

1. 緒言

土木的スケールの開発が都市周辺部の自然環境の中へ拡大して行く場合、必ずと言ってよい程に自然地形の改変を伴っている。新たな施設や構造物の建設に際して少なからぬ量の地形が切り取られ加工されているのは事実である。その様な地形改変が人間の心理にいかなる影響を及ぼすものであるかに関しては、従来主として自然保護的な観点から定性的な議論が加えられてきたことは周知のこととされるが、定量的な分析の点では今後研究の余地を大きく残している。

本研究はこの問題に対して景観工学的な観点から主に形態とスケールの位相における分析を行なうことを目的としている。即ち、人間の形態知覚並びにスケール知覚の特性を踏まえた上で、自然地形を背景とした時に土木施設が及ぼす景観的影響の評価並びに予測を行なうための基礎的な方法を示そうとするものである。このため、視覚心理的な意味における形態並びにスケールの問題に焦点を絞り、まず関係する諸概念の整理を行なった。続いて、代表的な地形改変行為の一つである高速道路建設によって出現する切土法面を対象素材としてとりあげ、現地調査を通じて収集した写真をもとにVTR特殊装置を使用して合成写真画像を種々作成し、一連の心理実験を行ない、背景の自然地形を参照基準とした場合のスケールの許容限界並びに構図的な定感の許容限界を導き出すことを試みた。他方、影響を事前に予測するという立場から、既存高速道路の切土法面の諸元並びに在来地形勾配のデータを統計的に分析して切土法面の発生予測モデルを作成し、路線選定段階において切土法面のスケールの予測を行なう手法を開発した。同時に、火力発電所を対象素材として、背景に対する構造物の輪郭線の形態的關係を事前に把握する手法を併せて開発している。

わが国固有の地形景観を保全しつつ土木施設の建設を進めていくためには、修景植栽等の事後的な対策のみに依らず、位置選定や規模決定の段階で形態やスケールの問題を検討しておく必要があると考えられる。

2. 視覚的のグシャルトとしての景観

グシャルト心理學が提唱した‘図’と‘地’の概念は知覚心理学上重要なものであるが、現実には遠くが眼にする景観は、単一の‘図’が均質な‘地’を背景として見える平面上の単純図形のような場合に比べて、はるかに複雑な現象的体制を備えている。即ち、見る者の志向性に応じて、ある山は、空を‘地’とした‘図’に見える時とあれば、手前の建築物が‘図’として成立する時の‘地’に見える場合もある、という様に、多重的・複層的に‘図’と‘地’の關係が成立し、それぞれの段階において‘図’は視覚的のグシャルトとしてとらえて見えていて、言うことが出来る。景観を構成する様々の要素に関してこの‘図’と‘地’の現象が成立するためには、少なくとも次の基本的な条件が満足されねばならない。

- 1) 少なくとも観察対象の周囲に十分な明るさがあること。
- 2) ‘図’となる要素と‘地’となる要素との間に十分な明度差もしくは輝度差があること。
- 3) ‘図’となる要素が観察者にとって識別可能な大きさに見えていること。

色彩の問題は別として前二者は日照・気象等の変動的要因と考えられるのに対し、3)は視点の位置が定まった時に決定される關係であり、視野の中で視覚的のグシャルトを構成する‘図’の相対的な位置關係と同様の性質を有している。人間が物理的空間の中で身体を定位した時、その人間にとっての‘図’は対象の形と大きさの情報を与えるものであるが、複数の‘図’が知覚される現実の景観においてはこれらの相互作用を考へるのが自然であろう。後述する知覚的スケールの定義は、視覚的のグシャルトとしての景観を構成する‘図’の相互關係として問題をとらえ直したものに他ならない。これにからえば、構図的な形態の問題も‘図’の相互的な位置關係として考へることになる。いずれの問題も、‘図’となる対象に対する視点の空間的な位置關係の開散なのである。

3. スケールの概念

スケールという言葉は一般に曖昧な概念規定のまき用いられており、景観研究においても必ずしもその意味する内容が明確に統一されているとは言えない。そこで、視覚心理学における奥行知覚や大きさの知覚に関する研究、知覚判断における尺度構成に関する関係系の理論、並びに視覚的デシェルトの概念を基礎として、スケールの概念の整理を試みた。

一般的な意味におけるスケールとは、「あるものの、他のあるものに対する相対的な大きさ」と定義できるが、参照基準（関係系）の設定の仕方によって以下の3通りに分けることができる。

a) 物理的スケール：科学的客観的に測定・記述されるもので、長さ・面積・重さ等の次元において計測される。景観の問題に関しては、識別距離や親密性を感じさせる空間の寸法等の側面において研究が行なわれているものであり、主に人間の身体を参照基準として尺度が構成されるものと言えよう。

b) 連想的（メンタル）スケール：ある対象を知覚するとき、他のものに関する記憶を参照基準として尺度構成を行なう場合。同種の対象に関する記憶がある場合は、それらが通常有する大きさが基準となる。

c) 知覚的スケール：知覚の対象が眼前に複数ある時、第1次的に関心が向けられる対象の大きさを、他の対象を基準とした尺度上に位置付ける場合。参照基準を全体にするか部分的な構成要素とするかによって、構成される尺度は当然異なったものとなる。換言すれば、第1次的に‘図’として知覚された対象に関するスケールの参照基準として、何が第2次的な‘図’となつて知覚の対象となるかに関わると言えよう。本研究において取扱うのはこの問題である。

次に留意すべき点は、スケールの次元に関する問題である。視覚心理的に重要なものは、人間の身体を中心とした上下・前後・左右の各方向に対した高さ・奥行・巾として把握される長さの次元、及び面積・体積の次元であるが、現実の場面において、どの方向及び次元が卓越したものとなるか、あるいはまた互いにどのような関係にあるかは、見る者の志向性の他に、景観構成要素の構図的体制が大きく関わることで予想される。

4. 現地調査

実際の分析に先立ち、まず全国の主要な高速道路について文献資料調査並びに現地調査を実施し、以後の心理実験に用いるモニター・ジュのための切土面及び自然地形の現場写真を撮影収集すると共に、各種の景観評価規定要因に関する計測を行なった。

これらの調査結果（単純集計）及び現場調査における観察に基づき、切土法面の見え方の概要を以下のように整理した。

- 1) 切土法面は、100～3000m位の距離から、丘陵や山並を背景として見られる場合が多い。
- 2) 道路外部の視点から眺めた場合には、その形状・スケール・構図の位置が問題となる。
- 3) 道路上の視点から眺めた場合には、その傾斜が主に問題となる。
- 4) 切土法面が‘図’として知覚されるためには、素材の明度の他に、日照による陰影や大気の状態等の気象条件も関係する。

心理実験に際して全ての要因を操作することは不可能であることから、全国の高速道路の切土法面146地点における調査結果より数量化几類によって要因分析を行ない、対象の見えのスケール並びに上下方向の構図的体制に関わる要因群を抽出した。（図-1）

また、背景との形態的關係にも留意し、以下の一連の心理実験を行なうこととした。

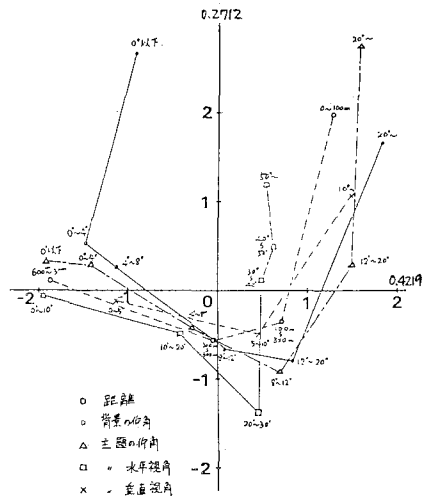


図-1 数量化几類による要因分析

5. 心理実験

前述の概念規定に基づき、第1次的な図として切土法面をとり上げ、背景の自然地形を参照基準に定めて、一連の心理実験を行なった。

(1) 実験Ⅰ

‘図’としての切土法面に関する形態の知覚特性を探る目的で、スケッチ再生法による心理実験を行なった。背景に対するスケールを定めた15種類の切土法面(高さ/底辺=0.4)の合成写真画像(例:写真-1)をVTR解像効果装置を使用して作成し、VTRテープ上でランダムな順序に編集して、モニターTVに映し出したものを呈示刺激とした。計53名の被験者に対して、画面の枠と背景の山の輪郭線及び水平線のみを印刷した回答用紙を与え、各画像を10秒間見た後に10秒間で切土法面の輪郭をスケッチにより再生するように求めた。

その結果、高さをやや高く(図-2)、又底辺長をやや短く描き(図-3)、切土法面が大きい場合は面積的にはやや小さく再生している傾向が見られた(図-4)。これは、水平方向に対して垂直方向が過大視される視野の異方性に基づく錯視的知覚が存在することに符号する。(図-5, 6)

(2) 実験Ⅱ

実験Ⅰに用いた15画像の後に、順序効果の検討のために最初の3画像を再録した計18画像を、計52名の被験者に呈示し、7段階評価尺度法により背景に対する切土法面の大小の評価の回答を求めた。

背景に対する切土面の大きさ(スケール)を高さの次元で考えた場合は、高さ比で約0.25(図-7)、面積の次元で考えた時には面積比で約0.06(図-8)の所で評価が遊離している。また、検定の結果、呈示の順序効果は前後の差が大きい $N_{0.15} \rightarrow 16$ の場合には評価の平均値に有意な差があるが、他の場合には有意な差があるとは言えないことが示された。

(3) 実験Ⅲ

実験Ⅰ及びⅡに使用した画像に切土法面の大きさの異なる画像を追加し、更にプロポーションを高さ/底辺=0.2として高さのスケールを同様に変化した切土法面の合成写真画像(例:写真-2)を作成して、写真撮影を行ない、キャビネ版のアリント写真とした。こ

れを各22枚ずつ作成して、プロポーション別に切土面が大きなものから順に並べファイルにంచి、50名の被験者に呈示し、背景に対する大小の境界となる写真を回答するように求めた。

背景に対して大きいと感じるスケールの下限値の平均は、プロポーションが0.4のとき高さ比で0.31, 0.2のとき0.29(図-9, 10の上側)であり、検定の結果有意な差がないことが判明した。このことから、切土法面のスケールの評価は高さ方向の次元においてなされるものと考えられる。

(4) 実験Ⅳ

背景が複数の場合と距離の影響を考察する目的で、切土法面が造成される1次背景(前方の山)の上方に2次背景(後方の山)が存在する場合の合成写真(例:写真-3)を、中距離について9段階、遠距離について10段階、各々切土法面の高さのスケールを変えたものを作成し、ランダムに並べかえて実験Ⅲと同様の形で20名の被験者に呈示し、実験Ⅱで用いた7段階尺度による評価を求めた。

中距離の場合、1次背景基準で考えた時は高さ比で0.28、2次背景基準では0.21の所で、それぞれ評価が遊離になり(図-11)、遠距離の場合は各々0.36及び0.27となる。距離が遠くなるほど境界値が上昇する傾向があると考えられる。(図-12)

又2次背景を消去して中距離景について同様の評価実験を行なった所、境界値は0.37であるが評価曲線は1次背景基準の元の曲線にほぼ重なり、スケールの評価は1次背景との高さ比で決まることが示された。(図-11)

(5) 実験Ⅴ

スケールの評価において背景のどの部分が参照されるかを調べるために、山頂直下に切土面がある場合、山麓部にある場合及びその中間の場合(例:写真-4)について、それぞれ13枚・10枚・10枚のVTR合成写真を作成し、実験Ⅳと同様の方法で20名の被験者に対して実験を行なった。

その結果、山頂との水平距離によらず参照部分は若干変化するものの、山頂との高さ比としてスケールを考えてよいと考えられることが判明した。この場合境界値は山頂との高さ比で約0.20となっている。(図-13)

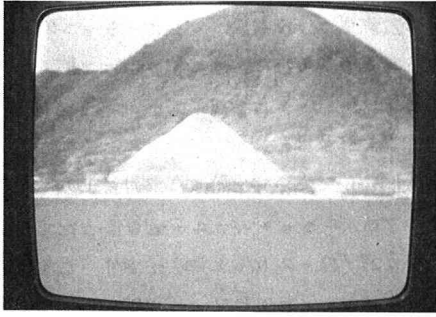


写真-1

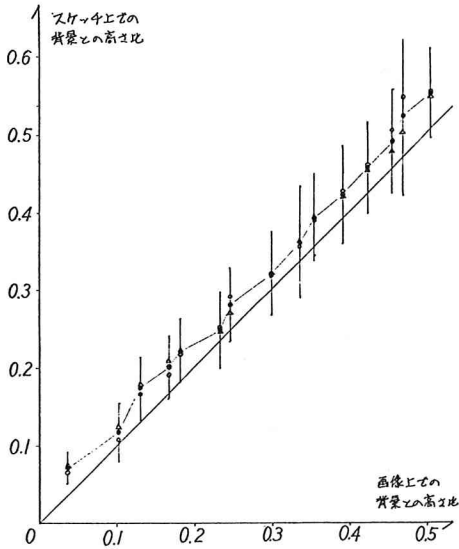


図-2

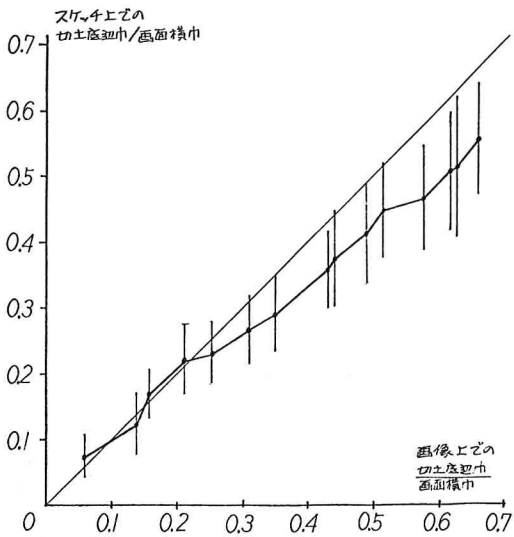


図-3

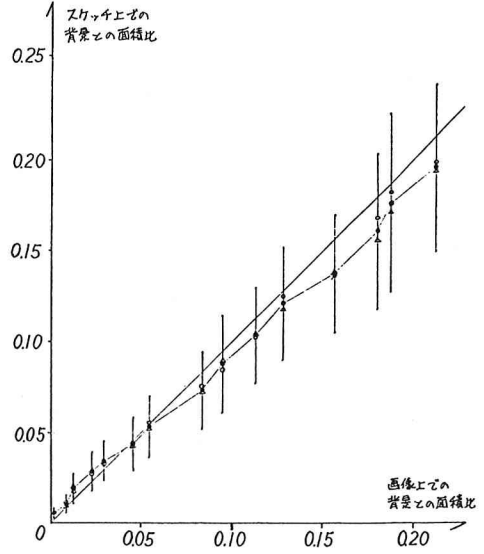


図-4

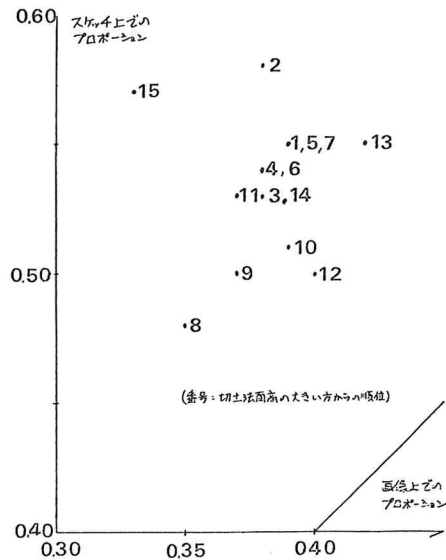


図-5

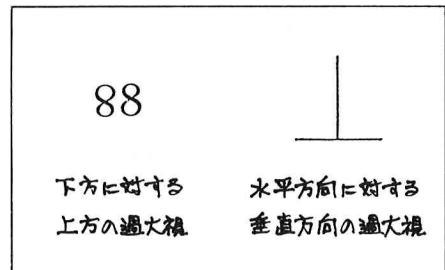


図-6 視野の異方向性による錯視

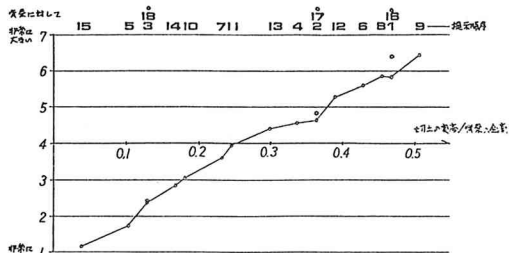


図-7 評価曲線 (平均値による、以下同様)

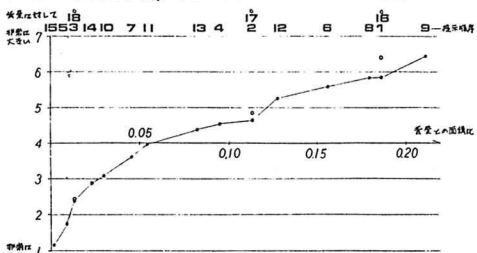


図-8

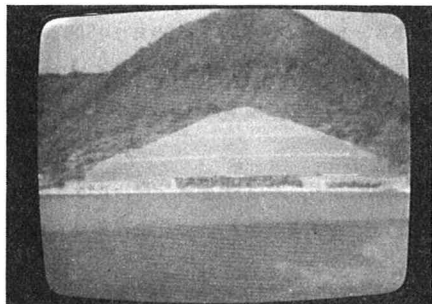


写真-2

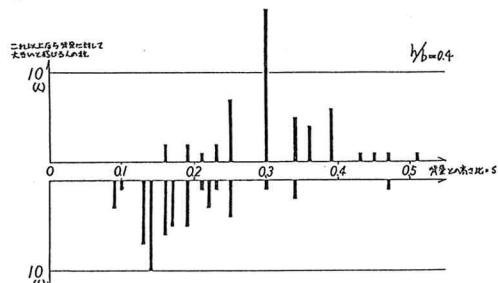


図-9

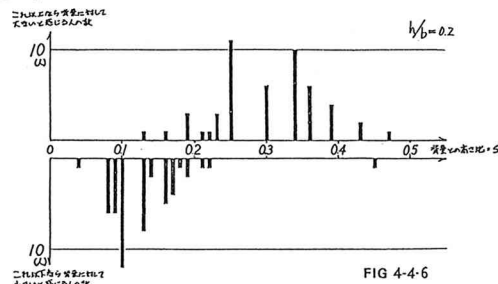


図-10

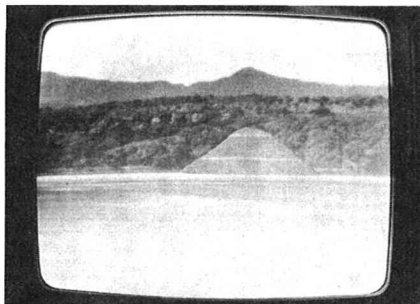


写真-3 多重背景の中距離景

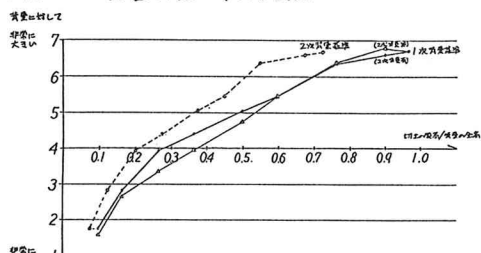


図-11

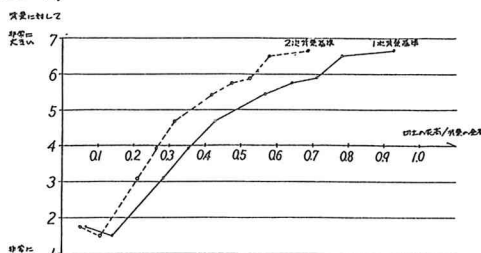


図-12

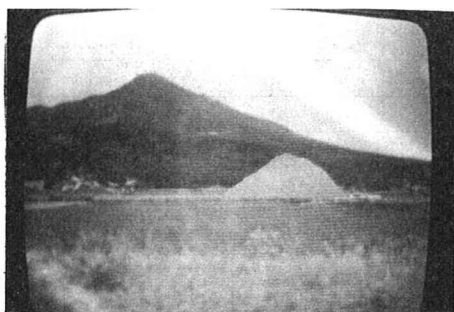


写真-4

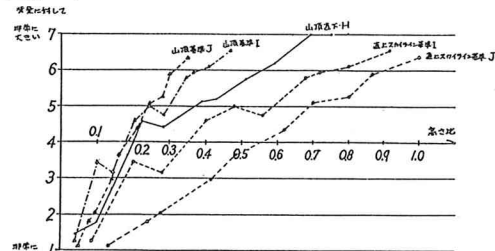


図-13

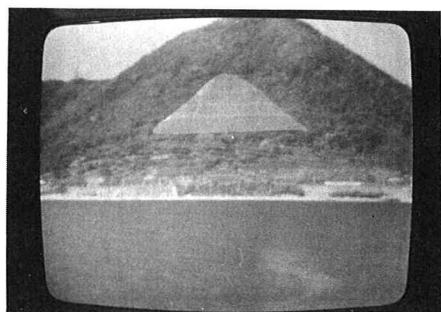


写真-5

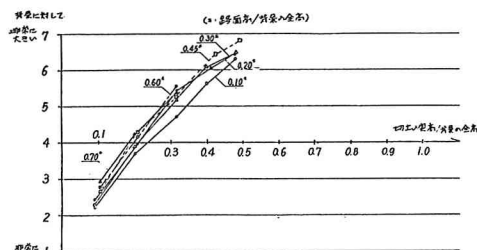


図-14

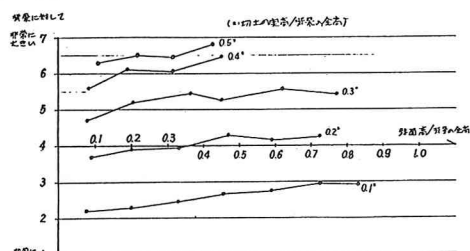


図-15

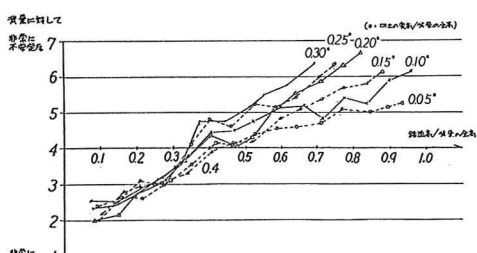


図-16

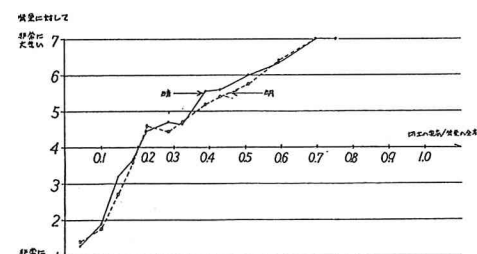


図-17

(6) 実験VI

構造的な上下の位置(例:写真-5)のその心理的意味を測定する目的で、大小並びに不安感を7段階評定尺度として用い、20名の被験者に、上下の位置を変化させた6種類のスケールの切土断面合成写真を呈示して回答を求めた。

スケールに関しては、上下の位置にかかわらず高土地で0.18~0.24が評価の境界値となつてゐる。(図-14) だが、同一スケールの切土面でも、上方にある程、下にある程よりやや大きく感じていることがわかる。(図-15) これは Ponzo 錯視の効果と考えられる。

不安感に関しては、いずれのスケールの場合でも、路面高が背景の全高に対して0.35~0.45の所より高くなると不安定であると感じるようになる。(図-16)

(7) 実験VII

背景を同一にして切土断面の明るさが異なる場合と暗い場合の合成写真を各13枚ずつ作成し、20名の被験者に呈示したところ、有意な差は認められなかった。

(図-17)

以上の実験より、切土断面のスケールの評価に関する境界値は1次背景の全高に対して高土地で0.20~0.30程度であることが導き出された。

6. 切土面の予測モデル

(1) 切土の高土に関する予測

高速道路の詳細設計図(1/200)より図-18に示す指標を計測し、切土面の高土を予測するための種々のモデル式を構築したが、最終的に α を変数とする予測式を採用した。(表-1)

(2) 切土の出現個数に関する予測

対象路線区間をほぼ均等距離の単位区間に分割し、各単位区間内の切土面出現個数を、切土面出現個数/km(n)及び切土面区間距離/km(x)の形で考える。

区間内の地山の横断勾配 α を、切土面の存在の有無にかかわらず一律に100m間隔でサンプリングし、その区間内における α の頻度分布パターンと n 及び x との関係を調べたところ、なんらかの関係があることが判明した。そこで、区間内の α の頻度分布の代表値として平均勾配 α を求め、 n 及び x との関係を調べた。(図-19, 20) サンプルNo.5(中央自動車道大月一

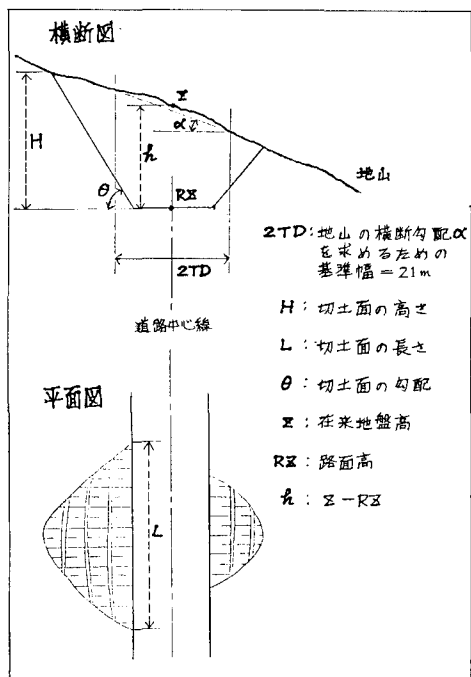


図-18 計測指標 (計測は全国の高速道路より10路線区間を抽出して実施した。)

$$H = \beta_0 + \beta_1 Z + \beta_2 \tan \theta$$

	β_0	β_1	β_2
係数	8.491	0.030	26.833
T値	4.055	5.534	5.583

F値: 45.576
重相関係数: $R^2 = 0.633$, $R^2 = 0.628$

表-1 重回帰分析結果 (2TD=21m)

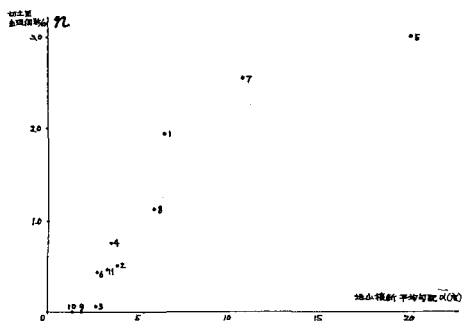


図-19

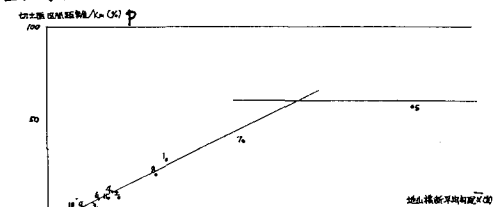


図-20

$$H = m\beta_0 + m\beta_1 Z + m\beta_2 \tan \theta$$

	$m\beta_0$	$m\beta_1$	$m\beta_2$
係数	8.491	0.030	26.833
T値	4.055	5.534	5.583

F値: 45.576
重相関係数: $R^2 = 0.633467$, $R^2 = 0.628077$

表-2 重回帰分析結果 (2TD=50m)

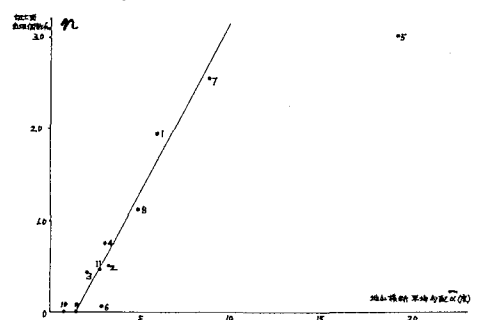


図-21

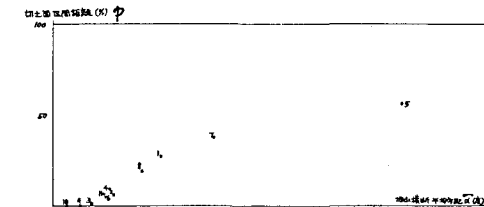


図-22

$$H = m\beta_0 + m\beta_1 Z + m\beta_2 \tan \theta$$

	$m\beta_0$	$m\beta_1$	$m\beta_2$
係数	9.456	0.015	47.718
T値	5.450	2.728	9.129

F値: 81.019
重相関係数: $R^2 = 0.737348$, $R^2 = 0.733485$

表-3 重回帰分析結果 (2TD=100m)

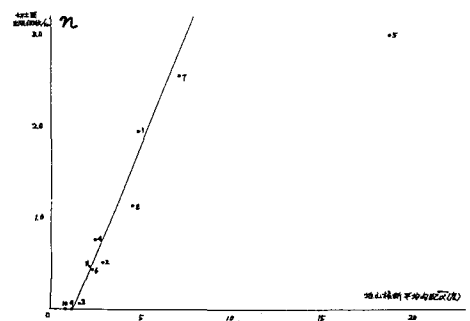


図-23

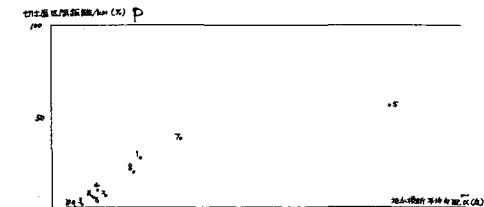


図-24

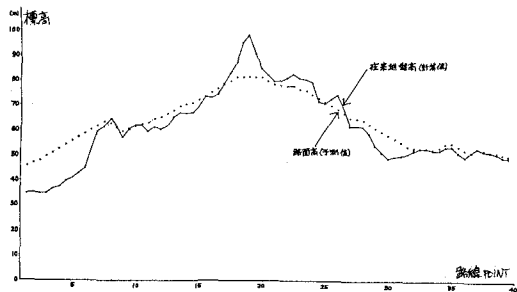


図-25 路線縦断(予測値)

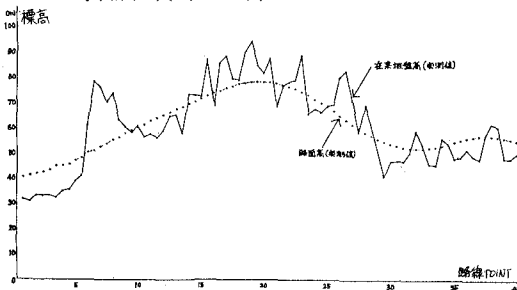


図-26 路線縦断(実測値)

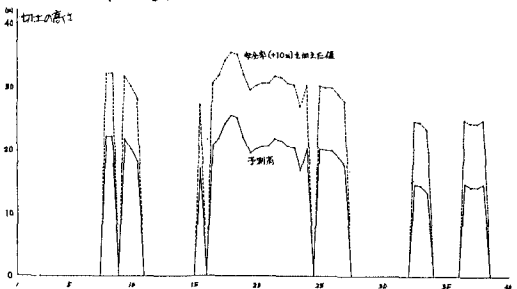


図-27 切土法面の出現状況(予測値)

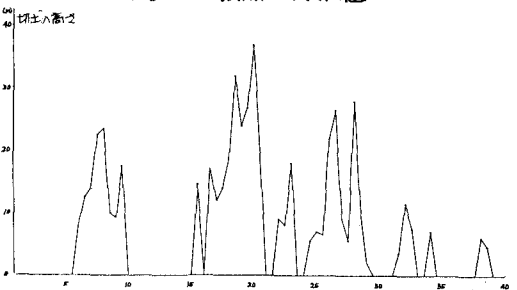


図-28 切土法面の出現状況(実測値)

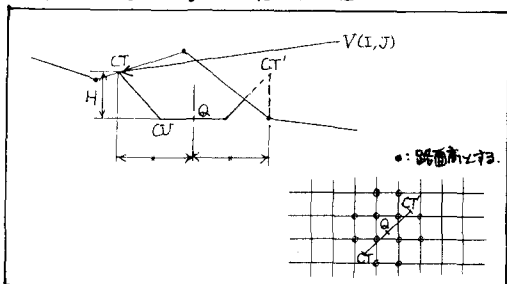


図-29 DTM上での地形改変

記号	意味
A	0.9 ≤ 質量に対する切土面の可視部分の割合
B	0.8 ≤ " < 0.9
C	0.7 ≤ " < 0.8
D	0.6 ≤ " < 0.7
E	0.5 ≤ " < 0.6
F	0.4 ≤ " < 0.5
G	0.3 ≤ " < 0.4
H	0.2 ≤ " < 0.3
I	0.1 ≤ " < 0.2
J	< 0.1
?	切土面に対して基側
*	切土面の位置
△	不可視
!	切土面は可視であるが質量が存在しない
:	切土面に対する破線入射角が60°以下

表-4 シンボル記号の意味(切土法面用プログラム)

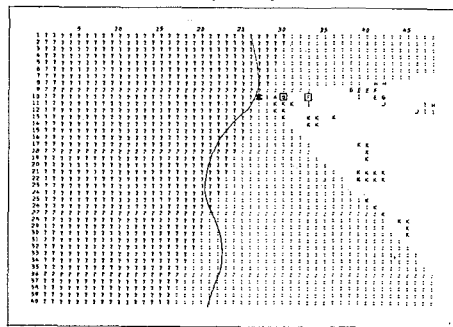


図-30 九州自動車道(福岡~太宰府)の解析結果
(100m正方形メッシュDTM使用)

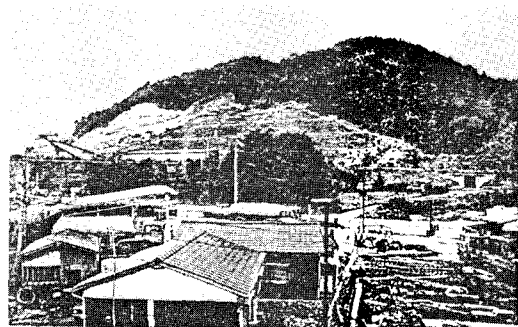


写真-6 メッシュ座標(30, 10)より。

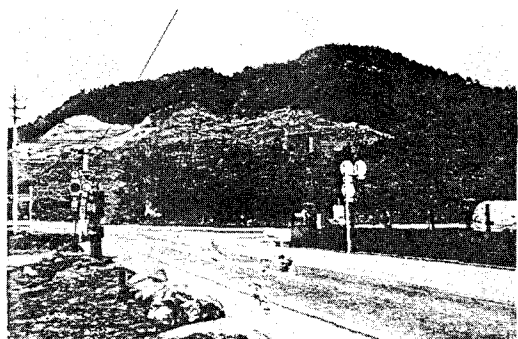


写真-7 メッシュ座標(33, 10)より。

図-31

スカイライン限界



図-32

渥美半島における
火力発電所ボイラ
ー(高さ40m)の
景観的影響の解析
結果。(250m正
方形メッシュEDT
M使用)
折れ線はスカイ
ライン限界を示す。

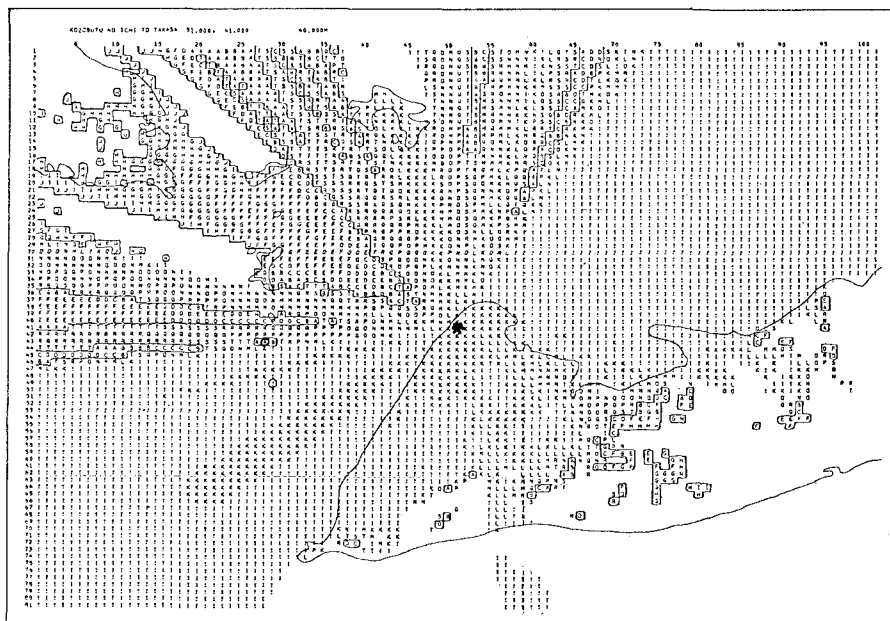


写真-8

メッシュ座標(28,
43)の地点から見た
景観。
ボイラーはスカイ
ラインの下にわず
かに沈んで見える。
(出力記号: A)

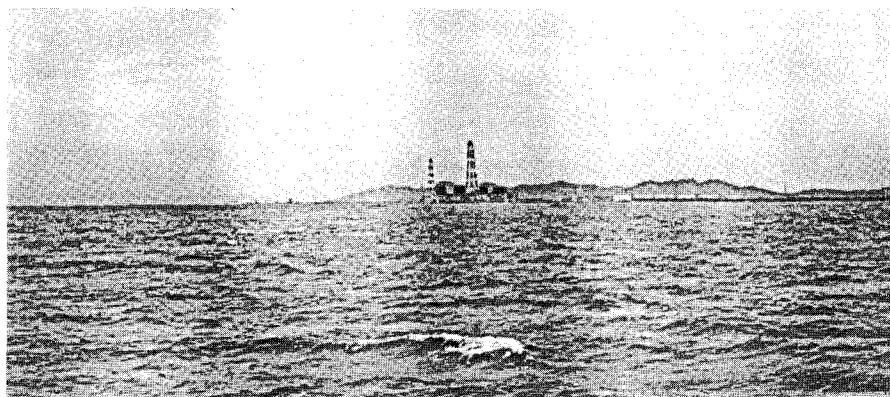
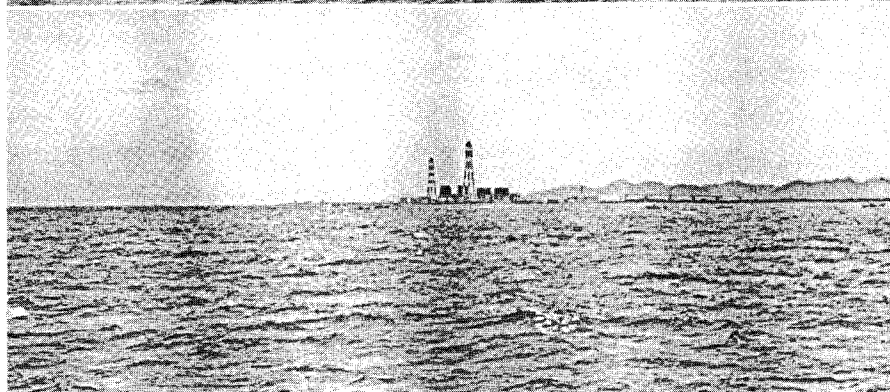


写真-9

メッシュ座標(29,
49)の地点から見た
景観。
ボイラーの背後に
は背景としての山
はなく、それ自体の
輪郭がきわ立って
見える。
(出力記号: !)



関係)を除き、直線関係が存在し、 $\bar{X}$ から $\bar{Y}$ と $\bar{Z}$ を予測できることがわかる。

(3) 小縮尺地形図からの予測可能性の検討

高速道路計画における路線選定の初期段階で通常用いられる1/25,000程度の小縮尺地形図から読み取ったデータのみに前述の予測が行なえるか否かの検討を行った。Xを求めるための基準幅2TDを50m並びに100mとして、各予測モデルの精度を調べた。(表-2、図-21, 22及び表-3、図23, 24) この結果、2TD=100mとしても小縮尺地形図からのデータで十分に予測が可能であることが判明した。

(4) 切土面の発生並びに景観的影響予測プログラム

心理実験の結果及び上記の検討に基づき、高速道路の平面線形のみが与えられた場合に、ある地域に出現する切土面の高さ及び位置、並びにその切土面を周辺の地点から見た場合の背景に対するスケールを判定するプログラムを開発した。地形データとしてDTM(正方形メッシュ)を使用するため、図-29の様な地形修正を加えている。スケールの判定への影響は安全側となっている。

(5) ケーススタディ：九州自動車道(福岡～本寧海)

平面線形と地形データのみを入力し、路線線形及び切土面の出現状況について予測値と実測値を比較した。(図25, 26, 27, 28) DTMを使用している関係上、ミクロに見れば誤差があるが、計画初期の段階程度のマクロ的レベルでは十分使用に耐える結果であると考えられる。尚、切土高の予測値は+10mの安全率を見込んでいる。スケールの判定計算の結果は、現場写真によつてその精度を確認した。樹木を無視して考えればかなり良い結果を得ている。(表-4、図-30、写真-6, 7)

(6) 一般構造物の景観的影響予測への拡張

切土法面は背景に容着しているが、一般の構造物は立ち上がり型でそれ自体の輪郭が背景地形の輪郭と景観上干渉し合うことがある。両者が一致して見える地点をスカイライン限界と呼び、スケールの判定を同時に行なうプログラムとして前掲のプログラムを拡張した。実際によりその判定精度を確認したが、特に橋状構造物の立地選定に際して景観的考慮を加える場合十分利用し得るものと考えられる。(図-32、写真9)

7. 結語

本研究は、その精度の点では未だ初歩的段階のものであり、実際への適用に際しては今後分析を蓄積してゆかねばならない側面を多岐にわたっている。特に、形状・素材・テクスチャ・色彩の問題に関しては再現性の高い実験方法を採用する必要がある。また、一般構造物については、それ自体の形態に多様性があり、スケールに関する心理実験を行なうには至らなかった。今後の課題としたい。

尚、本研究の遂行に際し、東京工業大学中村良夫助教授には終始適切な助言をいただいた。又岡田一夫・山田順一両氏には現地調査・心理実験・データ処理・プログラム開発に多大の助力を提供していただいた。本研究は両氏の研究協力の上に成り立っている。又データ収集並びに現地調査に際しては日本道路公団及び高速道路調査会のお世話になった。VTRモニター・ジェ作成に際しては東京大学農学部林学科森林風致計画研究室の方々に便宜をはかっていた。関係者各位に厚く謝意を表する次第である。

8. 引用・参考文献

- 1) 窪田陽一・細川政弘・天野光一(1978): 土木構造物の景観的影響の予測に関する一考察, 土木学会第5回関東支部年次研究発表会講演概要集。
- 2) 岡田一夫・中村良夫・窪田陽一(1980): 高速道路切土面の発生ならびに景観的影響の予測に関する研究, 土木学会第35回年次学術講演会講演概要集。
- 3) 山田順一・窪田陽一・八木武和・中村良夫(1980): 道路の切土法面の景観評価に関する研究, 同前。
- 4) C. Moore & G. Allen / 石井和雄・安藤正雄(訳)(1978): ディメンション——空間・形・スケールについての考察, 新建築社。
- 5) 芦原義信(1979): 街並みの美意識, 岩波書店。
- 6) 阿部宗広(1977): 風景の構図と構造——VTR合成写真による景観評価結果, 造園雑誌, Vol.41, No.1。
- 7) 高速道路調査会(1979): 道路建設が自然景観におよぼす影響調査報告書。
- 8) 高速道路調査会(1976): 道路景観に関する基礎的研究——景観構成要素としての道路の評価とその設計手法——報告書。