

研究信号機のない交差点の自動運転車通過時の運転 決定に関する研究

黄 昶

A study on driving decisions when autonomous vehicles pass through intersections without traffic lights

HUANG Chang

1.はじめに

近年、世界的な都市化・交通需要の増大に伴い、交通事故や渋滞を引き起こす要因として^[1]、交差点事故が大きく取り上げられている。特に信号機のない交差点では、明確な誘導制御が存在しないため、交差点内での衝突リスクや安全上の課題が顕著化している。統計によると、交差点事故は全事故の約半数を占め^[2]、そのうち無信号交差点による事故率も高い水準で推移している。

近年の自動運転技術の進展により、無信号交差点において自動運転車が安全・効率的に通過するための運転判断（意思決定^[3]）手法が注目を集めている。本研究は、無信号交差点での通行を想定し、交差点の形態分析や車両運動解析を通じて、自動運転車が衝突リスクを回避しながら適切な運転決定を行うための基礎検討を行うことを目的とする。

2. 無信号交差点の種類および衝突分析

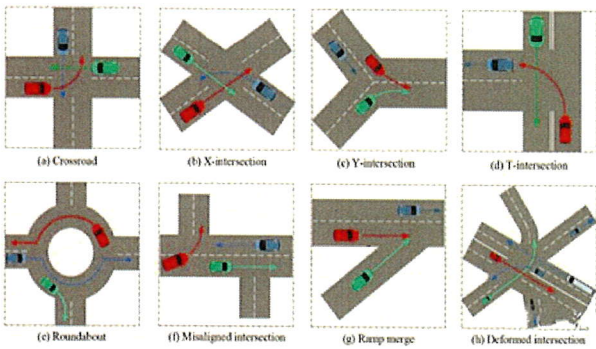


図 2-1 交差点の種類

本研究では、まず典型的な無信号交差点（十

字型、T字型、Y字型）を分類し、その特性を解析することにより、それぞれの衝突形態を明確にした。

2.1 無信号交差点の種類

直交型（十字交差点）は最も一般的な形態である一方、交差衝突リスクが高い。T字交差点は直交型より単純化されているものの、右左折車両の合流・交差を考慮する必要がある。さらに、Y字交差点は道路の角度が不規則で、視野の死角や複雑な合流・分岐が課題となる。

2.2 信号のない交差点の衝突の分類

信号機が設置されていない交差点では、信号制御機構が存在しないため、車両は明確な通行権の配分ルールがない状況下で、自ら進行方向や走行経路を決定せざるを得ない。この自主的な判断過程は交通衝突を引き起こす可能性があり、各車両の交錯走行パターンは多様な衝突リスクを誘発する。車両の交差点内での走行軌跡に基づき、衝突のタイプは主に分流衝突、合流衝突、及び交差衝突に分類される（図 2-2 参照）。

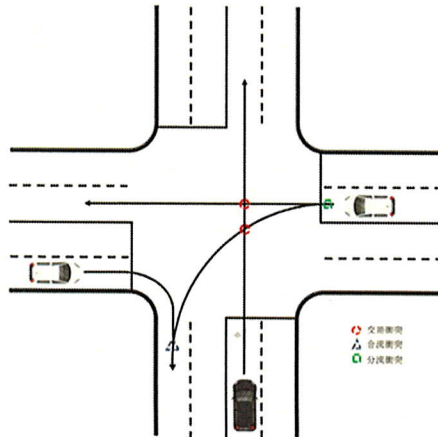


図 2-2 交差点における衝突点

2.3 信号のない交差点の衝突分析

図 2-3 に示すシーンでは、交差点 A、B、C、D それぞれに 1 台の車両が通過を準備している。交差点 A の白色車両は自動運転車、すなわち主車を表し、青色の破線は主車の左折走行経路の参照線を示す。一方、交差点 B、C、D の黄色車両は周囲の他車両を表し、黒色の破線はそれぞれの車両の走行意図を示している。さらに、橙色の円点は主車と周囲他車との交差衝突点を、緑色の三角形は主車と周囲他車との合流衝突点を示す。このシーンにおいて、主車と周囲他車の間には計 4 つの交差衝突点と 2 つの合流衝突点が存在する。

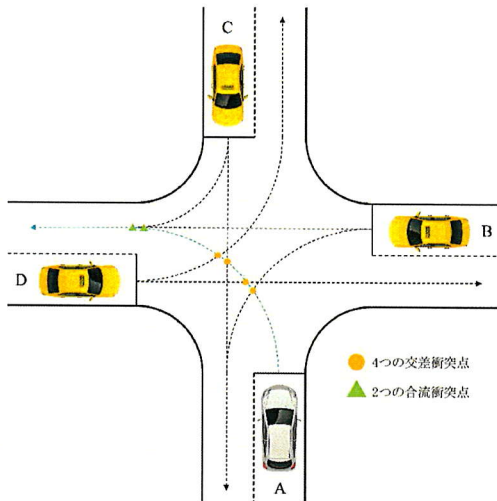
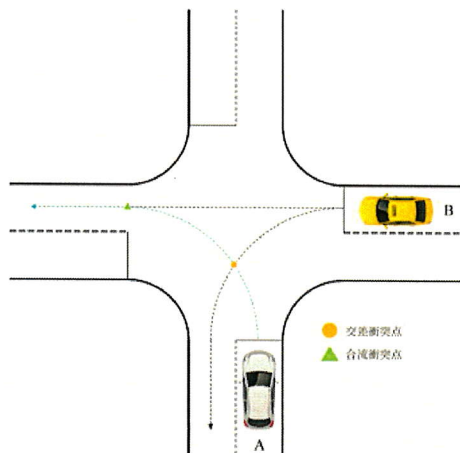


図 2-3 無信号交差点における衝突領域の分析

図 2-4 に示されるように、交差点 B の車両が左折して交差点を通過する際には、交差点 A で左折している主車との間に交差衝突が発生する。一方、交差点 B の車両が直進して交差点を通過する場合には、主車との間に合流衝突が生じる。



指導教員 劉 震 教授
大学院 工学研究科 電子情報学専攻

図 2-4 主車と交差点 B の車両との衝突分析

3. 無信号交差点における運転意思決定

3.1 T 字交差点における車両運動計算

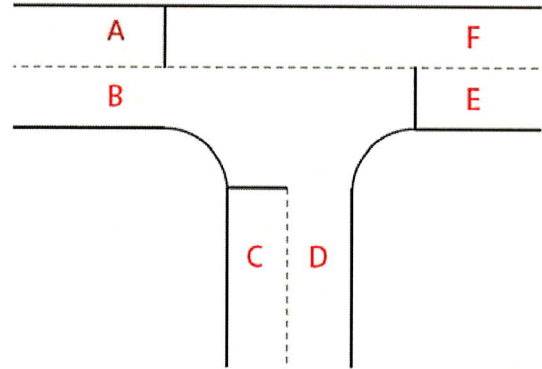
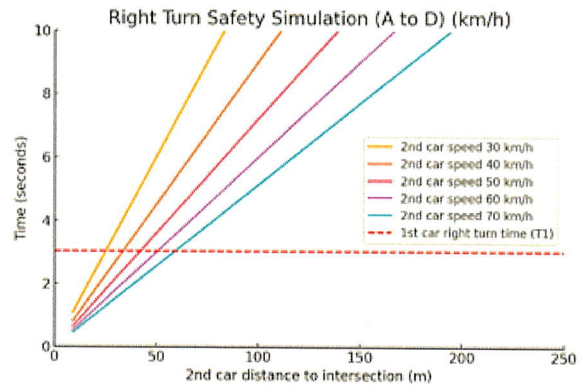


図 3-1 無信号 T 字路口における衝突領域の分析

A 車線から D 車線への右折時の分析

左折（または右折）を想定した場合、車両の反応時間・加速区間・実際の横断距離などを総合的に考慮し、対向車との安全空隙（時間的距離・空間的距離）を算出。例えば、車両速度 30km/h（約 8.33m/s）と仮定すると、交差点を横断するのに最低 3~5 秒の余裕が必要で、対向車両の速度と車間距離によっては待機を要



する場面がある。

図 3-2 A 車線から D 車線への右折時の分析

全体の計算状況は図 3-2 に示すとおりである。

C 車線から B 車線への左折時の分析

同様に、車両の起動／反応時間、速度差、横断距離を含むパラメータを算定し、60km/h 以上の対向車がいる場合に必要となる安全距離を推定。表や図を用いて可視化することで、横断の可否を判断する基準を整理。

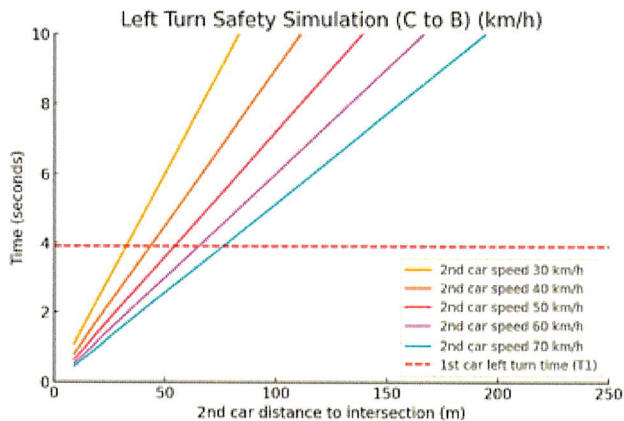


図 3-3 C 車線から B 車線への左折時の分析

C 車線から F 車線への右折時の分析

左折同様、30km/h・60km/h など異なる速度条件下での車両間の衝突リスクを定量化し、余裕時間や安全距離の算定方法を提示。

3.2 十字交差点における車両運動計算

4 方向から車両が進入するため、交差衝突と合流衝突の組み合わせが多様化する。自動運転車が左折または右折する場合、主要対向車線との交差領域を複数考慮する必要があり、合計の所要時間と対向車の速度によって安全マージンを確保。

計算の結果、図 3-4 ような決定領域が得られた。

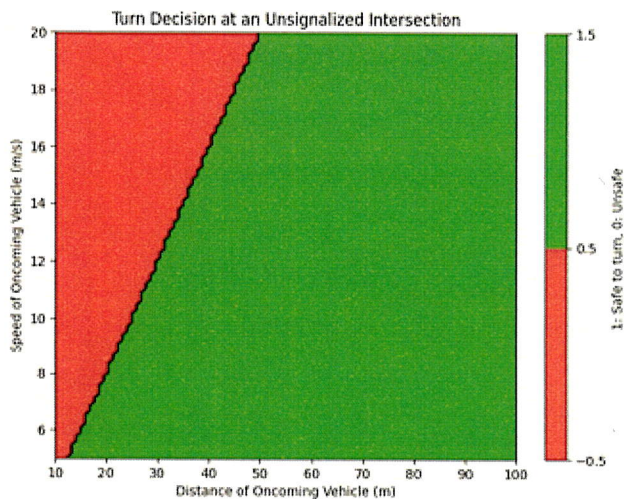


図 3-4 十字交差点車両運動計算

3.3 Y 字交差点における車両運動計算

幾何学形状が複雑な Y 字型の場合、車両の転回角度が大きくなりやすく、運転者の視認性も低下するため、より厳格な安全距離・余裕時間設定が求められる。

指導教員 劉 震 教授
大学院 工学研究科 電子情報学専攻

4. おわりに

本研究では、信号機のない交差点における典型的な形態 (T 字・十字・Y 字) を対象に、衝突形態の分類と車両運動解析を行い、自動運転車が安全に通過するための意思決定要件を整理した。解析の結果、反応時間・加速過程・横断距離などの要素を詳細に考慮することで、各形態の交差点において必要となる安全時間や車間距離が定量的に示されたこと、対向車の速度が高いほど安全空隙 (時間・空間) の確保が難しくなり運転意思決定のタイミングが重要であること、視認角度が不均等な Y 字交差点では車両間干渉のリスクが増大するため幾何学的な改良や追加センサ情報の導入が必要と考えられること、といった知見が得られた。

5. 謝辞

この研究は、劉震教授のご指導の下で完成した。劉震教授のご指導を誠に感謝する。また、同じ研究室の先輩や友人から多大な励ましと支援をいただき、本研究を無事に進め、大学院での貴重な時間を充実させることができました。

最後に、本論文の審査先生たちの貴重な意見とコメントを誠に感謝致します。

6. 参考文献

- [1] Wang Q, Wan J, Yuan Y. Locality constraint distance metric learning for traffic congestion detection[J]. Pattern Recognition, 2018, 75: 272-281.
- [2] World Health Organization. Global status report on road safety 2018[M]. Switzerland: World Health Organization, 2018.
- [3] Singh S. Critical reasons for crashes investigated in the national motor vehicle crash causation survey[R]. 2015.