

解説



最先端の科学技術とスーパーコンピューティング

 1. スーパーコンピューティング応用の現状と将来[†]

 島崎 眞 昭^{††}

1. はじめに

近年計算機能力の拡大が科学技術の進歩に直接的に繋がり得ることが強く認識され、スーパーコンピューティングに対する期待が広がっている^{1),2)}。需要の増大に呼応して、多様な製品が市場に出現している。計算機能力には大別して、1)演算能力、2)記憶能力、3)入出力能力(高速、大量入出力、ネットワークとの結合性)がある。対象とする問題によっては、上記の中の特定の能力のみで十分な場合もあるが、一般的には上記の能力がバランスしていることがきわめて重要である。演算能力には、1)浮動小数点演算能力、2)固定小数点(整数)演算能力、3)論理演算能力とがある。1976年に出現したCRAY-1とその後継機及び1980年代前半から出現した我が国の演算パイプラインベクトル計算機は浮動小数点演算を中心とする科学技術計算におけるスーパーコンピューティングの有効性を実証した。具体的な応用分野でのスーパーコンピューティングについては対応する記事に詳しく述べられている。数値計算の分野でのスーパーコンピューティングのほかに、我が国の第5世代プロジェクトの成果に示されたように推論に関わる計算を中心とする知識処理の分野や情報検索などの分野などで超並列計算機によるスーパーコンピューティングも急速に進歩している。本稿では科学技術計算の各分野におけるスーパーコンピューティングの現状と展望を理解するためスーパーコンピューティングの全体的な動向と展望について述べる。現時点での対象範囲の異なりを考え、独立記事とならなかった超並列計算機によるスーパーコンピューティングについては、不十分な

がら簡単に触れる。将来の重要性を考え、改めて独立の特集号を期待する。

2. スーパーコンピュータの動向

2.1 スーパーコンピュータの処理方式の動向

スーパーコンピュータという言葉の定義は“曖昧”であるが一般に各時代の汎用の最高速の計算機に比べて格段に高速の計算機をスーパーコンピュータと呼ぶ³⁾。浮動小数点演算の速度で定義されることもあるが、絶対速度で定義するとその枠を時代の経過とともに速やかに変更しなければ実態と合わなくなる。図-1にスーパーコンピュータの発展の経緯を示す⁴⁾。スーパーコンピュータの最大性能は高いけれども、その高速性を引き出すためには用いるアルゴリズムやプログラムの構成上工夫が必要であり、スーパーコンピューティングを考える場合用いる計算機の特徴をよく把握することが重要である。種々の観点からスーパーコンピュータの特徴付けについて述べる。まず、スーパーコンピュータの大分類として、下記を考える。

1. ベクトル型スーパーコンピュータ

単一CPUの演算パイプライン方式ベクトル計算機CRAY-1, FACOM VP-200, VP 2000, NEC SX-2, HITAC S-810, S-820,

NEC SX-3*, HITAC S-3800*(*並列機として使わない場合)

2. ベクトル並列型スーパーコンピュータ

複数CPUの演算パイプライン方式ベクトル計算機、各CPUはそれぞれベクトル型のスーパーコンピュータCRAY-XMP, CRAY-YMP, CRAY-YMP C 90,

NEC SX-3 #, HITAC S-3800 # (#並列機として使う場合)

FUJITSU VPP 500

主記憶の形態によりさらに2種に分類される。

[†] Overview of Application of Supercomputing-Current Status and Future by Masaaki SHIMASAKI(Computer Center, Kyushu University).

^{††} 九州大学大型計算機センター

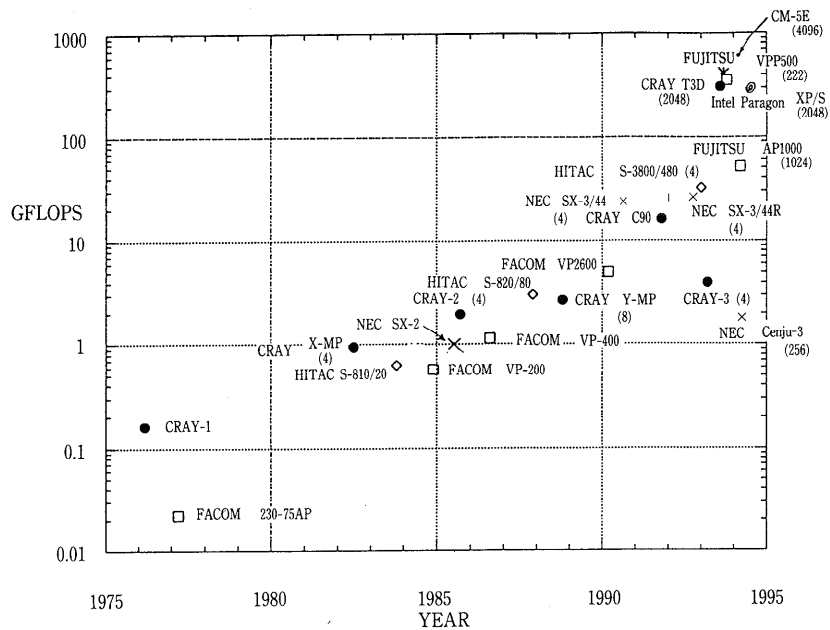


図-1 スーパーコンピュータ発展の経緯
 最初の出荷年をベースにしている。
 ()内はCPU数。表示のないものは単一CPU。

(a) 共有記憶ベクトル並列型スーパーコンピュータ

(b) 分散記憶ベクトル並列型スーパーコンピュータ

(b)としては、FUJITSU VPP 500がありそれ以外の上記の機種はすべて(a)である。

3. スカラ並列スーパーコンピュータ

ベクトル演算による高速化ではなく、スカラ並列演算で高速性を実現するスーパーコンピュータ
 さらに、並列スーパーコンピュータは最大構成時の並列の規模により以下のように分類できる。

1. 小規模並列スーパーコンピュータ：10²台未満
2. 中規模並列スーパーコンピュータ：10²～10³台
3. 超並列スーパーコンピュータ：10³台以上

小規模並列スーパーコンピュータの場合共有記憶が実現可能である。中規模以上の場合は物理的に分散記憶となり、プログラミングはそれに対応したものとなる。近年物理的には分散記憶でソフトウェア的には共有記憶である方式のNUMA (Non-Uniform Memory Access)型並列計算機が出現している(KSR-1, Cray T 3 D)。

2.2 スーパーコンピュータの基本ソフトウェアの動向

基本ソフトウェアとして下記について触れる。

1. オペレーティングシステム
2. 言語処理システム
3. プログラム開発支援システム

スーパーコンピュータのオペレーティングシステムとして、1980年代は製造会社固有のオペレーティングシステムが一般的であった。特に汎用機システムがスーパーコンピュータのフロントエンドになる場合が多く、それと互換性のあるオペレーティングシステムが一般的であった。現在でもそのような使用形態が相当用いられているが、UNIX ワークステーションの普及とともに、スーパーコンピュータのオペレーティングシステムとしてシステム V系 UNIX が普及してきており、今後その傾向はますます強まるものと予想される。

スーパーコンピュータで使用されるプログラム言語として、1980年代まではFortranが一般的であったがUNIXの普及とともにC言語も利用できるのが一般的となってきた。ベクトル型スーパーコンピュータに対しては自動ベクトル化コンパイラが用意されている。コンパイラのプログラム解

表 1 並列計算機における命令とデータの分割と要素計算機への割付の必要性とその記述

分割割付対象	主記憶共有型 並列計算機		分散記憶型 並列計算機	
	命令	分割・割付必要		分割・割付必要
データ	記述の現状	将来目標	記述の発展動向	将来目標
	自動/半自動	自動	プログラマ→自動/半自動	自動

析能力の不足を補うためにコメントの形式のコンパイラ指示行も使用されるが、コンパイラ指示行数のプログラム全体の行数に占める割合はそれほど多くなく、10%以下と考えられる。自動ベクトル化コンパイラの技術は相当成熟した段階にあると考えられる。

プログラムは命令とデータとからなるので、並列スーパーコンピュータにおいては、表-1に示すように命令とデータの分割、要素計算機への割付をプログラマが行うか、計算機が行うかの違いが発生する。共有記憶並列計算機では命令の分割、割付のみが必要であって、ループの複数計算機での分割実行など「粒度」の小さい並列処理はマイクロタスキングと呼ばれ、コンパイラによる自動分割、自動並列化が一般的である。手続き呼出しレベルで命令列を分割並列化する「粒度」の大きい並列処理はマクロタスキングと呼ばれ、ある程度の自動分割、並列処理も実現されているが、完全な自動分割はきわめて困難である。(表-1)

分散記憶の場合さらにデータの分割、計算機への割付が問題となる。また計算機間でデータの交換を行うとき、計算機間通信の問題が発生する。これらをすべてプログラマの責任で行う場合、プログラマの負荷、特に応用プログラマの場合負荷が大き過ぎる。この問題の解決のためにコンパイラオプションによる半自動処理やコンパイラによる自動処理のための研究開発が行われている。

スーパーコンピュータのプログラム開発支援ソフトウェアシステムは高性能ソフトウェアの開発にとって重要なものとなっている。実行時間の大きなプログラム部分の検出やベクトル化可能性に関する情報を提供するベクトル化支援ツールは自動

ベクトル化コンパイラとともにベクトル型スーパーコンピュータにとってなくてはならない存在となっている。一般に並列計算機のプログラムのデバッグ、チューニングはベクトル計算機の場合に比べて難しいので、この目的のためのソフトウェアツールはきわめて重要である。

2.3 スーパーコンピュータの導入状況について

スーパーコンピュータの導入状況については公的な統計情報の入手が容易でないのが現状である。公的な情報ではないが、J. Dongarra, H. W. Meuer, E. Strohmaier⁵⁾による世界的な集計が公表されている。その信頼性については必ずしも保証があるわけではないが相当程度の信頼性が期待できる。これ以外にはこれ以上の信頼性のある公表データがないので、本稿ではこれをもとに考える。この調査はLINPACK⁶⁾の R_{max} (達成された最大性能値)により集計が行われている。LINPACKに関するデータがもともとなったのは、1)スーパーコンピュータの性能を表現する適当な単一の指標がないこと、2)LINPACKについては多くの機種についてのデータが揃うこと、3)LINPACKのデータで、密な係数行列をもつ連立一次方程式を解くときの性能が評価できることによる。上位500システムの中身を台数で分類すると、米国：日本：欧州の比率は約2：1：1である。 R_{max} の総和で分類すると米国：日本：欧州の比率は約2：1：0.5、 R_{peak} (カタログ上の最大性能値)の総和で分類すると、米国：日本：欧州の比率は約3：1：0.5となる。 R_{peak}/R_{max} の値はベクトル型スーパーコンピュータの場合より超並列型スーパーコンピュータの場合のほうが大きくなる^{*}。米国では大規模構成の超並列スーパーコンピュータが多く導入されていることから上記の結果が理解できる。

3. スーパーコンピュータの利用技術の概要

3.1 アルゴリズムと基本ライブラリ

組込み関数である指数関数、対数関数、三角関数などの初等関数の計算はベクトル計算によく適合し、高性能のライブラリがシステムに標準的に用意されている。関数の引数の範囲と性能の関係についても調査結果が報告されており、一般的に

^{*}超並列型スーパーコンピュータの場合、通信のオーバーヘッドがあるので、その分 R_{max} の値は R_{peak} より小さくなる。

は引数の範囲に関わらず計算速度、誤差はほぼ一定である。 $|x| \ll 1$ に対して、 $\sinh(x)$ の性能が機種によっては性能が上がっている場合もある⁷⁾。

ライブラリレベルのものでは行列演算関係は特にベクトル演算によく適合する。行列積演算、密行列係数の連立一次方程式の直接型解法のための LU 分解法、固有値問題に対する解法は高性能の解法、ソフトウェアが開発されている。計算機製造会社からのライブラリのほか、二宮らにより幅広い機種に対して開発された NUMPAC⁸⁾ は広く用いられている。欧米では IMSL, LAPACK⁹⁾ などがある。

疎係数行列の連立一次方程式の直接型解法、疎係数行列の連立一次方程式の反復型解法も研究が活発に行われている。偏微分方程式の差分近似から導かれるような疎係数連立一次方程式の反復解法として、係数行列が対称の場合には ICCG (Incomplete Cholesky Conjugate Gradient) 法、その変形の MICCG 法などがある^{3), 10), 11)}。移流項を含む偏微分方程式*から派生する連立一次方程式の場合は係数行列が非対称になり、困難な問題であるが、近年研究が進展しており有力な方法が開発されてきている。一例をあげると GMRES¹²⁾ や BICG-STAB 法¹³⁾ の研究が活発に行われている。

3.2 応用レベルのパッケージソフトウェア

応用レベルのパッケージソフトウェアは解法的には確立されたものを対象としているため、解析手法の研究開発が中心となる我が国の大学では、ソフトウェアの価格の問題もあって、従来あまり導入されていなかった。しかしソフトウェア開発をしなくても、スーパーコンピュータを用いることができ、かつ著名なソフトウェアの場合、計算結果に対する信頼度が高いこともあり、産業界では応用レベルのパッケージソフトウェアの導入が進んでいる。さらに、応用ソフトウェアが機種選定の鍵となっている場合もある。

分野が広く、著名なソフトウェアを網羅的に列挙することは難しく、一部の例をあげるにとどめる。構造解析の NASTRAN, MARC, 自動車

* ナビエ-ストークス方程式による流体解析や半導体のプロセスの解析では移流拡散方程式： $\frac{\partial u}{\partial t} + \text{div}(-k \text{grad } u + bu) = f$ が現れる。半導体の解析の場合、 $\text{div}(-k \text{grad } u)$ が拡散束を表し、 $\text{div}(bu)$ が電界による流束を表して移流項と呼ばれる。

の衝突解析の DYNA 3D, 量子化学の GAUSSIAN などがある。

我が国で学会、産業界の共同の大規模プロジェクトにより開発されたものとして、流体力学の分野の α -FLOW^{14), 15)} がある。 α -FLOW ではネットワーク環境でワークステーションとスーパーコンピュータとの連携を前提にソフトウェアが構成されている。計算格子など計算に必要なデータの準備と入力、計算結果の可視化などの後処理などヒューマンインタフェースを扱う部分はワークステーションで実行し、解析など計算時間の大きな部分はスーパーコンピュータで実行できる。解析の対象には非圧縮性流体解析、圧縮性流体解析、燃焼化学反応を含む流れ解析、物質移動解析、熱伝導解析が含まれている。

3.3 可視化のソフトウェア

スーパーコンピューティングとコンピュータグラフィクスとは 2 種の接点がある。

1. コンピュータグラフィクスにおける計算にスーパーコンピュータを使う場合
 2. スーパーコンピューティングの計算結果の可視化にコンピュータグラフィクスの技術を使う場合
- コンピュータグラフィクスにおいて、映像生成はレンダリングと呼ばれるが、光線の追跡に基づくレイトレーシング法や光の現象を物理的な拡散過程と扱うラジオシティ法が高品質の映像生成に有効である。これらはアルゴリズムの工夫によりベクトル化や並列化が可能で、スーパーコンピュータや専用グラフィクスワークステーションが用いられている。計算結果の可視化はスーパーコンピューティングにとって欠かせぬものである。 α -FLOW のようにアプリケーションパッケージそのものが可視化のソフトウェアを含めたトータルシステムとなっている場合もある。汎用の可視化ソフトウェアシステムも広く利用されている。

4. 超並列計算機への応用

4.1 大規模科学技術計算への超並列計算機の応用

超並列計算機の将来の重要性がいわれているが、大規模シミュレーションなどいくつかの応用でその効果、コストパフォーマンスの良さが報告され始めている¹⁶⁾。超並列計算機では、プロセッサ当りの能力を抑えて、プロセッサ数の増加によ

り高性能を実現する。したがって最大性能に見合う性能を実測するためには、データ量が十分多いことがきわめて重要である。実際 Intel Paragon XP/S や CM-5 で LINPACK の R_{max} ^{*} を達成したときの連立一次方程式の次数 N_{max} は 20000 から 50000 になり、半性能長 $N_{1/2}$ ^{**} も大きくなっている。したがって、現在ベクトル型スーパーコンピュータで行われている広い分野の計算に対して、超並列計算機がただちに代わりをすることができるわけではない。ただし、きわめて大量データをもつ計算に対して、超並列計算機によるよい結果が報告されている。これらには石油探査における膨大なデータ処理や大規模領域に対するシミュレーションがある。

並列計算機の普及のため、HPF (High Performance Fortran)¹⁷⁾ やメッセージパッシングライブラリ³⁾の標準化など、応用レベルのプログラミングを容易にするための努力が続けられているが、必ずしも確定的なものが出現したとは言えない状況である。

4.2 知識処理とスーパーコンピューティング

自然言語処理や遺伝子解析など知識処理を必要とする分野も膨大な計算を必要とし、超並列処理に期待が高まっている^{18)~20)}。たとえば機械翻訳の分野で、佐藤^{21)~23)}は超並列計算機 nCUBE 2 を用いた実例型翻訳システム MBT 3 において、プロセッサ数の増加に対して、128 台まではほぼ直線的に翻訳時間の減少が達成できたことを報告している。

並列処理による知識処理の研究については第 5 世代プロジェクトの成果が顕著である。第 5 世代コンピュータ計画⁴⁾はすでに多くの報告²⁴⁾がなされているが、計算科学の分野の研究者には必ずしもなじみがあるわけではないと考えられるので概要を含めて言及する。第 5 世代コンピュータのプロジェクトでは知識処理のための大規模並列処理の研究が行われた。知識処理を論理型言語の枠

組みで捕らえ、並列処理により高速処理を行うものである。ガード付ホーン節 (GHC) をベースにした並列論理型言語 KL 1²⁵⁾、その言語処理系、並列処理により高速に処理を行う専用のハードウェア (多種のハードウェアが開発されたが、並列推論マシン PIM/P の最大構成は 512 プロセッサ構成) の開発が行われ、オペレーティングシステムから応用プログラムまで KL 1 で記述されている。

現在、「第 5 世代コンピュータの研究基盤化プロジェクト」が 1993 年から 2 年間の予定で推進されており、研究成果の一般への普及が期待される。これにより、KL 1 やそのプログラミング環境が Unix ベースの逐次型、及び、並列型のマシン上で利用可能となる。

KL 1 言語のプログラムにおける基本となる節は一般に述語名 (引数, ...) : -ガード | ボディ. の形である。述語名と引数の並びを合わせてゴールと呼ぶが、ガードは節の適用条件を指定するゴールの並びで、すべてが満たされたとき、ボディのゴールが実行される。ガードはパッシブゴール、ボディはアクティブゴールと呼ばれる。メッセージパッシングを用いて並列処理を陽にプログラムするのではなく、「複数のボディが変数を共有するプログラム」を書くことで並列処理の記述がなされる。すなわち、並列処理のための通信は共有変数を用いて行われ、同期はガードで必要な値を検査すると自動的に行われる。

開発された応用プログラムは次のものが報告されている：1) LSI 配線、2) 論理シミュレーション、3) 遺伝子情報処理、4) 法的推論、5) 定理証明系、6) 自然言語解析。人間の遺伝子解析はヒトゲノム計画で活発に研究が行われている。遺伝子配列の解析、データベース検索にはスーパーコンピュータが活躍している²⁶⁾。第 5 世代コンピュータのプロジェクトではタンパク質の配列解析 (マルチプルアラインメント) を行う問題に対し、(1) 3 次元ダイナミックプログラミング法、(2) シミュレーテッドアニーリング法、(3) トーナメント法の解析法の並列実行が行われ、それぞれ並列実行の有効性が報告されている²⁷⁾。定理証明関係では、一階述語論理のモデル生成型定理証明系 MGTP²⁸⁾ の開発が行われ、256 台プロセッサ構成の PIM/m で 200 倍以上の台数効果が報告され

^{*} R_{max} : 実際に達成された最大性能; R_{peak} : 理論的な最大性能
^{**} $N_{1/2}$: 最大性能 R_{max} の半分の性能を達成する問題サイズ (連立一次方程式の元数)。どの程度の問題サイズで最大性能のどれくらいが達成できるかを考えるときの良い目安になる。半性能長が小さければ、小規模の問題を含め広範囲の問題に対して有効性を発揮できる。

³⁾ 並列処理において同期やデータ送受信を行うためのライブラリ

⁴⁾ 新世代のコンピュータの研究開発を目標として、新世代コンピュータ技術開発機構が 1982 年から 1993 年までの 11 年間に日本で行った国際的プロジェクト。

ており、数学上の未解決問題の一部の解決が報告されている²⁹⁾。この定理証明系は法的推論や自然言語解析³⁰⁾にも使われている。自然言語解析では松本による Layered Stream というプログラミングパラダイムが使われている。

5. スーパーコンピューティングの将来

単一 CPU のベクトル型スーパーコンピュータ及び主記憶共有型のベクトル並列型スーパーコンピュータはプログラミングの容易さにより、ひろく使われ、多くの分野の科学技術の進歩に貢献している。さらに高速の計算機に対する要望は高まっているが、一方物理的な制約から単一 CPU の高速化に対する限界が指摘されており、並列計算機の必要性がますます明白になっている。科学技術計算の分野では、ベクトル並列型スーパーコンピュータによるスーパーコンピューティングがソフトウェア面での移行性の高さから、広く使われるものと考えられる。さらに今後、並列プログラミングモデル、言語、処理系の進歩により、幅広い分野での超並列スーパーコンピューティングが行われることを期待したい。

謝辞 本稿執筆にあたり、第5世代コンピュータについてご教示いただいた新世代コンピュータ技術開発機構の理事 内田俊一博士、文献をいただいた京都大学化学研究所 金久實博士、北陸先端科学技術大学院大学 佐藤理史博士に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Ames, K.R.; Brenner, A.: *Frontiers of Supercomputing II, A National Reassessment*, Univ. California Press (1994).
- 2) Bell, G.: *Ultracomputers: A Teraflop Before its Time*, *Comm. ACM*, Vol. 35, No. 8, pp. 26-47 (1992).
- 3) 島崎真昭: *スーパーコンピュータとプログラミング*, 共立出版 (1969).
- 4) van der Steen, A. J.: *An Overview of (almost) available parallel systems*, Stichting National Computer Faciliteiten, the Netherlands (1993).
- 5) Dongarra, J.J., Meuer, H.W. and Strohmaier, E.: *TOP 500 Supercomputer Sites*, Computing Center, University of Mannheim, November (1993).
- 6) Dongarra, J.J., Moler, C.B., Bunch, J.R. and Stewart, G.W.: *LINPACK Users' Guide*, *siam* 1979.
- 7) Nagai, T.: *Benchmarking Fortran Intrinsic Functions*, in M. Shimasaki (editor), *Workshop on Benchmarking and Performance Evaluation in High Performance Computing*, pp. 26-32 (1993).
- 8) *ライブラリー・プログラム利用の手引き (数値計算編: NUMPAC Vol.1~3)*, 名古屋大学大型計算機センター (1989).
- 9) Anderson, E. et al.: *LAPCK Users' Guide*, *siam*, 1992.
- 10) Gallivan, K.A. et al.: *Parallel Algorithms for Matrix Computations*, *siam*, 1990.
- 11) Dongarra, J.J., Duff, I.S., Sorensen, D.C. and van der Vorst, H.A.: *Solving Linear Systems on Vector and Shared Memory Computers*, *siam*, 1991.
- 12) Joubert, W.: *A Robust GMRES - Based Adaptive Polynomial Preconditioning Algorithm for Nonsymmetric Linear Systems*, *SIAM J. Sci. Comput.* 15, pp. 427-439 (1994).
- 13) van der Vorst, H. A.: *Bi-CGSTAB: A Fast and Smoothly Converging Variant of bi-CG for the Solution of Nonsymmetric Linear Systems*, *SIAM J. Sci. Statist. Comput.* 13, pp. 631-644 (1992).
- 14) 秋山 守, 高橋亮一監修: *α -FLOW による熱と流れのシミュレーション*, 朝倉書店 (1992).
- 15) 富士総合研究所編: *汎用流体解析システム - FUJI-RIC/ α -FLOW*, 丸善 (1993).
- 16) Special Section: *High Performance Computing*, *Comm. ACM*, Vol. 37, pp. 28-64 (1994).
Camp, W.J. et al.: *Massively Parallel Methods for Engineering and Science Problem*, *Comm. ACM*, Vol. 37, pp. 30-41 (1994).
Jacobson, A.S. et al.: *LinkWinds: Interactive Scientific Data Analysis and Visualization*, *Comm. ACM*, Vol. 37, pp. 42-52 (1994).
Tentner, A.M. et al.: *Advances in Parallel Computing for Reactor Analysis and Safety*, *Comm. ACM*, Vol. 37, pp. 55-64 (1994).
- 17) HPF: *High Performance Fortran Language Specification, Version 1.0 (May 3, 1993) PART I*, *Fortran Forum*, Vol. 12, No.4 (Special Issue), (1993).
- 18) 北野宏明: *超並列人工知能*, *人工知能学会誌*, Vol. 7, No.2, pp. 244-262 (1992).
- 19) 北野宏明 編著: *グランドチャレンジャー人工知能の大いなる挑戦*, 共立出版 (1993).
- 20) Kitano, H., v. Hahn, W., Hunter, L., Oka, R., Wah, B. and Yokoi, T.: *Grand Challenge AI Applications*, *Proc. IJCAI-93*, pp. 1677-1683 (1993).
- 21) 佐藤理史: *超並列計算機を用いた実例型翻訳の実現*, 1993年度人工知能学会全国大会 (第7回), S1-5, pp. 47-50 (1993).
- 22) Sato, S.: *MIMD Implementation of MBT 3*, *Second. Int. Workshop on Parallel Processing for Artificial Intelligence*, Chambery, France,

- pp. 28-35 (1993).
- 23) Sato, S.: Example-Vased Translation of Technical Terms, The Fifth Int. Conf. on Theoretical and Methodological Issues in Machine Translation, Kyoto, pp. 58-68 (1993).
- 24) 瀧 和男/編: 第5世代コンピュータの並列処理 p 並列処理への道, 言語・OS・プログラミング, 共立出版 (1993).
- 25) Ueda, K. and Chikayama, T.: Design of the Kernel Language for the Parallel Inference Machine, The Comput. Journal, Vol. 33, No. 6, pp. 494-500 (1990).
- 26) 内山郁夫, 金久 實: スーパーコンピュータとヒトゲノム解析, 病態生理, Vol. 11, No. 8, pp. 590-597 (1992).
- 27) 石川幹人, 星田昌紀, 広沢 誠, 戸谷智之, 鬼塚健太郎, 新田克己, 金久 實: 並列推論マシンを用いたタンパク質の配列解析, 情報処理学会情報学基礎研究会報告 91-FI-23-2, pp. 1-14 (1991).
- 28) Fujita, H. and Hasegawa, R.: A Model Generation Theorem Prover in KL1, ICPL'91, pp. 535-548 (1991).
- 29) Fujita, M., Slaney, J. and Benette, F.: Automatic Generation of Some Results in Finite

Algebra, IJCAI-93, pp. 52-57 (1993).

- 30) Matsumoto, Y.: A Parallel Parsing System for Natural Language Analysis, ICPL'86 (1986).

(平成6年6月10日受付)



島崎 眞昭 (正会員)

昭和18年生。昭和41年京都大学工学部電子工学科卒業。昭和46年同大学院工学研究科博士課程単位修得退学。同年京都大学工学部情報工学科助手。昭和47年京都大学工学博士。京都大学助教授(工学部情報工学科), 同(大型計算機センター)を経て, 平成元年九州大学教授(大型計算機センター)となり, 現在に至る。昭和49年から1年間ニューヨーク大学クラーント研究所 Associate Research Scientist。著書「スーパーコンピュータとプログラミング」(共立出版)。計算機ソフトウェア, スーパーコンピューティングの研究に従事。日本ソフトウェア科学会, 電子情報通信学会, 日本応用数理学会, ACM, IEEE など各会員。

訂 正

本誌前号（第36巻2号）p.118に掲載されました西和彦氏の所属において、事務局の校正ミスがありました。以下のとおり訂正するとともにお詫び申し上げます。

- （誤）国際グローバルコミュニケーション研究員
- （正）国際大学グローバル・コミュニケーション・センター研究員

本誌前号（第36巻2号）p.126に掲載されました島崎真昭氏記事の図-1「スーパーコンピュータ発展の経緯」において、著者からのお申し出により図中の「Cenju-3」の点の位置を訂正します。正しい位置は次の計算のとおりです。

- （正）Cenju-3のピーク性能値は
 $50\text{MFLOPS} \times 256 \text{台} = 12.8\text{GFLOPS}$