

ハイブリッドロボット PEOPLER- II の計算機制御に関する研究

－必要に応じた歩行と走行の双方向切換え－

ヴァーグナ 田中 ボテリヨ*

A Study on Computer Control of the Hybrid Robot PEOPLER- II

－ Reversible Switch between Walk and Roll on Demand －

by Wagner Tanaka Botelho

本論文は、膝関節を股関節周りに公転させる脚型ロボット PEOPLER- I (Perpendicularly Oriented Planetary Legged Robot; 垂直に方向付けられた遊星脚ロボット) を車輪型としても使えるハイブリッドロボット PEOPLER- II に進化させるための設計概念と、その歩行や走行、操舵、旋回、脚型車輪型移動方式の切換えに関する運動を解析し、また、計算機制御に必要な手続きについて9章にわたって述べている。

1章では脚型ロボットと車輪型ロボットの特長と本研究の動機を、2章ではこれまでに開発されてきたロボットを調査し、構造の簡単さ、不整地適応面の長所短所を明らかにした。例えば、脚型は種々の不整地に適応し車輪型は平坦地で高速な移動を可能にする。ハイブリッド型は脚型に比べて複雑な構造と制御になり、モータ数も多くなる。しかし、PEOPLER- II は、モータ数を増やさずに機能を向上させ、脚で障害物を乗り越え、また、車輪で高速に走行できる。このような結果に至る研究の背景と取組み内容について説明した

3章では、2つのロボット PEOPLER- I と PEOPLER- II の違いを考察することで脚型とハイブリッド型の運動の違いを明確にした。例えば、運動

機構、モータ数、脚や腕の姿勢角を検出するセンサについて取り上げ、遭遇する路上障害物によって移動を阻止されずに続行させるために必要な仕様として満たさねばならない腕半径、車体長、脚長、等の相関を明らかにした。

4章では、移動のシミュレーションと実験に必要な制御インターフェイスについて明らかにした。ハイブリッドロボットの移動方式切換え、操舵、その場旋回に重要な行動アルゴリズムを目的指向型パラダイムに基づいて策定し、また、運動機構、センサ、ソフトウェアをシステムの構成要素とし、UML (統一モデル言語) によって開発した。

5章では、脚型および車輪型における移動時の障害物回避策について考察した。障害物を脚型で衝突せずに乗り越えるには歩幅の制御能力が、また、車輪型においては脚先を上方に向けた衝突回避がそれぞれ重要である。そこで、平地・斜地を問わず車輪半径に対する障害物高さを定義しこの線上に遊脚を制御することにした。脚型においてはその姿勢角を腕の回転角の関数として定める式を使い、この線までの高さを乗り越える歩行シミュレーションを繰り返し行えるようにした。

6章では、脚型と車輪型の移動方式の切換えが可

*新潟大学大学院自然科学研究科

平成21年3月31日ブラジルに帰国

[新潟大学博士(工学) 平成21年3月23授与]

能になることを実証するため、股関節回転角を変数とするフーリエ関数として脚の姿勢角を決定した。あわせて手計算による姿勢角を紙上に描き、また、腕と脚の運動を模擬する小型装置を試作し、姿勢の実際を確認しながら計算機により生成される姿勢角と照合し妥当性を確認した。定めたフーリエ関数は、脚の歩幅を変える移動の繰り返しに有効なことを示した。シミュレーション結果は、脚型から車輪型への切換え、あるいは前後への進行方向の違いをも問題なく反映することを明らかにした。

7章では、運動学モデルを述べた。実際に、脚型における股関節と膝関節の制御量決定法として2つを提案した。1つは全エネルギーの節減、他の1つはモータを安定に稼働させるための負荷配分に着目する。制御方式の切換え期間を座り込み／立ち上がり、転動過渡期の3つに分け、また、膝関節が股関節を基準にして進行方向側にあるか否かの違いにより2つの歩容を定義し、考察を容易にした。さらに、路面の斜角、昇降の区別、障害物の高さ、等を移動環境の違いとして考慮し、股関節と膝関節の協調制御として4つの存在を示し、これらの中から消費エネルギーの節約と制御量決定の単純化に有効な制御則

を明らかにした。

8章では、採用する歩容や路面斜角の違いによって移動方式切換え時のロボット姿勢が変わる状況をシミュレートし、可視化した。姿勢遷移の観察により、切換え中の股関節軸を逆転させない、車体を後戻りさせない、エネルギーを過度に使わない、等の実現に有効な姿勢制御の存在を見出した。PEOPLER- IIを使った学内廊下における実験により提案した切換え制御が有効に作動し、左右の制御が協調し車体のピッチ、ヨー、ロールが発生しないことを確認した。斜地のモックアップを使った実験では、立ち上がり、座り込み、遊脚を常時上方に待避させる車輪移動、のスムーズな運動の実現に成功した。歩幅の制御、操舵、その場旋回、等はいずれの移動方式においてもスムーズであることを確認した。

9章では、研究全体を総括し、今後の課題を明確にした。

終わりに、本研究の実施と論文の執筆に当たりご指導とご鞭撻を賜りました岡田徳次教授に深く感謝いたします。