

拡張型輸送問題による運土機械系割当計画

京都大学工学部 正 員 吉川和広
 京都大学工学部 正 員 山本幸司
 京都大学工学部 〇学生員 見波 潔

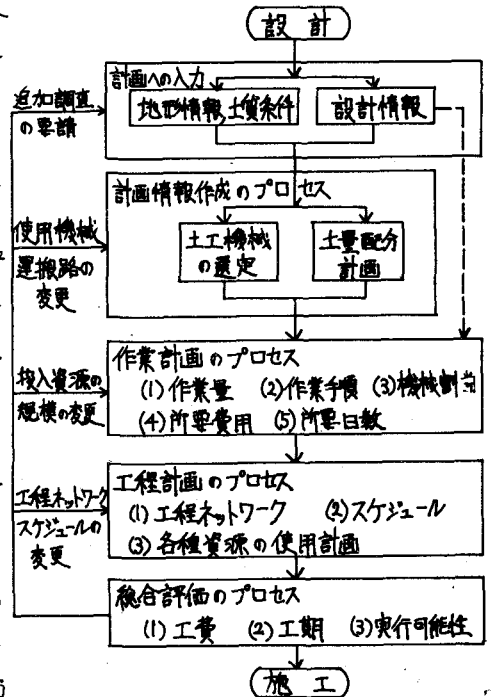
1. はじめに 近年、土工工事はますます大規模化する傾向にあり、従来以上に機械化施工の必要性が高まっている。これにともない、迅速性、経済性、確実性等、機械化施工導入の所期の目標を満足するような施工計画の作成

が必要となり、そのための1つの方法論として、大規模機械化土工の計画プロセスを1つのシステムとして把握し、このシステムを構成するサブシステムに対して可能な限り各種OR技法（輸送問題、シミュレーション、クラスター分析、日程計画法等）を導入した客観的なモデル分析を実施し、これをもとに設計しうる代替案に対して、客観的、総合的な評価検討を加えることが可能となるような計画策定手法が考えられた。これが図1に示す大規模機械化土工計画システムである。本研究は、このシステムの土量配分計画プロセスで明らかになる各運土作業をインプットとする、作業計画のプロセスにおける運土機械系割当計画問題を取りあげ、数学的アプローチを試みるものである。

2. 運土機械系割当計画 本研究では、従来この種の研究で十分に考慮されていなかった次の点に留意した。①運土作業全体に要する総機械経費を評価基準とすること。②工期および運土機械の投入可能日数について考慮すること。③投入機械の機種および台数をあらかじめ制約として与え、これらを用いた機械割当を行なうこと。

本研究で、機械割当モデルの解法として導入した拡張型輸送問題は、投入機械が各製品を全く独立にかつ自由に製造できるような問題に対して開発された手法であって、本研究で扱う運土作業には施工順序に技術的な制約が存在し、全く独立には施工できないため、機械の必然的な遊休を考慮する必要がある。しかしながら、機械の遊休は図1からもわかるように機械割当案に従って日程計画を作成して初めて明らかになるものである。したがって、上述した①②を完全に満足するような機械割当モデルを作成することは不可能と考えざるを得ない。そこで、本研究では①②を可能な限り満足しうる機械割当方法として図2に示す手順を提案する。これは、本計画および工程計画のプロセスを繰り返すことにより、これらの代替案を得る方法である。なお、上述の③に関しては、当該現場に投入可能な機種および台数を用いて、あらかじめいくつかの運土機械系（有機的に結合し、同一行動をとる運土機械の集合）を設定し、これを各運土作業に割り当てるものとする。

図1. 土工計画のプロセスシステム



3. 機械割当モデル

図2の中に示される機械割当モデルを拡張型輸送問題として次のように定式化する。

制約条件 $\sum_{j=1}^m N_{ij} \cdot N_{ij} \leq H_i, \sum_{i=1}^n Q_{ij} \cdot N_{ij} = W_j, N_{ij} \geq 0$

目的関数 $Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_i + d_i) / N_{ij} \cdot N_{ij} \rightarrow \min$

ここに、 N_{ij} [回]：運土作業 j のうち機械系 i として施工する運土回数

N_{ij} [回/日]：運土作業 j を機械系 i として施工するときの時間当り運土回数

Q_{ij} [m³/回]：運土作業 j を機械系 i として施工するときの積載容量

H_i [hr]：機械系 i の総運転可能時間、 W_j [m³]：運土作業 j の総運土量

C_i [円/回]：機械系 i の運転時間当りの機械経費、 d_i [円/day]：機械系 i の供用日当りの機械経費、 D_i [m³/day]：遊休を0と仮定したときの機械系 i の供用日当りの運転時間

制約条件のオ1式は各機械系の総運転時間に関する制約を、またオ2式は各運土作業の運土量に関する制約を表わす。また、目的関数 Z はすべての機械系の遊休を0と仮定した上で各運土作業に割り当てた結果の総機械経費を表わす。

4. 適用事例

本研究では上述した機械割当モデルを、総運土量約130万m³、施工面積約39万m²という比較的大規模な整地工事現場に適用した。現場の施工条件を考慮し、投入可能な機種として表1に示す6機種を設定した。総運転可能時間 H_i を一定とし、各機種の台数をパラメータとしていくつかのケースについて本モデルを解き、その結果をまとめたのが表2である。この結果、総運転時間 H_i が H_i に等しい機械系は、その台数を増やすことによって Z の値が減少することがわかる。このように各機種の台数と Z の関係を調べることにより、この現場にとって経済的に有利な機種はどれか、また Z の値を減らすためにはその機種を何台まで増やせるかなどについて検討することができる。次に、ケースDの機械割当案を用いて図2に示す手順を検討した結果、直列型の工程ネットワークによる日程計画案を用いると、先の機械割当案の最適性は保持されなかったが、並列型の工程ネットワークによる遊休の少ない日程計画案を用いると、最適性は保持された。

5. おわりに

本研究で提案した方法を用いて効率的に機械割当計画を作成するためには、今後①できるだけ遊休を少なくできる日程計画作成法を確立すること、②総運転可能時間の想定方法を明らかにすることが必要である。

図2 運土機械系割当計画作成の手順

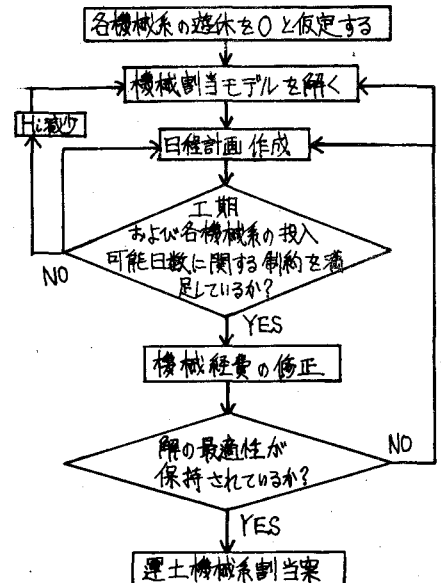


表1 事例現場に投入可能な機種

機種系	機種
1	22m³キャリオールスクレーパ + 30t組ブール
2	12m³キャリオールスクレーパ + 21t組ブール
3	30t組ブルドーザ
4	21t組ブルドーザ
5	25m³モータースクレーパ + 30t組ブール (フック)
6	16m³モータースクレーパ + 21t組ブール (フック)

表2 機械割当モデルの計算結果

ケース	機種系	台数	総運転時間 H_i [hr]	ケース	機種系	台数	総運転時間 H_i [hr]
ケースA $Z=19303$ (万円)	1	2	1440	ケースC $Z=18091$ (万円)	1	4	1315
	2	1	1440		2	2	1353
	3	1	1362		3	1	0
	4	1	1440		4	3	1107
	5	1	1440		5	1	376
	6	1	1393		6	1	182
ケースB $Z=19020$ (万円)	1	2	1440	ケースD $Z=18154$ (万円)	1	3	1440
	2	2	1440		2	3	1227
	3	1	1362		3	1	0
	4	1	1440		4	3	1107
	5	1	1071		5	1	584
	6	1	1098		6	1	182

(ただし各ケースとも $H_i=1440$ 時間)