

## CADデータに基づく溶接用ロボットの姿勢制御 - ポテンシャルを用いた干渉回避 -

金沢大学 藤井辰徳, 浅川直紀, 平尾政利  
JFE エンジニアリング(株) 勘定義弘

Posture control of welding robot the basis of CAD data  
- Collision avoidance using potential field -

Kanazawa university Tatsunori FUJII, Naoki ASAKAWA and Masatoshi HIRAO  
JFE Engineering Corporation Yoshihiro KANJO

The study deals with an automation of the welding by generating the control command for the welding robot automatically. Generally, a movement of a robot is decided depending on the tool path - a series of position and posture of the tool attached to the mechanical interface - of the robot. We tried to generate the tool path focused on a collision avoidance of the welding tool on the bases of CAD data of the workpiece. In the study, to cope with a characteristic of the welding, which is required to be continuous in tool velocity and posture, the tool path is generated by use of a potential field in a configuration space. As a result, the system is found effective to generate smooth and collision-free tool path.

### 1. はじめに

溶接作業は3K作業であるため古くから産業用ロボットを用いて自動化が試みられており、現在においても生産効率の向上や品質の向上を求めて自動化は進んでいる。しかし、近年では多品種少量生産化、工作物形状の複雑化が進み、溶接トーチ・ロボットと工作物との干渉が生じる危険性が高く、ロボットに動作を教示するためのティーチング作業は非常に熟練と時間を必要とする作業となっている。そのためロボット動作プログラムを自動生成することにより溶接作業を自動化することが望まれている。ロボットの動作を決定するためには、メカニカルインターフェイスに取り付けた工具がどのように動くかを決定する必要がある。そこで本報では工作物のCADデータを利用して、溶接トーチの干渉を考慮した工具経路の生成を試みた。

### 2. 対象作業

本研究では造船・橋梁等に用いられる大型構造物のアーチ溶接を対象とする。この分野では図1に示すようなスティフナ(補強材)が多く取り付けられていることから、本報では図2に示す形状のものを対象工作物とする。溶接を行うロボットは垂直多関節型6軸ロボット(松下溶接システム(株)VR-008A, 全高1240mm)を用い、ロボットハンド先端にはアーチ溶接を行う溶接トーチが取り付けられている。

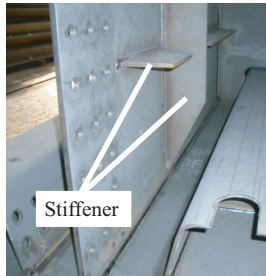


Fig. 1 Workpiece with stiffener

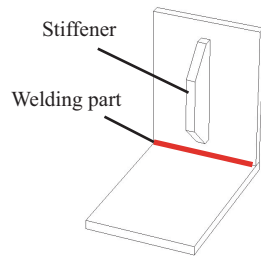


Fig. 2 Modeled workpiece

### 3. 工具経路

工具経路とは作業における一連の溶接トーチの位置、姿勢を表したものであり、ここでは図3に示すようにトーチ先端の位置を加工点P、トーチの軸方向を表すベクトルをT、トーチの軸回りの姿勢を表すベクトルをDとし、工作物のCADデータから生成する。Pは溶接線を任意に分割して生成し、Tは各分割点に

おいて溶接線を作る部材の成す角を2等分する方向として求め、Dは隣り合うPの差から求めたベクトルVとTの外積として求める。

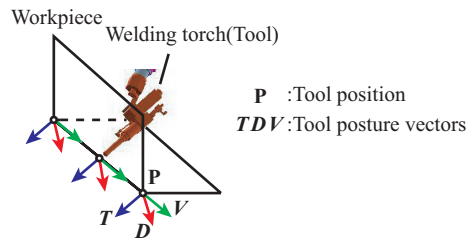


Fig.3 Tool path

### 4. システム概要

システムの概略を図4に示す。EWS(PFU(株)GP400S model5)上のCADシステム(リコー(株)DESIGNBASE)において工作物を定義したCADデータから、メインプロセッサにて干渉回避を考慮した工具経路を生成する。その後、それをポストプロセッサにてロボット動作プログラムに変換し、動作プログラムとしてロボットへ転送する。本研究の内容はメインプロセッサの部分に相当する。

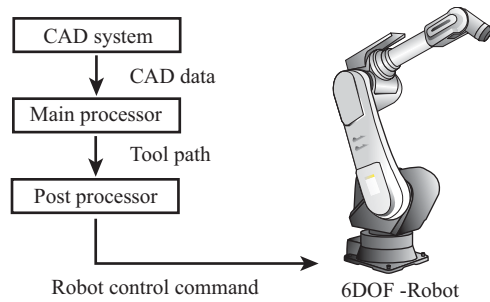


Fig.4 Configuration of the system

### 5. 干渉回避の概要

本研究では工具姿勢をパラメータとするコンフィギュレーション空間内にポテンシャル場を生成することで干渉回避溶接経路の生成を試みた。以下に概要を述べる。

- 1) 工具経路上の各点Pにおいて、Tベクトルが壁から45度傾いた姿勢の工具を生成する。この姿勢は溶接品質が一番優れている姿勢であるため、これを基本姿勢と

呼ぶことにする(図5)。

- 2) 各点Pにおける基本姿勢の工具のD,V,Tベクトルを回転させることで姿勢を変化させ、干渉検出を行う。
- 3) Dベクトル周りの回転角度  $\alpha$ , Vベクトル周りの回転角度  $\beta$ , Tベクトル周りの回転角度  $\gamma$  を軸とし、基本姿勢を示す座標を空間の中心としたコンフィギュレーション空間上に2)で得られた干渉姿勢を写像する(図6)。
- 4) 得られた干渉領域からは斥力を、基本姿勢からは引力を、さらに干渉領域内から出て行く力を発生させ、各加工点Pにおけるポテンシャル場を生成する(図7)。
- 5) 1つ目の点P<sub>0</sub>でのポテンシャル場上で、質点の運動を考える。基本姿勢座標から質点を運動させ、一定時間後の質点の位置をその点での姿勢とする。
- 6) 次の点P<sub>1</sub>では、1つ前の点での質点の位置と速度を、それぞれ初期位置、初期速度として、ポテンシャル場上で質点を運動させる。これによって溶接作業に重要な一つ前の点との連続性を確保することができる。これを最後のステップまで繰り返し、工具経路を生成する。

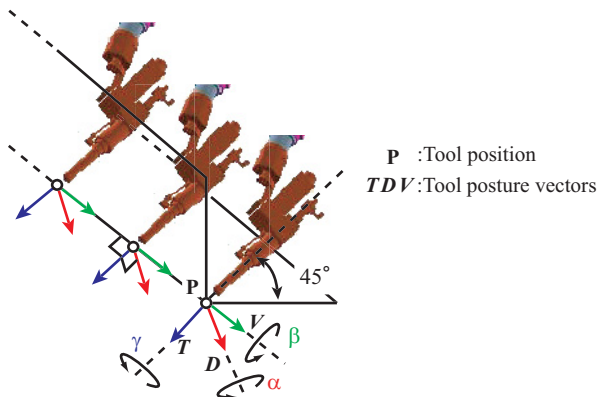


Fig.5 Basic tool posture

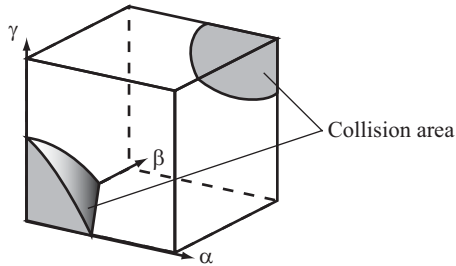


Fig.6 Collision area

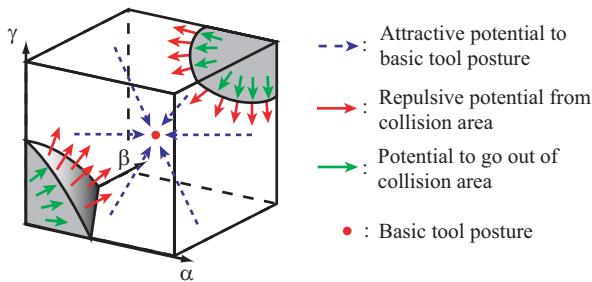


Fig.7 Generation of potential field

## 6. 実験

以上のシステムを用いてシミュレーションを行った。なお、溶接トーチは図8のようにモデル化し、干渉回避の計算を行った。溶接トーチを傾けすぎると溶接品質が低下するため、

を基本姿勢から  $\pm 15$  度までの範囲とした。また、 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  を 13 分割、 $\gamma$  を 25 分割、合計 4225 個の姿勢について干渉検出し、干渉領域の計算を行った。そのため、図9に示す例のように、干渉領域はボクセル表示になり、一つのボクセルが一つの工具姿勢を表すことになる。図10にその干渉領域から生成したポテンシャル場を示す。図11に生成した工具経路を示す。スティフナとの干渉を回避した工具経路が生成されているのがわかる。この工具経路によるロボット動作の様子を図12に示す。

7. おわりに  
 工作物のCADデータを利用し、溶接トーチの干渉を考慮した工具経路を生成し、動作プログラムを自動生成するシステムの開発を行った。さらに、そのシステムにより生成した動作プログラムを検証し、干渉が生じていないことを確認した。

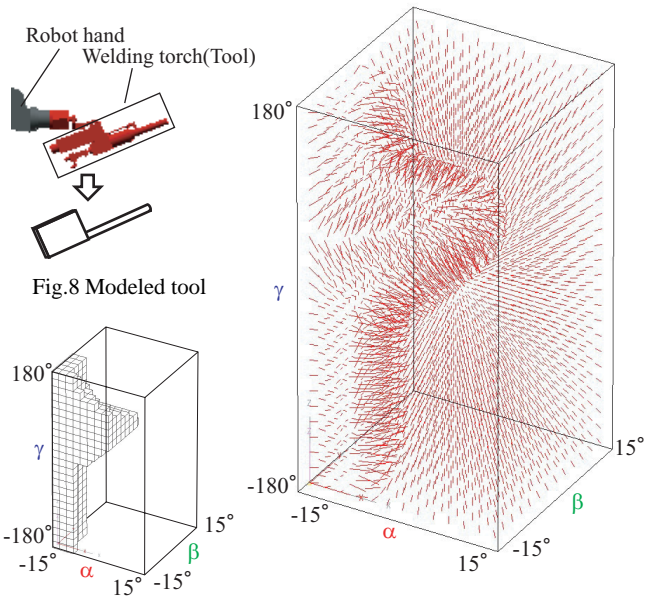


Fig.8 Modeled tool

Fig.10 Potential field

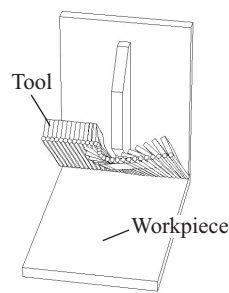


Fig.11 Tool path considering collision

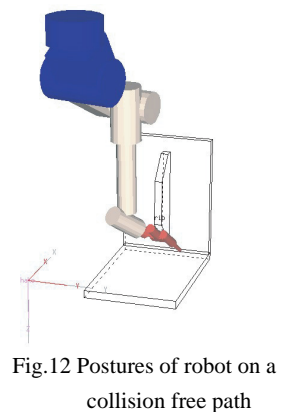


Fig.12 Postures of robot on a collision free path

## 参考文献

- 1) 太田順, 倉林大輔, 新井民夫: 知能ロボット入門, コロナ社 (2001)
- 2) 飯塚善弘, 浅川直紀, 平尾政利, 勘定義弘: 戦略的逆運動学による産業用ロボットのオフラインティーチング, 2003年度精密工学会春季大会講演論文集, M36(2003)
- 3) 西川司, 浅川直紀, 平尾政利, 勘定義弘: CADデータに基づく溶接ロボットの姿勢制御, 2003年度精密工学会秋季大会講演論文集, N00(2003)