

特集 シミュレータ構築基盤システムの開発*

Development of Simulator Build up Base System

古木 建吾
Kengo FURUKI

神谷 豊晴
Toyoharu KAMIYA

青山 文宣
Fuminori AOYAMA

To cut back on product development time to a large extent, it is necessary to provide the designer with a "simulator" when it is needed. So we have now developed a GUI-based "General Purpose Strength Simulation System" to make it easier and faster for not only experts but also non-experts to put together a "simulator."

With this system, it has become possible to architect "simulator" in a 1/5 of the time it used to take.

Key Words : Simulation , Computer aided engineering , Design , Analysis, System

1. まえがき

近年、カーメーカのニーズに対応するため製品開発期間の大幅な短縮が急務となっている。当社でも、製品開発から製造までをデジタルエンジニアリング化し、これらのニーズに対応する活動を開始した。デジタルエンジニアリング化の狙いは、「質の高い製品を短期間に開発し、競争力と生産性を飛躍的に向上させること」で、西暦2005までに、「ビジネススピード2倍・開発工数半減」を目標とした。この活動の中でもCAEは製品開発期間短縮のキーテクノロジーとして期待が高く、当社ではデジタルエンジニアリング化におけるCAEの活用推進を、「情報企画部」内「CAE推進グループ」の役割と位置付けて取り組んでいる。

今回は、我々「情報企画部」のCAE活用推進に対する考え方、および取り組みを紹介する。

2. 情報企画部の役割

これまでの製品開発における問題は「試作・実験」のサイクルに、多くのコストと時間を費やしていることにある。デジタルエンジニアリングでの狙いは「試作・実験」のサイクルから、CAEを活用した「計算・評価」のサイクルへと製品開発プロセスを変革し、実物を作らずにコンピュータの中で製品性能の作り込みを完了させることで、製品開発の効率を向上させることである。

従って、「設計者が製品開発の常套手段としてCAEを利用できる」状態に持ち込むことが、我々「情報企画部」の役割である。

3. 設計者が利用するCAE

3.1 設計者によるCAE利用の現状

「CAEを利用する」と一言でいっても、実際の製品を抱える設計者にとって、負荷は大きい。Fig. 1に示すように、ある一つの製品の特性を「シミュレーション」しようとしたとき、それを取り巻く複数分野の物理現象を「シミュレーション」する必要がある。しかし、残念ながらこれら物理現象をひとまとめに「シミュレーション」できるような技術は今のところは世の中に存在せず、ほとんどの場合は「強度、流れ、磁場」といった分野別のツールとして、CAEベンダー各社より提供されている。

従って、設計者はこれらツールそれぞれの操作法を習得した上で「シミュレーション」を実施しなければならない。もちろん、すべての物理現象についての「シミュレーション」が必須とは限らないが、複数の分野について実施しなければならないケースは多い。

特に最近では、CAEベンダー各社においては、同業他社に対する優位性を確保するために、ツールの「独自性・専門性」を追及する傾向があり、さらに多様化が進んできている。この結果、同じ分野の解析を実施する場合でも複数のツールを操作できなければ、「シミュレーション」を実施できない状況が増えてきている。

また、この他にも「メッシュ分割と計算精度の相関関係」といった数値解析に関する一般的な知識から、「計算結果の評価・分析方法」といったような「専門知識やノウハウ」も習得しなければ、正しくCAEを利用することが難しい。

このように、CAEを利用するためには多くの「ツールを操作するスキル」や「数値解析に関する専門知

* 原稿受理2000年9月27日

識」が必要であり，その習得には多大の時間を要する．結果，「CAEを実施すること」自体を本業としない設計者にとっては非常に敷居が高く，利用が伸び悩んでいる．

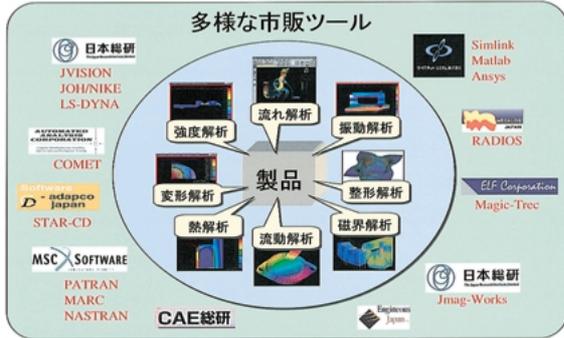


Fig. 1 CAE tools which surrounds a product

3.2 設計者が使えるCAEとは

前述した状況を考えるに，設計者へのCAE普及を推進するためには「設計者が使えるCAE」というものを「考案・提供」していく必要がある．現状の問題点から逆転の発想をすると，「設計者が使えるCAE」とは「専門知識が不要」かつ「操作が簡単」なCAEである．これら要件を満たすものとは，ある特定の「シミュレーション」を実施するために作り込んだ「専用ツール」であると考えられる．

すなわち，Fig. 2に示すように，「汎用CAEツール」の機能を限定し，操作を容易にした上で，「専門家の知識・ノウハウ」を盛り込むことにより構築した「シミュレータ」(専用ツール)こそが「設計者が使えるCAE」であると我々は考えた．

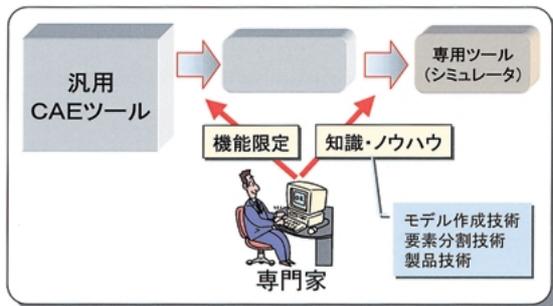


Fig. 2 Useful CAE for designer

4. 設計者へのシミュレータ展開

我々は，設計者へのCAE展開の鍵は「シミュレータ」の提供にあると考え取り組みを開始した．

4.1 「シミュレータ」化のターゲット

一言で「シミュレーション」といっても，その使われ方や位置付けは様々であり，すべてを「シミュレータ」として設計者に提供すべきかについては一考する必要がある．例えば，研究機関や一部の専門家が実施するような研究レベルの「シミュレーション」など，計算技術の確立段階にあるものを「シミュレータ」とするには，計算結果の「精度」や「安定性」に不安が多く，実用的なものとするのは難しい．

また，既に確立された技術を応用したものであっても，スポット的にしか実施しない「非定型的なシミュレーション」を「シミュレータ」として構築しても，製品開発プロセスの効率化を望めない．従って我々は，既存技術を応用した「シミュレーション」の中でも，精度的にも安定したもので，継続的に製品適用される「定型的なシミュレーション」を「シミュレータ」化のターゲットとした．

4.2 「シミュレータ」提供体制

前述したような「シミュレータ」を構築するには，CAEに関する専門知識だけでなく，製品の開発・製造に関する知識を必要とするため，「情報企画部」の技術者だけで実施するのは，技術的にもパワー的にも不可能である．

そこで，我々は，Fig. 3に示すような体制で「シミュレータ」の提供を実施していくことにした．Fig. 3中の「CAEスペシャリスト」とは，新規シミュレーション技術の確立や手法・理論などの研究を主たる業務とする技術者のことで，「CAE」に所属する各分野の専門家を指す．また，「CAEエキスパート」とは「CAE利用部門」に属し，「CAEスペシャリスト」が確立した技術などを基に，CAEの製品適用を実施する専任技術者を指している．

この体制において「CAEエキスパート」は，CAEの製品適用を実施する中で，設計プロセスに有効活用できる「シミュレーション」を「シミュレータ」化し設計者へ提供する役割を担う．一方で我々「情報企画部」は，体制の維持・強化を目指し，「CAEエキスパートの育成」，「シミュレーション技術確立・情報支援」を実施することとした．

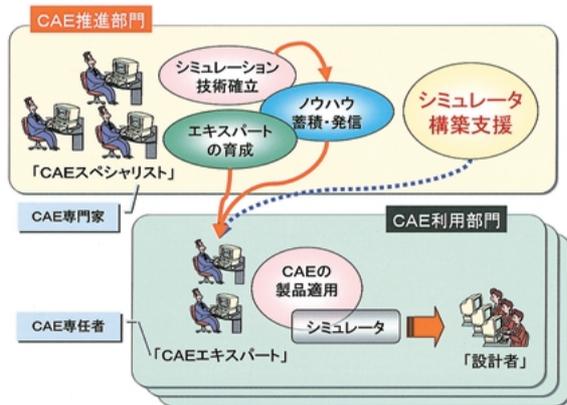


Fig. 3 Offer system of the simulator

4.3 シミュレータの構築支援

我々は、「シミュレータ構築」を「CAEエキスパート」の仕事であると位置づけた。しかし、「システム」や「プログラミング」に関する知識を持ち合わせない「CAEエキスパート」にとって、これらの業務が容易ではないことは明らかであった。そこで我々は、「シミュレータ構築支援」についても、合わせて取り組むことにした。次節以降では、これら取り組みについての詳細を述べる。

5. シミュレータ構築基盤システムの開発

これまでの「シミュレータ」構築は、システムと「シミュレーション」の両方に精通した技術者が、多くの時間を費やして実施してきた。また、「シミュレータ」のメンテナンスにも多くの時間を費やさなければならず、構築できるシミュレータの数にも限界があった。従って、これまでと同じやり方で「シミュレータ」構築を実施しても、タイムリーに、かつ継続的に「シミュレータ」を設計者へ提供することは不可能である。

そこで我々は、これら問題を解決するべく、「シミュレータ」構築を支援可能な、共通の基盤システムを整備することにした。この際、開発するシステムの要件として

- 1) 短期間で「シミュレータ」構築が可能であること
- 2) システムの専門知識がなくても「シミュレータ」を構築できること
- 3) 構築した「シミュレータ」の保守を容易に実施できること

を掲げ、システム名を「CAE/WB」(CAEワークベンチ)とし、開発を実施した。

6. CAE/WBの概要

6.1 CAE/WBの特徴

「CAE/WB」は、プログラム言語に「JAVA」を採用することで、マルチプラットフォーム環境での動作を実現している。また、「CAE/WB」そのものには「CAEのモデリング機能」や「計算機能」を搭載せず、これらは市販ツールとの間に「インターフェイス」を開発することで、機能追加するような仕様となっている。従って、市販外部ツールとのインターフェイス開発を進めることで構築できる「シミュレータ」の種類や、機能の幅を広めることができる。

6.2 「CAE/WB」機能概要

Fig. 4に示すように「CAE/WB」は大きく分類すると、「ブロックライブラリ」、「シミュレータ構築・実行機能」および、これらを統合する「管理機能」で構成されている。以下、それぞれについて概要を説明する。



Fig. 4 Functional composition of CAE/WB

6.2.1 「ブロックライブラリ」の概要

「CAE/WB」では、あらかじめ準備された「シミュレータ部品」を組み合わせていくことで、望みの「シミュレータ」を構築していく仕様となっている。「シミュレータ部品」の一つひとつには、単純な処理を実施するプログラムが実装されており、これらの組み合わせを変えることによって様々な動作を実現することが可能となっている。「CAE/WB」では、これら「シミュレータ部品」を「ブロック」、その集まりを「ブロックライブラリ」と呼んでいる。

「ブロックライブラリ」は、Fig. 4に示すように、「強度」・「流れ」・「磁場」といった分野で利用するブロック群と各分野で共通に利用するブロック群で構成されており、例えば「強度」分野のブロックと

「共通」ブロックを組み合わせることで強度分野の「シミュレータ」を構築することができる。従って、「シミュレータ」を構築する際に、これまでは存在しない処理が必要になった場合は、ブロックを新規に追加するといった仕組みである。

このように、必要な処理を「ブロック」化し共有することで、「シミュレータ」構築時の効率は大幅に向上する。また、「シミュレータ」個別のメンテナンスを、ブロックのメンテナンスで代用できるため、「シミュレータ」の数が増えたとしても、メンテナンスに莫大な工数をかける必要がなくなる。

なお、「ブロックライブラリ」の開発・メンテナンスについては、専門知識を要するものであるため、「情報企画部」によって実施する。

6.2.2 「シミュレータ構築・実行機能」の概要

前述した「ブロックライブラリ」を用いて「シミュレータ」を構築・実行するために「CAE/WB」では、1)ブロックビルダ、2)プロセスマネージャ、3)パネルデザイナー、といったツールを装備している。以下、それぞれのツールが提供する機能について説明する。

(1)ブロックビルダ

「ブロックビルダ」は、一連のシミュレーション工程をいくつかに分割した、「アクティビティ」と呼ばれる「工程部品」内の処理をプログラミングするためのツールである。なお、「ブロックビルダ」で行う作業は、専用のGUI画面を介して行われるため、特別なプログラミング言語に関する知識がない人でも利用することができる。

具体的なプログラミングは、「ブロックライブラリ」内の「ブロック」を組み合わせ、「シミュレータ」の動作に必要な処理を行う「組み合わせブロック」を構築し、最後に「アクティビティ」として登録する形で実施する。「組み合わせブロック」の構築は、Fig. 5に示すように、必要な処理を実装した「ブロック」を「ブロックビルダ」の画面上に配置した後、それぞれの入出力ポートをマウス操作で結線する形で実施する。この際、一定範囲の処理ロジックを構築した「組み合わせブロック」を一旦登録し、さらに高度な処理を実施する「組み合わせブロック」を構築する際に、通常の「ブロック」と同じように利用することも可能であるため、構築作業を段階的に進めることができる。

従って、再利用性の高い「組み合わせブロック」を

「ブロックライブラリ」へ登録しておけば、次回以降、同様な処理をプログラミングする手間が省けるため、作業を効率的に実施することが可能になる。

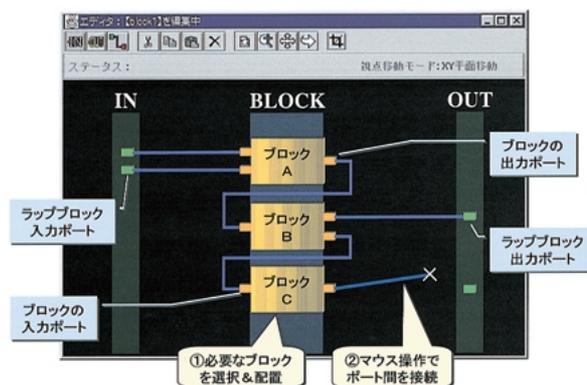


Fig. 5 BlockBuilder outline

(2)パネルデザイナー

「パネルデザイナー」は、「シミュレータ」実行に必要なパラメータを入力するための「GUI」を構築するツールである。作業は、Fig. 6に示すように、「パネルデザイナー」のキャンパスへあらかじめ用意された「テキストボックス」、「プルダウンメニュー」、「ラジオスイッチ」といったGUI部品を、マウス操作によって「パネルデザイナー」のキャンパスへ配置し、属性を定義する形で実施する。また、キャンパスへ画像の貼り付けることも可能で、シミュレーションモデルの概要図などを貼り付ければ、簡単なナビゲータとして利用することもできる。

このように、「GUI」を構築することのメリットは、「シミュレータ」を構築する技術者が持っているシミュレーションに関する「知識やノウハウ」を盛り込むことが可能などところにある。

例えば、強度解析を実施する場合に必ず必要となる「ヤング率」や「ポアソン比」といった値の入力は、数値として入力するのではなく「プルダウンメニュー」から材料名を選択させる形態とすることで、これら知識を持ち合わせていないユーザでも、パラメータの設定を実施することができる。

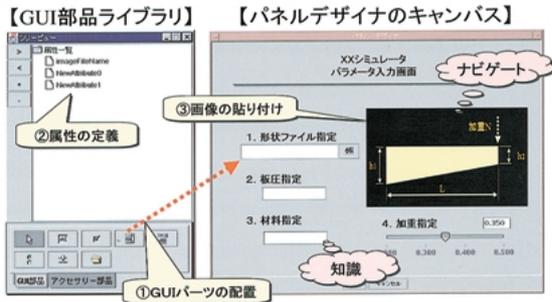


Fig. 6 PanelDesigner outline

(3)プロセスマネージャ

「プロセスマネージャ」は、ブロックビルダで構築した「アクティビティ」を配置・接続し、一連のシミュレーションを「プロセス」として定義するためのツールである。「プロセス」定義の手順は、Fig. 7示すように、「アクティビティ」をマウス操作により「プロセスマネージャ」の画面上へ貼り付けた後、工程順に矢印でリンクし、各「アクティビティ」間で引き渡すパラメータ等の属性を定義する。最後に、全工程を「プロセス」として登録すれば「シミュレータ」が完成する。

「プロセスマネージャ」はまた、構築した「シミュレータ」の実行時にも利用する。Fig. 8に示すように、「プロセスマネージャ」の再生ボタンが押されると、「プロセス」の定義に従い、各「アクティビティ」内の処理が順番に実行される。このとき、各「アクティビティ」の「実行完了、実行中、実行待ち」といった状況が「アイコン」の色分けによって表示されるため、利用者は一目で「プロセス」全体の進捗状況を把握することができる。

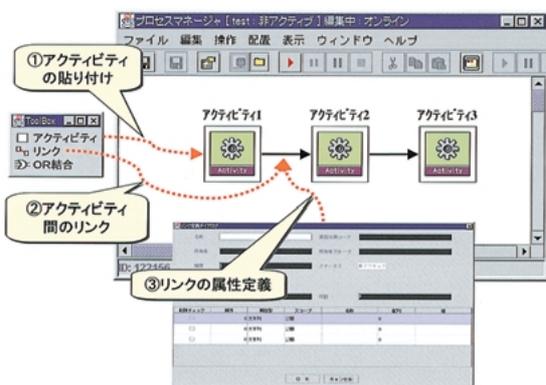


Fig. 7 ProcessManager outline (when buiding simulator)

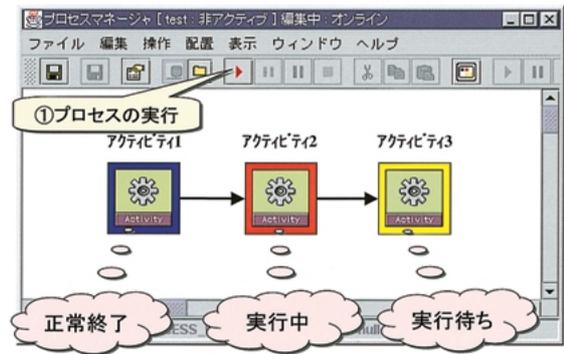


Fig. 8 ProcessManager outline (when executing simulator)

6.2.3 「管理機能」の概要

これまでに説明してきた「シミュレータ」の構築や実行に必要な「ツール」や「ライブラリ」に加え、「プロセス」や「利用者」の運用・管理を実施する機能として、「CAE/WB」では「フロントエンド」と呼ばれるツールが提供されている。

「フロントエンド」は「CAE/WB」実行時に最初に起動され、Fig. 9に示すように、画面には「ユーザ」、「プロセス」、「ブロック」といった機能別に分類されたタグが表示される。

例えば、「プロセス」タグ内では、「シミュレータ」として構築した「プロセス」の登録・実行機能を提供しており、「ブロック」タグ内では、「ブロックライブラリ」の閲覧や、「ブロックビルダ」の起動機能を提供している。さらに、「バージョン」、「ユーザ」といったタグ内では「CAE/WB」のユーザ管理や「ブロックライブラリ」のバージョン管理など、「CAE/WB」そのものの運用管理機能が提供されている。

また、これらタグの表示は利用者の種類や権限によって制限されており、「一般設計者」のように「シミュレータ」を実行する目的でしか「CAE/WB」を利用しないユーザに対しては、「プロセス」タグしか表示しないような工夫が施されている。

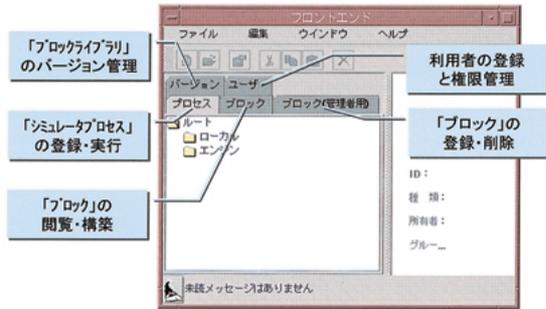


Fig. 9 FrontEnd outline

7. 適用事例

本節では、「CAE/WB」を用い、実際の「シミュレーション」を題材に「シミュレータ」を構築した事例を紹介する。

7.1 「シミュレータ」構築の手順

今回、「シミュレータ」構築の題材とした「シミュレーション」はFig. 10に示す「板ばねの強度シミュレーション」である。

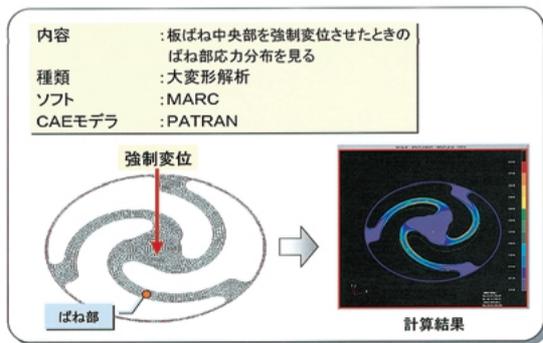


Fig. 10 “The strength simulation of the board spring” outline

「シミュレータ」を構築する手順は以下の5STEPに分けて解説する

STEP1: 「シミュレータ」の要件を整理する

STEP2: シミュレーションの全行程を「工程」に分割する

STEP3: 「ブロックビルダ」で「工程」内の処理をプログラミングする

STEP4: 「パネルデザイナ」でパラメータ入力用の「GUI」を構築する

STEP5: 「プロセスマネージャ」で「プロセス」を構築する

STEP1: 「シミュレータ」の要件を整理する

「シミュレータ」の要件整理は、利用者の気持ちになって実施すべき作業である。例えば、外部ツールの操作をまったく知らないユーザへ提供する「シミュレータ」は、可能な限り不要な機能を隠すことで、使い勝手のよい「シミュレータ」となるが、ある程度の知識をもったユーザに、同じものを提供すると自由度が低すぎて、使いにくい「シミュレータ」となってしまう。従って、利用者の「レベル」や「ニーズ」を十分に把握した上で要件整理を行う必要がある。

ところで、今回の「シミュレータ」は、事例としての意味合いを重視し、あえて詳細な要件とせず、以下のように簡単な要件とした。

- ・形状のモデリングはCADで実施し自動化には含めない。
- ・板厚はパラメータとして入力可能とする。
- ・計算結果の読み込みまでを自動化し表示は自動化の対象としない。

STEP2: シミュレーションの全行程を「工程」に分割する

ここでは、一連のシミュレーションを適当な単位の「工程」に分割する作業を行う。適当な単位についての明確なルールはないが、後工程に控える「ブロックビルダ」でのプログラミングがあまり煩雑にならない程度で分割しておく。

あるいは、「シミュレータ」利用時に進捗状況をモニターしたい単位で分割しても良い。今回の「シミュレータ」では、Fig. 11に示すような4つの「工程」に分割した。

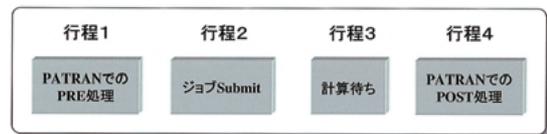


Fig. 11 Process division of the simulation

STEP3: 「ブロックビルダ」で「工程」内の処理をプログラミングする

ここでは、「ブロックビルダ」を用いて各「工程」内の処理をプログラミングし、「アクティビティ」として登録する作業を行う。例として、「PATRANでのプリ処理」工程をプログラミングする手順をFig. 12に示す。まず、工程内「処理フロー」に従い、必要な「ブロック」を「ブロックライブラリ」から取り出し、

「ブロックビルダ」画面への貼り付けを実施する。この際、「ブロック」はカテゴリ別に整理して登録されているので、検索作業にさほどの時間がかかることはない。次に、各ブロック間の「接続」と「属性定義」を実施したあと、「ラップブロック」として登録を実施する。同様にして、他の工程についても「プログラミング」・「登録」を実施していく。

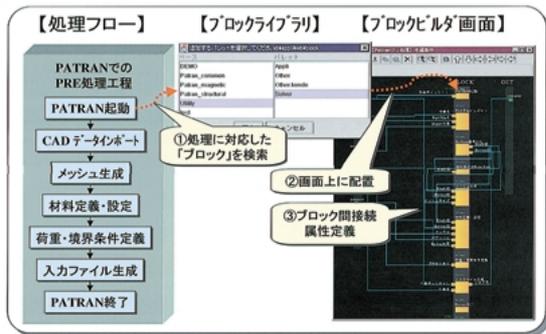


Fig. 12 Programming of the management in the process

STEP4：「パネルデザイナ」でパラメータ入力用の「GUI」を構築する

ここでは、「パネルデザイナ」を用い、パラメータを入力用の「GUI」を構築するが、具体的な操作説明は割愛し、Fig. 13に示す完成した「GUI」について解説する。この「GUI」には、「シミュレータ」の要件を満たすために必要な「板厚のパラメータ」入力フィールドといったもの以外に、設計者が直感的に、かつ安全に作業を進められるような工夫が盛り込まれている。

例えば、シミュレーションの全貌を把握できる画像を配置することで、利用者がパラメータ入力を実施しやすいようにしているところや、「スライダー」によって計算精度が保証できる範囲内でしかメッシュサイズを選べないようにしているところがそうである。

今回の「シミュレータ」ではこの程度としているが、利用者のレベルによっては、さらに親切な「GUI」を構築することも可能である。

STEP5：「プロセスマネージャ」で「プロセス」を構築する

ここでは、「プロセスマネージャ」を用い一連のシミュレーションを「プロセス」として定義するところまでを実施する。

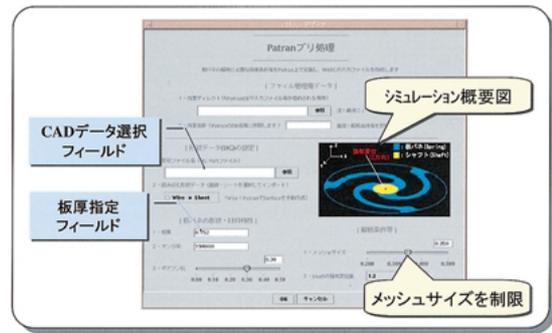


Fig. 13 Building of the GUI

まず、STEP2で分割した「工程」の数だけ、「アクティビティ」を「プロセスマネージャ」の画面上へ貼り付ける。

次に、各「アクティビティ」内の処理をプログラミングした「ラップブロック」ならびに、パラメータ入力用の「GUI」との関連付けを実施した後、工程順に接続を実施する。

最後は、必要に応じて、各「アクティビティ」にアイコンデータを貼り付けた後、「フロントエンド」より「プロセス」を登録すれば「シミュレータ」の完成である。

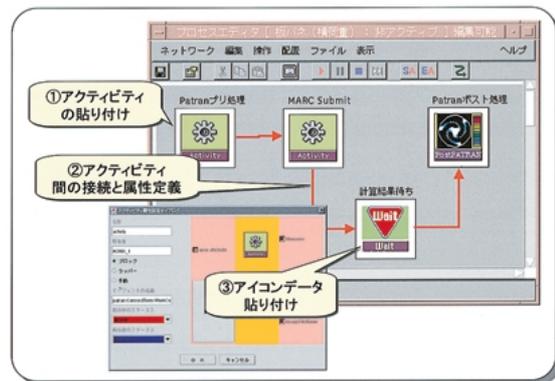


Fig. 14 Definition of the process

7.2 「シミュレータ」の実行

上記で構築した「シミュレータ」の利用について概要を説明する。設計者がシミュレータの実行を選択すると、まず、パラメータを入力する「ユーザインターフェイス」画面が表示される。設計者は記述されている内容に従いながら、必要なパラメータを入力する。「入力終了」が選択されると、Fig. 15に示すように、

PATRANが自動的に起動し、形状選択などの操作を促す「ウインドウ」が表示される。これに従い利用者は、マウス操作により形状選択などの簡単な作業を実施していく。終了すると、PATRANが自動的に終了し、次の工程へと移行していく。

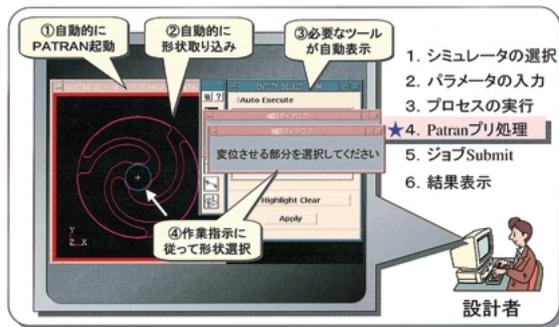


Fig. 15 Executive image of simulator

7.3 「シミュレータ」の評価

今回の「シミュレータ」構築に要した期間は約3日間で、作業指示書の作成まで含めても1週間ほどで実施することができた。これは、「CAE/WB」を用いずに同様な「シミュレータ」を構築する場合と比較して、約1/5程度の工数である。

また、「シミュレータ」の実行においては、「CAEエキスパート」がシミュレータを用いずに実施した「シミュレーション」工数に対し、設計者が「シミュレータ」を用いて実施した「シミュレーション」工数は約1/8程度となった。

また、その他「シミュレータ」の構築事例においても、構築工数で1/3～1/6、実施工数で1/8～1/2の効果を確認することができた。

8. むすび

CAEに関する専門知識を持たない一般設計者にも、「製品開発の常套手段」として幅広くCAEを活用してもらうために、弊社では、設計者が利用できる「シミュレータ」をタイムリーに提供していくことが重要であると考え、「シミュレータ構築基盤システム」(CAE/WB)を開発した。

また、実際の設計現場への適用において、その有用性を実証することができた。しかし、製品開発プロセスへCAEを根付かせるためには、今回の取り組みだけではまだまだ十分とは言い難い。従って、今後もあらゆる側面から「CAEのあるべき姿」を模索してい

かなければならないと考えている。

<参考文献>

- 1) 今井孝雄：自動車部品開発における仮想設計，仮想生産（生産性向上・開発期間短縮をめざした仮想設計・試作・生産日本機械学会東海支部第86回講習会資料，19980625）
- 2) 自動車の短期開発を支えるCAE（JSAE SYMPOSIUM No.9710）
- 3) CAEによる自動車のコストダウンを目指して（JSAE SYMPOSIUM No.9512）
- 4) 製品開発におけるCAE普及拡大のための提案（第10回設計製造ソリューション展専門セミナーテキスト）



<著者>



古木 建吾
(ふるき けんご)

情報企画部
CAEインフラ，システムの開発・適用に従事。



神谷 豊晴
(かみや とよはる)

情報企画部
システムインフラ企画・開発に従事。



青山 文宣
(あおやま ふみのり)

情報企画部
強度・塑性加工分野シミュレーション手法の開発・適用に従事。