

IV-149 信号交差点における発進車群より発生する窒素酸化物濃度予測

九州大学工学部 学生員 寺町 賢一
九州大学工学部 正会員 壇 和喜

九州大学工学部 正会員 角 知憲
西日本技術開発 非会員 瀧口 晃

1.はじめに

自動車交通の増大により、排気ガス・交通渋滞など自動車交通に起因する大気汚染が大きな社会問題となっている。これに対して、マクロな予測についてはすでにいくつかのモデル¹⁾が提案されており、広域的予測としては一応の成果を上げている。しかし、NO_x, SO_x, 粒子状物質等人間の健康に関わる問題ではミクロな予測が必要となる可能性がある。

発進加速車群から発生する二酸化炭素ガスの濃度予測モデル²⁾についてはすでに提案したので、本研究では発進加速車群のエンジン運用状態と、車群の排出する窒素酸化物量の関係を把握することにより、信号交差点における窒素酸化物濃度の予測を行うものである。

2. 発進挙動モデル

図-1は追従車の発進挙動モデルのブロック線図であり、点線で囲まれた部分が先頭車の発進挙動モデルである。図中の斜線部はヒューマンファクターであり、それ以外のパラメータは自動車の機械的性能を表している。このモデルは、目標速度・車間距離・先行車速度等を入力することにより走行速度を出力すると同時に、発進時におけるエンジン運用状態（エンジン回転数・軸出力・燃料消費量）を把握するものであり、これらのモデルから窒素酸化物の排出量を算出した。

3. 排気ガス濃度予測手法

(1) 拡散モデル

自動車排出ガスによる大気拡散の予測モデルとしては、弱風時における拡散計算を行うパフモデルを適用した。

X, Y座標の原点に位置する点煙源から連続して一定の割合で排出されるパフモデル式は(1)式で表される。

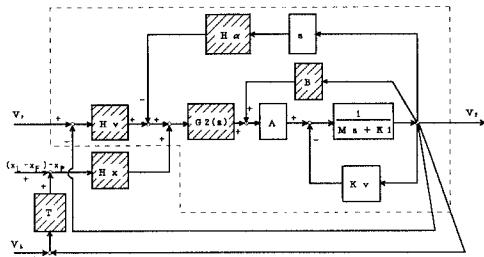
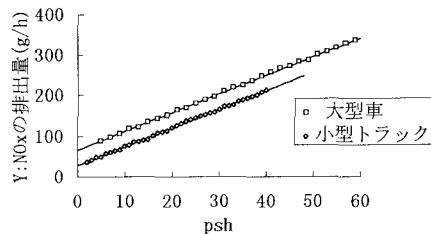


図-1 追従車の発進挙動モデル

V_p : 目標速度 V_f : 先行車速度
 V_f : 追従車速度 X_p : 目標車間距離
 X_L : 先行車の位置 X_f : 追従車の位置
 H_x : 車間距離に対する人の比例要素
 H_v : 速度差に対する人の比例要素
 H_α : 加速度差に対する人の比例要素
 T : 将來の車間距離に対する人の比例要素
 $G_2(s)$: 人の2次遅れを表す伝達関数
 $G_2(s) = 1 / (1 + P \cdot s)^2$
 B : 燃料消費量を補う伝達関数
 A, K_v, K_1 : 自動車性能により決まる定数
 M : 換算質量

$$\begin{aligned}
 c(x, y, z, T) = & \int_{t_0}^T \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \delta_y^2(t) \delta_z^2(t)} \\
 & \cdot e \times P \left\{ -\frac{x^2 + y^2}{2\delta_y^2(t)} \right\} \\
 & \cdot \left[e \times P \left\{ -\frac{(H-z)^2}{2\delta_z^2(t)} \right\} + e \times P \left\{ -\frac{(H+z)^2}{2\delta_z^2(t)} \right\} \right] \\
 & \cdots (1)
 \end{aligned}$$

$c(x, y, z)$: 排出後 T 時間経過時の座標 (x, y, z) における拡散物質の濃度 (ppm)
 x : 排出源からの x 座標軸上の距離 (m)
 y : x 軸に対して直角な水平距離 (m)
 z : 地表面からの鉛直距離 (m)
 Q : 拡散物質の排出源強度 (ml/s)
 $\sigma_y(t)$: 排出後 t 時間経過時の水平方向拡散幅 (m)
 $\sigma_z(t)$: 排出後 t 時間経過時の鉛直方向拡散幅 (m)
 H : 排出源高さ (m)
 t_0 : 初期拡散幅となるのに相当する時間 (s)

図-2 pshとNO_x排出量の関係（ディーゼル車）³⁾

(2) 排出源強度

排出源強度を算出するため、排気ガス量を求める。発進挙動モデルより仕事量(psh)を算出し、さらにディーゼル車については仕事量と窒素酸化物排出量(g/h)が比例関係(図-2)にある³⁾ことから、その排出量は次式で表される。

$$V_{\text{DONOX}}(\text{g}/\text{h}) = 4.570 * \text{psh} + 65.46 \quad \text{(大型車) } \cdots (2)$$

そこでガソリン車（普通車・小型トラック）についても修正係数 λ_1 、 λ_2 を用いて同様の関係があると仮定した。

$$V_{\text{GPNOX}}(\text{g}/\text{h}) = \lambda_1 * V_{\text{DONOX}} \quad \text{(普通車) } \cdots (3)$$

$$V_{\text{GKNOX}}(\text{g}/\text{h}) = \lambda_2 * V_{\text{DONOX}} \quad \text{(小型トラック) } \cdots (4)$$

これらの窒素酸化物量を体積に変換し、時間平均をとることにより排出源強度とする。

$$Q = V_{\text{NOX}} / t_B \quad \cdots (5)$$

Q：排出源強度(m³/s)

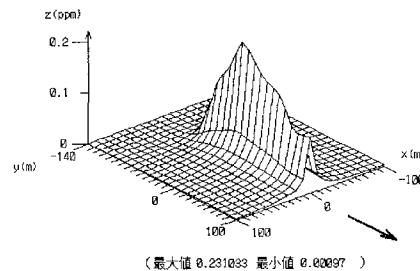
V_{NOX}：窒素酸化物排出量(m³)

t_B：青現示1サイクル時間(s)

4. ガソリン車パラメータ(λ_1 , λ_2)の決定

パラメータの決定に際しては、まず信号交差点から発進する自動車の排出する窒素酸化物を簡易測定装置により捕集し濃度を測定した。測定は交差点近傍4地点とし、ザルツマン法により定量を行った。また、窒素酸化物の測定と同時にビデオカメラによる車群の測定を行った。

次に図-1の発進挙動モデルにより信号交差点から発進する車群の挙動を把握しその仕事量を算出、これと(2)～(4)式から車群より発生する窒素酸化物量を求める。そして窒素酸化物の観測濃度と拡散モデルによる理論濃度との二乗誤差を最小

図-3 NO_x濃度分布図（大型車混入率20%）

にするパラメータを最適値として算出した。

$$\lambda_1 = 0.237 \quad \text{(普通車)}$$

$$\lambda_2 = 0.484 \quad \text{(小型トラック)}$$

5. シミュレーション

青現時30秒間に信号交差点から連行して発進する車群を想定した。このときに信号交差点を通過した車群を対象として窒素酸化物の拡散計算を行い、その濃度を予測した。なお、シミュレーションのうちの1ケースとして、大型車混入率20%のケースにおける濃度分布図を図-3に示す。

6. 考察

自動車排気ガスによる窒素酸化物濃度を見てみると、交差点中央付近が最も濃度が高く、定常走行になるにつれて低くなっている。定常走行に比べて発進時における窒素酸化物の排出量が大きいことが分かる。

なお、今回はガソリン車と窒素酸化物排出量の関係を第一近似と仮定したが、これについてはシーシダインアモテストの必要性がある。

参考文献

- 1) 清水博・足立義雄・辻靖三・根元守：「道路環境」、海山堂、1987年
- 2) 寺町賢一・角知憲・壇和喜：「信号交差点から発進する車群より発生する排気ガス濃度予測」、土木学会年次学術講演会概要集、1995
- 3) 吉田耕一・小池章介他：「ディーゼル車からのNO_x排出量の予測手法に関する研究」、交通安全公害研究所研究発表講演概要、1983.11