

技術紹介 16 HPC を用いた演算処理高速化研究

崔 国慶
SAI Kokukei
インフラシステム開発部



ビッグデータを用いて新たな価値を創出するための分析、予測処理においては、HPC (High-Performance Computing) 技術が重要な役割を担っている。本研究では、RRI (降雨流出氾濫モデル) を事例として東北大学滝沢研究室及び NEC が有する HPC のベクトル化技術を用いて、演算処理高速化のプログラム開発手法に関する研究を行った。今後、本研究成果を用いて、社内の CADMAS(数値波動水路プログラム)やETC2.0等のビッグデータの解析、ディープラーニング等の高速演算処理への適用を目指す。

キーワード：HPC、演算処理高速化、RRI モデル、ベクトル型計算機、ベクトル化技術

1.はじめに

近年、社会のビッグデータ化が進む中で、新たな価値を創出するための分析、予測処理においては、HPC 技術が重要な役割を担っている (図-1)。

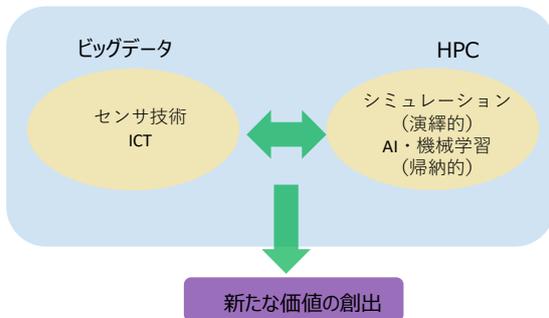


図-1 ビッグデータ、HPC および新たな価値

HPC とは “High-Performance Computing” の略称で、その名の通り汎用 PC 比べ極めて高速な計算処理が可能なコンピュータ環境である。かつての HPC は、超高速計算や特殊用途に特化した専用プロセッサやハードウェアを使った極めて大型・高価なものが大半を占めたが、現在の HPC は小型、安価でより汎用的な用途で広く使われるようになった。また、クラウドサービスとして HPC を提供するクラウドベンダーも増えてきており、一般ユーザーにとっても HPC はかなり身近な存在になりつつある。

HPC 活用には、超高速な計算機だけではなく、演算処理高速化のプログラム開発が重要である。

本稿では、演算処理高速化の課題解決に向けて、筆者らが実施した RRI (降雨流出氾濫モデル) を事例として、平成 30 年の海洋研究開発機構、令和元年、2 年の NEC、令和 3 年の東北大学滝沢先生との共同研究で高速化を実現した研究成果を紹介する。

2.存在した課題

2-1.RRI モデルリアルタイム稼働システムの課題

RRI モデルはオープンソースで土木研究所 ICHARM¹⁾

によって開発・公開されている。降雨を入力データとして降雨-流出から流出-氾濫プロセスまでを流域スケールで一体的に表現でき、内水・外水同時氾濫等、実態に近い複合型氾濫解析が実現できるモデルである (図-2)。

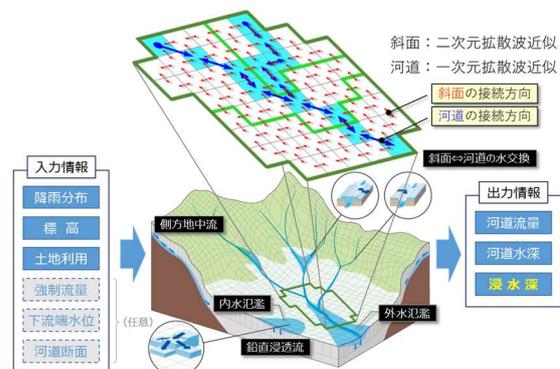


図-2 RRI モデルの概念図

RRI モデルのリアルタイム稼働システムでは、レーダ雨量の定期自動配信に伴い、入力雨量データ作成、RRI モデル演算、次時制継続用ファイル作成、結果ファイル保存、表示用画像ファイル作成等、一連動作を自動制御する。レーダ雨量は、直近の降雨状況を反映できるように 10 分配信となる速報版解析雨量、速報版降水短時間予報を用いることが多く、リアルタイム計算はレーダ雨量を受信した後実況 1 時間、予測 6 時間先までの計算を 10 分更新する必要がある。100mm/hr 降雨が継続するという高負荷な状況で、RRI 公開プログラムで汎用 PC (スカラー型) を用いた場合、分割した 8 モデル中 5 モデルの計算時間が 10 分を超過している (図-7)。

3.解決する技術

3-1. ベクトル型計算機

計算機は、中央処理装置 (CPU) によりスカラー型計算機 (汎用 PC)、ベクトル型計算機の 2 種類がある。ベクトル型計算機は、ベクトル命令演算器を複数持っており、複数データに対して並列処理 (同時に読み込み、演

算)で一度に多くの演算を実行することにより、大量計算の場合、スカラー型計算機(汎用PC)より高速で実行できる(表-1, 図-4)。そのため、ベクトル型計算機を採用して演算処理の高速化を実施した。

本研究では、ベクトル型計算機として NEC ベクトル型スパコン SX-Aurora TSUBASA²⁾を利用した。

表-1 スカラー型、ベクトル計算機比較

	スカラー型	ベクトル型
処理	1命令1処理 →逐次的処理	1命令複数処理 →大規模計算
性能向上	並列台数を多くして向上	1CPUの計算能力で向上
代表	京・一般的PC (世界的主流)	地球シミュレーター (日本の強み:NEC)

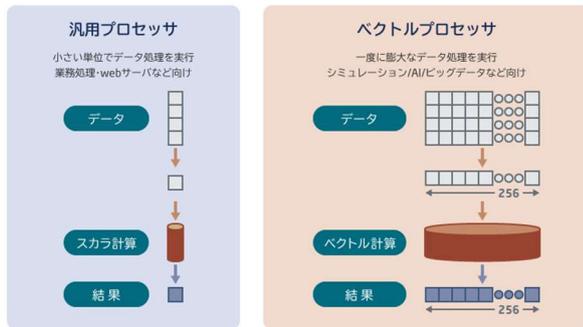


図-4 計算処理の例

3-2. 演算処理高速化技術

演算処理高速化の手順として、まず、プログラムの性能解析を行い計算負荷が高いコードを抽出して、その後計算負荷が高い原因を分析し、演算処理高速化方法を検討した。

RRI モデルの性能解析を行った結果、全体計算時間の約 90%のコストを占めているメインプログラムの RRI、上位 5 ルーチンを高速化対象とした(図-5)。

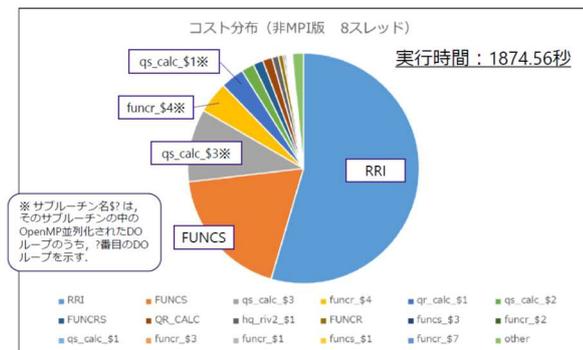


図-5 プログラムの性能解析結果

ルーフラインモデルでメインプログラム RRI の計算負荷が高い原因を分析した結果、オリジナルコードの演算性能(約 4GFLOPS)が計算機の上限演算性能(32GFLOPS以上)より低いことが判明した。そのため、ループ長の拡大によるベクトル化の促進を高速化方針とし

た(図-6)。(詳細は、表-2を参照)

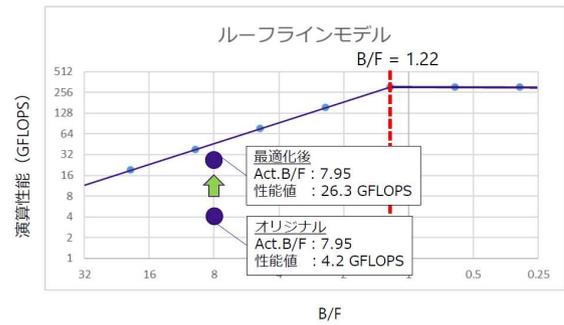


図-6 メインプログラム RRI の 高速化手法の検討

表-2 高速化方針(計算負荷上位3まで)

対象	高速化方針
RRI	ループ長の拡大によるベクトル化の促進(2重ループで長い次元を外側に置く)
FUNCS	メモリ依存なので、間接参照を減らし、メモリ負荷を削減(上流から4方向加算→下流で加算)
qs_calc_\$3	配列の1次元目でメモリアクセスが行われるように(連続アクセス)、配列の次元入れ替えを行う

4.まとめ

地球シミュレーター・NEC(約2倍)、東北大学との共同研究(約3倍)で汎用PCよりベクトル型HPCで約6倍の高速化を実現した(図-7)。(詳細は、論文^{3),4)}を参照)



図-7 スカラー型とベクトル型の計算時間

今後は、複数の計算機を接続した大規模な並列化(MPI)を含む演算処理高速化のプログラム開発手法の一般化研究を継続して、社内で保有しているプログラムの演算処理高速化するために活用する(CADMAS、ETC2.0、ディーラーニング等)所存である。

参考文献

- 1) RRI Model ダウンロードサイト: 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター, https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rri/rri_top.html, バージョン 1.4.2.3, 2021.8.23 現在
- 2) スパコン SX-Aurora TSUBASA, <https://jpn.nec.com/hpc/sxauroratsubasa/index.html>, 2021.8.23 現在
- 3) 近者 敦彦等, 兵庫県全域リアルタイム氾濫予測システムの構築, 河川技術シンポジウム, 河川技術論文集 第27巻, 2021
- 4) 近者 敦彦等, 降雨流出氾濫一体解析を用いた全国ベースでの氾濫予測の試み, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol72, No.2, 2019