

東京大学大学院新領域創成科学研究科
環境学専攻自然環境コース

平成17年度

修士論文

森林管理履歴情報と天然林生態知見による
森林景観可視化手法の開発

**A development of methodology for forest landscape visualization
based on historical forest management data and biological findings**

2006年3月修了
指導教員 斎藤 馨 助教授

46709 岡本 拓也

目次

第Ⅰ章 研究の背景および目的.....	1
1.1. 研究の背景.....	1
1.1.1. 景観シミュレーション.....	1
1.1.2. 森林景観.....	1
1.1.3. 既往の森林景観可視化手法と本研究の位置づけ.....	2
1.2. 研究の目的.....	3
1.3. 論文の構成.....	3
第Ⅱ章 研究方法.....	4
2.1. 研究のフロー.....	4
2.2. 研究対象地.....	5
第Ⅲ章 手法開発.....	7
3.1. 森林景観履歴復元手法の開発.....	7
3.1.1. 地形データの作成.....	7
3.1.2. 森林簿データの作成.....	9
3.1.3. 樹木ライブラリの作成.....	10
3.1.4. 人工林・二次林の景観画像の作成.....	10
3.2. 天然林景観可視化手法の開発.....	11
3.2.1. 生態学知見による植生の区分.....	11
3.2.2. GIS上での処理.....	12
3.2.2.1. 接峰面の作成.....	12
3.2.2.1. ベクターの作成.....	12
3.2.2.1. AMAPへのデータの受け渡し.....	12
3.2.3. AMAP上での処理.....	13
3.2.3.1. 植栽樹種の選定.....	13
3.2.3.2. 植栽条件.....	13
第Ⅳ章 シミュレーション結果.....	15
4.1. 森林景観履歴の復元の結果.....	15
4.1.1. 景観変遷を知る上での問題点.....	15
4.1.2. 近距離景.....	15
4.1.3. 遠距離景.....	16

第 I 章 研究の背景および目的

1. 1. 研究の背景

1. 1. 1. 景観シミュレーション

景観計画や設計の際、3次元のコンピューターグラフィックス(以下3次元CG)による景観可視化手法は、掲示媒体としてよく利用されている⁹⁾¹⁸⁾²⁰⁾²²⁾²⁴⁾。3次元CGは操作性が高く、写真やビデオと異なり視点を変えた画像の作成が容易なので、代替案の検討に有用である¹⁰⁾。また3次元CGは、計画や設計の結果の予測を行なうことができ、フィードバックのプロセスに適している。これまで、3次元CGの作成には、高価なワークステーションを必要としていたが、近年の半導体技術の向上により、安価なパーソナルコンピュータ上でも高度な3次元CGの作成が行われるようになった。ただし、3次元CGの作成が身近になったとはいえ、その作成過程には経験や技能が必要な部分が多く存在する。よって、3次元CGの作成方法と、その成果である3次元CGの精度について検討することが必要である。

1. 1. 2. 森林景観

森林は、生物多様性の保全、土砂災害の防止、水源のかん養、保健休養の場の提供などの極めて多面的な機能を有しており、人間の実生活と深く関わっている。しかし、その関わり故に、森林とそれを取り巻く環境はつねに変化する。それが望ましい方向であればいいが、手入れの放棄による樹木や下草の繁茂や意図に反した植生遷移、森林伐採による林地の裸地化にともなう森林景観、特に眺望景観へのダメージなど望ましくない変化も多い¹³⁾¹⁵⁾。森林景観は対象が自然物であり、景観形成に長い時間がかかり、経年変化によって成長・変遷をするといった特性を持つため、一度破壊した森林景観を回復させることは困難である。

近年、各自治体において、森林景観をよりよいものにするため、景観ベースの森林施策が多く行われている¹⁵⁾。例えば、過去に植栽され、四季を感じ取りにくい人工林について、その一部を伐採したり、以前の植生を復元することで、広葉樹と針葉樹と一緒に生育する「混交林」へ誘導する施策²⁷⁾や、社寺周辺の美しい森林景観を守るために松枯れなどの枯損木や不良木を整理する施策²⁸⁾などが一部の自治体で行われている。この結果、景観が変わるとともに、生物の多様性や、森林の病気に対する健全性の向上が期待できる。

この為、森林景観を予測するシステムが必要不可欠とされる。

1. 1. 3. 既往の森林景観可視化手法と本研究の位置づけ

森林景観を予測する既往の手法として、標高データ(Digital Elevation Model)の上に、航空写真をテクスチャマッピングする方法がある。これは、航空写真を植生データとして、DEMを地形データとして景観のシミュレーションを行った例である。この方法は非常に簡便であるが、近距離・中距離での再現性が低く、また航空写真がなければ景観シミュレーションを行なうことができないという欠点を持つ。また可視化にあたり航空写真の撮影された時期のみしか再現することができず、四季折々の森林景観の可視化をすることができない。

また、造園関係の景観シミュレーション既往研究の中で数多く行われている方法として、樹木位置図や毎木調査記録などに記載された植生データを、フランスの熱帯農業開発センター(CIRAD)が開発した植物形状モデリングシステムであるAMAP(Atelier de Modelisation pour l'Architecture des Plants)を用いて再現する手法がある⁸⁾⁹⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾。AMAPは数百種の実際の植物についてその成長をモデル化し、高品質の三次元形状を生成することができる。その植物モデル形状は、他の植物モデリングソフトウェアの多くが数学モデルであるのに対し、生物学的モデルを用いて植物の形状を精密に再現されており、また四季を表現できる等、高品質である¹⁶⁾¹⁷⁾。またAMAPは景観CG作成機能も備えており、リアリスティックな景観の予測が可能となる。

これらのAMAPを用いて行われた既往研究の多くは、庭園景観をシミュレーション対象としたものが多く、逆に自然に見られる森林景観のシミュレーションにAMAPを用いたものは少ない。AMAPを用いて森林景観の3次元シミュレーションを行った既往手法として、斎藤ら(1993)⁸⁾が用いた方法がある。これは継続的に得られる森林情報である林相図や森林簿を基に景観画像を作成したものであり、リアルな景観画像の作成が可能となる。古くから記録が行われ、樹種・林齢・植栽密度といった基礎データの蓄積である森林簿²⁶⁾を3次元CG化することができた場合、その土地で行われた森林景観の変遷を知ることができる。また現在、GIS技術の発達・普及により、森林簿をGISデータ化するケースは公共事業や企業単位で行われており、これを簡便に可視化することができれば、森林景観に配慮したゾーニングなどの施業の検討が容易にできることになる。

しかし、樹齢や植栽本数や混交歩合などが森林簿から分かり比較的容易にリアルなシミュレーションが行なえる人工林に対し、木材利用価値の低い天然林・二次林は可視化に応用可能な情報が極端に少なく、その3次元CG化の課題となっている⁸⁾。その背景として、森林簿上で「その他雑木」として記載されている天然林・二次林のデータを基にして林冠構成樹を植栽する方法で可視化を行った場合、天然林独特の多様性に富んだ林を再現することができず、斉一的な林冠となってしまう¹⁾。天然林の多様性に富んだ林冠を再現するには、庭園の可視化において多く行なわれている毎木調査を基に再現する手法¹⁸⁾²²⁾が最善で

あるが、天然林においては、一定の方形枠内の毎木調査データは存在しているが、対象森林全域に及ぶ調査事例はない。このため、森林簿を基に天然林景観の可視化を行う際には足りない森林情報を補完する必要性が生じる。

1.2. 研究の目的

こうした背景を踏まえ、本研究では、景観シミュレーションの新しい手法として、森林簿GISデータと植物モデルをもとに、森林施業前後の景観をリアルに予測でき、かつ普及の期待できる森林景観3次元可視化手法を開発することを目的とし、

- ① 森林簿と林相図から森林景観履歴を復元する手法の開発
- ② 不足した森林情報を植物生態学的知見によって補い、樹種の空間分布と地形依存性を考慮した天然林可視化手法の開発

の2点を行い、その手法によって作成された画像の考察を行った。

1.3. 論文の構成

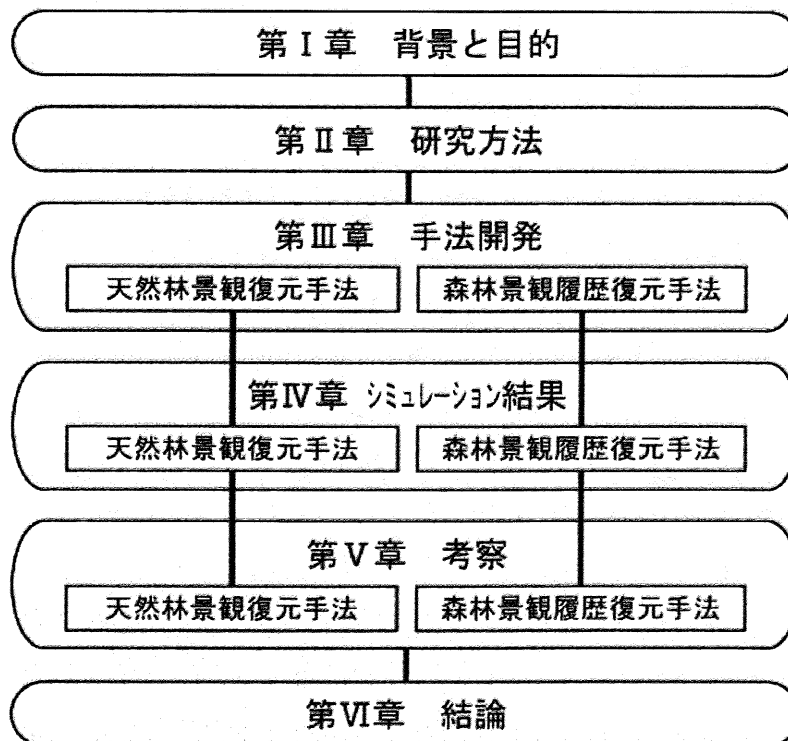
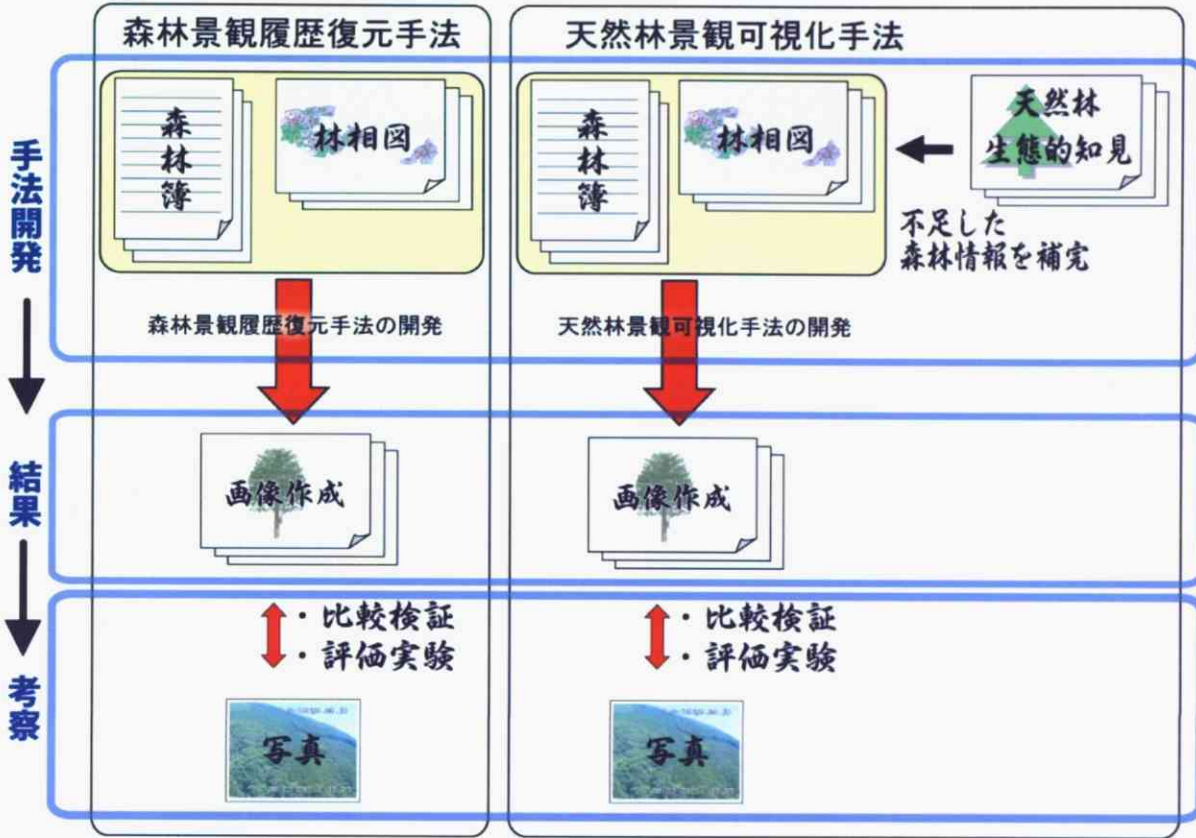


図-1.3.1 論文の構成

第Ⅱ章 研究方法

2.1. 研究のフロー

図-2.1.1に本研究のフローを記す。



3次元森林景観可視化手法として、「森林景観履歴復元手法」と「天然林景観可視化手法」を開発する。前者は、GISと植物モデルの可視化技術を応用して森林簿と林相図から3次元画像を作成する手法である。また後者は、天然林の可視化技術において不足する森林情報を、植物生態学的知見を用いて補完する手法である。

まず、森林景観復元手法は、林小班図と森林簿を編集し、森林GISデータを作成した。さらに森林GISデータと植物モデルAMAPを用いて、リアルな3次元CGによる森林景観画像を作成し、結果として過去の森林経過の復元を行った。そして、結果の画像を、実際の写真と比較検討することによって、可視化手法の考察を行った。

次に、天然林景観可視化手法は、森林簿上では「その他雑木」とかかれ、森林情報の量が極端に少ない天然林の可視化手法を、天然林生態知見を用いて森林情報を補完することで作成した。作成した景観画像は同様に、実際の写真と比較検討・評価することで、可視化手法の考察をおこなった。

以上のフローによって森林景観可視化手法を開発し、その画像を評価・検証した。

2.2. 研究対象地

3次元景観シミュレーションは東京大学秩父演習林を対象に行った。1916年に創設された同演習林は、埼玉県西部の端に位置し、標高530mから1,980m、およそ1,450mという幅広い標高差をカバーするため、主に山地帯（冷温帯）と亜高山帯（亜寒帯）の二つの森林が含まれる。同演習林の森林簿は1941年から2001年まで10年ごとにあり、演習林内で天然林から人工林・二次林への移行が多く行われていることから、森林の景観の変遷を知るには最適と考えた。

また、同演習林では、サイバーフォレストプロジェクトによるロボットカメラが設置、運用されている。矢竹沢に設置された景観ロボットカメラ（北緯 $35^{\circ}56'29.03''$ 、東経 $138^{\circ}49'10.3''$ 、高度1080m）は、急斜面な地形に伐採後自然に成林した落葉広葉樹を主体とする二次林と、スギ・ヒノキを主体とする人工林に分布している森林景観を遠景・中景・近景で撮影している。景観の蓄積は10年分にわたり、ロボットカメラの映像と比較検証することによって、森林景観の可視化手法の妥当性を照合することが出来ると考えた。

さらに、同演習林の大面積長期生態系プロット内には観測鉄塔（北緯 $35^{\circ}56'06.2''$ 、東経 $138^{\circ}48'22.5''$ 、高度1268m）が設置されており、鉄塔上から天然林の眺望景観を望むことができるため、天然林の可視化手法の検証としても、十分な立地を持つ。

以上の観点から、秩父演習林を調査地として選定した。矢竹沢における眺望景観を図-2.2.1に、観測鉄塔からの眺望景観を図-2.2.1にそれぞれ示し、演習林の位置と矢竹カメラの位置、大面積長期生態系プロット内の観測鉄塔の位置を図2.2.3に示す。



図-2.2.1. 矢竹沢から眺望できる森林景観



図-2.2.1. 観測鉄塔から眺望できる森林景観

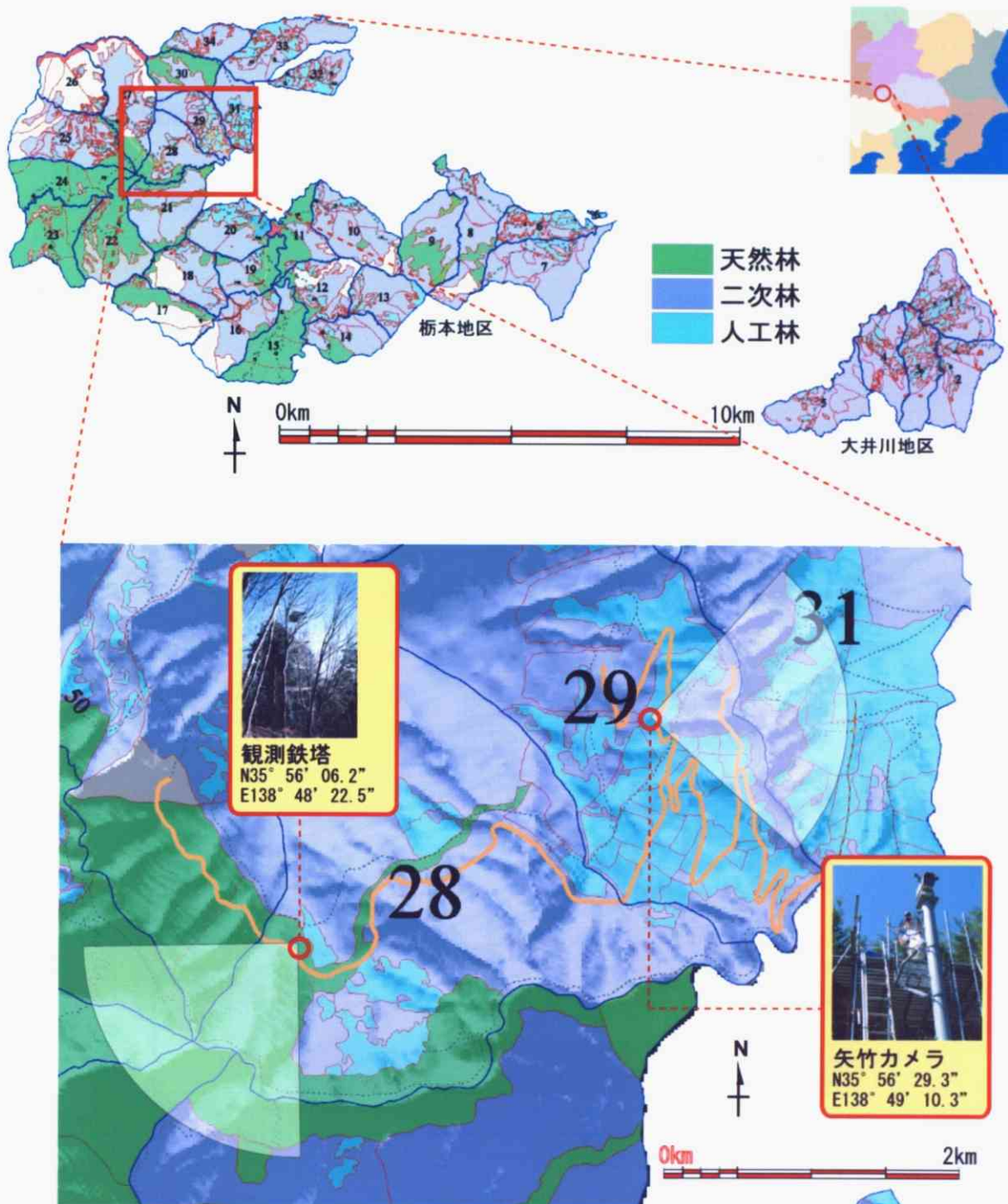


図 2.2.3. 秩父演習林の位置と、矢竹カメラ・観測鉄塔の位置と眺望景観の視野

第Ⅲ章 手法開発

3.1. 森林景観履歴復元手法の開発

3.1.1. 地形データの作成

地形データの作成に際し、標高データは(株)北海道地図の販売している 10m×10m Digital Elevation Model (DEM) を用いて編集した。以下の図-3.1.1 に作成のフローを記す。

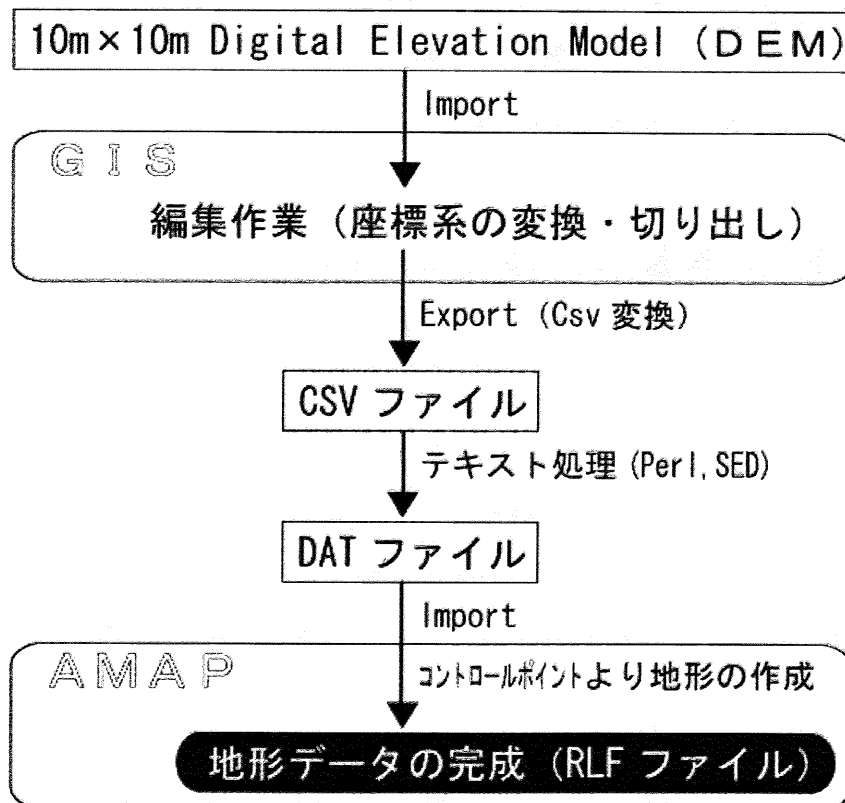


図-3.1.1 地形データ作成のフロー

初めに GIS 上での作業として、DEM データをラスターデータとして GIS にインポートした。GIS 上での作業はすべて MicroImages 社の TNTmips を用いた。インポートした DEM データはメートルで座標指定をしており、景観可視化に優れた投影法である平面直角座標系第九系に変換した。また、可視化に必要なのない地形をのぞくため、ラスターデータの切り出しを行った。

ラスターデータを編集後、DEM のラスターデータを GIS に付属するコンバータを用いて、XYZ 座標を記した CSV 形式に出力した。CSV 出力したファイルは、カンマで区切られ XYZ 座標以外の情報も含まれる。AMAP の地形データのフォーマットである DAT 形式に変換するには、これらを編集する必要がある。CSV 形式の地形データは秩父山地を広域に含んでいるた

め、座標数は 600 万座標を超える。このため、編集にはテキスト処理に優れたプログラミング言語である、perl と SED を用いた。それぞれ用いたスクリプトを以下の図-3.1.2 に示す。

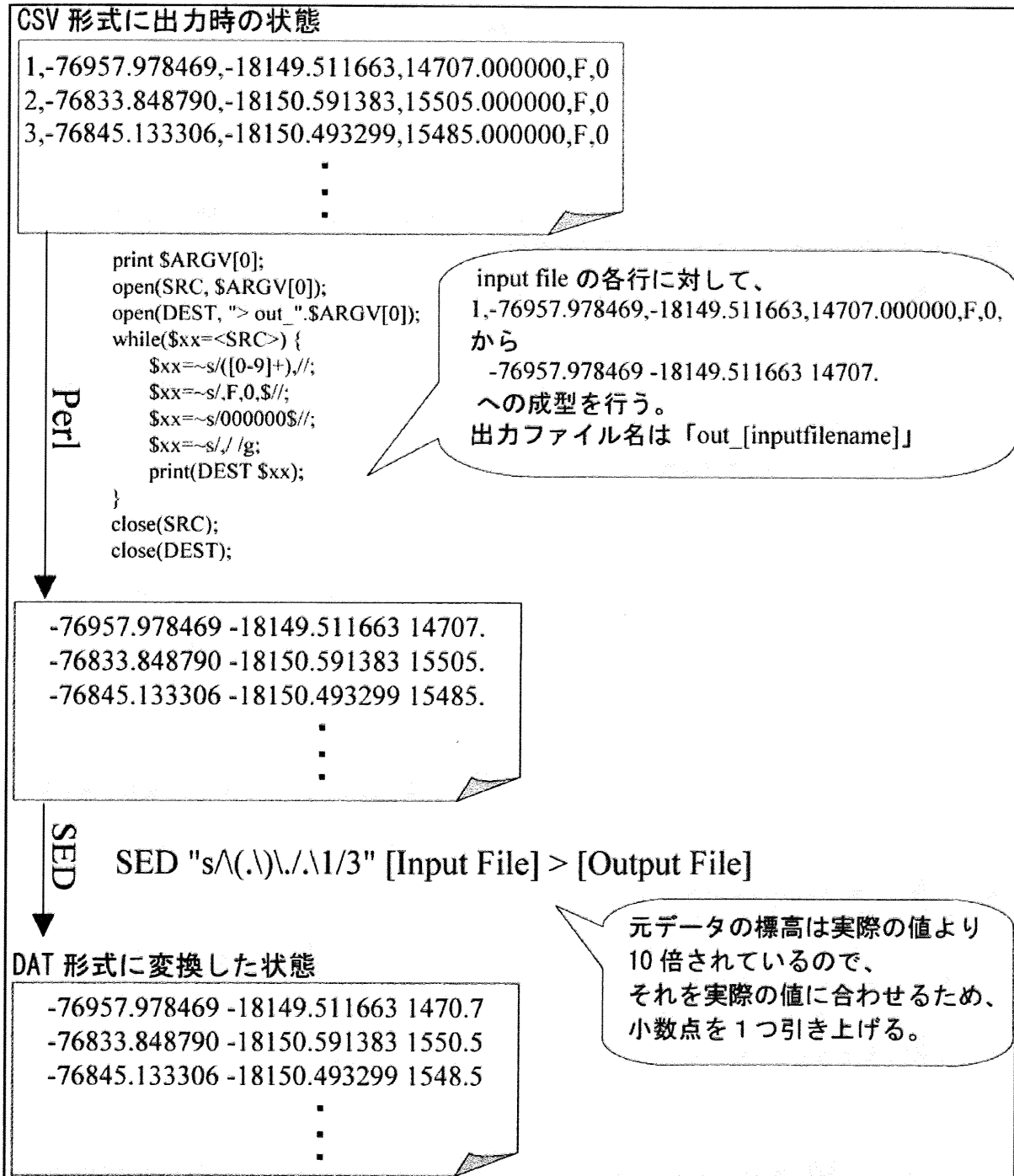


図-3.1.2 テキスト処理に用いたスクリプト

このようにして、DAT形式に変換した座標ファイルを、AMAP上のTERRAINという地形編集用のソフトウェアに読み込み、座標を基に地形データを作成した。

3.1.2. 森林簿データの作成

図-3.2.1 に秩父演習林の森林簿を GIS データにするまでのプロセスを示す。1941 年から 1981 年までの GIS データは、林小班図から林小班界を読み取り、デジタル化した。具体的には、林小班図の林小班界をトレースし、それをスキャンし、ラスターデータとして GIS に入力した。その後、林相図を作成するために、ラスターデータをベクタライズし、それぞれの小班ポリゴンに林相種別データをリンクして GIS データを作成したものである。このプロセスで 1941 年から 1981 年の間、合計 4 枚の林相図が作成された。1951 年の林小班図は欠落しているため GIS データ化はなされていない。また 1991 年のデジタルマップは 1985 年に撮影されたオルソフォトより林相判読をすることによって、作成されたものである。これを 2001 年林相図の基本マップとして使用した。これらのベクターマップを、オルソフォトと参考資料を使用しながら、直角直交座標系第九系にジオリファレンス処理した。これらの処理は GIS ソフトウェア TNTmips を用いて行った。

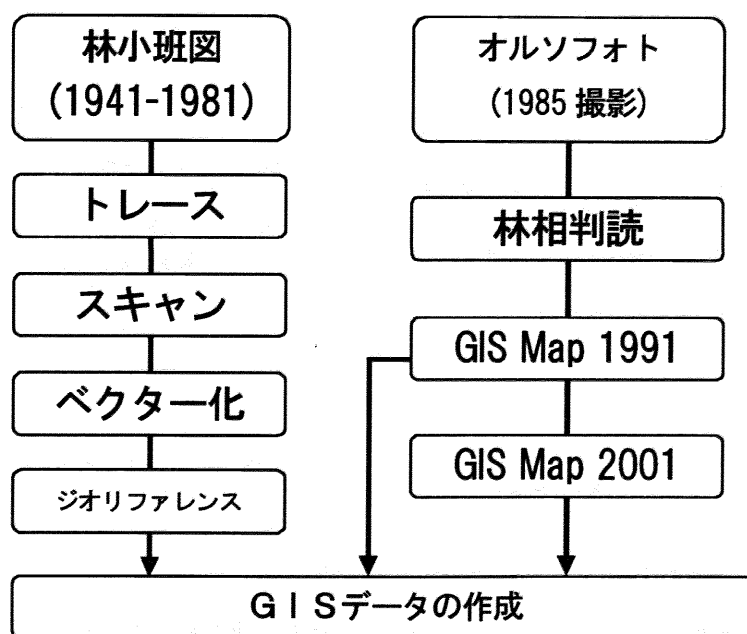


図 3.2.1 森林簿データの整備

GIS データを、AMAP で使用できるファイルにコンバートするに当たって、林小班のベクターデータを平面直角座標系の XYZ 座標に修正し、CSV 形式のテキストファイルにコンバートした。その林小班の座標を記した CSV 形式のファイルを、AMAP において小班単位などのグループで植栽する際に用いるアウトライン形式 (OTL 形式) に変換した。変換にはエクセル処理の場合もあったが、複雑な処理を必要とする場合には、テキスト処理に優れたプログラミング言語である perl を用いた。

3.1.3. 樹木ライブラリの作成

多様な樹種、樹齢から成る景観を可視化するため、様々な樹種の各成長段階での植物形状データベースを用意する必要がある。そこで、樹木の各成長段階での樹木ライブラリを作成・整備した。さらに、AMAPでは各樹木の四季の変化が表現できるので、各樹木の四季のデータベースも同様に作成した。

また、AMAP内にモデルが無い樹種に関しては、似た樹形の樹種²⁵⁾を用いた。表-3.3.1に、実際の樹種とAMAP上での代替用樹種の一覧を示す。

表-3.3.1 実際の樹種とAMAP上での代替用樹種

種	Species	有無	AMAP 代替使用樹種
アセビ	<i>Pieris japonica</i>	○	
ウダイカンバ	<i>Betula maximowicziana</i>	×	<i>Betula alleghaniensis</i>
イヌブナ	<i>Fagus japonica</i>	×	<i>Fagus sylvatica-a</i>
コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>	×	<i>Acer palmatum</i>
サワシバ	<i>Carpinus cordata</i>	×	<i>Fagus sylvatica-a</i>
サワラ	<i>Chamaecyparis pisifera</i>	○	
シオジ	<i>F. spaethiana Lingelsh</i>	×	<i>Olea europea</i>
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	○	
ツガ	<i>Tsuga sieboldii</i>	×	<i>Tsuga canadensis</i>
ヒナウチワカエデ	<i>Acer tenuifolium</i>	×	<i>Acer palmatum</i>
ヒノキ	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	○	
ブナ	<i>Fagus crenata</i>	×	<i>Fagus sylvatica-a</i>
ミズメ	<i>Betula grossa</i>	×	<i>Betula alleghaniensis</i>
メグスリノキ	<i>Acer nikoense</i>	×	<i>Acer rubrum</i>
リョウブ	<i>Clethra barvinervis</i>	○	

3.1.4. 人工林・二次林の景観画像の作成

人工林の景観画像の作成手法は森林簿に記載されている、「樹種」・「樹齢」・「密度」の3点を用いて可視化を行った。

一方、二次林に関しては森林簿において「その他の雑木」として記載されているため、樹齢などのデータが欠落しており、このままでは景観シミュレーションとして利用できない。そこで、演習林内で行われている毎木調査結果などの植生データを基に、林冠を形成

する卓越した樹種を区別した。そして、林冠を構成する種として、ダケカンバとイヌブナを植栽し、亜高木層にカエデ類とイヌブナを植栽した。

3.2. 天然林景観可視化手法の開発

3.2.1. 生態学的知見による植生の区分

秩父山地には変化に富んだ地形と幅広い標高に対応した種々の森林が分布している²¹⁾。山地帯における地形条件と植生に関する既往研究¹²⁾は、遷急線に着目し、その周囲の遷移後期の樹種を主体として発達した植生と、遷急線の内側あるいは下側に成立した遷移初期の樹種を主体とした植生との違いを明らかにしたものであった。

しかし、秩父山地の山地帯天然林で見られるような遷移後期の樹種を主体とする森林では、遷急線に因らない、尾根から谷部に向かう連続した植生変化と、地形条件あるいは地形傾度との関連性がみられる²⁵⁾。

今回のような広範囲に及ぶ地形と植生の変化を明らかにするためには大面積調査区における研究が有効であるため、ここでは山地帯天然林に配置した計 6.875ha に及ぶ毎木調査を行なった大面積プロットより植生型を決定した澤田ら¹¹⁾に習い、天然林の植生の区分を4つに分けた。4つに分けた植生の名称はそれぞれ、尾根部に位置し、ツガが優占する Type I、山腹部上部に位置し、イヌブナ、ツガ、ブナが優占する Type II、山腹部下部に位置し、イヌブナ、ブナが優占する Type III、谷部に位置する、イヌブナが優占し、サワシバ、ブナ、メグスリノキ、シオジなどが混交する落葉広葉樹混交型の Type IVとした。

図-3.5.1.1 に天然林景観可視化手法のフローを記す。

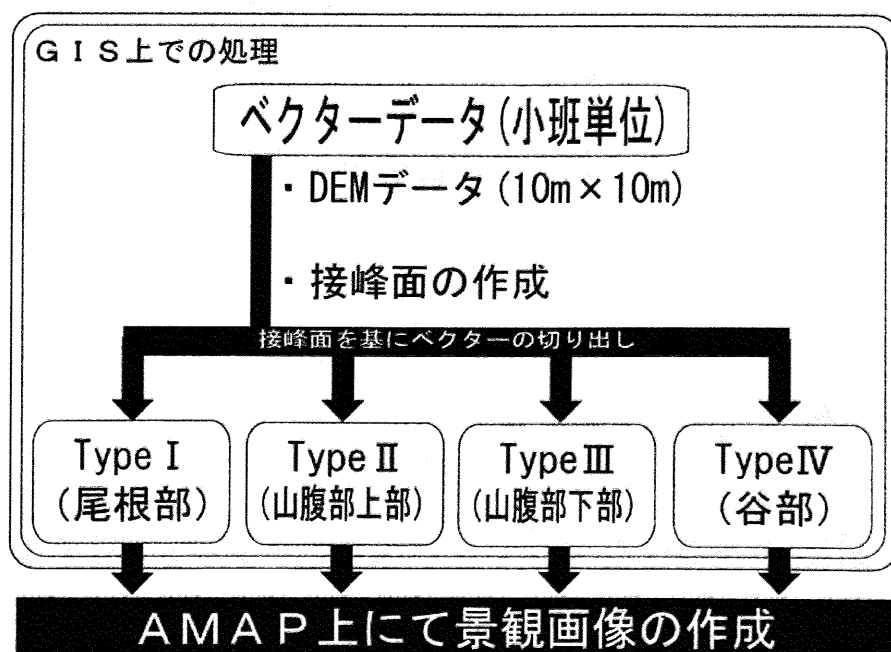


図-3.5.1.1 天然林景観画像の作成プロセス

3.2.2. GIS上での処理

基本とするベクターマップは2001年の林相図データを使用した。このデータは、1985年に撮影されたオルソフォトより林相判読を行って作成された1991年のデータを基に作られたものである。また、標高データは(株)北海道地図の販売している10m×10m Digital Elevation Model (DEM) を用いて編集した。また作業はすべてMicroImages社のTNTmipsを用いた。

3.2.2.1. 接峰面の作成

対象地の山地は、単純に尾根や谷があるだけでなく、細かい起伏に富んでいる。このGIS上の地形の解析を容易にするため、接峰面を作成し¹⁴⁾、微地形を消去した後にベクターの作成を行った。接峰面の作成方法は方眼法を用いて、窓領域を5×5、繰り返し試行回数を20に設定した。このように作成した接峰面の画像を図-3.5.2.1.1に記す。

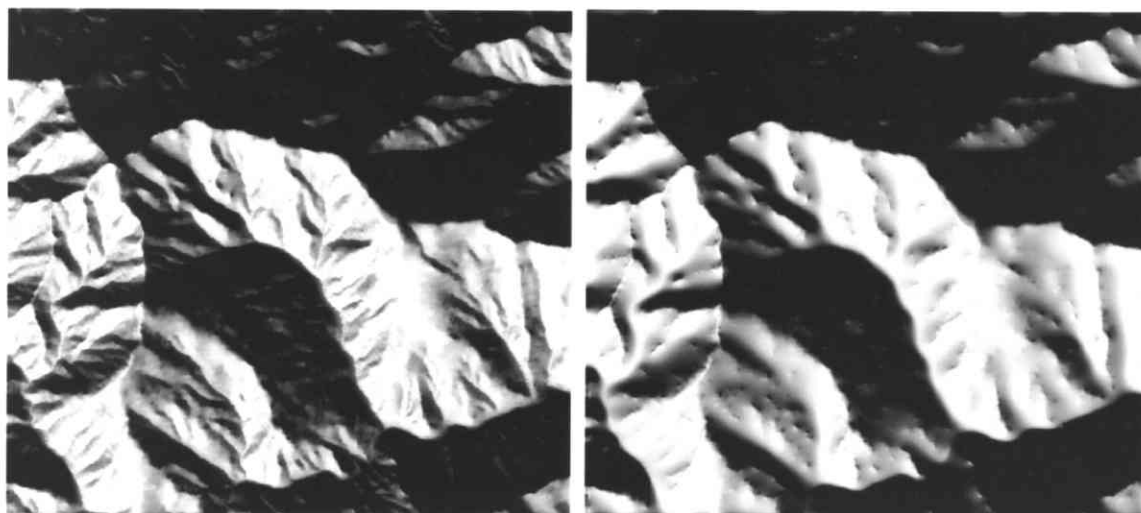


図-3.5.2.1.1 接峰面作成前のDEM画像(左)と接峰面のDEM画像(右)

3.2.2.2. ベクターの作成

作り出した接峰面を基に、先に述べた尾根部から谷部にかけて斜面を植生 Type I～IVの4つの区分に分割しベクターを作成した。今回は、尾根部と谷部にラインを引いたのち、斜面を四等分することでベクターを作成した。この作業は手作業で行ったが、将来的にはTNTmipsに付属するスクリプト、SMLを作成して自動で作成させることも可能である。

3.2.2.3. AMAPへのデータの受け渡し

こうして作成した接峰面のデータを、AMAPで使用できるファイルにコンバートするに

当たって、各タイプのベクターデータを平面直角座標系第九系のXY座標に修正した後に各座標をCSV形式のテキストファイルにコンバートした。その各座標を記したCSV形式のテキストファイルを、AMAPにおいて小班などグループ単位で植栽する際に用いるアウトライン形式(OTL形式)にテキスト処理を行って変換した。変換にはプログラミング言語のperlを用いた。

3.2.3. AMAP上での処理

3.2.3.1. 植栽樹種の選定

AMAP上で植栽を行なうにあたり、はじめに植栽樹種の選定を行った。選定にあたり、秩父山地山地帯天然林に関する大面積調査区をまとめた梶ら³⁾⁴⁾を参考とし、樹高階分布と出現頻度に注目した。今回のような眺望景観のシミュレーションの場合、上層部のテクスチャを形作る林冠構成樹が要素として大きく、逆に樹高の低い樹は要素としてあまり大切ではないと考え、15m以下のクサギやツツジなどの樹木は排除した。また調査区内に出現はするものの本数が極端に少ないハリギリやイワガラミなどの樹木も同様に排除した。このように重要度の低い樹木を排除した結果、秩父山地帯天然林の林冠を構成する主要な樹木として、アセビ、イヌブナ、サワシバ、シオジ、ツガ、ブナ、ミズメ、メグスリノキ、リョウブの9種を選出した。

3.2.3.2. 植栽条件

植栽は本数の割合と樹高階分布をもとに行った。はじめに澤田ら¹⁰⁾に記録された各タイプにおける主要樹種の本数の合計を基に、各主要樹種の本数割合を算出した。例えば、Type IIであったら、ツガの本数割合は11%、ブナの本数割合は14%、イヌブナの本数割合は75%、となる。

そして、各樹木の割合を出した後に、梶ら⁴⁾によって示された、それぞれの樹木における樹高階分布を基にして、それぞれの樹種の植栽割合を算出した。表-2.7.3.2.1に各植生型における主要樹種の植栽比率を示す。

このようにして、4つに分けたタイプのそれぞれに対して、AMAP上にて植栽を行った。

表-3.5.3.2.1 各植生型における主要樹種の植栽比率

地形の区分	種	樹高階分布 (m)								合計割合 (%)
		5 ≤ < 16	16 ≤ < 18	18 ≤ < 20	20 ≤ < 22	22 ≤ < 24	24 ≤ < 26	26 ≤ < 28	28 ≤ < 30	
Type I (尾根部)	ツガ	13	2	2	2	2	1	1	1	24
	ブナ				1	1	2	1		5
	ミズメ			1	1	1	1			4
	イヌブナ	26	1	1	1					29
	アセビ	38								38
Type II (山腹部上部)	ツガ	6	1	1	1	1	1			11
	ブナ	5	1	2	2	2	1	1		14
	イヌブナ	44	11	11	6	3				75
Type III (山腹部下部)	ツガ	1	1	1	1					4
	ブナ	11	2	2	2	2	2	1		22
	イヌブナ	43	11	11	6	3				74
Type IV (谷部)	ブナ	3	1	1	1					6
	イヌブナ	39	6	7						52
	メグスリノキ	1	1	1						3
	シオジ	1	1	1						3
	サワシバ	27	4	3	2					36

第IV章 シミュレーション結果

4.1. 森林景観履歴の復元の結果

4.1.1. 景観変遷を知る上での問題点

景観可視化を行なう際、各年代に作成された林小班図を読み取って作成したGIS データは年代同士に、微細なズレが生じてしまう(図-4.1.1.1)。森林景観の変遷をみる場合、こういったズレは景観シミュレーションの誤差につながる可能性がある。したがって、可視化画像を作成するにあたって、こういったズレを修正する必要があるので、ベクターデータを編集した。編集作業は、1985年撮影のオルソフォトを元に作られた1991年の森林簿データを元にズレを修正した。

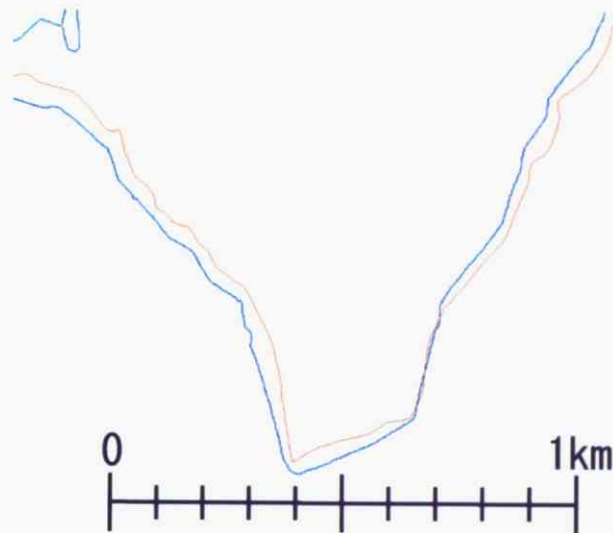


図-4.1.1.1 GISデータのズレの例

4.1.2. 近距離景

視距離3mで作成した景観シミュレーション画像を図-4.1.2.1に示す。AMAPは実際の樹木に限りなく近い形で形成することができるが、枝張などの個々の樹木形状に近づけることは困難であり、AMAPを用いた景観シミュレーションの1つの限界といえる。



図-4.1.2.1 近距離での実際の画像(左)と3次元CG(右)の比較

4.1.3. 遠距離景

視距離およそ 3 k m の遠距離景として森林を眺めるように視点を設定した場合、図-4.1.3.1 に示したように、CG 画像上の 1 ピクセル内に多くの樹木が投影され、森林のテクスチャーはモザイク調の単調な形となり、樹冠などの樹木のアウトラインをとらえることはできなくなってしまう。こういった、遠距離からの景観シミュレーションを行なう場合は、航空写真を DEM にテクスチャマッピングする方法が最適である。

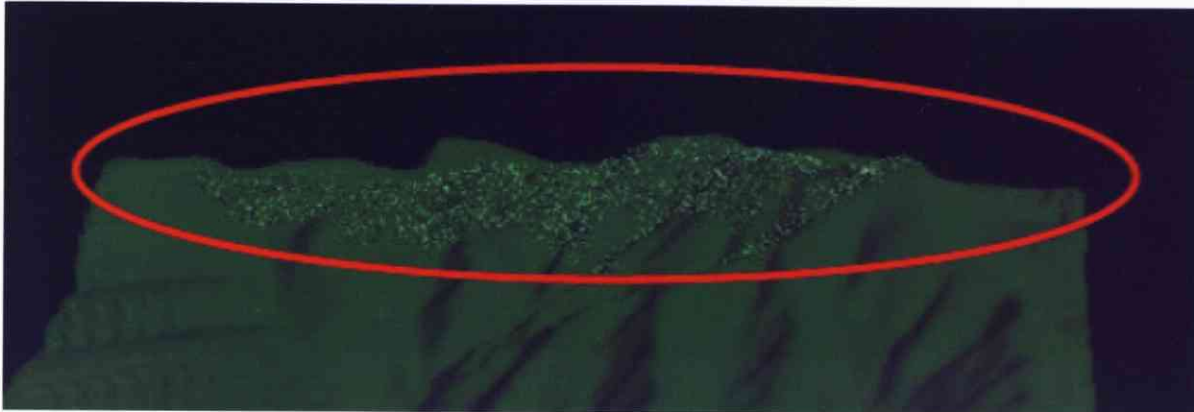


図-4.1.3.1 遠距離景の景観画像

4.1.4. 人工林・二次林の中距離景

中距離景における人工林と二次林それぞれの可視化結果を以下に示す。

樹形がほぼ一様である針葉樹の人工林においては、図-4.1.4.1 のように、樹種・樹齢・密度などの森林簿に記載されたデータを用いて実際の森林に近い形で再現することができ、また AMAP に付属する剪定・間引きの機能を用いれば枝打ちや間伐を行なうことができる。図-4.1.4.1 の場合、樹齢 40 年ヒノキで植栽密度が密な状態の森林を仮定して行った。



図-4.1.4.1 3次元CGでの人工林の再現

また、AMAP独特の機能である、樹木の大きさ、位置をランダムに変更するツイスト機能を、林冠が斉一的な形になるのを防ぐために使用した。図-4.1.4.2 に二次林の可視化画像を示す。



図-4.1.4.2 3次元CGでの二次林の再現

4.1.5. 実際の景観の再現

実際の景観を再現した結果を図に示す。それぞれ、実写真の景観画像を図-4.1.5.1 に、3次元CGの画像を図-4.1.5.2 に示す。



図-4.1.5.1 実写真



図-4.1.5.2 可視化画像

4.1.6. 景観履歴の復元

森林簿が実在する、1941年から2001年までの間の森林データを元に森林景観の変遷を再現した結果を以下に示す。

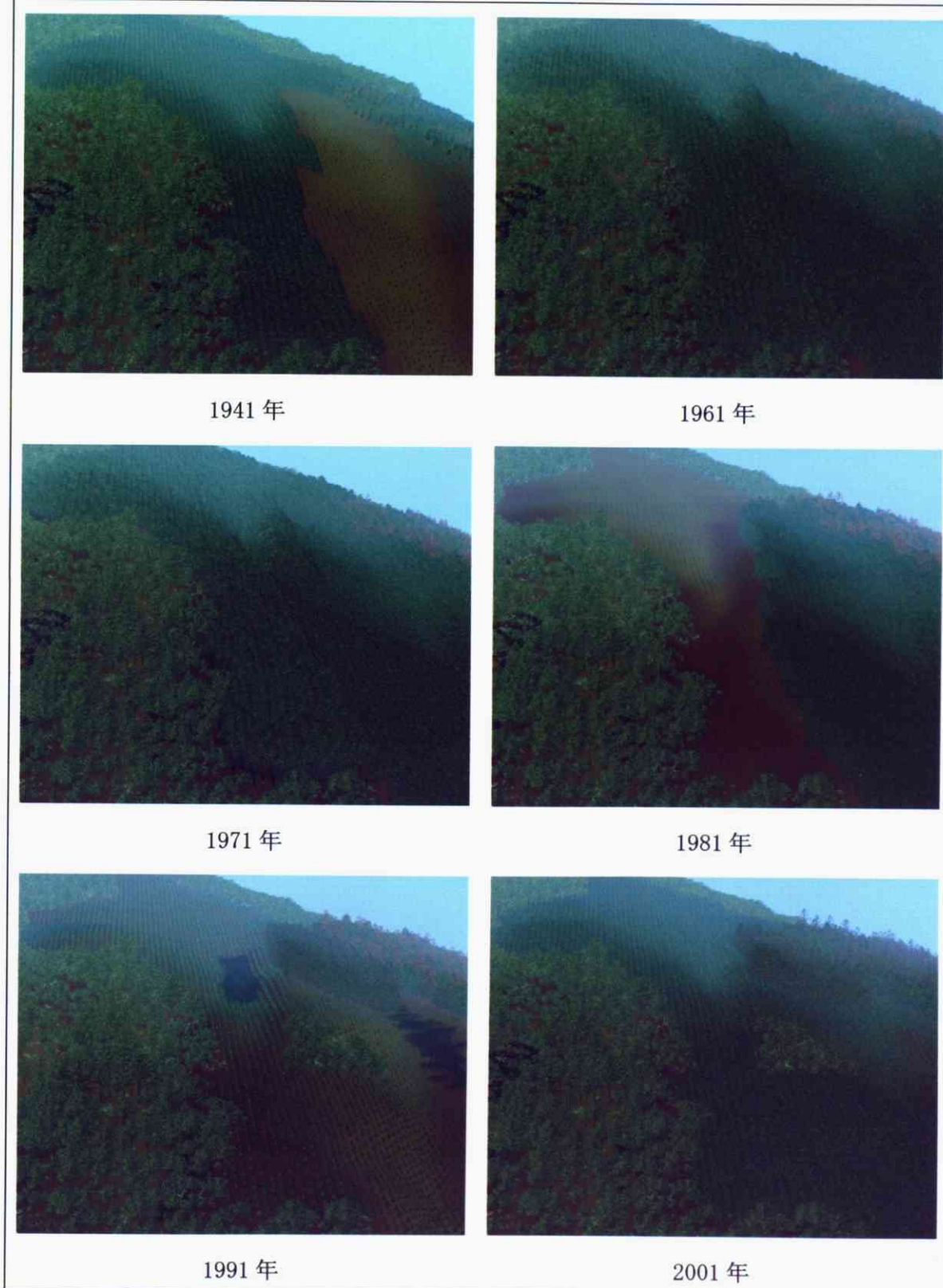


図-4.1.6.1 1941年から2001年までの森林景観可視化結果

4.2. 天然林生態知見を用いた可視化の結果

4.2.1. 各植生タイプにおけるシミュレーション画像

各タイプを同一の地形において作成したシミュレーション画像を以下の図-4.1.1.1～4に示す。図-4.1.1.1はType I、図-4.1.1.2はType II、図-4.1.1.3はType III、図-4.1.1.4はType IVをそれぞれ表している。

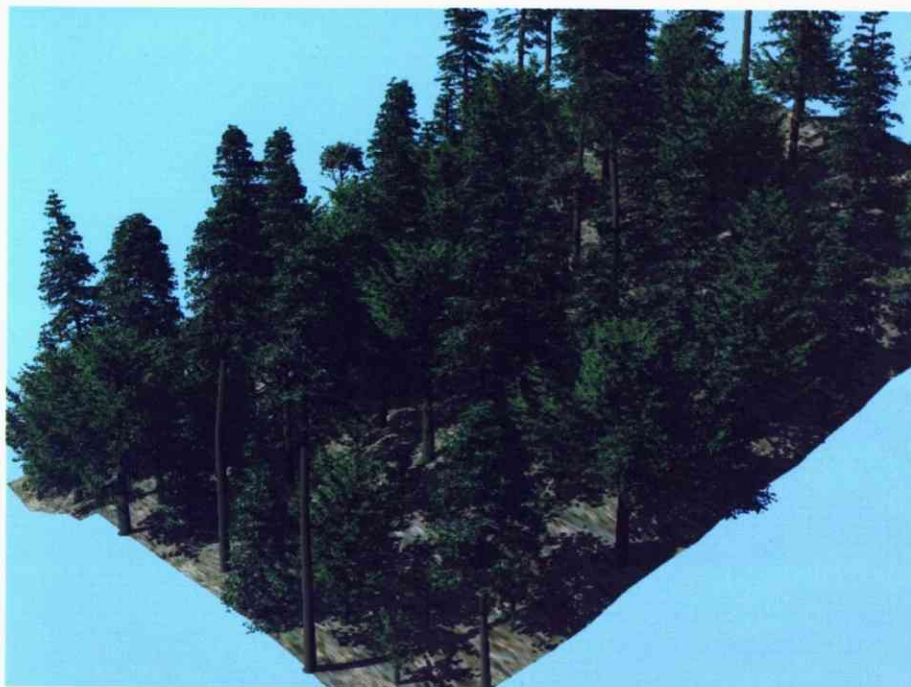


図-4.1.1.1 Type I 単独でのシミュレーション画像

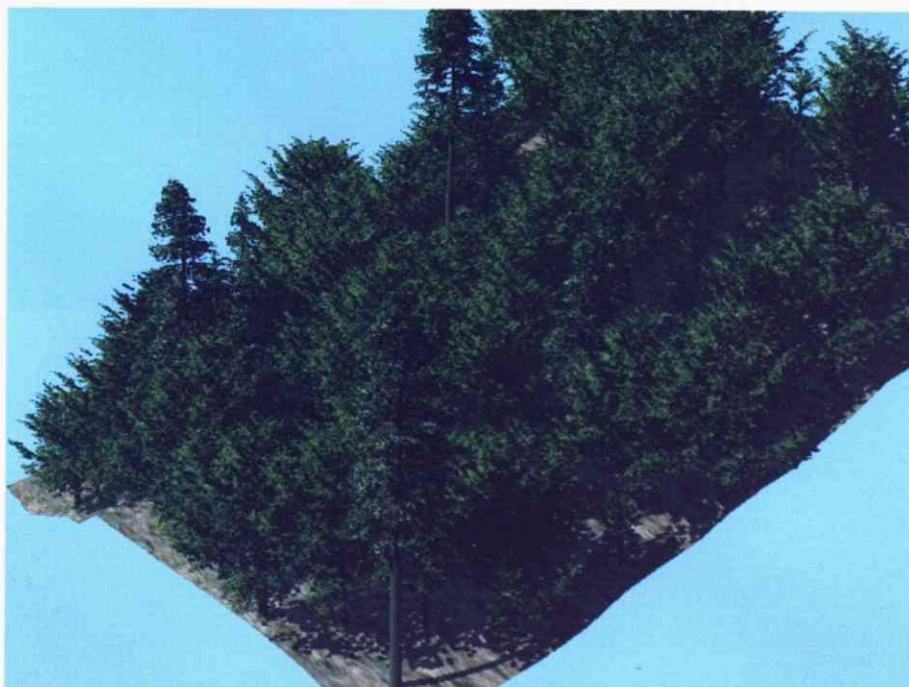


図-4.1.1.2 Type II 単独でのシミュレーション画像



図-4.1.1.3 TypeⅢ単独でのシミュレーション画像



図-4.1.1.4 TypeⅣ単独でのシミュレーション画像

4.2.2. 実際の景観の再現

観測鉄塔より天然林を望んだ実際の景観写真を再現した。図-4.2.2.1にその画像を示す。

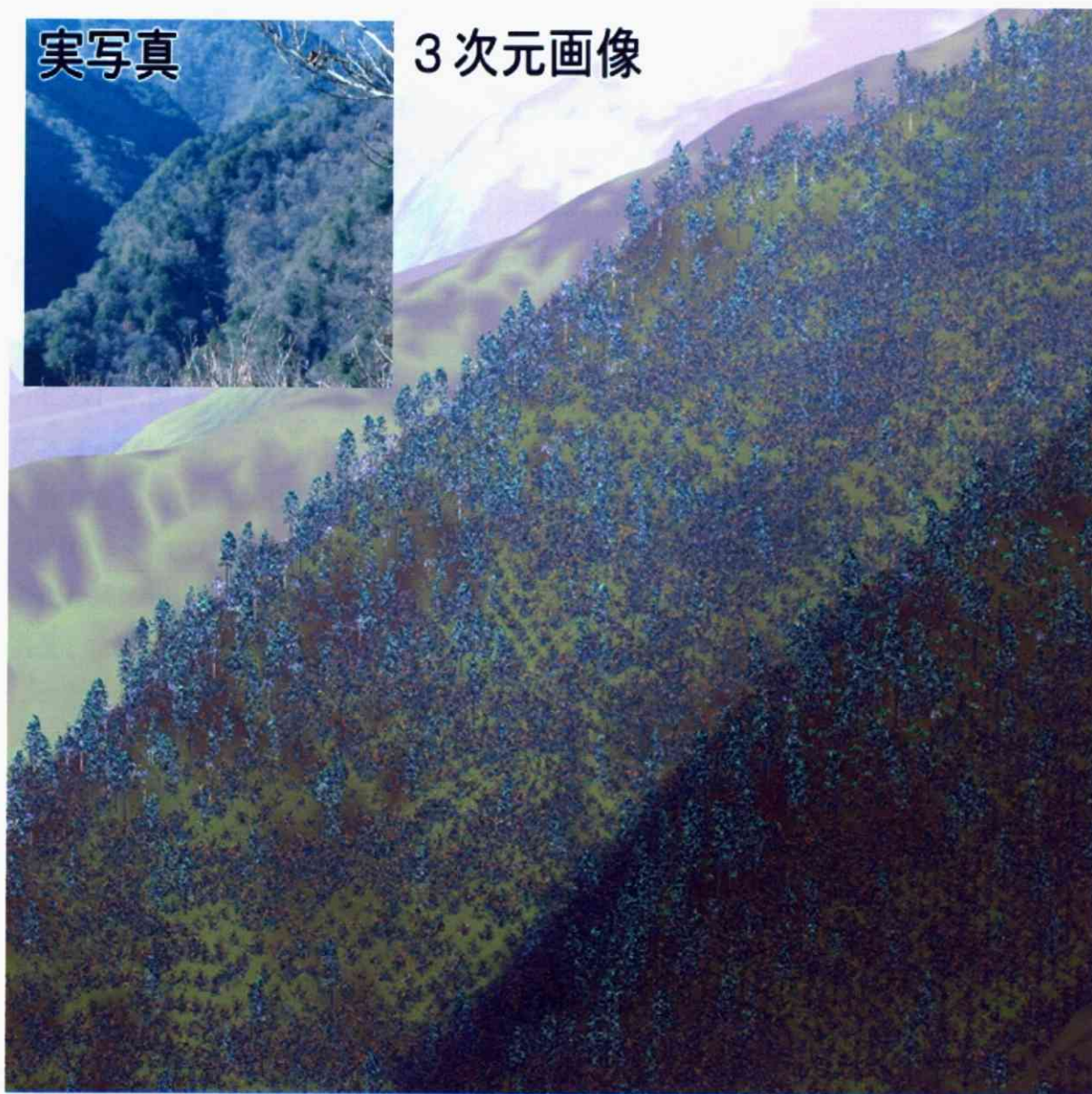


図-4.2.2.1. 天然林可視化画像

第V章 考察

5.1. 森林景観履歴復元手法の考察

5.1.1. 実写真との比較検証

中距離景の景観を可視化した場合、葉形や幹の色や枝ぶりといったような樹木のディテールを捉えることは難しいが、森林のまとまりのアウトライン、つまり樹冠の詳細をとらえることはできた。また林相と林相の位置関係を把握することもできた。このように、GIS上でただベクターデータを表した画面を眺めるより、景観の可視化を行なうことで、データの誤差や精度の把握が容易になる。とりわけ人工林に関しては、かなりリアルに再現することができた。

しかし、図-5.1.1.1に円形で示した部位は二次林を再現した画像になるが、実写真は変化に富んだ地形をしているが、3次元CGはやや変化に乏しい。この理由として、図の黄色い線で表した部分に沢が流れており、二次林の植生に変化が現れているが、10mメッシュのDEMデータでは、その沢の地形を再現することができなかったからと考えられる。仮に可視化作業において、この問題を解決する必要がでてきた場合、沢の部分をGPSなどで新たに測量し、そのデータをDEMに反映させることで解決が可能である。

また、もう一つの理由として、AMAPのレンダリングは樹が地形に対して影を落とすことはできても、樹が樹に対して影をおとすことが出来ない為、森林のテクスチャが単調になってしまったという原因も考えられる。



図-5.1.1.1 実写真(左)とCG画像(右)との比較検証

5.1.2. 森林景観の変遷の再現

森林簿を3次元CGで表すことによって、ただ森林簿や林相図を眺めるだけではわからな

い森林景観の変遷を、森林に詳しくない一般の人でも分かりやすく理解することができる画像ができるようになった。また、モバイルPCを使えば、フィールドに出た際に、訪れた土地の景観の変遷を知ることができる。

図-5.1.2.1 に示した図は、1980 年から 2001 年までの 3 次元画像を拡大し、人工林の中に孤立している二次林を拡大したものである。図を見ると、2001 年、1991 年と存在していた二次林が突然 1981 年で消えていることがわかる。



図-5.1.2.1. 1981 年の景観における孤立した二次林の消失

ヒアリング調査の結果、孤立した二次林が存在している場所は岩が多く、以前から植栽のできない場所であることが分かった。つまり、1981 年の森林簿を作成する際に、二次林の部位の作成をなんらかの理由で行なわなかったということがわかった。

こういった、森林簿の誤りや景観の変化を容易に知ることが出来る点がこの手法の可能性であると言える。

5.1.3. 景観施業の結果予測への応用

開発した履歴復元手法は森林景観施業の効果検討にも応用できる。図-5.1.3.1 と図-5.1.3.2 に応用例を示す。



図-5.1.3.1 間伐施業の検討



図-5.1.3.2 針広混交林施業の検討

AMAP には、森林の「置換」や「間伐」という機能が備わっており、森林簿データを整備することで過去の森林のみならず、未来の森林の予測も行うことができる。図-5.1.3.1 は間伐施業を行った後の景観を予測したものであり「間伐」機能を用いて本数をランダムに間引いた結果を示したものである、また、図-5.1.3.2 は近年多く行われている人工林を針広混交林に移行する施業の効果予測を、「置換」機能を用いて一部を広葉樹に置き換えて再現したものである。この様に、「置換」や「間伐」を用いて、樹木を減らしたり、壮齢な物に置換したりすることで、未来の森林の予測も可能になる。ただし、AMAP で行うことが出来る予測は小班単位の変化のみであり、風倒などの林分内で起こる単木単位の突発的な変化などは予測が出来ない。

5.2. 天然林景観画像の考察

5.2.1. 各植生タイプと既往手法との比較検証

本研究で行った空間分布と地形依存性を取り入れた天然林可視化手法と、既往の林冠構成樹のみを配置した天然林景観可視化手法の結果を以下の図-5.2.1.1に示す。

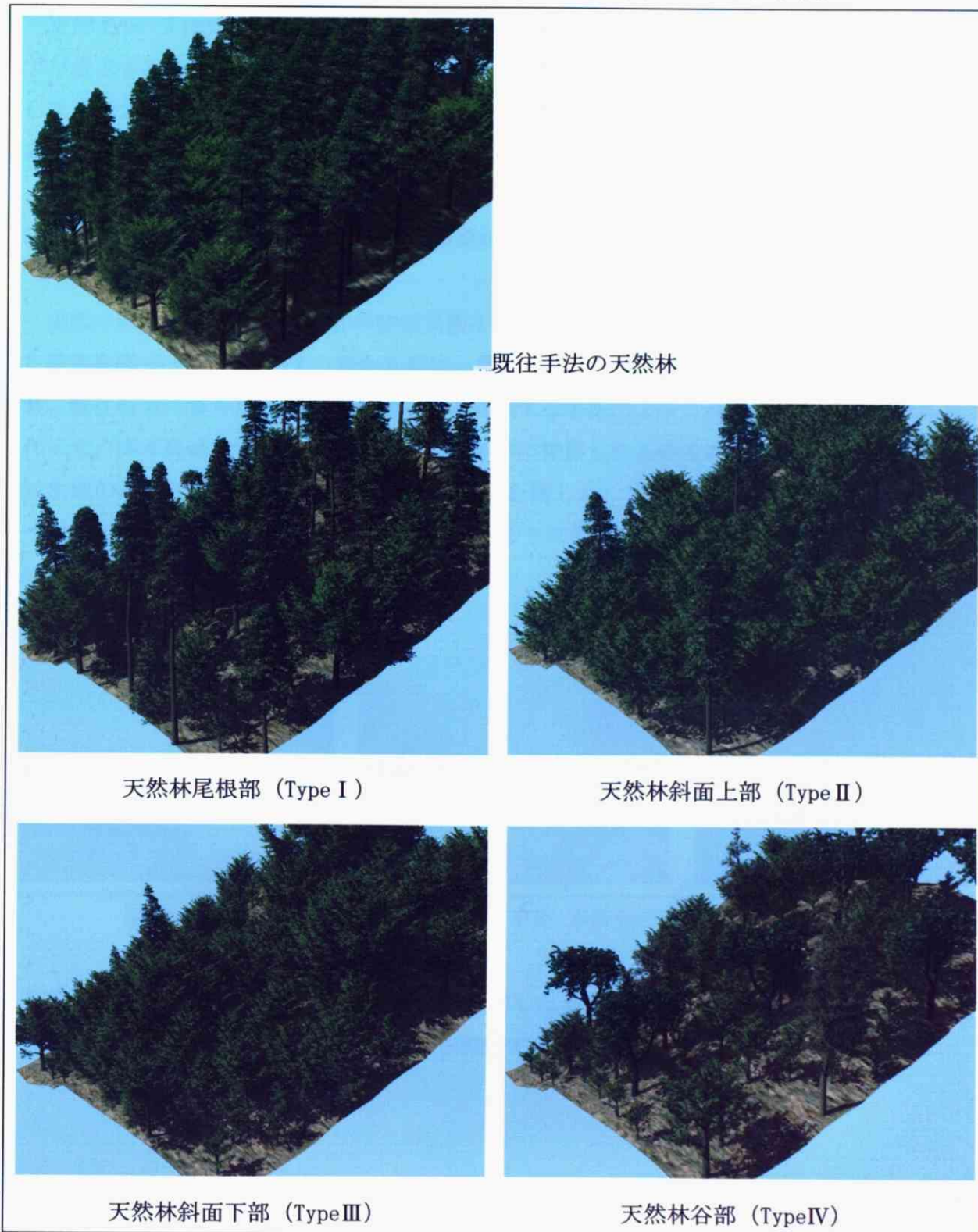


図-5.2.1.1. 既往手法と各タイプとの比較検証

図-5.2.1.1 より、既往手法は単調な森林のテクスチャをしているのに対し、本研究の手法は多様な林冠を構成し、天然林の 4 タイプの判別も明らかである。Type I～IVまでの画像に共通して確認できた点として、既往の手法で多く見られた林冠が斉一的になるということがなく、天然林独特の起伏に富んだ様々な林冠形態が画像から確認することができた。

また Type I はツガの優占する森林であるが、植生データを見ただけでは分からない、ツガが優占する姿を一目で理解することができる。また Type II・III はツガが優占する森林から次第にブナの優占する森林へと変遷していく姿をみることができる。Type IV はシオジなどの溪畔林独特の樹木が入り混じる森林を形成することができた。

5.2.2. 実写真ならびに既往手法との比較検証

実際の秩父山地山地帯天然林の眺望景観を可視化し、実写真と既往の手法を比較検証した結果を図-5.2.2.1 に示す。左から順に、実写真、本研究による手法を基に作成された画像、既往研究に多く見られる林冠構成樹を植栽する手法によって作成された画像をそれぞれ示す。実写真は演習林内の観測鉄塔より冬季に撮影したものである。また、図中のAは対象地の尾根部を指し、Bは山腹部から谷部を指した。また部位Aを拡大したものを図-5.2.2.2 に、部位Bを拡大したものを図-5.2.2.3 に示した。

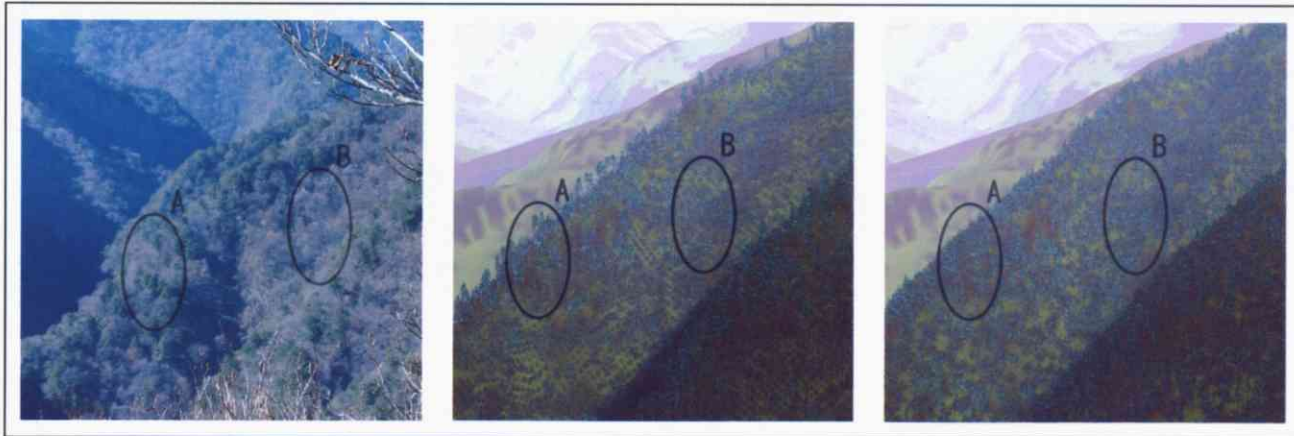


図-5.2.2.1. 比較検証（左-実写真、中央-本研究の手法、右-既往の手法）

図-5.2.2.2 は尾根部をしめした部位Aを拡大したものである。各画像の部位Aを見ると、まばらにツガ独特の上に張り出した林冠を確認することができる。



図-5.2.2.2. 部位Aの拡大画像（左-実写真、中央-本研究の手法、右-既往の手法）

しかし、図-5.2.2.3の右に示した既往手法をみると、尾根筋にしか優占しないツガが、山腹部においても優占しており、既往の手法を用いただけでは、AもBも同じような林冠構造となってしまう。それに対して、図-5.2.2.3の中央に示した本研究の手法においては実写真と同じように、針葉樹の存在しないブナの優占する森林を形成している。このように、実写真を交えた3点の画像を比較した結果、本研究の手法は既往の手法とは異なり、全体的に起伏に富んだ林冠をしており、また地形傾度による植生の変化が表現されている事がわかる。

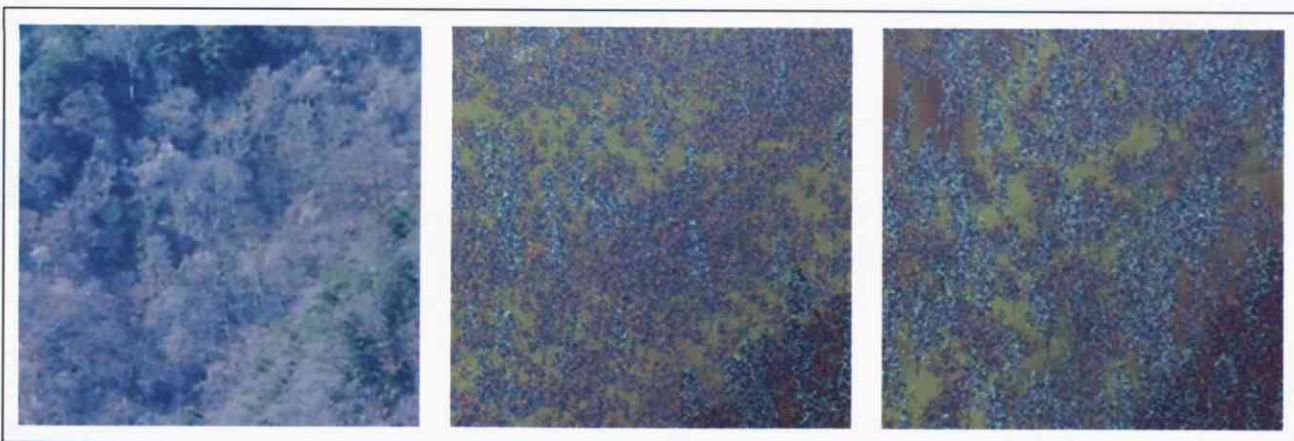


図-5.2.2.3. 部位Bの拡大画像（左-実写真、中央-本研究の手法、右-既往の手法）

5.2.3. 今後の展望

本研究では、天然林の生態系の知見を元に天然林森林景観シミュレーション手法を構築した。従来方法である、その地域に優占して存在している林冠構成樹を植栽する方法とは異なり、植生型と地形依存性を取り入れた結果、より実写真に近いシミュレーションを行なうことができた。

このことから、森林景観シミュレーションを行なう場合、人工林に比べ林分情報の少ない天然林においては、植生型と地形依存性という生態的知見によって体内情報を補完する

ことが重要であることがわかった。

しかし、今回用いた方法を用いても未だ写実性には課題がある。本研究の手法で用いた手法では各タイプにおける比較検証では既往手法より優れた写実性を示すことができたが、それを実際の景観に当てはめた結果では、既往手法よりは優れた結果になったものの、写実性は低かった。

この原因として考えられるものとして、AMAPのソフト上での写実性の限界が考えられる。この問題を解決するには本篠らが行ったように、AMAPのシーンファイルを汎用的な景観記述であるXML¹⁹⁾などに変換した後、他のレンダリングソフトに移行するということが挙げられる。

5.3. 被験者による各手法の評価

5.3.1. WEBアンケートについて

3次元CG画像で作成した画像は、森林施業の変遷検討や景観評価実験への応用が期待されるが、3次元CG画像を景観研究に用いる際の妥当性や有効性について検討した事例²²⁾²³⁾は少ない。そこで、本研究において開発した手法を用いて作成した画像を景観評価実験での被験者に対する景観提示媒体として用いる事の有効性についてWEBアンケートを用いて検討した。

5.3.2. 実験方法

5.3.2.1. 景観評価刺激媒体

景観評価に用いる刺激媒体は、景観履歴復元手法と天然林景観可視化手法の2つの手法に対し、それぞれ3枚ずつの画像を利用した。3枚の画像はそれぞれ、写真、既往手法、開発手法によって、同じ地点の景観を再現した画像である。履歴復元手法の既往手法はDEMデータに航空写真をテクスチャマッピングさせたものを用い、天然林可視化手法の既往手法は林冠構成樹を植栽する方法によって作成されたものを用いた。図-5.3.2.1.1に評価実験に用いた画像を示す。



図-5.3.2.1.1. 評価実験に用いた画像

5.3.2.2. 景観評価実験

被験者はインターネット上で公募した学部4年生と大学院生を対象とし、58人から回答を得た。評価実験は平成18年1月24～27日に以下のように行った。

評価実験は、図-5.3.2.2.1の様に、モニタ上に表示された刺激媒体(画質: jpeg形式, 640×480ピクセル, TrueColor 24bit)を、被験者はアンケートの指示に従って媒体に対する印象をボタンの1つをチェックすることにより回答してゆく。また、提示の順を表-5.3.2.2.1に示す。

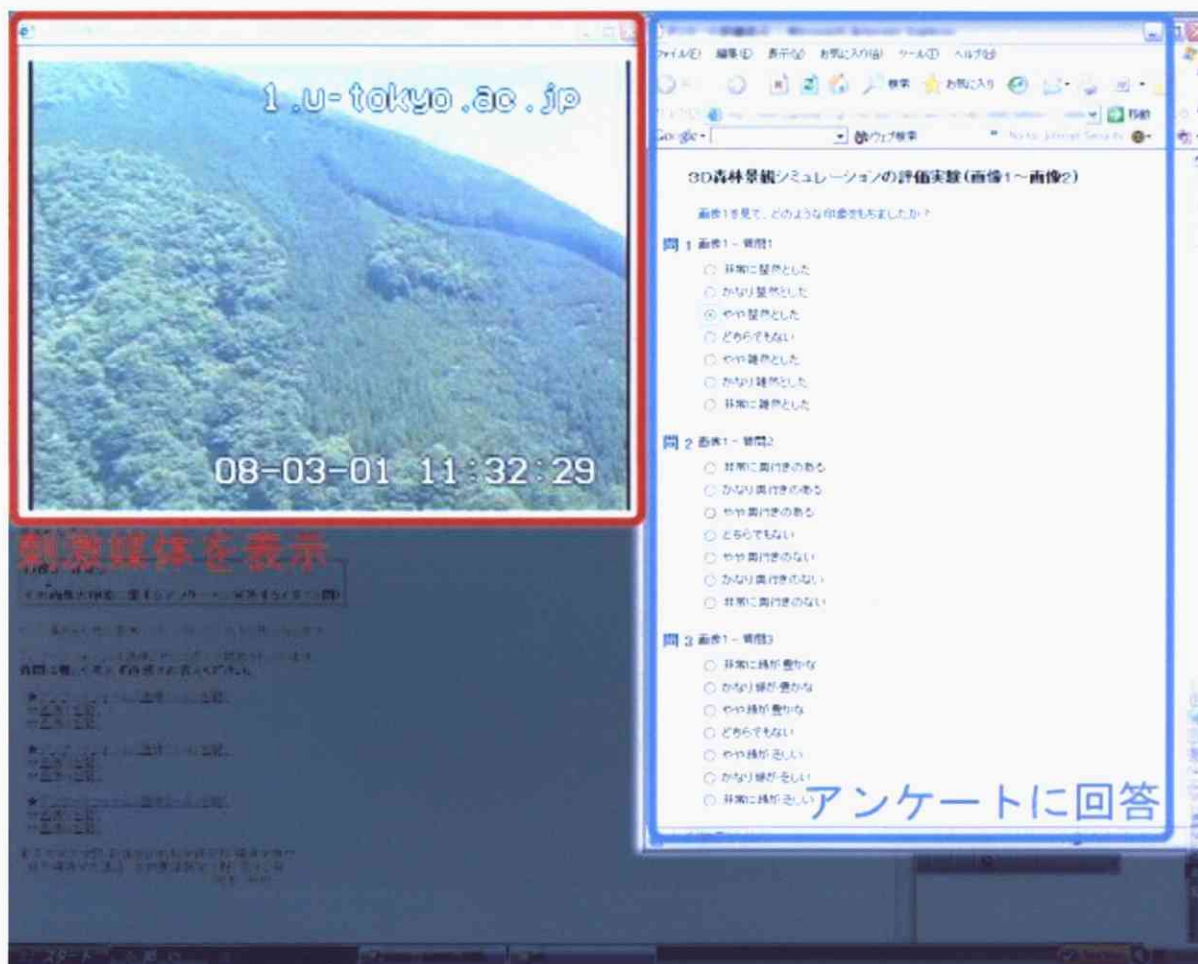


図-5.3.2.2.1 アンケートの記入様式

表-5.3.2.2.1 刺激提示順

	刺激提示順		
森林景観履歴復元手法	1. 写真	2. 既往手法	3. 開発手法
天然林景観可視化手法	4. 写真	5. 開発手法	6. 既往手法

評価実験に使用した形容詞対(評価尺度)は、既往の研究例を参考に、本研究の対象地を適切に表すと思われる 11 対の形容詞を選択し、それぞれ 7 段階(上から非常に、かなり、やや、どちらでもない、やや、かなり、非常に)の評価を求めた。

次に、それぞれの刺激媒体が、どの程度現地を表現しているかについて調べるために、地点ごとに現地の景観を 100 点としたとき、それぞれの刺激媒体の点数を評価させた。

5.3.2.3. 分析方法

まず、各評価尺度に対する刺激媒体ごとの評価特徴を調べるため、プロフィール分析を行い、刺激媒体ごとに各形容詞対に対する平均得点を手法ごとに求めた。

つぎに、手法ごとに 3 つの刺激媒体がそれぞれどの程度現地を再現しているからを評価した得点に有意な差があるかを検討するため、分散分析を行った。

5.3.3. 被験者による各手法の評価の考察

5.3.3.1. プロフィール分析

森林景観履歴復元手法と天然林景観可視化手法のプロフィール図を、図-5.3.3.1.1 に示す。

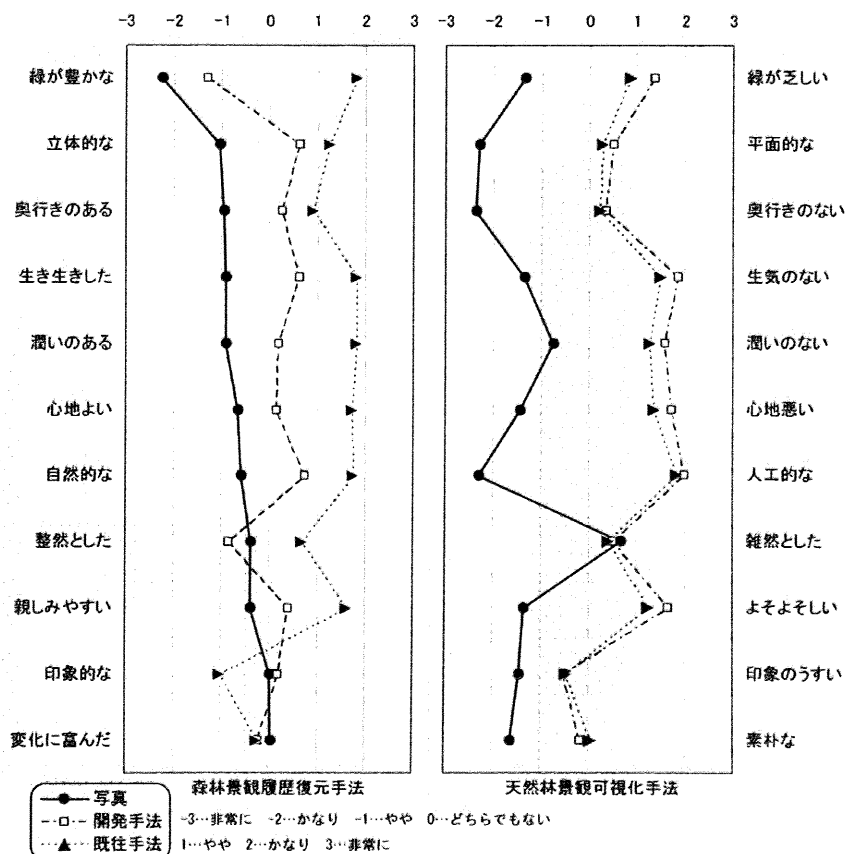


図-5.3.3.1.1. 各形容詞に対する刺激ごとのプロフィール分析

図-5.3.3.1.1 より、各評価尺度に対する刺激媒体ごとの評価特性を、手法ごとに見ると以下のようなことがわかる。

まず、森林景観履歴復元手法においては、DEM にテクスチャマッピングを施した既往手法よりも、AMAP を用いた開発手法の方がより写真に近い手法であることが明らかになった。とりわけ、「印象的な」「整然とした」「変化に富んだ」といった形容詞対においてはほぼ写真と変わらない印象を被験者は受けた。また、「緑が豊かな」といった緑の質量感を表す形容詞対についても高い数字が得られた。この理由として、既往手法では森林を可視化する際に用いる航空写真の多くが曇天や雨天の少ない冬に撮られたものであり、四季の樹木の取り扱いができる開発手法よりも緑の再現をすることが困難であるということがあげられる。

つぎに、天然林景観可視化手法においては、既往手法と開発手法にはほとんど差異がみられず、写真と比較して低い値となった。唯一、変わらない印象を受けたのが「整然さ」であった。また、とりわけ低い値となったのは、「自然的」であった。

5.3.3.2. 刺激媒体による現地の再現

2つの手法ごとに刺激媒体がどの程度現地を再現しているかを被験者に評価させ、その平均値と標準偏差を図-5.3.3.2.1 にまとめた。

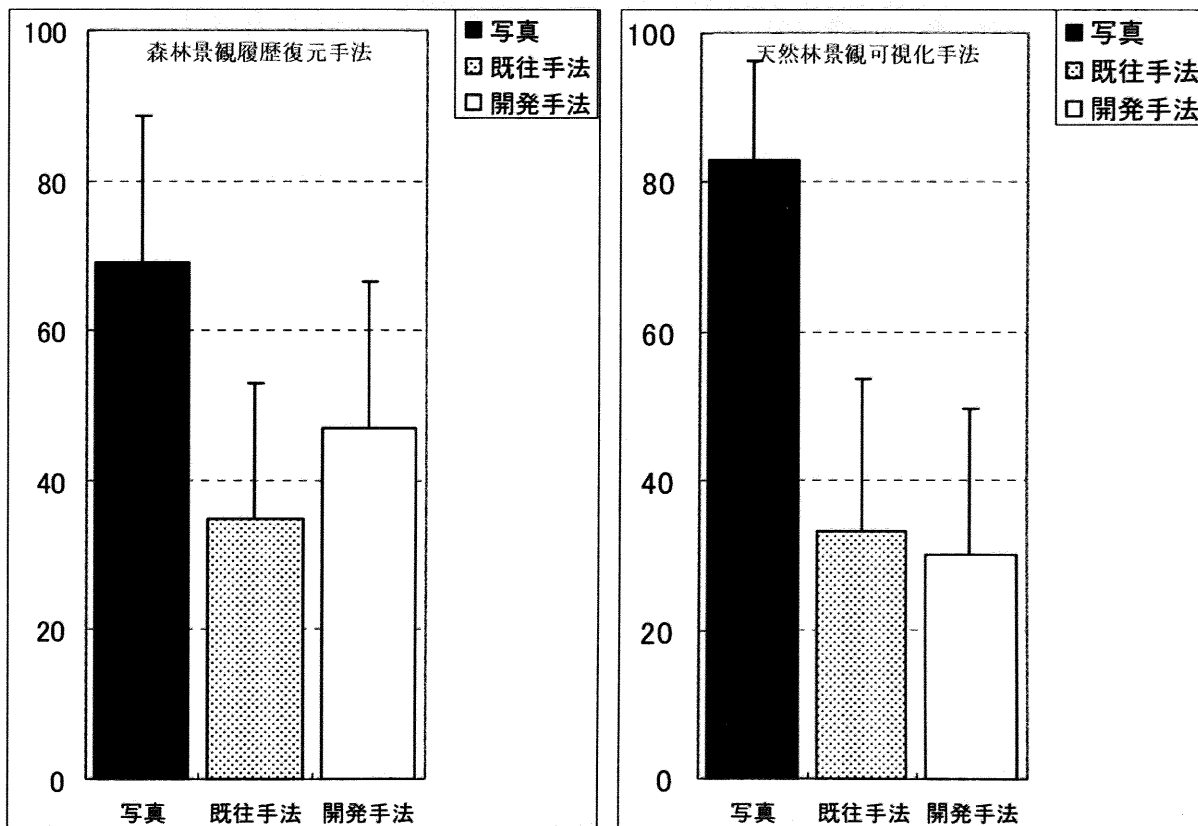


図-5.3.3.2.1 刺激媒体がどの程度現地を表現しているかを評価した得点

図-5.3.3.2.1 より、まず森林景観履歴復元手法においては、現地をよく再現していると評価された刺激媒体は、写真、開発手法、既往手法の順であることがわかった。つぎに、地点ごとに3つの刺激媒体が示した評価得点に有意な差があるかを、分散分析、多重比較を用いて検討した。その結果、3つの刺激媒体が示した評価得点に有意水準1%で差異があることが明らかになった。

つぎに、天然林景観可視化手法においては、現地をよく再現していると評価された刺激媒体は、写真、既往手法、既往手法の順であることがわかった。同様に、分散分析、多重比較を行った結果、写真と、それ以外には差異があることが明らかになったが、既往手法と開発手法には差異がなかった。

5.4. 可視化を行うためには

以上の結果・考察により、森林景観の可視化に最低限必要な要素が明らかになった。その結果を以下の図-5.4.1に示す。

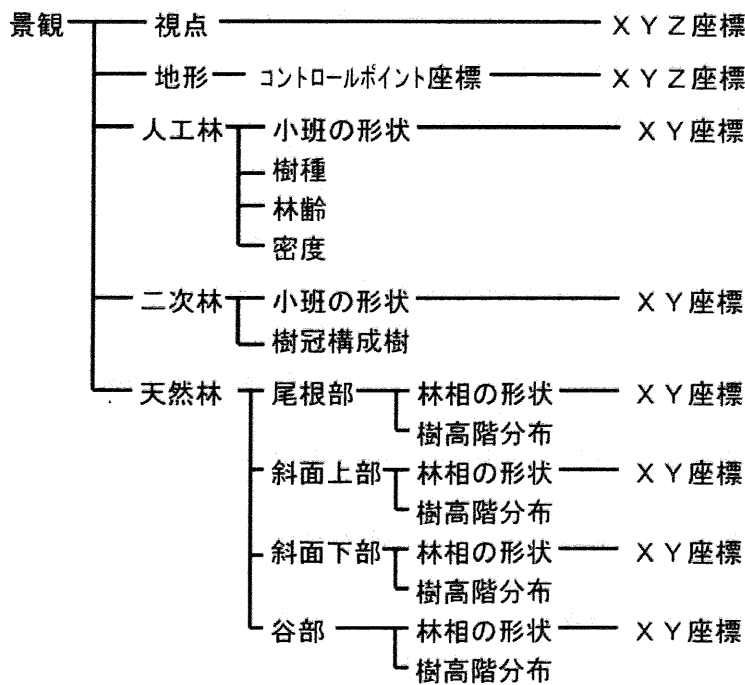


図-5.4.1. 景観画像の構成要素

第VI章 結論

3次元森林景観可視化手法として、「森林景観履歴復元手法」と「天然林景観可視化手法」を開発した。前者は、GISと植物モデルの可視化技術を応用して森林簿と林相図から3次元画像を作成する手法である。また後者は、天然林の可視化技術において不足する森林情報を、植物生態学的知見を用いて補完する手法である。

6.1. 森林景観履歴復元手法

1. 森林簿・林相図という現存する森林情報を用いて、中距離景観の可視化を行うことができた。
2. 本研究で開発した手法を、現地写真と既往手法と比較検証し評価実験を行った結果、既往手法よりもプロフィール分析・現地の再現性のどちらも現地写真に近い値を示し、既往手法よりも優れた結果となった。
3. 既往手法と比べて、森林簿があれば航空写真のない過去の森林景観の再現が可能であり、森林景観の変遷を把握することが可能であった。
4. 航空写真を用いた既往の可視化手法は撮影した季節のみしか可視化を行えないが本研究で開発した手法では、季節の制限がなく、四季の再現が可能であった。
5. 「置換」「間伐」といった機能を用いることによって、風致施業の効果検討に応用可能であり未来の森林を予測することができた。

6.2. 天然林景観可視化手法

1. 植生型と地形依存性を取り入れ、4タイプに分割した可視化手法では、より実写真に近い森林画像を作成することができた。
2. 各タイプ別に可視化を行った写真では飛躍的に写実性が向上したのに対し、景観評価実験の結果では、既往手法との間に有意な差はみられなかった。
3. 実際の天然林は風倒や山火事などのいくつかの要因によって、形成されており、今後は、天然林景観可視化手法で応用した4タイプの森林だけではなく、遷移過程の植生について

での生態学的知識も必要である。

6.3. 森林景観可視化手法の今後の展望

今後は本研究で開発した森林景観可視化手法を用いて、より多くの地域で景観シミュレーションを行い、ケーススタディを重ねる必要がある。近年、XML¹⁹⁾などの汎用的な景観情報の記述が行われるようになり、それに関連して様々な景観可視化ソフトウェアが開発されている。本研究の手法により、多くの生態学的知見を一般の人に分かりやすく伝えると同時に、森林景観施業のシミュレーションを事前に行うことができ、景観比較による望ましい森林管理の方法が提示できると期待される。

参考引用文献

- 1) 岡本拓也, 斎藤 馨, 藤原章雄, シュバシュ・ロハニ (2005) : GIS と植物モデルを応用した森林景観履歴復元手法の開発, ランドスケープ研究, 68(5), 919-922
- 2) 梶 幹男 (1998) : 秩父山地の気温の垂直変化と暖かさの指数からみた亜高山帯針葉樹林の下限高度. 秩父演習林自然環境調査成果集 秩父演習林の環境. 東京大学, 東京. 46-50
- 3) 梶 幹男, 大久保達弘, 芝野博文, 蒲谷 肇, 石田 健, 宮下 直, 大森和也, 澤田晴雄, 芝野伸策, 五十嵐哲也, 瓜生アリセ孝子(1997)大面積プロットによる秩父地方山地帯天然林生態系の解明:平成6年度~平成8年度科学研究補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書. 東京大学大学院農学生命科学研究科, 東京, 127pp
- 4) 梶 幹男, 仁多見俊夫, 蒲谷 肇, 澤田晴雄, 大森和也(2000)長期生態系プロットによる森林生態系の解明:平成10年度~平成11年度科学研究補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書. 東京大学大学院農学生命科学研究科, 東京, 40-63
- 5) 吉良龍夫 (1949) : 日本の森林帯. 林業解説シリーズ 17, 日林協, 36pp
- 6) 黒田乃生, (2002) : 白川村荻町の森林における利用と変遷の変容に関する研究. ランドスケープ研究, 65(5), 659-664.
- 7) 斎藤 馨 (1992) : 景観情報処理に関する計画論的研究, 造園雑誌, 55(5), 295-300
- 8) 斎藤 馨, 熊谷洋一, 本條 毅, 石田裕樹, Lecoustre, R. , DeReffye, P. (1993) : リアルな森林景観シミュレーション -GIS および植物モデリングの利用-. 第9回 NICOGRAPH 論文集 226-236
- 9) 斎藤 馨・熊谷洋一・本條 毅・吉岡太郎・筒井一貴 (1995) GIS, CAD, 植物成長モデルを応用した景観シミュレーション手法に関する研究, ランドスケープ研究, 58(5), 197-200
- 10) 榊原和彦 編著 (小谷通泰・土橋正彦・山中英生・吉川耕司 著) (1997) : 都市・公共土木のCGプレゼンテーションデザイン・コミュニケーションと合意形成のメディア-: 学芸出版社, 92-95
- 11) 澤田晴雄, 大久保達弘, 梶 幹男, 大村和也(2005) : 秩父山地山地帯天然林における植生型および樹種個体群の空間分布と地形依存性, 日本森林学会誌, 87(4), 293-303
- 12) 島田和則 (1994) : 高尾山における先駆性高木種5種の地形分布と地形の意義, 日生態誌, 44, 293-304
- 13) 樋口忠彦 (1975) : 景観の構造-ランドスケープとしての日本の景観-: 技報堂出版, 168pp
- 14) 頼 理沙, 佐藤 浩, 政春尋志(2002) : 数値標高データを用いた地形の曲面的計算の試み -接峰面と接谷面の作成について-. 地理情報システム学会講演論文集, 11, 405-408
- 15) 堀 繁・斎藤 馨・下村彰男・香川隆英 (1997) : フォレストスケープ-森林景観のデザインと演出- : (社)全国林業改良普及協会, 191pp

- 16) 本條 毅(1991)：植物の成長シミュレーションとコンピュータグラフィクス, PIXEL, No. 109), 133-140
- 17) 本條 毅, 斎藤 馨, 熊谷洋一 (1992)：植物形状モデリングとその可視化による景観予測に関する考察, 造園雑誌, 55(5), 301-306
- 18) 本條 毅, 竹内伸也 (1996)：地域環境の可視化に関する研究, 東海大学紀要開発工学部, 5, 177-181
- 19) 本條 毅, 野口祐司, 林 恩美, 梅木 清 (2005)：XML を用いた景観可視化. ランドスケープ研究, 68(5), 897-900
- 20) 本條 毅, 林 恩美, 丸田頼一 (1999)：VRML による景観可視化. ランドスケープ研究, 62(5), 665-668
- 21) 前田禎三, 吉川二郎 (1952)：秩父山岳林植生の研究 (第2報) 山地帯群落について, 東大演報, 42, 129-150
- 22) 森本幸裕 (1993)：植物モデリング・可視化システムを用いた桂離宮庭園の植物景観のシミュレーション, ランドスケープ研究, 57(2), 113-120
- 23) 林 恩美, 本條 毅(2003)：インターネット上での景観評価システムの開発と実用性について. ランドスケープ研究, 66(5), 855-858
- 24) 林 恩美, 本條 毅(2002)：VRML 画像を景観評価に用いる有効性について. ランドスケープ研究, 65(5), 693-696
- 25) 林 恩美, 本條 毅, 丸田頼一(2000)：VRML と植物形状データベースによる景観可視化手法に関する研究. ランドスケープ研究, 63(5), 799-802
- 26) 半田良一 編著(上飯坂實・堤利夫・武居有恒 監修)：現代の林学・1「林政学」：文永堂出版, 333pp
- 27) 「京都府 京都・文化の森づくり事業」:<<http://www.pref.kyoto.jp/forest/gyousei/plan/jigyo/bunka.html>>, 2005年10月25日参照
- 28) 「彩り豊かな森林景観づくり事業」:<<http://kankyou.pref.shizuoka.jp/seibi/zorin/irodori.htm>>, 2005年10月25日参照

謝辞

思えば2000年の大学1年の夏、斎藤先生の授業を受けなければ、いま僕はここにいなかったでしょう。あの日、サイバーフォレストのビデオを見たときの衝撃をいまも覚えています。モニタ上で成長する樹木。季節が移り変わる森林。「胸が躍る」という言葉はあの時のためにあったのでしょうか。「こんなことやりてえ!」、「この人と一緒に研究してえ!」純粹にそう思いました。大学院時代の2年間、夢を抱いてこの文京の土地に訪れ、今こうして論文をまとめられたことに感無量の気持ちでいっぱいです。

指導教官である生物圏情報学分野・助教授の斎藤馨先生には研究の構想から執筆にいたるまで、私の知識のなさや作業の遅さにもかかわらず、本当に親身に辛抱強く指導していただき、感謝しても感謝しきれません。本当にありがとうございました。

梶先生には森林生態系の奥深さとお酒の楽しみ方を、藤原先生には森林のデジタル化の浪漫と情熱を教えていただきました。ありがとうございました。

また、投稿論文ならびに修士論文の執筆にあたり、ご助力をいただいた、生物圏情報学の石井秀樹氏、藤稿綾子氏、評価学分野の田内智子氏、浜泰一氏、加藤元英氏、農工大学の岩本哲明氏、そして、戦友である、大場由希子氏、曾田暁氏にはこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

森林管理履歴情報と天然林生態知見による森林景観可視化手法の開発

2006年3月 環境学専攻自然環境コース 46709 岡本 拓也

指導教員 助教授 斎藤 馨

キーワード；森林景観，GIS，AMAP，景観可視化

1. 背景と目的

近年、森林景観をより向上させるために、森林風致施業が広く行われている。効率的な風致施業には森林景観の変遷把握と、それを可視化する手法が必要である。既往の植物景観可視化は、植物形状モデリングシステム「AMAP」を用いる研究が造園分野で行われているが、森林景観を可視化する研究は少ない。なぜなら、庭園では実測による毎木調査を活用できるが、森林では、森林全域にわたって毎木調査がなされることはなく、活用できる情報が乏しい。また継続的に得られる森林情報には、森林簿や林相図などがあるが、これらは森林施業の必要上作成されるため人工林のデータに偏り、「その他雑木」と記載されている天然林・二次林に関する情報は少ない。

本研究では、景観シミュレーションの新しい手法として森林簿 GIS データと植物成長モデルをもとに、①森林簿・林相図からの森林景観履歴復元手法の開発と、②植物生態学的知見をもとに不足した森林情報を補完した天然林可視化手法の開発を行い、現地写真及び既往手法と比較検証を行うことで、今後の普及が期待される森林景観可視化手法を開発することを目的とする。

2. 対象地および手法開発

(1) 対象地

10年毎の森林簿が1941年から2001年まで記録されている東京大学秩父演習林を対象地とした。可視化する景観は、同演習林の矢竹沢に位置する森林景観ロボットカメラが捉える景観と第3観測鉄塔から眺望される天然林景観を対象とした。

(2) 森林景観履歴復元手法の開発

本手法では、森林景観を「地形」「林相」そして林相に配置された「樹木」の3要素から捉えた。地形と林相の情報は、森林簿と林相図を基にGISデータを作成した後、GISから変換プログラムを用いてAMAPへ移行した。配置する樹木の人工林データは森林簿に記載された樹種・樹齢・密度より決定し、二次林は林冠構成樹種の構成割合をもとに配置様式を決定した。

(3) 天然林景観可視化手法の開発

秩父山地は標高に応じて連続的に変化する植生形を持ち、また林相図では当該地域の天然林の樹種は具体的に特定できない。そこで大面積プロットの毎木調査によって、地形と対応を試みた澤田ら(2005)の生態学的な知見に習い、天然林の植生を尾根部・斜面上部・斜面下部・谷部の4つのタイプに分類した。また、その分類に従って対応する地形の天然林の林小班をあてはめ、GISデータと植生を対応させた。

3. シミュレーション結果および考察

(1) 森林景観履歴復元手法

本研究で開発した手法は、100m～2kmの中距離景の森林景観を可視化し再現するのに適しており、林冠の詳細を視覚的に捕らえることができた(図-1)。また過去の森林景観をCGで再現し、時系列的把握をすることで、林相図では容易に判明しにくい森林景観の変遷を森林の知識に乏しい一般の人でも分かりやすく理解することができた。また、作成にあたってエラーを含む林相図の確からしさの比較検討も容易に把握できるようになった。また航空写真を地形にテクスチャマッピングをする既往の手法では、航空写真が撮影された季節のみしか可視化ができないが、本研究の手法では四季折々の景観画像の作成を容易に行うことができた。さらに既往手法では不可能な、航空写真のない森林の再現や、景観施業における計画の検討にも応用可能であることが明らかになった。



図-1 森林景観履歴復元手法の結果 (左：写真、右：CG)



図-2 天然林景観可視化の結果

(2) 天然林可視化手法

林冠構成樹種を配置するだけの従来の方法とは異なり、植生型と地形依存性を考慮した可視化手法では、より実写真に近い森林画像を作成することができた(図-2)。これにより、人工林に比べ森林情報の少ない天然林の可視化は、植生型と地形依存性という生態的知見とり入れることによって写実性が向上することが明らかになった。

(3) 既往手法との景観評価比較

開発された手法の実用性を検討するため、想定される現地景観を100点とした景観の再現性の相対評価を、WEB上で景観評価実験を行い、既往手法と写真と共に、t検定による評価をした(図-3、4)。その結果、森林景観履歴復元手法(図-3)においては、写真、開発手法、既往手法のそれぞれにおいて有意差が認められた。一方、天然林景観可視化手法(図-4)では、既往手法と開発手法との間に有意差が見られなかった。

(4) まとめと今後の展望

本研究で開発した景観可視化手法は、とりわけ人工林の再現性が高く、風致施業に応用可能であるため普及が期待できることが明らかになった。今後はより多くの知見から天然林景観の再現性をさらに向上させることで、総合的な森林可視化ツールとしての応用が期待できる。

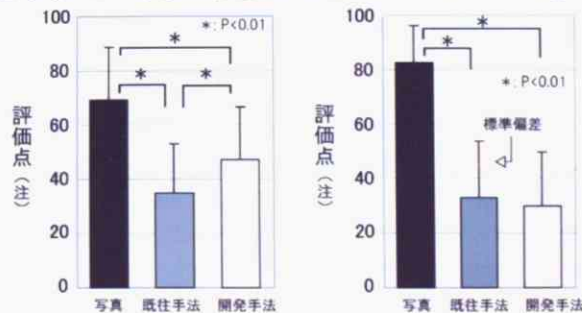


図3 森林景観履歴復元手法 (n=58) 図4 天然林景観可視化手法 (n=58)

注) 想定される現地景観を100点とする再現性の相対評価点

A development of methodology for forest landscape visualization based on historical forest management data and biological findings

Mar. 2006

Institute of Environmental Studies, Course of Natural Environmental Studies

46709 OKAMOTO Takuya

Supervisor; Assistant Professor SAITO Kaoru

Keywords ; Forest landscape, GIS, AMAP, Landscape visualization

1. Background and objectives

Recently forest landscape management is widely applied in order to make more agreeable forest landscape. For an efficient forest landscape management, it is essential to identify and to visualize the historical transition of forest landscape. Although there are some previous studies of visualizing vegetation landscape by using AMAP (*Atelier de Modelisation de Architecture de Plantes*: Modelling system of plant construction) in the field of landscape architecture, but only a few studies have been done to visualize forest landscape. It is because experimental measurements of each tree can be used in case of a garden but data that can be used is not enough in case of a forest since every tree measurements all over a forest is impossible. Information and data of forest continuously obtained includes forest books and wood type maps, however, most of these data come from artificial forest because the main objective to make forest books is to construct artificial forest landscape. Therefore, data about natural forest and secondary forest that are just recorded as “miscellaneous trees and others” in forest books are scarce.

In this study, the author aims to develop a new methodology of forest landscape visualization by using forest book's GIS data and the plant-growing model. The final objectives of this study are: 1) to develop a methodology of virtual reconstruction of historical forest landscape transition, and 2) to develop a methodology of visualization of natural forest landscape by using supplementary data based on biological findings. The author conducted all the process with verifying previous methods as well as with comparing the actual photos taken in the target area.

2. Research area and methodology

(1) Research area

Research area is the University Forests of Tokyo University where the forest books from 1941 to 2001 were recorded. The first target area for visualization was framed by the robot camera in Yatakezawa and another target was natural forest landscape captured from the third observation iron tower in the University Forests.

(2) Development of virtual reconstruction of forest landscape

This methodology was developed on the base of three elements such as: “Geographical features” and “Forest physiognomy” and “Trees”. Information on the geographical features and the forest physiognomy were converted to AMAP by using the program of GIS after the GIS data was made from detailed information in the forest books and in the wood type maps. The artificial forest reconstruction was based on the tree species, the age of a tree, and the density that had been described in the forest book, and the second-growth forest reconstruction was based on the composition ratio of tree canopy.

(3) Development of natural forest landscape visualization

The vegetation types change continuously along elevation in the Chichibu mountainous district, and the each tree species of the natural forest cannot be clarified by the wood type maps. Therefore, the author firstly classified the area into four vegetation types; the ridge part, the upper part of the slope, the lower side of the slope, and the valley part, with referring the previous study that examines the correspondence of every tree measurements and geographical features (Sawada et al, 2005). Secondly, each of small wood groups in the natural forest was applied to each geographical feature to make GIS data corresponding to vegetation.

3. Simulation results and Conclusion

(1) Forest Landscape Reconstruction

The methodology developed by this study is suitable for making visualization and virtual reconstruction of the forest landscape of intermediate range from 100 to 2km, and also is able to capture details of the tree canopy. (Fig.1). Moreover, this study shows virtual reconstruction of the historical forest landscape by CG make it possible for general people, who do not have enough knowledge about forest system, to understand the forest transition which is unrecognizable only by wood type maps. In addition, the errors of wood type maps could be clarified more easily with comparative research during the visualization process. The methodology developed by this study can also make easily the four season's visualization whereas the previous methodology using aerial photograph to make texture map can only realize visualization from a season when the photographs are taken. Correspondingly, this methodology is applicable to reconstruct the forest of which no aerial photos exist as well as is useful to examine the plan of forest landscape construction.

(2) Natural Forest Landscape Visualization

The methodology in this study differed from a previous method that only arranges woods crown composition of tree species. The new methodology considering both vegetation types and geographical features make it possible to visualize forest landscape by CG more realistically (Fig.2). This study showed that natural forest visualization that are not made from enough data compared with artificial forest can be modified with information of vegetation types and geographical features based on biological findings. As a result, it was clarified that realism of visualization improved with biological findings such the vegetation type and the geographical features



fig.1 Result of Forest Landscape Reconstruction technique (L:Photo, R:CG)



fig.2 Result of natural forest visualization technique

(3) Landscape evaluation comparison with the previous methodology

To examine the practicality of the developed methodology, the landscape evaluation experiment was conducted on WEB. To do the comparative evaluation of landscape reproducibility, where the actual landscape was assumed as 100 point, the previous methodology and the photographs were used (Fig.3&4). As a result, concerning the virtual reconstruction of historical forest landscape transition, a significant difference was recognized in each of the photograph, the developed methodology, and the previous (Fig.3). On the other hand, concerning the visualization of natural forest landscape, a significant difference was not confirmed between the previous methodology and the developed methodology (Fig.4).

(4) Summary and outlook

It was clarified that the methodology developed in this study can be applied to scenic beauty management because the reproducibility of the artificial forest was especially high; therefore it is expected to develop and spread more in this field. Furthermore, this study shows a possibility to improve the visualization of natural forest with supplementary data such as biological findings, and it is expected to use it as integrated methodology for forest landscape visualization.

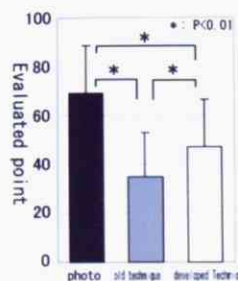


fig.3 Forest Landscape Reconstruction technique

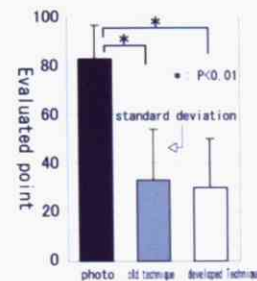


fig.4 Natural Forest Landscape Visualization technique

(Notice) Relative evaluation point of reproducibility