U.D.C. 621.771.23-52:681.532.2:681.323.022.06

ミルセットアップモデル調整支援システム

Support System of Mill Set-up Model Adjustment

中井耕三* Kôzô Nakai
遠藤俊夫* Toshio Endô
諸岡泰男** Yasuo Morooka

圧延機の板厚に関するセットアップモデルは，冷間圧延，熱間圧延ともほぼ完成されたものになっているが，実際の圧延機に適用して十分実用に耐えられるものにするためには，モデル立ち上げ時，多くの時間と経験豊富なシステムエンジニアを必要とした。また，いったん調整された後も調整済みの鋼種以外の新材料の圧延が行なわれることが普通であるが，この際立ち上げ当初のエンジニアが必ず参加するとは限らない場合も多く，この種の高度なモデルの容易な調整手段の必要性をメーカー側，ユーザー側とも感じていた。今回，多量に収集された圧延実績データを，人手を介することなく，統計処理あるいは回帰分析するモデル調整支援システムを開発し，それをオンラインシステムに組み込むことで，従来比20%のモデル立ち上げ時の調整期間減少と立ち上げ後の新たな圧延材料に対するモデル調整を容易にする方式を確立した。

1 緒　言

圧延機の板厚に関するセットアップモデルのロジック的な内容及びその計算値は，オフライン的なテストで確認できるが，そのモデルで使用されているパラメータ値を決定するには，モデル立ち上げ時の多量の実績データ収集とその解析のため，多くの時間と経験豊富なシステムエンジニアを必要とした。日立製作所は，モデル立ち上げ時の調整期間の短縮と立ち上げ後のモデルメンテナンスを容易にするため，モデル調整支援システムを開発した。以下，ミルセットアップモデルのパラメータの調整方法と，モデル調整支援システムについて紹介する。

2 ミルセットアップモデル

現在，AGC(自動板厚制御)は，十分に目標の精度を満足しており，板厚公差範囲外となる先端部，後端部の長さ(オフゲージ長)を最小にすることに注意が向けられている。先端部のオフゲージ長を短くするためには，AGC制御方法の改善とともに，セットアップ計算値の精度向上が必要である。

また，電動機パワーの上限チェック，バランスチェック，電動機速度・張力・圧延荷重のチェックなどのため，精度の高いセットアップモデルが要求されている。

ミルセットアップモデルは，冷間圧延用と熱間圧延用に大別できる。

まず，冷間圧延のセットアップモデルとして，冷間タンデム圧延機のセットアップ計算フローを**図1**に示す。冷間圧延の荷重は，次式で表わされる。

$$Pi = zpi \cdot b \cdot ki \cdot Ki \cdot Dpi \cdot \sqrt{R'i \cdot (Hi - hi)} \quad \cdots\cdots\cdots(1)$$

[1]

ここで　zpi：圧延荷重適応修正係数(−)
b：コイル幅(mm)
ki：平均変形抵抗(kg/mm²)
Ki：張力補正項(−)
Dpi：摩擦係数と圧下率と，Ri'とhiの関数(−)
Ri'：偏平ロール半径(mm)
Hi：圧延機入側板厚(mm)
hi：圧延機出側板厚(mm)

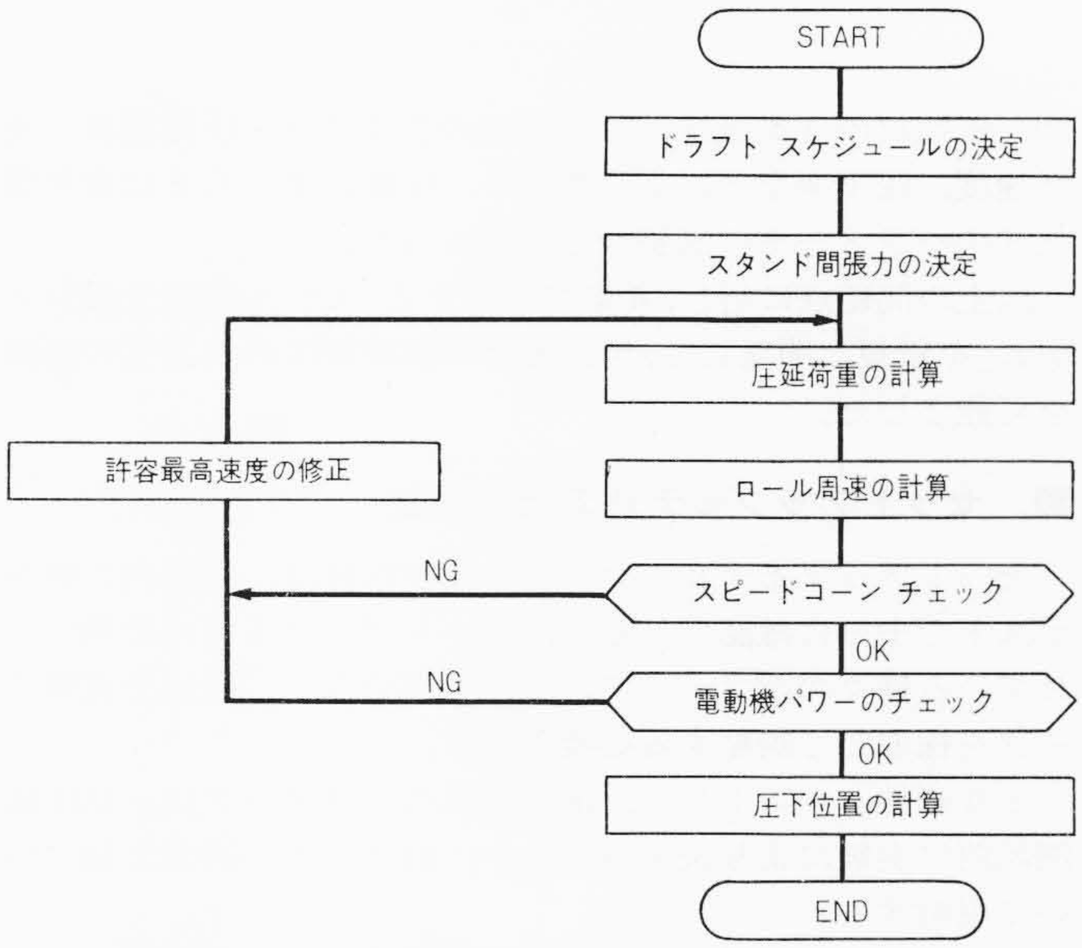

図1　冷間タンデム圧延機のセットアップ計算　母コイルの板厚，板幅，鋼種及び製品コイルの板厚をもとに，圧延荷重，ロール周速及び圧下位置を計算する。

サフィックスのi：圧延機のスタンドNo.

次に熱間圧延セットアップモデルとして，仕上圧延機に対するセットアップ計算フローを**図2**に示す。圧延荷重は次式で表わされる。

$$Pi = zpi \cdot b \cdot \{kpi \cdot Qpi - (1-\alpha)tbi - \alpha tfi\} \cdot \sqrt{R'i(Hi - hi)} \quad \cdots(2)$$

[1]

ここで　Qpi：幾何学的形状係数
tbi：後方単位張力(kg/mm²)
tfi：前方単位張力(kg/mm²)
α：係数

現状の調整上の問題は大別すると下記の2点である。

(1) 摩擦係数は，圧延油の種別・濃度，ロール肌などにより異なり，各設備ごとに摩擦係数式のパラメータの調整が必要であった。

* 日立製作所大みか工場　** 日立製作所日立研究所

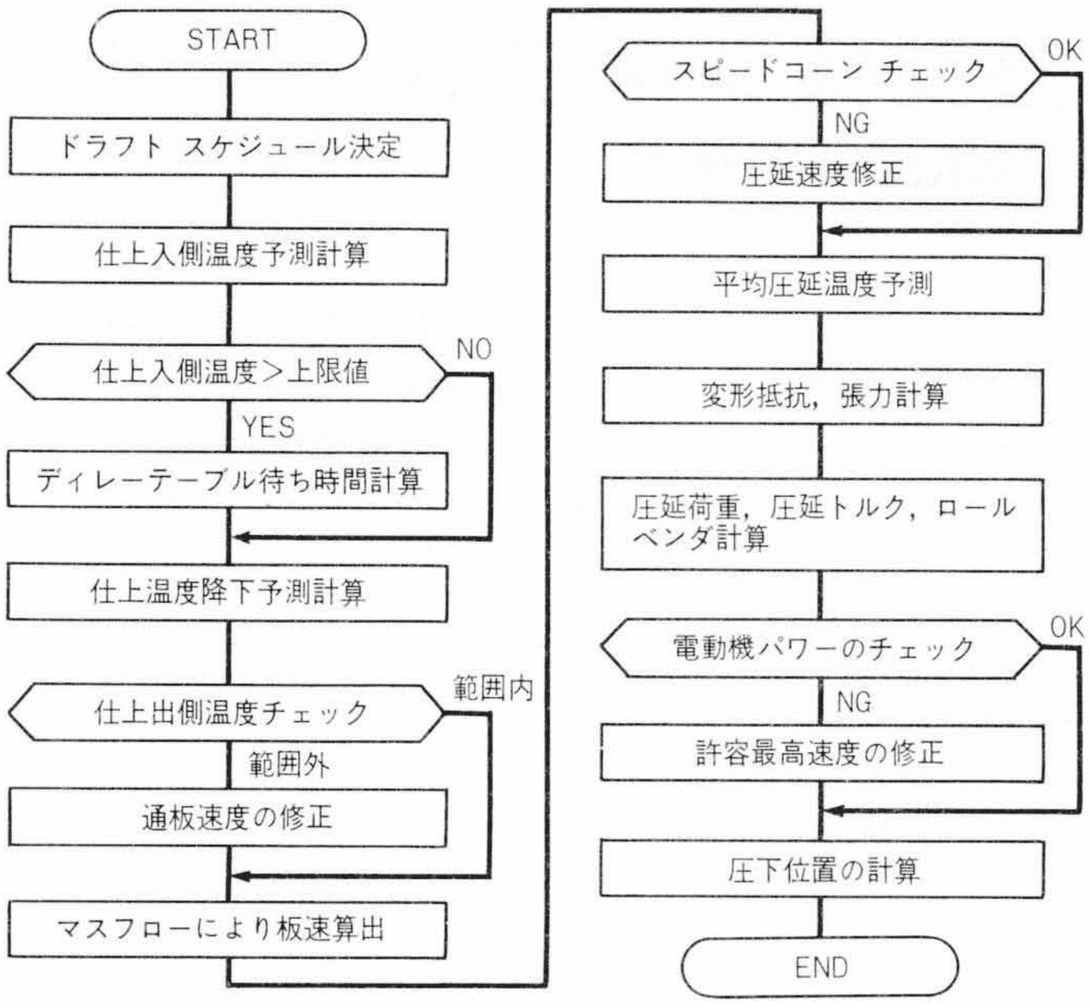

図2 仕上圧延機のセットアップ計算モデル 仕上入側厚，幅，仕上入側温度及び仕上厚をもとに，圧延荷重，ロール周速及び圧下位置を計算する。

(2) 圧延材の変形抵抗は，圧延材の化学成分・圧延履歴，圧延速度，圧下率などにより異なり，圧延結果をもとに変形抵抗式のパラメータの調整が必要であった。

以上の問題点に対し，**4** 章で紹介する「モデル調整支援システム」を新規に開発して，現地モデル調整期間の約20%の低減を可能とした。

3 セットアップモデルの現地調整

セットアップモデルのロジック的な内容は，工場内の総合テストで十分に確認できるが，セットアップモデルで用いられている種々のパラメータは，工場内でなく，現地で実績データを採取して調整する必要がある。

ミル剛性，ロストルク，油膜厚式のパラメータは，試圧延開始前に実験により決定されるが，以下，その決定方法について説明する。

ミル剛性は，圧延中又は非圧延中で異なる。非圧延中のミル剛性は，ロールキス状態で圧下位置を少しずつ変化させながら，圧延荷重の変化を測定することにより決定される。

ロストルクは，電動機の消費電力のうち，電動機，ギヤ，ロール軸受などで熱となって消費される電力を指す。したがって，非圧延中に幾つかのロール回転速度に対する電動機の電機子電圧と電流を測定することにより，ロストルク式のパラメータを決定する。

油膜厚式のパラメータは，圧下位置を固定して，ロール回転速度を変化させたときの圧延荷重の変化を測定する。そしてミル剛性を考慮して油膜厚変化を逆算し，パラメータを決定する。

非圧延中の実績からは決定できないモデルのパラメータとしては，変形抵抗式のパラメータや摩擦係数式のパラメータなどがある。これらのパラメータの決定方法は以下のとおりである。

被圧延材の変形抵抗は，鋼種，圧下率，ひずみ速度，圧延履歴などに依存している。一方，被圧延材とワークロールとの摩擦係数は，圧延油の種類・濃度，圧延速度，ワークロールの表面の粗度に依存している。圧延状態での変形抵抗と摩擦係数は，直接，個々に分離して測定することができないため，圧延荷重，前方張力，後方張力，圧延速度などの実績データを多数収集し，統計解析して，変形抵抗式や摩擦係数式のパラメータを決定する。従来，圧延実績のロギングをもとに，データを整理し，電子式卓上計算機などで統計解析していたので，経験豊富なエンジニアが多くの時間を費していた。このようなモデル調整をより短期間で行なう目的で，今回，**4** 章で述べる「モデル調整支援システム」を開発した。

4 モデル調整支援システム

モデル調整支援システムの構成を**図3**に示す。同図に示すように，モデル調整に必要なデータ(基本情報，セットアップ計算結果，アダプティブ計算結果など)は，圧延完了のタイミングごとにオンラインリアルタイムでデータ収集指示テーブルに従い，データ収集格納ファイルへ格納される。データ解析タスクは，コンソール端末からの指示入力に従い，上記データ収集格納ファイルを参照して統計処理などを行ない，その結果をラインプリンタ又はコンソール端末に出力する。

次に，本モデル調整支援システムの特徴について以下に説明する。

(1) マンマシン インタフェースの向上

データ解析の機能，データ解析の対象範囲をコンソール端末で任意に指定できる。データ解析の対象範囲の指定項目として，圧延した時刻(年・月・日・時・分)及び鋼種，母材の厚さ・幅の区分，圧延後の厚さ区分などがある。また，データ解析の対象材の各種データのうち，どのデータについて解析するか任意に指定することができる。

(2) オンライン リアルタイムのデータ収集

従来，技術データログからデータを転記し整理していたが，オンライン リアルタイムでデータ収集を行なうことによって，転記ミスの心配がなくなった。また，常に最新の実績データでデータ解析が行なえるし，何度でも繰り返しデータ解析ができる。

(3) データ解析の自動化

従来，電子式卓上計算機で計算していたが，本システムでは自動的に計算を実施するので，誤りがなく，また非常に短時間で計算を終了することができる。

(4) グラフの自動作成

従来，技術データログをもとに，関係するデータを方眼紙にプロットしていたが，「X-Yプロッタ出力」の機能を用いることにより自動的にグラフを作成できる。

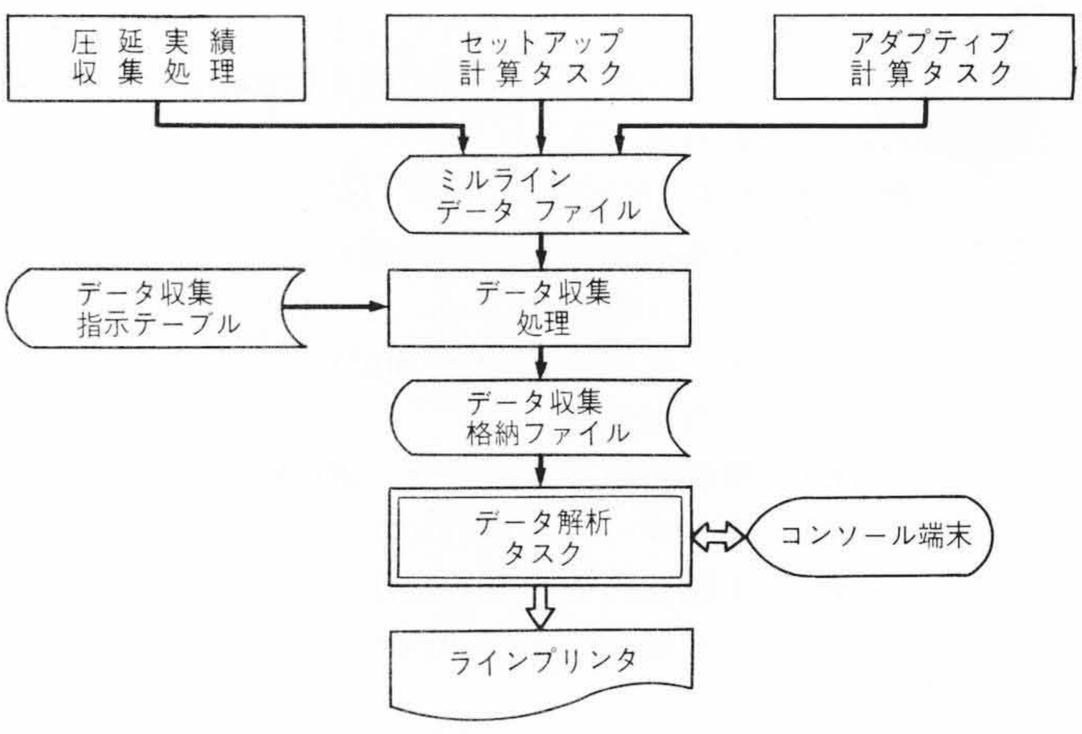

図3 モデル調整支援システムの構成 オンラインで自動的にモデル調整に必要なデータを収集し，これを対象にデータ解析を行なう。

表1　データ解析タスクの機能一覧　印字出力，表示出力及び設定入力として，合計8機能を備えている。

No.	機　　能	結果の出力先
1	X－Yプロッタ出力 (a) 時系列出力 (b) 1：N出力 (c) N：N出力	ラインプリンタ
2	重回帰分析	ラインプリンタ
3	基本統計量出力	ラインプリンタ
4	収集データ出力	ラインプリンタ
5	収集コイル数表示	コンソール端末
6	収集データの消去	—
7	統計テーブルの内容出力	ラインプリンタ
8	統計テーブルの初期化	—

データ解析タスクの機能を**表1**に示す。これら各機能はコンソール端末から選択入力され，以下のとおりである。

(1)　X-Yプロッタ出力機能

本機能は，収集したデータを，ラインプリンタ用紙にプロット出力する機能である。ラインプリンタの行方向をX座標，列方向をY座標として，2次元でプロット出力する。X-Yプロッタ出力のフォーマットは同一であるが，Y座標の意味付けにより，次の3種類のプロッタ出力がある。

(a)　時系列出力

X座標として指定された項目(複数個の指定可)の値を，Y座標としてデータ収集順の値を用いてプロッタ出力させる機能である(**図4**参照)。

(b)　1：N出力

X座標については，(a)と同様Y座標として，別に指定された値を用いて，各コイルごとにプロッタ出力させる機能である。

(c)　N：N出力

X座標，Y座標として，データ項目No.を対で指定(複数の対の指定が可能)し，プロッタ出力させる機能である。

X座標のデータ項目No.を指定順に対応して，1，2，……，と印字する。ただし，異なるデータ項目No.のデータが，同一の印字位置になったときは，アルファベットを印字し，重複していることを示した。

(2)　重回帰分析

本機能は，複数の変数(X1，X2，……，)と従属変数(Y)のデータ項目No.を指定し，YをX1，X2，……，の一次式で回帰分析し，その結果をラインプリンタ出力する(**図5**参照)。

出力項目としては，回帰係数，Y･X1･X2……，の値，回帰係数を用いて推定したYの値(YE)，YEのYに対する相対誤差がある。

(3)　基本統計量出力

本機能は，すべてのデータ収集項目の平均・標準偏差・最大値・最小値をラインプリンタに出力する(**図6**参照)。

REGRESS
PARAMFTER　0　1　2　3
-0.33949E+00␣␣0.13657E+00␣-0.43629E-01␣␣0.86877E+00

NO.	ERR%	YE	Y	X1	X2	X3
1	1.1	0.25556E+00	0.25271E+00	0.78100E+00	0.25000E+01	0.68760E+00
2	8.5	0.28720E+00	0.26473E+00	0.63100E+00	0.25000E+01	0.74760E+00
3	1.3	0.29563E+00	0.29188E+00	0.59100E+00	0.25000E+01	0.76360E+00
4	4.0	0.29627E+00	0.28393E+00	0.58800E+00	0.25000E+01	0.76480E+00
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

図5　重回帰分析結果の出力例(一部省略)　X1(仕上厚)，X2(母材厚)，X3(総圧下率)とY(1スタンドの圧下率)について重回帰分析している。PARAMETER 0～3は，X1，X2，X3に関する回帰係数を示す。また，YEは回帰係数を用いて計算したYの推定値を，ERRはYEのYに対する偏差(単位%)を示す。

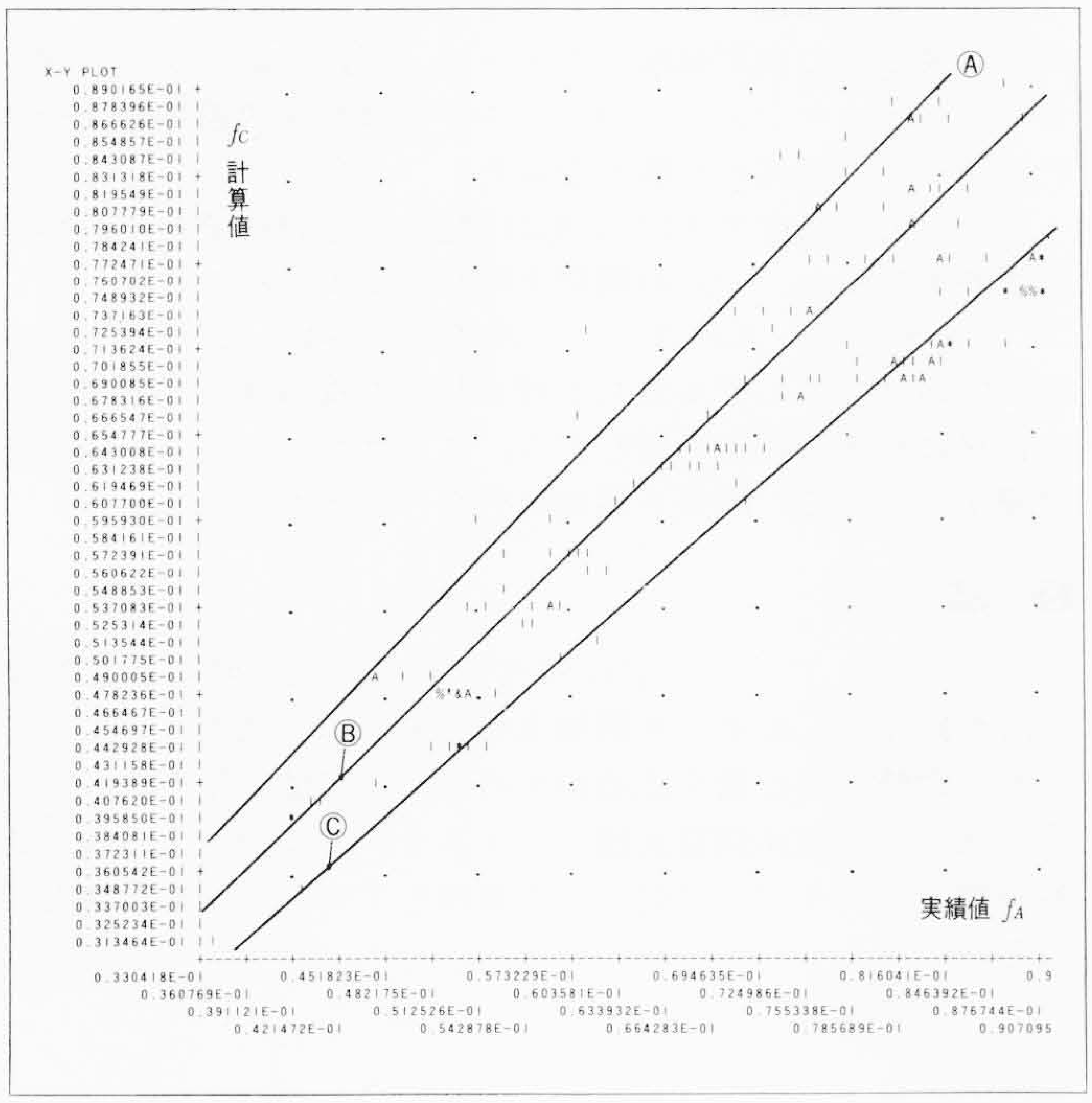

図4　X-Yプロッタ出力例　先進率の実績値(横軸)と計算値(縦軸)の比較図の出力例を示す。図中Ⓑは両者が等しい場合を，Ⓐ及びⒸは10%の誤差に対する直線を示し，±10%以内の誤差にほぼ入っていることを示す。

N = 40

NO	MEAN	SD	MAX	MIN
1	0.19735E+01	0.23597E+00	0.28907E+01	0.17295E+01
2	0.14310E+01	0.22174E+00	0.22799E+01	0.11217E+01
3	0.11223E+01	0.21922E+00	0.19807E+01	0.79019E+00
4	0.91305E+00	0.19903E+00	0.16919E+01	0.59477E+00
5	0.81120E+00	0.20123E+00	0.16284E+01	0.50410E+00
6	0.26683E+00	0.24502E-01	0.31293E+00	0.19889E+00
7	0.27741E+00	0.30198E-01	0.35287E+00	0.21129E+00
8	0.21987E+00	0.34518E-01	0.30095E+00	0.13127E+00
9	0.18962E+00	0.26219E-01	0.25307E+00	0.14578E+00
10	0.11576E+00	0.32332E-01	0.17493E+00	0.37573E-01
11	0.99261E+00	0.25342E-01	0.10490E+01	0.93558E+00
12	0.99232E+00	0.31172E-01	0.10542E+01	0.90619E+00
13	0.98443E+00	0.39682E-01	0.10777E+01	0.91794E+00
14	0.96704E+00	0.44160E-01	0.10528E+01	0.83182E+00
15	0.10225E+01	0.18906E+00	0.16096E+01	0.72034E+00
16	0.86681E-02	0.17651E-01	0.44218E-01	-0.49760E-01
17	0.44158E-02	0.29324E-01	0.11963E+00	-0.39604E-01
18	0.99975E-02	0.18529E-01	0.64025E-01	-0.26334E-01
19	0.51126E-02	0.18483E-01	0.60338E-01	-0.43829E-01
20	0.30046E-01	0.52596E-01	0.20661E+00	-0.63242E-01
21	0.32605E+03	0.20017E+02	0.34986E+03	0.27612E+03
22	0.45109E+03	0.25411E+02	0.48524E+03	0.38251E+03
23	0.58763E+03	0.41649E+02	0.63824E+03	0.49673E+03
24	0.73187E+03	0.65149E+02	0.83871E+03	0.59472E+03
25	0.84691E+03	0.93802E+02	0.10165E+04	0.63575E+03
26	0.40249E-01	0.43437E-02	0.48485E-01	0.30425E-01
27	0.16293E-01	0.51566E-02	0.24742E-01	0.26903E-02
28	0.26545E-01	0.69238E-02	0.39759E-01	0.14138E-01
29	0.49466E-01	0.75349E-02	0.64456E-01	0.37252E-01
30	0.15619E-01	0.48820E-01	0.19741E+00	-0.23919E-01
31	0.81125E+00	0.20115E+00	0.16250E+01	0.50500E+00
32	0.70057E+00	0.48379E-01	0.79800E+00	0.54861E+00
33	0.84121E+03	0.91213E+02	0.10010E+04	0.64000E+03
34	0.53602E+02	0.66381E+01	0.64717E+02	0.39423E+02
35	0.37240E+02	0.69157E+01	0.49884E+02	0.20893E+02
36	0.26583E+00	0.22876E-01	0.30666E+00	0.18925E+00
37	0.28022E+00	0.33598E-01	0.36403E+00	0.20579E+00
38	0.22604E+00	0.27442E-01	0.29339E+00	0.15329E+00
39	0.18215E+00	0.18182E-01	0.22165E+00	0.12572E+00
40	0.11379E+00	0.27397E-01	0.17188E+00	0.53019E-01
41	0.14219E+00	0.13408E+00	0.42491E+00	0.11501E-02
42	0.42380E+00	0.45609E-01	0.51874E+00	0.33327E+00
43	0.76012E-01	0.23836E-01	0.12882E+00	0.25112E-01
44	0.71308E+00	0.30567E-01	0.77166E+00	0.63966E+00
45	0.32819E+00	0.19034E+00	0.57183E+00	-0.38879E-01
46	0.26583E+00	0.22876E-01	0.30666E+00	0.18925E+00
47	0.28022E+00	0.33598E-01	0.36403E+00	0.20579E+00
48	0.22604E+00	0.27442E-01	0.29339E+00	0.15329E+00
49	0.18215E+00	0.18182E-01	0.22165E+00	0.12572E+00
50	0.11379E+00	0.27397E-01	0.17188E+00	0.53019E-01
51	0.10772E+04	0.93650E+02	0.12070E+04	0.92100E+03
52	0.26825E+01	0.25089E+00	0.36000E+01	0.25000E+01
53	0.11505E+02	0.21128E+01	0.13600E+02	0.00000E+00
54	0.26517E-01	0.24708E+00	0.48921E+00	-0.48029E+00
55	0.58028E+02	0.17016E+02	0.97510E+02	0.28786E+02

図6　基本統計量出力例　No.は収集データの項目番号を，MEANは平均値を，SDは標準偏差値を，MAXは最大値を，MINは最小値を，Nは収集ケース数を示す。

(4) 収集データ出力

本機能は，データ収集ファイルの全項目を，ラインプリンタに出力する。

(5) 収集コイル数表示

本機能は，データ処理の対象材の数をコンソール端末に表示する。本機能により，データ処理する対象材が，十分あるかどうかが容易に判定できる。

(6) 収集データの消去

本機能は，収集したデータが異常であったとき，この対象材をデータ解析の対象から除外させる機能である。

(7) 統計テーブル内容出力

本機能は，統計テーブルに格納されている内容(圧延荷重適応修正係数など)をラインプリンタに出力する。圧延モデル調整の過程で，統計テーブル内容を時々出力することにより，セットアップモデルの精度がどの程度改善されてきているか判断できる(**図7**参照)。

(8) 統計テーブルの初期化

本機能は，統計テーブルの内容が異常になったとき，また，モデルのパラメータの変更を行なったときなどに用いられる。

統計テーブルの内容が異常になる場合は，例えば，圧延実績データが異常な場合にアダプティブ計算が実施されたときである。初期化の範囲は，統計テーブルの層別区分単位でも，また，各層別区分の1ケース内のデータ項目No.単位でも，コンソール端末から指定可能である。

次に，各機能の具体的な使用例について一部紹介する。

(1) 使用例(1) $N:N$のX-Yプロッタ出力

X座標として，各スタンドのロール周速実績値，Y座標として，圧延荷重式から逆算した各スタンドの摩擦係数を指定し，摩擦係数の速度依存性を調査する。

全スタンドのデータを同時に印字出力させることにより，各スタンド間で相違があるかどうか調査する。また，データ解析対象の範囲を種々変えて，プロッタ出力することにより，仕上厚，仕上幅などと相関があるかどうかを調査する。

STATISTIC PROCEDURE TABLE (19) GLAD= 2 BR 0.39- 0.65MM

1	0.96102E+00	0.29583E-03	0.15000E+02	0.98104E+00	0.32497E-02	0.19150E+04
2	0.84809E+00	00.41831E-03	0.12000E+02	0.86199E+00	0.39556E-02	0.22120E+04
3	0.91357E+00	0.75944E-03	0.18000E+02	0.91055E+00	0.69877E-02	0.22980E+04
4	0.90850E+00	0.15870E-02	0.80000E+01	0.10631E+01	0.13934E-01	0.22480E+04
5	0.11502E+01	0.19715E-02	0.15000E+02	0.10726E+01	0.67564E-02	0.22150E+04
6	0.34406E+01	0.48447E-03	0.20000E+02	0.34285E+01	0.41745E-02	0.24000E+04
7	0.34310E+01	0.45595E-02	0.10000E+02	0.34708E+01	0.84564E-02	0.23700E+04
8	0.36410E+01	0.28328E-02	0.60000E+01	0.36074E+01	0.71661E-02	0.22460E+04
9	0.36158E+01	0.15674E-02	0.70000E+01	0.36439E+01	0.78855E-02	0.21270E+04
10	0.37939E+01	0.26798E-03	0.20000E+01	0.37115E+01	0.88904E-02	0.24020E+04
11	0.13416E+01	0.76464E-04	0.15000E+02	0.13508E+01	0.90321E-03	0.22150E+04
12	0.13253E+01	0.69114E-03	0.19000E+02	0.13520E+01	0.15565E-02	0.21590E+04
13	0.16619E+01	0.51260E-04	0.40000E+01	0.16294E+01	0.32891E-02	0.22840E+04
14	0.19080E+01	0.31441E-02	0.50000E+01	0.19910E+01	0.14935E-01	0.22850E+04
15	0.24437E+01	0.38427E-01	0.12000E+02	0.21830E+01	0.47706E-01	0.22520E+04
16	0.74268E+00	0.29966E-03	0.19000E+02	0.75930E+00	0.20719E-01	0.53900E+03
17	0.74955E+00	-0.29802E-07	0.11000E+02	0.84188E+00	0.28291E-01	0.33100E+03
18	0.12934E+01	-0.17030E-07	0.80000E+01	0.11322E+01	0.39387E-01	0.44800E+03
19	0.12143E+01	0.29603E-01	0.20000E+02	0.84744E+00	0.34473E-01	0.50000E+03
20	0.12330E+01	-0.51090E-07	0.80000E+01	0.12330E+01	0.27086E-01	0.30800E+03
21	0.73439E+02	0.38337E+01	0.13000E+02	0.77509E+02	0.73724E+02	0.20930E+04
22	0.62211E+02	0.15060E+02	0.19000E+02	0.63308E+02	0.64782E+02	0.21390E+04
23	0.68786E+02	0.13533E+02	0.18000E+02	0.69637E+02	0.98376E+02	0.22180E+04
24	0.68289E+02	0.28258E+02	0.13000E+02	0.85868E+02	0.82021E+02	0.22530E+04
25	0.91736E+02	0.90979E+01	0.15000E+02	0.86774E+02	0.35560E+02	0.23150E+04
26	0.13081E+00	0.44229E-04	0.11000E+02	0.10448E+00	0.18494E-03	0.22710E+04
27	0.99616E-01	0.27749E-04	0.16000E+02	0.87955E-01	0.24643E-03	0.17160E+04
28	-0.41010E-01	0.22438E-04	0.11000E+02	-0.28290E-01	0.46092E-03	0.18510E+04
29	-0.11086E-01	0.25246E-04	0.80000E+01	-0.47926E-02	0.60402E-03	0.20480E+04
30	0.34963E-02	0.43240E-04	0.90000E+01	0.19310E-01	0.97248E-03	0.21490E+04
31	0.76664E+02	0.17225E+02	0.40000E+01	0.79955E+02	0.22407E+03	0.23840E+04
32	0.44676E+02	0.73340E+00	0.70000E+01	0.37938E+02	0.47236E+03	0.19670E+04
33	0.40688E+00	0.51481E-03	0.12000E+02	0.34878E+00	0.48158E-02	0.22120E+04
34	0.50893E+00	-0.12772E-07	0.80000E+01	0.54561E+00	0.35513E-02	0.12680E+04
35	0.97853E+00	0.87917E-05	0.11000E+02	0.98008E+00	0.24658E-03	0.22110E+04
36	0.99070E+00	0.36189E-05	0.15000E+02	0.99048E+00	0.24003E-03	0.22550E+04
37	0.99668E+00	0.21532E-05	0.17000E+02	0.99628E+00	0.24938E-03	0.22970E+04
38	0.10000E+01	0.00000E+00	0.70000E+01	0.10000E+01	0.00000E+00	0.70000E+01
39	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
40	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

図7 統計テーブル内容出力例 テーブルケースNo.19(鋼種2，ブライト仕上，仕上厚0.39～0.65mm)の統計テーブルの出力例を示す。左側からデータ項目No.，最新20本の平均値，標準偏差値，圧延本数，累積の平均値，標準偏差及び圧延本数を示す。

表2 セットアップモデルの調整方法の違いによる調整期間の比較

モデル調整支援システムの適用により，調整期間が従来比20%低減することが可能になった。

No.	調整項目	調整期間* 従来方法 Ⓐ	調整期間* 支援システムの適用 Ⓑ	改善率 $\left(\frac{Ⓐ-Ⓑ}{Ⓐ}\times 100\right)$
1	ミル剛性パラメータの決定	12	11	8
2	ロストルクパラメータの決定	2	1.5	25
3	油膜厚式のパラメータの決定	2	1.5	25
4	変形抵抗パラメータの調整	51	37	27
5	摩擦係数パラメータの調整	17	13	24
6	ドラフトパラメータの調整	16	14	13
	合計	100	78	22

注：* 従来方法による全項目の調整期間合計を100とした。

(2) 使用例(2) 時系列のX-Yプロッタ出力

X座標として，各スタンドの圧下位置の適応修正値を指定し，その時系列変化をプロッタ出力させる。圧下位置の適応修正値は，ロールのヒートアップによる変化が大部分であるので，圧延順に従い漸増し，その後，ほぼ一定になるのが通常である。

(3) 使用例(3) 重回帰分析

独立変数として，母材厚，仕上厚，全圧下率を指定し，従属変数として，1スタンドの圧下率を指定した(**図5**参照)。本機能は，既設ミルにプロセスコンピュータを導入し，セットアップモデルを調整する際，圧延スケジュールのパラメータ決定に役立つ。

5 ミルセットアップモデルと従来調整方法との比較

従来の調整方法と今回開発したモデル調整支援システムを適用した調整方法での調整期間の比較例を**表2**に示す。

モデル調整支援システムを適用すると，特に従来多くの時間を必要とした変形抵抗パラメータ，摩擦係数パラメータ及びドラフトスケジュールパラメータの調整が改善され，全体的に約20%の低減が可能となった。

また，モデル立ち上げ当初に圧延される材料それぞれの調整が終了すると，一定の調整手順ができ上がるのでマンマシン インタフェースのコンソールでのオペレーション履歴を残しておけば，モデル立ち上げ以後新たな鋼種及び圧延仕様の材料に対する調整に際しても，このオペレーション履歴を参照することで，調整を容易に行なうことが可能となる。

6 結 言

ミルセットアップモデルのモデル立ち上げ時の調整期間で，今回開発したモデル調整支援システムを適用することにより，調整期間の従来比約20%の低減を可能とした。

今後，本モデル調整支援システムを，ミルセットアップ以外の他の制御モデルに対しても適用していくことを計画している。

参考文献

1) 日本鉄鋼協会共同研究会 圧延理論部会編：板圧延の理論と実際，日本鉄鋼協会(昭59-9)