

道路ネットワークを移動する危険物のリスク評価に関する考察

愛媛大学大学院 学生員 青山 洋
 愛媛大学工学部 正会員 朝倉 康夫
 愛媛大学工学部 正会員 羽藤 英二

1. はじめに

道路ネットワークを利用する車両の中には火災物や毒物といった危険物を輸送する車両が一定の割合で含まれている。これらの車両が事故に巻き込まれる発生確率自体は高くないものの、実際にトラブルが発生した場合には周辺の自然および社会環境に甚大な損害を与えることは明らかである。従来の危険物輸送に関する研究は個別の車両単位のものほとんどであり、ネットワークシステムの評価を扱った事例は見られない。一方、道路ネットワークの信頼性評価に関する研究は一般交通を対象としており、交通自体がリスクを持つ危険物輸送のリスク評価や信頼性分析に関する研究はほとんど見られない。移動体である交通自体（危険物輸送車両）が持つリスクを道路ネットワークの信頼性の総合評価に反映させることは、非常に重要な課題となっている。本研究の目的は、危険物輸送車両の存在を考慮した道路ネットワークのリスク評価手法の開発のための基礎的検討を行うことにある。

2. リスク評価モデル

単一リンクを異動する危険物車両を考える。危険物車両が事故に会い、危険物が漏出したとき、危険物車両から一定の距離(d)の地点で被害が発生する確率($p(d)$)は、距離の増加に伴って指数的に減少すると仮定する。すなわち、 $p(d) = \exp(-\alpha d)$ であるとする。ここに、パラメータ $\alpha (> 0)$ は距離に関する被害低減パラメータである。 $\alpha \rightarrow \infty$ のとき、距離の増加により被害低減が顕著で、危険物からの距離が小さい地域だけが被害を受ける。 $\alpha \rightarrow 0$ のとき、距離の増加による被害低減は小さく、広域に被害が発生する。このパラメータは危険物の種類による。なお、被害確率は、被害を受けるか否かだけを表す確率であり、被害の大きさは考えないものとする。

都市は離散的に立地しているとし、都市 i の位置(緯

度、経度)で表す。単一リンクが x 軸上にあるとき、危険物の位置 $(x, 0)$ と都市 i との距離は

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + y_i^2} \quad (2-1)$$

である。危険物と都市との距離により被災確率が指数的に低減するとすれば、都市 i が被害を受ける確率は

$$p(d_i) = \exp\left(-\alpha \sqrt{(x - x_i)^2 + y_i^2}\right) \quad (2-2)$$

である。危険物が $-\infty$ から $+\infty$ へと移動するとき、危険物の位置と被災確率との関係を描くと、図1となる。

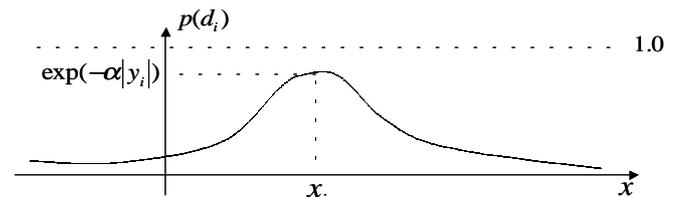


図1 危険物の移動に伴う被災確率の変化

都市 i の経済活動の大きさを N_i で表す。危険物車両から距離 d_i に立地するこの都市での経済損失の大きさは、 $N_i p(d_i)$ である。損失の単位は、経済活動量の単位と同じである。地域に複数の都市が立地しているとするれば、危険物車両が $(x, 0)$ の地点を走行しているとき、地域全体での経済損失は

$$S(x) = \sum_i N_i p(d_i) \quad (2-3)$$

である。危険物車両の移動にともなう地域全体での経済損失は図2で示される。

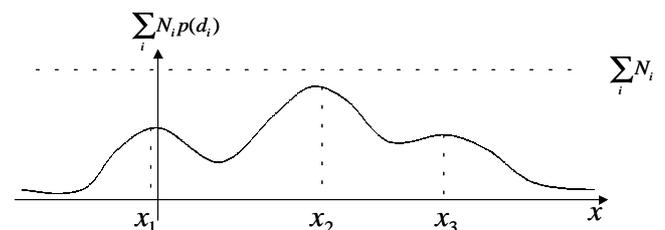


図2 危険物移動に伴う地域全体の経済損失変化

単一リンクは、 x 軸上の区間 $a \leq x \leq b$ にあるとする。危険物車両がこのリンク($a \leq x \leq b$)を移動するとき、

キーワード： リスク分析 危険物輸送

連絡先：〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番地 Tel 089(927)9825 Fax 089(922)9843

リンクが持つリスクの大きさを以下の式で示す．

$$R_{ab} = \int_a^b S(x)dx = \int_a^b [\sum_i N_i p(d_i)]dx \quad (2-4)$$

単位は、[経済活動量 × 距離]である．OD ペア間の経路が持つリスクを評価するには、経路を構成するリンクが持つリスクを足し合わせれば良い．経路のリスクを評価することができれば、効率的な輸送経路（最短距離経路または最短時間経路）が潜在的に持つリスクの大きさを知ることができる．また、リンク長をリスクで置きかえることによりリスク最小経路を求め、それが他の経路選択ルールによる経路とどのように異なるかを調べることもできる．さらに、危険物車両の OD 間流動データを用いると、OD ペアごとのリスク評価からネットワーク全体でのリスク評価への展開が可能．

3．ネットワーク分析とまとめ

愛媛県南予（西南部）地域を対象に、OD 間の経路に沿ったリスク評価を試みた．道路ネットワークを構成するリンクは国道のみとし、都市は市町村（31 市町村）とした．都市の位置は市役所・町村役場の位置とし、都市の経済活動の大きさは人口で評価するものとした．図 3 にネットワークと都市の分布を示す．

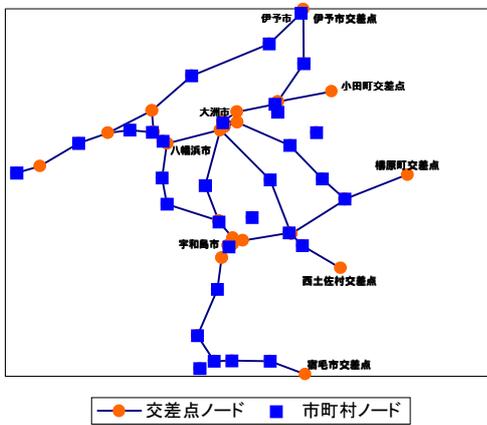


図 3 ネットワークと都市の分布

各都市を起点・終点とする OD 間のそれぞれについて、距離最小経路と沿道人口最小経路を求めた．沿道人口最小経路とは、経路に沿ったノード上の都市人口の和を最小とする経路である．危険物は 1 種類（ $\alpha = 1.0$ ）とし、各 OD 間ごとに、ふたつの経路それぞれの被害リスク（距離 × 人口）を求めた．図 4 は両経路の被害リスクをそれぞれ横軸と縦軸にとって、すべての OD ペアをプロットしたものである． \square は沿道人口最小経路の

方が被害リスクが少ないことを、 \circ は距離最小経路の方が被害リスクが少ないことを、 \square は沿道人口最小経路と距離最小経路が同一経路であったことを意味する．疎なネットワークのため、全体の約 5 割の OD ペアでは、沿道人口最小経路と距離最小経路が同一経路であった．

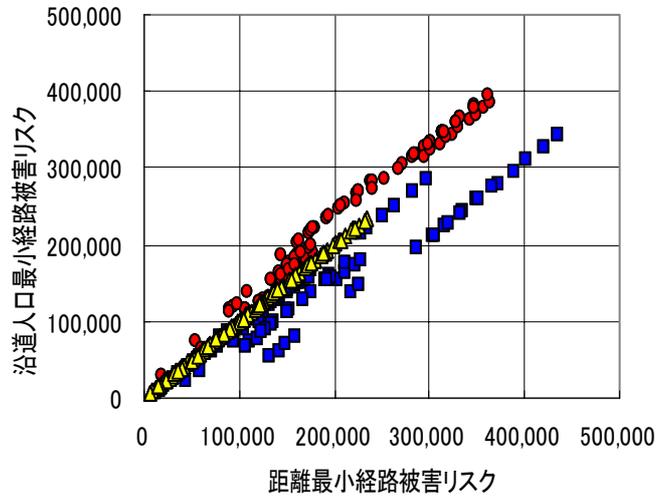


図 4 沿道人口および、距離最小経路のリスク比較
距離最小経路の方が沿道人口最小経路よりも被害リスクが小さくなる OD ペアは、距離最小経路の沿道に人口の大きな都市が少なく、それらを迂回すると距離の増大によって却ってリスクが増大してしまうような OD ペアである．逆に、沿道人口最小経路の方が被害リスクが小さくなる OD ペアは、距離最小経路の沿道に人口の多い都市が連なっており、それらを迂回することによって被害リスクを低減できるような OD ペアである．たとえば、図 5 に示すように、宇和島市以南を起点とする OD ペアでは、宇和海に面した西部の市町村へは距離最小経路のリスクが小さく、東部の四国山地の町村へは沿道人口最小経路のリスクが小さいことがわかる．

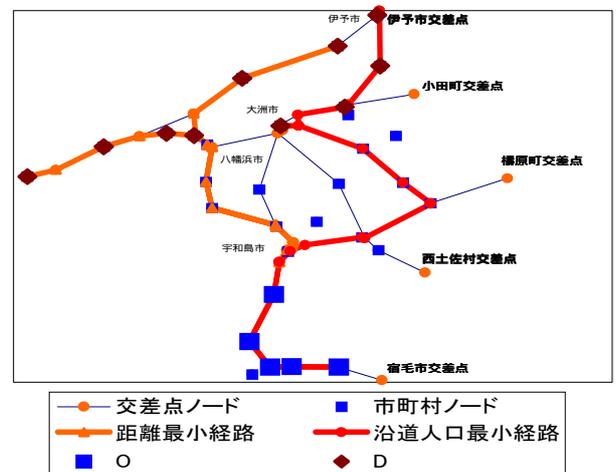


図 5 宇和島市以南の市町村を起点とする経路