

4B-7 ビジュアル DEQSOL システム1： DEQSOL高水準デバッガおよび実行診断システム

太田忠 猪貝光祥 平山裕之 金野千里*
(日立超LSIエンジニアリング(株)、*日立製作所)

1. はじめに

偏微分方程式により表現される物理現象の簡潔な問題記述を入力とし、FORTRANの数値シミュレーションプログラムを自動生成するDEQSOLシステムでは、そのプログラムの記述行数を人手に比べて1/10以下にすることが可能である([1])。今回報告者らは、プログラム作成工数以外に、生成プログラム実行時のデバッグや解の検証のための工数削減を目的として、DEQSOL高水準デバッガと実行診断システムを試作した。本発表では、これらシステムの機能と評価について述べる。

2. システム概要

ビジュアルDEQSOLシステム1の機能一覧を以下に示す(詳細は文献[2]を参照されたい)。

- (i)コードジェネレータ：DEQSOL言語による問題記述から形状・メッシュ情報およびシミュレーションプログラムを自動生成する機能(現DEQSOLトランスレータ)。
 - (ii)Model Visualizer：モデルを構成する形状情報や数式等の情報を視覚的に入力するための対話型処理機能。
 - (iii)DEQSOL デバッガ：DEQSOLスキーム中の任意箇所の変数抽出等を行なう実行文単位の高水準デバッガ。
 - (iv)実行診断システム：DEQSOLによって生成されたシミュレーションプログラムの離散化の良否、スキームの適否を判断するための情報抽出機能。
 - (v)結果アナライザ：計算結果を検証するために数値データ間の演算やグラフ化・画像化をする機能。
- 本発表は、この内の、(iii)と(iv)にあたる。

3. DEQSOL高水準デバッガ

シミュレーション工数全体を①入力部(モデリング)、②実行部(シミュレーション実行およびデバッグ)、③結果検討部(結果の検討およびプレゼンテーションの作成)、の3つの観点から検討した場合、シミュレーション工数削減には、実行時デバッガは有効なツールの一つである。DEQSOLにおいても、偏微分方程式や境界条件、解法アルゴリズム等によって生じる数値解の異常に対しては、デバッガが有効である。今回開発したDEQSOL高水準デバッガは、従来の実行時デバッガとは、多くの面で異なっている。以下にDEQSOL高水準デバッガの特長を示す。

(1)DEQSOLソースプログラム対応の介入点(ブレイクポイント)の指定

DEQSOL言語の各一文は、代入や偏微分方程式を解くなど、全て物理的および数学的に意味ある単位である。従来の実行時デバッガでは、ユーザ自身が意味ある単位をFORTRAN等プログラミング言語上でグループ化する必要があったが、本システムでは、DEQSOLソースプログラム上だけで、意味あるデータの変化を捕らえることができる。

(2)デバッガのツールの標準化

生成シミュレーションプログラム中の離散化行列用テーブルや変数値用テーブル等は、常に一元管理したものを保持しているため、デバッガ用情報をシミュレーションプログラム内から抽出するツールを汎用的に作成することができる。

(3)実行診断システムの呼び出し

DEQSOL高水準デバッガからは、各変数値や方程式を離散化したときの行列情報等、内部の情報へのアクセスや内部データの高度な加工が可能である実行診断システムを呼び出すことができる。

3. 実行診断システム

以下に抽出データに対して適用可能な数値解検定や行列検定等の機能を示す。

(1)変数編集機能

①スキーム中に記述した各変数の値の抽出、②メッシュ図・等高線図・ベクトル図・ドット図への加工、③変数の値の変更、を行なう。

(2)行列診断機能

(i)内特性検定：離散化行列の内的な性質である固有値・固有ベクトル・条件数等の検定を行なう。具体的には、固有値や固有ベクトルの値を①累積値の形で棒グラフ化したスペクトル図への加工表示②画面への値出力、等である。

(ii)外特性検定：離散化行列の外的な性質である各成分の値・対角優位性等の検定を行なう。具体的には、①対角成分が同じ行の他の成分に比べて優位でない離散点の抽出、②各行の対角成分がある判定条件以下の離散点の抽出、③各行の成分の絶対値の和が、ある判定条件以下の離散点の抽出、④①の表示において、周囲の点との重み付けを考えた多角形図としての表示、⑤行列の値をマトリックス形式での出力、等である。

(3)スキーム診断機能

安定性検定：非定常問題において、離散化行列が安定であるかどうかを検定するために各固有値がどのように分布しているかを表示する。

4. 動作フロー

図1にDEQSOL高水準デバッガと実行診断システムによる動作フローを示す。まず、生成シミュレーションプログラムは、実行と同時にDEQSOL言語のソースプログラムをエコー表示する(①)。次にユーザは、介入点を指示する(②)。システムは、現在処理中の行をハイライトしながら進み(③)、指示した行にきたならば実行を一時中断し、デバッグ診断メニューの一覧を表示する(④)。ユーザは、そのメニューにしたがって診断を行なう。これらは、何度も繰り返して行なうことが可能である(a)。デバッグ情報収集後、ユーザの指示によって制御は介入点の次の行に戻され、シミュレーションプログラムが、続行される(b)。

①DEQSOLの実行
(ソースプログラムの画面表示)

```

PROG TEST01;
BCOND NGRAD(U)=
[ ] SCHEME;
[ ] [ ] ITER NT
[ ] [ ] SOLVE U OF
    
```

②ブレークポイントの設定

```

[ ] SCHEME;
[ ] [ ] ITER NT
[B] [3] SOLVE U OF
    
```

③実行中の行のハイライト

```

[ ] [ ] ITER NT
[B] [3] SOLVE U OF
    
```

④デバッグ診断メニューの表示

```

~Welcome to DEQSOL debugger~
[ ] 変数編集 [ ] 固有値検定
[ ] 安定性検定 [ ] 行列検定
    
```

⑤各診断の実行

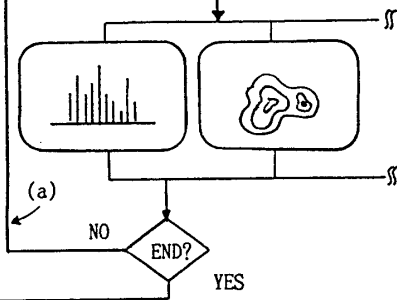


図1. システムの動作フロー

5. 期待される効果

今回開発した機能の効果を従来適用した半導体デバイス解析問題を例に述べる。本問題は、半導体デバイス内の電位分布や電子・正孔の密度分布を解析するものである。その密度は、 10^{10} 以上のオーダーで激しく変化し、安定に解くスキームを作成するのに工数を要した。表1に解析工数の内訳を示す。工数を追ってみると、解が発散したため、行列の数値データを検討し、また、各方程式や境界条件の適否を検証するため、行列の対角成分の優位性を検討し、さらに、各デバイスパラメータを変えて何度も実行を試みた。これら作業は、生成プログラムに手を加えて

表1. 期待される工数削減効果

	問題	半導体デバイス解析	
		現 DEQSOL	ビジュアル DEQSOL
入力部	形状・メッシュ	2.0人日	1.7人日
	スキーム	60.0人日	33.0人日
実行部	生成翻訳実行	17.0人日	7.0人日
結果検討部	検証とプレゼンテーション作成	14.0人日	5.0人日
	合計	93.0人日	46.7人日
	比	1.0	0.5

行ない、満足な解が得られるまでのスキームの修正は、延べ22回繰り返したが、本機能によれば、工数に必要なツールが全て備わるので、この繰り返しは半分以下にすることが可能であり、全工数も46人日と予想される。

<参考文献>

[1] 梅谷他：“数値シミュレーション言語DEQSOL”；情報処理学会誌Vol.26(1985)
 [2] 金野他：“ビジュアル DEQSOL システム1：工程分析および機能構成”；第38回情報処理学会全国大会内容梗概