

分散型並列パラメータサーベイ支援ツール ParaVEY

3D-2

の熱解析への適用

佐藤裕幸[†], 永田真也[‡], 中島克人[†], 福島康之[†]

[†]三菱電機（株）情報技術総合研究所

[‡]三菱電機（株）設計システム技術センター

1 はじめに

ParaVEYは、複数のパラメータの最適な或いはある評価基準を満足する組合せを発見するパラメータサーベイを分散並列環境で支援するためのツールである[1]。今回このParaVEYを実際の設計作業で用いられているデータを使用して熱解析に適用したので報告する。

2 ParaVEYの機能概要

一般的にパラメータサーベイでは、一つのパラメータの組合せ（以後これをパラメータセットと称す）の評価にそれぞれシミュレーション実行が必要となる場合が多く、その処理に時間がかかるが、それぞれのパラメータセット間には独立した並列性がある、という特徴を持っている。そのため、並列処理による高速化、特に余剰CPUの有効利用が図れるWS/PCクラスタによる並列処理の期待が非常に高い。そこで我々は、データ（複数のパラメータセット）の生成・集計・評価、そして、前回の実行結果（求めた中間結果の評価）に基づいた次のデータの生成までを自動化する分散型並列パラメータサーベイ支援ツール ParaVEYを開発した。

ParaVEYは、多くの設計分野に適用可能なように、应用依存の部分を作り出し、共通化できる部分についてはライブラリ又は雛形の形で提供している。また、ユーザによる拡張・改良を可能にするために、インタプリティブな記述言語（Perl）で実装している。

生成された複数のパラメータセットに基づき应用プログラムを並列実行するが、その実行制御には分散型並列処理支援ツール ParaJET[2]を用いている。

図1に、ParaVEYのシステム構成及び最適設計の流れを示す。パラメータセットの生成、生成されたパラメータセット群に基づいた应用プログラム

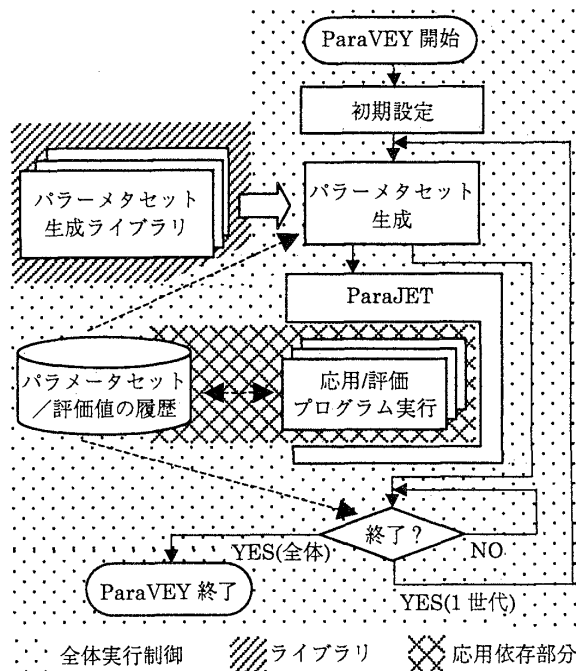


図1 ParaVEYにおける最適設計の流れ

の（並列）実行と計算結果の評価、終了判定までを1つの世代と呼ぶ。1つの世代で満足の行く結果が得られなければ、次の世代を実行する。この際のパラメータセットの生成は、前世代の実行結果（パラメータセット/評価値の履歴）を基に行う。このように、前世代の実行結果を基に、次の世代のパラメータセットを生成しているため、効率的な最適設計が自動的に行える。

ParaVEYにおけるパラメータサーベイの進め方は、世代毎に探索空間を限定しながら、应用プログラム実行を行うサンプリングポイントを段階的に詳細化していくという方法を基本としている。現在、パラメータの生成方法として、パラメータの生成範囲（値域）内で「等間隔」または「ランダム」に分割した値を生成するライブラリを提供している。また、次世代における探索範囲の限定法として、パラメータの前世代の生成範囲（値域）をN個に分割して、最大評価値が得られた範囲または評価値の平均値が高い範囲を次世代のパラメータの生成範囲とする「N分探索」と、前世代で最大評価値が得られらポイント（パラメータ値）の左右M個を次世代のパラメータの生成範囲とする「近傍探索」を提供している。

Applying to Thermal Analysis of a Parallel Parameter Survey Support Tool ParaVEY
 Hiroyuki Sato, Shinya Nagata, Katsuto Nakajima, Yasuyuki Fukushima,
 Mitsubishi Electric Corp.
 5-1-1 Ofuna, Kamakura, Kanagawa 247-8501, Japan

```

ParaVEY_arg_spec_begin
(infile, "sample.dat")
(outfile, "out")
ParaVEY_arg_spec_end
ParaVEY_param_spec_begin
(int, 0.6, 0.7, regular, 4, BIN_MIN)
(int, 0.4, 0.5, regular, 4, BIN_MIN)
ParaVEY_param_spec_end

```

図 2 応用プログラムの引数とパラメータの指定例

3 ParaVEY の熱解析への適用

今回この ParaVEY を実際の設計で用いられているデータを使用して、熱解析へ適用実験した。この熱解析とは、ある物体上に発熱源と評価点が幾つかあり、「評価点の温度をある目標温度以下にするための発熱源の(最大)発熱量を求める」という問題である。評価点及び発熱源共に複数存在する。熱解析の解法は、伝熱を電気回路のように扱う熱回路網法と呼ばれる手法で、回路の設定等の計算条件の指定はファイルを介して行う。実験に用いたデータは、この設定ファイルの大きさが約 3.7K 行であり、1つのパラメータセットに対する計算時間は、約 5 分 (100MIPS 程度の WS を使用) である。

これまで ParaVEY では、パラメータの指定を応用プログラムの引数としていた。しかし、今回の熱解析ソフトでは、各種計算条件をファイルにより指定するので、プログラムの引数の指定とパラメータの指定を分け、パラメータをファイルから指定できるように拡張した。図 2 は、プログラムの引数とパラメータを指定している例で、熱解析プログラムは 2 つの引数を取り、その第 1 引数が計算条件を指定する入力ファイル名である。また、パラメータは 2 つあり、先頭からパラメータ番号が付けられる。そして、それぞれのパラメータに対して、データ型、生成範囲、生成方法 (例では等間隔に 4 つずつ)、次世代の探索範囲の限定法 (例では 2 分探索) を指定している。計算条件を指定するファイル内においては、パラメータの部分を「!パラメータ番号」で指定すると、その部分に生成されたパラメータ値が埋め込まれたファイルが生成され、そのファイル名が応用プログラムの引数として渡される。図 3 は、今回使用した熱解析ソフトでの計算条件設定ファイルの一部であり、パラメータを (発熱源の発熱量係数に) 使用している例である。

4 機能拡張の検討

今回の熱解析への適用により、ファイルからパラメータを指定できるよう ParaVEY の機能を拡張

```

発熱源 1 の発熱量 = 36.0 * I1
発熱源 2 の発熱量 = 9.3 * O50
発熱源 3 の発熱量 = 36.0 * I2

```

図 3 計算条件設定ファイルでのパラメータの使用例

したが、その他に今後以下のような機能拡張が必要であると感じられた。

1. 今回用いたデータ (熱回路の結合状態) では、発熱量に対して評価点の温度が線形になっていた。ParaVEY ではパラメータ値を昇順又は降順に生成するので、ある発熱源 (パラメータ) だけに着目すると、評価値が悪くなり始めたらその後のそのパラメータの他の値の計算は全て評価値が悪くなることになり、無駄な計算となる。通常、発熱量と評価点温度の関係が線形かどうかは、経験的に予想が付く場合が多い。従って、今回のように線形であることが分かっている場合に、途中で残りのパラメータセットに対する計算を止め、無駄な計算を防げるような機能を導入したい。
2. 調整したいパラメータが多くある場合、パラメータセットの組数は各パラメータのサンプリング値の組み合わせとなるため膨大となる。そのため、全てのパラメータについて最初から厳密に調整するのではなく、まず代表点を選択して (残りのパラメータは経験的な値に固定)、それらをだまかに調整し、その結果を基に詳細な調整が行えるような機能を導入したい。

5 おわりに

今回のような熱解析への ParaVEY の適用の効果は、並列処理による高速化だけでなく、これまで設計者が 1 つのパラメータセットの計算が終了する数分おきに端末に向かって操作しなければならなかったのに対して、例えば、夜 処理を流しておけば翌朝にはパラメータの調整ができてという自動化の効果が非常に大きいと考えられる。

今後は、今回の適用で検討した拡張機能の実装の他に、一般の最適設計支援ソフトに用意されている最適化手法の導入や、どのパラメータがどのように結果に影響するのかといった要因分析の機能の導入を図りたいと考えている。

参考文献

- [1] 佐藤裕幸, 川上かおり, 白石将, 中島克人・後藤明広: "分散型並列パラメータサーベイ支援ツール ParaVEY", 第 55 回情処全国大会, 2G-04, 1997-9.
- [2] 白石将, 佐藤裕幸, 中島克人: "分散型並列処理支援ツール ParaJET", 信学技報 CPSY96-60, pp. 23-30, 1996-8.