

IV-18

切盛土量が不確定な場合の大規模土工のシステム化

名古屋工業大学 学生員 ○和田 かおる

名古屋工業大学 正 員 山本 幸司

1. はじめに 大規模土工において関連する土木工事を効率的に行うため、工事対象区域を各種施設建設計画に対応して工区分割し、各工区ごとに段階的に輸送問題を適用することを試みる。また、輸送問題において需要量、供給量、輸送単価あるいは輸送距離に不確定要素が含まれる場合に対してはファジィ理論の適用を試みる。適用事例として現在工事が進められている関西国際空港建設工事を取上げる。

2. 需要量、供給量、輸送距離の確定性を考慮した輸送計画モデル 実際の土工では現場の状況等により運土計画策定段階においてこれらの値を確定できないことも多い。したがって需要量、供給量、輸送距離の確定性により運土計画のパターン分類を行ない、表-1を得た。これらのうちパターン1はヒッチコック・クープマンズの古典的輸送問題で対応できるが、パターン2～8については需要量、供給量、輸送距離のいずれかに不確定要素が含まれているため、輸送問題にファジィ理論を適用することで対応する。なお、需要量、供給量が制約条件であるのに対し、輸送距離は目的関数に含まれる係数で、モデル化における性質が異なること、および輸送距離に不確定要素が含まれる場合については問題が複雑となり、現段階では解析が困難であることから、輸送距離に不確定要素が含まれるパターン5～8については定式化のみを検討する。

【パターン1】

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j$$

$$x_{ij} \geq 0, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

【パターン2～4】

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tilde{c}_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = \tilde{a}_i$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = \tilde{b}_j$$

$$x_{ij} \geq 0, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

【パターン5～8】

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tilde{c}_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = \tilde{a}_i$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = \tilde{b}_j$$

$$x_{ij} \geq 0, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

ここでパターン2～4に対する解法について説明する。まず不確定要素を含む需要量、供給量をファジィ数 $\tilde{a}_i = [a_i^1, \underline{a}_i^1, a_i^2, \bar{a}_i^2]$ 、 $\tilde{b}_j = [b_j^1, \underline{b}_j^1, b_j^2, \bar{b}_j^2]$ として扱い、目的関数に対するメンバーシップ関数 μ_q を決定する。このようなファジィ輸送問題に対しパラメトリック計画法の考え方を適用すればsingle-stage型輸送問題に変換でき、求めた解

表-1 パターン分類

パターン	需要量		供給量		輸送単価	
	確定	不確定	確定	不確定	確定	不確定
1	○		○		○	
2	○			○	○	
3		○	○		○	
4		○		○	○	
5	○		○			○
6	○			○		○
7		○	○			○
8		○		○		○

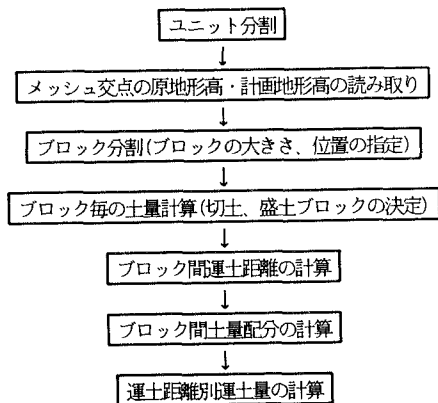


図-1 運土計画の手順

に対して整数条件を満足するよう解を改善すればよい。

3. 大規模土工へのヒッチコック・クープマンズ型輸送問題の適用

大規模土工の場合、現場全体で運土工事を行なうと総仕事量最小化という目的の達成度は大きくなるが、土工終了まで時間がかかるうえ、

その間各種施設工事に着手できない。そこで、関西国際空港建設工事を例にとり、各種施設建設計画に対応して工事対象区域をいくつかの工区に分割し、その後各工区ごとに輸送問題を適用して運土計画を策定していく方法を提案する。運土計画の手順を示した図-1の操作を各工区単位で行なえばよいが、一般に工区内で切盛土量が均合うことは少ない。そこで、切盛土量がバランスしない場合には次期工区を土捨場あるいは土取場として扱い、最終工区で現場全体として切盛バランスを検討する。図-2は関西国際空港建設現場の工区分割例を示したものである。表-2は図-2のように現場を工区分割した場合に上述した方法で最適運土計画を求めたときの輸送距離別の運土量および総仕事量であり、表-3は現場全体を対象とした最適運土計画の結果である。この結果からも、現場全体で運土工事を行う方が総仕事量最小化に対しては有効であること、その差は主として短距離土工量に表れていることがわかる。

4. ファジィ理論を適用した輸送問題の事例 関西国際空港の空港島運土工事の一部にファジィ輸送計画を適用した。そして需要量、供給量のメンバーシップ関数 μ_{a_i} 、 μ_{b_j} を変化させ、これらが目的関数の値にどのような影響を及ぼすかを調べた結果、需要量、供給量の不確定性が大きくなるほど目的関数の値が大きくなることを確認した。また目的関数に対するメンバーシップ関数 μ_q に対しても同様の結果が得られた。具体的な数値例は講演時に発表する。

5. 結論 大規模土工において各工区ごとに輸送問題を適用する

と、時間的制約への対応は可能となるが、現場全体でブロック分割を行なう場合と比較してブロック数が増加し、目的関数最小化に対応できなくなる可能性が大きいといえる。またファジィ理論を用いる場合は、需要量、供給量、目的関数に対するメンバーシップ関数をどのような基準のもとで決定するかが大きな問題となり、定式化においては従来の輸送問題よりもかなり大きなマトリックスを対象としなければならない。しかし切盛土量が不確定な本稿によって、大規模土工の運土計画にファジィ理論が適用可能であることを示すことができた。

【参考文献】 1) Stefan CHANAS, Waldemar KOLODZIEJCZYK, Anna MACHAJ : A FUZZY APPROACH TO THE TRANSPORTATION ALGORITHM, Fuzzy Sets and Systems 8, PP.235-243, 1982

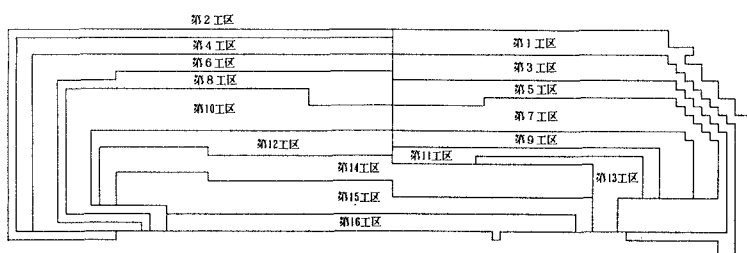


図-2 工区分割

表-2 現場全体での運土量および仕事量
(工区分割)

	運 土 量
100m以下	149.12
200m以下	281.30
300m以下	247.40
400m以下	110.75
500m以下	54.38
600m以下	56.46
750m以下	68.32
1000m以下	97.66
1001m以上	89.58
仕 事 量	447850.51

(単位: 運土量は $\times 2500\text{m}^3$ 、仕事量は $\times 2500\text{m} \cdot \text{m}^3$)

表-3 現場全体での運土量および仕事量

	運 土 量
100m以下	27.46
200m以下	33.41
300m以下	61.22
400m以下	36.18
500m以下	44.85
600m以下	35.47
750m以下	68.41
1000m以下	55.34
1001m以上	85.21
仕 事 量	289901.56

(単位: 運土量は $\times 2500\text{m}^3$ 、仕事量は $\times 2500\text{m} \cdot \text{m}^3$)