

電子計算機の利用効率についての考察

— 電子計算機利用実績の下に —

林 雄 二*

A Consideration on Efficiency of Computer Utilizations
(Under the results of the computer utilizations)

Yūji HAYASHI

要 旨

本校電子計算機室の利用実績について検討し、特に実習の効率及び効果を高めるために実施された方策について報告する。さらに、一定の電子計算機処理能力の下に、実習を効率よく行ない、かつシステム能力を十分生かすために必要なオフラインセン孔機の最適台数を、 $M/E_k/1$ なる1つの待ち行列モデルを取り上げて考察する。

Synopsis

An investigation is given for the results of the computer utilizations at our Technical College, then the methods are reported especially that were held to improve efficiency and effect of practices at the computer. Moreover an consideration is given for suitable number of offline punch devices so that practices are efficiently executed, and facilities of computer systems are in full use. The object of the consideration is a queuing model described as $M/E_k/1$ under some facilities of computer processing.

1. は じ め に

本校電子計算機室は昭和50年開室以来、5年目を経過している。昭和54年度には、主記憶装置及びカードセン孔装置の増設、X-Yプロッタ装置の新設をし、新たなオペレーティングシステムの下に、JOBの処理効率及び処理内容に大きな変化が生じた。学生のJOB処理件数が増加したことは、何を物語っているのだろうか。

実習を行ないたくともカードセン孔機等の待ち時間が長いため、多くの学生が電算機室から遠ざかっていたとすれば、機器の増設によってそのような物理的な制約が改善された結果、JOB処理件数が増加したといえるかもしれない。

情報処理教育の諸科目での実習、卒業研究、教官研究等、電子計算機の利用は量の多いことはもとより、その内容も多様化している。昭和52年、53年度の利用状況の報告にもとづき、効果的かつ効率のよい電子計算機実習にするための問題点及

び電算室としての対処について述べ、さらに、学生の電算機実習効率化のための、オフラインセン孔機の必要台数について、1つのモデルの下に検討する。

2. 電算機利用についての検討

昭和52年、53年度における本校電算機の利用実績及び運用状況が、付表1、2、3に示されている。運転日数、運転時間、JOB数のいずれを見ても、本校における電算機の稼働率の高いことがわかる。ほとんどの利用時間帯で、JOBを学生個人にかけさせており、電算機を比較的自由に利用できる状況にあるといえるが、利用者が多いことに伴う問題も少なくない。以下において、学生の電算機実習上の問題点及び、電算室室員が行なったそれら問題に対する方策について述べる。

I) 電算機実習の効率

①卒研JOBと講義・実験JOB

付表1、2に示される如く、講義・実験JOB

* 助教授 機械工学科

付表－1 昭和52年度電算機利用実績

区 分	学 年	学年(科目)	JOB件数	Run Time	出 力 枚 数	カ ー ド 枚 数
授 業 実 験	2	M (情 報 処 理)	5,163	81-27-04	14,017	45,300
		E (" ")	755	7-39-26	1,560	8,200
	3	E (" ")	2,298	35-16-50	6,219	23,700
	4	M (実 験)	1,288	34-30-16	5,369	4,700
		E (" ")	1,065	15-04-46	3,682	16,800
		E (応 数)	341	9-23-23	1,327	4,300
		D (情 報 処 理)	1,452	30-14-14	4,493	22,600
	5	M (電 算 応 用)	372	6-49-26	1,119	5,800
		C (情 報 処 理)	1,978	45-50-59	5,555	18,800
		D (情 報 特 論)	180	4-36-44	614	1,600
卒 研	5	M	602	28-36-09	4,795	} (注)
		E	1,125	48-12-09	8,952	
		C	935	33-39-27	6,335	
		D	2,189	186-49-20	20,895	
同 好 会			1,240	31-29-23	5,169	
教 職 員		M	2,559	350-25-30	22,175	36,600
		E	211	16-37-52	2,588	14,400
		C	1,395	67-56-37	12,160	15,300
		D	1,072	130-07-50	13,687	23,900
電 算 室 業 務 ・ 事 務 処 理			1,225	32-20-43	3,427	1,900
授 業 (含 同 好 会) 合 計			13,186	252-47-29	34,904	130,300
卒 研 ・ 実 験 合 計			7,798	346-52-07	50,048	} 113,600
教 職 員 (含 業 務 ・ 事 務) 合 計			6,462	597-28-32	54,037	
総合計			27,446	1197-08-08	138,989	243,900

より卒研 JOB の方が JOB 件数が少ないのに対し、Runtime や出力枚数は卒研 JOB の方がより多くなっている。即ち、処理時間の短かい多くの講義・実験 JOB と処理時間の長い卒研 JOB を効率よく処理しなければならない。また主記憶装置の占有量も卒研 JOB の方が大きく、主記憶装置に入らないため、10 バイト、20 バイトの程度でプログラムを縮小したり、オーバーレイ構造に変換する等の努力をしいられる場合が多い。

② 午後の入出力オープン処理時間帯

本校では、情報処理等の講義による電算機実習は可能な限り午前中に行なうよう時間割の編成を考慮しており、午後(13:00~16:30)は、実験による電算機実習時間でない限りは、電算室の利用を学生に開放している。オペレータの管視の下に、学生はカードデッキをカード読取装置にセットし、出力結果もラインプリンタ装置から自らの手でとるという入出力のオープン

利用を行なわせている。授業では、学生に与えた課題はできる限りその授業における実習時間内に仕上げるよう指導はするが、すべての JOB を授業時間内に仕上げてしまうことは不可能である。これら、授業時間内に仕上げられない学生と、卒研の学生の JOB が、午後の時間帯(特に7時限目以降)に集中する。カードせん孔機の待ち行列及び Computer の待ち行列が出来る、あわばラッシュアワーである。この時間帯において、カードせん孔機の台数と待ち行列等との関連については、第3章で考察する。

③ 講義における実習時間

講義での課題 JOB は、Computer の処理時間が短いのが特徴である。従って、講義における実習ではカードせん孔機に待ち行列が生ずることが多い。

昭和54年度夏に、カードせん孔機4台、主記憶装置48Kバイト、X-Yプロッタ装置が増設され

付表－2 昭和53年度電算機利用実績

区 分	学 年	学年(科目)	JOB件数	Run Time	出 力 枚 数	カ ー ド 枚 数
授 実 業 験	2	M (情報処理)	4,938	80-51-02	13,620	47,700
		E (" ")	617	9-44-45	1,424	6,000
	3	E (" ")	3,426	48-49-09	6,347	34,100
	4	M (実 験)	974	19-02-19	3,325	9,600
		E (" ")	928	41-35-47	1,969	5,700
		E (情報,応数)	636	13-10-11	1,731	7,200
		D (情報処理)	3,442	46-59-43	11,542	37,900
	5	M (電算応用)	233	5-46-42	728	2,800
		C (情報処理)	1,193	24-24-25	3,148	12,300
卒 研		M	402	26-51-50	6,493	} (注)
		E	1,339	48-04-03	9,751	
		C	587	23-40-27	4,729	
		D	1,959	220-06-33	23,748	
同 好 会			1,438	37-02-18	7,200	
教 職 員		M	1,112	190-29-01	18,351	19,500
		E	387	15-39-35	3,321	21,100
		C	1,305	136-54-39	16,494	7,700
		D	633	131-14-25	11,570	35,600
電 算 室 業 務 ・ 事 務 処 理			636	14-36-42	1,464	
授 業 (含 同 好 会) 合 計			15,923	266-48-42	45,730	148,000
卒 研 ・ 実 験 合 計			6,189	379-20-59	50,015	} 99,400
数職員 (含業務・事務) 合 計			4,073	488-54-22	51,191	
総合計			26,185	1135-03-32	146,936	247,400

(注) 卒研のパンチカード枚数は、教職員に含まれている。

た。この結果、現在では、カードせん孔機の待ちが緩和され、また、多重プログラミングが可能となり、講義・実験 JOB と卒研 JOB の同時処理を行なうことによりスループットが向上した。上記①、②、③の問題が改善されたと思われるが、効率が上がった代わりに JOB 件数が増加しており、今後さらに検討していかなければならない。

II) プログラム・デバッグのために

多くの学生は Computer に興味を持ち、自らの力でデバッグして JOB を完成させようと努力しているが、そのために勝手な判断をし、やみくもに同様の誤りの JOB を繰り返してかける光景も見受けられる。このような学生に対しての指導を行なうために、昭和 53 年度は試みとして、プログラム相談員制度を設けた。これは、学生の最も多くなる 7 時限以降に、当番の電算室室員が待機し、学生のプログラム・デバッグの相談によるものである。一般の日は 1 日平均 2、3 件の相談であっ

付表－3 昭和52年度、53年度運用実績

		昭和 52 年度	昭和 53 年度
運 転 日 数		299日	312日
休 止 日 数		66日	53日
運 転 時 間		2055時間10分	2139時間38分
	使用時間	1753 00	1855 55
	保守時間	28 25	26 10
	故障時間	19 00	12 55
	その他時間	254 45	244 38
依頼パンチ枚数		43,730枚	34,780枚

たが、レポート提出期限の近くには、相談が殺到することもあった。

また、メーカーのマニュアルにあるエラーメッセージ表は、必ずしもユーザーにとって親切なものとはいえず、特に学生はエラーメッセージの内容が理解できずに適切なミスの発見ができないケースが多かった。本校の電算室室員グループで

は、「FORTRANによる電子計算機利用の手引」を作成し、エラーメッセージについての解説、さらに、そのエラーメッセージを通して、より電子計算機への理解を深めることができるような解説も盛り込んだ。この資料は情報処理関係の授業にも利用されており、以来、エラーメッセージを見てもエラー発見の手だてにならないという学生の声は、ほとんど聞かれなくなった。

III) 電子計算機基礎の理解のために

現状の電算機システムは、大部分がFORTRANで利用されており、プログラム実習、数値計算がその主な利用内容である。現在のシステムは、必ずしも電子計算機基礎教育に利用しやすいシステムであるとはいえないが、これは致し方ない事であろう。多くの学生のJOBを効率よく処理するためには、十分なOSの機能が必要であり、そのようなOSの下では、利用する学生にとって電子計算機がしだいにブラックボックス化していきまう。電子計算機基礎教育のためには、裸のComputerが適しているといえよう。電算機室室員が中心となり、試みとして昭和53年度末に、教材用Computer (YEAC10)を導入した。これは、記憶装置32語(8bit/語)、命令数9の非常にコンパクトなComputerであり、内部での情報の流れがパネルに表示されるようになっていく。現在は、少人数の選択科目による授業(土木、機械)で利用しており、効果をあげている。

3. 電子計算機実習の待ち行列モデル

バッチ処理による電子計算機実習においては、せん孔機(本校ではカードせん孔機)の台数が、実習の効率に大きく影響する。実習時間中であれ、放課後の個人による実習であれ、カードせん孔機の順番を長時間待たなければならないような状態では、学生が実習に対する意欲を失っていくことにもなりかねない。本校には、現在11台のカードせん孔機があるが、昭和53年度までは7台であり、台数の不足を痛感していた。

カードせん孔機は、理想的には、いかなる時でも待つことなく利用できるだけの台数が必要である。しかし、せん孔機が多くなれば、Computerにかかる単位時間当たりのJOB数が多くなり、今度はComputerの方に待ち行列が生じてくる。また、台数が多いために空いているせん孔機も多い状態が続くようでは、せっかくの装置が無駄になって

いるともいえる。

そこで、Computerの処理能力を固定した下で、せん孔機が最低何台あるのが望ましいか、待ち行列の理論を応用して検討した。

本校の電算室では、6時限目終了後、15:00～16:30の時間帯が(授業等による実習を除けば)最も利用者の多い時間帯である。昭和53年12月のある週の調査によると、この時間帯には、常時平均20名の学生が実習を行なっている。(せん孔機あるいはComputerを利用)。以下では、この時間帯の学生の実習状態を単純なモデルで表現し、カードせん孔機の台数によって利用効率、待ち行列等がどのように影響されるかを検討する。

I) モデル

常時20名の学生がComputer室あるいはPunch室に居て、カードせん孔機が空いていれば、カードパンチを行ない、せん孔機が空いていない場合は待ち状態にあり、Computer室においては、Computer入力待ち状態又はComputer出力待ち状態にあるものとする。現実には、ComputerのOutputについてエラーがあれば、演習室において机上デバッグをした後カード修正を行なうが、本モデルでは単純化するため、Outputを得た学生はすぐにPunch室に戻ってプログラムの修正パンチを行なうものとする。

ComputerのJOB処理時間は、附表2による昭和53年度の実績によると、(RunTime)/(JOB件数)=1.75/JOBであるが、これには卒研や教官研究の長時間JOBも含まれている。15:00～16:30の時間帯では、長時間JOBは極力遠慮してもらい、ほぼ5分程度で出力の得られないJOBはオペレーターが打ち切りを行なっている。昭和53年度12月における時間外(17時以降)及び休業日にかけられたJOB以外についてのJOB処理時間は、平均1.30分/JOBであった。これ

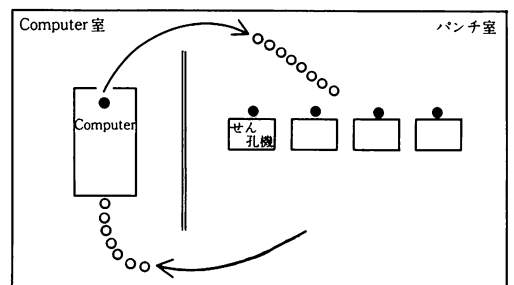


図-1

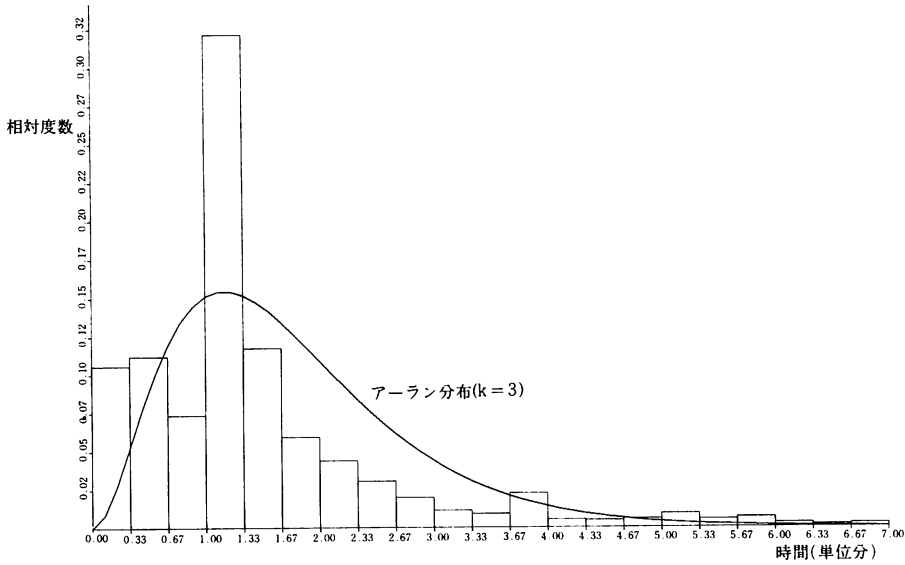


図-2 電子計算機処理時間の分布

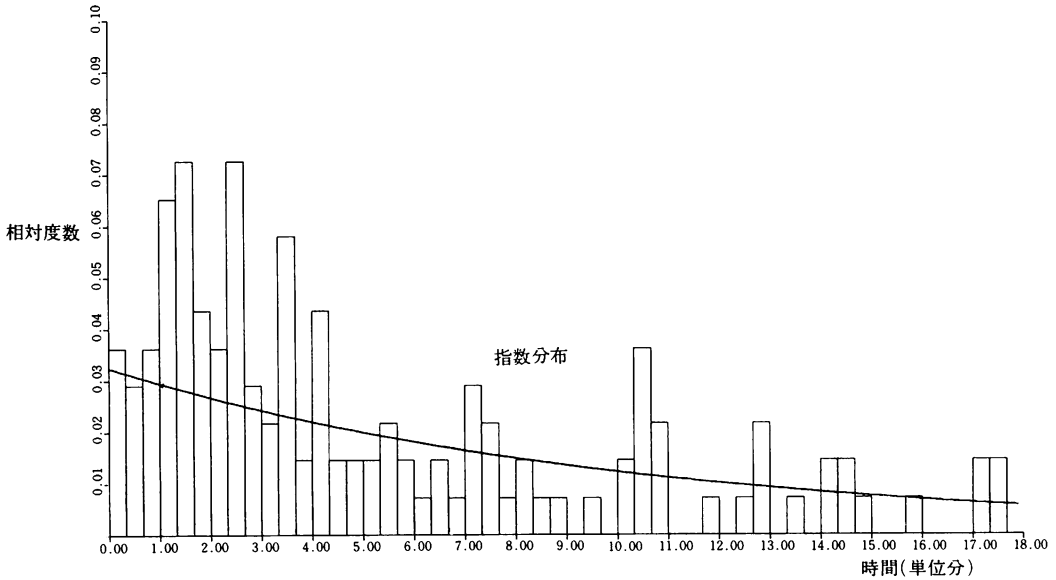


図-3 セン孔機占有時間の分布

を、本モデルにおける平均 JOB 処理時間とする。

また、上に述べた JOB 処理時間のヒストグラムは図-2に示されている。これを、 $\mu = 1 / 1.30$ のアーラン分布として、次数 k を最小二乗法によって決定した結果 $k=3$ が得られた。本モデルでは、JOB 処理時間の確率分布として、以下の確率密度関数をもつアーラン分布を採用する。

$$g(x) = \frac{(\mu k)^k x^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\mu k x} \quad (k=3)$$

15:00~16:30の時間帯における個々の学生のせん孔機占有時間の調査(昭和54年11月のある1週間)の結果、平均占有時間10.28分となり、図-3のヒストグラムが得られた。これに対し同様のアーラン分布の次数決定を行なうと、 $k=1$ 即ち、指数分布が得られた。本モデルでは、せん孔機占有時間の確率分布として、以下の確率密度関数をもつ指数分布 ($\lambda = 1 / 10.28$) を採用する。

$$g(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

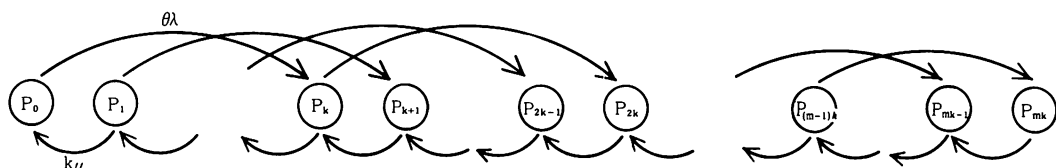


図-4 状態推移図

II) 平衡状態

以下の説明において使用する記号

P_i : Computer 室に i 人居る (入力, 出力待ち)

確率及びその状態

θ : カードせん孔機の台数

m : 実習を行なう学生数 ($m=20$ とする)

λ : 平均せん孔機占有時間の逆数。本モデルでは, $1/\lambda=10.28$ とする

μ : 平均 JOB 処理時間の逆数。本モデルでは, $1/\mu=1.30$ とする

p_i : JOB 処理時間分布を, k 次 ($k=3$) のアーラン分布としたため, JOB 処理は, k 個の連続した指数分布 (パラメタ $k\mu$) に従うサービスと考える。このため,

$$p_{\alpha k + \beta} \quad (\alpha=0, 1, \dots, m-1; \beta=1, 2, \dots, k)$$

によって, Computer 室に α 人居て, 先頭の者が $k-\beta$ 番目の仮想サービス窓口にいる確率及び状態を表わす。ただし, $p_0 \equiv P_0$ とする。

平衡状態において, P_i ($i=0, 1, 2, \dots, mk$) の状態推移は図-4 のように表わされる。

従って, 各 p_i は以下の関係より求められる。

$$p_1 = \left(\frac{\theta\lambda}{k\mu} \right) p_0$$

$k \geq i \geq 2$ に対し

$$p_i = \left(\frac{\theta\lambda}{k\mu} + 1 \right) p_{i-1} = \left(\frac{\theta\lambda}{k\mu} + 1 \right)^{i-1} \left(\frac{\theta\lambda}{k\mu} \right) p_0$$

$(m-\theta)k \geq i > k$ に対し

$$p_i = \frac{1}{k\mu} \left\{ (\theta\lambda + k\mu) p_{i-1} - \theta\lambda p_{i-k-1} \right\}$$

$(m-1)k \geq i > (m-\theta)k$ に対し

$$p_i = \frac{1}{k\mu} \left\{ \left\{ (m-j)\lambda + k\mu \right\} p_{i-1} - (m-j+1)\lambda p_{i-k-1} \right\}$$

(ただし, $i = jk - \ell$: $\ell=0, 1, 2, \dots, k-1$ とする)

$mk > i > (m-1)k$ に対し

$$p_i = \frac{1}{k\mu} (k\mu p_{i-1} - \lambda p_{i-k-1})$$

$$p_{mk} = \frac{\lambda}{k\mu} p_{(m-1)k}$$

上の関係により求まる p_j より,

$$P_i = \sum_{\ell=0}^{k-1} p_{i k - \ell} \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

が定まる。

この P_i ($i=0, 1, \dots, m$) により, 以下の値が求められる。

Computer の平均待ち行列

$$L_q = \sum_{i=2}^m (i-1) P_i$$

せん孔機の平均待ち行列

$$C_q = \sum_{i=0}^{m-\theta-1} (m-\theta-i) P_i$$

Computer の稼働率

$$L_r = 1 - P_0$$

平均せん孔機使用台数

$$C_r = \sum_{i=m-\theta}^{m-1} P_i (m-i) + \theta \sum_{i=0}^{m-\theta-1} P_i$$

せん孔機が満員の確率

$$S = \sum_{i=0}^{m-\theta} P_i$$

また, 単位時間当たりの Computer 室への平均入室人数を N とすれば

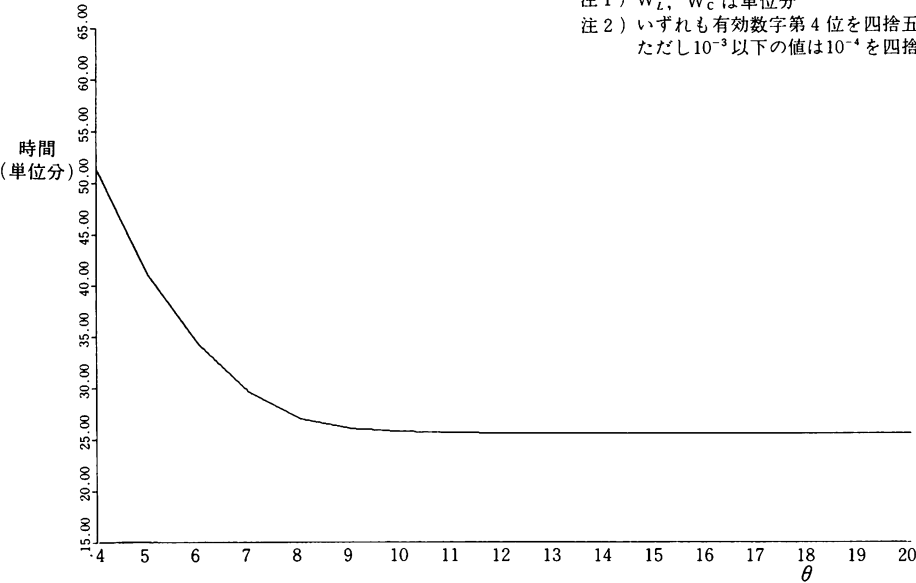
$$N = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=0}^m P_i$$

によって求まり, Computer の平均入力待ち時間

表－1 $\theta = 4 \sim 20$ に対する結果（ $1/\lambda=10.28, 1/\mu=1.30, k=3$ ）

θ	L_q	L_r	W_L	C_q	C_r	S	W_c
4	0.345	0.506	0.886	15.1	4.00	1.00	38.9
5	0.724	0.632	1.49	13.6	5.00	1.00	28.1
6	1.57	0.758	2.69	11.7	6.00	0.997	20.0
7	3.56	0.878	5.27	8.61	6.95	0.995	12.8
8	6.72	0.960	9.10	4.66	7.66	0.762	6.30
9	9.09	0.991	11.9	1.92	8.00	0.469	2.52
10	10.1	0.998	13.2	0.731	8.13	0.244	0.952
11	10.5	0.999	13.7	0.273	8.19	0.114	0.355
12	10.7	1.00	13.9	0.099	8.22	0.049	0.129
13	10.7	1.00	14.0	0.034	8.23	0.019	0.045
14	10.7	1.00	14.0	0.011	8.24	0.007	0.014
15	10.8	1.00	14.0	0.003	8.24	0.002	0.004
16	10.8	1.00	14.0	0.001	8.24	0.001	0.001
17	10.8	1.00	14.0	0.000	8.24	0.000	0.000
18	10.8	1.00	14.0	0.000	8.24	0.000	0.000
19	10.8	1.00	14.0	0.000	8.24	0.000	0.000
20	10.8	1.00	14.0	0.000	8.24	0.000	0.000

注 1) W_L, W_c は単位分
注 2) いずれも有効数字第 4 位を四捨五入。
ただし 10^{-3} 以下の値は 10^{-4} を四捨五入。



図－5 T のグラフ

W_L 及びカードせん孔機の平均待ち時間 W_c は

$$W_L = \frac{1}{N} L_q$$
$$W_c = \frac{1}{N} C_q$$

によって求められる。
カードせん孔機台数 $\theta = 4 \sim 20$ についての各数

値を表－1 に示す。
また、1 件の JOB を処理するために要するせん孔時間、Computer 処理時間、それぞれの待ち時間の平均の和は

$$T = W_L + W_c + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}$$

で表わされ、これが θ の値によって変る様子が

図-5に示されている。

III) 考察

表-1から見てとれるように、せん孔機の台数が増すにつれ、せん孔機待ち時間は減少するが、同時に Computer 待ち時間が増加している。昭和53年度までの本校におけるせん孔機台数 $\theta = 7$ では、平均せん孔機待ちが8.6人、平均 Computer 待ちが3.6人で、Computer 稼働率0.88に対し、せん孔機使用台数平均6.95と、ほとんど常時せん孔機が満杯であるという結果になっている。これは、昭和53年度までの実際の利用状況にかなり近い結果といえる。せん孔機が θ 台すべて占有されている確率 S は $\theta=12$ においてはじめて $S \leq 0.1$ となり、 $\theta \geq 12$ とすれば、せん孔機が満杯で待たされる確率は0.1以下であることを示している。また、図-5に示されるように、 θ があまり大きくなっても T に大きな変化はない。即ち、一定時間内に Computer にかけられる回数には、さほど変わらないこともわかる。このようなことから、本モデルにおいては、せん孔機待ちの確率を出来るだけ少なくする(確率 ≤ 0.1)ためには $\theta=12$ 即ち12台のせん孔機が必要であり、これ以上多くても、実習の効率の上では、あまり変わらないといえる。ただし、これは Computer の JOB 処理平均時間を1.30分とした上での結果であり、Computer のスループットが異なれば、結果も異なったものになる。現実には、本校では昭和54年夏から多重プログラミング処理を行っており、スループットは一段と向上した。このシステムの下での結果については新たに検討していかなければならないであら

う。このように、せん孔機の必要台数は、Computer の処理能力を考慮して決めていかなければならない。

4. おわりに

電子計算機室の利用を有限行列モデルで表現すると、比較的現実の利用状況に適合することがわかった。特にせん孔機の台数が少ないうちは、1台の増設が、実習の効率化に大きく影響することがわかった。本校においては、昭和54年度夏よりカードせん孔機11台であるが、同時に多重プログラミングシステムを行なうようにしたためスループットも向上し、増設されたせん孔機が生かされているといえる。

第2章に述べた内容は、現在まで電算室室員の立場から、電算室運営にたずさわられた諸先生の努力の結果であり、ここに記して感謝の意を表わす。また、資料整理に御協力いただいた電算室山内幸子さんに感謝する。

参 考 文 献

- 1) 苫小牧高専電子計算機室：FORTRANによる電子計算機利用の手引き
- 2) 森村英典，大前義次：応用待ち行列理論，日科技連

(昭和54年11月30日受理)