パソコンによる画像処理を利用した 露天採掘跡地の景観評価*

大塚 尚寛¹ 関本 善則² 尾刀 幸雄³

Landscape Evaluation of Mined-out Quarry Using an Image Processing Technology with Personal Computer

by Naohiro OTSUKA¹, Yoshinori SEKIMOTO¹ and Yukio OGATA¹

1. Faculty of Engineering, Iwate University, Ueda, Morioka 020

Landscape evaluation of mined-out quarry becomes necessary from the view point of environmental protection. Computer graphics is useful to simulate landscape changes caused by open-cut mining. We have used a wire frame model and a polygon model to predict changes in the geographical feature of quarry. In this study, we examined the composition of the photomontage of mined-out quarry using an color image processing technology with personal computer. It became possible to present changes in the scene more realistically.

Two psychometrical evaluation tests, rating-scale and selection method, using monochrome and color photomontages as variable stimulus were conducted. The allowable limit of the apparent height of mining slope was revealed to be lower in the evaluation test with color photomontages as compared to the one with monochrome photomontages. This is because mined-out area stood out in respect of color against the surrounding greens. It was considered that the results obtained using color photomontages were more reliable than those using monochrome photomontages.

Cluster analysis was performed using the evaluation results of semantic differential method, which clarified that the factor of landscape evaluation of mined-out quarry changed in distance. Size scale and beauty scale were important when it was seen at a short distance, whereas impression impact was important when it was seen at a long distance.

KEY WORDS : Open-cut Mining, Landscape Evaluation, Computer Graphics, Image Processing, Semantic Differential Method

1. 緒 言

生活地域に近接して存在することの多い石灰石や砕石用原石などの露天採掘跡地は、景観上問題となっている場合が多くみられる。特に近年では、自然保護や環境保全に対する地域住民の関心の高まりや、地方自治体における景観条例制定の動きとも併せて、景観への対応が作業上の重要課題となっている¹⁾²⁾。

筆者らはこれまで、露天採掘跡地の景観評価に、計量心理学的評価手法を用いた検討を行ってきている³⁾⁴⁾。このなかで、評価実験に用いる景観写真には、従来モノクローム写真を用いてきた。その理由としては、心理学的評価実験では通常モノクローム写真が用いられること⁵⁾、カラー写真は撮影時の季節、天候、時間などが映像に反映される⁶⁾ため普遍的な評価に適さないこと、カラー

写真の合成が技術的に難しいことが挙げられる。しかし、筆者らが先に実施したSD法(意味微分法)による検討の結果、露天採掘跡地の景観評価には、色彩も重要な要素であることが明らかとなった⁷⁾。そのため、カラーの変化刺激を用いた評価実験を行い、モノクロームの変化刺激による評価結果との比較を行う必要があると考えられる。

そこで本研究では、パソコンによるカラー画像処理技術を利用して、現況写真に採掘や修復緑化状況を画像合成して、変化刺激を作成する方法について検討した。この方法を用いて、観光地へ通じる国道近くにあるため地元住民の他に多くの観光客からも眺望され、景観上問題となっている砕石用原石山を取り上げ、事例研究を行った。すなわち、前述の方法により作成したカラーの変化刺激と、従来⁴⁾により作成したモノクロームの変化刺激の両方を用いて、評定尺度法および選択法による景観評価実験を行い、カラーとモノクロの変化刺激による評価結果を比較検討したので、これらの結果について報告する。

2. カラーフォトモンタージュの作成

採掘に伴う跡地の形状変化や緑化による修復状況は、コンピュータグラフィックス(CG)によりシミュレーションした。この方

* 1995年6月9日受付 8月17日受理 資源・素材学会平成7年度春季大会にて一部発表

1. 正会員 工博 岩手大学助教授 工学部建設環境工学科

2. 正会員 工博 岩手大学教授 工学部建設環境工学科

3. 岩手大学大学院 工学研究科資源開発工学専攻

[著者連絡先] FAX 0196-21-6459 (岩手大・建設環境)

キーワード: 露天採掘, 景観評価, コンピュータグラフィックス, 画像処理, SD法

Fig. 1 Computer graphics simulation.

法では、まず、採掘場を含む対象地域のメッシュ標高データを入力して、数値地形モデルを作成した。これに採掘に伴う地形変化や修復緑化による地形修正などにより標高が変化する地点のデータを更新して、各視点から眺望される跡地の様子を、ワイヤフレーム法⁸⁾およびポリゴン法⁹⁾により表示した。

Fig. 1 は、ワイヤフレーム法およびポリゴン法による景観シミュレーションの一例を示したものである。このように CG で予測される原石山の改変状況を現況写真に重ね合わせて、以下に述べる方法によりカラーフォトモンタージュを作成した。

Fig. 2 は、景観シミュレーションに用いたカラー画像処理システムを示したものである。まず、現地で撮影した景観写真を、画像入力装置（イマプロ QCS3200）を用いてデジタル画像化して Photo CD を作成した。これをパソコン（NEC PC-9821Xs）に取り込み、画像処理ソフト（ASCII Photo Finish for Windows）を用いて、跡地や修復緑化状況を前述の CG と照合しながらカラーによる画像合成処理を行った。デジタル画像を実際の写真の画質に近づけるためには、フルカラーモードで解像度の高い画像とする必要がある。本研究では、色彩を重要な要素と考えたので、カラーモードは R、G、B 各 8 ビットモードのフルカラー（1,670 万色）とした。解像度については、カラーモードを優先するという観点から、実際の写真と比べて遜色のない必要最小限の解像度として、144 pixels/inch とした。また、画像サイズは、768 × 512 pixels とした。これらのカラーモード、解像度、画像サイズで作成されたデジタル画像のファイルサイズは約 1.1 MB となり、1 画像が 1 枚のフロッピーディスクに収まるサイズとなった。画像合成に当たっては、残壁部分は同じ切羽から、採掘前の森林部分は周囲の森林から、小部分に分けて何度も移植を繰り返す方法を採用し、周囲との違和感を極力少なくした。これらの処理画像を、必要に応じてディスプレイ上に表示したり、画像出力機（Polaroid Digital Palette HR6000）により採掘・緑化シミュレーション写真を作成して評価実験に用いた。

Fig. 3 は、今回事例として取り上げた碎石用原石山の採掘進展に伴う景観変化を、前述の画像処理システムを用いてシミュレーションした例である。採掘前の原石山の様子や採掘後の跡地の様子を、実際の写真と遜色なくリアルに表示することができた。

3. 評価実験

評価実験では、各視点から採掘場を撮影した写真をもとに、採掘段階別のカラーフォトモンタージュを作成し、変化刺激として用いた。写真を撮影した地点は、採掘場の全景が見える方向の直

Fig. 2 System of color image processing.

(a) Pre-mined appearance

(b) Present appearance

(c) Mined-out appearance

Fig. 3 Examples of color photomontage.

線上で、採掘場からの距離が1, 2, 3, 4, 5 kmの5地点である。想定上の採掘段階は、採掘範囲の大きさにより採掘前のA段階から現状のD段階、採掘後のG段階までの7段階とした。したがって、作成した変化刺激は、視点5段階×採掘レベル7段階の計35条件である。また、同条件のモノクロームフォトモンタージュも、従来の手描きによる方法で作成して、変化刺激とした。Fig. 4は、モノクロームフォトモンタージュの一例である。これらのカラーおよびモノクロームの変化刺激を用いて、評定尺度法および選択法による評価実験を行った。さらに、露天採掘跡地の景観評価に色彩という要素がどのように関わっているかを調べるために、カラースライドを用いて、SD法による評価実験も行った。

評定尺度法、選択法およびSD法による評価実験方法および解析方法については、既に報告してある³⁾⁴⁾⁷⁾ので、ここでは省略する。露天採掘跡地の景観評価は、開発によって直接的な利害を

受ける人より、第三者的立場の人の方が客観的な評価を行うので結果の中立性が高くなる。この点を考慮して、今回の評定者は岩手大学の学生87名とした。

4. 評価結果

4・1 評定尺度法による評価結果

Fig. 5は、地点別のカテゴリーの支持度数の一例で、現状(採掘段階D)に対する評価結果を示したものである。地点1~5からみた採掘跡地が、景観的にみて気になるかどうかを、横軸にある7段階のカテゴリーで評価したものである。カテゴリーは、1.「全く気にならない」、2.「気にならない」、3.「あまり気にならない」、4.「どちらともいえない」、5.「少し気になる」、6.「気になる」、7.「非常に気になる」の7段階で、カテゴリー7に近い支持度数が多いほど、景観的に気になると評価されていることになる。図をみると、採掘場に最も近い地点1(距離1 km)では、ほとんどの人が7.「非常に気になる」か、6.「気になる」と判断している。地点2から地点5へと採掘場から遠ざかるに連れて、気になる度合いは低くなり、採掘場から5 kmの地点5では、最も支持度数が高いのは5.「少し気になる」となっており、気にならないと評価している人も20~30%あることがわかる。モノクロームとカラーの結果を比較すると、全体的にカラーの方がモノクロームよりも気になると評価されているようである。これは、現在採掘中の切羽が、Fig. 3(b)のように薄茶褐色に見え、周囲の森林の緑色に対してかなり目立つためであり、Fig. 4に例示したモノクロームのように跡地と森林が単にモノトーンの違いだけに見えるのに比較して、気になる結果となるものと思われる。

Fig. 6は、採掘段階別のカテゴリーの平均値を採掘場までの距離に対してプロットしたものである。ここでいうカテゴリーの平均値とは、1~7のカテゴリーを序数尺度として、各カテゴリーの支持度数から求めたものである。したがって、この平均値は距離尺度値などとは異なり数量的な意味は持たないが、各変化刺激の気になり度合いを定性的に把握するには有効である。図中、A~Gは採掘段階を示しており、Aが採掘前、Dが現状、Gが採掘後である。また、実線がモノクローム、一点鎖線がカラーの結果を示している。図をみると、採掘前のA段階では、カラーの場合にはほとんど1.「全く気にならない」と評価されているのに対して、モノクロームでは跡地がないにも関わらず、3.「あまり気にならない」程度の平均値となっている。これはFig. 4の例示のように、モノクロームの変化刺激では色彩がないことによる違和感と、手描きにより原石山を復元した不自然さが影響しているものと思われる。採掘段階C以降では、周囲の森林との色彩的なコントラストが明瞭になるカラーの方が、いずれの地点においてもモノクロームよりもカテゴリーの平均値が大きくなっており、気になると評価されていることがわかる。

Fig. 7は、カテゴリー判断の法則¹⁰⁾に基づいて統計処理を行い得られた評価曲線を示したものである。図中、横軸の高さ比とは、背景の山の高さに対する残壁の高さの比であり、縦軸のカテゴリーは距離尺度で目盛ったものである。いずれの地点においても高さ比が大きくなる、すなわち採掘が進み残壁の高さが高くなるほど気になる度合いが高くなる傾向が、モノクローム、カラーの場合ともみられる。また、採掘場までの距離が近い地点ほど評価曲線が上側にあり、気になる度合いが高いことがわかる。

高さ比0、すなわち、採掘前の状態では、カラーの場合には各地点ともカテゴリー1以下のほぼ等しい値になっており、「全く気にならない」と評価されている。これに対してモノクロームでは、

(a) Pre-mined appearance (Point 1)

(b) Pre-mined appearance (Point 3)

(c) Mined-out appearance (Point 3)

Fig. 4 Examples of monochrome photomontage.

Fig. 5 Relative frequency for each category.

Fig. 6 Relationship between mean value of category and distance.

地点5ではカテゴリー1以下であるが、地点1ではカテゴリー2以上となっている。これは、カラーの場合、採掘前の原石山の森林が極めて自然に再現されているのに対して、モノクロームでは、手描きで再現した原石山部分と周囲の森林に違和感があるためと思われる。特に、原石山が大きく見える地点1では、この傾向が顕著に現れているものといえる。

モノクロームとカラーの評価曲線の傾きを比べると、カラーの方が大きく、高さ比、すなわち跡地が大きくなるに従い気になる度合いが、モノクロームの場合よりも大きくなる傾向がみられる。

Fig. 8は、採掘場までの距離と景観的に許容できると評価さ

Fig. 7 Evaluation curves for height ratio.

Fig. 8 Relationship between allowable limit and distance in rating-scale method.

れる基準値との関係を示したものである。ここでいう基準値とは、背景の山の高さに対する景観上許容される跡地の高さの比である。採掘跡地に対する景観の評価が気になるから気にならないと変わる境界を4.「どちらでもない」として、Fig. 7中のカテゴリー4の境界線と地点別の評価曲線との交点から基準値を求めた。図より、モノクローム、カラーいずれの場合も、採掘場からの距離が大きくなるに従って基準値が大きくなる、すなわち景観上許容される跡地の高さが高くなる傾向があることがわかる。また、モノクロームとカラーの結果を比較すると、地点1を除けば、カラーの方がいずれの地点においても基準値が小さくなっており、景観的に許容される跡地の高さが小さいことがわかる。これは、モノクロームでは残壁と周囲の森林が白黒の階調の違いのみとして認識されるのに対して、カラーの場合には、残壁の薄茶褐色と周囲の森林の緑色が色彩的に補色関係に近いため、色彩的に際立ったコントラストとなることに起因するものと思われる。

4・2 選択法による評価結果

Fig. 9は、選択法による地点別の採掘段階の相対支持度数を示したものである。選択法では、地点別に採掘前のA段階から採掘後のG段階までの写真を横1列に1枚の紙に張り、景観的に許容できるすべての写真を選択させる実験を行った。なお、選択法で使用した写真は、Fig. 3およびFig. 4に例示したような

Fig. 9 Relative frequency for each mining stage.

フォトモンタージュである。図をみると、採掘前の状態の A 段階では、モノクローム、カラーいずれの場合も、すべての地点で全員が景観的に許容できると評価している。採掘が進むに従って、景観的に許容される支持度数が減少する傾向がいずれの地点でもみとめられる。地点別の傾向をみると、採掘場に近い地点 1 や地点 2 では、採掘段階 B か C 程度までしか支持されていないのに対して、採掘場から 5 km と最も遠い地点 5 では、D 段階まで支持している人が 30 % 程度みられる。モノクロームとカラーの支持度数を比較すると、全体的にはモノクロームの方が同じ採掘段階では、景観的に許容される支持度数が高い傾向がある。

Fig. 10 は、採掘場までの距離と景観的に許容できると評価される基準値との関係を示したものである。図をみると、評定尺度法の場合と同様に、採掘場から遠くなるに従って基準値が大きくなる、すなわち景観上許容される跡地の高さが高くなる傾向がみとめられる。また、モノクロームとカラーの結果を比較すると、カラーの方がいずれの地点においても基準値が小さくなっているが、その差は採掘場からの距離が大きくなるに連れて小さくなる傾向がみられる。

なお、評定尺度法と選択法による基準値を比較すると、評定尺度法より選択法の方が基準値が小さく、この傾向は特にカラーの場合に強く現れている。その理由としては、選択法の場合には、

採掘前の残壁が全くなく原石山がすべて森林で覆われている状態と一緒に呈示されているため、残壁があるものは相対的に厳しい評価がされるためと思われる。

4・3 SD 法による評価結果

Fig. 11 は、SD 法による評価実験結果をもとに、クラスター分析¹¹⁾により得られた樹形図を示したものである。今回の SD 法による評価実験では、露天採掘跡地の景観を評価するにふさわしいと思われる 19 組の形容詞対を用いた。各形容詞対は、隣合っているものほど、また下のクラスターほど近い相互関係にあり、高さの高いものほど他よりも独立した相互関係にあることを示している。図をみると、採掘場までの距離が 1, 2 km と近い地点 1, 地点 2 においては、形容詞対「1. 目立つ ↔ 目立たない」と「17. 跡地が大きい ↔ 跡地が小さい」の非類似度が約 10 で、最も近い相互関係にあることがわかる。これに加えて、「2. 近い ↔ 遠い」、「3. 人工的な ↔ 自然的な」、「4. 醜い ↔ 美しい」、「5. 親しみがない ↔ 親しみがある」、「7. 不調和な ↔ 調和した」などが、非類似度が小さい早い段階でクラスタリングされ近い相互関係にあり、その他の形容詞対とは独立した関係にあることがわかる。これらの評価要素は、スケール感や審美性に関わるものであることから、採掘場を眺める距離が近い地点においては、跡地の大きさや目立ち具合が景観評価の大きな要因になっているものと判断される。これに対して、採掘場から 5 km 離れた地点 5 では、地点 1, 地点 2 でみられたようにスケール感や審美性に関わる形容詞対が早い段階でクラスタリングされる傾向はみられず、印象性がインパクトとして強いことがわかる。

また、全体が大きく 2 つのクラスターに分割されており、特に、「2. 近い ↔ 遠い」の形容詞対が、右半分側のクラスターに含まれていることが特徴的である。採掘場から 5 km 離れた地点では、遠いという感覚で眺められていることがわかる。今回特に注目した「6. 色彩に乏しい ↔ 色彩に富む」については、距離が変化しても色彩自体に大きな変化がなかったために、地点間でクラスタリング過程に大きな相違はみとめられなかった。な

Fig. 10 Relationship between allowable limit and distance in selection method.

Fig. 11 Dendrogram of cluster analysis in SD method.

お、今回は未修復の採掘跡地を対象とした評価を行ったが、跡地の修復を行った場合、緑化方法が草本類と木本類のいずれを主体にするかによって修復跡地の色彩がかなり異なるため、色彩に関する評価結果に影響が現れることが考えられる。この点については、緑化方法の検討とも併せて今後の課題としたい。

5. 結 言

パソコンによるカラー画像処理を利用して、露天採掘跡地の景観評価を行った。得られた結果をまとめると、以下の通りである。

(1) パソコンによる画像処理技術を利用して、開発計画に基づく採掘段階や緑化状態をシミュレーションし、現況写真に画像合成してカラーの変化刺激を作成した。

(2) モノクロームとカラーの変化刺激を用いて景観評価実験を行った結果、採掘跡地と周囲の森林の色彩的コントラストにより、カラーの方がモノクロームより評価結果が厳しくなることが明らかとなった。

(3) カラーの変化刺激を用いたSD法による評価実験の結果、採掘跡地の景観評価要因としては、近景ではスケール感や審美性

が重要であり、遠景では印象度が重要であることが明らかとなった。

最後に、本研究の一部は、文部省科学研究費補助金総合研究(A)(課題番号70026227)および平成7年度石灰石鉱業協会研究奨励金により行われたことを付記し、謝意を表する。

引 用 文 献

- 1) 今村遼平・足立勝治：骨材資源，Vol. 24, p. 176-189, (1992)
- 2) 西山 孝・楠田 啓・伊藤俊秀：資源と素材，Vol. 110, p. 1037-1042, (1994)
- 3) 大塚尚寛・関本善則：資源と素材，Vol. 105, p. 215-219, (1989)
- 4) 大塚尚寛・関本善則：資源と素材，Vol. 109, p. 203-208, (1993)
- 5) 日科技連官能検査委員会：官能検査ハンドブック，p. 647-672, (1973)，日科技連出版(東京)
- 6) 篠原 修：新体系土木工学 59 土木景観計画，p. 83-84, (1982)，技報堂出版(東京)
- 7) 大塚尚寛・関本善則：資源と素材，Vol. 110, p. 157-162, (1994)
- 8) 白岩隆己・田中正央・藤森博美：事例パソコン立体図，p. 71-118, (1986)，講談社(東京)
- 9) 伊東直基・伊藤貢司：3D スーパーグラフィック，p. 133-275, (1987)，秀和システムトレーディング(東京)
- 10) 田中良久：心理学的測定法，p. 182-193, (1977)，東京大学出版会(東京)
- 11) 古林 隆：統計解析，p. 185-208, (1989)，培風館(東京)