

いう高速ガス流雰囲気中で着火し、主流ガス平均温度上昇約100℃の再熱熱負荷において、ほぼ100%の燃焼効率を達成した。ただし、安定な着火を得るためには、主燃焼器出口温度分布とケーシング空気冷却の不均一な流入によって生じる主流ガス温度の局所的な低温部分に注意を払う必要がある。

- 2) 水素再熱によってノズル翼下流の内部防熱ケーシングとロータ翼に異常は認められなかったが、ノズル翼内周側のエンドウォールに変色跡が見られた。この変色域の酸化影響層の厚さは30  $\mu$ m程度であり、強度的な問題を生ずるものではなかったが、タービン内水素燃焼の設計にあたっては、ラジアルバランスによる主流の偏りだけではなく、2次流れや翼後縁部分の局所的な高温ガス流れによる内周側壁面の加熱に対する配慮が必要である。
- 3) ノズル翼入口温度940℃レベルにおいて、水素再熱によって排気中のNOx総量は変わらない。このことは低NOx燃焼方式の一つとして注目されている高温燃焼の具体的実現方法の一つとしてこの燃焼方式が考えられることを示唆しており、燃焼器そのものへの応用も可能と考えられる。一方、水素再熱によってNOのNOx中に占める割合は低下する。さらにNO/NOx比は残存水素濃度と強い相関関係を有する。
- 4) 再熱により非再熱時(水素流量0)から約5%の出力増加を得、再熱の有効性は確認された。得られた出力増加は計算値の30~70%程度であり改善の余地がある。この原因として、水素流量が多く噴き出し速度が大きい場合、ロータ入口で水素の発熱量に相当する平均ガス温度上昇が得られていないことが考えられる。主流ガス流速の遅いノズル翼上流から水素を噴き出す方式の検討が次の課題として考えられる。
- 5) 試験タービン出力は非再熱、再熱時ともに当初計画の60%程度であった。この理由は主として膨張比不足によると考えられるが、タービン翼列出口流出角の誤差、主空気のガス側への漏れ込みによるタービン入口温度の低下および有効な作動ガス量の減少、ロータ翼チップクリアランス損失に対する適切な設計が必要である。
- 6) 試験タービンにより、タービン内再熱ガスタービンを実現する可能性は示され、その高温排ガス温度を利用しコンバインドサイクルの総合効率の向上といった応用も考えられる。今後の高出力化を考慮して、より高温ガス流中での再熱とより高負荷での再熱、多段タービンにおける再熱水素の燃焼方法、タービン内再熱タービンとしてのタービン設計方法の検討が将来的課題として残されている。

## 謝辞

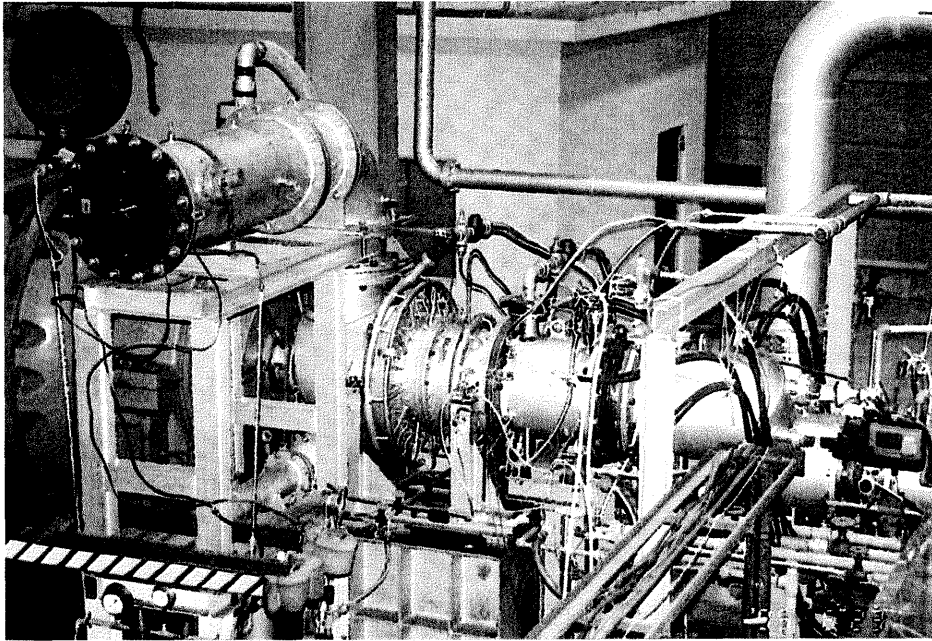
試験タービンの製作および分解・点検に際しては、(株)東芝京浜事業所に多大な御協力をいただいた。関係各位に深く感謝の意を表す。

## 参考文献

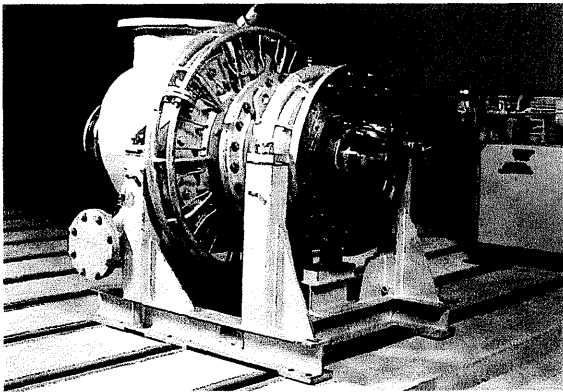
- 1) 秋田栄司、西田美紀、1500℃次世代高効率Gシリーズガスタービンの開発と実証運転状況、日本ガスタービン学会誌、VOL. 27, NO. 3, 1999. 5, pp2-9
- 2) 石井潤治、1500℃級蒸気冷却ガスタービンを用いた次世代高効率コンバインドサイクルプラント、日本ガスタービン学会誌、VOL. 27, NO. 3, 1999. 5, pp25-29
- 3) 山口佳和、石澤和彦、HYPRプロジェクトの概要、日本ガスタービン学会誌、Vol. 28, NO. 1, 2000. 1, pp2-7
- 4) T. Sugimoto, H. Miyaji, T. Shikina, T. Kato, K. Nakanishi, M. Murota, M. Tanaka, M. Kawamoto, R&D Plan for the Next-Generation Marine Gas Turbine (Super Marine Gas Turbine), Proceedings of the International Gas Turbine Congress 1999 Kobe, 1999, pp93-98
- 5) 徳本 勉、マイクロタービンを使用したコージェネシステムについて、日本ガスタービン学会ガスタービンセミナー第28回資料集、2000年1月
- 6) M. L. Parker, D. A. Branch, Qualification of the WR-21 Gas Turbine System for Service, Proceedings of the International Gas Turbine Congress 1999 Kobe, 1999, pp107-114
- 7) F. Joos, P. Brunner, B. Schulte-Werning, K. Syed, A. Eroglu, Development of the Sequential Combustion system for the ABB GT24/GT26 Gas Turbine Family, ASME paper 96-GT-315 (1996).
- 8) 菅 進、森下輝夫、平岡克英、翼列内水素燃焼ガスタービンの研究、日本ガスタービン学会講演論文集(第5回定期講演会)、pp31-36, 1977
- 9) 森下輝夫、菅 進、平岡克英、翼列内水素燃焼ガスタービンの研究(第2報)、日本ガスタービン学会講演論文集(第8回定期講演会)、pp35-40, 1980
- 10) WE-NET水素エネルギーシンポジウム講演予稿集、新エネルギー・産業技術総合開発機構、1999年2月
- 11) 水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術研究開発、平成10年度研究成果報告書概要集、新エネルギー・産業技術総合開発機構、NEDO-WE-NET-98
- 12) 幸田栄一、水素燃焼タービン発電システム、日本ガスタービン学会誌、Vol. 27, NO. 4, 1999. 7, pp3-6

- 13) 久松 暢、水素燃焼タービンの開発、日本ガスタービン学会誌、VOL. 27, NO. 4, 1999. 7, pp7-13
- 14) S. Kan, T. Morishita, K. Hiraoka, Reheat Gas Turbine with Hydrogen Combustion between Blade Rows, Proceedings of 1983 Tokyo International Gas Turbine Congress, 83-Tokyo-IGTC-27, pp205-212
- 15) 平岡克英、熊倉孝尚、井亀 優、菅 進、森下輝夫、春海一佳、タービン内熱ガスタービンの性能試験に使用する燃焼器の設計と燃焼器性能、船舶技術研究所報告、第24巻第3号、pp61-70, 1987
- 16) K. Hiraoka, T. Morishita and S. Kan, Thermodynamic Performance of an Internal Reheat Gas Turbine (IRGT) with Hydrogen Combustion, Papers of Ship Research Institute, VOL.24, NO. 3, May 1987, pp17-36
- 17) K. Hiraoka, S. Kan, T. Kumakura, M. Ikame, K. Harumi, H. Shirota and T. Morishita, Study of Internal Reheat Hydrogen Gas Turbine, Proc. of 1995 Yokohama International Gas Turbine Congress, 95-YOKOHAMA-IGTC-84 (1995), ppIII-197-204
- 18) 春海一佳、菅 進、平岡克英、井亀 優、城田英之、森下輝夫、タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究、日本ガスタービン学会誌、VOL. 26, NO. 101, 1998. 6, pp107-114
- 19) 森下輝夫、菅 進、平岡克英、井亀 優、タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究 (第1報)、第7回ガスタービン秋季講演会講演論文集 (長崎)、1992年
- 20) 菅 進、平岡克英、熊倉孝尚、井亀 優、城田英之、森下輝夫、タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究 (第2報)、第8回ガスタービン秋季講演会講演論文集 (盛岡)、1993年
- 21) 平岡克英、菅 進、熊倉孝尚、井亀 優、春海一佳、城田英之、森下輝夫、タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究 (第3報)、第9回ガスタービン秋季講演会講演論文集 (松江)、1994年
- 22) 春海一佳、菅 進、平岡克英、井亀 優、城田英之、森下輝夫、タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究 (第4報)、第10回ガスタービン秋季講演会講演論文集 (新潟)、1995年
- 23) 春海一佳、菅 進、平岡克英、井亀 優、城田英之、予田哲也、森下輝夫、タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究 (第5報)、第11回ガスタービン秋季講演会講演論文集 (宮崎)、1996年
- 24) 森下輝夫、菅 進、平岡克英、船用ガスタービン翼の内部冷却孔の熱伝達率と圧力損失、日本ガスタービン学会講演論文集 (第9回定期講演会)、pp33-38, 1981
- 25) K. Hiraoka, T. Morishita, S. Kan, Experiment on Aerodynamic and Heat Transfer Characteristics of a Cooled Turbine Cascade losing a Few Blades, Proceedings of 1977 Tokyo Joint Gas Turbine Congress, pp215-222
- 26) 今井 潔 ((株)東芝重電技術研究所)、私信

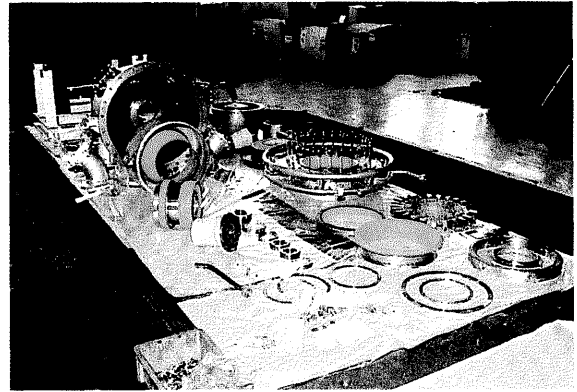
グラビア1 タービン内再熱タービン試験装置



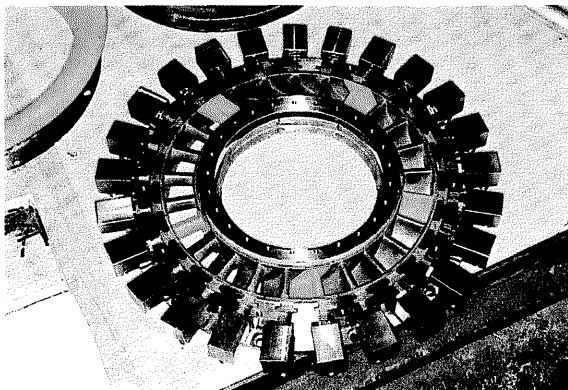
(a) タービン内再熱タービン試験装置概観



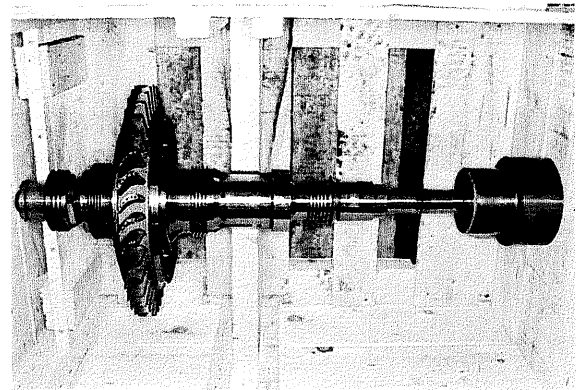
(b) タービン本体



(c) 組立前の試験タービン部品

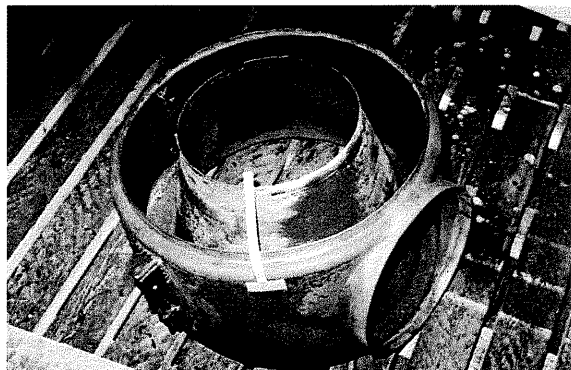


(d) ノズルリング (赤色は測温塗料)

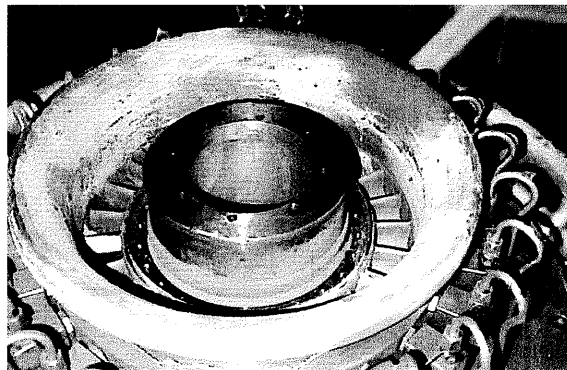


(e) ロータ軸とロータ翼

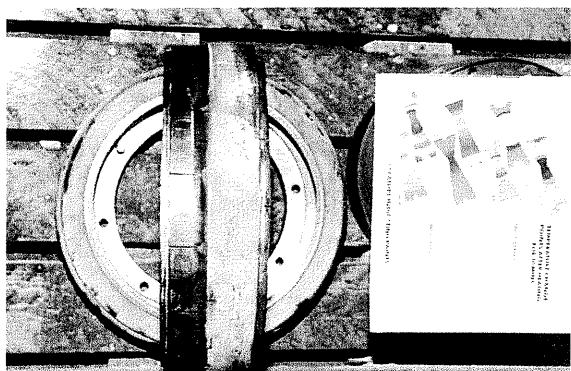
グラビア2 試験タービン分解時の主要部品の状況



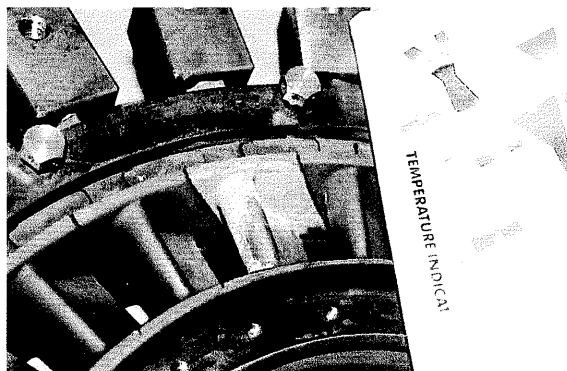
(a) 入口内部ケーシング



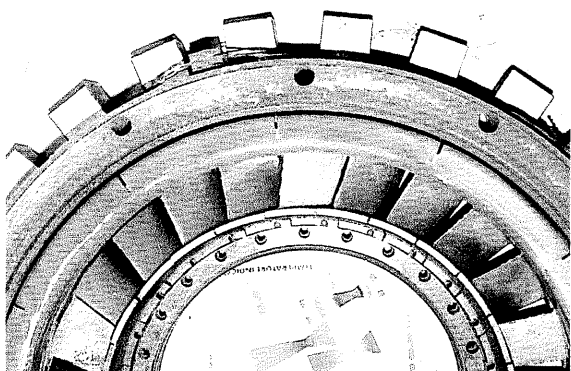
(b) 外周側防熱ケーシング



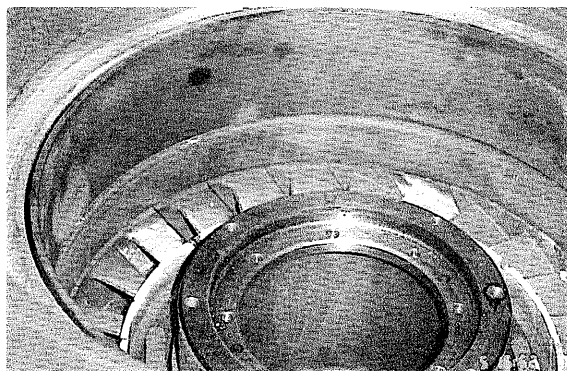
(c) 内周側防熱リング



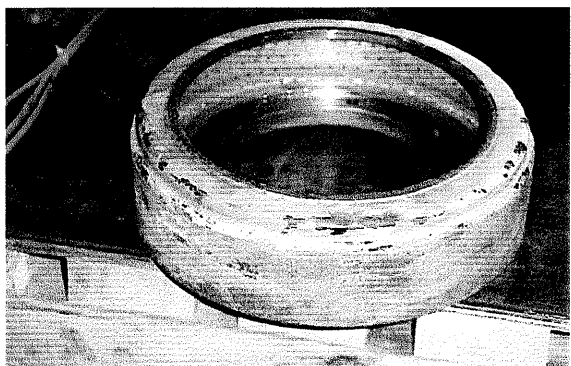
(d) ノズル翼 (上流側)



(e) ノズル翼 (下流側)



(f) ノズル翼下流側の外周側防熱リングと防熱シュラウドリング

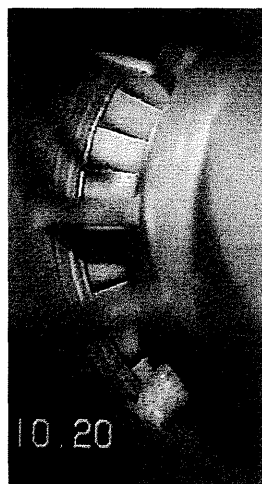


(g) ノズル翼下流側の内周側防熱リング

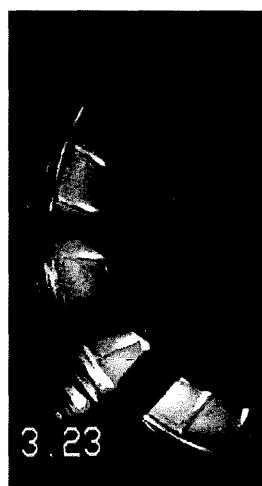


(h) ロータ翼

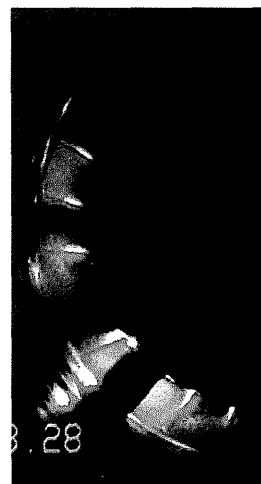
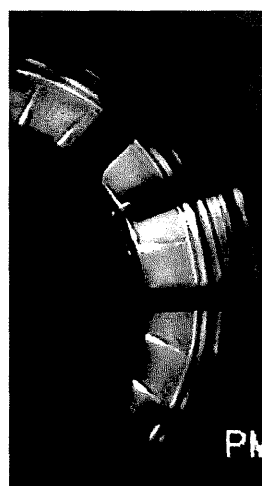
グラビア3 タービン内での水素の燃焼状況 (タービン入口温度TIT=970°)



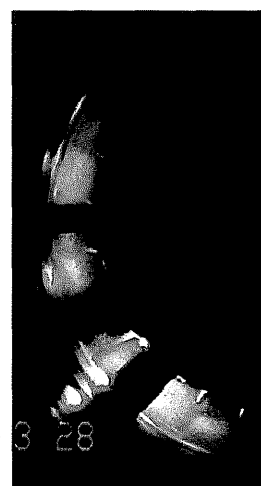
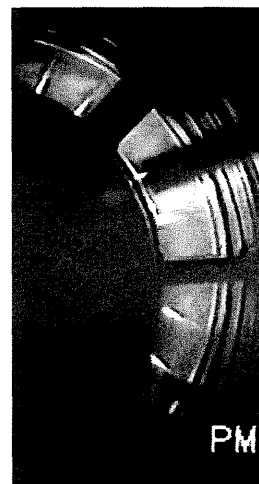
(a) 回転前のロータ翼



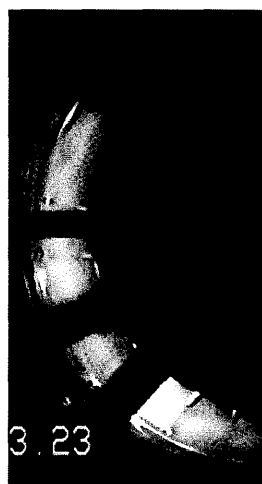
(b) 主空気流量2.8kg/s、再熱水素流量1.5g/s



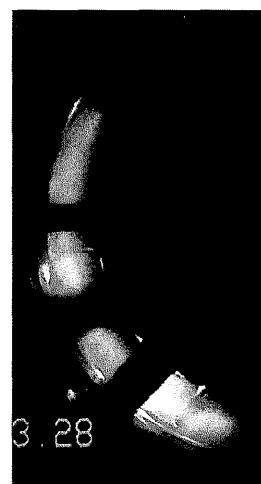
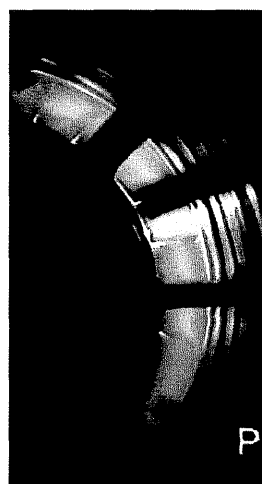
(d) 主空気流量2.6kg/s、再熱水素流量1.5g/s



(e) 主空気流量2.6kg/s、再熱水素流量2.4g/s



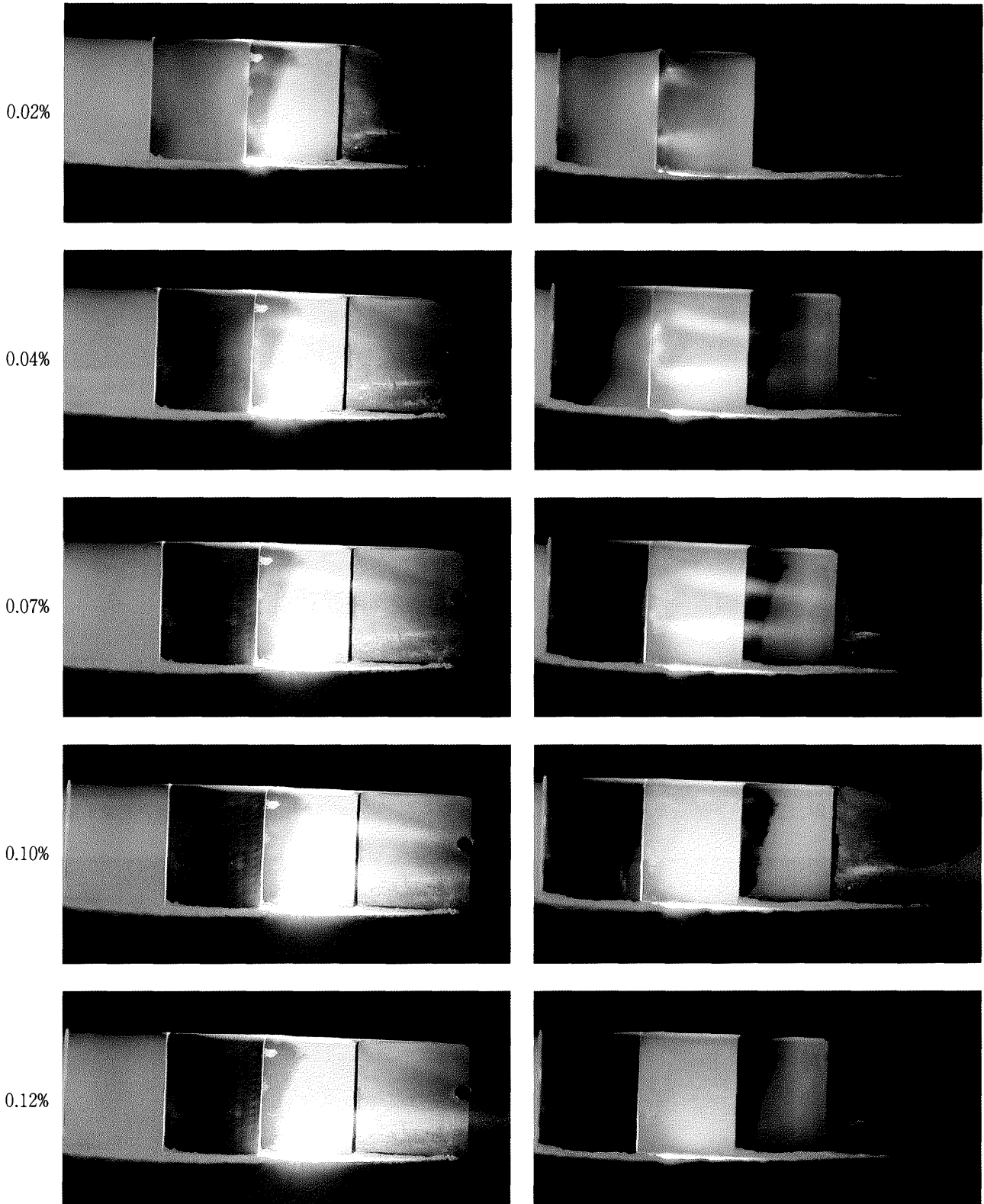
(c) 主空気流量2.8kg/s、再熱水素流量3.0g/s



(f) 主空気流量2.6kg/s、再熱水素流量3.0g/s



グラビア4 2次元翼列下流における水素の燃焼状況



水素噴き出し量  
(対主流ガス質量%)

TIT=900 °C  
Re=180000

TIT=800 °C  
Re=200000

付録1 ノズル翼とロータ翼の翼形状座標

付録1 (a) ノズル翼翼形座標

ノズル翼翼形座標				
x	y(腹側)	y(背側)		
		a(r=130)	b(r=145)	c(r=160)
-1.50	1.80	4.65	5.25	5.90
-1.00	0.85	6.00	6.60	7.25
0.00	0.00	7.65	8.40	9.10
1.00	-0.30	8.90	9.65	10.45
2.00	-0.40	9.80	10.65	11.50
3.00	-0.25	10.65	11.50	12.40
4.00	0.00	11.30	12.20	13.10
5.00	0.45	11.95	12.80	13.70
6.00	1.00	12.45	13.33	14.25
8.00	2.20	13.30	14.20	15.10
10.00	3.35	13.90	14.80	15.70
12.50	4.50	14.40	15.25	16.15
15.00	5.30	14.65	15.45	16.30
20.00	6.20	14.40	15.15	15.90
25.00	5.95	13.25	13.90	14.50
30.00	4.95	11.40	11.90	12.40
35.00	3.60	9.15	9.55	9.95
40.00	2.00	6.65	6.95	7.20
42.50	1.20	5.38	5.58	5.78
45.00	0.20	4.03	4.15	4.27
47.50	-0.85	2.65	2.70	2.75
50.00	0.00	0.60	0.60	0.60

ノズル翼冷却孔座標		
x	y	
	腹側	背面
0.00	3.40	3.40
0.50	1.90	5.25
1.00	1.50	6.12
2.00	1.40	7.35
3.00	1.58	8.33
4.00	1.92	9.17
5.00	2.48	9.84
6.00	3.03	10.43
8.00	4.20	11.35
10.00	5.25	12.05
12.50	6.36	12.68
15.00	7.18	12.88
20.00	7.97	12.60
25.00	7.78	11.47
30.00	6.67	9.75
35.00	5.10	7.65
40.00	3.36	5.30
42.50	2.40	4.08
45.00	1.35	2.83
47.00	0.45	1.75
49.00	-0.54	0.60
50.00	-1.10	0.00

前縁部座標			
y	x(前縁部)		
	a(r=130)	b(r=145)	c(r=160)
4.50	-1.55	-1.65	-1.75
3.00	-1.70	-1.75	-1.80

後縁部	
中心座標	(48.50, 0.30)
曲率半径	1.50mm





付録2 計測監視プログラム

```

10 PROGVER="MS80.BAS"
20 水素燃焼再熱GT実験計測用プログラム 93.8.26 熱遮蔽付きTE T追加
30 MS70より変更93.8.26
40 ***熱遮蔽付き出口温度**
41 北側下より順へ時計方向に番号を付ける。
42 北下=TSHE(1) 北中=TSHE(2) 北上=TSHE(3)
43 南上=TSHE(4) 南中=TSHE(5) 南下=TSHE(6)
44 TIT温度:従来は西=T(2) 南=T(3) 北=T(4)
45 MS60より W=T(2),S=T(7),SE=T(3),E=T(28),NE=T(4),NW=T(29)
60 冷却空気温度1-2(T(7))は計測を省略する。
80 西より反時計方向 TSH(1).....TSH(6) DATALOGGER TR2724
90
110 HYDROGEN GAS TURBINE PERFORMANCE EXPERIMENT
120 *****DATA ACQUISITION PROGRAM*****
130 ---OUTLINE OF THE PROGRAM---
140 MAIN
150 <SUBROUTINES>
160 *CALIB - *INITIAL
170 *MES - (*INITIAL)
180 - (*GENERAL) - *SUBTIME *SUBBEEP *FLAGS
190 - (*DATA IO) - *SUBINPUT *MONHD (or *MONRAM) *SLAVE
200 - (*DISPLAY) - *MAINDISP *FLDISP
210 - (*MEAS) - *MEANALCALC
220 - (*FLOW RATE) - *F.RATE *ALPHRE
230
240 This PROGRAM is to be executed with the partner.
250 "SL80.BAS",in No.2 COMPUTER.
260 *****
270 ***** MAIN PROGRAM *****
280 *****
290 ARRAYS
300 DIM PR (19),T(31),E(10),MPR(19),MT(31),ME(10),EC(10),PRSTR(19)
310 DIM PC(5),D(9),COEF(5),EV(5),MEV(5)
320 DIM WW(5),RRE(5),AAL(5),MW(5),MRE(5),MAL(5)
330 DIM DP(5),AP(5),AOR(5),BD4(5)
340 DIM DRE(7),LRE(7)
350 DIM ALPH(7),ALPH1(7),ALPH2(7),ALPH3(7),ALPH4(7),ALPH5(7)
360 DIM LPTS(10)
370 DIM TSH(6),MTSH(6),TSHE(6),MTSHE(6)
380 ORIFICE FLOW COEFFICIENT DATA
390 DATA 3000,10000,20000,30000,50000,100000,1E6,1E7 REYNOLDS NUMBER
400 DATA 0.690,0.678,0.673,0.667,0.663,0.660,0.659 MAIN AIR
410 DATA 0.619,0.613,0.611,0.608,0.607,0.607,0.606,0.606 COOL AIR #1
420 DATA 0.695,0.682,0.677,0.671,0.667,0.664,0.663 COOL AIR #2
430 DATA 0.731,0.714,0.707,0.700,0.695,0.691,0.689 COOL AIR #3
440 DATA 0.803,0.792,0.782,0.772,0.762,0.761 COOL AIR #4
450 DATA 0.611,0.606,0.605,0.604,0.603,0.603,0.602,0.602 COOL AIR #5
460 FOR I=0 TO 7:READ DRE(I):NEXT I
470 FOR I=0 TO 7:LRE(I)=LOG(DRE(I)):NEXT I
480 FOR I=1 TO 7:READ ALPH0(I):NEXT I
490 FOR I=0 TO 7:READ ALPH1(I):NEXT I
500 FOR I=1 TO 7:READ ALPH2(I):NEXT I
510 FOR I=1 TO 7:READ ALPH3(I):NEXT I
520 FOR I=2 TO 7:READ ALPH4(I):NEXT I
530 FOR I=0 TO 7:READ ALPH5(I):NEXT I
540 ORIFICE DIMENSIONS IN mm
550 DP(0)=304.7 :DOR0=193 :BDD0=DOR0/DP(0) :BD4(0)=BDD0*BDD0*BDD0*BDD0
560 DP(1)=52.9 :DOR1=201 :BDD1=DOR1/DP(1) :BD4(1)=BDD1*BDD1*BDD1*BDD1
570 DP(2)=DP(1) :DOR2=341 :BDD2=DOR2/DP(2) :BD4(2)=BDD2*BDD2*BDD2*BDD2
580 DP(3)=DP(1) :DOR3=371 :BDD3=DOR3/DP(3) :BD4(3)=BDD3*BDD3*BDD3*BDD3
590 DP(4)=DP(1) :DOR4=42.3 :BDD4=DOR4/DP(4) :BD4(4)=BDD4*BDD4*BDD4*BDD4
600 DP(5)=52.9 :DOR5=16.7 :BDD5=DOR5/DP(5) :BD4(5)=BDD5*BDD5*BDD5*BDD5
610 AREAS IN m sq
620 DP(0)=DP(0)/1000 :DP(1)=DP(1)/1000
630 DP(2)=DP(1) :DP(3)=DP(1) :DP(4)=DP(1) :DP(5)=DP(1)
640 AP(0)=25*3.1415*DP(0) :DOR(0)
650 AP(1)=25*3.1415*DP(1) :DOR(1)
660 AP(2)=AP(1) :AP(3)=AP(1) :AP(4)=AP(1) :AP(5)=AP(1)
670 AOR(0)=25*3.1415*DOR0 :DOR0/IE+06
680 AOR(1)=25*3.1415*DOR1 :DOR1/IE+06
690 AOR(2)=25*3.1415*DOR2 :DOR2/IE+06
700 AOR(3)=25*3.1415*DOR3 :DOR3/IE+06
710 AOR(4)=25*3.1415*DOR4 :DOR4/IE+06
720 AOR(5)=25*3.1415*DOR5 :DOR5/IE+06
730
740 FUNCTION FOR VISCOSITY OF AIR
750 A#=000017542689:BM=000000050102678#:CM=-3.2091612D-12
760 DM=1.801097D-15:DM=-4.222132D-19
770 DEF FN MUE(T)=A#*T*(B#*T*(C#*T*(D#+T*E#)))
780
790 COLOR SCREEN FOR FUNCTION KEYS
800 SCREEN 0,0,0,LINE (87,191)-(135,199),2,BF
810 SCREEN 0,1,0,LINE (143,191)-(191,199),2,BF
820 SCREEN 0,2,0
830 LINE (199,191)-(247,199),2,BF:LINE (87,191)-(135,199),2,BF
840 SCREEN 0,3,0
850 LINE (199,191)-(247,199),2,BF:LINE (143,191)-(191,199),2,BF
860
870 CONSTANTS
880 G=9.807
890 KA=1.417 :RKA=1/KA
900 R=29.27
910
920 CONSTANTS FOR mV TO DIMENSIONS
930 EC(0)=1 '100K-g-m=1000mV TORQUE
940 EC(1)=0.101 '10000rpm=1000mV TM280 REV meter analogue output
950 EC(2)=0.12 '1000mV=0 m3/hr 3000mV=48m3/hr H2 FLOW METER
960 ECH2=1000/60H1 H2 flow m3/h -> l/min
970 EC(3)=16 '8K/g/cm3=10mV H2 PRES. AT H2 FLOW METER
980 EC(4)=3 '3K/g/cm3=10mV HYDROGEN PRES. AT NOZZLE RING INLET
990 EC(5)=6 ' LUB OIL PRESSURE FOR COUPLING
1000 EC(6)=6 ' LUB OIL PRESSURE FOR FRONT BEARING
1010 EC(7)=6 ' LUB OIL PRESSURE FOR AFT BEARING
1020 EC(8)=1 ' Temp of GT BEARING
1030 EVC=1 'VM-80 0.1RANGE(0.1mm)=1V OUT=(1000mV)
1040
1050 CONSOLE 0,25,0,1:WIDTH LPRINT 80
1060 CLS:COLOR 4:LOCATE 20,10
1070 PRINT "水素燃焼再熱ガスタービン性能試験"
1080 LOCATE 25,11:COLOR 7:PRINT "Prog. Ver.: PROGVERS"
1090 COLOR 7
1100 LOCATE 20,15:PRINT "今日の日付は----->":DATES
1110 LOCATE 20,16:INPUT "正しい日付の入力またはジャンキー":CRDATES
1120 IF CRDATES <> "" THEN DATES=CRDATES
1130 LOCATE 20,18:PRINT "ただ今の時刻は----->":TIMES
1140 LOCATE 20,19:INPUT "正しい時刻の入力またはジャンキー":CRTIMES:CLS
1150 IF CRTIMES <> "" THEN TIMES=CRTIMES
1160
1170 ---PRIMARY OPTION MENU---
1180
1190 *PRIMARY
1200 CLS:COLOR 7:GOSUB *SUBTIME
1210 COLOR 4 :LOCATE 25,5:PRINT "プライマリー メニュー":COLOR 7
1220 LOCATE 22,7:PRINT "1-圧力変換器のキャリブレーション"
1230 LOCATE 22,9:PRINT "2-測定ルーチン"
1240 LOCATE 22,11:PRINT "3-終了"
1250 LOCATE 25,14:INPUT "KEY IN 1, 2 OR 3":SS
1260 ON SS GOSUB *CALIB,*MES,*ALEND
1270 GOTO *PRIMARY
1280 *ALEND
1290 CLS:CONSOLE 0,25,1
1300 KEY REDEFINITION
1310 KEY 1,"load "+CHR$( &H22):KEY 6,"save "+CHR$( &H22)
1320 KEY 2,"auto":KEY 7,"key "
1330 KEY 3,"go to "+CHR$( &H8):KEY 8,"print"
1340 KEY 4,"list":KEY 9,"edit "+CHR$( &HD)
1350 KEY 5,"run"+CHR$( &HD):KEY 10,"com"+CHR$( &HD)
1360 END
1370
1380 --- MAIN PROGRAM END ---
1390
1400 *****
1410 *****SUBROUTINE FOR UCAM STRAIN COEFFICIENTS CALIBRATION*****
1420 *****
1430 ---SUBROUTINE *CALIB
1440 (PRESSURE-STRAIN COEFFICIENT CALIBRATION)
1450
1460 *CALIB
1470 OPEN "A:WH2GTWPRSTR1.DAT" FOR INPUT AS #1
1480 INPUT #1, CALDATES
1490 FOR I=0 TO 19
1500 INPUT #1, PRSTR(I)
1510 NEXT I
1520 CLOSE #1
1530 PRINT CHR$(12):LOCATE 25,5
1540 PRINT "圧力変換器のひずみ係数"
1550 LOCATE 25,6:PRINT "1-ひずみ係数の測定"
1560 LOCATE 25,7:PRINT "2-ひずみ係数のリスト"
1570 LOCATE 25,9:INPUT " KEY IN 1 OR 2":SC:PRINT
1580 ON SC GOTO *CAL10,*CAL20
1590 *CAL10 :COLOR 6
1600 INPUT INTERFACE CLEAR
1610 ISET IFC
1620 ISET REN
1630 CMD DELIM=0
1640 INITIALIZE
1650 CLS:LOCATE 25,5:COLOR 6:PRINT "UCAMの初期化をします。"
1660 LOCATE 25,6:INPUT "全ての圧力をゼロにしましたか?(ジャンキー)":YNS
1670 COLOR 4:GOSUB *INITIAL:GOSUB *SUBTIME
1680 LOCATE 25,8:PRINT "UCAMの初期化終了":COLOR 7
1690 *CAL11
1700 LOCATE 25,10
1710 INPUT "測定するチャンネル番号=":CHN
1720 LOCATE 28,11:INPUT "よろしいか?(ジャンキー)/N":YNS
1730 IF YNS="N" OR YNS="n" GOTO *CAL11
1740 CALDATES=DATES
1750 IF CHN < 10 THEN UCAMS="10A":GOTO *CAL12
1760 IF CHN < 20 AND CHN > 9 THEN UCAMS="5B":GOTO *CAL13
1770 GOTO *CALCANSEL
1780 *CAL12 UCAM=10A
1790 CHNS=RIGHT$(STR$(CHN),1)
1800 AS="CHR00"+CHNS+"00"+CHNS+"01X":PRINT@ 10,AS
1810 PRINT@ 10,"MES"
1820 GOTO *CAL14
1830 *CAL13 UCAM=5B
1840 CHNS=RIGHT$(STR$(CHN),1)
1850 AS="CHR00"+CHNS+"00"+CHNS+"01X":PRINT@ 5,AS
1860 PRINT@ 5,"MES"
1870 *CAL14
1880 K=0
1890 *CAL15
1900 CLS:LOCATE 25,10
1910 PRINT "測定するチャンネル番号=":CHN
1920 LOCATE 25,11:INPUT "圧力計の読み入力 (kg/m2)":PCALIB
1930 PC(K)=PCALIB
1940 AS="STA":GOSUB *SUBTIME
1950 IF UCAMS="10A" THEN PRINT@ 10,AS ELSE PRINT@ 5,AS
1960 IF UCAMS="10A" THEN INPUT@ 10:CKD(K) ELSE INPUT@ 5:CKD(K)
1970 IF D(K)=0 THEN PRINT "計測した圧力データは0です。":COEF(K)=0
1980 IF D(K) < 0 THEN COEF(K)=PC(K)/D(K)
1990 LOCATE 25,13:COLOR 4:PRINT "チャンネル番号=":CHN:"の圧力計測終了"
2000 LOCATE 25,14:COLOR 7:INPUT "もう一回測定しますか?(ジャンキー)":YNS
2010 IF YNS="N" OR YNS="n" GOTO *CAL16
2020 K=K+1:GOTO *CAL15
2030 *CAL16
2040 SCC=0
2050 FOR KK=0 TO K
2060 SCC=SCC+COEF(KK)
2070 NEXT KK
2080 PRSTR(CHN)=SCC/(K+1):GOSUB *SUBTIME
2090 PRINT CHR$(12):LOCATE 10,5:COLOR 4
2100 PRINT "測定結果 チャンネル番号=":CHN:PRINT:COLOR 7
2110 PRINT " P (kgf/m2) STRAIN P/S (kgf/m2)/(micron) "
2120 FOR I=0 TO K
2130 PRINT USING "####.#":PC(I):PRINT " "
2140 PRINT USING "####.#":D(I):PRINT " "
2150 PRINT USING "#####":COEF(I)
2160 NEXT I
2170 PRINT
2180 PRINT "チャンネル番号",CHN,"のひずみ係数は",PRSTR(CHN)
2190 PRINT
2200 *CALCANSEL
2210 INPUT "全てのチャンネルの計測を終了しましたか(ジャンキー)":YNS:CLS
2220 IF YNS="N" OR YNS="n" GOTO *CAL11
2230 LOCATE 25,5:COLOR 6
2240 INPUT "ひずみ係数が更新されます。よろしいか(ジャンキー)":YNS
2250 IF YNS="N" OR YNS="n" GOTO *CAL20
2260 OPEN "A:WH2GTWPRSTR1.DAT" FOR OUTPUT AS #1
2270 WRITE #1,CALDATES
2280 FOR I=0 TO 19
2290 WRITE #1, PRSTR(I)
2300 NEXT I
2310 CLOSE #1
2320 GOTO *CAL30
2330 *CAL20 TO SEE THE LAST CALIBRATION DATA
2340 OPEN "A:WH2GTWPRSTR1.DAT" FOR INPUT AS #1
2350 INPUT #1, CALDATES
2360 FOR I=0 TO 19
2370 INPUT #1, PRSTR(I)

```



```

4780 IOR2=IOR*2:FOR=PR (IOR2)*10000:DPO=PR (IOR2+1)
4790 IF IOR=0 THEN TOR=T (0) ELSE TOR=T (5)
4800 GOSUB *F.RATE
4810 WW (IOR) =W*RRE (IOR) =RE:AAL (IOR) =AL
4820 NEXT IOR
4830 GOSUB *SLAVE
4840 GOSUB *FLDISP
4850 IF MESFLAG=0 AND MNFLAG=1 THEN SCREEN 0,,1
4860 IF MESFLAG=0 AND MNFLAG=0 THEN SCREEN 0,,2
4870 IF MNFLAG=1 THEN GOSUB *MONHD
4880 IF FLAG=4 THEN FLAG=0:MESFLAG=1:IMES=0:GOSUB *MEANMES:GOTO *SCRPT
4890 IF MESFLAG=1 THEN GOSUB *MEANMES
4900 IF MESFLAG=2 THEN GOSUB *MEANCALC
4910 *SCRPT
4920 IF MESFLAG=1 AND MNFLAG=1 THEN SCREEN 0,,17
4930 IF MESFLAG=1 AND MNFLAG=0 THEN SCREEN 0,,18
4940 GOSUB *SUBINPUT
4950 E (1) =E (1) -EZERO
4960 E (0) =E (0) -ETORQ
4970 '
4980 TPTIME0$=TPTIMES
4990 IF FLAG=1 THEN SWITCH$="END":GOSUB *SLAVE
5000 IF FLAG=1 THEN CLOSE :SCREEN 0,,0 :GOTO *MEND
5010 GOTO *MESROUTINE
5020 *ERRTRAPS
5030 *ERRTRP
5040 LOCATE 0,23
5050 IF ERR=131 AND ERL=3340 THEN PRINT "No.2 COMP. NOT READY"
5060 IF ERR=131 AND ERL=3340 THEN RESUME *MESSTART
5070 IF ERR=128 THEN *ERRTRP1 ELSE *ERRTRP2
5080 *ERRTRP1 *GPIB TIMEOUT ERROR
5090 CLOSE
5100 COLOR 5
5110 PRINT *GPIB TIME OVER -- LINE=":ERL;
5120 GOSUB *SUBBEEP
5130 COLOR 6:INPUT * 測定を中止します(リターン):OK$:COLOR 7:CLS 3
5140 RESUME *ERRTRP3
5150 *ERRTRP2
5160 COLOR 5:PRINT "ERROR CODE=":ERR: LINE=":ERL;
5170 COLOR 6:INPUT * 測定を中止します(リターン):OK$:COLOR 7:CLS 3
5180 ON ERROR GOTO 0
5190 *ERRTRP3
5200 FERRTRP1=1:GOTO *MEND
5210 --ERRTRP ROUTINE END--
5220 '
5230 *MEND
5240 KEY OFF
5250 CLS
5260 LOCATE 20,5:COLOR 4:PRINT "測定を終りました。":COLOR 7
5270 LOCATE 20,11:INPUT "実験を続けますか? (Y-CRAN)":YNS
5280 IF YNS="N" OR YNS="n" THEN *MEND3 ELSE GOTO *MESSTART
5290 IF FERRTRP1=1 THEN *ALEND
5300 *MEND3:CLS 3
5310 RETURN
5320 --SUBROUTINE *MES END--
5330 *****
5340 *****GENERAL SUBROUTINES*****
5350 *****
5360 --SUBROUTINE OF TIME PRINTING
5370 *SUBTIME
5380 TPTIME$=TIMES:LOCATE 62,0:PRINT "測定時刻=":TPTIME$:COLOR 7:RETURN
5390 '
5400 --SUBROUTINE BEEP WARNING
5410 '
5420 *SUBBEEP
5430 FOR BI=1 TO 15:BEEP 1:FOR I=0 TO 50:NEXT:BEEP 0:FOR I=0 TO 20:NEXT:NEXT BI
5440 RETURN
5450 '
5460 --SUBROUTINES FOR FUNCTION KEY FLAGS
5470 '
5480 *MFLAG1:FLAG=1:RETURN
5490 *MFLAG2:MNFLAG=1:FLAG=0:RETURN
5500 *MFLAG3:MNFLAG=0:FLAG=0:RETURN
5510 *MFLAG4:FLAG=4:RETURN
5520 *MFLAG5:CLS:GOSUB *TITLDISP:RETURN
5530 *MFLAG6:FLAG=6:RETURN
5540 *****
5550 *****SUBROUTINES FOR DATA I/O*****
5560 *****
5570 *SUBROUTINE FOR DATA AQUISITION
5580 *SUBINPUT
5590 --DATA AQUISITION--
5600 CMD DELIM=0
5610 FOR I=0 TO 19
5620 INPUT@ 5,CH,PR (I)
5630 NEXT I
5640 FOR I=0 TO 9
5650 INPUT@ 10,CH,PR (I)
5660 NEXT I
5670 FOR I=0 TO 29
5680 INPUT@ 10,CH,T (I)
5690 NEXT I
5700 FOR I=0 TO 3
5710 INPUT@ 10,CH,EV (I):EV (I) =EVC*EV (I)
5720 NEXT I
5730 FOR I=0 TO 8
5740 INPUT@ 10,CH,E (I)
5750 NEXT I
5760 FOR I=0 TO 19
5770 PR (I) =PRSTR (I) *PR (I)
5780 NEXT I
5790 FOR I=0 TO 8
5800 E (I) =E (I) *E (I)
5810 NEXT I
5820 E (2) =E (2) -I21
5830 E (2) =E (2) *E2H2 ((1+E (3) /1.033) /((1+T (12) /273.15)
5840 CMD DELIM=2
5850 INPUT@ 27,AS
5860 INPUT@ 27,AA,TSH (1)
5870 FOR I=2 TO 6
5875 INPUT@ 27,AA,TSH (I)
5880 NEXT I
5885 FOR I=1 TO 6
5890 INPUT@ 27,AA,TSHE (I)
5895 NEXT I
5900 RETURN
5910 --MONITOR DATA FILING IN HARD DISK
5920 *MONHD
5930 WRITE #2,TPTIME0$
5940 FOR I=0 TO 19 STEP 4:WRITE #2,PR (I),PR (I+1),PR (I+2),PR (I+3):NEXT I

```

```

5950 FOR I=0 TO 29 STEP 5:WRITE #2,T (I),T (I+1),T (I+2),T (I+3),T (I+4):NEXT I
5960 WRITE #2,TSH (1),TSH (2),TSH (3),TSH (4),TSH (5),TSH (6)
5965 WRITE #2,TSHE (1),TSHE (2),TSHE (3),TSHE (4),TSHE (5),TSHE (6)
5970 WRITE #2,E (0),E (1),E (2),E (3),E (4),E (5),E (6),E (7),E (8)
5980 WRITE #2,EV (0),EV (1),EV (2),EV (3)
5990 WRITE #2,WW (0),WW (1),WW (2),WW (3),WW (4),WW (5)
6000 RETURN
6010 --SENDING DATA TO SLAVE CRT ADDRESS=2
6020 *SLAVE
6030 CMD DELIM=0
6040 PRINT@ 2:SWITCH$,TPTIME0$
6050 PRINT@ 2:WW (0),PR (13),PR (14),MTREP,MTEX,E (0),E (1)
6060 PRINT@ 2:T (13),T (14),T (15),E (5),E (6),E (7),E (8)
6070 PRINT@ 2:EV (0),EV (1),EV (2),EV (3)
6080 PRINT@ 2:T (16),T (17),T (18),T (19),T (20),T (21),T (22),T (23)
6090 PRINT@ 2:T (24),T (25),T (26),T (27)
6095 PRINT@ 2:TSHE (1),TSHE (2),TSHE (3),TSHE (4),TSHE (5),TSHE (6)
6100 RETURN
6110 *****
6120 ***** SUBROUTINE FOR DISPLAY *****
6130 *****
6140 --TITLE DISPLAY
6150 *TITLDISP
6160 CLS:COLOR 4
6170 LOCATE 25,1:PRINT "測定結果 実験番号=":EXPNUMS
6180 COLOR 7
6190 LOCATE 62,0:PRINT "測定時刻=" ー ビン性能":COLOR 7
6200 LOCATE 5,2:COLOR 5:PRINT "タ ー ビン性能":COLOR 7
6210 AS="出力 (PS)"+SPACES (5)+"回転数 (RPM)"+SPACES (5)+"トルク (kg-m)"+
6220 AS="AS"+SPACES (5)+"主空気流量 kg/sec"
6230 LOCATE 0,3:PRINT AS
6240 AS="入口温度℃"+SPACES (3)+"出口温度℃"+SPACES (6)+"入口圧力 kg/c m2"
6250 AS="AS"+SPACES (3)+"出口圧力 kg/c m2"
6260 LOCATE 0,5:PRINT AS
6270 ILF=14
6280 LOCATE 5,ILF:COLOR 5:PRINT "流量関係データ":COLOR 7
6290 AS="系統名 "+SPACES (3)+"流量 kg/sec"+SPACES (4)+"前圧 atg"+SPACES (4)
6300 AS="AS"+SPACES (4)+"GT 供給圧"
6310 AS="AS"+SPACES (4)+"GT 供給温"
6320 LPTS (0) ="冷空 1 -2 "
6330 LPTS (2) ="冷空 1 -2 "
6340 LPTS (4) ="冷空 3 "
6350 LOCATE 0,ILF+1:PRINT AS
6360 FOR ILL=2 TO 8 :LOCATE 0,ILF+ILL:PRINT LPTS (ILL-2):NEXT ILL
6370 ILL=11
6380 LOCATE 5,ILL:COLOR 5:PRINT "水素ガス":COLOR 7
6390 LOCATE 5,ILL:COLOR 7
6400 AS="流量 N/m3"+SPACES (5)+"圧力 kg/c m2"+SPACES (5)+"温度℃"
6410 AS="AS"+SPACES (2)+"供給圧/圧 atg"+SPACES (3)+"供給圧/温度"
6420 LOCATE 0,ILL+1:PRINT AS
6430 ILC=7:ILC1=ILC+1:ILC2=ILC+2:ILC3=ILC+3
6440 LOCATE 5,ILC:COLOR 5:PRINT "燃焼器関係データ":COLOR 7
6450 AS="入口温度℃"+SPACES (11)+" 入口圧力"+SPACES (6)+" "
6460 LOCATE 0,ILC1:PRINT AS
6470 AS="出口温度西 "+ 出口温度南 "+ 出口温度SE "
6480 AS="AS"+ 出口温度東 "+ 出口温度NE "+ 出口温度NW "+ 平均温度"
6490 LOCATE 0,ILC2:PRINT AS
6500 RETURN
6510 --MAIN DATA DISPLAY
6520 *MAINDISP
6530 PS=E (0) *E (1) /716.2
6540 MTREP=0
6550 FOR II=2 TO 4:MTREP=MTREP+T (II):NEXT II
6560 MTREP=MTREP+T (7)+T (28)+T (29)
6570 MTREP=MTREP/6
6580 MTEX=0
6590 FOR II=1 TO 12:MTEX=MTEX+T (II+15):NEXT II
6600 MTEX=MTEX/12
6610 MNTSH=0
6620 FOR II=1 TO 6:MNTSH=MNTSH+TSH (II):NEXT II
6630 MNTSH=MNTSH/6
6640 LOCATE 71,0:PRINT TPTIME0$
6650 LOCATE 3,4:PRINT USING "###.#":PS
6660 LOCATE 3,4:PRINT USING "###.#":E (1)
6670 LOCATE 33,4:PRINT USING "###.#":E (0)
6680 LOCATE 4,6:PRINT USING "###.#":MTREP
6690 LOCATE 17,6:PRINT USING "###.#":MTEX
6700 LOCATE 34,6:PRINT USING "###.#":PR (13)
6710 LOCATE 30,6:PRINT USING "###.#":PR (14)
6720 FOR I=0 TO 5:LI=ILF+2:IP=I*2:IPD=IP+1
6730 IF I>1 THEN LI=ILF+3
6740 LOCATE 24,LI:PRINT USING "###.#":PR (IP)
6750 LOCATE 36,LI:PRINT USING "###.#":PR (IPD)
6760 IF I=0 THEN IT=0 ELSE IT=5
6770 LOCATE 48,LI:PRINT USING "###.#":T (IT)
6780 IF I=1 THEN *LCNEXT1 ELSE *LCNEXT2
6790 *LCNEXT1
6800 LOCATE 58,LI:PRINT USING "###.#":PR (15)
6810 LOCATE 72,LI:PRINT USING "###.#":T (6)
6820 LOCATE 58,LI+1:PRINT USING "###.#":PR (16)
6830 *LCNEXT2
6840 *LCNEXT2
6850 IF I<2 OR I=5 THEN *LCNEXT3
6860 LOCATE 58,LI:PRINT USING "###.#":PR (15+1)
6870 LOCATE 72,LI:PRINT USING "###.#":T (6+1)
6880 *LCNEXT3
6890 NEXT I
6900 ILH2=ILH+2
6910 LOCATE 3,ILH2:PRINT USING "###.#":E (2)
6920 LOCATE 19,ILH2:PRINT USING "###.#":E (3)
6930 LOCATE 30,ILH2:PRINT USING "###.#":T (12)
6940 LOCATE 45,ILH2:PRINT USING "###.#":E (4)
6950 LOCATE 60,ILH2:PRINT USING "###.#":T (11)
6960 '
6970 LOCATE 16,ILC1:PRINT USING "###.#":T (1)
6980 LOCATE 35,ILC1:PRINT USING "###.#":PR (12)
6990 LOCATE 0,ILC3
7000 PRINT USING " ###.# " :T (2),T (7),T (3),T (4),T (29);
7010 PRINT USING " ###.# " :MTREP
7020 LOCATE 0,ILC3+1
7030 PRINT USING " ###.# " :TSH (1),TSH (2),TSH (3),TSH (4),TSH (5),TSH (6);
7040 PRINT USING " ###.# " :MNTSH
7050 RETURN
7060 --FLOW RATE DISPLAY
7070 *FLDISP
7080 LOCATE 51,4:PRINT USING "###.#":WW (0)
7090 FOR I=0 TO 5
7100 LI=ILF+2:IF I>1 THEN LI=ILF+3
7110 LOCATE 14,LI:PRINT USING "###.#":WW (I)
7120 NEXT I

```

```

7130 RETURN
7140 *****
7150 *****MEAN MEASUREMENT*****
7160 *MEANMES
7170 IMES=IMES+1
7180 IF IMES=1 THEN OPEN "A:MH2GTWDATA\A"+EXPNUMS+"MES" FOR APPEND AS #1
7190 IF IMES=1 THEN WRITE #1,SCN:TPTIMEIS-TPTIMEOS
7200 WRITE #1,TPTIMEOS
7210 FOR I=0 TO 19 STEP 4:WRITE #1,PR (I),PR (I+1),PR (I+2),PR (I+3):NEXT I
7220 FOR I=0 TO 29 STEP 5:WRITE #1,T (I),T (I+1),T (I+2),T (I+3),T (I+4):NEXT I
7230 WRITE #1,TSH (1),TSH (2),TSH (3),TSH (4),TSH (5),TSH (6)
7235 WRITE #1,TSHE (1),TSHE (2),TSHE (3),TSHE (4),TSHE (5),TSHE (6)
7240 WRITE #1,E (0),E (1),E (2),E (3),E (4),E (5),E (6),E (7),E (8)
7250 WRITE #1,EV (0),EV (1),EV (2),EV (3)
7260 WRITE #1,WW (0),WW (1),WW (2),WW (3),WW (4),WW (5)
7270 '
7280 IF IMES=1 THEN *MZERO ELSE *MSUM
7290 *MZERO
7300 FOR I=0 TO 19: MPR (I)=0: NEXT I
7310 FOR I=0 TO 29: MT (I)=0: NEXT I
7320 FOR I=1 TO 6: MTSH (I)=0: NEXT I
7325 FOR I=1 TO 6: MTSHE (I)=0: NEXT I
7330 FOR I=0 TO 8: ME (I)=0: NEXT I
7340 FOR I=0 TO 3: MEV (I)=0: NEXT I
7350 *MSUM
7360 FOR I=0 TO 19: MPR (I)=MPR (I)+PR (I): NEXT I
7370 FOR I=0 TO 29: MT (I)=MT (I)+T (I): NEXT I
7380 FOR I=1 TO 6: MTSH (I)=MTSH (I)+TSH (I): NEXT I
7385 FOR I=1 TO 6: MTSHE (I)=MTSHE (I)+TSHE (I): NEXT I
7390 FOR I=0 TO 8: ME (I)=ME (I)+E (I): NEXT I
7400 FOR I=0 TO 3: MEV (I)=MEV (I)+EV (I): NEXT I
7410 IF IMES=SCN THEN *MEAN
7420 MESFLAG=1: RETURN
7430
7440 *MEAN
7450 TPTIMEIS-TPTIMEOS
7460 FOR I=0 TO 19: MPR (I)=MPR (I)/SCN: NEXT I
7470 FOR I=0 TO 29: MT (I)=MT (I)/SCN: NEXT I
7480 FOR I=1 TO 6: MTSH (I)=MTSH (I)/SCN: NEXT I
7485 FOR I=1 TO 6: MTSHE (I)=MTSHE (I)/SCN: NEXT I
7490 FOR I=0 TO 8: ME (I)=ME (I)/SCN: NEXT I
7500 FOR I=0 TO 3: MEV (I)=MEV (I)/SCN: NEXT I
7510 WRITE #1,TPTIMEIS+TPTIMEOS
7520 FOR I=0 TO 19 STEP 4:WRITE #1,MPR (I),MPR (I+1),MPR (I+2),MPR (I+3):NEXT I
7530 FOR I=0 TO 29 STEP 5:WRITE #1,MT (I),MT (I+1),MT (I+2),MT (I+3),MT (I+4):NEXT I
7540 WRITE #1,MTSH (1),MTSH (2),MTSH (3),MTSH (4),MTSH (5),MTSH (6)
7545 WRITE #1,MTSHE (1),MTSHE (2),MTSHE (3),MTSHE (4),MTSHE (5),MTSHE (6)
7550 WRITE #1,ME (0),ME (1),ME (2),ME (3),ME (4),ME (5),ME (6),ME (7),ME (8)
7560 WRITE #1,MEV (0),MEV (1),MEV (2),MEV (3)
7570 CLOSE #1
7580 MESFLAG=2
7590 RETURN
7600 *-----MEAN PERFORMANCE CALCULATION AND OUTPUT FOR LPRINTER
7610 *MEANCALC
7620 ON MCFLAG GOTO *MC1,*MC2
7630 *MC1
7640 MPS=ME (0)*ME (1)/716.2
7650 MAIN AIR FLOW RATE
7660 FOR IOR=0 TO 5
7670 IF IOR=0 THEN TOR=MT (0) ELSE TOR=MT (5)
7680 IOR2=IOR*2:POR=MPR (IOR2)*10000: DPO=MPR (IOR2+1)
7690 GOSUB *F.RATE
7700 MW (IOR)=W:MRE (IOR)=RE:MAL (IOR)=AL
7710 NEXT IOR
7720
7730 MMTREP=(MT (2)+MT (3)+MT (4)+MT (7)+MT (28)+MT (29))/6
7740 MMTX=0
7750 FOR IIT=1 TO 12
7760 MMTX=MMTX+MT (15+IIT)
7770 NEXT IIT
7780 MMTX=MMTX/12
7790 MMTSH=0
7795 FOR IIT=1 TO 6
7800 MMTSH=MMTSH+MTSH (IIT)
7805 NEXT IIT
7810 MMTSH=MMTSH/6
7815 MMTSHE=0
7820 FOR IIT=1 TO 6
7825 MMTSHE=MMTSHE+MTSHE (IIT)
7830 NEXT IIT
7835 MMTSHE=MMTSHE/6
7840 MCFLAG=2
7850 RETURN
7860 '
7870 *MC2
7880 LPRINT:LPRINT "EXPNUM =" :EXPNUMS
7890 LPRINT "測定時間=" :TPTIMEIS:":" :TPTIMEOS
7900 LPRINT STRINGS (29," ") :LPRINT
7910 LPRINT "タービン性能"
7920 LPRINT "出力 (PS)":" 回転数":" トルク":" 入口温度":
7930 LPRINT " 出口温度":" 入口圧力":" 出口圧力":" 空気流量"
7940 LPRINT USING "#####.##":MPS;
7950 LPRINT USING "#####.##":ME (1);
7960 LPRINT USING "#####.##":ME (0);
7970 LPRINT USING "#####.##":MMTREP:MMTSH;
7980 LPRINT USING "#####.##":MPR (13):MPR (14);
7990 LPRINT USING "#####.##":MW (0)
8000 LPRINT:LPRINT "燃器関係データ"
8010 LPRINT " 入口温度":" 入口圧力"
8020 LPRINT USING "#####.##":MT (1);
8030 LPRINT USING "#####.##":MPR (12)
8040 AS=" 出口温度西":" 出口温度南":" 出口温度 SE"
8050 AS=AS+" 出口温度東":" 出口温度 NE":" 出口温度 NW"+" 平均温"
8060 LPRINT AS
8070 LPRINT USING "#####.##":MT (2):MT (3):MT (28):MT (4):MT (29);
8080 LPRINT USING "#####.##":MMTREP
8090 LPRINT " シールド付燃焼対"
8100 FOR I=1 TO 6:LPRINT USING "#####.##":MTSH (I):NEXT I
8110 LPRINT USING "#####.##":MMTSH
8120 LPRINT:LPRINT "水素ガス関係データ"
8130 LPRINT " 流量 N/m³":" 供給圧力":" 流量計圧力":
8140 LPRINT " 供給圧力温度":" 流量計温度 C"
8150 LPRINT USING "#####.##":ME (2);
8160 LPRINT USING "#####.##":ME (4):ME (3);
8170 LPRINT USING "#####.##":MT (11):MT (12)
8180 LPRINT:LPRINT "空気流量関係データ"
8190 LPRINT "系統名":" 流量 kg/s":" 前圧 atg":" 差圧 mmaq":
8200 LPRINT " 度":" 流量係数":" R 数":" GT 供給温":" GT 供給圧"
8210 FOR LI=0 TO 5:LI2=L1+LI:LI2=L12+LI
8220 IF LI=0 THEN MTT=MT (0) ELSE MTT=MT (5)
8230 IF LI>1 THEN LI2P=LI+1 ELSE LI2P=LI
8240 LPRINT LPTS (LI2P):LPRINT USING "#####.##":MW (LI2):MPR (LI2);
8250 LPRINT USING "#####.##":MPR (LI22):MTT;
8260 LPRINT USING "#####.##":MAL (LI);
8270 LPRINT USING "#####.##":MRE (LI);
8280 IF LI=0 THEN LPRINT " ".GOTO *LINEXT3
8290 IF LI=1 THEN *LINEXT1 ELSE *LINEXT2
8300 *LINEXT1
8310 LPRINT USING "#####.##":MT (6);
8320 LPRINT USING "#####.##":MPR (15)
8330 LPRINT LPTS (LI+1);
8340 LPRINT TAB (70):LPRINT USING "#####.##":MPR (16):GOTO *LINEXT3
8350 *LINEXT2:IF LI=5 THEN *LINEXT3
8360 LPRINT USING "#####.##":MT (6+LI);
8370 LPRINT USING "#####.##":MPR (15+LI)
8380 *LINEXT3:NEXT LI
8390 LPRINT:LPRINT:LPRINT "潤滑油関係データ"
8400 LPRINT " ター-出口温":" 前部軸受温":" 後部軸受温":
8410 LPRINT " キャック圧":" 前部軸受圧":" 後部軸受圧"
8420 LPRINT USING "#####.##":MT (15):MT (13):MT (14);
8430 LPRINT USING "#####.##":ME (5):ME (6):ME (7)
8440 LPRINT:LPRINT "振動データ (μ m)"
8450 LPRINT " 前部上下":" 前部左右":" 後部上下":" 後部左右"
8460 LPRINT USING "#####.##":MEV (0):MEV (1):MEV (2):MEV (3)
8470 LPRINT:LPRINT "軸受温度 (°C)":LPRINT USING "#####.##":ME (8)
8480 LPRINT:LPRINT "タービン出口温度 (°C)"
8490 LPRINT " ストップ":" 北":" 上":" 南":
8500 LPRINT " 下"
8505 LPRINT " 外側":
8510 LPRINT USING "#####.##":MT (19):MT (16):MT (27):MT (24)
8515 LPRINT " 中央":
8520 LPRINT USING "#####.##":MT (20):MT (17):MT (26):MT (23)
8525 LPRINT " 内側":
8530 LPRINT USING "#####.##":MT (21):MT (18):MT (25):MT (22)
8535 LPRINT " シールド付燃焼対"
8540 LPRINT " 北下":" 北中":" 北上":
8545 LPRINT " 南下":" 南中":" 南下":" 平均"
8550 FOR I=1 TO 6:LPRINT USING "#####.##":MTSHE (I):NEXT I
8555 LPRINT USING "#####.##":MMTSHE
8570 LPRINT CHR$ (12)
8580 MCFLAG=1:MESFLAG=0
8590 RETURN
8600 *****
8610 *****SUBROUTINE OF FLOW RATE CALCULATION*****
8620 *****
8630 *F.RATE
8640 IALP=IOR+1
8650 IF DPO<0 THEN DPO=0
8660 IF POR<0 THEN POR=0
8670 IF DPO<>0 GOTO *FRCALC
8680 W=0:RE=0:AL=0:RETURN
8690 *FRCALC
8700 POR=PA+POR
8710 RAIR=1.293*POR/10330/(1+.00367*TOR)
8720 U=FNHUE (TOR)/RAIR*G
8730 EP=1-(.3707+.3184*BD4 (IOR))* (1-(DPO/POR)^RKA)^.935
8740 WEP=EP*AOR (IOR)*SQR (2*G*RAIR*DPO)
8750 RE=1E+06
8760 FOR IRE=1 TO 3
8770 GOSUB *ALPHRE
8780 W=AL*WEP
8790 V=W/RAIR/AP (IOR)
8800 RE=V*DIP (IOR)/U
8810 NEXT IRE
8820 RETURN
8830
8840 'SUBROUTINE FOR RE AND ALPH
8850 '
8860 *ALPHRE
8870 ON IALP GOTO *ALP0,*ALP1,*ALP2,*ALP3,*ALP4,*ALP5
8880 *ALP0
8890 IF RE<DRE (1) THEN AL=ALPH0 (1) ELSE GOTO *ALP01
8900 RETURN
8910 *ALP01
8920 FOR I=2 TO 7:IF RE<DRE (I) GOTO *ALP02
8930 NEXT I
8940 AL=ALPH0 (7):RETURN
8950 *ALP02
8960 DAL=ALPH0 (I-1)-ALPH0 (I)
8970 DLRE=LRE (I)-LRE (I-1)
8980 DLREC=LRE (I)-LOG (RE)
8990 AL=ALPH0 (I)+DAL*DLREC/DLRE
9000 RETURN
9010 '
9020 *ALP1
9030 IF RE<DRE (0) THEN AL=ALPH1 (0) ELSE GOTO *ALP11
9040 RETURN
9050 *ALP11
9060 FOR I=1 TO 7:IF RE<DRE (I) GOTO *ALP12
9070 NEXT I
9080 AL=ALPH1 (7):RETURN
9090 *ALP12
9100 DAL=ALPH1 (I-1)-ALPH1 (I)
9110 DLRE=LRE (I)-LRE (I-1)
9120 DLREC=LRE (I)-LOG (RE)
9130 AL=ALPH1 (I)+DAL*DLREC/DLRE
9140 RETURN
9150 '
9160 *ALP2
9170 IF RE<DRE (1) THEN AL=ALPH2 (1) ELSE GOTO *ALP21
9180 RETURN
9190 *ALP21
9200 FOR I=2 TO 7:IF RE<DRE (I) GOTO *ALP22
9210 NEXT I
9220 AL=ALPH2 (7):RETURN
9230 *ALP22
9240 DAL=ALPH2 (I-1)-ALPH2 (I)
9250 DLRE=LRE (I)-LRE (I-1)
9260 DLREC=LRE (I)-LOG (RE)
9270 AL=ALPH2 (I)+DAL*DLREC/DLRE
9280 RETURN
9290 '
9300 *ALP3
9310 IF RE<DRE (1) THEN AL=ALPH3 (1) ELSE GOTO *ALP31
9320 RETURN
9330 *ALP31
9340 FOR I=2 TO 7:IF RE<DRE (I) GOTO *ALP32
9350 NEXT I
9360 AL=ALPH3 (7):RETURN
9370 *ALP32

```

```

9380 DAL=ALPH3 (1-1) -ALPH3 (1)
9390 DLRE=LRE (1) -LRE (1-1)
9400 DLREC=LRE (1) -LOG (RE)
9410 AL=ALPH3 (1) +DAL*DLREC/DLRE
9420 RETURN
9430 *
9440 *ALP4
9450 IF RE<DRE (2) THEN AL=ALPH4 (2) ELSE GOTO *ALP41
9460 RETURN
9470 *ALP41
9480 FOR I=3 TO 7:IF RE<DRE (I) GOTO *ALP42
9490 NEXT I
9500 AL=ALPH4 (7) :RETURN
9510 *ALP42
9520 DAL=ALPH4 (1-1) -ALPH4 (1)
9530 DLRE=LRE (1) -LRE (1-1)
9540 DLREC=LRE (1) -LOG (RE)
9550 AL=ALPH4 (1) +DAL*DLREC/DLRE
9560 RETURN
9570 *
9580 *ALP5
9590 IF RE<DRE (0) THEN AL=ALPH5 (0) ELSE GOTO *ALP51
9600 RETURN
9610 *ALP51
9620 FOR I=1 TO 7:IF RE<DRE (I) GOTO *ALP52
9630 NEXT I
9640 AL=ALPH5 (7) :RETURN
9650 *ALP52
9660 DAL=ALPH5 (1-1) -ALPH5 (1)
9670 DLRE=LRE (1) -LRE (1-1)
9680 DLREC=LRE (1) -LOG (RE)
9690 AL=ALPH5 (1) +DAL*DLREC/DLRE
9700 RETURN

```

```

10 '水素燃焼再熱GT実験用プログラム (SLAVE) 用
20 SL80BAS 93/8/26 SL50BAS を変更
25 'シート付きケビン出口温度 6点表示を追加 93/8/26
30 タービン出口温度 1 2点, 軸受け温度 1点表示
40 '振動データ 4点表示
50 'BEEP 機能を停止
90 SL20BAS を振動データ 4個表示に変更-> SL40BAS 90/8/4
100 ON ERROR GOTO *ERRORTRAP
110 CMD TIMEOUT=7
120 CMD DELIM=0
130 CONSOLE 0,24,1,1,COLOR 7:WIDTH LPRINT 80
220 DIM PR (19),T (31),E (10),VSHE (6)
230 DIM MSGS (6)
240 'COLOR SCREENS FOR FUNCTION KEY AND WARNING
250 SCREEN 0,0,0,LINE (31,191)-(79,199),2,BF
260 LYW=18:LXW=10
270 SCREEN 0,,1,0
280 LINE (8*LXW-4,8*LYW-2)-(500,8*(LYW+3)+2),7,B
290 SCREEN 0,,2,0
300 LINE (8*LXW-4,8*LYW-2)-(500,8*(LYW+3)+2),7,B
310 LINE (31,191)-(79,199),2,BF
320 'CONSTANTS
330 PLO=21 'LOW LIMIT OF LUBE OIL PRESSURE
340 TLO=901 'HIGH LIMIT OF LUBE TEMPERATURE
350 VIB=23 'HIGH LIMIT OF VIBRATION
360 '
370 MSGS (1)=""=カップリング";MSGS (2)=""=前部軸受";MSGS (3)=""=後部軸受"
380 MSGS (6)=""=クーラ出口";MSGS (4)=""=前部軸受";MSGS (5)=""=後部軸受"
390 'KEY DEFINITION
400 FOR I=1 TO 10:KEY I,"":NEXT I
410 'KEY 1,"beepoff";KEY 2,"newdmp";KEY 3,"PRINTER";KEY 4,"FFEEP"
415 'KEY 1,"beepoff";KEY 2,"newdmp"
420 'ON KEY GOSUB *KFLAG1,*KFLAG2,*KFLAG3,*KFLAG4
425 'ON KEY GOSUB *KFLAG1,*KFLAG2
430 'FOR I=1 TO 4:KEY (I) ON:NEXT I
435 'FOR I=1 TO 2:KEY (I) ON:NEXT I
440 '
450 'NO.1 COMPUTER START CHECK
460 *START
470 CLS:SCREEN 0,,0:LOCATE 25,10
480 PRINT "ホスト計算機の開始指示待ちです"
490 INPUT@:YNS
500 IF YNS="SLAVE" THEN *START1
510 LOCATE 25,12:PRINT "データが異なります。計算を中止します。";END
520 *START1
530 LOCATE 25,12:PRINT "新実験番号のデータ待ちです。"
540 INPUT@:EXPNUMS,PLO,TLO
550 BFLAG=1:PFLAG=0:FFD=2
560 'TITLE DISPLAY
570 *TITLE
580 FLAG=0
590 GOSUB *TITLDISP
600 'INPUT DATA FROM MASTER
610 *MSDATA
615 INPUT@:SWITCHS,TPTIMES
620 INPUT@:W0,PR (13),PR (14),MTREP,MTEX,E (0),E (1)
625 INPUT@:T (13),T (14),T (15),E (5),E (6),E (7),E (8)
630 INPUT@:EV (0),EV (1),EV (2),EV (3)
635 INPUT@:T (16),T (17),T (18),T (19),T (20),T (21),T (22),T (23)
640 INPUT@:T (24),T (25),T (26),T (27)
645 INPUT@:TSHE (1),TSHE (2),TSHE (3),TSHE (4),TSHE (5),TSHE (6)
650 MTSHE=0
655 'FOR IIT=1 TO 6
660 MTSHE=MTSHE+TSHE (IIT)
665 'NEXT IIT
670 MTSHE=MTSHE/6
700 'DISPLAY
710 IF BFLAG=0 THEN SCREEN 0,,1 ELSE SCREEN 0,,0
720 GOSUB *SLDISP
730 'LPRINTER
740 IF PFLAG=1 THEN GOSUB *SUBPRINTER
750 IF FLAG=2 THEN *TITLE
760 IF SWITCHS="CONT" THEN *MSDATA
770 IF SWITCHS="END" THEN LOCATE 10,22
780 LOCATE 10,22:INPUT "実験を継続しますか(Y-CR/N)";YNS
790 IF YNS="N" OR YNS="n" THEN *ALLENDD ELSE *START
800 *ERRORTRAP
810 LOCATE 10,22
820 IF ERR=128 AND ERL=490 THEN RESUME *START
830 IF ERR=128 AND ERL=540 THEN RESUME *START1
840 IF ERR=128 THEN PRINT "ホストからのデータまち";ERL:RESUME *MSDATA
850 IF ERR=129 THEN LOCATE 10,23:PRINT "IF ERROR in";ERL:RESUME
860 'IF ERR=131 THEN PRINT "ERR131 in";ERL:RESUME
870 PRINT "ERROR!!";ERR," in";ERL
880 ON ERROR GOTO 0
890 *ALLENDD
900 KEY OFF:CLS
910 SCREEN 0,0,0,CLS 3:SCREEN 0,,1,0,CLS 3:SCREEN 0,,2,0,CLS 3
920 GOSUB *KEYDEF
930 END
940 *****SUBROUTINE BEEP WARNING*****
950 '
960 *SUBBEEP
970 FOR BI=1 TO 15:BEEP 1
980 FOR BI=0 TO 50:IF BFLAG=0 THEN *BEEPEND:NEXT BI:BEEP 0
990 FOR BBI=0 TO 20:IF BFLAG=0 THEN *BEEPEND:NEXT BBI
1000 NEXT BI
1010 *BEEPEND:BEEP 0
1020 RETURN
1030 '
1040 'KEY FLAGS
1050 *KFLAG1:BFLAG=(BFLAG+1) MOD 2:RETURN
1060 *KFLAG2:FLAG=2:RETURN
1070 *KFLAG3:PFLAG=(PFLAG+1) MOD 2:RETURN
1080 *KFLAG4:FFD=1:RETURN
1090 *****
1100 *****SUBROUTINES OF DISPLAY FOR THE SLAVE MACHINE
1110 *TITLDISP
1120 CLS:SCREEN 0,,0
1130 COLOR 4:LOCATE 25,0
1140 PRINT "測定結果 (その2)";COLOR 7
1150 LOCATE 62,0:PRINT "測定時刻="
1160 COLOR 5:LOCATE 0,2:PRINT "潤滑油データ"
1170 LOCATE 17,2:PRINT "圧力 (kg/cm2)";
1180 PRINT TAB (45);"温度 (°C)";COLOR 7
1190 LOCATE 17,3:PRINT "カップリング=";PRINT TAB (45);"クーラ出口 ="
1200 LOCATE 17,4:PRINT "前部軸受=";PRINT TAB (45);"前部軸受="
1210 LOCATE 17,5:PRINT "後部軸受=";PRINT TAB (45);"後部軸受="
1220 ILV=6:COLOR 5:LOCATE 0,ILV:PRINT "振動変位(μ m)"
1225 ILV1=ILV+1:ILV2=ILV+2
1230 LOCATE 15,ILV:PRINT "前上下方向";PRINT TAB (30);"前左右方向"
1235 LOCATE 45,ILV:PRINT "後上下方向";PRINT TAB (60);"後左右方向"
1240 '
1245 ILT=9:COLOR 5:LOCATE 0,ILT:PRINT "タービン出口温度(°C)";
1250 PRINT " タービン出口温度(°C)";
1260 PRINT " 下";COLOR 7
1270 PRINT TAB (26);PRINT "外側"
1280 PRINT TAB (26);PRINT "中央"
1290 PRINT TAB (26);PRINT "内側"
1300 COLOR 5:PRINT " 遮蔽付温度";
1310 PRINT " 北下";" 北中";" 北上";
1320 PRINT " 南上";" 南中";" 南下";" 平均"
1340 PRINT:PRINT "軸受温度°C=";COLOR 7;
1350 RETURN
1360 '----
1370 *SLDISP
1375 COLOR 7:LOCATE 71,0:PRINT TPTIMES
1380 FOR IL=3 TO 5:LOCATE 30,IL:PRINT USING "###";E (IL+2):NEXT IL
1385 LOCATE 57,3:PRINT USING "###";T (15)
1390 FOR IL=4 TO 5:LOCATE 57,IL:PRINT USING "###";T (9+IL):NEXT IL
1395 FOR IV=0 TO 3:LX=19+IV*15
1400 LOCATE LX,ILV1:PRINT USING "#####";EV (IV)
1405 'NEXT IV
1410 LOCATE 30,ILT+1:PRINT USING "#####";T (19);T (16);T (27);T (24)
1415 LOCATE 30,ILT+2:PRINT USING "#####";T (20);T (17);T (26);T (23)
1420 LOCATE 30,ILT+3:PRINT USING "#####";T (21);T (18);T (25);T (22)
1425 LOCATE 14,ILT+5
1430 PRINT USING "#####";TSHE (1);TSHE (2);TSHE (3);
1435 PRINT USING "#####";TSHE (4);TSHE (5);TSHE (6);MTSHE
1440 LOCATE 11,ILT+6:PRINT USING "#####";E (8)
1490 FOR II=0 TO 2:LY=ILT+II+1
1495 FOR IJ=0 TO 3:LX=34+10*IJ:IN=II+3*IJ+16:T (IN)=IN
1500 'LOCATE LX,LY:PRINT USING "###";T (IN)
1510 'NEXT IJ:NEXT II
1520 'WARNING ROUTINE
1530 WLOPS="" :WLOTS="" :WBEEP1=0:WBEEP2=0:WBEEP3=0
1540 FOR I=1 TO 3
1550 IF E (I+4) < PLO THEN WLOPS=WLOPS+MSGS (I):WBEEP1=1
1560 NEXT I
1570 FOR I=4 TO 6
1580 IF T (I+9) > TLO THEN WLOTS=WLOTS+MSGS (I):WBEEP2=1
1590 NEXT I
1600 IF (EV (0) > VIB) + (EV (1) > VIB) + (EV (2) > VIB) + (EV (3) > VIB) THEN WBEEP3=1
1610 IF WBEEP1=0 THEN *WNEXT1
1620 LOCATE LXW,LYW:COLOR 2
1630 IF BFLAG=1 THEN SCREEN 0,,2 ELSE SCREEN 0,,17
1640 PRINT "警報-潤滑油圧力低下=";COLOR 6:PRINT WLOPS:COLOR 7
1650 *WNEXT1
1660 IF WBEEP2=0 THEN *WNEXT2
1670 LOCATE LXW,LYW+1:COLOR 2
1680 IF BFLAG=1 THEN SCREEN 0,,2 ELSE SCREEN 0,,17
1690 PRINT "警報-潤滑油温度上昇=";COLOR 6:PRINT WLOTS:COLOR 7
1700 *WNEXT2
1710 IF WBEEP3=0 THEN *WNEXT3
1720 LOCATE LXW,LYW+2:COLOR 2
1730 IF BFLAG=1 THEN SCREEN 0,,2 ELSE SCREEN 0,,17
1740 PRINT "警報-過大振動";COLOR 7
1750 *WNEXT3
1760 IF BFLAG=0 THEN *SLDEND
1770 IF WBEEP1+WBEEP2+WBEEP3>0 THEN *SLDBEEP ELSE *SLDEND
1780 *SLDBEEP
1790 'GOSUB *SUBBEEP
1800 IF BFLAG=0 THEN *SLDEND ELSE *SLDBEEP
1810 *SLDEND
1820 RETURN
1830 *****
1840 *****SUBROUTINE LPRINTER*****
1850 '
1860 *SUBPRINTER
1870 ON FFD GOTO *PRINT1,*PRINT2,*PRINT3
1880 *PRINT1
1890 LPRINT CHR$ (12)
1900 *PRINT2
1910 LPRINT "EXP NUM=";EXPNUMS
1920 LPRINT "測定時間="; 回転数;" トルク="; 入口温度;
1930 LPRINT " 出口温度="; 入口圧力;" 出口圧力="; 空気流量"
1940 LPN=0:FFD=3
1950 *PRINT3
1960 LPRINT TPTIMES;
1970 LPRINT USING "#####";E (1);
1980 LPRINT USING "#####";E (0);
1990 LPRINT USING "#####";MTREP;MTEX;
2000 LPRINT USING "#####";PR (13);PR (14);
2010 LPRINT USING "#####";W0
2020 LPN=LPN+1
2030 IF LPN=58 THEN FFD=1
2040 RETURN
2050 '
2060 '
2070 *****SUBROUTINE--KEY REDEFINITION
2080 *KEYDEF
2090 KEY 1,"load "+CHR$ (&H22);KEY 6,"save "+CHR$ (&H22)
2100 KEY 2,"auto";KEY 7,"key "
2110 KEY 3,"go to";KEY 8,"print"
2120 KEY 4,"list";KEY 9,"edit "+CHR$ (&HD)
2130 KEY 5,"run"+CHR$ (&HD);KEY 10,"com"+CHR$ (&HD)
2140 RETURN

```

付録3 タービン出力計算方法

再熱によるタービン出力増加の計算には、作動ガスを空気とし、以下に示す1次元計算に依った。付図1にタービン要素と主流ガス状態の関係を示す計算位置番号と記号を示す。

再熱によるタービン出力増加は再熱時のタービン出力の計算結果と非再熱時のそれとの差とし、主空気の流量と入口温度、タービン入口圧力と温度、再熱水素の温度、冷却空気の流量と温度は実験値を使用した。流出角は膨張比が設計値より小さいことを考慮して設計値より2°小さく設定した。主空気流量配分は、主燃焼器へR<sub>1</sub>=0.83、ノズル翼前へR<sub>2</sub>=0.11、ロータ翼前へR<sub>3</sub>=0.06とした。

以下にタービン出力計算の概略を記す。

記号

P：全圧 (MPa)、T：全温 (K)、H：全エンタルピー (J/kg)、p：静圧 (MPa)、t：静温 (K)、h：静エンタルピー (J/kg)、k：比熱比、ρ：密度 (kg/m<sup>3</sup>)、m：主空気流量 (kg/s)、V：絶対速度 (m/s)、W：相対速度 (m/s)、U：ロータ翼平均半径周速度 (m/s)、R：主空気流量流入割合、S：流路断面積 (m<sup>2</sup>)、γ<sub>N</sub>：ノズル効率 (0.95)、α<sub>3</sub>：ノズル翼流出角度、(63°)、β<sub>5</sub>：ロータ翼流出角度 (56.2°)、Hu：水素発熱量 (120MJ/kg)、L：タービン出力 (kW)

添字

a：軸流方向、u：周方向、s：等エントロピー変化、r：ロータ翼相対値、c：冷却空気、H：水素

1) ノズル翼入口2の状態

ノズル翼入口2に流入する主流ガスは、燃焼器からの主流ガス (タービン入口圧力TIP、温度TIT) とノズル翼上流で主流ガスに漏れ込む空気との混合ガスであり、その流量m<sub>2</sub>とエンタルピーH<sub>2</sub>は次式で与えられる。なお温度TにおけるエンタルピーHは温度Tの多項式から計算する。また、エンタルピーHの温度Tも同じ式を用いて計算する。

$$m_2 = (R_1 + R_2) m_0$$

$$H_2 = (R_1 H_1 + R_2 H_0) / (R_1 + R_2)$$

2) ノズル翼出口3の状態

ノズル翼流出角α<sub>3</sub>を与え、流量m<sub>2</sub>を保存するように出口圧力p<sub>3</sub>、流出速度V<sub>3</sub>を以下の繰り返し計算により計算する。

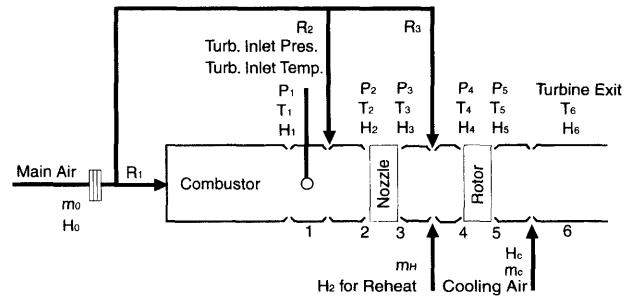
$$t_{3s} = T_2 (p_3/P_2)^{(k-1)/k}$$

$$h_3 = H_2 - \gamma_N (H_2 - h_{3s})$$

$$V_3 = (2 (H_2 - h_3))^{1/2}$$

$$m_2 = \rho_3 V_3 S_3 \cos \alpha_3$$

3) ロータ入口4の状態



付図1 タービン要素と位置番号

ノズル翼出口とロータ入口までの再熱部においては損失を無視し、軸方向運動量および角運動量が保存されるものとしてp<sub>4</sub>、t<sub>4</sub>、V<sub>4</sub>を以下の繰り返し計算で求める。

$$m_4 = m_2 + R_3 m_0 + m_H$$

$$\rho_4 = 3484 p_4 / t_4$$

$$V_{4a} = m_4 / \rho_4 / S_4$$

$$V_{4u} = \rho_3 V_{3a} V_{3u} / \rho_4 V_{4a}$$

$$V_4 = (V_{4a}^2 + V_{4u}^2)^{1/2}$$

$$H_4 = (m_2 H_3 + R_3 m_0 H_0 + m_H H_u) / m_4$$

$$h_4 = H_4 - V_4^2 / 2$$

$$p_4 = p_3 + \rho_3 V_{3a} - \rho_4 V_{4a}$$

4) ロータ翼に対する相対値

ロータ翼入口における相対的な全エンタルピーH<sub>4r</sub>と全圧P<sub>4r</sub>を以下により計算する。

$$W_{4u} = V_{4u} - U$$

$$\beta_4 = \tan^{-1} (W_{4u} / V_{4a})$$

$$W_4 = V_{4a} / \cos \beta_4$$

$$H_{4r} = h_4 + W_4^2 / 2$$

$$P_{4r} = p_4 (T_{4r} / t_4)^{k / (k-1)}$$

流出角β<sub>5</sub>を与え、流量m<sub>4</sub>を保存するように出口圧力p<sub>5</sub>、流出速度W<sub>5</sub>を以下の繰り返し計算により求める。

$$t_{5s} = T_{4r} (p_5 / P_{4r})^{(k-1) / k}$$

$$h_5 = H_{4r} - \gamma_N (H_{4r} - h_{5s})$$

$$W_5 = (2 (H_{4r} - h_5))^{1/2}$$

$$m_4 = \rho_5 S_5 W_5 \cos \beta_5$$

5) タービン出力

$$L = m_4 U (W_{4u} + W_{5u}) / 1000$$

6) ロータ翼出口5の状態

$$V_{5u} = W_{5u} - U$$

$$V_{5a} = W_5 \cos \beta_5$$

$$V_5 = (V_{5a}^2 + V_{5u}^2)^{1/2}$$

$$H_5 = h_5 + V_5^2 / 2$$

7) タービン出口6の状態

タービン出口6の温度は主流ガスと冷却空気の混合ガスのエンタルピーH<sub>6</sub>は次式で与えられる。

$$H_6 = (m_4 H_5 + m_c H_c) / (m_4 + m_c)$$

# CFDとCADの融合による形状最適化設計に関する研究

児玉 良明\*、竹子 春弥\*、日野 孝則\*

Study on Body Geometry Optimization by the Combination of CFD and CAD

by

Yoshiaki KODAMA, Haruya TAKESHI and Takanori HINO

## Abstract

A cooperative study for improving CFD as a design tool was carried out by three national organizations. The study was a part of a five-year research project “Intellectual Facilitation of Creative Activities” funded by the Science and Technology Agency, and was included in the branch activity “Basic Study on the Support System for Creative Numerical Simulation”. In the branch activity the present authors carried out a study titled “Support of Creativity by the Merging of Numerical Simulations and CAD”, and the present paper reports the results.

Hull forms were represented using NURBS. The hull form modifications for optimization were represented by overlapping a B-spline net onto the original NURBS net. This overlapping system was used to modify length and thickness of bow bulbs, and stern frame lines from U-shape to V-shape. As a hull form modification system suitable to hull form optimization, the y-coordinate overlapping spline system was developed to represent hull form modification with a minimum number of parameters.

The Implicit Geometrical Method (IGM), a grid generation method developed by one of the authors, was extended to multi-block hull surface grids to represent bulbous bows and stern overhangs. It was shown that the smoothing algorithm of the IGM is a discretized form of cubic spline functions.

A series of CFD computations for tanker forms were carried out by systematically changing stern hull forms from V-shape to U-shape, and clarified the effect of the hull forms on the resistance, hull surface pressure distributions, and wake distributions. As an example of the optimization using CFD, a two-dimensional wing section was optimized to minimized drag while keeping the volume constant, and 12% drag reduction was obtained at the Reynolds number of  $Re = 1.0 \times 10^6$ .

---

\* 推進性能部

原稿受付 平成11年1月7日

審査済 平成13年1月10日