

ニュータウン建設構想の計画的検討を 支援するためのCADシステムの開発研究 ー施設の規模と配置計画の検討を中心としてー

A Study on a CAD System for Planning of Newtown Development Project

立命館大学理工学部 正 員 春名 攻
京都大学大学院 学生員○高岸 実良
By Mamoru Haruna, Chikara Takagishi

近年のニュータウンをとりまく状況の変化に伴い、ニュータウン開発における計画策定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大きくなってきている。

そこで、本論文では、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をシステム論的な観点から整理を行い、計画策定作業の中でも、特に住宅、公共施設等の基盤施設配置の計画方法に焦点を当てシステム化に関する検討を行なった。この検討をもとに、本研究では基盤施設計画の検討作業に対して、宅地の住宅種別を割り当てる住宅用途決定モデル、公共施設の配置を決定する施設配置モデルの開発を行なった。この2つのモデルを、本研究グループで過去に開発した「計画地形モデル」と連動することにより、計画地形の作成→住宅地計画の検討→施設配置計画の検討、といった一連の計画作業をCADシステム化することにより、複数の代替案の迅速な作成が可能になると考えている。また、本研究では、これらのシステムによって作成された代替案に対する機能面、経済面での評価の方法についても考察を行なっている。このような先取りの検討・評価を行なうことにより、後戻りの少ない効果的な計画策定が可能になると考えている。

【キーワード】 ニュータウン、構想、CAD、システム開発

1. はじめに

現状のニュータウン開発事業は、地価高騰による大規模ニュータウンに必要な土地取得の困難化や、多様化社会という新しい時代の潮流によるニュータウンに対する需要・供給者のニーズの多様化等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。しかし、ニュータウン開発計画において、各計画段階ごとに計画機能に対応した検討を行なうことは必要不可欠である。そこで本研究では、構想計画段階に焦点を当て、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。すなわち、具体的には構想計画段階における計画策定作業に対

するCADシステムを構築することによって、合理的な計画策定を目指すこととしている。

2. Computer-Aidedな計画システムの構築に関する考察

(1) ニュータウン開発計画の構想計画段階

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の構想計画段階について述べることにする。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。構想計画段階は、このようなしかるべき調査（自然条件、社会条件）が完了した時点から具体的作業が行な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、構想を以下に

つづく計画目標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」が検討されまとめられることとなる。

(2) 構想計画段階におけるCADシステム

図-1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。この図全体が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、効果的・効率的な支援を行なうことを目的として、数理計画モデルを組み込んだ作業システムを、CADシステムとして構築していくこととしている。

(3) ニュータウン開発計画検討のためのCADシステム

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。

以上のような理由から本研究では、計画策定作業を、計画機能論的に合理的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作成・検討方法を

構築することが必要であると考えた。

そこで本研究では、CAD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。ここでは計画地形設計をCADシステム化することにより、複数の計画地形代替案の迅速な作成を可能にし、さらに作成された地形代替案に対し、土地利用計画や施設整備計画の先取りの検討と、その計画代替案の評価に対してもCAD化を行なった。本研究では、このように構想計画のベースとなる計画代替案の設計と、代替案の評価に対してComputer-Aidedな計画システムを構築することにより、後戻りの少ない合理的な計画策定作業の実現を目指している。

3. CADシステムの各部

ここでは、本研究におけるCADシステムの各々についてその内容を述べていく。

(1) CADシステムの全体構成

本研究では次の3つの段階を持つCADシステムの構築を行なった。

- ①計画地形の迅速な作成
- ②施設整備計画や土地利用計画、等の基盤施設計画の先取りの検討
- ③計画代替案の評価

さらに、このような基本的方針のもとで、効果的、

効率的な作業実施が可能となるように、かつ一貫性を保つことを念頭におきつつ、各部分ごとにComputer-Aided化をはかることとしている。以下、これらの各々について述べて

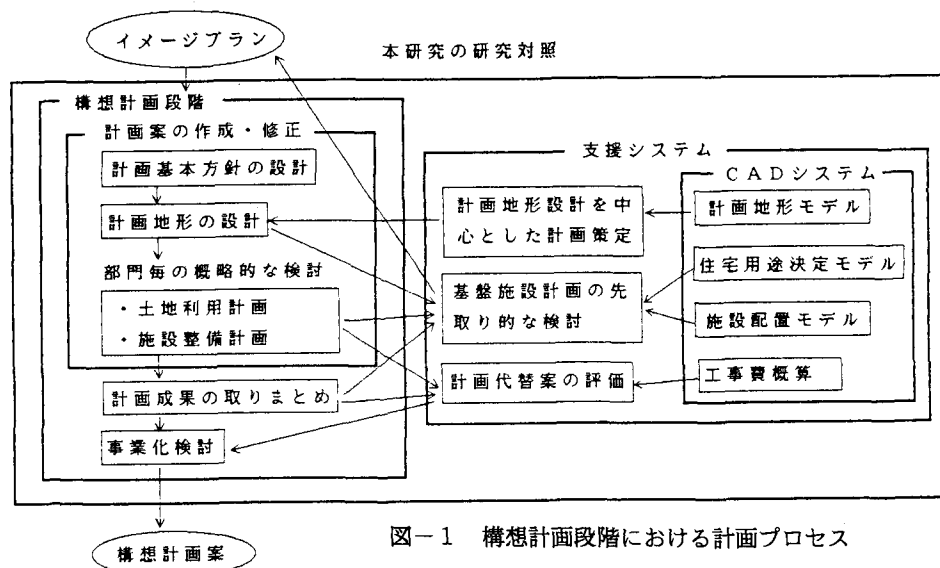


図-1 構想計画段階における計画プロセス

いくこととする。

(2) 計画地形の迅速な作成

a) 計画地形モデル

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、コンピューター処理を行なうモデルを「計画地形モデル」として開発している。このモデルは、幹線道路のルートとブロック分割を入力し、制約条件として、①幹線道路の勾配、②造成面勾配、③境界部と造成面の高低差、を設定し、切土と盛土のバランスを保ちながら総土工量を最小化するものである。このモデルの

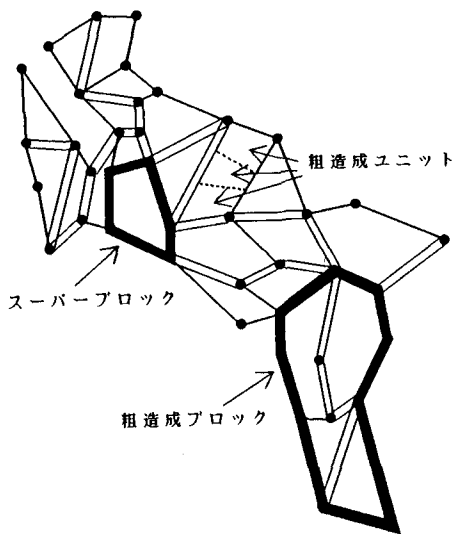


図-2 スーパーブロック、粗造成ユニット
粗造成ブロックの定義

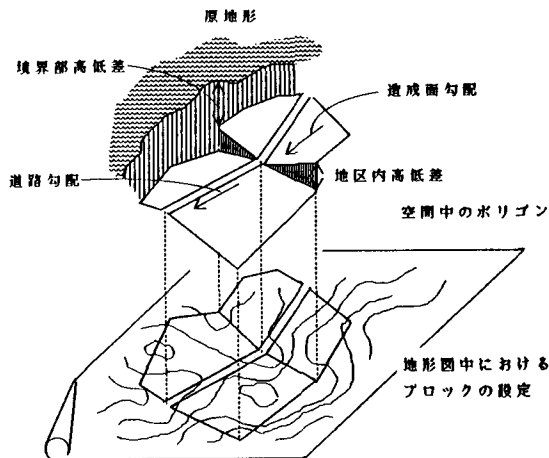


図-3 計画地形の形状のモデル化

詳細については参考文献 3)を参照されたい。

b) 計画地形モデルを用いた地形検討

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段階において概略設計地形の検討を想定した「概略地形レベル」として、スーパーブロックを1単位として、図-2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段階として、粗造成計画の検討を想定した「粗造成レベル」として開発対象地をいくつかに分

c) 計画地形の詳細化(具体化)

本研究ではこれまでに作成されてきた計画地形に対して、さらに実際の地形に近づけるための2次処理として、計画地形の詳細化を行なう。計画地形モデルで作成された計画地形は図-3に示すように、境界部は絶壁になっているため、この部分に法面処理を施すことを想定し、図-4に示すような形で2次処理を行なうこととする。

(3) 施設整備計画や土地利用計画等の基盤施設の先取り的な検討

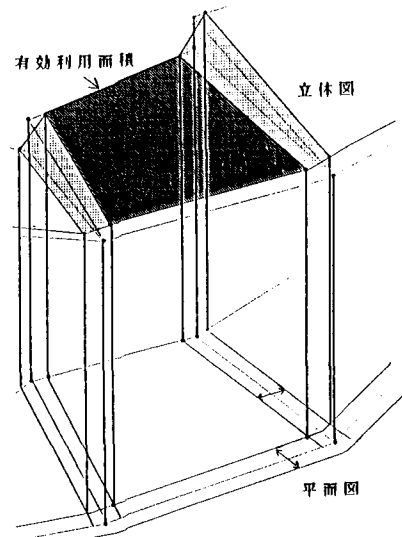


図-4 計画地形の具体化の方法

本研究でいう基盤施設計画とは、ニュータウンの住民生活に大きな影響を与える、住宅、及び学校・

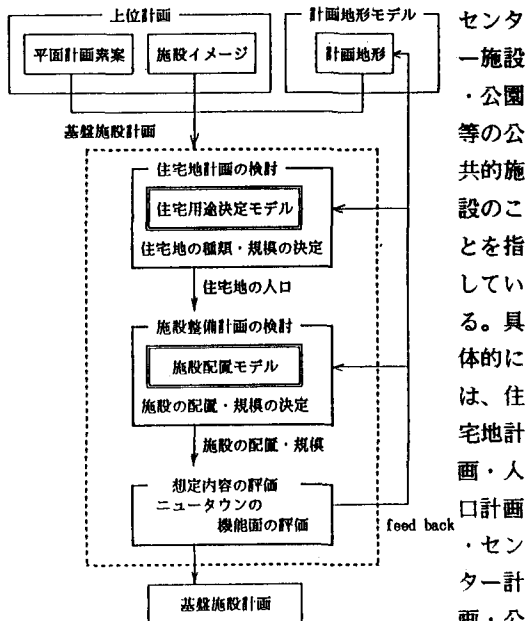


図-5 基盤施設計画の検討プロセス

計画・公園緑地計画といった計画が基盤施設計画に含まれている。

これらの計画内容は、道路計画・防災計画・供給処理施設計画・造成計画と並んで構想計画段階の骨格を形成するとともに、それらの部門の計画に大きく影響を与えるものである。さらに、住宅地計画はニュータウンの最も基本的な機能である「住む」ということに対して支配的な要因であるため、十分な検討を行う必要がある。

このような理由からここでは、計画地形モデルにおいて作成された計画地形に対し、土地利用計画や施設整備計画の計画内容を想定することとした。そこで本研究では基盤施設の整備内容の計画的検討を、ニュータウン全体の住宅地の種類・規模を決定する住宅地計画と公共的な施設の配置・規模を決定する施設配置計画の2段階に分けて検討を行なうこととした。

本研究における基盤施設計画の検討プロセスを図-5に示した。

a) 住宅地計画の検討

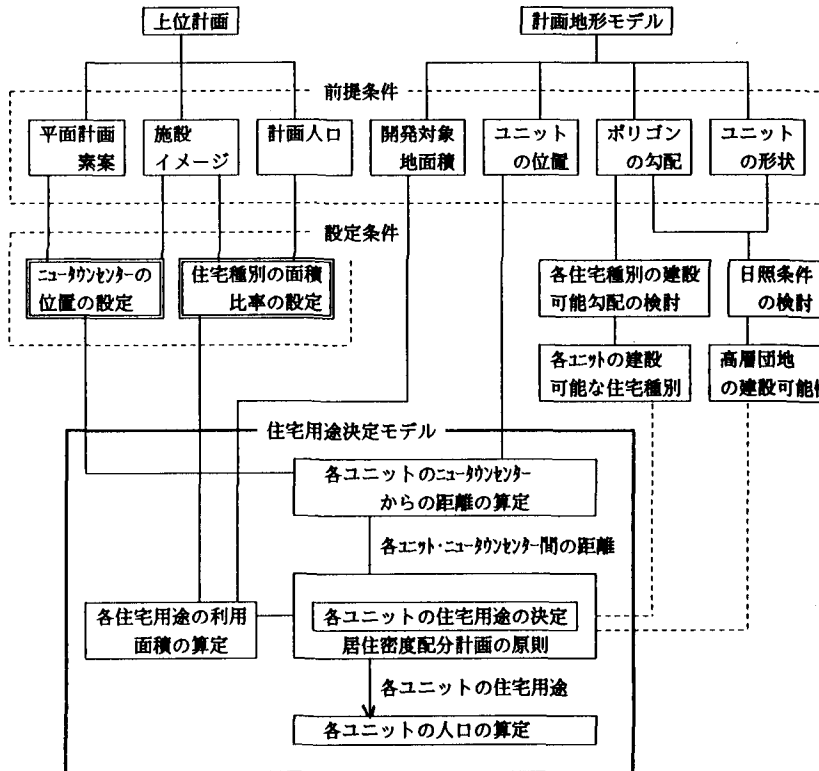


図-6 住宅用途決定モデルの構成

ここではまず、従来からのニュータウン開発において最も重要と考えられてきた住宅地計画の検討を行なうこととする。本研究ではこれに対し、「住宅用途決定モデル」の開発を行なった。このモデルでは、ニュータウンの計画地形情報や与件とされている計画内容などを用いることにより、各粗造成ユニットの住宅用途決定を行なう。ここで用いる計画内容としては計画人口、平面計画素案、施設イメージ、計画地形を挙げている。

住宅用途決定モデルの全体構成を、図-6に示す。以下ではこのフローに沿って説明を加えてい

くこととする。

①ニュータウンセンター位置の入力（入力作業）

ニュータウンの機能的な中心地としてニュータウンセンターの位置を計画者の手によって入力する。

ニュータウンセンターの配置は、ニュータウン周辺地域との有機的な関連、交通動線との位置関係、上位計画で決定されている概略的な土地利用計画等を考慮しつつ入力する。

②住宅種類別の面積比率の決定（入力作業）

住宅種類別の面積比率として、計画対象地域の全宅地面積に対する各住宅種別すなわち独立住宅、低層団地、高層団地等の占める割合の設定を行なう。この入力作業により、計画者は計画人口の設定を行なうこととなる。

③粗造成ユニット単位での住宅用途の決定（モデルによる処理）

①②により設定された条件をもとに、計画地形案に対して粗造性ユニット単位ごとの住宅用途を決定していく。

本モデルではニュータウンセンターを基準として、住宅用途を決定していくという方法をとることとした。ここではニュータウンセンター周辺の利便性の高い地域ほど居住密度を高くするというように、ニュータウン全体の利便性と、土地の利用価値を高めるための「居住密度配分計画の原則」という経験則を採用することとした。この基準にしたがって、ニュータウンセンターからの距離の小さなユニットから順に、前段階で決定した住宅種別の面積構成比率に基づいて、居住密度の大きな住宅用途から割り当てていくこととしている。

この際、制約条件として以下のような項目を取り入れている。

(イ)各住宅種類別の建設可能勾配

独立住宅、低層団地、中層団地、高層団地の各住宅種別に対して、構造上の問題等により建設に適する造成地の面勾配がそれぞれ異なっている。本研究では、この建設可能面勾配を制約条件として取り入れ、各ユニットの住宅用途決定の際、ユニットの面勾配を制約条件と対照し、不都合な場合には、そのユニットの勾配に対応する住宅用途に変更することとしている。

(ロ)日照条件

住宅の価値を検討する上で、日照条件は大きな要素であり、各種関連法にも最低限として冬至日において一日に4時間以上の日照の確保が示されている。そこで本研究では中層団地、高層団地のように構造物が高く日照条件の確保に関して問題となることが予想される住宅種別については、次のような方法により各ユニットの適応性を検討することとしている。すなわち、各ユニットにおいて冬至日に一日4時間以上の日照が確保される住宅棟間隔で中層団地・高層団地が建設された状態を想定し、その状態での居住可能人口を算出し、標準的な中層団地、高層団地に対応する居住人口と比較することにより、前者が後者に満たない場合は、日照条件という観点からは、そのユニットに中層団地・高層団地を建設することは好ましくないと判断することとした。

このモデルで求められた住宅の割付の一例を図-7に示す。

b) 施設配置計画の検討

ここでは、先に求められた住宅地計画の結果に対し、「施設配置モデル」により、学校、センター施設、公園等の公共的な施設の配置を行なうこととしている。このモデルでは、住宅用途決定モデルにより決定された住宅用途に対し、ニュータウンの住民の利便性を最大化していくことを目的として、各施設の配置を決定することとした。モデルの全体構成を、図-8に示すフローのように設計した。以下では、

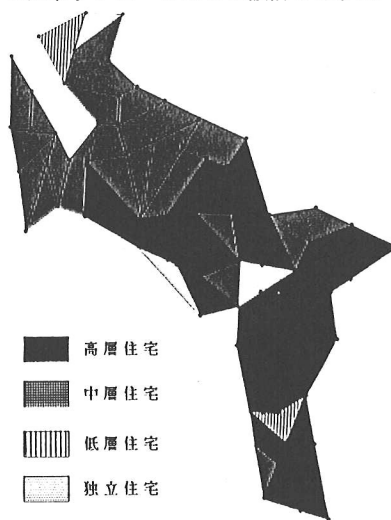


図-7 住宅用途決定モデルの適用結果の一例

このフローに沿って説明を加えていくこととする。

①各施設の数、キャパシティの算定

表-1に示すような指標をもとにして、ニュータウン全体での標準的な施設数と各種施設の標準的なキャパシティを算定する。

②施設配置代替案

全粗造成ユニットの重心の中から、①で算定された施設数に従って、施設の配置場所を選択し施設配置代替案とする。これらの配置代替案は、N個のユニットにm個の施設を配置する場合には $n \times C_m$ 個の代替案が考えられ非常に多数でかつ、配置場所を各ユニットの重心を考えているため離散的なものとなる。

③総移動量の算定及び最適施設配置案の決定

②の施設配置代替案の各総移動量を算出することにより、総移動量最小の施設配置代替案を最適施設配置案として選択する。

本研究では、施設配置において、住民の利便性に配慮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なうこととした。すなわち、施設の配置場所を操作変数とし、目的関数として次式のような、住民の移動距離と住民数の積で現わされる住民の移動量の総和を最小化することとした。

$$\sum_{i=1}^{NU} (D_i \times P_i) \rightarrow \min \quad (1)$$

NU：粗造成ユニットの総数

D_i ：粗造成ユニットiとその住民が利用する施設の属する粗造成ユニット間の距離

P_i ：粗造成ユニットiの施設利用者総数

(1)式の中で、施設利用のための住民の移動距離については、各ユニットの住民は、そのユニットから最短距離にある施設を選択することを仮定し、移動距離 D_i はそのユニットから最も近い施設までの距離としている。また、小学校、児童公園等の児童を利用対象としている施設については、交通安全対策として、幹線道路を横断しなければならない移動動線については距離を無限大にする等の工夫により、幹線道路の横断は極力避けることとしている。

さらに制約条件として最大通学距離、施設の立地する面勾配と面積、施設のキャパシティーを設定し

ている。

以上のような問題の解法としては、粗造成ユニット数N個に対してm個の施設を配置する場合 $n \times C_m$ ケースに対する総当たり法をとることとなるが、本研究では問題の簡略化のために以下のようにしてBlanch and Bound Methodを用いることとした。

(step. 1)

総移動量(目的関数値)の適当な上界Uの値を設定する。

(step. 2)

NF個の施設配置を考える場合、まずNF-m個(mは任意に決定)の施設を配置し、全住民がそれらの中の最短距離にある施設を選択して利用することと仮定した場合の総移動量を式(1)より

$$W_{NF-m} = \sum D_i \times P_i \quad (2)$$

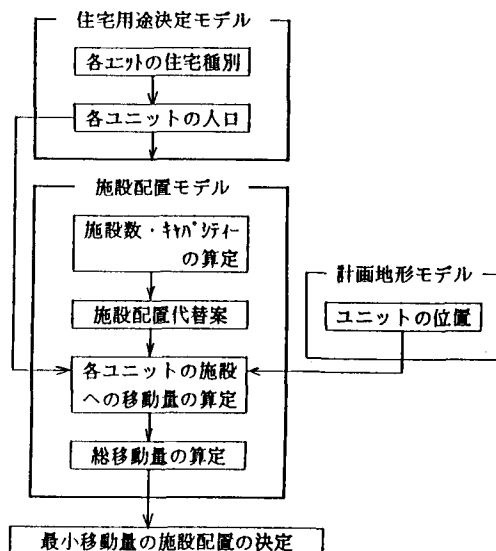


図-8 施設配置モデルの構成

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-1 施設数の概算

の値を算出する。この配置での総移動量は、残りの m 個の施設を配置することにより、 $NF-m$ 個配置した時点での最大移動距離 ($\max D_i$) に残りの m 個の施設の容量の総和を乗じた量以上には目的関数値が改善されることはありえない。すなわち $NF-m$ 個配置された後に残りの m 個が配置されても

$$W_{NF-m} - m \times CA \times \max D_i \quad (3)$$

CA : 施設 1 個あたりのキャパシティ

より好ましい目的関数値を得ることはありえない。
(step. 3)

step. 1, 2 より

$$W_{NF-m} - m \times CA \times \max D_i \geq U \quad (4)$$

となるような $NF-m$ 個の配置に続けて残り m 個を配置する選択枝 (Branch) はすべて棄却することとしている。

以上のような Branch and Bound Method を用いて、全組造成ユニットから施設数だけのユニットを選択する全組合せのうちから、目的関数値 (総移動量) を最小とする組合せを最適施設配置案として決定することとしている。本モデルによる施設配置の結果の一例を図-9 に示す。

(4) 計画代替案の評価

ここでは、これまでに作成された複数の計画代替案に対して、いくつかの側面から評価検討を行なうこととした。この計画代替案の評価の段階においては、これまでの CAD システムのプロセスでは行な

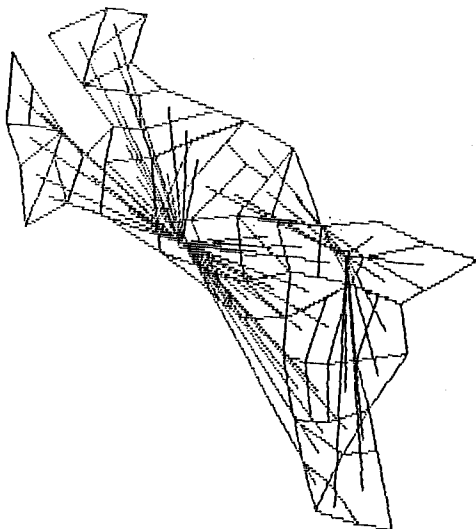


図-9 施設配置モデルの適用結果の一例

われていなかった経済面や機能面の評価を取り上げることとしている。

a) 経済面に関する検討

構想計画段階における経済面に関する評価は、工事実行性の確保とは別な意味で、事業の成功か否かに関わる重要な作業であると言える。そこで本研究では、費用算定の対象として工事費に焦点を当てて、計画案の変更によってもたらされる効用と、工事費の変化とのかねあいを検討することとしている。

具体的な概算の方法としては、構想計画段階ということで、実際の積算に用いられる工事費目をそのまま用いず、簡略化 (総合化・集約化) した複合単価を用いて、工事費算出に必要な設計数量を算出し、求められた設計数量に対して概略的に工事費の算出を行なうこととした。

工事費概算に用いる設計数量は、表-2 に示すように、これまでの CAD システムのプロセスにおいて算出されたものを直接用いることとしている。

b) 機能面に関する評価

機能面に関して総合的に評価を行なうことは非常に困難であるが、既にこれまでの過程において利便性、安全性、日照等のようにモデルの目的関数や制約条件として取り入れられている項目も多い。本研究ではこのような機能面の検討において、必ずしも

表-2 工事費概算の一例

工事費目	工事種別	単価	設計数量	種別工事費	%	設計数量
調査設計	基本設計	500	1184400	59220	4.4	開発面積
	現況測量	500	1184400	59220	4.4	開発面積
	調査	100	1184400	11844	0.9	開発面積
整地	伐開	50	1184400	5922	0.4	開発面積
	土工事普通土	500	11956852	597843	44.3	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	47125	943	0.1	法面面積
	ブロック積	30000	3221	9663	0.7	擁壁長さ
	重力式擁壁	40000	1320	5280	0.4	
	逆 T 型擁壁	50000	1142	5710	0.4	
	控え壁式	70000	6100	42700	3.2	
	W=18	150000		0	0.0	道路延長
道路	W=16	130000	9022	117286	8.7	道路規模
	W=8	60000		0	0.0	
	W=10 歩車	70000		0	0.0	区画内
	W=8 歩車	65000	28817	187311	13.9	道路面積
	W=6 歩車	60000		0	0.0	
	車道橋	400000		0	0.0	車道橋
	歩道橋	300000		0	0.0	歩道橋
	雨水管	40000	9022	36088	2.7	道路延長
	污水管	24000	9022	21653	1.6	道路延長
	児童公園	12000	15591	18709	1.4	公園面積
公園緑地	近隣公園	10000	31182	31182	2.3	
	地区公園	10000		0	0.0	
	緑地	5000		0	0.0	
小計				1210574	89.6	
調査設計	実施設計	×6%	1210574	72634	5.4	総工事費
	監督委託	×5.6	1210574	67792	5.0	総工事費
総工事費				1351000	100.0	

単位(円)

単位(円)

評価作業によりとりおこなうのではなく、できればモデルに取り込み最適化等の検討を行なうという基本的姿勢をとることとしている。そこで、ここではあらたに評価を行なうものとして、ニュータウンのアメニティの大きな要素の一つである見通しを取り上げることとしている。

見通しの良悪という問題は主観的な部分があり、定量的に評価を行なうことは困難といえる。しかし、一般的に住宅から展望できる空間が広い方が見通しに関して優れているといえることができる。

そこで本研究では、各住宅用途に対応した建築物の標準的な高さを設定することにより、実際にニュータウン全体に想定された住宅用途が建設された状態を、概略的に表現し、その状態での各粗造成ユニットからの見通しの良さを最大視野角を評価指標として概略的に評価することとした。

4. おわりに

今回の発表では、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でのCAD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。

そして、本研究の今後の課題としては、次に示す内容が挙げられる。これらは、相当多大なシステム化の努力を必要とすると考えられるが、今後システム化を深化させるためには、ぜひとも達成すべき課題と考えるものである。すなわち

(1)住宅地計画の想定において本研究で採用した経験則としての、居住施設配分計画の原則以外の配置基準が考え得るが、これらによる住宅地計画の代替案のシミュレートの過程を通じて、多面的・多角度から検討を加えた代替案の作成と選択法を開発してやる必要があると考える。

(2)住宅用途決定後のニュータウンの全体イメージを総合的に捉えるために経験者の感覚や経験をベースとしたアイディアの導入や評価がしうような視覚的なシミュレート方法（プレゼンテーション）を開発することにより、景観や見通しなどに対するマンとコンピュータが一体となった検討・判断を行なっていく必要がある。

(3)施設配置計画の検討では、ターミナル施設等を始めとし、ニュータウン内の全ての人の移動に関する

施設と移動行動関係を把えて、分析的検討を加え、より便利で快適な施設配置となる検討を行なっていく必要があると考える。また、本システムでは、問題の簡略化のために、施設を点として捉えて配置を検討したが、公園等の面積の無視できない面的な施設については、別に配置方法を検討していく必要があると考えている。

今後は、以上のような課題を念頭におきつつ、より効果的なシステムの開発を進めていこうと考えている。

〔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)春名 攻；建設工事における施工管理に関するシステム論的研究、学位論文、1971年7月

3)南 健志；ニュータウン開発計画のためのCADシステムについて、土木計画学研究・講演集、土木学会、1987年11月

4)齊藤博行；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)角淵俊太；ニュータウン建設における素造成レベルの計画地形設計方法に関する研究、京都大学特別研究、1988年2月

6)山地英雄；これからの住宅団地、清文社、1977年8月

7)日本住宅公団南多摩開発局；多摩ニュータウン計画・設計 ' 76計画設計、1975年12月