

特別推進課題への技術サポート報告

課題責任者

上原 均 海洋研究開発機構 地球情報基盤センター 情報システム部 HPC 支援・運用技術グループ

著者

齋藤 友一^{*1}, 池田 美紀子^{*1}, 今任 嘉幸^{*1}, 上原 均^{*1}

*1 海洋研究開発機構 地球情報基盤センター 情報システム部 HPC 支援・運用技術グループ

平成 28 年度特別推進課題第 3 期と平成 29 年度の地球シミュレータ特別推進課題（成果創出加速）第 1 期、第 2 期、特別推進課題（イノベーション推進）に対して地球情報基盤センターが実施した技術サポートについて報告する。

キーワード：特別推進課題, 地球シミュレータ, 技術支援

1. はじめに

特別推進課題の推進と地球シミュレータの運用管理を行う地球情報基盤センターでは、各課題に対する利用高度化と運用管理面からの技術支援を全面的かつきめ細やかに、研究促進と成果創出に貢献した。以下では、その技術サポートの概要と種々の技術的なトピックスを述べる。表 1 に示すように各特別推進課題に専任の担当者を設定して、技術サポートにあたった。

技術サポートでは、利用プログラムの地球シミュレータへの移植や計算結果確認、性能評価、高速化、効率的なプログラムの実行条件調査、ジョブスクリプト作成支援などの支援を行った。運用上のジョブ数制限や実行時間制限など各種利用制限の緩和のほか、利用上の疑問点や不具合にも随時対応して、効率的な研究実施環境の維持・向上にも努めた。短時間で極めて多数のジョブを実行する実施形式をとる課題が複数あったため、ノード占有や

表 1 特別推進課題への担当サポート要員一覧

(1) 平成 28 年度特別推進課題第 3 期（平成 28 年 12 月～平成 29 年 4 月）

課題代表者・所属	課題タイトル	担当
青野 光 東京理科大学	高精度流体シミュレーションによる小型ファンまわりの流体現象理解と空力騒音発生メカニズムの解析：「騒音」という環境課題の改善にむけて	齋藤友一
滝川 雅之 海洋研究開発機構	高解像度大気環境同化データセットの構築	池田美紀子

(2) 平成 29 年度特別推進課題（成果創出加速）第 1 期（平成 29 年 5 月～平成 29 年 8 月）

課題代表者・所属	課題タイトル	担当
滝川 雅之 海洋研究開発機構	対流圏化学再解析データセット (TCR) バージョン 2 の構築	池田美紀子
福井 真 東北大学	従来型観測の同化による高解像度日本域領域再解析	齋藤友一

(3) 平成 29 年度特別推進課題（成果創出加速）第 2 期（平成 29 年 9 月～平成 29 年 12 月）

課題代表者・所属	課題タイトル	担当
長田 孝二 名古屋大学	内部重力波による局所乱流塊からのエネルギー放出	齋藤友一
山田 朋人 北海道大学	北海道における気候変動による洪水リスク変化の評価	池田美紀子

(4) 平成 29 年度特別推進課題（イノベーション推進）

課題代表者・所属	課題タイトル	担当
山本 修一 株式会社大林組	粒子法に基づく数値地盤実験室（数値地盤構造模型実験システム）の開発	今任嘉幸
今村 博 株式会社風力エネルギー研究所	MSSG による年間のマイクロスケール風況予測	齋藤友一

効果的なジョブ実行の支援などに特に力を注いだ。このように、プログラム実行前からプロダクトラン、後処理に至るまで、全面的かつきめ細かな技術支援を行った。

2. 技術支援におけるチューニング成果

ここでは特別推進課題に対して行われた技術支援の中から、特にプログラムチューニングに関するトピックをとりあげる。

2.1 平成 29 年度 成果創出加速第 1 期 東北大学 福井真先生の課題への技術支援

以下の(1)(2)を行うことで、実行処理全体で 5.42 倍の高速化を達成した。

(1) プログラムの高速化

当該課題の技術支援では、局所変換アンサンブルカルマンフィルタ (LETKF) の性能測定を行い、LETKF で実行される処理 (実行ファイル chmean, letkf.m01) の高速化を実施した。

1) chmean

- ・ MPI 通信の最適化

2) letkf.m01

- ・ MPI 通信の最適化
- ・ DGEMM の Mathkeisan ルーチン使用
- ・ 固有値ルーチンの ASL ルーチン使用
- ・ ベクトル化促進

高速化の実施により、chmean は約 2.5 倍、letkf.m01 は約 3.1 倍高速化された。

(16 ノード (64 プロセス) 実行時)

実行ファイル	ASIS (sec)	Tuning(sec)
chmean	1,706	673
letkf.m01	684	216

(2) ジョブ実行処理の効率化

本課題で用いられる NHM-LETKF は、処理ステップ毎にジョブ投入を行いながら複数のモジュールを実行する流れとなっているため、ジョブ投入毎の実行待ち時間やファイルのステージング処理時間のオーバーヘッドが大きかった。そのため、一連の処理を 1 回のジョブ投入で実行できるように各ステップで行っている処理の改修を行った。

2.2 平成 29 年度 成果創出加速第 2 期 名古屋大学 長田孝二先生の課題への技術支援

本課題の技術支援においては、計算格子数が 50 億程度の大規模な数値計算を地球シミュレータ上で効率良く実行するためのプログラムの高速化を行った。

本課題で実行するプログラム (InNS3D) の性能測定を行い、コストの高い演算処理、通信処理およびファイル出力処理について高速化を行った。

(1) 演算処理

- ・ 作業配列を用いて冗長演算を削除
- ・ DO ループの融合によるメモリアクセス回数の削減
- ・ DO ループの交換によるベクトルループ内のスカラ命令削除
- ・ コンパイラ指示行挿入による最適化の促進

(2) 通信処理

- ・ 送受信処理前後の不要なメモリコピー削除によるメモリアクセス回数の削減
- ・ MPI 関数を置き換えることによる隣接間通信の初期化処理削減
- ・ 重複する通信処理内容をまとめることによる処理削減

(3) ファイル出力処理

- ・ DO ループ並びによる複数回の WRITE 処理を 1 回の WRITE 処理に変更

これらの高速化処理を実施し、45 ノード実行において 106,879 秒から 69,984 秒に実行時間を短縮し、約 1.52 倍の高速化を達成した。

3. おわりに

特別推進課題は、限られた期間内、限られた人的リソースの中で成果を出さなければならない、という非常に強いプレッシャーのもとで実施された。その中でサポート要員も従来以上に業務で創意工夫し、技術的な知見を深めた。これらは今後の特別推進課題や他の課題の技術サポートに活かしていきたい。

謝辞

各課題の先生方や関係各位には技術支援担当者との頻繁な打ち合わせを寛容かつ前向きに受け入れていただきました。また地球シミュレータ運用面では地球情報基盤センター情報システム部各位にご尽力いただきました。さらに運用面での調整やプログラムの移植・最適化等で日本電気株式会社の関係各位に大変なご助力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

Report of Technical Support for Strategic Project with Special Support

Project Representative

Hitoshi Uehara Center for Earth Information Science and Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Authors

Yuichi Saito^{*1}, Mikiko Ikeda^{*1}, Yoshiyuki Imato^{*1} and Hitoshi Uehara^{*1}

*1 Center for Earth Information Science and Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Using the Earth Simulator opened in March 2015, eight research projects were completed in the Strategic Project with Special Support from Dec. 2016 to March 2018. This report covers the topics of the technical support for these research projects.

Keywords: Strategic Project with Special Support, Earth Simulator, Technical Support

Report:

Strategic project with special support is a short-term project spanning four or five months. Significant results were achieved using the state-of-the-art supercomputer, the Earth Simulator (ES). To deliver significant results within a limited period,

technical support in all aspects of high performance computing played an important role.

In the Strategic project with special support from Dec. 2016 to March 2018, Technical staff took charge of the support for each project (as shown in the Table 1). The technical staff

Table 1 Research Project and Support Staff

List of Strategic Project with Special Support
December 2016-April 2017

Project Name, Name of Project Representative and Professional Affiliation of Project Representative	Name of Support Staff
“High-accuracy Fluid Dynamic Numerical Simulations of a Propeller Fan for Obtaining Further Understanding of Fluid Physics and Mechanisms of Aerodynamic Noise: Towards the Improvement in Noise-related Environmental Problem”, Hikaru Aono, Tokyo University of Science	Yuichi Saito
“Development of High-resolution Environmental Assimilation Dataset”, Masayuki Takigawa, JAMSTEC	Mikiko Ikeda

List of Strategic Project with Special Support (Grand Challenge)
May 2017-August 2017

Project Name, Name of Project Representative and Professional Affiliation of Project Representative	Name of Support Staff
“Construction of the Tropospheric Chemistry Reanalysis Version 2”, Masayuki Takigawa, JAMSTEC	Mikiko Ikeda
“High-resolution Regional Reanalysis over Japan Assimilating Conventional Observations”, Shin Fukui, Tohoku University	Yuichi Saito

September 2017-December 2017

Project Name, Name of Project Representative and Professional Affiliation of Project Representative	Name of Support Staff
“Energy Extraction from Localized Turbulence by Internal Gravity Wave”, Koji Nagata, Nagoya University	Yuichi Saito
“Assessment of Flood Risk in Hokkaido Associated with Climate Change”, Tomohito Yamada, Hokkaido University	Mikiko Ikeda

Strategic Project with Special Support (Innovation Challenge)

Project Name, Name of Project Representative and Professional Affiliation of Project Representative	Name of Support Staff
“Development of Numerical Geotechnical Laboratory Based on Particle Methods”, Syuichi Yamamoto, Obayashi Corporation	Yoshiyuki Imato
“Annual Micro-scale Wind Field Simulation with MSSG”, Hiroshi Imamura, Wind Energy Institute of Tokyo, Inc.	Yuichi Saito

proactively provided support for all aspects of the research project implementation.

In terms of program tuning, in the project “High-resolution Regional Reanalysis over Japan Assimilating Conventional Observations”, we tuned the assimilation program LETKF and improved the efficiency of the job execution processing.

About tuning of program LETKF, we tuned the processing (execution file “chmean” and “letkf.m01”) executed by LETKF. The tuning results are as follows.

execution file	ASIS (sec)	Tuning(sec)
chmean	1,706	673
letkf.m01	684	216

Furthermore, we improved the efficiency of the job execution. The program NHM-LETKF executes programs by job submission for each step. We modified the program so that these processes can be processed with one job submission. It aims to reduce job waiting time and staging processing. As results, our tuning and improvement has achieved about 5.42 times speed up of the job executions.

In other project “High-accuracy Fluid Dynamic Numerical Simulations of a Propeller Fan for Obtaining Further Understanding of Fluid Physics and Mechanisms of Aerodynamic Noise: Towards the Improvement in Noise-related Environmental Problem”, we optimized the program toward large scale execution on ES. We firstly measured the performance of the program, and then optimized the arithmetic processing, communication processing, and file output processing. As a result, reduced the execution time from 106,879 seconds to 69,984 seconds using 45 nodes. It means about 1.52 times speed up of the execution. We separately tuned each part: the arithmetic processing, communication processing and file output processing. By applying it from the part where tuning was finished it was able to proceed efficiently.

By providing above support for each project, the support staff have gained high-level technical knowledge. We will make full use of this knowledge to support other research projects.

Acknowledgement

All project members accepted meetings with us, even though the meetings were frequent. The Earth Simulator operation staff in CEIST strongly supported projects from the aspect of system administration. The NEC staff were invaluable to the in successfully providing support. We are deeply grateful to them.