

臨界交通流における安全運転支援を目的とした 画像センサ群による衝撃波検知

藤村 嘉一[†] 上條 俊介[†]

東京大学生産技術研究所[†]

1. まえがき

道路交通空間には防災の観点や交通監視の重要性から膨大な数の監視カメラが設置されている。しかし、これらの爆発する画像情報は、一部事後検証に当てられているのみで、ほとんどは無駄に廃棄されている。

本稿では、交通事故を未然に防止する安全運転支援システムを目的として、実際の交通流を高精度に計測可能な画像センサ群を開発する。また、これにより取得したセンシングデータから忠実に再現された交通流条件下でドライバの挙動等の人間工学的見地からの検証を行い、安全運転支援システムのフェイルセーフを考慮した画像センサ群の設計を行う。なお、本稿における安全運転支援システムの対象とする地点は、首都高速道路における典型的な事故多発地点および事故重点対策地域のひとつである赤坂トンネル付近としている。

2. 臨界流における安全運転支援システム

2.1 赤坂トンネルにおける事故要因分析

著者らはこれまで事故多発地点として知られている首都高速道路 4 号新宿線の赤坂トンネル付近において長期的に取得してきた超音波センシングデータを基に交通量・速度等の解析を行い、本地点で発生した事故に関する事故要因分析を行ってきた[●]。その結果、本地点で起こる事故の大半は先行車両への追突事故であり、このような事故は臨界流といわれる過密かつ高速な交通流において、過去 20 秒間の平均速度が 30 秒間におよそ 30~40km/h から 0~20km/h まで急激に減少する際に発生する傾向があることが明らかになった。

2.2 路車協調型安全運転支援システムの概要

現在、赤坂トンネル内には、道路インフラの拡張にともない図 1 のように CCTV カメラがほぼ等間隔に設置されている (図中の aksk1~

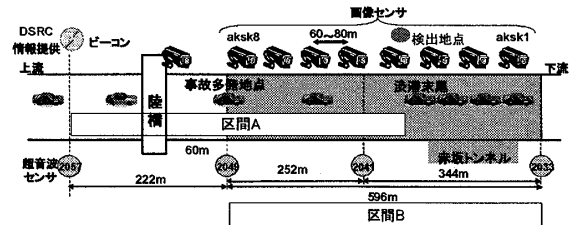


図 1 赤坂トンネル付近におけるカメラ群

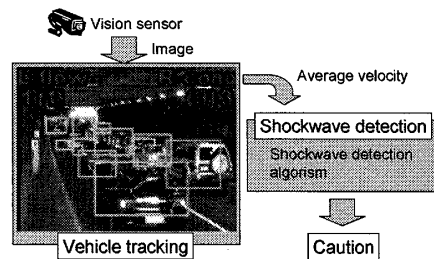


図 2 安全運転支援システムの処理の流れ

aksk8)。そこで、減速衝撃波の伝播をこれらのカメラ画像から検出し、トンネルより下流側を走行中のドライバに対して警告を発する路車協調型安全運転支援システムが有効であると考えられる。図 2 にこのシステムの処理の流れを示す。本システムでは、まずカメラ画像から減速衝撃波を検知可能な画像センサが必要となる。画像中から減速衝撃波を検知するには、個々の車両の速度を高精度に計測し、その車両群の平均速度を求め、計測された車両群の平均速度が高速走行から低速走行へ遷移する状態を減速衝撃波として検出する。個々の車両の速度は、各画像フレームにおける各車両の座標を決定し、フレーム間の移動距離を求めることで決定される。なお、衝撃波検知アルゴリズムの詳細およびその実験結果については[1]に示し、ここでは省略する。また、システムでは、トンネル内で連続的に設置されているどのカメラ位置まで減速衝撃波が到達した時点で減速衝撃波を検出するかを議論する必要があるが、この検討については次節において述べる。

Development of Vision Sensors for Driving Assistance System in Critical Flow

Kaichi Fujimura[†] Shunsuke Kamijo[†]

[†]Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

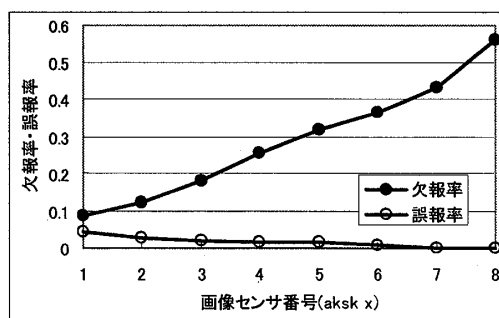


図 3 誤報率・欠報率とセンサ感度の関係

3. 安全運転支援システムのフェイルセーフを考慮した画像センサ群の設計

3.1 画像センサ群の感度の最適化

開発した画像センサ群により、従来研究では困難であった緻密な交通流の計測が可能となり、減速衝撃波の伝播をほぼ正確に検出可能である。しかし、システムにおける情報提供の誤報・欠報の観点から、画像センサ群におけるどの位置で減速衝撃波を検出するか、すなわち画像センサ群の感度の最適化を行うことが重要である。

そこで、開発した画像センサ群を用いて減速衝撃波の伝播に関する詳細な解析を行った。解析は、2007年11月2～4日の7:00～22:00までの、赤坂トンネルに設置された8台の画像センサ群 (aksk1～aksk8) のデータを用いて行った。このデータを基に減速衝撃波を検出する画像センサの位置と誤報率、欠報率の関係を計算した結果を図3に示す。これより、結果として本地点では減速衝撃波の検出位置に因らず誤報率が低いことが分かった。これに対して、欠報率は減速衝撃波の検出位置に依存性が高い。以上より、誤報率と欠報率は一般的にトレードオフの関係にあり、バランスを調整する必要があるが、本地点の場合、減速衝撃波の検出位置は欠報率の観点からトンネルの出口付近である aksk1～aksk3 辺りが望ましいことが分かった。

3.2 安全運転支援システムの欠報に関するドライバ評価実験

3.1の議論により、減速衝撃波の検出位置をトンネル出口付近に設定することで、安全運転支援システムの誤報や欠報を抑制可能であることが分かった。しかし、本システムでは、情報提供時に図1の区間Aに存在するドライバは既に情報提供地点を通過した後であることから欠報を被り、安全運転支援システムの効力を受けない。そこで、このような欠報がドライバの運転行動および心理に及ぼす影響について、ドライ

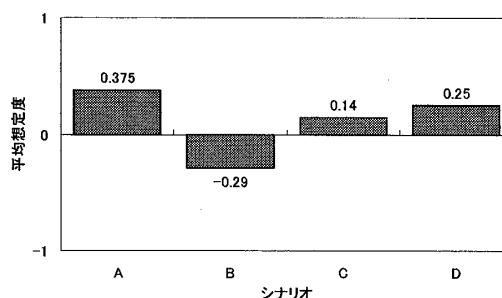


図 4 ドライビングシミュレータ実験の各シナリオにおける被験者の事象平均想定度

ビングシミュレータによる実験を行い明らかにすることにした。

図4は、正報のシナリオ (A) と欠報のシナリオ (B: トンネル入口付近, C: トンネル内, D: トンネル出口付近) における、先行車が減速する事象に対する平均想定度を示している。ここでの平均想定度とは、0を「どちらでもない」、□3を「全くの想定外」、3を「全くの想定内」とした7段階評価の平均点である。実験結果より、トンネル内を走行するドライバは、事象に対する平均想定度が高いことから、トンネルを走行する際には通常走行時よりも危険状況を想定し、比較的車間距離を広げて運転する傾向があると考えられる。そのため、トンネル内では、安全運転支援システムの欠報が発生したとしても、それが事故につながる危険性は減少すると考えられる。

4. むすび

本稿では、開発した画像センサ群から得られた赤坂トンネル付近のセンシングデータを活用して、本地点の交通流を忠実に再現した上で、画像センサ群の感度の最適化および人間工学的検知からの評価を行った。その結果、本稿における安全運転支援システムはフェイルセーフの観点から必要十分な性能を満たしていると考えられる。

参考文献

- [1] 藤村嘉一, 木間俊宏, 上條俊介“高速道路における画像センサによる路車協調型安全運転支援システムの開発,”第7回 ITS シンポジウム, 2008.