画像解析 AI 技術と自動運転技術を体験的に学ぶための授業研究と、持続的な社会の実現に資する人材の育成

愛知県立刈谷工科高等学校　IT 工学科
教諭　大坪　純一朗

１．はじめに

近年、AI 技術や自動運転技術の進展は目覚ましく、産業界のみならず社会全体に大きな影響を与えている。これらの技術を実践的に学ぶことは、持続可能な社会の実現に必要な次世代の技術者育成における重要な課題である。そこで、工業高校における授業研究を通じて、画像解析 AI 技術と自動運転技術を体験的に学ぶ教育手法を探求し、現代社会に必要な資質と技術を生徒に身に着けさせる教育の実践が重要であると考え、本研究を行った。

２．研究の目的と進め方

本研究では、機械学習を用いた画像認識技術および ROS を活用した自動運転技術を体験的に学び、深い理解と技術習得を図る。また、この過程において未知の領域の技術を自ら開拓する力を養うとともに、現代社会が直面する課題と先端技術の活用を結び付け、新たな解決手法を創出する力を育み、持続的な社会の創生を担う技術者としての基盤となる思考力や実践力を培うことを目的とする。さらに、この研究活動を通じて得られた技術や知見を本科の教育内容に反映させ、教育カリキュラムの拡充及び更新を目指す。

本研究は、画像認識技術や自動運転技術について学ぶ教材として、電動 RC カーにエッジ AI デバイスを搭載した図１に示す小型自動運転車両を製作し、画像認識および自律走行機能を実装する。そして、コース状況や標識の画像認識をもとに車両制御量を推論し、複雑な環境下においてもスムーズな自律走行ができるシステムの実現を進める。

また、課題研究および学年縦断授業のテーマとして、３年生３名、２年生２名の生徒ともに研究活動を行う。生徒と共に研究を進めることで、体験的な学びの機会を与え、想像を具現化する確かな技術の開拓と定着を図り、外部の技術講座を受講や自動運転に関する競技会への参加をとおして、企業・大学との交流をとおして専門的な知見を深める。

図１　小型自動運転車両

３．画像解析による自動運転機能の開発

（１）ハードウェアとシステム構成について

1/10 電動 RC カー（TAMIYA 製 TT-02）をベース車両とし、機械学習には高速な並列処理を必要とするため、GPU を内蔵する NVIDIA の JetsonOrinNano をエッジ AI デバイスとして搭載した小型自動運転車両を製作した。また、３D プリンターで車体の一部を設計・製作し、図２に示すカメラやモータドライバ、バッテリー、センサーなどを搭載している。

シャーシ	TAMIYA　TT-02
エッジデバイス	Jetson Orin Nano
LiPoバッテリー	SUNPADOW S-ERC 6100mAh 7.4V
モバイルバッテリー	Anker PowerCore 10000 PD Redux
Webカメラ	BAFFALO BSW300MBK
モータドライバー	PCA9685
超音波センサ	HC-SR04
ルーター	BAFFALO WMR-433W2

図２　部品リスト

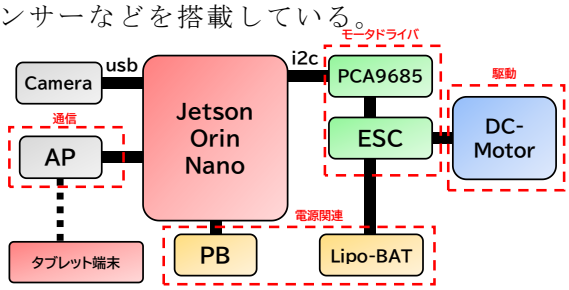

図３　システム構成

（２）ソフトウェア環境について

本研究では、図３に示す JetsonOrinNano において、CUDA や cuDNN を含む Jetson シリーズ向けのソフトウェア開発キット（SDK）である Jetpac5.1.1 を使用している。CUDA は NVIDIA 製 GPU の並列演算処理性能を向上させるプラットフォームおよびプログラミングモデル、cuDNN はディープラーニングの演算を最適化するライブラリであり、推論や画像処理を効率的かつ高速に行う役割を担っている。また、㈱Fabo の提供する Docker 環境を導入しており、開発環境には JupyterLabo を使用している。本機はヘッドレスで運用し、アクセスポイントによるネットワーク経由で生徒用タブレット端末からプログラミングできる環境を整え、機械学習や画像処理のため、Python の外部ライブラリとして Pytorch、OpenCV を用いた。

（３）画像認識による自律走行

NVIDIA が提供するリファレンスモデルである JetRacer をベースに、画像認識モデルの作成および自律走行ロジックの実装を行った。自律走行モデルの生成においては、複数のコース上で収集した画像とアノテーションデータをデータセットとして学習を実施した。アノテーションでは、画像に対して X 座標をステアリング値、Y 座標をスロットル値とするプロットを設定し、これを学習データとして用いた。生成された学習モデルを活用し、カメラから取得した画像を基にスロットル値およびステアリング値を推論し、その結果に基づいて自動運転を実現させる。また、超音波センサーを用いた障害物および壁の回避アルゴリズムやバック走行機能、手動/自動運転モードの切り替え機能などを実装し、操作性向上のため GUI 改良を施した。学習モデルの検証用に実習室内に模擬コースを作成し、学習におけるデータセット数、学習回数について複数のパターンを検証した結果、今回は 2000 枚のデータセットと学習回数 40 回での学習を行っている。ストレートとコーナーの配分による偏りの影響を考慮し、追加学習による調整を行うなど、学習手法のノウハウを得ることができた。

（４）Pytorch と YOLOv8 による標識認識

本研究では、Pytorch および YOLOv8 を用いた標識認識アルゴリズムを実装し、車両の走行モデルと組み合わせて動作を制御するシステムを構築した。機械学習フレームワークは Ultralytics を使用し、「赤信号」「青信号」「右矢印」「左矢印」の 4 種類の標識を認識するモデルを作成した。データセットは 1 クラスあたり 500 枚、学習回数は 50 としてモデル作成を行った。画像認識の推論結果をもとに、車両は走行・停車を切替えや走行モデルを選択することで走行経路の変更が可能となり、標識に基づいて適切な走行をする走行プログラムを作成することができた。また、標識認識モデルの学習においては、データセット作成時に光の当たり具合や角度、距離など、さまざまな状況を考慮した学習材料を用意することが、精度向上には不可欠であることを確認することができた。

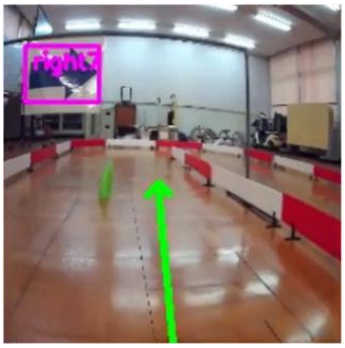

図４　標識認識と走行の推論

4. 外部の技術講座の受講

本研究の一環として、トヨタ技術会が開催する技術講座に生徒とともに参加し、機械学習および画像処理技術に関する知識と技術を習得した。第１・２回の機械学習講座では、Donkeycar のハンズオンによる模倣学習体験や畳み込みニューラルネットワーク（CNN)、OpenCV を用いた画像処理技術の基礎知識ついて学んだ。さらに、第３回の画像認識講座では、Pytorch と YOLO を使用した物体検出の機械学習手法を学び、画像推論を行うためのモデル作成技術を習得した。

図５ ディープラーニング講座

5. AI ラジコンの自動運転技術の競技会への参加

（１）自動運転ミニカーバトル２０２４への参加（１０月５日）

トヨタ技術会が主催する本大会では、図６に示すようにコースにスラローム走行や標識認識による走行コース変更、低 μ 路、完走後の駐車など、複数のギミックが含まれている。競技は３周の走行タイムとギミックのクリア数に応じて点数と順位が決定される形式で行われた。５度の試走会を経て、学習データの収集、学習モデルの作成、モデル評価、追加学習を繰り返し、本番に向けた走行用学習モデルを作成した。結果として予選は９位であり、残念ながら本選への進出は叶わなかったが（本選進出は８位以上)、初出場として多くの貴重な経験を得ることができた。

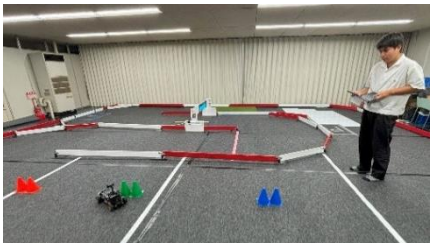

図６ 自動運転ミニカーバトル

（２）F1-tenth JP への参加（１２月７・８日）

この競技会では、図７に示すように 10m×20m のコースサイズでタイムアタックの予選と 1on1 によるレース形式で決勝トーナメントが行われた。予選タイムは全体３位、決勝トーナメントも３位に入賞することができた。この競技会を通して、分類・回帰学習の使い分けによる、機能実現へのアプローチの手法や、並走する他の車両検出とその回避アルゴリズムなど技術的課題を多く発見し、今後の改善点を明確にすることができた。また、企業や大学からの参加者と技術交流を行う貴重な経験を得ることができた。

図７ F1-tenth JP 走行の様子

6. ROS（Robot Operating System）を用いた自動運転技術の開発

本研究では、画像認識技術に加え、ROS を用いた自動運転技術の習得にも取り組んだ。実際の自動車の自動運転にも使用されている㈱TIRE IV（ティアフォー）製のオープンソース自動運転ミドルウェア AutoWare を活用することを目指しているが、その第一歩として自律運転用の ROS パッケージである Navigation Stack を用いた自律走行の研究を行

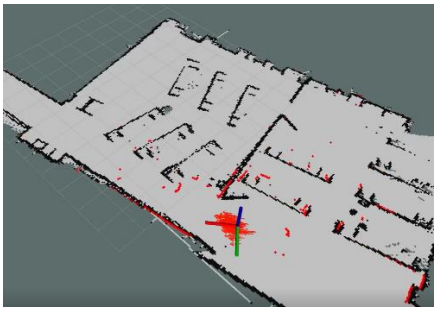

図８ 実習室での自動走行検証

った。今回製作した小型自動運転車両に 2D-Lidar（YD-Lidar X4）を搭載し、Lidar から得られる周囲の点群情報をもとに、SLAM によるマップ生成、自己位置推定、経路計画を行い、自動車と同様の差動駆動と操舵機能を備える機構での自動運転を実現することができた。SLAM には HectorSLAM を、自己位置推定や経路計画・追従には amcl および move_base のパッケージを活用した。オドメトリの生成や TF によるフレームの相互関係の解析には課題があり、多くの試行錯誤を伴ったが、システム構造の理解を深めながら進めることができた。

7. 実習への展開

これまでの活動を通じて得た経験を基に、Pytorch・YOLOv8 による画像認識技術と ROS と組み合わせたロボット制御を実習内容へ展開した。従来の実習で扱っていた機械学習フレームワークの Darknet（+YOLOv3）と比較し、より高速・高精度な検出が可能なったとともに、セグメンテーションや姿勢推定、トラッキングなどの画像認識技術も取り扱えるようになり、実習内容の幅を広げることができた。

8. まとめ

本研究では、機械学習技術や自動運転技術を活用した教育活動を通じ、生徒が先端技術を実践的に学び、柔軟な思考力と問題解決力を養うことができた。これらの活動から、次々に発生する難しい課題に対し、教員が解答を提示するのではなく、生徒自身が課題を発見し解決策を見い出すサイクルを確立することが重要であることを実感した。生徒が自ら情報を収集し実践と検証を重ねることで、未知の領域の技術に挑戦し、独自の解決策を探る主体的な姿勢が自然と身についたと感じている。また、その過程において重要なのは失敗から学ぶ姿勢である。失敗した事象に対して論理的に原因を分析し、仮説を立てて検証させる。この経験を積み重ねる中から、解決の糸口を見つけ出すとともに、確実な自己の力へと変えていくことができることを生徒とともに実感することができた。

また、これまでの要素技術の習得だけで終わるのではなく、社会的な課題と先端技術を結び付け、新たな解決手法を考案させることこそが、持続的な社会を支える技術者に求められる力であり、工業教育における重要な使命であると考える。これを踏まえて、生徒には、画像認識技術による手話翻訳 AI システムや自動搬送ロボットなどの新たなテーマを立ち上げさせ、現在も活動を継続している。社会の進化と変化に目を向け、技術の力で何ができるのかを考えさせる探究的学習を重視することで、自律的な「課題発見力」と「問題解決力」を高める積極的な活動がみられるようになった。今後も、先端技術の習得による教育内容および教育環境の拡充を推進していくとともに、将来の社会発展に貢献できる技術者の育成を図っていきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、公益財団法人 天野工業技術研究所様から多大なご支援を頂きました。ここに記して深く謝意を示します。

参考文献

1） github NVIDIA-AI-IOT/jetracer https://github.com/NVIDIA-AI-IOT/jetracer
2） Fabo Jetrace Docs https://faboplatform.github.io/JetracerDocs/
3） ros.org navigation https://wiki.ros.org/navigation