

大規模整地における計画地形設計法の Computer-aided System化に 関する実験的研究

京都大学工学部 正 員 吉川 和広
京都大学工学部 正 員 〇春名 攻
京都大学大学院 学生員 南 健志

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状況は、新規の開発にとって非常に厳しい状況となっている。すなわち、高度成長期のためたびなる住宅開発の結果、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、また地価上昇率が鈍化しているために開発を行っても採算が得られにくいといったような状況にある。これらに加えて人々の住宅に対するニーズというものも多様化している。このようなニュータウン計画の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計画の策定は困難であると判断し、本研究では計画策定作業を近年発達のためざましい情報処理機器を用いて合理化・効率化し、目的合理的でComputer-aidedな計画策定システムとして構成することが望ましいと考えた。そして本稿では、ニュータウン開発計画の策定作業のComputer-aided化を進めることとし、その際の最重要課題である『計画地形の合理的な設計』という問題に焦点をあてて、コンピュータのもつ高速処理能力や多用化した機能を活用して、計画地形設計のための数理計画モデルの開発とこれを活用したニュータウン開発内容の設計方法に関する実験的研究を行った内容を示したものである。

2. ニュータウン計画における計画地形設計の位置づけ

本研究は、大規模宅地開発の計画化の段階においてその計画内容を設計・具体化するための作業方法のComputer-aided System 化を目的としている。そして、ここでは開発用地は既に決められており、ニュータウンの持つ性格づけに関

するイメージもほぼ確定されていることを前提とする。ここで「ニュータウンの持つ性格」とは、計画対象としているニュータウンを具体的に設計するための指針となるものである。本研究ではこのように先決している性格（プロジェクトイメージ）にもとづいて、「どのような土地利用の機能構成」で、また「どのような各種機能システム」を用いてニュータウンのトータルイメージを実現して行くのかというような設計作業方法を取り扱

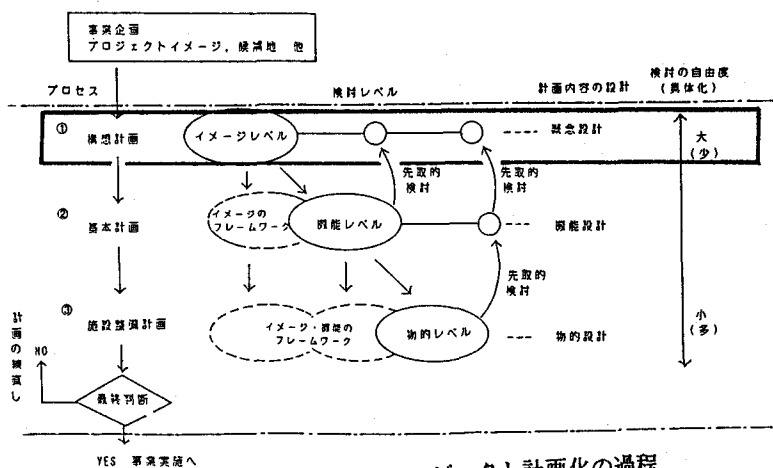


図-1 開発プロジェクト計画化の過程
(計画論的な整理)

うこととし、これを計画論的な立場から十分に検討を加えて取り進めて行くこととしている。このため本研究では、まずこの開発プロジェクトイメージから具体的に事業実施可能なまでに設計されていく計画化の過程を、図-1で示すように「構想計画（概念設計）→基本計画（機能設計）→施設整備計画（物的設計）」という三段階の検討過程にわけて考えていくことにした。そしてここでは特に、図中の太枠で囲った構想計画のための計画内容の目的合理性や実行可能性を追求して行くこととした。この際、各検討過程において後続する計画内容に関する計画情報の「先取りの検討」を行うことは、後続する段階においての「手戻り」を防ぐことになる。今回、ニュータウン開発計画の方法の中にも、このような「先取りの検討」ができるような機能を持たせてPlanning System 化をはかることが必要であると考えている。

一方、従来の研究やわれわれの検討の結果から、ニュータウンの開発計画内容を計画論的な観点から設計・具体化する際には、地形すなわち造成形状に関する検討が主要な要因となっていることも明らかとなっている。それは計画地形設計の作業量が莫大であることや、これに加えてここで不十分な検討を行うと、後続する施設設計段階において地形の再検討を余儀なくされることが多いということにもとづいている。この問題を合理的に解決するために、われわれはコンピュータの持つ迅速な計算処理能力を利用する形で計画地形を迅速に設計するツールを作成することが必要であると考えた。そしてプロジェクトイメージにもとづいた計画内容を、このツールを用いて作成した計画地形に対して先取りの盛り込んでいくことによって、この構想計画検討段階でも実行可能性や目的合理性を保証することができると判断した。

以上のように、コンピュータの高速処理能力を利用した計画地形設計のためのツールは、目的合理的な設計作業システムを構成するに当たっては非常に有効なものであることがわかった。そこで本研究においては、まず造成形状を数量的に表現するための「計画地形表現モデル」を開発した。この「計画地形表現モデル」においては、計画策定者が造成形状を計画内容の盛り込まれたトータルイメージとしてとらえることができるように、また視覚的にも数式的にも簡便な形で表現することができるよう配慮した。

ついで、この計画地形表現モデルをもとに地形を合理的に設計して計画内容を盛り込むために定式化し数理計画問題として取り扱ったものを、「計画地形設計モデル」として開発することとした。以下本稿ではこの2つのモデルについて具体的に述べるとともに、このモデルを用いた構想計画化の作業のComputer-aided System 化を行う場合の概念設計について述べることにする。

3. 計画地形表現モデルの開発

ここで述べる「計画地形表現モデル」においては、まず造成形状が計画内容の盛り込まれたトータルイメージとして表現できるように簡単な数式で表すことが必要である。この際、土地の用途利用部分は「面」、幹線・準幹線道路部分は「線」というように基本的なパターンとして認識することとした。したがって、ここでは計画地形を、図-2のように宅地造成の際の粗造成面を表す面を空間中のポリゴン（多角形）として表現し、道路部分はそのポリゴンの一つの辺として表現する。このような方針で昨年来、計画地形表現モデルに関して取り組み、これまで検討を重ねた結果、道路設計と（計画）地形設計との関係は密接であり、別々に検討する方法では計画策定方法に一貫性を欠くも

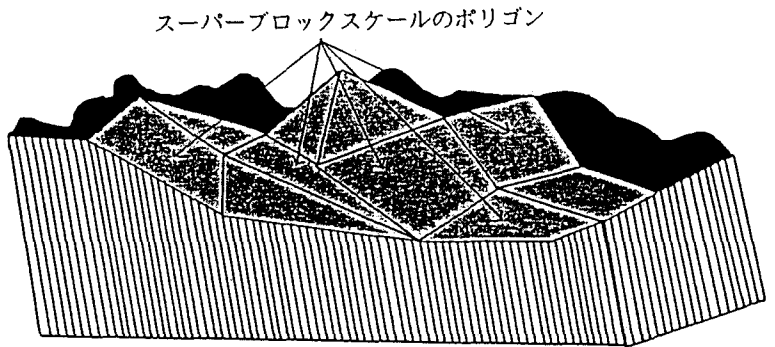


図-2 ポリゴンによる計画地形モデルのイメージ

のなる可能性があることをわかった。この不合理性を解消するために、今回は幹線・準幹線の道路設計と計画地形を同時に検討し設計することのできるモデルを作成することを試みた。

そこで、まず地形図上で幹線・準幹線ルートを決定した後、それに基づいてブロック分割を行うこととした。以下はそのブロック分割の手順をまとめたものである。

① 幹線・準幹線ルートの決定

与えられた開発対象地域に対して、地形図上の尾根・谷線系に準じて幹線・準幹線ルートを折れ線形状となるように決定する。

② ブロック分割

①の幹線・準幹線ルートに基づいて計画地形設計や平面計画策定の基本単位となるブロックの分割を行う。すなわち、①の幹線・準幹線ルート決定線がこの各ブロックの一辺となるように分割する。

いま、ここで図-3のように幹線・準幹線ルートに基づいて分割したブロックを計画地形として表現するためには、図-4のような形状でモデル化することにした。すなわち、モデル上では幹線・準幹線道路の部分（図中太線、以後道路予定線と定義する）は、計画地形中の各ポリゴンの一つの辺として表現することとした。さらに連続した道路面というものを表現するために、道路予定線はその両端において同種の辺と連結する形状と表現することとした。これによって、計画地形と道路を同時に決定できるように配慮することとしたのである。その際、計画地形における道路勾配・宅盤上の勾配・隣接するポリゴンの高低差等々の造成形状は、ポリゴンの空間上の幾何学的位置関係によって算出される値によって表現されるので、設計時にはこれらの値を計画策定者の意図する範囲内に収めることとなる。

以上のことに基づいて、以下ではこの計

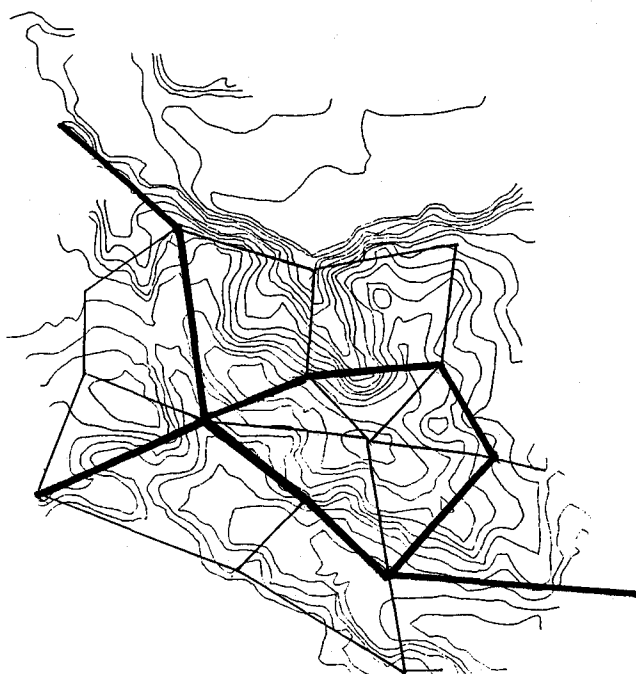


図-3 幹線・準幹線ルートにもとづいたブロック分割
(図中の太線が幹線・準幹線道路)

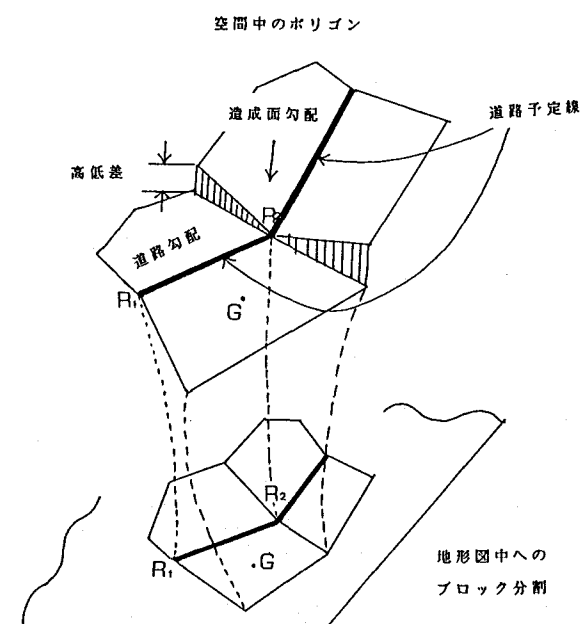


図-4 今回開発した計画地形表現モデルのイメージ

画地形表現モデルを定式化する。

(1) ポリゴン部分の定式化

定式化にあたっては、この計画粗造成面を表すポリゴンを、「道路予定線の両端2点とポリゴンの重心とによる3点によって決定される平面が、地形図上に分割されたブロックのx, y座標の範囲内に存在している部分」として表すことにした。

すなわち、道路予定線の両端2点の座標をR1(x₁, y₁, z₁)、R2(x₂, y₂, z₂)、ポリゴンの重心座標をG(x_{G1}, y_{G1}, z_{G1})とするとこの3点を通る平面の方程式は、重心座標を基準として、

$$a(x-x_{G1})+b(y-y_{G1})+c(z-z_{G1})=0 \quad (3-1)$$

ここで(a, b, c)は平面における法線ベクトルの成分であり、勾配φと方向θとの関係は、

$$\tan^2 \phi = \frac{a^2+b^2}{c^2} \quad \tan \theta = \frac{a}{b} \quad (3-2)$$

ような結果を得る。

(2) 造成高低差の定式化

分割されたブロックの端点(x_B, y_B)での造成面の標高は、

$$z = z_{G1} - \frac{a}{c}(x_B - x_{G1}) - \frac{b}{c}(y_B - y_{G1}) \quad (3-3)$$

と表すことができる。ここで、本モデルでは計画地形における粗造成面の高低差というものを、モデル上の隣接するポリゴンの端点のz座標の差をもって表すことにした。すなわち、地形図上の分割点(x_B, y_B)を共有した隣接する2つのブロック上にあるポリゴンi, jにおいて、その端点のz座標をそれぞれz_i、z_jとおくと高低差Hは、

$$\begin{aligned} H &= z_i - z_j \\ &= z_{G1} - \frac{a}{c_i}(x_B - x_{G1}) - \frac{b}{c_i}(y_B - y_{G1}) \\ &\quad - \{ z_{Gj} - \frac{a}{c_j}(x_B - x_{Gj}) - \frac{b}{c_j}(y_B - y_{Gj}) \} \end{aligned} \quad (3-4)$$

と表すことができる。

(3) 道路縦断勾配の定式化

道路予定線の両端における標高(z座標)は、

$$\begin{aligned} z_1 &= z_{G1} - \frac{a}{c}(x_1 - x_{G1}) - \frac{b}{c}(y_1 - y_{G1}) \\ z_2 &= z_{G1} - \frac{a}{c}(x_2 - x_{G1}) - \frac{b}{c}(y_2 - y_{G1}) \end{aligned} \quad (3-5)$$

となる。この式より道路縦断勾配δを求めると、

$$\tan \delta = \frac{z_2 - z_1}{L} \quad (3-6)$$

となる。ここでLは道路予定線のx, y平面上においての2点間の距離で、これは幹線・準幹線ルートをあらかじめ地形図上に決定しているためすでに与えられた値である。

$$L = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \quad (3-7)$$

(4) 土工量の算出方法

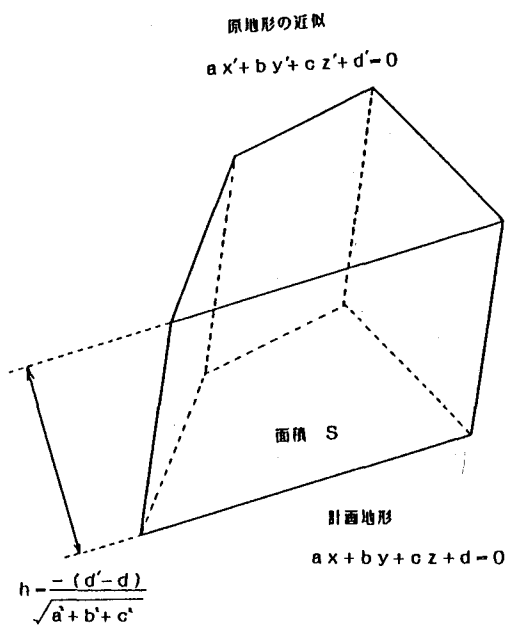
造成予定地での土工量を算出するための計算方法は、計画地形上のポリゴンを算出のための基本単位として、土量の計算方法が正確・迅速になるようにモデル構築する。このため本モデルでは、図-5に見られるように切盛部分を計画地形と原地形とによってはさまれた角柱として表現する。すなわち、地形図上に分割されたブロック区域内上方の起伏ある原地形を、土量に関して等しくなるような一つの平面として表現する。このためには、原地形を表現する平面は分割されたブロック区域内の原地形の標高既知点の平均座標(

地表面の重心座標)を通り、計画地形の平面と平行な平面(この平面は分割ブロックの区域内で仕切られるため実際には多角形になる。)として表現すればよい。ゆえに、計画地形の多角形の重心座標が、上述の方法で原地形としてあらわした平面(多角形)の重心座標より上にあれば、その分割区域は盛土であり、逆に下にあればその分割区域は切土部分であると表現できる。このようにして、造成予定地での土工量は、この角柱の体積を計画地形モデル上のポリゴンごとに計算することによって求められる。

ここで、ブロック内全体の土工量は簡単に以下のように表わされる。

$$V = S \times h \quad (3-8)$$

上式のSは角柱の底面を水平面上への射影したものであり、これは地形図上に分割したブロックの面積を表している。なお本モデルにおいては先述したようにあらかじめ地形図上に対して幹線・準幹線道路ルートを決してブロック分割する。このため各ブロックの構成点は地形図上において固定であり式中においてはx, y座標は定められた値となる。よってポリゴンの重心座標、道路予定線上の点のz座標(標高)をそれぞれ決定してやれば、この計画地形表現モデルを用いて計画地形を表現することができるので、これらの値を計画地形表現モデルにおける操作変数として扱うこととする。



図一五 土工量計算用角柱

4. 計画地形設計モデルの開発

次に計画地形表現モデルをもとに、計画地形を合理的にかつ効率的に設計することができるよう数値計画問題として定式化し、この問題を最適化手法を用いて解く方法を開発することとした。この数値計画モデルを、「計画地形設計モデル」と定義すると、計画地形設計の際に最も要請される計画内容をこのモデルでの評価尺度として扱うこととなる。この評価尺度は、どのようなニュータウン開発を望まれるのかによって異なるが、本研究においては、「経済的なニュータウン開発」という目的に着目し開発事業費について考えると、この事業費の中では、掘削・運搬・盛土・整地といった造成工事費用というものが大きな部分を占めているのが現状である。そこで可能な限り造成費用が小さくなる地形が計画地形として設計されるようなモデルを開発することは、合理的な方法でニュータウン開発計画を進めるための有効なツールを得ることになると考え、モデルの開発をこの方向で進めた。

まず本モデルでは計画地形設計時における造成予定全域の総土工量を最小化するという数を数値計画問題における評価関数(目的関数)として取り扱い、表一1の式(4-1)のように定式化した。

また造成工事において外部から不足土量を搬入する場合(盛土量>切土量の場合)や、外部へ余剰土量を搬出する場合(盛土量<切土量の場合)は共に費用増となることが経験的に知られているため、先の土工量最小という目的関数と同時にこの土工量を規定する切土量と盛土量のバランス条件が成立するということ定式化し、この数値計画問題における制約条件として、式(4-2)のように取り扱うこととした。

設計した造成形状が実現可能なものになるかどうかを示す設計内容として、①造成面の勾配、②造成面高低差、③幹線・準幹線道路の縦断勾配、等々を取り上げ、これらの値が計画策定者の許容するものとなるよ

うに、式(4-3)～式(4-5)のように定式化し数理計画問題における制約条件として取り扱うことにした。なお先述したようにこのモデルにおける操作変数は、各ポリゴンにおける重心座標、道路予定線の両端の座標となっている。

次に、この計画地形設計モデルの解法のアプローチについて述べる。まず、定式化した内容を見ると、制約条件の一部(造成面勾配)は非線形式となっていることがわかる。一般に非線形計画法はその求解のアルゴリズムにおいてこれといった万能な方法はなく、問題に応じた最適な方法を決定することは重要なことである。ところで今回開発した計画地形設計モデルの場合、通常非線形計画法のアルゴリズムを適用すると、以下のような問題点があることがわかった。

- ① 操作変数の点の数を表すポリゴン数、道路点とともに十数個以上存在するので多変数の非線形計画となり、操作上不便である。
- ② ポリゴン端点間の標高差として定式化した造成面高低差を表す制約条件式の数が多くなる。(例えば一つの点にポリゴンが4つ集まっていれば、高低差として定式化する式の数は、 $C_2=6$ 個存在することとなる。)
- ③ 初期実行可能点(土量バランス、造成面勾配、造成面高低差、道路縦断勾配をすべて満たす地形)を簡単に見つけることが困難である。

この結果、初期実行可能点からスタートし、目的関数や制約条件の勾配をもとに解を探索するという一般の探索型の求解アルゴリズムを用いることは、③にも示した通り初期実行可能点の設定が困難であることや、最適解の探索時に制約条件を侵害する割合が高く、多変数のためその処理方法も複雑化することなどの理由によりあまり好ましくない。よって求解のアルゴリズムに関して検討した結果、探索の初期点と探索の方法について以下のような工夫をすることにした。

すなわち目的関数の形をみるとすべての z_0 が0のとき、つまり各ポリゴンの重心座標が原地形の平均標高に等しくなるとき、各ブロック内の土工量が0で全土工量が0となり、土量バランスもとれていることは明らかである。このことに着目し、探索のための初期点をポリゴンの重心座標に関しては原地形の平均標高とし、道路予定点に関してはその点の原地形の標高とすることにした。この初期点は明らかに実行可能点ではなく造成面勾配、高低差、道路勾配は制約値を越えている。そこで探索の次のステップとして満たされていない制約条件を満足する方向に探索方向を取ることにした。この際、表-2に書かれた方法で、新たに制

表-1 計画地形設計モデルの定式化

目的関数：土工量最小化

$$V_{total} = S_1 z_1 + S_2 z_2 + S_3 z_3 + \dots + S_n z_n \rightarrow \min \quad (4-1)$$

ここで S_i : ブロックの分割時の面積

z_i : ブロック内の平均標高から造成全域の平均標高点の方向にあるとするポリゴンの重心点までの距離

制約条件

土量バランス

$$V_{balance} = S_1 z_1 - S_2 z_2 + S_3 z_3 + \dots - S_n z_n = 0 \quad (4-2)$$

ここで各項の符号はブロック内における

切土(+)・盛土(-)による。

造成面の勾配 … ポリゴンの最大面勾配

$$0 \leq T \leq C_{const.}$$

$$T = \tan^2 \phi = \frac{a^2 + b^2}{c^2} \quad (4-3)$$

$$= \frac{LG2}{c^2} (z_1 - z_0)^2 + \frac{LG1}{c^2} (z_2 - z_0)^2$$

$$+ \frac{LG12}{c^2} (z_1 - z_0) (z_2 - z_0)$$

$$LG1 = (x_1 - x_0)^2 - (y_1 - y_0)^2$$

$$LG2 = (x_2 - x_0)^2 - (y_2 - y_0)^2$$

$$LG12 = (x_1 - x_0)(x_2 - x_0) - (y_1 - y_0)(y_2 - y_0)$$

$$c^2 = \{ (x_1 - x_0)(y_2 - y_0) - (y_1 - y_0)(x_2 - x_0) \}^2$$

造成面高低差 … ポリゴン端点の高低差

$$-Const \leq H \leq Const \quad (4-4)$$

$$H = z_1 - z_j$$

$$= (\alpha z_{i1} + \beta z_{i2} + \gamma z_{i0})$$

$$- (\alpha' z_{j1} + \beta' z_{j2} + \gamma' z_{j0})$$

$$\alpha(\alpha') = \frac{(x_1 - x_0)(y_B - y_G) - (y_1 - y_G)(x_B - x_G)}{(x_1 - x_0)(y_2 - y_G) - (y_1 - y_G)(x_2 - x_G)}$$

$$\beta(\beta') = \frac{(y_2 - y_G)(x_B - x_G) - (x_1 - x_G)(y_B - y_G)}{(x_1 - x_G)(y_2 - y_G) - (y_1 - y_G)(x_2 - x_G)}$$

$$\gamma(\gamma') = \frac{(y_1 - y_2)(x_B - x_G) - (x_1 - x_2)(y_B - y_G)}{(x_1 - x_G)(y_2 - y_G) - (y_1 - y_G)(x_2 - x_G)}$$

幹線・準幹線道路の縦断勾配 … 道路予定線の勾配

$$-Const \leq G \leq Const \quad (4-5)$$

ただし

$$G = \tan \delta = \frac{1}{L} z_1 - \frac{1}{L} z_2$$

L : $R1$ と $R2$ の x, y 平面上の距離

表-2 計画地形設計モデルの解法(1)

制約条件を

$$g(z) \leq b$$

と表すと $(\partial g(z) / \partial z_i)$ ($i=1, 2, \dots, n$) は z_i を1増加させたときの $g(z)$ の増加の近似量である。初期点 z_0 のところで $g(z_0) = b' (>b)$ となるような満足していない制約条件は改善量 Δz により $b'-b$ 以上減少するように改善することが望まれるので

$$\sum \frac{\partial g(z)}{\partial z_i} \Delta z \geq b' - b$$

なる式が得られる。また $g(z_0) = b'' (<b)$ というように制約条件を満足しているところには改善量 Δz が $b-b''$ より大きくならないように改善されなければならないので

$$\sum \frac{\partial g(z)}{\partial z_i} \Delta z \leq b - b''$$

になる。本モデルにおいてはこの改善量 Δz による地形改善の問題は Δz に関する線形計画問題として考えることができる。ところがもとの制約条件式を見ると造成面高低差・道路勾配に関しては $\partial g(z) / \partial z_i$ はそのまま $g(z)$ の改善量に等しい。しかし造成面勾配の式は非線形式であるので $\partial g(z) / \partial z_i$ は $g(z)$ の改善量の近似でしかない。しかし予備的な検証を行った結果この求解のアルゴリズムにおいて

$$\sum \frac{\partial g(z)}{\partial z_i} \Delta z \geq b' - b$$

の改善によって改善された点 z' を新たな探索開始点として同様の手順を繰り返すという方法を用いることによって非線形式である造成面勾配をも改善することができると考えた。

約条件を改善する方向は、満たされていない制約条件に対しては制約条件を満足する方向とすることとした。また、満足している制約条件に対しては、解を改善することによって新たに侵害することないように配慮することとした。さらに改善によって増加する土工量は最小になるように、この初期点からの改善量 Δz を見つけることにした。そこでこの改善量 Δz をもってこの改善のアルゴリズムのための定式化を行なったものが表-3の内容である。

5. Computer-aided System化のための概念設計

計画地形設計モデルにおいて、計画地形は計画内容を先取的に盛り込み計画情報を作成し、評価検討をおこなって実行可能性を保証する内容の具体化をはかることは先述した通りである。この設計モデルを利用した計画内容の盛り込み方法、計画情報の作成の方法の基本プロセスの一つとして図-6に示すようなプロセス・システムとして構成することと

表-3 計画地形設計モデルの解法(2)

目的関数

初期点(土工量=0)からの土工量の改善量(増加量)が最小となるように

$$\Delta V_{\text{total}} = S_1 \Delta z_1 + S_2 \Delta z_2 + S_3 \Delta z_3 + \dots + S_n \Delta z_n \rightarrow \min$$

制約条件

改善によっても土量バランスがとられていることが必要なので

$$\Delta V_{\text{balance}} = S_1 \Delta z_1 - S_2 \Delta z_2 + S_3 \Delta z_3 + \dots - S_n \Delta z_n = 0$$

造成面勾配、造成面高低差、道路勾配に関しては先述したように改善量 Δz による制約条件の改善量は、満たされていない制約条件に対しては制約条件を満足するように、また満足している制約条件に対しては改善することによって新たに侵害することないように Δz を決める必要がある。そのため制約条件を

造成面勾配

造成面勾配が制約値以上の場合

$$|T - \text{Const}| \leq \frac{\partial T}{\partial z_1} \Delta z_1 + \frac{\partial T}{\partial z_2} \Delta z_2 + \frac{\partial T}{\partial z_0} \Delta z_0 \leq T$$

造成面勾配が制約条件を満足している

$$0 \leq \frac{\partial T}{\partial z_1} \Delta z_1 + \frac{\partial T}{\partial z_2} \Delta z_2 + \frac{\partial T}{\partial z_0} \Delta z_0 \leq |\text{Const} - T|$$

(T^* は初期点での造成面勾配 $\tan^2 \phi$ の値)

ただし

$$\frac{\partial T}{\partial z_1} = \frac{LG_1}{c^2} 2(z_1 - z_0) - \frac{LG_1}{c^2} 2(z_2 - z_0)$$

$$\frac{\partial T}{\partial z_2} = \frac{LG_1}{c^2} 2(z_2 - z_0) - \frac{LG_1}{c^2} 2(z_1 - z_0)$$

$$\frac{\partial T}{\partial z_0} = -\frac{LG_1}{c^2} 2(z_2 - z_0) - \frac{LG_1}{c^2} 2(z_1 - z_0)$$

$$+ \frac{LG_1}{c^2} 2\{(z_1 - z_0) + (z_2 - z_0)\}$$

となる

造成面高低差

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta z_1 - \Delta z_j \\ &= (\alpha \Delta z_{j1} + \beta \Delta z_{j2} + \gamma \Delta z_{j0}) \\ &\quad - (\alpha \Delta z_{j1} + \beta \Delta z_{j2} + \gamma \Delta z_{j0}) \end{aligned}$$

造成面の高低差が制約値以上の場合

$$z_1 \geq z_j \text{ ならば } |H^* - \text{Const}| \leq -\Delta H \leq |H^*| + \text{Const}$$

$$z_1 < z_j \text{ ならば } |H^* - \text{Const}| \leq \Delta H \leq |H^*| + \text{Const}$$

造成面高低差が制約条件を満たしているとき

$$z_1 \geq z_j \text{ ならば } -|\text{Const} - H^*| \leq -\Delta H \leq |H^*| + \text{Const}$$

$$z_1 < z_j \text{ ならば } -|\text{Const} - H^*| \leq \Delta H \leq |H^*| + \text{Const}$$

ただし H^* は初期点での高低差 H の値

道路縦断勾配

$$\Delta G = \Delta(\tan \delta) = \frac{1}{L} \Delta z_1 - \frac{1}{L} \Delta z_2$$

道路縦断勾配が制約値以上の場合

$$z_1 \geq z_j \text{ ならば } |G^* - \text{Const}| \leq -\Delta G \leq |G^*| + \text{Const}$$

$$z_1 < z_j \text{ ならば } |G^* - \text{Const}| \leq \Delta G \leq |G^*| + \text{Const}$$

道路縦断勾配が制約条件を満たしているとき

$$z_1 \geq z_j \text{ ならば } -|\text{Const} - G^*| \leq -\Delta G \leq |G^*| + \text{Const}$$

$$z_1 < z_j \text{ ならば } -|\text{Const} - G^*| \leq \Delta G \leq |G^*| + \text{Const}$$

ただし G^* は初期点での高低差 G の値

した。この設計作業システムでは、土地利用計画に関しては計画地形表現モデル上のポリゴンに想定するという方法で盛り込み、地形的要素に関しては計画地形設計モデル上の制約条件のパラメータの値に反映させている。このとき土地利用計画の想定内容や制約条件のパラメータの値を変更することによって、複数の計画地形代替案を作成することとしている。

ついで、このように作成された計画地形に対して必要な評価情報を作成した後、その実現可能性を保証しておくことが必要である。この際、計画地形代替案に対して行う評価の方法が効率的で目的合理的であるためには、その評価内容のレベルに応じて、「設計した計画地形そのもの」に対して行う「1次評価」と、これによって不適当な代替案を削除した後に、「計画地形が持つ機能計画の想定」に対して行う「2次評価」という二段階の手順で行うこととした。

ここで、「1次評価」は設計モデルによって設計された計画地形から一次的に

作成できる情報を用いた評価である。つまり、平面計画の割り付けが保証されているかということの検証や、日照時間や景観の問題、また防災費や造成費の概算値内容、等々が含まれる。つぎに、この1次評価によって実現性を保証された計画地形の2次評価を行う。この2次評価においては、機能的な検討の一部を先取りしてその内容を構想計画として概略的に計画内容を具体的に想定し、その機能的な内容やイメージを評価することによって、計画地形の実現性をさらに高めようとしている。この個別計画としては、交通・道路計画や供給処理施設計画に対する検討、その他の機能施設の計画を取り上げることとしている。つまり、これらの個別的な計画を先取的に想定することによって、生活行動をはじめとするニュータウン内の活動状況に対する2次評価を行うこととしている。これに関しても、またコンピュータの持つ多様な情報処理・出力表示機能を活用して評価・検討を行うことがComputer-aided なシステムを構築する上では必要であると考えている。我々の研究グループでは、コンピュータグラフィックスを利用した基本計画（機能設計）策定システムの主要なものについてはすでに開発している。これらは、本研究において開発した構想計画検討段階における作業システムと連動させた形で、トータルなシステム的な運用が可能となっている。

6. おわりに

本研究においてはニュータウン計画の策定作業について問題点を整理し、計画地形を迅速に設計するモデルを開発した。現在このモデルの運用実施中であり、具体的な内容については、発表時において説明することとする。また設計作業のトータルシステム化に関しても、計画地形モデルを活用する形で構築するのが可能であると考えられる。今後はこの計画地形モデルの運用を進め、さらに計画策定システムをComputer-aided Planning systemとして取りまとめていく方針である。

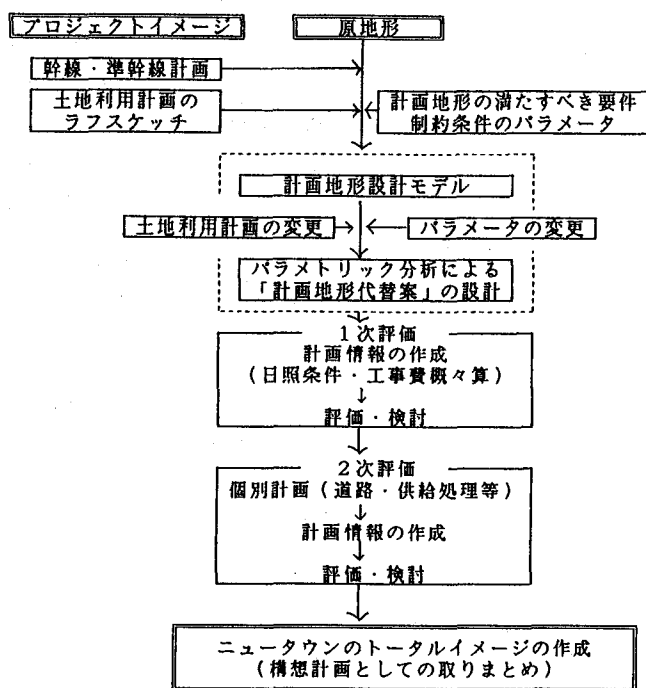


図-6 計画地形設計モデルを中心とする
プロセス・システムの基本構成