

秘

評価後回収資料

複写厳禁

資料7 - 2

次世代スーパーコンピュータのシステム 構成案と検討経緯(改訂版)

平成19年5月28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

目次

1. システム構成と特長

2. システム構成案検討の経緯

- (1) 検討体制
- (2) 経緯と予定(2006年8月)
- (3) 検討経緯(2006年9月～)
- (4) メーカーからのシステム提案に対する評価(概要)
- (5) システム構成案検討の考え方
- (6) 二者択一の検討
- (7) 共同開発の検討
- (8) システム構成案の比較
- (9) 結論

1. システム構成と特長

次世代スーパーコンピュータシステムの概要

【世界最速を達成する最先端システム】

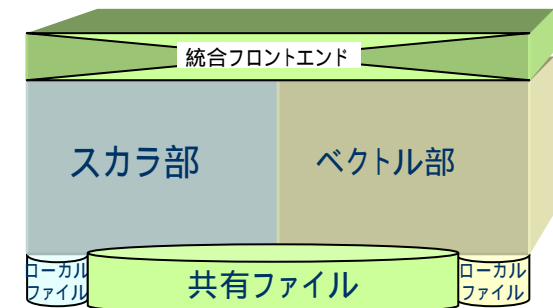
- Linpack性能10PFLOPSの達成のみならず、アプリケーションの実行においても世界最高性能
- 先端技術(45nm半導体プロセス,光インターコネクトなど)により画期的な省電力、省スペースを実現
- 理研とメーカー3社が共同で開発

【科学技術・産業の競争力を発展させる将来型システム】

- 高機能スカラ部と革新的ベクトル部を結合した統合汎用システム
- 複雑系問題、多階層問題などシミュレーションの革新を先導する計算環境を提供
- 次々世代以降の開発と利用を見据え、我が国の国際競争力を牽引

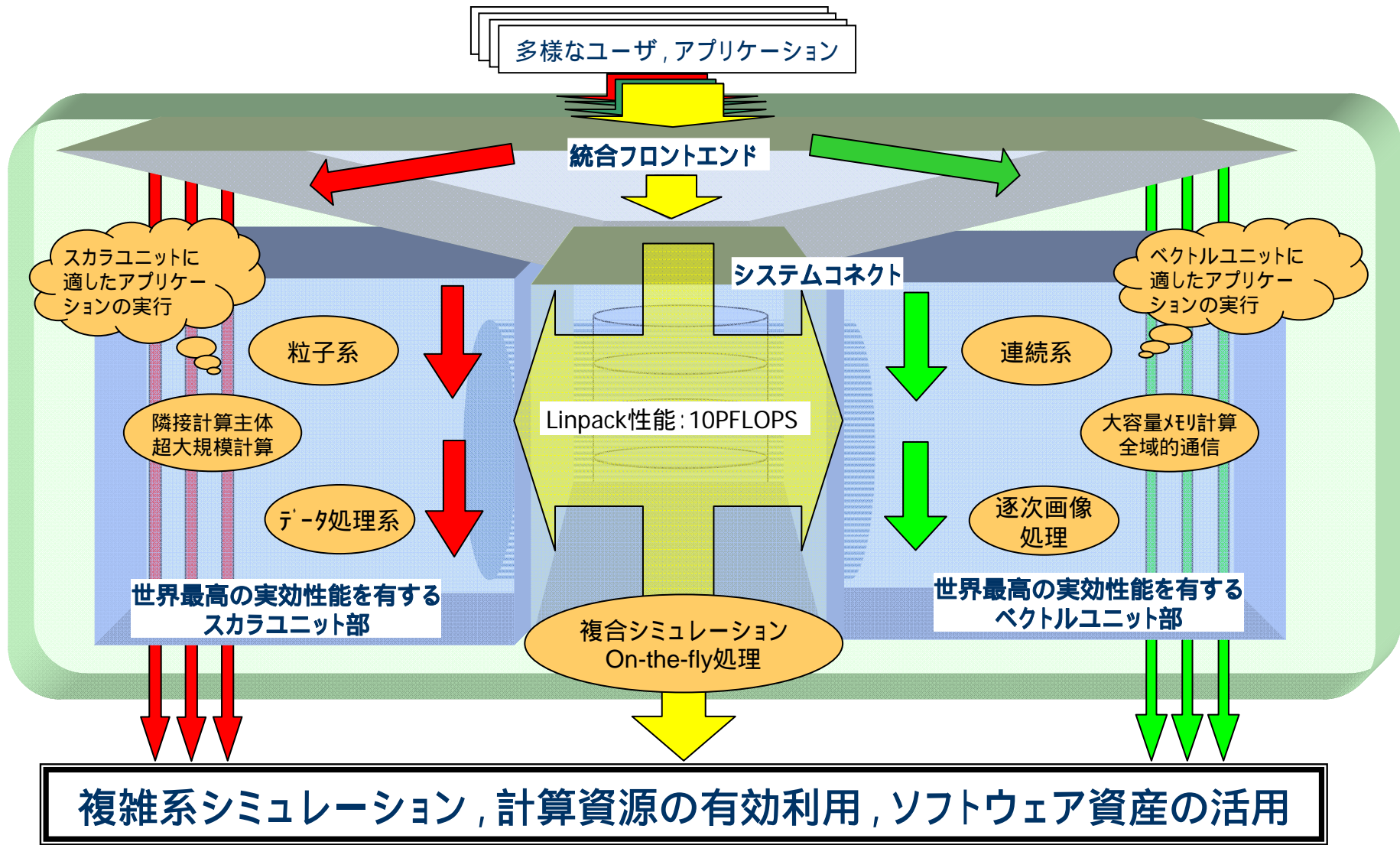
【我が国の科学技術基盤となる統合汎用システム】

- 様々なアプリケーションを効率よく実行する統合汎用システム
(より多くのユーザーが利用可能)
- 全国の産学の研究者等の共用施設
- アプリケーション資産を最大限活用
- 大学等のスパコンセンターへの展開性大
(我が国の計算機環境を質的にも量的にも革新)



< 次世代統合汎用スーパーコンピュータシステム概念図 >

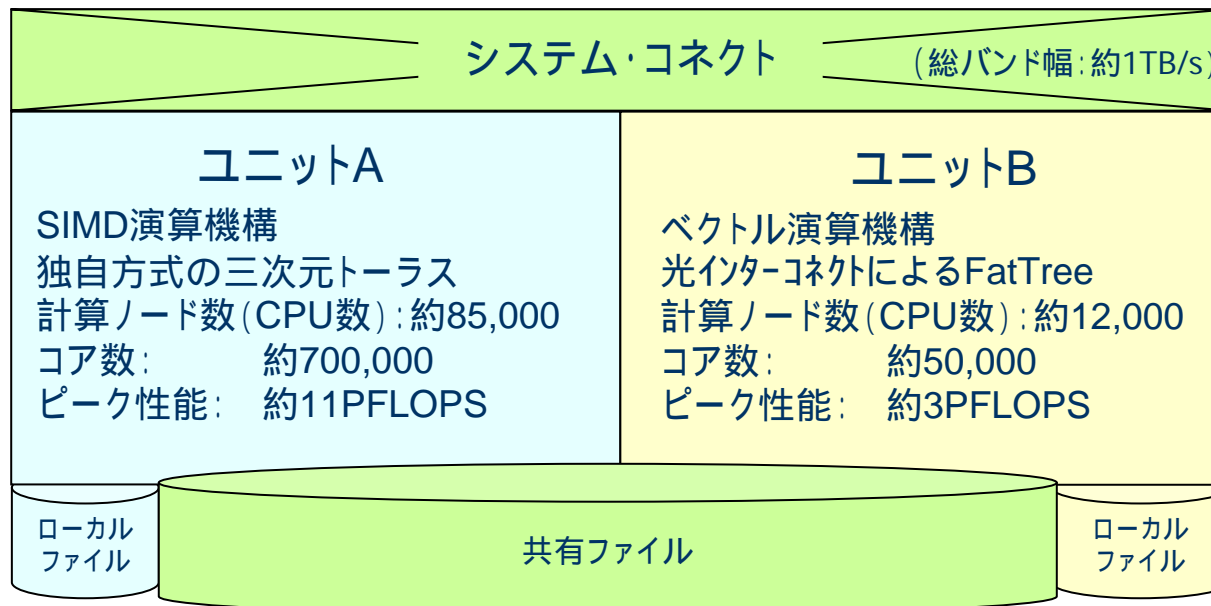
= 多様な計算ニーズに対して最適な計算環境を提供する統合型システム



< システム構成概要 >

- ノード数(CPU数) : 約100,000
- コア数 : 約750,000
- 理論性能 : 約14PFLOPS
- メモリ容量 : 約2PB
- 磁気ディスク容量 : 約100PB
- 消費電力(空調を除く) : 30MW以下
- 設置面積(空調を除く) : 約4,000m²以下
- 電力性能比 : 2MW/PFLOPS以下
- 面積性能比 : 300m²/PFLOPS以下

- 統合システム機能
 - 統合ポータル
 - 統合コンソール
 - 統合スケジューラ




統合システム機能

システム・コネクは、コモディティ技術 (InfiniBand, または10GbE) で構成し、統合的な利用・運用を可能とするためのソフトウェアを開発。

統合フロントエンド部

- 統合スケジューラ
 - メタスケジューラ機能
 - 各ユニットのローカル・スケジューラの統合
 - ファイルのステージング機能との連動
 - 資源予約管理機能
 - 複合シミュレーションのためにユニットAとユニットBの資源を同時予約する機能
- 統合コンソール
 - ユニットA, ユニットBのソフトウェア構成の統合管理
 - 運用モード, パーティション管理
- 統合ポータル
 - ワークフロー
 - 統合シミュレーション自動スケジューリング機能
 - ファイルステージング・スケジューリング機能
 - ジョブ状況表示
- 統合プログラム開発環境
 - クロスコンパイラ, デバッガツールなどを提供



統合ユーザ管理機能
(アカウント管理, 課金管理)
ACL管理機能

■ ローカル・スケジューラ
■ ジョブ管理機能

ユニットA

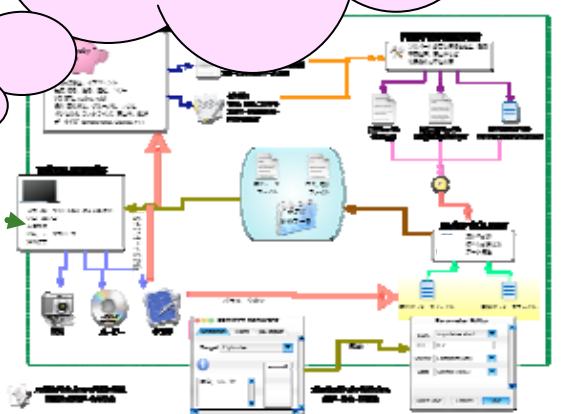
共有クラスタファイルシステム
統合MPIライブラリ

■ ローカル・スケジューラ
■ ジョブ管理機能

ユニットB

ソフトウェアの開発要素

- スケーラビリティあるSANシステム
- 両ユニットのソフトウェアを統合するラッピングソフトウェア技術
- PSE環境



これらの機能は、概念設計によるシステム構成決定後に詳細に検討する。

次世代統合汎用システムの特長

- 新世代のスーパーコンピューティング環境の実現
 - 両ユニットの使い分けにより、アプリケーションの実行に適した計算環境を提供(アプリ資産の活用&スループットの向上)
 - 両ユニットを同時に使うことにより、多階層問題やOn-the-fly処理など、将来の主流となる複雑系のシミュレーションのための研究開発環境を提供
- 一体的なジョブ管理により、一般ユーザーは両ユニットを意識せずに最適環境を利用可能
- 大学等の計算センターへ、計算機利用者のニーズに応じて、多様な下方展開が可能
 - 我が国全体の計算機資源の量的・質的向上へ貢献

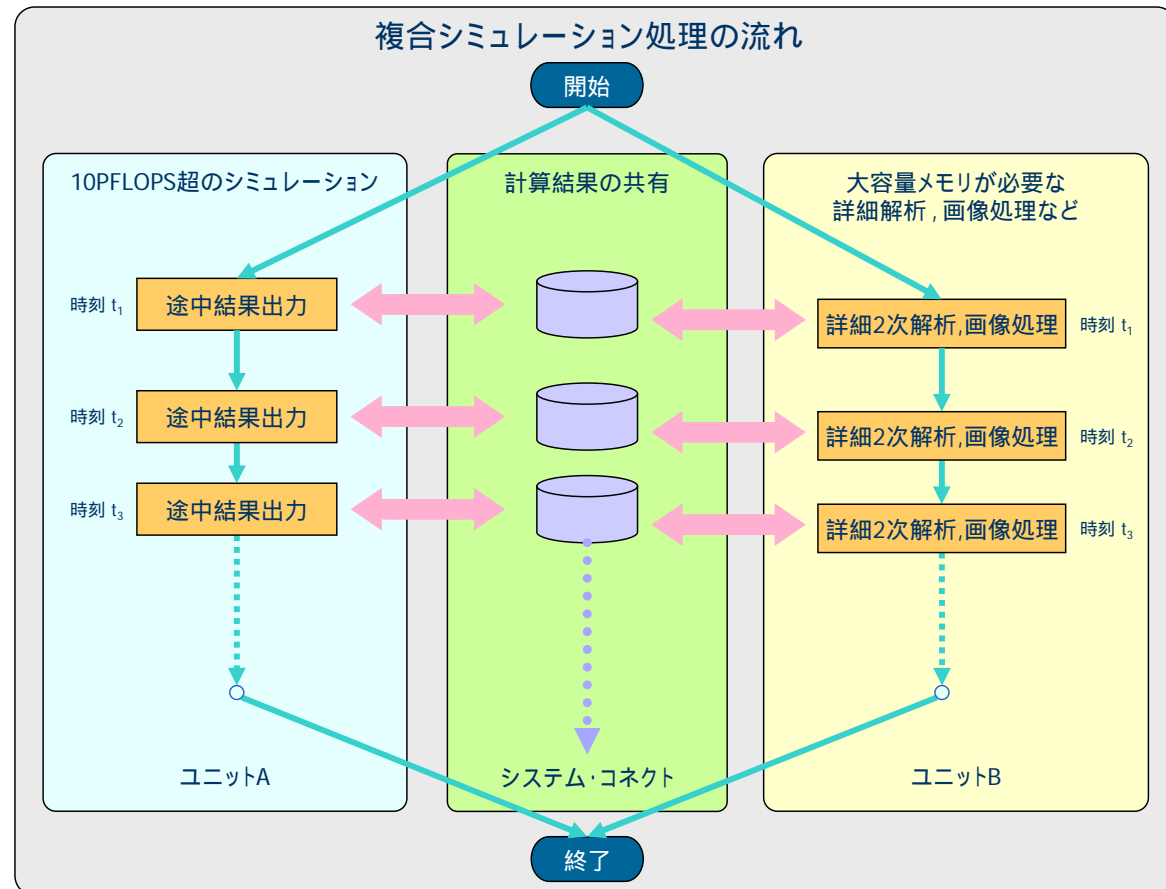
< アプリケーションから見た統合システムのメリット >

(アプリケーション検討部会の審議における主な意見)

- 計算科学のトレンドとして、複雑系のシミュレーションや、現象全体の“まるごと”シミュレーションは重要。各ユニットに適合したアプリケーションを連携させることによるシミュレーションの質的な向上が期待できる！
- ユニットAのシミュレーション結果を、ユニットB上でいろいろな角度から解析できることは有意義。ある種の実験装置と観測装置と考えることができる！
- インタラクティブに両ユニットを利用できる環境があれば、動的に計算条件を変化させるシミュレーションに有効。本システムの特徴を生かした利用環境に期待する！
- 幅広いアプリケーションに対応できるシステム構成である！
 - ユニットBの理論性能は3PFLOPSだが、ユニットBに適したアプリケーションの実効性能は世界一になるはず。

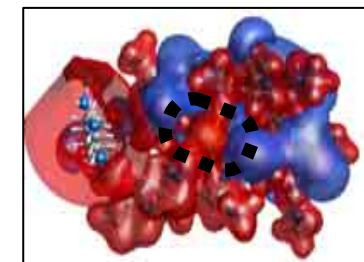
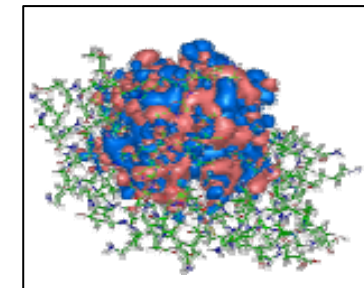
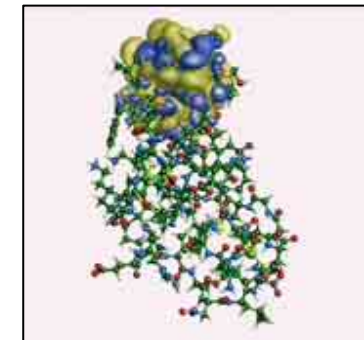
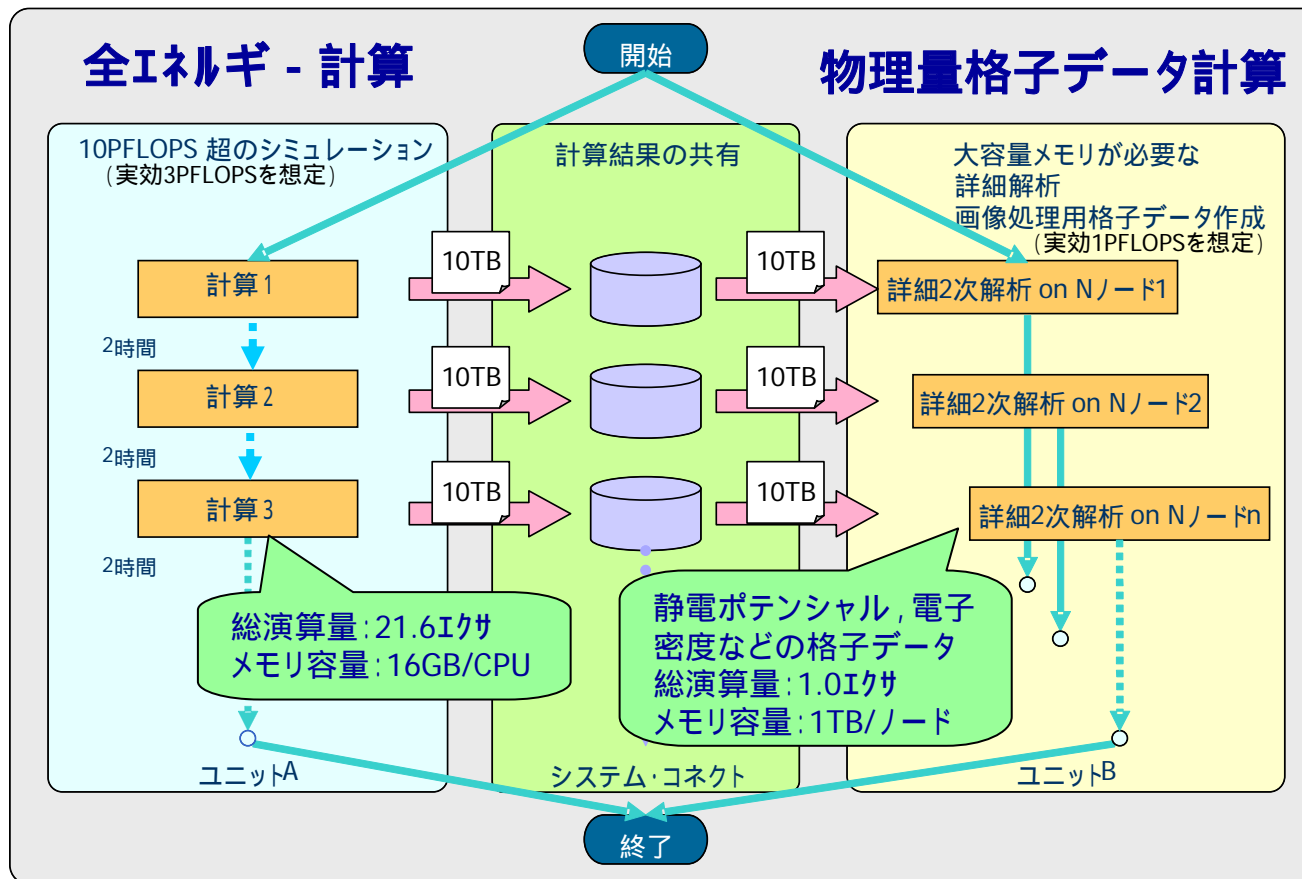
On-the-fly複合シミュレーション

- 統合システムによる複合シミュレーションにおいて、ある時刻ごとに出力される途中結果の流れ作業的なデータ解析、及び画像処理に最適なシステム。
- 各ユニットとシステム・コネクットの連携により、一連のデータ処理の短縮化が可能。
- 大規模かつ長時間シミュレーションの途中結果のモニタリングによる計算資源の有効活用が可能。



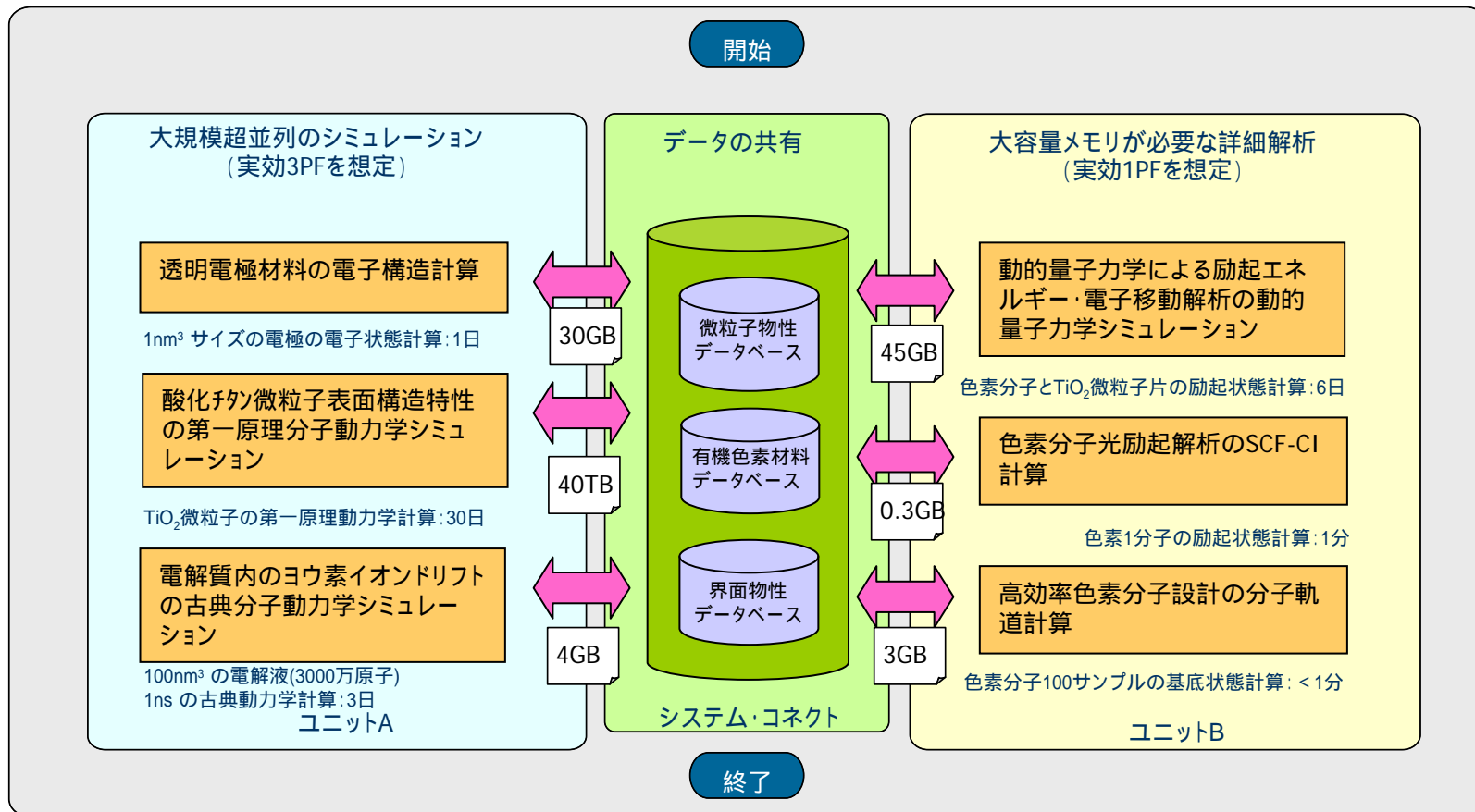
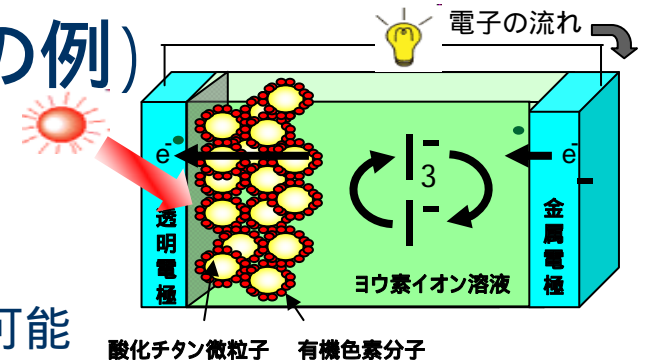
On-the-fly複合シミュレーションの例(分子軌道計算)

- タンパク質を含む10万原子系の分子軌道計算をユニットAで実施.
- ユニットAを使い2時間程で, 10TBの計算結果を出力.
- ユニットBで, 各データのCG解析用格子データを作成.



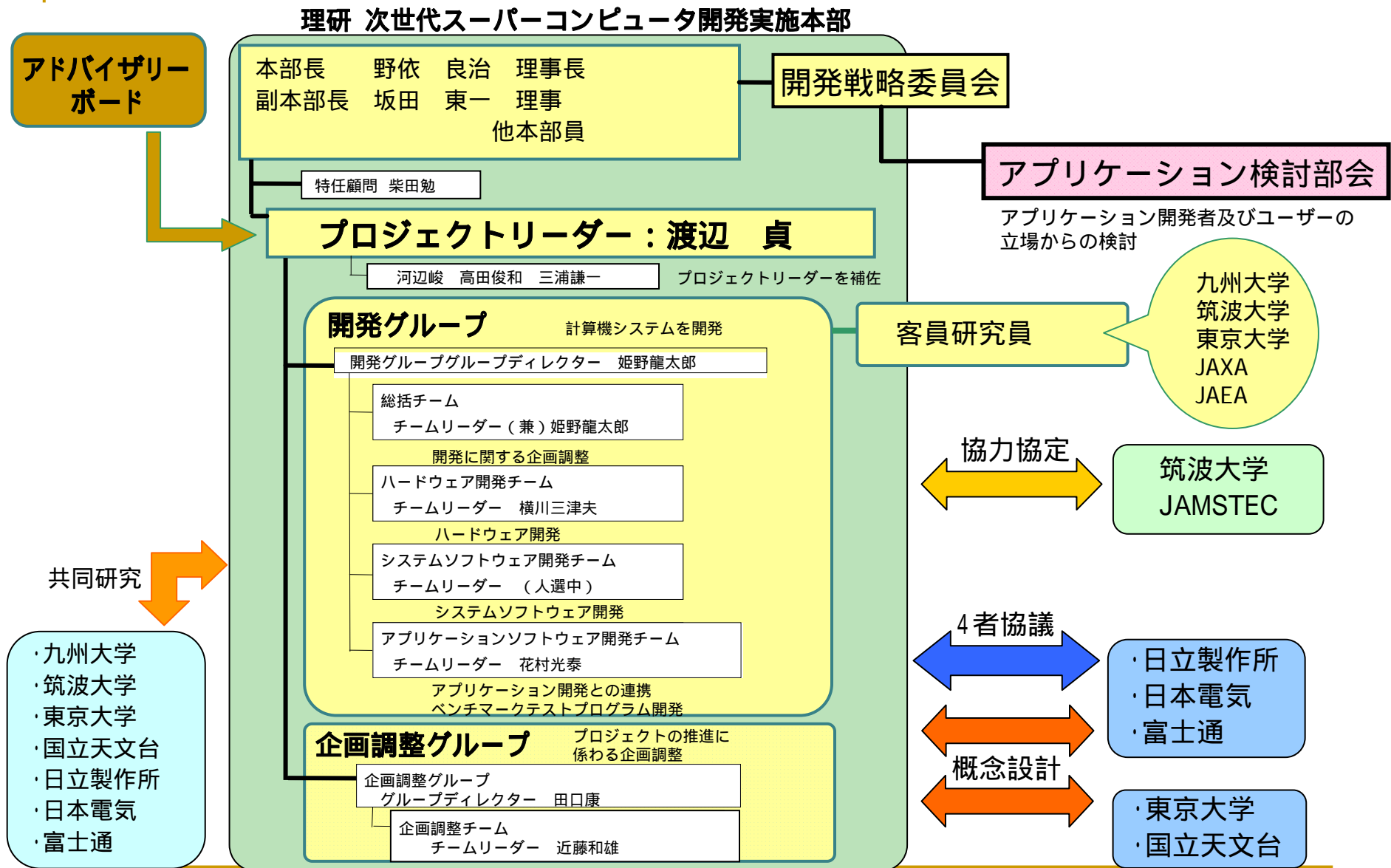
複合シミュレーション(太陽電池設計の例)

- 色素増感型太陽電池の構成要素のシミュレーション
- 構成要素毎に異なるシミュレーション技術が必要
- ユニットAとユニットBの複合計算でデバイス設計が可能



2. システム構成案検討の経緯

(1) 検討体制



共同研究

九州大学
筑波大学
東京大学
国立天文台
日立製作所
日本電気
富士通

< 検討の枠組み >

- 客員等を交えた意見交換、検討
- アプリケーション検討部会における審議
1/25,3/1,3/30,7/5,12/7,1/23,3/1,4/20
- 開発戦略委員会における審議
1/24,4/10,7/11,9/1,12/27,2/1,3/7,4/23
- アドバイザリーボードにおける審議
(3/15,5/19,7/28),12/27,1/31,2/28,3/26,4/23
- 4者協議(メーカー3社の担当重役 - 理研副本部長)
6/1,7/5,8/31,12/25,2/27,4/16
- 次世代スーパーコンピュータ開発実施本部会議
1/19,3/2,4/18,7/14,9/7,12/28,2/6,3/8,3/24,(3/26),4/24

< 検討・意思決定の経緯 >

	2006年												2007年				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
アプリケーション検討 部会	▼		▼ ▼				▼					▼	▼		▼	▼	
開発戦略委員会	▼			▼			▼		▼			▼	▼	▼	▼	▼	
アドバイザリボード			▼		▼		▼					▼	▼	▼	▼	▼	▼
4者協議						▼	▼		▼			▼		▼			▼
次世代スパコン 開発実施本部会議	▼		▼	▼			▼		▼			▼	▼	▼	▼ ▼	▼	▼
	調査		共同研究				絞込み		概念設計			中間報告評価		共同開発検討		決定	評価

アプリケーション検討部会名簿

[敬称略・順不同]

部会長	平尾 公彦	東京大学 副学長、工学部 教授
副部会長	中村 春木	大阪大学 蛋白質研究所附属プロテオミクス総合研究センター長
	宇川 彰	筑波大学 学長補佐
	梅谷 浩之	自動車工業会 CAE WG主査
	加藤 千幸	東京大学 生産技術研究所 計算科学技術連携研究センター長
	川本 要次	三菱重工業株式会社 技術本部 高砂研究所 次長
	北浦 和夫	京都大学大学院 薬学研究科 教授
	木寺 詔紀	横浜市立大学大学院 国際総合科学研究科 教授
	住 明正	東京大学 サステナビリティ学連携研究機構 地球持続戦略研究イニシアティブ 統括ディレクター・教授
	泰地 真弘人	理化学研究所 ゲノム科学総合研究センター 高速分子シミュレーション研究チーム チームリーダー
	高田 彰二	京都大学理学研究科 准教授
	寺倉 清之	北陸先端科学技術大学院大学 特別招聘教授
	土井 正男	東京大学大学院 工学系研究科 教授
	中村 振一郎	株式会社三菱化学科学技術研究センター 基盤技術研究所 計算科学技術室長

アプリケーション検討部会名簿

[敬称略・順不同]

	西島 和三	持田製薬株式会社 医薬開発本部 開発企画推進部 主事
	姫野 龍太郎	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 開発グループ グループディレクター
	平田 文男	自然科学研究機構 分子科学研究所 教授
	平山 俊雄	日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター長
	樋渡 保秋	金沢大学 名誉教授
	藤井 孝蔵	宇宙航空研究開発機構 情報・計算工学センター長
	古村 孝志	東京大学地震研究所 准教授
	牧野内 昭武	理化学研究所 VCADシステム研究プログラム プログラムディレクター
	松本 洋一郎	東京大学大学院 工学系研究科 機械工学専攻 教授
	観山 正見	自然科学研究機構 国立天文台長
	山形 俊男	東京大学大学院理 学系研究科 地球惑星科学専攻 教授
	前川 禎通	東北大学 金属材料研究所 教授

開発戦略委員会名簿

[敬称略・順不同]

委員長	坂田 東一	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 副本部長
副委員長	茅 幸二	理化学研究所 和光研究所長
	平尾 公彦	東京大学 副学長、工学部 教授
	延與 秀人	理化学研究所 延與放射線研究室 主任研究員
	米倉 実	理化学研究所 経営企画部長
	渡辺 貞	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 プロジェクトリーダー
	姫野 龍太郎	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 開発グループ グループディレクター
	田口 康	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 企画調整グループ グループディレクター

アドバイザーボード名簿

[敬称略・順不同]

委員長	岩崎 洋一	筑波大学長
	小林 敏雄	財団法人日本自動車研究所長
	小宮山 宏	東京大学 総長
	立花 隆	ノンフィクション作家、ジャーナリスト、評論家
	中澤 喜三郎	元明星大学教授
	中村 宏樹	自然科学研究機構 分子科学研究所長

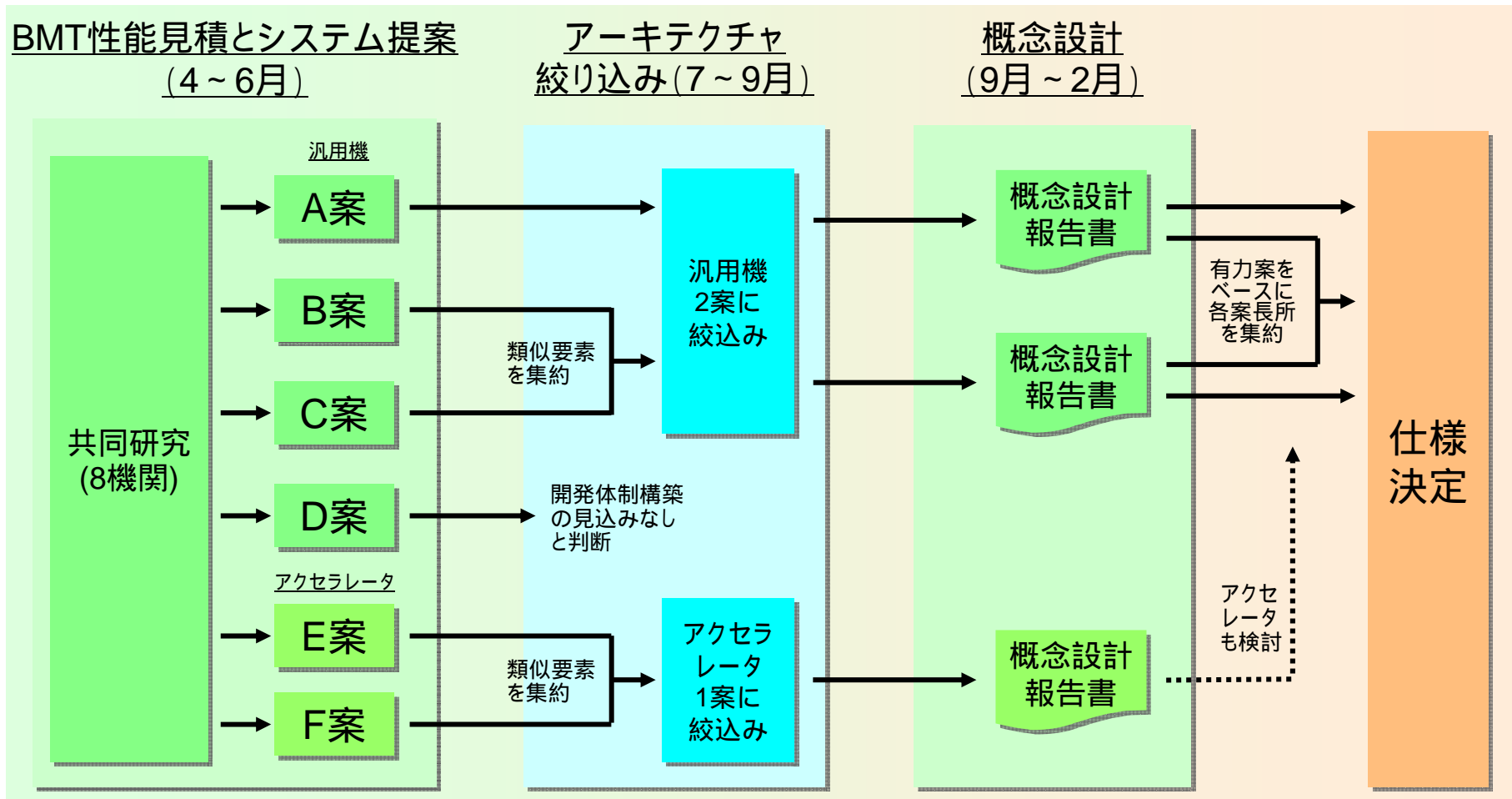
客員研究員名簿

[敬称略・順不同]

石川 裕	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授
宇川 彰	筑波大学 教授 学長補佐
佐藤 三久	筑波大学 教授 計算科学センター長
朴 泰祐	筑波大学 システム情報工学研究科 教授
村上 和彰	九州大学大学院 システム情報科学研究院 情報理学部門 教授
岩宮 敏幸	宇宙航空研究開発機構 情報システム部 参事
平山 俊雄	日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター長

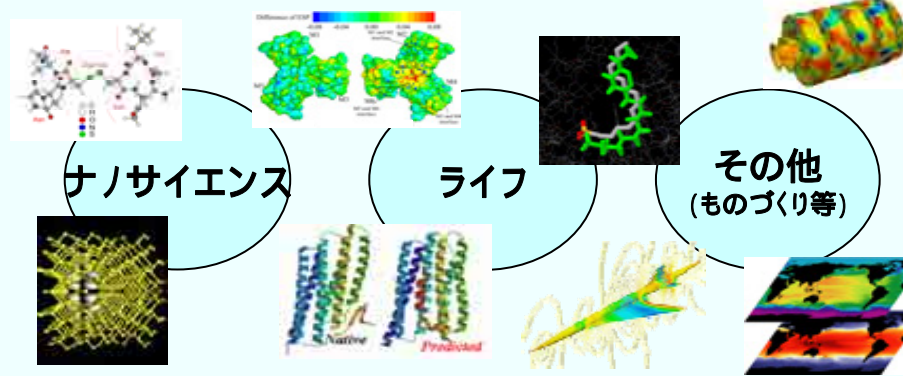
(2) 経緯と予定(2006年8月)

- 9月より実施される概念設計の報告書(中間報告:12月、最終報告:2月)を評価・検討したうえ、3月までに仕様を決定する予定。



<システム構成 最適化の考え方>

グランドチャレンジからの要求要件

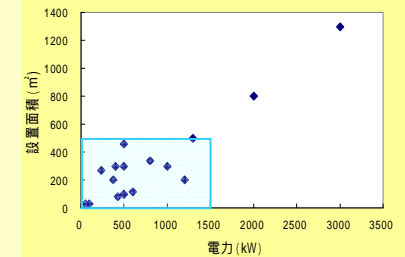


制約条件

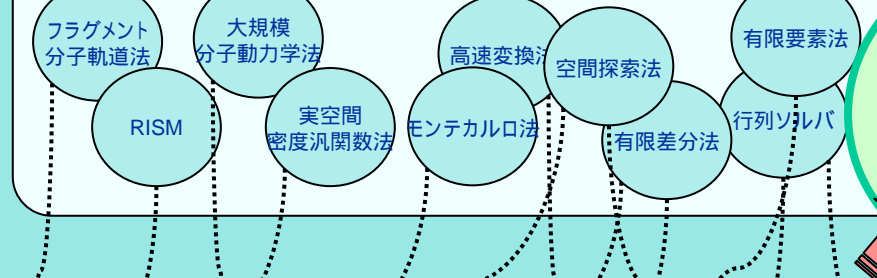
電力, 設置面積

信頼性, 保守性

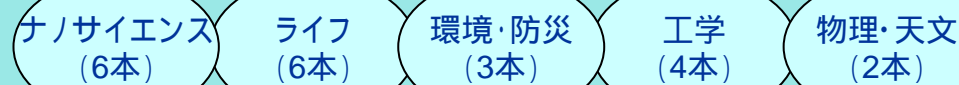
コスト(開発費, 製造費, 保守費等)



重要な解析手法



ターゲットアプリケーションによるシステム検討
- 5分野, 21本のベンチマークテストを抽出



最適なシステム構成
世界最速 (完成時)

【海外調査】HPC分野の動向 (開発計画, 予算等)

【国内技術調査】システムアーキテクチャ

【運用・利用】(メモリ容量, ファイル容量, システム運用, ユーザー管理, 保守条件等)

【要素技術】

半導体製造プロセス

低消費電力化 SOI Low-k High-k

光伝送技術

ソフトウェア OS, コンパイラ等

産業への波及効果
技術条件, 運用条件

< 概念設計開始にあたっての確認事項(2006年8月)[1] >

➤ 基本方針

1. シミュレーションにより、科学技術・産業の競争力を維持、高めること
2. スパコンの開発力を国内に保持し、継続的な開発を可能とすること
3. 完成時に世界最速と内外から広く認められること(継続的な支援を得るため)

➤ 目標性能

- 理論性能: 5 ~ 10PF (内外の開発状況に応じて具体化)
- 実効性能: 1.5 ~ 3PF (同上)
- 消費電力: 1 ~ 3MW/PF (10 ~ 30MW: 空調等を含むシステム全体)
- ターゲット時期: 2010年度末 運用開始、2011年度末 完成

(目標性能 算出の根拠)

- スーパーコンピュータセンター調査
- 米国主要プロジェクトの状況

< 概念設計開始にあたっての確認事項(2006年8月)[2] >

➤ 目標性能を達成するための開発の方針

- 理論性能やLINPACK性能を考慮しつつ、実効性能(アプリ性能)を重視したシステム構築を目指す。
- 幅広い活用を促すため、低コストを実現しつつ、利便性の高い汎用機により目標性能を達成することを目指すとともに、アクセラレータの検討も行う。
- 低消費電力CPUなど、新規性の高い技術をベースとした波及効果の高いハードウェア技術の開発を目指す。

(3) 検討経緯(2006年9月～)

- NEC + 日立チーム(NH)、富士通(F)の2者が汎用機の概念設計を実施
(別途、東大 + 天文台が専用機の概念設計実施)
 - 期間: 平成18年9月19日 - 平成19年2月28日
 - 概念設計の主な要求仕様
 - ピーク性能10PFLOPS以上, メモリ容量2.5PB以上, 消費電力30MW以下(周辺機器, 空調機器を含む), 設置面積3,200m²以下(周辺機器を含む)

- 平成18年12月1日, 2者から中間報告を受領.
最終報告書(平成19年2月28日)

- 中間報告結果の評価(～平成19年1月)

- システム構成案の検討(1～4月)
二者択一及び複数の共同開発案 の検討
メーカー間の情報開示 & 守秘義務の枠組み整備も実施

- 本部会議で理研としてのシステム構成案を決定(4月24日)

(4)メーカーからのシステム提案に対する評価(概要)

➤ 両提案の比較概要

- 概念設計の要求仕様(ピーク性能10PFLOPS以上,メモリ容量2.5PB以上,消費電力30MW以下,設置面積3,200m²以下など)を満足.
- ベンチマーク・テスト(BMT)による性能推定結果,電力性能比等はほぼ同等.

➤ CPUに対する評価

- F案は,既存スカラプロセッサと親和性が高く,より幅広い技術展開が可能.
- NH案は,ベクトルプロセッサの課題を解決し,高い演算性能を容易に達成.

➤ ネットワークに対する評価

- F案の新規性・将来性は評価できるが,汎用性,運用性,実績などに優れたNH案が好ましい.

(5) システム構成案検討の考え方(2006年12月末)

■ 選択肢

➤ 2者のいずれかを選択(2者択一)。

2者の提案は明らかな優劣をつけ難いものであるが、対外的に分かりやすい答えを出すためにも総合判断としていずれか一方を選択する

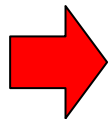
➤ 2者の案をベースに共同開発。ただし、以下を満たすことが条件。

- a. 共同開発のシステム構成の方が単独開発のシステムより、性能が上がること。
- b. 共同開発により、将来の我が国のスパコン開発の技術力、国際競争力、ビジネス展開力等の向上に一層貢献すること。
- c. 開発予算の範囲内で、共同開発システムが構築できること。

■ 汎用機による目標性能達成の見込みが確認できたため、アクセラレータの採用は考慮しない。

(6) 二者択一の検討

- システム全体の性能(電力、設置面積含む)として明らかな優劣はない。(両者とも自社の負担分を伴った上で開発費総額内。また、実際の製作コストを正確に見積もり両者が納得のいく差をつけることは不可能。)
- 二者択一をした場合、次々世代の開発に向け、重要な技術オプション(CPU技術)を失う懸念あり。



両者の長所を活かした共同開発を検討し、最適システムを構成できない場合は二者択一を行う

並行して両案の詳細な評価を行うとともに、二者択一の方法、手続き等を検討

(7)-1 共同開発の検討

< 議論のポイント >

- メーカー間でどこまで協力可能か。
 - ・CPUの共同開発はできないか
 - ・協力と情報開示の範囲
- 両CPUの繋ぎ方
 - 多階層シミュレーションは将来の方向だが、現時点でそのために必要なシステムは？ 密結合の必要があるか？ 開発リスクに見合うか、等
- ネットワーク
 - FatTreeが良いが、ToFuも使えるか。
- 責任体制
 - プライム制等を検討

(7)-2共同開発の検討

< 基本的な考え方 >

- 両者の優れた技術の特長を最大限活かし、様々なアプリケーションを効率よく実行し、多くのユーザのニーズに応えるとともに、将来の複雑系シミュレーション等に対応できるヘテロシステムを共同開発する。
- 両者のCPUにより、世界最高性能(Linpack10PFLOPS超)を達成する。
- 汎用性・運用性等に優れたNHのFatTreeによるシステム構成を検討し、電力、設置面積、フェージビリティ等を評価した上で他の案も検討する。

< 検討した主なシステム構成案 >

- F案プロセッサとNH案プロセッサから成る統合汎用システム を複数案(大きく3案に分類)を検討.
- 案1, 案2は開発期間の延長(約1年半)など技術的なリスクが大きい.
- **案3がベストな選択.**

	案1	案2	案3
構成	<p>案1の構成: Fat Treeが上位にあり、その下にルータがあり、ルータの下にFプロセッサとNHプロセッサが並列に接続されている。</p>	<p>案2の構成: Fat Treeが上位にあり、その下にNICがあり、NICの下にFプロセッサとToFuが接続され、NHプロセッサはFat Treeに直接接続されている。</p>	<p>案3の構成: ユニットA(ToFu, Fプロセッサ)とユニットB(Fat Tree, NHプロセッサ)があり、両者はシステム・コネクタに接続され、システム・コネクタの下にストレージが接続されている。</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fat Treeの汎用性, 運用性 ■ システムの一体性 ■ 連成計算 ✖ ネットワークの物量 ✖ ルータ開発のリスク ✖ 開発期間とコスト 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ToFu の将来性, 新規性 ■ Fat Treeの汎用性, 運用性 ■ 多様なアプリケーションへの対応と計算資源の有効利用. ■ 連成計算 ✖ ネットワークの物量 ✖ 開発期間とコスト 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ToFu の将来性, 新規性 ■ Fat Treeの汎用性, 運用性 ■ 多様なアプリケーションへの対応と計算資源の有効利用. ■ 複合計算

<ユニットA, Bの性能(1)>

- ★ 単一アーキテクチャで10PFLOPS級のアプリケーションを実行し、世界最高のアプリケーション実行性能を達成するとともに、グランドチャレンジの成果を挙げる。
(アプリ例: ナノデバイスの高精度シミュレーション(例1)、巨大生体分子の全電子計算など)

多くの利用者があるPCクラスタや並列サーバによる開発・実行環境からの連続性, プログラムの移植性を重視し、スカラプロセッサでこれを達成する

➤ FのCPUで理論性能: 10PFLOPS超

- ★ 地球シミュレータなどベクトルプロセッサ向けのプログラム資産の有効利用等において、ペタフロップス級のアプリケーション実行性能を確保するとともに、世界最高性能のベクトル計算環境を提供する。

(アプリ例: 雲解像モデルによる気候変動予測(例2)、乱流遷移現象を取り入れた航空・宇宙機の設計など)

➤ NHのCPUで理論性能: 3PFLOPS超

- ★ 上記の値をそれぞれのユニットが最低限実現すべき理論性能として、プロジェクト予算総額の範囲内のシステム構成を検討。

< ユニットA, Bの性能(2) >

以下のことから10PF強と3PF強の組み合わせは妥当と考えられる。

< 効率的なアプリケーションの実行 >

ユニットBでの計算に適していると考えられる流体系の2つのターゲット・アプリケーション(NICAM及びLANS)において、電力 - アプリ性能比でユニットBがユニットAを上回るためには、ユニットBの理論性能は3PF必要(p38グラフ参照)

< Linpack性能の向上 >

1 ~ 2PFLOPSの理論性能では、両ユニットを接続しても性能向上が期待できない(効率は80 ~ 90%)

■ < ユーザーニーズ >

国内のスパコンセンターに導入されているスカラシステムとベクトルシステムの割合は、スカラ=73%、ベクトル27%。ユーザーの数もそれに比例すると考えた場合、10:3は、概ねユーザー需要に応じた計算資源量と考えてよい

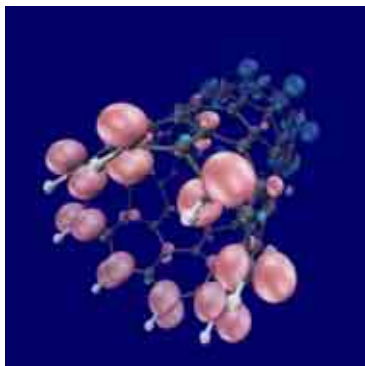
ただし、製造前に詳細設計の評価(アプリ性能、コスト、スケジュール)を実施することとしており、その結果によっては、比率を見直す可能性もある。

例1) ナノ・デバイスの高精細度シミュレーション

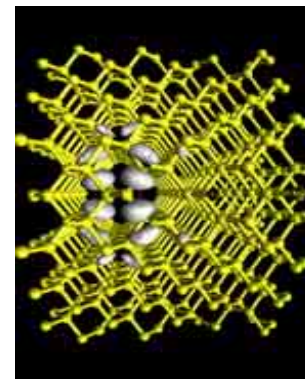
- ナノ・デバイスの基本構造を再現できる 10nm^3 以上(10万原子以上)の第一原理に基づく高精細度シミュレーションでは, 数万原子系のシミュレーションを数時間で実行する性能が必要.
- 理論性能10PFLOPSのシステム(実効性能 約5PFLOPS)により, 約10時間でシミュレーション可能と予測.

概念設計の結果から, 10PFLOPS(理論性能)のシステムで, シリコン5万原子系のシミュレーションを10時間で実行可能と推定.

- シミュレーションによる半導体デバイスの設計支援が可能.
 - 実験では2, 3週間の時間と十数人の人手が必要



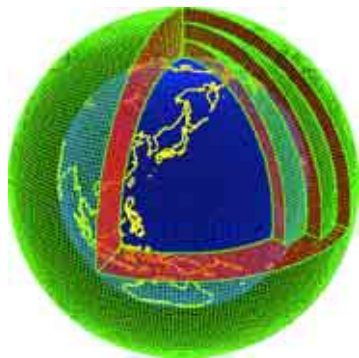
炭素ナノチューブ
でのスピン磁性



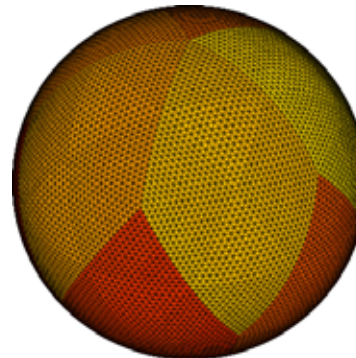
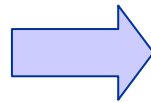
Si中原子空孔による
準位の電子雲

例2) 雲解像大気大循環モデルによる気候変動予測

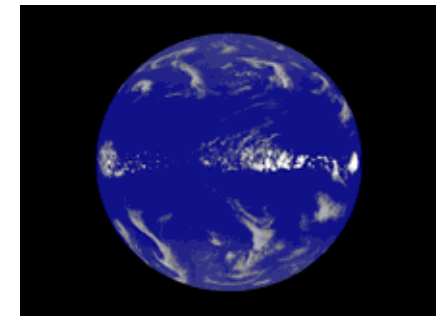
- 雲の振舞いを詳細に表現する大気大循環モデル(NICAM)を全球に適用して気候変動予測を行うためには、理論性能3PFLOPS超のユニットBが必要(実効性能約1PFLOPS)。
- 気候変動予測では、10年間の気候予測を数日でシミュレーションする性能が必要であるが、地球シミュレータで約1年3ヶ月(実効性能 約15TFLOPS)必要。
- 高精度の気候変動予測が可能となり、地球温暖化予測に貢献。



従来の大気大循環モデルの
計算格子

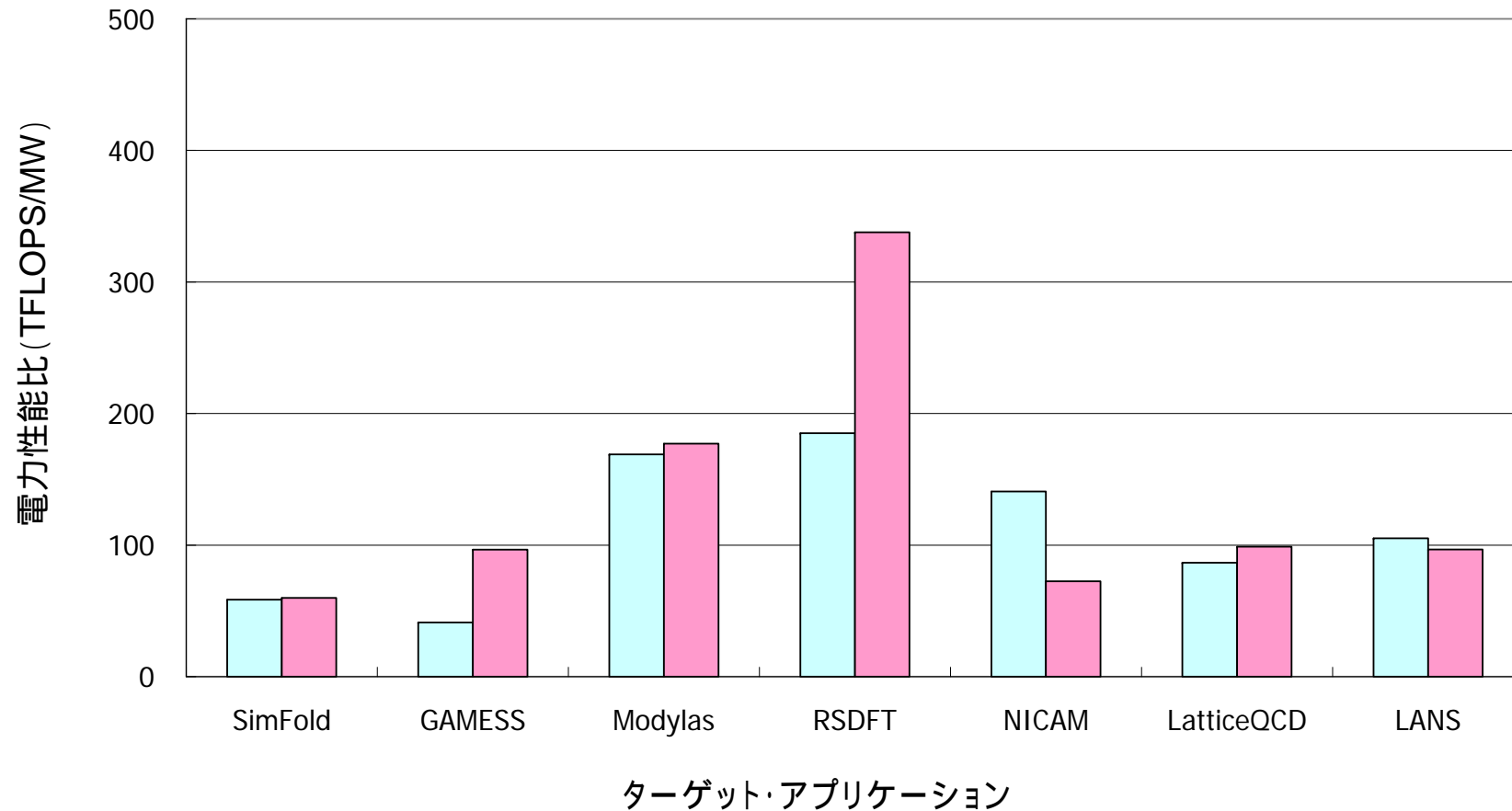


雲解像大気大循環モデル(NICAM)
の正20面体格子



3.5kmメッシュ全球雲解像モデル
による水惑星実験結果

ターゲット・アプリケーション実行時の電力性能比



- 統合システム (ユニットA): 理論性能11.2PFLOPS時の実効性能と消費電力の比
- 統合システム (ユニットB): 理論性能3.14PFLOPS時の実効性能と消費電力の比

両ユニットの特長

	ユニットA	ユニットB
プロセッサ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1CPUチップ当り128GFLOPSのSIMD演算器 ■ 1CPU当り8コア構成, 動作周波数2GHzで駆動 ■ コア当りSIMD拡張演算器(4FMA, 4逆数近似等), FPレジスタ128本 (SPARC-V9規格の4倍) ■ 6MBのL2キャッシュを8コアで共有, ハードバリア機構 ■ 命令リトライによる高信頼性 ■ メモリバンド幅: 0.5B/FLOPS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1CPUチップ当り256GFLOPSの高性能ベクトル演算器 ■ 1CPU当り4コア構成, 動作周波数2GHzで駆動 ■ コア当り8FMAx2セットの演算器と128KBの大容量ベクトルレジスタ ■ 8MBのL2キャッシュを4コアで共有しソフトウェアでも制御可能としたRDB (Reusable Data Buffering) 機能 ■ メモリバンド幅: ~ 1B/FLOP ■ 最大1TBまでの共有メモリ (NUMA) が利用可能
ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> ■ 18CPUを1セットとしたシャシ内を完全結合, シャシ間を3次元トラス結合した独自新規方式. ■ 隣接通信を重視した設計思想 ■ 次元毎に2シャシ単位で直方体分割することによるパーティション運用 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2段Fat tree (バイセクションバンド幅98TB/s) で384 Nノードを接続 ■ 光インターコネクション・ネットワークの採用 ■ 非同期転送, 同報機能, 高速バリア同期機能付きのデータ転送機能 ■ 入出力ポートの構成制御によるパーティショニング
ピーク性能決定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ■ 目標性能であるLINPACKの実効性能10PFLOPSを達成することを目標に設定. ■ ナノ・デバイスの高精細度シミュレーション等を実行するためには, 10PFLOPS超の理論性能が必要 (実効性能 約3-5PFLOPS). ■ 多くのユーザが利用可能なPCクラスタや並列サーバによる開発・実行環境からの連続性, プログラム移植性を重視. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 雲解像大気大循環モデルによる気候変動予測等には, 理論性能3PFLOPS超が必要 (実効性能 約1PFLOPS). ■ 地球シミュレータなどベクトルプロセッサ向けのプログラム資産の有効利用を図る.

開発経費について

- 開発・製作費総額: [REDACTED]
 - 〔 うち 国費分 : 780億円 〕
 - 〔 メーカー負担分 : [REDACTED] 〕



米国のHPCS計画のマッチングファンド(開発費 = 政府2 : 企業1) [REDACTED]

(8) システム構成案の比較

		単独で Linpack 10PF 超		複合型で Linpack 10PF 超 (Peak:3PF + 10PF)		
		F 案	NH 案	案 1	案 2	案 3
Linpack 性能	10PFLOPS					
	Top 1			×スケジュール遅延の見込み	×スケジュール遅延の可能性	
アプリ実効性能 (<3P)						
アプリ実効性能 (3~10P)						
アプリ実効性能 (>10P)				+	+	
汎用性		+ { CPU ネットワーク	{ CPU ネットワーク			
アプリ資産の活用						
消費電力 及び設置 面積	消費電力			×ルーターの消費電力	×NIC等の消費電力	
	設置面積			×ルーターの物量	×NIC等の物量	
技術力の 強化への 寄与等	革新性			異機種間の密結合	異機種間の密結合(標準規格)	
	発展性			×異機種間密結合の必要性?	×異機種間密結合の必要性?	
	拡張性					
	ビジネス展 開性			×Fは単独展開困難		
費用対効果		×民間資金は半分	×民間資金は半分	× ×密結合は利用が見込まれず	×密結合は利用が見込まれず	
スケジュール				× ×遅延の見込み	×遅延の可能性	
下方展開				×F単独の整備が困難		
要素技術の波及効果						
多様なユーザーの効率的な利用						
(システムの一体性)						

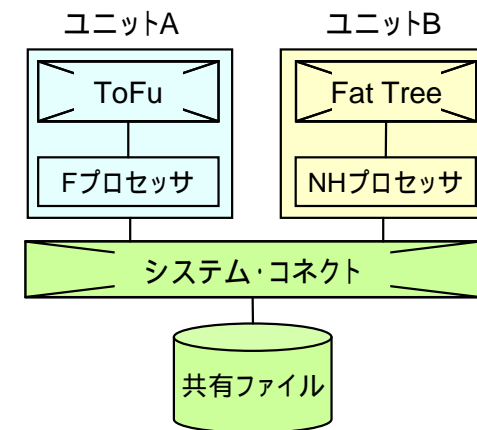
(9) 結論

F及びNH両者の提案は、それぞれに優れた特長を持ち、一方のみを選択することは、スパコン技術の将来の可能性とリスクを考慮すると適切とは言えず、共同開発の条件を満たし、かつ技術的、経費的な実現見通しがついたことから、両者の技術を開発して、一つのシステムを構成することが最善と判断。



- 演算加速機構を付加すること等により高性能化したスカラプロセッサ及び拡張性の高い新規のネットワーク構成によるスカラユニット(理論性能約10PFLOPS超)と、画期的な構成により高い演算性能を達成するベクトルプロセッサ及び汎用性・運用性の高い省電力ネットワーク構成によるベクトルユニット(理論性能約3PFLOPS超)の両者をシステムコネクで結合した統合汎用システムを開発する。
- これにより、少なくとも目標性能であるLinpackの実行性能10PFLOPSを達成する。

統合汎用スーパーコンピュータシステム



本システム構成案を採用する理由 . (共同開発の条件b.)

- 将来の我が国のスパコン開発の技術力, 国際競争力等の向上に一層貢献する .

世界的主流となっているスカラプロセッサに演算加速機構を付加したプロセッサと, 我が国が強みを持つベクトルプロセッサの改良型となる新しい汎用プロセッサを同時に開発することにより, 次世代以降のプロセッサの技術オプションを発展させ, 将来に向け国際競争力の一層の向上を図る
(= 次々世代の開発に繋げるために必要) .

世界的に大多数のスパコンシステムが採用しているスカラプロセッサにSIMD型演算加速機構を付加すること等によりさらに高性能化を図り, 将来に向け国際競争力を高めることは極めて重要 .

制御構造が単純なベクトルプロセッサは, スカラプロセッサに比べ演算性能を向上させることがより容易であり, 将来に向け更に高度化を図り技術を発展させることにより, 我が国の重要な基幹技術の一つとなり得る .

FとNH両者の競争関係が維持され, 国際的に強い技術を開発できる可能性が高まるとともに, 次々世代以降のCPU開発においては, 両者の技術を融合させることも視野に入れることが可能 .

本システム構成案を採用する理由 . (共同開発の条件a.)

■ 効率的なシミュレーションの実行及びシステムの運用が可能 .

両者のCPUを用いた統合汎用システムにより,ソフトウェア資産のより有効な利用や共用施設として効率的なユーザー対応ができるだけでなく,多くのアプリケーションで有効な複合シミュレーションのための最適なシステム環境を構築できる .

スカラプロセッサ向けに開発された多くのアプリケーションと地球シミュレータに代表されるベクトルプロセッサ向けに最適化されたアプリケーションの両方を容易かつ発展的に利活用でき,ソフトウェア資産のより多様な有効活用が可能となる .

多様なアプリケーションをそのアプリケーションに適したプロセッサで実行することにより,単独プロセッサによるシステムよりも計算資源を有効活用できる .

計算科学の多くのアプリケーションで見られる複合シミュレーションにおいて,最適な統合システム環境(スカラ+ベクトル)の構築が可能となる .

本システム構成案を採用する理由 . (共同開発の条件b.)

- 本プロジェクトの波及効果を最大化できる .

大学等の計算センターの多様なニーズを踏まえ、必要とされるスパコンの規模やアプリケーションに対応したより柔軟な下方展開が期待される . また、メーカーの競争関係も維持される .

CPU技術及びネットワーク技術の様々な要素技術が、家電や電子機器、ビジネスサーバー等へ幅広く展開されることが期待される .

人材を含めた両者のリソースをより多く投入できる共同開発により、費用対効果の高いシステム開発が可能。