

# 設計・製造計画評価検討部会の評価結果 及びその後の対応について

平成21年4月2日  
理化学研究所  
次世代スーパーコンピュータ開発実施本部

# 検討部会による評価について

- 「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」プロジェクトでは、文部科学省が事業評価として「平成20年後半に外部評価により設計内容の適否を判断」することとされている。
- 上記の状況を踏まえて、開発主体である理化学研究所が、現在実施中の次世代スーパーコンピュータシステムの詳細設計に対し、技術的観点からの外部評価を実施することとした。
- このため、次世代スーパーコンピュータ開発戦略委員会の下に、外部有識者による設計・製造計画評価検討部会を設置した(平成20年9月19日)。
- 全4回の検討部会での議論、及び理研や設計メーカーに対する個別ヒアリングにより、現在の設計状況及び今後の計画に対し評価を実施し、報告書を取りまとめた。
- 本評価の結果は、今後の詳細設計及び製造に活用するとともに、文部科学省に報告した。

# 検討部会委員

- 部会長： 伊澤 達夫(東京工業大学 理事・副学長)
- 副部会長： 矢川 元基(東洋大学大学院 教授)
- 委員： 浅田 邦博(東京大学 大規模集積システム設計教育研究センター長)

高田 章(旭硝子 中央研究所 特任研究員)

中島 浩(京都大学 学術情報メディアセンター 教授)

平野 哲(海洋研究開発機構 計算システム計画・運用部長)

米澤 明憲(東京大学 情報基盤センター長)

(敬称略)

# 日程と検討内容

- 第1回(平成20年10月10日)
  - 経緯及び評価方針の説明, 評価の視点及び評価項目の議論, システム構成の説明
  
- 第2回(平成20年10月14日)
  - 評価項目に対する理研の説明, 評価及び検討
  
  - 個別ヒアリング
    - 平成20年10月17日, 10月23日
  
- 第3回(平成20年10月30日)
  - 質問に対する回答, 評価及び検討, 報告書原案の議論
  
- 第4回(平成20年11月13日)
  - 報告書(案)の議論

# 評価項目

- 概念設計の内容が実現できる詳細設計となっているか、また、その詳細設計において工程管理が適切に行われているか？

- (1) 開発要素の技術的実現性
- (2) システムの評価計画
- (3) 詳細設計における工程管理

[論点1] LSI製造のための45nm半導体プロセスの評価

[論点2] CPU, ネットワーク用LSI設計の日程計画と進捗

[論点3] システムソフトウェア開発の工程管理及び今後の計画

[論点4] システム全体の評価計画

- 複合汎用システムを統合システムとして一体的に運用できるか？

- (4) 統合システムとして満たすべき要件
- (5) 要件を満たす機能

- 計画の弾力的な推進を可能とする技術的配慮がされているか？

- (6) システム拡張の柔軟性

(以下, 報告書抜粋)

# (1) 開発要素の技術的実現性(その1)

- 45nm半導体プロセス

- 【スカラ部】

- 信頼性上の問題も含め実現性は高く、物理的な要因によるしきい値や消費電力等の変動はシステムの製作に支障はきたさないと考えられる。

- 【ベクトル部】

- メモリ混載LSI製造について実績があり、技術的実現性が高いと判断され、物理的な要因によるしきい値や消費電力等の変動は、システムの製作に支障はきたさないと考えられる。

# (1) 開発要素の技術的実現性(その2)

- CPU, ネットワーク用LSI設計の日程計画と進捗
  - 【スカラ部】

論理設計, タイミング設計に関し順調な経過をたどってきており, 予定期間内に最終的物理設計に到達できる可能性が高いと判断される.

ジャンクション温度の低温度化設計やクロックゲーティング, LSI個別の電源電圧最適化等の低消費電力化に今後広く使われていくと考えられる技術により十分な低電力化を図っている.
  - 【ベクトル部】

前段階の詳細論理設計段階ではあるが, 十分なタイミングバジェットを考慮しており, 今後予定されている設計計画の信頼度・成熟度も高いと判断され, 技術的実現性は高いと判断される.

DFS技術の採用を検討し, さらにスカラ部と同様にクロックゲーティングやLSI個別の電源電圧最適化等により十分な低電力化を図っている
  - 両演算部とも量産開始の重要な判断ポイントとなる論理バグの収束判定については, 評価計画通り慎重に見極めることが望まれる.

## (1) 開発要素の技術的実現性(その3)

- システムソフトウェア開発の工程管理及び今後の計画
  - 【スカラ部】

大規模マルチプロセッサシステムの性能を引き出すためのOS, ファイルシステム, コンパイラおよび運用ソフトウェア等の開発要素について進捗は計画通りと考えられ, 技術的実現性は高いと判断する .
  - 【ベクトル部】

大規模マルチプロセッサシステムの性能を引き出すためのOS, ファイルシステム, コンパイラおよび運用ソフトウェア等の開発要素は計画通り進捗しており, 技術的実現性は高いと判断する .
- システムの性能に関しては, スカラ部によるLinpack性能の技術的実現性は高いと判断する . 各コンポーネントの推定値の根拠については, 今後の開発の中で見積精度を高めるべく様々な立場の観点から引き続き精査・検証をして行く必要がある .

## (2) システムの評価計画

- システム全体の評価計画
  - 【スカラ部】  
技術的実現性が高いと判断される。
  - 【ベクトル部】  
評価計画の実現性は高いと判断される。
- 【プロジェクト管理】
  - PMBOKを取り入れた統合システムの開発管理計画は適切である。
  - 複数の開発者が担当する開発要素の統合に関しては開発調整会議を活用し、意思決定・調整機能が円滑に進むようプロジェクト管理を実施して行くことが望まれる。

## (3) 詳細設計における工程管理

- 【スカラ部】  
CPU及びネットワーク用LSI設計の詳細設計の工程管理については、前機種からの経験を活用して適切に管理していると判断される。実装設計についても工程管理は適切に行われていると判断される。
- 【ベクトル部】  
今後の堅実な設計品質保証計画が立てられている。LSI各部及び実装方式の開発日程等も具体化しており、今後の工程管理も適切に行われるものと判断される。

## (4) 統合システムとして満たすべき要件

- 統合システムとして満たすべき要件として、一体的な利用環境を提供すること、及び複合システムとしての性能を引き出す機能を備えることについては概ね妥当である。
- 一体的な利用環境を提供するための要求仕様として、スカラ部とベクトル部が統一的インターフェースの元で操作できるように定義されており、ヒューマンインターフェースの観点で満たすべき要件を備えている。
- 複合システムの性能を引き出すための要求仕様として、統合MPIによるジョブ連携機能と共有ファイル機能が定義されており、一体的な利用を可能とする点で満たすべき要件を備えている。
- 共有ファイルシステムについては、ステージング処理、バンド幅やファイルサイズなどを地球シミュレータの運用データに基づいて設計している点で要件の設定方法は妥当である。

## (5) 要件を満たす機能

- 統合システムの機能設計が進行段階であるため、最終的な要件具備について判断するのは難しい面もあるが、現段階では大きな問題は見当たらない。
- CUI/GUI環境の併用、ユーザから見て二つの演算部をあまり意識しなくてよい点は適切であると考える。
- システムコネクタについては、実際のアプリケーションにおける統合MPI機能やファイルシステムの実効性能も評価して、統合システムとして最適な構成を決めるべきである。

## (6) システム拡張の柔軟性

- 技術的な観点からシステムの拡張性があると認められる

## 評価結果(結論)

- 詳細設計は順調に進められており、また今後の評価計画は適切と考えられ、製造移行への大きな問題点は見当たらない。
- ただし、今後の設計及び評価においては、以下の点に留意して開発を適切に進めるとともに、プロジェクト管理計画・評価計画を引き続き着実に遂行していくことが肝要である。

LSI設計については、計画通り順調に進捗しており、技術的な実現性は高いと判断する。今後継続される詳細設計においても45nm半導体プロセス技術を用いたLSIの設計・製造に関しては、引き続き、適切な進捗管理を実施するとともに十分な評価を行う必要がある。

システム性能の実現性は高いと判断する。見積精度をさらに高めるために、システム性能の推定根拠については、今後の開発の中で引き続き精査・検証を十分に行うことが必要である。

統合システムを実現するシステムコネクトに関しては、実際のアプリケーションにおける統合MPI機能やファイルシステムの実効性能を評価して最適な構成を決めるべきである。

---

# その後の対応について

## 指摘事項 の対応について

LSI設計については、計画通り順調に進捗しており、技術的な実現性は高いと判断する。今後継続される詳細設計においても45nm半導体プロセス技術を用いたLSIの設計・製造に関しては、引き続き、適切な進捗管理を実施するとともに十分な評価を行う必要がある。

- LSI設計の進捗管理については、各メーカーと密な打合せを行い、設計日程及び設計品質状況のきめ細かなチェックを実施
  - 評価終了後、各種会議での確認以外に、個別状況ヒアリングを実施。
  - 週単位の日程・品質トレース状況を要求。
- スカラ部プロセッサについては、45nm半導体プロセスによるテスト版CPUの製造に着手済み。

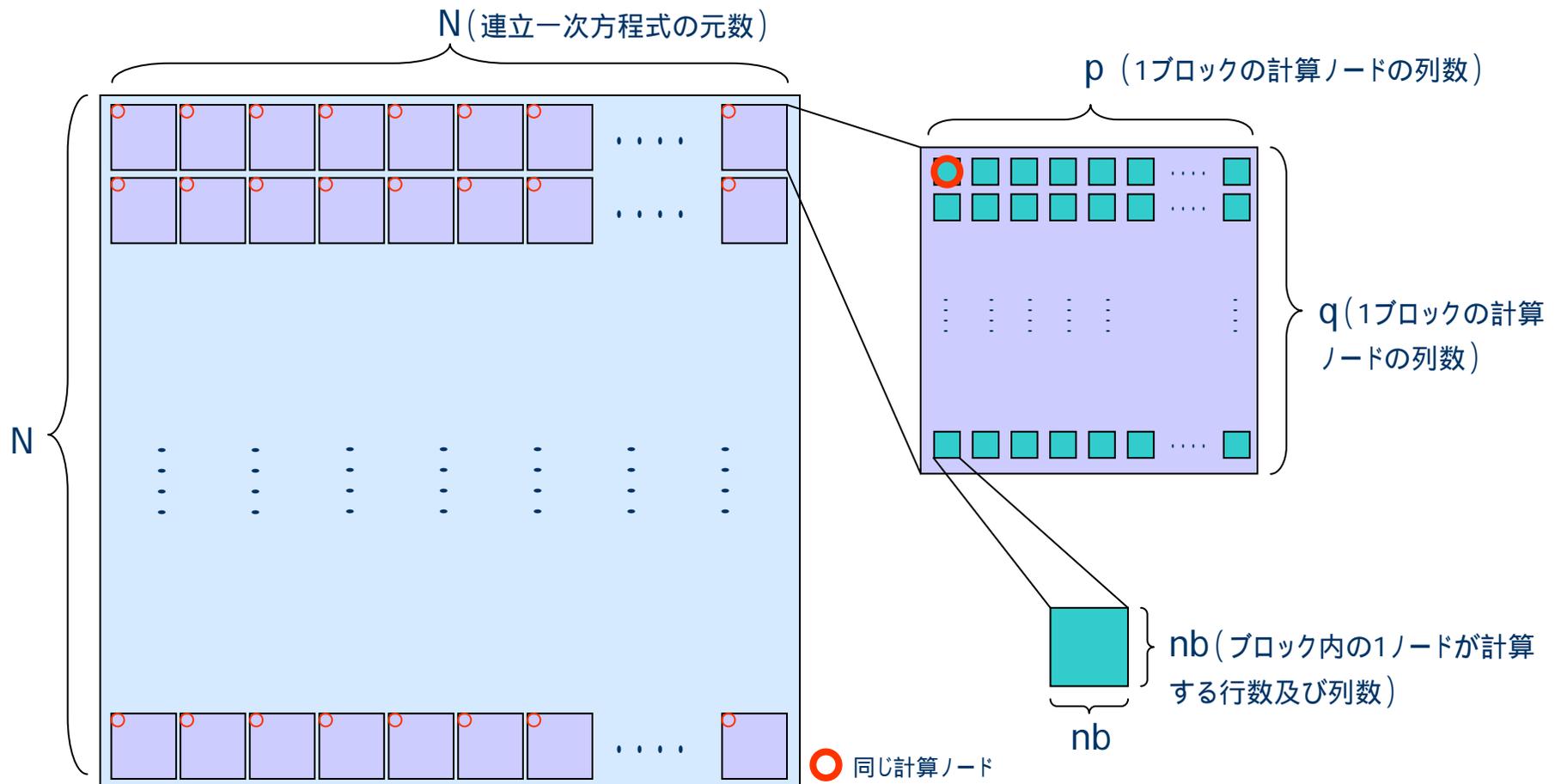
## 指摘事項 の対応について

システム性能の実現性は高いと判断する。見積精度をさらに高めるために、システム性能の推定根拠については、今後の開発の中で引き続き精査・検証を十分に行うことが必要である。

- LINPACK性能 10PFLOPSについては、スカラ部で達成する。
- LINPACK 10PFLOPSの性能目標達成のために、スカラ部のLINPACK性能の推定根拠について、精査・検証を実施する。
- 外部(客員研究員)を交えて、DGEMM性能推定値の根拠についての精査を実施(平成21年2月20日)
  - 現行機種(SPARC 64 VII)での実測と、アーキテクチャの差を考慮した評価結果について検証。
  - ロジックレベルのシミュレーションによるDEGMM性能値の確認を実施。
  - DEGEMM性能推定値は妥当と判断。
- 今後は、プロトタイプ機(単体)による早期の性能確認を実施する。

## 【参考】 計算ノードへの割り当て

- $N \times N$ 行列を  $nb \times nb$ 要素のブロック行列に分割する.
- ブロック行列を  $p \times q$ 個の計算ノードに割り当てる. 行列全体を見ると2次元ブロックサイクリック分割になっている.
- $nb \times nb$ 行列の計算は, 一つの計算ノード上で実行する.



## HPL (High Performance LINPACK) 性能推定値【スカラ部】

- LINPACK推定値は10.21 PFLOPS (詳細設計その3の結果)

項目	記号	値
連立一次方程式の元数	N	12,600,000
1ブロックのノードの列数	p	576
1ブロックのノードの行数	q	153
ブロック内の1ノードが計算する行数及び列数	nb	320
総演算数		$1.33358 \times 10^{21}$
ノードあたりのメモリ量(GB)		13.5
計算時間(秒)		129759
通信時間(秒)		3478
実行時間(計算時間+通信時間-オーバーラップ時間)		130524
性能(Pflops)		10.21
ピーク性能比(%)		90.57

## 指摘事項 の対応について

統合システムを実現するシステムコネクトに関しては、実際のアプリケーションにおける統合MPI機能やファイルシステムの実効性能を評価して最適な構成を決めるべきである。

- 連携アプリケーションを選定。
  - RISM - OpenFMO (九州大学との共同研究)  
溶質(タンパク質など)と溶媒(水など)を含む系全体の振る舞いをシミュレーション。溶質部分をFMO法によりスカラ部で解き、溶媒部分をRISM法によりベクトル部で解き、全体を連携させるシミュレーション。
  - MSSG - 放射モデル (JAMSTECとの共同研究)  
ヒートアイランド現象等の都市部の局地的な気象現象をシミュレーションする。ビル壁等からの放射現象をスカラ部で解き、気象現象をMSSGコードによりベクトル部で解き、全体を連携させるシミュレーション。
- スカラ部-ベクトル部間の統合MPIについては、スカラ部、ベクトル部のベンダMPIを流用するインプリメントを検討中。
- スカラ部-ベクトル部間のネットワーク機器については、その必要帯域、経費等を検討中。