

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21540123

研究課題名（和文）Web 上での簡便な 8 倍精度数値計算システムの構築

研究課題名（英文）Construction of a system on the Web for octuple-precision computation

研究代表者

長谷川 武光（HASEGAWA TAKEMITSU）

福井大学・大学院工学研究科・名誉教授

研究者番号：70023314

研究成果の概要（和文）：現在の計算機上での数値計算は倍精度（10 進約 16 桁）で行われる。工学や自然科学の分野で高精度計算の要求が高くなっている。そこで本研究では 8 倍精度（10 進約 72 桁）で数値計算を簡便に行えるオンラインシステムの構築を目指した。本システムは Web 上での 8 倍精度計算のための高精度電卓のような機能を提供する。さらに、専門家向けには通常の倍精度計算での C 言語プログラムを受け付けて 8 倍精度計算結果を提示する。

研究成果の概要（英文）：Higher than the IEEE double-precision (about 16 significant digits) computation on computers is required in science and engineering. In this research a system on the Web for octuple-precision (about 72 significant digits) computation is constructed. This system provides users with such a facility as a pocket calculator for octuple-precision computation and furthermore with the facility of accepting programs written in C.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：数学・数学一般（含確率論・統計数学）

キーワード：数値計算、8 倍精度、Web、オンライン、クライアント・サーバシステム

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 倍精度数値計算の問題点

計算上の数値計算では通常倍精度（10 進約 16 桁）で行われている。工学や自然科学の分野では最近複雑で長大な計算が盛んに行われるようになってきている。計算機で複雑な数値計算を実行すると有限桁演算の繰り返しにより計算精度の大幅な低下が不可避である。そこで、倍精度を大きく超える数値計算環境が求められることになる。

## (2) 多倍長数値計算ソフトウェア

多倍長（4 倍長、8 倍長あるいは任意多倍長）精度数値計算用のプログラムが国内や外国で開発されている。これらは、計算機言語である Fortran や C で書かれている。これを用いて高精度数値計算を実行するためには、プログラムを自分の計算機に移植しなければならない。さらに、多倍長計算のためのプログラミング規則等を詳細に理解する必要がある。すなわち、専用の高度な計算機を所有し、数値計算の専門的知識とプログラミングの熟練の技を持った専門家だけが高精度

数値計算を行うことができる。

### (3) 簡便な高精度数値計算環境

通常の計算機ユーザは計算機言語（C、Fortran）でプログラムを作成し数値計算を行う。一般に共同利用の計算機あるいは小型の自分専用の計算機が使われる。このような計算機環境下で、多倍長数値計算の特別の知識やプログラム移植を必要としないで高精度数値計算が誰でもできる環境が存在しない。そこで、このための簡便なシステムがあれば科学技術の進展に寄与すると考えた。

## 2. 研究の目的

### (1) 8倍精度数値計算

8倍精度（10進約72桁）数値計算を実行するオンラインシステムを作成する。高精度計算の知識や専用の高度な計算機を所有しないで誰もが簡便にインターネット上で72桁の数値計算ができる環境を提供する。具体的に以下の機能を持ったシステムを構築する。

### (2) 関数電卓的な機能

ユーザがホームページ上から各種数学関数を選択し、引数を入力すると72桁の計算結果を出力する。さらに、1行から数行程度の簡単な数式をホームページ上のフォームに入力するとその計算結果が72桁の精度で得られる。

### (3) 倍精度プログラムによる8倍精度結果

ユーザが作成した倍精度Cプログラムをホームページ上にアップロードすると計算実行し8倍精度計算結果が得られる。

## 3. 研究の方法

### (1) 二宮の8倍精度数値計算システム

二宮市三名古屋大学名誉教授がC++言語の上で8倍精度数値計算用ソフトウェア（以下「octoシステム」と呼ぶ）を作成した。60種以上の高性能な8倍精度数学関数を作成し、8倍精度実数同志の四則演算を可能にした。さらに、8倍精度複素数の数学関数も各種作成し、複素数四則演算装置を作っている。本研究ではこのoctoシステムを基礎に使用する。

### (2) クライアント・サーバシステム

8倍精度計算をインターネット上で利用できるクライアント・サーバ型システムを構築する。まず、Windows OS上で作成された二宮のoctoシステムをセキュリティ上でより安全なLinux OS上の計算サーバに移植する。

ユーザインターフェイス用ホームページをネットワークサーバ上に構築する、このホームページで受けたクライアントからの計算要求を解析し、計算サーバに伝達し、得られた計算結果をクライアントに返送するためのソフトウェアを作成する。

### (3) 倍精度プログラムの変換ソフト

クライアントが作成した倍精度Cプログラムを受け付け、二宮のoctoシステムを使用して8倍精度計算を実行し計算結果を返送する。このため、倍精度Cプログラムを二宮の8倍精度C++言語プログラム仕様に自動変換するソフトウェアを作成する。

## 4. 研究成果

### (1) 研究の主な成果

#### ① 成果の概要

遠隔地のユーザがオンラインで簡便に8倍精度数値計算ができるオンラインOCTOシステムを構築した。本システムの構成は、サーバマシンの上に以下に述べる各種入力フォームを用意し、受け付けた入力データを処理し、二宮のoctoシステム用いて8倍精度数値計算し、結果をユーザのマシンに返送する部分からなっている。

実際、Web上に8倍精度数値計算用ホームページを作成した。特に、70種程度の数学関数計算の引数入力フォーム、複数行の数式入力フォーム、C言語プログラムアップロードフォーム等を備えたホームページを作成した。このため、C言語プログラムを二宮のoctoシステム用プログラムへ変換する自動変換ソフトを作成した。さらに、上記のフォームへの入力方法の解説と使用できる各種数学関数の説明のためのマニュアルページを作成した。

#### ② 本オンラインシステムの構成

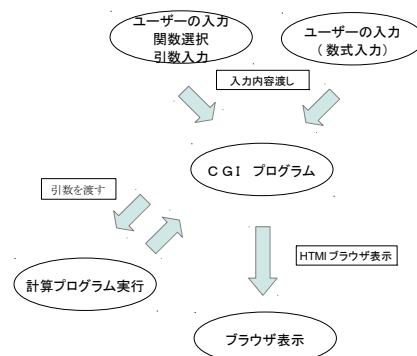


図1. システムの概要 (1)

図1示すように、ユーザは本システムが提供するWeb画面上で数学関数を選択し引数を入力する。あるいは1行から数行の数式を入力する。すると、サーバ内の解読プログラム（CGIプログラム）が受け取ったデータを読み込む。誤りがないことを確認してから二宮のoctoシステムに計算処理を指示する。計算結果を受け取りユーザのブラウザ画面に表示する。特に、複数行の数式を入力した場合は、一旦Cプログラムを経由して8倍精度C++プログラムに変換された後、計算実行が行われる。

一方、図2に示すようにユーザが倍精度 C プログラムをアップロードすると、解読プログラムが受け取った C プログラムを一旦サーバ内のメモリーに格納する。C++octo システムへ変換するソフトが受け取ったプログラムに誤りや不正な命令がないかチェックする。異常が無いことを確認した後、8倍精度 C++octo プログラムに変換し二宮の octo システムに計算実行を指示する。得られた計算結果がユーザのブラウザに表示される。ユーザのアップロードが倍精度 C++プログラムの場合も同様な処理が行われ、8倍精度計算結果が表示される。

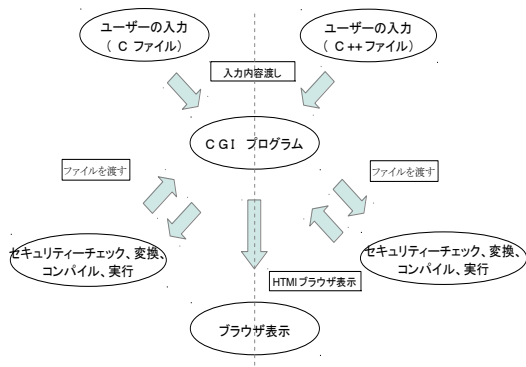


図2. システムの概要 (2)

### ③ 関数選択と数式入力フォーム

図3にユーザが数学関数を選択して引数の値を入力することのできるフォームを示す。64個の8倍精度実数型と22個の8倍精度複素型の数学関数を提供している。数学関数はセレクトボックスから選択する。関数の引数の個数に応じて個別の入力フォームを提示している。

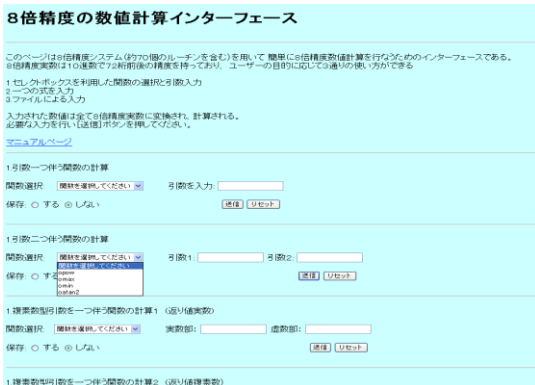


図3. 関数選択と引数入力

図4に数式を入力するフォームを示す。1行から数行の数式を入力できる。計算したい数式を書き行の最後にセミコロンを付ける。各行で計算して得られた数値が順番にアルファベットの a, b, c... に格納される。そこで、下の行の数式ではそれより上の行で得られ

た計算値をこれらのアルファベットの文字で引用して利用することができる。

図4のように3行の数式を入力して「送信」ボタンを押すと、受信したサーバ側では C プログラムに変換される。さらに8倍精度 C++プログラムに変換され計算実行される。8倍精度計算結果がブラウザに図5のように71桁で表示される。

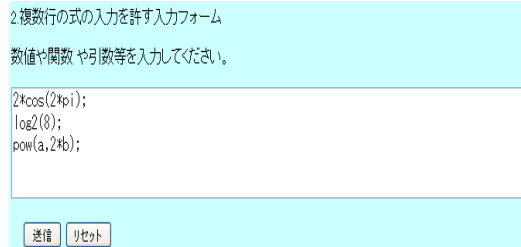


図4. 数式入力フォーム

実行結果は以下の通りです。

```
a = 2.00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 0000 0000 e+00
b = 3.00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 0000 0000 e+00
c = 6.40000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 0000 0000 e+01
```

• ファイル名: [ソースファイル](#)

図5. 計算結果の表示

### ④ C プログラムの変換と安全策

ユーザが倍精度 C プログラムを入力すると8倍精度計算結果がえられるよう、C から8倍精度 C++への自動変換ソフトを作成した。このソフトは以下の判定や8倍精度型への変換ルーチンや追加処理から構成されている。すなわち、文字判定、double 型と float 型の変換、小数点を含む数値の変換、算術関数の変換、出力文の変換等のルーチンである。この他に8倍精度 C++プログラムに必要な特殊な命令文を追加する。

さらに、悪意のあるユーザからの不正を防止するため、system 関数などの35個の特定の関数の使用を禁止した。文字判定の際にこれらの関数を検出したら直ちに警告文を表示し終了する。

入力プログラムにプログラムミスや不正な関数使用が見つからなければ、変換ソフトにより8倍精度 C++に変換され、計算実行される。無限ループや計算時間が長くなるのを防止するため一定時間で計算を強制終了させる。正常終了であれば8倍精度計算結果がユーザのブラウザに表示される。

### ⑤ マニュアルページと関数一覧

図6に本オンライン OCTO システムの使用方法のマニュアルページを示す。使用可能な演算子や記号、半角文字 (大文字、小文字)、特殊記号@の意味、入力可能な数値の最大桁数、複素数入力方法、関数引数に入れ子可能

であること、計算結果の再利用方法を簡略に説明している。

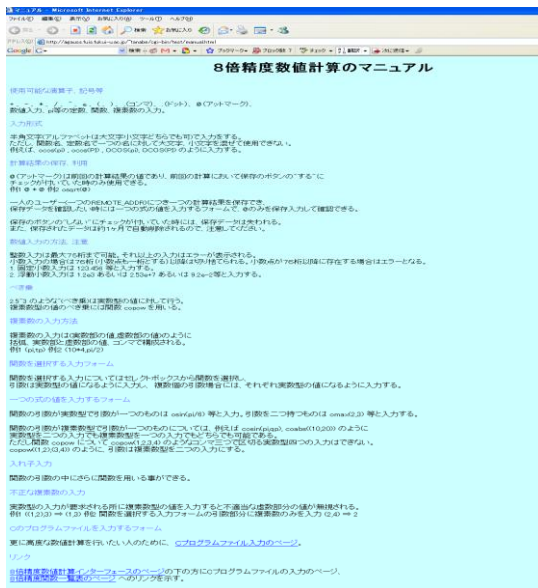


図 6. 使用方法マニュアル

この他に 60 個程度の 8 倍精度実数型関数と 20 数個の 8 倍精度複素数型関数の一覧ページを作成した。関数名、関数型、引数、用途等を示している。

(2) 成果の国内外における位置づけとインパクト

オンライン上で多倍長精度、特に 8 倍精度 (有効約 7.2 桁)、数値計算を簡便に実行する環境を提供する試みは、他には国内外でまだ見当たらない。数値計算の知識の少ないユーザからプログラマーに詳しい専門家まで簡単に 8 倍精度計算ができる。従来の計算機上での 16 桁程度の倍精度数値計算結果の精度検証にも利用できる。複雑な数値計算の繰り返しで大きく桁落ちし有効桁数が減少するような問題で特に本システムは有用である。自然科学や工学の分野でのシミュレーションで有効に利用されるであろう。

(3) 今後の展望

関数選択と引数入力、数式入力、C プログラム入力等により、8 倍精度計算ができるようになった。ところで、現在まで科学技術計算では Fortran 言語が最もよく使われてきた。そこで、Fortran プログラム入力を受け付け 8 倍精度プログラムに変換し計算実行するソフトを作成することが求められる。このソフトが完成すれば本システムの利用範囲が大きく広がるであろう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① T. Hasegawa, Y. Hosoda, Online computing system for octuple-precision computation with Fortran, World Academy of Science and Engineering, 査読有、Vol. 61、2012、pp. 1208-1212
- ② T. Hasegawa, Y. Hosoda, K. Hirai, An online system for octuple-precision computation, Proceedings of the IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks (PDCN2011)、査読有、2011、pp. 70-74
- ③ T. Hasegawa, Y. Hosoda, Y. Itaya, A system on the Web for octuple-precision computation, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 査読有、2009、pp. 4684-4688

[学会発表] (計 6 件)

- ① T. Hasegawa, Y. Hosoda, Online computing system for octuple-precision computation with Fortran, The VII International Conference on Computer and Applied Mathematics, 2012 年 1 月 29 日、ドバイ (アラブ首長国連邦)
- ② 長谷川武光, 細田陽介, 板谷雄一, Web 上での 8 倍精度数値計算—Fortran 言語対応—, 第 40 回数値解析シンポジウム, 2011 年 6 月 21 日、鳥羽市 (三重県)
- ③ T. Hasegawa, Y. Hosoda, K. Hirai, An online system for octuple-precision computation, The Tenth IASTED international Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks (PDCN2011), 2011 年 2 月 17 日、インスブルック (オーストリア)
- ④ 平井洸太郎, 長谷川武光, 細田陽介, 携帯から 8 倍精度数値計算システムを利用する環境の構築, 日本応用数理学会 2010 年度年会, 2010 年 9 月 9 日、明治大学 (東京都)
- ⑤ T. Hasegawa, Y. Hosoda, Y. Itaya, A System on the Web for octuple-precision computation, 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2009 年 10 月 14 日、サンアントニオ (アメリカ合衆国)
- ⑥ 板谷雄一, 長谷川武光, 細田陽介, Web 上での 8 倍精度数値計算システム, 日本応用数理学会 2009 年度年会、

2009年9月29日、大阪大学（大阪府豊中市）

〔その他〕

ホームページ

<http://gauss.fuis.u-fukui.ac.jp/itaya/cgi-bin/test/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長谷川 武光 (HASEGAWA TAKEMITSU)  
福井大学・大学院工学研究科・名誉教授  
研究者番号：70023314

### (2) 研究分担者

細田 陽介 (HOSODA YOHSUKE)  
福井大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：80264951

### (3) 連携研究者

杉浦 洋 (SUGIURA HIROSHI)  
南山大学・情報理工学部・教授  
研究者番号：60154465