

APG公募型研究報告会

構造技術の研究／複合材構造技術の研究

ロバスト性を考慮したトポロジー最適解群による 航空機構造部材形状最適設計

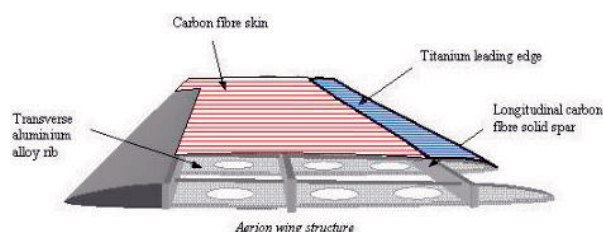
東京工業大学 大学院 理工学研究科
機械物理工学専攻 教授 轟 章



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

超音速機における翼結合金具構造の問題

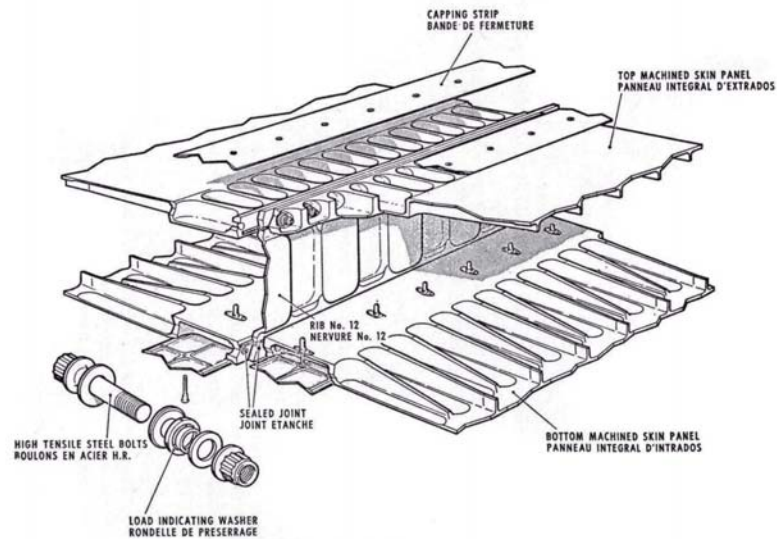
- 薄翼構造（翼内スペースが小さい）
- 超音速巡航時の高温による物性値変化と熱膨張
- 遷音速時のフラッタ防止の高剛性
- 胴体部での利用スペースの有効利用



SBJの例



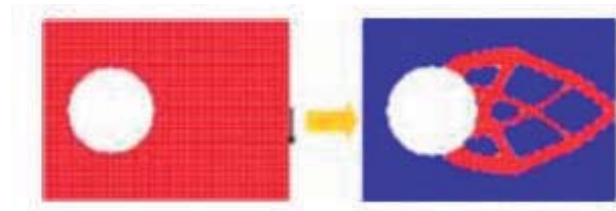
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

目的関数，拘束条件の差異によるトポロジー最適化の困難

密度法によるトポロジー最適化ツールの問題

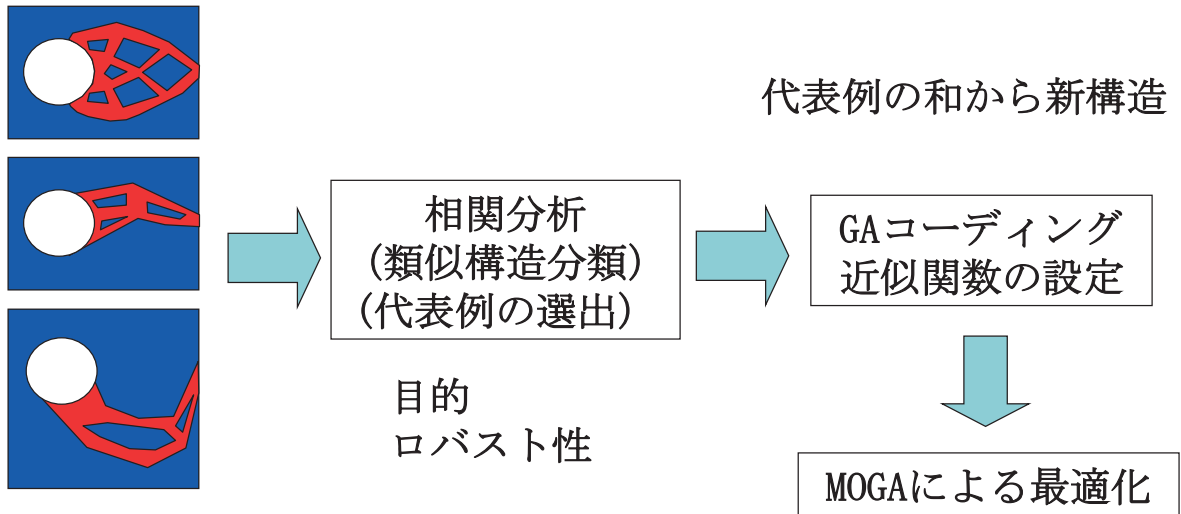


設定範囲，メッシュ分割，．．最適解が異なる
目的関数の線形結合のやり方で最適解が異なる
拘束条件の満足が困難



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

最終的な最適化システム



複数の条件でのトポロジー最適解
(負荷条件, 目的関数, 領域)



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

研究計画

- 2010年 最適化ツールによる多条件でのトポロジー最適化
SOMによる分類
- 2011年 特徴の抽出と近似関数の作成
- 2012年 MOGAによる最適化

平成22年度はさまざまな条件でのトポロジー最適化を行い、その最適解に対して他の挙動を解析して近似曲面作成のためのデータを蓄積する。SOMを用いてこれらを分類する。



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

現状報告（2010年11月）


- 契約締結2010年10月1日
- 最適化ソフトウェアの購入前検証

構造最適化ソフトウェア GENESIS

設計最適化機能の詳細

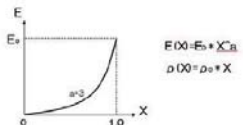
トポロジ最適化

条件によって、必要となる材料配置を求めます。製作工程上の拘束を付加することによって、抜き方向などを考慮することが可能です。



GENESISのトポロジ最適化は、密度法を使用しています。
設計変数となるトポロジ密度は、0.0~1.0の値をとり、材料の縦弾性係数 (Young's Modulus) と、質量密度 (Density) がそれぞれの関数が定義されています。1.00のとき、縦弾性係数と密度は既定の材料物性値と同様になり、剛性・質量はそのままであります。0.00のときは逆に、剛性・質量ともにほぼ無の状態となり、解析計算において変数が存在しないのと同義裏に扱われます。

下記が上記の関数を特化したイメージです。
製作拘束を用いないトポロジ最適化では、トポロジ密度は要素ごとに与えられるため、トポロジ最適化問題の目標は、トポロジ最適化を行う領域のモデルの節節節に出発して大きくなります。

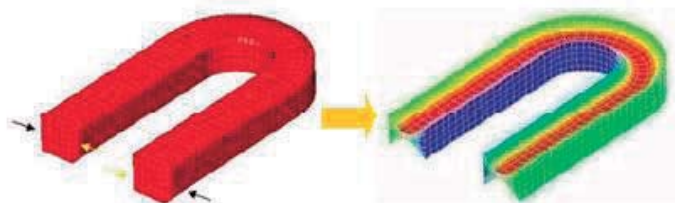



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

GENESIS

形状最適化

要素の節点位置を移動させることによって形状を最適化します。形状変更の要件はモデルの任意の部分に定義することができます。GENESISはCAD形状を扱わないため、形状最適化は要素の節点位置を移動させることで実現します。形状変更の指定方法は2種類です。「基本ベクトル」を利用する方法では、形状変更候補の節点を指定して最適化を行いません。「形状変更ベクトル」を利用する方法では、もとの形状の節点に対してベクトル(方向と大きさ)を定義して、最適化を行いません。



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Continuum Topology Optimization

■ ヤング率を以下のように定義し、任意のトポロジーを持つ構造を表現する。

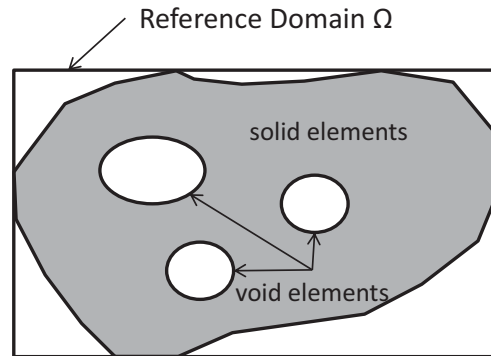
$$E_{ijkl} = 1_{\Omega^{mat}} E_{ijkl}^0,$$

$$1_{\Omega^{mat}} = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in \text{solid element} \\ 0 & \text{if } x \in \text{void element} \end{cases}$$

■ 0-1の不連続問題を連続問題に置き換える方法として密度法を利用。

$$E_{ijkl}(x) = \rho(x)^p E_{ijkl}^0, \quad p > 1$$

$$\int_{\Omega} \rho(x) d\Omega \leq V; \quad 0 \leq \rho(x) \leq 1, x \in \Omega$$

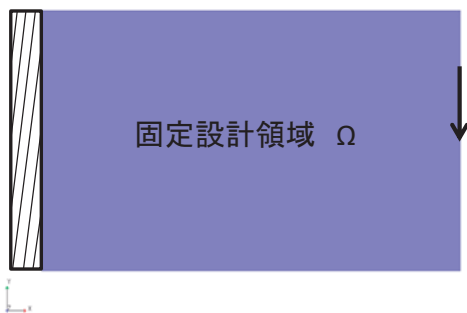


※ $\rho(x)$: 密度関数
 E_{ijkl}^0 : 等方性材料の物性値



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Topology Optimization Example



minimize the strain energy

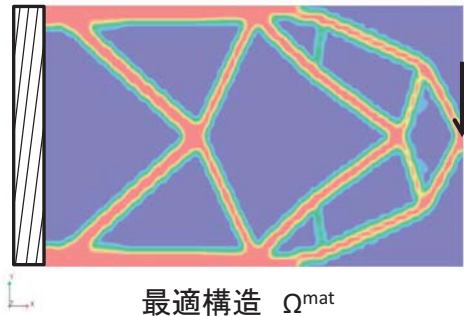
single load applied along the free edge

other edge of the plate fixed

mass fraction ≤ 0.25



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

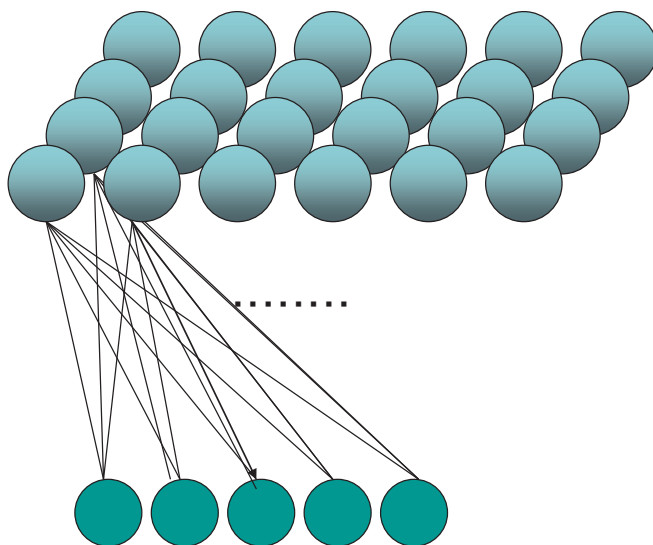


Single Load : 50N
 Young's Modulus : 207Gpa
 Poisson's ratio : 0.3
 Density : 7800kg/m³



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

自己組織化マッピング (SOM)



出力層
 (通常2次元に配列される)

結合
 出力層と入力層の間

入力層
 (m次元ベクトル表現)

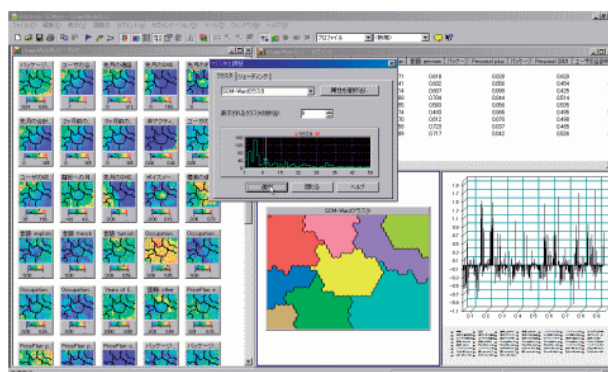


TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

K-means法によるクラスタリングの可視化

1. 各データ x_i ($i=1\cdots n$) に対してランダムにクラスタを割りあてる
2. 割りあてたデータをもとに各クラスタの中心 V_j ($j=1\cdots K$) を計算。
3. 各 x_i と各 V_j との距離を求め、 x_i を最も近い中心のクラスタに割りあて直す
4. 上記の処理で全ての x_i のクラスタの割りあてが変化しなかった場合は処理を終了。
変化した場合は新しく割りあてたクラスタから V_j を再計算して上記の処理を繰り返す。

Viscovery® SOMine



Expert :

100変数×10万レコード
対話型統計解析とデータレコード抽出
の機能つきのお薦めバージョン。

今後の課題

- 取り付け金具解析条件の詳細設定
- GENESISによるトポロジー最適化の実行
(初期条件を変更, 目的関数を変更)
- SOMソフトによる最適解の分類



TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY