

ダ イスト部品加工の加工刃具消費費の削減

会社名：株式会社 アーレスティブ リテック
 事業所・所属：本社 高丘工場 加工技術課
 氏名：杉山 尚

1. はじめに

弊社では、四輪、二輪自動車、船外機等のアルミ鋳造部品の切削加工を主に行っている。切削加工とは、製造加工法の中で最も基本的な加工方法の一つで、工作機械、切削工具を用いて切り屑を出しながら、材料を所定の寸法形状および表面精度に仕上げるための加工方法を言う。加工内容にはさまざまな切削加工の部類があるが、本改善はフライス加工を取上げた改善事例である。

フライス加工は、外周の刃で加工を行う平フライスと、工具先端の刃で加工を行う平面フライスがあるが、主に平面フライスで加工を行っている。フライス加工とは、多数の切れ刃を持つフライスで面加工を行う加工方法である。

現在生産を行っている製品の90%以上にフライス加工が行われている。
 改善対象製品の刃具消費費の33%をフライス加工が占めている。

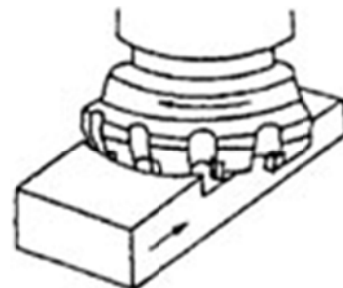
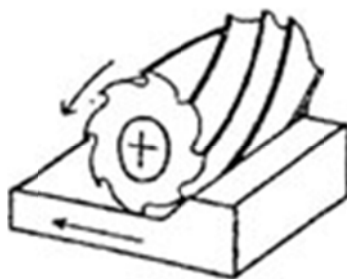
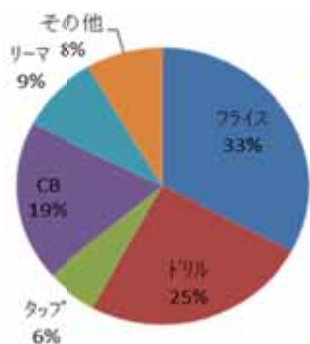


図1 刃具消費費別占有率グラフ

図2 フライス加工図

2. 現状把握

2-1. 刃具交換頻度

刃具消費費に大きく影響するのが刃具の命数である。現状の刃具交換頻度の調査を行った。調査の結果、以下のことが明確になった。

- 故障モードを示す $m=1.2595$ であることから偶発故障であることが分かる。しかし、直線に対し異なった傾きが2つ存在するように見えることから交換原因は偶発故障ではなく、何らかの原因による突発的な異常が発生していると推測する。

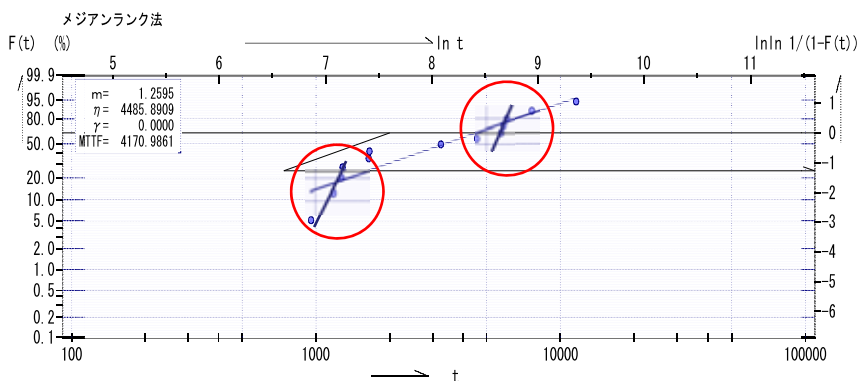


図3 ワイブルプロット確率紙

2-2. 異常箇所と発生状況

異常品にて事象の調査を行った。

異常品すべて同様の部位に周期的な模様が発生しており、加工面粗さの測定を行った結果 9.616μ の段差が発生していた。技術的な見解よりびびりによる段差が発生していると推測する。

びびりとは、被削材と工具の間に振動が発生し、加工面に周期的な模様を発生させる現象である。



図4 異常箇所 拡大写真

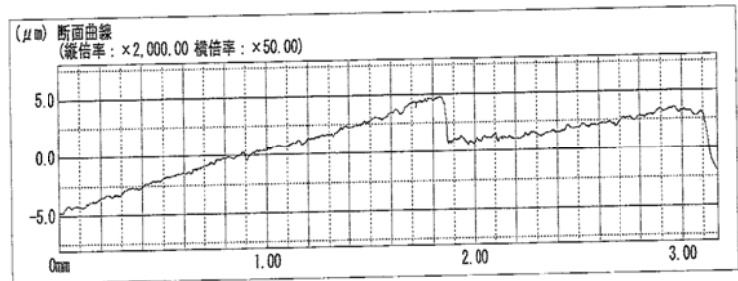


図5 加工面粗さ測定波形

2-3. 振動と加工面粗さ

N=20 びびり発生箇所の加工面粗さ (Pt 値) 測定値と、フライ加工時の振動を採取し相関を調べる。計量値は、採取した振動波形の面積とし解析を行う。

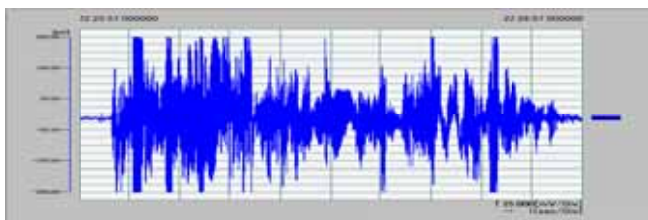


図6 振動波形

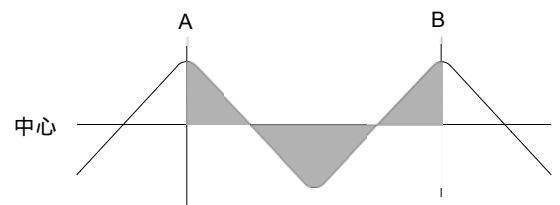


図7 振動波形面積説明図

相関係数は 0.821 であることから強い相関があると言える。予測していた正の相関が見受けられる。上記のことより、加工面粗さ測定値の代替特性として振動波形面積を用いる事とする。振動を抑える事でびびり発生を抑制する。

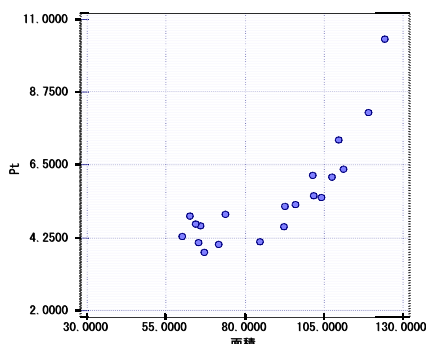


図8 加工面粗さと振動波形面積の散布図

| 項目 | 横軸 | 縦軸 |
|------|----------|---------|
| 変数番号 | 4 | 5 |
| 変数名 | 面積 | Pt |
| データ数 | 20 | 20 |
| 最小値 | 60.230 | 3.804 |
| 最大値 | 124.160 | 10.384 |
| 平均値 | 88.7215 | 5.5148 |
| 標準偏差 | 20.82296 | 1.59812 |
| 相関係数 | 0.821 | |

3. 目標設定

びびりを抑えることで刃具交換頻度のバラツキを抑え安定させ、刃具命数を設定値まで近づける。現状の刃具仕様から一般的な仕様に変更することで刃具消費費を抑えることにより、一台当たりの刃具消費費を 45%削減する。

4. 実験 因子 A

上記のことより振動を抑える事を目的とし因子 A が寄与するか、一元配置実験を実施した。
因子 A は 2 水準でしか制御できない因子である。

因子 A は同様の事象対策事例より取上げた因子であり、因子 A がびびりに対し寄与する信頼度の確認も含め因子 A を取上げる事とする。

検定結果より因子 A は有意であり、A2 が最適水準である。

加工条件を水準 A2 へ設定変更しトライ加工を実施する。

振動波形面積

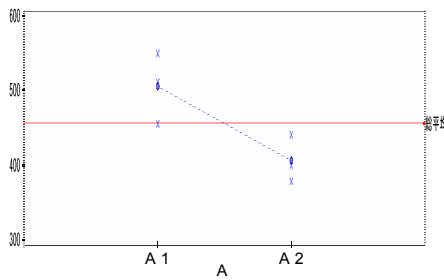


図 9 データ° ロット図

表 1 分散分析表・推定値表

| No | 要因 | 平方和 | 自由度 | 分散 | 分散比 | 検定 | P値(上側) |
|----|-----|----------|-----|----------|------|----|--------|
| 1 | A | 14526.79 | 1 | 14526.79 | 8.87 | * | 0.041 |
| 2 | 誤差e | 6550.88 | 4 | 1637.72 | | | |
| 3 | 計 | 21077.67 | 5 | | | | |

| No | A | 母平均 | 信頼区間 | 下限(95%) | 上限(95%) | 幅 |
|----|-----|---------|----------|---------|---------|---|
| 1 | max | 505.123 | 440.2527 | 569.994 | 64.8707 | |
| 2 | min | 406.713 | 341.8427 | 471.584 | 64.8707 | |

5. 因子 A の効果確認

因子 A 設定変更後の効果確認として、刃具交換頻度の調査を実施した。

故障モードを示す $m=4.6869$ であることから摩耗故障であることが分かる。

突発的な異常が無くなり、バラツキは少し見受けられるが安定した命数を維持できている。

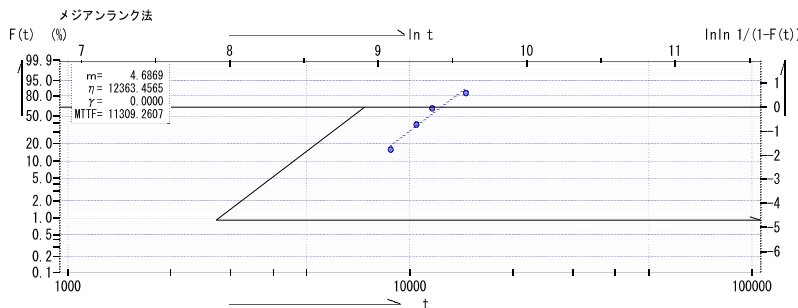


図 10 ライブル° ロット確率紙

上記の結果を受け、現在の刃具仕様を一般的な仕様に変更しトライ加工を行ったがびびりが再発した。
更なる要因の洗出しが必要である。

6. 実験 因子 B 因子 C

技術的な見解より、因子 B 因子 C を抽出し振動に対し寄与するか検証実験を行う。

因子 B と因子 C は交互作用がないと考え一元配置実験を実施した。

因子 B の水準は時間、コストを考え 2 水準で行う。因子 C は 2 水準でしか制御できない因子である。

検定結果より因子 C は有意であり、C2 が最適水準である。

加工条件を水準 C2 へ設定変更し N=30 トライ加工を実施する。

振動波形面積

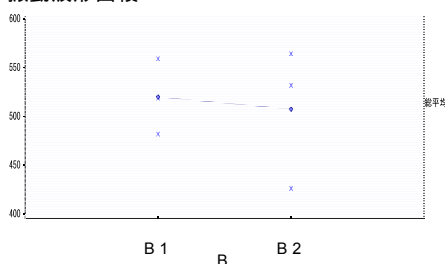


表 2 分散分析表・推定値表

| No | 要因 | 平方和 | 自由度 | 分散 | 分散比 | 検定 | P値(上側) |
|----|-----|----------|-----|----------|------|----|--------|
| 1 | B | 235.088 | 1 | 235.088 | 0.07 | | 0.805 |
| 2 | 誤差e | 13453.45 | 4 | 3363.363 | | | |
| 3 | 計 | 13688.54 | 5 | | | | |

| No | B | 母平均 | 信頼区間 | 予測区間 | 下限(95%) | 上限(95%) | 幅 |
|----|-----|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | max | 519.981 | 427.0169 | 612.9451 | 92.96412 | 334.0528 | 705.9092 |
| 2 | min | 507.462 | 414.4979 | 600.4261 | 92.96412 | 321.5338 | 693.3902 |

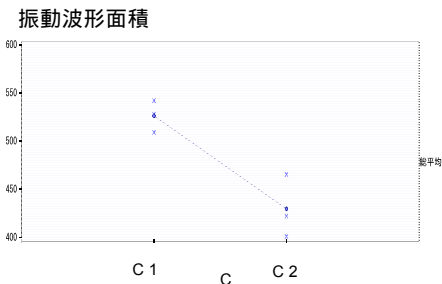


図 11 データプロット図

| No | 要因 | 平方和 | 自由度 | 分散 | 分散比 | 検定 | P値(上側) |
|----|-----|----------|-----|----------|--------|----|--------|
| 1 | C | 14091.59 | 1 | 14091.59 | 20.978 | * | 0.01 |
| 2 | 誤差e | 2686.959 | 4 | 671.7398 | | | |
| 3 | 計 | 16778.55 | 5 | | | | |

| No | C | 母平均 | 信頼区間 | | | 予測区間 | | |
|----|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 下限(95%) | 上限(95%) | 幅 | 下限(95%) | 上限(95%) | 幅 |
| 1 | max | 526.2853 | 484.7394 | 567.8313 | 41.54598 | 443.1934 | 609.3773 | 83.09196 |
| 2 | min | 429.3607 | 387.8147 | 470.9067 | 41.54598 | 346.2687 | 512.4526 | 83.09196 |

7. 結果の確認

因子 C 設定変更の結果、N=30 での抜取り加工面粗さ (Pt 値) 測定、全数目視検査では異常品の発生はなかった為、量産ラインへ入れ込みデータを採取する。
量産ラインへの入れ込み後、異常品が発生した。

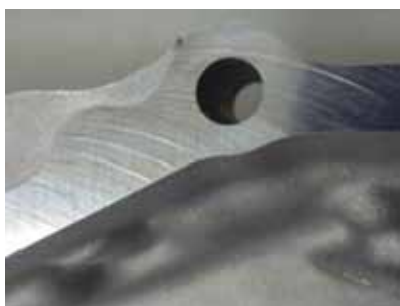


図 12 異常箇所 拡大写真

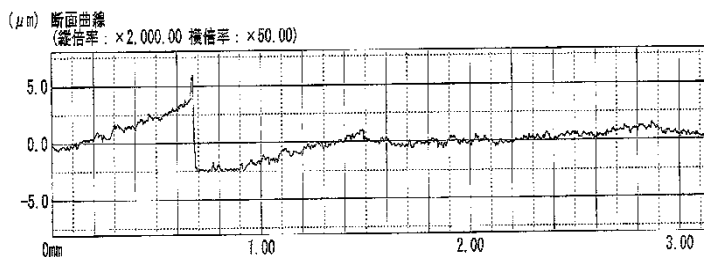


図 13 粗さ測定波形

トライ加工と量産入れ込みの違いは下記の 3 項目が挙げられる。

- ・作業者
- ・加工日
- ・素材ロットである。

8. 要因解析

8-1. 要因の抽出

(因子 D、因子 E、因子 F)

上記に挙げた 3 項目を大項目とし特性要因図にて因子を抽出する。特性要因図より振動に寄与する因子を 3 因子抽出し、因子 D、因子 E、因子 F とし解析を行う事とする。

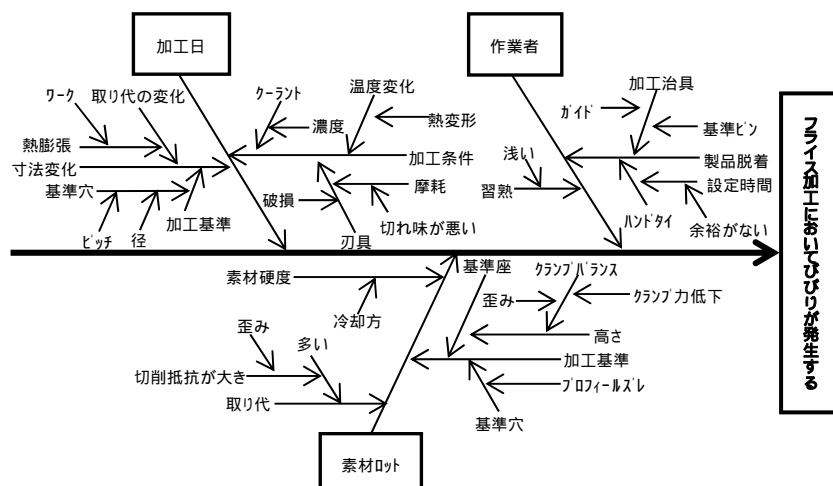


図 14 特性要要因図

8-2. 加工条件の検証 因子 D

振動に寄与すると考えられる因子 D の調査を行う。ヒストグラムを用いて、因子 D の工程能力を確認する。

- ・ CP 3.23 を示しており工程能力としては十分な値を示している。
 - ・ CPK 3.171 を示しており規格の中央を推移している。
- 上記の判定結果より因子 D は問題ないことが分かる。

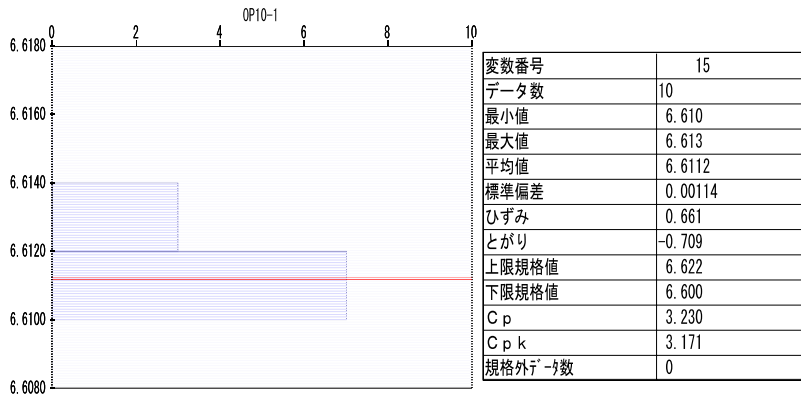


図 15 因子 D のヒストグラム

8-3. 加工条件の検証 因子 E 因子 F

振動に寄与すると考えられる因子 E の調査を行う。因子 E は時系列による影響を受けると考える為、管理図とヒストグラムを用いて、因子 E の工程能力を確認する。

- ・管理図上では問題が見受けられない。
- ・CP 2.822 を示しており工程能力としては十分な値を示している。
- ・CPK 0.666 を示しているが、狙いを持って規格中央から外している為、問題は無い。

上記の判定結果より因子 E は問題ないことが分かる。

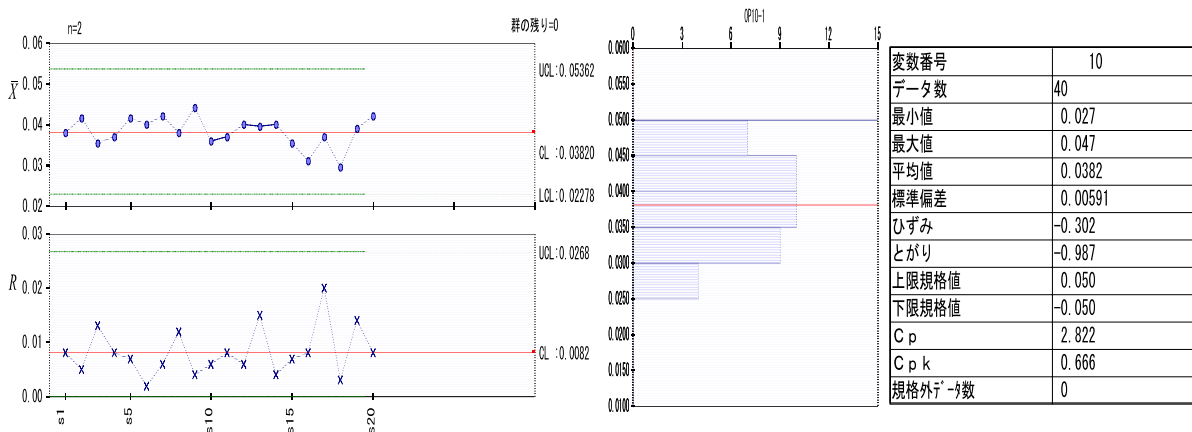


図 16 因子 E の管理図とヒストグラム

因子 F は変動が考えられない因子であり、検証が困難な為除外とする。

8-4. 要因解析のまとめ

調査、確認を行った因子 D 因子 E 因子 F は、単体で問題が見受けられないが、技術的な見解より、上記因子の関係性が因子 G を生み出す複合要因による因子であると考え。因子 G は特性要因図にて挙げた大項目の変化により起こりうる因子である。

| No | 主要因 | 抽出した理由 |
|----|------|------------------|
| 1 | 因子 G | 複合要因により発生する因子の為。 |

表 3 因子 G のまとめ

9. 実験 因子 G

因子 G が振動に対し寄与するか一元配置実験を実施する。
 因子 G は 2 水準でしか制御できない因子である。
 検定結果より因子 G は有意であり、G1 が最適水準である。
 加工条件を水準 G1 へ設定変更し N=30 トライ加工を実施する

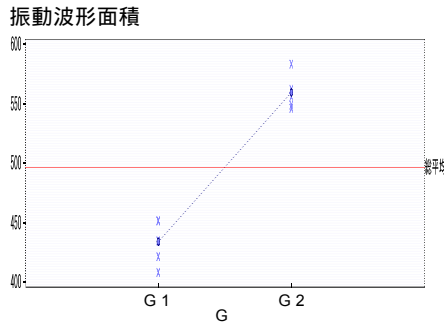


図 17 データプロット図

表 4 分散分析表・推定値表

| [検定結果] **:1%有意 *:.5%有意 空白:有意差なし | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| No | 要因 | 平方和 | 自由度 | 分散 | 分散比 | 検定 | P値(上側) | |
| 1 | G | 39100.01 | 1 | 39100.01 | 135.238 | ** | 0 | |
| 2 | 誤差e | 2312.959 | 8 | 289.1198 | | | | |
| 3 | 計 | 41412.97 | 9 | | | | | |
| No | G | 母平均 | 信頼区間 | 予測区間 | | | | |
| | | | 下限(95%) | 上限(95%) | 幅 | 下限(95%) | 上限(95%) | 幅 |
| 1 | min | 433.582 | 416.0467 | 451.1173 | 17.53533 | 390.6294 | 476.5346 | 42.95262 |
| 2 | max | 558.642 | 541.1067 | 576.1773 | 17.53533 | 515.6894 | 601.5946 | 42.95262 |

10. 効果の確認 因子 G

10-1. 加工面粗さと振動の変化

因子 G 設定変更後の効果確認として、N=30 の加工面粗さ (Pt 値) 測定と振動の調査を行い、改善前との比較を行うため散布図にまとめ確認を行った。

Pt 値、振動波形面積共にバラつきが小さくなり、平均が下限値に近い為、異常品の発生する可能性が低いと考えられる。因子 G による効果はあると言える。

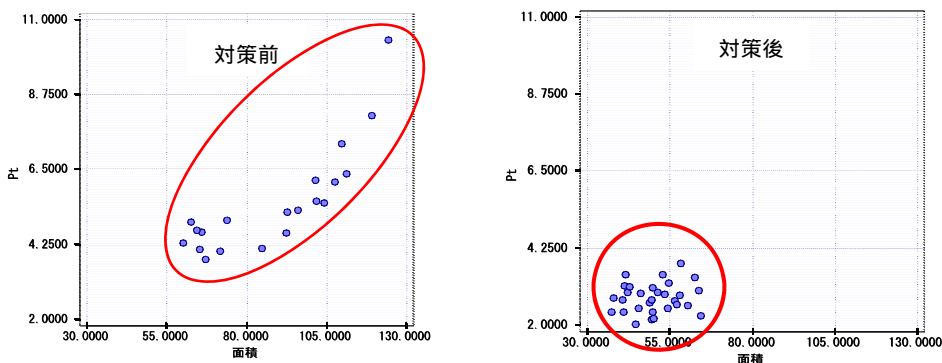


図 18 対策前後 加工面粗さと振動波形面積の散布図

10-2. 刃具交換頻度の変化

因子 G 変更後の交換頻度は継続して調査中である為、因子 A 変更後データでの比較とする。
 故障モードは摩耗故障になり、設定命数と同等の命数を維持できている。
 改善前と比較し一月当りの frais 刃具消費費が 63.9%削減され、予測効果として製品一台当たりの刃具消費費が 44%削減されると予測される。

今後は、因子 G を考慮した工程設計を行う事で再発防止につなげて行く。

改善前 平均刀具命数 4,000 台

改善後 平均刀具命数 11,000 台

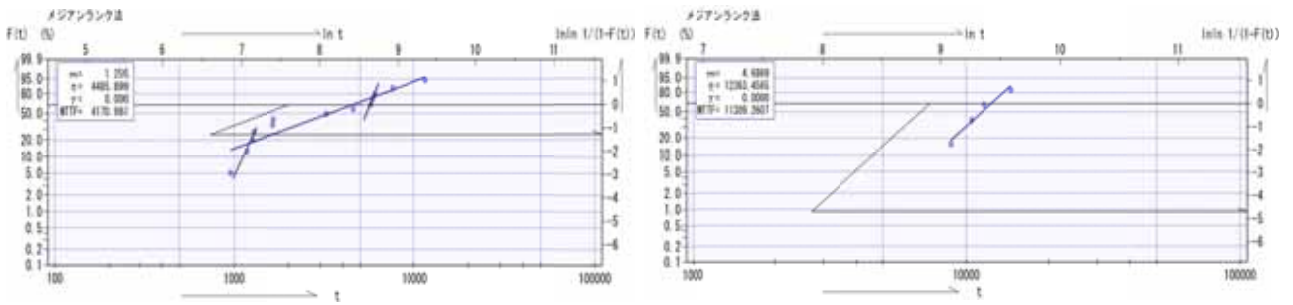


図 19 対策前後のワイブルプロット確率紙

1.1. 総括

実験計画法を用いて振動に対する因子の導き出しが行えたことで効率良く改善が行えた。本改善で得たノウハウを活用し、フライス加工における問題発生を未然に防止できる体制を構築していく。

参考文献 引用資料

- ・QC7 つ道具、検定・推定入門 著：奥原正夫 編著：棟近雅彦
- ・実験計画法入門 著：奥原正夫 編著：棟近雅彦
- ・びびりの見分け方とその対策 切削油技術研究会 横内正洋
- ・切削加工におけるびびり振動の発生機構と制御 社本英二

本著作物は原著作者の許可を得て、株式会社日本科学技術研修所（以下弊社）が掲載しています。本著作物の著作権については、制作した原著作者に帰属します。

原著作者および弊社の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず、本著作物の複製・転用・販売等を禁止します。

所属および役職等は、公開当時のものです。

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>