

景観計画のためのCGアニメーション作成システムに関する研究

A Study on Animation System Applying Computer Graphics for Landscape Planning

榊原 和彦* 武田 豊** 三宅 良司**

By Kazuhiko SAKAKIBARA, Yutaka TAKEDA and Ryouji MIYAKE

This study aims at developing a animation system applying computer graphics for landscape planning. We consider that "movement" is a essential factor in experience of landscape. Therefore, animation must be adopted for the method of simulation in landscape planning.

In this paper, 3 functions are added to LANSIS (LANDscape Simulation System) in order to expand it to animation system. First is motion design system. In this system, each parameter (view point, gazing point etc.) are decided by giving scenario. Second is the function of making background sliding with eyes. Third is the function to express trees in animation.

1. はじめに

土木計画において、環境計画・景観計画の占める重要性は年々高まっており、景観シミュレーションを行うことがかなり一般的になってきている。建築物や橋などの構造物を建造する際に、パースやフォトモンタージュ等を用いて将来景観を予測することはかなり以前から行われており、最近ではコンピュータ・グラフィックスの利用が多くなっている。また、景観計画の重要性が高まるに従い、景観シミュレーションの質の向上への要望が高くなるとともに、アニメーションが利用されるようになってきた。

景観シミュレーションの提示媒体としては、これまでは静止画を用いた場合が多く、より現実的な状

況を想起出来るように写実的表現の手法が研究されてきた。一方、“動き”を取り入れたより体験的な景観予測への要望は高くなり、コンピュータの性能やCG技術が向上するにともないCGアニメーションが景観シミュレーションにおける提示媒体として利用され始めてきている。

景観は視知覚的な体験であり、また、人間が3次元空間・奥行き・スケール感を把握するのは透視図だけによるのではなく、“動いて見る”“動きを見る”体験が重要であると考えられる。すなわち、環境・景観の体験においては“動き”が重要な要素であり、体験の本質に係わっている部分であると言える。従って景観シミュレーションにおいては、動画・アニメーションが不可欠であり、単に従来の静止画によるシミュレーションの延長ではなくアニメーションを利用することを前提とした景観シミュレーションの手法を確立する必要がある。

*正会員 工博 大阪産業大学教授 工学部環境デザイン学科
(〒574 大東市中垣内3-1-1)

**正会員 工修 大阪産業大学助手 工学部環境デザイン学科

本稿では、景観計画におけるアニメーションの位置付けおよびシステムの課題を考察すると共に、筆者らが従来より開発しているコンピュータ・グラフィックスを用いた景観シミュレーションシステム（LANSIS¹⁾²⁾）における技術的検討を報告する。

2. 景観計画における

CGアニメーション・システム

2-1 景観計画におけるアニメーションの位置付け

現在、CGは様々な分野で利用されるようになってきたが、CGアニメーションに関すると、①プレゼンテーションで利用する、②映画のタイトル等映像技術として利用する、③設計・計画の評価・検討に利用する、④構造解析や流体現象などのシミュレーションで利用する、などで使われているが、①のプレゼンテーションに用いる場合が主流である。

景観計画にアニメーションを用いるのは、構造解析や流体現象のシミュレーションとは目的が大きく異なる。これらのアニメーションが現象の正確な再現、予測、可視化を目的にしているのに対し、景観計画でのアニメーションは空間の（疑似）体験、把握を目的としている。そのため、プレゼンテーションに限らず計画や設計、評価等の局面で使用しなければならないが、それぞれの局面によってその目的も要求されるレベルも異なってくる。

(1) 設計におけるアニメーション 設計の段階においては、設計者が対象とする構造物等のボリューム感やシーケンス景観における圧迫感のチェックを行ったり、あるいはシーケンス景観での動きそのものをデザインする際にアニメーションが有効である。

この段階ではあまり詳細な画像は要求されず、目的ごとに対象を絞ったシミュレーションが効率的である。

(2) 評価のためのアニメーション 評価段階では、様々な主体の評価が行える点においてアニメーションは有効である。すなわち、歩行者・自動車運転者の「見え」の違いや、見渡したときに展開する景観等をシミュレートする事ができ、静止画に比べてはるかに高い体験的なシミュレ

ーションが行える。この段階では評価を行うに十分な写実性は要求されるが、ディテールよりも全体のバランスが重視される。また、視点や注視点の動きなどシミュレーションとしての正確さが要求される。

(3) プレゼンテーションのためのアニメーション アニメーションはその説得性の高さから、単に設計・評価における提示手段としてでなく、プレゼンテーションやデモンストレーションの媒体としても大いに有効である。ここでは描写のレベルに加えて表現性が重要な要素になり、シナリオの設定や映像技法が大きな課題となる。

現段階のアニメーションの利用は、計画内容の表示やデモンストレーション的な使われ方が中心で、設計や評価のためのアニメーション利用の方法論は整備されていない状況であり、今後の体系化が望まれる。

2-2 景観計画における

CGアニメーション・システムの課題

景観計画において使用するアニメーションに必要な表現・描画レベルは、その目的によっても異なり、また詳細なアニメーションはデータ作成労力・計算時間も当然多くなりコスト的な制約もかかるが、景観計画のためのCGアニメーション・システムとして基本的に要求される機能をまとめると表-1の様になるだろう。

(1) 動きの表現・操作性 景観計画で用いるアニメーションの動きとしては、①様々な主体における視点・注視点の動き、②視界の中で移動する物体（自動車・船舶など）の動き、③視線の変化にともなう背景（空、雲）の動きなどが考えられる。景観計画では、現実の複雑な動きを正確に表現することより

表-1 CGアニメーション・システムに要求される機能

動きの表現 操作性	視点・注視点・光源・物体移動等の制御 背景（空、雲）の動き、基本パターンのモデル化 シナリオ作成の簡素化、表現・映像技術
時間の表現	空・雲の変形、夕（朝）焼けの表現 夜景の表現
環境の表現	気象の変化（雨、霧、もや、風、雪）、音響効果
写実性の向上	樹木の表現、人間の表現、動物の表現、 海（水面）の表現

も、簡易的な動きで疑似体験的なシミュレーションを行うことが要求される。また、実際に景観計画へ適用するに当たってはシステムの操作性が大きな課題となり、様々なパラメータ計算の自動化や基本的な動きのモデル化が必要になると考えられる。

(2) 時間の表現 時間の経過にともなう景観の変化をシミュレートすることは、アニメーションの長所でもあり同時に課題でもある。景観計画において要求されるものは、一日における時間変化および季節による変化の表現である。具体的には、日中から夕方・夜へと時間が経過する際の景観の変化、季節が移ろうにつれて変化する景観の表現である。また、時間経過に伴う材質の変化の表現も考えられる。

(3) 環境の表現 季節の表現と同様に気象の表現も課題となる。対象となる空間が常に晴天であるとは限らず、晴天から曇天への変化、雨・雪・霧・もや・虹などの表現も必要である。

(4) 写実性の向上 静止画では、一枚の画像から現実的な状況を想起するに十分なだけの写実性を有することが課題であった。アニメーションにおいても同様であるが、写実的表現の手法は、①視界が動かない場合、②視界が動く場合の2つに大きく分けられる。①では、対象となる空間が動かないため、静止画と同様に考えることができ、従来のLANSISの質感表現（テクスチャ・マッピング、乱数処理）、鏡面反射、樹木マッピング等の手法が利用できる。

しかし、②の様に視点や注視点が動く場合、乱数処理の様な質感表現の手法は、画像の乱れの様に見

える。樹木については、写真データを利用することからカメラの視点に限られ、見おろしができない、不自然な樹木に見えるなどの問題が生じてきた。これらのことから、アニメーションでは様々な視点の動きに対応でき、計算時間のかからない新たな写実的表現の手法が必要となる。

図-1に筆者らが開発しているCGアニメーション・システムの構成を示す。システムは大きく分けて、視点や注視点移動データなどを作成するモーション・デザイン・システムとCG画像を作成しビデオ撮りする部分とに分けられる。以下、モーション・デザイン・システム、背景データの作成、及びLANSIS本体について、アニメーション・システムとしての技術的検討・機能追加について解説する。

3. モーション・デザイン・システム（動きの制御）

3-1 モーション・デザイン・システムの課題

ここで扱う“モーション”には2種類の動きがある。一つは景観を見る主体すなわち視点および注視点の動きであり、もう一つは景観の中の対象物の動きである。このシステムの課題は、歩行者・自動車利用者などの景観計画における評価主体の動きを容易に実現し、シナリオ作成を簡素化するとともに、景観の中で動くべき物体を制御する事である。景観シミュレーションにおいて要求される“動き”について整理すると表-2の様になる。

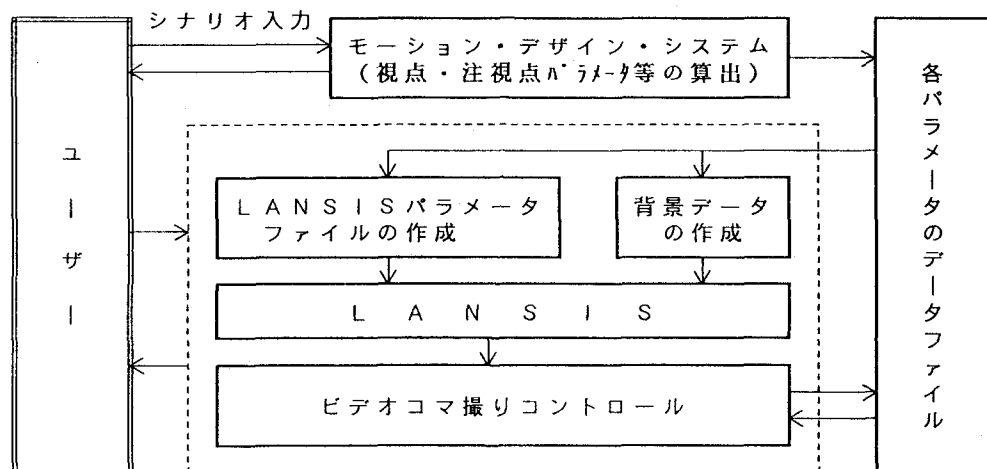


図-1 CGアニメーション・システムの構成

表-2 景観シミュレーションにおける“動き”

視点移動	歩行者、自動車利用者 飛行機（ヘリコプター）からの視点 船舶からの視点
注視点移動	視点と共に移動、一点を注視 移動物体を注視、 周囲を見渡す
物体移動	自動車、船舶、飛行機 橋（跳ね橋、回転橋） 太陽（光源）

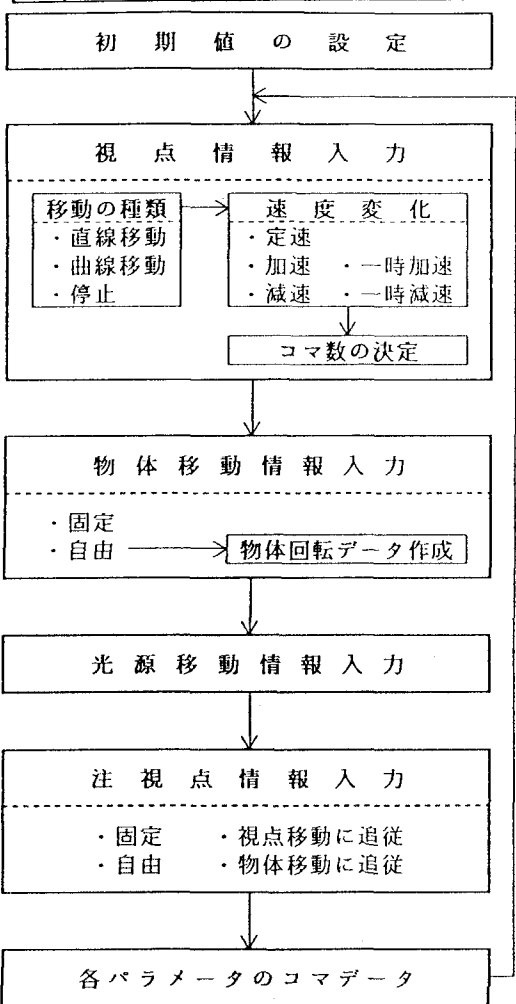


図-2 モーション・デザイン・システムのフロー

3-2 モーション・デザイン・システムの機能

このシステムでは、想定したシナリオを対話形式で入力することにより、視点・注視点・光源・物体移動などのパラメータ・データを作成する。図-2にモーション・デザインのフローを示す。最初に初期値を設定し、以下各パラメータ・データを設定していく。

(1) 視点データ作成 視点データは移動の種類および移動速度を入力することにより作成される。移動には直線移動・曲線移動・停止の3種類から選択し、曲線移動は3次スプライン関数による方法で代表点を入力することにより作成される。移動距離と速度が入力された段階で全体のコマ数が確定する。

(2) 物体移動データ作成

ここで対象とする移動物体は自動車や船舶などの交通主体である。従って移動座標と同時に、常に進行方向を向くように回転させる必要があり、図-3に示すように各コマの移動ベクトルの変化成分をx, y, z軸方向の回転角として与えている。

(3) 光源データの作成

光源の移動は、太陽光の変化や自動車などのヘッドライトの動きに対応する。図-3 物体の移動にともなう回転るもので、停止、自由移動および物体移動に追従の3つから選択する。

(4) 注視点データの作成 最後に注視点の設定を行う。注視点は、固定・自由移動・視点に追従・物体移動に追従の中から選択する。注視点の設定が終了した段階で1ステップの入力が終了しコマデータが計算される。継続する場合は、最終コマのデータが次の初期値となり同様の作業を繰り返す。

3-3 モーション・デザイン・システムの

今後の課題

モーション・デザインの課題はシナリオ作成のシステム化であり操作性の向上である。現在のシステムでは景観計画に使用するアニメーションとしての

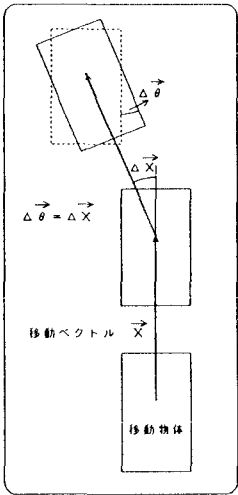


図-3 物体の移動にともなう回転

基本的な動きの表現は可能であるが、改善する課題は多く、特に

a)各パラメータは個々独立して設定・入力しなければならない。

b)視点データ作成の操作回数だけ、全体の入力作業を繰り返さねばならず効率的でない。

などのように、操作性の課題が大きい。また、物体移動の制御において移動速度によって設定する事が出来ず、視点移動の設定によるコマ数により物体の移動速度が決定してしまうため、視点移動の変化によって入力作業が分断されると物体移動がスムーズに行かなくなる等の機能上の問題もある。これに対し、必要である動きは歩行者・自動車などの限られたものであり、代表的な動きでシミュレート可能である。従って、これら基本的な動きのパターンをモデル化することにより解決を図る必要がある。

4. 背景データ（空）の作成

LANSISにおいて空は背景としてモンタージュにより表現される。従って、『空』作成の課題は、視線の動き・時間の経過にともない変化する背景のデータを作成する事に帰着する。

『空』データを作成する方法は基本的に2つに分類される。1つは、背景の空・雲を計算によって作成するものであり、もう1つは既存の写真などのデータより背景データを作成する方法である。計算により作成する方法は適当な物理モデルを仮定して空の色や雲の形を定義し、パラメータを変化させることにより視線の変化や時間の経過に対応させるものである。表現のレベルは設定するモデルの精度によって異なるが、汎用性が高く様々な目的のシミュレーションに適用が可能である。しかし、一般的にリアルな雲の表現は難しく、計算時間がかかなり大きくアニメーション・システムへの導入には課題が多いと思われる。一方、写真データより『空』を作成する方法は、得られる背景が写真によって規定され、また、雲自体の変形の表現が難しいなどの欠点があるものの、処理時間が比較的短くてすむ利点がある。アニメーション・システムにおいては1秒間につき30枚の画像を作成しなければならないが、処理時間の短縮は大きな課題であり、LANSISでは

後者の方法を採用している。

(1)全天に対応するデータの作成 「空」データは図-4に示すような半球状の全天に対応するデータでなければならない。普通の広角レンズによる写真では継ぎ目が不自然になったり、背景部分の抽出の際の規則性が確保できない等の問題があるため、全天を網羅した魚眼レンズによる写真を用いる必要がある。(図-5)

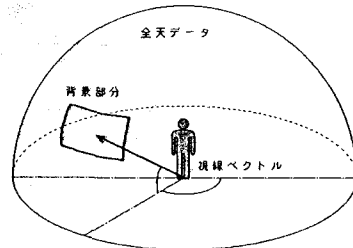


図-4 半球状の全天データ

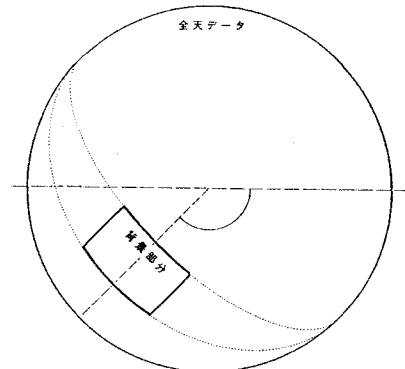
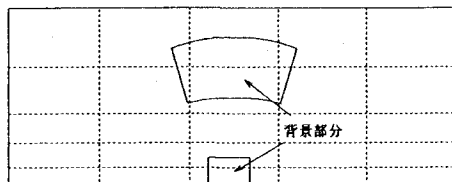


図-5 魚眼レンズによるデータ

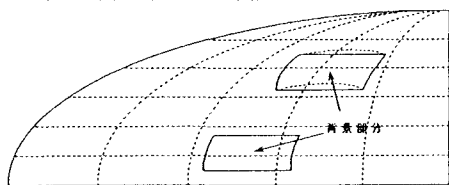
背景部分の抽出は魚眼レンズによる写真データから直接抽出する方法と、あらかじめ抽出しやすいように展開(変換)したデータを作成する方法とが考えられ、後者の方法により時間短縮が可能である。ここではデータ展開の方法・基準として、図-6(a)に示すように半球を円筒に投影する方法(メルカトル図法に等しい)と、図-6(b)に示す緯線の長さを保持した展開を取り上げる。

円筒投影による方法では仰角が小さい場合には背景部分がほぼ変換なしに抽出でき処理が非常に簡単であるが、仰角が大きくなるに従い画像が引き延ばされているために抽出は複雑になる。一方、後者の方法は仰角が大きくても背景の面積が保持されてい

るため、経線方向の歪み（図の背景部分の破線部分）が無視できる領域では処理は比較的簡単である。仰角が大きい場合を含めて厳密に抽出する場合には魚眼レンズからのデータから直接抽出する必要がある。



(a)円筒投影による展開



(b)緯線の長さを保持した展開

図-6 展開した「空」データ

(2)時間変化の表現 時間経過にともなう空の色の变化の表現方法としては 1)空データを空部分・雲部分に判別して色を操作する 2)実際の写真データ（夕焼けなどの時間経過を撮ったもの）の合成により色を変化させる などが考えられる。

5. 透明物体を用いた樹木等の作成

5-1 樹木マッピングの方法と問題点

樹木等の自然物の表現方法は、①3次元物体としてモデリングする手法や、②関数を用いて自動生成する手法、③写真から切りとった（マスキング）データを利用する手法などが行われている。①、②の手法は、幹・枝・葉を物体データとして入力しなければならない。少ない物体数で樹木を想起させるのは困難であるため多くの物体で表現することとなる。樹木等は、単独で生えている場合もあるが、密植している場合や並木状に何十本かまとまって植えられているため、モデリングを行うと物体データ数は膨大なものとなる。そこで、従来のLANSISでは、写実性に優れることも考慮して③の方法で行っており、その手順は次のようになる。

1)写真から入力した二次元画像データから樹木の部分をマスキングして画像データとして保存しておく。

2)三次元空間の中で樹木を植え込む座標・樹木の高さ等をパラメータとして入力する。

3)与えられたデータから1)の画像データを拡大もしくは縮小してマッピング前処理データを作成する。

4)マッピング前処理データを背景画像データの指定の位置に写しこむ。

この方法では、単純に拡大・縮小して写しこむため見降ろしや見上げる場合でも常に同じ向きになる、隠面処理が出来ない、建物に対してあおりが合わないなどの問題点がある。これらを解決するために透明物体を定義して隠面処理を行いマッピングする事とした（図-7）。

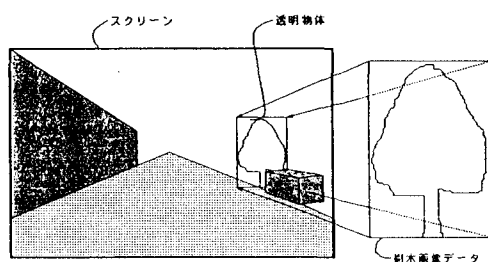


図-7 透明物体へのマッピング

5-2 透明物体を用いた樹木マッピングの

基本的考え方

透明物体を利用した樹木マッピングのプロセスを図-8に示す。

(1) 物体データの入力 一般には、透明物体もその他の物体データと同様にプリミティブ（基本となる凸多面体）で入力する。樹木の場合は、透明平面で作成して面にマッピングする。

(2) 三次元レンダリング前処理 三次元物体として入力した透明物体データは、物体相互の前後判定を行い、透視変換プロセスを経て隠面処理されスキャン画像データ（スキャンライン毎の物体の位置データ）を作成する。この時、透明物体の色は背景（透明物体の背後）の色となるが、面に付けた模様はそのまま模様の色として表示される。

(3) 樹木パラメータ入力 写真から切りとった樹木画像データ名やマッピングする面情報、樹木の高さ等をパラメータとして入力する。

(4) 樹木マッピング前処理 この処理によって入力した樹木画像データを拡大・縮小を行いマッピング

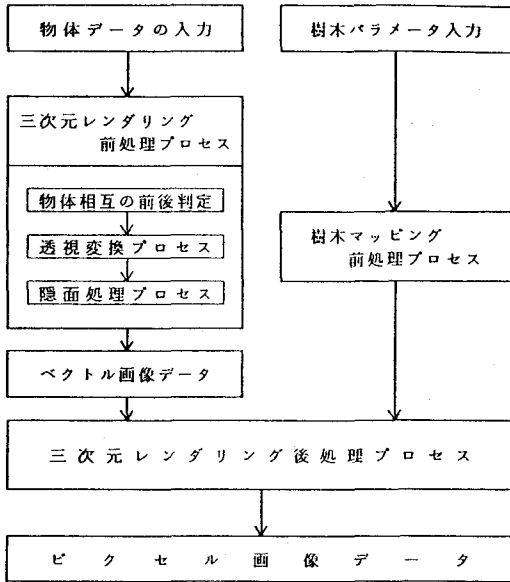


図-8 透明物体を用いた
樹木マッピングのプロセス

データを作成する。

(5) 三次元レンダリング後処理 作成されたスキャン画像データとマッピングデータを基にピクセル画像データを作成する。このとき、樹木の部分がマッピングされ、樹木以外は背景の色となる。

樹木の影については、透明物体の影のエリアがあらかじめレンダリング前処理プロセスで計算してあるため、影のエリア内を簡易レイトレーシングによって計算すれば表現できる。

5-3 透明物体のその他の利用

透明物体については、樹木マッピングに限らず様々な局面で利用できると考えられる。

(1) テクスチャ・マッピングに用いる場合 LANSISのテクスチャ・マッピングは面単位で処理を行っている。しかし、一つの壁面や路面は、数多くの物体で分割作成されていることが多く、それぞれの面を指定しなければならない。そこで、透明平面を利用すると複数の物体で構成されている平面に関して一括にテクスチャ・マッピング処理を行うことができると考えられる。これによって、マッピングの面数制限が節約でき、計算時間も短くなるためアニメーションでの利用も容易になる。また、鏡面反射に関してもマッピングと同様の処理プロセスで行うため、透明物体が利用できる。

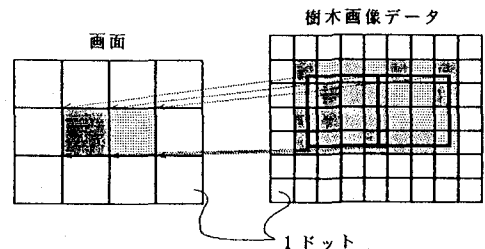
(2) 凹物体に用いる場合 LANSISの三次元物体データの定義は、プリミティブを組み合わせて表現している。凹多面体を表現するには、プリミティブを幾つか組み合わせて作成するため物体数が多く、データが複雑になり計算時間に及ぼす影響も大きい。そこで、透明物体を用いて物体の論理演算（物体の論理和・論理差・論理積）を施すことにより凹物体の表現も容易に行える。物体の論理演算については、参考文献3）に詳しいのでここでは述べない。現在のLANSISは、物体相互の論理和を施すことが出来る。しかしながら、凹物体を表現するには論理差を施すことが必要となってくる。

5-4 透明物体を用いた樹木マッピングのアニメーションへの適用

静止画については、透明物体を用いることで問題点が解決できた。樹木マッピングのアニメーションへの適用について考えると、マッピングでは、樹木画像データの拡大・縮小時の計算時間が長過ぎる、

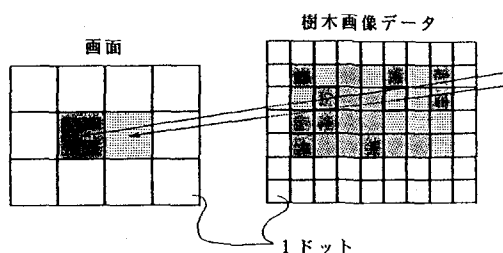
透明平面1枚では、視点によって樹木が歪んで見えるなどの見え方に問題がある、静止画ほどの写実性は必要ないため、写真からマスクしたデータを利用せずにその他のデータを利用する、などの問題がある。

(1) サンプルの考え方 樹木マッピングをアニメーションに用いるとき計算時間がかかるためマッピングの処理速度を高める方法について考えた。従来のマッピングプロセスでは、樹木画像データからマッピングデータを作成するとき図-9 (a)のように樹木画像データの複数のドットの色を混ぜ合わせて（加重平均）新たなドット（画面の1ドット）の色としている。そこで、処理を早めるために加重平均を行わず、図-9 (b)の様に樹木画像データの複



(a) マッピングの場合

図-9 ドットの色計算

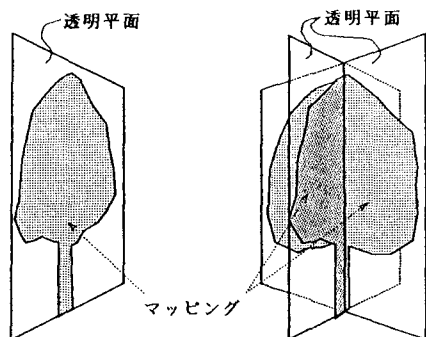


(b) サンプリングの場合

図-9 ドットの色計算

数のドットの中から代表となるドットの色をサンプリングして画面の1ドットの色とする。

(2) モデリングの方法 アニメーションでは、あらゆる視点から見渡すため、ある視点では図-10 (a)のように樹木が細長くなり、また、真横からの視点では物体が見えなくなるなどの問題がある。これを解決するには、現在のところ透明物体の組合わせによって対応しなければならない。図-10 (b)のように2つの平面を格子状に作成すれば真横からの視点でも見えなくなることはない。しかし、上空から見おろす場合では、不十分であるため水平平面をつけ加えるなど、視点毎に対応しなければならない。



(a)透明平面1枚の場合 (b)透明平面2枚の場合

図-10 透明物体の組合わせ

(3) 模様を作成方法 アニメーションの場合は、静止画はどの写実性が必要ないと考えると、必ずしも計算時間のかかる樹木マッピングで行わなくても良いといえる。例えば、乱数を利用して透明物体に模様を与え近似的に表現する方法も考えられる。この時の条件としては、サンプリングと同様に計算時間が速くなければならない。また、マッピングに比べ

ると樹木らしさが損なわれると考えられる。

6. おわりに

本研究では、景観の体験においては“動き”が本質的な要素であるという基本的立場の上で、CGを用いたアニメーション・システムを景観計画に適用しようと試みた。システムは開発途上であり、表現性の向上を目指しながらも使いやすいシステム、操作性の良いシステムづくりを考えなければならない。

景観計画へのアニメーションの適用においては技術的な課題と同様に、運用面においても整理しておくべき課題がある。

1) 他の手法との役割分担 2章でも触れたが、景観計画全体においてアニメーションが受け持つべき役割、他のシミュレーション手法との補完関係を明確にしておく必要がある。

2) プレゼンテーション技法との係わり アニメーションは提供する情報量の多さと同時に、単に描画技術だけでなくプレゼンテーション技法・映像技術によって表現性が増大する。したがって、CGによる詳細な画像を追求するのと同時にシナリオ作成・編集などの技術も向上させなければならない。

3) コスト CGアニメーション作成にかかる費用は、データ作成費（人件費）、計算機使用費、その他実費などがあり、一般的に長時間になるほどデータ作成費が割安になる。現状では、アニメーション作成費の社会的な基準は確定しておらず、実際の計画への導入の障害になっている。早急にコスト的コンセンサスを作成すると同時に、アニメーション導入にともなう大量のデータの有効利用ができるようにデータベースを整備して、コストダウンを図る必要がある。

【参考文献】

- 1) 榎原：「コンピュータ・グラフィックスを用いた景観シミュレーション・システム (LANSIS) の開発」、土木計画学研究・講演集、1988
- 2) 榎原、中田、三宅、西田：「景観シミュレーション・システム (LANSIS) のみちづくりへの適用に関する研究」、土木計画学研究・講演集、1989
- 3) 中前、西田：「3次元コンピュータ・グラフィックス」、昭晃堂、1986