

Title	ポテンシャル場を用いた関節ロボットの位置決め制御に関する研究
Author(s)	田中, 宏和
Citation	
Issue Date	1999-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1226
Rights	
Description	Supervisor:浅野 哲夫, 情報科学研究科, 修士

ポテンシャル場を用いた関節ロボットの 位置決め制御に関する研究

田中 宏和

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1999 年 2 月 15 日

キーワード: コンフィギュレーション空間, 冗長性, 動作計画, ドローネ網, ポテンシャル場.

近年, 組み立て工場で働くロボットの制御や人体に危険な環境における作業を遠隔操作によって行なうことを目的として, ロボット工学は産業分野のみならず非産業分野においても色々と研究がなされている. 組み立て工場の生産ラインで働くロボットに仕事を教示するには大変に時間がかかるので, 多くの場合そのような教示にはコンピュータを用いて, シミュレーションにより動作計画を効率よく行なう. また, 自由度 (DOF) の数が多いロボットも同様にシミュレーションにより動作計画を立てるが, 非常に時間がかかってしまう. 本稿では, 動作計画にかかる時間の短縮と, さらに動作計画自体に柔軟性を持たせるために, 静的環境における関節ロボットの位置決め制御に関する新たな手法を提案する.

まず最初に, 本論文で提案する動作計画の前処理について説明する. コンフィギュレーション空間 (C空間) を用いた本手法は, 多くの難しい経路探索問題を短時間で解くことができる. しかも, 前処理自身にもそれほど時間がかからないですむ. この前処理では, 始めにC空間内のいたるところにロボットのランダムな姿勢 (節点) をいくつも与えておく. それらの姿勢において障害物と衝突しないか, ロボットのリンク部分どうしが衝突しないかを調べ, 衝突しないことが確認された時だけC空間にその姿勢を加える. そして, ドローネ網の手法を用いてそれらの姿勢を次々にグラフに結合していく; ドローネ網を作成しておく, グラフを短時間で構成できる. このステップを, 節点の数が前もって定めた N 個に達するまで繰り返す. また, ロボットの初期姿勢もこの段階でグラフに結合しておく.

関節ロボットの動作計画問題とは, 関節ロボットを与えられた初期姿勢から目標とする最終姿勢まで動かすために, その作業空間内においてどの障害物とも決して衝突しない

という条件を満たすような連続動作を見つけることである。今までに行なわれている一般的な手法では、最終姿勢を決定するために更にいくつかの条件が加えられる。例えば、前もって与えられた経路にそって関節ロボットを動作させるために各関節の角度を前もって計算したり、前もって与えられた位置に肘関節をもっていったり、関節の位置を常にいちばん低く保つなどの制約がある；この肘関節の位置を低く保つ姿勢は、その姿勢を長時間保持するときに有効である。既に存在するC空間を用いた手法として、与えられた初期姿勢をあらわす節点から最終目標姿勢をあらわす節点までの経路計画を立てる問題は、それらの節点をむすぶ枝から成り立つ経路をグラフから探索することにより解くことができる。しかし、目標姿勢をたった1点に限定してしまうのは順応性や効率を考えるとあまりよくない。関節ロボットは、指定された動作に必要な自由度より多くの自由度を有するとき（運動学的に）”冗長性がある”という。関節ロボットの冗長性は行なう作業の種類により決まる。例えば、平面上で動作する3関節ロボットはエンドエフェクタがどの位置にあるとも冗長性がある。別の表現で説明すると、平面上で動作する4関節ロボットにおいてエンドエフェクタの位置と姿勢がともに指定された作業は、ロボットの先端のリンクに附属する関節部分をエンドエフェクタ部だと考えることにより、エンドエフェクタ部の位置だけが指定された平面上で動作する3関節ロボットとみなすことができる。この時、この3関節ロボットは冗長性がある。つまり、冗長性のある関節ロボットの動作計画における最終姿勢はエンドエフェクタの位置にのみ拘束される。よって、そのようなエンドエフェクタの位置を満たす姿勢をすべて目標姿勢の候補としてもよいはずである。

前処理が終わると、エンドエフェクタ部が目標位置を満たすすべての姿勢を定式化した式から計算により求める。そして、それらの姿勢をすべて再びドロネー網の作成法を用いてグラフに結合する。これまでに行なわれていた手法では、グラフはただの幅優先探索のアルゴリズムによって構成されていたが、本稿においては擬似ポテンシャル場の手法を用いた。

擬似ポテンシャルとは、関節ロボットのC空間におけるポテンシャルエネルギーを数学的に表したものである。C空間内において避けるべき領域は反発するポテンシャル（エネルギーの峰）で表され、エンドエフェクタが向かうべき領域は引きつけるポテンシャル（エネルギーの谷）で表される。そのようなポテンシャルの斥力と引力を足し合わせることでC空間におけるエネルギーの位相が求まる。よってその関節ロボットのC空間において、どの位置の点をとってこようにもポテンシャルエネルギーの値が計算により求まり、また力の勾配関係もわかる。関節ロボットの姿勢をあらわす点は、C空間においてその空間を構成しているポテンシャルエネルギー関数にしたがう力により空間内を動く。以前に行なわれている擬似ポテンシャル場に関する研究では、障害物の外形をより精密に表現でき、かつその関節ロボットのC空間内において極小点を生じない障害物回避ポテンシャルが必要であることが説明されている。しかし、本稿で提案する手法ではグラフと、ポテンシャル場における波紋に似せた生成法を用いることによりそれらの問題を解決した。

経路探索アルゴリズムにより姿勢をあらわすすべての節点は、目標姿勢をあらわす節点

に最も短い経路によってつながれる．このアルゴリズムはあたかも並列に幅優先探索をすすめるように，目標姿勢をあらわす節点をそれぞれ根とする森を作成する．そして初期姿勢をあらわす節点がそれらの木のどれかに接続された時点でアルゴリズムは終了し，初期姿勢から目標姿勢の経路上にある節点を順番に表示してゆく．アルゴリズムが失敗に終わるのは，初期姿勢をあらわす節点がグラフのどの節点とも結合できていない時か，または初期姿勢をあらわす節点が結合されているグラフと目標姿勢をあらわす節点が結合されているグラフが完全に分離されてしまっている時である．また，実際にこのアルゴリズムを使用する際には，求まった経路に他のアルゴリズムを適用することにより経路を滑らかにすることも可能である．

本稿においては，ロボットの動作計画と制御における新しい方法論を提案した．この研究によりC空間内のほとんどすべての初期姿勢から障害物と衝突せずに目標姿勢にたどり着く経路が見つかる方法確立した．この制御法を平面上で動作する3関節リンクに適応し，シミュレーションを行なった．以上に説明した方法をワークステーション上にC言語で実装し，得られた実験結果および本アルゴリズムの解析結果を示した．