

運土作業特性を考慮した土量配分計画の策定

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
矢作建設工業 正会員 落合 辰巳

§ 1. はじめに

一般に、土量配分計画を策定する際には輸送問題が適用されるが、この場合、運土作業数は切盛ブロック数に依存することから、大規模土工では必然的に運土作業数が多くなり、土工機械系選定や工程計画策定が複雑となる。そこで本研究では、各運土作業の作業特性を把握し、クラスター分析を用いて作業特性の類似した作業を統合して、実施工を対象とした単位作業を作成し、土工機械系選定や工程計画策定のための情報を提供することを目的とする。

§ 2. 運土作業統合の必要性

本研究の前段階として、これまでに土量配分計画システムを作成しているが、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。そのため大規模土工では作業数が非常に多くなり、土工機械系選定や工程計画策定が複雑となる。しかしながら、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持っていない。また個々の運土作業では土工量の少ない作業もあり、これを独立した作業として扱うと作業効率が悪くなる。このような問題に対し、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、これを実施工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。そこで本研究では、土量配分計画で得られた各運土作業をいくつかの要因を用いて客観的に記述することにより、運土作業間の類似度を定量的に把握し、類似度の高い運土作業を順次統合し、単位運土作業を決定する方法を提案する。そして、このようなプロセスに対し、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。

§ 3. クラスター分析を用いた単位運土作業策定法

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)

これらの要因から、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。

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

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

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

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

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

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

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

なお、 VD_{ij} は土工量の少ない作業を他の作業に統合させるよう考慮したものである。

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($p=1, 2, \dots, 5$)

ここで各要因間距離の重みを顕著に表現できるよう、

表-1 運土作業結果(単位: m^3)

作業番号	切土	盛土	運搬土量	統合作業	作業番号	切土	盛土	運搬土量	統合作業
1	1	1	2150	1	22	11	13	189500	7
2	1	2	18500	1	23	11	14	143500	7
3	1	4	20950	1	24	12	15	118100	8
4	2	1	87350	2	25	13	15	34800	8
5	2	3	7050	2	26	13	16	104350	8
6	3	4	41200	1	27	13	18	82350	9
7	4	6	58100	3	28	14	18	2500	9
8	4	7	2250	3	29	15	11	87950	10
9	5	3	94150	2	30	15	14	55700	10
10	5	8	26900		31	16	22	14000	12
11	6	7	8100	4	32	17	14	27900	11
12	6	10	53000		33	17	15	15450	11
13	7	7	12100	4	34	17	20	43750	13
14	7	11	4400		35	17	21	4400	13
15	8	11	1100		36	18	14	900	11
16	9	8	47550	5	37	18	17	51900	12
17	9	11	95050	6	38	18	22	30200	12
18	9	12	122900	6	39	19	21	39350	13
19	10	5	44850	5	40	19	23	24650	
20	10	8	27100	5	41	20	18	86400	9
21	10	9	118550	5	42	20	19	10000	

各距離はその最大値で割っておくこととする。この距離を用いてクラスター分析を行い、デンドログラムを作成し、これをもとに各運土作業を統合していく。

§ 4. 適用事例

愛知県下のゴルフ場造成工事に対し、本システムを適用した。ブロック分割は切土ブロック20、盛土ブロック23の計43ブロックとなり、図-1および表-1に示すような42の運土作業となった（切盛のバランスは現場内で調整した）。これらの作業に対し、上述の方法で各作業間の距離を求めると、図-2のようなデンドログラムが得られる。これをもとに42作業を統合すると表-1のように13の作業にまとめることができた。なお、各距離に対する重みの設定やクラスター形成方法によって、デンドログラムの形成過程が変化するため、作業の統合結果が変わってくるが、この事例では $k_1 \sim k_5$ を1:3:15:10:8、クラスター形成方法を群平均法としたとき最も妥当な結果が得られた。

§ 5. おわりに

本研究では、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を用いて単位運土作業に統合することができた。しかし、重みの設定の仕方により統合結果が変化するため、どのように重みを設定するかを十分に検討する必要がある。今後は、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。

【参考文献】 和田・山本：不整形ブロックを考慮した土工計画システムの開発，土木学会第47回年次学術講演概要集，第4部，pp.252-253，1992。

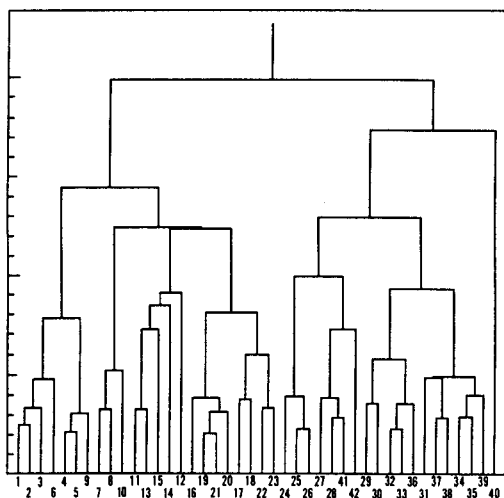


図-2 デンドログラム

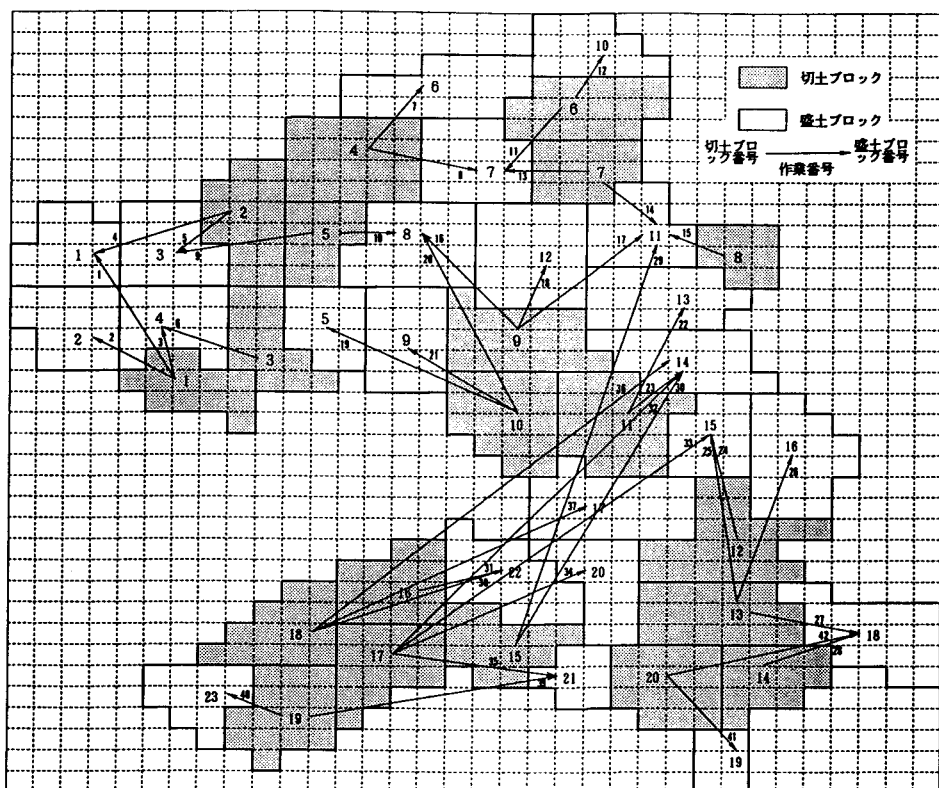


図-1 土量配分結果