ISSN 1344-3135
UTCCP Report 02-1

筑波大学計算物理学研究センター
１０年の歩み
１９９２年 – ２００２年

平成１４年７月

筑波大学計算物理学研究センター

まえがき

筑波大学計算物理学研究センターは，計算物理学とそれに関わる計算機工学の研究を推進するための全国共同利用施設として，平成 4 年 4 月に，10 年時限を付して設置された．また，平成 7 年度からは「卓越した研究拠点」(COE) の指定を文部省より受けた．

センターでは，平成 4 年度から 8 年度まで 5ヶ年にわたり「学術の新しい展開のためのプログラム」(略称新プログラム) の研究課題「専用並列計算機による「場の物理」の研究」が，岩崎洋一を研究リーダとして実施された．この研究課題により，計算物理学に適した超並列計算機 CP-PACS (Computational Physics with Parallel Array Computer System) が開発製作され，平成 8 年 9 月にその完成を見た．同年 11 月には「世界の高性能計算機トップ 500」リストの第一位にランクされた．

センターでは，CP-PACS を最大限に活用して，素粒子物理学，宇宙物理学，物性物理学における物理学の基本的重要問題の数値的研究を推進し，素粒子の強い相互作用の基礎理論である QCD の検証とそれに基づく素粒子の基本性質の解明，宇宙の進化と階層構造の形成の解明に必須の，物質と輻射の相互作用を取り入れたシミュレーションの実現，超高圧下での固体水素の相構造の解明など，物理学諸分野の永年の懸案の解決に大きな成果を挙げた．また平成 9 年度からは，原子核物理学を加えた 4 分野を対象として，CP-PACS の全国共同利用を行った．

さらに，平成 9 年度から 13 年度の 5ヶ年にわたり，日本学術振興会の未来開拓学術研究推進事業「計算科学」のプロジェクト「次世代超並列計算機開発」において，CP-PACS の次に来るべき 100TFLOPS クラスの計算性能を持つ超並列計算機を目指した基礎研究を行った．このプロジェクトでは，メモリ混載超高速プロセッサアーキテクチャSCIMA と，大量のデータを処理するための並列入出力可視化システム PAVEMENT の開発を行った．さらに次世代の大規模科学技術計算プラットフォームとして，連続体系多粒子系融合型計算機アーキテクチャHMCS(Heterogeneous Multi-Computer System) を提案するとともに，CP-PACS と GRAPE-6 による実用プロトタイプシステムを開発実装し，宇宙物理学の応用計算を実現した．

センターは，平成 14 年 3 月に 10 年時限の満了をむかえた．平成 14 年 4 月からは，同一の名称のもとに，新たな 10 年時限の研究活動を開始することとなった．最初の 10 年間の成果を基礎に，物理学と計算機科学の緊密な共同研究体制を生かして，計算科学の一層の発展を実現する研究活動を展開することが今後の目標である．

この冊子は，センター発足以来の 10 年の節目にあたり，平成 4 年度から 13 年度に亙る 10 年間の研究活動とその成果をまとめたものである．本冊子をご覧頂くとともに，今後とも，ご意見とご鞭撻を頂ければ幸いである．

平成 14 年 7 月

筑波大学計算物理学研究センター長
宇 川 彰

目 次

1 序 **1**

2 沿革 **1**

2.1 設置経緯及び目的 1

2.2 主要日誌 1

3 組織と運営 **4**

3.1 組織の概要 4

3.2 センター長 4

3.3 センター教官 4

3.4 研究員 5

3.5 センター教官及び研究員数の推移 7

3.6 運営 13

3.7 人事 13

3.8 予算 15

3.9 卓越した研究拠点 (COE) 15

4 共同利用 **17**

4.1 大規模数値シミュレーションプロジェクト 17

4.1.1 趣旨 17

4.1.2 実施状況 17

4.2 センター主催研究会 20

5 国際交流 **21**

5.1 センターにおける研究への参加 21

5.2 COE 外国人研究員 21

5.3 国際会議開催 21

6 建物 **22**

7 計算機システム **22**

7.1 システム概要 22

7.2 システムの整備 26

7.3 システムの運用 26

7.4 システムの利用と稼働の状況 27

7.4.1 登録ユーザ 27

7.4.2 CP-PACS 稼働統計 27

8 研究活動の概要 **32**

9 CP-PACS プロジェクト **32**
9.1 概要 . . . 32
9.2 研究推進体制 . . . 35
9.3 CP-PACS の開発・製作 . . . 36
9.3.1 CP-PACS の設計方針と基本仕様 . . . 36
9.3.2 ノードプロセッサ . . . 36
9.3.3 プロセッサ間相互結合網 . . . 39
9.3.4 並列入出力装置 . . . 41
9.3.5 擬似ベクトル処理向けコンパイラ . . . 42
9.3.6 システムソフトウェア . . . 43
9.3.7 物理応用計算における実効性能 . . . 43
9.4 CP-PACS プロジェクト関係文献 . . . 45
9.4.1 CP-PACS プロジェクト報告書 . . . 45
9.4.2 CP-PACS プロジェクト全般 . . . 45
9.4.3 CP-PACS のアーキテクチャとソフトウエア . . . 46
9.4.4 CP-PACS の性能評価 . . . 48

10 並列計算機工学 **52**
10.1 人工ニューラルネットワークの高速計算 . . . 52
10.2 SMP クラスタにおけるハイブリッドプログラミングの研究 . . . 52
10.3 分散メモリ型の並列計算機での並列データの再分散に関する研究 . . . 54
10.4 コード最適化についての研究 . . . 54

11 計算素粒子物理学 **57**
11.1 クェンチ近似におけるハドロン質量スペクトル . . . 58
11.2 完全な QCD のハドロン質量スペクトル計算 . . . 61
11.3 クォーク質量 . . . 62
11.4 重いハドロンの物理の研究 . . . 63
11.5 有限温度 QCD . . . 64
11.6 格子カイラルフェルミオン . . . 65

12 計算宇宙物理学 **70**
12.1 宇宙再電離の 6 次元輻射輸送計算 . . . 70
12.2 電離宇宙における銀河形成の輻射輸送流体力学計算 . . . 72
12.3 T タウリ型星フラットスペクトルの 5 次元輻射輸送計算 . . . 73

13 計算物性物理学 **77**
13.1 CP-PACS による物性物理学 . . . 77
13.1.1 超高圧下の固体水素の相構造 . . . 77
13.1.2 高温超伝導 . . . 77
13.1.3 スピン系 . . . 77
13.2 炭素系新物質の物性解明 . . . 78
13.3 炭素系新物質の物質設計 . . . 78

14 未来開拓研究「次世代超並列計算機の開発」 81
14.1 プロジェクトの概要 . . . 81
14.2 研究目的 . . . 82
14.3 研究計画 . . . 83
14.4 研究組織 . . . 83
14.5 「連続体向け超並列計算機の開発」サブプロジェクト . . . 85
14.5.1 オンチップメモリを用いた高性能プロセッサアーキテクチャSCIMA の開発 85
14.5.2 並列入出力・並列可視化システム PAVEMENT . . . 92
14.6 ヘテロジニアス・マルチコンピュータシステム (連続体・多粒子系融合型超並列計算機) の開発 . . . 98
14.6.1 HMCS のシステム構成 . . . 99
14.6.2 HMCS におけるアプリケーション . . . 100
14.7 まとめと展望 . . . 101
14.8 未来開拓研究関係文献 . . . 103
14.8.1 年次報告 . . . 103
14.8.2 学術雑誌論文 . . . 103
14.8.3 国際会議発表論文 . . . 104
14.8.4 国内学会・研究会における口頭発表 . . . 105

15 Supercomputing Conference への参加出展 108
15.1 SC98 . . . 108
15.2 SC01 . . . 109

16 センター外部評価 111

17 計算物理学研究センターの新設 113

18 付録 115
18.1 設置関係法令等 . . . 115
18.2 学内規則等 . . . 116
18.3 センター内規則等 . . . 118

19 新聞・雑誌等記事 119