

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－フランス研究交流）

1. 研究課題名：「並列スケルトンを用いた並列プログラム開発に関する研究」
2. 研究期間：平成22年9月～平成26年3月
3. 支援額： 総額 16,395,500円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	松崎 公紀	高知工科大学 情報学群	准教授
研究者	江本 健斗	九州工業大学 情報工学研究院	助教
研究者	劉 雨	総合研究大学院大学 複合科学研究科	博士課程 学生
研究者	胡 振江	国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系	教授
研究者	高田 喜朗	高知工科大学 情報学群	准教授
研究者	Julien TESSO N	高知工科大学 情報学群	助教 (ポスドク)
参加研究者 のべ 7 名			

相手側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Frédéric DABROWSKI	Orléans大学	准教授
研究者	Frédéric LOULERGUE	Orléans大学	教授
研究者	Wadoud BOUSDIRA	Orléans大学	講師
研究者	Norman JAVAD	Bahawalpur イスラム大学	講師
研究者	Thomas PINSARD	Orléans大学	博士学生
研究者	Julien TESSON	Paris東Cléteil大学	講師
参加研究者 のべ 7 名			

5. 研究・交流の目的

近年、並列処理によって性能を向上させるハードウェア環境が広く普及してきている。しかし依然として、逐次プログラム開発と比べて、並列プログラム開発は困難である。特に、正しい並列プログラムを書くための方法論は非常に重要である。

本研究交流は、並列計算におけるパターン（並列スケルトン）の考え方を基礎として、正しくまた効率の良い並列プログラムの系統的開発手法およびその実行環境の実現を目指すものである。具体的には、日本側は高い記述自由度と正しさの証明を両立する新しい並列スケルトンの定式化を分担し、フランス側は並列スケルトンの拡張を含む正しさの保証された並列コンパイラを分担する。また、並列スケルトンライブラリの実現については協働して研究開発を行う。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

本研究交流で得られた研究成果は、複数の論文として発表した。

新しい並列スケルトンの定式化に関して、大きく「MapReduce 上のプログラミング方法論」と「Coq による証明付きプログラム開発法」の研究成果を得た。前者については、それまで独立要素に対する計算が主であった MapReduce フレームワークが、より複雑なアプリケーションに対しても適用できることを示し、系統的なプログラミング手法を与えた。また、後者について、既存の並列計算のためのプログラミングモデルに対して、その上のアプリケーションを、定理証明系 Coq を用いて証明する開発手法について研究を進めた。これらの成果について、論文誌論文 2 本、国際会議論文 7 本が採録された。このうち、国際会議論文 2 本はフランス側研究者と共著である。

並列スケルトンライブラリの開発に関して、日本側は「助っ人」ライブラリ、フランス側は「OSL」ライブラリをそれぞれ改良した。日本側の成果として、プログラミングの自由度の高い可変長配列に対する並列スケルトンに加えて、その自動最適化機能を実現するに至った。これらのライブラリは、オープンソースとして一般に公開されている。また、これらの成果について、論文誌論文 1 本、国際会議論文 1 本が採録された。

6-2 人的交流の成果

本研究交流の中で、フランス側の研究者や博士学生を招聘することによって、定理証明系 Coq を用いたプログラミング開発手法についてのノウハウが得られたことが大きい。日本では、定理証明系をプログラミング開発に応用する研究は少ないが、今後その分野の研究開発が進められることが期待される。

また、平成 23 年度と平成 24 年度に本研究交流に関するワークショップを開催した。また、今後も研究交流を続ける予定であり、平成 26 年度にワークショップを開催する予定である。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	<ul style="list-style-type: none"> ・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、出願番号、出願人、発明者等 	備考
論文	松崎公紀, 江本健斗, 劉雨. 正規表現マッチングの並列化とそのHadoopでの評価. 情報処理学会論文誌 プログラミング, Vol. 4, No. 4, pp. 1-11, 2011.	
論文	Yu Liu, Zhenjiang Hu, Kiminori Matsuzaki. Towards systematic parallel programming over MapReduce. Proceedings of 17th International Conference on Parallel Processing (Euro-Par 2011), pp. 39-50, 2011.	
論文	Joeffrey Legaux, Zhenjiang Hu, Frederic Loulergue, Kiminori Matsuzaki, and Julien Tesson. Programming with BSP homomorphisms. Proceedings of 19th International Conference on Parallel Processing (Euro-Par 2013), pp. 446-457, 2013.	共同
論文	Kento Emoto, Kiminori Matsuzaki. An automatic fusion mechanism for variable-length list skeletons in SkeTo. International Journal of Parallel Programming, 2013. (オンライン公開済)	
論文	Kento Emoto, Frederic Loulergue, Julien Tesson. A verified generate-test-aggregate coq library for parallel programs extraction. International Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2014), 採択.	共同