

IV-28

災害時の避難所と避難経路の評価手法に関する研究（3）
短い区間の自動車走行における走行時間推定に関する基礎的研究

日本工営(株) 正会員 小泉 栄一
日本工営(株) 正会員 カリヤン クマール
日本工営(株) 正会員 石井 秀樹

1. はじめに

水害時や火災時における徒歩による避難行動のシミュレーションについては、これまでに多くの研究が行われている。一方、災害時の避難シミュレーションとして自動車での避難を扱った事例は少ない。実際、災害の種類が異なったり避難場所が近くに無い場合には、自動車による避難行動が十分考えられ、緊急時に備えてこのような場合の避難現象をあらかじめ予測しておくことは、地域防災計画策定上重要なことである。

自動車による避難のシミュレーションを行う上では、とりわけ市街地内や避難所周辺における自動車の旅行時間と交通容量を正しく把握しなければならないが、「1985 道路の交通容量」¹⁾ などにも、幹線街路以外での走行時間算出方法は明記されていない。また、T.Urbanikhl ら(1988) による原発事故発生時における自動車避難の解析事例²⁾ なども見られるが、都市間の避難時間を扱っているため、市街地内での解析には適用できない。

そこで、短い区間の自動車走行における走行速度の特性をより明らかにするために走行実験を行い、任意の走行距離に対する平均走行速度を計算するモデルを作成した。

2. 走行実験の目的と概要

実験目的は、20～500m 程度の短い距離を走行する際の自動車の平均速度を求めることと、昼夜や運転手の違いによる走行速度の関係を把握することである。

表-1 主な実験ケース

	無積雪期実験	積雪期実験
運転手の違い	運転手の交替 3 名	運転手の交替 4 名
明るさの違い	昼と夜	昼と夜
路面の違い	アスファルトと砂利道	圧雪道路と新雪道路

今回の実験は、1995 年 11 月 1 日～8 日つくば市

周辺および 1996 年 3 月 1 日～2 日上富良野町周辺の 2 時期について、それぞれ無積雪期および積雪期を想定して行った。対象とした道路は、あらかじめ流れに沿った走行を行い道路と走行速度（＝最高速度）を調査することにより実験道路を選定した。実走行の結果どのような種類の道路がどのような走行速度であるかを定義することが困難であったため、今回は走行速度を速度幅で大きく 3 区分した（表-2 参照）。選定した道路に対し無積雪期はおおよそ 70 区間について、積雪期はおおよそ 130 区間について計測を行い、この中から約 100 区間のデータを選んで解析を行った。主な実験ケースを表-1 に示す。

測定方法は、乗用車に市販のデジタルスピードメータ（表示単位：1km/h）とストップウォッチ（表示単位：1/100 秒）を取り付け、発進から停止までの間をビデオカメラで撮影し、ビデオ編集装置を用いて速度表示が変化する毎に速度と時間を読み取ることとした。また、走行距離は、表示速度が変化するまでの間をその間の平均速度による走行とみなして、累積値を計算した。

3. 実験結果と平均速度計算モデル

図-1 に典型的な自動車の発進から停止までの距離-速度パターンを示す。これは、同じ道路に対して走行距離が異なる場合を比較したものである。基本走行パターンとして加速期・定速期・減速期の 3 つの段階に分けることができ、走行距離が短い場合には加速期・減速期の 2 つの段階のみとなることが分かる。実験によると、加速および減速のパターンは様々な道路に対しても非常によく似ており、平均速度を簡単に求めるために、図-2 に示す走行パターンの直線近似モデルを考えた。実測の加速度（時間-速度関係）を走行速度ごとにそれぞれ最小二乗法により直線近似し、表-2 中に示す加速度を求め（括弧内は r^2 値）、これにより任意の運転区間の平均速度を区間長 L の関数として定式化した（式(1),(2)）。

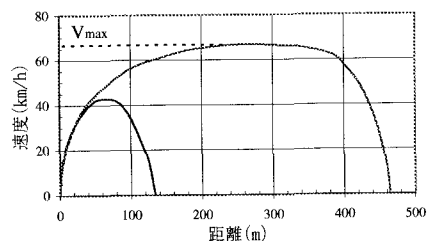


図-1 距離-速度パターン（実測）

なお、走行速度 V_{max} は、砂利道、新雪路、夜間照明のない道路など悪条件路で低く抑えられる傾向にあり、

ここに

$$L \geq L_c \text{ の場合} \quad V_{avg} = V_{max} - \frac{V_{max}^3}{6L} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) \quad (1)$$

$$L < L_c \text{ の場合} \quad V_{avg} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2L}{\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)}} \quad (2)$$

$L_c = \frac{V_{max}^2}{2} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)$
 L = 走行距離 (m)
 L_c = 限界距離 (m)
 V_{max} = 走行速度 (m/s)
 V_{avg} = 平均速度 (m/s)
 a_1 = 加速度 (m/s²)
 a_2 = 減速度 (m/s²)

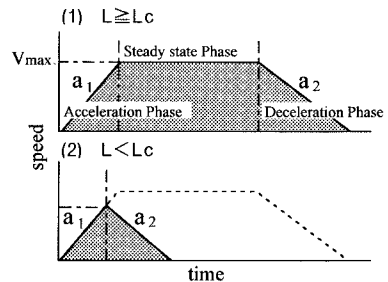


図-2 平均速度計算モデル

砂利道の場合 30km/h で頭打ちとなる結果となった。また、夜間照明のある道路や圧雪路（および、運転手の違い）による影響は、走行パターンとして明確に現れていないため今回のモデルからは除外するものとした。

4. 平均速度計算モデルによる推定走行時間の評価

実際の道路網（北海道上富良野町）に対する本モデルの適用について検討を行った。本モデルの適用には各道路の走行速度をあらかじめ決める必要があるが、本研究では現地調査によるサンプルの値と道路の幾何学的特色を比較して走行速度を与える方法を検討している。図-3 は走行速度 30km/h の道路に対する走行距離と計算式から求めた平均速度および実測値との関係を表している。これにより計算値は実測値とよく符合していることが分かる。また、距離が短いほど制限速度などの一定速度で代表した場合の速度誤差が大きいことが分かる。

そこで、計算式から求めた平均走行速度を使って実際の道路網を構成する各リンク長に対する走行時間を計算した。ここでは真値が分からないため、この推定走行時間を正しいものと仮定する。図-4 は上富良野町の各道路リンクのヒストグラムと、全経路を走行速度 30km/h の道路と仮定し本モデルにより計算した推定走行時間と平均速度 30km/h で計算した場合の走行時間との差を誤差率で表したものである。市街地内のような短い道路リンクが多い道路網では、速度を一定値で与えた場合には、走行時間が過小評価されることが分かる。道路網全体（全ての経路を 1 回走行した場合）を平均速度 30km/h で計算した走行時間は、推定走行時間に対し約 24.8% の、速度 40km/h の場合で 31.1% の過小評価になる。このように短い道路の多い道路網を対象とした避難時間の計算には、制限速度などの一定値を走行速度として用いると誤差が大きくなるため、本モデルによる平均走行速度を適用した方がより現実の避難時間を提供できる。

5. 結論

走行実験の結果を基に任意の道路長さに対する自動車の平均走行速度を求めるモデルを作成した。短い道路の多い道路網を対象とした避難時間の計算には、本モデルによる平均走行速度を適用した方が、制限速度などの一定値を走行速度として用いるより精度の高い避難時間を提供できる。

参考文献 1) 交通工学研究会: 1985 道路の交通容量, pp.380-382, 1987

2) T.Urbanik II et.al: The sensitivity of evacuation time estimate to changes in input parameters for the I-DYNEV Computer code, U.S. Nuclear Regulatory Commission Report, pp.11-22, 1988

走行速度	加速度 a_1	減速度 a_2	道路の種類
60km/h～	1.38 (0.87)	1.69 (0.88)	国道、県道など
30～60 km/h	1.23 (0.77)	1.42 (0.73)	住宅街など
～30km/h	1.16 (0.68)	1.04 (0.70)	砂利道など

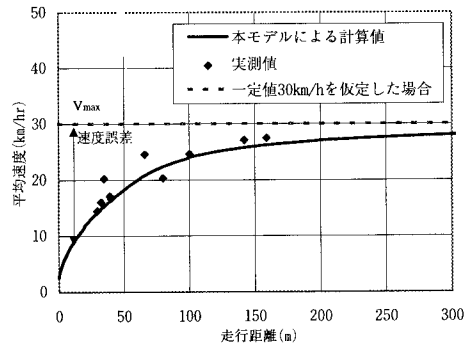


図-3 走行速度 30km/h の道路における走行距離と平均走行速度の関係

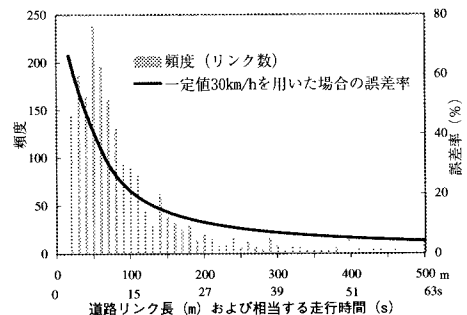


図-4 上富良野町の道路リンク長と走行時間の計算に一定速度を用いた場合の誤差率