

平成30年度高性能汎用計算機高度利用事業  
「ヘテロジニアス・メニーコア計算機による大規模計算科学」  
成果報告書

令和元年5月31日  
国立研究開発法人理化学研究所  
姫野龍太郎

## 補助事業の名称

「ヘテロジニアス・メニーコア計算機による大規模計算科学」

### 1. 補助事業の目的

粒子系・構造格子系のソフトウェア開発フレームワークと線形代数演算サブルーチンパッケージ BLAS のヘテロジニアス・メニーコアプロセッサへの移植、および、これらを活用して分子、宇宙、素粒子、プラズマ、神経系、津波・地震防災、およびゲノム解析等、様々なアプリケーションの実装と性能評価を行う。本研究開発では、まず高いメモリバンド幅をもつヘテロジニアス・メニーコアプロセッサに対する新しいプログラミングモデルを確立し、多様なアプリケーションやアルゴリズムに対しての有用性を実証する。その中には、実用性は高いが、従来は超メニーコアシステムやアクセラレータシステムでは困難とされてきたものも含まれる。また、ゲノム解析を出発点にデータ科学への適用も積極的に展開する。さらに、プログラミングモデルとノウハウを共有するユーザ・コミュニティを形成して、パワーユーザを育成し、PEZY-SC2 プロセッサを始めとする次世代のヘテロジニアス・メニーコアプロセッサの性能を十二分に引き出した大規模計算を行って各分野の最先端研究を加速する。

### 2. 平成30年度（報告年度）の実施内容

#### 2-1. 当該年度（平成30年度）の事業実施計画

(1) 研究統括、広報、流体・磁気流体、および大脳シミュレーション：姫野龍太郎（理研）

各協力機関におけるプロジェクトの進行を調整するために二か月に一度程度の頻度で各機関の責任者が直接会う連絡会議を開催する。

H29年度は流体コードおよび大脳を含む神経系シミュレーションの基本部分を PEZSY-SC2 へ移植し、小規模（プロセッサ 32 個程度）シミュレーションを実施してきた。H30年度はその成果を元に中規模並列計算（300 個程度）へ展開する。

(2) ミドルウェア、BLAS の開発および第一種粒子法シミュレーション：牧野淳一郎（神戸大学）

ヘテロジニアス・メニーコアプロセッサ用のミドルウェアを構築する。理化学研究所計算科学研究機構の粒子シミュレーション研究チーム（チームリーダー：牧野淳一郎）は、京を含めた大型並列型スパコン用の粒子法フレームワーク FDPS (Framework for Developing Particle Simulation) および格子法用フレームワーク (Formura) のミドルウェアを開発している。これをヘテロジニアス・メニーコアプロセッサ用に拡張する。H29年度は小規模並列計算に適用してきた。H30年度は中規模並列計算に適用する。

銀河や星団、原始星の周りの微惑星などの進化を計算する重力多体計算、多数の分子の動きを計算する分子動力学計算は、すでに PEZY-SC への移植・チューニングが行われている。これらを第一種粒子法と呼ぶ。H29年度はこれらの第一種粒子法の PEZY-SC2 への移植と小規模並列レベルのチューニングを行ってきた。H30年度はその成果を元に中規模並列レベルでのチューニングを行う。

(3) SPH 法および DEM 法による防災シミュレーション：阪口 秀（海洋研究開発機構）

H30 年度は SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) 法と DEM (Discrete Element Method) 法コードを H29 年度は PEZY-SC2 へ移植し小規模並列レベルでのチューニングを行った。H30 年度はその成果を元に中規模並列チューニングを行う。

(4) 神経系シミュレーション：山崎匡（電通大）

大規模なネコ小脳の約 100 倍に相当するヒト小脳の実時間シミュレーションを実現する。H29 年度は PEZY-SC2 へ移植し、小規模並列レベルでのチューニングを行った。H30 年度はその成果を元に中規模並列レベルのチューニングを行う。

(5) 格子 QCD シミュレーション、素粒子摂動計算：石川正（KEK）

H29 年度においては、格子 QCD および素粒子の摂動計算コードを PEZY-SC2 に移植して、小規模並列レベルでのチューニングを行った。H30 年度はその成果を元に中規模並列レベルのチューニングを行う。

(6) ゲノム解析：黒川顕（遺伝研）

H29 年度は類似度検索の世界標準プログラム BLAST とほぼ同等の機能を持つオリジナルプログラム CLAST の PEZY-SC2 システムへの移植を進め、小規模並列レベルでのチューニングを行った。H30 年度はその成果を元に中規模並列レベルのチューニングを行う。

## 2-2. 実施内容（成果）

(1) 研究統括、広報、流体・磁気流体、および大脳シミュレーション：姫野龍太郎（理研）

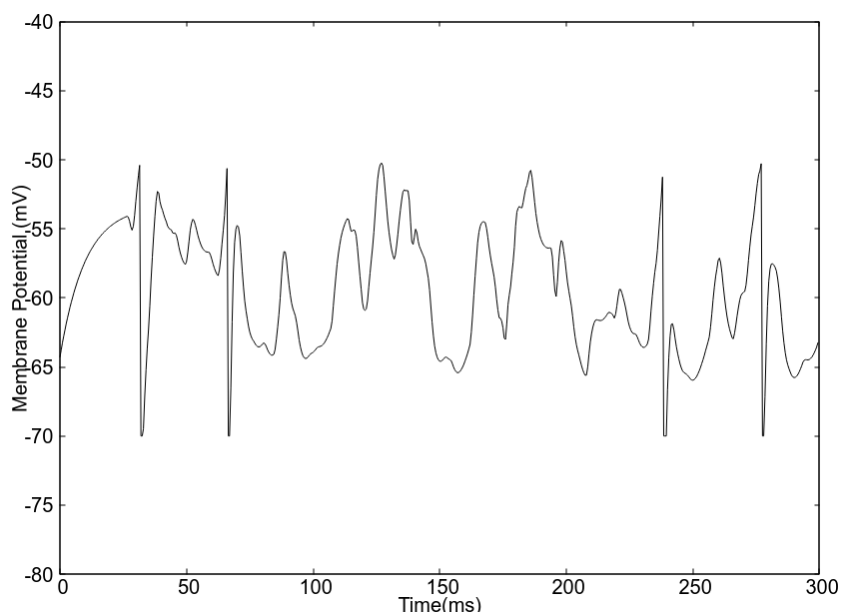
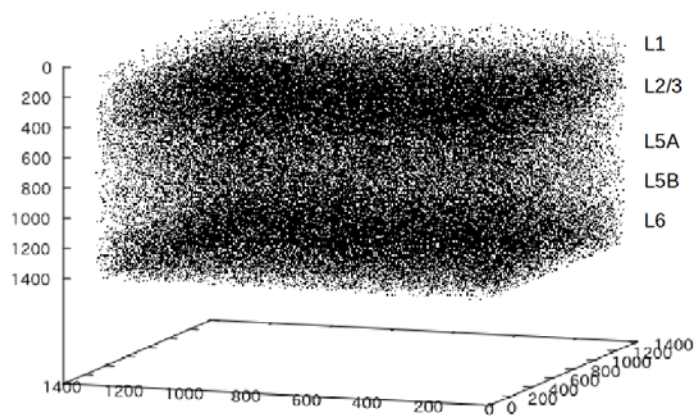
各協力機関におけるプロジェクトの進行を調整するために各機関の責任者が直接会う連絡会議を開催し、それに伴ってワークショップを開催した（2-3 研究会の活動等参照）。流体シミュレーションに関しては、格子流体のコードを PEZY-SC2 に移植した。また、神戸大学のチームが開発した、低 B/F コード SL4TH3 を降着円盤の問題に適用して、その不安定性シミュレーションを行う準備を進めた。

本研究チームでマルチコア CPU 搭載システム向けに開発している神経回路シミュレータに関して、計算ボトルネックとなるシナプスコンダクタンスの計算部分をアクセラレータにオフロードさせることを目指し、pocl 環境への移植を行い、菖蒲 system B での計算性能の試験を行なった。

神経回路モデルとして層状シート型の 3 次元構造を持つ大脳皮質モデルを用いた（図 1 左）。神経細胞モデルとして積分発火型神経細胞モデルを用い、シナプスモデルとしてはアルファ関数型のコンダクタンスモデルを用いた。数値計算法としては前進オイラー法を用い、計算ステップは 0.1ms とし、シナプスコンダクタンスの計算には Matrix exponential 法を用いた。300ms 分のシミュレーションを行い、神経細胞の平均発火頻度は約 3.9Hz を示した。図 1 中は例として PV 型神経細胞の膜電位変化を示す。大脳皮質モデルは 1mm<sup>2</sup>の大脳皮質シートあたり 5.6 万神経細胞と 1.9 億結合が含まれた。

SC2 プロセッサ 1 個あたり 50 万神経細胞と 150 億結合を含む 9mm<sup>2</sup>の大脳皮質シートを割り当て、最小で 36 CPU と 9 SC2、最大で 100 CPU と 25 SC2 の計算リソースを用いて、弱スケーリング性能を調べた（図 1 右）。計算時間は計算ノード数が上昇しても、概ね一定であり、理想的な弱スケーリング性能が得られた。本研究の結果は、大脳皮質のようなシート状の神経回路について、菖蒲 system B のような

ヘテロジーニアスな計算システムで理想的な規模の拡大が可能であることを示している。100 CPU と 25 SC2 を用いたとき、1266 万の脳皮質神経細胞のシミュレーションに達し、マウスの脳皮質規模に相当した。結果の弱スケーリング性能から、更なる大規模化が可能であると考えられ、菖蒲 system B 相当のシステムでの最大構成を用いた霊長類規模の脳皮質シミュレーションが今後のターゲットとなる。



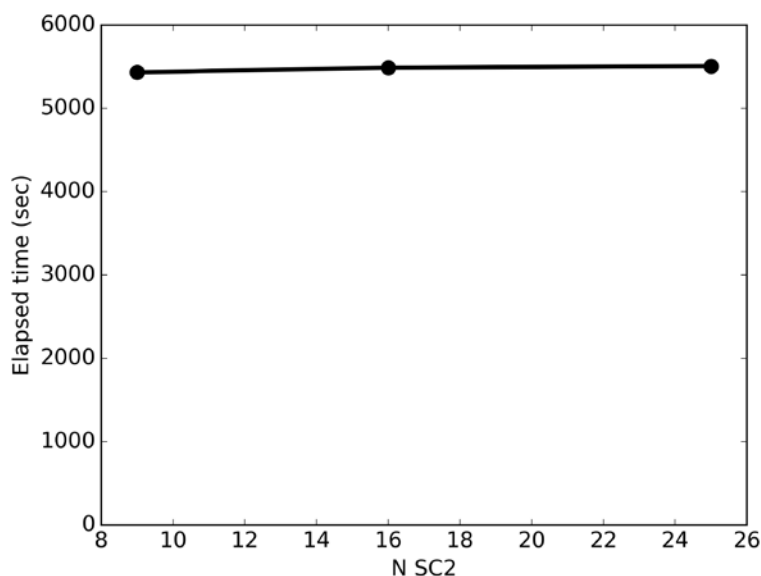


図 1. 大脳皮質モデル 3 次構造(上)、PV 型神経細胞の膜電位変化(中央), 弱スケーリング性能(下)

(2) ミドルウェア、BLAS の開発および第一種粒子法シミュレーション：牧野淳一郎（神戸大学）  
 H30 年度は、PEZY/Exascaler 社の状況、社内でのソフトウェア開発状況、特に BLAS については PEZY 社内で開発が進んでいることを考慮して、粒子法及び格子法のフレームワークの開発を進めた。粒子法については、理化学研究所計算科学研究センター粒子シミュレーション研究チーム（チームリーダー：牧野淳一郎）で開発している、京を含めた大型並列型スパコン用の粒子法フレームワーク FDPS (Framework for Developing Particle Simulation) について、従来のアクセラレータ利用と同様な、相互作用計算のみを PEZY-SCx で行う方法、並びに、それ以外のツリー構造構築や相互作用リスト構築も PEZY-SCx で行う方法を実装し、性能評価を行った。後者については、理論ピークの 30%程度と十分な性能を実現できた。但し、現在のところ FDPS 全体が動作する、というよりは、特定の問題向けの実装になっており、汎用性を実現するための作業が必要な状況である。さらに、格子法については、やはり理研で開発している Formura をベースに、偏微分方程式のより高レベルな記述からカーネルコードを自動生成し、時間方向ブロッキングを実現するシステムを構築し、PEZY-SC2 上で性能評価を行った。これは陽解法であり比較的メモリバンド幅要求が高い計算だが、時間方向ブロッキングを行うことで理論ピークの 18% と高い性能を実現できた。FDPS、Formura のどちらも、MPI で並列化されており、上の数値は利用可能なシステム最大サイズでの並列コードの性能である。

(3) SPH 法および DEM 法による防災シミュレーション：阪口 秀（海洋研究開発機構）  
 H30 年度の成果として、地滑りなどの防災シミュレーションに多用される DEM 法の PEZY-SCx への実装が挙げられる。一般的な SPH や MD 等の粒子法と異なり、DEM では接線方向の相互作用計算のために接触粒子ペア毎にメモリ上にベクトル値を蓄える必要がある。そこで FDPS において接触粒子ペア毎のメモリ領域を確保するための機能拡張を実施した。具体的には、粒子サイズが同じもしくは同等であれば、接触する粒子数の最大値が予想可能であることを活用し、あらかじめ接触数の最大数を仮定（例えば、同一サイ

ズの場合 12) することで、粒子毎に粒子間ペア向けの作業配列を確保した。そして、実際に粒子が接触した際のデータ格納と、相互作用リスト更新時の粒子ペアの組み替え手続きを実装することで、FDPS における DEM 計算を可能にした。図 2 に示したのは PEZY-SC2 で実施した粒状体のダム崩壊シミュレーションの結果である。

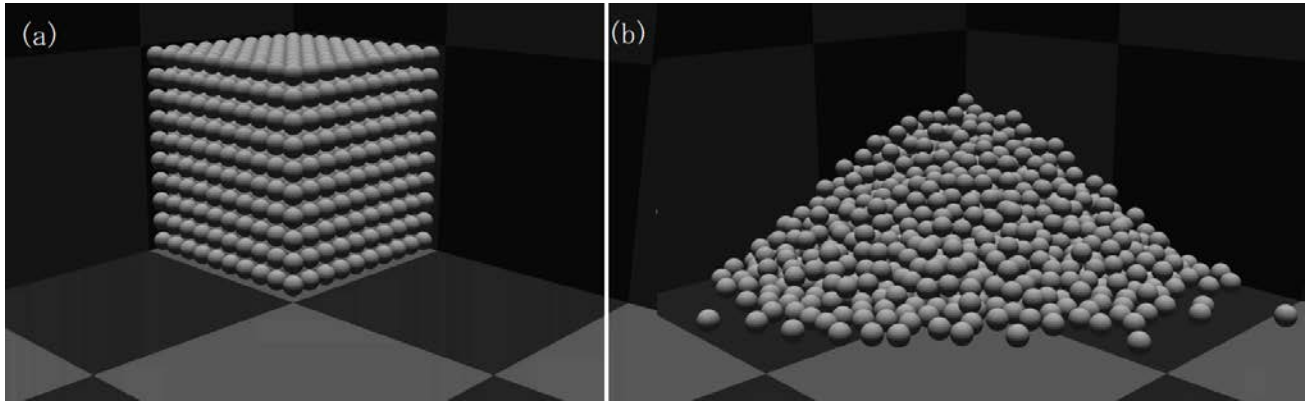


図 2：本課題実装した DEM を PEZY-SC を用いて計算した粒状体の (a) 粒子群ダムが (b) 崩壊する様。

以上の成果は “Implementation of SPH and DEM for a PEZY-SC heterogeneous many-core system” というタイトルで ICCES2018 にてカンファレンス論文として出版した。

また、短距離相互作用に支配される防災計算向けの SPH や DEM のシミュレーションを、共有相互作用リストの使用により、PEZY-SCx において高速化させたことも H30 の成果である。ポイントは性能評価モデルをたてて予測した最適ナリストサイズを用いて、粒子間相互作用リストを共有化させることである。

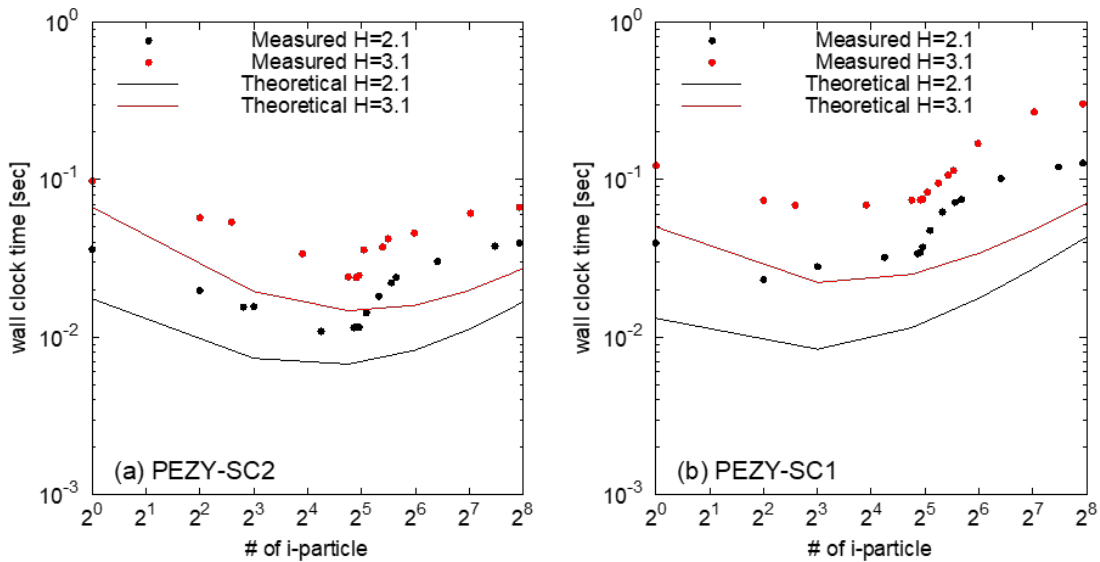


図 3: 導出されたコストの評価式と、加速器上で実際に加速度の計算を動作させた際に測定された計算コスト。パネル(a)は PEZY-SC2 のもの、(b)は PEZY-SC1 のものである。黒が  $H = 2.1$ 、赤が  $H = 3.1$  であり、実線が評価式、丸が実測値。

図 3 は、リストサイズ  $N_i$  (リスト共有する粒子数) を変化させたときの実測値と性能評価モデルの比較である。まず、PEZY-SC2 での結果 (a) に着目すると、実際の計算で最適な  $N_i$  の値 ( $N_i = 2^5$ ) が性能評価モデルから求められている事がわかる。また、初期粒子間距離で規格化された相互作用の影響半径  $H = 2.1$  の結果に着目すると、共有リストを使わない場合 ( $N_i = 1$ ) と比較して、共有リストのサイズが  $N_i = 2^5$  であった時に約 75% の経過実行時間の削減できたことが分かる。同様の結果は PEZY-SC1 においても得られた。PEZY-SC1 は PEZY-SC2 よりも B/F が大きく最適な  $N_i$  が小さいが、性能評価モデルはこれを再現出来ている。つまり、提案した性能評価モデルは、任意の加速器 (B/F) に対して最適なグループ数を予測できる。予測式と実測値の間には、ほぼ一定の 2 倍程度のズレが存在しているが、このズレはループラインモデルを作成して検証したところ、カタログスペックと実際の動作スペックに起因するものであった。本結果は “The performance prediction and improvement of SPH with the interaction-list-sharing method on PEZY-SCs” というタイトルで論文化し ICCS 2019 にアクセプトされた。

#### (4) 神経系シミュレーション：山崎匡（電通大）

昨年度末で Gyoukou 全系を利用した 80 億ニューロンからなるサルスケール人工小脳のリアルタイムシミュレーションが実施できたので、今年度はその成果発表を行った。国内の学会と国際会議でそれぞれ 1 件ずつ、ポスター発表を行った。また論文を執筆し国際誌に投稿したが、リジェクトされてしまったため、現在は改訂を進めている。さらに、人工小脳を構成する多数の学習モジュールを並列に用いる課題として、多関節ロボットアームの制御問題に取り組んだ。アームの各関節に学習モジュールを割り当て、隣り合うモジュールのみと通信を行う局所的な学習アルゴリズムにより、アームの先端を希望の位置に移動させる逆問題を解かせることに成功した (図 4)。このアルゴリズムでは関節数が増えても状態空間が組み合わせ爆発を起こすことがないため、大規模かつ複雑な形状のロボットの学習制御に有用であると考えられる。また、小脳回路の計算能力を再検討した結果、小脳回路で強化学習ができることを見出した。論文が採択されている。

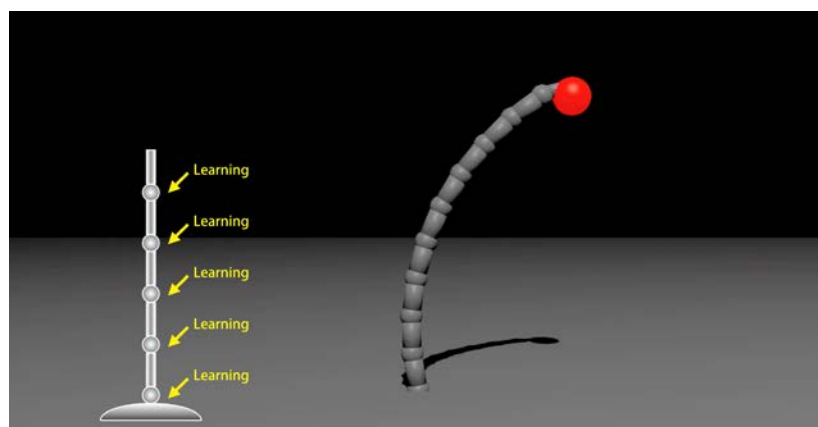


図 4: 多関節ロボットアームの学習制御課題。アーム（中央）の手先を指定された位置（赤丸）に移動する。順運動学でトレーニングし、逆問題を解かせる。各関節に学習モジュールを割り当て、隣り合うモジュール同士が局所的に情報を交換するだけで、全体の動作が獲得される。

(5) 格子 QCD シミュレーション、素粒子摂動計算：石川正 (KEK)

格子 QCD シミュレーションにおいては、計算時間の大きな割合を占める部分は差分化したディラック演算子の線形方程式を解く問題に帰着し、計算を効率的に行なうには大規模疎行列ベクトル積の演算の高速化が必要となる。この演算は一般にメモリ律速な問題であるが、これまで PEZY-SC2 デバイス上でメモリアクセス効率の観点からチューニングを行った。さらに複数デバイス・複数ノードを用いた並列化を行なう場合は、デバイス間・ノード間でのデータ転送がボトルネックになる。そのため、領域分割法などアルゴリズムの改良のほか、転送データの圧縮の可能性など、データ転送量を削減する手法を検討した。

また、SIMD 演算機の効率的利用法についても研究している。よく用いる演算に対し、SIMD 命令で最適化したインライン関数を用意することにより最小限の変更で高速化が可能なコードデザインを検討し、その応用として Intel Xeon Phi Knights Landing での格子 QCD 計算の高速化を行った。

素粒子摂動計算においては、中里が開発した Goose コンパイラにより、メニーコアのアクセラレータを利用できる openCL カーネルを生成し、それを PEZY-SC2 クラスタに実装してファインマンループ積分に適用した。平成 30 年 7 月 17 日から 8 月 2 日にかけて米国 Western Michigan 大学の de Doncker が KEK に滞在し、準モンテカルロ積分法によるファインマン積分の GPU 用プログラムコードをもとに、OpenCL 化および Goose 適用による大規模化コードの開発と高速化を行なった。これにより、多次元数値積分であるマルチループのファインマン積分のより次元の高い計算が可能になり、研究が進展した。得られた成果は、2019 年 3 月に開催された国際会議 ACAT2019（スイス、3 月 11 日 - 15 日）および日本物理学会第 74 回年次大会（九州大学、3 月 14 日 - 17 日）で講演した。また多次元数値積分に関する研究が進むことにより、素粒子物理学への応用としてミューオン異常磁気能率の電弱相互作用の 2 ループ補正計算に関してすべてのファインマンループダイアグラムを計算することができた。

なお新しい応用として、超新星爆発シミュレーションへの応用に着手した。重力崩壊型超新星爆発は観測データとの比較など定量的な計算の重要性が高まっているが、爆発のメカニズムを含め謎が多く、大規模数値計算によってのみ解明が可能である。計算の核となるのは、高密度物質の流体力学と結合したニュートリノに対するボルツマン方程式の解法である。安定性のために陰解法を採用すると、線形方程式の解法がボトルネックとなる点で格子 QCD と類似性があるが、それ以外にもコストがかかる箇所がいくつかある。特にニュートリノと物質の相互作用項の計算は、反応過程毎の積分計算となる。ヘテロジニアス・メニーコア・システムの利用はまだ端緒に就いたばかりであり、有効なアルゴリズムの探索を含め、高速に計算する手法を探求している。今年度は球対称近似の下で、これらのボトルネック部分を演算加速器にオフロードするコードを実装し、アルゴリズムの高速化を行った。まず GPU に対するコードを開発し、ヘテロジニアスシステムの有効性を確認した。PEZY-SC のための実装も完了し、現在その高速化を進めている。

(6) ゲノム解析：黒川頭（遺伝研）

超高速配列相同性検索プログラム「CLAST」の PEZY-SC2 システム移植版「PZLAST」の開発を継続し、中規



模並列レベルでのチューニングを行った。ショットガンメタゲノムデータ(151塩基、3億5千万配列、合計52GB)をクエリとし、バクテリアゲノムデータベース(約200万塩基、23,769配列、合計48GB)に対する配列相同性検索を実施した。PEZY-SC2 x 256(8 Bricks)環境下、全計算時間は31.3 minであった。従来のBLAST+では125日を要する計算であり、PEZY-SC2および高効率な並列化により、極めて高速な解析を達成する事ができた。解析結果もBLAST+とほぼ同様であったが、一部異なる結果となっているため、引き続きPZLASTの精査をしている。また、nuc vs nuc(塩基配列クエリ vs 塩基配列DB)のみならず、aa vs aa(アミノ酸クエリ vs アミノ酸DB)の検索も可能にした。公共DBに収録されているショットガンメタゲノム配列から予測した18億6千万遺伝子(172GB)のアミノ酸配列を検索対象データベースに、抗生物質耐性遺伝子群(VanA、VanH等)のアミノ酸配列をクエリとしてPZLASTにより相同性検索を実施した。この計算は、データベースの容量が膨大であるため、既存のソフトウェアでは実現することが極めて困難な計算であるが、PZLASTでは200-250secで計算を終える事ができた。解析結果から、バンコマイシン耐性遺伝子が、多発性硬化症患者の腸内マイクロバイオームデータから多数検出されること、また、水田環境からは、これまで知られているvanG遺伝子と74%の相同性を示す遺伝子が見つかった。この事は、未知の抗生物質耐性遺伝子がイネの根圏環境から見出された事を意味する。さらに、メキシコ湾、モンゴルのアルカリ湖などの自然環境からも同様の遺伝子群が見つかった。PZLASTにより、抗生物質耐性遺伝子の世界的分布が明らかできるだけでなく、新規抗生物質開発の基盤となる新たな情報を提供できる事が確認できた。

### 2-3. 活動(研究会の活動等)

昨年度と同様に、研究開発課題責任者、コーディネーター、各分担先代表者を構成メンバーとする研究連絡会を設置し、研究連絡会議とワークショップを7回開催した。

| 回 | 開催日時   | 開催場所                    | 講演数と参加人数   |
|---|--|-------------------------|------------|
| 1 | 2018年4月18日(水)14:00 - 17:30                             | 国立研究開発法人海洋研究開発機構        | 講演6、参加39名  |
| 2 | 2018年6月7日(木)14:00 - 17:30                              | 国立大学法人電気通信大学            | 講演4、参加23名  |
| 3 | 2018年8月9日(木)14:00 - 17:00                              | 国立大学法人神戸大学              | 講演8、参加23名  |
| 4 | 2018年9月6日(水)14:00 - 18:00<br>2018年9月7日(木)10:00 - 17:10 | 日南市生涯学習センター まなびピア       | 講演12、参加21名 |
| 5 | 2018年11月2日(金)14:30 - 17:10                             | 国立遺伝学研究所                | 講演3、参加11名  |
| 6 | 2019年1月18日(金)14:30 - 17:20                             | 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 | 講演4、参加12名  |

|   |                           |                |              |
|---|---------------------------|----------------|--------------|
| 7 | 2019年3月4日(月)14:30 - 17:00 | 国立研究開発法人理化学研究所 | 講演 4、参加 15 名 |
|---|---------------------------|----------------|--------------|

## 2-4. 実施体制

| 業務項目                                 | 担当機関                    | 担当責任者 |
|--------------------------------------|-------------------------|-------|
| (1) 研究統括、広報、流体・磁気流体、および大脳シミュレーション    | 国立研究開発法人理化学研究所          | 姫野龍太郎 |
| (2) ミドルウェア、BLAS の開発および第一種粒子法シミュレーション | 国立大学法人神戸大学              | 牧野淳一郎 |
| (3) SPH 法および DEM 法による防災シミュレーション      | 国立研究開発法人海洋研究開発機構        | 阪口 秀  |
| (4) 神経系シミュレーション                      | 国立大学法人電気通信大学            | 山崎 匡  |
| (5) 格子 QCD シミュレーション、素粒子摂動計算          | 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 | 石川 正  |
| (6) ゲノム解析                            | 国立遺伝学研究所                | 黒川 顕  |

### 別添 1 学会等発表実績

#### 論文

1. Tadashi Yamazaki, William Lennon. Revisiting a theory of cerebellar cortex (Invited Perspective Paper). Neuroscience Research, 2019.  
<https://doi.org/10.1016/j.neures.2019.03.001>.
2. Numerical calculation of the full two-loop electroweak corrections to muon (g-2)  
T. Ishikawa, N. Nakazawa and Y. Yasui, Phys. Rev. D99  
(2019)073004, doi:10.1103/PhysRevD.99.073004

#### 学会発表

1. Takahiro Koishi, Kenji Yasuoka, Xiao Cheng Zeng, "Structural Effects for Wetting Behavior of Solid Surfaces with a Water Nano-Droplet by Molecular Dynamics Simulation on Many-Core Processors", The 2018 Conference on Foundations of Molecular Modeling and Simulation (FOMMS 2018), Delavan, Wisconsin, USA, July 15 - 20 (2018)
2. 古石貴裕, 泰岡顕治, X. C. Zeng, 「相互作用凹凸面の水滴に対する濡れ性 — メニーコアプロセッサを用いた分子動力学シミュレーション —」, 第 32 回分子シミュレーション討論会、産業技術総合研究所、2018. 11. 28-30

3. Yuichi Yatsuyanagi, Hiroshi Ohtsuka, Tadatsugu Hatori, Akio Sanpei and Toshikazu Ebisuzaki: "Kinetic understanding of self-organization in long-range interacting systems evidenced by numerical simulations on PEZY-SC", (Invited talk) The 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics 2018, The Kanazawa Chamber of Commerce and Industry (石川県・金沢市) Japan November 12th (2018).
4. Yuichi Yatsuyanagi, Hiroshi Ohtsuka, Tadatsugu Hatori, Toshikazu Ebisuzaki and Akio Sanpei: "Repulsive 2-body correlation function in two-dimensional point-vortex system evidenced by numerical simulation on PEZY-SC2", The 13th SIAM East Asian Section Conference, University of Tokyo (東京都・文京区), Japan June 23rd (2018)
5. 八柳祐一, 大塚浩史, 羽鳥尹承, 三瓶明希夫, 戎崎俊一: 「強い渦周辺の真空領域形成を記述する相関関数の PEZY-SC2 による数値的裏付け」, 日本物理学会 2018 年秋季大会, 同志社大学京田辺キャンパス(京都府, 京田辺市), 2018 年 9 月 11 日
6. 八柳祐一, 大塚浩史, 羽鳥尹承, 三瓶明希夫, 戎崎俊一: 「強い渦周辺の真空領域形成を記述する相関関数の PEZY-SC2 による数値的裏付け」, 日本流体力学学会 年会 2018, 大阪大学豊中キャンパス(大阪府, 豊中市), 2018 年 9 月 5 日
7. 八柳祐一: 「 $\beta < 0$  となる 2 次元点渦系での自己組織化の運動論的理解, 及び PEZY-SC による数値的検証」, (招待講演) 第 7 回統計物理学懇談会, 学習院大学, 2019 年 3 月 6 日
8. 八柳祐一: 「長距離相互作用系での自己組織化に関する運動論的理解, および PEZY-SC による数値的検証」, (招待講演) 鳥取非線形研究会 2018, 鳥取大学工学部, 2018 年 12 月 5 日
9. 岩澤全規 「粒子法シミュレーションコード開発のためのフレームワーク (FDPS) の開発」、第 167 回 ハイパフォーマンスコンピューティング研究会、沖縄、2018 年 12 月 17～18 日
10. 石原陽平 「Temporal blocking と相性のよいメッシュ陽解法スキームの開発」、第 32 回数値流体力学シンポジウム、東京、2018 年 12 月 11～13 日
11. 田中英行 「Formura DSL による temporal blocking の PEZY-SC2 での実装と性能評価」、第 32 回数値流体力学シンポジウム、東京、2018 年 12 月 11～13 日
12. Hideyuki Tanaka, "Automatic Generation of High-Order Finite-Difference Code with Temporal Blocking for Extreme-Scale Many-Core Systems", ESPM2/SC18, USA, Nov. 2018
13. Natuki Hosono and Mikito Furuichi, "Implementation of SPH and DEM for the PEZY-SC computer", International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (ICCES 2019), (Oral), March 25-28, Tokyo, Japan.
14. Natuki Hosono and Mikito Furuichi, The performance prediction and improvement of SPH with the interaction-list-sharing method on PEZY-SCs, International Conference on Computational Science (ICCS 2019), (Poster), June 12-14, 2019, Faro, Algarve, Portugal.
15. 細野 七月, 古市 幹人, "Efficient implementation and performance of SPH code on heterogeneous many-core processors towards energy efficient disaster simulation", 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, (口頭発表) 2018/05/23 幕張メッセ, 千葉県

16. 細野 七月, 古市 幹人, “ヘテロジニアス・メニーコアデバイス上で動作する粒子的流体数値計算手法の実装と評価”, 第23回計算工学講演会, (口頭発表) 2018/06/08 ウィンクあいち, 愛知県
17. 古市 幹人, “大規模粒子法計算による断層形成に伴う応力場の解明”, 電子通信情報学会第11回アクセラレーション技術発表討論会, (口頭発表) 2018/09/06, 日南市生涯学習センター まなびピア, 宮崎県
18. Wataru Furusho, Tadashi Yamazaki. Development of large-scale artificial cerebellum and its petaflops simulation on PEZY-SC2 processor. The 48th Annual Meeting of Society for Neuroscience (Neuroscience2018), November 3-7, 2018, San Diego, USA.
19. Wataru Furusho, Tadashi Yamazaki. Development of a Monkey-Scale Artificial Cerebellum with Online Learning Capability and its simulation on Supercomputer Gyoukou. 第28回日本神経回路学会全国大会, 2018年10月24-27日, OIST, 沖縄.
20. Tadashi Yamazaki. Computer simulation of a monkey-scale cerebellum with 8 billion spiking neurons in realtime and its applications (招待講演). 75th Fujihara Seminar “Cerebellum as a CNS Hub”, 2018年12月1-4日, 東京医科歯科大学, 東京.
21. Issaku Kanamori and Hideo Matsufuru, Practical Implementation of Lattice QCD Simulation on SIMD Machines with Intel AVX-512, talk at International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2018), 2-5 July 2018, Melbourne, Australia. (口頭発表)
22. 中里直人、台坂博、湯浅富久子、石川正, Goose コンパイラによる PEZY-SC2 クラスタ睡蓮2での応用計算, 情報処理学会研究報告 Vol.2018-HPC-167 No.8
23. E. de Doncker, A. Almulihi, F. Yuasa, N. Nakasato, H. Daisaka, T. Ishikawa, Numerical multi-loop integration on heterogeneous many-core processor, 19th International Workshop on Advanced Computing and Analysis Techniques in Physics Research (ACAT 2019), Saas Fee, Switzerland, 11-15 March 2019 (口頭発表)
24. E. de Doncker, F. Yuasa, A. Almulihi, Efficient GPU Integration for Multi-loop Feynman Diagrams with Massless, Internal Lines, International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (ICCES 2019), Tokyo, Japan, March 25-28, 2019
25. Hideo Matsufuru and Kosuke Sumiyoshi, Simulation of Supernova Explosion Accelerated on GPU: Spherically Symmetric Neutrino-Radiation Hydrodynamics, talk at International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2018), 2-5 July 2018, Melbourne, Australia. (口頭発表)
26. H. Matsufuru and K. Sumiyoshi, Accelerating Numerical Simulations of Supernovae with GPUs, Poster presentation in Deciphering multi-dimensional nature of core-collapse Supernovae via gravitational-wave and neutrino signatures, 8-10 October 2018, Toyama, Japan. (ポスター発表)
27. H. Matsufuru and K. Sumiyoshi, Accelerating numerical simulations of supernovae with

GPUs, in Proceedings of The Seventh International Symposium on Computing and Networking (CANDAR' 18), 27-30 November 2018, Takayama, Japan. (Proceedings 及びポスター発表)

28. Hideo Matsufuru and Kohsuke Sumiyoshi, Simulations of Core Collapse Supernova Explosion on PEZY-SC Processors , and GPUs, International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (ICCES 2019), Tokyo, Japan, March 25-28, 2019  
口頭発表