

交差点付近の建物を考慮した窒素酸化物の濃度の予測

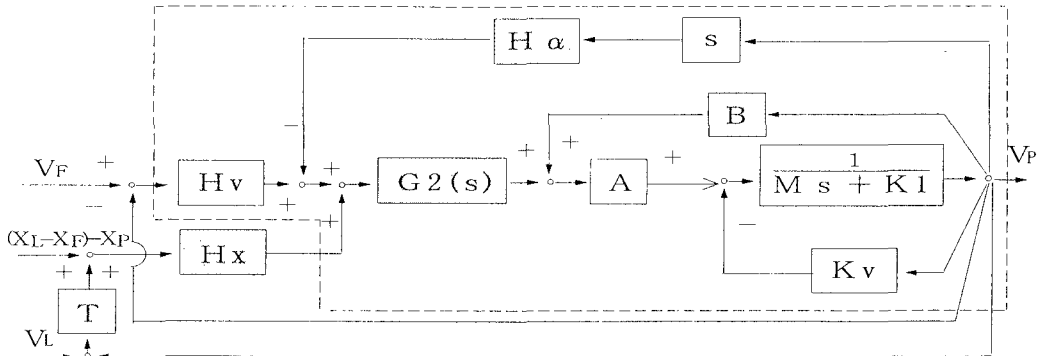
九州大学工学部 ○学生会員 森野 伸崇
九州大学大学院 工学研究科 正会員 寺町 賢一
九州大学大学院 工学研究科 正会員 角 知憲

1. はじめに

近年、自動車普及率の向上に伴い、市街地で交通騒音や排気ガスによる大気汚染などの公害が問題となっており、発進・停止を繰り返す市街地信号交差点では特に深刻な状況になっている。これまでに普通車や大型車の先頭車・追従車発進挙動モデルをそれぞれ作成し発進時におけるエンジン運用状態の把握を行ってきた。これに排気ガスの拡散モデルを併用することにより1列・1方向の発進車群から発生する窒素酸化物(NO_x)の濃度予測を行ってきた。

そこで本論文では、従来のモデルを複数方向・複数車線に拡張することにより、市街地交差点における NO_x の濃度予想を行うものである。また建物による影響についても検討を行っている。

2. 発進挙動モデル



V_P : 目標速度	X_P : 目標車間距離	H_x : 車間距離に対する人の比例要素
V_L : 先行車速度	X_L : 先行車の位置	H_v : 速度差に対する人の比例要素
V_F : 追従車速度	X_F : 追従車の位置	H_a : 加速度差に対する人の比例要素
T : 将来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… $B = (K_1 + K_v) / A$		
A, K_1, K_v : 自動車の性能に関する定数 M_s : 自動車の走行時における換算質量		

図-1 : 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。図中の色を付けた部分はヒューマンファクターで、それ以外は自動車の機械的性能を表すパラメーターである。本モデルは目標速度、先行車

速度、相対車間距離を入力することにより、燃料流量やエンジン回転数、速度を出力するモデルである。これらのエンジン運用状態から NO_x 排出量を算出するものである。

3. 排気ガス拡散モデル

(1) パフモデル

拡散計算による方法は、風向・風速を考慮したブルームモデルと弱風時のパフモデルがあり、本論文では弱風時の拡散計算を行うためパフモデルを適用することとした。

パフモデルの基本的な考え方は、煙源から連続して排出される排気ガスを短い時間に区切って短時間に排出されたガスが煙塊（パフ）として拡散していくというものである。排出されたパフはある時間が経過した後、軸方向にそれぞれの拡散幅を持つ楕円形の拡散となり、時間とともにパフが拡大してゆく。このようなパフが発生するのは無風に近い状態であるから、弱風時の拡散に適用される。

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を時間が十分経過したものとして $T = \infty$ 間で積分すると以下のような式になる。なお、 α 、 γ は水平・垂直方向の初期拡散幅に関する定数である。

$$c(x, y, z, T) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \alpha^2 \gamma} \left[\frac{1 - \exp(-l/t_o^2)}{2l} + \frac{1 - \exp(-m/t_o^2)}{2m} \right]$$

$$\text{ただし、} l = \frac{1}{2} \left\{ \frac{x^2 + y^2}{\alpha^2} + \frac{(H - z)^2}{\gamma} \right\}$$

$$m = \frac{1}{2} \left\{ \frac{x^2 + y^2}{\alpha^2} + \frac{(H + z)^2}{\gamma^2} \right\}$$

(2) 排出源強度

パフモデルの排出源強度 Q の決定には、エンジンの運用状態と交通量が関与する。窒素酸化物の排出量 V_{ONOX} (g) は仕事量 psh と比例関係にあり仕事量は発進挙動モデルから求められる。

大型車の場合、 NO_x の排出量を V_{ONOX} (g) とすると

$$V_{\text{ONOX}} = 4.570 psh + 65.46$$

$$\text{ただし } psh = \frac{2\pi}{60 \cdot 75} N_{ei} (I_e \omega_i + T_i)$$

$I_e (\text{kgfms}^2)$: エンジン回り慣性モーメント

$\omega_i (\text{rad/s}^2)$: エンジン回転角速度

普通車の場合の NO_x の排出量 V_{FNOX} (g) も同様にし $V_{\text{FNOX}} = \lambda_1 V_{\text{ONOX}}$ と表すことができる。

これにより自動車が発進したときの窒

素酸化物の排出量が算出される。

しかし、パフモデルは煙源から連続してガスが排出されるモデルであるのに対し、自動車は走行するために煙源が移動してしまい、このままでは不十分である。そこで、1時間 (3600sec) に発進する車群を対象とし、窒素酸化物の排出量を1時間で平均することにより排出源強度 Q (ml/sec) を算出した。

$$Q = V_{\text{NOX}} / 3600$$

シミュレーションにおいては、排気ガスの発生煙源が自動車の走行によって進行方向に移動する煙源としてその計算を行った。

4. シミュレーション

シミュレーションを道路の近傍に建物はなく、建物による影響を考慮しなくてもよい、片側2車線両側4車線の信号を含む道路について行った。計算結果として二酸化窒素の分布図を図-2に示す。

なお、設定台数は1時間あたり1460台とした。これは、条件に沿う場所で実際に測定を行って得られた数値である。

建物の影響を考慮しなければならない信号十字交差点を含む道路についてのシミュレーションについては、当日会場にて発表する予定である。

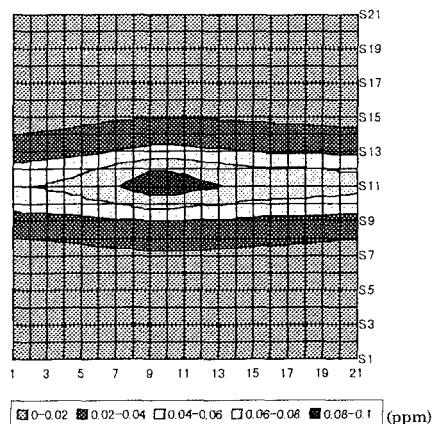


図-2 NO_x 分布図