

(I-6)

土地開発事業における計画的検討作業の システム化に関する研究

A Methodological Study on a CAD System for Planning Work of Large-scale Land Development Project

立命館大学 春名 攻・
立命館大学大学院 ○小山 卓爾郎**
By Mamoru HARUNA, Takujirou KOYAMA

近年のニュータウンをとりまく状況の変化にともない、ニュータウン開発事業における計画作業は困難化してきており、それらに対するシステム化の必要性が高まってきた。そこで、本稿では、ニュータウン開発事業の初期段階（企画・構想）における計画的検討作業をシステム論的な観点から整理を行い、この段階における計画策定プロセスを効率的かつ合理的に行うための方法論について述べた。具体的には、計画地形設計を本プロセスの中心に位置づけ、この作業により得られた計画地形案群を土台として、土地利用や施設機能に関する先取りの検討を行い、最後に、機能性、安全性、快適性、経済性、等々の内容についての評価検討作業を行うことにより、最終的な計画代替案を求めることとしている。

【キーワード】プロジェクト企画・計画、ニュータウン、CAD

1. はじめに

近年、大都市近郊におけるニュータウン開発の現況は、新規の開発にとって非常に厳しい状況となってきた。すなわち、高度成長期のたびかさなる宅地開発の結果、開発適地が減少し、地形的に険しくかつ都市基盤も十分でない地域を対象とすることが多くなったり、また素地価格の高騰、用地取得の困難化などによる開発適地の遠距離化や外縁化が進み、大変困難な状況となっている。また、「価値観の多様化（ライフスタイルの変化）」、「情報化」、「国際化」、「高齢化」を底流とした「経済のソフト化」など、我が国の社会経済は新しい時代を迎えている。これら社会の質的な変化を受けて、宅地開発においても、従来のような単なる「ベッタウン

」的な開発から、「住む」、「働く」、「学ぶ」、「遊ぶ」といった複合機能が備わっている地域整備と調和のとれた魅力的なまちづくりが望まれている。このようなニュータウン開発事業を取り巻く新しい流れに対し、従来の方法のままでは、効果的なニュータウン開発計画の策定は困難であると判断した。そこで本研究では、プロジェクトの初期段階（企画・構想）における計画的検討作業を、近年発達のめざましい情報処理機器を用いて合理化・効率化したComputer-aidedな計画支援システムを構築することが望ましいと考えた。

2. 本研究のアプローチ

(1) 本研究におけるCADシステムの概念

近年のコンピュータをはじめとする情報処理機器の急速な発展により、飛行機の設計を筆頭に、各分野においてCAD (Computer-aided Design) と呼ばれる設計システムの開発が盛んに行われている。しかし、ニュータウン開発事業をはじめとする土木の分野においては、設計対象物の不確定要素の多さ

* 正員 工博 理工学部土木工学科 教授
(075-465-1111 EX 3701)

** 学生員 理工学研究科土木工学専攻
(075-465-1111 EX 3701)

と、分析・総合作業の複雑さから、作業の定式化が困難なため、他の一般の設計作業のようにCADシステム化することは容易でないといえる。

そこで、本研究が対象とするニュータウン開発事業の企画・計画段階における計画的検討作業をCADシステムとして構築するに際しては、コンピュータの能力と性質を理解し、計画システムの各作業のうち、コンピュータを利用することが効果的・効率的であるものと、人間の能力を用いた方が効率的であると考えられるものとを分類・整理しておく必要があると考えられる。すなわち、膨大な計算などの作業量を要しかつ迅速さが要求されるものや、視覚的なプレゼンテーションのように特殊な処理を必要とする作業に対しては、コンピュータを積極的に活用し、人間の勘や経験をもとにした高度な意思決定やアイデアの創出といった作業に対してはコンピュータ導入の困難さを認識することにより、トータルな計画システムとしてより効果的・効率的なものを目指す必要があると考える。

以上のような考察のもとに、コンピュータを利用したシステムを、コンピュータの適用レベルにより図-1のような形で3段階に整理して考えることとしている。すなわち、まず単に人間の思考作業だけであるシステムを「Without Computer System」の段階とし、情報処理システムと人間の思考作業が結

び付いた「Computer-supported System」の段階、そして設計作業そのものをコンピュータや情報処理機器の機能を活用する形に改編する「Computer-aided System」を最終的で高度な作業体系であると考え、これを先の「Computer-supported System」と明確に区別している。

(2) 計画的検討作業のシステム化の必要性

企画段階であれ、計画段階であれ、ニュータウン開発事業の計画的検討作業は、計画地形の形状が、①土地利用や施設の配置に際して考慮すべき支配的要因であること、②土地造成費の低減に密接に関係すること、等々のように、重要な意味を持っていると考えられる。また、従来、計画地形案の作成は非常に多くの労力と時間を費やし、複数の代替案の検討が困難であり、十分に他の可能性を検討することができなかった。以上のような理由より、本研究では、プロジェクトの初期段階（企画・構想）での計画的検討作業を多様な側面から合理的かつ効率的に行ない、豊富な内容を持つ企画案を求めるためには、計画地形設計を中心とした作成・検討方法を構築することが必要であると考え、CADシステム構築の基本方針として、計画地形設計を中心とした計画策定プロセスを提案している。すなわち、計画地形の設計をCADシステム化することにより、複数で

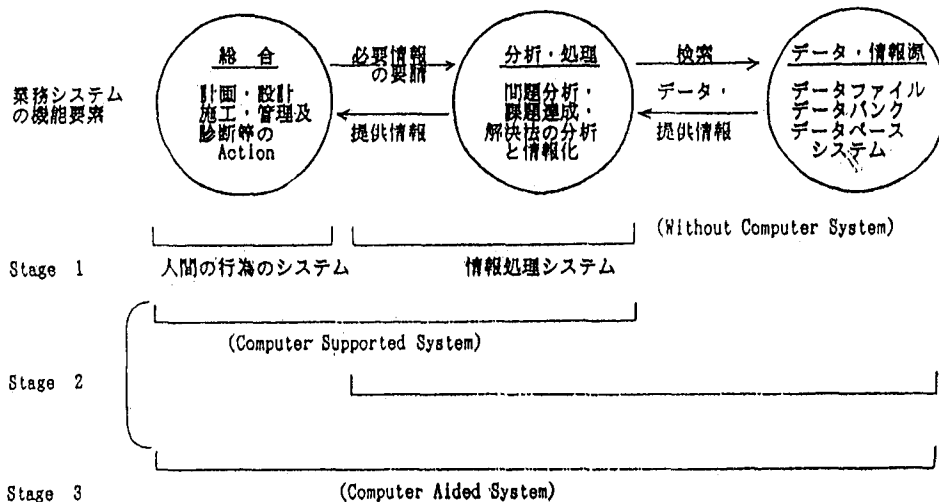


図-1 コンピュータシステムの適用レベル

多様な内容を持つ計画地形代替案の迅速な作成を可能にし、さらに作成された計画地形代替案に対して、土地利用計画および施設整備計画の先取りの検討や、その計画代替案に対して、事業費概算という費用面からの評価を始めとする多様な評価が行なえるという点においても効果が大いと考え、提案するものである。

3. 計画的検討作業のプロセスについて

本研究では、計画策定システムを図-2に示すような、①計画地形案の設計、②土地利用計画の設計、③計画代替案の評価の大きく3つの段階で構成されるように設計した。すなわち、計画地形案の設計については、まず計画地形モデルの開発を行い、このモデルによりコンピュータを利用して迅速な計画地

形案の設計を行うこととしている。続いて、設計された計画地形案群を土台として、それらの上に、土地利用や施設機能に関する先取りの検討を行うため、住宅地、公共施設の規模・配置を、概略的ながらも数学モデルにより想定することとしている。そして、最後に、これまでに作成された複数の計画代替案に対して機能性、安全性、快適性、経済性、等々の内容についていくつかの評価指標を設定し、それらの適用結果を計画者に提示し、より総合的に望ましい計画代替案を選択することとしている。以下、それぞれのプロセスについて述べていくこととする。

(1) 計画地形案の設計

本研究では、計画地形設計を数値計画モデル化した計画地形モデルの開発を行っており、このモデルを用いることにより、迅速かつ多様な計画地形案の設計が可能となる。そこで、このモデルをCADシ

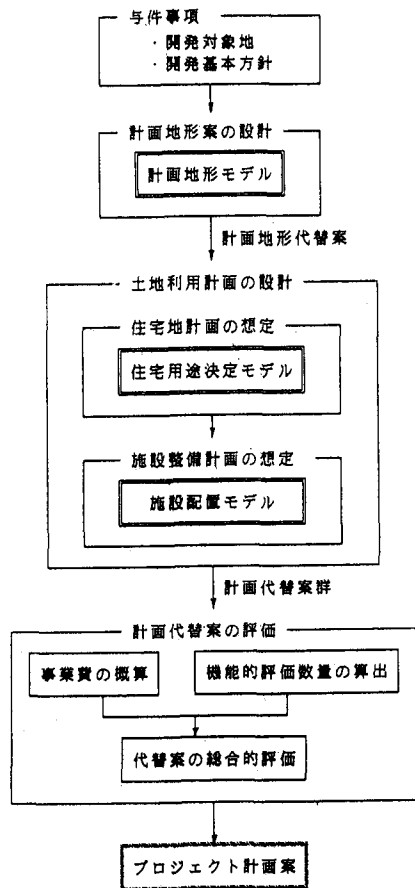


図-2 計画支援システムの全体構成

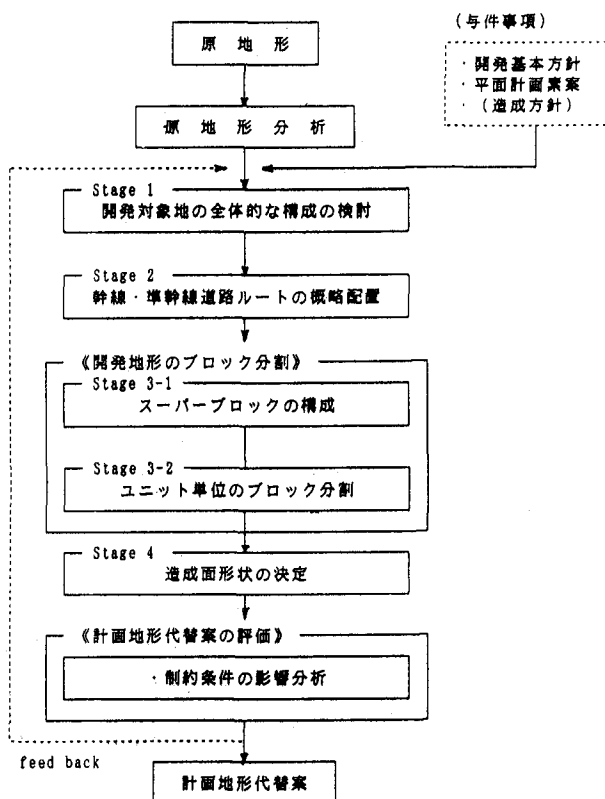


図-3 計画地形案の設計プロセス

システムの中核的なツールとして位置づけ、図-3に示す設計プロセスに基づいて計画地形案の設計を行うこととする。

すなわち、原地形等の前提条件の整理から得られる土地利用に関する制約条件や、ニュータウンの環境空間の向上をめざした地形上の要求などは、モデルの制約条件として考慮し、造成方針にとりまとめ入力するとともに、このように与えられた制約条件を満足する範囲内では土工量の最小化を目的関数とし、土量バランス等の制約条件を満たした形での計画地形案を設計することとした。さらに、この計画地形の設計においては、計画地形の形状が支配的な決定要素となる幹線道路についても、実行可能性を満たした形式での設計を行うこととしている。さらに、従来では不可能であった、ニュータウンの質的・量的水準レベルを検討するための多様な計画地形代替案を迅速に作成することができるように配慮した。すなわち、このような様々な計画地形に関する可能性を検討するということが目指すために、モデルの目的関数である総土工量をパラメータとして操作したり、制約条件の定数項をパラメータとして系統的に操作することにより、多様な計画地形案の作成を行うこととする。

つぎに、本プロセスの中で用いている計画地形モデルについて述べる。計画地形モデルを採用する目的は、①計画地形の形状は土地利用や施設配置に際し支配的な要因であること、②開発事業費のなかで比較的変動の激しい土地造成費が計画地形により直接影響を受けること、③計画地形を設計する際、土工移動が少ない区域を指定することは計画者の勘と経験によっているため、望ましい結果を

表-1 計画地形モデルの定式化

<目的関数>

造成対象地域の総土工量の最小化

$$V_{total} = S_1 \cdot x_1 + S_2 \cdot x_2 + \dots + S_n \cdot x_n \rightarrow \min$$

(nはブロック数)

S_i : ブロック時における各ユニットの面積

x_i : 各ユニットの原地形と計画造成面高の差

<制約条件>

①切土量と盛土量のバランス及び総土工量に関する制約 (パラメータ分析用)

$$(1) V_{Bal} = S_1 \cdot x_1 - S_2 \cdot x_2 + \dots - S_n \cdot x_n = 0$$

ただし、 S_k ($k=1, 2, \dots, n$) の係数の符号は、各ブロックが切土の場合+1、盛土の場合-1とする。

$$(2) V_{total} \geq V_k$$

V_k : V_{total} の下限値 (パラメータ)

②ユニット間の高低差条件

$$-B \leq (A_i + D_i \times X_i) - (A_j + D_j \times X_j) \leq B$$

A_i, A_j : 各ユニットの原地高

B : 高低差制約値

③切盛高条件

切土・盛土の高さが一定値以下

$$x_i \leq \text{Const}$$

④幹線・準幹線道路の縦断勾配条件

$$-\text{Const} \leq G_i \leq \text{Const}$$

$$G_i = \tan \theta = (Z_1 - Z_2) / L$$

⑤造成面勾配の制約条件

(南北方向)

$$-\text{ConstSouth} \leq T_{ins} \leq \text{ConstSouth}$$

$$T_{ins} = \tan \alpha = a$$

(東西方向)

$$-\text{ConstWest} \leq T_{iew} \leq \text{ConstEast}$$

$$T_{iew} = \tan \beta = b$$

ConstSouth : 面勾配北向き成分最大値

ConstSouth : 面勾配南向き成分最大値

ConstWest : 面勾配西向き成分最大値

ConstEast : 面勾配東向き成分最大値

-- DESIGNED LANDSCAPE { D51206 PR1 } --

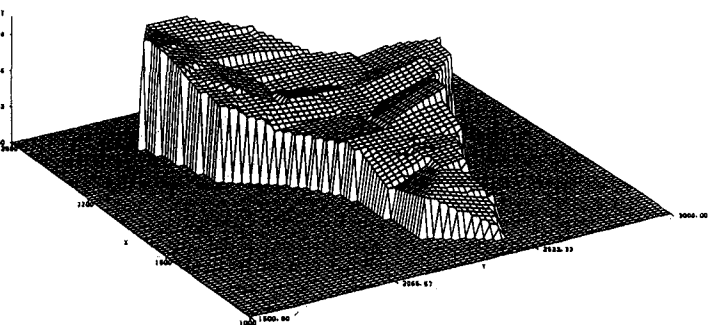


図-4 モデルの適用結果 (鳥観図)

得る確証がないこと、④造成計画の各作業が手作業で行われていることが多いため、作業量の膨大さから多様な代替案の検討が行えないこと、等々の問題点を改善し、計画地形設計作業の効率化・合理化を図るためである。以下、計画地形モデルの定式化を表-1に、このモデルの適用結果の一例を図-4に示す。

(2) 土地利用計画の設計

ここでは、計画地形設計モデルにより設計された多様な計画地形代替案に対し、住宅地計画や公共施設の配置計画の内容を簡便な数理計画モデルを用いて想定することとしている。このような内容の想定を行うことにより、設計された計画地形案に対して土地利用計画の内容を考慮した先取りの検討が可能となると考えている。このような土地利用計画の検討において、本研究では図-5に示すように住宅地計画の検討、施設配置計画の検討の2段階に分けて検討を行うこととしている。

a) 住宅地計画の検討

住宅地計画はニュータウンの「住む」という基本的な役割を考えた場合、最も重要な機能である。そこで本研究では、ユニット単位での各住宅地の住宅種別を決定する方法を数理計画モデル化した「住宅用途決定モデル」の開発を行った。このモデルは、図-6に示すような形式で設計されており、ニュータウンセンター周辺ほど居住密度を高くし、ニュータウン全体での利便性を高めるといふ、従来経験則として用いられてきた居住密度配分計画の他、居住者特性を考慮した住宅配置計画など幾つかの配置基準を設定し設計を行った。

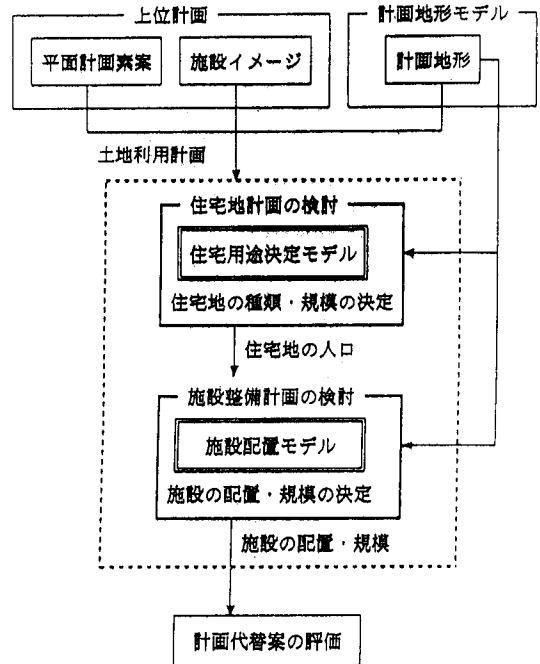


図-5 土地利用計画の検討プロセス

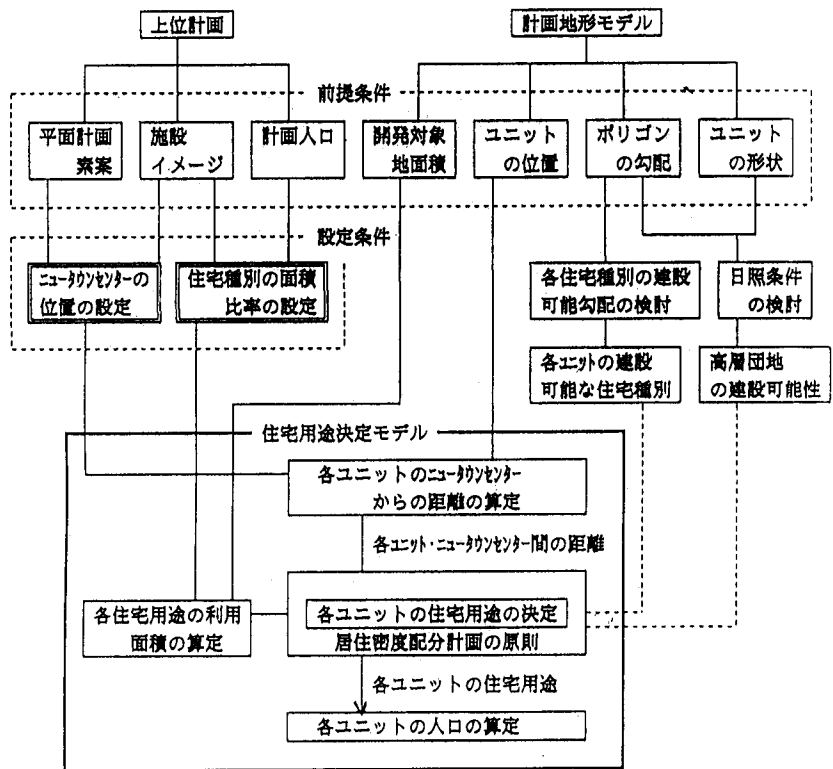


図-6 住宅用途決定モデルの構成

b) 施設配置計画の検討

先に求められた住宅地計画の成果に対し、ここでは本研究が開発した「施設配置モデル」を用いて、公共施設の配置を決定する。このモデルは、住宅用途決定モデルにより決定された人口配分に関する情

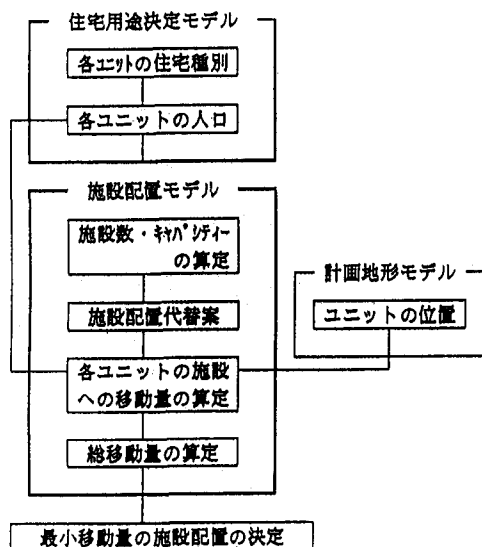


図-7 施設配置モデルの構成

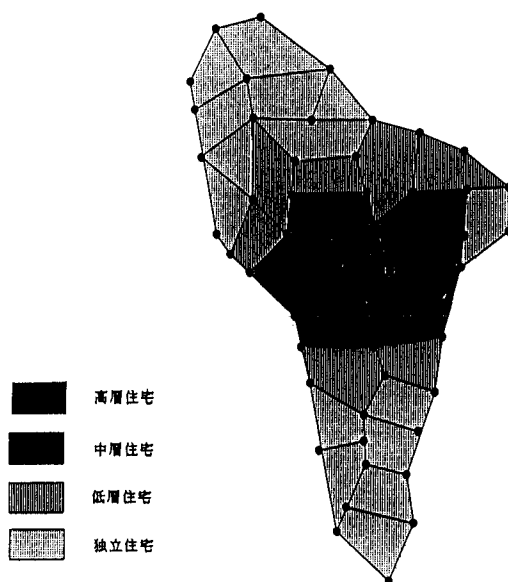


図-8 モデルの適用結果（土地利用図）

報をもとにニュータウンの住民の利便性を最大化することを目的として、学校、公園等の各種公共施設の配置を決定するものである。このモデルの全体構成は図-7に示すとうりである。

本研究では、施設の配置決定に際し、住民の利便性を重視することが望ましいと考え、前述の住宅用途決定モデルにおいて決定された人口配分パターンを与件として、住民の利便性を最大とするような施設配置を行うこととした。そこで本研究では、施設の配置場所を操作変数とし、目的関数として住民の施設利用に際する移動量の総和の最小化を設定することとした。またさらに、面勾配と面積、施設のキャパシティを設定している。このモデルの適用結果を図-8に示す。

(3) 計画代替案の評価

ここでは、これまでのプロセスにおいて作成された計画代替案群に対して、経済性、安全性、機能性等の評価尺度に関する評価・検討を行い、総合的な観点からより優れた計画代替案を選択することとしている。すなわち、ニュータウン開発事業の計画案の評価要因には非常に多くものがあるが、これらは大きくニュータウンの質的側面と経済的側面に関する評価要因に分けることができる。この場合における質的側面とは、ニュータウンの利便性、安全性、快適性等のニュータウンの持つべき機能と関連した内容であり、経済的側面とは、ニュータウンの開発事業に要する費用に関連した内容である。すなわち、これらは費用と便益として捉えることができるため、両者の要因の間にはトレードオフ関係のあるものが多くあると考えられる。そのため、これら2つの側面に関する評価項目を提示することは、その関連性を調べる上において非常に有意義であると考えられる。

a) 経済的側面に関する評価内容

本研究における事業費の概算とは、企画内容に対する試算として捉えている。すなわち、計画案策定過程の初期段階において、計画検討内容やその成果としての設計物に対して、その実現性を確保するための主要因である事業費を概略的に把握し、計画内容を評価するための行為である。さらに、計画・設計行為の結果算出された設計数量を、「費用」という金額に換算することにより、計画者が、事業実施

の意志決定を行なう際の有意義な判断材料の1つになることを目指すものである。ここで事業費における工事費の算出については、「試算レベル」ということもあり、複合単価表を用いて算出している。

b) 質的側面に関する評価内容

本研究では、計画地形案の形状及び土地利用計画の設計内容をもとに以下に示すような評価検討項目の特性値の算出を行った。

①計画地形に関連したもの

有効利用面積、高低差処理の方法・面積・延長、道路面積、平均道路勾配、造成面勾配・方向、平均造成面勾配、南向き造成面面積率、総土工量、鳥観図表現

②土地利用計画に関連したもの

収容可能人口、住宅地計画（人口配分）、施設利用のための総水平移動距離・平均移動高低差、施設配置計画、各ユニットの利用先施設、施設利用のための最大移動距離

c) 計画代替案の総合的評価

これまでの各プロセスにおける作業の結果、先取的な検討を盛り込んだ多様な計画代替案の設計が行えた。そこで、これら複数の代替案群の中からより望ましいプロジェクト計画案を選定するには、これらの代替案を総合的に評価する必要がある。しかし、ニュートン開発の質に関する評価は、ニュートンに関わる開発者、来住者、外来者などの様々な立場の主体が存在し、また非常に多様な側面について考慮しなければならない、それら全てを考慮した総合的な評価を普遍的方法で行うことは困難である。以上のような問題を認識しつつ、本研究では、計画地形の設計をベース

とした、概略的に根幹的な施設配置を計画していく上で重要と考えられる評価指標を用いた計画代替案の総合的な評価を試みた。まず計画代替案の各設計数量の内容を考察した結果、計画地形案の設計過程に影響を受けていることがわかった。そこで、計画地形に最も影響を受ける主体としてニュートンの

表-2 工事費概算の一例

工事費項目	工事種別	単価	設計数量	個別工事費	%	設計数量
調査設計	基本設計	500	650000	325000	4.6	開拓面積
	測量調査	500	650000	325000	4.6	開拓面積
	調査	100	650000	65000	0.9	開拓面積
	仮設	50	650000	32500	0.5	開拓面積
	土工普通土	600	3250000	1825000	23.2	土工計画
	軟岩	1000		0	0.0	地質資料
	中硬岩	2000		0	0.0	
	法面保護	200	41979	8400	0.1	法面面積
	ブロック積	30000	1394	4182	0.6	擁壁長さ
	重力式擁壁	40000	9291	37184	5.3	
陸地	逆T型擁壁	50000	2535	12875	1.8	
	埋入壁式	70000	17693	123851	17.7	
	土工費総計			344462	49.2	
	W=1.8	150000	3332	49980	7.1	道路延長
	W=1.6	130000	0	0	0.0	道路規模
	W=8	80000	0	0	0.0	
	W=10歩車	70000	0	0	0.0	区内面積
	W=8歩車	65000	16250	105825	15.1	道路面積
	W=6歩車	60000	0	0	0.0	
	車道橋	400000	0	0	0.0	車道橋
排水	歩道橋	800000	0	0	0.0	歩道橋
	雨水管	40000	3332	13328	1.9	道路延長
	汚水管	24000	3332	7997	1.1	道路延長
	児童公園	12000	10887	13180	1.9	公園面積
	近隣公園	10000	21934	21934	3.1	
	地区公園	10000	0	0	0.0	
	緑地	5000	0	0	0.0	
	小計			627986	89.6	
	調査設計	×6%	327985.78	37679	5.4	総工事費
	監理委託	×5.6%	327985.78	35167	5.0	総工事費
総工事費				760832		

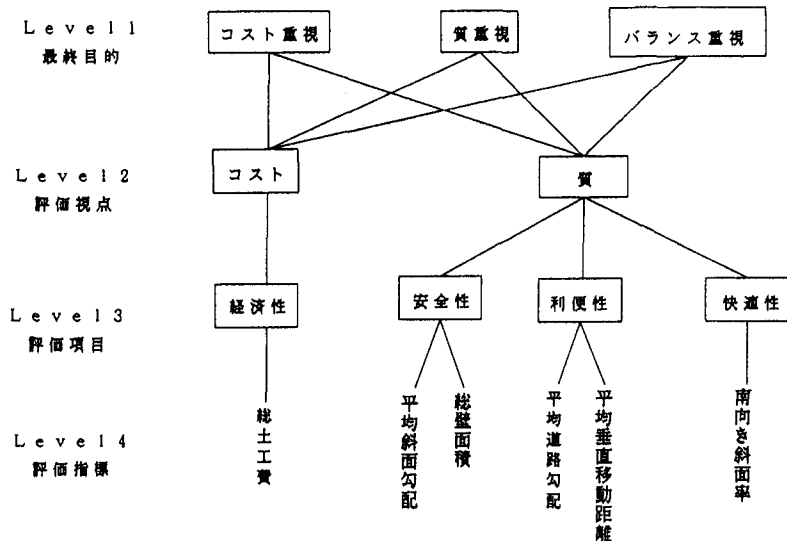


図-9 意志決定における階層図

住民をあげ、計画地形を住民の生活環境の一部として捉え、ニュータウンの住民の生活環境への評価という観点から計画代替案の評価を行うこととした。このような認識のもとに、計画地形の評価指標として、都市の生活環境を表す指標として一般によく使われている「快適性」、「利便性」、「安全性」の3指標をとりあげた。さらに、これらの指標を計画地形の物的状況を表す評価指標に細分化し、ここでの計画代替案選択の意志決定問題の構造を、最終的な目的すなわちニュータウンに求める姿と評価項目、代替案の関係で構成される階層構造として整理し、経済的な側面も取り入れた多数評価項目を持つ意志決定問題の評価手法である階層化意志決定法により計画代替案群の序列化を試みた。意志決定における階層構造図を図-9に示す。

4. おわりに

本稿では、ニュータウン開発プロジェクトの初期段階（企画・構想）における計画的検討作業をシステム論的な観点から考察し、計画策定プロセスを効率的かつ合理的に行うための方法論について述べた。

すなわち本研究では、開発対象地及び開発基本方針などの与件事項が設定されたの後、計画代替案の設計を如何に効率よく迅速に設計するかに焦点を当てて実用化に向けての方法論の開発研究を行った。

その結果、次のようなことが成果として得られた。

（1）ニュータウン開発事業の初期段階における計画的検討作業を、計画地形の設計を中心とした作業体系に改編すれば、合理的かつ効果的な計画策定が行えることがわかった。

（2）計画地形の設計作業を数理計画問題として定式化することにより、計画者が設定した設計条件において、総土工量が最小化された計画地形を迅速に作成し、さらに総土工量をパラメータとして操作することにより、多様な計画地形を迅速に設計することが可能となった。

（3）設計された計画地形案に対して、「住宅用途決定モデル」や「施設配置モデル」を先取り的に取り入れた土地利用計画の検討を行うことにより、開発基本方針の具体化を行うことが可能となった。

（4）一連のシステムにより策定された結果を用いることにより、経済的な側面と質的な側面の両者に

関する評価を行うことにより、計画代替案の総合的な評価・検討を行うことが可能となった。

そして、上記の方法論に関する研究成果をもとに今後システム化を図っていく上において、次に示す内容が今後の課題であると考えられる。

すなわち、

（5）人間の経験や勘、自由な発想といったものを検討作業に取り入れることが可能な形のシステムを構築するためには、計画地形の形状や施設配置などに関して3次元グラフィック等を用いて視覚的な情報を提示する必要がある。

（6）システムをより効率的・合理的なものにするためには、計画地形設計と土地利用計画のそれぞれにおける検討項目間の関連構造を明らかにし、情報の制度、フィードバックにおける情報の流れなどについて明確にする必要がある。

（7）良好な環境空間の創出という観点からは、公園・緑地、各種土地利用や都市施設の配置なども考えられるが、これらについては、本計画的な検討によって行われる次段階の計画的検討に含められると考えてここでは省略したが、今後は本プロセスとも関わりも十分考慮に入れた、検討プロセスのCAD化の研究に進みたいと考える。

【参考文献】

- 1) 春名 攻：システム開発に関する研究－方法論的開発をめざして－、土木計画学研究・講演集、土木学会、1986年1月
- 2) 春名 攻：土地開発プロジェクトの企画段階における方法論的研究、エンジニアリングフォーラム
- 3) 南 健志：大規模造成工事を伴うニュータウン建設の構想計画策定のシステム化に関する研究、京都大学修士論文、1988年2月
- 4) 斉藤博行：ニュータウン構想計画の計画的検討のためのCADシステムの開発研究、京都大学修士論文、1989年2月
- 5) 高岸実良：ニュータウン開発構想策定作業のシステム論的研究、京都大学修士論文、1991年2月
- 6) 春名、高岸、小山：土地開発事業の企画段階における計画的検討作業のシステム化に関する研究、第8回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会、1990年12月