

山岳写真における視覚効果に関する一考察

Asstudy on Visual Effect of Mountain Photograph

青島正和*・村井俊治*

Masakazu AOSHIMA and Shunji MURAI

一般に行われている山岳景観の解析は、芸術の分野のものがほとんどで、主観的立場から見た叙述によりなされている。しかしながら今日問題となっている景観保護等の立場から見た場合の自然景観の解析は、客観的な工学的手法を用いるべきである。

本論文は実景観である山岳写真がどのような視覚効果を持つかを数値的に考察し、山岳景観解析に使用可能な有効な指標の取得ができることを示した。

1. はじめに

大気のない月では、物体はコントラストの強い白か黒の色(明るさ)しかないことからわかるように、総天然色の地球の景観は、ひとえに大気のおかげである。大気は地球の生命に命を与えると共に、人類に景観と言うすばらしい贈り物を与えた。しかしすばらしい景観も、もとをただせば物理現象として表現できるものであるにも関わらず、景観を物理的立場から取り扱った例は非常に少ない。

既報^{1)~5)}では、物理現象に忠実な景観シミュレーション画像の作成方法と、その画像作成に用いる要素(太陽光、散乱、陰影、解像力)の視覚効果について述べた。これらでは景観の基本である空や太陽の色の算定方法および大気や陰影等による視覚効果に関する物理的裏付けを示した。

本論文ではこれらをもとにして、実景観の山岳写真からどのような視覚効果が得られるのかについて考察を加える。従来、山岳写真の解析は、人間の感覚的な叙述により取り扱われていたが、ここでは画像処理と物理理論を用いて、定量的かつ客観的な解析を行う。なお解析はカラーで行うとよいが、複雑になるのでここでは可視光の中央値である、緑波長のモノクロ画像を用いる。

2. 山岳写真の視覚効果の成り立ち

①要因と効果

景観における視覚効果は、物理現象を人間がどのような立場で見るかによって決まり、図1のように表現することができる。視覚効果は感性の問題であり、物理理論とはなじみにくいが、なるべく両者を関係づける。

*東京大学生産技術研究所 第5部

②物理的要因

物理的要因には散乱、光源、反射率、陰影、解像力がある。おのおのの特性については既報^{1)~5)}を参照されたい。

③視認姿勢

同じ景観でも視認姿勢により感じ方が変わる。この現象は樋口により先駆的な現地調査研究⁶⁾が行われており、以下のような結論が得られている。

| | | | |
|-----------------|------|-------|-------------|
| 俯角 8°~10° | 見やすい | 30°以下 | は恐怖を感じる |
| 仰角 8.3°(5°~12°) | よい | 5°以下 | スカイライン卓越 |
| | | 9°以下 | スカイラインと山腹卓越 |
| | | 20°近辺 | 山腹に威圧感 |

ここではこれにならって、限定された範囲しか写っていない写真上での山岳景観の感じ方の違いについて検討を行う。

④視覚効果

視覚効果は写実効果と非写実効果に分けられるが、今回対象とするのは写実効果で、空間把握特性と快適性について検討を行う。

3. 使用画像

①画像の概要

使用する画像は視認姿勢に関するものと、それ以外のものの2種類である。

・視認姿勢解析用データ

データ1. 山頂にて 平野武利写真集 山と溪谷社

データ2. 写真集道 ブティック社刊

データ3. 丘の四季 前田真三写真集 グラフィック社

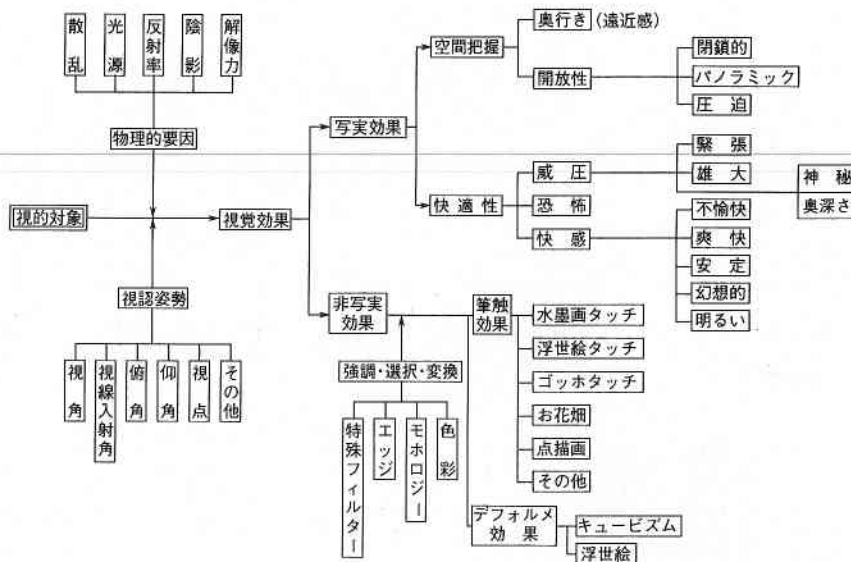


図1 遠景図の作成因子と視覚効果

- ・ 上記以外
- 筆者が写した四季の五十里湖 (栃木県藤原町) の展望台より北方、芝草山方面を写した写真
- 代表写真……図2
- 位置……図3
- 断面……図4
- 山岳までの距離……図5

②画像の特性

- ・ 視認姿勢解析用データ
- データ1. すべて山岳を対象にしたパノラマ写真
- データ2. 道を対象にした写真で背景が山岳のものをピックアップ
- データ3. 平野や丘を対象にした写真で背景が山岳のものをピックアップ
- ・ 上記以外
- 表1に示す.

4. 空間把握効果の検討

空間把握効果として画像面内の拡がり起因する開放感と、画像の奥行きに関係する 遠近感について検討する.

①開放感・圧迫感

画像面内の水平方向と垂直方向の開放感について述べる. 開放感の解析は、使用する画像の大きさにも影響されると思われるが、ここでは考慮しない.

水平方向については開放感より圧迫感の検討になるが、近景が入らない山岳写真では通常の写真 (縦横比1.3) であればあまり圧迫感を感じない. これがパノラマ写真 (縦横比3.8) になると、山岳の連なりが素晴らしくほとんど圧迫感はない.



図2

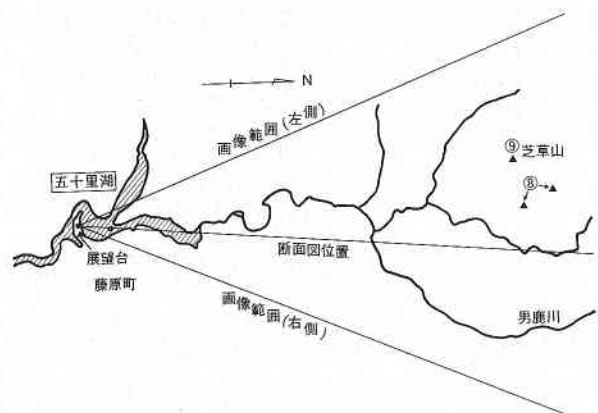


図3 写真の平面位置

垂直方向は山岳が画像のどこにあるかで開放感が変わる. 興味とする景観が山岳か平野かにもよるが、山岳が画像の上の方にあると一般に重圧感があり景観が重くなる. これ

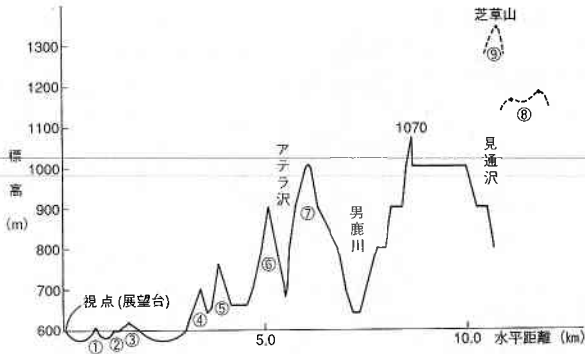


図4 断面図

- | | |
|---------|---------------|
| 距離 | 距離 |
| ① 0.8km | ⑥ 5.2km |
| ② 1.3km | ⑦ 6.1km |
| ③ 1.7km | ⑧ 11.5km |
| ④ 3.4km | ⑨ 11.0km(芝草山) |
| ⑤ 3.9km | |

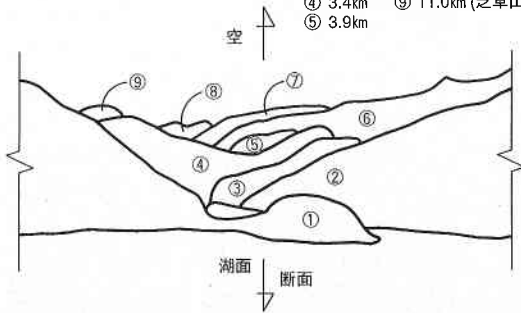


図5 画像の山岳迄の距離

表1 使用写真概要

| 撮影年月日 | 対象 | 遠くの山の状況 |
|----------|------------|------------------------------|
| 92.11.13 | 秋の紅葉 | 紅葉と緑が混在, 余り遠近感なし. |
| 93. 3. 2 | 冬の小雪 | 遠くの山は見えない. |
| 93. 3. 3 | 冬の晴れ(雲あり) | 遠くの山明瞭に分る. 空に突き出てかつ近く感じる. |
| 93. 5.13 | 初夏の晴れ(雲あり) | ハゲ山と緑が混在し山の境界が良く分らない. |
| 93. 8.20 | 夏の曇(時々雨) | 適当にボケていて, 山の重なりが分る. 遠くにある感じ. |
| 93.10.26 | 秋の紅葉始め | 遠くが晴れて山が明るく見え遠近感がある. |

時刻はいずれも12:30~1:00前後

に対し山岳が下にあると、開放感があり雄大ではあるが何か間が抜けた感じがする。つまり山岳は画像の真ん中付近にあるのがよく、この時遠近感も最も強いと感じられる。平野が撮影したパノラマ写真でのこの位置は、スカイラインの位置が下から0.6程度の場合が多い(図6参照)。なお山岳の最高点の位置は0.68(図7参照)、麓線の位置は0.45(図8参照)であった。図8より麓線比はバラツキが

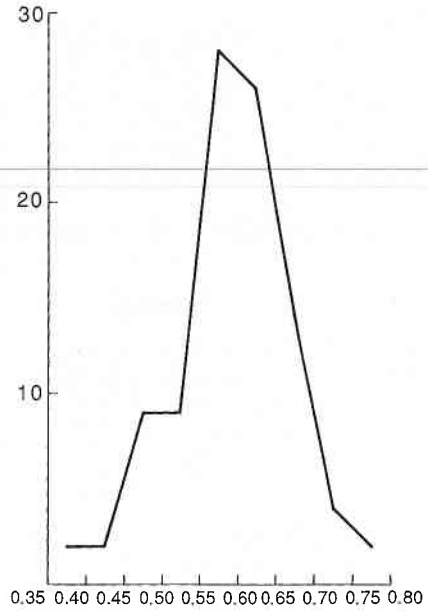


図6 平均スカイライン比

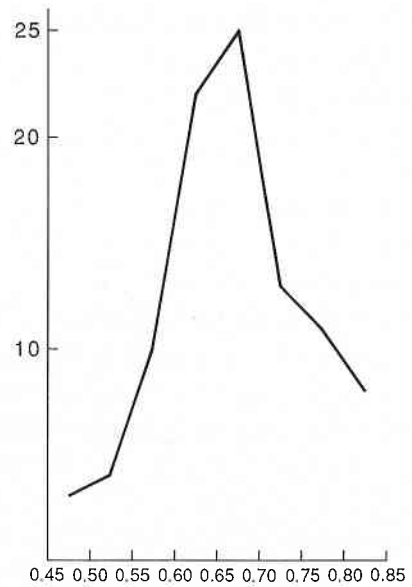


図7 最高点比

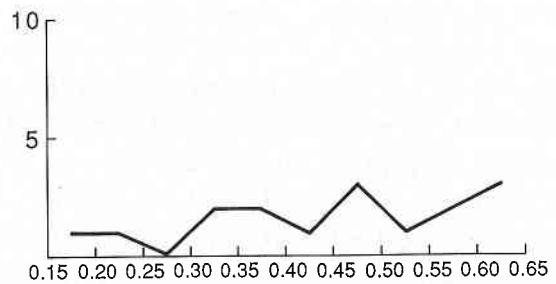


図8 麓線比

多くあまり意味がないことがわかる。

この結果は平野に特有なものかもしれないので、他のデータを使って同様に解析した所、道では0.75、丘では0.65であった。道は平地主体なので山岳が上の方に写りがちなのは納得できるし、丘の値は平野のものともあまり差がないので山岳に興味がある場合のスカイラインの位置は0.6程度がよいと言える。なおこの値を示す仰角を計算したところ約3°であり、5°以下はスカイラインが卓越するとして樋口の結論と一致する。この角度は富士山を神奈川県鎌倉市周辺から見た場合に相当する。

②遙青（空気遠近法）を主体とした遠近感の感知

山岳のモノクロ画像で遠近感を感知できる主因は、画像に写っている山岳の大きさとテクスチャー、遙青効果である。晴天で太陽が照っている時の山岳は近く感じるが、遙青が付加されると山岳に奥行き感がでてくる。人間が実際に画像を見て感じる奥行きをはかるには心理学的手法が必要であり、ここで取り上げるのは不可能である。しかし実際の山岳までの距離と、画像の濃淡との関係は把握可能なので、以下で検討する。画像の濃淡から人間はどこまで遠近感を感じるのかは非常に興味ある問題であり、この検討で物理的な裏付けが得られる。

遙青効果は次式で表される。

$$B = B_0 e^{-\sigma R} + B_b (1 - e^{-\sigma R})$$

記号の説明

- B_0 : 物体のまぢかの明るさ
- B_b : バックの明るさ
- σ : 消散係数
- R : 物体までの距離

93年8月20日の画像から濃度をはかり、上式を用いて消散係数を出したのが表2、図9である。物体の濃度 B_0 は、最も近い森林の濃度と黒体とした時の2種類を使っている。

表2、図9より以下の事項がわかる。

表2 消散係数

| 山 | R (km) | 輝度 (B) | $B_0=25.6$ の時 (最も近い森林) | | | $B_0=0$ の時 (黒体) | | |
|---|--------|--------------|---------------------------|------------|----------|-------------------------|------------|----------|
| | | | $\frac{B-B_b}{B_0-B_b}$ | σR | σ | $\frac{B-B_b}{B_0-B_b}$ | σR | σ |
| ① | 0.8 | 25.6 | — | — | — | 0.862 | 0.148 | 0.185 |
| ② | 1.3 | 45.7 | 0.875 | 0.134 | 0.103 | 0.754 | 0.282 | 0.217 |
| ③ | 1.7 | 58.5 | 0.795 | 0.229 | 0.135 | 0.685 | 0.378 | 0.222 |
| ④ | 3.4 | 115 | 0.443 | 0.814 | 0.239 | 0.382 | 0.962 | 0.283 |
| ⑤ | 3.9 | 123 | 0.393 | 0.935 | 0.240 | 0.339 | 1.083 | 0.278 |
| ⑥ | 5.2 | 141 | 0.281 | 1.271 | 0.244 | 0.242 | 1.419 | 0.273 |
| ⑦ | 6.1 | 148 | 0.237 | 1.440 | 0.236 | 0.204 | 1.588 | 0.260 |
| ⑧ | 11.5 | 174 | 0.075 | 2.590 | 0.225 | 0.0645 | 2.741 | 0.238 |
| 空 | | 186 (=Bb) | | | | | | |
| | | | $\sigma_{AV}=0.239$ | | | $\sigma_{AV}=0.266$ | | |

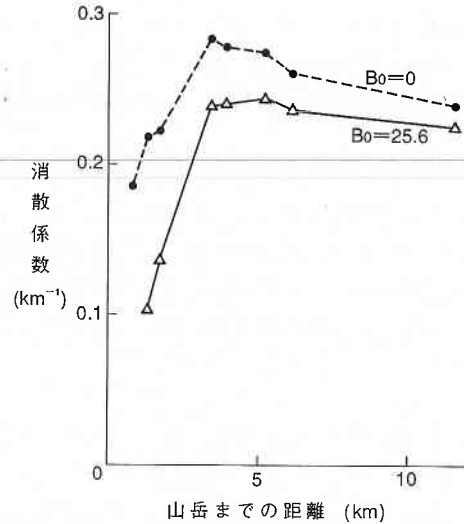


図9 消散係数

1. 山岳④～⑧の消散係数はよく合っており、本理論式は実用的である。
2. 山岳①～③は消散係数が小さく、標高が低い所はモヤ量が少ないと推定できる。
3. 山岳①～⑦の方位より山岳⑧の方位の方がモヤ量が少ない。
4. 山岳①までの距離は800mであるが、モヤによる空気の厚みの効果がでている。
5. 平均的消散係数の値を0.25とすると、視程は15.6kmとなる。
6. 森林の濃度は非常に低く、現象によっては黒体と見なしても大きな誤差はでない。

③テクスチャーを主体とした遠近感

使用した6枚の画像のうち、テクスチャーの遠近感が顕著なのは92年11月13日撮影の秋の画像である。ほかの画像では樹冠がノッペリと写っているが、秋の画像では紅葉のおかげで比較的樹冠がハッキリ写っているの、遠近感を感じる。また紅葉は赤系統の色であり、進出色であることも遠近感に影響しているものと思われる。93年3月3日の冬の画像では葉が落ちているせいで樹冠がないが、近い山岳の枝のテクスチャーと遠い山岳のテクスチャーの差のおかげで遠近の違いがわかる。

5. 快適性の測定

ここでは画像から得られる快適性を測定する。快適性なるべく物理値との関係を明確にする。

①画像の印象

表1に示した6枚の画像から次の印象が得られた。

1. 山岳を含んだ画像全体が明るいと山岳が手前にある感じがする。また山岳が少し高く感じる。
2. 天候が曇りで、かつモヤにより山岳がやや霞むと遠近

感がある。

3. 小雪の画像は遠くの山岳がボケて見えなく、かつ山と空の境界がわからないせいか、奥深く神秘的な感じがする。
4. 晴れた日の画像は山の重なりが不明瞭であるが、遙青効果があると重なりがよくわかる。
5. スカイライン付近の山岳が明るくて、手前の景観が暗いと遠近感がある。モヤがなくてもそのように感じるので、明るさに段階的な差があると遠近感がでるのかもしれない。

②明るさの分布

画像の全体的濃度をはかったのが表3である。画像の平均濃度は夏の曇りの119から冬の晴れの156まで分布していて、思ったより差のあることがわかる。また濃度の頻度は2~3のピークを持ち、ピーク3つの場合最も低い濃度が近山で中間濃度が中山、湖、最も高い濃度が空となっている。湖の濃度を除外すれば、水墨画等における遠くを明るく、近くを暗く書く書き方の妥当性が証明されたことになる。ピークが2つの2画像は近山が中間濃度域に入っているが、その原因は異なり、3月2日の画像は遙青によるボケが原因で、3月3日の画像は枯れ木に太陽の直達光があたっているのが原因である。偶然かも知れないが、空の明るさはどの画像も似ており214~226の範囲にある。

平面位置図に示した断面の、各画像における濃度分布を示したのが図10である。モヤの遙青効果が効いている8月20日の画像、あるいは小雪の遙青効果が効いている3月2日の画像は濃度の断面が滑らかであり、その他のものはギザギザとなっている。特に3月3日の晴れた冬の画像ではギザギザがかなりきつく、土地被覆の状況にもよるが直達光のもとでの山岳の反射率の変化はかなり大きい。

③遙青の快適性

遙青による現象は人間に快適感を与える。画像を見ると、山岳⑤から山岳⑧程度のボケ方がよく、特に⑧程度では爽

表3 画像濃度分布

| 濃度特性 日付 | 平均 | 標準偏差 | 濃度頻度のピーク | | |
|------------|-----|------|------------|-----------------|---------------|
| | | | 低濃度ピーク | 中濃度ピーク | 高濃度ピーク |
| 92.11.13 | 140 | 58 | 40 (近山) | 130 (湖・遠山) | 226 (空) |
| 93. 3. 2 | 156 | 52 | | 100 (湖・中山) | 218 (遠山・空) |
| 93. 3. 3 | 133 | 58 | | 115 (湖・近山) | 226 (空) |
| 93. 5.13 | 123 | 68 | 30 (近山) | 110 (湖・中~遠山) | 214 (空) |
| 93. 8.20 | 119 | 62 | 30 (近山) | 120 (湖・遠山) | 220 (空) |

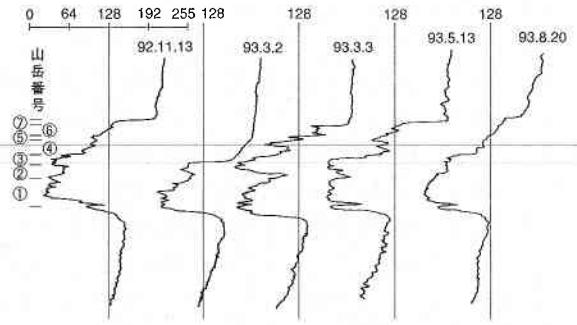


図10 濃度プロファイル

快感がある。各山岳までの距離は3.9km~11.5kmなので、遙青の効果を表すσRは1.0~3.0となり、特に3.0付近がよい。

93年3月2日の小雪の場合は、遙青の効果でスカイラインが見えず、かつ空の明るさから近景の明るさまでが比較的連続的になっていて、神秘的な感じがする。

④気象的不快指数

写真に写っているモヤの景観の中にいた場合に感じる不快指数を算定する。求めかたは既報⁷⁾に順じる。

視程が15.6kmの時の相対湿度は既報の式を用いて52%と求められる。温度は夏の高原の昼のものとして20℃とすると、不快指数は65となり快適な気候であることがわかる。

⑤雪の降り方

不快指数と同様にして、3月2日の画像より雪の降り具合が定量的に評価できる。

森林の明るさを黒体とすると、山岳④の明るさは192で空は210なのでσRは2.46となる。山岳④までの距離は3.4kmよりσは0.724、視程は5.39kmとなるので、既報⁸⁾より雪のマスフラックスは0.002となる。無風の状態の風速を1m/sとすると雪の空間濃度は0.002(g/m⁻³)となり、ほとんど降っていない小雪の状態を示していて、実際の現地の天候と一致する。なお快適性から見ると、雪が適当に降ればしっとりした景観の味わいが出るが、ここではほとんど降っていないので神秘性が優先している。ちなみに1992年3月2日の小雪ぎみの画像を元にして、簡易な降雪シミュレーションをしたのが図11~図13である。図11は2値化したランダムドット約6100個を原面に付加したもので、雪粒の大きさが一定で等明度なので、浮き上がって見える。また雪の降っている量はさほど多く感じない。図12と図13は明るさに分布を持たせたランダムドットを、原面に融合したもので図11より浮き上がりの感じが少なく、雪の分布に奥行きを感じる。図12のドットの数約15500個である。図12と図13は雪の量が違うが、図12の程度の雪の降り方による画像のボケ方は、神秘さよりもしんと降る雪の心地よさを感じる。

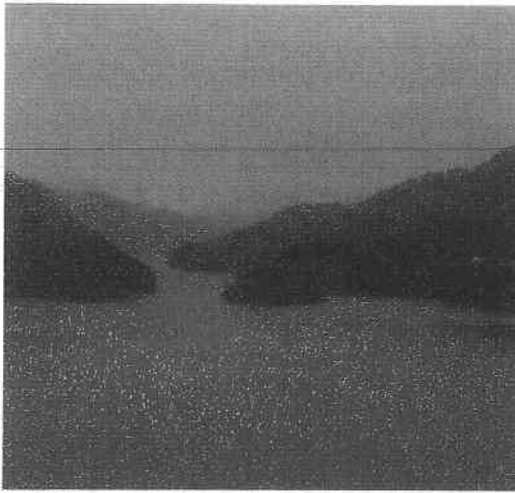


図11

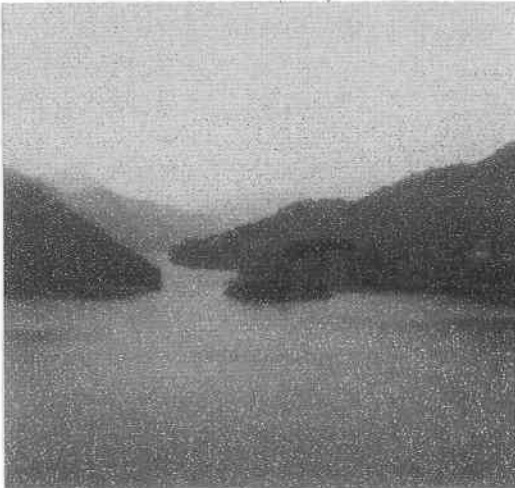


図12

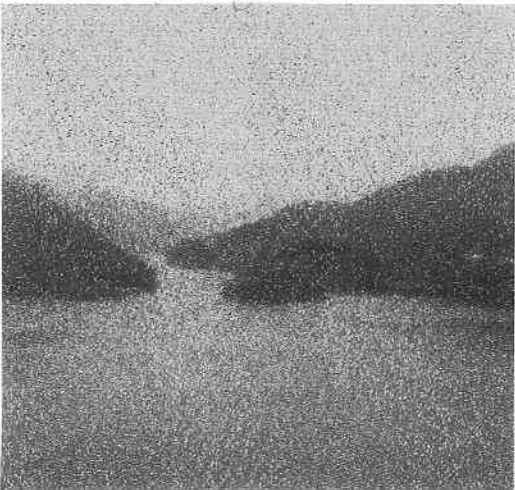


図13

⑥エッジとスカイライン

景観にとって画像におけるスカイラインの位置が重要な意味を持つのはすでに述べてきたところである。ここではソーベル微分を用いて、エッジとスカイラインの強さおよび形について考察する。

93年3月3日の晴れた冬の画像および93年8月20日の曇りの夏の画像のエッジ強調をしたのが図14と図15である。冬の画像ではスカイラインがクッキリ出ており、エッジの強さを示しているが、他のエッジは中途半端なものばかりで、山全体の素直なまとまりが感じられない。それに対し夏の画像では、遙青の効果から遠近の山岳のエッジが同程度の強さでまとまりよく連なり、また余計なエッジがないことより素直な“よい”形を構成している。画像としては

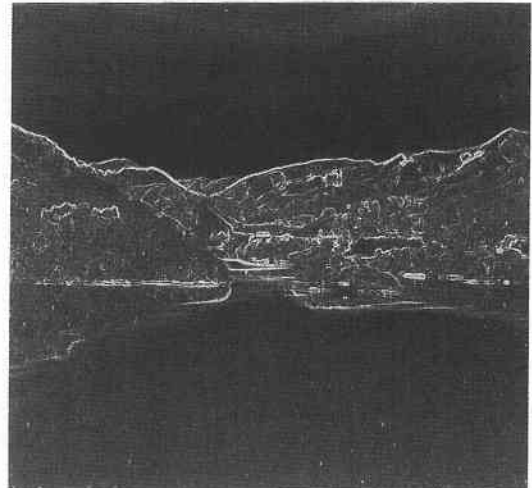


図14

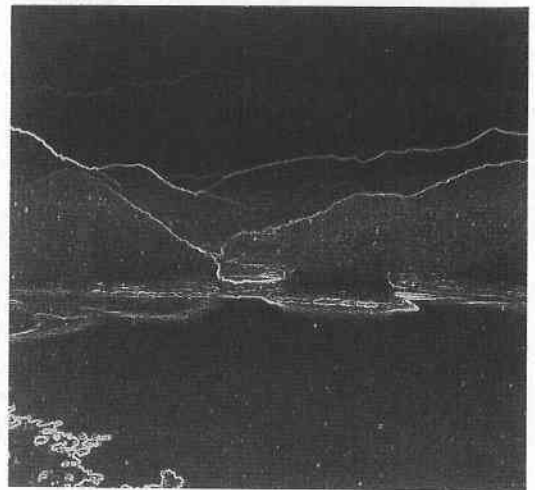


図15

冬より夏のほうが好ましいことを考えると、スカイラインは強さが強ければよいと言うものでなく、キチンとしたまとまりが必要だと考えられる。形としては、ゲシュタルト心理学で言うよい形を基本にすればよいと考える。

6. 景観画像におけるいわゆる“空気”について

写真や絵画の領域での景観描写法の表現として空気の厚みがある。空気は本来目に見えないものと思われているが、前述の遙青のようにその厚みが人間の感性に影響を与えることも少なくない。遙青と空気の厚みが同じものを意味するかどうかはわからないが、ここでは物理現象である遙青を表現したものとして空気の厚みを考え、その特性を調べる。

①大気粒子による厚み

遙青を生じさせる大気粒子の散乱力のごく小さく、散乱係数 σ では次のようになる。

$$\text{赤バンド } \sigma = 6.03 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1} \quad (\text{視程で650km})$$

$$\text{緑バンド } \sigma = 1.31 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1} \quad (\text{視程で300km})$$

$$\text{青バンド } \sigma = 2.73 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1} \quad (\text{視程で140km})$$

したがって大気の厚みは数 km～数十 km 程度離れて初めて感じられ、日常の視界の範囲ではあまり意識されないが、遠山などを見る時は山を青く見せる主因となる。

②水粒子による厚み

これに対し水粒子が原因でおきる散乱は強く、東京でも頻度の高い視程値である $S=15\text{km}$ の場合は次のようになる。

視程 $S=15\text{km}$ 、人間の濃淡の判別能力 1%、空の明るさ $B_b=0.8$ 、物体の明るさ

$$B_0=0.1 \text{ とすると}$$

物体の明るさ $B_0=0.1$ がダイナミックレンジの 1% つまり 0.01 だけ明るくなったもの $B=0.11$ となる。遙青の式

$$B = B_0 e^{-\sigma R} + B_b (1 - e^{-\sigma R}) \text{ において}$$

$$B = 0.11 \quad (B - B_0 = 0.01) \text{ とすると}$$

$$0.11 = 0.1 e^{-\sigma R} + 0.8 - 0.8 e^{-\sigma R}$$

$$0.69 = 0.7 e^{-\sigma R}$$

$$e^{-\sigma R} = 0.986$$

$$\sigma R = 0.01439$$

$$R = \frac{S}{3.9} \times 0.01439 = 0.00369S$$

通常日の視程 $S=15\text{km}$ の時 1% ボケるのは $R=55.4\text{m}$

つまり視程が 15km の時は、わずか 55m 離れた物体にすでに 1% の遙青効果が働き、人間がわかる程度のボケが生じている。このボケが大気の厚みを表すものとするれば、絵画におけるいわゆる“大気の厚み”は景観描写に重要な関連があることがわかる。大気の厚みがない景観画像は遠近感が減少し、人間になんとなく自然と違う違和感を与え、ちょうどフォービズム(野獣派)の絵画を見たような印象を与える。

7. おわりに

本考察により実景観である山岳写真の現象も十分物理理論に乗っ取っており、それを用いて感覚的な視覚効果を説明できる、またはできそうなことがわかった。今後はより高度な感覚的現象の説明を試みてみたい。

(1994年2月10日受理)

参考文献

- 1) 村井俊治・青島正和：大気の状態を考慮した景観画像の作成 生産研究 Vol. 45 No. 5 PP. 18~25 1993年
- 2) 青島正和・村井俊治：山岳景観における陰影の視覚効果に関する基礎的研究 生産研究 Vol. 46 No. 3 PP. 48~53 1994年3月
- 3) 青島正和・村井俊治：山岳景観シミュレーション画像における解像力に関する一考察 生産研究 Vol. 46 No. 5 PP. 9~13 1994年
- 4) 青島正和・村井俊治：景観シミュレーションに用いる消散係数の推定法に関する一考察 生産研究 Vol. 45 No. 11 PP. 29~35 1993年
- 5) 青島正和・村井俊治：景観シミュレーションを目的とした大気散乱理論の応用 日本写真測量学会 年次学術講演会 PP. 44~54 1993年5月
- 6) 樋口忠彦：景観の構造 PP. 40~63 技報堂出版
- 7) 青島正和・村井俊治：画像処理による水墨画景観の特性解析 生産研究 Vol. 45 No. 12 P. 57 1993年
- 8) 4) と同じ P. 34