

機械加工用データのオントロジーに関する研究

北見工業大学 ○岩田 太郎, 裡 しゃりふ

要旨

第4次産業革命においてあらゆる製造コンテンツのデジタル化が求められている。そこで生産加工データのデジタル化を実現するため人間及び機械が理解できるような独自のオントロジーの開発が必要である。本研究ではそのオントロジーを明確にし、概念マップを用いて大量の実験資料を少量かつ人間にとってわかりやすいように作成することができた。次の段階では作成した概念マップを機械が理解できるようなシステム化について取り組む。

1. はじめに

現在製造業はスマートマニュファクチャリングとして知られる第4次産業革命のもと急激に変化しており、デジタル化されたデータ及びビッグデータの活躍が期待される。ビッグデータは日々の製造及び研究活動から得られた膨大な資料をデジタル化し、ネットワーク化する。本研究では生産加工における資料をどのようにデジタル化するかを取り上げる。図1は資料とビッグデータの関係を表したものである。図1に示すように、研究や製造活動から資料が発生し、その資料を特殊なオントロジーを用いて整理し、そのデジタルデータをビッグデータに導入することが求められる。このように今後あらゆる製造コンテンツのデジタル化の提供は第4次産業革命の発展に役立つ。本研究では生産加工データのデジタル化を実現するため、独自のオントロジーを用いてデジタル化を行うことを目的とする。

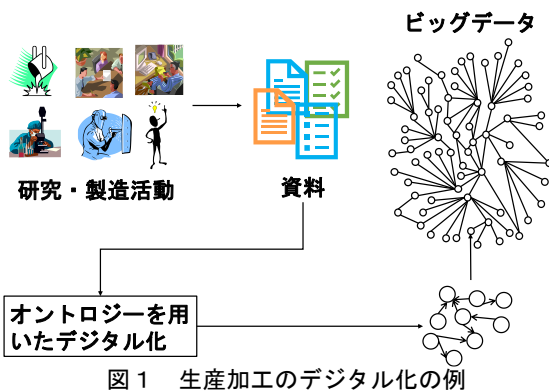


図1 生産加工のデジタル化の例

2. 方法論

まず初めに、生産加工データのデジタル化を行うために、資料を整理するためのオントロジーを考案する。

今回のオントロジーは概念マップで表す。概念マップは生産加工におけるある主な概念について作成者の理解に応じることができる。各概念マップは大元概念と子概念、つなぎ言葉の3つの要素で構成されると定義した。そして、大元概念は概念マップで一番重要な概念であり、子概念は大元概念ではない概念、つなぎ言葉は概念と概念をつなぐ役割を果たす。概念マップの一例は図2のようになっている。

図2の概念マップは「切削加工は表面粗さと環境への負担、加工時間、工作摩耗、切りくずによって評価する」という文を表している。「切削加工」は大元概念であり、「表面粗さ、環境への負担、工作摩耗、切りくず」は子概念であり、「は、によって評価する」はつなぎ言葉である。したがって、概念マップは非常に柔軟なオントロジーであり、作成者の理解に応じた表現で構成することができる。しかし、概念マップそのものだけで有効的なデータの整理は困難である。そこで該当する概念に様々なコンテンツ(動画や写真、グラフ、図、テキストなど)を添付することによってより効果的なデータを整理することができる。このことを踏まえて、コンテンツを含んだ概念を添付資料という概念と定義する。そして先ほど挙げた3つの要素に添付資料を加えて、今回は概念マップを作成する。また場合に応じて、該当する概念に他の概念マップを結合させることも考えられる。

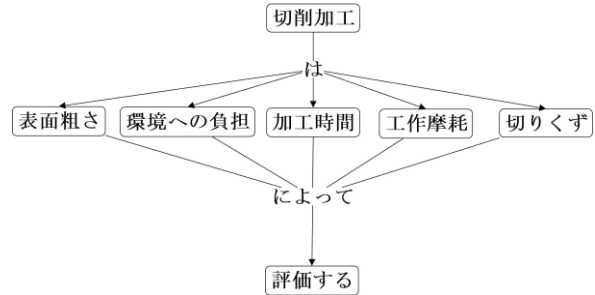


図2 概念マップの構成の例

実際に概念マップにコンテンツを挿入した例が図3となっている。図3の概念マップは図2の文と「切りくずの写真はここです」の2つの文を表しており、「切削加工」は大元概念であり、「表面粗さ、環境への負担、工作摩耗、切りくず、写真」は子概念であり、「は、によって評価する、の、は」はつなぎ言葉であり、「ここです」は添付資料である。その中で「表面粗さ、環境への負担、加工時間、工作摩耗、切りくず」にそれぞれが大元概念となった概念マップを結合している。また、「ここです」には切りくずの写真が添付されている。これらの概念マップを作成するために CmapTools などが使用できる。特に NASA では、概念マップで作成されたコンテンツが教育及び工学的工程に効果的に使用されている。

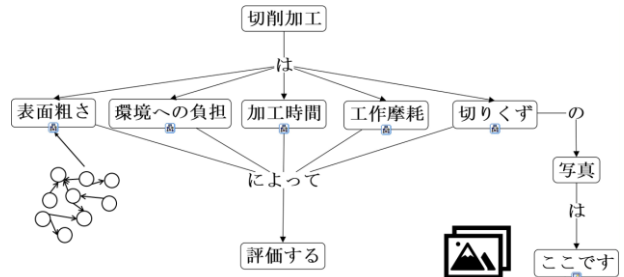


図3 コンテンツや概念マップを挿入した例

3. 結果

本研究では、図4のように異材接合された試験片の切削加工の実験データから資料を作成し、概念マップを用いて整理した。図4のように、資料の中には工作物の形状や工作物の材料、工具の形状、工作機械の詳細、切削条件の詳細、センサー信号から得られた抵抗やトルクなどの数値データなどを用いた資料があった。そして、概念マップを用いてこれらの資料を整理にあたり、8個の概念マップを製作した。マップ番号①...⑧の大元概念はそれぞれ「目的、工作物、加工条件、切削加工、切削工具、センサー、トルク、加工抵抗」となっている。ここで、それぞれの概念マップを構成する文を見ていく。マップ番号①...⑧はそれぞれ「本実験の目的は異なる金属で構成された工作物を加工条件で切削加工する時に発生するトルクや加工抵抗を調べることである」、「工作物は金属Aと金属Bの異なる2つの物体を溶接することで作成する 工作物の詳細はここです 金属Aと金属Bの詳細はここです」、「切削加工を行う際に切削工具、工作機械、加工条件が必要である 加工条件の詳細はここです 切削工具の詳細はここです 工作機械の詳細はここです 切削加工を行うとトルクや加工抵抗が発生する」、「加工条

件としては切削速度と主軸回転数、1刃送り量、テーブル送り速度、切込深さ、切り込幅、切削方向で表す「切削方向の詳細はここです」、「切削工具はエンドミル専用の工具である」「切削工具にセンサーを取りつける」、「切削工具に取り付けたセンサーを用いてトルクや加工抵抗のデータを獲得する」「センサーの詳細はここです」、「獲得されたトルクは加工条件ごとにグラフで示す」「グラフはここです」「トルクの詳細はここです」、「獲得された加工抵抗は加工条件ごとにグラフで示す」「グラフはここです」「加工抵抗の詳細はここです」を表している。これらの概念マップは参考文献 1 に示す URL から閲覧することができる。

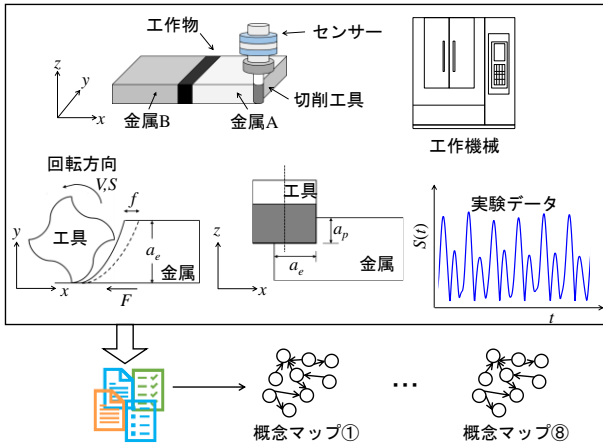


図 4 概念マップを用いてまとめるまでの流れ

図 5 は今回ビッグデータに導入したマップ番号⑥と⑦を表している。

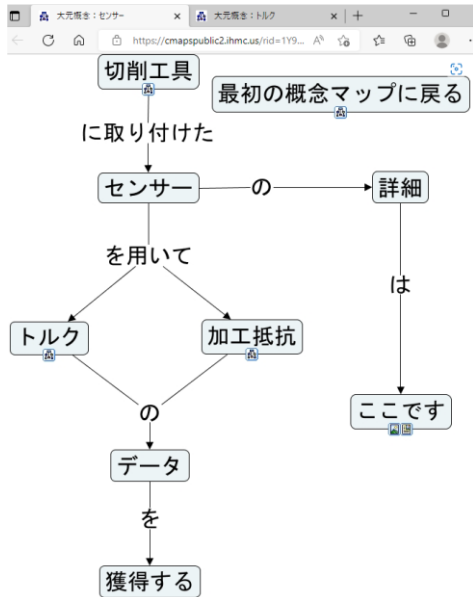


図 5 マップ番号⑥の概念マップ

マップ番号⑥の「センサー」は大元概念であり、「切削工具、トルク、加工抵抗、データ、詳細」は子概念であり、「に取り付けた、を用いて、の、を獲得する、の、は」がつながり言葉であり、「ここです」が添付資料である。その中で「トルク」には⑧の概念マップを、「切削工具、加工抵抗」にはそれぞれが大元概念となった概念マップを結合しており、「ここです」にはセンサーの写真などの資料を挿入している。またマップ番号⑦の「トルク」は大元概念であり、「加工条件、グラフ、

詳細」は子概念であり、「獲得された、は、ごとに、で、の、は、は」がつながり言葉であり、「ここです、ここです」が添付資料である。「加工条件」には加工条件が大元概念となった概念マップを結合しており「ここです、ここです」にはそれぞれトルク理論の資料やトルクのグラフの資料を挿入している。そして、各概念マップの「最初の概念マップに戻る」にはマップ番号①の大元概念：目的の概念マップが結合されており、移動することができる。

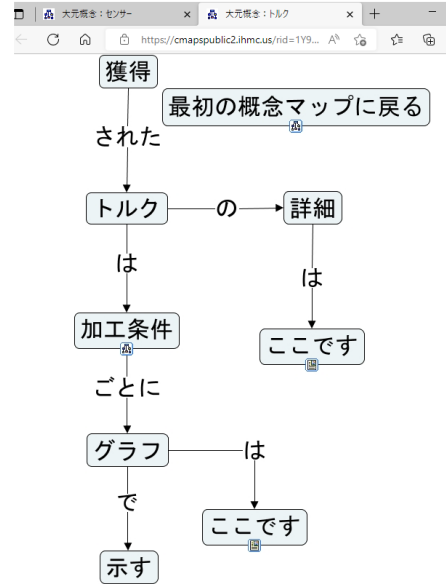


図 6 概念マップを用いてまとめるまでの流れ

以上のことから、独自のオントロジーとして人間が理解可能な概念マップを作成することができた。そして、切削加工データの資料を 8 つという少ない数の概念マップで整理し、資料の見える化を図ることができた。上記で述べた結果の経験を活かし、現在は産業技術総合研究所が提供する 100 件の加工実験データの概念マップ化を行っている。一方で今回の概念マップの Extensible Markup Language (XML) データを作成することによって、機械学習を行うことは可能になるので、次の段階では作成した概念マップを機械学習できるようなシステム化について取り組む。

4. 結論

今回の研究では以下のような結論に至った。

- 1) 独自のオントロジーとして人間が理解可能な概念マップを作成することができた。
- 2) 切削加工データの資料を 8 つという少ない数の概念マップで整理し、資料の見える化を図ることができた。
- 3) 作成した概念マップを機械学習できるようなシステム化について取り組む。

参考文献

1. A.M.M. Sharif Ullah, N. Arai, and M. Watanabe. Concept Map and Internet-aided Manufacturing. *Procedia CIRP*, 12, pp. 378-383, 2013.
2. J. D. Novak and B. D. Gowin, B.D. *Learning How to Learn*. Cambridge University Press: New York and Cambridge, 1984.
3. A. K. Ghosh, A. M. M. S. Ullah, R. Teti, and A. Kubo. Developing sensor signal-based digital twins for intelligent machine tools. *Journal of Industrial Information Integration*, 24, Article Number 100242, 2021.
4. 後藤 翼. セマンティックウェブを用いた論理的製造知識の表現方法. 卒業研究論文, 国立大学法人 北見工業大学 工学部 機械工学科, 平成 28 年(2016).
5. 概念マップ. URL = <https://bit.ly/3PIgfzt>