

# 非定常風況・拡散シミュレータRIAM-COMPACTを用いた Intel Itanium2プロセッサとAMD Opteronプロセッサの性能評価 —自動並列計算の有効性について—

内田 孝紀\*, 大屋 裕二\*

(2004年7月31日受理)

**Performance Evaluation of the Intel Itanium2 Processor and the AMD Opteron Processor  
by using the Unsteady Numerical Model “RIAM-COMPACT”  
—About the validity of the parallel computing using the automatic parallelization option—**

Takanori UCHIDA and Yuji OHYA

E-mail of corresponding author: *takanori@riam.kyushu-u.ac.jp*

## Abstract

We are developing the numerical model called the RIAM-COMPACT (Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Computational Prediction of Airflow over Complex Terrain). The object domain of this numerical model is from several m to several km, and can predict the airflow and the gas diffusion over complex terrain with high precision. Using the RIAM-COMPACT, the performance of two kinds of 64-bit microprocessors was evaluated under the same conditions. The calculation of neutral airflow past a steep isolated-hill was made in the present study. The target computers were a SMP (Symmetric Multi-Processor, 2 and 4CPU) based on the Intel Itanium2 processor and the AMP Opteron processor. The parallel computing using the automatic parallelization option was performed. The obtained elapsed time was compared with a 1PE of VPP5000 of FUJITSU which is a vector type computer. Consequently, it is shown that the SMP (2, 4CPU) based on the Intel Itanium2 processor and the AMP Opteron processor has about the same performance as a 1PE of VPP5000.

**Key words** : RIAM-COMPACT, SMP, Intel Itanium2 Processor, AMP Opteron Processor, Automatic Parallelization Option

## 1. 緒言

日本国内の地勢は欧米とは著しく異なり、平坦な地形は少なく、多様性に富む複雑地形がほとんどである。こうした状況において、風力タービン設置のための風況精査(適地選定)や、大型ウィンドファーム建設後の局所風況場のリアルタイムシミュレーション(日々の発電量予測)を高精度に実施するためには、流れの衝突、剥離、再付着、逆流などの風に対する地形効果を再現することが極めて重要である。

我々は数(十)km以下の局所域スケールに的を絞って、RIAM-COMPACT(Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Computational Prediction of Airflow over Complex Terrain)と称する非定常風況・拡散シミュレータを開発している<sup>1-3)</sup>。この数値モデルは、(有限)差分法に基づいたFortranプログラムである。乱流モデルには、非定常な流体シミュレーションが可能なLESを採用している。既に、2次元崖状地形、2次元尾根地形、3次元孤立地形などの単純地形や、鹿児島県野間岬などの複雑地形を対象にした風況場・

拡散場シミュレーションを行い、風洞実験および野外観測の結果と比較してその有効性を確認している。

現在は、RIAM-COMPACTの計算時間を短縮するため、PCクラスタ、SMP機、SMPクラスタによるスカラー並列計算を検討している<sup>4-7)</sup>。前報<sup>4, 5)</sup>では、(スカラー並列計算機を構成する)種々の単体性能、4~8CPU程度の小規模なスカラー並列計算機(PCクラスタ、SMP機、SMPクラスタ)の演算性能を調査した。複雑地形を構成する最も基本的な幾何形状である急峻な孤立峰を対象とし、これを過ぎる中立成層流を計算対象とした。本報では、最新の64ビットCPU搭載のSMP機に注目し、自動並列化オプションを利用した並列計算の有効性を調査した。

## 2. 検討した64ビットCPU搭載のSMP機

ここでは、本研究で検討したスカラー型のハイパフォーマンスコンピュータのスペックを示す。

表1には、IA-64のIntel Itanium2プロセッサに基づいたSMP機を示す。表2には、AMD64のOpteronプロセッサに基づいたSMP機を示す。また併せて、それぞれのチ

Codename	DEERFILED	MADISON		
Clock frequency	1.0GHz	1.4GHz	1.6GHz	1.5GHz
FSB	400MHz			
Level 1 cache (On-die)	32KB (IC/DC)			
Level 2 cache (On-die)	256KB			
Level 3 cache (On-die)	1.5MB	1.5MB, 3.0MB, 4.0MB	3.0MB	6.0MB
Memory	DDR200 (PC1600) SDRAM 4~16GB			
Chipset	Intel E8870			
Production process	0.13μm			
Fortran compiler	Intel Fortran compiler v.7.1 Build 20030814			
Remark	2-way or 4-way			4-way

Table.1 SMP based on the Intel Itanium2 processor (IA-64)

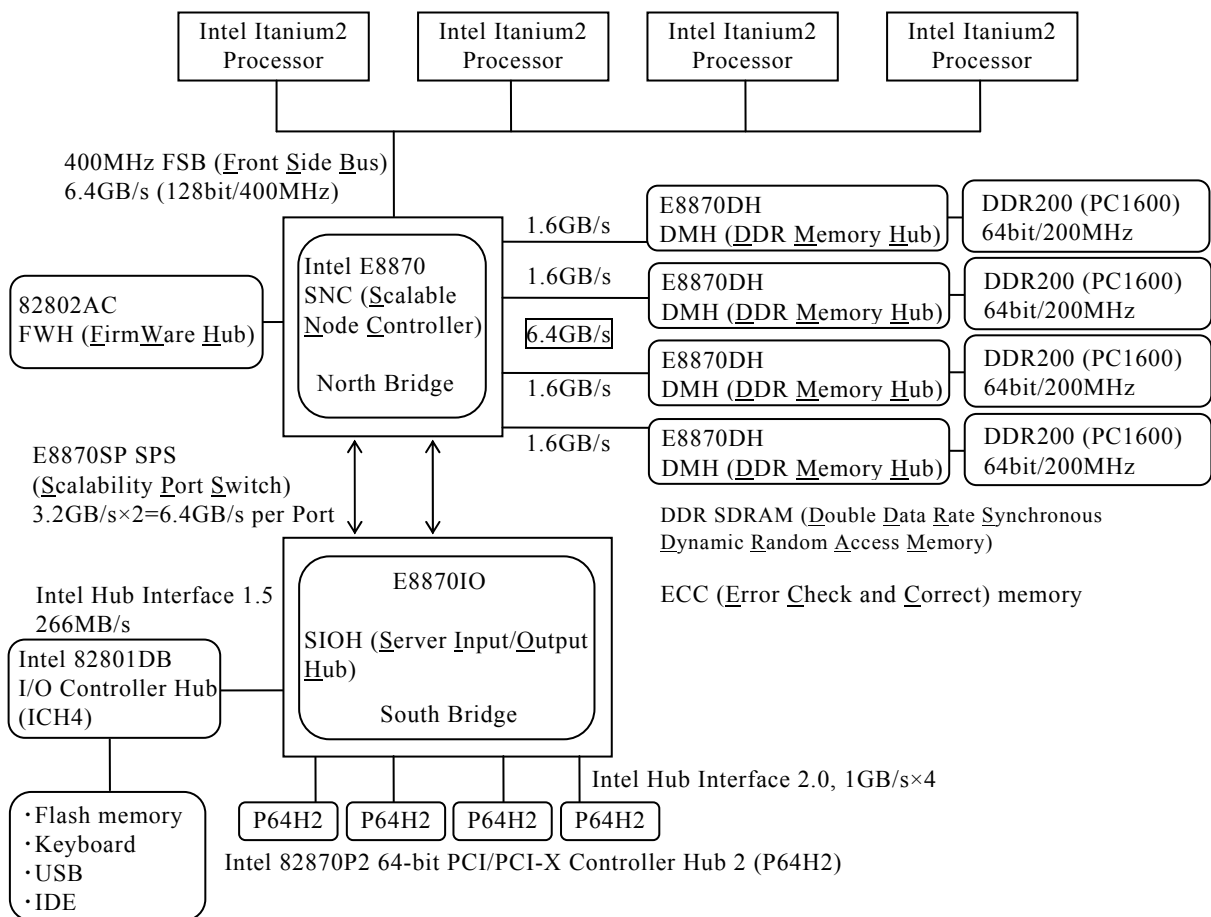


Fig.1 Intel E8870 chipset

Codename	SLEDGEHAMMER (MODEL 242)	SLEDGEHAMMER (MODEL 244)	SLEDGEHAMMER (MODEL 248)	SLEDGEHAMMER (MODEL 848)
Clock frequency	1.6GHz	1.8GHz	2.2GHz	
Level 1 cache (On-die)	64KB (IC/DC)			
Level 2 cache (On-die)	1.0MB			
Memory	DDR333 (PC2700) SDRAM 3~8GB DDR400 (PC3200) SDRAM 16GB (Model 848 only)			
Chipset	AMD 8131 + 8111			
Production process	0.13μm			
Fortran compiler	PGI compiler v.4.0-2	Intel Fortran compiler v.7.1	PGI compiler v.5.0-2	PGI compiler v.5.1-3
Remark	2-way	2 × 4=8-way	2-way	4-way

Table.2 SMP based on the AMD Opteron processor (AMD64)

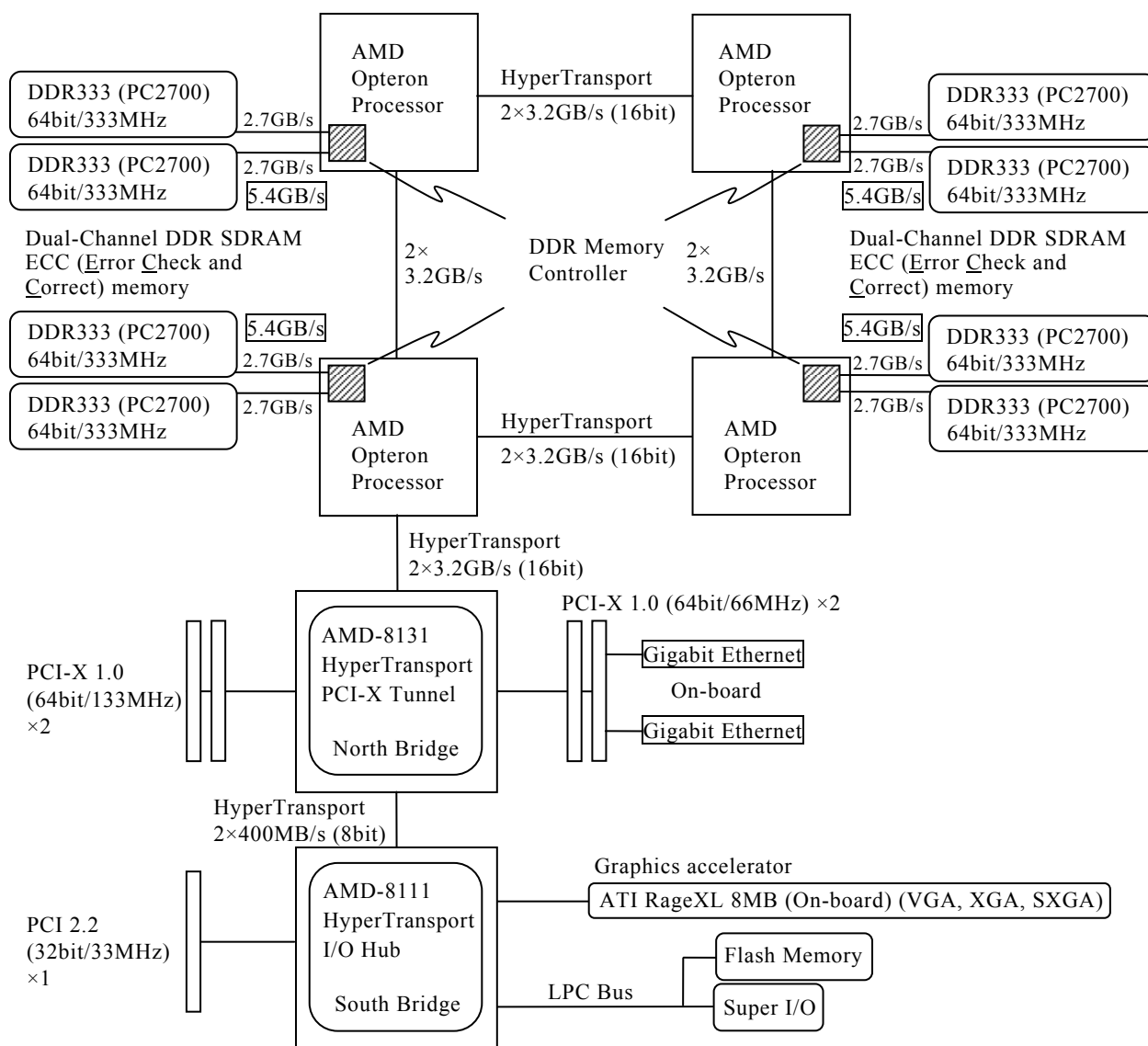


Fig.2 AMD 8131+8111 chipset

チップセットを図1と図2に示す。

図1に示すIntel E8870チップセットは、基本的には1プロセッサから最大4プロセッサに対応したチップセットである。その中で中核を担うのがSNC(スケーラブル・ノード・コントローラ)である。SNCはItanium2プロセッサのシステム・バス、ファームウェア・ハブへのインターフェイス、メモリ・バス、そしてスケーラビリティ・ポートを備えている。つまり、IA-32プロセッサのチップセットで言うところのノース・ブリッジに相当するものである。メモリ・バスに関しては、4つのリンクを介してSNCとDMH(DDRメモリ・ハブ)が接続され、DDR200メモリはDMHに実装される。メモリ帯域は最大で6.4GB/s(=1.6GB/s×4)となる。スケーラビリティ・ポートはハブ・リンクに置き換わるものである。

図2に示すAMD 8131+8111チップセットにおける最大の特徴は、以下の2点である。1つは、プロセッサ間とプロセッサから周辺I/Oへの接続に高速かつ高性能なHyperTransport技術が使用されている点である。2つ目は、それぞれのプロセッサにメモリ・コントローラが内蔵され、メモリに直接アクセスできる点である。一般的なマルチプロセッサのアーキテクチャでは、メモリは複数のプロセッサから同一のシステム・バスとメモリ・コントローラ・ハブを介して接続されている。この場合、複数のプロセッサからメモリへのアクセスがあると、システム・バスのバンド幅の使用をめぐるプロセッサの競争が発生し、同時に、メモリ・コントローラ・ハブを介するデータ転送により、メモリの読み出しの遅延(レイテンシ)が生じる。Opteronプロセッサでは、プロセッサ毎にメモリ・コントローラが内蔵されているので、システム全体としてのメモリ・バンド幅はプロセッサの増加に伴い拡張される。また、4CPU構成で2CPU実行の場合においても、HOP数は増加するものの、使用されていないCPUのメモリを使用することで、システム全体としてのメモリ・バンド幅は不変であるという利点もある。

### 3. RIAM-COMPACTの計算対象

ここでは、RIAM-COMPACTによる数値シミュレーションの概要について示す。一般曲線座標系のコロケート格子に基づいたRIAM-COMPACTを用い、急峻な孤立峰を過ぎる流れ場の数値シミュレーションを行う。数値計算法などの詳細については、文献<sup>1)</sup>を参照して頂きたい。速度ベクトル図によって視覚化した孤立峰周辺の流れパターンを図3および図4に示す。ここで、速度ベクトルの色が赤い領域は、最も流れが加速していることを意味する。一方、青い領域は最も流れが減速あるいは逆流していることを意味する。この図から、孤立峰下流は複雑乱流場を呈していることが見て取れる。計算パラメータなどの設定は以下に示す通りである。孤立峰の主流方向に

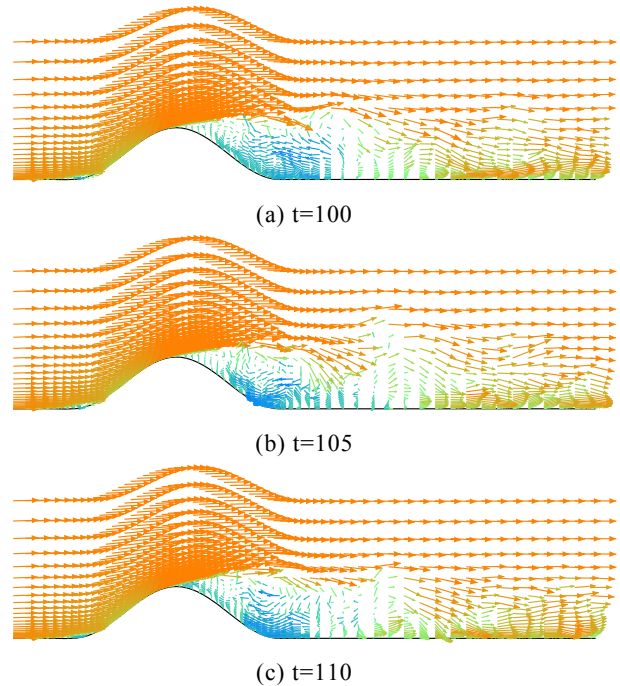


Fig.3 Velocity vectors in the central plane ( $y=0$ ),  $Re=10^4$

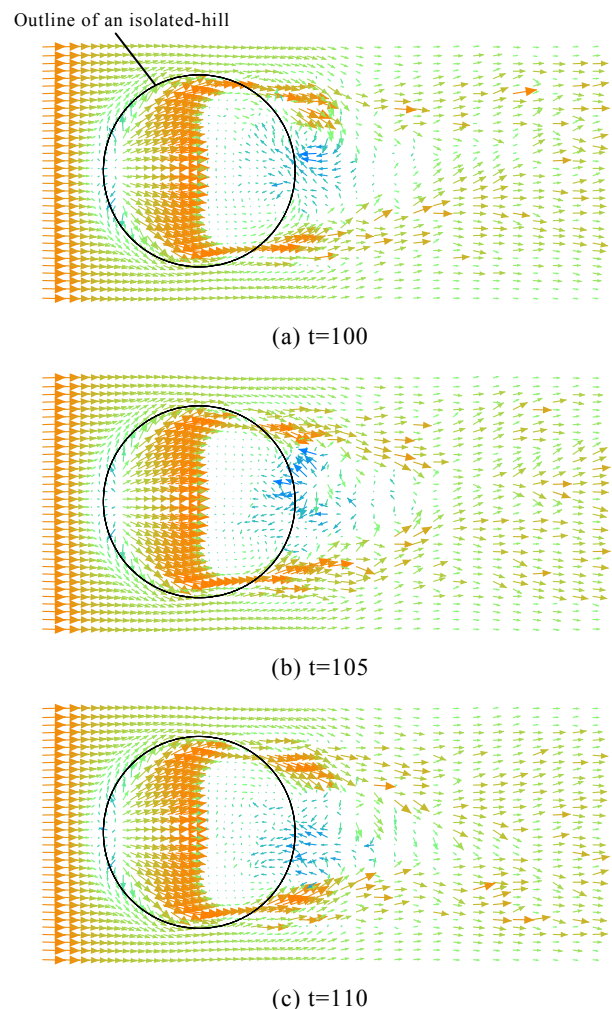


Fig.4 Velocity vectors near the ground,  $Re=10^4$

x軸を、主流直交方向にy軸を、鉛直方向にz軸を設定する。計算領域はx, y, z方向に40h×9h×10hの空間領域を有する。ここで、hは孤立峰高さである。孤立峰は流入境界面から20h下流のスパン中央地面上に設置する。その形状はコサイン関数 $z(x, y)=0.5h \times \{1 + \cos(\pi(x^2+y^2)^{1/2}/a)\}$ で記述される。地形形状パラメータは $a=2h$ である。格子点数は260×121×71点(約220万点)である。これに伴い使用するメモリサイズは約660MBである。速度の境界条件に関して、流入境界面は一様流入条件、側方境界面と上部境界面は滑り条件、地面は粘着条件(流入境界面から17hまでは滑り条件)、流出境界面は対流型流出条件とする。レイノルズ数は孤立峰高さhと一様流入風速Uに基づいて $Re=(Uh/\nu)=10^4$ である。時間刻みは $\Delta t=2 \times 10^{-3}h/U$ である。同一条件で経過時間(=CPU時間+I/O時間)を比較するため、孤立峰周辺の流れ場が十分に発達した無次元時間 $t=100$ の計算結果を入力データとし、 $t=100 \sim 110$ における計算(5,000ステップの時間積分)を各計算機で実施した。本研究における全ての経過時間は、他のユーザーのジョブが実行されていない状態で計測された値である。

#### 4. 測定結果

ここでは、本研究で検討した64ビットCPU(Intel

Itanium2プロセッサとAMD Opteronプロセッサ搭載のスカラ型ハイパフォーマンスコンピュータ(SMP機)の演算性能を示す。各計算機の経過時間(elapsed time)は、ベクトル型計算機VPP5000(富士通(株)、最大浮動小数点演算性能9.6GFLOPS、主記憶容量1.5GB、コンパイラ: Fujitsu UXP/V Fortran V20L20)の1PEの結果(ベクトル逐次計算)と比較した。すなわち、

#### 各計算機の経過時間

VPP5000の1PEによるベクトル逐次計算の経過時間

として表示した。

図5には、表1に示すIA-64のIntel Itanium2プロセッサに基づいたSMP機の結果を示す。Fortranコンパイラには、Intel Fortranコンパイラ(v.7.1, 64bit)を使用した。コンパイルコマンドや最適化オプションの詳細は、Appendixを参照して頂きたい。全てのケースにおいて、Intel Fortranコンパイラの自動並列化オプションを利用した並列計算では、良好な台数効果が得られた。図中にMPI(Message Passing Interface)を利用した並列計算(ch\_p4)の結果も一部示しているが、それらと自動並列計算の結果を比較しても、両ケースに有意な差異は見られない。よって、RIAM-COMPACTでは、自動並列化オ

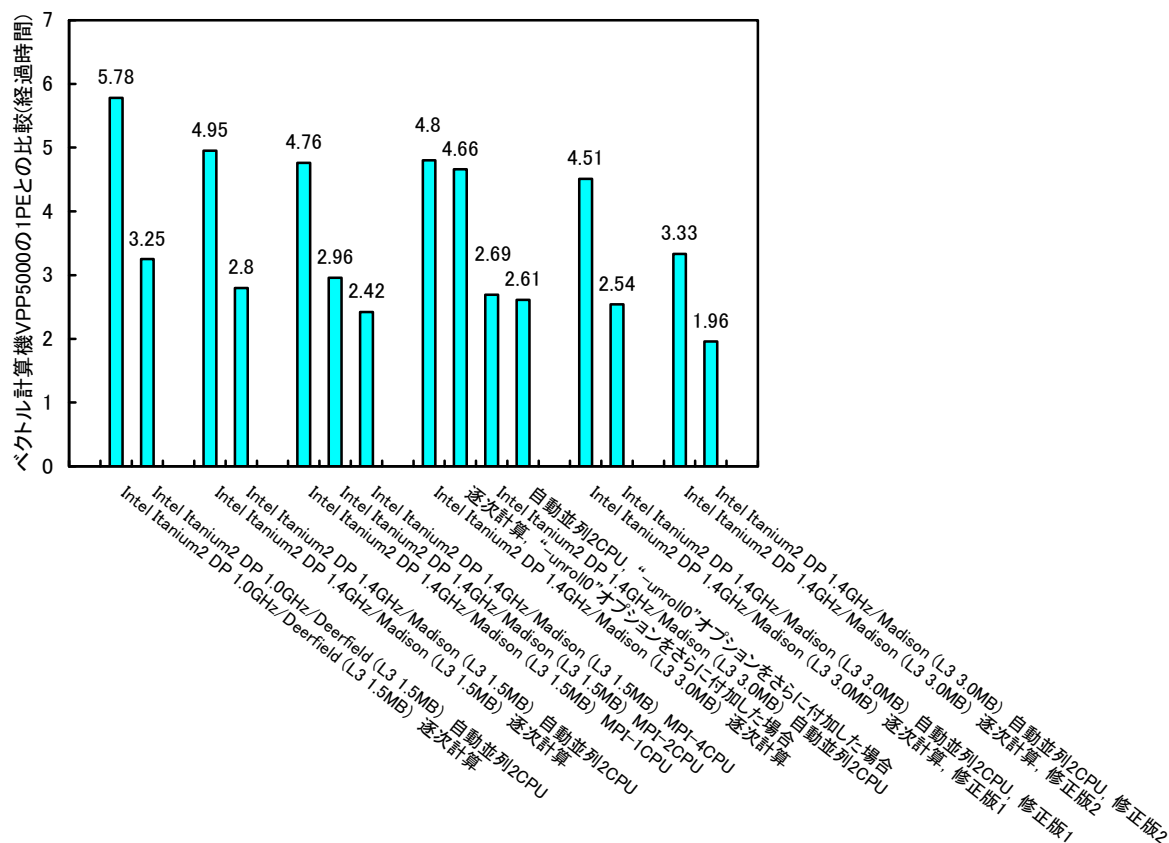


Fig.5 Results of the SMP based on the Intel Itanium2 processor (IA-64), Mesh : 260×121×71, Memory : 660MB

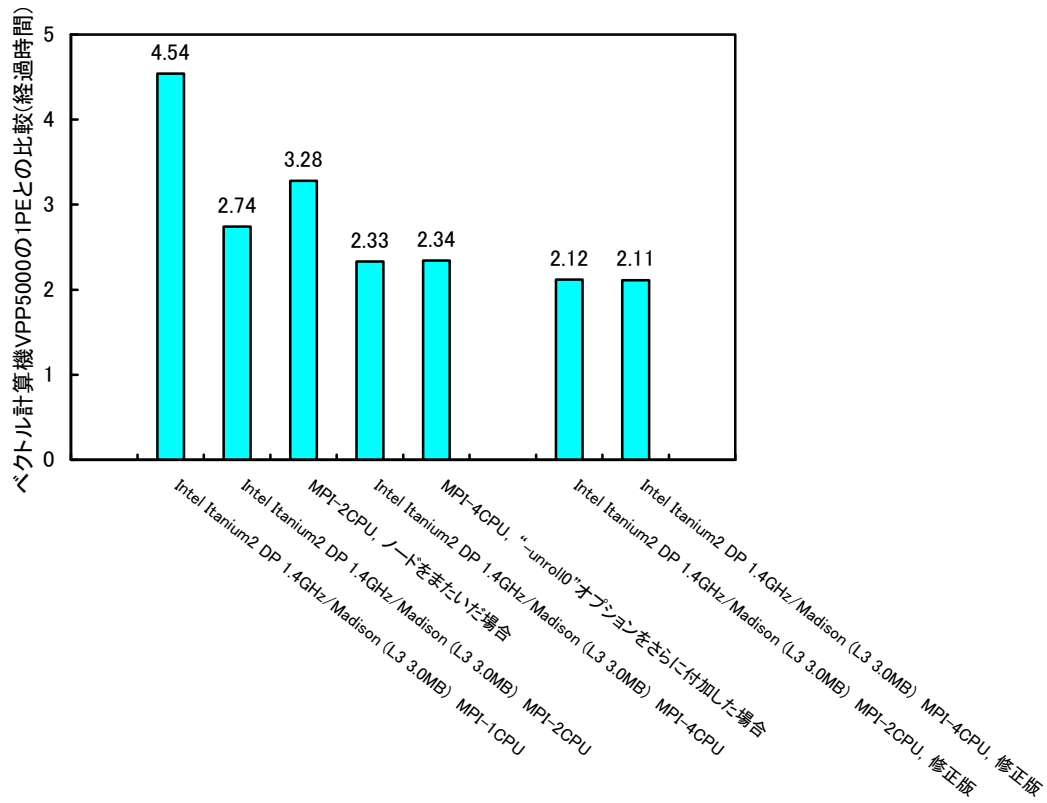


Fig.6 Results of the SMP based on the Intel Itanium2 processor (IA-64), Mesh : 260×121×71, Memory : 660MB

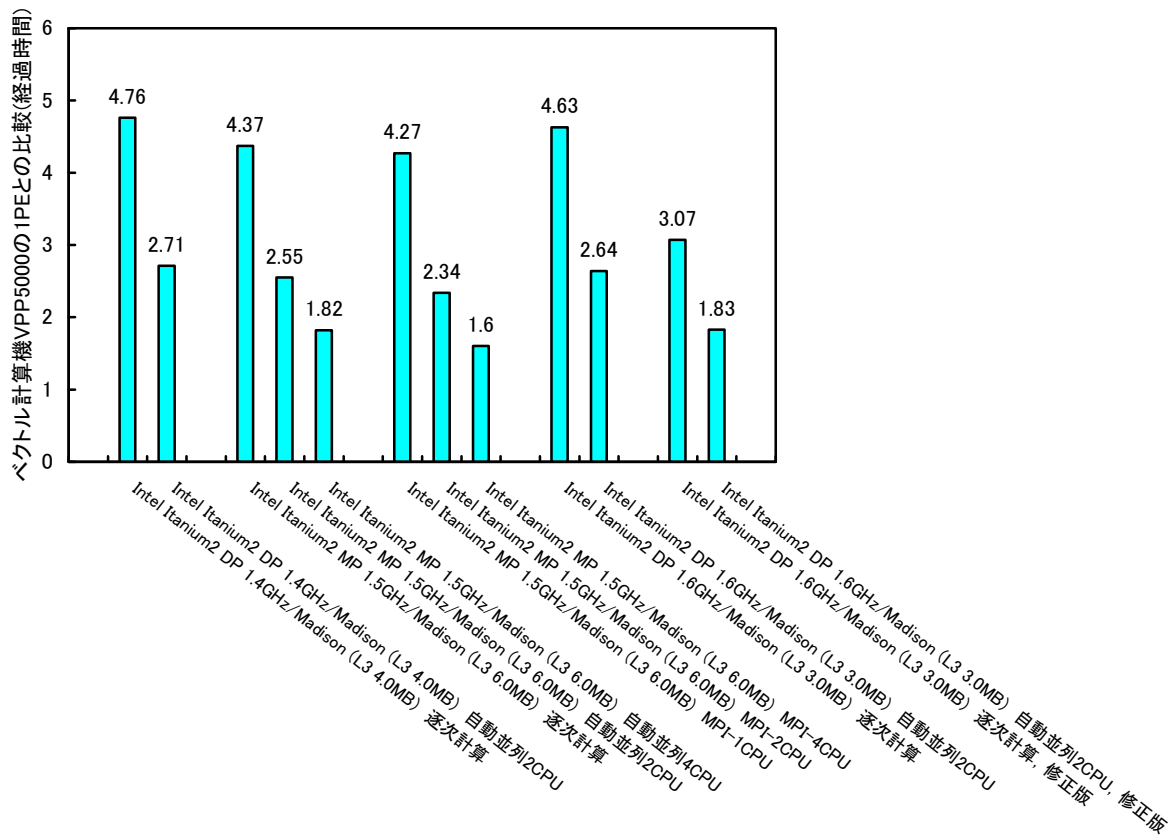


Fig.7 Results of the SMP based on the Intel Itanium2 processor (IA-64), Mesh : 260×121×71, Memory : 660MB

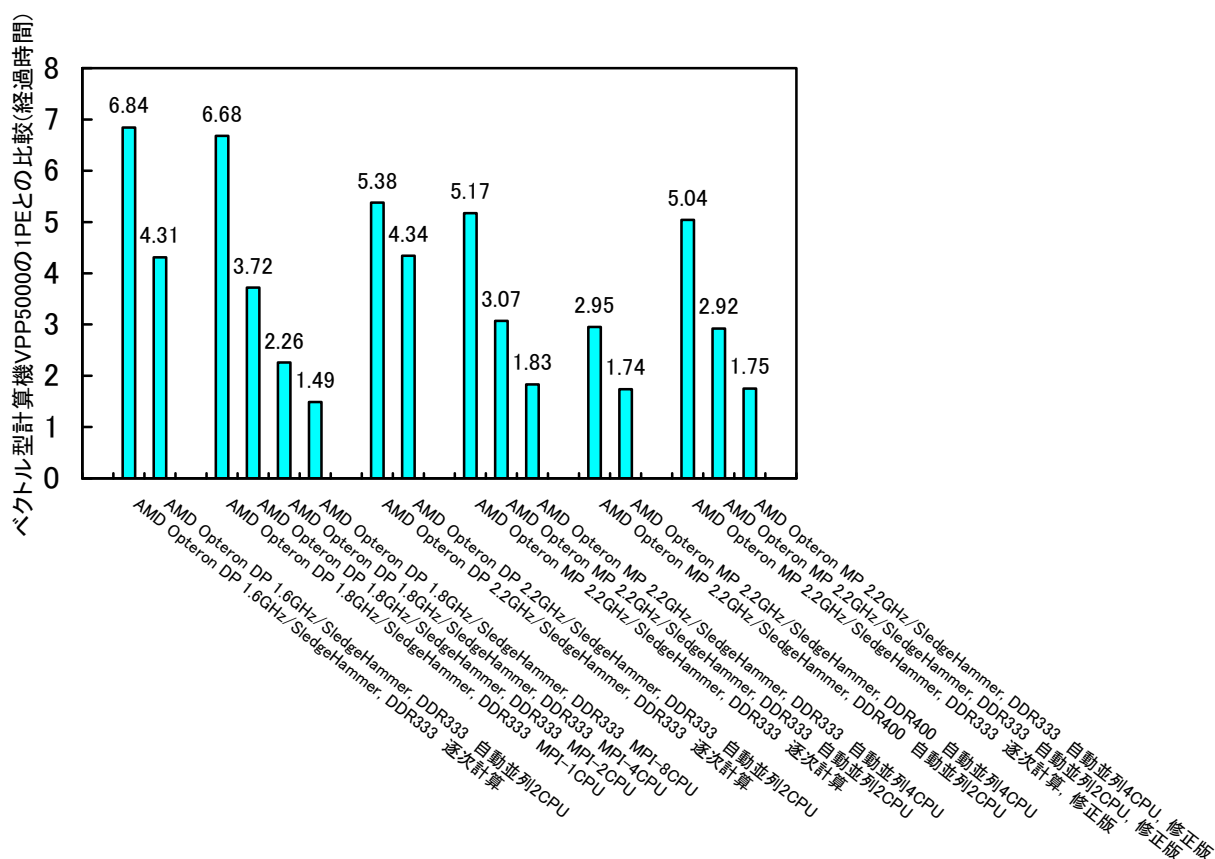


Fig. 8 Results of the SMP based on the AMD Opteron processor (AMD64), Mesh :  $260 \times 121 \times 71$ , Memory : 660MB

プションを使用した並列計算は非常に有効であることが示された。VPP5000の1PEとの比較に注目すると、クロック速度とL3キャッシュメモリの増加に伴い、演算速度は確実に向上している。2CPUを用いた自動並列計算では、優れた台数効果によってVPP5000の1PEに対して2.5倍にまで迫る結果を得た。4CPUを用いた自動並列計算では、さらに2倍弱にまで短縮されている。なお、Intel Fortranコンパイラのv.8.0.034で同様の計算を試みたが、v.7.1に比べて計算時間の遅延が見られた。これについては今後の課題であると言える。

図6には、表2に示すAMD64のOpteronプロセッサに基づいたSMP機の結果を示す。Fortranコンパイラには、Intel Fortranコンパイラ(v.7.1, 32bit)と、PGIコンパイラ(v.4.0-2, v.5.0-2, v.5.1-3, 32bit or 64bit)を使用した。ここで注目すべきは、PGIコンパイラ(v.5.1-3, 64bit)を使用したAMD Opteron MP(4CPU構成)の自動並列計算の結果である。上記のIntel Fortranコンパイラ(v.7.1, 64bit)を使用したIntel Itanium2 MP(4CPU構成)の自動並列計算と同様、良好な台数効果を示している。また、Intel Itanium2 MPとAMD Opteron MPはほぼ同程度の性能を有し、4CPUを用いた場合にはVPP5000の1PEに

対して2倍弱の計算時間を得た。コストパフォーマンス(価格対性能比)を比較すると、AMD OpteronプロセッサはIntel Itanium2プロセッサよりも優れていると言える。SDRAMメモリに関しては、DDR333からDDR400への変更で5%程度の性能向上が見られた。

## 5. 結言

狭域の実地形を対象にした非定常風況・拡散シミュレータRIAM-COMPACTを用い、最新の64ビットCPU(Intel Itanium2プロセッサとAMD Opteronプロセッサ)搭載のスカラ型ハイパフォーマンスコンピュータ(SMP機)の演算性能を評価した。特に、Fortranコンパイラの自動並列化オプションを利用した並列計算の有効性に注目した。本研究で得られた主な結果は以下に示す通りである。

- 1) IA-64のIntel Itanium2 DP, MPに基づいたSMP機では、Intel Fortranコンパイラ(v.7.1, 64bit)の自動並列化オプションを利用した並列計算を行い、良好な台数効果が得られた。特に4CPUを用いた場

合には, VPP5000の1PEに対して2倍弱の計算時間を得た.

- 2) AMD64のOpteron MP(4CPU構成)に基づいたSMP機では, PGIコンパイラ(v.5.1-3, 64bit)の自動並列化オプションを利用した並列計算において, 良好な台数効果が得られた. その結果として, 4CPUを用いた場合には, Intel Itanium2 MPと同様, VPP5000の1PEに対して2倍弱の計算時間を得た. Intel Itanium2 MPに基づいたSMP機とコストパフォーマンス(価格対性能比)を比較すると, Opteronプロセッサは非常に優れていることが明らかになった.
- 3) Intel Itanium2プロセッサとAMD Opteronプロセッサともに, RIAM-COMPACTに対しては, 自動並列化オプションを利用した並列計算が非常に有効であることが示された. 特に4CPUを用いた自動並列計算では, 両機種ともにVPP5000の1PEとほぼ同程度の演算性能を有することが示された. 今後とも64ビットCPUの性能向上は期待され, Fortranコンパイラのバージョンアップと併せて自動並列計算はスカラー並列計算の有効な手法の一つとなっていくものと考えられる.

## 謝 辞

本研究を行うに際し, (株)エッチ・アイ・ティーとビジュアルテクノロジー(株)には多大な協力を頂いた. ここに記して感謝の意を表します.

## 参 考 文 献

- 1) 内田孝紀, 大屋裕二: 風況予測シミュレータRIAM-COMPACTの開発—風況精査とリアルタイムシミュレーション—, 日本流体力学会誌「ながれ」, Vol.22, No.5, 2003, pp.417-428
- 2) 内田孝紀, 大屋裕二: 風況シミュレータRIAM-COMPACTによる拡散場シミュレーション—その1. 不安定時の場合—, 九州大学応用力学研究所所報, 第126号, 2004, pp.9-15
- 3) 内田孝紀, 大屋裕二: 風況シミュレータRIAM-COMPACTによる拡散場シミュレーション—その2. 安定時の場合—, 九州大学応用力学研究所所報, 第126号, 2004, pp.17-22
- 4) 内田孝紀, 大屋裕二: PCクラスタを用いた風況予測シミュレータRIAM-COMPACTの開発—その1. 種々の計算機におけるCPU時間の比較—, 九州大学応用力学研究所所報, 第125号, 2003, pp.5-20
- 5) 内田孝紀, 大屋裕二: PCクラスタを用いた風況予測シミュレータRIAM-COMPACTの開発—その2. スカラー並列計算機における経過時間の比較—, 九州大学応用力学研究所所報, 第126号, 2004, pp.1-8
- 6) 内田孝紀, 大屋裕二: 小規模なスカラー並列計算機を用いた風況シミュレータRIAM-COMPACTの実用化へ向けた開発, 九州大学情報基盤センター年報, 第4号, 2004, pp.19-30
- 7) 内田孝紀, 大屋裕二: 風況シミュレータRIAM-COMPACTによるインテルプロセッサ搭載ハイパフォーマンスコンピュータの性能評価, 九州大学情報基盤センター広報, Vol.4, No.1, 2004, pp.1-14
- 1) 内田孝紀, 大屋裕二: 風況予測シミュレータ



## Appendix

ここでは、本研究で使用したコンパイルコマンドや最適化オプションの一部を示す。

©Intel Itanium2プロセッサの場合

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (Ratio to VPP5000)	Scalability
Serial	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	12036.20 (5.78)	-
Auto-2CPU	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static -parallel	6761.38 (3.25)	1.78

Table.3 Result of the SMP based on the Intel Itanium2 DP, 1.0GHz/1.5MB L3, DDR200 SDRAM

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (Ratio to VPP5000)	Scalability
Serial	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	10310.86 (4.95)	-
Auto-2CPU	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static -parallel	5822.08 (2.80)	1.77
MPI-1CPU (1×1)	mpif77 (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	9913.12 (4.76)	-
MPI-2CPU (2×1)	mpif77 (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	6158.25 (2.96)	1.61

Table.4 Result of the SMP based on the Intel Itanium2 DP, 1.4GHz/1.5MB L3, DDR200 SDRAM

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (Ratio to VPP5000)	Scalability
Serial	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	9904.86 (4.76)	-
Auto-2CPU	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static -parallel	5636.13 (2.71)	1.76

Table.5 Result of the SMP based on the Intel Itanium2 DP, 1.4GHz/4.0MB L3, DDR200 SDRAM

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (Ratio to VPP5000)	Scalability
Serial	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	9652.74 (4.63)	-
Auto-2CPU	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static -parallel	5503.42 (2.64)	1.75

Table.6 Result of the SMP based on the Intel Itanium2 DP, 1.6GHz/3.0MB L3, DDR200 SDRAM

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (s) (Ratio to VPP5000)	Scalability
Serial	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	9098.47 (4.37)	-
Auto-2CPU	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static -parallel	5298.27 (2.55)	1.72
Auto-4CPU	efc (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static -parallel	3789.45 (1.82)	2.40
MPI-1CPU (1×1)	mpif77 (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	8881.30 (4.27)	-
MPI-2CPU (2×1)	mpif77 (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	4870.46 (2.34)	1.82
MPI-4CPU (2×2)	mpif77 (IF v.7.1, 64bit)	-tpp2 -O3 -static	3323.41 (1.60)	2.67

Table.7 Result of the SMP based on the Intel Itanium2 MP, 1.5GHz/6MB L3, DDR200 SDRAM

	Serial	Auto-2CPU	Auto-4CPU	MPI-1CPU (1×1)	MPI-2CPU (2×1)	MPI-4CPU (2×2)
Elapsed time (s)	9098.47	5298.27	3789.45	8881.30	4870.46	3323.41
CPU time (s)	9002.30	5201.62	3692.95	8719.69	4708.59	3161.29
I/O time (s)	96.17	96.65	96.50	161.61	161.87	162.12

Table.8 Items of the elapsed time of the SMP based on the Intel Itanium2 MP, 1.5GHz/6MB L3, DDR200 SDRAM

◎AMD Opteronプロセッサの場合

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (s) (Ratio to VPP5000)	Scalability
Serial	pgf90 (PGI v.4.0-2, 32bit)	-fast -Mcache_align -Mvect=sse -Bstatic	14229.29 (6.84)	-
Auto-2CPU	pgf90 (PGI v.4.0-2, 32bit)	-fast -Mcache_align -Mvect=sse -Bstatic -Mconcur	8977.61 (4.31)	1.58

Table.9 Result of the SMP based on the AMD Opteron DP, 1.6GHz/1MB L2, DDR333 SDRAM

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (s) (Ratio to VPP5000)	Scalability
MPI-1CPU (1×1)	mpif90 (IF v.7.1, 32bit)	-tpp7 -xW -axW -O3 -static	13903.66 (6.68)	-
MPI-2CPU (2×1)	mpif90 (IF v.7.1, 32bit)	-tpp7 -xW -axW -O3 -static	7746.23 (3.72)	1.79

Table.10 Result of the SMP based on the AMD Opteron DP, 1.8GHz/1MB L2, DDR333 SDRAM

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (s) (Ratio to VPP5000)	Scalability
Serial	pgf90 (PGI v.5.0-2, 64bit)	-fastsse -Bstatic	11197.58 (5.38)	-
Auto-2CPU	pgf90 (PGI v.5.0-2, 64bit)	-fastsse -Bstatic -Mconcur	9026.65 (4.34)	1.24

Table.11 Result of SMP based on the AMD Opteron DP, 2.2GHz/1MB L2, DDR333 SDRAM

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (s) (Ratio to VPP5000)	Scalability
Serial	pgf90 (PGI v.5.1-3, 64bit)	-O2 -Munroll -Mnoframe -Mscalarsse -Mvect=sse -Mcache_align -Mflushz	10768.25 (5.17)	-
Auto-2CPU	pgf90 (PGI v.5.1-3, 64bit)	-O2 -Munroll -Mnoframe -Mscalarsse -Mvect=sse -Mcache_align -Mflushz -Mconcur	6387.70 (3.07)	1.69
Auto-4CPU	pgf90 (PGI v.5.1-3, 64bit)	-O2 -Munroll -Mnoframe -Mscalarsse -Mvect=sse -Mcache_align -Mflushz -Mconcur	3810.94 (1.83)	2.83

Table.12 Result of SMP based on the AMD Opteron MP, 2.2GHz/1MB L2, DDR333 SDRAM

	Serial	Auto-2CPU	Auto-4CPU
Elapsed time (s)	10768.25	6387.70	3810.94
CPU time (s)	10729.92	6334.77	3757.67
I/O time (s)	38.33	52.93	53.27

Table.13 Items of the elapsed time of the SMP based on the AMD Opteron MP, 2.2GHz/1MB L2, DDR333 SDRAM

Type of calculation	Compile command	Optimization options	Elapsed time (s) (Ratio to VPP5000)	Scalability
Auto-2CPU	pgf90 (PGI v.5.1-3, 64bit)	-O2 -Munroll -Mnoframe -Mscalarsse -Mvect=sse -Mcache_align -Mflushz -Mconcur	6153.51 (2.95)	-
Auto-4CPU	pgf90 (PGI v.5.1-3, 64bit)	-O2 -Munroll -Mnoframe -Mscalarsse -Mvect=sse -Mcache_align -Mflushz -Mconcur	3624.22 (1.74)	-

Table.14 Result of SMP based on the AMD Opteron MP, 2.2GHz/1MB L2, DDR400 SDRAM

	Auto-2CPU	Auto-4CPU
Elapsed time (s)	6153.51	3624.22
CPU time (s)	6096.95	3567.44
I/O time (s)	56.56	56.78

Table.15 Items of the elapsed time of the SMP based on the AMD Opteron MP, 2.2GHz/1MB L2, DDR400 SDRAM