

第Ⅳ部門 **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**

立命館大学理工学部 正会員 春名 攻
 神戸大学工学部 正会員 竹林幹雄
 立命館大学大学院 学生員 〇滑川 達
 首都高速道路公団 学生員 石黒義晃
 立命館大学大学院 学生員 宮原尊洋
 立命館大学大学院 学生員 奥村隆之
 五洋建設株式会社 学生員 小林啓祐

1. はじめに

従来の我が国の地方部においては、各種都市施設や供給・処理施設等を中心とする生活基盤施設整備の整備、地場産業の振興や新規産業立地の前提となる産業基盤整備が依然として十分に進んでいない状態にある。加えて、近年、都市環境として重視されている「アメニティ」性の向上の努力や、開発に伴う自然環境破壊の防止・保全に対する配慮、等が十分な状態であるとは言えない状況である。このような状況に対し、近年は、地方における都市の開発の重要性が見直されて、上記の問題・課題に対して様々な努力が払われるようになった。また、学術文化、リゾート・レクリエーション機能の充実問題も取りあげられるようになったり、他国に例のみない「高齢化社会」の到来に向けての福祉施設や生涯教育施設等の整備も行われると言うように、随分変化してきた。

しかし、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きたため、上述のような方向の開発整備事業の在り方も見直さざるを得なくなってきた。この結果抜本的行財政改革や公共工事の見直し・コスト削減に関する施策案が検討されるようになってきている現状である。これらのことを考え合わせれば、近年の都市・地域開発を取り巻く社会・経済事情は、非常に複雑かつ多様な問題を抱えており、これまで我が国が経験したことのない困難に直面しているといえよう。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ならば、非常に限られた財源のもとで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。

本研究では、以上のような認識のもと、地方都市における総合的都市開発・基盤整備計画の問題を取り上げ、その合理的計画化をめざした効果的検討ツ

ールとしてのマルチプロジェクトスケジューリングモデル開発に関して述べていくこととする。

2. マルチプロジェクトスケジューリングモデル開発の基本方針

総合的都市開発・基盤整備計画の重要な目的である地方都市での定住化や活性化を促進していくためには、対象地域の現況、上位計画での位置づけ、住民ニーズ、等々の分析を十分に行っておくとともに、それらにマッチした形で「職」「住」「学」「遊」という4つの基本都市機能がバランスよく配置されるよう十分に検討しておくことが必要といえる。そして、このような様々な総合的分析・検討を通して設計・計画された導入都市機能は、図-1に示したように後続する計画論的検討プロセスである事業計画、事業実施計画を経て事業化・建設される数多くのプロジェクト群によって実現化されることがわかる。したがって、これら各種プロジェクトの事業化

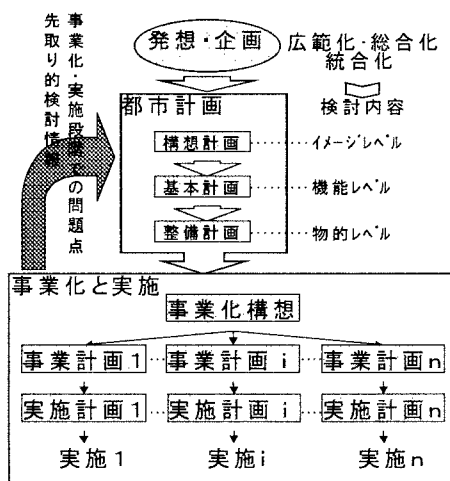


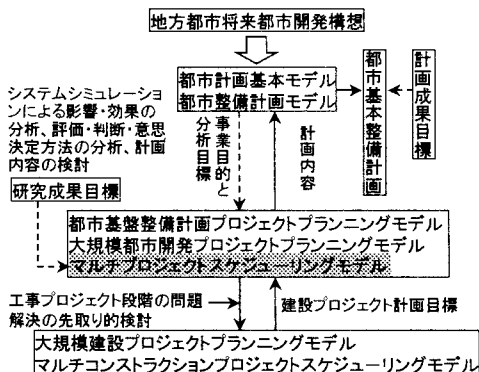
図-1 マルチプロジェクトの先取りの検討

Mamoru HARUNA, Mikio TAKEBAYASHI, Susumu NAMERIKAWA, Yoshiteru ISHIGURO, Takahiro MIYAHARA, Takayuki OKUMURA and Keisuke KOBAYASHI

や建設段階での計画問題を、都市整備計画等の計画化の段階から先取的に分析したり、総合的に関係づけていかなければ（図－１）、せっかくの総合発展計画も机上のプランに終わってしまう恐れが大きいものとする。

このため、本研究グループでは上述のように計画化された都市機能設計計画の実現化のために構想された複数プロジェクトの事業化、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的な分析・検討機能を中核に据えた、すなわち図－２の様なシステムアプローチのもとに総合的都市整備計画のための各種システムモデルの開発研究を構想している。そして、本稿ではこのうちの大規模都市開発や基盤整備計画とそれら全体の事業化が及ぼす影響・効果を、シミュレーション分析を通して客観的に捉えることとした。さらに、効果的な都市財政やこれら多くのプロジェクト群（代替案）の合理的な実施計画に関する先取的検討を行うことを目的として、マルチプロジェクトスケジューリングモデルの開発研究を以下のような具体的方針のもとで試みた。

本研究が対象としている地方都市においては既存の定住基盤整備の集積があまり大きくないため、基盤施設や都市施設の整備によって、都市の社会・経済状態が大きく変化する可能性がある。加えて、財政力があまり小さくなく、しかも都市部ほど民間活力導入への期待が十分出来ない地方都市においては、公共投資が都市社会・経済に及ぼす効果の分析のみならず、これら効果の都市財政へのフィードバックである財政効果をも含めた分析が重要である。

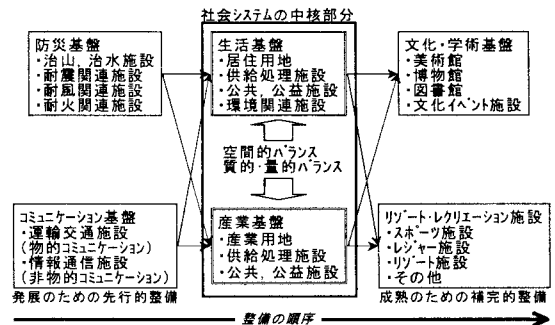


図－２ 総合的都市整備問題へのシステムアプローチ

そこで、本研究では、まず複数の基盤整備、都市施設プロジェクトの実施とその実施順序如何によって大きく変化する各期の都市状態をシミュレートした。ついで、それらの変化に十分対応した形での合理的でかつフィージブルな各種プロジェクトの実施順序を検討できる最適スケジューリングモデルの開発を行った。また、このスケジューリングモデルに内蔵される都市状態のシミュレーション分析においては、「投資による都市社会・経済の活性化→それによる財政規模の拡大→さらなる効果的投資による都市環境の向上」という各種効果の循環のもとでの望ましい都市の成長過程を考察することとした。さらに、地方債発行額や民間資金の導入などの各種政策とともに、シミュレートする成長過程の状況を総合的に検討することが可能となるシミュレーションモデルの構築をめざすこととした。以下においては、このような方針のもとに開発を試みたマルチプロジェクトスケジューリングモデルの内容を具体的に示していくこととする。

３．マルチプロジェクトスケジューリングモデルの定式化

ここでは、まず図－３に示したような考え方のもとに設定される最も基本的な整備順序が、プロジェクトをアクティビティとしたネットワークとして与えられているものとして以降の定式化を展開していくこととする。



図－３ 都市基盤施設の整備順序における基本方針

まず、各種プロジェクトの実施に際しては、全体としてのコストを最小にしたいという行政側の意図が存在するものと考えた。そして、このような問題

は物価上昇等の関係より、すべてのプロジェクトを出来る限り早期に実施へと移していく問題と同義となり、結果として全体のプロジェクト期間の最小化問題に帰着することがわかる。しかし同時に、行政はそのときの財政規模に応じたプロジェクトへの投資を行わなければならないことはいうまでもなく、この場合問題となるのはその返済規模であることも明らかである。このため、ここでは単年度返済費用の上限を、当該年次の投資的財源との関係のもと十分考慮することとする。また、行政はこの他にもいくつかの計画達成目標を有しているものと考えられるが、ここでは「各年度ごとに目標人口規模があり、その際各産業の就業人口比率は、目標する最低構成比率以上でなければならない。また、各産業の分配所得は前年度に対して低下させない」という達成目標が存在するものと考え、これを制約化することとした。

ここで、プロジェクトネットワークスケジューリング問題として、以上の問題を定式化すると、以下のようにあらわされる。

$$\text{Minimize } \lambda \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{l=1}^{\lambda} \delta_l^i = Z_i \quad \text{for all } i \quad (2)$$

$$\sum_{l'=1}^{\lambda} \delta_{l'}^i = z_i \quad \text{for all } i \quad (3)$$

$$\text{if } \delta_{t_1-1}^i = 0 \cap \delta_{t_1}^i = 1 \quad \text{and} \quad \delta_{t_2}^i = 1 \cap \delta_{t_2+1}^i = 0$$

$$\text{then } \sum_{l=t_1}^{t_2} \delta_l^i = Z_i \quad \text{for all } i \quad (4)$$

$$\text{if } \delta_{t_1'-1}^i = 0 \cap \delta_{t_1'}^i = 1 \quad \text{and} \quad \delta_{t_2'}^i = 1 \cap \delta_{t_2'+1}^i = 0$$

$$\text{then } \sum_{l'=t_1'}^{t_2'} \delta_{l'}^i = z_i \quad \text{for all } i \quad (5)$$

(但し、 $t_1 = t_1'$)

$$h(t) \geq aP(t) \quad \text{for all } t \quad (6)$$

$$\sum_i \delta_{l'}^i r_{l'}^i \leq M(t') \quad \text{for all } t' \quad (7)$$

$$r_{l'}^i = \left\{ (1+e)^{z_i} (1+b)^{t'} C_i \right\} / z_i \quad (8)$$

$$(\text{但し、} \delta_{t'-1}^i = 0 \cap \delta_{t'}^i = 1)$$

$$P(t) \geq P_t \quad \text{for all } t \quad (9)$$

$$P_j(t) / \sum_j P_j(t) \geq \alpha_j \quad \text{for all } j, t \quad (10)$$

$$W_j(t) \geq W_j(t-1) \quad \text{for all } j, t \quad (11)$$

$$\text{if } \delta_t^i = 1 \cap \delta_{t+1}^i = 0$$

$$\text{then } Q_k(t) \geq q_{ik} \quad \text{for all } i, k, t \quad (12)$$

$$\text{if } \delta_t^i = 1 \cap \delta_{t+1}^i = 0$$

$$\text{then } P(t) \geq p_i \quad \text{for all } i, t \quad (13)$$

$$\text{if } \delta_t^i = 1 \cap \delta_{t'}^i = 1$$

$$\text{then } R_{it'} = 0 \cap R_{it} = 0 \quad (14)$$

ここで、 λ : 全プロジェクトを通しての実施期間、 δ_l^i : プロジェクト i が l 年次に実施していれば 1、そうでなければ 0 を表すクロネッカーデルタ、 $\delta_{l'}^i$: プロジェクト i が l' 年次に返済が必要であれば 1、そうでなければ 0 を表すクロネッカーデルタ、 Z_i : プロジェクト i の必要実施年数、 z_i : プロジェクト i の設定返済年数、 $h(t)$: t 年次における住宅資本ストック、 a : 1 人当りの平均住宅床面積、 $P(t)$: t 年次の総人口、 $r_{l'}^i$: l' 年次にプロジェクト i を開始した場合の単年度返済費用、 e : 利子率、 b : 物価上昇率、 C_i : 現在 (0 年次) 価値で見積もったプロジェクト i の総費用、 $M(t')$: t' 年次の投資的財源、 P_t : t 年次の達成目標人口、 $P_j(t)$: t 年次における j 業種 (第 j 次産業) の就業人口、 α_j : 目標設定された全就業人口に対する第 j 次産業就業人口の最低構成比率、 $W_j(t)$: t 年次における第 j 次産業就業者の分配所得、 $Q_k(t)$: t 年次における k 種類の社会資本ストック、 q_{ik} : プロジェクト i の経営が成立するために最低限必要と予測される k 種類の社会資本ストック、 p_i : プロジェクト i の経営が成立するために最低限必要と予測される人口規模、 $R_{it'}$: プロジェクトネットワークにおける可達行列の構成要素、を表す。

なお、上記定式化における $h(t)$ 、 $P(t)$ 、 $M(t')$ 、

$P_j(t)$ 、 $W_j(t)$ 、 $Q_k(t)$ の値は、後述するシミュレーションモデルによって求められることとしている。

本研究では上記のような定式化に対して、我々がこれまで検討を重ねてき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に関する研究成果をベースとして、上記問題の最適資源配分問題への等価変換の方法および、DP、0-1 整数計画法を適用した最適解法を開発しているが、この内容については発表時に示す。

4. 都市の状態を表すシミュレーションモデルの開発

ここでは、上記スケジューリングモデルの定式化における $h(t)$ 、 $P(t)$ 、 $M(t')$ 、 $P_j(t)$ 、 $W_j(t)$ 、 $Q_k(t)$ の値を算出する機能をもつシミュレーションモデルについて述べることとする。また、このシミュレーションモデルの開発においては、上述の機能に加えて、このマルチプロジェクトスケジューリングモデルを用いて行なう、各プロジェクトの返済年数の設定や地方債の発行額およびその起債のタイミング、等々の検討を目的としたモデル分析における総合的評価を念頭に置き、より包括的な都市状態のシミュレートを実施させることを目指している。すなわち、本研究が対象としている地方都市においては、前述したように都市の経済現象のみではなく人口構成の変動や、人口の移動を明示的に取り扱う必要があることから、ここでは都市経済の動向を記述する「経済」セクターと都市人口の変動を記述する「社会（人口）」セクターとをコーホート法に基づく人口移動モデルを通して連動させることとした。また、地方都市の多くは財政基盤が確立されていない場合が多く、これが都市における基盤整備や都市開発事業の遅れの原因となっており、前述したような財政効果の分析も重要である。このため、都市の財政活動を「財政」セクターとして内生化することとした。図-4は、本シミュレーションモデルの関連構造を単純化して図示したものである。図-4をみてもわかるように、生活基盤投資は、住宅建設やその他諸々のインフラ整備に影響を与えることとなり、「社会（人口）」セクターで求められる総人口・労働力人口は、「経済」セクターの生産水準や設備水準に影響を及ぼす構造となっている。一方、生産基盤投資は民間設備投資に影響し、結果として都市の雇用水準や所得水準に影響を及ぼすこととなる。また、この都市の雇用水準や所得水準は、都市内の生活基盤施設の整備水準とともに人口移動を決定す

る重要な要因となる。（なお、上記各セクターの詳細な構成および定式化については、発表時に示すこととする。）

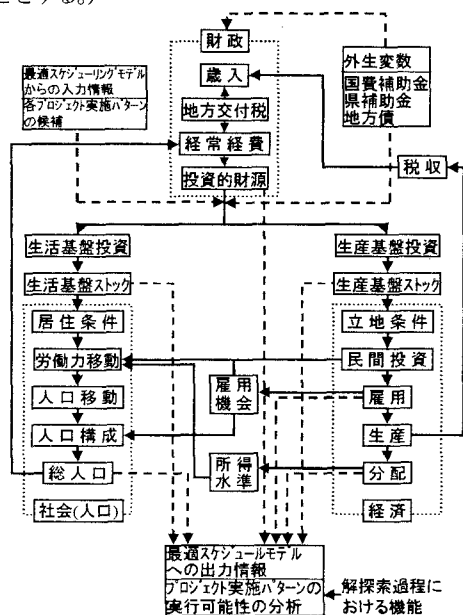


図-4 シミュレーションモデルの主要関連構造

5. おわりに

本研究では、総合的都市整備計画の問題に対するシステムアプローチの方法を提案するとともに、その部分モデルとして大規模都市開発や基盤整備計画とそれら全体の事業化が及ぼす影響・効果を、シミュレーション分析を通して客観的に捉えて、都市財政やこれら多くのプロジェクト群の合理的な実施計画に関する先取りの検討を行なう機能的役割をもつマルチプロジェクトスケジューリングモデルの開発に関して検討を行なった。さらに、本研究においては、このモデルを適用して、滋賀県米原町を対象とする実証的なモデル分析を実施しているが、この内容については紙面の関係上、発表時に示すこととする。

参考文献

- 1) 春名攻、竹林幹雄；『地域開発プロジェクト計画におけるスケジューリング問題に関する研究』、日本地域学会年次学術講演集，1997．10