

論 文

露天採掘場の景観評価における
視距離による変化刺激の適用性

齊藤 貢 ^(※) 大塚 尚 寛 ^(※※)
外 薗 貴 彦 ^(※※※)

1. はじめに

景観とは人間の感性に訴えかけるものであり、我々は景観を、視覚、触覚、聴覚、味覚、嗅覚の5感の連係作用によって知覚認知している。そのため、景観に対する感覚の優位性は、景観主体である人間と景観対象との相互関係によってその都度変化する¹⁾。良い景観は人と美しく響きあい、凝視されて「趣」と「心地よさ」、「安息」を与える²⁾。しかし、どんなに美しい景観でも、ゴミが散在している中やひどい騒音のする中から眺めた場合には、「趣」や「心地よさ」、「安息」といった感性は生じにくくなるであろう。

一方、人間の感覚特性からみると、視覚器官からの情報取得は全情報量の87%にものぼり、他の感覚を圧倒している³⁾。この情報量の多さゆえに人間は、視覚優位^{4)、5)}で社会生活を営んでいるといつても過言ではない。そのため、しばしば起こる自然景観問題についても、視知覚特性を充分理解した上で評価することが重要であり、視知覚特性に主眼をおいた眼球運動記録装置による注視点抽出の研究が報告されている⁶⁾。

筆者らはこれまで、自然景観中の景観要素と位置づけられる露天採掘場を対象に、様々な景観評価研究を行ってきた^{7)~9)}。評価実験は全て屋内で行っており、写真(静止画)を変化刺激とした際はもちろんのこと、現地にて撮影したビデオ(動画)を変化刺激として用いる⁸⁾際にも、視知覚のみによる評価構造を解明するため無音声で行ってきた。また、景観評価の変化刺激を静止画から動画へ発展させ、社会生活における現地での視認状況をより日常的なものへと近づけることで、環境影響評価手法の確立、並びに評価精度向上を図ってきた経緯がある。

その結果、景観上の阻害要因が視界にある場合、静止画に比べて動画による評価が厳しくなることが明らかとなつた^{8)、9)}。これは動画と静止画の視知覚上の違いに起因していると考えられ、環境影響評価という観点でみると、動画による評価手法は、環境影響を安全側で評価できる利点を持っている。一方で、動画による評価手法は、静止画に比べて実験の実施にかかる労力、時間、コストが圧倒的に多くなるという面も持ち合わせている。

景観対象が遠方の場合、我々は移動中においてもその対象が静止しているかのように感じることを経験的に知っている。つまり遠方の景観対象においては、動画と静止画の変化刺激は視知覚上の違いが小さいと推察される。そこで本研究では、動画と静止画の視知覚上の違いを検討し、景観対象までの視距離による変化刺激の適用性について検討した。

2. 実験方法

動画は静止画に比べ、被験者に対し躍動感や臨場感を伝えることができる。それは動画の持つ「動画らしさ」によるものと考えられるが、対象との視距離によって、被験者が受ける「動画らしさ」の強さが異なると推察される。そこで本研究では、視距離別に動画と静止画の評価を比較し、評価がどのように変化するのかを検証した。

研究事例として取り上げた露天採掘場は、岩手県八幡平市に位置する碎石場であり、採掘面の前方となる南側に地形の起伏がなく、遠方から視認可能という特徴がある。

本研究における視距離による評価実験は、視距離別に動画と静止画の変化刺激を作成し、視知覚上の比較評価することであり、現地での実景観を評価することを必要

※) 岩手大学工学部 建設環境工学科 助教 博士(工学)

※※) 正会員 理事 岩手大学工学部 建設環境工学科 教授 工博

※※※) 正会員 キャタピラージャパン(株) 市場開発部碎石マーケット営業支援課 課長 博士(工学)

としないため、自動車に乗って移動しているイメージの動画を作成する際には、道路が実際に在るか否かは問題となる。そこで、景観対象である碎石場の阻害要因を排除し、はっきりと対象が視認できるように、碎石場を正面に見ながら走行するための仮想の道路を敷設し、その道路上を自動車に乗車し移動する動画と、停止している状態で眺める静止画を、V R S (Virtual Reality System) を用いて作成した。変化刺激の作成には、UC-win/Road ver.3 (フォーラムエイト社) を使用した。このソフトウェアは、仮想の3次元空間を作成して様々なシミュレーションを行うことが可能である。作成した変化刺激は、動画、静止画とともに碎石場までの視距離にして1,000mから4,000mまでの6種類とした。静止画は視距離位置に停止した状態の眺めであり、動画は視距離位置を中心に時速50kmで15秒間走行したときの視野角30°の正面映像とした。

図1に視距離ごとの変化刺激例を示す。一般に、人の

感覚を用いた評価実験を行う場合は、先行経験との比較評価となり易い傾向がある。本研究で行う景観評価実験も例外ではなく、直前に呈示した変化刺激との相対評価になり易い。そのため、同じ変化刺激に対して呈示順を変えることで、同一被験者の評価にどの程度の差が生じるかを検証するため、評価実験は間隔をあけて2回行うこととした。なお、各視距離の呈示順は、次の3点を原則として決定した。

- (1) 交互に視距離を増減させる。
- (2) 前後の変化刺激とは視距離1,000m以上離す。
- (3) 1回目と2回目で同じ視距離が続かないようにする。

表1に上記の条件に基づいて決定した視距離ごとの呈示順を示す。呈示方法は、プロジェクタによるスクリーン投影とし、現地での視角、仰角等のスケール感を再現した。

呈示した変化刺激に対する評価は、S D法 (Seman-



視距離 1000m



視距離 2000m



視距離 3000m



視距離 4000m

図1 視距離ごとの変化刺激例

tic Differential Method：意味微分法）¹⁰⁾によるアンケート形式で行った。動画と静止画の比較に適當と思われる8つの形容詞対を用意し、「どちらともいえない（0）」を中心点に、左側が景観的にマイナス評価、右側がプラス評価となる7段階の尺度とした。

図2に実験に用いた評定用紙を示す。被験者は、結果の客觀性を確保するために、対象とした碎石場と利害関係のない岩手大学工学部の学生46名とした。

3. 実験結果

3.1 視距離による評価

図3に動画、図4に静止画を変化刺激とした場合の視距離ごとの評価尺度の平均値と標準偏差を示す。縦軸の評価尺度は、プラスの値が大きいほど景観的に良い評価、マイナスの値が大きいほど悪い評価を示す。

評価尺度の平均値は、静止画の「動的な ⇄ 静的な」を除き、動画、静止画ともに視距離が遠くなるに従って良くなる傾向を示した。「動的な ⇄ 静的な」の項目は、変化刺激に「動き」を感じるか否かを問い合わせており、静止画の場合は自身の運動が感じられないこと、さらに本実験に用いた画像中には運動する物体を配置していないこ

とから、視距離の遠近による評価に差が生じなかつたと推察される。「動き」が感じられるか否かは、運動に対する知覚の問題¹¹⁾であり、客觀性のある人間の感覚によつ

表1 変化刺激の呈示順

視距離	動静区分	呈示順	
		1回目	2回目
1000m	動画	5	9
	静止画		
1500m	動画	3	7
	静止画		
2000m	動画	1	10
	静止画		
2500m	動画	6	12
	静止画		
3000m	動画	4	11
	静止画		
4000m	動画	2	8
	静止画		

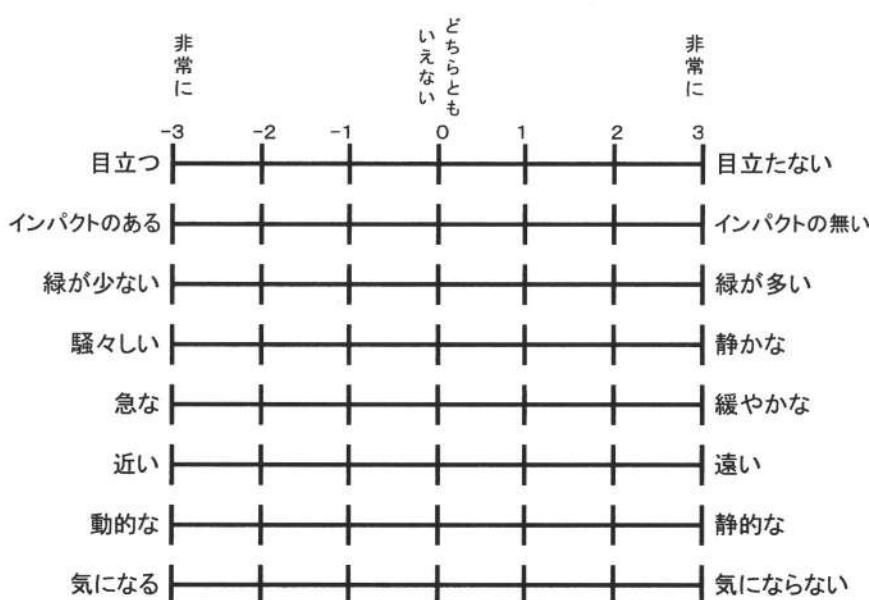


図2 実験に用いた評価用紙

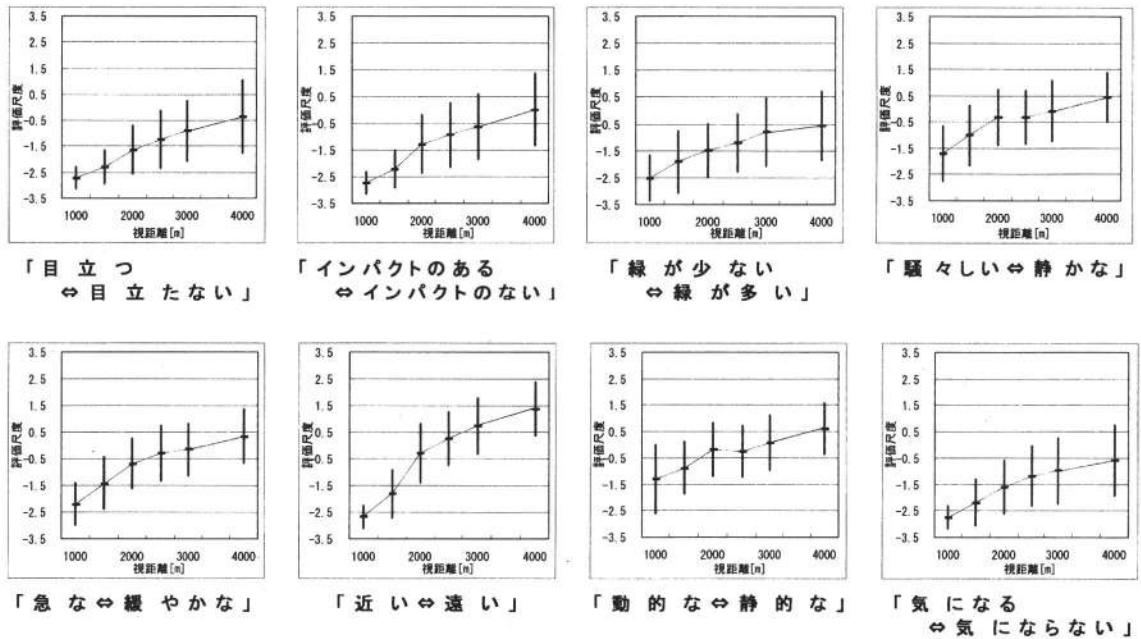


図3 動画を変化刺激とした場合の視距離ごとの評価尺度の平均値と標準偏差

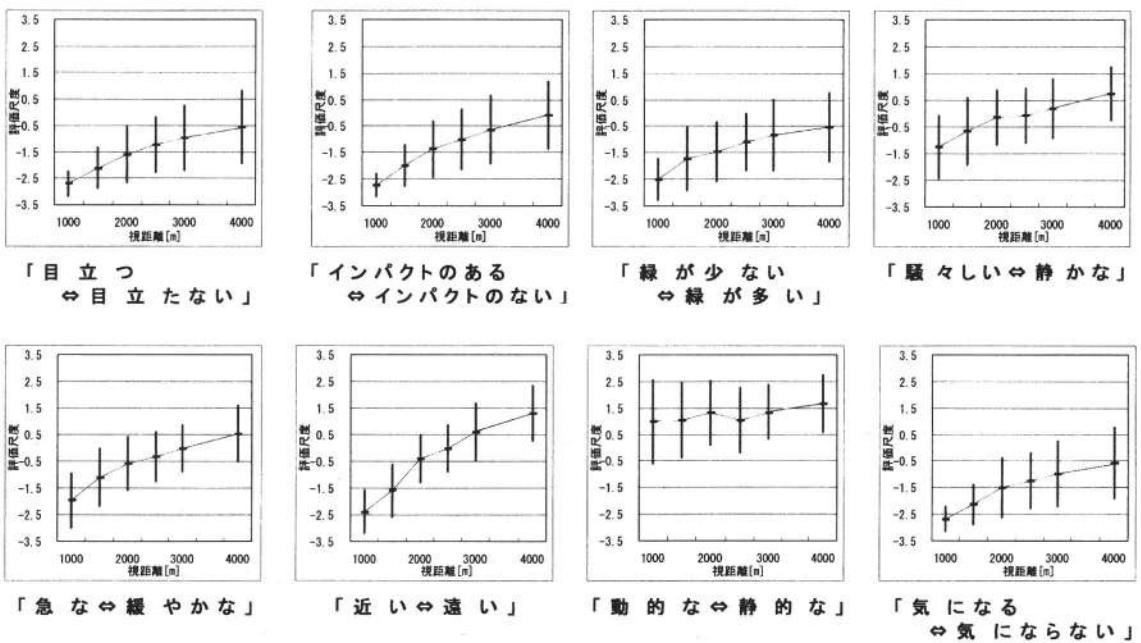


図4 静止画を変化刺激とした場合の視距離ごとの評価尺度の平均値と標準偏差

て測られていると考えることができる。また、「近い ⇄ 遠い」の評価は他の項目に比べ、右肩上りの傾向が強く見られる。これは、3次元空間に対する知覚の問題¹²⁾であり、「動き」同様に、奥行き感や遠近感といった人間の感覚によって判断されていると考えられる。したがって、他の項目とは違う特徴的な評価の傾向を示したと推察される。さらに、「動き」を直接的に評価していると考えられる「騒々しい ⇄ 静かな」、「動的な ⇄ 静的な」の視距離による評価の変化をみると、2,000mから2,500mの間で変化の傾きが変わっているのがわかる。この間に評価が変化する境界が存在することを示唆しているものと思われる。

一方、評価尺度の標準偏差をみると、動画、静止画とともに同様の傾向を示しており、評定項目とした8形容詞対は、3つのグループに分類することができる。第1は、視距離が近いほど標準偏差が小さいグループで、「目立つ ⇄ 目立たない」「インパクトのある ⇄ インパクトのない」「近い ⇄ 遠い」「気になる ⇄ 気にならない」の4形容詞対である。第2は、視距離が遠いほど標準偏差が小さいグループで、「騒々しい ⇄ 静かな」「動的な ⇄ 静的な」の2形容詞対である。そして第3は、視距離によらず標準偏差がほぼ一定であるグループで、「緑が少ない ⇄ 緑が多い」「急な ⇄ 緩やかな」の2形容詞対である。第1のグループは、「近い ⇄ 遠い」を除き露天採掘場から受ける印象を評価しており、視距離が近い時は印象が強く、被験者は一様に悪い印象を持つが、視距離が遠くなるにつれ印象が曖昧になり、標準偏差が大きくなつたと考えられる。第2のグループは、どちらも「動き」を評価する項目であり、遠くなるに従って「動画らしさ」の減退を被験者が一様に感じとっていると思われ、経験的な感覚をよく反映した結果といえる。第3のグループは、緑量や露天採掘場の形状に係る項目であり、視距離によって標準偏差に差がみられないことから、これらの印象評価は視距離に影響され難いと考えられる。色彩や形状に対する被験者個々人の知覚で判断されていると推察される。

以上のことから、評価平均値と標準偏差を総合的に俯瞰すると、本実験に用いた8つの形容詞対は、対象から受ける印象を主観的に評価する項目と、人間の視知覚で受けた感覚を直接的に評価する項目の2つに大別される。前者は、「目立つ ⇄ 目立たない」「インパクトのある ⇄ イ

ンパクトのない」「気になる ⇄ 気にならない」の3項目である。後者は、運動に対する知覚で判断されると考えられる「騒々しい ⇄ 静かな」「動的な ⇄ 静的な」、3次元空間に対する知覚の「近い ⇄ 遠い」、色彩知覚の「緑が少ない ⇄ 緑が多い」、形状知覚の「急な ⇄ 緩やかな」が分類されると考えられる。

なお、本研究では、露天採掘場が主に対象とされる近距離景（1km以内）から中距離景（1km～5km）のうち、評価の変化が大きいと予想された中距離域に限った実験を行っているため、上述した内容はこの域内に限られた傾向と考える必要がある。

3. 2 動画と静止画の評価結果の比較

図5に横軸の視距離を対数目盛とした各形容詞対における動画と静止画それぞれの視距離ごとの評価平均値の回帰線を示す。回帰線は、図3、図4の傾向から対数近似とした。

それぞれの動画と静止画の回帰線の関係をみると、3つのパターンに分類することができる。第1は、「目立つ ⇄ 目立たない」「インパクトのある ⇄ インパクトのない」「近い ⇄ 遠い」の3形容詞対で、視距離が近い時に動画の評価が低く、遠くなるに従って「動画らしさ」の減退により動画と静止画との評価が変化しなくなり、回帰線が交差するパターンである。これは、経験的な感覚によく合致する結果といえる。第2は、「緑が少ない ⇄ 緑が多い」「気になる ⇄ 気にならない」の2形容詞対で、視距離の遠近に係らず動画と静止画の評価がほとんど変化せず、回帰線がほとんど重なるパターンである。第3は、「騒々しい ⇄ 静かな」「急な ⇄ 緩やかな」「動的な ⇄ 静的な」の3形容詞対で、静止画に比べ動画の評価が全体的に低く、視距離が遠くなるに従って近づいてはくるものの、近接するまでには至らず、回帰線が中距離域内では交差しないパターンである。

後者の2パターンは経験的な感覚と合致しないが、この原因としてはつぎの2点が考えられる。第1点は、近距離景における実験の不足、すなわち回帰式を算出する統計上の問題点である。もう少し視距離を近づけることによって動画と静止画の評価に差が生じた場合、回帰線がほとんど重なる2つ目のパターンは、1つ目のパターンに類似することが考えられる。第2点は、評価項目そのものが元々、事前予想のパターンに当てはまらない場

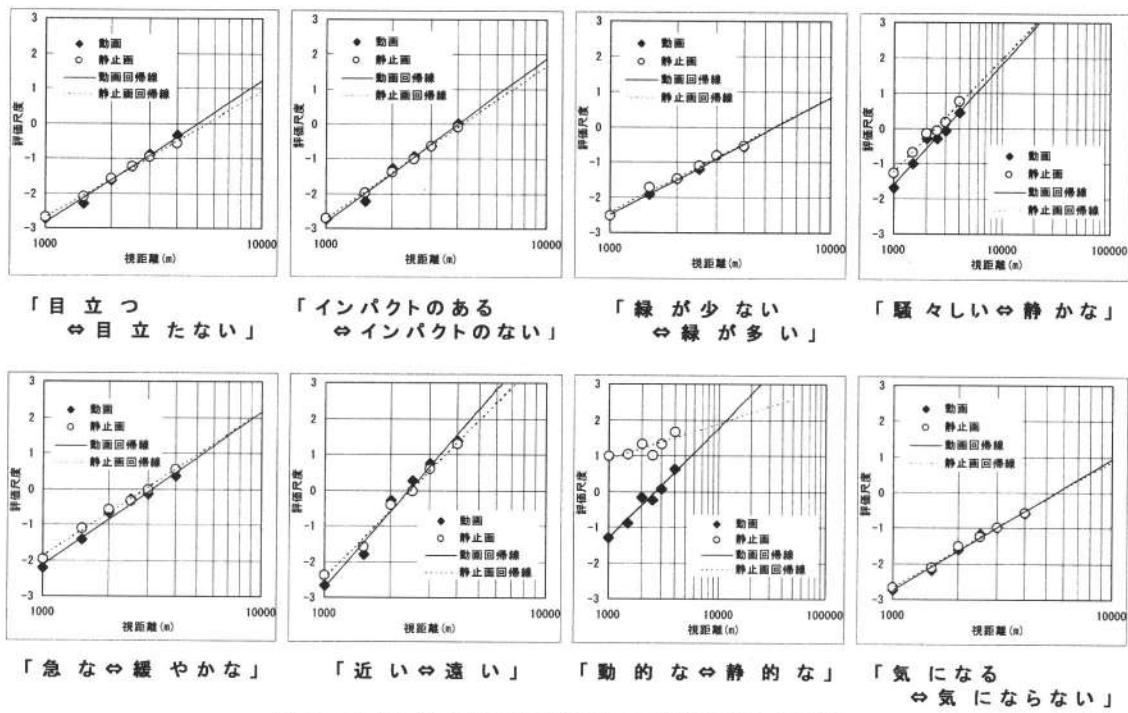


図5 動画と静止画の視距離ごとの評価平均値の回帰線

合である。前節で考察した通り、「緑が少ない⇒緑が多い」という緑量に係る項目や、「急な⇒緩やかな」といった露天採掘場の形状に係ると考えられる項目の印象評価は、視距離に影響され難いと考えられる。また、「騒々しい⇒静かな」、「動的な⇒静的な」の2項目は、「動画らしさ」の強弱によって露天採掘場から受ける印象の違いではなく、「動き」そのものを評価していると考えられる。よって動画が静止画となる場合、すなわち、変化刺激として動画の再生時間内に景観対象が全く変化しないほど視距離が遠方である場合でなければ、評価は同等にならないと推定される。

表2に動画と静止画の視距離による評価の回帰線パラメータと交差点視距離を示す。決定係数は、静止画の「動的な⇒静的な」を除き0.950以上であり、あてはまりは極めて良い結果であった。そこで、経験的な感覚と合致する1つ目のパターンに属する「目立つ⇒目立たない」「インパクトのある⇒インパクトのない」「近い⇒遠い」の3項目の平均交差点視距離が、動画と静止画の評価が同等になる視距離と考え、2,050mを「動画らしさ」が消失するポイントと見なした。

本研究における「動画らしさ」を、注視対象である残壁に対する見えの大きさの変化によって、被験者が動きを感じる状況と仮定すると、視角すなわち「見えの大きさ」は、対象自身の規模と視距離によって、次のように定義される¹³⁾。

見えの大きさ \propto 対象の規模 / 視距離

「見えの大きさ」は、一般に対象の見込角 S で表され、(1) 式で定義できる。

$$S = t \tan^{-1} (L/D) \dots \dots \dots \quad (1)$$

L ：対象の一辺の長さ

D：対象までの視距離

S : 視距離 D の時の見込角

よって、「見えの大きさ」の変化を表す1秒当たりの変化見込角 $\angle S$ は(2)式となる。

$$\Delta S = S_2 - S_1 = t \text{ a n}^{-1} (L/D_2) - t \text{ a n}^{-1} (L/D_1) \dots \quad (2)$$

D_1 ：任意の視点場を通過する0.5秒前の視距離

D_2 ：任意の視点場を通過した0.5秒後の視距離

S_1 ：視距離 D_1 の時の見込角

S_2 ：視距離 D_2 の時の見込角

図6に垂直変化見込角の模式図を示す。(2)式に、当該露天採掘場の残壁の高さ150m、残壁最長幅380mを適用すると、「動画らしさ」が消失するポイントと見なした視距離2,050m地点を時速50kmで走行した際の垂直方向の変化見込角が $1.70^\circ / \text{sec}$ 、水平方向の変化見込角が $4.17^\circ / \text{sec}$ であった。仮現運動と呼ばれる視知覚特性として、人は1/4秒～1/60秒ごとの短い間に2枚以上の静止画を呈示された時、それを動画として認識する¹⁴⁾。そこで動画認識の最小コマ数である1/4秒当りの見込角で表すと、垂直変化見込角が $0.42^\circ / 0.25\text{sec}$ 、水平変化見込角が $1.04^\circ / 0.25\text{sec}$ となる。

一方で、人の視力1.0は視角 1° を認知できることを意味しており、それ以下の視角は識別できないとされる¹⁵⁾。また、人間の最微小運動に対する感度である最小運動距離閾値は、視力の値に一致することがわかっている¹⁶⁾。つ

まり、変化程度が $1^\circ / 0.25\text{sec}$ 以下の場合に動きを感じられなくなる。

本研究で「動画らしさ」が消失すると見なした視距離2,050m地点における露天採掘場の最長辺の変化見込角が $1.04^\circ / 0.25\text{sec}$ であることから、動きが感じられなくなる程度と交差点視距離はほぼ合致しており、この視距離から遠方においては、変化刺激として静止画が適用できると考えられる。以上より、露天採掘場の大きさと視点場からの視距離の関係から、静止画を景観評価の変化刺激として適用できる基準を示すことが可能となった。

3.3 変化刺激呈示順による評価結果の比較

本実験では、動画と静止画それぞれ同じ変化刺激を2回呈示し評価してもらった。そして、その2回の平均値を評価結果として用いたが、変化刺激の呈示順によって同一被験者の評価にどの程度の差が生じているのかを検証した。

図7に動画、図8に静止画を変化刺激として呈示した時の、同一被験者による評価尺度の差(2回目-1回目)の平均値と標準偏差を示す。評価差の平均値は、動画、静止画いずれの形容詞対においても、視距離1,000mでは

表2 視距離による評価の回帰線パラメータと交差点視距離

形容詞対	動静区分	回帰係数	回帰定数	決定係数	交点距離
目立つ \leftrightarrow 目立たない	動画	1.77	-15.1	0.989	2,050
	静止画	1.57	-13.5	0.999	
インパクトのある \leftrightarrow インパクトのない	動画	2.05	-17.0	0.985	2,080
	静止画	1.90	-15.9	1.00	
緑が少ない \leftrightarrow 緑が多い	動画	1.45	-12.5	0.993	8,100
	静止画	1.41	-12.2	0.986	
騒々しい \leftrightarrow 静かな	動画	1.49	-11.9	0.966	35,700
	静止画	1.39	-10.8	0.984	
急な \leftrightarrow 緩やかな	動画	1.87	-15.0	0.985	8,690
	静止画	1.76	-14.0	0.994	
近い \leftrightarrow 遠い	動画	3.09	-24.0	0.978	2,010
	静止画	2.75	-21.4	0.989	
動的な \leftrightarrow 静的な	動画	1.35	-10.6	0.959	11,300
	静止画	0.428	-2.04	0.640	
気になる \leftrightarrow 気にならない	動画	1.61	-13.9	0.993	3,680
	静止画	1.55	-13.4	0.995	

評価差がほとんど生じておらず、視距離4,000mでは評価が好転しているのがわかる。一方、評価差の標準偏差をみてみると、ほとんどの形容詞において、視距離1,000mでは標準偏差が小さく、反対に視距離2,000mと4,000mでは標準偏差が大きい結果であった。

評価差がほとんど生じておらず標準偏差も小さい視距離1,000mは、本実験において景観対象である露天採掘場から最も近い視距離であり、被験者自身がその印象を強く受けたことで安定した評価になったものと推察される。標準偏差の大きい視距離2,000mは、2回の呈示順が1番目と10番目であったことが影響したものと考えられる。1回目の呈示では、被験者各自が潜在的に有している採点基準に従って評価し、2回目の呈示では、直前までに観察した変化刺激とそれまでに下した評価によって被験者自身に新たな採点基準が形成されたことで、標準偏差が大きくなったものと推察される。視距離4,000mで評価が好転した点については、それぞれの直前に呈示された変化刺激との相対評価の結果と考えられる。すなわち、1回目は2,000m⇒4,000mの順、2回目は1,500m⇒4,000mの順で呈示されたため、2回目の方が露天採掘場の印象が減退した度合が大きく、評価が好転したものと推察される。また、標準偏差が大きくなった点については、本実験中で最も遠い視距離であるため、露天採掘場の印象が最も弱まり、評価の曖昧さが増した結果と推察される。

同一被験者で評価基準が変化することは測定誤差を生じさせ、評価精度の低下につながる。一般に、測定誤差

の要因としては、項目の曖昧さや気分の変動、体調の波、環境の違いなどに起因するランダムな誤差と、一定方向に回答を偏らせる系統的な誤差がある¹⁷⁾。ランダムな誤差については、評価項目の増加や再実験によって信頼性の検証を行うことができるが、系統的な誤差については、対象となる実験ごとに誤差排除の方法を検討しなければならない。

景観評価実験においては、表現媒体の選定や精度、呈示方法、呈示順などが、系統的な誤差を生み出す要因と考えられている¹⁸⁾。本実験では、変化刺激の呈示順に注意を払い、2回の評価結果を平均化することで精度の向上を図ったが、高い評価精度が得られたとは言い難い。本実験結果から推察された実験中の評価基準の変化や評価基準の曖昧さを解消する一つの考え方として、評価の基準（本実験では「どちらともいえない」に相当する）となる変化刺激を、評価実験の最初またはそれぞれの変化刺激の直前にその都度呈示することで、呈示順に左右されず被験者それぞれが基準となる変化刺激との相対評価で表せるように工夫するなど、評価実験方法の更なる検討が示唆された。

4 結 言

本研究では、動画と静止画の視知覚上の違いを検討し、それぞれ変化刺激としての適用性を明らかにすることを目的とした。得られた知見は、次の通りである。

(1) 印象性の項目および運動、3次元空間の視知覚に係る項目では、露天採掘場により近い視距離では、静止

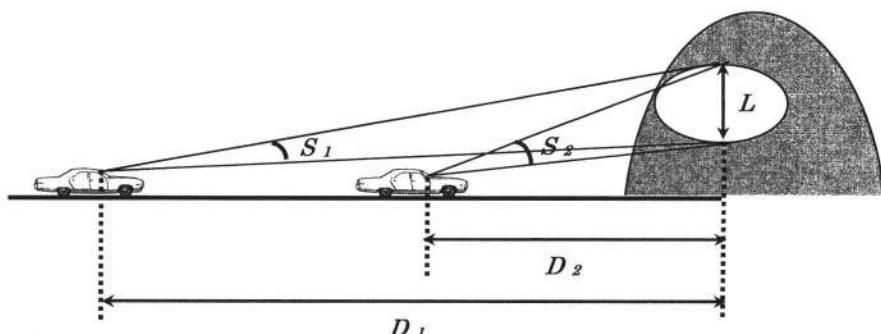


図6 垂直変化見込角の模式図

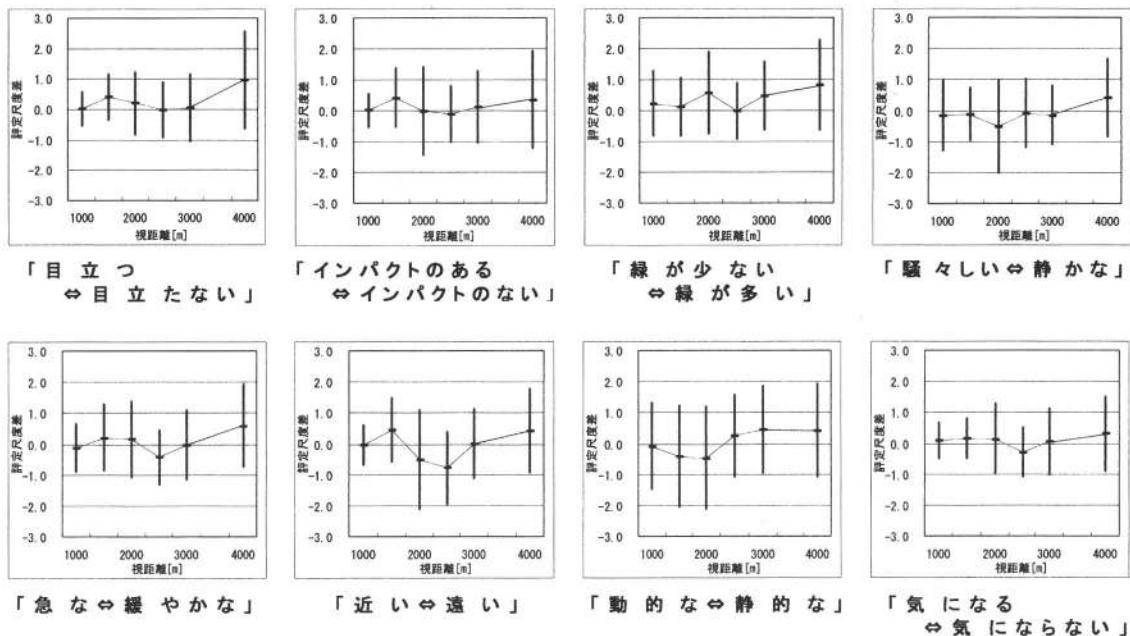


図7 動画変化刺激における同一被験者による評価尺度の差の平均値と標準偏差

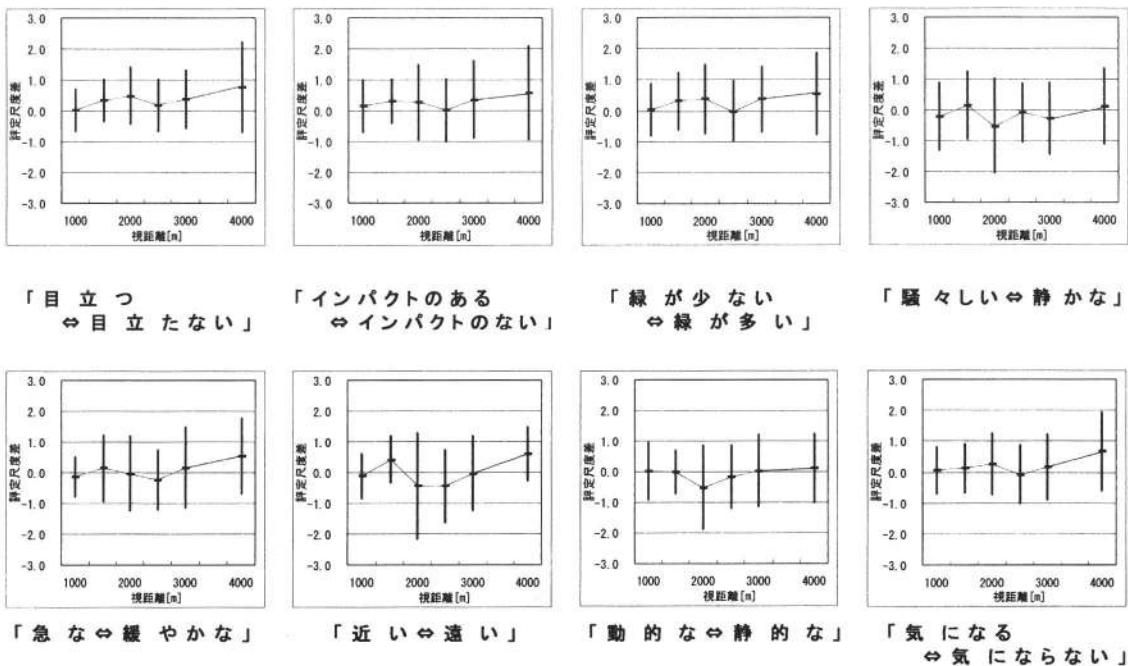


図8 静止画変化刺激における同一被験者による評価尺度の差の平均値と標準偏差

- 画に比べ動画を変化刺激として用いた方が厳しい評価が得られた。また、視距離が遠くなるに従って、動画による評価が静止画による評価に近接することから、動画の持つ躍動感や臨場感などの「動画らしさ」が減退し、静止画による評価と変わらなくなると推察された。
- (2) 色彩や形状の視知覚に係る項目では、「動画らしさ」の強弱が動画と静止画の評価差には結び付かず、また運動の視知覚に係る項目では、全体として「動き」があつたか否かで評価されることが推察された。
- (3) 被験者は、対象の見えの最長辺に対する見込角の変化を「動画らしさ」の判定基準としていることが考えられ、視力1.0の場合に露天採掘場の最長辺の変化見込角 $4^\circ/\text{sec}$ 以下となる視距離が、静止画を景観評価の変化刺激として適用できる基準となることが推察された。
- (4) 同一被験者、同一変化刺激において、強い印象を受けた場合の評価は安定するが、弱い場合には評価が曖昧になる傾向が見られ、評価実験方法の更なる検討が示唆された。

謝 辞

本研究において、実験および解析に協力された卒業生、大江佑也氏（現：宮城県警）に謝意を表する。

参考文献

- 1) 藤田和、角田幸彦、井川憲明、渡辺直道：景観環境論、地球社、pp. 145-151 (1999)
- 2) 前出1)、pp. 135-137
- 3) 野村順一：色の秘密 最新色彩学入門、文藝春秋、pp. 54-55 (2005)
- 4) 福田忠彦、渡辺利夫：ヒューマンスケープ、日科技連、pp. 69-73 (1996)
- 5) 山口真美：視覚世界の謎に迫る、講談社、pp. 27-28 (2005)
- 6) 古屋勝則、油井正昭：自然景観における注視領域と印象に関する研究、千葉大学園芸学部学術報告、49、pp. 119-130 (1995)
- 7) 大塚尚寛、関本善則、齊藤貢、鎌田武：露天採掘跡地の綠化による景観修復効果に関する計量心理学的評価、資源と素材、Vol. 113、pp. 543-547 (1997)
- 8) 外園貴彦、大塚尚寛、齊藤貢、志田寛：動画シミュレーションを用いた露天採掘場の景観評価、資源と素材、Vol. 122、pp. 113-118 (2006)
- 9) 外園貴彦、大塚尚寛、志田寛、齊藤貢：露天採掘場の景観評価方法の信頼性の検討、資源と素材、Vol. 122、pp. 589-595 (2006)
- 10) 日本まちづくり協会編：景観工学、理工図書、pp. 51-53 (2001)
- 11) 松田隆夫：視知覚、培風館、pp. 168-175 (1995)
- 12) 前出11)、pp. 136-145
- 13) 篠原修編、景観デザイン研究会著：景観用語事典、彰国社、pp. 48-49 (1998)
- 14) デジタル映像制作ガイドブックプロジェクト：デジタル映像制作ガイドブック、ワークスコ-ボレーション、pp. 10-11 (2004)
- 15) 前出4)、pp. 86-87
- 16) 前出4)、pp. 93-95
- 17) 渡辺洋：心理統計の技法、福村出版、pp. 106-109 (2002)
- 18) 前出13)、pp. 70-71 (1998)