

# 地域経済シミュレーションを内蔵したマルチプロジェクト計画システムの開発とその適用

春名攻<sup>1</sup>・竹林幹雄<sup>2</sup>・滑川達<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 正会員 工博 立命館大学教授 理工学部環境システム工学科 (〒525-8571 滋賀県草津市野路町 1-1-1)

<sup>2</sup> 正会員 工博 神戸大学助手 工学部建設学科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

<sup>3</sup> 学生会員 工修 立命館大学大学院博士課程 (〒525-8571 滋賀県草津市野路町 1-1-1)

本稿では地域総合開発・整備計画を効率的に実施するために、事業スケジュールの最適化と地域経済モデルシミュレーションとをハイブリッド化したシステムの提案を行った。最初に最適スケジュール導出に際して、カットネットワークを応用した求解アルゴリズムを提案し、システムに内蔵する計量経済モデルを定義した。次に、ケーススタディとして滋賀県米原町における総合開発計画を対象として取り上げ、地域経済への波及効果とプロジェクトの実施時期の関係についても実証的に分析した。その結果、計画の初期段階では地方債発行高が高いほどプロジェクト実施時期の違いが人口集積速度に影響するが、時間の経過に伴い実施時期の違いによる集積の効果に変化が見られないことが把握された。

**Key Words:** regional development, scheduling problem, multi-project planning, econometrics, population growth

## 1. はじめに

財政的な裏付けの重要性が増しつつある今日の我が国の状況を考えれば、地方部においても、限られた財源のもとで、地域の活性化を実現することがきわめて重要となる。しかし、地域活性化のための開発事業は様々であり、各事業の整備効果を総合的に評価するシステムあるいはその評価視点はいまもって未整備であるといえる。

従来、開発事業による整備効果の計測に関しては、単一の事業ないしは同質の事業に対する効果計測・効果予測を行ってきた事例が多い。例えば、肥田野ら<sup>1)</sup>は東京都における道路・鉄道・ライトレールなどの交通機関を複合的に利用することを考慮し、複合交通空間の整備による効果計測をヘドニック・アプローチによる地価観測から行おうとしたものである。ここでは静的な状態での効果計測を議論しているため、地域の発展過程およびその過程での効果の変化といった動的な議論に進展することが難しいなどが問題点として挙げられよう。一方、徳永ら<sup>2)</sup>は産業連関表を利用することにより、交通施設整備の産業構造の変化への影響について検討を加えている。徳永らが提案した手法は産業間の連関性を構造的に把握することに重点を置いて

いるため、個別のプロジェクト実施（施設整備）効果の計測が巨視的にならざるを得ない。

複数の大規模プロジェクトの影響把握を行ったものとしては戸田ら<sup>3)</sup>の研究がある。ここでは、近畿圏における複数の大規模プロジェクトを対象として、これらが同時複合的に実施された場合の影響を計測するために、ESRAPという評価計測システムを提案している。しかし経済システムを明示的に取り扱っていないため、具体的な地域構造の変化の検討を行うことはシステムの構成上困難と考えられる。

このように従来研究では、プロジェクトの取捨選択による開発効果計測が主たる検討課題であったことがわかる。しかし、同一のプロジェクトを実施する場合でも、実施時期の違いにより現出する開発効果は大きく異なると考えられる。

一方、地域開発計画における投資時期・規模に着目したものであるTang<sup>4)</sup>の研究を挙げることができる。Tang<sup>4)</sup>は計量経済モデルに最適制御を導入し、最適投資規模決定問題として検討を加えている。しかし、Tangの場合、地域経済に対する部門別開発投資に関する検討を行っているにとどまり、個々のプロジェクト単位での最適制御については触れておらず、実際の適用に関しては困難であると考えられる。

このような流れから、実際規模の開発計画問題を取り扱う場合、複数の個別プロジェクトの実施時期を最適化し、より高い開発効果が得られる手法論の確立が必要であると考えられる。しかし、地域開発計画における、このような複数の個別プロジェクトの実施時期の最適化問題、いわゆる『スケジューリング問題』を取り入れた開発効果計測手法は現在まで検討されることは少なかった。

プロジェクト単位のスケジュール管理は、むしろPERT-CPMに代表される工程管理、プロジェクト・マネジメント論で盛んに研究されている<sup>5),6)</sup>。実際の地域計画を考えた場合、プロジェクト実施により財政力が内生的に変化するため、プロジェクト・マネジメント論で検討されているスケジューリングの導入が、効率的な計画立案のためには不可欠であると考えられる。

本稿では、以上のような問題認識のもとに、地方部における総合発展計画・基盤整備計画に焦点を当て、プロジェクト・マネジメントの考え方を導入した地域開発システムを構築し、実証例を通してそのシステムの有効性を検討することとする。特に、動学的な効果計測を行うことを考慮し、事業（プロジェクト）実施スケジュールの最適化に焦点を当てて検討を加える。なお、以後本稿で用いる「事業実施スケジュール」の定義は、「各事業の順序関係（これをプロジェクト・ネットワークという）を与件とした上で、各事業の開始時期を示したもの」とする。

本稿では、事業実施効果の把握と事業実施スケジュールの確定を同時に検討するために、ハイブリッド型の地域開発システムの構築を行う。ここでいうハイブリッド型地域開発システムとは、以下に示す2種類のサブシステムによって構成される統合型のマネジメント・システムである。すなわち、

- 1) 大規模な土地開発計画の個々の事業が計画全体に与える影響を計測できるシミュレーションシステム (Socio Economics Simulation System ; SESS)
- 2) 設定された目的に応じて最適なプロジェクト実行スケジュールを与えることのできるマルチプロジェクトプランニングシステム (Multi Project Planning System; MPPS)

によって構成される。1)は特定の事業の実施スケジュールが地域経済に与える影響を計測するシステムであり、一方、その社会経済システムでの計測・評価値をもとにスケジュールを最適化するシステムが2)である。以後、この統合型マネジメント・システムをコア・システムと呼ぶこととする。

本稿では、コア・システムへの入力情報が確定的に与えられる場合を想定し、コア・システムの設計およびその解法に焦点を絞って検討する。

## 2. マルチプロジェクトプランニングシステム (MPPS)

まず、前章で示したハイブリッドシステムを構成するサブシステムの一つであるMPPSについて述べることにする。

### (1) MPPSの基本構造

マルチプロジェクトプランニングシステム (MPPS) とは、現出する複数の開発効果を予測し、各プロジェクトの最適な開始時期の組み合わせを抽出するという、複数プロジェクト間のスケジュール調整を行うものである。

ここで、本稿で検討するマルチプロジェクトプランニングシステム (MPPS) の目的と制約条件は以下に示すとおりである。

#### 【主目的】

全プロジェクト終了期間の最短化。

本稿で取り上げる地域経済システムは、後述するように、プロジェクトによる投資が地域経済を刺激し、その結果投資予算が拡大される構造を前提としている。同時に将来の投資予算の割引現在価値は、年々減少する。このため、早期のプロジェクト完了は投資予算の割引現在価値の低下を抑制し、同時に早期に地域経済が拡大することとなる。よって本稿では公共ができるだけ早期に全プロジェクトの完了を実行する場合について検討を行う。

#### 【制約条件】

- 1) 目標人口の達成：計画を立案する際には、その計画が対象とする人口フレームが存在するのが通常である。ここでは、目標年度における人口フレームを外生的に与えることとする。
- 2) 分配所得の維持・向上：開発行為を行い、基盤整備が進む上で、分配所得が少なくとも現状維持を達成し、できる限り前期よりも向上する方が望ましいと考えられる。
- 3) 産業構成比率の維持：公共側で望ましいと考えられる産業構成比率を外生的に設定することで、地域構造の大幅な変化を抑制する。
- 4) プロジェクト開始のために必要な先行プロジェクトの終了およびインフラ整備水準の達成：あるプロ

プロジェクトが開始されるためには、それに先行するプロジェクトが終了し、なおかつプロジェクト開始に必要なインフラ整備水準が整っている必要がある。

- 5) 予算制約: プロジェクト実施に際し、財政の破綻を防ぐ必要がある。このため、ここでは各プロジェクトの実施費用はプロジェクト開始と同時に開始され、元利償還型で毎期の開発予算(返済準備金)から毎期一定額を返済する制約を設けることとする。

## (2) 定式化

さて、MPPSは以下のように定式化することができる。

$$\min_{\delta_i^i} Y(\delta_i^i) = \sum_t \Gamma_t \left( \sum_{i \in I} \delta_i^i \right) \quad (1)$$

Sub. to

$$Z_i = \sum_t \delta_i^i, \text{ all } i \quad (2)$$

$$z_i = \sum_{t'} \delta_{t'}^i, \text{ all } i \quad (3)$$

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

$$\text{then } z_i = \sum_{t'=t_1}^{t_2} \delta_{t'}^i, \text{ all } i \quad (4)$$

$$M(t') \geq \sum_i \delta_{t'}^i r_i^{t'} \quad (5)$$

$$r_i^{t'} = \frac{\{(1+g)^{2i}(1+b)^{t'} C_i\}}{z_i} \quad (6)$$

$$F_k(t) \leq f(\delta_t^1, \dots, \delta_t^i, \dots), \text{ all } t \quad (7)$$

$$W_j(t) \geq W_j(t-1) \text{ all } j \quad (8)$$

$$h(t) \geq \rho P(t) \text{ all } t \quad (9)$$

$$\frac{P_j(t)}{\sum_j P_j(t)} \geq \theta_j \text{ all } j, t \quad (10)$$

$$\text{if } \delta_t^i = 1 \cap \delta_{t+1}^i = 0 \text{ then } Q_k(t) \geq q_{ik} \quad (11)$$

(k = 1, 2, 3, 4)

$$\text{if } \delta_t^u = 1 \cap \delta_t^v = 1 \text{ then } S_{uv} = 0 \cap S_{vu} = 0 \quad (12)$$

$$\text{if } \delta_{t'}^u = 1 \cap \delta_{t'}^v = 1 \text{ then } S_{uv} = 0 \cap S_{vu} = 0 \quad (13)$$

ここで、 $i$ : プロジェクトを示すインデックス、 $I$ : 計画されているプロジェクト集合、 $t$ : 計画初年度からの経過年数、 $\delta_t^i$ :  $t$ 年次にプロジェクト  $i \in I$  が実行されている場合 1、その他は 0 であるクロネッカーデルタ。 $\Gamma_t(t)$ :  $t$ 年次にプロジェクトが 1 つでも実行されているか、ないしは  $I$  に属する全てのプロジェクトが終了していない状態でプロジェクトが 1 つも実行されていない場合に 1、その他は 0 を取るデルタ関数。 $Y()$ : 計画

期間であり、全プロジェクトの実施が完了するまでの時間を表す。ここではプロジェクトの実施期間のみについて検討し、返済期間の終了まで含んだものではない。 $l$ : 実施区間を示すインデックス、 $l'$ : 返済区間を示すインデックス、 $g$ : 利率、 $b$ : 物価上昇率、 $C_i$ : 現在の物価水準で見積もったプロジェクト  $i$  の総費用、 $Z_i$ : プロジェクト  $i$  のプロジェクト実施年数、 $z_i$ : プロジェクトの返済年数、 $t'$ : 返済年次断面、 $F_i(t)$ :  $t$ 年次における項目  $k$  の目標とされる整備効果、 $f(*)$ : プロジェクトの実施による  $t$ 年次における項目  $k$  の整備効果。 $M(t')$ :  $t'$ 年次の返済金準備高、 $r_i^{t'}$ :  $t'$ 年にプロジェクトを開始した場合の単年度返済費用を表す。さらに、 $W_j(t)$ :  $t$ 年度における第  $j$ 産業就業者の分配所得、 $P(t)$ :  $t$ 年次における人口、 $P_j(t)$ :  $t$ 年度における第  $j$ 産業従業者数、 $k$ : 社会資本整備量の種類、 $Q_k(t)$ :  $t$ 年度における社会資本  $k$  の整備量、 $q_{ik}$ : プロジェクト  $i$  の経営が成立するために必要な社会資本  $k$  の整備量、 $h(t)$ :  $t$ 年度における住宅整備ストック、 $\rho$ : 住民一人あたりの住宅面積、 $\theta_j$ : 目標設定された全就業人口に対する第  $j$ 産業従事者の比率、 $S_{i_1}, S_{i_2}$ : 先行可達行列<sup>6)</sup>の構成要素である。

変数  $h(t), P(t), P_j(t), M(t), W(t), Q_k(t)$  が次節で述べられる地域経済モデルによって決定される値である。これらはスケジュールにより大きく値が変化するため、膨大な組み合わせ問題を解く必要が生じる。そのため後述するアルゴリズムの導入が不可欠となる。

式 (1) は目的関数を表す。ここでは期間最短問題として定式化した。決定変数としてプロジェクト実施を表す  $\delta_t^i$  が該当する。式 (2) はプロジェクトの実施年数の保存則、式 (3) はプロジェクトにおける費用の返済年数の保存則を表す。これら 2 式はプロジェクト開始直後に返済開始としているものの、実施期間と返済期間が必ずしも一致しない場合を考慮し、独立した制約条件とした。式 (4) はプロジェクト実施の連続性に関する制約であり、プロジェクトは一度開始されれば、終了までの期間継続的に行われるものとした。式 (5), (6) は返済金の合計が当該年度の予算を超過しない、というプロジェクトの実行可能性(返済保証)の制約およびその返済方式の定義式を表す。式 (7) は各年度における整備効果の目標値達成の制約条件である。式 (8) は分配所得の非通減制約である。式 (9) は可住面積制約、式 (10) は就業人口割合の維持に関する制約条件である。式 (11) はプロジェクト実施に際して要求される社会資本整備量の制約条件である。式 (12), 式 (13) はそれぞれプロジェクト実行、返済に関する順序制約である。

### (3) 求解アルゴリズム

ここではマルチプロジェクト計画問題をネットワーク型資源配分問題として解くための解法を示す。

本稿でベースとする春名<sup>6),7)</sup>の解法の特徴は、工事施工のスケジューリング問題を工程ネットワーク上の資源配分問題としてとらえ、そのネットワーク上に現れる作業をルートに分解し、それを利用して作業が同時に行うことのできる集合を表すために「カット」を生成する方法を開発した点にある。このカットは、プロジェクト間の先行・後続関係を示したプロジェクトネットワークについて、「始点から終点までの全てのルートをただ1度切断する」場合に生じる作業集合である<sup>6)</sup>。次にプロジェクトネットワークを切断した順序（レベル）に従ってカットを接続した「カットネットワーク」によって改めて表現することで、PERT/MANPOWER型問題にも対応できる解法を開発している<sup>7)</sup>。

筆者らは前稿<sup>8),9),10)</sup>において、上記の方法論の拡張を試みた。アルゴリズムの詳細は文献6)~10)に述べてあるため、本稿では基本手順と主な改良点を述べるにとどめる。

#### a) 基本手順

基本手順<sup>6)~10)</sup>は以下の通りである。

(メイン)

【STEP 1】 レベルごとに分割された独立のカットを生成する。

【STEP 2】 カットネットワークを生成する。

【STEP 3】 カット内の時間の決定 → サブルーチン1へ

【STEP 4】 全てのカット内時間が決定されていれば【STEP 5】へ、それ以外は【STEP 3】へ。

【STEP 5】 カットネットワークに対して動的計画法を適用し、最短経路を探索する。

(サブルーチン1) カット内時間の決定

【STEP 3-a】 同一カット内にあるプロジェクト数  $Q$ 、 $\delta_i^t$  に対応するバイナリ行列  $B_{it}$ 、費用行列  $C_{it}$  を確定する。

【STEP 3-b】 作業期間  $u$  の期間長を  $x_u$  とし、作業断面行列（基底行列） $M$  を確定する。

【STEP 3-c】  $yM = \{1, 1, \dots, 1\}$  なるベクトル  $y$  を決定する。

【STEP 3-d】 プロジェクトの組み合わせベクトルを  $\{b_u\}$  とし、 $\sum_u b_u y_u > 1$  の制約下で  $\sum_u b_u \leq Q$  なる最大の組み合わせ  $\{b_u\}$  を求める。

【STEP 3-e】 最小化を満足する組み合わせが存在す

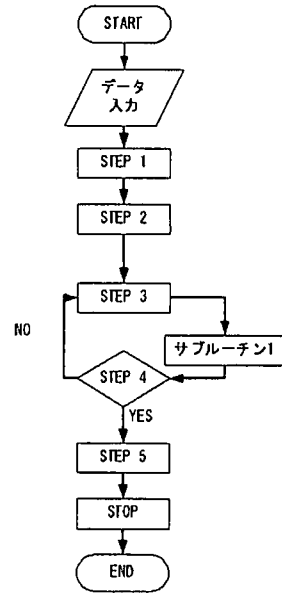


図-1 フローチャート（メイン）

れば【STEP 3-f】へ、それ以外は【STEP 3-d】へ。

【STEP 3-f】 期間を短縮し、 $M$  を改変する。

【STEP 3-g】  $M$  に対して、 $Md = \{b_1, \dots, b_U\}$  を満たすベクトル  $\{d\}$  を求める。

【STEP 3-h】  $\{d\}$  に対し、現在の各期の長さを示した  $x_u$  の同じ列の値を除いた値を比較し、最小値を与える列に着目し  $\{b_u\}$  と入れ替え、新たな  $M$  を得る。

【STEP 3-i】 最小化が終了すれば【STEP 4】へ、それ以外は【STEP 3】へ。

#### b) アルゴリズムの改良

しかし、実行可能なプロジェクト費用が年毎に上昇し、事業予算の上限が一定のような制約下では、以上の解法のみで最適化を行っていくことは難しい。それは改変されたプロジェクトの実施スケジュールにおいて、1事業期間内であっても年次の予算制約を満足するとは限らない場合が存在するためである。

上記の問題は、各制約条件が作業断面では完全に把握できないことに起因する。ゆえに、本稿ではこれらを年次断面にまで分解して検討を加える。

第  $C_m$  カットにおいて同時に実施できるプロジェクト数を  $q(1 \leq q \leq Q)$  とし、そのカット内での割り当て時間を  $X'_{C_m}$  とすると、各作業断面における配分時間  $x_u(1 \leq u \leq Q)$  の和の最小化問題を解く際に、 $q$  の最大値  $Q$  より順に cutting stock 問題<sup>11)</sup> を解く。このとき、資源制約  $q$  を満たす解のパターンを  $b'_u$  とする。この  $b'_u$  は短縮時間順に求めることが可能である。【STEP d-1】

第2段階として、この列ベクトルの組み合わせが、予算制約などの制約条件の満足状態を調べる。すなわち、

- 1) 前のカットの作業区間  $l$  からの作業  $i$  の現時点  $i$  での連続性の検討、すなわち、  

$$\text{if } \delta_l^i = 1 \text{ and } \sum_{t=0}^i \leq Z_i$$

$$\text{then } \delta_{l+1}^i = 1 \quad (l \in V_n, l+1 \in V_{n+1})$$
**【STEP d-2】**

- 2) 各年度断面についての制約条件の検討、すなわち式 (5) の条件検討 **【STEP d-3】**

を行い、目的関数 (1) を最小化する組み合わせを抽出する。これらは分枝限定法により求められる。

以上で求められたプロジェクトの実行順序で、

- 1) 満足する組み合わせが1つも存在しない場合は、先の  $b_u$  に戻って、次の組み合わせの検討に移る。
- 2) 1つでも存在する場合は、短縮時間順に解の組み合わせを抽出しているため、この解がカットに配分される時間の最短のスケジュールを実現する実行可能解である。

このとき、現在検討中のカット  $C_m$  に連続するカットを  $C_{m+1}$  とする。  $C_{m+1}$  が開始される最短時間は、  $C_m$  で終了すべきプロジェクト  $P_i$  の終了時期に左右される。この  $P_i$  が終了する時期を  $C_m$  が開始後の時間として  $X_{C_m}$  と表すとする。この  $X_{C_m}$  が実際にカット  $C_m$  に配分される時間である。このとき、まだ終了しないプロジェクト (これを  $P_{i'}$  とする) がある場合、残り時間は  $P_{i'}$  に必要な時間を  $XT(P_{i'})$  とすると、

$$REST\_XT(P_{i'}) = XT(P_{i'}) - (X_{C_m} - T_{begin}(P_{i'})) \quad (14)$$

となる。ただし、  $REST\_XT(P_{i'})$ : 作業時間の残量、  $T_{begin}(P_{i'})$ : プロジェクト  $i'$  が開始された時期である。このプロジェクトの続きは、次のカット以降で行われる。(【STEP 3-j】)

また、現開始時点でどのプロジェクトも実行できない場合は、開始時刻を1だけ進行させ(【STEP 3-k】)、SESSにより新たな制約条件を設定する。この時、費用の増加が予算の増加よりも早ければ将来的に実行可能性が消失するので(【STEP 3-l】)、カット内時間を無限大とし、後続カットの計算を終了する(【STEP 3-m】)。

以上のプロセスを矛盾なく最終カットまで行う。以上の過程を図化したものを図-2~図-3に示す。

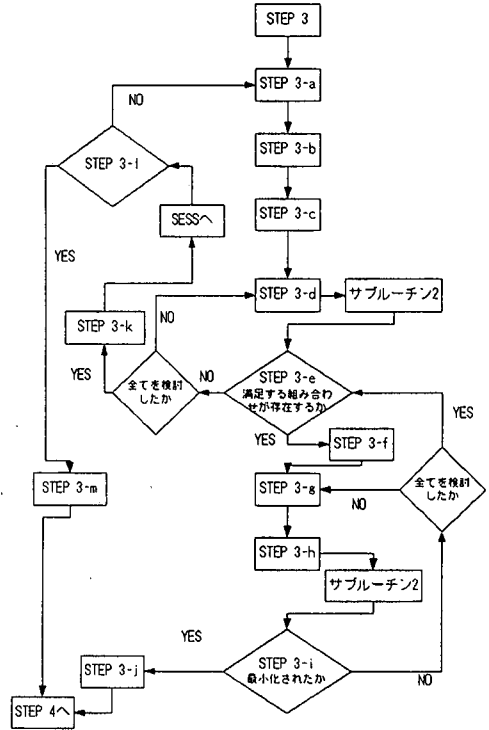


図-2 フローチャート (サブルーチン 1)

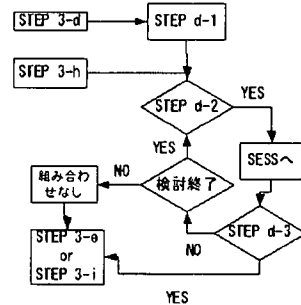


図-3 フローチャート (サブルーチン 2)

### 3. 地域経済シミュレーションシステム (SESS)

前出のマルチプロジェクトプランニングシステム (MPPS) と連動させる地域経済シミュレーションシステム (SESS) について検討を加える。ここでは、各プロジェクトの返済年数の設定や地方債の発行額、起債タイミングなどに対する検討を加えるなどの総合的評価を加えることを念頭に置き、より包括的な都市の状態

をシミュレートすることを目指している。本稿では個々のシステムレベルでの記述が可能で、地域構造を明示的に取り扱うことに優れ、かつ恣意性の介入が比較的少ないと考えられる計量経済に依拠した分析フレームを地域経済シミュレーションとして用いることとした。

本稿で用いる SESS は、奥村モデル<sup>12)</sup> に準拠したものであるが、経済単位が比較的小規模であること、地域内通勤構造を表現する必要があること、および公共による各種プロジェクトと3つのセクター（人口、経済、財政）の関係性を新たに表現しなければならないことから奥村モデルを以下のように調整することとした。

- 1) 奥村モデル<sup>12)</sup> では、ゾーン間の通勤を考慮したが、同一ゾーン内での通勤構造は明示的に取り扱わなかった。しかし、本稿では近隣の市町村で構成されるゾーン内での整備の経済活動に反映させる必要があり、ゾーン内の通勤構造を明示的に取り扱い、逆に大都市圏への遠距離通勤は取り扱わないこととした。
- 2) 人口の転入に関しては、大都市圏からの流入者と周辺地域からの流入者を区別して取り扱う。すなわち、大都市圏からの流入者は、まず住宅整備をもとに居住地選択を行うものとする。また、周辺地域からの流入者はまず就業に関する条件を考慮した上で、居住地選択を行うものとする。
- 3) 流出についても大都市圏への流出者と周辺地域への流出との2種類を取り扱うこととした。すなわち、大都市圏への流出者は、毎年一定割合で生じるものと仮定し、周辺への流出者は流入の場合と同様、就業項目に続いて居住地を選択するものと仮定した。

以上のような変更を加えてシステムの同定を、実証検討対象地域に整合する形式で行うこととする。なお、奥村モデルの詳細に関しては参考文献 12) を参照されたい。

ここでは対象地域として米原町を含む湖北2市4町レベル（米原町、彦根市、長浜市、近江町、山東町、伊吹町）で行う。このため、『大都市圏』として取り扱われる都市圏としては、近畿圏（京阪神圏）、および中京圏（名古屋圏）が存在する。本稿では簡単のため2つの大都市圏を単体の大都市圏として捉え直すこととし、京阪神圏との関連によって代表させることとした。

県外（ここでは京阪神）住宅社会資本量、県外都市計画社会資本量、および検討対象地域である湖北2市4町のうち、実際に開発計画について検討される米原町を除いた住宅・都市計画社会資本量、同様に2市4町における米原町以外の所得水準・就業機会、出生・

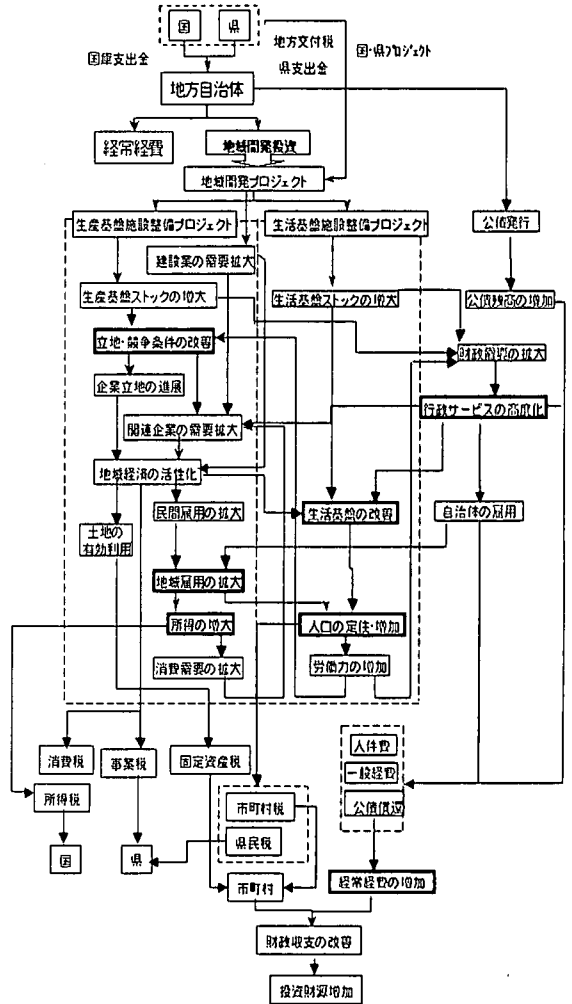


図-4 開発の波及効果

死亡率、扶養率、労働力化率、退職率、全国消費水準、全国卸売需要率、京阪神小売販売額、全国労働生産性、全国製品需要、全国生産額、国庫・県費補助金を与件事項とした。これ以外の数値は全てシステム内で決定される。

また、整備による波及効果のメカニズムを図-4にまとめて示す。図から把握されるようにプロジェクトの投下によって各種経済活動が活性化し、最終的には町の財源の増加につながる構造を設定している。

パラメータに関しては各方程式に対して昭和48年から平成7年までのトレンドから推計した。そして、再度全体テストを行い、整合をとることとした。

本稿で採用した SESS の定式化一覧を表-1 に示す。

表-1 SESS 定式化一覧

【地域経済セクター】

項目	定式化	項目	定式化
農業従業人口	$E_1 = E_1(Y_1/E_{1-1} - Y_{23}/E_{23}, Al_{-1}, L - E_{23-1})$	農業生産額	$O1 = O1(E1, Al, Kga, ZO1/ZE1)$
農業分配所得	$Y1 = Y1(O1)$	農地面積	$Al = Al(Kga, AH + A2)$
製造業民間投資額	$I2 = I2(O2_{-1}, ZO2, Kgr, Kgi, LS/E_{-1})$	製造業民間資本ストック	$K2 = K2 + I2$
工業用地面積	$A2 = A2(K2)$ $A2 = A2(K2)$	製造業従業人口	$E2 = E2(K2_{-1}, E2_{-1}, LS, E_{-1}, ZK2/ZE2)$
製造業生産額	$O2 = O2(K2_{-1}, ZO2_{-1}/ZK2_{-1})$	製造業分配所得	$Y2 = Y2(O2 - Y2)$
建設業従業人口	$Ec = Ec(OC, LS, E_{-1})$	建設業生産額	$Oc = Oc(\delta H, I2, Gn)$
建設業分配所得	$Yc = Yc(OC)$	総所得	$Y = Y1 + Y2 + Yc + Y3a + Y3b + Y3c + Yo + Yr$
家計消費額	$C = Pc(Y_{-1}(\theta)/P, ZC/ZP)$	小売業販売額	$O3a = O3a(A3a)$
小売業分配所得	$Y3a = Y3a(O3a)$	小売業従業人口	$E3a = E3a(O3a)$
発地ベースの卸売業需要額	$O3bd = O3bd(O3a, O2, ZO3b)$	卸売業販売額	$O3b = \sum_i O3bd_i \frac{f(O3b_{-1}, d_{ij})}{\sum_i f(O3b_{-1}, d_{it})}$
卸売業分配所得	$Y3b = Y3b(O3b)$	卸売業従業人口	$E3b = E3b(O3b)$
その他3次産業生産額	$O3c = O3c(C, O2, O3a, O3b, C2)$	その他3次産業分配所得	$Y3c = Y3c(O3c)$
その他3次産業従業人口	$E3c = E3c(O3c)$		

【地域社会・人口セクター】

項目	定式化	項目	定式化
新規労働力	$MV = V_{-1} \frac{\exp[f(LO, Y, Kgh, Kgc)]}{\sum_i \exp[f(LO_i, Y, Kgh_i, Kgc_i)]}$	転職労働力	$MR = LS_{-1} \frac{\exp[f(LO, Y, Kgh, Kgc)]}{\sum_i \exp[f(LO_i, Y, Kgh_i, Kgc_i)]}$
流出関数		流出関数	
労働力流入関数	$NL = CS + RS$ $NL = CS + RS$	企業誘因労働力流入関数	$CS = \phi LO$
周辺地域労働力流入関数	$RS = \rho RSP$	年齢階層別流出人口	$M_n = \zeta_n ML$
年齢階層別流入人口	$N_n = \zeta_n (NL + \delta CR)$	母親年齢階層別出生人口	$R_o = 1/5 \sum_n \mu_n Pf_{-1n}$
年齢階層別死亡人口	$R_n = 1/5 \zeta_n P_{-1n}$	年齢階層別地域人口	$P_n = P_{-1n} - R_n - M_n + N_n$
総人口	$P = \sum_n P_n$	労働力人口	$L = \sum_n \gamma_n P_n$
従業人口	$LS = Lf(Y/E, C/P)$	新規就業人口	$V = \sum_n \gamma_n P_n$
就業機会	$LO = E - E_{-1} + L_O$	退職人口	$L_o = \sum_n \delta_n P_{-1n}$
他都市への通勤人口	$CR_j = EO \frac{\exp[f(Kgh_j, Kgc_j)]}{\sum_i \exp[f(Kgh_i, Kgc_i)]}$	住宅建設量	$\Delta H = \Delta H(H_{-1}, P - P_{-1}) + \sum_r \delta_r^h q_r$
住宅整備量	$H = \eta H_{-1} + \Delta H$	住宅用地面積	$AH = AH(H)$

【地域財政セクター】

項目	定式化
市町村税収	$T2o = T2o(O1 + O2 + Oc + O3a + O3b + O3c, Y)$
市町村歳入	$T2 = T2o + T2x + T2s + T2k + T2n$
地方交付税	$T2x = T2x(T2_{-1}, T2o, C2)$
市町村償還高	$T2t = T2t(T2t_{-1}, T2s)$
市町村償還費	$C2r = C2r(T2t_{-1})$
市町村経常経費	$C2 = C2(P, Kq, C2r)$
市町村投資財源	$S2 = T2 - C2$
社会資本ストック	$Kgk = \psi Kgk_{-1} + \sum_r \delta_r^k q_r$

註) 変数の定義は奥村<sup>12)</sup>に従った。また式中の「-1」は1期前の状態を表すものである。

表-2 想定プロジェクト

No	プロジェクト	面積 (ha)	期間 (年)	費用 (10億円)	返済年数 (年)
(1)	地域マネジメントセンター	1.8	1	0.8	*17
(2)	米原駅周辺	1.5	5	5.5	0
(3)	マルチメディアセンター	4.2	1	*2.5	*17
(4)	駅東部土地区画整理	37.3	10	8.08	*17
(5)	JR 総研島岡実験所	2.4	1	1.5	0
(6)	民間研究用地	4.2	1	0.7	*17
(7)	総合病院	1	1	1	0
(8)	国道6号線	7	3	2.7	0
(9)	県道彦根米原線	2.1	2	0.55	0
(10)	米原橋が原線	0.7	1	0.1	5
(11)	梅が原彦根線	1.05	1	0.15	5
(12)	米原北部開発	44.7	3	9.3	*17
(13)	米原地区	17	1	2.8	*17
(14)	米原周辺エリア開発	30	10	7.5	*17
(15)	8号線バイパス周辺開発	12.5	10	6.25	*17
(16)	文教ゾーン	8.6	2	1	*17
(17)	アートの森開発	6	2	1	*10
(18)	国道8号バイパス	9.8	4	3.8	0
(19)	米原湖岸線	0.7	1	0.1	5
(20)	米原東西線	0.7	1	0.1	5
(21)	米原磯線	0.7	1	0.1	5
(22)	米原近江線	1.4	1	0.2	8
(23)	天香川線	1.4	1	0.2	8
(24)	米原環状線	1.05	1	0.15	5
(25)	県道橋口岩船線	2.8	2	0.7	0
(26)	21号バイパス	4.9	2	1.9	0
(27)	梅が原彦根線	2.1	2	0.3	*15
(28)	国道21号線	9.1	3	3.55	0
(29)	県道大津能登川長浜線	4.2	3	1.1	0
(30)	湖岸入江地区開発	46.1	3	*5.6	*17
(31)	磯地区再開発	35.4	2	0.8	*17
(32)	湖岸リゾート	27.3	2	*6	*17
(33)	入江地区住宅	18	1	2.8	*17
(34)	磯工業団地	29	10	7.4	*17
(35)	宮田磯工業団地	14	1	1.3	10
(36)	東西エリア	4	5	*2	10
(37)	磯地区開発	2	3	0.75	5
(38)	湖岸リゾートホテル	2.6	2	14	0
(39)	朝妻公園拡張	0.5	1	0.25	5
(40)	湖岸レクゾーン	2	5	1.5	5
(41)	大根橋公園整備	79.8	3	1.5	5
(42)	磯地区シンボル公園	17.5	5	*1.75	10
(43)	蓮原公園拡張	4.6	2	0.25	*15
(44)	番場地区造成	32	3	30	*17
(45)	番場地区修景	30.2	2	4	*17
(46)	番場彦根線	3.15	2	0.45	10
(47)	磯西坂線	1.4	1	0.2	5
(48)	米原工業用地	64	10	10	*17
(49)	米原工業団地	26.5	1	3.7	*17
(50)	パワーセンター	5	3	0	0
(51)	インター周辺再開発	60.8	4	1.5	*17
(52)	枝折彦根線	1.4	1	0.2	5
(53)	醒井上丹生線	1.75	1	0.25	5
(54)	醒井集落線	1.05	1	0.15	5
(55)	醒井地区開発	3	3	0.75	5
(56)	醒井北部開発	14.6	1	3.3	*17
(57)	醒井中部開発	68.4	4	15.4	*17
(58)	醒井地区修景	18.1	5	*1.8	10
(59)	丹生川修景	2	5	0.15	5
(60)	町厚生施設	1	1	1	0
(61)	町商町整備	0.5	3	0.2	5
(62)	農業関連	30	10	*5	17

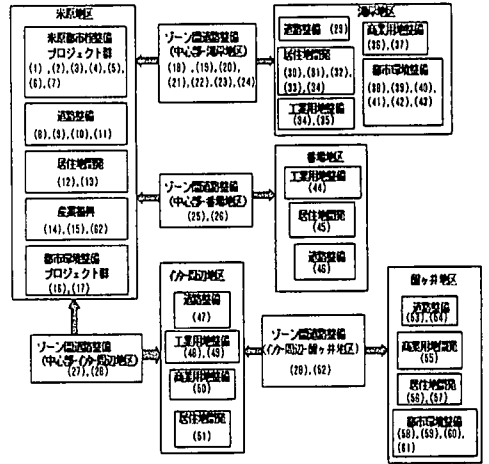


図-5 想定プロジェクトの関係

のであり、プロジェクト番号は後述のプロジェクトネットワーク(図-6参照)中の番号と対応するものである。

米原町における都市核として米原駅周辺部が想定され、交通結節点の機能、3次産業を中心とした業務機能の他に、フラワーパークなど町の整備方針のイメージ化・アメニティ向上のための機能を拡充する方針をどっている。この都市核を中心に、米原町内に合計4ヶ所の拠点開発が行われる。リゾート拠点(湖岸地区)、2次産業拠点(番場地区)、広域商業拠点(インターチェンジ周辺)である。さらに、副都市核として醒井地区を整備することとなっている。ここに述べた各拠点の特性は、その地区の代表的な機能を表したものである。ゆえに、機能的には複合化されたものであり、居住地開発など生活の基盤となる機能群は各拠点に全て割り当てられている。

図-5は米原町総合開発計画で想定されているプロジェクト間の関係の概略を示したものである。

分析に際しては、さらに以下の項目を加えた。

- 達成人口：10年後に人口2万人を実現することを制約として想定した。これは現在の人口のほぼ倍に相当する。
- プロジェクトに関する開始の制約：広域商業地区の形成の中心的施設であるパワーセンターの整備に対して、2市4町の総人口が20万人を越えた時点で開始できるものと設定した。
- 京阪神地域からの全流出量：外生的に与えられ、地

#### 4. ケーススタディ

##### (1) 概要

本稿では、システムの実用性の検証を、滋賀県米原町における地域開発計画を例として行うこととした。

まず、米原町独自の機能充足のために、米原町総合開発計画では表-2に示される整備計画(国道8号、21号など)と町レベルで策定された整備計画(町道整備、駅前再開発など)が提示されている。

現時点で既に駅舎整備計画など実行に移された事業もいくつか存在するものの、大半は未だ計画のみである。表中の事業費は平成9年当時の物価で表記した値であり、また償還年数は他の類似事業の償還年数から割り当てたものである。さらに\*は、後に行う分散分析で操作対象としたプロジェクトであることを表したも



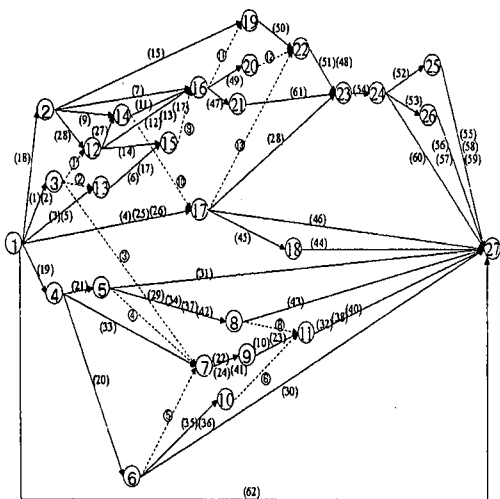


図-6 プロジェクトネットワーク

域外からの流入は京阪神地域からのものとした。

- 地域内の移動：各期ごとに行われるものとする。なお、彦根市の人口が50万以上である場合、彦根市への流入を停止するように設定した。
- 各種整備ストック：米原町以外の市町のものとはトレンドで与えるものとする。米原町に関して、既存の整備速度に変化はないものと仮定した。
- プロジェクトネットワークは、既成市街地部から開始し、順次周辺部の開発を行うという想定の下で構成されるものとする。(図-6 参照)

(2) 人口集積に影響を及ぼす因子評価

まず、表-2 に示した条件下での計算結果を示す。これを Case 1 とする。なお、本稿で採用した SESS では人口規模が拡大するに従い、各産業の生産力が向上し、地域経済全体が活性化する形式となっているため、本稿ではシステムの評価指標として人口規模を採用することとした。

前述のアルゴリズムで計算を行った結果、カットのレベルは 27 となり、カット総数は 1046 存在する。最適化されたプロジェクトの実施スケジュール、およびその返済スケジュールを図-7、図-8 に示す。

ここでは全プロジェクト終了までに 44 年、さらに全返済終了までに 58 年必要であることが把握された。

初期に実施されるプロジェクトは道路を中心としたもの、ついで地域マネジメントセンターやマルチメディアセンターなど年度あたりの建設費用が比較的安価なプロジェクトを同時に実施する傾向が見られる。これ

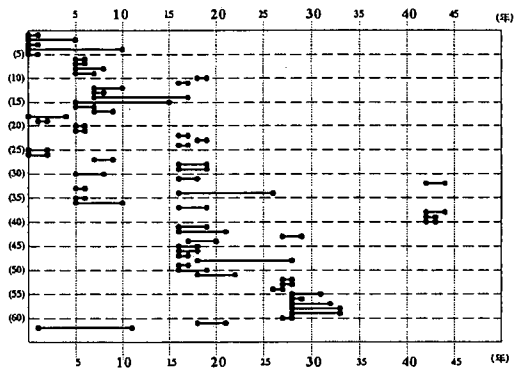


図-7 最適実施スケジュール

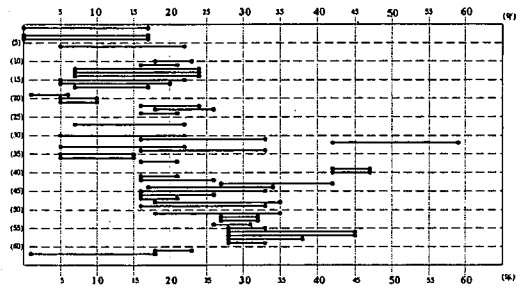


図-8 最適返済スケジュール

は道路建設を先行プロジェクトとする後続プロジェクトが全体として多いこと、特に米原中心部の整備終了から速やかに他の地区の整備に移行するために道路整備が終了していなければならないという制約の影響が大きいと考えられる。

この傾向は同時に返済スケジュールにも現れている。国道・県道の整備は国費・県費負担となるため実質的にプロジェクト実行の予算制約には関わらない構造となっている。このため、計画初期には整備可能な状態になれば即座に着工し、返済を開始する形となっている。しかし、レベル<sup>6)</sup>が進行するに伴って、同時検討対象のプロジェクト数が増加し、整備による人口集積とそれに伴う投資財源の増加、さらには後続プロジェクトの早期着工のために、道路プロジェクト間にも整備の優先順位が厳密に決定されることになる。また、人口集積効果を高める住宅関連事業は、同時に実行されることが望ましいという結果を得た。

さて、トレンドの変化も含めて、どのような要素が計画期間長および人口集積速度に影響を与えるのだろうか。ここでは特に、計画主体である米原町が操作できる要素であるプロジェクト費用・返済期間(すな

表-3 操作対象および操作方法一覧

操作因子	水準数	操作形式	操作対象事業
各市町村における 地方債発行額	4	1倍,1.2倍 1.5倍,2倍	2市4町地方債 発行額
各市町村における 住宅関連ストック 増加率	3	1倍,1.2倍, 1.5倍	2市4町住宅 関連ストック 増加率
各市町村における 都市計画関連 ストック増加率	3	1倍,1.2倍, 1.5倍	2市4町都市 計画関連 ストック増加率
プロジェクト 費用	3	1倍,0.5倍, 0.7倍	(3),(7),(32), (36),(42),(58), (62)
プロジェクト費用 返済期間長	3	1倍,2倍, 3倍	(1),(3),(4),(6) (12),(13),(14), (15),(16),(17) (27),(30),(31) (32),(33),(34) (43),(44),(45) (48),(49),(51) (56),(57)

注)「操作対象事業」列中の番号はプロジェクト番号を示す。

わち返済規模)と米原町が直接操作できない要素である地方債発行額・周辺市町の住宅関連ストックおよび都市計画関連ストックの増加率を取り上げることとした。特に、周辺市町における整備の進行速度の違いは、米原町を含めた2市4町の協調的な開発の可能性を模索する上で重要である。

このため、表-2に示される要素について、実験計画法により108ケースに関して分散分析を行うこととした。操作因子および操作水準は表-3に示すとおりであり、これらを直行配列表を用いて各ケースについて割り当てることとした。なお、直行配列表は紙面の都合上割愛する。

まず、ケーススタディごとに得られた人口集積の経年変化を図-9に示すこととする。全体的な傾向を論じるために、いくつかのケースについての出力結果を示すこととする。ただし、今回の場合、20年目で人口2万人を達成できない場合もいくつか存在した。その場合2万人に最も近い値を実現するように条件を緩和して計算を行った。

図より、計画開始後10年目までに想定ケースごとの人口変動が大きいことがわかる。一方10年目以降は、操作項目別の変動は徐々に縮小していく傾向が認められ、標準状態のCase 1の結果に近づく傾向にある。これは、計画の初期段階において地域内の人口流動性に大きく影響する因子が含まれていることを示唆するものである。このため人口集積に関わる因子を計画初期段階から人口流動がほぼ落ち着く開始後20年目まで経年的に検討することとする。

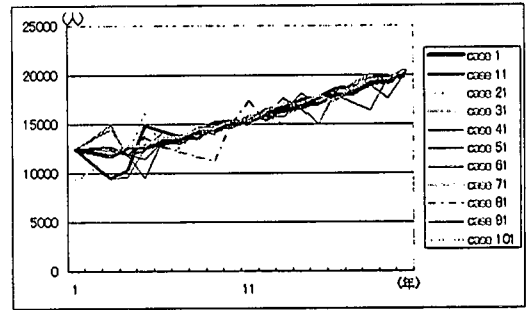


図-9 分散分析による人口集積の比較

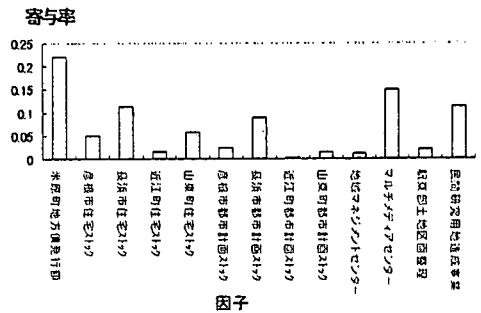


図-10 開始後5年目での人口増加に対する寄与率

図-10は変動傾向が特に著しい計画開始後5年目における人口集積との関連性について寄与率0.01以上を有意であるとみなし、該当する因子を抽出したものである。ここでは、米原町における地方債の発行額が上昇することにより、人口集積が早くなり、その結果計画期間の短縮につながる事がわかる。これは、各種ストックの集積速度につれて人口集積の速度が上昇し、集積数も大きくなったためであると考えられる。この結果、地方債の発行額が大きいほど、集積の効果が期待できるということになる。また、マルチメディアセンターの寄与率が高いのは、プロジェクトは通信インフラであり、整備の規模が大きくなるにつれ、また返済額が縮小するに伴い実施時期が早くなるにつれて、3次産業の活性化に影響が大きいためであると考えられる。この傾向は民間研究所用地という3次産業関連の項目への寄与率が高いことから伺える。

さらに、周辺市町の影響を見た場合、彦根の影響は人口集積の変動には大きく関わらず、長浜や山東の住宅関連ストックの影響が大きいという結果を得た。こ

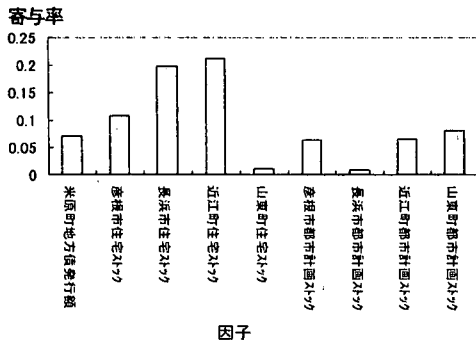


図-11 開始後 20 年目での人口増加に対する寄与率

これは初期の居住地選択に関して、山梨、長浜そしてプロジェクトの実施される米原における居住地選択水準が類似の値を取る場合があることを示している。このため、敏感な挙動を示すようになっていいると考えられる。これは住宅関連ストックでは山梨よりも集積程度の低い近江の影響が格段に小さいことから推察される。こういった傾向は多少の変動はあるが 10 年目に至るまではほぼ同じであることが認められた。

最後に開始後 20 年目における影響因子について検討を加える。

ここでも、地方債発行額の影響が見られるものの、5 年目ほどの影響は見られない。大きく異なる点はプロジェクトに関わる項目が全て消失してしまう点である。すなわち、計画開始後 20 年を経た場合、ほとんどのプロジェクトが完了しないしは投入済みであるためであると考えられる。むしろ、周辺市町のストックに左右されることを表している。特に、居住地選択行動に影響を与える住宅ストックの影響が大きいことがわかる。

このように、プロジェクトの実行により人口集積に与える影響が有意となるのは 10 年目までであり、それ以降、特に 20 年を経る頃には、プロジェクトの実施の影響そのものよりも、むしろ周囲の整備状況の進展によって影響を受ける傾向にあるといえる。換言すれば年数を経るにしたがい、プロジェクト実施による効果は認められるものの、実施時期の違いによる影響が見られない傾向があるといえよう。

このため、米原における人口集積、経済の活性化を考えた場合、他の市町の整備速度よりも早く、集積を実行すること、すなわち先行的に投資を実行することが望ましいといえる。なおかつ、できる限り初期の起債額は高く、かつ返済期間は長いことが望ましいといえる。

このように、本稿で提案したマネジメントシステムを用いることによって、プロジェクトの最適実施計画、およびその効果を計測することができることがわかり、地域の総合開発を立案する上で有効な手段となりうる事が確認された。さらに、設計したプロジェクトネットワークを再編していく上で情報も同時に抽出可能であることが把握された。

## 5. おわりに

本稿は、地方部における総合発展計画・基盤整備計画に焦点を当て、事業実施効果の把握と事業実施スケジュールの確定を同時に検討するためのハイブリッド型の地域開発システムの構築を行った。そして、非線形制約をも含めた事業スケジュール計画を定式化し、最適化アルゴリズムを開発した。さらに、滋賀県米原町における総合開発計画を取り上げ、本システムの有効性を検証した。最後に、米原町における事業効果として人口集積を取り上げ、事業効果に対する各種要因の検討を行った。主な成果は以下に示すとおりである。

- 1) 地域開発計画策定のための地域マネジメントシステムを最適化システム (MPPS) と経済シミュレーションシステム (SESS) のハイブリッドシステムとして提示した。
- 2) マルチプロジェクト計画問題に対して、ネットワーク上における資源配分問題として定式化できることを示し、これに対する解法アルゴリズムの開発を行った。そして、実際規模の開発計画を例にとりて数値計算を行い、アルゴリズムの有効性を検証した。
- 3) 米原町におけるケーススタディの結果、計画実施の初期段階での起債額が計画全体の速度に大きく関わり、時間の経過と共にプロジェクト実施時期の違いによる影響は消失する傾向にあることが把握された。

本稿で提案したシステムは、過去に余り取り上げられることの少なかった総合開発計画における最適な事業実施計画立案に際して、有効な支援情報となることが考えられる。しかし、本研究は開発途上の部分があることは否めなく、課題も多いと認識している。

- 1) 地域経済システムでは従来型の計量経済型のモデルを採用したことにより、ドラスティックな地域経済の変化を前提とした場合、モデルとして適切でないと考えられる。また、経済規模の小さな地域を取り

扱うためにパラメータの推計法に改善を加える必要がある。また、近年では経済システムそのものが高度に複雑化しているため、単純化した決定論的なシステムでは表現できないと指摘されている。

- 2) 本稿で取り上げた解法では、プロジェクトネットワークが与件として与えられなければならない。しかし、実際にはプロジェクトネットワークにおける順序関係が確定していない場合も多い。初期に与えられるプロジェクトの先行・後続関係の規定が問題となると考えられる。
- 3) 事業規模は先験的に決定されているが、社会・経済状態に応じて事業規模を弾力的に変化させる必要が、現在の我が国を囲む状況からは必要であると考えられる。この事業規模の最適化手法については現在検討中である。
- 4) 本研究で対象とした問題では事業の数・種類も先験的に決定されているが、実際にはマスタープランを考えていく上で、最適な事業の選択という問題が存在する。

本稿はプロジェクトの実施順序がネットワークという形で集約的に表現することが可能な場合、効果を発揮する手法であるといえる。すなわち、本稿で取り上げたように、開発のイメージがある程度明確にされた段階で適用することが可能である。そして、事業の新規導入・中止によるプロジェクトネットワークの変更が生じた場合でも、それまでの整備状況を与件として新たなプロジェクトネットワークを作成することで、本システムを適用し、修正された最適スケジュールを求めることも可能である。無論、課題4)でも述べたとおり、純粋に事業の選択までを一貫して検討することが望ましいが、これに関しての具体的な解法の開発は今後の課題である。

また、経済モデルに関しては、現在都市経済学を中心として、複雑系からのアプローチによる研究<sup>13),14)</sup>が進みつつあり、地域計画においてもこの流れは無視できないと考える。今後は、positive feedback<sup>15)</sup>など経済の非線形性を考慮した地域経済モデルをシステムに内蔵することなどが望まれよう。

#### 参考文献

- 1) 肥田野登, 武林雅衛: 大都市における複合交通空間整備効果の計測, 土木計画学研究・論文集, No.8, 121-128, 1990.
- 2) 徳永幸之, 稲村肇, 須田照, 安井誠一郎: 構造化手法による交通施設整備と産業構造変化との関連分析, 土木学会論文

集, No.476/IV-21, 47-56, 1993.

- 3) 戸田常一, 天野光三, 中川大: 大規模プロジェクトによる地域インパクトの計測システム, 土木計画学研究・講演集, No.10, 369-376, 1987.
- 4) Tang, K.C.: Optimal Control of Linear Econometric System with Linear Equality Constraints on the Control Variables, *International Economic Review*, Vol.20, 253-258, 1979.
- 5) Falco, M. and Macchiaroli, R.: Timing of Control Activities in Project Planning, *Int'l Journal of Project Management*, Vol.16, No.1, 51-58, 1998.
- 6) 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 14, 99-112, 1996.
- 7) 春名攻, 滑川達: PERT/MANPOWER 問題の最適解法の開発研究—カットネットワークにおける最適資源配分問題への変換を用いた新しい解法—, 土木計画学研究・論文集, No.15, 41-48, 1998.
- 8) 春名攻, 竹林幹雄: 地域開発プロジェクトにおけるスケジューリングに関する研究, 土木情報システムシンポジウム論文集, 79-86, 1997.
- 9) 春名攻, 竹林幹雄: 地域総合開発におけるマルチプロジェクトプランニング実施に関する数理計画的アプローチ, 地域学研究第 28 巻第 1 号, 207-219, 1999.
- 10) 春名攻, 竹林幹雄, 滑川達: マルチプロジェクト計画問題に対応したアルゴリズムの開発, 土木情報システムシンポジウム, 121-128, 1998.
- 11) Chvatal, V.: 線形計画法 (下), 啓学出版, 1986.
- 12) 奥村誠, 小林潔司, 吉川和広: 財政効果を考慮した地方開発投資の計量経済分析, 土木計画研究・論文集, No.5, 土木学会, 171-178, 1987.
- 13) W. Brian Arthur: Increasing Returns and Path Dependence in the Economy, Michigan, 1994.
- 14) Paul Krugman: How the Economy Organizes Itself in Space, *The Economy as an Evolving Complex System II*, 239-262, Addison Wesley, 1997.
- 15) Elettra Agliardi: Positive Feedback Economies, Macmillan Press LTD, 1998.

(1999. 3. 3 受付)

# DEVELOPMENT OF THE MULTI-PROJECT PLANNING SYSTEM WITH REGIONAL ECONOMIC SIMULATION AND ITS APPLICATION

Mamoru HARUNA, Mikio TAKEBAYASHI and Susumu NAMERIKAWA

The present paper aims to develop a multi-project planning system consisted in the hibread system of the project schedule optimization model and the regional economic simulation model. Moreover, the algorithm for the optimization of the project schedule is developed. The system is applied to the empirical case study on Maibara City Master Plan and analyze the relation between the project schedule and the impact of the project to the regional economy. From the computation results, the relation between the optimal project schedule and the population growth can be understood.