

## 機械設計システム研究室の紹介

機械工学プログラム 茨木 創一・池条 清隆

機械設計システム研究室は、茨木創一教授、池条清隆助教と、現在 22 名の学生が研究をしています。学生のうち 3 名は博士後期課程学生、うち 2 名は社会人ドクターです。中国・電子科技大からの博士後期課程の研究生も 1 名在籍しています。茨木教授は 2016 年に着任し、主に工作機械や産業用ロボットなど、ものづくりに関わるメカトロニクス・システムの運動を 3 次元測定し、制御するための技術についての研究を始めました。池条助教は、運動や動力を伝達する基本的な機械要素である歯車に関する技術を研究しています。この記事では、主に茨木教授と学生が行っている研究について紹介します。

### ■ 産業用ロボット

図 1 は実験室の 6 自由度産業用ロボットです。このようなロボットは現在、ほとんどの場合、「ティーチング」でプログラムされます。「ティーチング」とは、人間がロボットを手動制御で所定の運動を実際にさせ、それをロボットに記憶させることです。一方で、工作機械は、「ティーチング」でプログラムされることはありません。工作機械の運動経路は、CAM と呼ばれるソフトを使い、コンピュータ上の 3D モデルから、自動計算されます。ロボットでこれが難しい一つの理由は、

ロボットには十分な「空間精度」がなく、指令した通りに動作する保証がないことです。ここで、「空間精度」とは、指令位置に対する、ロボットの手の先の「絶対的な」3次元位置の精度を、可動領域全体で評価したものを呼びます。もともと、ロボットは人間の動きを「コピー」することが機能なので、動きの再現性だけが求められてきました。人間の動きは「絶対的に」正確ではないので、「絶対的な」3次元位置決め精度は重視されませんでした。

しかし、ロボットが、工作機械のようにプログラムで経路を指令でき、かつ、ロボットの空間精度が可動範囲全体で保証できれば、ロボットの新しい用途を拓くことができると考えています。

工作機械には、X・Y・Z 軸各軸の、直進位置決め誤差・真直度・姿勢度誤差などの誤差を、指令位置の関数として「誤差マップ化」し、それらを幾何的に組み合わせ、工具端の 3 次元位置誤差を補正する機能が実用化されています。このような考え方を、ロボットに拡張する研究を行っています。図 1 は、レーザトラッカと呼ばれる測定器を使って、ロボットの運動を 3 次元測定し、そこからロボットの精緻な幾何学モデルを同定し、それに基づき数値補正を行う方法を考えています。



図1 産業用ロボット (KUKA 社). レーザトラッカで精度測定をしている写真です.

## ■ 工作機械

我々の研究は、工作機械の運動精度の測定技術に関する研究を基礎としています。工作機械メーカーが、工作機械の運動軸の精度検査をするとき、それぞれの軸について、それぞれの運動誤差を、異なる測定器、セットアップを使って、ひとつずつ測定していくのが基本です。例えば、ある軸の直進位置決め誤差はレーザー干渉計で、真直度は直定規とダイヤルゲージで、姿勢誤差はオートコリメータや水準計を使って計測します。

一方で、工作機械の位置決めシステムの機能は、工具端を、可動領域内に与えられた指令位置に 3 次元位置決めすることです。各軸の誤差を積み上げていく従来の精度評価法は、良い機械を作るための「調整」には欠かすことはできませんが、

最終的な「空間精度」を可動領域全体で保証することはできません。そのためには、3次元空間内を自由に動く機械の運動を、3次元計測する技術が必要になります。そのような新しい計測技術と、それにも基づく誤差補正技術を計算しています。

ただ、任意の点の 3 次元位置を、工作機械に求められるマイクロメートルオーダーの精度で測定するのは、難しい計測問題です。図2は、直進3軸に加え、回転2軸を持つ5軸工作機械を対象に、基準球の3次元位置をレーザー光の屈折を利用して測定する Laser R-Test と呼ぶ測定器を使って、回転軸の運動誤差を測定しています。台湾の大学との共同研究です。

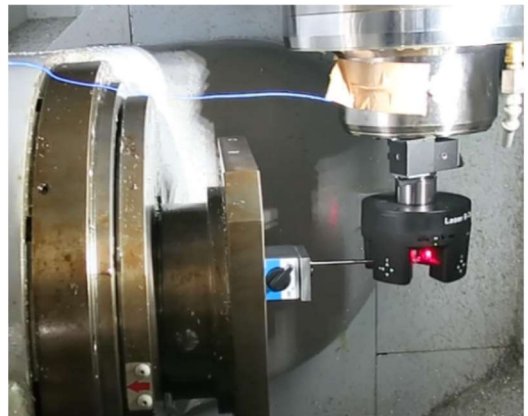


図2 工作機械の運動精度測定. Laser R-test と呼ばれる装置での測定です.