

## 富士通のPCクラスタへの取り組み ~言語環境~

---

1. [PCクラスタの言語環境](#)
2. [言語環境の適用分野と特徴](#)
3. [高性能の実現方法](#)
4. [言語環境の規格対応](#)
5. [開発支援ツール\(Relaxin\)](#)
6. [数値計算ライブラリ](#)
7. [PCクラスタ環境と言語](#)
8. [Fortran性能](#)
9. [プログラム並列化性能](#)
10. [出荷実績・価格など](#)



(株)富士通インフォソフトテクノロジー  
第五開発統括部第二開発部 井田 圭一  
ida@ist.fujitsu.com

---

(1/23)

サイエンティフィック・システム研究会  
科学技術計算分科会第1回会合資料

**FUJITSU**

## 富士通のPCクラスタへの取り組み ~言語環境~

2001年8月  
株式会社富士通インフォソフトテクノロジー  
第5開発統括部第2開発部  
井田圭一  
E-Mail : ida@ist.fujitsu.com

**FUJITSU** All Rights Reserved, Copyright (C) 富士通株式会社 2001

富士通インフォソフトテクノロジーで、言語製品の開発・企画・プロモーションを行っている井田と申します。本日は、科学技術系分野、特にクラスターシステムで多く利用されている、Linux対応の言語環境についてご紹介させていただきます。

---

(2/23)



PCクラスタで主に利用されるLinuxシステムとして、以下の3種類のパッケージを提供しています。

- Fortran/C/C++/の3つのコンパイラ製品
- SSL /BLAS/LAPACKの数値計算ライブラリ
- MMIに優れた開発支援ツールのRelaxin

特にPCクラスタシステムにおいては、Parallel Fortran&C Packageが有効です。Parallel Fortran&C Packageに含まれるFortranコンパイラでは、自動並列化および、OpenMPもサポートしています。

(3/23)

## 言語環境の適用分野と特徴

Fortran, C/C++の各言語を取り揃えています。言語共通の開発環境としてRelaxinを用意し、教育、研究開発、エンジニアリング等、幅広い分野でのニーズに応える製品です。

High performance  
Legacy code support  
Engineering  
Easy operation

- 高性能
- 既存資産の継承
- 高操作性

+

- 迅速なサポート

FUJITSU All Rights Reserved, Copyright(C) 富士通株式会社 2001

Linux版Fortran&C Packageでは、4つの大きなアピールポイントがあります。最適化技術を駆使した「高性能」、各言語規格に対応した「既存資産の継承」、MMIに優れたRelaxinでの「高操作性」、また、唯一国内で開発しているがための「迅速なサポート」などです。

(4/23)

## 高性能の実現方法

高速実行を実現するため、コンパイラ高速化機能、高速関数ライブラリを提供しています。特に、コンパイラ高速機能については、以下の最適化技術を採用しています。

- ❑ **Parallelization (Fortran)**  
自動並列化技術、OpenMP適用技術を採用しています。
- ❑ **Instruction scheduling**  
Intel Pentium向け最適化技術を採用しています。  
(命令スケジューリング)
- ❑ **Program reconstruction**  
スーパーコンピュータの最適化技術を採用しています。(インライン展開、ループアンローリング)
- ❑ **Basic optimization**  
基本となる最適化技術は富士通Mシリーズで長年培われてきた技術を採用しています。

FUJITSU All Rights Reserved, Copyright (C) 富士通株式会社 2001

第一のアピールポイント「高性能」を実現するために、いくつかの最適化技術を採用しています。

1点目は、Fortranのみですが、並列化技術です。自動並列や、OpenMPなどプログラムの高速化に必要な並列化技術を適用しています。

2点目は、命令の最適化です。ご利用になられるチップ向け、特にIntelプロセッサ向けに高速な命令をスケジューリングし、プログラムの高速化を図っています。

3点目は、十数年来、培ってきた、スーパーコンピュータ向けの最適化技術です。最後に、大型汎用機などで長年培われてきた最適化技術を採用し、高速化のお手伝いをしています。

(5/23)

**言語環境の規格対応**

既存の資産を継承しながら、最新の規格をサポートして行きます。

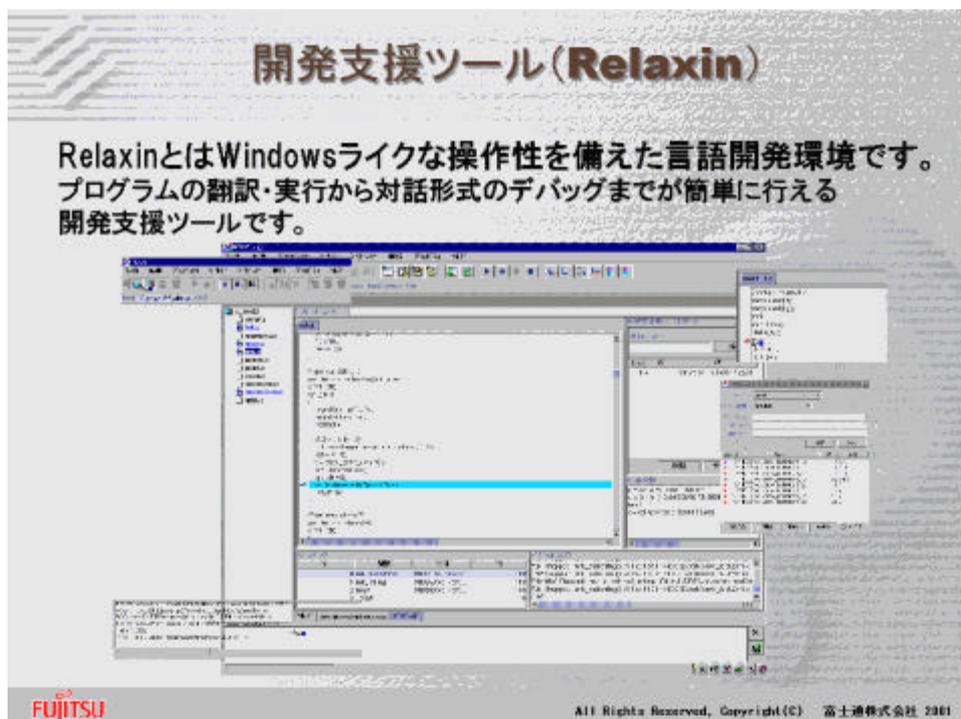
**規格関連の情報**

<b>FORTRAN77規格</b>	:		JIS X3001-1982 ANSI X3.9-1978
<b>Fortran 90規格</b>	:		JIS X3001-1994 ISO/IEC 1539-1991 ANSI X3.198-1992
<b>Fortran 95規格</b>	:		JIS X3001-1:1998 ISO/IEC 1539-1:1997
<b>C言語規格</b>	:		JIS X3010-1993 ISO/IEC 9899:1990 ANSI X3.159-1989
<b>C++言語規格</b>	:		ISO/IEC 14882:1998(E)

**FUJITSU** All Rights Reserved, Copyright (C) 富士通株式会社 2001

「既存資産の継承」のために、各言語のいくつかの規格に完全準拠しています。これにより、マシンのダウンサイジング、アプリケーションの移植などが容易に行えます。Fortranにおいては、最新のFortran 95規格を始め、Fortran 90/FORTRAN77などのJIS,ANSI,ISOなどの各標準規格に対応しています。C,C++コンパイラにおいても、各規格に準拠し、プログラムの流通性を確保しています。

(6/23)



Relaxinは、マンマシンインタフェースに優れた、開発支援ツールです。Relaxinでは、ファイルをプロジェクトという単位（概念）で管理し、翻訳・実行・オプション指定・対話形式にデバッグなどが容易に行えるようになっています。

(7/23)

## 数値計算ライブラリ

### SSLII

国内で多数の販売実績、20年有余の歴史  
大学殿との共同研究の成果  
並列プログラムから呼出し可能(スレッドセーフ)  
豊富な機能

線形計算	: 連立一次方程式、逆行列、最小二乗解、特異値分解
非線形方程式	: 代数方程式、超越方程式、連立非線形方程式
極値問題	: 関数の極小化、線形計画問題、非線形計画問題
変換	: フーリエ変換、ラプラス変換
数値微分・積分 など	: 離散点/関数入力、有限区間/無限領域、一次元/二次元

### BLAS/LAPACK

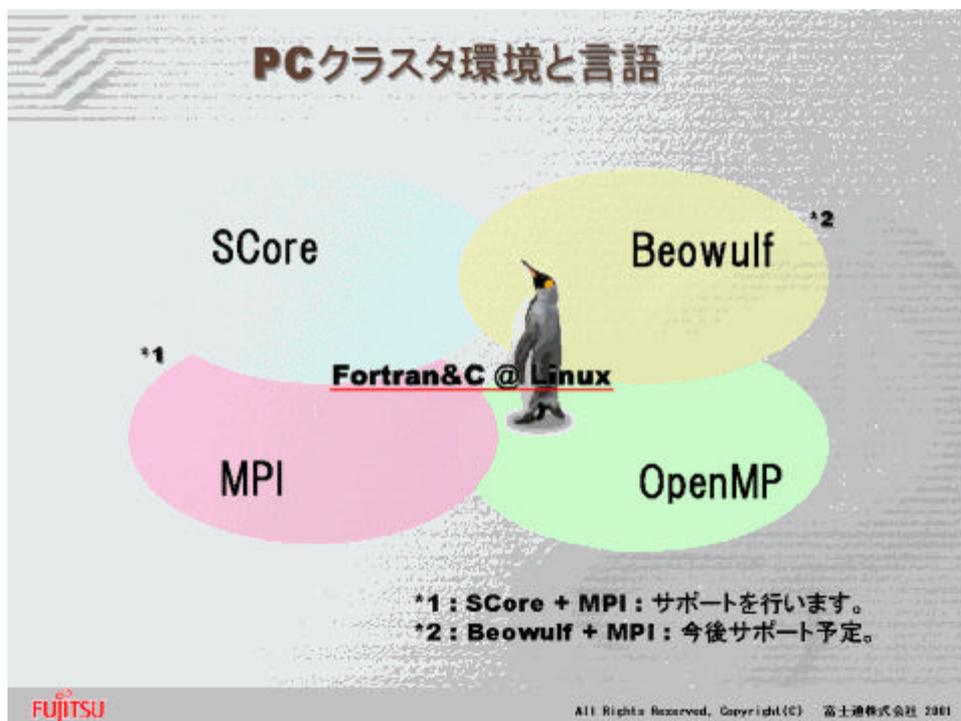
Netlib (<http://www.netlib.org/>) で公開されている線形計算ライブラリです。

BLAS機能概要
ベクトル演算、行列演算
LAPACK機能概要
連立一次方程式、固有値問題、最小2乗問題、特異値分解

FUJITSU All Rights Reserved, Copyright (C) 富士通株式会社 2001

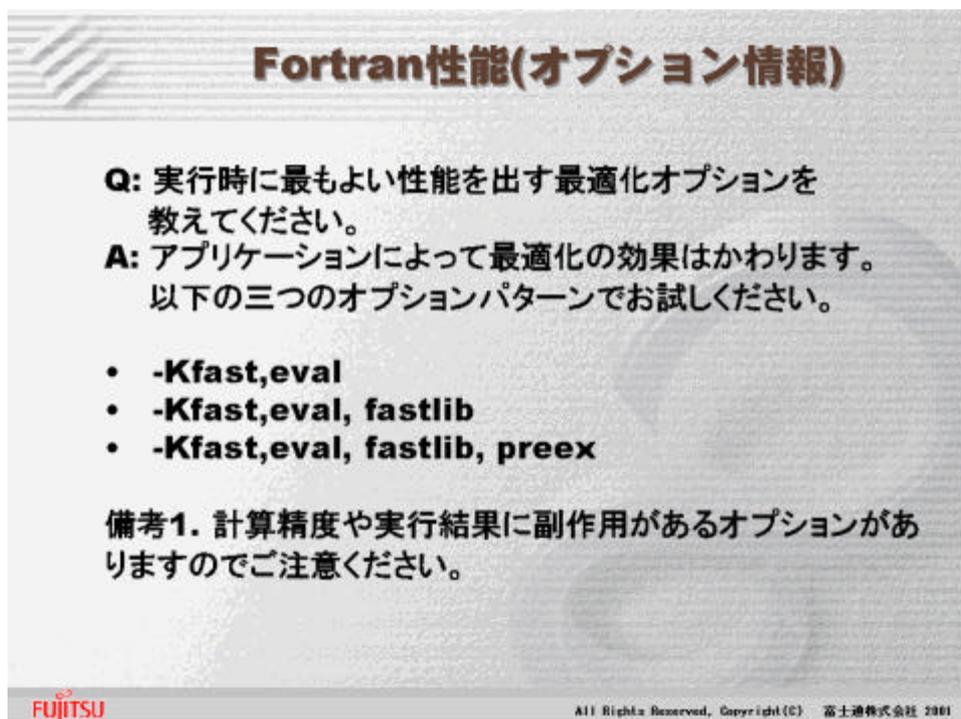
数値計算ライブラリとして2つのサブルーチンを提供しています。  
SSLIIは、スーパーコンピュータからワークステーションにまで利用されている、20有余年の歴史のある豊富な機能を持った数値計算ライブラリ群です。スーパーコンピュータ・ホストコンピュータなどをご利用のアプリケーションがそのまま実行できます。  
BLAS/LAPACKは、netlibで公開されている、著名な線形計算ライブラリです。

(8/23)



Fortran&C Packageでは、各種クラスタ環境に対応しています。  
SCore/Beowulfの各種クラスタシステムとMPI/OpenMPなどの組み合わせにおいても動作します。

(9/23)



**Fortran性能(オプション情報)**

**Q:** 実行時に最もよい性能を出す最適化オプションを教えてください。

**A:** アプリケーションによって最適化の効果はかわります。以下の三つのオプションパターンでお試してください。

- **-Kfast,eval**
- **-Kfast,eval, fastlib**
- **-Kfast,eval, fastlib, preex**

**備考1.** 計算精度や実行結果に副作用があるオプションがありますのでご注意ください。

**FUJITSU** All Rights Reserved, Copyright (C) 富士通株式会社 2001

ベンチマークテストの結果をご紹介する前に、性能を引き出すために有用なオプションをご紹介します。コンパイラでは、アプリケーションプログラムの性能を引き出すために、いくつかの最適化オプションを用意しています。アプリケーションプログラムの内容と効果を考え、効果的にオプションを選択することが重要です。

(10/23)

### Fortran性能(オプション情報)

- Kfast**オプションが指定されたとき、翻訳しているマシン上で高速に実行させることを指示します。これは、-Oオプション、-Kloopオプション、-Komitfpオプション、および-Kcpuの中から、翻訳マシンに合わせた最適なオプションを自動的に選択したものと等価になります。
- Keval**オプションが指定されたとき、オブジェクトプログラムに対して演算評価方法の変更の最適化が行われます。なお、この最適化を行うことで実行結果に副作用を生じることがあるため注意が必要です。利用者は、翻訳時の診断メッセージにより、この最適化が行われたかどうかを知ることができます。
- Kfastlib**オプションが指定されたとき、標準入出力エラーへ入出力する時にバッファリングされます。本オプションは主プログラムの翻訳時に指定する必要があります。他言語とFortranの両方で標準出力または標準エラー出力を使用している場合に、出力順番が異なることがあります。標準出力と標準エラー出力の出力順番が異なることがあります。

詳細は、「Fortran使用手引き」をご参照ください。

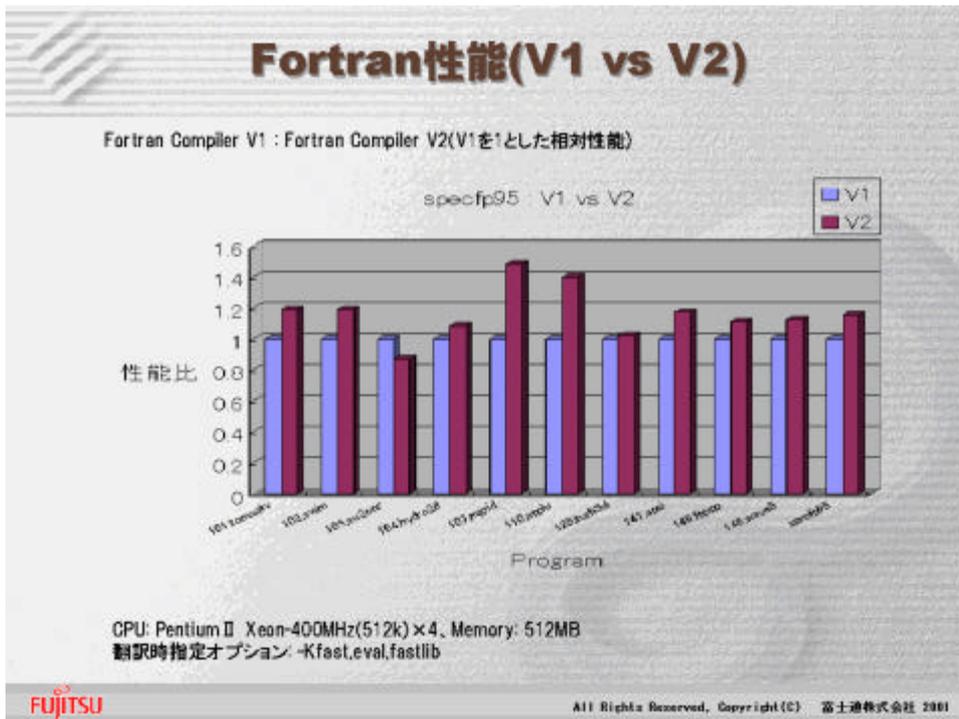
FUJITSU All Rights Reserved, Copyright (C) 富士通株式会社 2001

ここでご紹介しているオプションは、手軽に最適化の効果を引き出すことができるオプションです。

- Kfastオプションは、ご利用になられるマシンに合わせた最適化を行うオプションです。オプションが指定された場合、いくつかの有用なオプションが複合的に指定され、プログラムを高速に実行させることができます。
- Kevalオプションは、演算評価方法の変更を行い、高速化させるものです。ただし、プログラムによっては、実行結果の相違など副作用が現れることがありますので、ご注意ください。
- Kfastlibオプションは、標準入出力へエラー入出力がある場合、バッファリングが行われます。これにより、入出力時間の短縮を図ることができます。

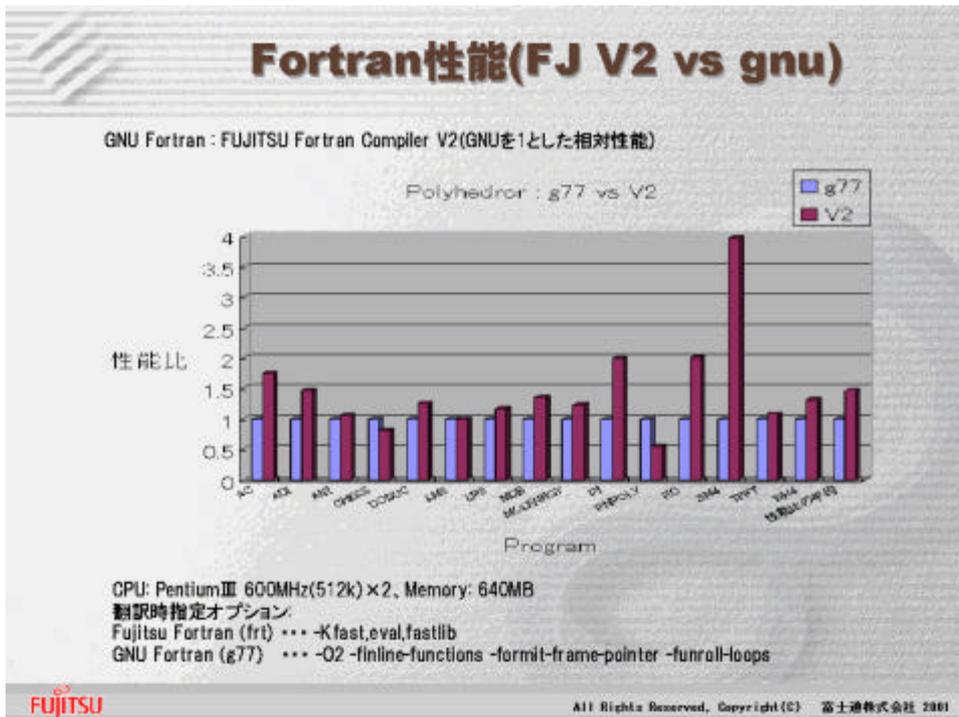
その他にも有効なオプションがいくつかありますので、詳細は「Fortran使用手引き」をご覧ください。

(11/23)



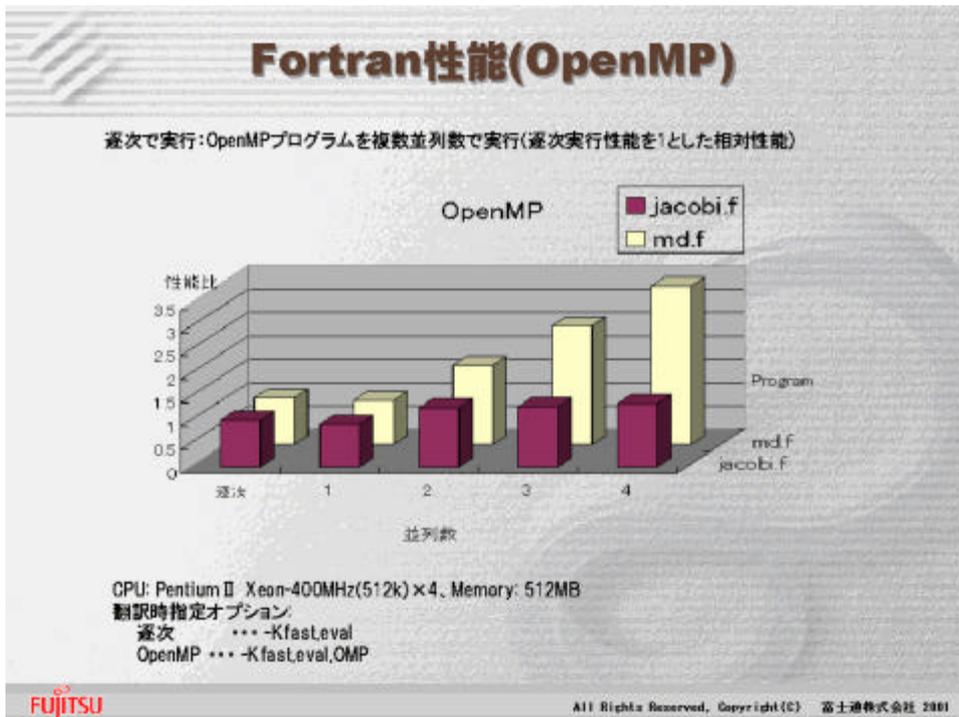
Specfp95を用いた、Fortran&C Packageの最新版での性能向上結果です。初版（V1）に比べて、平均10～15%性能向上を図っています。

(12/23)



Fortran&C PackageとGnuコンパイラとの性能比較です。プログラムにより、性能差に開きがありますが、平均20%以上の性能向上しています。また、プログラムの特性により、数倍の性能差が現れるものもあります。

(13/23)



Fortranコンパイラにおける、並列実効性の結果です。並列数が増加するに従い、非常に効果があるものと、そうでないものがあります。プログラムの特性を考慮し、効果的に並列化を行うことが重要です。

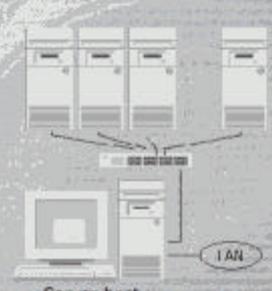
(14/23)

## プログラム並列化性能(SCore + MPI)

成蹊大学工学部情報工学科 小川浩平研究室

- **ベンチマークテスト**
  - 3D Lid-driven cavity
    - ・ Re=400
    - ・ 85x85x65 (97x65x97)
- **対象機種**

Cluster	CPU	Network	CPU#		
PCC1	PentiumPro(200MHz)	Myrinet	128	大	
PCC2	PentiumPro(200MHz)	100BASE	428		
PCC3	PentiumIII(500MHz) Dual CPU	Myrinet	32(16x2)		中
PCC4	PentiumIII(500MHz) Dual CPU	100BASE	32(16x2)		
noname	Celeron(300MHz)	100BASE	16	小	



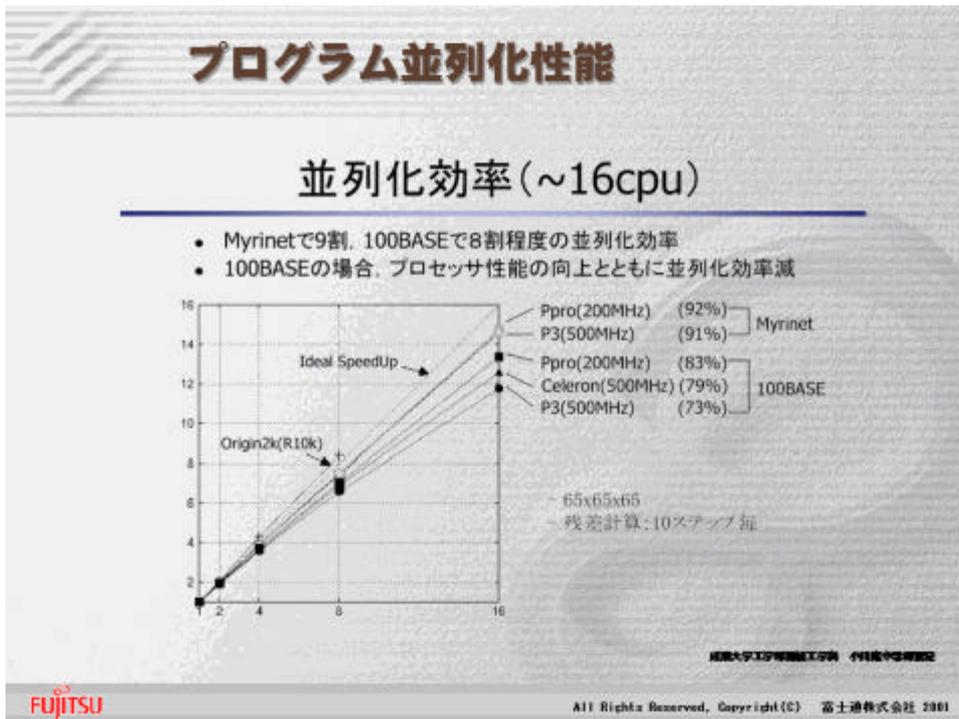
-H/W : 通常のPC×16/2×16/128台(演算用)+1台(制御用)  
-Network : 100BASE-TX+Switching HUB/Myrinet  
-S/W RedHat Linux 6.1+SCore 3.0(RWCP)

**FUJITSU**

All Rights Reserved, Copyright(C) 富士通株式会社 2001

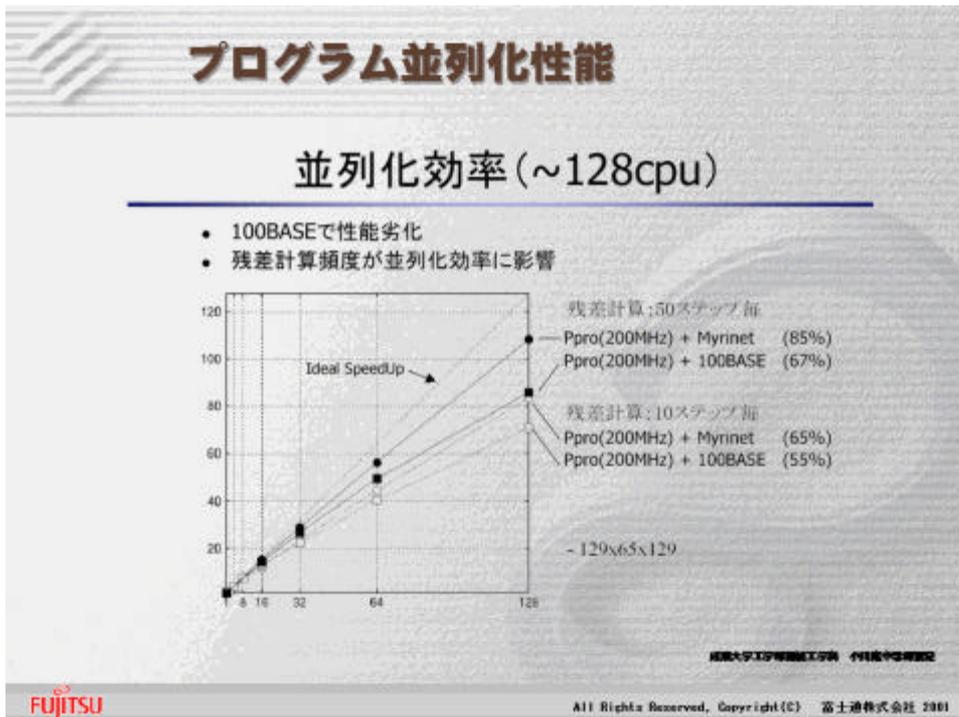
成蹊大学の小川先生がプログラムの並列化性能についてまとめられたものです。この資料は、弊社および、販売会社の株式会社富士通九州システムエンジニアリングがLinuxWorldなどのイベントで紹介しているものです。

(15/23)



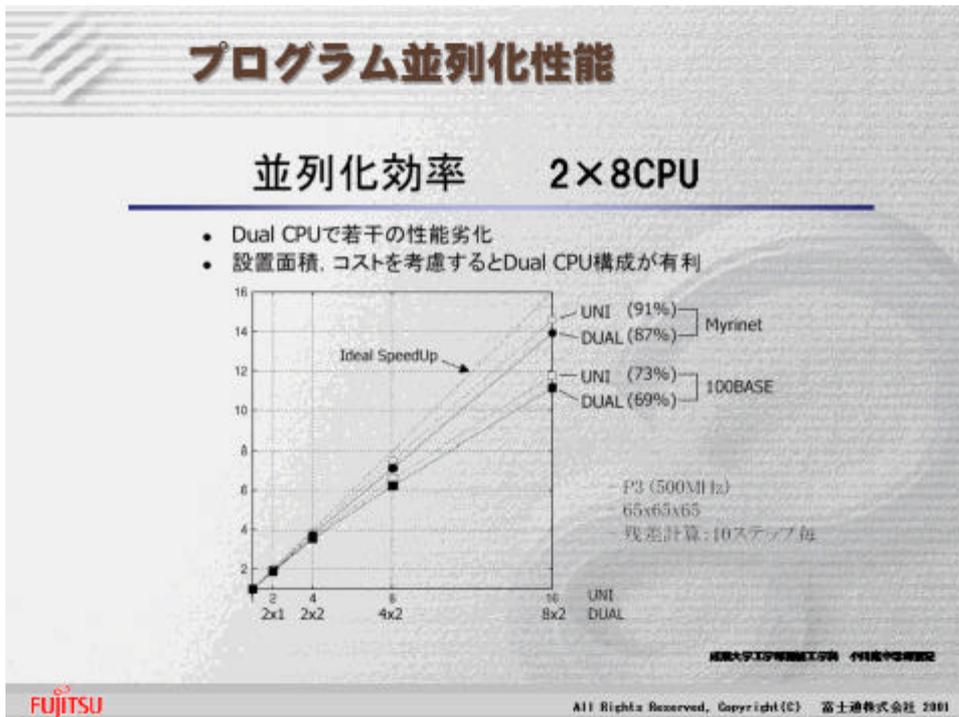
16cpuまでのクラスタシステムでの並列化性能です。Myrinetで9割、100BASEで8割程度の並列化効率が現れています。また、100BASEの場合、プロセッサ性能の向上とともに、並列化効率が悪くなっています。

(16/23)



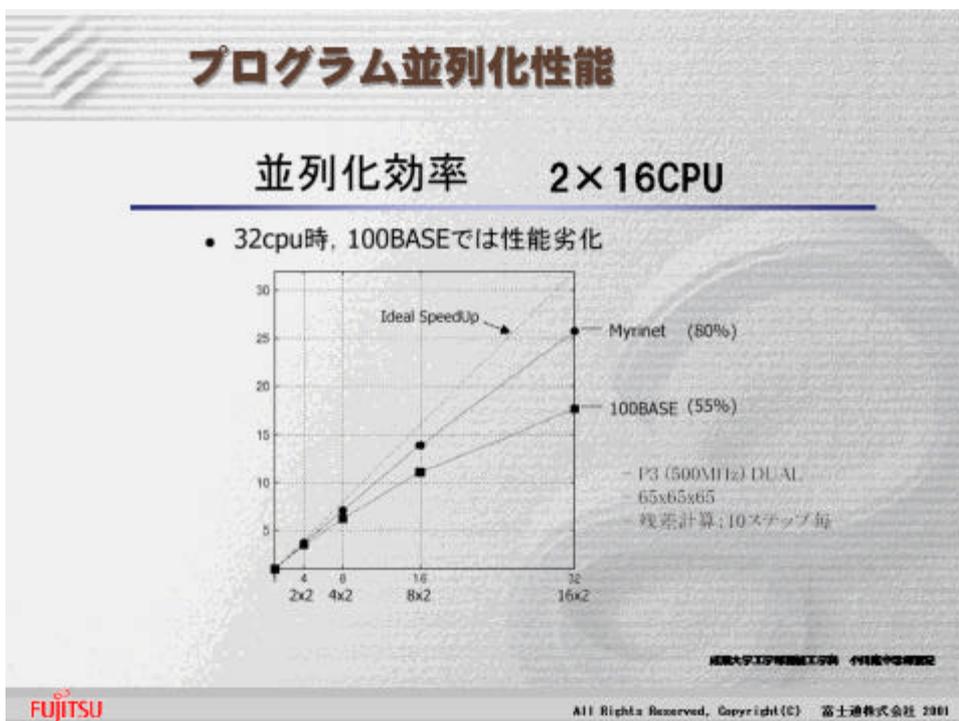
128cpuまでのクラスシステムでの並列化性能です。  
100BASEで性能劣化が見られます。また、残差計算頻度が並列化効率に影響を与えているのがわかります。

(17/23)



Dual CPUのマシン(2×8cpu)でのクラスシステムでの並列化性能です。Dual CPUで若干の性能劣化が起こります。また、設置面積、コストなどを考慮すると、Dual CPUの構成が有利なことがわかります。

(18/23)



Dual CPUのマシン(2 × 16cpu)でのクラスタシステムでの並列化性能です。  
32CPU時、100BASEでは、性能劣化が発生します。

(19/23)

スライドのタイトルは「プログラム並列化性能 (まとめ)」です。右上には「産業工学工学部 情報工学研究室」のロゴがあります。中央には以下の箇条書きが記載されています。

- 16cpu程度なら100BASEでも8割程度の並列化効率
- ただし、100BASEの場合、プロセッサ性能の向上に応じ、並列化効率が劣化
- Ppro 128cpu+Myrinetで8割程度の並列化効率  
ただし、残差計算の頻度に応じて性能劣化
- Dual Cpuクラスタは同一cpu数のクラスタに比べわずかに性能が劣化するものの、コスト・場所を考慮すると極めて有効
- 32cpuと128cpu時で100BASEは、Myrinetの7割程度

スライドの左下には「FUJITSU」のロゴ、右下には「All Rights Reserved, Copyright (C) 富士通株式会社 2001」の著作権表示があります。

16cpu程度なら100BASEでも8割程度の並列化効率です。  
ただし、100BASEの場合、プロセッサ性能の向上に応じ、並列化効率が劣化します。  
Pentium Pro128cpu+Myrinetで8割程度の並列化効率です。ただし、残差計算の頻度に応じて性能劣化が発生します。  
Dual Cpuクラスタは同一cpu数のクラスタに比べわずかに性能が劣化するものの、コスト・場所を考慮すると極めて有効と言えます。  
32cpuと128cpu時で100BASEは、Myrinetの7割程度の性能です。

(20/23)

**出荷実績・価格など**

**2001/1Q現在:約1,500本の出荷実績**

**対応OS**  
主要な商用Linuxディストリビューション  
RedHat、TurboLinux、Calderaなど

**対応ハードウェア**  
Intel社製およびIntel社製互換CPUを搭載するAT互換機

**FUJITSU**

All Rights Reserved, Copyright(C) 富士通株式会社 2000

Fortran&C Packageは、1999年夏の販売開始以来、約1,500本を出荷しています。  
対応OSは、主要なRedHat/TurboLinux/Calderaなどを始めとして、Vine/Debianなど幅広いLinuxディストリビューションをサポートしています。

(21/23)

## 出荷実績・価格など

 **価格**

Fortran&C Package : 98,000円(一般向け)、65,000円(文教向け)  
C++ Package : 30,000円(一般向け)、20,000円(文教向け)  
Parallel Fortran&C Package : 150,000円から(一般向け)  
98,000円から(文教向け)

プログラム製品名		標準小売価格(税別)	
		F&C製品	一般製品
Parallel Fortran&C Package (Linux)	2CPU	98,000	150,000
Parallel Fortran&C Package (Linux)	4CPU	198,000	250,000
Parallel Fortran&C Package (Linux)	8CPU	298,000	350,000
Parallel Fortran&C Package (Linux)	16CPU	398,000	450,000
Parallel Fortran&C Package (Linux)	32CPU	498,000	550,000
Parallel Fortran&C Package (Linux)	64CPU	598,000	650,000

65xCPU以上は弊社までお問い合わせ下さい。

 All Rights Reserved, Copyright (C) 富士通株式会社 2016

価格は、一般製品のFortran&C Packageが98,000円で、アカデミックサイト向けには65,000円でご提供しています。C++ Packageは30,000円で、アカデミックサイト向けには20,000円です。クラスタシステムに有用な Parallel Fortran&C Packageは、利用されるCPU数に対応して150,000円、アカデミックサイト向けは98,000円からご用意しています。

(22/23)

**エンハンス予定**

**2001年10月販売開始予定**

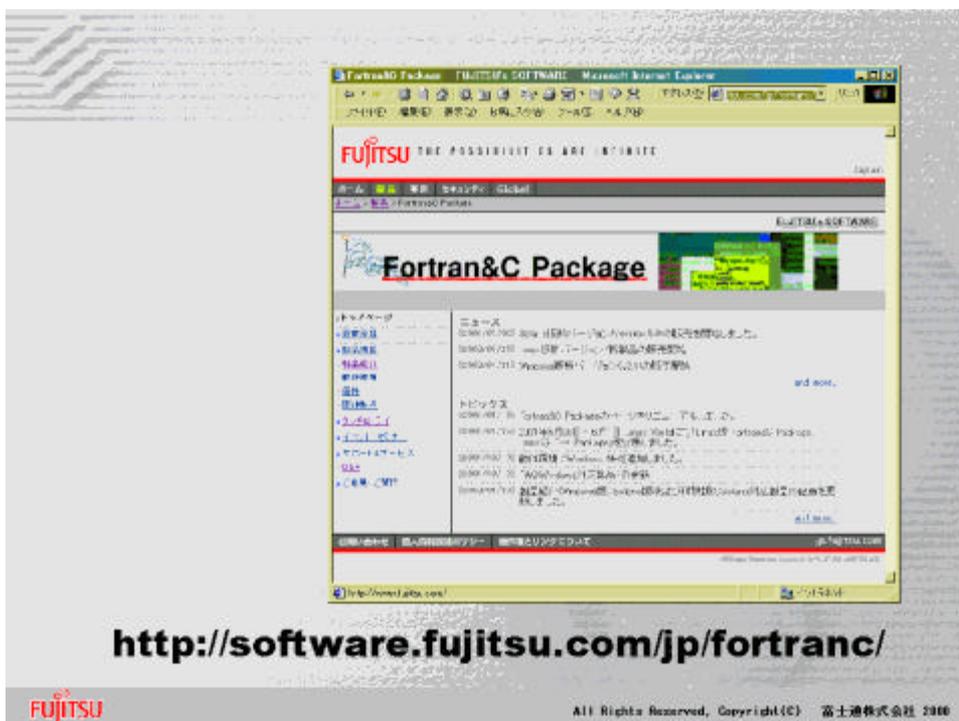
- **最新OS対応(Kernel2.4対応)**  
主要な商用Linuxディストリビューション  
RedHat、TurboLinux、Calderaなど
- **Relaxinの機能改善**
- **性能向上:PentiumIII/PentiumIV対応**  
SSE(Prefetch)命令をサポート  
SSE II 命令のサポートを検討中

**Fortran&C @ Linux**

**FUJITSU** All Rights Reserved, Copyright(C) 富士通株式会社 2000

今後のエンハンスとしては、2001年10月に次期バージョン（仮称：V3）の販売開始を予定しています。この次期バージョンでは、Kernel2.4の最新ディストリビューション対応を始めとして、開発支援ツール、Relaxinの機能を改善しています。また、最新のPentiumIII/Pentium4向けの最適化機能を組み込み、性能向上を図る予定です。  
なお、PentiumIII/Pentium4で採用されるSSE命令をサポートすることにより、10～30%の性能向上を図る予定であります。

(23/23)



Fortran/C/C++に関する最新情報は、富士通ホームページの製品情報に随時掲載していきますので、ぜひご覧ください。  
ありがとうございました。