

風景シミュレーションから見た被写体の変形 と落下水滴の視覚効果に関する一考察

A study on visual effect of deformation and water drops on Landscape Simulation

青島正和*・村井俊治*

Masakazu AOSHIMA, Shunji MURAI

既報^{1)~9)}においては物理理論に忠実な景観画像の作成方法について述べた。これはいわば写実派の画像作成方法と言うことができるが、画像の作成においてこれだけでは表現できない部分がある。それが物体の変形を用いた寓意の表現であり、落下水滴のような時間変化を伴う運動の表現である。本論文では両者ともまず絵画におけるそれらの表現についての検討を行い、次に画像処理を用いたシミュレーションを行ってみた。その結果変形も落下水滴も良好な画像の作成が可能で、心理分析等への応用が可能なることがわかった。

1. はじめに

既報^{1)~9)}においては、物理理論を用いた景観画像の作成方法について述べた。これより人間が一瞬に見たままの景観画像は作成できるようになったが、それ以外の絵画における物体の変形および時間変化に関する視覚効果については検討が残されている。ここでは絵画のなかの物体が変形を加えられて発生する寓意の部分と、時間的に落下している雨粒子や雪粒子の動きの表現の部分について検討を行う。このような検討は画像上の変形や動きの分析を通じて、人間が画像の何を見て何を感じているかを解明する有力な手がかりになる。

既報^{1)~9)}においては、如何に自然を忠実に表現すればよいかについて、理論的に述べてきたわけであるが、変形や時間変化の項目を考慮する時は、どうしても人間の感覚的印象の面からの取り扱いを行う必要がでてくる。しかし本論文と一般の芸術論との違いは、本論文は一度は厳密な物理理論を用いて写実的に説明されており、また変形や時間変化についても、その大きさや形状については物理的取り扱いが可能なることである。ちょうど色彩理論が人間の色彩感覚を理論化したのと同様に、人間の感性に対する理論的アプローチを可能とする。

2. 変形の視覚効果

① 絵画における変形の意味

絵画において物体を変形強調させて表現することは、水墨画や浮世絵などの日本画でよく見られる手法である。両者とも遠くの山などを実際見える状況より高くあるいは陰しく大きく描いている。これは描きたいものあるいは強調したいものを変形することで、作者がなにを描きたかったかの心情を表現したものとされている。しかしそれが別の寓意をもつことはないようである。これに対し、19世紀に西洋画で出現した変形は、いわゆる寓意といわれるべき意味を内在している。寓意と言えは宗教画や歴史画を解釈するイコノロジー(図像解釈学)を思い出すが、それらはバラの花が“はかない快樂”を表すように、物体自身がなんらかの意味にかこつけられている。これと同様とすれば、19世紀に出てきた変形の寓意は、物体を変形することによりある意味を表す事と言うことができ、印象主義やシュールレアリズムにみられる。表1に例を示す。

表1 絵画における変形

画家	作品	変形対象	表現対象
ゴッホ	鳥の飛ぶ麦畑	雲	荒れ模様の空の下での悲しみと極度の孤独
ゴッホ	星月夜	雲, 星, 月	大きな感情のうねり
ムンク	叫び	雲, 海	自然に対する恐怖(の叫び)
ダリ	記憶の固執	時計	時間の流出

*東京大学生産技術研究所 第5部

表1でゴッホとムンクの作品では、変形だけではなく色のつけ方によっても表現能力が変わり、カラーのほうがより鮮明にわかる。ゴッホは赤と緑を用いれば人間の情感を表現することができると言った。しかし変形だけでも、通常人間が見ているものと異なる景観であれば、人間はなんらかの異常な感覚に陥り、通常では得られない経験が可能であり、たとえば表1は恐怖や孤独が描かれている。そして表1の作品のなかでもゴッホとムンクのものは異常な感情の具体的表現とでも言え、実際両者とも精神病が発病した時の作品である。しかし病気だからと言って作品の価値が下がるわけではなく、かえって病気に起因する研ぎすまされた感覚がこのような描画を可能とした。この証拠としてムンクは作品のなかに、この絵は狂気だけにしか描けないとコメントしている。

次に表1の4点のなかでも、変形の効果を問うと言う意味ではダリの作品が最もそれらしい。時計が溶け出しペラペラになっている状態を以て、時計の機能である時間の流出を示すと言うものである。作品を見てもすぐにはわからないが、その意味を解釈してもらえれば誰でもすぐ納得できる。

このようにそれまではできないと思われていた描画、つまり絵画への人間の感覚あるいは感情の移入や、人間が何ともできずにただ流れていく時間の表現などが、物体の変形を通して描画できる。同様に種々の変形画像の意味を検討する事で、人間の感覚や感情の成り立ちを解明できるものと思われるので次に簡単に検討してみる。

② 変形のシミュレーションと意味づけ

幸いにもこのような変形画像は芸術的価値はともかくとして、その気になれば簡単にだれにでも描け、その作品に意味づけ(寓意の付加)をすることも可能である。そして最近のパソコン(マッキントッシュ:アップル社)による画像処理で、一部ではあるが物理的意味のある変形描画ができるようになってきている。ここでは写真なり絵画なりの写実的作品に変形を加えて、それなりの解釈を試みてみる。写実画像としては、既報に示した物理理論を用いて作った富士山の遠景画像を使用する。表2に変形画像の一覧とその意味づけを示す。使用したプログラムはフォトショップ

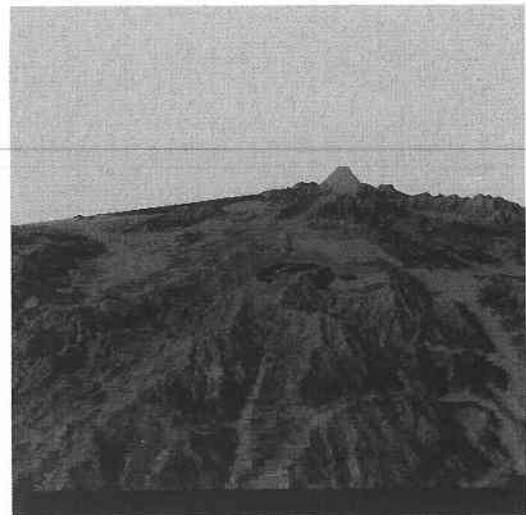


図1 原画

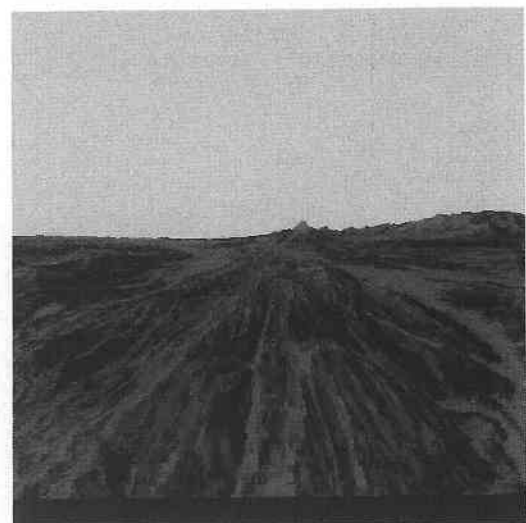


図2 ピンチ



図3 スフェア

表2 変形シミュレーション

図番	画像名	変形	現象	意味づけ
図1	原画	なし		
図2	ピンチ	つねる	吸い込み	ブラックホール富士
図3	スフェア	球化	丸くなる	小惑星の富士
図4	トエール	ひねる	のたうつ	腹痛の大地
図5	シェア	せん断	うねる	強風になびく富士
図6	リプル	さざ波	ふるえ	大地の溶解

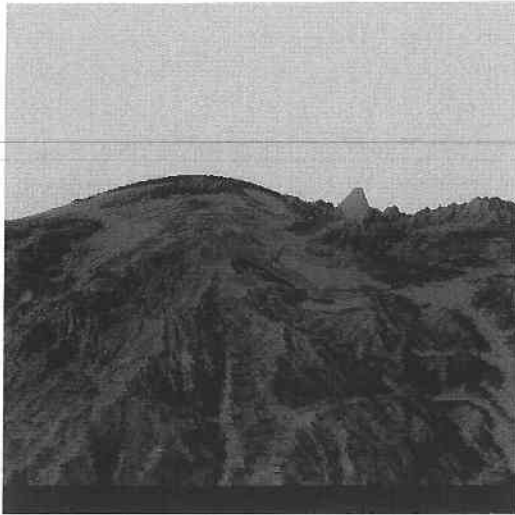


図4 トエール

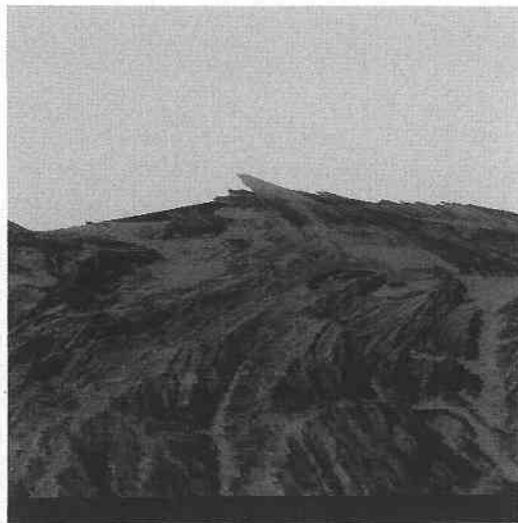


図5 シェア

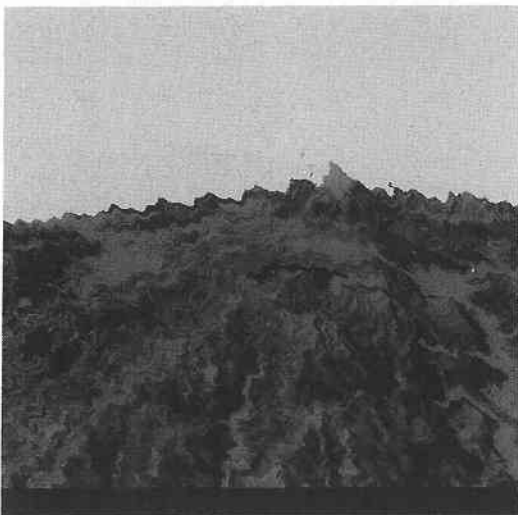


図6 リプル

で、表2中の画像名はプログラムに由来する。

表2で与えた変形がそうであるせいかユーモアというかパロディー的な意味づけになったが、当たらずとも遠からずの意味になっているのではないだろうか。つまり物理的な変形を加えただけで、素人でも専門家に近い寓意を持たせることが可能となる良い例を示すことができた。これを考えるに人間の感覚は意外とシンプルであり、通常見ている景観と異なるものをみると異様に感じ、ネガティブな印象を持つものと思われる。ただしその許容範囲は比較的広く、少々の変形では異様には感じない。既報⁹⁾に示したように画像にボケを加えると快適感や神秘性がでるが、変形を加えた場合は逆に恐怖感や異様性を感じるものと言える。種々のシミュレーションをすることで、人間の恐怖等における異常感覚のいき値などがわかる。

3. 落下水滴の視覚効果

① 落下水滴の特性

落下水滴として雨と雪を考え、これらに関する落下特性を考察する。

・雨の特性

雨については、既報²⁾でまとめた雨に関する諸元があるので、これを採用する(表3参照)。

・雪の特性

雪の諸元に関しては孫野¹⁰⁾の研究があり、雪の結晶、小雪片、大雪片についてまとめられているので以下に示す。

雪の結晶の特性として表4に示す測定結果がある。

大雪片の特性として表5、図7に示す測定結果がある。

図7における計算値は次式で表されるもので、動流体力学的抵抗を考慮して得られた半理論式である。

$$\text{落下速度 } u = \sqrt{\frac{8}{3} \frac{\rho - \sigma}{\sigma} g \frac{r}{0.35 + 3p + (1.0 - 20p)r}}$$

表3 雨の特性

	水粒子	直径	体積	落下速度	雨量	単位体積中 個数	単位体積中 総体積
雨	土砂 降り雨	3.0	14.1	806	60	147	2073mm ³ = 2.07cm ³ /m ³
	非常に 強い雨	2.0	4.19	649	40	409	1.71
	強雨	1.4	1.44	517	20	746	1.07
	並雨	1.0	0.523	403	10	1317	0.689
	小雨	0.4	0.0188	160	3	27704	0.521
	細雨	0.2	0.00419	71	1.5	140060	0.587
	霧雨	0.1	5.24× 10 ⁻⁴	25.6	0.5	1.04× 10 ⁶	0.545

表4 雪の結晶の落下速度測定結果

結晶の種類	平均質量 (mg)	平均落下速度 (cm/sec)	大きさ (mm)
針状結晶	0.004	50	1.0~2.0
平面樹枝	0.043	31	1.5~5.0
立体樹枝	0.146	57	2.0~8.0
「粉雪」	0.064	50	1.5~4.5
水滴付結晶	0.176	100	1.5~3.5
あられ	0.80	180	1.5~3.5

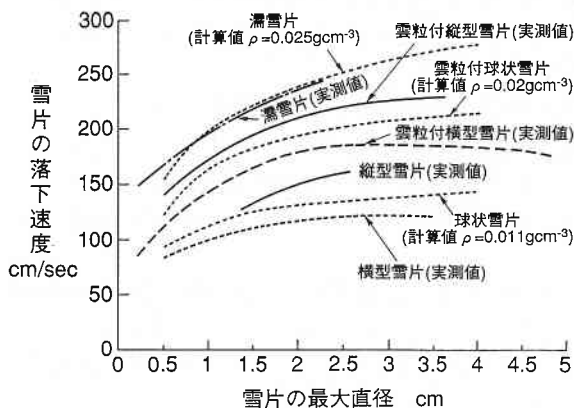


図7 雪片・雲粒付雪片の落下速度の実測値と計算値

表5 雪片の密度

観測番号	雪質	平在直径 (mm)	密度 (gcm ⁻³)	備考
1	乾雲	18	0.005	1952年1月28日14時より 塩 沢
2	燥粒	19	0.007	
10	す小	20	0.012	
11	く	16.5	0.009	
			平均 0.0087	
3	雲粒	11	0.015	1952年1月28日14時より 塩 沢
4		8	0.026	
5		12	0.012	
6	19	0.007		
7	多	11.5	0.019	
8	し	7	0.022	
9		11.5	0.009	
			平均 0.0157	
12	濡雪片	13	0.015	1952年2月15日12時より +2~+3℃ 三 鷹
13	雪片	9	0.018	
14		11	0.023	
			平均 0.0187	
15	水雪片	6.5	0.019	1952年2月16日 +2.0℃ 鎌 倉
16		13	0.033	
17		21	0.014	
			平均 0.022	

ρ : 雪片の密度 g/cm³
 σ : 空気密度 g/cm³ (0°C 1 気圧で0.001293)
 r : 球状雪片の半径
 g : 980cm/sec²

小雪片についてもこの半理論式が適用でき、その場合の実測値と計算結果は図8~図11の通りである。

雪片の大きさは、大きなものでは10~20cmにおよぶものもある。なお雪片は地面に落ちて潰れるので、雪片の密度は地面上の雪(新雪)の密度とは異なり、新雪の密度は0.03~0.15g/cm³程度と雪片の密度より大きい。概略の降水量の値は、海岸部や平野部では雪の密度0.1g/cm³として積雪10cmの時降水量10mmとなり、山地や北海道では気温が低いので雪の密度が低く0.05g/cm³として積雪10cmの時降水量5mmとなる。

・考察

雨の直径は0.1mm~3.0mmで、それ以上大きな雨滴は不安定で空中で分離する。雨滴がどこまで見えるかの検討

1952年2月7日16時15分~18時+2.4°C 鎌倉

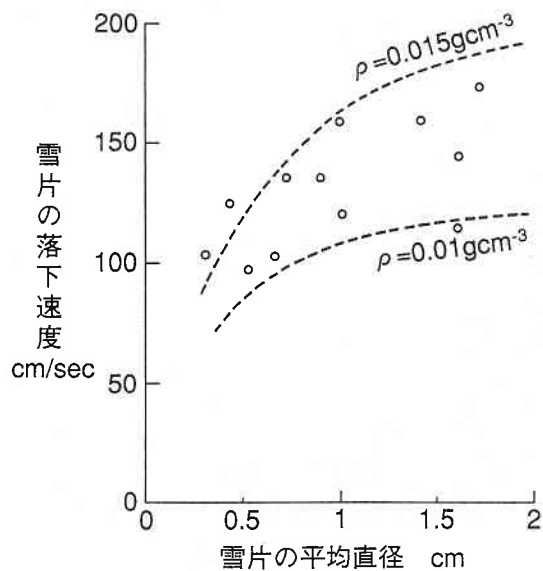


図8 濡雪片の落下速度

1952年1月30日15時15分~16時+1.6°C 塩沢

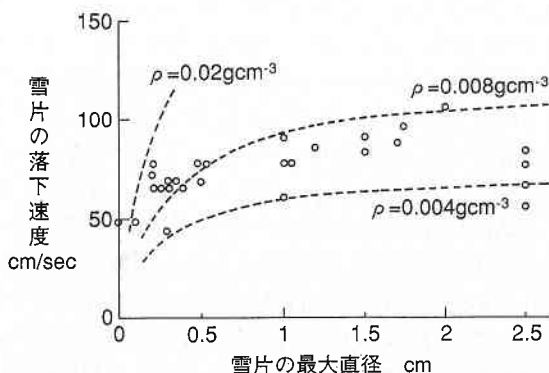


図9 小雪片・雲粒付単結晶の落下速度

1952年2月15日10時半～11時+2.5°C 吉祥寺

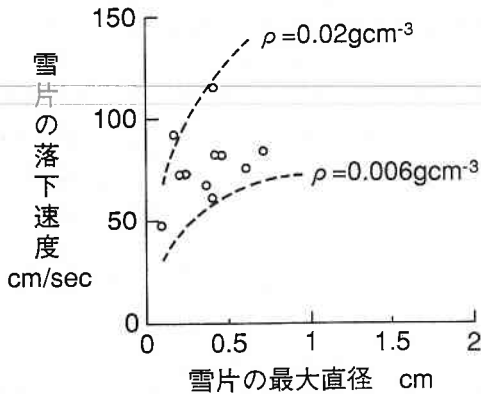


図10 乾いた小雪片・雲粒付単結晶の落下速度

1953年1月30日18時半～-2.3°C 塩沢

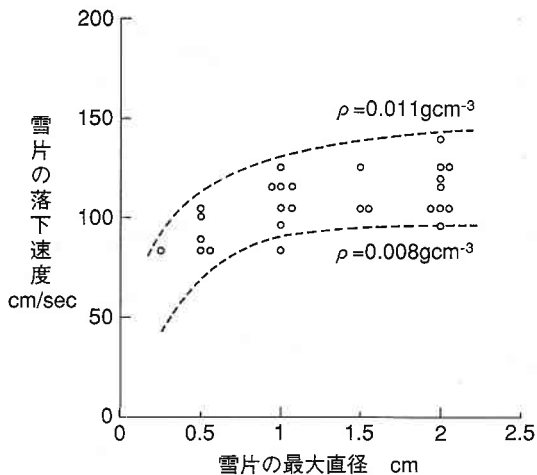


図11 雪片の落下速度, 雪片の最大直径 (大体の目測)

として、直径が最大の3.0mmの場合、焦点距離が35mmのデジタルカメラで撮影し、画像を20cm角に引き伸ばした時を考える。画像の解像力を512画素とすると、直径3.0mmの雨滴がちょうど写る限界の距離は、雨滴がカメラから1.5m離れた時である。これ以上離れると、雨滴は画像をボケさせる効果ばかりでてきて粒子そのものは写りにくくなる。この場合1.5m離れた位置まででカメラに写る雨滴の数は $1.0125\text{m}^3 \times 147\text{ヶ}/\text{m}^3 = 165\text{ヶ}$ でしかない。もちろんカメラのレンズ直前に雨滴があればかなり大きく写るが、平均的にはまばらな雨滴の状態を見ることになる。しかし直径が大きい時は、目で見ただけで大粒の雨が直線的に視界をさえぎった印象がある。これは雨が高速で降っていることによるもので、一直線に降下する雨はかなり増幅された形で印象に残ることによるものと思われる。反対に雨の粒子が細かい時、特に細雨や霧雨では雨の粒子

を見ると言うよりは、微粒子がパラパラと噴霧器で散布された感じで、心地よくボケルという印象がある。

雪の場合は粒子の大きさと形にかなり幅があるので、雨より複雑になる。実際降雪の状態を見ると、

- 1 雪の結晶がサラサラと降っているような場合
- 2 雨のように小粒子が降っているような場合
- 3 比較的大きな粒子がヒラヒラ舞っているような場合
- 4 大きな粒子まじりの塊がドカドカふっているような場合

の最低でも4ケースに分けることができる。この状態は雪の特性で示したように、次のような雪片の大きさと落下速度の特性による。

- 1 雪の落下速度は0.3～3.0m/sの範囲にある
- 2 雪の結晶はおおむね0.5m/s程度で落下する
- 3 濡れた雪片では3.0m/sの落下速度になるときがある
- 4 乾いた小雪片では0.6～0.9m/s程度の落下速度である
- 5 平板な横型雪片は大きさがかなりあっても1.0m/s程度で落下する

これらの状態を考慮することで、雪粒子の落下の状態が表現可能となる。

ただしここで考えなくてはならないのは、人間が目を見た場合の印象がどうであるかである。雪は大きさに比較して落下速度が小さいので、雨より変化に富む見え方をする。実測結果と感覚的印象から言えば、小雪片が0.5m/sで降っているとき、あるいは大きな雪片が1m/s程度で降っているときは雪片はヒラヒラと舞うように固定的に見える、小粒子が3m/sで降っているときはヒューと流れるように見えると思われる。雪片や雨滴の大きさにもよるが、人間の目の印象はこの中間あたりの落下速度の時に固定的に見える時とそうでない時の境界があるように思える。

② 絵画における落下水滴の表現

絵画における雨や雪などの落下水滴についての表現を調べる目的で、19世紀の西洋画と浮世絵を調べた。その結果以下のような事がわかった。

- ・西洋画では雨や雪の粒子を表現した風景画はほとんどない。調べた範囲ではゴッホが北斎画に影響されて描いた次の2点のみであった。
 - (1) 種蒔く人 長さ3.5～8.0cm, 太さ1から3mmの直線で雨を表現
 - (2) 雨の風景 幅1mmで右下がり5～10°位の直線で雨を表現
- ・西洋画でも雨の降っている風景あるいは雪が積もっている風景を描写したものはある程度はある。しかしそのほとんどは傘を差しただけの景観であり、雪景色であり、遠くの景色をボカしてはいるが、肝心の雨や雪の粒子を描いたものはない。表6に例を示す。

- ・これに対し浮世絵では、作者により異なるがかなりの率で雨や雪の粒を描写している。
- ・特に広重の名所江戸百景では百景のうち雨で3景、雪で5景の計8景が表現されている。また同様に広重の東海道53次では53景のうち雨3雪1の計4景が表現されている。(表7参照)
- ・これらに共通していえることは、雨は直線で雪は雪片で表現されていることである。
- ・雨の場合、ほぼ画面全体を横切る形で上から下へ角度0~45°、ピッチ1~15mmで直線で表現されている。豪雨については、1.5cmの幅で連続した直線を連ねることで描かれている。
- ・雪の場合、1~2.5mmの円または楕円等で雪片が描かれており、ちょうど雪片が宙に浮いているような感じで、雨のような動きは考慮されていない。
- ・しかし雪を表していることは容易にわかる。

③ 落下水滴のシミュレーション

変形の場合と同様に既存の画像処理機能を用いて、雨と雪の落下の状態を表す簡単なシミュレーションを試みたのが図12~図19である(表8参照。)

表8の備考に書いたことからわかるが、画像処理を用いれば簡単なシミュレーションでも絵画より多い種類の落下水滴の表現が可能である。

表6 西洋画における雨と雪の画像

作者	対象	作品
ターナー	雪	吹雪(雪の塊のようなものが見える)
ターナー	雨	雨、蒸気、速度
カイユボット	雨	パリ、雨の日
ゴッホ	雪	雪を被った農家と農夫
ムンク	雪	疾駆する馬
ムンク	雪	少年少女たちと家鴨
モネ	雪	ペトウイユの教会、雪

表7 風景画に見る気象要素の描き方

出 典	作 者	作 品 名	対 象	概 要
名所江戸百景 45 (原寸 34cm×23cm)	広重	昌平橋新道持田川	雨	3~15mmピッチに15°傾下がりの一本の筋として描写 絵のある部分は薄く、上下の背景は濃く描写
	*	東横橋欄干夕景	雨	1~7mmではほぼ鉛直に上から下へ一筋の筋として描写
	*	大はしあたけの夕立	雨	濃い線10°左下がり。薄い線15°左下がり。4~5mmピッチ
	*	浅草金亀山	雪	1~1.5mmの円一楕円。明度一様
	*	深川木場	雪	1~1.5mmの楕円。明度一様。空は薄い
	*	目黒本陣夕日の岡	雪	1~1.5mmの円一楕円。明度一様。空は暗く空のみ降雪
	*	愛宕下飯小橋	雪	1.2mmの円が多い。空は白っぽい灰色
	*	びくにはし雪中	雪	1~1.5mmの円一楕円。空は濃い灰色
東海道五拾三次 47 (原寸 26cm×36cm)	広重	大観・虎ヶ岡	雨	10°右下がり。上から下へ一本の筋で描写
	*	三島朝霧	霧	濃くをボカしている。目の前のカゴはくっきり描写
	*	瀧麻・夜之雪	雪	1~2.5mmの粒。少し薄い空に白く見える
	*	庄野・白雨	雨	20°左下がり20cmの長さで、固まった雨線が1.5cmピッチかなり ずい降り方
	*	土山・春之朝	雨	5°左下がり 5°右下がり相交差。4~9mmピッチの筋状、けっこ う強い降り方
富嶽百景	北斎	雲霧の不二	雪	紙をれををぶいた様な丸くない雪粒。大きく感じる
名所絵		すほうの園きんたいはし	雨	45°右下がり。太さ0.5mmの筋が上から下まで
	ゴッホ	雨の中で種蒔く人	雨	3.5~8mmの長さで、太さ0.3~1mmの一本の筋
	ターナー	次郎	雪	雪粒はかいていないが、落ちたのが描かれている。
	モネ	朝霧・目の西	霧	全体にボカしている。霧は太陽の色がついている。

雨の場合たまたま粒子面積比が2画像で同じであるが、片方は直線でもう片方は点列で表されている。2画像を比較すると、点列で表された方が直線より降り方が多いように感じる。ただし雨滴の大きさは点列の方が小さく、噴霧器で作った雨の状態である。直線の方は大きめの雨滴がザーッと降っている感じである。点列は雨滴の直径が比較的大きく、目で見てわかるので、霧雨と違い心地よくボケると言う印象は少し落ちているが、大粒の雨の持つ鋭さのような感じは受けない。浮世絵では1種類の降り方しかないが、雨滴の大きさによる降り方の違いや、降る感じ方の違いを表現できるのではなかろうか。

雪片の場合は図15のみぞれ混じりの雪が一番降っているように感じる。面積比でいえば図17の大雪片がポタポタ落ちている感じの方が大きいですが、このほうは思ったより降っていると言う感じがなく、かえって粒子数が一番多い小雪片がヒラヒラ(図14)降った時の方が面積比の割には多く降っているように感じる。かつ小雪片や中雪片混合の方が、大雪片より雪がしっとり降っている感じが出ていて、景観としては好ましいと感じられる。大雪片の動きを考慮したもの(図18)も大雪片が止まっている(図17)状態のもの

表8 落下水滴シミュレーション

図番	対象	粒子数	粒子面積比	備 考
図12	雨	49	8.3%	浮世絵風の直線表現
図13	雨	12700	8.3%	噴霧器で水を蒔いた感じ
図14	雪	2800	5.7%	小雪片がヒラヒラ
図15	雪	600	12.5%	みぞれ混じりの雪
図16	雪	950	6.4%	中雪片、小雪片混合
図17	雪	348	22.2%	大雪片がポタポタ
図18	雪		34.0%	大雪片が動く
図19	雪	2800	5.7%	濃淡・奥行き感有

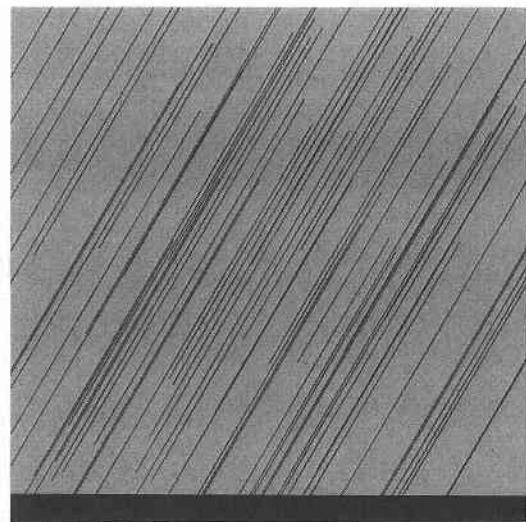


図12

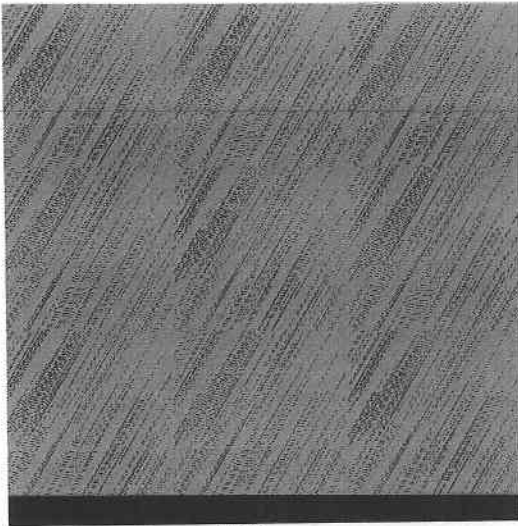


图13



图16

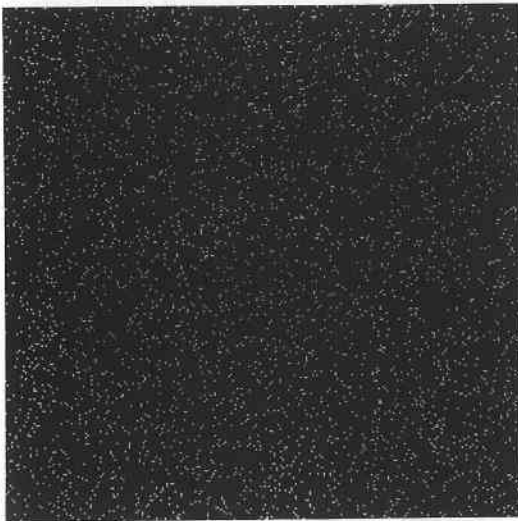


图14

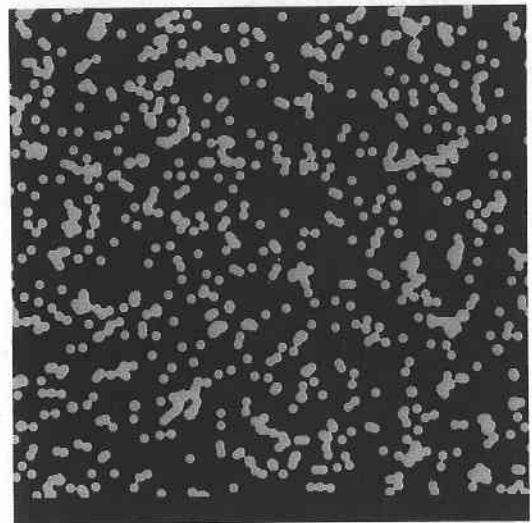


图17



图15

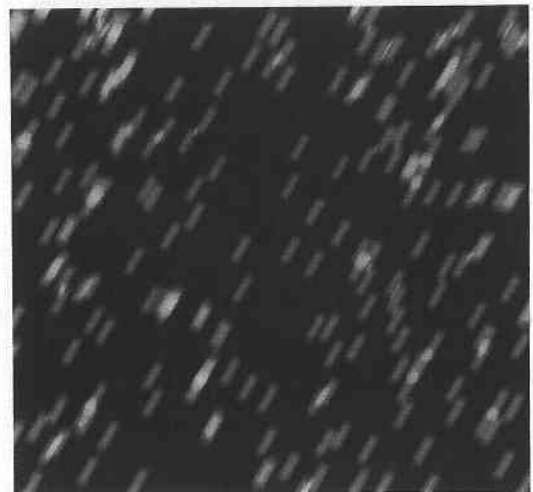


图18

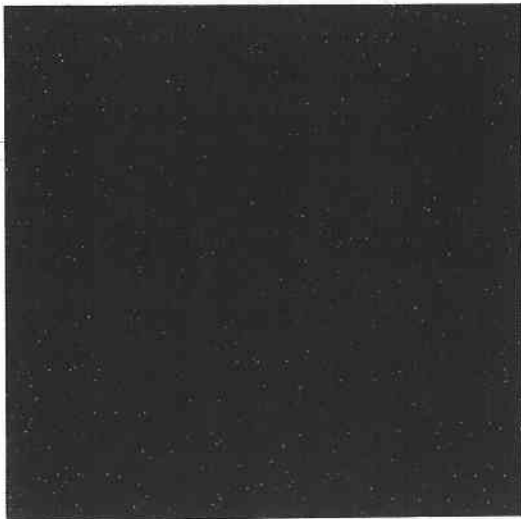


図19

より、画像がボケて濃淡があるせいか奥行きや動きがあり、景観としては好ましいものと思える。雪片の奥行き感や動きを出すには、雪片に濃淡分布（図18, 19）を持たせる必要があり、単純な雪片の大小を表現しただけでは任意の雪片のシミュレーションは難しいことがわかる。図14と図19は同じ粒子数であるが濃淡のついた図19の方が少なく感じる。

最後にここでは詳しい検討は行わないが、雪片の大小と個数および視野内の面積比あるいは濃淡分布のような客観的な数値を用いれば、実際の感覚としての雪の落下の印象つまり降っている量や快適感を定量化できることが推測され、かつ雪景色をシミュレーションするとき使用すべき雪の諸元が推定可能となる。

4. おわりに

風景画像における変形と落下水滴の視覚効果の検討を行い、両者とも数値の裏付けを持つ工学的アプローチが可能であることがわかった。定量的な検討は心理学を用いた研究を待つ必要があるが、それに用いる画像は本研究のものを使えば有効であると考え。 (1994年3月10日受理)

参考文献

- 1) 村井俊治, 青島正和; 遠景図の自動作成, PP. 12~13, 日本写真測量学会, 年次学術講演会, 1975年5月
- 2) 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, PP. 18~25, 生産研究 Vol. 45, No. 5 1993年5月
- 3) 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, PP. 49~54, 日本写真測量学会年次学術講演会, 1993年5月
- 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, PP. 29~35, 生産研究, Vol. 45, No. 11 1993年11月
- 5) 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, PP. 52~59, 生産研究 Vol. 45, No. 12 1993年12月
- 6) 青島正和, 村井俊治; 光学現象(青空)の画像化に関する一考察, 生産研究, 1994年(投稿中)
- 7) 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, 1994年(投稿中)
- 8) 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, 1994年(投稿予定)
- 9) 青島正和, 村井俊治; 山岳写真における視覚効果に関する一考察, 生産研究, 1994年(投稿予定)
- 10) 孫野長治; 雪片の落下速度, 雪氷の研究, No. 1, PP. 19~28