

Title	FORTRANジョブから見たACOS900の性能
Author(s)	大中, 幸三郎
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1979, 32, p. 49-56
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/65405">https://hdl.handle.net/11094/65405</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# FORTRAN ジョブから見た ACOS 900の性能

大阪大学大型計算機センター研究開発部

大 中 幸三郎

## 1. はじめに

大阪大学大型計算機センターでは3年以内の間にNEAC2200-700, ACOS700, ACOS800, ACOS900(正確な名称はACOSシリーズ77 NEACシステム900モデル2)と機種更新が行われた。ACOS900の場合を含めて、一般に超大型システムでは規模のみならず、処理形態も多方面にわたるために、性能を測定、評価することは非常に複雑かつ<sup>1)</sup>困難な問題である。しかしながら、当センターではFORTRANジョブが大部分を占めている点から、FORTRANジョブの処理に要したCPU時間について調査を行った。この調査方法ではシステムの一側面しか判断できないが、大部分の利用者にとっては有益なものと思う。

なおテスト用のプログラムは用途、アルゴリズム、製作者のプログラム技術などの広がりを考えて、大阪大学内の利用者から14本、他大学の大型計算機センターから12本を入手した。

## 2. テストジョブのCPU時間

1. に示したテストプログラムの用途、アルゴリズム等については、明確なものもあるが、不明確なものも多い。しかし、ある程度の事はソースプログラムから判断が可能であり、その結果を表1に示す。

次にテストプログラムのACOS800, 900におけるCPU時間を表2に示す。FORTRANコンパイラは同一のもの(ACOS 6 FORTRAN R004, 現在使用中のもの<sup>2,3)</sup>)を用いている。表2には1/100秒まで示しているが、CPU時間と言うものはシステム構成、多重度、負荷の大小などに依存する。たとえ同一のシステム、同一のジョブであっても2~3%の差異は生ずるから、表2の値にもその程度の誤差を含むものと考えられる。

表1 テストプログラムの特徴

プログラム	用途、アルゴリズム等
A	複素数演算のテスト
B	数値積分
C	数値積分(二重積分)、ガウス法
D	逆行列、掃出法
E	固有値、固有ベクトル、ヤコビ法
F	固有値、固有ベクトル、QR法
G	連立一次方程式、掃出法
H	連立一次方程式、LU分解法
I	連立一次方程式、LU分解法、コレスキー法
J	熱伝導、偏微分方程式
K	光学系の計算
L	電磁気学関係
M	電磁気学関係
N	流体力学、複素数演算
O	構造力学のシュミレーション
P	交通制御のシュミレーション
Q	電子散乱、モンテカルロ法
R	有限要素法
S	構造力学、有限要素法
T	ダイナミックプログラミング
U	$\chi^2$ 分布
V	位相空間体積
W	ワーク用MT 2本使用
X	プロット
Y	文字定数のハンドリング
Z	文字、ビットのハンドリング

表2 CPU時間

(単位 秒)

	ACOS 800				ACOS 900			
	BIN, NOPTZ	BIN, OPTZ	HEX, NOPTZ	HEX, OPTZ	BIN, NOPTZ	BIN, OPTZ	HEX, NOPTZ	HEX, OPTZ
A	0.80		0.79		0.42	* 0.45	0.45	* 0.49
	3.10		3.05		0.99	1.02	1.09	1.11
	3.90		3.84		1.41	1.47	1.54	1.60
B		4.67		4.91	* 2.43	2.93	* 2.69	3.01
		683.77		869.37	234.56	411.78	297.28	513.13
		688.44		874.28	236.99	414.71	299.97	516.14
C		1.02		1.05	* 0.55	0.59	* 0.58	0.61
		255.76		286.61	139.58	130.21	181.99	171.37
		256.78		287.67	140.13	130.80	182.57	171.98
D		0.89		0.90	* 0.42	0.53	* 0.45	0.52
		12.61		13.74	8.55	7.15	9.74	8.34
		13.50		14.64	8.97	7.68	10.19	8.86
E		0.82		0.84	* 0.42	0.49	* 0.42	0.53
		18.86		21.06	17.18	11.51	18.05	12.42
		19.68		21.90	17.60	12.00	18.47	12.95
F		1.36		1.37	* 0.65	0.80	* 0.67	0.80
		307.40		334.46	340.37	197.69	344.00	199.67
		308.76		335.83	341.02	198.49	344.67	200.47
G		0.95		0.97	* 0.48	0.60	* 0.50	0.62
		437.85		455.65	551.24	289.45	541.53	294.19
		438.80		456.62	551.72	290.05	542.03	294.81
H		1.04		1.04	* 0.54	0.60	* 0.55	0.60
		79.25		83.34	95.37	49.63	95.79	50.05
		80.29		84.38	95.91	50.23	96.34	50.65
I		2.75		2.77	* 1.25	1.65	* 1.31	1.68
		239.39		254.35	300.41	156.58	304.01	157.89
		242.14		257.12	301.66	158.23	305.32	159.57
J		1.38		1.40	* 0.78	0.85	* 0.75	0.89
		41.30		42.24	26.88	23.77	27.45	23.72
		42.68		43.64	27.66	24.62	28.20	24.61
K	0.76		0.84		0.44	* 0.57	0.50	* 0.61
	5.00		4.80		2.15	2.11	2.17	2.09
	5.76		5.64		2.59	2.68	2.67	2.70
L	4.38		4.66		2.53	* 3.58	2.75	* 3.82
	5.64		5.82		2.99	2.42	3.14	2.65
	10.02		10.48		5.52	6.00	5.89	6.47
M	1.27		1.35		0.73	* 1.04	0.78	* 0.99
	23.84		26.78		13.27	11.45	14.33	13.01
	25.11		28.13		14.00	12.49	15.11	14.00

上段 アクティビティ1(コンパイル)  
 中段 アクティビティ2(リンク、ロード、ラン)  
 下段 アクティビティ1+アクティビティ2  
 \*印 ACOS 800に同一オプションの測定が無いもの

表2 CPU時間(続き)

(単位 秒)

	ACOS 800				ACOS 900			
	BIN, NOPTZ	BIN, OPTZ	HEX, NOPTZ	HEX, OPTZ	BIN, NOPTZ	BIN, OPTZ	HEX, NOPTZ	HEX, OPTZ
N	1.59		1.69		0.90	* 1.07	0.96	* 1.12
	344.70		358.28		209.06	63.17	213.72	61.17
	346.29		359.97		209.96	64.24	214.68	62.29
O		1.54		1.60	* 0.83	0.92	* 0.87	0.98
		525.97		570.90	362.95	323.07	383.51	346.42
		527.51		572.50	363.78	323.09	384.38	347.40
P	4.06		4.20		2.31	* 3.30	2.47	* 3.12
	18.03		17.64		10.10	10.99	10.29	10.85
	22.09		21.84		12.41	14.29	12.76	13.97
Q	5.72		5.90		3.44	* 3.91	3.61	* 4.37
	1591.54		1825.66		861.13	953.90	979.22	1097.43
	1597.26		1831.56		864.57	957.81	982.83	1101.80
R	8.98	11.09	9.64	11.86	5.40	6.82	5.63	7.05
	1,164.91	850.88	1202.43	886.53	775.96	546.57	787.39	556.04
	1,173.89	861.97	1212.07	898.39	781.36	553.39	793.02	563.09
S	2.33	2.76	2.42	2.81	1.35	1.70	1.44	1.68
	73.77	70.11	85.92	82.99	43.79	40.97	47.77	45.86
	76.10	72.87	88.34	85.80	45.14	42.67	49.21	47.54
T	1.50		1.58		0.91	* 1.18	0.95	* 1.08
	2.63		2.67		0.91	1.06	0.97	0.95
	4.13		4.25		1.82	2.24	1.92	2.03
U		1.19		1.23	* 0.65	0.71	* 0.68	0.76
		402.00		485.82	236.16	232.02	277.63	278.32
		403.19		487.05	236.81	232.73	278.31	279.08
V		10.42		10.39	* 5.55	6.42	* 5.60	6.15
		210.99		240.57	134.74	120.45	145.87	134.64
		221.41		250.96	140.29	126.87	151.47	140.79
W		1.12		1.14	* 0.57	0.68	* 0.55	0.65
		33.46		34.90	20.53	19.93	22.14	20.22
		34.58		36.04	21.10	20.61	22.69	20.87
X	0.30		0.31		0.16	* 0.25	0.18	* 0.22
	2.38		2.42		0.79	0.91	0.86	0.88
	2.68		2.73		0.95	1.16	1.04	1.10
Y	0.64		0.68		0.36	* 0.42	0.38	* 0.46
	2.59		2.56		0.81	0.81	0.83	0.88
	3.23		3.24		1.17	1.23	1.21	1.34
Z	2.10		2.20		1.21	* 1.66	1.27	* 1.68
	2.85		2.71		0.89	1.04	0.95	1.05
	4.95		4.91		2.10	2.70	2.22	2.73

上段 アクティビティ1(コンパイル)

中段 アクティビティ2(リンク、ロード、ラン)

下段 アクティビティ1+アクティビティ2

\*印 ACOS 800に同一オプションの測定が無いもの

### 3. ACOS 800 との比較

ハードウェアの性能はEPU1台当り公称ACOS 800が2MIPS (Million Instructions Per Second)、ACOS 900が3.4MIPSである。また、ギブソンミックスは公表されていないが、各々500ナノ秒、300ナノ秒と言われている。したがってEPU1台当りの速度比は1:1.66~1.70となる。表2の中からACOS 800と900に同一オプションの測定が存在するものについてのCPU時間の和はそれぞれ15741.82秒、9452.98秒となり、比率を求めれば1.67となる。また各オプション別の比率も1.62~1.72であり、ハードウェアの性能通りの比となっている。速度が1.66~1.70倍と言っても、各命令が一律にこの比率とはなっていない、加重平均の比であるから実測結果は不思議なほどにハードウェアの性能比に一致している。

### 4. コンパイラオプション間の比較

ACOS 800, 900のFORTRANにおけるコンパイラオプションには、演算モードの選択(BIN, HEX)と最適化の有無(NOPTZ, OPTZ)がある。表2のACOS 900の値はこのオプションの4通りの組合せについてすべての測定がなされている。この4通りの場合におけるCPU時間の和を表3に示す。

表3 コンパイラオプション間の比較

(単位 秒)

	NOPTZ	OPTZ	TOTAL
B I N	35.28	43.72	79.00
	4391.36	3609.66	8001.02
	4426.64	3653.38	8080.02
H E X	36.99	44.49	81.48
	4711.72	4004.35	8716.07
	4748.71	4048.84	8797.55
TOTAL	72.27	88.21	160.48
	9103.08	7614.01	16717.09
	9175.35	7702.22	16877.57

上段 アクティビティ1 (コンパイル)  
 中段 アクティビティ2 (リンク、ロード、ラン)  
 下段 アクティビティ1+アクティビティ2

BINとHEXを比較すれば、少数の場合を除いてHEXの方がCPU時間が長く、トータル<sup>5)</sup>ではNOPTZで7%、OPTZで10%の差異がある。この原因の主なもの是有効桁数の差であり、反復計算における反復回数がHEXでは一般に多くなっているものと思われる。テストプログラムには含まれてはいないが、BINで収束するにもかかわらず、HEXでは収束せずにエンドレスループとなる例もある。ところが表2によれば、プログラムA、D、Xのように反復計算以外においてもCPU時間がわずかに長くなっている場合がある。HEX、BINでは命令そのものは同一で、インディケータ・レジスタの状態の差しかないが、正規化、丸め処理などの命令の実行時間に差異があるものと推定している。

次に最適化について考える。最適化を行えば、CPU時間は一般にコンパイル時間が長く、実行時間が短くなる。実行時間の短縮効果は、プログラミング技術に依存する点大きい表3ではBINで18%、HEXで15%となっている。しかしながら、プログラムBとQではOPTZの方が実行時間が長い。Bについてはコンパイラ最適化処理に不適切な部分があることが判明している。その部分のプログラムの構造を図1に示す。最適化を行えば、処理1～nの共通

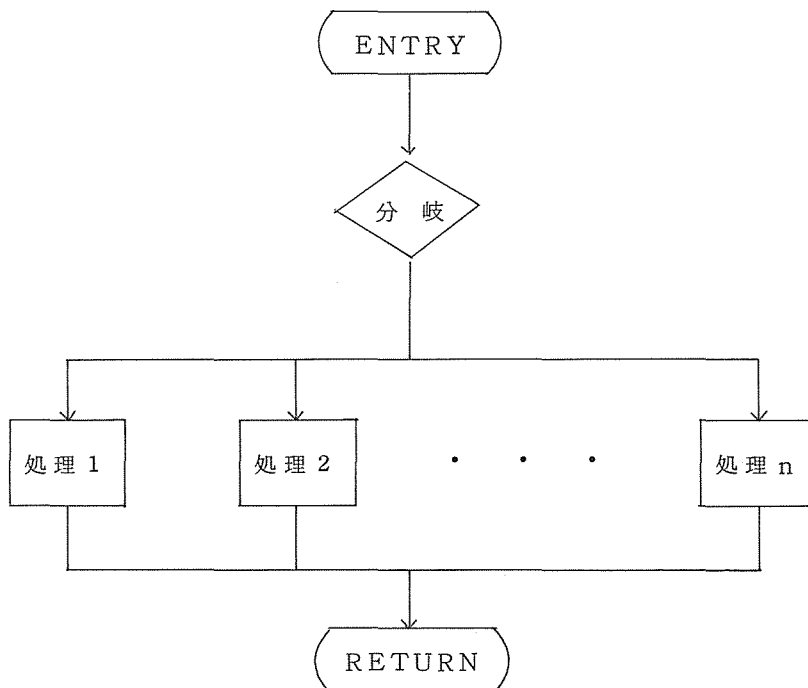


図1 プログラムBの構造（一部分）

式の評価は分岐の前に実行される。この共通式の中に処理1に無関係なものがあれば、処理1の実行時間は最適化を行わない場合よりも長くなる。すなわち、最適化の行きすぎと言える。このプログラムを除けば、実行時間の短縮効果はBINで24%、HEXで21%となる。

## 5. コンパイラの性能

3で述べたようにFORTRANジョブに対するACOS 800と900の速度比はハードウェアの性能比にはほぼ等しい。しかし、この測定結果は相対的な比率を示すにすぎず、特にコンパイラの良否は判断できない。26本のプログラム中の約半数についてACOS 800, 900以外の計算機で処理した結果、線型計算ではハードウェア性能比の55~60%、それ以外では85~90%程度の速度となっている。その原因が次の2点にあることがほぼ判明している。

- ① 配列要素の計算において、アドレス修飾方式が不適切である。
- ② 単精度浮動小数点演算の結果をメモリーに転送する場合に、丸め処理を行なっている。

①は線型計算において影響が大きく、②は単精度浮動小数点演算を用いる全ジョブに関係する。日本電気の試算によれば、コンパイラオプションBIN, OPTZにおいて、プログラムHの実行時間の約80%を消費しているループに対する効果は、アドレス修飾方式の変更により約29%、丸め処理を切り捨てにすることにより約17%、合計で約46%(約1.9秒)の短縮となる。利用者の立場から考えて、アドレス修飾方式の変更には問題はないが、丸め処理を切り捨てに変更すれば、演算誤差が2倍に拡大される。すなわち、実質的に語長が1ビット短くなるから、実行時間の短縮効果のみを考えると単純に切り捨てとはできない。一方、ACOS 900の1語36ビットに対して、1語32ビット、切り捨て方式の計算機が多いのが現状である。そのような計算機と比較すればACOS 900で切り捨て方式をとっても、依然として、演算桁数に余裕がある。したがって、当センターではコンパイラオプションにより、丸め処理と切り捨てを選択する方向で改訂の予定である。

## 6. ま と め

すでに述べたごとくFORTRANジョブのCPU時間という観点からみれば、ACOS 900はハードウェア性能を大巾に下まわる速度しか出ていない。そして、その主な原因がコンパイラの性能と判明している。最適化の修正、アドレス修飾方式の変更、丸め処理の選択などのコンパイラの改善は本年秋頃に実施される予定である。その時点において、FORTRANジョブの実行時間はACOS 900のハードウェア性能にふさわしいものとなるであろう。



#### 参考文献

- 1) 高橋義造; コンピュータ評価のための各種ミックス, 情報処理, Vol. 13, No. 11, pp.777~781, 1972.
- 2) 新システムACOS 800 について、大阪大学大型計算機センター・ニュース, No. 26, pp.3~4, 1977.
- 3) 新システム移行計画, 大阪大学大型計算機センター・ニュース, No. 30, pp.3~10, 1978.
- 4) 高木修二; センターの拡充とシステムの更新について, 大阪大学大型計算機センター・ニュース, No. 30, pp.1~2, 1978.
- 5) 大中幸三郎, 後藤米子; FORTRANコンパイラの機能拡張, 大阪大学大型計算機センター・ニュース, No. 31, pp.61~70, 1978.