

自動運転車の事故に関する考察

— 試験走行車のデータを対象として —

日大生産工(学部) ○山崎 綾華 日大生産工(学部) 池田 拓己
日大生産工(学部) 劉 賛 日大生産工 三友 信夫

1. 緒言

自動運転という技術によって、交通事故の低減・渋滞の解消や緩和・少子高齢化への対応・生産性の向上・国際競争力の強化が期待されている。

自動運転の定義は、SAE J3016¹⁾及びその日本語参考訳であるJASO TP 18004²⁾によって、表1に示すようにレベル0からレベル5までの6段階に分けられている。

表1 自動運転レベルの定義概要

レベル	名称	定義概要	安全運転に係る監視、対応主体
運転者が一部又は全ての動的運転タスクを実行			
0	運転自動化なし	運転者が全ての動的運転タスクを実行	運転者
1	運転支援	システムが縦方向又は横方向のいずれかの車両運動制御のサブタスクを限定領域において実行	運転者
2	部分運転自動化	システムが縦方向及び横方向両方の車両運動制御のサブタスクを限定領域において実行	運転者
自動運転システムが（作動時は）全ての運転タスクを実行			
3	条件付運転自動化	システムが全ての動的運転タスクを限定領域において実行 作動継続が困難な場合は、システムの介入要求等に適切に応答	システム（作動継続が困難な場合は運転者）
4	高度運転自動化	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を限定領域において実行	システム
5	完全運転自動化	システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を無制限に（すなわち、限定領域内ではない）実行	システム

現在、実用化されている自動運転車の自動運転レベルは、レベル1～2の間である。さらに高いレベルの自動運転車の実用化に向け、世界中で開発が進んでおり、様々な企業が公道での実験を含めた研究を行っている。特に、アメリカ合衆国のカリフォルニア州では、公道での試験走行が盛んに行われている。

一方で、公道での試験走行において自動運転車が関与する事故が起きているのも事実である。そこで本研究では、自動運転車の安全な運転を実現するために、自動運転車が関与する事故が発生した際の状況を調査し、現段階での、自動運転技術の問題点を考察した。

2. 解析方法

本研究では、以下の手順で解析を行った。

- ① アメリカのカリフォルニア州陸上運輸局 (CADMV : California Department of Motor Vehicles) が公表している、2015年～2018年までの「自動運転車に関する交通事故の報告書」(RTCIIV : Report of Traffic Collision Involving an Autonomous Vehicle)³⁾のデータを基に、事故が起きた際の状況や事故における自動運転車が加害者であるのか、被害者であるのかを解析した。表2に、その一部を示す。

表2 自動運転車に関する交通事故の報告書の一部

ITEMS MARKED BELOW FOLLOWED BY AN ASTERISK (*) SHOULD BE EXPLAINED IN THE NARRATIVE									
WEATHER (MARK 1 to 2 ITEMS)	VEH 1	VEH 2	MOVEMENT PRECEDING COLLISION	VEH 1	VEH 2	OTHER ASSOCIATED FACTOR(S) (MARK ALL APPLICABLE)			
A. CLEAR	X	X	A. STOPPED	X		A. CVC SECTIONS VIOLATED			
B. CLOUDY			B. PROCEEDING STRAIGHT		X	B. VISION OBSCUREMENT			
C. RAINING			C. RAN OFF ROAD			C. INATTENTION*			
D. SNOWING			D. MAKING RIGHT TURN			D. STOP & GO TRAFFIC			
E. FOG/VISIBILITY			E. MAKING LEFT TURN			E. ENTERING/LEAVING RAMP			
F. OTHER			F. MAKING U TURN			F. PREVIOUS COLLISION			
G. WIND			G. BACKING			G. UNFAMILIAR WITH ROAD			
H. LIGHTING			H. SLOWING/STOPPING			H. DEFECTIVE WEH EQUIP			
A. DAYLIGHT	X	X	I. PASSING OTHER VEHICLE			I. UNINVOLVED VEHICLE			
B. DUSK - DAWN			J. CHANGING LANES			J. OTHER*			
C. DARK - STREET LIGHTS			K. PARKING MANUEVER			K. NONE APPARENT			
D. DARK - NO STREET LIGHTS			L. ENTERING TRAFFIC			L. RUNAWAY VEHICLE			
E. DARK - STREET LIGHTS NOT FUNCTIONING*			M. OTHER UNSAFE TURNING						
F. ROADWAY SURFACE			N. XING INTO OPPOSING LANE						
A. DRY	X	X	O. PARKED						
B. WET			P. MERGING						
C. SNOWY - ICY			Q. TRAVELING WRONG WAY						
D. SLIPPERY (MUDDY, OILY, ETC.)			R. OTHER*						
ROADWAY CONDITIONS (MARK 1 to 2 ITEMS)		TYPE OF COLLISION							
A. HOLES, DEEP RUT*			A. HEAD-ON						
B. LOOSE MATERIAL ON ROADWAY			B. SIDE SWIPE						
C. OBSTRUCTION ON ROADWAY*			C. REAR END		X				
D. CONSTRUCTION - REPAIR ZONE			D. BROADSIDE						
E. REDUCED ROADWAY WIDTH			E. HIT OBJECT						
F. FLOODED*			F. OVERTURNED						
G. OTHER*			G. VEHICLE/PEDESTRIAN						
H. NO UNUSUAL CONDITIONS	X	X	H. OTHER*						

- ② カリフォルニア州陸上運輸局が公表している2015年～2018年の「自動運転解除報告書」(AVDR : Autonomous Vehicle Disengagement Report)⁴⁾のデータを基に、自動運転車の試験走行距離と自動運転解除回数を調査した。表3に、その一部を示す。

Consideration for Traffic Accidents Involving Autonomous Vehicles
— Based on Data of Test Vehicles —

Ayaka YAMAZAKI, Takumi IKEDA, Zan LIU and Nobuo MITOMO

表3 自動運転解除報告書の一部

Month	Number Disengages	Autonomous miles on public roads
2014/09	2	4207.2
2014/10	19	23971.1
2014/11	21	15836.6
2014/12	43	9413.1
2015/01	53	18192.1
2015/02	14	18745.1
2015/03	30	22204.2
2015/04	51	31927.3
2015/05	13	38016.8
2015/06	11	42046.6
2015/07	29	34805.1
2015/08	7	38219.8
2015/09	16	36326.6
2015/10	16	47143.5
2015/11	16	43275.9
Total	341	424331

- ③ 整理した自動運転車に関する交通事故の報告書と自動運転解除報告書のデータを基に、各年間の自動運転車両の事故発生率を算出し、現段階での、自動運転技術の課題を考察した。

3. 結果

3.1 自動運転車に関する交通事故の報告書の解析

前述の自動運転車に関する交通事故の報告書の中から、本研究の目的を考え、以下の項目についてまとめた。

- ・ 日付
- ・ 時間
- ・ 車種
- ・ 製造年
- ・ 運転モード
- ・ 天気
- ・ 明るさ
- ・ 路面状況
- ・ 道路状況
- ・ 衝突前の動き
- ・ 衝突タイプ
- ・ 事故概要

事故の発生した 2015 年～2018 年までの報告書について調査した結果、該当する事故は 81 件あった。これらの発生した 81 件の事故について、さらに、加害者が一般車・自動運転車

であるかを調査し表 4 にまとめた。

表 4 発生した事故の加害者 (件)

年	一般車	自動運転車
2015	6	1
2016	8	1
2017	21	0
2018	46	0

以上の結果より、自動運転車に関する交通事故は、年々増加しており、その事故の多くは、一般車が加害者であり自動運転車が被害者であることがわかる。

一方、自動運転車が加害者の場合については、2件のみある。そのうち、2016年に起きた1件の事故について検討する。

2016年に発生した事故の概要は、以下の通りである。

自動運転車が試験走行中、ある赤信号の交差点で右折しようとして右レーンに寄った。しかし、道の脇に土のうがあり、土のうを避けるため中央レーンに戻ることにした。運転者は、左のサイドミラーで後ろからバスが来ていることを確認したが、バスは止まるか速度を緩めるだろうと判断し、自動運転を続行した。約3秒後、自動車は中央に戻り始め、そのままバスの側面に衝突する事故を起こした。

この事故は、人間が操作していれば防ぐことが出来た可能性があり、自動運転車のセンサーがうまく対象物を認識できなかったことが問題と考えられる。

つまり、この段階での自動運転システムの信頼性・安全性はまだ十分でないと考えられる。

実際、日本でも自動運転車のシステム故障が原因と考えられる事故が起きている。2018年4月29日東名高速道路路上り線で起きた事故である⁵⁾。

場所は、合流車線を含む片側4車線の直線区間である。第4車線で乗用車同士の追突事故が最初に発生。これに気づいたワゴン車が減速したところ、後続のバイク1台が追突して転倒。一緒に走っていたツーリング仲間のバイク3台も続けて停車し、転倒した男性の救護を行っていたが、そこに後ろから進行してきた自動運転車が突っ込み、複数台の車両が関係する多重衝突へ発展した。

事故を起こした自動運転車の自動運転レベルは、レベル2に該当する。現在、レベル3以上の自動運転レベルの自動運転車は、日本の公道で

は走行が許されていない。

事故を起こした車両は、自動緊急ブレーキや、正面衝突警告システムに加え、「トラフィックアウェアクルーズコントロール」なる機能が作動する設定となっていた。これは、前方の車両と一定の車間距離を保ち、自動で追従走行する機能を指す。

しかしながら、事故の2秒前にこの機能が故障し、前方の障害物を認識しないまま加速する「暴走」状態に陥った。自動ブレーキも警告システムも全く作動せず、事故に至った。システムの故障が原因であるため、事故当時、被告人が居眠りをしていたが、起きていたとしても事故は回避できなかったと考えられている。

また、事故の直前に、自動運転車の前を行く車両が車線を変更していた。その際、前方の人影を感知できなかった自動運転車が、自動的に車間距離を詰めようとして加速した可能性も指摘されている。

この事故についての情報は十分でないが、いくつかの指摘されていることが事実であれば、この段階での自動運転システムの信頼性・安全性はまだ十分でないと考えられる。

3.2 自動運転解除報告書の解析

前述の自動運転解除報告書の中から、本研究の目的から、以下の項目について検討する。

- ・ 試験走行距離
- ・ 自動運転解除回数

表4より、自動運転車の事故発生件数が年々増加していることが分かったが年々試験走行距離が増加しているのも事実である。

そこで、1マイル当たりの事故の発生件数を事故発生率として検討を行った。

$$\text{事故発生率} = \frac{\text{事故発生件数}}{\text{総走行距離}} \times 100 \quad (1)$$

表5 自動運転車の総走行距離と事故発生率

年	総走行距離 (マイル)	事故発生率 (%)
2015	450281	0.0016
2016	656814	0.0014
2017	510359	0.0041
2018	1996752	0.0023

試験走行の総走行距離と事故発生率は、増加傾向にあることがわかる。これは、現在試験走行を行っている公道において一般車と自動運転車が共存していることが要因として挙げられる。年々センサーの精度やシステムの信頼性・安全性が向上するが、人間と機械が共存する場所で走行試験を行うとヒューマンエラーによる事故に巻き込まれてしまう可能性があることがわかる。

そのため、自動運転車だけの公道に変化しない限り交通事故の低減に繋がることは難しいとも考えられる。

次に、搭載されるセンサーの精度やシステムの信頼性・安全性がどれほど向上しているのか、自動運転解除回数を基に解析を行った。表5の総走行距離を用いて、以下の式により1000マイルあたりの平均自動運転解除回数を求めた。

1000マイルの平均自動運転解除回数

$$= \frac{\text{自動運転解除回数}}{\text{総走行距離}} \times 1000 \quad (2)$$

表6 自動運転車の自動運転解除回数と1000マイルの平均自動運転解除回数 (回)

年	自動運転解除回数	1000マイルの平均自動運転解除回数
2015	2519	6
2016	2555	4
2017	2333	5
2018	73664	37

試験走行を行っている会社全体で見ると、1000マイルの平均自動運転解除回数は増加傾向にある。しかしながら、試験走行を行っている会社が2018年から急増している。

そこで、2015年から2018年まで毎年試験走行を行っている会社3社を取り上げ、整理したものが表7である。

表7 3社における1000マイルの平均自動運転解除回数の推移 (回)

年	A社	B社	C社
2015	0.8	24	71
2016	0	74	7
2017	0.179	45	5
2018	0.091	0	4.75

表 7 からわかるように、2015 年から 2018 年まで毎年試験走行を行っている 3 社における 1000 マイルの平均自動運転解除回数は、減少傾向にある。

このことから、自動運転車のセンサーの精度やシステムの信頼性・安全性は向上していると考えられる。

4. 考察

自動運転技術は、現在 公道で試験走行を行っているが、そこでは一般車と自動運転車が共存している状態にある。

つまり、人間と機械が共存している状態である。そのため、自動運転車のセンサーの精度やシステムの信頼性・安全性が向上しても人間のヒューマンエラーによって事故に巻き込まれることが多くあることがわかった。

さらに、今後は自動運転車が普及していき人間と機械が共存する公道ではなく機械のみが存在する公道となっていくと考えられる。

そこでは、2016年にカリフォルニア州で起きた事故や東名高速道路で起きた事故のように、システムのエラーによる事故が起きないように改善していかなければならない。

従って、センサーの精度やシステムの信頼性・安全性をさらに向上させ自動運転車を普及させることが、これからの課題の一つであると考えられる。

5. まとめ

本研究では、自動運転車の安全な運転を実現するために、現段階での、自動運転技術の問題点を考察するために、以下のことを行った。

- ・自動運転車が関与する事故を解析した。
- ・自動運転車が加害者となる場合の事故について検討した。
- ・自動運転車の事故発生率を算出した。
- ・1000マイルの平均自動運転解除回数を算出した。
- ・現段階での、自動運転技術の課題を考察した。

以上のことから、自動運転技術は、センサーの精度やシステムの信頼性・安全性をさらに向上させ自動運転車を普及させることがこれからの課題の一つだと考えられる。

参考文献

- 1) SAE International , Levels of Driving Automation, (2019),

<https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-i3016-automated-driving-graphic>

(参照 2019-10-17)

- 2) JASO TP 18004, 自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義, (2018), p.19.
- 3) California Department of Motor Vehicles , Report of Traffic Collision Involving an Autonomous Vehicle , (2019) , https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/autonomous/autonomousveh_ol316 (参照 2019-10-17)
- 4) California Department of Motor Vehicles , Autonomous Vehicle Disengagement Report, (2019) , <https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/autonomous/testing> (参照 2019-10-17)
- 5) 国沢光宏, テスラ・モデルX、バイクに追突。1人死亡。自動ブレーキ稼働せず?, (2019), <http://kunisawa.net/> (参照 2019-10-17) など