

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4809645号
(P4809645)

(45) 発行日 平成23年11月9日(2011.11.9)

(24) 登録日 平成23年8月26日(2011.8.26)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 6 F 17/50 (2006.01)

G 0 6 F 17/50 6 1 2 J

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2005-248421 (P2005-248421)
 (22) 出願日 平成17年8月29日(2005.8.29)
 (65) 公開番号 特開2007-65802 (P2007-65802A)
 (43) 公開日 平成19年3月15日(2007.3.15)
 審査請求日 平成20年8月13日(2008.8.13)

(73) 特許権者 302064762
 株式会社日本総合研究所
 東京都千代田区一番町16番
 (74) 代理人 100078868
 弁理士 河野 登夫
 (74) 代理人 100114557
 弁理士 河野 英仁
 (72) 発明者 山下 優耶
 大阪府大阪市西区新町1丁目5番8号 株
 式会社日本総合研究所内
 (72) 発明者 三村 寛世
 大阪府大阪市西区新町1丁目5番8号 株
 式会社日本総合研究所内
 審査官 松浦 功

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 メッシュ分割方法、有限要素解析装置、及びコンピュータプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する処理を実行するプロセッサを備えた有限要素解析装置によるメッシュ分割方法であって、

前記有限要素解析装置は、前記プロセッサにより、

複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定するステップと、

該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出するステップと、

曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出するステップと、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出するステップと、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断するステップと、

算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲線上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割するステップと、

前記第3の節点を前記第2の節点とし、前記線分上に新たに設定した第4の節点を前記第3の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいかな否かの判断を繰り返すステップと、

算出した比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止するステップと

10

20

を実行することを特徴とするメッシュ分割方法。

【請求項 2】

複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する処理を実行するプロセッサを備えた有限要素解析装置によるメッシュ分割方法であって、

前記有限要素解析装置は、前記プロセッサにより、

複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の 1 点を第 1 の節点とし、該第 1 の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第 2 の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定するステップと、

該第 3 の節点を線分に対向する曲面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出するステップと、

曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出するステップと、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出するステップと、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断するステップと、

算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第 3 の節点を曲面上へ移動して、前記第 1、第 2、第 3 の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割するステップと、

前記第 3 の節点を前記第 2 の節点とし、前記線分上に新たに設定した第 4 の節点を前記第 3 の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいかな否かの判断を繰り返すステップと、

算出した比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止するステップと
を実行することを特徴とするメッシュ分割方法。

【請求項 3】

複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する処理を実行するプロセッサを備えた有限要素解析装置によるメッシュ分割方法であって、

前記有限要素解析装置は、前記プロセッサにより、

複数の二次元形状モデルの接点を第 1 の節点とし、該第 1 の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第 2 の節点とを結ぶ線分長が所定値より大きいかな否かを判断するステップと、

所定値より大きいと判断した場合、前記第 1 の節点と前記第 2 の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定するステップと、

該第 3 の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出するステップと、

曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出するステップと、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出するステップと、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断するステップと、

算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第 3 の節点を曲線上へ移動して、前記第 1、第 2、第 3 の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割するステップと、

前記第 3 の節点を第 2 の節点とし、前記第 1 の節点と該第 2 の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第 4 の節点を第 3 の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいかな否かの判断を繰り返すステップと、

算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第 3 の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第 3 の節点を第 2 の節点とし、前記第 1 の節点と該第 2 の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第 4 の節点を第 3 の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいかな否かの判断を繰り返すステップと、

前記第 1 の節点と前記第 2 の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止するステップと

を実行することを特徴とするメッシュ分割方法。

【請求項4】

複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する処理を実行するプロセッサを備えた有限要素解析装置によるメッシュ分割方法であって、

前記有限要素解析装置は、前記プロセッサにより、

複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、該第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長が所定値より大きい~~いか否か~~を判断するステップと、

所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定するステップと、

該第3の節点を線分に対向する局面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出するステップと、

曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出するステップと、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出するステップと、

算出した比率が所定値より大きい~~いか否か~~を判断するステップと、

算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割するステップと、

前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きい~~いか否か~~の判断を繰り返すステップと、

算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きい~~いか否か~~の判断を繰り返すステップと、

前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止するステップと

を実行することを特徴とするメッシュ分割方法。

【請求項5】

複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する有限要素解析装置であって、

複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段と、

該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段と、

曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する曲率半径算出手段と、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段と、

算出した比率が所定値より大きい~~いか否か~~を判断する判断手段と、

該判断手段で、比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲線上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段と、

前記第3の節点を前記第2の節点とし、前記線分上に新たに設定した第4の節点を前記第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る繰り返し手段と、

前記判断手段で、比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段と

を備えることを特徴とする有限要素解析装置。

【請求項6】

複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する有限要素解析装置であって、

複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、該第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段と、

該第3の節点を線分に対向する曲面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段と、

曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する曲率半径算出手段と、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段と、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する判断手段と、

該判断手段で、比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段と、

前記第3の節点を前記第2の節点とし、前記線分上に新たに設定した第4の節点を前記第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る繰り返し手段と、

前記判断手段で、比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段と

を備えることを特徴とする有限要素解析装置。

【請求項7】

複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する有限要素解析装置であって、

複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長を算出する節点間距離算出手段と

、

算出した線分長が所定値より大きいかな否かを判断する第1の判断手段と、

該第1の判断手段で所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段と、

該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段と、

曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する曲率半径算出手段と、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段と、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する第2の判断手段と、

該第2の判断手段で算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲線上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段と、

前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第1の繰り返し手段と、

前記第2の判断手段で算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第2の繰り返し手段と、

前記第1の判断手段で前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段と

を備えることを特徴とする有限要素解析装置。

【請求項8】

複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する有限要素解析装置であって、

複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、該第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長を算出する節点間距離算出手段と、

算出した線分長が所定値より大きいかな否かを判断する第1の判断手段と、

該第1の判断手段で所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2の節

10

20

30

40

50

点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定する節点設定手段と、

該第 3 の節点を線分に対向する局面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段と、

曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する曲率半径算出手段と、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段と、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する第 2 の判断手段と、

該第 2 の判断手段で算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第 3 の節点を曲面上へ移動して、前記第 1、第 2、第 3 の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段と、

前記第 3 の節点を第 2 の節点とし、前記第 1 の節点と該第 2 の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第 4 の節点を第 3 の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第 1 の繰り返し手段と、

算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第 3 の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第 3 の節点を第 2 の節点とし、前記第 1 の節点と該第 2 の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第 4 の節点を第 3 の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第 2 の繰り返し手段と、

前記第 1 の判断手段で前記第 1 の節点と前記第 2 の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段と

を備えることを特徴とする有限要素解析装置。

【請求項 9】

複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割するコンピュータで実行可能なコンピュータプログラムであって、

前記コンピュータを、

複数の二次元形状モデルの接点を第 1 の節点とし、該第 1 の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第 2 の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定する節点設定手段、

該第 3 の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段、

曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する曲率半径算出手段、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する判断手段、

該判断手段で、比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第 3 の節点を曲線上へ移動し、前記第 1、第 2、第 3 の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段、

前記第 3 の節点を前記第 2 の節点とし、前記線分上に新たに設定した第 4 の節点を前記第 3 の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る繰り返し手段、及び

前記判断手段で、比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段

として機能させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項 10】

複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割するコンピュータで実行可能なコンピュータプログラムであって、

前記コンピュータを、

複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の 1 点を第 1 の節点とし、該第 1 の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第 2 の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定する節点設定手段、

該第 3 の節点を線分に対向する曲面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段、

曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する曲率半径算出手段、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段、
算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する判断手段、
該判断手段で、比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動し、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段、
前記第3の節点を前記第2の節点とし、前記線分上に新たに設定した第4の節点を前記第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る繰り返し手段、及び
前記判断手段で、比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段
として機能させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項11】

複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割するコンピュータで実行可能なコンピュータプログラムであって、

前記コンピュータを、

複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長を算出する節点間距離算出手段、

算出した線分長が所定値より大きいかな否かを判断する第1の判断手段、

該第1の判断手段で所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段、

該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段、

曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する曲率半径算出手段、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する第2の判断手段、

該第2の判断手段で算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲線上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段、

前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第1の繰り返し手段、

前記第2の判断手段で算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第2の繰り返し手段、及び

前記第1の判断手段で前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段

として機能させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項12】

複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割するコンピュータで実行可能なコンピュータプログラムであって、

前記コンピュータを、

複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、該第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長を算出する節点間距離算出手段、

算出した線分長が所定値より大きいかな否かを判断する第1の判断手段、

該第1の判断手段で所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段、

該第3の節点を線分に対向する局面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段、

10

20

30

40

50

曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する曲率半径算出手段、

前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段、

算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する第2の判断手段、

該第2の判断手段で算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段、

前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第1の繰り返し手段、

算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第2の繰り返し手段、及び

前記第1の判断手段で前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段

として機能させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有限要素法を用いて二次元又は三次元の形状モデルを有限要素法を用いて解析する場合に、形状モデルが互いに接する接点又は接線近傍であっても、有限要素解析を行うことが可能なメッシュに分割することができるメッシュ分割方法、該方法を用いた有限要素解析装置、及びコンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

コンピュータ技術の進展により、より詳細な現象を扱う非線形問題、過渡問題等の応答解析をコンピュータシミュレーションで行うことが実用上可能となってきた。斯かるコンピュータシミュレーションにおいては、様々な物理現象を扱うことができ、適用範囲が広いことから、解析手法として有限要素法（Finite Element Method：以下、FEM）が良く用いられている。

【0003】

有限要素法では、解析対象となる形状モデルをコンピュータへ入力し、有限要素（メッシュ）を生成し、数値解析を行う。有限要素法による解の妥当性は、有限要素の大きさ、品質（辺長比）等により大きく影響されることから、一般に要素寸法を解析対象の材料ごとに、あるいは形状モデルの要素面、要素辺、節点等に対して指定することにより、最適な有限要素解析モデルを作成する。

【0004】

メッシュの自動生成を行う場合、「要素」を構成する多角形や多面体が「正」形状から外れてアスペクト比が大きい「要素」、すなわち辺長比が非常に大きな形状の要素が生成される。例えば要素が三角形である場合、細長くて尖った形状の三角形、換言すれば3辺のうち1辺が他の2辺に比べて極端に短い三角形が生成される。なお、辺長比とは、要素を構成する辺のうち、最長辺の長さを最短辺の長さで除した比を意味しており、正多角形では1になるのに対し、細長くて尖った多角形では著しく大きくなる。

【0005】

辺長比が大きな形状の要素が含まれたメッシュを対象として解析計算を行う場合、解が発散して収束しない、あるいは、誤差の大きな解析結果を出力するという問題点があった。

【0006】

特に複数の形状モデルが接する場合、例えば二次元モデルでは2つの円が接する場合、三次元モデルでは2つの円柱が接する場合等には、接点又は接線の近傍では辺長比が過大

10

20

30

40

50

なメッシュに分割されやすく、上述したような問題が生じやすい。そこで例えば特許文献 1 では、メッシュに自動分割する場合に、接点又は接線近傍でメッシュ分割される要素を所定の大きさ以上になるよう制約条件を付与することにより、メッシュ分割の自動化を図っている。

【0007】

また、特許文献 2 では、接点又は接線の近傍に生じやすい辺長比が過大なメッシュを解析対象から除外することにより、解を収束させ、出力される解析結果の誤差を抑制している。特に「辺長比が大きくて形状の悪い要素」については、例えば三角形の短辺の両端にある 2 節点のうちの一方の節点を他方の節点に重ね合わせる等の処理により解析対象から除外している。

10

【特許文献 1】特許第 3 6 3 2 1 2 7 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 0 5 4 8 6 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、特許文献 1 のように、メッシュの粗密に関する制約条件を、ユーザが指定することは困難であり、解析結果の誤差を一定範囲内に収束させるためには試行錯誤を繰り返す必要があり、解析結果を出力するまでの時間を短縮することが困難であるという問題点があった。

【0009】

20

また、特許文献 2 のように、接点又は接線の近傍に生じやすい辺長比が過大なメッシュを解析対象から除外するためには、解析用のプログラム自体を変更する必要があり、特に節点の重ね合わせ等により解析対象から除外する方法では、解析対象の形状が大きく変化することから、解析結果に大きな誤差が含まれることになり好ましくない。

【0010】

本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、粗密に関する制約条件を付与することなく、複数の形状モデルが接する接点又は接線近傍においても、精度良く解析結果を出力することができるようメッシュ分割するメッシュ分割方法、該方法を用いた有限要素解析装置、及びコンピュータプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0011】

上記目的を達成するために第 1 発明に係るメッシュ分割方法は、複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する処理を実行するプロセッサを備えた有限要素解析装置によるメッシュ分割方法であって、前記有限要素解析装置は、前記プロセッサにより、複数の二次元形状モデルの接点を第 1 の節点とし、該第 1 の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第 2 の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定するステップと、該第 3 の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出するステップと、曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出するステップと、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出するステップと、算出した比率が所定値より大きいか否かを判断するステップと、算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第 3 の節点を曲線上へ移動して、前記第 1、第 2、第 3 の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割するステップと、前記第 3 の節点を前記第 2 の節点とし、前記線分上に新たに設定した第 4 の節点を前記第 3 の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいか否かの判断を繰り返すステップと、算出した比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止するステップとを実行することを特徴とする。

40

【0012】

また、第 2 発明に係るメッシュ分割方法は、複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに

50

分割する処理を実行するプロセッサを備えた有限要素解析装置によるメッシュ分割方法であって、前記有限要素解析装置は、前記プロセッサにより、複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、該第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定するステップと、該第3の節点を線分に対向する曲面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出するステップと、曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出するステップと、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出するステップと、算出した比率が所定値より大きいと判断するステップと、算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割するステップと、前記第3の節点を前記第2の節点とし、前記線分上に新たに設定した第4の節点を前記第3の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいと判断を繰り返すステップと、算出した比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止するステップとを実行することを特徴とする。

10

【0013】

また、第3発明に係るメッシュ分割方法は、複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する処理を実行するプロセッサを備えた有限要素解析装置によるメッシュ分割方法であって、前記有限要素解析装置は、前記プロセッサにより、複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長が所定値より大きいと判断するステップと、所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定するステップと、該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出するステップと、曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出するステップと、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出するステップと、算出した比率が所定値より大きいと判断するステップと、算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲線上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割するステップと、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいと判断を繰り返すステップと、算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいと判断を繰り返すステップと、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止するステップとを実行することを特徴とする。

20

30

【0014】

また、第4発明に係るメッシュ分割方法は、複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する処理を実行するプロセッサを備えた有限要素解析装置によるメッシュ分割方法であって、前記有限要素解析装置は、前記プロセッサにより、複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、該第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長が所定値より大きいと判断するステップと、所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定するステップと、該第3の節点を線分に対向する局面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出するステップと、曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出するステップと、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出するステップと、算出した比率

40

50

が所定値より大きいと判断するステップと、算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割するステップと、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいと判断を繰り返すステップと、算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離及び前記曲率半径を算出し、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きいと判断を繰り返すステップと、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止するステップとを実行することを特徴とする。

10

【0015】

また、第5発明に係る有限要素解析装置は、複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する有限要素解析装置であって、複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段と、該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段と、曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する曲率半径算出手段と、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段と、算出した比率が所定値より大きいと判断する判断手段と、該判断手段で、比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲線上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段と、前記第3の節点を前記第2の節点とし、前記線分上に新たに設定した第4の節点を前記第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る繰り返し手段と、前記判断手段で、比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段とを備えることを特徴とする。

20

【0016】

また、第6発明に係る有限要素解析装置は、複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する有限要素解析装置であって、複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、該第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段と、該第3の節点を線分に対向する曲面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段と、曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する曲率半径算出手段と、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段と、算出した比率が所定値より大きいと判断する判断手段と、該判断手段で、比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段と、前記第3の節点を前記第2の節点とし、前記線分上に新たに設定した第4の節点を前記第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る繰り返し手段と、前記判断手段で、比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段とを備えることを特徴とする。

30

40

【0017】

また、第7発明に係る有限要素解析装置は、複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する有限要素解析装置であって、複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長を算出する節点間距離算出手段と、算出した線分長が所定値より大きいと判断する第1の判断手段と、該第1の判断手段で所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2

50

の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段と、該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段と、曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する曲率半径算出手段と、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段と、算出した比率が所定値より大きいと判断する第2の判断手段と、該第2の判断手段で算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲線上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段と、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第1の繰り返し手段と、前記第2の判断手段で算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第2の繰り返し手段と、前記第1の判断手段で前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段とを備えることを特徴とする。

10

【0018】

また、第8発明に係る有限要素解析装置は、複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割する有限要素解析装置であって、複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、該第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長を算出する節点間距離算出手段と、算出した線分長が所定値より大きいと判断する第1の判断手段と、該第1の判断手段で所定値より大きいと判断した場合、前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段と、該第3の節点を線分に対向する局面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段と、曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する曲率半径算出手段と、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段と、算出した比率が所定値より大きいと判断する第2の判断手段と、該第2の判断手段で算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段と、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第1の繰り返し手段と、算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第2の繰り返し手段と、前記第1の判断手段で前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段とを備えることを特徴とする。

20

30

【0019】

また、第9発明に係るコンピュータプログラムは、複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割するコンピュータで実行可能なコンピュータプログラムであって、前記コンピュータを、複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定する節点設定手段、該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段、曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する曲率半径算出手段、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段、算出した比率が所定値より大きいと判断する判断手段、該判断手段で、比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲線上へ移動し、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段、前記第3の節点を前記第2の節点とし、前記線分上に新たに設定した第4の節点を前記第3の節点として、前記移動距

40

50

離算出手段へ戻る繰り返し手段、及び前記判断手段で、比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段として機能させることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

また、第 1 0 発明に係るコンピュータプログラムは、複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割するコンピュータで実行可能なコンピュータプログラムであって、前記コンピュータを、複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の 1 点を第 1 の節点とし、該第 1 の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第 2 の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定する節点設定手段、該第 3 の節点を線分に対向する曲面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段、曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する曲率半径算出手段、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段、算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する判断手段、該判断手段で、比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第 3 の節点を曲面上へ移動し、前記第 1、第 2、第 3 の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段、前記第 3 の節点を前記第 2 の節点とし、前記線分上に新たに設定した第 4 の節点を前記第 3 の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る繰り返し手段、及び前記判断手段で、比率が所定値以下であると判断した場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段として機能させることを特徴とする。

10

【 0 0 2 1 】

また、第 1 1 発明に係るコンピュータプログラムは、複数の二次元形状モデルが点で接する場合に、接点近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割するコンピュータで実行可能なコンピュータプログラムであって、前記コンピュータを、複数の二次元形状モデルの接点を第 1 の節点とし、該第 1 の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第 2 の節点とを結ぶ線分長を算出する節点間距離算出手段、算出した線分長が所定値より大きいかな否かを判断する第 1 の判断手段、該第 1 の判断手段で所定値より大きいと判断した場合、前記第 1 の節点と前記第 2 の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定する節点設定手段、該第 3 の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段、曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する曲率半径算出手段、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段、算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する第 2 の判断手段、該第 2 の判断手段で算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第 3 の節点を曲線上へ移動して、前記第 1、第 2、第 3 の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段、前記第 3 の節点を第 2 の節点とし、前記第 1 の節点と該第 2 の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第 4 の節点を第 3 の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第 1 の繰り返し手段、前記第 2 の判断手段で算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第 3 の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第 3 の節点を第 2 の節点とし、前記第 1 の節点と該第 2 の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第 4 の節点を第 3 の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第 2 の繰り返し手段、及び前記第 1 の判断手段で前記第 1 の節点と前記第 2 の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段として機能させることを特徴とする。

20

30

40

【 0 0 2 2 】

また、第 1 2 発明に係るコンピュータプログラムは、複数の三次元形状モデルが点又は線で接する場合に、接点又は接線近傍を、有限要素解析を実行することが可能な複数のメッシュに分割するコンピュータで実行可能なコンピュータプログラムであって、前記コンピュータを、複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の 1 点を第 1 の節点とし、該第 1 の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第 2 の節点とを結ぶ線分長を算出する節点間距離算出手段、算出した線分長が所定値より大きいかな否かを判断する第 1 の判断手段、該第 1 の判断手段で所定値より大きいと判断した場合、前記第 1 の節点と前記第 2 の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第 3 の節点を設定する節点設定手段、該第 3 の節点を線分に対向する局面の法線方向に曲面

50

上まで移動した場合の移動距離を算出する移動距離算出手段、曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する曲率半径算出手段、前記移動距離を前記曲率半径で除した比率を算出する比率算出手段、算出した比率が所定値より大きいかな否かを判断する第2の判断手段、該第2の判断手段で算出した比率が所定値より大きいと判断した場合、前記第3の節点を曲面上へ移動して、前記第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割する分割手段、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第1の繰り返し手段、算出した比率が所定値以下であると判断した場合、前記第3の節点に基づいてメッシュ分割し、前記第3の節点を第2の節点とし、前記第1の節点と該第2の節点とを結ぶ線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、前記移動距離算出手段へ戻る第2の繰り返し手段、及び前記第1の判断手段で前記第1の節点と前記第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、メッシュ分割を停止する分割停止手段として機能させることを特徴とする。

10

【0023】

第1発明、第5発明、及び第9発明では、複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定し、該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出し、曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する。算出した移動距離を曲率半径で除した比率が所定値より大きい場合、第3の節点を曲線上へ移動して、第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割し、第3の節点を第2の節点とし、線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、移動距離及び曲率半径を再算出し、上述した処理を繰り返す。算出した比率が所定値以下である場合、それ以上メッシュ分割をせず、有限要素解析を実行する。これにより、2つの二次元形状モデルが接する接点近傍においても、辺長比を所定の比率以内に抑制することができることから「辺長比が大きくて形状の悪い要素」の発生を未然に防止することができ、解析対象である形状モデルの形状を大きく変えることなく有限要素解析を行うことができ、解析による誤差を最小限に抑えることが可能となる。

20

【0024】

第2発明、第6発明、及び第10発明では、複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定し、第3の節点を線分に対向する曲面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出し、曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する。算出した移動距離を曲率半径で除した比率が所定値より大きい場合、第3の節点を曲面上へ移動して、第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割し、第3の節点を第2の節点とし、線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、移動距離及び曲率半径を再算出し、上述した処理を繰り返す。算出した比率が所定値以下である場合、それ以上メッシュ分割をせず、有限要素解析を実行する。これにより、2つの三次元形状モデルが接する接点近傍においても、辺長比を所定の比率以内に抑制することができることから「辺長比が大きくて形状の悪い要素」の発生を未然に防止することができ、解析対象である形状モデルの形状を大きく変えることなく有限要素解析を行うことができ、解析による誤差を最小限に抑制することが可能となる。

30

40

【0025】

第3発明、第7発明、及び第11発明では、複数の二次元形状モデルの接点を第1の節点とし、該第1の節点と一の二次元形状モデルの曲線上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長が所定値より大きいかな否かを判断する。第1の節点と第2の節点とを結ぶ線分長が所定値より大きいと判断した場合、該線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定し、該第3の節点を線分に直交する方向に曲線上まで移動した場合の移動距離を算出し、曲線上まで移動した点における曲線の曲率半径を算出する。算出して移動距離を曲率半径で除した比率が所定値より大きい場合、第3の節点を曲線上へ移動して、第1、第2、

50

第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割し、第3の節点を第2の節点とし、線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、移動距離及び曲率半径を算出し、上述した処理を繰り返す。算出して移動距離を曲率半径で除した比率が所定値以下である場合、第3の節点に基づいてメッシュ分割し、第3の節点を第2の節点とし、線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、移動距離及び曲率半径を算出し、上述した処理を繰り返す。第1の節点と第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、それ以上メッシュ分割をせず、有限要素解析を実行する。これにより、2つの二次元形状モデルが接する接点近傍においても、辺長比を所定の比率以内に抑制することができることから「辺長比が大きくて形状の悪い要素」の発生を未然に防止することができ、解析対象である形状モデルの形状を大きく変えることなく有限要素解析を行うことができ、解析による誤差を最小限に抑えることが可能となる。

10

【0026】

第4発明、第8発明、及び第12発明では、複数の三次元形状モデルの接点又は複数の三次元形状モデルが接触する接線上の1点を第1の節点とし、第1の節点と一の三次元形状モデルの曲面上に位置する相隣る第2の節点とを結ぶ線分長が所定値より大きいと判断するか否かを判断する。第1の節点と第2の節点とを結ぶ線分長が所定値より大きいと判断した場合、第1の節点と第2の節点とを結ぶ線分上にメッシュ分割に用いる第3の節点を設定し、該第3の節点を線分に対向する局面の法線方向に曲面上まで移動した場合の移動距離を算出し、曲面上まで移動した点における曲面の曲率半径を算出する。移動距離を前記曲率半径で除した比率が所定値より大きい場合、第3の節点を曲面上へ移動して、第1、第2、第3の節点を結ぶ有限要素にメッシュ分割し、第3の節点を第2の節点とし、線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、移動距離及び曲率半径を算出し、上述した処理を繰り返す。算出した比率が所定値以下である場合、第3の節点に基づいてメッシュ分割し、第3の節点を第2の節点とし、線分上に新たに設定した第4の節点を第3の節点として、移動距離及び曲率半径を算出し、上述した処理を繰り返す。第1の節点と第2の節点とを結ぶ線分長が所定値以下である場合、それ以上メッシュ分割をせず、有限要素解析を実行する。これにより、2つの三次元形状モデルが接する接点近傍においても、辺長比を所定の比率以内に抑制することができることから「辺長比が大きくて形状の悪い要素」の発生を未然に防止することができ、解析対象である形状モデルの形状を大きく変えることなく有限要素解析を行うことができ、解析による誤差を最小限に抑制することが可能となる。

20

30

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、複数の二次元形状モデル又は三次元形状モデルが接する接点又は接線近傍においても、辺長比を所定の比率以内に抑制することができることから「辺長比が大きくて形状の悪い要素」の発生を未然に防止することができ、解析対象である形状モデルの形状を大きく変えることなく有限要素解析を行うことができ、解析による誤差を最小限に抑制することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて具体的に説明する。

40

【0029】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係るメッシュ分割方法を適用した有限要素解析装置1の構成を示すブロック図である。図1において、有限要素解析装置1は、少なくとも、CPU(中央演算装置)11、記憶手段12、ROM13、RAM14、通信回線に接続する通信手段15、マウス及びキーボード等の入力手段16、ディスプレイ等の出力手段17及び補助記憶手段18で構成される。

【0030】

CPU11は、内部バス19を介して有限要素解析装置1の上述したようなハードウェア

50

ア各部と接続されており、上述したハードウェア各部を制御するとともに、ROM 13に格納された制御プログラム又は補助記憶手段18であるCD-ROM、DVD等の(可搬型)記録媒体2を用いて記憶手段12へ導入された制御プログラムに従って、種々のソフトウェア的機能を実行する。なお、記憶手段12は、ハードディスク等の固定型記憶媒体であり、上述した制御プログラムの他、処理に必要なデータを事前に記憶しておく。

【0031】

RAM 14は、SRAM、フラッシュメモリ等で構成されソフトウェアの実行時に発生する一時的なデータを記憶する。通信手段15は、内部バス19に接続されており、外部からのデータの取得、外部装置の動作制御データ等を送受信する。

【0032】

入力手段16は、有限要素解析装置1を操作するために必要な文字キー、テンキー、各種のファンクションキー等を備えたキーボード、マウス等の入力媒体である。出力手段17は、液晶表示装置、CRTディスプレイ等の表示装置であり、有限要素解析装置1の動作状態を表示したり、ユーザへ操作入力を促す画面を表示したり、解析結果をグラフィカルに表示するための画像データの表示等を行う。なお、出力手段17をタッチパネル方式とすることにより、入力手段16の各種のファンクションキーの一部又は全部を出力手段17が代用することも可能である。

【0033】

なお、有限要素解析装置1は、通信手段15に接続されている外部のコンピュータから本発明に係るコンピュータプログラムをダウンロードし、CPU 11にて処理を実行する形態であってもよい。

【0034】

以下、上述した構成の有限要素解析装置1を用いた構造解析処理の手順について説明する。本実施の形態1では、2つの円柱状の三次元形状モデルが接する場合に、上面の両円が接する接点近傍の電磁場解析を例に説明する。図2は、本実施の形態1で用いる三次元形状モデルの斜視図である。図2の例では、2つの円柱状の三次元形状モデルが側面で接しており、説明を簡単にするために上面で接する両円の接点近傍でのメッシュ分割方法について説明する。

【0035】

図3は、本発明の実施の形態1に係る有限要素解析装置1のCPU 11の処理手順を示すフローチャートである。本実施の形態1では、2つの円柱状の形状モデルが接する接点(接線)近傍でのメッシュ分割を例に挙げて説明する。図4は、受け付けた2つの円柱状の形状モデルの上面の一部を示す模式図である。

【0036】

図4では、2つの円が接する接点を節点P1として、相隣り合う節点P2とを結ぶ線分により、メッシュ分割を開始する。有限要素解析装置1のCPU 11は、オペレータによって操作された入力装置15から、又は通信手段15を介して外部のコンピュータから、2つの円柱を表す三次元形状モデルを受け付ける(ステップS301)。そして、CPU 11は、受け付けた形状モデルが接する接点の座標値を第1の節点P1の座標値として取得する(ステップS302)。

【0037】

CPU 11は、第1の節点P1に相隣り合い、円の周上の第2の節点P2を設定し、第2の節点P2の座標値を取得する(ステップS303)。CPU 11は、第1の節点P1と第2の節点P2とを結ぶ線分上に、第3の節点P3(例えば線分P1P2の中点)を設定し、第3の節点の座標値を取得する(ステップS304)。

【0038】

CPU 11は、第3の節点P3を円の周上へ円の中心から周方向へ移動した場合の、周上の新たな節点P3'の座標値を取得する(ステップS305)。CPU 11は、第3の節点P3が新たな節点P3'へ移動した場合の移動距離D(P3P3')及び新たな節点P3'での曲線の曲率半径Rを算出する(ステップS306)。なお、図4の例では新た

10

20

30

40

50

な節点 $P3'$ が存在する曲線が円であることから、該円の半径の長さを算出する。

【0039】

CPU11は、算出した移動距離 D を曲率半径 R で除算して第3の節点 $P3$ の移動比率 D/R を算出し(ステップS307)、算出した移動比率 D/R が所定値より大きいかなかを判断する(ステップS308)。CPU11が、算出した移動比率が所定値より大きいと判断した場合(ステップS308: YES)、CPU11は、第1の節点 $P1$ と新たな節点 $P3'$ とを、及び第2の節点 $P2$ と新たな節点 $P3'$ とを、それぞれ結ぶ線分により、接点近傍のメッシュ分割を行う(ステップS309)。

【0040】

CPU11は、新たな節点 $P3'$ を第2の節点 $P2$ とし、新たな節点 $P3'$ の座標値を第2の節点 $P2$ の座標値とする(ステップS310)。またCPU11は、新たな節点 $P4$ を第1の節点 $P1$ と第2の節点 $P2$ とを結ぶ線分上に設定し、新たな節点 $P4$ を第3の節点 $P3$ とし、新たな節点 $P4$ の座標値を取得して、第3の節点 $P3$ の座標値とする(ステップS311)。CPU11は、ステップS305へ処理を戻し、上述した処理を繰り返す。

【0041】

CPU11が、算出した移動比率が所定値以下であると判断した場合(ステップS308: NO)、CPU11は、これ以上メッシュ分割した場合、分割された有限要素の辺長比が大きく、一定の精度を保持して有限要素解析することが困難であると判断し、節点 $P3$ を移動することなくメッシュ分割を終了し(ステップS312)、有限要素解析を実行する(ステップS313)。

【0042】

上述したCPU11の判断処理において、例えば所定値が0.001である場合、半径1の円弧モデルに対して0.001のトレランスが存在するという相対トレランスを意味している。図5は、相対トレランスが0.001である場合の円弧とトレランスとの関係を模式的に示す図である。図5(a)のように2つの点が離れていないとみなす最大距離、すなわち点と線、点と面、又は線と面とが離れていないとみなす最大距離がトレランス0.001であり、実際には図5(b)に示す図5(a)の破線で囲まれた部分の拡大図のようにメッシュを構成する線分と円弧とは離れているのに対して、離れていないとみなすものである。

【0043】

このように、トレランスを超えてメッシュ分割しないように制約条件を付加することにより、2つの円柱状の形状モデルが接する接点近傍においても、辺長比を所定の比率以内に抑制することができることから「辺長比が大きくて形状の悪い要素」の発生を未然に防止することができ、解析対象である形状モデルの形状を大きく変えることなく有限要素解析を行うことができ、解析による誤差を最小限に抑えることが可能となる。

【0044】

なお、上述した実施の形態1では、CPU11が、算出した移動比率が所定値以下であると判断した場合(ステップS308: NO)、CPU11は、第3の節点 $P3$ を移動することなくメッシュ分割を終了(ステップS312)しているが、特にこれに限定されるものではなく、第3の節点 $P3$ を生成しなくても良いし、第3の節点 $P3$ を新たな節点 $P3'$ へ移動し、第1の節点 $P1$ と新たな節点 $P3'$ とを、及び第2の節点 $P2$ と新たな節点 $P3'$ とを、それぞれ結ぶ線分により、接点近傍のメッシュ分割を行ってから、メッシュ分割を終了するものであっても良い。

【0045】

(実施の形態2)

以下、本発明の実施の形態2に係るメッシュ分割方法を適用した有限要素解析装置1について説明する。本実施の形態2に係るメッシュ分割方法を適用した有限要素解析装置1の構成は実施の形態1と同様であることから、同一の符号を付することで詳細な説明を省略する。本実施の形態2は、メッシュ分割する有限要素の1辺の長さの大小判断を実施の

10

20

30

40

50

形態１に係るメッシュ分割方法に組み合わせた点に特徴を有する。

【００４６】

本実施の形態２でも、実施の形態１と同様、２つの円柱状の三次元形状モデルが接する場合に、上面の両円が接する接点近傍の電磁場解析を例に説明する。説明を簡単にするために上面で接する両円の接点近傍でのメッシュ分割方法について説明する。

【００４７】

図６は、本発明の実施の形態２に係る有限要素解析装置１のＣＰＵ１１の処理手順を示すフローチャートである。本実施の形態２は、２つの円柱状の形状モデルが接する接点（接線）近傍でのメッシュ分割を例に挙げて説明する。図７は、受け付けた２つの円柱状の形状モデルの上面の一部を示す模式図である。

10

【００４８】

図７では、２つの円が接する接点を節点Ｐ１として、相隣り合う節点Ｐ２とを結ぶ線分により、メッシュ分割を開始する。有限要素解析装置１のＣＰＵ１１は、オペレータによって操作された入力装置１５から、又は通信手段１５を介して外部のコンピュータから、２つの円柱を表す三次元形状モデルを受け付ける（ステップＳ６０１）。そして、ＣＰＵ１１は、受け付けた形状モデルが接する接点の座標値を第１の節点Ｐ１の座標値として取得する（ステップＳ６０２）。

【００４９】

ＣＰＵ１１は、第１の節点Ｐ１に相隣り合い、円の周上の第２の節点Ｐ２を設定し、第２の節点Ｐ２の座標値を取得する（ステップＳ６０３）。ＣＰＵ１１は、第１の節点Ｐ１と第２の節点Ｐ２との距離Ｐ１Ｐ２を算出して、距離Ｐ１Ｐ２が所定値より大きいかなかを判断する（ステップＳ６０４）。

20

【００５０】

ＣＰＵ１１が、距離Ｐ１Ｐ２が所定値より大きいと判断した場合（ステップＳ６０４：ＹＥＳ）、ＣＰＵ１１は、第１の節点Ｐ１と第２の節点Ｐ２とを結ぶ線分上に、第３の節点Ｐ３（例えば線分Ｐ１Ｐ２の中点）を設定し、第３の節点の座標値を取得する（ステップＳ６０５）。

【００５１】

ＣＰＵ１１は、第３の節点Ｐ３を円の周上へ円の中心から周方向へ移動した場合の、周上の新たな節点Ｐ３'の座標値を取得する（ステップＳ６０６）。ＣＰＵ１１は、第３の節点Ｐ３が新たな節点Ｐ３'へ移動した場合の移動距離Ｄ（Ｐ３Ｐ３'）及び新たな節点Ｐ３'での曲線の曲率半径Ｒを算出する（ステップＳ６０７）。なお、図７の例では新たな節点Ｐ３'が存在する曲線が円であることから、該円の半径の長さを算出する。

30

【００５２】

ＣＰＵ１１は、算出した移動距離Ｄを曲率半径Ｒで除算して第３の節点Ｐ３の移動比率 D/R を算出し（ステップＳ６０８）、算出した移動比率 D/R が所定値より大きいかなかを判断する（ステップＳ６０９）。ＣＰＵ１１が、算出した移動比率が所定値より大きいと判断した場合（ステップＳ６０９：ＹＥＳ）、ＣＰＵ１１は、第１の節点Ｐ１と新たな節点Ｐ３'とを、及び第２の節点Ｐ２と新たな節点Ｐ３'とを、それぞれ結ぶ線分により、接点近傍のメッシュ分割を行う（ステップＳ６１０）。

40

【００５３】

ＣＰＵ１１は、新たな節点Ｐ３'を第２の節点Ｐ２とし、新たな節点Ｐ３'の座標値を第２の節点Ｐ２の座標値とする（ステップＳ６１１）。またＣＰＵ１１は、新たな節点Ｐ４を第１の節点Ｐ１と第２の節点Ｐ２とを結ぶ線分上に設定し、新たな節点Ｐ４を第３の節点Ｐ３とし、新たな節点Ｐ４の座標値を取得して、第３の節点Ｐ３の座標値とする（ステップＳ６１２）。ＣＰＵ１１は、ステップＳ６０６へ処理を戻し、上述した処理を繰り返す。

【００５４】

ＣＰＵ１１が、算出した移動比率が所定値以下であると判断した場合（ステップＳ６０９：ＮＯ）、ＣＰＵ１１は、これ以上曲線形状に合わせたメッシュ分割（以下、フィッテ

50

ィング処理という)を行った場合、フィッティング処理により分割された有限要素の辺長比が大きく、一定の精度を保持して有限要素解析することが困難であると判断し、フィッティング処理を行うことなく第3の節点P3に基づいて辺長比を保持したメッシュ分割を行い(ステップS613)、第3の節点P3を第2の節点P2とし、第3の節点P3の座標値を第2の節点P2の座標値とする(ステップS614)。CPU11は、ステップS612へ処理を戻し、上述した処理を繰り返す。

【0055】

CPU11が、距離P1P2が所定値以下であると判断した場合(ステップS604:NO)、CPU11は、節点P3を移動することなくメッシュ分割を終了し(ステップS615)、有限要素解析を実行する(ステップS616)。

10

【0056】

このように、第1の節点P1と第2の節点P2との距離P1P2が所定値如何にならない範囲でメッシュ分割するように制約条件を付加することにより、2つの円柱状の形状モデルが接する接点近傍においても、辺長比を所定の比率以内に抑制することができることから「辺長比が大きくて形状の悪い要素」の発生を未然に防止することができ、解析対象である形状モデルの形状を大きく変えることなく有限要素解析を行うことができ、解析による誤差を最小限に抑えることが可能となる。

【0057】

なお、上述した実施の形態1及び2では、2つの円柱状の三次元形状モデルの接線(接点)近傍でのメッシュ分割を例に挙げて説明しているが、複数の形状モデルが点又は線で接する場合であれば、二次元形状モデル同士、三次元形状モデル同士、二次元形状モデルと三次元形状モデルとの組み合わせ、のいずれであっても同様の効果が期待できる。また、電磁場解析に限定されるものではなく、有限要素法を用いるあらゆる有限要素解析に適用可能であることは言うまでも無い。

20

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】本発明の実施の形態1に係るメッシュ分割方法を適用した有限要素解析装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本実施の形態1で用いる三次元形状モデルの斜視図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る有限要素解析装置のCPUの処理手順を示すフローチャートである。

30

【図4】受け付けた2つの円柱状の形状モデルの上面の一部を示す模式図である。

【図5】相対トレランスが0.001である場合の円弧とトレランスとの関係を模式的に示す図である。

【図6】本発明の実施の形態2に係る有限要素解析装置のCPUの処理手順を示すフローチャートである。

【図7】受け付けた2つの円柱状の形状モデルの上面の一部を示す模式図である。

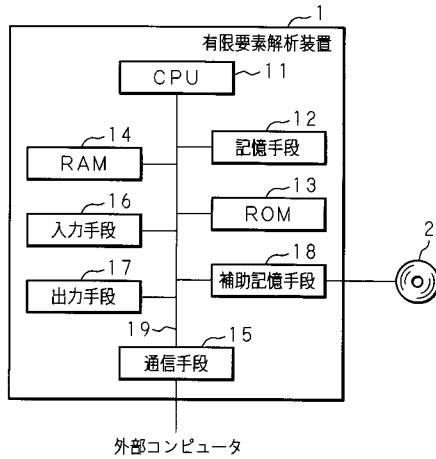
【符号の説明】

【0059】

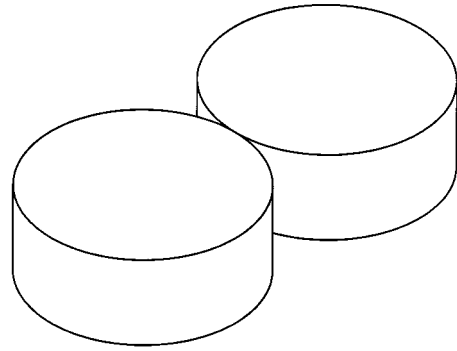
- 1 有限要素解析装置
- 11 CPU
- 12 記憶手段
- 13 ROM
- 14 RAM
- 15 通信手段
- 16 入力手段
- 17 出力手段
- 18 補助記憶手段

40

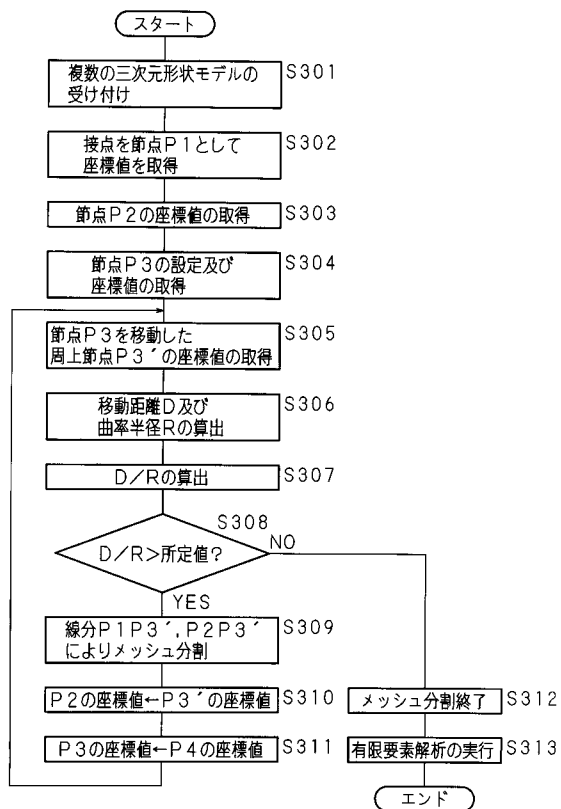
【図 1】



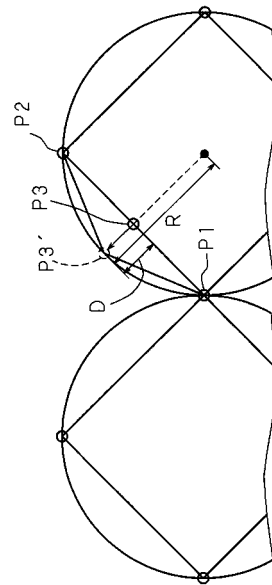
【図 2】



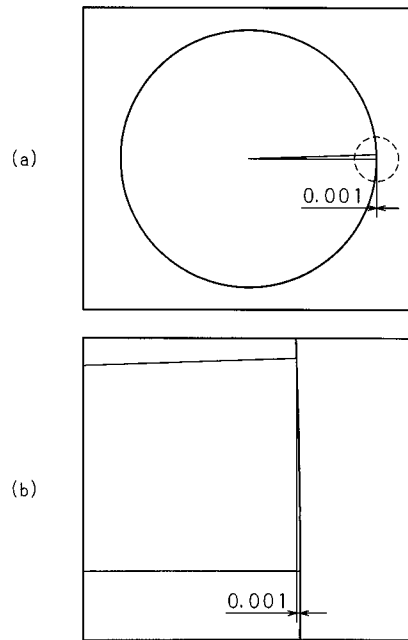
【図 3】



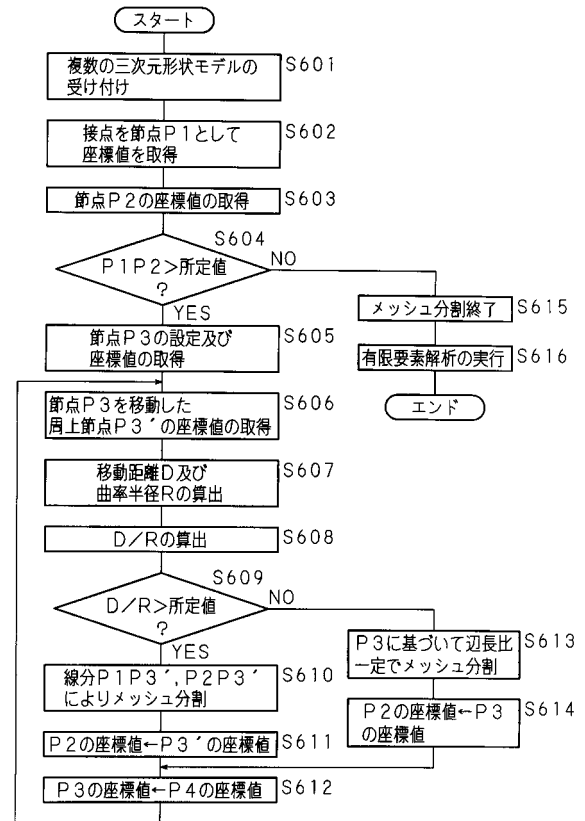
【図 4】



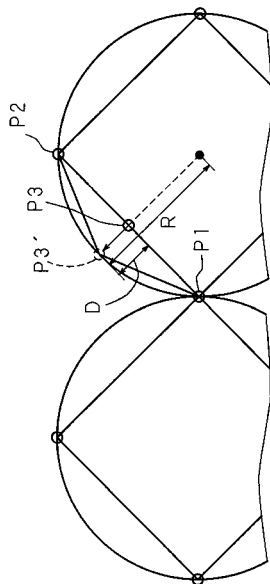
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 9 - 2 8 2 4 9 1 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 0 8 2 9 9 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 6 F 1 7 / 5 0