

武蔵工業大学 正会員 星谷 勝  
武蔵工業大学 学生員 小池精一

1. 背景

わが国は、国土が狭く限られた地域に都市が集中し、その機能・構成も年々複雑化・多様化してきている。このような状況のもとで、去る昭和54年5月、中央防災会議と国土庁は予想される「東海大地震」について断層モデルを設定し地震規模を想定、同時に、じん大な被害が起きそうな“危険地域”を線引きし、いわゆる強化地域を指定した。このように地震多発国であるわが国は、予想される地震に対しあらゆる面でその防災対策を考慮しなければならないという宿命を負っているのが現実である。これを時間的基準に立って区分してみると次の二つに大別することができよう。第一は地震発生前の防災対策である。つまり予想される地震に対して被害を最小限にとどめる対策である。たとえば、土木・建築構造物の耐震設計と補強、地域住民への避難路の徹底、地震予知などがあげられる。第二は地震発生後の防災対策である。地震発生に伴いさまざまな人的・物質被害は当然のことながら避けることはできない。しかし、被害に対して、その救援や復旧活動に必要な緊急救援物資をいかにしていち早く被災地に輸送するがということは当然考えておかなければならぬ課題であり、それをシステム化するとは地震防災対策上きわめて重要であると考えられる。

本研究は、上記の第二に着目して、都市供給施設 (Life Line と呼ばれる) としての輸送路を道路とし、その被害を考慮して緊急救援物資輸送に際し最小時間で輸送するための拠点となる地点 (以後拠点地と呼ぶ) の選定方法を提案したものである。

2. 対象地域のモデル化と輸送方法

対象地域 (任意の被災地域) を Fig.1 に示すようにモデル化する。対象地域内をノード (被災地; 中小都市など) とリンク (道路) からなる簡単なモデルとし、その外側に対象地域内へ緊急救援物資を供給でき得る大供給地を設定する。輸送に際しては、第一段階として任意に指定された拠点地へその最も近い大供給地から輸送する (第一次輸送)。第二段階として拠点地からそれぞれの被災地 (需要地と呼ぶ) へ輸送する (第二次輸送)。こゝでは、第一次輸送は確率に行なわれるものとし、大供給地→拠点地のリンクの被害は考慮していない。

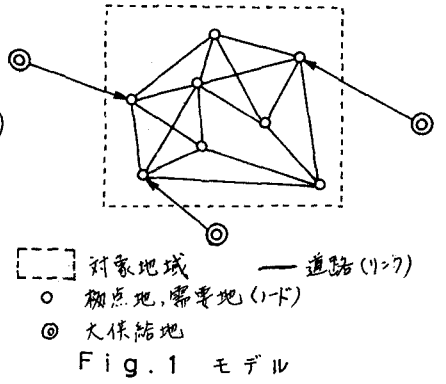


Fig.1 モデル

3. 最適輸送計画拠点地選定のシミュレーション法

地震発生後、緊急救援物資輸送の拠点地選定法を Fig.2 に提案する。アルゴリズムについて以下に示す。

3-1 ネットワークデータ

- |                        |                                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| i) ノード                 | ii) リンク                           |
| $NM$ : 大供給地の数          | $DMN$ : 第一次輸送の距離マトリクス (km)        |
| $NN$ : 対象地域内の需要地数      | $DN$ : 第二次輸送の距離マトリクス (km)         |
| $WN$ : " の緊急救援物資量 (トン) | $V$ : 第一次輸送の平均輸送速度 ( $km/hour$ )  |
| $CN$ : 拠点地の施設容量 (トン)   | $DN$ : 第二次輸送の平均輸送速度 ( $km/hour$ ) |
|                        | $A$ : 拠点地から需要地へ1回で輸送できる輸送量 (トン)   |
|                        | $PB$ : リンクの破壊確率                   |

### 3-2 リンクの破壊確率と換算距離

リンク(道路)の通行状況を次の3つの場合に分類する。(a)通行不可能 (b)片側車線のみ通行可能 (c)全面的に通行可能。右の右のリンクに独立に発生させた一様乱数(0~1)とリンクの破壊確率PBからリンクは、(a)~(c)のいずれかの状況に分類される。また、地震発生後のネットワーク網を決定するための“換算距離”という考え方をを用いる。これは、地震発生後の輸送時間がリンクの状況により異なるであろうという考え方が導入したものである。ここではその係数を距離換算係数と呼ぶことにする。(a)の場合は、当然ネットワーク網としてのリンクとは考えられないので(9999.0)。(b)の場合は、たとえ通行できるとしても実際はほぼ平常時より時間はかかるかと考え2.0。(c)の場合は、平常時と同等と考え1.0とした。すなわち、(a)~(c)のリンクの状況に対応した距離換算係数をそれぞれ(9999.0), 2.0, 1.0として入力DNに集じ地震後の換算距離とする。以上がモデルの地震後のネットワーク網が決定されたことになる。

### 3-3 最短距離の算出

この計算は、2で述べたように第一次、第二次輸送は最も近い大保站地、拠点地から行なわれるという条件から必要となり、ここではその方法として、Warshall-Floyd Method<sup>(1)</sup>を採用する。第一次輸送についてはDMN、第二次輸送については3-2から計算された換算距離を用いて算出する。

### 3-4 拠点地の勢力範囲の決定

任意に指定された拠点地(複数)に対して、3-3の結果を用いて対象地域内の需要地を各拠点地に振り分けその勢力範囲とする。ここで、もしある拠点地の勢力範囲内の総緊急救援物資量がその施設容量に不十分である場合にはシステムとして採用しない。

### 3-5 目的関数

目的関数を式(1)のように定義する。

$$T = \sum_{i=1}^k \frac{DMN_i}{VM} + \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^{X_j} DN_{jl}' \cdot WN_{jl} / (A_j \cdot VN) \quad (1)$$

(単位: hour)

- ここで、
- (k: 拠点地の数)
  - ( $X_j$ : j番目の拠点地の勢力範囲内の需要地数)
  - ( $DN_{jl}'$ : j番目の拠点地とl番目の需要地への換算距離(km))

(1)式の右辺の第一項、第二項はそれぞれ第一次、第二次輸送時間の総和である。したがって、目的関数Tは、3-2で決定されたネットワーク網における“のべ輸送時間”と考えられ、Tを最小にするような拠点地数とその地点を求めることが本研究の目的である。この方法として、モンテカルロ法を用いてネットワーク網のサンプルをシミュレートすることにより最適解を見出そうとするものである。

### 4. 結語

以上、地震時の拠点地選定のシミュレーション法を提案した。今後は、入力をどのように決定するかなど各アルゴリズムの詳細な検討を行い、研究を進めていくつもりである。

参考文献(1): 古林 隆・伊理正史著 ネットワーク理論 日科技連

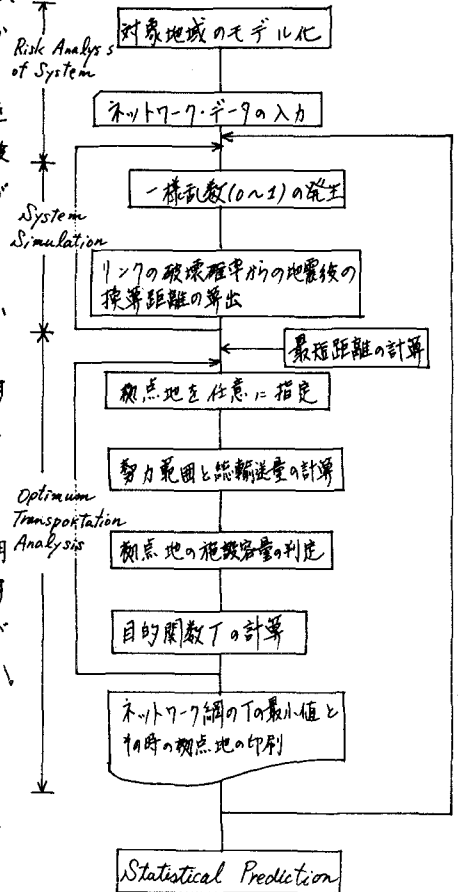


Fig.2