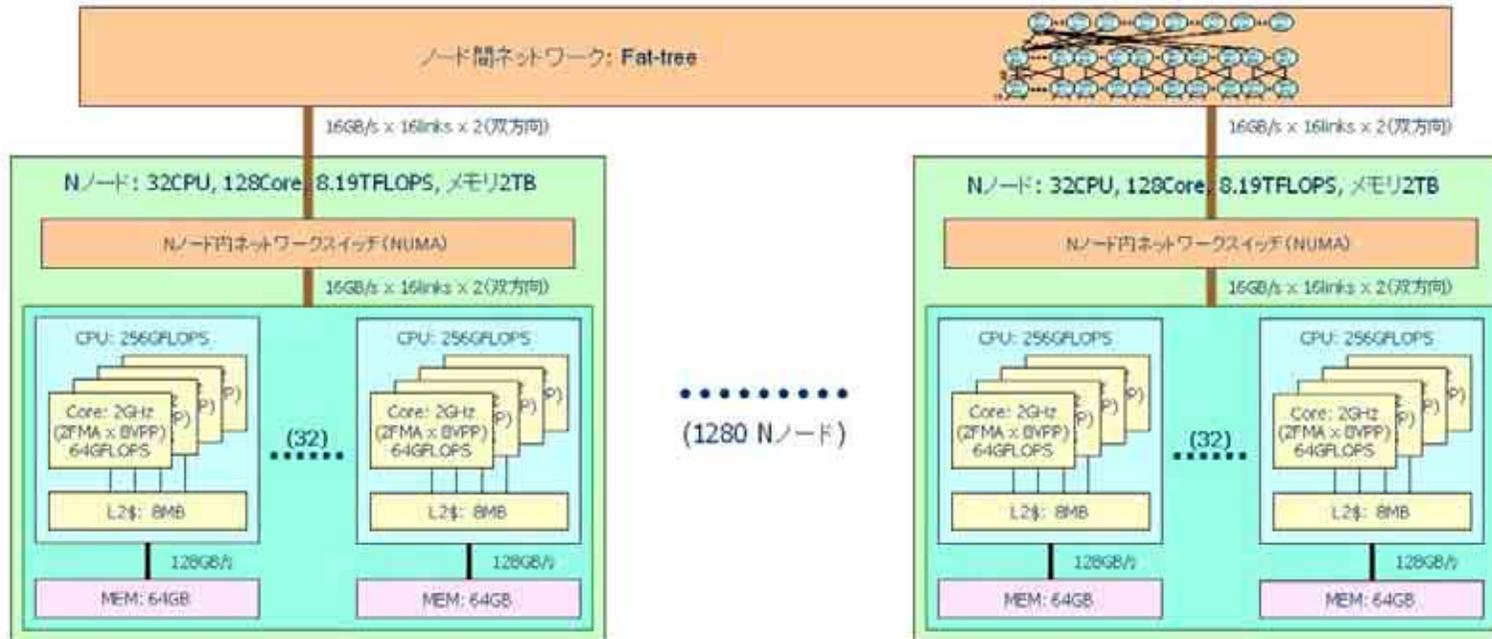


# 参考資料

# 概念設計結果【NH案】

## NH案のシステム構成

- 計算ノード数: 1,280 (Nノード), 40,960 (SMP)
  - CPU数: 40,960
  - コア数: 163,840
- ピーク演算性能: 10.48PFLOPS
- メモリ総容量: 2.5PB (Nノード当り2TB)
- インターコネクトネットワーク: Fat-tree
  - 3段のFat-treeを構成
  - ポート当り16GB/s双方向の32x32スイッチを採用
  - スイッチ間は20Gbpsの光接続
- 消費電力: 17.5MW (Linpack時, 磁気ディスク除く)



2007/4/27

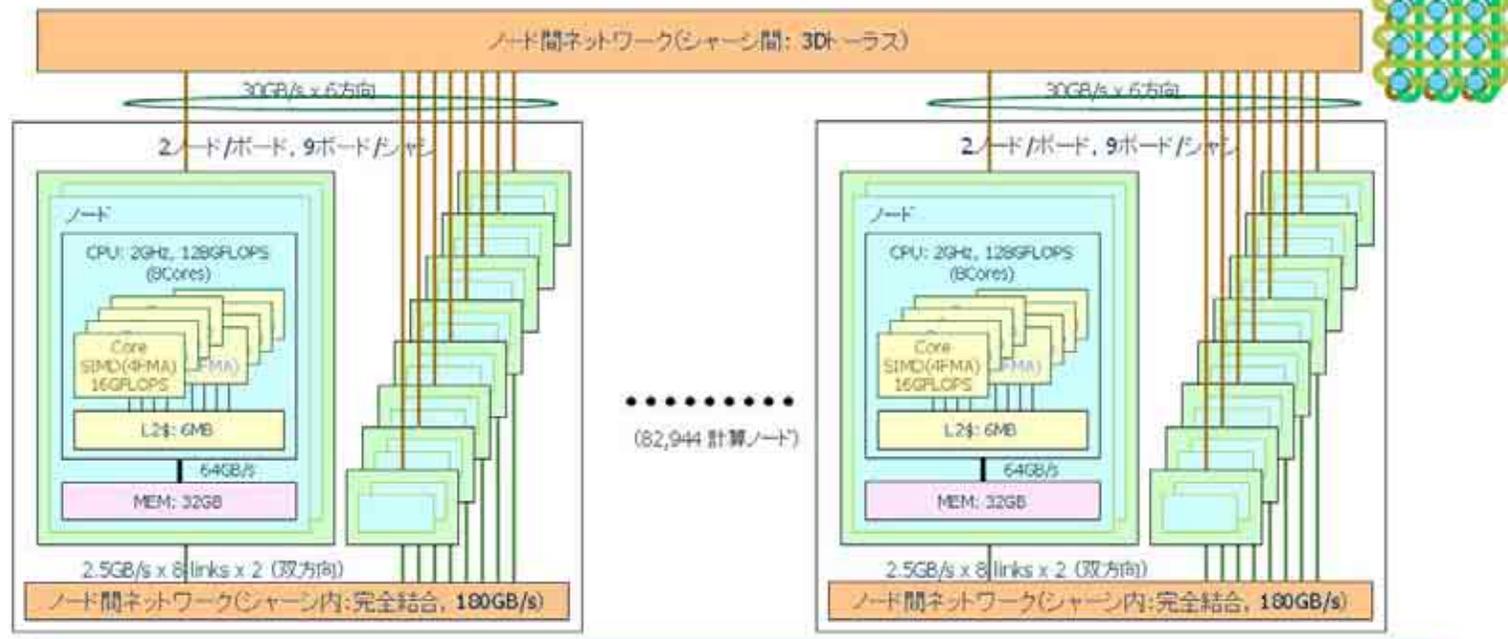
次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会(第4回)資料

4

# 概念設計結果【F案】

## F案のシステム構成

- 計算ノード数: 82,944
  - CPU数: 82,944
  - コア数: 663,552
- ピーク演算性能: 10.61PFLOPS
- メモリ総容量2.53PB(計算ノード当り32GB)
- インターコネクネットワーク
  - ToFu: 完全結合+3Dトラス
  - 18CPUを1セットとしたシャシ内を完全結合
  - シャシ間(総数4608シャシ)を3Dトラスで結合
    - リンク当り5.0GB/s×2, 1シャシから30GB/s×6方向
- 消費電力: 15.5MW (Linpack時, 磁気ディスク除く)



2007/4/27

次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会(第4回)資料

7

# 概念設計結果の比較(1/2)

## 提案システム全体の比較

	NH案	F案
ピーク演算性能(PFLOPS)	10.48	10.61
総メモリ容量(PB)	2.50	2.53
総ディスク容量(PB)	140	140
設置面積:計算装置部/全体(m <sup>2</sup> )	1,446 / 2,976	1,475 / 3,198
消費電力:計算装置部/全体(MW)	17.5 / 23 (Linpack時)	15.5 / 22.8 (Linpack時)
総計算ノード数(=CPUチップ数)	40,960	82,944
総演算コア数	163,840	663,552
計算ノード間ネットワーク	Fat Tree	複合(完全結合+3Dトラス)

# 概念設計結果の比較 (2/2)

## 提案システムの演算部性能の比較

		NH案	F案	
演算コア	動作周波数 (GHz)	2		
	演算性能 (GFLOPS)	64	16	
	演算加速機構 (演算器数)	ベクトル型 (16: 2FMA × 8VPP)	SIMD型 (4FMA)	
	レジスタファイル	ベクトルレジスタ 256要素 × 64本	スカラーレジスタ 128本	
CPUチップ (計算 ノード)	演算性能 (GFLOPS)	256	128	
	演算コア数	4	8	
	メモリバンド幅 (Byte/Flop)	0.5		
	L2 キャッシュ	容量 (MB)	8	6
		Byte/Flop	4	2
特殊機構		選択的登録機構	ライン・ロック機構	

# 概念設計結果に対する考察(1/2)

## 提案システムに対する考察(その1)

- 両者共通の設計思想: 高性能・低電力システムを追求
- 電力対性能を重視した並列アーキテクチャ
  - 動作周波数(2GHz)を押さえて電力低減
  - マルチコア: 半導体高集積技術の活用
  - Thinノード: Fatノードに比べ電力対性能比で優位
  - 超並列: NH案 40,960ノード, F案 82,944ノード
- 演算加速機構(演算器数増強)とレジスタファイル
  - コアあたりの演算器数増強による効率よい高速演算
  - 多数演算器に見合ったレジスタファイル装備
- HPC指向のオンチップ・メモリ・アーキテクチャ
  - キャッシュ, ローカルメモリ混在アーキテクチャ

# 概念設計結果に対する考察(2/2)

## 提案システムに対する考察(その2)

- 電力対性能比, 及び面積対性能比はほぼ同等
- 計算ノードの並列度は大差なし(2:1)
  - NH案 : 約4万計算ノード(演算コア: 約16万)
  - F案 : 約8万計算ノード(演算コア: 約66万)
- 設計思想の違い
  - 演算加速機構
    - NH案 : ベクトル型 ⇒ 演算器拡張性重視
    - F案 : SIMD型 ⇒ 汎用性, 柔軟性重視
  - 計算ノード間ネットワーク
    - NH案 : Fat Tree ⇒ 汎用性重視
    - F案 : 3Dトーラス ⇒ 次々世代を見据えた拡張性重視

# システム構成案の比較

## (8)システム構成案の比較

		単独で Linpack10PF 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	○	○	○	○	○
	Top1	○	○	△ ×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)		◎	◎	○	○-	△

# システム構成概要【理研案】

## <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4,000m<sup>2</sup>以下
- 電力性能比: 2MW/PFLOPS以下
- 面積性能比: 300m<sup>2</sup>/PFLOPS以下

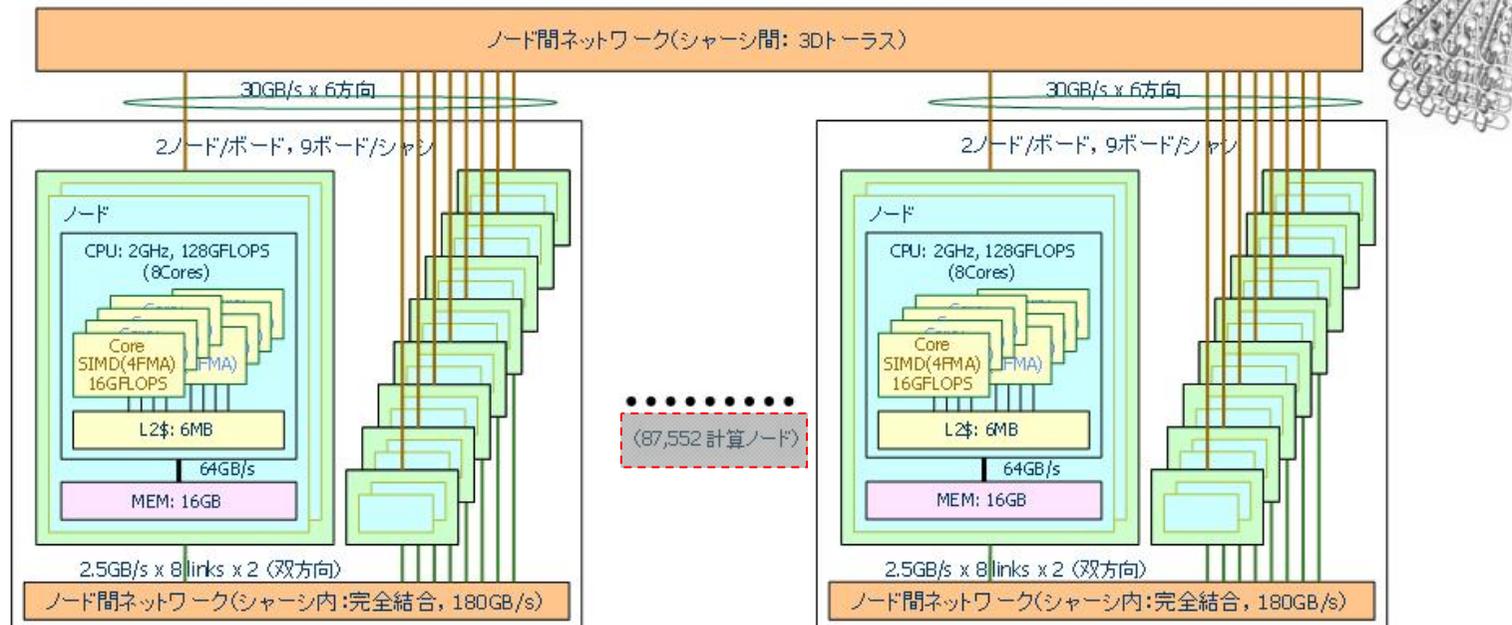
- 統合システム機能
  - 統合ポータル
  - 統合コンソール
  - 統合スケジューラ



# ユニットAの構成図【概念設計評価時】

## ユニットAの構成図

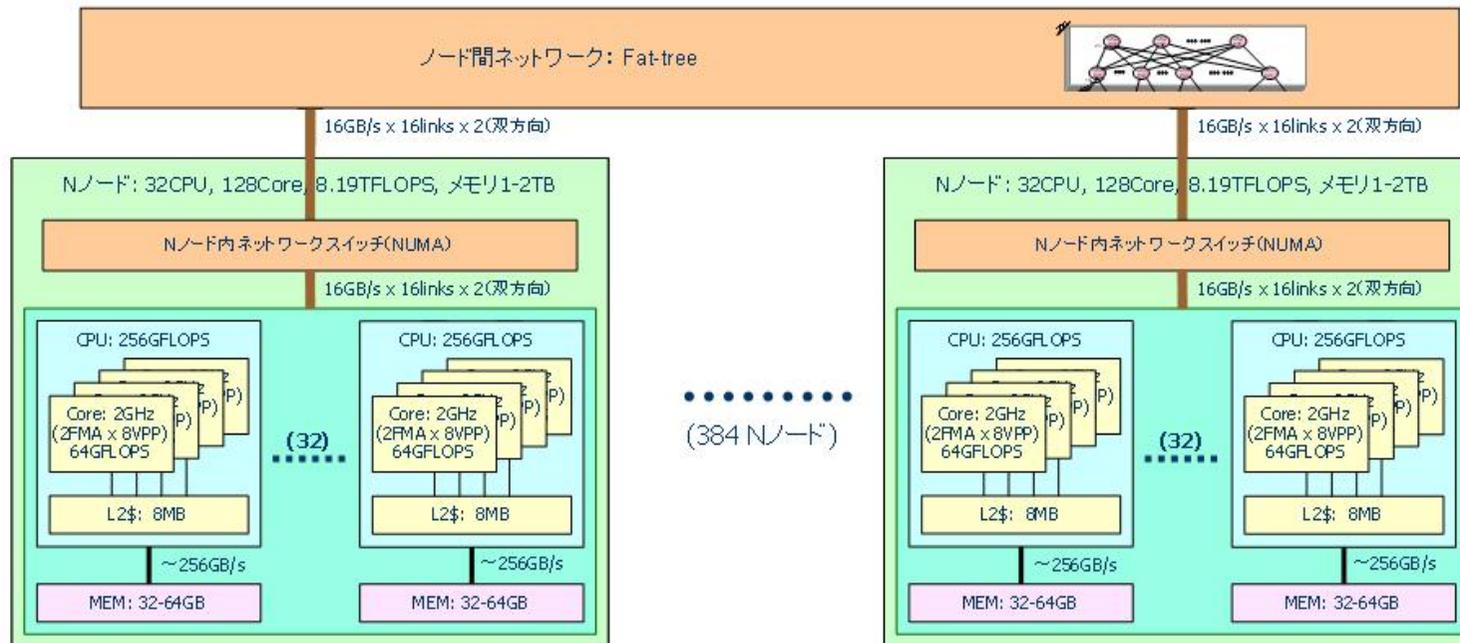
- 計算ノード数: 87,552
  - CPU数: 87,552
  - コア数: 700,416
- ピーク演算性能: 11.2PFLOPS
- メモリ総容量: 1.34PB (計算ノード当り16GB)
- ネットワーク: ToFuインターコネクト (完全結合+3Dトラス)
  - 18CPUを1セットとしたシャシ内を完全結合
  - 20x16x16 (=5,120)シャシを3Dトラスで結合
- 消費電力: 15.2 MW (Linpack時推定, 磁気ディスク除く)



# ユニットBの構成図【概念設計評価時】

## ユニットBの構成図

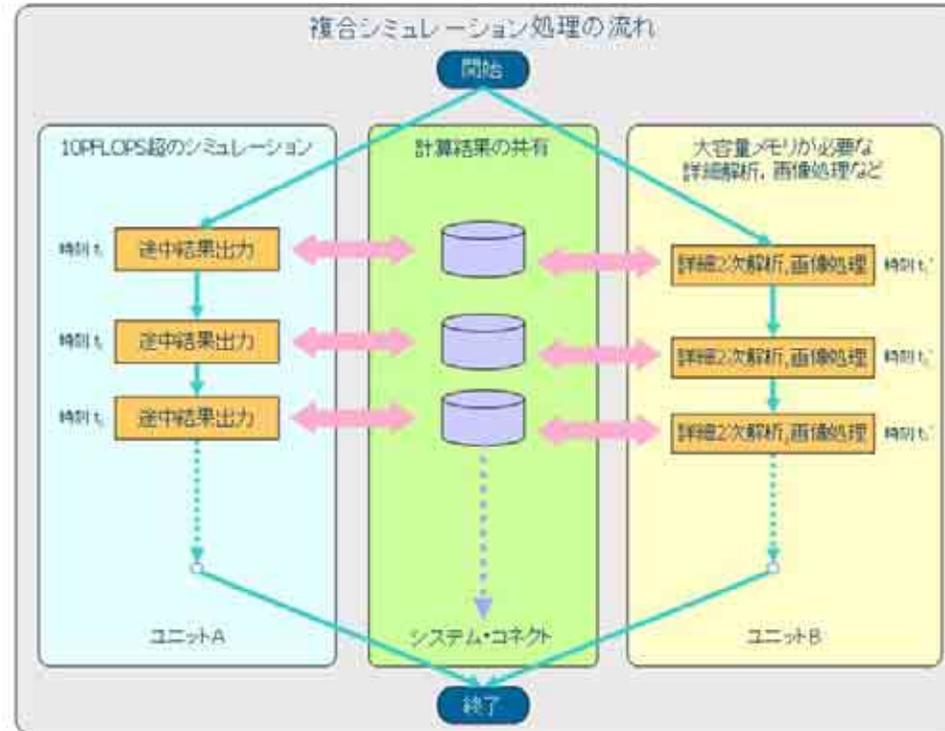
- 計算ノード数: 12,288 (384 Nノード)
  - CPU数: 12,288
  - コア数: 49,152
- ピーク演算性能: 3.14PFLOPS
- メモリ総容量: 0.375-0.75PB(計算ノード当り32-64GB)
- Nノード: 32CPUs, NUMAノード, 1TB-2TB共有メモリ
- 2段Fat-treeネットワーク: (24 + 16) x 16プレーン
- 消費電力: 約7MW(周辺機器を含む)
- 設置面積: 約900m<sup>2</sup>(周辺機器を含む)



# 統合シミュレーション例(その1)

## On-the-fly複合シミュレーション

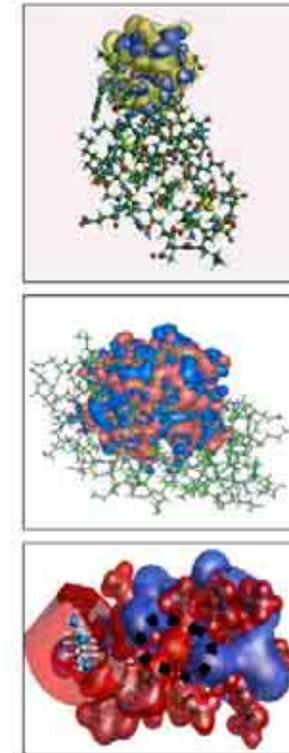
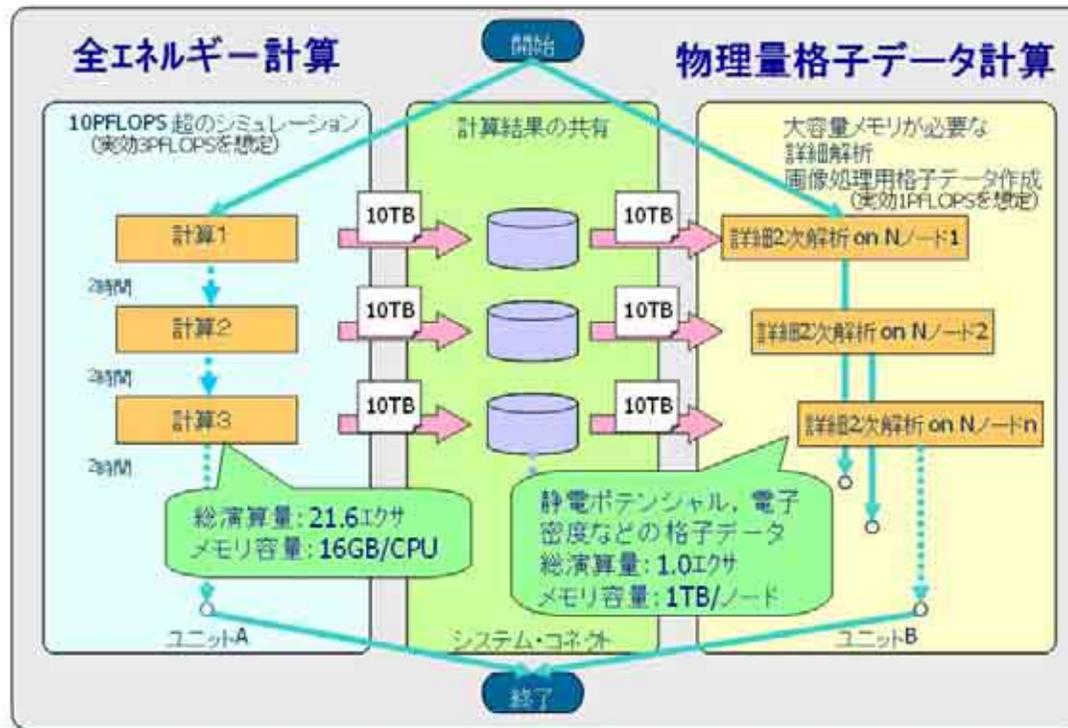
- 統合システムによる複合シミュレーションにおいて、ある時刻ごとに出力される途中結果の流れ作業的なデータ解析、及び画像処理に最適なシステム。
- 各ユニットとシステム・コネクタの連携により、一連のデータ処理の短縮化が可能。
- 大規模かつ長時間シミュレーションの途中結果のモニタリングによる計算資源の有効活用が可能。



# 統合シミュレーション例(その2)

## On-the-fly複合シミュレーションの例(分子軌道計算)

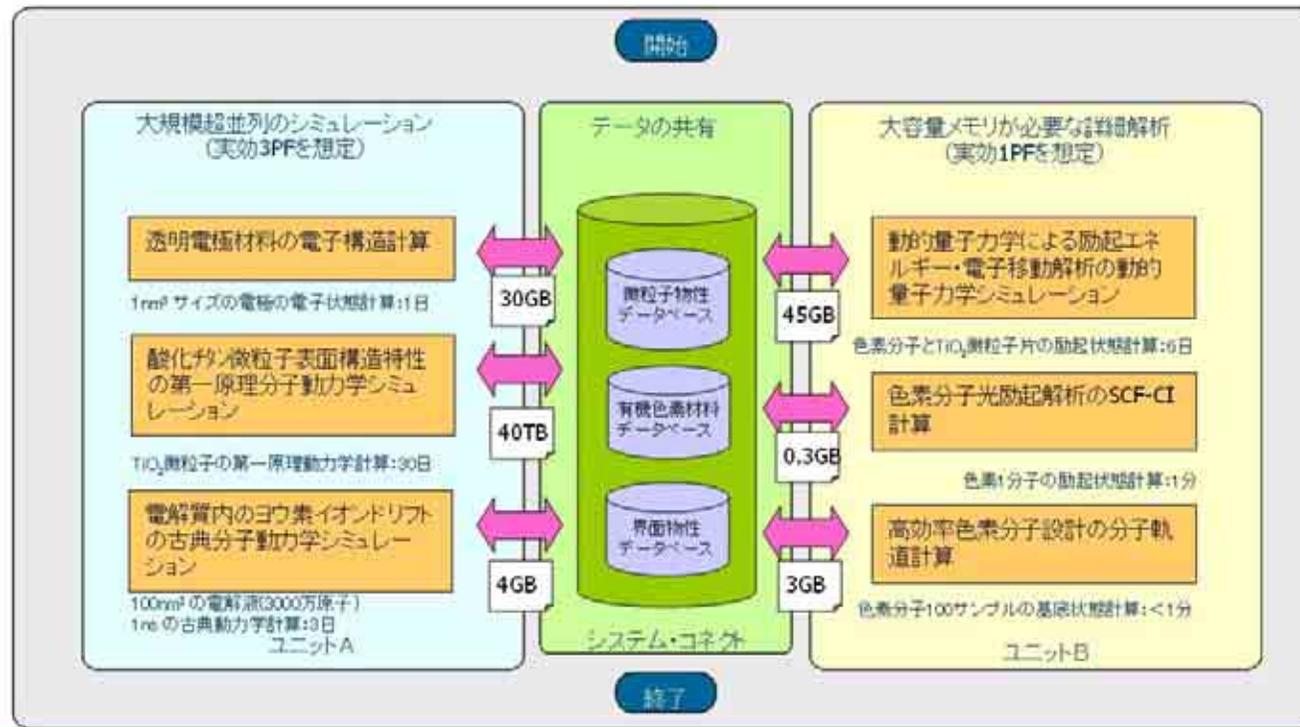
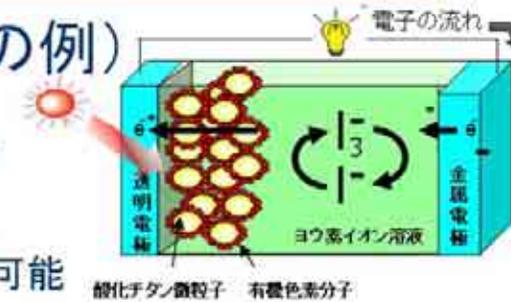
- タンパク質を含む10万原子系の分子軌道計算をユニットAで実施.
- ユニットAを使い2時間程で, 10TBの計算結果を出力.
- ユニットBで, 各データのCG解析用格子データを作成.



# 統合シミュレーション例(その3)

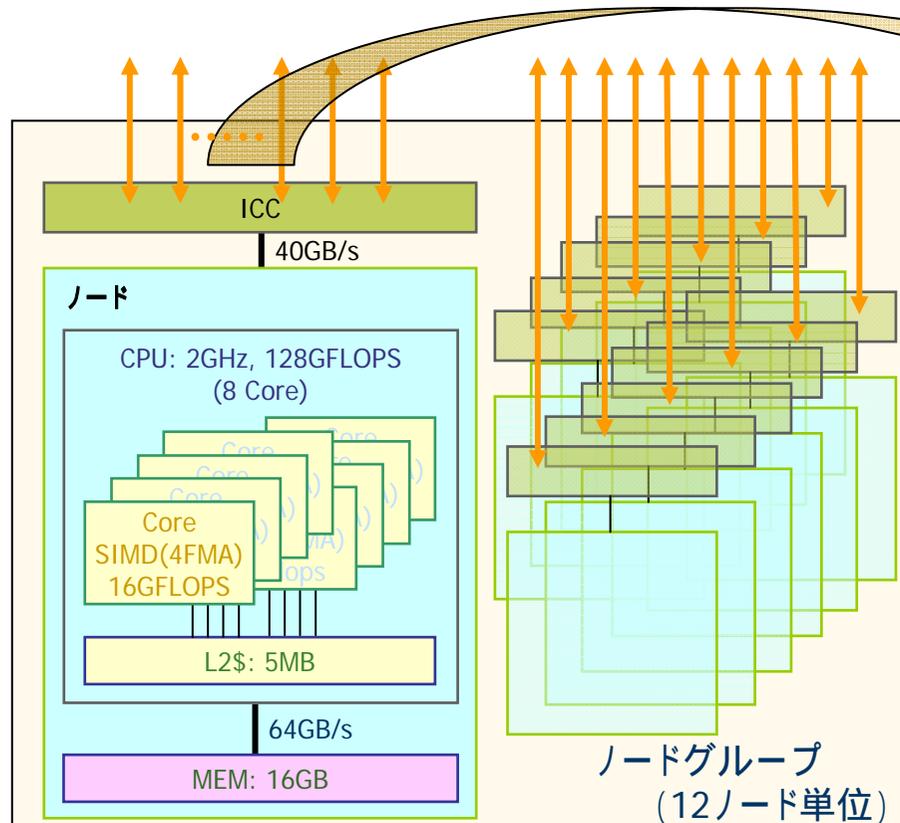
## 複合シミュレーション(太陽電池設計の例)

- 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

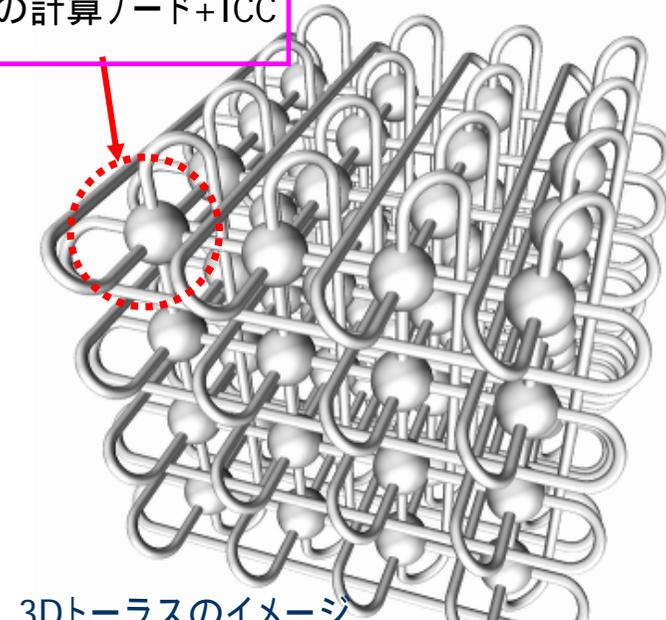


# スカラ部の構成図【詳細設計その3終了後, 現在】

- 計算ノード数: 88,128
  - CPU数: 88,128
  - コア数: 705,024
- ピーク演算性能: 11.28PFLOPS
- メモリ総容量: 1.34PB(計算ノード当り16GB)
- 計算ノードのうち, IOノード数: 5,184
  - 計算ノード17個のうち, 1ノードはIOにも利用
- ネットワーク: Tofuインターコネクト(6Dメッシュ/トラス)
  - $24 \times 18 \times 17 \times 2 \times 3 \times 2 (= 88,128)$
  - プログラムビューは3次元トラス



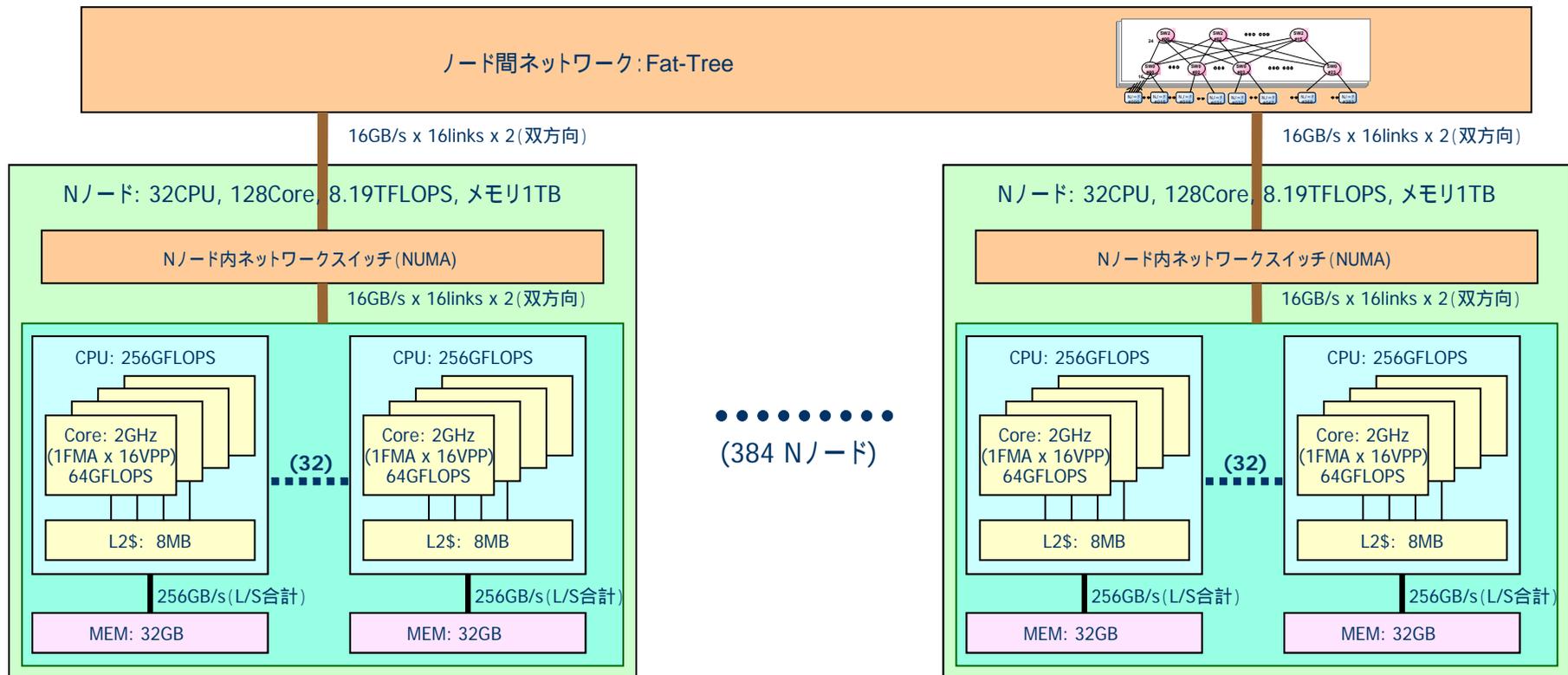
一組の計算ノード+ICC



3Dトラスのイメージ

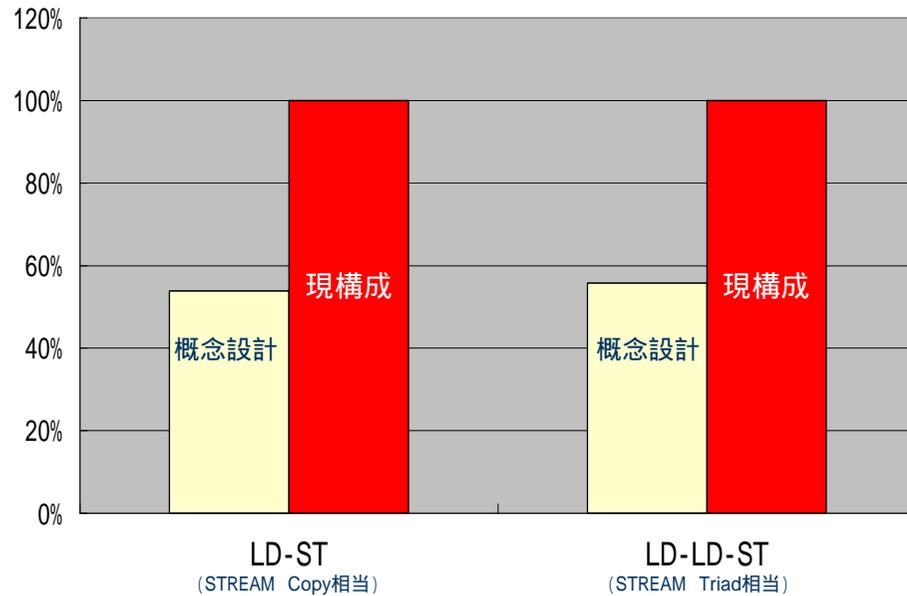
# ベクトル部の構成図【詳細設計その3終了後, 現在】

- 計算ノード数: 12,288 (384 Nノード)
  - CPU数: 12,288
  - コア数: 49,152
- ピーク演算性能: 3.14PFLOPS
- メモリ総容量: 0.375PB (計算ノード当り32GB)
- 2段Fat-treeネットワーク: (24 x 16) x 16プレーン
- 消費電力: 約7MW (周辺機器を含む)
- 設置面積: 約1070m<sup>2</sup> (周辺機器を含む, 柱部分含む)

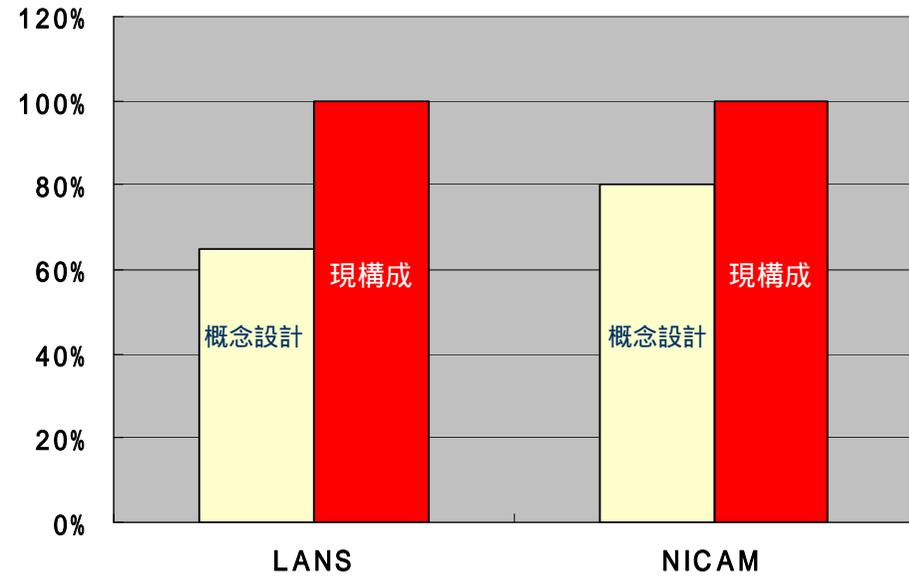


# メモリ性能増強 (0.5B/FLOP → 1B/FLOP) による効果

現構成を100%とした場合の相対値



現構成を100%とした場合の相対値



# 開発スケジュール【概念設計評価時】

