

## 風速予測を取り入れた車両横転警戒情報システムの考案

京都大学大学院工学研究科 学生会員 ○和田 光平  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 白土 博通  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 服部 洋

京都大学大学院工学研究科 学生会員 立花 嵩  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 八木 知己

## 1. 序論

突風による車両の横転事故が時折発生している。橋梁をはじめ警戒区間には、横転事故防止のため、強風時に通行規制が敷かれるが、全ての事故を防ぐには至っていない。そこで、横転事故を防止するためのより効果的な手法を検討する必要がある。本研究で提案する横転警戒情報システムの概要を Fig.1 に示す。橋梁上の風速・風向や車両の速度・重量から車両の横転に関する危険判断を行う。また、事前に車両の横転に関する危険判断を行うためには、車両が橋梁を通過する以前に橋梁上の風速を予測することが重要である。

## 2. 車両に作用する空気力

Fig.2 に走行中の車両に作用する風の概念図を示す。車両に作用する空気力は通常、橋梁上風速  $U_c$  を用いた式(1)により算出される。

$$P = \frac{1}{2} \rho (U_c \sin \beta_c)^2 C_s(90^\circ) G A_n \quad (1)$$

式(1)には車両の走行による相対的な風速の影響は含まれないが、車両速度  $V_r$  を考慮した合成風速  $U$  を用いて以下の式(2)で計算することも可能である。

$$P = \frac{1}{2} \rho U^2 C_s(\beta) G A_n \quad (2)$$

車両に作用する空気力を評価するため、数値流体解析 (OpenFOAM) により、トラックを模擬した直方体モデル周りの定常流れ場と直方体に作用する流体力を算出した。抗力係数  $C_d$ 、揚力係数  $C_l$ 、横力係数  $C_s$  はそれぞれ Fig.3 に示す *Drag*, *Lift*, *Side* の方向に定義した。解析に用いた乱流モデルは標準  $k-\epsilon$  モデルである。直方体モデルに作用する合成風速の水平偏角  $\beta$  を  $0[\text{deg}]$  から  $90[\text{deg}]$  まで変化させ、風向と空気力係数の関係を求めた (Fig.4)。

解析により求めた風向毎の横力係数  $C_s$  を用いて、式(1)及び式(2)による空気力の比較を行う。橋梁上風速  $U_c$  を実橋梁の通行規制風速である  $25[\text{m/s}]$  としたときの結果を Fig.5 に示す。車両速度  $V_r$  は  $30[\text{km/h}]$ ,  $40[\text{km/h}]$ ,  $50[\text{km/h}]$ ,  $60[\text{km/h}]$ ,  $70[\text{km/h}]$  と設定した。図に示す式(1)による空気力と各車両速度での式(2)による空気力には

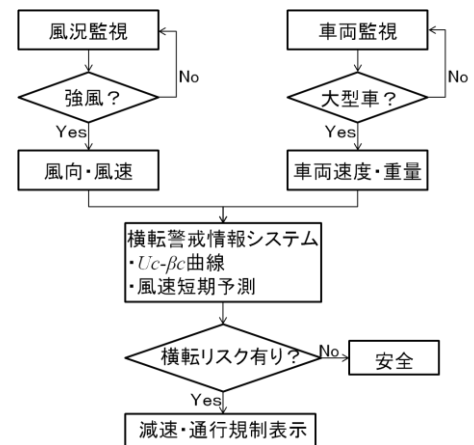


Fig.1 横転警戒情報システム

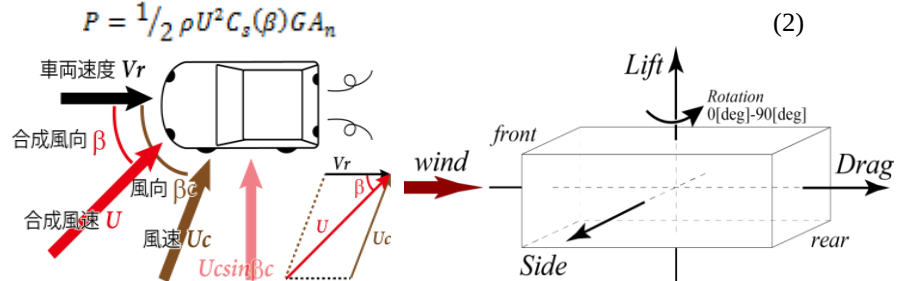


Fig.2 走行中の車両に作用する風速

Fig.3 抗力, 揚力, 横力の定義

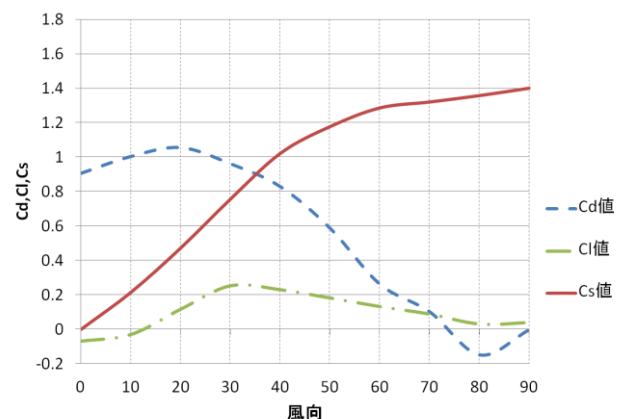


Fig.4 風向と空気力係数の関係

キーワード：車両横転，風速予測，横転警戒情報システム

連絡先〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C1-3-457 TEL075-383-3170

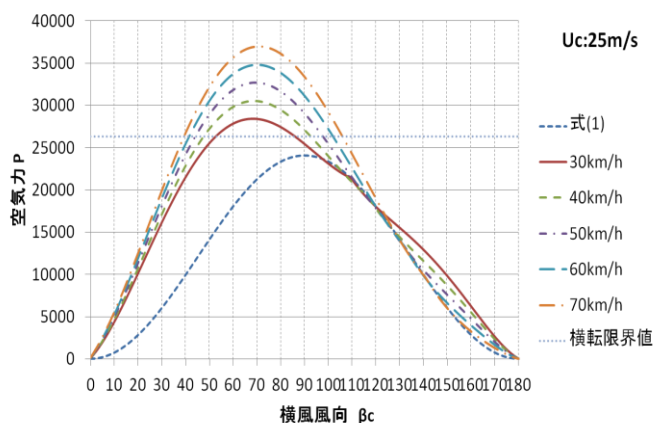


Fig.5 車両に作用する空気力

大きな違いがあり、式(2)による空気力では風向によっては横転限界値を越えることがわかる。Fig.6 に各車両速度での空気力が横転限界値に達する際の橋梁上風速・風向の関係を示す。この結果から、車両やや前方の約 70 度の方向から風が吹く際に最小風速で横転に至ることがわかる。また、車両速度を低下させることは作用する空気力を小さくし、横転のリスクが減るため、車両横転防止に有効であると言える。

### 3. 短期的風速予測

将来の風速を予測することで、事前に車両横転の危険判断を行い、事故を未然に防ぐことが出来る。本研究では、カオス時系列予測及びニューラルネットワークによる予測の二つの手法を用いて風速の短期予測を行った。カオス時系列予測では、過去の風速の時系列データからアトラクタを再構成し、現在得られている最新の風速値  $x_t$  を含むベクトル  $X_t(x_t, x_{t-1}, x_{t-2})$  をプロットする。その点とアトラクタ上の近傍点の挙動を元に 1 ステップ先の風速予測値  $\hat{x}_{t+1}$  を導出する。ニューラルネットワークによる予測では、予め過去のデータを用いて学習させ、風速の 3 成分  $X_t(x_t, x_{t-1}, x_{t-2})$  を入力することで 1 ステップ先の風速予測値  $\hat{x}_{t+1}$  を出力するようにネットワークを構築した。両手法とも、この操作を繰り返し行うことで現在より 1 ステップ先の値を連続して予測する。

本研究ではサンプリング周波数 100[Hz] の実際に計測された風速の時系列データの 5 分間平均値を 1 ステップ 5 分ごとに求め新たな時系列とし、上記の方法により風速の予測を試みる。予測結果を Fig.7 に示す。

### 4. 結論及び今後の課題

- 1) 車両に作用する空気力は車両速度を考慮した合成風速によって評価する必要がある。
- 2) カオス時系列予測及びニューラルネットワークを用いた予測によって、実際の風速予測が可能と判断される。
- 3) 今後、風向の短期予測、精度向上、および予測に必要な計算時間の短縮について検討を行う必要がある。

謝辞：実際の風速観測データを提供頂いた本州四国連絡高速道路株式会社に謝意を表します。

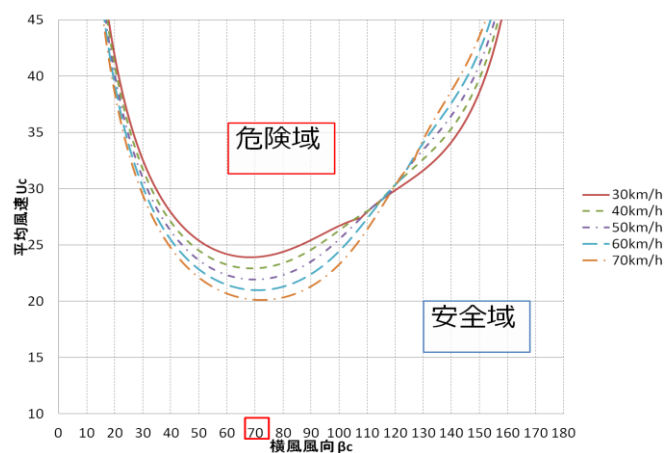
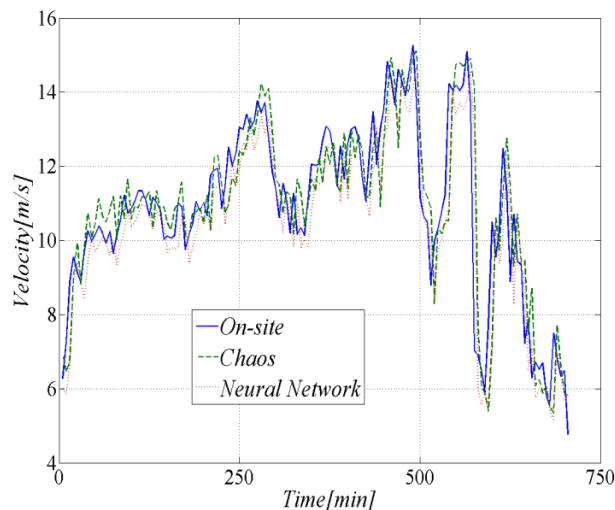
Fig.6 車両横転リスク曲線 ( $U_c$ - $\beta_c$  曲線)

Fig.7 風速予測結果