

令和5年度科学技術試験研究委託事業

次世代計算基盤に係る調査研究
(システム調査研究)

成果報告書

国立研究開発法人 理化学研究所

令和6年5月31日

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究
委託事業による委託業務として、国立研究開発
法人理化学研究所が実施した令和5年度「次世
代計算基盤に係る調査研究（システム調査研
究）」の成果を取りまとめたものです。

目次

1.	調査研究の概要.....	1
1.1	調査研究の背景と目的	1
1.2	調査研究の体制.....	2
2.	アーキテクチャ研究グループ	3
2.1	調査研究の概要および方針	3
2.1.1	目的と方法	3
2.1.2	技術動向調査	4
2.1.3	ワークロード分析.....	14
2.1.4	アーキテクチャ検討の指針	23
2.2	アーキテクチャ調査研究サブグループ 1（理研）	25
2.2.1	調査研究の概要	25
2.2.2	アーキテクチャの検討状況.....	25
2.2.3	調査結果.....	25
2.2.4	今後の課題と計画	30
2.3	アーキテクチャ調査研究サブグループ 2（富士通）	31
2.3.1	調査研究の概要	31
2.4	アーキテクチャ研究 サブグループ3(Intel)	32
2.4.1	研究概要	32
2.5	アーキテクチャ調査研究サブグループ 4（AMD）.....	43
2.5.1	調査研究の概要	43
2.6	アーキテクチャ調査研究サブグループ 5（NVIDIA）	45
2.6.1	調査研究の概要	45
2.7	アーキテクチャ調査研究サブグループ 6（HPE）	47
2.7.1	調査研究の概要	47
2.8	アーキテクチャ調査研究サブグループ 7（ARM）	49
2.8.1	企業紹介と調査研究範囲	49
2.8.2	経過報告	53
2.8.3	今後の課題.....	54
2.9	まとめと今後の課題	56
3.	システムソフトウェア・ライブラリ調査研究グループ.....	57
3.1	調査研究の概要および方針	57
3.1.1	概要	57
3.1.2	方針	57
3.2	各システムソフトウェア分野における中間調査報告.....	59
3.2.1	コンパイラ・プログラミングモデル	59
3.2.2	ジョブスケジューラ・ランタイム調査研究グループ	71
3.2.3	通信ライブラリ.....	83
3.2.4	I/O・ストレージ・ファイルシステム	93
3.2.5	数値ライブラリ.....	111

3.2.6	AIフレームワーク	129
3.2.7	OS・仮想化・クラウド連携	133
3.2.8	セキュリティ	138
3.2.9	自動チューニング	142
3.2.10	HPC利用環境調査	146
3.2.11	「富岳」におけるソフトウェア利用調査とソフトウェアリスト作成	205
3.3	まとめと今後の計画	227
4.	アプリケーション調査研究グループ	228
4.1	概要	228
4.2	生命科学分野調査研究サブグループ	229
4.2.1	研究分野の概要	229
4.2.2	現行システムにおける解析の現況	229
4.2.3	2030年頃のアプリ像とそれを実現するために必要な計算環境と解決すべき課題	231
4.2.4	ベンチマークの整備計画と状況	231
4.3	新物質・エネルギー分野調査研究サブグループ	233
4.3.1	研究分野の概要	233
4.3.2	現行システムにおける解析の現況	233
4.3.3	2030年頃のアプリ像とそれを実現するために必要な計算環境と解決すべき課題	237
4.3.4	ベンチマークの整備計画と状況	238
4.4	気象・気候分野調査研究サブグループ	240
4.4.1	研究分野の概要	240
4.4.2	現行システムにおける解析の現況	240
4.4.3	2030年頃のアプリ像とそれを実現するために必要な計算環境と解決すべき課題	241
4.4.4	ベンチマークの整備計画と状況	244
4.5	地震・津波防災分野調査研究サブグループ	248
4.5.1	研究分野の概要（2022年度報告書より再掲）	248
4.5.2	現行システムにおける解析の現況（2022年度報告書より再掲）	248
4.5.3	2030年頃のアプリ像とそれを実現するために必要な計算環境と解決すべき課題	248
4.5.4	ベンチマークの整備計画と状況	250
4.6	ものづくり分野調査研究サブグループ	252
4.6.1	研究分野の概要	252
4.6.2	現行システムにおける解析の現況（2022年度報告書より再掲）	252
4.6.3	2030年頃のアプリ像とそれを実現するために必要な計算環境と解決すべき課題	254
4.6.4	ベンチマークの整備計画と状況	255
4.7	基礎科学分野調査研究サブグループ	256
4.7.1	研究分野の概要	256
4.7.2	現行システムにおける解析の現況（2022年度報告書より再掲）	257
4.7.3	2030年頃のアプリ像とそれを実現するために必要な計算環境と解決すべき課題	259
4.7.4	ベンチマークの整備計画と状況	260
4.8	社会科学分野調査研究サブグループ	261
4.8.1	研究分野の概要（2022年度報告書より再掲）	261

4.8.2	現行システムにおける解析の現況	262
4.8.3	2030年頃のアプリ像とそれを実現するために必要な計算環境と解決すべき課題（2022年度報告書より再掲）	263
4.8.4	ベンチマークの整備計画と状況	264
4.9	デジタルツイン・Society 5.0分野調査研究サブグループ	265
4.9.1	研究分野の概要（2022年度報告書より再掲）	265
4.9.2	現行システムにおける解析の現況（2022年度報告書より再掲）	265
4.9.3	2030年頃のアプリ像とそれを実現するために必要な計算環境と解決すべき課題	267
4.9.4	ベンチマークの整備計画と状況	269
4.10	科学技術計算・機械学習アルゴリズム調査研究サブグループ	270
4.10.1	調査研究の成果	270
4.10.2	機械学習アルゴリズム調査研究の成果	270
4.11	ベンチマーク構築サブグループ	272
4.11.1	調査研究の成果	272
4.12	性能モデリング調査研究サブグループ	276
4.12.1	調査研究の成果	276
4.12.2	将来のHPCアーキテクチャにおけるデザイン空間探索のための性能投影アプローチ	276
4.12.3	精度操作と近似計算のための解析とツールチェーン	277
4.12.4	SimEngとSST gem5の代替品	278
4.13	気象庁モデル評価・解析サブグループ	279
4.13.1	調査研究の成果	279
5.	まとめと今後の課題	280