

## WWW を用いた行列生成システム: Matrix Workshop の開発

2 G-1

松原 有里\* 高木 浩光† 関口 智嗣‡ 長嶋 雲兵\*

\*お茶の水女子大学 †名古屋工業大学 ‡電子技術総合研究所

## 1. はじめに

科学技術計算では、頻繁に行列演算が行なわれており、これらの行列演算アルゴリズムの正当性を検証することは、計算結果に信頼性を与えるうえで大変重要となる。

この行列演算アルゴリズムのテストや比較のためには信頼のおける共通のテスト行列が必要となる。例えば、連立一次方程式の反復解法や固有値の解法といった行列演算アルゴリズムは、行列の構造や対称性に依存している。アルゴリズムのテストや比較のためには、その構造や対称性をもつテスト行列が必要となる。また、条件数や固有値などの特質がわかっている行列であることが望まれる。そのためテスト行列は、行列成分の定義、構造、固有値、条件数などの行列の性質が明らかであることが重要である。

また、行列演算アルゴリズムが特定のサイズの行列で正しく機能することは、可能なあらゆるサイズの行列に対して正しく機能することの保証にはならない。よってテスト行列には、サイズ変更などの自由度が必要である。

テスト行列を提供するシステムとしては、NIST の Pozo らによって設計・開発された Matrix Market<sup>1)</sup> がある。Matrix Market では、科学、工学の幅広い分野で実際に用いられた行列を WWW 上で提供している。

各行列に対しては、行列の性質に関する情報や、VRML (Virtual Reality Modeling Language) により行列構造を可視化したものを示す Web ページが設けられている。行列は、テキスト形式で与えられているものを取得したり、Java アプレットや CGI (Common Gateway Interface) を用いた Matrix Generator により生成させたりすることで入手できるようになっている。

Matrix Market では提供された行列そのものだけでなく、行列が導出された物理的背景が明確なく、行列の性質も明らかでない。そのため、アルゴリズムに適した行列の選択が難しい。アルゴリズムのテストや比較のためにはサイズ変更できることが望ましいが、Matrix Market で提供されている実問題から導出された行列は、行列サイズが固定である。また、Matrix Market Deli では、数式により定義された任意サイズで生成可能な行列を提供している。

本研究では Matrix Market の枠組の中で、サイズ変更が可能な行列の提供により、信頼性の高いアルゴリズム

のテストをサポートする行列提供システム、Matrix Workshop の開発を行なっている。本システムは、共通なテスト行列を作成、配布を行なう行列データのデータベースである。行列の生成と入手は、WWW から行なうことができるようにした。そのためユーザは、データを容易に入手することが可能である。本システムでは、物理的な問題(村田問題)に基づき適度に難易度があり、かつ反復解法の比較に有効な行列を生成する方式を考え自動化したことが特徴である。

## 2. Matrix Workshop

## 2.1 Matrix Workshop の構成

Matrix Workshop のシステム構成は図 1 のようになっている。Web ページでは、各行列の性質に関する情報(行列の構造、行列成分の定義、条件数など)や、行列を生成させるためのデータ(行列サイズや、行列成分生成のための定数値など)入力フォームを提供する。

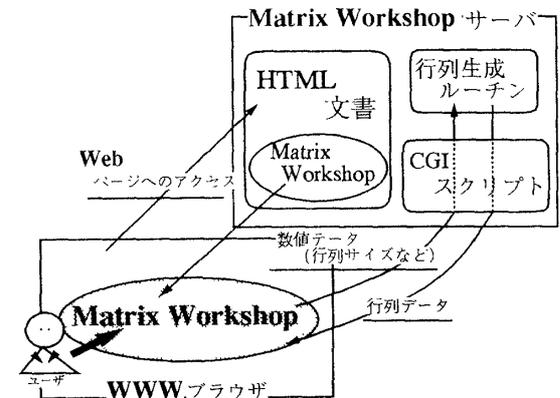


図1 システム構成

行列の生成は CGI を介して行なわれる。Web 画面に提示されたデータ入力フォームにユーザは行列サイズやいくつかの定数値を入力する。これらは、Matrix Workshop サーバ(図 1 右上)のホストコンピュータ上の CGI スクリプトに渡される。入力データが、CGI スクリプトから行列生成プログラムに引き渡されることで、行列生成プログラムが起動され、行列が生成される。生成された行列は、ブラウザに返され画面に出力される。ユーザは、この行列データを使用するためにローカルホストのファイルにデータをセーブする。本システムでは、ブラウザのセーブ機能を用いてデータをセーブ可能にするために、行列データを Web 画面に出力する。

## 2.2 提供される行列

本システムでは、行列の性質が明確な行列として条件

Matrix Workshop: a Matrix Generator on WWW  
MATSUBARA Yuri\*, TAKAGI Hiromitsu†,  
SEKIGUCHI Satoshi‡, and NAGASHIMA Umpei\*

\*Ochanomizu University, †Nagoya Institute of Technology, ‡Electrotechnical Laboratory

数や固有値が解析的にわかっている行列を提供する。現在は以下の行列セットが実装されている。

“A Collection of Matrices for Testing Computational Algorithms”<sup>2)</sup>では、様々な種類のテスト行列を提供している。これには、サイズ固定の行列と、任意のサイズで提供される行列とがあり、本システムでは、任意サイズに対して生成可能な行列を抜粋し、提供する。本システムで提供する行列は、密行列12種、帯行列15種、三角行列1種、その他6種であり、そのうち対称行列26種、非対称行列8種である。本システムでは行列の性質に関する情報として各行列に解析的に分かっている、逆行列、固有値、条件数などの情報も提供する。

村田らによる純拡散問題（非線形定常問題及び非線形時間依存問題）<sup>4)</sup>では、2次元の切欠きのある場に、場所により段差をもたせた拡散係数を設定し、熱拡散のシミュレーションを行なう。このモデルからは、対称正定値5重対角行列が、離散化の際に導出される。本システムで提供される行列には、この熱拡散のシミュレーションを行なう場の寸法や、離散化の際のメッシュ数をパラメータ化することで、行列サイズに自由度が与えられている。また、解析解が与えられるため、数値解と比較することでプログラムの精度検証に役立てることも可能である。また、固有値の概算など、行列の性質に関する情報も提供する。

2.3 ユーザインターフェース

2.3.1 Web ブラウザからの利用

Web ページでは、まず提供する行列項目のリストを提示する(図2-(1))。選択項目には、その行列の構造及び、対称性の情報を与えた。

行列を選択すると、その行列の情報や行列生成のためのデータを入力するフォームを提示するページに移動する(図2-(2))。必要な数値を入力し、実行ボタンを押すことで行列生成ルーチンが起動される(図2-(2\*))。生成された行列(図2-(3))は、行列情報が表示されていたフレーム内(図2-(2\*\*))に出力される。行列の出力形式としてはMatrix Marketで採用されている、Matrix Market Exchange Formats<sup>1)</sup>を採用した。

2.3.2 任意のSocket クライアントからの利用

上記 Web ページの入力フォームに入力されたデータは、URL の search part(「?」に続く部分)に `http://phase.etl.go.jp/MatrixWorkshop/cgi-bin/matgen.cgi?size=3&Exname=Example3.12` のようにエンコードされて、CGI スクリプトに渡される。したがって、簡単な HTTP クライアントを作成してこのような形式で URL を指定することにより、Web ブラウザ以外から Matrix Workshop を利用することもできる。最も単純には、telnet コマンドなどを用いて、Matrix Workshop の Web サーバに対して Socket 接続し、「GET /MatrixWorkshop/cgi-bin/matgen.cgi?size=3&Exname=Example3.12」と

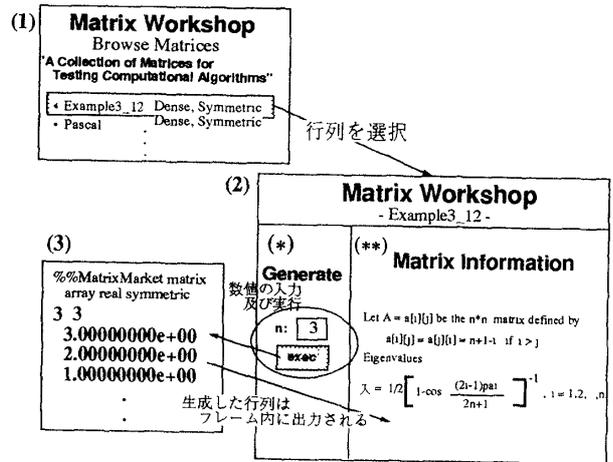


図2 WWW ページの構成

いう文字列を送出するだけで、結果が MIME 形式のヘッダ付きテキストとして返送される。

3. まとめと今後の課題

本研究で開発した Matrix Workshop においては、Matrix Market の枠組の中でアルゴリズムのテストや比較をするのに適した行列を提供し、性質の明らかな行列を適当なサイズで提供することを可能とした。また、Matrix Market との連携で WWW 上で行列を提供することが可能となったため、共通の行列データを用いたテストや比較が容易になった。

今後の課題は、ネットワーク数値情報システム Ninf<sup>3)</sup>のクライアント API である `Ninf_call` から、Matrix Workshop で提供する行列生成ルーチンへのアクセスを可能にし、要求された行列データを生成し返答することを可能にすることである。

謝辞 本研究は、工業技術院国際特定共同研究「ハイパフォーマンスコンピューティングシステム性能評価モデルの研究」に基づくものである。

参考文献

- 1) R. Boisvert, R. Pozo, K. Remington, R. Barrett, and J. J. Dongarra. <http://math.nist.gov/MatrixMarket>.
- 2) R. T. Gegory and D. L. Karney. *A Collection of Matrices for Testing Computational Algorithms*. WILEY-INTERSCIENCE, 1969.
- 3) M. Sato, H. Nakada, S. Sekiguchi, S. Matsuoka, U. Nagashima, and H. Takagi. Ninf: A network based information library for a global world-wide computing infrastructure. In *Proceedings of HPCN'97 (LNCS-1225)*, pages 491-502, 1997.
- 4) 村田 健朗, 名取 亮, and 唐木 幸比古. 大型数値シミュレーション. 岩波書店, 1990.