

細分割機能付き階層型領域分割ツールを用いた大規模磁場解析

杉本振一郎*, 室谷浩平, 河合浩志, 吉村忍(東京大学)

Large-scale Magnetic Analysis using Hierarchical Domain Decomposition Tool with Refine Function
Shin-ichiro Sugimoto, Kohei Murotani, Hiroshi Kawai and Shinobu Yoshimura (The University of Tokyo)

キーワード: 細分割ツール, 階層型領域分割法, 磁場解析, 大規模解析, 並列計算, 有限要素法
(Refine Tool, Hierarchical Domain Decomposition Method, Magnetic Analysis, Large-scale Analysis, Parallel Computing, Finite Element Method)

1. はじめに

近年, 解析対象が大規模化, 複雑化するとともに, 精度の向上を目的としたメッシュの細分化もなされてきており, 磁場解析における大規模計算の必要性が高まっている. そこで, 大規模計算の1手法として我々は階層型領域分割法(Hierarchical Domain Decomposition Method: HDDDM)に着目し, 磁場解析への適用に取り組んできた. 階層型領域分割法は領域分割法[1]を並列計算機環境に効率よく実装するための1手法であり, 大規模問題を効率よく数値計算することのできる手法としてよく知られている. 我々は非線形静磁場問題にCG法に基づく階層型領域分割法[2]を適用し, これまでに10億自由度規模までの問題を解くことを可能とした[3].

また近年ではCPUのマルチコア化や並列コンピュータ技術の向上による並列数の増加により, 大規模解析を手軽に行える環境が整ってきている. それらの並列環境で効率よく動作する並列解析コードの開発も進んでおり, 中~大規模な問題もより短時間で求解できるようになってきている. 一方, 解析が大規模になるにつれ解析に用いるメッシュの作成に多大な時間がかかるようになってきているとともに, 中規模な問題においても解析時間が短縮されるにつれ解析業務全体に占めるメッシュ生成時間の割合が増える傾向にある. 本稿では並列化された細分割ツールによって小規模なメッシュから大規模なメッシュを短時間で生成することを考える. 細分割ツールによって生成されたメッシュを用いて並列静磁場解析を行い, その実用性を検証する.

2. メッシュ細分割

本稿では有限要素法で用いる4面体メッシュを作成することを考える.

我々はADVENTUREプロジェクト[4]の4面体メッシュ生成モジュールADVENTURE_TetMeshを用いて4面体メッシュを作成している. ADVENTURE_TetMeshはDelauney分割により4面体を生成するが, Delauney分割は並列化が難しく, これが解析業務全体に占めるメッシュ生成時間の割合の増加の原因となっている. 約2億5千万要素のメ

ッシュを例に挙げれば, Delauney分割によるメッシュ生成が約50時間かかるのに対し, 静磁場解析は1,024並列で50分ほどしかかからない. そこで, 比較的小規模なメッシュを作成し, このメッシュを細分割することで必要な規模のメッシュを作成することを考える.

メッシュの細分割は4面体の4頂点を含む小4面体4つを作成し, 中心に残る8面体をさらに4つに分割することによって行う. 1回の細分割により要素数は8倍となる. この手法を用いた細分割ツールをADVENTUREプロジェクトの階層型領域分割ツールADVENTURE_Metisに組み込み並列化した. 実験ではまず約50万要素のメッシュをDelauney分割によって作成し, これを3回細分割して約2億5千万要素のメッシュを作成した. その結果, Delauney分割が約1分, 3回の細分割が1,024並列で5分半しかかからず, メッシュ生成にかかる時間の大幅な削減に成功した.

発表では細分割ツールの詳細について紹介するとともに, 細分割ツールによって作成した数十億要素のメッシュを用いた磁場解析の結果を紹介する.

参考文献

- [1] A. Quarteroni and A. Vali, Domain decomposition methods for partial differential equations, CLARENDON PRESS · OXFORD, 1999.
- [2] H. Kanayama, H. Zheng and N. Maeno, A domain decomposition method for large-scale 3-D nonlinear magnetostatic problems, *Theoretical and Applied Mechanics*, 52, pp.247-254, 2003.
- [3] 杉本振一郎, 淀薫, 荻野正雄, 金山寛, 吉村忍, 階層型領域分割法による10億自由度規模の並列磁場解析, 静止器・回転機合同研究会資料, SA-10-077, RM-10-086, 2010.
- [4] ADVENTUREプロジェクトHP:
<http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp/>