

令和 3 年 4 月 28 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13672

研究課題名（和文）データマイニングを応用した研削砥石選定支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of Grinding Wheel Decision Support System Using Data-mining Method

研究代表者

児玉 紘幸（Kodama, Hiroyuki）

岡山大学・自然科学研究科・講師

研究者番号：60743755

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：データマイニング手法の1つであるランダムフォレストを用い、決定が困難な砥石要素の中でも、砥粒の種類、粒度、結合度を被削材物性値の組み合わせから決定できるシステムの構築を行った。また、構築したシステムの有用性の検証を行うため、システム推奨砥石および比較用砥石を用い、一般材あるいは難削材の研削実験を行った。学習データベースに存在しない難削材であるインコネル718の研削実験において、システム推奨砥石であるPA砥石の砥石摩耗量は、一般的に用いられるWA砥石と比較し12%減少したことから、ランダムフォレストによって構築した本システムの有用性の検証が行えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によりデータマイニング手法の有用性を示すことで、非熟練技能者育成を支援できるだけでなく、隠された暗黙知の体系化の根幹技術となれることが予測される。研削加工における意思決定が体系化されることにより、日本の生産を支える根幹となる中小企業や町工場の技能者が、研削砥石を決定する際のコストや時間の低減につながる。製造現場の抱える、従業者の高齢化、後継者不足、販売価格の低下やそれに起因する産業構造の弱体化など、数々の課題を解決できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we used random forest, a data mining method, to construct a system that can determine the abrasive grain, grain size, and bonding strength from various combinations of material property values. In addition, the usefulness of the system was verified. The verification was carried out by grinding experiments on general materials and difficult-to-cut materials using the recommended grinding wheels by the system. As a result of a grinding experiment of Inconel 718, which is a difficult-to-cut material that does not exist in the learning database, the amount of wear of the recommended grinding wheels (PA) was reduced by 12%. From this result, we were able to verify the usefulness of this system constructed by random forest method.

研究分野：加工学および生産工学関連

キーワード：研削砥石 データマイニング ランダムフォレスト 平面研削

1. 研究開始当初の背景

研削砥石の研削性能を左右するものは、おもに砥石の5因子（粒度、砥粒、結合度、組織、結合剤）と呼ばれている。研削砥石を用いた研削の際には、複数の要素が相互作用し、研削結果に影響を及ぼすため、被削材の材料特性や加工形状、仕上げ面精度を考慮し、最適な砥石形状や研削条件を決定しなければならない。加工の初期段階において、難削材料加工に最適な研削砥石の選定が重要であるが、技術者にとって非常に困難な技術的課題であるのが一般的である。研削砥石の選定には、技術者の暗黙知や経験に依存している中で、今日の熟練技術者の減少という社会現象は、技能の的確な伝承と技術者への依存度を低減することを強く要請している。IoT時代の到来と共に、蓄積された膨大なデータベースに対して、故障診断や加工状態の監視に対する意思決定ツールとして、機械学習手法などに代表されるデータマイニング手法を応用する需要が高くなってきた。申請者はこれまでに、非階層・階層型クラスタリング手法を併用したデータマイニング手法を構築することにより、エンドミル加工における切削条件決定支援システムを提案し、その有用性を実験的に明らかにしてきた。しかしながら、高度化されたデータマイニング技術の応用が、エンドミルよりも構成要素が多く、研削現象が複雑に変化する研削加工の意思決定を支援するシステムとして有効であるかどうかの検証を行った先行研究は存在しない。今後の注目が予想されるデータマイニングと製造技術分野の融合に向けた布石として、本研究を行う必要がある。

2. 研究の目的

従来型の機械学習手法よりも、高精度に技術者への的確な技能伝承が行えるアンサンブル学習を用いたデータマイニングシステムを、難削材加工用の研削砥石データベースに適用することにより、加工特性が未知の難削材料や砥石要素に対応可能な砥石選定支援システムを構築する。被削材に一般材料であるS45CおよびS53C、難削材であるインコネル718を用いた場合の推奨砥石と非推奨砥石による平面研削を実施し、システムの有用性評価を行う。

3. 研究の方法

先行研究において、3種類のカatalogデータを統合したデータベースに対してランダムフォレスト手法を用いることで、テストデータである被削材物性値から推奨砥石の要素を出力するシステムの構築を行った。その概略図を図1に示す。本報ではそのシステムの有用性を検証するため、システムに学習済みの材料物性値をテストデータとして用いる場合と、未学習の材料物性値をテストデータとして用いる場合の2つの観点から評価を行った。まずシステムに学習済みの材料として、一般材料であるS45CおよびS53Cに対する推奨砥石の出力を行った。結果としては、S45Cに対してはWA60J、S53Cに対してはWA46Jが推奨された。そのため、一般材料ではそれぞれ比較用砥石を含めたWA46J、WA60J、WA46Kの3種類の砥石を用いて検証を行う。次に、システムに未学習の材料として難削材であるインコネル718を用い、結果としてはPA46Jが推奨された。そのため、比較用砥石を含めたPA46J、WA46J、GC46Jの3種類の砥石を用いて検証を行う。工作機械は岡本工作機械製作所製の平面研削盤OMA-450DXCを使用し、研削砥石にはクレトイシ製のものを使用した。本実験では粗研削を想定し、1パスごとに10 μ m切り込み、アップカットとダウンカットを繰り返し合計50パス行う。砥石摩耗量の測定については、研削加工後の砥石形状をアクリル板に転写させ、転写されたアクリル板におけるy軸方向の断面形状を測定することにより、砥石摩耗量を求める。

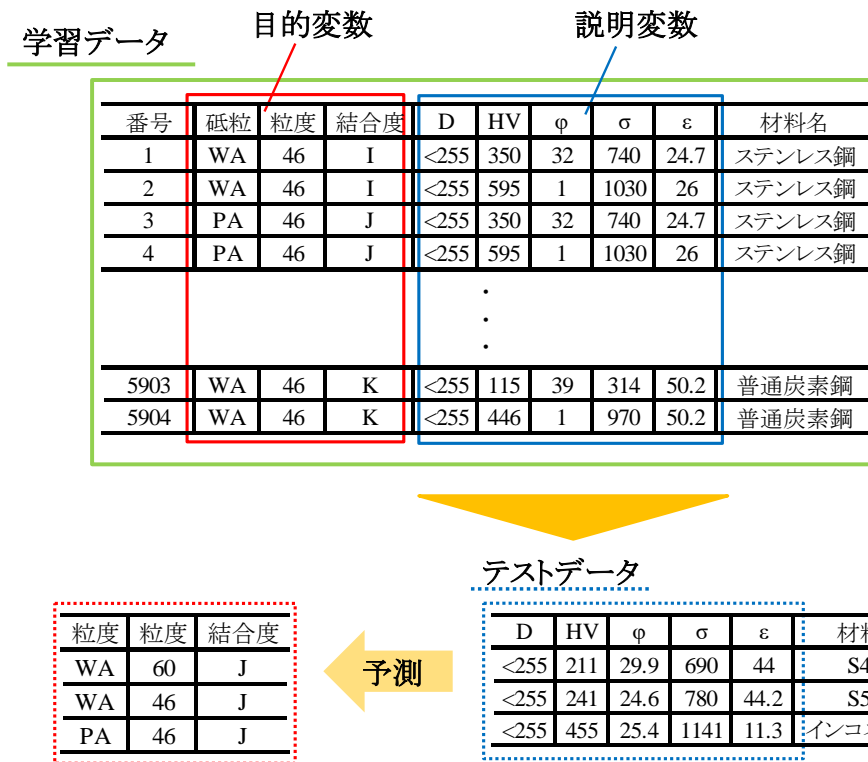


図1 ランダムフォレストの概略図

4. 研究成果

各砥石から得られた研削比を比較したものを図2に示す。a, b, cはそれぞれS45C, S53C, インコネル718の比較を示している。

まず一般材料について、S45CではWA60Jが研削比117.2と最も高く、S53CではWA46Jが研削比100.3と最も高い結果となり、どちらも本システムによって推奨された砥石が研削性能としては優れていることがわかる。また、今回用いたSC材はJIS規格によって既に推奨砥石が決まっており、WA46J, WA60J, WA46Kのいずれかといった表記になっている。しかしながら本システムでは、S45CとS53Cの物性値の違いからそれぞれ最も適した砥石を出力でき、粒度や結合度といった細かな違いにも対応できていることがわかった。

次に難削材であるインコネル718についても、本システムが推奨したPA46Jが研削比2.13と最も高い結果となった。また従来、インコネルに対し一般砥石を用いて研削を行う際、WA砥石を用いたという事例があるが、今回そのWA砥石よりも本システムが推奨したPA砥石の方が研削性能において上回っていたため、学習外の被削材に対しても十分な研削性能が得られる砥石を決定できるシステムであることが示されたと考えている。

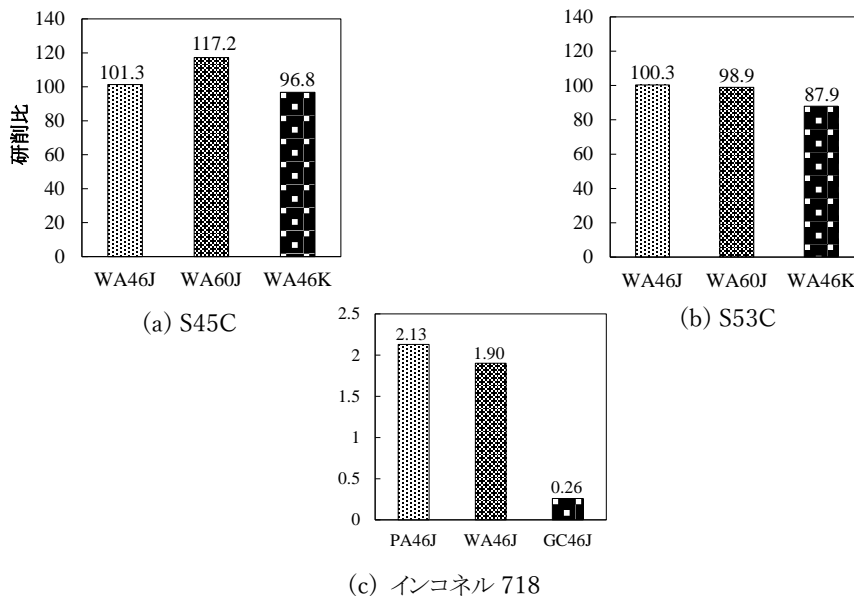


図2 研削比の比較結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hiroyuki Kodama; Itaru Uotani; Kazuhito Ohashi	4. 巻 9
2. 論文標題 Decision support system for principal factors of grinding wheel using data mining methodology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Abrasive Technology	6. 最初と最後の頁 89-98
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1504/IJAT.2019.101399	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiroyuki Kodama; Takao Mendori; Kazuhito Ohashi	4. 巻 9
2. 論文標題 Investigation of principal factor decision support system using data mining methodology for surface grinding wheel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Abrasive Technology	6. 最初と最後の頁 303-318
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1504/IJAT.2019.106676	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hiroyuki KODAMA, Takao Mendori and Kazuhito OHASHI
2. 発表標題 Investigation of Principal Factor Decision Support System Using Data-Mining Methodology for Surface Grinding Wheel
3. 学会等名 The 22nd International Symposium on Advances in Abrasive Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Kodama, Kazuhito Ohashi, Itaru Uotani
2. 発表標題 Decision Support System for Grinding Wheel Selection Using Data-Mining
3. 学会等名 euspen 's 18th International Conference & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyuki KODAMA, Itaru UOTANI and Kazuhito OHASHI
2. 発表標題 Decision Support System for Principal Factors of Grinding Wheel Using Data-Mining Methodology
3. 学会等名 The 21st International Symposium on Advances in Abrasive Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関