

2021 年度 修士論文概要

主査	舟橋 健司	副査	佐藤 淳	研究室	舟橋研究室
入学年度	2020 年度	学籍番号	32414001	氏名	秋元 遼太

論文題目 自動運転車開発に向けた対向直進車に不快感を与えない右折運転行動の解析
Analysis of Right-Turn Driving to Avoid Discomfort of Oncoming Car for Development of Automated Driving

1 はじめに

自動車を運転する際、運転者は車両周辺の状況を認知し、かつ起こりうる危険を予知し事故を起こさないように判断することが求められる。運転時の危険を回避するにはリスク回避能力を育成する必要がある [1]。また、交通事故を減らす手段の一つとして、運転支援システムや自動運転技術の活用が挙げられる。中でも、自動運転技術に関する研究は 1950 年代頃から進められてきた [2] が、安全に関する研究は数多く存在する一方で、乗員が周囲の車両から与えられる不快感などの官能評価に関して述べた研究は少ない。

右折車と直進車が混在する交差点を考える。右折車が右折を完了する時刻に直進車が交差点に到達する場合、これは事故が発生しない最小のマージンである。一方で、右折車が何らかの理由で交差点内で止まってしまうことも想定して、直進車も交差点手前で確実に停止できるマージンが確保できる場合にのみ右折を開始すべきであり、これは事故が発生しないために十分なマージンである。すなわち、右折車が交差点内で対向車線へ進入する直前の、右折を開始する位置と、その時の対向直進車との間隔を適切に確保しておく必要がある。そこで、安全のための余裕、すなわちマージンをそれぞれ「最小マージン」、「十分マージン」と呼ぶ。安全マージンが不足していると感じれば不快感を覚え、さらに不足してくると恐怖を感じるだろう。ここでは単に心理的なものではなく、安全にも関わる余裕 (車同士の間隔) ということで「心理的マージン」と呼ぶことにする。なお、ここで議論する心理的マージンは安全が完全に確保されているかどうか考慮していない。別途、客観的に安全を確保する必要がある。

本研究では、自動運転における適切な右折運転を実現することを最終目標とする。その中でも特に、安全の確保を主眼にするのではなく、不快に感じない、相手に不快感を覚えさせない右折開始の判断指標を見出したい。そこで、交差点において右折車と直進車が混在している場合に注目して、直進車が不快感を覚えない右折運転行動の解析を行い、搭乗者にとって心理的に適切な右折直進車同士の間隔 (マージン) の閾値を見出すことを目的とする。



被験者は右折車 (橙色) を操作

被験者は直進車 (橙色) を操作

図 1: 実験に用いるシミュレータ

2 実験概要

右折車と対向直進車の間隔に着目する。右折車が右折を開始した時点における直進車との間隔に注目して、これを右折直進車間の安全か否かを考えるマージンということで、右直マージンと呼ぶ。ただし実験を単純化するために厳密な互いの間隔ではなく、直進車前端と交差点端の距離、すなわち直進車が交差点に進入するまでの距離とする。また実験において被験者が右折開始の判断を行う場合には、実際の右折開始時刻ではなく判断を促した時刻における距離とする。直進車の走行速度は一定であることにする。するとこの距離は交差点端に到達するまでの時間に置き換えられる。これらを区別するときには右直マージン距離、右直マージン時間と表記する。

直進車の速度が大きくなるにつれて、直進車の運転者が制動を行う必要があると判断し実際にブレーキをかけてから完全に停止するまでの制動距離、制動時間はともに長くなる。したがって、十分右直マージンも長くなり、心理的右直マージンも大きくなるだろう。心理的右直マージンは、直進車の走行速度と右折車の右折時間にも依存すると仮定し、時間に注目する。ゆえに、実験では各種パラメータを時間を基準に扱い、また結果を時間に注目して分析する。

本研究では簡易的なドライビングシミュレータを用いて実験を行う (図 1)。被験者が右折する立場と、被験者が直進する立場で 2 種類の実験を行う。片側 1 車線の道路に、直進車、直進車の前方を走行する複数台の直

進先導車, 右折車が存在すると想定する。右折車は直進先導車最後尾の後端が交差点で交差する道路の中央線を通じた時刻に右折可能とする。右折車が右折を開始してから右折完了, つまり交差点を脱出するまでの時間は 3sec とする。直進車の速度は 20km/h, 40km/h, 50km/h, 60km/h の 4 パターンとする。なお, 直進車は各試行開始時に既に指定の速度で走行しており, 右折車は停止状態から瞬時に指定の速度で右折を開始する。試行ごとに直進先導車最後尾の後端と直進車との距離を変化させて, 3sec-7sec (1sec ステップ) の右直マージン時間に対して被験者実験を行う。直進車の速度によって心理的右直マージンがどのように変化するのか解析する。

3 実験結果

被験者が右折する立場の実験と, 被験者が直進する立場の実験双方で得られたデータをそれぞれ解析し, 心理的右直マージン時間を推定した。直進車の速度が速くなるにつれて心理的右直マージン時間は長くなるという直感的な傾向とは逆に, 直進車の速度が速くなるにつれて心理的右直マージン時間は短くなるという傾向が見られた (図 2)。一方で, 心理的右直マージン距離は直進車の速度と比例して長くなる傾向が見られた (図 3)。各実験結果から推定した心理的右直マージン時間は実験で得られた結果と弱い負の相関が見られたが, 心理的右直マージン距離は結果と強い正の相関が見られた。したがって, 心理的右直マージンは時間ではなく距離で議論することが妥当であると考え。心理的右直マージン距離は最小, 十分の間で推移している。すなわち, 十分右直マージンが確保されていなくても心理的右直マージンが確保されていると判断する場合があることが示唆された。

自動運転車が対向直進車に不快感を与えない右折を行うためには, 心理的右直マージン距離を計算により求める必要がある。推定した心理的右直マージン距離 (D とする) を線形近似により次のように数式化する。

$$D = 3.46V + 7.93 \quad (1)$$

$$D/V = T + 7.93/V + 0.46 \quad (2)$$

ここで, V は直進車の走行速度 (m/sec), T は右折時間 (sec) である。式 (2) は, 心理的右直マージン時間である。これらの式は, 定数項はあるものの, 心理的右直マージン時間は右折車の右折時間と直進車の走行速度に依存する時間であるという仮定に反していない。

また, 片側 2 車線の道路を想定した, 直進車が走行する通行帯の違いによる心理的右直マージンの変化についても実験を行った。しかし, 結果として, 走行する通行帯の違いによる心理的右直マージンの変化は見られなかった。直進車はどちらかの通行帯のみを走行した

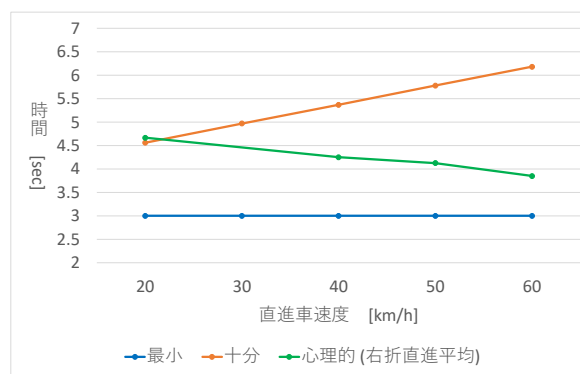


図 2: 各右直マージン時間の比較

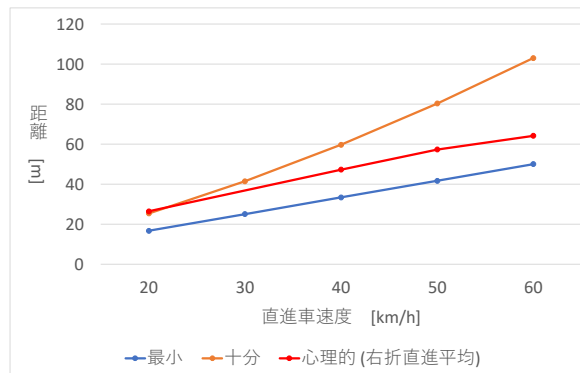


図 3: 各右直マージン距離の比較

ため, 被験者は実質的に片側 1 車線の場合の実験と認識した可能性がある。

4 むすび

本研究では右折車と直進車が混在する交差点における, 右折運転行動の解析を行い, 直進車と右折車双方の立場から心理的右直マージンを推定した。心理的右直マージン距離は速度に比例しており, かつ車の乗員は対向車との距離を重視していることが示唆された。その上で直進車の速度を元に心理的右直マージンを算出することを試みた。ただし, 具体的な数値について, 実際の車両に应用するためのさらなる実験が必要であろう。本研究では, それら进行评估するためのアプローチを示せたと考える。今後の展望として, 心理的右直マージンの推定精度を向上させることが挙げられる。その上で, 実際の車両にそのまま応用できる実験モデルについても検討したい。

参考文献

- [1] 蓮華一巳, “運転時のリスクテイキング行動の心理的過程とリスク回避行動へのアプローチ”, 国際交通安全学会誌, Vol. 26, No. 1, pp. 12-22, Dec., 2000.
- [2] 津川定之, “自動運転の課題”, 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review, Vol. 10, No. 2, pp. 93-99, 2016.