

UDC 624.134/.135.001.57
711.122: 711.582.528.952シミュレーションモデルを用いたアース
デザインに関する研究 (第三報)

A Study on the Earth Design by using Simulation Model

丸 安 隆 和*・村 井 俊 治*・栗 原 京 子*

Takakazu MARUYASU, Shunji MURAI and Kyoko KURIBARA

1. 南斜面を重んじた宅地造成法の考え方

宅地造成などアースデザインをよりよいものとするために第一報では土工量を最小にするような数字モデルにいくつかの他の評価をつけ加えて総合評価をくりかえすべきことを提案した。また第二報では、安定した宅地をつくり、かつ運土エネルギーを最小にするような水柱モデルのシミュレーションによるアースデザインの手法を紹介した。

数量的に表わし得る評価関数には、たとえばつぎのものが考えられる。

- (1) 建設費 (または土工量など) を最小にする。
- (2) 利益 = (便益 - 建設費) を最大にする。
- (3) 効率 = (便益 / 建設費) を最大にする。

第一報および第二報ではいずれも (1) の立場をとって数学モデルを組んだ。(2) または (3) の立場をとる場合、便益を考慮しなければならない。

造成された宅地の評価はきわめて数多くの要素によってなされるが、そのなかでも宅地が南向きであるか否かは、きわめて大きな評価の差となって表われることが多い。

すなわち宅地造成の便益はその宅地が南向きであるか否かに強い影響をうける。したがって丘陵地をならして宅地を造成する場合にはできるだけ南斜面が多くなるようにすることが望ましいといえる。ところで、これから造成すべき宅地の南向き斜面の面積を数学的な連続関数で表現することは一般に容易にはできない。

そこで著者らは南向き斜面を多くするための手法として、傾斜地形モデルによる宅地造成を考え出し、その手法を実際の宅地問題に応用してみた。

以下に傾斜地形モデルによる宅地造成の手法とその応用例を紹介してみよう。

2. 傾斜地形モデルによる宅地造成の手法

いま図1に示されるような南北対称形の丘があったとしよう。この丘の斜面勾配は宅地にするには急であり、もう少し全体になだらかに造成するものとする。第一報

または第二報でのべた手法で、これを造成すると図1の点線でかかれたような宅地が造成されることになる。しかしこの場合オリジナルな丘と造成されるべき宅地のもつ南向き斜面は同じである。

南向き斜面が少しでも多く造成されるようにするためにつぎのべるような傾斜地形モデルを考案した。

すなわち、まず図2に示すように、もとの地形を全体的に北側が低く、南側が高くなるように傾斜させると、南斜面の勾配は相対的にゆるくなり、北斜面の勾配は相対的に急になる。この傾斜地形モデルがあたかもオリジナルな地形であったと考えて、この傾斜地形モデルを造成することを考える。図2の点線はこのようにして造成された宅地である。傾斜地形モデルによって造成された宅地を図3に示すようにもとの傾斜していないときの地形モデルに変換すると、南向き斜面が多い非対称形の宅地が得られる。

傾斜地形モデルを作る場合、何パーセントぐらい傾けたらどのような効果が得られるかを知るために、いろいろな傾斜を計算機に与えてシミュレーションを行なってみた。

造成計画高を求める方法には、第一報でのべた方法(これを Elastic Surface Method とよぶことにする)に近づけるような改良を加えた。

計画区域を間隔 d のメッシュに分割し、 (i, j) 点の地盤高を h_{ij} 、造成計画高を z_{ij} とするとき、まず地盤高 h_{ij} に傾斜地形モデルで θ の傾きを与えて h'_{ij} に変換する。

$$h'_{ij} = h_{ij} + d_j \theta \quad \text{ただし } j \text{ 方向を南北方向とする} \quad (1)$$

このとき

$$(1) \text{ 土工バランス条件: } \sum z_{ij} - \sum h'_{ij} = 0 \quad (2)$$

$$(2) \text{ 造成勾配条件:}$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=2}^m (z_{ij} - z_{i-1,j})^2 = n(m-1)t_x^2 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=2}^n (z_{ij} - z_{i,j-1})^2 = m(n-1)t_y^2 \quad (4)$$

の制約条件のもとに

$$f = \sum (z_{ij} - h'_{ij})^2 \quad (5)$$

* 東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

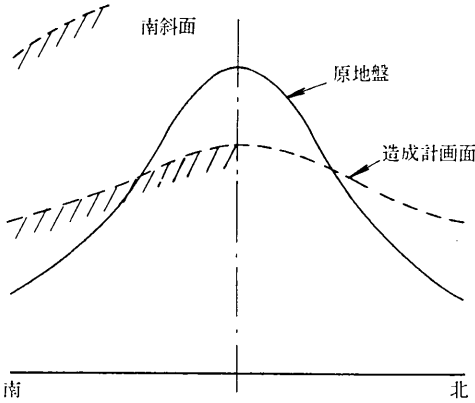


図1 傾斜させないときの解 (南斜面は特に増加しない)

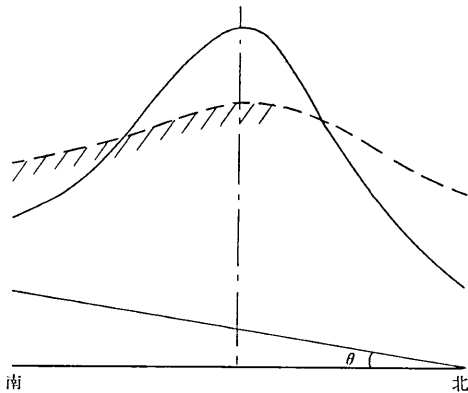


図2 傾斜地形モデルによる解

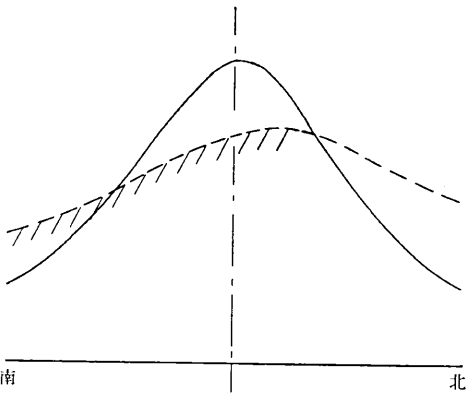


図3 もとにもどしたときの解 (南斜面が増加する) を最小にするような h'_{ij} を求め、(1) 式を用いて h_{ij} を求める。以下に傾斜地形モデルを用いて実際の宅地問題に応用した例を示そう。

3. 傾斜地形モデルによる宅地造成の応用例

図4に示すような原地形を平均二乗勾配8%で造成するとしよう。このときつぎの5つのケースについてシミュレーションを行なった。

- ケース1 傾斜させない。(θ=0)
- ケース2 南方向に8%傾斜させて南傾斜を増やす。(θ=-0.08)
- ケース3 南方向に10%傾斜させて南斜面を増やす。(θ=-0.10)
- ケース4 南方向に12%傾斜させて南傾斜を増やす。(θ=-0.12)
- ケース5 北方向に8%傾斜させて逆に北傾斜を増やして上のケースと比較してみる。(θ=+0.08)

図5から図9まではそれぞれケース1からケース5までの等高計画高図である。図10から図15までは斜面方向図であり、南向き斜面の分布の変化がわかる。

図16および図17は図4に示した断面がそれぞれのケースの場合にどのようなになるかを示している。

図18および図19は斜面がどの方向に面しているかを示す斜面構成分布図である。

表1は、おのおののケースにおける平均傾斜勾配、最大勾配、南斜面および北斜面の比率およびその増減土工量を示している。

4. 傾斜地形モデル法の特徴

まえに示した図および表から、傾斜地形モデル法の特徴をあげるとつぎのようになる。

- (1) 境界周辺の制約をつけないで解を求めているので、境界付近に特に傾斜地形モデルの影響が出てくる。これは境界周辺の計画高に制約をつければさらに内部の方にも、大きな影響が出るものと考えられる。
- (2) 大きな傾きをつける程その影響力も大きい。南方向に8%傾けたときで19%、南10%傾けたときで24%、南12%傾けたときで31%だけ南傾斜が増加する。しかし土工量もまた次第に増加する。したがって、南斜面のもつ価値と土工に要する工事費との関係から適正な傾きを求めるようにすれば、傾斜地形モデルの意味がある。
- (3) 南北方向にマイナスの傾き(θ<0)をもたせると南傾斜が増加し、プラスの傾き(θ>0)をもたせると北傾斜が増加する。原理的には同様に東西方向に傾きをもたせると東または西の斜面が増減する。南北方向と東西方向の傾きを組み合わせることも可能である。例題に示した例では、-8%の場合と+8%の場合とでは、両端近くで極端な差がでており、中央付近ではそれ程の差はでていない。

(1972年4月25日受理)

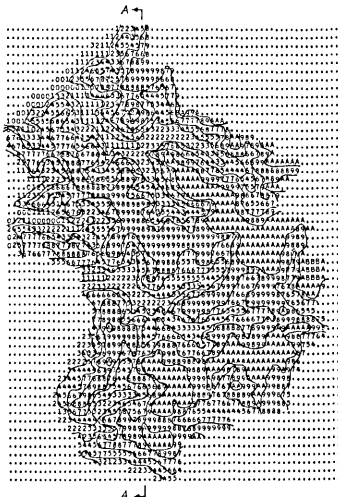


図5 原地形

記号	地形標高 (m)
0	40 ~ 45
1	45 ~ 50
2	50 ~ 55
3	55 ~ 60
4	60 ~ 65
5	65 ~ 70
6	70 ~ 75
7	75 ~ 80
8	80 ~ 85
9	85 ~ 90
A	90 ~ 95
B	95 ~ 100

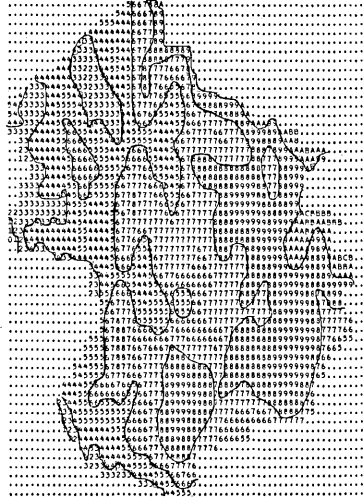


図7 傾斜地形モデル 南 10%

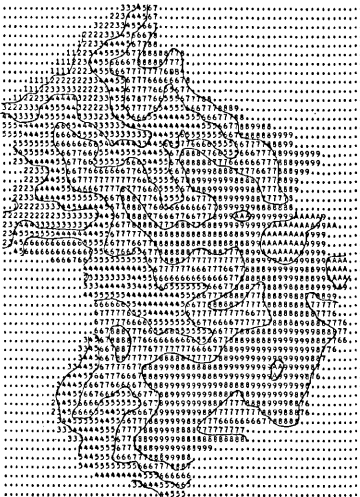


図6 傾斜地形モデル 南 8%

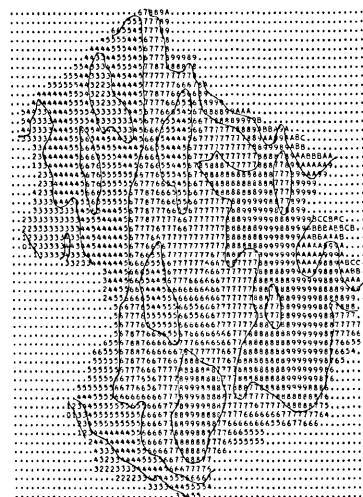


図8 傾斜地形モデル 南 12%

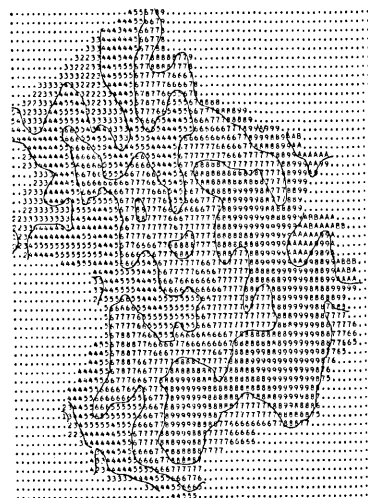


図9 傾斜地形モデル 北 9%

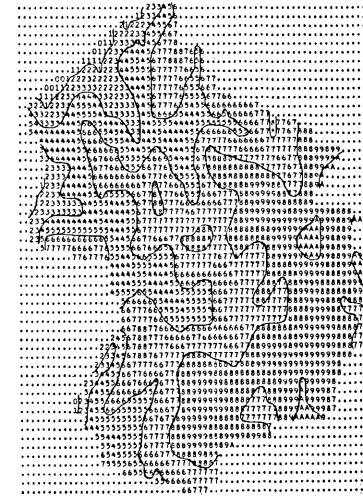


図10 傾斜地形モデル 北 9%

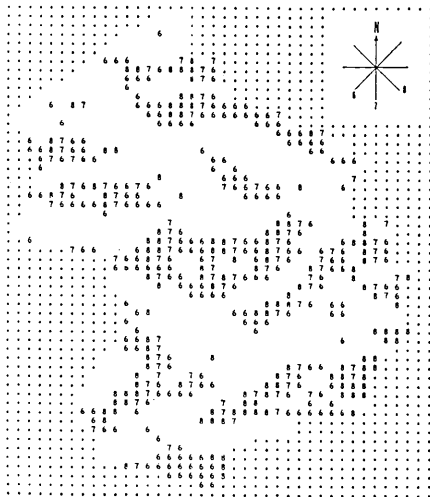


図 10 原地形の南斜面分布図

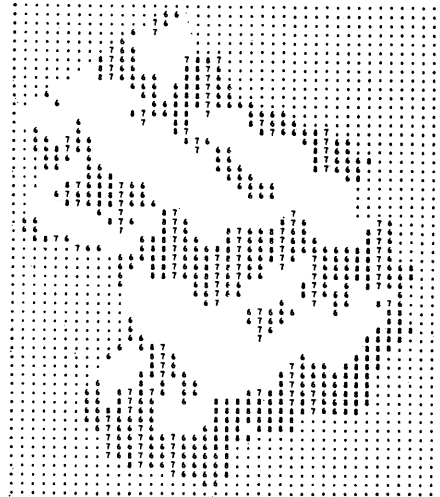


図 13 傾斜地形モデル 南 10% の南斜面分布図

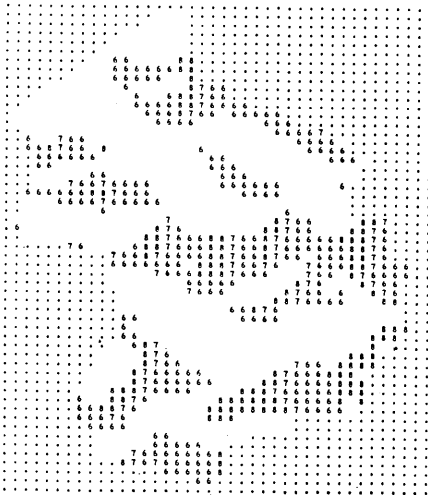


図 11 傾斜させない場合の南斜面分布図

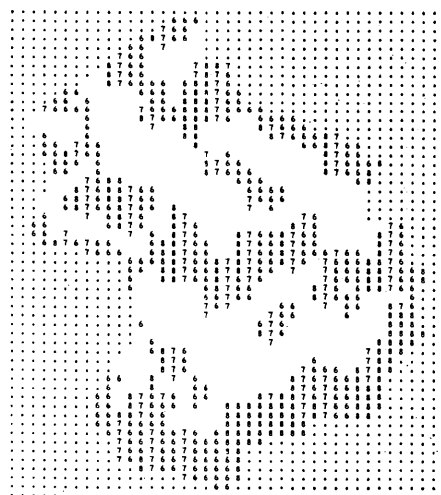


図 14 傾斜地形モデル 南 12% の南斜面分布図

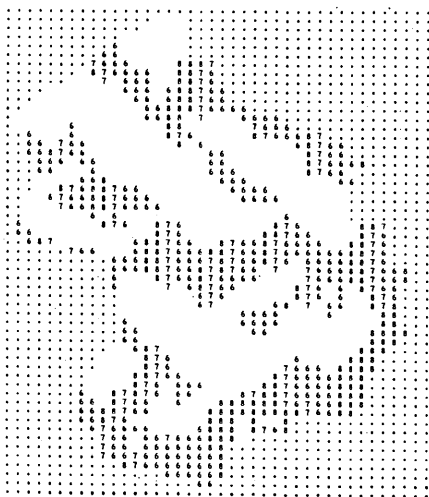


図 11 傾斜地形モデル 南 8% の南斜面分布図

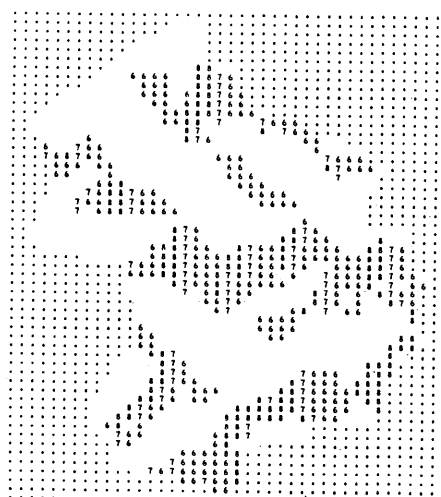


図 15 傾斜地形モデル 北 8% の南斜面分布図

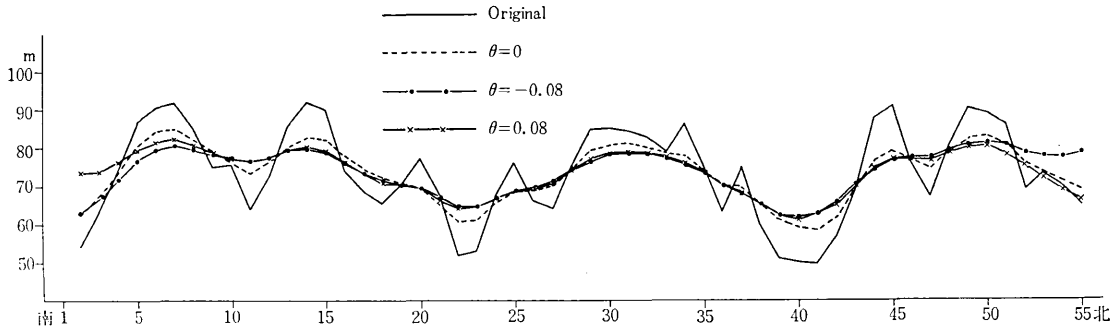


図 16 南方向に傾けた傾斜地形モデルの解

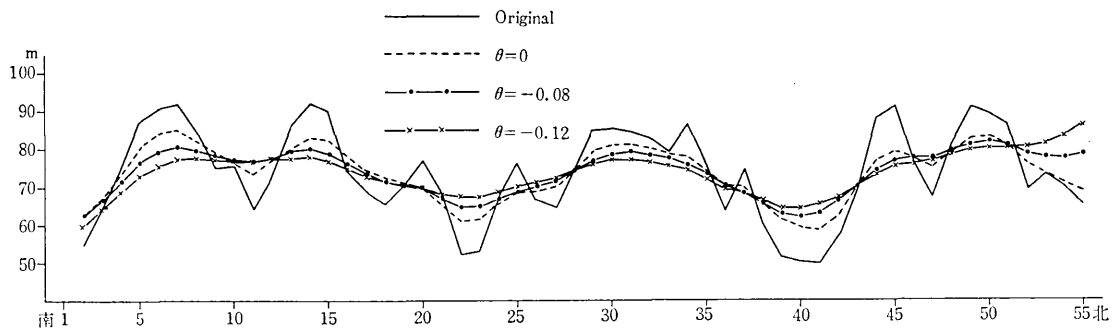


図 17 南北方向に傾けた傾斜地形モデルの解

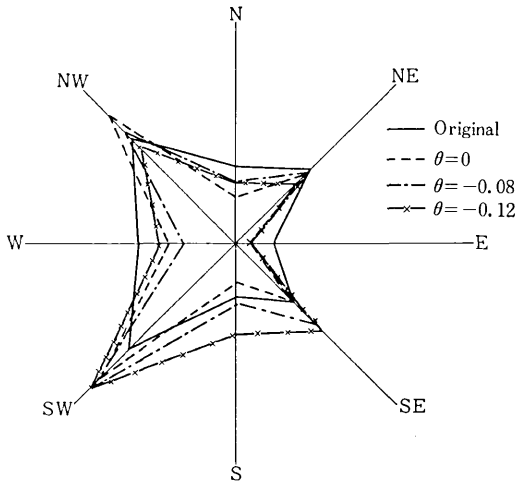


図 18 南方向に傾けた傾斜地形モデルの斜面構成

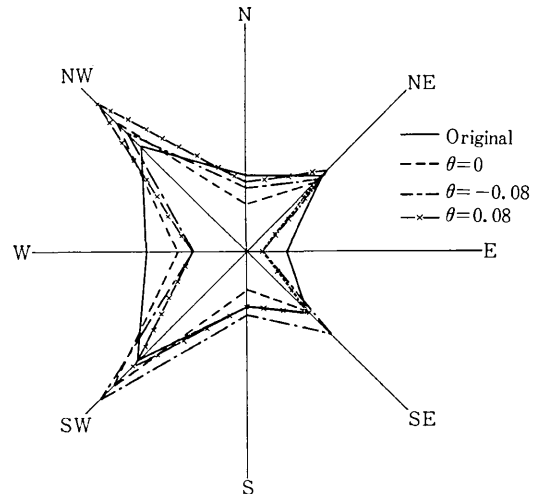


図 19 南北方向に傾けた傾斜地形モデルの斜面構成

参考論文

- 1) 丸安, 村井, 平井, 高橋: シミュレーションモデルを用いたアースデザインに関する研究 (第1報)
生産研究 第23巻第4号 1971年4月
- 2) 丸安, 村井, 小宮山: シミュレーションモデルを用いたアースデザインに関する研究 (第2報)
生産研究 第23巻第5号 1971年5月
- 3) 丸安, 村井: シミュレーションモデルを用いた宅地造成の事前評価に関する研究
写真測量 Vol. 10, No. 2 1971年
- 4) 村井: 宅地造成計画の最適化
施工技術 第4巻第11号 1971年12月

表1 傾斜地形モデルの特長

評価	ケース					
	原地形	$\theta=0$	南 8%	南10%	南12%	北 8%
平均斜面勾配 (%)	23.4	9.6	8.1	8.2	8.3	8.2
最大勾配 (%)	65.0	40.0	35.0	35.0	40.0	25.0
南斜面比率 (%)	38.0	42.0	50.0	52.0	55.0	39.0
北斜面比率 (%)	43.0	45.0	42.0	39.0	37.0	51.0
南斜面増加率 (%)			19.0	23.8	31.0	-7.1
土工量 (10 ⁴ m ³)		568.4	706.5	777.8	852.6	688.3
土工量増加率 (%)			24.2	36.8	50.0	21.0