

Title	高精度な制御技術で人や社会に役立つシステムをデザインする： 人や社会のニーズを実現するモデルベース制御
Sub Title	
Author	渡辺, 馨(Watanabe, Kaoru)
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	2011
Jtitle	新版 窮理図解 No.6 (2011. 1) ,p.2- 3
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	研究紹介
Genre	Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001002-00000006-0002">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001002-00000006-0002</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

# 高精度な制御技術で 人や社会に役立つ システムをデザインする

人や社会のニーズを実現するモデルベース制御

人の移動や荷物の運搬に便利な自動車、都心の一等地に多くの居住スペースを提供する高層マンションなど、技術の発達は人々の暮らしや社会を便利にしてきた。しかし、人間を中心に見直すと、車酔いはなくならず、高層ビルが地震や風で揺れるときの不快感も改善されていない。こうした技術と人間との関わりに着目し、「人間にとっての安全・快適」という視点で見直す試みがなされている。モデルベース制御で人々や社会に役立つ製品、システムの開発に貢献している高橋専任講師に話を聞いた。

## 人や社会と機械の より良い関係を実現する

「モデルベース制御」とは、制御したいシステムをモデル化し、そのモデルに対して制御技術を開発して効率的な制御を実現する手法である。この手法は、シミュレーションを行いながら制御技術を開発していけるというメリットがある。しかし、モデルの精度が悪かったり動作環境が実際と違ったりしていると、シミュレーション通りに動かない場合がある。そのため、動作環境を想定

した正確なモデル化と、環境変化・モデル化誤差に対応できる制御系設計が重要になるという。

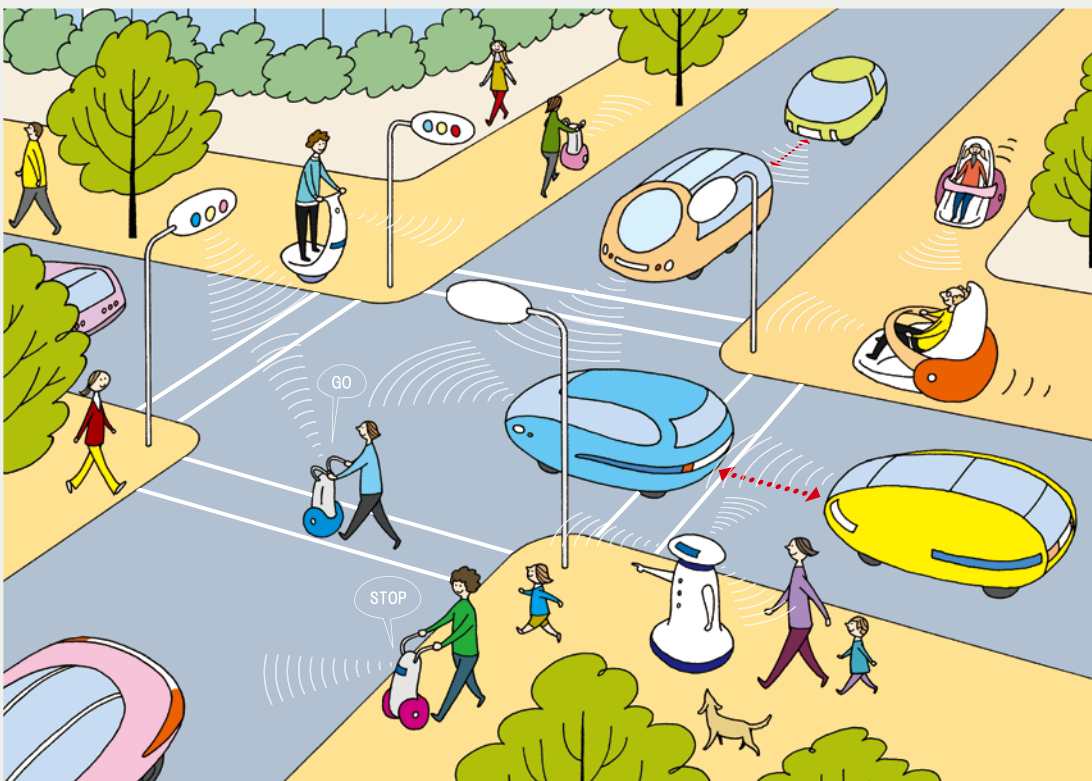
「高精度なモデルベース制御をするためには動作環境を含めたモデル化が欠かせないのですが、特に難しいのが利用者を想定することです。人間は独自の判断で行動するので、モデル化が難しいのです。しかし、実社会で利用されるシステムの開発のためには利用者を含めたモデル化は避けられません」と高橋正樹専任講師は語る。

高橋さんが研究テーマとしてロボットや自動車、建物など、人や社会と関わりの深い領域を選んできたのは、モデルベース制御を活用することで、人や社会に役立つ製品やシステム開発に貢献することを目指しているからだ。

## ロボットの自律行動を制御する

病院内での消耗品や備品の運搬作業を自動化する案内・搬送ロボットの研究にも、モデルベース制御が活かされている。

「案内・搬送ロボットは病院内を自律的に行動することを目指しており、その制御技術も人間社会の中でロボットがどう振る舞うべきかを重視して開発しています。そこで重要になるのが、案内・搬送ロボットを見たときの人間の反応です。驚いて立ち去る人もいれば、興味を感じ



## 制御技術で安全・快適な社会を

制御技術は、日常生活をはじめ産業から宇宙まであらゆるところで使われている。その技術が進展すれば、図のように、自動車や案内・搬送ロボットなどもより安全に快適に利用できるようになるだろう。

て近寄る人もいるでしょう。ロボットが過去の行動の履歴や現在の状況から目の前の人間の行動を予測・判断して、適切な対応ができるように改良しているところです。また、ロボットに対する認知度は低く、社会にロボットが導入されるためには大きな壁があると感じています。ロボットを受け入れてもらうためには、ロボットを見てもらい、理解してもらうことが大切です」。

そのために欠かせないのが現場での実験と観察だ。病院に足を運んで、ロボットの視点になって、実際に荷物を運ぶ看護師の動き、周囲の人々が看護師を見たときにどのような行動をとるか、車椅子の人や松葉づえの人の行動も観察の対象になる。

「実験や観察はロボットを製造・開発している企業の方々や学生と一緒に大勢で行います。その結果を全員で話し合い、看護師とその周囲の人々の行動から特徴的な部分を抜き出し、必要な要素技術を開発していきます。現場に出向くことでいろいろな発見があります。例えば、研究者は新しい技術を導入して高性能なロボットを作りがちですが、実際の現場で荷物を搬送するために必要な技術は速く移動するための技術ではありません。また、極端に安全性を重視した設計を行うと、環境が時々刻々と変化することに対応できずにロボットが停止して動かなくなってしまう。現場に特有の障害物を認識する技術や、現場に合わせた適切な速度で回避する技術などが必要になります」。

## 地震や風から建物を守り 快適性も向上させる

社会基盤との連携で世の中の役に立っているモデルベース制御もある。それが地震から建物を守る免震構造の制御技術だ。これまでの免震建物は地震の規模を事前に想定し、それに対応できる建物を設計するというものだった。それに対して高橋さんは、地震動の新しい予報・警報システムを積極的に活用したアクティブな免震制御を考えている。

「緊急地震速報が伝える情報を活用した免震制御を提案しているところです。



## 先端分野で活躍する制御技術

緊急地震速報の情報をもとに、個々の地震に対応する免震制御を行ったり、高層ビルの振動制御を行ったりできる。人工衛星などの宇宙機の制御技術は、エレベーターロープの振動制御など地上の問題の解決にも応用可能である。

震源位置、地震の規模があらかじめ分かっている場合、建物の免震制御の性能を向上させることができます。大きく揺れるブランコも、揺らすタイミングを工夫するだけでその揺れを抑えられるように、震源から伝播してきた地震動による建物の揺れを打ち消すように免震装置を制御することで、効率的に揺れを抑え、安全性の高い免震制御が実現できます」。

地震動が伝播する経路や地盤構造を考慮した地面の揺れ方に関する先行研究の知見と、緊急地震速報が伝える地震の情報とを組み合わせた高橋さんの手法は、社会基盤の整備が急速に進展していく中で、新しい免震制御として注目されている。

「このアクティブな振動制御は地震だけでなく、風によるビルの揺れ対策にも利用できます。高層ビルが増えていくに従い、新しい予報・警報システムと連動したビルの振動制御といったニーズも今後は増えていくものと予想しています」。

## 人工衛星の制御ノウハウを エレベーターロープの制御に活用

モデルベース制御によって、宇宙空間で稼働する機器の制御技術も開発している。小型の人工衛星の姿勢制御もその一例だ。近年の小型衛星は電力消費が増え、大型で柔らかくて軽い太陽電池パネルを備えるようになってきている。この状態でカメラを搭載した衛星本体が観測点の方に向きを変えると、その動きで柔らかな太

陽電池パネルが揺れてしまう。その揺れの影響でデジタルカメラの手ぶれのように撮影した画像がゆがんでしまうという。

「衛星の軌道によっては、衛星が地球上の同じ観測点を撮影する位置に来るのに数日かかることがあります。現在、深刻な問題になっている環境変化が起きている場所や、自然災害の現場など、一度に複数の観測点を撮影したいという要求があります。その場合、速やかに衛星本体の姿勢を変更したいのですが、太陽電池パネルなどの柔らかい構造物が揺れてしまう問題があります。そこに制御技術を適用することで、揺らさずに速やかに姿勢を変更することができます」。

柔らかな構造物に力を加えると全体が大きく揺れるという現象は、人工衛星に限ったことではない。類似する問題は地上にあるエレベーターのロープにも見ることができ。

「建物の高層化によって、エレベーターのロープも長くなり、振動が問題になっています。人工衛星用の揺らさずに高速に姿勢を変更する制御技術を、地上にあるエレベーターロープに適用できるのが数学や力学をベースにしたモデルベース制御のメリットです」。

多方面での活用実績を持つ「モデルベース制御」だからこそ、これからも人々の暮らしや社会生活を豊かにしていくに違いない。

(取材・構成 渡辺 馨)