ISSN 2436-0066



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.57 No.3 2024-7





Cyberscience Center

Supercomputing System Tohoku University 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デジタルサービス支援課が担当しています。> https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/

		雷話悉号(内線)*		サービス時間
階	係·室名	e-mail	主なサービス内容	平日
		022-795-6153 (6153)	計算機利用全般に関する相談	8:30~17:15
	利用相談室	相談員不在時 022-795-3406(3406)	大判プリンタ、利用者端末等の 利用	9:00~21:00
階	利用者談話室	(3444)	自販機	8:30~21:00
	展示室*(分散 コンピュータ博物館)*	*見学希望の方は受付までご連絡ください。	歴代の大型計算機等の展示	9:00~16:00
	総務係	022-795-3407(3407) cc-som@grp.tohoku.ac.jp	総務に関すること	8:30~17:15
	会計係	022-795-3405(3405) cc-kaikei@grp.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
三階	スーパーコンピュー ティングサポート	[受付] 022-795-3406(3406) cc-uketuke@grp.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
	<u>ユニット</u>	022-795-6252(6252) cc-sys@grp.tohoku.ac.jp	共同研究、計算機システムに 関すること	8:30~17:15
	デジタルプラット フォームユニット	022-795-6253(6253) i-network@grp.tohoku.ac.jp	ネットワークに関すること	8:30~17:15
四 階	研究開発部	022-795-6095(6095)		
五階	端末機室	(3445)	PC 端末機(X 端末)	

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

\_\_\_\_\_

本誌の名前「SENAC」の由来 –

昭和33年に東北地区の最初の電子計算機として、東北大学電気通信研究所において完成されたパラメ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。

[共同研究成果]

# 「かぐや」月レーダーサウンダ: FDTD アンテナシミュレーション及び

### キルヒホッフ近似月面観測シミュレーション

観測データ平均処理過程で生じた Bragg 共鳴干渉

小林敬生 韓国地質資源研究院

月レーダサウンダ (LRS) は我国随一の月探査機である「かぐや」に搭載された HF (5MHz) レーダ で、月の地下構造探査を主目的としていた。今回、未検出の大深度地下レーダ反射信号の検出を 目的として LRS 観測データの処理を進めていたところ、「かぐや」直下点方向基準約 24 度の斜め 方向、すなわち月面入射角約 24 度地点付近からの表面散乱波の信号増大現象が見つかった。当初、 この信号増大の原因は長さ 30m の LRS アンテナに対して空間非対称的に配置された大きさ 3m×7m の太陽電池パドルの影響で生じた LRS 放射パターンの歪みにある、と考えて FDTD シミュレーショ ンによる LRS の月面照射強度分布に対する太陽電池パドルの影響評価をしてみたが、その結果は この仮説を強く支持するものではなかった。結局、信号増大の真の原因は平均処理の過程で生じ る Bragg 散乱型の干渉現象であるとの可能性が浮上してきて、その仮説を証明するためキルヒホ ッフ近似による LRS の月面散乱波観測のシミュレーションを行い、さらに実観測データと同じく データの平均処理をして表面散乱波の信号強度増大の再現に成功した。

### 1. はじめに

「かぐや」は 2007 年 9 月に打ち上げられて以来 2009 年 6 月まで運用された我が国随一の月探 査機である[1]。「かぐや」には 15 もの科学ミッションが搭載され、月面上空 100 kmの高度で周 回する極軌道から総合的な月科学探査が行われた。月レーダサウンダ (Lunar Radar Sounder: LRS) はそれら搭載ミッションのひとつで、月の地下構造探査を主目的とする HF (5 MHz) レーダ である。送受信アンテナは端間長 30 m のダイポールアンテナである。パルス繰り返し周波数は 20 Hz で、周回軌道に沿って距離 75 m 毎に観測が行われた。

LRS に先行する月地下のレーダ探査は 1972 年、アポロ計画最後のミッションであるアポロ 17 号に搭載された ALSE (Apollo Lunar Sounder Experiment) [2]が唯一無二のものである。LRS の観 測では ALSE が観測した地下深度 1 kmからのレーダ反射信号[3]の再検出も期待されていた。しか し、現在に至るまで LRS データの研究で ALSE が観測した大深度地下反射信号と同等の地下反射信 号を検出したとの報告は未だない。我々は、この謎を解くべく LRS 観測データの再処理を進めて いた。

一般に公開されている LRS 観測データ[4]には大きく分けて水平方向の空間分解能向上を目的 として合成開口処理を施したデータと未処理のレーダ波形データの2種類がある。合成開口処理 を施した LRS のデータはパルス繰り返し周波数が 20 Hz と低いため空間分解能の向上と引き換え にドップラエリアシング(Doppler Aliasing: DA)ノイズの影響を受けるようになる。このため、 大深度地下からの微弱な反射信号は DA ノイズにマスクされて検出できなくなる可能性がある。本 研究では、この DA ノイズを回避するために単純な波形データの重ね合わせ平均化処理で月面散乱 波の強度を抑制して微弱な大深度地下反射信号の検出を試みていた。

そうしたところ、みかけ深度 8~11 kmという大深度に相当するレンジ領域で受信データ強度の 増大が見つかった。これがもし地下からの信号であるなら、この大深度地下境界面は非常に粗い 面であることになる。しかし、奇妙なことにこの信号強度が増大するレンジ領域は軌道高度とと もに変化することが分かってきた。観測軌道高度の変化に従って深さが変わる地下境界面などあ り得ない。さらに調べてみると、信号強度増大が見られるレンジ領域は平均月面を基準として定 義する LRS パルスの入射角が約 24 度の領域に相当する月面領域であることが分かった。特定の方 向の信号強度が増大する現象はレーダの放射パターンに歪みがあるとする説明がもっとも簡単で ある。LRS の場合その放射パターンの歪みを引き起こす原因としては、「かぐや」本体と、特に空 間非対称的に配置されている太陽電池パドルの影響が有力な候補として考えられる。本研究では これを確認するため、「かぐや」本体と太陽電池パドルをモデル化して実スケールの LRS アンテナ シミュレーションを行ない、月面の LRS パルス照射強度分布を計算した。

以下では、まず、問題となった大深度地下レンジでの信号強度増大の現象を提示し、次いでFDTD (Finite Difference Time Domain)シミュレーションによるLRSパルスの月面照射強度分布の計 算結果を示す。このシミュレーションによって、実は、太陽電池パドルの影響は無視できるほと 小さいことが明らかになる。次に、現象の原因としてLRSデータ平均の過程で生じるBragg 共鳴 型の干渉が考えられることを示し、Kirchhoff 近似に基づく月面散乱モデルによるLRS 観測シミ ュレーションでその現象の再現をして本稿を終える。

### 2. 「かぐや」月レーダサウンダによる観測

LRS の波形データ(未処理データ)は複素データである。図1 左図はその波形データの強度デ ータを表示したもので、縦軸がレンジで横軸はLRS 観測位置の月面地理緯度を示す。ゼロレンジ は便宜的に表面エコーの位置に合わせており、深さ方向を正値として表示している。軌道高度は 90 km、軌道経度は58.5°で、「危機の海」と呼ばれる領域を観測したものである。図1 右図は左 図と同じデータで50 パルスの連続する観測データの平均を計算してからその強度データを表示 したものである。この平均処理のおかげで全体的にイメージのコントラスが向上し、浅い地下に 見える層構造が見やすくなっていることがわかる。問題の信号強度増大は図1 右図の深さレンジ が 8~11 kmの領域ではっきりと認められる。



図1 LRS 観測データ平均処理の効果:単一パルス観測データの強度表示(左)と連続する 50 パルス観測データの平均値の強度表示(右)。平均処理をするとレンジ8~11 kmの信号強度増大が現れる。

-2 -

図2は図1の右図、左図それぞれの緯度14 度から21.5度までの3000個のデータの平均を プロットしたもので、信号強度をレンジの代わ りに表面地形を考えない標準月面へのLRSパル スの入射角に対応付けて表示している。単一パ ルスのデータでは信号強度が月面入射角の関 数として単調に減少しているが、50パルス移動 平均処理を施したデータでは、入射角約24度 で信号強度の明確なピークが現れている。この 入射角24度のピークは他の領域、異なる軌道 高度の観測でも共通して認められた。

観測領域、観測軌道高度に関係なく常に同じ 入射角の領域に現れる信号強度増大現象の原 因としてまず考えられることはLRS アンテナの 放射パターンの歪みである。実際、「かぐや」に は空間対称性を著しく欠いた位置に 3m×7m の 大きさの太陽電池パドルが設置されている。こ の太陽電池パドルが反射板として動作して LRS アンテナの放射パターンに影響を与えること は可能性として十分に考えられる。この影響を 定量的に評価するために実スケールのLRS アン テナの FDTD シミュレーションを行った。

### 3. LRS アンテナの FDTD シミュレーション

FDTD (Finite Difference Time Domain)法 は、電場・磁場の定義点それぞれを空間的に重 なることなく互い違いに配置して Maxell 方程 式を差分法で解くもので、代表的な電磁波伝 搬・散乱のシミュレーション手法である[5]。本 研究では、LRSの送受信アンテナである長さ30 m のダイポールアンテナを Thin-wire model [5,6]を適用してモデル化した。大きさが 2m× 2m×4mの「かぐや」筐体は完全導体の板で作ら れた同サイズの中空直方体の箱でモデル化し、 太陽電池パドルは同様に 3m×7m の完全導体板 でモデル化した。完全導体板は板を構成するグ リッド点の電場を常に強制的に0とすること で実現する。LRS ダイポールアンテナの給電点 はアンテナ中央部にあり、それは「かぐや」筐 体の内部に位置する。「かぐや」筐体には 20 cm 四方の穴をあけてそこにアンテナエレメント を通した。



図 2. 図 1 の信号強度データの平 均値のプロット。図1 左図、右図そ れぞれ 3000 個のデータの平均をレ ンジではなく表面入射角に対応付 けて表示。



図 3. 「かぐや」見取り図。 シミュレー ションでモデル化したアンテナ、「かぐや」 筐体、太陽電池パドルをマゼンタ色で表示 した。[8]の図を一部加工して使用。

LRS は 2 本のダイポールアンテナを直交させて直交交差偏波の受信もできるよう設計されたが、 実際の運用では大部分単一のアンテナを送受信アンテナとして観測を行った。本稿のシミュレー ションでは観測で使われたアンテナのみをシミュレーションでモデル化し、もう一方の直交アン テナは無視した。図 3 にシミュレーションでモデル化したアンテナ、「かぐや」筐体、太陽電池パ ドルとそれぞれのサイズと位置関係を示す。

本研究がこのシミュレーションで明らかにしたいことは、「かぐや」筐体と太陽電池パドルが月 面入射角 24 度付近の LRS パルスの強度にどのような影響を与えるか、である。月面に入射する LRS パルスの電磁場を知るためには LRS アンテナを励振しながら、図3の「かぐや」LRS モデル全 体を包み込む仮想的な直方体表面上で Green 関数を介した電磁場の積分(Stratton-Chu 積分)を 行なう(Near-to-Far Field Transformation[6])。シミュレーションでは、上空 90 kmに位置する 「かぐや」LRS が送信するレーダパルスの月面における入射強度の分布を計算した。

### 3.1 30m ダイポールアンテナ単体

まず初めにレファレンスケースとして、LRS アンテナのみのシミュレーションを行った。 LRS 実機のアンテナエレメントは Be-Cu バイメ タルリボンを丸めて作った直径 1.25 cm長さ 15 mの中空エレメントである。実際にシミュレー ションをしてみると直径 1.25 cmの Thin-wire アンテナモデルは数値的に不安定で使い物に ならなかったので、数値不安定が起きなかった 最も細い直径 4.0cmの Thin-wire アンテナモデ ルを使ってシミュレーションを進めることに した。シミュレーションを進めることに した。シミュレーション実装の都合上、アンテ ナの方向を x 方向とし、月面は xy 平面として いる。LRS 直下点を xy 座標原点として、x、y そ れぞれの方向±100 kmの範囲で月面入射 LRS パ ルス強度分布を求めた。

シミュレーション結果を図 4 に示す。「かぐ や」直下点で入射 LRS パルス強度を基準値 0 dB としている。単純なダイポールアンテナのシミ ュレーションなので、月面での入射パルス強度 は x、y それぞれの方向についてきれいな対称 性を示す結果となっている。以下では、この結 果を基準として「かぐや」筐体の影響、太陽電 池パドルの影響を見ていく。



図4. LRSアンテナ単体シミュレーション による月面入射パルス強度分布。「かぐや」 の高度は90kmで、直下点位置がこの図の 座標原点。LRSアンテナの軸方向はx方向。 アンテナ単体のシミュレーションなので 入射パルス強度分布に特異な異方性は見 られない。

### 3.2 30m ダイポールアンテナ+「かぐや」筐体

次に、LRS アンテナに「かぐや」 筐体を加えたモデルでシミュレーションを行なった。「かぐや」 筐体の長軸方向は図3に見られるとおり、LRS アンテナの軸方向に対して45度の角度を成してお り全体としての空間対称性は失われている。そのため、月面入射パルス強度分布にも図4で見ら れた空間対称性が崩れることが予想される。

図5はシミュレーションの結果であるが、左図は月面入射パルス強度の分布を図4と同様の様 式で示したもので、右図は左図の結果と図4の結果の差分を示したものである。見た目には図4 と図5左図の区別がつかないが、図5右図を見ればその理由は明らかである。差が0.1 mdBにも 満たないためである。月面入射パルス強度の差分の分布を見ると、x軸に対して-45度方向の方 向性が認められ、確かに「かぐや」筐体の影響がないわけではないことが分かる。しかし、0.1 mdB にも満たない差は実質差は無いと判断しても良いだろう。

— 4 —



図 5. LRS アンテナ+「かぐや」筐体モデルのシミュレーション結果:月面入射パルス強度分布 (左)及び、それと図4の結果との差分(右)。差分の大きさが0.1mdBにも満たないことから「か ぐや」筐体の影響は無視してもよい、と判断できる。

### 3.3 30m ダイポールアンテナ+「かぐや」筐体+太陽電池パドル

最後に、上記モデルに太陽電池パネルをも加えたモデル(図3)でシミュレーションを行った。図6にその結果を示す。この場合も月面入射パルス強度分布に見た目の違いは感じられない。実際、差分を見ても0.1dB未満の違いでしかない。LRSパルスの入射角度が24度になるのは「かぐや」直下点中心半径45kmの円周上であるが、特異な入射パルス強度の増大は認められない。つまり、本研究の当初の予想ははずれで、LRSデータ平均処理で明らかになった受信信号の増大現象の原因はLRSアンテナの放射パターン異常ではなく、別にあるということである。



図 6. LRS アンテナ+「かぐや」筐体モデル+太陽電池パドルのシミュレーション結果:月面 入射パルス強度分布(左)及び、それと図4の結果との差分(右)。差分の大きさが 0.1dB にも 満たないことから太陽電池パドルの影響も無視できる、と判断できる。

### 4. LRS の月面散乱波観測シミュレーション

上述、FDTD シミュレーションの結果、太陽電池パドルが LRS の月面照射強度に与える影響は無 視できるほど小さいことが分かった。では、観測データの平均処理後に現れる大深度レンジ散乱 波の強度増大の原因は何なのか?結論を明らかにすると、それはデータの平均処理過程で生じる Bragg 共鳴干渉である。以下では、まず Bragg 共鳴干渉について説明する。次いで点源微小ダイポ ールで LRS アンテナをモデル化した Kirchhoff 近似表面散乱シミュレーションて図1の LRS 観測 を模擬して、同じく観測データの平均処理の過程における月面入射角24度近辺の大深度レンジで の表面散乱波強度の増大が再現できることを示す。

### 4.1 Bragg 共鳴

Bragg 散乱はよく知られている通り原子・分子の結晶解析で利用される現象である。一律の間隔 で原子が規則正しく並んでいる結晶格子表面に遠距離から格子間隔スケールと同程度の波長の X 線(電磁波)を入射すると、X線波長、格子間隔、入射角と散乱角が共鳴条件を満足するとき強い 散乱 X線が観測される現象である。本研究では、この Bragg 共鳴現象が LRS 観測データの平均処 理過程で起きているのではないか、と考えた。

LRS は月面高度 H(80~120 km)の軌道からサウンダ観測を行なう(図7)。LRS のパルス繰り返し 周波数は20 Hz なので、この軌道ではLRS が観測を行なう度に約75m 移動することになる。この とき第 n 番目の観測でレンジ R<sub>n</sub>に観測されたあるターゲットの信号は次の第 n+1 番目の観測では レンジ R<sub>n+1</sub>に観測されたることになるが、二つの観測のレンジ差がLRS の波長(中心周波数5 MHz に対応する波長は60 m)の半分である場合これら二つの観測で受信されるこのターゲットの信号 の位相差はちょうど波長一つ分になる(レーダパルスはアンテナと月面との間を往復するため)。 そして、観測データを足し合わせる平均処理の過程でお互い強め合う信号の重ね合わせが実現す ることになり、すなわち Bragg 共鳴条件が生じることになる。

LRS の軌道上の観測点間隔 1 とレンジ差 □R が分かれば、このような Bragg 共鳴条件を満足 する月面表面散乱の入射角□が図7を参照して

 $\Delta R = l \sin \theta$ 

を満足するθとして求めることができる。上式 に具体的な数値、すなわち

 $\Delta R = 30$  m, l = 75 m

を代入して入射角θを求めれば、

θ = 23.58 度

を得る。これは図2の結果と十分整合的である。 もし、このBragg 共鳴モデルによる図2の現象の 説明が 妥当ならシミュレーションで現象を再現 できるはずである。次節では、図1で示した観測 データを得た領域のLRS 観測シミュレーション を行ない、現象の再現を確認する。



Lunar surface

図7. LRS 観測の概念図。

### 4.2 Kirchhoff 近似表面散乱シミュレーション

Kirchhoff 近似法は広がりを持つ面(ランダム面等)による電磁波(や音波)の散乱現象を解析 する手法のひとつである。Kirchhoff 近似では解析の対象とする散乱面に入射する波を局所的に 平面波と見なし、また入射地点の面を局所的にその接平面で近似し Fresnel 反射モデルを適用し て入射地点における反射波の電磁場を定義する。そして、この手続きを解析対象である面全体で 行ったうえで Green 関数を介した積分を実行してこの面から発生する散乱波が作り出す遠地点で の電磁場を計算する[9]。

— 7 —

本研究では、「かぐや」デジタル地形モデルデータ[4]を利用して、図1の観測データを取得した「危機の海」の表面地形をシミュレーション空間内に再現する。そして、その表面の上空高度90kmの軌道からLRS 観測を行う。軌道は東経58.5度の経線に沿った南北方向軌道で、 観測は軌道に沿って75m毎に行なう。LRS は点源の微小ダイポールでモデル化し、「かぐや」本体、太陽電池パドルは無視する。

図8に微小ダイポールLRS アンテナによる月面照射強度分布(左図)および FDTD ダイポールア ンテナモデルによる月面照射強度分布(図4)との差(右図)を示す。図8 左図を図4 を比較すれ ば明らかであるが、両者はよく似ている。しかし、両者の差は大きいところでは1dB にも及び太 陽電池パドルが作り出す差(図6右)よりも大きいことが分かる。このことから、もし、これか ら行なうシミュレーションの結果でも、実観測結果と同様の平均処理後に見られる入射角24度で の散乱波強度増大が確認されれば、実観測における高々0.1dB 未満の太陽電池パネルの影響は無 視できると結論できる。

シミュレーションの結果を初めに紹介した LRS 観測結果と同じ形式で図9に示す。図1に示す LRS の実観測データと同様、このシミュレーションでも平均処理を適用すると深さレンジ8~11 kmのところで信号強度の増大が現れている。このシミュレーションでは、地下の電波伝搬・散乱 は扱っていないので、図1右図と同様の深さレンジ8~11 kmで見られる散乱波強度の増大は地下 散乱波の強度増大ではなく月面散乱波の強度増大であることがこれで証明される。最後に、図2 と同様の形式で散乱波強度とLRSパルスの月面入射角との関係を図10に示す。図10では、実際 の観測データの処理結果と同じく、移動平均処理を適用したデータで信号強度増大現象が出現し、 さらにそのピークが生じるLRSパルス月面入射角が~23.6度であることも確認できる。LRS 観測 データの平均処理で現れた信号強度増大の原因は処理の過程で生じるBragg 共鳴型の干渉だった のである。



図 8. 点源微小ダイポールアンテナモデルによる LRS パルスの月面照射強度分布



図 9. LRS 観測シミュレーション結果データの平均処理の効果:単一パルス観測データの強度 表示(左)と連続する 50 パルス観測データの平均値の強度表示(右)。平均処理をすると実観測 データ(図 2)と同じく深さレンジ 10 km前後で信号強度増大が現れる。

### 5. 結び

月探査機「かぐや」に搭載された月レーダサウン ダLRSのデータの研究で出会った奇妙な信号強度増 大現象の謎を解くために行なった2種類のシミュレ ーションを紹介した。両シミュレーションとも AOBA-Sの潤沢な計算資源があって初めて可能とな る大規模なシミュレーションである。波長 60 mの LRS は実機の測定実験が不可能であり、実験を代替 するものがシミュレーションであるが、これも PC で は非力すぎて不可能であった。これからも AOBA-S を 活用して研究を進めていきたい。

### 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。シミュレーションコードのコンパイル・ 実行に当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。



図 10. 図 9 の信号強度データの平 均値のプロット。図 2 同様、図 9 左 図、右図それぞれ 3000 個のデータ の平均をレンジではなく表面入射 角に対応付けて表示。

### 参考文献

- [1] Ono, T. et al., Lunar Radar Sounder Observations of Subsurface Layeres under the Nearside Maria of the Moon, Sicence, vol. 323, pp. 909 912, 2009.
- [2] Porcello, L. J., et al, The Apollo Lunar Sounder Radar System, *Proc. of the IEEE*, vol. 62, No. 6, pp. 769 – 783, 1974.
- [3] Peeples, W. J., et al, Orbital Radar Evidence for Lunar Subsurface Layering in Maria Serenitatis and Crisium, J. Geophys. Res., vol. 83, No. B7, pp. 3459 3468, 1978.
- [4] かぐやデータアーカイブ, https://darts.isas.jaxa.jp/planet/pdap/selene/index.html.ja

- [5] Toflove, A. and S. C. Hagness, Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method - 3rd Ed., Artech House, 2005.
- [6] Mäkinen, R. M., et al, An Improved Thin-Wire Model for FDTD, *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, vol. 50, No. 5, pp. 1245 1255, 2002.
- [7] Umashankar, K. R., et al, Calculation and experimental validation of induced currents on coupled wires in an arbitrary shaped cavity, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 35, pp. 1248 – 1257, 1987.
- [8] http://www.jana.or.jp/denko/data/21\_1\_3.pdf
- [9] Ogilvy, J. A., Theory of Wave Scattering from Random Rough Surfaces, Institute of Physics Publishing, 1991.

[JHPCN シンポジウム]

# JHPCN 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 16 回シンポジウム報告

#### 高橋 慧智

#### 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

2024年7月11日から12日にかけて東京コンファレンスセンター・品川において開催された第16 回学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)シンポジウムは、昨年に引き続き現地発表 とオンライン発表のハイブリッド開催となりました。今回のシンポジウムでは、昨年度採択された 68課題の成果報告発表がありました。各発表には昨年度と同様に15分発表、質疑応答5分が割り当 てられ、2並列の並列セッションでプログラムが構成されました。

1日目朝のセッションでは、ドイツのNationales Hochleistungsrechnen (NHR) と JHPCN の間で Memorandum of Understanding (MoU) の調印式が開催されました.NHR はドイツの大学高性能計算機 センターから構成されるアライアンスで、いわばドイツ版 JHPCN にあたるものです.調印式では、 NHR の代表として Zuse Institute Berlin/Technische Universität Berlin の Sebastian Pokutta 教 授が、JHPCN の代表として総括拠点長・東京大学情報基盤センター長 千葉 滋 教授がそれぞれ MoU に署名しました.式典には駐日ドイツ大使館公使参事官(経済・科学担当) Claudia Schmitz 氏およ び文部科学省 研究振興局 参事官(情報担当)付 学術基盤整備室長 土井 大輔 氏も臨席されまし た.調印式の後には、Pokutta 教授より「German <-> Japanese Supercomputing - a success story」 という題目で、ドイツの高性能計算基盤整備の動向およびドイツ・日本の HPC 分野における共同研 究の歴史と成果に関する基調講演がありました.

2 日目の午後には京都大学の橋本 幸士 教授より「学習物理学の創成」という題目で招待講演が ありました (図 1). 橋本教授は 2022 年度に発足した科研費学術変革領域研究(A)「学習物理学の創 成」の領域代表を務められており,同研究領域の成果を中心として,物理学における機械学習の応 用,ならびに,物理学による機械学習の原理の解明に関して様々な興味深い研究の紹介がありまし た.



図 1 橋本教授の招待講演の様子

さらに、今年度採択された課題 47 件のポスター発 表に加えて、各構成拠点から推薦された萌芽課 13 件 のポスター発表がありました。今年度の新たな試み として、各拠点の提供資源、サービス、講習会、共 同研究等の実績を紹介する 9 件のポスター発表もあ りました(図 2).

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,様々な計算科学分野 の研究者らと取り組む学際的な共同利用・共同研究 です.2022年度より,各構成拠点に加え,国立情報 学研究所,産業技術総合研究所,筑波大学人工知能 科学センターが共同で運営する,データ科学・デー タ利活用に主軸をおいた計算基盤「mdx」も新たに共 同研究のための計算機 資源として提供しています. 従来の課題分野を大規模計算課題分野と呼び,それ に加えて2022年度からデータ科学・データ利活用の



図 2 当センターの紹介ポスター

課題分野が新設されたために,採択課題数もその多様性も一層増しました.

2010 年度から 2024 年度において 600 件を超える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 106 件となっております. 今年度 は、10 件が当センターとの共同研究課題として採択されております. 今年度採択分も含め、これま での採択課題に関する情報は以下の URL で公開されております. ぜひ、高性能計算を用いた多岐に わたる共同研究活動をご覧いただければと存じます (JHPCN URL: <u>https://jhpcn-kyoten.itc.u-</u> tokyo. ac. jp/ja/adoption).

来年度の学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の研究公募は 11 月頃に公開予定です.ご 興味のあるかたは奮ってご応募ください.また,応募に際しまして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 な点があります場合は,お気軽に当センターまでお問い合わせください.

【JHPCN に関する問い合わせ窓口】 join\_research@cc. tohoku. ac. jp

[JHPCN シンポジウム]

# 令和6年度 JHPCN 採択課題ポスター紹介

令和6年度学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠における当センター利用課題のポスター 6件をご紹介します。

・jh240009 「環境因子を考慮した非電離放射線ばく露における体温上昇評価」 研究代表者 小寺紗千子(名古屋工業大学)

・jh240013 「線状降水帯の気象場変化に対する応答の解明: WRF アンサンブル計算を用いて」 研究代表者 平賀優介(東北大学)

・ jh240049 「NISQ 時代を見据えたバッチ型量子回路シミュレータの開発」
 研究代表者 高橋慧智(東北大学)

· jh240058 「Study on the real effect of non-blocking collective communications」
 研究代表者 南里豪志(九州大学)

・jh240072 「メニーコア CPU, GPU の最適なリソース割り当てに関する研究」
 研究代表者 河合直聡(名古屋大学)

・jh240076 「直交格子法を用いた複雑な境界を含む大規模流体解析および工学応用」 研究代表者 川本裕樹(東海大学)



▶ 電磁界解析プログラムのMPI化

電磁界解析コードのMPI化によるAOBA-Sへの実装お よび最適化について検討を行う。分解能0.1mmの解剖学 的人体数値モデルを用いた電磁界解析は、概算で 384,900万点の逐次計算を行う必要がある。また、空間分 解能要件が異なる電磁界一熱解析間における最適デー タ伝達方法について検討を行う。 様々な暑熱環境課を想定した全身ばく露深部体温解析 様々な暑熱環境を想定した、全身ばく露における電磁 界ドシメトリ評価および温度上昇解析で行う。全身ばく露 における準ミリ波帯以上の報告は、電磁界ドシメトリ評価 に関してもほとんどないため、国際ガイドラインにおいて 有用なデータとなる。



#### 参考文献:

-14 -

<sup>1)</sup> Hiraga Yusuke: Response of Band-shaped Rainfall to Changes in Atmospheric Moisture in Tohoku, Japan- Implications for PMP studies -, AOGS 2024, Korea

<sup>2)</sup> Ryotaro Tahara and Hiraga Y.: Climate Change-induced Thermodynamic Effects on Localized Heavy Precipitation: August 2022 Senjo-kousuitai Event in Tohoku, Japan, AOGS 2024, Korea. 3) Hiraga Yusuke, Tahara R., Kazama S.: Sensitivity of simulated heavy rainfall in Northern Japan to WRF physics parameterization schemes, Under Review, 2024.

Project ID: jh240049

# NISQ時代を見据えたバッチ型量子回路シミュレータの開発

高橋 慧智1,森 俊夫2

1東北大学 サイバーサイエンスセンター <u>keichi@tohoku.ac.jp</u>
 2 大阪大学 量子情報・量子生命研究センター (QIQB) <u>t.mori.giqb@osaka-u.ac.jp</u>

### 研究目的

ノイズ耐性量子アルゴリズムや変分量子アルゴリズムの研究開発に資 する、**多数の量子回路を同時にシミュレート可能なバッチ型量子回 路シミュレータ**の開発を目的とする.量子計算への注目にともな い、古典計算機上で量子計算機を再現し、量子アルゴリズムの開発や 評価を可能とする量子回路シミュレータが活発に開発されている.シ ミュレート可能な量子ビット数を拡大するため、様々な工夫が行われ ているが、これらのシミュレータのほとんどはノイズが存在しない理 想的な量子計算機を再現するものである.

ー方,量子計算は萌芽期にあり,短期的にはノイズが大きく量子ビット数も限定的な量子計算機しか実現できないNoisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ)時代が続くと考えられている.我々は,NISQ時代の量子計算機を対象とした量子アルゴリズムの開発には,次の理由から多数の量子回路を効率的にシミュレートするバッチ型シミュレータが有用であると考える.



#### ノイズを有する量子計算機のシミュレーション

NISQ量子計算機を実用化するためには、量子誤り訂正や誤り耐性ア ルゴリズムなどノイズの影響を抑制するための手法の開発が不可欠で ある.そのためには実機の量子計算機におけるノイズを再現する必要 があるが、従来の密度行列に基づくノイズのシミュレーション手法は 時間および空間計算量が大きい.一方、近年提案されたモンテカル 口法に基づくシミュレーション手法では、それぞれ異なるノイズを注 入した多数の量子回路のアンサンブルにより密度行列を推定する.こ のような手法の効率的な実装には、多数の回路をシミュレーション することが必須である.

#### 変分量子アルゴリズムの評価

Variational Quantum Algorithm (VQA) は量子・古典ハイブリッドア ルゴリズムの一種であり、NISQ量子計算機でも古典計算機に対する 優位性を実証できる可能性が期待されている. VQAではパラメータ化 された量子回路を繰り返し実行するため、パラメータが異なる多数 の量子回路をシミュレートする必要がある.





### 研究計画

本課題では、NEC SX-Aurora TSUBASAシステム向けに多数の量子回路を同時にシミュレート可能なバッチ型量子回路シミュレータを開発する.具体的には、以下の研究項目に取り組む.

### 1. バッチ型計算に適する並列化・ベクトル化方式の検討

単一の量子回路のシミュレーションでは状態ベクトルに対する行列ベ クトル積を並列化するの一般的だが、多数の量子回路をシミュレー ションする場合は、さらに回路レベルでの並列性も利用可能である. これら2階層の並列性を活用し、SX-Aurora TSUBASAのアーキテク チャに適する並列化およびベクトル化方式を検討する. さらに、状態 ベクトルのメモリレイアウトも検討する.



#### 2. 多数の量子回路を効率的に表現するためのAPIの設計

ノイズのシミュレーションでは、回路毎に回路中の異なる場所に「ノ イズゲート」と呼ばれるゲートを挿入する.また、VQAで用いるパラ メータ化量子回路では、回路ごとに量子ゲートのパラメータ(回転ゲー トの回転角度等)を異なる値に設定する.このように多数の回路につい て、少しずつ異なる回路構成を保持する必要がある.回路間で一致す る部分を抽出・共通化して保持するなど、ユーザビリティの高さ、メ モリ効率の高さ、並列計算方式との親和性等を可能な限り並立できる APIやデータモデルを設計する.

<pre>from qulacs import QuantumCircuit, QuantumState n=3 circuit = QuantumCircuit(n) circuit.add_H.gate(1) circuit.add_RK_gate(2, 0.1) state = QuantumState(n) circuit.update_quantum_state(state)</pre>	<pre>from qiskit import QuantumCircuit from qiskit_aer import AerSimulator qc = QuantumCircuit(2) qc.h(0) qc.cx(0, 1) qc.save_statevector() simulator = AerSimulator(method="statevector") implication = AerSimulator(method="statevector") </pre>
	<pre>state = simulator.run(qc).result().get_statevector()</pre>
阪大QulacsのAPI	IBM QiskitのAPI

#### 3. NISQ向け量子アルゴリズムを用いた性能評価

予備的調査 [1]において単一ゲートレベルやランダム量子回路による動 作確認と基礎的な性能評価は完了しているが、実際に研究されている NISQ向け量子アルゴリズムを用いた性能評価が必要である.本課題で はVQAの一種である,量子サポートベクトルマシンや量子ニューラル ネットワークなどの量子機械学習アルゴリズムを用い,開発するシ ミュレータの性能評価を実施する.



[1] <u>Keichi Takahashi</u>, Toshio Mori, Hiroyuki Takizawa, "Prototype of a Batched Quantum Circuit Simulator for the Vector Engine," *Fourth International Workshop on Quantum Computing Software* held in conjunction with SC23: The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis, Nov. 2023. -16 -

# **Study on the Real Effect of Non-Blocking Collective Communications**

Takeshi Nanri (Kyushu U.), Kengo Nakajima (U. Tokyo), Richard Vuduc (Georgia Tech.), Takeshi Fukaya (Hokkaido U.), Hiroyuki Takizawa (Tohoku U.), Osamu Tatebe (U. Tsukuba), Daisuke Takahashi (U. Tsukuba), Toshihiro Hanawa (U. Tokyo), Shinji Sumimoto (U. Tokyo), Maddegedara Lalith (U. Tokyo), Rio Yokota (Tokyo Tech.), Takahiro Katagiri (Nagoya U.), Keiichiro Fukazawa (Kyoto U.), Susumu Date (Osaka U.), Takashi Soga (Osaka U.), Yoshiyuki Morie (Teikyo U.), Richard Graham (NVIDIA), Martin Schulz (TUM), Bengisu Elis (TU Munich), Dennis Herr (TUM), Hari Subramoni (Ohio State U.), Aamir Shafi (Ohio State U.), Kaushik Kandadi suresh (Ohio State U.), Nathaniel Shineman (Ohio State U.), Benjamin Michalowicz (Ohio State U.), Tu Tran (Ohio State U.), Shulei Xu (Ohio State U.), Bharath Ramesh (Ohio State U.), Felix Wolf (TU Darmstadt), Gerhard Wellein (NHR), Gerardo Cisneros-Stoianowski (NVIDIA), Brody Williams (NVIDIA), Yong Qin (NVIDIA), Fabian Czappa (TU Darmstadt), Ayesha Afzal (NHR), Takeo Narumi (Kyushu U.)

# Motivation

- Collective communication is the significant causes of scalability degradation in HPC.
- NBC (Non-Blocking Collective communication) is expected to be a means to overlap this collective communication with computation and hide the communication time, but its use is currently limited to a small number of applications.
- This project provides programmers with correct knowledge about the usage and performance characteristics of NBC and the effect of communication hiding in real applications.

# Topic 1: Available progress methods for NBC on each system

- 4 progress methods for NBC will be examined on the following 8 JHPCN supercomputers.
- Documents of the usage will be released for each available method.

Method	AOBA-S	Wisteria- Oddysey	TSUBAME 4.0	Flow I	Flow II	Camphor 3	SQUID	GENKAI (2024.7 ~ )
SHARP	in study	NG	ОК	NG	NG	in study	in study	
Tofu Barrier	NG	in study	NG	in study	NG	NG	NG	
Assistant core	NG	ОК	NG	ОК	NG	NG	NG	
Progress thread	ОК	ОК	ОК	ОК	ОК	ОК	ОК	

HPC-X NoSharp

### Topic 2: Trends of the effect of overlapping by NBC 16 nodes 1 PPN

- Effect of overlapping by NBC depends on various conditions such as interconnect, progress method, PPN (number of processes per node), etc.
- Preliminary results
  - Overlapping ratio on TSUBAME 4.0
  - (OSU Micro-benchmarks, MPI Iallreduce)
  - Other available methods will be examined on each system
- In addition to the overlap ratio, the effects on the total execution time will be investigated with another benchmark.

# 2K ze (byte) Topic 3: Investigation of communication hiding algorithms with NBC

8

60 Overlap

20

### Description

Krylov subspace iterative methods, like Conjugate Gradient (CG), are essential in scientific computing for solving largescale linear equations with sparse matrices from FEM, FDM, and FVM. Efficient execution and minimized communication are crucial for large-scale parallel computing. Research on Communication-Computation Overlapping (CC-Overlapping) has led to pipelined methods that reduce communication overhead by overlapping communications and computations. Pipelined CG changes the sequence of Krylov iterations using recurrence relations, allowing collective communication for dot products to overlap with heavier computations. Implemented on Intel Xeon Phi systems, pipelined CG achieved a 40% speed-up over original CG. This project evaluates the performance on NVIDIA SHARP systems and aims to develop stable algorithms for lower precision computing. Future plans include developing GPU versions and optimizing collective communications for applications like FFT.



Overlap (%) 60

40

20

16 nodes 2 PPN

### Schedule

- (FY.2024) Evaluations on supercomputers with SHARP using CPU, Pipelined algorithms with mixed/lower precision
- (FY.2025) GPU version of the codes, Evaluation/improvement of pipelined algorithm with mixed/lower precision
- (FY.2026) Evaluations on supercomputers with SHARP using CPU/GPU



TOKAL 大阪公立大学 Cyberscienc

# JHPCN: 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第16回 シンポジウム 2024年度 一般共同研究課題 jh240076

# 直交格子法を用いた複雑な境界を含む大規模流体解析および工学応用

### 川本 裕樹 (東海大学)

# 目的

- 複合的な形状を有する物体,狭い隙間や薄い物体,自由表面を有する流れの現象把握
- 様々な問題に適用可能な固気液混相流解析ソルバの開発および工学分野の諸問題への応用

### 研究体制

- 代表者: 川本 裕樹 (東海大)
- ・ 副代表者: 佐々木 大輔 (大阪公立大), 滝沢 寛之 (東北大 サイバーサイエンスセンター), 落合 成行 (東海大)
- 共同研究者: 平井 克樹 (東海大), 山崎 佑人 (東海大), 大崎 歩乃花 (大阪公立大), 船田 光星 (大阪公立大)

### 研究の特色

- ・ 非圧縮性Navier-Stokes方程式を直交格子法により計算
- ・ 符号付き距離関数(Level set法)により物体および気液界面を定義
- Ghost cellを用いた埋め込み境界法で物体近傍の境界条件を決定
- 気液界面にはGhost fluid法を適用し液膜や液滴が混在する流れを考慮
- 自動車部品など機械の高効率化に向けた実問題へ応用
- ・ 流体構造連成により変形を伴う物体を考慮
- MPIとOpenMPによる並列計算への対応



自動車エンジン内のピストンリング周辺の混相流解析



埋め込み境界法



変形する柔軟膜翼周りの流れ

# 今年度の研究内容

- ・ ジャーナル軸受隙間内へのマイクロバブルの混入による摩擦低減効果の検討
- 軸受の表面テクスチャを考慮した隙間内における潤滑剤の挙動予測
- 相変化を伴うヒートパイプ内部の気液二相流解析
- 平板翼に配置された複数の突起の影響調査および流れのメカニズムの検討
- ・ 流体構造連成解析による柔軟膜翼の空力性能予測

### 参考文献

- S. Takahashi et al., Journal of Applied Mathematics, 252478, 2014
- Y. Kawamoto et al., Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 14(6), 2020
- D. Sasaki et al., 14th International Conference on Flow Dynamics, 2023

[お知らせ]

# 2024 年度サイバーサイエンスセンター講習会のご案内

No.	講習会名 開催方式	開催日時	募集 人員	講 師	内 容
4	ネットワークとセキュ リティ入門 オンライン	8月2日金) 13:30-15:30	90	水木 (サイバーサイ エンスセンター)	<ul> <li>・ネットワークの基本的な仕組み</li> <li>・ネットワークの危険性と安全</li> <li>対策</li> </ul>
5	はじめての Linux オンライン	9月26日(木) 13:00-15:00	15	大泉 (情報部デジタル サービス支援課)	・Linux システムの基本的な 使い方 ・エディタの使い方
6	Gaussian 入門 対面	9月30日(月) 13:00-16:30	15	岸本 (理学研究科)	・Gaussian の基本的な使い方
7	並列プログラミング 入門 I (OpenMP) オンライン	10月3日(木) 15:00-17:00	15	小松 (サイバーサイ エンスセンター)	<ul> <li>・並列プログラミングの概要</li> <li>・ OpenMP による並列プログラミングの基礎</li> <li>・利用法</li> </ul>
8	並列プログラミング 入門II (MPI) オンライン	10月7日(月) 13:00-16:00	15	下村 (NEC)	・MPI による並列プログラミングの 基礎 ・利用法
9	AOBA-B の最適化 オンライン	10月16日(水) 13:00-16:00	15	担当者 (NEC)	準備中
10	MATLAB 入門 対面	10月18日(金) 13:00-16:30	15	陳 (秋田県立大学)	<ul> <li>MATLABの基本的な使い方</li> </ul>
11	はじめての Fortran ハイブリッド	10月28日(月) 13:00-16:00	15	江川 (サイバーサイエ ンスセンター)	・ Fortran の入門編
12	SX-Aurora TSUBASA の 性能分析・高速化 ハイブリッド	11月12日(火) 13:00-16:00	15	江川 (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
13	NLCPy の利用法 オンライン	11月14日(木) 13:00-14:15	15	担当者 (NEC)	<ul> <li>NLCPyの基本的な使い方</li> </ul>
14	スーパーコンピュータ AOBA を使った高速な統 計的機械学習 未定	未定	15	未定	<ul> <li>・機械学習の概要説明</li> <li>・Frovedisの紹介と AOBA での Frovedisの使い方</li> </ul>

### [利用相談室便り]

# 2024年度の利用相談について

サイバーサイエンスセンターの利用相談についてご案内いたします。相談は主に利用相談フォー ムから受け付けます。面談をご希望の方は、事前に利用相談フォームでご連絡ください。相談内容、 時間帯によっては、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。 センター利用に関してご質問、ご不明な点があればお気軽に利用相談をご利用ください。

- ・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、一度相談してみてはいかがでしょうか。

利用相談フォーム: <u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/consultation/</u>



サイバーサイエンスセンター本館(右)、 2号館(左)

テクニカルアシスタント	主な担当分野
菅野 学 (理学研究科)	• Gaussian
髙橋 慧智 (サイバーサイエンスセンター)	・AOBA-S, AOBA-A, AOBA-B ・高速化(ベクトル化、並列化) ・Fortran ・C/C++
山下 毅 (情報部デジタルサービス支援課)	・アプリケーション全般 ・高速化(ベクトル化、並列化) ・Fortran ・利用負担金
齋藤 敦子 (情報部デジタルサービス支援課)	・AOBA-S, AOBA-A, AOBA-B ・大判プリンタ
木村 優太 (情報部デジタルサービス支援課)	・AOBA-S, AOBA-A, AOBA-B ・Fortran ・大判プリンタ
森谷 友映 (情報部デジタルサービス支援課)	・AOBA-S, AOBA-A, AOBA-B ・Fortran ・大判プリンタ

2024年度テクニカルアシスタントと主な担当分野

# 新テクニカルアシスタントの紹介

### 木村 優太(きむら ゆうた) 東北大学情報部デジタルサービス支援課 スーパーコンピューティングサポートユニット 情報系専門職員

今年度、テクニカルアシスタントを担当させていただくことになりました。主な担当分野はスー パーコンピュータの運用・管理業務に従事しております。

スーパーコンピュータは初期設定でも普通のPCやアプリの設定と比べ、手順が異なり複雑な箇所 があるかと思いますが、少しでもスムーズに利用できるようご支援をいたします。

センターに配属されたばかりでまだまだ至らない部分もあると思いますが、少しでも多くの利用 者のお力になれればと思っております。また、この業務を通じて自分自身もスパコンの知識やスキ ルを得て成長していきたいです。

これからどうぞよろしくお願いいたします。

-22 -

### 令和5年度全国共同利用情報基盤センター顕彰について

第41回全国共同利用情報基盤センター長会議において、東北大学情報部デジタル基盤整備課七 尾晶士技術専門職員及びデジタルサービス支援課山下毅技術専門職員に、令和5年度全国共同利 用 情報基盤センター顕彰「功績賞」を授与することが決定されました。本賞は、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顕著な貢献があった者に授与されるものです。

七尾氏は平成7年に大型計算機センター(現・サイバーサイエンスセンター)に採用となり、 同年5月理学部附属原子核理学研究施設に配置換となった後、平成17年5月に評価分析室に配置 換となってからはサイバーサイエンスセンターとの連携も強まり、平成24年4月に情報部情報基 盤課に配置換となりました。配置換後は、全学的な基幹ネットワークの業務を担当し、現在もデ ータシナジー創生機構のもと、全学的な情報化推進事業や全学基幹ネットワークシステムの仕様 策定、構築等にも中心的な立場として従事しています。また、同氏は、SINET 接続に関すること、 学内ネットワークの幹線や無線LAN システムの構築・運用を中心に深く関わるなど、多岐に渡る 業務を積極的に遂行し、本学の情報化推進に寄与しています。

山下氏は平成17年に東北大学電気通信研究所に採用となり、その後平成22年にサイバーサイ エンスセンターに配置換となりました。配置換後は、高性能計算に関する全国共同利用・共同研 究拠点活動に係る利用支援、高性能計算基盤を活用した社会貢献活動に多大な貢献をされてきま した。また、同氏は、利用者に対する利用支援、定期的に開催される利用者講習会を開催、また 講師としても務め、センターの計算機サービスの質の向上に寄与するほか、利用者コードの高速 化・並列化支援を行うなど、大型計算機システムの利用率の向上に大きな成果をあげています。

以上のように、七尾氏はネットワーク関連業務の推進に、山下氏は全国共同利用の推進にそれ ぞれ永年にわたって尽力し、サイバーサイエンスセンターの円滑な運営に多大なる貢献を果たし ていることが今回の受賞に至った理由となっています。授賞式は、1月29日(月)に開催された第 42回全国共同利用情報基盤センター長会議内で行われ、両氏と他2名(北大・東京大)の受賞者 の方々に表彰状と副賞(楯)が手渡されました。

### 『受賞者のコメント』

### 東北大学情報部デジタル基盤整備課(サイバーサイエンスセンター) 七尾 晶士

この度は栄誉ある賞をいただき大変有り難うございます。今回の受賞は、ネットワーク係、デ ジタル基盤整備課、データシナジー創生機構の皆さま、そして TAINS を支えてくださっている部 局の皆さまのおかげであり、大変感謝しております。この受賞を励みに、今後も TAINS を利用し ている皆さまに質の高いサービスを提供し、TAINS の発展に貢献できるよう努めてまいります。ど うもありがとうございました。

### 東北大学情報部デジタルサービス支援課(サイバーサイエンスセンター) 山下 毅

この度は栄誉ある賞をいただき大変光栄に存じます。今回の受賞は計算機システムの運用に関 わる教職員をはじめ、センターをご利用くださる皆様のご指導とご支援によるものと、心より感 謝申し上げます。引き続き、センターをご利用いただく皆様にはより良いサービスをご提供し、 微力ながら研究成果創出の一助と計算科学技術の発展となる様に努めて行く所存です。この度は このような機会を賜りまして誠にありがとうございました。



# テンダーX線タイコグラフィで世界最高の空間分解能を達成 -3GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu を用いた初の学術論文-

当センター滝沢寛之教授、髙橋慧智助教らの共同研究グループがプレスリリースを発表いた しました。プレスリリース詳細は<u>本学 HP</u>からご覧ください。

# 後藤英昭准教授の論文が情報処理学会 JIP にて、 2024 年度特選論文に選定されました

後藤英昭准教授の論文が、情報処理学会 JIP (Journal of Information Processing) 編集委 員会にて、2024 年度特選論文に選定されました。この表彰は、同誌の掲載論文のうち、優秀な 上位 10%のものに授けられるものです。

### 【対象論文】

-ネットワークローミングシステム向けの中断耐性のあるローカル認証方式-

Disruption-tolerant Local Authentication Method for Network Roaming Systems Hideaki Goto (Tohoku University)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/ipsjjip/32/0/32\_407/\_article

【JIP 特選論文(一覧)】

https://www.ipsj.or.jp/english/organization/aboutipsj/award/ssp\_award.html

【研究の概要】

学術系の eduroam や、市民向けの OpenRoaming などの、安全な無線 LAN ローミングシステムが普 及してきています。従来のローミングシステムでは、利用者認証のたびに遠隔にある認証サーバ へのアクセスが必要なため、インターネット接続が一時的に途切れることのある航空機などへの 展開が難しい問題がありました。本研究では、電子証明書とメッセージ認証、および、電子署名 を組み合わせた「ローカル認証方式」を開発しました。これにより、上流のネットワーク接続の ない場所でも安全な局所ネットワーク利用を可能とし、複数の通信事業者にまたがるローミング も実現しています。提案手法は、現在普及している技術で即時実現できるもので、既存のローミ ングシステムとの互換性も維持しています。この研究成果は、機内 Wi-Fi の安全性向上と品質改 善、ローミング対応によるサービス向上のほか、ネットワークが部分的に損壊した被災地におけ る安全な無線 LAN 利用環境の実現、および、地域ネットワークの強靭化などにも、応用が期待さ れます。 [報告]

# 後藤英昭准教授が Wireless Broadband Alliance(WBA)にて Contributor Award 2023 を受賞

当センターの後藤英昭准教授(ネットワーク研究部)がWireless Broadband Alliance(WBA) にて ContributorAward 2023 を受賞しました。今回で三期連続の受賞となります。

WBA における無線 LAN ローミングシステムの技術・仕様の開発や、国内外の OpenRoaming 普及 などの貢献が、高く評価されたものです。

[WBA RECOGNITION AWARDS]

https://wballiance.com/recognition-awards/



### [スーパーコンピュータ AOBA のお知らせより]

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ウェブサイトに掲載されたお知らせの一部を転載しています。 https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/information/

# ナノテラス DX 利用促進課題の募集について

東北大学サイバーサイエンスセンターでは、3GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu と東北大学とのさらなる連携を支援するために、NanoTerasu 利用者に資するスーパーコンピュータ AOBA 活用 法に関する研究開発課題を以下の要領で募集します。(最大 5 件程度)

1. 対象

本課題は、スーパーコンピュータ AOBA を必要とする研究課題を対象とします。研究分野としては、高性能計算や大規模データ処理に関する研究分野、NanoTerasu で生じるデータの分析・可視化に関する研究分野となります。

2. 応募者の資格

本センター大規模科学計算システムの利用資格を有する者

- 3. 要件
  - (1)研究支援期間は令和6年5月8日から令和7年3月31日までの間とします。
  - (2)対象システムはサブシステム AOBA-S とします。
  - (3)研究成果、あるいは研究成果であるプログラムにより得られた結果を論文等で公表する際、本事業での支援により行われた旨の記述をお願いします。(例えば、共著者、謝辞等)。
  - (4)研究成果は本センター大規模科学計算システム広報誌 SENAC への寄稿(2~8ページ程度) をお願いします。
- 4. 助成内容等

採択された課題の研究代表者に対し、演算負担の全額または一部(一定額もしくは演算負担額 の 2/3)を本センターが負担します。全額免除を希望する場合は、重要性を申請書に記入願います。

5. 応募締切

第一次締切:令和6年5月31日(金)、以後随時募集する予定です。

6. 審查方法等

申請された課題は、センター内において審査した後、採択結果について連絡いたします。

7. 応募方法

応募される方は、本センターのウェブサイト各種申請用紙

(<u>https://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/application-form/</u>)のナノテラスDX利用促進課題申込書 を利用して電子メールでお申し込みください。

送り先 E-mail :cc-sys@grp.tohoku.ac.jp

8. 問い合わせ先

情報部デジタルサービス支援課(受付)

TEL: (022) 795-3406

E-mail : cc-sys@grp.tohoku.ac.jp

(スーパーコンピューティング研究部,情報部デジタルサービス支援課)

-26 -

# AOBA Users' NEWS 「AOBA の社(あおばのもり)」 Vol. 4, Vol. 5 の紹介

スーパーコンピュータ AOBA をご活用いただいている研究事例を紹介しています。是非ご覧ください。

https://www.cc.tohoku.ac.jp/service/supercomputer/aoba/

Vol.4 コンピュータシミュレーションによる圧縮性流体に関するアプローチ

(慶応義塾大学・松尾教授)

Vol.5 計算科学による熱中症メカニズムの分析と対策への応用

(名古屋工業大学・平田教授)

(情報部デジタルサービス支援課)

### — 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。

- 用紙サイズ・文字サイズ等の目安-
  - ・<u>サイズ:A4</u>
  - ・余白:上=30mm 下=25mm 左右=25mm 綴じ代=0
  - ・標準の文字数(45 文字 47 行)
  - ・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)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。詳細はデジタルサービス支援課までお問い合わせください。
- (2) 投稿予定の原稿が15ページを超す場合は共同利用支援係まで前もってご連絡ください。
- (3) 初回の校正は、執筆者が行って、誤植の防止をはかるものとします。
- (4) 原稿の提出先は次のとおりです。

東北大学サイバーサイエンスセンター内 情報部デジタルサービス支援課

- e-mail cc-uketuke@grp.tohoku.ac.jp
- TEL 022-795-3406

スタッフ便りを書く順番が回ってきました。←六年前と四年前と二年前の書き出しがこれでした。 六年前はその日の出来事を日記風に記述するという手法でスペースを埋め、四年前は大学での業務ス タイルがオンラインに移行して一変したという誰もが書きそうなことを書いており、それより前の 2016年は例年8月に実施している講習会の様子を、2013年はオープンキャンパスでデモをした様子 を書いていたようです。二年前はここまでの内容にプラスして、私自身のメインの研究テーマである カードベース暗号について触れていますね。このスタッフ便りの執筆の順番が定期的に回ってくるこ とで、これまでの歩みを振り返ることができ、有難いことです。

今年もサイバーサイエンスセンターではオープンキャンパス(←本号の発行時には終了しているかも)や講習会がございますので、ぜひご参加をご検討いただければと存じます。そうこうしているうちにいい感じの字数となりましたので、このあたりで閉じたいと思います。二年後はどうなるでしょうか? (T.M)

近年 GPU の需要が高まり、その用途も今までのものとは多様に変化しています。

ゲーム用途がメインだった GPU が、近年では生成 AI 等の用途に使われることも増えております。 "謎の AI 半導体メーカー"「NVIDIA (エヌビディア)」がここまで表舞台に立つことになるとは思い もしませんでした。その影響は株価にも影響を与えているようです。できることなら 20 年前にタイ ムスリップしての NVIDIA の株を買えるだけ買いたいものですね。

GPU は家庭用ゲーム機にも搭載されており、その性能も年々進化しています。20 年近く前のゲーム 機ですと、2006 年に PS3(プレイステーション 3)が発売されましが、PS3 の GPU 性能は 224GFLOPS と言われています。最新の PS5(2020 年発売)の GPU 性能は 10.3TFLOPS と言われているので、その 間に約 46 倍性能がアップしています。とんでもないですね。

さて、ゲーム好きな私としては、GPUの需要が生成 AI 等にシフトしているのは少し寂しい気がしています。ですが、技術は巡り巡って来るものと思っていますので、私個人としては今後進歩した AI 技術を、ゲームの分野で何かしら良い形で反映・活用してくれたら面白い未来が待っている、そう信じています。(Y.K)

【サイバーサイエンスセンター内 情報部情報デジタルサービス支援課スタッフ異動のお知らせ】 2024.6.30 付け

[転出]

南 裕子	総務係主任(災害科学国際研究所総務係主任へ)
小林一斗	会計係員(病院総務課給与係へ)

2024.7.1付け [転入]

齊藤留美子 総務係主任(災害科学国際研究所総務係主任から) 藤田沙耶香 会計係員(電気通信研究所用度係から)



-29 -

計算機システム	機 種
サブシステム AOBA-S	SX-Aurora TSUBASA Type 30A
サブシステム AOBA-A	SX-Aurora TSUBASA Type 20B
サブシステム AOBA-B	LX 406Rz-2

スーパーコンピュータ AOBA システム一覧

### サーバとホスト名

フロントエンドサーバ(AOBA-S 用)	sfront.cc.tohoku.ac.jp
データ転送サーバ(AOBA-S 用)	sfile.cc.tohoku.ac.jp
ログインサーバ(AOBA-A,B用)	login.cc.tohoku.ac.jp
フロントエンド(AOBA-A,B用)	front.cc.tohoku.ac.jp
データ転送サーバ(AOBA-A,B用)	file.cc.tohoku.ac.jp

サービス時間

利用システム名等	利用時間帯
サブシステム AOBA-S	連続運転
サブシステム AOBA-A	連続運転
サブシステム AOBA-B	連続運転
各種サ ー バ	連続運転
大判プリンタ	平日 9:00~21:00

サブシステム AOBA-S の利用形態と制限値

利用形態	キュー名	VE 数※	実行形態	最大経過時間 既定値/最大値	メモリサイズ
無料	sxsf	1	1VE	1 時間/1 時間	96GB
共用 sxs 1~204		1~2048	8VE 単位で確保	72 時間/720 時間	96CB×VF 粉
占有					

※2VE以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必用

サブシステム AOBA-A の利用形態と制限値

利用形態	キュー名	VE 数※	実行形態	最大経過時間 既定値/最大値	メモリサイズ
無料	sxf	1	1VE	1 時間/1 時間	48GB
	SX	1	1VE		48GB×VE 数
共有		2~256	8VE 単位で確保	72 時間/720 時間	
占有					

※2VE以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必用

# サブシステム AOBA-B の利用形態と制限値

利用形態	キュー名	ノード数※	最大経過時間 既定値/最大値	メモリサイズ	
共有	lx	1~16	72 時間/720 時間		
占有		個別設定	23000人 / 一下致		

※2ノード以上を利用した並列実行にはMPIの利用が必用



### [共同研究果]

-4 -

「かぐや」月レーダーサウンダー:FDTDアンテナシミュレーション及び キルドナッフ近似日面細測シミュレーション、	1
イルヒホック近似方面観測シミュレーション	1
[JHPCNシンポジウム]	
JHPCN学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第16回シンポジウム報告	
	10
令和6年度JHPCN採択課題ポスター紹介	12
[お知らせ]	
2024年度サイバーサイエンスセンター講習会のご案内	19
[利用相談室便り]	
2024年度の利用相談について	20
新テクニカルアシスタントの紹介	21
[報告]	
令和5年度全国共同利用情報基盤センター顕彰について	22
テンダーX線タイコグラフィで世界最高の空間分解能を達成	
-3GeV高輝度放射光施設NanoTerasuを用いた初の学術論文	24
後藤英昭准教授の論文が情報処理学会JIPにて、	
2024年度特選論文に選定されました	24
後藤英昭准教授が	
Wireless Broadband Alliance(WBA)にてContributor Award 2023を受賞 …	25
[スーパーコンピュータAOBAのお知らせより]	
ナノテラスDX利用促進課題の募集について	26
AOBA Users' NEWS「AOBAの杜(あおばのもり)」Vol.4,Vol.5の紹介	27
執筆要項	28
スタッフ便り	29