

Dantzig-Wolfe の分解原理を用いた時間軸階層化による 工事間土量配分モデルの計算方法*

The Period Hierarchical Calculation Method of Surplus Soil Transportation Model
by Applying Dantzig and Wolfe's Decomposition Principle

富田 安夫**、寺嶋 大輔***

By Yasuo TOMITA and Daisuke TERASHIMA

1. はじめに

都市内およびその周辺部では多数の建設工事が行われており、大量の土砂が発生しその処分地の不足や遠隔化が問題となっている。一方、土砂を必要とする工事においても、採取場の不足や遠隔化が深刻となっている。採取場・処分場の不足は工事の円滑な進捗に支障を及ぼし、また、その遠隔化は、土砂コストの増大、道路混雑の助長、輸送エネルギー消費の増大などの問題をもたらしている¹⁾。

このため工事間での土砂再利用の促進が求められており、その輸送計画を策定するため、工事間土量配分モデル^{2),3),4)}がいくつか開発されている。ところが、対象地域として都市圏や県レベルを想定した場合、対象となる工事数は膨大となり、また、対象期間数として1年間を週単位で区分した場合には約50期間程度の設定が必要となることから、計算機において確保できる変数領域の制約のために、実用的な程度の大規模問題への適用には至っていない。

本研究は、富田・寺嶋⁴⁾による工事間土量配分モデルに対して、Dantzig-Wolfe の分解原理^{5),6)}を適用し、モデルの階層化を行うことによって、計算機の記憶容量の制約を緩和し、大規模問題へのモデルの適用可能性を拓げることを目的とする。

2. 工事間土量配分モデルの概要

まず、工事間土量配分モデル⁴⁾の概要について整理しておく。

(1) モデルの考え方

建設発生土の再利用のための工事間土量配分モデルは、建設工事、土砂採取場、土砂処分場に加えて、土砂を一時的にストックし時間調整を行うためのストックヤードや、低質土を良質土に改良するための土質改良プラントを対象として、図-1に示すような土砂の流れを最適化するためのモデルである。

土砂の再利用にあたっては、土量、土質、時期の一致が必要であり、本モデルでは次のように考えている。

- ①土量については、搬出・搬入工事、ストックヤード、土質改良プラントにおいてその入出土量を一致させる。
- ②土質については、搬入工事で必要とされる土質以上であれば再利用を認め、これを満たさない場合には、処分されるか、あるいは、土質改良プラントで一定の土質以上に改良した後に再利用を行う。
- ③時期については、土砂の搬出・搬入時期が一致する場合、工事間の直接的な再利用を認めるが、一致しない場合には、ストックヤードを介して再利用を行う。

(2) モデルの定式化

図-1に示す土砂輸送に関わる総費用の最小化問題は、線形計画問題として図-2のように定式化できる。モデル式で用いた変数をまとめて表-1に示す。これらのうち、決定変数は、工事および施設間の運搬土量($X_{\alpha\beta}^{i,j,y,p,s,d}$), ストック土量($q_y^{i,k}$), 改良土量($r_p^{i,k \rightarrow k}$)である。以下では、モデルの目的関数および制約条件式について概説する。

(a) 目的関数

目的関数は、輸送費(Z_1), ストック費用(Z_2), 土質改良費用(Z_3), 土砂購入費用(Z_4)および処分費用(Z_5)の総和の最小化としており、これを定式化したものが(1)式(図-2)である。

* キーワード：施工計画・管理、計画手法論

** 正会員 工博 神戸大学工学部建設学科
(〒657 神戸市灘区六甲台町1-1 Phone & Fax 078-803-1014)

*** 正会員 工修 (財)計量計画研究所

(〒162 東京都新宿区市谷本村町2-9
Phone 03-3268-9911, Fax 03-5229-8081)

(b) 制約条件

【搬出工事に関する制約】

搬出工事(i)の搬出土量 $a_i^{t,k}$ は、搬出工事から他の工事等 ($\beta = j, y, p, d$) へ搬出される土量の合計に等しいことから(2)式 (図-2) が成立する。

【搬入工事に関する制約】

搬入工事(j)についても、搬出工事と同様の制約条件が成立する。ただし、搬入工事においては、必要土質 k (数値の小さいほど良質土) 以上のものであれば利用可能であることから、(3)式 (図-2) の左辺において土質 k' ($k' = 1, \dots, k$) について和をとっている。

【ストックヤードに関する制約】

ストックヤード(y)のt期のストック量は、(t-1)期のストック量にt期の搬出工事(i)および土質改良プラント(p)からの搬入量を加え、搬入工事(j)および土質改良プラント(p)への搬出量を減じたものであり、(4)式 (図-2) で表される。また、ストックヤードの容量制約を示したものが(5)式 (図-2) である。

【土質改良プラントに関する制約】

土質改良プラント(p)では土質改良前後においてそれぞれ条件式が成立する。土質改良前に着目すると、t期において搬出工事(i)及びストックヤード(y)からプラント(p)へ搬入された土質(k)の土量は、プラントによって土質(k')から他の土質へ改良された土量に等しいことから、(6)式が成り立つ。

土質改良後に着目すると、t期においてプラント(p)から搬入工事(j)及びストックヤード(y)へ搬出された土質(k)の土量は、プラントにより土質(k)に改良された土量に等しいことから(7)式 (図-2) が成り立つ。

プラントの1期当たりの処理量の制約を設定したものが(8)式 (図-2) である。

【採取場、処分場に関する制約】

採取場(s)および処分場(d)の総量制約を設定したものが(9),(10)式 (図-2) である。

【非負条件】

決定変数は全て非負であり(11)式 (図-2)

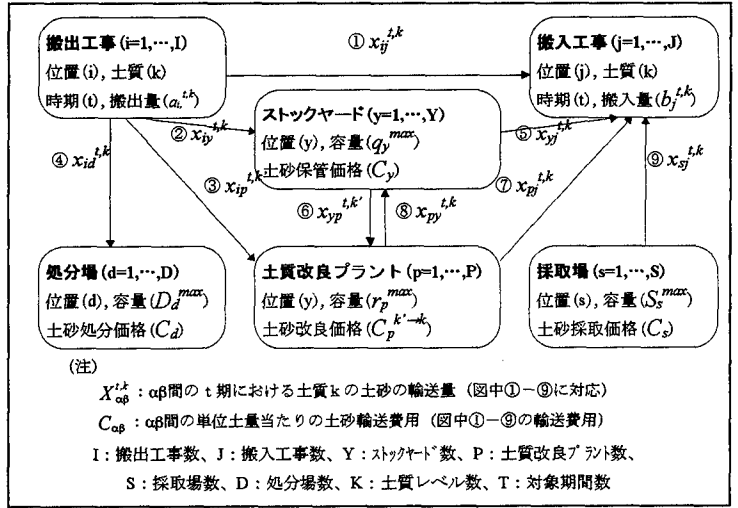


図-1 建設発生土の輸送パターンと変数設定

【目的関数】

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 \rightarrow \min \quad \dots(1)$$

$$Z_1 = \sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K c_{ij} x_{ij}^{t,k} + \sum_{i=1}^I \sum_{y=1}^Y \sum_{k=1}^K c_{iy} x_{iy}^{t,k} + \sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K c_{ip} x_{ip}^{t,k} + \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D \sum_{k=1}^K c_{id} x_{id}^{t,k} + \sum_{j=1}^J \sum_{y=1}^Y \sum_{k=1}^K c_{jy} x_{jy}^{t,k} + \sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K c_{jp} x_{jp}^{t,k} + \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K c_{js} x_{js}^{t,k} + \sum_{p=1}^P \sum_{y=1}^Y \sum_{k=1}^K c_{py} x_{py}^{t,k} + \sum_{p=1}^P \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K c_{ps} x_{ps}^{t,k} \right)$$

$$Z_2 = \sum_{t=1}^T \sum_{y=1}^Y \sum_{k=1}^K c_y q_y^{t,k}, \quad Z_3 = \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K c_p r_p^{t,k' \rightarrow k}$$

$$Z_4 = \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K c_s x_{sj}^{t,k}, \quad Z_5 = \sum_{t=1}^T \sum_{d=1}^D \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K c_d x_{id}^{t,k}$$

【制約式】

$$\sum_{j=1}^J x_{ij}^{t,k} + \sum_{y=1}^Y x_{iy}^{t,k} + \sum_{p=1}^P x_{ip}^{t,k} + \sum_{d=1}^D x_{id}^{t,k} = a_i^{t,k} \quad \dots(2)$$

$$\sum_{k'=1}^k \left(\sum_{i=1}^I x_{ij}^{t,k'} + \sum_{y=1}^Y x_{jy}^{t,k'} + \sum_{p=1}^P x_{pj}^{t,k'} + \sum_{s=1}^S x_{sj}^{t,k'} \right) = b_j^{t,k} \quad \dots(3)$$

$$q_y^{t-1,k} + \left(\sum_{i=1}^I x_{iy}^{t,k} + \sum_{p=1}^P x_{py}^{t,k} \right) - \left(\sum_{j=1}^J x_{jy}^{t,k} + \sum_{p=1}^P x_{yp}^{t,k} \right) = q_y^{t,k} \quad \dots(4)$$

$$\sum_{k=1}^K q_y^{t,k} \leq q_y^{max} \quad \dots(5), \quad \sum_{i=1}^I x_{ip}^{t,k'} + \sum_{y=1}^Y x_{yp}^{t,k'} = \sum_{k'=1}^K r_p^{t,k' \rightarrow k} \quad \dots(6)$$

$$\sum_{j=1}^J x_{pj}^{t,k} + \sum_{y=1}^Y x_{py}^{t,k} = \sum_{k'=1}^K r_p^{t,k' \rightarrow k} \quad \dots(7), \quad \sum_{k'=1}^K r_p^{t,k' \rightarrow k} \leq r_p^{max} \quad \dots(8)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_{sj}^{t,k} \leq S_s^{max} \quad \dots(9), \quad \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{id}^{t,k} \leq D_d^{max} \quad \dots(10)$$

$$x_{\alpha\beta}^{t,k}, q_y^{t,k}, r_p^{t,k' \rightarrow k} \geq 0 (\alpha, \beta = i, j, y, p, s, d) \quad \dots(11)$$

図-2 モデルの定式化

表-1 モデル変数の設定

(a)目的関数

$c_{\alpha\beta}$	工事及び施設 α, β 間の単位土量あたりの輸送費用 ($\alpha, \beta = i, j, y, p, s, d$)
$c_p^{k' \rightarrow k}$	土質改良プラント(p)において、土質 (k') から土質(k)に土質改良するための単位土量あたり費用
c_y, c_s, c_d	ストックヤード (y), 採取場(s), 処分場(d)における単位土量あたり取扱費用
$q_y^{t,k}$	時期(t)でのストックヤード(y)における土質(k)の土砂のストック量
$r_p^{t,k' \rightarrow k}$	時期(t)での土質改良プラント(p)における土質(k')から土質(k)への改良土量
$x_{\alpha\beta}^{t,k}$	時期(t)での土質(k)の土砂の工事及び施設 α, β 間における輸送土量
L, J, P, Y	搬出工事数, 搬入工事数, 土質改良プラント数, スtockヤード数
D, S, K, T	処分場数, 採取場数, 土質レベル数, 対象期間数

(b)制約条件

$a_i^{t,k}, b_j^{t,k}$	時期(t)での土質(k)の土砂の搬出工事(i)における搬出量および搬入工事(j)における搬入量
$q_y^{\max}, r_p^{\max}$	各期におけるストックヤード(y)の最大ストック容量および土質改良プラント(p)の最大処理量
$S_s^{\max}, D_d^{\max}$	各期における採取場(s)の最大供給量および処分場(d)の最大処分量

(備考) 目的関数に含まれる変数を除く

のとおりである。

3. Dantzig-Wolfe の分解原理を用いた時間軸階層化によるモデルの計算方法

本章では、2 章で示した工事間土量配分モデルに、大規模な多段階システムを階層化して解く方法として代表的な手法である Dantzig-Wolfe の分解原理を適用し、時間軸階層化によるモデルの計算方法を提案している。

まず、表記の簡便化のためモデルの行列表記を行い、次いで、モデルの階層化およびその計算方法を示す。なお、便宜上、2 期間モデル($T=2$)として説明するが、3 期間以上の場合に対しても容易に拡張することができる。また、文中の(1)式～(11)式までは図-2 に記載されている。

(1) 土量配分モデルの行列表記

前章で示した土量配分モデルの行列表記を行う。まず、目的関数 (1)式) については、費用係数ベクトル

[C] (目的関数の費用係数を要素とする行ベクトル) および第 1 期および第 2 期における決定変数ベクトル $[X^1][X^2]$ (各期における土砂運搬土量を要素とする列ベクトル) を用いれば、次式のように表せる。

$$z = [C][X^1] + [C][X^2] \rightarrow \min \quad \dots(12)$$

[C]: 目的関数の費用係数(行)ベクトル
[X¹]: 第 1 期の決定変数(列)ベクトル

次に、制約式については、(4)式を除いて、期(t)ごとに独立しているため、これらをまとめて、期ごとに行列表記したものが(13)式、(14)式である。なお、(5),(8)～(10)式については不等号制約のためスラック変数を用いて等式化する。

$$[A][X^1] = [B^1] \quad \dots(13)$$

$$[A][X^2] = [B^2] \quad \dots(14)$$

[A]: (4)式を除く制約式の係数行列

[B]: (4)式を除く制約式(期)の定数項(列)ベクトル

(4)式 (ストックヤードのバランス式) については、t 期に関連する変数のみならず、(t-1)期の変数 ($q_y^{t-1,k}$) を含んでおり、両期間に関連する制約式となっている。これを行列表示すると次式となる。

$$[Y^1][X^1] + [Y^2][X^2] = 0 \quad \dots(15)$$

[Y¹]: (4)式の $q_y^{t-1,k}$ に対応する係数行列

[Y²]: $q_y^{t-1,k}$ 以外の変数に対応する係数行列

なお、(4)式の右辺の $q_y^{t,k}$ は、左辺と同様に一つの変数であることから、左辺に移項した上で行列表記を行っている。

以上の(12)～(15)式をまとめると、2 期間の工事間土量配分モデルは、以下のように行列表記することができる。

$$\begin{aligned} z = & [C][X^1] + [C][X^2] \rightarrow \min \\ & [Y^1][X^1] + [Y^2][X^2] = [0] \\ & [A][X^1] = [B^1] \\ & [A][X^2] = [B^2] \end{aligned} \quad \dots(16)$$

(2) モデルの階層化

モデルの行列表記((16)式)は、制約式が期(t)ごとの個別制約式 ($[A][X^1] = [B^1]$, $[A][X^2] = [B^2]$) と、期間に関連づける共通制約式 ($[Y^1][X^1] + [Y^2][X^2] = [0]$) とによって構成されている。

このような問題は、Dantzig-Wolfe の分解原理によれば、(16)式を直接解くのではなく、各期ごとの問題(部

分問題) と、その結果を全体で調整する問題(統合問題)に階層化することができる。

期ごとの部分問題はそれぞれ次式で表される。

$$z_1 = [C \ X^1] \rightarrow \min \text{ s.t. } [A \ X^1] = [B^1] \quad \cdots (17)$$

$$z_2 = [C \ X^2] \rightarrow \min \text{ s.t. } [A \ X^2] = [B^2] \quad \cdots (18)$$

各部分問題に対するすべての基底可能解(端点)の集合を $[X^1]_1, [X^1]_2, \dots, [X^1]_k$ および $[X^2]_1, [X^2]_2, \dots, [X^2]_L$ とすれば、各部分問題の任意の解 $[X^1], [X^2]$ は、次式によって表せる。

$$[X^1] = \lambda_1 [X^1]_1 + \cdots + \lambda_k [X^1]_k \quad \cdots (19)$$

$$= \sum_{k=1}^K \lambda_k [X^1]_k \quad (\text{但し, } \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1; \lambda_k \geq 0)$$

$$[X^2] = \lambda_1^2 [X^2]_1 + \cdots + \lambda_L^2 [X^2]_L \quad \cdots (20)$$

$$= \sum_{l=1}^L \lambda_l^2 [X^2]_l \quad (\text{但し, } \sum_{l=1}^L \lambda_l^2 = 1; \lambda_l^2 \geq 0)$$

(19)式、(20)式を(16)式に代入したものが統合問題((21)式)であり、各部分問題の解が制約条件を満たすように調整している。

$$\begin{aligned} z = & \sum_{k=1}^K \lambda_k [C \ X^1]_k + \sum_{l=1}^L \lambda_l^2 [C \ X^2]_l \rightarrow \min \\ \text{s.t. } & \sum_{k=1}^K \lambda_k [Y^1 \ X^1]_k + \sum_{l=1}^L \lambda_l^2 [Y^2 \ X^2]_l = [0] \\ & \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1 \quad \cdots (21) \\ & \sum_{l=1}^L \lambda_l^2 = 1 \\ & \lambda_k, \lambda_l^2 \geq 0 \end{aligned}$$

以上により、(16)式は、部分問題((17)式、(18)式)と、統合問題 ((21)式) の 2 段階の階層的な問題として再定式化されたことになる。

(3) 階層化モデルの計算方法

統合問題 ((21)式) を解いた解が、(16)式の最適解を与えるためには、部分問題 ((17)式、(18)式) の基底可能解が全て求められていることが必要となる。しかしながら、そのためには多大の労力を要し、求めたとしても多数の基底可能解のもとで統合問題を解くことは、計算上効率的でない。

そこで、部分問題の基底可能解のうち、いくつかを初期基底可能解として、これを順次改訂しながら解を

改善していくことができる。これは、改訂シンプレックス法の考え方とほぼ同様である。具体的には、以下の手順に従う。

①初期基底解の設定

統合問題((21)式)が解を持つためには、(21)式の変数(λ)の数が制約条件の数を上回る必要があることから、制約式の数以上の初期基底可能解を求めておく必要がある。このような初期基底解とは、(17)式あるいは(18)式の制約条件を満たす解のことであり、(17)および(18)式そのものの解に加えて、その目的関数を変更して解いた場合の解も含まれる。従って、ストックヤード利用量の最大化等の種々の目的関数を新たに想定し、これらの解も初期基底解として加えればよい。

②統合問題の解の算定

上で求めた初期基底解をもとに統合問題を解く。また、このとき、共通制約式 ($[Y^1][X^1] + [Y^2][X^2] = [0]$) に対するシンプレックス乗数 $[\pi^0]$ (行ベクトル) および個別制約式 ($[A][X^1] = [B^1]$, $[A][X^2] = [B^2]$) に対するシンプレックス乗数 s^0, t^0 とする。

改訂シンプレックス法によれば、手順①で求めた基底可能解以外に、相対費用 ($([C] + [\pi^0][Y^1])[X^1] + s^0$, $([C] + [\pi^0][Y^2])[X^2] + t^0$) が負となるものがみつければ、さらに、解を改善することができる。

③部分問題の解の算定

上記のような相対費用が負となる基底可能解 $[X^1]_*$ が存在するならば、 $z = ([C] + [\pi^0][Y^1])[X^1]$ を最小化する問題、すなわち、部分問題(17)式の目的関数の費用係数 $[C]$ を $([C] + [\pi^0][Y^1])$ に入れ替えた問題の解として得られる。

同様に、 $[X^2]_*$ についても、部分問題(18)式の目的関数の費用係数 $[C]$ を $([C] + [\pi^0][Y^2])$ に入れ替えた問題の解として得られる。

④最適化判定

各部分問題の解として得られた $[X^1]_*$, $[X^2]_*$ に関する相対費用 $([C] + [\pi^0][Y^1])[X^1] + s^0$, $([C] + [\pi^0][Y^2])[X^2] + t^0$ がともにゼロ以上であれば、手順②において(21)式を解いて得られた解 λ が最適解であり、このときの $[X^1]$, $[X^2]$ は(19)式、(20)式を用いて求められる。

もし、負となるものがあれば、 $[X^1]_*$, $[X^2]_*$ のうち相対費用が小さいものを新たな基底として、再び手順②

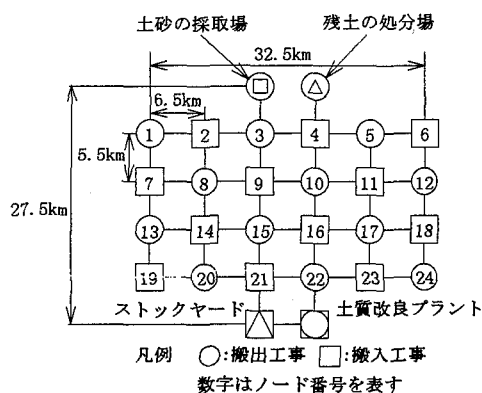


図-3 適用地域（仮想）の設定

に戻って統合問題を解けばよい。

4. 適用例

(1) 適用条件の設定

前章に述べた時間軸階層化によるモデルの計算方法の有効性を確認するために、以下に示す適用条件のもとで試算を行った。なお、前章では説明の簡

表-2 搬出・搬入工事の土量データ

(a) 搬出工事

工事番号	総搬出量 (m ³)	土質	工事開始時期 (期)	工事期間
1	500	1	2	1
3	1,000	1	3	2
5	700	2	4	2
8	1,200	1	1	3
10	1,200	2	5	2
12	300	1	1	1
13	2,000	2	1	3
15	400	1	3	1
17	700	2	5	2
20	500	1	2	2
22	1,700	2	3	2
24	2,500	1	1	2
合計	12,700			

(b) 搬入工事

工事番号	総搬入量 (m ³)	土質	工事開始時期 (期)	工事期間
2	1,000	1	4	2
4	500	1	1	1
6	1,000	1	2	2
7	800	1	2	3
9	300	1	5	1
11	600	1	3	1
14	2,000	1	4	3
16	800	1	5	2
18	1,700	1	5	2
19	200	1	4	1
21	400	1	1	2
23	2,500	1	2	3
合計	11,800			

略化のため、2 期間についての定式化を行ったが、前述のようにこれは容易に多期間に拡張が可能であり、適用例では6 期間を設定した。

(a) 適用地域（仮想）

適用例として、図-3 に示すような搬出工事（12 カ所）、搬入工事（12 カ所）、ストックヤード（1 カ所）、土質改良プラント（1 カ所）、土砂採取場（1 カ所）、処分場（1 カ所）が存在する仮想地域を設定した。

(b) 搬出・搬入工事

搬出・搬入工事の土量、土質、工事開始時期および工期は、表-2 のように設定した。

(c) 施設の利用価格・容量および土砂輸送価格

施設の利用価格・容量および輸送費用は、表-3 のように設定した。

(2) 試算結果

上述の条件のもとで、時間軸階層的化による計算方法を用いて試算を行った。最適土量配分結果は、期毎・工事間毎に求められているが、これを集計して示したものが図-4 である。

また、時間軸階層化による計算方法を用いた場合には、3 章(3)の計算手順で述べたように、逐次近似

表-3 施設の利用価格/容量と輸送費用
(ストックヤード)

費用 c_y	1,500 (円/m ³)
容量 $q_y^{\max}$	5,000 (m ³ /期)

(土質改良プラント)

費用 $c_p^{k' \rightarrow k}$	5,000 (円/m ³)
容量 $q_p^{\max}$	15,000 (m ³ /期)

(採取場)

費用 c_s	4,000 (円/m ³)
容量 $q_s^{\max}$	15,000 (m ³ /期)

(処分場)

費用 c_d	2,000 (円/m ³)
容量 $q_d^{\max}$	15,000 (m ³ /期)

(輸送)

単位費用	200 (円/m ³ ・km)
------	----------------------------

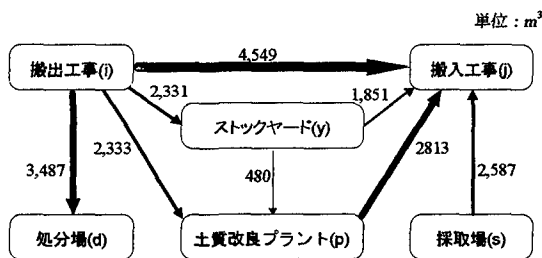
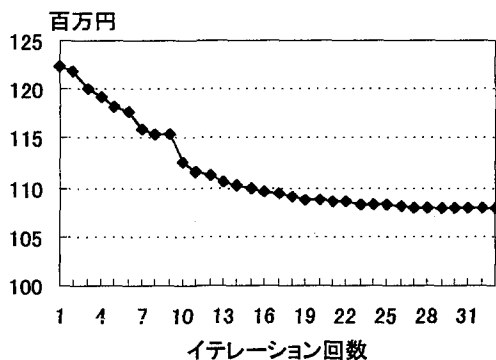


図-4 最適土量配分結果

①総費用



②総費用/最適総費用

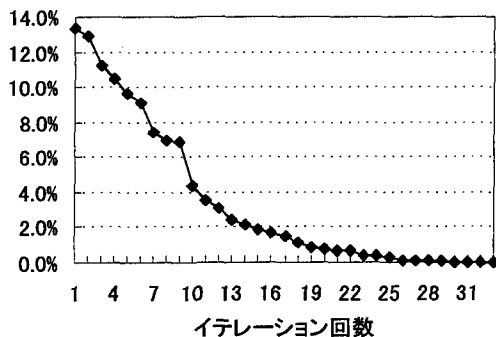


図-5 総費用（目的関数値）の収束過程

計算を行っており、総費用（目的関数値）とストックヤード使用量の収束過程を示したものが図-5である。繰返し回数と共に急速に解は改善し、33回において最適解（厳密解）に到達した。このような厳密解を必要とせず、近似解であっても許容される場合には、4.(3)④で述べた最適化基準以外に、例えば、 Z_t/Z_{t-1} (Z_t : 繰返し回数 t における総費用, Z_{t-1} : 繰返し回数 $(t-1)$ における総費用) を近似解の基準として追加するならば、例えば、 $|1 - Z_t/Z_{t-1}| < 0.0001$ の場合には 17 回で近似解に到達し、この解の厳密解に対する比率（誤差率）は 0.9% となっている。このように、

要求されている解の精度に応じて近似解の基準を適宜設定することによって計算時間の短縮化を図ることも可能である。

計算時間については、今回の適用例の場合では通常のシンプレックス法の場合と比べ大きな改善はみられなかったが、これは適用例の規模が小さすぎたためであり、文献(6)によれば、全体の制約式が 3,000 本（本モデルの場合には、計画対象期間 12 期間、工事数 250 箇所程度に相当）以上の問題においては、分解原理の優位性が明確化されることが確認されている。

また、計算機の容量については、シンプレックス法を用いた場合に比べ、変数の数を 1/6 に節約でき、さらに、計算アルゴリズム上、実際に必要となる変数領域は変数の数の 2 乗に比例していることから、最終的には 1/36 に節約できたことになる。

なお、以上のような時間軸階層化によって得られた最適解が、階層化を行わない場合の最適解に一致することについては別途検証を行った。

5. おわりに

本研究では、Dantzig-Wolfe の分解原理を用いた、工事間土量配分モデルの時間軸階層化による計算方法を提案し、適用例を通して、その有効性について明らかにした。

今後は、さらに、モデルの大規模問題の対する適用可能性を高めるために、時間軸に関する階層化に加えて、空間に着目した階層化も必要であると考えている。この場合、複数の地域間の調整する統合問題と、個々の地域内で最適化を行う部分問題とに階層化されることになる。

最後に、本論文は、建設発生土類の再利用のための研究会（主査：松尾稔教授（名古屋大学））における研究活動の一環として行ったものであり、松尾稔教授、林良嗣教授（名古屋大学）、本城勇介助教授（岐阜大学）をはじめ研究会のメンバーの方々より多くの貴重なご意見を賜っている。ここに、記して深謝する次第である。

【参考文献】

- 1) 建設省建設経済局：総合的建設残土に関する報告書、1990.6

- 2) 見波、嶋津：建設残土の有効利用のための土量配分モデル、土木学会論文集、第 395 号/IV-9、pp.65-74、1988.7
- 3) 和田、山本：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、No.11、pp.255-262、1993.12
- 4) 富田、寺嶋：工事開始時期と工期の調整を考慮した建設残土輸送計画モデル、土木計画学研究・論文集、No.13、1996
- 5) G.B.Dantzig：Linear Programming and Extensions, Princeton University Press, 1963 (小山訳：線形計画法とその周辺、ホルト・サウンダース、1983)
- 6) 今野：線形計画法、日科技連、1987

Dantzig-Wolfe の分解原理を用いた時間軸階層化による工事間土量配分モデルの計算方法

富田 安夫、寺嶋 大輔

都市内およびその周辺部では多数の建設工事が行われており、大量の土砂が発生しその処分地の不足や遠隔化が問題となっている。このため工事間での土砂再利用の促進が求められており、その輸送計画を策定するため、工事間土量配分モデルがいくつか開発されている。ところが、計算機の記憶容量の制約のため、設定できる対象工事数や期間数に限界があり、実用的な程度の大規模問題への適用には至っていない。

本研究は、工事間土量配分モデル(富田・寺嶋:1996)に、Dantzig-Wolfe の分解原理を適用し、その時間軸階層化による計算方法を提案した。また、適用例を通してその有効性を明らかにした。この計算方法を用いることによって、モデルの実際問題への適用可能性が一層高まった。

The Period Hierarchical Calculation Method of Surplus Soil Transportation Model by Applying Dantzig and Wolfe's Decomposition Principle

By Yasuo TOMITA and Daisuke TERASHIMA

In metropolises, many projects are under construction during the same and overlapping time periods. To convey soil for the projects, much heavy lorry traffic is generated, which causes more seriously urban environmental problems. Some models are developed to coordinate the projects in order to lessen the traffic. However these models can not be applied in practical cases involving many projects because of the limitation of computer memory storage.

In this paper to relax the restriction, a periodical hierarchical calculation method of a surplus soil transport model which was presented by Tomita and Terashima(1996), is developed by applying Dantzig and Wolfe's decomposition principle, and the availability of the calculation method is proved in case study.
