



TOHOKU  
UNIVERSITY

ISSN 0286-7419

東北大学  
サイバーサイエンスセンター

大規模科学計算システム広報

SENAC

Vol.47 No.3 2014—7



Supercomputing System  
Cyberscience Center  
Tohoku University  
[www.ss.isc.tohoku.ac.jp](http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp)

## 大規模科学計算システム関連案内

<大規模科学計算システム関連業務は、サイバーサイエンスセンター本館内の情報部情報基盤課が担当しています。>

<http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp/>

階	係・室名	電話番号(内線)* e-mail	主なサービス内容	サービス時間
				平日
一階	利用相談室	022-795-6153 (6153) sodan05@isc.tohoku.ac.jp 相談員不在時 022-795-3406 (3406)	計算機利用全般に関する相談  大判プリンタ、利用者端末等の利用	8:30～17:15  8:30～21:00
	利用者談話室	(3444)	各センター広報の閲覧	8:30～21:00
	展示室(分散 コンピュータ博物館)		歴代の大型計算機等の展示	9:00～17:00
	可視化機器室	(3428)	三次元可視化システムの利用	9:00～21:00
三階	総務係	022-795-3407 (3407) syomu@isc.tohoku.ac.jp	総務に関すること	8:30～17:15
	会計係	022-795-3405 (3405) kaikai@isc.tohoku.ac.jp	会計に関すること、負担金の請求に関すること	8:30～17:15
	共同研究支援係	022-795-6252 (6252) rs-sec@isc.tohoku.ac.jp	共同研究、計算機システムに関すること	8:30～17:15
	共同利用支援係 (受付)	022-795-3406 (3406) 022-795-6251 (6251) uketuke@isc.tohoku.ac.jp	利用手続き、利用相談、講習会、ライブラリ、アプリケーションに関すること	8:30～17:15
	ネットワーク係	022-795-6253 (6253) net-sec@isc.tohoku.ac.jp	ネットワークに関すること	8:30～17:15
四階	研究開発部	022-795-6095 (6095)		
五階	端末機室	(3445)	PC 端末機(X 端末)	

\* ( ) 内は東北大学内のみの内線電話番号です。青葉山・川内地区以外からは頭に 92 を加えます。

### 本誌の名前「SENAC」の由来

昭和 33 年に東北地区の最初の電子計算機として、東北大学電気通信研究所において完成されたパラメロン式計算機の名前で SENAC-1 (SENdai Automatic Computer-1) からとって命名された。

## [お知らせ]

# ベクトル型スーパーコンピュータ「SX-ACE」の導入を決定

### <概要>

東北大学サイバーサイエンスセンター（以下、本センター）は、大規模化するシミュレーション解析に対応することを目的として、新型ベクトルスーパーコンピュータ「SX-ACE」（日本電気㈱製）の導入を決定しました。現有スーパーコンピュータ SX-9 の後継機種として、2014 年 10 月の稼働を予定しています。SX-9 から SX-ACE への更新スケジュールにつきましては、「大規模科学計算システムニュース」及び本センターのホームページ(<http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp>)にて随時お知らせします。

### 1. 導入の背景と目的

本センターは、全国共同利用施設として高性能計算やネットワークなど先端学術情報基盤の整備・運用と、これら先端学術情報基盤を活用した新しい科学（サイバーサイエンス）の創造に関する教育・研究を推進しており、従来からベクトルスーパーコンピュータ「SX シリーズ」を採用してきました。これまで、ベクトルスーパーコンピュータの特長である高いメモリ帯域を活かして、地震・津波・気候変動シミュレーション解析などの防災減災に資する研究開発や、最新の航空機開発のような最先端のものづくり分野など、国内外の幅広い分野において多くの成果をあげております。その一方で、大規模シミュレーション解析は日常的に行われるようになり、計算需要は現有スーパーコンピュータの処理能力を大きく超えています。このため、シミュレーションモデルの大規模化と精度の向上に対応し、これまで以上に研究開発の進展を推進することを目的とし、新スーパーコンピュータシステムを導入します。

### 2. SX-ACE の特徴

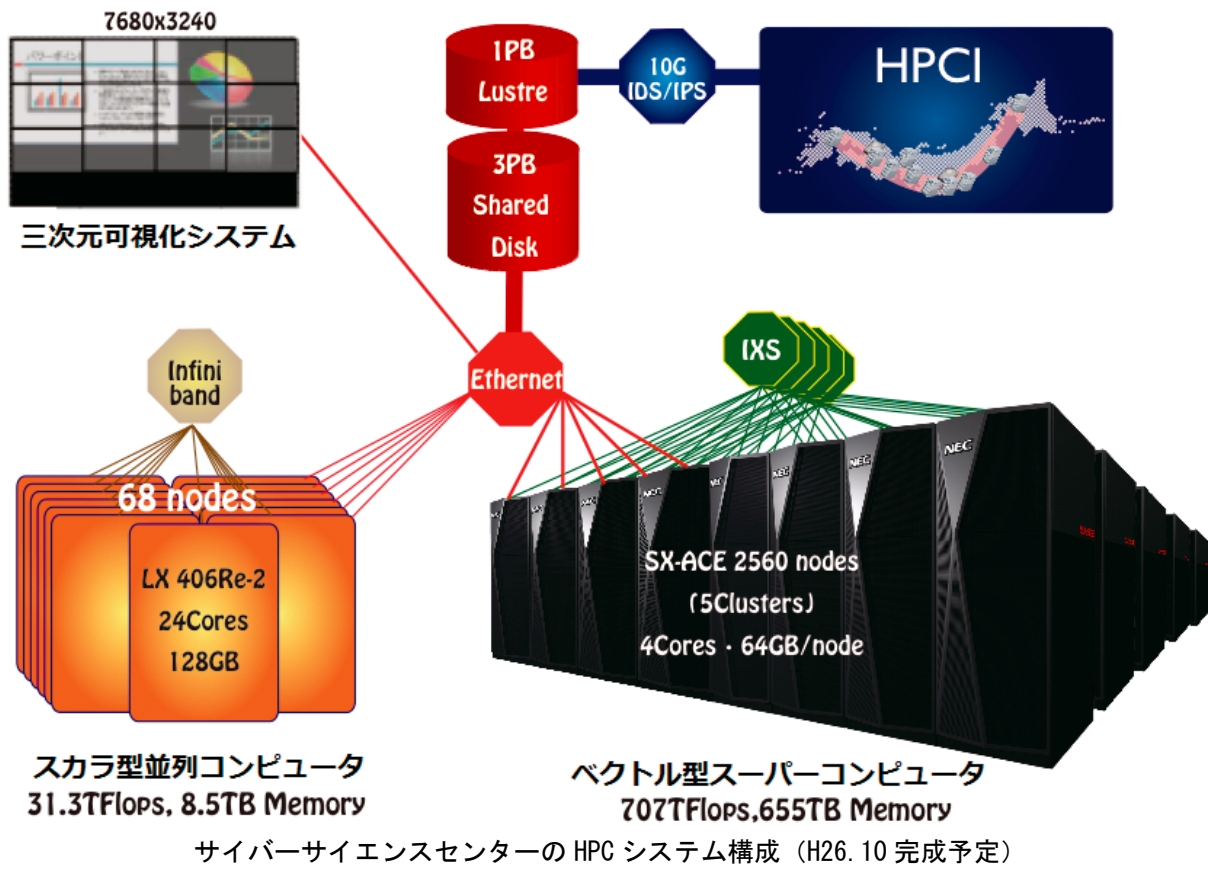
「SX-ACE」は、マルチコア型ベクトル CPU を搭載し、64 ギガフロップスのコア性能および 64 ギガバイト/秒のコアメモリ帯域を実現した新しいベクトル型スーパーコンピュータです。単一ラック当たりの性能は SX-9 に比べ 10 倍のラック演算性能 16 テラフロップス（以下、TFLOPS）、メモリ帯域 16 テラバイト/秒で、科学技術計算や大規模データの高速処理を得意とし、気象予報、地球環境変動解析、流体解析、ナノテクノロジーや新規素材開発などのシミュレーションにおいて高いアプリケーション性能を実現しています。

本センターが導入するシステム規模は、40 ラック、2,560 ノードのシステムで理論最大演算性能は現行システムの 25 倍以上となる 707TFLOPS(注 1)へ大幅に増強されています。

SX-ACE に関する情報（日本電気㈱ページ）

<http://jpn.nec.com/hpc/sxace/index.html>

(注 1) 同時に並列演算することができるすべての演算器（ベクトルユニットの乗算演算器、加算演算器、除算/平方根演算器、ならびにスカラユニットの浮動小数点演算器）における浮動小数点演算処理能力の総和。



(スーパーコンピューティング研究部, 共同利用支援係, 共同研究支援係)

## [お知らせ]

### スーパーコンピュータシステムの更新について（1）

サイバーサイエンスセンター（以下、本センター）は、大規模化するシミュレーション解析に対応することを目的として、新型ベクトルスーパーコンピュータ「SX-ACE」（日本電気株）の導入を決定しました。今回は、SX-ACE のシステム構成と運用スケジュールについてお知らせします。

#### 1. システム構成

SX-ACE は、マルチコア型ベクトル CPU を搭載し、64GFLOPS のコア性能および 64G バイト/秒のコアメモリ帯域を実現した新しいベクトル型スーパーコンピュータです。本センターが導入するシステム規模は、40 ラック、2,560 ノードのシステムで理論最大演算性能は現行システムの 25 倍以上となる 707TFLOPS へ大幅に増強されます。また、講習会用端末システムおよび大判カラープリントシステムも最新機種に更新します。

#### ○ベクトル型スーパーコンピュータ SX-ACE（日本電気株）

総ノード数	: 2,560 ノード
理論最大演算性能 <sup>*1</sup>	: 707 TFLOPS（倍精度）
最大ベクトル性能 <sup>*2</sup>	: 655 TFLOPS（倍精度）
総主記憶容量	: 160 TB
総メモリバンド幅	: 655 TB/s
ノード間接続	: IXS (10TB/s×双方向)

#### ・ノード性能

CPU 名	: 4 コアベクトルプロセッサ
最大ベクトル性能	: 256 GFLOPS (64GFLOPS×4 コア)
主記憶容量	: 64 GB
ノード間接続	: IXS (4GB/s×双方向)

#### ・提供ソフトウェア

プログラム開発環境	: FORTRAN90/SX(自動並列化、OpenMP 対応)
	C++/SX(自動並列化、OpenMP 対応)
	MPI/SX
	Ftrace Viewer(性能解析ツール)
	Remote Debugger(デバッガ)
数値計算ライブラリ	: ASL, ASLSTAT, MathKeisan(BLAS, LAPACK 等)

○講習会用端末

Windows7 搭載 PC × 25 台

○大判カラープリンタ

HP Designjet Z5400PS ePrinter

※<sup>1</sup> 同時に並列演算することができるすべての演算器（ベクトルユニットの乗算演算器、加算演算器、除算/平方根演算器、ならびにスカラユニットの浮動小数点演算器）における浮動小数点演算処理能力の総和。

※<sup>2</sup> 同時に並列演算することができるベクトルユニット内の乗算演算器、加算演算器のみによる浮動小数点演算処理能力の総和。

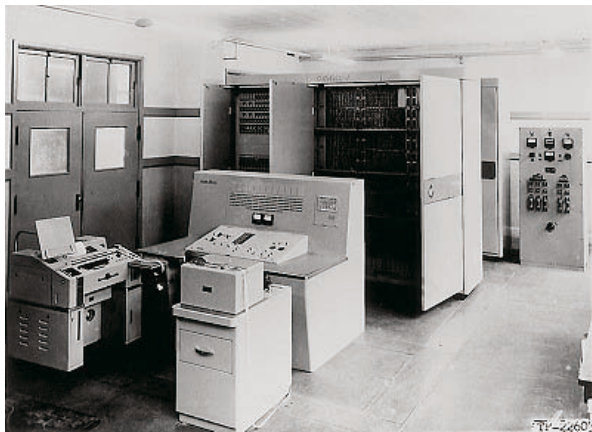
(スーパーコンピューティング研究部, 共同利用支援係, 共同研究支援係)

**【お知らせ】****東北大学とNEC、次世代スーパーコンピュータ技術の  
共同研究部門を開設**

東北大学サイバーサイエンスセンターとNECは、東北大学サイバーサイエンスセンター内に「高性能計算技術開発（NEC）共同研究部門」を設置し、将来の社会基盤として期待される次世代スーパーコンピュータの技術研究を、7月1日より開始しました。

本共同研究部門では、主にスーパーコンピュータのアーキテクチャやシミュレーション技術の高度化と、その応用に関する研究を行います。また、計算機科学と計算科学の発展を担う人材の育成を目的としています。

東北大学とNECは、本共同研究部門を産学連携研究拠点と位置付け、将来の日本のスーパーコンピューティング環境の発展や産業競争力の向上に貢献していきます。



東北大学とNECで共同開発された SENAC-1



2014年10月運用開始予定の「SX-ACE」

**【背景】**

東北大学とNECは1958年にパラメトロン式の電子計算機 SENAC-1 (NEAC-1102) を共同開発しており、その後も継続して高性能計算技術の研究や、ユーザアプリケーションの高速化・並列化を行う研究を行ってきました。東北大学で稼働してきたベクトル型スーパーコンピュータは、高いメモリ性能を活かし、地震・津波・気候変動シミュレーション解析などの防災・減災に関する研究開発や、最新の航空機開発など、最先端のものづくり分野を含む幅広い計算科学分野において活用され、多くの研究成果をあげています。2014年10月に運用開始予定のNEC製スーパーコンピュータ「SX-ACE」の開発においても、これらのノウハウが活用されており、今後、先端学術情報基盤を活用した新しい科学（サイバーサイエンス）の創造に関する教育・研究を行う予定です。

また東北大学とNECは、文部科学省の委託業務である「将来のHPCIシステムのあり方の調査研究」（2012～2013年度）に共同で参画し、エクサスケールコンピューティングに向けて、特に高いメモリバンド幅を要するアプリケーションに適したシステムの実現性について、有用な知見を得ています。

**【目的】**

日本の高性能計算環境の強化・発展に貢献するとともに、高性能シミュレーション技術の先端科学技術分野や学際融合分野への応用を促進していきます。これらの成果を、近年特に重要性が高まりつつある防災・減災、ものづくり分野に還元することにより、災害に強い国土づくり、グローバルな産業競争力の形成に貢献していきます。

**【共同研究部門の体制と研究内容】**

本共同研究部門の開設に伴い、東北大学サイバーサイエンスセンターから研究者および職員、NECから技術者が参加し、研究活動を行います。

主な研究内容は、次世代スーパーコンピュータに必要とされる要素技術と、地震・津波・気候変動シミュレーション解析などの防災や最新航空機開発など様々な科学的・社会的課題を解決するためのアプリケーションプログラムの高速実行技術などです。

**1. 次世代スーパーコンピュータに向けた要素技術の研究**

プロセッサアーキテクチャ、ノード・メモリスistem、ネットワークシステム、I/O・ストレージシステム的设计と、それらの実現に求められるデバイステクノロジーなどを対象としています。またマルチノード・ベクトルスーパーコンピュータシステムにおいて求められる高効率のベクトル処理や、大規模並列化技術の研究開発を実施します。

**2. アプリケーションプログラムの高速化・並列化技術の研究**

防災・減災、ものづくり分野などのアプリケーションプログラムの特性解析技術、高速化技法、大規模並列化技術などの研究を行います。

本共同研究部門は、データ解析に伴って得られる大量データの利活用（ビッグデータ）においても学内外の研究者とも連携し、高性能計算を通じた産学連携拠点の形成を目指しています。

また、東北大学の関連する大学院研究科や国内外の研究機関等と積極的な人材交流を通じて、今後の計算科学・計算機科学分野における実践的な人材育成を図ります。

**<本件に関するお問い合わせ先>**

東北大学 情報部情報基盤課総務係 佐藤

電話：022-795-3407 E-mail：syomu@isc.tohoku.ac.jp

NEC 第一官公ソリューション事業部

電話：03-3798-2127 E-mail：webmaster@elsd.jp.nec.com

**<本件に関する報道関係からのお問い合わせ先>**

東北大学 情報部情報基盤課総務係 佐藤

電話：022-795-3407 E-mail：syomu@isc.tohoku.ac.jp

NEC コーポレートコミュニケーション部 江澤・大関

電話：03-3798-6511 E-Mail：j-ezawa@az.jp.nec.com



## [大規模科学計算システム]

## LX 406Re-2 のハードウェア

島本 浩樹      小林 公雄      長沢 富人

日本電気株式会社 IT プラットフォーム事業部 第二サーバ統括部

## 1. はじめに

LX 406Re-2 は、米インテル社®の Xeon® E5-2600 v2 プロセッサをノードあたり 2 基搭載可能で、4 ノードを 2U の筐体に収容する、高性能、高効率、高密度を実現した PC クラスタ型計算サーバです。LX 406Re-2 は、オンボードの InfiniBand FDR\*1 を 1 ポート搭載することにより、データセンターだけでなく HPC(High Performance Computing)からの低 TC0(Total Cost of Ownership)需要に応える製品となっています。本稿では、LX 406Re-2 システムのハードウェアについてご紹介します。

\*1 主に HPC やデータセンターで使用されている、計算ノード間を結合するためのインターコネクタ用ネットワーク。ポートあたり 56Gbps の通信帯域があり、低遅延、高信頼性が特長。

## 2. ハードウェア構成

## 2.1 特長

表 1 に、LX 406Re-2 の諸元を示します。特長を要約すると以下のようになります。

- (1) 2U 筐体に 4 ノードを搭載でき、ノード単位でのホットプラグを実現
- (2) ノードあたりインテル® Xeon® E5-2600 v2 プロセッサを 2 基搭載可能
- (3) DDR3-1866 対応 DIMM スロットを 8 基有し、16GB DIMM 使用時には最大で 128GB のメモリ容量を実装可能
- (4) IO スロットとしてノードあたり 1 スロットの PCI-Express 3.0 (x16) スロットをサポート
- (5) 高速なインタコネクタでの PC クラスタを構成するために、ノードあたり 1 ポートのオンボード InfiniBand FDR(56Gbps)を実装
- (6) マネージメント LAN として、各ノードにインテル®i350 デュアルポートを搭載し、Gigabit Ethernet をサポート
- (7) HDD はホットスワップに対応し、ノードあたり最大 6 個の 2.5 インチ HDD ドライブが搭載可能
- (8) 電源は、80 PLUS® Platinum レベルの高効率な 1620W 電源を搭載し、冗長構成をサポート
- (9) IPMI v2.0 に対応し、障害の監視、障害情報の収集、障害発生箇所の検出等をサーバ管理ソフトウェア ESMPRO と共に実現

**表 1. LX 406Re-2 諸元  
筐体諸元**

項目	諸元
筐体サイズ	438(幅) x 679(奥行) x 88(高さ) mm
重量	最大 38.6kg(レール含む)
搭載ノード数	4
電源ユニット	1620W 80 PLUS® Platinum、2 個(冗長電源)

**ノード諸元**

項目	諸元
CPU	インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v2 、最大 2 台
メモリ	DDR3-1866 対応 8 スロット (最大メモリ容量 128GB[16GB DIMM 使用時])
HDD	2.5” SATA HDD x6
拡張スロット	PCI-E3.0(x16) low-profile x1
LAN	1000BASE-T x2
IPMI	IPMI 専用 LAN ポート(RJ45) x1
InfiniBand	オンボード FDR(56GBps) x1

写真 1 に、LX 406Re-2 の装置外観 (前面/背面) を示します。



**前面**



**背面**

**写真 1. LX 406Re-2 装置外観**

## 2.2 基本構造

図 1 に、LX 406Re-2 筐体のハードウェア構成を示します。2U シェーシの中に、独立したノードを 4 台(ノード A/B/C/D)搭載しています。各ノードは、電源と FAN を、HDD バックプレーンを介して共有しています。

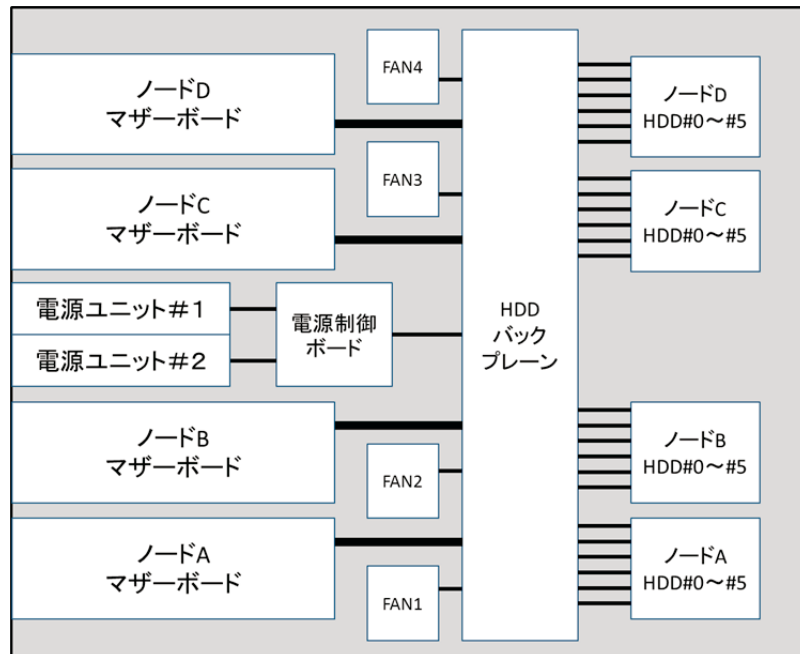


図 1. LX 406Re-2 筐体ハードウェア構成

図 2 にシステムブロックダイアグラム(ノード)を示します。

LX 402Re-2 では、デュアルプロセッサ向け Intel® C602 チップセットを使用しています。プロセッサ間の接続は、2本の QPI (Quick Path Interconnect) を用いています。CPU に統合されたメモリコントローラは、プロセッサあたり 4チャンネル対応です。プロセッサとチップセット間の接続は DMI を使用しています。SATA ディスクの制御は、チップセットが行い、最大 6 個の SATA ディスクを接続可能です (SATA3 6Gbps x2, SATA2 3Gbps x4)。IPMI 制御用に、Winbond WPCM450 コントローラを搭載しています。OS とは独立して動作しますので、随時、装置内の各種センサー情報を収集・監視することができます。また、IPMI 専用 LAN ポートから WPCM450 へ、直接アクセスすることが可能ですので、CPU やチップセットが正常に機能しない状況でも IPMI による情報収集が可能です。



### 3. インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v2 製品ファミリー

#### 3.1 インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v2 製品ファミリーの特長

インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v2 製品ファミリーは、前世代製品と比べて最大コア数とキャッシュ容量を 50%拡張し、さらに、メモリの高速化を行うことで、前世代製品と比較し、大幅な性能向上を実現しています。また年々上昇し続けている電力と冷却にかかる費用に対応するため、電力使用の効率化、エネルギー消費に応じた性能の最適化を行い、電力コストの削減に努めています。

具体的な内容を以下に紹介します。

- ・ **大容量キャッシュと高速メモリ**

最大 30MB の L3 キャッシュで頻繁に使用されるデータへの高速アクセスを実現します。また、前世代製品と比べて高速な DDR3-1866 のメモリをサポートします。

- ・ **浮動小数点演算の性能向上を実現する AVX**

インテル®アドバンスド・ベクトル・エクステンション(インテル® AVX)は、256 ビットのベクトルと 32/64 ビット・データ変換の加速をサポートします。ベクトル計算と浮動小数点演算を高速化することで、HPC アプリケーションの性能向上を実現します。

- ・ **ワークロードのピーク時に、より優れた性能向上を実現**

インテル® ターボ・ブースト・テクノロジー 2.0 は、電力と温度のヘッドルームを並列に管理しながらプロセッサの動作周波数を自動的に引き上げます。第二世代となるこのテクノロジーは、必要に応じてよりインテリジェントに動作周波数を引き上げ、性能と電力効率の更なる向上を実現します。

- ・ **インテル® インテグレートッド I/O で帯域幅を拡張**

PCI-Express 3.0 レーンをプロセッサ・ダイに直接統合することで、2-way サーバ構成の場合にノード 1 台当たりの PCI-Express 3.0 のレーン数を最大 80 まで提供します。またこのテクノロジーは、PCIe 2.0 仕様のソリューションと比べて I/O レイテンシーを最大 30%削減し、最大 2 倍の帯域幅の拡張を実現します。さらに、ストレージと科学技術計算向けに最適化された機能として x16 ノン・トランスペアレント・ブリッジ (NTB) を新たにサポートすることで、P2P (ピアツーピア) 間での帯域幅の拡張を実現します。

- ・ **必要なデータを必要な場所に迅速に配置**

インテル®データ・ダイレクト I/O テクノロジーは、ストレージからのデータを直接キャッシュに転送することで、I/O 性能の向上を実現し、メモリアクセスによるオーバーヘッドを軽減します。

- ・ **業界最高水準のエネルギー効率を実現**

インテルの 22nm 3-D トライゲート・トランジスタは、同じ性能レベルで動作する前世代のトランジスタと比べて、消費電力を大幅に削減します。

### 3.2 インテル® Xeon® プロセッサ E5-2695 v2 諸元

表 2 に、インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v2 製品ファミリーのなかで、コア数と L3 キャッシュ容量が最大の E5-2695 v2 に関する諸元を示します。

**表 2. インテル® Xeon® プロセッサ E5-2695 v2 諸元**

項目	仕様
コア数	12
スレッド数	24
動作周波数	2.4 GHz
ターボ・ブースト利用時の最大周波数	3.2 GHz
インテル® スマート・キャッシュ	30 MB
インテル® QPI 速度	8 GT/s
QPI リンク数	2
命令セット	64-bit
命令セット拡張	AVX
リソグラフィ	22 nm
最大 TDP	115W
メモリの種類	DDR3-800/1066/1333/1600/1866
メモリチャネル数	4
最大メモリ帯域幅	59.7 GB/s
物理アドレス拡張	46-bit

### 3.3 インテル® Xeon® プロセッサ E5-2695 v2 のキャッシュメモリ仕様

表 3 に、インテル® Xeon® プロセッサ E5-2695 v2 のキャッシュメモリ仕様を示します。

**表 3. インテル® Xeon® プロセッサ E5-2695 v2 キャッシュメモリ仕様**

キャッシュレベル	形式	容量
L1(命令)	コア毎	32KB
L1(データ)	コア毎	32KB
L2	コア毎	256KB
L3	全コア共有	30MB

#### 4. ハードウェア性能

インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v2 製品ファミリーでは、拡張命令セット AVX を新たに採用し、さらに性能向上を実現したマイクロアーキテクチャと、単一 CPU ソケット内に最大 12 プロセッサコアを内蔵したマルチコア CPU 構造を採用しています。図 3 に、プロセッサコアの内部構造を示します。Port0 の AVX が 256-bit SIMD 演算(乗算)、Port1 の AVX が 256-bit SIMD 演算(加算)を行うことで、1 クロックサイクルあたり最大 8 回の倍精度演算を行います。インテル® Xeon® プロセッサ E5-2695 v2 の場合、CPU ソケットあたりの最大計算能力は 230.4 GFLOPS となります。

LX 406Re-2 は、2CPU/8DIMM で構成するノードを基本単位とし、各ノードを高速な InfiniBand ネットワークで結合したクラスタを構築することで、大規模並列計算を行います。CPU の計算能力向上にあわせて、ノード内の各種インターフェイスも高速化しています。

たとえばメモリについては、1866MHz で動作する DDR3 を新たにサポートし、プロセッサあたり、59.7GB/S のメモリ転送性能を実現しました。図 4 に、ノード内の主要コンポーネントのインターフェイス性能を示します。

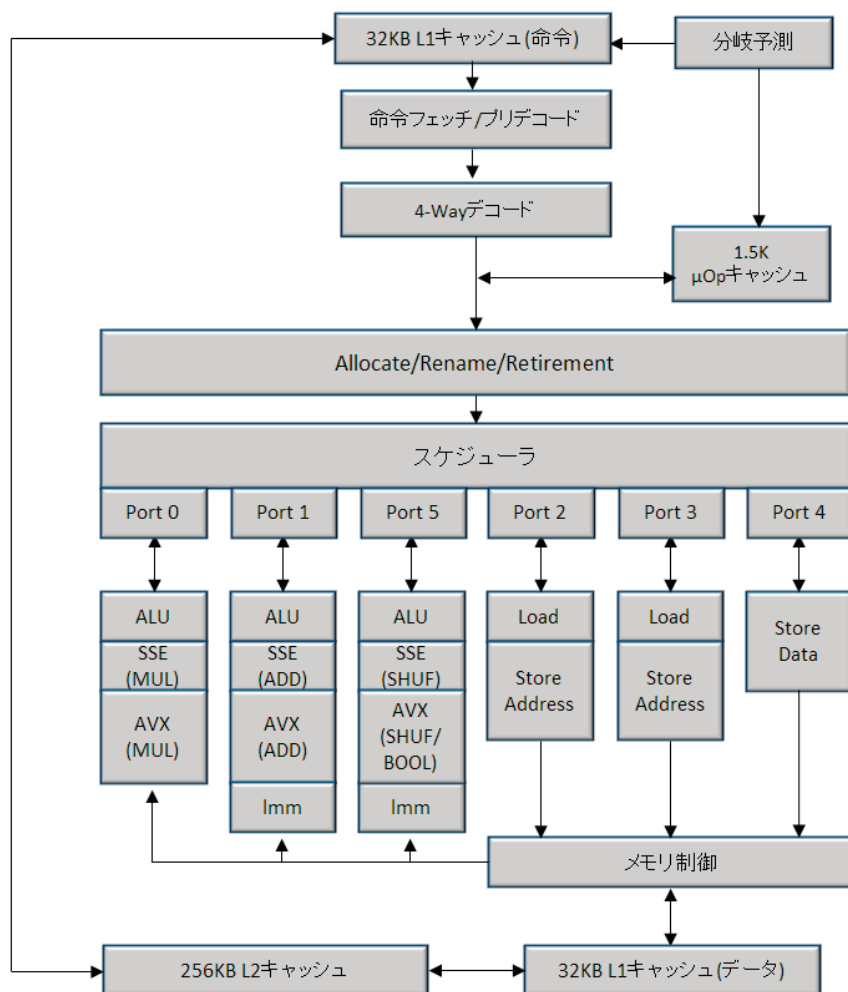
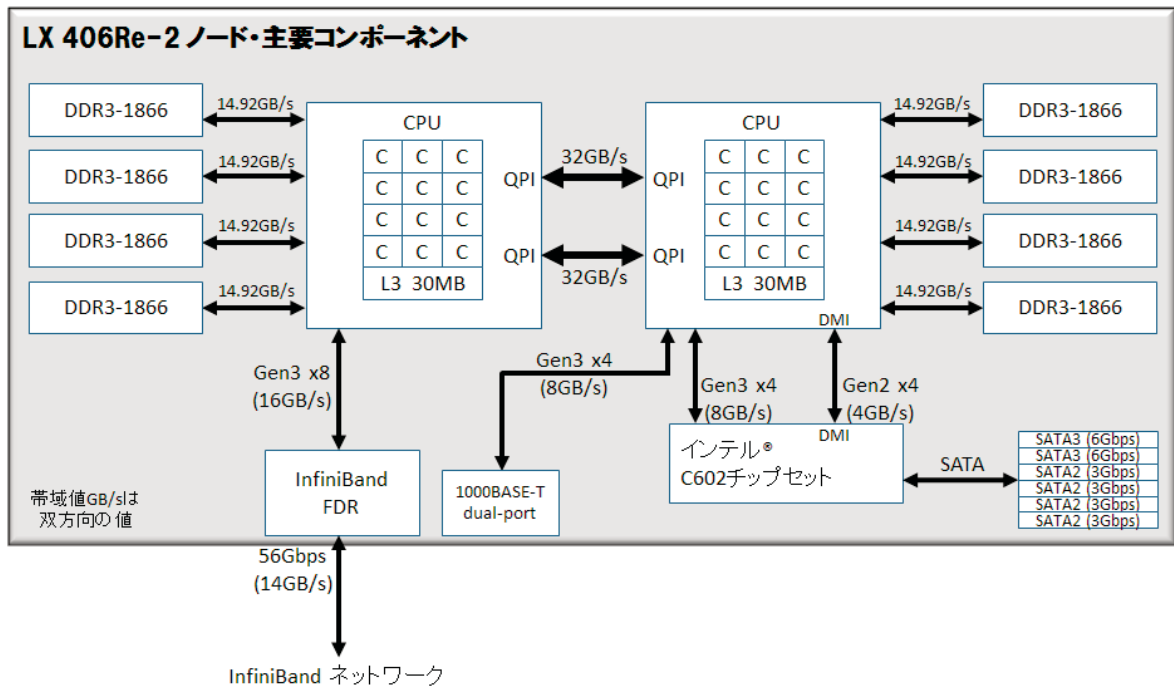


図 3. インテル® Xeon® プロセッサ E5-2695 v2 プロセッサコア内部構造



**図 4. LX 406Re-2 ノード主要インターフェイス性能**

## 5. むすび

以上、PC クラスタ型計算サーバ LX 406Re-2 について述べました。科学技術計算の重要性と需要が年々高まっているのと同時に、消費電力の削減や冷却コストの削減が大きな課題として重要視されています。NEC は、最新テクノロジーの採用と、HPC 分野で培ったノウハウをもとに、高性能・省スペース・省電力の製品を継続して開発し、低 TCO を実現する最適なソリューションを提供してまいります。



## [大規模科学計算システム]

## 三次元可視化システムの利用法

桐山智文、朝倉博紀、庄司岳史  
日本 S G I 株式会社

## 1. システム紹介

三次元可視化システムは、3D対応50インチLEDモニタを12面配置した大画面ディスプレイと、演算結果の可視化処理およびディスプレイへの描画を行う可視化サーバから構成されます。スーパーコンピュータ SX-9 および並列コンピュータ LX 406Re-2 で得られたデータの可視化にご利用頂けます。また、大画面ディスプレイを用いたTV会議システムとしてもご利用可能です。可視化アプリケーションとしては、AVS/Express MPE を備えています。



図 1-1. 三次元可視化システム

## 1. 1. 可視化装置の概要と性能

### 1. 1. 1 ディスプレイ

2D/3D 表示に対応した、フル HD(1,920×1,080 画素)50 インチ LED モニタを 12 面設置し、最大 7,680×3,240 画素の高精細表示が可能です。

### 1. 1. 2 可視化サーバ

1 ノードにインテル® Xeon®プロセッサ E5-2670 を 2 基、メモリを 128GB、グラフィックスボード Quadro K5000 を搭載し、全 4 ノードで構成されます。

### 1. 1. 3 三次元可視化ソフトウェア

AVS/Express MPE を採用し、複数画面での 3D 立体視表示が可能です。

### 1. 1. 4 テレビ会議システム

Polycom HDX8000-1080 を採用し、フルハイビジョン(1080p)での映像接続が可能です。また、入出力インターフェースを利用してユーザの PC 画面、ビデオ映像を送信することができます。最大 3 地点からの接続が可能です。



三次元立体視 利用



TV 会議 利用

図 1-2. システム利用例

## 2. システムの起動と停止

### 2.1 システム起動

システムを起動するには、制御用 iPad 画面から次の操作を行います。

iPad の電源を入れ、アプリケーションが起動すると図 2-1 のように待機画面となります。その待機画面をタッチし、画面モードとして「プリセット」を選択することで、システムの自動起動が開始されます。画面に表示されているプログレスバーが右に移行するまで、しばらくお待ちください。その後、マスターノードのコンソールにログインをして各種操作を行います。



図 2-1. 待機画面



図 2-2. 「プリセット」を選択



図 2-3. 起動中のプログレスバー

### 2.2 システム終了

システムを終了するには、制御用 iPad 画面（図 2-4）右上の「終了」を選択してください。システム停止選択画面（図 2-5）が表示されますので「終了」を選択してください。



図 2-4. 「終了」の選択



図 2-5. システム停止選択画面



図 2-6. シャットダウン中のプログレスバー

図 2-5 に示す「終了」ボタンを押下後、システムシャットダウン中の経過を示すプログレスバーが画面に表示されます。このプログレスバーが右端に行くまで必ずお待ちください。

### 3 AVS 全画面可視化手順

本システムにインストールされている AVS/Express MPE を用いて全画面表示を行う手順を以下に記載します。

#### 3.1 iPad 全画面設定(プリセット)

管理用 iPad の操作方法選択画面 (図 3-1) から「プリセット」を選択し、システム起動後、目的別プリセットパターン画面 (図 3-2) から希望する画面パターンを選択します。全画面表示の場合は「全画面立体視」を選択してください。システム起動直後は、このモードで起動されます。



図 3-1. 操作方法選択画面



図 3-2. 目的別プリセットパターン画面

### 3.2 AVS 全画面利用準備

本システムでは、全 12 面で構成される大画面の映像を 3 つの計算機システムが分担して描画する可視化クラスシステムとなっています。そのため各計算機に描画のみを行うプログラムを予め起動しておく必要があります。

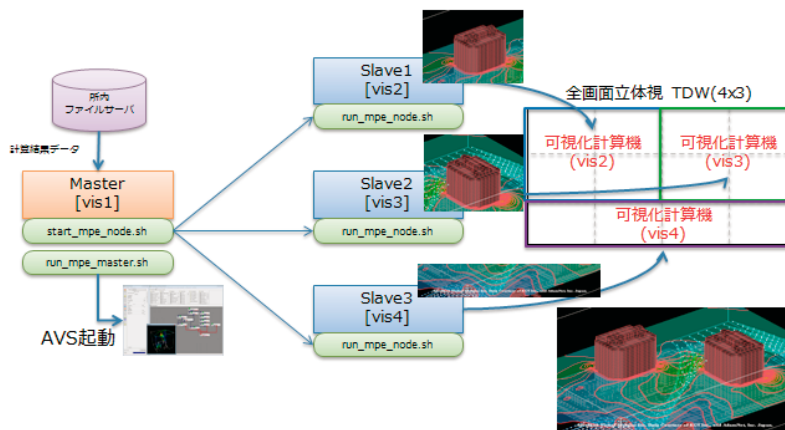


図 3-3. 可視化クラスタの仕組み

各スレーブノードの描画プログラムをマスターノードから次のシェルコマンドにて実行します。

```
$> start_mpe_node.sh
```

### 3.3 AVS 起動

次のシェルコマンドを利用して AVS/Express MPE を起動します。

```
$> run_mpe_master.sh
```

AVS 起動直後は、図 3-4 のようにアプリケーション・タイプ選択ダイアログが表示されます。こちらは、次のアプリケーションタイプを選択してください。

**Multi-window DataViewer** を選択し、**OK** ボタンを押下することで、図 3-5 で示す利用可能状態となります。

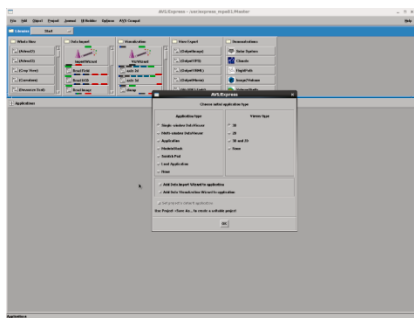


図 3-4. AVS/Express 起動直後画面

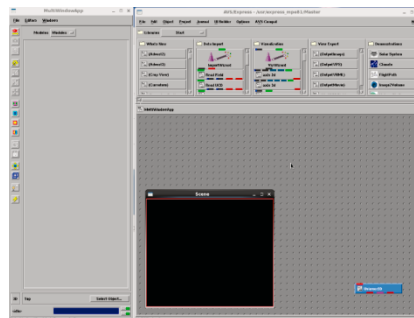


図 3-5. AVS/Express 利用可能状態

### 3.4 データ読み込み

AVS/Express は様々な種類のフォーマットデータを読み込むことができますが、ここでは AVS 独自で基本的なデータフォーマットであるフィールドファイルフォーマットを紹介します。

フィールドファイルフォーマットは、図 3-6 のようなデータを図 3-7 のフィールドアスキーヘッダファイルを記述することで容易に AVS へ読み込むことができます。

※詳細は「AVS/Express ユーザーズ・ガイド」P. 1-3 をご参照ください。

ファイル名 : sample1.dat

dat_x	dat_y	coord_x	coord_y
0.5	0.0	0.0	0.0
0.7	0.3	5.0	0.0
0.3	0.7	10.0	0.0
0.5	0.5	5.0	2.5
0.2	0.0	2.5	5.0

物理量データ                  格子点座標

ファイル名 : sample1.fld

```
# AVS field file
ndim = 1           : 計算結果次元数
dim1 = 10         : 次元方向の格子数
nspace = 2        : 描画空間次元数
veclen = 2        : 格子点上に持つ物理量データの種別数
data = float      : 物理量データ型
field = irregular  : 格子メッシュタイプ
label = dat_x dat_y : 各物理量データラベル

variable 1 file=./sample1.dat filetype=ascii skip=1 offset=0 stride=4
variable 2 file=./sample1.dat filetype=ascii skip=1 offset=1 stride=4
coord 1 file=./sample1.dat filetype=ascii skip=1 offset=2 stride=4
coord 2 file=./sample1.dat filetype=ascii skip=1 offset=3 stride=4
```

variable : 物理量データを読み込む場合のキーワード  
 coord : 格子点座標を読み込む場合のキーワード  
 file : 対象データファイルパス  
 filetype : 対象ファイルのタイプ(アスキー/バイナリ)  
 skip : 先頭の読み飛ばし数 (アスキー : 行/バイナリ : バイト)  
 offset : デリミタ区切りで読み込むデータ要素位置を指定  
 stride : デリミタ区切りで読み飛ばすデータ要素数を指定  
 ※AVSでのデリミタは、「空白」又は「TAB」コードとなります。

図 3-6. データファイル例

図 3-7. フィールドアスキーヘッダ記述例

上記ではシンプルに離散点上に持つベクトル成分データ (dat\_x, dat\_y) を読み込む例を記載しましたが、AVS では三次元データや格子点上にいくつかの物理量データを持つことができます。

### 3.5 可視化ネットワーク作成

ここでは、3.4 にて紹介したフィールドデータを読み込み、描画する可視化ネットワーク例を以下に記載します。読み込んだデータは、離散点であり物理量データとして2つのベクトル成分値を持っているデータとして読み込みましたので、離散点上に矢印によるベクトルを描画するモジュールの組合せを記載しています。(図 3-8, 図 3-9)

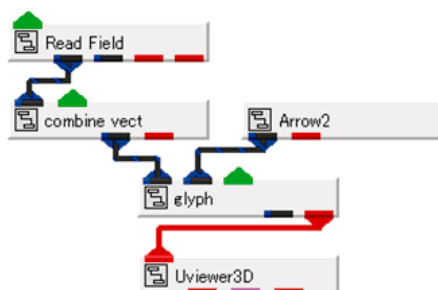


図 3-8. 可視化ネットワーク例

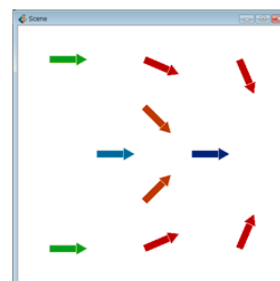


図 3-9. 可視化表示結果

各モジュールの役割を次に示します。

- Read\_Field : フィールドアスキーヘッダを読み込み、定義されたデータも読み込みます。
- Combine\_vect : 複数物理量データを1つのベクトルコンポーネントとして再定義します。

- Glyph : 格子点上に幾何形状をベクトル成分値に応じた色、角度、大きさなど考慮して描画します。
- Arrow2 : 平面の矢印形状データを持っています。
- Uviewer3D : Glyph から出力された幾何形状データを View ウィンドウに描画します。
- ※各モジュール詳細は、「モジュール・リファレンス Main ライブラリ」の各モジュールの説明をご参照ください。

### 3.6 全画面表示方法

マスターノードのコンソールで起動している AVS のネットワークエディタにおけるデータ可視化処理の終了後、大画面モニタへ出力表示します。この操作は AVS のユーザインターフェースで行うことができ、全画面表示 (MPU モード) とコンソール表示 (OpenGL モード) を交互に切り替えることが可能です。

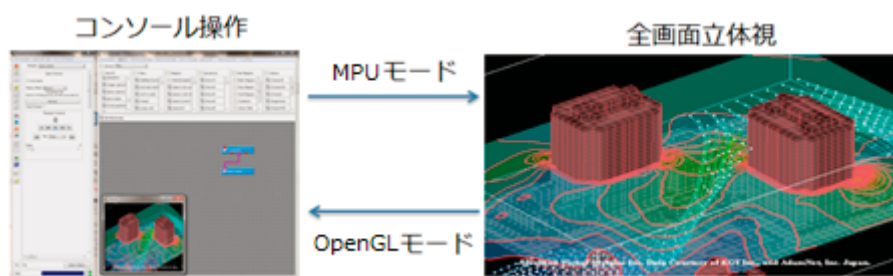


図 3-10. モード切り替えイメージ図

実際の操作方法は、次のように AVS の左のコントロールパネル上に存在するプルダウンメニューより View 操作メニューを表示し、Renderer モードを切り替えることで実現します。

MPU モード操作 :

- ・コントロールパネルプルダウンメニューから「Editors」→「View」を選択。
- ・Renderer リストボックスから「MPU」を選択。

OpenGL モード操作 :

- ・コントロールパネルプルダウンメニューから「Editors」→「View」を選択。
- ・Renderer リストボックスから「OpenGL」を選択。

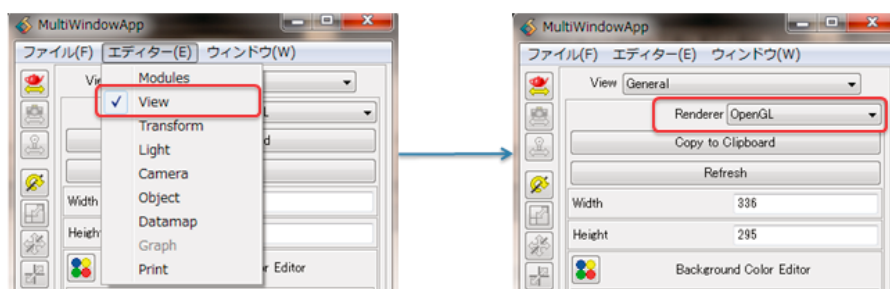


図 3-11. モード切り替え方法

### 3.7 終了方法

大画面表示をしている AVS の MPU モードから OpenGL モードへ変更し、AVS のコントロールパネルのプルダウンメニューから「File」→「Exit」を選択して、AVS を終了します。

## 4. 持ち込み PC 表示手順

持ち込み PC の画面を表示する手順を以下に示します。ここでは画面表示パターンと入力ソース系統があらかじめ設定されているプリセットモードによる手順を説明します。プリセットでは入力ソースは RGB アナログ (D-Sub15 ピン) 映像が指定されています。

### 4.1 iPad 画面設定(プリセット)

管理用 iPad の操作方法選択画面 (図 4-1) から「プリセット」を選択しシステムを起動します。システム起動後、目的別プリセットパターン画面 (図 4-2) から希望する画面パターンを選択します。持ち込み PC 表示の場合はプレゼンテーション 1 もしくはプレゼンテーション 2 を選択してください。



図 4-1. 操作方法選択画面

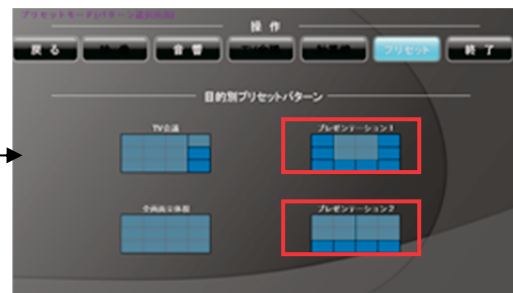


図 4-2. 目的別プリセットパターン画面

※ 「プレゼンテーション 1」 および 「プレゼンテーション 2」 プリセットについて

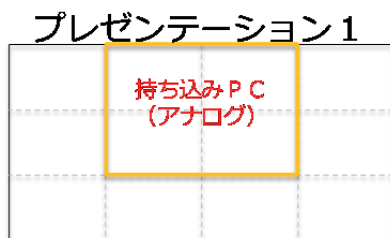


図 4-3. プレゼンテーション 1

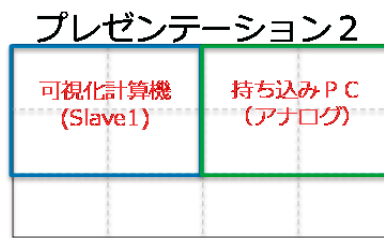


図 4-4. プレゼンテーション 2

「プレゼンテーション」プリセットは左図の画面パターンと入力ソースにより構成表示されます。

### 4.2 持ち込み PC 接続

持ち込み PC の RGB アナログ出力ポートを D-Sub15 ピンケーブルにより接続します。画面に持ち込み PC の映像が出力されることを確認してください。また、動画を持ち込み PC 上で再生する場合など音声も本システムから出力する場合は、ステレオピンジャックケーブルを持ち込み PC のヘッドフォン出力に接続することも可能です。



### 4.3 終了方法

システムを終了する場合、制御用 iPad 画面（図 4-5）右上の「終了」を選択してください。システム停止選択画面（図 4-6）が表示されますので「終了」を選択してください。



図 4-5. 「終了」の選択



図 4-6. システム停止選択画面

## 5. TV 会議利用手順

TV 会議システム（Polycom）利用手順を以下に示します。

### 5.1 iPad 画面設定（プリセット）

管理用 iPad の操作方法選択画面（図 5-1）から「プリセット」を選択しシステムを起動します。システム起動後、目的別プリセットパターン画面（図 5-2）から「TV 会議」を選択してください。



図 5-1. 操作方法選択画面



図 5-2. 目的別プリセットパターン画面

※ 「TV 会議」プリセットについて

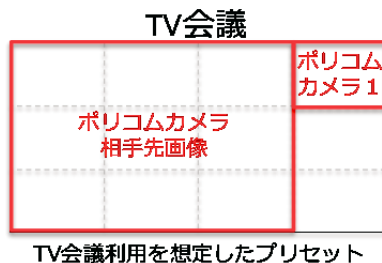


図 5-3. TV 会議での表示ソース位置

「TV 会議」プリセットは左図の画面パターンと入力ソースにより構成表示されます。3x3 画面に通話相手の映像、右上 1x1 画面にこちら側のカメラの映像が表示されます。

### 5.2 テレビ会議システム 相手先接続方法

TV 会議システム起動直後はホーム画面 (図 5-4) が表示されます。TV 会議システム用リモコンによりホーム画面から「通話の発信」を選択してください。通話の発信画面 (図 5-5) で接続先 IP アドレスを入力し、「通話開始」を選択してください。



図 5-4. ホーム画面



図 5-5. 通話の発信画面

### 5.3 カメラ操作

カメラの向きおよびズームの調整はテレビ会議システム用リモコンから行います。



図 5-6. リモコン (全体図)

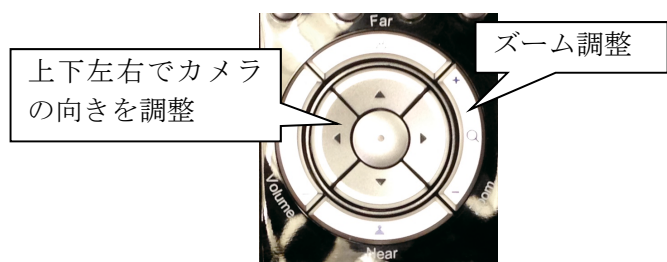


図 5-7. リモコン (カメラ操作部)

### 5.4 音量調整 (iPad)

制御用 iPad の「操作」項目から「音響」を選択することで音量調整画面 (図 5-8) が表示されます。画面左側「ソース系」が各入力ソースからの入力レベルとなります。「TV 会議システム」を選択し、上下ボタンで調整します。画面右側では各マイクの入力レベルと主音量の調整が可能です。

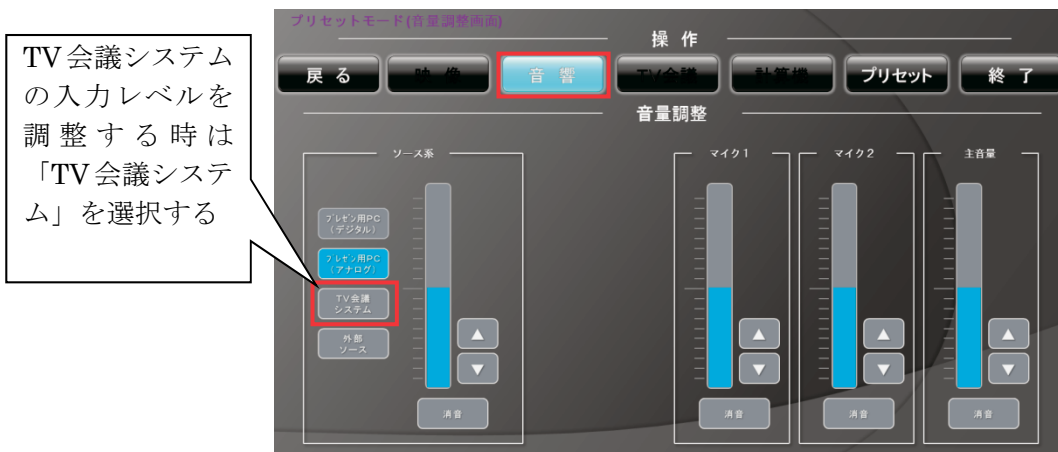


図 5-8. 音量調整画面

## 5.5 終了方法

システムを終了する場合、制御用 iPad 画面（図 5-9）右上の「終了」を選択してください。システム停止選択画面（図 5-10）が表示されますので「終了」を選択してください。

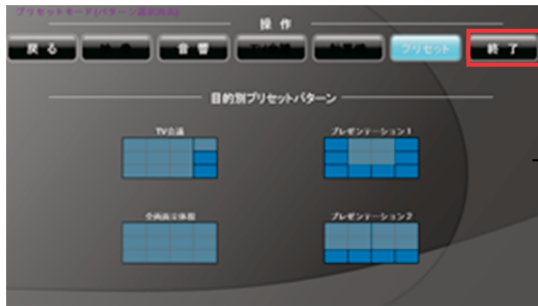


図 5-9. 「終了」の選択



図 5-10. システム停止選択画面

## 6. おわりに

以上、三次元可視化システムのご利用方法について述べました。三次元の可視化は、見えない物や複雑で理解しにくい事象を多くの方々へ分かり易く、かつ臨場感を持って伝えることができます。そのため様々な分野における研究成果発表の手段として注目を浴びています。今回導入いたしました三次元可視化システムを様々な分野の方々にご利用いただくことで、研究の発展へと繋がる一旦を担えればと期待しております。



**[共同研究成果]****航空機エンジン排気ジェットと後流渦の相互作用の解析**三坂孝志<sup>1</sup>, 佐々木大輔<sup>2</sup>, 大林茂<sup>3</sup>, 中橋和博<sup>4</sup><sup>1</sup>東北大学学際科学フロンティア研究所, <sup>2</sup>金沢工業大学工学部<sup>3</sup>東北大学流体科学研究所, <sup>4</sup>宇宙航空研究開発機構

航空機の排気ジェットと後流渦の相互作用をラージエディシミュレーション (LES) により解析した。これまで行ってきた航空機後流の巻き上がりから後流渦の崩壊までを解析する手法と同様のアプローチを, 排気ジェットと後流渦の相互作用の解析に適用した。エンジンなどの詳細形状を含む航空機近傍の流れ解析には非構造格子レイノルズ平均ナビエ・ストークス方程式ソルバーを用い, 排気ジェットと後流渦の相互作用を含む遠方の流れ場は直交格子積み上げ法 (Building-Cube Method, BCM) に基づく直交格子 LES ソルバーによって解析した。本稿では上記ソルバーのカップリング手法について述べ, 排気ジェットと後流渦の相互作用解析へと適用した結果を報告する。解析結果から BCM のマルチレベル直交格子が排気ジェットを含む後流渦の解析に有効であることが示された。

**1. 緒論**

飛行する航空機の後方に生じる後流渦は, その強力かつコヒーレントな渦構造から, 離着陸する後続航空機の飛行に影響を与える可能性がある[1]。加えて, ジェット排気, 後流渦および大気との相互作用により生成される飛行機雲が飛行機雲由来の巻雲を誘発することが指摘されており, その地球環境への影響が懸念されている[2,3]。航空機の後流渦の発達には, 巻き上がり, 渦運動, そして, 消散のフェーズに分けることができる。航空機周りの数値流体力学 (CFD) 手法は巻き上がりフェーズの解析には利用可能であるが, その後の渦運動の解析には時空間解像度の観点から不向きである。一方で, 単純化された渦対のラージエディシミュレーション (LES) や直接数値シミュレーション (DNS) が, 様々な大気環境下における詳細な渦運動や消散の解析に用いられているが, 航空機の飛行形態 (巡航, 離着陸など) が発生する後流渦にどのような影響を与えるかを適切に考慮することはできない。

したがって, 航空機近傍の流れ場と遠方の後流渦の時空間的な乖離を埋めるような数値解析により, 後流渦の発達に関してより理解を深めることが期待できる。著者らはこれまで航空機の詳細形状を考慮したレイノルズ平均ナビエ・ストークス方程式 (RANS) 解析によって得られた流れ場を, 地面に固定した LES 空間内で擬似的に飛行させることにより現実的な航空機の後流を生成する手法に関して, 航空機の翼胴形態および高揚力形態において検討を行ってきた[4,5]。この手法により航空機後流の巻き上がりフェーズが, その後の後流渦の挙動にどう影響するかを解析してきた。具体的には, 後流渦の循環, コア半径および軌跡などの渦パラメータの時間発展に, 巻き上がり過程がどう影響するかを検討した。また, 本手法は着陸時の地面近傍における後流渦の挙動解析にも適用されている[6]。着陸時には急激な揚力の減少により, 後流渦に渦端が生じるが, 渦端を考慮した後流渦の地面との干渉解析はこれまで行われていなかった。

上記のようなアプローチは, 後流渦の挙動理解のみならず, 飛行機雲の生成過程に関連した航空機の後流と排気ジェットの相互作用の解析にも有効であると考えられる。飛行機雲を構成する氷晶の生成はエンジン排気直後から始まることが知られているが, このとき, 航空機後流の巻き上がり過程は完了しておらず, 氷晶は航空機後流と複雑に干渉する[7]。後流渦に巻き込まれた

氷晶は、渦対の自己誘導速度により、飛行高度から数百メートル降下する。飛行機雲はすぐに消える場合もあるが、氷過飽和大気中では長時間残留し、大気の鉛直シアの影響も相まって、大気中の大きな範囲を覆うことになる。過去の排気ジェットと後流渦の干渉に関する研究では、単純化されたジェットと単一渦の相互作用の解析が行われているが、現実に近い後流の巻き上がりを考慮した数値解析は行われていない[8]。一方で、渦糸モデルにより巻き上がり過程を考慮した排気ジェットの挙動解析が行われているが[9]、渦糸モデルでは乱流の効果が考慮されておらず、機体や排気ジェットによる乱流が、排気と後流渦の相互作用にどのように影響するかは興味深い。

本研究では、これまで行ってきた後流渦の巻き上がりから崩壊までを解析するアプローチを用いて、排気ジェットと後流渦の相互作用を巻き上がり過程から後流渦の形成までを解析する。数値解析では、3種類の流れ解析ソルバーを組み合わせる。すなわち、非構造格子を用いたレイノルズ平均圧縮性ナビエ・ストークス方程式ソルバー、直交格子積み上げ法 (Building-Cube Method, BCM) に基づく圧縮性 LES ソルバー、そして、BCM に基づく非圧縮性 LES ソルバーである。BCM のデータ構造により、航空機形状および局所流れスケールに応じたマルチレベル直交格子を生成することができる。計算格子の局所流れスケールへの適合は、翼端渦や排気ジェットを適切な格子解像度で解析するために重要である。本研究では解析対象として CFM56-5 型のエンジンナセルを搭載した DLR-F6 翼胴モデルを利用した。本稿では上記ソルバーを組み合わせた解析手法を検討することを目的としている。組み合わせ手法により、直交格子ソルバーで取り扱いが難しい航空機周りの薄い境界層を考慮しつつ、後流渦流れの効果的な解析が期待できる。

## 2. 数値計算手法

境界層を含む航空機近傍の流れ場は、セル節点有限体積法に基づく非構造格子レイノルズ平均圧縮性ナビエ・ストークスソルバー (TAS コード) により解析される[10]。非粘性数値流束は Harten-Lax-van Leer-Einfeldt-Wada (HLLEW) 近似リーマン解法によって求める。空間 2 次精度は、Venkatakrishnan の制限関数を用いた基本変数の線形再構築によって実現される。Lower/Upper Symmetric Gauss-Seidel (LU-SGS) 陰解法により時間積分を行う。乱流モデルには Menter の SST  $k-\omega$  モデルを用いた。非構造格子は格子生成ソフトウェア MEGG3D により生成した。また、Metis を用いた領域分割により並列計算を行った。

一方で、中間場の排気ジェットと後流渦の相互作用は、BCM[11]に基づく圧縮性 LES ソルバーによって解析される[12]。BCM は格子生成、高次精度スキームの組み込み、および、後処理の簡素化のために等間隔の直交格子を用いている。さらに、計算アルゴリズムを複雑化させることなく、格子を複雑形状および局所流れ場に適合させるために、ブロック構造格子を採用している。ブロック構造格子はデータ構造としても利点がある。計算領域は Cube と呼ばれるブロックに分割されるが、格子解像度が Cube サイズで決まり、また、Cube を用いた並列処理が効率的に行われるように、各 Cube は同じ数の格子点を含んでいる。非粘性数値流束は HLLEW と Skew-symmetric 型 2 次精度中心差分のハイブリッド手法で求める。HLLEW 流束の計算では 3 次精度 Monotone Upstream-centered Schemes for Conservation Laws (MUSCL) 補間を用いる。これらのスキームの切り替えには Ducros センサーを用いる。Ducros センサーにより、渦など渦度の大きな領域では中心差分が用いられ、衝撃波など速度場の発散の大きな場所では HLLEW 流束が用いられるため、本研究で扱う遷音速の渦流れに有効である。粘性項は 2 次精度中心差分で離散化される。LES のサブグリッドスケールモデルとしてラグランジアンダイナミックモデルを用いる。時間積分は 3 次精度ルンゲ・クッタ法によって行われる。

また、遠方場の排気ジェットと後流渦の相互作用は、陽解法を用いた圧縮性コードの時間刻み幅の制限を緩和するため、BCM に基づく非圧縮性 LES ソルバーにより解析する[12]。圧力はフラクショナルステップ法で扱われる。一方、対流および粘性項は Skew-symmetric 型の 4 次精度中心

差分により離散化する。圧縮性 BCM ソルバーと同じく、サブグリッドスケールモデルとしてラグランジアンダイナミックモデル、時間積分には 3 次精度ルンゲ・クッタ法を用いる。温度の方程式はブジネスク近似により、運動量方程式の鉛直成分と連成される。

TAS コードと圧縮性 BCM ソルバーの組み合わせは、BCM ソルバーでの薄い境界層の扱いを回避するためである。本研究では、航空機周りの詳細な流れ場ではなく、排気ジェットと後流の相互作用とその遠方での時空間発展に注目している。しかしながら、そのような場合においても、より現実に近い後流速度分布を与えることは重要である。過去の研究と同様に、双曲線正接関数を用いた RANS から LES への一方向カップリングを行う。RANS 流れ場と LES の流れ場は LES の格子 3 点分の距離だけ物体から離れた点で、等しい重み付けとなる。RANS/LES ハイブリッドや Zonal LES 解析では、RANS から LES に切り替わる領域において LES で陽に解像されるべき流れ場の変動成分を疑似的に再構成する必要がある。本研究では Lund らによって提案された比較的単純なランダム法を用いた。擬似的な速度変動成分は RANS と LES の切り替わる領域で発生させた。ランダム法で用いられるレイノルズ応力テンソルは SST  $k$ - $\omega$  乱流モデルの変数から求めた。一方で、圧縮性 BCM ソルバーから非圧縮性 BCM ソルバーへの切り替えは、後流の任意領域を単純に切り出し、飛行速度を速度場から差し引くことによって行われる (図 1)。これにより航空機基準の LES から、地面基準の LES へと切り替える。

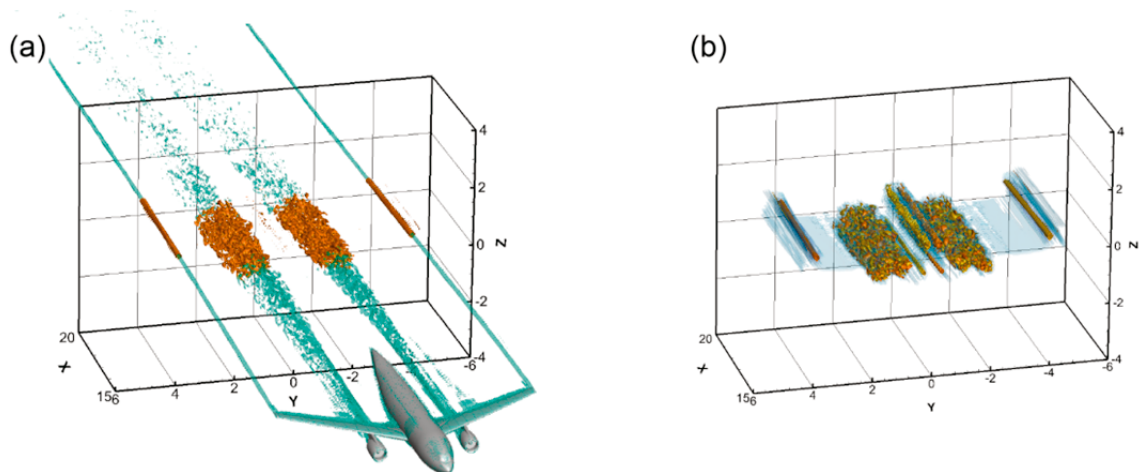


図 1 (a)圧縮性 BCM ソルバーによる中間場のシミュレーションから(b)非圧縮性 BCM ソルバーによる遠方場シミュレーションへの切り替え。

### 3. 計算条件

図 2 に CFM56-5 型エンジンを搭載した DLR-F6 翼胴モデル形状を示す。ナセル形状は解析関数の組み合わせによって生成した[13,14]。一方、パイロンはナセル・パイロン付きの DLR-F6 翼胴モデルのものを CAD ソフトウェアにより修整して用いている。TAS コードを用いた RANS シミュレーションでは、エンジンの入口および出口の近似的な境界条件として全圧、全温比を与えている。ここではファン入り口の全圧比を  $P/P_0 = 1.2$ 、コアおよびバイパス出口の全圧比を  $P/P_0 = 1.93$  および  $2.43$  とした。また、コアおよびバイパス出口の全温比を  $T/T_0 = 2.78$  および  $1.32$  と設定した。流れの条件は、排気温度の実験値との比較のために実飛行条件ではなく、風洞実験の条件に近いマッハ数  $0.75$ 、レイノルズ数  $3 \times 10^6$  を設定し、迎え角は  $1$  度とした。後流渦の挙動に関しては、循環  $\Gamma_0$ 、渦間隔  $b_0$  などの渦パラメータを用いた無次元化により、実スケールの後流渦の挙動と比較することができる[1]。数値解析は、サイバーサイエンスセンターの NEC Express5800 および流体科学研究所の SGI Altix UV1000 において、OpenMP 並列により行った。

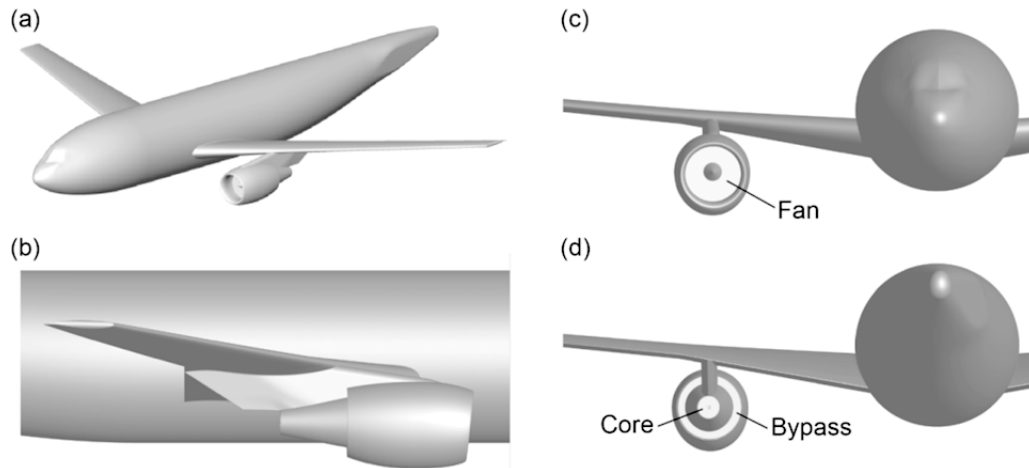


図 2 CFM56-5 型エンジンを搭載した DLR-F6 翼胴モデル形状, (a) 全体図, (b) エンジン付近の側面図, (c) 正面図, および, (d) 背面図.

図 3(a)に示す RANS シミュレーションの計算格子は, プリズム, ピラミッド, そして, 四面体で構成されており, 格子点の総数は約 1,140 万点である. 流れ場の対称性を仮定し, セミスパン領域の計算格子を用いている. 一方, 図 3(b)に示す BCM に基づくマルチレベル直交格子は, 境界層を除く航空機まわりの流れ解析に用いられる. 総 Cube 数は 6,413 であり, 各 Cube に  $16^3$  点の格子点を含むので, 格子点の総数は約 2,630 万点である. 航空機後流, 翼端渦, そして, ジェット排気を後流まで解像するために, 図 3(c)に示すように後流に Cube を配置している. 非圧縮性 BCM を用いた解析は, 図 3(c)に示す格子の後流部分を切り出して行われる. 本研究では, 翼端を原点として  $x/b_0 = 1.9$  から 2.7 の領域を考え, 自己誘導速度により降下する後流渦対を解像するために鉛直方向にも細かい格子を配置することとし, 総 Cube 数 11,152, 総格子点数 4,570 万点の格子を用いた.

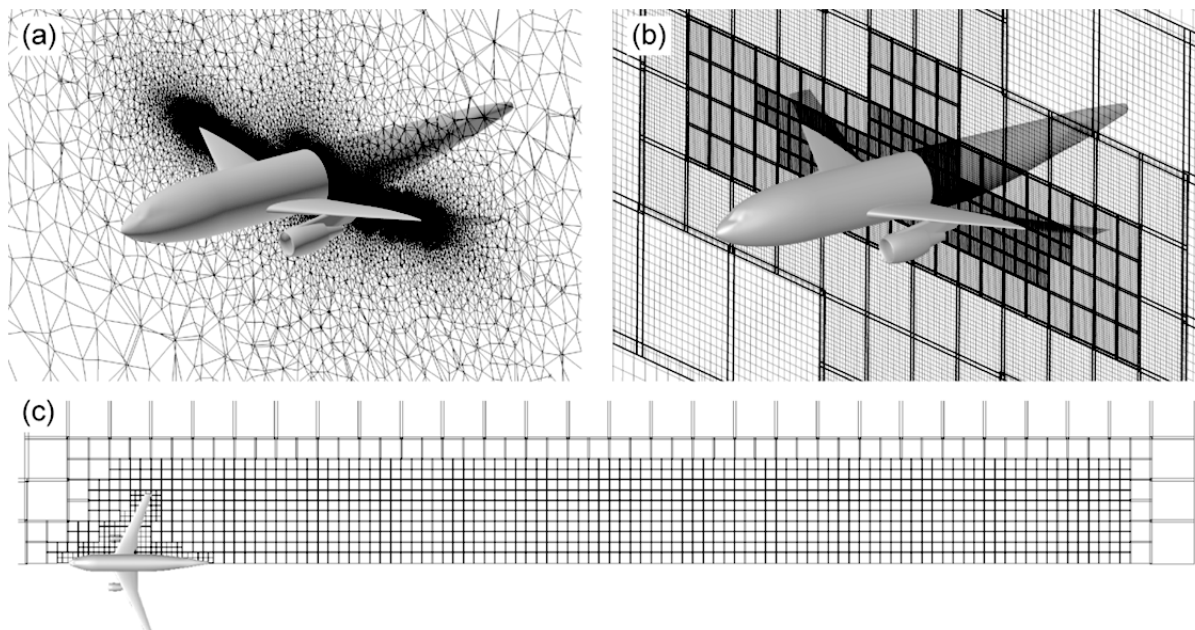


図 3 CFM56-5 型エンジンを搭載した DLR-F6 翼胴モデルまわりの計算格子, (a) TAS コードを用いた RANS 解析のための非構造格子, (b) 圧縮性 BCM 解析の Cube 配置 (太線は Cube の境界を表す), (c) 圧縮性 BCM 解析格子の上面図 (線は Cube の境界を表す).



#### 4. 解析結果

図 4(a)に RANS シミュレーションから得られた航空機表面の圧力係数  $C_p$  分布を示す。また、エンジン周りの拡大図を図 4(b)に示す。また、図 5(a)および(b)にエンジンの断面上の流れ方向速度および温度の分布を示す。コアおよびバイパス流れは境界条件により高速、高温となる。エンジン直後の温度分布は、高忠実度の飛行機雲モデルのために必要な情報である。これらのジェット分布は、図 5(c)に示すエンジン後方の非構造格子の粗化により急速に拡散する。TAS コードのような非構造格子 RANS ソルバーは、複雑形状周りの定常流れの解析に有効であるが、渦やジェット流れの解析では直交格子 LES に利点がある。これらの理由から、本研究では非構造格子 RANS と直交格子 LES の組み合わせ手法を採用している。

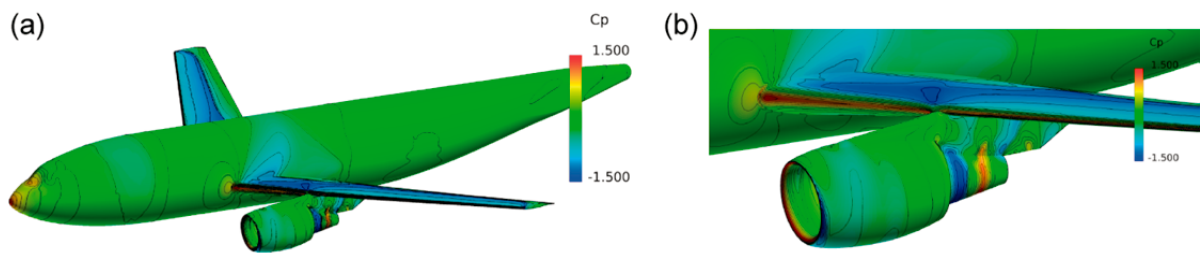


図 4 RANS シミュレーションから得られた航空機表面の圧力係数  $C_p$  分布，(a) 全体図，(b) ナセル周りの拡大図。

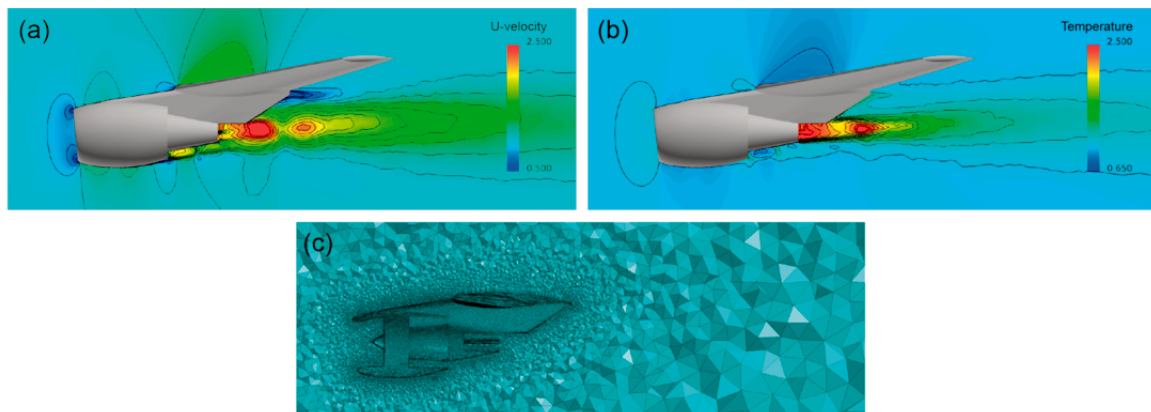


図 5 RANS シミュレーションで得られたエンジンの断面上の(a)流れ方向速度分布，(b)温度分布，および，(c) その断面の非構造格子。

図 6(a)および(b)は圧縮性 BCM ソルバーによる解析から得られた下流の断面上の渦度および温度分布である。衝撃波と境界層などの機体周りの領域で使用される風上スキームにより計算の安定性を確保しつつ、翼端渦と排気ジェットの渦構造は、中心差分スキームを使用することにより拡散することなく捕らえられている。細かい直交格子を用いることにより、排気ジェットが下流側まで解像されていることがわかる。図 7 は圧縮性 BCM ソルバーから得られた渦度の等値面を示している。後流域の均一な直交格子により、乱流ジェットの発達を再現しつつ、翼端渦のような渦構造が下流までよく解像されている。また、中心差分のみを用いて解析を行った場合に生じる流れ場の振動が効果的に抑制されている。

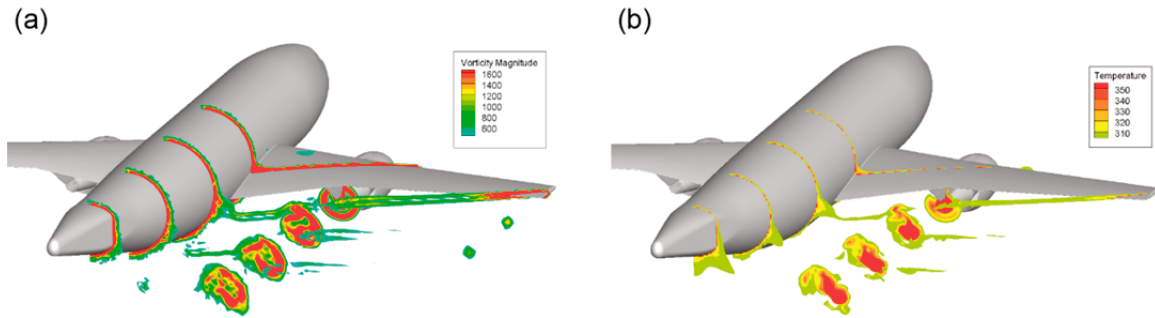


図 6 圧縮性 BCM ソルバーによる解析から得られた下流の断面上の(a)渦度および(b)温度分布.



図 7 圧縮性 BCM ソルバーにより得られた渦度の等値面, (a) 上面図, (b) 側面図.

図 8 に飛行経路に垂直な平面上の軸方向渦度分布の時間発展を示す. ここで上付き添え字\*は渦パラメータで無次元化された時間であることを示している[1]. このフェーズでは陽解法を用いた圧縮性ソルバーの時間刻み幅の制限を緩和するため, 非圧縮性 BCM ソルバーを用いている. 排気ジェットの流れは急速に減衰し, 後流渦に巻き込まれている. これにより, 渦対が有する楕円流線の中に乱れた流れが分布する. 一方で, 翼端渦から発展した後流渦は,  $t^* = 1.014$  においては安定した渦対構造を有する. 図 9 に温度分布を図 8 と同様に可視化した結果を示す. ここでは基準温度からの温度差を示している. 高温の排気ジェットが後流渦に巻き込まれていることが確認できる. 排気温度は急速に低下しているが, 実機の排気温度計測においても航空機の数百メートル後方では排気温度が大気温度近くまで低下することが確認されている.

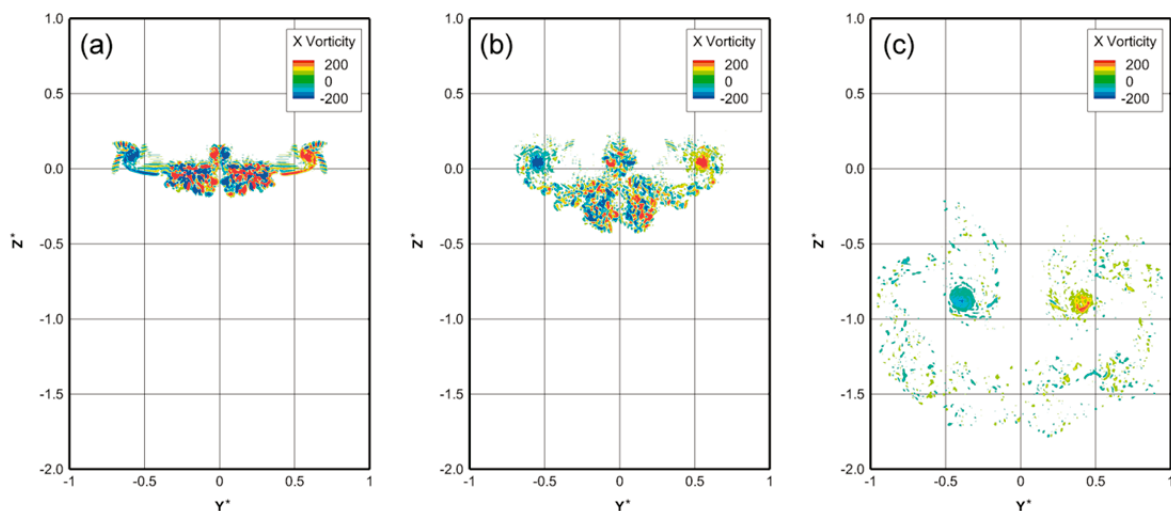


図 8 飛行経路に垂直な平面上の渦度分布の時間発展, (a)  $t^* = 0.026$ , (b)  $t^* = 0.090$ , (c)  $t^* = 1.014$ .

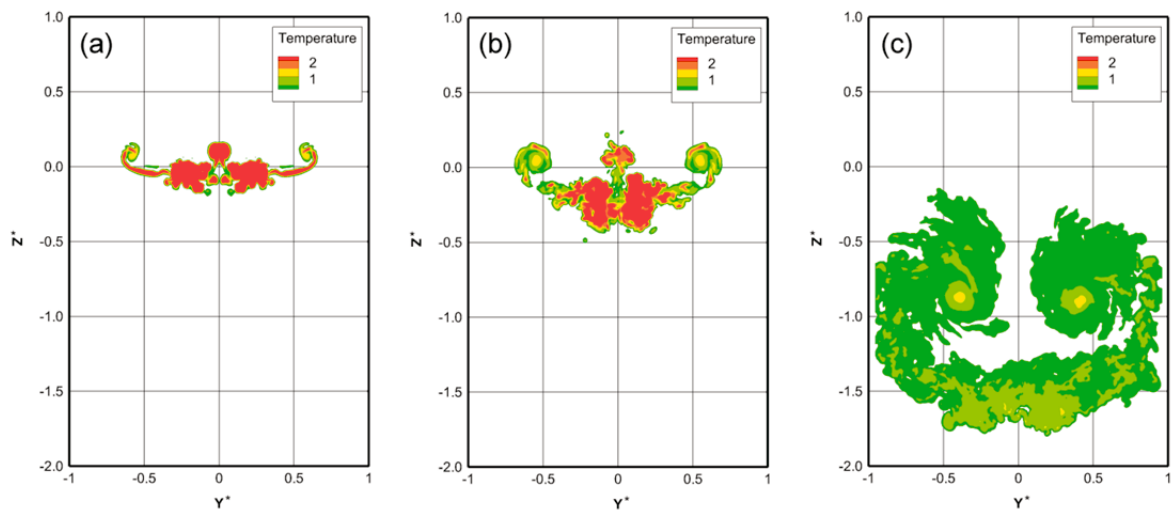


図9 飛行経路に垂直な平面上の温度分布の時間発展, (a)  $t^* = 0.026$ , (b)  $t^* = 0.090$ , (c)  $t^* = 1.014$ .

図10に非圧縮性 BCM ソルバーの結果から得られた後流渦の半径方向速度プロファイルと渦モデル Rosenbrock-Hallock-Burnham, Lamb-Oseen および Jacquin's multi-scale model[15]との比較を示す. 渦モデル毎にコア半径を調整して異なる時刻の LES の結果に分布を合わせているが, 循環は一定値としている. 初期の急な分布は Jacquin's multi-scale model とよく一致する. これは Jacquin's multi-scale model が風洞実験の結果から導かれ, 風洞実験では航空機近傍の後流渦を計測していたためであると考えられる. LES の結果で  $t^* = 0.016$  と  $0.058$  に見られる分布の乱れは, 翼端直後で軸対称になっていない速度分布を軸周りに平均化して速度プロファイルを求めているためである. 一方,  $t^* = 0.44$  の分布は Lamb-Oseen 渦によく一致する. そして,  $t^* = 1.014$  の巻き上がり後の分布は Rosenbrock-Hallock-Burnham 渦モデルに一致する. Rosenbrock-Hallock-Burnham 渦モデルはライダーを使ったフィールド計測結果によく一致することが知られており, 比較的遅い時刻の後流渦の速度分布をよく表現すると考えられる.

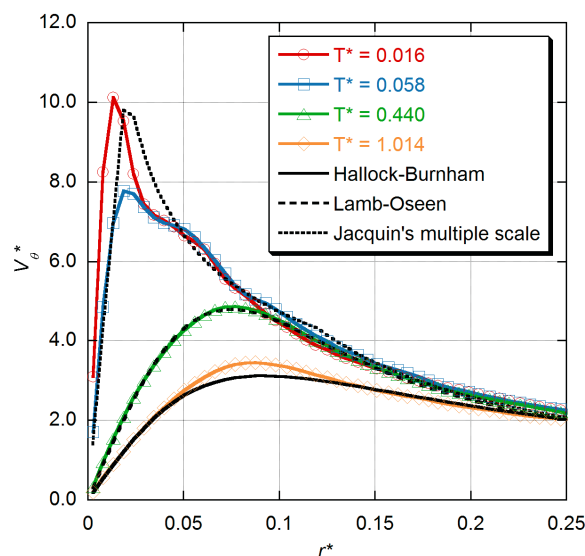


図10 非圧縮性 BCM ソルバーの結果から得られた後流渦の半径方向速度プロファイルと渦モデル Rosenbrock-Hallock-Burnham, Lamb-Oseen および Jacquin's multi-scale model との比較.

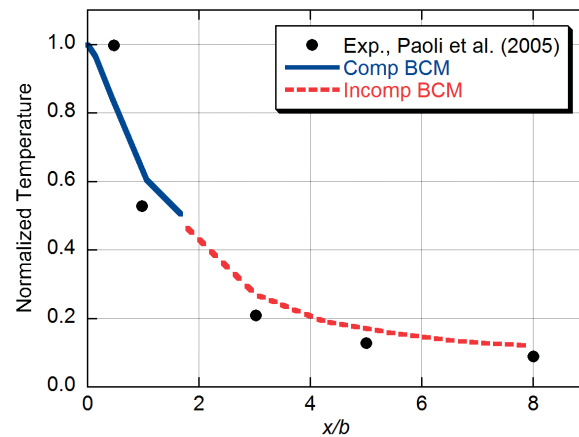


図 11 エンジン後流の温度分布

図 11 にエンジン後流の温度分布を示す．ここで青線は圧縮性 BCM ソルバーの結果，赤線は非圧縮性 BCM ソルバーの結果を示す．また，風洞実験の結果[16]を黒点で示す．ここで縦軸の温度は排気直後の温度で，横軸の距離は翼幅  $b$  で規格化されている．温度の急速が低下は実験値とよく一致している．非圧縮性 BCM ソルバーではブジネスク近似により浮力の効果が考慮されているが，排気ジェットの様子上がりに関して，浮力の効果はほとんど見られなかった．

## 5. 結論

排気ジェットと後流渦の相互作用を数値流体シミュレーションによって解析した．航空機後流の巻き上がりから渦崩壊までを統一的に解析するアプローチを用いて，排気ジェットと航空機後流の相互作用を航空機直後から後流渦の形成まで解析した．航空機周りの薄い境界層を含む流れは非構造格子 RANS ソルバーを用い，翼端渦や排気ジェットの発達を BCM に基づく直交格子 LES ソルバーにより解析した．ここでは上記コードの組み合わせによる解析手法を得られた流れ場から検討し，本アプローチによる排気ジェットと後流渦の相互作用の解析が有効であることを確認した．BCM のマルチレベル直交格子は後流の排気ジェットや後流渦を精度良く解像するのに有効であった．後流渦の半径方向速度分布は，よく一致する渦モデルが時々刻々変化した．これは比較した渦モデルの導出過程の違いにより生じる合理的な結果であると考えられる．また，ジェット排気の温度低下は風洞実験の結果とよく一致した．

## 謝辞

本研究の成果は東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算機システムを利用することにより得られた．BCM ソルバーの開発時には，特に並列コンピュータを利用させて頂いた．また，エンジンナセル形状を生成するためのコードは金崎雅博准教授（首都大学東京）に提供して頂いた．関係各位に感謝の意を表します．

## 参考文献

- [1] Gerz, T., Holzäpfel, F., and Darracq, D., “Commercial Aircraft Wake Vortices,” *Progress in Aerospace Science*, Vol. 38, No. 3, 2002, pp. 181-208.
- [2] Minnis, P., Young, D. F., Ngyuen, L., Garber, D. P., Jr., W. L. S., and Palikonda, R., “Transformation of Contrails into Cirrus during SUCCESS,” *Geophysical Research Letters*, Vol. 25, No. 8, 1998, pp. 1157-1160.
- [3] Schumann, U., Graf, K., and Mannstein, H., “Potential to Reduce the Climate Impact of Aviation by Flight Level Changes,” *AIAA Paper 2011-3376*, 2011.

- [4] Misaka, T., Holzäpfel, F., and Gerz, T., “Wake Evolution of Wing-Body Configuration from Roll-Up to Vortex Decay,” AIAA Paper 2012-0428, 2012.
- [5] Misaka T., Holzäpfel F., Gerz T., “Wake Evolution of High-Lift Configuration from Roll-Up to Vortex Decay,” AIAA Paper 2013-0362, 2013.
- [6] Stephan, A., Holzäpfel, F., and Misaka, T., “Hybrid Simulation of Wake-Vortex Evolution during Landing on Flat Terrain and with Plate Line,” International Journal of Heat and Fluid Flow, accepted.
- [7] Schumann, U. (Ed.), Atmospheric Physics: Background – Methods – Trends, Springer, 2012.
- [8] Paugam, R., Paoli, R., and Cariolle, D., “Influence of Vortex Dynamics and Atmospheric Turbulence on the Early Evolution of a Contrail,” Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 10, 2010, pp. 3922-3952.
- [9] Rossow V. J., and Brown A. P., “Effect of Jet-Exhaust Streams on Structure of Vortex Wakes,” Journal of Aircraft, Vol. 47, No. 3, 2010, pp. 1076-1083.
- [10] Nakahashi, K., Ito, Y., and Togashi, F., “Some Challenges of Realistic Flow Simulations by Unstructured Grid CFD,” International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 43, No. 6-7, 2003, pp. 769-783.
- [11] Nakahashi, K., “High-Density Mesh Flow Computations with Pre-/Post-Data Compressions,” AIAA Paper 2005-4876, 2005.
- [12] Misaka, T., Obayashi, S., Stephan, A., Holzäpfel, F., Gerz, T., and Nakahashi, K., “Numerical Simulation of Jet-Wake Vortex Interaction,” AIAA Paper 2014-0926, 2014.
- [13] Nakayama, Y., Kanazaki, M., Fukuyama, Y., Murayama, M., and Yamamoto, K., “Design of Novel Wing Body Considering Intake/Exhaust Effects,” 03-04-2, The 2013 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, Nov., 2013, Takamatsu, Japan.
- [14] Endo, N., Nakayama, Y., Kanazaki, M., Fukuyama, Y., Murayama, M., and Yamamoto, K., “Numerical Simulation of Engine/Airframe Integrated Civil Aircraft Considering Engine Intake/Exhaust,” JSASS-2013-2065-F/A, The 45th Fluid Dynamics Conference of JSASS and the Aerospace Numerical Simulation Symposium 2013, July, 2013, Tokyo, Japan. (in Japanese)
- [15] Jacquin, L., Fabre, D., Geffroy, P., and Coustols, E., “The Properties of a Transport Aircraft Wake in the Extended Near Field: An Experimental Study,” AIAA Paper 2001-1038, 2001.
- [16] Paoli, R., and Garnier, F., “Interaction of Exhaust Jets and Aircraft Wake Vortices: Small-scale Dynamics and Potential Microphysical-chemical Transformations,” Comptes Rendus Physique, Vol. 6, 2005, pp. 525-547.



## [資 料]

**MATLAB Graphical User Interface 開発環境 GUIDE について**

秋田県立大学 陳 国躍  
東北大学情報部情報基盤課 共同利用支援係

MATLAB Graphical User Interface 開発環境 GUIDE は、グラフィカルユーザインターフェース (GUI) を作成するツールを提供する。これらのツールにより、MATLAB において対話的に作業することが可能であり、簡単に GUI を設計・作成できる。GUIDE ツールを使用すると次のことを行うことができる。

- GUI のレイアウト

GUIDE レイアウトエディタを使用すると、GUI コンポーネント (パネル、ボタン、テキストフィールド、スライダー、メニューなど) をクリック&ドラッグすることにより GUI をレイアウトエリアにレイアウトすることができる。

- GUI のプログラミング

GUIDE は、GUI の動作をコントロールする m-ファイルを自動的に作成する。m-ファイルは GUI を初期化し、また、GUI コンポーネントをクリックしたときに実行されるコマンドなど、すべての GUI コールバックに関する構造を含んでいる。ユーザーが最初に GUI を保存、または実行する場合、GUIDE は GUI を 2 つのファイルに保存される。

[1] 拡張子 .fig をもつ fig-ファイル、GUI レイアウトや、ポッシュボタン、メニュー、座標軸などの GUI コンポーネントの完全な描写を含んでいる。fig ファイルはバイナリファイルであり、GUIDE でレイアウトを変更する以外の方法では変更できない。

[2] 拡張子 .m をもつ m-ファイルは、コンポーネントに対するコールバックなど、GUI をコントロールするコードを含んでいる。一般に、GUI コンポーネントに対して記述するコールバックはこのファイルに追加する。

fig-ファイルと m ファイルは、同じ名前であればならない。これら 2 つのファイルは、通常同じフォルダーに存在し、GUI のレイアウトとプログラミングの作業に対応している。レイアウトエディタに GUI をレイアウトする場合、ユーザーの作業は fig-ファイル保存される。GUI をプログラミングする場合、作業は m-ファイルに保存される。

つぎの節では、GUIDE を用いた GUI アプリケーションの構築方法を説明し、GUI アプリケーションを作成する。Windows OS 上での日本語版 MATLAB が多いが、今回は、東北大学サイバーサイエンスセンターの英語版 MATLAB をベースにして説明する。

## 例 1 : 簡単な正弦(sin)関数を描く GUI の構築手順

- [1] Matlab を起動\*する。  
\*起動方法についてはセンターWeb ページ  
<http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp/application/matlab.html> を参照
- [2] Command Window に `guide` と入力し Enter キーを押すと, 図 1.1 に示す「GUIDE Quick Start」というウィンドウが表示される。
- [3] 「Blank GUI (Default)」を選択し, 「OK」ボタンを押すことで図 1.2 のレイアウトエディタが表示される。
- [4] 正弦(sin)関数を表示するため, 図 1.3 のように axes 1 と Push Button を追加する。図 1.3 の左側にある Axes ボタンと Push Button をクリックし, マウスにより範囲を指定することで追加できる。
- [5] 名前を付けて保存する。ここでは SinWave.fig と名前をつけて保存すると, MATLAB エディター(Editor) に SinWave.m が表示される。
- [6] SinWave.m の  
関数 `function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)`  
の下に下記のコードを追加する。

```
% -----
x = -6:0.1:8;
y = sin(x);
plot(x,y)
% x = -6 ~ 8 までのsin(x)関数を描画
% -----
```

- [7] SinWave.m のエディターの緑の▶実行ボタンをクリックすると, SinWave.m が自動的に保存され, SinWave の GUI が出力される。
- [8] GUI の画面上で, Push Button をクリックすると axes 上に sin(x)関数が表示される。

◎ 画面の編集をする場合は以下の方法がある。

1. 図 1.1 に示す GUI の初期ウィンドウに「既存の GUI を開く」から SinWave.fig を選ぶ
2. Command Window に `guide SinWave.fig` と入力
3. Command Window に `guide SinWave` と入力



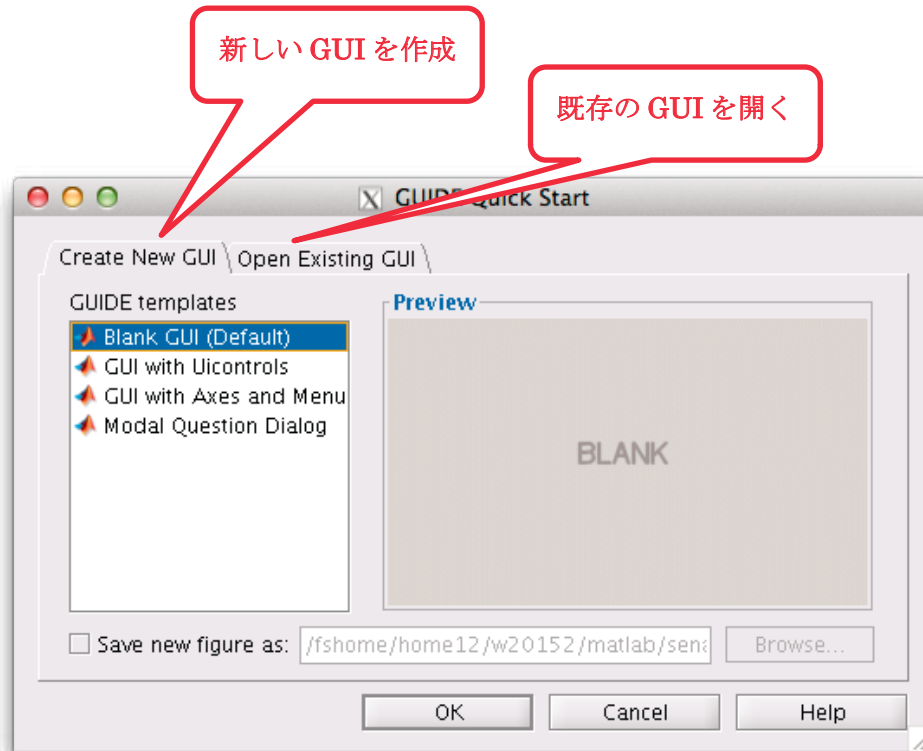


図 1.1. GUI の初期ウィンドウ (英語版)



図 1.2. ブランク GUI テンプレートのレイアウトエディタ

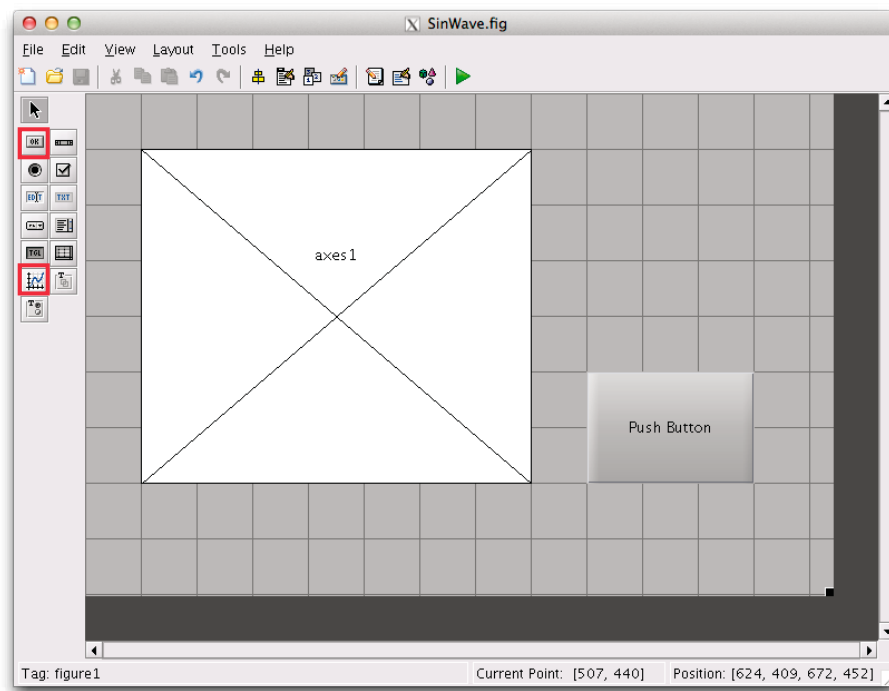


図 1.3. Push Button と axes 1 の追加

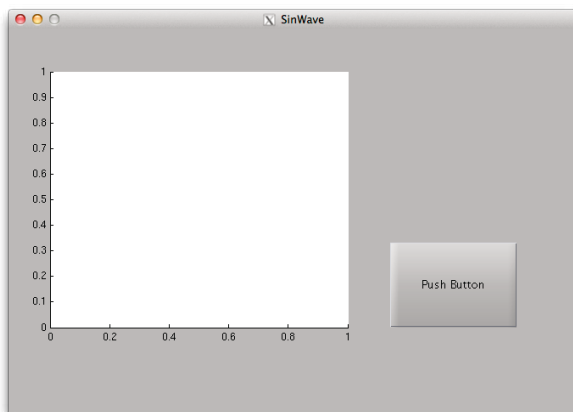


図 1.4. SinWave の初期状態

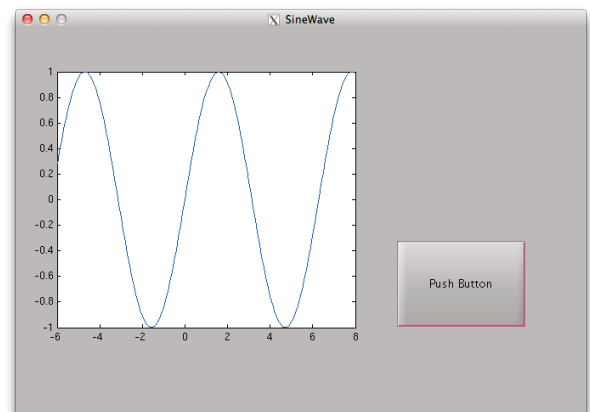


図 1.5. Push Button をクリックした後表示された結果

## 例 2 : GUI の応用: 正弦(sin)波線の太さの変更

例 1 で作成した GUI 上で, Slidar を用いて正弦 (sin) 波線の太さを変化させ, GUI のプログラムで関数間のデータを受け渡す方法を示す.

- [1] 例 1 で作成した SinWave.fig を編集するため Command Window に  
`guide SinWave`  
と入力し, GUI を編集する.
- [2] 例 1 で作成した GUI(SinWave.fig)に対し, Slidar を追加する.

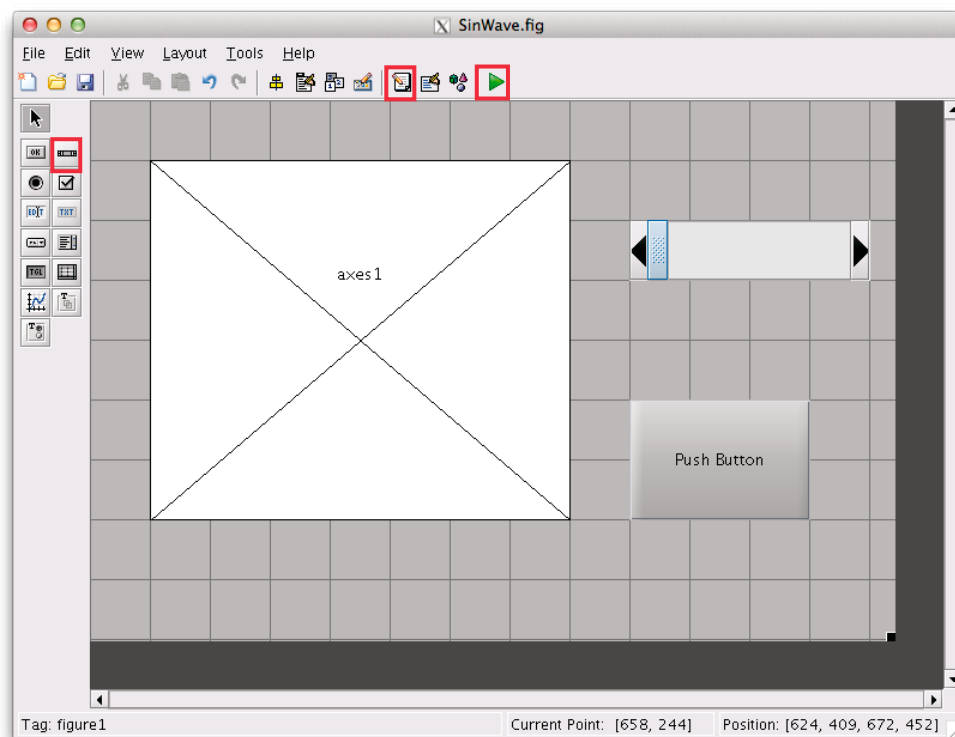



図 2.1. Slidar の追加

- [3] 図 2.1 のウィンドウ上でダブルクリックまたは, 右クリックし「Property Inspector」を選択すると, 図 2.2 に示すような「Inspector」ウィンドウが表示される. ここで, 「Tag」の値を “SinWave” と設定する.
- [4] 「Editor」 ボタン  をクリックすると, コードが MATLAB エディターに表示される.

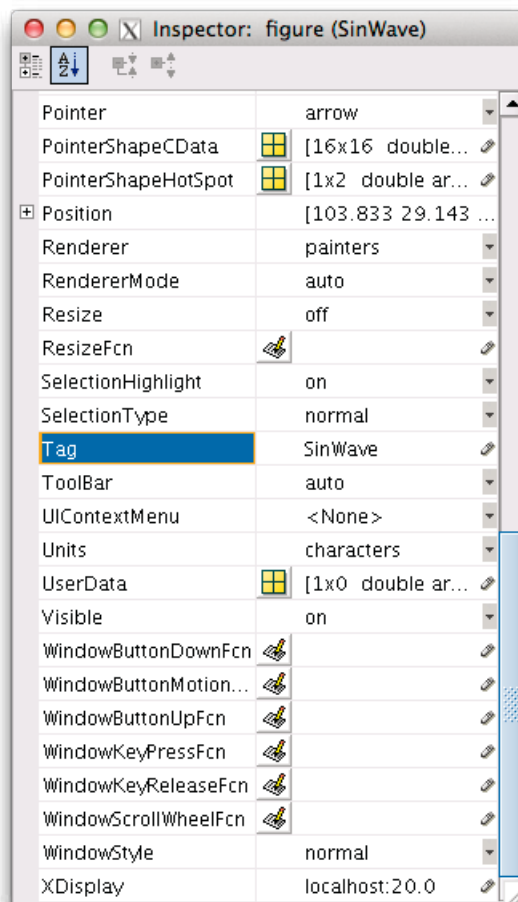


図 2.2. 「Inspector」の「Tag」に“SinWave”を設定

- [5] 関数 `function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)` の下に下記のコードを追加する.

```


% -----
x = -6:0.1:8;
y = sin(x);
plot(x,y)

setappdata(handles.SinWave, 'x', x);
setappdata(handles.SinWave, 'y', y);
% データを格納
set(handles.slider1, 'max', 25, 'min', 1, 'value', 1);
% Sliderの最大値を25, 最小値を1, 初期値を1に設定
% -----

```

[6] 関数 `function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)` の下に下記のコードを追加する。

```
% -----  
x=getappdata(handles.SinWave, 'x');  
y=getappdata(handles.SinWave, 'y');  
% データを取得  
val=get(hObject, 'value');  
% Sliderの現在位置の値を取得  
plot(x,y, 'LineWidth', val);  
% Plotプロパティ(線幅LineWidth)の値を, Slidarの現在位置の値に設定  
% -----
```

[7] 実行ボタン  をクリックすると `SinWave.m` が自動的に保存される。同時に GUI が実行され、図 2.3 の初期状態が表示される。

[8] Push Button をクリックすると、図 2.4 の画面が表示される。更に、Slider を移動させると、図 2.5 のように正弦波線の太さを変更できる。

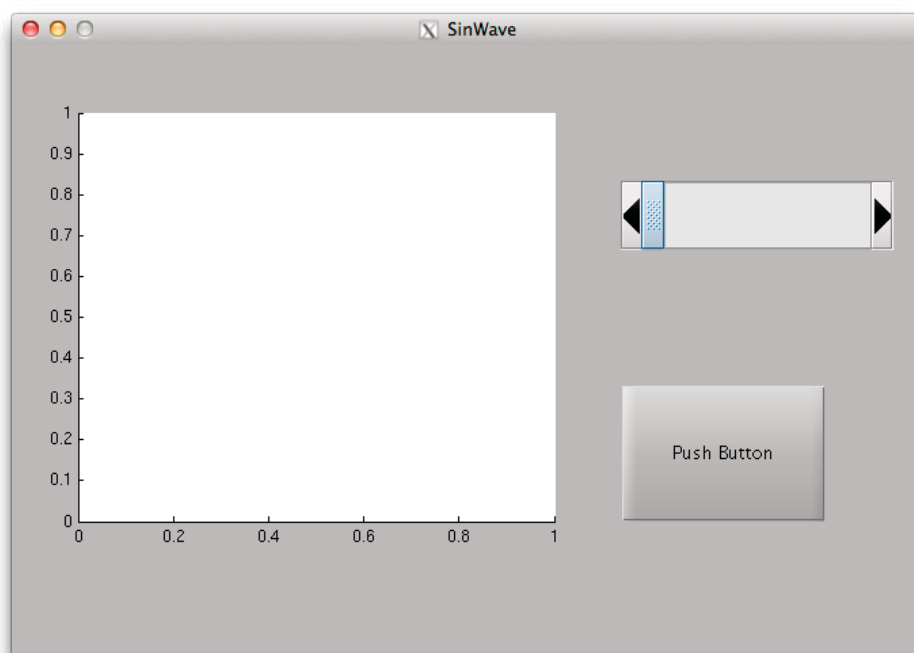


図 2.3. Slider を追加した後の SinWave の初期状態

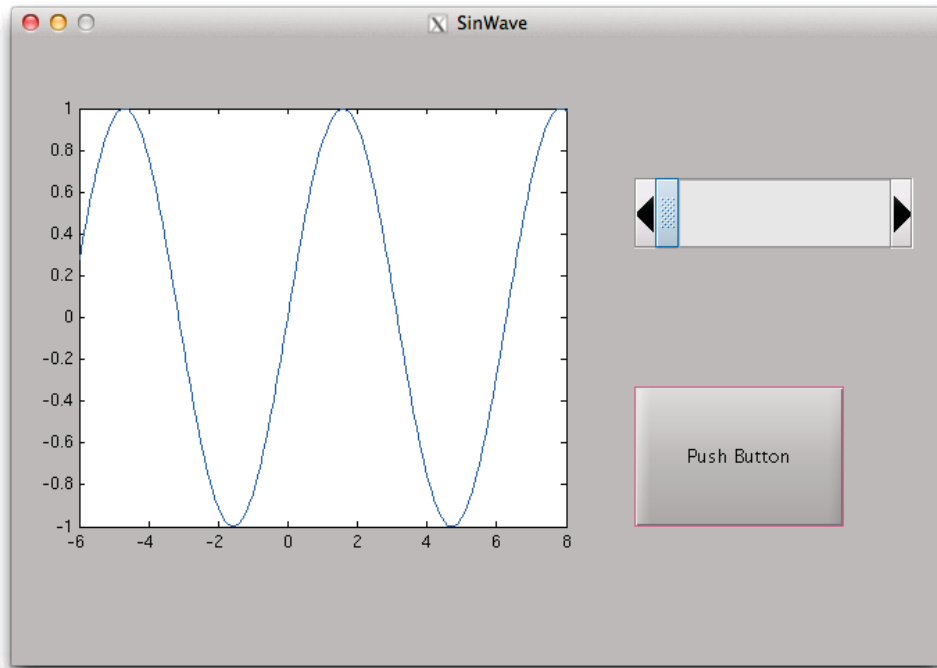


図 2.4. Push Button を押した後表示された結果

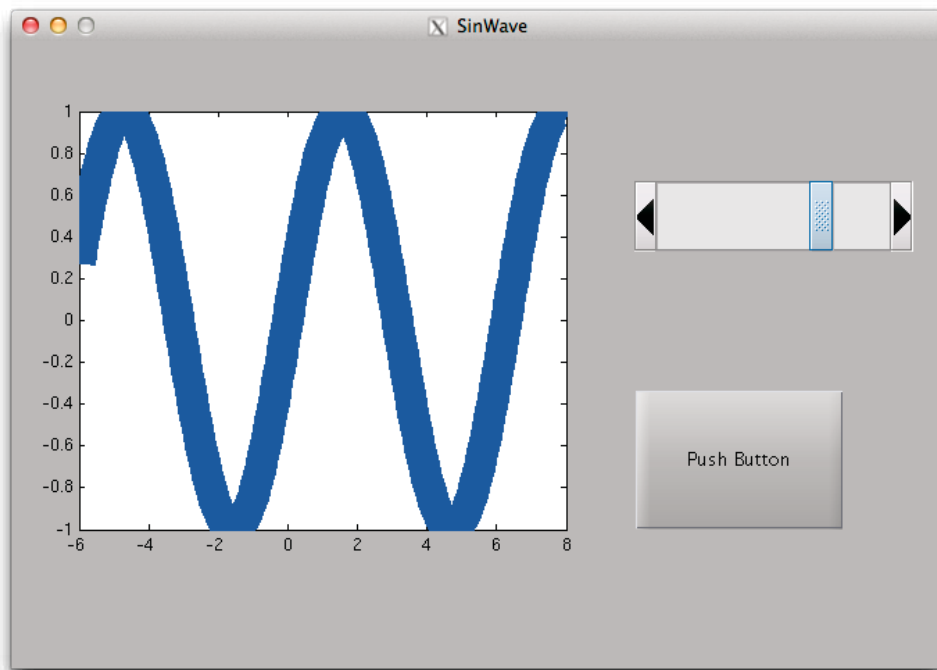


図 2.5. Slider を移動させ、正弦(sin)波線の太さを変化させた結果

### 例 3 : 画像処理 GUI の作成方法

図 3.1 に示すように、画像を読み込んでグレー化したものと、Slidar を用いて閾値の値を変化させ、その閾値で二値化した画像を表示する GUI の例を示す。

1. カラー画像の場合はグレー化する。グレー画像の場合はそのまま。
2. グレー化した画像からヒストグラムを表示させる。
3. Slidar を用いて閾値の値を変化させ、その閾値で二値化した画像を表示する。
4. 各種操作についてはメニューバーのメニュー項目から選択すると実行できる。ショートカット「Ctrl + ?」も実行できる。
5. キャプション等のフォント、サイズなどは簡単に変更できる。これらについての詳細な説明は省略する。

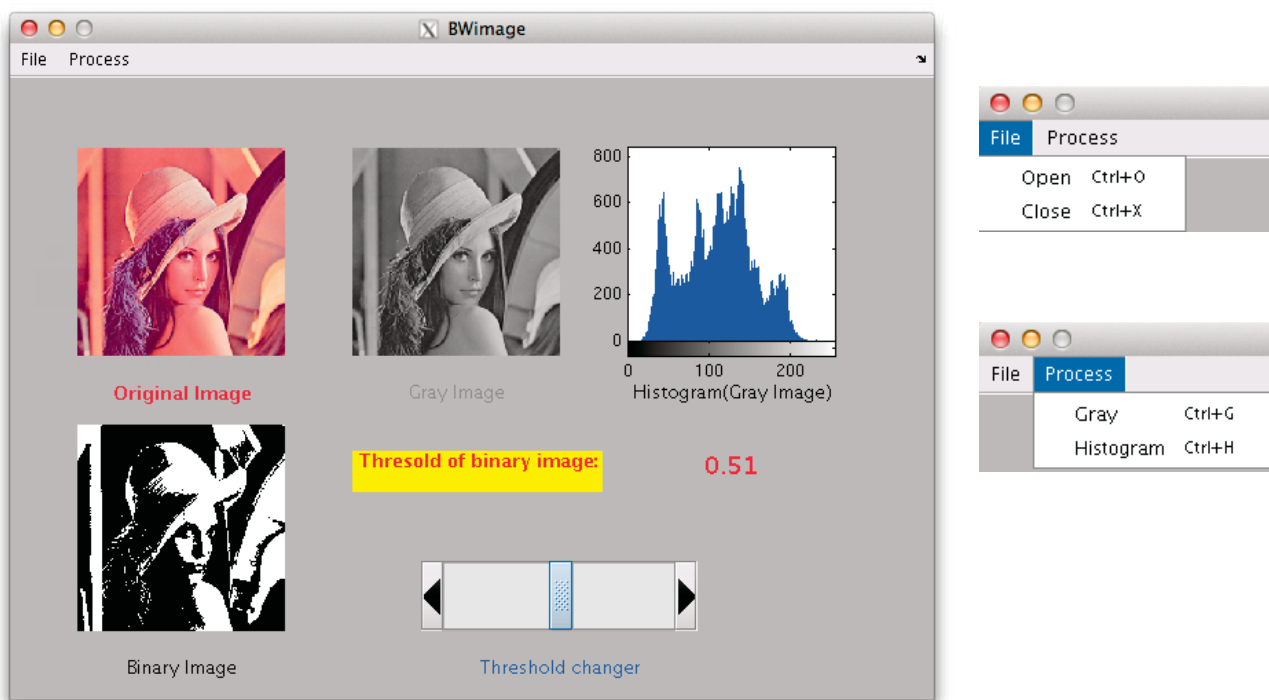


図 3.1. GUI を用いて画像処理した例（左側）、設定したメニュー項目（右側）

- [1] Matlab を立ち上げる。
- [2] Command Window に `guide` と入力し Enter キーを押すことで「Blank GUI (Default)」というウィンドウ（図 1.1）が表示される。
- [3] 「Blank GUI (Default)」を選択し、「OK」ボタンを押すことで図 3.2 の画面が表示される。
- [4] 図 3.2 のウィンドウ上でダブルクリックまたは右クリックし「Property Inspector」をクリックすると、図 3.3 に示すような「Inspector」ウィンドウが表示される。ここで、「Tag」の値を “BWImage” とする。

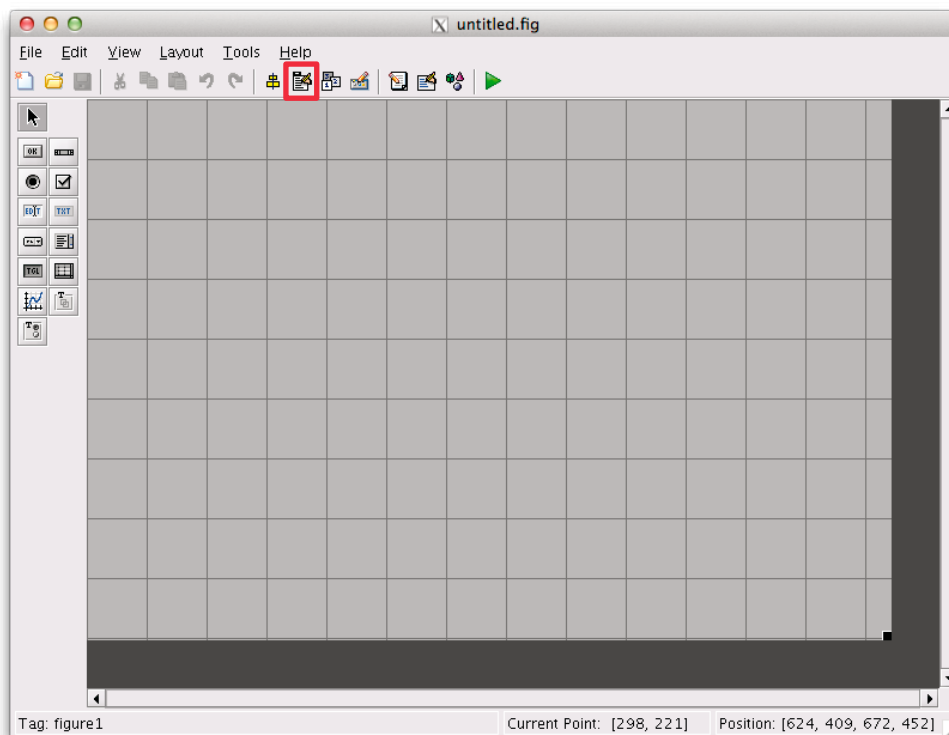


図 3.2. ブランク GUI テンプレートのレイアウトエディタ

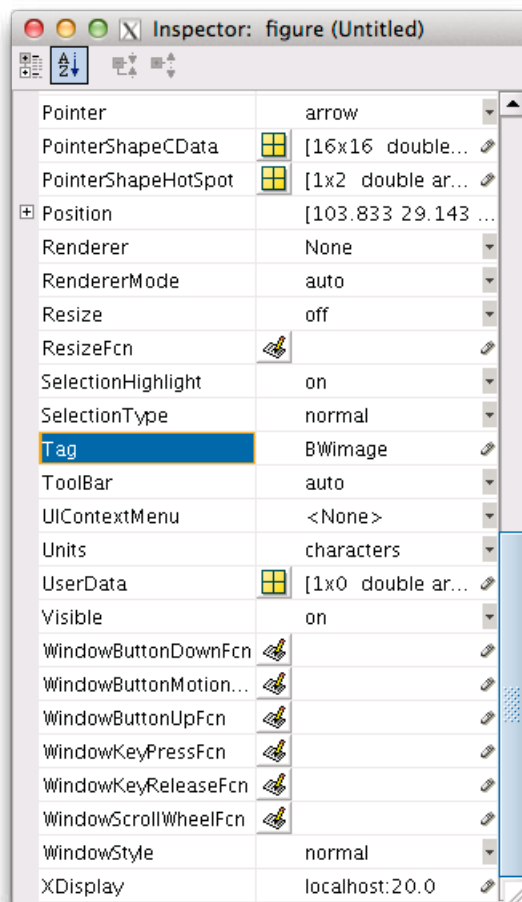


図 3.3. 「Inspector」の「Tag」に“BWimage”を設定



- [5] 図 3.3 のウィンドウを閉じ、図 3.2 の「Menu Editor」ボタンをクリックし、図 3.4 に示す「Menu Editor」ウィンドウを表示させる。

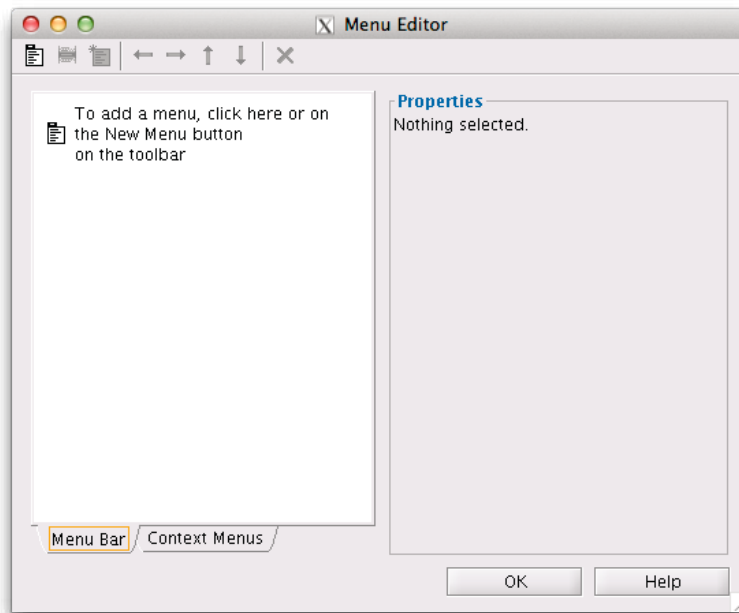


図 3.4. メニューエディタ

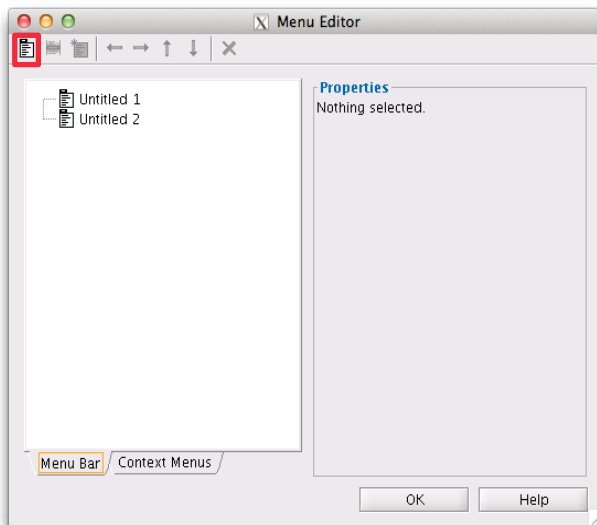


図 3.5. 新規メニューを追加

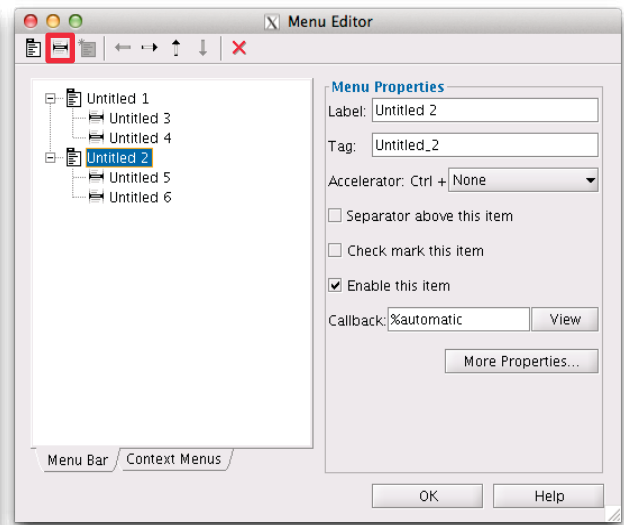


図 3.6. 新規メニュー項目を追加

- [6] 図 3.5 に示す「New Menu」ボタンをクリックすると「Untitled 1」というメニュータイトルが表示される。同様に「Untitled 2」というメニュータイトルが作成される。
- [7] 図 3.5 に示すように、「Untitled 1」をクリックすると「New Menu」ボタンの右側にある「New Menu Item」ボタンが使用可能となり、それをクリックすると図 3.6 のように「Untitled 3」というメニュー項目タイトルが表示される。同様に「Untitled 4～6」というメニュー項目タイトルが作成される。

- [8] 「Untitled 1」というメニューをクリックすると、右側に「Menu Properties」が表示される。そして図 3.7 のように「Label:」に“File”，「Tag:」に“m\_file”を設定する。
- [9] 「Untitled 6」というメニューをクリックすると、右側に「Menu Properties」が表示される。次に図 3.8 のように「Label:」に“Histogram”，「Tag:」に“m\_process\_hist”，「Accelerator: Ctrl +」に“H”を設定する。

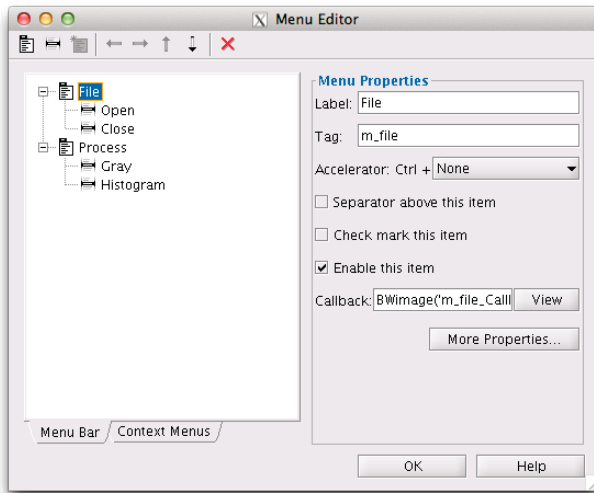


図 3.7. File メニューの設定

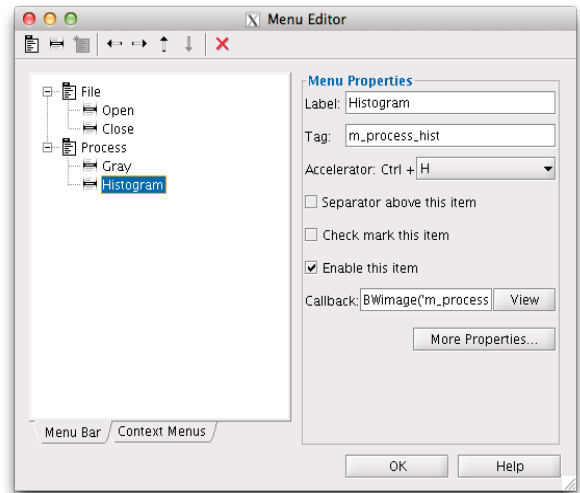


図 3.8. Histogram メニュー項目の設定

- [10] 同様に、各メニューとメニュー項目の「Menu Properties」を表 1 に示す。ただし、これらの「Menu Properties」の値は任意であり、変更しても構わない。「Tag:」の値がプログラムの関数名に自動的に設定されるため注意する必要がある。最後に OK ボタンをクリックして終了する。

表 1. 各メニューとメニュー項目のメニュープロパティ

	Label ラベル	Tag タグ	Accelerator アクセラレータ
ファイル	File	m_file	
開く	Open	m_file_open	O
終了	Close	m_file_close	X
処 理	Process	m_process	
グレー化	Gray	m_process_gray	G
ヒストグラム	Histogram	m_process_hist	H

- [11] 次に処理した画像を表示するための「axes」、そのキャプションを表示する「Static Text」、  
「Slider」値を表示する「Static Text」を配置する. 図 3.9 の左側にあるコンポーネント  
ボタンをクリックすると、マウスにより範囲を指定することができる. すなわち、クリッ  
ク&ドラッグすることで、図 3.9 のように GUI をレイアウトエリアにレイアウトするこ  
とができる.

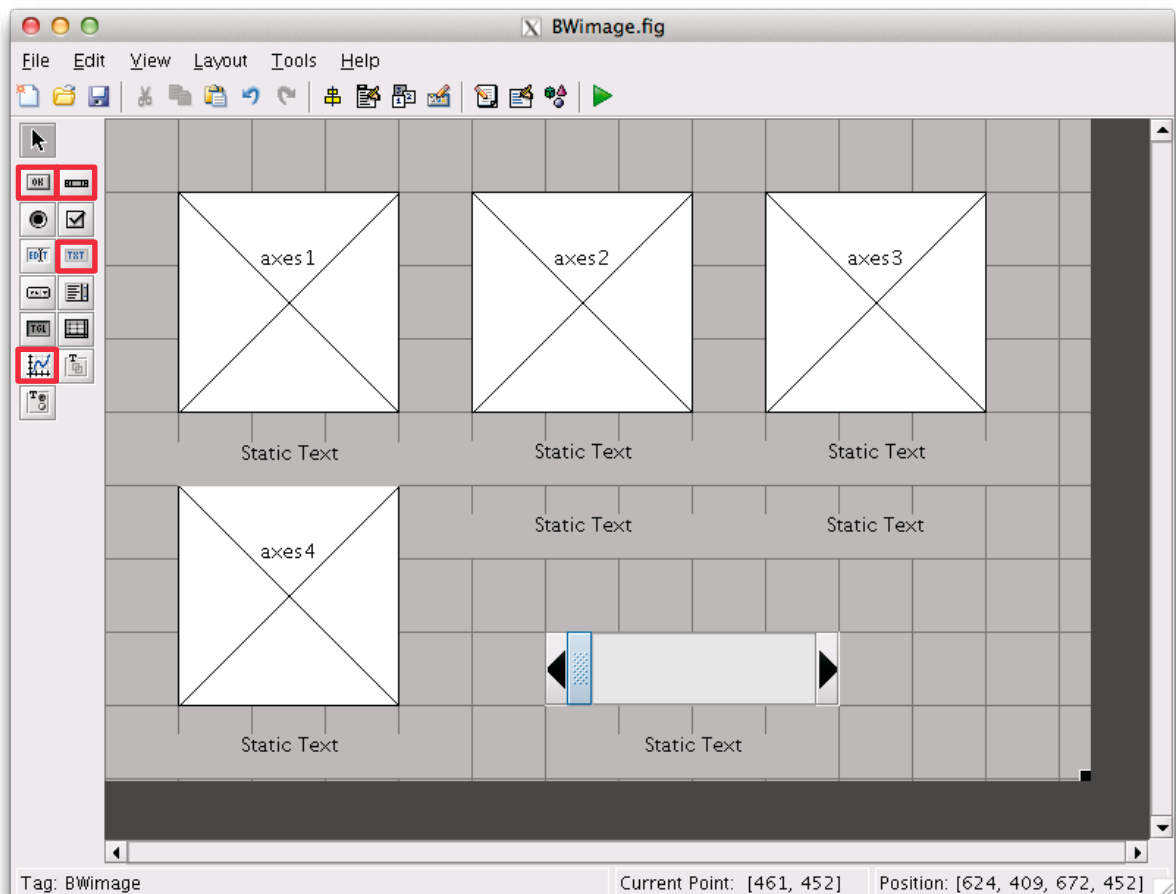


図 3.9. GUI をレイアウトエリアにレイアウトする

- [12] 図 3.9 における各コンポーネント上でダブルクリックまたは右クリックすることで各々の  
「Inspector」を開くことができ、状況に応じて「Inspector」の内容を設定できる. いく  
つかの例を図 3.10–3.12 に示す.
- [13] 図 3.10 に示すように、スタティックテキスト(Static Text)の「Inspector」の内容が表示  
され、「Position」など多くの項目を修正、設定できる. 他のコンポーネントの「Inspector」  
の項目はより多い場合もある.
- [14] 図 3.10 に示す通り、「BackgroundColor」に“黄色”，「FontWeight」に“bold”，  
「ForegroundColor」に“赤色”，「String」に“Threshold of binary image”を設定する.

[15] 図 3.11 のように，axes 1 のキャプションとした Static Text の設定は，「String」に “Original Image”，その装飾として，「ForegroundColor」に “赤色”，「FontWeight」に “bold” を設定する。

[16] Slider の値を表示するため，その「Inspector」の初期値として「String」に “0”，「Tag」に “valcnt”，「ForegroundColor」に “赤色” を設定する。

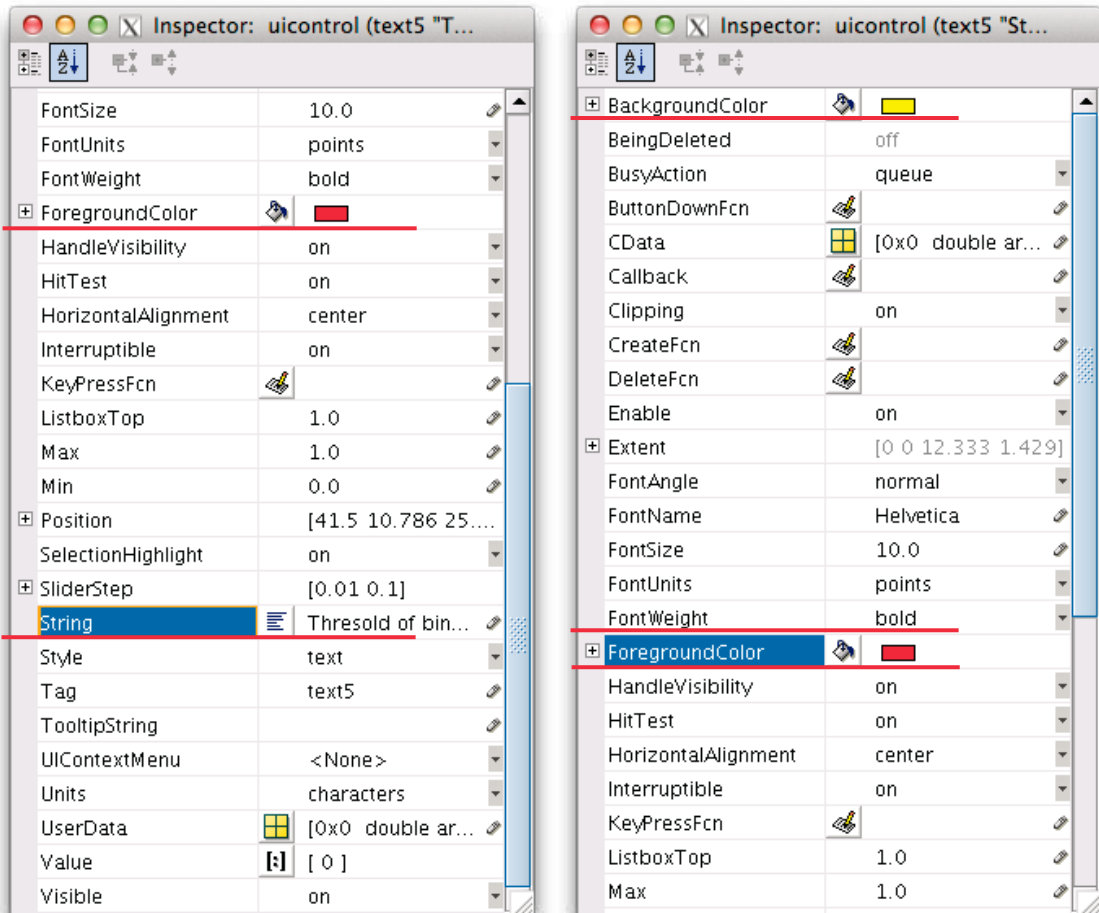


図 3.10. Static Text の「Inspector」の内容

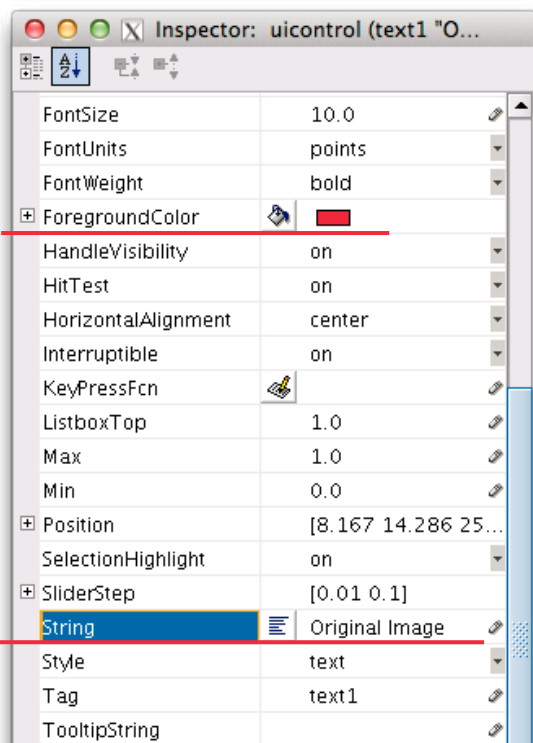


図 3.11. 「String」に“Original Image”，「ForegroundColor」に“赤色”，「FontWeight」に“bold”を設定

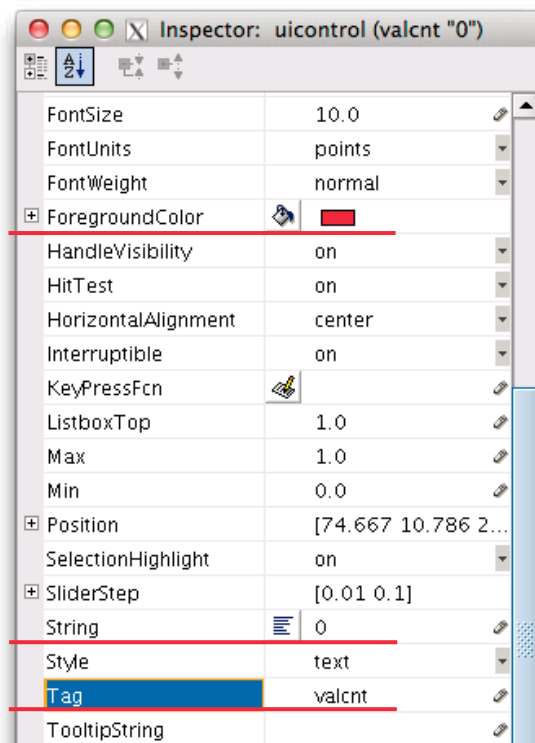


図 3.12. 「Slider」の値を表示するため、初期値「String」に“0”，「Tag」に“valcnt”，「ForegroundColor」に“赤色”を設定

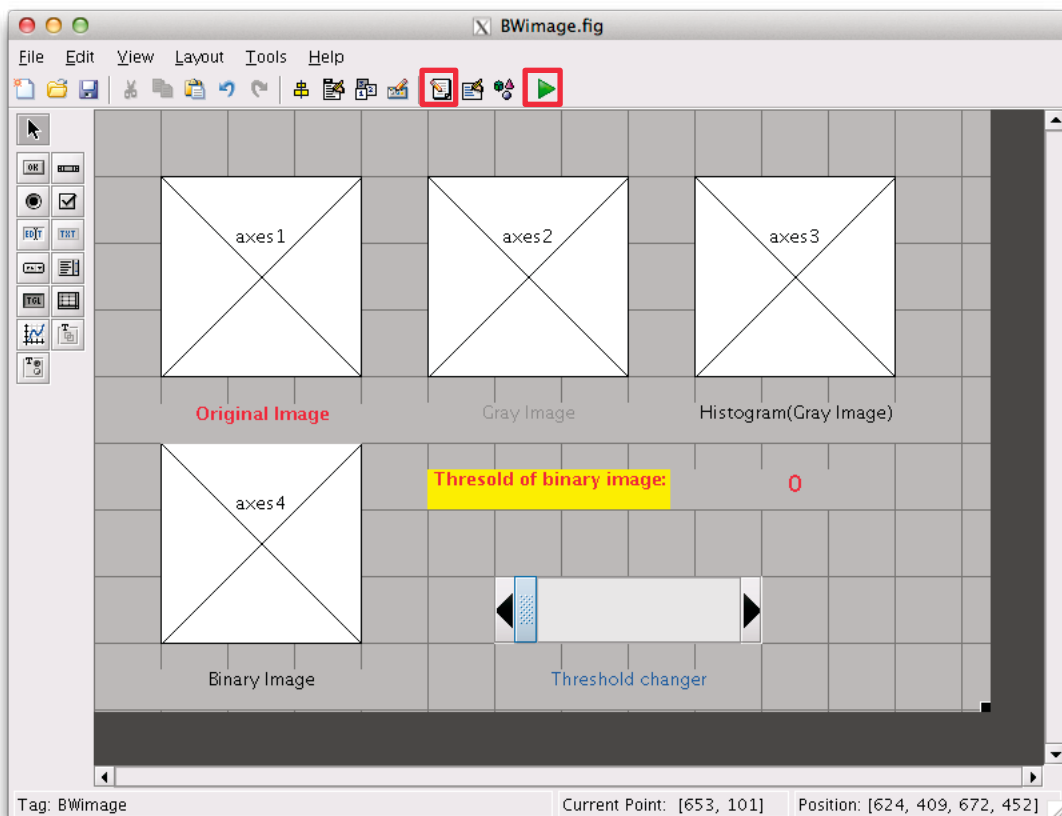



図 3.13. 各コンポーネントの「Inspector」を設定後の BWImage.fig 画面

- [17] 各「Inspector」を設定後の画面を図 3.13 に示す。設定したコンポーネント上で、ダブルクリックまたは右クリックし、その「Inspector」を開くことで、何度でも編集できる。
- [18] 「BWImage.fig」という名前で保存すると、図 3.14 に示すように「Editor」が起動する。
- [19] 図 3.9 の「Editor」  ボタンをクリックし、図 3.14 に示すように「Editor」を起動させることもできる。

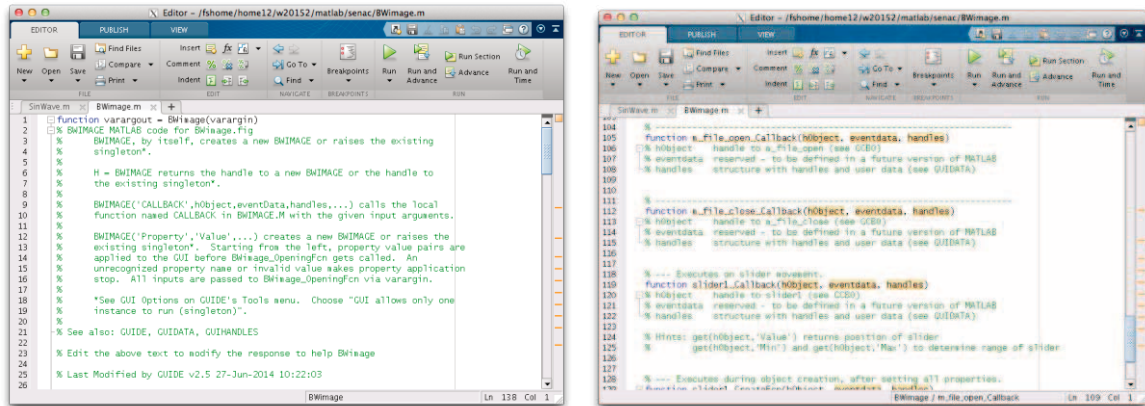


図 3.14. M-ファイルの Editor 画面

- [20] GUI をプログラミングするには、図 3.14 に示すような「Editor」の中に、[21]–[25]に示すようにコードを追加する。
- [21] 関数 `function m_file_open_Callback(hObject, eventdata, handles)` の下に以下のコードを追加する。

```

% -----
% [filename,pathname]=...
    uigetfile({'*.bmp;*.jpg;*.png;*.jpeg;'.
    'Image Files (*.bmp,*.jpg,*.png,*.jpeg)';...
    '*.*', 'All Files (*.*)'}, 'Pick an image');
% オリジナル画像を読み込む
if isequal (filename,0) || isequal(pathname,0)
    return;
end
axes(handles.axes1);
fpath = [pathname filename];
[img_src,map] = imread(fpath);
imshow(img_src);
% オリジナル画像をaxes1に表示
setappdata(handles.BWImage, 'img_data', img_src);
% 画像データを格納
% -----

```

[22] 関数 `function m_file_close_Callback(hObject, eventdata, handles)` の下に以下のコードを追加する.

```
% -----
close all
% BWimageウィンドウを閉じ, 終了
% -----
```

[23] 関数 `function m_process_gray_Callback(hObject, eventdata, handles)` の下に以下のコードを追加する.

```
% -----
axes(handles.axes2);
img_src = getappdata(handles.BWimage, 'img_data');
% 画像データを取得
if (size(img_src,3)==3)
    img_gray=img_src(:,:,1) * 0.229 + img_src(:,:,2) * 0.587 ...
        + img_src(:,:,3) * 0.114 ;
else
    img_gray = img_src;
end
% 加重平均法によるカラー画像のグレイ化し, グレイ画像の場合はそのまま
imshow(img_gray);
% グレイ化した画像をaxes2に表示
setappdata(handles.BWimage, 'img_data', img_gray);
% グレイ化した画像を格納
% -----
```

[24] 関数 `function m_process_hist_Callback(hObject, eventdata, handles)` の下に以下のコードを追加する.

```
% -----
axes(handles.axes3);
img_gray = getappdata(handles.BWimage, 'img_data');
% グレイ化した画像を取得
imhist(img_gray);
% 画像のヒストグラムをaxes3に表示
% -----
```


[25] 関数 `function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)` の下に以下のコードを追加する.

```
% -----
val = get(hObject, 'Value');
% スライダー値を取得
set(handles.valcnt, 'String', num2str(val));
% スライダー値を表示
axes(handles.axes4);
```

```

img_gray = getappdata(handles.BWimage, 'img_data');
% グレー化した画像を取得
BW = im2bw(img_gray, val);
% 二値化画像を作成
imshow(BW);
% 二値化画像をaxes4に表示
% -----

```

- [26] 実行ボタン  をクリックすると `BWimage.m` が自動的に保存され、GUI が実行される。  
 図 3.15 に示す `BWimage` の初期画面が表示される。
- [27] 図 3.16 に示すように、図の右側のメニュー、またはショートカット「`Ctrl + ?`」を実行すると左側の実行結果が表示される。
- [28] Slider を左右に移動すると、図 3.17 に示すように、二値化画像が表示され、その閾値も表示される。
- [29] 図 3.18 に示すように、グレー画像でも同様な結果が得られる。
- [30] 図 3.15–3.18 のメニューバーの「File」–「Close」、またはショートカット「`Ctrl + X`」を実行すると、`BWimage` ウィンドウを閉じ、終了することができる。

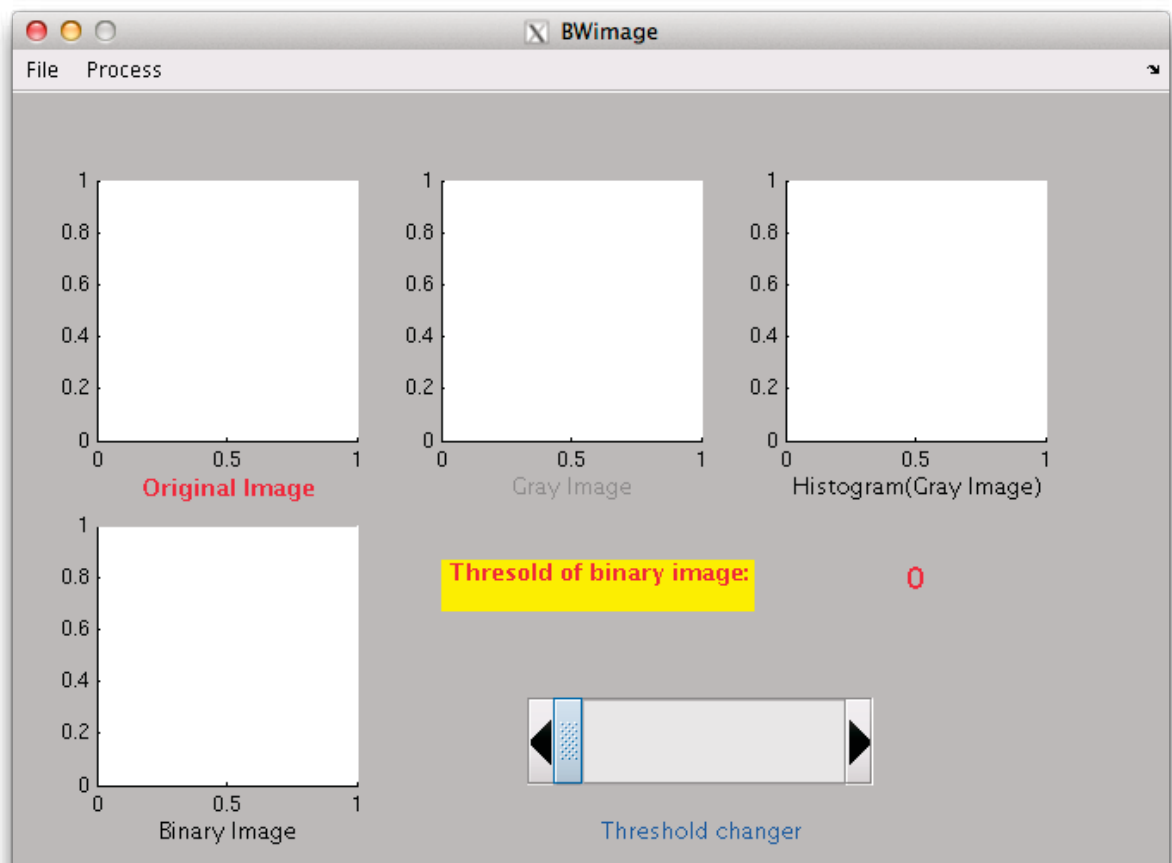


図 3.15. `BWimage` を起動した初期画面



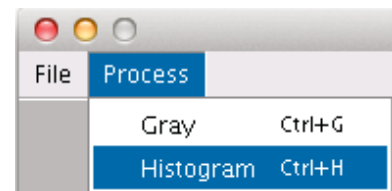
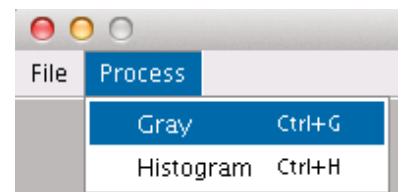
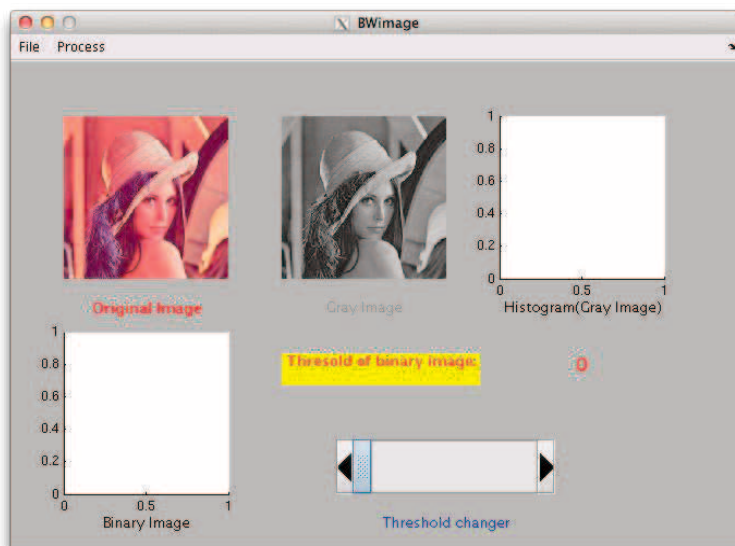
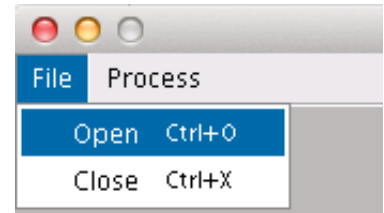
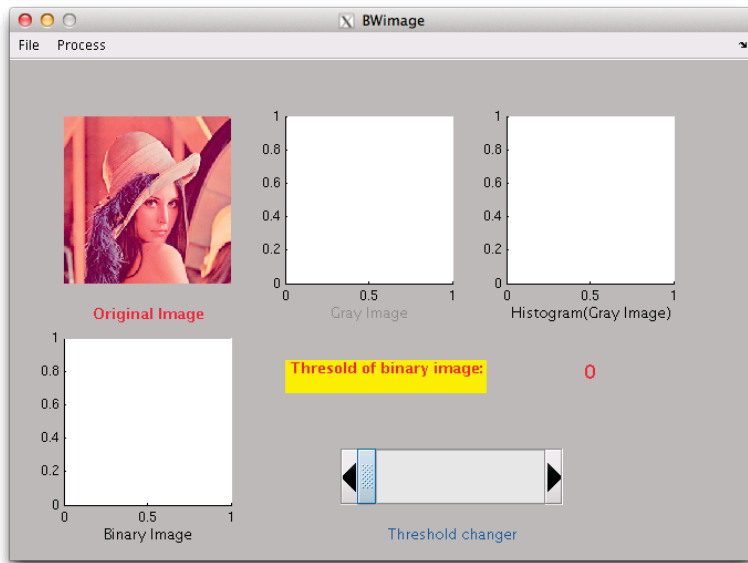


図 3.16. 右側のメニュー，或いはショートカット「Ctrl+?」を実行すると左側の実行結果が表示される

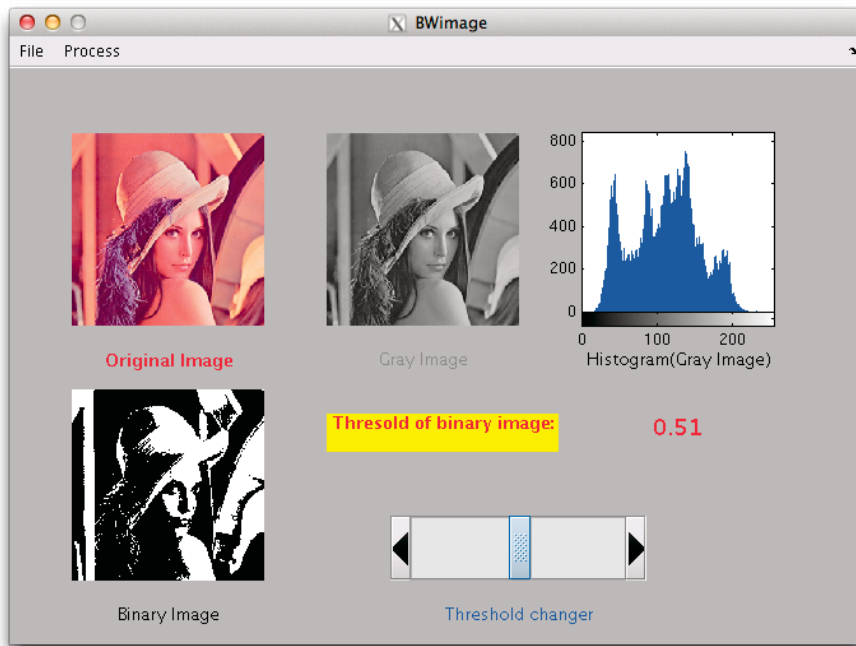


図 3.17. カラー画像を用いて処理した結果

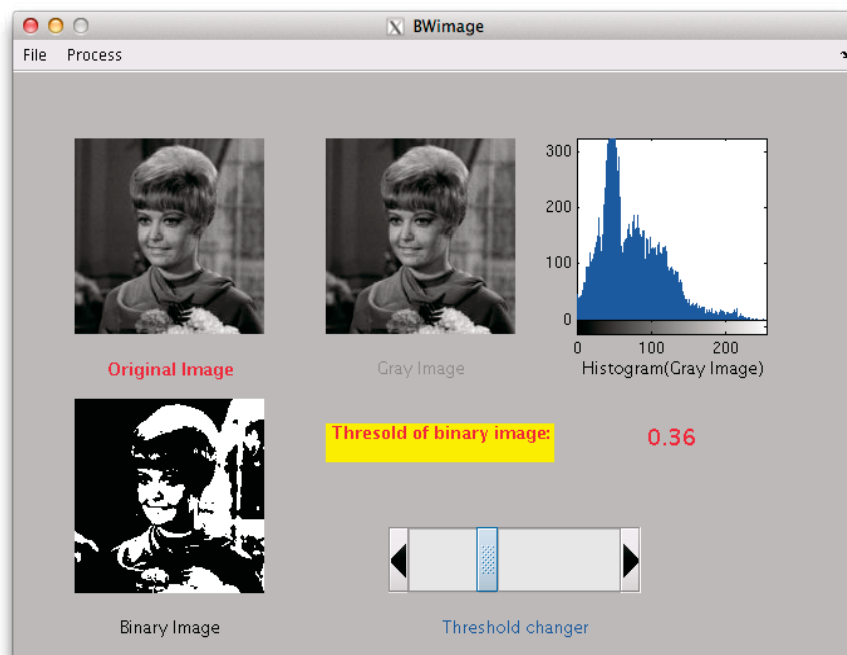


図 3.18. グレー画像を用いて処理した結果

## [利用相談室便り]

## 平成26年度の利用相談について

今年度も5月よりサイバーサイエンスセンター本館利用相談室、弘前大学、秋田大学、山形大学で利用相談を行っています。日程等詳細は次頁をご覧ください。相談内容によってはメーカー等に問い合わせる場合や、時間を要する場合がありますが、利用者の問題解決にむけて努めております。直接面談のほかに、メールや電話での相談も受けておりますのでお気軽にご相談ください。

- ・プログラムを高速化するにはどうしたらいいの？
- ・プログラムを並列化してもっと速く計算したい！
- ・スパコンでプログラムを動かしても速さがPCと変わらないんだけど、どうして？
- ・研究室のコンピュータではメモリが足りない！
- ・研究室の電気代高騰で困っている。
- ・コンピュータの管理は面倒。研究に専念したい。
- ・サービスしているアプリケーションを研究室から利用するにはどうすればいいの？

このような、スーパーコンピュータ利用に関する疑問や問題をお持ちの方、これから利用してみたいとお考えの方、一度相談してみたいかたがでしょうか。また、サイバーサイエンスセンター本館相談室には、各種マニュアル、書籍も揃えています。相談室での閲覧、貸し出し（一部の書籍、マニュアルを除く）も可能ですのでご活用ください。

**東北大学サイバーサイエンスセンター本館1階 利用相談室\***

所在地： 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3 （もよりのバス停は「情報科学研究科西」）

Tel : 022-795-6153 学内内線 92-6153

不在の場合は 022-795-3406 (3階共同利用支援係)

e-mail : sodan05@isc.tohoku.ac.jp

e-mail の場合、曜日、時間帯によっては返信に少しお時間をいただくことがあります。あらかじめご了承ください。

\*現在サイバーサイエンスセンターでは、新棟建設工事に伴い出入口が北側になっておりますのでご注意ください(p. 62参照)。

## 《新テクニカルアシスタントの自己紹介》

齋藤 敦子（さいとう あつこ）

東北大学情報部情報基盤課共同研究支援係 技術一般職員

本年度よりサイバーサイエンスセンター利用相談室で利用相談員を担当することになりました、齋藤と申します。担当は、水曜日（14～16時）です。

この春に技術職員となり、サイバーサイエンスセンターで働きはじめました。学生時代はC言語でプログラミング、前職ではOffice/Web/DBをベースにしたシステム開発を行っておりました。スーパーコンピュータ等の専門的な知識はまだ勉強中の身であり、微力ではありますが、本センターの豊富な資源/環境を有意義にご活用いただけるよう、少しでもみなさまのお手伝いできればと思っております。どうぞお気軽にご相談ください。よろしくお願いたします。

平成 26 年度利用相談日程と主な担当分野（サイバーサイエンスセンター本館）

曜日・時間		テクニカルアシスタント	主な担当分野
月	2-4時	佐々木大輔（情報基盤課共同研究支援係）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スーパーコンピュータ</li> <li>・並列コンピュータ</li> <li>・Fortran・大判プリンタ</li> </ul>
火	3-5時	山崎 馨（理学研究科）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリケーション（Gaussian）</li> <li>・並列コンピュータ</li> </ul>
水	2-4時	齋藤 敦子（情報基盤課共同研究支援係）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大判プリンタ</li> <li>・可視化システム</li> </ul>
木	3-5時	坂本 修一（電気通信研究所）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリケーション（MATLAB）</li> <li>・C/C++</li> </ul>
金	2-4時	小松 一彦（サイバーサイエンスセンター） 森谷 友映（情報基盤課共同研究支援係）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スーパーコンピュータ</li> <li>・並列コンピュータ</li> <li>・高速化（ベクトル化、並列化）</li> <li>・Fortran ・C/C++ ・大判プリンタ</li> </ul>
事前予約		山下 毅（情報基盤課共同利用支援係）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリケーション（Marc/Mentat 他）</li> <li>・高速化（ベクトル化、並列化）</li> <li>・Fortran ・負担金</li> </ul>
*上記以外の時間帯に面談・電話での相談を希望の方は、3階窓口（共同利用支援係）まで相談内容をお申し出ください。センター内担当者に取り次ぎます。			

平成 26 年度利用相談日程と担当分野（他機関）

大学名	相談場所・日時	テクニカルアシスタント	相談分野
弘前大学	理工学部 1 号館 324 号室 在室中随時	佐藤 裕之	スーパーコンピュータ, ログイン, ファイル, Fortran, ベクトル化, ASL
弘前大学	理工学部 2 号館 0404 室 月曜 16:00-18:00	宮本 量	ログイン, ファイル, Fortran, C/C++, Gaussian
秋田大学	理工学部 1 号館 336 室 木曜 13:00-15:00	田中 元志	スーパーコンピュータ, ログイン, ファイル, ジョブ操作, C/C++, MATLAB, 利用申請 メール
山形大学	情報ネットワークセンター（小白川キャンパス） 金曜 10:00-12:00	板垣 幸由	ログイン, サブネットワーク/スイッチ, TOPIC/インターネット（組織間接続）, メール, DNS, ウィルス対策ソフト, 迷惑メール対策, インシデント対応, サーバ証明書
	工学部 7 号館 245 号室 （米沢キャンパス） 火曜 14:30-16:30	高野 勝美	ログイン, ファイル, Fortran, MATLAB
	工学部学術情報基盤センター（米沢キャンパス） 在室中随時	鈴木 勝人	ログイン, Fortran, TOPIC/インターネット（組織間接続）, メール, ウィルス対策ソフト

## [報告]

## EMC' 14 報告

東北大学サイバーサイエンスセンター 江川隆輔

2014年5月13日から16日にかけて東京一橋講堂（学術総合センター内・東京都千代田区一橋）において、環境電磁工学国際シンポジウム”2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility(EMC'14/Tokyo)”が開催されました。本シンポジウムは1984年の初回開催以来、電子情報通信学会の主催により5年毎に開催されており、今回は第7回目、30周年の記念大会になります。約400名のEMC環境電磁工学に携わる世界第一線の研究者らが集い、当該分野の最先端の研究成果が発表されました。また、延べ19の企業・学術研究機関による最新の製品紹介、研究活動に関する展示も行われ、当センターもブース展示を行ってきました。当センターのブースでは、大規模科学計算システム、高速化支援活動の取り組みの紹介や、本学情報科学研究科林優一准教授、工学研究科今野佳祐助教らによる当センターのスーパーコンピュータを用いた研究成果を展示しました。ブースには100名を超える参加者が訪れ、有意義な議論、情報交換を行うとともに、新たなユーザーとの出会いにも恵まれました。



## [報告]

## 東北大学サイバーサイエンスセンター

## 「高性能計算技術 開発（NEC）共同研究部門」発足式及び祝賀会を開催

東北大学サイバーサイエンスセンターは、平成26年7月に「高性能計算技術開発（NEC）共同研究部門」を設置したことを記念して、平成26年7月9日に青葉記念会館において、発足式及び祝賀会を開催いたしました。

高性能計算技術開発（NEC）共同研究部門は、主にスーパーコンピュータのアーキテクチャやシミュレーション技術の高度化とその応用に関する研究および、計算機科学と計算科学の発展を担う人材の育成を目的として設置いたしました。

この共同研究部門は、東北大学と NEC との産学連携研究拠点と位置付け、将来の日本のスーパーコンピューティング環境の発展や産業競争力の向上に貢献していきたいと考えております。

発足式では、小林広明センター長の開会の挨拶に続き、進藤秀夫東北大学理事及び佐藤誠 NEC 執行役員からご挨拶をいただきました。

続いて、小林センター長による共同研究部門の紹介をはじめ、撫佐昭裕東北大学客員教授（NEC 第一官公ソリューション事業部長代理）から「プログラム高速化技術の研究開発」と題して、また愛野茂幸東北大学サイバーサイエンスセンター協力研究員（NEC ITプラットフォーム事業部第三サーバ統括部長）から「次世代スーパーコンピュータのアーキテクチャ研究開発」と題して今後の研究内容の方針を発表していただきました。

引き続き、発足式の後に行われた祝賀会では、庄司信一 NEC 執行役員常務のご発声で乾杯を行いました。終始和やかな雰囲気の中で、青木孝文副学長から、今後の NEC との産学連携が新しい次元で推進されることを祈念しますとのご挨拶をいただき、盛況のうちに閉会しました。



小林広明センター長による共同研究部門の紹介



全体の集合写真（祝賀会にて）

## [報告]

**東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システム  
(NEC SX-9)を活用した横浜ゴム(株)の音響シミュレーションの  
成果が世界最大規模のタイヤトレードショー「ライフエン 2014」で  
イノベーションアワードを受賞**

横浜ゴム(株)の今回の受賞は、従来の計算手法では計算精度に限界があったものを、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(藤井孝藏教授のグループ)が宇宙開発で培った高解像度の計算手法によって計算精度を高め、当センターのスーパーコンピュータ SX-9 を利用することで、世界で初めて実スケールに近いレベルで路面上を回転するタイヤ周りの空気の渦流れ構造(乱流)とそこから発生する音響波(騒音)を捉える流体音響シミュレーションに成功したことによるものです。

(参考) ライフェン 2014web ページ:

<http://www.reifen-messe.de/worlds-leading-fair-of-tire-industry/current-news/news-detail/innovation-award-presented-at-messe-essen.html>

[Web 版大規模科学計算システムニュースより]

大規模科学計算システムニュースに掲載された記事の一部を転載しています。 <http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp/tayori/>

## 新棟工事期間中の出入口等の変更について [再掲載・一部変更その2] (No. 169)

サイバーサイエンスセンターでは、本年1月より新棟工事を行っております。これに伴いセンター本館の出入口、駐車・駐輪場、入館可能時間等が変更になっております。また、駐車スペースに関しては1月当初のお知らせから変更がありましたのでご注意ください。工事期間中、皆さまにはご不便をおかけしますがご理解とご協力のほどよろしくお願い申し上げます。

工事期間 : 2014年1月22日(水)～9月末日(予定)

出入口 : 本館北側の出入口  
解錠時間 8:30～17:30  
(大判プリンタ等は従来どおり平日21:00まで利用可能ですが、17:30以降利用される方は、出入口にあるインターホンで守衛室までご連絡ください。)

駐車場\* : 本館ゲート附近(来客者用3台)  
\*駐車スペースが限られております。なるべく一般交通機関をご利用いただきますようご協力をお願いいたします。

駐輪場 : 本館北側の駐輪場(バイク, 自転車)

(会計係, 共同利用支援)





## MATLAB のバージョンアップについて (No. 171)

数値計算言語「MATLAB」のバージョンアップを行いましたのでお知らせいたします。

MATLAB は、アルゴリズム開発、データの可視化、数値計算を行うための高レベルなテクニカルコンピューティング言語と対話型環境です。MATLAB® を利用することにより、C、C++、Fortran といった伝統的なプログラミング言語よりも短時間で科学技術計算の問題を解決することが可能です。

バージョン名 : MATLAB R2014a (Ver. 8.3.0)  
バージョンアップ日 : 2014年 6月 16日 (月)  
サービスホスト : front.isc.tohoku.ac.jp (並列コンピュータ)  
起動コマンド : matlab (GUI 版)  
matlab -nosplash -nodesktop -nodisplay (テキスト版)

新機能の概要、機能の詳細については MathWorks 社のページをご覧ください。

[http://www.mathworks.co.jp/products/new\\_products/latest\\_features.html](http://www.mathworks.co.jp/products/new_products/latest_features.html)

(共同利用支援係)

## Gaussian 09, GaussView 5 の媒体貸出について (No. 171)

東北大学では Gaussian 09 および GaussView 5 のサイトライセンスを取得しており、東北大学内のコンピュータにインストールすることができます。東北大学所属の教職員または学生

の利用が可能です。インストール媒体を貸し出しますので、利用を希望される方は利用申請書を共同利用支援係（センター3階）までご提出下さい。

なお、インストール媒体の数が限られていますので、事前に共同利用支援係に電話かメールでご確認いただくようお願いいたします。

利用申請書は以下のリンクからダウンロードできます。

[http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp/application/word/gaussian\\_license.doc](http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp/application/word/gaussian_license.doc)

Gaussian 09 D.01 (Windows版、OS X版、Linux版、ソース版)

動作環境については以下のリンク先のページをご参照下さい。

Windows版 ([http://www.gaussian.com/g\\_prod/g09w.htm](http://www.gaussian.com/g_prod/g09w.htm))

OS X版、Linux版、ソース版 ([http://www.gaussian.com/g09\\_plat.htm](http://www.gaussian.com/g09_plat.htm))

GaussView 5.0.9 (Windows版、Linux版)

動作環境についてはリンク先のページをご参照下さい。

[http://www.gaussian.com/g\\_prod/gv5\\_plat.htm](http://www.gaussian.com/g_prod/gv5_plat.htm)

共同利用支援係連絡先 : 022-795-3406 , [uketuke@isc.tohoku.ac.jp](mailto:uketuke@isc.tohoku.ac.jp)

(共同利用支援係)

## 平成 26 年度講習会案内 [8 月、9 月開催分] (No. 171)

今後開催予定の、サイバーサイエンスセンター講習会をご案内いたします。教員、職員、学生等広い範囲の皆様に参加していただければ幸いです。

「ネットワークとセキュリティ入門」は、事務職員（非常勤職員も含む）の受講も歓迎します。

No.	名 称	開催日時	講 師	内 容 概 略
8	ネットワークとセキュリティ入門	8月6日(水) 13:30-16:00	水木 敬明 (サイバーサイエンスセンター)	・ネットワークの基本的な仕組み ・ネットワークの危険性と安全対策
9	Gaussian入門	8月29日(金)* 13:00-17:00	岸本 直樹 (理学研究科)	・Gaussian の基本的な使い方
10	Mathematica入門	9月3日(水) 13:00-17:00	横井 渉央 (情報科学研究科)	・Mathematica の基本的な使い方
11	Marc入門	9月4日(木) 13:00-17:00	内藤 英樹 (工学研究科)	・Marc の基本的な使い方

\* 「Gaussian 入門」の開催日は、当初の予定から変更になっていますのでご注意ください。  
プログラムは予定のものです。若干変更になる場合がありますのでお含みおきください。

(共同利用支援係)

## — SENAC 執筆要項 —

### 1. お寄せいただきたい投稿内容

次のような内容の投稿のうち、当センターで適当と判定したものを掲載します。その際に原稿の修正をお願いすることもありますのであらかじめご了承ください。

- ・一般利用者の方々が関心をもたれる事項に関する論説
- ・センターの計算機を利用して行った研究論文の概要
- ・プログラミングの実例と解説
- ・センターに対する意見、要望
- ・利用者相互の情報交換

### 2. 執筆にあたってご注意いただく事項

- (1)原稿は横書きです。
- (2)術語以外は、「常用漢字」を用い、かなは「現代かなづかい」を用いるものとします。
- (3)学術あるいは技術に関する原稿の場合、200字～400字程度のアブストラクトをつけてください。
- (4)参考文献は通し番号を付し末尾に一括記載し、本文中の該当箇所に引用番号を記入ください。
  - ・雑誌：著者、タイトル、雑誌名、巻、号、ページ、発行年
  - ・書籍：著者、書名、ページ、発行所、発行年

### 3. 原稿の提出方法

原稿のファイル形式はWordを標準としますが、PDFでの提出も可能です。サイズ\*は以下を参照してください。ファイルは電子メールで提出してください。

—Wordの場合—

- ・用紙サイズ：A4
- ・余白：上=30mm 下=25mm 左右=25mm 綴じ代=0
- ・標準の文字数（45文字 47行）

<文字サイズ等の目安>

- ・表題=ゴシック体 14pt 中央
- ・副題=明朝体 12pt 中央
- ・氏名=明朝体 10.5pt 中央
- ・所属=明朝体 10.5pt 中央
- ・本文=明朝体 10.5pt
- ・章・見出し番号=ゴシック体 11pt～12pt

\*余白サイズ、文字数、文字サイズは目安とお考えください。

### 4. その他

- (1)執筆者には、希望があれば別刷50部を進呈します。50部を超える分については、著者の実費負担とします。別刷の希望部数等は投稿の際に申し出てください。
- (2)投稿予定の原稿が15ページを超す場合は共同利用支援係まで前もってご連絡ください。
- (3)初回の校正は、執筆者が行って、誤植の防止をはかるものとします。
- (4)原稿の提出先は次のとおりです。

東北大学サイバーサイエンスセンター内 情報部情報基盤課共同利用支援係

e-mail uketuke@isc.tohoku.ac.jp

TEL 022-795-3406

## スタッフ便り

今年も早くも半分が終わり梅雨明けの待ち遠しい季節になりましたが、皆様はいかがお過ごしでしょうか。この間、サイバーサイエンスセンターでは、年明けからセンター本館前での新スパコン棟建設工事が本格的に始まり、4月には新並列コンピュータ・ファイルシステム・3次元可視化システムの導入・サービス開始、5月には新スパコンの決定、7月にはHPCに関する産学連携共同研究拠点として高性能計算科学技術開発(NEC)共同研究部門の新設・活動開始と、センターの今後の活動を支える重要な出来事が続いております。

3次元可視化システムは、壁いっぱいに張り巡らされたディスプレイにハイビジョンの立体画像を映し出すことができ、ネットワーク接続された遠隔の同様なシステム間でのコンテンツ共有することもできます。早速、東北大・阪大間で本システムを活用した遠隔セミナーを開催し、好評を得ています。

センターにとって今年の後半の大きなイベントは、もちろん、新スパコン棟の完成と新スパコンの導入・運用開始です。新スパコン棟の建設では、駐車場の大部分が利用できなくなり、センターにお越しになる方には大変な不便をおかけしておりますが、そこに設置される新スパコン NEC SX-ACE は現システム SX-9 の 25 倍以上の性能を有するもので、現在の長時間のジョブ実行時間待ちを解消し、より大規模・高速なシミュレーションを必要とするセンター利用の皆さんの計算需要に役立ててくれるものと大いに期待しているところです。暑い夏がもうすぐそこまで来ていますが、センター職員一同もまたセンターの今後を占うこの1年を熱い志で奮闘する毎日です。(H.K)

センターの職員として採用されて3年が経過しました。業務に慣れてきたということもあり、心にゆとりが少しずつ持てるようになってきました。個人的なことですが、前々から駅伝やマラソンをTVで見るとは走ってみたいなどと感化され、初ハーフマラソン(21.0975km)として5月に行われた仙台国際ハーフマラソンへ参加しました。ただ、アスリートのような練習どころか、事前に20kmを通して走れず不安でしたが、目標としていた完走をすることができました。また、仙台の街並みを気持ちよく見ることが出来たのが本当に良かったです。今度はもう少しトレーニングを積み、別の大会にも参加してみたいなどと無謀なりに思ってしまった。練習でのタイム走は現状を維持するのに精いっぱいですが、今秋に更新予定のスーパーコンピュータは現有と比較し25倍以上の性能なのでうらやましい限りです。このスーパーコンピュータをより多くの利用者に利用して頂けるよう邁進していきたいと思っております。(T.M)

### サイバーサイエンスセンター・情報部情報基盤課スタッフ 転入・転出・退職者のお知らせ

#### [転入]

2014. 7. 1 石谷 由岐子 (総務係・主任) 仙台高専企画室研究支援係(名取)主任より  
2014. 7. 1 枝松 敬志 (会計係・一般職員) 病院経理課契約第二係より

#### [転出]

2014. 6. 30 畠山 由紀子 (総務係・主任) 仙台高専企画室研究支援係(名取)主任へ  
2014. 6. 30 金山 志都 (会計係・主任) 加齢医学研究所・専門職員へ



写真上:整備中の青葉山新キャンパス  
写真下:センター新棟工事

### SENAC 編集部会

小林広明 曾根秀昭 水木敬明 後藤英昭  
江川隆輔 佐藤恵美子 高杉佳奈 大泉健治  
小野 敏 斉藤くみ子

平成 26 年 7 月発行

編集・発行 東北大学  
サイバーサイエンスセンター  
仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3  
郵便番号 980-8578

印刷 東北大学生協同組合  
プリントコープ

## システム一覧

計算機システム	機種
スーパーコンピュータ	SX-9
並列コンピュータ	LX 406Re-2

## フロントエンドサーバ

ホスト名	front.isc.tohoku.ac.jp
------	------------------------

## サービス時間

利用システム名等	利用時間帯
スーパーコンピュータ	連続運転
並列コンピュータ	連続運転
可視化機器室	平日 9:00~21:00
館内利用	平日 8:30~21:00

## スーパーコンピュータのジョブクラスと制限値

計算機システム	処理方法	キュー名	CPU 時間制限 [時間]	メモリ容量 [GB]
スーパー コンピュータ SX-9	会話型処理	- (4cpu)	1	8
	バッチ処理	ss (4cpu)	1	256
		s (4cpu)	無制限	32
		p8 (8cpu)	〃	512
		p16 (16cpu)	〃	1024
		p32 (32cpu)	〃	1024×2
		p64 (64cpu)	〃	1024×4

## 並列コンピュータのジョブクラスと制限値

計算機システム	処理方法	キュー名	利用ノード数 (コア数)	時間制限 [時間]	メモリ容量 [GB]
並列コンピュータ LX 406Re-2	会話型処理	-	1 (6)	1 ※2	8
	バッチ処理 ※1	ns	1 (1)	無制限	5
		nh	1 (24)	1 ※3	128
		n1	1 (24)	無制限	128
		n6	6 (144)	〃	128×6
		n12	12 (288)	〃	128×12
		n24	24 (576)	〃	128×24
		mg (アプリケーション専用)	1 (24)	〃	128

※ 1. 2ノード以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必須

※ 2. CPU時間の合計時間

※ 3. 経過時間

# 目次

東北大学サイバーサイエンスセンター

大規模科学計算システム広報 Vol.47 No.3 2014-7

[お知らせ]	
ベクトル型スーパーコンピュータ「SX-ACE」の導入を決定 .....	1
スーパーコンピュータシステムの更新について(1) .....	3
東北大学と NEC、次世代スーパーコンピュータ技術の共同研究部門を開設 .....	5
[大規模科学計算システム]	
LX 406Re-2 のハードウェア .....	島本浩樹 7 小林公雄 長沢富人
三次元可視化システムの利用法 .....	桐山智文 15 朝倉博紀 庄司岳史
[共同研究成果]	
航空機エンジン排気ジェットと後流渦の相互作用の解析 .....	三坂孝志 27 佐々木大輔 大林茂 中橋和博
[資料]	
MATLAB Graphical User Interface 開発環境 GUIDE について .....	陳国躍 37 共同利用支援係
[利用相談室便り]	
平成 26 年度の利用相談について .....	57
[報告]	
EMC' 14 報告 .....	江川隆輔 59
東北大学サイバーサイエンスセンター 「高性能計算技術 開発(NEC)共同研究部門」発足式及び祝賀会を開催 .....	60
東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システム(NEC SX-9)を 活用した横浜ゴム(株)の音響シミュレーションの成果が世界最大規模の タイヤトレードショー「ライフエン 2014」でイノベーションアワードを受賞 .....	61
[Web 版大規模科学計算システムニュースより]	
新棟工事期間中の出入口等の変更について[再掲載・一部変更その 2] (No.169) .....	62
MATLAB のバージョンアップについて(No.171) .....	63
Gaussian 09, GaussView 5 の媒体貸出について(No.171) .....	63
平成 26 年度講習会案内[8 月、9 月開催分] (No.171) .....	64
執筆要項 .....	65
スタッフ便り .....	66