

マルチエージェント法を用いた交差点の安全性評価

Evaluation for Intersectional Safety using the Multi-agent Simulation

神奈川大学 片岡 祐太 Kanagawa univ. Yuta Kataoka

1. はじめに

通常、見通しの悪い交差点には、左右を見渡せるカーブミラーや安全確認を行うための一時停止線などが設置されている。しかし、ミラーは安全確認を補助することが目的のため死角が多く、一時停止線では一時停止が行われないのがほとんどである。

ミラーだけの安全確認しか行わないドライバーが多く、死角にいた歩行者や自転車と衝突する事故が多く発生している。

そこで本研究では「ミラーの位置、交差点の形状、停止線の位置」を変化させたシミュレーションを行い、各交差点環境の安全性を評価し、より安全な交差点環境を提案することを目的とする。

本研究は、自動車や歩行者、自転車をエージェントとして定義し、マルチエージェントシミュレータ上で交差点を再現し、死角や認知時間などを考慮したシミュレーションを行う。

2. 交差点の設定

今回は、実際に存在する交差点を参考にしてミラーの位置5パターン、交差点の形状3パターン、停止線の位置3パターン、ドライバーの行動パターンを4パターン設定する。

2.1 ミラーの位置 (5パターン)

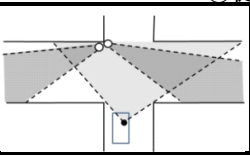
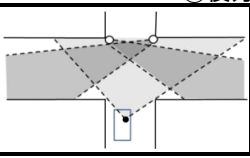
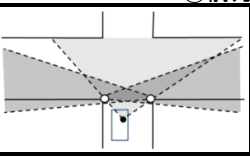
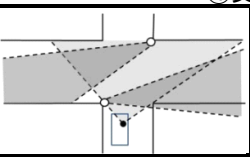
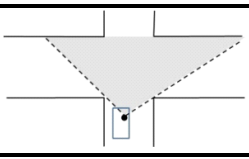
①従来型ミラー	 <ul style="list-style-type: none"> ●メリット 視線が左右に動かない ●デメリット 左側に大きな死角がある
②後方交差型ミラー	 <ul style="list-style-type: none"> ●メリット 従来型に比べ死角が少ない ●デメリット 視線が左右に動く
③前方交差型ミラー	 <ul style="list-style-type: none"> ●メリット 手前側に死角がなくなる ●デメリット ミラー自体が見にくい
④交互型ミラー	 <ul style="list-style-type: none"> ●メリット 左側走行車が見やすい ●デメリット 反対側が死角になってしまう
⑤なし	 <ul style="list-style-type: none"> ●メリット なし ※今回は比較する為加えた

図1 ミラーの組み合わせ

2.2 交差点の形状 (3パターン)

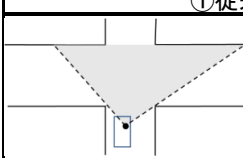
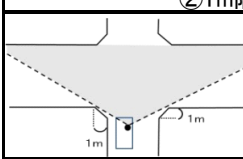
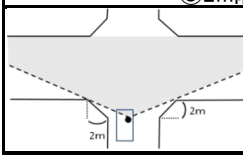
①従来型交差点	 <p>通常の形の交差点 左右の見通しが非常に悪い</p>
②1m隅切り交差点	 <p>1m隅切りを行った交差点 通常よりも視野が開けている</p>
③2m隅切り交差点	 <p>2m隅切りを行った交差点 従来型より倍近く視野角が広がっている</p>

図2 交差点の形状

2.3 停止線の位置 (3パターン)

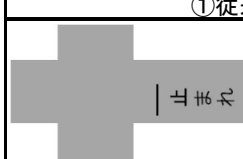
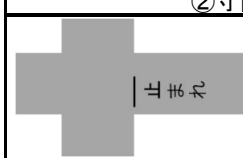
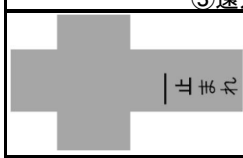
①従来型停止線	 <p>通常の停止線の位置 今回は交差点の端から1m離れた地点とする</p>
②寸前型停止線	 <p>交差点の端に設置する一時停止線</p>
③遠方型停止線	 <p>通常より離れた地点に設置する一時停止線 今回は交差点の端から2m離れた地点とする</p>

図3 停止線の位置

2.4 ドライバーの行動 (4パターン)

- ①標識順守型
一時停止を順守し、一時停止線上で1秒間一時停止をする。
- ②徐行型
一時停止は徐行と捉え、一時停止線付近を徐行で通過する。
- ③危険運転型
一時停止を全く行わず交差点に進行する。
- ④頭突・目視型
目視で人や自動車を確認できる位置で停止する。

表1 各行動パターン

	一時停止の有無	一時停止線の通過方法	停止位置
標識順守	○	停止	一時停止線
徐行	×	徐行	なし
危険運転	×	減速なし	なし
頭突・目視	○	減速なし	交差点を見渡せる地点

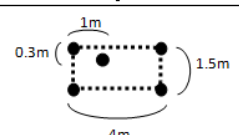


3. モデル

3.1 空間設定

本研究では200×130 マスの2次元空間を定義し、1マスを現実世界の0.5m、1ステップを現実世界の0.1sと対応させる。

本研究では、シミュレータ上でエージェントの幅を表現する為、複数のエージェントを用いてひとつのエージェントを表している。通常のエージェントは座標上のひとつの点で定義されていたため空間上では幅を持たなかった。そこで、ひとつのエージェントを複数のエージェントを用いて表現し、自動車は車体の4隅とドライバーの計5つエージェントを用いて表し、自転車エージェントは前後2つで表現した。

表2 各エージェント

	被験車AG、自動車AG	自転車AG	歩行者AG
AGの個数	5	2	1
サイズ			

3.2 認知モデル

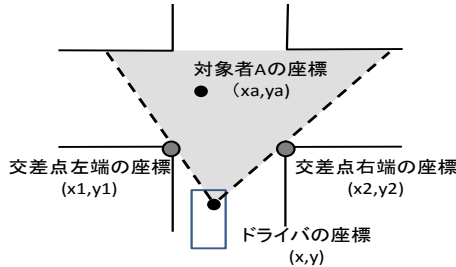


図4 目視認知モデル

認知モデルは対象者が視野内にいるか判定するモデルである。認知モデルを導入することで、ドライバーの視野やミラーから見える範囲を明確にし、死角を再現することができる。

図4の対象者A(xa, ya)がドライバーの視野内にあるかは、ドライバーの座標と交差点端の座標を結ぶ一次式を以下(1)(2)式より求め、対象者のx座標を代入、その値を対象者のy座標と比べることにより対象者が視野内にあるか判定できる。

$$ya \geq \frac{(y1-y)}{(x1-x)} \cdot (xa - x1) + y1 \quad \dots(1)$$

$$ya \geq \frac{(y2-y)}{(x2-x)} \cdot (xa - x2) + y2 \quad \dots(2)$$

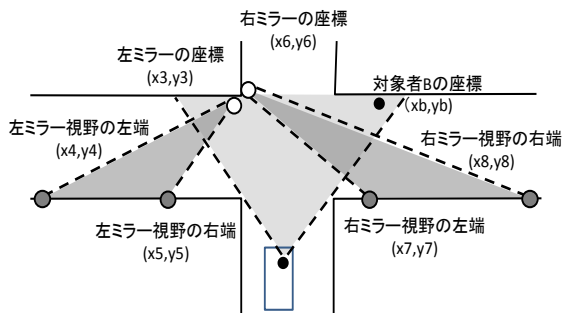


図5 ミラー認知モデル

同様に図5のミラーを考慮する場合は、ドライバーの視野内にミラーがあるか判別し、ミラー座標とミラー視野端の座標を結ぶ一次式により判別することができる。

3.3 中心視野、周辺視野

人間の視野内にあるモノを認知するまでにかかる時間は、視野の中心から周辺へ行くに従って長くなる性質がある。本研究は、視点の中心を0°とし、対象車との相対角度をとり、角度に応じ表3のように認知時間を設定する。また、中心から45°以上離れている場合は首を振る時間を考慮し、認知時間を長く設定する。実際には、認知時間以外に行動までにかかる時間として0.7sを加える。

表3 角度別認知時間

角度(°)	0~15	16~30	31~45	46~60	61~75	76~90
認知時間(s)	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9

3.4 三段階ブレーキモデル

通常、一時停止などでブレーキを行う際は、一時停止線と自車の距離と自車の速度に応じてブレーキの強さを決める。本研究では、この状態を再現するため三段階ブレーキモデルを導入する。ブレーキモデルは、自車の速度と対象物までの距離に応じて三つのゾーンに分け、ゾーンに応じてブレーキの強さを決定する。(3)式により計算されるZ1[m]は、自動車が最大のブレーキを行った場合の最小の制動距離である。この値を基にZ2[m]、Z3[m]を算出し、図6のように対応させる。

$$Z1 = \frac{\text{速度}^2}{(254 \cdot \text{摩擦係数})} \quad \dots(3)$$

$$Z2 = Z1 \times 1.5 \quad \dots(4)$$

$$Z3 = Z1 \times 3 \quad \dots(5)$$

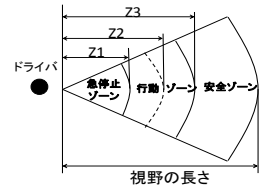


図6 ゾーン分け

3.5 各エージェントのルール

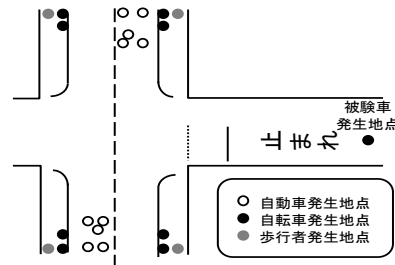


図7 エージェント発生地点

自動車、自転車、歩行者を図7の地点からそれぞれ一定の確率で発生させる。また、非優先側から発生させる自動車エージェントを被験車エージェントとし、被験車エージェントは空間上に1台しか存在しないものとする。

3.6 優先側エージェント行動ルール

画面端から一定の確率で発生させ、反対の端にたどり着いたら消滅させる。進行方向、一定の距離内に被験車が存在する場合ブレーキを行う。

また、本研究では直進しか行わないものとする。

3.7 被験車エージェント行動ルール

図8に示したチャートが、被験車の行動ルールを簡単に示したチャートである。実際にはこれ以外に安全確認処理を加えもっと複雑な処理を行った。

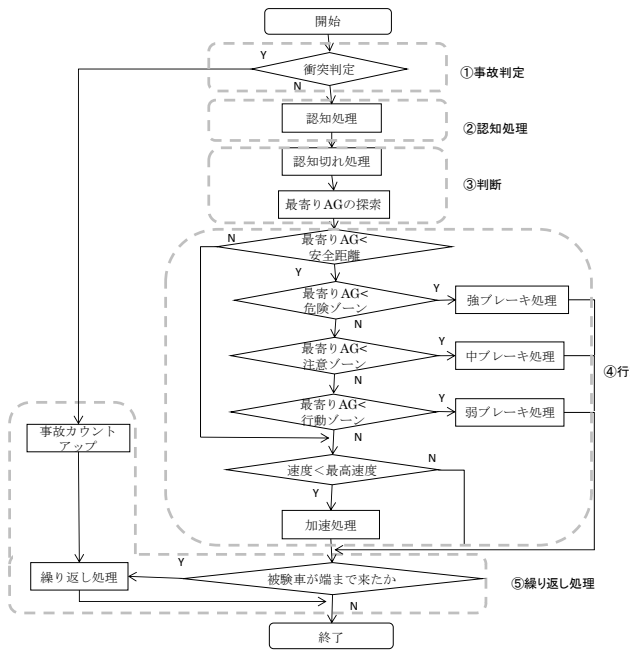


図8 被験車行動ルール

3.8 ミラーの設定

従来型以外のミラーは、ミラーが左右に分かれて設置されている。実際に安全確認を行う際は、視線が左右に動き安全確認に時間がかかる。そこで、右ミラーの認知時間は左ミラー認知時間の倍の時間かかるものとする。また、前方交差型、交互型など交差点の手前にミラーが設置されている場合はミラーに近づかないとミラーによる安全確認を行えない。そこで交差点から5m以内に近づかないとミラーが見えない設定とする。

4. シミュレーションの内容

非優先側から被験車を進行させ、ミラーの位置、交差点の形状、停止線の位置をそれぞれ変化させたシミュレーションを各100回ずつ行い「自動車」と「人・自転車」がそれぞれ何回接触事故を起こすかをカウントする。事故とは、被験車の座標内に自動車エージェントなどの他のエージェントが存在する状態とする。

5. 結果

表4は、シミュレーションを各100回ずつ実行して発生した事故の件数をまとめた表である。表5, 6, 7は表4の全データを各要素別に事故回数を集計した表である。

(1) ミラーの位置

表7を見ると、後方交差型が一番事故回数が少ないミラーになった。しかし、表4を見ると組み合わせ次第では事故回数が多くなっている。後方交差型は、遠方型一時停止線と組み合わせると事故回数が多い。前方交差型は、隅切り交差点と危険運転型と非常に相性が悪が、歩行者と自転車の事故を大きく減らせることがわかる。

(2) 停止線の位置

表5を見ると寸前型一時停止線が一番事故回数の少なく、次は従来型、遠方型となっていることがわかる。この順番は、

交差点からの距離順になっていて、一時停止線は交差点に近いほうが事故回数が少なくなることがわかる。

(3) 交差点の形状

表6を見ると、2mの隅切りが一番事故回数が少なかった。隅切りの長さが大きいほど交差点の安全性が高まるが、表4を見ると隅切りによって減らせるのは自転車や歩行者の事故発生率だけで、自動車はあまり減らせないことがわかる。

表4 全交差点環境の事故回数集計表

交差点	停止線	標準遵守型				後行型				危険運転型				頭突・目視型			
		車	人	計	車	人	計	車	人	計	車	人	計	車	人	計	
従来型	従来型	従来型	17	10	27	14	13	27	13	13	26	2	10	12			
		後方交差型	5	6	11	10	8	18	13	4	17	1	10	11			
		前方交差型	13	0	13	9	1	10	9	6	15	1	15	16			
		交互型	11	5	16	10	9	19	15	17	32	0	13	13			
	寸前型	なし	24	19	43	11	12	23	15	19	34	1	17	18			
		従来型	7	12	19	7	6	13									
		後方交差型	8	5	13	5	10	15									
		前方交差型	7	0	7	6	1	7									
	遠方型	なし	11	1	12	8	4	12									
		従来型	13	5	18	12	7	19									
		後方交差型	13	14	27	14	9	23									
		前方交差型	10	8	18	7	6	13									
1m隅切り	従来型	従来型	11	5	16	6	2	8	13	8	21	0	10	10			
		後方交差型	8	3	11	5	7	12	13	7	20	3	7	10			
		前方交差型	13	1	14	8	0	8	18	23	41	1	10	11			
		交互型	9	1	10	7	3	10	12	12	24	4	17	21			
	寸前型	なし	20	3	23	20	3	23	22	13	35	0	14	14			
		従来型	11	6	17	6	10	16									
		後方交差型	14	3	17	9	0	9									
		前方交差型	9	1	10	2	2	4									
	遠方型	なし	10	2	12	9	1	10									
		従来型	8	8	16	4	3	7									
		後方交差型	11	9	20	13	2	15									
		前方交差型	13	3	16	11	4	15									
2m隅切り	従来型	従来型	15	5	20	7	3	10									
		後方交差型	26	14	40	11	4	15									
		前方交差型	7	16	23	4	1	5	7	7	14	3	15	18			
		交互型	9	4	13	8	2	10	9	5	14	1	9	10			
	寸前型	従来型	13	1	14	7	1	8	27	2	29	1	19	20			
		後方交差型	8	2	8	8	1	9	18	10	28	1	13	14			
		前方交差型	17	3	20	14	2	16	13	17	30	0	17	17			
		交互型	8	2	10	5	1	6									
	遠方型	なし	4	1	5	4	1	5									
		従来型	6	1	7	11	2	13									
		後方交差型	6	2	8	9	1	10									
		前方交差型	17	1	18	6	2	8									
2m隅切り	従来型	従来型	10	2	12	7	4	11									
		後方交差型	13	6	19	6	2	8									
		前方交差型	11	3	14	7	3	10									
		交互型	13	1	14	10	2	12									
	寸前型	なし	23	4	27	14	3	17									
		従来型	8	2	10	5	1	6									
		後方交差型	4	1	5	4	1	5									
		前方交差型	6	1	7	11	2	13									
	遠方型	なし	17	1	18	6	2	8									
		従来型	10	2	12	7	4	11									
		後方交差型	13	6	19	6	2	8									
		前方交差型	11	3	14	7	3	10									

表5 停止線別集計

停止線	事故回数
従来型	468
寸前型	342
遠方型	521

表6 交差点別集計

交差点	事故回数
従来型	739
1m隅切り	633
2m隅切り	552

表7 ミラー別集計

ミラー	事故回数
従来型	384
後方交差型	314
前方交差型	324
交互型	350
なし	552

6. おわりに

本研究は、実際に存在する交差点をパターン化、可視域や認知時間を考慮したモデルを導入し、シミュレーションを行った。交差点環境を変化させた、計120通りの組合せのシミュレーションをし、交差点の安全性評価した。

ドライバの安全確認や交差点の組み合わせ次第で、事故発生率が大きく変わることが分かった。従来型の交差点環境よりも、安全な交差点環境は多数存在し中でも「2m隅切り交差点」「寸前型停止線」「後方交差型ミラー」の組合せが安全な交差点環境であるということが分かった。

参考文献

[1] 山影進、服部正太 著「コンピュータのなかの人口社会」共立出版 2002年