

# 設計展開を目的としたナビゲーション機能を持つ 二輪車部品用 CAE 標準化システムの開発

Development of CAE Standardization System for Motorcycle Parts with Navigating Function  
for Designers

伊藤 未 丈\*

Mijo ITO

大塚 正 人\*

Masato OTSUKA

石原 大 輔\*

Daisuke ISHIHARA

土本 健 二\*

Kenji TSUCHIMOTO

土屋 美 紀\*

Miki TSUCHIYA

宮崎 靖 大\*

Yasuhiro MIYAZAKI

## 要 旨

設計者による CAE (以下設計者 CAE と呼ぶ) に焦点を当てた二輪車部品 CAE 標準化システムを開発した。本システムは、設計 CAE に適したナビゲーション機能により、解析条件設定などの簡易化を図り、間違いや操作ミスによる解析の手戻りを防止した。また、解析手法や条件設定の標準化により、解析の個人差の発生をなくした。更に本システムによるデータ蓄積により、解析結果の比較を容易にすると共に、独自の Analysis Tag 機能により、結果評価と定型レポートの作成を半自動化した。以上により、本システムは設計 CAE の作業時間を 75% 削減し、設計作業を効果的に支援することを可能とした。

## ABSTRACT

“Motorcycle parts CAE standardization system” that focused on CAE for designers (hereafter termed “designers’ CAE”) has been developed. This system simplified the analytical condition settings by unique navigation function that was suitable for designers’ CAE, and realized prevention of redoing due to misunderstandings and operation errors. And also, the individual differences in analyses were eliminated by standardizing the methods for analysis and condition settings. In addition, the comparison of the analytical results was facilitated by the data accumulation using this system, and evaluations of the results and the fixed form report making were semi-automatically carried out by the function of “Analysis Tag.” Thus this system reduced the working hours of designers’ CAE by 75%, and enabled effective supports for design operations.

## 1. まえがき

近年の汎用 CAD ツールの進化により、CAD システム上で実施可能な CAE の機能向上や操作の簡易化が実現されている。これにより、設計者 CAE のハードルが下がり、開発初期段階での机上熟成ニーズの高まりと共に設計者 CAE が急速に普及してきている。当社二輪開発部門での設計者の CAE 使用者数も、この 5 年間で約 2.5 倍に増加している (Fig. 1)。

一方で、多くの設計者は CAE の実施頻度が低く、解析のプロセスやオペレーションを忘れやすいという課題がある。Fig. 2 に設計者の CAE 使用回数の頻度分布を示す。

\* 二輪 R&D センター

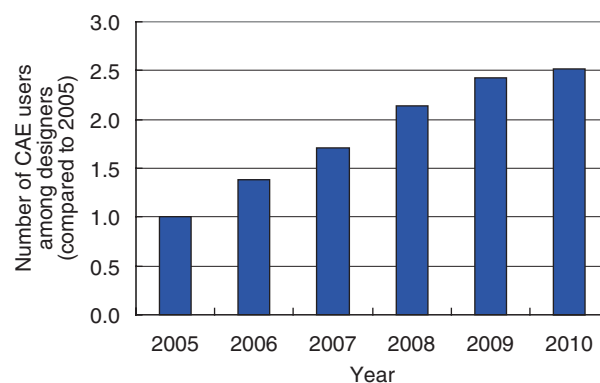


Fig. 1 Increase in number of CAE users among designers (compared to 2005)

50%以上の設計者が年に20回未満のみの使用であり、使用しない期間が1年以上というケースもめずらしくない。設計者にとってCAEはあくまで検討手段であり、必要なときにのみCAEを使用するというのは自然なことであり、こうした傾向は当然のことである。

このような特徴をもつ設計者CAEに対し、操作の簡易化・自動化などさまざまな取り組みがおこなわれている<sup>(1), (2)</sup>。

しかし、安易な自動化は解析プロセスをブラックボックス化し、他の部品へのCAEの応用展開を妨げるなどの課題がある。そこで、設計者がCAEを有効に活用するために、解析プロセスを理解しやすくするナビゲーション機能を備えた「二輪車部品CAE標準化システム」を構築した。本稿では、本システムの内容とその効果について紹介する。

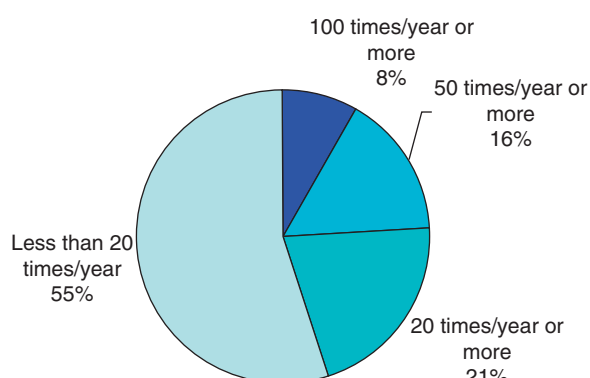


Fig. 2 Frequency of CAE use by designers

## 2. 設計者 CAE の課題

設計者CAEの利用が急速に増加してきた結果、下記の課題が顕在化してきた。

### 2.1. 解析作業における手戻りの発生

Fig. 3は設計者に対するCAEサポート内容の内訳を示す。グラフより間違いやミスが少なからず存在していることがわかる。特に前述のような使用頻度の少ない設計者

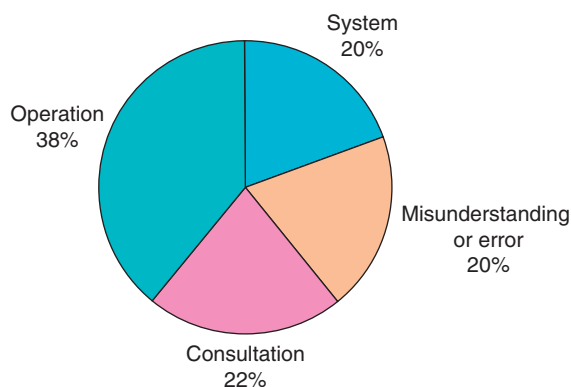


Fig. 3 Categories of requests for support from CAE users

や初心者においては、知識不足に起因する設定等の間違いや、意図に反して発生してしまう操作ミスなどによって、正しい解析結果を得るまでに多数の手戻りが発生していると考えられる。

### 2.2. 使用者による手法や設定の違いの発生

CAEの解析条件(荷重条件、拘束条件、結合条件、メッシュ設定等)は、同じ解析をおこなう場合においても、複数の条件設定が可能であるため、使用者による解析手法や設定の違いが発生する。このような違いが存在する場合は、特に解析結果を比較する際に課題が生じる。メッシュサイズの異なる二つの解析結果があり、どちらの解析も単独では妥当なものであった場合にも、この二つを比較することは適切ではないことが多い。

### 2.3. 過去の解析結果の有効活用

ハードウェアやアプリケーションの進化による計算環境の変化に伴い、解析可能なメッシュ数などの解析規模は年々変化している。一般的な設計者の計算環境で実施できる解析規模はこの10年間で約100倍に拡大した。このように計算環境が変化すると、メッシュサイズ設定などの最適値もそれに伴い変化し、過去の結果と最新の結果が同一条件で比較できなくなり、蓄積されたデータを有効活用できない。

### 2.4. 煩雑な解析条件設定による工数増加

前述のようなCADツールやハードウェア環境の進化により、設計者もより複雑で大規模なアセンブリ解析が実施可能となった。このような解析においては、多くの煩雑な解析条件設定が必要となり工数が増加している。

## 3. システム開発のねらい

前述の設計CAEの特徴と課題に対し、本システムでの開発のねらいを以下に示す。

(1) 自動化ではなく、解析作業のナビゲーションシステムであること

CAEの自動化は、工数削減とミス防止には大きな効果を発揮する。しかし、最近1年間で実施された設計者CAEの部品割合を分析した結果、解析頻度の高い10部品が全体の約50%を占めており、残りの50%は頻度は低いものの300部品以上の解析が実施されていることを把握した。これらすべての部品の解析を自動化することは、システム開発工数が膨大となり現実的ではない。また、解析頻度の高い部品のみを自動化した場合には、その部品については簡易に解析できるが、設定がブラックボックスとなるため、他部品を解析する際に応用が効かなくなるという課題が生じてしまう。

本システムは、プロセスを意識させながら、解析条件設定から評価までの一連の作業をナビゲーションするシステムとしている。これにより、正しい解析や評価へ導くだけでなく、解析頻度が低くオペレーションを忘れがちな設計者を効果的にサポートし、同時に他解析への応用ができるスキルを身につけることができる。

#### (2) 解析の手戻りや使用者による設定の違いが防止できること

知識や経験不足に起因する間違いによる手戻りおよび使用者による手法や設定の違いについては、解析条件設定および結果評価の標準化をおこない、この手法を間違いなく実施できるシステムとすることで防止する。また、使用者の意図に反して発生する操作ミスによる手戻りについては、原因となる煩雑な条件設定の簡易化、発生してしまったミスを計算実行前に発見するチェックツール、計算後に使用者自身が結果の妥当性を確認するプロセスを導入することにより防止する。

#### (3) 解析データを有効活用できる状態で蓄積できること

解析データや解析結果は、計算環境の変化によりメッシュサイズなどの設定を変える必要が生じた際にも、必要に応じて容易にアップデート可能な形で蓄積する。

#### (4) 設定工数が削減できること

設計者が CAE をおこなう上で工数増加は大きな負担となるため、繰り返しの多い複雑な条件設定作業については簡易化することにより、工数を削減することもねらいとする。

## 4. 解析手法の標準化

前述のねらいを達成するため、部品ごとの解析頻度の分析からニーズの高い構造部品 15 部品を選定し、部品ごとに解析設定・結果評価手法の標準化をおこなった。本稿は、システム面からの技術紹介のため、標準化の具体的内容については割愛するが、解析手法が標準化されていることが本システムを構築する上での前提となる。しかし、標準化しただけでは、だれもがその手法を確実に実施することは難しいため、標準解析プロセスを遵守させる仕組みが重要である。

## 5. システムの構成と概要

### 5.1. システム基本構成

Fig. 4 に本システムのシステム構成図を示す。Generative Structural Analysis(GSA)とは、当社で使用している CAD システム (CatiaV5) の CAE 機能である<sup>(3)</sup>。GSA では、設定はすべて 3D-CAD データにリンクしているため、形状ベースのみでの解析設定が可能である。従来のメッシュベースの設定から形状ベースの設定となっ

たことで、経験の少ない設計者でも CAE を実施しやすくなった。

本システムは、この構成を利用して GSA 上に構築されている。設計者が使用する Graphical User Interface (GUI) 部分はすべて CatiaV5 上で動作するため、設計者は普段使い慣れた操作環境下で解析を実施できる。また、GSA の機能をベースとしたシステムであることで、GSA 標準機能と混在して使用することができるため汎用性も高い。

### 5.2. システム概要

ここでは、ステップホルダ標準化システムを例としてシステム概要を解説する。Fig. 5 にナビゲーション機能の概要図を示す。設計者はメニューを上から順に実行していくことで、標準化された解析を間違いなく実行し結果評価することができるようになる。また、この解析の流れ自体は部品に固有のものではないため、設計者はこの解析手順を

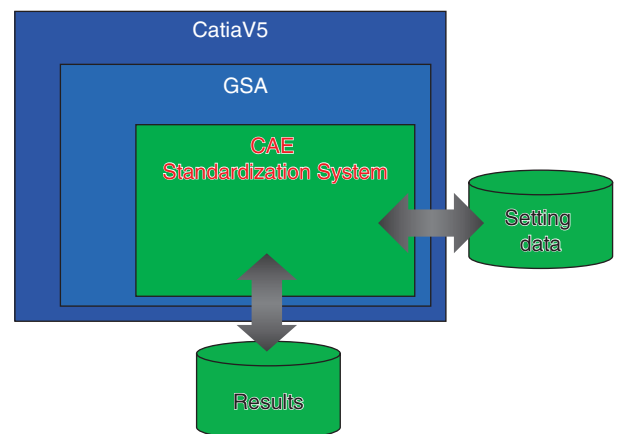


Fig. 4 System configuration

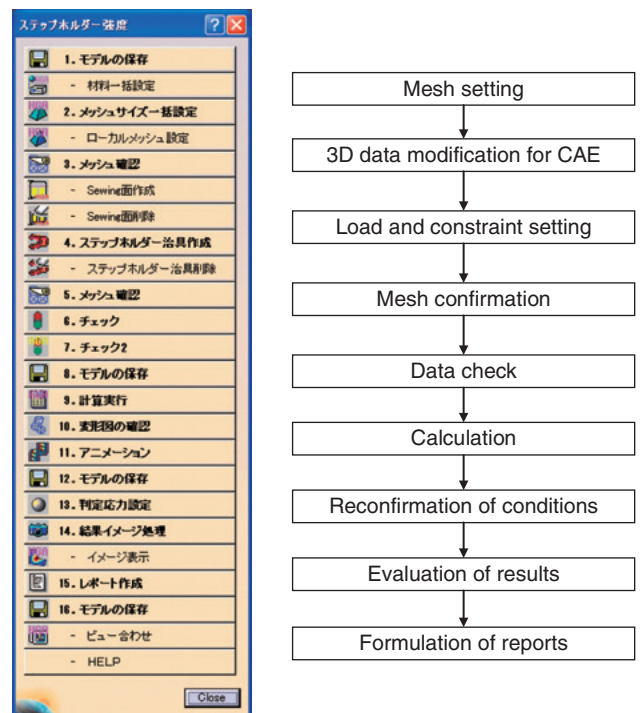


Fig. 5 Outline of navigation function

実施することで、汎用的な解析の流れを自然に身に付けることができる。

### 5.2.1. メッシュ設定

メッシュサイズや要素タイプなどの設定は、CAE 解析をおこなう上で重要な設定の一つである。課題であったメッシュ設定の使用者による違いを無くするため、本システムでは、部品ごとに標準化で決定したメッシュ設定を自動で入力し、使用者は変更できない設定画面仕様を標準としている (Fig. 6)。ただし現在のメッシュでは、指定したメッシュ設定ではメッシュ作成できない場合があるため、modify ボタンをチェックすることで設定を修正可能とし、標準設定からの変更があったことをレポートに出力する仕組みを導入した。

### 5.2.2. CAE 用モデル修正

近年では、CAE 用に形状の簡易化 (不要なフィレットや穴の削除など) をおこなうことは少なくなり、設計用の 3D 形状をそのまま解析に利用することが多い<sup>(4)</sup>。しかし、CAE の条件設定をおこなう上で形状の修正が必要になる場合がある。

Fig. 7 に示すステップホルダの例では、ステップパーストップ部の接触面形状は設計用の 3D 図面には必要ないが、CAE の条件設定には必要となる。この面形状の作成は CAD 機能でおこなう必要があり、CAE 作業の流れが中断されるため操作ストレスと工数の大きい作業となっている。本システムでは、この作業を CAD 機能に切替えるこ

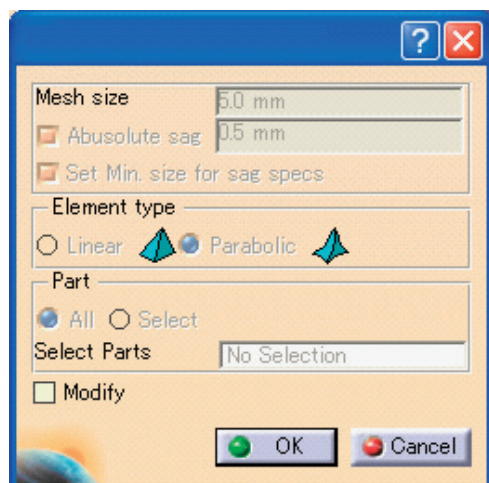


Fig. 6 Dialog box for mesh setting

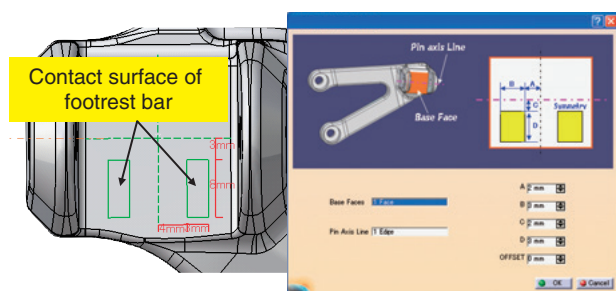


Fig. 7 Assist function for creation of contact surfaces for design of footrest bar

となくナビゲーション内から実施できる仕様とし、無駄な工数を削減した。

### 5.2.3. 荷重および拘束条件の設定

Fig. 8 に荷重、拘束条件設定画面を示す。CAE をおこなう上で荷重と拘束条件の設定が最も重要であるが、同時に、使用者による違いも発生しやすい作業である。本システムでは、標準化された条件を間違いなく設定するため、この設定操作を簡易化した。最低限必要な選択と入力をするだけで、荷重、拘束、結合の作成が可能となっている。例えば、画面には荷重値の入力欄は表示されないが、標準化で決定された値が自動的に適用される。この簡易化により、標準化の設定が遵守されるだけでなく、工数削減、操作ストレス低減、ミス防止を実現している。

### 5.2.4. メッシュの確認

メッシュをまったく意識しなくても良い、というのが設計者 CAE の究極の姿であると筆者は考える。しかし現状では、オートメッシュ機能や解析規模が充分ではないため、計算実行前に作成されたメッシュの密度や形状等を確認することが必要である。ところが、5.1 節で述べたように形状ベースのみでの設定が可能になった現在の CAE 機能では、メッシュを一度も見ることなく計算実行することができてしまう。このような事象を防止するため、ナビゲーション機能にメッシュ確認のプロセスを導入した。

本来標準化されたメッシュ設定を用いていれば、多くの場合、適切なメッシュが作成される。本システムへ敢えてメッシュ確認のプロセスを追加したのは、実際の確認作業の目的だけではなく、汎用的な解析のプロセスとしてメッシュ確認することを習慣とするためでもある。

### 5.2.5. モデルのチェック

Fig. 9 に示すチェック機能では、良くある間違い、エラーではないが問題となる可能性のある設定、独自の禁じ手などを、モデルの設定内容から自動チェックし可視化した。これにより、計算実行前に間違い、ミスに気付くようになり、計算実行後の手戻りを防止している。

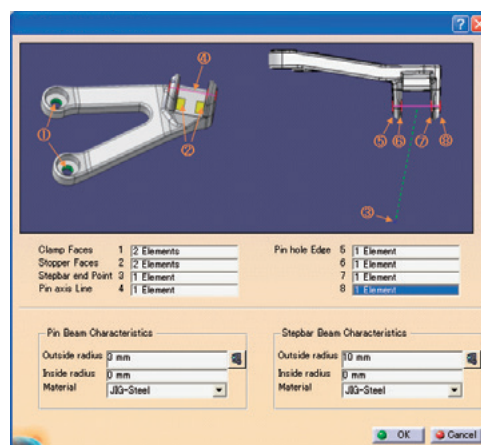


Fig. 8 Assist function for load and constraint condition setting

### 5.2.6. 計算実行

本システムから計算を実行すると、その使用履歴が自動的に記録され、各部品での標準化システムの適用状況を把握できるようにしている。この履歴をもとに標準化の効果確認や、新たな部品への標準化適用を検討する。

### 5.2.7. 解析条件の再確認

計算が終了した際に第一にすべきことは、計算条件が正しいかどうかの再確認である。本システムでは、最も簡単で効果的な方法として、倍率を大きくした変形アニメーションを表示するプロセスを追加した。これにより、計算条件が自分の想定した通りになっているかを視覚的に確認することができる。

### 5.2.8. 結果評価

強度解析結果の評価においては、応力の最大値を評価値として用いることが多い。通常この最大値は、応力コンター図などにより応力分布を表示し、高応力発生部を特定した上で、その付近で最大値が発生している節点を手作業により探し読み取っている。アプリケーションによっては、最大値の検索機能を持つ場合もあるが、単純にモデル

全体の最大値を検索するため、評価に使用するのは適切でない特異点や、評価対象部以外の値が検索されてしまう場合がある。また、手作業により値を読み取った場合には、後日そのモデルを見た際に、どの節点の値で評価したかが分からなくなるという課題がある。

これらの課題を解決するため、独自の Analysis Tag 機能 (Fig. 10)を開発した。この機能により、評価に使用した節点、値、コメントなどをモデルデータとして保存可能となり、第三者がモデルを見た場合にも、評価の根拠が明確となる。また、高応力発生部位での最大値検索機能を実装し、最大値の見落とし防止、および評価の使用者による違いの削減を実現した。

### 5.2.9. レポート作成

本システムでは、CAE 結果を第三者が見る際に必要な情報を記載した定型レポートを半自動で作成する。このレポートには、モデルデータ名、解析設定内容、標準化設定の変更有無、前述の Analysis Tag から取得した評価値、判定結果などが自動で記載される。これにより、設計者はこれらのデータを元に結論を記載するだけで容易にレポートを完成できる。

## 6. 本システムによる効果

### 6.1. 設計者 CAE のサポート

設計者 CAE の特徴に対応したナビゲーションシステムを提供することで、使用頻度の低い設計者でもたやすく解析を実施可能となった。また、本システムによる解析を繰り返し実施することで、汎用的な解析プロセスが身に付き、標準化された部品以外への CAE 適用スキルの向上が図れるようになった。

### 6.2. 解析の手戻りおよび使用者による設定の違いの削減

標準化によって決定された解析手法を本システムにより

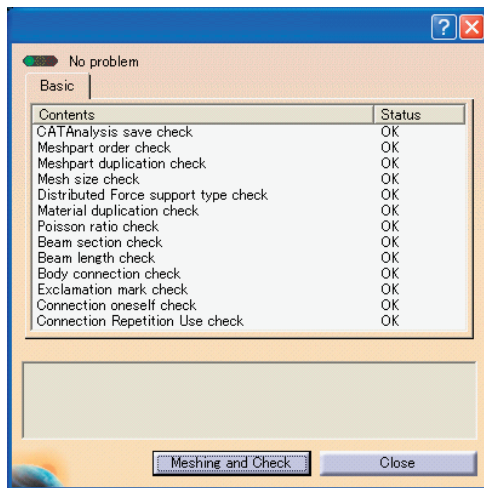


Fig. 9 Dialog box for data check function

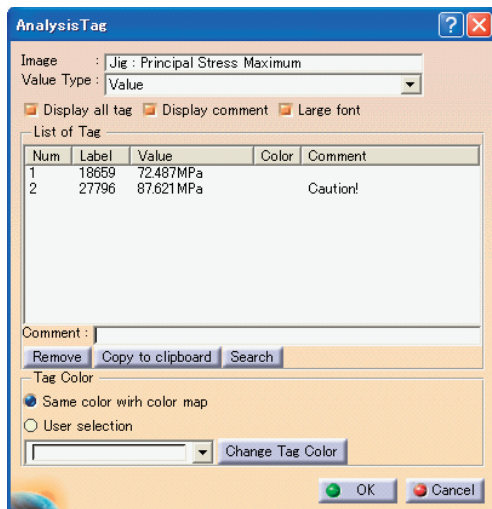


Fig. 10 Function of the analysis tag

実施することで、解析条件の設定間違いなどに起因する手戻りと、使用者による設定の違いが防止可能となった。また、煩雑な解析設定を簡易化し、チェック機能を導入することにより、操作ミスによる手戻りの削減を実現した。

### 6.3. 過去解析データの有効活用

本システムによる解析データの蓄積により、計算環境の変化によるメッシュ設定の変更が発生した場合にも、容易に結果を更新し、蓄積された解析データが、後の比較に使用できなくなることを防止した。また、独自の Analysis Tag 機能により、蓄積した解析モデルに評価の根拠を明確に残すことができるようになった。

### 6.4. 工数の削減

煩雑な設定操作の簡易化とナビゲーション機能により、設計者作業工数を平均で 75% 削減した (Fig. 11)。これらは主に、荷重、拘束条件設定および条件設定に必要な補助要素の簡易作成 (Pre processing) と、解析結果の評価および定型レポートの半自動作成 (Post processing) の効果によるものである。また、設定が複雑なため設計者では実施することが難しかった部品の解析についても、本システムにより実施可能となった。

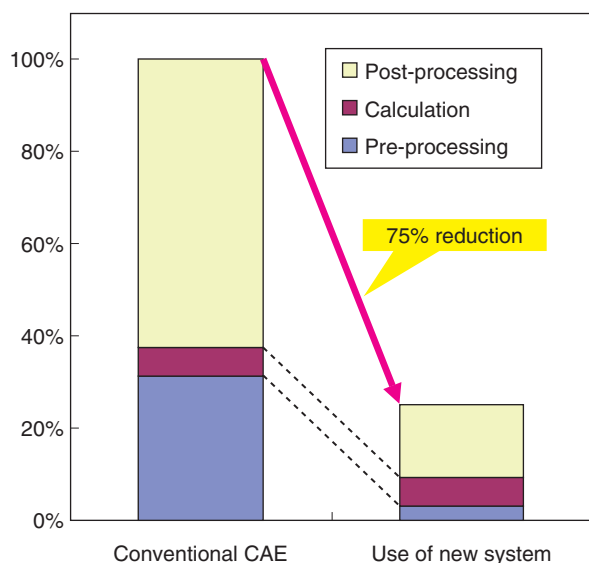


Fig. 11 Ratio of reduction of total work hours

## 7. まとめと今後の展開

設計者 CAE をターゲットとした二輪車部品 CAE 標準化システムを開発したことにより、間違いやミスによる手戻りおよび使用者による手法や設定の違いを削減した。また、煩雑な設定操作および結果評価の簡易化により作業工数の平均 75% 削減を実現した。本システムでは解析作業全体をナビゲーションすることにより、設計者 CAE の特

徴に対応した適切なサポートをおこなうと同時に、使用者には汎用的な解析プロセスが身につく、CAE スキルが向上するため、標準化された部品以外への応用も可能となった。また、蓄積されたデータの更新を容易にし、過去の解析データの有効活用が可能となった。

なお、今回のシステムの対象は、線形構造解析で検討可能な部品のみであったが、拡大する机上熟成ニーズに合わせ、今後、非線形構造解析などの領域へも適用拡大を検討する。

## 参考文献

- (1) 小島芳生: 設計者 CAE としてのファーストオーダーアナリシス, R&D Review of Toyota CRDL, Vol.37, No.1, p.1-3(2002)
- (2) 榎村康司, 近藤俊之: 「SOL!BOX」の開発およびその展開, デンソーテクニカルレビュー, Vol.7, No.1, p.136-140(2002)
- (3) Dassault Systemes, <http://www.3ds.com/>
- (4) 内田孝尚, 永井滋, 小山重: 自動車用トランスミッション開発における設計者の行なう CAE 解析例と今後の方向性, Honda R&D Technical Review, Vol.15, No.1, p.109-114

## ■ 著 者 ■



伊藤 未 丈



石原 大 輔



土屋 美 紀



大塚 正 人



土本 健 二



宮崎 靖 大