

マルチエージェントシステムによる無信号交差点の安全性評価に関する研究

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○新屋敷 学
秋田工業高等専門学校 正会員 長谷川裕修

1. はじめに

平成 28 年度における事故類型別・道路形状別交通事故件数によると、人对車両の事故件数のうち、交差点での事故件数は全体の 40% を占め、その半数が無信号交差点で発生している。交通事故が発生する要因は、人的要因、道路環境的要因、車両的要因の 3 つに大別される¹⁾が、その中でも、無信号交差点における出会い頭事故は、不十分な安全確認を誘発する見通しの悪い交差点形状などの道路環境的要因が比較的大きいことが報告されている^{2), 3)}。

交差点形状の改善を目的とした対策必要箇所の抽出は、対象交差点での事故発生件数や交差点当たりの事故率などの事故データにより主に行われる。しかし、事故データに基づく方法には交差点新設時など事前評価ができない、対策効果の評価がすぐにできないなどの問題が指摘されている⁴⁾。また、北島ら⁵⁾の研究によると、交差点視環境が悪化する原因として、壁や電柱、自販機等が挙げられており、事故危険性は隅切り整備や電柱の移設によって減少すると報告されている。よって、隅切り状況や電柱の有無を考慮した交差点の安全性評価手法が必要であると考えられる。

そこで本研究は、交差点の安全性評価を目的として、マルチエージェントシステム (Multi Agent Systems, MAS) により無信号交差点における歩車混合交通モデルを構築するものである。

2. 研究方法

本研究は、自動車が優先側道路から交差点に進入し、歩行者が非優先側道路から交差点に進入することによる危険性をシミュレーションにより再現するものである。そのため、自動車の右左折による巻き込み事故や自動車同士の出会い頭事故などは考慮しない。

交差点形状は優先側道路側の幅員を 4.0m、非優先側道路側の幅員を 3.7m とする。交通条件は 1 つの断面 A-A' から流入する自動車の交通量を $Q_{veh} = 50$ [台/h]、交差

点を横断する歩行者の交通量を $Q_{ped} = 20$ [人/h] とした (図-1)。また、歩行者は道路交通法に基づき右側歩行をするものとする。シミュレーション条件は、隅切長 $L=2.0, 3.0, 4.0$ m、交差点付近の電柱の有無である。それぞれの条件で、シミュレーション内で 24 時間の実験をそれぞれ 10 回ずつ試行した。

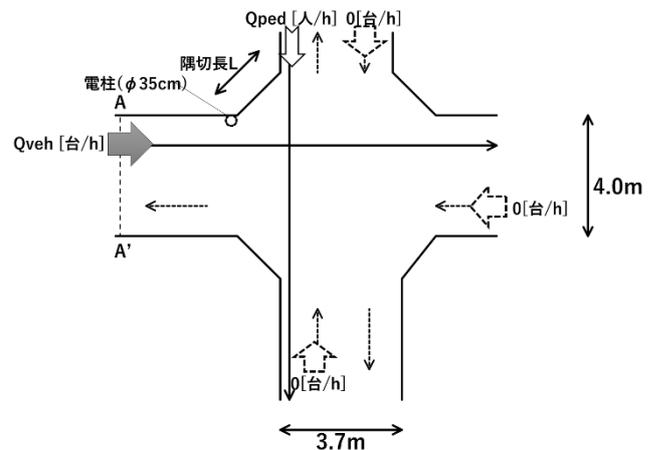


図-1 シミュレーション条件

本研究では、自動車エージェントのヒヤリハットの発生率と、歩行者と自動車の接触事故発生率によって事故の危険性を評価する。ヒヤリハットの定義については、平松⁶⁾らに従い、自動車のブレーキ時の加速度が 0.5G 以上となる急ブレーキを検出し、その中で衝突可能性のある相手がいたものと定義し、ヒヤリハット発生率は、交差点でのヒヤリハット総数を、自動車と歩行者の錯綜回数で除して算出した。また、接触事故発生率は交差点での接触事故の回数を自動車と歩行者の錯綜回数で除して算出した。

3. シミュレーションモデルの概要

本研究では、歩行者・自動車モデルともに周辺状況を視野によって把握し加減速や停止といった行動をとる。従来の一般的な視野のアルゴリズムでは、遮蔽物などによって見えないはずのエージェントも認識する欠点があったが、本研究では遮蔽物による死角を再現した。

3.1. 歩行者モデルの概要

歩行者モデルは計算負荷の低い拡張一次元モデル（Extended One-dimensional Pedestrian Model, ExOPM）⁷⁾を採用し、視野内の歩行者との距離によって加速度が変化する。歩行者の加速度 $\ddot{X}_i(t)$ は次の式(1)によって算出される。

$$\ddot{X}_i(t) = a_1(v_i^0 - \dot{X}_i(t)) - a_2 \exp\left(\frac{r - (X_i - N(t)) - X_i(t)}{a_3}\right) \quad (1)$$

ここで、 a_1, a_2, a_3 はパラメータであり、ExOPMと同じ値を用いる ($a_1=0.962$, $a_2=0.869$, $a_3=0.214$)。 v_i^0 は歩行者の希望歩行速度、 r は歩行者の体を表す円の直径である。 N は歩行者が自分より何人前の歩行者に追従するかを設定するパラメータである。本研究ではExOPMと同様に $N=2$ を用いる。

また、視野内に自動車エージェントがいる場合、歩行者はその場で停止するものとする。

3.2. 自動車モデルの概要

自動車モデルは Generalized force model (GFM) ⁸⁾によって加速度を決定するものとした。GFMは先行車の影響を仮想的な斥力として車両に与えるモデルであり、その概念は次式で表される。

$$\frac{dv_i(t)}{dt} = f_i^0(v_i(t)) + \sum_{j \neq i} f_{ij}(t) + \xi_i(t) \quad (2)$$

ここで、 $v_i(t)$ は時刻 t における車両 i の速度であり、 $f_i^0(v_i(t))$ は車両 i の希望速度までの加速力、 $f_{ij}(t)$ は車両 i が車両 j から受ける斥力、 $\xi_i(t)$ は揺らぎ及びその他の影響を表す項である。本研究では $\xi_i(t)=0$ とする。

GFMは先行車の情報のみにもとづく加速度決定モデルであるが、藤井ら⁹⁾は道路環境を反映する仮想先行車を導入することで、あらゆる要因に対してGFMを適用できるように拡張した。本研究も既往研究に従い、周囲の歩行者といった道路環境を仮想先行車とし、GFMに適用した。

4. 結果と考察

シミュレーション結果（表-1）より、以下のことが明らかとなった。

- ① 電柱の有無によらず隅切長が長いほど、ヒヤリハット発生率・接触事故発生率ともに低くなる傾向がある
- ② 交差点付近に電柱がある場合、電柱がないときと比べてヒヤリハット発生率・接触事故発生率ともに高くなる傾向がある

以上より、隅切長や電柱の有無が事故発生率の低下に影響することが明らかになった。

表-1 シミュレーション結果

電柱有無	隅切長[m]	ヒヤリハット発生率	接触事故発生率
有	2.0	32.02%	3.37%
	3.0	24.08%	1.72%
	4.0	17.03%	1.40%
無	2.0	20.80%	1.33%
	3.0	10.37%	1.38%
	4.0	6.98%	0.45%

5. おわりに

本研究では、MASにより無信号交差点における歩車混合交通モデルを構築した。シミュレーション結果より、交差点での安全性を高めるには隅切長を十分に確保し、視界を妨げる可能性のある電柱を設置しないことが望ましいといえる。今後の課題として、今回構築した歩車混合交通モデルを使用し、実際の交差点でのヒヤリハット・事故データとシミュレーション結果を比較し、本モデルの再現性を定量的に検証することなどがあげられる。

参考文献

- 1) 澤喜司郎：交通安全論概説（改訂版）、成山堂書店、pp.66-70、2002
- 2) (財)交通事故総合分析センター：イタルダ・インフォメーション「道路環境からみた出会い頭事故」、No.69、2007。
- 3) Mori, M., Horino, S., Kitajima S., Ueyama, M., Ebara, T. and Tani, T: Ergonomics solution for crossing collisions based on a field assessment of the visual environment at urban intersections in Japan, Applied Ergonomics, Vol. 39, pp. 697-709, 2008
- 4) 中村英樹、浅野美帆、大口敬、浜岡秀勝、鈴木一史：効果的な交通安全対策立案のための信号交差点安全性定量評価シミュレーション手法の開発、平成21年度タカタ財団助成研究論文 ISSN 2185-8950、2010
- 5) 北島創、種本大悟、望月敬啓、上山勝、森みどり、堀野定雄：視環境から見た交差点の出合頭事故危険性の評価、人間工学、Vol.41、特別号、pp.166-167、2005
- 6) 平松真知子、寸田剛司、小竹元基、鎌田実：一時停止交差点におけるドライバのヒヤリハット・リスク定量化手法の研究、一時停止交差点におけるドライバのヒヤリハット・リスク定量化手法の研究、Vol.45, No.4, pp.717-722、2014
- 7) 藤井秀樹、西岡智彦、城所直樹、内田英明、吉村忍：拡張1次元歩行者モデルの構築と交差点における歩車混合交通シミュレーション、情報処理学会論文誌、Vol.59, No.3、pp.874-881、2018
- 8) Helbing, D. and Tilch, B.: Generalized force model of traffic dynamics, Physical Review E, Vol. 58, pp. 133-138, 1998
- 9) 藤井秀樹、吉村忍、高野悠哉：マルチエージェント交通流シミュレーションにおける交通事故モデリング、人工知能学会論文誌、Vol.26, No.1, pp.42-49、2011