-2-4-9 状態確率分布 $M/D/9$

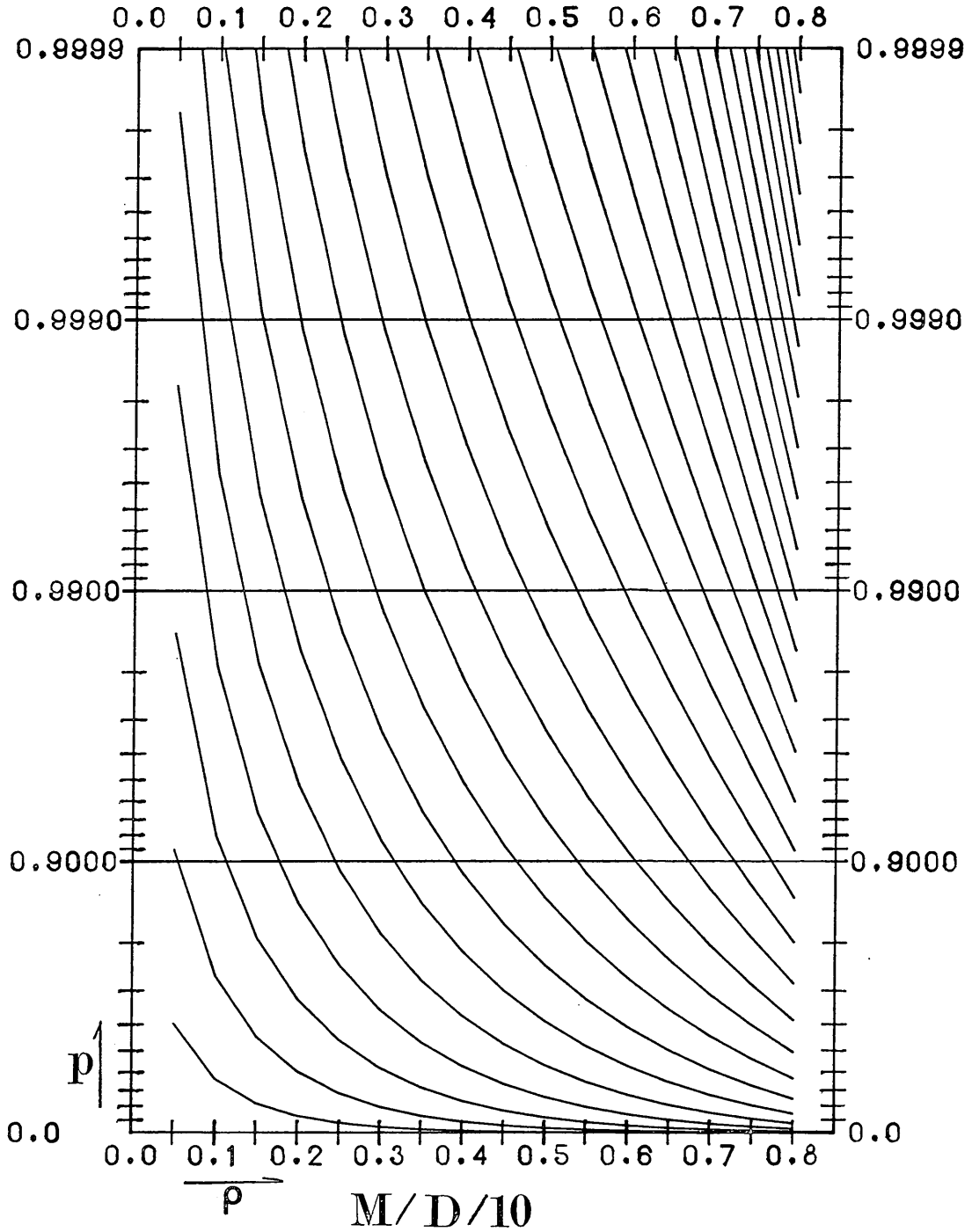


图-2-4-10 状态確率分布 $M/D/10$

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

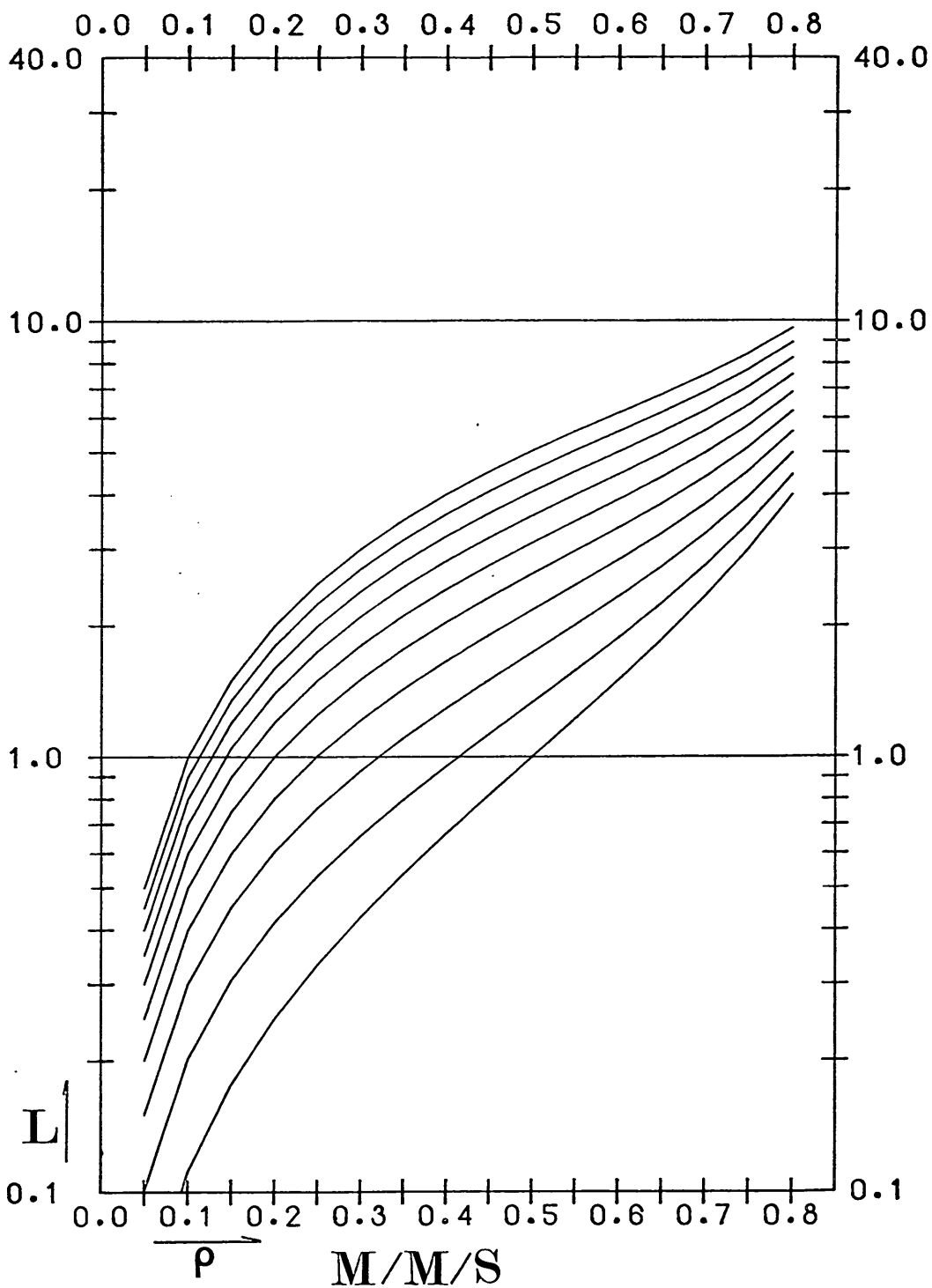


図-3-1 系内の平均数 $M/M/S(S=1\sim 10)$

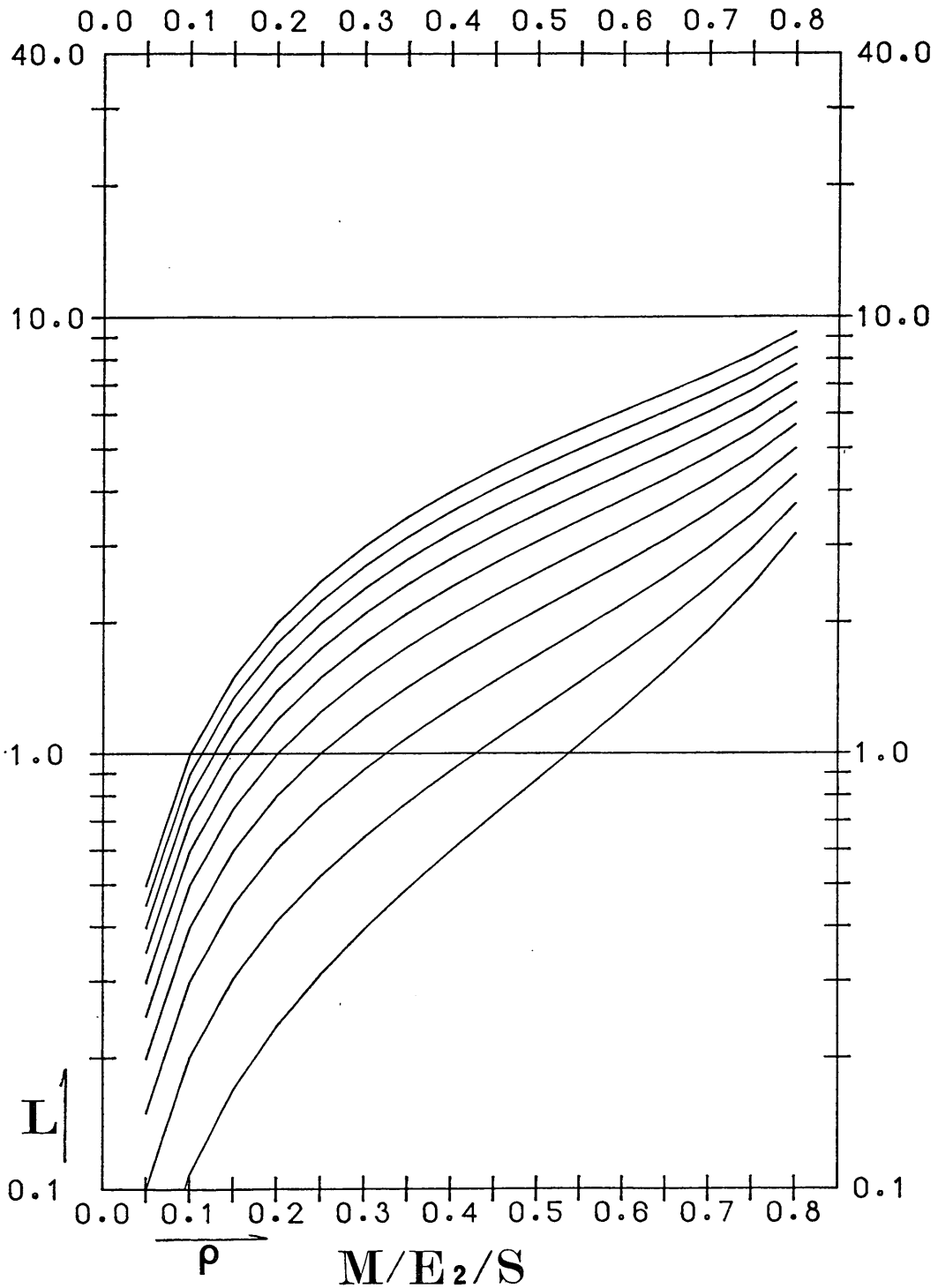


図3-2 系内の平均数 $M/E_2/S$ ($S=1\sim 10$)

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

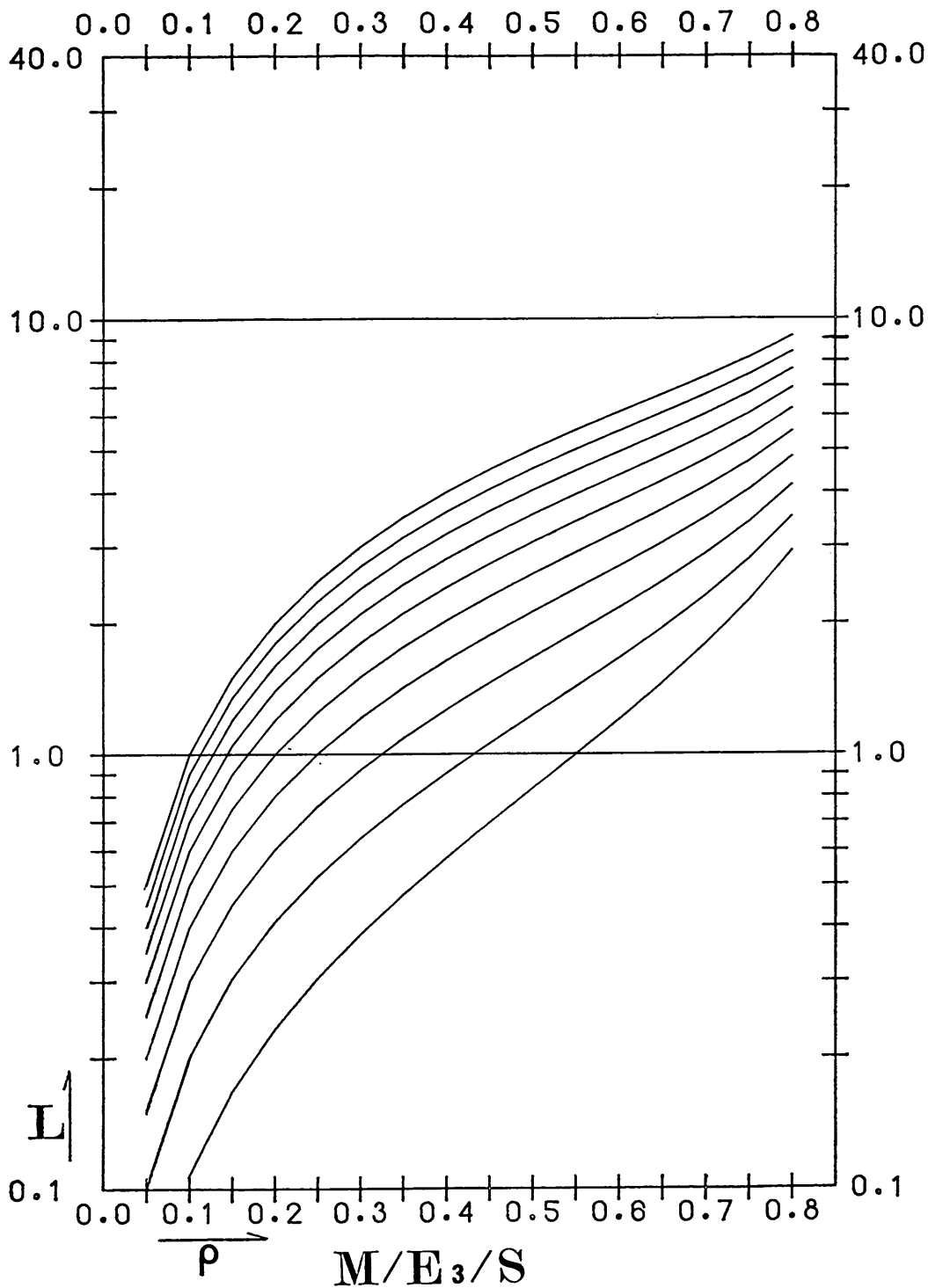


図-3-3 系内の平均数 $M/E_3/S(S=1\sim 10)$

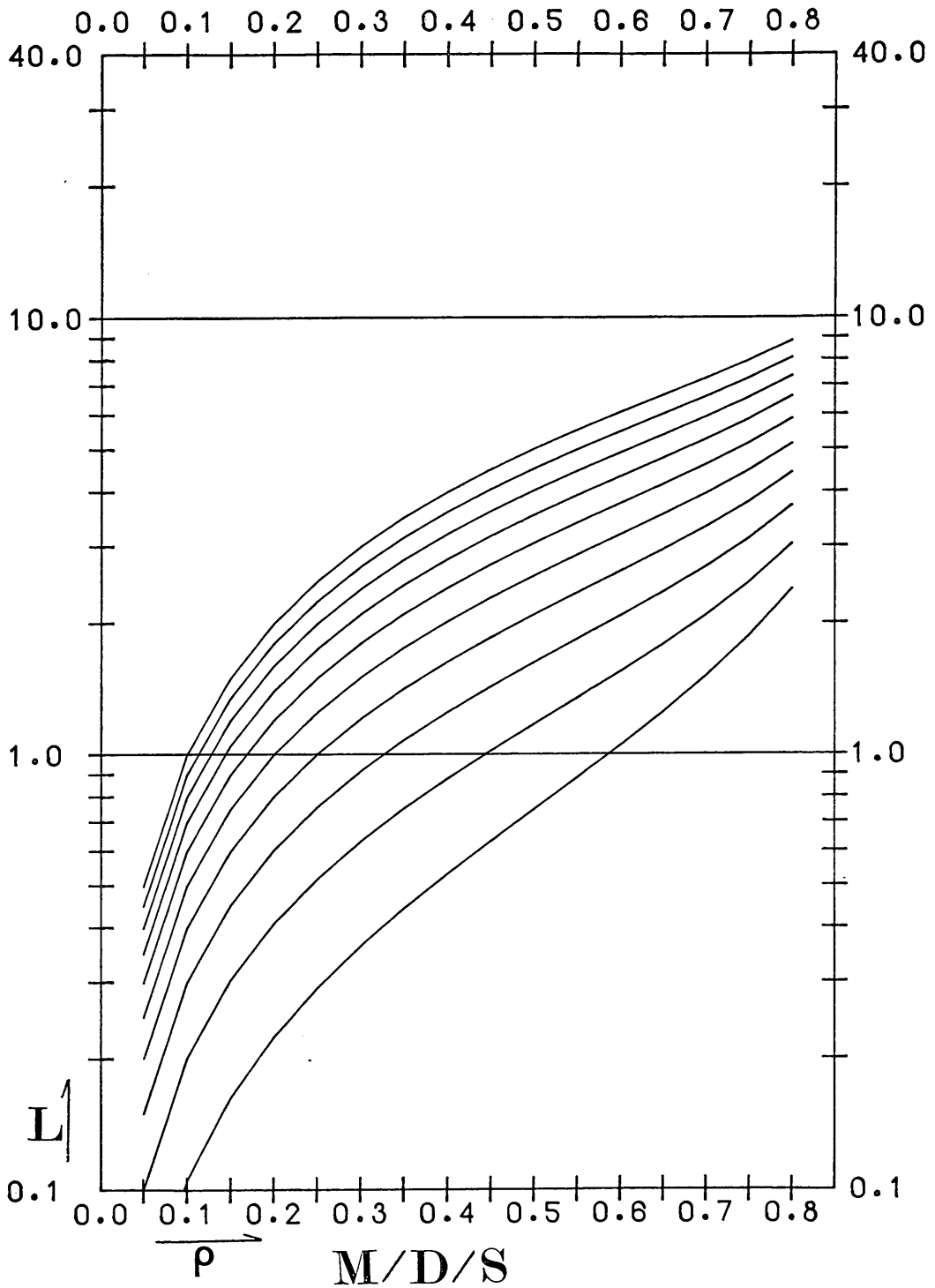


図-3-4 系内の平均数 $M/D/S$ ($S=1\sim 10$)

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

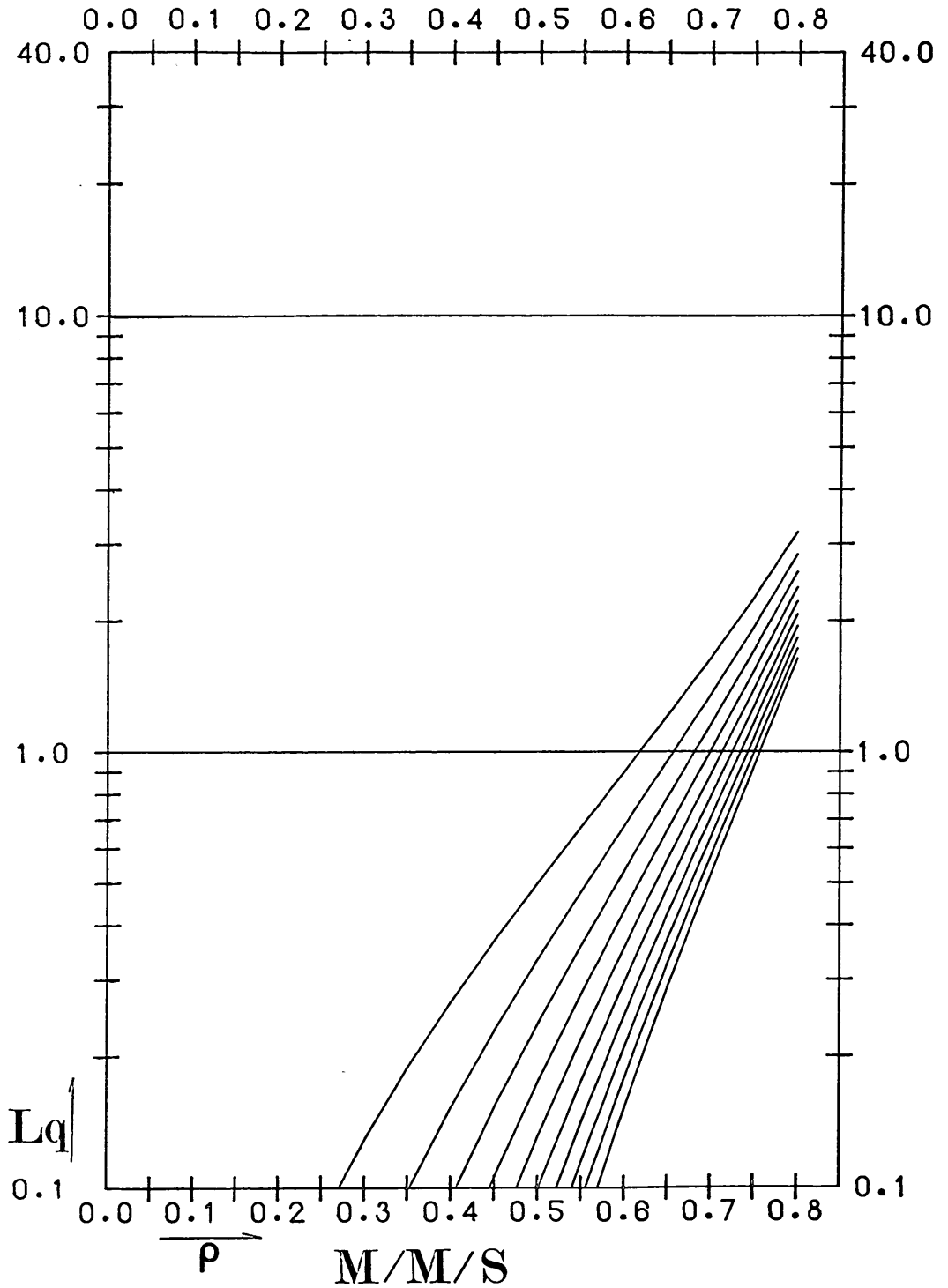


図-4-1 平均待ち数 $M/M/S(S=1\sim 10)$

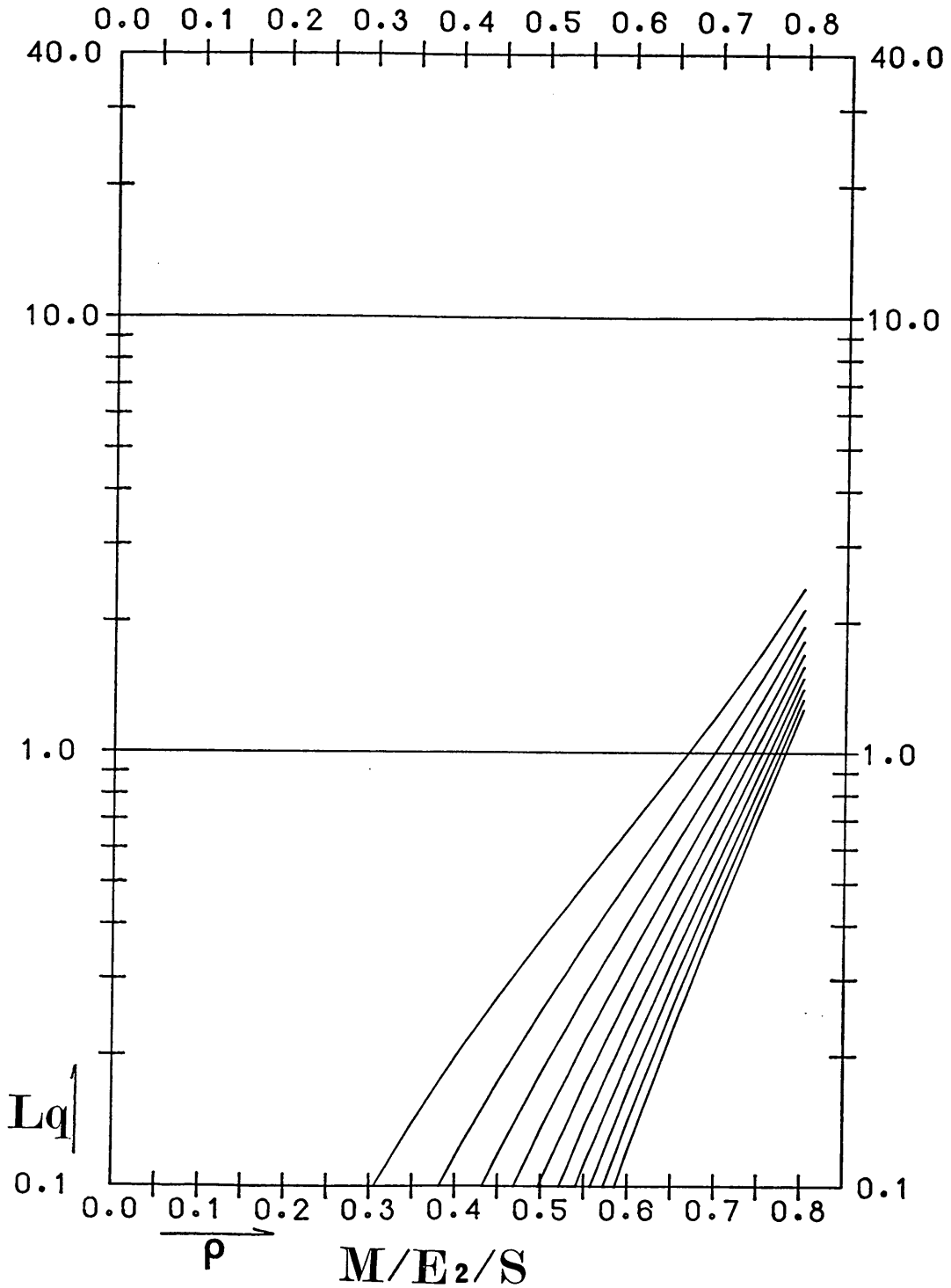


図-4-2 平均待ち数 $M/E_2/S$ ($S=1\sim 10$)

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

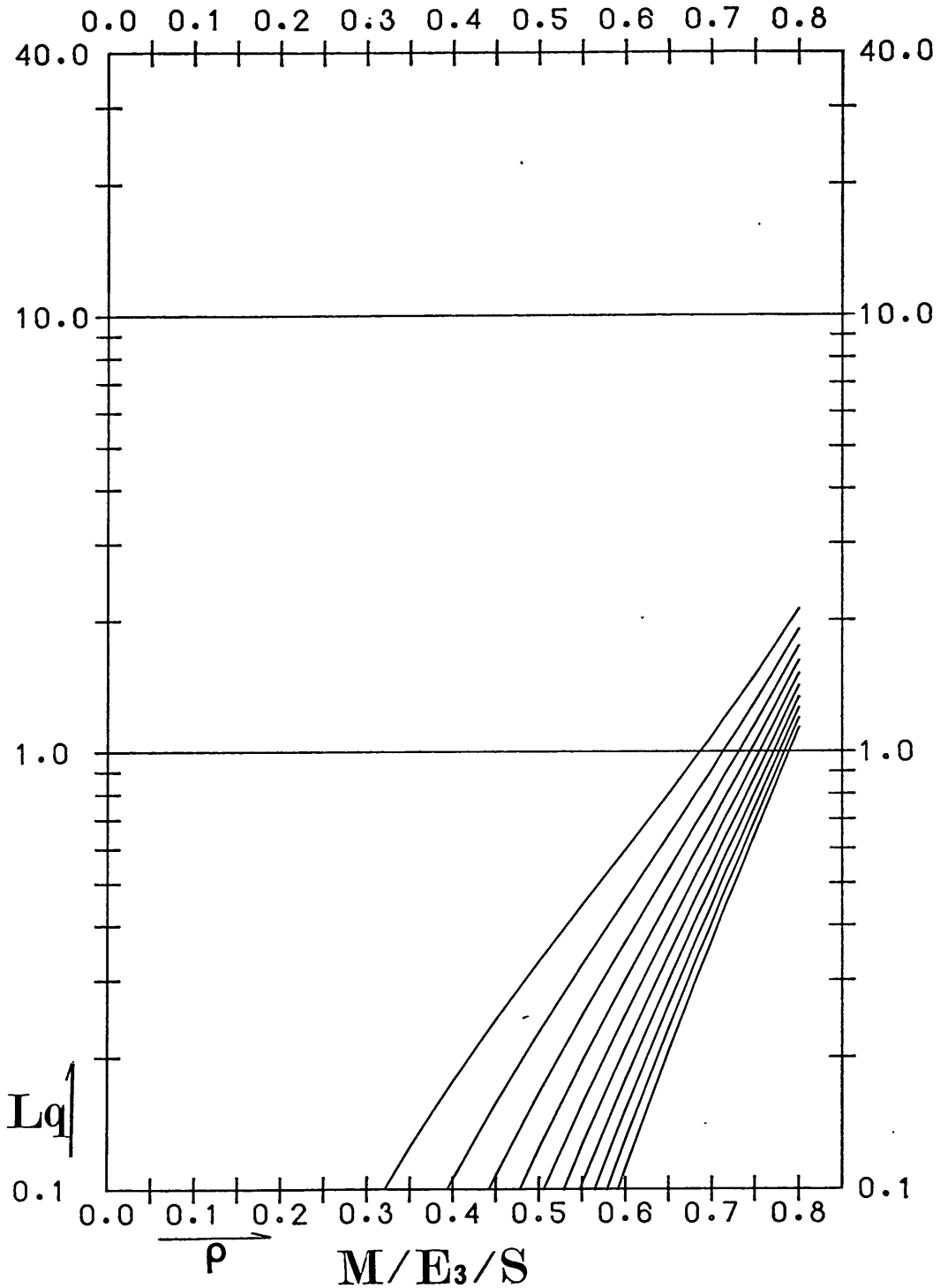


図-4-3 平均待ち数 $M/E_3/S$ ($S=1\sim 10$)

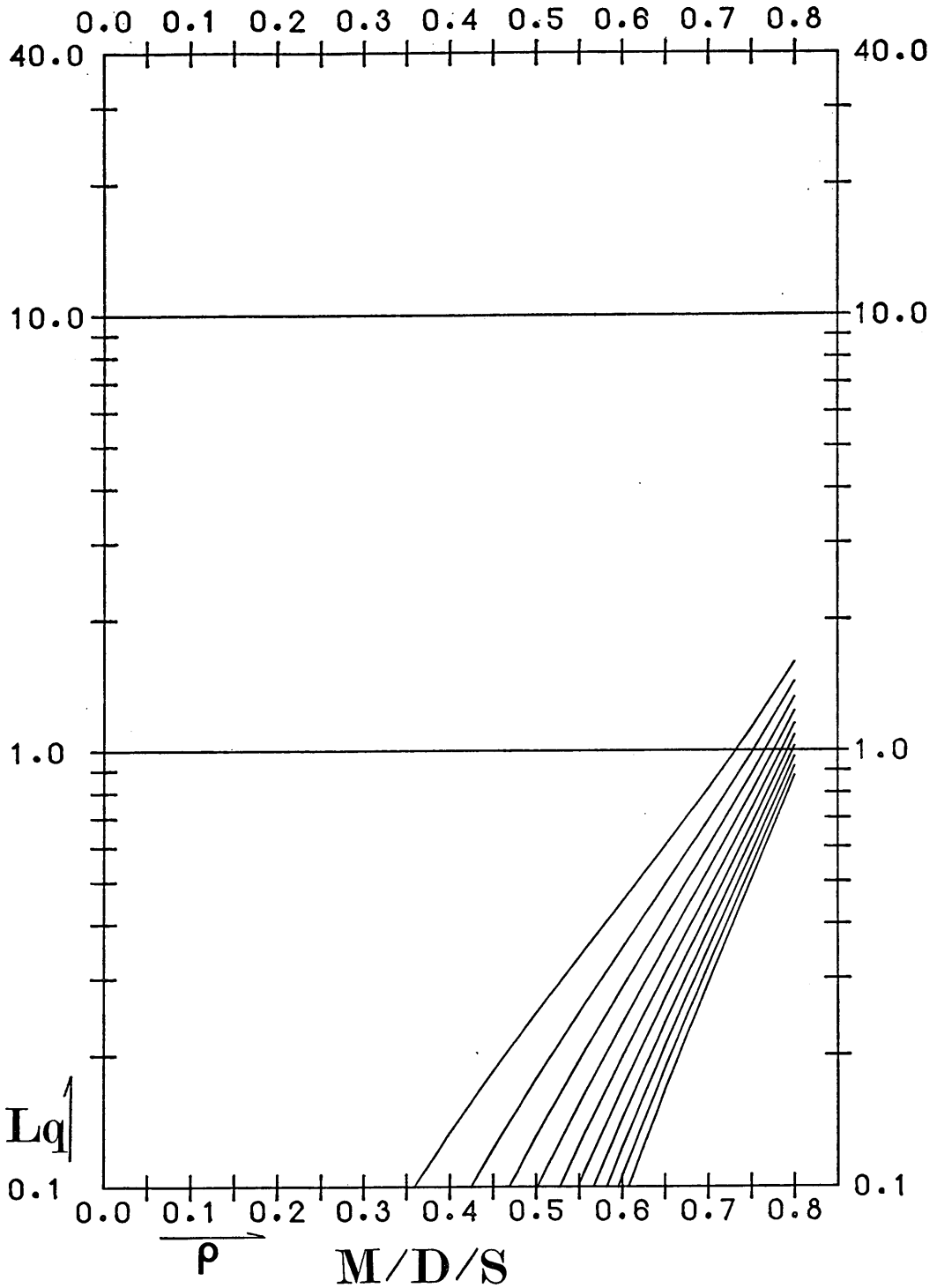


図-4-4 平均待ち数 $M/D/S$ ($S=1\sim 10$)

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

ρ	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
1	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500
2	48	182	391	647	1000	1385	1815	2286	2773	3333	3903	4500	5121	5765	6420	7111	7811	8526	9254
3	5	37	114	247	441	700	1024	1412	1861	2368	2937	3547	4212	4923	5678	6472	7304	8171	9070
4	1	8	35	96	204	370	603	907	1285	1739	2268	2870	3544	4287	5094	5964	6893	7878	8914
5	0	2	11	38	97	201	384	597	968	1304	1788	2362	3026	3778	4618	5541	6545	7625	8778
6	0	0	4	16	47	111	224	400	622	901	1227	1666	2200	2860	3600	4217	5178	6241	7411
7	0	0	1	6	23	62	139	271	473	762	1151	1651	2268	3007	3871	4859	5970	7200	8545
8	0	0	3	11	35	88	145	275	466	764	1165	1685	2326	3096	3970	4958	6060	7285	8634
9	0	0	1	6	20	55	127	235	440	744	1145	1742	2449	3304	4322	5503	6845	8346	10000
10	0	0	0	3	12	35	88	189	361	628	1013	1537	2217	3066	4092	5299	6687	8258	10000
11	0	0	0	1	7	23	61	111	204	368	628	1013	1537	2217	2853	3881	5109	6549	8171
12	0	0	0	4	15	43	105	225	429	747	1208	1839	2660	3688	4933	6400	8090	10000	10000
13	0	0	0	2	9	30	79	178	356	644	1075	1681	2485	3510	4769	6269	8013	10000	10000
14	0	0	0	1	6	21	59	142	296	557	959	1539	2326	3345	4615	6145	7940	10000	10000
15	0	0	0	1	4	15	45	113	247	482	857	1412	2180	3192	4469	6026	7870	10000	10000
16	0	0	0	3	10	34	90	207	419	768	1297	2046	3049	4332	5913	7802	10000	10000	10000
17	0	0	0	2	7	26	72	173	364	689	1193	1922	2915	4202	5806	7737	10000	10000	10000
18	0	0	0	1	5	19	58	145	317	618	1099	1808	2790	4079	5702	7674	10000	10000	10000
19	0	0	0	1	4	15	46	122	276	556	1013	1702	2672	3962	5603	7613	10000	10000	10000
20	0	0	0	3	11	37	103	241	501	936	1616	2561	3851	5508	7554	10000	10000	10000	10000
21	0	0	0	2	9	30	86	211	451	865	1513	2456	3744	5416	7497	10000	10000	10000	10000
22	0	0	0	1	7	24	73	185	407	800	1428	2357	3642	5327	7441	10000	10000	10000	10000
23	0	0	0	1	5	20	61	162	367	740	1349	2264	3545	5242	7387	10000	10000	10000	10000
24	0	0	0	1	4	16	52	142	332	686	1275	2175	3452	5159	7335	10000	10000	10000	10000
25	0	0	0	3	13	44	124	300	636	1266	2091	3362	5079	7284	10000	10000	10000	10000	10000
26	0	0	0	2	10	37	109	272	590	1142	2011	3276	5002	7234	10000	10000	10000	10000	10000
27	0	0	0	2	8	31	96	246	547	1081	1935	3194	4927	7185	10000	10000	10000	10000	10000
28	0	0	0	1	7	27	84	223	508	1024	1863	3114	4854	7137	10000	10000	10000	10000	10000
29	0	0	0	1	5	23	74	202	472	971	1794	3038	4783	7091	10000	10000	10000	10000	10000
30	0	0	0	1	4	19	65	183	459	921	1729	2964	4744	7045	10000	10000	10000	10000	10000
31	0	0	0	1	4	16	58	167	409	873	1666	2893	4647	7001	10000	10000	10000	10000	10000
32	0	0	0	3	14	51	151	380	829	1606	2824	4582	6957	10000	10000	10000	10000	10000	10000
33	0	0	0	2	12	45	137	354	787	1549	2758	4518	6914	10000	10000	10000	10000	10000	10000
34	0	0	0	2	10	39	125	330	747	1494	2694	4457	6872	10000	10000	10000	10000	10000	10000
35	0	0	0	2	8	35	114	307	710	1442	2631	4366	6831	10000	10000	10000	10000	10000	10000
36	0	0	0	1	7	31	103	286	675	1392	2571	4337	6791	10000	10000	10000	10000	10000	10000
37	0	0	0	1	6	27	94	267	642	1344	2513	4280	6751	10000	10000	10000	10000	10000	10000
38	0	0	0	1	5	24	86	249	610	1298	2457	4224	6712	10000	10000	10000	10000	10000	10000
39	0	0	0	1	4	21	78	232	581	1254	2402	4169	6674	10000	10000	10000	10000	10000	10000
40	0	0	0	1	4	19	71	217	552	1212	2349	4116	6636	10000	10000	10000	10000	10000	10000
41	0	0	0	3	17	65	202	526	1171	2298	4063	6599	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
42	0	0	0	3	15	59	189	501	1152	2248	4012	6562	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
43	0	0	0	2	13	54	177	477	1095	2200	3942	6527	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
44	0	0	0	2	11	49	165	454	1059	2153	3913	6492	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
45	0	0	0	2	10	45	154	433	1024	2107	3865	6457	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
46	0	0	0	1	9	41	144	412	991	2062	3818	6423	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
47	0	0	0	1	8	37	135	393	959	2019	3772	6389	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
48	0	0	0	1	7	34	126	375	928	1977	3726	6356	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
49	0	0	0	1	6	31	118	357	898	1936	3682	6323	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
50	0	0	0	1	6	28	110	341	870	1897	3639	6291	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
51	0	0	0	1	5	26	103	325	842	1858	3596	6259	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
52	0	0	0	1	4	24	97	310	815	1820	3554	6228	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
53	0	0	0	4	22	90	296	790	1783	3513	6197	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
54	0	0	0	3	20	85	282	765	1748	3473	6166	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
55	0	0	0	3	18	79	269	741	1713	3433	6136	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
56	0	0	0	3	16	74	257	718	1679	3394	6106	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
57	0	0	0	2	15	69	246	696	1646	3356	6077	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
58	0	0	0	2	14	65	234	675	1613	3319	6048	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
59	0	0	0	2	13	61	224	654	1582	3282	6019	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
60	0	0	0	2	12	57	214	634	1551	3246	5990	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
61	0	0	0	1	11	54	204	615	1521	3210	5962	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
62	0	0	0	1	10	50	195	596	1491	3175	5935	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
63	0	0	0	1	9	47	187	578	1463	3141	5907	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
64	0	0	0	1	8	44	178	561	1435	3107	5880	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
65	0	0	0	1	7	41	170	544	1408	3073	5853	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
66	0	0	0	1	7	39	163	527	1381	3041	5827	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
67	0	0	0	1	6	36	156	512	1355	3008	5801	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
68	0	0	0	1	6	34	149	497	1329	2976	5775	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
69	0	0	0	1	5	32	142	482	1304	2945	5749	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
70	0	0	0	1	5	30	136	468	1280	2914	5724	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
71	0	0	0	4	28	130	454	1256	1256	2884	5699	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
72	0	0	0	4	26	124	440	1233	1233	2854									

奥山育英·笹嶋 博·早藤能伸·中井典倫子

	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	10000	9900	9802	9704	9608	9512	9418	9324	9231	9139	0	100	198	296	392	488	582	676	769	861
0.1	9048	8958	8869	8781	8694	8607	8521	8437	8353	8270	92	1042	1131	1219	1306	1393	1479	1563	1647	1730
0.2	8147	8066	8025	7945	7864	7788	7711	7634	7558	7483	1813	1894	1975	2055	2134	2217	2289	2360	2442	2517
0.3	7408	7334	7261	7189	7118	7047	6977	6907	6839	6771	2529	2606	2679	2751	2811	2877	2953	3023	3093	3161
0.4	6703	6637	6570	6505	6441	6378	6313	6250	6188	6128	3227	3303	3379	3453	3520	3584	3657	3729	3797	3874
0.5	6045	6005	5945	5886	5827	5769	5712	5655	5599	5543	3935	3995	4055	4114	4173	4231	4288	4345	4401	4457
0.6	5488	5434	5379	5326	5273	5220	5169	5117	5066	5016	4512	4564	4621	4674	4727	4780	4831	4883	4934	4984
0.7	4966	4916	4868	4819	4771	4724	4677	4630	4584	4538	5034	5084	5132	5178	5220	5276	5323	5370	5416	5462
0.8	4493	4449	4404	4360	4317	4274	4232	4190	4148	4107	5507	5551	5594	5640	5683	5726	5768	5810	5852	5893
0.9	4066	4025	3985	3946	3906	3867	3829	3791	3753	3716	5934	5975	6015	6054	6094	6133	6171	6209	6247	6284
1.0	3679	3642	3606	3570	3535	3499	3465	3430	3396	3362	6321	6358	6394	6430	6465	6501	6535	6570	6604	6638
1.1	3329	3296	3263	3230	3198	3166	3135	3104	3073	3042	6671	6704	6737	6770	6802	6834	6865	6896	6927	6958
1.2	3012	2982	2952	2923	2894	2865	2837	2808	2780	2753	6988	7018	7048	7077	7106	7135	7163	7192	7220	7248
1.3	2725	2698	2671	2645	2618	2592	2567	2541	2516	2491	7275	7302	7329	7355	7382	7408	7433	7459	7484	7509
1.4	2466	2441	2417	2393	2369	2346	2322	2299	2276	2254	7534	7559	7583	7607	7631	7654	7678	7701	7724	7746
1.5	2231	2209	2187	2165	2144	2122	2101	2080	2060	2039	7769	7791	7813	7835	7856	7878	7899	7920	7940	7961
1.6	2019	1999	1979	1959	1940	1920	1901	1882	1864	1845	7981	8001	8021	8041	8060	8080	8099	8118	8136	8155
1.7	1827	1809	1791	1773	1755	1738	1720	1703	1686	1670	8173	8191	8209	8227	8245	8262	8278	8297	8314	8330
1.8	1653	1637	1620	1604	1588	1572	1557	1541	1526	1511	8347	8363	8380	8396	8412	8428	8443	8459	8474	8489
1.9	1496	1481	1466	1451	1437	1423	1409	1395	1381	1367	8504	8519	8534	8549	8563	8577	8591	8605	8619	8633
2.0	1353	1340	1327	1313	1300	1287	1275	1262	1249	1237	8647	8660	8673	8687	8700	8713	8725	8738	8751	8763
2.1	1223	1212	1200	1188	1177	1165	1153	1142	1130	1119	8775	8788	8800	8812	8823	8835	8847	8858	8869	8879
2.2	1108	1097	1086	1075	1065	1054	1044	1033	1023	1013	8892	8903	8914	8925	8935	8946	8956	8967	8977	8987
2.3	1003	993	983	973	963	954	944	935	926	916	8997	9007	9017	9027	9037	9046	9056	9065	9074	9084
2.4	907	898	889	880	872	863	854	846	837	829	9093	9102	9111	9120	9128	9137	9146	9154	9163	9171
2.5	821	813	805	797	789	781	773	765	758	750	9190	9197	9205	9213	9221	9229	9237	9245	9253	9260
2.6	743	735	729	721	714	707	699	691	684	677	9287	9295	9292	9299	9306	9313	9320	9327	9334	9341
2.7	672	665	659	652	646	639	633	627	620	614	9382	9385	9391	9398	9404	9411	9417	9422	9427	9433
2.8	608	602	596	590	584	578	573	567	561	556	9479	9483	9490	9496	9501	9507	9512	9517	9522	9527
2.9	550	545	539	534	529	523	518	513	508	503	9576	9580	9585	9591	9596	9601	9607	9611	9616	9621
3.0	498	493	488	483	478	474	469	464	460	455	9672	9675	9678	9681	9684	9687	9690	9693	9696	9699
3.1	450	446	442	437	433	429	424	420	416	412	9769	9771	9773	9775	9777	9779	9781	9783	9785	9787
3.2	408	404	400	396	392	388	384	380	376	373	9866	9867	9868	9869	9870	9871	9872	9873	9874	9875
3.3	369	365	361	358	354	351	347	344	340	337	9963	9964	9965	9966	9967	9968	9969	9970	9971	9972
3.4	334	330	327	324	321	317	314	311	308	305	10060	10061	10062	10063	10064	10065	10066	10067	10068	10069
3.5	302	299	296	293	291	287	284	282	279	276	10157	10158	10159	10160	10161	10162	10163	10164	10165	10166
3.6	273	271	268	265	263	260	257	255	252	250	10254	10255	10256	10257	10258	10259	10260	10261	10262	10263
3.7	247	245	242	240	238	235	233	231	228	226	10351	10352	10353	10354	10355	10356	10357	10358	10359	10360
3.8	224	221	219	217	215	213	211	209	207	204	10448	10449	10450	10451	10452	10453	10454	10455	10456	10457
3.9	202	200	198	196	194	193	191	189	187	185	10545	10546	10547	10548	10549	10550	10551	10552	10553	10554
4.0	183	181	180	178	176	174	172	171	169	167	10642	10643	10644	10645	10646	10647	10648	10649	10650	10651
4.1	166	164	162	161	159	158	156	155	153	151	10739	10740	10741	10742	10743	10744	10745	10746	10747	10748
4.2	150	148	146	144	144	143	141	140	138	137	10836	10837	10838	10839	10840	10841	10842	10843	10844	10845
4.3	136	134	133	132	130	129	128	127	125	124	10933	10934	10935	10936	10937	10938	10939	10940	10941	10942
4.4	123	122	120	119	118	117	116	114	113	112	11030	11031	11032	11033	11034	11035	11036	11037	11038	11039
4.5	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	11127	11128	11129	11130	11131	11132	11133	11134	11135	11136
4.6	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	11224	11225	11226	11227	11228	11229	11230	11231	11232	11233
4.7	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	11321	11322	11323	11324	11325	11326	11327	11328	11329	11330
4.8	82	81	81	80	79	78	78	77	76	75	11418	11419	11420	11421	11422	11423	11424	11425	11426	11427
4.9	74	74	73	72	72	71	70	69	69	68	11515	11516	11517	11518	11519	11520	11521	11522	11523	11524
5.0	67	67	66	65	65	64	63	63	62	62	11612	11613	11614	11615	11616	11617	11618	11619	11620	11621
5.1	61	60	60	59	59	58	57	57	56	56	11709	11710	11711	11712	11713	11714	11715	11716	11717	11718
5.2	55	55	54	54	53	52	52	51	51	50	11806	11807	11808	11809	11810	11811	11812	11813	11814	11815
5.3	50	49	49	48	48	47	47	46	46	46	11903	11904	11905	11906	11907	11908	11909	11910	11911	11912
5.4	45	45	44	44	44	43	43	42	42	41	12000	12001	12002	12003	12004	12005	12006	12007	12008	12009
5.5	41	40	40	40	39	39	38	38	38	37	12097	12098	12099	12100	12101	12102	12103	12104	12105	12106
5.6	37	37	36	36	36	35	35	34	34	34	12194	12195	12196	12197	12198	12199	12200	12201	12202	

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

U.C.0	n=1	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
0.0	0	392	769	1130	1477	1810	2129	2434	2727	3007	0	2	8	17	30	47	66	89	115	144
0.1	3275	3551	3776	4009	4232	4445	4647	4840	5023	5197	175	209	246	285	326	369	415	464	512	563
0.2	5363	5519	5668	5818	5964	6105	6243	6379	6508	6635	616	670	726	783	842	902	963	1026	1089	1154
0.3	6566	6671	6749	6822	6892	6957	7019	7078	7135	7191	1219	1285	1352	1420	1489	1558	1628	1698	1769	1840
0.4	7149	7223	7295	7364	7430	7493	7553	7611	7667	7722	1912	1984	2057	2129	2202	2275	2348	2422	2495	2569
0.5	7458	7526	7592	7655	7715	7773	7829	7883	7936	7987	2642	2716	2790	2863	2936	3009	3083	3156	3229	3301
0.6	7729	7804	7877	7948	8016	8082	8147	8210	8272	8333	3374	3446	3518	3589	3661	3732	3802	3873	3943	4012
0.7	6945	6845	6824	6781	6734	6684	6649	6603	6556	6509	4082	4151	4219	4287	4354	4422	4488	4555	4621	4686
0.8	0461	6412	6363	6313	6262	6211	6160	6108	6056	6004	4751	4815	4879	4942	5005	5068	5129	5191	5252	5312
0.9	5951	5898	5844	5791	5737	5684	5630	5576	5522	5468	5372	5431	5490	5548	5605	5663	5719	5775	5831	5886
1.0	5413	5359	5305	5251	5197	5143	5089	5036	4982	4929	5941	5994	6047	6100	6152	6204	6255	6306	6356	6405
1.1	4875	4822	4769	4717	4664	4612	4560	4508	4457	4405	6454	6503	6551	6598	6645	6691	6737	6783	6827	6872
1.2	4354	4304	4253	4203	4154	4104	4055	4006	3958	3911	6916	6959	7002	7044	7086	7127	7168	7208	7248	7287
1.3	3842	3795	3748	3701	3654	3607	3560	3513	3466	3419	7326	7365	7402	7439	7477	7513	7549	7585	7620	7655
1.4	3455	3406	3359	3312	3265	3218	3171	3124	3077	3030	7680	7723	7765	7807	7848	7888	7928	7967	8006	8045
1.5	2977	2928	2879	2831	2783	2735	2687	2639	2591	2543	8037	8078	8119	8159	8199	8238	8277	8316	8354	8393
1.6	2609	2559	2509	2459	2409	2359	2309	2259	2209	2159	8398	8438	8478	8517	8556	8595	8634	8672	8710	8748
1.7	2249	2198	2147	2096	2045	1994	1943	1892	1841	1790	8762	8801	8840	8879	8917	8955	8993	9031	9069	9107
1.8	1967	1915	1864	1813	1762	1711	1660	1609	1558	1507	9128	9166	9204	9242	9279	9316	9353	9390	9427	9464
1.9	1700	1655	1610	1565	1520	1475	1430	1385	1340	1295	9496	9533	9570	9607	9643	9679	9715	9751	9787	9823
2.0	1465	1423	1381	1339	1297	1255	1213	1171	1129	1087	9864	9901	9938	9974	10010	10046	10082	10118	10154	10190
2.1	1260	1221	1182	1143	1104	1065	1026	987	948	909	10220	10257	10293	10329	10364	10399	10434	10469	10504	10539
2.2	1070	1034	1000	965	930	895	860	825	790	755	10537	10573	10608	10643	10678	10713	10748	10783	10818	10853
2.3	925	891	858	824	790	756	722	688	654	620	10857	10892	10927	10962	10997	11032	11067	11102	11137	11172
2.4	790	757	725	692	659	626	593	560	527	494	11183	11218	11253	11288	11323	11358	11393	11428	11463	11498
2.5	674	643	612	581	550	519	488	457	426	395	11511	11546	11581	11616	11651	11686	11721	11756	11791	11826
2.6	574	545	516	487	458	429	400	371	342	313	11841	11876	11911	11946	11981	12016	12051	12086	12121	12156
2.7	488	460	432	404	376	348	320	292	264	236	12173	12208	12243	12278	12313	12348	12383	12418	12453	12488
2.8	414	407	401	394	388	381	375	369	363	357	12507	12542	12577	12612	12647	12682	12717	12752	12787	12822
2.9	351	345	340	334	329	323	318	313	308	302	12843	12878	12913	12948	12983	13018	13053	13088	13123	13158
3.0	297	293	288	283	278	273	269	264	259	254	13181	13216	13251	13286	13321	13356	13391	13426	13461	13496
3.1	252	247	243	239	235	231	228	224	220	216	13521	13556	13591	13626	13661	13696	13731	13766	13801	13836
3.2	213	209	206	202	199	195	192	189	186	183	13863	13898	13933	13968	14003	14038	14073	14108	14143	14178
3.3	180	177	174	171	168	165	162	159	157	154	14207	14242	14277	14312	14347	14382	14417	14452	14487	14522
3.4	151	149	146	144	141	139	137	134	132	130	14553	14588	14623	14658	14693	14728	14763	14798	14833	14868
3.5	128	125	123	121	119	117	115	113	111	109	14901	14936	14971	15006	15041	15076	15111	15146	15181	15216
3.6	108	106	104	102	100	99	97	95	94	92	15251	15286	15321	15356	15391	15426	15461	15496	15531	15566
3.7	90	89	87	86	84	83	82	80	79	77	15603	15638	15673	15708	15743	15778	15813	15848	15883	15918
3.8	76	75	73	72	71	70	69	67	66	65	15957	15992	16027	16062	16097	16132	16167	16202	16237	16272
3.9	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	16313	16348	16383	16418	16453	16488	16523	16558	16593	16628
4.0	54	53	52	51	50	49	48	47	46	46	16671	16706	16741	16776	16811	16846	16881	16916	16951	16986
4.1	45	44	43	43	42	41	41	40	39	38	17031	17066	17101	17136	17171	17206	17241	17276	17311	17346
4.2	38	37	36	36	35	35	34	33	32	32	17393	17428	17463	17498	17533	17568	17603	17638	17673	17708
4.3	32	31	31	30	30	29	28	28	27	27	17757	17792	17827	17862	17897	17932	17967	18002	18037	18072
4.4	27	26	26	25	25	24	24	23	23	23	18123	18158	18193	18228	18263	18298	18333	18368	18403	18438
4.5	22	22	21	21	21	20	20	19	19	19	18491	18526	18561	18596	18631	18666	18701	18736	18771	18806
4.6	19	18	18	17	17	17	16	16	16	16	18861	18896	18931	18966	19001	19036	19071	19106	19141	19176
4.7	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13	19233	19268	19303	19338	19373	19408	19443	19478	19513	19548
4.8	13	13	13	12	12	12	12	11	11	11	19607	19642	19677	19712	19747	19782	19817	19852	19887	19922
4.9	11	11	10	10	10	10	10	10	10	9	19983	19999	20015	20031	20047	20063	20079	20095	20111	20127
5.0	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	20461	20477	20493	20509	20525	20541	20557	20573	20589	20605
5.1	8	7	7	7	7	7	7	7	7	6	20841	20857	20873	20889	20905	20921	20937	20953	20969	20985
5.2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	21223	21239	21255	21271	21287	21303	21319	21335	21351	21367
5.3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	21607	21623	21639	21655	21671	21687	21703	21719	21735	21751
5.4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	21993	21999	22005	22011	22017	22023	22029	22035	22041	22047
5.5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	22481	22487	22493	22499	22505	22511	22517	22523	22529	22535
5.6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	22971	22977	22983	22989	22995	22999	23005	23011	23017	23023
5.7	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	23463	23469	23475	23481	23487	23493	23499	23505	23511	23517
5.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23957	23963	23969	23975	23981	23987	23993	23999	24005	24011
5.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24453	24459	24465	24471	24477	24483	24489	24495	24501	24507
6.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24951	24957	24963	24969	24975	24981	24987	24993	24999	25005
6.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25451	25457	25463	25469	25475	25481	25487	25493	25499	25505
6.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25953	25959	25965	25971	25977	25983	25989	25995	25999	26005
6.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26457	26463	26469	26475	26481	26487	26493	26499	26505	26511
6.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26963	26969	26975	26981	26987	26993	26999	27005	27011	27017

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

	確率密度 = $e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!}$										確率分布 = $\sum_{i=0}^n e^{-\lambda} \frac{\lambda^i}{i!}$									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1	9048	8187	7408	6713	6065	5488	4966	4493	4066	3679	9048	8187	7408	6703	6065	5488	4966	4493	4066	3679
2	905	1637	2222	2681	3033	3293	3476	3595	3659	3679	9953	9825	9631	9384	9098	8771	8442	8088	7725	7358
3	45	164	333	566	758	988	1217	1438	1647	1839	10000	9999	9964	9921	9856	9769	9659	9526	9371	9197
4	2	11	33	72	126	198	284	383	494	613	10000	10000	9997	9992	9982	9966	9942	9909	9865	9810
5	0	1	3	7	14	24	38	56	77	101	10000	10000	10000	9999	9998	9996	9992	9986	9977	9963
6	0	0	0	1	2	4	7	12	20	31	10000	10000	10000	10000	10000	10000	9999	9998	9997	9994
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	9999
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	
1	3329	3012	2725	2466	2231	2019	1827	1653	1496	1353	3329	3012	2725	2466	2231	2019	1827	1653	1496	1353
2	3662	3614	3543	3452	3347	3230	3106	2978	2842	2707	6990	6626	6268	5948	5578	5249	4932	4628	4337	4060
3	2014	2169	2303	2417	2510	2584	2640	2678	2700	2707	9004	8795	8571	8335	8088	7834	7572	7306	7037	6767
4	738	867	998	1128	1255	1378	1496	1607	1710	1804	9743	9662	9569	9463	9344	9212	9088	8913	8747	8571
5	203	260	324	395	471	551	636	723	812	902	9946	9923	9893	9857	9814	9764	9704	9636	9559	9473
6	45	62	84	111	141	176	216	260	309	361	9990	9985	9978	9968	9955	9940	9920	9896	9868	9834
7	8	12	18	26	35	47	61	78	98	120	9999	9997	9996	9994	9991	9987	9981	9974	9966	9955
8	1	2	3	5	8	11	15	20	27	34	10000	10000	9999	9999	9998	9997	9996	9994	9992	9989
9	0	0	0	1	1	2	3	5	7	9	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	9999	9999	9998
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	
1	1225	1108	1003	907	821	743	672	608	550	498	1225	1108	1003	907	821	743	672	608	550	498
2	2572	2438	2306	2177	2052	1931	1815	1703	1596	1494	3795	3546	3309	3084	2873	2674	2487	2311	2146	1991
3	2700	2681	2652	2613	2565	2510	2450	2384	2314	2240	6496	6227	5960	5697	5438	5184	4936	4695	4460	4232
4	1890	1966	2033	2090	2138	2176	2205	2225	2237	2240	8596	8494	8393	8293	8194	8097	7999	7899	7797	7693
5	992	1092	1189	1284	1336	1414	1488	1557	1622	1680	9379	9275	9162	9041	8912	8774	8629	8477	8318	8153
6	417	476	538	602	668	735	804	872	940	1008	9794	9751	9700	9643	9580	9510	9433	9349	9258	9161
7	146	174	206	241	278	319	362	407	455	504	9941	9925	9906	9884	9858	9828	9794	9756	9713	9665
8	44	55	68	83	99	118	139	163	188	216	9985	9980	9974	9967	9958	9947	9934	9919	9901	9881
9	11	15	19	25	31	38	47	57	68	81	9997	9995	9994	9991	9989	9987	9984	9979	9976	9972
10	3	4	5	7	9	11	14	18	22	27	9999	9999	9999	9998	9997	9996	9995	9993	9991	9989
11	1	1	1	2	2	3	4	5	6	8	10000	10000	10000	10000	9999	9999	9999	9999	9998	9997
12	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	9999	9999
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	
1	450	408	369	334	302	273	247	224	202	183	450	408	369	334	302	273	247	224	202	183
2	1397	1304	1217	1135	1057	984	915	850	789	733	1847	1712	1586	1468	1359	1257	1162	1074	992	916
3	2165	2087	2008	1929	1850	1771	1692	1615	1539	1465	4012	3799	3594	3397	3208	3027	2854	2689	2531	2381
4	2237	2226	2209	2186	2158	2125	2087	2046	2001	1954	6248	6025	5803	5584	5366	5152	4942	4735	4532	4335
5	1733	1781	1823	1858	1888	1912	1931	1944	1951	1954	7982	7806	7626	7442	7254	7064	6872	6678	6484	6290
6	1075	1140	1203	1264	1322	1377	1420	1477	1522	1563	9057	8946	8829	8705	8576	8441	8301	8156	8006	7851
7	555	608	662	716	771	826	881	936	989	1042	9612	9554	9490	9421	9346	9267	9182	9091	8995	8893
8	246	278	312	348	385	425	466	508	551	595	9858	9832	9802	9769	9733	9692	9648	9599	9546	9489
9	98	111	129	148	169	191	215	241	269	298	9953	9943	9931	9917	9901	9883	9863	9841	9815	9786
10	33	40	47	56	66	76	89	102	116	132	9984	9982	9978	9973	9967	9960	9952	9942	9931	9919
11	10	13	16	19	23	28	33	39	45	53	9996	9995	9994	9992	9990	9987	9984	9981	9977	9972
12	3	4	5	6	7	9	11	13	16	19	9999	9999	9998	9998	9997	9996	9995	9994	9993	9991
13	1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	10000	10000	10000	10000	9999	9999	9999	9998	9998	9997
14	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	9999	9999
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	
1	166	157	136	103	111	101	91	82	74	67	166	150	136	123	111	101	91	82	74	67
2	670	637	583	540	500	462	427	395	365	337	849	780	719	663	611	563	518	477	439	404
3	1393	1323	1254	1188	1125	1063	1005	948	894	842	2238	2102	1974	1851	1736	1625	1523	1425	1333	1247
4	1904	1852	1798	1743	1687	1631	1574	1517	1460	1404	4142	3954	3772	3594	3425	3257	3097	2942	2793	2650
5	1951	1944	1933	1917	1898	1875	1849	1820	1789	1755	6073	5898	5704	5512	5321	5132	4946	4763	4592	4425
6	1600	1633	1662	1687	1708	1725	1738	1747	1753	1755	7878	7531	7267	7007	6750	6498	6250	6007	5769	5535
7	1095	1143	1191	1237	1281	1323	1362	1398	1432	1462	8784	8675	8558	8436	8311	8180	8046	7908	7767	7622
8	640	686	732	778	824	869	914	959	1002	1044	9427	9361	9290	9214	9134	9049	8960	8867	8769	8666
9	328	367	393	428	463	498	537	575	614	653	9755	9721	9683	9642	9597	9549	9497	9442	9382	9319
10	158	168	181	198	215	232	250	268	287	306	9905	9889	9871	9851	9829	9803	9778	9749	9717	9682
11	61	71	81	92	104	118	132	147	164	181	9966	9959	9952	9943	9933	9922	9910	9896	9880	9863
12	23	27	32	37	43	49	56	64	73	82	9989	9986	9983	9980	9976	9971	9966	9961	9955	9945
13	8	9	11	13	16	19	22	26	30	34	9997	9996	9995	9993	9992	9990	9988	9986	9983	9979
14	3	3	4	5	6	7	8	9	11	13	9999	9999	9998	9998	9997	9997	9996	9996	9994	9993
15	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	10000	10000	10000	9999	9999	9999	9999	9999	9998	9998
16	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	9999	9999
17	0	0																		

ポアソン到着待ち合せモデルの数表

$$\text{確率密度} = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!}$$

$$\text{確率分布} = \sum_{i=0}^n e^{-\lambda} \frac{\lambda^i}{i!}$$

	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0
1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1
2	25	23	21	19	17	16	14	13	12	11	28	25	23	21	19	18	16	15	14	12
3	100	92	86	79	74	68	63	58	54	50	127	118	109	100	93	86	79	73	68	62
4	289	252	237	222	208	195	183	171	160	150	376	376	346	323	301	281	262	244	228	212
5	544	517	491	466	443	421	398	377	357	347	946	887	837	789	744	701	660	621	584	550
6	882	849	816	784	752	722	692	663	635	607	1522	1736	1653	1573	1496	1422	1352	1284	1219	1157
7	1191	1162	1128	1097	1066	1034	1003	972	941	911	2113	2806	2781	2677	2567	2457	2355	2256	2160	2068
8	1378	1358	1338	1317	1294	1271	1247	1222	1197	1171	3391	4254	4119	3987	3856	3728	3602	3474	3357	3259
9	1395	1392	1388	1382	1375	1366	1356	1344	1332	1318	5786	5647	5507	5366	5231	5094	4958	4823	4689	4557
10	1256	1269	1280	1290	1299	1306	1311	1315	1317	1318	7041	6955	6788	6659	6530	6400	6269	6137	6006	5874
11	1017	1040	1053	1064	1074	1083	1091	1097	1102	1106	8058	7955	7850	7743	7634	7522	7409	7294	7178	7060
12	749	776	802	828	853	878	902	926	948	970	8807	8731	8652	8571	8487	8400	8311	8220	8126	8030
13	505	530	555	579	604	629	654	679	703	728	9313	9261	9207	9150	9091	9029	8965	8898	8829	8758
14	315	334	354	374	395	416	438	459	481	504	9828	9595	9561	9524	9486	9445	9403	9358	9311	9261
15	182	196	210	225	240	256	272	289	306	324	9810	9701	9771	9726	9679	9631	9581	9529	9476	9422
16	98	107	116	126	136	147	158	169	182	194	9988	9888	9887	9875	9862	9848	9832	9816	9799	9780
17	50	55	60	66	72	79	86	93	101	109	9988	9958	9947	9931	9914	9896	9876	9854	9831	9807
18	24	26	29	33	36	40	44	48	53	58	9982	9979	9977	9973	9970	9966	9962	9957	9952	9947
19	11	12	14	15	17	19	21	24	26	29	9992	9991	9990	9989	9987	9985	9983	9981	9978	9976
20	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	9997	9997	9996	9995	9995	9994	9993	9992	9991	9989
21	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	9999	9999	9998	9998	9998	9998	9997	9997	9996	9996
22	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	10000	10000	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9998	9998
23	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	9999	9999
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000

付表-2-3 ポアソン分布表 (平均値8.1~10.0)

単位 0.0001