

# 交差点での様々な状況における、一般車と自動運転自動車が共存した場合の安全性の評価

高橋直希\* 小久保達也\*

\*明治大学 総合数理学部 ネットワークデザイン学科

## 1. はじめに

### 1.1 研究目的と背景

近年、「人工知能(AI)」は幅広い分野で使用されているが、その中でも現在注目を集めている分野の一つに「Google Car」を始めとする自動運転車の開発がある。海外では既に、自動運転車の公道での実験を開始している所もある[1]。複雑な交通状況の市街地でも実用レベルの自動走行が実現しつつある。近年、幾つかの公道実験の結果が公開されており、「Google Car」の場合、開発スタートから2015年までの6年間で、合計11回の小さな事故を起こしている。これは、負傷者のいない本場に小規模の事故で、事故比率も相手方の人間が運転している自動車の方が高い[2]。つまり、基本的にはもらい事故をする可能性の方が高いということだ。

もし自動運転の技術が発展し、公道を走るすべての車が自動運転車になれば、交通事故は限りなく0に近づくかもしれない。しかし、それは何年も先の話であり、そもそも実現しないかもしれない。これは、技術だけの問題ではなく、車を運転できない人や高齢者など自動運転を強く欲している人がいる一方、運転することが楽しみな人もいるわけで、様々な社会的要素が影響する。これらの事実を踏まえて近未来を考えると、自動運転車と一般車が共存する形で道路交通システムが整えられていくのではないかと予想する。自動運転車が今の技術のままで共存した社会が実現したと仮定すると、先にも述べたもらい事故は増加するかもしれない。というのも自動運転とは人間の運転ではなく、究極的に安全を考慮されたものであり、「人間らしさ」というものはないと言える。つまり、一般車が人間だと思い込んでいた車が自動運

転車で、それが人間らしくない動きをすれば、当然事故の可能性は高くなる。

そこで、本研究ではその自動運転車と一般車が共存した交差点の交通シミュレーションを行い、事故の発生状況や件数を解析することで、自動運転車との共存に向けての示唆を得たい。

### 1.2 研究の概要

本研究では、通行人、自動運転車、一般車と3つのエージェントを用意し、仮想的な交差点においてそれぞれ異なる行動ルールを設定しシミュレーションを行い、どのような状況が発生するかを検証する。3つのエージェントは発生割合をそれぞれ変えることができ、自動運転車、一般車ともに交差点に設けられた法定速度を基準に走行する。その中で評価対象は交通事故と交通の滞りの2つ絞った。交通事故はエージェントどうしが衝突した際の相対速度を元に、事故の規模を3段階に分け、自動運転車は安全を第一に走行しているために、交差点内は低速度であり停止回数が多いと仮定し、その中で一般車や通行人との事故の規模を分析する。交通の滞りは事故と同じく、安全運転な自動運転車がどのくらい一般車や通行人を認識し、危険を感じた場合に停止しそれにより交差点内の交通において、どのくらいの交通への滞りに影響するかを分析する。具体的には、自動運転車と一般車のそれぞれの停止割合を評価指標とする。

### 1.3 研究の方法

本研究が想定する交差点の状況をシミュレーションによって実現させるためには、各エージェントがそれぞれの行動ルールに従い、動作するのかを細かに設定する必要がある。多数のエージェン

トが同時並行的に行動し、衝突事故などの相互作用によって得られる結果を得るために、「artiso」を用いた。その中で先にも述べた評価指標を基に、様々な設定を変えながら状況に応じた結果を得て評価する。

## 2. シミュレーション設計

### 2.1 交差点の設計

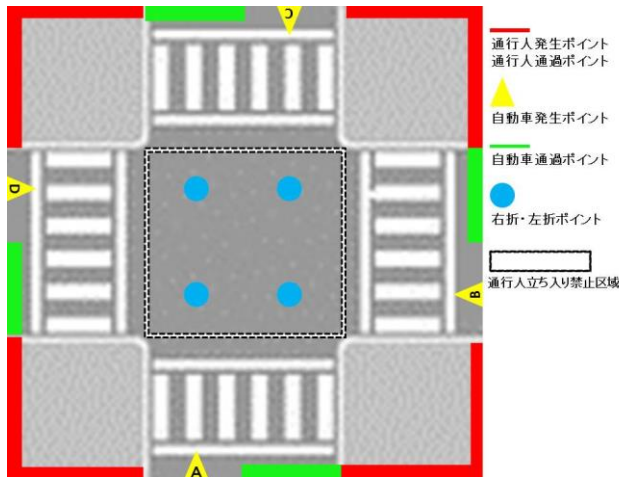


図1 交差点

本研究で構築した仮想的交差点は、片側1車線の信号付き交差点で歩行者用横断歩道が設置されている。また、存在する行動主体は「歩行者」「自転車」「一般車」の3つであり、自転車や自動二輪車は考慮していない。空間は50×50で左下原点のチェス型表示である。今後座標表現を使うことがあるが、これを前提としてのXY座標とする。

#### a) エージェントの発生

歩行者は、交差点における歩道部分の外側から発生するように設定した。交差点空間内に「歩行者\_発生」エージェントを作り、ランダムで方向と視野の広さを決め発生するようにした。この場合、視野の広さは0~5の数値をランダムでとり、車に対する認識能力としている。また歩行者発生率の変数を設定し、任意で歩行者の発生人数を操作できるようにした。歩行者発生率の範囲は0.00-0.01であり、0.001刻みで、コントロールパネルで値を操作することが出来る。今回の実験では0.003, 0.005, 0.007を用いた。各々1000ステップ

あたり370人、590人、825人程度である。

図1に示すように、点線で囲った範囲に歩行者立ち入り禁止区域を設定し、歩行者がこの線上に到達した場合、削除するよう設定している。また、歩行者が発生したポイントと別の歩行者発生ポイントに達した場合、そのポイントを歩行者通過ポイントとし、その歩行者エージェントを削除する。

#### b) 信号の設置

信号は「信号機上下線」と「信号機左右線」を交差点空間内にエージェントとして設定した。上下線は交差点を上下に行き来する歩行者や自動車への信号であり、左右は左右に行き来するための信号である。それぞれを、車道と歩道に設置して経過時間により信号の色が変化するようにした。200stepを1サイクルとして青85step、黄15ステップ、赤100stepが上下線と左右線で交互に代わるように、「color」変数の初期の色を上下線と左右線でそれぞれ青と赤にして開始させることで、実際の信号機のように交互に色が変わるようにした。また、信号機には経過時間(step数)を表示できるようにしている。

### 2.2 歩行者の設計

#### a) 基本的ルール

歩行者の発生については先に述べたとおりである。

#### b) 回避ルール

各歩行者エージェントにはそれぞれランダムに視野の広さが設定されている。その視野内に自動車(一般車、自動運転車)が侵入してきたとき、まず自分の速度を0にする(歩みを止める)。その後自動車の速度が0になった場合、その自動車との角度を計算し、自動車が自分の正面(30° -150°)にあるのかを計算する。正面にある場合、右斜め前(30° -90°)にあるのか、または左斜め前(90° -150°)にあるのかを計算し、右斜め前にあるときは左方向に45° 転回し、左斜め前にあるときは右方向に45° 転回する。自動車が正面になればそ

のまま直進する。

## 2.3 一般車の設計

### a) 基本的ルール

一般車は、図1の自動車発生ポイント A, B, C, D から以下の式でランダムに発生する。

$\text{GetCountStep}() \bmod \text{Rnd}() * \text{Universe}$ . 自動車発生制限 =  $0 \dots$ 式4)

式4)での Universe. 自動車発生制限はコントロールパネルで 100-500 まで操作することが出来る。

Universe. 自動車発生制限が大きくなればなる程、自動車の発生頻度が小さくなる。

今回実験で使用した値は 100, 200, 300 であり、各々1000 ステップあたり 110 台、65 台、45 台程度の発生数である。

一般車エージェントを発生させる度に、ドライバーの視野(0-10 (一般車エージェントに表示))、一般車の加速度( $((\text{Rnd}() * 0.4 + 0.4) * 9.8) / 10$  以下 My. 加速度とする)、一般車の重量(1-5)をランダムに設定する。加速度に関して、一般的な乗用車の加速度の平均は  $0.6G$  ( $0.6 * \text{重力加速度 } 9.8$ ) であることを考慮し[3]、ランダムで  $0.4G \sim 0.8G$  になるように設定した。青信号になってから 5 ステップ以内であれば、初速度 0 で発生し、そうでなければ(黄色信号のときも含む)初速度を法定速度にして発生する。 $\text{My. 速度} = \text{My. 速度} + \text{My. 加速度} \dots$ 式1)で前進し、一般車エージェント(自動運転車も同様)が図1の自動車通過ポイントに達したらエージェントを削除する。また、法定速度+5(Km/h)最高速度と設定する。

### b) 右折、左折ルール

一般車エージェントが図1の右折左折ポイントに達したとき、50%の確率で右折(または左折)し、50%の確率で直進する。右折(または左折)する際、速度を 10 - 20(Km/h)の間をランダムに取った値まで減速して曲がる。

### c) ブレーキルール

ドライバーの視野内に自動車エージェントまた

は通行人エージェントが侵入してきた場合、視野内にいる全てのエージェントの中から最短距離にあるエージェント(以下、最短物体とする)を計算し、最短物体との距離と角度を計算する。最短物体との距離が視野の範囲内かつ物体間距離(その距離内では急ブレーキをかける)の範囲外である場合は、

$\text{My. 速度} = \text{My. 速度} - (0.8 * 9.8) / 10 \dots$ 式2)

で減速する。また、最短物体との距離が物体間距離の範囲内であれば、

$\text{My. 速度} = \text{My. 速度} - (0.94 * 9.8) / 10 \dots$ 式3)

で急ブレーキをかける。こちらも加速時の加速度と同様に、一般的な乗用車の加速度(減速度)は  $0.8$  であるのを考慮している[3]。なお急ブレーキ時は、大手メーカーの一般乗用車の平均加速度とした。

### d) 直進優先ルール

右折する際、左斜め前  $45^\circ$  の方向で前方 12、視野 5 の範囲で直進車の有無を確認し、直進車がいなければ式1)で直進し、直進車がいれば式2)で減速する。

### e) 回避ルール

物体間距離の範囲内で、一般車エージェントの正面( $45^\circ - 135^\circ$ )にエージェントがいる場合、右斜め前( $45^\circ - 90^\circ$ )に存在すれば左方向に  $60^\circ$  転回し、左斜め前( $90^\circ - 135^\circ$ )に存在すれば右方向に  $60^\circ$  転回し、その後式3)で急ブレーキをかける。正面にいない場合は減速しつつ直進する。

## 2.4 一般車の設計

### a) 基本的ルール

一般車の基本的ルールと異なる点は、自動運転車の加速度が  $(0.6 * 9.8) / 10$  (以下 My. 加速度とする)、であること、視野が全ての自動運転車エージェントで一律であり、一般車の視野よりも広く設定されていること、最高速度が法定速度であることである。それ以外は一般車の基本的ルールと同じである。

### b) 右折、左折ルール

一般車エージェントが図1の右折左折ポイントに達したとき、50%の確率で右折(または左折)し、50%の確率で直進する。右折(または左折)する際、速度を15(Km/h)で減速して曲がる。

#### c) ブレーキルール

一般車のブレーキルールと同様である。

#### d) 直進優先ルール

一般車の直進ルールと同様である。

#### e) 回避ルール

自動運転車は一般車と違い、物体が接近してきたときにブレーキをかけるだけであるので回避ルールは設定していない。一般車と自動運転車の差別化を図るにあたって最も大きな違いである。

## 2.5 評価指標の設計

### a) 交通事故

一般車または自動運転車の視野1の範囲内に、他のエージェントがいた場合、それを交通事故とする。また事故現場は事故を受けた側の位置を事故現場とし、事故を起こした自動車の色(一般車:水色、自動運転車:黄緑色)の×印を事故現場にプロットすることとする。

#### a-1) 衝突事故

交通事故の中でも、自動車同士の事故を衝突事故と呼ぶこととする。さらにこの衝突事故を、「小規模衝突事故」「中規模衝突事故」「大規模衝突事故」の3段階に分け、各々の規模の事故の発生回数を評価する。規模の分け方を以下に示す。

##### I) 自動車同士が追突の場合

衝突した両車両の角度が $0^\circ$ 以上 $45^\circ$ 以下の場合を追突とし、相対速度を計算する。この相対速度を用いて、相対運動エネルギー= $(\text{相対速度}^2 * \text{My. 重量}) / 2$ と定め、相対運動エネルギーが0以上5以下なら「小規模衝突事故」、5より大きく15以下なら「中規模衝突事故」、15より大きければ「大規模衝突事故」とする。

##### II) 自動車同士が追突でない場合

衝突した両車両の角度が $45^\circ$ より大きい場合は

追突でなく衝突であるとし、衝突した側の自動車の運動エネルギーを $(\text{My. 速度}^2 * \text{My. 重量}) / 2$ とし、この大きさを*i*)と同様に分類する。

#### a-2) 人身事故

交通事故の中でも、自動車と歩行者の事故を人身事故と呼ぶこととする。さらにこの人身事故を、「軽傷人身突事故」「重症人身事故」「死亡人身突事故」の3段階に分け、各々の規模の事故の発生回数を評価する。自動車の運動エネルギーを $(\text{My. 速度}^2 * \text{My. 重量}) / 2$ とし、この大きさが0以上5以下であれば「軽傷人身突事故」、5より大きく15より小さければ「重症人身事故」、15より大きければ「死亡人身突事故」と分類する。

#### b) 事故現場

衝突事故が起きた場合、衝突した車両のその時のXY座標を「一般車(又は自動運転車)-事故現場」エージェントに代入して、それを交差点上に、一般車が追突した場合の事故は青色の×、自動運転車が追突した場合の事故は緑色の×を随時表示していく。人身事故の時も同様に、表示できるようにしている。簡単のため衝突事故と人身事故は区別せずに表示している。

#### c) 交通の滞り

交差点に存在している自動車エージェントのうち、停止(速度が0)している自動車エージェントの割合を「停止率」と定義し、「一般車-停止率」「自動運転車停止率」「全体-停止率」を各々計算し、評価する。ただ、今回のシミュレーションでは、もし交差点に自動車エージェントが存在しなかった場合、0で除算することになってしまうため、分母に1を付加してそれを防いでいる。そのため出力値に大きな誤差が生じてしまうので、今回の実験の評価において出力値は無視することとし、停止の発生頻度をグラフで可視化し評価することとした。よって定量的な評価は行っていないことをご留意願いたい。

### 3. シミュレーションの実行

#### 3.1 実行の流れ

以下に実行の流れを示す。



図2 コントロールパネル

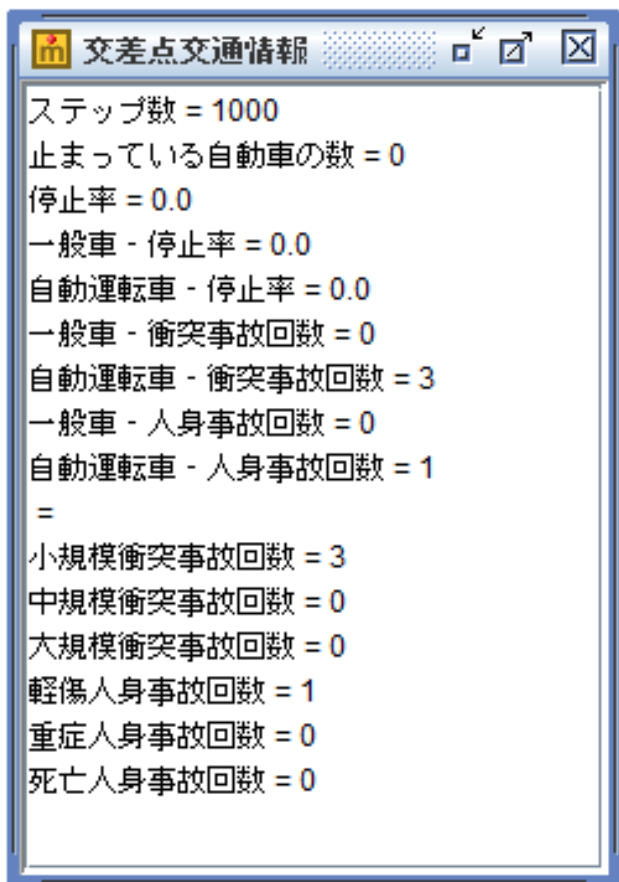


図3 交差点交通情報

表1 実験の条件

	条件1	条件2	条件3	条件4	条件5	条件6	条件7	条件8	条件9
通行人発生率	0.003	0.005	0.007	0.003	0.005	0.007	0.003	0.005	0.007
自動車発生制限	300	300	300	200	200	200	100	100	100
一般車の割合	1 or 0.5	1 or 0.5	1 or 0.5	1 or 0.5	1 or 0.5	1 or 0.5	1 or 0.5	1 or 0.5	1 or 0.5
通行人_視野	5	5	5	5	5	5	5	5	5
一般車_視野	5	5	5	5	5	5	5	5	5
自動運転_視野	10	10	10	10	10	10	10	10	10
法定速度	50(Km/h)	50(Km/h)	50(Km/h)	50(Km/h)	50(Km/h)	50(Km/h)	50(Km/h)	50(Km/h)	50(Km/h)
物体間距離	3	3	3	3	3	3	3	3	3

#### I) コントロールパネルの調節

図2のコントロールパネルで各々の値を調節する。今回の実験で調節するのは表1の通り、

「通行人発生率(0.003, 0.005, 0.007)」

「自動車発生制限(100, 200, 300)」

「一般車の割合(0.5, 1)」の3つのみである。

#### II) シミュレーション実行

シミュレーションを実行し、図3で表示された値をエクセルに記録する。また、「一般車-停止率」「自動運転車停止率」「全体-停止率」をファイル出力し、エクセルに記録する。

#### III) データ取得

I)で示した値を全通り(3<sup>3</sup>=27通り)を5回繰り返し、その出力値の平均値で評価する。

### 3.2 評価方法

#### a) 事故の規模と発生回数

3.1 の操作を行い、通行人発生割合と自動車発生制限を 3.1 I で示したルールに沿ってパラメータを変え、自動車が一般車のみの場合(以下、一般車のみモデルとする)と一般車と自動運転自動車が1:1の割合で混在する場合(以下、共存モデルとする)の事故の規模とそれぞれの発生回数を算出、同じ条件で5回実行し、各々の値の平均値を比較、評価する。

#### b) 事故現場

3.2 a)と同様にパラメータを変え、一般車のみモデルと共存モデルとで横断歩道付近(通行人立ち入り禁止区域以外)と交差点内(通行人立ち入り禁止区域)で事故が増えたのか、また減ったのかを同じ条件で5回実行し、2つのモデルの領域別の

事故割合を導き出して、比較し評価する。

### c) 停止率

3.2 a)と同様にパラメータを変え、一般車のみモデルと共存モデルでシミュレーションを5回実行し、停止している自動車の割合の平均値を算出し、どれくらい増えたのか、減少したのかを散布図で視覚化し比較、評価する。

## 4. 結果と考察

### 4.1 各シナリオの結果

#### a) 事故の規模と発生回数

表1に記載した全ての条件を、一般車のみモデルと共存モデルで各々5回ずつ実行し、出力平均値の平均値とその差を以下の表2にまとめた。

表2 事故の規模とそれぞれのモデルでの発生回数の一覧表

	条件1			条件2			条件3		
	一般車モデル	共存モデル	差	一般車モデル	共存モデル	差	一般車モデル	共存モデル	差
小規模衝突事故	2	5.8	3.8	1.6	7.4	5.8	2.2	6.2	4
中規模衝突事故	0	0.2	0.2	0	0.6	0.6	0	0	0
大規模衝突事故	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4
軽傷人身事故	0.2	0.2	0	0.4	1.2	0.8	1	2	1
重症人身事故	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2
死亡人身事故	0.2	0	-0.2	0	0.2	0.2	0.4	0	-0.4
条件4									
条件5									
条件6									
条件7									
条件8									
小規模衝突事故	4	8.6	4.6	4.4	9	4.6	2.2	11	8.8
中規模衝突事故	0	1.4	1.4	0	0.6	0.6	0.2	0.8	0.6
大規模衝突事故	0	0.6	0.6	0	0.8	0.8	0	0.4	0.4
軽傷人身事故	0	0.8	0.8	1	0.6	-0.4	0.6	1.6	1
重症人身事故	0.2	0	-0.2	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4
死亡人身事故	0	0.2	0.2	0	0	0	0.4	0	-0.4
小規模衝突事故	14.6	24.6	10	12	35.2	23.2	13	28.6	15.6
中規模衝突事故	0.2	1.6	1.4	0.2	1	0.8	0.2	1.4	1.2
大規模衝突事故	0	1.4	1.4	0	0.6	0.6	0	0.4	0.4
軽傷人身事故	1.2	2.2	1	0.4	3.2	2.8	2	4	2
重症人身事故	0.4	0.2	-0.2	0.4	0	-0.4	0	0.2	0.2
死亡人身事故	0.8	0	-0.8	0.6	0	-0.6	0.8	0	-0.8

注) 差 = 共存モデルでの発生回数 - 一般車モデルでの発生回数

注) 差が3以上を赤、0未満を青くしている

条件1 - 9 全ての実行結果を棒グラフにて可視化した。ただし、画像の枚数が多いため、条件2, 5, 8(歩行者発生割合が0.005一律で、自動車発生制限が300, 200, 100であるモデル)の結果のグラフを用いた。

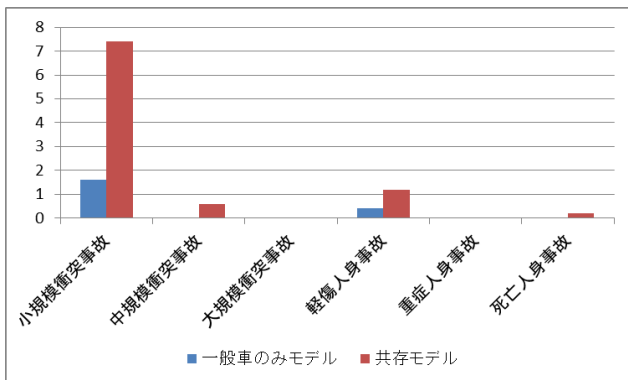


図4 条件2 - 事故の規模における発生回数の比較

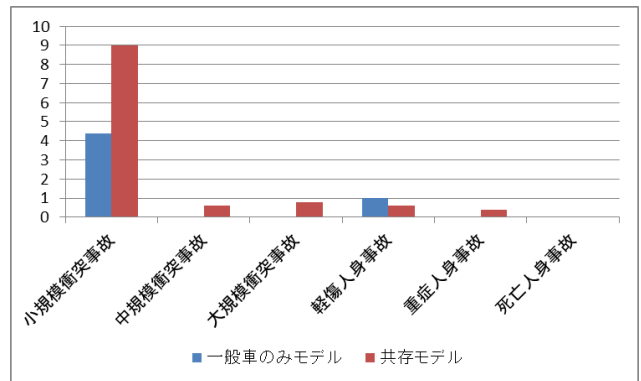


図5 条件5 - 事故の規模における発生回数の比較

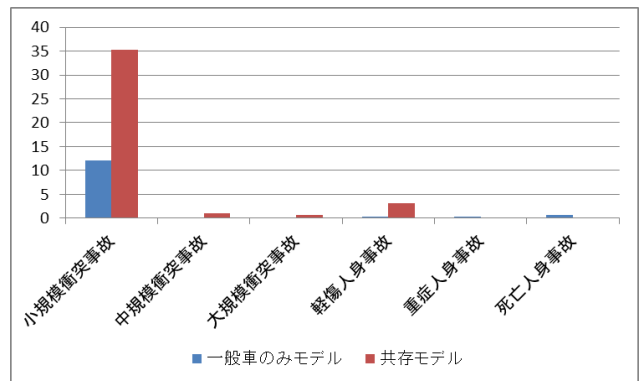


図6 条件8 - 事故の規模における発生回数の比較

#### b) 事故現場

画像の枚数が多いため、歩行者発生割合が0.005一律で、自動車発生制限が300, 200, 100であるモデル交差点出力画像を用いた。

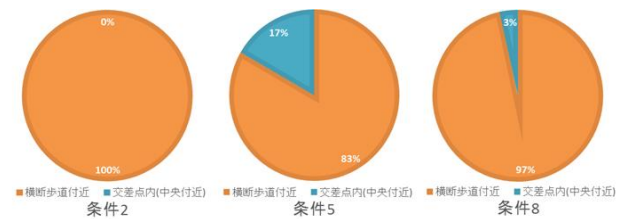


図7 一般車のみ事故割合

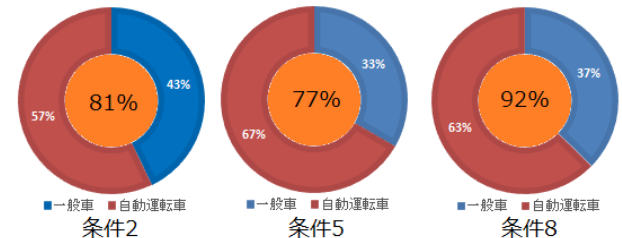


図8 共存モデルの事故割合(横断歩道付近)

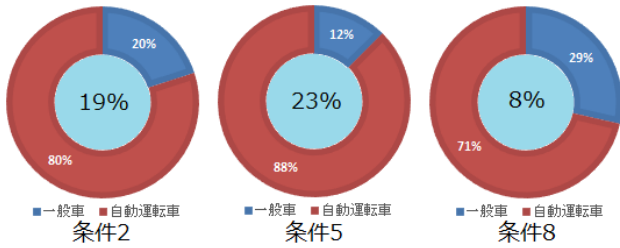


図9 共存モデルの事故割合 (交差点内)

注) 図8と図9の中の%は全体の中での横断歩道付近又は交差点内の割合を示したものである。

### c) 停止率

条件1 - 9 全ての実行結果を散布図にて可視化した。ただし、画像の枚数が多いため、条件2, 5, 8 (歩行者発生割合が 0.005 一律で、自動車発生制限が 300, 200, 100 であるモデル) の結果のグラフを用いた。

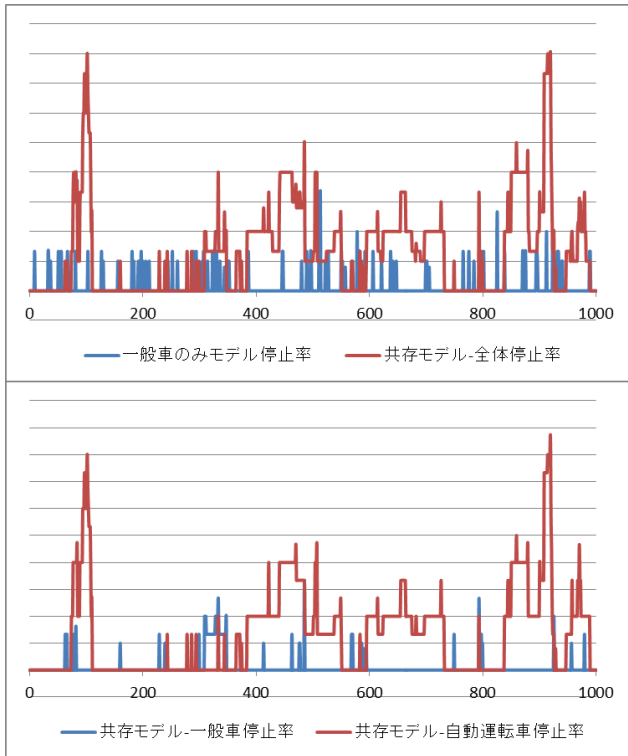


図10 表1 - 条件2の停止率

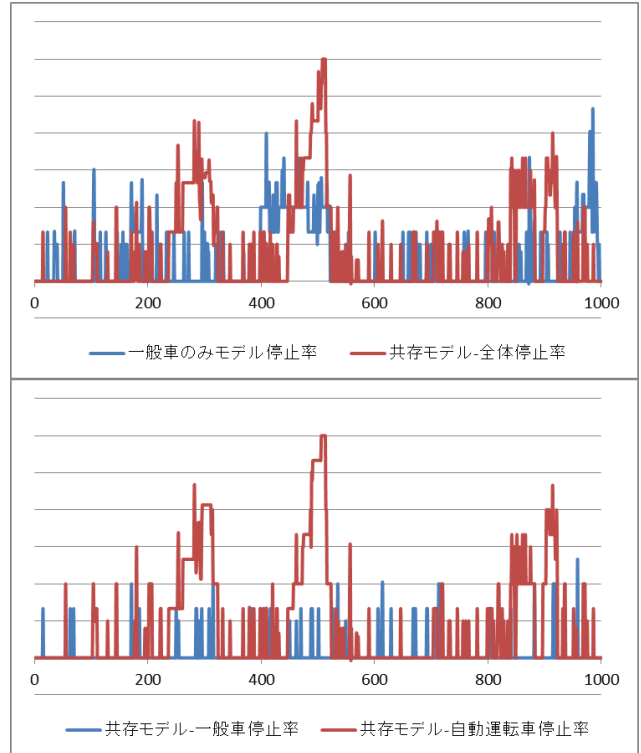


図11 表1 - 条件5の停止率

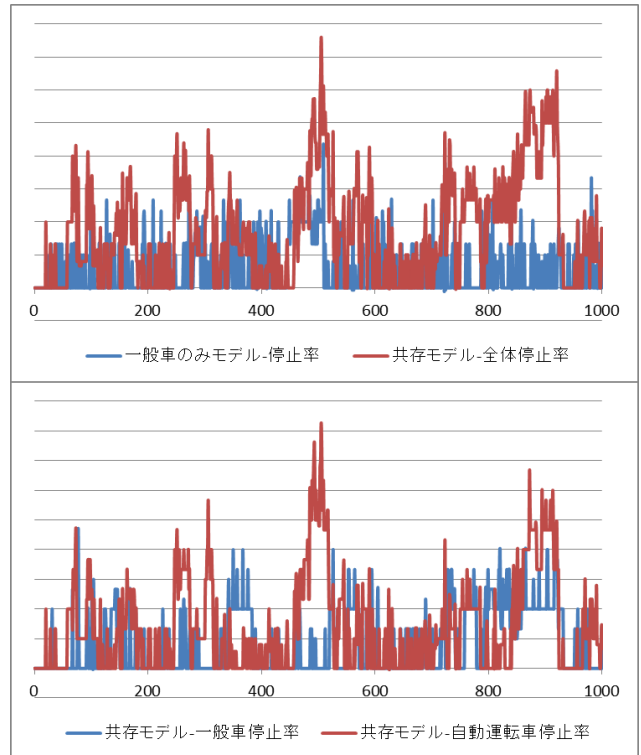


図12 表1 - 条件8の停止率

## 4.2 実験結果から得られる考察

### a) 事故の規模と発生回数

#### I) 一般車のみモデルの場合

表 1, 2 より、多少の誤差はあるが、通行人発生率が高いほど人身事故発生数は増加している。また、共存モデルと比べ軽傷人身事故が少なく、死亡人身事故が多く、何件か発生している。原因は 2 点あると考える。1 点目は、一般車は自動運転車と比べると視野が狭く、またドライバーによって視野の広さに違いがあり、非常に視野が狭い一般車エージェント(脇見運転)が混在しているためであると考えられる。2 点目は、法定速度を守っていないことである。法定速度を超える速度で運転しているため、十分速度を落とすことが出来ないまま歩行者に衝突してしまい、死亡人身事故に繋がってしまうと考える。

#### II) 共存モデルの場合

表 2、図 4, 5, 6 より、小規模衝突事故の回数が、一般車のみモデルに比べ非常に増加している。これは、自動運転車の視野は非常に広く設定されており、遠方のエージェントを認知して早めの段階で速度を落としてしまうため、一般車が後ろから追突してしまう機会が増加したことが原因として考えられる。つまり、一般車からすると、自動運転車が混在している方が不便であるという結果となった。また、軽傷人身事故の発生件数も増加している。一方で死亡人身事故の発生件数は減少している。つまり自動運転車は事故を軽減させることができるという結果となった。要因として、自動運転車が歩行者エージェントを素早く察知できること、また自動運転車が混在することによって一般車の減速にも影響を与えていることが考えられる。

### b) 事故現場

共存モデルが一般車のみモデルよりも事故が多いのは事故の規模と発生回数で明らかになった。図 7, 8, 9 より事故現場を視点としてみると、どちらのモデルも横断歩道付近での事故が多いこ

とがわかる。一般車のみモデルに関していえば、これは車が歩行者を察知して減速又は止まっているときに後ろから追突されてしまうケースであると考えられる。また、自動運転車は視野が広く、距離のある歩行者も十分警戒して走行してしまう、具体的には減速したり低速で走行したりすることがあるので、それに対し一般車が機械らしい自動運転車に追突してしまうゆえ、共存モデルでも横断歩道付近での事故の割合が非常に高くなっていると言える。自動運転車の事故の割合が高いのは、自動運転車同士でぶつかるケースが存在するからである。

### c) 停止率

図 10, 11, 12 の上段を見ると、一般車のみモデルの停止率と共存モデルを比較したところ、一般車のみモデルの方が停止している頻度が少なく、自動車の停止が瞬間的であり、持続していないことが分かる。一方、共存モデルでは、停止している頻度が多く、停止している時間(ステップ数)も持続傾向にある。また図 10, 11, 12 の下段を見てみると、停止時間に関しては自動運転車の方が持続的であり、一般車は瞬間的であることが分かる。一方で停止頻度に関しては、図 10 では自動運転車よりも一般車の方が明らかに少ない。図 11, 12 では、さほど差は見受けられないものの、明らかに停止時間の持続性は自動運転車の方が高い。結論として、共存モデルの方が一般車のみモデルより交通が滞る傾向にあり、その原因として自動運転車の存在が大きいことが分かった。その理由として考えられるのは、自動運転車には、一般車と違い「回避ルール」がついていないため、回避せず減速し停止してしまうことが挙げられる。また視野も一般車よりも広いため、遠方の障害物までも察知し、早めに減速するためであるということも考えられる。



### 4.3 今後の課題と展望

今回のシミュレーションはまだまだ現実的でない所が多々あった。交差点の場合、日中か夜間か、道路が乾燥しているのか水たまりが多いのかなど様々な状況が考えられる。一般車の場合、実際は前方の自動車の距離に応じてブレーキの程度を変え減速する。また、前方の自動車のテールランプで、その自動車の状態(右折、左折、ブレーキ)を判断し自動車を操作する。自動運転車の場合、歩行者や自動車の有無だけでなくそれらの行動(歩道を歩いているのか、また道路を渡ろうとしているのか等)の違いもきちんと考慮に入れて判断する。歩行者の場合、お年寄りや子供、盲目の歩行者や、自転車、集団など様々な種類の歩行者エージェントが存在する。そのため歩行者の行動も様々である。これらの要素は全て今回のシミュレーションでは考慮されていない。そのため非現実的であると思われる結果になってしまったところも見受けられる。今後の課題は、これらの要素をきちんとプログラムに組み込み、より現実的なシミュレーションで評価することである。

### 5. おわりに

今回は、片側1車線の信号付き交差点における、一般車と自動運転車が共存した場合の安全性を「artisoc」を用いてシミュレーションし、「事故の規模と発生回数」「事故現場」「停止率」の3つの指標で評価した。その結果、一般車と自動運転車が共存した場合の方が、一般車みの場合に比べて事故の発生回数(特に小規模衝突事故)が急増、また停止率も増加し、交通の滞りの原因となることが判明した。一方で、「死亡人身事故」の発生回数が減少するという結果も得られた。

今回のシミュレーションの結果を踏まえると、今後の自動運転車には、前方の障害を「回避」する機能を搭載し、より衝突を避ける運転ができるようにすることで、事故の発生や交通の滞りを軽減する効果があると考えられる。その際、「トロッコ問

題」などの倫理的問題まで考慮できるようになれば、一般車と自動運転車が共存できる可能性は格段に上がると考える。

### 参考文献

- [1]@IT: Google Car の自動運転技術大解剖 <http://www.atmarkit.co.jp/ait/articles/1505/29/news024.html> 2015.
- [2]TC: 自動運転車の事故報告書は読む人間を暗い気持ちにさせる…カ州はテストの成功終了を宣言できず <http://jp.techcrunch.com/2015/10/10/20151009-dont-blame-the-robot-drivers/> 2015.
- [3] 畠中 秀人, 平沢隆之, 真部 泰幸, 渡邊 寧, 井上 洋, 竹中 憲郎, 川崎 弘太: “プローブデータを活用した安全走行支援サービスに関する検討”, 第6回 ITS シンポジウム論文集, pp.321-326, 2007.