

二輪車フレーム用高速オートメッシュ・プログラム「HAPPY」の開発

Development of a High-Speed Automatic Mesh Computer Program for a Motorcycle Body

岩 朝 睦 美*

Mutsumi Iwasa

高 柳 眞 二*

Shinji Takayanagi

亀 水 二 巳 範*

Fuminori Kamemizu

佐 々 木 暢*

Nobu Sasaki

要 旨

二輪車フレームの有限要素モデル作成にて、フレームを構成する個々の隣り合う面 (SURFACE) のつながりを自動的に判断し、全ての面を一括してメッシュ化する新機能を開発した。さらに、この機能を当社の3次元CADシステムに統合し、高速で簡便なオートメッシュシステムを実現した。

これにより、有限要素モデルの作成時間を大幅に短縮でき、複雑な形状物の設計初期段階におけるCAE適用を可能にした。

ABSTRACT

A function has been developed which automatically judges the relation among the individual adjoining surfaces constituting the frame body, and makes a finite-element model of a motorcycle frame body by forming a mesh joining the surfaces.

By integrating this function with the three-dimensional CAD system, a high-speed and simple auto-mesh system has been created.

This makes it possible to substantially shorten the time required for preparation of a finite-element model, and to apply CAE at early stages of design of complicated-shaped constructions.

1. ま え が き

近年二輪車は高性能、高品質化が進み、主要骨格部品であるフレームボディもアルミ铸造品が増加し、形状、肉厚の選択幅拡大に伴いCAEモデルも複雑化の一途をたどっている。

フレームボディは二輪車の主要構成要素を集約、結合する骨格要素であり、耐久性や操安性、走行フィーリングに大きな影響を及ぼすため、CAE解析を最も必要とする部品の一つである。

一方、有限要素法を中心とする構造解析は、強度、剛性、振動等の課題早期発見、最適対策案捻出の手段として開発の効率向上に大きく寄与している。

一般に有限要素法は、メッシュモデルの作成、荷重、拘束条件の設定、計算結果の処理、結果判断等に多くのノウハウや経験が要求される。このため、有限要素法は主には試作車のトラブルシューティングにおけるメカニズム解析や対策案の確認等に活用域が限定されてきた。

このような状態から開発体質の改善を計り、開発効率をさらに向上するには、これ迄の『テスト熟成型開発』から『設計熟成型開発』へと開発プロセスを進化することが有効でありCAEの初期適用が大変重要となる。このため、CAD設計に同期して、設計者自らが開発の中で広く活用できる高速、簡便システムの開発、実用化が必要となった。

以下にフレームボディ、ホイール、スイングアーム等を対象に、設計段階に使用するため開発したオートメッシュシステムについて紹介する。

2. 開 発 の 狙 い

設計初期段階において、設計者がフレームの強度、剛性特性等を把握し、図面に計算結果を反映するには現状の解析工数を大幅に短縮して操作を簡易化する必要がある。現状の解析ではモデル作成に要する時間と工数が普及のネックであるためモデル作成の簡易、高速化を目標として開発を

* 朝霞研究所

行った。

システム開発にあたっては下記手法の達成に重点をおいた。

① ダイレクトメッシュ手法の確立

- ・CADの面データを一括して自動分割することによりメッシュ作成を大幅に高速化する。

② CAD-CAE連動システムの確立

- ・メッシュ機能、荷重、拘束条件の設定機能等を3次元CADシステムに統合する。
- ・CADの操作コマンド体系を共用することにより有限要素モデリングの操作を簡易化する。

これらの課題を解決するため、今回3次元CADデータを直接オートメッシュできる二輪車フレーム用の有限要素モデリング・プログラム「HAPPY」(HONDA AUTOMATIC-PRE-PROCESSING SYSTEM)を開発した。

3. 従来解析フロー

従来のフレーム解析フローを図1に示す。

まず、3次元CADを用いて解析に必要なフレームの面モデルを作成する。次に、自社製プリ・ポ

ストプログラム「HOBBY」(HONDA BODY BAR ANALYSIS)を用いてフレームを構成している個々の面データに対しメッシュの作成作業を逐一行い、有限要素モデルを作成する。

CADで3次元の面モデルを作成する時、後行程のメッシュ作成作業をスムーズにするため、メッシュの形状を考慮しながら面モデルを作る必要がある。異体的には面の端点を合わせたり、メッシュ化するときの分割を考慮しながら面の大きさを調整するといった作業である。

メッシュ作成を高速化、省力化するためにはCAD上での面データ作成が重要となってくる。ユーザはこの面データの作成に多くの時間を費やす必要があった。

また、HOBBYを用いて有限要素モデルを作成する時、隣り合う面の端点や分割数の不一致といったように、面データが有限要素メッシュとして不完全であった場合、データの修正が必要となる。データの修正はメッシュの形状を調整するか、CADシステムに戻って面データを新たに作り直す必要があった。

このような理由により、モデル作成には経験とノウハウが必要とされ設計者への普及の妨げとなっていた。

メッシュ作成後は解析用の荷重、拘束条件を設定して有限要素モデルは完成する。NASTRANを用いて計算し、その結果を再びHOBBYで表示、確認する。対策が必要ならば、モデルを修正、追加するためCADとHOBBYを併用して再びメッシュ作成をすることになる。

4. 本システムの特徴

HAPPYを用いた新解析フローを図2に示す。メッシュ生成や荷重、拘束条件の設定等の操作は全てCAD内部で実行できるためプログラム間でデータのやりとりをするといった煩わしさが解消され、違和感無く使えるようになった。

メッシュ作成については隣り合う面データの接続を自動的にチェックする手法の開発により、面の端点をマニュアルで合わせるといった煩雑な作業が不要となった。

さらに、面内のメッシュ生成についても完全に

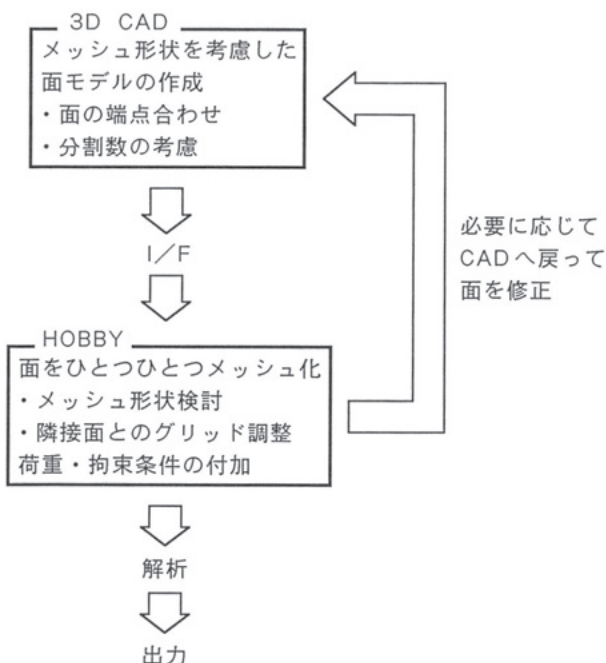


図1 従来解析フロー

自動化しており、メッシュ作成の繰り返し作業を大幅に低減することができた。

また解析の必要性に応じて、面のひとつひとつのメッシュサイズを変化できるようにした。例えば、応力集中する部分は密なメッシュとする必要があり、下記のメッシュ分割タイプを選択できる。

- ・各辺の曲率に比例した自動メッシュ分割
- ・面の各辺単位に分割数を指定
- ・各面毎にメッシュの大きさ指定

自動メッシュではあるが、ユーザのニーズによりメッシュの形状もコントロールできるように機能を充実した。

5. オートメッシュ機能

5.1. オートメッシュのデータの流れ

オートメッシュ・プログラムは、下記理由によりインタラクティブ処理とはせずバッチ処理形式を採用した。

- ・EWSや他システムへの移植性
- ・メッシュ演算時にCADスコープで別作業可能

CADの面データ、メッシュ制御のための属性データからメッシュデータができるまでの流れを図3に示す。

まず、CADの面形状を表現する面データ、メッシュサイズ、板厚から構成される属性データをファイルに保管する。

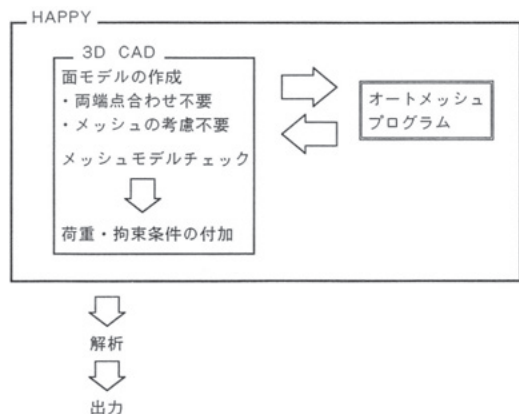


図2 HAPPY解析フロー

次にオートメッシュ演算のプログラムを起動する。前記の面データと属性データを『オートメッシュ・プログラム』に読み込む。隣り合う面の接続を調べたのち自動メッシュ分割を行う。

メッシュ分割が完了すると、メッシュデータをNASTRANカードイメージのファイルとして

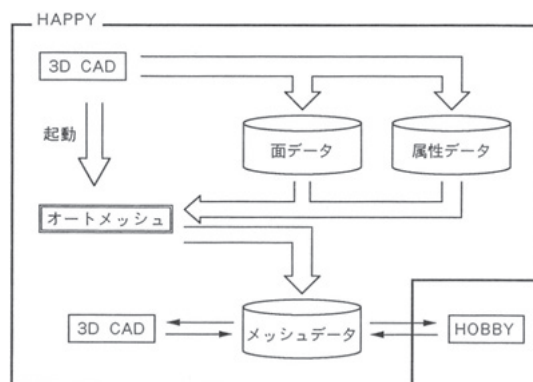


図3 データファイルとフロー

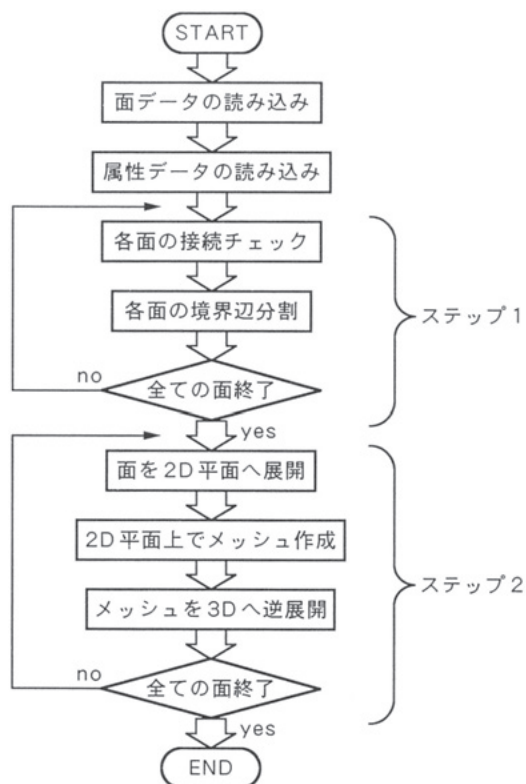


図4 オートメッシュフローチャート

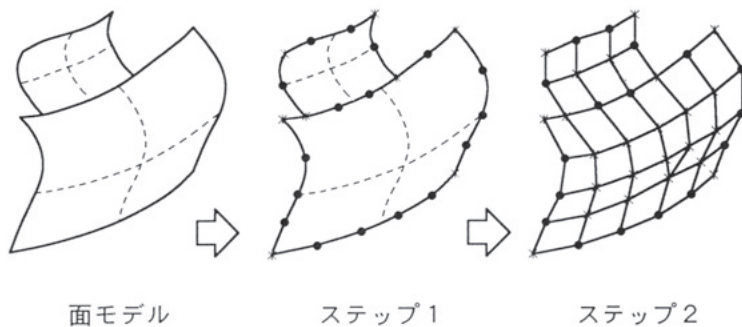


図5 オートメッシュロジック

出力する。このメッシュデータをベースに、CADへ取り込んで必要に応じて形状のチェックや修正をする。さらに荷重、拘束条件をつけて有限要素モデルを完成する。NASTRAN計算処理を制御するための言語JCLの編集、実行は自動化されておりユーザは操作する必要はない。

また、従来システムとのデータ互換性もとられており、HOBBYでメッシュを操作することも可能である。

5.2. オートメッシュロジック

オートメッシュのロジックは図4、図5に示すように2つのステップから構成される。

ステップ1では各面データ間の接続をチェックし、接続点にポイントを生成し、接続点以外の面の四隅にもポイントを生成する。同時にこれらのポイントを結ぶ面の境界上にもある一定の規則に基づいた分割ポイントを生成する。この分割には下記の方法がある。

- 境界曲線の曲率によるポイント生成
- 境界に設定された分割数に従いポイント生成
- 境界曲線の曲がり具合により自動的に分割数を選んでポイント生成

これらの手法の確立により面の一括自動分割処理を可能にした。これにより、隣り合う面の端点を合わせるために面を修正したり作り直したりという、これまで多くの工数をかけていた作業が不要になった。

次にステップ2において面の境界上のポイントをベースとして各面毎にメッシュを生成する。

メッシュ生成法は『局面展開法』を取り入れた。これは空間上の任意の3次元曲面を小領域に分解し2次元平面へ展開する方法である。伸縮による誤差は多少発生するが、複雑な自由曲面でも確実にメッシュを生成することができる。

この2次元のメッシュを再びもとの3次元の曲面に逆展開することにより、曲面上のメッシュとすることができる。

6. 実機への適用例と効果

アルミ鋳造型フレームにHAPPYを適用した例を紹介する(図6、図7)。

図6はCADにより作図された3次元曲面モデル、図7がHAPPYにより作成された有限要素メッシュモデルである。従来この規模の有限要素モデルを作成するにはかなり多くの時間を要して

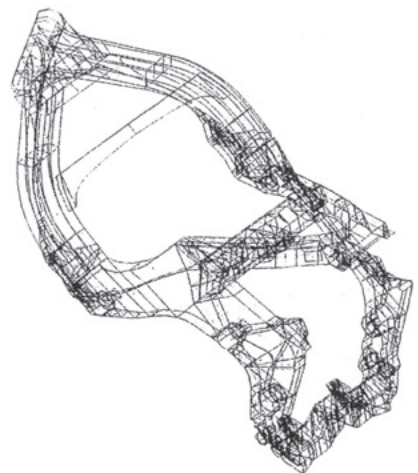


図6 フレーム面モデル

いたが、今回の手法ではこれを半減することができた。

代表的なフレーム要素のオートメッシュ実行時間を表1に示す。また、解析全体における工数割合を表2に示す。従来と比較すると、CADモデルの作成工数削減は僅かであるが、メッシュ化自体の作成工数は1/5～1/10と大幅に低減できた。

同様に、スイングアーム、ホイール等への適用例も紹介する(図8、図9)。

7. まとめ

有限要素法を中心としたCAEは、プリ・ポストプロセッサの進化につれ広く普及するようになった。当社では市販のソフトも導入し、CAEの適用拡大を進めてきたが、プリ・ポスト機能の向上に相反して操作が複雑化してきたため、設計者が使う場合に大きな障害となっている。

この問題を解決するには、開発現場のニーズに応えたシステム開発が必要であるとの判断により高速、簡便化を狙った自社システムの開発を進めた。

今回開発した3次元CADモデルと直結したオートメッシュシステム「HAPPY」の特徴的な機能は、

- ・3次元CADの面データ自動接続判断機能

表1 オートメッシュ処理工数

モデル部品名	構成面数	メッシュ数	CPU Time
フレーム	約1000	約4800	約15分
スイングアーム	約400	約2500	約10分
ホイール	約500	約4000	約20分

表2 モデリング工数割合

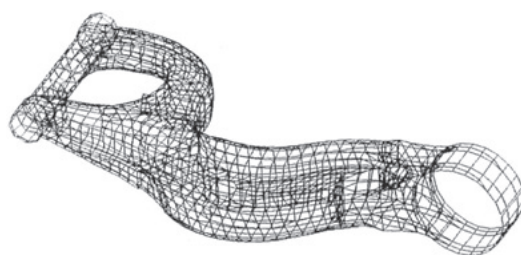
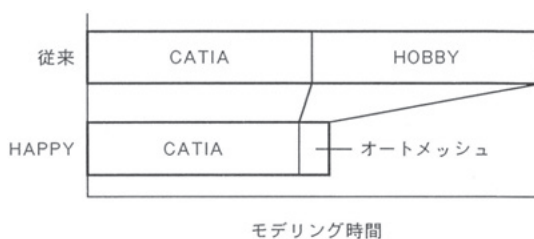


図8 スイングアームメッシュ

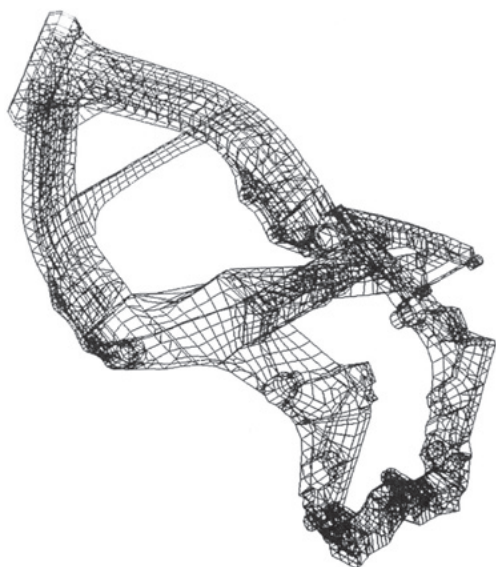


図7 フレームメッシュ

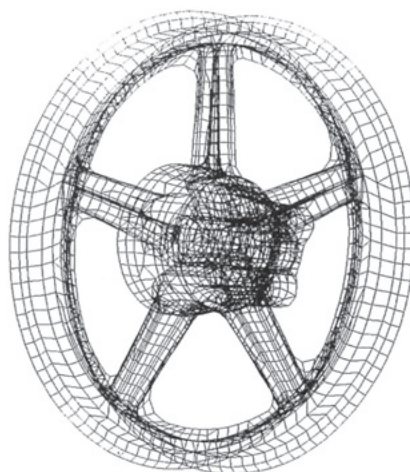


図9 ホイールメッシュ

- ・面データの直接メッシュ分割機能
- ・上記機能のCADシステム統合化

等である。これによる効果は、

- (1) CAD内でCAEのモデリング操作ができ、CAD, CAEといった異なるシステム間の煩わしさが無い
 - (2) 従来のフレーム構造解析時間を大幅に短縮し設計初期段階でのスピーディな構造解析が可能である
 - (3) 煩雑なメッシュ化作業がなくなり構造解析の経験が少ないユーザにも簡単に使える
- 等であり、初期設計段階での有効ツールとして設計者に活用されている。

今回のHAPPYの開発により有限要素モデリングの高速化はほぼ達成された。さらに超高速化を図るには、類似形状フレーム等には『パラメトリック・モデリング』手法の導入が有効であろう。これは、類似形状をパターン化してメッシュモデ

ルを登録しておき、フレーム各部諸元と対応づけしておくことで、数値入力すれば自動的にモデルが作成できる。

また、フレーム仕様変更に伴うモデリングの修正、追加を高速化するにはフレームの一部を変更すると周りの形状も追従して変化する『ラバーバンド方式』の開発も有効と思われる。

さらには、設計者のあいまいな表現を自動的に判断するファジー、ニューロといったAI(人工知能)技術の導入も今後期待される。

8. 謝 辞

本システムの開発にあたっては日本システム技術株式会社 関係者の方々に御協力頂いたことを感謝いたします。

■ 著 者 ■



岩 朝 睦 美



高 柳 眞 二



亀 水 二 巳 範



佐 々 木 暢