

解説



シミュレーション技術の最近の動向

2.8 連続型シミュレーションシステム “SLCS V” †

宮崎 知明†† 亀井 浩†††

1. はじめに

SLCS は、富士通が1979年以来、開発、提供を続けている連続型シミュレーションシステムの総称である。本稿では、ワークステーションにダウンサイジングした連続型シミュレーションシステム SLCS V の紹介を中心とするが、その前に、連続型シミュレーションシステムに求められる一般的な項目について解説する。

連続系プロセスを扱うシミュレーションといっても、その範囲は電気回路、機械振動、自動制御、化学反応などの工学的なシステムばかりではなく、システムダイナミクスなどの社会科学的なシステムまでも含まれ、より複雑な現象を対象とするようになっていく。こうした背景から、従来は、理工学分野の数値計算の専門家のみがシミュレーションシステムの対象者であったが、現在では、専門外の利用者にも使いこなせるシミュレーションシステムが必要とされている。

ここで数値計算の専門家以外にも「使いこなせる」ということは具体的にはどういう意味を持つことになるのか、求められる要件を以下にあげる。

- (1) モデリングを支援する仕組みがある
- (2) 操作が容易である
- (3) 様々な角度からの結果が検討できる
- (4) 機能追加が容易である

上記要件の中で特に(1)の項目は、エンドユーザ向けのシミュレーションシステムにおいて、重要になりつつある。対象となるプロセスのモデリ

ング・イメージを各シミュレータ固有のモデル形式に置き換える作業（いわば広義のモデルから狭義のモデルへの置き換え）は、利用者にとって最初の障壁となるからである。単に操作が簡単なだけでは不十分であり、モデリングそのものを支援する仕組みの有無が適用範囲を広げる鍵となる。

以下に、連続型シミュレーションシステムとしての SLCS V の機能を紹介するとともに、本システムが上記各要件に対して、どのように取り組んでいるかについて説明する。

2. SLCS V とは

2.1 システムの概要

SLCS V は、連続型シミュレーション言語という分野に属するソフトウェアである。SLCS V は大型計算機で動作する SLCS IV というシミュレーション言語システムの後継である。SLCS IV は、ADSL/X や DYNAMO などの初期のシミュレーション言語システムを強化したシステムであり、現在でも多くの場所で利用されている。SLCS V は、この SLCS IV の機能をワークステーションに移植したシステムであり、シミュレーション言語としての基本機能は完全に包含させ、さらにワークステーションの利点を生かして、操作性を大幅に改善させている。特に、ウィンドウ・インタフェースの利点を十分に利用した、使いやすい会話システムが特長である。

2.2 システム構成

SLCS V は、大きく分けて5つの処理部から構成される(図-1)。各処理部はそれぞれ独立に動作するコマンドとして実装しており、それぞれの処理をウィンドウ・インタフェースの会話形式で行える形式となっている(図-2)。また、大規模なシミュレーションを行う場合に必要バッチ

† Simulation Language for Continuous System V by Tomoaki MIYAZAKI (Fujitsu Limited) and Hiroshi KAMEI (Fujitsu Oita Software Laboratories Limited).

†† 富士通(株)ミドルウェア事業本部第一ミドルウェア事業部第一開発部

††† (株)富士通大分ソフトウェアラボラトリミドルウェア開発部

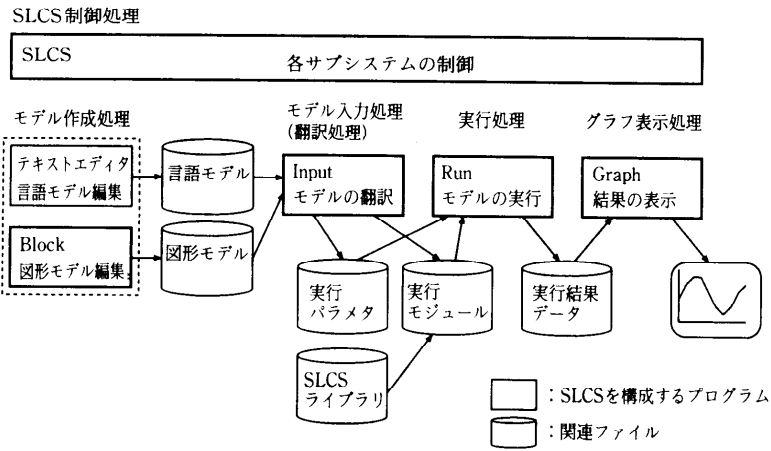


図-1 SLCS Vの構成

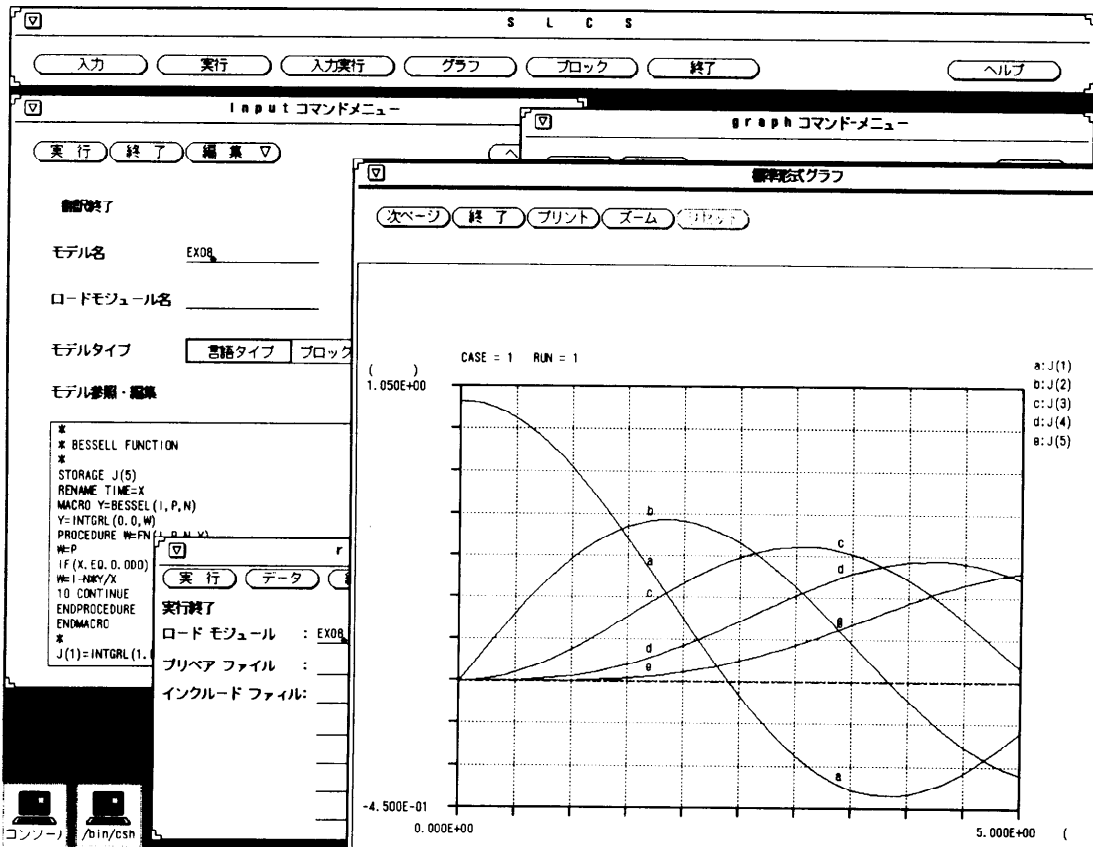


図-2 マルチウィンドウでの作業

形式での実行も可能である。各処理部の概要を以下に示す。

- SLCS 制御処理
各処理部を統合的に制御する。
- モデル作成処理

言語モデルのコードを作成する。あるいは専用の図形エディタでブロック図モデルを作成する。

- モデル入力処理 (翻訳処理)
SLCS 言語を FORTRAN コードに変換し

て、実行モジュールを作成する。

一実行処理

与えられたパラメタをもとにシミュレーションを実行する。

一グラフ表示処理

実行結果をグラフで視覚的に表示する。

3. SLCS Vによるシミュレーション

3.1 言語モデル/図形モデルによるモデリング

SLCS Vは、11種類の積分法は55種類の関数・サブルーチンにより連立微分方程式をそのまま記述できるFORTRANライクな言語モデルに加えて、ブロック・ダイアグラムイメージで記述する図形モデルを扱えることが、大きな特長である。

図形モデルの作成に関しては、専用の図形エディタが用意されており、利用者はこのエディタ上でモデルを作成したり、それをSLCSのシミュレーション機能で実行したり、その場で結果を参照したりすることができる。図形エディタは制御系解析をブロック・ダイアグラムで表現すること

に慣れた利用者に対して、モデリングの支援を含んだ統合的なシミュレーション環境を提供するものである(図-3)。

図形エディタには、制御系を表現するために必要な61種類のブロック要素があらかじめ用意されているだけでなく、利用者固有のブロック要素を追加することも可能である。また、複合処理を図形マクロとして登録することにより、大型モデルを階層的なダイアグラムとして表現することも可能である。図形エディタの応用として、システムダイナミクスのフロー・ダイアグラムを表現した例を示す(図-4)。

3.2 シミュレーション機能

SLCS Vが持つシミュレーション機能を以下に紹介する。これらの機能は実績のあるSLCS IVの機能をそのまま受けついだものであり、十分な性能と品質を確保している。

- 充実した積分手法、倍精度演算、計算順序の最適化などによる精度の保証
- 自動制御における周波数応答解析機能
- 連続系プロセスを表現するのに必要な組込み

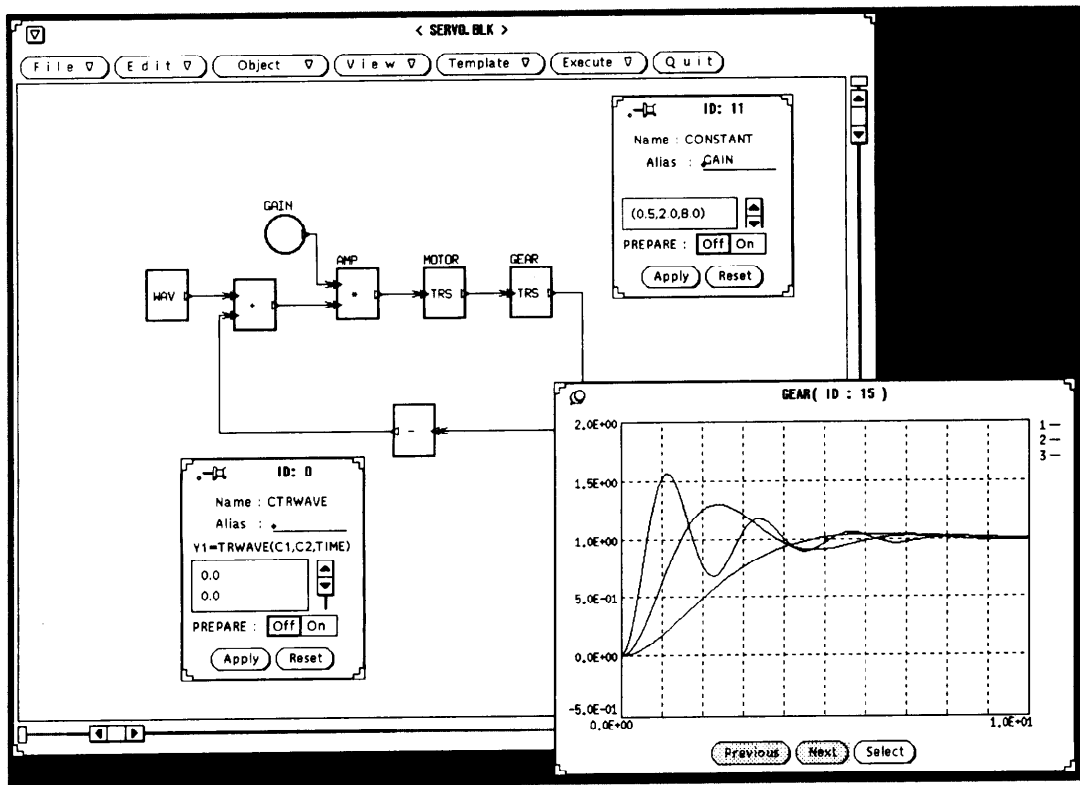


図-3 図形エディタによるシミュレーション

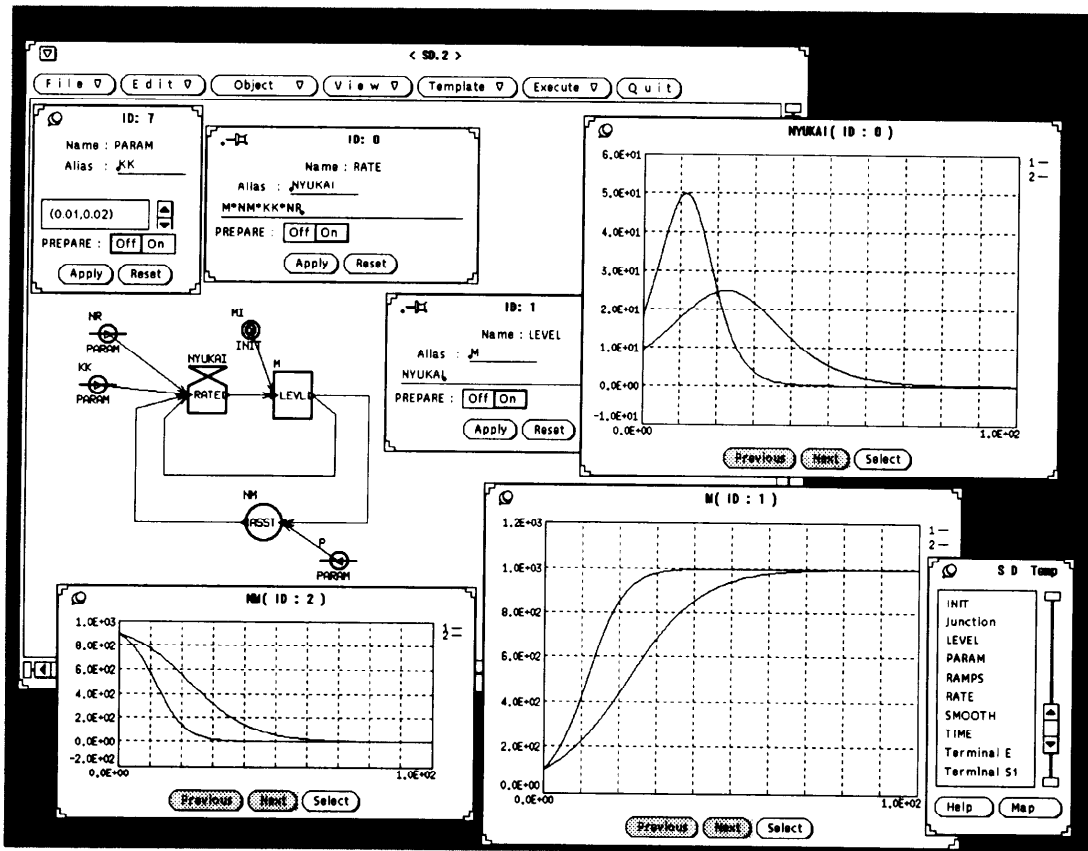


図-4 システムダイナミクスへの適用

関数/サブルーチンの充実

●次元や単位の異なる系からなる複合系を表現するための多重セグメント構造のサポート

これらの機能は、信頼性の高い連続型シミュレーションを実現するために不可欠な機能である。

また、こうしたシステム組込みの機能に加えて、SLCSではシミュレーション計算部分の共通領域を公開しており、利用者により積分法/関数/サブルーチンなどの組込みが可能である。特にUNIXでは汎用的な開発環境（エディタ、デバッガなど）が充実しているので、利用者独自の高度なシミュレーション環境の構築が容易に実現できる。

3.3 ビジュアルな結果表示

連続系シミュレーションの結果は時系列に表現されるのが普通ではあるが、様々な角度から結果を検討する場合には、それだけでは不十分である。汎用的なシミュレーションシステムにおいては、結果をグラフで表示する場合にも多様な表示

形式が求められる。SLCS Vでは、連続系プロセスの結果表示に必須な、以下の形式を用意している。

- 時系列変化を示す標準的なグラフ表示
- ケーススタディの結果を表示するマージ図
- 独立変数以外の変数を軸に設定する位相図
- 周波数応答解析の結果を表示するBode線図(図-5)

- 数値リスト形式

ここで、結果データそのものはワークステーションの一般ファイルに保存されており、そのレコード・フォーマットは利用者に公開している。したがって、利用者が独自のプログラムを作成して、好みの形式で結果を表示することも可能である。さらに、シミュレーション結果を利用して様々な解析を行ったり、データ解析プログラムや視覚化プログラムなど、様々な後処理システムへとデータを受け渡すことも容易である。

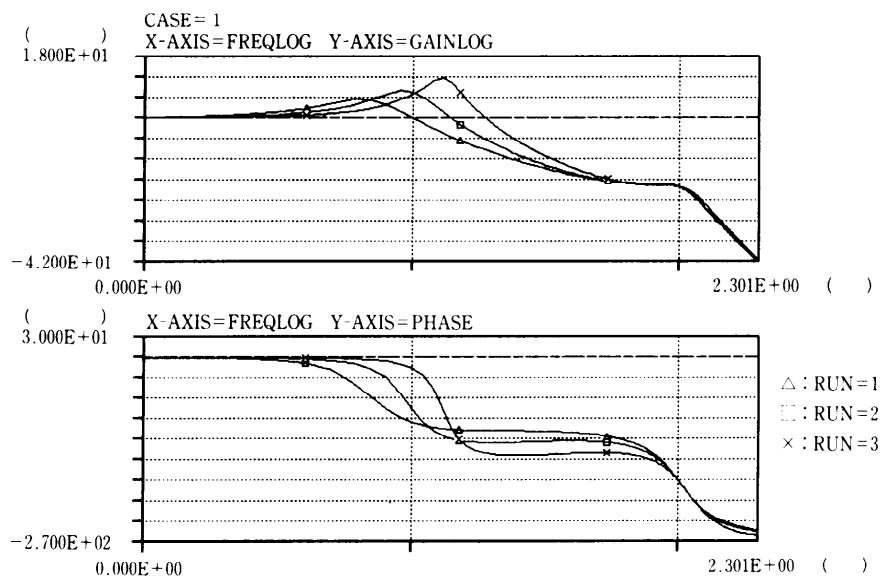


図-5 Bode線図

3.4 リアルタイムなモニタリング

複雑な系を数値シミュレーションする場合には膨大に計算時間を必要とする。特にモデル作成の初期の段階では、長時間のシミュレーションを行った後に結果を表示させて、はじめてモデルの論理的な誤りを発見できるといったことがありうる。こうした時間のロスを防ぐために、シミュレーション実行中にグラフ形式で途中結果を参照したいという利用者の要望は非常に多い。ある程度シミュレーションを実行すれば、誤りを一目で発見できる可能性があるためである。

SLCS Vでは、シミュレーションを実行中に、リアルタイムで計算結果をグラフで表示するモニタリング機能を備えており、大規模のモデルを試行錯誤的に作成する作業の効率化に役立っている。

4. まとめ

SLCS Vというシステムの機能を中心として、連続型シミュレーションシステムの実際について紹介してきた。シミュレーションという考え方は、あらゆる場面での基礎的手法の1つであって、ますます重要となるため、エンドユーザ指向が急務である。SLCS Vは、ワークステーショ

ンの特性を生かし、現実に近いイメージでのモデリング、容易な操作性、信頼性の高い計算能力、視覚的な結果表示を追求しており、今後もエンドユーザ指向のシステムとしてユーザと共に成長するシステムを目指している。今後も、カスタマイズの効率化や他システムとの融和性の向上など、取り組むべき課題はまだ多い。

最後に連続型シミュレーションシステム全般としての、今後の課題について簡単に述べる。連続型シミュレーションという技法は、系を記述したモデルに対して任意の入力を与え、そのときの系の時系列での振舞いを調べる技法であるが、この場合の入力として与えるパラメタの最適値は、試行錯誤的に求めることになる。しかし、ここで、数理計画などの他の手法によってあらかじめ系の初期値や最適解をもとめておくことができれば、系の構造の把握がより容易となり、問題解決の作業を大きく効率化することができるであろう。

最適化とシミュレーションの手法の融合が、今後の課題である。

参考文献

- 1) 富士通マニュアル: FUJITSU Sファミリー SLCS V解説書, 富士通株式会社 (1995).
(平成7年9月18日受付)



宮崎 知明 (正会員)

1950年生。1974年東京大学工学部応用物理学卒業。同年富士通(株)入社。以来、数理計画法、シミュレーション、スケジューリングなどのOR手法系ソフトウェアの研究開発およびモデリングを含めた手法の応用に従事。現在、富士通(株)ミドルウェア事業部第1開発部課長。



亀井 浩

1965年生。1989年九州大学工学研究科応用物理学専攻卒業。同年(株)富士通大分ソフトウェアラボラトリに入社。以来連続型シミュレーションソフトウェアの開発に従事。

