動力炉・核燃料開発事業団における高速炉 構造材料データベースの開発*

和田 雄作¹

The Development of Database System on LMFBF Structural Materials in PNC, Japan

by Yusaku WADA¹

1. Materials Development Section, Systems and Components Division, O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC), O-arai-machi, Higashi-Ibaraki-gun, Ibaraki 311-13

1. はじめに

データ処理システムを検討する上での大きなポイントの一つとして、対象とするデータの性質を十分に把握しておくことがあげられる。このため、多少冗長にはなるが、まず高速炉の構造材料の特徴と取り扱うデータの内容から説明を進めるものとする。

高速炉の構造材料は、従来の軽水炉等の発電用原子力プラントと比較して、

- ① 高温すなわちクリープ現象が生じる温度域で使用され、
 - ② 原子炉冷却材（熱媒体）に金属ナトリウムが使用され、
 - ③ 原子炉容器内部では、中性子照射を受ける
- 等が相違点となっている¹⁾。

クリープ温度域における構造材料の使用経験は、既に発電用火力プラントで蓄積されている。このため、使用材料の選定に当たっては、この火力発電の実績に依存する部分もかなりある。しかし、高速炉では、熱媒体であるナトリウムがプラントの運転温度域において常圧で液体であるため、火力発電の場合と異なり、構造材料に作用する内圧負荷が小さいという特徴がある。逆に、ナトリウムは構造材料への熱伝達がいいため、図1に示すように、ナトリウムの温度変化に伴う過渡的な熱応力が生じやすい。こうした熱応力が断続的に繰り返されるため、構造材料のクリープ疲労損傷を防止するような設計配慮が重要となってくる²⁾。

高速炉が耐繰返し熱応力設計であり、火力発電の耐圧設計とは思想を異にしており、それにともなって構造材料に対する要求にも違いがでてくる。理解を早めるため、図2のような概念図を使用して説明を行うことにする。内圧のような荷重制御型の応力に対しては、強度に優れた材料の方が、ひずみも発生しにくくクリープ破断時間も長い。しかし、熱応力のような変位制御型の応力に対しては、応力-ひずみ挙動の相連に依存し、強度に優れた材料であっても、発生する応力が高くなれば、クリープ破断時間が低降伏比の高延性材料よりも短くなる場合も生じ得る。変位制御型の応力は、それ自体が自己平衡型であるため、材料自体の強度と変形挙動のバランスに依存しており、設計評価を行う上で、材料の非弾性ひずみ挙動（塑性、クリープ）を考慮して、生じる応

力を適切に予測し、その上で高温強度を評価する必要がある。このため、従来のプラント設計と比較して複雑な評価体系を採らざるを得ない。

適用する材料については、使用実績が重要視される。表1に、稼動中、建設中あるいは計画中の各国の高速炉において、使用されている構造材料の一覧を示した。非常に限定された材料が使用されているのが理解できる。

以上に述べたとおり、高速炉の構造材料に対する強度評価に際しては、種々の高温材料特性を総合的に把握する必要がある。その意味で、「限定された材料を対象に、広範囲の材料特性を、適切な信頼性を確保した上で、統計的な解析あるいは長時間外挿を行う」ために、あるいは「優れた特性を有する材料の開発・改良を進める」ために、データベースの果たすべき役割は大きい。こうした背景の下に、先駆的にシステムの開発・利用を図ってきている。

2. 開発初期のデータベースの特徴とその開発の経緯

構造材料データ処理システム（SMATシステム：Structural MAterials Data Processing System）の開発は、いくつかの段階を経て現在に至っている。

開発に先だって、最初にデータの基本的な構成を示すのが重要な作業であり、そのためにはデータシートの書式を決める必要があった。表2は、データ処理システムに入力すべきデータの内容の概要を示したものである。一本の試験片に対して、試験片の来歴に係わるデータ（左側の欄）と材料特性に関するデータ（右側の欄）とに大きく分類できる。データシートは、この各識別ラベル毎に書式が与えられている。図3に CREEP の場合のデータシートを示した。試験片1本毎にかなりの量のデータが入力されるのが、本システムの特徴でもある。また、開発当初は、図4に示すようなデータの構成を採った³⁾。

Phase-I (1981-1982) は、上記データシートの書式に対応する大型計算機上でのデータベースを中心とする処理システムの開発であり、単純なファイル管理と定型的なデータ検索と処理を主眼において、とにかく迅速な検索ができるように努力した。このため、当時において実績のあった富士通が開発した AXEL 言語に着目し、これをベースに開発した³⁾。本システムは当初は便利であったが、定型処理よりも非定型処理が実際の作業の中心になるに従い、非定型処理には手間と時間がかかり、AXEL 言語そのものの理解も要求されるため、次第にデータ処理の流れがセンター機から研究室に備え付きの小型計算機へと移っていった。こ

* 1990年1月8日受理 1989年6月28日 資源・素材学会資源経済部門委員会主催「資源情報の収集、解析、評価に関する講演会」にて一部講演

1. 動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター 機器構造開発部材料開発室室長

キーワード：構造材料、高速炉、データベース、材料強度、高温

図1 高速炉構造に発生する熱応力の例

図2 応力の型と対応するクリープ強度の模式図

の小型計算機は、室内の材料試験装置から得られるデータを、オンラインで計測するシステムの中核をなすものである⁴⁾。種々のデータの処理に関して、小型計算機上に個人のデータベースを構築し、利用者側がデータ検索とその解析を、試行錯誤をしながら進めた時期でもあった。これは、いまのパーソナルコンピュータ（パソコン）時代のある意味で前兆でもあった。利用者の要求というものは、絶えず変化していくものであり、それに応えなければシステムは使われなくなることを、この時点ではっきりと示し

ていた。定型処理を繰返し実施するならば、データハンドブックのようなものをきちんと整備しておくことで十分対応できたのであった。利用者はデータを自由に扱いたいのであり、それがファクトデータベースの基本ともいえる。システムの原型ができながら、新しいデータベースの在り方を模索して、利用者のニーズに則したシステムの改良を進めなければならなかった。これはファクトデータベースにとって宿命的なものと考えられるし、その経験を早期に得たため、システム開発を急がず、慎重に進めること

表1 世界各国の高速増殖炉用構造材料の一覧

国名 プラント名	日本		アメリカ	西ドイツ	フランス		イギリス	欧州統一	ソ連	
	もんじゅ	実証炉	CRBRP	SNR300	Phenix	Super-Phenix	PFR	EFR	BN350	BN600
出力 (MW)	280	未定	380	300	250	1200	270	未定	150	600
温度条件 (°C) IHX 1次入口/出口 2次入口/出口 SG 蒸気出口	529/397 325/505 487	検討中	535/390 344/502 482	546/375 335/520 500	560/397 350/550 512	542/392 345/525 487	552/400 370/532 516	検討中	500/300 273/453 436	580/410 320/520 505
炉容器	304SS	304SS 有力	304SS	304SS	316SS	316-L(N) SS	321SS	316-L(N) SS	304相当	304相当
1次系配管	304SS	ループ型 304SS有力	316SS CL 304SS	304SS	無し	無し	無し	無し	304相当	無し
中間熱交換器 (IHX)	304SS	304SS 有力	304SS	304SS	316SS	316-L(N) SS	321SS	316-L(N) SS	304相当	304相当
2次系配管	304SS	検討中	316SS CL 304SS	304SS	316SS CL 304SS	316-L(N) SS	321SS	316-L(N) SS	不明	316SS相当 CL2¼Cr-1Mo相当
蒸気発生器 (SG)	蒸発器	2¼Cr-1Mo	Mod9Cr-1Mo	2¼Cr-1Mo	2¼Cr-1MoNb	Alloy800	2¼Cr-1MoNb	Mod9Cr-1Mo	2¼Cr-1Mo相当	2¼Cr-1Mo相当
	加熱器	321SS	その他 検討中	2¼Cr-1Mo	321SS		316SS →9Cr-1Mo	9Cr-1Mo	2¼Cr-1Mo相当	304相当
プラントの現状	建設中	概念設計 段階	建設段階 で中止	運転許可 待ち	運転中	運転中	運転中	概念設計 段階	運転中	運転中
炉型	ループ型	検討中	ループ型		タンク型				ループ型	タンク型

表2 大型計算機に入力されるデータの内容一覧

識別ラベル	データ内容	備考	識別ラベル	データ内容	備考
MASTER	マスタデータ 報告書番号、報告機関、 試験機関、著者など	試験条件 データ	TENSILE	引張試験成績データ 試験環境(雰囲気、温度)、 負荷条件など 試験結果(0.2%耐力、引 張強さ、弾塑性ひずみ挙 動など)	試験結果 データ
MATERIAL	材料データ 化学成分、機械的性質、 熱処理条件など		CREEP	クリープ試験成績データ 試験環境(雰囲気、温度)、 負荷条件など 試験結果(クリープ破断時 間、第3期クリープ開始時 間、定常クリープ速度、ク リープひずみ挙動など)	
WELDING	溶接データ 溶接方法、溶接に用いた 材料の識別番号など			リラクセーション試験成績 データ 試験環境(雰囲気、温度)、 負荷条件など 試験結果(応力緩和挙動 など)	
TEST SPECIMEN	試験片データ 試験片形状、試験片寸法 など		RELAXATION		
ADDITIONAL HEAT TREATMENT	付加的熱処理データ 材料製造時の熱処理と試 験片に加えられた付加的 熱処理に関するデータ		LOW CYCLE FATIGUE	低サイクル疲労試験成績デ ータ 試験環境(雰囲気、温度)、 負荷条件など 試験結果(破損繰返し数、 応力挙動など)	
SODIUM EXPOSURE CONDITION	ナトリウム浸漬条件データ 材料製造後から材料試験 中にいたるまでの間に試 験材料または試験片に加 えられた条件		INTERNAL PRESSURE CREEP	内圧クリープ試験成績デー タ クリープとほぼ同じ	
IRRADIATION CONDITION	照射条件データ 同 上				

		10	20	30	40	50	60	70	80
A	CREEP								
B-1	GNRL		Mater. Ident. No.	Weld. Ident. No.	Test Spec. Id. No.	Process. Before Test Heat T. Id. No. Sod. E. Id. No. Irr. C. Id. No.			
B-2			Test Environment	Sod. E. Id. No.	Irr. C. Id. No.				
C	COND		Test Specimen No.	Test Machine No.	Test Temp. (°C)	Nominal Stress (kg/mm ²)			
D	LOAD		Loading Time (min)	Strain on Load (%)					
E	RSLT		Rupture Time (h)	Fracture Elongation (%)	Reduction of Area (%)	Fract. Locat. A, B or C BM, WM etc.	No. of Test Interr.		
F-2	CURVE	No. of Card n	t(1) (h)	ε(1) (%)	t(2)	ε(2)	t(3)	ε(3)	
F-3			t(4)	ε(4)	t(5)	ε(5)	t(6)	ε(6)	
⋮									
F-n			t(m)	ε(m)	...	...			
G	CPROP		Steady (Second.) Creep Rate (%/h)	Primary Creep Strain (%)	Secondary Creep Strain (%)	Tertiary Creep Strain (%)	Time to Secondary Creep (h)	Time to Tertiary Creep (h)	

図3 データシートのイメージ例 (クリープ特性の場合)

図4 構造材料強度データの構成図

になった。

Phase-II (1983-1984)は、小型計算機をベースとした種々の解析プログラムの開発が一段落して、解析そのものが少しずつパターン化し始めた時期であった。この段階では、データは共通のファイルにて利用者が相互に管理し合った。解析プログラムは個人が自由に開発してきたPhase-Iの時期の種々のプログラムを、体系的に整理し直し、全体のプログラム管理を進めた。データのメンテナンスは、実質的には個々のデータファイル毎に担当者を決め、自主的にあるいは利用者のクレームに応じて、データの拡充・増補と適宜修正を図っていた⁵⁾。

Phase-III (1985-1986)は、Phase-Iで開発された大型計算機上でのサブシステム、SMAT-T, SMAT-U, SMAT-C, SMAT-COMおよびSMAT-HELPと、Phase-IIで開発された解析プログラムSMAT-MSSを統合することが試みられ、利用者支援の解析機能を有したシステムの構築が図られた⁶⁾。Phase-IIIにおけるシステム構成の概略を図5に示す。また、データベースとサブシステムの関係を図6に示す。

Phase-IIIまでの開発を経て、解析機能の充実を図られたものの、データの登録と検索機能については、Phase-I段階でシステムが内包していた基本的な問題を解決することはできず、この

図5 Phase-IIIでのシステム構成の概念図

図6 Phase-IIIでのデータ処理の流れ

図7 Phase-IV の機能概要

機能の向上に際しては抜本的なシステムの見直しが必要となっていた。

初期の3段階の開発経験から学んだ大きな点は、以下の5項目である⁷⁾。

① システム開発の専門家とシステム利用者との間で、正確な情報交換を行い、意思の疎通を十分に図っておく必要があり、まずはシステム利用者が基本仕様を十分に詰め、要求機能を明確にしておくことが肝要である。

当時としては止むを得ぬ状況ではあったが、Phase-I では開発にたずさわっている利用者の側の仕様の詰めが机上の検討に終始し、実際の利用者のニーズを読み切れなかった。

② システム利用者間でも、開発・運営側と一般利用者との情報交換が必要である。一般利用者のニーズ(強度評価・材料開発等の研究者、機器・構造の設計者、安全解析者、規制側担当者な

ど)を、広範囲に把握しておかなければならない。

Phase-I～Ⅲを通じて、システム開発者が利用者の代表となつて、自分に都合の良いシステムを頭に描く傾向が否めない。一般利用者の立場になった発想が必要であることを改めて認識した。

③ システムの膨張はかえって使いにくくなる。「Simple is best.」である。サポート機能は充実させる方が望ましいが、それを押しつけてはいけぬ。利用者がシステムを、自分の思いのままに、それぞれのレベルに応じて使いこなしていくようにしなければならない。

Phase-Ⅲで、Phase-Iをベースに機能の拡充を検討したが、いくらお化粧をしても、システムを重たくしていくばかりで、現実的ではなかった。データベースの設計の根本から見直す発想が必要であった。

④ データの入力が、一作業である。効率的なデータ登録シス

図8 Phase-IVにおけるコマンド体系概要

テムを用意しなければならない。データシートへの記入ミス、入力時のミス等で生じたデータの虫は、システムを使い込むことでしか発見は困難である。

データの入力には苦勞しているが、その管理体制を含めてシステム化の必要性を痛感した。

⑤ 入力されたデータそのものの信頼性をどう確保するかが、運用に際しての現実的な問題である。データの収集、選別等の方法は、専門家が集まって判断すべきであり、そのための基準の明確化も必要である。データベースは、機能もあるが、まずはその取り扱うデータの質で評価される。

3. 高性能のデータベースへの改良

3.1 データベースの改良方向

Phase-IIIに続く、Phase-IV (1987-1989) では、開発目標を下記においている⁸⁾。

① 計算機資源の有効利用 既存の計算機上にデータベースを構築するのが通常であり、ハードウェア環境との整合を重視しなければならない。

② 柔軟構造 データベースに対する要求は、技術の進歩とともに変化し、硬直化したデータ構造では、それに対応できない。データベースは、今後長く利用者に供される性格のものである。

③ 利用者本位 どんなに開発者がいいシステムだと自負していても、利用者から見て不便であれば利用はされない。特に、現在のように高性能のパソコンの普及が進めば、自分でデータファイルを作成して保有する方が便利である。これに打ち勝つだけの利用者本位 (User Friendly) な機能の充実とデータの整備が

重要である。

④ マニュアルレス 一般利用者の利用の上で、手引書を読むのが面倒という問題があり、手引書がなくても会話形式で作業が進むようにする必要がある。

現在データベースモデルとして利用されているものは、種々の変形モデルも提案されているが、基本的には、ツリー (階層) 型、ネットワーク (網) 型およびリレーショナル (関係) 型に集約される。これらのモデルは、いずれも未だファクトデータベースのモデル構築における完成された技術として構築されたものではなく、それぞれに長所・短所があり、データベースの目的に合った適用が必要となっている。階層型データベースは、人間の思考パターンをトレースするには最適であり、理解するのが容易で、定型処理が速いという特徴を有する反面、非定型処理には向かないという欠点を持っている。逆に、関係型データベースは、柔軟な構造を有し、利用者の種々の要求に対応できるが、階層型と比較して検索速度が遅いという欠点がある。しかし、最近では種々の改善が図られてきており、Phase-IIIのシステムの問題点と、Phase-IVでの開発目標に従い、新しいシステムの方角としては関係型データベースへの変更を打ち出した。その上でデータ規模 (本格的運用段階で約1GB) が大きくても実用上支障とならないように、検索速度の向上に対する開発努力を払う方向を選んだ。これにより、現状ではデータ件数100件当たり約15秒のアクセス時間となっている。

Phase-IVの機能概要を図7に示す。これらの機能の中で、特に重点をおいて開発を進めたのが、データ入力支援、データ検索支援およびデータ加工・出力支援の各利用者サブシステムである。

```

PLEASE SELECT USED DATABASE (1,2 OR 3)
1. PERSONAL (DEFAULT)
2. PUBLIC
3. PERSONAL AND PUBLIC
SELECT > 1
SE U01 > TENSILE(SUS304)
SE S01> 140
SE U02 > TENSILE(SUS316)
SE S02> 150
SE U03 > 1:TEMP=450
SE S03> 25
SE U04 > 1:TEMP=500
SE S04> 30
SE U05 > @HELP .DT
機能 : 検索データを画面に表示する。
構文 : .DT OPNO(タグ1,タグ2,...)
        (CURVE)
オペランド
タグ      : 出力対象タグ名
*         : 全データ
CURVE     : 挙動データ
SE U05 > 3:4
SE S05> 55

```

データベースの利用形態表示
データベースの利用形態選択
引張試験の標識 SUS304 検索
検索データ件数
引張試験の標識 SUS316 検索
検索データ件数
試験温度 450℃を絞り込み(SUS304)
絞り込み処理後のデータ件数
試験温度 500℃を絞り込み(SUS304)
絞り込み処理後のデータ件数
DTコマンド仕様の問い合わせ
DTコマンド仕様の表示
試験温度での絞り込み結果の総理と演算
総理と演算後のデータ件数

画面切り換え

(操作内容: ①利用データベース定義, ②引張試験結果検索と対象温度による絞り込み(SUS304対象), ③コマンド機能の問い合わせ, ④検索結果の集合)

図9-(a) SMAT-N 検索支援コマンド実行例-1

```

SE U07 > .DT 6:TR,STR
SE S07> 引張に関するデータを表示します。
SE U08 > .CD 2
SE S08> 以前投入したコマンドの再表示
SE U02 > TENSILE(SUS316)
SE S02> 以前投入したコマンド
SE U09 > 2:TEMP=450+TEMP=500
SE S09> 試験温度450,500℃を絞り込み(SUS316)
SE U10 > /DN UTS
SE S10> 絞り込み処理後のデータ件数
          登録タグ名の問い合わせ
登録タグ名   RDB内テーブル名   RDB内カラム名
UTS           TENSILE           TMULTS
日付         コメント
89-03-15     引張強度
表現値
-
          ID
          Q4021
SE U11 > .DT 9:TEMP,UTS
SE S11> TEMPはタグ辞書に登録されていません。
SE U11 > .DR TEMP
          データが存在するテーブル名
          データが存在するカラム名
          検索処理時の検索条件表現値
          データ登録メモ
テーブル名、カラム名、表現値を順次入力してください。
TABLE > TENSILE
COLUMN > INTMP
RESULT >
COMMENT > 引張試験温度
SE S11>タグ辞書に登録されました。

```

データリスト画面表示指示
以前投入したコマンドの再表示
以前投入したコマンド
試験温度450,500℃を絞り込み(SUS316)
絞り込み処理後のデータ件数
登録タグ名の問い合わせ
データリスト画面表示指示
タグ名TEMPが未登録のためエラー
タグ名登録指示
データが存在するテーブル名
データが存在するカラム名
検索処理時の検索条件表現値
データ登録メモ

画面切り換え

(操作内容: ①検索結果テーブルの表示, ②前投入コマンドの再表示, ③SUS316データの絞り込み, ④タグ名の問い合わせ, ⑤タグ登録)

図9-(b) SMAT-N 検索支援コマンド実行例-2

3.2 データ入力支援機能

データ入力支援機能の充実における基本的な構想は以下のとおりである。

- ① データ提供者あるいは入力担当者の労力の軽減
- ② 入力用装置(デバイス)の多様化
- ③ 入力データのチェック機能の強化

Phase-IVでは、標準の入力媒体として普及率が高く画面上の編集操作機能が充実しているパソコンを活用している。パソコンと

```

SE U12 > .DT 9:TEMP,UTS
SE S12> 引張試験に関するデータを表示します。
SE U13 > .CS 1-12,TENSEL
SE U14 > #TENSEL
SE U01 > TENSILE(SUS304)
SE S01> 140
SE U02 > TENSILE(SUS316)
SE S02> 150
SE U03 > 1:TEMP=450
SE S03> 25
SE U04 > 1:TEMP=500
SE S04> 30
SE U05 > 3:4
SE S05> 55
SE U07 > .DT 6:TR,STR
SE U02 > 引張に関するデータを表示します。
SE S02> .CD 2
SE U08 > TENSILE(SUS316)
SE S08> 150
SE U09 > 2:TEMP=450+TEMP=500
SE S09> 67
SE U12 > .DT 9:TEMP,UTS
SE S12> 引張試験に関するデータを表示します。

```

データリスト画面表示指示
引張試験に関するデータを表示します。
CS 1-12,TENSEL
SE U01~SE U12コマンドの定型コマンド登録
上記定型コマンドの再実行
定型コマンド実行リスト
(エラー終了及び再実行に影響のあるコマンドは、再実行しない)

(操作内容: ①検索結果テーブル表示, ②以上の操作を定型作業ファイルに登録, ③定型作業の実行)

図9-(c) SMAT-N 検索支援コマンド実行例-3

しては、MS-DOSを採用している機種を適用対象にしている。

本方式は、データ入力者が通常は材料試験の担当者であるという実態を踏まえて、材料試験担当者が最も入力しやすい方式を模索して選ばれたものである。これによって、図3に示すような市販のデータシートに記入するという面倒さも、データシートに種類の説明文を挿入印刷した専用のデータシートに対するパンチャーの煩わしさもなくなり、画面の指示に沿って入力するだけになっている。また、高速炉の構造材料の特徴として、非弾性の応力-ひずみ-時間挙動(塑性, クリブ)に関するデータの入力については、オンライン計測データの大量一括入力処理を整備するとともに、データの種々の入手経路と形式を考慮して、自由フォーマット形式により、磁気テープあるいはフレキシブルディスクからの直接入力および記録紙/図面などからのディジタイザによる読み込み入力に対する機能も併せて整備がなされた。

3.3 データ検索支援機能

関係型データベースは、構造としての柔軟さを有する反面、大規模なデータを取り扱うには検索時間を要するため、検索効率を向上させる工夫が必要となる。もちろん、検索時間は計算機の処理速度にも大きく依存するが、これはハードウェア環境によって支配される部分が多い。具体的な方策としては、

- ① 内部コードを効率的に利用したコマンド型の検索方式
- ② 非定型検索のパターン化とマクロ登録
- ③ タグ辞書の併設

を行っている。Phase-IVにおけるコマンド体系の概要は、図8

表3 SMAT-N ポスト・プロセッサの概要

プロセッサ名称	機能概要
PUTGRAPH	汎用図形出力システム: 会話機能により使用者指定フォーマットによる2次元グラフ(ノーマル、対数および正規確率分布紙)の作成・出力を行う。
MSS	材料強度基準値標準作成支援: 原型炉用構造材料強度基準作成時の解析手続きを基本として作成された標準的な基準値作成用のエキスパート・システム
MATLIB	材料特性解析用アプリケーション: 高温における基本材料特性解析用基本ルーチン・パッケージ(FORTRAN)
REGRES	汎用回帰解析システム: 会話型汎用回帰解析システムで標準的にF検定に基づいて有意差検定を行っている。初心者に関しては検定結果に基づき最適項選択支援(エキスパート)機能を有している。
HANDBOOK	材料データハンドブック作成: 指定鋼種の高温度材料強度および挙動に関する平均傾向値ならびに、データのばらつきに対する統計処理に基づく最下限値を示したグラフおよび表を参照し易い定型フォーマットで提供する。

図10 検索結果のPUTGRAPHによる出力例（レーザプリンタ）

FBR金属材料試験データハンドブック

FBR Metallic Material Test Data Handbook

図11 HANDBOOKによる市販グラフ用紙イメージの出力例

に示すとおりである。コマンドの実行例は、図9に示している。テーブル構造の工夫、内部コードの発生といった検索の効率化方策と、非定型検索を容易とするシステムの構築を実現させ、さらに一連の検索手順をマクロとして登録することによる検索作業の効率化を図っている。利用者は、同じことを何度も繰り返すことを非常に嫌うため、非定型検索が続いているときは苦痛ではないが、同じ検索を繰り返す場合には、それに応じたシステム側の対応が必要である。全くの定型の繰り返し検索を、ある実行パターンに従って実施する場合では、処理するデータと出力図面の量が大量になることが多く、バッチ処理で一括して作業を進める方が効率的なこともあるため、利用者のニーズに応じて対応できるようなシステムの構築を図っている。

3.4 データ加工・出力支援機能

表3に示すように、データの統計解析、材料特性の標準値算定、標準データパッケージ、検索データのグラフ出力、定型フォーマットによる出力などの一連のポスト処理のルーチンが用意されている。これらのルーチンは、Phase-IIの段階で開発されたプログラム類がベースとなっている。これらのルーチンは、あくまで利用者を支援するものである。利用者はその使用目的により種々のポスト処理を行うのが通常であり、共通的に使用がなされるものについて、必要なルーチンの整備を図っている。図10はPUTGRAPHのグラフ出力例であるが、市販のソフトではなく、独自に材料試験結果の整理図としての様式を検討して、この分野の専門家が見たときに違和感のない図のイメージを模索して、新たに開発されたルーチンである。図11はHANDBOOKのグラフ出力例であるが、図から直接数値を読み取る場合を想定して、標準データを標準のフォーマットに出力できるようにしているのが特徴である。PUTGRAPHでもこの市販グラフ用紙イメージの出力は可能であるが、通常は学会論文等を見てもわかるように、このような目盛りは使用されていない。かえって目障りとなることか

図12 MSSによる破損確率出力例

ら、標準としては図10のイメージを採用している。なお、図10の実線は、プロットされているデータに基づき、温度、応力および破断時間をパラメータにして、REGRESにより解析した結果である。図12は、高温疲労試験結果について、温度、ひずみ速度、繰返しひずみ範囲および破損繰返し数（疲労寿命）をパラメータに、REGRESにより汎用回帰解析（General Regression Analysis - 予め回帰式を定めずに解析する方法）を実施した結果のあてはめ性とばらつき評価を図示するMSSの出力例である。こうして標準化されたデータ類は、MATLIBの中にデータパッケージとして登録されている。

4. お わ り に

構造材料データ処理システム（SMAT）は、現在Phase-V（1990-1993）の段階を迎えようとしている。Phase-Vは、本格的な運用の段階である。開発者が意図した構想と限定された利用者による使用実績の積み重ねが、実際の広範囲な利用者を対象にした場合にどこまで期待に応えられるかは、現状でははっきりとした予測が立てられない。種々のクレーム処理が、特に初期の段階で発生することが予想され、その対応をどう行うかが大きな問題となる。そのクレームも、初心者へのコンサルタントから、高度の機能の要求まで、システムに係わる幅広いものとなるであろうが、実際にはそれよりもデータの中味そのものへの注文が多くなると思われる。このデータを入れてくれとか、このデータの値はおかしいとか、場合によっては著作権の問題も絡んでくる。登録するデータについては十分慎重でなくてはならない。このため、Phase-Vへ向けて、データのメンテナンス体制の整備を検討しているところであるが、最終的にはこの体制が大きな影響を

与えると考えている。

こうした一つ一つの利用者よりの注文に対応できてこそ、ファクトデータベースとしての真価が発揮できるのである。むしろ、それだけでも不十分で、さらに利用者を引きつける魅力がないと、継続しての利用は望めない。データベースの理想は、そこに自然とデータが集まってくる状態を実現することであり、登録されたことが誇りになるだけの権威あるシステムとして成長させていくことである。そのためには、軌道に乗るまでは、システム開発者が地道な努力の積み重ねをしていくことが重要であり、かなりのリスクを負って開発・運用を進め、これによって実績を示していくこと以外に、現在は他の手段が見出せていない。

データベースの開発は、時間と費用を伴う割には、開発・運用側にはあまりメリットはない。利用者の共通の財産として、長い目で育成していく努力が必要であると考えている。こうした流れの中で、運用のルールも次第に固まっていくものと期待している。

引 用 文 献

- 1) 和田雄作：配管技術，28〔No.10〕，pp.105-112（1986）
- 2) 和田雄作：材料，36〔411〕，pp.1423-1428（1987）
- 3) 加納 巖・和田雄作他：F U J I T S U，34〔No.4〕，pp.637-647（1983）
- 4) 和田雄作・荒川直人：オートメーション，28〔No.10〕，pp.50-51（1983）
- 5) 和田雄作：日本機械学会第577回講習会「材料力学とCAE」テキスト（1984）
- 6) 和田雄作・吉武明英他：動燃技報，56，pp.82-87（1985）
- 7) 和田雄作：日本溶接協会「原子力構造機器の材料・設計・施工検査に関する講習会」テキスト（1987）
- 8) 青砥紀身：日本溶接協会「原子力構造工学分野への知識工学応用に関する講習会」テキスト（1989）