

## 論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 工 学 ）	氏名	ALAM MD MOKTADIR
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論 文 題 目 Novel kinematic model for six-axis industrial robots. (産業用6軸ロボットの新しい幾何学モデルの提案)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	茨木 創一	印
審査委員	教 授	和田 信敬	印
審査委員	教 授	菊植 亮	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文では、6軸産業用ロボット（以下、「ロボット」）の静的な位置決め精度を、可動領域全体で向上させることを目的として、主要な誤差要因である回転軸の角度位置決め誤差を組み込んだ新しい幾何学モデルを提案している。また、回転軸の角度位置決め誤差を同定するための方法、及び提案したモデルを使った誤差補正の方法を示し、提案したモデルによる位置決め誤差の予測精度と、誤差補正の効果を実験で確かめている。</p> <p>第1章では、研究背景として、人間によるティーチングではなく、バーチャルなモデルを使ってロボットをプログラムするニーズが増えており、それに伴い、ロボットの絶対的な位置決め精度の向上が重要となっていることが述べられている。また、ロボットの位置決め誤差を予測するための幾何学モデルに関する従来研究がレビューされており、本研究の位置づけ、目的が述べられている。</p> <p>第2章では、従来の研究の多くが主な誤差原因と考えていた、旋回軸の軸平均線の位置・向きへの誤差（Denavit-Hartenberg (D-H)パラメータ）を組み込んだ幾何学モデルを導出する方法が示されている。このモデル化手法は、座標変換を基礎としており、この理論自体は、本研究による新しい提案ではない。ただし、座標系の定義によって数学的に等価な様々なモデルが導出できることが示され、古典的なD-Hモデルと、本研究のモデルとの関係が議論されている。</p> <p>第3章では、第2章のモデルに、旋回軸の角度位置決め誤差を組み込んだ、新しい幾何学モデルが提案されている。さらに、レーザトラッカと呼ばれる3次元位置測定装置を用いて、ロボットの手先の軌跡を測定し、D-Hパラメータ及び旋回軸の角度位置決め誤差を同定するアルゴリズムが提案されている。また、提案したモデルを使った誤差補正の方法が示されている。本章の内容が、本研究の学術的な新しい提案の中心である。</p> <p>第4章では、第3章で提案したモデルを、市販のロボットを対象に、実験によって同定</p>			

した結果が示されている。提案モデルによって予測されたロボットの位置決め誤差と、実際に測定された位置決め誤差を、 $2\text{m} \times 0.4\text{m} \times 1\text{m}$  の範囲で比較し、従来のモデルに比べ提案モデルは、可動領域全体において、はるかに高い予測精度を示すことを確認している。また、提案したモデルを用いた誤差補正を行い、上記の範囲内の多数の点で位置決め誤差を測定したところ、XY 面での位置決め誤差の平均値は 52.8%，ばらつき（標準偏差の 2 倍）は 54.6% 低減したことを確認した。

第 5 章では、提案モデルの拡張が議論されている。特に、重力の影響によって、ある軸の角度位置決め誤差が、別の軸の角度によって変化する現象をモデル化する方法が提案されている。この影響をモデルに組み込むことによって、提案モデルの予測精度がさらに向上したことが、実験で確かめられている。

第 6 章は、研究全般を通して得られた結論がまとめられ、今後検討すべき課題を述べている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。