

走行速度の違いによる強風時の安全性評価

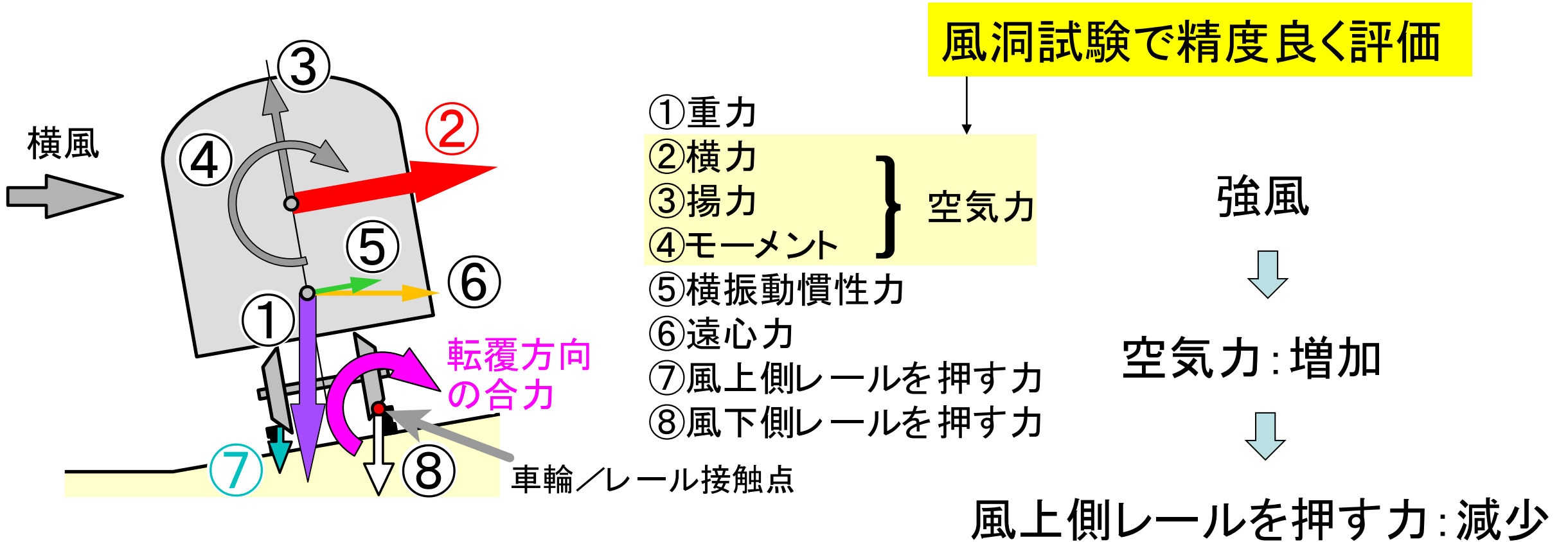
環境工学研究部 車両空力特性研究室

主任研究員 乙部 達志

本日の発表

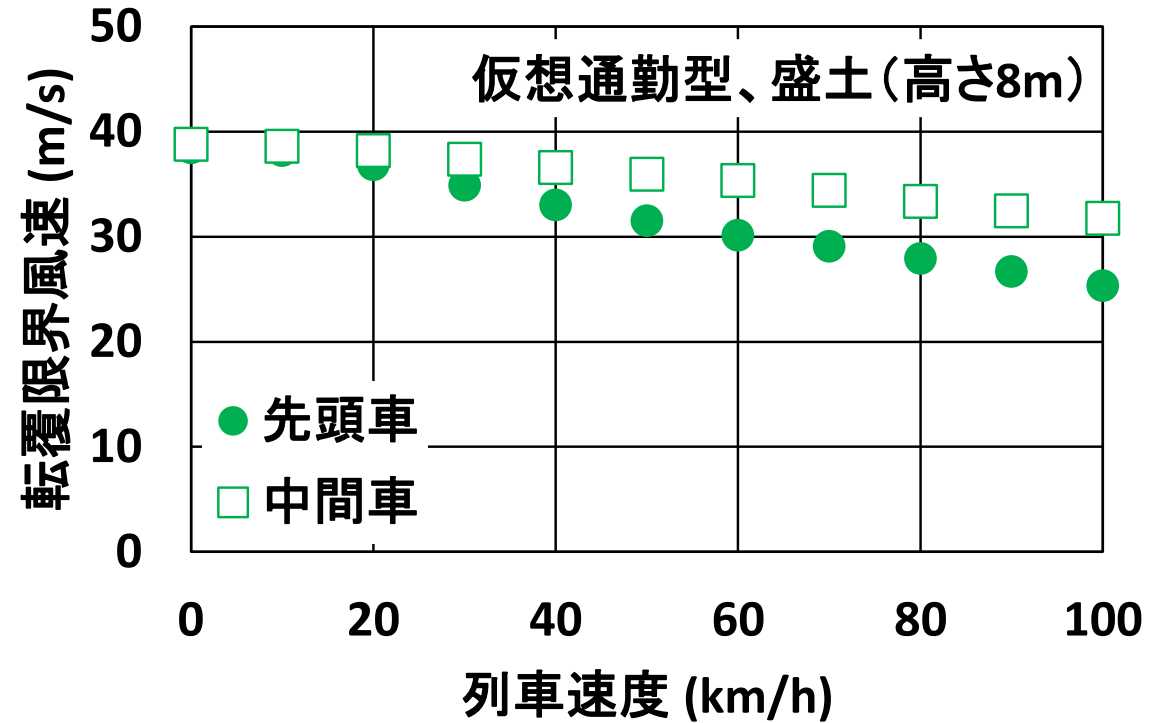
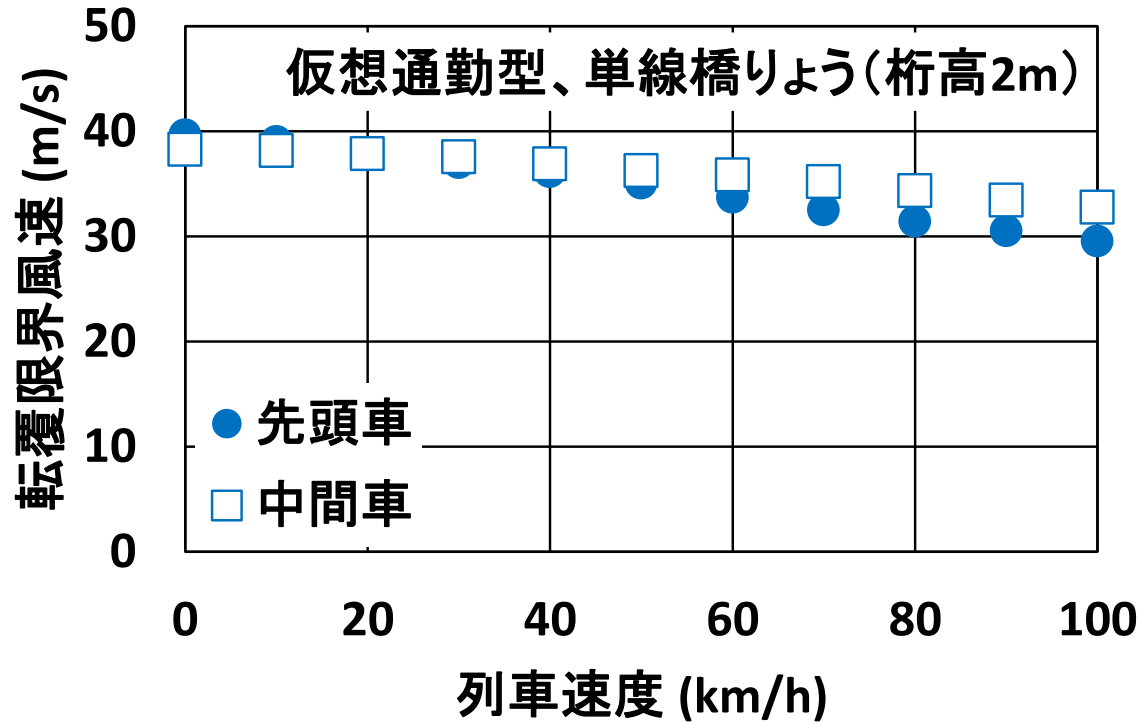
1. 転覆限界風速
2. 横風対策
3. 本研究で対象とする問題
4. 安全性評価方法
5. 結果(転覆限界風速超過確率、リスク)
6. まとめと成果の活用

転覆限界風速



転覆限界風速：風上側の輪重がゼロとなる時の風速

転覆限界風速の例(仮想通勤型車両)



- 車種、構造物により値が異なる
- 列車速度により値が異なる(一般に、列車速度:小 → 転覆限界風速:大)
- 風向により値が異なる

横風対策

ハード面からの対策 → 防風柵

ソフト面からの対策 → 運転規制

運転規制の例

風速	20m/s未満	20m/s以上	25m/s以上
列車徐行速度	-	25km/h	運転中止

↑
45km/h等、事業者による

本研究で対象とする問題

- 規制(徐行)速度
- 引き抜き運転



<http://www.tokyu.co.jp/tokyu/oshiete/20161228.pdf> に加筆

➡ 走行速度ごとの安全性を評価する

問題のイメージ

パターン1

列車速度:大



安全な箇所

転覆限界風速:小

通過時間:短



風速:時間的には変化する

パターン2

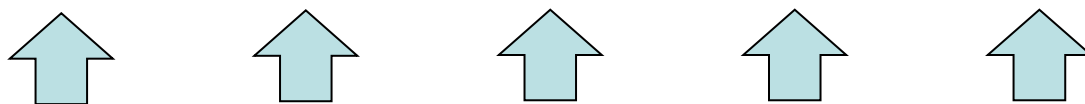
列車速度:小



安全な箇所

転覆限界風速:大

通過時間:長



風速:時間的には変化する

安全性評価方法

確率的風速モデルを仮定

本発表では、ブラウン運動を仮定

実測風速から確率的風速モデルのパラメータ推定

風速が転覆限界風速を超過する確率
(転覆限界風速超過確率)を算出

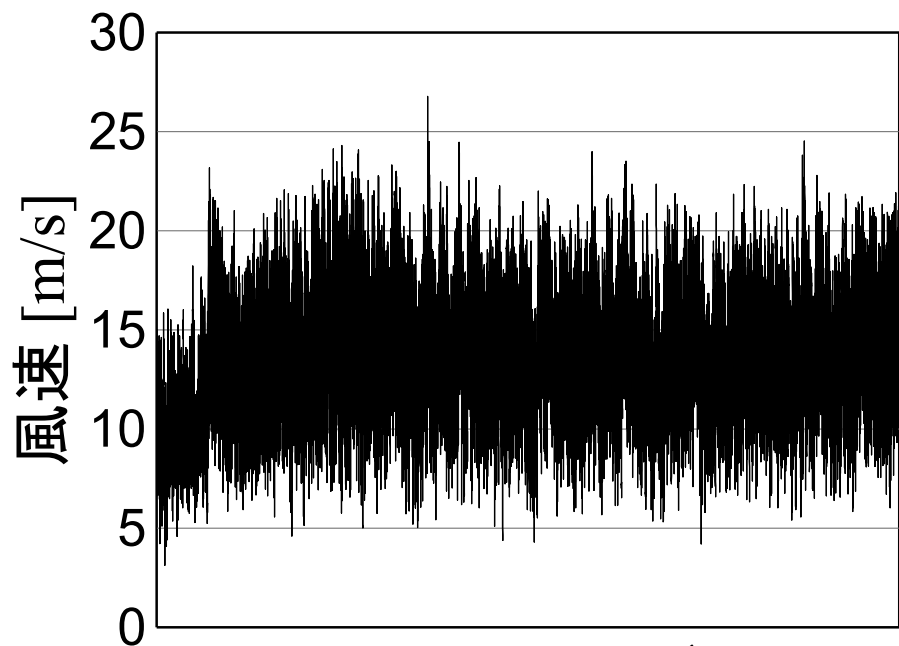
影響度を考慮

本発表では、列車速度の1.5乗を仮定

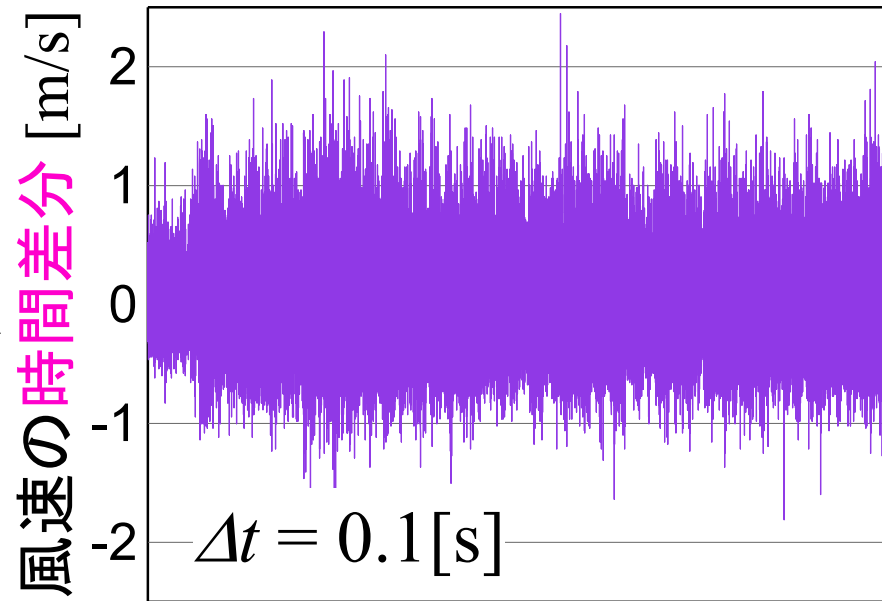
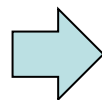
リスクを算出

確率的風速モデル

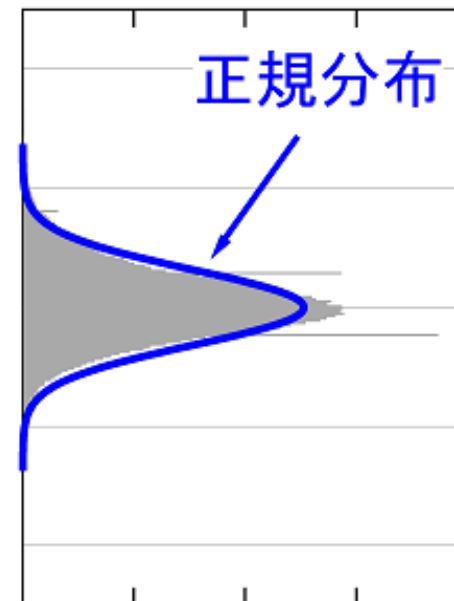
- 風速モデルとして**ブラウン運動**を考える。
- ブラウン運動は**正規分布**で特徴付けられる。



島牧強風540分データ



島牧強風540分データ



問題の具体的な設定

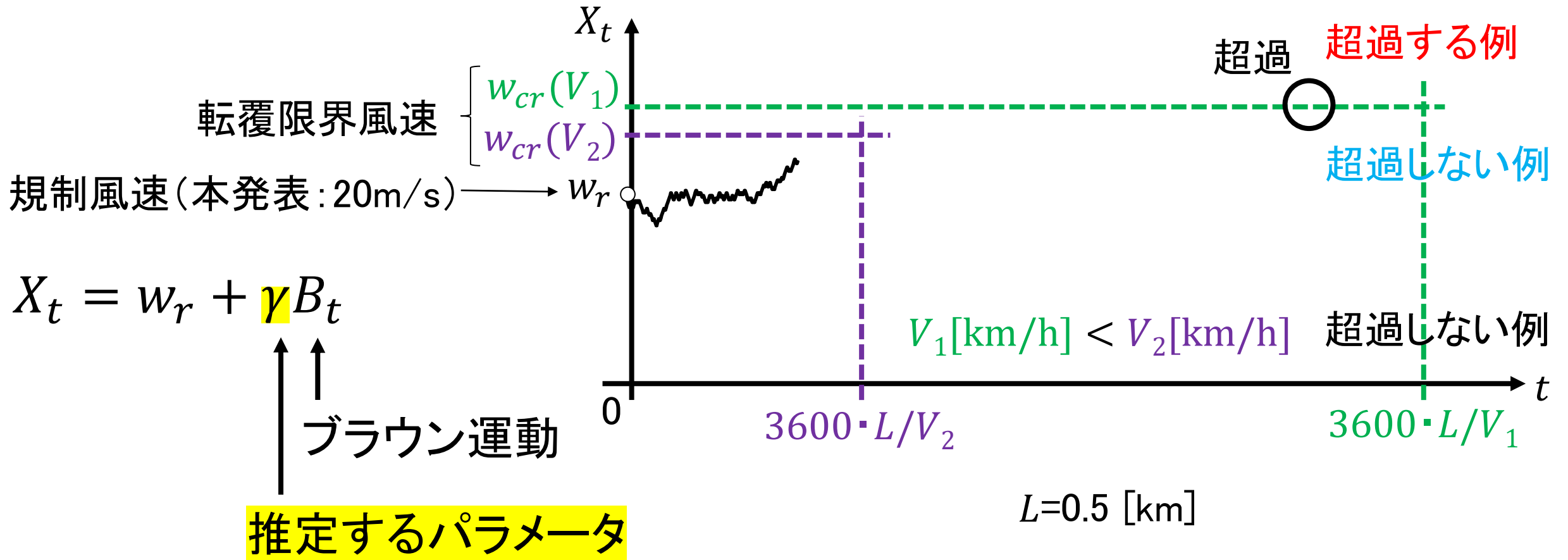
V [km/h]: 列車速度



X_t [m/s]: 空間的に一様な風速

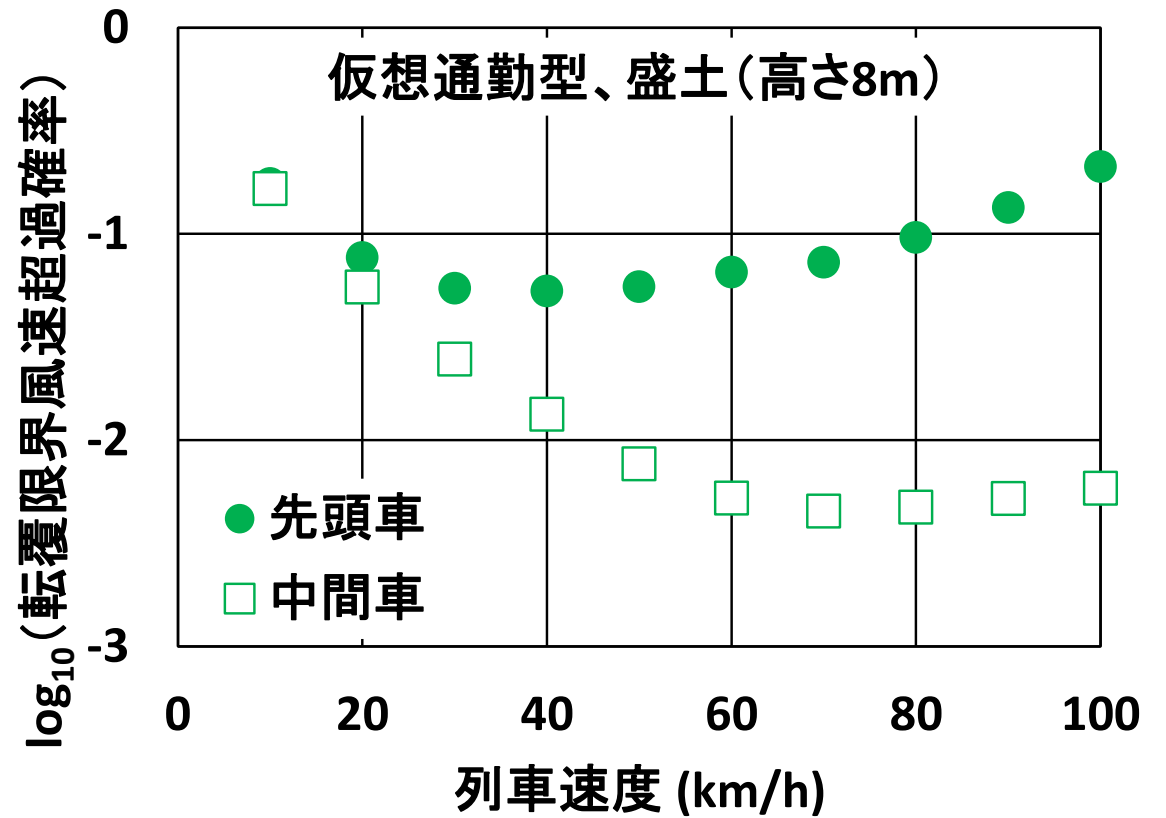
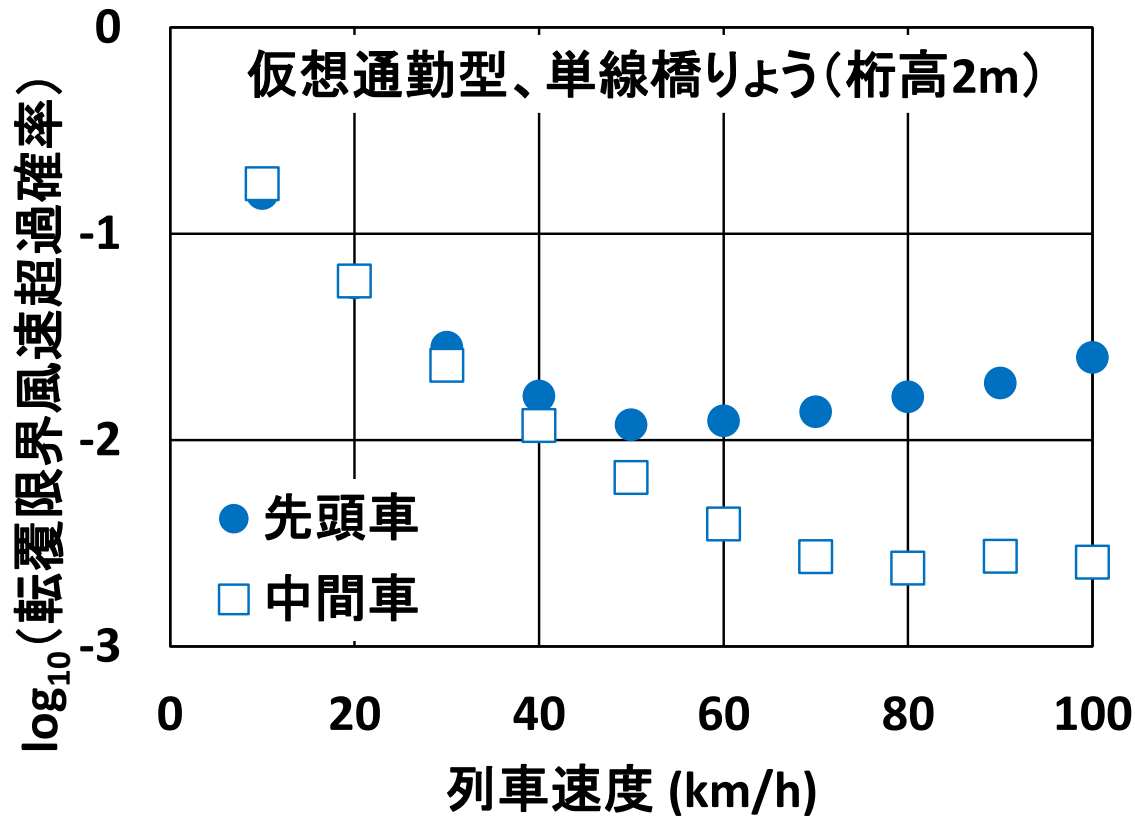
Five light blue arrows point upwards from the text, indicating a uniform wind speed across the spatial area.

転覆限界風速超過確率



転覆限界風速超過確率: $P\left(\max_{0 \leq t \leq 3600L/V} X_t \geq w_{cr}\right)$

転覆限界風速超過確率の試算例



25km/hや45km/hよりも転覆限界風速超過確率が小さくなる列車速度が存在

確率、影響度、リスク、安全のイメージ

リスク：確率と影響度の組合せ

安全：受け入れることができないリスクが存在しないこと

大 ↑ 発生 確 率	頻発する					
	しばしば発生する					
	時々発生する					
	起りそうにない					
	まず起り得ない					
	考えられない					
		0	I	II	III	IV
		影響度 → 大				

安全

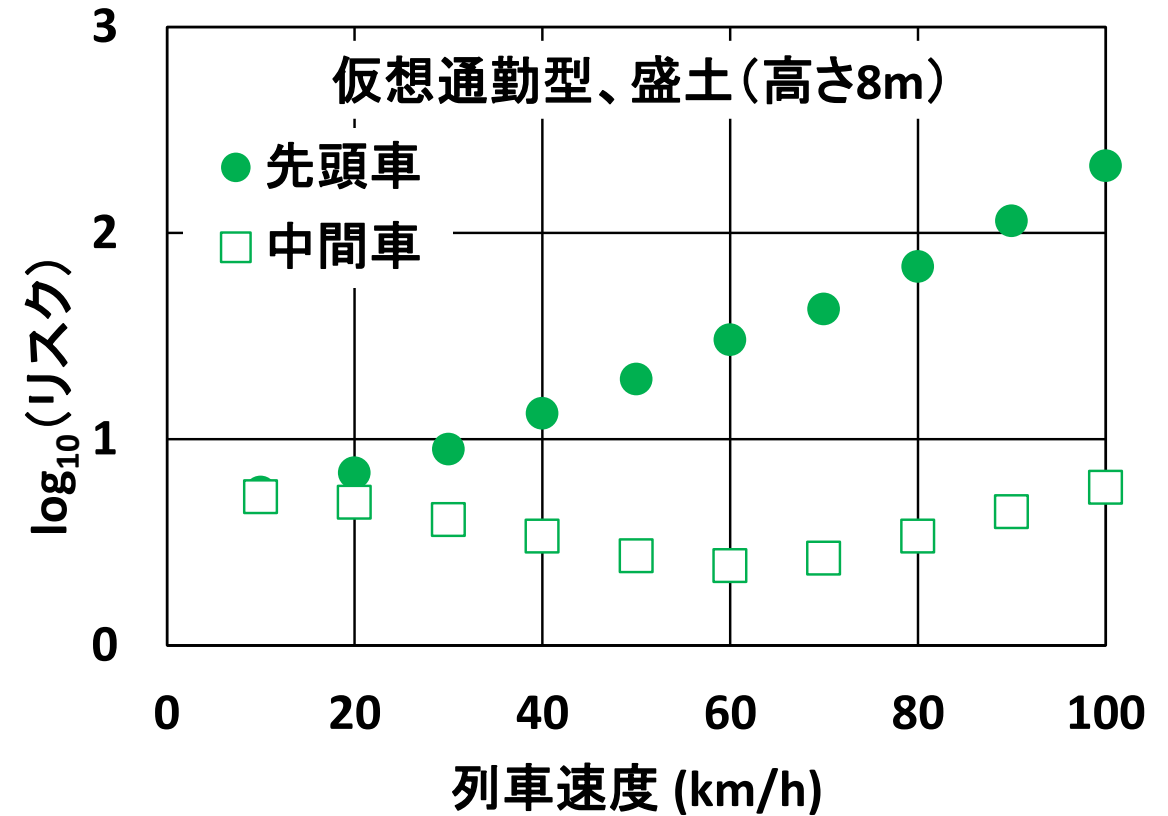
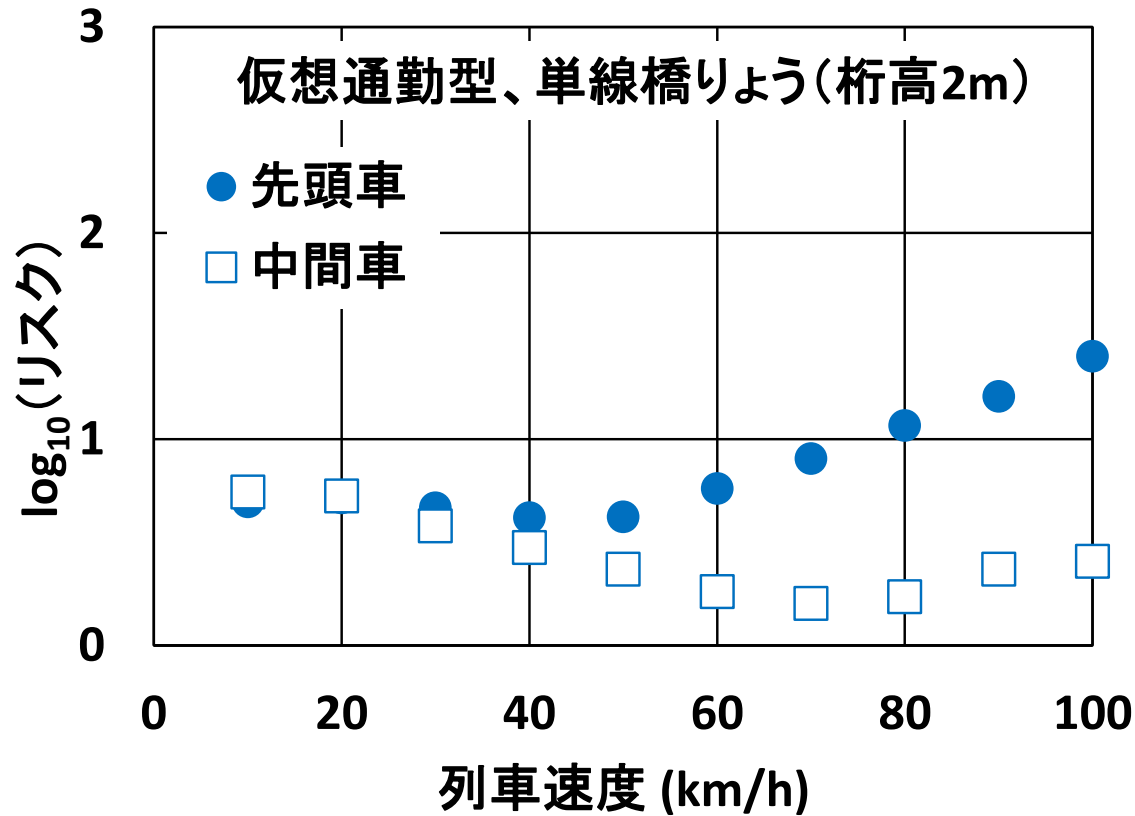
影響度が一定値であれば、「リスク=確率」

影響度（転覆による危害のひどさ）

- 乗員乗客の死傷、設備の損害、ダイヤの乱れ、等
- 乗員乗客の死傷は、列車が脱線する場所（平地、橋、盛土等）、脱線した後の状況（構造物から落下、隣接線への転覆や衝突等）、混雑具合等、状況により大きく異なる
- 危害のひどさをどのように考えるかは、事業者による

→ ドイツ(DB)を参考とし、列車速度の1.5乗としてリスクを「試算」する。

リスクの試算例



本研究では、「リスク=転覆限界風速超過確率×影響度」で試算

25km/hや45km/hよりもリスクが小さくなる列車速度が存在

まとめ

- 確率的風速モデルがブラウン運動の場合の転覆限界風速超過確率を試算した。
- 影響度を列車速度の1.5乗と仮定し、リスクを試算した。
- 現行の徐行速度とは異なる列車速度で転覆限界風速超過確率やリスクが最小となる可能性が示唆された。

成果の活用

- 運転規制時の徐行速度の安全性評価に活用できる。
- リスクを最小にする列車速度が現行の徐行速度よりも大きい場合には、現行の徐行速度と同程度の安全性を確保しつつ、列車速度を上げて安定性を向上可能であることの根拠に活用できる。

参考文献

乙部達志, 鎌谷研吾：走行速度の違いによる強風時の安全性を評価する, RRR, Vol. 77, No. 10, pp. 24-27, 2020