

特設 制御技術発展史

機械式時計，蒸気機関，フィードバック制御，アナログ計算機，デジタル計算機，PID制御，そしてAIの登場まで

先人の知恵の集大成！ 制御技術の発展史

汐月 哲夫

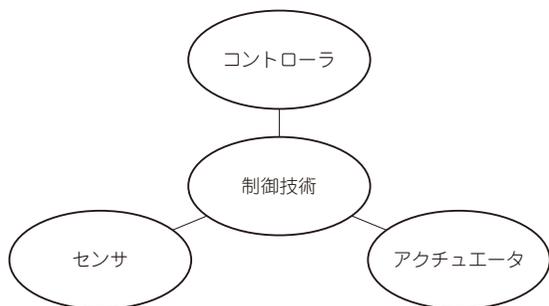


図1 知能化された機械は、センサ、コントローラ、アクチュエータで構成されており、それらを統合するのが制御技術である

表1 制御技術分野の主な出来事

| 年号 | 発明者、製作者 | イベント |
|------|-----------|---|
| 1773 | ジョン・ハリソン | マリンクロノメータを製作 |
| 1712 | ニューコメン | 蒸気機関の発明 |
| 1788 | ジェームス・ワット | 蒸気機関の改良、ガバナの採用 |
| 1821 | ファラデー | 電磁誘導の実証実験 |
| 1867 | マクスウェル | ガバナの安定解析「On Governors」を発表 |
| 1877 | ラウス | ラウスの安定判別法でAdams賞を受ける |
| 1891 | ヘビサイド | 演算子法の貢献を英国王立協会が認める |
| 1934 | ブラック | フィードバックを用いた増幅器を発表 |
| 1942 | ジーグラ、ニコルス | PID制御器の調節法を提案 |
| 1945 | ボード | ボード線図を提唱、安定余裕の概念 |
| 1948 | ウィナー | サイバネティクスを提唱 |
| 1948 | エバンス | 根軌跡法を発表 |
| 1960 | ナイキスト | 安定判別法などの功績によりIRE栄誉賞を受ける |
| 1960 | カルマン | On the General Theory of Control Systemsを発表 |
| 1968 | モトローラ社 | PLC (Modicon M580) を発表 |
| 1971 | インテル社 | 電卓用4ビット・マイコン製作 |
| 1973 | オストローム | セルフチューニング制御を発表 |
| 1975 | デヴィソン | ロバスト制御系設計法を提案 |
| 1976 | スミス他 | EISPACK, LINPACKのソースコード公開 |
| 1984 | 坂村健 | TRONプロジェクト発表 |

今日の私たちの身の回りには、ロボット、自動車、家電製品、スマートフォンなど知能化された機械がたくさん存在します。知能化された機械には、情報を取り込む計測装置（センサ）、情報を処理して行動計画する制御装置（コントローラ）、そして、計画を実行する駆動装置（アクチュエータ）があり、それらを統合しているのが制御技術です（図1）。

制御技術は数多くの発明家、職人、研究者、学者らによって作られ、機械、電気電子、情報通信、数学、物理学などさまざまな分野と関連しながら、現在も進化を続けています。制御技術の主な歴史を表1にまとめました。本稿では、制御装置の発展を中心に一気に振り返ってみます。

制御装置の発展は機械式時計から (17～18世紀)

制御装置に必要なものは時間計測機能とリアルタイム情報処理機能です。まず、時間計測の歴史から振り返ります。

● 古代より人々は時間を工夫して測っていた

時間計測技術は古代文明にまでさかのぼります。太陽や星座を観測する以外に、砂や水を小さい穴を通して流す（水時計、砂時計）、ものを燃焼させる（燃焼時計、火時計）、重りをゆっくり落としたりゼンマイをゆっくりほどいたりする方法があります。いずれも、物理現象や化学変化が少しずつ正確に進むように制御することが基本原理です。この時間を計る技術が大いに発展したのは大航海時代のヨーロッパでした。

● 機械式時計の発明

数学・物理学者のクリスティアーン・ホイヘンス（1629～1695）は、一定周期でリズムを刻む振り子と歯車の回転を間欠的に制御する脱進機を用いた振り子時計を製作し、その動作原理を著書で公開しました（1658年）⁽¹⁾。その後、多くの時計職人によって、ひげゼンマイを使ったテンプやゼンマイ動力を採用した今日の腕時計につながる携帯時計が考案、製作されま