

適応型モデルベース診断システムの並列化

A Parallel Processing method for an Adaptive Model-based Diagnostic System

太田 禪† 大石 貢† 田中 淳†
田中 みどり† 中莖 洋一郎† 古関 義幸†

Yuzuru Ohta† Mitsugu Ohishi† Atsushi Tanaka†
Midori Tanaka† Yoichiro Nakakuki† Yoshiyuki Koseki†

† 日本電気技術情報システム開発(株) ‡ 日本電気(株)
† NEC Scientific Information System Development, Ltd. ‡ NEC Corp.

This paper describes a parallel processing method for an adaptive model-based diagnostic system. In general, a model-based diagnostic process requires much computation time. In order to reduce the time, we developed a parallel diagnostic algorithm. The algorithm is implemented in KL1 language on Parallel inference machine, Multi-PSI, with up to 16 processors connected by a 4×4 network. The experimental results show the effectiveness of the algorithm.

1 はじめに

従来研究されてきた故障診断エキスパートシステムにおいては、(1)知識ベースに記述されていない症例に対しては診断が不可能、(2)熟練者の知識を獲得し、知識ベースとして整理することが困難である、といった欠点がある。筆者らはこれらの欠点を克服するシステムとして適応型モデルベース診断システムの研究を進めてきた[1, 2, 3, 4]。開発した実験システムでは、モデルベース診断を軸とし、故障箇所を見つけ出すために有効な複数のテストを評価し、その時点で最適なテストを選択する機能を実現した。本システムは当初逐次処理マシン上で開発を進めてきたが、今回並列処理マシン上に移植を行ない、並列化の方法を検討した。さらに実験の結果、並列処理による効果が確認されたのでここに報告する。

なお、本システムは新世代コンピュータ技術開発機構において開発された疎結合型並列処理マシン Multi-PSI(16プロセッサ、OS:PIMOS)上に、並列論理型言語 KL1(核言語1)を用いて実現された。

2 適応型モデルベース診断における並列処理

一般に、並列処理を行なう上で問題となるのは、どの部分をどう並列処理にするかということと、並列化

された部分の処理をいかに負荷分散させるかということである。

この適応型モデルベース診断システムは、入力値や観測点などによって構成される「テスト」を生成・評価し、このうちの最適なものを実行し、その結果をもとに故障箇所を割り出して行く。このため、診断計算からテスト生成・選択を行い、テスト結果を得るまでの過程は逐次的にならざるを得ない。従って診断過程そのものを並列化することは困難である。

しかしながら、各場面ごとにその処理内容を分析していくと、

1. テスト生成において生成されるテストの有効性を検証する処理
2. テスト評価における各テストの評価値を求める処理

において並列化が可能であることがわかる。この場面で扱うテストは膨大な数に上り、それらのテストの有効性の検証や評価過程における処理は各テストについて独立である。加えて、この部分を並列処理化することは比較的容易であり、かつ十分効果をあげることが可能であると考えられる。さらに、テスト生成からテストの有効性の検証、そして、生成されたテストの評価に至る過程では各テストの処理をパイプライン的

に行えることがうかがえる。これらの理由により、テスト生成を行なう部分から評価にいたる部分までを並列に処理することとした。

3 負荷分散

次に、負荷分散の方法について述べる。たとえ並列に処理が可能であっても、各プロセッサの負荷が均等にならなければ使用するプロセッサの台数にみあった効果をあげることはできない。そこで、負荷分散を行なう単位について考える。

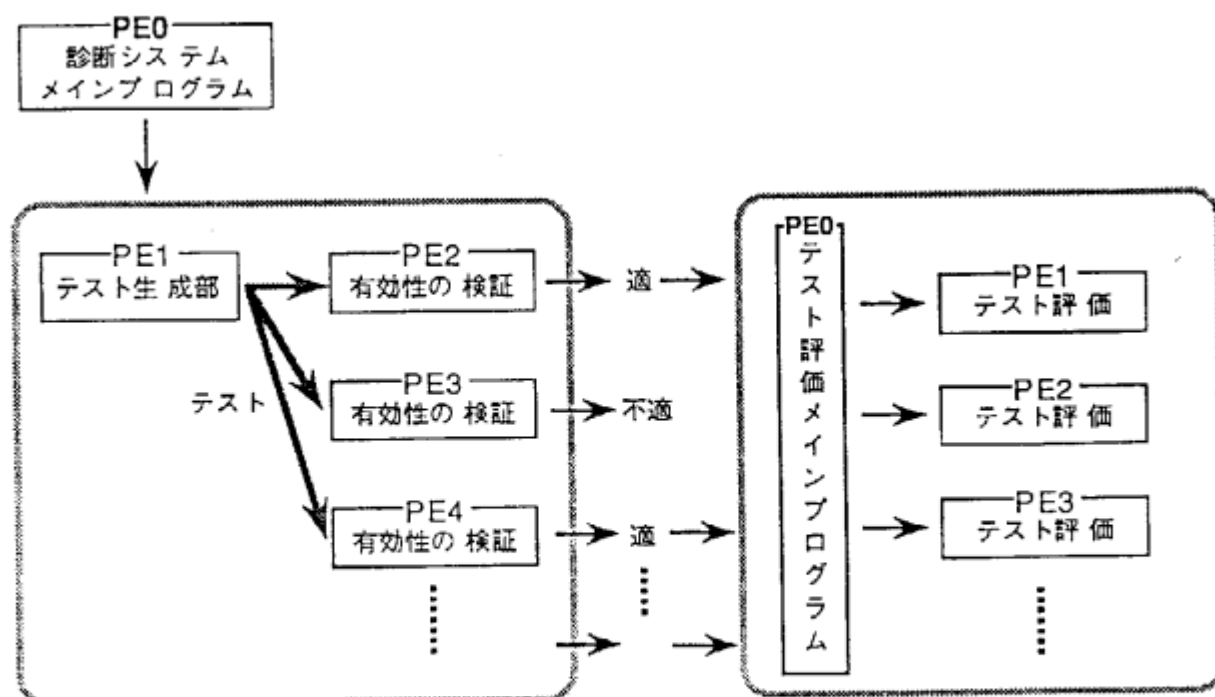
本システムで扱っている診断対象装置では、動作のシミュレーションに要する計算量が入力値によらずほぼ一定である。そして、テストの生成やその評価は診断対象装置の構造と正常動作のシミュレーションをもとに行われており、テストの有効性の検証と生成されたテストの評価に内在する並列処理が可能な部分の処理の大きさは、それぞれある入力値に対する診断対象装置の動作のシミュレーション1回分の処理の大きさにはほぼ比例する。このことから、テストの有効性の検

証およびテストの評価に要する計算量もテスト内容によらずほぼ一定となる。

そこで、この「テストの有効性の検証」と「テストの評価の処理」をそれぞれひとつの単位とし、それらを複数のプロセッサに均等に割り振ることにより、負荷の均等化を計れると考えられる。

以下にテスト生成および有効性の検証からテストの評価にいたる過程の並列化および負荷分散の概要を示す。

各処理のプロセッサへの割り付けを速く行うために、診断システムのメインプログラムは常にプロセッサ0番におかれる。テスト生成はプロセッサ1番でこない、作成したテストから順にその他のプロセッサで、テストの有効性を検証する。有効であると確認されたテストはプロセッサ0番上のプログラムによって、再度プロセッサ1番から各プロセッサに割り振られ評価値を求める処理が並列に行われる。テストの有効性の検証およびテストの評価部分はテスト1個を単位として各プロセッサに渡される。



PE n : 第 n 番目のプロセッサ

図1 並列化負荷分散イメージ

4 結果・考察

以上述べた方式に基づき適応型モデルベース診断システムを Multi-PSI 上に開発した。並列化の評価には、診断対象装置として「ビルの空調管理システム」(部品数 18)と「パケット交換機」(部品数 68)を使用した。

はじめに、「ビルの空調管理システム」を診断対象装置とした場合について、前述した負荷分散方式により使用するプロセッサ数を変えて診断時間を測定した結果が表 1 である。

表 1 使用プロセッサ数毎の診断時間

PE 数	診断時間(sec)	PE 数	診断時間(sec)
1	14.62	9	10.67
2	17.85	10	10.74
3	23.24	11	10.75
4	14.72	12	10.72
5	12.01	13	10.75
6	11.02	14	10.84
7	10.85	15	10.85
8	10.73	16	10.87

(PIMOS2.5 版を使用)

- PE 数 1: 全ての処理を PE0 上で行う。
- PE 数 2: 並列化されたテスト生成・評価部分を PE1 上で、それ以外を PE0 上で行う。
- PE 数 3 以上: 図 1 負荷分散イメージに従う。

実験に使った故障状態に対して生成されるテスト数は初期症状に対して 2436 個であり、有効性の検証を終えて実際にテストとして使えるのは 166 個である。次にこの 166 個のテストが評価部分に渡され、最終的には評価値の一番高いものがテストとして診断対象装置に与えられる。以降、診断が終了するまでこの処理は繰り返される。

表 1 から、使用したプロセッサ数が 1 台、2 台の時と 3 台の時を比較すると、1 台、2 台の方が速いことがわかる。また、今回の負荷分散方式では使用するプロセッサ数が 9 台の時が最速であり、それ以上プロセッサ数を増やしても診断時間の向上はみられないことが

わかる。使用したプロセッサ数が 3 台以上の場合には図 1「並列化負荷分散イメージ」で示したようにデータの存在するプロセッサ上で処理が行われるとは限らないため、プロセッサ間の通信・データの転送などが発生していると思われるが、使用したプロセッサが 5 台以上の時には使用したプロセッサが 1 台、2 台の時以上に速くなっており、並列化の効果が現れた結果となっている。

次に、台数効果について考察する。今回考えた負荷分散方式における使用プロセッサの最小構成はプロセッサ数 3 台の場合である。そこで、使用したプロセッサ数が 3 台の診断時間を基準としてプロセッサ数の増加による効果を調べた。各診断時間の内容を分析し、診断時間の実測値から並列化された部分の実行に要する時間の推定を行い、台数の効果を求めた結果が図 2 である。

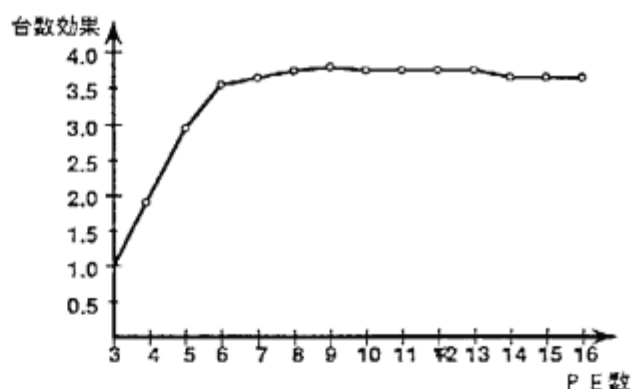


図 2 台数効果

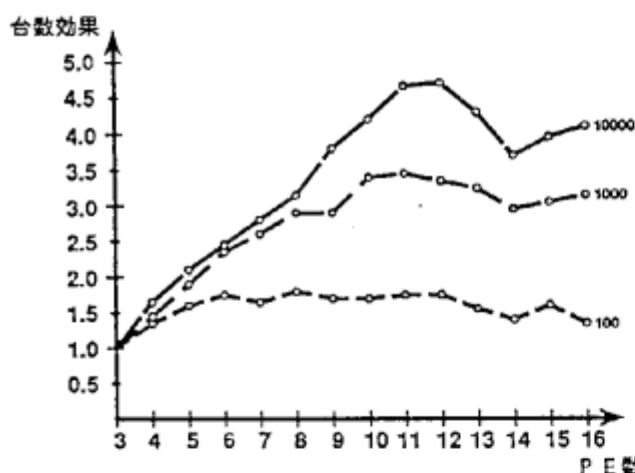
この図から、台数効果としては 5 台ぐらいまでが使用台数分の効果を示し、以降はほぼ平衡状態になるとがわかる。

また、並列化された部分とそれ以外の部分の時間的な構成を検討した結果、診断対象装置に「ビルの空調管理システム」を扱った場合の本診断システムは、今回の並列化方式の場合最低でも約 10 秒(プロセッサ 0 番上で動作するプログラムおよび他プロセッサへのデータの転送、並列化された部分の最短時間などから推定)を診断に要することがわかった。このことから、表 1 の「使用プロセッサ数毎の診断時間」で示された結果は、本システムで行える最短の診断時間を実現したことになる。

では、診断対象装置の規模の拡大などに伴うテスト

数の増加が起こった場合、この並列化の効果はどう変化するのだろうか。現在診断対象装置として扱っている「バケット交換機」の動作のシミュレーションを使用し、テスト数の変化と台数効果について調べた結果を図3に示す。

これは、プロセッサ0番にメインプログラムを置き、その他のプロセッサで「バケット交換機」の動作のシミュレーションを行ったものである。「バケット交換機」の動作のシミュレーションにかかる処理の大きさも、「ビルの空調管理システム」の場合と同様に入力値に関わらずほぼ一定であり、前述したようにテストの有効性の検証および評価部分にかかる処理の大きさが診断対象装置の動作のシミュレーションにかかる処理にほぼ比例することから、このモデルの並列化の効果を調べることにより、診断システム上で実現した際の並列化の効果を推定することができる。



* PIMOS 2.1 版を使用

* プロセッサ数3台の時の処理時間を1とした比率である。

図3 テスト数の変化と台数効果

図3より、テスト数が増大するにつれてより多くのプロセッサ数まで高い台数効果が得られることがわかる。この結果から診断対象装置の規模の拡大などに伴うテスト数の増大に関しては、今回採用した並列化の方法が有効であると考えられる。

5 おわりに

多様な症状に対応可能なモデルベースの適応型診断実験システムにおいて、同システムの並列化を検討し、テストの生成及び評価処理部分の並列化を行った。さらに、並列処理の単位として、「テストの有効性の検証」の処理と「テストの評価」の処理を採用することで、負荷分散をうまく行うことが可能となり、並列性が引き出せることが確認された。また、処理すべきデータ数の増大に伴って、並列処理の有効性はさらに高くなることが確認された。

一般に、モデルベースの推論を行う際には、非常に多くの計算量が必要となるため、実用的なシステムを実現するためには、処理の高速化が重要な課題となる。今後も、並列処理による、より高速な推論方式について研究を進めていく予定である。

謝辞

本研究は第五世代コンピュータプロジェクトの一環として行ったものである。日頃お世話になっている(財)新世代コンピュータ技術開発機構の新田室長に感謝いたします。

参考文献

- [1] Koseki, Y., Nakakuki, Y., and Tanaka, M., "An adaptive model-Based diagnostic system," *Proc. PRICAI'90*, Vol. 1, pp. 104-109, 1990.
- [2] 古関義幸 「モデルベース診断における経験的知識の学習」 第3回人工知能学会全国大会予稿集 pp. 235-238 1989.
- [3] 古関義幸、中壺洋一郎、田中みどり 「適応型モデルベース診断システムとその学習方式」 人工知能学会第4回全国大会 pp. 503-506 1990.
- [4] 田中みどり、古関義幸、中壺洋一郎 「論理的知識と経験的知識を併用した故障原因絞り込み手法」 第39回情報処理学会全国大会予稿集 pp. 243-244 1989.