

景観シミュレーションの目的と表現技法について

佛大林組 浜嶋 鉦一郎

○宮崎 清

1. はじめに

今やあらゆる計画、設計分野で、コンピュータにより設計対象物を三次元で表現する手法が取り入れられている。これらは機械部品から機械本体について、また自動車や飛行機の外観デザインから内部構造に至るもの、複雑な配管設計、建物の詳細表現から室内インテリア、さらには都市規模での建物群等で、世の中のもので工学的な設計に限らず、三次元表現で計画、設計されないものはなくなっている。これは三次元で表現されたものは、素人だけではなく専門家にとっても極めて分りやすく、親しみ深いという点が魅力となっている。言いかえると二次元の平面図や断面図で表現してきた製作、製造または、建設のための設計図と比較して、実際に見える 'もの' として表現されるからで、頭の中で設計図から立体的な 'もの' にイメージを変換させる必要がなく、すばやく、正確にその 'もの' のイメージを認識することができ、非常に分りやすく感じるためである。

こうした背景で、土木分野での景観シミュレーションは、特に社会的な関心が高まっている。開発プロジェクトの概要を関係者に対して、いかに分りやすく説明するかは、土木事業のもつ社会性から重要な問題となっている。そのための手段として、コンピュータを用いて計画案を三次元の景観図として表現するシミュレーションが注目されている。しかし景観図としての表現データは無限とまで言えるほど膨大な量となるため、景観をよりよく表現するにはいくつかの問題点がある。

コンピュータによる景観図の表現技法は、従来からの縮尺模型や手描きのパースによる計画案の表現方法と比較して、効率性や経済性を考慮しながら、質的に満足し得る表現レベルを確保しなければ、日常的な実用に供することは困難である。完成図面として説得力のある出来映えでないと成果品として認められないであろうし、一方、一枚の景観図を作成する時間や費用が、一週間以上、数十万円となれば模型やハンドメイドのパースにその道を譲らざるを得ない。

ここで、土地景観に関するコンピュータ・グラフィックスの表現技術の経緯を振り返ってみる。当初は土量計算に利用するためのメッシュデータを用いて地形形状だけを表現していた。透視図法は平行投影法を用いて敷地全体を鳥瞰するものであり、建築の建物の透視図法とは異なる。これは、対象とする地形の範囲が広いことに起因する。次に、メッシュデータを用いると任意地点の地盤高を近似的に算出できるため、道路形状等の線を地形形状の上に描いたり、山地部分には単純な形状をした樹木を描くようになった。これは現況部分と計画変更部分を区別する意味で効果的である。建物表現については道路の線と同様に平面的に描くことから、線表現で立体的に立ち上げる手法をとると、より実際の景観に近づいてきた。しかし、さらに見やすくするために建物と地形の隠線処理を行う必要がある。地形形状の隠線処理については、メッシュデータだけで処理できることから、地形が地形を完全に消去する方法が古くから可能であった。地形形状と建物の隠線処理は双方のデータが全く、別々の構造をもつため計算処理の困難性とそれにとまなう急激な費用増加が問題となる。

建物と地形の隠線処理が可能となった後は建物に窓をいれることも必要になってくるであろう。建築用のパースプログラムでは非常に細かな表現も試みられてきているが、土木分野で、景観を主体に考えた場合、一応の限界があつてよいと思われる。

本論文は、計画段階における景観図を利用したプレゼンテーションの有効性を述べ、当社の景観評価システム、適用例についての紹介を行う。その中で効率性や経済性の追及に対する考え方も述べる。

2. 土木分野におけるビジュアルプレゼンテーション

三次元表現のコンピュータ・グラフィックスの発達は、テレビのコマーシャルや番組のタイトルに多く見られるほど日常化してきた。そして、三次元で表現されたものの分りやすさやおもしろさが社会的に十二分に浸透してきている。

コンピュータは、土木分野の計画、設計に広く利用されているが、土木の構造物なり、土地全体を三次元で表現し、テレビで見せているような美しい実物風に作り上げるにはソフトウェアの整備と設計者の意識の面でまだまだ先になろう。テレビのコンピュータ・グラフィックスはコマーシャルベースで多額の費用で作られており、一般的な設計で同レベルのプレゼンテーション資料を作成することは、従来の感覚では設計費用に含まれていないであろう。

しかし、いわゆる素人は、コンピュータを用いれば、いとも簡単に三次元の設計図ができるのではないかと考えているであろうし、平面図や断面図ではさっぱり理解できないと感じているであろう。

また、計画や設計の担当者は、内容を熟知しているためあまり景観図を必要と考えていないし、相手先に説明するときの効果あまり認識していない。それに簡単な構造物でも三次元表現することを考えていない。一方、事業主側は、自分自身の理解も必要であるし、多くの関係者に説明するために景観図が必要であると感じている。

ゴルフコースのレイアウトを例にとると、コース設計を評価するのに、ティーグラウンドや第2打、グリーンの手前で実際にどのように見えるかを知ることが大切であり、設計者は景観図と対話しながら設計を進めることに非常に興味を持っている。実際に各ホール毎の景観図を用いてオーナーを交えて説明会や検討会を行った。現在のプログラムの能力ではまだまだ表現上の問題も多いが、ある程度満足されるレベルということで試行的に行っている。

大規模な開発計画や原子力発電所、廃棄物処理施設等の周辺環境に影響を及ぼす施設の建設計画には様々な方面からの環境アセスメントが行なわれるが、それと前後してどんなものが建設されるのかを具体的に説明する資料が必要である。地形をどの程度変更するのか、建物は周囲の地形とバランスがとれているのか、周辺から見た地形の変更や建物がどのように見えるのかを、景観的に説明するだけでも相当数の景観図が必要となる。コンピュータは、同一データから多方面の景観図をいくらかでも作成でき、景観評価の手段としては最も有力なものである。

本システムでは、様々な開発用途に、ビジュアルプレゼンテーションと称して、完成予想図を作成しているが、いずれも相手先に好評である。設計内容を客観的に表現する景観図の必要性について社会的

な認識はすでに出来上がっているが、残念ながらソフトウェアが追いついていないのが現状である。

コンピュータによる景観図に多くの要求を出し、土木分野の計画、設計に景観図が頻繁に利用されることが、よりよい環境計画へと結びつくのではないかと期待している。

3. 景観シミュレーションシステム

(1) 図形処理システムの概要

本システムは、大型電子計算機を用いたTSS処理により稼働するものである。使用機器は、キャラクター・ディスプレイ、グラフィック・ディスプレイおよびハードコピー、ディジタイザーで構成される対話型入出力装置を主体として、景観図を出力するためのプロッターおよびカラーディスプレイである。カラーディスプレイは、プレゼンテーション用のためのカラーライド撮影に用いている。

ディジタイザーは、地形メッシュデータの作成および景観表示データの平面座標を読み取るために使用される。また、グラフィック・ディスプレイは入力座標のチェックや等高線図、景観図の表示に用いられる。

(2) 景観図作成の処理手順

景観シミュレーションシステムは、景観図に表現する各種データの入力と、それらを透視変換し景観図を作成する機能に分けられている。

本システムでは、地形を表現するデータはメッシュデータを用いており、メッシュデータは独立したプログラムで作成する。従って、処理手順は図-1に表示されるような流れとなり、全体システムは4つのプログラムから構成されている。

まず、メッシュデータの作成準備として、プロッターを用いて地形図上にメッシュラインを描くプログラム(MESH)がある。これを手作業で行ってもたいして問題にならないが、A1サイズで縦横に数十本のラインを描くには、プロッターの方が圧倒的に早く、また正確である。

次にメッシュデータの作成であるが、これも地形によっては手作業の方が作りやすい場合もあるが、メッシュデータ作成プログラム(MESHDATA)を利用すると、手作業に要する時間の40%~50%でメッシュデータを作成できる。ここで、手作業およびプログラムのいずれによってメッシュデータを作成した場合でも、データのチェックが必要で

ある。そこで、メッシュデータのチェックプログラム（MESHCCC）により、等高線図や地形だけの鳥瞰図を描き、視覚的にメッシュデータをチェックし、データの修正、再チェックというステップを踏みながらメッシュデータを完全なものとする。

以上で、景観図作成のベースとなる地形メッシュデータが作成された。地形以外の景観図表示データの入力と景観図作成機能は、景観図作成プログラム（LANDPERS）により行う。景観図の成果品はプロッター出力により得るため、プロットファイルに出力する。成果品を作成するためLANDPERSでは、グラフィック・ディスプレイに種々の方向、高さから見た景観を表示させて検討を行うことができる。

プレゼンテーションの資料は、計画書等に挿入したり、詳細な検討を行う場合は、プロッター図が有効であるが、多くの関係者に説明する場合には、スライドがさらに有効な手段となる。プロットファイルはカラーディスプレイにも表示可能である。

ディスプレイ上の景観図はプロッターによるものと比較してきめが粗く、表示される線の質は落ちるがカラーで鮮明に表示されるため、スライドとして見映えのよいものとなる。そこで、画面から直接、写真撮影によりスライドを作成している。

4. 景観図作成プログラム—LANDPERS

ここでは景観図作成に必要な景観を構成する要素（データ）とそれらのデータをどのように表現するかについて述べるとともに、対話型処理プログラムにおけるデータ入力方法および操作の効率化について留意すべき点も述べる。

(1) 景観図を作成するデータ

土木分野では自然環境の中に開発対象を建設するため、まず地形形状が第一である。地形形状の中には海、湖、池、川という水面がある。そして、植栽により地表の状況を区別する。人工構造物を表現するものには道路、建物、擁壁、切盛法面がある。また、特殊形状をした送電鉄塔、煙突があり、人や自動車も景観の一部である。

非常に多くの表現対象があり、個々にデータを区別すると膨大な記憶領域が必要となるため不経済であり、また入力操作も煩わしい。

本プログラムでは、隠線処理上の区分や透視変換上、またデータ作成上の点からデータを区別し、使

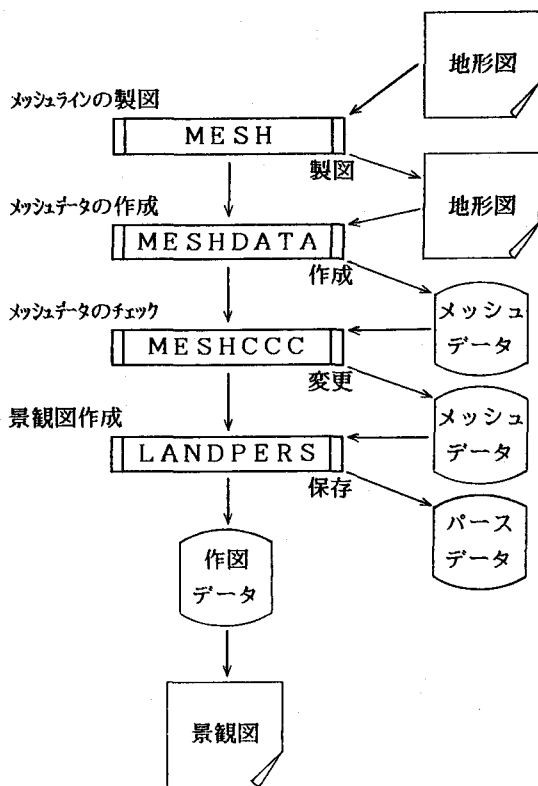


図-1 景観シミュレーションシステム

用用途は利用者が自由に選択することにした。

以下、データの形態別に、その特性を記述する。

a) 地形メッシュデータ

地形メッシュデータは、既に作成してある外部ファイルから入力される。地形メッシュデータの役割は大きく、第一に地形形状の表現である。この時、通常4色（黒、赤、青、緑）のうち緑色で表現するが、水面については青色に変換することを可能にしている。

景観図での地形形状の表現方法はいくつかある。固定されたメッシュラインを投影する方法は、景観図上でも平面位置が認識できる。また、地形形状も明確である。一方、座標軸から45度の方向から見る場合は美しいが座標軸方向に近づくにつれてメッシュ形状の美しさが減少する。また、地形上に建物、道路、植栽等を付加するにつれて線の重なりが気になってくる。

次に等高線を投影する方法は、高さで平面位置がよく分る。ただ、平坦なところでは等高線が粗くな

るため、一工夫が必要であろう。景観図を美しくしようとするほど細かな等高線データが必要となり、データ量は膨大となる。

最後は、視線方向と直角方向の断面線を投影する方法である。任意の視線方向からでも表現イメージが一定であり、作図データ量は、メッシュラインの半分でよいし、遠近感が分りやすい。本プログラムではこの方法を採用している。

第2の役割は、後述する平面図形データおよび植栽データの高さデータを近似計算することである。従って、平面図形データには高さデータの入力が必要となるため、効率的にデータが作成できる。

第3の役割は、平面図形データの隠線処理を行う参照データを作成することである。各メッシュポイントに可視、不可視領域の情報を与えておき、それを参照して線を表示すべきかどうかを判断する。これで簡略的に隠線処理が可能となる。

b) 平面形状データ、敷地境界線データ

平面座標データだけをもつ線表示のためのデータである。データはブロックに分けられブロック毎に線色と線種の情報を持つ。敷地境界線は、ポイント数が多く、記憶データの構造上別にすべきであり、同様なデータ構造を持つが用途上、分けている。

景観図への投影は、線の始点と終点における地上高さをメッシュデータから近似計算し、景観図上で結ぶ。しかし、2点間の距離が長いときに直線で結ぶと地上にすりつかないので、一定距離ごとに直線上の平面座標値と高さを計算しながら細かく線を結ぶ処理を行っている。

平面形状データとして表現する対象は道路、水面境界、造成境界、切盛法面等である。

c) 建物データ

方形の立体形状を表現するデータで、平面座標と上面、下面の高さデータを持っている。一般的には建物を表現するために用いる。特殊な場合として、平坦な地面を建物に設定して地形線を消去することや、メッシュ間隔と比較してさらに細かなような切盛法面の小段を表現することに利用できる。

景観図への表示方法は、3種類あり、1つは、全く隠線処理しない方法、2つめは、建物データだけを隠線処理する方法、3つめは建物と地形とを隠線処理する方法である。

d) 植栽データ

植栽を植える位置の平面座標を一本づつ、入力す

る。地盤の高さは、メッシュデータから自動計算されるが植栽形状の種類と樹高を別に入力しなければならない。植栽形状は簡単なスケッチをもとに数種類、登録してある。また特殊な樹木の登録も簡単にできる。

e) 三次元データ

平面形状データでは、地形メッシュデータから高さが計算されるために法面の小段などは正確に表現できない。また、空中に浮いた形状などを表現するために本来の三次元データを用意している。このデータの作成は、同一高さをもつ線とか、規則的に高さが変化する線データの入力が簡易になる方法を考慮している。また、隠線処理を利用者が判断して行えるようにデータをブロックに分けて入力する。そして、視線の方向により、表示すべきブロックデータの番号を指定する。

f) 三次元の登録データ

一戸建の家、鉄塔、車等の三次元データを登録している。それらを配置する地盤高と向きを入力し、表示の有無は利用者の判断により、個々の番号を指定する。

g) タンク構造物

球形や円筒形の構造物を面処理で隠線処理することは相当な時間を要する。数十個のタンク群を対象としても比較的短時間で隠線処理できる方法を採用している。球や円筒はどちらから見ても同じように見えるので三次元データを持たずに、手前に見えるタンク構造物から順次作図していき、手前のタンク構造物の陰になる部分は最初から描かないようにしている。自動的に作図していくのであり、線データを除去する隠線処理とは異なる。

また、タンクの陰になる（見えない）部分は建物と同様に簡略的に消去する可視、不可視領域の情報を与えることができる。

h) その他

ゴルフコースのボールの軌跡、空と雲の表示等がある。また、大規模な橋梁、高速道路等を表示する場合は、自動的に三次元データを発生させる別プログラムを用意し、そこで作成されたデータを入力する方法をとる。よく使用されるものはパラメトリックに計算できるようにすれば汎用性が高くなる。

(2) 効率的対話入力方法

地形メッシュデータを作成するには数時間必要であるが、この作成時間を除くと、その他の景観図デ

ータは非常に早く入力できる。わずか1時間、大規模なものでも2時間程度である。これは、ディジタイザーによる高速入力機能と平面形状データや植栽データは高さデータを必要としないことによる。データ構造が効率的な入力方法を可能にしている。

平面形状データは、1ブロック100ポイントで400ブロックのデータを記憶する。各ブロックは異なる線色と線種を持つことができるが、同種類の入力が多いので連続入力機能を考慮している。ディジタイザーのボタン操作だけでブロックを変えてデータの入力が可能となる。

また、データの修正や削除を容易とし、景観図のグレードアップや類似データの作成を効率的にする。すべてのデータはグラフィック・ディスプレイに平面表示され、データの番号が確認出来る。修正や削除時にデータの番号を確認した上で確実に処理が可能となっている。

(3) 景観図表示の方法

景観図は、視点と注視点の x 、 y 、 z 座標を入力して計算される。

まず、地形だけ表示させて、視点、注視点の適正さを判断する。視点と注視点の x 、 y 座標は、ディジタイザー、グラフィック・ディスプレイのクロスヘアカーソル、数値キーのいずれの入力も可能である。グラフィック・ディスプレイでの位置決めは、あらかじめ景観図の表示前に、表示領域や俯角の調

整を平面的および縦断的に行うもので試行錯誤による作業時間や費用を軽減することができる。

他の景観データは、その後、個別に指定して表示させる。三次元データ、三次元登録データおよびタンク構造物は、グラフィック・ディスプレイに表示させたブロックだけが、プロッターに描かれるようになっている。

建物と地形の隠線処理は、再計算を行う。建物は面データを発生させ独自に隠線処理を行い、その後地形の断面線と面データの隠線処理を行う。

5. 景観図の実施例と表現特性について

ここでは、実施例を通して、景観をどのように表現するかを考察する。

(1) 建物と地形の隠線処理について

建物が主体となったり、詳細な建物表現については、ここでは対象としない。地形の中に含まれる建物という意味で述べる。図-2は大規模宅地計画で全く隠線処理しない景観図で、図-3は建物に隠れる地形、道路等を消去したものである。隠線処理していない図は通常、見えないものが情報として頭の中に入ってくるが、それが見えないものであるという認識もあるため、あまりおかしいと感じないものの線が重なり見えにくい。一方、隠線処理されると景観の状況は明確となるし、全体的に立体感が増し、分かりやすいものとなる。

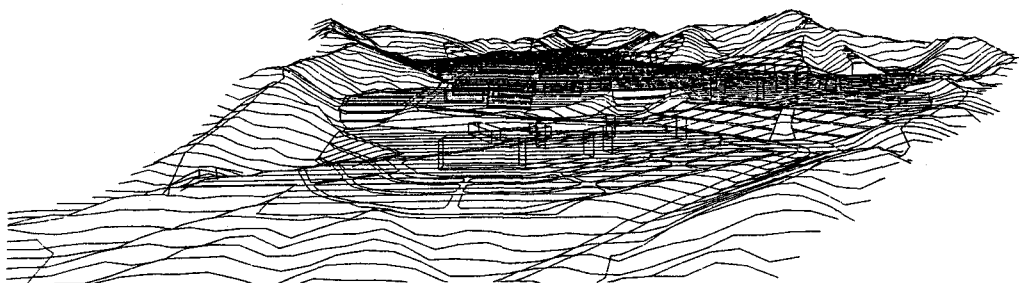


図-2 隠線処理をしない大規模宅地計画景観図

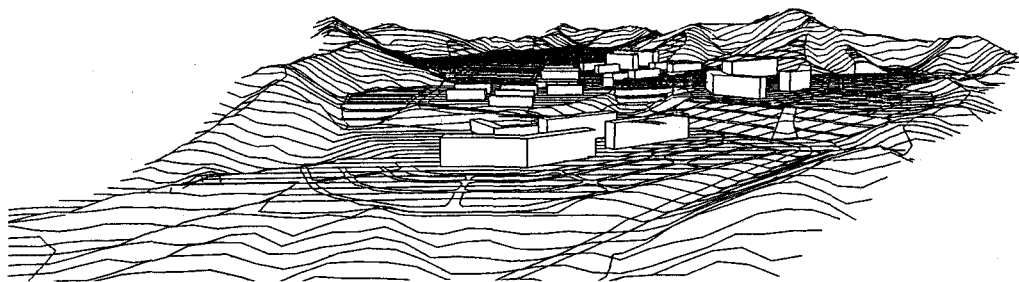


図-3 隠線処理をした大規模宅地計画景観図

(2) ゴルフ場の景観について

開発対象の景観は、常に全体を眺める目的と一部分を詳細に眺める目的の2面性を持っている。ゴルフ場の場合、まさにコース全体のレイアウトを見るため、さらに各コースでのアンジュレーションを検討するための景観図が必要となる。

18ホールで100ha前後の面積を持つ地形のメッシュデータを経済的かつ迅速に作成するには工夫が必要である。

メッシュデータはメッシュ間隔が20mから30mで100×100メッシュ前後で作成することが作成時間と精度の面で妥当であろう。このメッシュデータをもとにメッシュ間隔を機械的に半分にした新たなメッシュデータを作成する。

図-4はメッシュ間隔20mの場合、図-5はメッシュ間隔10mの場合、図-6はメッシュ間隔5mの場合の表現上の比較を示したものである。メ

ッシュ間隔が20mの場合は、5mの場合と比較してずいぶん形が粗くなるが、植栽によりイメージが一定程度保たれる。10mのメッシュデータを自動作成した後、コース部分に修正を加えると図-5程度によくなくなる。

図-7は全ホールをメッシュ間隔30mで表現したものである。全体の配置を検討するためであればこの程度で十分であろう。

また、ゴルフコースの景観図は、上空からだけでなく、コース上に立った位置からのものも要求されるが、実際の目で見た場合と同様、遠近感は分りにくい。そこで、図-8のように、地上に立った位置とそれより10m程度上空からの景観図も用意する。見たい位置の景観図とそれをもっと分りやすい位置から補足する景観図があると景観認識と計画案の評価が可能となる。

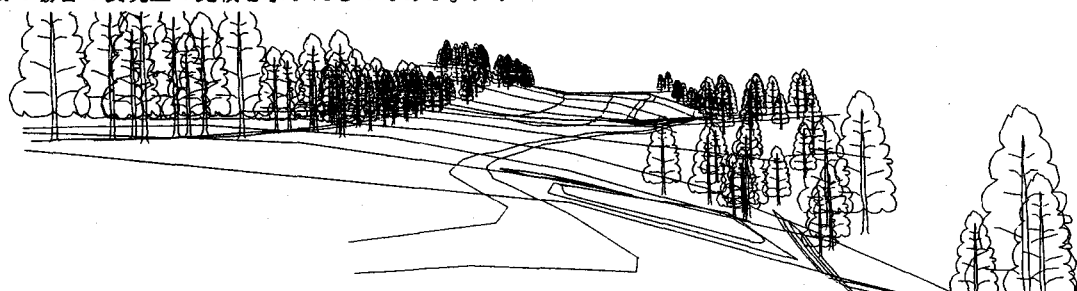


図-4 メッシュ間隔20mのゴルフコース景観図



図-5 メッシュ間隔10mのゴルフコース景観図



図-6 メッシュ間隔5mのゴルフコース景観図

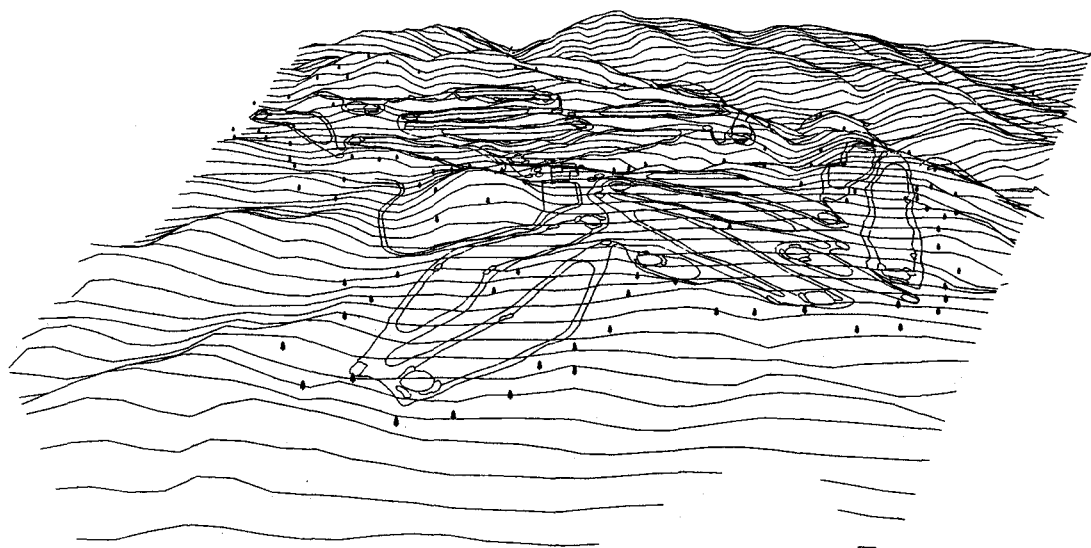


図-7 ゴルフコース全体景観図

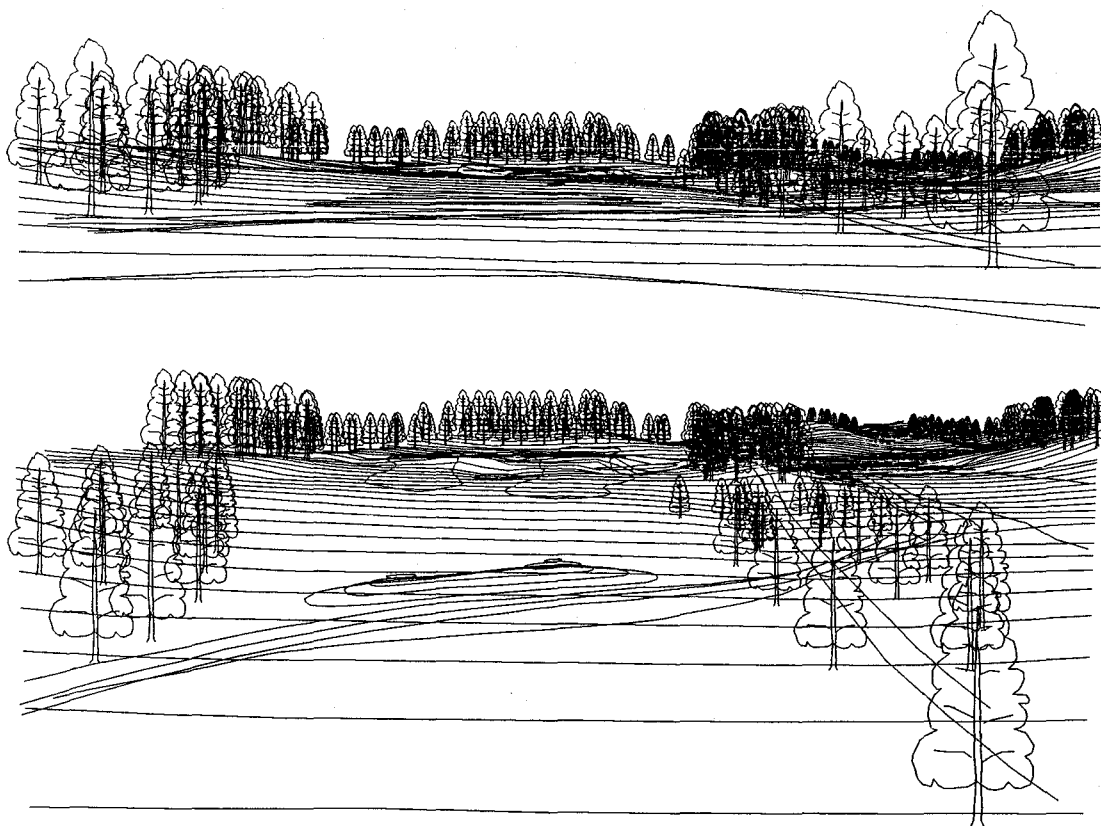


図-8 ゴルフコース景観図

(3) その他の景観

図-9はLNGタンク基地の景観図である。海は青色で表示され、数十個のタンクおよび煙突が隠線

処理されている。

図-10は丘陵地に計画された空港の景観図である。

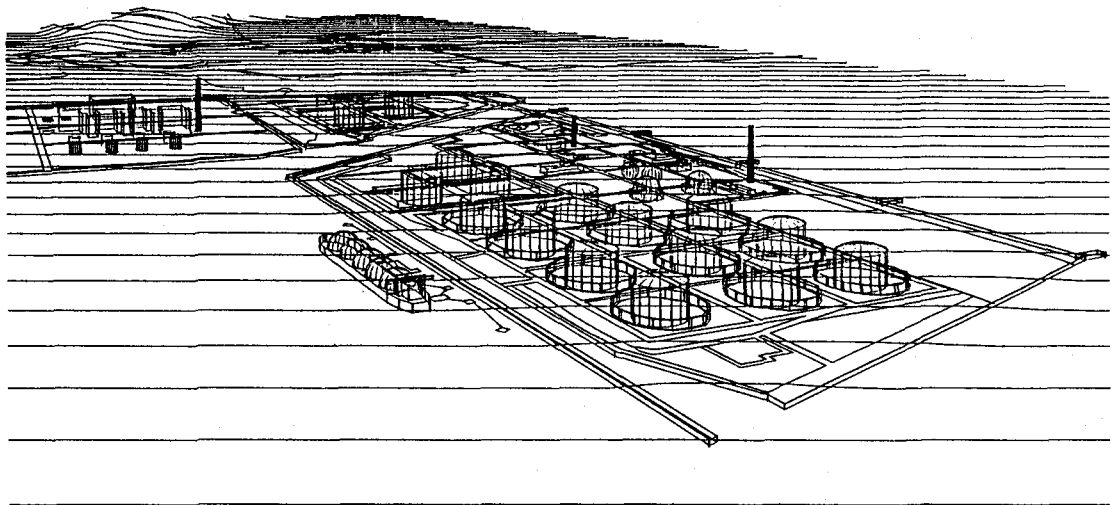


図-9 LNGタンク基地景観図

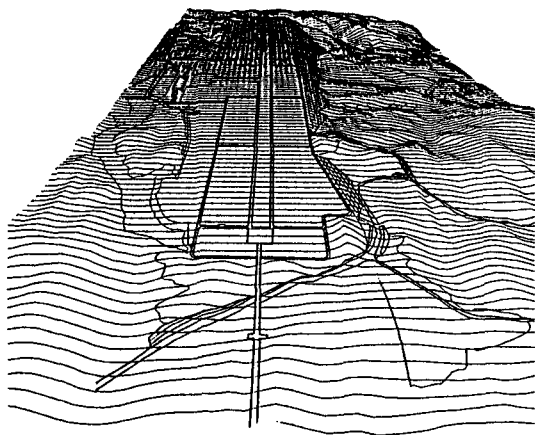


図-10 空港景観図

6. おわりに

土木分野での景観シミュレーションは、社会との関わりが深い景観を表現することが多い。景観図を用いて、土地と構造物、土地と建物といった大きな空間における公共施設と周囲の環境との調和を評価することができる必要がある。

景観シミュレーション技術は、ますます表現内容の高度化や豊さを求める方向と、ある表現レベルで経済的に使用できる手法を整備する方向の2つの方向がある。技術を育てながら実際に使用し、日常的に使用し実績を上げながら高度化していく中で、両方向の連携をとることが大切である。

よりよい社会環境を創造するための一助となれるように、景観シミュレーションの技術開発に邁進しているが、利用者側から表現内容や利用方法について、活発に評価や要求が行なわれることを望む次第である。