I－19 四季における樹木景観の色彩シミュレーション
The Visual Simulation of the Tree Color in Four Seasons

阪本敦志＊ 北村眞一＊＊
Atsushi Sakamoto Shinichi Kitamura

【抄録】 本研究では樹木の葉の表面色の色彩変化を色彩色差計を用いて定量的に把握することにより、自然景観のシミュレーションを四季にわたって行う際の基礎的情報を得ようとするものであり、得られたデータが使用可能かどうかを山梨県内３地点の渓谷景観におけるケーススタディにより確認したものである。

分析の結果は以下にまとめられる。1） 葉の色の変化は、葉の色彩計による測定により、変化のパターンは、（1）ＧＹ→Ｙ→ｙ→yr枯（2）ＧＹ→Ｙ→YR→yr枯（3）ＧＹ→Ｙ→Ｒ→ｒ→yr枯（4）ＧＹ→Ｒ→ｒ→yr枯（5）ＧまたはＧＹの５タイプであり、それぞれのLab値が定量的に明らかになった。2）山梨県の昇仙峡、本谷川渓谷、芦川渓谷において、植生調査に基づく樹木景観の四季の景観シミュレーションを行った。葉の色彩の定量的データは景観シミュレーションに使用可能であることが示された。

【Abstract】 The purpose of the study is to survey the four seasons color 'Lab' values of the leaves of the representative trees with digital color spot meter, and to know the vegetation and the colors of landscape in the 'Shousenkyo valley', 'Hontanigawa valley' and 'Asigawa valley' in Yamanashi Prefecture in four seasons, and to simulate the tree landscape of these Valleys in four seasons. The result shows that the change of the colors of the leaves were classified into five types and the color 'Lab' data could be useful to simulate the landscape of four seasonal trees.

【キーワード】 ＣＧ、プレゼンテーション、シミュレーション

【keywords】 Computer Graphics, Presentation, Simulation

1．はじめに

自然景観内において土木構造物などが造られる場合、環境アセスメントなどにおいて景観予測は頻繁に行われるようになった。また構造物の修景や桜や紅葉の演出のために樹木を植栽した際の四季の景観的効果の予測なども行われるようになってきている。しかし四季の風景への影響把握は実際に現地へ訪れて写真撮影する方法がとられたり、写真から色彩を抽出する方法、直感的な絵心により着色する方法、あるいは一季のみで代表させるなどが行われており、まだシミュレーションのための正確で効率的で安価な方法が十分には開発されていないのが現状である。

本研究では樹木の葉の色彩変化を色彩計により定量的に把握することにより、自然景観のシミュレーションを四季にわたって行う際の基礎的情報を得ようとするものであり、得られたデータが使用可能かどうかをケーススタディにより確認したものである。

本研究の目的は、1）代表的な樹木の葉の変化を色彩計を用いて定量的に把握すること、2）山梨県内３地点の渓谷景観において色彩配色を四季を通して明確にし、景観シミュレーションの試行を行う、以上から定量的な色彩情報が四季の景観シミュレーションに利用可能であることを示す。

2．既存研究

樹木の景観について森林風景計画、造園等の分野で様々に研究されてきた。造園の分野では樹木の葉の定性的科学的な色彩変化、落葉のメカニズムと時

＊ 山梨大学大学院工学研究科土木環境工学専攻 〒400 甲府市武田 4-3-11
＊＊山梨大学工学部土木環境工学科 同上

期などは既に明らかとなっている1）2）3）4）。色彩の定量的な分析では夜間照明による樹木の色彩変化の数値化が行われている5）6）。しかし、1年を通して葉の色、四季の葉の色彩の移り変わりを定量的に取り扱ったものは見られない。また、樹木景観のシミュレーション技術については樹形やRGBなどの混色による表現方法がすでに開発され、ソフトウエアとして販売されている補注3）。しかしながら既存ソフトでは四季の葉の色は直感的定性的に操作されているに過ぎない。

本研究の結果から葉の色彩のLab値を数値入力することにより、よりリアルな樹木の色彩シミュレーションを可能とし、既存のソフトウエアにデータベースとして結合すれば容易に景観予測において使用可能になる点で意義があると考える。

3．葉の色彩測定

3－1　測定方法

調査対象とした樹木は山梨県甲府市愛宕山植物園にある44科66属118樹木とした（表－2）。これらの葉をサンプルとし、新緑から紅葉（または黄葉）を経て枯れ葉へ至るまでの季節変化を、（1）カメラによる接写、（2）色彩色差計による色度測定（Lab値）を行った。年による気候の変化の影響を見るために、測定は1994年の秋期（１０～１１月）、1995年四季（４～５月、７～８月、９月、１０～１１月）、２月、1996年の秋期（１０～１２月）の３年間で測定した。特に紅葉はその年の気候の影響を受けやすく、秋期のみ、３年にわたって測定しているが、気候的に必ずしも良いデータが得られず、1994年は特に冷夏であったため色着きが悪く、データから除いた。

カメラによる接写はサンプルとした葉3枚以上を灰色のボードの上に並べ、これを50㎜レンズで距離約50㎝の位置で接写を行い記録した。カメラでは、フイルム特性、撮影時の光、現像時、印画時などの影響で、現場での正しい色は再現できないので、あくまで参考記録である。

色彩計による色彩測定は色のバラツキをおさえるためサンプルとした葉1枚につき3点を測定し、これを平均した。また、葉の色度は天候の変化による環境光の違いで測定値が大きく異なる。したがって、なるべく測定値を一定にするため、晴れの日の日陰の中で標準反射板でキャリブレーションを行い、測定を行った。

色彩測定には、色彩色差計（表-1参照）を用いた。これは、フィルター色の光電色彩計の一種であり、輝度及び色度の測定を目的とした装置である。測定して得られたデータは、色度座標ｘ，ｙと輝度Ｙ（cd/㎡）によって表される。測定データは、液晶表示されるが、これにデータプロセッサ（表-1参照）を接続して、データの保存と3次元直交座標を用いる均等色空間における、L*a*b* 表色系（図－1）に変換した。

L*a*b* 表色系は3次元空間における2点間の距離E*ab=（L*2+a*2+b*2）で定義される色差が知覚的にほぼ均等な歩度をもつ利点がある。また、物体の表面色を表すのに現在あらゆる分野で最もポピュラーに使用され、1976年に国際照明委員会（CIE）で規格化され、日本でもJIS（JISZ8792）において採用されている。

L*a*b* 表色系では、明度をL*, 色相と彩度を示す色度をa*,b* で表す。a*,b* は色の方向を示しており、+a* は赤方向、-a* は緑方向、そして +b* は黄方向、-b* は青方向を示している。数値が大きくなるに従って彩度が高くあざやかになり、中心にな

表-1　使用機器

計測項目	機器名
色彩色差計	ミノルタ製CS-100 （スポット一眼レフタイプ非接触測定式・デジタル色彩色差計） ミノルタ製データプロセッサdp-101
CGハードウェア	Power Macintosh 8500/120 メモリー80MB,HDD 2GB
CGソフトウェア	Adobe Photoshop 3.0J Tree Painter ver.3.0

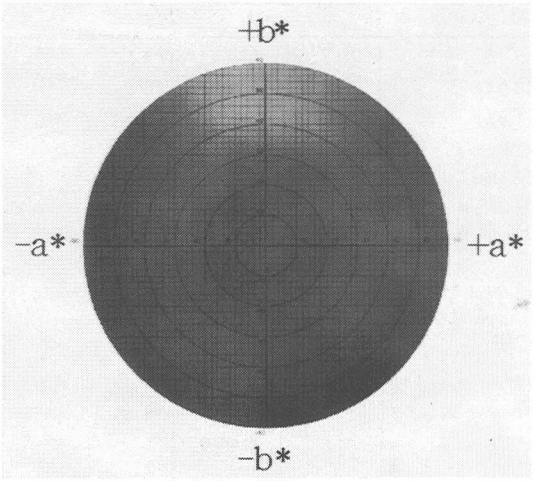


図-1　L*a*b* 表色系色度図

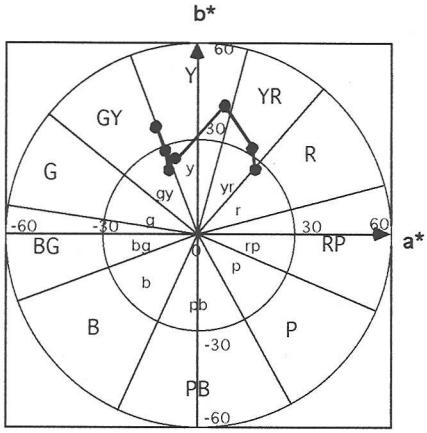


図-2-1　ＧＹ→Ｙ→ｙ→ｙｒ枯
（例　ウリカエデ）

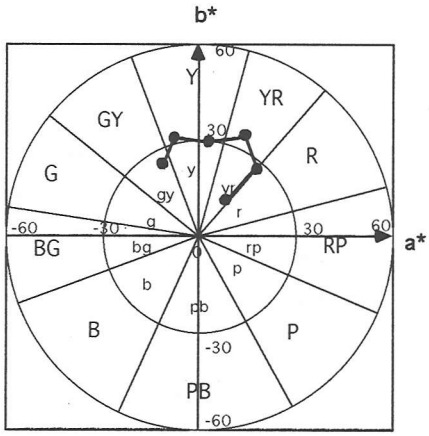


図-2-2　ＧＹ→Ｙ→ＹＲ→ｙｒ枯
（例　ミズナラ）

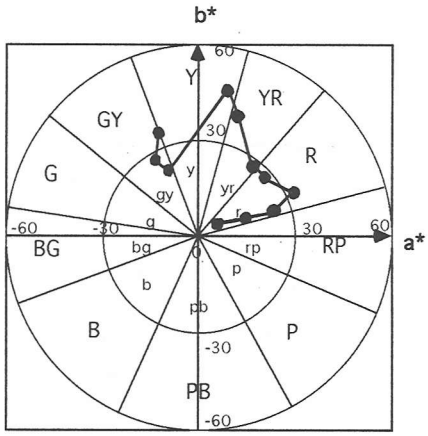


図-2-3　ＧＹ→Ｙ→Ｒ→ｒ→ｙｒ枯
（例　オオイタヤメイゲツ）

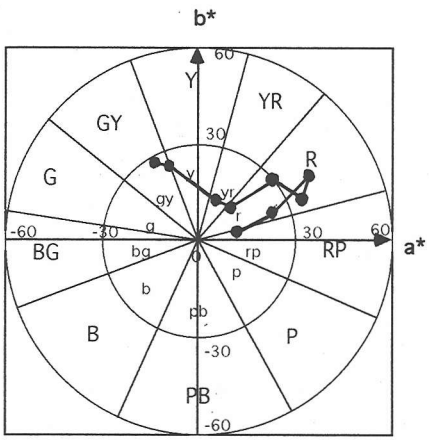


図-2-4　ＧＹ→Ｒ→ｒ→ｙｒ枯
（例　メグスリノキ）

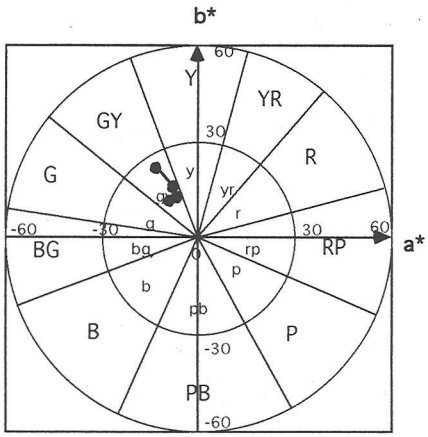


図-2-5　ＧまたはＧＹ
（例　アカマツ）

表-2　測定した樹種の色彩変化のパターン

GY→Y→y→yr		GY→Y→YR→yr		GY→Y→R→r→yr	GY→R→r→yr	G,GY
ウリカエデ	ヒメウツギ	テツカエデ	サンショウバラ	ウリハダカエデ	イロハモミジ	アカマツ
ホソカエデ	ウワミズザクラ	ヤハシバカエデ	ヤマザクラ	エンコウカエデ	コハウチワカエデ	モミ
イタヤカエデ	ミヤマザクラ	ヒトツバカエデ	トチノキ	カラコギカエデ	メグスリノキ	ツガ
アサノハカエデ	イヌエンジュ	ミズナラ	アワブキ	カジカエデ	ヌルデ	シラカシ
バッコヤナギ	コクサギ	ブナ	ヤブムラサキ	ミツデカエデ	ヒメシャラ	ツクバネガシ
アサダ	カマツカ	イヌブナ	ネジキ	オオイタヤメイゲツ	ミツバツツジ	ヤマグルマ
イヌシデ	ユズリハ	エノキ	ヤマツツジ	アカガシ	ミヤマガマズミ	ヤシャブシ
オノオレカンバ	アカメガシワ	オヒョウ	ゴヨウツツジ	アカシデ		ナンテン
エゾエノキ	シラキ	ハルニレ	ミヤマシグレ	ケヤキ		メギ
コウゾ	ウメモドキ	カツラ		マルバウツギ		マンサク
クワ	アオハダ	ホウノキ		イヌザクラ		タブノキ
クマシデ	オオバボダイジュ	フサザクラ		ニシキギ		ズミ
サワシバ	ミズキ	コブシ		ツリバナ		タマアジサイ
ネコシデ	ヤブツバキ	サネカズラ		ヤマボウシ		ツゲ
シキミ	リョウブ	カナウツギ		エゴノキ		ミツバウツギ
カゴノキ	ナツグミ	ダンコウバイ		ナツツバキ		イヌツゲ
ヤマコウバシ	ムラサキシキブ	アブラチャン		ドウコクミツバツツジ		モチノキ
コアジサイ	モウソウチク	コゴメウツギ		ナツハゼ		アオキ
ウツギ	ハチク	フジイバラ		エビヅル		サカキ
				ガマズミ		サツキ
				ツクバネウツギ		シオジ
				オオカメノキ		ニワトコ
						マダケ

るに従って彩度が低いくすんだ色になる。この表現方式はマンセル表色系として従来より定性的に用いられていた色彩記述方法の定量的表現を行ったものである。従って、マンセル表色系と対応づけて表現可能であり、わかりやすいという利点がある。

3－2　葉の色彩測定の結果

1.　測定の結果、葉の色彩の変化は以下の５通りがあった。また、それぞれの代表的な例を以下に示す(図－２－１～５)。

1）ＧＹ→Ｙ→y→yr枯（緑－黄－くすんだ黄－くすんだ黄赤）

2）ＧＹ→Ｙ→YR→yr枯（緑－黄－黄赤－くすんだ黄赤）

3）ＧＹ→Ｙ→Ｒ→ｒ→yr枯（緑－黄－赤－くすんだ赤－くすんだ黄赤）

4）ＧＹ→Ｒ→ｒ→yr枯（緑－赤－くすんだ赤－くすんだ黄赤）

5）ＧまたはＧＹ（緑）常緑樹

3－3　葉の色彩測定の結果と考察

落葉樹の葉一枚一枚を観察してみると、規則正しい色彩変化は見られなかった。斑らになるものや、葉の外側や中心から色が変化するものなど、様々であった。この原因は個々の葉の日照や栄養の度合いの相違によるものと思われる。落葉樹の葉の色彩の変化は、Ｇ～Ｒ（緑から赤）の範囲であった。常緑樹はＧまたはＧＹの範囲内で年中ほぼ一定の緑に保たれる。

属や科が同じ樹種でも色彩変化が同じであることは限らない。

春の葉は、マンセル記号でＧ，ＧＹ（緑）の範囲であった。

夏の葉も、マンセル記号でＧ、ＧＹ（緑）の範囲であった。

秋の葉の変化は、落葉樹はマンセル記号でＧ～Ｒ（緑－赤）の幅で、葉の変化の順番はＧＹ→Ｙ→Ｒ（緑－黄－赤）である。また、データの中で褐色、茶色はL*a*b* 値ではマンセル記号のｙｒの範囲に入ってしまう。

データの中でＧＹよりもＹ，Ｒの測定のabの値が高い（グラフの外側、彩度が高い）ことに気づく。目で見るＧＹ、Ｙ，Ｒはどれも鮮やかに見えるのだが、色立体で見るとＹ，Ｒは色相の幅が大きい。したがってL*a*b* 表色系色度図に表すとＧＹ，Ｙ，Ｒも同じ比率の正円に変換されてしまうため、相対

的に黄や赤が緑よりabの値が高くなる。

冬の葉の変化においては、常緑樹のみG，GYの範囲にある。落葉樹のほとんどは秋から冬にかけて枯れ落ちている。

4. 四季の渓谷景観の植生と色彩配色

(1) 昇仙峡

昇仙峡の植生は主にアカマツ群落、アカマツ植林、クリ－ミズナラ群落、クヌギ－コナラ群集、である。 ここで多くを占める樹木はアカマツである。アカマツは年中マンセル記号でGYの範囲にある。このことから春夏秋冬、昇仙峡は色彩配色の点から見て緑の多い所といえる。

次に四季別に色彩配色を観察してみる。まず春では、まだ落葉樹の葉がない状態の樹木も目立つ。アカマツの緑が大半を占めるが少し茶色の葉も見える。これは常緑樹の中でもアカマツのように一部古い葉を落葉させる樹木もあるからだと考えられる。草は緑色に茂っている。葉が枯れ落ちた樹木もあるせいか、山全体を見て、緑一色とは言い難い。

次に夏では、春のアカマツの茶色だった葉も新葉に変わり、山全体が深い緑に覆われている。草類も緑色に茂っている。

次に秋では、アカマツやイロハモミジなどが主体となるが、他の樹種はあまり多くない。マツやササといった常緑樹の深い緑と、ケヤキやモミジといった橙～赤の2色が強調されている、典型的なコンプリメント（補色対比）である。昇仙峡は、紅葉は赤系統のイロハモミジなどのカエデ類や、アカマツを中心にした深い緑色の大木が、見事なコントラストを見せ、アカマツは渓流をカバーするかのように渓谷景観にアクセントをつける。また、コンプリメントだけでなく、イロハモミジの一本のグラデーションもみられる。中距離景である山は、岩と緑と赤のコンプリメントであり、近距離景も同じく緑と赤のコンプリメントである。他にも、イロハモミジが緑～黄色～橙～赤と色を変えているグラデーションや、紅葉した樹木に囲まれた視点場から川を望むタイプも多い。

冬は写真を見ると、常緑樹か落葉樹か、簡単に見分けがつく。常緑樹であるアカマツの緑が一番多く見られるが落葉樹であるカエデ類やクヌギ－コナラ群集、クリ－ミズナラ群落が一斉に葉を落としてしまっているので寂しく見える。土の表面も草類も枯れて土色になり、その上には枯れ葉で埋め尽くされてある。山全体としては常緑樹の緑と枯れ木と土の表面のブラウングレーとの配色になっている。

(2) 本谷川渓谷

本谷川渓谷の植生は主にクリ－ミズナラ群落、アカマツ－カラマツ植林である。所々にスギ、ヒノキ、サワラ植林、ススキ群集が存在する。

今回調査した区域はマツ科、カバノキ科、ブナ科、ツツジ科、カエデ科が多く存在している。この中でも多く存在するのがマツ科のアカマツ、ツガ、カバノキ科のクマシデ、ヤシャブシ、ブナ科のミズナラ、クヌギなどである。これらの葉の色彩測定データから、年間を通じてGY，Yの色が多いことがわかる。

春では冬からの影響でアカマツのモスグリーンが周囲の緑とのコンプリメント（補色対比）を形成している。

夏ではアカマツのモスグリーンが周囲の緑と調和し、山全体が深緑一色になる。

秋ではクマシデ、ヤシャブシ、ミズナラ、クヌギのGY→Y→Brへと変化する樹木が割合多くあり、アカマツ、ツガの常緑樹が点々と存在する。

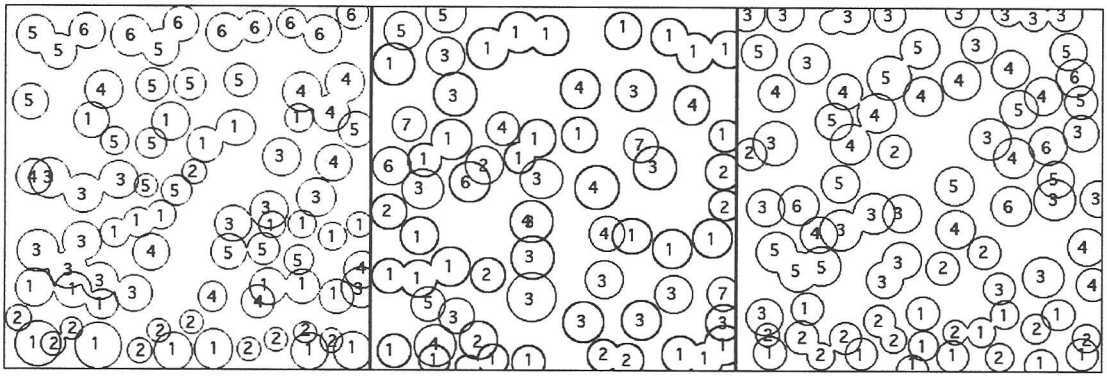
紅葉は、山は岩肌が多く、橙や茶色を主体をした斑模様であるが、赤がほとんどない。渓流の紅葉を眺めると、ごくわずかだが、赤のカエデ科の樹木が川岸に存在し、所々に川岸に紅を見ることができる。黄緑色のヤマブキや、ウワミズザクラなどが緑から黄に変化するまでの途中の段階であるとすると、かなり黄色も勢力を増してくる。紅葉風景は、全体的に不規則な斑模様である。

冬ではアカマツ、ツガ等の常緑樹が多く残っている。あとの落葉樹は全て枯れ果て寂しい景観になっている。山全体を眺めると枯れ木は灰色に統一され、常緑樹の緑と灰色の2色で統一される配色となっている。

(3) 芦川渓谷

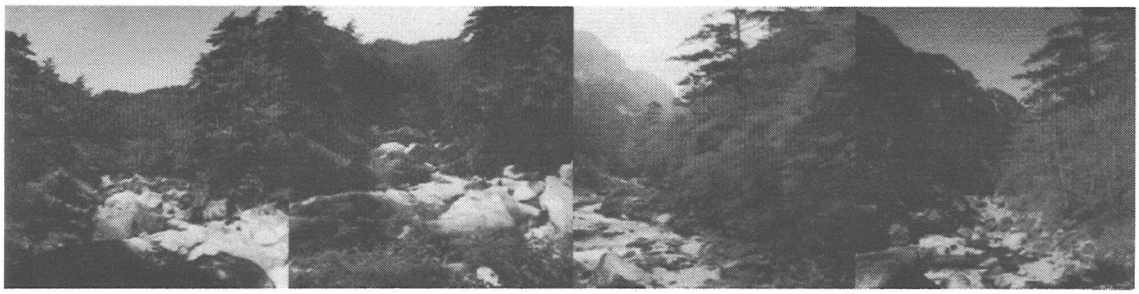
芦川渓谷の植生は主に、クヌギ－コナラ群集、クリ－ミズナラ群落である。所々にカラマツ植林、スギ、ヒノキ、サワラ植林が存在する。

今回調査した区域はクヌギ－コナラ群集で占められるが、樹種はほぼ均等に占められており、配置はバラバラで山全体に斑模様を形成している。色彩的にはGY，Y，Brの斑模様である。

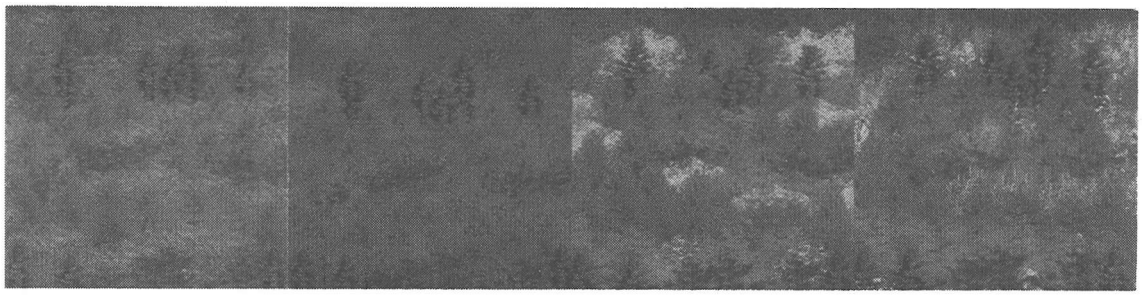


昇仙峡樹種番号	本谷川樹種番号	芦川渓谷樹種番号
1－マツ科	1－マツ科	1－マツ科
2－カエデ科	2－カエデ科	2－カエデ科
3－ブナ科	3－クスノキ科	3－ブナ科
4－カバノキ科	4－ブナ科	4－カバノキ科
5－マンサク科	5－ウルシ科	5－クスノキ科
6－ヒノキ科	6－イネ科	6－バラ科
7－バラ科		

図－3　シミュレーションに用いた各渓谷の樹種配置図



昇仙峡写真（春→夏→秋→冬）

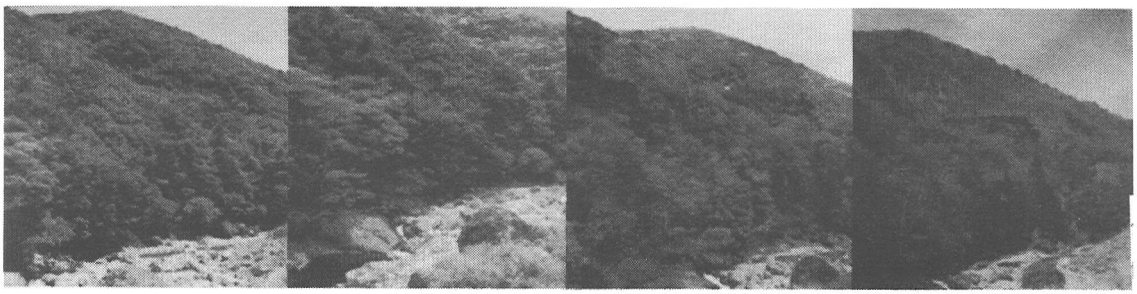


昇仙峡シミュレーション（春→夏→秋→冬）

図-4　各渓谷における四季の樹木景観の実写とシミュレーション

本谷川写真（春→夏→秋→冬）

本谷川シミュレーション（春→夏→秋→冬）



芦川渓谷写真（春→夏→秋→冬）

芦川渓谷シミュレーション（春→夏→秋→冬）

図-4　各渓谷における四季の樹木景観の実写とシミュレーション

春では山全体を見るとクヌギーコナラ群集の緑、黄緑で占められ、緑一色の中にマツ科のモスグリーンが点々と存在する景観である。

夏では常緑樹の緑が一層濃くなり、また落葉樹の葉は深緑となり山全体は一色となる。

秋では山々の紅葉は、殆どが茶色や橙色が主体となった斑棋様であり、所々に赤が存在する紅も見られる。渓流の紅葉を眺めると、ごくわずかだが、赤のカエデ科の樹木が川岸に存在し、所々に川岸の紅を見ることができる。芦川渓谷の樹種調査区域図からは、緑も多く感じられるが、モウソウチク群を除けば常緑樹は低木が多く、対岸や少し離れた車道からは、茶色や橙の勢力がかなり大きい。赤が存在するのは川岸だけであり、山の紅葉は茶色や橙の中に緑が少しずつ入る単調なものとなっている。

冬では常緑樹か少ないことから枯れ木の中にアカマツが点々と存在する。山全体は枯れ木で占められ、川岸に少数の常緑樹の緑の存在が目立つ。

5．シミュレーション

第3章の葉の色彩データ、第4章の渓谷の四季の色彩配色が明らかになったことからケーススタディーとして昇仙峡、本谷川渓谷、芦川渓谷において樹木のみの景観シミュレーションを試行した(使用機器は表-1参照)。

色彩データではL*a*b* 値であったが、CG (Computer Graphics) 画像はRGBに変換して表現している。これは画像をL*a*b*値で表現できればデータがそのまま活用でき理想的であるが、アプリケーションソフトが色の数値入力に対応していなかったためである。

昇仙峡、本谷川渓谷、芦川渓谷において春夏秋冬の変化が比較しやすいように、植生調査結果から樹種の配分は異なるがなるべく類似した構図にし、それぞれ作成し、実写と比較のため並置した(図－3、4)。

写真画像は（デジタルカメラでも)、太陽光、大気、フィルムの特性、カメラ特性、現像時、プリント時等に影響を受け、現実の色相や明度を厳密には表現しているとはいえない。(図4の写真は色の再現が非常に悪い)

シミュレーション画像においては樹木表現の難しさやソフトウエアの限界から、①光と陰影、②同種の樹木の樹形の違い、③1本の樹木における葉の位置の違いによる活性度と色彩の違い、④紅葉時等の個々の葉の部分的な色彩の違い、⑤Lab 値（RGB値）をディスプレイ上で使用可能であるが、プリント時に歪みが出るなど現実の景観を全て再現しているわけではない。

上記の理由で、シミュレーションの再現性は残念ながら評価することが難しい。現状でいえることはLab値のデータとして使用可能であり、ソフトウエアの向上により完成度の高いしミュレーションの可能性があることまでである。

6．　結論

1）　葉の色の変化は、葉の色彩計による測定により、変化のパターンは、(1）GY→Y→y→yr枯（2）GY→Y→YR→yr枯（3）GY→Y→R→r→yr枯（4）GY→R→r→yr枯（5）GまたはGYの5タイプであり、それぞれのL*a*b 値が定量的に明らかになった。

2）山梨県の昇仙峡、本谷川渓谷、芦川渓谷において、植生調査に基づく樹木景観の四季の景観シミュレーションを行った。葉の色彩の定量的データは景観シミュレーションには使用可能であることが示された。

今後はより精密な色を表現するために、測定値のL*a*b*値を直接用いた景観シミュレーションのソフトウエアの開発、および葉の一枚一枚の色彩の模様の異なる表現が容易に出来るソフトウエアの開発が望まれる。

参考文献

1）紅葉狩り愛好会 (1994) 紅葉めぐり、日本交通公社

2）宮脇昭 (1987) 日本の植生、学習研究社

3）佐竹義輔、原寛、亘理俊次、富成忠夫編 (1989) 日本の野生植物木本1、平凡社

4）佐竹義輔、原寛、亘理俊次、富成忠夫編 (1989) 日本の野生植物木本2、平凡社

5）縄手　雅盛、西村正信 (1992) 夜間照明による観光効果と樹木への影響、日本観光研究者連合全国大会研究 発表論文集No.7 pp.75 － 82

6）三沢彰、高倉博史 (1990) 夜間照明による街路樹の落葉期への影響、造園雑誌 vol.53 No.5