

次世代モータ、パワー半導体制御実習装置の開発

神奈川県立神奈川工業高等学校 機械科 総括教諭

宮城 泰文

1. はじめに

内閣府が推進する Society 5.0 の社会環境において、IoT や AI を活用した社会への急速な変革が進んでいる（図 1）。このような時代のニーズに応えるために専門高校においても、これらの変化に対応した適切な教育が求められている。基幹産業である自動車は、内燃機関から電動化へとシフトしており神奈川工業高校機械科ではモータ制御やパワー半導体に関する実習をいち早く導入した。さらに日産自動車、日産横浜自動車大学校と連携した『次世代モビリティエンジニア育成コンソーシアム』の取り組みを通して生徒たちが現代の産業界における技術の基礎をしっかりと学び、次世代のモビリティや自動化技術に対応できる人材の育成を目指している（図 2）。

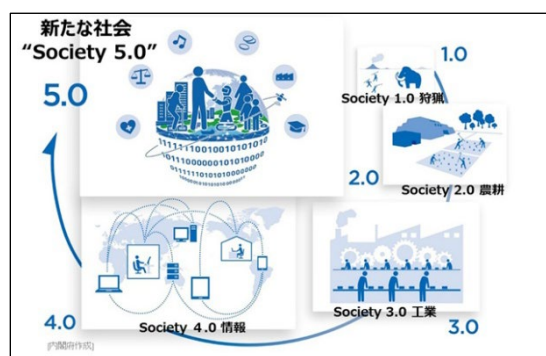


図 1. Society5.0 の社会環境



図 2. 次世代モビリティエンジニア育成コンソーシアム

2. モータ制御技術の必要性

世界的環境問題を背景に、温室効果ガス排出量の大幅削減が世界で強く叫ばれており 2050 年には 2013 年比で 80%の温室効果ガス削減を目指す脱炭素化社会の実現が求められている（図 3）。このような背景において、我が国の基幹産業も大きな変革に迫られており内燃機関から電動化への技術移行は避けられない状況だ。トヨタ自動車では 2030 年までに新車販売の 50%以上を電動車とする目標を掲げ、自動車産業全体が持続可能な未来に向けた取り組みを加速させている（図 4）。

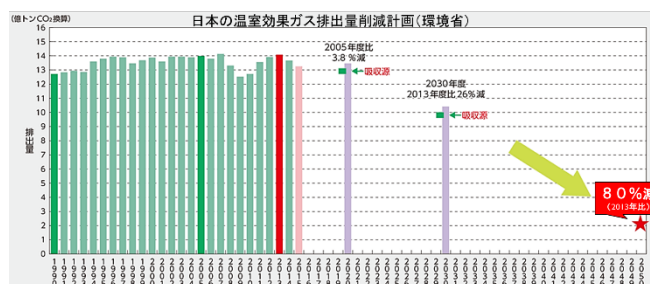


図 3. 温室効果ガス排出量削減計画

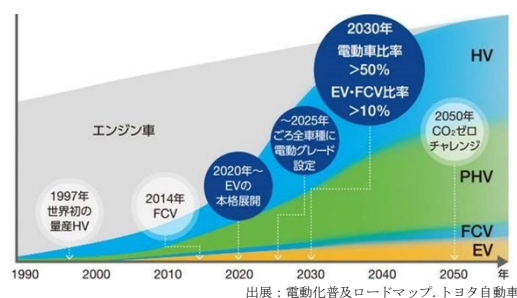


図 4. 電動化普及ロードマップ

基幹産業の電動化が加速しスマート社会への対応が迫られる中、技術の動向は不透明に見える。しかし、センサで認識しモータで機械を動かす技術は今後も変わることはない（図5）。この技術の重要性を踏まえ、本校では令和2年度スマート専門高校予算、及び令和6年度高等学校DX加速化推進事業の支援を受け、次世代DX人材育成に対応するための実習装置の導入を積極的に推進してきた（図6）。この取り組みにより、未来の技術者は最先端のツールを活用しモータ制御の基礎を学びながら、より実践的で応用力のあるスキルを習得することが可能となった。これら教育資源の投入は、社会全体のデジタルトランスフォーメーションを加速させる重要な原動力となる。また、日本の産業競争力を向上させ、持続可能な未来を実現する鍵となることが期待できる。

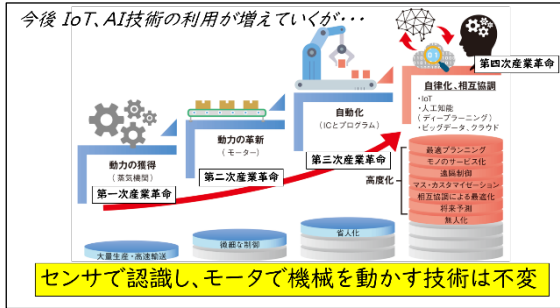


図5. 技術の変遷

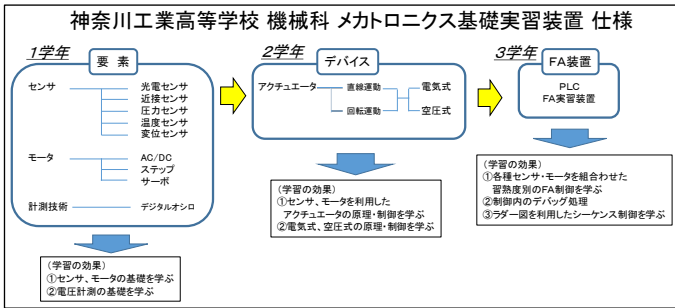


図6. 神奈川工業高校機械科制御実習仕様

3. 半導体人材の育成

モータ制御を行う装置をパワー半導体と呼び、PLC（プログラマブルロジックコントローラ）はその制御装置の代表格である。このPLCにおける入出力回路設計、プログラムを設計するエンジニアをS1er（エスアイヤー）とよび、生産技術現場におけるS1erの人材不足が半導体特需の影響もあり近年深刻化している。Society 5.0を実現する社会環境ではロボット、IoT、AIなどの先進ツールの利活用が必須となりつつあるがDX人材不足が深刻化しているため我が国の強みとされてきた「製造現場」をどのようにして生産性高く強靱なものとするかは今後の工業高校の人材育成の課題として捉えることができる。

4. 半導体実習装置の開発要件

半導体人材の育成強化を考え、神奈川工業高校機械科ではオリジナルの半導体実習装置を自前で開発した。実習を行う上で心掛けるべきことは、実習装置の使い方に限定した指導に陥らないことである。専門高校で使用する実習装置は、生産現場で用いられる機器やソフトウェアとは異なる場合が多い。そのため特殊な実習装置で技術を習得しても、その装置のオペレータに留まり実際の生産現場では応用が利かないことがある。これからの専門高校では、装置の使用方法を学ぶだけの「作業」にとどまらず、問題を解決する力を養うことのできる「課題解決型」の実習装置、及び指導が求められる。こうした教育環境の整備は、生徒たちが多様な状況で応用力を発揮し実社会で活躍できる技術者として成長するための重要な鍵となる。

今回開発する装置は、精密機械制御に欠かすことのできないステッピングモータの基本を学ぶ実習装置とした。機能要件として、①励磁切替（1相、2相、1-2相）ができること。②励磁モニタで励磁の様子を常時モニタリングできること。③設定パルス数を可変できること。④正転・逆転切替できること。⑤Dutyを可変（50%、100%）できること。⑥連続・断続運転量を任意で設定できる事、とした。

上記を踏まえ、4相によるパルス出力端子を備えリアルタイムでステッピングモータの励磁出力波形をデータロガーで収集できる画期的な実習装置を開発した。複雑に配線されたマイコンボードは制御ボックス内に押し込め、外観をシンプルに最小限の構成とし使用するステッピングモータ、ボタン、スイッチ等は破損しても同じ規格の汎用品を安く入手し代用できる仕様とした（図7）。



図7. ステッピングモータ実習装置仕様

5. ステッピングモータの学習課題

ステッピングモータは、DC モータと比べると構造、及び励磁方式が複雑で生徒に理解させることが難しい（図8）。また、サンプリング数の細かい計測機器でしかそのパルスを計測することができないこともその作動メカニズムを難解にさせている要因のひとつとなっている。実習では高分解能のデータロガーを用い計測波形を細かく解析することでステッピングモータの基本特性を理解させることにした。

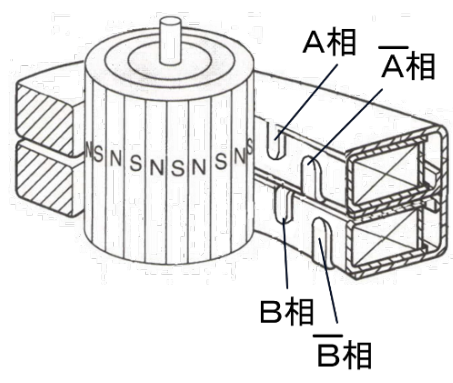


図8. ステッピングモータ励磁相

1相励磁方式	2相励磁方式	1-2相励磁方式
・低消費電力 ・振動が大きい	1相励磁に比べ ・動きがなめらか ・トルクがある ・回転時間は同じ ・消費電力が大きい	2相励磁に比べ ・動きがなめらか ・回転時間2倍 (1相、2相の2倍⇒ステップ角2倍) ・消費電力が大きい

図9. 励磁違いでの特性

6. PWM 制御の学習

PWM（Pulse Width Modulation）制御とは、半導体を使って電力を制御する方式のひとつで、スイッチのオンとオフを高速に繰り返すことで電圧を制御することができる。優れた制御性と高効率、過渡応答によりインバータ回路、DC モータ制御などで用いられる。本実験装置はPWM 制御で作動させることでその波形、及びPWM プログラムの基本についても学習できる。

7. 知的財産権の申請

開発したステッピングモータ実習装置の製品仕様、及びプログラム、回路を知的財産権のひとつである特許の出願申請、及び出願審査まで完了したところである。

