

精・機 正員

\*横山 和宏

精・機 正員 一宮 亮一

1. 緒言 前報<sup>1)</sup>では数ヶ所の冷却条件を trial に求め、冷却法の効果について報告した。パラメータの数が増加すると最適化が非常に困難になる。頁の方程式が十分に把握されている場合には、解析的な手法を用いて対策を検討することもできる。しかし最終的な修正を必要としないほど十分に系の性質が明らかになっていることは強くないと思われる。本報告では実験により最適化を行うため、多次元探索法の一つであるシンプレックス法を用いて冷却条件の最適化を行った。

2. 実験装置 使用した旋盤はベッド上の振り410mm、 $\beta$ 向距離 max 700mm である。装置概要を Fig.1 に示す。変位はベッド上に固定した測定台がリヤックで取り付けられた棒までの相対変位を空気マイクロメータにより求めた。ベッド各部の伸縮は電気マイクロメータにより測定した。温度は Cu-Co 熱電対で合計50点を測定した。主軸台の冷却・油滑油は油温制御装置により一定温度に制御されている。油はタービン油 #90 を使用し、646rpm で無負荷運転を行った。冷却位置は主軸台の前室あるいは後室主軸外・主軸貫通穴内部の二種類である。

3. シンプレックス法 フローチャートおよび操作を Fig.2,3 に示す。許容領域を定める状態点の評価関数は  $J2_h$  より大きいとした。油量および油温は夫々 1 l/min, 1°C 毎の離散値をとるものとした。

3.1 二次元シンプレックス法による最適化

スカイビング切削時の加工精度を向上させるため、主軸台前室の平軸受・左右壁に油 ( $\Delta T^\circ C, q$  l/min) をシャワー状に供給した。

評価関数は

$$J2 = \int_0^{5hrs} (2Z_a)^2 dt$$

収束条件は

$$J2 \leq 24000 \text{ とした。} \\ (Z_a = \pm 10\mu)$$

探索すべき許容領域は

$$\Delta T = [-10, 30^\circ C], \text{ Fig.3 二次元シンプレックス法の操作}$$

$$q = [0, f(\Delta T) \text{ l/min}]$$

である。パラメータは  $q, \Delta T$  の二ヶであり、二次元シンプレックス法となる。シンプレックスは三角形である。結果を Fig.4 に示す。実験 no.2,4 を含む三角形が探索開始時のシンプレックス, no.7,10 を含む三角形が最終のシンプレックスである。結果から Fig.4 に示すように、等  $J2$  線 (---) は細長い形状になる。収束条件を満足する領域は扁平な谷状であり、その周囲に  $J2$  の大きい部分が存在し

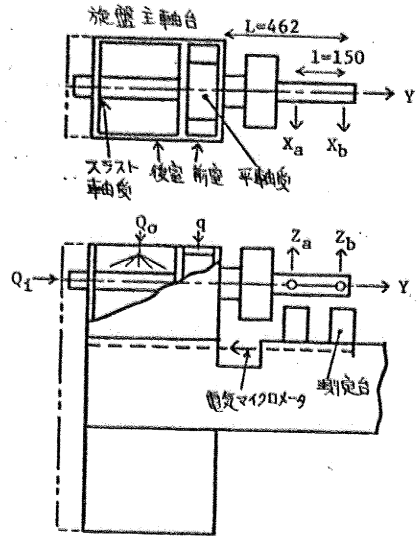


Fig.1 実験の概要

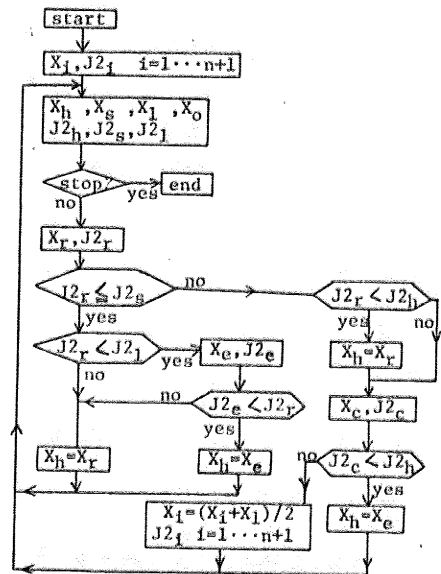
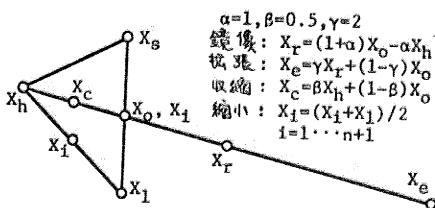


Fig.2 シンプレックス法のフローチャート



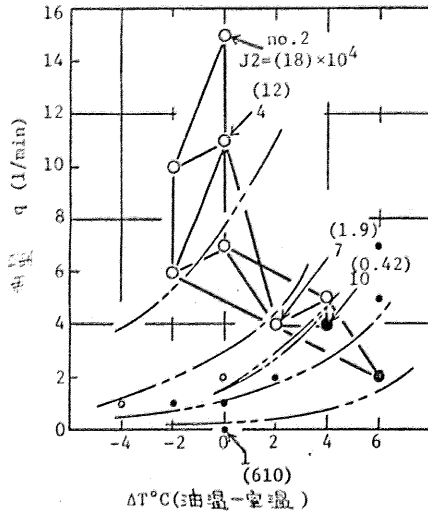


Fig. 4 二次元シンプレックス法における J2(5hrs), 主軸 646rpm

ていす。 Fig. 5に主軸の変位がどの様子の様子を示す。 no. 10における変位は max 4μ である。

### 3.2 三次元シンプレックス法による最適化

主面切削における加工精度を向上させるため、主軸近の後室において主軸外

( $Q_0$ )・主軸貫通穴内部( $Q_1$ )

に油 ( $\Delta T$ ) とシワー状に供給した。 評価関数は

$$J2 = \int_0^{4\text{hrs}} \left[ \gamma^2 + \left\{ \frac{R_0}{l} (X_b - X_a) \right\}^2 + \left\{ \frac{l(Z_b - Z_a)}{2 \cdot l^2} \right\}^2 \right] dt$$

$R_0$ : 加工物半径

収束条件は

$$J2 \leq 24000 \quad (\bar{\gamma} = \pm 10\mu)$$

とした。 探索すべき許容領域は  $\Delta T = [-10, 30^\circ\text{C}]$ ,  $Q_0 + Q_1$

$= [0, f(\Delta T)]$  1/min である。

パラメータは  $\Delta T, Q_0, Q_1$  の三つであり、三次元シンプレックス法となる。

シンプ

レックスは四面体になる。

Fig. 6

に開始時の最適シンプレックスを示す。

この場合は収束条件を満足しない。

これは実験に使用した箱が収束条件を本質的に満足しないことを示している。

最適点 no. 22' ( $\Delta T = -10^\circ\text{C}$ ,  $Q_0 = Q_1 = 10$  1/min) 付近の J2 の様子を知るため、パラメータを夫々単独に変化させた結果を Fig. 7 に示す。

no. 22' は別の年度に行っており、室温が十分にコントロールされていなかったため、J2

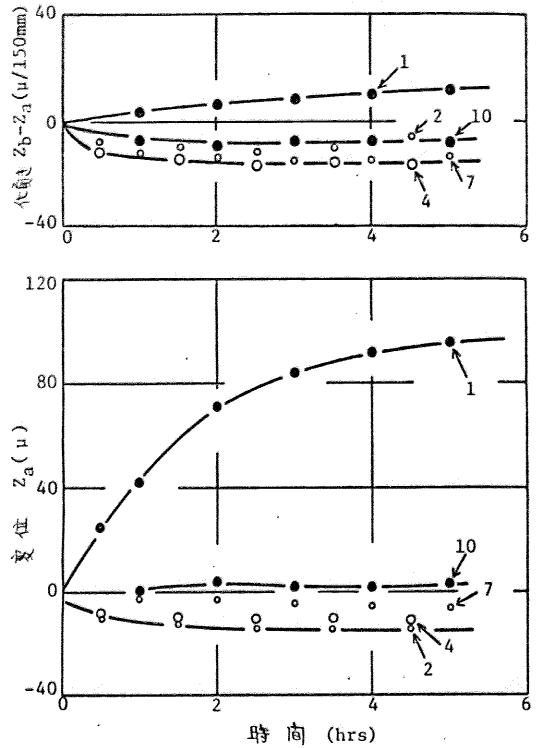


Fig. 5 二次元シンプレックス法における 変位  $Z_a, Z_b - Z_a$ , 主軸 646rpm

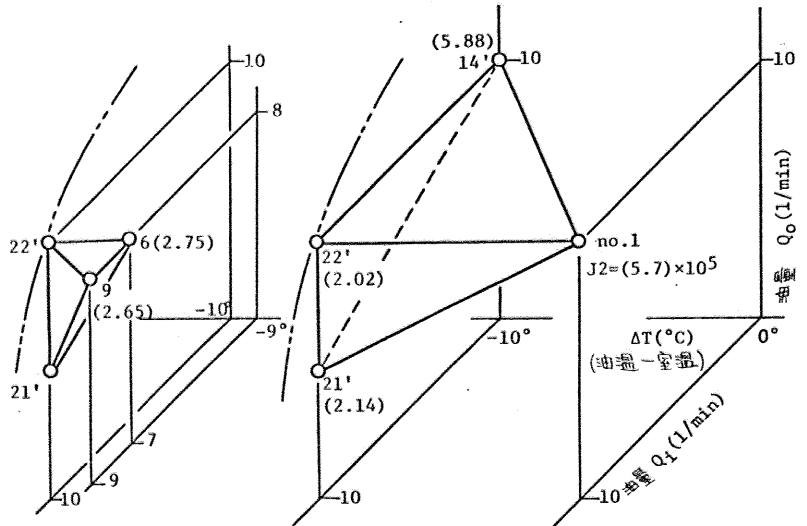


Fig. 6 三次元シンプレックス法における J2(4hrs), 主軸 646rpm

Fig. 6に開始時の最適シンプレックスを示す。 この場合は収束条件を満足しない。 これは実験に使用した箱が収束条件を本質的に満足しないことを示している。 最適点 no. 22' ( $\Delta T = -10^\circ\text{C}$ ,  $Q_0 = Q_1 = 10$  1/min) 付近の J2 の様子を知るため、パラメータを夫々単独に変化させた結果を Fig. 7 に示す。 no. 22' は別の年度に行っており、室温が十分にコントロールされていなかったため、J2

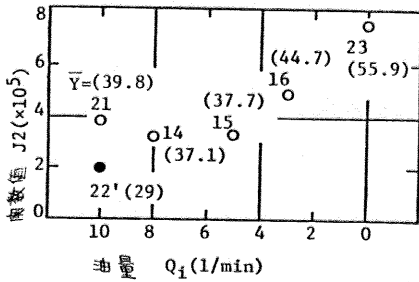
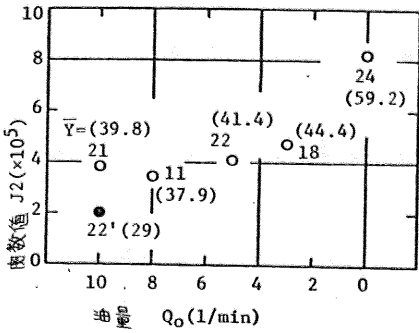
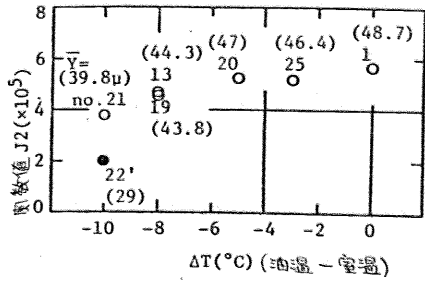


Fig.7 三次元シンプレックス法における  $\Delta T, Q_0, Q_1$  の効果, 主軸 646rpm

が小さい。no.21 に比べて no.11,14,15 の J2 が小さいのも同様の理由によるものである。最適点付近ではいづれも、かなり緩やかな様子が現われている。Fig.7 に示した実験のいくつかについて Y 変位を平常運転とともに Fig.8 に示す。変位は 107 $\mu$  (平常) から 40 $\mu$ (no.21) に減少した。

no.21( $\Delta T = -10^\circ\text{C}, Q_0 = Q_1 = 10 \text{ l/min}$ ) に比べて、いづれも最大変位が現われた後、異常状態に達している。これはベッドが伸びることにより生じる現象である。

#### 4. 結論

旋盤の熱変形を防止するため、実験により冷却条件のパラメータ最適化を行った。

- 1). シンプレックス法により最適冷却条件を求めた。
- 2). 最適点近くの評価関数値の分布を明かした。
- 3). 前室を冷却することにより  $Z_a$  は max 4 $\mu$  になった。
- 4). 後室の主軸を内・外部から冷却することにより Y は max 43 $\mu$  になった。

文献  
1) 旋盤の熱変形防止に関する研究  
沢・精 新潟地方講演会前刷  
(1976.6)

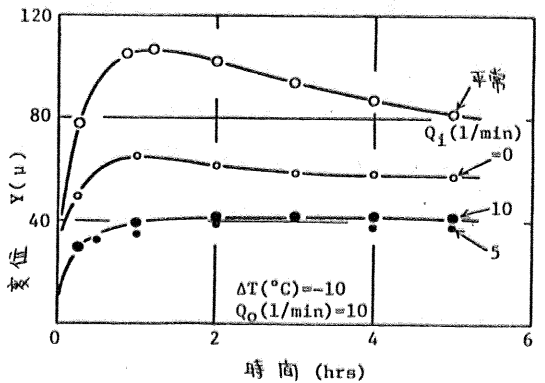
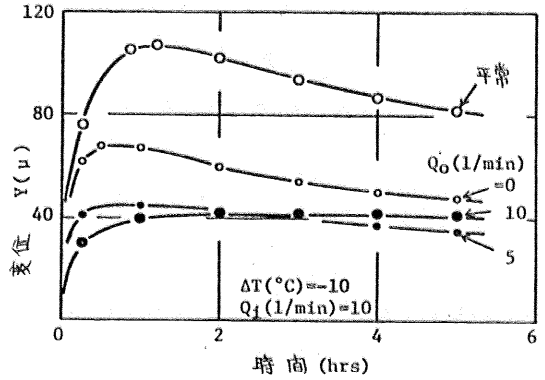
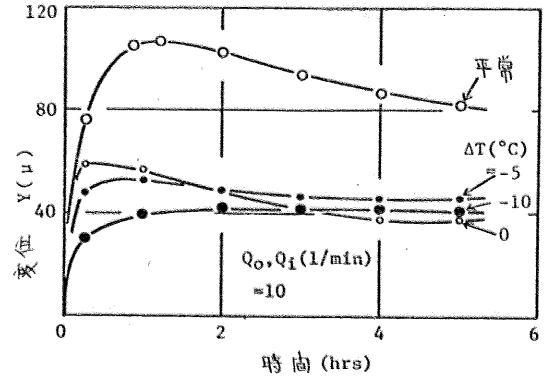


Fig.8 Y変位に及ぼす  $\Delta T, Q_0, Q_1$  の効果, 主軸 646rpm