

⑩ 運転操作の自動化に向けた最高速度の認知に関する検討

自動車安全研究部

※中川 正夫

小林 摂

新国 哲也

1. はじめに

レベル3以上の自動運転では、ドライバに代わってシステムが認知・判断・操作を行うことになる¹⁾。自動運転車が ODD（運行設計領域: Operational Design Domain）内において、合理的に予見される防止可能な事故を起こさない²⁾ためには、道路条件、地理条件、環境条件、最高速度など自車を中心とした近接領域の局所情報³⁾を正確に取得することが重要である。

なかでも、交通事故の削減には速度の抑制が有効であり、自動運転車が道路に設定された最高速度を正確に認知し遵守する必要がある。しかし、自動運転車によって使用するセンサの種類や構成が異なり、認知の正確性を一義的に評価することが難しい。

そこで本研究では、道路に設定された最高速度の認知に着目して、認知原理が異なる2車両を使用して認知の正確性及び特性を比較し、自動運転車における道路に設定された最高速度の認知に関する安全上の課題について検討する。

2. 実験に使用した車両と評価値

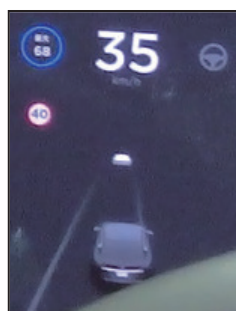
2. 1. 実験に使用した車両と認知原理

車両 A は、ステレオカメラによって標識を認識し、最高速度を認知する。画像認識を使用することで、最高速度のほかに「追越しのため右側はみ出し禁止」や「終わり」も認知できる（図1(a)）。車両 B は、GPS により取得した位置情報と地図情報を照合し、地図情報に基づいて最高速度を認知する（図1(b)）。

車両 A、B ともに、ある程度以上ステアリングを操作すると認知された情報がキャンセルされる。



(a) 車両 A



(b) 車両 B

図1 認知した最高速度の表示

2. 2. 評価指標：F 値

システムが認知した最高速度の正確性を評価するため、後述の表1から算出される適合率（=TP/(TP+FP)）と再現率（=TP/(TP+FN)）の調和平均である F 値⁴⁾を使用する。F 値は 0~1 の値をとり、1 に近い方が正確であることを示している。

表1に最高速度 40km/h の認知を例として、F 値を算出するためのデータ分類の定義を示す。40km/h 道路で 40km/h と認知すれば正解：True Positive (TP) となり、40km/h 以外と認知すれば誤認知：False Negative (FN) となる。一方、40km/h 道路ではない道路で 40km/h と認知すれば過認知：False Positive (FP)、40km/h 以外と認知すれば True Negative (TN) となる。ここで、TN には、30km/h 道路で 10km/h と誤認知したものなど評価対象以外も含まれるが、F 値には影響しない。

表1 データ分類

システム 出力		真値	
		40km/h	40km/h 以外
40km/h		TP	FP
40km/h 以外		FN	TN

実験により計測されたデータを（データ点数は後述）、上記定義にしたがって TP, FN, FP, TN（単位：点）に分類し、F 値を算出した。

3. 道路に設定された最高速度の認知実験

図2に示す1周 11.2km の交通研周辺の一般道を走行し、道路に設定された最高速度の認知実験を行った。

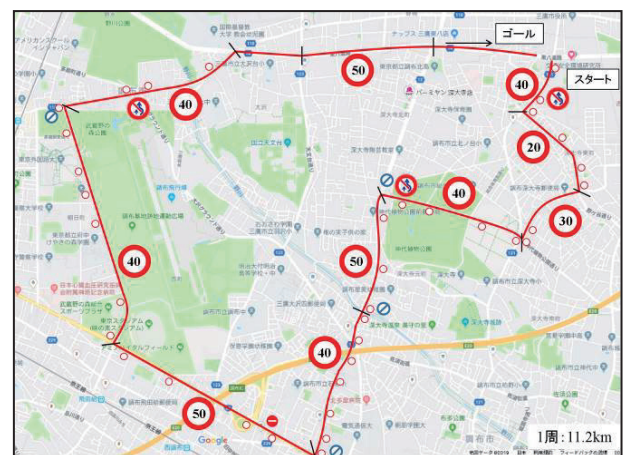


図2 最高速度の認知実験コース

コースを標識や交差点などによって 42 のセクターに分割し、各車両で 4 周して評価を行った（総データ点数：各車両 168 点（TP+FP+FN+TN=168））。

本コースには、最高速度 20, 30, 40, 50km/h の区間が存在し、各最高速度に関して F 値を算出した。

4. 実験結果及び考察

4. 1. 認知の正確性及び特性の比較

道路に設定された最高速度の認知に関して、最高速度ごとの各車両の F 値の結果を表 2 に示す。

表 2 F 値の結果

		F 値			
		20km/h	30km/h	40km/h	50km/h
車両 A		0.93	0.8	0.94	0.74
車両 B	GNSS 良	0	0	0.83	0.55
	GNSS 悪	0	0	0.87	0.55

車両 A はカメラで標識を認識すると、間違えることなく最高速度を認知していたが、標識のない道路やコーナーを曲がった直後では標識が現れるまで最高速度が不明となり F 値が低下した。これは、画像認識を利用する車両が最高速度を認識し続けるためには、速度標識が一定間隔で存在しなければならないことを示唆している。また、車両 A は速度標識の横を通過するまで最高速度を表示しないため、標識の認識から最高速度の認知までの処理時間を検証できなかった。

車両 B は GPS のみに依存しているため、速度標識がない箇所でも最高速度を認知できた。その一方で、20km/h 道路では認知せず、30km/h 道路では誤って全て 10km/h と認知した。また、50km/h 道路でも一部認知しない区間が存在し、GPS の衛星情報の捕捉状況（位置精度劣化度 PDOP: 1.5 未満（良）及び 2.1 付近（悪）の 2 水準で比較、図 3）による影響もないことから、参照する地図情報に依存していると考えられる。よって、GPS により道路に設定された最高速度を認知

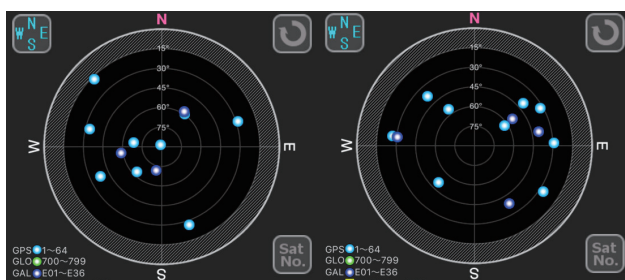


図 3 衛星の配置例 (PDOP: 1.5 & 2.1)

する車両では、ダイナミックマップ⁵⁾などの地図情報の分解能や情報の正確性が重要であると示唆された。

以上より、道路に設定された最高速度の認知において、原理の差異によって認知特性が異なることがわかり、その差異を考慮に入れた認知の正確性の評価手法の構築が必要である。

4. 2. 偽造 GPS 信号による誤認知

4.1 節で述べたように、車両 B における最高速度の認知は地図情報に大きく依存しているが、GPS 信号による位置情報が誤っている場合に最高速度を誤認知することが考えられる。そこで、車両 B に偽造した GPS 信号を与え、最高速度を誤認知するリスクについて実験を行った。車両 B の GPS 2 系統のうち 1 系統に図 2 のコースで収録した GPS 信号の一部を挿入し、構内で静止状態にも関わらずコース上の道路を走行していると認識させた。

結果、車両 B に偽造 GPS 信号を挿入することで、コース上任意の道路に設定された最高速度を認知することが確認された。さらに、誤認知した最高速度に従って走行する危険性が考えられることもわかった。

今後、自動運転車における最高速度の認知において、偽造された GPS 信号によって道路の最高速度が誤って認知された場合、実際の最高速度を遵守できない危険性があると考えられる。

5. まとめ

運転操作の自動化に向けて、センサの種類や構成が異なるシステムの安全性を確保する上で、ODD の要件となり得る「道路の最高速度の認知」が車両によって異なる可能性が示唆された。誤認知の危険性なども踏まえ、その差異による詳細な要件及びその性能の評価手法の構築が必要である。今後は、WP29 で議論が進められている自動運転車の安全性評価方法への反映なども視野に研究を進めていく。

参考文献

- 1) 自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義、JASO テクニカルペーパー、自動車技術会 (2018)。
- 2) 自動運転車の安全技術ガイドライン、国土交通省自動車局 (2018)。
- 3) 青木正喜、ITS における画像認識の現状と課題、人工知能学会誌、Vol.15, No.2 (2000), pp.234-241。
- 4) Safety first for automated driving, Mobileye (2019), <https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2019/07/Intel-Safety-First-for-Automated-Driving.pdf>。
- 5) K. Yoneda, R. Yanase, M. Aldibaja, N. Suganuma, and K. Sato, Mono-camera based vehicle localization using lidar intensity map for automated driving, Artificial Life and Robotics, Vol. 24, No.2 (2019), pp.147-154。