

車両を用いた移動風速モニタリングに関する基礎的検討

横河ブリッジ 正会員 ○石井 博典

東京大学 正会員 久保田慶太 フェロー会員 藤野 陽三

1. 研究目的 道路や鉄道において、強風により閉鎖、運行停止になることが度々あり、また、事故の発生も報告されている。風は地形状況などにより局所的に大きく変化するものであるが、今後、強風に対してより合理的に対処していくためには、現在の定点観測による風速計測に加え、空間的に高密度な風速分布の把握が必要になると考えられる。しかし、従来の定点観測により局地的な強風などの空間的な風速分布を得るためには、高密度に風速計を設置することが必要となり、経済的な負担も大きく現実的でない。ところで、筆者らは、鉄道の営業車両に加速度計や位置同定用の GPS を取り付け、走行中の車両の振動から軌道の異常を検知する軌道モニタリングシステムの開発を実施している。本システムに風速計を追加し、車両走行時の風速分布を常時計測し、データを蓄積していくことで、路線全線における空間的な風速分布の把握が可能であると考えられる。こうして得られる空間的な風速分布と、従来の定点観測による風速計測を補完し合うことで、より高精度な風況把握が可能となり、安全性の向上が期待される。そのような背景から、本研究では、移動する車両から空間的な風速分布を把握する移動風速モニタリングについて、基礎的な研究を実施した。

2. 検討方法 実験で鉄道車両の車外に風速計を設置するのは困難であったので、本研究では、車の屋根上に風速計を設置して検討を行った。風速計の取り付け状況を写真-1に示す。測定風速範囲 0m~60m の 3 方向型超音波風速計（株式会社ソニックス製、本体：DA-600、プローブ：TR-61B 型）を用いた。車の屋根上の中央に磁石を用いてプローブを取り付け、風速計本体、計測用パソコンは車内に設置した。車の屋根から風速計測位置までの高さは約 400mm である。本システムにおいて、計測された風速には車の走行に伴い発生する空気との相対速度も含まれる。この影響を取り除くため、風速の他、GPS センサから出力される車両速度を測定した。プローブの取付け位置は、横風を受けた時の車体周りの風の状況を、煙風洞試験により確認した上で決定した。煙風洞試験の結果を写真-2に示す。風速計設置位置である屋根の中央、屋根上から約 400mm 程度離れた位置では、鉄道車両、車ともに風の乱れは小さく、この位置で走行時の横風を測定することが可能であると考えられる。

計測は微風日（計測時風速 2~4m/s）、強風日（計測時風速 13~18m/s）の 2 回行った。微風日は首都高速の 9 号深川線から湾岸線、台場線を回り環状線を通るコース、強風日は交通状況からその逆

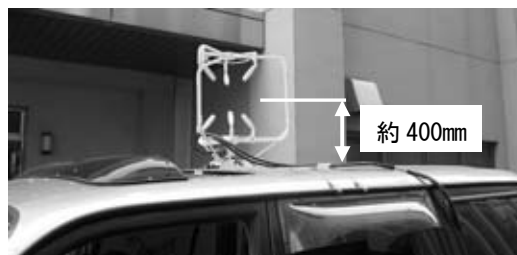
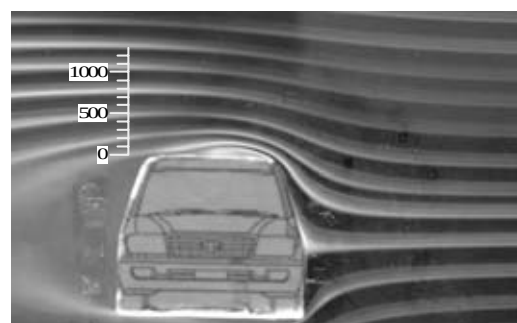
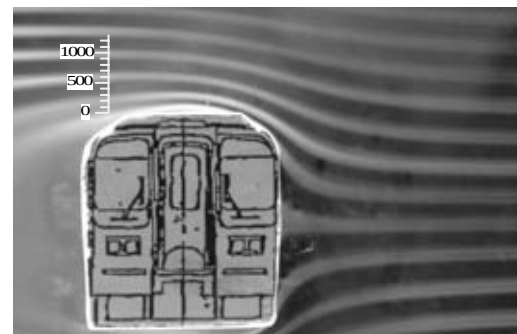


写真-1 風速計設置状況



(1)車



(2)鉄道車両

写真-2 煙風洞試験結果

表-1 計測時の気象条件（気象庁アメダス）

微風日				強風日			
日時	3月13日PM 4:00~pm 5:00			日時	3月17日PM 1:00~pm 2:00		
気温	6.4℃			気温	16.2℃		
風速 [m/s]		羽田	新木場	風速 [m/s]		羽田	新木場
	PM 4:00	2.0	3.0		PM 1:00	18.0	14.0
	PM 5:00	4.0	3.0		PM 2:00	14.0	13.0
風向		羽田	新木場	風向		羽田	新木場
	PM 4:00	東南東	北北東		PM 1:00	北西	北西
	PM 5:00	北北東	北東		PM 2:00	北西	北西

キーワード：鉄道、モニタリング、風速、風速計

〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地 TEL 047(435)6161 FAX 047(435)6160

周りとし、車両走行速度は約 60km/h とした。計測時の気象条件（気象庁の羽田、新木場のアメダスのデータ）は表-1 に示す通りである。

3. 検討結果 微風日、強風日における車両進行方向、横方向（車両進行方向と直角方向）の風速計測結果を図-1、図-2 に示す。車両進行方向では、車両走行による空気との相対風速が計測されるため、微風日については車速と計測風速はほぼ一致している。強風日では、車速と車両進行方向の計測風速の差が大きく、特にレインボーブリッジ通過時および通過後にその差が大きいことがわかる。横方向については、微風日は最大でも±5m/s 程度であるのに対し、強風時は最大で 20m/s 近い風が観測されている。車両進行方向同様、横方向でもレインボーブリッジ通過時、通過後において強風が観測されており、この付近で強風があったものと推測される。

車両速度を v 、進行方向の計測風速を y 、直角方向の計測風速を x とすると、自然風速 w 、車両軸方向からの風向 θ は次式により算出できる。

$$w = \sqrt{x^2 + (y-v)^2}, \quad \theta = \arctan\{x/(y-v)\} \quad (\text{例えば } x \geq 0, y \geq 0)$$

レインボーブリッジ通過前後の微風日、強風日の自然風速、風向の算出結果を図-3 と図-4 に示す。微風日は 0m/s～5m/s、強風日は 10m/s～20m/s の風速を示しており、表-1 に示した気象庁のアメダスの観測値と傾向は一致している。

強風日のレインボーブリッジ通過時の風向は約 150° 程度であるが、この風向を地図上に図示すると図-5 の通り北西方向の風となり、表-1 で示した気象庁アメダスの観測結果と一致した。

4. まとめ 鉄道車両などの移動体に風速計を取り付け、空間的な風速分布を得る移動風速モニタリングシステムについて基礎的な検討を行った結果、長大橋梁上における強風の観測に成功し、また、その風の傾向は気象庁の観測値と一致した。なお、本研究は鉄道建設・運輸施設整備支援機構の運輸分野における基礎的研究推進制度の助成によるものです。ここに記して感謝いたします。

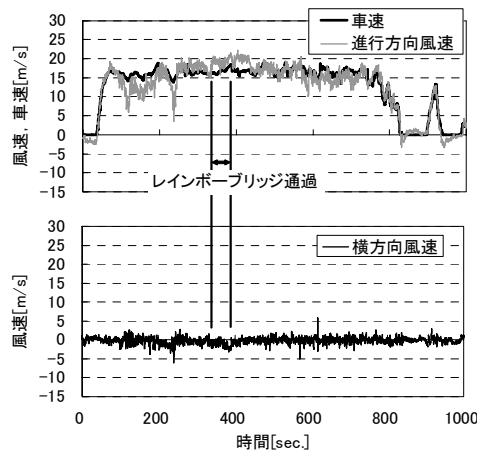


図-1 風速計測結果（微風日）

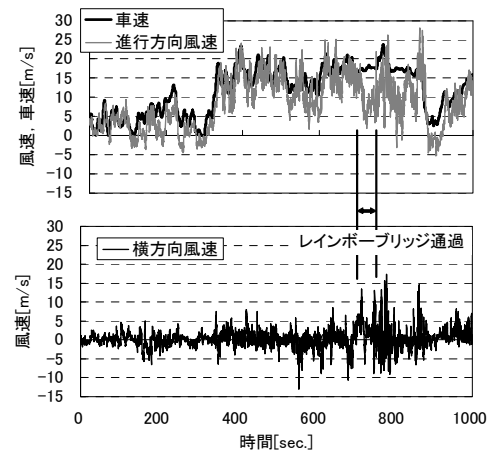


図-2 風速計測結果（強風日）

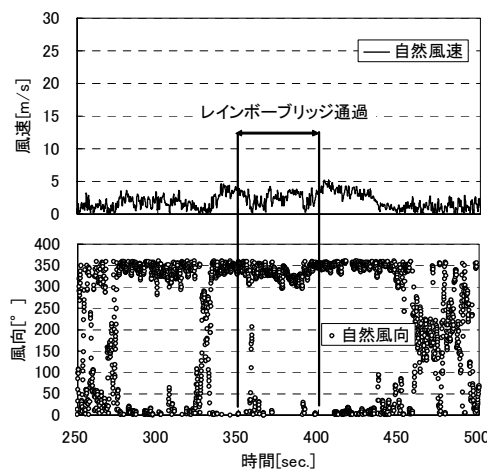


図-3 自然風算出結果（微風日）

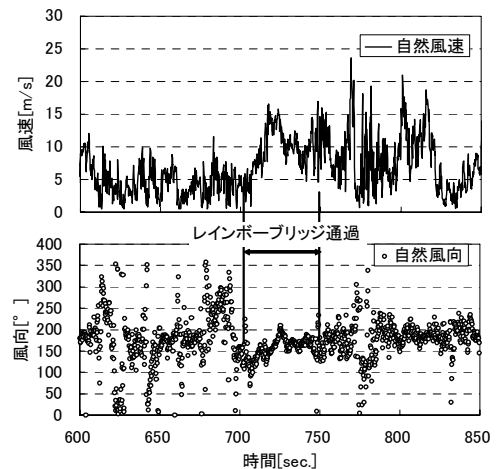


図-4 自然風算出結果（強風日）



図-5 強風日の風向算出結果