

I-3 建設コスト削減をめざした建設土工事間運用計画のための計画支援情報化
—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る分析—

Study on Planning Information for Large-scale Earth Moving Project
Aiming at Developing Effective Cost Reduction Method
—Model Analysis Utilizing the Method for Multi-Construction-Project Planning and Scheduling —

春名 攻* ○滑川 達** 川上 俊幸*** 大村 健太****
Mamoru HARUNA, Susumu NAMERIKAWA, Toshiyuki KAWAKAMI, Kenta OHMURA

【抄録】近年の社会・経済の変化に伴い建設事業に対する国民の要求として低廉で高品質なものが求められている。しかし、現行の個別的な建設工事実施という枠組みでは建設コストの縮減化にも限界があると考えられる。本研究では複数プロジェクト間での共同化・協調化をコンセプトとしたマルチプロジェクトマネジメントの概念を導入し、建設コスト削減という問題に対してアプローチを試みた。そこでは共同化・協調化を行う対象として様々なものが考えられるが、本研究では地方部の大規模都市・地域開発事業を事例として取り上げることから建設工事費に大きな影響を及ぼす「建設土」に着目し、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る分析を試みた。

【Abstract】 In this study effective simulation tool for multi-construction-project planning is developed from the planning and managerial viewpoint as follows: At the first stage simulation system for multi-construction-project planning had been developed in this study last year is reviewed to clarify objective for new model building. At the second stage multi-construction-project planning and scheduling model with minimum transportation cost of soil is formulated from the viewpoint of cooperation based on the relation between supply and demand considering balance of soil among multiple project. At the final stage hybrid model concept is studied through combining multi-project planning and scheduling model which had been already developed and multi-construction project planning and scheduling model formulated in the second stage.

【キーワード】 マルチプロジェクトマネジメント

調査計画支援システム

【Keywords】 Multi-project Management

Investigation Planning Support System

1. はじめに

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。そして、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に関する研究を行ってきた。ここでは、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に関しての検討を行い、「建設土」の共同・協調化がプロジェクト全体に対して大きな費用低減効果をもたらし、より効率的な事業計画の立案にもつながることが確認された。

しかし、このようなシミュレーション分析では、各プロジェクトの実施スケジュールを経験的に操作し検討を加えている。そこで、本稿ではコストが最小化となるような最適建設土運搬スケジュールを求

*立命館大学理工学部環境システム工学科 077-561-2736 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

**立命館大学大学院理工学部総合理工学研究機構 (連絡先*と同じ)

***西日本旅客鉄道株式会社 金沢支社 0255-52-0930 (〒941-0061 新潟県糸魚川市 1 丁目 7-1)

****立命館大学大学院理工学研究科環境社会工学専攻 (連絡先*と同じ)

める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開発するとともに、本モデルを滋賀県米原町に適用し、この実証的な検討にもとづく計画支援情報の作成を行った。

2. 本研究の経緯

本研究では、これまでにマルチプロジェクトプランニングの観点のもと、建設プロジェクトの成否の鍵を握る建設事業費の低減の問題に着目し、この事業費の大半を占める造成工事費削減の方策に焦点を当てて研究を行っている。ここでは、昨年、その第一ステップとして行った、「建設土の共有・協調化を考慮したマルチプロジェクト計画シミュレーションシステム」による検討内容を概略的に示す(参考文献4)、5)参照)。

(1) 「建設土」の共同化・協調化の基本的概念

建設プロジェクトの工事施工段階における共同化・協調化の対象は、「人」、「施工機械」、「建設土」、「建設情報」など様々な検討項目が考えられる。

本研究では、地方部における大規模都市・地域開発を事例として取り上げることとし、特に問題の大きい「建設土」の処理問題に焦点を当てることとした。近年、盛土調達・残土処分に要する費用が高騰しており総工事費用の中で大きな部分を占めるようになってきている。そこで、これまで各プロジェクトごとに実施されてきた土量バランス調整を、プロジェクト全体で行うシステムの開発研究を行った。そして、「建設土」の共同化・協調化が、どの程度工事費の削減に寄与するかに関して検討を行った。

(2) 滋賀県米原町を対象とした実証計算例

滋賀県米原町の都市計画マスタープランで構想されている23の土地開発事業のうち、プロジェクト内で土量バランスのとれていない15の土地開発事業を対象として実験を試みた。なお、本シミュレーション実験における前提を示せば以下のようなものである。

- ①各開発プロジェクトの事業主体によるマルチプロジェクト計画に対する協力体制はとれているものとする。
- ②プロジェクト間を運搬する土量が多いときは、可能な限り専用運搬ルートを設定することとする。設定が困難な場合は、通過する地域内の道路への影響を十分考慮することとする。

- ③マルチプロジェクト計画が対象とする地域内の切土量と盛土量のバランスを調整する「土量調整プロジェクト」を検討することができ、新規の土地開発として都市マスタープランに計画を構想できるものとする。
- ④土の仮置き場を設置した方が土の受け渡しやスケジュール調整が実施しやすいという点を考慮して、可能な限りストックヤードを設置する。

図-1には経験的に作成した各プロジェクトの実施スケジュール例の一部を示した。なお、図-1における2つのプロジェクト間を繋ぐ矢印は、それらプロジェクト間で運用する土量を表している。

そして、図-2のような代替案の設定内容による実験により検討を加えた結果、土量調整プロジェクト・ストックヤード設定の有用性ならびに建設土の複数プロジェクト間運用による造成工事費用の低減化を図-3のように確認している。

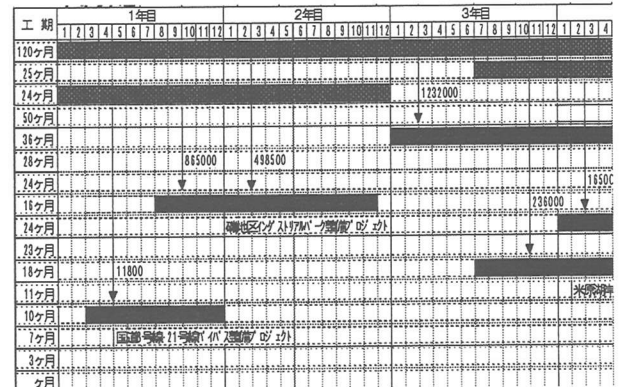


図-1 実施スケジュールの例 (一部)

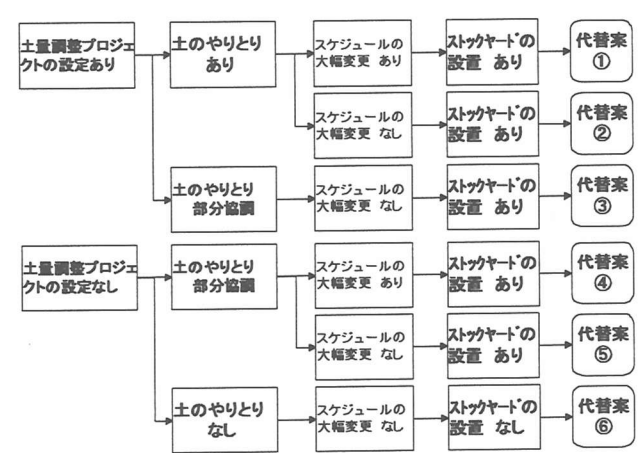


図-2 シミュレーション実験における代替案設定内容

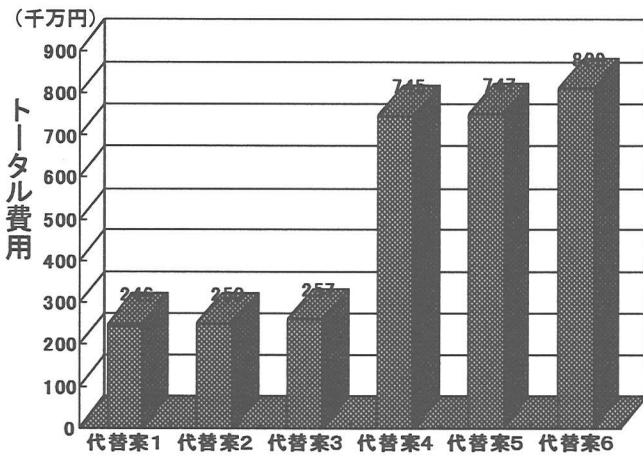


図-3 代替案ごとのトータル費用

3. 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

以上のような、マルチ建設プロジェクト計画のシミュレーション実験により「建設土」の共同化・協調化がプロジェクト全体に対して大きな費用低減効果をもたらし、より効率的な事業計画の立案にもつながることが確認できた。しかし、このシミュレーション実験では、各プロジェクトの実施スケジュールを経験的に操作してきたため、土運搬スケジュールの評価を客観的かつ科学的に行うことが困難であった。このため、このようなスケジュールを理論的かつ合理的な形で検討することが、課題として残されていた。そこで、本研究では、以上のような課題の達成を目指して、与えられた各プロジェクトのスケジュール枠をもとに、コストを最小とするような最適建設土運搬スケジュールを求める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った。

(1) 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前提条件に関する検討

ここでは、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定式化に先立ち、モデル開発上の前提条件を明確にしておくこととする。

a) 対象プロジェクト選定に対する考え方

マルチ建設プロジェクトプランニング&スケジューリング問題の中で対象となるプロジェクトは以下のような方針にもとづいて選定されているものとする。

すなわち、まず都市・地域計画の実現化のため

に、上位計画としての都市計画マスタープランで想定されているプロジェクト群のうち、各プロジェクト独自の土量バランス調整計画の結果、大きなアンバランスが生じ、盛土調達・残土処分に要する費用が大きくなることが予想されるプロジェクトを抽出する。

b) 土量調整プロジェクト設定に対する考え方

マルチ建設プロジェクト化を行った際にもなお、運土スケジュール・土量等で土量バランスのとれていない場合が想定される。このため、ここでは土量調整プロジェクトの設定が既に検討されていることとする。すなわち、都市計画マスタープラン等の策定段階で、二次的に検討されているプロジェクトの導入により土量バランスがはかれる際には、これを土量調整機能を果たすプロジェクトとして計画化し、問題に追加設定されていることとしている。

c) スtockヤードの設定

建設土の運搬を行うプロジェクト間のスケジュールの不一致、単位時間当りの搬出・搬入土量の相違等により、対象地域内の土量バランスが確保されても、プロジェクト間で直接運搬を行うことが困難な場合が想定される。このような場合には、建設土の仮置き場としてのStockヤードを設定する。なお、後述する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おいては、設定したStockヤードの位置やStock土量制約、単位時間当りの管理費用が既に与えられているものとする。

(2) 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定式化

本モデルでは、各プロジェクトに投入する機械の種類・台数を設定し、その変更を考えないという前提のもと、検討を進めている。これにより、時間短縮が費用低減化の方向に向かうと考えている。そして、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定式化していくこととした。

(3) 問題の定式化に関する検討

ここでは、これまで本論文において考察を加えて

き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の定式化を行うこととする。

まず、前述した各プロジェクトで使用する投入機械を変更しないという仮定のもとでマルチ建設プロジェクトに伴うトータルコストの最小化をここでの目的とする。また、各プロジェクトで同時間に使用できる各種建設機械台数には施工空間などの関係による施工効率上の制限が存在する。また、マルチ建設プロジェクト化による工事間の建設土運搬に際しては、多くのダンプトラックが必要となることが考えられる。このため、このダンプトラックが対象地域内の交通状況に悪影響を与えないよう路線ごとにダンプトラックの混入量に制約を与える。なお、個別プロジェクトの造成工事の途中停止は考慮しないこととした。

以上の内容をプロジェクトネットワーク土量配分問題として定式化すれば、以下のように表すことができる。

Minimize

$$\begin{aligned} Z(KV_t^j, MV_t^j, \lambda_j, \lambda) \\ = C^P(KV_t^j, MV_t^j, \lambda_j) \\ + C^T(KV_t^j, MV_t^j) \\ + C^S(KV_t^j, MV_t^j, \lambda) \end{aligned} \quad (3.1)$$

subject to

$$\sum_{t=1}^{\lambda} KV_t^j = KV^j \quad \text{for all } j \quad (3.2)$$

$$\sum_{t=1}^{\lambda} MV_t^j = MV^j \quad \text{for all } j \quad (3.3)$$

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

$$\sum_{t=1}^{\lambda} KV_t^j = KV^j \cap t_1 \leq t_{end}^j \cap t_1 - \lambda_j \geq t_{start}^j$$

$$\text{for all } j \quad (3.4)$$

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

$$\sum_{t=1}^{\lambda} MV_t^j = MV^j \cap t_2 \leq t_{end}^j \cap t_2 - \lambda_j \geq t_{start}^j$$

$$\text{for all } j \quad (3.5)$$

$$\sum_{t=1}^{\lambda} \sum_{j=1}^N KV_t^j = \sum_{t=1}^{\lambda} \sum_{j=1}^N MV_t^j \quad (3.6)$$

$$0 \leq SV_t \leq SV \quad \text{for all } t \quad (3.7)$$

$$SV_t = (SV_{t-1} + \sum_{j=1}^{\lambda} KV_t^j) - \sum_{j=1}^N MV_t^j \quad (3.8)$$

$$\sum_{j=1}^N M_t^{j,b}(KV_t^j, MV_t^j) \leq M^{j,b} \quad \text{for all } t, b \quad (3.9)$$

$$\sum_{j=1}^N D_{t,r}^j(KV_t^j, MV_t^j) \leq D_r \quad \text{for all } t, r \quad (3.10)$$

$$\lambda_j \leq P\lambda_j \quad \text{for all } j \quad (3.11)$$

$$\lambda \leq P\lambda \quad (3.12)$$

ここで、 $Z(\)$: 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(\)$: 建設士の運搬にかかわる費用、 $C^S(\)$: スtock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_{\max}^j : プロジェクト j の単位時間当りの最大建設残土排出量、 MV_{\max}^j : プロジェクト j の単位時間当りの最大調達土処理量、 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 t におけるStockヤード土量、 $M_t^{j,b}(\)$: 時間 t におけるプロジェクト j の投入機械 b の台数、 $M^{j,b}$: 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、 $M^{j,b}$: 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(\)$ 、 $M_t^{j,b}$ 、 $D_{t,r}^j$ は後述するシミュレーションシステムによって求められることとなる。式(3.1)は、マルチ建設プロジェクトに伴うトータルコストの最小化を表す目的関数である。式(3.2)(3.3)は、すべての建設残土排出と調達土処理を完了しなければならないことを表す。式(3.4)(3.5)は、各プロジェクトの途中停止の禁止を表す制約条件である。式(3.6)は、地域内土量バランスを表す制約条件である。式(3.7)(3.8)は、Stockヤードに関する制約条件である。式(3.9)(3.8)は、各時間における各プロジェクトの使用機械の台数制約である。式(3.11) (3.12) は、各

プロジェクトならびにマルチ建設プロジェクト全体の工期制約である。

なお、こ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、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。

このような最適解法については基本的に同様の理論展開が参考文献3), 6)に詳しいので、参照していただきたい。

(4) 各種投入機械台数および建設土運搬費用算定シミュレーションシステムに関する検討

上記定式化の解探索の過程で候補となる計画変数値、すなわち各プロジェクトの時間 t における建設残土排出量 KV_t^j 、必要調達土量 MV_t^j をインプットデータとして各種投入機械台数 $M_t^{jb}(\)$ および建設土運搬費用 $C^T(\)$ を本モデルに内蔵する費用算定シミュレーションシステムにより算定している。算定式に関しては、紙面の都合上割愛する(参考文献7)参照)。

なお、本研究で開発し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では、前述したように造成工事のみを取り扱っているため、ここでの投入機械としては、掘削用ブルドーザ、積込用バックホウ、運搬用ダンプトラック、敷均用ブルドーザ、締固用タイヤローラを考慮することとした。

4. 滋賀県米原町を対象とした実証的検討

本研究では、開発したモデルを滋賀県米原町に適用した実証研究を行った。

(1) 米原町都市マスタープランの概要

実証研究の対象として取り上げている米原町が位置する滋賀県琵琶湖東北部地域では、平成7年度に地方拠点法に基づく拠点都市地域の指定が行われ、平成8年度に基本計画が了承された。この基本計画では、複数の拠点施設の整備プロジェクトを中心に地域の都市施設・基盤施設整備事業の実施などが取り上げられている。また、この地域の先行的整備地

域として位置づけられている米原町では、都市の将来像の具体化として、60のプロジェクトが都市マスタープランで構想されている。これらプロジェクトの中には、既存の田園地帯に計画され非常に多くの盛土を必要とするプロジェクト(入江地区宅地開発プロジェクト)や、山間部に計画され、多くの切土が発生するプロジェクトが想定されている。そこで、本研究では、そのうち大規模土地開発を伴う、15プロジェクトを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検討対象プロジェクトとしている。

(2) マルチプロジェクト計画・実施主体に関する考察

望ましい地域発展のためには、都市マスタープランで構想されている多くの開発・整備事業を官・民・地元住民の協力の下で円滑に推進させることが重要であり、指定地域の望ましい発展にとっても不可欠である。複雑な開発環境や開発事業関係者の要望に十分考慮して、当地域においてこれらの開発・整備プロジェクトを計画し、それらのプロジェクト群の効果的な実施マネジメントが必要である。このためには、自治体と企業、さらには住民を含む地元が協調体制を形成するとともに、経済的に見ても効率が良く地域の魅力化や活性化を図っていくために効果的な開発プロジェクトの計画やマネジメントが行えるような機能組織の設立が求められている。本研究で取り上げた滋賀県米原町においては、このような機能組織の実態化として「(財)地域マネジメントセンター(RMC)」設立のための検討が進められている(参考文献7)参照)。本研究で取り上げた実証実験においては、この「(財)地域マネジメントセンター」の設立を前提として、プロジェクト間での協調・協力体制が既に確保されている状況を想定し、検討を行っている。

(3) モデルのインプット情報に関する検討

本研究で用いるインプットデータを以下に示す手順で求めることとした。

- a) 米原町都市マスタープランより個別プロジェクトの洗い出し
- b) 個別プロジェクトの内、大規模造成を伴い、

プロジェクト内土量バランスの計れないプロジェクトの選定

- c) 施設計画・土地利用計画の構想
- d) 概略の地形設計・土工量の概算を、本研究グループで開発した地形設計CADシステムにより計画地形設計を行う(表-1)。

表-1 土工量等の概算計算例

アートの森		
切土量(m ³)	盛土量(m ³)	切-盛土量(m ³)
67.000	268.000	-201.000
切土面積(m ²)	盛土面積(m ²)	総開発面積(m ²)
53.100	196.600	249.700
平面面積(m ²)	法面面積(m ²)	計画高(m)
248.900	900	84.5

- e) 概略施工計画を作成する(図-4)。前提として、工法・工期・使用施工機械・施工単価等

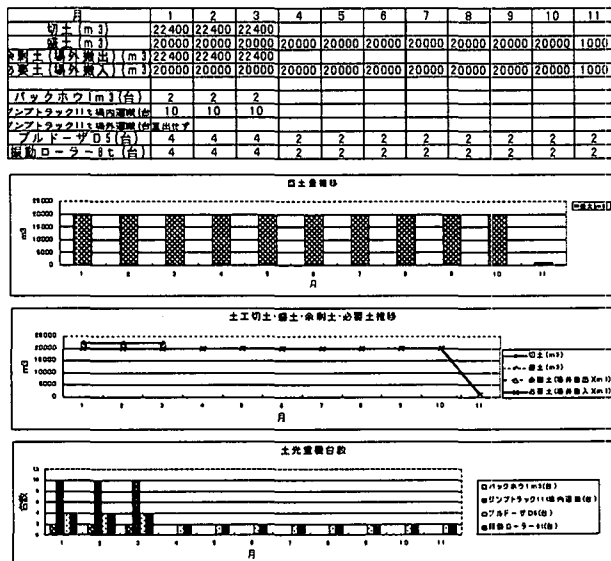


図-4 概略施工計画の作成例

はあくまでも標準的な工事にもとづく工事内容に沿って設定することとする。なお、計画内容(概略施工スケジュール)については、大手ゼネコン各社の技術者の方々に作成を依頼し、その結果を採用している。

- f) d)、e) をもとに、各プロジェクトごとの排出土量および搬入土量を求める。また、その際の制約条件となる機械の投入台数制約も合わせて示すこととする(表-2)。

さらに、春名・竹林らによって提案されてい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によるモデル分析(参考文献1, 2)参照)

表-2 各プロジェクトの運搬土量と投入台数制約

プロジェクト名	処理土量	掘削	積み込み	散布均し	転圧	
p1	豊埜地区インダストリアルパーク	5741500	6	10	5	3
p2	パワーセンター	614000	4	6	4	2
p3	国道8号バイパス沿線	98300	2	2	1	1
p4	米原北部地区宅地開発	-2055000	0	8	4	2
p5	入江地区宅地開発	-1232000	0	6	3	2
p6	米原西部地区宅地開発	-616000	0	6	2	2
p7	国道8号バイパス沿線	-589000	0	5	2	2
p8	磯地区インダストリアルパーク	-585000	0	7	4	2
p9	フェリス&フェリス整備プロジェクト	-543000	0	5	3	2
p10	磯地区シンボルテーマパーク	-343000	0	3	2	1
p11	米原湖岸線沿線開発	-236000	0	3	2	1
p12	米原アートの森	-201000	0	4	2	2
p13	国道21号バイパス	-11800	0	1	1	1
p14	フィッシャリーナ整備	-25000	0	2	1	1
p15	ヤングギャザーフォレスト	-17000	0	2	2	1

にもとづき、図-5にはその一部のみを示したが、全開発プロジェクト(60プロジェクト)のスケジュールを求めるとともに、この計算結果をベースとして、今回の検討対象である15のプロジェクトそれぞれの最早開始時刻およびプロジェクトネットワークを、表-3、図-6のように設定した。

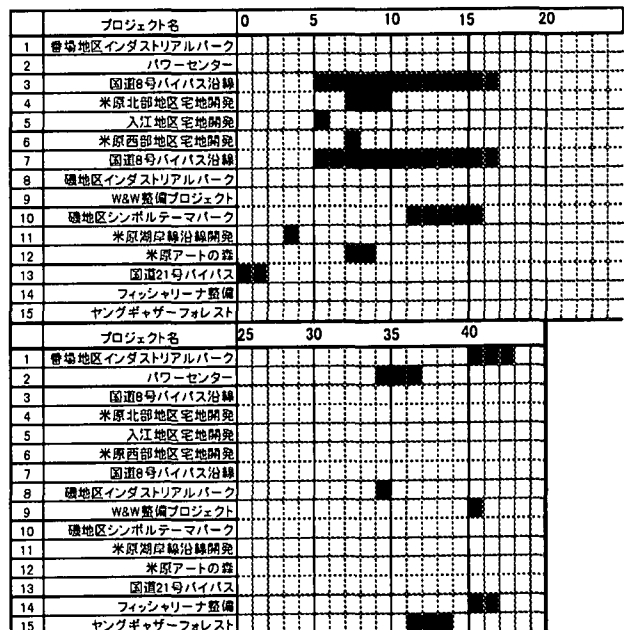


図-5 スケジュール(一部)

(4) 本モデルによるアウトプットに関する考察
前項のように作成したインプットデータをもとに、本研究で開発し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を適用した結果、図-7に示したような、最適スケジュールを求めることができた。また、最適スケジューリングにおける投入機械台数の変化を示したのが図-8になる。

また、各プロジェクトごとの残処理土量の変化を

表-3 各プロジェクトの最早開始時刻

	プロジェクト名	最早開始時刻(週)
p1	番場地区インダストリアルパーク	0
p2	パワーセンター	348
p3	国道8号バイパス沿線	48
p4	米原北部地区宅地開発	328
p5	入江地区宅地開発	96
p6	米原西部地区宅地開発	352
p7	国道8号バイパス沿線	240
p8	磯地区インダストリアルパーク	12
p9	ウェルネス&ウェルフェア整備プロジェクト	152
p10	磯地区シンボルテーマパーク	528
p11	米原湖岸線沿線開発	180
p12	米原アートの森	248
p13	国道21号バイパス	8
p14	フィッシャリーナ整備	304
p15	ヤングギャザーフォレスト	612

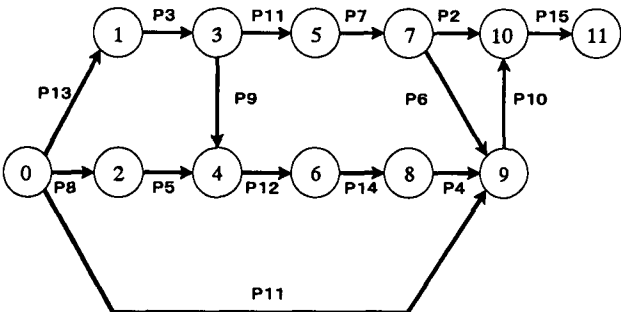


図-6 プロジェクトネットワーク

最後に、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。また、経験的な実施スケジュールの作成方法に比べ、本モデルが費用の低減化を高度に追求していることがわかる。

しかし、本モデルにおいては、建設士の土質を考慮していないため、建設士の運用に際して実際以上に自由度の高い計画が求められているものと考えられる。今後としては、対象地の土質情報を収集するとともに、必要に応じて土質の改良施設についても本システム内に導入していきたいと考えている。

5. 今後の方針

本研究では、プロジェクトにかかる土地造成費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を定式化し、実際の事例を通して、その有用性を確認してきた。本研究では、スケジュール枠の設定を、春名・竹林らが

提案してい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より与えたが、今後の方針としては、本モデルと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間で、計画情報(スケジュール枠、工事費用低減案)のサイクリックなやりとりを行う機能を持たせたハイブリッド型モデルの構築をめざすこととする。

【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

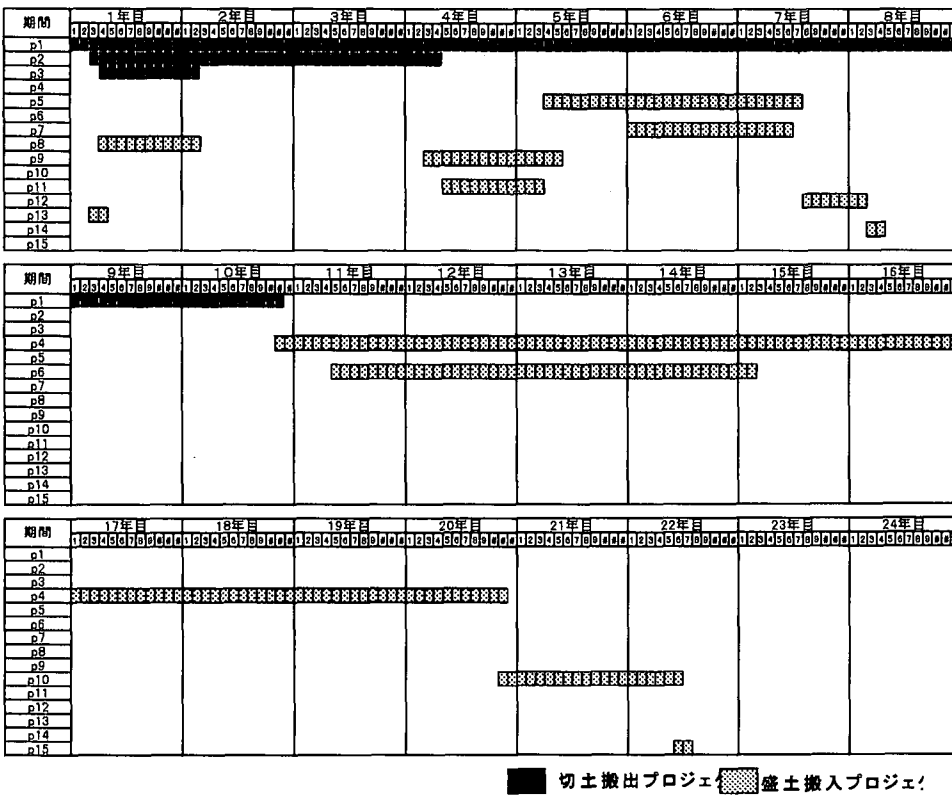


図-7 求められた実施スケジュール

図-9に示す。

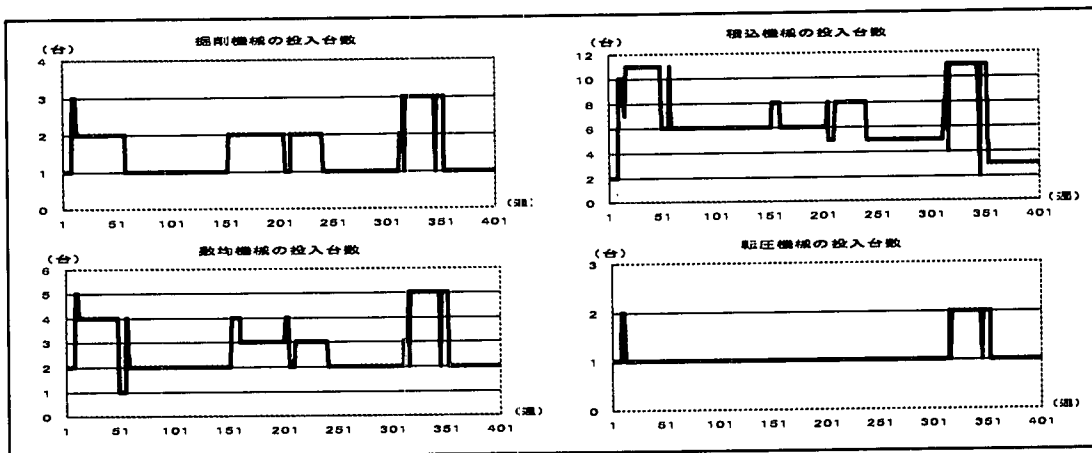


図-8 各投入機械台数の変化 (一部)

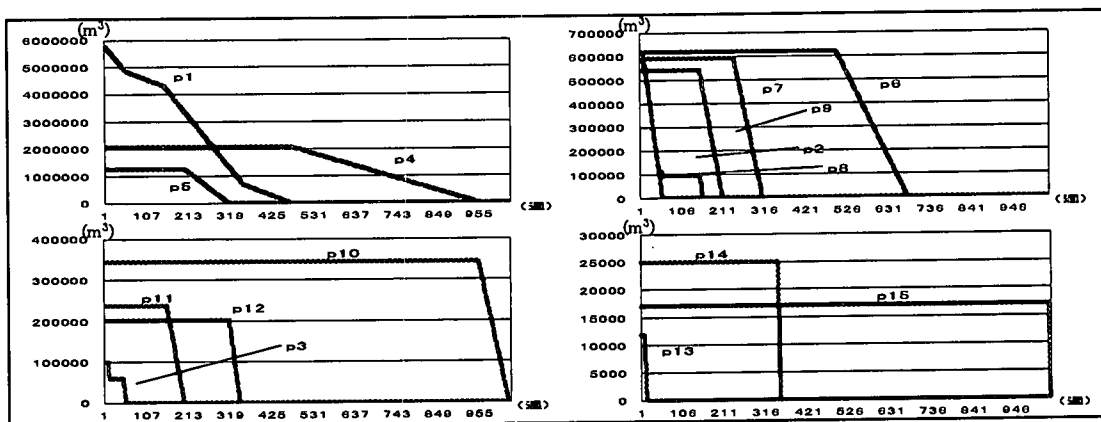


図-9 各プロジェクトごとの残処理量の変化

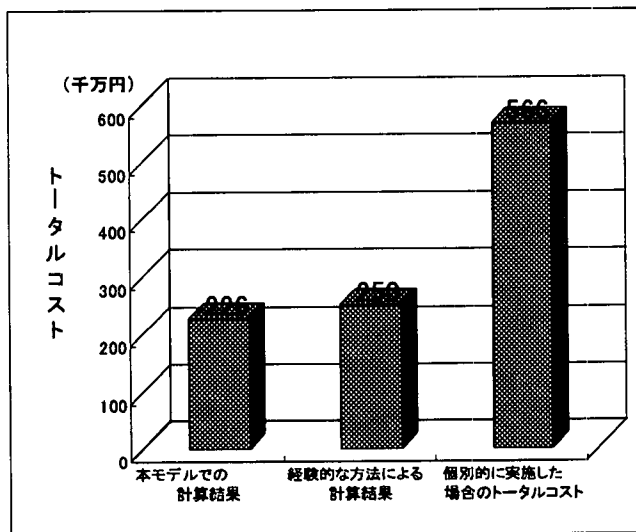


図-10 トータルコストの比較

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, IV-22-1-IV-22-4, 1998.

2) Mikio Takebayashi and Mamoru Haruna; An Optimal Programming Model for Multiproject Planning of Regional Development and Its Application to Practical Regional

Development, 15th Int'l Conference on PRSCO, 1997.

- 3) 春名攻・滑川達; ネットワーク工程表の構造特性分析と最適工程計画モデル構築に関する理論研究, 建設マネジメント研究論文集, Vol.4, 土木学会建設マネジメント委員会, pp.99-pp.112, 1996.
- 4) 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, Vol.5, 土木学会建設マネジメント委員会, pp.211-pp.220, 1997.
- 5) 春名攻, 玉井大吾, 川上俊幸; 効果的な土地開発計画をめざしたマルチプロジェクト計画に関するシステム論的研究, 土木学会関西支部年次学術講演会概要集, IV-15-1-IV-15-4, 1998.
- 6) 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, 土木学会建設マネジメント委員会, 1997.
- 7) 春名攻, 佐藤義仁; 望ましい都市・地域開発プロジェクトの計画と円滑な実施のための (財) 地域マネジメントセンターに関する研究, 日本地域学会 1997 年度論文集, 1997.
- 8) 建設機械経費積算研究会; 平成9年度版建設機械経費の経質, 財団法人経済調査会, 1997.