

道路勾配と自動車排ガス排出量との関連性分析

慶應義塾大学大学院 学生会員 ○平島浩一郎、筑波大学 古屋秀樹、慶應義塾大学 川嶋弘尚

1. はじめに

近年、小口多頻度輸送や物流の高度化などにより、自動車輸送の需要が大きく増大してきている。しかしその一方で、自動車による排気ガスが環境に与える影響が危惧されている。すなわち、輸送需要は今後も増大していく一方、排出ガス量は現状よりも抑えなければならないという難しい問題を抱えている。

本研究では、この問題の解決策として道路勾配(縦断勾配)の存在に着目した。勾配の緩急によって排出ガス量がどのような影響を受けるか、またこれを考慮することで経路選択の段階で排出ガス量を削減できるか、を明らかにすることを目的とする。

2. 道路勾配の抽出

勾配の影響を調査するに先だて、実在する道路網の勾配情報が必要となる。本研究では国土地理院発行の「数値地図 50m メッシュ(標高)」を利用することにした。道路形状を折れ線で近似し、折れ線上を一定間隔 Δx で辿りその地点の標高値を読むことで、対象道路の標高配列を得る方法を採用した。

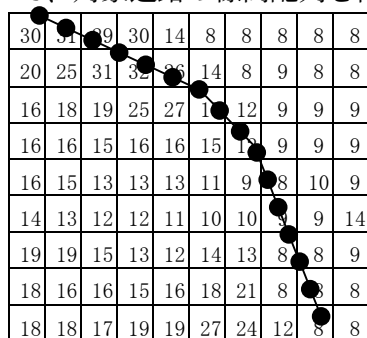
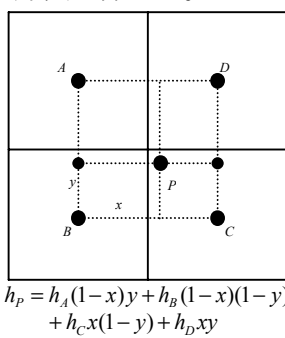


図1 折れ線近似



$$h_p = h_A(1-x)y + h_B(1-x)(1-y) + h_Cx(1-y) + h_Dxy$$

図2 標高値修正

ただしこの方法では得られる標高配列値が平滑でないため、①標高データベースの値をメッシュ中央地点の標高値と見なす ②2点間の傾きは一定と見なす、以上2点を仮定することにより加重平均によって標高値を連続値に変換した。

3. 排ガス量算出手法

3.1 算出手法

自動車排出ガス量の算出手法として、矢島ら¹⁾が提案した詳細 NOx 排出原単位を用いた。この手法

の特徴として、1秒単位で車両の速度や加速度に応じた排出量が計算できるため、詳細な車両挙動変化に対応できる点が挙げられる。

ただしこの手法では、排出物質のうち NOx のみに有意性が示されているため、本研究でも NOx のみを扱うことにした。

3.2 道路勾配の加味

道路勾配の扱いに関しては、図3の運動方程式モデルにより道路勾配を加速度に変換した。

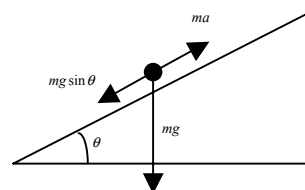


図3 運動方程式モデル

すなわち、勾配上の車両が等速走行をするには、坂下方向へ受ける力 $mg \sin \theta$ に釣り合う加速度 ma が必要であることによる。本研究ではこの他に働く要素、例えば摩擦や空気抵抗といったことは考慮していない。

3.3 走行パターン考慮の算出手法

詳細 NOx 排出原単位を用いた排出量算出には、車両の1秒ごとの速度と加速度の時系列データが必要となる。対象とする道路区間において詳細な車両挙動データが存在しないため、本研究では10モードなどの走行モードを利用することにし、以下の方法で算出を行った。

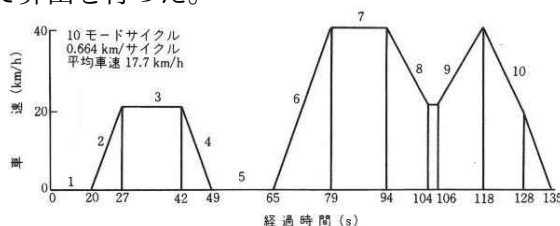


図4 10モードの速度変化パターン

走行モードには図4のようにそれぞれ速度変化パターンが定められている。①乱数よりある一瞬の速度および加速度を得る。この速度および加速度で1秒間走行するものとする。②この1秒間の走行距離および NOx 排出量を算出する。原単位計算に用いる加速度については、乱数により得られた加速度と運動方程式モデルで勾配を変換したものとの和を用いる。③走行距離の累計が標高配列の間隔 Δx を越え

キーワード：勾配、NOx、排ガス、原単位、加減速

連絡先：横浜市港北区日吉 3-14-1 Tel 045-563-1151 Fax 045-566-1617

たら次地点の勾配情報を用いる。④これを対象経路の始点から終点まで繰り返し、NO_x 排出量の総和を取る。⑤以上の手順を 1 万回繰り返した平均値を、NO_x 排出量と見なす。

4. 計算実験

4.1 1 経路実験

神奈川県道 85 号の 1 区間(図 5)を走行するときの NO_x 排出量を算出した。この区間は勾配が比較的大きい区間であり、また路線バスの交通量が多く、道路勾配が NO_x 排出に与える影響が大きいと考えられる区間である。この区間の全長は 991m である。



図 5 対象経路

この道路形状を図 5 のように折れ線近似し、標高配列間隔 Δx を 1 メッシュの約半分である 24.8(m)として、得られた標高データが図 6 である。

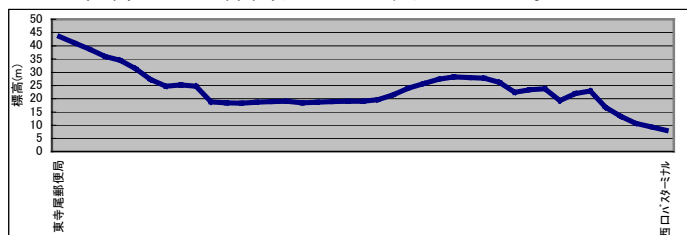


図 6 対象経路の勾配

表 1 実験パラメータ

エンジン	ディーゼル車
勾配の扱い	登り方向に走行 下り方向に走行 考慮せず(平坦と見なす)
走行速度	17.7km/h 等速 25km/h 等速 35km/h 等速 10モードパターン(平均速度17.7km/h) 11モードパターン(平均速度30.6km/h)
車両総重量	空車(7t) 半積載車(10t) 定積載車(15t)

実験パラメータとして表 1 の要素を設定し様々な条件で実験した結果、NO_x 排出量について次の結果が得られた。

- 平坦路と下り方向ではほとんど差が見られないが、登り方向では 2~4 倍となる。
- 等速走行の場合、その速度によらずほぼ一定。
- 10 モードと 11 モードでは、最高速度の高い 11 モードのほうが多い。
- 10 モードと 17.7km/h 等速を比較すると、等速走行のほうが 17~27% 少ない。
- 車両総重量が大きくなるほど排出量も増大。
- 走行パターン考慮の算出過程における乱数によ

る排出量の変動係数は 6~12% となり、車両挙動変化が NO_x 排出量に与える影響は勾配の与える影響よりも小さいと言える。

4.2 10D 実験

日吉駅から横浜駅へ向かう場合を考えた。図 7 のように道路網をピックアップし、表 2 の通り 6 本の経路を設定して、各経路を走行したときの距離と NO_x 排出量を算出した。その結果を図 8 に示す。



図 7 対象地域

表 2 設定経路

経路No.	通過リンク
1	1→3→6→9→13→14
2	1→3→6→8→12→13→14
3	1→3→7→10→14
4	1→3→7→11
5	1→2→5→12→13→14
6	1→2→4→6→9→13→14

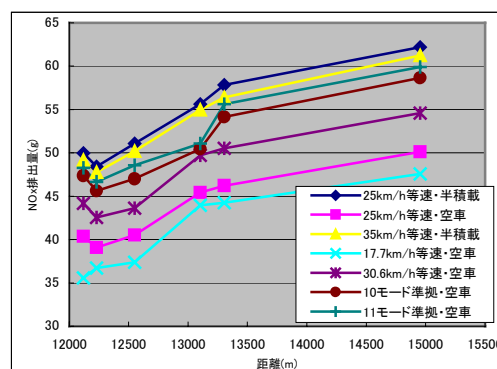


図 8 10D 実験結果

この結果、最短距離経路よりも 0.9% 距離の長い経路において NO_x 排出量が最大 3.7% 減となった。つまり、道路勾配を考慮したことで排出量と走行距離が比例関係にはならず、最短距離経路よりも NO_x 排出が少なく済む経路が存在することが示された。

5. まとめ

本研究により、道路勾配が NO_x 排出に与える影響は小さくないことが示された。この影響に着目した自動車排出ガス量の削減方策が今後考えられる。

参考文献 1) 矢島岳幸、古屋秀樹：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、第 27 回関東支部技術研究発表会講演概要集第 4 部門、pp.662-663, 2000 年 3 月