

## わが国の計算科学技術用ソフトウェア開発プロジェクトの歴史

小池 秀耀\*

### History of Software Development Project for Computational Science in Japan

Hideaki Koike\*

#### 1. 概要

わが国では、実証ソフトウェアの開発を目指したプロジェクトはごく少数しか存在しない。ほとんどが研究開発の基礎研究である。これが、わが国が産業界で利用されるソフトウェア開発が欧米に大きく後れを取っている主な原因となっている。数少ない産業用の実証実用ソフトウェア開発プロジェクトとしては次のようなものがあげられる。

有限要素法による大型船体構造解析プログラム PASSAGE

汎用非線形構造解析システム FINAS

汎用 3次元流体解析システム開発プロジェクト プロジェクト

“ADVENTURE” 設計用大規模計算力学システム開発プロジェクト

高性能材料設計プラットフォーム OCTA 開発 (土井プロジェクト)

Si 半導体向けシミュレーションシステム

HyENEXSS

MEMS 用設計・解析支援システム

Mems-ONE 開発プロジェクト

戦略的基盤ソフトウェア・革新的シミュレーション・ソフトウェア開発プロジェクト

本特集ではこれら主要のプロジェクトについて、紹介する。もちろんこの外にも数多くの国のソフトウェア開発プロジェクトが実施されてきた。たとえば JST の計算科学技術用ソフトウェア開発

\*アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長

Representative director president , AdvanceSoft Corporation

プロジェクト ACT-JST では多数のソフトウェアが開発されている。また JAXA、日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所などの研究機関においても多くのソフトウェア開発プロジェクトが実施されてきた。しかしながら、これらのプロジェクトで開発されたソフトウェアは産業界で広く使われてはいない。これは、これらのプロジェクトが実用的ソフトウェアの開発というよりも技術的に最先端のものを研究開発することを主な目的にしていたこと主要な原因があろう。産業界にインパクトを与えるソフトウェア開発という基準から、これらのソフトウェアは対象外とする。

# 有限要素法による大型船体構造解析プログラム PASSAGE

小池 秀耀\*

## “PASSAGE” The Program for Analysis of Ship Structures with Automatically Generated Elements

Hideaki Koike\*

### 1. はじめに

有限要素法による大型船体構造解析プログラム PASSAGE(The Program for Analysis of Ship Structures with Automatically Generated Elements)は社団法人 日本造船研究協会が、運輸省、造船、海運、船級の各協会及び船舶振興等関係団体の総意により、造船工業会および海事協会の資金を中心に、政府、振興会の補助金によって、昭和 45 年 5 月より約 3 年をかけて開発したソフトウェアであり、わが国で計画された最初の汎用プログラム開発プロジェクトである[1]-[4]。プログラム開発ワーキンググループのリーダーは川井忠彦氏であった。開発費用は 3 億 6 千万円であり、学識経験者、造船技術者、システムエンジニア、プログラマー等、開発メンバーは約 50 名の大規模プロジェクトである。多くの斬新なアイデアがもられたプログラムが出来上がったが、オイルショックのため不幸にしてこのプログラムを実践設計に応用する機会はほとんどなかった[4]。

### 2. PASSAGE の概要[1]

文献[1]を引用し、PASSAGE の概要について紹介する。

#### 2.1. 解析対象範囲

船体構造は、補強材のある平板（または曲率の小さな曲面）で、3 次元的に構成されている。これに対して、静的弾性膜要素を用い、応力および変形の解析を全船構造あるいは局部構造（精密解析）に

\*アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長  
Representative director president , AdvanceSoft Corporation

ついて行う。基礎理論には変位法を用いる。

#### 2.2. 解析法

一般的にあって、有限要素法による大規模な構造解析を行う場合、解析法の選択にあたってとくに下記の点を考慮しなければならない。

- ・その構造物の形状（特長）をいかしたものであること。
- ・用いる計算機の主および補助記憶容量、およびその計算機の機能を十分にいかしうるものであること（これはプログラム構成のうえでも重要である）。

PASSAGE では、船体構造解析を目的としているので、その構造上の特長である細長くかつ同じ構造が繰返し用いられることに注目し、マルチ・レベルの substructure 法を採用している。

#### 2.3. プログラム構成

PASSAGE のプログラム構成を図 1 に示す。PASSAGE には、一般的な構造を解析する汎用的な機能と、限られた構造を対象とする専用の機能とがある。

後者は、とくにユーザーが指定した構造についてこれを計算機内に登録し（この機能を SPECIALIZING と呼ぶ）それ以後の計算については部材寸法、荷重、分割基準寸法などインプットすれば、その構造については、要素の自動分割、構造ユニットの自動組立て（TREE の作成）が行える機能である。

図中、DSET-2 と表示してあるところが、構造の TREE 構成（トポロジカル・データ）を指示するところであり、DSET-1 が TREE を構成する各構造ユニット（PASSAGE では SM と呼ぶ、Structural

Module の略で、サブルーチン化されている)に部材寸法、荷重、分割基準寸法などの指示を行うところである。

PREPRO(Pre-Processor)とは、構造解析用言語の一種である DSET-2 を FORTRAN へ翻訳するプログラムである。

STEP-1 では

- ( ) DSET-1 を呼び込み、それをチェックすること
- ( ) PREPRO を介して呼び込まれた DSET-2 のデータをチェックすること
- ( ) マルチ・レベルの substructure 法による剛性マトリックスと荷重ベクトルを作成すること(これは構造 TREE に従い各レベルにおいて消去される

点と、他の構造ユニットと接続するために残留する点に分けられる)

( ) STEP-3 のアウトプット・ジェネレータに対する指示データの作成などを行う。

STEP-2 は、連立方程式を解くために、STEP-1 の指示をうけて前進消去と、後退代入を行う。

STEP-3 では、STEP-1 からの指示をうけて、アウトプットデータの整理を行う。

構成については、このほかに各ステップのモジュール化、データファイルを介して行うデータ受け渡しなど、将来のプログラムの改良発展の便を計っている。

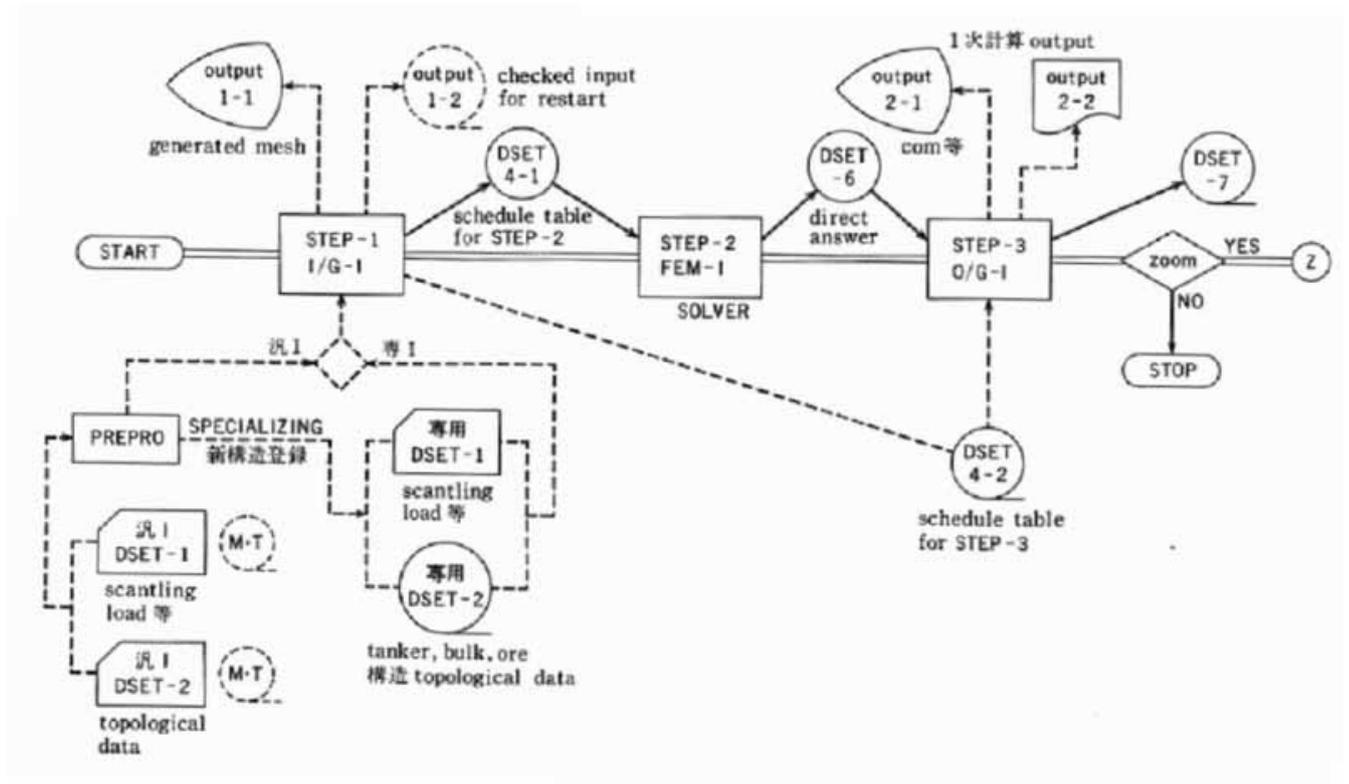


図 1 PASSAGE プログラム構成 文献[1]

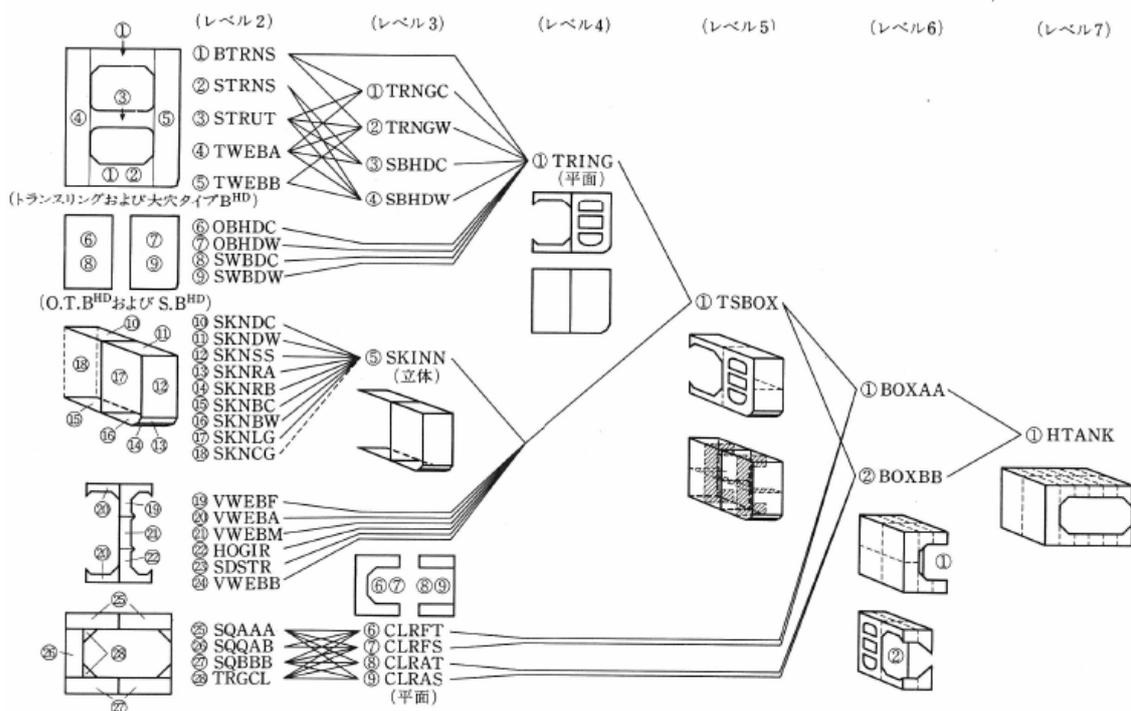


図 2 構造 TREE 図 (Oil tanker 用) 文献[1]

## 2.4. 専用船のインプットの自動化

Oil tanker、bulk carrier、ore carrier など最も多く建造される船種については、その標準的な構造様式について、SPECIALIZING の機能を用いて、あらかじめ構造パターンのファイルを内蔵させ、船体主要構造図面に記載された主要寸法、部材寸法、タンク（船倉）の長さなどの諸数値や、荷重としての波、貨物の比重と高さ、および分割基準寸法をインプットデータとして与えるだけで、メッシュ分割、荷重計算などをプログラム内で自動的に行うこと

かできる。なお、ここでいう構造パターンのファイル内蔵とは、図 2 に示すような構造 TREE が登録されているということである。そして、各レベルの構造ユニットはモジュール化されており、各種の構造様式に対応できるようになっている。また、図 2 ではレベル 2 より始まっているが、レベル 1 とは、図 3 のような、三角形や四辺形などの最も基本的な形状をした構造ユニットである。

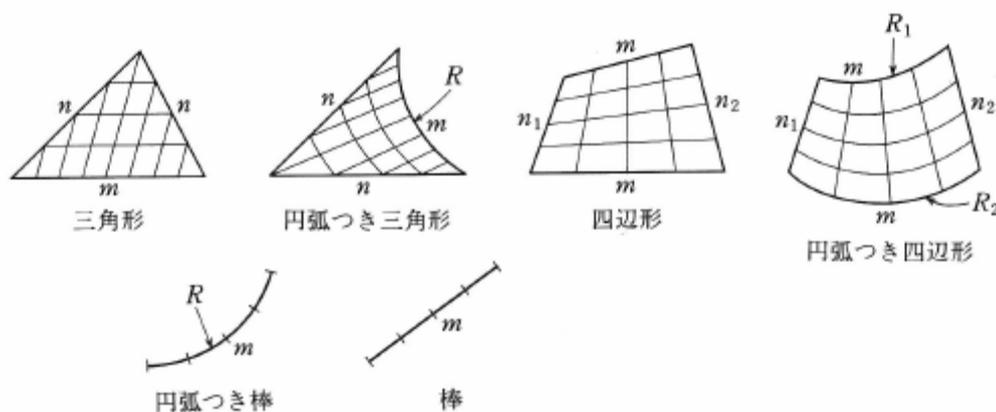


図 3 各種 IE 文献[1]

これらの基本構造ユニットに対しては、自動要素分割を用いており、これを PASSAGE では IE (Integrated Element)と呼んでいる。なお、図 2 では、例としてレベル 7 までしか示していないが、実際は全船を表現するためにレベル 13 まで考慮している。

### 3. 開発体制

社団法人 日本造船研究協会がその実施にあたった。社団法人 日本造船研究協会では船体構造解析プログラム開発室を置きここに同名の開発グループ B 班( 海事協会、造船会社の少壮技術者計 13 名、班長川井忠彦教授 )を駐在させて作業を行い、審議機関として学識経験者、関係団体代表者、研究者、設計責任者などをもって構成する船体構造解析プログラム開発委員会( 委員長吉識雅夫博士 )およびその下部委員会としての同名の開発グループ( 主査岡部利正三菱長崎技師長 )を置いた。プログラムの開発は日本 CDC に発注した。

### 参考文献

- [1] 日本構造協会編：“コンピュータによる構造工学講座 -7-A 薄板構造解析”，倍風館(1973)
- [2] 萩原孝一，壺岐哲夫：“有限要素法による大型船体構造解析プログラム“PASTRAL”の機能と構成について”，日本造船学会誌第 545 号，523 ( 昭和 49 年 11 月 )
- [3] 高田健：“船体構造解析プログラム“PASTRAL”について”，日本造船学会誌第 511 号，1 ( 昭和 47 年 1 月 )
- [4] 川井忠彦：“固体力学の世界を彷徨いあるいた 30 年”，生産研究，38 巻 8 号，325 (1986)

# 汎用非線形構造解析システム FINAS

小池 秀耀\*

## “FINAS” Finite Element Nonlinear Structural Analysis System

Hideaki Koike\*

### 1. はじめに

汎用非線形構造解析システム FINAS(Finite element Nonlinear structural Analysis System) は昭和 51 年度から動力炉・開発事業団(現 日本原子力研究開発機構)が開発を行っているソフトウェアである。FINAS は高速増殖炉における構造上の様々の課題を解決するための手段として開発されたものである[1]-[3]。実際のソフトウェア開発には CRC 総合研究所(現 CTC)が開発当初から参加している。初期の 5 年で汎用構造解析プログラムとしての枠組みと基本機能を完成させた後、拡張、改良を現在も行っている。開発の経緯については[1]に詳しい。以下、文献[1]に基づき FINAS 開発プロジェクトについて紹介する。

### 2. 開発の目的[1],[2]

初期の 5 年で汎用構造解析プログラムとしての枠組みと基本機能を完成させた後、拡張、改良を現在も行っている。昭和 60 年から国産の汎用構造解析ソフトウェアとして一般利用に供されている。国産ソフトウェアの開発を目指した最大の理由は「新しい技術を数値計算の中で実現する自前の乗り物となりうると言う点である」新しい研究成果が現れても外国ソフトに導入されるまで普及しないと海外ソフト依存型の体質から自立、あるいは先導型体質への転換の可能性を意味する」と言うことである。それから 25 年以上たった今も「海外ソフト依存型体質」から自立できていないわが国の現状は残念である。

### 3. FINAS 開発の経緯

FINAS の開発の経緯については文献[1]に取りまとめて紹介されている。以下、文献[1]に基づき、FINAS 開発の経緯について述べる。

#### 3.1. 背景

「動力炉・核燃料開発事業団(動燃)では、高速増殖炉の研究開発を進めているが、この中で材料のクリープ特性が無視できない高温領域で過渡熱荷重や地震荷重をうけるプラント構成機器、配管、容器等について供用中の健全性を評価する必要がある。このため動燃では昭和 51 年、有限要素法による大規模汎用非線形構造解析プログラムの開発に着手した。動燃が自主開発の道を選択した背景は次の点にあった。

高速増殖炉の開発に不可欠な高温構造設計法を技術的に確立するために非弾性解析プログラムが必要であった。

高速増殖炉コンポーネントの設計評価で汎用性のある解析プログラムが必要であった。

当時、非弾性解析法は新しい技術であり、関連する研究開発成果を独自の判断で取り入れ、実用化できる解析プログラムを自ら有する必要があるがあった。

既存の汎用コード等をブラックボックスで利用する場合、開発成果の反映や結果の妥当性検証等に困難が予想された。

一般の会社や大学等にこの種の汎用プログラムの開発を期待するのは難しく、自ら主体的に推進する必要があるがあった。」

昭和 51 年当時は市販の汎用構造解析ソフトウェアもそれほど整備されていなかった時代であり、

\*アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長  
Representative director president , AdvanceSoft Corporation

プリポスト・プログラム、メッシュジェネレータは黎明期にあり、市販の並列コンピュータは存在しなかった。構造解析のプログラムが実用プログラムとして先頭を走っていた時代である。

### 3.2. FINAS の開発経過

「図 1 に示すように 1976 年からほぼ 5 年の区切りで開発を進めた。各フェーズのポイントは次の通りである。

フェーズ I (1976-1980): FINAS の基盤構築。線形弾性解析のための基本要素, ソルバーなど骨格が整う。塑性, クリープ, スエリングの古典的モデルおよび定常、非定常温度解析機能を含む。1980 年、動燃内で利用開始。

フェーズ II (1981-1985): 汎用非線形プログラムとしての形が整う。非弾性、大変形、動的解析及び温度解析機能を拡充

フェーズ III (1986-1990): 非弾性解析における高精度構成モデルの導入、破壊力学的解析機能、流体構造連成解析機能の開発。大変形・座屈解析の効率化。カラーグラフィックス導入による解析結果の可視化。EWS 版 FINAS 作成。1986 年 FINAS セミナー開催。

フェーズ IV (1991-1995): 要素の追加、解析機能の改良・整備。PC 版 FAINAS 作成。1995 年、第 1 回ユーザー会議開催。」

### 3.3. プログラムの規模

要素の種類は約 80、総ステップ数は 26 万程度 [1]。ただし、現在も継続的に整備・拡張が行われているのでプログラムの規模はさらに大規模となっているものと思われる。

### 3.4. 開発体制

開発は、動燃が株式会社 CRC 総合研究所に作業委託する形で進められたが、動燃の担当技術者との間の打ち合わせが頻繁かつ緊密に行われた。年間平均すると約 6 名の専門技術者が従事した。

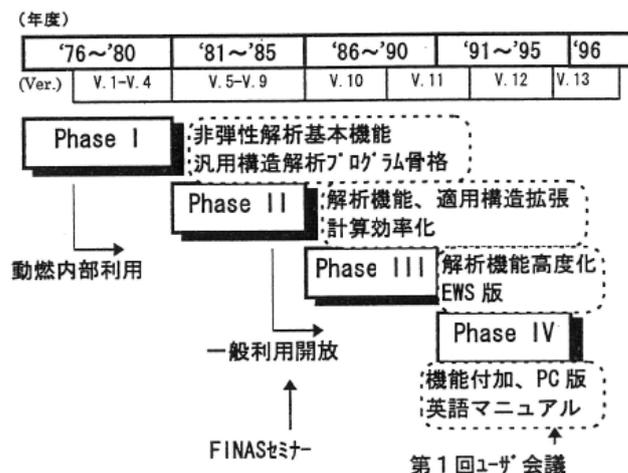


図 1 FAINAS 開発の経過 [1]

### 4. FINAS の現状

FINAS は現在も日本原子力研究開発機構で使用されており、改良も継続されている。

また CTC (伊藤忠テクノソリューションズ株式会社) が商用化しており、長年にわたって販売、改良、整備を継続して行ってきた。商用版の FINAS については CTC のホームページ [4] に掲載されている。ただし CTC は、最近、FINAS の後継ソフト FINAS/STAR の販売している。FINAS の商用版の最新版はバージョン 18.0 であると思われる。文献 [4] にその機能の概要が示されている。

後継ソフトウェア FINAS/STAR の概要は文献 [4] によれば以下のとおりである。

「FINAS/STAR は、FINAS の後継として、伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 (CTC) が開発を進めている並列汎用非線形構造解析システムである。

産業界の CAE ソフトウェアに対する要求は益々高度化しており、設計および研究開発の現場で、下記のような精密で複雑なシミュレーションを行うことができる実用解析システムが求められている。

- 実験を代替できるような精密なモデルによる解析
- 金属やコンクリート等の複雑な変形挙動を予測できる非線形解析
- 実世界の物理現象をそのまま扱うマルチフィジ

ックス解析など

FINAS/STAR は、このような高度化するシミュレーションへの期待に応えるべく、新たに開発された有限要素法の構造解析システムである。CTC は、FINAS を始め、これまでに数々の解析システムの開発に携わってきた。FINAS/STAR は、CTC の長年の数値解析技術の蓄積のもとに、最新の解析理論とソフトウェア設計理論に基づいて開発されている。

FINAS/STAR は、自動車・機械などの製造業界および橋梁やビルなどの建設業界で要求される多彩な解析機能から、原子力業界等で要求される特殊機能をふくめ、汎用構造解析システムとしての広範な機能を有している本格的な並列解析システムである。

2008 年下期よりモニター顧客での利用を開始、2009 年 10 月に一般公開。」

## 5. 汎用構造解析ソフト開発について

文献[1]では FINAS の開発経験から汎用構造解析ソフト開発について次のように述べている。

「現在、産業界で広く利用されている汎用構造解析ソフトとしては、NASTRAN, ANSYS, ADINA, SAP, MARC, ABAQUS, DYNA3D そして FINAS などが挙げられる。これらは、数値解法や機能等においてそれぞれ特徴を持っているが、利用され続けるためには世の中の日進月歩のニーズに応じて改良、拡張を進めていかなければならない。ここでは既存の汎用構造解析ソフトの機能ではなく、商品化に至る開発の特徴について振り返ってみたい。日本で広く利用されている構造解析ソフトについて次の 2 点が指摘できよう。

そのほとんどが欧米で開発されたものである。

開発のルーツは、ほとんどが大学、国立研究機関あるいは原子力プラント、航空機などの大規模な公益的技術開発に携わる会社にある。その後、ソフトベンダーが引き継ぐなどして一般産業界に普及している。

NASTRAN は NASA が開発し、MSC 社などの民間会社が引き継いでいる。ASKA, SAP, ADINA

などは大学で開発されたソフトである。CASTEM はフランス CEA で開発され、高速増殖炉スーパーフェニックスの設計開発に利用された。ANSYS は、もともと米国ウェスチングハウス社で WECAN の開発に従事した技術者によりスワンソン社で開発された。ABAQUS は MARC の開発メンバーの一人が中心となって開発が行われた。」

FINAS の長期的な発展についてその条件を文献[1]では次のように指摘している。

計算機等環境の変化に対して迅速に対応する。  
新しい解析手法について敏感である。

ユーザーのニーズを常に拾っている。

クライアントサービスが丁寧で迅速である。

高い品質（信頼性、効率）を維持している。

実績がある。またそれが広く知られている。

## 参考文献

- [1] 月森和之, 岩田耕司: “FINAS の現状と将来展望”, 計算工学講演会論文集, 1, 771(1996)
- [2] 岩田耕司: “汎用非線形構造解析システム FINAS の開発と利用”, 動燃技報, No 75, 479 (1990)
- [3] 動燃 30 年史: 174 ページ 動力炉・核燃料開発事業団
- [4] CTC のホームページ:  
(<http://www.engineering-eye.com/FINAS/FINAS/index.html>)

## 汎用3次元流体解析システム開発プロジェクト プロジェクト

小池 秀耀\*

## Development of Advanced Fluid-Dynamic Analysis Code “ -FLOW ”

Hideaki Koike\*

## 1. はじめに

近年、エレクトロニクスの進歩に支えられて、コンピュータによる流体解析（数値流体力学）が急速に発展しており、流体の研究、技術開発に新しい局面を切り拓きつつある。とくに、スーパーコンピュータの性能向上の影響は大きく、流体に関する従来の研究開発方法を大きく変えつつある。これにともない、最新のハードウェアに対応し、かつ、誰もが入手可能で、使い易く、信頼性の高い汎用流体解析ソフトウェアの開発が強く望まれている。

しかしながら、コンピュータの性能が向上し複雑な現象も解析可能となるにしたがい、ソフトウェアは巨大化・複雑化する一方である。このため、汎用性の高い大型ソフトウェアの開発には莫大な資金と人材を必要とし、一民間企業や一研究機関で開発を行うことは困難となりつつある。

このような状況を背景に、通商産業者の支援のもとに民間企業と大学等の研究機関が協力して、当時の最新のハードウェアに対応した“汎用3次元流体解析システム -FLOW”を開発した[1]~[9]。この開発プロジェクトは“プロジェクト”と呼ばれている。-FLOWは1992年春に完成した。-FLOWは4年の歳月と13億円を投入した、世界最大規模の流体解析ソフトウェアであり、数値流体解析の普及と発展に寄与するものとして期待されていた。このような大型科学技術計算用ソフトウェアの開発は、いままでわが国ではほとんど例を見ないものである。また、プロジェクトは民間企業46社（構成員会社15社、賛助会員31社）が開発資金を負担し、通商産業省の

\*アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長  
Representative director president, AdvanceSoft Corporation

支援のもとに、大学などの研究機関と協力して実施したプロジェクトであり、その形態は従来にないものである。大型科学技術計算用ソフトウェアはハードウェアの進歩によりいっそう重要性を増しているが、その開発は極めて困難になりつつある。-FLOWの開発は、このような大型科学技術計算用ソフトウェア開発の1つの方向を示すものとして、参考となる点が多い。

富士総合研究所は、プロジェクトの実施機関である流体解析システム研究会より委託を受け、-FLOWの開発を行った。筆者はプロジェクトの準備段階から参加するとともに、富士総合研究所における開発責任者を担当した。本稿では筆者の体験に基づき、-FLOWの開発について解説する。ただし、プロジェクトは関係者の数ひとつを取っても100人を越える大規模プロジェクトであり、そのすべてについて解説することは困難である。ここでは、-FLOWの開発の技術的側面に焦点を絞り解説する。

## 2. -FLOW

本論に入る前に、-FLOWの概要について簡単に説明する。-FLOWについては既に多く解説[1]~[8]があり、富士総研技報でも特集が組まれている。詳細についてはこれらの文献を参照されたい。

-FLOWはスーパーコンピュータ（ベクトル計算機）とワークステーションを活用した汎用3次元流体解析システムであり、次のような特徴を持っていた。

最新の流体解析技術が取り入れられている。  
ベクトル計算向きに作成されており、スーパーコンピュータの能力を十分引き出すことがで

きる。

ワークステーションを活用しマンマシン・インターフェイスの機能を飛躍的に向上させている。エキスパート・システムの導入により、数値解析の専門家でなくても解析を容易に行える。

データ管理システムが用意されており、計算結果、入力データ、実験データ等の管理が容易である。

モジュール化が徹底されており、機能の追加、改良が容易である。

ゲートウェイ・モジュールを開発したことにより、解析モジュールを容易に追加、削除できる。共通のマンマシン・インターフェイスにより、多数の解析モジュール群を一つのプログラムのようには操作できる。

解析モジュールの機能が充実しており、広範な流体問題に対応できる。具体的には以下の解析モジュールが用意されている。非圧縮性流体解析（BFC、デカルト・円筒座標系）、自由表面を含む非圧縮性流体解析、圧縮性流体解析、燃焼・化学反応を含む流れ解析、熱伝導解析、物質移動解析。固体の熱伝導と流れの連成解析も行える。

図 3.1 に -FLOW のソフトウェア構成を示す。この図からわかるようにマンマシン・インターフェイス部と解析モジュール群はゲートウェイ・モジュールを介して接続されている。ゲートウェイ・モジュールを導入することにより各モジュールの独立性が確保でき、プログラムの修正・改良が容易となった。

-FLOW の規模はプログラムのライン数にして約 60 万ラインである。

### 3. プロジェクト

プロジェクトは、東京大学秋山守教授の提唱による産学官の国家プロジェクトである。

#### 3.1. プロジェクトの目的

プロジェクトの目的は、流体解析の実用化と普及を目指し、1990 年代の標準的汎用 3 次元流

体解析システム -FLOW を産学官協同で開発することであった。同時に、プロジェクトは、わが国における大型科学技術計算用ソフトウェアの開発・保守体制を確立し、広く基盤技術の構築に貢献することも目的の 1 つとしていた。

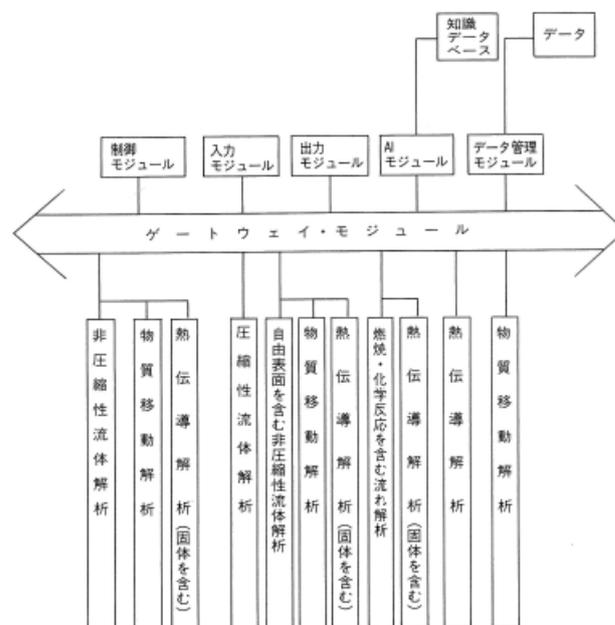


図 3.1 -FLOW のシステム構成[1]

#### 3.2. プロジェクトの推進体制

プロジェクトの実施機関として「流体解析システム研究会」が新たに設立された。流体解析システム研究会は民間会社、大学等の研究機関により構成されるが、その中心は構成員と呼ばれる民間会社（15社）である。この他、民間企業による賛助会員も設けられた。これらの構成員と賛助会員は広く一般から公募された。したがって、プロジェクトには誰でも参加することができた。構成員会社の一覧を表 3.1 に示す。表 3.1 に見られるようにプロジェクトにはわが国のスーパーコンピュータ・メーカー3社をはじめ各分野の企業が参加している。図 3.2 に流体解析システム研究会の組織図を示す。流体解析システム研究会の最高決定機関は構成員各社の代表から構成される運営委員会である。研究会の運営に関する助言を目的として特別顧問（秋山守東京大学教授）が設けられている。技術的な問題は技術委員会（委

員長、秋山守東京大学教授)で検討された。技術委員会のメンバーは構成員各社の代表と大学等の研究機関の研究者により構成された。技術委員会に参加された大学等の研究者の方々は以下のとおりである。

- 秋山 守 東京大学教授(委員長)
- 小林 敏雄 東京大学生産技術研究所教授
- 高橋 亮一 東京工業大学教授
- 水田 浩 宇宙開発事業団参事
- 村上 周三 東京大学生産技術研究所教授

表 3.1 流体解析システム研究会構成員[1]

旭化成工業株式会社、大阪ガス株式会社 株式会社竹中工務店、株式会社 ゼクセル 東京電力株式会社、株式会社 東芝 東レ株式会社、NKK 株式会社 日本電気株式会社、株式会社 日立製作所 富士通株式会社、株式会社 富士総合研究所 松下電工株式会社、丸紅 株式会社 三菱重工業株式会社
--

ング・グループの下に、-FLOWの検証結果の検討を目的とした検証ワーキング・グループ、必要とするハードウェアの環境を検討するハードウェア・ワーキング・グループおよび検収ワーキング・グループが設置され、活動を行った。また、大学等の研究機関への委託研究も行った。流体解析システム研究会の規約などについては運営委員会の下に設置された法務ワーキング・グループで詳細な検討を行った。

プロジェクトの特徴は図 3.2に見られるように、流体解析のユーザー、スーパーコンピュータ・メーカー、大学等の研究機関およびソフトウェア開発会社が協力して実用的な流体解析システムを開発した所にある。大規模な科学技術計算用ソフトウェアの開発には莫大な開発費と総合的技術が必要であり、プロジェクトに見られるような協力体制は今後の大型科学技術計算用ソフトウェアの開発体制のプロトタイプとなりうるものと考えられる。

### 3.3. -FLOWの開発

ソフトウェアの開発は流体解析システム研究会より株式会社 富士総合研究所に委託された。開発の委託先を一社とし、責任体制を明確にしたところがプロジェクトの特徴の1つである。

### 3.4. 開発費用と期間

プロジェクトの開発費用は約13億円である。プロジェクトの期間は1988年3月から1992年3月である。-FLOWの開発資金は構成員各社と賛助会員が負担した。なお、この研究会に関連して富士総合研究所が基盤技術研究促進センターから試験研究の融資を受けた。

### 3.5. 成果物の帰属

研究終了後(1992年3月)構成員各社は-FLOWを含む研究成果のすべてを共有し、各社に持ち帰り自由に使用することができた。賛助会員には-FLOWのロードモジュールが配布された。

構成員会社は-FLOWの販売権も所有してい

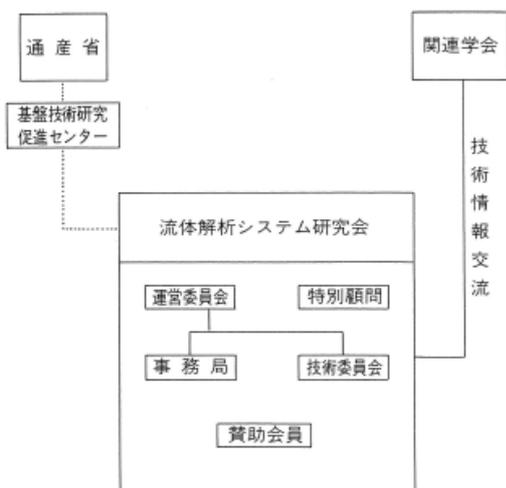


図 3.2 流体解析システム研究会の組織[1]

技術的な詳細については構成員各社と研究機関の研究者で構成される技術ワーキング・グループで検討した。この技術ワーキング・グループは技術委員会の下に設けられた。さらに技術ワーキ

るので、今後、構成員会社により  $\alpha$ -FLOW の商品化、改良、販売などが行われた。富士総合研究所も  $\alpha$ -FLOW の販売、保守、改良などを行った。

#### 4. プロジェクトの発足まで

前述したように プロジェクトの形態は前例

のないものであり、このようなプロジェクトが、なぜ、どのようにして発足したかを明らかにしておくことは重要であろう。本節では プロジェクトの発足の経緯について述べる。参考までに、表 4.1 に プロジェクトの年表を示す。

表 4.1  $\alpha$ -FLOW の開発年表

年 月 日	技術検討会	ドキュメント等	富士総合研究所の活動
1987年 1月 3月			PANDORA プロジェクトに着手 「汎用流体解析システム PANDORA 開発計画書」作成 「流体解析システム研究会 企画書」
6月26日	流体解析システム開発に関する検討会		
8月20日	第1回流体解析システムの開発に関する懇談会		「汎用流体解析システム PANDORA 開発計画書(案)(第2版)」 基盤技術研究促進センターへの融資申し込み 「機械設計及びエンジニアリングプラント設計等の高度化の為の流体解析システム」の試験研究
9月10日			
10月8日	第2回流体解析システムの開発に関する懇談会	<ul style="list-style-type: none"> <li>流体解析システム開発計画書(案)</li> <li>流体解析システム研究会計画書(案)</li> <li>流体解析システム研究会に関する協定書(案)</li> <li>運営規約(案)</li> </ul>	
10月26日	第3回流体解析システムの開発に関する懇談会		
11月10日	流体解析システム研究会 第1回設立準備会		
11月18日	第1回技術ワーキンググループ		
11月19日	第1回法務ワーキンググループ		
11月25日	流体解析システム研究会 第2回設立準備会		
12月2日	第2回技術ワーキンググループ		
12月5日	第2回法務ワーキンググループ		
12月8日	流体解析システム研究会 第3回設立準備会	<ul style="list-style-type: none"> <li>汎用流体解析システム 開発計画書</li> <li>流体解析システム研究会 設立趣意書</li> </ul>	
12月10日			
12月25日	流体解析システム研究会 第4回設立準備会		
1988年 3月15日	流体解析システム研究会設立	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究計画書</li> </ul>	$\alpha$ -FLOW の開発に着手
6月10日	第1回技術委員会		
11月15日	第2回技術委員会		
1989年 3月24日	第3回技術委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>1988年度成果報告書</li> <li>プロトタイプ・プログラム</li> <li>1989年度研究計画書</li> </ul>	
6月6日	第4回技術委員会		
10月19日	第5回技術委員会		
1990年 3月16日	第6回技術委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>1989年度成果報告書</li> <li><math>\alpha</math>-FLOW テストバージョン</li> <li>1990年度成果報告書</li> </ul>	
5月25日	第7回技術委員会		
10月30日	第8回技術委員会		
1991年 3月19日	第9回技術委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>1990年度成果報告書</li> <li><math>\alpha</math>-FLOW 第0バージョン</li> <li>1990年度研究計画書</li> </ul>	
6月20日	第10回技術委員会		
11月13日	第11回技術委員会		
1992年 3月18日	第12回技術委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>1991年度成果報告書</li> <li><math>\alpha</math>-FLOW 第1バージョン</li> </ul>	$\alpha$ -FLOW の開発作業終了
1992年 6月			

#### 4.1. プロジェクト発足当時の流体解析ソフトウェアの現状

まず、プロジェクト発足当時(1988年ごろ)の流体解析ソフトウェアの現状について、振り返ってみる。

図 4.1 にコンピュータと数値流体力学の発展の様子を示す。驚くべきことに、1950年から1960年代の約20年間に数値流体力学の基本技術のほとんどが完成している。この間の流体解析の数値計算法は Roache の本[10]に集大成されている。

1970年代は数値流体力学の産業技術への本格的な応用が始まった時期である。原子力工学、航空宇宙工学などの先端技術分野を中心に1次元、2次元解析が実用化されている。この時代には米国を中心に多数のソフトウェア開発が実施された。これらのソフトウェアの多くは1970年代後半から1980年代初頭にかけて完成している。1976年にはスーパーコンピュータの代名詞にもなったCRAY-1が出現している。しかし、1970年代に開発に着手したソフトウェアは、いくつかの例外を別として、スーパーコンピュータ(ベクトル計算機)用には設計されていない。

年代	特徴	プログラム	解法	コンピュータ
一九七〇年以前	●計算流体力学の基本技術の確立	HEMP	MAC法	IBM7090 CDC6600 CDC7600
一九七〇年代	●先端分野への1次元, 2次元流体解析の応用	RELAP4 SOLAシリーズ TRAC	数値風洞計画(NASA) Beam-Warming法 一般化座標の普及	CRAY-1
一九八〇年代	●高精度化と3次元解析技術の確立	PHOENICS KIVA	PCG法の普及 高精度差分法の普及 数値風洞の完成(NASA)	HITAC S810 FACOM VP100 EWSの普及 NEC SX-2 CRAY-2 HITAC S820 グラフィック・スーパー
一九九〇年代	●3次元流体シミュレーションの普及	$\alpha$ -FLOW		FACOM VP2600 NEC SX-3

図 4.1 1990年代までの計算流体力学の発展[4]

1980年代は、スーパーコンピュータが本格的に普及した時代であり、スーパーコンピュータの能力を活用した計算の高精度化や3次元解析技術が確立された時代である。しかしながら、スーパーコンピュータの目覚ましい普及にもかかわらず、数値流体力学におけるスーパーコンピュータの活用は、まだ、一部の先進的研究機関、企業に限定されていた。1988年当時、大部分のユーザ

ーが、スーパーコンピュータの最も重要な利点であるベクトル化による計算速度向上が考慮されていない1970年代に開発された流体解析ソフトウェアを、スーパーコンピュータに移植して使用していた。また、入力データの作成、計算結果の表示などのマンマシン・インターフェイスの能力が、数値計算技術の進歩に対応できていなかった。3次元解析をはじめとした複雑で大規模な解析を実用化するためには、流体解析ソフトウェアのマンマシン・インターフェイス機能を充実させることが不可欠である。ワークステーションの発達はマンマシン・インターフェイスの飛躍的進歩を可能としつつあったが、これらのハードウェアを活用した流体解析ソフトウェアの開発が遅れていた。当時、世界中で様々な流体解析ソフトウェアが開発・使用されていたが一般に入手でき、かつ、実用的な流体解析ソフトウェアとなると数少なく、また、これらの既存の市販ソフトウェアは1970年代の設計思想に基づいて開発されており、スーパーコンピュータとワークステーションを十分活用したものはなかった。

このような状況の中で、産学官の協力により国際的水準の新世代流体解析ソフトウェアを日本で開発しようという気運があった。このなかで、プロジェクトの発足にもっとも大きな影響を与えたのは株式会社 芙蓉情報センター(現在、みずほ情報総研)で検討されていた汎用流体解析システム PANDORA の開発構想であろう。PANDORA の基本構想は  $\alpha$ -FLOW の原型となったものである。

## 4.2. PANDORA プロジェクト

### 4.2.1. 科学技術用汎用ソフトウェアの開発構想

PANDORA プロジェクトは、1986年から1987年にかけて芙蓉情報センター・科学技術第2部で検討されていた TITAN 計画という科学技術用汎用ソフトウェアの開発構想の1つである。TITAN 計画は、数値シミュレーションの中核となる汎用大型ソフトウェアを順次開発していこうというもので、1987年当時、最優先で開発すべきソフトウェアとして、半導体素子設計シミュレータ

ORION[11]とPANDORAおよび電磁界解析プログラムTRAMP[12]を検討していた。これらのソフトウェアはいずれもスーパーコンピュータと分散処理およびオープン・アーキテクチャを意識したものであった。参考のために、ORIONの開発計画書とシステム構成図を図4.2～図4.4に示す。ゲートウェイ・モジュールを導入したシステムの構想は後の-*FLOW*と共通である。

このような計画をたてた動機は次のようなものであった。まず当時、スーパーコンピュータに代表されるように、LSI技術の飛躍的な進歩によりハードウェアの性能（計算速度や記憶容量など）が急速に向上し、数値シミュレーションの対象が急激に拡大した。このため、科学技術用ソフトウェアが大型化・複雑化し、その開発費用が急激に上昇するとともに、ソフトウェア開発の技術的な困難さが増大し必要とする優秀な技術者の確保が難しくなったことがあげられる。また、ハードウェアの進歩は今日のダウン・サイジングの潮流を予感させるものがあり、請け負い型のソフトウェア開発業務のみの事業形態からの脱皮の必要性を感じていたという社内事情もあった。しかし、TITAN計画を構想した最大の理由は、大

型の科学技術計算用ソフトウェアがすべて欧米、とりわけ米国で開発されたものであり、わが国の科学技術計算用ソフトウェア開発が、少なくとも産業技術の分野では、米国のソフトウェアのキャッチアップに終始していたように思えたことにある。

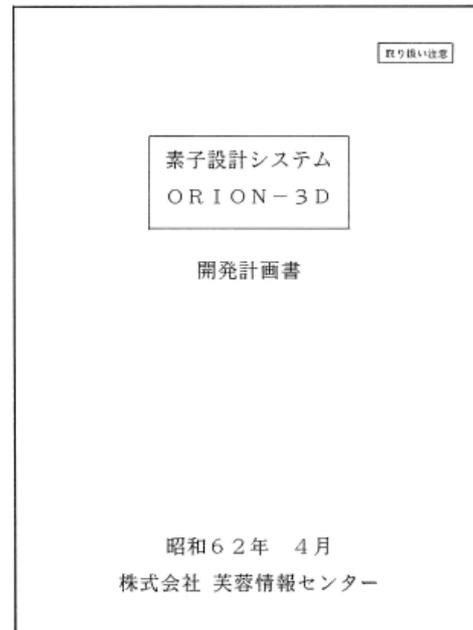


図 4.2 ORION 開発計算書

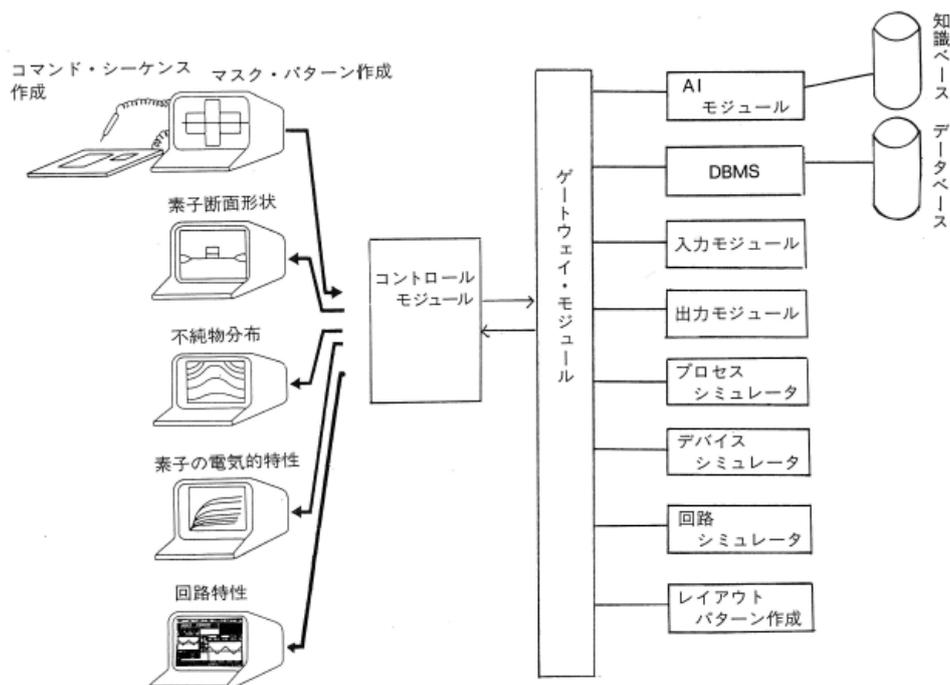


図 4.3 ORION のソフトウェア構成 (ORION 開発計画書より)

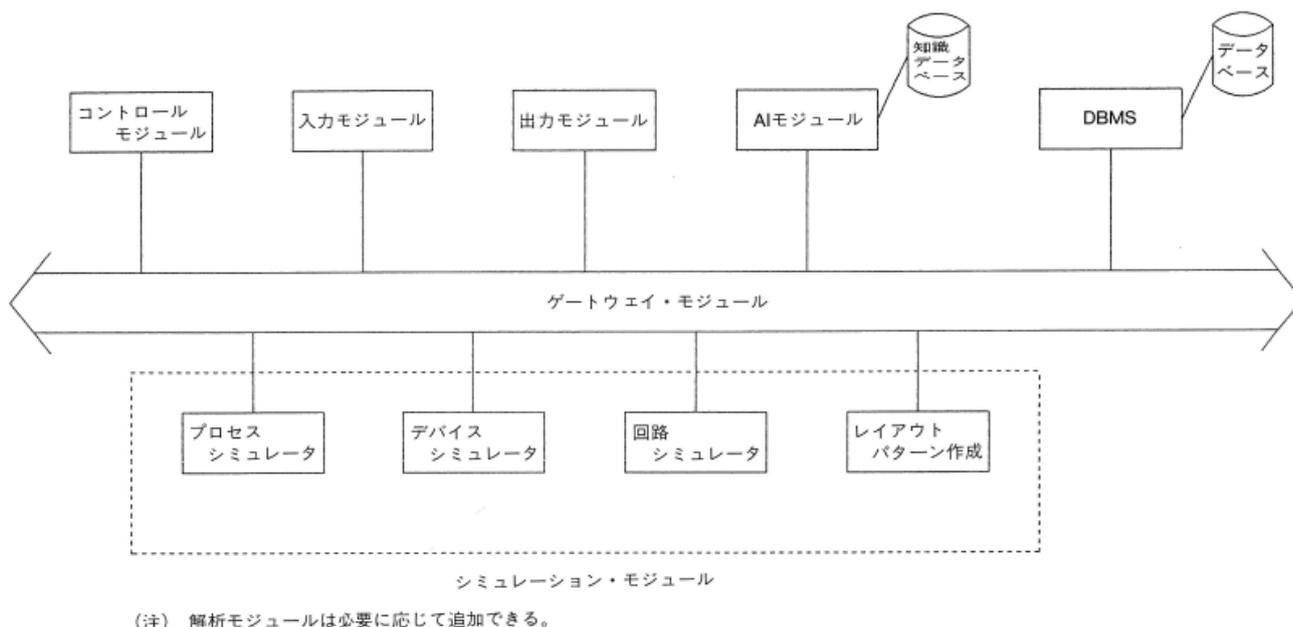


図 4.4 ORION のソフトウェア構成 (ORION 開発計画書より)

その当時、富士総合研究所の科学技術第2部の人員数は約70名で、数値計算関係のソフトウェア開発を専門とする技術者集団としてはわが国で有数の規模であった。また、10年以上にわたって、原子力安全解析や流体解析ソフトウェア開発などの経験も積んでいた。さらに、半導体素子設計シミュレータの製造販売事業が軌道に乗りつつあり、経営的にも技術的にも大型の研究開発に耐えられると、その当時は考えていた。しかし、大型科学技術計算用ソフトウェア・パッケージの開発は想像を越える困難さがあり、結局、TITAN計画の中で実現したのは流体解析ソフトウェア ( -FLOW ) の開発と半導体素子設計シミュレータ ORION の一部、および電磁界解析プログラム TRAMP のみである。TRAMP は情報処理振興事業協会の融資を受けて開発した。

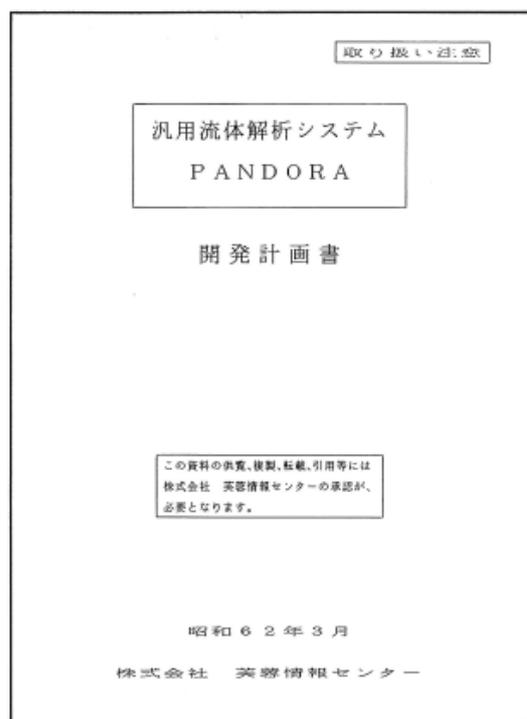


図 4.5 PANDORA 開発計画書

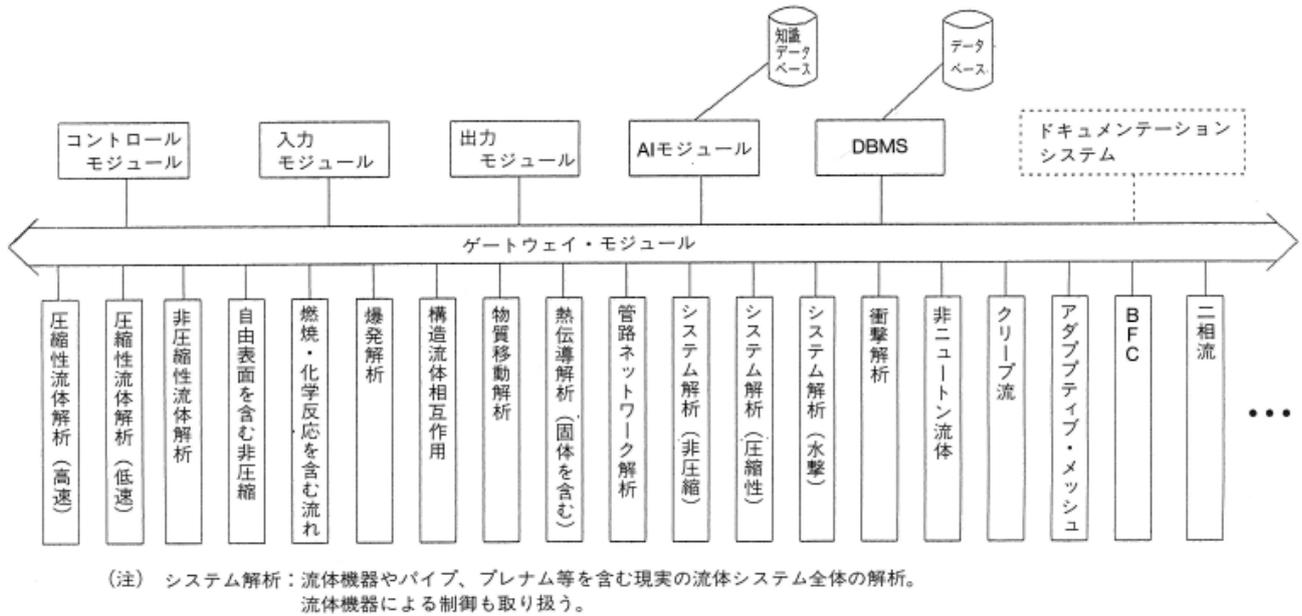


図 4.6 PANDORA のソフトウェア構成 (1987年3月のPANDORA 開発計画書より)

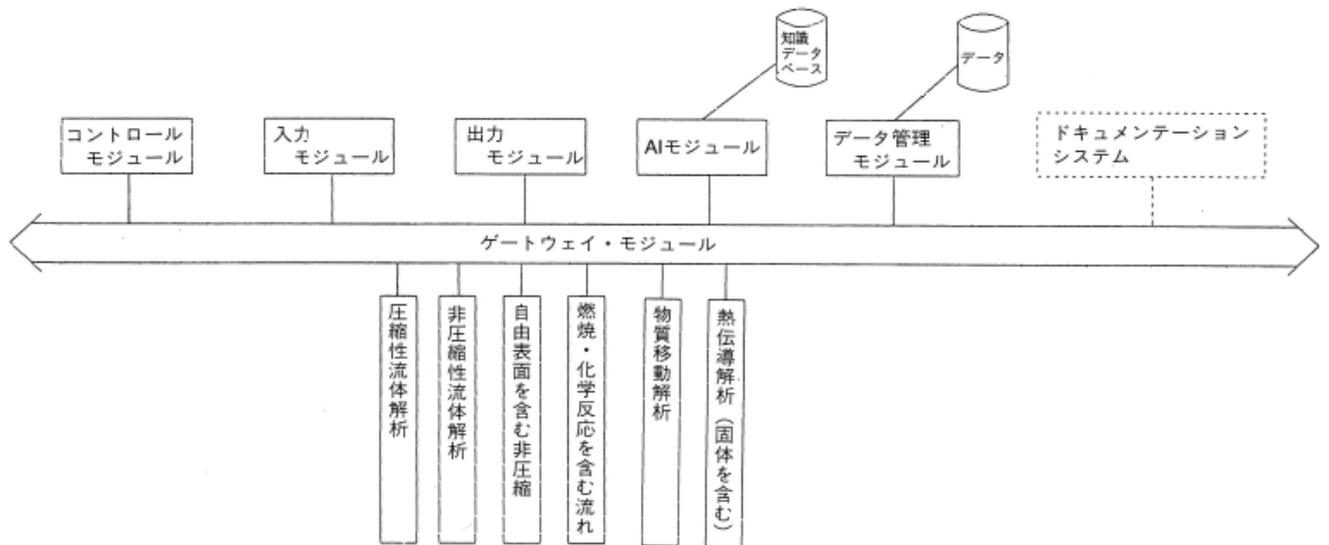


図 4.7 PANDORA のシステム構成 (1987年8月のPANDORA 開発計画書より)

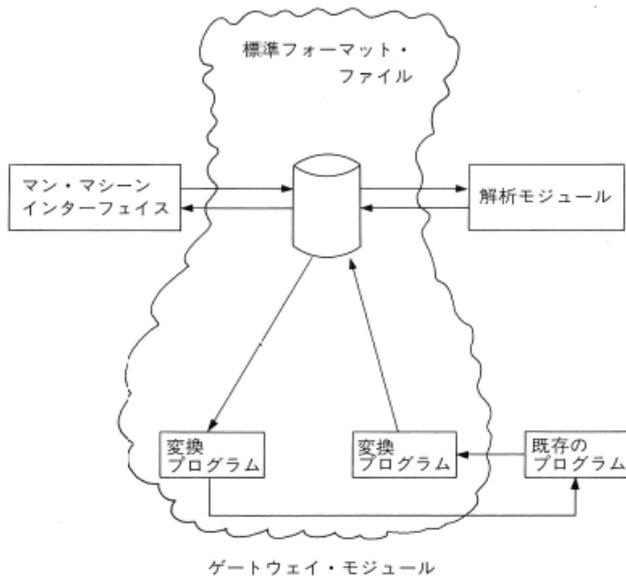


図 4.8 ゲートウェイ・モジュールの説明図 (1987年8月のPANDORA開発計画書より)

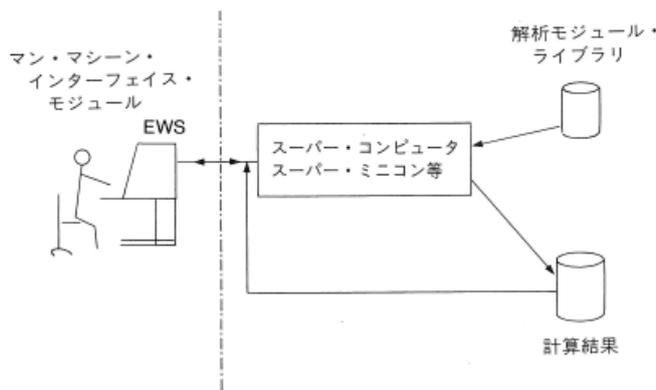


図 4.9 PANDORAのハードウェア構成 (1987年8月のPANDORA開発計画書より)

#### 4.2.2. PANDORA

PANDORAの開発計画を考えはじめたのは、1986年5月ごろのことである。当時は半導体素子設計シミュレータORIONの計画とその開発プロジェクトの方を最重点にしていた。PANDORAの最初の計画書が完成したのは1987年3月である。図4.5に、この時の計画書の表紙を示す。図4.6はこの時のソフトウェア構成である。予算を考えていないので膨大なシステムとなっている。このシステムの最大の特徴はゲートウェイ・モジュールを通じて、各種のモジュールがつながって

いることである。このようなシステムを考えた理由は、汎用流体解析システムをいかに実現するかということにある。

周知のように、流体解析と一口に言っても流れの状況により、数値解法は異なる点が多い。例えば、高速流体と非圧縮性流体では、数値計算法がまったく異なると言った方が良い。それでもなお、汎用ソフトウェアが必要な理由は、ソフトウェアの標準化とプログラム開発の効率化およびプログラムを使用するためのトレーニングの効率化のためである。

流体の数値シミュレーションは、研究者や技術者が個別に作成したプログラムを用いて実施している場合が多いが、この場合、プログラムの詳細は第三者に不明である。したがって、シミュレーション結果の比較には絶えず困難がつきまとう。もし、標準的ソフトウェアが出現すれば、このような困難は大幅に解消され、数値流体解析の発展に大きな貢献をするものと期待される。

大規模な科学技術用ソフトウェアを一から作ることは、莫大な費用と人材を必要とし困難であるうえ、5年から10年の期間を必要とする。ハードウェアの急速な進歩を考えると、このソフトウェア開発期間は長すぎ、ソフトウェアが完成したとき、すでに時代遅れになっていたということも生じ得る。ソフトウェア開発の効率化の研究も進められているが、現時点でもっとも効果的な方法は汎用ソフトウェアをプラットフォームとし、これを改良していくことである。このためには、汎用ソフトウェアは基本機能の充実とともに、改良可能な構造(オープン・アーキテクチャ)でなければならない。

数値シミュレーションはプログラムがあれば、自動的にシミュレーションが行えるわけではない。この点はしばしば誤解されているが、数値シミュレーションには解析技術あるいはプログラムの使用技術が必要であり、プログラムが代われば新たに習得しなければならない技術も多い。標準的な汎用ソフトウェアが普及すれば、この点でも効率化はかかれる。

問題は、実用的で改良が容易な汎用ソフトウェ

アをいかにして実現するかということである。汎用ソフトウェアを考えると、陥りやすい過ちは、理路整然としたシステムへの誘惑であろう。だが、「計画どおりのレイアウトを完成できるのは機能を停止して組織だけである」という事務所のレイアウトに関するパーキンソンの法則は、レイアウトのみならずソフトウェアにもあてはまる。図 4.6 に示したシステム構成では、各モジュールはまったく独立になっている。すなわち、必要な機能であればモジュールごと作成し、サブルーチンの共有などということは基本的に考えていない。この独立化の方針は乱暴に見えるかもしれない。しかし、将来の改良、修正を容易とするには、現状ではこれが最上の方法である。後に、このシステム構成が -FLOW を 4 年間で開発できた最大の要因となる。

1987 年 8 月に PANDORA の開発計画書の第 2 版が完成するが、このときの設計での基本機能は -FLOW のものとほぼ同一である。図 4.7 はこの時のシステム構成であり、図 4.8 はゲートウェイ・モジュールの説明図、図 4.9 はハードウェア構成の説明図である。

#### 4.2.3. PANDORA の共同開発の提案

1987 年 3 月の時点で、PANDORA の基本構想はまとまったが、問題は開発資金をどのようにして確保するかである。最初に考えたのはマルチクライアント方式による開発である。マルチクライアント方式とは、複数の顧客から注文を受けシステムを開発する方法である。複数の顧客が開発費用を負担するので一社あたりの負担は少なくなる。1987 年の 1 月ごろから、当時、科学技術営業部長であった平林寛治氏と、マルチクライアントの提案をもって顧客をまわったが、金額が大きい事もあり、よい反応は得られなかった。正確な日時は思い出せないが 1987 年の 5 月頃、富士総合研究所の平林寛治氏と山田和夫氏が通商産業省電子政策課の中野幸紀氏のところに伺った所、大型科学技術計算用ソフトウェアの開発プロジェクトに興味があるとお話であった。当時、中野氏は電子政策課の課長補佐であった。早速、次

の日に平林氏と筆者、山田氏の三人で中野氏のところに科学技術用ソフトウェアの開発プロジェクトの説明にいった。そのころは半導体素子設計シミュレータ ORION の開発を重視していたのと、電子政策課なので半導体に興味があるものと思い込み、その日は 1 時間以上 ORION の技術的説明を行った。最後に PANDORA のことを話した所、東京大学の秋山先生が流体解析ソフトウェアの開発を考えていらっしゃるので、一度訪問するようにということであった。数日後、平林氏と筆者で秋山先生を訪問し、お話を伺った。この時点で、PANDORA 計画は国のプロジェクトであるプロジェクトに吸収されていく。

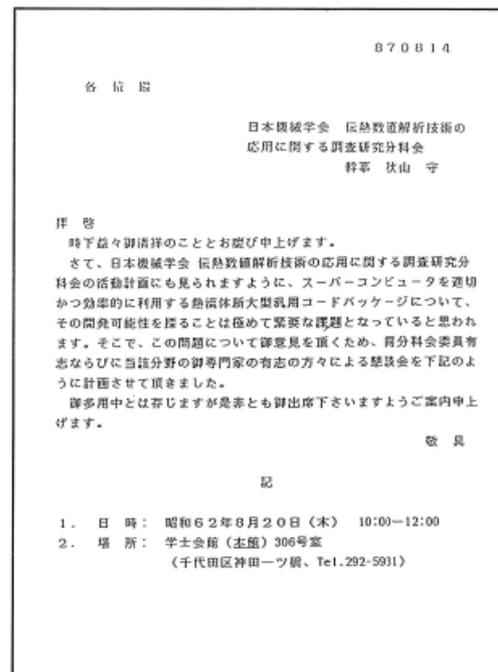


図 4.10 懇談会の開催通知

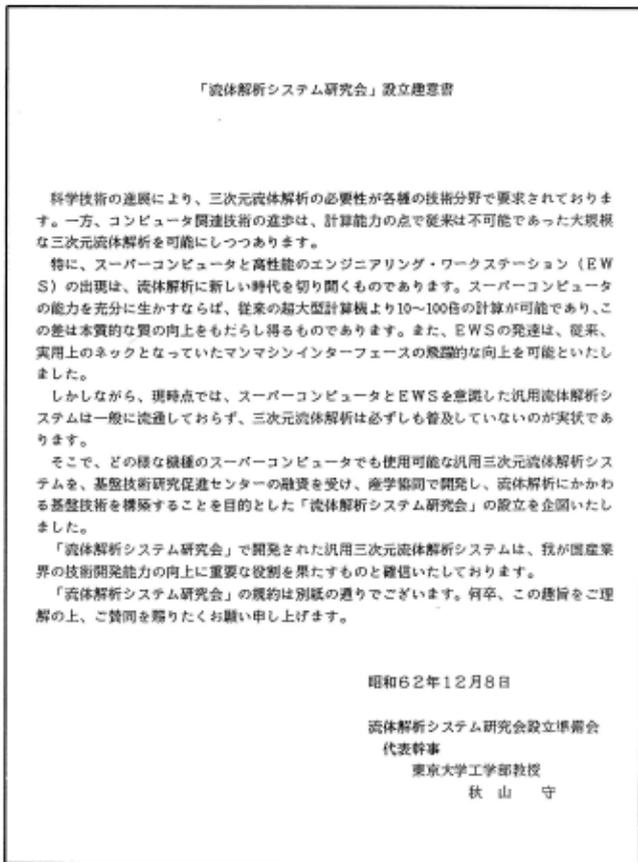


図 4.11 「流体解析システム研究会」設立趣意書

4.3. プロジェクトの発足

4.3.1. 懇談会

秋山先生を訪問したのち、汎用流体解析システム（当時はまだ名前がなかった）の開発プロジェクトを立ちあげるために、平林氏と筆者は有力な民間企業に説明に回った。1987年6月26日には、中野氏を交えて、民間会社との意見交換会が聞かれた。この時点ではまだプロジェクトがスタートできるか否かは不透明であった。そのうち、通商産業省の人事異動があり中野氏は大臣官房に移られ、中野氏の後任に西川泰蔵氏が就任された。8月のはじめ、中野氏と秋山先生が相談され、流体解析システムの開発の可能性を探る懇談会を開催することになった。このときの案内状を図4.10に示す。8月20日に開かれた第1回懇談会では、前述の“PANDORAの計画書”を説明し、これをたたき台に検討がなされた。この検討会は合計4回開催され、流体解析システム研究会設立準備会へと発展していく。

4.3.2. 流体解析システム研究会設立準備会

第1回設立準備金は1987年11月10日に開催された。設立準備会は12月までに4回開催され、“汎用流体解析システム開発計画書”と“運営規約（案）”作成した。“汎用流体解析システム開発計画書（案）”は時間的な制約もあったので、詳細は流体解析システム研究会発足後に検討することとし、“PANDORA計画書”に多少手を加えたに止めた。



図 4.12 プロジェクト発足の新聞記事 (日刊工業新聞昭和63年3月16日)

作業項目	'88年度	'89年度	'90年度	'91年度
基本設計	○	○		
詳細設計		○	○	
各モジュールの作成		○	○	
全体システムの組立			○	○
検査・検証		○	○	○
最終調整・インストール				○
マニュアルの作成				○

図 4.13 -FLOWの開発スケジュール[1]

12月8日には流体解析システム研究会設立趣意書を発表した。図 4.11 この設立趣意書である。

#### 4.3.3. 流体解析システム研究会設立総会とプロジェクトの発足

流体解析システム研究会の設立総会は1988年3月15日に東京パレスホテルで開催された。図 4.12 は流体解析システム研究会の設立を伝える当時の新聞記事である。これにより、プロジェクトは正式にスタートし、5月に技術ワーキング・グループを開催した後、6月10日に第1回技術委員会を開催した。-FLOWの機能は流体解析システム研究会設立準備会で作成した“汎用流体解析システム開発計画書(案)”に基づいて、詳細な検討がなされた。基本的な点については、変更はなかったが、幾つかの重要な追加・変更があった。技術ワーキング・グループでの検討で次の機能が追加された。

デカルト座標系の解析モジュール(非圧縮、燃焼・化学、自由表面、物質移動、熱伝導)に円筒座標系での解析機能を追加した。

非圧縮流体解析モジュールに温度変化による密度変化を近似的に考慮する機能を追加した。

定常解を短時間で求めるためのアルゴリズムを、非圧縮性流体解析、物質移動解析モジュール

に組み込んだ。このアルゴリズムは対流項の一部を陰に取り扱うものであり、局所時刻み法の一つとみなせるものである。

開発費用の関係で、燃焼・化学反応を含む流れ解析モジュールのガス輻射の解析機能を削除した。

1988年度に -FLOWの基本設計は終了し、その後ソフトウェアの製作、テストへと進んだ。図 4.13 に -FLOWの開発スケジュールを示す。

## 5. -FLOWの開発

-FLOWの開発は富士総合研究所の解析技術第2部が担当した。以下、富士総合研究所の開発プロジェクトについて解説する。

### 5.1. 開発体制

図 5.1 は富士総合研究所内のピーク時の開発体制である。プロジェクトの期間中30名から40名以上の研究員が常時開発に従事した。図 5.1 に示した体制は理想的なものではない。しかし、開発費用の面を考慮すると、実現しうる最善のものであった。IBMのOS開発の経験から生まれた名著“ソフトウェア開発の神話”には、ソフトウェアのコストがシステム化により3倍、商品化により3倍、すなわち商品化されたシステムは、個別のソフトウェア開発の9倍となることが説明されている[13]。だが、わが国では、この法則を理解している人は少ない。

図 5.1 の体制の問題は、間接要員が少なすぎることである。すなわち、ドキュメントを管理する人間、そしてなによりもプロジェクトを管理するマネージャーが少ない。この程度のプロジェクトになれば、少なくとも3名の専任マネージャーと1名の間接要員が必要であろう。

プロジェクト・リーダー	開発チーム	チームリーダー	担当者
小池秀耀	入力	西村 徹 石井 隆	橋本明彦, 赤荻香緒里, 鈴木宜之, 永野千恵美, 吉永成利, 保坂忠晴, 浜野明千宏, 徳屋純一, 東田明宏, 大掘雅勝, 劫村俊一
	出力	松田勝之	浜野明千宏, 藤本克己
	AI	松原 聖	加藤昭史, 河本康志
	データ管理	横田秀明	劫村俊一
	ゲートウェイ	西村 徹	徳屋純一
	非圧縮 (デカルト・円筒)	島田昭男	中台佳徳, 秋山 実
	非圧縮(BFC)	永野勝尊	柴木 尚, 増田正博
	圧縮性	寛 雅行	田口浩一, 藤井 崇
	自由表面	山崎 昇	平野忠弘, 森下 映
	燃焼・化学	藤田和久	加藤昌造, 小松敬正, 榎田由紀子, 藤井良彦
	物質移動	三橋利玄	梅村由香, 神田智子, 森下 映
	熱伝導	金井 茂	増田正博
	制御	橋本明彦	徳屋純一
	システム全体	三橋利玄	村上弘幸, 船田浩良, 鈴木幸人, 秋山 実

図 5.1 富士総合研究所の -FLOW の開発体制

だが、ソフトウェア開発においてこのような間接要員の費用を要求することは、日本の現状からすると難しい。

富士総合研究所のプロジェクトでは専任のマネージャーは実質上一人で、マンマシン・インターフェイス部を西村徹氏と石井隆氏が管理した。あとは、各モジュールの開発リーダーの管理に任せる形態を取っている。

## 5.2. コンピュータ環境

-FLOW の開発には、構成員会社や計算サービス会社のスーパーコンピュータも使用したが、解析技術第 2 部でも独自のコンピュータ環境を整備し、-FLOW の開発に使用した。

## 6. 基盤技術研究促進センターからの融資

プロジェクトを実施するにあたり、国のレベルでも有意義なプロジェクトであるということを確認するために、基盤技術研究促進センターから試験研究の融資を仰いだ。流体解析システム研究会は法人でないので基盤技術研究促進センターからの融資は受けられない。このため富士総合研究所が代表して融資を受けた。融資の申し込みは 1987 年 9 月に行った。融資を受けるにあ

って、当時の基盤技術研究促進センターの融資課長、西村英俊氏に大変お世話になった。

プロジェクトに関連した試験研究は 1991 年 9 月に終了したが、この試験研究の成果は高く評価され、基盤技術研究促進センターより表彰された。

## 7. おわりに

プロジェクトの意義は次の 3 点から評価すべきである。-FLOW の開発、大規模科学技術計算用ソフトウェアの開発体制の確立、科学技術分野における基盤技術の整備に関する貢献。以下、まとめに代えて、これらの点について私見を述べる。

-FLOW の開発に関しては、初期の目標を達成し高性能の汎用 3 次元流体解析システム -FLOW を開発した。-FLOW は従来の流体解析ソフトウェアにない数々の優れた特徴をもち、数値流体解析の発展と普及に寄与するものと期待された。プロジェクトの実施に関しても、今後の教訓とすべき様々な事柄があるとしても、全体的には成功と評価できよう。

-FLOW は約 60 万ラインの大規模ソフトウェアであるが、このソフトウェアを 4 年間で完成したことのもつ意味はソフトウェア工学で名高い Yourdon の次の言葉[14]に尽くされている。

「10 万ないし 100 万行のコードをもつ難しいプロジェクトになると百戦錬磨のベテランでもかなりの不安を抱く。この規模のプロジェクトは 50 ないし 100 名が 3 年ないし 5 年以上も作業をすることになる。完成前にプロジェクトを去る人、途中で採用される人も少なくなく、少なくとも 2 つのレベルに分けたプロジェクト管理が必要となる。加えてこの種のシステムは 1 人のユーザー、あるいは均質なユーザーグループのために開発されているのではないことを予想しなければならない。たいていは複数の(往々にして利害の相反する)ユーザーグループがあり、各々がシステムへの要求仕様に関してそれぞれの意見をもっている。この種のプロジェクトに従来の開発技法を適用すると、

- (a) プロジェクトが決して完了しない  
 (b) スケジュールが遅れ、予算超過があまりに大きく、管理者のキャリアに傷がつく、あるいは損なわれる  
 (c) 完成したシステムの仕様が要求どおりでないとしてユーザーが受け取らない  
 (d) 以上のすべてが生じる可能性が少なからずある。」

プロジェクトは大規模科学技術計算用ソフトウェアの開発体制の確立という点で新しい可能性を示した意義は大きい。

科学技術分野における基盤技術の整備に関する貢献は、プロジェクトの実施過程で流体解析技術者の育成が進んだこと、および大型科学技術計算用ソフトウェア開発の必要性に関して注意を喚起した意義は大きい。

最後に、本橋において記述は正確を期したが、思い違いや重要な事柄に関する記述の漏れもないとは言いきれない。ご指摘を頂ければ幸いである。

## 参考文献

- [1] 富士総合研究所編, 小池秀耀編著: “汎用流体解析システム FUJI-RIC/ -FLOW”, 丸善 (1992)
- [2] -FLOW の開発状況”, 第四回計算流体力学シンポジウム講演論文集(1992) p.21
- [3] 小池秀耀: “ -FLOW の開発状況”, 第三回計算流体力学シンポジウム講演論文集(1991) p.19
- [4] 小池秀耀: “ -FLOW の開発状況”, 第二回計算流体力学シンポジウム講演論文集 (1990) p.117
- [5] 鈴木正昭, 小池秀耀, 秋山守: “汎用3次元流体解析システム “ -FLOW ” の開発”, 化学工学, 55(1991) p.297
- [6] 鈴木正昭, 小池秀耀, 秋山守, “汎用流体解析システム “ -FLOW ” の開発とその成果”, 化学工学会春季大会(1992)
- [7] 小池秀耀: “新時代を切り拓く流体解析技術”, CAD & CIM, 14(1990) p.64
- [8] M.Akiyama: “Development of Advanced Fluid-Dynamic Analysis Code: -FLOW”, International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications (1990)
- [9] R.Takahasi, M.Akiyama, H.Koike: “Development of Advanced Fluid-Dynamic Analysis Code: -FLOW” ICHMT 2nd International Forum on Expert Systems and Computer Simulation in Energy Engineering (1992) p.2-1-1
- [10] P.J.Roache: “コンピュータによる流体力学”, 高橋亮一他訳, 企画センター (1978)
- [11] 小池秀耀: “LSI 素子設計シミュレータの開発”, 芙蓉技報, 8 (1986) p.1
- [12] 金井茂, 町田悟: “3次元動磁場解析プログラム TRAMP の開発”, 芙蓉技報, 12 (1988) p.1
- [13] F. P. Brooks, Jr: “ソフトウェア開発の神話”, 山内 正訳, 企画センター (1977)
- [14] E.Yourdon: “CASE 時代の最新プロジェクト管理技術”, 荒川淳三訳, マグロウヒル (1990)

## “ ADVENTURE ” 設計用大規模計算力学システム開発プロジェクト

小池 秀耀\*

### “ ADVENTURE ” Development of Computational Mechanics System for Large Scale Analysis and Design

Hideaki Koike\*

#### 1. はじめに

設計用大規模計算力学システム開発プロジェクト “ ADVENTURE ” (Development of Computational Mechanics System for Large Scale Analysis and Design) は日本学術振興会未来開拓推進事業の一環として実施された。なお、“ ADVENTURE ” のフルネームは “ ADVanced ENgineering analysis Tool for Ultra large REal world ” である。本プロジェクトの詳細についてはADVENTURE プロジェクトのホームページを参照されたい。  
( <http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp/> )  
以下、このホームページを引用する。

#### 2. ADVENTURE プロジェクトとは？

地球環境問題、地震などの自然災害、巨大人工物の事故、福祉向上に役立つ独創的な人工物の設計など、人類の直面する課題は大規模化・複雑化の一途をたどっている。このような課題を正確に理解し、適切に対処していくためには、自然や人工物の振る舞いを定量的に予測する計算機シミュレーションの精度と速度を飛躍的に向上させることが効果的である。

このような観点のもとに、1997年8月から2002年3月までの4年半の間、日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業「計算科学」分野の1プロジェクトとして、21世紀のCAEソフトウェアのスタンダードを目指して、「設計用大規模計算力学システムの開発プロジェクト（通

\*アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長  
Representative director president , AdvanceSoft Corporation

称 ADVENTURE プロジェクト)」が東京大学を中心とする大学主導の研究グループによって遂行された。そこでは、それまで不可能であった1千万～1億自由度級の大規模メッシュを用いて自然物や人工物を丸ごと詳細にモデル化し、多様な並列分散計算機環境のもとで固体の変形や熱・流体の流れ等の力学解析から可視化、設計最適化までを行える汎用並列計算力学システム ADVENTURE の研究開発が行われた。超大規模解析における優れた実効性能、拡張性・保守性・開放性に重点を置いたモジュール型システム、そしてオープンソース戦略が本システムの特徴である。

ADVENTURE システムは、2000年12月1日に7つの基本モジュールからなる Ver. のソースプログラムが無料公開され、2002年3月1日には7つの基本モジュールの Ver.1 および11個の新規モジュールの Ver. のソースプログラムがプロジェクトホームページより無料公開された。2000年12月1日から2004年2月7日までの登録ユーザーは企業のエンジニア、研究所、大学の研究者を中心として約1,300名、ダウンロードされたモジュール総数は約8,000本にのぼる。このうち、約8割は企業ユーザーが占める。さらに、2001年5月には、ソフトウェアベンダー 株式会社 アライドエンジニアリングによって商用バージョン第1号となるシステム ADVENTUREcluster が開発され、研究所や大学、自動車会社等に導入されるなど、急速に社会に浸透してきている。

2002年4月からは、独立したオープンソースソフトウェア開発プロジェクトとして

ADVENTURE プロジェクトを位置付け直し、継続してシステムの保守・機能拡張及び産業界への普及に務めている。また、先進的特徴ゆえに、ADVENTURE システムは、計算科学分野の代表的国家プロジェクトであるグリッドコンピューティングに関する ITBL プロジェクトや世界最高速計算機である地球シミュレータプロジェクト、戦略的基盤ソフトウェア開発プロジェクトなどに活用されている他、CAE ソフトウェアベンダーや大学・研究機関などとの連携のもとに発展を続けている。

### 3. ADVENTURE システムの特徴

従来の CAE システムと比べた

ADVENTURE システムの特徴は次のようにまとめられる。

- (1) 数百～1 億自由度メッシュによる丸ごと解析  
(従来：百万自由度規模が上限)
- (2) 2000 プロセッサの超並列計算機環境でも 90%を超える高い並列効率  
(従来：8～10 プロセッサの並列環境が適用限界)
- (3) 優れた移植性：単一プロセッサ, PC クラスタ, 超並列計算機, 地球シミュレータ, Grid/ITBL 環境  
(従来：単一プロセッサ, 数プロセッサの小規模 PC クラスタのみ)
- (4) ライセンスフリー / オープンソース  
(従来：バイナリー配布, 高いライセンス料)
- (5) 拡張性と保守性 :モジュール構造と I/O の標準化  
(従来：IGES 対応程度, 閉じた構造)

### 4. ADVENTURE システム概要

ADVENTURE システムのモジュール構成は、以下の通りである。

[ 主要モジュール群 ]

- (1) ADVENTURE\_TriPatch( IGES ファイルから 3 角形表面パッチ生成 )
- (2) ADVENTURE\_TetMesh( 3 角形表面パッチ

から 4 面体メッシュを生成 )

- (3) ADVENTURE\_BCtool ( メッシュに境界条件・物性値を付与 )
- (4) ADVENTURE\_Metis( メッシュを部分領域に分割 )
- (5) ADVENTURE\_Solid ( 並列弾塑性解析ソルバー )
- (6) ADVENTURE\_Visual ( 解析結果を並列に可視化 )
- (7) ADVENTURE\_IO ( ADVENTURE モジュール用 IO ライブラリー )

[ 追加モジュール群 ]

[Pre-process]

- (1) ADVENTURE\_CAD ( ソリッドモデルを作成し 3 角形表面パッチを出力 )

[Main-process]

- (2) ADVENTURE\_Forge( 並列剛塑性解析ソルバー )
- (3) ADVENTURE\_Impact ( 並列衝撃接触解析ソルバー )
- (4) ADVENTURE\_Thermal ( 並列熱伝導解析ソルバー )
- (5) ADVENTURE\_Fluid ( 熱流体解析ソルバー )
- (6) ADVENTURE\_Magnetic ( 並列電磁場解析ソルバー ) [Optimization]
- (7) ADVENTURE\_Opt ( パラメトリック最適化 )
- (8) ADVENTURE\_Shape( ノンパラメトリック形状最適化 ) [Material modeling]
- (9) ADVENTURE\_Material ( 実験データから材料パラメータを同定 ) [Utility]
- (10) ADVENTURE\_Auto( 自動解析や自動最適化用のユーティリティ )
- (11) ADVENTURE\_iAgent( ユーザーを支援するインターフェースエージェント )
- (12) ADVENTURE\_FEMAPtool( NASTRAN、FEMAP 用データコンバータ )
- (13) ADVENTURE\_sFlow ( 定常非圧縮粘性流解析 )

(14) ADVENTURE\_DecisionMaker (最適化計算結果を多次元に可視化し、ユーザーの意志決定を支援)

ADVENTURE システムの各モジュールを組み合わせて FEM 解析を行う。

[ モジュール関連図 ]

各モジュールの関係の概略を次に示す。

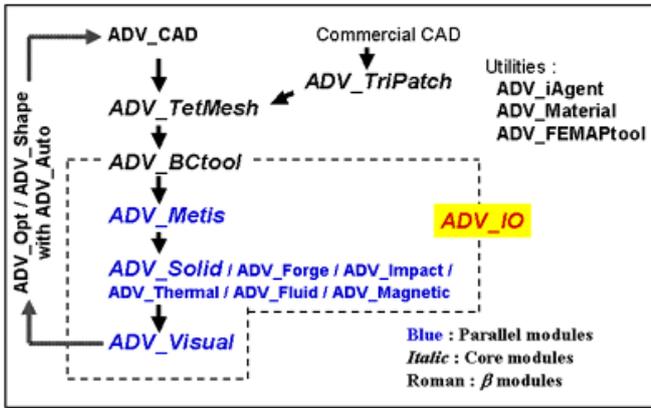


図 1 各モジュールの関係の概略

## 5. 開発メンバー

### 5.1. リーダー

- ◆ 吉村忍, 東京大学大学院工学系研究科・教授

### 5.2. 大学メンバー

- ◆ 畔上秀幸, 名古屋大学大学院情報科学研究科・教授
- ◆ 金山 寛, 九州大学大学院工学研究院・教授
- ◆ 河合浩志, 東京大学大学院工学系研究科・研究員
- ◆ 古川知成, ニューサウスウェールズ大学・講師
- ◆ 三村泰成, 鶴岡工業高等専門学校制御情報工学科・准教授
- ◆ 宮村倫司, 日本大学工学部・講師
- ◆ 中林 靖, 東洋大学工学部・講師
- ◆ 野口裕久, 慶應義塾大学理工学部・教授
- ◆ 荻野正雄, 九州大学大学院工学研究院・助

教

- ◆ 大石篤哉, 徳島大学工学部・准教授
- ◆ 岡田達夫, 理化学研究所・研究員 (元広島大学・助手)
- ◆ 塩谷隆二, 東洋大学工学部・准教授
- ◆ 武居 周, 東京大学大学院工学系研究科・研究員
- ◆ 和田義孝, 諏訪東京理科大学システム工学部・講師
- ◆ 杉本振一郎, 東京大学大学院工学系研究科・助教

### 5.3. 民間メンバー

- ◆ 秋葉 博, 株式会社 アライドエンジニアリング・社長
- ◆ 片井義和, 株式会社アライドエンジニアリング・研究員
- ◆ 三好昭生, 株式会社 インサイト・社長
- ◆ 大山知信, 株式会社アライドエンジニアリング・研究員
- ◆ 大窪敏裕, 株式会社 アライドエンジニアリング・研究員
- ◆ 庄井真一, フリー・プログラマー
- ◆ 淀 薫, 株式会社 インサイト・研究員

# 高性能材料設計プラットフォーム OCTA開発（土井プロジェクト）

小池 秀耀\*

## “OCTA” Open Computational Tool for Advanced Material Technology

Hideaki Koike\*

### 1. OCTA ( Open Computational Tool for Advanced material technology )

OCTA の概要について、このプロジェクトのリーダーである土井正男氏が文献[1]で次のように述べている。

「OCTA は経済産業省の提案による産学連携プロジェクトで開発されたソフトマテリアルに対する統合的なシミュレータである。このプロジェクトの目的は、ソフトマテリアルのミクロな分子特性とマクロな材料特性を仮想実験技術によって結びつけることである。これはきわめて野心的な目的である。

ソフトマテリアルは数万、数億の原子を含む複雑な分子からできている。ソフトマテリアルはさまざまなスケールの中間構造を持っており、それらの特徴的な時間はナノ秒から年のオーダーに及ぶ。ソフトマテリアルを扱う理論モデルもまた多様である：分子モデル、粗視化分子モデル、連続体モデル、およびそれらの混合モデルなどソフトマテリアルの中間構造を扱うために、さまざまなモデルが提案されてきた。それらは、同一の対象を扱いつつも、異なる物理概念に基づくものであり、言葉もデータ形式もまったく違ったものである。われわれの任務はそのような多様なモデルを統合化することであった。これは 計算科学において、マルチ物理、マルチスケール問題と呼ばれる 困難な問題である。

この困難な問題を、私たちは、人々の協力によってもたらされる力に望みを託して解決しようとした。私たちは、限られた問題に対するシ

\*アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長  
Representative director president , AdvanceSoft Corporation

ミュレータを作るのではなくて、将来にわたって、成長するシステムを作ろうとした。

OCTA は COGNAC, PASTA, SUSHI, MUFFIN という 4 つのシミュレーションエンジンと GOURMET というシミュレーションプラットフォームからなっている。シミュレーションエンジンは、分子動力学、レプテーションダイナミクス、界面ダイナミクス、ゲルダイナミクス、二相流体ダイナミクスなどの計算を行う。シミュレーションプラットフォームはエンジンに対する共通のインタフェースを与え、異なるエンジンを協調させて問題を解く環境を提供する。

日本語で、OCTA の八は末広がりの意味する。OCTA は完全なものではない。ソフトマテリアルの関係する広い問題をカバーするには、新しいエンジンを付け加えることが必要である。プラットフォームにも 機能拡張が必要である。われわれは、システムがわれわれの手を離れても一人で育っていくように、カスタマイズと機能拡張の容易性には特別に注意を払った。このシステムが、皆さまのお役に立てば幸いである。またシステムについてどんなコメントでもいただければ幸いである。」

### 2. プロジェクトの概要

プロジェクトの目的は、材料のミクロ構造(または分子構造)とマクロな特性とを結びつけ、材料開発に役に立つような計算機シミュレーションシステムをつくることであった。プロジェクトの重点は高分子、コロイド、界面活性剤やゲル等のソフトマテリアルにおいている。しかし、問題となっている現象にはたくさんの長さのスケールが含まれ、またたくさんの物理過程

が働いており、このような複雑な問題は単独のシミュレータで扱うことはできない。このようなタイプの問題、すなわち、複数スケール、複数物理過程の問題を扱うシステムを構築し、多様なモデルを統合化することに取り組んだのが本プロジェクトである。そのため、プロジェクトの基本方針は、個別の目的を達成するためのシミュレータは個別に作成し、すべてのエンジンで使うことのできる共通のグラフィックユーザーインターフェイスを作り、それにより統合するというものであった。

本プロジェクトによって完成したのが、COGNAC, PASTA, SUSHI, MUFFIN という4つのシミュレーションエンジンと GOURMET というシミュレーションプラットフォームからなっている OCTA である。

OCTA の開発は NEDO 事業の一環として実施された。プロジェクト名称は「高機能材料設計プラットフォームの開発」であり、プロジェクト実施期間 平成 10 年度から 13 年度までである。

### 3. OCTA の保守と事業化

現在 OCTA は、産業界への普及を目指して、フリーソフトウェアとして無償で公開されている。ボランティアでの委員会も活動している。また、商用版が提供されている。OCTA 委員会が OCTA の商用利用の権利を認めている、アドバンスソフト株式会社及び株式会社 JSOL が商用版を提供し、機能拡張や保守を行っている。

#### 参考文献

- [1] OCTA のホームページ：  
[http://octa.jp/index\\_jp.html](http://octa.jp/index_jp.html)
- [2] 土井 正男; “高分子材料設計と OCTA ”,  
日本化学会情報化学部会誌, Vol.20, 64  
(2002)

# Si半導体向けシミュレーションシステム HyENEXSSの開発

小池 秀耀\*

## “HyENEXSS” Hyper Environment for Exploration of Semiconductor Simulation

Hideaki Koike\*

### 1. はじめに

HyENEXSS(Hyper Environment for Exploration of Semiconductor Simulation) は株式会社 半導体先端テクノロジーズ(Selete) が 1996 年～2011 年に開発した、3 次元デバイス/プロセスシミュレータを中核とした、Si 半導体向けシミュレーションシステムである。

Selete は日本の半導体産業復興のため日本国内の主要な半導体メーカー 10 社が 1996 年 2 月に共同で設立した半導体技術共同開発会社である。会員企業から研究者・技術者が、産業総合研究所の一角にある同じ建物に集まって研究開発を進めた[2]。Selete の業務内容は 300mm ウェーハを用いる生産技術の開発、プロセスモジュール技術開発等であったが、その業務内容の一部に Si 半導体向けシミュレーションシステム HyENEXSS の開発が含まれていた。

### 2. HyENEXSS の概要

HyENEXSS は 15 年の歳月とわが国の半導体メーカーの人材が結集し数十億円の開発費を投入して開発したソフトウェアである。その内容については、原則として Selete メンバーにししか公表されていないため、その詳細については不明である。公表されている資料をもとに推測すると HyENEXSS は以下のプログラム等から構成される[1]。

- ・ 3 次元プロセスシミュレータ：HySyProS
- ・ 3 次元デバイスシミュレータ：HyDeLEOS

\*アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長  
Representative director president , AdvanceSoft Corporation

- ・ 3 次元表示：SGraph
- ・ データベース：HyPRADA
- ・ ネットワーク JOB システム：JobDB
- ・ インバースモデル解析ツール：invmdl

中核となるのは 3 次元プロセスシミュレータ：HySyProS と 3 次元デバイスシミュレータ：HyDeLEOS である。これらは市販のシノプシスの TCAD システムと同様にスタンフォード大学の SUPREM の流れを汲んでいる。最大の特徴は 3 次元シミュレーションに的を絞っているところである。HyENEXSS は一時期ベンチャー企業、株式会社 TCAD インターナショナル（現在は解散して存在しない）が販売していた。TCAD インターナショナルのパンフレットに記載されている TCAD システムは HyENEXSS と同じと考えられる。3 次元プロセスシミュレータの機能について次のように紹介されている。解析機能はイオン注入、不純物拡散、酸化膜成長、応力解析であり、これは市販の TCAD システムと同様である。3 次元デバイスシミュレータはミックスモード解析、キャリア生成、格子温度解析、モンテカルロ解析の機能を有している。

Selete は 2011 年 3 月に解散したため HyENEXSS は出資会社に配布されたようである。ただ今後の保守や開発・整備は不透明となっている。

### 参考文献

- [1] 石川清志：“次世代 TCAD プラットフォーム開発”，2001
- [2] 一般財団法人 武田計測先端知財団：“半導体先端テクノロジーズ(Selete)”

## MEMS用設計・解析支援システム Mems-ONE開発プロジェクト

小池 秀耀\*

## “ Mems-ONE ” MEMS Open Network Engineering System of Design Tools

Hideaki Koike\*

## 1. Mems-ONE とは

Mems-ONE ( MEMS Open Network Engineering System of Design Tools )は、経済産業省 / 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託により産学連携コンソーシアム ( 9 企業、13 大学、1 研究機関、1 団体 ) を結成し、平成 16 年度から 18 年度の 3 年間を費やして開発された国内初の MEMS 設計開発用統合システムである [1]。Mems-ONE 開発プロジェクトの目的は国産の MEMS デバイスの設計・解析ソフト Mems-ONE を開発し、安価な価格で普及させ、日本の MEMS 産業を育成することである。

## 2. Mems-ONE の概要[1]

Mems-ONE は、MEMS 製造プロセスに精通していない多くの分野の技術者であっても高度な機械設計、電磁気学や半導体製造技術の習得を前提とせずに MEMS の設計・シミュレーションができるシステムである。

このため、以下に述べるようなフレームワークソフト、機構解析シミュレータ、プロセス解析ツール、機能拡張ソフト及び知識データベース等の数多くの機能モジュールが一体的に連動してパソコンから利用できようになっている。さらには、実際の製造プロセスから取得する材料・プロセスデータベースも内蔵している。

## 2.1. Mems-ONE フレームワークソフト

Mems-ONE のシステム全体を管理し、ユーザフレンドリーな GUI を有するフレームワーク

\*アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長  
Representative director president , AdvanceSoft

Corporation

システムである。初心者にもわかりやすい GUI により、機構解析シミュレータ、プロセス解析、ウェットエッチング、プロセス逆問題解析、ナノインプリント解析、MEMS 回路解析のシミュレーション機能や材料・プロセスデータベース、知識データベースなど、Mems-ONE の豊富な機能を統合的に管理できる。また、ユーザー独自の解析モジュール等の外部ソフト・外部データベースのプラグイン機能やカスタマイズ機能など優れた拡張性を実現している。

## 2.2. Mems-ONE 構造解析シミュレータ

MEMS における電磁駆動、静電駆動、熱型駆動等の駆動機構や動作機構を力学解析、電磁界解析、圧電解析、伝熱解析、熱変形解析、雰囲気流体の影響解析およびその連成解析により、総合的に検証評価するシミュレータである。

## 2.3. Mems-ONE プロセス解析シミュレータ

MEMS プロセスシミュレータもしくはエミュレータによりドライエッチングプロセス、成膜プロセス、マルチプロセスによる MEMS 加工構造を実現し、総合的に検証評価するシミュレータである。材料・プロセスデータベース、知識データベースと連携することにより、ユーザーが、安心して設計解析できる環境を提供する。

## 2.4. Mems-ONE ウェットエッチング解析シミュレータ

シリコン単結晶の全方位のエッチング・レート・データを基に、設定したマスクパターンに対して、3次元エッチング・プロファイルの時

間変化を解析するシミュレータである。プロセス解析シミュレータと連携することにより、異方性ウェットエッチングプロセスを含めたプロセス解析が可能となる。

## 2.5. Mems-ONE プロセス逆問題解析ソフト

プロセスフローを反映し、最終形状であるMEMS加工構造からマスク形状変化を図形として求めることが可能なソフトウェアである。プロセスフローとマスクレイアウトを出力して、マルチプロセスエミュレータで実行し、簡単に機構解析を実施できる。

## 2.6. Mems-ONE ナノインプリント解析シミュレータ

ナノサイズの構造をリソグラフィ技術を用いずに、より安価に加工することが可能なナノインプリント加工を解析シミュレータである。熱ナノインプリントおよび光ナノインプリントの両方の解析が可能である。また、ナノインプリント解析以外の3次元電磁波解析ツールとして使用することもできる。

## 2.7. Mems-ONE 回路シミュレータ

MEMSを機械・電子系連成システムとして捕らえ、その動作を同時に結合してネットワークとして解析する回路集積化MEMSシミュレータである。従来の電氣的自由度だけでなく、機械的自由度も扱うことが可能である。

## 2.8. Mems-ONE 材料・プロセスデータベース

主要国内ファンドリーのプロセスで得られる広範囲の材料・プロセスデータを取得し、体系化したMEMS開発・設計に特化した使いやすいデータベースである。Mems-ONEにおける各解析機能と連携することにより、高精度解析を実現する。

## 3. 開発体制[1]

経済産業省/NEDO 技術開発機構の委託を受けた「MEMS用設計・解析支援システム開発プロジェクト」で産学連携の研究コンソーシアム（9企業、13大学、1研究機関、1団体）を結

成し開発した。NEDOからの委託に関しては（代表委託先）財団法人マイクロマシンセンターである。

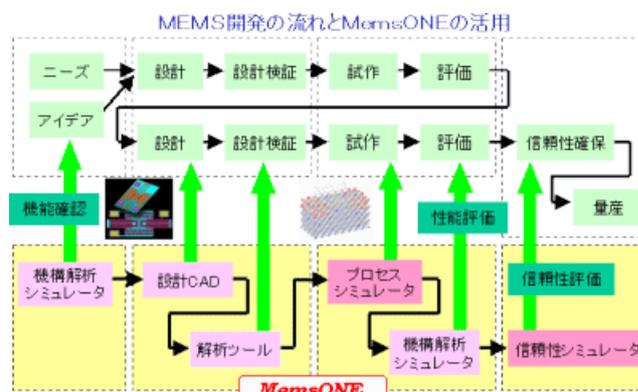


図1 MEMS開発の流れとMems-ONEの活用[1]

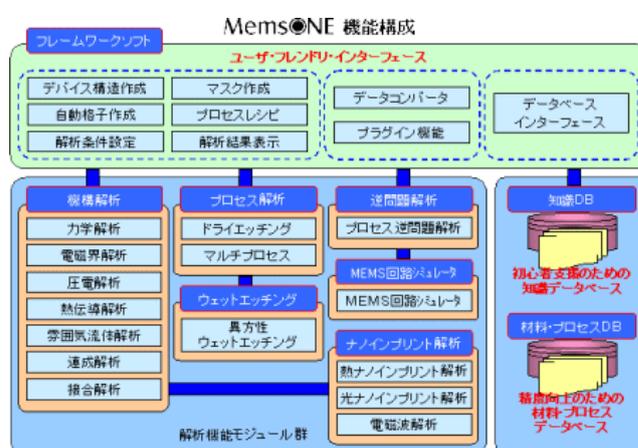


図2 Mems-ONEの機能構成[1]

(1) 委託先（研究参加機関）  
（代表委託先）財団法人マイクロマシンセンター

- 1) フレームワークソフトの開発  
委託先：日本ユニシス・エクセリユーションズ株式会社、株式会社日立製作所  
再委託先：北海道大学
- 2) 機構解析シミュレータの開発  
委託先：みずほ情報総研株式会社  
再委託先：オムロン株式会社、オリンパス株式会社
- 3) プロセス解析ツールの開発  
委託先：みずほ情報総研株式会社  
再委託先：松下電工株式会社
- 4) 機能拡張ソフトの開発

委託先：みずほ情報総研株式会社、株式会社  
数理システム、株式会社計算力学研  
究センター、株式会社日立製作所、  
三菱電機株式会社

#### 5) データベースの開発

委託先：財団法人マイクロマシンセンター、  
独立行政法人産業技術総合研究所、  
みずほ情報総研株式会社

再委託先：大阪府立大学、岡山大学、香川大  
学、京都大学、群馬大学、首都大学  
東京、東京大学、東京工業大学、豊  
橋技術科学大学、名古屋大学、新潟  
大学、兵庫県立大学

#### (2) プロジェクトリーダー

東京大学生産技術研究所教授 藤田 博之  
京都大学 教授 小寺 秀俊 (サブリーダー)

#### (3) 研究開発期間

平成 16 年度～平成 18 年度 (3 年間)

#### (4) 年度予算額

平成 16 年度 404 百万円  
平成 17 年度 550 百万円  
平成 18 年度 575 百万円

表 1 研究コンソーシアムのメンバー[1]

ソフト開発企業
日本ユニシス・エクセリューションズ株式会社 みずほ情報総研株式会社 株式会社数理システム
MEMS 企業・団体・大学
オムロン株式会社、オリンパス株式会社、 株式会社日立製作所、松下電工株式会社、 三菱電機株式会社、財団法人 マイクロマシンセン ター、独立行政法人 産業技術総合研究所、 東京大学、京都大学、大阪府立大学、岡山大学、 香川大学、群馬大学、首都大学東京、東京工業大学、 豊橋技術化学大学、名古屋大学、新潟大学、 兵庫県立大学、北海道大学

#### 4. 著作権[1]

「Mems-ONE」の著作権は以下の企業・団  
体に帰属する。

一般財団法人マイクロマシンセンター：知識デ  
ータベース、材料・プロセスデータベース

みずほ情報総研株式会社：機構解析シミュレ  
ータ、プロセス解析ツール、ナノインプリント解  
析シミュレータ

日本ユニシス・エクセリューションズ株式会  
社：フレームワークソフト

株式会社数理システム：プロセス逆問題解析ソ  
フト、MEMS 回路シミュレータ

#### 5. 普及面での特長[1]

Mems-ONE を、国内に広く普及させるため、  
以下のような対応をしている。

- ・システムの導入価格は、MEMS の初心者にも  
利用しやすいように適切な水準に設定して  
いる。
- ・ユーザー要望を反映して迅速にシステムの更  
新を図っている。
- ・材料 DB/知識 DB についても、産学官の連携  
により最新情報を提供する。
- ・大学研究者、ソフトベンダー等のサードパー  
ティによるプラグインソフト (外部ソフト)  
の利用も可能にする。

現在も財団法人マイクロマシンセンターがサポ  
ートしている。またコンソーシアムに参加した  
企業が販売を行っている。

#### 参考文献

- [1] Mems-ONE のホームページ：  
<http://mmc.la.coocan.jp/mems-one/>
- [2] 藤田博之：Mems-ONE プロジェクトへの  
期待