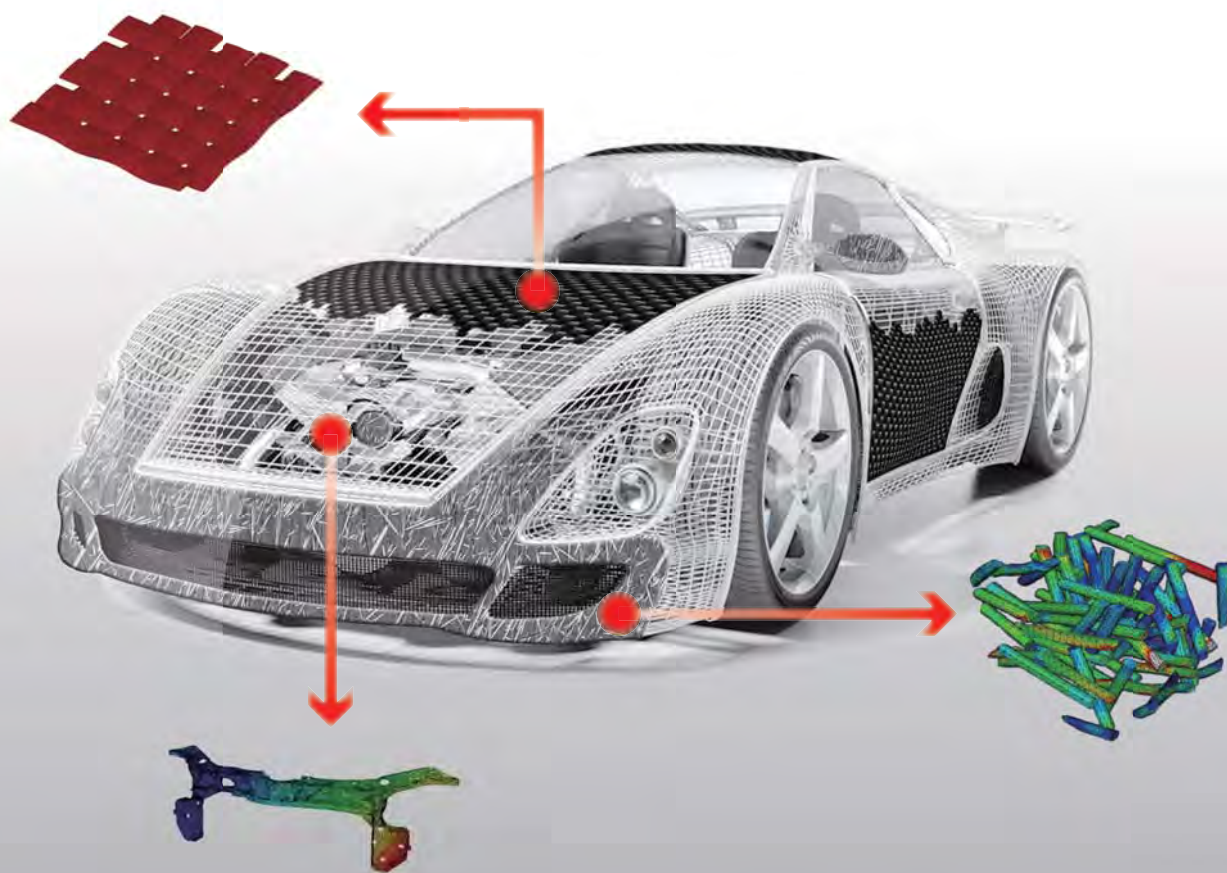


材料特性予測ツール

Digimat



Digimat『材料特性予測ツール』

近年の工業製品には樹脂・複合材などの高機能材料が採用されています。高機能材料の多くは、複数の材料を混合しており、実験による材料特性の取得は容易ではありませんが、Digimatの独自アルゴリズムによるマルチスケール理論を用いシミュレーションすることで、これらの樹脂材料の材料特性をより高精度に、より高速に得ることができます。Digimatは、世界の自動車、航空宇宙、材料の各分野メーカーで使用され、樹脂製品設計に多くの実績を挙げています。



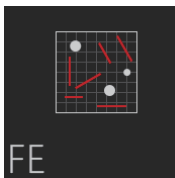
Digimat-MF

基材の材料特性とコンポジットのマイクロ構造（フィラーの配合率、長さ、配向）に基づいて、複数相材料の非線形力学特性、熱特性、電気特性を予測



Digimat-RP

成形シミュレーションによって得られた繊維配向などの情報を構造解析ソルバーに引き継ぎ、連携解析を行うワークフローを分かりやすく実現するためのツール



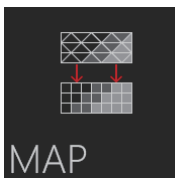
Digimat-FE

材料（樹脂、ゴム、金属、グラファイトなど）のマイクロ構造がもたらす様々な特性を忠実に再現する代表体積要素（RVE）を生成し主要なFEMソフトウェアとのインターフェースを生成



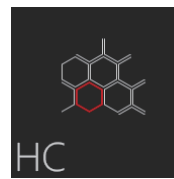
Digimat-MX

Digimat 材料データの準備、保存、復元および、材料サプライヤとユーザー間のセキュアなデータ交換が可能



Digimat-MAP

成形シミュレーションと構造解析の異なるメッシュ間で、繊維配向、残留応力、温度およびウェルドラインのデータをマッピング



Digimat-HC

最新のマイクロメカニクスモデリング技術によりハニカムサンドイッチパネルを簡単に設計するツール

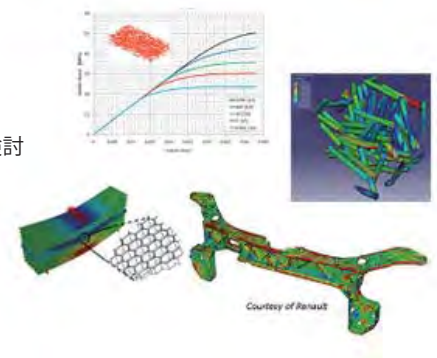


Digimat-CAE

非線形マルチスケールモデリング技術により、成形プロセスを考慮した繊維強化樹脂 / 複合材料部品の高精度な構造解析を実現

適応事例

- フィラー添加樹脂の物性予測
 - ・ 応力・ひずみ特性
 - ・ 熱ひずみ特性
 - ・ 熱伝導・電気伝導特性
 - ・ 破断タイミング
- ナノコンポジットの凝集効果の影響検討
- フィラー添加樹脂部品の高精度解析
 - ・ 固有値解析
 - ・ 熱変形解析
 - ・ 強度・剛性解析
 - ・ 衝撃解析



エクストリーム社



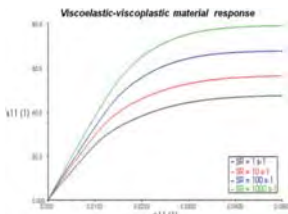
e-Xstream engineering 社は、材料と材料モデリングおよび数値シミュレーションにおいて幅広く深い専門知識を兼ね備えた、シミュレーションソフトウェアエンジニアリングサービスプロバイダです。2003年に非線形マルチスケール材料や最適な複合材料の開発をお手伝いする構造モデリングプラットフォームとして『Digimat』を開発・商品化し、現在では欧州、米国、そしてアジアのチャネルパートナーの大規模なネットワークを通じて世界的にサポートしています。『Digimat』は、全産業（自動車、航空宇宙、電気・電子、レジャーなど）の材料メーカーや製造メーカーの材料エンジニアや構造解析担当の方々にご使用いただいています。 www.e-Xstream.com

Digmat-MF は、基材とフィラーの材料特性、コンポジットのマイクロ構造（フィラーの配合率、長さ、配向）に基づいて、複合材料の非線形力学特性、熱特性、電気特性を推定するソフトウェアです。簡単なインプットから応力 - ひずみ曲線や破断強度、熱膨張係数、熱・電気伝導率などを高精度に、かつ効率よく評価可能です。

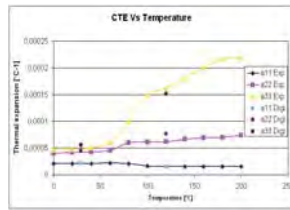


各相に適用可能な非線形材料モデル

- 線形(熱)弾性
 - 等方性/横等方性/直交異方性/異方性
 - 温度依存特性
- 線形粘弾性
- 弾塑性
 - 等方硬化則:ベキ乗則, 指数則, 指数線形則
 - 大変形・微小ひずみ理論
- 繰返し弾塑性
- 静水圧依存弾塑性 (Drucker-Prager)
- 損傷考慮弾塑性 (Lemaitre-Chaboche)
- 粘弾塑性
 - クリープモデル: Norton則 / 指数則 / Prandtl則
- 粘弾-粘塑性
- 超弾性 (有限ひずみ)
 - neo-Hookean, Mooney-Rivlin, Ogden, Swanson, Storakers
- 弾粘塑性 (有限ひずみ)
 - Leonov-EPG
- 熱/電気伝導特性



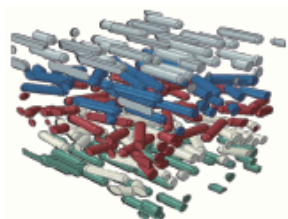
粘弾・粘塑性モデルによるひずみ速度依存特性の表現



熱膨張係数 (温度依存) の予測

適用可能なマイクロ構造

- 複数個の強化相
- 多層構造
- 楕円体強化材 (フィラー、繊維、平板)
- 繊維長 (アスペクト比) 分布
- 配向定義 (固定、ランダム、配向テンソル)
- ポイド
- 相対 / 絶対厚さによる界面相定義
- 剛体 / 準剛体 / 変形体による強化材定義



多層マイクロ構造

均質化手法

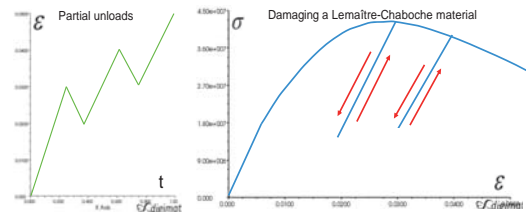
- Mori-Tanaka
- Interpolative double inclusion
- 1次 / 2次精度の均質化手法
- マルチステップ、マルチレベル均質化法
高精度な配向分布関数の再構築手法を採用

破断判定

- マイクロ / マクロレベルでの設定
- FPGFモデルによる疑似単一配向領域での設定
- 破壊モデル
 - 応力 / ひずみ基準、Tsai-Hill 2D & 3D, Azzi-Tsai-Hill 2D, Tsai-Wu 2D & 3D, Hashin-Rotem 2D, Hashin 2D & 3D
- ひずみ速度依存定義
- Leonov-EPG, 超弾性材料での破壊判定
ダメージモデル
 - Matzenmiller/Lubliner/Taylor (MLT)

定義可能な荷重条件

- 単調変化、繰返し、ユーザ定義
- 多軸応力 / ひずみ定義
- 熱荷重 / 荷重条件の定義
- 熱伝導 / 電気伝導特性の予測
- 有限要素解析による荷重定義

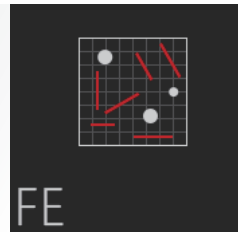


ユーザ定義荷重特性による除荷性評価

その他機能

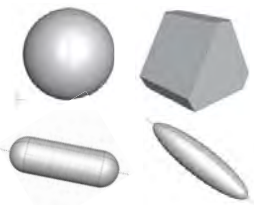
- 直交異方性工学定数の予測 (ヤング率、ポアソン比など)
- 複数解析機能
- Digmat-FE、Digmat-MXとのインターフェイス
- 暗号化された材料特性定義の読み込み

Digmat-FE は、材料（樹脂、ゴム、金属、グラファイトなど）のマイクロ構造がもたらす様々な特性を再現するための代表体積要素（RVE）を生成し、その出力（有限要素モデル）は、主要な有限要素法ソフトウェアでご使用いただけます。複雑なマイクロ構造モデルも分かりやすい操作で生成できます。



定義可能な複合材料モデル

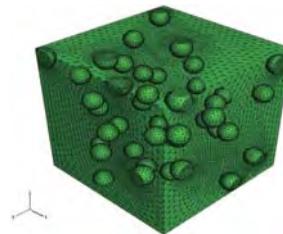
- フィラー形状
 - 任意：CADファイルからの取り込み
 - 組込み：球、円盤、楕円体、円筒（キャップあり/なし）、プリズム、20面体
- 材料物性定義：弾性 / 熱弾性、粘弾性、超弾性、弾塑性、弾粘塑性、熱・電気伝導特性
- Digmat-MF、Digmat-MXとの連携



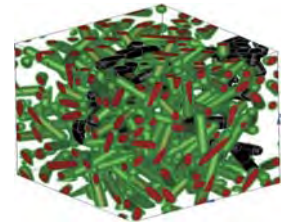
基本フィラー形状

RVE荷重定義&エクスポート

- 単調変化、繰返し、ユーザ定義履歴
- 多軸応力 / ひずみ定義
- 熱荷重 / 荷重条件の定義
- 熱伝導 / 電気伝導特性の予測
- パーコレーション閾値の計算
- 有限要素解析による荷重定義
- 一般的なフォーマットによる生成形状の出力：STEP, IGES, BREP
- Abaqus / CAE用幾何形状と解析モデル定義の出力
- ANSYS Workbench用幾何形状と解析モデル定義の出力



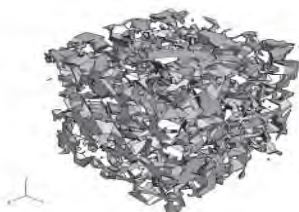
Abaqus/CAEによるメッシュ生成



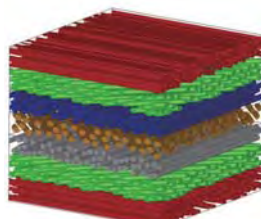
パーコレーション経路の表示（黒色）

マイクロ構造の定義

- 定義可能なマイクロ構造
 - 体積・質量分率
 - 複数強化相
 - 繊維長の分布による定義
 - 配向定義（固定、ランダム、配向テンソル）
 - ボイド
 - 凝集
 - 相対 / 絶対厚さによる界面定義
- 多層構造
- フィラー / 基材間の界面剥離



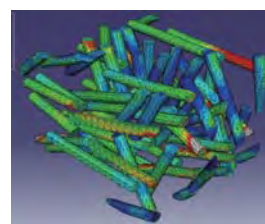
金属複合材料のマイクロ構造生成



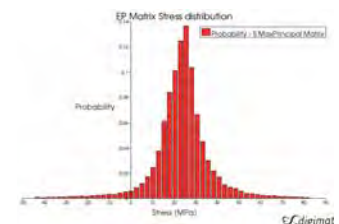
多層マイクロ構造

RVE生成機能

- 生成過程のリアルタイム表示とアニメーション生成
- 最大充填アルゴリズム
- 2D RVEの生成



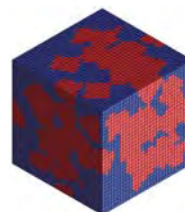
繊維強化樹脂の応力分布



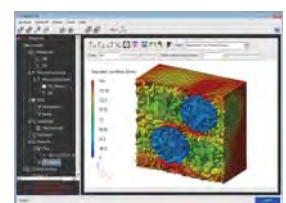
統計処理による発生応力分布の評価

新機能 / FE-Solver (v5.1.1~)

- テトラ/ボクセルメッシュ生成
- 内包Marcソルバーによる非線形計算・伝導計算
 - Digmat-FE内で計算実施が可能
- ポスト処理機能



ボクセルメッシュ生成

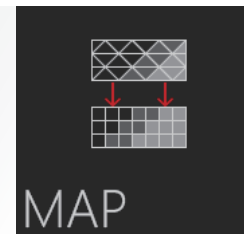


内包ソルバーによる応力分布コンター表示

Abaqus/CAE、ANSYS Workbenchによる有限要素メッシュ作成

- Abaqus / CAE, ANSYS Workbenchへの形状出力
- Abaqus / CAE, ANSYS Workbenchによるメッシュ自動生成

Digmat-MAP は、樹脂流動解析のような成形シミュレーションと構造解析の異なるメッシュ間で、繊維配向、残留応力、温度およびウェルドラインのデータをマッピングするソフトウェアです。オリジナルデータとマッピング結果の差を評価する機能を有しています。成形プロセスを考慮しつつ構造解析に最適なメッシュを利用することができます。



マッピング可能なデータ

- 繊維配向
- 残留応力
- 温度分布
- ウェルドライン

シェル&ソリッドマッピング

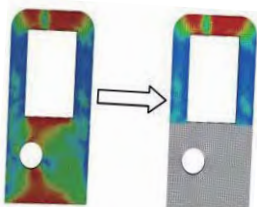
- Midplane データから多層シェル要素
- ソリッド要素からソリッド要素
- ソリッド要素からシェル要素
- シェルの板厚方向積分点数低減



シェル要素への繊維配向テンソルマッピング
Courtesy of Renault

6種類のマッピング手法

- 節点から節点 (温度マッピングのみ)
- 積分点 / 節点から積分点
- 積分点 / 節点から節点 / 積分点
- 要素から積分点
- 要素から節点 / 積分点
- 節点から要素 (ウェルドラインマッピング)



シェル要素への繊維配向テンソルマッピング
Courtesy of Renault

メッシュのポジショニング機能

- スケーリング
- 重ね合わせ
- 並進
- 回転
- 自動ポジショニング

対応ファイルフォーマット

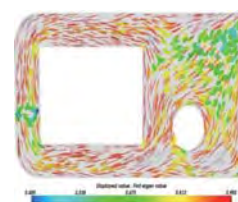
- | | |
|-------------|----------------------|
| ● メッシュ | ● データ |
| ● Abaqus | ● Moldex3D |
| ● ANSYS | ● Moldflow Mid-Plane |
| ● Ideas | ● Moldflow 3D |
| ● LS-DYNA | ● REM3D |
| ● PAM-CRASH | ● SigmaSoft |
| ● Patran | ● 3D Timon |
| ● RADIOSS | ● DIGIMAT |
| ● REM3D | |
| ● 3D Timon | |

対応要素タイプ

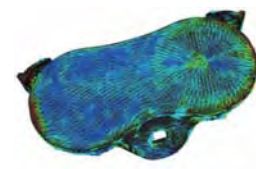
- 流動解析側メッシュ
 - シェル要素 / 三角形要素
 - ソリッド要素 / 四面体要素 / 六面体要素 / 五面体(三角柱)要素
- 構造解析側メッシュ
 - シェル要素 / 三角形要素 / 四角形要素
 - ソリッド要素 / 四面体要素 / 六面体要素 / 五面体(三角柱)要素

データのポスト処理機能

- コンターおよびベクトル表示
- 楕円体によるテンソル場表示
- 流動側 / 構造側メッシュの同期表示
- シェル要素の板厚方向の繊維配向表示
- ソリッド要素の断面表示
- 重ね合わせ表示
- 要素セットの選択表示



繊維配向の楕円体表示



繊維配向のベクトル表示

誤差評価機能

- 全体 / 局所誤差評価によるマッピング精度の評価

Digmat-CAEは、Digmat-MFと樹脂流動解析および構造解析間のインターフェースを構成します。非線形有限要素解析において複合材料のマイクロ構造に基づいた非線形材料モデルの定義を行い、射出成形過程における材料の加工プロセスを考慮する事が可能です。また、材料のマイクロ構造（繊維配向、含有量、形状等）を通して樹脂流動解析と構造解析との橋渡しを行います。



Digmat-CAE/Injection

- 考慮可能な樹脂流動解析結果
 - ・ 配向テンソル
 - ・ 残留応力
 - ・ 残留温度
 - ・ ウエルドライン
 - ・ 発泡セルの大きさ・密度分布
- 連携可能な樹脂流動解析ソフトウェア
 - ・ Moldex3D
 - ・ Moldflow
 - ・ 3D Timon
 - ・ REM3D
 - ・ SigmaSoft



Courtesy of Renault

Digmat-CAE/Structural

- 強連成可能な構造解析ソフトウェア
 - ・ LS-DYNA
 - ・ ANSYS
 - ・ RADIOSS
 - ・ Marc
 - ・ Abaqus
 - ・ PAM-CRASH
 - ・ SAMCEF
 - ・ MSC Nastran
- 要素タイプ
 - ・ シェル要素：三角形（1・2次）、四角形（1・2次）
 - ・ ソリッド要素：テトラ（1・2次）、ヘキサ（1・2次）
- ミクロ構造に適用可能な材料モデル
 - ・ 線形、非線形
 - ・ ひずみ速度依存
 - ・ 有限ひずみ
- 弱連成解析による熱弾性特性の考慮が可能



Courtesy of Rhodia/Trelleborg

Digmat-RP

Digmat-RP は、樹脂流動解析と構造解析の連携解析を簡単に実施するためのインターフェースツールです。樹脂流動解析で得られる繊維配向データの読み込み、構造解析モデルへの反映、連携解析の実行まで、一連の解析のプロセスをサポートしています。



連成解析のためのワークフロー

- 解析対象のFEモデル読み込み
- Digmat材料の割り当て
- Digmat solution（連成解析手法）の選択
- 樹脂流動解析結果の読み込み
- 樹脂終了解析結果のFEモデルへのマッピング
- 連成解析モデルの作成（自動）
- 解析実行&実行状況のモニタリング
- 解析結果を利用したの検証・確認



繊維配向テンソルの部分マッピング

構造解析ソフトウェアへの対応

- Abaqus
 - ・ 四面体要素（1・2次）、三角柱要素（1・2次）、六面体要素（1・2次）
- ANSYS
 - ・ 六面体要素、四面体要素（2次）
- LS-DYNA
 - ・ 四面体要素（1・2次）、三角柱要素、六面体要素
- Marc
 - ・ 四面体要素（1・2次）、三角柱要素、六面体要素（1・2次）
- MSC Nastran
 - ・ 四面体要素（1・2次）、三角柱要素（1・2次）、六面体要素（1・2次）

樹脂流動解析ソフトウェアへの対応

- 構造解析に使用するメッシュ
 - ・ Patran
 - ・ MSC Nastran
 - ・ Abaqus
 - ・ Marc
 - ・ Marc
 - ・ Marc
 - ・ Ansys
 - ・ LS-DYNA
- 繊維配向データ
 - ・ Moldflow3D
 - ・ Moldex3D
 - ・ Sigmasoft
 - ・ Timon3D

Digmat-MXには、材料パラメータ同定のためのリバースエンジニアリング機能、材料 DB 登録・検索機能などが搭載されています。また、データ暗号化機能を利用することで、材料サプライヤーとエンドユーザー間のセキュアなデータ交換を実現します。

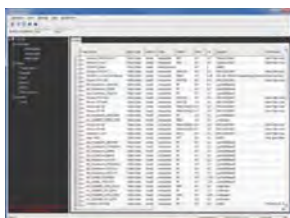


材料データベース

- データ形式
 - 実験データ (引張、圧縮など)
 - DIGMAT材料定義 (単一材料、複合材料)
- 様々な試験条件の記載
 - 温度、湿度、ひずみ速度、試験片角度
- データファイル (実験結果、DIGMAT定義ファイル) のインポート
- ジェネリック材料 (eXstreamより提供されるデータ) を使用可能
 - PP、PA、POM、PEEK、エポキシ、など

材料パラメータ同定機能

- 単一材料の応答に基づいた材料パラメータ同定
- 複数試験データを用いたパラメータ同定が可能



Digmat-MXのユーザーインターフェース

リバースエンジニアリング機能

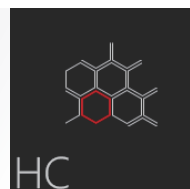
- 複数試験データを用いたパラメータ同定が可能
 - 複数の試験片角度・ひずみ速度・温度
 - 複合材、単一材料
- 同定可能な材料モデル、パラメータ
 - 弾性体、粘弾性体、弾塑性体、弾粘塑性体、熱弾性体、熱弾塑性体
 - 添加物のアスペクト比
 - 破断閾値
 - 温度依存性
- 多層ミクロ構造のサポート

暗号化機能

- 機密保持データの暗号化が可能 (Digmat-MX+のみ)
- 暗号化材料データを秘匿状態にてDigmat-MF, Digmat to CAEからの利用が可能
- 暗号化データの利用可能期間の設定が可能 (Digmat-MX+のみ)

Digmat-HC (旧 micross)

Digmat-HCは、ハニカム構造試験 (曲げ、面内せん断試験) のためのモデリングと解析機能を提供します。マイクロメカニクスや有限要素法の経験のない解析者や設計者の方にも使い易いシンプルな操作で高精度な結果を得ることが可能です。



スキン定義

- 積層構造
 - 対称
 - 非対称
- 材料特性
 - プライの直行異方性弾性特性
 - プライアングル
- 樹脂/繊維
 - 樹脂と繊維の等方性弾性特性
 - 繊維の重量分率、長さ及び向き

コア定義

- ハニカム構造
- フォーム材

ポスト処理

- 応力、ひずみと破壊判定値の3次元及び板厚方向表示を含む統合されたポスト処理機能

FEM解析モデル

- 自動メッシュ生成 (簡易、標準、詳細の3レベル)
- 荷重条件 (3点/4点曲げ、面内せん断)



ハニカムセル形状の定義

破壊判定値

- コア
 - 最大応力 (圧縮、せん断)
- スキン
 - 最大応力
 - Tsai-Wu
 - Tsai-Hill
 - Azzi-Tsai-Hill



詳細情報はこちらの Web サイトから入手できます ▶▶▶ <http://cae.jsol.co.jp/digimat/>

株式会社 JSOL

NTT DATA Global IT Innovator
NTT DATA Group

※ DIGIMAT は、ベルギー e-Xstream engineering 社の登録商標です。日本では商標出願中です。※ 記載されている製品およびサービスの名称は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。※ 株式会社 JSOL の販売地域は日本国内に限ります。

エンジニアリングビジネス事業部

- 東京
〒104-0053 東京都中央区晴海 2-5-24 晴海センタービル7F TEL : 03-5859-6020 FAX : 03-5859-6035
- 名古屋
〒460-0002 名古屋市中区丸の内 2-18-25 丸の内 KS ビル17F TEL : 052-202-8181 FAX : 052-202-8172
- 大阪
〒550-0001 大阪市西区土佐堀 2-2-4 土佐堀ダイビル11F TEL : 06-4803-5820 FAX : 06-6225-3517

E-mail cae-info@sci.jsol.co.jp

URL <http://cae.jsol.co.jp/>

DIG主1J-201504