

高速道路曲線部における車群の地震時走行安全性に関する研究

京都大学工学部 学生員 ○津田 将輝
 京都大学工学研究科 正会員 清野 純史
 京都大学工学研究科 学生員 福永 健二

1. はじめに

災害発生時、復旧や物資の運搬に関して重大な役割を果たす高速道路において、被害の規模を算定することは非常に重要な課題である。車群の曲線追従走行をモデル化し、地震動を入力したシミュレーションを行うことで、高速道路上曲線部における災害時の車両挙動を解析し、地震時の車群走行安全性に注目する。

2. 車両の挙動解析手法

(1)地震時車両走行モデル

村上ら¹⁾の地震動の影響を考慮した車両走行モデルを拡張し、曲線部走行モデルを作成した。

$$m_i \cdot \ddot{x}_i(t) = (1 - \alpha)(F_{i1} + F_{i2} + F_{i4}) + \alpha F_{i3} \quad (1)$$

F_{i1} は自律的な前方推進力、 F_{i2} は先行車との相互間作用力、 F_{i3} は地震時の減速力、 F_{i4} は曲線走行中の加減速力を表す。また、 α は運転がどれだけ緊急時のものに傾いているかを示す重み係数である。

(2)ドライバモデル

運転者は走行中前方を目視し、読み取ったコース形状や車両位置などから曲線追従に必要な操舵角を判断していると考えられる。従って上記の動作を文献²⁾を参考に、一次予測による前方注視モデルを用い、前方注視点のコース形状から大まかなハンドル操作角を算出するフィードフォワード制御と、車両重心位置をコース中央に合わせ、車体ヨー角を曲線走行中適切な角度に維持する修正操舵となるフィードバック制御を組み合わせた制御機構として構築する。モデルを図-1に示す。

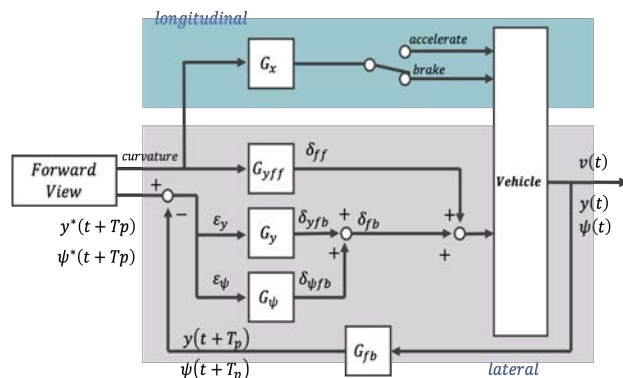


図-1 ドライバモデル

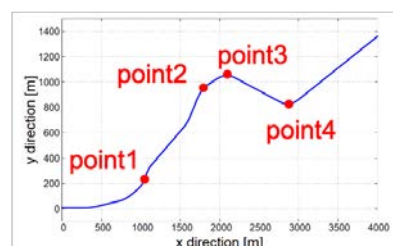


図-2 走行テストコース(守口線)

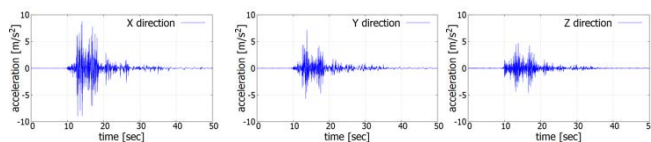


図-3 地震波形(守口観測局 震度 5 強)

3. 車群挙動の解析

(1)解析条件

解析の対象地点は大阪府道高速大阪守口線とする。図-2に守口線のコース形状を示す。また、比較検討のため直線経路でも解析を行う。

入力地震波形はテストコース上の守口観測局にて観測された図-3の大阪北部地震のものを用いる。図-3のX,Y方向は図-2の軸方向と対応している。

図-2に示す point 1~4 の円弧の中心を車両が通過する時に図-3の地震動のピークが来るよう入力し、通常地震発生時及び地震発生時に車群中の20%、40%の車両が急ブレーキを行った場合の車群挙動に

地震、ドライバモデル、車群挙動解析、追従走行、衝突率
 tsuda.masaki.57a@st.kyoto-u.ac.jp

ついて解析を行う。

本研究では図-4 のように 5 台の車両を同一車線で走行させ、初速と車間距離の初期値を正規乱数で決定したデータセットを 100 パターン作成し解析を行う。

(2)地震時の車群挙動(急ブレーキなし)

例として point2 についての結果を図-5~7 に示す。図 5~7 中の黄色縦線が地震動開始時刻であり図-3 の 0[sec]に対応する。

図-5 より地震の発生に伴い多少の横偏差を生じながらも十分な追従走行が行えていることが分かる。また、図-6、図-7 からは地震発生後減速を行いつつも一定の車間距離を維持した走行ができていることがわかる。point1~4 すべての地点と直線において衝突や車線逸脱はみられなかった。

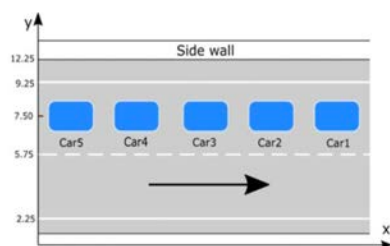


図-4 車両配置

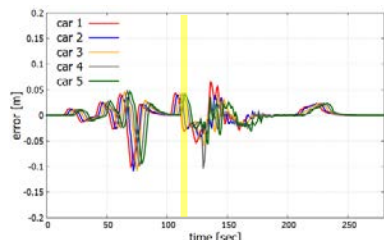


図-5 車群重心横偏差時刻歴(point2)

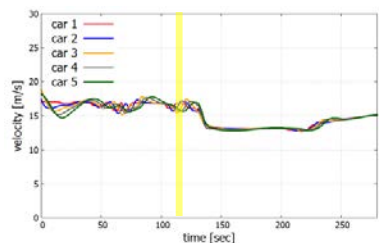


図-6 車群速度時刻歴(point2)

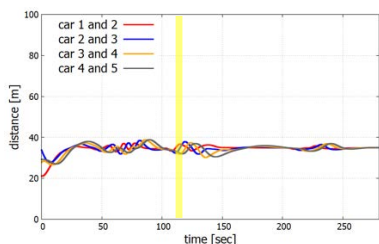


図-7 車間距離時刻歴(point2)

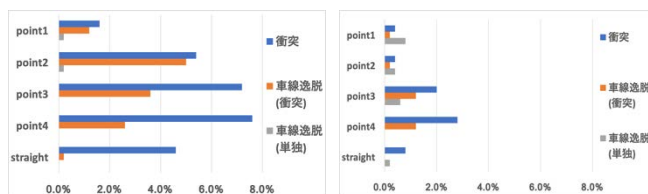


図-8 衝突率(急ブレーキ率 左 20%, 右 40%)

(3)地震時の車群挙動(急ブレーキあり)

急ブレーキ操作を行った場合、衝突が発生した。地震発生時に車群中の 20%, 40%の車両が急ブレーキを踏んだ際の衝突率を図-8 に示す。

衝突率、車線逸脱率は 100 パターンの内、衝突や車線逸脱を起こした台数を全車両数で除すことで算出している。

衝突の発生原因は車群先頭車両の急ブレーキ動作に伴う後続車両への減速の伝播であり、減速率が増加した後続車両が停車しきれず衝突が発生した。急ブレーキ率 40%が 20%の場合より低い衝突率を示したのは、減速の伝播が車群中間の車両の自律的な急ブレーキにより打ち切られたからである。また、直線部と比較し曲線部ではカーブ侵入時の減速が後続車両の減速を増加させ衝突を回避するものと、先頭車両の急ブレーキを増加させ衝突率を増加させる 2つの結果が得られた。さらに、曲線では衝突発生後の車線逸脱率が高く、多重衝突を起こす危険性があることが分かった。

4. おわりに

本研究では既往の研究にて直線部で行われていた地震時の車群走行解析を曲線部に拡張し、より実際の走行に近い解析を行った。しかし、現実の高速道路には勾配などさらなる複雑な要素が加わるため、それらを考慮した検討も行っていきたい。

参考文献

- 1) 村上凌一:地震発生時における高速道路上での車群の走行安全性に関する研究, 京都大学修士論文, 2017
- 2) 野口卓宏, 景山一郎:自律走行車両構築に向けた制御アルゴリズム構築に関する研究, 日本大学生産工学部第 49 回学術講演会講演概要, pp.591~592, 2016-12-03