

車両型ロボットの移動に関する環境に適応した動作 制御手法の研究

岩本, 憲泰

<https://doi.org/10.15017/1654871>

出版情報：九州大学, 2015, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 岩本 憲泰

論 文 名 : 車両型ロボットの移動に関する環境に適応した動作制御手法の研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

ロボットの移動は、動作環境の認識、地図生成、自己位置の推定、目標軌道の計算や追従の技術が基本となる。ロボットの自律した移動やタスクの完遂を考えると、あらかじめ動作環境地図を有していることが望ましい。しかし、この環境地図を作成し、ロボットに与える作業は、コストが大きく、たとえロボットに地図を与えたとしても、その地図が正確である保証はない。そのため、事前地図を有しない未知環境においても、自律した移動やタスクの完遂が望まれる。未知環境で動作する場合は、ロボットには環境の認識や地図生成、自己位置推定の基本技術だけでなく、環境に適応した動作制御が求められる。例えば、作業中に同時に環境を計測することで徐々に明確になる地図や、その時の状況に適した動作を選択する手法が考えられる。また、従来、ロボットに要求されてきた動作よりも高度な動作を求める状況も考えられる。車両型のロボットは、機構や移動のための制御が簡便であることから、多くの商用ロボットで採用されており、最も基礎となる移動ロボットと考えられる。そこで本論文では、車両型ロボットの二つの環境に適応した動作制御手法を提案した。

1章では床面掃除ロボットのような掃引ロボットにおいて、動作環境が不明である場合のこれまでの地図生成手法と動作生成手法を示し、それらの問題点を議論した。また、ロボット機構により多様な動作環境に適用できるものとして尻尾を有するロボットの研究を紹介し、新たな柔軟尻尾機構を提案した。

2章では、移動ロボットによる未知環境での掃引動作制御手法の提案を行った。この問題では、掃引の完全性や効率を考えるとオンラインでの地図生成が望ましい。オンラインで生成される地図は、掃引初期から掃引終盤にかけて、徐々に信頼性を高めながら完成する。そのため、掃引終盤での完成度の高い地図を想定した動作計画は、掃引初期では非効率となることが多い。また、ロボットは移動することで自己位置の確からしさが低下する。自己位置推定の結果と実際の位置が大きく違えば、掃引動作が非効率となる。そこで、新たな掃引動作制御手法、**Gradually Building Map-based (GBM-based)** アルゴリズムを提案した。GBM-based アルゴリズムは3つの動作制御手法と2つの条件分岐で構成される。3つの動作制御はそれぞれ、地図周辺のみを利用する**Local Control**、地図全体を利用する**Global Control**、自己位置の確からしさを向上させる**Landmark Search**であり、「ロボット周辺に未掃引領域が存在するか」と「自己位置の確からしさが小さいか」の2つの条件によって各動作制御が選択される。地図の完成度が高まるにつれ、ロボット周辺に未掃引領域が存在しない確率が大きくなる。このため環境の大きさに依存することなく、掃引初期には**Local Control**が主に、掃引終盤では**Global Control**が主に選択される。本手法の有効性の確認するため、地図を用いない典型的な手法、すなわち螺旋動作、壁反射動作、壁追従動作を確率的に組み合わせた**Behavior-based** アルゴリズムとの比較を行った。各アルゴリズムを用い、床面を掃引するシミュレーションと実験

を複数行い、シミュレーションと実験の両方の結果から本提案アルゴリズムの掃引効率が高いことを示した。

3章では、動物界で様々な場面で利用されている尻尾を用い、不整地環境において移動能力を向上させる動作制御手法を提案した。車両ロボットは平地での移動効率が高いが、不整地の斜面や路面の凹凸においては、ロボット転倒の可能性がある。また、地図上には存在しない経路の断裂や浸水により走行が不能となり、計画した経路を変更せざるを得ない状況も考えられる。そこで本研究では、動物界で利用されている尻尾をロボットへ適用することを考えた。ここでの提案の一つ目は、ロボット本体に大きな反力・反トルクを生み出すことが可能な、瞬間的に形状を保存する尻尾機構の提案。二つ目は、この尻尾を利用した車両型ロボットの跳躍力学モデルを示したこと。三つ目は、跳躍で目標位置姿勢に到達するための跳躍動作制御手法の提案である。尻尾を瞬間的に硬くして尻尾の形状を保つことで、尻尾重心には運動方向とは逆向きの大きな慣性力が発生し、ロボット本体に反力・反トルクを与えて跳躍運動を生成できる。ここでは、剛体1リンクの尻尾をロボットに搭載した場合と比べて、大きな反力・反トルクをロボット本体に与えることができることを示した。本論文では、この形状保存による反力・反トルクを利用し、従来2次元平面のみでしか軌道を計画できなかった車両ロボットを、3次元の鉛直方向、つまりタイヤが地面から離れる動作を可能にする動作制御手法を提案した。この手法では跳躍動作をStumbling PhaseとFlight Phaseに分けて、それぞれの力学系モデル化および動作制御手法提案を行った。ここでは、各Phaseでの拘束条件とPhase間の境界条件から、尻尾の形状保存のタイミング、ロボットの前輪が地面から離れるタイミング、浮遊時の尻尾根元アクチュエータの動作軌道のそれぞれの計画手法を示した。本提案手法が有効であるかを調べるため数値シミュレーション実験を行い、目標位置姿勢に到達できることを確認した。最後に4章で本論文の結論を述べた。