ISSN 0286-7419

TOHOKU
UNIVERSITY

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.43 No.1 2010–1

Supercomputing System
Cyberscience Center
Tohoku University
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 月～金
一階	共同利用支援係 (受　付)	022-795-3406(3406) FAX:022-795-6099 uketuke@isc.tohoku.ac.jp	各種申請書、講習会、利用相談、広報、センターへの質問や要望の受付等	8:30～17:15
	利用相談室	022-795-6153(6153) sodan05@isc.tohoku.ac.jp	計算機利用に関するプログラミング、ライブラリ、アプリケーション、統計解析、ネットワーク等の相談	14:00～16:00
	利用者談話室	(3444)	各センター広報の閲覧	8:30～21:00
	利用者入出力室	(3443)	大判プリンタ、DAT装置等の利用	8:30～21:00
三階	庶務係	022-795-3407(3407) syomu@isc.tohoku.ac.jp	庶務に関すること	8:30～17:15
	会計係	022-795-3405(3405) kaikei@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	022-795-6251(6251) uketuke@isc.tohoku.ac.jp	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)	8:30～21:00

(　) 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ト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。

［巻頭言］

変革の時代を迎えて

新年あけましておめでとうございます。新年の門出にあたり、一言ご挨拶申し上げます。

昨年は、変革の波が押し寄せ、これまでの価値観とは違った新しい視点で多くのことの見直しが行われました。特に、年末は事業仕分けで一躍「次世代スパコン」が注目されましたが、「次世代スパコン」をめぐっては、いろいろな方がいろいろな立場でそれぞれの「スパコン観」を語り、「迷走」にさらに拍車をかけたようにも思います。

スーパーコンピュータの研究開発は我が国の技術力を高めるとともに、世界最高クラスのスーパーコンピュータを整備･活用することは､計算科学分野の発展、産業界において国際競争力のある製品開発､さらには安全･安心な社会作りに必要不可欠であることから、今後も長期ビジョンに基づいた国家政策として継続的な取り組みが求められるものです。しかしながら、今回は TOP500 で 1 位になることだけがマスコミを通じて取り上げられ､本来の目的が正しく世間に伝えられなかったのは非常に残念でした｡TOP500 でのランキングは1つの尺度であり、そこでの 1 位が必ずしも計算科学分野でオールマイティに役に立つスーパーコンピュータを意味するものではありません｡加えて､一連の議論の中で「ベクトルスパコン」に対する理解・認識はひどいもので､例えば､以下のような意見があちこちから発せられました。

１．「ベクトルスパコン」は使われていない・役に立っていない
２．ベクトル型はなくなり世界の情勢は今後ますますスカラの並列型に移行

１については、本センターのベクトル型スーパーコンピュータ SX-9 をご活用され、世界的に Only 1 の成果を数多く生み出されていらっしゃる利用者の皆さんは世間(専門家?)の認識が不十分であることはご理解いただけると思いますが、２．についても、いまやスカラプロセッサや GPU 等もベクトル型の計算機構にその高性能性を求めており、さらに、Intel や IBM の次の世代のプロセッサでは、SX-9 のプロセッサアーキテクチャと同様に、ベクトル演算機構をプロセッサ内部に持つスカラ･ベクトル混合型のアーキテクチャに移りつつあります｡利用者の皆さんの中には、NEC が理研の「次世代スパコン」の製造段階から撤退し、ベクトル型スーパーコンピュータの今後を心配されている方も多いと思いますが､NEC は昨年秋に行われたスーパーコンピュータに関する世界最大の会議 SC09 において､次期 SX(SX-X)のロードマップを発表しました。もちろん、ベクトル型スーパーコンピュータにおいてもシステムレベルでの並列処理は重要で、ベクトル型演算機構により高いデータ処理能力をプロセッサレベルで実現し､さらにそれらを超並列処理でスケールさせることによりペタからエクサへと高性能計算を実現する方式は､今後もスーパーコンピュータシステム開発の大きな流れの１つになると思っております。

事業仕分けの結果、次世代スパコンプロジェクトはこれまでの開発側の視点でのものから、利用者視点の開発に見直されました。我が国のスパコンの多様性、ユーザの多様性を考え、既存のベクトル、スカラ、GPU 等を有機的に連携・発展させて我が国の HPC 基盤を重層的に強化させ、研究室レベルの計算環境で開発されたアプリケーションを段階的に、基盤センターレベルのスパコン、そして地球シミュレータや理研の次世代スパコンへと展開していくような環境作りが重要であると考えております。

2010 年 4 月からは、国内の共同利用型スーパーコンピュータを有する 8 大学（北海道大学、東北大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学）の基盤センターが連携したネットワーク型の共同利用・共同研究拠点活動が開始されます。その具体的内容については、随時拠点の web や SENAC 等でご案内しますが、我が国の HPC 環境の入り口として 8 大学の連携活動はますます重要なものとなると考えております。サイバーサイエンスセンターは常に我が国をリードする優れた高性能計算サービスを提供できるよう全力で取り組んで参りますので、本年も引き続き皆様の御理解と御支援を賜りますようお願い申し上げます。

サイバーサイエンスセンター
センター長　小林広明

［お知らせ］

並列コンピュータシステムの更新について(1)

共同利用支援係、共同研究支援係、スーパーコンピューティング研究部

並列コンピュータシステムを 2010 年 4 月に更新することが決定しました。新システムは、ベクトル並列演算サーバとスカラ並列演算サーバ(共に日本電気(株)製)から構成されるハイブリッド型並列コンピュータシステムです。ベクトル型サーバの演算性能は 3.2TFLOPS で、既存のスーパーコンピュータシステムとあわせると、大規模科学計算システム全体の総ベクトル性能は 29.4TFLOPS となります。スカラ型サーバはこれまで運用していたスカラサーバ TX7/i9610 の 1.4 倍の性能を有しています。

■ベクトル並列演算サーバ　SX-9/32H2

【ハードウェア】

ノード数	2 ノード
CPU	ベクトルプロセッサ 32 台
演算性能	3.2 TFLOPS
主記憶容量	2048 GBytes

【ソフトウェア】

OS	SUPER-UX(UNIX)
プログラミング言語	FORTRAN90(ベクトル化・自動並列化・OpenMP)
	C/C++(ベクトル化・自動並列化・OpenMP)
メッセージパッシングライブラリ	MPI
数値計算ライブラリ	ASL

■スカラ並列演算サーバ　Express5800

【ハードウェア】

ノード数	6 ノード
CPU	Intel Xeon
主記憶容量	3072 GBytes

【ソフトウェア】

OS	Red Hat Enterprise Linux
プログラミング言語	Fortran95(自動並列化・OpenMP)
	C/C++(自動並列化・OpenMP)
メッセージパッシングライブラリ	MPI
数値計算ライブラリ	ASL

【アプリケーションソフトウェア】

分子軌道計算ソフトウェア	Gaussian
統合型数値計算ソフトウェア	Mathematica
汎用構造解析プログラム	MARC/Mentat
対話型解析ソフトウェア	MATLAB
統計解析システム	SAS

並列コンピュータシステムの更新について(2)

ー移行スケジュールー

１．並列コンピュータシステム更新の移行スケジュール

現並列コンピュータ TX7/i9610 、SX-7C の運用は平成 22 年 3 月 12 日(金)で終了します。また、スーパーコンピュータ SX-9 はシステムのバージョンアップのため、同じく 3 月 12 日(金)に停止します。

今回、システム更新と同時に、空調機、トランスの更新も行うため、長期にわたりサービスを停止いたします。停止期間中、ユーザの皆様にはご不便をおかけしますがご理解とご協力をお願いいたします。なお、3 月 12 日(金)のサービス終了時点で終了していないジョブは、4 月 9 日(金)以降再投入願います。

＜停止期間＞

- 並列コンピュータ、スーパーコンピュータ
  3 月 12 日(金)18:00 ～ 4 月 9 日(金) 9:00

現システムで利用しているパスワードとホームディレクトリ下のファイルは、そのままの状態で新システムへ移行いたします。

新システムの移行スケジュール

	3/12(金)		4/9(金)		4/16(金)
現並列コンピュータシステム	18:00 まで運用	サービス終了			
スーパーコンピュータシステム	18:00 まで運用	運用停止	9:00～試験運用		9:00～正式運用
新並列コンピュータシステム			9:00～試験運用		9:00～正式運用

２．試験運用期間

新並列コンピュータ、スーパーコンピュータは 4 月 9 日(金)～4 月 16 日(金)まで、試験運用期間になります。なお、試験運用期間中の演算負担金は課金対象にいたしません。

利用方法等の詳細は「大規模科学計算システムニュース」および本センターウェブサイト(http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp/)にて、順次お知らせいたします。

更新に関するご質問は共同研究支援係までお願いいたします。
Tel　：　022-795-6252
E-mail:　sys-sec@isc.tohoku.ac.jp

［共同研究成果］

星間雲形成における部分電離の効果

松本緑[1]、寺田直樹[1]、小野高幸[1]
1：東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

本稿では、星間雲の形成過程における部分電離の効果を検討する。そのために、中性ガスの磁場凍結を仮定した理想 MHD シミュレーションと中性ガスと電離ガスの 2 流体シミュレーションの比較を行う。磁場強度、傾度についてのパラメータスタディの結果、パラメータに依らず、星間雲の形成に対して部分電離の影響は小さく、磁場が大きな抑制効果をもつことが示される。本研究はまた、従来の理想 MHD シミュレーションが星間雲の形成を議論する上で有効であることを示唆する。

1. はじめに

星は分子雲から生まれる。分子雲の形成・進化と星の誕生とは不可分な問題であるので、われわれはまず星間空間における分子雲の形成過程について解明し、最終的には分子雲の形成から星の誕生までを一貫して理解したいと考えている。本稿で紹介するのは、分子雲形成過程における部分電離の効果に関する研究である。

星間雲形成機構

星間媒質は多相性をもち、数密度、温度などにより 5 相に分類される（図 1）。このうち本稿で着目するのは、原子ガス、原子雲、分子雲の 3 つである。分子雲は原子雲の一部として存在し、紫外線が届かなくなるくらい光学的に“深い”場所で形成される。本研究では両者を区別せず、以下星間雲と呼ぶ。星間雲の形成の発端は、星間空間に存在する様々な原子ガスの圧縮過程である（例：超新星爆発、星の重力ポテンシャル、恒星風、乱流）。一般に衝撃波による圧縮は高々4 倍程度であるが、星間空間では衝撃波圧縮により励起した熱不安定が 2-3 桁のガスの凝集を促す（図 2a）。

図 2b に熱不安定の原理を示す。熱不安定の主たる駆動源は電離炭素原子の輝線放射冷却である。まず、周囲より強い冷却を受けて圧力が低下すると、圧力バランスを保つために周囲からガスが凝集する。するとそこでは冷却源である炭素原子が増加するため、さらに強い冷却が働く。熱不安定とはこのように冷却と凝集が非線形に進行する現象で、原子ガスの圧縮から熱不安定の発達までが星間雲形成の基本的な描像である。

星間雲形成における磁場の働き

磁場の存在は、先述の星間雲形成の描像を修正する。つまり、熱不安定による原子ガスの凝集は磁場の増幅を伴うため、増強した磁気圧が凝集の抵抗力として働くようになるのである。この場合、炭素原子による冷却はガスの熱圧の減少として表れ、それに応じて低密度のガス塊が形成される（図 2a）。こうして磁場は星間雲形成を抑制する。Hennebelle & Perault は 1 次元理想 MHD シミュレーションを行い、雲が形成されるのは星間ガスの圧縮の方向と磁力線のなす角が 20-30 度以下の場合に限定されることを示している[1]。

多くの先行研究が理想 MHD シミュレーションを用いて星間雲形成に対する磁場の影響を検討している。それらは、電離度の十分高い星間媒質においては、中性ガスは衝突によって電離ガスと完全にカップリングするため、電離ガスと同様に完全に磁力線に凍結する、という過程に基づいている。一方、部分電離ガスの凝集においては、中性ガスと電離ガスのカップリングが不十分なため磁力線が中性ガス塊からすり抜けることにより（ambipolar diffusion）、星間雲形成に対する磁場の抑制効果は軽減されると予想される。

本研究の目的

Inoue et al. は中性ガスと電離ガスの 2 流体計算を行い、初期に熱的に不安定状態にあるガスの凝集に対して ambipolar diffusion が効率良く働くことを示した[2]。一方、圧縮層において発達する熱不安定に対しては、ambipolar diffusion は働かないことが明らかになった[3]。これらの研究を受けてわれわれは、部分電離媒質における星間雲形成についてその基礎プロセスから解明し、磁場の強度と傾度という 2 つのパラメータ毎に ambipolar diffusion の働き方を調べた。

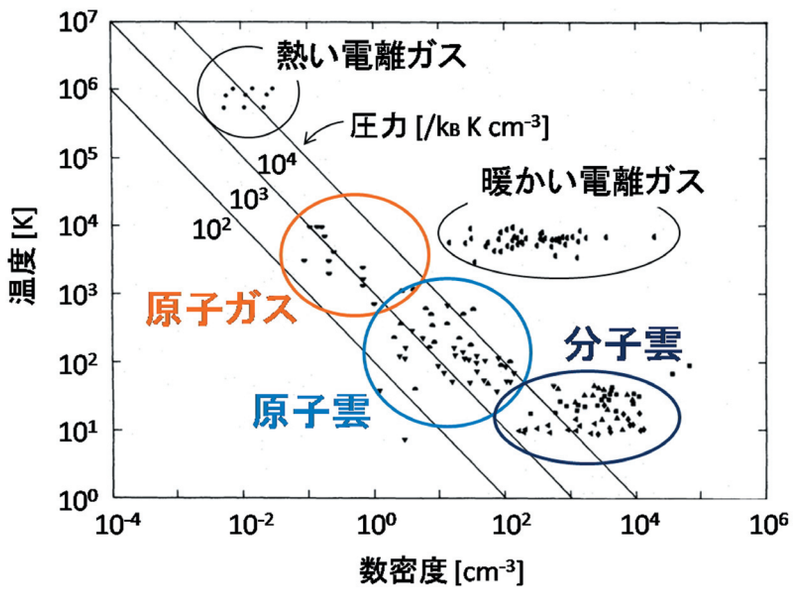


図 1　星間媒質は熱い電離ガス（Hot ionized medium; HIM）、暖かい電離媒質（Warm ionized medium; WIM）、原子ガス（Warm neutral medium; WNM）、原子雲（Cold neutral medium; CNM）、分子雲（Molecular cloud）の 5 つに分類される。

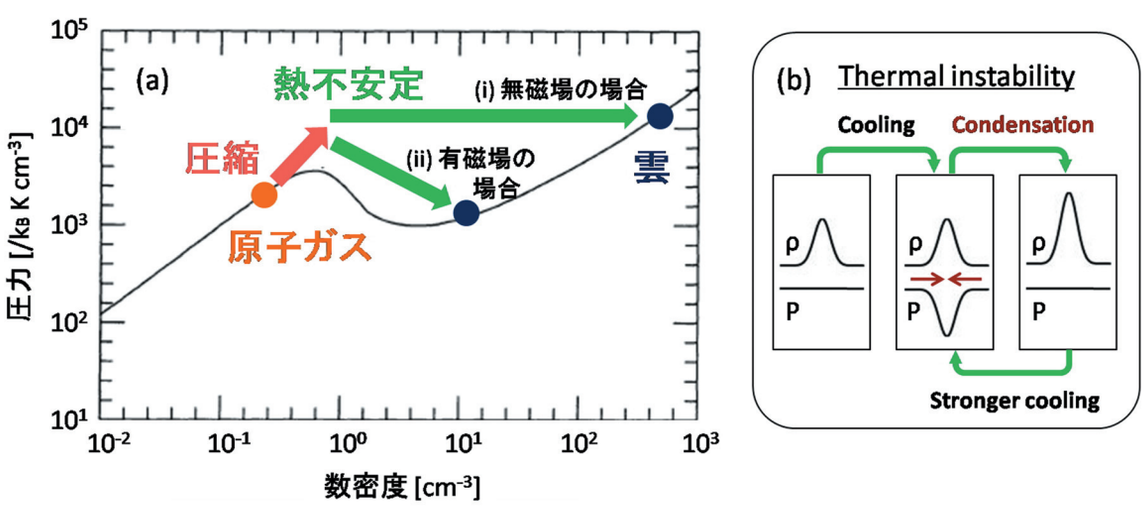


図 2　(a)星間雲の形成の概要。(b)熱不安定の原理。

2. 数値計算の方法

2.1 基礎方程式

星間雲形成に対する部分電離の効果を調べるために、中性ガスの磁場凍結を仮定した理想 MHD シミュレーションと中性ガスと電離ガスの 2 流体シミュレーションの比較を行う。本節では、2 流体シミュレーションの基礎方程式を示す。中性流体と電離流体の運動は、電荷交換反応、摩擦力、摩擦による加熱を通して結びついている。また、中性流体のエネルギー方程式に放射冷却、加熱、熱伝導が入る。

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\rho_n u_n\right) = m_n\left(\alpha n_i{}^2 - \xi n_n\right), \tag{1}$$

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\rho_i u_i\right) = m_i\left(\xi n_n - \alpha n_i{}^2\right), \tag{2}$$

$$\frac{\partial \rho u_n}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(p_n + \rho u_n u_n + \rho u_n v_n + \rho u_n w_n\right) = A_c \rho_n \rho_i \left(u_i - u_n\right), \tag{3}$$

$$\frac{\partial \rho \mathbf{v}_i}{\partial t} + \nabla \cdot \left(p_i + \frac{B^2}{8\pi} + \rho \mathbf{v}_i \mathbf{v}_i - \frac{1}{4\pi}\mathbf{BB}\right) = A_c \rho_n \rho_i \left(\mathbf{v}_n - \mathbf{v}_i\right), \tag{4}$$

$$\frac{\partial e_n}{\partial t} + \nabla \cdot \left[\left(e_n + p_n\right)\mathbf{v}_n\right] = \nabla \cdot \kappa \nabla T - \rho_n L + \frac{A_c \rho_n \rho_i}{m_n + m_i}\left[m_i\left(\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_n\right)^2 + 3k_B\left(T_i - T_n\right)\right], \tag{5}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(e_i + \frac{B^2}{8\pi}\right) + \nabla \cdot \left[\left(e_i + p_i\right)\mathbf{v}_i + \frac{\mathbf{E}\times\mathbf{B}}{4\pi}\right] = \frac{A_c \rho_n \rho_i}{m_n + m_i}\left[m_n\left(\mathbf{v}_n - \mathbf{v}_i\right)^2 + 3k_B\left(T_n - T_i\right)\right], \tag{6}$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times \left(\mathbf{v}_i \times \mathbf{B}\right), \tag{7}$$

ここで、添え字 n と i は中性ガスと電離ガスを表す。記号 ρ は質量密度、n は数密度、$\boldsymbol{v}$ は速度、p は圧力、T は温度、$\boldsymbol{B}$ は磁場、$e = \rho v^2/2 + p/(\gamma\text{-}1)$は単位体積当たりの総エネルギーである。特性熱比 γ は 5/3 とし、理想気体を仮定する（$p = nk_BT$）。また各流体の組成は、水素 91%とヘリウム 9%を仮定する（$m_n = m_i = 1.27\ m_{proton}$）。記号 ξ は電離度[4]、α は再結合係数[5]、A_c は衝突係数[6]、L は冷却関数[7]、κ は熱伝導係数[8]を表す。

2.2 モデル

衝撃波による星間原子ガスの圧縮を再現するために、初期条件として、静止した一様な原子ガス中をフローが伝搬するモデルを考える（図 3a）。中性原子ガスの数密度、圧力はそれぞれ $n_n = 0.30$ cm^{-3}、$p_n = 2000$ K cm^{-3} で、フェイズダイアグラム上の位置は図 4 の黒丸である。電離ガスの状態は、中性ガスとの電離平衡、温度平衡によって $n_i = 0.0057$ cm^{-3} and $T_i = 6700$ K と仮定する。パラメータフローの速度は $v_n = v_i = 25.5$ km/s、音速に対するマッハ数 $M_s = v/c_s = 3$ で、左端境界から流れ込み続ける。右端境界は自由境界とし、十分に大きな計算領域を確保する。

以上のような初期状態から計算を進めると、まずフローは fore shock と reverse shock のペアを形成し、原子ガスを圧縮する（図 3b）。同時に熱不安定が励起し、ガスの圧縮層の中心でさらに凝集が進む。圧縮層中心部の凝集は、凝集ガスが熱的に安定な状態に達するまで続く（図 3c）。次章では、この凝集ガスがフェイズダイアグラム上でどのような経路をたどり雲へと進化するのかということに焦点を当てて議論する。

本研究では、磁場の強度と傾度という 2 つのパラメータについて雲のでき方を調べる（表 1）。β は磁気圧と中性ガスの熱圧の比（$\beta \equiv p_n/p_{mag}$）、θ は衝撃波法線からの磁力線の傾きである（$\theta \equiv$

B_z/B_x)。磁場強度、傾度を変化させた 6 ケースについてそれぞれ理想 MHD 計算と 2 流体計算を行う。また磁場のない場合についても理想 MHD 計算で調べる。

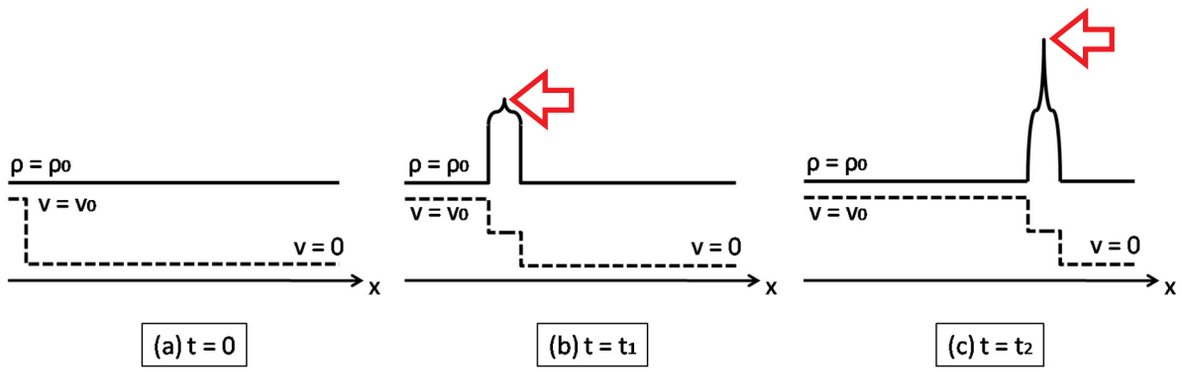


図 3　初期状態(a)と時間進化の概略(b, c)。太線は密度場を破線は速度場を表す。

表 1　パラメータ

磁場パラメータ			理想 MHD			2 流体		
B [μG]	β	θ	雲数密度 [cm^{-3}]	雲形成時間 [Myr]	Run	雲密度 [cm^{-3}]	雲形成時間 [Myr]	Run
0	∞	—	284	2.5	1-1			
0.65	16	90°	—	—	2-1	33	14	2-2
0.65	16	60°	71	4.4	3-1	67	4.6	3-2
0.65	16	30°	157	3.1	4-1	137	2.9	4-2
0.081	1024	90°	18	2.5	5-1	28	2.5	5-2
0.081	1024	60°	23	2.5	6-1	36	2.4	6-2
0.081	1024	30°	47	2.4	7-1	69	2.4	7-2

3. 結果

3.1　β = 16 の場合

図 4a は β = 16 の場合について、凝集ガス（図 3 の赤矢印）のフェイズダイアグラム上の進化を示している。無磁場の場合は図 2 で示したように、衝撃波によって圧縮されたガスが、熱不安定によってほとんど等圧のまま熱的に安定な状態に達していることがわかる（Run 1-1; 黒い細線)。このとき 2.5 Myr のうちに数密度 284 cm^{-3} の雲ができる。一方、磁場の存在は雲の数密度を減少させたり、場合によっては雲の形成そのものを妨げる。理想 MHD 計算 θ = 90°の場合がその例で、一旦圧縮されたガスはほとんど凝集せずに圧力だけが減少して $n_n = 2.5$ cm^{-3} and $T_n = 1013$ K の状態に収束する（Run 2-1; 赤い細線)。

理想 MHD と 2 流体の計算を比較すると、θ = 90°の場合は 2 流体でのみ雲が形成する(Run 2-2)。これは明らかに ambipolar diffusion が働いたことを示している。しかしながら、θ ≠ 90°の場合には、理想 MHD 計算と 2 流体計算の結果との間に違いはない（Run 3-1 と 3-2; Run 4-1 と 4-2)。その理由は、磁気圧が磁力線垂直方向のガスの運動を抑制したことにある。磁力線に沿って進むガスの凝集は、そもそも ambipolar diffusion による磁力線のすり抜けを誘起しない。

3.2　β = 1024 の場合

図 4b は β = 1024 の場合の凝集ガスのフェイズ進化経路である。理想 MHD と 2 流体の結果を比較すると、β = 16 の場合と違って傾度 θ が 90°か否かに関わらず同様の様相を呈している。つまり、衝撃波による圧縮後、しばらくは無磁場の場合と同じ経路をとって凝集が進む。進化の後半で磁気圧が効き始めるとき、2 流体の場合には磁場による密度抑制の効果が緩和される。これが β = 1024 の場合の ambipolar diffusion の働き方である。

β = 16 の場合と異なり θ ≠ 90°の場合にも ambipolar diffusion が働くのは、弱い磁気圧が磁力線垂直方向にも凝集を許すからである。それでもなお、無磁場の場合と比べると形成した雲の数密度が低いのは、磁力線が ambipolar diffusion によって凝集ガス塊からすり抜けるよりも、熱不安定によってガス塊に集められる方が効率よく進むからである。初期磁場の 64 倍の初期磁場強度の違いにも関わらず、形成した雲の磁場強度が同程度であることも、このことを示している。

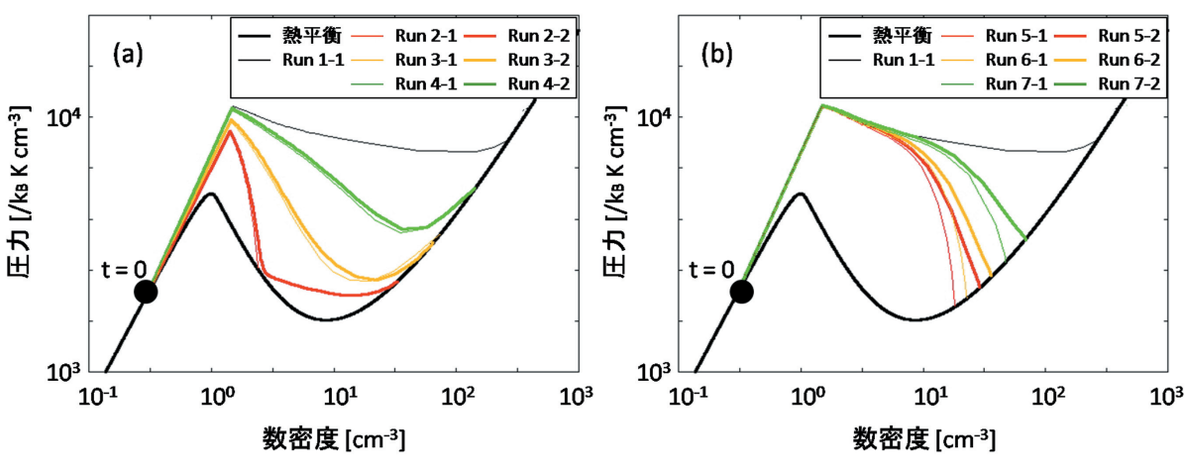


図 4 凝集ガス（図 3 の赤矢印）のフェイズダイアグラム上の進化（a: β = 16 の場合; b: β = 1024 の場合）。黒い太線は熱平衡状態、その他の線は計算結果で、太線が 2 流体計算の結果を、細線が理想 MHD 計算の結果を示す。黒い細線は無磁場の場合（Run 1-1）、赤線、黄線、緑線は θ = 90°, 60°, 30°の場合をそれぞれ表している。

4.　まとめ

中性ガスの完全磁場凍結を仮定した理想 MHD シミュレーションと中性ガスと電離ガスの 2 流体シミュレーションの比較を行うことによって、星間雲の形成における部分電離の効果を究明した。磁場強度、傾度についてのパラメータスタディの結果、パラメータに依らず、星間雲の形成に対して部分電離の影響は小さく、磁場が大きな抑制効果をもつことが明らかになった。

1. β = 16 の場合　傾度 θ が 90 度でない限り ambipolar diffusion は起こらない。これは磁気圧が磁力線垂直方向のガスの凝集運動を禁止するためである。磁力線に沿って進むガスの凝集は、そもそも ambipolar diffusion による磁力線のすり抜けを誘起しない。
2. β = 1024 の場合　傾度 θ によらず、進化の後半で ambipolar diffusion が働き、雲の密度を増加させる。これは、β = 16 の場合と異なり、弱い初期磁場が磁力線垂直方向のガスの運動を許容することによる。ただし、ambipolar diffusion による磁力線の凝集ガス塊からのすり抜けは、熱不安定による磁場増幅に比べて効率が悪いため、磁場に依る雲形成抑制効果は依然強く残る。その結果、形成する雲の密度は無磁場の場合のそれと比べると低くなる。

本研究は、2 次元 2 流体シミュレーションの先行研究[3]を補完する役割を担う。すなわち、1 次元 2 流体シミュレーションを用いてパラメータスタディを行うことにより、パラメータ毎の星間雲の形成の基礎過程を解明した。本結果は、星間雲の形成を議論する上では理想 MHD シミュレーションが有用であることを示唆する。

謝辞

本研究は東北大学サイバーサイエンスセンターとの平成２０年度共同研究 課題「惑星磁気圏における波動粒子相互作用についての計算機実験」を進める中で得られた成果であり、シミュレーションコードの開発にあたっては同センターとの共同研究として進められた。共同研究を通じて有益な助言と多くの協力をいただき、本シミュレーションコードの SX-9 での演算性能の向上において大きな効果を得ることができた。

参考文献

[1] Hennebelle, P., and M. Perault, Dynamical condensation in a magnetized and thermally bistable flow Application to interstellar cirrus, *A&A*, **359**, 1124-1138, 2000.

[2] Inoue, T., S. Inutsuka, and H. Koyama, The role of ambipolar diffusion in the formation process of moderately magnetized diffuse clouds, *ApJ*, **658**, L99-L102, 2007.

[3] Inoue, T., and S. Inutsuka, Two-fluid magnetohydrodynamic simulations of converging HI flows in the interstellar medium. I. Methodology and basic results, *ApJ*, **687**, 303-310, 2008.

[4] Wolfire, M. G., D. Hollenbach, D. F. Mckee, A. G. G. M. Tielens, and E. L. O. Bakes, The neutral atomic phases of the interstellar medium, *ApJ*, **443**, 152-168, 1995.

[5] Shapiro, P. R. and H. Kang, Hydrogen molecules and the radiative cooling of pregalactic shocks, *ApJ*, **318**, 32-65, 1987.

[6] Glassgold, A. E., P. S. Krstić, and D. R. Schultz, H^+ + H scattering and ambipolar diffusion heating, *ApJ*, **621**, 808-816, 2005.

[7] Koyama, H. and S. Inutsuka, An origin of supersonic motions in interstellar clouds, *ApJ*, **564**, L97-L100, 2002.

[8] Parker, E. N., Instability of thermal fields, *ApJ,* **117**, 431-436, 1953.

［共同研究成果］

超音速複葉機の3次元翼形状設計

丸山大悟[1]，松島紀佐[2]，楠瀬一洋[3]，中橋和博[1]
[1]東北大学大学院工学研究科，[2]富山大学大学院理工学研究部(工学)
[3]元東北大学流体科学研究所，現在防衛省技術研究本部

衝撃波，膨張波を複葉翼の翼間で相殺することで，超音速飛行特有のソニックブーム，造波抵抗を大幅に低減することが可能となる Busemann 複葉翼について，数値流体力学（CFD）と逆問題設計法を用いて実用化に向けての空力性能改善を行った．ここでは東北大学サイバーサイエンスセンターの SX-9 を用いて得られた結果の概要を述べる．

1.　はじめに

唯一の超音速旅客機であったコンコルドが 2003 年にその航行を終えた．現在超音速旅客機の研究は日本や欧米において行われてはいるが，実用化には至っていない．このような状況下で，近年航空機輸送の需要はますます高まってきており，大型化，高速化が求められている．超音速旅客機実現へ向けての大きな問題としては，地表に大きな爆音をもたらすソニックブームと，消費燃料効率の低下を招く多大な造波抵抗がある．両者は共に超音速飛行時特有の現象であり，航行時の強い衝撃波・膨張波に起因しており，将来の超音速飛行実現のためにはこれらを低減する他はない．機体をビジネスジェットクラスに小型化することで，上記の問題は共に低減できることが示されているが，コンコルドのような大型超音速旅客機においては，未だ大きな解決の糸口は見つかっていない．

1935 年に A.Busemann によって示された Busemann 複葉翼がある[1]．これは複葉の翼間で衝撃波と膨張波を干渉させることで両者を相殺し，ソニックブーム，造波抵抗を大幅に低減することができるという翼である．Busemann 複葉翼について 1970 頃までに幾つかの研究が行われてきたが，残念ながら実現には至っていない．2004 年に楠瀬博士（元東北大学流体科学研究所招聘教授）によって，Busemann 複葉翼の理論を用いた超音速旅客機の研究が東北大学において始まった[2,3]．この 50 年間に進歩した計算機や数値計算技術を用いて，実用的な超音速旅客機を提案しようというのがこの研究の目的である．

本稿では数値流体力学（CFD）と逆問題設計法を用いた 3 次元複葉翼設計と，将来的な機体形状を考慮しての胴体と複葉翼との干渉計算結果の例を紹介する．流体計算には TAS code (Tohoku Aerodynamic Simulation code)[4-7]を用いており，本稿では全て非粘性解析の結果について議論する．また，複葉翼の巡航マッハ数は 1.7 を想定しており，本稿では全てマッハ数 1.7 での解析結果である．

2.　逆問題設計法を用いた翼形状設計

逆問題設計法とは，得られたい圧力分布を実現する翼型を設計する手法である．本研究においては，ある複葉翼形状を初期形状とし，空力性能改善を目指して設定した圧力分布を実現する形状を設計する．逆問題設計法の原理は超音速流における薄翼理論を用いており，微小擾乱の形式とすることで，複葉翼といった干渉効果のある場合においても，目標とする圧力分布に実現することが期待される[8,9]．まず 2 次元翼型断面を設計し，その翼型を 3 次元形状に適用し，その 3 次元翼に対してさらにスパン方向各 10 断面逆問題設計を行うことで，翼形状の修正を行った．本稿では設計された 2 次元翼型断面[10]を用いた 3 次元翼形状を初期形状とし，上下各翼の 10 断面において，新たに目標圧力分布を設定することで設計を行った結果について紹介する．

まず初めに Busemann 複葉翼について概要を述べる．1 章でも述べた通り，Busemann 複葉翼はその翼間で衝撃波と膨張波を干渉させることでそれぞれの波を相殺し，結果的にそれらの波に

起因するソニックブーム，造波抵抗を大幅に減少させることができる翼型である．この翼型を 3 次元翼に拡張したものを図 1 に示す. 翼型は楔形の三角形形状で, 互いの肩の部分を内側に向け，翼の前縁から生じた衝撃波が肩から生じる膨張波と干渉するように，翼間が決定されることになる．これは前縁から生じる衝撃波の角度が，流入マッハ数と前縁の楔角の角度で一意に決まるためである．Busemann 複葉翼は体積に依存する造波抵抗を大幅に低減することができる．また 1955 年に，Licher により揚力を持った場合に，Busemann 複葉翼の体積に依存する造波抵抗の低減だけでなく，揚力に依存する造波抵抗をも低減することができる複葉翼が提案された[11]. この翼型は実用的な揚力を持つ場合において最適な翼型の一つであると考えられ，この翼型を Licher 複葉翼と呼ぶことにする．2 次元逆問題設計においての初期形状にはこの Licher 複葉翼を用いている．なお，図 1 における翼厚比を示す t/c は約 10%である．

続いて 2 次元翼型設計に関する概要を述べる. 2 次元翼型設計においては初期形状を Licher 複葉翼とし，上下翼それぞれに逆問題設計を施して，揚力係数，揚抗比ともにより高い値を実現する形状の設計を行った．複葉翼の空力性能改善のコンセプトは 2 つあり，まず翼下面から生じる衝撃波を出来るだけ増大させないため，迎え角を増加させずに揚力係数を増加させること，そして揚抗比を増大させることである．図 2 に初期形状，設計翼形状とそれぞれの圧力分布を示す. 設計翼の圧力分布はほぼこちらで設定した目標圧力分布を示しており，そのコンセプトは半コード長付近の圧力ピークの除去と，上翼における後縁付近の揚力を増加させる分布の設定である. 初期形状の揚力係数(C_l)，揚抗比(l/d)はそれぞれ C_l=0.0812, l/d=18.1，設計翼についてはそれぞれ C_l=0.115, l/d=21.7 である．この 2 次元設計翼を 3 次元に拡張したものを 3 次元逆問題設計の初期形状とし, 3 次元翼において設計断面を増やし，逆問題設計を行った. 初期形状の揚力係数，揚抗比はそれぞれ C_L=0.111, L/D=17.9 である. 以下，この翼を初期形状とした逆問題設計の手順と目標圧力分布の設定について述べる.

図 3 に具体的な逆問題設計手順を示す．対象は複葉翼であるので，上下翼共に設計する必要があり，本研究では，共にスパン方向の等間隔に 10 断面目標圧力分布を設定している．1 回の逆問題設計で 10 断面同時に設計し，これを 1 回の反復計算とする．まず初めに，下翼を初期形状のまま固定し，上翼の 10 断面に目標圧力分布を設定し，各反復計算において得られる形状が実現する圧力分布が，目標圧力分布に収束するまで設計を繰り返す．次に，ここで得られた形状（上翼のみ設計された形状）において，下翼の圧力分布をもとに下翼が得るべき目標圧力分布を設定し，今度は上翼形状を固定して再度，下翼が目標圧力分布を実現するまで反復計算を行う．本設計は 2 枚翼であるために，多要素からの流れの干渉が生じることと，3 次元形状であるためにその 3 次元性により収束までの反復計算の回数が増えてしまうことが懸念される．実際に今回の逆問題設計例では上翼，下翼各 14 回ずつ，計 28 回反復計算を行っており，2 次元一枚翼の場合は 1 回からせいぜい 3，4 回の反復計算で収束するのに対して非常に多くの CFD 計算を要する．なお，流体計算に用いる計算格子は 110 万点ほどであり，1 反復計算において，SX-9 の 1CPU を用いて 4 時間ほどである．一般的には逆問題設計法は他の最適化手法等と比べて，比較的少ない流体計算で設計が可能であるが，今回の複葉翼といった，流れ場が多要素から影響を受ける場合には多くの反復計算が必要となる．SX-9 を用いることで，設定した目標圧力分布 1 ケースにおいて，1 週間以内で目標圧力分布を得ることができ，効率的に設計を行うことができる.

続いて，目標圧力分布の設定と結果の概要を述べる．目標圧力分布の設定重要なコンセプトとしては，3 次元複葉翼ならではの良い空力特性を持つ領域の圧力分布を，他の領域に適用することである．図 4 に初期形状の翼内側表面圧力可視化図と圧力分布を示す．また，図 5 に 14 回ずつの反復計算後に得られた翼内側表面圧力可視化図，圧力分布と，我々が設定した目標圧力分布を示す．目標圧力分布の設定には半コード長付近の圧力ピークの除去と，上翼において半コード長より後ろの部分の圧力分布を，すべて半スパン方向 50%の圧力分布と同様の分布に揃えることとした．前者は 2 次元翼型設計でも用いたコンセプトであり，3 次元性によって再度生じた圧力ピークを除去することにより，翼間で衝撃波，膨張波の適切な干渉を可能としている．後者は空力性能の大きな改善を見込んでおり，3 次元複葉翼設計において新たに導入したコンセプトであ

る．図 5 に示す実現形状の圧力分布を見てわかるとおり，上下翼それぞれ 14 回の反復計算で，得られた翼の各断面において，目標圧力分布を達成していることがわかる．翼形状もそれに伴って図 6 に示すような断面形状に変化している．

最後に，得られた形状について翼根でのみ初期形状よりも性能が劣化してしまったため，目標圧力分布の設定が悪かったとみなし，初期形状に戻すこととした．この形状を最終的な設計翼とする．図 7 にスパン方向の揚力係数(C_l)，抵抗係数(C_d)，揚抗比(l/d)分布のグラフを示す．揚力係数，抗力係数の分布において，翼根付近（$0<y/c_{root}<0.8$）では揚力係数の増加を実現し，それ以外の領域（$0.8<y/c_{root}<1.6$）では抵抗係数の減少を達成している．揚抗比分布のグラフを見ると，どの断面においても揚抗比が初期形状より増加しており，逆問題設計を行うことで空力性能の大きな増加が見込まれる．設計された翼の翼全体としての揚力係数，揚抗比はそれぞれ，C_L=0.125, L/D=18.4 であり，共に初期形状と比べて大きく増加させることが出来た．

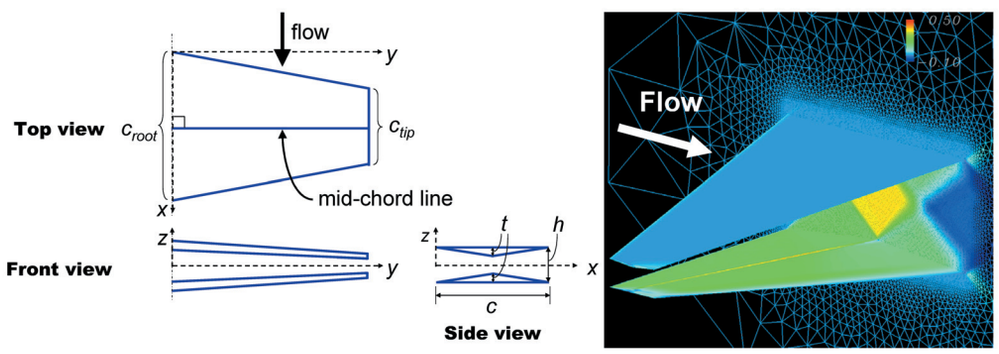


図 1　3 次元 Busemann 複葉翼の三面図，格子と圧力可視化図

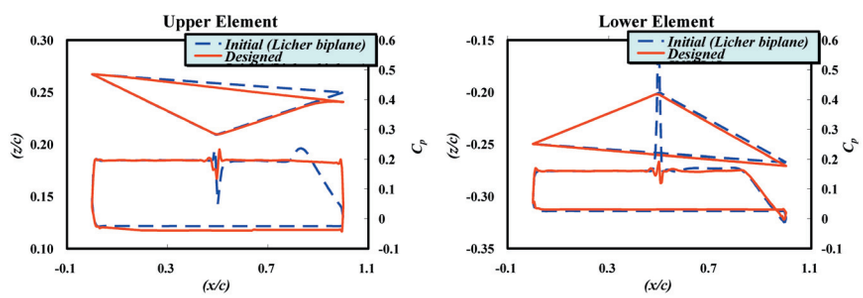


図 2　2 次元設計翼型形状（3 次元複葉翼設計初期断面形状）とその圧力分布

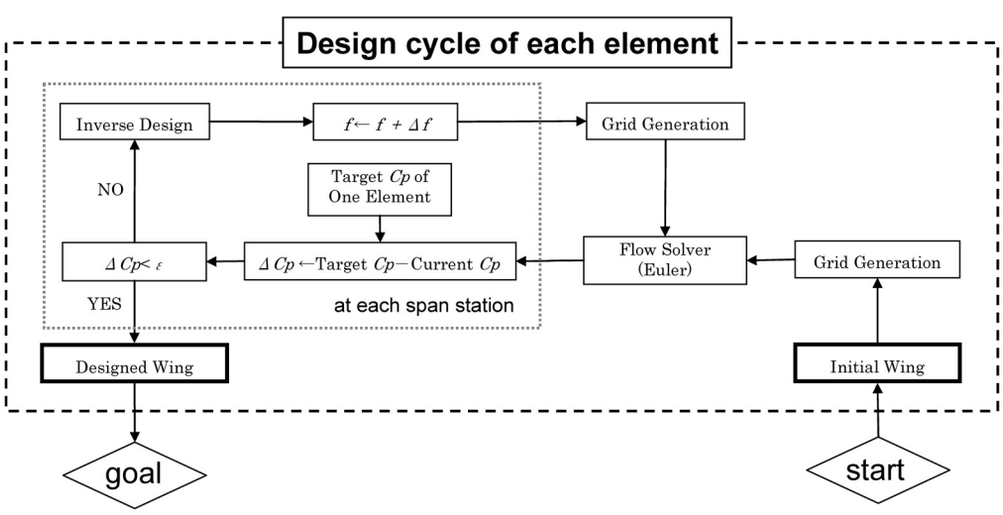
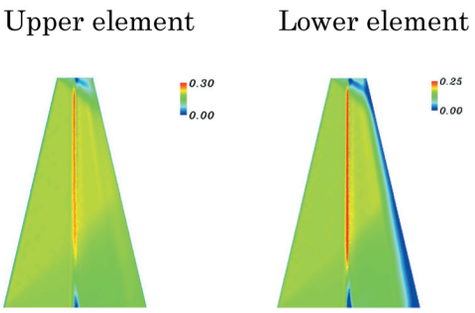
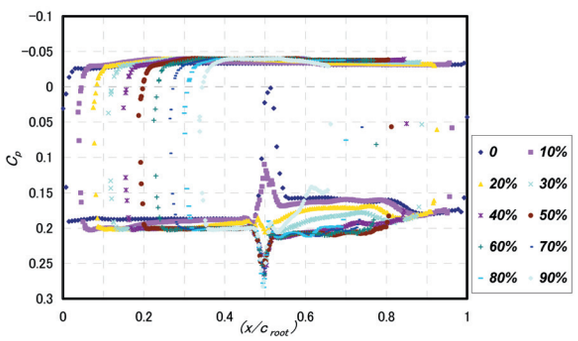


図 3　3 次元複葉翼の一要素あたりの設計流れ図



(a) Upper element



(b) Lower element

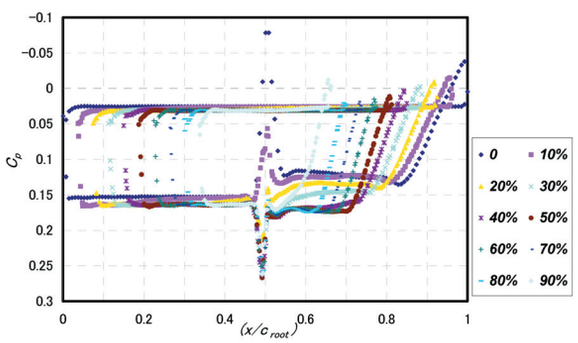
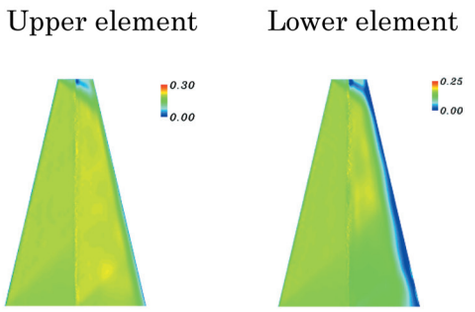
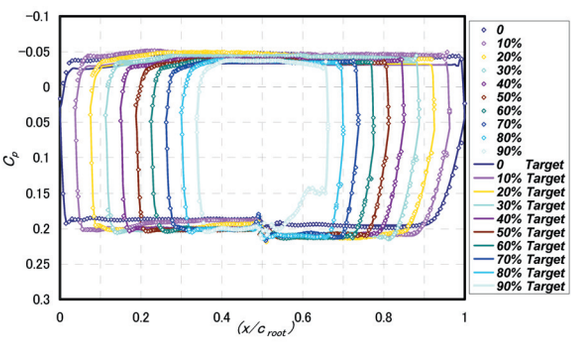


図４　初期形状の翼内側表面圧力可視化図と，各スパン方向断面圧力分布



(a) Upper element



(b) Lower element

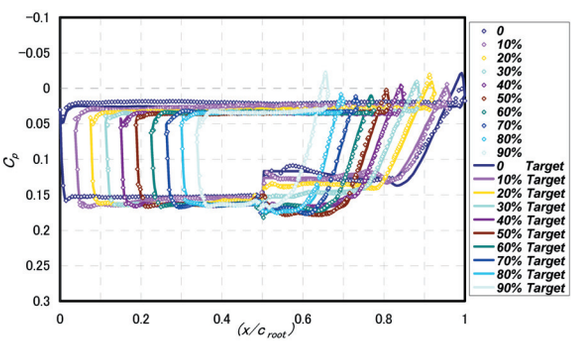
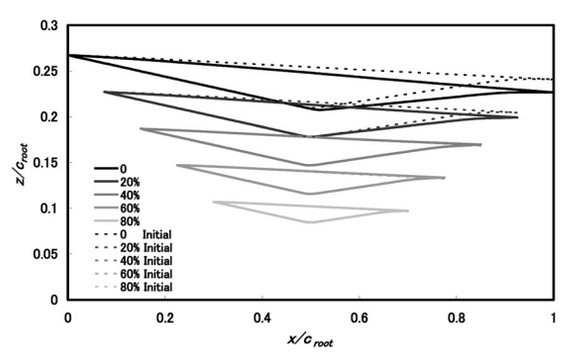


図５　設計形状の翼内側表面圧力可視化図と，各スパン方向断面圧力分布，目標圧力分布

(a) Upper element



(b) Lower element

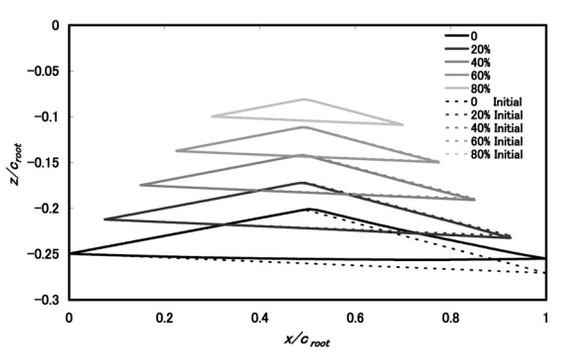


図６　各 14 回の反復計算で設計された形状（各翼において 5 断面のみ掲載）

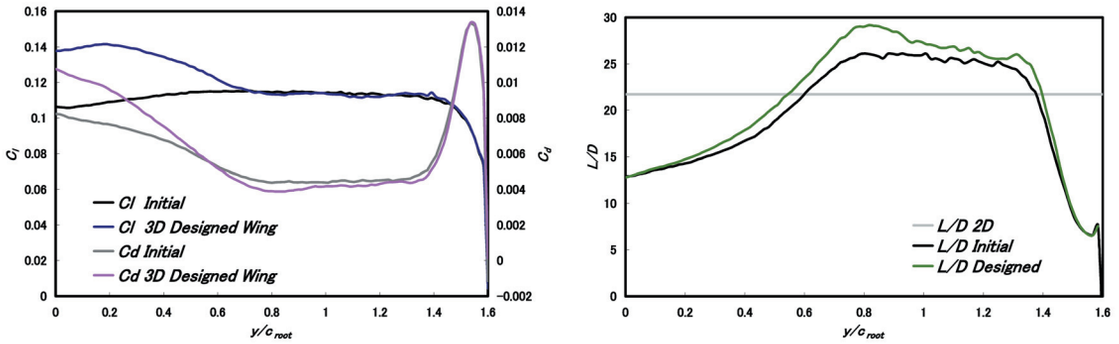


図 7　スパン方向揚力係数(C_l)，抵抗係数(C_d)，揚抗比(L/d)の分布

3.　胴体と複葉翼との干渉効果の検証

実際的な超音速旅客機実現のための初期研究として，強い衝撃波，膨張波を発生する胴体形状と，複葉翼との干渉効果の検証結果例を紹介する．ここでは，胴体の影響を受けた際に翼のみの空力性能がどのように変化するかを調べている．また，翼端付近の空力性能をより改善するために，翼端板の取り付けを試みており，胴体からの波との干渉においてどのようにそれが影響するかも述べる．なお，本章で用いた胴体形状には小高氏，楠瀬氏によって提案された胴体形状を用いている[12].

図 8 は翼端板有りの場合における，衝撃波・膨張波の影響領域を示した圧力可視化図を示す．翼の取り付け位置は 3 種類あり，(a)翼の大部分の領域において衝撃波の影響を受けている．(b)翼端の一部分の領域において衝撃波の影響を受けている．(c)衝撃波の影響を受けていない．なお，どの場合においても膨張波の影響を部分的に受けている．翼端板の有無に関わらず，(c)の膨張波のみの影響を受けている場合が，翼単体の空力性能よりも良い結果を示すこととなった．なお，翼端板がある場合は全体的に翼端での空力性能を改善する効果があるが，図 9 に示すように(a)においては衝撃波が翼端板で反射することにより圧力が倍増し，そこで亜音速領域が広がることにより流れがチョークする．結果として抵抗係数はチョークしない場合と比べて何十倍にもなり，複葉翼の利点である，衝撃波，膨張波の相殺効果による抵抗低減は実現されなくなる．(b)においても翼端板により衝撃波が反射しているがチョークはしておらず，抵抗係数はこの効果により減少する．しかしながら，チョークし易い不安定な状態であると言える．(c)は衝撃波の影響は受けないためチョークの問題もない上，抵抗係数も翼単体と比べて改善される．結果的に，翼が胴体から生じる膨張波の影響を受けているときに，翼単体よりも高い空力性能を示すことが確認された．

最終的に，2 節で設計した翼形状を(c)において適用し，胴体との干渉効果を考慮することで C_L=0.131, L/D=20.8 の性能を持つ翼を得ることが出来た．迎え角の増加を抑えつつ，効率的に揚力係数と揚抗比を増加させることが出来たと言える．図１０に設計翼を用いた翼胴形状の設計マッハ数 1.7 での圧力可視化図と，各翼の C_L-C_D 線図を示す．2 次元で設計した翼型を用いた 3 次元複葉翼（3 次元逆問題設計における初期形状）と比べて曲線が左に移動しており，空力性能が改善されていることがわかる．また，図１０よりわかる複葉翼の特筆すべき点として，厚みをある程度持ちながらも，巡航に必要な揚力係数の範囲において，一枚翼の中で最も低い造波抵抗を持つ一枚平板よりも低い抵抗を実現できることが挙げられる．この成果は超音速複葉翼の非常に大きな利点を示していると言える．

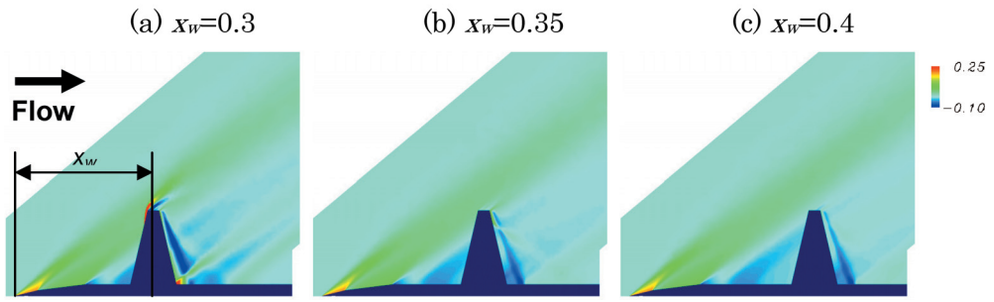


図８　衝撃波・膨張波の影響領域を示した z=0 断面の圧力可視化図（翼端板有り・上面図）

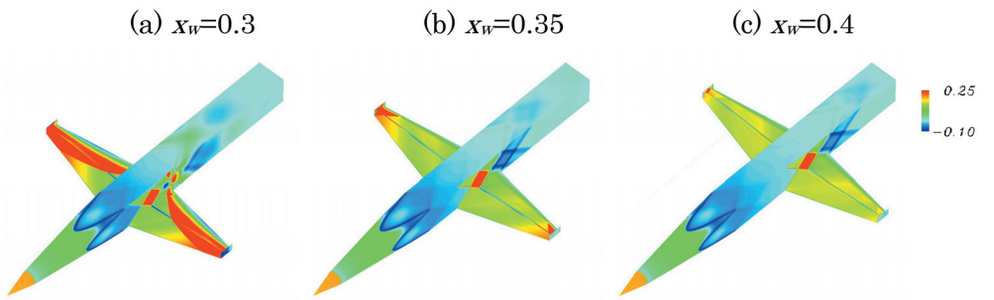


図９　翼胴形状表面圧力可視化図（翼端板有り・下翼のみ掲載）

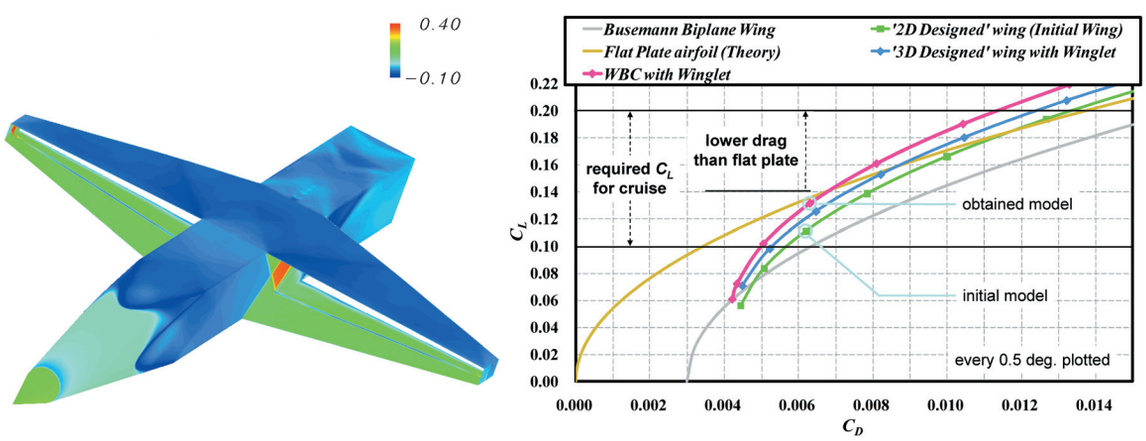


図１０　設計翼を用いた翼胴形状の圧力可視化図と C_L-C_D線図

4.　まとめ

低ブーム・低抵抗を実現する可能性のある Busemann 複葉翼を用い，3 次元複葉翼において逆問題設計法と CFD 計算を用いることで，揚力を持つ場合において空力性能の改善を行った．3 次元複葉翼のような流れが他要素から大きく影響を受ける場合においても，逆問題設計法は有用であると同時に，より空力性能の良い翼を設計することが出来た．翼胴形状での干渉効果の検証について，衝撃波の影響を受けずに膨張波のみの影響を受ける場合において，複葉翼の空力性能はさらに改善される．最終的に実用形状において，一枚翼の中で最も抵抗の低い厚み零の平板よりも低い抵抗を，巡航に必要な揚力の範囲で実現できることを示した．

謝辞

本研究は，東北大学サイバーサイエンスセンターのスーパーコンピュータを用いることで実現できた．研究にあたり同センター関係各位に有益なご指導とご協力をいただいたことを記し，謝意を表します．

参考文献

[1] Liepmann, H. W., and Roshko, A., "*Elements of Gas Dynamics*", John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 107-123, 1957.

[2] Kusunose, K., Matsushima, K., Goto, Y., Yamashita, H., Yonezawa, M., Maruyama, D. and Nakano, T., "A Fundamental Study for the Development of Boomless Supersonic Transport Aircraft," AIAA Paper 2006-0654, January 2006.

[3] Kusunose, K., Matsushima, K., Obayashi, S., Furukawa, T., Kuratani, N., Goto, Y., Maruyama, D., Yamashita, H., and Yonezawa, M., "*Aerodynamic Design of Supersonic Biplane: Cutting Edge and Related Topics*," The 21st Century COE Program International COE of Flow Dynamics Lecture Series, Volume 5, Tohoku University Press, Sendai, 2007.

[4] Nakahashi, K., Ito, Y., and Togashi, F., "Some Challenge of Realistic Flow Simulations by Unstructured Grid CFD," *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 43, No. 6-7, pp. 769–783, 2003.

[5] Ito, Y., and Nakahashi, K., "Surface Triangulation for Polygonal Models Based on CAD Data," *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 39, No. 1, pp. 75–96, 2002.

[6] Sharov, D., and Nakahashi, K., "Reordering of Hybrid Unstructured Grids for Lower–Upper Symmetric Gauss–Seidel Computations," *AIAA Journal*, Vol. 36, No. 3, pp. 484–486, 1998.

[7] Ito, Y., and Nakahashi, K., "Unstructured Mesh Generation for Viscous Flow Computations," *Proceedings of the 11th International Meshing Roundtable*, pp. 367–378, 2002.

[8] Matsushima, K., Maruyama, D., and Matsuzawa, T., "Numerical Modeling for Supersonic Flow Analysis and Inverse Design," *Proceedings of Lectures and Workshop International - Recent Advances in Multidisciplinary Technology and Modeling -*, SS05-2.1, May 2007.

[9] Maruyama, D., Matsushima, K., Kusunose, K., and Nakahashi, K., "Three-Dimensional Aerodynamic Design of Low-Wave-Drag Supersonic Biplane Using Inverse Problem Method," *Journal of Aircraft*, Vol. 46, No.6, pp. 1906-1918, 2009.

[10] Maruyama, D., Kusunose, K., and Matsushima, K., "Aerodynamic Characteristics of a Two-Dimensional Supersonic Biplane, Covering its Take-Off to Cruise Conditions," *Shock Waves*, Vol. 18, No.6, pp. 437-450, 2009.

[11] Licher, R. M., "Optimum Two-Dimensional Multiplanes in Supersonic Flow," Report No. SM-18688, Douglass Aircraft Co., January 1955.

[12] 小高 雄介, 楠瀬一洋, "超音速複葉翼形状及び翼胴形状の空力特性に関する基礎研究," 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 57, No. 664, pp. 217-224, 2009.



［研究成果］

海溝型巨大地震の発生前に期待される，ゆっくり地震の活動変化

- Character of deep low-frequency tremors based on chain reaction model -

#有吉 慶介[*1]・堀 高峰[*1]・金田 義行[*1]
Jean-Paul Ampuero[*2]
松澤 暢[*3]・日野 亮太[*3]・長谷川 昭[*3]

[*1] 独立行政法人 海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト
[*2] カリフォルニア工科大学
[*3] 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター

西南日本（図１）をはじめとする世界各地の沈み込みプレート境界面上で発生する深部低周波微動の活動は，小アスペリティ間の連鎖破壊という観点から概ね系統的に説明ができることを前回の報告で述べた [1]．このように，数値シミュレーションによって観測現象の一部が再現できるようになると，今度は数値シミュレーションから未知の現象を予測し，今後の観測計画へとフィードバックすることにつながる．本稿では深部低周波微動が巨大地震前に変化する可能性を，数値シミュレーションから示した研究事例について紹介する．

１．はじめに

図１に示すように，深部低周波微動の震源は東海・東南海・南海地震の直近に存在するため，巨大地震に伴う前駆的な応力変化に対して敏感に活動が変化することが期待される．最近の観測研究事例を挙げると，西南日本で観測される深部低周波微動の変位振幅からプレート境界面上のすべり量へと変換することで，体感できないほどゆっくりしたすべりを（GPS 観測とは独立して）捉える手法が開発されている [3]．また，海溝型プレート境界ではなくトランスフォーム（横ずれ＝阪神大震災と同じタイプ）型プレート境界として世界的に最も有名なサン・アンドレアス断層では，2004 年にパークフィールドで発生した M6 の地震の数週間前から４年以上に渡って，震源域周辺の低周波微動活動が活発になったという報告がある [4].

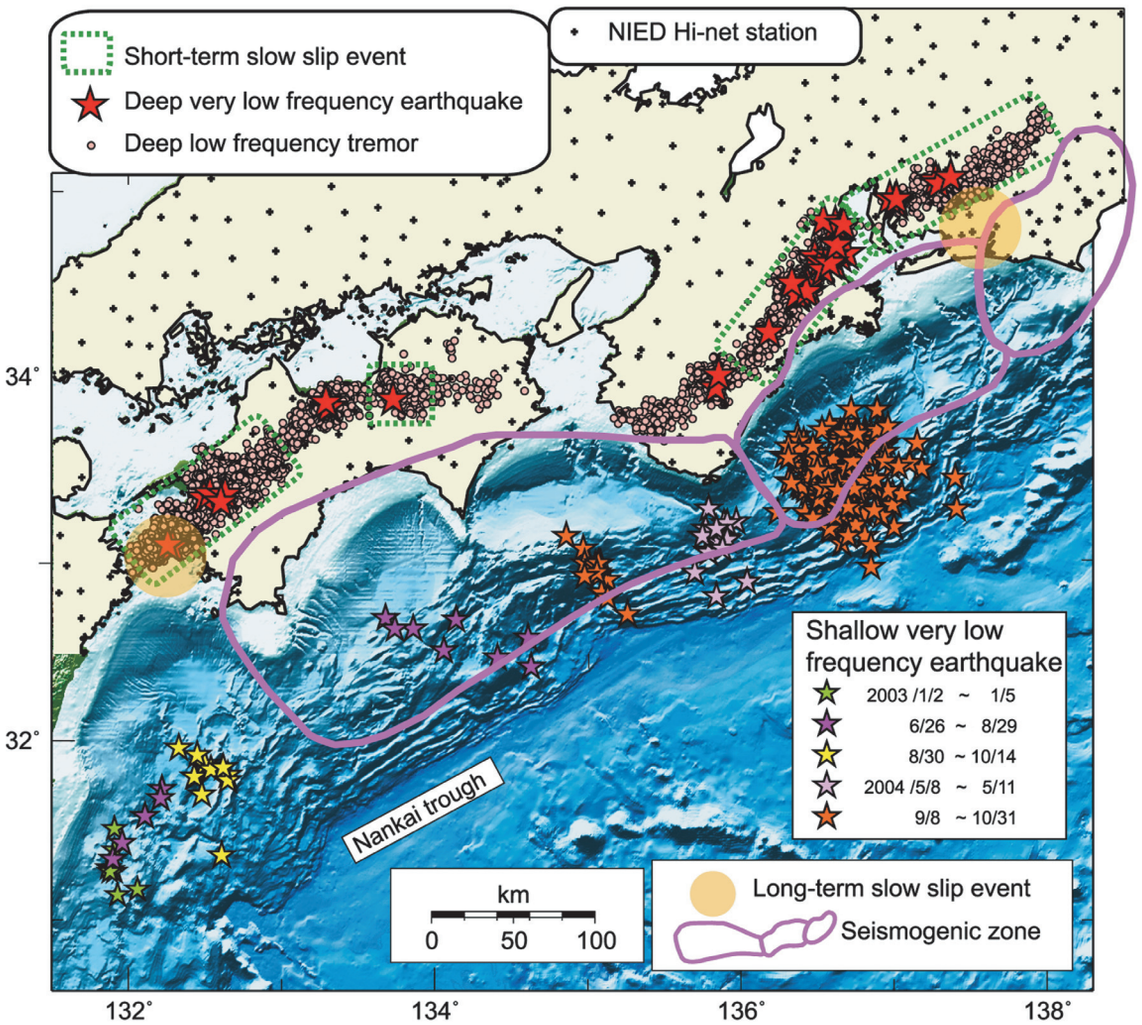


図１．西南日本で観測された深部超低周波地震（★ very low frequency earthquake)と低周波微動（○ low frequency tremor） [2]．桃色の線で囲まれた領域は，南海・東南海地震の震源域を示す．橙色領域として示された Long-term SSE（slow slip event）は，数十 km 以上といった微動より規模の大きな範囲で，体感できない程ゆっくりしたすべり速度で断層がすべる現象のうち，特に長期間 (数カ月以上) 継続するもの．★が海溝に近い浅部で一時的に活発になっているのは，2004 年 9 月 5 日に発生した紀伊半島南東沖地震 (M7.4) の影響による．

これらの事例は微動の活動そのものに注目しているが，図２に示すように，深部低周波微動は一般に連鎖破壊をしながら海溝軸にほぼ平行して水平方向に 2~20 km/day ほどの速さで伝播することを考えると [5]，伝播過程にも変化が生じることが期待される．

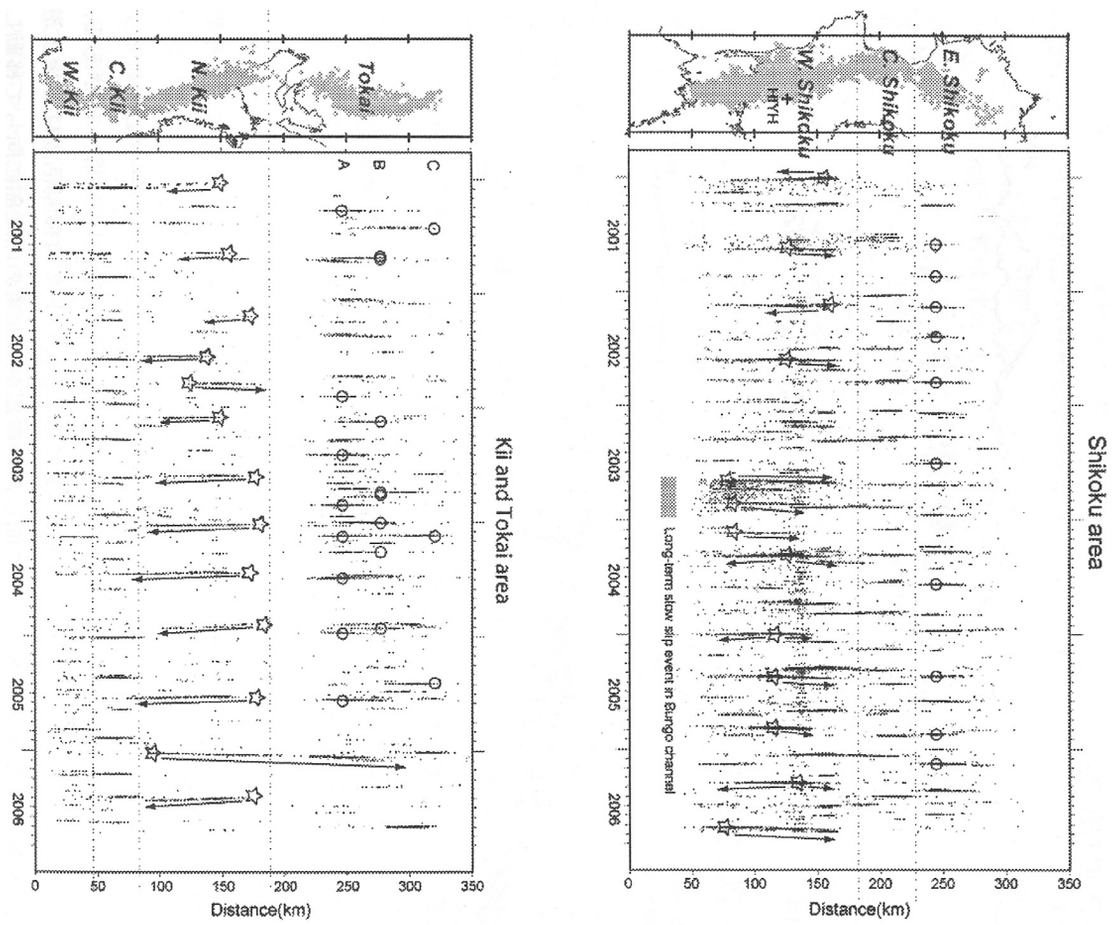


図２．紀伊半島（左図）・四国（右図）周辺での深部低周波微動の震源分布の時系列 [6]. 震源の連なる傾きから伝播速度を求めることができ，西南日本では約 10 km/day となる．現在の南海・東南海沖地震の震源域は固着しているため，図２は図４c と対応しており，観測と数値シミュレーションとの比較対象となっている．

そこで本研究では，前回の研究よりもさらに時間・空間分解能を上げた数値シミュレーションを行うことで，巨大地震発生前に生じる応力変化によって，深部低周波微動の伝播過程がどのように変化するのかについて数値シミュレーションから予測を試みた．

２．３次元沈み込みプレート境界モデル

東海～東南海～南海沖にかけてみられる深部低周波微動の発生現象について，連動破壊によるものと想定したモデルを図３に示す．

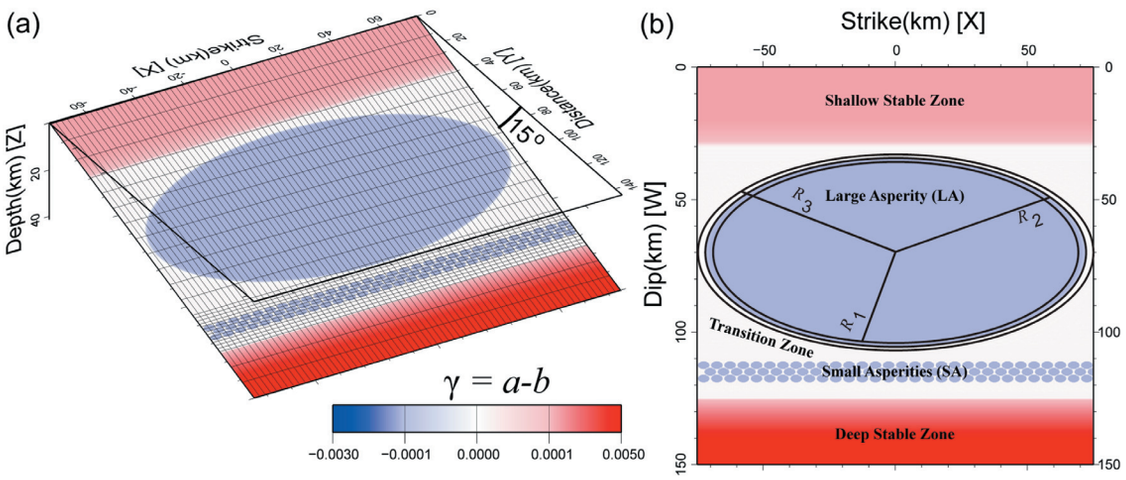


図３．沈み込みプレート境界面上の摩擦特性分布図．赤色系が粘性のように速度増加と共に摩擦力が増大する安定すべり域，青色系が速度増加（低下）と共に摩擦力が低下（増大）する不安定すべり（地震が発生しやすいアスペリティ）領域を示す．計算メッシュは８倍ほど拡大したもので，実際には約 31 万個ある．また，左右で非対象とするために，左端の半月状のアスペリティを一つ取り除いた．γの物理的な意味合いについては[1] を参照．

プレートの傾斜角は 15°，計算領域の外側は，4cm/year で定常的に沈み込みプレート運動が続いているものとする．また，海溝軸 (Strike) 方向に沿って，周期的境界条件を与え，東海～東南海～南海沖のように巨大アスペリティが続いている場合を想定した．また，深さ 27-33km の範囲では，流体（主に水）が存在するために有効法線応力が 51MPa と低くなる，高い間隙水圧が生じているという説 [1] を採用した．

本研究では，東北大学サイバーサイエンスセンターとの共同研究によって開発された，SX-9 向けに最適化されたプログラムコードを活用することで，前回のモデルよりも小アスペリティの大きさをさらに縮小させ，巨大アスペリティと小アスペリティのスケールが 30 倍も異なるモデルを構築することに成功した．

３．固着期間と地震発生直前にみられる伝播過程の違い

図４に計算結果の一例を示す．図４a は巨大アスペリティが固着している時期，図４b は巨大アスペリティの固着が剥がれ始めた巨大地震発生直前(0.86 年前)における，すべり速度のスナップショットを示す．

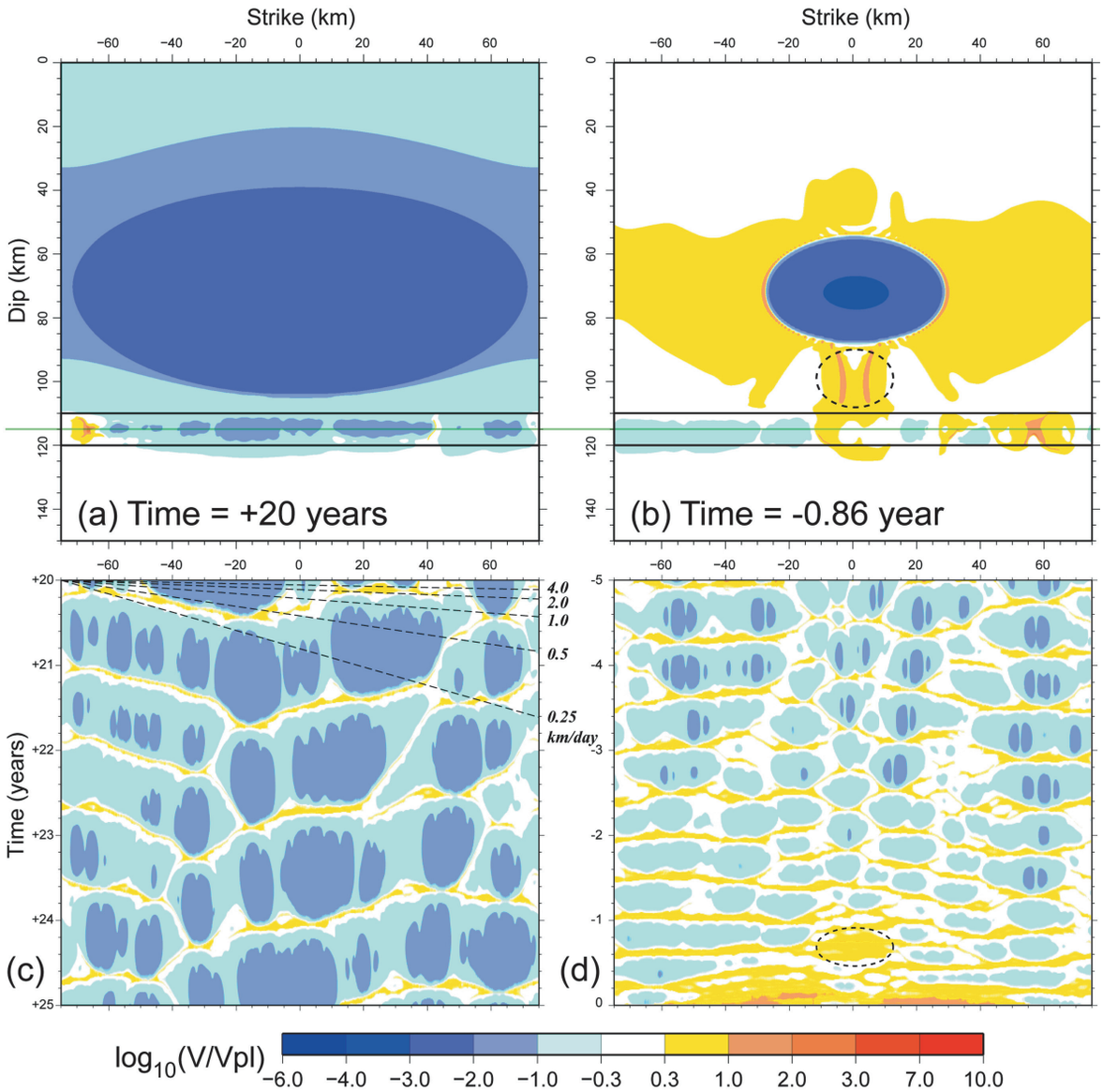


図４．(a)(b)は図３b における，すべり速度のスナップショット．(a)(b)の Dip=115km（緑色の直線）に沿った，すべり速度の時空間変化．Time=0 を巨大地震発生時刻としている．暖色系は地震性(赤)すべり，寒色系は固着(青)，黄・橙色は深部低周波微動のすべりに相当し，図２の現象と対応している．(b)(d)の点線で囲まれた楕円は，SSE を示す．

小アスペリティ帯（黒の長方形で囲んだ領域）に注目すると，巨大アスペリティのすべり速度場が小アスペリティ周辺にも強く影響を及ぼしていることが分かる．図４a では小アスペリティ帯でも固着（青色）が見られ，微動の発生・伝播（黄・橙色）する領域は狭い領域に限られている一方で，図４b では固着が弱く（水色），微動の発生領域も広くなっている．

図４cd は，微動の発生時間間隔・伝播速度（黄・橙色の傾きから求める）を視覚的に示したもので，巨大アスペリティが固着している期間は発生間隔が長く，伝播速度が遅いが，巨大地震発生が近付くと，次第に発生間隔が短くなり，伝播速度が速まる傾向がみられる．

４．まとめ

深部低周波微動とその伝播過程が観測から捉えられるようになったのは，ここ７・８年前からのことで [5]，巨大地震を伴った場合の事例は今のところ存在しない．そのため，事前に数値シミュレーションから現象を予測することは防災上の観点から重要なものとなっているが，定量的にきちんと評価して実際問題へと適用するためには，数値シミュレーションが観測結果をできるだけ忠実に再現することが必要である．

前回の報告 [1] で構築したモデルでは，移動伝播速度が 0.03~3 km/day となっていたが，今回の結果では，0.3~3 km/day となり，観測事実である 2~20 km/day までオーダーレベルでは同じレベルにまで近づけることができた．今後は，さらに分解能を上げることによって，定量的な議論にまで踏み込めるようにし，巨大地震発生前の前兆変化について，深部低周波微動に注目することで，観測から捉えるための指針を数値シミュレーションから示すことが，社会貢献へ向けての大きな課題となっている．

参考文献

[1] 有吉 慶介・堀 高峰・金田 義行・Jean-Paul Ampuero・松澤 暢・日野 亮太・長谷川 昭, 2009. 連鎖反応モデルから想定される深部低周波微動の特徴, SENAC **42**, 19-25.

[2] Obara, K., K. Shiomi, 2009. Underground Structural Anomalies and Slow Earthquake Activities Around Seismogenic Megathrust Earthquake Zone as Revealed by Inland Seismic Observations. J. Disast. Res. **4**, 83-93.

[3] Hiramatsu, Y., T. Watanabe, and K. Obara, 2008. Deep low-frequency tremors as a proxy for slip monitoring at plate interface, Geophys. Res. Lett. **35,** L13304, doi:10.1029/2008GL034342.

[4] Nadeau, R. M., and A. Guilhem, 2009. Nonvolcanic tremor evolution and the San Simeon and Parkfield, Californinia, Earthquakes, Science **325**, 191-193, doi:10.1126/science.1174155.

[5] Schwartz, S. Y., and J. M. Rokosky, 2007. Slow slip events and seismic tremor at circum-Pacific subduction zones, Rev. Geophys. **45,** RC3004, doi:10.1029/2006RG000208.

[6] 小原一成, 2007. スロー地震と水，地学雑誌 **116**，114-132.

[全国共同利用情報基盤センター研究開発論文集 No.31]より

超大規模ベクトル計算基盤の実現へ向けて

大泉健治†，村田善智††，江川隆輔††，伊藤英一†，岡部公起††，小林広明††
†東北大学情報部情報基盤課
††東北大学サイバーサイエンスセンター スーパーコンピューティング研究部

1. はじめに

超高速コンピュータ網形成プロジェクト(National Research Grid Initiative：NAREGI)は，世界標準に準拠した実運用に耐えうる品質のグリッド基盤ソフトを開発することを目的として2003年に開始された産学官連携による研究開発プロジェクトです[1]. 同プロジェクトにおいて精力的に開発が進められているNAREGIグリッドミドルウェアは，広域に点在する研究開発拠点の大規模計算資源を密に連携することで，各計算資源の効率的な利用だけではなく，これまで不可能であった大規模計算を実現可能な基盤として注目されています．また，ベクトル型スーパーコンピュータは，流体計算，構造解析などに代表される大規模科学技術計算を高い実効効率で処理することが可能であり，最先端の研究開発や製品の設計開発における重要な演算基盤として，広く利用されています．

本稿では，将来のベクトル型計算基盤である“ベクトルコンピューティングクラウド”の実現に向けた，東北大学サイバーサイエンスセンターと大阪大学サイバーメディアセンターの取り組みについて述べます．この取り組みは，NAREGIプロジェクトの基盤ソフトウェアであるNAREGIグリッドミドルウェアと両センターで運用されているベクトル型スーパーコンピュータNEC SXシリーズの仮想化技術に基づき，複数のベクトル型スーパーコンピュータシステムの効率的な利用とこれまで不可能であった超大規模ベクトルコンピューティング基盤の実現を目的としています．

2. ベクトルコンピューティングクラウドの概要

本章では，ベクトルコンピューティングクラウド基盤の概要，本取り組みの基本構成要素であるNAREGIグリッドミドルウェアに基づくシステム構成，ベクトルプロセッサの仮想化計算資源であるGRIDVM for SXについて説明します．

2.1. ベクトルクラウドの概要

現在，国内，または世界に点在するベクトル型コンピュータを利用するには，図1に示すように，ユーザは各ベクトルコンピュータサイトにアクセスし，コンパイル・実行という手順を踏むことになります．しかし，各ベクトルサイトはベクトル型スーパーコンピュータに対する高いニーズにより，常に高い稼働率で運用されています[2]．この様な状況下で，様々な異なる規模のジョブを効率よく実行可能なベクトルコンピューティング環境が強く求められています．また，近年の高精度計算に対する高い要求により，各サイトの計算資源を超えた超大規模計算実行環境への要求が年々高まっています．そこで，我々はベクトルコンピューティングクラウド基盤を構築することで，これらの要求を満たすことができると考えています．

図2にベクトルコンピューティングクラウド基盤の概略図を示します．ベクトルコンピューティングクラウド基盤では，各ベクトルサイトの計算資源を仮想化することで，ユーザが複数のベクトルコンピュータシステムを一つの超大規模ベクトルスーパーコンピュータシステムとして利用可能なシングルサインオン環境を提供します．ユーザ・ジョブスケジューラは仮想化された膨大なベクトル計算資源の中から，これまでよりも柔軟，且つ効率的にジョブの規模

に応じたベクトル計算資源を特定し，ジョブを投入・実行することが可能となります．これにより効率的なベクトルスーパーコンピュータシステムの運用が可能となり，ユーザは長いキューイング状態を回避することが期待できます．また，複数の大規模ベクトルスーパーコンピュータシステムを仮想化し，超大規模ベクトルスーパーコンピューティングシステムを構築することで，これまで不可能であった規模の計算が可能になります．これにより，これまでに無い大規模計算環境における効率的な運用・ジョブ実行を可能にする要素技術の確立が期待できます．

我々は，このベクトルコンピューティングクラウド基盤を確立するために， NAREGI グリッドミドルウェアに着目し，同ミドルウェアに基づくベクトルコンピューティングクラウド基盤の構築を目指します．次に，NAREGI グリッドミドルウェアを用いたベクトルコンピューティングクラウド基盤のシステム構成について述べます．



図 1 従来の利用環境

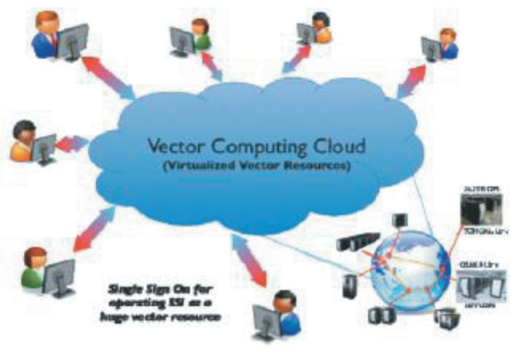


図 2 ベクトルコンピューティングクラウド環境

2.2. システム構成

本稿で提案する NAREGI グリッドミドルウェア ver.1 によるベクトルコンピューティングクラウド基盤のシステム構成を図 3 に示します．NAREGI グリッドミドルウェア(2009 年 10 月現在 ver1.1)，および関連情報は国立情報学研究所の web サイトで公開されていますので，詳細は(http://www.naregi.org/)をご覧ください．このシステムでは各ベクトルコンピュータサイトがそれぞれ，ポータル(portal)，ユーザ管理サーバ(User Management Server:UMS)，仮想化組織管理サービス(VO Management Service:VOMS)，スーパースケジューラ(Super Scheduler :SS)，情報サービス（Information Service: IS)，NAREGI 用仮想 SX 計算資源管理ミドルウェア(GRIDVM for SX)で構成される事を想定しています．各コンポーネントの主な機能は以下の通りです．

Portal	: 仮想化されたシステムのインターフェース群の提供
UMS/ VOMS	: ユーザ・サーバの認証・管理
SS	: 利用者ジョブの要求に応じた資源を探索し，スケジューリング
IS	: グリッドを構成する計算資源の管理．各計算資源稼働状況の収集蓄積
GRIDVM for SX	: 計算資源を仮想化による計算資源の同期制御およびメタコンピューティング環境の提供

各サイトのベクトルコンピュータ資源の連携は，それぞれの SS がリザベーション・キャッシュ・サービス(Reservation Cache Service : RCS)を介して連携することで実現します．RCS は複数のサイトの計算資源の情報を常に監視し，各 SS の要求を調停・管理します．これにより，ユーザはポータルサイトにログイン後，個人・サーバの認証を受け，ポータルサイトに用

意されているワークフローツール，グリッド可視化システム等を用いて，複数の計算資源を一つの計算システムとして扱い，ジョブを投入することができます．投入されたジョブは SS, RCS に渡され，RCS によって仮想化された GRIDVM for SX にスケジューリングされた後，実行されます．この間，各サイト・各サイト間の SS と IS は定期的に同期をとることで，常に最新の資源情報を集積・蓄積していきます．

しかし，現状公開されている NAREGI ver.1.1 が提供している GridVM はベクトル型スーパーコンピュータである NEC SX は対応していません． ベクトルコンピューティングクラウド基盤を実現するためには，NAREGI ver.1.1 で提供されている GridVM を NEC SX 用に移植する必要があります．

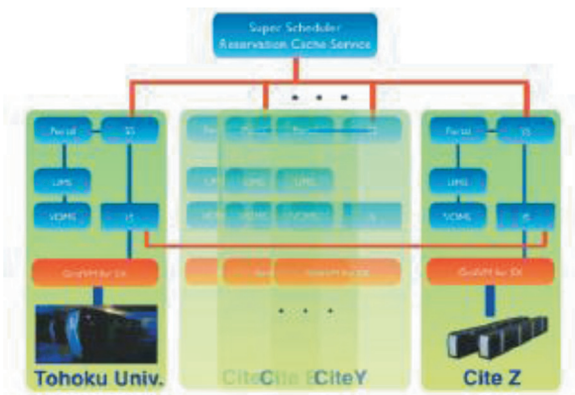


図 3　ベクトルコンピューティングクラウドシステム概念図

2.3. GRIDVM for SX

GRIDVM for SX は，NAREGI ver. 1.1 の GridVM をベクトル型スーパーコンピュータシステム（NEC SX）上で利用可能にし，また本センターのスーパーコンピュータシステム固有の運用性向上と機能強化を目的に開発されました．開発にあたっては，NAREGI ver1.1 が提供している機能のうち，ジョブ管理機能，情報プロバイダ機能，資源利用量制限機能を SX 用に移植するとともに，当センターの大規模科学計算システム固有の機能強化として，ローカルジョブと GRID ジョブの共存の為の強化，NEC SX 固有の MPI のサポートを実現しました．次に,各機能の特徴を説明します．

ジョブ管理機能では，当センターの大規模科学計算システムのローカルスケジューラである NEC 製 NQSII とその拡張モジュールである JobManipulator を用いて，資源予約を行う予約ジョブと資源予約を行わない非予約ジョブをサポートし，その混在を可能にしています．情報プロバイダ機能では，NEC SX の各種ハード・ソフトウェア情報，グリッド環境で利用可なローカルスケジューラのキュー情報，ジョブのステータス情報を NAREGI グリッドミドルウェアに登録することができます．また，グリッド環境にある各ベクトルサイトにおいて，システム管理者が指定したポリシーに基づき，ジョブが利用する資源量を監視し，且つ必要なジョブ制御を行う機能を実装しています．これらの機能を NAREGI ver.1.1 のインターフェースに基づいて実現できるように移植を行いました． 次に，当センター運営を考慮した固有の強化機能として，NAREGI ver.1.1 ではサポートされていなかったローカルジョブと GRID 予約ジョブの共存を，ジョブ毎に資源を分割すること無く可能にしています．また，NAREGI ver.1.1 における MPI 実行は，GridMPI を使用したものに限定されています．これを NAREGI ver.1.1 の JSDL 仕様を変更することなく，MPI/SX による MPI 非予約ジョブの実行を可能にしています．

これらの移植・新機能開発により，GRIDVM for SX では，通常の運用と NAREGI に基づく

グリッド運用の共存を可能にし，効率的なシステム運用を実現します．次章では実際のアプリケーションを用いた NAREGI 環境と GRIDVM for SX の動作確認を目的とした，評価実験について説明します．

3.　実験評価

我々が提案するベクトルコンピューティングクラウド基盤の実現可能性の確認と今回開発した GRIDVM for SX の動作検証を目的として，当センターの SX-9 システムと大阪サイバーメディアセンターの SX-9 システムを用いて実験評価を行いました．今回評価に用いたシステム構成を図 4 に示します．今回の評価では各センターの SX-9 システム 1 ノード（16CPU）に，NAREGI ver.1.1 と GRIDVM for SX を用いた環境を構築しました．600Km 離れた東北大学・大阪大学の両センター間は SINET3 によって結合されています．RCS は大阪大学に配備し，東北大学のポータルからログインし，ジョブ投入を行うことで動作検証を実施致しました．以下に操作の流れに沿って，動作を確認していきます．

はじめに当センターで立ち上げた，図 5 に示すポータルサイトにログインします．シングルサインオン環境のため，このポータルサイトから両サイトのシステムを利用することができます．続けて Submit New Job タグを選択すると，図 6 に示すジョブ投入画面が表示されます．ジョブの実行に際しては，あらかじめ用意したジョブサブミット用コマンドを入力し Submit ボタンを押します．本稿における評価では実際にサイバーサイエンスセンターで実行されている SMP16 並列の電磁界分布シミュレーションプログラムを用います．演算を実行するサイトは，基本的に RCS が自動的に選択し割り当てます．利用できるサイト，各サイトのシステム基本情報，稼働状況をもとに，RCS は適切なサイトにジョブを割り当てます．各サイトの情報や稼動状況は，Server List 画面（図 7）で確認することができますので，利用者が希望のサイトを選択してジョブを実行することも可能です．今回，ジョブの実行サイトは，RCS が自動で選択して評価を行いました．

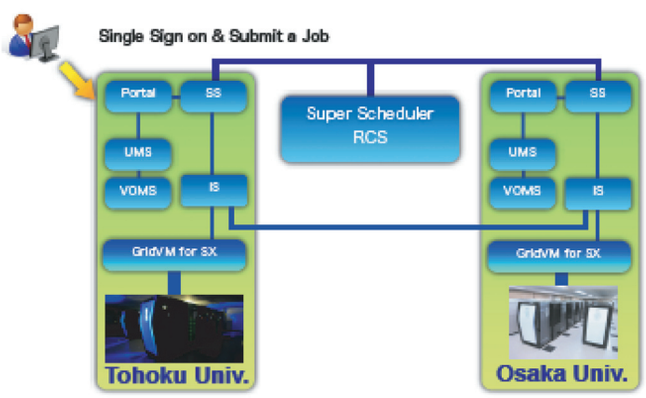


図 4　評価システム

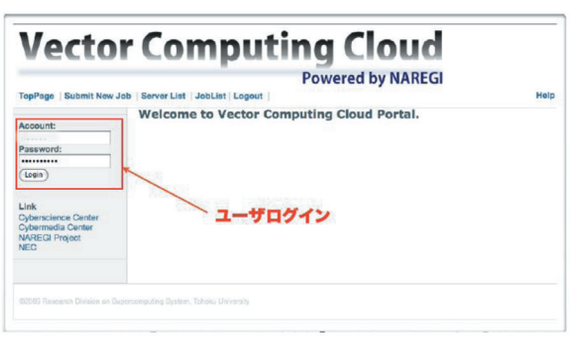


図 5　portal ログイン画面



図 6　ジョブ投入画面

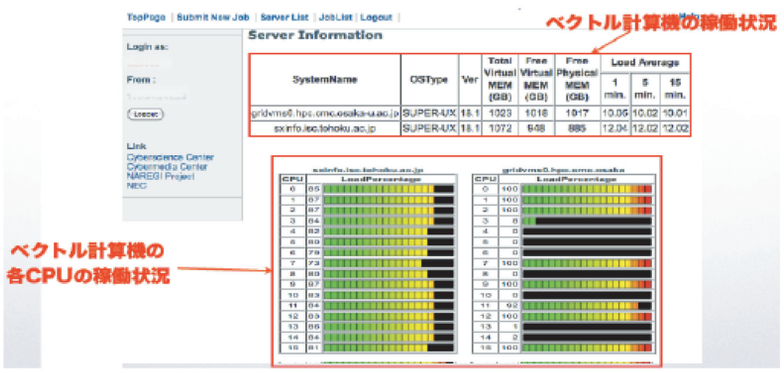


図 7　ベクトル計算機の稼動状況

先に述べたように RCS が適切な演算サイトを自動的に選択しますので，ユーザは演算サイトを選択する必要はありません. ユーザは, 待ち時間表を参考にジョブの投入を行うだけです. Queue Status 表（図 6）から必要とする CPU 数ごとに大まかな待ち時間を知ることができます. 評価に用いたプログラムは 16CPU を必要とする SMP16 並列のプログラムです. Queue Status 表（図 6）中 Job Size 16 の項目が赤信号であることから，しばらく待つことがわかります．さらに詳細な稼動状況を知りたい場合は，Server List 画面（図 7）のように CPU 稼動状況を表示させることも可能です. 上段の表に大阪大学と東北大学の各サイトのシステム情報を，下段にシステムごとの CPU 稼動状況をそれぞれ確認することができます．稼動状況の左側が東北大学(sxinfo.isc.tohoku.ac.jp)，右側が大阪大学(gridvms0.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp)のシステムを示しており，両システムとも 16CPU の負荷状況をバーグラフメータ(%)で表示します．このとき，東北大学側の CPU は全て 70%から 90%の負荷状況で空きがありません．一方の大阪大学側も負荷が 0 状態で空いている CPU は，5 個のみであることがわかります．

ジョブの投入状況は，図 8 に示す Job List 画面でステータスを確認することができます．上段から最近のジョブが順に表示され，Status 項目が Queued で待ち状態，Submitted で実行中，Done で終了状態をそれぞれ示しています．Site 項目はジョブが割り当てられたサイトを示します. 図 8 の場合, 最上段のジョブは大阪大学(gridvms0.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp)の SX-9 にスケジュールが割り当てられ，実行中(Submitted)であることがわかります．プログラムが終了すると，Status が Done 状態に変わりジョブは完了です.

本評価では，東北大学のポータルにログインし，先に述べた SMP16 並列のプログラムを実行し，今回構築した環境で正常に動作することを確認しました．今回の評価ではノード内の評

価だけではありますが，シングルサインオンで，複数サイトの SX-9 ベクトルスーパーコンピュータを利用，ノード内の SMP プログラムを自動的に演算サイトに割り当て実行が可能であることを示しました．また，東北大学・大阪大学の両サイトはそれぞれ独自の運用ポリシーに沿ってジョブを運用していますが，従来のジョブ運用と今回のベクトルコンピューティングクラウドによるジョブ運用を共存できることも確認しました．

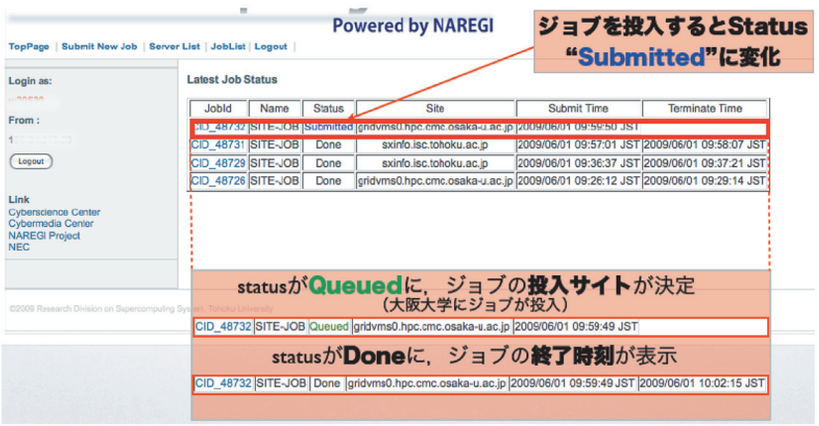


図 8　ジョブのステータス

4.　まとめ

本稿では，ベクトルコンピューティングクラウド基盤構築に向けた，東北大学，大阪大学の広域ベクトル型スーパーコンピュータ連携について述べました．NAREGI グリッドミドルウェアによるグリッド環境の構築と GRIDVM for SX の開発により，約 600Km 離れた両センターの計算資源を仮想化し，シングルサインオンで双方の計算資源の利用が可能になり，演算サイトの割り当てを自動的に選択できることを示しました．また，両サイトにおいて従来のジョブ運用と，ベクトルコンピューティングクラウドによるジョブ運用を共存できることも示しました．今後は，詳細な性能評価，両サイトを跨いだ大規模並列処理が可能なシステムの構築，および効率的な計算資源の利用を目指した RCS スケジューラの改良に取り組み，ベクトルコンピューティングクラウドのさらなる高度化を目指します．併せて，ベクトルコンピュータとの連携のみならずベクトル-スカラ連携も視野に入れたメタコンピューティング環境の構築にも取り組んでいく予定です．

謝辞

本稿を執筆するにあたり多くの方々にご協力ご支援を賜りました．大阪大学サイバーメディアセンター東田学助教をはじめ運用スタッフの皆様，東北大学サイバーサイエンスセンターおよび大阪大学サイバーメディアセンターご担当の日本電気㈱スタッフの皆様には NAREGI 環境構築に際して，多大なるご協力を頂きました．ここに深く感謝申し上げます．なお，本研究開発は，国立情報学研究所が推進する最先端学術情報基盤(CSI:Cyber Science Infrastructure)整備の一環として行っているものです．

参考文献

[1]　超高速コンピュータ網形成プロジェクト，http://www.naregi.org.

[2]　小林広明，”東北大学サイバーサイエンスセンター.新大規模科学計算システム SX-9 全国共同利用施設としての役割.,”　SX-9 導入披露&SENAC50 周年記念式典・講演会資料集，pp.21-35, 2008 年 11 月．

［全国共同利用情報基盤センター研究開発論文集 No.31］より

東北大学第四世代学内ネットワーク StarTAINS について

北澤　秀倫
東北大学　情報部情報基盤課ネットワーク係

１．はじめに

東北大学の学内ネットワーク TAINS は，1988 年に運用を開始した TAINS88，1995 年に開始した SuperTAINS，2001 年に開始した TAINS/G と三世代を通して本学の研究・教育を支える基盤としての役割を果たしてきた。三世代目の TAINS/G は当時の最先端の技術を用いた堅牢なネットワークシステムであり，近年の急激なトラフィックの増加にあっても安定したネットワークを提供し続けることができた。しかしながら経年劣化は避けがたく，安定したサービスを維持するために既存の TAINS/G から次世代 TAINS（以下 StarTAINS と呼ぶ）へと切り替える必要があった[1]。

本稿では, StarTAINS の概要と構築・運用, サービスの内容と経費のシステムについて述べる。

２．StarTAINS の概要

旧システムの TAINS/G における機能を維持するとともに，ますます多様化しつつあるネットワークの利用形態にも柔軟に対応でき，かつ安定した堅牢なネットワークシステムを構築することを目的にした。

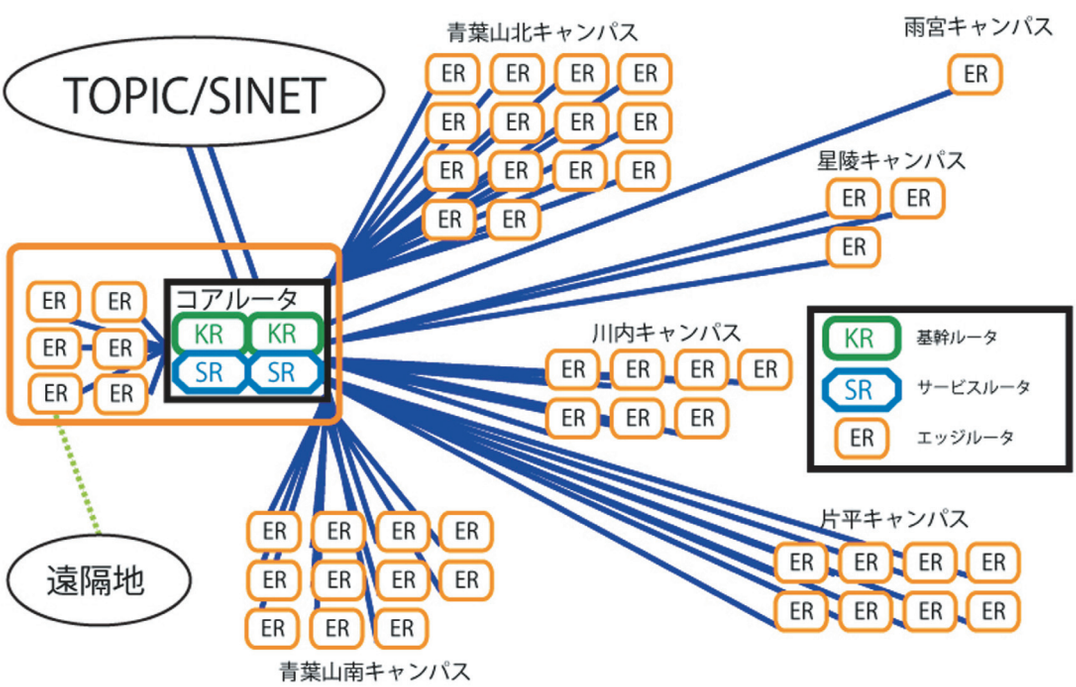


図１　StarTAINS の構成

TAINS/G では各キャンパスにネットワーク幹線の機器を設置したノードを設け，ノードを相互に結ぶバタフライ型の構成を取っていた。それに対して，StarTAINS は，コアルータ（基幹ルータ KR 及びサービスルータ SR）と各エッジルータ ER を結んだシンプルなスター状の構成（図 1 参照）とした。すなわち，途中に TAINS/G の時のようなノードを置かないことで中継における機器の故障や停電等の影響を受けにくくしている。また，TAINS/G では各キャンパス間に複数の経路を持つことで冗長化を実現していた。一方，今回の StarTAINS の構成は中継するネットワーク機器を減らし機器の障害の危険性を減らすことで，全体として耐障害性が向上するとの判断からこのような構成とした。

各サブネットは仮想的に実現されており，柔軟にさまざまなサブネットを構築することができる。また，IEEE802.1Q（VLAN）と組み合わせることでそれぞれの組織の物理的な所在地にとらわれずにネットワーク接続を提供することが可能となる。すなわち，ネットワークの構成も柔軟に変更でき，組織にあった構成で利用をすることができる。

３．StarTAINS における技術

StarTAINS では仮想化を活用する事により，自由度の高い構成を取ることを可能とした。申請に基づいて基幹ルータ KR とエッジルータ ER に VRF（Virtual Routing and Forwarding）を作成したり，VLAN を割り当てたりすることとした。

拠点に設置したエッジルータ ER に必要に応じて VRF や VLAN を設定することにより，物理的な幹線の制約にとらわれずに，利用者の要望に沿った構成のネットワークを提供できるようになる。また，小規模な部局ではルータの保守管理が負担となっている場合もあったが，エッジルータ ER で VRF を作成することにより部局のルータの機能をエッジルータ ER で仮想的に行うことを可能とした。それによって管理についても必要があればいくつかのパターンから選択してもらう形で肩代わりする事が現実的に可能となった。

セキュリティのためのフィルタリングに関しても，ファイアウォールを VRF 毎に設定することで要望に合わせた提供が可能となる。

４．TAINS/G から StarTAINS への移行

StarTAINS では，スモールスタートを基本として，順次拡張していくことを想定している。

まず，そのスタートとして，部局ネットワークの接続の切り替えを行った。TAINS/G の老朽化が激しいため，TAINS/G の基幹ルータ BR に接続している既存の部局ネットワークの接続をそのまま StarTAINS のエッジルータ ER に切り替える事によって，迅速に新ネットワークへの移行を実現した（図 2 参照）。すなわち，部局の管理者にとってはインターフェース（1000BASE-LX）及びプロトコル（RIP2）を変えることなく利用できるようにした。2009 年 6 月から 9 月にかけて，学内約 80 箇所において切り替えをしたが，トラブルもなく極めて順調に移行が完了した。

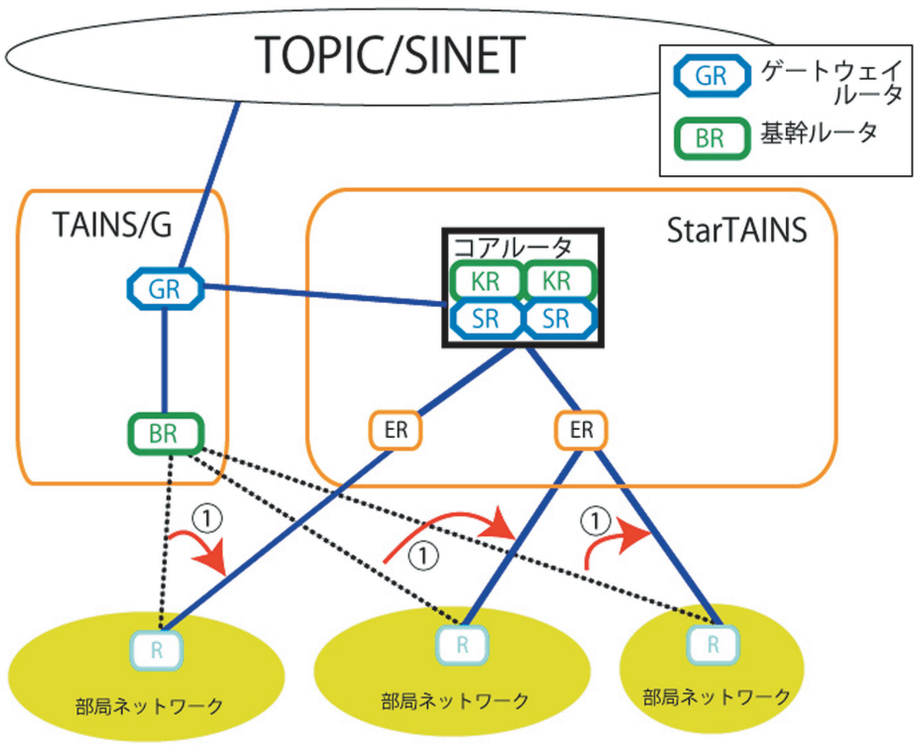


図２　部局ネットワークの切り替え

部局ネットワークの移行が終わった後，TOPIC/SINET への接続を TAINS/G から StarTAINS に切り替える（図 3 参照）。これにより老朽化した TAINS/G の機器はその役割を終えることになる。

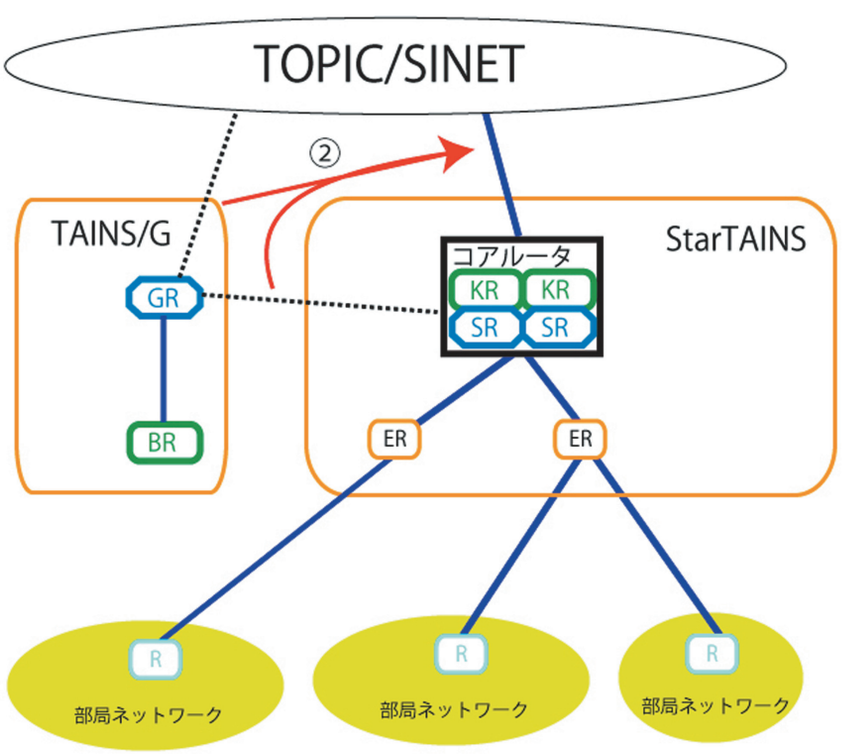


図３　幹線切り替え

５．ネットワークサービスについて

StarTAINS で拡張したネットワークサービスについて以下に述べる。各サービスは東北大学統合電子認証システムと連携し，東北大 ID[1]により利用できる[2]。

・メールシステムの更新

東北大学サイバーサイエンスセンターでは, 従来 mail.tains.tohoku.ac.jp, m.tains.tohoku.ac.jp ドメインのメールサービスを提供してきたが，維持管理の財源が全学的に提供できる形になっていなかったことや，老朽化が激しいため，今回 m.tohoku.ac.jp ドメインのメールサービスを新たに提供する。後ろで述べるように「全学的基盤経費」が制度化されたことで，継続して安定した運用が可能なサービスとして提供できるようになった。

・セキュリティ対策ソフトの拡充

Symantec とエフセキュアの２つのセキュリティ対策ソフトを継続して提供する。電子メールサービスと同様に安定して運用できる財源を確保できたことでセキュリティ対策ソフトの提供が可能となった。複数のソフトウェアを提供していることについては，リスクに対する多様性を確保することを目的としている[3]。

・迷惑メール対策

部局のメールサーバー向けにトレンドマイクロ社のスパムメール対策データベースを提供している。

・リモートアクセス

PPTP，OpenVPN 及び SSL-VPN を提供する。これらにより学外のネットワークからでも学内ネットワークを利用でき，また学内ローミングである「どこでも TAINS」も利用できるようになる。認証にはサブ ID[2]を使用している。

・ホスティング

Web サーバ等のための機器を購入し保守することが部局の負担になっていることもあり，仮想化したサーバによるホスティングサービスを提供することで部局の負担を低減する。

６．経費について

これまで TAINS の整備・拡充には，補正予算等が充てられてきた。学内ネットワークは全学で利用する共通の基盤であってすでに利用せずに大学を運営することなど考えられない状況にあるにもかかわらず不安定な予算状況であることは問題であり，全学的に負担するものとして基盤的な経費のシステムを構築することが望まれていた。総長室のご尽力により，そうした状況への全

[1]東北大学統合電子認証システムにより教職員に割り振られる ID のこと。
[2]東北大学統合電子認証システムではセキュリティのレベルに応じて東北大 ID とサブ ID を使い分けている。

学のご理解を得て，「全学的基盤経費」というシステムが構築された。その内訳に「全学的情報化推進経費」があり，その一部によって今回の StarTAINS の構築を行うことができた。なお，基幹ネットワークシステムは 5 年間の借入であり，ネットワークサービスシステムは買い取りとしている。

７．今後の予定

今後は，部局ネットワークの接続を高度化していくこととなる。基本的なこととしてはエッジルータによってルーティングを行うことでルータの保守費などの部局の負担を低減する。また，ファイアーウォールを利用したセキュアなネットワークを提供する[4]。もちろん今までの接続形態を継続したい部局はそのまま同じ接続形態をとることもできる。また，Web 申請システムの導入により管理者の申請による負担を低減する。

８．おわりに

ネットワークは様々なサービスの基盤として重要なものとなり，安定と安全がますます求められていくことは言うまでもない。StarTAINS はそうした要求に答えてくれる次世代ネットワークとなるものとして構築した。同時にネットワークとそれを利用したサービスは切っても切れない関係となっており，そうした要望にも応えて物理的なネットワークと併せて利用するべきサービスも提供することにした。

また，利用者に切り替えの時にも不便をかけないように実施するための方法を検討した結果，切り替えの際にも切断時間が可能な限り小さくなるように実施する必要があった。

TAINS/G の老朽化が激しく早急に切り替える必要がある中，期間的に厳しい作業ではあったが，全学の協力もあり無事に終了することができた。著者にとっても今回の切り替えでは学内の多くの皆様からそれぞれの部局の事情などを伺いながら作業することで勉強になった。今後はそうした協力を得て構築された StarTAINS のポテンシャルを十分に生かし，利用者により便利なサービスを提供していけるようにしていきたい。

参考文献

[1] 曽根秀昭，水木敬明：“次世代 TAINS の概要紹介” TAINS ニュース No.36
[2] 木下哲男，早川美徳：“全学的な統合認証システムの実現に向けて” TAINS ニュース No.36
[3] 森倫子，澤田勝己：“セキュリティ対策ソフトウェアの配布サービスについて” TAINS ニュース No.37
[4] 曽根秀昭，水木敬明：“エッジルータにおける接続サービスの見通し” TAINS ニュース No.37

［報告］

平成21年度全国共同利用情報基盤センター顕彰について

平成 21 年度顕彰授賞式が行われました。

全国共同利用情報基盤センター及び国立情報学研究所の運用に非常に顕著な貢献があった方々に授与される平成 21 年度全国共同利用情報基盤センター顕彰功績賞候補者として、先に本センターから推薦していた情報部情報基盤課高橋哲夫技術専門職員の授賞式が行われました。

授賞式は、昨年 11 月 6 日（金）午前 10 時から国立情報学研究所の当番により開催された、全国共同利用情報基盤センター研究開発連合発表講演会の冒頭で行われました。授賞式では、第 13 回全国共同利用情報基盤センター長会議議長である北海道大学情報基盤センター長名の表彰状と副賞(楯)が、当番校の国立情報学研究所の坂内正夫所長から、高橋哲夫技術専門職員（ご都合により授賞式は欠席され同課の高橋洋一技術専門職員が代理出席）を含め、3 名の受賞者の方々に手渡されました。

今年度顕彰を受けられた高橋技術専門職員は、永年に亘り東北大学サイバーサイエンスセンター（旧情報シナジーセンターと大型計算機センターを含む。）において、全国共同利用の大規模科学計算システムの利用者サービスとともにセンター運用への貢献が極めて大きいことが表彰の対象となったものです。

高橋技術専門職員は、昭和 60 年には、現在では主流のオペレーティングシステムである UNIX をサービスするために、DEC 社製のミニコンピュータ VAX-11/750 が導入されたことに伴い、このシステムの利用者登録、課金処理等の運用管理を担当し UNIX の普及に尽力されました。また、ワークステーションによる JUNET を介した電子メールのサービス、画像システム cips の構築と運用、そして、現在運用している利用者管理・課金管理システムの設計・構築及びその後のサービスに従事されてきたこと等、40 年の永きに亘り全国共同利用としての計算機の環境整備と運用管理に対して多大な貢献をされたことが今回の受賞に至った理由となっています。

『受賞者のコメント』

東北大学サイバーサイエンスセンター　　高橋 哲夫



昭和 44 年に東北大学大型計算機センターに採用され、全国共同利用施設の職員として、計算機の利用環境整備と運用管理などを行ってまいりました。

今回、このような名誉ある賞をいただくことになり驚き恐縮しています。同時に大変嬉しくも思っております。

画像システム、利用者管理、課金管理システムなどの基本設計・構築を主に担当してまいりました。これらのシステムの運用面での実現は、センター教職員および計算機を提供しているメーカの技術者には大変お世話になり、いずれが欠けても実現が困難なものばかりでした。それらの方々の尽力に対し篤くお礼申し上げます。今回の賞をその方々にも捧げたいと思っております。

このたびは、本当にありとうございました。

［報告］

第11回テラフロップワークショップ報告

東北大学サイバーサイエンスセンター　小林広明

サイバーサイエンスセンター（以下、本センター）は、大学院情報科学研究科とドイツシュトゥットガルト大学高性能計算センターとの共同主催で、2009年10月19日（月）～10月20日(火)の両日、今年も「計算科学の可能性と次世代スーパーコンピュータ研究開発動向を探る」をテーマに、第11回テラフロップワークショップ（the 11th Teraflop Workshop）を開催しました。本ワークショップは、国際的に活躍している計算科学・計算機科学の研究者・技術者を招いて、高性能・高効率大規模科学計算に関する最新の研究成果の情報交換を行うとともに、今後のスーパーコンピュータ設計の方向性を議論することを目的として、2006年以降、毎年シュトゥットガルト大学と東北大学で交互に開催されてきました（詳しくは、http://www.teraflop-workbench.org/index.htmを参照)。



第11回テラフロップワークショップは、シュトゥットガルト大学、アーヘン工科大、東京大学、東京工業大学、大阪大学、地球シミュレータセンター、日本原子力研究開発機構、NEC、東北大学からの18の招待講演から構成され、次世代スーパーコンピュータシステムのハードウェア要素技術から異機種システム統合技術やスーパーコンピュータの利便性を高める利用環境技術などシステムソフトウェア技術、さらにはスーパーコンピュータを活用する流体力学、プラズマ物理、材料、海洋・気象、医療などの分野から最新の研究成果発表がありました。サイバーサイエンスセンターからは、本センターが大阪大学と共同で取り組んでいる遠隔のSX-9を連携させて実現するベクトルコンピューティングクラウドや、次世代ベクトルプロセッサアーキテクチャとして有望な3次元積層型ベクトルプロセッサの設計と評価に関する報告が行われました(プログラムの詳細はhttp://www.isc.tohoku.ac.jp/NEWS/11th_teraflop.htmlを参照)。

2日間のワークショップでは、延べ146名の参加者を得て、活発な議論が交わされました。第12回ワークショップは、2010年3月15日～16日にシュトゥットガルト大学で行われる予定です。

［報告　計算科学・計算機科学人材育成のためのスーパーコンピュータ無償提供の試行］

グローバル COE（変動地球惑星学の統合教育研究拠点）シミュレーション・スクールでのスーパーコンピュータ利用の報告

－プラズマ粒子シミュレーションを題材とした計算科学の実体験－

藤原 均[1]　加藤雄人[1]　寺田直樹[1]　杉山徹[2]　西村太志[1]　岩崎俊樹[1]
1. 東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻
2. 独立行政法人 海洋研究開発機構

1. はじめに

東北大学グローバル COE プログラム「変動地球惑星学の統合教育研究拠点」は、理・工学などの異分野の連携と国際的な連携を行い、東北大学の特色である世界最高精度の観測技術、未踏の極限実験技術、世界最高解像度の解析手法の開発を強力に推進し世界をリードしつつ、多様なデイシプリンの研究を統合し、地球惑星変動と地球環境変動の起源と未来を明らかにすることを目的としてスタートしました。特に、先端的研究と教育とを結びつけ、課題発掘力、現場に強い技術開発力とフィールド力、そして世界において研究のイニシアティブを発揮できる国際性を有する若手研究リーダーを育成することを重要な課題として掲げ、いくつかの教育プログラムを実践しています。

そのような取り組みの一つとして GCOE 特別スクール (GCOE Special School)が設置され、本学大学院博士課程前期または後期に在籍し、東北大学グローバル COE プログラム「変動地球惑星学の統合教育研究拠点」のプロジェクトメンバー（事業推進担当者 および 同協力者）の指導下にある大学院生は、この GCOE 特別スクールをある一定時間数以上受講すると単位認定される仕組みになっています。実習型の特別スクールでは、「GCOE 地球惑星物質分析スクール」「GCOE 地球惑星計測スクール」「GCOE 地球惑星モデリングスクール」が並行して開講されています。本稿では、東北大学サイバーサイエンスセンターの「計算科学・計算機科学人材育成のためのスーパーコンピュータ無償提供」サービスを利用した「GCOE 地球惑星モデリングスクール」における実習について報告します。

2. GCOE 地球惑星モデリングスクール「プラズマ粒子系シミュレーション手法の解説」

GCOE モデリングスクールでは、計算機シミュレーションによって研究を進めている学生がさらに高度な手法を身につけるだけでなく、計算機シミュレーションが未経験な学生にとっても今後必要に応じてシミュレーション研究に取り組めるよう計算機シミュレーションの敷居を下げることも意図しています。地球(惑星)科学のシミュレーションは、主に固体地球、地球流体(大気・海洋)、地球・宇宙空間のプラズマに関連したテーマで実施されますが、今回は宇宙プラズマの粒子シミュレーションを題材に 2 日間の集中講義による実習を独立行政法人・海洋研究開発機構から

杉山徹氏を特別講師に招いて行いました。GCOE 特別スクールでは、これまでにも様々な専門性を持つ国内外の第一級の研究者を特別講師として招聘し、若手研究者が様々な研究テーマ・研究手法にふれる機会の充実に努めています。

3. 講義・実習の概要

実習にはサイバーサイエンスセンター5 階端末室を利用しました。受講生は大学院博士前期・後期課程の学生、ポスドク研究員であることから、一通りのコンピュータ(UNIX)の操作が出来ることを前提として、端末室でのコンピュータ操作については簡単な説明にとどめました(トラブルの対処・アシスタント役として藤原・加藤・寺田が参加)。講義では、はじめにプラズマの運動を支配する方程式系の解説を行い、Fortran で書かれたサンプルプログラムを参照しながら数値解法について解説し、実際にプログラムを実行、結果を図示するという一連の実習を実施しました。集中講義の概要・日程は以下の通りです。

講義内容・目的（事前のアナウンスより）

無衝突プラズマのミクロ現象を、計算機内で再現する手法の１つとして、ＰＩＣ法が広く使われている。本講義では、その基礎概念とテクニックを学び、初心者でもパソコン上ですぐにシミュレーションが実行できるようになることを目標とする。サンプルプログラムを用いた粒子シミュレーションの実習を通して、粒子シミュレーション実行へのハードルが低いことを実感することも本講義の大きな目的の１つである。

日程

10 月 26 日(月)

14:40-16:10、16:20-17:50

10 月 27 日(火)

8:50-10:20、 10:30-12:00、14:40-16:10、16:20-17:50

実習時のコンピュータ利用について

東北大学サイバーサイエンスセンターの「計算科学・計算機科学人材育成のためのスーパーコンピュータ無償提供」サービスでは、計算機サーバとしてＳＸ－７Ｃが提供され、プログラミング言語では、Fortran、C、C++、MPI 版 Fortran、MPI 版 C、MPI 版 C++が利用可能です。ただし、プログラムの実行は会話型処理のみ可能で、CPU 時間制限値 10 分、メモリ制限値 8GB、CPU 数制限値 4 となっています。その他、上記システムではいくつかのソフトウェアが利用可能となっており、サンプルプログラムを用いた計算結果をその場で表示し確認することが出来ます。図 1 に講義、実習の様子を、図 2 にサンプルプログラムに基づくプラズマ粒子シミュレーション結果の一例を示します。



図 1.　実際の講義・実習風景。

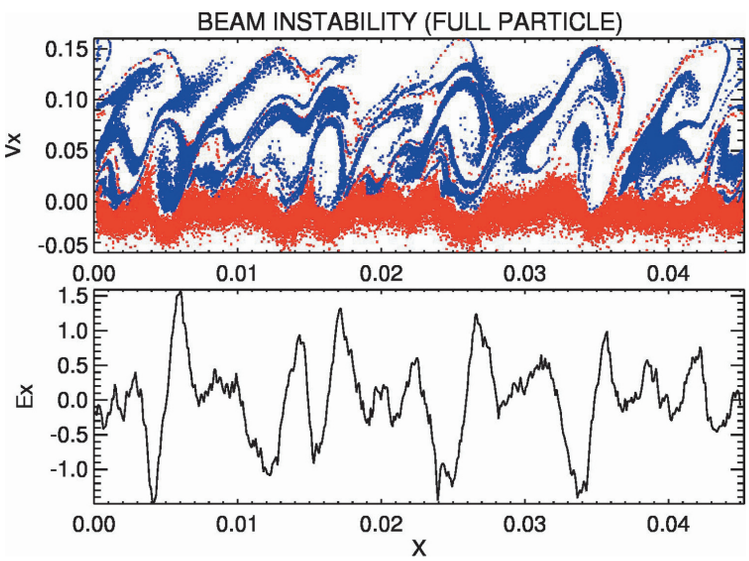


図 2.　ビームプラズマ不安定性の全粒子シミュレーション結果。
上図は X-Vx 位相空間、下図は電場の空間分布。

4. さいごに

受講生の半数近くは、普段は数値シミュレーションとは縁がない大学院生でしたが、実際に目では見ることのできないプラズマ粒子の不思議な振る舞いをシミュレーションによって視覚的(直感的)に理解する体験ができたものと思われます。また、数値シミュレーションの手法を用いて研究を行っている学生にとっても、いくつかのサンプルプログラムは自らのプログラミング技術向上に大いに役立ったと思われます。今回の東北大学サイバーサイエンスセンター「計算科学・計算機科学人材育成のためのスーパーコンピュータ無償提供」サービス利用は、GCOE 地球惑星モデリングスクールとしては初の試みでした。GCOE グループ内で(講義のための)計算機実習設備を整備(維持・管理)することは人的、予算的に極めて困難であり、今後もこのようなサービスの利用が GCOE での教育の充実に大いに役立つものと思われます。

最後に、このような実習用のシステム、及び端末室をご提供くださいました東北大学サイバーサイエンスセンターの関係者各位に深く感謝いたします。

[Web 版大規模科学計算システムニュース]より

パスワードの変更について（No.95）

センターでは、使用しているパスワードの変更をこまめに行うようお願いしております。変更は、並列コンピュータ(gen.isc.tohoku.ac.jp)上の yppasswd コマンドで可能です。パスワードの生成においては下記の【望ましいパスワード】【避けるべきパスワード】も参考にしてください。

【望ましいパスワード】

・大文字と小文字の組み合わせ
・アルファベットだけでなく数字や特殊記号（#,$,%,&,+,-,*等)を含む
・文字数は最大の８文字

【避けるべきパスワード】

・初期パスワードをそのまま利用
・自分の名前や簡単な変形
・有名な固有名詞
・辞書に載っているような単語

（共同研究支援係）

[Web 版大規模科学計算システムニュース]より

計算科学・計算機科学人材育成のための スーパーコンピュータ無償提供の試行について（No.96）

東北大学サイバーサイエンスセンターでは、計算科学・計算機科学分野での教育貢献・人材育成を目的として、今年度に引き続き平成 22 年度も大学院・学部での講義実習等の教育目的での利用について、無料（ただし、利用状況によっては上限を設定する場合があります）でベクトル並列型スーパーコンピュータ SX-9（1 ノード、16CPU、1.6Tflop/s、1TB メモリ）システムをご利用いただける制度の試行をいたします。

利用を希望される場合は、以下の情報を添えて、edu-prog@isc.tohoku.ac.jp までお申し込みください。

・講義担当者氏名
・同所属
・同連絡先（住所、電話、電子メール）
・講義名
・講義実施日時（１セメスターの中で実習を予定している回数）
・センターでの実習利用希望の有無（必要であれば、予定日）
・講師派遣の有無
・講義シラバス
・講義ウェブ（もし用意されていれば）
・受講者数（予定）
・必要とする理由（利用目的：例えば、高速数値実験の研修を行うなど）
・期待できる教育効果
・その他（センターへの要望等）

なお、講義終了後、報告書（広報誌 SENAC へ掲載）の提出をお願いいたします。たくさんのお申し込みをお待ちしております。不明な点は、edu-prog@isc.tohoku.ac.jp まで電子メールでお問い合わせください。

（スーパーコンピューティング研究部、共同利用支援係）

― SENAC 執筆要項 ―

広報 SENAC は、広く利用者の便を計るために、下記の要項にしたがった投稿も記載いたします。

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以下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

編 集 後 記

いわゆる「Android ケータイ」を年末に半ば衝動買いしました。しばらくいじりまわしているうちに、クラウドの潜在的なパワーを目前に突きつけられたような印象を受けました。頭で理解していたつもりだったものは実は青写真のような平面で、それがカラダで感じられるようになり、急に立体的なリアリティを伴って迫ってきた、と表現すれば良いのでしょうか。実に妙な感覚です。さて、クラウドに夢を見られる一方で、痛感したのがネットワーク環境の未熟さです。3G データ通信では帯域が全く足りないし、無線 LAN ではまだまだユビキタスに程遠いのが現状です。私たちが手掛けている国際学術無線 LAN ローミング基盤「eduroam」でも、現在はホット・スポット、すなわち「点」のサービスが一般的です。点をいかに線につなげ、さらに面に広げていくかを、早急に考えていかなければなりません。商用オペレータと大学の連携も、重要度が増してくるはずです。　[HG]

サイバーサイエンスセンター本館 1 階受付の隣に利用相談室があります。今年度は利用者 3 名、センターの教職員 4 名、計 7 名のテクニカルアシスタントが交替で平日 2 時から 4 時のあいだ相談室に待機して利用相談業務にあたっています。しかし、残念なことに相談室を訪れる利用者が年々減少しています。メールや電話での相談が便利なことも事実ですが、面談ならではの利点（実際にプログラム操作しながら、備え付けのマニュアルを開きながら等）がたくさんあります。時間的にも面談の方が短時間で解決することが多いようです。相談終了後は、利用者、テクニカルアシスタント、職員まじえてお茶を飲みながらひととき雑談を楽しむこともあります。

どうぞお気軽に相談室に足を運んでください。テクニカルアシスタントがいない時間帯は職員が随時対応いたしますので、1 階受付窓口（共同利用支援係　022-795-3406）までご連絡ください。また、弘前大、秋田大、山形大にも当センターの利用相談員がおりますのでお近くの方は是非ご活用ください（詳細：http://www.ss.isc.tohoku.ac.jp/guide/puroso.html）。　[KS]



サイバーサイエンスセンター前
整備中の青葉山新キャンパス



SENAC 編集部会

小林広明　曽根秀昭　水木敬明　後藤英昭
江川隆輔　伊藤英一　山内　斎　小野　敏
大泉健治　高橋洋一　斉藤くみ子

平成 22 年 1 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　大成印刷株式会社

索　引

SENAC Vol.42 (No.1～No.4)　　2009.1～2009.10

項　目	No.	p.
巻頭言		
センター長就任のごあいさつ　小林広明	1	1
お知らせ・報告等		
平成20年度全国共同利用情報基盤センター顕彰について	1	85
第9回テラフロップワークショップ報告　小林広明	1	89
創造工学研修の実施報告-スパコンを使って計算科学・計算機科学のおもしろさを体験-　滝沢寛之　他	2	87
大型コンピュータのサービスに携わって　加藤昇	2	91
東北大学と理化学研究所が協定締結-計算科学・計算機科学など関連分野の研究領域において連携・協力-	3	33
サイバーサイエンスセンターとシュトゥットガルト大学高性能計算センターが高性能計算に関する研究協定を締結	3	34
グリッド上で世界最大級の広域ベクトル型スーパーコンピュータ連携を実現-大規模ベクトル計算クラウドも視野に-	3	35
サイバーサイエンスセンターとドイツ気象庁が高性能計算に関する協定を締結	3	37
SENAC-1が情報処理学会「情報処理技術遺産」に認定されました	3	38
平成21年度TOPICネットワーク担当職員研修会を仙台で開催しました	4	37
「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のWEBアドレスの変更について<No.81>	1	145
フィルムスキャナの利用について<No.81>		
文部科学省先端研究施設共用イノベーション創出事業2009年度第一期公募のご案内<No.83>		
平成21年度講習会計画<No.84>	2	93
事務組織の改編について<No.86>		
利用負担金割引制度の実施について <No.87>	3	51
非線形構造解析汎用プログラムMSC.Marc2007/Mentat 2007のサービス開始について<No.87>		
平成21年度の共同研究について<No.87>		
平成21年度研究開発公募課題(第一次募集分)の採択について<No.87>		
計算科学・計算機科学人材育成のためのスーパーコンピュータ無償提供の試行について<No,88>		
平成21年度の利用相談について<No.88>		
平成21年度研究開発公募課題(第二次募集分)の採択について<No.89>		
費目別の請求書発行について<No.89>		
利用負担金額の表示コマンドについて<No.89>		
文部科学省研究開発施設共用等促進補助金(先端研究施設共用促進事業)先端大規模計算利用サービス 2009 年第二期公募説明会開催のご案内<No.90>		
高速ファイル転送の試験サービス<No.90>		
費目別の請求書発行について<No.93>	4	45
利用負担金額の表示コマンドについて<No.93>		
大規模科学計算システムの利用法		
ライブラリ・アプリケーションの紹介	2	57
解説・資料		
大規模科学計算システムにおける高速ファイル転送　後藤英昭　他	2 4	81 39
高速ファイル転送の試験サービス	4	40
ファイル転送ソフトFileZilla Client導入ガイド		
研究報告		
キャンパスユビキタス環境,グリッド環境等の情報基盤技術の研究開発　後藤英昭　他	3	39
大規模科学計算システム	1	91
FORTRAN90/SXとC++/SXの新機能　横谷雄司		

項　目	No.	p.
SX-9導入披露&SENAC50周年記念式典・講演会		
SX-9導入披露&SENAC50周年記念式典・講演会開催報告　小林広明	1	3
日本の情報科学・工学の黎明期とSENAC-1の開発　野口正一	1	5
SENAC-1(NEAC-1102)開発秘話-科学技術用計算機開発に命をかけた日々-　渡部和	1	21
NECのHPCへの取組み　伊藤行雄	1	27
東北大学サイバーサイエンスセンター～新スーパーコンピュータシステムSX-9～～全国共同利用施設としての活動とサーバーサイエンスを推進する全国共同利用・共同研究拠点形成に向けて～　小林広明	1	37
スーパーコンピュータの技術開発と次世代スーパーコンピュータプロジェクト　渡辺貞	1	49
光通信の最前線-光ソリトン伝送におけるスパコンの役割を含めて-　中沢正隆	1	67
共同研究成果		
スーパーコンピュータSXと月探査-「かぐや」による月地下構造探査-　小林敬生　他	1	101
大規模非圧縮性流体シミュレーションの工学問題への応用　高橋俊　他	1	107
高度な乱流散逸構造の解像度を有するVector-Parallel DNSの研究　堀内潔　他	1	115
小型レンズアンテナの3次元FDTD解析　井上大聡　他	2	37
二次元スリットを有する流路における乱流及び乱流熱伝達の直接数値シミュレーションとそのモデル予測に関する研究　牧野総一郎　他	2	47
直接数値シミュレーションを用いた温度場乱流境界層の研究　藤堂公浩　他	3	1
平行平板間乱流熱伝達におけるスカラー散逸場のDNS解析　小塚信　他	3	11
蔵王おろしに伴った非定常風の数値実験　沢田雅洋　他	4	1
メゾ周期構造体における電磁波散乱の高精度数値計算　岩長祐伸	4	9
第一原理に基づく大規模電子状態・電子輸送特性計算　小野倫也　他	4	19
研究成果		
安定シラケテンイミンの合成と構造　岩本武明　他	1	123
NAREGIによる広域ベクトル型スーパーコンピュータ連携-ベクトルコンピューティングクラウドの実現に向けて-		
江川隆輔　他	2	1
非共有結合性配位部位を持つ4-ヒドロキシプロリンアミドアルコールの不斉マイケル反応および不斉アルドール反応の機構解明-Gaussian分子軌道法計算による遷移状態の探索-　甲千寿子　他	2	7
連鎖反応モデルから想定される深部低周波微動の特徴　有吉慶介　他	2	19
地球の温暖化で変化した日本南岸の黒潮流路の選択特性　関根義彦	2	27
密度汎関数理論によるナノ・バイオ計算　押山淳	3	25
ポテンシャル勾配を駆動力とする物質拡散方程式の数値解析におけるαマルティプリケーション法の提案　横堀壽光　他	4	27
全国共同利用情報基盤センター研究開発論文集No.30より		
スーパーコンピュータシステムSX-9の紹介と性能評価　大泉健治　他	1	129
EtherIPを用いたセンター管理型キャンパス無線LAN　大和純一　他	1	137

システム一覧

計算機システム	ホスト名	機　種
スーパーコンピュータ	super.isc.tohoku.ac.jp	SX-9
並列コンピュータ	gen.isc.tohoku.ac.jp	TX7/i9610

サービス時間

利用システム名	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
館 内 利 用	月曜日～金曜日は 8:30～21:00、 土・日・祝日は閉館

ジョブクラスと制限値

計算機システム	処　理	ジョブクラス	ＣＰＵ時間	メモリ容量
スーパー コンピュータ	会話型	(4cpu)	1 時間	8GB
	バッチ 処理	ss　(4cpu)	1 時間	256GB
		s　(4cpu)	無制限	32GB
		p8　(8cpu)	〃	512GB
		p16　(16cpu)	〃	1024GB
		p32　(32cpu)	〃	1024GB×2
		p64　(64cpu)	〃	1024GB×4
並列 コンピュータ	会話型	(4 並列)	1 時間	8GB
	バッチ 処理	as　(4 並列)	無制限	8GB
		am　(Marc 専用)	〃	8GB
		a8　(8 並列)	〃	64GB
		a16　(16 並列)	〃	128GB
		a32　(32 並列)	〃	256GB
		a64　(64 並列)	〃	512GB

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.43 No.1 2010–1

[巻頭言]
変革の時代を迎えて……小林広明 1

[お知らせ]
並列コンピュータシステムの更新について(1),(2)…… 3

[共同研究成果]
星間雲形成における部分電離の効果……松本　緑 5
寺田直樹
小野高幸

超音速複葉機の3次元翼形状設計……丸山大悟 11
松島紀佐
楠瀬一洋
中橋和博

[研究成果]
海溝型巨大地震の発生前に期待される，ゆっくり地震の活動変化……有吉慶介 19
堀　高峰
金田義行
Jean-Paul Ampuero
松澤　暢
日野亮太
長谷川　昭

[全国共同利用情報基盤センター研究開発論文集 No.31]より
超大規模ベクトル計算基盤の実現へ向けて……大泉健治 25
村田善智
江川隆輔
伊藤英一
岡部公起
小林広明

東北大学第四世代学内ネットワーク StarTAINS について……北澤秀倫 31

[報告]
平成21年度全国共同利用情報基盤センター顕彰について…… 36
第11回テラフロップワークショップ報告……小林広明 37
〈計算科学・計算機科学人材育成のためのスーパーコンピュータ無償提供の試行〉
グローバル COE（変動地球惑星学の統合教育研究拠点）
シミュレーション・スクールでのスーパーコンピュータ利用の報告……藤原　均 38
加藤雄人
寺田直樹
杉山　徹
西村太志
岩崎俊樹

[Web 版大規模科学計算システムニュース]より
パスワードの変更について（No.95）…… 41
計算科学・計算機科学人材育成のための
スーパーコンピュータ無償提供の試行について（No.96）…… 42

執筆要項…… 43

編集後記…… 44

PRINTED WITH SOY INK
再生紙と大豆の油を主成分とした「ソイ・インキ」を使用しています。