

# ペタスケールコンピューティングに向けた 富士通の取り組み

2009年9月3日

富士通株式会社

次世代テクニカルコンピューティング開発本部

井上愛一郎

# Agenda

- 超並列システムの課題
- SPARC64™ VIIIfxの詳細
  - 新規開発技術
  - 高性能・低消費電力
  - 高信頼性技術
- TCサーバ・ロードマップ
- おわりに

## ペタ規模の超並列計算機の課題

- 実効性能を引き出せるか
  - 高い単体性能
  - 良好なスケーラビリティ
- 数万ノード規模のシステムを実現するには
  - 消費電力
  - 耐故障性
  - 運用性

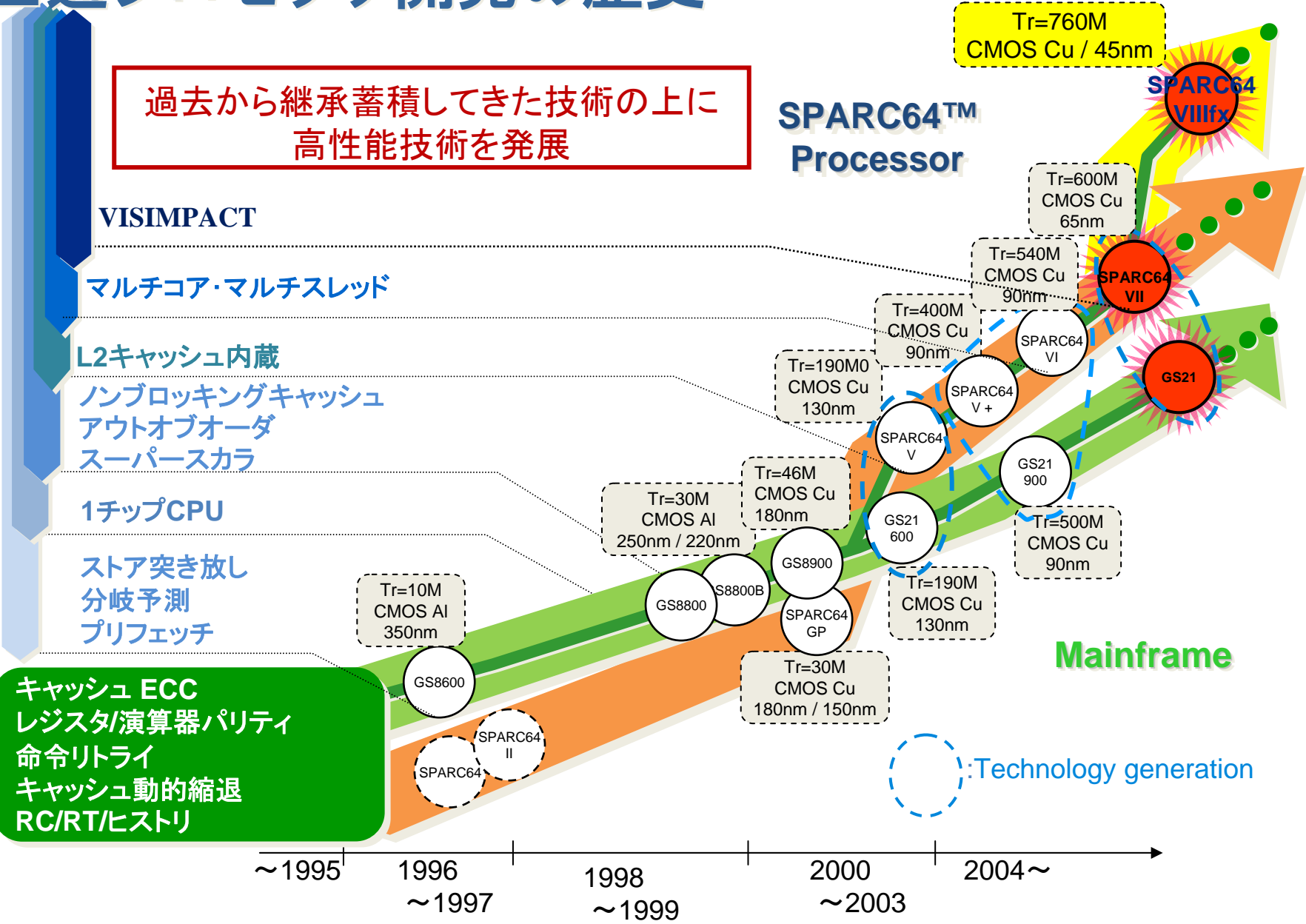
⇒ SPARC64™ VIIIfxに求められる要件
- 高性能
- 低消費電力
- 高信頼

# 富士通プロセッサ開発の歴史

過去から継承蓄積してきた技術の上に  
高性能技術を発展

高性能技術

高信頼技術



VISIMPACT

マルチコア・マルチスレッド

L2キャッシュ内蔵  
ノンブロッキングキャッシュ  
アウトオブオーダー  
スーパースカラ

1チップCPU

ストア突き放し  
分岐予測  
プリフェッチ

キャッシュ ECC  
レジスタ/演算器パリティ  
命令リトライ  
キャッシュ動的縮退  
RC/RT/ヒストリ

SPARC64™  
Processor

Mainframe

Technology generation

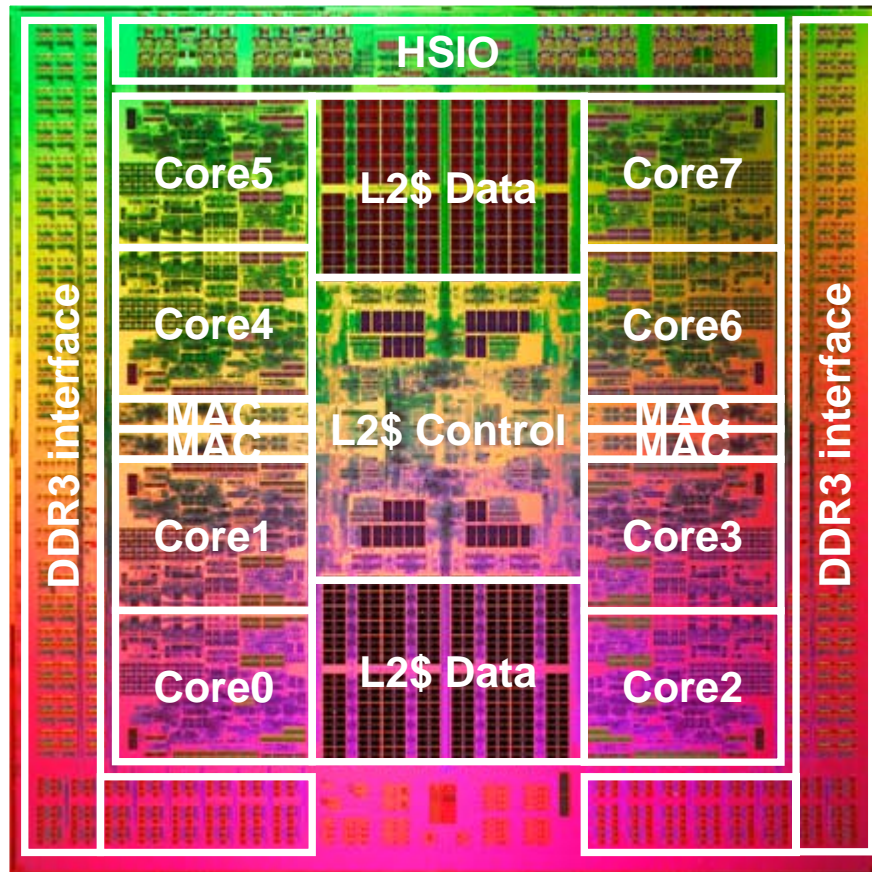
# Agenda

- 超並列システムの課題
- **SPARC64™ VIIIfxの詳細**
  - 新規開発技術
  - 高性能・低消費電力
  - 高信頼性技術
- TCサーバ・ロードマップ
- おわりに

# SPARC64™ VIIfx の設計目標

- ◆ 富士通のペタスケールコンピューティングに向けたプロセッサとして、**高性能かつ省電力**を実現
  - 従来のプロセッサ設計手法では実現不可能な目標
    - より高い GF (Giga Flops)
    - より高い効率
    - 高クロックに頼らない
    - ➔ 命令セットアーキテクチャ (Instruction Set Architecture) の大幅な改変が必要
  - 高密度実装: SoC (System On Chip)
    - メモリコントローラ内蔵により高いメモリアクセス性能を実現
- ◆ 高信頼性
- ◆ 適用可能な箇所では、SPARC64™ VIIのデザインを再利用

# SPARC64™ VIIIfx Chip 概要

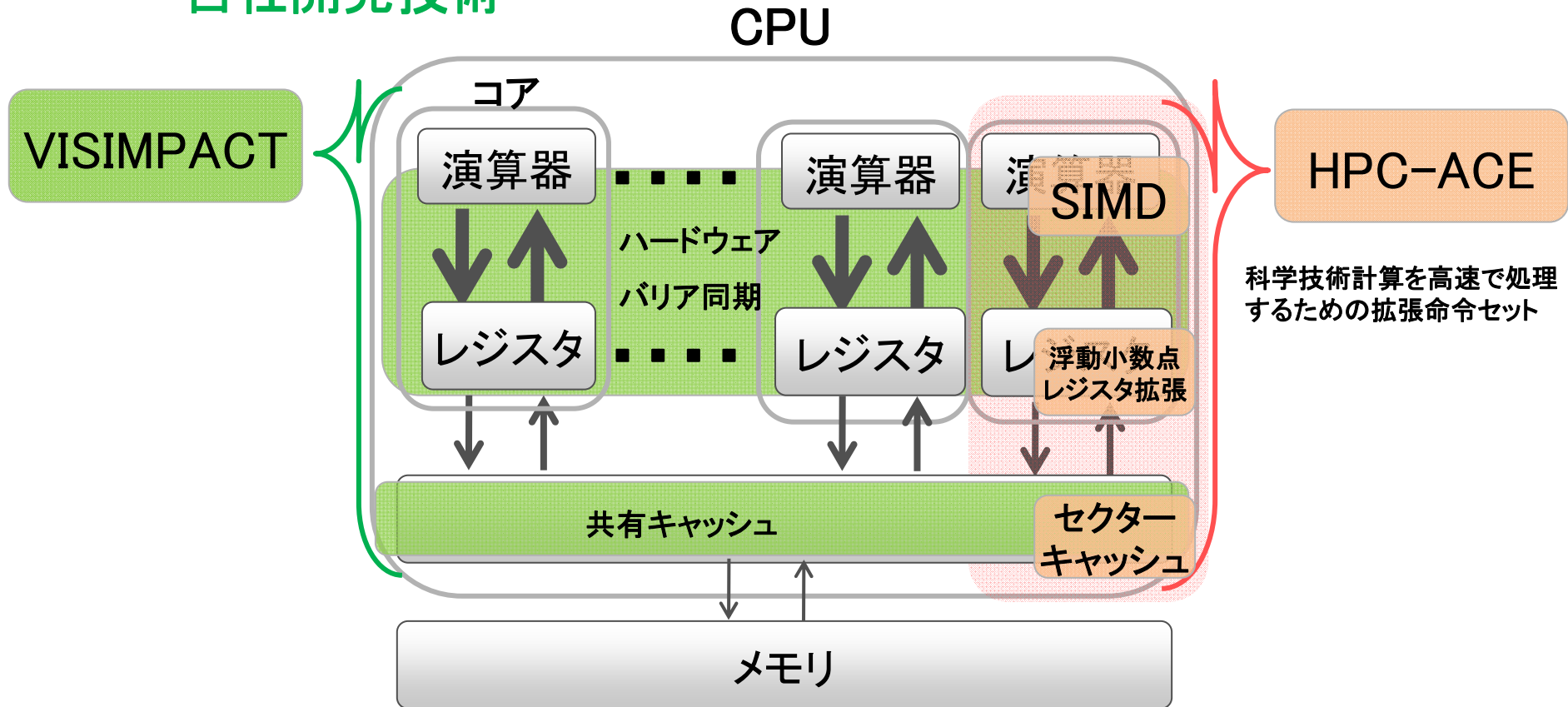


- **アーキテクチャ**
  - 8 コア
  - 5 MB の共有L2キャッシュ
  - メモリコントローラ内蔵
  - クロック 2 GHz
- **FMLの 45nm CMOS**
  - 22.7mm x 22.6mm
  - 760Mトランジスタ
  - 信号ピン数 1271
- **ピーク性能**
  - 演算性能 128GFlops
  - メモリスループット 64GB/s
- **消費電力**
  - 58W (TYP, 30°C)
  - 水冷
    - リーク電流削減、信頼性向上

# SPARC64™ VIIIfx 新規開発技術概要

SPARC64 VIIで実装した  
自社開発技術

新規自社開発技術



SPARC64 VIIIfxでは各機能をさらに強化

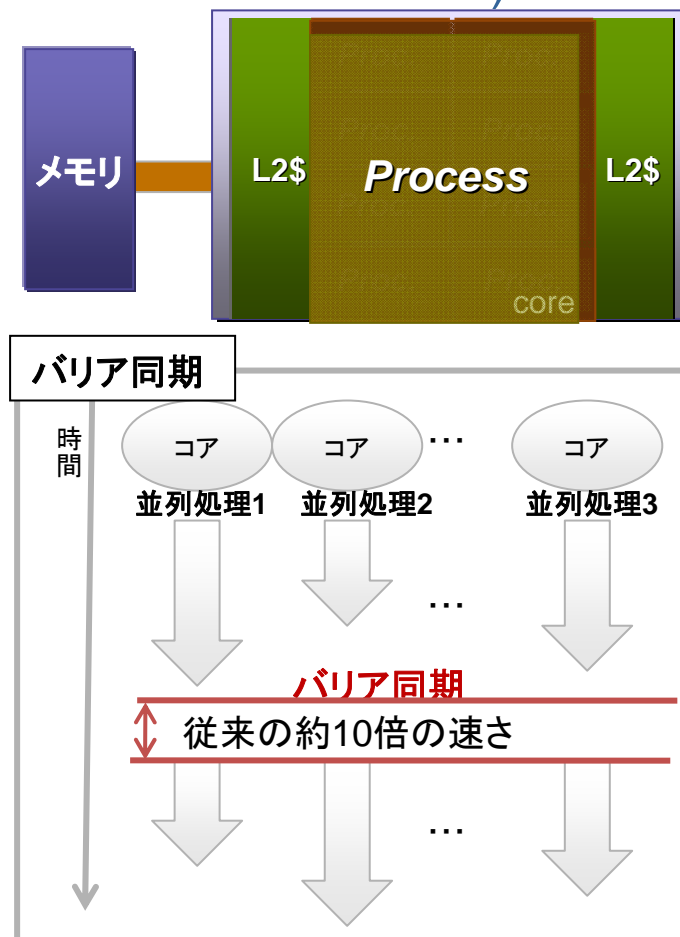


# VISIMPACT - ハイブリッド並列 -

(Virtual Single Processor by Integrated Multi-core Parallel Architecture)

## ■ VISIMPACT

- 8個のコアを高速な1つのCPUとして扱う仕組み
- 「ハードウェアバリア機構」, 「共有キャッシュ」, 「コンパイラ」技術を組み合わせて実現
- ハードウェアバリア機構
  - ソフトウェアが介入することなく, ハードウェアだけでコア間の同期を実現
  - ソフトウェアバリア同期の約10倍の高速化を達成
- ベクトル型CPUが得意とする計算処理にも威力を発揮



- SPARC64 VIIで実装. SPARC64 VIIを搭載したFX1システムで好成績を収める

**ソフトウェアからハードウェアまで  
自社開発しているからこそ, 実現できた技術**

# SIMD

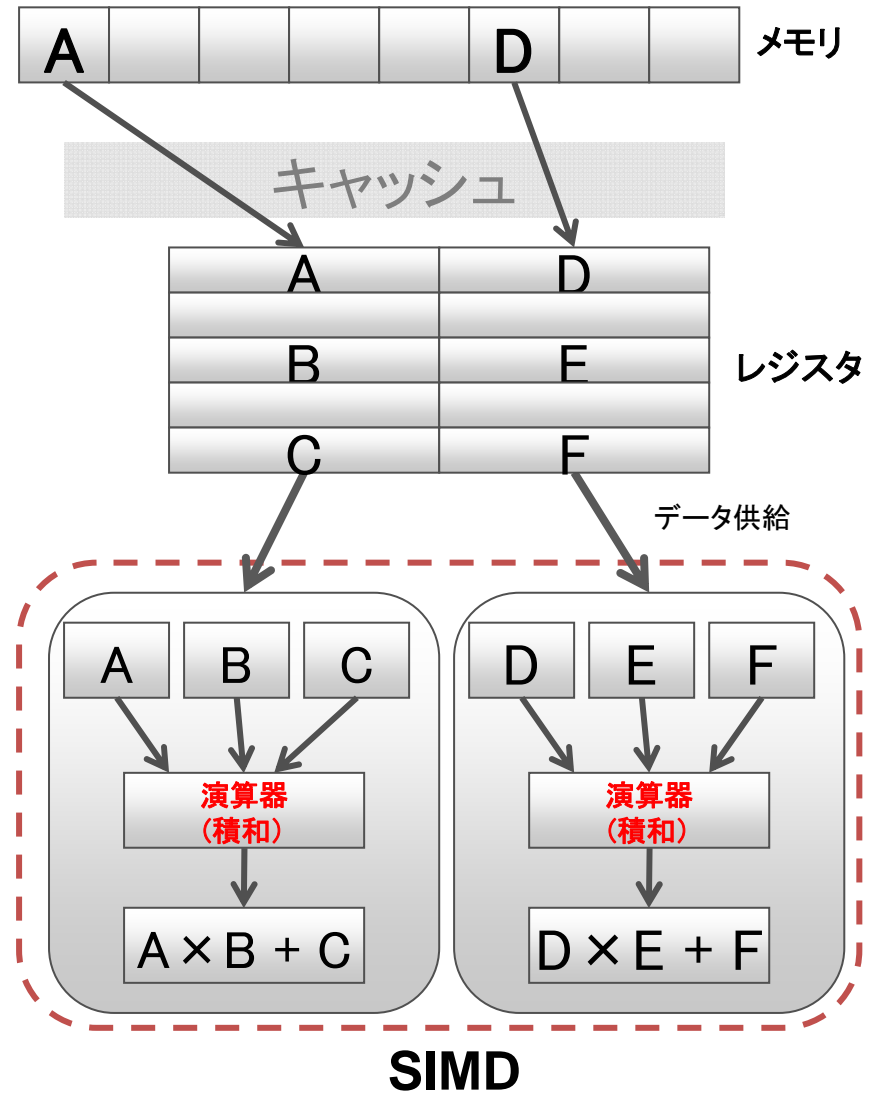
- SIMD (Single Instruction Multiple Data)
  - 1つの命令で、複数の演算を並列処理すること
- SPARC64 VIIIfx のSIMDの特徴
  - 1命令で2つの演算を並列処理
  - 積和演算をサポート
  - 1つのコアで2つのSIMD命令を同時に実行可能



1つのコアで8個(1CPUで64個)の演算処理を同時に実行可能

- 非連続なメモリ空間から1個ずつデータを取得し、SIMDとして演算可能

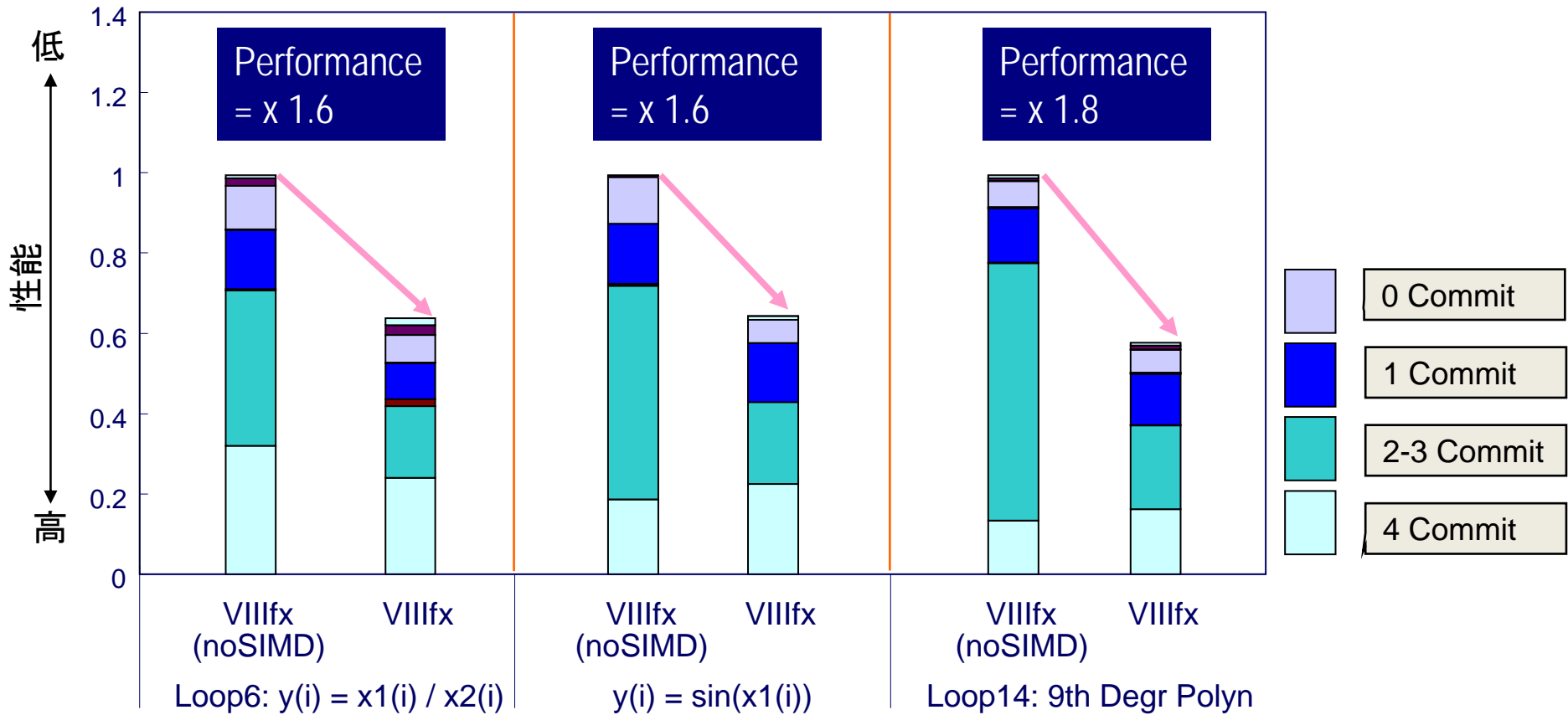
「ユーザーが使いやすいSIMD」,  
「計算処理の高速化」を実現



# SIMDの効果

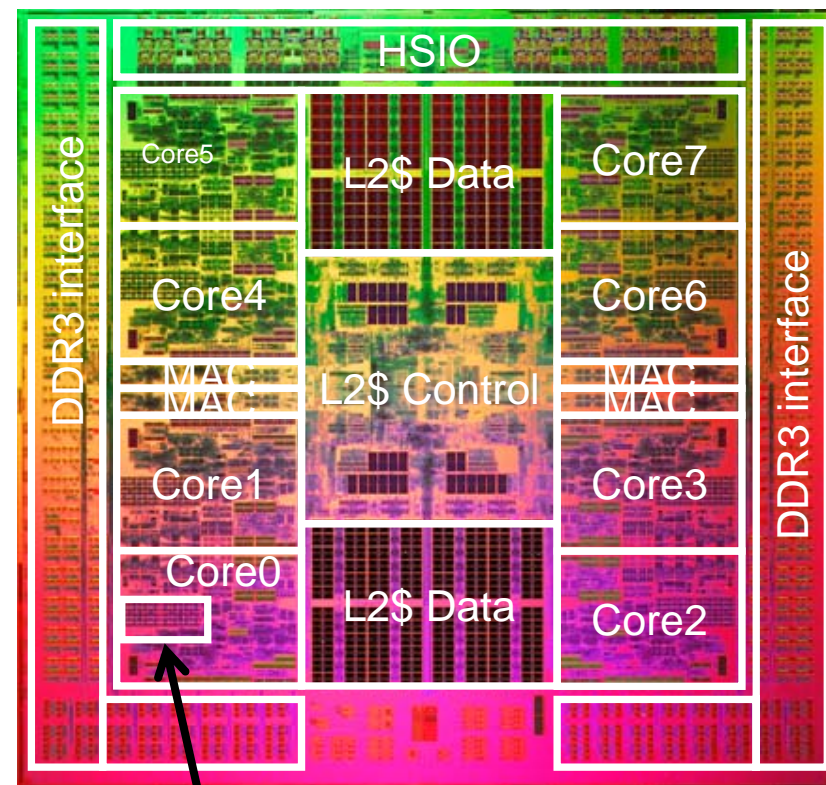
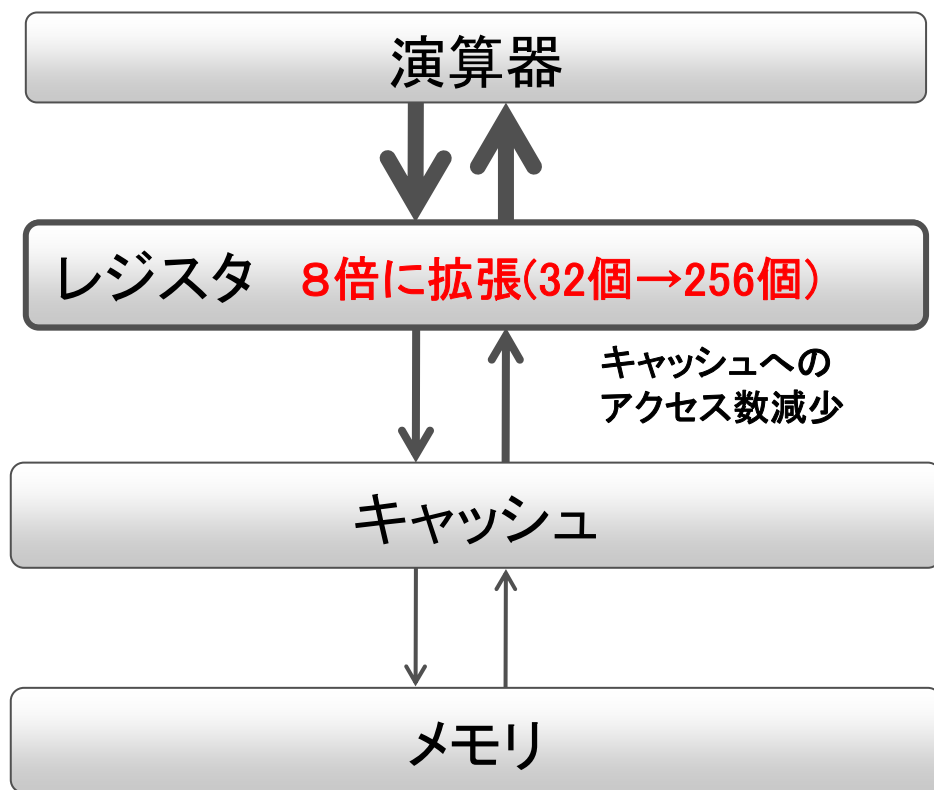
ベンチマーク: Euroben + 社内ツールで実測

実行時間  
SIMD無し比



# 浮動小数点レジスタ拡張

- レジスタ: 演算器へデータを供給・格納
- 浮動小数点レジスタ拡張

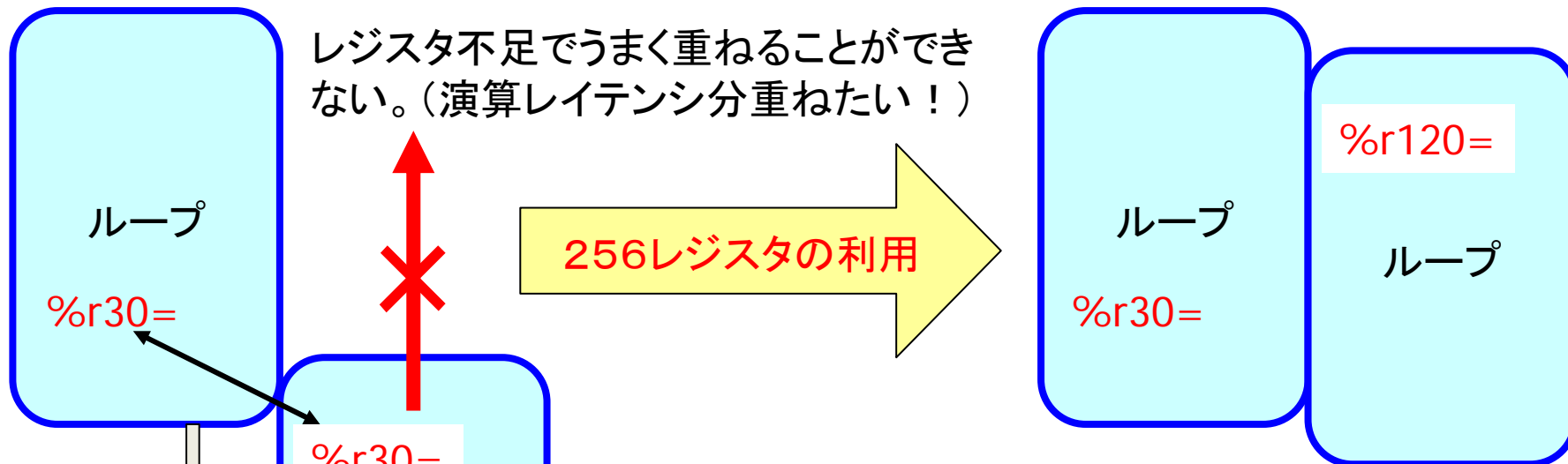


SPARC64™ VIIIfx

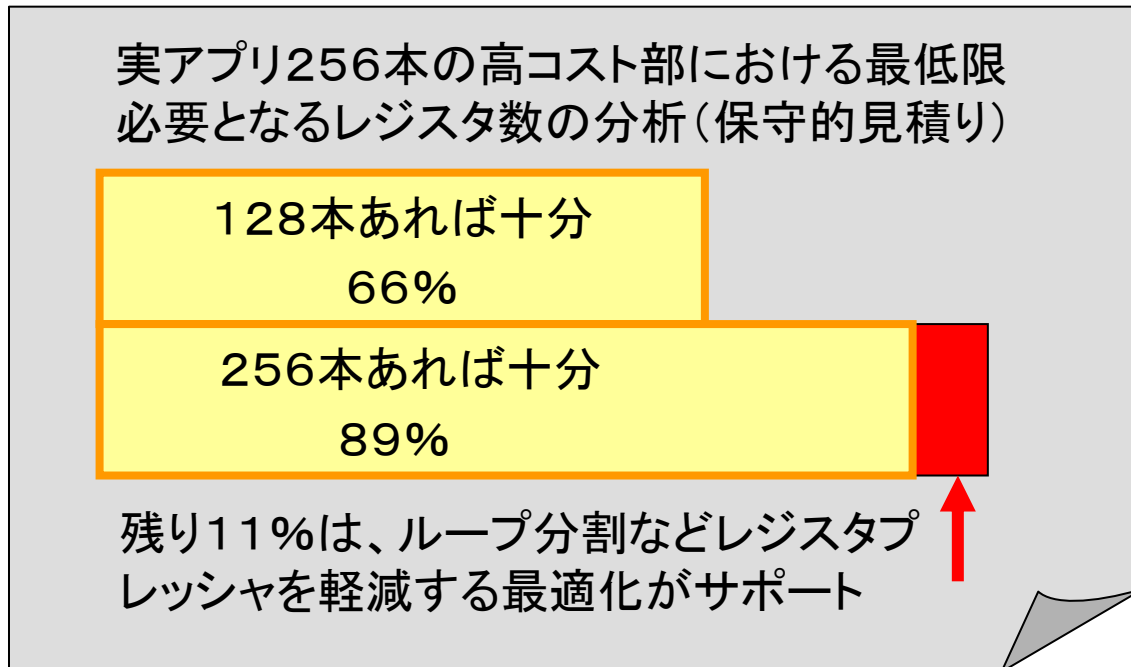
拡張したレジスタ部分

レジスタ数を大幅に拡張したことにより,  
「計算処理の高速化」を実現

# 拡張レジスタの利用例：命令並列性向上



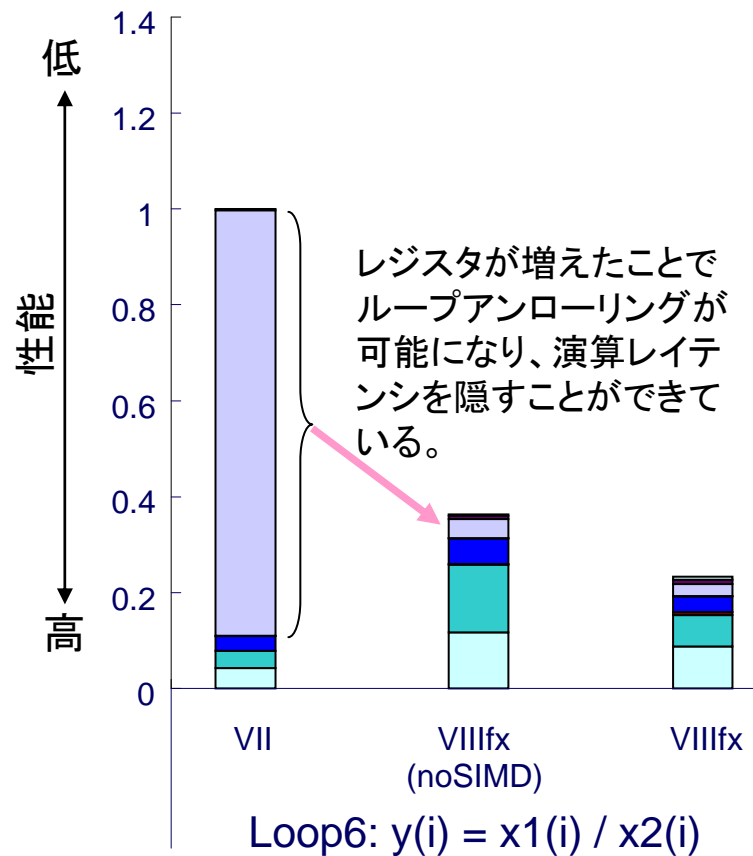
アンローリング  
ソフトウェアパイプラインング



# レジスタ拡張の効果

ベンチマーク: Euroben + 社内ツールで実測

実行時間  
SPARC64™ VII比



SPARC64™ VIIIfx@2.0GHz

SPARC64™ VII@2.5GHz

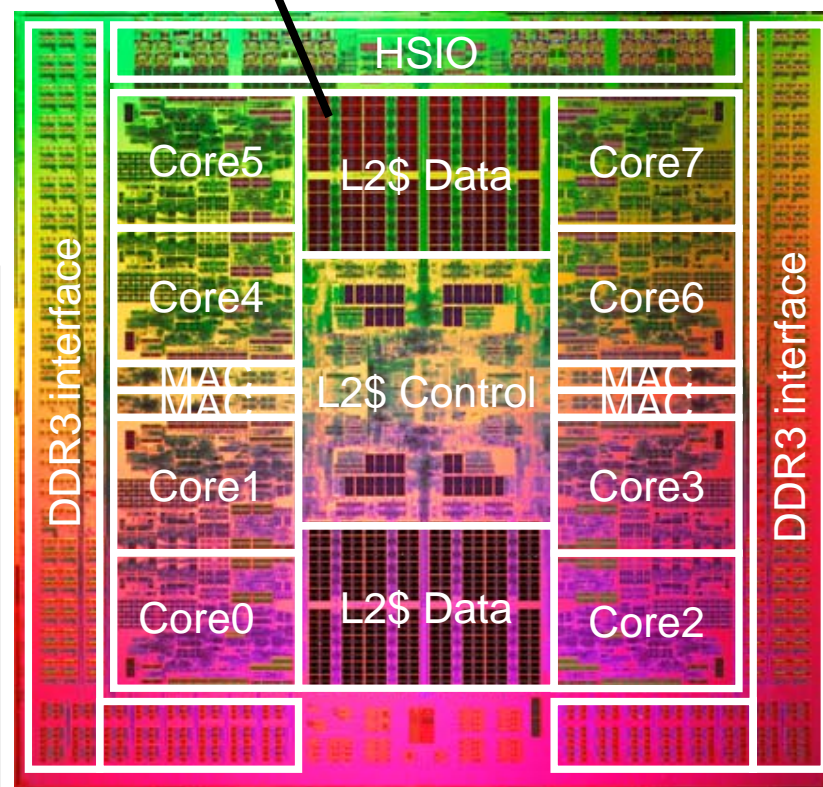
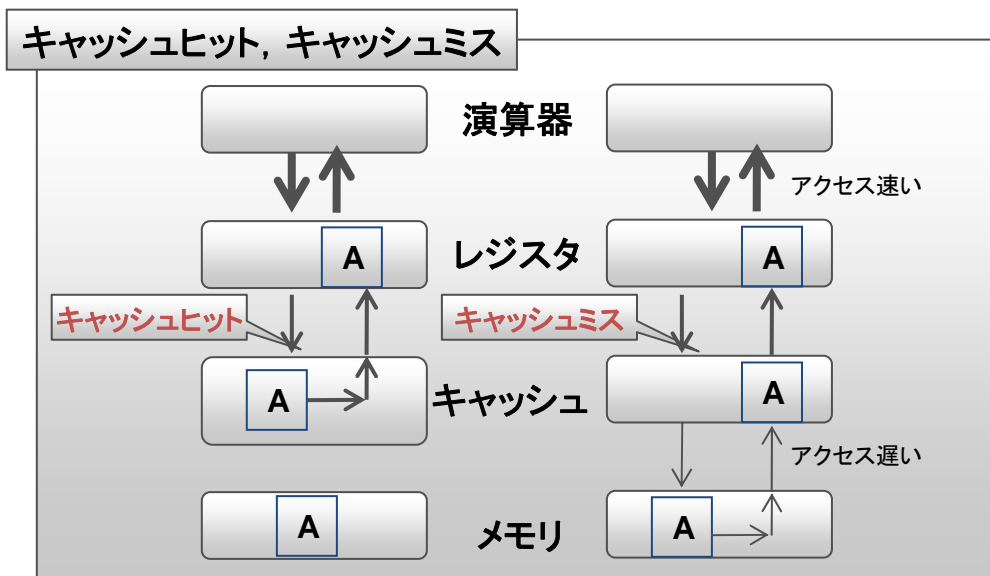
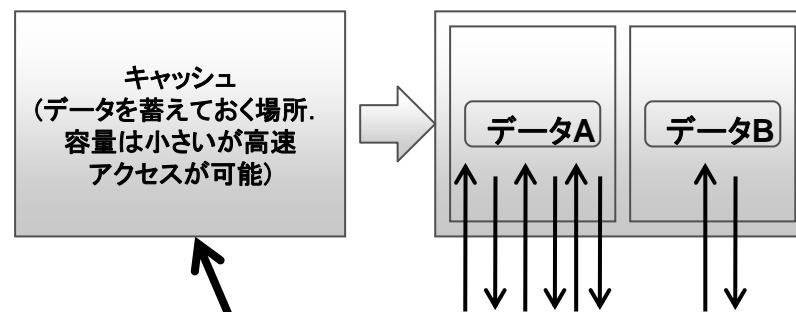




# セクターキャッシュ

## ■ セクターキャッシュ

- キャッシュを2分割し、「繰り返し利用するデータ」と「一時的に利用するデータ」を別々に格納
- 分割するキャッシュサイズをソフトウェアから制御可能



SPARC64™ VIIIfx

キャッシュミスを削減し、「計算処理の高速化」を実現

# HPC-ACE

(High Performance Computing - Arithmetic Computational Extensions)

## ◆ SPARC64™ VIIIfxのISA (Instruction Set Architecture)

### ■ 準拠仕様

- SPARC-V9 仕様
- JPS (Joint Programmer's Specification): SPARC-V9拡張仕様

### ■ HPC-ACE: 富士通独自のHPC向け命令セット拡張

- レジスタ拡張
- SIMD (single instruction multiple data) 命令
- 条件付き命令実行
- 除算/平方根の逆数近似
- 三角関数命令
- 浮動小数点数の大小比較

## ◆ 以下のSPARC64™ VIIIfx 関連文書は次のURLからダウンロードできます。

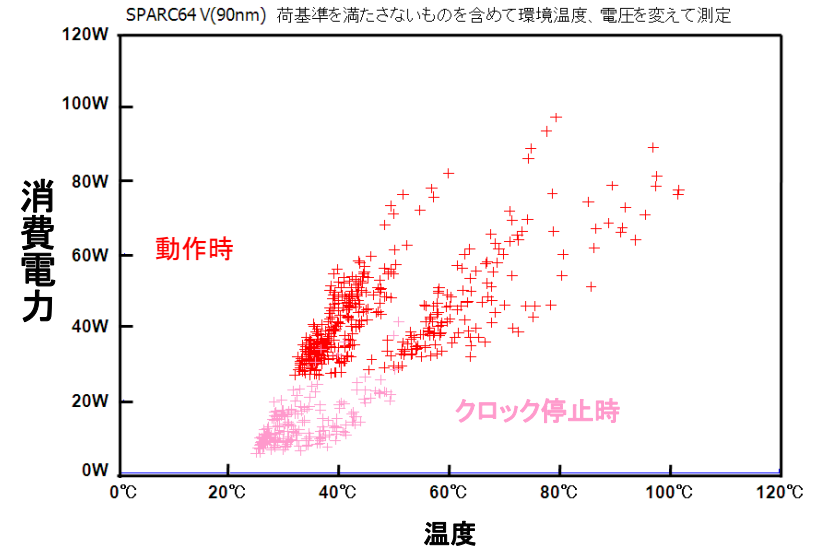
<http://jp.fujitsu.com/solutions/hpc/brochures/>

- The SPARC® Architecture Manual Version 9
- SPARC® Joint Programming Specification (JPS1): Commonality
- SPARC64 VIIIfx Extensions

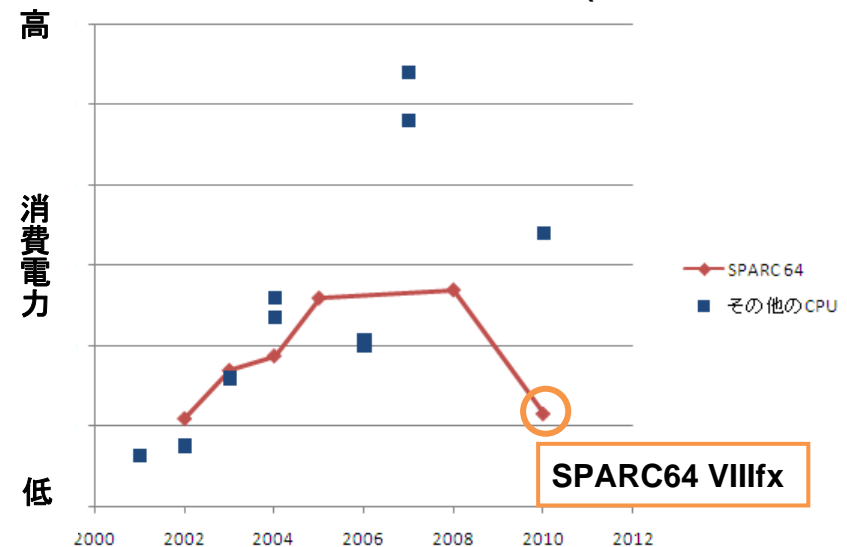


# 高性能・低消費電力

- 水冷方式の採用により, リーク電流を削減
  - リーク電流は温度に依存
- 設計プロセスを見直し, 消費電力削減を極限まで追求
  - 消費電力が少ないトランジスタを採用
  - 「レジスタ拡張」, 「セクターキャッシュ」により無駄なアクセスを削減
  - 無駄な回路動作を抑制
- 従来のCPUに比べて消費電力を大きく削減

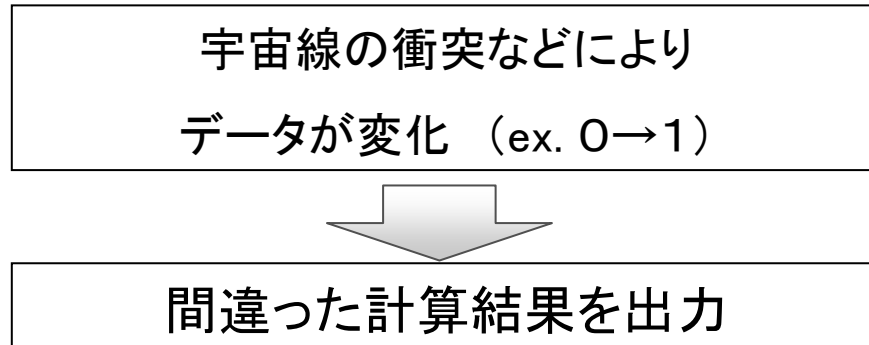


各CPUの消費電力と周波数の関係(当社調べ)



「性能向上」と「消費電力削減」を両立

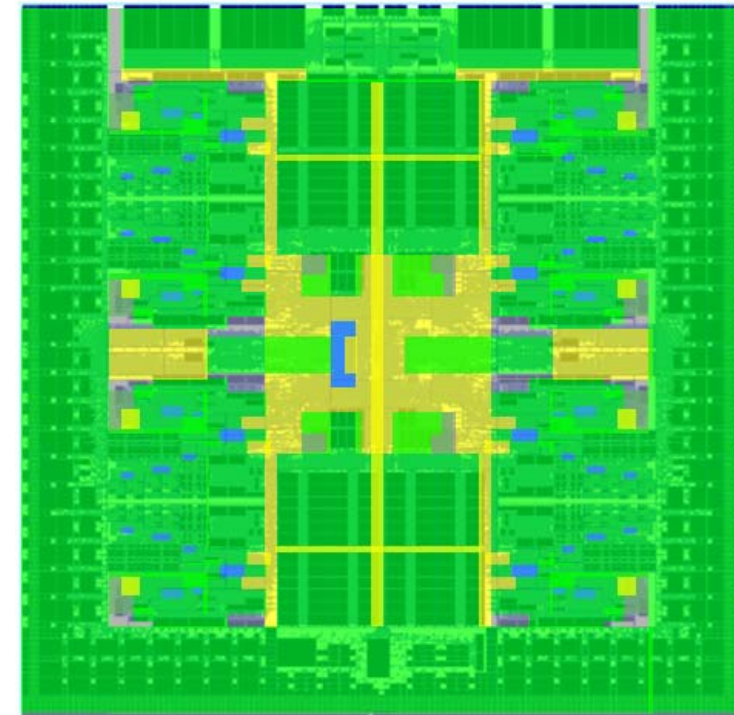
# 高信頼性技術



SPARC64はハードによるエラー検出,  
自己修復が可能



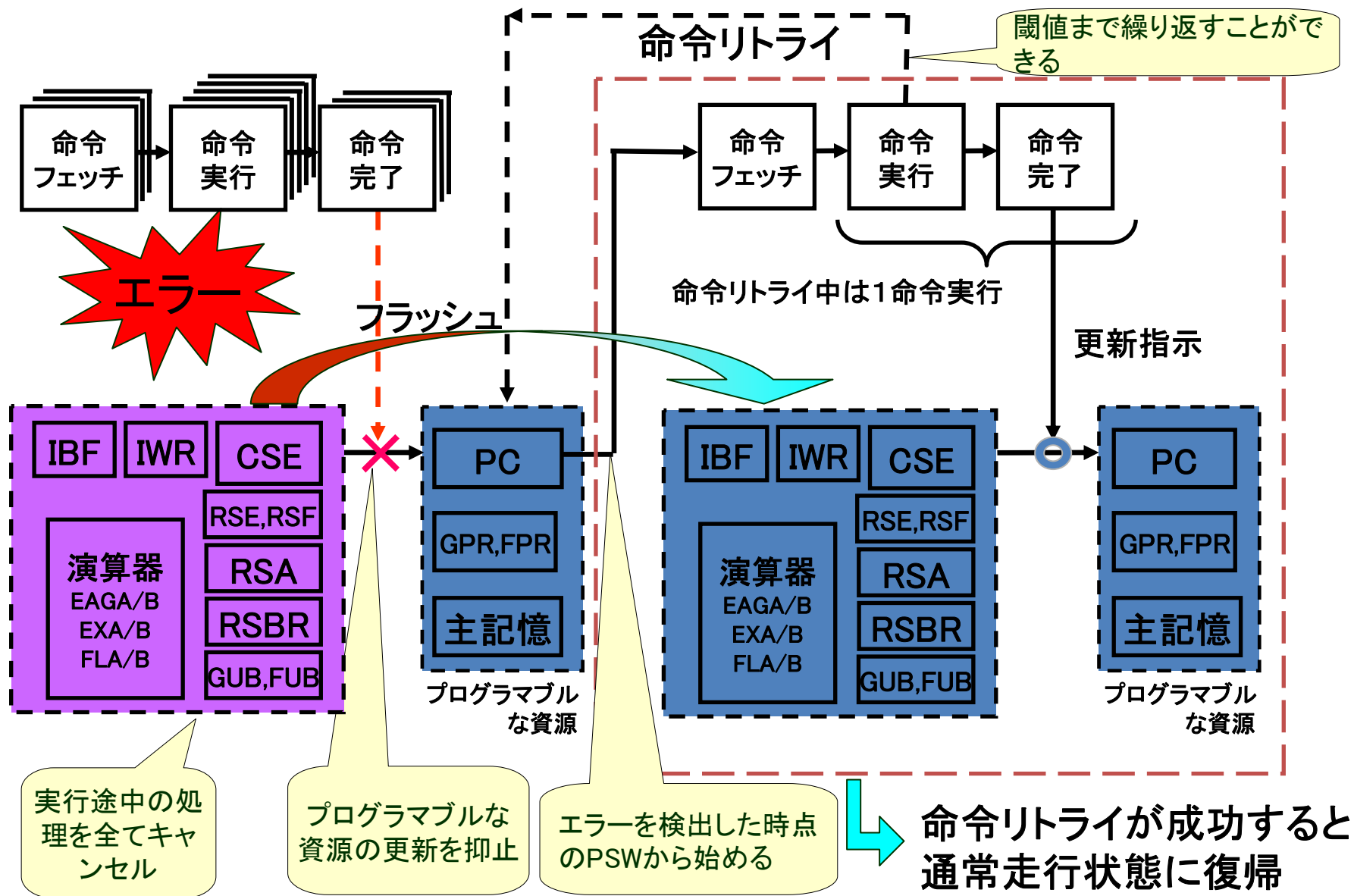
SPARC64™ VIIIfx



- ハードによるエラー検出 + 自己修復可能領域
- ハードによるエラー検出領域
- エラーが実運用に影響しない領域

SPARC64は, 他社CPUよりも広範囲でのエラー対応を実現

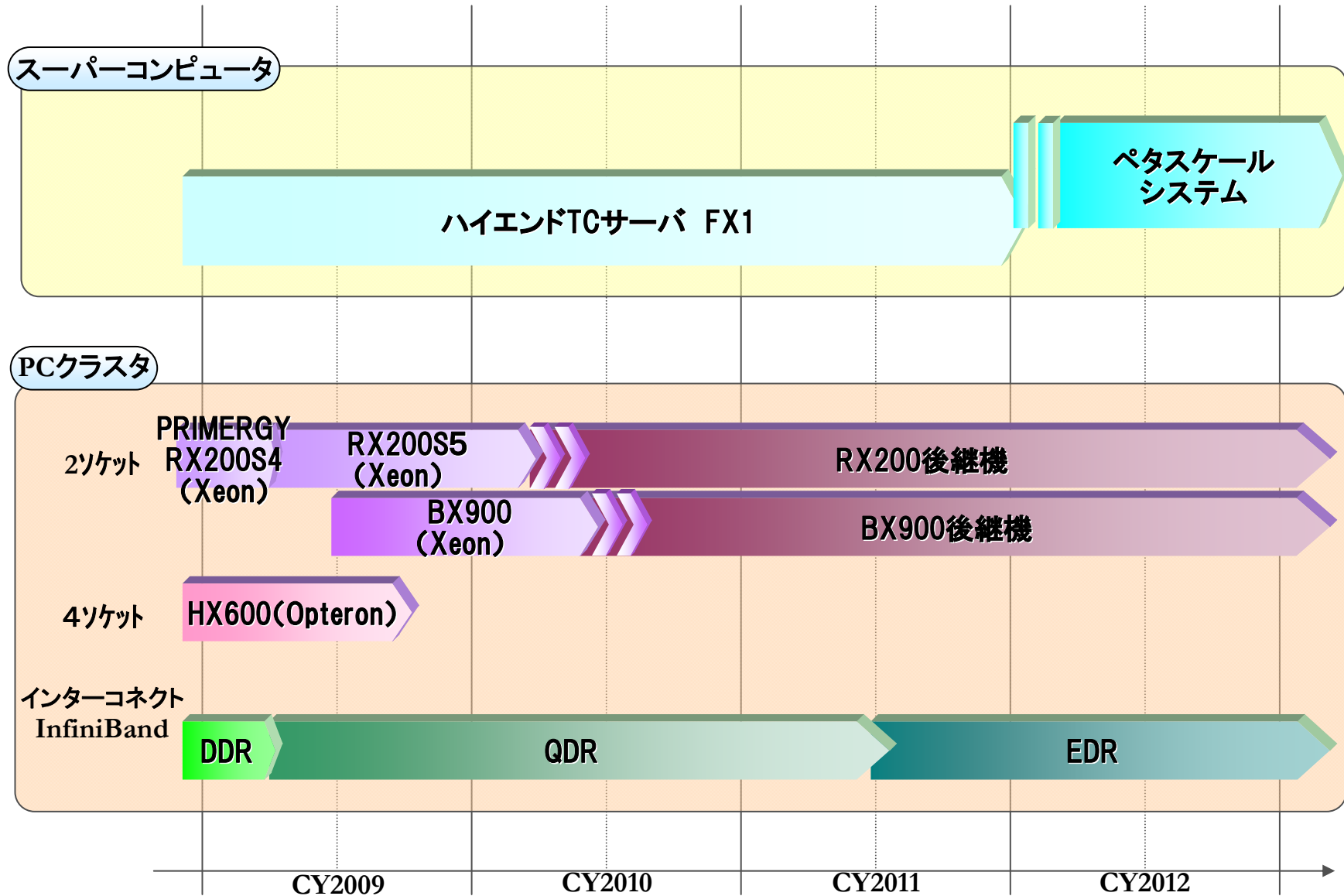
# 命令リトライ機能



# Agenda

- 超並列システムの課題
- SPARC64™ VIIIfxの詳細
  - 新規開発技術
  - 高性能・低消費電力
  - 高信頼性技術
- **TCサーバ・ロードマップ**
- おわりに

# TCサーバ・ロードマップ

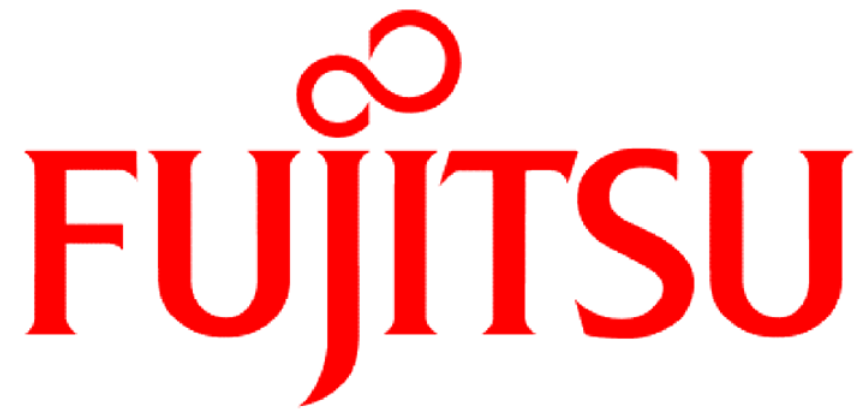


## おわりに

富士通は世界最先端技術を常に追求し、

これからも信頼される

スーパーコンピュータ開発を目指します。



**FUJITSU**

**THE POSSIBILITIES ARE INFINITE**