

# 制御工学をセキュリティやエネルギー、自動運転車に生かす

## 澤田 研究室



澤田 賢治  
Kenji SAWADA

制御工学は、ある対象を自在に動かすための仕組み(アルゴリズム)を研究する学問です。澤田賢治准教授はこの制御工学を主軸にし、最適化や信号処理といった数学の理論を使いながら、セキュリティやエネルギー分野のほか、自動車やロボットなど多様な産業への応用を目指しています。

### IoT時代のセキュリティ対策

セキュリティ分野では、IoT

(モノのインターネット)時代に  
向けて、特に工場内などの産業用  
機器の制御システムや重要インフ  
ラ(社会基盤)をサイバー攻撃から  
守るための技術を研究していま  
す。情報システムとは違って、制  
御システムは一般的に運転期間が  
20-30年と長く、攻撃を受けても  
簡単に停止させられないといった  
制約があります。

澤田准教授はアクチュエータや  
センサを搭載した制御システムを  
動かす産業用コントローラに、セ  
キュリティ機能を持たせるアルゴ  
リズムを開発しました。コント  
ローラのふるまいを常時監視し、  
正常な動作から逸脱した場合にリ  
アルタイムに警告を出すことがで  
きます。これによって、サイバー

攻撃による異常を迅速に検知でき  
るようになりました。実際は、F  
A(ファクトリーオートメーショ  
ン)機器やP A(プロセスオート  
メーション)機器に実装し、その  
機能を実証しています。

### サイバー攻撃後の対応を考 える

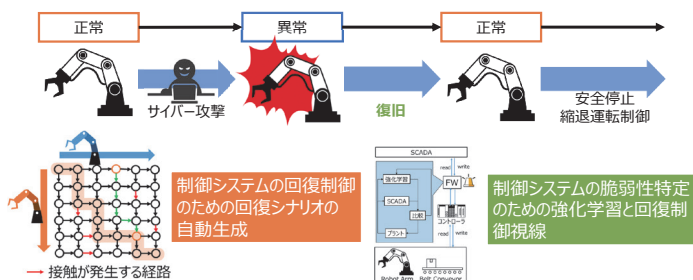
電気やガス、水道などの重要イ  
ンフラを狙ったサイバー攻撃は多  
発しており、国家や企業にとって  
セキュリティ対策は喫緊の課題に  
なっています。澤田准教授は国家  
プロジェクトにも参画し、攻撃を  
受けても運転を安定的に継続でき  
る防御技術を研究してきました。

2020年東京オリンピック・パ  
ラリンピック競技大会では、設備

を支える主要なインフラに導入さ  
れるなど社会実装も進めていま  
す。自動運転車向けのセキュリ  
ティの研究にも着手しました。

従来の「境界防御モデル」では万  
全なセキュリティの維持が困難な  
ことから、近年、ネットワークに  
接続されたものは信頼せず、攻撃  
されることを前提にした「ゼロト  
ラストモデル」が注目されていま  
す。澤田准教授は以前からサイ  
バー攻撃後の対応について企業と  
共同研究しており、「攻撃を受け  
た際に、別のコントローラに切り  
替えて運転を継続するシステムの  
設計を行っている」そうです。

インシデント発生後のシステム運用として…  
可用性(安全に稼働を継続)+ダメージコントロール(被害を最小限に抑えること)が重要  
→縮退制御への安全な移行(回復制御), 効率的なダメージコントロールのための脆弱性特定



インシデント発生後のシステム運用

### キーワード

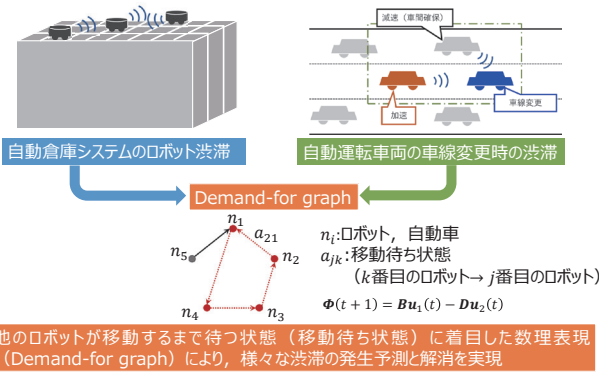
#### 制御系セキュリティ

所属	大学院情報理工学研究科 機械知能システム学専攻 i-バワードエネルギー・システム 研究センター
メンバー	澤田 賢治 准教授
所属学会	米電気電子学会 (IEEE)、計測 自動制御学会、システム制御情 報学会、電子情報通信学会、 電気学会、機械学会
E-mail	knj.sawada@uec.ac.jp

### レジリエンスを考慮したエネルギーシステム

エネルギー分野では、地震や洪水など災害時のシステムの早期復旧を目指した、いわゆるレジリエンス(復元力)の高いエネルギーシステムの研究を手がけています。特に、ネットワークにつながった制御システムを分散的に自律処理する自律分散制御の手法を使って、電力システムの最適な制御方法などを模索しています。

自律分散制御の研究としては、ほかにも制御工学の観点から、ロボットを効率的に動かす研究をしています。昨今、米アマゾンが完全自律倉庫ロボットを導入して話題になりましたが、こうした自律走行時に問題になるのが、多数台のロボットが縦横無尽に走行することによる渋滞の発生です。荷積みや荷下ろしをするロボット同士の動作を協調させることで全体の動きを最適化し、渋滞を緩和する試みです。この研究は自動運転車にも応用しています。

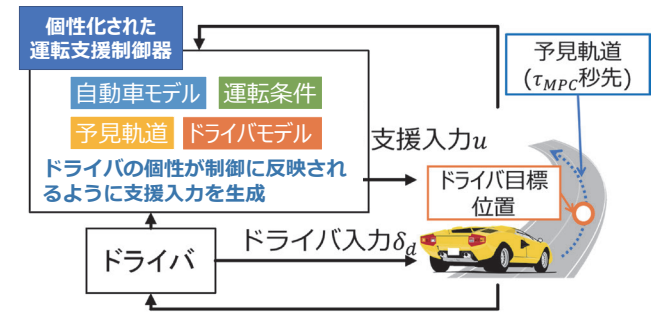


自動倉庫システムや自動運転車両における渋滞を解消

### 個性化制御で人の運転に寄り添う

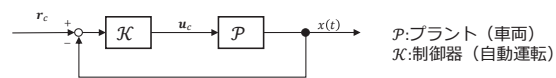
自動運転車の制御は最近、特に注力しているテーマです。自動運転車は現在、条件付き運転自動化「レベル3」が実用化され、改正道路交通法の施行により、無人運転も可能な高度運転自動化「レベル4」の公道走行も解禁されました。すでに導入が進んでいます

が、インターネットにつながったコネクテッドカー時代には、エンジン制御など自動車のソフトウェア

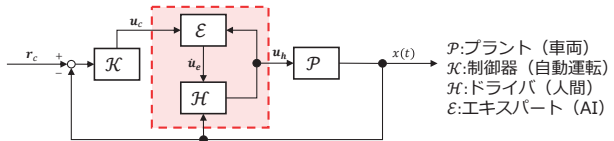


個性化制御

### 従来の自動運転の枠組



✓ 自動運転時にはドライバーの個性が反映されない強い運転支援  
 Human-In-The-Loop Systemによる個性化された自動運転



✓ 制御器と車両の間にドライバーが位置する弱い運転支援  
 ✓ エキスパートがドライバーの個性を無くさないように制御器の運転支援を修正

従来の自動運転とHuman-In-The-Loop Systemによる個性化された自動運転

アを随時アップデートしながら性能を向上していく形が主流になるでしょう。そのため「制御の重要性はますます高まる」と澤田准教授は考えています。

特に「レベル5」の完全運転自動化に至るまでには、ともに運転するドライバーの存在は無視できません。澤田准教授は運転する人の特性やスキルに応じた「個性化制御」を目指し、ネットワークを通じて蓄積されたドライバーの情報を活用して自動運転とうまく協調

させる研究に取り組んでいます。人間参加型の人工知能(AI)であるヒューマン・イン・ザ・ループを制御工学に導入し、人の意思決定を制御系に取り込むという最新の研究です。

「これから車は単に性能を上げるだけでなく、個人に合った性能にいかにか更新していくかという競争になるだろう」と澤田准教授は見通しているのです。

【取材・文】藤木信穂