

「教育用」ロボットとモデルベース制御

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-10-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 熊谷, 正朗 メールアドレス: 所属:
URL	https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/412

「教育用」ロボットとモデルベース制御

ロボットやメカトロニクス機器には、さまざまな用途があります。市場規模の大きな産業用、家庭用（一般消費者向け）などに比べると限定的ですが、教育用というジャンルがあります。教育用のなかでも使い道に応じてその系統が分かれます。最近急速に数が増えたものに、主に中学校の技術科目向けの教材があります（私が中学生のころは、ラジオなどの電子回路でした）。これらは一人一台の教材としてコスト制約が厳しく、本当の意味でロボット・メカトロニクスを学ぶというよりは、そういう分野があることを知るといふ面に重点があります。

一方、工業高校や大学における実験実習に用いるための教育用ロボットがあります。これらは実機を通して講義などで学ぶ理論や原理、技術を体験することが目的で、一般には本格的です（そのため高価）。たとえば、シーケンス制御を学ぶための簡易的なエレベータの模型や、フィードバックの制御理論を実験するための倒立振り子（手の上でほうきを立てる動作の原理）などがあります。

このようなロボット・メカトロニクス機器では、それぞれ活用シーンが異なるため、要求も異なります。産業用は確実性や耐久性など、多くのことが高度に求められます。家庭用は安全性やコスト、予定外の無茶な扱いへの耐性が求められます。教育用のうち一人一台型は、とく

にコストの制約が厳しい中で「生徒に魅力的」というアピールが必要になります。対して、理論体験のためのロボメカに求められることは「理論通り動くこと」です。動くものをつくる、という点では、実はこの「理論通り動く」ということが非常にむずかしい、という印象を持っています。

さまざまな機器を開発／メンテされている方はご存じだと思いますが、機器の中には、あらかじめ理論的に検討されたわけではなく、実機の動作に対して直接的にされる工夫や調整が少なからずあります。たとえば、振動が発生したところに吸収剤やダンパをつける、摩擦で動きが妨げられる場合にあらかじめ出力を高めめに設定する、などです。そのような工夫をすることで、実際に目的通り動くものとして仕上げます。研究用のロボットでも、論文に書かれる数式に加えて、そのような対策のための処理がソフトウェアに含まれている場合があります。しかし、上述の教育用ロボットでは、この手を使わない、つまり最初から「きれいに」動くことが求められます。

これらの教育用機器の目的は、教科書などで習った通りに動くことを体験する、ことです。そのため、装置の力学パラメータ（寸法や質量など）を理論式にいれて、しかるべき制御パラメータ（ゲイン類）を設定すると、教科書でみた

熊谷正朗—KUMAGAI MASAOKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授/仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



ような現象、グラフが得られることが強く期待されます。実験に参加する学生さんたちはそれをもとに、パラメータの変更に対する挙動の変化などを知ることになります。もし、教科書通りの結果とならない場合は「なぜか」を説明することが教員には求められます。もちろん、それを考えることは学生さんたちの大事な課題ですが、その指導、コメント、評価をする立場としては「なぜか」がわかることは重要です。

このために独特の工夫がされています。たとえば、減速機を使わず、モータを直結(ダイレクトドライブ)する機器があります。減速機は効率の低下(=摩擦等によるトルクの損失)があるほか、バックラッシ(ガタ)という非常に理論化しにくく、制御に与える影響が大きい特性を持ちます。また、デザインやメカに凝ることなく、なるべくシンプルにします。これによって、制御に用いる力学パラメータをきれいに得ます。一般には、各種手法によって理論からのずれを押さえ込むのですが、その理論そのものを学ぶために、本質的な正確さが要求されます。

この理論通りの正確さはモデルベース制御でも重視されます。これは制御対象の数学的なモデルによって、制御性能をあげる設計手法です。簡単な例をあげると、マニピュレータ(腕型ロボット)の重力の影響への対処があります。腕の各関節にかかる重力の影響はロボットの姿

勢で大きく変わります。腕を真上や真下方向に向ける場合は、関節を曲げる方向には重力が作用しないため、動作の誤差が出にくいことに対し、腕を真横に出すと肩関節に直接的に下向きに曲げる力がかかります。姿勢に応じて必要な力が変わることは、単純なフィードバック制御には面倒な状況です。一方で、腕の各部品ของ 重さや重心位置がわかっているならば、関節角から各関節に作用する重力を見積もれます。これをあらかじめ関節で出力するようにすると、フィードバックの負担が減り、制御性能が向上します。これは序の口でモデルを活用したさまざまな制御理論があり、従来の手法では困難な対象を安定化させられる例もあります。

しかし、この制御のためにつくった制御モデルと、実際の機械にずれがあると、十分な効果が得られないばかりか、制御に失敗することすらあります。そのため、これらの原理を使う場合にも、教育用ロボットで述べたような「理論通り動くこと」がハードの特性として求められます。最近では珍しくもなくなった人型のロボットでも、第一の性能向上要因は複雑な理論を難くこなすコンピュータの性能とそれを活かす理論の研究開発の進展ですが、それとともに、数式通り動くロボットをつくる技術が一般化した、ということも、大きな貢献の一つです。