

離散系シミュレーションを取り巻く実態と展望

梅田 茂樹, 森戸 晋

1. はじめに

最近、離散系シミュレーションの需要が増加し、そのソフトウェアもつぎつぎに開発されている。一方、コンピュータのダウンサイジングにより高性能のコンピュータが比較的安価で提供されるようになった。その結果、シミュレーションのためのコンピュータ環境が、従来に比べ格段に充実してきている。

本稿では、シミュレーションの最近の利用状況について報告する。今回の報告は前回（87年）の調査報告の継続である。前回同様、ユーザーに対するアンケート調査を実施した。その目的は、

- 1) シミュレーションユーザーおよびプロジェクトの現状
 - 2) シミュレーションソフトウェアの現状
- を調査すること、シミュレーションへの新しいニーズおよびその将来像を展望することである。

2. 調査の対象と結果

2.0 調査の対象

本アンケート調査は、1993年4-5月に記名の郵送方式で行なった。アンケートは全7ページにわたる詳細なもので、選択・記述両方式を併用した。アンケートは、日本OR学会の賛助会員企業（明らかにシミュレーションを利用していないと考えられる一部企業を除く）約180社、離散系シミュレーションソフトウェアのベンダー5社の協力を得て紹介された約140箇所（賛助会員企業と一部重複：これらの大多数は、シミュレーションのユーザーと考えられる）、合わせて317件である。

これに対して、128件（本集計に間に合わなかった1件を含む）の回答（回収率40.4%）が寄せられた。本報告は複数の事業所等からの回答も含めた集計である。

なお、前回の1987年のアンケート調査では、多種多様なシミュレーションの中で離散系シミュレーションがな

うめだ しげき 武蔵大学 〒167 練馬区豊玉上1-26
もりと すずむ 早稲田大学

表1 シミュレーションの対象システムと目的

	事前評価	改善計画資料	日常業務の制御	その他	計
製造ライン	60	36	11	3	110
工場内物流/AGV クレーンヤード	41	6			47
物流配送輸送システム	30	13	1		44
コンピュータシステム	13	5	1	2	21
自動倉庫/倉庫	15	5			20
交通流/道路網 (立体)駐車場	13	3	2	2	20
通信システム ネットワーク	12	3			15
その他(化学プラント, 銀行窓口)	4	3	1	2	10
計	178	74	16	9	277

にかを認識していないと考えざるをえない回答がきわめて多数にのぼったのに比べ、今回の回答では、このような回答はわずか1件にすぎない。（この1件は128件からはずした）。このようなところからも離散系シミュレーションの普及の度合いが読みとれる。

2.1 シミュレーションの適用対象と目的(表1)

シミュレーションの適用対象は、いわゆる工場システム（製造ラインおよびその関連システム）が多い(157件/277件)。コンピュータ/通信システムも前回同様、一定件数が上がっている。前回の調査と比較して際立つのは、AGVやクレーンヤードなどの工場内物流の関連システムも含めて、配送システムや自動倉庫などの物流システムへの適用対象が多いことである。

配送/輸送システムや交通システムなどの、ロジスティクス関連のシステムがシミュレーションの新しい適用対象になりつつある。今回の調査でも、現在は未着手であるが将来的にシミュレーションの適用が考えられる業務として、物流システムをあげた回答が多い。(17件)

このことは、

表 2 シミュレーションの導入時期

導入時期(年)	-74	75-79	80-84	85-89	90-
件数	16	8	7	28	27

- 1) 工場の自動化が進み、いわゆる生産ラインシミュレーションが浸透したこと
- 2) 生産システムと販売システムのインターフェイスとして物流システムの重要性がクローズアップされてきたことなどが、背景にある。

利用の目的は、システムの事前評価や改善資料の提供が依然として圧倒的に多いが、日常業務の制御や運用にシミュレーションを活用するというのが少しずつ増えつつあるようである。日常業務の制御にシミュレーションを活用しているところでは、必ず事前評価あるいは改善活動でシミュレーションを使っており、日常業務の制御における活用はシミュレーションの浸透の度合いを示す1つの指標と考えられる。シミュレーションの浸透に伴って、スケジューリングに代表される日常業務の制御への適用が増加していくと予想される。

2.2 シミュレーションの導入時期(表2)

シミュレーションの導入時期については、85年以降特に90年以降に集中している。最近4-5年の間に急激にシミュレーションの導入が行なわれたことがわかる。

2.3 シミュレーションプロジェクト

シミュレーションプロジェクトにかかるマンパワーは、大規模のものから比較的小規模のものまでさまざまである。この調査では、どの程度の規模のプロジェクトを大・中・小各規模と考えるかを回答してもらった。(図

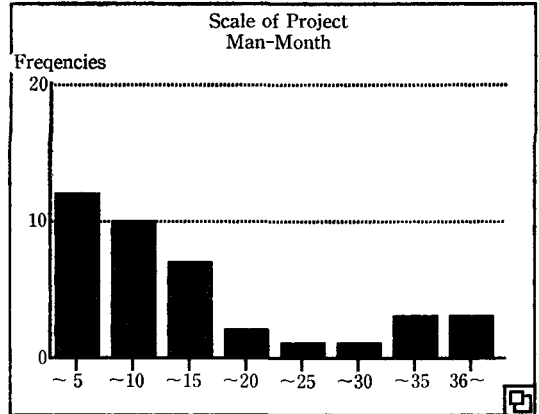


図 1 シミュレーションプロジェクトのワークロード (大規模プロジェクト)

1-3) 大規模プロジェクトと考えるもので5人月程度から36人月以上、中規模プロジェクトで1人月程度から21人月以上、小規模プロジェクトで0.3人月程度から6人月以上、とばらつきが大きい。前回(87年)の調査同様、プロジェクトの人数は2~3人というのが圧倒的に多い。前回では、6人以上もしくは期間1年以上のプロジェクトはきわめて少数であった。これと比較すると、全体的に大規模のプロジェクトが増加している傾向がある。

開発プロジェクトは、システム部門を中心に、現業部門やI E部門のメンバーで構成される場合が多い(表3)。ユーザーとしては、現業部門が多数派であるがシステム部門やI E部門である場合も多い。シミュレーションの実施は、製造部門および物流部門で行なわれるものを中心になっている。現在のところ6件と少数であるものの、シミュレーションが全社的に実施されているケースが生

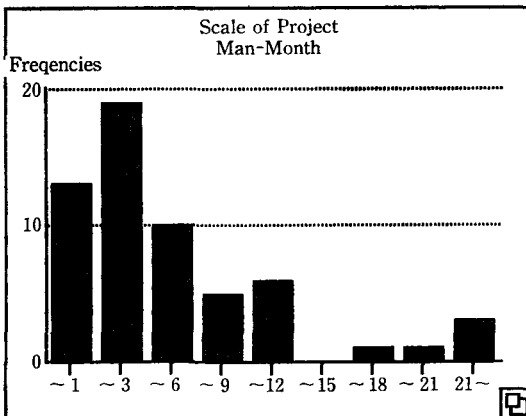


図 2 シミュレーションプロジェクトのワークロード (中規模プロジェクト)

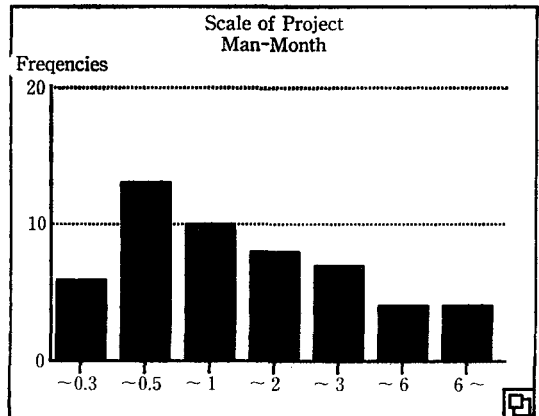


図 3 シミュレーションプロジェクトのワークロード (小規模プロジェクト)

表3 シミュレーションプロジェクトの開発メンバーとユーザー

	開発メンバー	ユーザー
IE部門	21	10
システム部門	43	20
現業部門	34	54
その他	15	7

まれつつあるのは、注目に値する。

2.4 シミュレーションソフトウェアの使用状況

シミュレーション言語(GPSS, SLAN, SIMAN等)だけ使用するというのではなく、パッケージ(WITNESS, AUTOMOD, PCMODEL等)や汎用プログラム言語(FORTRAN, C)を積極的に共用している。むしろそのような場合のほうが多い。(表4)

この背景には、

- 1) ユーザースキルの向上とダウンサイジングにより、さまざまなツールが使用可能になった。
- 2) 利用目的、モデル開発者の知識あるいは好み、アニメーションの必要性の有無によって使い分ける。
- 3) 対象システムが複雑で大規模になり、1種類のソフトウェアによる対応が困難になった。

などが考えられる。

ユーザーは、シミュレーションソフトウェアを選択するにあたって、モデル記述能力を最優先に考えている(表5)。それと同時に、使いやすさ/学習の容易性を重視しているのがわかる。価格はそれほど重要な選択条件ではないが、カスタマイズのしやすさはソフトウェア選択の重要条件としてあがっている。複雑なモデリングへの対応、シミュレーションと他のシステムとの統合といった要求に応えるためであろう。

表5 ソフトウェアの選択基準(1位/2位)

基準項目	件数
モデル記述能力	66
使いやすさ/学習の容易性	57
カスタマイズのしやすさ	23
価格	15
サポート体制	5
ユーザーの多さ	3
その他(実行速度/自社製品との互換性)	3

表4 ソフトウェアの使用状況

使用ソフトウェア	件数
シミュレーション言語だけ使用	21
パッケージだけ使用	16
汎用プログラム言語だけ使用	1
シミュレーション言語と汎用プログラム言語を併用	15
シミュレーション言語とパッケージを併用	14
パッケージと汎用プログラム言語を併用	3
3種類を併用	23

シミュレーションソフトウェアの使い分けを行っているとところも増えつつある(34件)。このようなところでは、かなり古くからシミュレーションが使われていたり、いろいろな部署ではシミュレーション活動が積極的に展開されている。その場合は、問題に応じて使い分けを行なう場合が多く、

- 1) 比較的小規模のシミュレーション
- 2) ロジック表現が与えられたモデリング機能で充分などの時、パッケージを使用するとの回答が比較的多い。

ダウンサイジングの影響は、コンピューティング環境に顕著に現われている(表6)。メインフレーム機だけを利用しているのは、全体の6%に過ぎない。逆に、シミュレーションにメインフレーム機を一切使用していないところが、全体の70%以上にもなる。

モデルの再利用については、回答の約4割(51件)が“行っていない”と回答し、再利用する場合でも2-3回がほとんどである。実務では、再利用することより、新しいモデルを素早くインプリメントすることがより重要であるようにみえる。

表6 シミュレーションユーザーのコンピューティング環境

使用機種	件数
ワークステーションを使用	26
PCを使用	19
PCとワークステーションを使用	21
メインフレームとワークステーションを使用	6
メインフレームとPCを使用	6
メインフレームを使用	5
すべての機種を使用	10

表 7 シミュレーションと統計処理/実験計画との併用

	実験計画	統計処理
行なう	25	38
行なわない	56	41

2.5 確率的モデルと確定的モデル

モデルに乱数を含む確率モデルだけを使用するとしたものは30件、確定モデルだけを使用するとしたものは11件である。これに対して、両方使用するとしたものは、48件である。両方使用するケースが多数ではあるものの確率モデルだけ使用するケースも少なくない。

2.6 統計処理、実験計画法との併用 (表 7)

出力データの統計処理を行なうと回答したものと、行なわないとしたものはほぼ半数ずつである。次第にその重要性が認知されつつあるといえる。一方、実験計画法についてはしないと回答したものが多数派である。

シミュレーションユーザーが実験計画法を熟知していないのが原因でないかと思われる。

2.7 シミュレーションユーザーからみたインターフェース環境とプログラミング (モデリング) 環境

シミュレーションのインターフェース環境としては、ユーザーの望む声として、次のようなものがある。

1) モデル作成時のサポートツール

グラフィカルモデルジェネレータやモデルエディターなど、学習容易なモデリングツール/環境の提供、デバッグ機能の強化を望む意見。

2) アニメーションなどの可視化機能の強化

結果のグラフィック表示、アニメーション、ビデオプロジェクターとの接続などにより、シミュレーションの可視化機能の強化を望む意見。

3) 入出力のデータ変換機能の強化

スプレッドシートとの直接のデータ入出力、工場のモニタリングシステムから設備稼働状態をリアルタイムで直接シミュレータに転送、シミュレーションのデータ入出力の標準化、パラメータデータのデータベース化などを望む意見。

4) シミュレーションの高速性

応答の速さが重要とする意見。

また、シミュレーションを有効利用するためのヒューマンインターフェイスとして、何を優先するかについては、モデル作成時のサポートツールをあげた意見が多数であった。(表 8)

表 8 シミュレーション有効利用のためのヒューマンインターフェイス

	1位	2位	3位
モデル作成時のサポートツール	47	17	13
出力結果の統計解析	23	28	20
アニメーション	18	25	27
その他	1	—	1

表 9 シミュレーションユーザーの活用するOR手法

OR手法	頻度	OR手法	頻度
離散系シミュレーション	93	信頼性理論	14
AI	35	ネットワーク計画法	13
線形計画法	34	他のシミュレーション	13
連続系シミュレーション	33	動的計画法	10
待ち行列理論	33	マルコフモデル	10
スケジューリング理論	31	探索理論	8
PERT/CPM	27	AHP	6
在庫モデル	21	取替理論	1
非線形計画法	17	ゲーム理論	0
整数計画法	14		

2.8 シミュレーションユーザーの活用するOR手法 (表 9)

表9の集計の対象は、業務で離散系シミュレーションを活用していると回答した93件の企業ユーザーである。これによると、

- 1) シミュレーションユーザーのうち、およそ1/3(36件)が他のOR手法を使用していない。
- 2) 一方、残りの2/3(57件)は、離散系シミュレーションとともに他のOR手法をかなり広範囲にわたって活用している。

一方、離散系シミュレーションを使っていないとする35件のうち、12件がAI、11件が線形計画法、5件がスケジューリング理論、4件が連続系シミュレーションを活用していると回答している。これらと表9とを考え合わせると、AIを別とすると昔からORの「三種の神器」といわれたLP、PERT、シミュレーションが依然として強いことがわかる。筆者の誤解であって欲しいが、待ち行列「理論」やスケジューリング「理論」が表9の

程度に浸透しているかどうかは若干疑問が残る。

3. シミュレーションとシステムインテグレーション (SI)

3.1 インテグレーションツールとしてのシミュレーションの位置づけ

いわゆるSIビジネスの展開とともに、ソリューションツール/インテグレーションツールとしてシミュレーションを位置づける傾向が高まっている。“シミュレーションとシステムインテグレーションの関係について、お考えがあればお教えてください”という、質問項目には多くの回答者から意見が寄せられた(53件)。これらは、日常業務と切り離れたオフラインで活用するものと、日常業務の進行と連動してオンラインで活用するものに分けられる。オフラインで活用するものとして、

—CIMにおける生産準備のためのツール

—設計評価のツール

—評価分析システムの構築ツール

—コスト要因を考慮したシミュレーション

—インテグレーションの検証ツール

—システム最適化のツール

などの意見があった。いずれも、工程設計や、作業計画などの生産準備業務の支援ツールという位置づけである。このような回答では、シミュレーションのインターフェースとして、結果のグラフ表示ルーチンとともにアニメーション機能を重視している。

オンラインで活用するものとして、

—生産管理システムに融合する

—スケジューリングの評価ツール

—計画業務の支援ツール

—モニタリングシステムとシミュレーションを融合するなどがあげられた。

オンラインシミュレーション指向の表われとして、実行中にシミュレーションパラメータが変更できる仕様になっているとの回答が多くみられた(58件)。そのうち、45件がその機能を頻繁に利用すると回答している。

3.2 シミュレーションの入出力データと外部ファイルとの接続

オンラインシミュレーションを行なうには、さらにデータベースやスケジューリングシステムとリンクする必要がある。シミュレーションと外部ファイルとの接続に工夫した事例として次のようなものがある。

—工場のホストコンピュータからダウンロードしたデー

タをLAN/データコンバータを通して、シミュレーションの入力データにする。

—ワークステーションでシミュレーションを行ない、出力結果をLAN経由でPCに転送し、統計解析を行なう。

—シミュレーション結果を、市販の表計算ソフト(LOTUSなど)のデータ形式に合わせる。もしくは、そのためのデータ変換を行なう。

—生産管理用DBからデータ収集し、表計算ソフトあるいは統計データ解析パッケージ(SASなど)でフィルタリングしてシミュレーションに渡す。

—工程管理用DBから、直接シミュレーションの入力パラメータを生成する。

—シミュレーションソフト搭載のワークステーションと個人用のマッキントッシュPCを接続する。

4. おわりに

今後のシミュレーションに期待するものとして、

1) 実行速度の向上

2) モデル構築/結果表示のためのインターフェイスツールの充実

3) システム統合化の中での活用

などの指摘が多い。

シミュレーションの適用分野は、今後ますます広がっていくものと思われる。その中で、従来からのデータベースシステムや管理システムと統合化していく方向に進むことが予想される。

謝辞：アンケート調査の実施にあたって、早稲田大学国際共同研究(91C-7)、文部省科学技術研究費一般研究C(C132-268)の補助を受けました。また、アンケートにご協力いただいた方々に謝意を表します。

参考文献

1) 森戸、矢崎：シミュレーション利用状況調査とシミュレーション言語に対する最近の話題、オペレーションズ・リサーチ, Vol.32, No.5, 1987

2) 梅田：離散系シミュレーション言語とその周辺、計測と制御, Vol.30, No.2, pp.110-115, 1991

3) Swain, J.: Simulation software survey, OR/MS Today, pp.81-102, Oct. 1991

4) Law, A. M. and Haider, S. W.: Selecting Simulation Software for Manufacturing Applications: Practical Guidelines & Software Survey, Indus. Eng., Vol.21, No.5, pp.33-46, May 1989