

SX-9導入披露&
SENAC完成50周年記念式典

スーパーコンピュータの技術開発と
次世代スーパーコンピュータプロジェクト

平成20年11月14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
プロジェクトリーダー
渡辺 貞

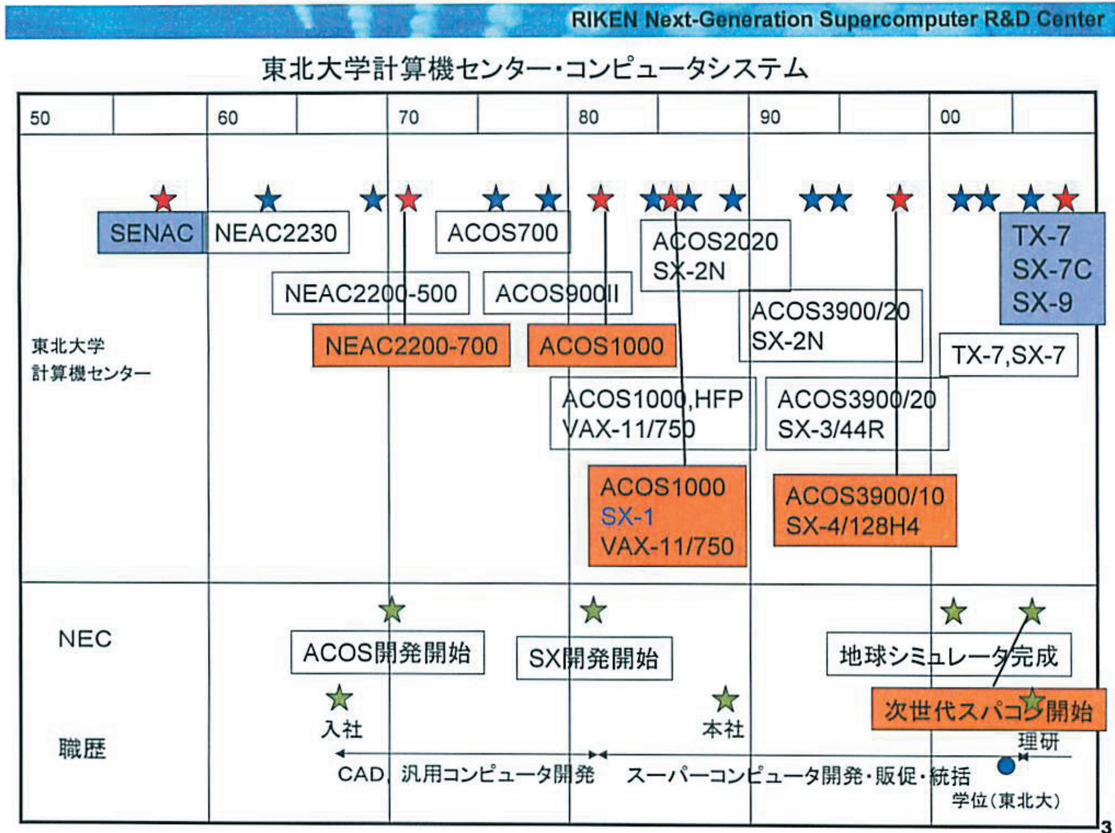
1

内容

- スーパーコンピュータの技術開発
- 次世代スーパーコンピュータプロジェクト

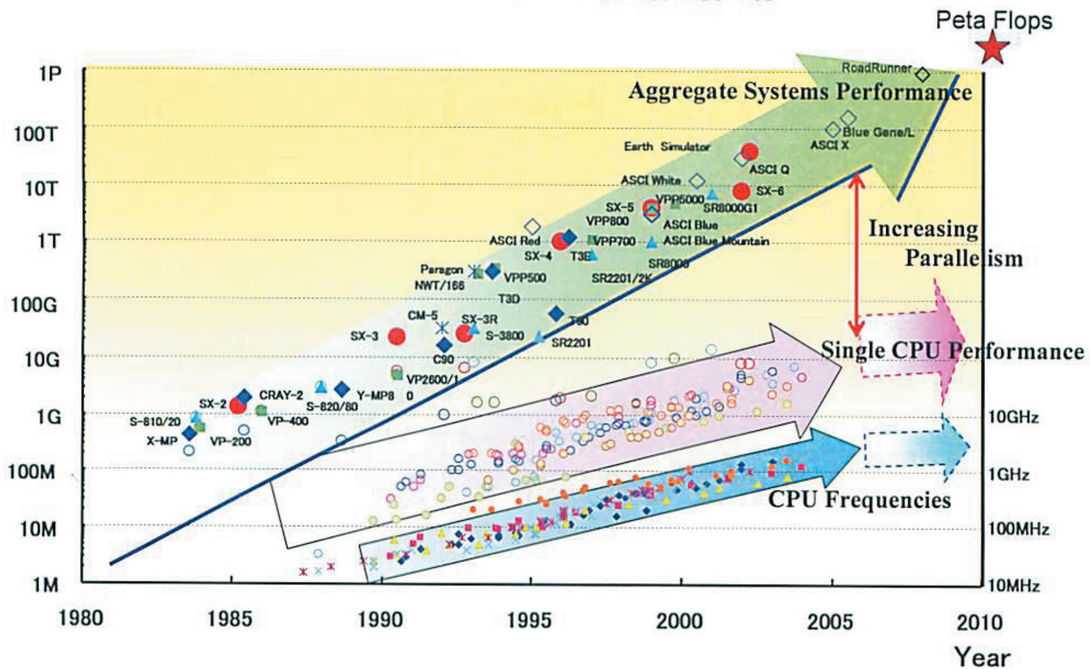
(資料提供: NEC)

2



RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center

スーパーコンピュータの性能推移



70年代と現在のスーパーコンピュータ



Cray-1(1976)

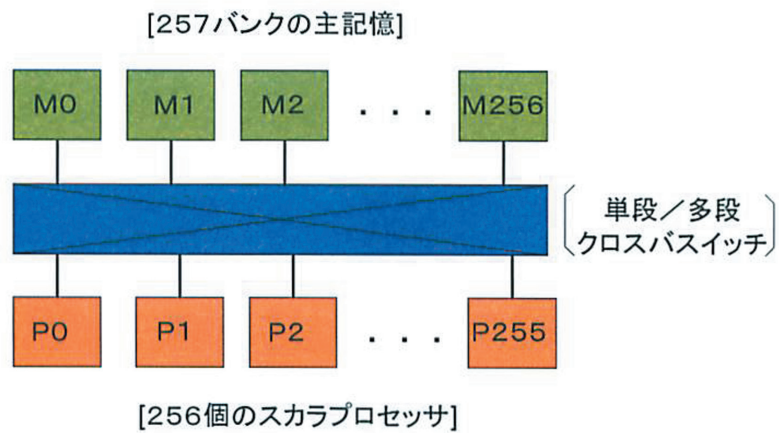
Sourced from http://www.thocp.net/hardware/cray_1.htm



地球シミュレータ(2002)

5

最初に検討したシステム

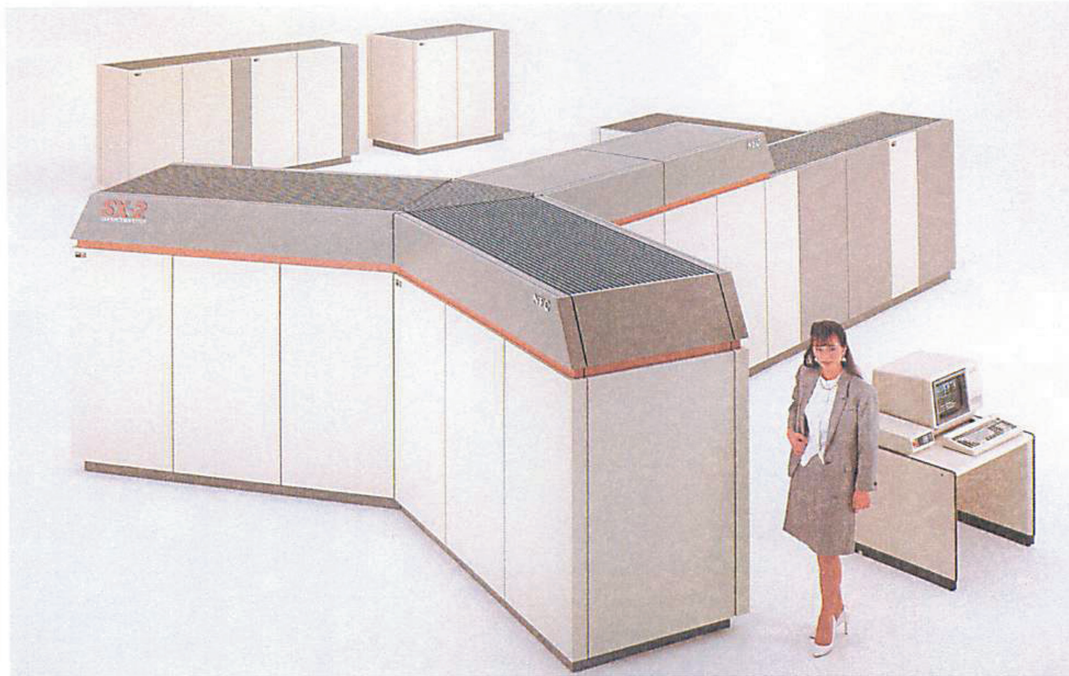


コンフリクトフリー・並列処理システム

6

RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center

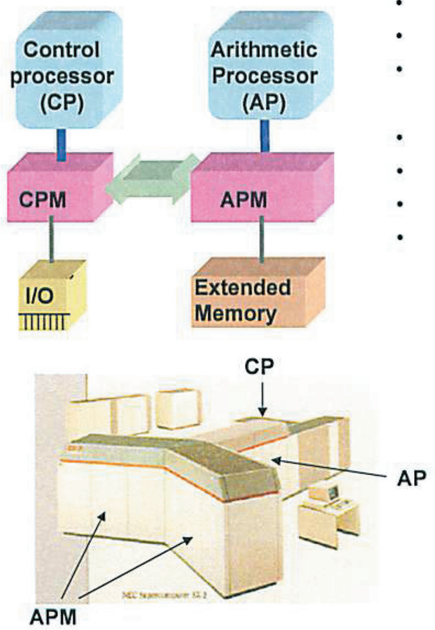
SX-2



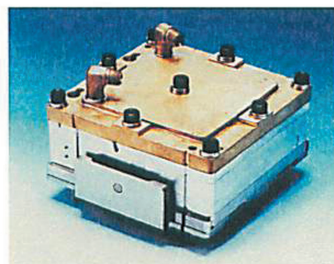
7

RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center

SX-1/SX-2 システム構成



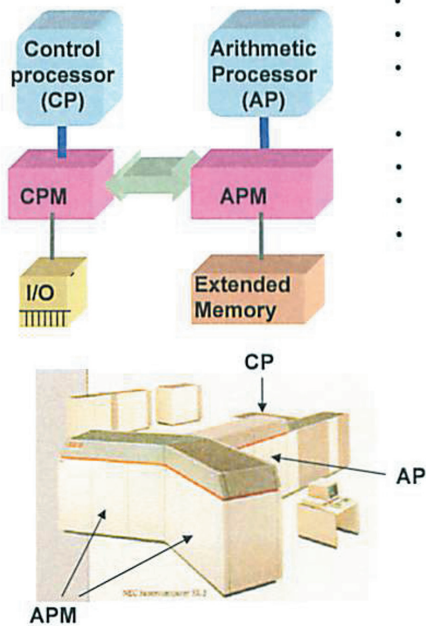
- Heterogeneous Multiprocessing Architecture
- 1.3GF Peak Vector Performance
- 1GB(APM) + 64MB(CPM) Memory Capacity (APM:SRAM, CPM:DRAM)
- 11GB/s Memory bandwidth
- 192MB/s I/O Bandwidth
- Power Consumption 160kVA
- Space 6.4m*4.3m



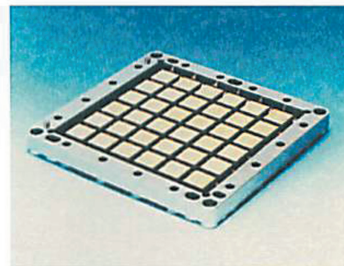
Liquid Cooling Module

8

SX-1/SX-2 システム構成



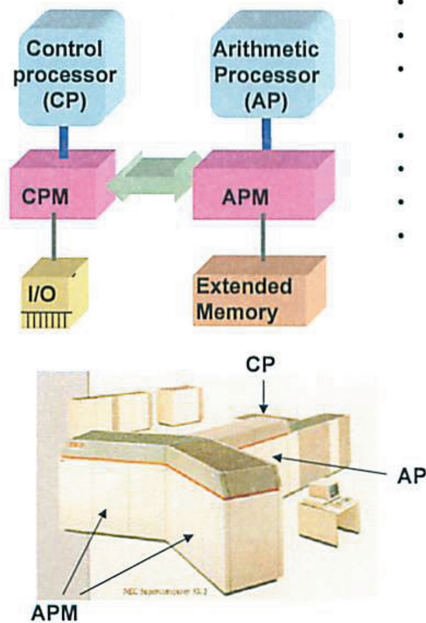
- Heterogeneous Multiprocessing Architecture
- 1.3GF Peak Vector Performance
- 1GB(APM) + 64MB(CPM) Memory Capacity (APM:SRAM, CPM:DRAM)
- 11GB/s Memory bandwidth
- 192MB/s I/O Bandwidth
- Power Consumption 160kVA
- Space 6.4m*4.3m



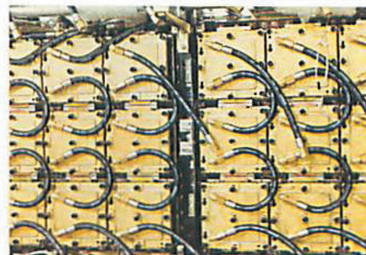
Multi Chip Package

9

SX-1/SX-2 システム構成



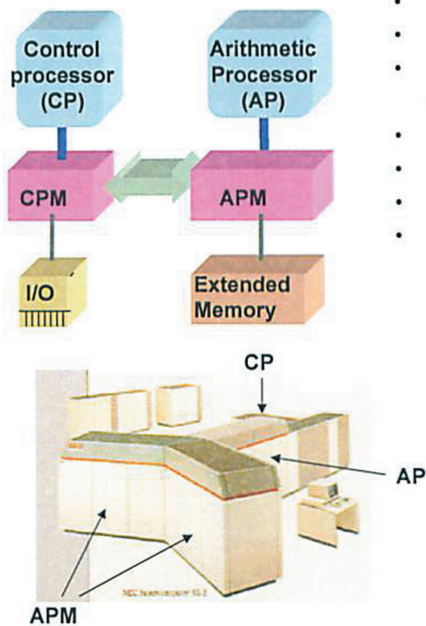
- Heterogeneous Multiprocessing Architecture
- 1.3GF Peak Vector Performance
- 1GB(APM) + 64MB(CPM) Memory Capacity (APM:SRAM, CPM:DRAM)
- 11GB/s Memory bandwidth
- 192MB/s I/O Bandwidth
- Power Consumption 160kVA
- Space 6.4m*4.3m



Liquid Cooling Modules

10

SX-1/SX-2 システム構成

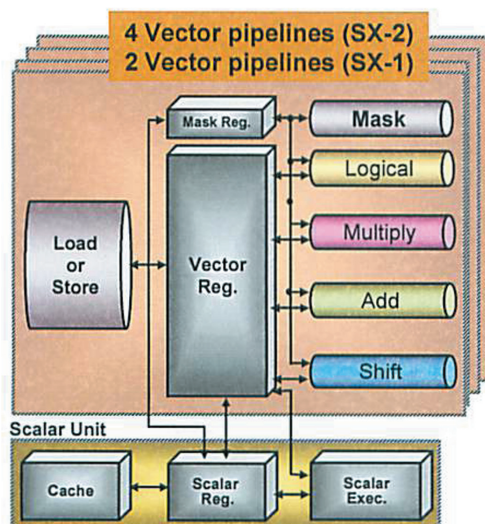


- Heterogeneous Multiprocessing Architecture
- 1.3GF Peak Vector Performance
- 1GB(APM) + 64MB(CPM) Memory Capacity (APM:SRAM, CPM:DRAM)
- 11GB/s Memory bandwidth
- 192MB/s I/O Bandwidth
- Power Consumption 160kVA
- Space 6.4m*4.3m



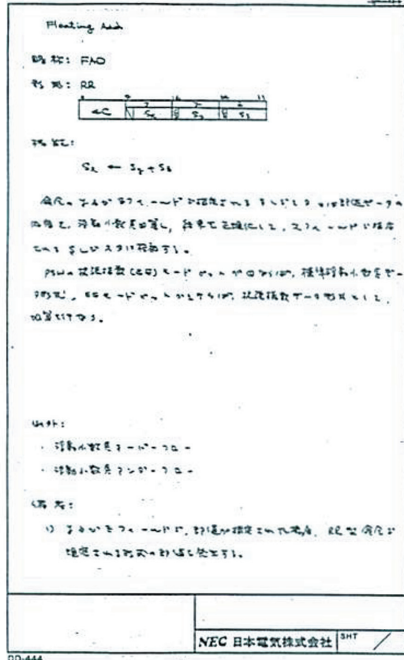
Liquid Cooling Modules

SX-1/SX-2 CPU アーキテクチャ



- 6ns Machine Cycle(167MHz)
- Vector Peak Performance 1.3GFLOPS/670MFLOPS
- Memory Bandwidth 11GB/s / 5.3GB/s

ISA (Instruction Set Architecture)

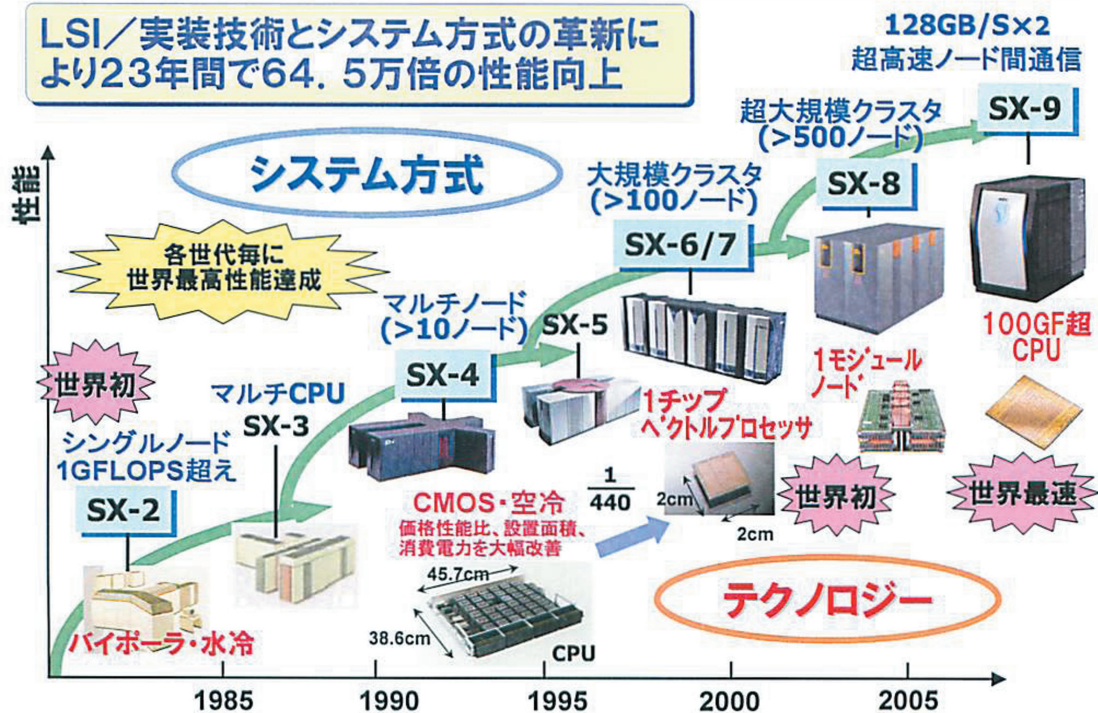


RISC with Vector Feature

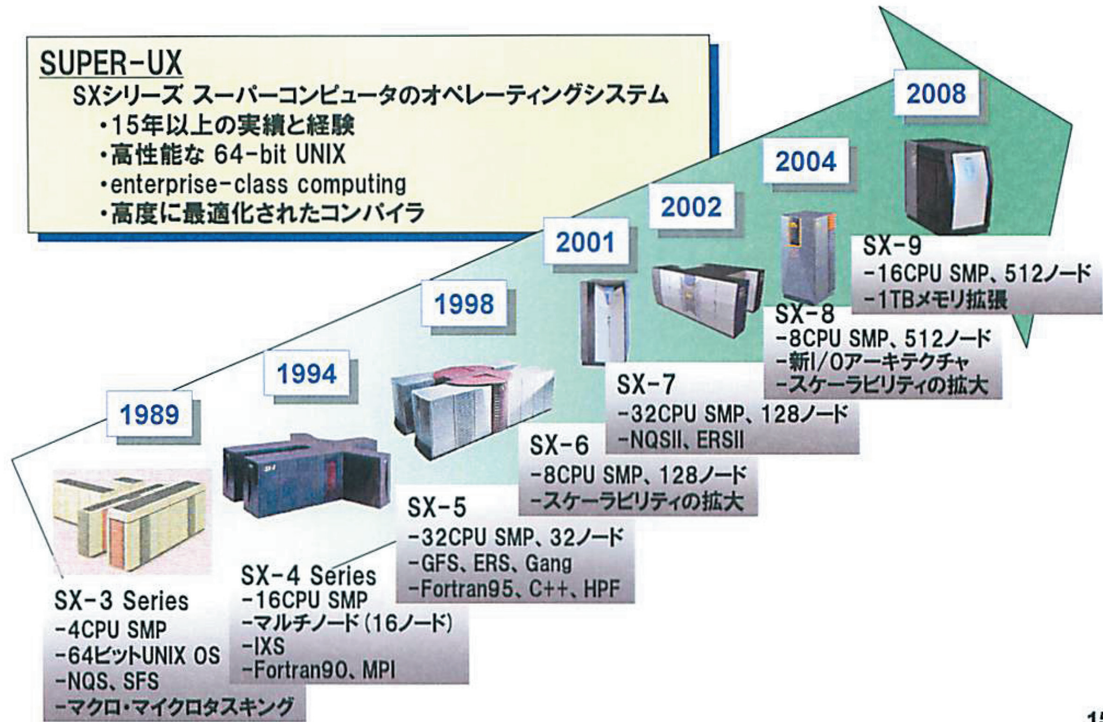
Scalar Register	64b/w x 128
Vector Arithmetic Register	256w x 8
Vector Data Register	256w(reconfigurable) x 32
D/I - Cache	64KB
I - Cache	2KB
Paged Memory Addressing	
Out-of-order Execution	
Branch Prediction	

スーパーコンピュータSXシリーズの進化

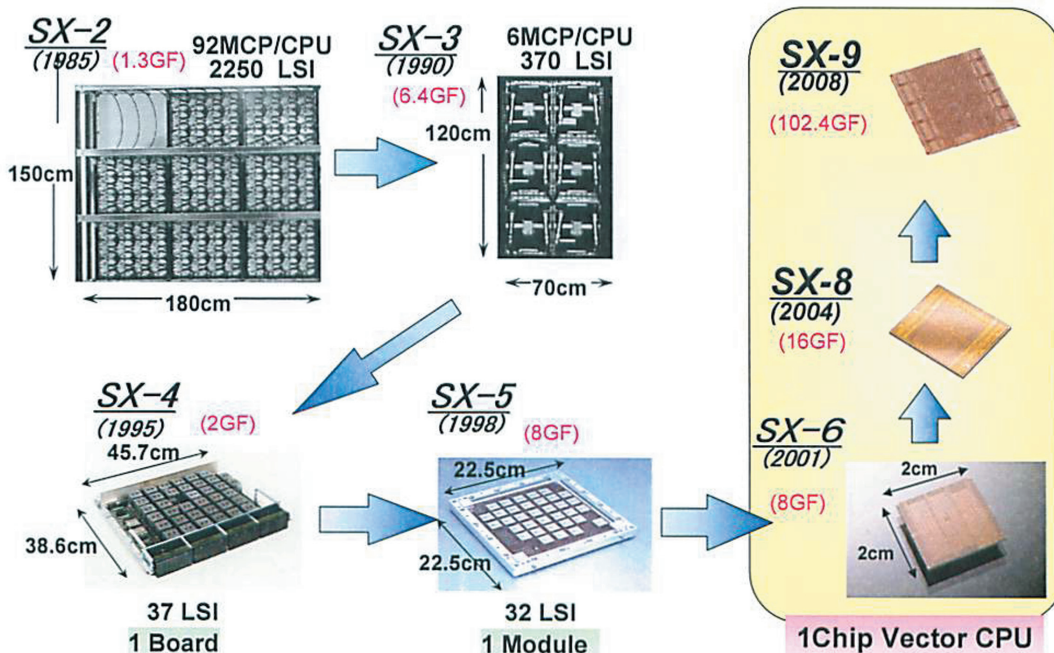
LSI/実装技術とシステム方式の革新により23年間で64.5万倍の性能向上



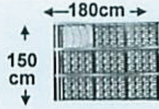

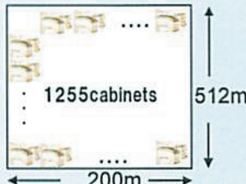
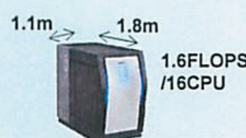
RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center
SUPER-UXの歴史



RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center
SX CPUの進化



SXシリーズ23年間の技術革新

	'85(SX-2)	'08(SX-9)	(SX-9/SX-2)
CPU Performance	1.3GFLOPS	102.4GFLOPS	78.8倍
System Performance	1.3GFLOPS	838TFLOPS	64.5万倍
# of CPUs	1	8192	8,192倍
Total Memory Capacity	256MBytes	512TBytes	210万倍
CPU Size			6,750分の1
#of chips per CPU	2,250chips	1chip	2,250分の1
System Size			51,700分の1

17

次世代スーパーコンピュータプロジェクトの概要

18

RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center

国家基幹技術の着実な推進

国家の総合的な安全保障の向上、世界最高の研究機能の実現を目指す国家基幹技術について、国家的目標と長期戦略を明確にして研究開発を推進する。

<p>宇宙輸送システム</p> <p>我が国が必要時に宇宙空間に人工衛星等を打ち上げる能力を確保・維持</p>  <p>基幹ロケット「H-IIA」</p>	<p>海洋地球観測探査システム</p> <p>衛星や海洋探査技術による全球的な観測・監視技術の開発を行うとともに、これらの観測データを統合してユーザーに提供</p>  <p>地球探査船「ちきゅう」</p>	<p>高速増殖炉サイクル技術</p> <p>ウラン・プルトニウム等の核燃料の再利用による長期的なエネルギーの安定供給を確保</p>  <p>高速増殖炉原型炉「もんじゅ」</p>
<p>次世代スーパーコンピュータ</p> <p>最先端・高性能汎用の次世代スーパーコンピュータ(1秒間に1京回の計算性能)を平成22年度の稼働、平成24年の完成を目指して開発するとともに、利用のためのソフトウェアの開発を推進</p>  <p>次世代スーパーコンピュータ施設のイメージ</p>	<p>X線自由電子レーザー</p> <p>原子レベルの超微細構造や化学反応の超高速動態・変化を瞬時に計測・分析が可能な世界最高性能の研究施設を整備し、欧米に先んじる成果を創出</p>  <p>X線自由電子レーザーの一部</p>	

RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center

「次世代スーパーコンピュータ」プロジェクト

平成20年度予算 : 145 億円
 平成18～24年度(総事業費) : 1,154 億円

1. 目的 世界最先端・最高性能の次世代スーパーコンピュータの開発・整備及び利用技術の開発・普及

2. 概要

理論、実験と並び、現代の科学技術の方法として確固たる地位を築きつつある計算科学技術をさらに発展させるため、長期的な国家戦略を持って取り組むべき重要技術(国家基幹技術)である「次世代スーパーコンピュータ」を平成22年度の稼働(平成24年の完成)を目指して開発する。

今後とも我が国が科学技術・学術研究、産業、医・薬など広汎な分野で世界をリードし続けるべく、

(1) 世界最先端・最高性能の「次世代スーパーコンピュータ(注)」の開発・整備

(注) 10ペタFLOPS級

(1ペタFLOPS: 1秒間に1千兆回の計算)

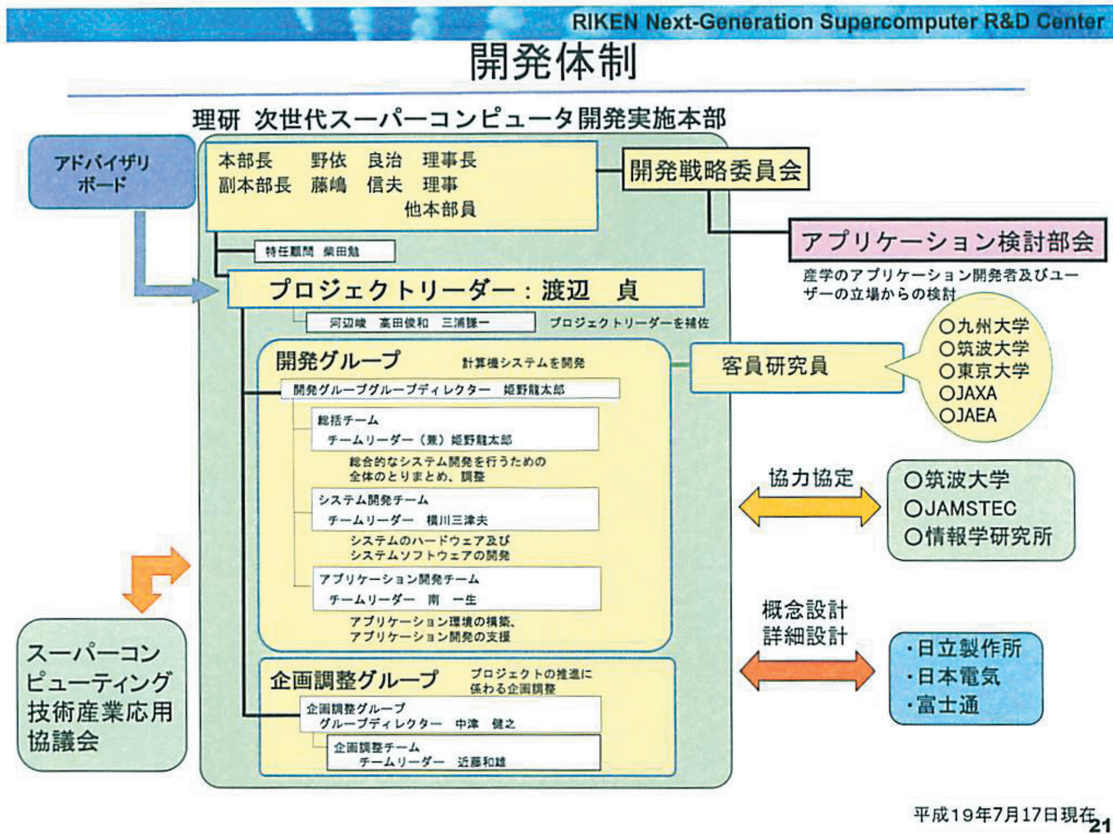
(2) 次世代スーパーコンピュータを最大限活用するためのソフトウェアの開発・普及

(3) 上記(1)を中核とする世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点(COE)の形成を文部科学省のイニシアティブにより、開発主体(理化学研究所)を中心に産学官の密接な連携の下、一体的に推進する。

3. 体制

(1) 開発主体である独立行政法人理化学研究所を中心とした産学連携体制を構築。

(2) 特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律を整備し(平成18年7月施行)、産学官の研究者等に幅広く開かれた共用施設として位置付け。



RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center
開発日程

		平成18年度 (2006)	平成19年度 (2007)	平成20年度 (2008)	平成21年度 (2009)	平成22年度 (2010)	平成23年度 (2011)	平成24年度 (2012)
システム	演算部 (スカラ部、ベクトル部)	概念設計 / 詳細設計		試作・評価 / 製造・据付調整				
	制御フロントエンド (トータルシステムソフトウェア)	基本設計 詳細設計		製作・評価 / 性能チューニング・高度化				
	共有ファイル	基本設計 詳細設計		製造・据付調整				
ソフトウェア (アプリケーション)	次世代ナノ統合 シミュレーション	開発・製作・評価					実証	
	次世代生命体統合 シミュレーション	開発・製作・評価					実証	
施設	計算機棟	設計		建設				
	研究棟	設計		設計微修正等	建設			

RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center

次世代スーパーコンピュータ施設の立地地点



所在地	兵庫県神戸市中央区港島南町7丁目 (ポートアイランド第2期内) ポートアイランド南駅より徒歩約1分 (JR新神戸駅から25分)
-----	--

RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center

次世代スーパーコンピュータ施設の整備

施設の建設

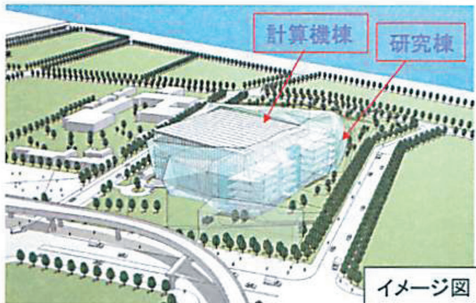
・平成20年3月着工、平成22年度に完工予定。

整備の基本方針

- (1) 次世代スーパーコンピュータの性能を最大限引き出す設備・能力の確保
- (2) 世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点 (COE) として相応しい研究・教育環境の整備
- (3) ランニングコストと環境負荷の低減化

施設の特徴

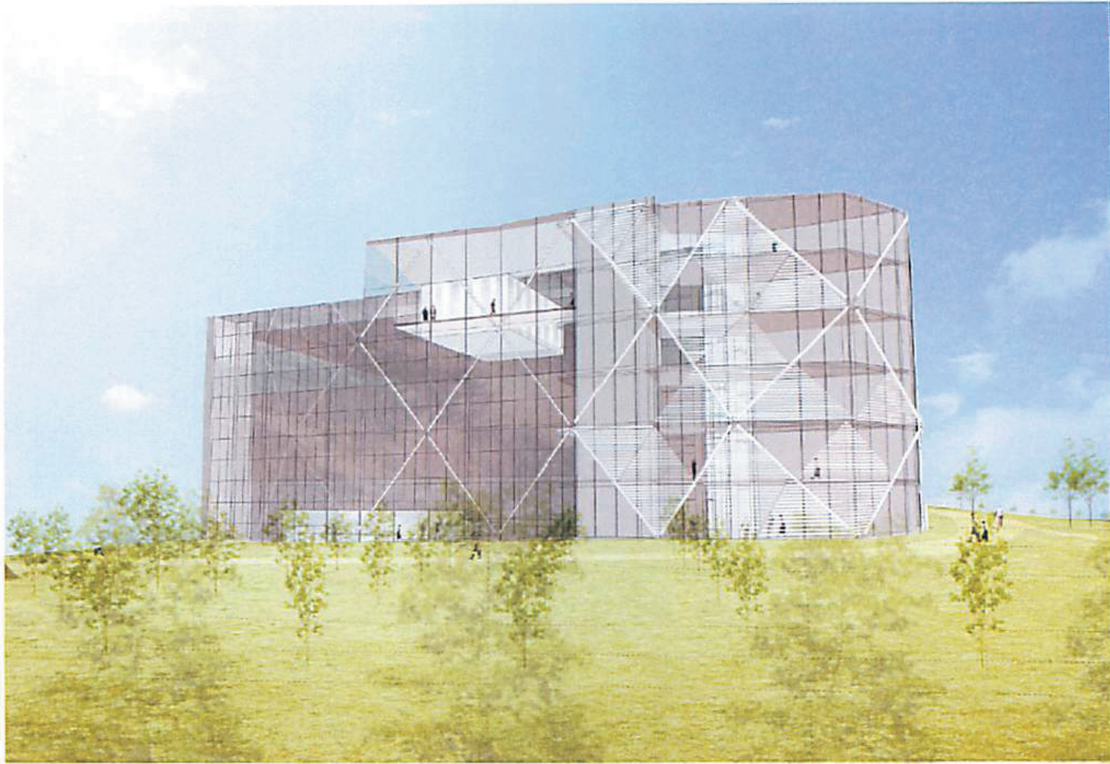
- (1) 計算機の性能を常時保証できる床耐荷重及び免震構造とするとともに、必要な電源設備及び冷却設備を整備
- (2) 共用施設としての運用上の利便性を高めるとともに、研究交流や多様な知識の融合を促進するため、計算機棟と研究棟を一体的に整備
- (3) 廃熱利用の推進や排水処理への配慮などによりランニングコストと環境負荷の低減を実現



- 【計算機棟】
- 延床面積 約10,500㎡
 - 建築面積 約4,300㎡
 - 構造 鉄骨造り地上3階地下1階

- 【研究棟】
- 延床面積 約8,500㎡
 - 建築面積 約1,900㎡
 - 構造 鉄骨造り地上6階地下1階

その他、電源を供給する特高受変電設備、計算機棟の空調機を冷却する冷却設備、及び環境負荷低減のためのCGS(自家発電)設備等を設置



北からエントランスロビー側を見る

25

RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center
建屋建設の状況





2008年10月撮影

RIKEN Next-Generation Supercomputer R&D Center

次世代スーパーコンピュータを最大限利活用するためのソフトウェアの研究開発
(グランドチャレンジアプリケーション)

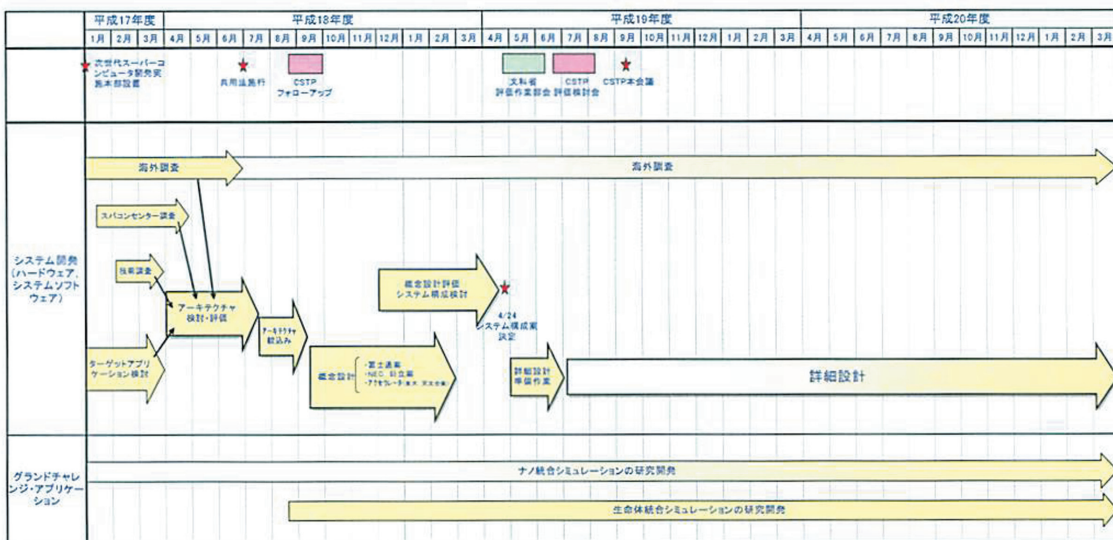
	ナノテクノロジー分野 〔次世代ナノ統合シミュレーション ソフトウェアの研究開発〕	ライフサイエンス分野 〔次世代生命体統合シミュレーション ソフトウェアの研究開発〕
概要	ナノ電子デバイスの設計やバイオ燃料生成用の酵素設計等に役立つシミュレーションソフトウェアを研究開発	タンパク質分子の反応や、細胞・臓器の動きの詳細な解析により、製薬・医療に役立つシミュレーションソフトウェアを研究開発
応用例	<p>現状 10万原子 2千原子程度(デバイスの一部)の計算が可能</p> <p>↓</p> <p>次世代スパコン 10万原子(デバイス全体)の計算が可能</p> <p>↓</p> <p>アウトカム 高速、低消費電力のナノ電子デバイスの実現を加速</p>	<p>現状 150年の計算時間</p> <p>↓</p> <p>新薬設計 様々な薬剤候補物質 タンパク質の活性部位</p> <p>↓</p> <p>次世代スパコン 6ヶ月(更なる短縮を検討)</p> <p>↓</p> <p>アウトカム 新薬候補物質の最適化を効率化し、新薬開発の期間短縮及びコスト削減を実現</p>
体制	分子科学研究所を中核に、東京大学物性研究所、東北大学金属材料研究所、産業技術総合研究所等と連携した研究開発体制を構築	理化学研究所を中核に、東京大学医科学研究所、慶應義塾大学等、13機関と連携した研究開発体制を構築



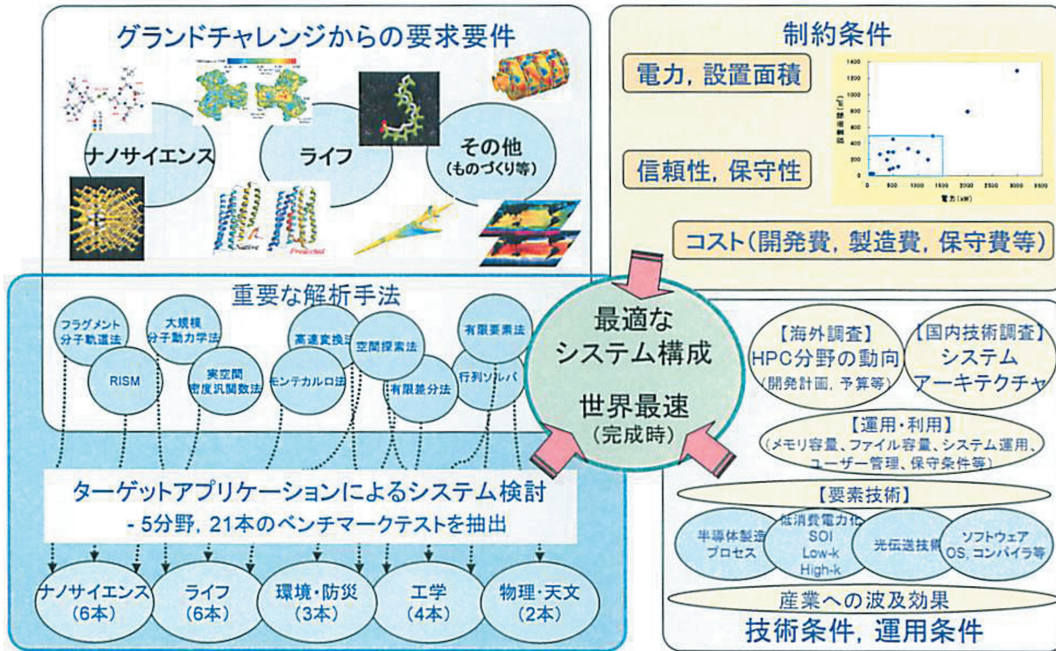
システム開発

29

システム開発経緯と状況



システム最適化の考え方



システム構成について(概念設計の実施)

- 【世界最速のシステム】** ⇒ 1秒間に1京(ケイ=10の16乗)回の計算性能 (現最速計算機の約36倍)
- 【汎用システム】** ⇒ 科学技術・産業で用いられる多様なアプリケーションやこれまで不可能だった複雑かつ大規模なシミュレーションが実行可能
- 【革新的なシステム】** ⇒ 先端技術の積極的導入により、画期的な省電力、省スペースを実現
理化学研究所とメーカー3社(NEC、日立、富士通)による共同開発・共同負担により、日本の技術力の総力を結集して開発

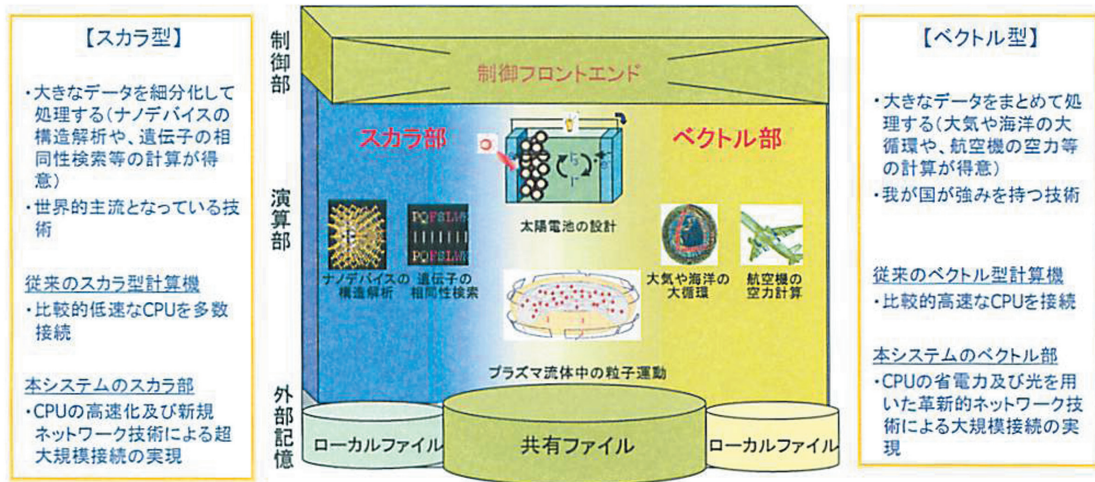
【検討経緯】

平成18年4月	理化学研究所において、システム構成案の検討を開始
平成19年4月	NEC・日立及び富士通の提案を基礎に、理化学研究所においてシステム構成案を作成。
平成19年3~6月	文部科学省において、概念設計評価作業部会を設置し、理化学研究所のシステム構成案について評価を実施
平成19年6~9月	総合科学技術会議において評価を実施
平成19年9月	文部科学省及び総合科学技術会議の評価を踏まえ、理化学研究所においてシステム構成を正式決定
平成19~20年度	詳細設計

システム構成と特長

= 多様なシミュレーションの実行に最適な計算環境を提供する汎用スーパーコンピュータ =

- シミュレーションの特性に応じた最適な演算部で計算を実行
- スカラ部とベクトル部の活用により、従来困難だった複雑かつ大規模なシミュレーションも実行可能



33

システム開発状況と今後の予定

【システム開発状況】

- 平成19年度
 - 演算部(スカラ部, ベクトル部)
 - ハードウェア - 基本機能/構成を決定
 - システムソフトウェア - 基本機能決定
 - 制御フロントエンド部: 基本設計を完了
- 平成20年度
 - 演算部(スカラ部, ベクトル部)
 - ハードウェア
 - CPU/ネットワーク用チップの内部論理を設計中
 - 半導体プロセスを評価中
 - 電源, 冷却, 実装構造を設計中
 - システムソフトウェア
 - ファイルシステム, 運用ソフトウェア, 言語・コンパイラ, ライブラリ等を設計中
 - 制御フロントエンド部
 - 基本設計に基づく, 詳細設計を実施中

【今後の予定】

- 平成21年度 2Q: 詳細設計完了
- 平成21年度: 試作・評価(ハードウェア:チップ・実装等の試作・評価, ソフトウェア:製作)
- 平成22年度: 製造開始(ハードウェア:製造, ソフトウェア:製作・評価)
- 平成22年度-平成24年度: システム搬入, 調整・評価, システム統合

34



END