



Title	非線形汎用構造解析プログラム”MARC”の紹介
Author(s)	日本マーク株式会社
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1997, 103, p. 72-84
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/66196
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

非線形汎用構造解析プログラム "MARC" の紹介

日本マーク株式会社

はじめに

このガイドは MARC ならではの強力な機能に重点を置き、MARC が提供している機能概要を紹介するものです。MARC は先進的なエンジニアリング問題の解析を行うための汎用有限要素プログラムです。1971 年以來、MARC は様々な産業分野の先端を行く企業において、より優れた製品を設計し、単純なものから複雑なものまであらゆる現実のエンジニアリング問題を解いて行く過程における活用を通じ、その豊富な機能と多様性によって高い知名度を得ています。

今日、MARC プログラムシリーズは、継続して増え続ける開発費用投下を通じて発展を積み重ね、さらに世界中の何千ものカスタマーがこれらのプログラムを用いて構造力学のあらゆる新しい問題に挑戦してきた経験を取り入れより一層成熟度を深めています。このことが、MARC に対してどのような問題に適用しても等しく使いやすさを実現するように設計された最高水準のツールとしての地位をもたらしたのです。

MARC プログラムシリーズに含まれる多様な機能がわかりやすいように、このガイドでは以下のトピックに沿って紹介してまいります。

- 要素テクノロジー
- ソリューション手順
- アダプティブメッシュ分割
- 自動接触解析
- 金属材料
- 非金属材料
- 熱伝導
- 動解析
- 非構造解析
- 破壊力学
- 非線形解析のインタラクティブな実行
- 非線形解析結果のインタラクティブな解釈
- メッシュ生成
- サポートサービス

要素テクノロジー

MARC には、どのような幾何形状でも表現できるように 130 種を超える有限要素があります。これらの要素は最新のもので、精度が高く、かつ強力で、実質的にあらゆる MARC の解析機能で用いることができます。一つの解析において許

容される要素の数、要素タイプの数には実用上の制限はありません。要素には、2次元解析については低次および高次の三角形と四辺形、3次元解析については低次および高次の四面体と六面体などがあります。従来の積分法および低次積分法（アワーグラスコントロール付）の両方とも利用できるオプション構成になっています。多くの要素は想定ひずみ、または要素内体積ひずみ一定の定式化を用いて強化されています。これによって、多くの適用例において従来型のアイソパラメトリック要素に比べてより優れた挙動を示しております。

非圧縮性または非圧縮性に近い挙動をモデル化するための特別な要素もまた用意されています。これらの要素は従来の弾性、またはムーニー（Mooney）あるいはオグデン（Ogden）大ひずみ材料モデルと併せて用いることができます。シェル要素の機能は、薄肉および厚肉定式化を用いているので特に強力です。すべてのシェル要素に複合材機能を適用して用いることができます。積層方向性、材料特性、および破壊基準の定義もシェルの厚さを通じて容易に指定することができます。

MARCの要素ライブラリーには以下の要素を含んでいます。

- トラス
- シェル（薄肉、厚肉および軸対称）
- 膜
- 平面応力
- 一般化平面ひずみ
- 3次元ソリッド
- ギャップ
- リバー
- 半無限
- ビーム（ソリッド、開および閉断面）
- 板
- 平面ひずみ
- 軸対称ソリッド
- 非圧縮性
- 曲りパイプ
- ケーブル

ソリューション手順

複雑な3次元非線形解析はほんの数年前までは夢に過ぎませんでした。MARCを用いれば、それが現実の産物になるのです。MARCは検証された最新の数値解析技術を用いて、結果をもっとも速く、そしてもっとも正確に求めることを可能にしています。すべての計算は倍精度で実行されます。大規模スペクトル解析機能に対して、最適の計算アルゴリズムが利用できます。

大変形挙動は以下の定式化を用いて表現することができます。

- ラグランジェ法（Lagrangian）
- 更新ラグランジェ法（updated Lagrangian）
- オイラー法（Eulerian）
- 更新オイラー法（updated Eulerian）

過渡応答問題は種々の時間積分法を用いて解くことができます。非線形系は次のストラテジーのいずれかを用いて最小の計算コストで解くことができます。

- ニュートン法 (Newton)
- 疑似ニュートン法 (quasi-Newton)
- ラインサーチ法
- 弧長増分法
- 陰解法動解析
- 陽解法動解析

線形方程式の系の効率的な解はMARCプログラムのコアにおいて得られます。250,000自由度規模の問題が最新のワークステーションにおいて日常的に解かれています。以下に示す解法テクニックが利用できます。

- 直接法—プロファイル格納
 - 対称
 - 非対称
 - 複素数
- 反復法
 - 前処理付共役勾配法 (PCG法)
 - ・ブロック対角化
 - ・EBE法不完全コレスキー (Cholesky) 分解
 - EBE法 (Element by element法の略) 格納
 - スパース格納

ハードウェアパートナーとの協力によって、MARCは、並列処理のアーキテクチャーなどのハードウェア技術を取り入れた最新のソフトウェアテクノロジーをこれからも研究して行きます。

アダプティブメッシュ分割

最新のMARCプログラムでは、アダプティブ実行手順を組み合わせることで、使いやすさの向上と併せて解析の精度も同時に高めることができます。アダプティブ荷重機能オプションは荷重をむらがないように分配して計算の収束性と安定性を保証します。この機能は構造、動的、クリープ、熱など様々な解析タイプにおいて用いることができます。

MARC は線形ならびに非線形解析の両方にアダプティブメッシュ分割機能を最近導入しました。線形問題では、誤差判定基準を満足するまでメッシュを細かくすることを繰り返します。また、これには最大 10 種類までの誤差判定基準を同時に適用することも可能です。境界のカーブやサーフェースなどの形状情報が得られたのち、アダプティブメッシュ分割機能はこの情報を用いて形状により正確に適合するようにメッシュを調整します。このアダプティブメッシュ分割テクノロジーは線形 (1 次) の三角形、四辺形、および 6 面体要素に対して用

いることができます。さらに塑性問題においては、アダプティブメッシュ分割手法を材料非線形挙動が発生する要素に焦点をあてて用いると効果的です。溶接解析においては、アダプティブメッシュ分割プロセスを用いて温度勾配が著しく高い領域における解の精度を向上させることができます。接触問題においては、接触領域における精度を向上させるためにアダプティブメッシュ分割機能がメッシュを自動的に細分化します。アダプティブメッシュ分割機能は今述べたように求解の精度を向上させるばかりでなく、全体の計算コストも削減します。このような求解手順を採用すれば、エンジニアにとって多くの時間をエンジニアリングデザインに振り向けて専念することが可能になります。

自動接触解析機能

ボディ間接触のモデル化においてもMARCは世界第一級の先進機能を備えています。この機能を用いて変形体と剛体壁、あるいは変形体と変形体の接触を生じるような問題の自動求解が可能になります。他の有限要素プログラムとは異なり、MARCはこれらのボディあるいはサーフェース間に特殊な境界またはギャップ要素を置くことを必要としません。接触が発生するボディの数には制限がありません。剛体壁はNURBS（非一様有理Bスプライン関数）、カーブ、またはサーフェースなど種々の形状定義方法を用いて定義することができます。これらの定義方法はどのような形状にも適用可能であり、またどのような運動変化（変位や回転など）にも対応可能です。このように種々のボディを容易に定義できる機能をMARCが備えていることが接触問題の解法を含むといわれている他の有限要素プログラムに比べて明らかに優れた特長であります。MARCではどこでボディが接触し始めるか、あるいはどのような性質の接触であるかをユーザーが特定する必要はありません。増分（荷重ステップ）のサイズは接触状態に合わせて自動的に調節されます。

大変形解析においても適用可能であり、また多重摩擦モデル（クーロン摩擦およびせん断摩擦）も扱うこともできます。金属成形への適用において摩擦係数に温度依存性を導入するなど、摩擦モデルをカスタマイズして扱う問題にも適合させることができます。自己接触および衝突解析も可能です。接触機能はMARCのほとんど全ての要素を用いて静解析あるいは動解析のどちらでも用いることができます。

リゾーニング

製造プロセスのシミュレーションでは、最初の単純な形状から複雑な最終部品まで変形させることを目的とします。このプロセスにおいてはどうしても有限要素メッシュにゆがみが発生します。この現象は解の精度に悪い影響をもたらす原因になります。これに対処するためのリゾーニング（またはメッシュ再分割とも呼ぶ）テクノロジーの面においてもMARCは最先端に位置しています。この手法を用いて解析プロセスのどの段階においてもゆがみのない新しいメッシュを導入することができます。リゾーニング機能は、また境界条件の変化（溶接で見られるような）に伴ってメッシュの密度も変化させる必要があるときにも非常に便利です。

MARCの接触機能には以下ものがあります。

- 自動化解析
- 静的または動的
- 熱
- クーロン、せん断あるいはユーザー定義の摩擦則
- 剛体壁サーフェースの容易な定義
- 変形体と剛体壁および変形体と変形体の接触
- 接触するサーフェースおよびボディ数は無制限
- ボディの干渉のチェック
- 自己接触
- チャタリングの防止

金属材料

MARCでは、弾性的な挙動と塑性的な挙動を区別する降伏応力を超えたあとの材料の挙動を表現することができます。これらの複雑なモデルをスチール、アルミ、銅などの昔からある金属および、粉末または「超塑性材」金属のような新素材の両方に対して用いることができます。材料モデルはすべて、任意の有限要素と併せて用いることができるので、解析者にとって最大限の適用性が提供されます。材料パラメータは温度依存とすることができます。また、異方性挙動も許容します。速度依存の材料挙動はいろいろな手法を用いてモデル化することができます。最高水準の数値計算方法が精度、安定性および計算効率を確実にするために採用されています。

MARCの塑性機能には以下のものがあります。

- プラントル-ロイス (Prandtl-Reuss) 流れの速度
- ユーザー定義の結合流れ則
- フォンミーゼス (von Mises) の降伏条件
- 線形ドラッカー-ブラガー (Drucker-Prager) またはモール-クーロン (Mohr-Coulomb) の降伏条件
- 2次ドラッカー-ブラガー (Drucker-Prager) またはモール-クーロン (Mohr-Coulomb) の降伏条件
- グルソン (Gurson) のダメージモデル
- 粉末冶金モデル (熱均等静加圧プロセス用)
- 等方硬化
- 移動硬化
- 複合硬化
- ヒル (Hill) の異方性塑性
- オークリッジ国立研究所の周期的塑性モデル
- 加工/ひずみ硬化
- ひずみ速度効果
- 温度効果
- 粘塑性

非金属材料

近年になって、非金属材料の使用が工学設計において普及してきました、これらの材料には土木工学で用いるコンクリート、および医用工学応用に用いられるポリマーなどがあります。MARCはこのような非金属材料の挙動を表現するのに用いることができる広範囲の材料ライブラリーを有しています。材料モデルおよびその代表的な適用には次のようなものがあります。

材料モデル	適用	特徴
●複合材料 (破壊基準を含む)	航空機、 自動車	線形弾性
●亜弾性	ポリマー、 バイオ	非線形弾性
●ムーニー (Mooney) またはオグデン (Ogden)	タイヤ、 ガスケット	非圧縮性非線形弾性
●フォーム (Foam)	座席	大規模圧縮性 非線形弾性
●モール-クーロン (Mohr-Coulomb)	氷、木材	圧力依存降伏
●カム-クレイ (Cam-Clay)	土壌	土壌、オフショアー 臨界状況モデル
●粘弾性	ガラス、 ポリマー	速度依存弾性挙動
●クラッキング	コンクリート	引張り起因のクラック、 圧縮起因のクラッキング

複合材料

シェルとビーム構造物は複合材モデルを用いて表現することができます。このような構造物においては、各積層は異なる材料特性、または異なる材料法則を有することができます。積層のレイアップは方向付けも厚さも容易に定義することができます。最大応力またはひずみ理論、ツアイ-ウー (Tsai-Wu) 理論、ホフマン (Hoffman) 理論、およびヒル (Hill) 理論などの標準的破壊基準を、設計を検証するのに利用することができます。進行破壊もまた、シミュレートすることができます。

ゴム材料

MARCは非線形弾性材料の挙動をモデル化するのに、3つの手法を提供しています。ユーザーが提供する材料モデルを亜弾性オプションを経て用いることができます。3次の変形ひずみエネルギー関数 (ネオ-フックアン (Neo-Hookean) およびムーニー-リブリン (Mooney-Rivlin) を含む) を用いることができます。あるいはオグデン (Ogden) のひずみエネルギー関数を用いることもできます。非圧縮性ならびに非圧縮性に近い挙動をモデル化することができます。ムーニー-リブリン (Mooney-Rivlin) およびオグデン (Ogden) のモデルには、エラストマーの大ひずみ、速度依存解析に対して粘弾性成分を含むことができます。さらに、これらの材料の破壊を表現するためにダメージモデルを用いることができます。

熱伝導

多くの工学問題において、熱問題の解が不可欠になります。これは熱応力解析の実行における最初のステップになります。MARCでは温度データを構造解析に直接移行させることができる要素を用いて、どのような幾何形状領域でもモデル化する機能を有しています。固定タイムステップまたはアダプティブ（自動）タイムステップ手順のいずれでも使えます。定常状態に近付いてくると、タイムステップは増加しますが、一方、材料特性または境界条件が急速に変化する場合は、タイムステップのサイズは小さくなります。定常あるいは非定常解析のいずれも実行することができます。材料は温度依存であっても、また等方性、直交異方性あるいは異方性のいずれであってもかまいません。位相変化によって生じる潜熱を含めることもできます。時間依存の境界条件は前もって定義した温度、流束、対流、あるいは放射で与えることができます。ギャップと冷却経路に対して、独自の機能を用いることができます。静電-熱伝導の連成解析は、抵抗加熱によって生成されるジュール（Joule）発熱を含めて、実行できます。

接触条件が変化すると熱境界条件が変わるような熱応力連成解析を実行するための追加機能がMARCに入っています。これらの温度依存の接触条件は自動的に処理されます。

MARCの熱伝導機能には次のものがあります。

- 定常および非定常
- 温度依存の物性値
- 潜熱
- ジュール（Joule）発熱との連成
- 熱-応力連成解析
- 非連成機構-容易なデータ移行
- 固定またはアダプティブ（自動）タイムステップ
- 対流、放射の境界条件

動解析

MARCは広範囲の動解析機能を有しています。固有値をインバースパワースイープ法またはランチョス法（Lanczos）のいずれかを用いて求めることができます。これらの手順は数個から数百個のモードに至るまでのどの箇所からでも抽出することができます。モーダル抽出法は固有値に対する外部励振の影響を調べるために非線形解析と併せて実行することができます。振動の調査はモード重ね合わせ法または調和解析を用いて実行することができます。ラバーブッシュの調和解析には粘弾性の物性から生じる材料の内部減衰を含めることができます。このような場合、減衰は変形と励振周波数の両方の関数になります。基礎が運動する条件下の構造物のスペクトル応答を求めることができます。

線形または非線形過渡応答解析を実行することができます。非線形解析を必要とする場合は、ニューマークベータ法 (Newmark-beta) およびフーボルト (Houbolt) オペレーターなどの陰形式解法によるか、あるいは陽形式中央差分積分法によるかを選択することができます。接触を含むすべての非線形解析機能が含められています。

MARCの動解析機能には以下のものがあります。

- 固有値抽出法
 - ランチョス法 (Lanczos)
 - インバースパワースイープ法
 - 非線形性の考慮
- 直接積分スキーム
 - ニューマークベータ法 (Newmark-beta)
 - フーボルト法 (Houbolt)
 - 中央差分法 (陽解法)
- レーリー (Rayleigh) および数値減衰
- 調和応答
- スペクトル応答
- 固定またはアダプティブタイムステップ

非構造解析

有限要素法は種々の分野の問題を解くこともできます。MARCを非構造の問題を解くのに用いることができます。

たとえば；

静電場解析	●与えられた電荷分布から電場を予測します。
静磁場解析	●与えられた電流分布から磁場を計算します。 ●非線形特性と永久磁場を含めることができます。
電磁場解析	●調和または過渡挙動に対する電場と磁場の連成場を計算します。
流体ベアリング解析	●潤滑における圧力分布を計算します。 溝のような形状をモデル化することができる特殊機能を含みます。
音響解析	●剛体閉空間内における音響レベルの予測を行います。

問題解法へのオープン手法

どのエンジニアも独特のニーズがあり、また別のソフトウェアパッケージも持っていることはよくわかっています。ユーザーにとって特定の状況に対して荷重、材料特性、または境界条件などをカスタマイズできるように、MARCはユーザーサブルーティンと呼ばれる応用範囲の広い機能を提供しています。この手段は殊に非線形FEAにおいて有効です。MARCユーザーが、特別の解析のニーズが生じたときに、それぞれ自分だけのFORTRANサブルーティンを書くことができます。これらは荷重の空間的あるいは時間的な分布、複雑な材料特性、摩擦係数などを表現することができます。ユーザーが問題の解決に着手するのを支援するために、MARCはこのようなサブルーティンの豊富なライブラリーを提供しています。

破壊力学

既知のクラックサイズに対する応力拡大係数を決定するのにMARCを用いることができます。J-積分または拡張J-積分を計算するために2つの手法が利用できます。クラックには動的、機械的、あるいは温度荷重を作用させることができます。拡張J-積分は動解析にも、用いることができます。

クラックの発生と伝播は提供されている2つの微視的モデルの1つを用いて予測することができます。第1のモデルは、コンクリートやセラミックのような破断が材料の主応力に基づいている脆性材料に対して用いられます。クラックの方向性は応力の方向性に依存します。このような脆性材料は引っ張り破壊あるいは圧縮破壊のいずれにおいても崩壊します。第2のモデルは、クラック発生が最大応力理論またはツアイーウー理論 (Tsai-Wu) などの5つの破壊基準のうちの1つに基づいて生じるような複合材料に対する微視的構造モデルです。

靱性金属における材料のダメージは、ポイド密度の決定に対してグルソンモデル (Gurson) を用いて予測することができます。ダメージモデルはカーボン入りラバー材料におけるムリン効果 (Mullin) の予測に対して用いることができます。MARCで実用化されているモデルはシーモモデル (Simo) の修正バージョンです。これは周期荷重のもとでの応力軟化をシミュレートします。

MARCの破壊力学機能には以下のものがあります。

- J-積分

- 静的
- 動的
- 線形
- 非線形

- 靱性金属に対するグルソン (Gurson) のダメージモデル

- ラバーダメージモデル
- コンクリートのクラッキング
- 複合材の進行破壊

非線形解析のインタラクティブな実行

Mentat IIは有限要素モデルのインタラクティブな生成、解析のコントロール、結果の解釈に対するグラフィックユーザーインターフェースです。豊富な3次元グラフィック機能を有する高速のワークステーションの利用が普及してきて、有限要素モデルの視覚化はなかなか容易になっていません。Mentat IIは、これら最新のグラフィック先進技術を利用し、シェーディングや半透明表示などの機能をユーザーに提供しています。

メッシュ生成環境は強力で直感的になっています。メッシュは直接生成することもできるし、またNURBS (Nonuniform rational B-splineの略) 定義法の幾何形状から誘導することもできます。平板とシェル構造物は簡単にソリッドメッシュに変換することができます。メッシュプロセッサによってユーザーは引伸し、再分割、移動、展開、対称、スイープ、回転、複写などを実行させることができます。モデルはマウスを用いて、任意の座標系において容易にエディットすることができます。CADからの幾何形状と有限要素データを先進のモデリングシステムから取り込んでエディットすることができます。

Mentat IIはユーザーが非線形FEAに対する完全な荷重ケース記述を構築することを支援します。材料特性および幾何形状に適用される境界条件は有限要素メッシュに自動的に関連づけられます。金属、エラストマー、ならびに複合材などの材料の完全な記述は温度および加工硬化も含めて指定することができます。剛体壁面およびその速度を定義できますから、接触解析が容易になります。

解析ジョブをMentat IIの中で、開始して、モニターし、コントロールすることができます。多重ジョブを同時に実行することができます。ユーザーは実行を必要だけすべてサブミットして、モニターすることができます。モデルチェックは自動的に行われます。

複雑な非線形解析のモデル化に対するMentat IIの環境の豊富さは他に並ぶものはありません。

非線形解析のインタラクティブな解釈

Mentat IIは解析結果の視覚化および解釈に必要な機能を全て網羅しています。プロットとしては以下に挙げる機能があります。

- | | |
|----------|---------------------|
| ▲ 変形図 | ▲ アイリ平面 (例, 等温線) |
| ▲ コンター図 | ▲ 経路 |
| ▲ ベクトル表示 | ▲ 履歴 |
| ▲ シンボル表示 | ▲ X-Y グラフ |
| ▲ 主応力図 | ▲ 計算値の空間的および時間的变化表示 |

ポストプロセス機能では以下のような多様なグラフィックコントロールが可能です。

- ▲ 任意の断面
- ▲ 動的表示
- ▲ 多重表示
- ▲ カラーコントロール
- ▲ リアルタイム回転、パン、ズーム
- ▲ モード形状変化および時間変化のアニメーション
- ▲ 写真のようなレンダリング

著名な CAD システムと MARC 社の有限要素法システムとの標準インターフェースばかりでなく、Mentat II グラフィックユーザーインターフェースを自分だけの特別な目的用にボタンを作成することによりカスタマイズして利用することもできます。内作または市販のシステムに対して高速、正確、かつ効率的なデータ転送を容易にするための特化したトランスレーターおよびインターフェースを書き下ろすことも可能です。

上記以外に利用できるユーティリティとして以下のものがあります。

- ▲ undo : (取り消し) 予想していなかった動作結果をすばやく訂正して元に戻す機能です。
- ▲ procedure file : 後での参照またはエディットに備えてユーザー入力を全て把握します。
- ▲ on-line help : システム内のどこからでも情報を得ることができます。
- ▲ annotation : プロット図にユーザーが付け加えたい説明を入れることができます。
- ▲ length, area, volume : 長さ、面積、体積の計算が即時にできます。
- ▲ alias : Mentat II コマンドに対してユーザー定義の名前を作成ができます。
- ▲ parameter : パラメトリックデータを定義するために用いるパラメーターを指定します。
- ▲ hardcopy plotting : 著名なプロッター上に出力させることができます。

MARC と Mentat II の緊密なインテグレーションによって、非定常解析において結果が生成されると同時にその結果を視覚化して確認することが可能になりました。

メッシュ生成

Mentat II は有限要素メッシュを生成するための数々の強力な方法を備えています。これらのメッシュ生成手順を全て併せて用いることができますから複雑な有限要素メッシュも容易に作成することができます。最小限のキーストロークとマウスクリックを用いて有限要素メッシュを対話形式で生成することができます。メッシュ生成手法には2つのタイプがあります。1つはメッシュを直接生成していく方法であり、もう1つはまず形状を作成してからこの形状に対して自動メッシュ分割機能を用いる方法です。いずれの場合も、次に示すオプション機能を用いてメッシュを修正することができます。

- ▲ デュプリケート：メッシュを新しい位置にコピーします。
- ▲ イクスパンド／ドラッグ：1次元形状から2次元形状に、あるいは2次元形状から3次元形状に変換します。
- ▲ ムーブ：メッシュを移動させます。
- ▲ リファイン：指定位置のまわりの要素グループを局所的に再分割します。
- ▲ リラックス：メッシュを平滑化してメッシュのゆがみを減らします。
- ▲ サブディバイド：要素をさらに細かく分割します。
- ▲ シンメトリー：要素を対称面に関して複写します。
- ▲ チェンジクラス：低次要素から高次要素に変換します。

モデルの中で必要となる部分を選び出すために種々のツールが用意されています。作成された有限要素モデルはグラフィック手法または要素ゆがみのチェックによってその有効性を検証することができます。

幾何形状は CAD システムを通じて作成したりインポートすることもまた可能です。形状は全て一貫して NURBS 定義による曲面として処理します。

形状表面は以下の定義方法を用いて作成することができます。

- ▲ 四辺形パッチ
- ▲ ルールドサーフェース
- ▲ 任意に引いたカーブ
- ▲ Bezier カーブ
- ▲ NURBS
- ▲ 円筒
- ▲ 球面

上記のサーフェースに対してもまた Duplicate (複写), Move (移動), Symmetry (対称) などのコマンドが使えます。全てのサーフェースが NURBS 曲面として表現されますから、サーフェースコントロールポイントを変更するとそれに対応して新しいサーフェースが生成されます。

このようにして作成された形状表面を以下に示す機能を用いて有限要素メッシュに変換します。

- ▲ マッピング手法：規則的なメッシュを形状表面上にマッピングします。
- ▲ メッシュオーバーレイ機能：規則的な四辺形メッシュを形状表面上にマッピングし、さらに境界に沿ってトリミングします。
- ▲ 完全オートメッシュ機能：三角形あるいは四辺形メッシュを表面上に生成します。

完全オートメッシュ機能ではエッジごとの節点数、要素のアスペクト比、メッシュの内容を指定することができます。

形状表面と有限要素メッシュとの間には完全な対応関係が保たれます。したがって、形状座標値に変化が生じるとそれが自動的にメッシュ分割に反映されません。形状に適用された境界条件は要素に移されます。

ソリッドモデルは ACIS™ ソリッドモデラーを用いて作成されます。これによ

て別の ACIS™ ベースの CAD システムを用いて作成されたソリッドを直接インポートすることが可能になります。ソリッドは形状に対してブーリアン演算（ユニオン、インターセクト、サブトラクト）によって作成されます。基本形状プリミティブとしてブロック、円筒、円錐、球面、トーラスなどがあります。ソリッドは 2 次元サーフェスを拡張して作成することもできます。こうして作成されたソリッドモデルに対して完全オート四面体メッシュ機能を用いてメッシュ分割を行います。エッジごとの要素分割数ならびに要素ゆがみのコントロールができます。

他の CAD システムで作成されたソリッドモデルから Mentat II を用いて四面体メッシュを生成することもできます。形状データはネイティブモードあるいは IGES や VDAPS などの標準インターフェースを経由してインポートできます。体積はそれを囲む表面に対してメッシュ分割されますが、このときこの表面が形状体積に正確に合致していなくてもかまいません。

上記の諸機能を駆使してきわめて多様で効率的なメッシュ分割作業を行うことができます。