

最適化過程としてみた土地利用計画

LAND USE PLANNING FROM THE VIEWPOINT OF OPTIMIZATION PROCESS

槇谷博光*

By Hiromitsu MAKITANI

The purpose of this paper is to develop a method to make rational land use plans, based on computer aided data processing. First, concept of land use planning is defined from the viewpoint of optimization process in order to give logical consistency to land use planning process. Second, a methodology is proposed which can realize logically consistent land use planning based on the above mentioned concept of optimizing process. Then, a computer aided land use planning system is developed which is effective for not only city-wide land use planning such as land use zoning but also microscopic land use planning such as land readjustment.

Keywords : land use planning, optimization, computer aided design

1. はじめに

土地利用計画は、市場メカニズムに必ずしも整合しない財としての土地の特質に起因して生ずる土地問題に対する、非市場的な解決手段として位置づけられる。

しかしながら、都市の土地問題、すなわち都心部での過密、郊外部での乱開発やスプロールをみる限り、現行制度下での土地利用計画がその役割を十分に發揮しているとはいがたい。上記の問題に対しては、土地利用計画の制度的、政治・政策的、技術的な諸側面からのアプローチがあり得るが、本研究ではこれらのうち、技術的側面に着目する。その問題意識は以下のようである。従来自治体において行われてきた計画立案作業では、手作業による地図の塗り分けや重ね合わせ等の手法に頼る部分が多く、検討し得る代替案はごく少数に限られ、また十分客観的な判断を下すに足る情報を得ることが困難であった。そのため、計画者は常に情報過少な状況のもとでの判断を余儀なくされ、勘に頼ることになる。こうして出来上がった計画案は市民を十分に説得できるだけの客観性、科学性が伴わず、また政治的恣意に対しても無抵抗なものであったということができる。

そこで、本研究ではコンピュータを用いたデータ解析を前提として、十分な客観性、科学性を有する計画立案方法を作り上げることを目的とする。

具体的には、以下の3つのアプローチを行う。第一に、土地利用計画の論理的一貫性を確保するため、最適化過程の概念的枠組に従って土地利用計画の概念整理を行う。第二に、従来の計画立案プロセスを、最適化といいう一貫性のある論理で補強しつつ合理的な計画立案を行うための方法論を作り上げる。第三に、ここで提示する方法論を実行に移すために不可欠なコンピュータ支援システムを作成する。

2. 最適化過程としてみた土地利用計画

ここでは、土地利用計画を最適化過程としてみたとき、それがいかなる構造の問題としてとらえられるか、について明らかにする。

(1) 概念規定

従来、土地利用計画という語の意味するところは必ずしも判然としないが、おおむね次の3つの性格がある。

- ① 将来のある時点における土地利用の理想像
- ② 土地利用の法的規制および各種開発事業
- ③ ①を達成するため②の各手段の最適な組合せを時間的に並べたプログラム

* 正会員 工博 東京大学助教授 工学部土木工学科
(〒113 文京区本郷7-3-1)

本研究では、①の意味での土地利用計画を主に扱うが、ここでいう理想像の「理想」とは、「都市計画において目標とされる環境や利便を達成するための総合的な計画の一環として、目的を満たし、かつ交通計画、供給処理施設計画、公園緑地計画等との整合性を確保すること」と考える。このように考えると、土地利用計画の策定に対し、「規範に従い、関連する主体間の利害の合理的な調整のもとに、土地利用の望ましい姿を描き出すこと」という最適化過程としての概念規定を与えることができる。ここで規範とは、最も抽象的には社会的厚生を可能な限り高めることであると規定することができるが、その具体的な内容は（2）述べるようにさまざまである。

（2）計画立案の規範

土地利用計画の規範とは、計画によって達成しようとする事柄を概念的に述べたものであり、目標あるいは目的と称されることも多い。

都市計画関連文献¹⁾で代表的と思われるものの中か

- ・都市活動の機能性確保
 - ・土地の高度利用
 - ・土地の有効利用
 - ・公共施設整備の効率性
 - ・土地利用の純化
 - ・公害による環境悪化防止
 - ・良好な居住環境の確保
 - ・公共の利益
- ①経済活動の効率性
- ②居住環境の維持・向上
- ③公共の利益

図一 土地利用計画の規範

ら、都市の土地利用計画の規範についての記述を拾い上げて整理すると図一に示すように、①経済活動の効率性、②居住環境の維持・向上、③公共の利益、の3つに大別される。

もちろんこれらの具体的記述は文献により異なるし、土地利用の規範的最適化モデル²⁾（後出、3.（2））におけるように計画の規範というものがより限定された形で表現される場合もある。

これらの規範を、計画関連主体別の目的関数として整理したものが表一である。ここで、計画関連主体としては、私的セクターと公的セクターの2つに大別することができる。

私的セクターにおいては、その構成員である私的主体は自己の私的満足を追求するものとしてとらえることができるが、ここではこれをさらに都市的利用主体、非都市的利用主体、土地所有者の3つのタイプに分けている。都市生活者はこれらのうちいずれかのカテゴリーに入るわけであるが、同一人物が住宅をもち、農業を営み、かつ土地所有者であるというように、重複することもある。

公的セクターとしては、自治体と国に大別できる。自治体の立場からの土地利用計画を考える場合、財政と公共の福祉が大きな課題であるが、これは同表に示すような複数の目的関数によって構成されていると考えられる。また、一都市を扱う土地利用計画であっても、広域あるいは国家的見地からの計画が介入する場合もあり得

表一 都市の土地利用計画にかかる主体と目的関数

主 体		視 点		最適化すべき目的関数	計測の可否	指 標 例
私 的 主 体	部 市 的 利 用 主 体	住 宅	立 地 効 用	効 用	○	資 产 価 値
		工 业	立 地 効 用	利 润	○	資 产 価 値
		商 业	立 地 効 用	利 润	○	資 产 価 值
	非 市 城 的 利 用 主 体	农 林 業	生 活		×	—
			土 地 从 事 の 取 得		○	資 产 価 值
	土 地 所 有 者		生 活		キャピタルゲイン インカムゲイン	
自 治 体	财 政	住 宅	立 地 効 用	効 用	○	資 产 価 值
			利 润	○	資 产 価 值	
		工 业	利 润	○	資 产 価 值	
		商 业	利 润	○	資 产 価 值	
		生 活		生活の安定	×	—
	公 共 的 福 祉	农 林 業	生 活	キャピタルゲイン インカムゲイン	○	資 产 価 值
			生 活	土地開発税収	○	資 产 価 值
		农 林 業	生 活	インフラ整備の効率性	○	利 用 者 当 リ コ 料
		农 林 業	生 活	総 効 用	○	總 資 产 価 值
		农 林 業	生 活	土地資源の公平な分配	○	* 1
		农 林 業	生 活	都市サービス利用の機械均等	○	* 2
	国 家	农 林 業	生 活	交通の円滑化	○	總 交 通 時 間
		农 林 業	生 活	環境	×	—
		农 林 業	生 活	防 灾	×	—
		农 林 業	生 活	希 少 资 源 の 保 全	×	—
		农 林 業	生 活	自然・文化財の保全	×	—

上記「公共の福祉」に関する項目で、広域あるいは国家的見地に立つもの。

* 1 各主体について、最低効用を確保すること

* 2 都市サービス施設へのアクセス時間に上限を設定すること

る。

(3) 計画立案の制約条件

土地利用計画の制約条件としては、大きく分けて資源的制約、他の計画との調整、土地利用の構想・方針がある。

a) 資源的制約

まず、新規土地需要量という観点からみると、無秩序な市街化による弊害を防ぐため、新規に開発すべき土地は必要最小限、すなわち計画目標年までに見込まれる土地需要量に合致すべきであるという制約条件が導かれる。

次に、新規に開発可能な土地という観点からみると、物理的に開発不可能な土地と法的な開発規制が制約となる。

また、土地を都市的に利用するためには、私的な個人による投資だけでなく、公共投資が伴わねばならないが、新規に市街地を拡大しようとする場合、この財政負担が大きな制約となることもある。

b) 他の計画との調整

都市計画は、競合・重複する都市の土地利用を調整するところに、その存在理由があるといえるが、これを確保するために、都市計画法では都市計画相互の調整および他の計画との調整に関して定めを置いている。

ここでは、他の計画との調整についてみることにするが、これには都市計画法13条における「上位計画等との調整」と、同法7条および23条に示される「農林漁業との調整」がある。

c) 土地利用の構想・方針

現実の土地利用計画立案においては、「都市の核」、「都市発展軸」といったように、特定の土地の利用をある方向に導くことを要請する方針が立てられることがある。この種の構想・方針は、都市形態論的な視点からのものであって、(2)で述べた規範と異なり、都市全体の福祉の増進に直接結びつけて論じる性格のものではない。したがって、ここではこれらを計画立案の制約条件と考え、それが都市全体の土地利用に及ぼす影響を、(2)の規範に対応する評価関数によって評価してその是非を検討すべきものと位置づける。

(4) 解としての土地利用計画

土地利用計画という語は、計画を策定する行為および計画の中で決めている事柄（図面・図書も含む）という2つの意味で用いられているが、本研究の視点からみると、前者は最適化の過程を示し、後者は最適化の解を指すものと考えられる。(2)でレビューした都市計画関連文献において、後者の意味で「土地利用計画」とよばれるものを拾い上げると図-2に示すようなものがある。これらのうち、⑤～⑧は地区計画に関するもので、

本研究では直接の対象とはしない。そこで①～④についてみると、①は将来のある時点における土地利用像を、その量的側面について述べたものであると考えられる。一方②～④は上記の将来像を実現するための具体的な規制・事業である。ここで個別の事業はその対象とする地理的範囲は小さく、局地的な環境改善手法であると考えられる。したがって本研究で主な対象とする都市規模での土地利用計画において求めるべき解は、土地利用の理想像およびそれを実現するための用途指定（市街化区域・市街化調整区域の区分および地域地区指定を以下ではこのようによぶ）であるといえる。

(5) 最適化の概念モデル

以上に整理した最適化の基本的枠組に従い、土地利用計画の最適化問題を、きわめて概念的にではあるがモデル化して記述すると以下のようになる。

土地利用計画において求めるべき解は、(4)において整理したように将来の土地利用の理想像と、それを実現するための用途指定である。前者は(2)に整理したような複数の目的を満足すべき将来の土地利用配置を定めるマスタープランレベルでの土地利用計画であり、後者はこれを可能な限り忠実に実現することを目的として策定される法定土地利用計画である。したがって、用途指定を最終的なアウトプットと考えた場合、土地利用計画には2段階の最適化過程があると考えられる。

まず、マスタープランレベルでの土地利用計画について考える。ここで求めようとする解は住宅、商業、工業といった活動単位での土地利用配置である。このとき土地利用の地理的最小単位をどうとるかは場所によって異なるが、ここでは通常の土地取引における最小単位としての画地とする。いま、対象地域に画地 $1, \dots, p$ があるとした場合、おののの土地は住宅、商業、工業等に利用されているが、土地利用が m 種あるとすると、対象地域の土地利用は図-3のようなマトリクス x で表わすことができる。

そこで、最適化問題は、

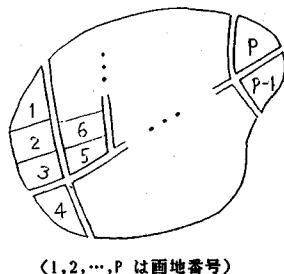
$$\text{maximize } f(x) = [f_1(x), \dots, f_n(x)]$$

subject to $x \in C$

と表現できる。ここに、 $f_i(x), \dots, f_n(x)$ は(2)において整理した各個別の目的関数である。実行可能領域

- ①土地利用別土地面積の配置
- ②市街化区域・市街化調整区域の区分
- ③地域地区指定（合建率・容積率）
- ④面整備事業（再開発・区画整理）
- ⑤コミュニティーの区分
- ⑥建築形式
- ⑦建べい地・非建べい地の区分
- ⑧地区交通用地

図-2 解としての土地利用計画



$$\text{土地利用マトリクス } \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{土地利用} \\ \text{の種類} = m \end{array}$$

\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{画地数} = p}

図-3 画地と土地利用マトリクス

C は (3) において整理した制約条件によって規定されるが、これには大きく分けて土地の諸条件に基づく物的あるいは法的な開発制約と土地利用の将来フレームとの 2 種類がある。

土地 i ($i=1, \dots, p$) の自然的、社会的、経済的諸条件は $\mathbf{u}_i=(u_i^1, \dots, u_i^r)$ と表わすことができる。ここに、 u_i^1, \dots, u_i^r は地形、交通利便性、地価、…等の指標値である。この \mathbf{u}_i に対し、(3) において整理したような各種の視点からの評価を行い、土地 i において許容される利用を定める関数を \mathbf{H} とすれば、 $\mathbf{H}(\mathbf{u}_i)$ は土地 i においてあり得る土地利用の集合である。したがって対象地域全体について、 $\mathbf{U}=(\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_p)$ とすれば、 $\mathbf{H}(\mathbf{U})$ は土地 $1, \dots, p$ において許される土地利用の組合せを示すが、これは最適化の解 \mathbf{x} のとり得る範囲を規定する。

次に各土地の面積を要素とするベクトルを $\mathbf{s}=(s_1, \dots, s_p)$ とすれば、 $\mathbf{x} \cdot \mathbf{s}$ は m 次ベクトルとなり、その各要素は土地利用ごとの合計面積を表わす。そこで、土地利用の将来フレームを $\mathbf{D}=(d_1, \dots, d_m)$ とすれば、最適解 \mathbf{x} は $\mathbf{x} \cdot \mathbf{s} = \mathbf{D}$ を満たさねばならない。これを満たす \mathbf{x} の集合を \mathbf{V} で表わす。

したがって、実行可能領域 C は、上記の $\mathbf{H}(\mathbf{U})$ 、 \mathbf{V} の積集合として、

$$C = \mathbf{H}(\mathbf{U}) \cap \mathbf{V}$$

と表現できる。

次に第 2 段階の用途指定計画の最適化問題を考える。ここで解とするものは、用途地域 $1, \dots, q$ ごとの用途指定 $\mathbf{y}=(y_1, y_2, \dots, y_q)$ である。ここに y_1, y_2, \dots 等はそれぞれ一種住専地域、二種住専地域、…等を表わす。用途指定の評価関数は、そこで意図されている土地利用の実現可能性を評価するものである。すなわち、用途指定

\mathbf{y} のもとで実現されるであろう土地利用と第 1 段階での最適解 \mathbf{x} との類似度を $g(\mathbf{y})$ で表わすことになると、最適化問題は、

$$\text{maximize } g(\mathbf{y})$$

$$\text{subject to } \mathbf{y} \in C'$$

と定式化することができる。ここで実行可能領域 C' は、用途指定としてとり得る組合せの集合であるが、これは用途指定基準に準拠して計画者が経験的判断によって決めるものである。

3. 最適化過程としてみた土地利用関連分析手法の位置づけ

ここでは、4. における計画立案方法論構築の準備段階として、最適化過程の枠組のもとに、従来の土地利用関連分析手法の位置づけを行う。

(1) 土地分級

土地分級は、土地の規範的な評価手法を総称したものであるが⁴⁾、土地利用計画における最適化過程の枠組においては、実行可能領域の限定のための手法として位置づけることができる。ここでいう実行可能領域の限定とは、計画における種々の制約条件を満足するか否かの評価により、解としての土地利用配置のあり得る組合せを限定することを意味するが、土地分級は 2. (5) の概念モデルにおける $C = \mathbf{H}(\mathbf{U}) \cap \mathbf{V}$ の $\mathbf{H}(\mathbf{U})$ に相当する。

具体的には、ある土地を都市的利用として開発するとの適否を規範的に判定することであるが、この適否の判定には種々の視点があり、①自然や景観の保全、②農地保全、③災害危険性、④開発コスト、の 4 つが代表的である¹¹⁾。

(2) 土地利用の規範的最適化モデル

土地利用モデルは、大きく分けて立地予測モデルと最適化モデルに分かれるが、後者はある視点から土地利用を評価した場合の最適解を求める目的とするものである。

これらのモデルは、そこで前提とされている目的関数および制約条件の範囲内においては、数学的に最適性を保障された厳密な解としての土地利用配置を与えることができる。しかしながらこれらのモデルでは、数理計画問題を解くということに重点が置かれているため、そこで考慮される要因は定量的なものに限られ、また目的関数や制約条件も極端に単純化される。すなわち、2. (5) の概念モデルにおいて、 $f(\mathbf{x})$ の代わりにたとえば $f_1(\mathbf{x})$ をとり、 $c \subset C$ なる実行可能領域 c のもとでの最適解を求めるに相当する。

したがって、従来の最適化モデルによる解は、特定の視点からの、しかも非常に限定された側面のみについて

得られた極端な解であり、それをそのまま土地利用計画として採用することはできないが、第一次近似解としての意義は認め得ると考えられる。

(3) 影響分析

「公共計画の効果・影響分析」などというときの「影響」とは、多くの場合環境への影響を指す。従来、計画の影響分析といえば個別のプロジェクトが周辺環境に及ぼす影響のアセスメントを意味する場合がほとんどであり、都市レベルでの土地利用計画に対してはそもそも影響分析という概念が希薄であったことができる。

2.において、最適化の枠組に従って土地利用計画を整理したが、そこではまず計画の規範として、複数の主体について多様な目的関数が存在することを示した。このような多目的最適化問題の一般的な解法としては、何らかの実行可能解から出発し、順次解を改善していくという方法がとられる。すなわち、2.(5)の概念モデルにおいて、 x を仮定し、 $\frac{\partial f_1}{\partial x}, \frac{\partial f_2}{\partial x}, \dots$ の値に基づき、目的関数の値を改善する方向に x を変更するものである。これは、ある目的関数値の変化が他の目的関数値に与える影響をチェックすることに相当する。さらに、たとえば土地利用の構想・方針のように、定量的な目的関数として設定しにくいものは、これを制約条件としておき、その影響分析によって是非を評価するという扱いが必要となる。このように、最適化過程として土地利用計画を扱う場合、影響分析は重要な役割を担うものである。

(4) 立地予測モデル

立地予測モデルは、従来、交通施設整備を中心としたプロジェクトの結果生ずる土地利用変化をシミュレートする目的で開発されてきた⁴⁾。ここでは、都市レベルでの土地利用計画という観点から、立地予測モデルの位置づけについて考える。

まず土地利用計画においては、都市の将来的な人口・経済フレームとして、住宅、商業、工業等の活動別的新規立地需要を求める(2.(5)における V を決定することに相当する)必要があるが、従来の実務において多く用いられている単純なトレンド分析では、たとえば計画目標時までの間に交通施設整備が行われるような場合、それによる土地利用変化は予測し得ない。現在の立地予測モデルでは市町村単位での立地量の予測が可能であるので、このようなプロジェクト予定地域において、将来の人口・経済フレームを設定するための有力な手法として位置づけることができる。

立地モデルの果たし得るいま1つの役割として、土地利用計画の実現可能性評価が考えられる。土地利用計画においては、将来の土地利用の姿を描いただけあって、それが実現される保証はない。西独のように土地利用計画の実現を強力に推進する制度的裏付けをもたないわが

表—2 最適化過程における土地利用関連分析手法の位置づけ

最適化問題 $\begin{aligned} & \text{maximize } f(x) = \{f_1(x), \dots, f_n(x)\} \\ & \text{subject to } x \in C \end{aligned}$		
最適化過程	概念モデルによる表現	用いる手法
第1段階	$C = H(U) \cap V$	$H(U)$: 土地分級 V : 立地予測モデル
実可能領域の限定		
代替案作成	部分最適化 $\begin{aligned} & \text{maximize } f_1(x) \\ & \text{subject to } x \in c \subset C \end{aligned}$	土地利用の規範的最適化モデル
評価	$f(x)$	—
案の改善	$\frac{\partial f_1}{\partial x}, \dots, \frac{\partial f_n}{\partial x}$ の値により、目的関数が改善される方向に x を変更	影響分析
最適化問題 $\begin{aligned} & \text{maximize } g(y), \\ & \text{subject to } y \in C' \end{aligned}$		
最適化過程	概念モデルによる表現	用いる手法
第2段階	C'	※用途指定基準に基づき計画者の経験的判断により設定
実行可能領域の限定		
代替案作成	y	※用途指定基準に基づき計画者の経験的判断により設定
評価	$g(y)$	立地予測モデル
案の改善	$\frac{\partial g}{\partial y}$ の値により、目的関数が改善される方向に y を変更	影響分析

国においては、計画評価の一侧面として、土地利用計画の実現可能性を予測・評価しておく必要があると考えられる。これは2.(5)において、最終アウトプットとしての用途指定 y の評価関数 $g(y)$ を与えることに相当する。

2.において示した最適化の過程における(1)~(4)の各手法の役割を示したもののが表—2である。

4. システム分析的土地利用計画の方法

本研究では、土地利用計画を一貫した論理のもとに作成するため、最適化過程という論理的枠組で土地利用計画をとらえることとし、2.においてその概念整理を行った。

しかしながら2.(5)において概念モデルの形で定式化した最適化問題をそのまま数理計画問題として解くということは次の理由によりきわめて困難であると考えられる。まず第一に、個別の目的関数 $f_1(x), \dots, f_n(x)$ の数 n がきわめて大きい、すなわち、2.(2)における私的主体の目的関数は、厳密には主体の数だけ存在することになる。第二に、 $f_1(x), f_2(x), \dots$ 等は、効用や時間、安全性といったさまざまな概念で表現されるものであり、これらを統一的な尺度で扱うことは困難である。第三に、生活の安定や災害からの安全性等定量化が不可能な目的関数の存在がある。

以上より、土地利用計画を厳密な数理計画モデルとして扱うことは困難であるといえるが、それでもなお最適

化という論理の枠組で土地利用計画を扱うためには、人間の判断を適宜介在させたシステム分析プロセスを組み立てる必要がある。すなわち、前提条件の設定→計画案の作成→案の評価と改善という一連の作業を循環的に繰り返しながら、第一次計画案、第二次計画案、…としだいに計画案をより望ましいものに改善するもので、Chapin⁵⁾や土井ら⁶⁾の提唱する漸進的アプローチに同じ考え方である。すなわち、まず主要な目的関数（たとえば $f_1(x)$ ）を最大化するような解 x を求める。このとき他の目的関数は全く考慮されないか、あるいは一定値が仮定される。次にこれらのうちでも優先度の高い目的関数（たとえば $f_2(x)$ ）が可能な限り大きくなるように x を微調整する。このとき $f_2(x)$ の変化に対する $f_1(x)$ の変化を感度分析的にチェックしつつ、望ましい解 x に改善する。以下 $f_3(x) \dots$ についても同様の操作を繰り返す。いくつの目的関数までこのような扱いをするかは地域特性や計画立案の基本方針によって異なるが、操作上は同じである。

本研究では、都市規模での土地利用計画（マスタープランレベルおよび法定計画レベル）を中心とするが、地区単位での局地的な土地利用計画（面開発事業計画レベル）についても計画立案の方法を作成している。また、これらを実際に行ううえでは膨大な土地データを効率的に処理することが不可欠となるが、これを支援するためのコンピュータシステムの開発を行っている。

(1) 都市土地利用計画

前項で述べた漸進的アプローチの具体的な形として、本研究では図-4 のフロー図に示すような計画策定プロセスを組み立てる。

a) 前提条件の設定

まず、土地利用現況、社会・経済フレーム、各種施設整備計画、法規制等、土地利用計画立案において前提となる諸条件を整理する。これらに基づいて、2.(5) の概念モデルにおける $f(x)$, $H(U)$, V 等の具体的な形が決まる。

b) 実行可能領域の限定

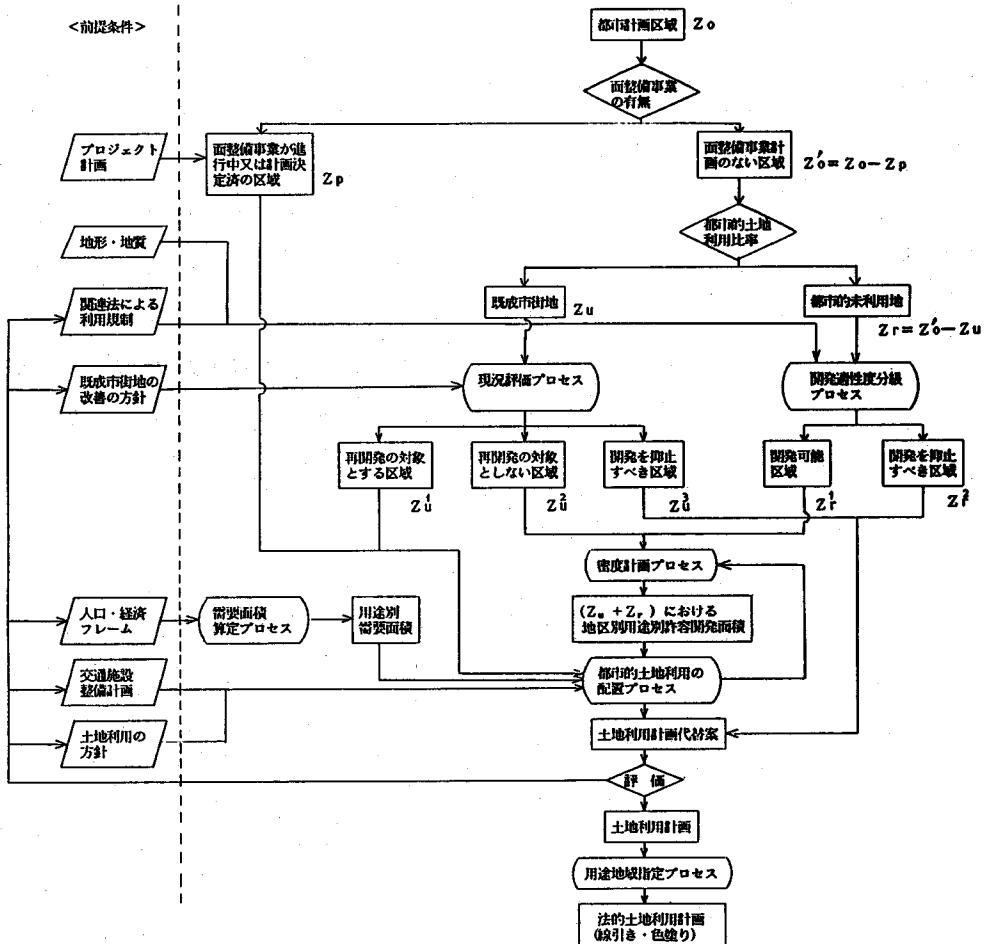


図-4 土地利用計画策定フロー

次に最適解の存在し得る範囲としての実行可能領域 C , すなわち新規に土地利用を配置することのできる区域およびその土地利用の組合せを可能な限り限定しておくことが必要となるが, $C = H(U) \cap V$ における V については通常社会・経済フレームより与えられるので, $H(U)$ が問題になる。本研究ではこの $H(U)$ の限定を次の 2 段階に分けて行う。

まず、第一段階として、計画対象地域（すなわち都市計画区域）(Z_0) のうちで、再開発等の面整備事業が進行中または計画決定済みの区域 (Z_p) とそうでない区域 (Z'_0) に二分する。これは、前者においては事業によって意図された土地利用がそのまま実現する確度がきわめて高いため、そのような土地利用をあらかじめ前提としておいてもよいとの考え方に基づくものである。

第二段階として、前段階において「面開発事業計画なし」と分類された土地について、現況での都市的利用比率に基づいて既成市街地 (Z_u) と都市的未利用地 (Z_r) に二分する。これは、前者では既成市街地の問題点解決が主な課題であり、後者では新規の土地利用配置が主な課題であることに基づく。そして前者については、居住環境面を中心とした現況評価により、今後の開発を抑止すべき区域 (Z_u^s), 再開発の対象とする区域 (Z_u^t), それ以外 (Z_u^u) の 3 つの区域に分類する。一方後者については、物理的開発可能性および法的規制に関する分級により、開発可能区域 (Z_r^t) と開発を抑止すべき区域 (Z_r^u) に分類する。

こうして得られた Z_u^s および Z_r^u によって実行可能領域 $H(U)$ の地理的範囲が限定される。

c) 代替案の作成

第一次案作成段階では、地域全体としての土地利用の効率性という視点から、2.(2)で整理した目的関数のうち、土地利用主体が土地から得る効用の総和を目的関数 $f_i(x)$ とし、これを最大化することを考える。ここで効用とは、居住者が得る満足度や企業が得る利益を総称したものであるが、このような意味での効用は一定の条件のもとで資産価値に転移することが知られているから⁷⁾、ここでは効用の指標として資産価値評価額を用いている。具体的には、次に述べるような不動産鑑定評価法による標準地比較方式を援用した資産価値評価関数を設定した。

標準地比較方式とは標準地（地価 = P_0 ）との比較によって当該地 (i) の地価 (P_i) を評価するもので、

$$P_i = P_0(1 + \alpha_i^1)(1 + \alpha_i^2) \cdots (1 + \alpha_i^m)$$

と表わされる。ここで $\alpha_i^1, \dots, \alpha_i^m$ は標準地と当該地について、地価形成要因の評価値を比較することによって得られる係数で、「土地価格比準表」に標準的な値が示されている。

したがって、土地 i を住宅地、商業地、工業地として評価したときの地価を P_i^R, P_i^C, P_i^I とすると、目的関数 $f_i(x)$ は対象地域全域にわたる資産価値を合計した値であるから、

$$f_i(x) = \sum (\delta_{ir} P_i^R + \delta_{ic} P_i^C + \delta_{iu} P_i^I)$$

ただし $\delta_{ir} = \begin{cases} 1: \text{土地 } i \text{ が住宅として利用されているとき} \\ 0: \text{それ以外のとき} \end{cases}$

δ_{ic}, δ_{iu} についても同様

と表わされる。そこで、 $x \in C (= H(U) \cap V)$ を満たし、かつこの $f_i(x)$ を最大にするような土地利用配置 x が求めるものである。

このような x を求めるための手法として、本研究では、ある定量的表現が可能な特定の視点に限って一次元的な目的関数を設定し、これを数理計画問題として解くための土地利用の規範的最適化モデルを作成している³⁾。

d) 案の改善

上で作成した第一次案は、土地資源利用の効率性という観点のみからみた最適化であった。したがって第 2, 第 3, … の目的関数についても可能な限りの改善を行うことが必要である。ここでは公平性の視点から、個別の土地利用主体ごとの効用を見る。すなわち、第一次案においては総効用は最大化されているが、一部のものが著しい不効用を受けているという状況が生じ得る。このような不効用は具体的には、工業地や幹線道路、鉄道に隣接する地区での環境悪化が主であると考えられるが、これは c) において効用の尺度として設定した資産価値評価式を用いて計測可能である。

そこで、まず、資産価値評価式における工業地への接近性評価値、および鉄道・幹線道路への接近性評価値の低下（すなわち不効用）の度合を、支援システムを用いてグラフィック出力する。そして、不効用が著しいと判断される主体 (k) については、グラフィック画面上で土地利用計画の部分変更を行う。このとき、解 x の変更による総効用への影響 $\frac{\partial f_i}{\partial x}$ を評価しつつ、主体 k の効用 $w_k(x)$ がより大きくなるように解 x を改善する。これ以外の目的関数についても同様の操作を行えばよい。

一方、これまでのような定量的な扱いが困難な側面からのチェックも必要である。すなわち、実際の土地利用計画立案においては、全体としての土地利用パターンとしての「おさまり」や「バランス」が議論される。しかしながら、これらは定量指標による扱いだけでは不十分であり、また機械的操作のみによる処理は困難である。そこで本研究ではこれらの視点からの検討は、グラフィック出力をみながら画面上で修正を加えるという方法によっている。

e) 法定土地利用計画の作成

上で得られた土地利用配置 x に基づいて、法定土地利用計画としての用途地域指定図を作成する。

2. (5) の概念モデルで示したように、用途指定代替案 y の実行可能領域 C' は、用途地域指定基準によるが、同基準においては「性状」、「形態」、「規模」、「相隣」の各項目について考慮すべきことが定められている。しかし、ここで定めている子細な項目をすべて満足する y を一度に求めようとすれば、きわめて複雑なプロセスとならざるを得ず、操作上の観点から望ましくない。そこで、本研究では、まず用途地域の決定における最重点項目である土地利用の「性状」において列挙されている基準に従った簡単な分級アルゴリズムを作成して y の第一次代替案を作成する。

次にこの第一次案に対し、「形態」、「規模」、および「相隣」等にある諸規定に基づいて $y \in C'$ となるように y の修正を行う。ここで①「形態」からのチェックとしては、指定区域の整形性および路線的指定に関する制限、②「規模」からのチェックとしては、指定区域の最小面積、③「相隣」からのチェックとしては、住専系地域と工業系、商業系地域との近接制限がある。これらの修正は人間がグラフィック画面をみながら行うのが最も簡便かつ確実であるから、計算機支援システムにおいて、このようなヒューリスティックな処理を可能ならしめている。

用途指定は、こうして求めた y に対し、意図された土地利用の実現可能性評価 $g(y)$ を行い、これを最大とするように y を改善するという最適化過程によって本来決められるべきであるが、立地予測モデルの現状からみて $g(y)$ の適切な評価は困難であるので、本研究でもここまで最適化は行っていない。

(2) 土地区画整理計画

本研究では、局地的土地区画整理計画のうちでも特に土地区画整理計画について、その支援システムを作成した。

土地区画整理事業計画は、おおむね次の手順に従って進められる。

① 対象地区の現況調査により、問題点を明らかにし、整備課題を整理するとともに、計画立案に際して考慮すべき前提条件を整理する。

② 上の整備課題と前提条件をもとに、市街地整備の基本方針を明らかにする（基本構想）。

③ 土地利用、道路網、供給処理施設等に関する計画を立案し（概略設計）、加えて事業採算の見通しを立てる（事業計画）。

④ 上の案について地権者の同意を得た後、都市計画決定する。

⑤ 個別の土地の換地設計を行うとともに、具体的な

工事計画を立てる。

ここで③の概略設計および⑤の換地設計においては、設計作業と帳票作成が行われるが、設計作業においては地理的データに関して、帳票作成においては権利関係データに関して、それぞれ膨大なデータ処理を行わねばならない。このうち後者についてはほとんど機械化されているのに対し、前者は相変わらず手作業に頼る部分が大きいため、十分説得力のある計画を立案し得ないばかりか、地権者にとっても平均減歩率のような抽象的な情報しか与えられず、これが合意形成を手間取らせる一因にもなっている。

そこで、本研究では、合理的な計画立案のため、これらの作業を支援するためのシステムを作成した⁸⁾。その概略フローを図-5に示す。

まず概略設計の段階では、設計条件としての平均減歩率と代替計画案としての幹線街路を入力し、画面上での

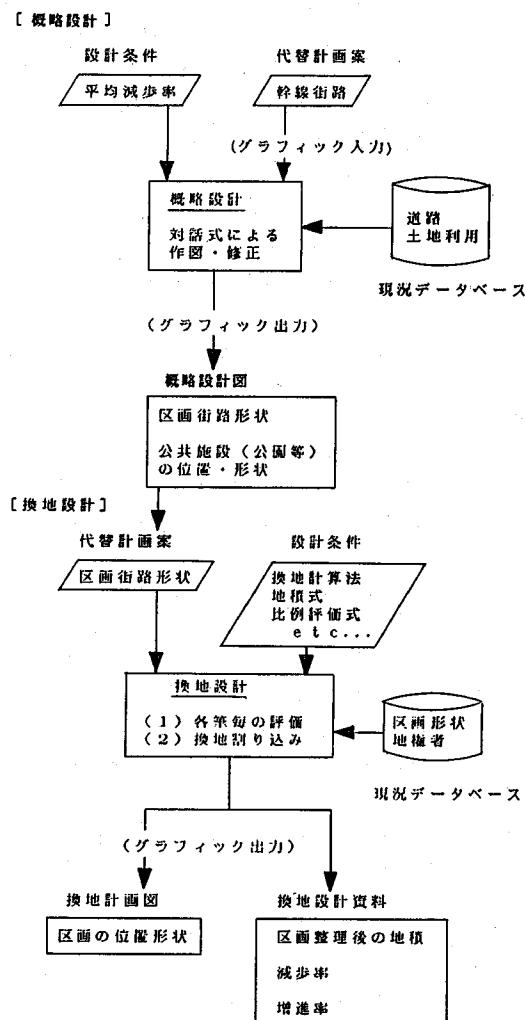


図-5 区画整理設計のフロー

対話形式による作図・修正によって区画街路形状や公園、学校等の公共施設の配置を示す概略設計図を作成する。

次にこれを前提とし、設計条件としての換地計算法を指定することにより、各筆ごとの評価およびそれに基づく換地割り込みを行なうが、従来この換地割り込みの設計作業は設計者の主観的判断に委ねられていた。しかしながら、計画案の説得力をより高めるためには、明確な規範に従い、論理的に一貫したプロセスで案を作成することが必要である。このときの規範としては、①現位置主義の立場から、換地前後の土地の移動距離を全体として最小化する、②区画整理による効果としての資産価値上昇を全体として最大化する、あるいは①、②の折衷型などさまざまなものが考えられるが、本研究ではこれらの規範に従った目的関数を設定し、これを解くことにより換地計画案を作成するための支援システムを開発した。実際の換地計画においては、地形的制約や基盤施設の将来計画等の制約条件が存在し、また地権者の意向のような定量化が困難な要因も考慮する必要があるので、上記の最適化問題を厳密な数理計画問題として扱うことはできない。したがって支援システムでは最適値の方向へ解を逐次改善してゆくというアプローチをとるが、その途中段階での解はそれぞれ計画代替案としての意味を有しているのであり、それらをわかりやすい形で提示することによって合意形成の支援が可能になる。

5. 適用性の検討

本研究において作成した計画立案方法の適用性をみるために、A市のデータを用い、4.において提案した方法論に従い、支援システムを用いて土地利用計画の作成を行った。基礎となるデータとしては国土地理院作成による細密数値情報を用いている。計画目標は昭和70年とし、人口、商業販売額、工業出荷額の将来値はトレンド分析により求め、これらを面積に換算するための原単位は昭和59年時点の値を用いた。

写真一1は、上記の前提のもとに、本研究の方法で作成した土地利用計画の画像出力の一例であるが、これを現行土地利用計画（写真二2）と比較してみる。

まず、現行計画では市街化区域となっているが本研究の計画案では市街化調整区域となっている地区をいくつか指摘することができる。これらの地区は、現状においても農地が多く、また交通条件等をみても市街化のポテンシャルはあまり高くないと考えられ、本研究の計画案はこれらの地区的逆線引き（市街化区域を市街化調整区域に指定変更すること）を示唆するものといえよう。これとは逆に、現行計画では市街化調整区域となっているが本研究の計画案では市街化区域となっている地区があ



写真一1 支援システムにより作成した土地利用計画の例



写真二2 現行土地利用計画

る。これらの地区は、現状においてすでに都市的利用がかなりなされており、また交通条件等からみても今後の市街化のポテンシャルが高いと考えられる。したがってこれらの地区については、本研究の計画案にあるように市街化区域に組み入れる必要性が高いと判断される。

以上に述べたように、本研究による計画案によって、現行計画の問題点をさまざまな角度から検討することができる。

6. 結　　び

本研究の成果は、以下の(1)～(4)のようにまとめることができる。

- (1) 最適化過程の論理的枠組を用いて土地利用計画の概念整理を行った。
- (2) 土地利用計画の立案を、実用性を考慮しつつ、なおかつ最適化過程の論理に従って行なうため、システム分析的な方法論を構築した。
- (3) 上記の方法を支援する計算機システムを作成した。
- (4) 実際問題への適用により、本研究で作り上げた方法論および支援システムを用いて、客観的データに基

づき、論理的一貫性のあるプロセスによって土地利用計画代替案を作成し、十分実用可能な形で表示することができるることを確認した。

本研究を行うにあたり、東京大学中村英夫教授には、研究テーマの設定から基本的枠組の構成、さらには個別の方法論に至るまで、終始ご指導いただいた。ここに記して深甚なる謝意を表する次第である。

東京工業大学肥田野登助教授には、多大な時間を割いて頂き、数々の貴重なご示唆を賜ったことを記し、心より感謝の意を表する。

また、東京工業大学中村良夫教授、渡辺貴介教授、森地 茂教授、東京大学宮本和明助教授の各先生方からも有益なコメントを頂戴した。記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) たとえば、今野 博：都市計画、森北土木工学全書、森北出版、1981。

- (このほかにも多数ある（文献1）参照)
- 2) 横谷博光・肥田野登：都市近郊地域における土地利用の最適配置モデル、都市計画学会論文集、No. 20, 1985.
- 3) 横谷博光：土地分級（中村英夫編著、国土調査、新体系土木工学 50），技報堂出版、1984.
- 4) 立地モデルに関する文献は数多いが、青山吉隆：土地利用モデルの歴史と概念、土木学会論文集、No. 347, 1984においてよくレビューされている。
- 5) Chapin, F.S. and Kaiser, E.I. : Urban Land Use Planning, 3rd Ed., University of Illinois Press, 1979.
- 6) 土井幸平、ほか：都市計画、新建築学体系 16、彰国社、1981.
- 7) Starrett, A. : Land value capitalization in local public finance, Journal of Political Economy, Vol. 89, pp. 306 ~327, 1981.
- 8) 横谷博光、ほか：土地区画整理事業計画支援システム、土木学会第42回年次学術講演会講演概要集、1987（投稿中）。

(1987.8.7・受付)

內容紹介

空港滑走路の極限容量の推定方法に関する研究

則 武 通 彦

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 47～53 1988.1]

本研究では、航空交通の安全確保のために規定されている管制基準を着陸機の進入速度および離・着陸機の滑走路占有時間と関連づけ、その管制基準のもとで空港滑走路の離着陸容量の増大を図る方法を提案している。特に、離着陸共用滑走路の容量最大化問題が非線形制約条件をもつ最適化問題として定式化され、その最適解は一般的な数理解析手法を用いて得られた。さらに数値結果が分析され、滑走路容量の増大に対して隘路となっている要因が明らかにされた。

嗜好変化を内生化した比較静学に関する理論的研究

小林 潔 司・張 衛 彬・吉川 和 広

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 55～64 1988.1]

本研究は、システムの環境条件の変化に伴う個人の嗜好変化を Lie 変換を用いて定式化し、嗜好変化を内生化した新しい比較静学の方法の理論的な枠組みについて考察したものである。また、土木計画の領域で適用性の高い比較静学の事例として、①効用関数のパラメーターがシフトした場合、②資源パラメーターがシフトした場合をとりあげ比較静学の方法を具体的に提案するとともに、小売業立地モデル・住宅立地モデルを対象としてその適用性を示したものである。

ネットワーク特性を考慮した道路機能水準の計量指標化に関する研究

岡田 憲夫・田中 成尚

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 65～74 1988.1]

本研究では、道路網の整備水準を評価するための新しい指標として、区間地位指数 (SIS)、路線地位指数 (SIR)、経路構成重要度指数 (SIRF) の 3 つの指標を提案した。ついで、これらの各指標が次のような基本的特性を有していることを明らかにした。すなわち、これらの地位指数は、個々の路線や道路区間が対象道路ネットワーク全体の整備水準とのかかわりで相対的にどのような位置（地位）にあるかを計量化できることが示された。

自動車定常走行時の道路交通騒音の一簡易推定法

渡辺 義則・角 知憲・菊永 昌洋・田中 浩一郎

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 75～82 1988.1]

本研究では、交通条件に関する制約が少ない、沿道状況の場所的な違いが反映可能、予測精度がよい、取り扱いが簡単などの要件を具備する騒音推定法について考察し、その基本的な考え方を示した。また、この方法の適用性を対向 2 車線の国道で調べた。そこでは、車両がポアソン到着し、沿道状況が平坦な場合について、等価騒音レベルや中央値を推定する式を導くとともに、推定値と実測値を比べて、予測精度が比較的よいことを示した。

生活環境に関する住民の認知空間の拡がりと構造

大井 紘・宮本 定明・阿部 治・勝矢 淳雄

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 83～92 1988.1]

この論文では、環境の評価方法を開発するために、生活環境像の認識を人々がどのように行っているかを解明する。認知構造を明らかにするために、2種類の連想検査法が用いられる。まず、地域住民にとって環境のいかなる局面が主要な関心事であるかを示すために、自由連想法が用いられる。また、生活環境にかかわる語の間の制限連想頻度を環境認知構造を調べるために用いる。クラスター分析と有効グラフ表現とが解析の手法である。

流入確率に基づく都市高速道路入路接続方式の評価について

巻上 安爾・松尾 武

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 93~101 1988.1]

本論文は都市高速道路の入路で用いられているセンターランプとサイドランプという2つのランプ接続方式の差が、流入のしやすさに差を生じさせているかどうかを評価するため、阪神高速道路の合流部で交通実態調査を行い、実測結果から流入確率を算定して両形式の評価を試みたものである。結論としては、両者の間に明らかな差が認められ、合流部の設計上、あるいは交通運用上考慮すべき点も指摘された。

ヒューリスティック・アプローチによる建設機械投入台数の決定

湯沢 昭・須田 樹

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 103~110 1988.1]

本研究の目的は、土木工事における建設機械の経費を最小とするような建設機械の投入台数とその組合せを決定するものである。方法論的には、ヒューリスティック・アプローチを導入し、PERTによるスケジューリング問題とCPMによる日程短縮問題とを交互に繰り返すことにより任意の工期における最適スケジュールを決定している。事例研究としては、ケーソン式防波堤工事を取り上げ、本研究で提案したシステムの実用性を確認した。

時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究

藤田 素弘・松井 寛・溝上 章志

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 111~119 1988.1]

本研究では、交通運用計画や沿道環境影響の事前評価等に用いるための時間帯別交通量の予測、日単位の交通量配分の予測精度向上を目的として、一般的な道路網を対象とした実用的な時間帯別配分モデルの開発を行った。また、このモデルを実際の道路網に適用し、その実用性を検証した結果、時間帯別交通量、日交通量とも比較的高い精度で推定できることが明らかとなった。

確率的利用者均衡条件下での最適混雑料金

赤松 隆・桑原 雅夫

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 121~129 1988.1]

交通ネットワーク利用者に対する経路誘導として混雑料金制度をとりあげ、交通フローパターンとして確率的利用者均衡(SUE)を想定し、総走行時間を最小化するような最適料金体系について理論的に考察した。その結果、適当な混雑料金を設定することにより、任意のネットワークにおいて通常のシステム最適フローパターンに一致させることができること、そのための最適条件、従来の限界費用原理を包括する解的一般形式、ロジットベースSUEにおけるリンクごとの最適料金の唯一性等が明らかになった。

最適化過程としてみた土地利用計画

横谷 博光

[土木学会論文集 第389号／IV-8 pp. 131~140 1988.1]

本研究はマンマシンシステムにより土地利用計画を作成するにあたって、十分な客觀性、科学性を有する計画立案方法を作りあげることを目的としている。まず、土地利用計画の論理的一貫性を確保するため、最適化の論理的枠組みに従って土地利用計画の概念整理を行った。次に、以上の論理によって従来の計画立案プロセスを補強しつつ、合理的な土地利用計画立案方法を提案した。さらに提示した方法論を実行に移すためのコンピュータ支援システムを作成し、それを実際問題に適用することにより本研究の有用性を確認した。

圧密解析ソフトパソコンに上陸!!

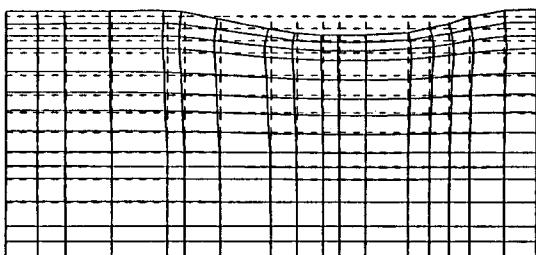
地盤の非定常圧密解析プログラム



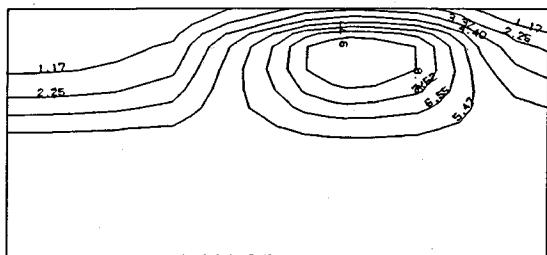
(特長)

- 非定常FEMによる線形弾性解析(christian系の解法)。
- 二次元平面歪解析。
- 要素として三角形・任意四角形が扱える。
- スケーリングをしているので安定して解が求まる。
- リスタート機能の完備。
- 入力はわかりやすいコマンド形式を採用(フリーフォーマット)。
- 図化処理(プロッタ、画像出力)等、豊富な機能を持つポストプログラムを完備。
- ジェネレート機能(長方形要素)により簡単にモデル作成が可能。
- 大モデルはそのままCRCネットワークでも(ホスト処理)可能。

販売価格：60万円 機種：NEC PC9800シリーズ 他



変形図



過剰間隙水圧コンター図

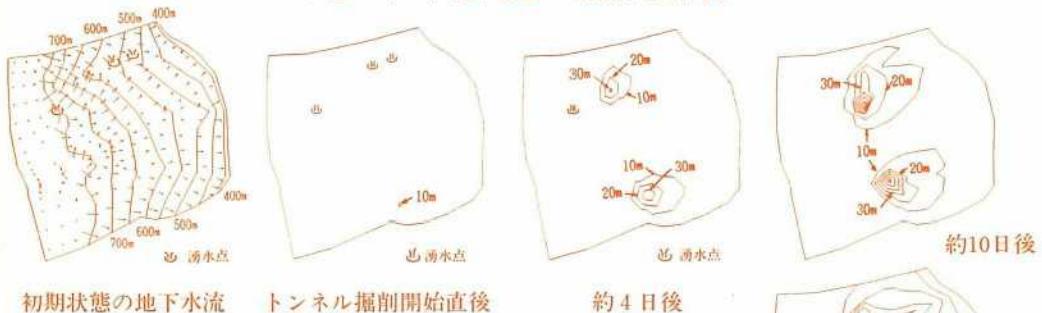
※EWS、汎用機用の圧密解析プログラム(逆解析も可能)として"UNICON"も用意しております。

地下水解析のことなら CRC

日本初!!逆解析手法による 地下水変動解析プログラム

UNISSF

スピーディな同定・安価な解析



特長 ○有限要素法による準3次元解析を中心とした
地下水の流れのトータルシステムです。

○観測水位と計算水位より、非線形最小二乗法を用いて
帶水層定数の同定が可能です。(逆解析手法)

○建設・土木工事(掘削・ディープウェルその他)の
解析に対応する多くの機能を備えています。

○メッシュ・ジュネレータにより、
モデル(要素分割)作成の手間を軽減できます。

○図化処理プログラムにより、
結果の確認が容易に行えます。

機種: FACOM-Mシリーズ, HITAC-Mシリーズ
IBM303X, 308X, 43XX, CRAY
NEC ACOSシリーズ, DEC VAX11 他



このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

IPA 情報処理振興事業協会

CRC センチュリリサーチセンター 株式会社

大阪市東区北久太郎町4-68
(06-241-4121) 担当: 岩崎、中屋