

Title	High-rate Motion Estimation of a Biped Robot that is Less Influenced by Foot Contact Condition
Author(s)	舩屋, 賢
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59622
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (舩屋 賢)

論文題名

High-rate Motion Estimation of a Biped Robot that is Less Influenced by Foot Contact Condition
(支持足の接触状態の影響を低減した二脚ロボットの高速な運動推定)

論文内容の要旨

二脚ロボットは、潜在的に住居や災害現場などの多様な環境で人の作業を代替可能なロボットとして期待されている。その制御において、質量集中モデルに基づく高速なフィードバック制御器がよく使われるが、これは現在の姿勢・位置・重心位置の情報を必要とする。姿勢と位置をカメラ等の外界センサにより推定する場合、その計測は一般的に数十ミリ秒を要する。これは通常数ミリ秒とされる制御周期に比べて長いため、高速なフィードバック制御に適さない。そのため、計測周期が比較的短い内界センサによる推定が求められる。従来は、支持期において足は地面に対し動かないと仮定し、その足（支持足）に対する全リンクの相対変位を運動学計算で求める方法がよくとられていた。しかし、よりダイナミックな運動においては、支持足は地面に対し回転や転がりを生じ、接触状態が頻繁に変化する。このことは姿勢や位置の推定精度に大きく影響するため、この影響を低減した高速な運動推定方法が必要となる。

第一章では、前述の背景について述べた後、本論文の目的とアプローチ、構成について述べた。

第二章では、接触状態の影響を受けない慣性センサ・地磁気計のみを用いた姿勢推定技術について述べた。各センサでは、動特性による遅れ、環境からの外乱が問題となる。本論文では、前者の問題に着目し、センサ動特性を補償して統合する非線形相補フィルタを提案した。実験結果から、提案方法は従来方法より高精度に姿勢を推定できることを確認した。

第三章では、エンコーダと力センサ、加速度計による位置推定技術について述べた。前者二つは、支持足は動かないと仮定した運動学計算に使われるが、ダイナミックな運動では支持足の回転・転がりが発生する。後者では、出力の積分により位置を獲得できるが、誤差累積が問題となる。本論文では、前者の問題に着目し、地面に対する移動量が最も小さい点を推定し、その点を基準とする相対的な全身位置・姿勢を運動学によって計算する方法、ならびにこれと加速度情報を地面から受ける反力の大きさに基づいて統合する相補フィルタを提案した。シミュレーションと実験により、支持足が地面に対して動く場合でも提案方法は従来方法に比べて精度を改善できることを確認した。

第四章では、エンコーダと力センサによる重心推定技術について述べた。前者が出力する関節角度と全身の質量特性から運動学計算により重心が求まるが、質量特性の誤差が問題となる。一方で、後者から求めた重心加速度を積分すれば重心が求まるが、積分に伴い誤差が累積する。後者は、トルク平衡から求めた反力中心と重心の関係に基づく方法にも使われるが、水平方向にしか使えない。本論文では、鉛直方向も含めて精度を向上するために、三次元重心情報を持つトルク平衡と運動学計算・重心加速度積分を統合する重心推定カルマンフィルタを提案した。シミュレーションにより従来方法と比較し、提案方法の有効性を確認した。

最後に、第五章で、本論文のまとめと今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (舩屋 賢)			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	准教授	杉原 知道
	副 査	教授	浅田 稔
	副 査	教授	南埜 宜俊
	副 査	教授	平田 勝弘
	副 査	教授	中谷 彰宏
	副 査	教授	菅沼 克昭
	副 査	教授	細田 耕
	副 査	教授	石川 将人

論文審査の結果の要旨

住居や災害現場のような環境で人の作業を代替可能なロボットの移動形態として、二脚歩行が有望である。その実現には、質量集中モデルに基づくフィードバック制御が使われる。これにはロボットの姿勢、位置、重心の高速な推定が必要になる。姿勢や位置の推定にはカメラ等の外界センサが一般的に用いられるが、その計測周期はロボットの制御周期に比べて10倍程度であるため、上記の目的には利用できない。また、重心は原理的に外界から観測できない。そこで、内界センサのみによる推定が必要になる。ロボットが環境内をダイナミックに運動する際は、計測基準点が身体上に存在せず、また環境との接触状態も頻繁に変化するため、重力や遠心力、接触力などの情報を融合することで推定精度を向上しなければならない。

第一章では、上記の背景について述べた後、研究の目的とアプローチ、論文構成を記している。

第二章では、慣性センサ・地磁気計のみを利用した姿勢推定技術について述べている。各センサ動特性による信号の遅れを補償して周波数領域で相補的に統合する、新たな非線形相補フィルタを提案している。従来方法との比較実験結果から、提案方法が精度の点で優れていることを確認している。

第三章では、エンコーダと力センサ、加速度計を併用した位置推定技術について述べている。上述の通り計測基準点が身体上に存在しないため、エンコーダのみによる位置推定は不可能である。加速度を2階積分することにより位置が得られるが、誤差の累積が問題となる。そこで、力情報に基づいて不動接触点 (Anchoring Pivot) を推定し、この点を瞬間的基準点として運動学計算を行い、加速度からの推定と統合することで、両者の欠点を補いあう方法を提案している。支持足が地面に対して動く場合に特に提案方法が従来方法より優れていることを確認している。

第四章では、エンコーダと力センサによる重心推定技術について述べている。上記の位置・姿勢推定と全身質量分布を用いれば、運動学による推定が可能であるが、質量分布を正確に知ることは困難である。一方、力情報は重心加速度に直接変換され、それを2階積分することにより重心位置を推定可能だが、誤差の累積が問題となる。力・トルクの平衡条件を用いれば、質量分布モデル誤差や積分誤差を補償できることに着目し、カルマンフィルタによってこれらを統合する重心推定方法を提案している。従来方法と比較し、提案方法が最高精度を与えることを確認している。

第五章では、本論文のまとめと今後の課題について述べている。

以上のように、本論文は二脚ロボットの姿勢推定、位置推定、重心位置推定における困難を理論的に考察し、それらに基づいて精度向上する新たな方法を提案し、実際に従来方法よりも優れた精度が得られることを確認している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。