

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.27 (1995) No.2

科学技術計算システムの分散・UNIX化

Development of Distributed System on Open Platform in Scientific and Engineering Computation System

市原 勲(Isao Ichihara) 白石 健(Takeshi Shiraishi) 山根 真理子(Mariko Yamane)

要旨：

川崎製鉄における化学技術計算環境は、スーパーコンピュータを中心とした、大型計算機集中利用方式であった。この方式の問題点を解決し、さらに利用者の使い勝手を向上させるため、分散・UNIXシステムを構築した。分散・UNIXシステムではスーパーコンピュータ、EWS、PCに機能を分散し、おのおのの特性を生かしたシステム構成としている。また、NQS (network queuing system) ソフトウェアを利用し、利用者に分散システムを意識させない運用を行っている。さらに、川鉄情報システム(株)において分散・UNIXシステムにおける稼働情報管理システムを開発し、計算機資源のきめ細かな稼働管理を実現した。これにより、計算機側ではスループットの向上、利用者側では作業効率が向上した。

Synopsis：

Kawasaki Steel, whose scientific and engineering computation system was a concentrated system on a supercomputer, has developed a distributed system on the open platform to solve problems about the concentrated system and to provide users with better computational environment. The functions of this system are distributed to the supercomputer, workstations and personal computers so that these computer resources will exhibit each character. Through Network Queuing System software, users can use the system easily without being aware that it is a distributed system. In addition, Kawasaki Steel Systems R&D Corp. has developed the uptime information management system so that the computer resource management will become more exact. Now the system has improved the computer throughput as well as the operation efficiency on the user side.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Development of Distributed System on Open Platform in Scientific and Engineering Computation System



市原 勲

Isao Ichihara

川鉄情報システム(株)
千葉事業所設計開発グ
ループ主任部員(部長)



白石 健

Takeshi Shiraishi

川鉄情報システム(株)
千葉事業所設計開発グ
ループ主任部員(課長)



山根 真理子

Mariko Yamane

川鉄情報システム(株)
西日本事業所技術グ
ループ主任部員(課長)

要旨

川崎製鉄における科学技術計算環境は、スーパーコンピュータを中心とした、大型計算機集中利用方式であった。この方式の問題点を解決し、さらに利用者の使い勝手を向上させるため、分散・UNIXシステムを構築した。分散・UNIXシステムではスーパーコンピュータ、EWS、PCに機能を分散し、おのおのの特性を活かしたシステム構成としている。また、NQS (network queuing system) ソフトウェアを利用し、利用者に分散システムを意識させない運用を行っている。さらに、川鉄情報システム(株)において分散・UNIXシステムにおける稼働情報管理システムを開発し、計算機資源のきめ細かな稼働管理を実現した。これにより、計算機側ではスループットの向上、利用者側では作業効率が向上した。

Synopsis:

Kawasaki Steel, whose scientific and engineering computation system was a concentrated system on a supercomputer, has developed a distributed system on the open platform to solve problems about the concentrated system and to provide users with better computational environment. The functions of this system are distributed to the supercomputer, workstations and personal computers so that these computer resources will exhibit each character. Through Network Queuing System software, users can use the system easily without being aware that it is a distributed system. In addition, Kawasaki Steel Systems R&D Corp. has developed the uptime information management system so that the computer resource management will become more exact. Now the system has improved the computer throughput as well as the operation efficiency on the user side.

1 緒 言

近年の情報処理技術の発展は目覚ましく、コストパフォーマンスに優れたハードウェアとともに、それを駆使した柔軟で使い勝手のよい多機能なソフトウェアが次々に開発されてきている。これに伴い、使用目的に応じた利用しやすい環境がオープンシステム化、ダウンサイジング化という形で実現されるようになってきた。特に、オープンシステム技術やネットワーク技術の進歩により、科学技術計算の分野においても、エンドユーザーの情報活用環境選択の自由度が格段に高まってきている。

こうした状況の中、川崎製鉄の科学技術計算システムも、管理面での優位性はあるものの、使い勝手やオープン性に問題のあった従来の大型ホストコンピュータ(非UNIX OS)集中利用形態から、機能的にオープン化、分散化したライトサイジングを指向し、集中システムから分散システムへの段階的移行を決定した。

現在もまだ移行過程にあるが、本報告では川崎製鉄における科学技術計算の特徴とシステムの分散化・UNIX化の考え方およびその方向について述べる。

2 科学技術計算の特徴¹⁾

川崎製鉄における科学技術計算の利用対象分野は、鉄鋼を中心とみると、各鉄鋼製造プロセスにおける新設備の建設、設備の改造・保全、品質改善、エネルギー原単位改善のための操業技術検討、物流効率化検討、研究開発等が主である。

代表的な解析手法は、構造解析²⁾、伝熱解析³⁾、流体解析⁴⁾、磁場解析、IE・OR⁵⁾およびこれらの複合解析⁶⁾等である(表1)。

利用対象者は製鉄所・製造所における現場の技術スタッフ、設備技術部門の技術者、企画・管理部門のスタッフ、研究所研究員、本社技術部門のスタッフ、エンジニアリング部門の技術者および川鉄情報システム(株)の科学技術計算担当者等である。基本的な利用の形態は技術者・研究者によるEUC/EUD(end user computing/end user development)でのオープン利用制である。

新しい汎用ソフトウェアの導入および汎用的なオリジナルソフトウェアの開発は、技術研究所および川鉄情報システムの科学技術計算担当者が行っている。汎用ソフトウェアの利用に対する教育は年間の講習予定にしたがい川鉄情報システム(株)が定期的実施している。

全社共用のスーパーコンピュータは川鉄情報システム千葉事業所で各種ライブラリー管理、稼働情報管理、費用管理等の運用管理を

* 平成7年3月23日原稿受付

Table 1 List of typical application examples

	Example	Software
Structural analysis	Technology for buckling prevention in No.4 CAL ²⁾	MARC, NASTRAN, JNIKE-3D
Heat transfer analysis	3D casting solidification analysis ³⁾	MARC, CHANCE, ⁴⁾ BACCAS ⁴⁾
Fluid flow analysis	Study on airflow fields in line-type cleanroom ⁴⁾	PHOENICS, α -FLOW, K-FBFLOW ⁴⁾
Electromagnetic analysis	Analysis of electromagnetic braking effect in continuous casting	JMAG, K-MAG ⁴⁾
IE・OR Simulation	Simulation of non-steady rolling phenomena in hot tandem mills ⁵⁾	GPSS, SLCS IV
Combination analysis	Numerical analysis of fluid flow in static and dynamic electromagnetic fields ⁷⁾	K-MAGFLOW ⁴⁾

⁴⁾ Internal development

行っている。

稼働状況については、科学技術計算の特性でもあるが、各部門の設備投資計画の立案・実施状況、各種論文発表等の時期や利用分野が広範であるため解析規模が大規模から中小規模まで混在していること等により、利用時間（量）にかなりばらつきがある。また、解析のプリ・ポスト処理もコンピュータ処理に大きい負荷を与えている。

利用ソフトウェアはサードベンダー提供の汎用ソフトウェアが中心である。汎用的なオリジナルソフトウェアの開発は主として科学技術計算グループが行っており、エンドユーザー自ら開発したプログラムを汎用化するという事は少ない。またオリジナル開発プログラムについて、エンドユーザーが高速化のために時間を割いてベクトル化チューニングを行うケースも少ない。現在のところ川崎製鉄で導入しているサードベンダー提供の汎用ソフトウェアは、ベクトル化率があまり高くないものも存在する。現状でのベクトル処理プロセッサの稼働時間は全体のほぼ3割程度である。ちなみに、川崎製鉄における解析対象業務は必ずしもベクトル処理向きのものばかりではないのが実態である。

科学技術計算を利用する事業所は千葉製鉄所を拠点として技術研究所（千葉、水島、知多）、水島製鉄所、知多製造所、東京本社、エンジニアリング事業部（東京、千葉）と分散している。各事業所からのセンターコンピュータの利用については、TSS処理とバッチ処理がある。解析の実行はバッチ処理が中心であり、実行結果の出力は専用回線を介してファイル転送する仕組みとなっている。プリ・ポスト処理および実行時間が短い処理はTSS処理で行われている。

科学技術計算利用者のフロントエンド環境についてみると、近年各事業所ではスタッフの業務効率化を狙いに統合OA化を図っており、ネットワークを介して多機能PC(personal computer)が使用できる環境になってきている。技術スタッフはスーパーコンピュータを端末エミュレータを通じて利用するとともに、技術解析とあわせてその解析結果を効率的にレポートングできるようになってきている。

図形、グラフィックス処理を行うEWS(engineering work station)も徐々に配備されつつある。ただし、主に有限要素法の入力データ作成と解析結果のグラフィックス処理の利用が中心で、図面作成を伴うCADシステムについては製鉄所での直接利用はほとん

どないのが実態である。

3 大型ホスト計算機集中利用方式の問題点と分散化へのニーズ

科学技術計算専用スーパーコンピュータ集中利用方式によるシステムの構成をFig. 1に示す。前述のようにスーパーコンピュータは千葉製鉄所に設置され、全社共用ホストコンピュータとしてスカラーおよびベクトルジョブが混在するスタンドアロン型で構成されている。利用形態は全社ネットワークを介し、全事業所から端末で利用できる。計算処理の実行は主にバッチ形式で行っている。

このシステムにおいて以下のような問題点が発生してきた。

(1) スループットの悪化

この構成では、科学技術計算に関する全てのソフトウェアがスーパーコンピュータ上で稼働している。また、解析ニーズの高度化に伴う、解析規模の大型化、解析内容の非線形化、複雑化により、いっそうCPU能力が必要となってきている。しかし、当システムではスカラージョブも混在する形態で運用しているため、本来のスーパーコンピュータ能力（ベクトル計算）が十分には発揮しにくい状況となってきている。そのため、CPU負荷が高くなり、スループットが悪化する。また、スタンドアロン型で使用しているため、TSS処理も混在していることがスループット悪化の原因にもなっている。一方、対話処理作業、特にグラフィック表示を必要とする解析プリ・ポスト処理のレスポンスが悪く、時間がかかり、作業効率を悪化させている。

(2) 非UNIX環境による使い勝手の悪さ

オープンシステム化に流れが移ってきているが、非UNIX-OSを使用しているため、汎用ソフトウェアの選択肢が限られる事態が発生してきた。また、プリ・ポストソフトウェアに関しては、Xwindowシステムのような優れたGUI (graphical user interface) が利用できないため、作業効率が悪く、教育にも時間がかかっている。

一方で、コストパフォーマンスの優れたEWSが出現し、相当規模の計算はEWS上で実行できるようになってきた。また、大学等でEWS環境に親しんだ若手技術者、研究者が増加し、従来のシステムでは利用環境に問題がでてくるようになってきた。さらに、

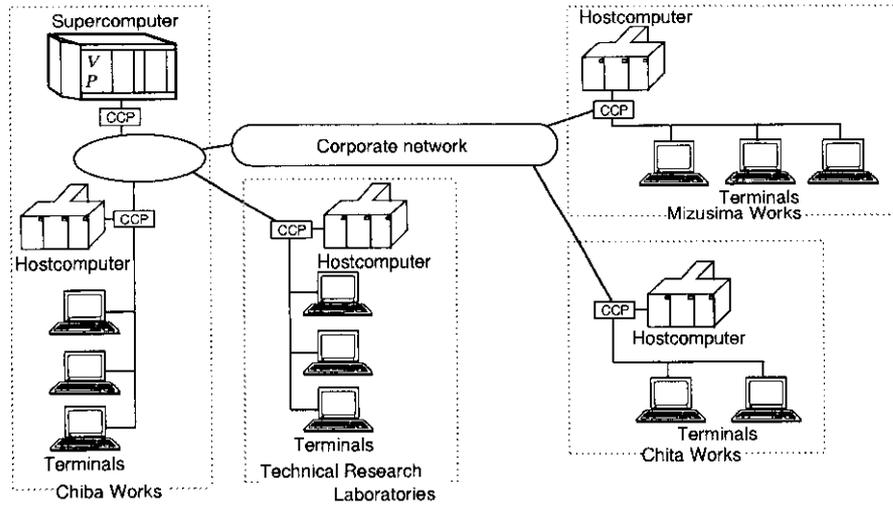


Fig. 1 System organization of the concentrated system

「部門固有利用のソフトウェアを簡単に導入したい」、「エンドユーザ主導で解析環境を整えたい」といった要望がでてきた。

4 分散化システム構築の考え方とその構成

前述の問題点を解決し、要望に応えるために、スーパーコンピュータを核とした、分散・UNIXシステムを構築した。システム構築における考え方は以下のとおりである。

- (1) スーパーコンピュータ、EWS、PCによる機能分散を行う。
すなわち、スーパーコンピュータは大規模計算用サーバー、EWSは中小規模計算用サーバーまたはプリ・ポスト処理用、PCはEWSの補完としてX端末あるいは小規模計算実行用、またDTPソフトウェアとの連携用として位置付けた(Fig. 2)。
そのため、現在利用している汎用解析ソフトウェアのEWSにおける実行性能を調査し、スーパーコンピュータに残すソフトウェアとEWSへ移行するソフトウェアを決定した。また、PCにおけるX端末機能、FORTRANプログラム等の実行性能を調査し、どの程度の使用に耐えられるかを判断した。
- (2) 部門固有のソフトウェア、あるいは特定の部門において利用

ニーズの高いソフトウェアに関しては、その部門のEWSへ導入する。また、共通利用可能なソフトウェアに関しては、スーパーコンピュータあるいはサーバーとなるEWS上に導入する。

- (3) 川崎製鉄における利用特性、およびUNIX OSへの移行負荷を考慮し、スーパーコンピュータをFACOM VP 2100 Eへリプレースし、UNIX OSを合わせもつ移行環境を構成し、利用の多い部門から段階的に移行する。
- (4) NQS (network queuing system) ソフトウェアを利用し、エンドユーザーが分散システムを意識せずに利用できるような運用形態とする。また、複数のUNIX機に同じ解析ソフトウェアが導入されている場合や、FORTRANプログラムの実行に対しては、負荷分散を行う。

これらの考え方にしたがって、分散環境を構築した(Fig. 3)。この結果、スーパーコンピュータ上には流体解析や大規模の構造・磁場解析の汎用ソフトウェアを設置し、スーパーコンピュータ本来の性能を発揮するような利用方法とした。EWS側には小規模の有限要素法解析ソフトウェアやプリ・ポスト処理ソフトウェアなどを移行した。

スーパーコンピュータ側は、NQSによる実行依頼だけとし、全

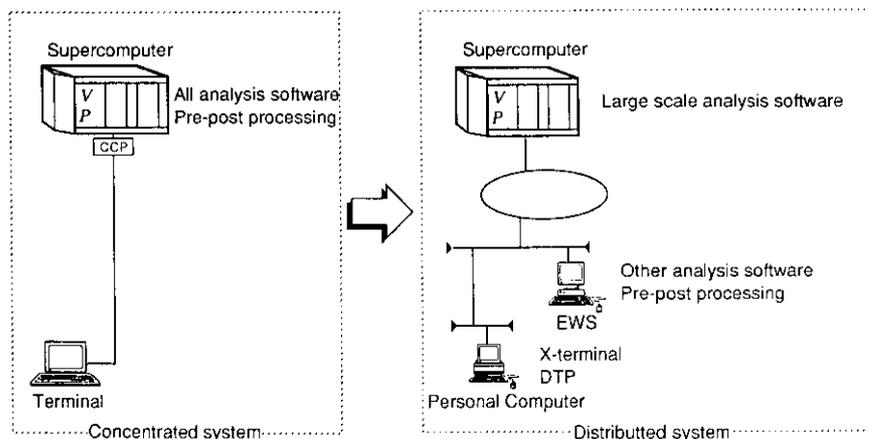


Fig. 2 Function distribution

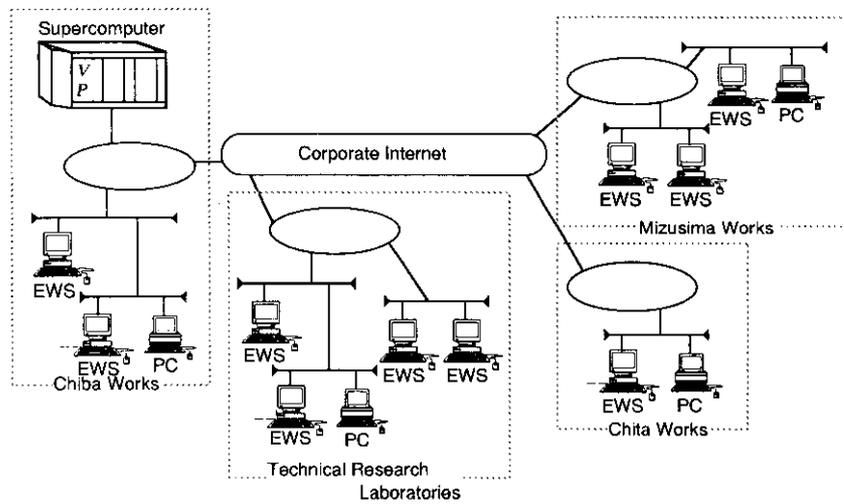


Fig. 3 System organization of the distributed system

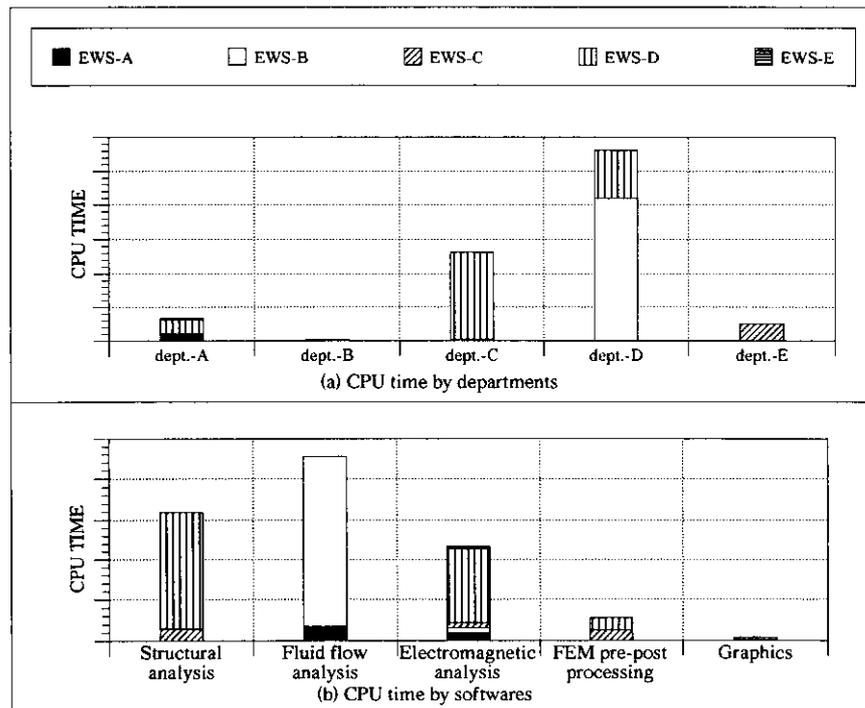


Fig. 4 Examples of the uptime information management system output

での解析実行をNQSにより制御している。また、スーパーコンピュータ内では、ベクトルメモリの要求量が実メモリを超えると、ベクトルメモリのスワップが発生し処理効率が悪化するため、NQSソフトウェアをカスタマイズし、ベクトルメモリの使用量を常に監視するようにしている。

また、川鉄情報システムでは分散・UNIX環境における稼働情報収集システムを開発し、きめ細かな稼働情報が採取できるようにした。これにより、各UNIXシステムごとの部門単位や汎用ソフトウェアごとの利用実績、また、分散システム全体での部門単位や汎用ソフトウェアごとの利用実績を採取できるようにした(Fig. 4)。部門単位での計算機資源の過不足や各汎用ソフトウェアに対する計算機負荷が詳細に把握でき、運用方案の改善や設備投資計画に結び付けることもできるようになった。

5 新システムの評価と今後の課題

従来のホストコンピュータ集中型のシステム構成から、分散・UNIXシステムを構築したことにより、コストパフォーマンスの向上とともに以下の点が向上した。

- (1) プリ・ポスト処理をEWSへ移行することにより、対話処理作業のレスポンスが向上した。また、優れたGUIや自動メッシュ分割など高機能なソフトウェアを利用できるようになり、対話処理作業全体の効率が向上した。
- (2) 解析ソフトウェアを分散したことにより、スーパーコンピュータに関してはベクトル化率の高いソフトウェアの実行によるCPU効率の向上が実現した。これにより、自社製の流体解析

プログラムや汎用三次元流体解析システム FUJITSU/ α -FLOW 等ベクトル化率の高いソフトウェアの活用範囲が広がった。また、中小規模の解析実行に関しては、EWS に移行・分散したことにより、待ち時間が減り、ターンアラウンドタイムが向上した。また、小規模の計算については PC 上でも実行できるようになり、表計算ソフトウェア等との連携が可能となった。HMI に関しては、EWS や PC の GUI が利用できるようになり、大幅に使い勝手が向上した。

これらにより、流体解析における LES モデルの適用のような解析モデルの精緻化、計算格子の細密化による解析規模の大型化、解析ケースの多様化、解析作業の効率化が実現できた。

- (3) 分散・UNIX 機の稼働情報管理システムを開発したことにより、各 UNIX 機の利用状況の把握と管理ができるようになり、運用方案の改善や設備投資計画に結び付けることができるようになった。

今回の分散・UNIX システムの構築は、従来システムを UNIX 化し、処理を分散化することを主眼に構築した。したがって、さらに、分散化の長所を活かすようにするため、今後の課題として以下のことが挙げられる。

- (1) 分散化によりソフトウェアを重複して導入しなければならない状況が発生するが、その場合の、重複導入による効果とコスト増のクリティカルポイントを管理する。
- (2) 分散化によりホスト計算機を集中利用していたときに比べて、ソフトウェアの利用技術が分散化される傾向にある。このようなノウハウ情報を共有するため電子会議室等を利用して、情報の共有化を図る。

- (3) ハードウェアの進歩は日進月歩であり、2 年間で約 3 倍の性能向上が実現されている。解析ニーズの高度化に合わせて環境整備を続けていく必要がある。

6 結 言

本報告では、川崎製鉄における科学技術計算環境の分散・UNIX システムについて述べた。主な点は以下のとおりである。

- (1) スーパーコンピュータ、EWS、PC に機能分散した分散システムを構築した。
- (2) 分散・UNIX 機における稼働情報管理システムを開発し、きめ細かな稼働管理を実現した。
- (3) NQS を利用することにより、エンドユーザが意識することなく分散システムを利用できるようになった。また、スーパーコンピュータ上ではベクトルメモリのスワップを発生させないような仕組みを開発した。
- (4) 分散システムを構築したことにより、計算機側ではスループットの向上、エンドユーザ側では作業効率が向上した。

技術進歩は目ざましく、数年前の機種がすでに陳腐化している現状である。本システム構築中にもコストパフォーマンスに優れた新機種が続々と登場している。米国 HPCC 計画 (high performance computing and communications programs) で行われているような、利用しやすいテラ FLOPS 計算機も数年後には実現されるであろう。流体解析などでは、さらに CPU 能力を必要とするため、並列計算機あるいは並列化言語や領域分割法などのアルゴリズムの適用を検討していきたい。

参 考 文 献

- 1) 市原 勲, 白石 健, 竹本茂男, 高取誠二, 有木 徹, 井形元彦: 川崎製鉄技報, 20(1988)2, 144-150
- 2) 川原仁志, 大野浩伸, 小川博之, 江原 真, 中島康久, 比良隆明: 材料とプロセス, 4 (1991)2, 599
- 3) 曾我部 暁, 新中博昌, 尼寺 実, 穴山為康: 第 116 回全国講演大会講演概要集, (社)日本鑄物協会, (1989), 93
- 4) 藤田 勉, 末田 明, 浦 等, 白石 健: 川崎製鉄技報, 25 (1993) 1, 59-63
- 5) 吉田 博, 石川好藏, 広瀬勇次, 斉川夏樹: 塑性と加工, 23 (1982) 258, 691-699
- 6) 川原仁志, 市原 勲, 白石 健, 石山 毅, 桜井美弦, 河原田秀夫: 材料とプロセス, 5 (1992)4, 992