

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

九州大学工学部 ○学生員 寺町 賢一
九州大学工学部 正会員 角 知憲
九州大学工学部 正会員 壇 和喜

1. はじめに

自動車交通の増大により、市街地における排気ガスによる大気汚染を原因とする光化学スモッグが発生するなどの社会問題が生じている。

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想が必要となる。

そこで本研究では、先頭車・追従車モデルを用いて交差点から発進する車群の挙動を把握し、これに排気ガスの拡散モデルを併用することにより排気ガス濃度の予測を行うものである。なお、将来的には NO_x 等の濃度計算を行うことになるが、その基礎として今回は燃焼によって発生する二酸化炭素についてその濃度計算を行うものとした。

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し、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、これから排気ガスの算出を行った。

シミュレーションの際には、車群の1番車については先頭車のモデルを、2番目以降については追従車のモデルを使用した。また、大型車の場合には、自動車の機械的性能を表す定数 A 、 K_v 、 M を、大型車のエンジンの性能特性に基づいて変更することにより対応している。

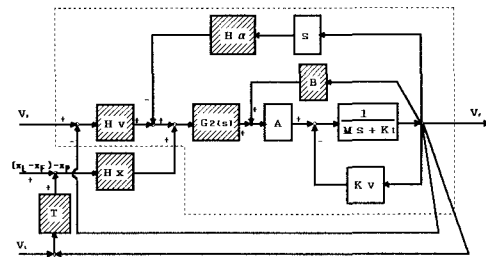


図-1 追従車の発進挙動モデル

V_p : 目標速度

V_l : 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

A , K_v , K_1 : 自動車性能により決まる定数

M : 換算質量

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さまざまなモデルが提案されているが、本研究では風を考慮しないケースを想定したため、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次式で表される。

$$c(x, y, z, T) = \int_{t_0}^T \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \delta_y^2(t) \delta_z(t)} \cdot \exp\left\{-\frac{x^2 + y^2}{2\delta_y^2(t)}\right\} \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(H-z)^2}{2\delta_z^2(t)}\right\} + \exp\left\{-\frac{(H+z)^2}{2\delta_z^2(t)}\right\} \right] dt \quad \dots(1)$$

$c(x, y, z)$: 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)

(2) 排出源強度

パフモデルの排出源強度 Q については、発進挙動モデルよりエンジンに流入する燃料消費量を求め、それから二酸化炭素ガスの発生量を算出し、さらに時間平均をとることにより次式となる。

$$Q = V_{CO_2} \cdot GG / t_B \quad \dots(2)$$

Q : 排出源強度 (ml/s)

V_{CO_2} : 単位燃料当たりの二酸化炭素発生量 (ml/g)
($V_{CO_2} = 1649$)

GG : 燃料消費量 (g)

t_B : 青現示 1 サイクル時間 (s)

4. 排気ガス拡散濃度の予測

まず、青現示 30 秒間に信号交差点から連行して発進する普通車（全車同一諸元）の車群を想定した。このときに信号交差点を通過した 16 台を対象として排気ガスの拡散計算を行い、その濃度を予測した。この時の濃度分布図を図-2 に示す。

次に車群の中で 5 番目と 10 番目に積載率 50% の大型車が混入した場合の排気ガス濃度予測を行った。これが図-3 である。

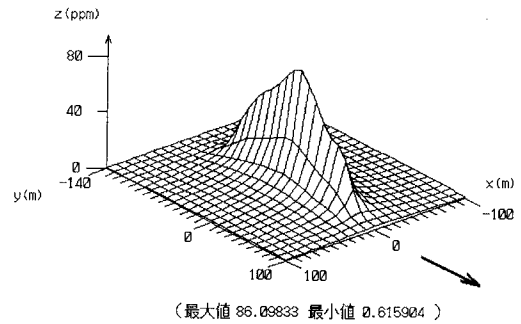


図-2 排気ガス濃度分布図

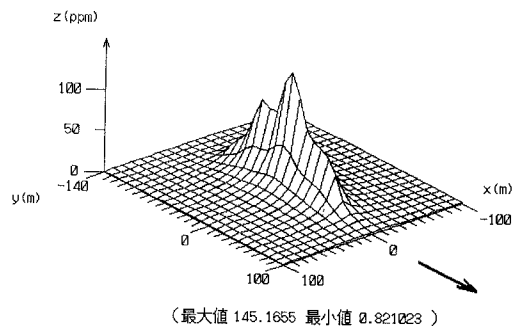


図-3 排気ガス濃度分布図（大型車混入）

5. 考察

排気ガスによる二酸化炭素濃度を見てみると、交差点中央付近が最も濃度が高く、また走行方向に直行する方向への影響が大である範囲は約 20 m である。また、普通車のみの車群（図-2）の場合に比べて大型車が混入する（図-3）ことにより濃度が 2 倍弱上昇しており、排気ガス濃度に与える大型車の影響が無視できないことがわかる。

今後の課題としては、エンジン運用状態とガスの排出量の関係を把握することにより、 NO_x ・ SO_x ・粒子状物質への適用があげられる。また、拡散計算について減速・アイドリング状態を追加することによる運行全体の考慮、また交差点における建物を考慮した濃度予測等が考えられる。

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