ミネソタ大学スーパーコンピュータ研究所

University of Minnesota Supercomputer Institute

野村 卓史^{*1}

Takashi NOMURA

昨年開催されたCWE'92が大盛況であったように、風工学の分野でも計算力学、特に数値流体解析の重要度は益々大きくなっています。そこで「世界の風工学関連研究所紹介シリーズ」でも、数値流体力学の研究を積極的に推進している研究機関を対象に含め、今後随時紹介していくことになりました。

その第一弾はアメリカ合衆国ミネアポリスにあるミネソタ大学スーパーコンピュータ研究所です。ここでは昨1992年10月に第一回「US-Japan Symposium on Finite Element Methods in Large-Scale Computational Fluid Dynamics」が開催され、参加した筆者はCrayやコネクション・マシンが何台も並んでいる様子を目を見張らざるを得ませんでした。シンポジウム主催者の一人、ミネソタ大学のTezduyar教授に研究所の資料をお願いしたところ、貴重な情報を提供して頂きましたので以下に紹介する次第です。

1. 沿革

ミネソタ州ミネアポリスはクレイ社が誕生した所である。そのためあってミネソタ大学はスーパーコンピュータの学術利用のパイオニア的大学で、1981年に最初のCrayが導入され、1984年にミネソタ・スーパーコンピュータ研究所 (Minnesota Supercomputer Institute; MSI) が設置された。MSIは今年名前を変え、本稿の表題にあるようにミネソタ大学スーパーコンピュータ研究所 (UMSI) と呼ばれることになった。

UMSIはミネソタ大学の全学部にまたがる学際組織で、

ミネソタ大学や州内の他の教育機関におけるスーパーコンピュータを利用する研究を支援する。UMSIはまた、シンポジウムやワークショップ、セミナーなどを企画し主催する。先述の日米シンポジウムもその一つで、このような催しが月に1回ぐらいのペースで行われている。

UMSIは、キャンパス面積全米一を誇るミネソタ大学の敷地とハイウェイを隔てたところにある、Photo.1のような建物に居を構えている。この中にTable.1に示すように3台のCrayとThinking Machines社製の2台のコネクション・マシンが設置されている [Photo. 2~4]。

この内コネクション・マシンはUMSIに隣接するミネソタ大学陸軍高性能計算研究センター (Army High-Performance Computing Research Center; AHPCRC) が所有しているものである。コネクション・マシンは、周知のように、パイプライン型ベクトルプロセッサによる現行スーパーコンピュータの性能限界を突破する次世代のスーパーコンピュータである。CM-5は544個

Table. 1 UMSIに設置されているスーパーコンピュータ

機 種	プロセッサ or ノード数	メモリー (倍精度)
Cray-2	4	512 MW
Cray Y-MP M92	2	1 GW
Cray Y-MP C90	8	512 MW
CM-5	544ノード	2 GW
CM-200	1024ノード	512 MW

* 1 東京大学工学部土木工学科、助教授
Associate Professor, University of Tokyo
(原稿受理: 1993年5月6日)

Photo.1 ミネソタ大学 スーパーコンピュータ研究所
(University of Minnesota, Supercomputer Institute)

Photo.2 Crayが3台並んだ計算機室
(Three Crays in computer room)

Photo.3 Thinking Machines社 CM-5
(Thinking Machine Corporation CM-5)

Photo. 4 Thinking machines社 CM-200
(Thinking Machines Corporation CM-200)

のプロセッサ・ノードを結合し、一つのノードがそれぞれ32MBのメモリと4個のベクトル・プロセッサを有している。一つのプロセッサはSun社のSPARC RISCチップであるから、544台のEWSが密に結合しているような機械で、ピーク演算速度は70GFLOPSにもなる。新しいCM-200の性能は1TFLOPSとも言われている。これに対して今年春に東大大型計算機センターに設置されたHITAC S-3800/480は4つのベクトルプロセッサを平行に使用して32GFLOPSである。

2. 研究活動

UMSIにはD.G.Truhlar所長を含め30人のミネソタ大学教授がスタッフ及び研究委員会委員として参加している。実際にUMSIの建物に常駐している人は数名ほどのようであるが、その専門領域は理学、工学のあらゆる分野に渡っている。その中で特に数値流体力学のアクティビティが高い研究者は：

H. T. Davis (化学工学・材料科学)

S. V. Patankar (機械工学)

L. E. Scriven (化学工学・材料科学)

C. C. S. Song (土木工学)

T. E. Tezduyar (宇宙航空工学・力学)

P. R. Woodward (天文学)

D. A. Yuen (地球物理学)

この内、Patanekar教授は数値流体解析のテキスト¹⁾の著者として有名である。風工学に関連が深い研究者としては、Bluff Bodyまわりの流れのLES²⁾やビルまわりの流れの差分解析を行っているSong教授と、Space-Time有限要素法を用いて移動境界問題、流体-構造相関問題などの解析³⁾を行っているTezduyar教授が挙げられる。Tezduyar教授のグループは2人のポスドク、4人の博士課程学生、1人のリサーチ・アシスタントおよび1人の客員研究員からなり、恐らく現在世界で最もふんだんにスーパーコンピューティングを行っているグループと考えられる。

そのほかUMSIでは10数人の技術・事務スタッフが働いている。また、スーパーコンピュータの直接の保守・管理はUMSIと同居しているミネソタ・スーパーコンピュータ・センター社が行っている。

Table. 2 日米シンポジウム講演リスト (講演順)

J. T. Oden (テキサス大学)	• hp-Adaptive Methods in CFD
樫山 和男 (中央大学)	• An Optimal Mesh Generation Method for Steady and Unsteady Water Wave Analysis
T. J. R. Hughes (スタンフォード大学)	• Finite Elements and Fluids
T. E. Tezduyar (ミネソタ大学)	○Computation of Compressible and Incompressible Flows with the Stabilized Finite Element Methods-Space-Time Formulations and Massively Parallel Implementations: Part I
P. M. Gresho (ローレンス・リバモア研究所)	• Early Results from a New 3D Version of a Pretty Accurate Projection Method for Transient Viscous Incompressible Flow
児玉 敏雄 (佐藤工業)	• Estimation of Eddy Viscous Coefficient in Periodic Shallow Water Equation
近藤 典夫 (日本大学)	○Third-Order Upwind Finite Element Solutions of High Reynolds Number Flows
田端 正久 (電気通信大学)	○Some Applications of Upwind Finite Element Schemes Based on the Choice of Upwind Points
水上 昭 (NKK)	• Element by Element Penalty Uzawa Formulation for Large-Scale Flow Problems
川原 睦人 (中央大学)	• A Predictive Control Method to Operate Water Gate of Dam
S. Mittal (ミネソタ大学)	○Computation of Compressible and Incompressible Flows with the Stabilized Finite Element Methods-Space-Time Formulations and Massively Parallel Implementations: Part II
菊池 昇 (ミシガン大学)	• Adaptive Remeshing Methods in the Simulation of Resin Transfer Modeling Process
足立 武司 (三菱重工業)	• Some Finite Element Methods in our Practical Problems
D. K. Gartling (サンディア国立研究所)	• Melting and Casting Analysis via the Finite Element Method
J. Derby (ミネソタ大学)	• Finite Element Methods for CFD in Chemical Engineering: Materials Processing Applications
野村 卓史 (東京大学)	○ALE Finite Element Computations of Fluid-Structure Interaction Problems
志村 正幸 (前田建設工業)	○Interaction Analysis Between Structure and Fluid Flow
海保 真行 (日立製作所)	• FEM/FDM Composite Scheme for 3-Dimensional Viscous Incompressible Flow Analysis
R. Glowinski (ヒューストン大学)	• On Some Control Problems for Viscous Flow
A. Ecer (パーデュー大学)	• Parallel Computation of 3-Dimensional Compressible Flows
棚橋 隆彦 (慶応大学)	• Theory and Application of GSMAC Finite Element Methods
河本 真司 (日本板硝子)	○High-Speed GSMAC-FEM for Wind Engineering

注) ○: 風工学に関連の強い発表

3. 日米シンポジウム

最後に、昨年10月11日から14日にかけてUMSI内の会議室で開催された先述の日米シンポジウムについて簡単に紹介する。このシンポジウムはUMSIとAHPCRCの共催で、実行委員会はTezduyar教授の他にT. J. R. Hughes教授(スタンフォード大学)と川原睦人教授(中央大学)で組織された。日米の講演者はTable.2のとおりアメリカ11名、日本12名である。この他に全米各地から約80名の聴講者が出席した。各講演者の持ち時間は40分で、時間も長く、かなり突っ込んだ情報交流を行うことができた。講演された話題は基礎理論から各種の応用まで多岐に渡っている。その

中で特に風工学と直接・間接に関わりが強いものをTable. 2中に印した。このシンポジウムの講演論文はComputer Methods in Applied Mechanics and Engineering誌の特集号として発行される予定である。

また、第2回日米シンポジウムが来年3月14日から16日にかけて中央大学で開催される予定で川原教授を中心として準備が進められている。

4. 終わりに

シンポジウム前日に日本側参加者はTezduyar教授の案内でミネソタ大学やミネアポリス周辺のドライブを楽しんだ。ミネソタ州は別名“State of 10,000 lakes”

とも呼ばれ、そここに大小の湖や池があり、市民の憩いの場となっている。大学の近くをミシシッピ川が流れており、遠くニューオーリンズからミネアポリスまで約1500kmの距離を船で遡ることができるそうである。ちょうど紅葉の季節で、広い川面を挟んだ景色が大変美しいと同時に、スケールの大きいことが大変印象的であった。

参考文献

1) S. V. Patankar : Numerical Heat Transfer

and Fluid Flow, Hemisphere, U.S., 1980.

- 2) C.C.C. Song & M. Yuan : Simulation of vortex - shedding flow about a circular cylinder at high Reynolds numbers, J. Fluid Engrg., vol.112, 1990, pp.155 - 160.
- 3) S. Mittal & T. E. Tezduyar : A finite element study of incompressible flows past oscillating cylinders and aerofoils, Int. J. Numer. Meth. Fluids, vol.15, 1992, pp.1073 - 1118.