

IV-104

不整形ブロックを考慮した
土工計画システムの開発

名古屋工業大学 正会員 和田かおる

名古屋工業大学 正会員 山本 幸司

§ 1. はじめに

近年、土工計画に関して様々なシステムが開発されているが、計画策定においては技術者の主観的判断を必要とする部分が多くあるため、システムの効率化を重視しすぎると策定された計画の実行可能性が損なわれることもある。したがって、本研究では土工計画のすべての計画プロセスのハード化を目的とするのでは

なく、技術者の意思や現場の状況を反映できるよう、特にブロック形状の任意設定を考慮した土量配分計画システムの開発を行うとともに、その結果からクラスター分析を用いて単位運土作業計画を策定し、土工機械系選定や工程計画策定のための情報を作成する。

§ 2. 土量配分計画システム

一般に土量配分計画を策定する際には、現場を5～20mメッシュに分割した区画(以下ユニットと呼ぶ)を最小単位として土量計算を行う。しかし実際にはユニット単位ではなく、複数のユニットから構成されるブロック単位で土量配分計画が立案される。ところでこのようにブロック分割を行う際、地形、地質、工事上の制約等様々な条件を考慮すると、各ブロックの形状は不整形にならざるを得ない。従ってこの点を考慮して図-1に示すようなシステムを開発した。図中の破線内に示されるファイル名についてはデータ管理上各データごとに括弧を統一する。

(1) 土量計算システム このシステムでは、既存の土量管理システムから入手した現場の現地形高・計画地形高・各地層高のデータよりユニットごと、各地層ごとに、さらにブロック分割データから各ブロックごとの土量、重心位置、重心高(標高)、切盛ブロック間距離および勾配の計算を行う。また、このシス

テムでは各地層ごとにブロック分割を行うことも可能であり、各地層ごとに土量変化率を考慮して土量を求めることができる。なお、ここではブロック形状が任意に設定できるよう、ユニットに対し、左上隅から順に通し番号を付け、ブロックを構成するユニット番号を入力し、ブロック分割データファイルを作成している。(図-2)

(2) 最適土量配分計画システム ここでは(1)で作成されたデータ(ブロック土量、ブロック間距離)から輸送問題を用いて最適土量配分計画を立案する。土量変化率C、Lを考慮する場合には輸送問題を以下のように定式化し計算を行う。

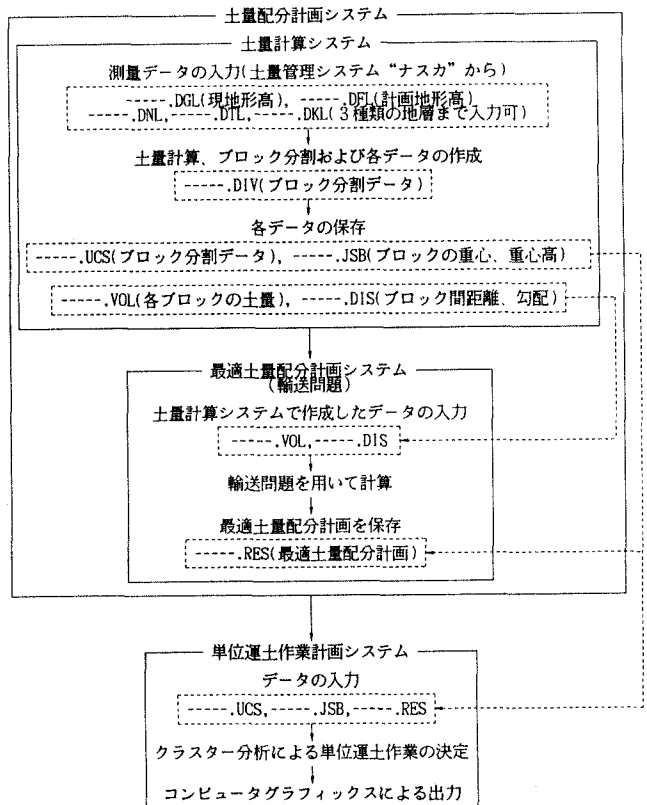


図-1 システムフロー図

$$\begin{aligned} \text{目的関数: } Z &= \sum_j \sum_i d_{ij} \{ (L_i / C_i) \cdot x'_{ij} \} \\ &= \sum_j \sum_i d_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \end{aligned}$$

ここで、 x'_{ij} : 締固めた状態の土量

x_{ij} : はぐした状態の土量

$$\text{制約条件: } \sum_j x'_{ij} = a'_i \quad (a'_i = C_i \cdot a_i)$$

$$\sum_j x_{ij} = b_j, \quad \sum_i a'_i = \sum_j b_j, \quad x'_{ij} \geq 0$$

§ 3. 適用事例

ここでは図-2に示す現場に対して最適土量配分計画を立案する。ブロック分割については現場の地形状況等から判断し、図-2のように不整形ブロック分割を行った。表-1は土量配分計画を行った結果で、A、Bはそれぞれ切土ブロック、盛土ブロックを示している。この結果から各切土ブロックから各盛土ブロックへどれだけの土量を運搬すればよいのかわかる。

§ 4. 単位運土作業計画システム

本研究では、土量配分計画を策定する際、輸送問題を適用していることから、切土ブロック数 m 、盛土ブロック数 n の現場での運土作業数は $m+n-1$ となる。しかし実施工段階としては運土作業数がこの値になる必然性はなく、§3に示した事例のように土工規模が小さい場合には作業数は少なくなるが、大規模土工では作業数が非常に多くなる。また個々の運土作業は土工量が少なすぎたり、土工量に大きな差が生じたりすることもある。このような場合、作業工程が非常に複雑となり、工程ネットワークの作成や土工機械系の運用方法の検討が繁雑になる。そこで、施工条件が類似した作業や土工量の少ない作業を1つの運土作業に統合し、これを実施の対象となる作業運土単位として扱えば、同一土工機械系の連続的施工が可能となると考えられる。本研究では、このように類似度の高い運土作業を順次統合しながら単位運土作業を決定していくプロセスに対し、各個体の特性を表現するいくつかの要因を用いて個体群を分類するクラスター分析手法の導入を試みる。

まず運土作業の作業特性を表す要因として以下の5要因を挙げる。

①作業 i の切土ブロックの

重心座標(始点)(x_{i1}, y_{i1})

②作業 i の盛土ブロックの

重心座標(終点)(x_{i2}, y_{i2})

③作業 i の運土方向

④作業 i の運搬距離(ds_i)

⑤作業 i の運土量(v_i)

このうち③以外の値については、土量配分計画のアウトプットとして直接得ることができ、また③についても①、②を用いることによって算出できる。以上により、任意の運土作業 i と j に対する各要因間距離は次式により算出できる。

$$\text{始点間距離: } SD_{ij} = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (y_{i1} - y_{j1})^2}$$

$$\text{終点間距離: } ED_{ij} = \sqrt{(x_{i2} - x_{j2})^2 + (y_{i2} - y_{j2})^2}$$

$$\text{方向間距離: } WD_{ij} = \sin^{-1}(r_{i1}r_{j2} - r_{i2}r_{j1})$$

ただし、

$$r_{k1} = \frac{x_{k2} - x_{k1}}{\sqrt{(x_{k2} - x_{k1})^2 + (y_{k2} - y_{k1})^2}}$$

$$r_{k2} = \frac{y_{k2} - y_{k1}}{\sqrt{(x_{k2} - x_{k1})^2 + (y_{k2} - y_{k1})^2}}$$

$$\text{運搬距離間距離: } DD_{ij} = |ds_i - ds_j|$$

$$\text{運搬土量間距離: } VD_{ij} = \min \{v_i, v_j\}$$

これらを用いて作業 i 、 j 間の類似度を次のような距離 d_{ij} として表すことができる。

$$d_{ij} = k_1 \cdot SD_{ij} + k_2 \cdot ED_{ij} + k_3 \cdot WD_{ij} + k_4 \cdot DD_{ij} + k_5 \cdot VD_{ij}$$

k_p : 各要因間距離の相対的重み係数($p=1, 2, \dots, 5$)

したがって上式で求めた d_{ij} をもとに、作業の統合を行い、単位運土作業を決定する。なお適用事例については紙面の都合上、講演時に発表する。

§ 5. おわりに

本研究において、土量配分計画立案に対してブロックの形状が任意に設定可能となった。また土量配分計画で得られた運土作業に対し、実施工を効率的に行えるようクラスター分析により単位運土作業に統合することができた。今後は、単位運土作業決定法を作業単

位の土工量のバラツキを少なくする方法や、土工量の多い作業を中心として単位作業を形成する方法などについても検討する。また、これらの結果から土工機械系の選定、さらには工程計画の策定も行う予定である。

表-1 最適土量配分計画

	B 1	B 2	B 3	B 4	土捨場
A 1	15000	9500			
A 2			5500		2750
A 3		4950			
A 4		13100		2000	3050

$$\text{総仕事量: } Z = 5150450 (\text{m} \cdot \text{m}^3)$$

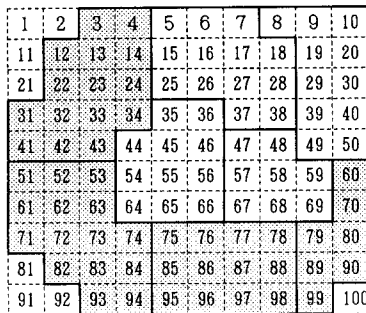


図-2 ブロック分割図