

九州における大規模災害時の燃料輸送計画モデルのためのデータの整備と試算

○ 熊本大学 学生員 中村真之 熊本大学 学生員 孫 学強
熊本大学 正会員 円山琢也 電気通信大学 正会員 長江剛志

1. はじめに

東日本大震災において被災地ではガソリン不足が深刻化し、集積場に集まった支援物資が避難所まで届かないという事態が発生した。ガソリンが支援物資輸送のボトルネックの1つとなったと言え、本研究ではガソリンのサプライチェーンに着目した。産油国からタンカーで運ばれた原油は、製油所でガソリンに精製される。このガソリンはタンカーによってガソリンを貯蓄しておく油槽所に運ばれ、油槽所からはタンクローリーによってガソリンスタンドまで運ばれて販売されている。現在、この一連の輸送は民間企業が行っており、効率化が図られる一方、災害時の輸送計画は十分には定められていなかった。今後も東南海地震や南海地震など、巨大地震の発生が懸念されている日本では、災害時の燃料輸送計画を考察することが求められている。

長江¹⁾は Haghani and Oh²⁾ を拡張した時空間ネットワークを用いた災害時燃料輸送モデルを構築している。本研究では、このモデルを実行するにあたって必要となる九州の現実のデータを、GIS を用いて算出・収集すると共に、簡易的なネットワーク上で実行することを目的とする。

2. 時空間ネットワークを用いた災害時燃料輸送モデル¹⁾

社会的総費用を目的関数とする。社会的総費用は、輸送モードの移動および待機による費用 (eg. 燃料代、人件費)、財の積出・積込による費用、生産/積替ノードにおける在庫費用 (eg. 油槽所などの管理費)、消費ノードにおいて需要持越しに伴って発生する不効用の4つで構成され、社会的総費用が最小となる時を最適輸送とする。図1はモデルの概略を示す。

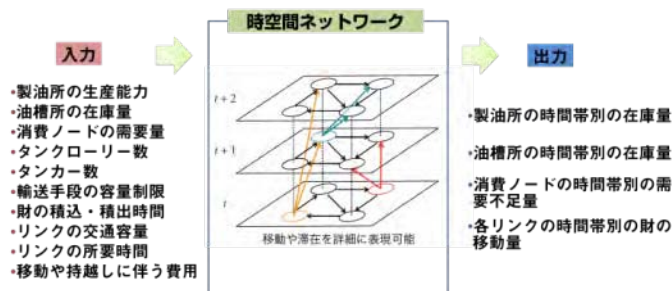


図1 時空間ネットワークを用いた災害時燃料輸送モデル¹⁾

3. モデル実行に必要なデータの算出方法

3.1 道路交通センサスを用いたガソリン消費量の算出

平成 17 年度の道路交通センサスを用いてガソリンの消費量を市町村単位で算出した。道路交通センサスには自動車利用について車種・使用燃料・発着地・発着時刻・走行距離のデータが存在する。ガソリン使用車のうち、走行距離を燃費で除することで消費量を推計した。燃費については国土交通省による平成 21 年度自動車輸送統計年報の中で公開されている九州全体の車種別燃料使用量・九州全体の車種別走行キロより算出した。これを表1に示す。

表1 九州の車種別平均走行燃費の推計値(km/l)

軽乗用車	貨客車	乗用車	バス	軽貨物車	小型貨物車	普通貨物車	特種用途車
17.22	5.94	10.08	※5.88	12.13	9.63	4.59	※7.31

※算出不可能な値については環境省による平成 15 年度 P R T R 届出外排出量の推計方法の補足資料で公表されていた値を利用した

ガソリン消費量の算出結果は九州全体で年間 7,291,557 kl となった。平成 21 年度自動車輸送統計年報の中で公開されている九州全体における年間のガソリン消費量は 7,464,461 kl であり、おおむね妥当な値といえる。この算出結果を市町村別に分類することで、市町村ごとのガソリン消費量を求めた。

3.2 ガソリンスタンドの位置情報と在庫量

災害発生時には、製油所や油槽所だけでなくガソリンスタンド (以下、SS) にもガソリンの在庫が存在する。本研究の独自の設定として、消費ノードの需要量を設定する際に SS の在庫量を考慮した。

SS の位置情報については、ガソリン価格比較サイト (<http://gogo.gs/>) のスタンド検索を利用して住所を抽出し、アドレスマッチングを行い、緯度・経度のデータを得た。

SS の在庫量については、ニヤクコーポレーション株式会社福岡事業所と燃料油脂新聞社福岡支局にてヒアリングを行ったところ、正確な値を求めることは不可能であるが、通常の SS のガソリンタンクの容量は 30 kl が多く、半分の 15 kl をある災害発生時点の在庫量と考えるのが妥当ではないかという意見をいただいた。20kl のタンクを 2 本扱う SS や、10kl のタンクを扱う SS もあり、SS ごとに設備規模が異なる。そこで、市町村ごとにガソリン消費量を SS 数で除して、1 SS 当たりの年間販売量を算出し、その値に応じて在庫量を設定した。これを表2に示す。年間販売量の平均は1260 klであった。

表2 SS 在庫量の設定値

年間販売量 (kl)	ガソリンスタンド在庫量 (kl)
1500～	20
1000～1500	15
500～1000	10
100～500	5

3.3 製油所・油槽所の設備規模

九州では大分県にのみ製油所が存在する。大分製油所の設備規模は公表されているデータより算出でき、ガソリン生産能力は 5903 kl/日 (フル稼働時) である。

九州各県に存在する油槽所の設備規模と住所については、燃料油脂新聞社福岡支局よりデータをいただいた。各油槽所のガソリンタンク容量の半分を、ある災害発生時点の在庫量とする。SS と同様に、アドレスマッチングを行い、各油槽所の緯度・経度データを得た。

3.4 GIS による視覚化

3.1～3.3 において算出したデータを用いて、GIS による視

覚化を行った。これを図2に示す。図より、面積当たりの消費量が多い都市の臨海部に油槽所が立地していることが分かる。また、大分製油所の近辺は油槽所が少なく、災害時の道路寸断などによって孤立地域が発生した場合、それらの地域は深刻なガソリン不足となることが推察される。

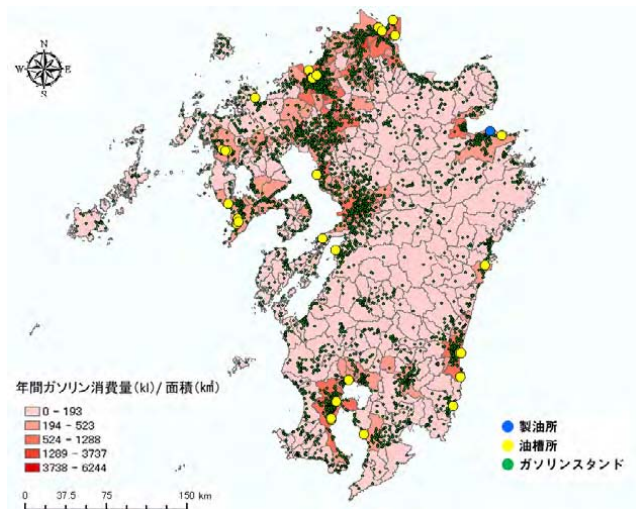


図2 ガソリン関連施設と消費量の分布

4. 九州ネットワークへの適用

4.1 ネットワークの作成

大規模災害としては東南海・南海地震を想定する。内閣府中央防災会議第16回「東南海、南海地震等に関する専門調査会」によると、大分県・宮崎県・鹿児島県（以下、3県）への津波が予想されていたため、大分製油所と3県の油槽所を結ぶ海運路は設けていない。また、四国・本州地方はより甚大な被害が予想されていたため、九州外からのガソリン輸送が困難になる恐れがある。よって九州内のみで各県を消費ノードとする簡易的なネットワークを作成した。これを図3に示す。

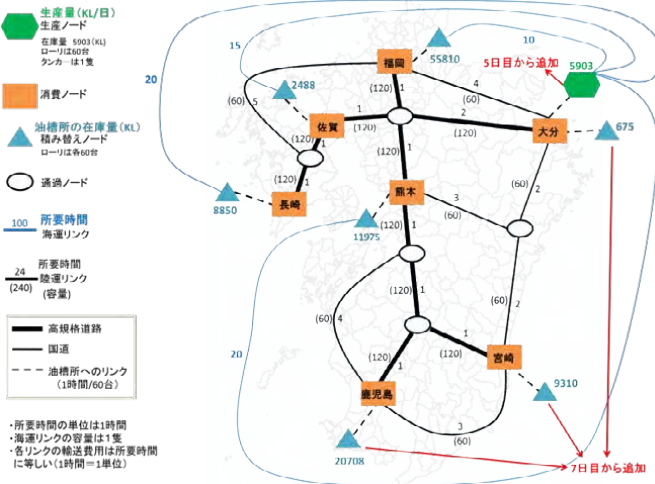


図3 九州ネットワーク

4.2 製油所・油槽所の稼働状況

東日本大震災の発生直後に被災地の製油所・油槽所は稼働停止している。最速の復旧状況を見ると、震災1週目で川崎市の製油所が稼働再開、震災2週目で東北の大部分の油槽所が稼働再開している。そこで、大分製油所については震災5

日目から稼働再開、3県の油槽所は震災7日目から稼働再開という時空間ネットワークを利用した制限を加えた。

4.3 消費ノードの需要量

各市町村のSSにガソリンの在庫が存在するため、震災発生後はSSの在庫を使用するとし、その在庫が枯渇してから初めてその市町村にガソリン需要が発生すると仮定する。24時間ごとに需要量が追加されていく。よって震災発生直後はSSの在庫を用いるため、発生する需要量が少ないが、日を追うごとに追加需要量が増加し、最終的には3.1で算出した消費量の1日分が需要量として追加されていく。3県のうち、津波の予想されている市町村についてはSSの在庫量を0としている。各県ごとに集計し、消費ノードの需要量を24時間ごとに設定した。これを表3に示す。

表3 県別の時間別発生需要量(kl)

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
福岡県	0	745	3576	5238	6713	7095	7130
佐賀県	14	47	355	519	1029	1389	1458
長崎県	1	1	1	482	1364	1787	1885
熊本県	0	0	0	602	2008	2771	2913
大分県	1236	1236	1236	1273	1714	2053	2080
宮崎県	956	956	956	987	1368	1753	1850
鹿児島県	1284	1284	1284	1343	1759	2298	2492

	8日目	9日目	10日目	11日目	12日目	13日目	14日目
福岡県	7136	7137	7137	7137	7137	7137	7137
佐賀県	1461	1462	1462	1462	1462	1462	1462
長崎県	1934	1934	1934	1934	1934	1934	1934
熊本県	2953	2957	2958	2958	2958	2958	2958
大分県	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080
宮崎県	1862	1862	1862	1862	1862	1862	1862
鹿児島県	2541	2544	2544	2544	2544	2544	2544

4.4 実行結果

図4は各県の需要不足量の推移を示す。震災発生後10日目までは、需要不足はその日のうちに解消されるが、それ以降はガソリンの累積的な不足が生じている。よって九州内のガソリンの在庫を用いて10日間は需要を満たすことができる可能性があり、震災10日目までに九州以外からのガソリン輸送を行うための全国規模の計画を立てておくことが必要であることが推察された。

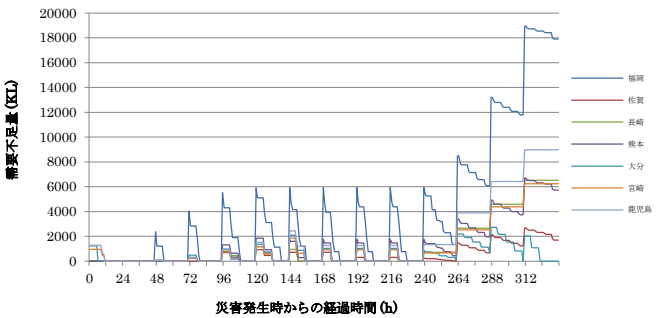


図4 各県の需要不足量の推移

5. おわりに

時空間ネットワークを用いた災害時燃料輸送モデルをより現実的に用いるために、これまでデータが存在しなかった市町村単位のガソリンの消費量や九州内のガソリンの在庫量を算出し、九州ネットワークにて実行することで、震災発生直後からガソリン不足が生じるまでの日数を試算した。

参考文献

- 1) 長江剛志：時空間ネットワークを用いた災害時燃料輸送モデル, working paper
- 2) Haghani, A. and S. Oh (1996): Formulation and solution of a multi-commodity multi-modal network flow model for disaster relief operations, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 30, No. 3, pp. 231 – 250.