

IV—25 水害危険地域における土地利用高度化の適正規模算定のための一考察

北海道大学大学院環境科学研究科 正員 加賀屋誠一

1. はじめに

わが国における土地利用計画では、その直接的な政策誘導を行なう制度は、他の諸国に比べ明確に現われてはこない。それは、現状の土地所有に対する住民、土地所有者の強い意向への迎合といった特有の性格ばかりではなく、今日その科学的方法が十分に確立していないことも理由として考えることができる¹⁾。特に、政令指定都市に代表される大都市では、スプロールを伴った市街化地域拡大が起り、今まで開発が躊躇されていた低平地、急傾斜地へと及んできている。もともと居住に適する宅地は、その量と質の適正規模—居住環境容量とする—の評価の下に立地されるべきであり、それを構成する様々な要因の個別的あるいは総合的な評価によって開発が行なわれるべきである。しかしながら災害危険性や環境汚染性といったいわゆる負の要因は、①潜在的であり非定常的でそれ自身評価が難しいこと、②もともと経済的評価が支配的な土地評価の場合同一ステージに計上しにくいこと、③今まで比較的良好な土地における宅地立地が多く都市型災害などの問題もあまり顕著に起らなかったこと等の理由で言わばシステム外の対象として位置づけられている。換言すれば、少なくとも従来の多くの住宅地の場合は、暗黙的な評価が行なわれてきていたと考えてよいであろう。その場合、立地点の安全性、必需性等の要因の評価は慎重で、かなりの重みを持っていたと言える。したがって、今日の宅地開発の問題を考える時、このような環境容量をあらためて考えておく必要がある。

以上のような観点から、ここでは、宅地開発に伴う居住環境容量の変化を、主として防災面に着目し、様々な防災的施策の下で、宅地開発規模の算定のための方法と手順について基礎的な検討を行なったものである。

2. 問題の構造

宅地の環境容量を構成する要因としては、利便性、安全性、快適性、自然保全性等が考えられ、それらの要因に基づく、土地の評価、個人の選択行動の分析等いくつかの研究がある。一般的に、安全性が充分であれば、利便性、快適性等のバランスの下に土地の評価が行なわれ、それに伴って開発も迅速かつ軽便に行なわれているのが現状である。しかしながら最近の宅地開発地域をみると、安全性問題を避けては開発ができないといったいくつかの例が発生している。この場合、よりどころにする制度としては、都市計画法、宅地開発規制法等であり、さらに具体的にはそれらに基づく開発許可制度、宅地開発要綱等である。これらの制度の適用によって宅地開発管理上ある程度の成果が認められているが、負担金の増大によって採算割れを生ずるなどの新たな問題も発生している。ここでは、主として水害危険性を持つ地域における宅地開発に伴う問題を次のような項目で整理してみた。

(1) 宅地開発における利害関係

環境整備を含めた宅地開発における利害関係を考えた場合、目的構造の複雑性、負担の有無等により、いくつかの問題が発生する。それらの利害問題に関わる項目を簡略的に列挙すると次の表1に示される。

ここでは、利益集団を、宅地開発者、宅地購入者、自治体、および既住住民に分類し、それぞれの相互的利害関係を、主として経済的側面から表わしたものである。この他にいくつかの非経済的影響も含まれ、潜在的に多くの利害が複雑に絡んでくると考えられる。

(2) 施策の多様性と地域の選択

小河川流域を対象とした宅地開発問題とその具体的な防災対策について考えてみることにする。河川流域の内、すでに過去に浸水の実績があり、水害ポテンシャルが極めて高い低平地地域は、ゾーニングによりかなり厳しい開発規制が行なわれている。一方、土砂崩れ等の恐れのある中小河川上流域においては次のような問題が生じている。

①開発規模は小規模で、特に開発許可の対象外の開発が多くみられる。

②防災対策が、一時的で規模が小さく抜本的対策が取りづらい。

③開発において大規模な土工および土地改変があり、自然耐久性の低減が著しい。

このため、これらの地域における宅地に対しては、規模の大小はあるが、かなり頻発に水害が発生しており、総合的で、抜本的な対応が必要となっている。今まで土砂災害、がけ崩れ等の災害に対処する方法も数多く制度化されている。その主なものは、「急傾斜地の崩壊による災害の防止の対する法律（1969）」、「建築基準第39条（1950）」、「防災のための集団移転促進事業に係わる国の財政上の特別措置等に関する法律（1972）」、「宅地造成等規制法（1961）」「災害対策基本法（1961）」等と、「都市計画法（1968）」とそれに基づく各地方自治体の宅地開発要綱（札幌市の場合1973）」等である。これらの法律は、土地開発に対する理念的制約、適用の範囲、手続き方法等が主として規定されているが、より細かな具体的手順等、例えば開発基準の決定等はそれぞれの地域特性に見合った形での判断が必要となる。ここで防災面の施策について考えると次のように集約される。

1)技術的対策の強化
a)がけ崩れ防止工法……大別して①雨水及び地下水の影響をできるだけ排除すること、②崩れようとする力に対抗して抑制するものがある。すなわち、排水工、斜面保護等が前者で、コンクリート擁壁、基礎杭工等が後者である。
b)洪水耐水工法（Floodproofing）……①降水をたれ流さない（自己貯留槽）、②がけの上に水を溜めない、③がけをむやみに切盛しない、④がけから距離をおいた住宅建設、⑤水路の維持管理、⑥擁壁の維持管理等考えられる。

2)防災緩衝帯の設定

例えば開発許可を要する宅地造成の場合の設計一般基準として、用途適合、公共用地基準、排水施設基準、給水施設基準、地盤対策、区域選定等が規定されている。この中で、各自治体の開発要綱においては、街の緑化を推進するための公園用地の拡大と、教育環境の整備向上を計るための小中学校用地の確保等が特に重点的に行なわれている。また50ha以上の大規模な宅地造成については、工事中の防災措置が具体的許可基準となっているし、住宅整備公団では防災調整地（遊水地）による水害防止を考えている。このように、宅地造成に伴う諸施設建設のための用地の確保は、いわゆる減歩と呼ばれるものであり、今後採るべき施策として重要になってくると考える。

3)課税措置および負担による施策

3)課税措置および負担による施策

一般に、宅地開発に伴う受益者負担として整備を行なうものに上下水道、河川改修、消防水利等がある。また、がけ崩れ防止工事の場合の負担率は10-20%である。このように、宅地開発に付随する施設に対する受益者負担制度は、宅地環境の質的向上に伴って益々導入されていくと考えられ、また負担基準の設定に関する議論も高まってくると考えられる。³⁾

3)課税措置および負担による施策

一般に、宅地開発に伴う受益者負担として整備を行なうものに上下水道、河川改修、消防水利等がある。また、がけ崩れ防止工事の場合の負担率は10-20%である。このように、宅地開発に付随する施設に対する受益者負担制度は、宅地環境の質的向上に伴って益々導入されていくと考えられ、また負担基準の設定に関する議論も高まってくると考えられる。³⁾

3. 研究の方法と手順

以上説明してきたように、中小河川流域における宅地開発の場合、本質的に複数意思決定者と、複数目的

表 1 利益集団間の利害関係

→	宅地開発者	宅地購入者	自治体	既住住民
宅地開発者		土地の売却	開発負担金 公共施設 建設負担	用地買収 補償（環 境防災）
宅地購入者	用地購入 賃貸料 管理費支出		各種税支払	土地購入 費支払 開発利益
自治体	公共施設整 備費、補助 金支出	住民サービ ス施設への 支出		周辺環境 整備、施 設整備
既住住民	素地売却 権利売却	土地売却既存 施設の提供	各種税の支 払受益負担	

および施策の多様性等の性質を同時に持ち合わせている。それらの相互関連性を把握し、相互関連性に基づくシステムモデルを作成し、宅地開発の適正規模および、開発方法についての代替案評価方法を考えていくのが本研究の目的である。また、その決定の際に生ずる意思決定者の相互的乖離についても併せて考えていくものとする。

(1) 問題の設定

ここでは、宅地開発の適正規模を、流域の安全性、およびそれに伴う経済性、さらに、意思決定者の評価も含んで、総合的に算定するためのモデルビルディングの過程を考えることとする。

(2) 評価項目の抽出と構造の設定

宅地開発と、流域の安全性に係わるシステム機能の抽出およびその関連性を明らかにし、それらの機能連鎖を考えたシステムの構造を設定する。

(3) 多目的問題の定式化と非劣解集合の決定

中小河川流域の土地開発管理システムをいくつかの目的により、その開発可能量の算定を考えてみる。具体的には次章で説明するが、ここでの目的は宅地サービスの最大化と、公共的費用の最小化とした。多目的問題の最適解組合せは、非劣解集合（パレート最適解集合）として位置づけられ、後述するような制約法の解法で解かれる。制約法による解法を略述すると、以下のようになる。⁴⁾

今、 p 目的を持つ多目的問題を考える。一般的に次のように表わすことができる。

$$\begin{aligned} \text{Maximum } Z(x_1, x_2, \dots, x_n) &= [Z_1(x_1, x_2, \dots, x_n), Z_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, Z_p(x_1, x_2, \dots, x_n)] \\ \text{s.t. } (x_1, x_2, \dots, x_n) &\in F_d \end{aligned} \quad (1)$$

制約法の場合(1)式を(2)式のように変換して単一目的問題として取り扱う。この場合の k 番目の目的は、任意に選択することができる。また、式が線型の場合はLP問題と考えることができる。

$$\begin{aligned} \text{Maximum } Z_h(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad , \quad \text{s.t. } (x_1, x_2, \dots, x_n) &\in F_d \quad Z_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq L_k \\ k=1, 2, \dots, h-1, h+1, \dots, p \end{aligned} \quad (2) \quad (L_k \text{ は目的 } k \text{ の取り得る範囲内変化する。})$$

解法アルゴリズムを略述すると次のようになる。

①損失表の作成…a) p 目的の各々について p 個の最大化問題を解く。目的 k を最大にする解、 $x^k = (x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k)$ と考える。b) p 最適解の各々で、各目的値を計算する。これは、 p 目的の各々について p 個の値を与える。c) p 目的の p 個の値を配列して損失表を作成する。d) k 番目列で最大数と最小数を求め、それぞれを M_k および n_k とする。

②(1) 式のような多目的問題をその対応する制約化された問題(2) 式のように変換する。

③ n_k と M_k が、非劣解集合における目的 k の範囲を表わす。この範囲が、 L_k にもまた適用される。 L_k の異なった値を選び、その個数を r とする。

④ステップ②で作成された制約問題を L_k のあらゆる場合で解く。その場合は次のように表わされる。

$$k=1, 2, \dots, h-1, h+1, \dots, p \quad \text{および} \quad L_k = n_k + [t/(r-1)](M_k - n_k) \quad t=0, 1, 2, \dots, (r-1)$$

(4) 代替案の選択

多目的問題で得られた解集合はパレートの意味での非劣解である。一般的にこれらの解は、許容解領域で連続的に多数存在すると考えられる。しかしながら、われわれが、満足する解はその中の一つないしは、こ

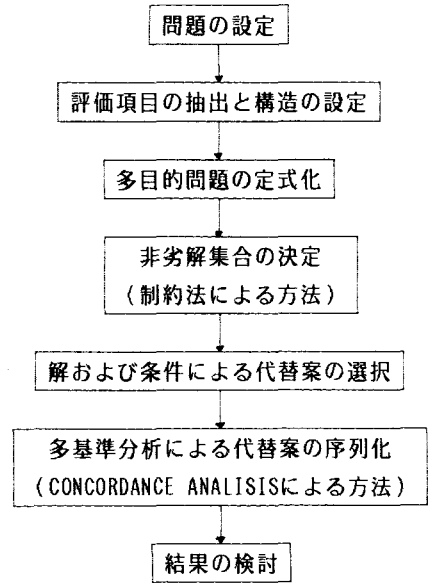


図1 研究の方法と手順

くわすかである。したがって、得られた解集合からそれらを選択することが必要となる。選択の方法には今まで多くのものが開発されているが、ここでは、いくつかの非劣解とその時の条件を組合せた代表的代替案を構築し、それらについて多基準分析を適用して選好解を見つけ出す方法を開発した。

ここで導入した多基準分析の手順を示すと図2のようになる。⁵⁾ また、それぞれの手順の詳細については、昨年度の報告集を参照されたい。

以上の分析によって各代替案について、対象となる意思決定者ごとの満足解が得られる。

4. 分析例と結果

(1) 対象地域

対象地域としては、札幌市南区を選定し、特に土地利用高度化が進み、人口が集中しつつある北の沢、川沿、南の沢、石山、藤野の5地区を取り上げる。それらの地区の概要は、表2に示される。なお、実際には、開発地域を500mメッシュ44に分割して分析を行なっている。⁶⁾

(2) 水害危険地域における宅地開発システム

水害の危険を伴う中小河川流域での宅地開発システムのフローを論理システムとして考えると、図3に表わされる。すなわち、大別して、計画システム、供給システム、需要システムに分類され、さらに計画システムとしては、制度システムおよび開発事業システムに分けることができる。これらのフローは、それぞれ機能的連鎖として結合され論理的にその構造が明らかにされる。例えば宅地開発のフローを考えると、

$$P = 1 = m \wedge n \wedge \{ h \wedge i \wedge (d \vee j) \} \wedge k \wedge l$$
の論理式を考えることができる。

(3) 多目的問題の定式化

定式化の条件としては、

- ①宅地開発計画は、宅地サービスの量が最大となるよう、また、その時の公共事業による防災費用が最小となるように行なわれる
- ②宅地サービス量は、土地に対する投資の関数で表わされる
- ③土地への投資は、地代（土地の賃貸料等から算定される）から、土地整備費、各地区の被害ポテンシャル、土地の耐水処理費、および他地区の被害ポテンシャルで決定される。
- ④地代は、土地サービスの価格であり、算定は難しいが、ここでは借地権価格および土地取得費をもちいて算定する。
- ⑤被害ポテンシャルは、過去の該当地区の単位面積当りの被害額をその時の現在価値で算出する。⑥またそれぞれの費用については、それぞれの実績に基づいて算定する。

以上の条件を用いて定式化を行なう。

対象の地区を含む中小河川流域での宅地開発計画モデルの目的関数は、住宅サービスの最大化と、公共事業による費用の最小化を考慮して次のように考えられる。

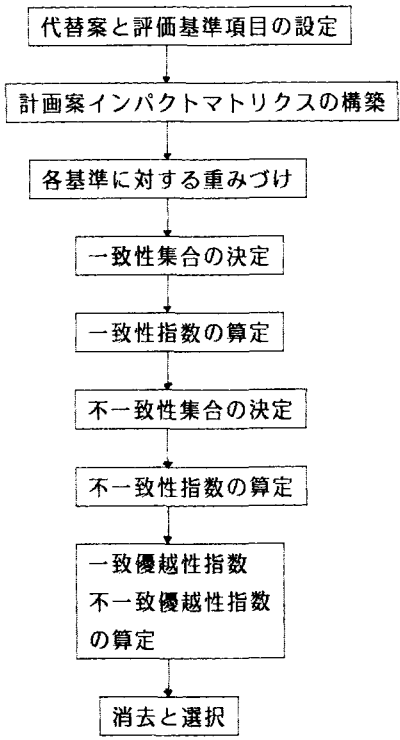


図2 多基準分析の手順

表2 地区別人口および地区面積

地区	面積 (ha)	市街化区域 面積 (ha)	人口 (1980)	人口増加 ('80/'75)
R-1 北の沢	512.1	100.5	5635	1.58
R-2 川 沿	256.7	211.6	14802	1.18
R-3 南の沢	420.2	146.9	6093	1.36
R-4 石 山	1199.8	239.6	9677	1.26
R-5 藤 野	1672.4	394.0	11360	1.48

$$\text{Maximum } G_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T R_{ijfpts} \cdot X_{ijts} \quad (3)$$

$$\text{Maximum } G_2 = \sum_{i=1}^I (-RD_{is} - C_{is} + OB_{is}) \left(\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T X_{ijts} \right) \quad (4)$$

ここで R_{ijfpts} ; 単位面積当りの潜在的宅地サービス量、 X_{ijts} ; 求める宅地開発可能量、 RD_{is} ; 公共投資レベル s の時の期待被害ポテンシャル、 C_{is} ; 単位面積当たりの公共投資レベル s の技術的対策の費用、 OB_{is} ; 単位面積当たりの防災施設利用による便益である。またそれぞれの変数は、次のように定義される。

$$R_{ijfpts} = LP_{ijft} - CF_{ijft} - CP_{ijft} - SD_{ijfpts} \quad (5)$$

ここで LP_{ijft} ; 災害の影響がない時期待される賃貸料、 CF_{ijft} ; f レベルの土地整地に要する費用、 CP_{ijft} ; p レベルの耐水化法に要する費用、 SD_{ijfpts} ; 被害ポテンシャルの現在価値である。

$$LP_{ijft} = LP(dr_{ij}, t) = c1/(dr_{ij} - c2t - c3) \quad (6) \quad CF_{ijft} = c4 \exp(c5 \cdot u_{ij}) (Vt) \quad (7)$$

$$CP_{ijft} = c6 \exp(c7 \cdot s_{ij}) (Vt) \quad (8) \quad SD_{ijfpts} = PH \cdot F(rf_i) (Vj, t) \quad (9)$$

ここで dr_{ij} ; 都心からの時間距離、 u_{ij} ; 平均起伏量、 s_{ij} ; 平均勾配、 PH ; 単位面積当りの平均資産額、 $F(rf_i)$; 期待被害関数である。なお便宜上、 f レベルは 1、 p レベルも、1 として表わしている。また、 $c1$ 、 $c2$ 、 $c3$ 、 $c4$ 、 $c5$ 、 $c6$ 、 $c7$ は、回帰式の係数である。

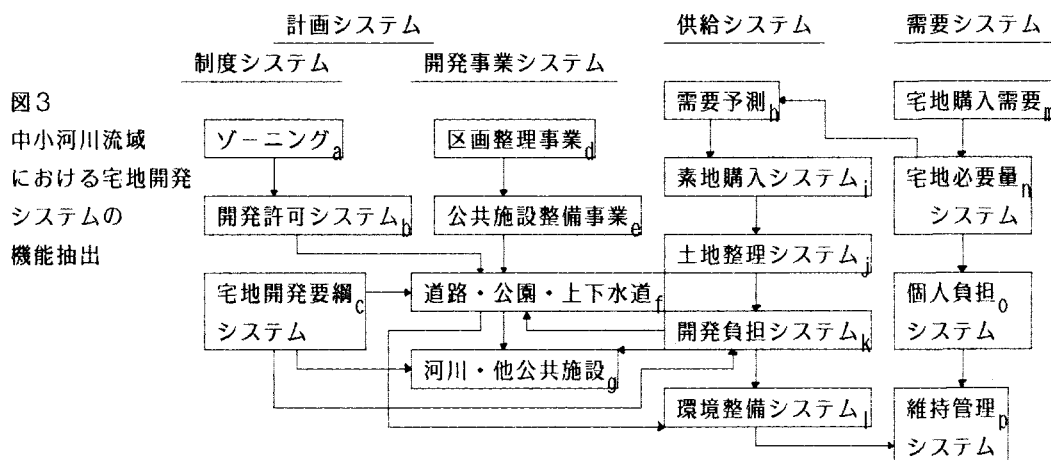
一方、 RD_{is} 、 C_{is} 、 OB_{is} ; それぞれ投資レベル s によって決まる値である。さらに、制約条件として次式が考えられる。(10)式は人口に関する制約、(11)式は空間に関する制約である。

$$\sum_{j=1}^J d_i \cdot X_{ijfpts} = p_{it} \leq 0.25 \cdot d_i (Vi) \quad (10) \quad 0 \leq X_{ijfpts} \leq ks_{ij} \leq 0.25 (KM^2) (Vi, j, f, p, t, s) \quad (11)$$

ここで、 d_i ; 単位面積当たりの人口、 p_{it} ; 将来人口の予測値、 ks_{ij} ; 開発限界量である。最後に、 i ; 対象地区、 j ; その中のメッシュ番号、 f ; 土地整地のレベル、 p ; 耐水性工法のレベル、 t ; 目標時間、 s ; 技術的対策のレベルのそれぞれの番号である。

(4) 代替案評価と多基準分析

得られた結果の中で先に説明した利害集団（意思決定者）ごとに代替案の序列化を行なう。この場合、意思決定基準としては、①宅地サービス量、②公共投資規模、③耐水工法の有無、④被害ポテンシャルレベル、⑤レクリエーション利用等が挙げられる。また、基準に対する各ウエイトは各基準の相対的重要度について質問し尺度 0～10 で算定するものとする⁷⁾。



(5) 結果

以上考案された手法を用いて、主として宅地購入者の意思決定に基づく分析をおこなったが、その結果は次のように集約される。

①将来の宅地需要は、下流の河川流域地区から、上流地区へ増加の傾向にあり、洪水による危険も増大することが予想される。

②宅地購入者の考え方としては、宅地サービス量目的への重みが強いの、当然であるが、その結果、個人的防災負担、例えば耐水工法への関心等が高く現われている。逆に、公共事業に対する協力という形になる受益者負担による施策には、あまり大きな関心を示しておらず、公共投資に対する依存する傾向が強くていてる。

③宅地開発の適正規模として、その開発可能量を計測すると、宅地購入者および宅地開発者の選好解は、開発負担を軽減する代替案であり、この場合、開発可能量は全般的に縮小され、分布は上流地区は拡大する傾向にある。これは、防災対策が大規模になる下流を避け、上流の狭小な平地に集中するためである。また、自治体の選好解としては、防災負担に対する比重が高くなり、開発計画も若干増加する。また分布は、下流低平地への比重が大きくなる。

5. まとめ

以上、今回は特に、被害ポテンシャルが存在する条件で、小規模宅地開発における開発規模算定方法について検討を行なった。その結果、以下のようにまとめられる。

①この種の問題は、宅地開発と環境整備の間の問題、また、公共的投資と受益者負担の間の問題、といった二重構造を持っており今後益々顕在化してくることが考えられる。この分析では、それらの間のトレードオフについて、まず第一に、非劣解集合を求めておき、その中から代表的代替案を作成し、次に、意思決定者にその序列化を行なわせて、選好解を決定するといった二段階の方法を採用している。この方法は、多目的問題の取扱いが容易なこと、意思決定者に対する序数的効用の判定がさせやすいこと等の特徴を持っている。実際、各利益集団の選好性の差異の確認、パラメーターによる条件設定に基づく代替案の作成等で有効な方法になることが明らかになった。しかしながら、異なる利益集団の間での妥協的解を見つけるためには、今後対話型の手法等検討していくことが必要である。

②また、今回対象とした問題について考えてみると、宅地開発は今後益々条件の悪い地域へと拡大することが予想される。そして、それに伴って安全性水準を保つためには、開発可能量の制限、防災負担の検討等の必要性が増大することが明らかとなった。特に、受益者負担制度の拡大は、従来の負担制度がかなりのウェイトを持っており、宅地価格の押し上げが懸念される。こうした観点から、開発許可制度および宅地開発要綱の緩和等の議論が今後益々活発になることが予想され、新たな土地管理システムが、必要になってくるであろう。最後に、本研究を進めるにあたって多くの御助言をいただいた、北海道大学山村悦夫教授に深謝の意を表したい。なお、数値解析には、北海道大学大学院環境科学研究科PANAFACOM U-1500を使用した。

6. 参考文献

- 1)石原舜介；土地利用の誘導と規制、土木学会誌、vol.66, no.3, pp30-35、1981年 3月
- 2)土砂害対策研究会編；土砂崩れの恐怖と対策、鹿島出版会、1983年10月。
- 3)小泉元圀、古田良弘；宅地開発指導要綱の施設整備基準、負担基準の評価に関する研究、第19回日本都市計画学会学術研究論文集、pp523-528、1984年。
- 4)J.L.Cohon;Multiobjective Programming and Planning, pp115-127, Academic Press ,(1978)。
- 5)P.Nijkamp;Theory and Application of Environmental Economics, North-Holland, pp250-296, (1977)。
- 6)加賀屋誠一、山村悦夫；小規模民間宅地開発への防災負担設定に関する実証的分析、土木計画学研究・講演集 6、土木学会、pp319-326, 1984年。 7)加賀屋誠一；地域水資源開発計画におけるコンフリクト調整への多基準分析の適用、土木学会北海道支部論文報告集第40号、pp482-487, 1984年。