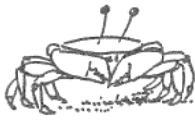


アーク溶接ロボットのオフライン 支援システムとその機能



研究ノート

前川 仁*, 仲田周次**

1. まえがき

ニーズの多様化に適應可能な柔軟な生産システムを構築するには、設計情報（CAD情報）の有効利用が不可欠である。これに対し、従来の教示—再生型アーク溶接ロボットは、人手による直接教示を原則としているため、教示作業の間ロボットを占有しなければならない。このことは、単に教示作業が全工程のボトルネックに成り得ることを示すだけでなく、教示者が設計情報を一旦翻訳し、ロボットに入力しなおす形態であるため、設計情報の直接利用が困難であることを示している。また、このとき作られるジョブデータは、通常そのロボット固有の機械コードに近い形態であるため、どのような作業を教示したものであるか読み取り難く、類似作業へのその再利用や、他機種への適用は不可能に近い。即ち、ロボットソフトウェアの保守性に問題がある。

このような直接教示の問題点を解決するため、教示—再生型アーク溶接ロボットの教示データの生成・管理をパーソナルコンピュータで支援する計算機援用溶接システムを構成し、その基本的機能の検証を行っている。

2. 支援システムにおける溶接情報処理

本システムでは、溶接情報を図1に示すように、1) タスクレベル、2) ツールレベル、3) ロボットレベル、4) マシンコードレベルの四層で処理することとし、それぞれのレベルで必

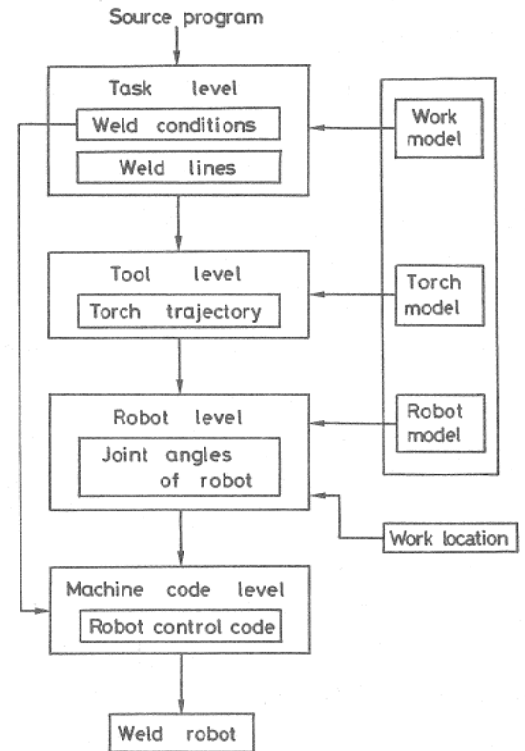


図1 オフライン支援システムにおける溶接情報処理

要な情報は、外部ファイルより受け入れることとしている。各レベルでの処理の概要は次の通りである。

タスクレベルでは、溶接作業そのものだけを考え、溶接箇所、トーチ姿勢、その他の溶接条件を記述する。溶接箇所は、溶接対象（ワーク）モデル上で頂点名、稜線名などを用いて指示する。これは、別途開発したロボット言語を用いるか、或はワークモデルをディスプレイで見ながら対話的に行える。このとき、ある溶接線上でのトーチ姿勢の実現可能性や、溶接線間の移動経路は考慮する必要はない。

ツールレベルでは、上で指示された溶接線上のトーチの安全性と、各溶接線間のトーチ移動経路の算出をロボットやポジショナー等の作業環境から独立して行う。すなわち、ロボットが

*前川 仁 (Hitoshi MAEKAWA), 大阪大学工学部, 生産加工工学科, 助手, 工学博士, 生産加工機器

**仲田周次 (Shuji NAKATA), 大阪大学工学部, 生産加工工学科, 教授, 工学博士, 生産加工プロセス・機器

どのような姿勢でこれを実現するかは問題にせず、ワーク上でのトーチの動作として溶接作業を表現したデータが得られる。このような形態の情報は、ロボットの機種や、ワークの据え付け場所などに関わりのない情報であり、可搬性が高い。

次に、このデータをロボットで実現する必要があり、ロボットレベルとマシンコードレベルでその処理を行う。前述のトーチ軌跡を実現するためのロボット姿勢は、ワークの位置と、ロボットの形状、寸法を与えることにより算出できる。現在、これを5自由度の垂直多関節型ロボットに対して実現している。ここでは、直ちに実行可能なロボットコードが必要となるのではなく、ロボットが生産ライン上でどのように所定の溶接をこなすか模擬する動作シミュレーションが不可欠である。この機能により、溶接工程の検討を必要なだけ（生産ラインとは独立に、安全に）行うことができる。

3. トーチ軌跡生成への対象物体モデルの利用法

直接教示では、教示者がワークとロボット・トーチを視認しながら安全なトーチ動作の教示を行うが、これを支援システムで代行するには、ワークモデルの部分形状を認識するアルゴリズムが必要となる。

本研究におけるワークモデルは、頂点、稜線、面分から成る多面体を対象としている。その頂点はモデル座標値を持ち、稜線は頂点名で、面分は稜線名でそれぞれ定義する。稜線は、その両側の面分が凹部を作るか凸部を作るかの情報を持つ。面分は、外向き法線ベクトルを持つ。なお、モデルの各要素は、探索を容易にするため、Prolog-KABAの述語で表現している。

トーチ軌跡の生成には、溶接線近傍の突起部分と、溶接線を跨ぐような構造を認識する必要があり、これらを構成する面分を突起面分と橋絡面分と呼ぶ。ワーク上の溶接線を与えることにより、それに関連した突起面分、橋絡面分を探索するプログラムは、Prologではこれらの定義に近い形で実現できる。図2に、橋絡面分の探索結果を示す。同図中、e8が着目稜線で、

これに対する橋絡面分の探索結果が実線で示されている。

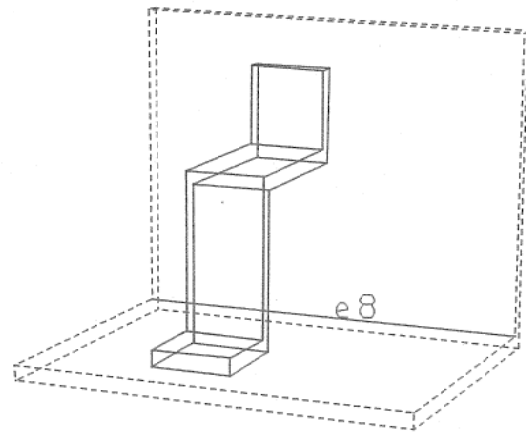


図2. 着目稜線e8に対する橋絡面分（実線）の探索結果

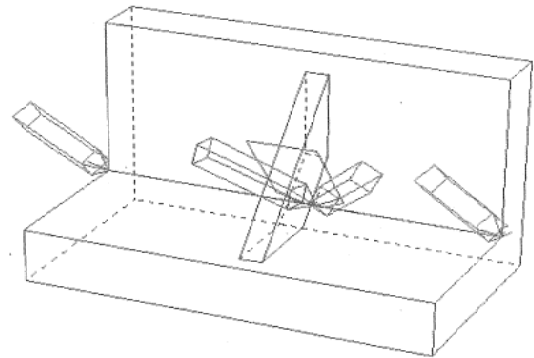


図3 橋絡面分があることによる溶接線の分割。四角柱でトーチヘッドを近似している。

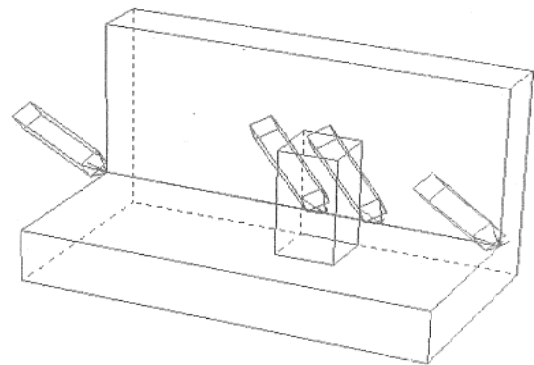


図4 突起面分によるトーチ姿勢の修正。

以上のように選び出された溶接線廻りの部分形状に対し、トーチの接触や衝突（干渉）を計算し、干渉が予期される場合は、これを回避したトーチ軌跡を生成することとした。図3は、タスクレベルでは1本の溶接線として指定した稜線が、橋絡面分を持つために分割された例を示す。図4は、指定姿勢のままでは途中の突起

面分にトーチが接触することが検出され、その部分でトーチ姿勢が修正された例を示す。ただし、支援システムが提示した解をそのまま教示データとしてよいかどうかは一概に決められないので、適宜、教示者が対話的に介入することができる。ある溶接線と他の溶接線とのトーチ移動経路も同様に算出されるが、詳細は割愛する。図5にロボットシミュレーションの例を示す。

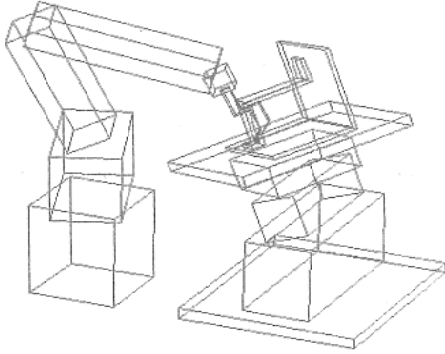


図5 ロボットシミュレーションの例。ロボットアーム、ポジションを直方体で近似している。

以上のように、モデル全体を見ずに溶接線近傍に着目して処理を進める方式は、処理速度、計算コストの低減の観点から、ワーク形状が複雑になるほど重要となる。

4. あとがき

本稿では、溶接ロボットを中核とする生産工程を対象とし、ソフトウェア資産の維持、管理を支援システムの重要な役割としてとらえ、そのプロトタイプを示した。技術の進展、ニーズの多様化により、生産工程を取り巻く環境も急激に変化していくが、このような状況では、技術革新を積極的に取り入れると同時に、従来技術をどのように維持、継承しその中に生かして行くかが重要である。本稿では触れることのできなかつた溶接条件の取扱いについても、この観点に立った接近がますます必要になるものと考えられる。

