

首都高速道路合流部における車両挙動に関する研究

- 交通流シミュレーションを組み込んだドライビングシミュレータの活用 -

東京大学生産技術研究所 正会員 西川功
東京大学生産技術研究所 学会員 Majid Sarvi
東京大学生産技術研究所 正会員 桑原雅夫
日本大学総合科学研究所 正会員 森田諒之

1. はじめに

合流部のように複数の車両が互いに影響しあう道路区間において、車両挙動の観測を行う場合、実験車両を使用する実走行実験、ビデオ等を利用した現場観測あるいはドライビングシミュレータを活用してデータを収集する方法などが考えられる。本研究では、現場観測に基づいて構築された交通流シミュレーションを、別途に開発されているドライビングシミュレータに組み込んで、周辺車両とのインターラク션을考慮しながら、被験者の合流挙動を計測するシステムを構築し、本システムの利用可能性について考察を行った。

2. 道路区間の構成

システムを構築するにあたり、首都高速道路において上流側に合流地点を先頭とした渋滞が発生しており、下流側に先詰まりのない合流地点を対象とした。対象区間の選定は、車両感知器データを解析する事により行い、選定された区間についてはビデオ観測を実施し微視的データの収集も行った。これら収集されたデータをもとに合流区間における車両挙動のモデル化を行う。選定された一の橋合流部および浜崎橋合流部を図1に示す。

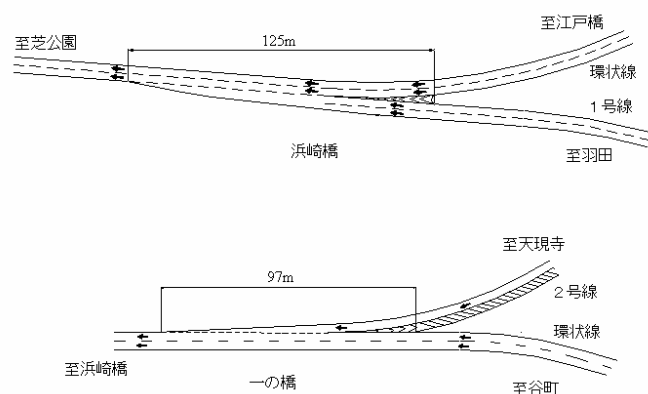


図1：首都高速道路合流部

3. 交通シミュレーションの概要

本シミュレーションでは、走行速度に応じた希望車頭距離を与え($S-V$ 関係)、所要の車頭距離となるように加速度調節を行って走行することを基本とする車両挙動モデルを採用している。設定した $S-V$ 関係式は対象区間を観測することによって得られたデータを使用し、乗用車については、合流区間以外の本線第一、第二車線と合流区間走行時に区分し3種類、また、大型車については合流区間以外の本線走行時と合流区間走行時の2種類、計5種類の $S-V$ 関係式を用意し使用している。発生した車両はそれぞれの車種によって与えられた $S-V$ 関係によって走行し、図2に示す合流区間に進入した際、合流車は相手車線を走行する車両Aとの間で新たに $S-V$ 関係を結び、また、それまで車両Aに追従していた車両Cは新たに合流車Bとの間で新たに $S-V$ 関係を結ぶことにより、合流挙動を再現する。あわせて、合流区間の上流部と合流区間において避走挙動の再現も行っている。

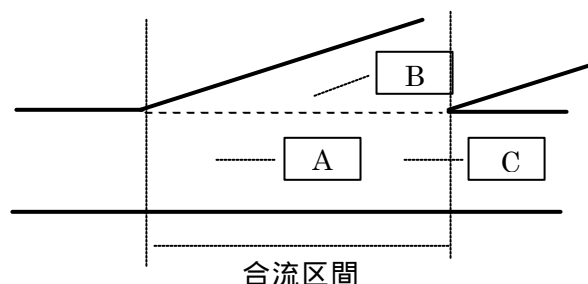


図2：合流区間における車両関係

(1) 再現性の確認

シミュレーションは10分間の pre-run を行い所要の交通状況を作成したのちに実行を開始する。図3に一の橋合流部についてシミュレーションを行った結果を示す。

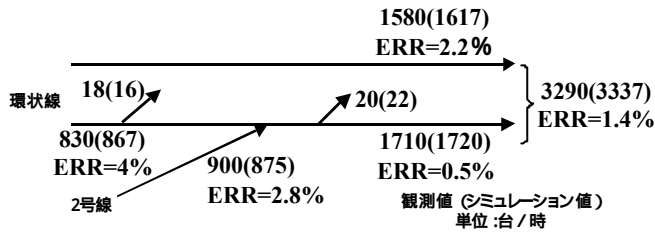


図3：観測値とシミュレーション値の比較

ここで、シミュレーション値としている値は、20分間の実行時間で得られた交通量を3倍し、1時間当たりの交通量として表している。また、観測値はビデオテープより、10分間の交通量をカウントしデータを6倍している。これを異なる時間帯で3回繰り返し平均を算出したものを1時間当たりの交通量としている。再現性の検討にあたっては、この他に図4に示す走行軌跡の比較を行っている。これらを検討した結果、本モデルが、ほぼ妥当なものであることが検証された。

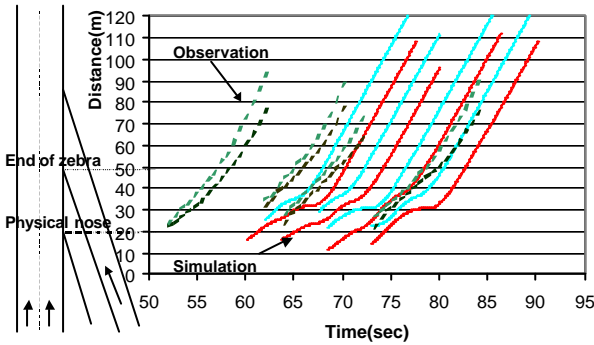


図4：観測値とシミュレーション値の走行軌跡

4. ドライビングシミュレータの概要

ドライビングシミュレータは大阪大学交通システム学研究室と株式会社オーデックスとで共同開発され、グラフィックワークステーション、ビデオプロジェクター、120型スクリーン、運転台より構成されるシステムを使用した(図5参照)以下に特徴点の一部を述べる。

- ・実験対象区間を道路幾何構造データや写真にもとづいて3次元CGモデルで再現できる。
- ・リアルタイムでの画像作成が可能である。
- ・視点位置が任意に設定可能である。
- ・立体視眼鏡を使用することにより立体視表示が可能である。
- ・収集可能な評価項目として、速度変動、アクセ

ル・ブレーキ使用量,車線内走行位置,周辺走行車両との相対位置などがある。

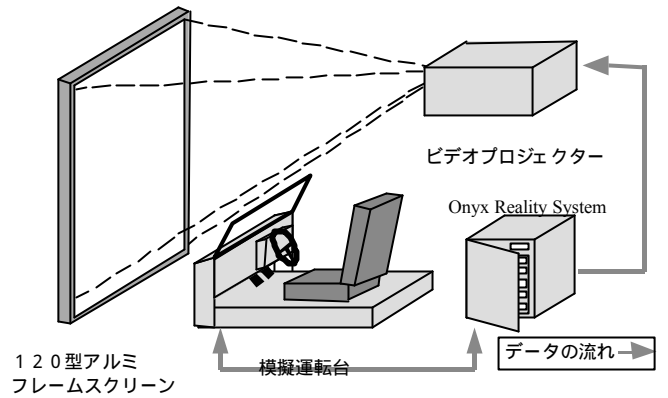


図5：実験システムの構成

(1) 道路モデルの作成

対象区間として、一の橋合流部を道路モデルとして作成した。道路モデル作成にあたっては、

- ・20フレーム/秒での立体視表示を可能とするため、門型の案内標識以外の標識(速度表示,分合流標識,カーブ標識等)はモデル化しない。
- ・同様に路外の構造物についても正確にはモデル化しない。
- ・基本的には各車線の外側には遮音壁設置し、外部の視界をある程度制限する。ただし、JCT内については実際と同様に遮音壁は設置しない。

とする。これら項目を考慮して作成された道路モデルを図6に示す。



図6：一の橋道路モデル

(2) 交通シミュレーションの組み込み

交通シミュレーションをモジュール化し、ドライビングシミュレータに組み込む事によって双方を同時に動かし、ドライビングシミュレータからは被験者の運転する1台の車両挙動(位置,速度,加速度)を交通シミュレーションに受け渡し、一方交通シミュレーションは、もらった挙動に従ってその他全体の車両挙動をシミュレートする。そして、全体の車両位置をドライビングシミュレータに受け渡す。この流れを繰り返すことによって、合流地点の車両挙動を再現している。図7にフローチャートを示す。

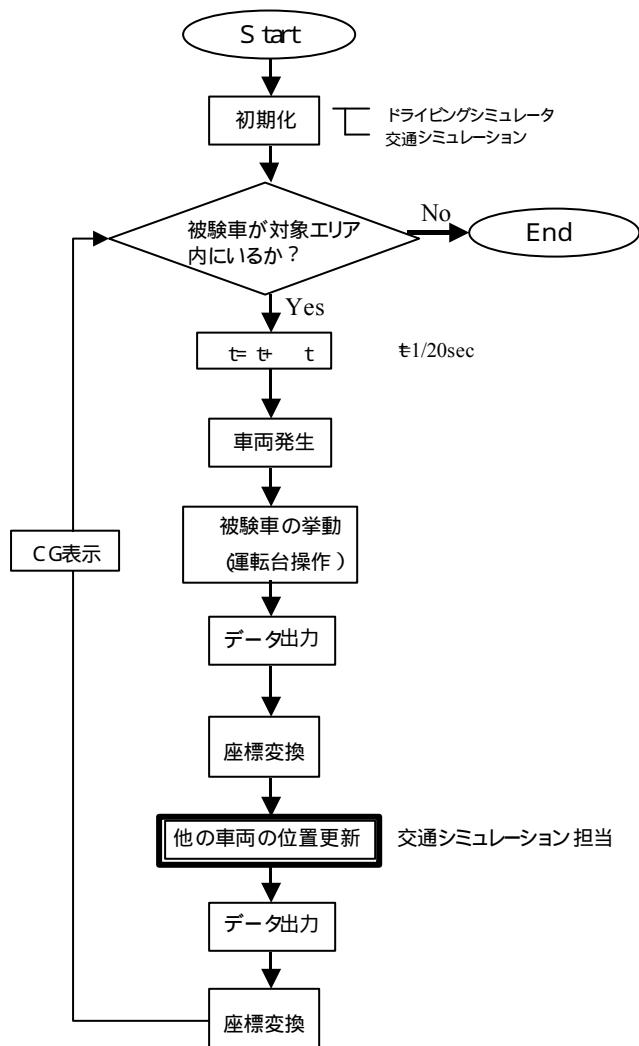


図7：フローチャート

5. 実験の概要

(1) ドライビングシミュレータによる室内実験

実験対象とする合流地点では相手側車線を走行する車両の情報が必要となるため、スクリーンを傾けることによって側方視界を確保した。また、今回は毎スキャンごとに全車両の車種,座標なら

びに被験車両の座標,速度,アクセル・ブレーキ開度,ハンドルの舵角を評価項目として出力する。被験者属性としては、高速道路の運転経験があり、当該ドライビングシミュレータの運転経験があるという条件で募集し12名の被験者で行った。これまで、当該ドライビングシミュレータは高速運転における研究に用いられてきており、今回のような渋滞中の低速走行の研究に用いるのはドライビングシミュレータならびに被験者にとっても初めてのことであるため、対象区間における習熟走行に時間を割くよう考慮している。また、走行実験終了後アンケート調査も行った。

(2) 実走行実験の概要

室内実験に参加した被験者の中の2名により実験車を使用した実走行実験を行い、対象区間における速度,加速度,前後車間距離,アクセル開度の各データを取得した。

6. 考察

室内実験と実走行実験で得られた速度と位置の関係を図8に表す。

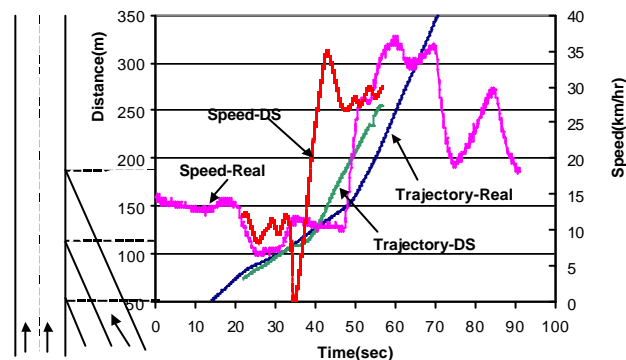


図8：室内実験と実走行実験における走行速度,走行位置の統合図(補正前)

図8より、室内実験で得られた被験者車両の挙動データからは、合流直前の急激な減速と、合流後の急激な加速が見られる。これは、実験後のアンケート調査の結果からもみられるが、アクセル,ブレーキ操作感や加減速の感覚が実際の車の運転感覚と異なることが起因していると思われる。そこで、急激な加減速が発生する前後の速度を利用

し、平滑化を行った結果を図9に示す。平滑化を行うことにより、実走行から得られた速度履歴に近似してることが分かる。また、実走行とドライビングシミュレータでは合流部における被合流車と合流車の位置関係が異なっているため、この相対位置を考慮してドライビングシミュレータの軌跡を補正すれば、より実走行に一致するものも説きたい出来る。このことから、室内実験の結果を適切に（加減速のオーバーリアクトの補正など）処理する事ができれば、実走行の再現性を確保できる可能性が認められた。

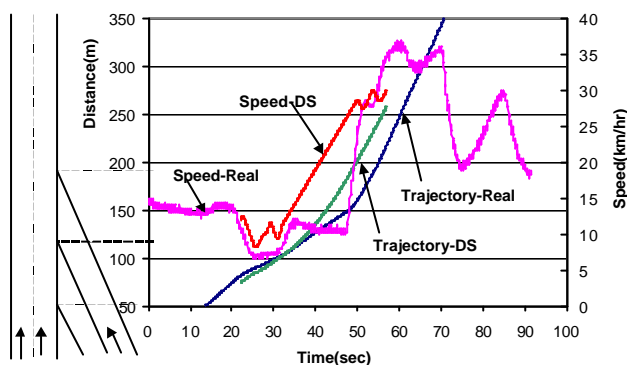


図9：室内実験と実走行実験における走行速度，走行位置の統合図（補正後）

7. まとめ

本研究で得られた成果をまとめると、以下のとおりである。

首都高速道路の合流部における交通流シミュレーションを構築し、観測された実データにより再現性を検証した。

別途開発されていたドライビングシミュレータに交通流シミュレーションを組み込み、被験者が運転する車両と周辺車両とのインタラクションを考慮しながら、被験者の合流挙動を計測するシステムを構築した。

対象区間において、ドライビングシミュレータによる室内実験と実験車による実走行実験を行い、各々より得られるデータを分析した結果、ドライビングシミュレータのデータに対し、適切な処理を行えば、合流部における車両挙動を再現できる可能性があることを確認した。

構築したシステムによって、合流挙動などのよ

うに他車とのインタラクションが発生する運転挙動を室内実験により観測できる可能性を示すことができた。

8. 今後の課題

今後、他の合流地点においても検証を行い、様々な合流形状に対応できる交通シミュレーションモデルに改良する必要がある。

今回、室内実験、実走行実験ともに時間的制約等によりサンプル数を多くとることができなかった。より詳細な解析を進めるにあたっては、サンプル数を増やす必要がある。

合流地点の様な低速での発進・停止が頻繁に起こる区間において、ドライビングシミュレータを使用する場合は、加減速時のオーバーリアクトが発生する要因について改良を行いオーバーリアクトを軽減することが必要と思われる。

最後に本研究を実施するにあたりご協力頂きました、大阪大学 飯田克弘講師，(株)東洋情報システム 上地登氏，(株)オーデックス、東京大学生産技術研究所 熊谷香太郎氏、井料隆雅氏、データを提供していただいた首都高速道路公団、室内実験に参加して頂いた大阪大学学生の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路公団試験研究所：サグ部の交通挙動と縦断線形の関連性分析,災害科学研究所,1999.3
- 2) 日本道路公団大阪建設局：高速道路の走行性に関する評価手法基礎検討,災害科学研究所,1998.3
- 3) 日本道路公団大阪建設局：高速道路の走行性に関する評価手法基礎検討（その2）,災害科学研究所,1999.3