

立命館大学工学部 正会員 春名 攻
立命館大学大学院理工学研究科 学生員 滑川 達
立命館大学大学院理工学研究科 学生員 川上 俊幸
立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○大村 健太

1. はじめに

我が国の経済状況はバブル経済崩壊の影響を受けて、地域経済・財政における諸問題が顕在化しており、投資拡大政策のもと進められてきた公共事業や開発整備事業の在り方に対しても厳しい見直しが要請されてきた。このような状況のもとで地方都市の発展や活性化をめざす場合、従来の計画手法では対処できない状況となってきた。そこで、新たなアイデアの積極的な導入も検討しながら、効果的で実効性のある都市・地域開発を計画していくための方法論の開発が、従来にも増して重要となってくるものとする。

以上のような認識のもと、本研究において、これまで地方都市における総合的都市開発・基盤整備対象として、複数プロジェクト間の連携により総合効果の向上を目指すマルチプロジェクトマネジメント概念導入に関する研究を行ってきた。そこでは、プロジェクト群の実施順序如何によって変化する動的な都市の状態をシミュレートしながら、合理的でかつ効果的な事業実施スケジュールを求めることができるマルチプロジェクトプランニング・スケジューリングモデル¹⁾を開発した。また、このようなマルチプロジェクト化の問題の中でも、建設段階の問題に着目したシミュレーション分析的な研究²⁾も行っている。そこでは、プロジェクト間の共同・協調のもとで、「建設土」を一体的に取り扱った場合の費用低減効果の大きさを実証的に確認してきた。

このため、本研究においては、ここでの研究目標を上記研究成果をふまえて以下のように設定することとした。すなわち、前述のマルチプロジェクトプランニング・スケジューリングモデルが対象としているような事業化レベルでの検討問題において、建設プロジェクト段階での問題解決への先取りの検

討を合理的に行うことのできる効果的なシミュレーションツールとしてマルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデルの開発をめざすこととした。

2. 総合的システムアプローチの構想

本研究におけるアプローチの基本姿勢は、都市・地域計画における明確な計画化・事業計画・実施過程の認識と、下流部の実現化過程における課題の先取りの検討およびその情報の上流部での計画的検討への利用方法とそのシステムの構築にある。このため、本研究では、特に都市施設・基盤整備計画の問題を取り上げるとともに、都市・地域計画の計画的検討プロセスの流れに従いながら、都市施設・基盤整備計画の実現化のために構想された複数プロジェクト全体及びその構成要素となる各種個別プロジェクトそれぞれの事業化、建設段階での計画課題やプロジェクト間の関係に関する先取りの分析・検討機能を中核に据えた図-1のような総合的なシステムアプローチの方法論を構想した。

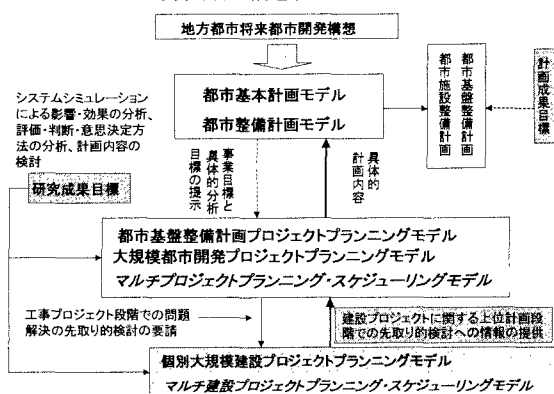


図-1 総合都市整備へのシステムアプローチ

3. マルチ建設プロジェクトプランニング・ケジューリングモデル開発における基本的考え方

本研究で開発をめざすマルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデルは、前述の図-1に示したシステムアプローチの考え方にもとづき、事業化レベルにおいて建設段階での問題解決への先取的な検討を合理的に行うことのできるシミュレーションツールとして開発を行うこととする。

そこで、本研究では先述の事業化レベルのマルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデルと計画情報（スケジュール枠、工事費用低減案）をサイクリックにやりとりを行うハイブリッド型モデルの構築をめざし、建設段階の検討を行うサブモデルとしてマルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデルの開発を行うこととした（図-2参照）。

マルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデル開発にあたっては、マルチ建設プロジェクト計画システムによるシミュレーション分析の結果、大きなコストダウン効果を検証することができた建設土のプロジェクト間運用の考え方を導入していくこととした²⁾。

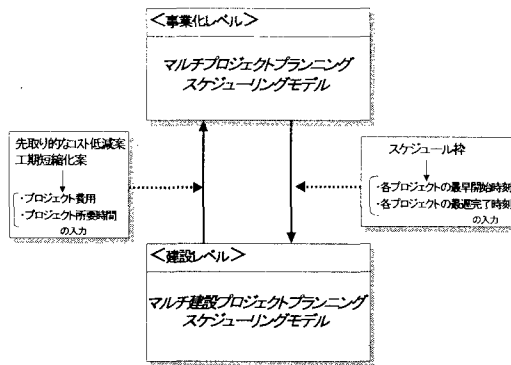


図-2 ハイブリッド型モデルの構成

4. マルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデルの開発研究

(1) 問題の定式化に関する検討

本研究では、複数プロジェクト間での建設土の運用による工事費用低減化を個別建設プロジェクト工期および全体工期の短縮を通して、このトータルコストを最小化するような建設土運搬スケジュールを求める数理計画モデルとして

図-3に示す前提条件のもと定式化を行うこととする。

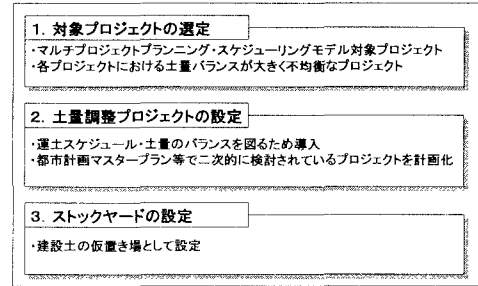


図-3 定式化の前提条件

なお、各プロジェクトで使用する投入機械は変更がないものとし、ここでの単位時間は、造成工事にかかわる現実の施工管理行為が実行可能な期間とし、1週間程度と仮定している。

以下のように、プロジェクトネットワーク土量配分問題として定式化を行った。

Minimize

$$\begin{aligned} Z(KV_t^j, MV_t^j, \lambda_j, \lambda) \\ = C^P(KV_t^j, MV_t^j, \lambda_j) \\ + C^T(KV_t^j, MV_t^j) \\ + C^S(KV_t^j, MV_t^j, \lambda) \end{aligned} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^{\lambda} KV_i^j = KV^j \quad \text{for all } j \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{\lambda} MV_i^j = MV^j \quad \text{for all } j \quad (3)$$

if $KV_{t_1}^j \neq 0 \cap KV_{t_1+1}^j = 0$ then

$$\sum_{i=1}^{t_1} KV_i^j = KV^j \cap t_1 \leq t_{end}^j \cap t_1 - \lambda_j \geq t_{start}^j \quad \text{for all } j \quad (4)$$

if $MV_{t_2}^j \neq 0 \cap MV_{t_2+1}^j = 0$ then

$$\sum_{i=1}^{t_2} MV_i^j = MV^j \cap t_2 \leq t_{end}^j \cap t_2 - \lambda_j \geq t_{start}^j \quad \text{for all } j \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{\lambda} \sum_{j=1}^N KV_i^j = \sum_{i=1}^{\lambda} \sum_{j=1}^N MV_i^j \quad (6)$$

$$0 \leq SV_t \leq SV \quad \text{for all } t \quad (7)$$

$$SV_t = (SV_{t-1} + \sum_{j=1}^{\lambda} KV_t^j) - \sum_{j=1}^N MV_t^j \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^N M_t^{jb} (KV_t^j, MV_t^j) \leq M^{jb} \quad \text{for all } t, b \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^N D_{t,r}^j (KV_t^j, MV_t^j) \leq D_r \quad \text{for all } t, r \quad (10)$$

$$\lambda_j \leq P\lambda_j \quad \text{for all } j \quad (11)$$

$$\lambda \leq P\lambda \quad (12)$$

ここで、 $Z(\cdot)$ ：工事費用、 $C_j^p(\lambda_j)$ ：プロジェクト全体にかかる工事費用、 $C^T(\cdot)$ ：建設土の運搬にかかわる費用、ストックヤードにかかわる費用、 λ_j ：プロジェクト j の工期、 λ ：プロジェクト全体の工期、 KV_t^j ：プロジェクト j の時間 t における建設残土排出量、 MV_t^j ：プロジェクト j の時間 t における調達土処理量、 t_{start}^j ：プロジェクト j の開始時刻、 t_{end}^j ：プロジェクト j の終了時刻、 SV_t ：時間におけるストックヤード土量、 $M_t^{jb}(\cdot)$ ：時間 t におけるプロジェクト j の投入機械 b の台数、 M^b ：対象地域において同時間に調達できる投入機械 b の制約台数、 M^{jb} ：プロジェクト j における投入機械 b の制約台数、 $D_{t,r}^j$ ：時間 t におけるプロジェクト j のルート r を通る大型車両台数、 D_r ：ルート r の大型車可能通過量、 $P\lambda_j$ ：個別建設プロジェクト j における制約工期、 $P\lambda$ ：マルチプロジェクト計画全体の制約実施期間を表す。また、 $C^T(\cdot)$ 、 M_t^{jb} 、 $D_{t,r}^j$ は別途シミュレーションシステムによって求められることとする。

(2) 解法に関する検討

前述のように定式化されたマルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデルは、参考文献 3) に示す春名らが行ったネットワークのトポロジカルな特性に着目した構造分析をベースとする上記定式化のカットネットワーク上での求解可能な最適資源配分問題への変換方法を用いて、DP手法を適用した最適解法により最適解を求めることができる。図-4に本モデルの解法の流れを概略的に示した。なお、時間断面ごとのプロジェクト間土量配分計画にあたっては、合計処理土量の最大化を行う

線形計画問題を解くこととしている。

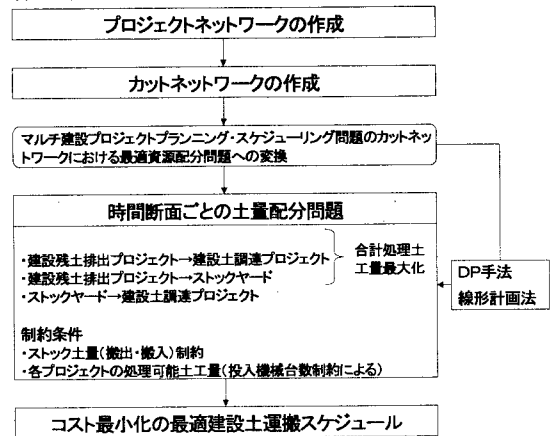


図-4 概略解法

5. 滋賀県米原町を対象とした実証的検討

本研究で、開発したモデルを滋賀県米原町の都市マスタープランレベルで検討されている土地開発プロジェクトの内、土量バランスが大幅に不均衡な15プロジェクトを対象に実証的検討を行った。

まず、表-1、図-5のよう与えられるプロジェクトネットワークをもとに、同時実施可能なプロジェクトをカットとして抽出し、もとの順序関係と等価なネットワークに変換したものが、図-6に示すカットネットワークである。

表-1 対象プロジェクト

プロジェクト番号	プロジェクト名	ルート
1	番場地区インダストリアルパーク整備プロジェクト	0 9
2	パワーセンター整備プロジェクト	7 10
3	バイパストンネル整備プロジェクト	1 3
4	米原北部地区宅地開発プロジェクト	8 9
5	入江地区宅地開発プロジェクト	2 4
6	米原西部地区宅地開発プロジェクト	7 9
7	国道8号バイパス沿線開発プロジェクト	5 7
8	磯地区インダストリアルパーク整備プロジェクト	0 2
9	ウェルネス&ウェルフェア整備プロジェクト	3 4
10	シンボルテーマパーク整備プロジェクト	9 10
11	米原湖畔線沿線開発プロジェクト	3 5
12	アートの森整備プロジェクト	4 6
13	国道8号線・21号線バイパス整備プロジェクト	0 1
14	フィッシャリーナ整備プロジェクト	6 8
15	ヤングギャザーフォレスト整備プロジェクト	10 11

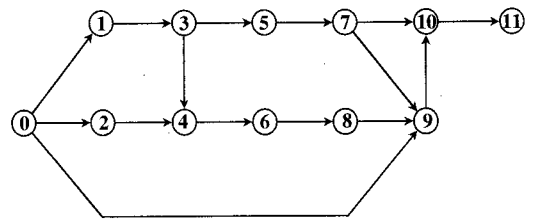


図-5 プロジェクトネットワーク

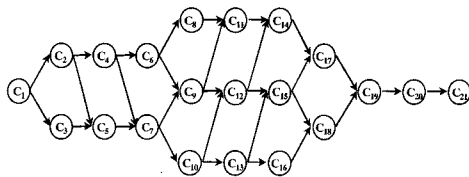


図-6 カットネットワーク

この他、スケジュール枠、処理土量等のインプット情報をもとに算定された最適建設土運搬スケジュールを図-7に、このときの投入台数の変化、残処理土量の変化を図-8、図-9に示す。また、15プロジェクトを個別に標準スケジュールで実施した場合のトータルコストと、マルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデルにより算定されたトータルコストを図-10に示したが、その結果からもマルチ建設プロジェクト概念導入の効果を確認することができる。

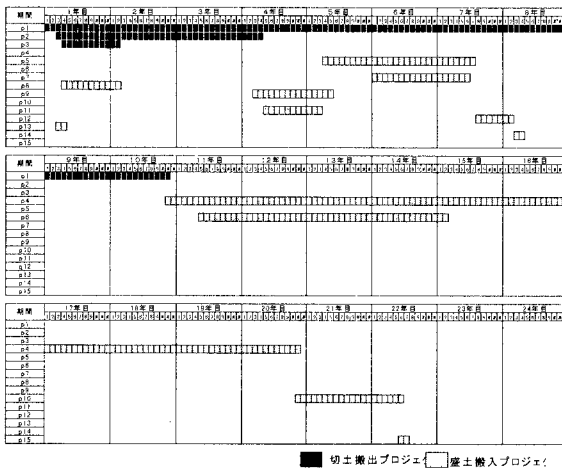


図-7 最適建設土運搬スケジュール

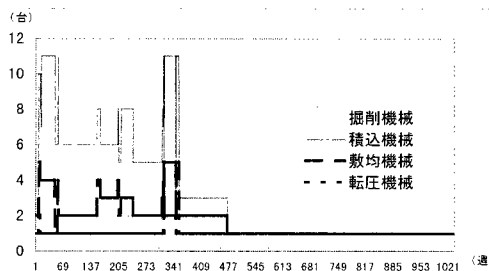


図-8 各投入機械台数の変化

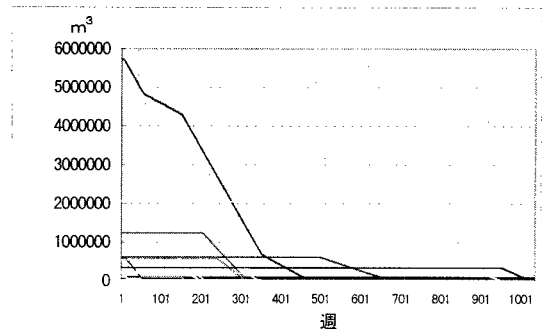


図-9 プロジェクトごとの残処理土量の変化

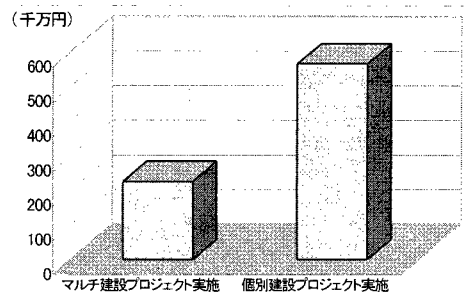


図-10 トータルコスト

6. おわりに

本研究では、ハイブリッド型モデルの開発構想にもとづき、マルチ建設プロジェクトプランニング・スケジューリングモデルを建設士の複数プロジェクト間運用に着目した数理計画モデルとして開発し、滋賀県米原町を対象に実証的検討を通してその有効性を示した。今後の課題としては、構想化したハイブリッド型モデルの構築をめざしていくこととする。

【参考文献】

- 1) 春名攻, 竹林幹雄, 滑川達他; 総合的都市整備計画に関する効果的検討ツール開発をめざしたマルチプロジェクトスケジューリングモデル開発に関する研究, 土木学会関西支部年次学術講演会概要集, 1998.
- 2) 春名攻, 玉井大吾, 川上俊幸; マルチプロジェクトの観点からみた広域における土地開発・土地造成工事に関する研究—土の工事間運用を中心として—, 建設マネジメント研究論文集 1997.
- 3) 春名攻, 滑川達, 櫻井義夫; 工事用資源の最適投入量決定問題に関する理論的研究, 建設マネジメント研究論文集 Vol.5, 1997.