

3. 予防安全・自動運転のための環境認識

情報・知能工学系 教授 三浦 純

3-1 End-to-end 自動運転のためのマルチタスク深層学習モデル [Natan 2023]

End-to-end 自動運転：従来の自動運転システムでは、環境認識、経路計画、車両制御の3つのモジュールを個別に構成し、それらを繋げることによって自動運転を実現していた。近年の深層学習の発展に伴い、カメラやLiDAR（レーザ距離センサ）などのセンサから得たデータを用いて車線、他車、歩行者などを認識する手法が格段に進歩している[Natan 2022]。これに対し、End-to-end 自動運転では、センサ入力から直接車両制御コマンド（アクセル開度、ブレーキ強度、ハンドル角）を出力するためのモデルを、深層学習を用いて獲得する [Ishihara 2022]。

マルチタスク学習：単純な深層学習では、物体検出、セマンティックセグメンテーション（画像のピクセルごとの物体クラス分類）、車両制御コマンド生成など、入力に対し一つのタスクを行うが、マルチタスク学習では、同じ入力に対し複数のタスクを行えるように学習する。これにより、複数タスク間に共通して有効な特徴を効率的に学習することや、単一タスクよりも高い汎化性能（多様な状況に対応する能力）を得ることができる。

提案するネットワーク構造：図 3-1-1 に提案するネットワークの概要を示す。青色のブロックは認識部、緑色のブロックは制御量生成部である。認識部は RGB カメラ入力に対しセマンティックセグメンテーション処理を行い、さらに Depth データ（距離データ）とあわせて、上空視点の意味情報を持った距離データ点群（Semantic Depth Cloud）へ変換する。制御量生成部は、画像から得られた特徴と距離データ点群から得られる情報を総合して、車両制御コマンドを生成する。

データセット：データセットは CARLA 都市環境運転シミュレータ [Dosovitskiy 2017] を用いて作成した。8 種の市街地と多様な天候や時間帯を 14 通りの組合せのデータを生成した。画像の生成と同時にマルチタスク学習の出力値を正解値として取得しており、それらを用いてネットワークの学習を行う。

実験結果：図 3-1-2 にネットワークの出力例を示す。左の 2 列は入力された RGB 画像と距離画像であり、右の 3 列は出力されたセマンティックセグメンテーション、上空視点の意味情報付き点群、車両制御量である。各行はそれぞれ、(1)好天の日中、(2)曇天の夕方、(3)雨天の日中、(4)強い雨の降る夕方、(5)路面の濡れた夕方であり、多様な環境下で十分な認識と制御量計算ができていることが分かる。安全性や効率などを複合的に評価する基準（Driving Score と呼ばれる）を用いて他の最新の手法との比較実験を行い、最もよい性能を示している。また、提案モデルは他に比べて小規模なモデル、すなわち学習すべきパラメータ数がかかなり少ないモデルであり性能の限られた計算機でも十分に機能することができる。

今後の展開：照明条件が悪い環境下での性能向上、照明条件に左右されない LiDAR の利用、実環境での自動運転への適用などを目指して研究を続けている。

[Natan 2023] O. Natan and J. Miura, "End-to-end Autonomous Driving with Semantic Depth Cloud Mapping and Multi-Agent," IEEE Trans. on Intelligent Vehicles, Vol. 8, No. 1, pp. 557-571, 2023.

[Natan 2022] O. Natan and J. Miura, "Towards Compact Autonomous Driving Perception with Balanced Learning and Multi-sensor Fusion", IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, Vol. 23, No. 9, pp. 16249-16266, 2022.

[Ishihara 2022] K. Ishihara, A. Kanervisto, J. Miura, V. Hautamäki, "Multi-Task Learning with Attention for End-to-end Autonomous Driving", Proc. CVPR2021 Workshop on Autonomous Driving, Jun. 2021.

[Dosovitskiy 2017] A. Dosovitskiy, G. Ros, F. Codevilla, A. Lopez, V. Koltun, "CARLA: An Open Urban Driving Simulator", Proc. 1st Annual Conf. on Robot Learning, 2017.

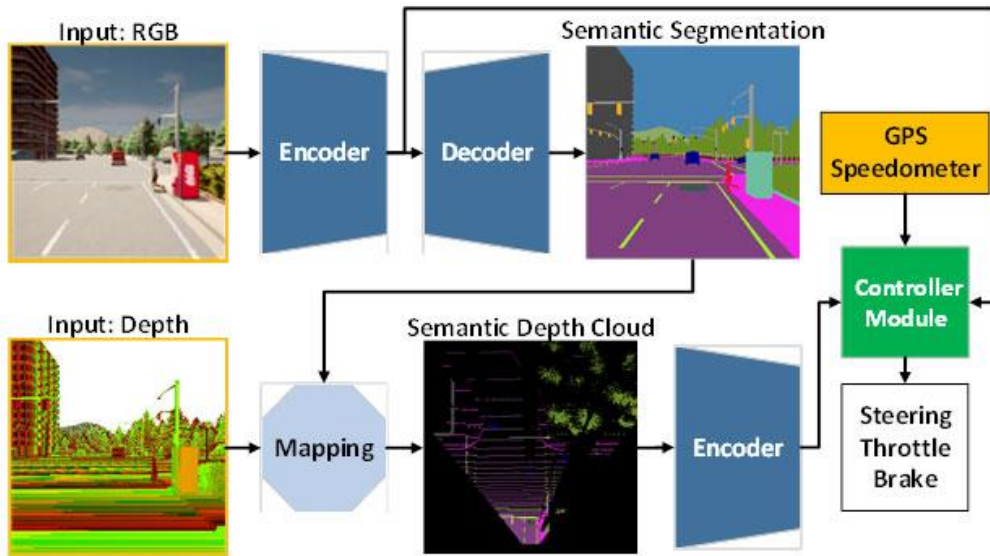


図 3-1-1: 提案する End-to-end 自動運転用マルチタスク学習モデル

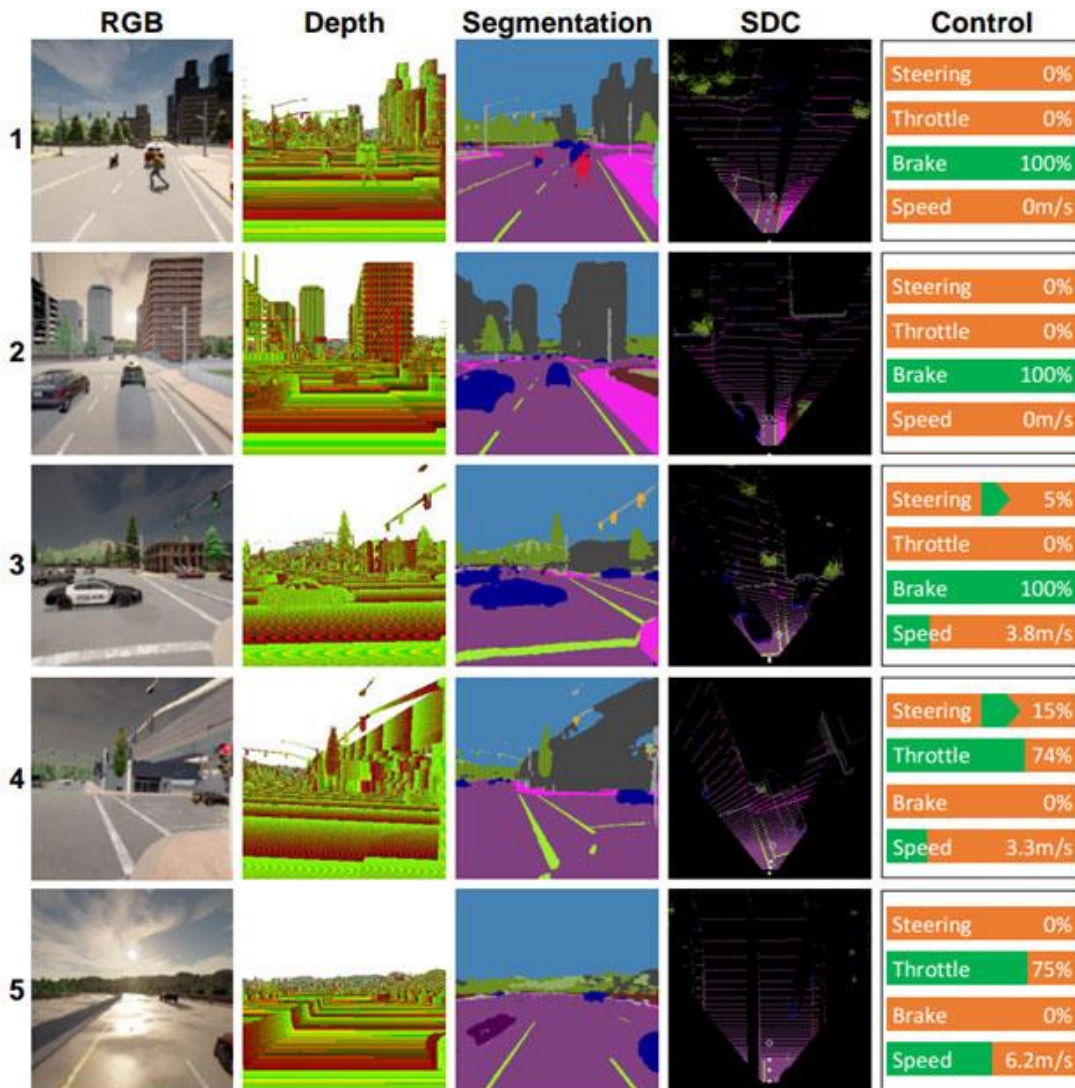


図 3-1-2: 生成された認識結果および制御コマンドの例