
科学技術計算システム

Scientific and Engineering Computation System at Kawasaki Steel

市原 勲(Isao Ichihara) 白石 健(Takeshi Shiraishi) 竹本 茂男(Shigeo Takemoto) 高取 誠二(Seiji Takatori) 有木 徹(Tohru Arika) 井形 元彦(Motohiko Igata)

要旨：

川崎製鉄における科学技術計算は、初期の管理技報の利用から始まって、伝熱解析や構造解析などの適用、制御系解析への適用をへて、流体解析などスーパーコンピュータによる大規模モデルの解析へと発展してきた。この間の主要な解析事例の概要を、高炉炉床部の伝熱解析、連铸モールド内の溶鋼流動解析、ワークロールシフトミルのロール強度解析、タンデム圧延のシミュレーションなどにつき紹介した。現在の科学技術計算システムはスーパーコンピュータ FACOM VP-50 を中心にした全社ネットワークとして構築されている。さらに科学技術計算の利用を全面的にカバーする効率的でユーザフレンドリーな科学技術計算利用者支援システムを開発したのでそれらについても紹介した。

Synopsis：

At Kawasaki Steel, a scientific and engineering computation system has been developed, from the earliest utilization of management science, through its applications ranging from the heat transfer analysis, structural analysis and control system to the analysis of a large scale model by supercomputer such as the fluid flow analysis. This paper describes the features of main applications which include the heat transfer analysis of blast furnace hearth, molten metal flow analysis in the continuous casting mould, stress analysis of the work roll shift mill, and simulation of hot tandem mills. The scientific and engineering computation system was developed on the basis of FACOM VP-50 supercomputer by using the corporate network. Additionally, a user supporting system which was very powerful and useful in the scientific and engineering computation was developed, and it is also summarized here.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Scientific and Engineering Computation System at Kawasaki Steel



市原 勲 Isao Ichihara 千葉製鉄所 システム 部 主査(課長補)	白石 健 Takeshi Shiraishi 千葉製鉄所 システム 部	竹本 茂男 Shigeo Takemoto 千葉製鉄所 システム 部 主査(課長)
--	--	--



高取 誠二 Seiji Takatori 水島製鉄所 システム 部	有木 徹 Tohru Ariki 水島製鉄所 システム 部 主査(課長)	井形 元彦 Motohiko Igata 水島製鉄所 システム 部 主査(掛長)
--	---	---

1 結 言

当社において科学技術計算を製鉄所の建設と操業の過程にとり入れたのは、1962年からである。以来、コンピュータの飛躍的な能力向上と相まって種々の新しい解析技法を導入し、製鉄所の設備能力算定、設備設計計算、操業解析、操業技術改善、設備改善へと順次その活用範囲を広げていき、製鉄所における諸設備の建設、改善および操業技術の発展に大きく寄与してきた。

また近年は、ハイテクノロジー化の波の中で、品質水準の高度化、製品の高級化が要求され、精度の良い予測および厳密な解析に対して、従来より一層緻密で高度なコンピュータシミュレーションが必要になってきた。

本報告では、当社における科学技術計算の経緯とその特徴、製鉄所における科学技術計算の実施例の一部の紹介、さらに、新しく導入したスーパーコンピュータを核とする当社の科学技術計算システムの構成、科学技術計算利用者支援システムについて述べる。

要旨

川崎製鉄における科学技術計算は、初期の管理技法の利用から始まって、伝熱解析や構造解析などの適用、制御系解析への適用をへて、流体解析などスーパーコンピュータによる大規模モデルの解析へと発展してきた。この間の主要な解析事例の概要を、高炉炉床部の伝熱解析、連铸モールド内の溶鋼流動解析、ワークロールシフトミルのロール強度解析、タンデム圧延のシミュレーションなどにつき紹介した。現在の科学技術計算システムはスーパーコンピュータFACOM VP-50を中心にした全社ネットワークとして構築されている。さらに科学技術計算の利用を全面的にカバーする効率的でユーザフレンドリーな科学技術計算利用者支援システムを開発したのでそれらについても紹介した。

Synopsis:

At Kawasaki Steel, a scientific and engineering computation system has been developed, from the earliest utilization of management science, through its applications ranging from the heat transfer analysis, structural analysis and control system to the analysis of a large scale model by supercomputer such as the fluid flow analysis.

This paper describes the features of main applications which include the heat transfer analysis of blast furnace hearth, molten metal flow analysis in the continuous casting mould, stress analysis of the work roll shift mill, and simulation of hot tandem mills. The scientific and engineering computation system was developed on the basis of FACOM VP-50 supercomputer by using the corporate network. Additionally, a user supporting system which was very powerful and useful in the scientific and engineering computation was developed, and it is also summarized here.

2 当社における科学技術計算の経緯

当社における科学技術計算の変遷を、年代を追って見てみると、Table 1 に示すように、大きく分けて4期に分割することができる。

第I期は、科学技術計算を主に設備能力算定に使用した時期である。解析技法面では、管理技法、とくにシミュレーションを中心とするOR手法を、各工場および、各ヤードの設備能力バランスの計算に活用した。

第II期は、水島製鉄所、知多製造所のほとんどの主要設備の建設と稼働、千葉製鉄所の相次ぐ高炉の改修が重なった時期であり、科学技術計算も各設備の構造計算に活用の範囲を拡大していった。

解析技法面では、コンピュータ処理に適したマトリックス法および有限要素法を構造解析や伝熱解析の分野に取り込み、それらを活用した解析プログラムを開発したことにより汎用性と解析機能レベルが向上し、設備建設技術の向上に大きく寄与した時期である。

* 昭和63年1月21日原稿受付

Table 1 History of scientific and engineering computation at Kawasaki Steel

Phase	Main application	Methodologies of analysis
I (1962~67)	Capacity estimation of factories	- Management science - Operations research
II (1968~74)	Evaluation of strength of equipments	- Matrix method - Finite element method
III (1975~82)	Factory automation and high productivity	- Simulation for continuous systems - Modern control theory
IV (1983~)	High qualitzation of products	- Nonlinear analysis - Fluid flow analysis

第Ⅲ期は、操業の連続化・自動化が強調された時期であり、科学技術計算は制御技術解析へさらにその活用範囲を拡大していった。

解析技法面では、連続系シミュレーション、現代制御理論などを取り込み、熱間圧延や冷間圧延における高速圧延時の圧延制御シミュレーションが可能となった。シミュレーションの結果は制御技術の向上と相まって品質向上、歩留り向上、熱量原単位の低減に結びついた。

この時期はソフトウェア面でも大きく変化のあった時期である。第Ⅱ期までは、大半のソフトウェアはFORTRANにより社内で開発を行ってきたが、第Ⅲ期に入って、NASA(米国航空宇宙局)で開発されたNASTRANなど、使いやすく機能も充実した汎用ソフトウェアを導入したこともあり、手作りソフトウェアの時代から汎用ソフトウェア利用の時代へと移り変わっていった時期である。

この結果、科学技術計算利用者の作業も事象のモデル化に投入できる時間が増加し、今まで未解決であった非線形問題に挑戦できるようになった。

第Ⅳ期は、製品の高級化、高品質化と製造コストの削減が強く要求されている時期であり、科学技術計算も、高精度の解析を必要とする設備改善、操業技術改善、研究開発がその中心テーマとなっている。

解析技法面では、非線形構造解析、伝熱解析、流体解析が主体であり、圧延ミルのロール応力解析、連続鋳造機のタンデッシュ内における溶鋼流動解析など設備・操業両面とも非線形現象の数値解析分野へと科学技術計算の活用分野が広がり、設備改善、操業技術改善および研究開発に必須のものとなってきている。

一方、科学技術計算の利用量は、第Ⅲ期に入ると、オープン制による利用もあり、Fig. 1に示すように、コンピュータ使用時間は指数関数的な増加となってあらわれた。また第Ⅳ期に入ってから、非線形構造解析、伝熱解析、流体解析およびそれらを組み合わせた問題を解くため、解析モデルが非常に大きくなり、従来のビジネスコンピュータでは、計算時間がかかりすぎて解析要求に応えられなくなった。

このため、1986年3月、科学技術計算専用コンピュータとして、スーパーコンピュータFACOM VP-50を導入した。この結果、鉄鋼プロセス全般にわたる解析や新事業分野で、従来より一層精緻で大規模な解析が可能となり、新知見の獲得、実験の絞り込みなど、研究開発の効率化に大きな寄与をはたしている。

このように、科学技術計算を多くの課題解決に活用し、その課程でTable 2に示すように、常に新手法や汎用解析技術の導入とソフトウェアの開発、新ハードウェアの導入を推進し効果を上げてきた。

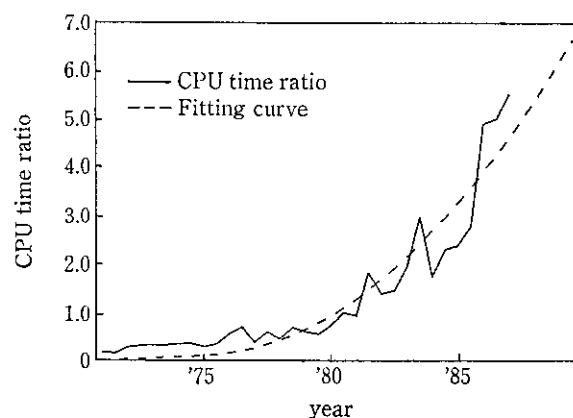


Fig. 1 Trend of CPU time ratio for scientific and engineering computation

Table 2 Application software

	External software	Internal development
Structural analysis	MARC, NASTRAN	KBSD ^{*1} , GYK series (2D FEM programs)
Heat transfer analysis	MARC	BACCAS ^{*2} , CHANCE ^{*3} , GYE series (2D FEM programs)
Fluid flow analysis	PHOENICS	NEXT-FLOW ^{*4}
Data analysis	SAS, BMDP	DAGRAS ^{*5} , GYA series (Multivariate analysis)
Simulation	GPSS, SLCS IV, CONPAK	
Mathematical programming	MPS/X	GYC series (LP programs)
AI	ESHELL, LISP	MARC-EXPERT ^{*6}
Graphics	ICAD, GSP	CAD system for piping, SGZ series (Utility subroutines for graphics)
Pre/post processor for FEM	FEMAS	GYM series (Mesh generation and plotting programs)
Guide system	PFD	Guide system for users of scientific and engineering computation

*1 Kawasaki Steel blast furnace structure design system

*2 Binding application for CAD and computation analysis of solidification

*3 Capacious heat analysis computation for engineers

*4 Numerical experimental tool for flow analysis

*5 Data acquisition and graphical analysis system

*6 MARC-EXPERT is the expert system designed to assist the preparation of MARC input data.

(The name was approved by MARC Analysis Research Corporation)

3 科学技術計算の適用事例

ここでは、当社における鉄鋼プロセスの技術検討に科学技術計算を適用し実効を上げている数多くの事例の中からその一部を紹介する。とり上げた事例はTable 3に示すように、鉄鋼プロセスの主要ラインと代表的な解析分野の組み合わせから選んだものである。

3.1 高炉支柱および炉体鉄皮の構造解析

高炉の建設と改修における構造計算は、一般に(1)高炉本体と

Table 3 List of typical application examples

	Iron making	Steel making	Rolling
Structural analysis	Structural analysis for construction and relining of blast furnace (Ex. 1)		Stress analysis of rolls in the K-work roll shift mill (Ex. 6)
Heat transfer analysis	Estimation of refractory wear and solidified layer distribution in the blast furnace hearth and its application to the operation (Ex. 2)	Prevention of melting of cladding metal in enshroud clad ingot casting (Ex. 4)	
Fluid flow analysis	Structural design for the dust catcher of the cokes dry quenching (Ex.3)	Three dimensional analysis of molten metal flow in continuous casting mould (Ex. 5)	
Simulation			Simulation of non-steady rolling phenomena in hot tandem mills (Ex. 7)

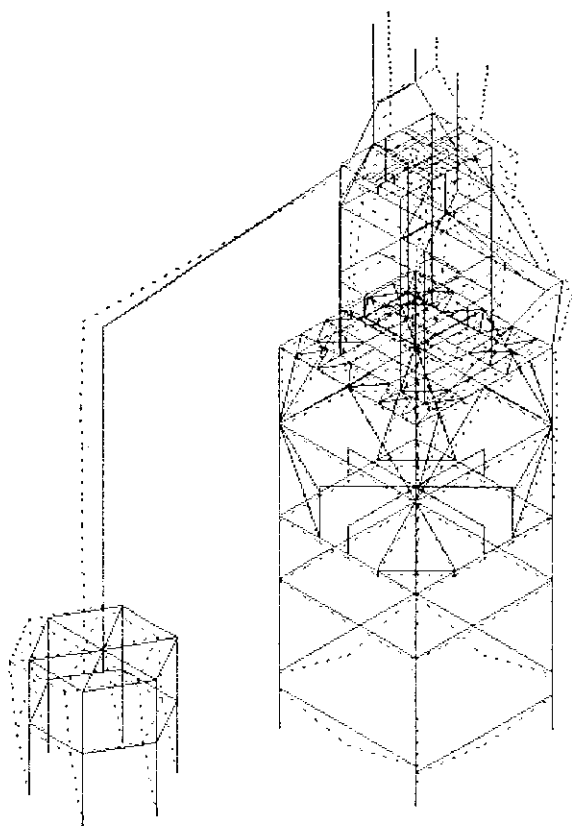


Fig. 2 Displacement analysis for the blast furnace supporting frame using Kawasaki Steel blast furnace structure design system KBSD

支柱を梁モデルとした骨組構造解析および高炉鉄皮をシェルモデルとした有限要素法による応力解析、(2) 熱風炉に関する骨組構造解析およびシェル応力解析などがある。

従来、これらの構造計算は計算モデルが膨大であるため、構造データ、荷重データなどのインプットデータの作成およびチェック、

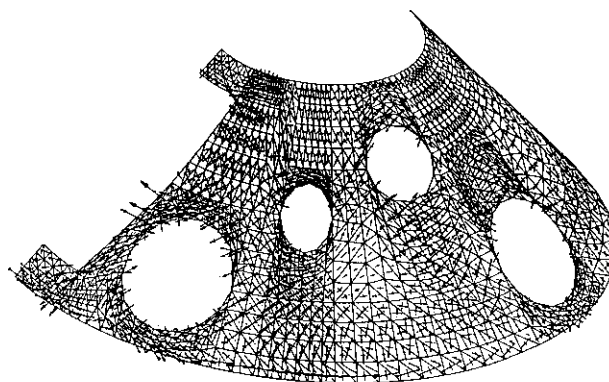


Fig. 3 Distribution of principal stress in blast furnace top shell using KBSD

さらに解析結果の処理および評価に大きな負荷を要していた。

これらの問題点を解決し、今後の高炉建設、改修において信頼性の高い構造計算を効率的に行うことを目的に、NASTRANを核とした高炉構造解析システム KBSD を構築した¹⁾。本システムは、構造および荷重データ生成、応力極値選択、鉄皮板厚計算などの機能を持ったサブシステムで構成している。本システムを用いて解析を行った高炉支柱骨組の変形および炉頂部鉄皮の開孔部応力分布の一例を Fig. 2 および 3 に示す。本システムは、中国宝山第 2 高炉の建設に関する構造解析にも活用した。

3.2 高炉炉床部の耐火物浸食と凝固層分布の解析

炉床耐火物の長寿命化や炉床状態の制御には、耐火物の浸食状況や凝固層の層厚分布を継続的に把握することが必要である。従来から、炉床耐火物の浸食を測定する方法には限界があるため、伝熱解析を組み合わせてることによって浸食位置や凝固層厚を推定している。これまで差分法や有限要素法による一次元あるいは二次元の伝熱解析が用いられていたが、最も重要な炉床コーナー部の状態の予測が不可能であったり、推定に多大な時間と労力を必要としていた。

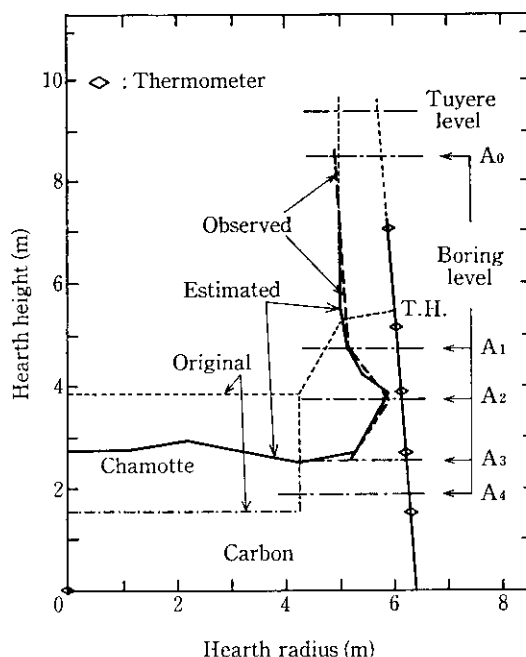


Fig. 4 Comparison of the estimated erosion line with the one measured by boring in the hearth of Mizushima No. 1BF (campaign period: Apr. 1975 to Jan. 1982)

本事例は、最近注目を集めるようになった境界要素法と実験的回帰分析法を使って、炉床に埋設された複数点の計測器のデータを用い、耐火物浸食ラインと凝固層ラインを迅速かつ精度よく推定する方法を開発したものである²⁾。Fig. 4は水島第1高炉への適用結果であり、炉床の実測結果と本方法の推定結果とはよく一致している。

これにより従来明確ではなかった炉床凝固層と操業との対応や溶鉄から炉床への熱負荷に検討が加えられるようになり、炉命延長や炉床の制御に役立っている。

3.3 コークス乾式消化設備(CDQ)の除塵器構造の解析

CDQの除塵器において、ダスト捕集率の向上ならびにボイラーチューブに対するガス流れの偏流抑制を行うことにより、ボイラーチューブの摩耗に対する長寿命化を図ることを目的に、その設備構造を検討した。

Fig. 5に示す現状の設備構造に対し、9ケースの改造案を想定してガス流れとダストの軌跡をそれぞれのケースについてシミュレーションした。

計算はスーパーコンピュータにより汎用流体解析プログラムPHOENICSを用いて行った。計算は、ガス流れとダストの軌跡を求めるための方程式をそれぞれ解いている。Fig. 6はガス流れの流速ベクトル図の一例を示したものである。

これによりボイラー入口スクリーン部およびボイラーチューブ部での偏流率から、ダストの濃度および速度に起因するボイラーチューブの延命度を算出し、改造費もあわせた総合的評価を行い最適な改造案を決定した。

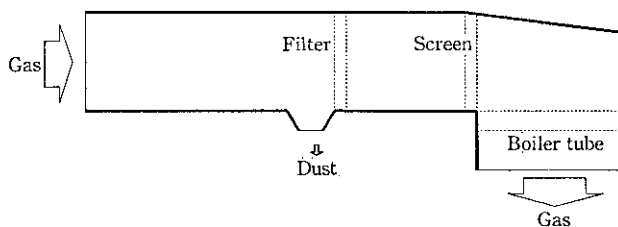


Fig. 5 Structure of CDQ dust catcher

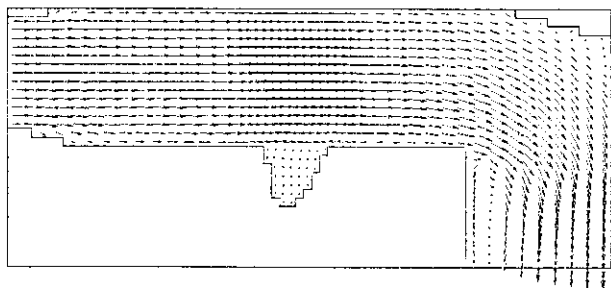


Fig. 6 Velocity distribution of gas flow obtained from a simulation model using PHOENICS

3.4 鋳ぐるみ法によるステンレスクラッド鋼の伝熱解析

クラッド鋼製造における鋳ぐるみ法は、鋳型内に芯材としてステンレス鋼板を設置し、その周囲に溶鋼を注入して芯材を鋳ぐるむが、品質上問題となるのは、芯材の溶損である。溶損防止技術を確立するため、実験とともに伝熱解析シミュレーションをおこなった³⁾。Fig. 7は伝熱解析から求めたクラッド鋼塊の凝固プロフィールで

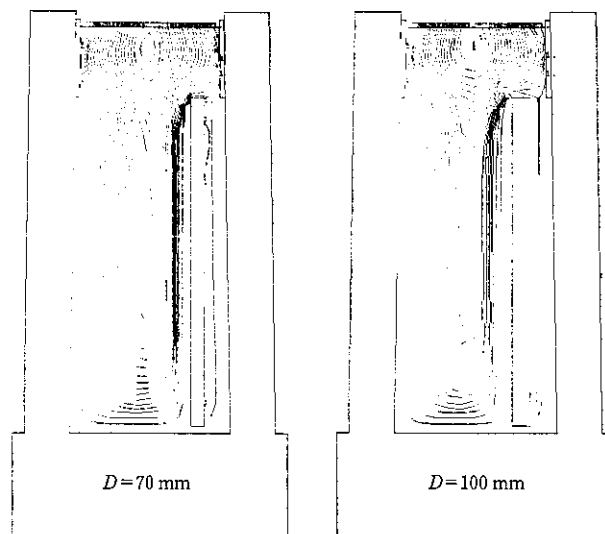


Fig. 7 Calculated solidification pattern of 23-t stainless steel ingot with varying thickness of cladding metal, D

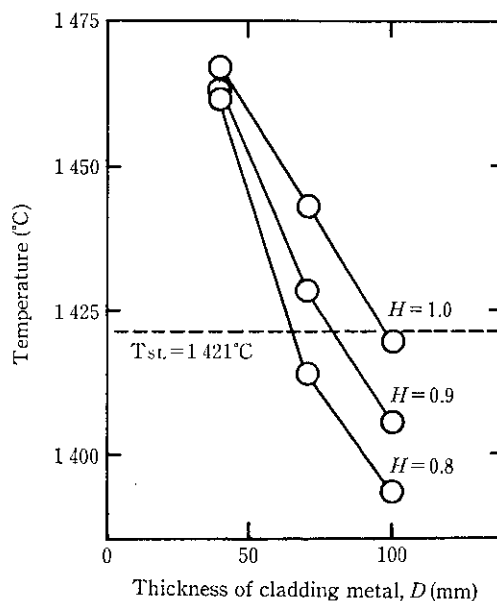


Fig. 8 Maximum temperature on the top of cladding metal

ある。

本体内の等凝固時間線から、芯材の温度は、上部溶鋼の熱による影響が大きく、芯材上部で最も高くなる。芯材上部の到達温度と芯材厚さ D との関係を上部溶鋼効果に関するパラメータ H (押湯保温比) で層別してグラフ表示したのが Fig. 8 である。到達温度は、 D が小さく H が大きいほど高いという知見が得られた。

到達温度が芯材の固相線温度以上で溶損すると仮定すれば、Fig. 8 より、溶損防止のための芯材の下限厚さがパラメータ H 別に求まる。実鋼塊における溶損発生の結果と、計算から求めた溶損発生条件とはよく対応した。本解析結果から、芯材の非溶損条件を操業因子に取り入れ、クラッド鋼塊の製造を行っている。

3.5 連続鋳造機のモールド内溶鋼流動解析

連続鋳造機は、溶鋼を冷却し凝固させながら連続的に鋼片を作る設備である。溶鋼は注入ノズルを通してモールド内に注ぎ込まれ

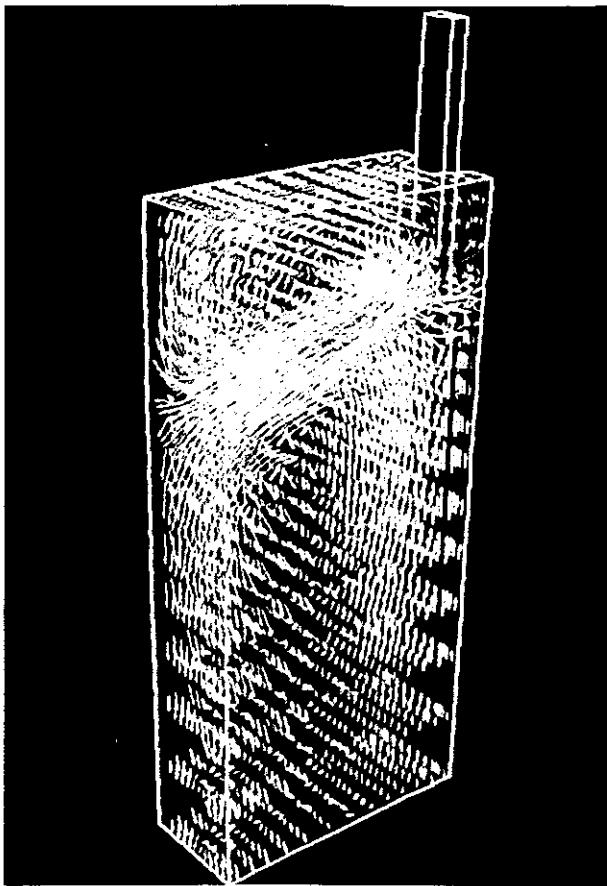


Photo 1 Bird-eye-view of velocity vector visualized from computation results

る。溶鋼中の非金属介在物が鋼製品の品質に与える影響は、モールド内での溶鋼流動状態によって変わってくる。

Photo 1はモールド内溶鋼流動を、当社で開発した汎用三次元非圧縮性流体解析プログラムNEXT-FLOWで解析したものである⁹⁾。注入ノズルからモールド下部に至る三次元流動状態を初めて明らかにしたものであり、ノズル吐出口の詳細な流動解析から、モールド内反転上昇流、および下降流の製品欠陥へ及ぼす影響を評価し、設備改造や操業条件設定に活用した。

本解析は計算規模が大きいため、スーパーコンピュータを使用し、大幅なベクトル化チューニングを行っている。

3.6 ワークロール・シフト・ミルにおけるロール強度の解析

厚板圧延、熱間圧延および冷間圧延における、形状およびクラウン制御ミルの普及と強圧下圧延のすう勢下において、ロールへの負荷が増大し、ロール割れ事故が多発する傾向にある。これに対し、圧延時のロールの変形と応力を解析し、予測する要求が強まっている。

このような背景から、当社に導入されている汎用構造解析プログラムMARCおよびNASTRANを核として、ワークロール・シフト・ミルの解析システムを開発し、実践ロールの変形および応力解析を行っている。

Fig. 9および10は、圧延幅、圧延荷重、ワークロール・ベンダー力、ロールシフト量、ワークロール・テーパをパラメータとして、その組み合わせによるロール応力の増減効果を調べた解析結果の一例である。ワークロールとバックアップロールの接触端部の応

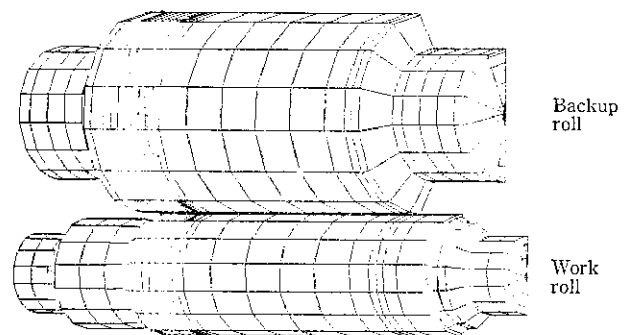


Fig. 9 Finite element model of the roll of work roll shift mill for 3 dimensional contact analysis

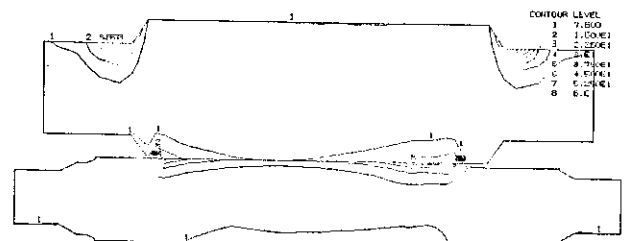


Fig. 10 Distribution of von Mises stress in the work roll and back-up roll using roll analysis system

力値の大小が検討のポイントである。本解析は、三次元接触問題として、MARCを核にしたロール解析システムを用いて解析したものである。このシステムにより、ロール割れの原因検討だけでなく、新規設備におけるロール仕様やミル仕様を決定するための重要な設計データを求めることができるようになった。

3.7 熱間タンデムミルにおける非定常現象のシミュレーション

熱間タンデムミルにおいては、板厚精度、板幅精度および歩留り向上のために、板先端の制御も含めた最適板厚制御、圧延中の板厚変更、スタンド間の張力変動を最小にするループ制御システムなどが必要となる。これらの検討には、種々の外乱に対する各スタンドの入側および出側板厚、圧延荷重、圧延温度、圧延トルク、スタンド間張力、ロール周速、ロール開度、ループ角度の経時変化を詳細に知る必要がある。

Fig. 11および12は、圧延数式モデル、制御系モデルおよび板厚制御モデルを連続系シミュレーション言語を用いて解析した結果の一部であり、おのおの各スタンドの板厚の経時変化および圧延荷重の経時変化を表したものである^{9,10)}。その変動量および経時変化は、実測とよく一致しており、非定常な圧延現象を実験実験なしに厳密に分析できている。水島製鉄所および千葉製鉄所の熱間タンデムミルの制御系設計に本モデルを活用し、高品質の薄鋼板の製造が実現されており、品質の向上、歩留りの向上などに多大の効果をあげている。

4 科学技術計算支援システム

4.1 コンピュータシステムの構成

コンピュータシミュレーションなど科学技術計算を活用して研究

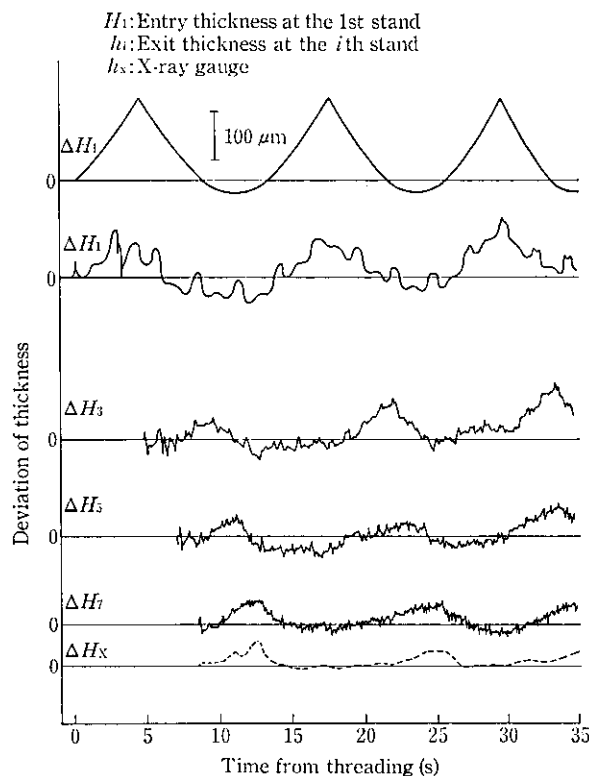


Fig. 11 Thickness changes at each stand resulted from simulation of non-steady rolling phenomena in hot tandem mills

開発の短期化とコストダウンを実現することが求められている。これに応えるために、全社共用の科学技術計算専用コンピュータとして、高度な科学技術計算を効率的かつ超高速で実行できるスーパーコンピュータを導入した。科学技術計算におけるモデルの有効利用などスーパーコンピュータ活用の共通課題について、全社的な情報交流ならびに課題解決にも取り組んでいる。

本システムは、千葉製鉄所に設置したスーパーコンピュータを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し、全社ネットワークを介して全事業所から使用できる形態とし

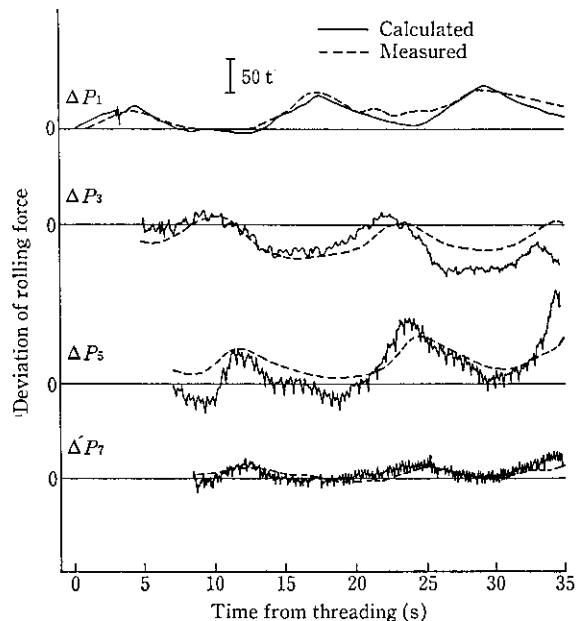


Fig. 12 Comparison of calculated rolling force changes at each stands with measured ones

た。コンピュータシステムの構成を Fig. 13 に示す。千葉製鉄所と千葉製鉄所内にある技術研究本部および水島製鉄所は、48 Kbps の専用回線で接続している。バッチジョブの実行結果は転送用ツールを用い各事業所のプリンターに出力される。

運用形態は、昼夜無停止を方針としており、昼間は、TSS や短時間のバッチジョブを優先し、長時間のバッチジョブやバックアップジョブは、夜間に行うようにしている。また、オペレーション自動化ツールや当社で開発したスケジュール管理システムを利用し、運用の自動化を追求したシステムとして構築した。

4.2 科学技術計算利用者支援システム

本システムの目的は、日常の操業改善、技術改善や研究開発を担当する技術スタッフが、効率よく科学技術計算に取り組める環境を

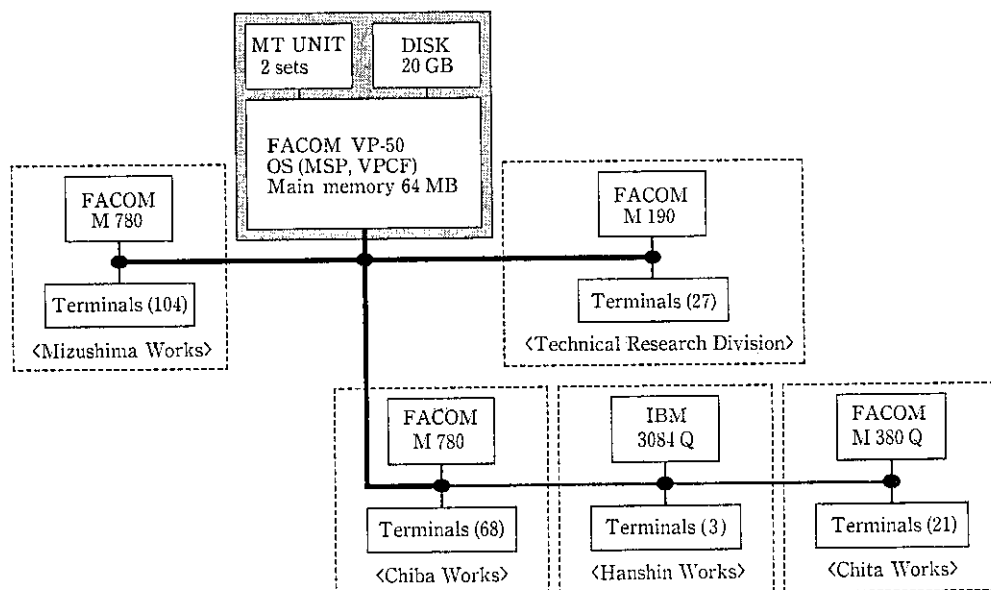


Fig. 13 Computer system for scientific and engineering computation by using the corporate network

-----< 各種APの実行 >-----	
オプション ===>	
1	SLCS IV - 連続シミュレーション
2	GPSS/X - 離散シミュレーション
3	MPS/X - 離散形計算
4	TAFIT - 統計解析
5	BMDP - 統計解析
6	ANALYST - 統計解析
7	TRACE 3 - 日経計算
8	CONPAK - 現代制御理論シミュレーション
A	FEMAS - 伝熱解析 & 構造解析 (MARC / NASTRAN & FEMAS)
B	GK & GVE - 伝熱解析 & 構造解析 (川鉄開発)
C	CHANCE - 伝熱解析
F	FORTAN 77 - フォータンの実行
P	PHOENICS - 流体解析
V	FORTAN 77/VP - ベクトル化 FORTAN 77 プログラムの実行
T	TSS - TSS コマンド及びコマンドプロシージャの実行
Z	JCL - 離型 JCL - 一覧表の表示

Fig. 14 An example of menu for application packages

-----< PHOENICS 流体解析 >-----	
オプション ===> 5	
パラメータの入力例です。	
1. 入力データ作成・修正	4. GROUNDルーチン作成・修正
2. 入力データ作成・修正 (金銭処理)	5. 解析実行
3. SATELLITEルーチン作成・修正	
時刻 - 12:00	
入力データ ライブラリ名 ===> XT.GZ.DTA JCL を表示するか (Y/N) ===> Y	
入力データ モジュール名 ===> GHAI101D JCB 名 ===> KXGHAI10	
ユーザ・ルーチン ライブラリ名 ===> XT.GZ.SOU 離型コード ===> 91400	
SATELLITEルーチン モジュール名 ===> GHAI101F 氏名コード ===> 012345	
GROUNDルーチン モジュール名 ===> 出力クラス ===> T	
リスタート機能を使用するか (Y/N) ===> N	
Yの場合 初期データのモジュール名 ===>	
出力結果のモジュール名は入力データと同じでよい (Y/N) ===> Y	
Nの場合 モジュール名 ===>	

Fig. 15 Execution guidance for PHOENICS

提供することである⁷⁾。主な狙いには、「初心者でも高度な科学技術計算を容易に行うことができるようにすること」、さらに利用者の拡大にともなった広報上の負荷軽減なども狙った「不特定多数の利用者にシステム停止やシステム改善事項など各種の最新情報を迅速に伝達できるようにすること」などがある。

この狙いを実現するために備えている機能は次のとおりである。

- (1) 所有する全汎用ソフトウェアの実行サポート機能
- (2) 入力誤りや使用方法がわからない場合の豊富なヘルプ機能
- (3) メニュー選択時に役立つ利用マニュアルの表示機能
- (4) 利用者自身がデータやプログラムを管理できる機能
- (5) 新ソフトウェア導入の通知などの情報提供機能

対話型メニューの一部を Fig. 14 と 15 に示した。

本システムの構築により、科学技術計算を行う際に必要なジョブ制御言語などの周辺知識の習得が不要である。また、サポートする分野、アプリケーション・ソフトウェアは多様化し、複雑化していくが、利用者からの問い合わせや利用援助が効率的に行える。

科学技術計算アプリケーション・ソフトウェアとしては、構造解析、伝熱解析、流体解析、AI を利用したコンサルテーションシステム MARC-EXPERT など Table 2 に示したものを提供している。

5 今後の展望

従来、科学技術計算は、その時期、その時期の解析ニーズに応じた新たな数値解析技法を導入し活用分野の拡大を図ってきた。

また、ハードウェア面でも会話型端末の導入、スーパーコンピュータの導入など、常に最先端の機器を導入してきた。

この結果、CPU 使用量はほぼ 3 年で 2 倍と、科学技術計算の利用は増大の一途をたどっており、新たな解析ニーズが数多く発生してきている。このニーズに応えるため、今後も従来と同様に、新たな解析技法の導入およびハードウェアの整備を続けていかなければならない。

とくに当面の課題として取り組んでいるものは、次の 3 点である。

- (1) 科学技術計算利用者層の拡大

現在、科学技術計算の利用者は、全技術者の約 30% 程度に

達しているが、今後とも、設備改善、操業技術改善および研究開発に、科学技術計算の活用が必須であり、支援システムのレベルアップと技術者への教育の両面から科学技術計算利用者層の拡大を図っていく。

- (2) 解析結果の可視化技術の確立

今のところ、数値解析結果の図化は、静的表示が主体である。そのため、伝熱解析、構造解析、流体解析結果などを表現するには不十分であり、解析結果の評価に時間を要している。今後、コンピュータアニメーションなど数値解析結果の可視化技術を確立することにより、研究開発のより一層の効率化を図る。

- (3) 経験的技術のモデル化

今まで、科学技術計算が対象としていたものは、事象を数式モデル化できるものを中心であった。しかしながら、鉄鋼の現場においては、数式モデル化がまだできず、経験にたよっている事象が数多くある。今後、操業技術の向上を図るとき、これら経験的事象へもモデル化の対象範囲を広げていかなければならない。そのための一つの技術として、AI やファジー理論の適用を推進していく。

6 結 言

本報告では、当社が取り組んできた科学技術計算の特徴について述べた。主な点は以下のとおりである。

- (1) 製鉄所の建設、操業および研究開発の過程において、新手法および新ソフトウェアの導入と開発、新ハードウェアの導入など、常に先進的な技術を駆使してきた。
- (2) 代表事例に示すように、対象分野が広く、高度な解析技術が必要とする鉄鋼プロセスに科学技術計算を活用し、効果を上げてきた。
- (3) 他社に先がけてスーパーコンピュータを導入し、全社ネットワークによる科学技術計算システムを構築した。
- (4) 科学技術計算の利用を全面的にカバーする、効率的でユーザフレンドリーな科学技術計算利用者支援システムを開発した。

コンピュータの一号機が科学技術計算のために作られたことから明らかなように、科学技術計算は、コンピュータが世に現れて以来、技術者の夢を実現するための強力な武器でありつづけたし今後とも変わらないであろう。

常に未知の世界に挑戦していくのが技術者である。鉄鋼の技術革新が続くかぎり、当社の科学技術計算も新たな分野への挑戦を続けていかなければならない。

参 考 文 献

- 1) 岩田光司, 森本照明, 金谷 弘, 市原 勲, 藤田昌男, 清原庄三: 川崎製鉄技報, 15 (1983) 3, 193-200
- 2) 吉川文明, 児玉精祐, 清原庄三, 田口整司, 高橋洋光, 一宮正俊: 鉄と鋼, 73 (1987) 15, 2068-2075
- 3) 北岡英就, 八百 升, 藤井徹也, 川原田昭, 石坂邦彦, 小林和子: 鉄と鋼, 73 (1987) 12, S985
- 4) M. Yao, M. Ichimiya, S. Kiyohara, K. Suzuki, K. Sugiyama, and R. Mesaki: Steelmaking Proceedings, 68 (1985), 27-33
- 5) 吉田 博, 石川好蔵, 広瀬勇次, 齊川夏樹: 塑性と加工, 23 (1982) 258, 691-699
- 6) 吉田 博, 石川好蔵, 広瀬勇次, 齊川夏樹: 塑性と加工, 107 (1987) 10, 461-463
- 7) 清原庄三, 山根真理子, 木村 晋: FACOM 論文集, 19 (1986), 211-223