

大規模ニュータウン建設計画検討のための CADシステムの開発研究

A Study on Development of Computer-Aided Design Systems
for Planing of Large-scale Newtown Construction Project

京都大学工学部 正 員 春名 攻*
京都大学大学院 学生員○斎藤博行**

By Mamoru HARUNA, Hiroyuki SAITOH

本研究では、ニュータウン開発計画の構想計画段階において、計画支援のためのCADシステムの構築に関して考察を行なう。そこでまず、そのシステム構築を行なうにあたっては、ニュータウン開発計画の構想計画段階における計画策定作業について、システム論的な立場から整理を行ない、その段階における支援システムあるいはCADシステムの機能的要件について考察を行なった。そこで本研究では、構想計画における計画支援システムとして計画地形の設計を中心とした計画策定を提案している。まずCADシステムによって迅速に地形設計を行ない、そこから提示される情報に対して、土地利用計画や施設整備計画を先取的に上乗せして多数の代替案を作成を行い、かつそれらの代替案に対して費用を始めとする種々の評価システム的に行なうことによって評価を行なうことにより、従来、構想計画の時点では困難であった多面的な検討を可能にすることとしている。

【キーワード】ニュータウン開発、建設計画、CADシステム

1. はじめに

現状のニュータウン開発事業の厳しい状況にも関わらず、ニュータウン開発計画は、多くの階層的段階を持ち、かつそれぞれにおいて多面的であるため、その作業は非常に複雑なものとなり、そのような状況に対応した検討を十分行なうことは困難になってきている。すなわち、ニュータウン開発計画においては、各計画段階に対してそこで行なわれる検討内容に対応した検討を行なう必要があると考え、本研究では図-1で示すようにイメージプランが決定された後の構想計画段階に焦点を当てて、その計画策定作業についてシステム論的な観点から研究・開発を行なうこととした。

そこで本研究では、まず構想計画段階における計画策定作業をシステム論的に整理する。ついで、それに対する計画支援システムを提案することによって、合理的な計画策定を目指すこととしている。さらに、その計画支援システムをより一歩進めてCADシステム化することにより、効果的な支援の実現を目的としている。

本稿では、まず一般的な計画システムについて考察した上で、ニュータウン計画の構想計画段階における計画策定作業をシステム的に整理する。次に、そのシステムにおけるCADシステムを中心とした計画作業の支援システムの機能的要件について述べる。さらに本研究において、その支援システムにおいて中心的な役割を持つCADシステムに関して、計画地形モデル、計画内容の具体化、評価システムの各々について述べていくこととする。

* 正会員 工博 京都大学助教授 工学部
土木工学科(〒606 京都市左京区吉田本町)
** 学生員 京都大学大学院工学研究科

2. 計画システムと計画支援システムについて

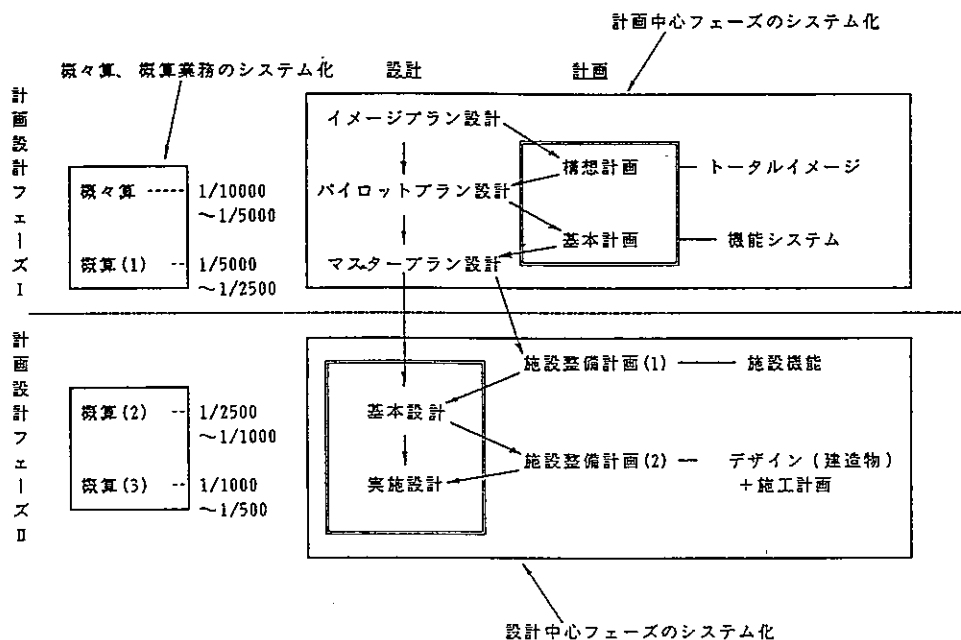


図-1 計画と設計の関連関係を考慮したニュータウン計画の計画プロセス

本研究においては、ニュータウン開発事業の計画におけるシステムについて、計画システム、計画支援システム、CADシステムという一般的な概念を用いて整理している。まず、これらについて簡単に述べていく。

(1) 計画システム

計画システムとは、計画策定の過程における手順や作業の構成を明らかにして、それらが合理的に機能

できるように整理し、体系的に構築されたものである。そのため、計画システムを構築する場合、人・機械・情報などをどうマネジメントしていくか、といったことを検討する必要がある。

(2) 計画支援システム

計画支援システムとは、データや情報などを分析・処理し、情報の作成や提供を行ったり、あるいは手作業で行なっているものを迅速に行えるように

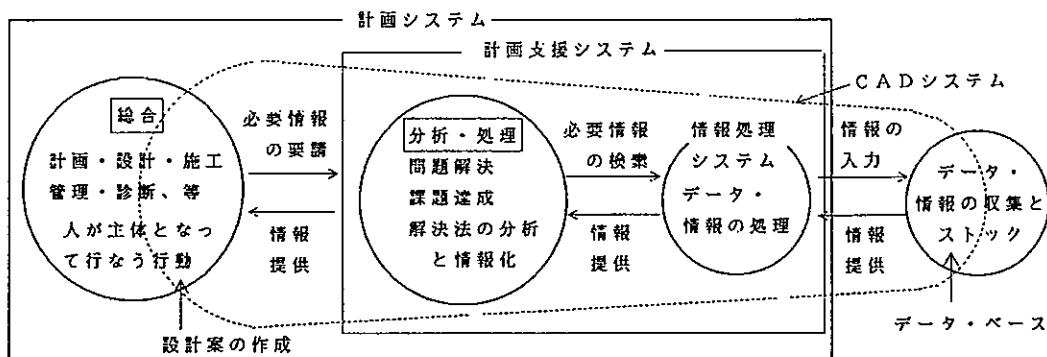


図-2 計画のシステムについて

して、計画者が行なう実行や総合化の行為に対して支援するシステムである。

(3) CADシステム

CADシステムとは、コンピュータの処理能力を最大限に有効活用する形に作業体系を再編成したシステムのことである。例えば、図-1の設計を中心として作業系列を、コンピュータを活用した形で編成することによって、高品質な成果を安定的にかつ迅速に得ることに配慮したシステムと考えることができる。しかし、人間しか行えないような経験や勘に依存する部分などをCADシステム化することは困難で、かつ合理的でもないため、CAD化を行なうべき部分の見極めを行ない、トータルにみて合理的なCADシステムを構築することが重要と言える。

これらの計画のシステム概念における、相互関係を図-2に示す。ニュータウン計画の計画策定作業に対してシステム構築を試みる場合も、このような概念を踏まえた上で、CADシステムがどのような位置づけであるかを検討しておく必要がある。

3. 本研究における計画支援システム

(1) ニュータウン建設計画の構想計画段階

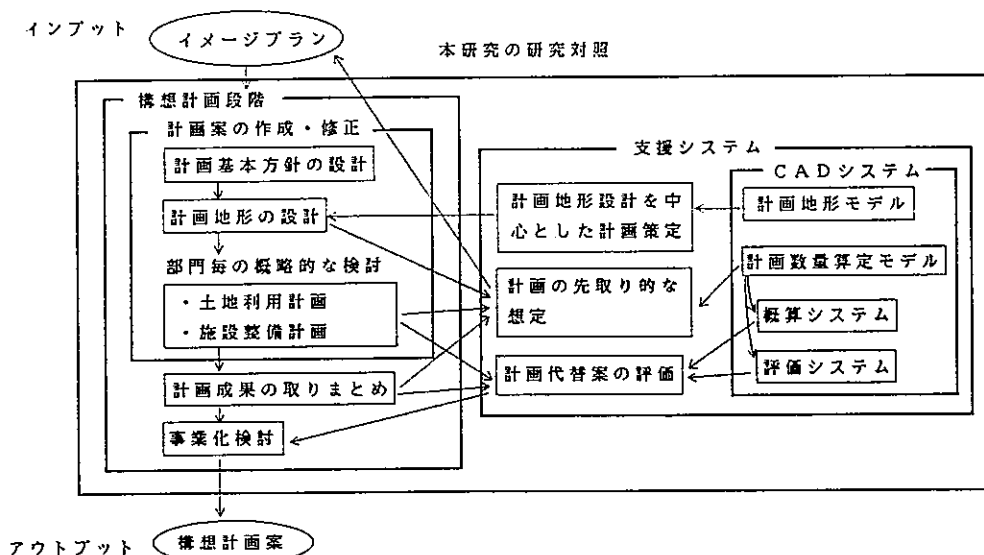


図-3 ニュータウン開発計画の構想計画段階における計画システム

ここではまず、本研究が対象としているニュータウン開発計画の構想計画段階について述べることにする。計画プロセス全体における構想計画段階の位置づけを先述の図-1に示した。まず、この構想計画段階の前段階としては、企画の段階があり、この企画に沿った候補地（あるいは地区）が選定されるが、これらはしかるべき調査（自然条件、社会条件）が完了した時点から具体的作業が行われるステージである。そして構想計画段階では、建設事業の位置づけや規模などの計画フレームを明確にしつつ、構想をイメージとして具体化することにより計画化の方向を確認していくといった、建設事業の「トータルイメージ」について検討が行われとりまとめられる。目安として、構想計画段階の検討に用いられる地形図としては1万分の1から5千分の1のものといった段階といえる。

本研究においては、この構想計画段階を次に述べるようなシステム論の観点から整理し、システムの構築を行なうこととしている。

(2) 構想計画段階における計画支援システム

ここでは、先に述べた計画システム、計画支援システム、CADシステムが、本研究が対象としている構想計画段階においてどのようなものになるかを

具体的に示すこととする。図-3は構想計画段階における計画策定作業について概念的に整理したものである。この図の全体が先に述べた計画システムにあたると考えることができるが、特にその中で、左に示した一連の流れが計画システムの中心と言えよう。そして、この計画システムに対して、サポートを行なうのが、右に示した計画支援システムであり、その中に含まれる計画地形モデル、評価システムなどを本研究ではCADシステムとして構築していくこととしている。

4. ニュータウン建設計画検討のためのCADシステム

表-1 計画地形モデルの定式化

① 計画地形モデルの定式化 造成地全域の地土工量の最小化 $V_{total} = S_1 z_{01} + S_2 z_{02} + S_3 z_{03} + \dots + S_n z_{0n} \rightarrow \min \quad (3-1)$ n はブロックの数; S_i はブロックの分割時の面積 z_{0i} は原地形の重心の高さと計画地形の重心の高さの差	
② 切土量と盛土量がバラジス $V_{balance} = S_1 z_{01} - S_2 z_{02} + S_3 z_{03} + \dots - S_n z_{0n} = 0 \quad (3-2)$ $S_i (k=1, 2, \dots, n)$ の係数の符号はブロックが切土(+)、盛土(-)による	
③ 造成地の勾配の制約条件 ポリゴンの最大面勾配が一定値 (与件=パラメ) 以下 $TK \leq \text{Const.} \quad (k \text{ はブロックの数}) \quad (3-3)$ $TK = \tan \phi = \frac{a^2 + b^2}{c^2}$ $= \frac{L_1 G_1}{c^2} (z_1 - z_0)^2 + \frac{L_2 G_2}{c^2} (z_2 - z_0)^2 + 2 \frac{L_1 G_2}{c^2} (z_1 - z_0)(z_2 - z_0)$ z について非線形式 a, b, c はポリゴンの法線ベクトルの成分 $L_1 G_1 = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2$ $L_2 G_2 = (x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2$ $L_1 G_2 = (x_1 - x_0)(x_2 - x_0) + (y_1 - y_0)(y_2 - y_0)$ $c^2 = \{(x_1 - x_0)(y_2 - y_0) - (y_1 - y_0)(x_2 - x_0)\}^2$	
④ 造成面高低差条件 ポリゴン端点の高低差が一定値 (与件=パラメ) 以下 $- \text{Const.} \leq H_i \leq \text{Const.} \quad (i \text{ は段差の数}) \quad (3-4)$ $H_i = z_i - z_j$ $= (\alpha z_{i1} + \beta z_{i2} + \gamma z_{i0}) - (\alpha' z_{j1} + \beta' z_{j2} + \gamma' z_{j0})$ $\alpha(\alpha') = \frac{-(x_2 - x_0)(y_1 - y_0) + (y_2 - y_0)(x_1 - x_0)}{(x_1 - x_0)(y_2 - y_0) - (y_1 - y_0)(x_2 - x_0)}$ $\beta(\beta') = \frac{-(y_1 - y_0)(x_2 - x_0) + (x_1 - x_0)(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)(y_2 - y_0) - (y_1 - y_0)(x_2 - x_0)}$ $\gamma(\gamma') = \frac{(y_1 - y_2)(x_0 - x_0) - (x_1 - x_2)(y_0 - y_0)}{(x_1 - x_0)(y_2 - y_0) - (y_1 - y_0)(x_2 - x_0)}$	
⑤ 幹線・準幹線道路の断面勾配条件 道路予定線の断面勾配が一定値 (与件=パラメ) 以下 $- \text{Const.} \leq G_m \leq \text{Const.} \quad (m \text{ は道路予定線の数}) \quad (3-5)$ $G = \tan \delta = \frac{1}{L} z_1 - \frac{1}{L} z_2$ L: R_1 と R_2 の x, y 平面上的距離	
⑥ 計画地形モデルの定式化 ポリゴンの重心点の座標 (z_0)、道路予定点の座標 (z_1, z_2)	

先にも述べたように、本研究におけるCADシステムは、計画支援システムにおいてコンピュータによって実行可能な部分を受け持たせることによって、計画支援をより効果的・効率的に行うことを目的としている。そこで本研究では、計画支援システムの基本方針として地形設計を中心とした計画策定を提案している。本研究グループでは昨年度までに、計画地形設計をCADシステム化することによって、従来、手作業で行なわれ十分な検討が困難であった、複数の計画地形代替案を迅速に作成することを可能にした。そして本年度は、それらの代替案に関する評価に対して、CAD化を行なっていくこととしている。すなわち、例えば経済面に関して言えば、元来なら莫大な手間と時間のかかる積算を待たなければ、直接的な経済面の評価を行なうことはできなかったのに対し、本研究が対象としている構想計画段階においてその精度を考慮することにより、簡略化した概算をCADシステムとして構築し、そのような検討を可能にすることになっている。また、ニュータウンの機能面の評価に関しても、同様にCADシステム化することによって多数の計画代替案に対しての評価を可能にしようとしている。

このように、代替案のベースとなる計画地形の設計と、代替案の評価に対してCADシステム中心の計画支援システムを構築することにより、計画策定作業に対する強力なサポートの実現を目指している。

5. CADシステムについて

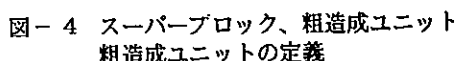
ここでは、本研究におけるCADシステム各々について、その内容を述べていく。

(1) 地形設計のCAD化、計画地形モデル

1) 計画地形設計を中心とした構想計画段階の計画策定

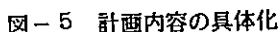
ニュータウン建設事業の計画策定の内容を見ると、計画地形の形状が、①土地利用や施設の配置に際して考慮すべき支配的要因であること、②土地造成費やその他の工事費に密接に関係すること、等のように重要な意味を持っていると考えられる。そこで、計画策定作業を、計画機能論的に目的合理的でかつ効率的に行なうためには、計画地形設計を中心とした計画策定方法を構築することが望ましいと考えた。

計画地形設計を中心とした計画策定のために、本研究では計画地形を検討目的にない、かつ効率的に設計を進めることができるように、計画地形の設計を数理計画問題として定式化し、コンピューター



そして本研究では、この計画地形モデルを用いて、計画地形の設計を2段階のレベルに分割して検討を行なうこととしている。すなわち、まず第1段階においては、概略計画地形の検討を想定した「概略地形レベル」として、図-4に示すようなスーパーブロックを1単位として、開発対象地全域に対して計画地形モデルを適用する。次に第2段階においては、粗造成計画の検討を想定した「粗造成レベル」として、図に示すような開発対象地をいくつかに分割した各粗造成ブロックに対して、粗造成ユニットを1単位として計画地形モデルを適用することとしている。このように、計画地形の設計作業を2段階に分割することにより、実際の地形設計の検討に対応することとしている。

先にも述べたように、本研究で行なおうとしてい



る計画支援システムにおいては、計画地形モデルにおいて作成された計画地形に対して、概略的な土地利用計画や施設整備計画をその上にのせ、その代替案に対して評価を行なっていくこととしている。そこで、後戻りのない計画検討を目的として効果的に評価を行なうためには、与えられている概略的な情報に加えて、ある程度先を見越した更に詳細な情報を先取りの持つことが望ましい。そこで、そのような詳細な情報を作成するために、先行的に計画内容の具体化の想定を行なうこととしている。

この計画内容の具体化の想定においては、計画地形、施設整備計画、土地利用計画それぞれについての具体化を行なうこととしている。これらの全体的な構成を図-5に示した。まず、計画地形と施設整備計画に関しては、与えられている設計数量に対して、規格などを想定することにより、評価に必要な精度の設計数量を算出することとしている。計画地形の具体化とは、先に述べた計画地形モデルのアウトプットをより実際の造成地形に近づけるためのものであり、図-6に示すような計画地形のアウトプットを図-7な形で取り扱うこととする。また、施設整備計画においては、各種関連法や指標にもとづき、簡略的に各施設の規模や規格等を決定することとしている。

特に、土地利用計画の具体化については、本研究

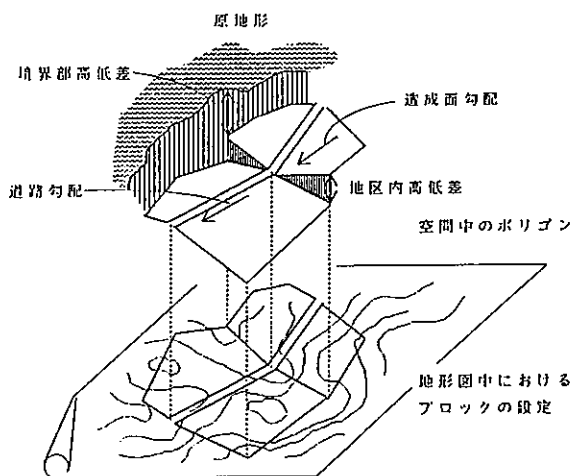


図-6 計画地形の形状のモデル化

ではモデルの出力を通して計画者にある程度の詳細な土地利用計画案を提案できるようなシステムの開発を行なっている。

以下に用途決定の手順を述べる。(図-8参照)

ここで用途決定の際用いる区画単位としては、先述した計画地形の検討に使った粗造成ユニット(粗造成レベル)を採用している。

①ニュータウンセンター位置の決定

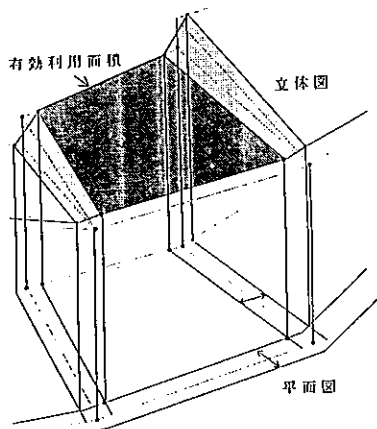


図-7 計画地形の具体化の方法

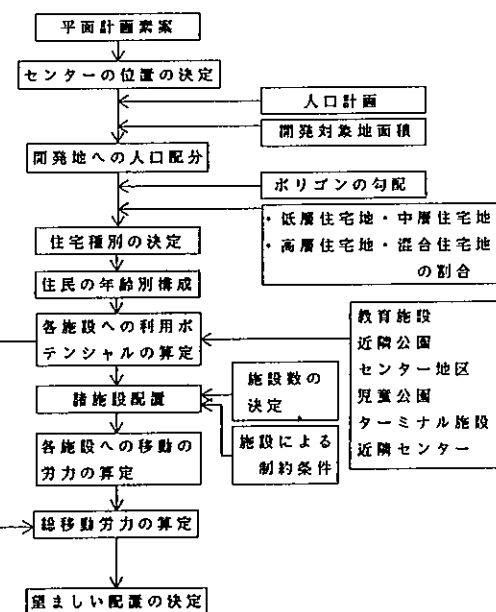


図-8 用途決定モデルの全体構成

上位計画で決定されているニュータウンセンターの位置づけを考慮しながら、センターの位置を入力する。

②ニュータウンセンターを中心とした人口配分

原則として、センターをより多くの人が便利に利用できるように、センターに近くなるにつれて高密度になることを配慮しながら、上位計画の人口計画で決められた人口が収まるように各区画の人口密度を決定する。そして、この人口密度からそれにふさわしい各区画の住宅種別が表-2のように決定される。このとき、その区画がその住宅種別に適さない地形条件を持つ場合、その区画は適当な住宅種別を当てるか、あるいは他の施設の候補地とする。

3. 諸施設の配置

ここでいう施設としては次のものがある。

a 教育施設（小学校、中学校、大規模な場合さらに高等学校、等）

b 公園・緑地（児童公園、近隣公園、大規模な場合さらに地区公園、等）

c ターミナル施設（バスターミナル、鉄道の駅）

d 近隣センター

まず、上に示された各施設の個数を表-3に示すような指標をもとに、人口から決定する。そして各住宅地について、住宅種別による年齢別分布や、年齢別行動形態を考慮することによって施設利用のポテンシャルを算出する。

そして、このような利用頻度を求めた後、施設の位置を決定する。この配置は離散的に多数考えられるが、この決定の根拠としてニュータウン内の移動の利便性を取り上げる。つまり、各区画から各施設への距離を算出し、上の利用頻度と乗じたものを全施設について求める。この際、各施設への距離は、勾配も考慮した実質的な移動に関する労力を用いることとし、また、施設の配置においては、表-4に示すような制約条件を与えることとしている。このような値をニュータウン内の移動に関する総労力とし、それが最小になるような最も望ましい施設の配置パターンを選択する。（この他の方法に関しても、現在検討中である。）

（3）計画代替案の評価

計画地形モデルによって作成された複数の計画代替案に対して、合理的に評価を行なうために、その

表-2 各住宅地の単位面積当たりの人口

住宅種別	人口/1万㎡
独立住宅	100人
共同住宅Ⅲ(低層)	200人
共同住宅Ⅱ(中層)	250人
共同住宅Ⅰ(高層)	330人

表-3 施設数の算出の指標

施設	近隣住区 当りの数	施設1つ 当りの人口
小学校	1	10000人
中学校	1/2	20000人
児童公園	4	2500人
近隣公園	1	10000人
近隣センター	1	10000人

表-4 施設による制約条件

施設	配置の際の制約条件
小学校 中学校	・最大通学距離 小学校 2km以内 中学校 3km以内 ・通学時に幹線道路を横切らない。 ・敷地が幹線道路に接さない。 ・急勾配地。
児童公園	・公園に行くときに幹線道路を横切らない。
バスターミナル	・バスターミナル間が350m以上。 ・幹線道路に沿った場所 ・主要施設の前

*この他にも、各施設までの利用可能最大距離を設定する。

作業をCADシステムとして構築する。すなわち、計画地形モデルにより作成された複数の代替案に対し、多角度から評価を行なうという作業を、CADシステムとして構築することにより、迅速に多様な検討を行うことによって、検討の行き届いた計画案を作成することを目的としている。

そこでこの計画代替案の評価として、本研究では大きく分けて2つの観点からの評価を考えている。1つは、概算システムを用いた経済面からの評価であり、もう1つはアメニティーや活動のしやすさ、安全性などの機能面からの評価である。

1) 構想計画段階における概算について

構想計画の段階においての経済面の検討は、後に行なわれる積算が工事实行性の確保という意味で行なわれるのとはまた別の意味で、事業が成功するかどうかに関わる非常に重要な作業といえる。本研究で行なおうとしている費用算定は、構想計画という計画初期の段階において、パイロットプランに対して、熟練した計画者が長年の勘と経験によって行なっている「事業採算性の判断」を可能にすることを、まず第一の目的としている。さらに、「事業費とニュータウンの品質に関するトレードオフの検討」を実行可能とすることも目的に含まれる。そこで本研究では、費用算定の対象として特に工事費用に焦点

を当てている。その理由は次のようである。総事業費に対して工事費用が大きな割合を占めるものではないのが、工事費は計画内容の変化に対して事業費の中で最も敏感なものである。算出された概算工事費だけで計画案に対する事業計画化などに対する評価を行うことはできないが、計画内容によって建設事業成果の価値は非常に変化することは明らかである。このような理由によって概算方法開発の問題で工事費用に焦点をあて、計画案の変更によってもたらされる効用と、工事費用の変化とのかねあいを検討することは非常に有意義なことと考える。

具体的概算の方法としては、先に述べた計画内容の具体化によって求められた計画の設計数量を用いて、概算を行なうのに必要な工事数量を求めることになる。ここで用いる工事費目としては、本研究で対象としているのが構想計画段階ということで、やはり実際の積算などで用いる工事費目をそのまま用いるのではなく、簡略化（総合化・集約化）することが望ましいと考える。そこで本研究では、表-5に示したような工事費目を用いて概算を行なうこととした。これらの工事費目に対して、ほとんどが先に述べた具体化から求められた設計数量を直接的に当てはめることができると考えている。

そしてこのような簡略化した工事費目に対する金額としては、複合化された単価を算出する必要がある。その方法としては次のような2つの方法が考えられる。

① 実際に行なわれている積算と同様にシミュレーション的に単価を積み上げて、先に示した工事費目

に対する複合単価を求める方法。

②過去の工事事例から統計的に割り出す方法。

このような方法により算出された複合単価と、先に述べた工事数量を用いることにより、総工事費用の算出を行なうこととしている。

2) 計画案の機能面に対する評価について

ニュータウンの計画策定においては、経済面と並んで機能面の検討も1つの重要な作業といえる。ここでいう機能的な面とは、防災面や、アメニティー、交通を始めとする行動のしやすさや、各種活動のしやすさ等を考えている。機能面に関する検討は、ニュータウンに求められる必要条件的な機能の充足に対するチェックだけではなく、ニュータウンの不可価値的な魅力度の向上などに対する評価としても、ニュータウンの価値を判断するという点で非常に重要といえる。そこでこのような要因に関して、決定された計画内容に対して評価を行なうことにより、経済面など他の要因とのトレードオフを考慮しながら計画策定することができ、多面的な検討が可能となる。

このニュータウンの機能面に関する評価においても、計画内容の具体化によって算出された設計数量を用いて、いろいろな機能面に対して指標や基準を用いて、評価を行なうこととしている。

6. おわりに

本回の発表では、ニュータウン開発計画の構想計画段階における計画策定作業について、計画システムという概念を念頭において、システム論的な観点から整理を行ない、その段階における計画支援システムの持つ機能的要件とその構築に関して、考察を行なった。今後においても、本研究ではこれらのCADシステムを中心とした計画支援システムについて、さらに具体的なシステム構築を進めて行きたいと考えている。

〔参考文献〕 1) 春名・攻；システム開発に関する研究—方法論の開発をめざして—、土木計画学研究・講演集、土木学会、1986年1月、

2) 吉川、春名、南、斎藤；ニュータウン建設工事費用の概算方法に関する研究、土木計画学研究・講演集、土木学会、1987年11月、

表-5 主な工事費目

土工事	切盛土工事 表土保全工事 地盤改良工事 法面保護工事
防災工事	沈砂池工事 表面排水工事
調整池工事	構造物工事
宅地整備工事	整地工事 擁壁工事
道路施設工事	舗装工事 構造物工事
污水排水工事	構造物工事
雨水排水工事	構造物工事
仮設工事	