

負荷曲線データを活用した 鉄工やすりの切削性能に寄与する 形状パラメータの検討

広島県立総合技術研究所
西部工業技術センター

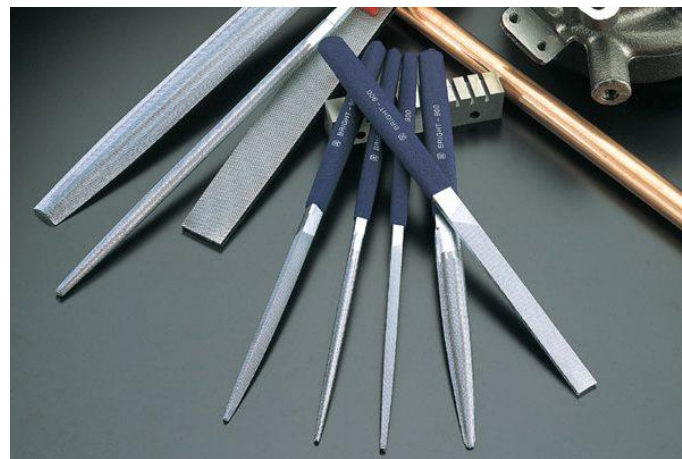
発表者：加工技術研究部 藤本直也

やすりのシェア

- 呉市仁方で日本の生産量95%（2010年）
- 50社近くが集まるやすり工業団地で生産



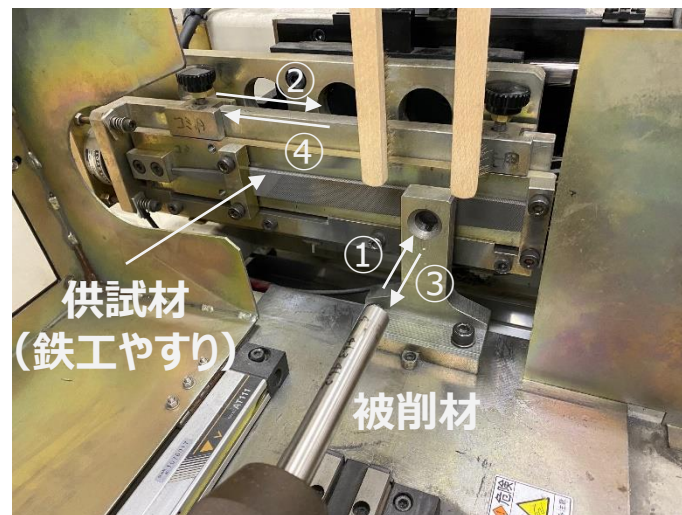
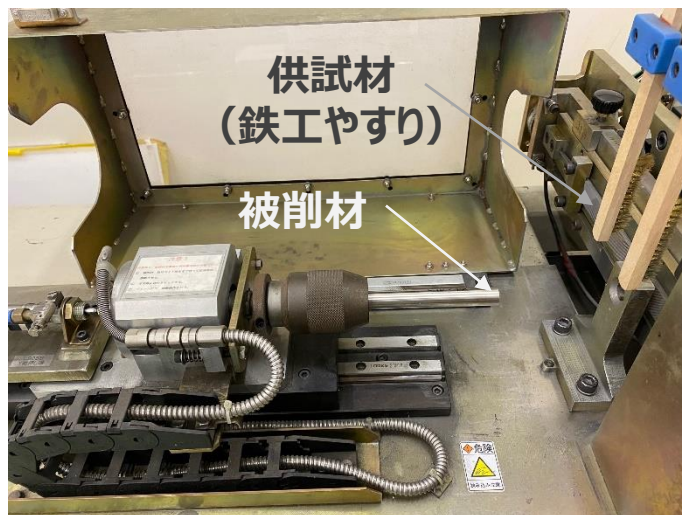
出典：wikipedia「仁方やすり」
<https://ja.wikipedia.org/wiki>



資料：ツボサン「ブライト-900」
tsubosan.co.jp

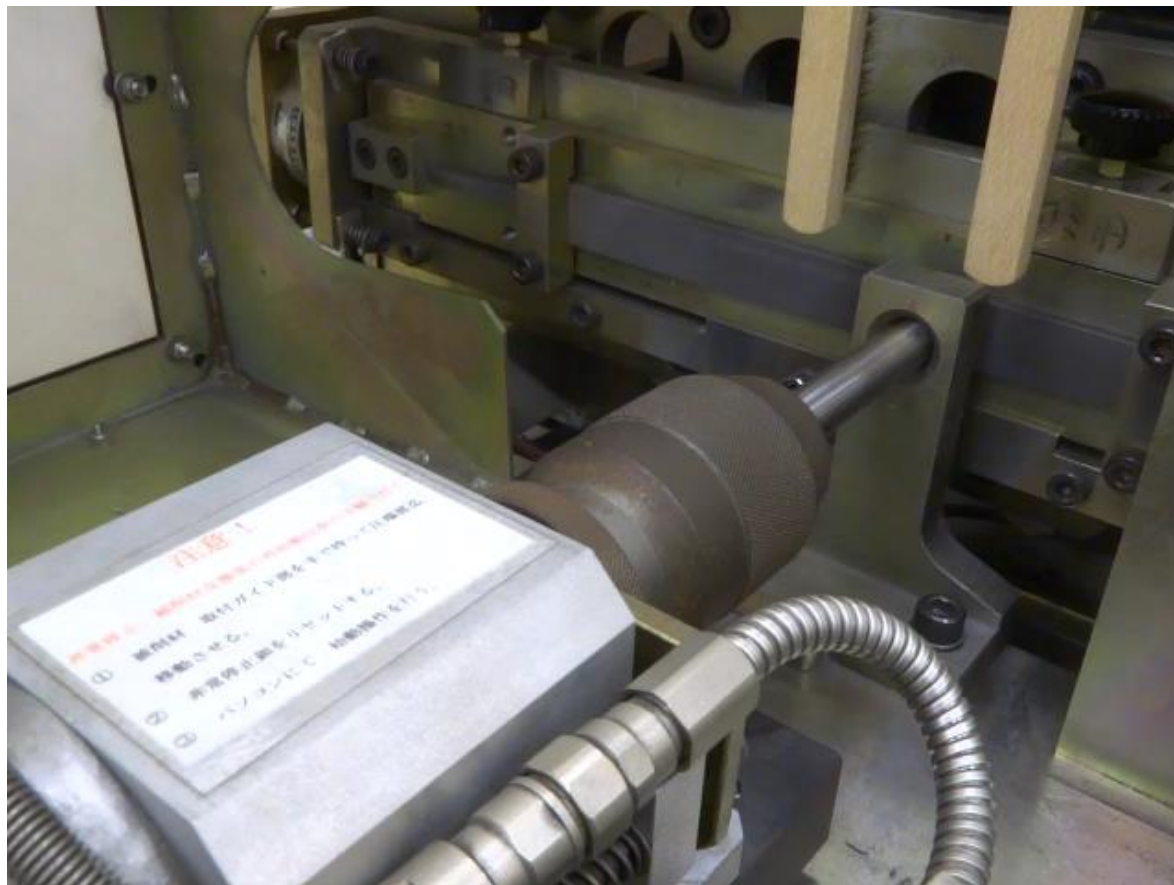
やすり切削性能試験機

- 唯一のやすり切削性能試験機
- 数千回ほど往復させ、耐久性や切削性（＝切削重量）を評価する



1サイクル ①被削材前進，やすりに接触 ②やすり左→右スライド ③被削材後退 ④やすり右→左スライド

試験の様子



研究目的

- AIによる予測で性能評価にかかる時間を短縮する



やすり切削性能試験機
5~10時間



三次元形状測定機
3分

出典：keyence「VR-3000」

やすりの種類

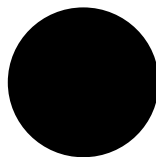
■ 形状



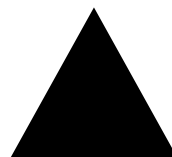
平形



角形



丸形

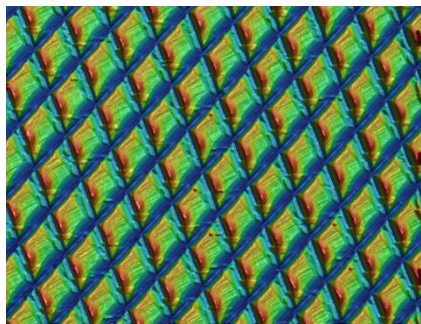


三角形

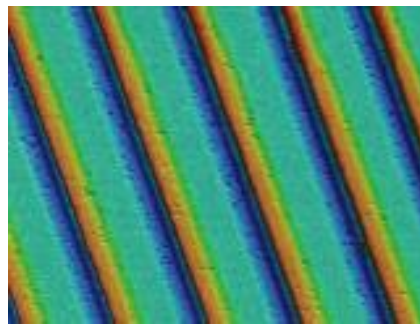


平丸形

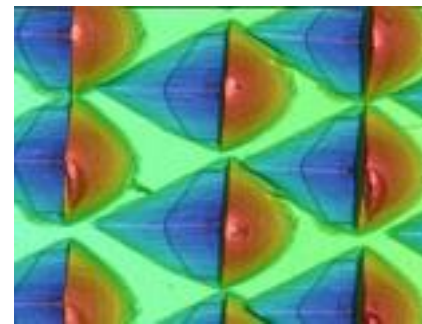
■ 切り目



複目



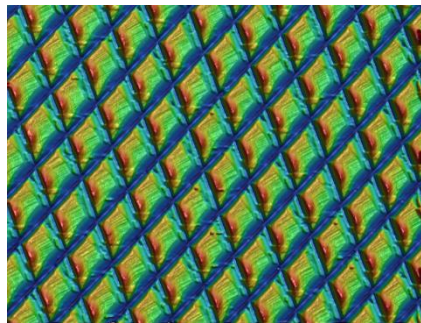
単目



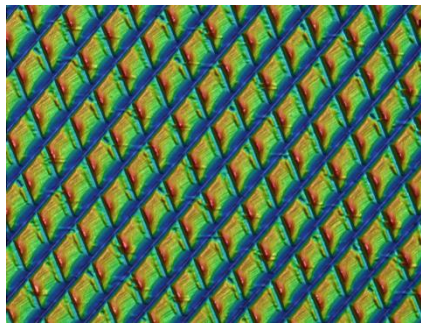
鬼目

やすりの種類

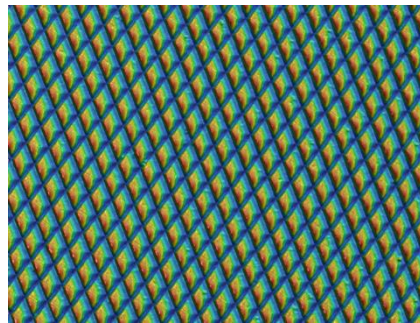
■ 目の大きさ



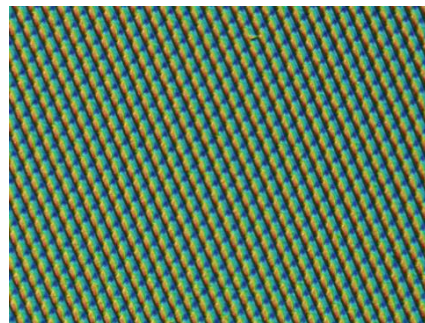
荒目



中目



細目



油目

赤字の製品を実験に使用する

実験方法ーやすり試験

- 供試材：鉄工やすり50種類
- 被削材：合金工具鋼鋼材SKD61相当材
- 押し付け力：60N
- 切削速度：125mm/sec
- 切削回数：100回
- アウトプット：切削性能



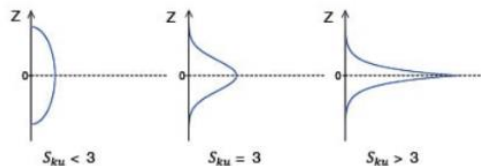
SKD61相当材

実験方法

形状パラメータ

$$S_{ku} = \frac{1}{S_q^4} \left[\frac{1}{A} \iint_A z^4(x, y) dx dy \right]$$

高さの分布



先端形状や高さに関わる
形状パラメータのうち、
切削性能に効く要素の発見

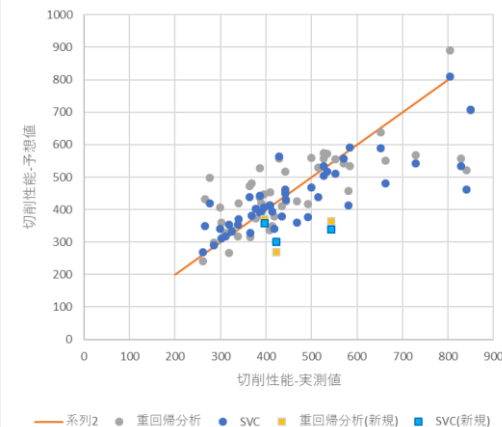
性能分類

accuracy: 81.50% +/- 22.12% (micro average: 80.85%)

| | True. Rank3 | True. Rank2 | True. Rank1 | Precision |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Pred. Rank3 | 7 | 2 | 0 | 77.78% |
| Pred. Rank3 | 3 | 17 | 1 | 80.95% |
| Pred. Rank3 | 1 | 1 | 14 | 82.35% |
| Recall | 63.64% | 80.95% | 93.33% | |

切削性能を3段階に分け
80%程度の精度で分類

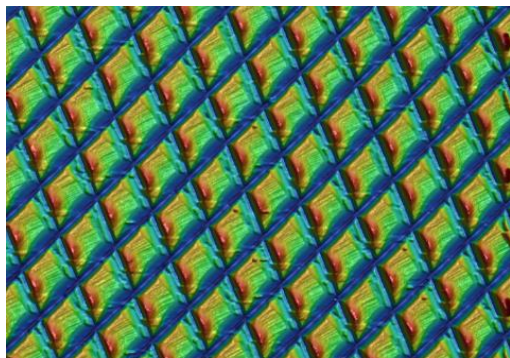
性能予測



重回帰分析より高い精度で
性能予測を実施

実験方法—三次元形状測定機

- 負荷曲線から形状パラメータを作成， やすり試験の結果から相関係数を確認



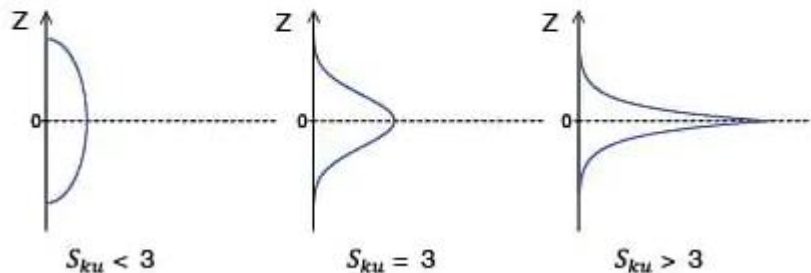
| ID | 初期パラメータ |
|---------|---------|
| size | 0.389 |
| arama | -0.046 |
| nakame | 0.036 |
| hosome | 0.066 |
| aburama | -0.093 |
| mesuu | -0.085 |
| Sa | 0.269 |
| Sz | 0.007 |
| Spc | 0.419 |
| Sdr | 0.238 |
| Sq | 0.234 |
| Ssk | -0.279 |
| Sku | -0.587 |
| Sp | -0.055 |
| Sv | 0.101 |
| Sdq | 0.231 |
| Spd | -0.073 |
| Sk | 0.362 |
| Spk | -0.290 |
| Svk | -0.090 |
| Smr1 | -0.169 |
| Smr2 | 0.217 |
| Sxp | 0.102 |
| Vvv | 0.061 |
| Vvc | 0.272 |
| Vmp | -0.223 |
| Vmc | 0.275 |

| ID | 負荷曲線パラメータ |
|---------------------|-----------|
| max_height | -0.055 |
| min_height | -0.101 |
| max_percent | -0.177 |
| max_percent_height | -0.302 |
| VAR.P | 0.268 |
| STDEV.P | 0.235 |
| quartile_25 | -0.290 |
| quartile_50 | -0.035 |
| quartile_75 | 0.372 |
| plus_menseki | 0.271 |
| mainasu_menseki | -0.270 |
| 01up | 0.263 |
| 01low | -0.212 |
| 1per_check | 0.341 |
| 01per_check | -0.173 |
| sum_par | 0.027 |
| heights | 0.007 |
| 01per_plus_menseki | -0.237 |
| 01per_minus_menseki | -0.098 |
| menseki | 0.258 |
| menseki2 | 0.238 |
| menseki3 | 0.332 |

形状パラメータの例

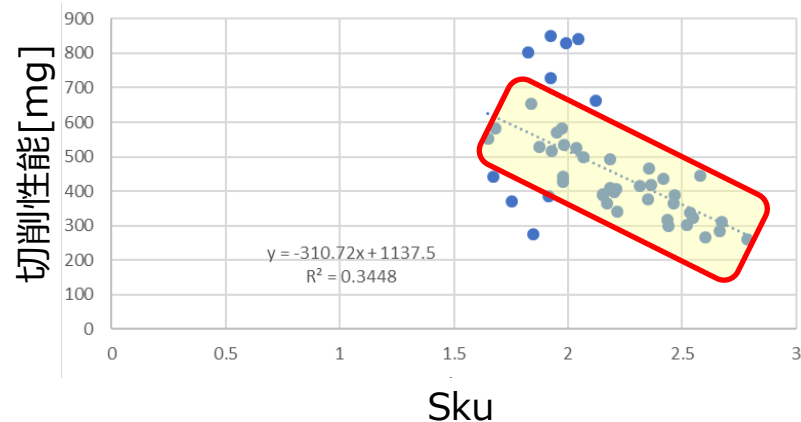
- Sku (尖り度) , 負荷曲線の先端の形状に関するパラメータ

$$S_{ku} = \frac{1}{S_q^4} \left[\frac{1}{A} \iint_A z^4(x, y) dx dy \right]$$



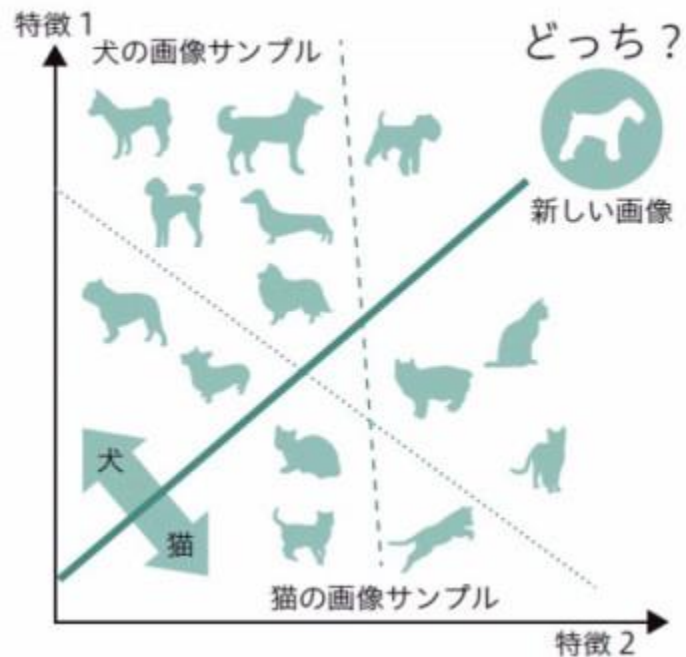
出典 : keyence「粗さ入門.com」
keyence.co.jp

Skuと切削性能の相関

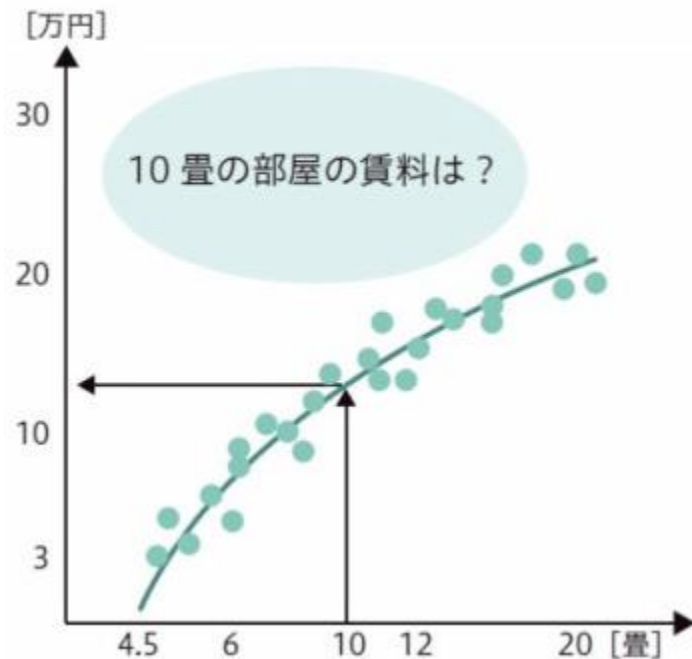


教師あり機械学習

■ 分類



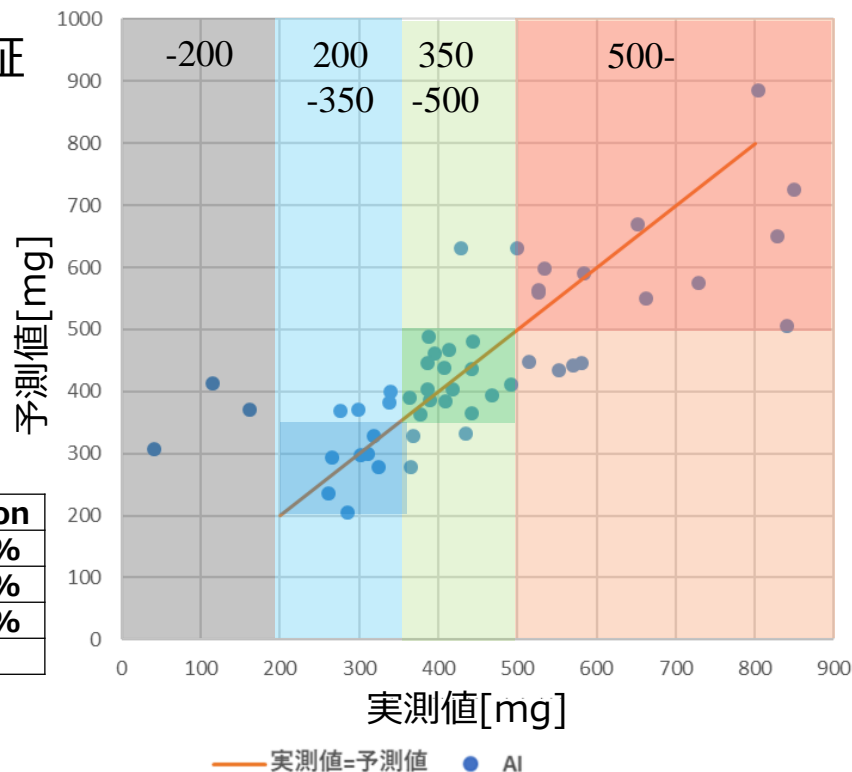
■ 回帰



切削性能の予測—性能分類

- ランダムフォレストによる切削性能の分類
- 学習データ：検証データ = 40 : 10で交差検証
- 性能をよい・普通・悪いの3段階に分け、80%の精度で該当する性能を的中した

切削性能の予測



accuracy: 81.50% +/- 22.12% (micro average:80.85%)

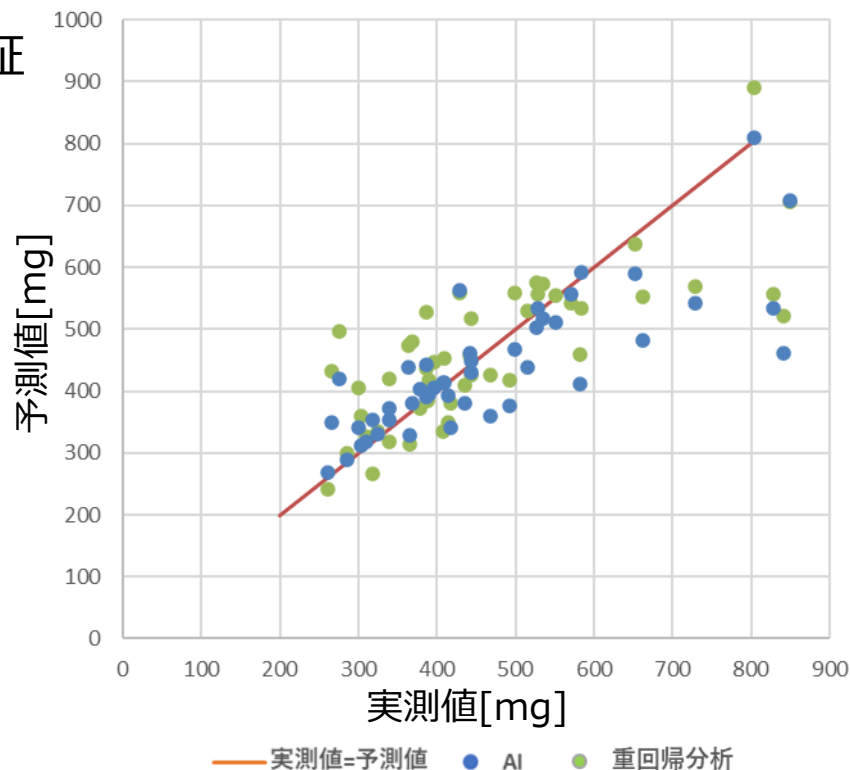
| | True. Rank3 | True. Rank2 | True. Rank1 | Precision |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Pred. Rank3 | 7 | 2 | 0 | 77.78% |
| Pred. Rank3 | 3 | 17 | 1 | 80.95% |
| Pred. Rank3 | 1 | 1 | 14 | 82.35% |
| Recall | 63.64% | 80.95% | 93.33% | |

切削性能の予測ー性能予測

- Support Vector Machineによる性能予測
- 学習データ：検証データ = 40 : 10で交差検証
- 重回帰分析と比較して、精度が高い予測
- 性能が高いサンプルは、予測の精度が低い
今後サンプルを増やすことで、精度の向上が望める

| | 単位 | 重回帰分析 | AI |
|------------------|----|-------|-------|
| RMSE (二乗平均平方根誤差) | mg | 102.3 | 101.5 |
| MAE (平均絶対誤差) | mg | 75.4 | 63.6 |
| MAE/切削性能の平均値 | % | 16.3 | 13.7 |

切削性能の予測



まとめ

- やすりの表面形状からパラメータを抽出し、切削性能との相関性を確認した
- 切削性能に寄与する形状の傾向が確認できた
- 表面形状パラメータから性能の良し悪しを高い精度で分類することができた
- 重回帰分析と比較して、精度が高い性能予測が可能であった
- サンプル数を増やして、学習を進めることで、モデルの精度を高めることができる
- 数時間かかる試験の結果を数分の表面測定で予測できるようになった
- 一連のデータ取得～予測の流れは、性能評価が必要な他の機械部品にも応用できうる

【お問合せ先】

広島県立総合技術研究所 西部工業技術センター
技術支援部

E-mail: wkcgijutsu@pref.hiroshima.lg.jp

URL: <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/27/>

→ 「お問合せホームはこちらから」 をクリック

TEL: 0823-74-1151