

(IV-51) 車両挙動を考慮した自動車排出ガス総量の算出手法に関する研究

筑波大学 社会工学類 ○矢島岳幸 筑波大学 社会工学系 正会員 古屋秀樹

1. はじめに

都市部においては環境基準を依然満たしてないところも多く、大きな社会問題となっているが、その一因に自動車排出ガスが相当するといえる。特に近年では、交差点などの Hot Spot と呼ばれるところで排出ガス汚染が著しく、早急な対策が望まれる。ゆえに、より正確な汚染状況を把握することが重要と考えられる。しかし、従来の単位走行距離あたりの自動車排出ガス原単位 (g/km/台) では、詳細な車両挙動が考慮されていないため、Hot Spot などミクロレベルでの評価は難しい。本研究ではこうした Hot Spot においても排ガス総量を算出可能な原単位の構築を目的とする。

2. 排出原単位の設定について

本研究では喘息等の誘発物質と考えられる以下の 3 種類の排ガス物質を取り扱う。

・CO:理論空燃比より低い空燃比時、不完全燃焼により発生

・NO_x:火炎温度や火炎速度が高いとき多く発生

・HC:燃料の燃え残り、空燃比が低い高回転域で多く発生

この 3 種類の物質の特性より、いずれも高負荷時、高回転時に多く発生する。本研究では、実際の車両を使用して、実走行モードを再現できる走行シミュレータで得られた 1 秒ごとの速度と排出ガス量のデータ¹⁾をもとに、速度、加速度、積載量などの車両特性、車両挙動を考慮できる排出原単位を構築する。

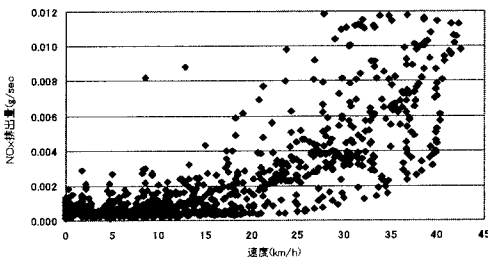


図1 ガソリン乗用車におけるNO_x排出量¹⁾

図1は、速度別のNO_x排出量散布図である。この図より、同一速度での排出量にばらつきが大きいことが分かる。これは、同じ速度であっても走行状態によって排出量が異なるためである。特に交差点においては、著しく走行状態が変化するため、車両の詳細な挙動に対応でき

るような加速・減速・定速別の排出原単位の設定を行う。

また、走行状態別に排出原単位を設定する際、考慮すべき項目として車両総重量がある。主にディーゼルエンジンを搭載する大型貨物車などにおいては、車両や積載量の組み合わせによって車両総重量が著しく異なり、これは排出ガス量に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、ディーゼルエンジンの排出原単位設定については、車両に対する総抵抗力にも着目した。

3. ガソリンエンジン排出原単位

まず、1秒ごとの速度と排出量のデータ²⁾を以下の要領で加速、定速、減速に分類した。

・加速:0.5km/h/s(0.14m/s²)より大きいとき

・定速:-0.5km/h/s(-0.14m/s²)以上0.5km/h/s(0.14m/s²)以下のとき

・減速:-0.5km/h/s(-0.14m/s²)未満のとき

加速度の絶対値が0.14m/s²よりも小さいとき、加速度による排出ガス量への影響は小さいので定速と定義した。

次に、加速、減速のデータを10km/hの速度域ごと(0km/h～, 10km/h～, 20km/h～, …)に、加速度で分類した。定速については5km/hごとに分類し、各分類ごとの排出量を分析した。

各物質の排出量は高速時や加速度が大きいとき、減速度が小さいとき多く発生する傾向が見られた。一方で、排出ガス量にばらつきがみられたが、その原因として、排気ガス量には非常に多くの要因が絡んでいることや、排気ガスという特性上、突発的に外れ値が生起する場合が多いこと、また、データを細分類したため、一つのカテゴリあたりのデータ数が少なくなったことが考えられる。

そこで、本研究では分類した各速度域の加速度別排出量を同時に評価することで解決した。分析手法として、各速度域を層別因子としてとらえ、ダミー変数を用いた層別回帰モデルを使用した((1)式)。

$$V = (\alpha_0 + \alpha_1 \cdot z_1 + \cdots + \alpha_i \cdot z_i) a + \beta_0 + \beta_1 \cdot z_1 + \cdots + \beta_i \cdot z_i \quad (1)$$

V:排出ガス量(g/sec)

a:加速度(m/s²)

α :加速度に関するパラメータ

β :速度域の定数項パラメータ

Key words: 排出ガス、車両挙動、NO_x、原単位、大気汚染、Hot Spot

連絡先: 〒300-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学社会工学系都市交通研究室 Tel. 0298-53-5591

zi: 速度域 i のダミー変数(速度域 i のとき 1、それ以外のとき 0)

⇒ 10km/h 以上ごとに使用

ここで、速度域 i における加速度 a の排出量は

$$V = (\alpha_0 + \alpha_1)a + (\beta_0 + \beta_1) \quad \text{となる。}$$

また、定速の原単位は、各速度の平均排出量を排出原単位として用いることとした。

表1 ガソリン乗用車排出原単位の分析結果

		CO排出量		NOx排出量		HC排出量	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
加速	α	0-10km/h	0.00379	1.08952	0.00013	1.41619	-
		10-20km/h	0.00379	0.50849	0.00001	0.04456	-
		20-30km/h	0.00379	0.50849	0.00014	0.82426	-
		30-40km/h	0.01893	2.33813	0.00088	4.14458	-
		40-50km/h	0.03607	4.41245	0.00032	1.40629	0.00092
	β	10-20km/h	0.03607	4.41245	0.00049	1.48177	0.00003
		20-30km/h	0.05870	2.99188	0.00280	6.41938	0.00045
		30-40km/h	0.07788	4.50700	0.00569	12.25204	0.00097
		決定係数	0.45175	0.84051	0.00097	22.21005	0.00027
		標準誤差	0.05569	0.00122	0.00027	0.00027	-
減速	α	10-20km/h	0.00086	0.28668	-	-	-
		20-30km/h	0.00428	3.71195	-	-	-
		30-40km/h	0.07658	6.75059	0.00061	5.43637	0.00097
		40-50km/h	0.11414	5.84755	0.00090	4.80703	0.00035
	β	10-20km/h	0.11414	5.84755	0.00164	7.96735	0.00093
		20-30km/h	0.00451	0.75275	0.00571	10.50232	0.00115
		30-40km/h	決定係数	0.43814	0.64644	0.56229	0.00035
		標準誤差	0.04744	0.00075	0.00075	0.00035	-
		40-50km/h	0.00940	0.00251	0.00028	0.00013	0.00085
		決定係数	0.06555	0.05768	0.00085	0.00078	0.00025
定速	γ	0km/h	0.16768	0.03847	0.00130	0.00116	0.00152
		10km/h	0.11390	0.06290	0.00453	0.00310	0.00023
		20km/h	0.20619	0.07097	0.00680	0.00298	0.00205
		40km/h	0.20619	0.07097	0.00680	0.00298	21.00000

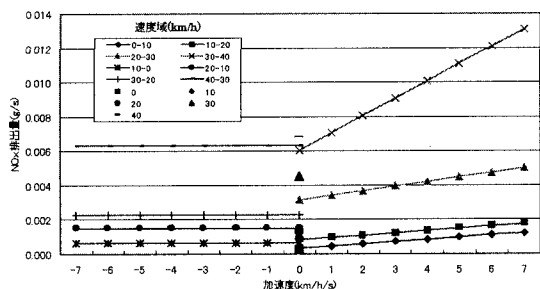


図2 ガソリン乗用車における加速時の NOx 排出原単位

表1はガソリン乗用車排出原単位の分析結果であるが、モデルの説明力、t値ともに比較的高く妥当と考えられる。また、CO、NOxの加速時の排出ガス量に関し、高速度、高加速度なほど多く発生する結果になり、エンジンにかかる負荷が大きいときにCO、NOxの生成が急増するという特性と整合性を持つと考えられる。一方、HC排出量に関しては、加速度に影響されない結果になったが、各速度域における加速時の排出量と定速時の排出量が等しいことから説明がつく。図2は層別回帰モデルにより設定した加速時、減速時、定速時のNOx排出原単位である。特に高速域において減速度が大きいほど排出ガスが多く発生しているが、エンジンブレーキ等の要因が考えられる。

4. ディーゼルエンジン排出原単位

1秒ごとの速度、総抵抗、排出ガス量のデータ²⁾をガソリンエンジン排出原単位のとて同様に分類し分析を行った。空車(7t)・半積載車(10t)・定積載車(15t)の3パターンにおける加速度別NOx排出量を図3に示す。

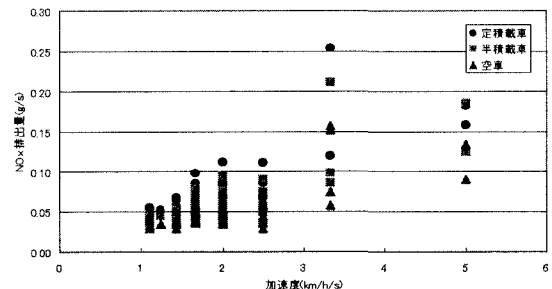


図3 ディーゼル車の車両総重量別 NOx 排出量(10~20km/h の加速)

図3より、排出ガス量は加速度に加え、車両総重量に大きく影響しているのが分かる。

この車両総重量は、走行時にかかる総抵抗の増加として考えることができるが、さらにこれを車両の運動エネルギーと機械損失をはじめとする走行抵抗の2つの要素に分け、両者について検討を行った。まず、車両の運動エネルギーと車両総重量との関係を以下のように仮定した。

$$\text{車両の運動エネルギー} = \text{加速度}(\text{m/s}^2) \times \text{車両総重量}(\text{kg}) \cdots (2)$$

次に、走行抵抗について、既存研究のサーベイを通じて以下のように仮定した。

$$\text{走行抵抗} = \beta_0 + \beta_1 \cdot z \quad (z: \text{速度ダミー変数}) \cdots (3)$$

(3)式の第1項は機械損失、第2項は風抵抗に相当するといえる。この(2)、(3)式によって算出される総抵抗と実測された総抵抗との相関は高く、これらを構築することによって多様な積載量が存在する車両の排出原単位設定が可能になったと考えられる。最終的にはこの総抵抗と加速度、速度を用いて原単位の設定を行ったが、その詳細については発表時に譲るものとする。

5. おわりに

本研究により、Hot Spotでも排ガス量評価が可能な排出原単位を比較的高い精度で構築できた。

今後の課題として、実際の交差点における車両の走行状態、交通量を分析するとともに、今回設定した排出原単位を用いて排出ガス総量の把握、さらには道路整備、交通管制の最適化による施策感度分析が考えられる。

【参考文献】

- 財団法人大阪都市協会：交通渋滞時における走行特性と排出ガス量の予測方式に関する研究，1985
- 交通安全公害研究所：大型ディーゼル車の過渡運転時排出ガス評価手法に関する研究，1998