

STMTLK : 1980 SI日本機械学会蒸気表プログラム・ パッケージ

伊藤, 猛宏
九州大学工学部動力機械工学科

黒木, 虎人
九州大学工学部動力機械工学科

<https://doi.org/10.15017/1468083>

出版情報 : 九州大学大型計算機センター広報. 16 (4), pp.411-439, 1983-07-25. 九州大学大型計算機センター
バージョン :
権利関係 :



STMTLK:1980 SI 日本機械学会蒸気表プログラム・パッケージ

伊藤 猛宏*, 黒木 虎人*

1. 概 要

水と水蒸気の国際実用状態式(1967)に基づき世界各国で蒸気表が刊行され、近年は国際単位系(SI)による蒸気表も逐次出版され、水と水蒸気の熱力学的性質に関する国際的に共通な実用上の基準とされている。我国では1968日本機械学会蒸気表[1]がいわゆる我国の工学単位系で、1980 SI 日本機械学会蒸気表[2]が国際単位系で出版され、学会および産業界で広く使用されている。

水と水蒸気は多くの原動機や作業機の重要な動作媒体の一つであり、これらの装置の熱力学的サイクルの計算においては、おびただしい回数蒸気表を参照しなければならない。したがってこれらの熱力学的関数が機械計算され、かつ指数関数や三角関数のような簡便さで計算されることになれば、研究および実用上多大な貢献をするものと期待される。

このような事態にかんがみ北海道大学の谷口博氏らは、国際実用状態式の計算プログラムを開発し、北海道大学および東京大学の各大型計算機センターのライブラリとして登録・公開している。しかし、それがいわゆる蒸気表を引くという形式の作業を機械化する段階にとどまっているために、ユーザーがそれを利用するには具体的な問題に応じて、多くの行数のプログラムを記述することが要求されている。これが、本プログラムを開発する動機であった。つまり、およそ研究と実用上必要と考えられる熱力学的関数の値が、FORTRANの関数で計算され、かつ引数が圧力、温度および乾き度のうちの必要なものということにとどまらず、必要に応じて比容積、比内部エネルギー、比エンタルピーおよび比エントロピーなどが引数になることが認められるような、一組の関数を作り、これを一つのパッケージとして公開することを計画したわけである。

幸い谷口博氏および北海道大学大型計算機センターが上述の趣旨を理解され、原プログラムである"STMTL"を九州大学大型計算機センターに譲渡することを快諾されたので、その上向きバージョン・アップの形式によりこのプログラムを開発した。原プログラムの北海道大学大型計算機センターに対する開発報告を付録に示す。また今回開発したプログラム・パッケージの名前を"STMTLK"とすることにし、ソース・プログラムは"Y0STMTLK"という名前でセンターのファイルになっているので、ユーザーは自由に参照することができる。表1はこのプログラムの「利用の手引き」に付されているプログラムの概要である。

2. 機 能

表2および表3に示す1個のサブルーチン・サブプログラムと63個のファンクション・サブプログラムのパッケージである。この外にあとで示す使用例のためのサブルーチン・サブプログラム1個と、それに含まれている例題を解くために作製した2個のファンクション・サブプログラム、および原プログラム"STMTL"のすべてを含んでいる。上述の最初の方のサブルーチンは表2そのものの

* 九州大学工学部動力機械工学科

表 1

プログラム形式	サブルーチン形式
作成言語	FORTRAN
作成・改訂者名	一部分 伊藤猛宏, 黒木虎人 改訂 一部分 (北海道大学) 谷口 博, 大出賢幸 または
作成・改訂年月日	西暦1982年4月1日 書換 西暦 年 月 日 西暦 年 月 日
利用者の義務	a. プログラム名と作成者・改訂者名を明記する ⑥ 明記する必要はない
ソースプログラムの公表	⑧ ソースプログラムを公表する b. 公表しない c. その他()
使用システム	FACOM M-200 OS IV/F4 (E40)
プログラムの規模	プログラムサイズ 304 KB, ソース 3117枚
処理形式	a. バッチ処理 b. TSS処理 c. その他()
使用機器	

表 2

TABLE OF THE PROGRAMS COLLECTED IN THE PROGRAM PACKAGE
"STMTLK: A PROGRAM PACKAGE OF 1980 SI JSME STEAM TABLES"

EVERY FUNCTION AND ARGUMENT EXCEPT 'A' WHICH IS HOLLERITH TYPE IS IN DOUBLE PRECISION AND IS SUPPOSED TO BE IN THE FUNDAMENTAL SI OR COHERENT DERIVED SI EXCEPT PRESSURE P AND TEMPERATURE T WHICH ARE SUPPOSED TO BE IN BAR AND DEGREE CENTIGRADE RESPECTIVELY AND DENOTED BY ASTERISK * IN THE TABLE BELOW.

ARGUMENTS

H = SPECIFIC ENTHALPY, P* = PRESSURE, S = SPECIFIC ENTROPY
T* = TEMPERATURE, U = SPECIFIC INTERNAL ENERGY, V = SPECIFIC VOLUME, X = DRYNESS FRACTION, 'P' = PRESSURE, 'T' = TEMPERATURE
'V' = SPECIFIC VOLUME

FORTRAN FUNCTION	THERMODYNAMIC FUNCTION OBTAINED
1 AIPPT (P*,T*)	ION PRODUCT
2 ALAPP (P*)	LAPLACE COEFFICIENT
3 ALAPT (T*)	LAPLACE COEFFICIENT
4 ALHP (P*)	LATENT HEAT
5 ALHT (T*)	LATENT HEAT

6	ALMPD (P*)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED LIQUID
7	ALMPDD (P*)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED VAPOR
8	ALMPT (P*,T*)	THERMAL CONDUCTIVITY
9	ALMTD (T*)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED LIQUID
10	ALMTDD (T*)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED VAPOR
11	AMUPD (P*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED LIQUID
12	AMUPDD (P*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED VAPOR
13	AMUPT (P*,T*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY
14	AMUTD (T*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED LIQUID
15	AMUTDD (T*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED VAPOR
16	CPPD (P*)	SPECIFIC HEAT CAPACITY OF SATURATED LIQUID
17	CPPDD (P*)	SPECIFIC HEAT CAPACITY OF SATURATED VAPOR
18	CPPT (P*,T*)	SPECIFIC HEAT CAPACITY
19	CPTD (T*)	SPECIFIC HEAT CAPACITY OF SATURATED LIQUID
20	CPTDD (T*)	SPECIFIC HEAT CAPACITY OF SATURATED VAPOR
21	CRP* ('A')	QUANTITIES AT THE CRITICAL POINT P : 'A' = 'P' T : 'A' = 'T' V : 'A' = 'V'
22	EPSPT (P*,T*)	STATIC DIELECTRIC CONSTANT
23	HPD (P*)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED LIQUID
24	HPDD (P*)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED VAPOR
25	HPT (P*,T*)	SPECIFIC ENTHALPY
26	HPX (P*,X)	SPECIFIC ENTHALPY OF MIXTURE
27	HTD (T*)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED LIQUID
28	HTDD (T*)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED VAPOR
29	HTX (T*,X)	SPECIFIC ENTHALPY OF MIXTURE
30	PST* (T*)	SATURATION PRESSURE
31	SIGP (P*)	SURFACE TENSION
32	SIGT (T*)	SURFACE TENSION
33	SPD (P*)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED LIQUID
34	SPDD (P*)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED VAPOR
35	SPT (P*,T*)	SPECIFIC ENTROPY
36	SPX (P*,X)	SPECIFIC ENTROPY OF MIXTURE
37	STD (T*)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED LIQUID
38	STDD (T*)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED VAPOR
39	STX (T*,X)	SPECIFIC ENTROPY OF MIXTURE
40	TSP* (P*)	SATURATION TEMPERATURE
41	TRPL* ('A')	QUANTITIES AT THE TRIPLE POINT P : 'A' = 'P' T : 'A' = 'T'
42	UPD (P*)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED LIQUID
43	UPDD (P*)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED VAPOR
44	UPT (P*,T*)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY
45	UPX (P*,X)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF MIXTURE
46	UTD (T*)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED LIQUID
47	UTDD (T*)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED VAPOR
48	UTX (T*,X)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF MIXTURE
49	VPD (P*)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED LIQUID
50	VPDD (P*)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED VAPOR
51	VPT (P*,T*)	SPECIFIC VOLUME
52	VPX (P*,X)	SPECIFIC VOLUME OF MIXTURE
53	VTD (T*)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED LIQUID
54	VTDD (T*)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED VAPOR
55	VTX (T*,X)	SPECIFIC VOLUME OF MIXTURE
56	XPH (P*,H)	DRYNESS FRACTION
57	XPS (P*,S)	DRYNESS FRACTION
58	XPU (P*,U)	DRYNESS FRACTION
59	XPV (P*,V)	DRYNESS FRACTION
60	XTH (T*,H)	DRYNESS FRACTION
61	XTS (T*,S)	DRYNESS FRACTION
62	XTU (T*,U)	DRYNESS FRACTION
63	XTV (T*,V)	DRYNESS FRACTION

- 64 FORTRAN SUBROUTINE "EXMPL" GIVES 9 EXAMPLES TO SHOW HOW THE "STMTLK" FUNCTIONS ARE INCORPORATED INTO THE USER PROGRAMS. "EXMPL" IS LISTED IN FIG.1 OF THE MANUAL. ON FORTRAN CALLING THIS PROGRAM, THE ANSWERS SHOWN IN THE MANUAL WILL BE PRINTED OUT ON THE STANDARD OUTPUT DEVICE. NO ARGUMENT REQUIRED. "EXMPL" CALLS TWO OTHER FUNCTIONS TPH AND TPS AS WELL AS FUNCTIONS LISTED ABOVE. FUNCTIONS TPH AND TPS ARE ALSO LISTED IN THE SAMPLE PROGRAM "EXMPL". THEY MIGHT BE TIPS FOR USER WHO IS GOING TO GET TEMPERATURE AS FUNCTION OF PRESSURE AND ENTHALPY OR AS FUNCTION OF PRESSURE AND ENTROPY IN THE SINGLE PHASE REGION. USER CAN CALL THESE TWO FUNCTIONS IN EXACTLY THE SAME MANNER AS IN THE CASE OF ABOVE 63 FUNCTIONS. BUT TWO SETS OF DATA AT THE SAME PRESSURE SHOULD BE TRANSFERRED TO THE FUNCTIONS WHEN THEY ARE REFERRED, E.G. (T0,H0) AND (T1,H1) WHEN TPH IS REFERRED. THE RELATIVE ACCURACY OF THE TEMPERATURE TO BE FOUND BY TPH OR TPS IS 10 PPM ON THE BASIS OF ABSOLUTE TEMPERATURE.
- 65 FORTRAN SUBROUTINE "LSTSM" OUTPUTS THE LIST OF THE PROGRAMS COLLECTED IN THE PROGRAM PACKAGE "STMTLK", I.E. THIS TABLE WILL BE PRINTED OUT ON FORTRAN CALLING. NO ARGUMENT REQUIRED.

表 3 (その 1)
"STMTLK 1980 日本機械学会蒸気表プログラム・パッケージ" 一覧表

欄	説明
番号	サブプログラムの名前のABC順に63個の関数に付した番号. 64と65は番外.
サブプログラム名	サブプログラムの名前.
種類	サブプログラムの種類 DF : 倍精度実数型関数サブプログラム. SUB : サブルーチン・サブプログラム.
引数および関数の意味と 単位	単位は原則としてSIかSI組立とする. 例外的に圧力は常にbar, 温度は常に℃で表現されている. この場合と, 関数が引数の与え方によって, 圧力が温度になる場合があるものについては*が付してある. 引数は原則として倍精度実数型関数とする. 例外的に 'A' で示されているものは文字型である.
範囲あるいは条件	計算が正常に行われるための制限.
エラー時の処理	計算が異常終了したときの処理.

表 3. (その 2)

番号	サブプログラム名	種類	引数および関数の意味と単位	範囲あるいは条件	エラー時の処理
1	AIPPT (P, T)	DF	AIPPT: イオン積 $(\text{mol/Kg})^{\uparrow 2}$ P*: 圧力 [bar], T*: 温度 [℃]	$0 < P \leq 1000.0$ [bar] $0 \leq T \leq 800.0$ [℃]	圧力あるいは温度が範囲外にあると AIPPT = -1000.0 で帰る.
2	ALAPP (P)	DF	ALAPP: ラプラス係数 [m] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあるとALAPP = -1000.0 で帰る.
3	ALAPT (T)	DF	ALAPT: ラプラス係数 [m] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあるとALAPT = -1000.0 で帰る.
4	ALHP (P)	DF	ALHP: 蒸発熱 (J/kg) P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあるとALHP = -1000.0 で帰る.
5	ALHT (T)	DF	ALHT: 蒸発熱 (J/kg) T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	圧力が範囲外にあるとALHT = -1000.0 で帰る.
6	ALMPD (P)	DF	ALMPD: 飽和液の熱伝導率 $(\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}))$ P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあるとALMPD = -1000.0 で帰る.
7	ALMPDD (P)	DF	ALMPDD: 飽和蒸気の熱伝導率 $(\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}))$ P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあるとALMPDD = -1000.0 で帰る.
8	ALMPT (P, T)	DF	ALMPT: 蒸気の熱伝導率 $(\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}))$ P*: 圧力 [bar], T*: 温度 [℃]	$0 < P \leq 1000.0$ [bar] $0 \leq T \leq 800.0$ [℃]	圧力あるいは温度が範囲外にあると ALMPT = -1000.0 で帰る.
9	ALMTD (T)	DF	ALMTD: 飽和液の熱伝導率 $(\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}))$ T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあるとALMTD = -1000.0 で帰る.
10	ALMTDD (T)	DF	ALMTDD: 飽和蒸気の熱伝導率 $(\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}))$ T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあるとALMTDD = -1000.0 で帰る.

表 3. (その 3)

番号	サブプログラム名	種類	引数および関数の意味と単位	範囲あるいは条件	エラー時の処理
11	AMUPD (P)	DF	AMUPD: 飽和液の粘性係数 [Pa・s] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると AMUPD = -1000.0 で帰る.
12	AMUPDD (P)	DF	AMUPDD: 飽和蒸気の粘性係数 [Pa・s] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると AMUPDD = -1000.0 で帰る.
13	AMUPT (P, T)	DF	AMUPT: 粘性係数 [Pa・s] P*: 圧力 [bar], T*: 温度 [℃]	$0 < P \leq 1000.0$ [bar] $0 \leq T \leq 800.0$ [℃]	圧力あるいは温度が範囲外にあると AMUPT = -1000.0 で帰る.
14	AMUTD (T)	DF	AMUTD: 飽和液の粘性係数 [Pa・s] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると AMUTD = -1000.0 で帰る.
15	AMUTDD (T)	DF	AMUTDD: 飽和蒸気の粘性係数 [Pa・s] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると AMUTDD = -1000.0 で帰る.
16	CPPD (P)	DF	CPPD: 飽和液の定圧比熱 [J / (kg・K)] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると CPPD = -1000.0 で帰る.
17	CPPDD (P)	DF	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 [J / (kg・K)] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると CPPDD = -1000.0 で帰る.
18	CPPT (P, T)	DF	CPPT: 定圧比熱 [J / (kg・K)] P*: 圧力 [bar], T*: 温度 [℃]	$0 < P \leq 1000.0$ [bar] $0 \leq T \leq 800.0$ [℃]	圧力あるいは温度が範囲外にあると CPPT = -1000.0 で帰る.
19	CPTD (T)	DF	CPTD: 飽和液の定圧比熱 [J / (kg・K)] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると CPTD = -1000.0 で帰る.
20	CPTDD (T)	DF	CPTDD: 飽和蒸気の定圧比熱 [J / (kg・K)] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると CPTDD = -1000.0 で帰る.

表 3. (その 4)

番号	サブプログラム名	種類	引数および関数の意味と単位	範囲あるいは条件	エラー時の処理
21	CRP ('A')	DF	CRP*: 臨界点における値 'A' = 'P' : 221. 2 [bar] 'A' = 'T' : 374. 15 [℃] 'A' = 'V' : 0. 00317 [m ³ /kg]	引数は文字型とする.	引数が 'P' , 'T' , 'V' 以外の時 CRP = -1000. 0 で帰る.
22	EPSPT (P, T)	DF	EPSPT: 静的誘電率 [-] P*: 圧力 [bar] , T*: 温度 [℃]	0 < P ≤ 1000. 0 [bar] 0 ≤ T ≤ 800. 0 [℃]	圧力あるいは温度が範囲外にあると EPSPT = -1000. 0 で帰る.
23	HPD (P)	DF	HPD: 飽和液の比エンタルピ [J/kg] P*: 飽和圧力 [bar]	0 < P ≤ 221. 2 [bar]	圧力が範囲外にあると HPD = -1000. 0 で帰る.
24	HPDD (P)	DF	HPDD: 飽和蒸気の比エンタルピ [J/kg] P*: 飽和圧力 [bar]	0 < P ≤ 221. 2 [bar]	圧力が範囲外にあると HPDD = -1000. 0 で帰る.
25	HPT (P, T)	DF	HPT (P, T) : 比エンタルピ [J/kg] P*: 圧力 [bar] , T*: 温度 [℃]	0 < P ≤ 1000. 0 [bar] 0 ≤ T ≤ 800. 0 [℃]	圧力あるいは温度が範囲外にあると HPT = -1000. 0 で帰る.
26	HPX (P, X)	DF	HPX: 湿り蒸気の比エンタルピ [J/kg] P*: 飽和圧力 [bar] , X: 乾き度 [-]	0 < P ≤ 221. 2 [bar] 0 ≤ X ≤ 1. 0 [-]	圧力あるいは乾き度が範囲外にあると HPX = -1000. 0 で帰る.
27	HTD (T)	DF	HPD: 飽和液の比エンタルピ [J/kg] T*: 飽和温度 [℃]	0 ≤ T ≤ 374. 15 [℃]	温度が範囲外にあると HTD = -1000. 0 で帰る.
28	HTDD (T)	DF	HPDD: 飽和蒸気の比エンタルピ [J/kg] T*: 飽和温度 [℃]	0 ≤ T ≤ 374. 15 [℃]	温度が範囲外にあると HTDD = -1000. 0 で帰る.
29	HTX (T, X)	DF	HTX: 湿り蒸気の比エンタルピ [J/kg] T*: 飽和温度 [℃] , X: 乾き度 [-]	0 ≤ T ≤ 374. 15 [℃] 0 ≤ X ≤ 1. 0 [-]	温度あるいは乾き度が範囲外にあると HTX = -1000. 0 で帰る.

表 3. (その 5)

番号	サブプログラム名	種類	引数および関数の意味と単位	範囲あるいは条件	エラー時の処理
30	PST (T)	DF	PST*: 飽和圧力 [bar] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると PST = -1000.0 で帰る.
31	SIGP (P)	DF	SIGP: 表面張力 [N/m] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると SIGP = -1000.0 で帰る.
32	SIGT (T)	DF	SIGT: 表面張力 [N/m] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると SIGT = -1000.0 で帰る.
33	SPD (P)	DF	SPD: 飽和液の比エントロピー [J / (kg · K)] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると SPD = -1000.0 で帰る.
34	SPDD (P)	DF	SPDD: 飽和蒸気の比エントロピー [J / (kg · K)] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると SPDD = -1000.0 で帰る.
35	SPT (P, T)	DF	SPT: 比エントロピー [J / (kg · K)] P*: 圧力 [bar], T*: 温度 [℃]	$0 < P \leq 1000.0$ [bar] $0 \leq T \leq 800.0$ [℃]	圧力あるいは温度が範囲外にあると SPT = -1000.0 で帰る.
36	SPX (P, X)	DF	SPX: 湿り蒸気の比エントロピー [J / (kg · K)] P*: 飽和圧力 [bar], X: 乾き度 [-]	$0 < P \leq 221.2$ [bar] $0 \leq X \leq 1.0$ [-]	圧力あるいは乾き度が範囲外にあると SPX = -1000.0 で帰る.
37	STD (T)	DF	STD: 飽和液の比エントロピー [J / (kg · K)] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると STD = -1000.0 で帰る.
38	STDD (T)	DF	STDD: 飽和蒸気の比エントロピー [J / (kg · K)] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると STDD = -1000.0 で帰る.
39	STX (T, X)	DF	STX: 湿り蒸気の比エントロピー [J / (kg · K)] P*: 飽和圧力 [bar], X: 乾き度 [-]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃] $0 \leq X \leq 1.0$ [-]	温度あるいは乾き度が範囲外にあると STX = -1000.0 で帰る.

表 3. (その 6)

番号	サブプログラム名	種類	引数および関数の意味と単位	範囲あるいは条件	エラー時の処理
40	TSP (P)	DF	TSP*: 飽和温度 [℃] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると TSP = -1000.0 で帰る.
41	TRPL ('A')	DF	TRPL*: 水の三重点における値 'A' = 'P' : 6.112×10^{-3} [bar] 'A' = 'T' : 0.01 [℃]	引数は文字型とする.	引数が 'P', 'T' 以外の時 TRPL = -1000.0 で帰る.
42	UPD (P)	DF	UPD: 飽和液の比内部エネルギー [J/kg] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると UPD = -1000.0 で帰る.
43	UPDD (P)	DF	UPDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー [J/kg] P*: 飽和圧力 [bar]	$0 < P \leq 221.2$ [bar]	圧力が範囲外にあると UPDD = -1000.0 で帰る.
44	UPT (P, T)	DF	UPT: 比内部エネルギー [J/kg] P*: 圧力 [bar], T*: 温度 [℃]	$0 < P \leq 1000.0$ [bar] $0 \leq T \leq 800.0$ [℃]	圧力あるいは温度が範囲外にあると UPT = -1000.0 で帰る.
45	UPX (P, X)	DF	UPX: 湿り蒸気の比内部エネルギー [J/kg] P*: 飽和圧力 [bar], X: 乾き度 [-]	$0 < P \leq 221.2$ [bar] $0 \leq X \leq 1.0$ [-]	圧力あるいは乾き度が範囲外にあると UPX = -1000.0 で帰る.
46	UTD (T)	DF	UTD: 飽和液の比内部エネルギー [J/kg] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると UTD = -1000.0 で帰る.
47	UTDD (T)	DF	UTDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー [J/kg] T*: 飽和温度 [℃]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃]	温度が範囲外にあると UTDD = -1000.0 で帰る.
48	UTX (T, X)	DF	UTX: 湿り蒸気の比内部エネルギー [J/kg] T*: 飽和温度 [℃], X: 乾き度 [-]	$0 \leq T \leq 374.15$ [℃] $0 \leq X \leq 1.0$ [-]	温度あるいは乾き度が範囲外にあると UTX = -1000.0 で帰る.

表 3. (その 7)

番号	サブプログラム名	種類	引数および関数の意味と単位	範囲あるいは条件	エラー時の処理
49	VPD (P)	DF	VPD: 飽和液の比容積 (m^3/kg) P*: 飽和圧力 (bar)	$0 < P \leq 221.2 \text{ (bar)}$	圧力が範囲外にあると VPD = -1000.0 で帰る.
50	VPDD (P)	DF	VPDD: 飽和蒸気の比容積 (m^3/kg) P*: 飽和圧力 (bar)	$0 < P \leq 221.2 \text{ (bar)}$	圧力が範囲外にあると VPDD = -1000.0 で帰る.
51	VPT (P, T)	DF	VPT: 比容積 (m^3/kg) P*: 圧力 (bar), T*: 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$0 < P \leq 1000.0 \text{ (bar)}$ $0 \leq T \leq 800.0 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	圧力あるいは温度が範囲外にあると VPT = -1000.0 で帰る.
52	VPX (P, X)	DF	VPX: 湿り蒸気の比容積 (m^3/kg) P*: 飽和圧力 (bar), X: 乾き度 (-)	$0 < P \leq 221.2 \text{ (bar)}$ $0 \leq X \leq 1.0 \text{ (-)}$	圧力あるいは乾き度が範囲外にあると VPX = -1000.0 で帰る.
53	VTD (T)	DF	VTD: 飽和液の比容積 (m^3/kg) T*: 飽和温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$0 \leq T \leq 374.15 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	温度が範囲外にあると VTD = -1000.0 で帰る.
54	VTDD (T)	DF	VTDD: 飽和蒸気の比容積 (m^3/kg) T*: 飽和温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$0 \leq T \leq 374.15 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	温度が範囲外にあると VTDD = -1000.0 で帰る.
55	VTX (T, X)	DF	VTX: 湿り蒸気の比容積 (m^3/kg) T*: 飽和温度 ($^{\circ}\text{C}$), X: 乾き度 (-)	$0 \leq T \leq 374.15 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$ $0 \leq X \leq 1.0 \text{ (-)}$	温度あるいは乾き度が範囲外にあると VTX = -1000.0 で帰る.
56	XPH (P, H)	DF	XPH: 乾き度 (-) P*: 飽和圧力 (bar) H: 湿り蒸気の比エンタルピ (J/kg)	$0 < P \leq 221.2 \text{ (bar)}$ $-42.2 < H < 2.805 \times 10^6 \text{ (J/kg)}$	圧力あるいは比エンタルピが範囲外に あると XPH = -1000.0 で帰 る.
57	XPS (P, S)	DF	XPS: 乾き度 (-) P*: 飽和圧力 (bar) S: 湿り蒸気の比エントロピ ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)	$0 < P \leq 221.2 \text{ (bar)}$ $-0.16 < S < 9158.0$ $\text{(J/(kg} \cdot \text{K))}$	圧力あるいは比エントロピが範囲外に あると XPS = -1000.0 で帰 る.

表 3. (その 8.)

番号	サブプログラム名	種類	引数および関数の意味と単位	範囲あるいは条件	エラー時の処理
58	XPU (P, U)	DF	XPU: 乾き度 [-] P*: 飽和圧力 [bar] U: 湿り蒸気の比内部エネルギー [J/kg]	$0 < P \leq 221.2$ [bar] $-42.18 < U < 2.605 \times 10^6$ [J/kg]	圧力あるいは比内部エネルギーが範囲外にあると XPU = -1000.0 で帰る。
59	XPV (P, V)	DF	XPV: 乾き度 [-] P*: 飽和圧力 [bar] V: 湿り蒸気の比容積 [m^3/kg]	$0 < P \leq 221.2$ [bar] $0.001 < V < 206.31$ [m^3/kg]	圧力あるいは比容積が範囲外にあると XPV = -1000.0 で帰る。
60	XTH (T, H)	DF	XTH: 乾き度 [-] T*: 飽和温度 [°C] H: 湿り蒸気の比エンタルピー [J/kg]	$0 \leq T \leq 374.15$ [°C] $-42.2 < H < 2.806 \times 10^6$ [J/kg]	温度あるいは比エンタルピーが範囲外にあると XTH = -1000.0 で帰る。
61	XTS (T, S)	DF	XTS: 乾き度 [-] T*: 飽和温度 [°C] S: 湿り蒸気の比エントロピー [J/(kg·K)]	$0 \leq T \leq 374.15$ [°C] $-0.16 < S < 9158.0$ [J/(kg·K)]	温度あるいは比エントロピーが範囲外にあると XTS = -1000.0 で帰る。
62	XTU (T, U)	DF	乾き度 [-] T*: 飽和温度 [°C] U: 湿り蒸気の比内部エネルギー [J/kg]	$0 \leq T \leq 374.15$ [°C] $-42.18 < U < 2.605 \times 10^6$ [J/kg]	温度あるいは比内部エネルギーが範囲外にあると XTU = -1000.0 で帰る。
63	XTV (T, V)	DF	乾き度 [-] T*: 飽和温度 [°C] V: 湿り蒸気の比容積 [m^3/kg]	$0 \leq T \leq 374.15$ [°C] $0.001 < V < 206.31$ [m^3/kg]	温度あるいは比容積が範囲外にあると XTV = -1000.0 で帰る。

表 3. (その 9)

番号	サブプログラム名	種類	引数および関数の意味と単位	範囲あるいは条件	エラー時の処理
6 4	EXMPL	SUB	6 3 番までの関数サブプログラムの使用例で、図 1 にリストされている。このサブルーチン・サブプログラムをCALLすれば図 2 に示されている答が標準出力装置で印字される。引数不要。 ユーザーは具体的な問題に対して、このサブルーチン・サブプログラムに相当するメイン・プログラムを書けばよい。使用例参照。 このサブルーチン・サブプログラムは上述の 6 3 個の関数の外に 2 個のファンクション・サブプログラムTPHおよびTPSを含む。このファンクション・サブプログラムは、単相領域において圧力と比エンタルピの関数として、あるいは圧力と比エントロピの関数として温度を計算する場合に参考になろう。ユーザーはファンクション・サブプログラムTPHとTPSを、上述の 6 3 番までのファンクション・サブプログラムと同様に参照することができるが、いずれの関数に対しても本来の引数である圧力Pと比エンタルピHあるいは圧力Pと比エントロピSの外に 2 組のデータが引数として要求される。例えばTPHが参照される場合には、本来の引数PとHの外に同じ圧力における 2 組の温度と比エンタルピ(T 0, H 0)および(T 1, H 1)がサブプログラムに渡される。T 0およびT 1は求めるべき温度の近似値であり、H 0およびH 1はそれに対応する比エンタルピである。H 0あるいはH 1は 2 5 番のHPTによりそれぞれHPT(P, T 0)およびHPT(P, T 1)で求めておく。TPHあるいはTPSによって得られる温度の精度は、絶対温度で 1 0 PPMである。	制限はない。	エラーは起らない。
6 5	LST SMT	SUB	この表をもっと簡単にしたものを印字する。引数不要。	制限はない。	エラーは起らない。

印字を得るものであり、表3は表2をもっと詳細に記述したものである。63個のファンクションがこのプログラム・パッケージの本体であり、1980 SI 日本機械学会蒸気表に示されている断熱指数および音速を除くすべての熱力学的関数がFORTRANの関数として計算されるようになっている外に、同表に収録されている臨界点および三重点の定数、表面張力、ラプラス係数、粘性係数、熱伝導率、静的誘電率およびイオン積も関数として計算されるようになっている。ただし定圧比熱については、同表の数値は、測定値に近くなるように微小な修正が施してあるために、同表に収録されている式そのまま計算する本プログラムの計算結果とは、臨界点の近傍で多少食い違うことがある。計算式はすべて1980 SI 日本機械学会蒸気表に収録されているものによっている。

3. 使用法と使用例

63個のファンクションは見掛け上FORTRANの基本外部関数と同等なので、式の右辺で直接引用すればよい。

関数に付されている名前は一定の規則に従っているので容易に記憶できる。その規則性を述べておく。名前を確認するには、表2あるいは表3を参照するか、引数のないサブルーチン・サブプログラム" LSTSMT " をCALLして表2の印字を得ればよい。さて関数の名前の最初の1文字ないし4文字は求められる関数の種類を暗示している。それらを表2および表3に出てくる順番で説明すると、

"AIP" = イオン積, "ALAP" = ラプラス係数, "ALH" = 蒸発熱, "ALM" = 熱伝導率, "AMU" = 粘性係数, "CP" = 定圧比熱, "CRP" = 臨界定数, "EPS" = 静的誘電率, "H" = 比エンタルピ, "PS" = 飽和圧力, "SIG" = 表面張力, "S" = 比エントロピ, "TS" = 飽和温度, "TRPL" = 三重点の定数, "U" = 比内部エネルギー, "V" = 比容積, "X" = 湿り蒸気の乾き度, となる。このうち最初の5個においては先頭の文字が"A"になっている。これはFORTRAN特有の暗黙の型指定によって、整数にならないように配慮したものである。

さて、その次に来る1文字ないし2文字は独立変数を暗示し、2文字の場合にはその順序は引数として()内に記述される順序と一致している。これに該当する文字は"H" = 比エンタルピ, "P" = 圧力, "S" = 比エントロピ, "T" = 温度, "U" = 比内部エネルギー, "V" = 比容積, "X" = 湿り蒸気の乾き度, の7個である。なお21番の"CRP"と41番の"TRPL"は独立変数を暗示する文字を含んでいない。この場合独立変数は文字型変数で指定され、()内に'P', 'T'あるいは'V'が入り、それぞれ、圧力、温度および比容積の定数がえられる。

最後に、末尾の1文字ないし2文字が"D"あるいは"DD"である場合、それらは我国やドイツ系の慣用による"'"および""を示し、それぞれ飽和水および乾き飽和蒸気を意味する。

使用例を図1に示す。これが上述の使用例のためのサブルーチン・サブプログラム" EXMPL " である。なお" EXMPL " は上述の63個の関数のリストに含まれていない2個の関数TPHおよびTPSを含んでいる。前者は圧力と比エンタルピを引数として温度を計算し、後者は圧力と比エントロピを引数として温度を計算する。ユーザーはこれら2個の関数も上述の63個の関数と同様に使用することができる。例題は谷下市松氏の著書[3]によった。

図 1.

```

SUBROUTINE EXMPL
C *****
C *
C *   A BENCH-MARK PROGRAM TO EVALUATE THE PERFORMANCE OF THE
C *   "STMTLK" PROGRAM PACKAGE
C *
C *   COMPUTER          FACOM M-200 FROM FUJITSU
C *   OPERATING SYSTEM  OSIV/F4  E40  TSS
C *
C *   EXAMPLE FROM      TANISHITA, KOHGYOH NETSURIKIGAKU
C *                     KISOHEN, SHOHKABOH, TOKYO, 1981
C *****
C
C   IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
C   PF=1.D05
C   WRITE(6,2000)
2000 FORMAT(1H,' ')
C
C ***** EX 6.1 ON PAGE 165, INTERNAL HEAT OF VAPORILATION AND
C ***** INTERNAL ENERGY *****
C
C   P=10.0
C   HV=ALHP(P)
C   VD=VPD(P)
C   VDD=VPDD(P)
C   HEX=P*PF*(VDD-VD)
C   HIN=HV-HEX
C   UDD=UPDD(P)
C   UD=UPD(P)
C   WRITE(6,1100) HIN,UDD,UD
1100 FORMAT(1H,'EX1 INTERNAL HEAT OF VAPORIZATION ',E12.5,'J/KG',
1/,1H,'5X','INTERNAL ENERGY OF VAPOR ',E12.5,'J/KG',/,1H,'5X',
2'INTERNAL ENERGY OF WATER ',E12.5,'J/KG')
C   WRITE(6,2000)
C ***** END OF EX1 *****
C
C ***** EX 6.2 ON PAGE 166, DRYNESS FRACTION *****
C *****
C   P=15.0
C   V=0.1
C   X=XPV(P,V)
C   WRITE(6,1200) X
1200 FORMAT(1H,'EX2 DRYNESS FRACTION ',E12.5)
C   WRITE(6,2000)
C ***** END OF EX2 *****
C
C ***** EX 6.4 ON PAGE 167, STEAM ACCUMULATOR *****
C *****
C   P1=10.0
C   P1F=P1*PF
C   P2=11.0
C   P2F=P2*PF
C   P3=12.0
C   G1D=1.0E4
C   G1DD=20.0
C   G1=G1D+G1DD
C   V1D=VPD(P1)
C   V1DD=VPDD(P1)
C   V2D=VPD(P2)
C   V2DD=VPDD(P2)
C   U1D=HPD(P1)-P1F*V1D
C   U1DD=HPDD(P1)-P1F*V1DD
C   H3DD=HPDD(P3)
C   U2D=HPD(P2)-P2F*V2D
C   U2DD=HPDD(P2)-P2F*V2DD
C   A=U2D-H3DD
C   B=U2DD-H3DD
C   C=G1D*U1D+G1DD*U1DD-G1*H3DD
C   F=G1D*V1D+G1DD*V1DD
C   DEL=A*V2DD-B*V2D
C   G2D=(C*V2DD-B*F)/DEL

```

```

      G2DD=(A*F-C*V2D)/DEL      00000710
      DELG=G2D+G2DD-G1          00000720
      WRITE(6,1300) DELG, G2D, G2DD 00000730
1300 FORMAT(1H,'EX3 STEAM FED ',E12.5,'KG',//,1H,5X,'WATER IN THE' 00000740
      1' DRUM ',E12.5,'KG',//,1H,5X,'VAPOR IN THE DRUM ',E12.5,'KG') 00000750
      WRITE(6,2000)              00000760
C ***** END OF EX3 ***** 00000770
C                                00000780
C                                00000790
C ***** EX 6.5 ON PAGE 186, ISOCHOLIC PROCESS ***** EX4 00000800
      P1=8.0                      00000810
      P2=6.0                      00000820
      V=30.0                      00000830
      V1DD=VPDD(P1)              00000840
      G=V/V1DD                   00000850
      X2=XPV(P2,V1DD)            00000860
      U1=UPDD(P1)                00000870
      U2D=UPD(P2)                00000880
      U2DD=UPDD(P2)              00000890
      U2=U2D+X2*(U2DD-U2D)       00000900
      Q=G*(U1-U2)                00000910
      WRITE(6,1400) X2,Q         00000920
1400 FORMAT(1H,'EX4 QUALITY ',E12.5,//,1H,5X,'HEAT LOST ',E12.5,'J') 00000930
      WRITE(6,2000)              00000940
C ***** END OF EX4 ***** 00000950
C                                00000960
C                                00000970
C ***** EX 6.6 ON PAGE 187, ISOBARIC PROCESS ***** EX5 00000980
      P=10.0                     00000990
      X1=0.9                     00010000
      H1=HPD(P)+X1*ALHP(P)       00010010
      T2=350.0                   00010020
      H2=HPT(P,T2)               00010030
      Q=H2-H1                    00010040
      WRITE(6,1500) Q            00010050
1500 FORMAT(1H,'EX5 HEAT ADDED ',E12.5,'J/KG') 00010060
      WRITE(6,2000)              00010070
C ***** END OF EX5 ***** 00010080
C                                00010090
C                                00011000
C ***** EX 6.7 ON PAGE 187, THROTTLING AND ADIABATIC EXPANSION ***** 00011010
C ***** EX6 00011020
      P1=12.0                    00011030
      T1=TSP(P1)                 00011040
      S1=SPDD(P1)                00011050
      P2=8.0                     00011060
      P0=0.1                     00011070
      H1=HPDD(P1)                00011080
      H2=H1                      00011090
      T20=TSP(P2)                00011200
      H20=HPT(P2,T20)            00011210
      T21=T1                     00011220
      H21=HPT(P2,T21)            00011230
      T2=TPH(P2,H2,T20,T21,H20,H21) 00011240
      S2=SPT(P2,T2)              00011250
      R=ALHP(P0)                 00011260
      X1D=XPS(P0,S1)             00011270
      HD=HPD(P0)                 00011280
      H1D=HD+X1D*R               00011290
      X2D=XPS(P0,S2)             00011300
      H2D=HD+X2D*R               00011310
      DELH1=H1-H1D               00011320
      DELH2=H2-H2D               00011330
      EPS=(DELH1-DELH2)/DELH1    00011340
      WRITE(6,1600) DELH1,DELH2,EPS 00011350
1600 FORMAT(1H,'EX6 HEAT DROP FROM 1 ',E12.5,'J/KG',//,1H,5X, 00011360
      1'HEAT DROP FROM 2 ',E12.5,'J/KG',//,1H,5X,'REDUCTION OF', 00011370
      2' HEAT DROP ',E12.5)      00011380
      WRITE(6,2000)              00011390
C ***** END OF EX6 ***** 00011400

```

```

C                                     00001410
C                                     00001420
C ***** EX 8.2 ON PAGE 224, MOIST AIR IN COMPRESSOR ***** EX700001430
    P1=1.0                                     00001440
    T1=40.0                                    00001450
    PS=PST(T1)                                00001460
    P2=3.0                                     00001470
    PHI1=0.6                                  00001480
    X1=0.622*PHI1*PS/(P1-PHI1*PS)            00001490
    X2=0.622*PS/(P2-PS)                      00001500
    DELX=X1-X2                                00001510
    WRITE(6,1700) DELX                        00001520
1700 FORMAT(1H,'EX7 AMOUNT OF DEW ',E12.5,'KG/KG OF DRY AIR') 00001530
    WRITE(6,2000)                             00001540
C ***** END OF EX7 *****                00001550
C                                     00001560
C                                     00001570
C ***** EX 10.12 ON PAGE 297, EXERGY EFFICIENCY OF A TUBINE * 00001580
C ***** , ***** EX800001590
    TOK=273.15                                00001600
    P1=10.0                                    00001610
    T1=350.0                                   00001620
    S1=SPT(P1,T1)                             00001630
    P2=2.0                                     00001640
    D=12.0                                     00001650
    H1=HPT(P1,T1)                             00001660
    E1=H1-TOK*S1                              00001670
    HD=3.6*1.0E6/D                            00001680
    H2=H1-HD                                  00001690
    T20=TSP(P2)                               00001700
    H20=HPT(P2,T20)                           00001710
    T21=T20+10.0                              00001720
    H21=HPT(P2,T21)                           00001730
    T2=TPH(P2,H2,T20,T21,H20,H21)             00001740
    S2=SPT(P2,T2)                             00001750
    E2=H2-TOK*S2                              00001760
    EFFI=HD/(E1-E2)                           00001770
    WRITE(6,1800) EFFI                        00001780
1800 FORMAT(1H,'EX8 EXERGY EFFICIENCY ',E12.5) 00001790
    WRITE(6,2000)                             00001800
C ***** END OF EX8 *****                00001810
C                                     00001820
C                                     00001830
C ***** PROB 12.3 ON PAGE 360, RANKIN CYCLE ***** EX9 00001840
    P1=40.0                                    00001850
    T1=TSP(P1)+150.0                          00001860
    P2=30.0*1.333224*1.0E-3                  00001870
    H1=HPT(P1,T1)                             00001880
    S1=SPT(P1,T1)                             00001890
    X2=XPS(P2,S1)                             00001900
    H2D=HPD(P2)                               00001910
    R=ALHP(P2)                                00001920
    H2=H2D+X2*R                               00001930
    H3=H2D                                     00001940
    S3=SPD(P2)                                00001950
    T3=TSP(P2)                                00001960
    T40=T3                                     00001970
    S40=SPT(P1,T40)                           00001980
    T41=TSP(P1)                               00001990
    S41=SPD(P1)                               00002000
    T4=TPS(P1,S3,T40,T41,S40,S41)             00002010
    H4=HPT(P1,T4)                             00002020
    WT=H1-H2                                  00002030
    WP=H4-H3                                  00002040
    QB=H1-H4                                  00002050
    EFFI=(WT-WP)/QB                           00002060
    WRITE(6,1900) WT,WP,EFFI                  00002070
1900 FORMAT(1H,'EX9 TURBINE WORK ',E12.5,'J/KG',1H,5X,'PUMP WORK',00002080
    1' ',E12.5,'J/KG',1H,5X,'EFFICIENCY ',E12.5) 00002090
    WRITE(6,2000)                             00002100
C ***** END OF EX9 *****                00002110

```

```

C                                     00002120
C                                     00002130
C ***** READ TIMER TO FIND OUT THE TIME WHEN CALCULATION COMPLETED 00002140
110 CALL CLOCKM(ITO)                 00002150
    WRITE(6,2200) ITO                 00002160
2200 FORMAT(1H,'TIME CONSUMED ',I4,'MS') 00002170
    WRITE(6,2000)                     00002180
    RETURN                             00002190
    END                                00002200
    REAL FUNCTION TPH*8(P,H,TO,T1,H0,H1) 00002210
    IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)          00002220
    TOK=273.15                         00002230
100 DELT=(H-H1)*(T1-TO)/(H1-HO)       00002240
    RDELT=DABS(DELT/(T1+TOK))         00002250
    IF(RDELT.LT.1.0E-5) GO TO 110     00002260
    TO=T1                              00002270
    HO=H1                              00002280
    T1=T1+DELT                         00002290
    H1=HPT(P,T1)                      00002300
    GO TO 100                          00002310
110 TPH=T1                            00002320
    RETURN                             00002330
    END                                00002340
    REAL FUNCTION TPS*8(P,S,TO,T1,S0,S1) 00002350
    IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)          00002360
    TOK=273.15                         00002370
100 DELT=(S-S1)*(T1-TO)/(S1-S0)       00002380
    RDELT=DABS(DELT/(T1+TOK))         00002390
    IF(RDELT.LT.1.0E-5) GO TO 110     00002400
    TO=T1                              00002410
    S0=S1                              00002420
    T1=T1+DELT                         00002430
    S1=SPT(P,T1)                      00002440
    GO TO 100                          00002450
110 TPS=T1                            00002460
    RETURN                             00002470
    END                                00002480

```

図 2.

```

EX1  INTERNAL HEAT OF VAPORIZATION  0.18204D+07J/KG
      INTERNAL ENERGY OF VAPOR    0.25819D+07J/KG
      INTERNAL ENERGY OF WATER    0.76148D+06J/KG

EX2  DRYNESS FRACTION  0.75743D+00

EX3  STEAM FED  0.92794D+02KG
      WATER IN THE DRUM  0.10092D+05KG
      VAPOR IN THE DRUM  0.20997D+02KG

EX4  QUALITY  0.76074D+00
      HEAT LOST  0.57790D+08J

EX5  HEAT ADDED  0.58373D+06J/KG

EX6  HEAT DROP FROM 1  0.71844D+06J/KG
      HEAT DROP FROM 2  0.66280D+06J/KG
      REDUCTION OF HEAT DROP  0.77450D-01

EX7  AMOUNT OF DEW  0.13122D-01KG/KG OF DRY AIR

EX8  EXERGY EFFICIENCY  0.86012D+00

EX9  TURBINE WORK  0.11759D+07J/KG
      PUMP WORK  0.40085D+04J/KG
      EFFICIENCY  0.37913D+00

TIME CONSUMED  57MS
    
```

4. あとがき

思わぬプログラムのバグやこの小文に書き間違いがあるやもしれない。御指摘により訂正したい。計算方式の改良、関数の種類の追加および新しい機能の追加などを今後行っていきたい。積極的なユーザーの御批判御助力を乞う次第である。

最後に原プログラム "STMTL" の開発をされ、北海道大学大型計算機センターの同意の下に、"STMTL" を九州大学大型計算機センターに譲渡された谷口博氏、日本学術振興会第139蒸気性質委員会において本プログラム・パッケージに関して有用な助言をいただいた委員諸氏、今回の開発を55および56年度開発課題として許可された九州大学大型計算機センターおよび "STMTLK" の開発に際し助言いただいた同センター研究開発部の武富敬氏に感謝する。

なお "STMTLK" は1982年4月に、九州大学大型計算機センターのライブラリの一つとして登録されたのであるが、その後慶応義塾大学上松公彦氏および京都工芸繊維大学矢田順三氏の尽力により、東京大学大型計算機センターおよび京都大学大型計算機センターのライブラリの一つとしてそれぞれ移植・登録された。現在までのところ、上記のいずれの大型計算機センターのユーザーからも、プログラムの不具合についての連絡はない。

参考文献

1. 日本機械学会, 1968 日本機械学会蒸気表, 日本機械学会, 昭43.
2. 日本機械学会, 1980 SI 日本機械学会蒸気表, 日本機械学会, 昭56.
3. 谷下市松, 応用熱力学, 基礎編 (SI 単位による全訂版), 装華房, 昭56.

付録

英文標題 PROGRAM FOR 1968 JSME STEAM TABLES (STMTL)

和文標題 1968年機械学会蒸気表プログラム

作成者氏名・所属 谷口 博 北海道大学工学部機械工学科 熱機関学第一講座 教授

大出賢幸

同 上

M 2

1. 概 要

蒸気および水の比容積，比エンタルピ，比エントロピを1968年日本機械学会蒸気表により計算するプログラムであり，飽和状態の場合は，飽和温度または飽和圧力も求めることができる。

計算式としては，日本機械学会蒸気表（1968）に記載された状態式を用いている。この状態式は，種々の単位系で使用しやすいように無次元量によって表示されている。

$$\begin{aligned} \text{無次元圧力} & \quad \beta = p/p_{c1} \\ \text{" 温度} & \quad \theta = T/T_{c1} \\ \text{" 比容積} & \quad \chi = v/v_{c1} \\ \text{" 比エンタルピ} & \quad \varepsilon = h/(p_{c1} \cdot v_{c1}) \\ \text{" 比エントロピ} & \quad \sigma = s/(p_{c1} \cdot v_{c1}/T_{c1}) \end{aligned}$$

ここで， p_{c1} ， T_{c1} ， v_{c1} は臨界点の圧力，温度，比容積で

$$\begin{aligned} p_{c1} &= 22\,120\,000 \text{ N/m}^2 & (221.2 \text{ bar}) \\ T_{c1} &= 647.3 \text{ K} \\ v_{c1} &= 0.00317 \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

計算範囲は圧力は理想気体の限界（零圧力）から 10^8 N/m^2 (1000 bar) まで，また温泉は 273.16 K (0.01°C) から 1073.15 K (800°C) までにおよぶ全領域にわたっており，この領域を1～4の部分領域と5，6の飽和領域に分け状態式を定めている。各領域は付図1および付表1に示すとおりである。

関数 $\beta_K(\theta)$ および $\beta_L(\theta)$ は各領域間の境界線の式であり，前者は飽和線に対する式で，後者は部分領域2と3の間の境界線に対する式である。これらの関数および付表1における各領域の明細を定めるのに必要な諸定数は，つぎのとおりである。

$$\beta_K(\theta) = \exp \left[\frac{1}{\theta} \frac{\sum_{\nu=1}^5 k_\nu (1-\theta)^\nu}{1+k_6(1-\theta)+k_7(1-\theta)^2} - \frac{1-\theta}{k_8(1-\theta)^2+k_9} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{ここで, } k_1 &= -7.691\,234\,564 \times 10^0 & k_4 &= 6.423\,285\,504 \times 10^1 & k_7 &= 2.097\,506\,760 \times 10^1 \\ k_2 &= -2.608\,023\,696 \times 10^1 & k_5 &= -1.189\,646\,225 \times 10^2 & k_8 &= 10^9 \\ k_3 &= -1.681\,706\,546 \times 10^2 & k_6 &= 4.167\,117\,320 \times 10^0 & k_9 &= 6 \end{aligned}$$

$$\beta_L = \beta_L(\theta) = L_0 + L_1\theta + L_2\theta^2$$

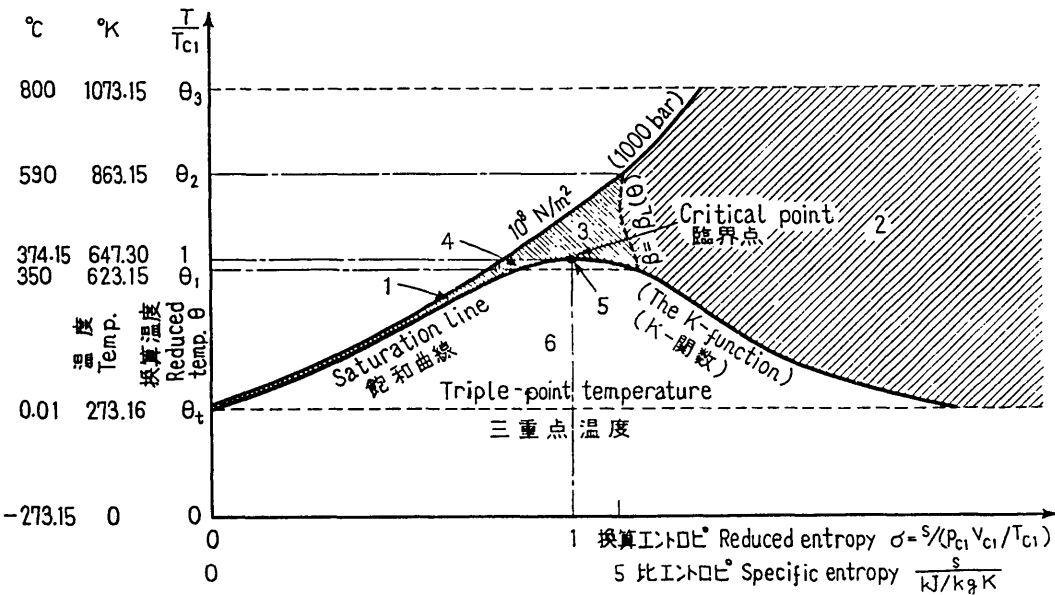
$$\text{ここで } L_0 = 1.574\,373\,327 \times 10^1, \quad L_1 = -3.417\,061\,978 \times 10^1, \quad L_2 = 1.931\,380\,707 \times 10^1$$

また諸定数は

$\alpha_0=0, \alpha_1=0$
 $\beta_2=4.520\,795\,660\times 10^0$
 $\theta_t=4.219\,990\,731\times 10^{-1}$

$\theta_1=9.626\,911\,787\times 10^{-1}$
 $\theta_2=1.333\,462\,073\times 10^0$
 $\theta_3=1.657\,886\,606\times 10^0$

$I_1=4.260\,321\,148\times 10^0$
 $\beta_1=7.475\,191\,707\times 10^{-1}$
 $\beta_t=2.763\,311\,032\times 10^{-5}$



付図 1. 温度－エントロピ線図による部分領域の表示

付表 1. 各領域の明細

温度範囲	圧力範囲	領域
$\theta_t \leq \theta \leq \theta_1$	$0 \leq \beta < \beta_K(\theta)$	2
	$\beta = \beta_K(\theta)$	6
	$\beta_K(\theta) < \beta \leq \beta_2$	1
$\theta_1 < \theta < 1$	$0 \leq \beta \leq \beta_L(\theta)$	2
	$\beta_L(\theta) < \beta < \beta_K(\theta)$	3
	$\beta = \beta_K(\theta)$	5
	$\beta_K(\theta) < \beta \leq \beta_2$	4
$1 \leq \theta < \theta_2$	$0 \leq \beta \leq \beta_L(\theta)$	2
	$\beta_L(\theta) < \beta \leq \beta_2$	3
$\theta_2 \leq \theta \leq \theta_3$	$0 \leq \beta \leq \beta_2$	2

つぎに、各領域における状態式を示す。

(1) 部分領域 1

比容積

$$\begin{aligned} v/v_{c1} &= \chi_1 = (\partial \zeta_A / \partial \beta)_\theta, \\ \chi_1 &= A_{11} a_5 Z^{-5/17} + \{A_{12} + A_{13} \theta + A_{14} \theta^2 + A_{15} (a_6 - \theta)^{10} + A_{16} (a_7 + \theta^{19})^{-1}\} \\ &\quad - (a_8 + \theta^{11})^{-1} (A_{17} + 2A_{18} \beta + 3A_{19} \beta^2) - A_{20} \theta^{18} (a_9 + \theta^2) \{-3(a_{10} + \beta)^{-4} + a_{11}\} \\ &\quad + 3A_{21} (a_{12} - \theta) \beta^2 + 4A_{22} \theta^{-20} \beta^3 \end{aligned}$$

ここで

$$Z = Y + (a_3 Y^2 - 2a_4 \theta + 2a_5 \beta)^{1/2}, \quad Y = 1 - a_1 \theta^2 - a_2 \theta^{-6}$$

比エントロピ

$$\begin{aligned} s/(p_{c1} v_{c1}/T_{c1}) &= \sigma_1 = -(\partial \zeta_A / \partial \theta)_\beta - \alpha_1, \\ \sigma_1 &= -\alpha_1 + A_0 \ln \theta - \sum_{\nu=2}^{10} (\nu-1) A_\nu \theta^{\nu-2} + A_{11} \left[\left\{ \frac{5}{12} Z - (a_3 - 1) Y \right\} Y' + a_4 \right] Z^{-5/17} \\ &\quad + \{-A_{13} - 2A_{14} \theta + 10A_{15} (a_6 - \theta)^9 + 19A_{16} (a_7 + \theta^{19})^{-2} \theta^{18}\} \beta \\ &\quad - 11(a_8 + \theta^{11})^{-2} \theta^{10} (A_{17} \beta + A_{18} \beta^2 + A_{19} \beta^3) + A_{20} \theta^{17} (18a_9 + 20\theta^2) \{(a_{10} + \beta)^{-3} + a_{11} \beta\} \\ &\quad + A_{21} \beta^3 + 20A_{22} \theta^{-21} \beta^4 \end{aligned}$$

ここで

$$Y' = -2a_1 \theta + 6a_2 \theta^{-7}$$

比エンタルピ

$$\begin{aligned} h/(p_{c1} v_{c1}) &= \varepsilon_1 = \zeta_A + \alpha_0 + \alpha_1 \theta + \theta \sigma_1, \\ \varepsilon_1 &= \alpha_0 + A_0 \theta - \sum_{\nu=1}^{10} (\nu-2) A_\nu \theta^{\nu-1} + A_{11} \left[Z \left\{ 17 \left(\frac{Z}{29} - \frac{Y}{12} \right) + 5\theta \frac{Y'}{12} \right\} + a_4 \theta - (a_3 - 1) \theta Y Y' \right] Z^{-5/17} \\ &\quad + \{A_{12} - A_{14} \theta^2 + A_{15} (9\theta + a_6) (a_6 - \theta)^9 + A_{16} (20\theta^{19} + a_7) (a_7 + \theta^{19})^{-2}\} \beta \\ &\quad - (12\theta^{11} + a_8) (a_8 + \theta^{11})^{-2} (A_{17} \beta + A_{18} \beta^2 + A_{19} \beta^3) + A_{20} \theta^{18} (17a_9 + 19\theta^2) \{(a_{10} + \beta)^{-3} + a_{11} \beta\} \\ &\quad + A_{21} a_{12} \beta^3 + 21A_{22} \theta^{-20} \beta^4 \end{aligned}$$

$A_0 = 6.824\,687\,741 \times 10^3$	$A_{12} = -2.616\,571\,843 \times 10^{-2}$	$a_2 = 5.362\,162\,162 \times 10^{-4}$
$A_1 = -5.422\,063\,673 \times 10^2$	$A_{13} = 1.522\,411\,790 \times 10^{-3}$	$a_3 = 1.720\,000\,000 \times 10^0$
$A_2 = -2.096\,666\,205 \times 10^4$	$A_{14} = 2.284\,279\,054 \times 10^{-2}$	$a_4 = 7.342\,278\,489 \times 10^{-2}$
$A_3 = 3.941\,286\,787 \times 10^4$	$A_{15} = 2.421\,647\,003 \times 10^2$	$a_5 = 4.975\,858\,870 \times 10^{-2}$
$A_4 = -6.733\,277\,739 \times 10^4$	$A_{16} = 1.269\,716\,088 \times 10^{-10}$	$a_6 = 6.537\,154\,300 \times 10^{-1}$
$A_5 = 9.902\,381\,028 \times 10^4$	$A_{17} = 2.074\,838\,328 \times 10^{-7}$	$a_7 = 1.150\,000\,000 \times 10^{-6}$
$A_6 = -1.093\,911\,774 \times 10^5$	$A_{18} = 2.174\,020\,350 \times 10^{-8}$	$a_8 = 1.510\,800\,000 \times 10^{-5}$
$A_7 = 8.590\,841\,667 \times 10^4$	$A_{19} = 1.105\,710\,498 \times 10^{-9}$	$a_9 = 1.418\,800\,000 \times 10^{-1}$
$A_8 = -4.511\,168\,742 \times 10^4$	$A_{20} = 1.293\,441\,934 \times 10^1$	$a_{10} = 7.002\,753\,165 \times 10^0$
$A_9 = 1.418\,138\,926 \times 10^4$	$A_{21} = 1.308\,119\,072 \times 10^{-5}$	$a_{11} = 2.995\,284\,926 \times 10^{-4}$
$A_{10} = -2.017\,271\,113 \times 10^3$	$A_{22} = 6.047\,626\,338 \times 10^{-14}$	$a_{12} = 2.040\,000\,000 \times 10^{-1}$
$A_{11} = 7.982\,692\,717 \times 10^0$	$a_1 = 8.438\,375\,405 \times 10^{-1}$	

(2) 部分領域 2

比容積

$$v/v_{c1} = \chi_2 = (\partial \zeta_B / \partial \beta)_\theta,$$

$$\chi_2 = I_1 \theta / \beta - \sum_{\mu=1}^5 \mu \beta^{\mu-1} \sum_{\nu=1}^{n(\mu)} B_{\mu\nu} X^{\nu(\mu, \nu)} - \sum_{\mu=6}^8 \frac{(\mu-2) \beta^{1-\mu} \sum_{\nu=1}^{n(\mu)} B_{\mu\nu} X^{\nu(\mu, \nu)}}{\left\{ \beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)} \right\}^2} + 11 \left(\frac{\beta}{\beta_L} \right)^{10} \sum_{\nu=0}^6 B_{9\nu} X^\nu$$

ここで

$$X = \exp \{ b(1-\theta) \}$$

比エントロピー

$$s/(p_{c1} v_{c1} / T_{c1}) = \sigma_2 = -(\partial \zeta_B / \partial \theta)_\beta - \alpha_1,$$

$$\sigma_2 = -\alpha_1 - I_1 \ln \beta + B_0 \ln \theta - \sum_{\nu=1}^5 (\nu-1) B_{0\nu} \theta^{\nu-2} - b \sum_{\mu=1}^5 \beta^\mu \sum_{\nu=1}^{n(\mu)} z(\mu, \nu) B_{\mu\nu} X^{\nu(\mu, \nu)} - b \sum_{\mu=6}^8 \frac{\left[\frac{\sum_{\nu=1}^{n(\mu)} B_{\mu\nu} X^{\nu(\mu, \nu)} \left(z(\mu, \nu) - \frac{\sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} x(\mu, \lambda) b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)}}{\beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)}} \right) \right]}{\beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)}} \right]}{\beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)}} + \beta \left(\frac{\beta}{\beta_L} \right)^{10} \sum_{\nu=0}^6 \left[\left\{ \frac{10\beta_L'}{\beta_L} + \nu b \right\} B_{9\nu} X^\nu \right]$$

比エンタルピー

$$h/(p_{c1} v_{c1}) = \varepsilon_2 = \zeta_B + \alpha_0 + \alpha_1 \theta + \theta \sigma_2,$$

$$\varepsilon_2 = \alpha_0 + B_0 \theta - \sum_{\nu=1}^5 B_{0\nu} (\nu-2) \theta^{\nu-1} - \sum_{\mu=1}^5 \beta^\mu \sum_{\nu=1}^{n(\mu)} B_{\mu\nu} \{ 1 + z(\mu, \nu) b \theta \} X^{\nu(\mu, \nu)} - \sum_{\mu=6}^8 \frac{\left[\frac{\sum_{\nu=1}^{n(\mu)} B_{\mu\nu} X^{\nu(\mu, \nu)} \left([1 + z(\mu, \nu) b \theta] - \frac{b \theta \sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} x(\mu, \lambda) b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)}}{\beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)}} \right) \right]}{\beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)}} \right]}{\beta^{2-\mu} + \sum_{\lambda=1}^{l(\mu)} b_{\mu\lambda} X^{\nu(\mu, \lambda)}} + \beta \left(\frac{\beta}{\beta_L} \right)^{10} \sum_{\nu=0}^6 \left[\left\{ 1 + \theta \left(\frac{10\beta_L'}{\beta_L} + \nu b \right) \right\} B_{9\nu} X^\nu \right]$$

$B_0 = 1.683\,599\,274 \times 10^1$	$B_{32} = 1.069\,036\,614 \times 10^{-1}$	$B_{90} = 1.936\,587\,558 \times 10^2$
$B_{01} = 2.856\,067\,796 \times 10^1$	$B_{41} = -5.975\,336\,707 \times 10^{-1}$	$B_{91} = -1.388\,522\,425 \times 10^3$
$B_{02} = -5.438\,923\,329 \times 10^1$	$B_{42} = -8.847\,535\,804 \times 10^{-2}$	$B_{92} = 4.126\,607\,219 \times 10^3$
$B_{03} = 4.330\,662\,834 \times 10^{-1}$	$B_{51} = 5.958\,051\,609 \times 10^{-1}$	$B_{93} = -6.508\,211\,677 \times 10^3$
$B_{04} = -6.547\,711\,697 \times 10^{-1}$	$B_{52} = -5.159\,303\,373 \times 10^{-1}$	$B_{94} = 5.745\,984\,054 \times 10^3$
$B_{05} = 8.565\,182\,058 \times 10^{-2}$	$B_{53} = 2.075\,021\,122 \times 10^{-1}$	$B_{95} = -2.693\,088\,365 \times 10^3$
$B_{11} = 6.670\,375\,918 \times 10^{-2}$	$B_{61} = 1.190\,610\,271 \times 10^{-1}$	$B_{96} = 5.235\,718\,623 \times 10^2$
$B_{12} = 1.388\,983\,801 \times 10^0$	$B_{62} = -9.867\,174\,132 \times 10^{-2}$	$b = 7.633\,333\,333 \times 10^{-1}$
$B_{21} = 8.390\,104\,328 \times 10^{-2}$	$B_{71} = 1.683\,998\,803 \times 10^{-1}$	$b_{61} = 4.006\,073\,948 \times 10^{-1}$
$B_{22} = 2.614\,670\,893 \times 10^{-2}$	$B_{72} = -5.809\,438\,001 \times 10^{-2}$	$b_{71} = 8.636\,081\,627 \times 10^{-2}$
$B_{23} = -3.373\,439\,453 \times 10^{-2}$	$B_{81} = 6.552\,390\,126 \times 10^{-3}$	$b_{81} = -8.532\,322\,921 \times 10^{-1}$
$B_{31} = 4.520\,918\,904 \times 10^{-1}$	$B_{82} = 5.710\,218\,649 \times 10^{-4}$	$b_{82} = 3.460\,208\,861 \times 10^{-1}$

ただし、上式における項の番号 $n(\mu)$, $l(\mu)$ および $z(\mu, \nu)$, $x(\mu, \lambda)$ は付表2のとおりである。

付表2.

μ	$n(\mu)$	$z(\mu, \nu)$			$l(\mu)$	$x(\mu, \lambda)$		μ
		$\nu=1$	$\nu=2$	$\nu=3$		$\lambda=1$	$\lambda=2$	
1	2	13	3	—	—	—	—	1
2	3	18	2	1	—	—	—	2
3	2	18	10	—	—	—	—	3
4	2	25	14	—	—	—	—	4
5	3	32	28	24	—	—	—	5
6	2	12	11	—	1	14	—	6
7	2	24	18	—	1	19	—	7
8	2	24	14	—	2	54	27	8

(3) 部分領域 3

圧力

$$p/p_{c1} = \beta_3 = -(\partial\psi_c/\partial\chi)_\theta,$$

$$\begin{aligned} \beta_3 = & -\left\{C_{01} + \sum_{\nu=2}^{11} (1-\nu)C_{0\nu} \chi^{-\nu} + C_{012} \chi^{-1}\right\} - \left\{C_{11} + \sum_{\nu=2}^6 (1-\nu)C_{1\nu} \chi^{-\nu} + C_{17} \chi^{-1}\right\}(\theta-1) \\ & - \left\{C_{21} + \sum_{\nu=2}^7 (1-\nu)C_{2\nu} \chi^{-\nu} + C_{28} \chi^{-1}\right\}(\theta-1)^2 - \left\{C_{31} + \sum_{\nu=2}^9 (1-\nu)C_{3\nu} \chi^{-\nu} + C_{310} \chi^{-1}\right\}(\theta-1)^3 \\ & + 5C_{41} \chi^{-6} \theta^{-23}(\theta-1) - 6\chi^5 \sum_{\nu=0}^4 C_{6\nu} \theta^{-2-\nu} \end{aligned}$$

比エントロピー

$$s/(p_{c1} v_{c1}/T_{c1}) = \sigma_3 = -(\partial\psi_c/\partial\theta)_\chi - \alpha_1,$$

$$\begin{aligned} \sigma_3 = & -\alpha_1 - \left\{C_{11} \chi + \sum_{\nu=2}^6 C_{1\nu} \chi^{1-\nu} + C_{17} \ln \chi + C_{50}\right\} - 2\left\{C_{21} \chi + \sum_{\nu=2}^7 C_{2\nu} \chi^{1-\nu} + C_{28} \ln \chi\right\}(\theta-1) \\ & - 3\left\{C_{31} \chi + \sum_{\nu=2}^9 C_{3\nu} \chi^{1-\nu} + C_{310} \ln \chi\right\}(\theta-1)^2 + (C_{40} + C_{41} \chi^{-5})(22\theta^{-23} - 23\theta^{-24}) \\ & - C_{50} \ln \theta + \chi^6 \sum_{\nu=0}^4 \{(\nu+2)C_{6\nu} \theta^{-3-\nu}\} - \sum_{\nu=0}^8 \{(\nu+1)C_{7\nu}(\theta-1)^\nu\} \end{aligned}$$

比エンタルピー

$$h/(p_{c1} v_{c1}) = \varepsilon_3 = \psi_c + \alpha_0 + \alpha_1 \theta + \theta \sigma_3 + \chi \beta_3,$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_3 = & \alpha_0 + \left\{(C_{00} - C_{012} - C_{50}) - C_{11} \chi + \sum_{\nu=2}^{11} \nu C_{0\nu} \chi^{1-\nu} - \sum_{\nu=2}^6 C_{1\nu} \chi^{1-\nu} + (C_{012} - C_{17}) \ln \chi\right\} \\ & + \left\{(-C_{17} - C_{50}) - (C_{11} + 2C_{21}) \chi + \sum_{\nu=2}^6 (\nu-1)C_{1\nu} \chi^{1-\nu} - 2 \sum_{\nu=2}^7 C_{2\nu} \chi^{1-\nu} - 2C_{28} \ln \chi\right\}(\theta-1) \\ & + \left\{-C_{28} - (2C_{21} + 3C_{31}) \chi + \sum_{\nu=2}^7 (\nu-2)C_{2\nu} \chi^{1-\nu} - 3 \sum_{\nu=2}^9 C_{3\nu} \chi^{1-\nu} - (C_{28} + 3C_{310}) \ln \chi\right\}(\theta-1)^2 \\ & + \left\{-C_{310} - 3C_{31} \chi + \sum_{\nu=2}^9 (\nu-3)C_{3\nu} \chi^{1-\nu} - 2C_{310} \ln \chi\right\}(\theta-1)^3 + (23C_{40} + 28C_{41} \chi^{-5})\theta^{-22} \\ & - (24C_{40} + 29C_{41} \chi^{-5})\theta^{-23} + \chi^6 \sum_{\nu=0}^4 \{(\nu-3)C_{6\nu} \theta^{-2-\nu}\} - \sum_{\nu=0}^8 \{C_{7\nu}(1+\nu\theta)(\theta-1)^\nu\} \end{aligned}$$

$C_{00} = -6.839\,900\,000 \times 10^0$	$C_{17} = -7.747\,430\,160 \times 10^0$	$C_{40} = 2.759\,717\,760 \times 10^{-6}$
$C_{01} = -1.722\,604\,200 \times 10^{-2}$	$C_{21} = -4.298\,850\,920 \times 10^0$	$C_{41} = -5.090\,739\,850 \times 10^{-4}$
$C_{02} = -7.771\,750\,390 \times 10^0$	$C_{22} = 4.314\,305\,380 \times 10^1$	$C_{50} = 2.106\,363\,320 \times 10^2$
$C_{03} = 4.204\,607\,520 \times 10^0$	$C_{23} = -1.416\,193\,130 \times 10^1$	$C_{60} = 5.528\,935\,335 \times 10^{-2}$
$C_{04} = -2.768\,070\,380 \times 10^0$	$C_{24} = 4.041\,724\,590 \times 10^0$	$C_{61} = -2.336\,365\,955 \times 10^{-1}$
$C_{05} = 2.104\,197\,070 \times 10^0$	$C_{25} = 1.555\,463\,260 \times 10^0$	$C_{62} = 3.697\,071\,420 \times 10^{-1}$
$C_{06} = -1.146\,495\,880 \times 10^0$	$C_{26} = -1.665\,689\,350 \times 10^0$	$C_{63} = -2.596\,415\,470 \times 10^{-1}$
$C_{07} = 2.231\,380\,850 \times 10^{-1}$	$C_{27} = 3.248\,811\,580 \times 10^{-1}$	$C_{64} = 6.828\,087\,013 \times 10^{-2}$
$C_{08} = 1.162\,503\,630 \times 10^{-1}$	$C_{28} = 2.936\,553\,250 \times 10^1$	$C_{70} = -2.571\,600\,553 \times 10^2$
$C_{09} = -8.209\,005\,440 \times 10^{-2}$	$C_{31} = 7.948\,418\,420 \times 10^{-6}$	$C_{71} = -1.518\,783\,715 \times 10^2$
$C_{010} = 1.941\,292\,390 \times 10^{-2}$	$C_{32} = 8.088\,597\,470 \times 10^1$	$C_{72} = 2.220\,723\,208 \times 10^1$
$C_{011} = -1.694\,705\,760 \times 10^{-3}$	$C_{33} = -8.361\,533\,800 \times 10^1$	$C_{73} = -1.802\,039\,570 \times 10^2$
$C_{012} = -4.311\,577\,033 \times 10^0$	$C_{34} = 3.586\,365\,170 \times 10^1$	$C_{74} = 2.357\,096\,220 \times 10^3$
$C_{11} = 7.086\,360\,850 \times 10^{-1}$	$C_{35} = 7.518\,959\,540 \times 10^0$	$C_{75} = -1.462\,335\,698 \times 10^4$
$C_{12} = 1.236\,794\,550 \times 10^1$	$C_{36} = -1.261\,606\,400 \times 10^1$	$C_{76} = 4.542\,916\,630 \times 10^4$
$C_{13} = -1.203\,890\,040 \times 10^1$	$C_{37} = 1.097\,174\,620 \times 10^0$	$C_{77} = -7.053\,556\,432 \times 10^4$
$C_{14} = 5.404\,374\,220 \times 10^0$	$C_{38} = 2.121\,454\,920 \times 10^0$	$C_{78} = 4.381\,571\,428 \times 10^4$
$C_{15} = -9.938\,650\,430 \times 10^{-1}$	$C_{39} = -5.465\,295\,660 \times 10^{-1}$	
$C_{16} = 6.275\,231\,820 \times 10^{-2}$	$C_{310} = 8.328\,754\,130 \times 10^0$	

(4) 部分領域 4

圧力

$$p/p_{c1} = \beta_4 = \beta_3 - (\partial\psi_D/\partial\chi)_s,$$

$$\beta_4 = \beta_3 + \sum_{\mu=3}^4 \sum_{\nu=0}^4 \nu D_{\mu\nu} y^\mu \chi^{-\nu-1} - y^{32} \sum_{\nu=0}^2 \nu D_{5\nu} \chi^{\nu-1}$$

ここで,

$$y = (1-\theta)/(1-\theta_1)$$

比エントロピ

$$s/(p_{c1} v_{c1}/T_{c1}) = \sigma_4 = \sigma_3 - (\partial\psi_D/\partial\theta)_x,$$

$$\sigma_4 = \sigma_3 + \frac{\sum_{\mu=3}^4 \sum_{\nu=0}^4 \mu D_{\mu\nu} y^{\mu-1} \chi^{-\nu} + 32 y^{31} \sum_{\nu=0}^2 D_{5\nu} \chi^\nu}{1-\theta_1}$$

比エンタルピ

$$h/(p_{c1} v_{c1}) = \varepsilon_4 = \varepsilon_3 + \psi_D + (\sigma_4 - \sigma_3)\theta + (\beta_4 - \beta_3)\chi,$$

$$\varepsilon_4 = \varepsilon_3 + \sum_{\mu=3}^4 \sum_{\nu=0}^4 D_{\mu\nu} \{(1-\mu+\nu)y + \mu/(1-\theta_1)\} y^{\mu-1} \chi^{-\nu} - y^{31} \sum_{\nu=0}^2 D_{5\nu} \{(31+\nu)y - 32/(1-\theta_1)\} \chi^\nu$$

$$\begin{array}{lll}
 D_{30} = -1.717\,616\,747 \times 10^0 & D_{40} = 1.301\,023\,613 \times 10^0 & D_{50} = 3.426\,663\,535 \times 10^{-4} \\
 D_{31} = 3.526\,389\,875 \times 10^0 & D_{41} = -2.642\,777\,743 \times 10^0 & D_{51} = -1.236\,521\,258 \times 10^{-3} \\
 D_{32} = -2.690\,899\,373 \times 10^0 & D_{42} = 1.996\,765\,362 \times 10^0 & D_{52} = 1.155\,018\,309 \times 10^{-3} \\
 D_{33} = 9.070\,982\,605 \times 10^{-1} & D_{43} = -6.661\,557\,013 \times 10^{-1} & \\
 D_{34} = -1.138\,791\,156 \times 10^{-1} & D_{44} = 8.270\,860\,589 \times 10^{-2} &
 \end{array}$$

(5) 飽和領域 5

比容積

$$v/v_{c1} = x_5 = x_f + x_5 (x_g - x_f)$$

ここで, x_5 : 乾き度

添字 f と g はそれぞれ液相と気相を表わし, 次のようになる.

$$x_f = x_4 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}, \quad x_g = x_3 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}$$

比エントロピー

$$s/(P_{c1} \cdot v_{c1}/T_{c1}) = \sigma_5 = \sigma_f + x_5 (\sigma_g - \sigma_f)$$

$$\sigma_f = \sigma_4 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}, \quad \sigma_g = \sigma_3 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}$$

比エンタルピー

$$h/(P_{c1} \cdot v_{c1}) = \varepsilon_5 = \varepsilon_f + x_5 (\varepsilon_g - \varepsilon_f)$$

$$\varepsilon_f = \varepsilon_4 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}, \quad \varepsilon_g = \varepsilon_2 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}$$

(6) 飽和領域 6

比容積

$$v/v_{c1} = x_6 = x_f + x_6 (x_g - x_f)$$

$$x_f = x_1 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}, \quad x_g = x_2 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}$$

比エントロピー

$$s/(P_{c1} \cdot v_{c1}/T_{c1}) = \sigma_6 = \sigma_f + x_6 (\sigma_g - \sigma_f)$$

$$\sigma_f = \sigma_1 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}, \quad \sigma_g = \sigma_2 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}$$

比エンタルピー

$$h/(P_{c1} \cdot v_{c1}) = \varepsilon_6 = \varepsilon_f + x_6 (\varepsilon_g - \varepsilon_f)$$

$$\varepsilon_f = \varepsilon_1 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}, \quad \varepsilon_g = \varepsilon_2 \{ \theta, \beta_k(\theta) \}$$

2. 使用法

2-1 サブプログラムについて

このプログラムには、次に示すサブプログラムが含まれている。すなわち

(1) STEAMT

SI 単位系にて各値を計算するための中核となるサブルーチンである。

(2) SUB1~4

SI 単位系にて比容積，比エンタルピ，比エントロピを各部分領域に対して計算する。
サブルーチンである。

(3) BETA3,4

SUB3,4 を計算する場合に使用するファンクションである。

(4) CKFUNC

飽和圧力を与えて飽和温度を計算するサブルーチンである。

(5) BKFUNC

飽和温度を与えて飽和圧力を計算するファンクションである。

(6) BLDT

各サブプログラム中の式の定数を与えるブロック・データである。

2-2 データの入力方法

入力データの形式としては、1 枚のカードに、P (圧力, bar), CT (温度, °C), X (乾き度)
の順で

FORMAT(3D20.10)

にて入力させる。ただし

- (1) 過熱蒸気，水の場合は，P および CT に所要の値を入れ，X = -1 とすること。
- (2) 飽和蒸気の場合は，P に所要の値を入れ，CT = -1，X = 1 とするか，CT に所要の値を入れ，
P = -1，X = 1 とすること。
- (3) 飽和水の場合は，P および CT は(2)と同様に入れ，X = 0 とすること。
- (4) 湿り蒸気の場合は，P および CT は(2)と同様に入れ，X に所要の値を入れること。

2-3 出力方法

出力データとしては，REGION (領域番号)，P (圧力)，CT (温度)，X (乾き度)，SV (比容積)，SH (比エンタルピ)，SS (比エントロピ) を SI 単位系および重力単位系にて出力する。
出力形式については ▼ 3，使用例 ▼ を参照のこと。

2-4 エラーメッセージ

エラーメッセージとしては，計算不能のデータが入力された場合

** DATA ERROR ** P (入力)，CT (入力)，X (入力)

を印字し，REGION，P，CT，X，SV，SH，SS の何れに対しても -1 の値を入れ，出力データとして

印字させる。

2-5 テスト結果, 時間, 精度

テスト結果としては, 1968年日本機械学会蒸気表に記載してある範囲は正常に計算できることを確め, とくに臨界点付近についても問題なく計算できることを確めてある。所要時間は, 入力データによって多少異なるが, CPUタイムとして20MS程度である。精度は1968年日本機械学会蒸気表と略々同じであり, 5~6桁と考えてよい。

3. 使用例

3-1 入力データ

0.1967330410D+03	0.6000000000D+03	-0.1000000000D+01
0.1967330410D+03	-0.1000000000D+01	0.0000000000D+01
0.1967330410D+03	-0.1000000000D+01	0.5000000000D+00
0.1967330410D+03	-0.1000000000D+01	0.1000000000D+01
-0.1000000000D+01	0.3000000000D+03	0.1000000000D+01

3-2 出力データ

```

SUBREGION NUMBER = 2
** SI UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.1961330410D+03 BAR
TEMPERATURE = 0.6000000000D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION = -0.1000000000D+01
SPECIFIC VOLUME = 0.1855907487D-01 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.3538990717D+07 J/KG
SPECIFIC ENTROPY = 0.6516397236D+04 J/KG/DEG.K
SUBREGION NUMBER = 5
** SI UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.1961330410D+03 BAR
TEMPERATURE = 0.3640731703D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION = 0.0
SPECIFIC VOLUME = 0.1990156644D-02 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.1807188389D+07 J/KG
SPECIFIC ENTROPY = 0.3985869111D+04 J/KG/DEG.K
SUBREGION NUMBER = 5
** SI UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.1961330410D+03 BAR
TEMPERATURE = 0.3640731703D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION = 0.5000000000D+00
SPECIFIC VOLUME = 0.4088684765D-02 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.2123597308D+07 J/KG
SPECIFIC ENTROPY = 0.4482339662D+04 J/KG/DEG.K
SUBREGION NUMBER = 5
** SI UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.1961330410D+03 BAR
TEMPERATURE = 0.3640731703D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION = 0.1000000000D+01
SPECIFIC VOLUME = 0.6187212885D-02 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.2440006227D+07 J/KG
SPECIFIC ENTROPY = 0.4978810213D+04 J/KG/DEG.K
SUBREGION NUMBER = 6
** SI UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.8592691998D+02 BAR
TEMPERATURE = 0.3000000000D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION = 0.1000000000D+01
SPECIFIC VOLUME = 0.2164871752D-01 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.2751028941D+07 J/KG
SPECIFIC ENTROPY = 0.5708116657D+04 J/KG/DEG.K

```

```

** GRAVITY UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.2000000000D+03 AT
TEMPERATURE       = 0.6000000000D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION  = -0.1000000000D+01
SPECIFIC VOLUME   = 0.1855907487D-01 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.8452737769D+03 KCAL/KG
SPECIFIC ENTROPY  = 0.1556415414D+01 KCAL/KG/DEG.K

```

```

** GRAVITY UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.2000000000D+03 AT
TEMPERATURE       = 0.3640731703D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION  = 0.0
SPECIFIC VOLUME   = 0.1990156644D-02 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.4316397180D+03 KCAL/KG
SPECIFIC ENTROPY  = 0.9520088936D+00 KCAL/KG/DEG.K

```

```

** GRAVITY UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.2000000000D+03 AT
TEMPERATURE       = 0.3640731703D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION  = 0.5000000000D+00
SPECIFIC VOLUME   = 0.4088684765D-02 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.5072127227D+03 KCAL/KG
SPECIFIC ENTROPY  = 0.1070588899D+01 KCAL/KG/DEG.K

```

```

** GRAVITY UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.2000000000D+03 AT
TEMPERATURE       = 0.3640731703D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION  = 0.1000000000D+01
SPECIFIC VOLUME   = 0.6187212885D-02 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.5827857273D+03 KCAL/KG
SPECIFIC ENTROPY  = 0.1189168904D+01 KCAL/KG/DEG.K

```

```

** GRAVITY UNITS **
ABSOLUTE PRESSURE = 0.8762105513D+02 AT
TEMPERATURE       = 0.3000000000D+03 DEG.C
DRYNESS FRACTION  = 0.1000000000D+01
SPECIFIC VOLUME   = 0.2164871752D-01 CU.M/KG
SPECIFIC ENTHALPY = 0.6570722583D+03 KCAL/KG
SPECIFIC ENTROPY  = 0.1363360831D+01 KCAL/KG/DEG.K

```