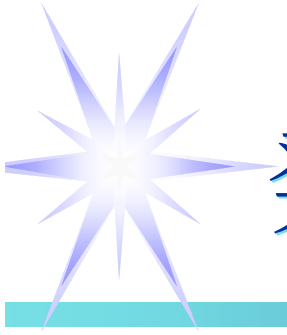
ネットワーク数値情報システム Ninf: マルチクライアント環境での性能

竹房 あつ子[*1]・小川 宏高[*2]・松岡 聡[*3]・中田 秀基[*4]・
佐藤 三久[*5]・関口 智嗣[*4]・長嶋 雲兵[*1]

[*1] お茶の水女子大学, [*2] 東京大学, [*3] 東京工業大学,
[*4] 電子技術総合研究所, [*5] 新情報処理開発機構

URL:http://phase.etl.go.jp/ninf/



発表内容

- Ninf の概要
- Linpack を用いたシングルクライアント環境での性能
- Linpack を用いたマルチクライアント環境での性能
- まとめと今後の課題

はじめに

ネットワーク数値情報システム **Ninf**

(**N**etwork **Inf**ormation Library towards
a Globally High Performance Computing)

→ **広域分散並列計算技術を支援するシステム**

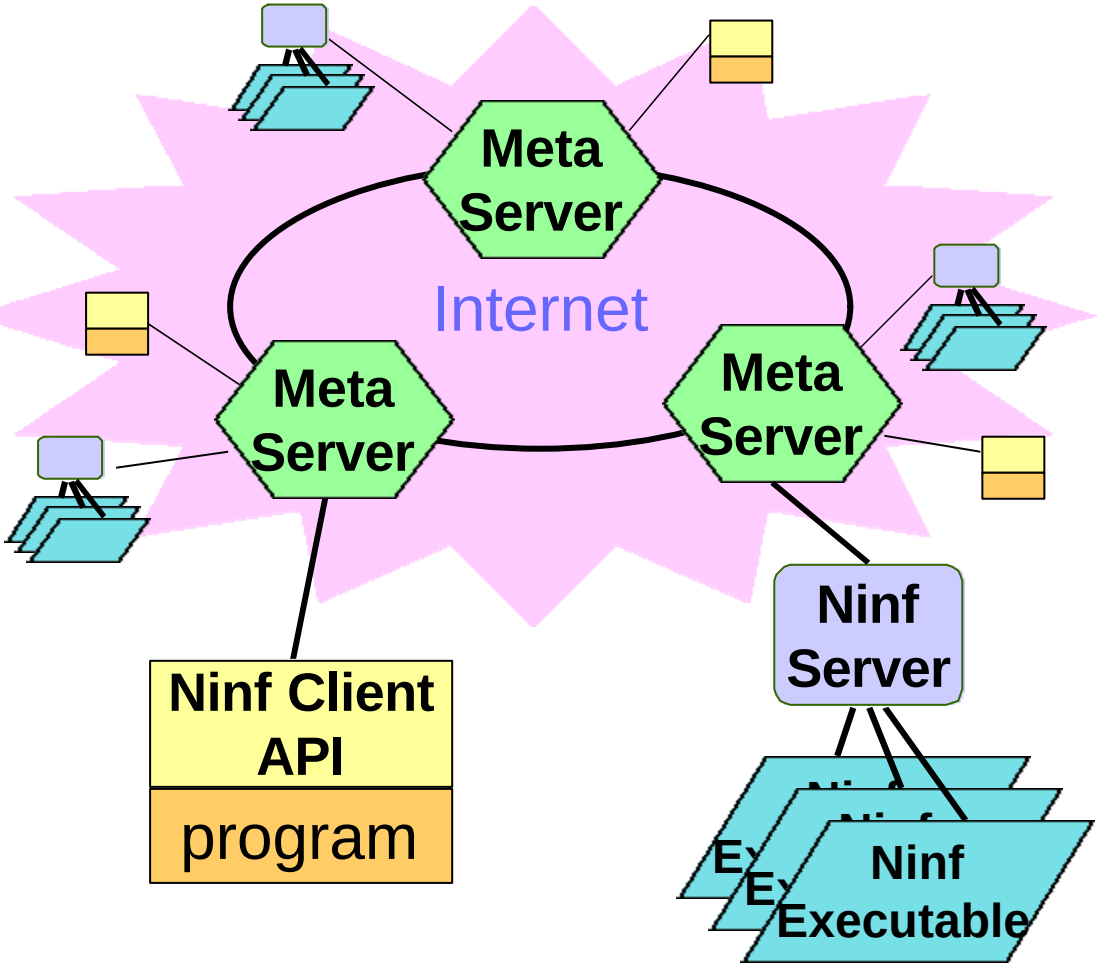
- 広域分散並列処理を有効に行う条件
  - 信頼性のある**通信手続き**
  - **圧倒的に高いサーバの計算性能**

本研究の目的

- より現実的なNinf システムの運用
  - **クライアントからの計算要求の頻度**
  - **個々の計算規模**
  - 並列計算機では**ライブラリの選択**
    - Scaler job の Parallel execution
    - Parallel job の Single execution

マルチクライアント環境での測定で検証

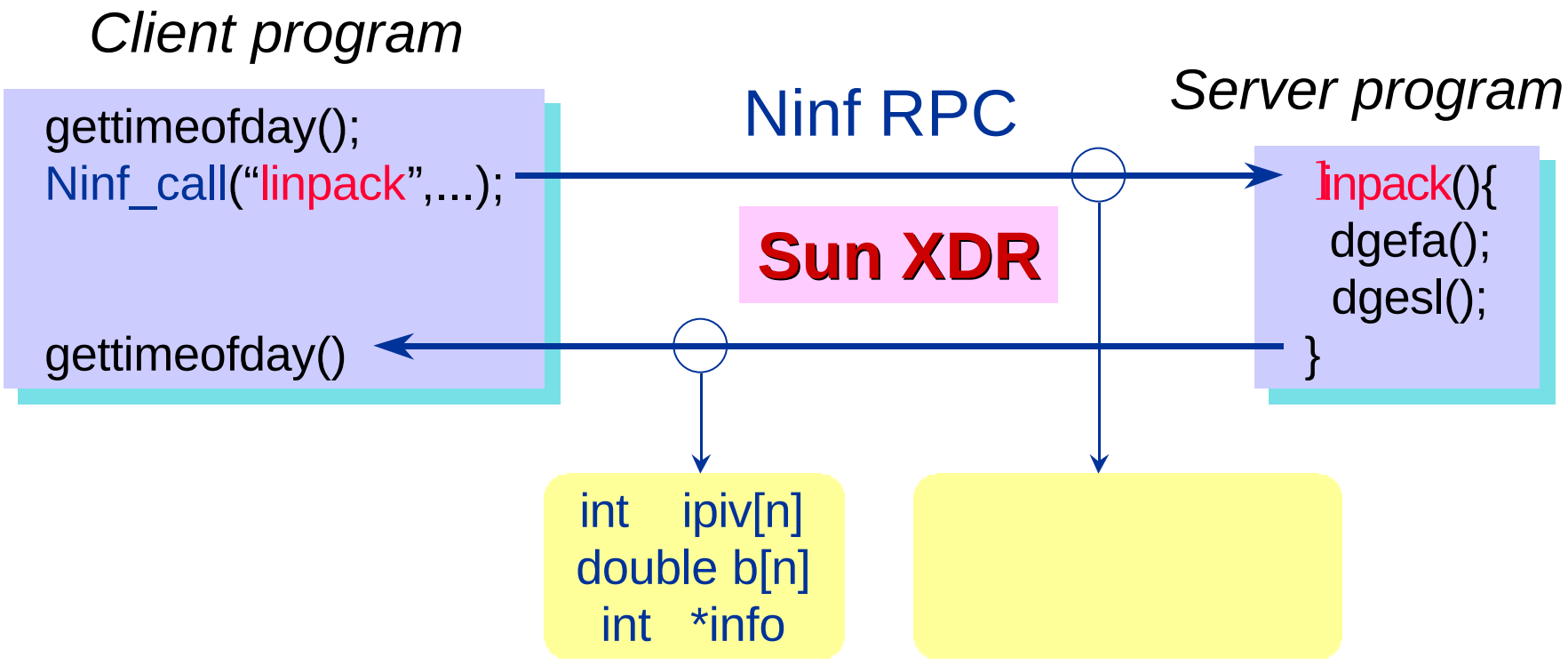
Ninfシステムアーキテクチャ



- Ninf サーバ
- Ninf クライアントAPI
- メタサーバ

Ninf RPC (Remote Procedure Call)
により実現

Ninf RPC による Linpack Benchmarkプログラムの実行

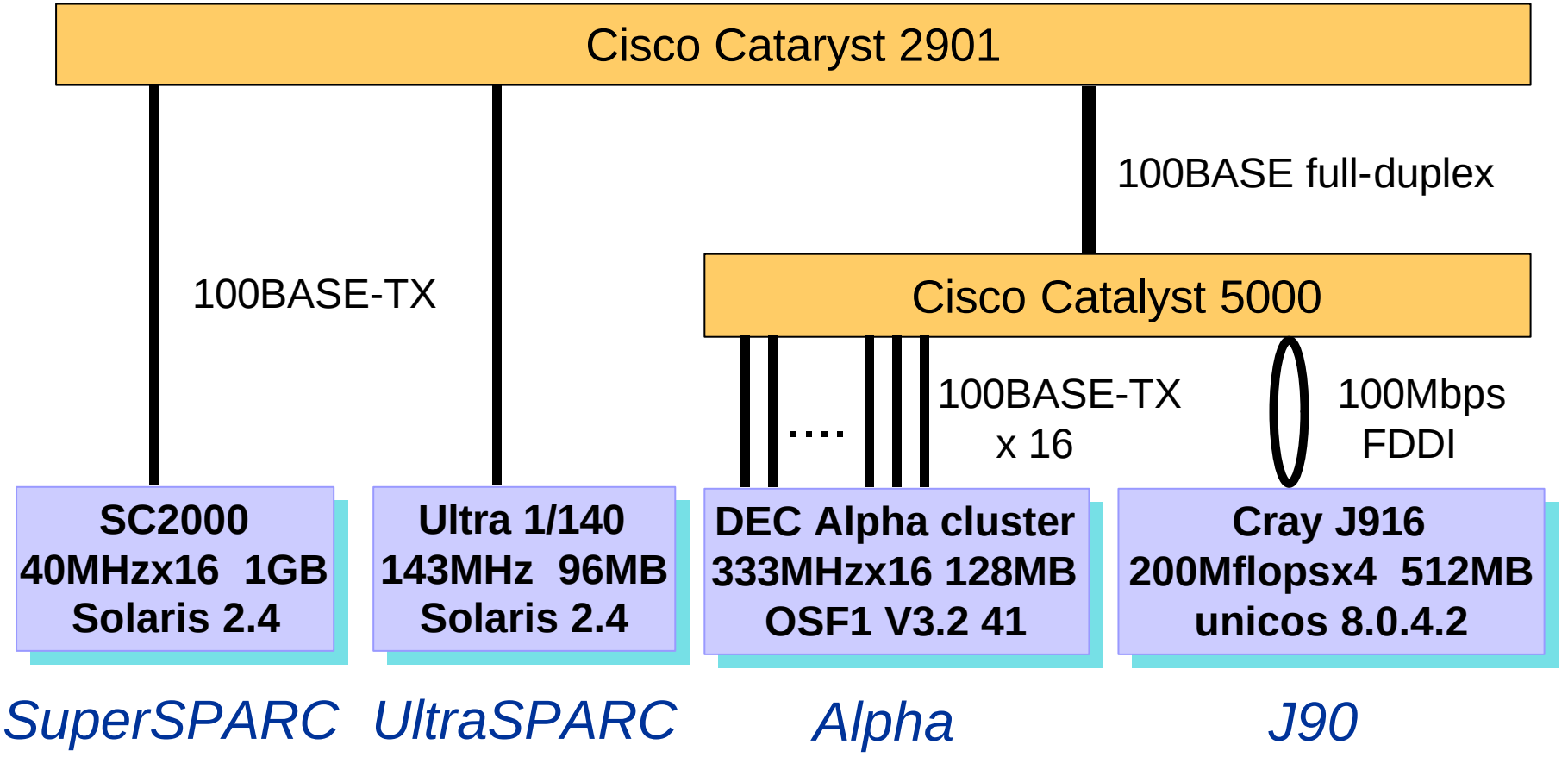


Linpack Benchmark

- 倍精度のLinpack Benchmark :
  - ガウスの消去法で密行列の連立一次方程式を求解
  - 演算量 : $2/3\,n^3 + 2\,n^2$
  - 通信量 : $8\,n^2 + 20\,n + O(1)$ [bytes]
  - Ninf_callの性能 :

    $(2/3\,n^3 + 2\,n^2)\ /$（通信時間 ＋ 計算時間） [Mflops]

計測環境


Cisco Cataryst 2901
100BASE full-duplex
100BASE-TX
Cisco Catalyst 5000
100BASE-TX
x 16
100Mbps
FDDI
SC2000
40MHzx16 1GB
Solaris 2.4
Ultra 1/140
143MHz 96MB
Solaris 2.4
DEC Alpha cluster
333MHzx16 128MB
OSF1 V3.2 41
Cray J916
200Mflopsx4 512MB
unicos 8.0.4.2
SuperSPARC
UltraSPARC
Alpha
J90

シングルクライアント環境での評価

- Linpack Benchmarkのルーチン

  J90(4PE)上で libSci ライブラリ

  (sgetrf, sgetrs)

  1PE版, 4PE版ライブラリ

  その他：LAPACK (dgefa, dgesl)

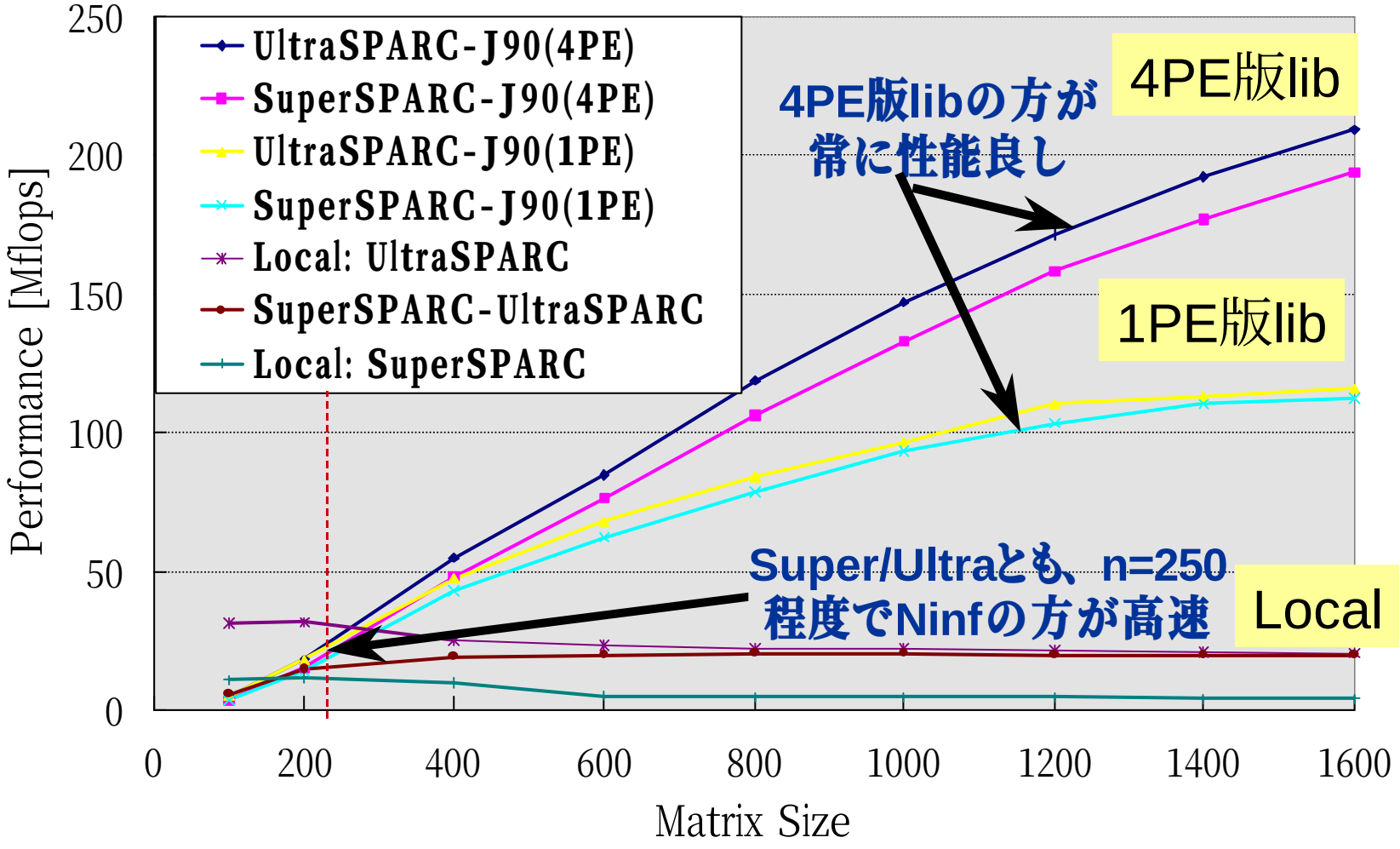
- 計測条件

  Ninf_call の回数 : 20回

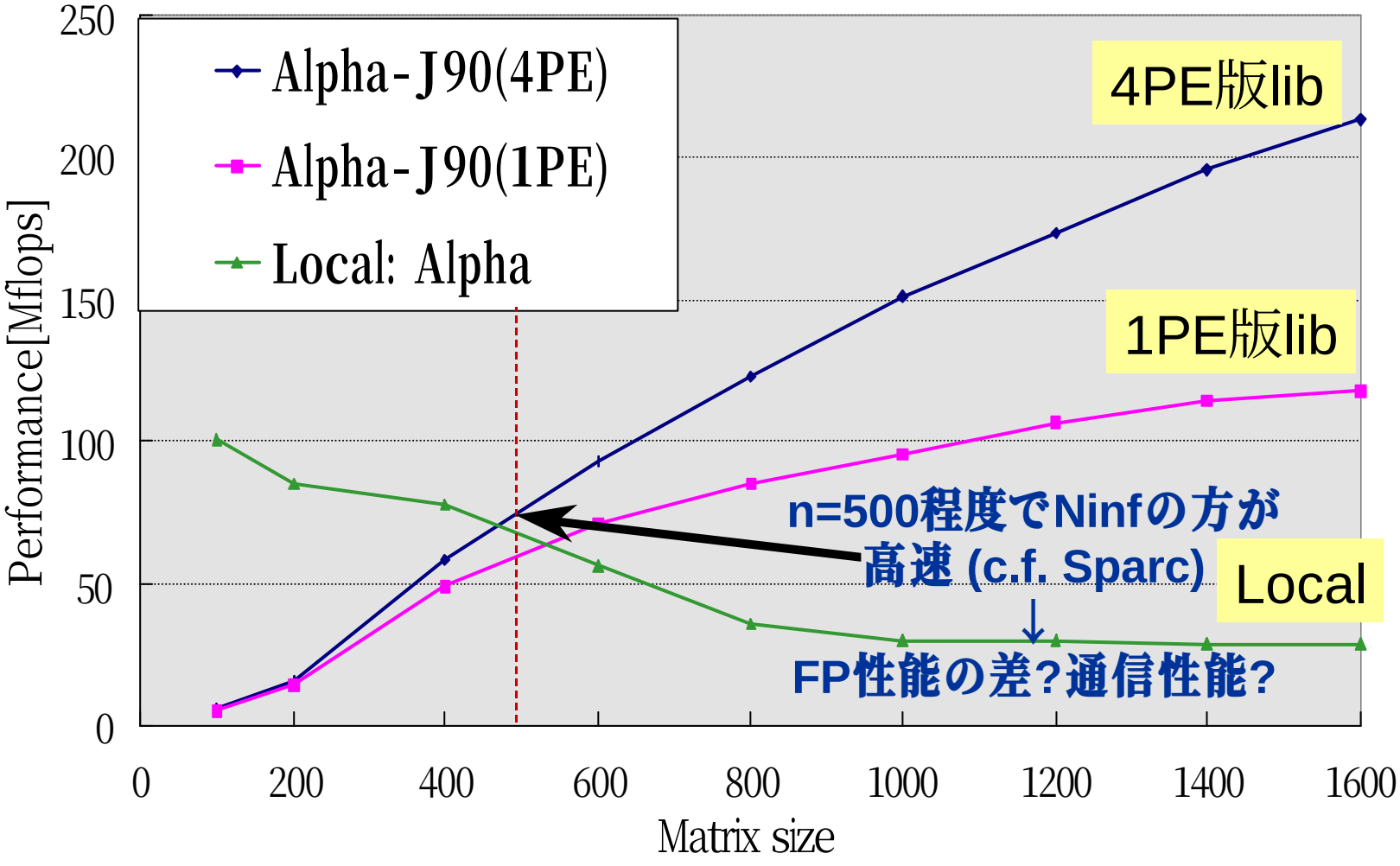
  採用した値 : 最高性能値

Client	Local	Remote (Ninf_call)		
		Ultra	J90	
			1PElib	4PElib
SuperSPARC	○	○	○	○
UltraSPARC	○	—	○	○
Alpha	○	—	○	○

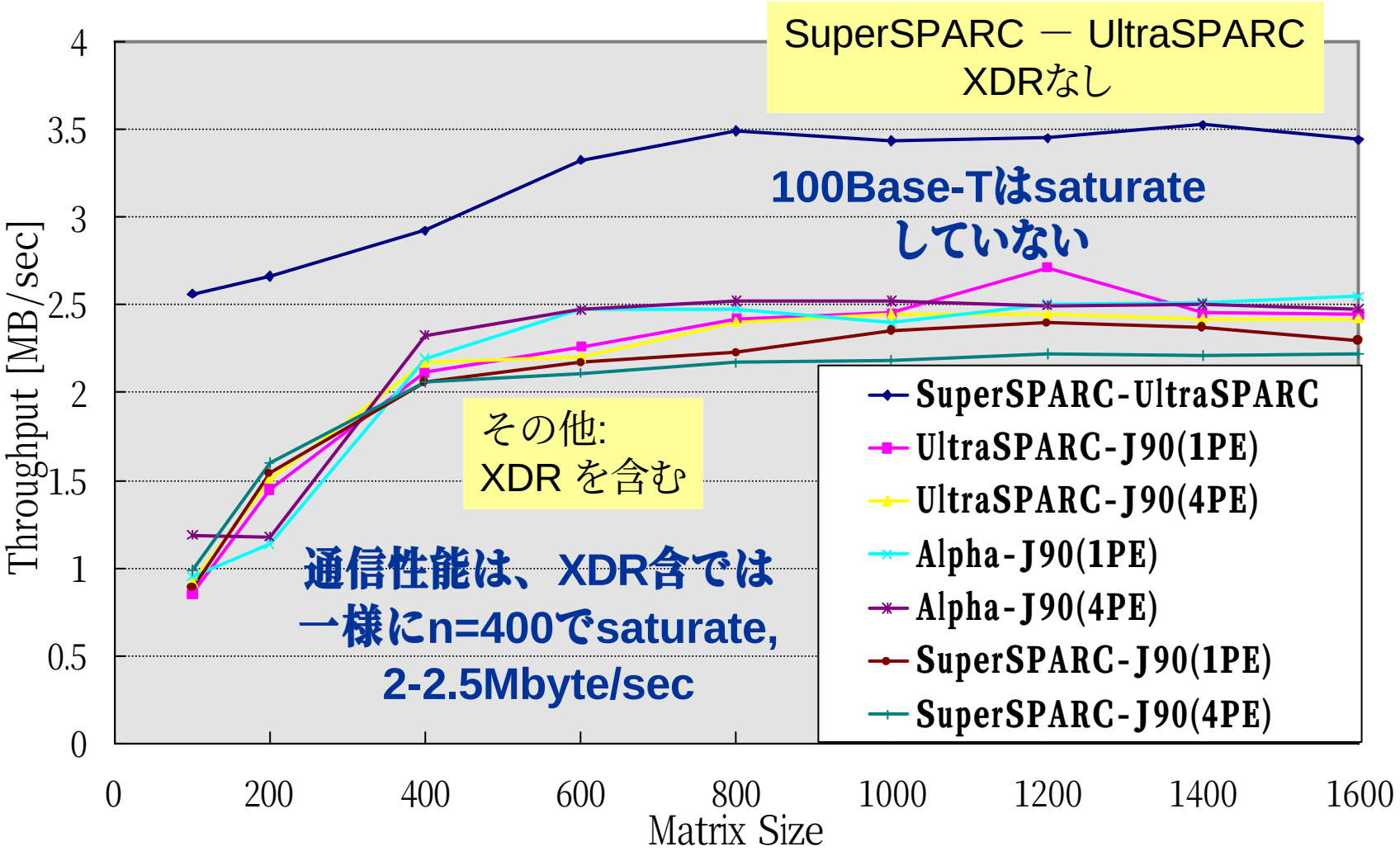
SPARCをクライアントとした性能



Alpha をクライアントとした性能



Ninf_call通信スループット



シングルクライアント環境での結果

- 問題サイズが大きくなると**通信のオーバーヘッドが隠蔽**
- **クライアントマシン性能が異なる**場合も同程度の性能向上
- データ表現が異なるプラットフォーム間でも**Ninf_callの効率は著しく低下しない**
- SPARC をクライアントとした場合
  - 問題サイズ200～400で Local 実行より Ninf を用いた方が高性能
  - 通信データ表現の変換のオーバーヘッドが小さい
- Alpha をクライアントとした場合
  - 問題サイズ400～600で Local 実行より Ninf を用いた方が高性能

マルチクライアント環境での評価

- より現実的なNinf システムの運用
  - **クライアントからの計算要求の頻度**
  - **個々の計算の規模**
  - 並列計算機では**ライブラリの選択**
    - Scaler job の Parallel execution
    - Parallel job の Single execution

マルチクライアント環境での測定で検証

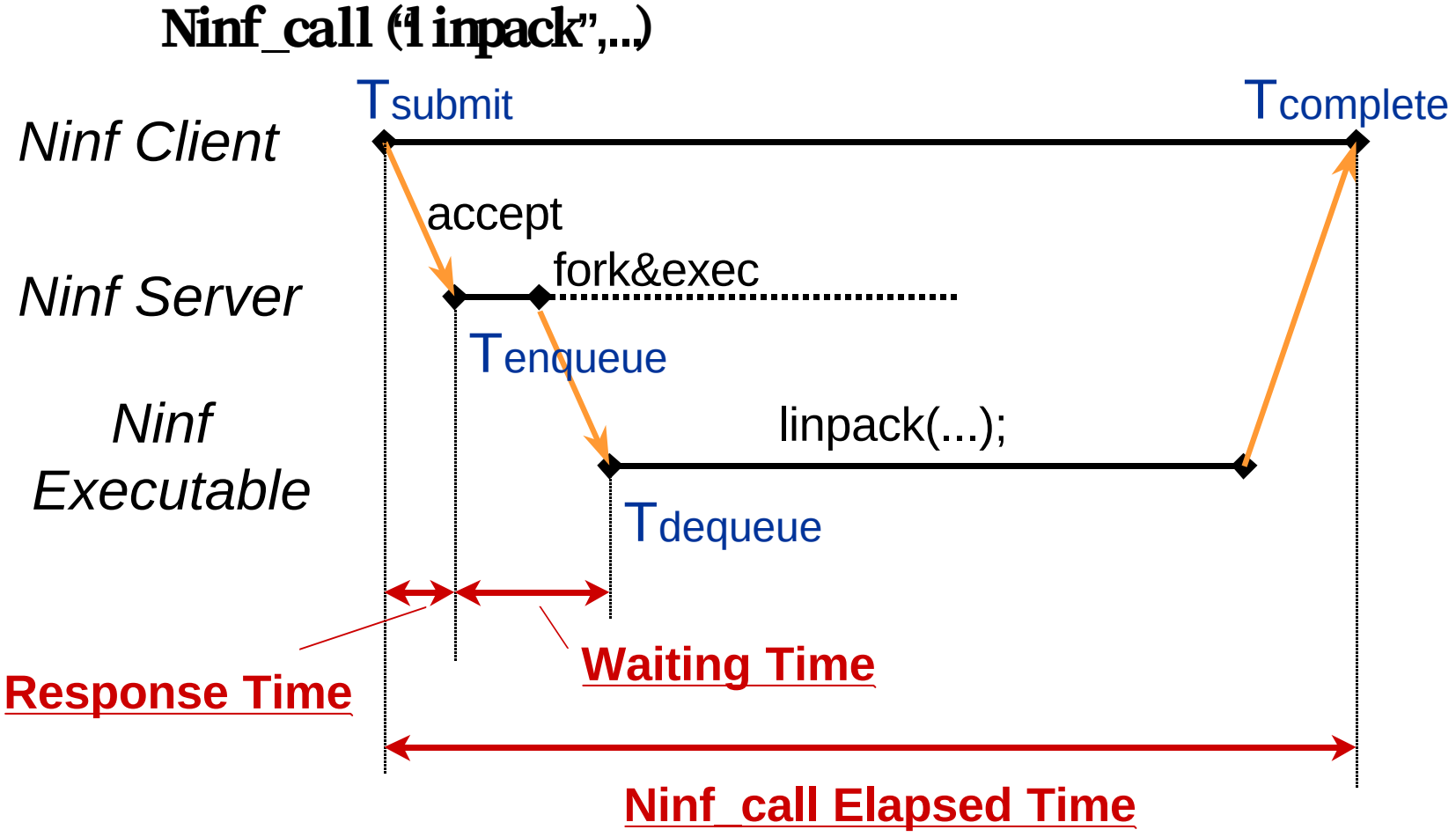
マルチクライアント環境での評価条件

- サーバ：J90(4PE)，　クライアント：Alphaクラスタ
- クライアントプログラムのモデル

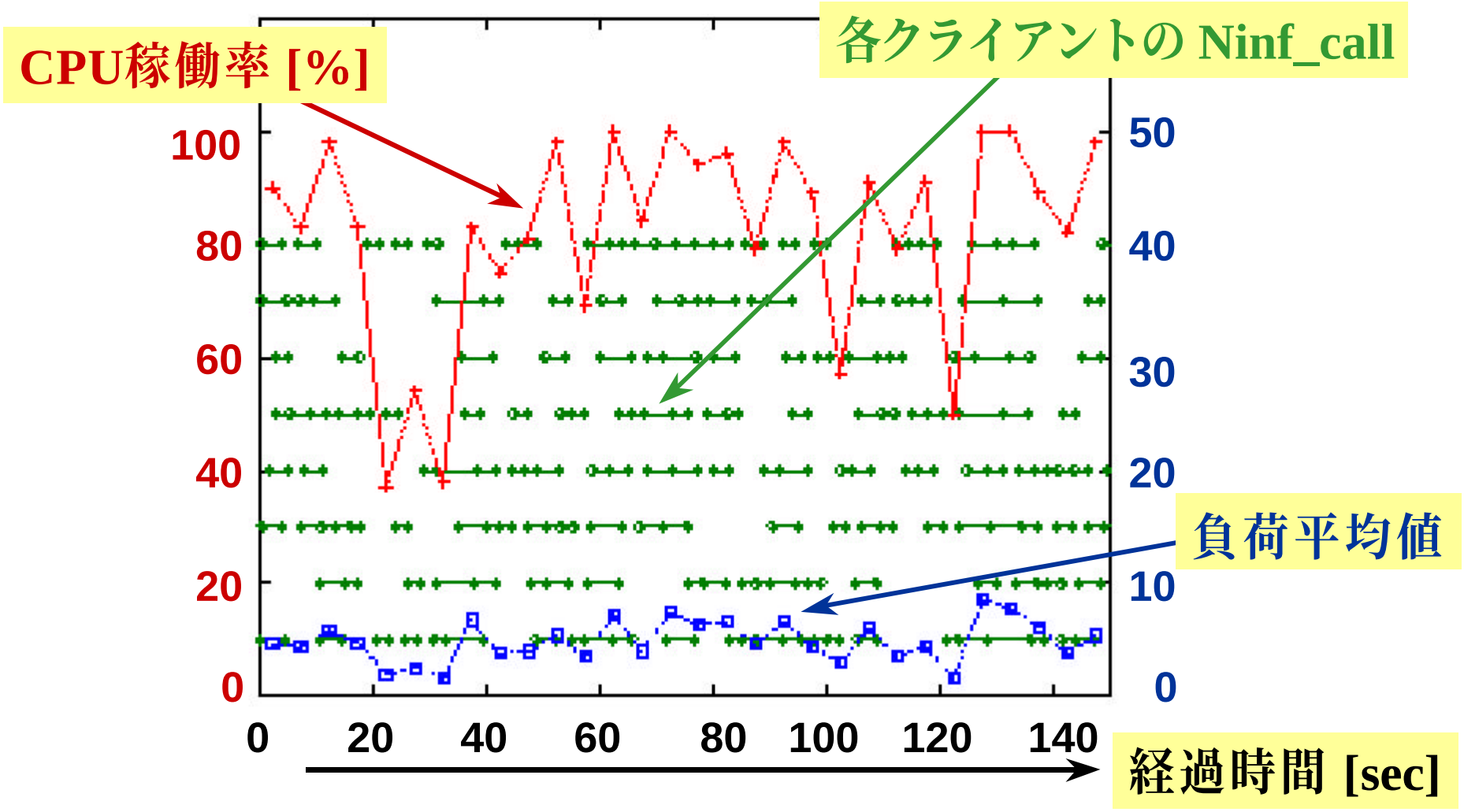
  Linpack Benchmark を繰り返し呼び出す
  - s [sec]毎に一定の確率 p で発生
  - 問題サイズ n は試行の間一定
  - クライアント数 c

  s =3，　p =1/2，　c =1,4,8,12,16，　n =600,1000,1400
- Linpackのルーチン：1PE版lib，　4PE版lib(vector)

Ninf_callの測定のタイミング



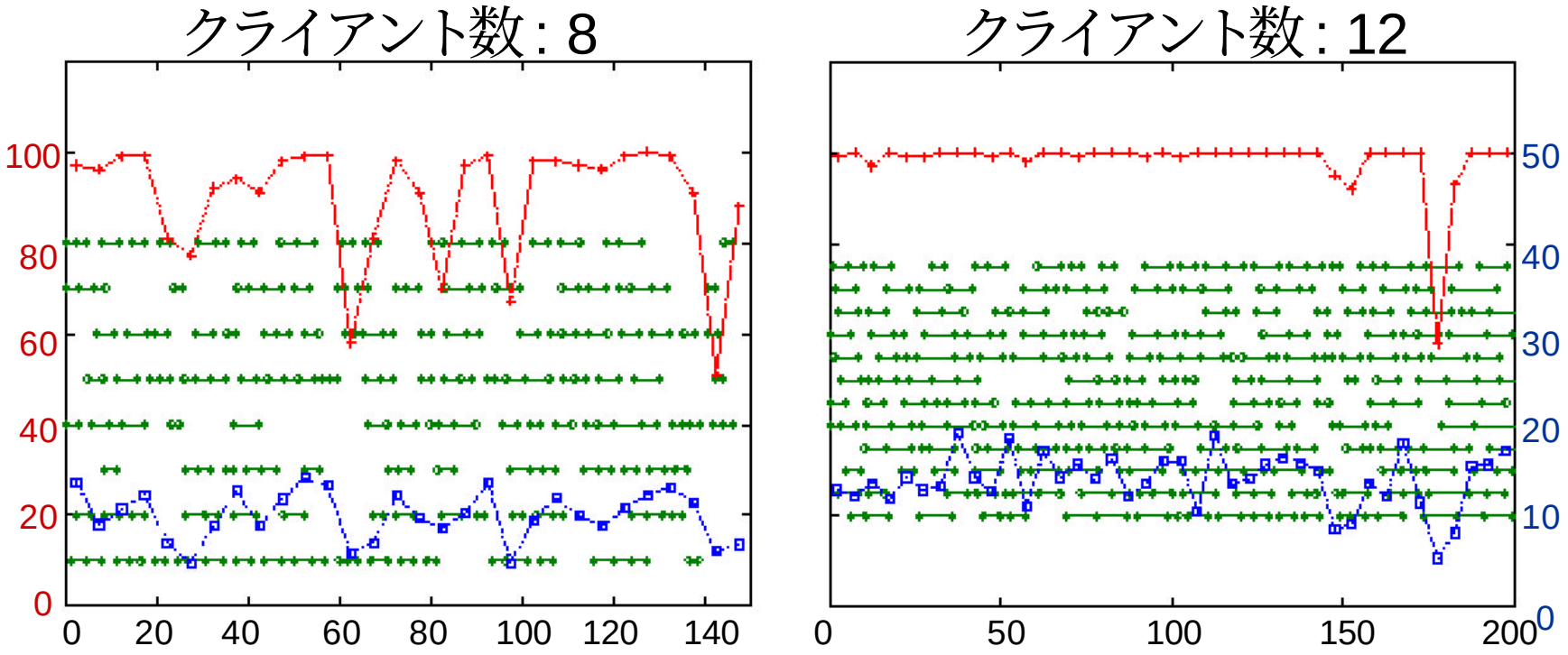
グラフの見方


CPU稼働率 [%]
各クライアントの Ninf_call
負荷平均値
経過時間 [sec]
100
80
60
40
20
0
50
40
30
20
10
0
0
20
40
60
80
100
120
140

クライアント数による比較

4PE版，問題サイズ：600

- **稼働率：高**
- **性能のばらつき(応答時間)**



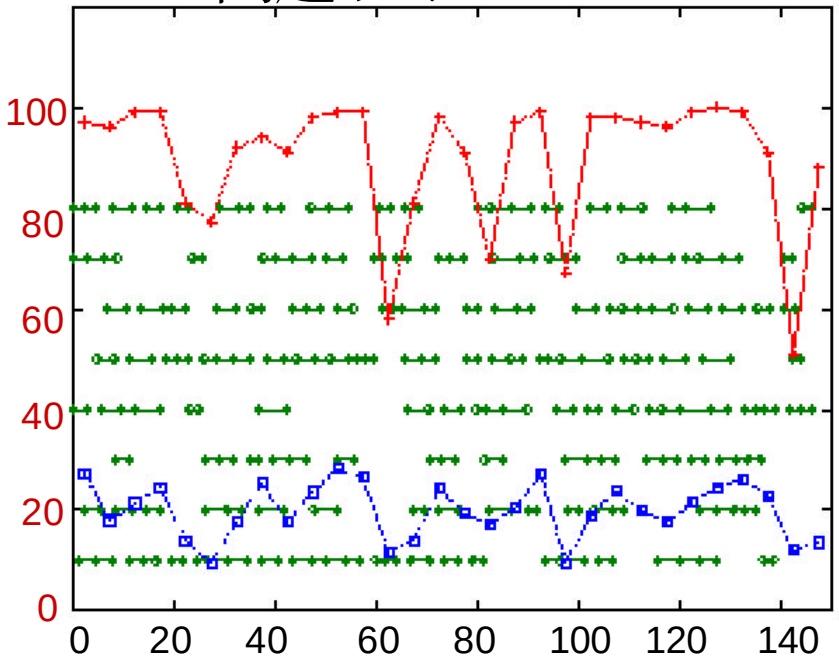
稼働率 [%]
負荷平均値
各クライアントの Ninf_call
経過時間 [sec]

クライアント数	Performance[Mflops] max / min / mean	稼働率	負荷平均
8	89.35/24.31/51.51	90.00	9.98
12	71.83/11.26/29.83	98.15	13.96

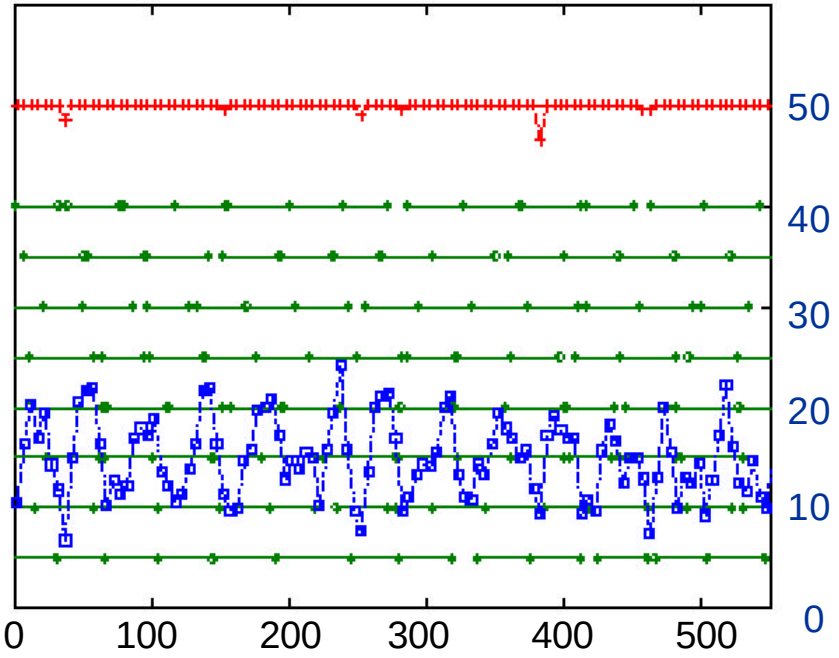
問題サイズによる比較
4PE版，クライアント数：8

・稼働率：高、負荷: 高
・稼働性・性能は維持

問題サイズ：600



問題サイズ：1400



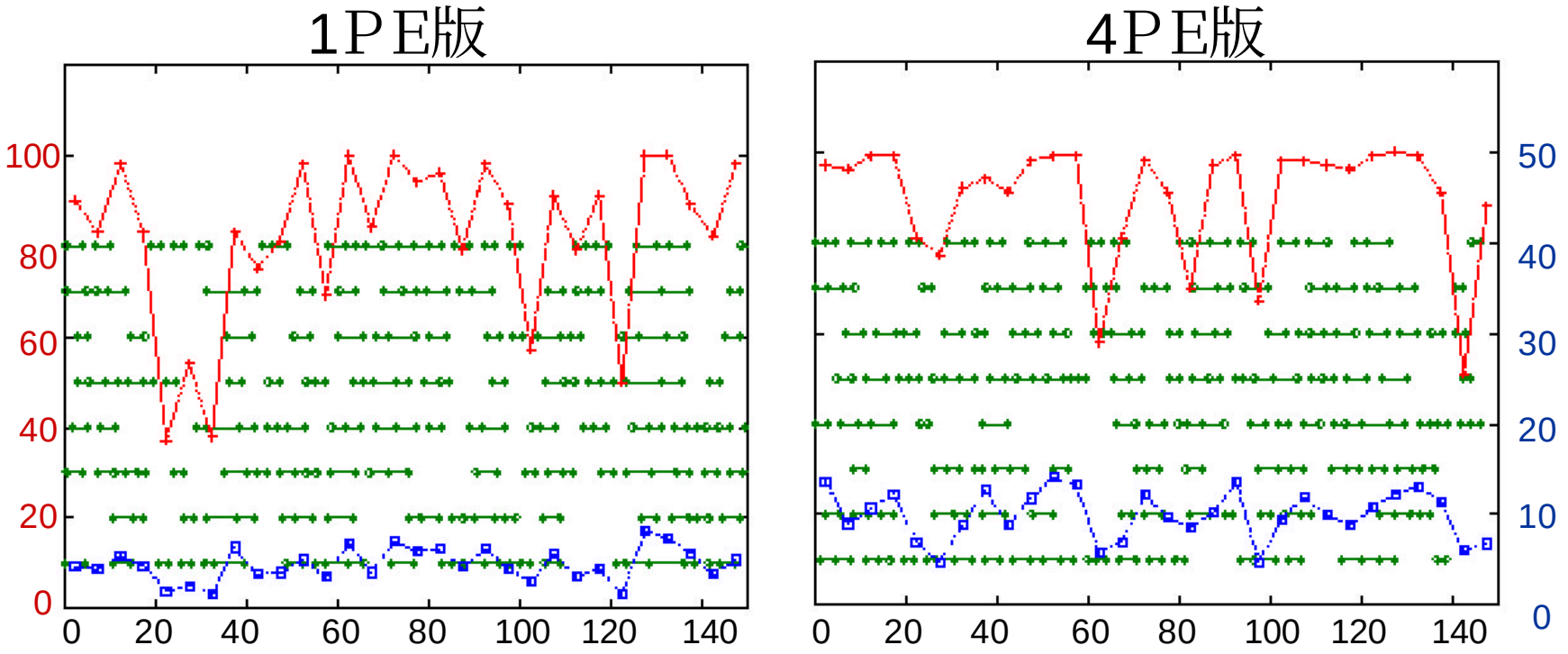
稼働率 [%]
負荷平均値
各クライアントの Ninf_call
経過時間 [sec]

問題サイズ	Performance[Mflops] max / min / mean	稼働率	負荷平均
600	89.35/24.31/51.51	90.00	9.98
1400		99.86	21.69
	69.26/24.22/48.27		

1PE版と４PE版の比較

クライアント数：8，問題サイズ：600

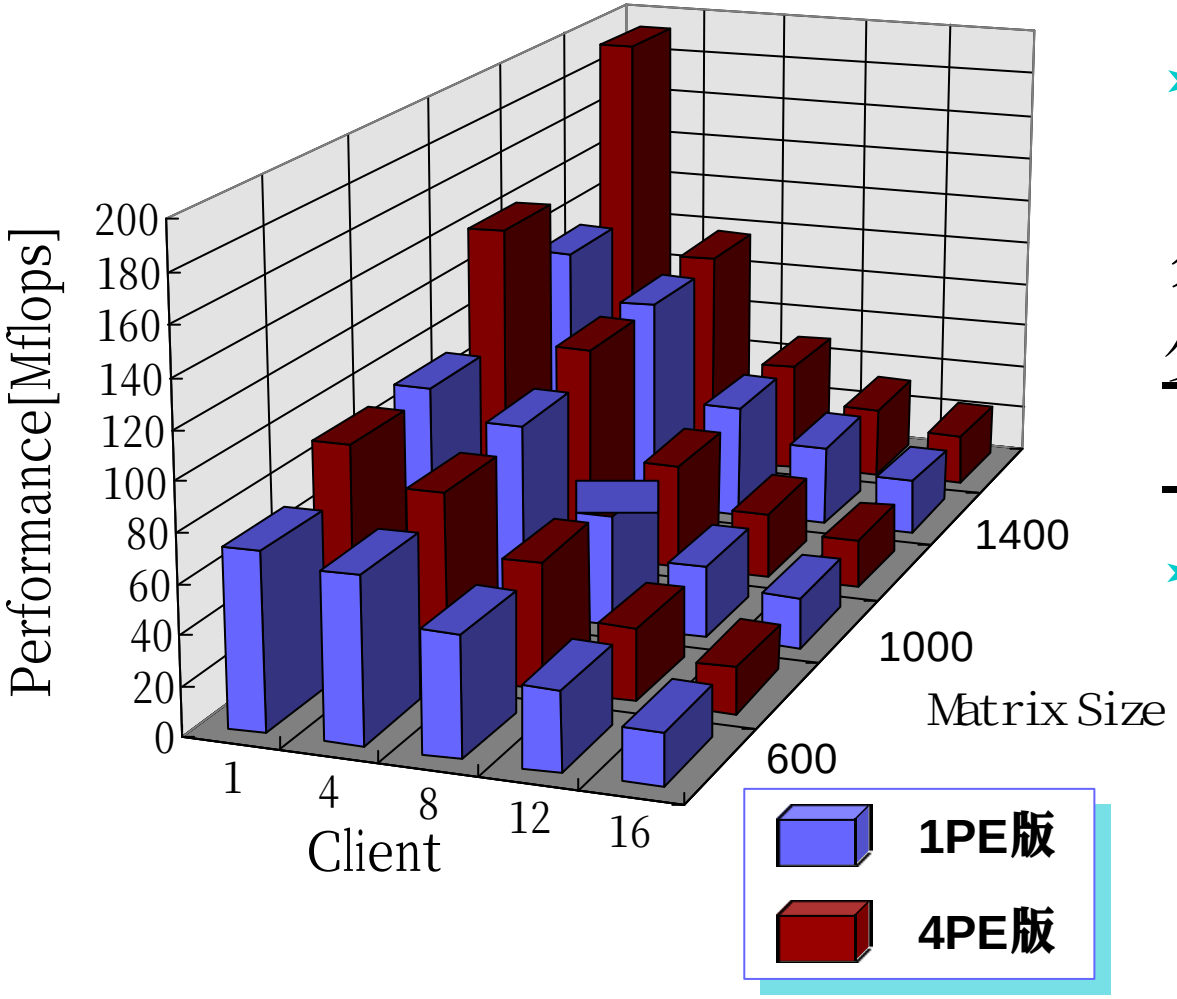
・4PE版：高稼働率、高負荷
・4PE版の方が性能が良い



稼働率 [%]
負荷平均値
各クライアントの Ninf_call
経過時間 [sec]

	Performance[Mflops] max / min / mean	稼働率	負荷平均
1PE版	72.04 / 17.44 / 49.02	82.20	4.90
4PE版	89.35 / 24.31 / 51.31		9.98

各クライアントでの平均実行性能



- 1PE版に対する4PE版の性能

クライアント数：

少ないとき 170～103 [%]

多いとき 105～ 88 [%]

- response time, waiting timeは1PElib, 4PElibの差異なし

4PE版libで有効運用

マルチクライアント環境での評価結果

- 問題サイズ1400のとき最大16クライアント，負荷平均値30に達したが，破綻せず機能した

  → **Ninf ServerはCray J90のＯＳ上でrobustに運用可能**

- Client数：1～8の閑散な状態 ― 4PE版が絶対的に有利

  ：8～16の繁忙な状態 ― 1PE版がわずかに有利

- 応答時間，待ち時間は4PE版が著しく低下しない

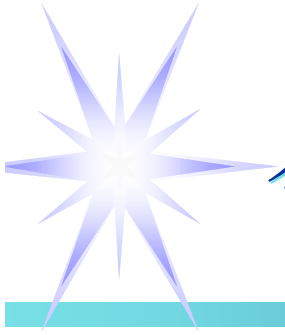
  → **Cray J90 上で最高性能を実現する，最適化されたライブラリの方が効率がよい**

関連研究

- Remote Computation System (RCS) [ETH Zurich]
  - 複数のスーパーコンピュータを統一のインターフェースで利用するためのRPCを提供し，負荷分散に重点
  - PVM ベースで広域分散には適していない
- NetSolve [Univ. Tennessee]
  - Ninf_callに類似のAPIを提供し，Agentプロセスで負荷分散
  - クライアント側でもインターフェース情報を保持しなければならない
- Legion/Mentat [Univ. Virginia]
  - 独自の並列オフジェクト指向言語 Mentat を用い，複数の計算資源を統合した仮想計算機を実現
  - 最適化・機能追加が容易だが，既存システムとの連続性は維持できない
- メタコンピュータシステム [早稲田大]
  - 自動並列化Fortranコンパイラでサーバにコードを輸送し実行する
  - コードの安全性の保持，広域分散実行に適した粒度の抽出が難しい

本研究のまとめ

- Ninf システムで**ネットワークコンピューティングが有効運用**できる
- Clientのプラットフォーム, マシン性能によって, **Ninf_callの実行性能は著しく低下しない**
- 超高性能計算機のOS上で**Ninf Serverがrobust**である
- 並列計算機の**高性能ライブラリがNinf Server上で有効利用**できる



今後の課題

- Linpack 以外の数値計算による検証
- Shortest Job First で Ninf Serverのジョブスケジューリングを行う
- メタサーバによる Network-Wide スケジューリング等を含めたNinf システムの有効性の検証のため，ネットワークシミュレータによる解析を行う