

建設発生土再利用のための主体間マッチングに関する基礎的考察*

A Basic Study for Matching of Concerned Agents for Reuse of Construction Waste Soil*

林口 暢高**、秀島 栄三***、山本 幸司***

Masataka HAYASHIGUCHI, Eizo HIDESHIMA, Koshi YAMAMOTO

1. はじめに

資源を有効利用し廃棄物を減少することは今日の環境問題の中で最も重要な課題である。建設副産物に関しては廃棄物全体に占める最終処分量の割合の多さや、不法投棄の問題からも、再利用の促進が急がれる。平成14年5月に建設リサイクル法が施行され、建設廃棄物の各品目に対しての取り組みが始まったが、廃棄物法で触れられていない建設発生土は取り組みの対象からも外れている。しかしながら、捨土による環境の悪化の懸念からしても建設発生土の再利用を早急に促進すべきである。「建設副産物実態調査(センサス)」¹⁾によれば、近年の社会情勢や景気悪化などの影響を受け、建設工事に伴う建設発生土の総量は減少する傾向にあるが、リサイクル率は未だ低いレベルにとどまっている(図1)。

本問題への対応として、リサイクル関連施設の整備などハード面の施策に加え、関係主体間の連携、実施体制の構築といったソフト面からのアプローチも欠く事ができない。和田ら²⁾は、線形計画法あるいは輸送問題を用いて再利用計画を策定する方法を提案した。但しこれより導出される解を実現するには、当事者が確定的であること、解に関する情報を全ての関係主体が共有できることが前提となる。次いで、秀島ら³⁾はゲーム理論を用いて再利用計画に関わる主体が形成する「提携」の可能性について考察した。これは提携形成による輸送費の節約を通じて(発生、需要のいずれにかかわらず)複数主体が利害を一致することに着目しているが、そもそも発

*キーワード: 環境計画、計画手法論

**学生員、名古屋工業大学大学院工学研究科

連絡先: 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町

TEL 052-735-5586, FAX 052-735-5586

E-mail: masataka@keik1.ace.nitech.ac.jp

***正会員、工博、名古屋工業大学社会開発工学科

生土を送り出す側(以下、供給主体)と受け入れる側(以下、需要主体)という目的の異なる主体の組合せの問題であり、そのマッチングが適切に実現されることが必要である。「マッチング」は社会の様々な状況において見いだされるが、より広い範囲で行おうとすると、かえって調整費用がかかり、非効率となる場合がある。実際、建設発生土再利用について情報交換ネットワークを提供している自治体もあるが、ヒアリングによれば全ての関係主体が利用しているとはいえないとのことである。逆に、供給主体と需要主体の既成の関係は比較的安定しており、情報提供により主体間の関係が新たに組み替えられることはあまりないようにも思われる。

本研究では、上述のような主体間のマッチングが安定的であるということをもどのように表現し、評価すればよいかについて検討する。これにより、マッチング方策の実施に資する知見を得ることを目的とする。

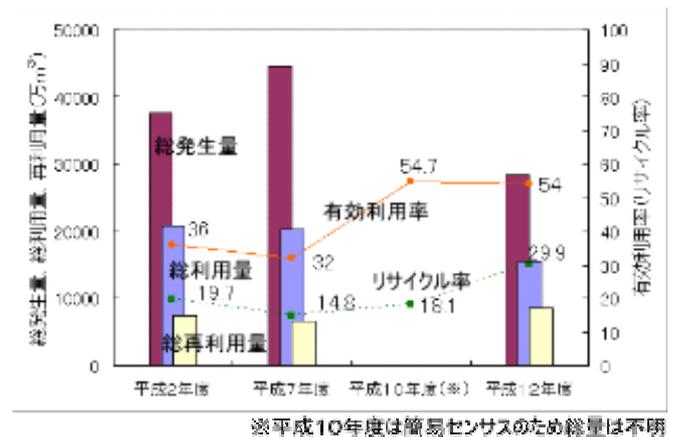


図1 建設発生土の近年の動向

2. マッチングパターンの記述と分析

(1) 発生土輸送モデル

建設発生土の再利用プロセスは基本的に図2のようである。工事現場は、再利用土の供給側にも需要側にもな

りうる。建設発生土の土質区分第4種⁴⁾や建設汚泥を再利用プロセスに乗せる場合には土質改良プラントにおいて所定の処理を行う必要がある。また、発生した時期と再利用される時期とがうまく一致しない場合はストックヤード(仮置場)に保管する。ここでは保管費が課せられる。どの需要側の工事現場にも受け入れられない土は最終処分場に運ばれる。建設発生土だけで需要を満たすことができない場合はバージン材により補われる。この場合は、バージン材の購入費を要する。

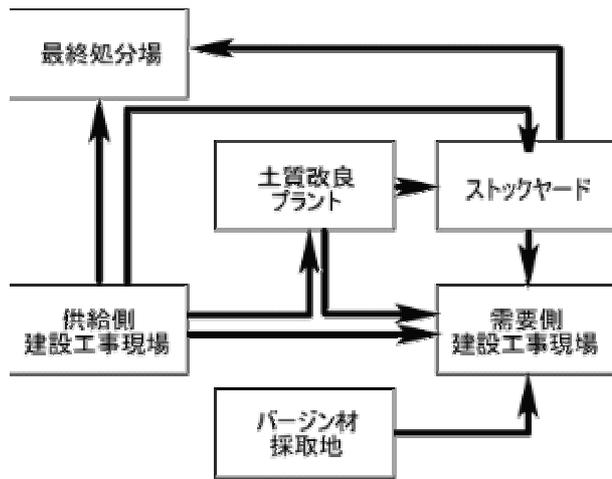


図2 建設発生土再利用プロセス

和田ら²⁾は上述のプロセスを踏まえ、建設発生土輸送モデルを定式化した。これは基本的に現場および施設の間の輸送量を配分結果として導出するものである。本研究ではさらに複数期間に及ぶ配分問題を平易に解くためにパラメトリック線形計画法を応用する。これはストックヤードや土質改良プラントといった経由施設においてt期の需要がt+1期の供給量となることに着目し、それらを少しずつ変化させて、複数期にわたって配分解を同時に得るものである。以下のように定式化される。

$$\sum_t \sum_k \sum_i \sum_j C_{kij}^t x_{kij}^t \text{ to minimize} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^J x_{kij}^t + \sum_{s=1}^S x_{kis}^t + \sum_{p=1}^P x_{kip}^t + \sum_{z=1}^Z x_{kiz}^t = a_{ki}^t \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{kij}^t + \sum_{y=1}^Y x_{kyj}^t + \sum_{s=1}^S x_{ksj}^t + \sum_{p=1}^P x_{kpi}^t = b_{kj}^t \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{kis}^t + \sum_{p=1}^P x_{kps}^t + \sum_{s=1}^S x_{kss}^t = x_{kas}^t \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^J x_{ksj}^t + \sum_{z=1}^Z x_{ksz}^t = x_{ksb}^t \quad (5)$$

$$x_{kas}^t = x_{ksb}^{t+1} = \Phi_{ks}^t \quad (6)$$

$$x_{kap}^t = x_{kpb}^{t+1} = \Phi_{kp}^t \quad (7)$$

$$x_{ksb}^0 = 0 \quad x_{kas}^2 = 0 \quad x_{kpb}^0 = 0 \quad x_{kap}^2 = 0 \quad (8)$$

$$x_{1ap}^t = x_{2ap}^t = 0 \quad x_{2pb}^t = x_{3pb}^t = 0 \quad (9)$$

$$\sum_k \sum_t \Phi_{ks}^t \leq Q_s \quad \sum_k \sum_t \Phi_{kp}^t \leq Q_p \quad (10)$$

$$x \geq 0 \quad \Phi \geq 0 \quad (11)$$

$$C_{kij}^t = \begin{cases} m_{ij}^t + C_{SY} + C_p + C_z & \text{otherwise} \\ \infty & t_i \neq t_j \end{cases} \quad (12)$$

ここに、iは供給現場、jは需要現場、sはストックヤード、yはバージン材採取地、zは最終処分場を表す。また、 x_{kij}^t は、地点iからjへの土質区分kのt期における輸送量、 m_{ij} は地点間の単位量あたり輸送費、 C_s は単位量あたりストックヤード保管費、 C_y は単位量あたりバージン材購入費、 C_z は単位量あたり処分費、 a_{ki} は土質区分kの総供給量、 b_{kj} は土質区分kの総需要量、 Q_s 、 Q_p はストックヤード、土質改良プラントの容量、 Q_s 、 Q_p はそれぞれストックヤード通過量と土質改良プラント通過量、 t_i 、 t_j はそれぞれ供給側、需要側の計画期を示すものである。

(2) クラスタ分析

全ての供給主体から全ての需要主体への輸送量の分布をマッチングパターンと呼ぶこととする。現実には業者等の繋がり、実績、距離等もマッチングパターンの形成に強く影響している。さらに前節で示したような費用最小化問題における最適マッチングパターンについても、何らかのパラメータを変えてもパターンが殆ど変わらない場合がある。最適マッチングパターンに関わる情報を提供しても主体間の既成の関係をわざわざ変更するためのコストが大きく、結果的に最適な状態に変わらない可能性がある。以下では、主体間の関係が変わらない可能性をどのように記述し、何をもって評価すればよいかを考える。紙幅の都合上、考え方については説明を省き、記述・分析の方法のみ述べる。

1) マッチングパターンは、現場やストックヤード、最終処

本稿では、ストックヤードにおける保管費 C_{SY} の変化について分析を行う。 C_{SY} を 0 から 125 ずつ変えてみたところ、全 18 ノードのマッチングパターンは 6 段階に変化した。変化がみられたのは $C_{SY} = 125, 375, 500, 750, 875$ のときであり、875 以上では変化しなくなった。 C_{SY} の変化をさらに細分化するとフェーズが増える可能性はある。上述の発生土輸送モデルに従っていることからすると、このような変化は、保管費と各ノード間の輸送費の大小関係に基づいているといえる。さらに頑健性行列を求め、表 2 に表形式にして示す。ノード 18 は最終処分場であり、発生側には現れない。この行列をもとに供給側からみた類似度に基づくクラスター分析を行う。結果として図 3 に樹形図を、表 3 に樹形図の階層を決定づけているノードの組合せとその間の距離を示す。また表 4 には 5 つのクラスターに分けた場合 (図 3 中の点線で示される) にそれぞれに属するノードを示す。例えばノード 12、16、17 は送り先が比較的似ているので一つのクラスターとみなされる。

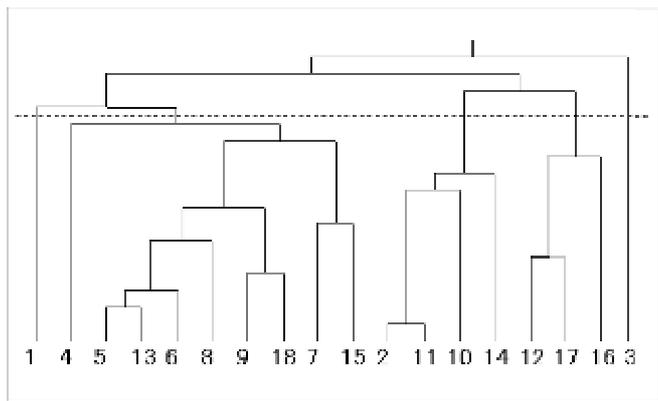


図 2 クラスター分析による樹形図

4. まとめ

本研究では、建設発生土の再利用に関わる現実的問題を背景として、情報交換あるいはそのための組織形成による実施効率化の可能性に着目した。研究は端緒にあり、様々な課題を残している。本稿では最適マッチングパターンを対象とし、動かしたパラメータは保管費のみである。また各主体別の利益得失を明確にしていないうこと、隣接行列を単純加算していること、建設現場とストックヤードを同等に扱っていること等の妥当性、需要側から、あるいは需要側と供給側を同時にみたクラスタリングについても検討の余地がある。

なお本研究は文部科学省科学研究費 (若手研究 (B)14750448) を受けた研究の一環として行った。

参考文献

- 1)国土交通省:平成12年度建設副産物実態調査, 2001.
- 2)和田かおる,山本幸司:建設残土の再利用計画に対する輸送問題の適用に関する研究, 土木計画学研究・論文集 Vol.11, pp.255-262,1997.
- 3)秀島栄三,小池則満,山本幸司:建設残土再利用における企業参入の可能性に関する一考察, 建設マネジメント研究論文集 Vol.7, pp.63-70,1999.
- 4)建設発生土利用技術マニュアル検討委員会:建設発生土利用技術マニュアル,土木研究センター,1997.

表 3 階層を決定づけるノード間距離

No.	ノード - ノード	距離
1	2 - 11	0.0000
2	5 - 13	0.6216
3	5 - 6	0.7925
4	9 - 18	0.8528
5	12 - 17	0.8591
6	5 - 8	0.8806
7	7 - 15	0.8960
8	5 - 9	0.9217
9	2 - 10	0.9416
10	2 - 14	0.9419
11	12 - 16	0.9431
12	5 - 7	1.0401
13	4 - 5	1.0554
14	1 - 4	1.1373
15	2 - 12	1.1466
16	1 - 2	1.1611
17	1 - 3	1.4552

表 4 クラスター構成表

クラスター	1	2	3	4	5
各クラスターに含まれるノード (18:最終処分場)	4 5 6 7 8 9 13 15 18	2 10 11 14	12 16 17	1	3