



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.51 No.3 2018-7



Cyberscience  
Center

Supercomputing System  
Tohoku University

[www.ss.cc.tohoku.ac.jp](http://www.ss.cc.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.cc.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) sodan@cc.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 自販機	8:30~21:00
	展示室(分散 コンピュータ博物館)	見学をご希望の方は、共同利用支援 係までご連絡ください	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) som@cc.tohoku.ac.jp	総務に関すること	8:30~17:15
	会計係	022-795-3405 (3405) kaikai@cc.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
	共同利用支援係 (受付)	022-795-3406 (3406) 022-795-6251 (6251) uketuke@cc.tohoku.ac.jp	利用手続き、利用相談、講習 会、ライブラリ、見学、アプリケ ーションに関すること	8:30~17:15
	共同研究支援係	022-795-6252 (6252) rs-sec@cc.tohoku.ac.jp	共同研究、計算機システムに 関すること	8:30~17:15
	ネットワーク係	022-795-6253 (6253) net-sec@cc.tohoku.ac.jp	ネットワークに関すること	8:30~17:15
	情報セキュリティ係	022-795-3410 (3410) i-security@grp.tohoku.ac.jp	情報セキュリティに関すること	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)	8:30~17:15

\* ( ) 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。

## [共同研究成果]

## 回転霧化塗装機を用いた

## 蒸発を伴う噴霧塗装の Large Eddy Simulation

松下洋介：東北大学大学院工学研究科

乳井草太：東北大学大学院工学研究科

中沢 仁：東北大学大学院工学研究科

齋藤泰洋：東北大学大学院工学研究科

青木秀之：東北大学大学院工学研究科

本研究では、回転霧化塗装機を対象に噴霧液滴の蒸発を考慮した噴霧流の Large Eddy Simulation を実施した。液滴の蒸発を考慮しない場合と考慮する場合の解析結果を比較することで、液滴の蒸発が噴霧流に及ぼす影響を検討した。その結果、液滴の蒸発が噴霧流の気相の流れ場と液滴の運動に及ぼす影響は小さいことが示された。また、蒸発は回転霧化塗装機近傍で最も進行し、蒸発量は供給した塗料の約 18%であった。その後、蒸発量は回転霧化塗装機から被塗装物に向かって線形に増加し、最終的に 28%に達した。

## 1. 緒言

自動車の上塗り塗装は製品に美観を与える重要な工程であり、現在、上塗り塗装には回転霧化塗装機が広く用いられている。回転霧化塗装機では、数万 rpm で高速回転するベルカップの中央付近に塗料を供給し、塗料が液膜となって遠心力によりベルカップの縁まで移動し、最終的には液膜が液糸となって射出する。その後、液糸はベルカップ後方より供給される Shaping Air (SA) と呼ばれる高速の気流によって微粒化され、生成する液滴は被塗装物に向かって運動する[1]。Im et al.は回転霧化塗装機により塗料を微粒化するとともに電圧を内部印加することにより形成される噴霧の形状を観察し、電圧の内部印加により噴霧角が小さくなることを報告した[2]。しかしながら、ベルカップが数万 rpm で高速回転することにより誘起される旋回流れ、SA が 100 m/s 以上で供給されることで形成される高速ジェット、微粒化を伴う液滴の運動を含むこの複雑な塗装プロセスにおいて、興味ある情報を実験的に求めるのは非常に困難であり、数値解析を用いた検討が行われている。

Ellwood and Braslaw は回転霧化塗装機の周りに電極を配置した静電塗装を対象に静電場を含む噴霧流のシミュレーションを実施し、電圧の外部印加により噴霧の広がりや抑制されることを示した[3]。Domnick et al.は ANSYS Fluent 6.0 を用いて回転霧化塗装機により塗料を微粒化するとともに電圧を内部印加した噴霧流の数値解析を実施し、粒径が小さい液滴は内側を、粒径が大きい液滴は外側を運動することを示した[4]。Colbert and Cairncross は Dominick et al. [4]と同様に FEMLAB を用いて電圧を内部印加した噴流塗装のシミュレーションを実施し、塗着する液滴と塗着しない液滴の粒径分布を調査し、平均粒径近傍の液滴が最も塗着し、粒径が小さい液滴と大きい液滴が塗着しづらいことを示した[5]。Toljic et al.は ANSYS Fluent を用いて回転霧化塗装機による車体の塗装を模し、移動する被塗装物上に形成される塗料の膜厚と塗着効率を妥当に予測した[6]。我々の研究グループでも、回転霧化塗装機において塗着効率が低下する原因を調査するなど種々の検討を行っている[7-9]。しかしながら、これらの研究[3-9]では気相の流れ場の計算に RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes)を用いているため、流れ場の予測精度に疑問が残る。著者らの知る限り、回転霧化塗装機を対象に Large Eddy Simulation (LES)を実施したのは Im et al. [10]のみである。

また、回転霧化塗装機を用いた塗装プロセスでは微粒化された液滴の蒸発が進行すると考えられるものの、液滴の蒸発について検討した研究はほとんどない。Bini and Jones は Chen et al.が実施した解放空間にアセトンを噴霧する実験[11]を対象に蒸発を伴う噴霧流の Large Eddy

Simulation を実施し、下流において液滴の質量流量をほぼ完全に予測している[12]. また, Apte et al. は Sommerfeld and Qui が行った同軸二重管に水を噴霧する実験[13]を対象に蒸発を伴う噴霧流の Large Eddy Simulation を実施し、下流において気相の速度とその RMS, 液滴の粒径分布と質量流束を良好に再現している[14]. そのため、回転霧化塗装機における噴霧流を精度良く再現するためには、蒸発を伴う噴霧流の Large Eddy Simulation が最も適していると考えられる。

そこで本研究では、回転霧化塗装機を対象に噴霧液滴の蒸発を考慮した噴霧流の Large Eddy Simulation を実施する。液滴の蒸発を考慮しない場合とする場合の解析結果を比較することで、液滴の蒸発が噴霧流に及ぼす影響を検討する。具体的には、液滴の蒸発が気相の流れ場や液滴の運動に及ぼす影響を把握する。さらに、液滴からの全蒸発量を定量化するとともに粒径ごとの蒸発量についても調査する。

## 2. 蒸発を伴う噴霧流の Large Eddy Simulation

### 2.1 解析対象と解析条件

図 1 に回転霧化塗装機、被塗装物およびこれら周囲の空間からなる解析対象を示す。ベルカップの外径を 70 mm, 被塗装物である円板を径 500 mm としてベルカップ前方 250 mm に配置した。塗料を温度 293 K, 供給流量 150 ml/min でベルカップ中心付近から供給するとともにベルカップを回転数 25,000 rpm で回転させることで、塗料は遠心力によりベルカップの縁から径方向外側に液糸となって射出する。また、ベルカップ後方に設置した環状のスリットから Shaping Air (SA) と呼ばれる温度 293 K, 湿度 0%の空気を流量 200 NL/min で供給することで、液糸は細かい液滴に分裂するとともに蒸発を伴いながら被塗装物に向かって運動する。なお、塗料と SA 供給前の空間は温度 293 K, 湿度 0%の空気が静止しているとした。

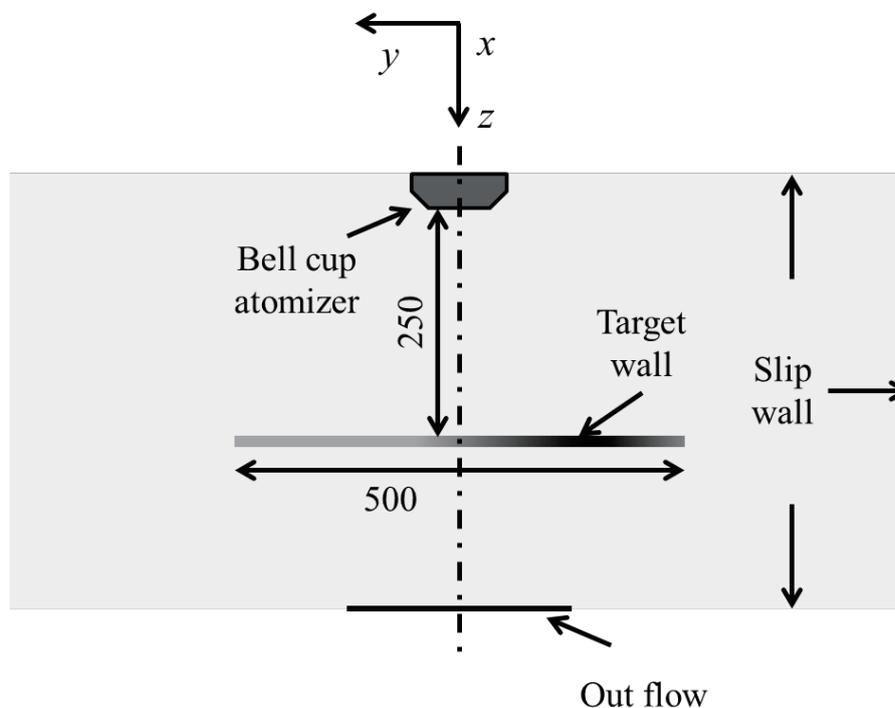


図 1 回転霧化塗装機、被塗装物およびこれら周囲の空間からなる解析対象の概念図

### 2.2 解析方法

蒸発を伴う噴霧塗装は気液二相流であるため、気相を連続体として、液相を分散相として取り

扱う Euler-Lagrange 法を採用した．また，我々の研究グループで修正した Particle-Source-In Cell (PSI-CELL)モデル[15,16]を用いて液相が気相に及ぼす影響も考慮した．

## 2.2.1 気相の解析方法

蒸発を伴う噴霧塗装では気相の組成と温度によって密度が変化するため，考えるべき気相の基礎式は低マッハ数近似を施した連続の式，運動量保存式，化学種の保存式，エンタルピーの保存式と理想気体の状態方程式である．ただし，気相では強い乱流場が形成されるため，基礎式をそのまま解くことは困難である．そこで，これらの基礎式に密度荷重空間フィルタを施し，大きな渦を直接解き，小さな渦のみをモデル化する Large Eddy Simulation (LES)を実施した．LESにおける連続の式は式(1)である．

$$\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\bar{\rho} \tilde{u}_i) = \overline{S_{p,m}} \quad (1)$$

ここで，右辺第一項は分散相からの質量の生成であり，液滴の蒸発を考慮する場合にのみ考慮する．また，LESにおける運動量保存式は式(2)に示すとおりである．

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} \tilde{u}_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \tilde{u}_i \tilde{u}_j) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial \tilde{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \tilde{u}_j}{\partial x_i} \right) - \tau_{ij} \right] + \overline{S_{p,u_i}} \quad (2)$$

右辺第三項は分散相との運動量の交換である．また， $\tau_{ij}$ は Sub-grid scale (SGS)の応力であり，SGSモデルを用いて評価した．

$$\tau_{ij} = \bar{\rho} (\tilde{u}_i \tilde{u}_j - \tilde{u}_i \tilde{u}_j) = -\mu_{SGS} \left( \frac{\partial \tilde{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \tilde{u}_j}{\partial x_i} \right) + \frac{2}{3} k_{SGS} \delta_{ij} \quad (3)$$

SGSモデルには Smagorinsky モデル[17]を採用し，Smagorinsky 定数を 0.1 で一定とした．

$$\mu_{SGS} = \bar{\rho} (C_s \Delta)^2 |\mathbf{S}| \quad (4)$$

LESにおけるエンタルピーの保存式は式(5)である．

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} \tilde{h}) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \tilde{h} \tilde{u}_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{\mu}{Pr} \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x_j} - q_j \right) + \overline{S_{p,h}} \quad (5)$$

ここで，右辺第二項は分散相との熱量の交換である．また， $q_j$ は SGS の熱流束であり，式(6)に示す勾配拡散近似を用いて評価した．

$$q_j = \bar{\rho} (\tilde{h} \tilde{u}_j - \tilde{h} \tilde{u}_j) = -\frac{\mu_{SGS}}{Pr_{SGS}} \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x_j} \quad (6)$$

$Pr_{SGS}$ は SGS のプラントル数であり，0.7 で一定とした．LESにおける化学種の保存式は式(7)に示すとおりである．右辺第二項は分散相からの化学種  $k$  の質量の生成であり，液滴の蒸発を考慮する場合にのみ考慮した．

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} \tilde{Y}_k) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \tilde{Y}_k \tilde{u}_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{\mu}{Sc} \frac{\partial \tilde{Y}_k}{\partial x_j} - J_{k,j} \right) + \overline{S_{p,Y_k}} \quad (7)$$

$$k = \text{N}_2, \text{O}_2, \text{ and } \text{H}_2\text{O}$$

また， $J_{k,j}$ は化学種  $k$  の SGS の質量流束であり，やはり勾配拡散近似を用いて評価した．

$$J_{k,j} = \bar{\rho} (\tilde{Y}_k \tilde{u}_j - \tilde{Y}_k \tilde{u}_j) = -\frac{\mu_{SGS}}{Sc_{SGS}} \frac{\partial \tilde{Y}_k}{\partial x_j} \quad (8)$$

$Sc_{SGS}$ は SGS のシュミット数であり，0.7 で一定とした．

これらの基礎式を非構造格子の有限体積法に基づき離散化した．運動量保存式の対流項は流束制限関数に min-mod 関数を適用した TVD [18]を，拡散項は二次中心差分法を用いてそれぞれ離散化し，時間進行法に二次の Adams-Bashforth 法を用いた．圧力と速度の結合解法には Simplified Marker and Cell (SMAC)法[19]を用い，圧力補正值に関する連立方程式の解法には AMGS [20]を採

用した．その他の保存式の対流項と拡散項はべき乗法[21]を用いて離散化し，時間進行法には一次のオイラー陰解法を用い，解くべき変数の連立方程式の解法には多項式前処理付き安定化双共役勾配法(Bi-Conjugate Gradient Stabilized) [22]を用いた．なお，Metis-5.1.0 [23]を用いて解析領域を分割し，Message Passing Interface (MPI)を用いて領域分割に基づく並列計算を実施した．

### 2.2.2 液相の解析方法

噴霧液滴を剛体球と仮定し，微粒化が完了した後の液滴の運動と蒸発を考える．なお，液滴の二次分裂，衝突や衝突による合一は起こらないものとした．液滴に働く力として抗力を考慮する場合の液滴の運動方程式と速度の定義式は式(9-10)である．

$$m_p \frac{d\mathbf{u}_p}{dt} = C_D \frac{1}{2} \rho_f (\mathbf{u}_f - \mathbf{u}_p) |\mathbf{u}_f - \mathbf{u}_p| A_{p,proj} \quad (9)$$

$$\frac{d\mathbf{x}_p}{dt} = \mathbf{u}_p \quad (10)$$

ここで， $C_D$ は抗力係数であり，粒子レイノルズ数  $Re_p$  の関数である Clift et al.の式[24]を用いて推算した．この常微分方程式を2次のRunge-Kutta法を用いて解くことで各時刻における液滴の速度と位置をそれぞれ求めた．なお，時間刻みは計算負荷を低減するため，1つのセルを20ステップで通過するように動的に決定した．さらに，液滴の蒸発を考慮する場合，液滴のエネルギーと質量の保存式も同様に解いた．

$$m_p C_{p,p} \frac{dT_p}{dt} = Q_{conv} + L \dot{m}_p \quad (10)$$

$$\frac{dm_p}{dt} = \dot{m}_p \quad (11)$$

なお，液滴の蒸発速度は Abramson and Sirignano のモデルに基づき推算した[25]．

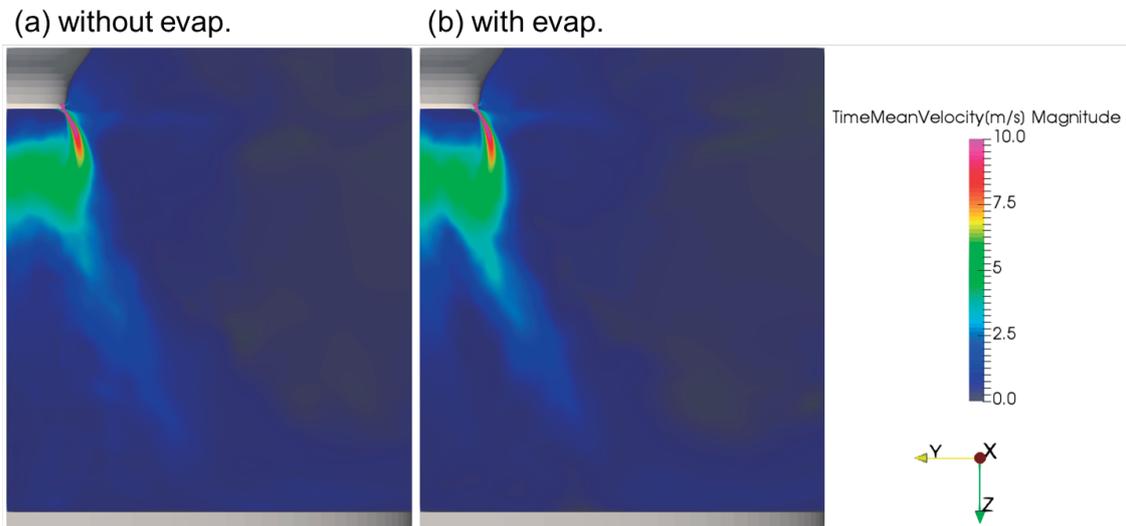


図2 蒸発を考慮しない場合と考慮する場合の気相の速度の大きさの時間平均値の分布

## 3. 結果と考察

### 3.1 回転霧化と被塗装物の中に形成される流れ場

回転霧化塗装機において噴霧液滴の蒸発が形成される気相の流れ場に及ぼす影響を検討する．

図2に(a)液滴の蒸発を考慮しない場合と(b)考慮する場合における時間平均を施した速度の大きさを示す。いずれの場合においても、環状のスリットから供給される Shaping Air (SA)の速度は噴出直後に大きさが最も大きく、被塗装物に向かって減衰している。その後、SAは被塗装物の中心からやや外側に衝突し、被塗装物表面を外側に向かう流れ場を形成している。また、ベルカップが高速で回転するため、ベルカップ中心付近の下流部が負圧となることで内部再循環領域が形成され、SAの一部が引き込まれている。液滴の蒸発を考慮しない場合とする場合と比較すると、速度の大きさに大きな違いは確認されない。そのため、液滴の蒸発が流れ場に及ぼす影響は小さい。これはSA、回転ベルカップと被塗装物によって形成される流れ場において液滴の蒸発量がさほど大きくないためであると考えられる。

### 3.2 噴霧液滴の運動

次に回転霧化塗装機において噴霧液滴の蒸発が液滴の運動に及ぼす影響を検討する。図3に(a)液滴の蒸発を考慮しない場合と(b)考慮する場合の液滴の飛跡を示す。なお、飛跡の色は液滴の粒子径を表す。いずれの場合においても、粒子径が概ね  $100\ \mu\text{m}$  以上の大きな液滴はSAに同伴することなくベルカップ外側に飛散している。これはSAの速度に対して液糸から微粒化した液滴の慣性力が大きいためであると考えられる。一方、粒子径が概ね  $100\ \mu\text{m}$  以下の小さな液滴はSAに同伴し、被塗装物に向かって運動している。これはSAの速度に対して液糸から微粒化した液滴の慣性力が小さいためであると考えられる。さらに、SAに同伴する液滴には被塗装物に塗着する液滴と塗着することなく被塗装面上流を外側に向かって運動する液滴が存在する。また、このSAに同伴する小さい液滴はランダムな運動をしており、乱流変動の影響を受けていることも示されている。さらに、SAに同伴した粒子径の小さい噴霧液滴の粒子径に着目し、液滴の蒸発を考慮しない場合と考慮する場合を比較すると、液滴の蒸発を考慮する場合の液滴の粒子径が小さい。これは、SAに同伴する小さい液滴の蒸発が進行しているためであると考えられる。

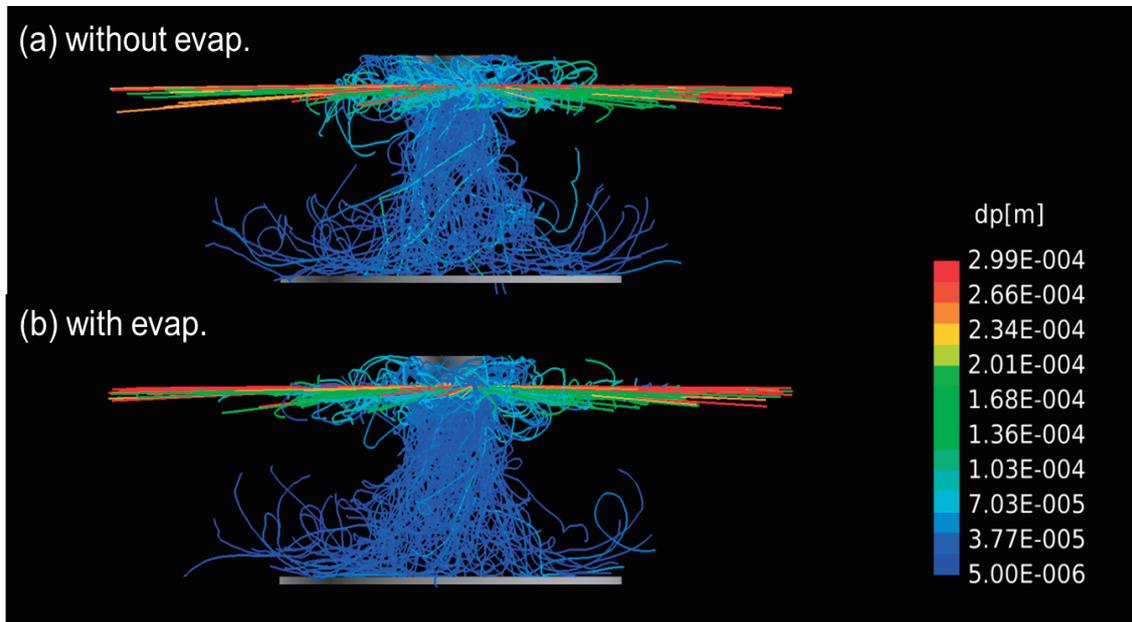


図3 液滴の蒸発を考慮しない場合とする場合の液滴の飛跡

### 3.3 噴霧液滴からの蒸発量

前節において噴霧液滴からの蒸発が示唆されたため、液滴からの蒸発量を定量的に検討する。図4に液滴の蒸発を考慮しない場合と考慮する場合において、全計算時間中に回転霧化塗装機から被塗装物までの軸方向距離  $z = 100, 150, 200$  および  $250\ \text{mm}$  における  $x$ - $y$  断面を通過した液滴の

質量の和を示す．ここで，上流から下流に向かって各断面を通過する液滴の質量の和が減少するのは，滞在時間が短いか被塗装物に向かって運動することなく飛散したため液滴が各断面まで運動しないためか液滴の蒸発が進行したためである．前節において液滴の蒸発を考慮する場合としない場合において液滴の飛跡はほぼ同じである．そのため，液滴の蒸発を考慮する場合と考慮しない場合の差は液滴の蒸発によるものが支配的であると考えられる．図4より，液滴の蒸発を考慮する場合，液滴の蒸発を考慮しない場合と比較して各断面を通過する液滴の質量の和は小さいため，液滴の蒸発が進行していると考えられる．さらに，各断面を通過する液滴の質量の和の差は小さいため，最も上流である  $z = 100$  mm の断面を通過するまでの液滴の蒸発量が大きいと考えられる．

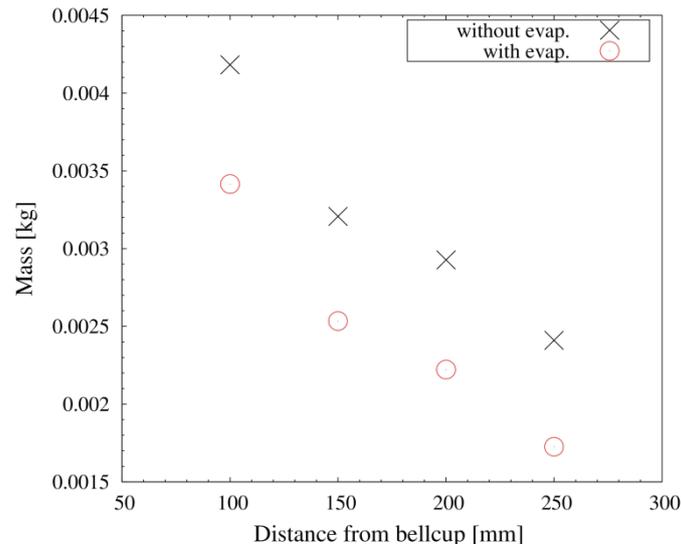


図4 各断面を通過する液滴の質量の合計値

さらに，回転霧化塗装機から被塗装物までの軸方向距離  $z = 100, 150, 200$  および  $250$  mm における  $x$ - $y$  断面を通過するまでの液滴の蒸発量について検討する．図5に各断面を通過するまでの液滴の蒸発量を示す．回転霧化塗装機から被塗装物に向かって液滴の蒸発量は増加している．特に，液滴からの蒸発量は最も上流である  $z = 100$  mm の断面においてすでに 18% を示し，下流に向かってほぼ線形に増加し，最も下流の断面である  $z = 250$  mm において 28% に達している．この結果は Ray et al. の報告[26]とほぼ一致しており，蒸発量を妥当に見積もることができたと考える．以上より，回転霧化塗装機において室温かつ湿度 0% の Shaping Air (SA) を供給する場合，液滴からの蒸発量は無視できないことがわかる．

最後に，液滴の蒸発を考慮しない場合と考慮する場合において，回転霧化塗装機から被塗装物までの軸方向距離  $z = 100, 150, 200$  および  $250$  mm における  $x$ - $y$  断面を通過する液滴の質量基準の粒径分布を比較することで，各断面を通過するまでの液滴の粒子径ごとの蒸発量を検討する．図6に各断面を通過する液滴の質量基準の粒径分布を示す．最も存在割合の多い粒径  $50\text{--}60\ \mu\text{m}$  の液滴の減少の割合が大きい．そのため，蒸発量の多くは最も存在割合の多い粒径  $50\text{--}60\ \mu\text{m}$  の液滴によるものである．また，いずれの断面においても粒子径  $100\ \mu\text{m}$  以上の液滴は存在しない．これは節3.2で示したとおり，微粒化した液滴が SA に同伴することなく，飛散するためである．

#### 4. 結言

本研究では，回転霧化塗装機を対象に噴霧液滴の蒸発を考慮した噴霧流の Large Eddy Simulation を実施した．液滴の蒸発を考慮しない場合とする場合の解析結果を比較することで，液滴の蒸発が噴霧流に及ぼす影響を検討した．その結果，液滴の蒸発が噴霧流の気相の流れ場と液滴の運動

に及ぼす影響は小さいことが示された。また、蒸発は回転霧化塗装機近傍で最も進行し、蒸発量は供給した塗料の約 18%であった。その後、蒸発量は回転霧化塗装機から被塗装物に向かって線形に増加し、最終的に 28%に達した。これら一連の解析結果は Shaping Air (SA)と雰囲気湿度を 0%とした場合であり、最も蒸発が進行する条件である。今後、SA と雰囲気湿度の影響を検討する必要があるだろう。

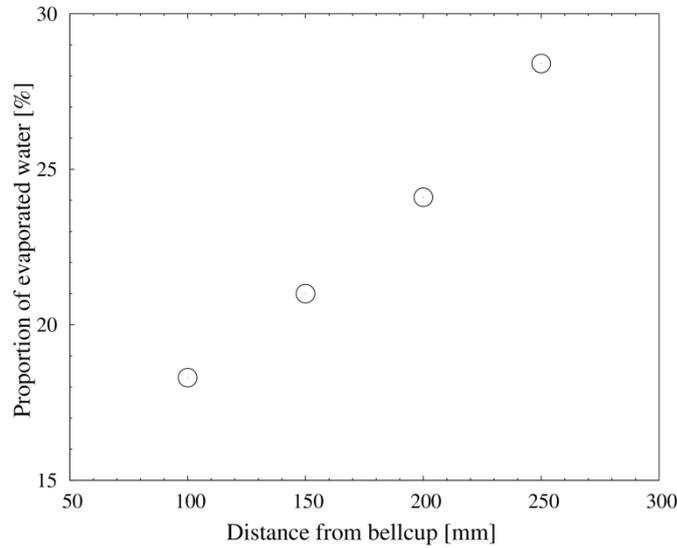


図 5 液滴が各断面に達するまでの蒸発量

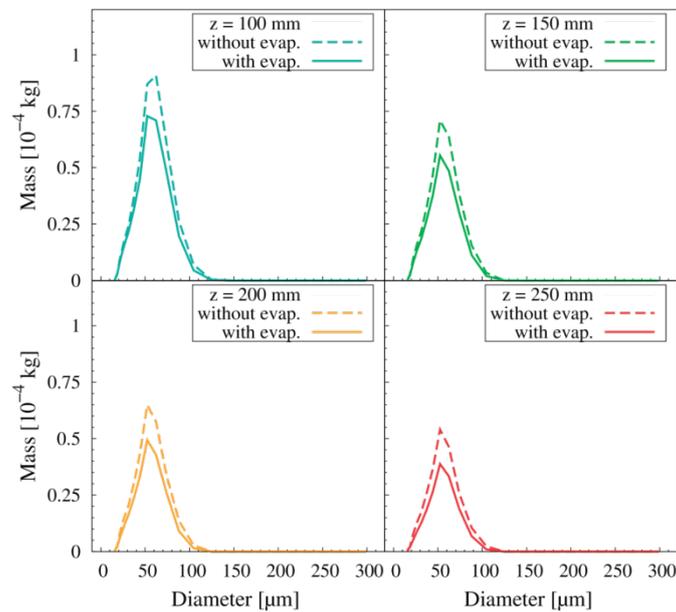


図 6 蒸発を考慮しない場合と考慮する場合の各断面を通過する粒径に対する液滴の質量

### 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利用することで実現することができた。

### 参考文献

- [1] 相馬ら, 塗装工学, 49(11), 379–389 (2014)

- [2] Im et al., *J. Fluids Eng.*, 123, 237–245 (2001)
- [3] Ellwood and Braslaw, *J. Electrostat.*, 45, 1–23 (1998)
- [4] Domnick et al., *Part. Part. Syst. Charact.*, 22, 141–150 (2005)
- [5] Colbert and Cairncross, *J. Electrostat.* 64, 234–246 (2006)
- [6] Toljic et al., *J. Electrostat.*, 70, 499–504 (2012)
- [7] 安村ら, *化学工学論文集*, 37(3), 251–260 (2011)
- [8] 安村ら, *化学工学論文集*, 37(4), 296–304 (2011)
- [9] Soma et al., *J. Chem. Eng. Jpn.*, 50(4) 254–261 (2017)
- [10] Im et al., *J. Fluids Eng.*, 126(3), 449–456 (2004)
- [11] Y.-C. Chen et al., *Int. J. Multiph. Flow*, 32, 389–412 (2006)
- [12] M. Bini and W. P. Jones, *Int. J. Heat Fluid Flow*, 30, 471–480 (2009)
- [13] H. Sommerfeld and H. H. Qui, *Int. J. Heat Fluid Flow*, 19, 10–22 (1998)
- [14] S. V. Apte et al., *Proc. Combust. Inst.* 32, 2247–2256 (2009)
- [15] C. T. Crowe et al., *J. Fluids Eng.*, 99, 325–332 (1978)
- [16] 松下ら, *第23回日本エネルギー学会大会講演論文集*, 26–27 (2014)
- [17] J. Smagorinsky, *Mon. Weather Rev.*, 91, 99–164 (1963)
- [18] P. L. Roe, *J. Comput. Phys.*, 43, 357–372 (1981)
- [19] F. H. Amsden and A. A. Harlow, *Los Alamos Scientific Laboratory report*, LA-4370 (1970)
- [20] A. Fujii, <http://hpcl.info.kogakuin.ac.jp/lab/software/amgs> (2016)
- [21] S. V. Patankar, *Numerical Heat and Fluid flow*, CRC Press (1980)
- [22] H. A. Van der Vorst, *SIAM J. Sci. and Stat. Comput.*, 13(2), 631–644 (1992)
- [23] G. Karypis and V. Kumar, <http://www.cs.umn.edu/~metis> (2009)
- [24] R. Clift et al, *Drops, and Particles*, Dover Publications (2005)
- [25] B. Abramzon and W. A. Sirignano, *Int. J. Heat Mass Transf.*, 32, 1605–1618 (1989)
- [26] R. Ray et al., *Atomization and Sprays*, 25 (7), 539–551 (2015)

**[共同研究成果]****民間航空機開発における大規模 CFD 解析の適用（その 2）**

前田一郎  
三菱航空機株式会社

三菱航空機株式会社では、平成 20 年度の先端的大規模計算利用サービスに始まり、平成 23 年度からは民間企業利用サービスの枠組みで、東北大学サイバーサイエンスセンターにて運用しているベクトル計算機、SX-9/SX-ACE を利用してきた。このスーパーコンピュータを利用することで、数値流体力学 (CFD) による空力解析シミュレーションを MRJ 開発で本格的に活用することが可能となった。これにより、空力に関連する設計リスクを最小限に抑え、飛行安全上のリスク低減を図ることができた。本稿では、昨年度[1]に引き続き、この空力解析シミュレーションの内容と、MRJ 開発における適用状況を紹介する。

**1. はじめに**

三菱航空機株式会社では、平成 20 年度より YS-11 以来半世紀ぶりとなる国産旅客機、三菱リージョナルジェット (MRJ: 図 1) の開発を進めている。MRJ の開発では、環境負荷低減のため、同クラスの現行ジェット旅客機の燃費に対して、機体の軽量化・低抵抗化と新エンジンの搭載を含めて 2 割以上の燃費削減を目標としており、これを支える要素技術の開発に東北大学や宇宙航空研究開発機構と連携した産官学の共同研究を積極的に活用してきた。その内容は、空気力学、空力弾性、材料／構造、装備、飛行制御等の各要素技術や、多分野統合最適化／多目的設計探査の研究など、広範囲にわたっている。本稿では、東北大学との共同研究で開発した数値流体力学 (CFD) を用いた空力解析コードについて、東北大学所有の SX-9/SX-ACE による解析例と MRJ 開発における適用状況を紹介する。



図 1 三菱リージョナルジェット (MRJ)

## 2. MRJ 開発における CFD 解析

MRJ の開発においては、平成 20 年度より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及び解析ツールを利用して、空力設計、空力データ設定、空力に関連する装備品設計等に対して CFD 解析を活用してきた。本稿では、その中でも設計や現在実施中の飛行試験において特に重要となる項目に対する解析について紹介する。なお、本稿には記載した解析以外にも、本システムの利点を活用した計算も数多く実施しており、MRJ 開発に大きく貢献して頂いている。その例としては、飛行試験（主には荷重飛行試験）のデータ処理に必要な CFD データベースの構築や飛行試験対応解析等が挙げられる。前者の飛行試験データ処理に関しては膨大なケース数の解析が必要となるため、スーパーコンピュータを適用することで飛行試験データ処理を効率的に実施することが出来た。また、後者の飛行試験対応解析に関しては、スーパーコンピュータの適用により迅速により詳細な CFD 解析を実施することが可能となり、飛行試験で観察された事象の把握や理解に役立てることで飛行試験をより効率的かつ効果的に実施することが出来ている。

## 3. CFD 解析コード

MRJ 開発には主に東北大学の非構造格子ソルバーである TAS (Tohoku University Aerodynamic Simulation) コード[2-6]を使用している。主に 3 次元の圧縮性・粘性流体に本ソルバーを適用している。図 2 に解析形状例を、図 3 に解析格子例をそれぞれ示す。

開発した解析コードはベクトル計算機向けにチューニングされており、効率の良い計算領域分割による MPI 並列化を用いて大規模並列計算を実現している。



図 2 解析形状例（巡航形態）

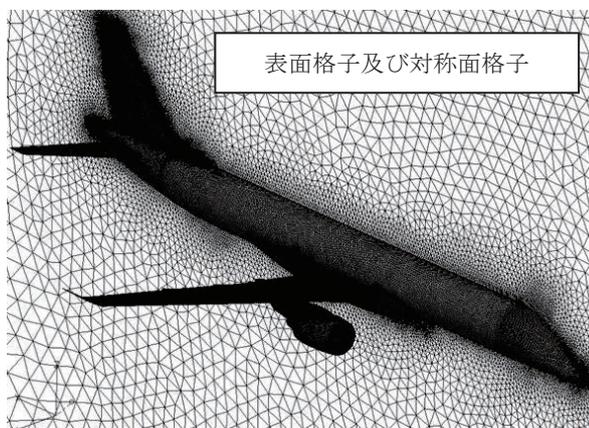


図 3 解析格子例（巡航形態）

#### 4. 空力解析例

本章では、MRJ の開発における空力関連の設計評価・確認への解析適用例を紹介する。

MRJ の開発においては、航空機の離陸から着陸後の静止までの一連の形態に対して CFD 解析を適用している。その中には、比較的規模の大きな解析が必要となる形態が含まれる。これまでに、各飛行形態への適用例として離着陸形態（脚下げを含む）、舵面操舵形態、スラスト・リバーサー作動状態等を紹介したが[1]、今回は地面効果に対する適用例を紹介する（図 4～7）。

機体が地上付近を飛行すると地面の影響により機体にはたらく空気力が変化することが一般的に知られている（地面効果）。地面効果を把握するために風洞試験を実施しているが、風洞内に地面を模擬する必要があるため、データが取得出来る試験条件が限定される場合や模型の支持部の影響を検討する必要がある。また、飛行試験においては飛行安全上の観点から取得出来るデータが制約される場合がある。CFD 解析ではそれらの制約を受けないため、風洞試験データや飛行試験データを補完することが可能である。ここでは、離陸形態（脚下げ状態）において迎角を固定して、機体と地面との距離（ $h$ ）を変化させた場合（ $h=h_1, h_2, h_1>h_2>0$ ）について紹介する（比較のため、地面が無い場合（Free Air,  $h=\infty$ ）についても示す）。

図 4 に解析形状を示す。機体は離陸形態の脚下げ状態であり、脚及び脚扉についても模擬されている。また、地面の影響を考慮するため地面もモデル化されている。

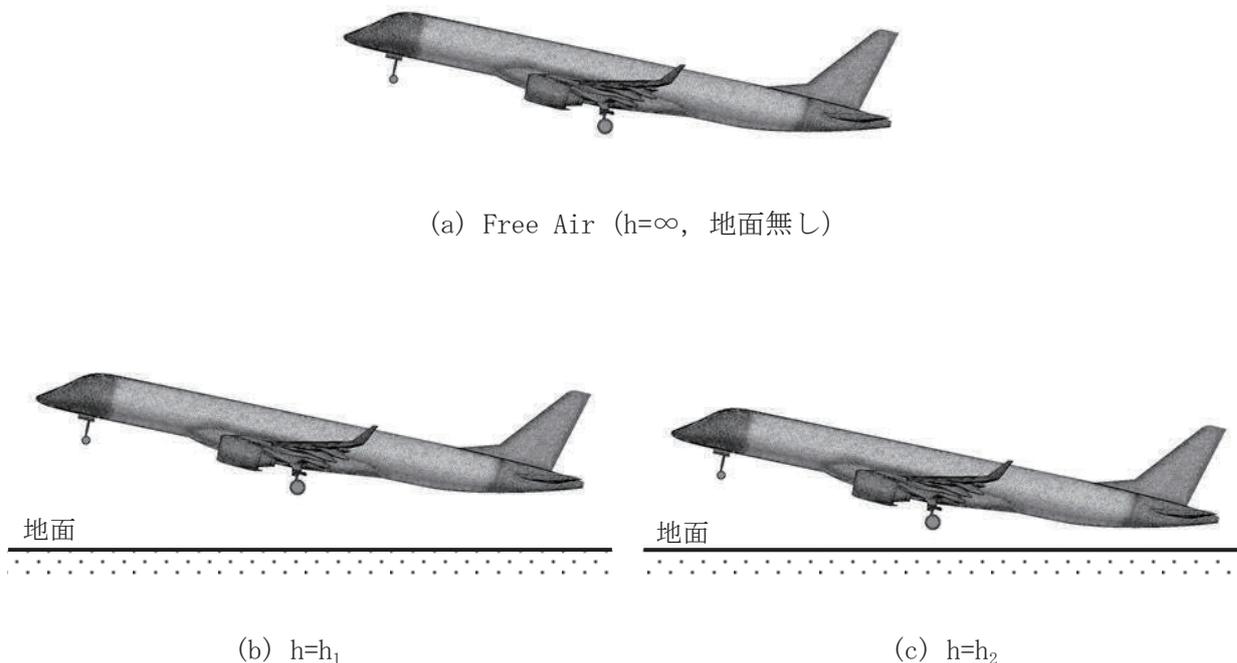


図 4 地面効果—解析形状

図5に機体表面の  $C_p$  分布を示す。主翼については、上面側は地面の影響は小さいが、主翼下面については地面に近づくにつれて ((a)→(b)→(c))、 $C_p$  が増加している。特に地面との距離が近い内翼側でその傾向が強くなっている。主翼全体としては、地面の影響により揚力が増加している。

水平尾翼については、地面に近づくにつれて上面側の  $C_p$  が減少し、下面側の  $C_p$  が増加する傾向にある。水平尾翼全体としても主翼と同様に、地面の影響により揚力が増加している。

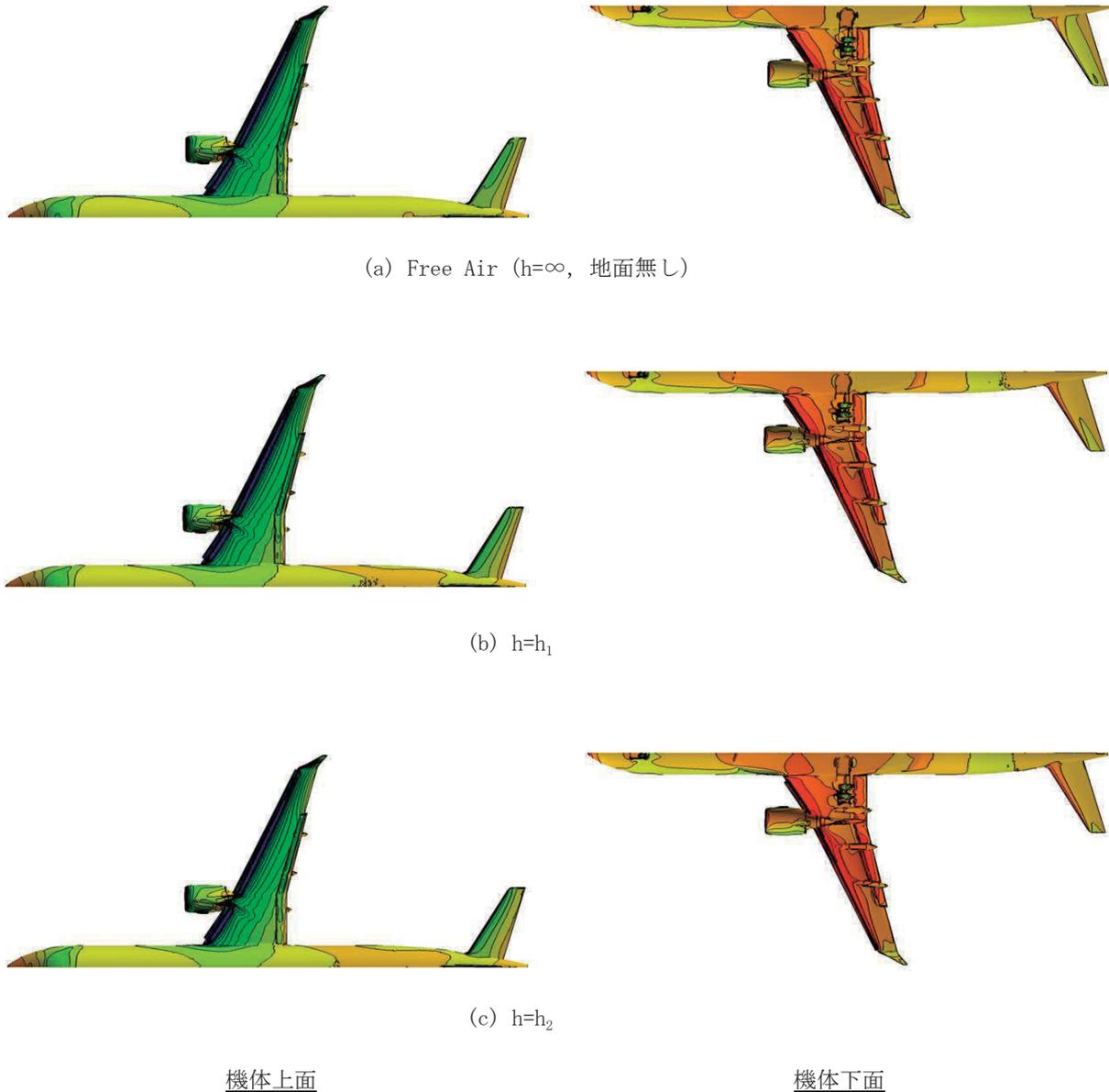


図5 地面効果—機体表面  $C_p$  分布

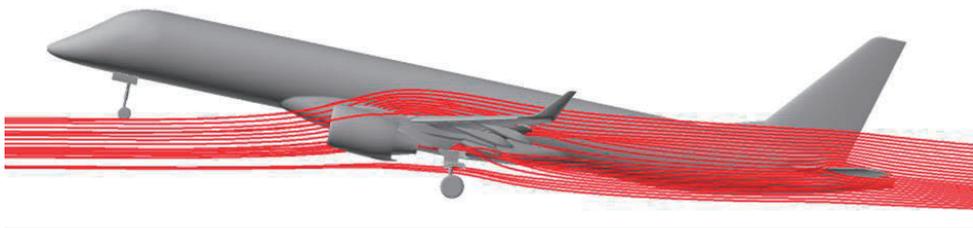
図 6 に機体まわりの流線を示す。流線は各形状とも水平尾翼付近の同じ位置を通るように描かれている。地面に近づくにつれて、水平尾翼付近の流れの方向が上向きに変化しており、吹き下しが減少していることが分かる。吹き下しが減少すると水平尾翼の局所迎角が増加するので、図 5 の水平尾翼の揚力増加と対応していることが分かる。



(a) Free Air ( $h=\infty$ , 地面無し)



(b)  $h=h_1$



(c)  $h=h_2$

図 6 地面効果—機体まわりの流線

図7に全機の揚力係数  $CL$  及びピッチングモーメント係数  $Cm$  の地面効果を示す。全機  $CL$  は機体が地面に近づくにつれて大きくなっており、図5の主翼及び水平尾翼の揚力増加と対応している。また、全機  $Cm$  については、地面に近づくにつれて減少（頭下げ方向のピッチングモーメントが増加）しており、図5の水平尾翼の揚力増加及び図6の流線から観察された吹き下しの減少と対応している。

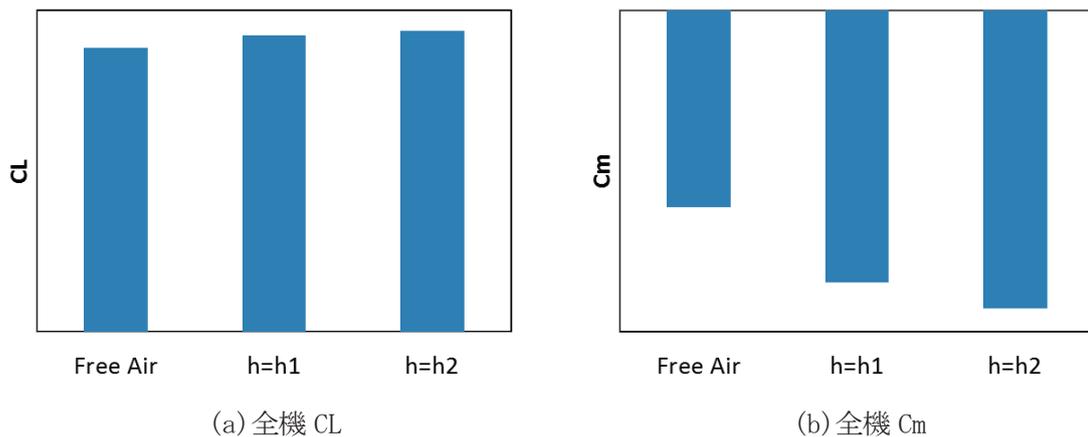


図7 地面効果—全機  $CL$  及び全機  $Cm$

## 5. おわりに

民間企業利用サービスにより、世界でもトップレベルの計算機環境を利用することで、当社の計算機環境では困難であったCFD空力解析の本格活用をMRJ開発で実現することができた。東北大学で開発された解析コードやスーパーコンピュータをMRJの設計段階から積極活用することにより、空力に関連する設計リスクを最小限に抑え、飛行試験における飛行安全上のリスク低減を図ることができた。今後も引き続き飛行試験や設計確認作業のためにスーパーコンピュータを活用させて頂くとともに、飛行試験データを用いて解析コードの検証や精度向上を図る予定である。

## 謝辞

本研究開発は、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利用することで実現することができた。解析コードの開発では、東北大学の大林研究室、旧中橋研究室にご協力いただいた。また、計算機利用と解析コードのチューニングにあたっては、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。ここに感謝の意を表します。

**参考文献**

- [1] 前田一郎, “民間航空機開発における大規模 CFD 解析の適用”, SENAC, Vol. 50, No.3, 2017, pp.8-14.
- [2] Nakahashi, K., Togashi, F., Fujita, T. and Ito, Y., “Numerical Simulations on Separation of Scaled Supersonic Experimental Airplane from Rocket Booster at Supersonic Speed,” AIAA Paper 2002-2843, June 2002.
- [3] Murayama, M. and Yamamoto, K., “Comparison Study of Drag Prediction for the 3<sup>rd</sup> CFD Drag Prediction Workshop by Structured and Unstructured Mesh Method,” AIAA Paper 2007-0258, June 2002.
- [4] Ito, Y. and Nakahashi, K., “Surface Triangulation for Polygonal Models Based on CAD Data,” *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 39, Issue 1, 2002.
- [5] Shrov, D. and Nakahashi, K., “A Boundary Recovery Algorithm for Delaunay Tetrahedral Meshing,” Proceedings of 5<sup>th</sup> International Conference on Numerical Grid Generation in Computational Fluid Simulations, Mississippi State, Mississippi, 1996, pp.229-238.
- [6] Ito, Y. and Nakahashi, K., “Improvements in the Reliability and Quality of Unstructured Hybrid Mesh Generation,” *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 45, Issue 1, May 2004, pp.79-108.

[解説]

## 安全で利便性の高い公衆無線 LAN を提供する 次世代ホットスポット基盤 Cityroam

後藤英昭

東北大学サイバーサイエンスセンター クラウドサービス基盤研究室

### 1 はじめに

公衆無線 LAN には、事前契約が必要な商用サービスや、携帯電話会社が提供するいわゆる「キャリア Wi-Fi」、観光客や店舗利用者がその場で利用開始できるフリー（無償）Wi-Fi などがある。現行のフリー Wi-Fi のほとんどが、暗号化のないオープン Wi-Fi によるもので、盗聴による情報窃取が容易である。端末を偽基地局に誘導することも容易であり、データの盗聴や改ざん、マルウェアの挿入、基地局からの能動的な攻撃など、セキュリティ上の重大な欠陥が多い。利用者認証のあるサービスでは、無線 LAN の接続ごとにログインの手間がかかる、不正なログイン自動化ツールによるサービス悪用、偽のキャプティブポータルによるアカウント奪取などの問題がある。また、利用するサービスごとに登録が必要で、利便性が低い。

キャリア Wi-Fi の中には、IEEE 802.1X [1] に基づいた安全かつ自動接続可能な認証方式（通称、1X 認証）を採用したものがあり、上記の問題の多くが解決される。しかし、事前に現地の電話契約が必要という敷居の高さがあり、外国での利用は難しい。

以上のような問題を解決し、安全で利便性の高い公衆無線 LAN を実現しようとする、「次世代ホットスポット (NGH, Next Generation Hotspot)」という規格がある [2]。NGH は、Wireless Broadband Alliance (WBA) と Wi-Fi Alliance が共同で推進しているもので、1X 認証を含む Passpoint (Hotspot 2.0) を基本としており、ローミング機能も含まれる。Passpoint は、元々はキャリア Wi-Fi の高度化の色が濃いですが、2014 年頃よりフリー Wi-Fi への適用も模索されている。

本稿では、国内の NGH 基盤の概要を説明する。著者らは、フリー Wi-Fi 向けの認証連携の実証実験を 2017 年より行っており、City Wi-Fi Roaming トライアルに参加することで、国際的なローミングを実現した。2018 年 6 月より、国内の認証連携基盤に Cityroam の名称を与え、通信事業者及び一般利用者に利用開放し、開発と実証実験を進めている。技術面の詳細については [2, 3] に譲り、本稿ではシステム開発の背景とサービス仕様について述べる。

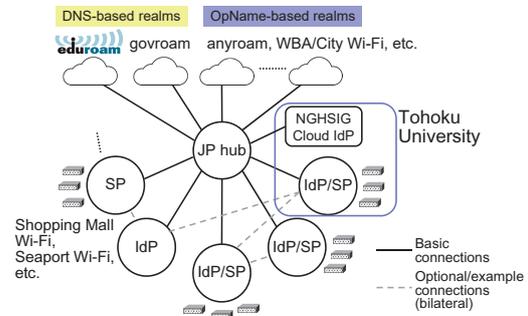


図1 JP hub と NGH テストベッド

### 2 NGH テストベッドと Cityroam

#### 2.1 開発経緯とシステム構成

日本国内では、2016 年時点で、携帯電話や公衆無線 LAN の大手事業者が NGH を推進する動きが見られなかった。また、フリー Wi-Fi のセキュリティ問題が指摘されているにもかかわらず、セキュアな接続手段の導入が進んでいなかった。このような状況の下、国内の公衆無線 LAN のセキュア化と NGH 導入を推進する目的で、著者が発起人・幹事となって、2017 年 1 月に「セキュア公衆無線 LAN ローミング研究会 (NGHSIG)」を発足させた [4]。現在、当研究会が中心となって、複数の通信事業者と協働で、国内の NGH 基盤及び次世代フリー Wi-Fi の整備を進めている。

図 1 に、国内の認証連携基盤である NGH テストベッドの構成を示す。中央の JP hub に、参加機関の基地局と認証サーバが収容される。機関は、利用者のアカウントを提供して実際の認証処理を行う IdP (Identity Provider) と、基地局を設置してネットワークアクセスを提供する SP (Service Provider)、及び、両方を行うものに大別される。このテストベッドに接続された機関は、他のすべての機関と信頼関係を結んでいるとみなす。すなわち、利用者の端末がどの SP の基地局に接続を試みても、認証要求が当該利用者のアカウントのある IdP まで届けられ、認証に成功すればネットワークアクセスが許可される。

国ごとに中心となるハブを置くネットワーク構成は、元々は、複数のローミングコンソーシアム (RC,



図2 Cityroam 基地局マップ (2018年7月現在)

Roaming Consortium) を相互接続するための認証連携アーキテクチャの開発の過程で考案されたものである [2]。学術系無線 LAN ローミング基盤 eduroam [5] や、これをベースに開発された政府機関向けの govroam [6] は、それぞれが一つの RC に相当する。eduroam と govroam の両方のサービスを提供しようとする SP は、SSID ごとに認証連携ネットワークを分離する必要がある。それぞれの RC には多数の機関が存在するが、それらを区別するレムは、ドメインネームシステム (DNS) のドメイン名に基づいていることから、一般には RC を識別できるような文字列が含まれていない。Passpoint では SSID が区別できないため、認証連携ネットワークを分離できず、レムを見ただけではどちらの RC に認証要求を転送すべきか判断できないという問題が生じる。世界中のレムと RC の対応表を各 SP が持つのは現実的ではないが、地域ごとに RADIUS proxy を設置し、それぞれが地域内のレムの振り分けを行うようにすれば、管理上も現実的な規模になると考えられる。

我々は、2017年4月に NGH テストベッドの運用を開始して、研究会に参加している通信事業者や開発者の協力を得て、国内各地の基地局を利用した実証実験を行ってきた。国内でセキュア公衆無線 LAN サービスの展開を本格化させ、また、国内外の通信事業者・都市などとローミング契約の交渉を進めるにあたり、利用者にも分かりやすい名称が必要になったことから、国内の認証連携基盤及びサービスのブランド名として、2018年6月より Cityroam™ の名称と呼ぶことにした。図2は執筆時点の基地局マップである。

## 2.2 Cityroam のサービスと仕様

Cityroam は、公衆無線 LAN の中でも主にフリー Wi-Fi を対象としており、現時点では国内のみの基盤である。フリー Wi-Fi の収益構造が一般に局所的に閉じていることを利用し、従来の商用無線 LAN サービスのローミングと異なり、通信事業者間でローミング

使用料の授受を仲介するような機能は提供しない。これにより支払いシステムの煩雑性を排除し、通信事業者や都市などが気軽に利用できる、軽量の認証連携基盤を目指している。ただし、基盤自身の運用のために、システム使用料は必要である。IdP の事業者と SP の事業者の間で、Cityroam を仲介しない形でローミング使用料の授受を行うことは、妨げない予定である。

学術系無線 LAN ローミング基盤 eduroam を知っている人なら、教育研究機関の構成員に限らず「一般市民が利用できる eduroam 風のサービス」と考えれば、Cityroam のサービス内容をほぼ的確に理解できると思われる。実際のところ、Cityroam の技術的な仕様や運用方式は、eduroam を手本にしたものである。Cityroam では SP と IdP が別々の事業者のことが多いため、認証連携に参加することで各事業者が得られるメリットという観点が重要であり、この部分が eduroam にある「互恵精神」とは異なる。

## 2.3 サービスプロバイダ (SP) の仕様

Cityroam では、NGH の国内展開を目標としていることから、SP では Passpoint の対応を基本としている。しかしながら、使用中の基地局が Passpoint に非対応ですぐに更新できなかつたり、対応品でもまだ互換性に難のある製品があるため、現時点では Passpoint 対応を要件とはしていない。すなわち、1X 認証のみのサービス提供も可能である。

Cityroam では、1X 認証や Passpoint を用いたセキュア接続を必須としている。そのため、eduroam の規程と同様に、キャプティブポータルを利用したいわゆるウェブログインの提供は禁止されている。Cityroam では共通の SSID として “cityroam” を使用する。これにより、Passpoint に非対応の端末も、一度設定を行うだけで全国の基地局が利用可能となる。

Cityroam の特徴の一つに、eduroam や、政府機関向けの govroam との連携が挙げられる。Cityroam では、これらのサービスを併設することを標準としている。これは、eduroam/govroam の市街地サービスの充実を目指したものであり、世界的にもニーズの高いこのようなサービスを容易かつ低コストで実現する枠組みを開発・提案することで、両方のコミュニティにも貢献が期待される。eduroam/govroam の Passpoint/NGH 対応は、eduroam の国際運用の中心機関である GÉANT と WBA の間で交わされた MoU (Memorandum of Understanding) を利用して、現在著者らが開発中であり、まだ一般に利用できる段階ではない。そのため、Cityroam の基地局では eduroam

の標準のSSIDである“eduroam”も併設している。これにより、世界中の eduroam 利用者が、市街地で容易にサービスを楽しむことができるようになっている。govroam については、2018年7月時点で日本は未加入であり、現在サービスを提供していない。

Cityroam の SP となれるのは、通信事業者や、それに準じて eduroam を提供する教育研究機関などに限定される。公衆無線 LAN を安心して利用できるようにするために、契約の下、各 SP は盗聴や改ざんなどを行わないように義務付けられる。1X 認証では、端末が事前に正しく設定されている限り、認証連携基盤に接続していない偽の基地局では認証が失敗するため、不正なネットワークに誘導されることはない。

## 2.4 アカウントの仕様と IdP

アカウントに関するポリシーは以下のとおりである。

1. 一つのアカウントで、基本的にすべての参加 SP においてサービスが受けられる。
2. 個人または小規模なグループと紐付けられた、信頼できるアカウント (trusted account) を使用。
3. 不正利用が発覚した場合、IdP は該当するアカウントをすみやかに利用停止する。

ローミング環境なので、1 は自明である。すべての参加 IdP のアカウントについて、すべての参加 SP がサービスを提供することを原則とするが、ビジネスが競合するなどの特別の理由がある場合、特定の IdP と SP の間で連携を制限することも認める。

2 の「信頼できるアカウント」は、ローミング環境を実現する上で重要である。一つの事業者が IdP と SP を兼ねる場合は、アカウント発行についての責任も自前で負うことになる。一方、ローミング環境では IdP が発行したアカウントの詳細を SP が知ることはない。すなわち、SP は IdP との信頼関係を元に、アカウントを受け入れることになる。IdP は、多くの SP に信頼してもらえるような基準でアカウントを発行する必要がある。また、3 のように、インシデントなどの際に IdP は迅速に対応し、SP に対して誠実に振る舞うことが求められる。

Cityroam では、無線 LAN サービスの不正利用の対策として、個人に紐付いたアカウントの利用を前提としている。フリー Wi-Fi の中には、利用者登録が不要で、誰でも匿名で利用できるサービスが多数ある。しかし、このようなサービスは、無線 LAN サービスを踏み台として不正アクセスや大規模なサイバー攻撃を

行うといった不正利用の温床になりうる。また、通信内容の個人ごとの暗号化が難しいことも問題である。アカウントを個人に紐付け、ログインを必須にすることは、不正利用の抑止力となることが期待される。万一の不正利用の際に、利用者の追跡が可能になることが、責任所在の明確化という観点で重要である。

観光客向けのフリー Wi-Fi の提供の話になると、「海外では登録不要で自由に使えるのが普通」といった言説を目にすることがあるが、これは誤った認識と言える。例えば、タイやシンガポールでは本人確認の要請が厳しく、公衆無線 LAN の利用登録にパスポートの提示が求められたりする。欧州各地の空港では、携帯電話の SMS (Short Message Service) で確認コードを受信する仕組みの利用登録がよく見られる。このいわゆる SMS 方式は、電話回線/SIM の契約時に本人確認が行われていることを利用した、間接的な本人紐付けに相当する。無線 LAN サービスの提供者と電話会社の間には何の契約もないため、仮に重大なインシデントがあり、捜査が必要となった場合でも、電話会社が協力する保証はない。従って、十分な紐付けとは言えないが、利用者の足跡をある程度記録しておける簡便な方法のため、オンラインサインアップでは広く利用されている。

本人紐付けをどこまで確実にを行うかについては、法制面の整備も含めて、まだ国際的に議論が必要な段階である。現行の Cityroam では、オンラインサインアップの利便性に配慮して、SMS を最低限の本人紐付け手段とみなし、認めている。ただし、本人確認なしに SMS を提供する事業者もあることから、そのような所の SIM ではサインアップできないようにするなどの対策が必要になる。

フリー Wi-Fi で利用者登録を必須とした場合、行く先々の異なるシステムごとに利用者登録を行うのは不便なことから、ローミングによるアカウント共有が望ましい。Cityroam は、一つのアカウントで事業者間で横断利用できるシステムの構築を目指している。本人紐付けが必要な場合、無人ではオンサイト (その場) での本人確認が難しい問題がある。そのため、Cityroam では、オンサイト登録が必要な局面を極力減らすために、利用者がいずれかのサービスで登録済みのアカウントを積極的に利用するシステムの実現を目指している。例えば、インターネットサービスプロバイダ (ISP) や携帯電話などの利用者登録で取得したアカウントをはじめ、本人紐付けのある様々なオンラインサービスのアカウントも対象になりうる。ア

アカウントの形式としては、ID・パスワードやクライアント証明書(電子証明書)に加えて、携帯電話のSIMの利用も有力である。1X 認証では、SIM を利用した認証方式として EAP-SIM や EAP-AKA/AKA' を利用することができ、既にキャリア Wi-Fi などで実用化されている。

## 2.5 Cityroam で利用できるアカウント

2018 年 7 月時点で、以下のような IdP またはシステムのアカウントが利用可能となっている。

- 参加事業者の IdP
- NGHSIG クラウド IdP
- eduroam
- ANYROAM
- Odysys Hotspot 2.0 OSU (デモ専用)
- City Wi-Fi Roaming (国内外の通信事業者と都市が参加, 期間中のみ有効)

NGHSIG クラウド IdP は、eduroam の代理認証システム [7] と同等の集中型認証システムであり、セキュア公衆無線 LAN ローミング研究会の参加機関が利用できる。アカウント発行の実務を担当する機関は、管理者のサインアップのみでこの IdP をウェブ上のインタフェースから操作でき、アカウントのバルク発行・ダウンロードが可能である。

ANYROAM は eduroam のインフラを利用したサービスで、教育研究機関以外の利用者也受け入れると宣言した大学などで利用可能である [8]。米国で運用されているが、参加機関はまだ少数である。ANYROAM は SMS 方式を採用しており、オンラインで誰でも無償(執筆時)でアカウントを取得可能である。

Odysys Hotspot 2.0 OSU は、Global Reach Technology が無償で提供しているオンラインサインアップシステムで、様々な OS に対応した Passpoint プロファイルを取得できる。このシステムは、本人紐付けの機能がないため、Passpoint 対応システムの開発やデモに用いられる。

City Wi-Fi Roaming は、WBA が主催し、世界各地の都市で提供される公衆無線 LAN を NGH 基盤で結ぶことにより、一つのアカウントで相互利用(ローミング)できる環境を構築しようとする、世界規模のトライアル(プロジェクト)である。第 2 回目となる 2017 年は、6 月 20 日の World Wi-Fi Day を起点として、8 月末までの期間、20 程度の都市を結んで開催された。研究会では国内の機関として初めてこのトライアルに参加し、実証実験を行った([3]で既報)。

City Wi-Fi Roaming では、電話会社が提供する SIM 認証が利用できる。将来、この仕組みが定期的に利用できるようになれば、現地での利用登録が不要となり、自分が常用している携帯電話の SIM を用いて、フリー Wi-Fi を容易かつ安全に利用できることになる。これは、都市にとって観光客への大きなアピールになると期待されている。

## 3 むすび

安全で利便性の高い公衆無線 LAN を実現するために開発・展開を進めている、次世代ホットスポット基盤 Cityroam の概要を述べた。現在、Cityroam は国内のみの基盤であるが、その技術と運用方法を海外にも提案することで、世界規模の次世代ホットスポットの構築にも貢献することを目指している。Cityroam の特徴の一つとして、小規模な通信事業者でも容易に参加できることが挙げられる。一つのアカウントで利用できる範囲が広がるため、従来は利用者認証が難しかった小規模なサイトでも、安全な無線 LAN が提供しやすくなると考えられる。また、eduroam サービスの市街地展開によって、世界でも先進的な教育研究環境の実現に貢献している。

利用できるアカウントの拡充のために、国内外の通信事業者との交渉を進めている。SP となる通信事業者も随時募集している。現在、オンサイト登録を実現するシステムの開発などが課題となっている。

## 参考文献

- [1] IEEE Std 802.1X-2010, “Port-Based Network Access Control.”
- [2] 後藤英昭, “次世代ホットスポット (NGH) の世界動向と NGH 対応 eduroam システムの開発,” 信学技報 IA2017-61/IN2017-60, pp.49-54, 2017.
- [3] 後藤英昭, 中村素典, 曾根秀昭, “デジタル時代の教育・研究を支える基盤としての eduroam と次世代ホットスポット,” 大学 ICT 推進協議会 2017 年度年次大会 論文集 TC2-5, 2017.
- [4] セキュア公衆無線 LAN ローミング研究会 (NGHSIG), <https://nghsig.jp/>
- [5] eduroam JP, <https://www.eduroam.jp/>
- [6] govroam, <https://govroam.nl/english/>
- [7] 後藤英昭, 新妻 共, 大和純一, “大規模学術系無線 LAN ローミングのための集中型認証システム,” 信学論 D, J100-D, No.5, pp.584-594, 2017.
- [8] ANYROAM, <https://www.anyroam.net/>

[お知らせ]

**サイバーサイエンスセンター講習会(夏期・秋期開催分)のご案内**

サイバーサイエンスセンターでは、利用者のみなさまに当センターの計算資源を効率的に利用していただくことを目的に講習会を開催しております。初めてスーパーコンピュータを利用される方や現在活用されている方を対象に、幅広いカリキュラムを用意しています。

今後スーパーコンピュータによるシミュレーションを計画している研究者、学生、技術系職員等広い範囲の皆様の参加をお待ちしております。

No.	講習会名	開催日時	募集人数	講師	内容
7	ネットワークとセキュリティ入門	8月3日(金) 13:30-16:00	30	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
8	はじめてのLinux	8月6日(月) 9:00-12:00	20	情報基盤課 共同利用支援係	・Linux システムの基本的な使い方 ・エディタの使い方
9	はじめてのスパコン	8月6日(月) 13:00-15:30	20	情報基盤課 共同研究支援係	・スーパーコンピュータの紹介と 利用法入門(見学あり)
10	Fortran 入門	8月7日(火) 10:00-17:00 8月8日(水) 10:00-12:00	20	田口俊弘 (摂南大学)	・Fortran の初歩から応用まで
11	SX-ACE の性能分析・高速化	8月8日(水) 13:00-17:00	20	サイバーサイエンスセンター	・スーパーコンピュータでの性能 解析から最適化まで
12	並列プログラミング入門 I (OpenMP)	8月9日(木) 13:00-17:00	20	サイバーサイエンスセンター	・並列プログラミングの概要 ・OpenMP による並列プログラミングの 基礎 ・利用法
13	並列プログラミング入門 II (MPI)	8月10日(金) 13:00-17:00	20	サイバーサイエンスセンター	・MPI による並列プログラミングの基礎 ・利用法
14	Gaussian 入門	8月23日(木) 13:00-17:00	20	岸本 直樹 (理学研究科)	・Gaussian の基本的な使い方
15	三次元可視化システムの紹介	9月12日(水) 13:00-15:00	10	情報基盤課 共同利用支援係	・三次元可視化システム (AVS/Express) の紹介
16	Mathematica 入門	9月13日(木) 13:00-16:30	20	横井 渉 (尚絅学院大学)	・Mathematica の基本的な使い方
17	Marc 入門	10月下旬 13:00-17:00	15	内藤 英樹 (工学研究科)	・Marc の基本的な使い方

備考：・申し込みは、ウェブページ <http://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/guide/kosyu.cgi> から  
お願いします。

- ・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。
- ・サイバーサイエンスセンターでは、希望に応じてスーパーコンピュータに関する出張講習会の開催を検討いたします。希望される方は以下窓口までご連絡ください。

問合せ先：共同利用支援係 (022-795-3406, uketuke@cc.tohoku.ac.jp)

## 講習会受講者の感想

## Linux 入門

- ・初心者にとって、基本的かつ実用的なものであってとても参考になった。
- ・入門として非常にわかりやすかった。
- ・コマンドの復習になってよかった。
- ・資料がよかった。



## はじめてのスパコン

- ・スーパーコンピュータのことはまったく知らなかったので興味深かった。
- ・実際に手を動かす講習だったので判り易く大変になる講習だった。
- ・スパコンを実際に見ることができて良かった。

## 並列プログラミング入門 I (OpenMP)

- ・全く OpenMP を知らない人にもわかりやすい内容でした。
- ・すぐ応用に使えるそう。
- ・演習が充実していてとてもよかった。

## 並列プログラミング入門 (MPI)

- ・講習会用の資料がすごくわかりやすかったです (プログラム例、図)。
- ・とても判り易く参考になった。充実していて面白かった。

## Fortran 入門

- ・Fortran の基礎を学ぶことができた。大変判り易かった。
- ・間違いやすい点など学生指導の経験をもとに丁寧に教えていただきほとんどの内容を理解できるようになった。



## Gaussian 入門

- ・講義から実践まで新鮮でした。
- ・化学にほとんど詳しくない自分にとっても理解でした、とてもありがたい。
- ・先生の説明は判りやすかったです。
- ・コンピュータに関する知識がうといのでかなり難しい内容だった。

## ネットワークとセキュリティ入門

- ・初心者にとってわかりやすかった。
- ・役立つワンポイント情報が豊富だったので、自習に役立ちます。
- ・「サブネット」「Mac アドレス」など聞いたことがあるが、なんだかわからない呪文の意味がわかってとてもうれしかった。

## Mathematica 入門

- ・基本的なことがよくわかった。丁寧に解説いただきありがとうございます。
- ・自分で操作してそれをチェックしてもらえるのでよかった。



## 三次元可視化システムの利用法

- ・モジュールの意味や関係性についてとても参考になった。
- ・プログラミングについての知識があまり無いので難しく感じる単語が多かった。
- ・実習がよかった。また、3D 大画面は臨場感が大いにあった。



## [利用相談室便り]

### 平成30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、時間を要する場合もありますが、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はいかがでしょうか。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 （地下鉄東西線青葉山駅 北1出口より徒歩3分）

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 : sodan@cc.tohoku.ac.jp

e-mail の場合、曜日、時間帯によっては回答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。



新キャンパス側から見たサイバーサイエンスセンター 手前2号館、奥本館



利用相談室

## 平成 30 年度利用相談日程と主な担当分野

曜日・時間		テクニカルアシスタント（所属）	主な担当分野
月	14～16 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</li> <li>・大判プリンタ</li> </ul>
火	14～16 時	齋藤 敦子（情報基盤課共同研究支援係）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可視化システム</li> <li>・スーパーコンピュータ</li> <li>・並列コンピュータ</li> <li>・大判プリンタ</li> </ul>
水	15～17 時 要事前予約	山崎 馨（金属材料研究所）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリケーション（Gaussian）</li> </ul>
木	14～16 時	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>・Fortran</li> <li>・大判プリンタ</li> </ul>
金	14～16 時 要事前予約	小松 一彦（サイバーサイエンスセンター）	<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++</li> </ul>
要事前予約		山下 毅（情報基盤課共同利用支援係）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリケーション全般</li> <li>・高速化（ベクトル化、並列化）</li> <li>・Fortran</li> <li>・負担金</li> </ul>
<p>*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。</p>			

**[利用相談室便り]****テクニカルアシスタントの自己紹介****佐々木 大輔 (ささき だいすけ)****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**

担当は毎週月曜日 14～16 時となっております。主にスーパーコンピュータの運用と関連するサービスに関する仕事に従事しています。

2015 年 2 月からベクトル型のスーパーコンピュータ SX-ACE の運用を開始し、約 3 年経過しました。現在運用中のスーパーコンピュータは利用可能なノード数が以前に比較して大幅に増加し、CPU も 4 つのコアを持つようになりました。スーパーコンピュータの性能を引き出すためには、ベクトル化、並列化を行うことが必要となっております。センターでは基本的な UNIX に関することから、スーパーコンピュータの利用法やチューニング技法に至るまでの多くの講習会を行っておりますので、ご活用いただき、性能を最大限に発揮できるようにしていただければ幸いです。スーパーコンピュータを利用する上で質問等ありましたら、利用相談室にご相談に来ていただくことも可能です。知識不足なところも多々あるかと思いますが、ご相談内容にお答えできるよう努めていきます。今後とも、よろしく願いいたします。

**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**

センター技術職員の齋藤敦子です。火曜日 (14～16 時) の利用相談を担当しています。主な担当分野は、三次元可視化システム、スーパーコンピュータ、並列コンピュータの利用についてです。

本センターでは、シミュレーション結果を可視化する環境として「三次元可視化システム」を提供しています。AVS/Express での可視化コンテンツ作成や、7,680×3,240 画素の大画面ディスプレイでの迫力ある三次元立体視を行うことができます。三次元可視化システムは、利用相談室隣の可視化機器室に設置しています。見学も可能ですので、ご興味のある方、利用検討中の方など、ぜひお声掛けください。また、具体的な利用にあたり、AVS/Express による可視化コンテンツ作成の技術的な相談も受け付けています。少しでもみなさまのお手伝いできれば幸いです。どうぞお気軽にご相談ください。

**山崎 馨 (やまざき かおる)****東北大学 金属材料研究所 特任助教**

金属材料研究所特任助教の山崎馨と申します。水曜日の 15 時から 17 時を担当しています。昨年度に引き続き、利用相談員として Gaussian 等の量子化学計算パッケージを使った理論計算を中心に皆様の研究のお手伝いをさせていただきます。

物理的・化学的に意味のある量子化学計算を実行して研究に活かすためには、次の 3 点に注意する必要があります。

(1) どの様な物理量を計算するのか、またそれはなぜか。

研究の背景も含めて異分野の門外漢が容易に理解できる説明を行えること。

(2) 適切な計算手法を選択する。使用できる計算リソースの能力の範囲内で、可能な限り正確かつ短時間で目的の物理量を計算できる手法を選ぶ。

(3) 以上の2点を達成するために、研究の背景も含めた十分な文献探索と予備計算を行う。

私は、テクニカルアシスタントとして、この様な計算の準備と計算手法の選択からインプットファイルの作成、そして計算結果の解釈のコツにいたるまで、量子化学計算において突き当たる問題のトータルサポートを one-stop で実現していきたいと考えております。1年間よろしくお願ひいたします。

**森谷 友映 (もりや ともあき)**

**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**

今年度、木曜日(14~16時)の利用相談員を担当させて頂くことになりました、森谷と申します。現在の主な業務として、スーパーコンピュータ(SX-ACE)、並列コンピュータ(LX406Re-2)の環境整備、ストレージの管理、プログラムのチューニング仕事に従事しています。

サイバーサイエンスセンター内では、A0サイズまでの光沢紙・ソフトクロス紙対応の大判カラープリンタの利用、大画面ディスプレイ(50インチLEDモニタを12面)を設置し、計算結果の数値データを三次元可視化するシステムも利用することができます。また、各言語のプログラミング本、各種マニュアル、講習会で行われた資料の閲覧や科学的、工学的分野に特化したアプリケーションソフト提供もしております。

上記に記載した施設内の利用方法、並びに研究室のワークステーション環境から大規模な計算を実行するための取っ掛かりとして、利用相談室へお気軽にご相談頂ければと思います。利用相談員として、まだまだ未熟な部分もありますが、少しでも利用者のお力になればと思っています。1年間よろしくお願ひいたします。

**小松 一彦 (こまつ かずひこ)**

**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 准教授**

今年度もサイバーサイエンスセンター利用者相談室で利用相談員を担当させて頂くことになりました。金曜日14~16時の担当で、担当分野はスーパーコンピュータ(SX-ACE)、並列コンピュータ(LX 406Re-2)の利用方法全般、およびアプリケーションの高速化全般になります。

計算機アーキテクチャ・大規模並列計算を専門として研究に従事しており、様々な大規模計算環境におけるアプリケーションの最適化を通じて、次世代大規模計算機の要素技術を研究しております。利用相談では、特に、大規模計算機の計算機アーキテクチャやネットワークシステム構成などを考慮したアプリケーションの最適化・高速化に関して、微力ながらみなさまのお力になればと思います。どうぞよろしくお願ひいたします。

山下 毅 (やました たけし)

東北大学 情報部情報基盤課共同利用支援係 技術専門職員

担当分野は高速化 (ベクトル化、並列化)、およびアプリケーションの利用に関することです。相談時間については事前にご相談ください。

最近では研究室のワークステーションクラスのマシンでも、マルチコア CPU と大規模メモリを使用して数値計算を行えるようになってきました。24 コア×2CPU、最大メモリ 1TB というハイエンドな製品もあるようです。

当センターでサービスを行っているベクトル型スーパーコンピュータ SX-ACE は、MPI ライブラリによる並列化を行えば、最大 1,024 ノード (4,096 コア) での並列実行と 60TB (61,440GB) という広大なメモリ容量を使用することが出来ます。しかしながら、ベクトルマシンである SX-ACE の性能を最大限に引き出すためには、プログラムコードのチューニングが必須となります。研究室のマシンで動かしているプログラムコードをそのまま SX-ACE でコンパイル&実行しても、その性能が発揮されることはまれです。研究室のマシンで開発されたコードを SX-ACE で実行し、「スパコンって言っても、案外遅いなあ。」という経験がある方は、ぜひコードの高速化についてご相談ください。

## [報告]

## 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN） 第10回シンポジウム報告

江川 隆輔

スーパーコンピューティング研究部

この時期恒例となりました学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点シンポジウムが、平成30年7月12日、13日の両日、東京品川The Grand Hallにおいて開催されました。本シンポジウムは今回で第10回を迎え、多数の参加者のもと活発な議論が展開されました。

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究は、東北大学、北海道大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学にそれぞれ附置するスーパーコンピュータを持つ8つの

共同利用の施設を構成拠点とする「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点」が、超大規模数値計算系応用分野、超大規模データ処理系応用分野、超大容量ネットワーク技術分野、およびこれらの技術分野を統合した大規模情報システム関連研究分野、更には分野間に亘る複合分野の研究者らと取り組む学際的な共同利用・共同研究です。昨年度から、HPC分野の裾野拡大と我が国の高性能計算に関する研究の活性化を目的に、従来の一般共同研究枠に加えて、国際共同研究、企業共同研究、萌芽的研究枠が設置され、将来の我が国の学術・研究基盤の更なる高度化と恒常的な発展が大いに期待されています。これまで平成22年度から29年度の8年間において309件の課題が学際大規模情報基盤共同利用・共同研究として採択されており、そのうち当センターとの共同研究課題は、57件ありました。平成30年度は国際共同研究3件を含む52採択課題のうち、9件が当センターとの共同研究として採択されています。

本シンポジウムでは、昨年度採択された46件に及ぶ研究課題の成果発表、および今年度採択された92件の研究課題のポスター発表を通して積極的な議論が交わされました。今年度の東北大学との共同研究として採択された課題の成果は、JHPCNウェブページ<sup>1)</sup>にて公開されています。ご興味のある方は是非、先進的、且つ多様な共同研究成果をご覧ください。来年度も、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の研究公募行う予定であります。ご興味のあるかたは奮ってご応募ください。当センターの計算機科学を専門とする教員との共同研究の可能性を検討したい、手続き方法が分からない等、本応募に関して不明な点などあります場合は、お気軽に当センター共同研究担当窓口までお問い合わせください。

【JHPCNに関する問い合わせ窓口】 [joint\\_research@cc.tohoku.ac.jp](mailto:joint_research@cc.tohoku.ac.jp)

【JHPCNホームページ】 <http://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/ja/adoption.php>



東北大学とモスクワ州立大学との共同研究成果発表の様子

## [報告]

### 吉澤誠教授が総長教育賞を受賞

本センター・吉澤誠教授がコーディネータを務める東北大学サイエンスカフェ・ワーキンググループおよび総務企画部広報課社会連携推進室が、平成 29 年度総長教育賞を受賞しました。

総長教育賞は、本学の教育理念に基づき、誠意と熱意をもって職務に取り組まれ優れた教育の成果を挙げた教職員を表彰するもので、3 月 27 日（火）にカメイアリーナ仙台（仙台市体育館）で授賞式が行われました。

受賞理由は以下のとおりです。

2005 年から 12 年間・通算 150 回、「東北大学サイエンスカフェ」を企画・実施し、学生ボランティア組織の支援とともに、本学研究者の最先端研究の成果を市民とともに語り合い、若い世代に知的感動と大学入学への動機を与えるための最も代表的なアウトリーチ活動として、本学の知名度向上に大きく貢献した。



## [報告]

## 平成 30 年度文部科学大臣表彰において小林広明センター長特別補佐、 撫佐昭裕客員教授が科学技術賞（開発部門）を受賞

平成 30 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰において、小林広明サイバーサイエンスセンター長特別補佐(情報科学研究科教授)、撫佐昭裕サイバーサイエンスセンター客員教授(日本電気(株)第一官公ソリューション事業部 主席システム主幹)らの研究グループが科学技術賞（開発部門）を受賞されました。

小林補佐、撫佐客員教授らの研究は、スーパーコンピュータの災害時利用を実現し、地震情報の自動取得と津波発生・伝播・浸水・災害予測、結果の図化・配信をリアルタイムで行うという目標を立て、基礎研究および産学連携による共同研究を推進したもので、本センターに設置されているスーパーコンピュータ SX-ACE が活用された成果が高く評価されたものです。

なお、業績名、受賞者は以下のとおりです。

### ○ 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞（開発部門）

業績名：リアルタイム津波浸水被害予測 システムの開発

受賞者：越村 俊一 （災害科学国際研究所 教授）（筆頭者）

日野 亮太 （理学研究科 教授）

小林 広明 （情報科学研究科 教授）

村嶋 陽一 （国際航業(株)技術サービス本部 事業リーダー、  
災害科学国際研究所 特任教授(客員)）

撫佐 昭裕 （日本電気(株)第一官公ソリューション事業部 主席システム主幹、  
サイバーサイエンスセンター 客員教授）



受賞者の方々（一番左が小林補佐、右から 2 人目が撫佐客員教授）

[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.cc.tohoku.ac.jp/tayori/>

**利用負担金額の表示コマンドについて (No. 260)**

本センター大規模科学計算システムでは、利用者の利用額とプロジェクトごとに集計した負担額、請求情報を表示するためのコマンドとして ukakin, pkakin があります。また、利用者のジャーナル情報とプロジェクトごとに集計したジャーナル情報を CSV 形式で出力するコマンド ulist, plist があります。これらのコマンドは、並列コンピュータ (front.cc.tohoku.ac.jp) にログインして使用します。

コマンド名	機 能
ukakin	利用者ごとの利用額を各システム、月ごとに表示
pkakin	プロジェクトごとに集計した負担額、請求情報を表示
ulist	利用者ごとのジャーナルを CSV 形式で出力
plist	プロジェクトごとに集計したジャーナルを CSV 形式で出力

いずれも、前日までご利用いただいた金額を表示します。コマンド使用例は大規模科学計算システムウェブページをご覧ください。

負担金の確認

<http://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/utilize/academic.html#負担金の確認>

(共同利用支援係)

**利用者番号(アカウント)管理の徹底について (No.261)**

当センターの大規模科学計算システムでは、利用に関する内規に記載された利用資格に該当し、利用を承認された本人のみが、利用者番号 (アカウント) を利用できます。利用者番号を他者へ貸与することは厳しく禁止されておりますので、改めてご注意をお願いいたします。

利用者番号を登録しても、利用しなければ負担金は発生しませんので、実際に計算機システムを利用する方全員の利用申請を行ってください。また、不正アクセスの危険性が高まりますので、以下のことを行わないよう秘密鍵の管理の徹底もお願いいたします。

- ・ パスフレーズなしの秘密鍵の使用
- ・ 秘密鍵、パスフレーズの使い回し
- ・ 秘密鍵のメール添付、USB メモリやホームディレクトリに保存

情報セキュリティ対策の強化のため、皆様のご理解とご協力をお願いいたします。

(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

サイバーサイエンスセンターでは、研究者・技術者・学生等の方々からの原稿を募集しております。以下の内容で募集しておりますので、皆さまのご投稿をお待ちしております。なお、一般投稿いただいた方には、謝礼として負担金の一部を免除いたします。

- ・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、希望により本誌（10部以内の希望部数）と本誌PDF版を進呈します。
- (2)一般投稿を頂いた方には謝礼として、負担金の一部を免除いたします。免除額は概ね1ページ1万円を目安とします。詳細は共同利用支援係までお問い合わせください。
- (3)投稿予定の原稿が15ページを越す場合は共同利用支援係まで前もってご連絡ください。
- (4)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。
- (5)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@cc.tohoku.ac.jp

TEL 022-795-3406

## スタッフ便り

スタッフ便りを書く順番が回ってきました。今回はどんなことを書こうかなとぼんやりと思っているうちに締め切りがやってきました。時間もなく焦ってきましたので、今日の出来事でも記そうかと思い始めています……今日の午前中は、センター内の会議がありました。その会議では、大規模科学計算システムやネットワークシステムの運用報告があり、先月もスーパーコンピュータや並列コンピュータが大いに利用されていることを知り、(私自身はネットワークの方の担当ですが) 嬉しく思いました。また、より良いサービスの提供を目指した議論もありました。今日の午後は、他の研究室との合同セミナーがありました(兼担先の工学部や情報科学研究科のお仕事になります)。そのセミナーは、各4年生が英語の論文を一つ与えられ、著者になり代わり、その論文の内容を発表するイベントです。どの学生も立派なプレゼンでとても頼もしく感じた夕刻でした。なんだか小学生の日記のようになってしまいました(←小学生に失礼ですね)。オチもなくこれにて筆を置きたいと思います。(T.M)

早いもので2018年も半年ほどたち、暑い夏がやってきました。

センターではスパコンの運用を主に行っておりますが、そのほかに三次元可視化システムや大判カラープリンターなども運用しています。大判カラープリンターは、A0サイズまで印刷が可能で、イベントや学会などでポスターが必要な際に印刷に来られているようです。青葉山キャンパスからだけでなく、片平や星稜など遠方からも印刷にお越しいただいています。

当センターのある青葉山キャンパスですが、近年は農学部の移転や、地下鉄の開業もあり、野山を切り開き近代化の波が押し寄せています。しかし、青葉山キャンパスはまだまだ自然豊かで、野生動物も数多くお住まいのようです。年々、野生動物の目撃情報を目にする機会も増え、日々出会える可能性の高まりを感じております。そんな貴重な体験もできるかもしれない当センターに足を運んでみてはいかがでしょうか。(D.S)



センター5階北側から理学研究科方向

### SENAC 編集部会

滝沢寛之 水木敬明 後藤英昭 江川隆輔  
伊藤昭彦 吉田貴子 大泉健治 小野 敏  
斉藤くみ子

平成30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 東北大学生生活協同組合  
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-ACE
並列コンピュータ	LX 406Re-2

## サーバとホスト名

フロントエンドサーバ	front. cc. tohoku. ac. jp
SSH アクセス認証鍵生成サーバ	key. cc. 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
サーバ	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 (SX-ACE) の利用形態と制限値

利用形態	利用ノード数 ※	実行時間制限 (経過時間)	メモリサイズ制限	-q オプション	-b オプション
通常	1～1,024	規定値：1週間 最大値：1ヶ月	60GB×ノード数	sx	利用ノード数
無料	1	1時間	60GB		f
デバッグ	1～16	2時間	60GB×ノード数	debug	利用ノード数
	17～32	24時間			

※ 2ノード以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必用

## 並列コンピュータ (LX 406Re-2) の利用形態と制限値

利用形態	利用ノード数 ※	実行時間制限 (経過時間)	メモリサイズ制限	-q オプション	-b オプション
通常	1～24	規定値：1週間 最大値：1ヶ月	128GB×ノード数	lx	利用ノード数
アプリケーション	1	なし	128GB		a
会話型	1 (6コアまで)	1時間 (CPU時間合計)	8GB	-	-

※ 2ノード以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必用

# 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.51 No.3 2018-7

[共同研究成果]	
回転霧化塗装機を用いた蒸発を伴う噴霧塗装の Large Eddy Simulation .....	松下 洋介 1 乳井 草太 中沢 仁 齋藤 泰洋 青木 秀之
民間航空機開発における大規模 CFD 解析の適用 (その 2) .....	前田 一郎 9
[解説]	
安全で利便性の高い公衆無線 LAN を提供する次世代ホットスポット基盤 Cityroam .....	後藤 英昭 16
[お知らせ]	
サイバーサイエンスセンター講習会 (夏期・秋期開催分) のご案内 .....	20
[利用相談室便り]	
平成 30 年度の利用相談について .....	22
テクニカルアシスタントの自己紹介 .....	24
[報告]	
学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 (JHPCN) 第 10 回シンポジウム報告 .....	江川 隆輔 27
吉澤誠教授が総長教育賞を受賞 .....	28
平成 30 年度文部科学大臣表彰において小林広明センター長特別補佐、 撫佐昭裕客員教授が科学技術賞 (開発部門) を受賞 .....	29
[Web 版大規模科学計算システムニュースより]	
利用負担金額の表示コマンドについて (No.260) .....	30
利用者番号 (アカウント) 管理の徹底について (No.261) .....	30
執筆要項 .....	31
スタッフ便り .....	32