

オブティカルフロー解析による モーショングラフィックス映像の覚醒度評価の一検討

関根 雅人^{1,a)} 小川 克彦^{2,b)}

概要: モーショングラフィックスとは、非叙述性および非具象性を特徴とする、グラフィックの動きや変化による視覚的訴求効果を活かした表現形式である。近年、モーショングラフィックスの応用分野の拡大に伴い、映像の感性的品質 (Affective Quality) に対する要求が高まっている。本稿では、モーショングラフィックスの感性的品質評価の一手法として、オブティカルフロー解析を用いた覚醒度評価を提案し、その有効性を明確にすることを目的とした。印象評価実験を通じて得られた覚醒度の因子得点と、オブティカルフロー解析から得られた平均移動長との相関分析を行ったところ有意な相関が認められ、映像内オブジェクトの平均移動長による覚醒度評価の有効性が示された。

1. はじめに

モーショングラフィックスとは、非叙述性および非具象性を特徴とし、刻々と変化する視覚表現 (Matt. F [1]) を指し、1930年代ごろより実験映画、アニメーション、グラフィックデザイン分野から派生した映像表現形式である。黎明期の作家である Norman McLaren や Oskar Fischinger らは、音楽を映像で抽象的に表現するというアイデアを基に、抽象幾何学図形をモチーフとして用い、動きのリズム構造や図像変化のシークエンスによる表現を開拓して行った [2][3]。それらは、図像の記号的表象効果によって意味内容を伝えるというよりも、主として映像の時空間的な物理構造それ自体の心理的效果を探索して行ったといえる。現代では、モーショングラフィックスにおける動きのリズムや図像変化の視覚的訴求効果を活かし、音楽プロモーション映像、映画のタイトルロール、CM、TV ゲーム、Web 広告等に幅広く応用されている [4]。

さらに近年では、デジタルサイネージやプロジェクションマッピングなど、市街地の建築物の外装・内装と一体となったデジタル映像表示手法が普及し、モーショングラフィックスの応用範囲が拡大しつつある。ここではモーショングラフィックスは、単に視聴者の注意を引く為に用いられるだけでなく、装飾やインテリアデザインの一要素

としての意味を併せ持ち、居心地の良さやリラクゼーション、リフレッシュなど、空間の雰囲気を作り出す感性的品質 (Affective Quality) [5] についても考慮する必要が生じてくる [6]。しかし現状では、モーショングラフィックス映像の感性的品質を主眼とした体系的なデザインメソッドは示されて来っていない。制作者のヒューリスティクスに多くを負うこととなり、制作経験に乏しい制作者にとっては、意図した感性的品質を備えた映像を制作することは困難である。

こうした課題に対して、本稿では、モーショングラフィックス映像における動きと感性的品質との関係性を明らかにし、モーショングラフィックス映像を対象とした感性的品質評価の一手法の構築を検討し提案を行う。

2. 関連研究および本研究の位置付け

2.1 既往のモーシオン評価研究

映像の動きと感性との関係については、主にダンス映像やキャラクターモーションを扱った研究と、ユーザーインターフェースデザイン分野での研究が報告されている [7] [8] [9]。これらで用いられている手法は、単一のオブジェクトのモーションパスや、キャラクターの関節などの cue point の分析に基づいており、画面内でオブジェクトの区別が安定的であることが前提条件となっている。

しかしながら、モーショングラフィックスの映像内では多くのオブジェクトが交差したり、オブジェクト自体が刻々と変形するような表現がとられることも多く、オブジェクトの追跡が困難な場合がある。さらに、昨今のモーショングラフィックス制作では、パーティクルや流体シミュレー

¹ 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
5322 Endou, Fujisawa, Kanagawa 252-0882, Japan

² 慶應義塾大学 環境情報学部
5322 Endou, Fujisawa, Kanagawa 252-0882, Japan

a) sekine@sfc.keio.ac.jp

b) ogw@sfc.keio.ac.jp

ションなど、群や連続体モチーフが積極的に用いられており、映像内の適切なユニットを制作者自身が特定し得ない場合が多いため、上述の手法を適用する事が困難である。従って、モーショングラフィックス映像一般の動きの構造を分析する為には、映像内オブジェクトの形状安定性に依存せず、画面内のオブジェクトのヒューリスティックな区別を必要としない、汎用的な映像分析手法が求められる。

2.2 映像の変化と覚醒度評価

モーショングラフィックスを、広く映像コミュニケーションとして捉えれば、Lang らの、映像産出速度 (Production Pacing of Image) と覚醒度 (Arousal level) との相関性に関する研究報告が有用な知見として挙げられる [10]。Lang らの実験では、テレビ映像のカット数を多くして行くに従い、被験者の生理的および主観的な覚醒度が上昇するという結果が得られている。覚醒度は、人間の外的刺激への感性評価軸として基礎的な次元であることが示されており [12]、モーショングラフィックスの感性的品質を評価する上でも有用な評価軸であると考えられる。しかし、Lang らが実験で用いたカット数という指標は、必ずしも物理的な変化量を指す指標ではないため、映像内容が構造的に大きく変化するカットと殆ど変化しないカットとが同等に扱われることになる。また、モーショングラフィックスにおいては「カット」という概念のない映像も多数存在する。そのため、より直接的に映像の物理的な変化を指す画像工学的な指標 (画像特徴量) を用いる事が望ましいと考えられる。

映像内のオブジェクトの動きを画像工学的に求める手法の一つとしては、オプティカルフロー解析が挙げられる。運転補助の分野において、運転者の視覚情報と主観的な速度感との対応を調べる際の分析指標としてもちいられてきており、フローの大きさが速度感の上昇に関わっていることも示唆されている [11]。本研究では、モーショングラフィックス映像の動きを解析するにあたり、オプティカルフロー解析を用いた評価指標を検討することとした。

2.3 感性評価モデル

映像を視聴する際、視聴者の感情は様々な言語表現をとって表されるが、Mehrabian によれば、外的刺激に対する人間の感性評価には Pleasant - Arousal - Dominance の3つの因子が存在し、感情の基礎次元になっていることが指摘されている [12]。Dominance については、環境に対する支配/非支配や影響力に関わる因子であり、受動的な映像視聴の際に、映像内容による大きな影響はないと考えられるが、快-不快の感情価を表す Pleasant (Valence)、覚醒-非覚醒を表す Arousal の二つの因子については、既往の映像心理研究においても広く用いられている [13]。また、Russell によれば、言語表現として現れる Exciting, Relaxing, Gloomy,

Distressing などの affective word は、サブカテゴリとして、この快-不快と覚醒-非覚醒の二次元平面上に位置する事が示されている [14]。本研究では、モーショングラフィックス視聴における感性評価モデルとして、感情価・覚醒度の二次元感性評価モデルを参照することとし、先行研究の知見から大まかな傾向が明らかになっている覚醒度の次元について、評価手法の検討を行っていくこととした。

2.4 本研究の目的

本研究では、オブジェクトのモーショントラjectory や cue point 分析による感性的品質評価手法の利用が困難な、オブジェクト形状が不安定なモーショングラフィックス映像を対象とした、独自の評価手法の検討を行う。オプティカルフロー解析を用いた動きの指標と映像の覚醒度との相関性を明らかにし、覚醒度評価手法を提案することを目的とした。また、映像の主観的な覚醒度の算出については、モーショングラフィックス視聴においても感情価・覚醒度の二次元感性評価モデルが成立するか、SD 法による映像の印象評価実験及び確認的因子分析をおこない、その上で各映像の覚醒度因子得点を算出することとした。図1に本研究のフローチャートを示す。

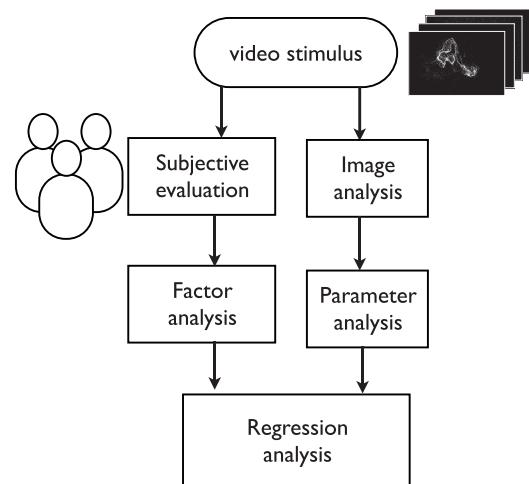


図1 本研究の流れ

Fig. 1 a flow chart of the reserach

3. 実験内容

3.1 印象評価実験の概要

運動スピードや空間的な分散度の異なる複数の映像刺激 (全 15 刺激) を作成し、各映像刺激について、感情価および覚醒度形容詞対 10 組を用いて SD 法により印象評価を行った。被験者数は大学生および大学院生 33 名 (19~26 歳, 平均年齢 21.8 歳, 女性 17 名, 男性 16 名) である。

3.2 刺激映像の作成

モーショングラフィックスは、モチーフの動きや形状の

変化により映像を構成することが主体であるため、連続体の表現による刺激映像であることが望ましい。また先述したように、本研究では、従来研究で用いられて来たような、単一オブジェクトによる刺激映像だけでなく、群による映像表現にも適応可能な映像評価手法の構築を検討している。そこで形状が流動的に変化し、モーションパスや cue point を用いた従来手法では分析が行えないタイプの映像として、パーティクル表現によるモーショングラフィックス映像を刺激として用いた。

パーティクルの単位は白色ドット、背景は黒のため、映像は白黒の二色で構成される。各映像の長さは、映像の動きの印象を評価する上で十分と考えられる長さかつ、全 15 刺激の試行の合計時間で被験者の疲労が生じない程度として、1 刺激あたり 45sec に設定した。映像解像度は 720 × 480 ピクセル、フレームレートは 30fps である。

映像の生成には、鳥の群れや魚群などの現象をシミュレートする Boids アルゴリズム [14] と、ベクトル場シミュレーションを使用した。Boids の移動速度や拡散度のパラメータ、及びベクトル場における粘性パラメータを変更することで、形状推移や拡散度合いの異なる多様なパーティクル映像を生成する事が可能である。図 2 に拡散形状、変化速度の異なる 3 種類の映像例を示す。このように、拡散形状や変化速度を段階的に変更し、印象の異なる映像 15 種類を生成し、刺激映像として用いた。

3.3 評価項目の作成

印象評価実験に使用する形容詞群は Mehrabian and Russell モデル [12] で用いられている感情価および覚醒度の形容詞群を参照した。感情価形容詞から 5 つ、覚醒度形容詞から 5 つ抽出し、日本語形容詞に翻訳を行った (表 1)。翻訳に際しては、井上ら [15] を参照しつつ、日本語・英語二カ国語話者の監修を受けて形容詞の選定を行った。

表 1 形容詞対一覧

Table 1 list of adjective pairs

感情価形容詞対		覚醒度形容詞対	
Happy うれしい	Unhappy うれしくない	Frenzied 激しい	Sluggish のろい
Pleased 快い	Annoyed 不快な	Excited 活気ある	Calm 穏やかな
Satisfied 満足な	Unsatisfied 不満足な	Stimulated 刺激的な	Relaxed なごやかな
Contented 満ち足りた	Melancholic 気が滅入る	Aroused 興奮する	Unaroused 興奮しない
Relaxed 飽きない	Bored 退屈な	Wide awake 目が覚める	Sleepy 眠たくなる

評定用の評価項目では、幾つかの形容詞対を逆転させて図 3 の様に並べ、7 段階評価の形式をとった。

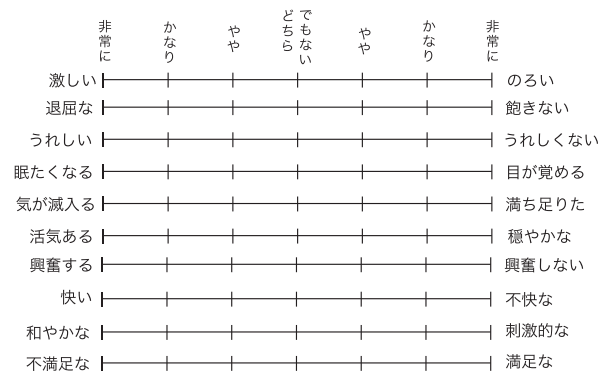


図 3 実験に使用した評価項目

Fig. 3 evaluation items

3.4 刺激提示方法

映像出力には 24 型液晶ディスプレイ、BenQ RL2450H を使用した。ディスプレイの表示領域は 531.36 × 298.89mm であるため、アスペクト比 3:2 の映像刺激の表示領域は 448.33 × 298.89mm になり画面両端に 40mm 程のブランク領域が生じる。被験者には画面から約 60cm~70cm の距離をとってもらい、映像を提示した。順序効果を無くす為、映像の提示順は実験毎に無作為に並べ替えている。

実験の流れは、

- (1) 映像刺激を 45sec 提示
 - (2) 次の刺激を 60sec 休止時間 (画面はブラックアウト)
 - (3) 休止時間の間に評価を行う
 - (4) 60sec 後、次の映像刺激へ
- というサイクルで全 15 刺激の印象評価を行ってもらった。

4. 因子分析および覚醒度因子得点の算出

印象評価実験の後、形容詞対について、因子分析を行った。33 名 × 15 刺激分 495 サンプルの印象評価結果データをもとに感情価形容詞対 5 項目、覚醒度形容詞対 5 項目、合計 10 項目の因子分析を行った。因子数は 2、最尤法・共通因子分析・バリマックス回転により因子分析した結果を表 2 に示す。

表 2 因子負荷量

Table 2 factor loadings

形容詞対	F1	F2
満ち足りた - 気が滅入る	.870	.079
快い - 不快な	.858	-.082
満足な - 不満足な	.853	.087
うれしい - うれしくない	.850	.118
飽きない - 退屈な	.657	.344
活気ある - 穏やかな	.069	.888
激しい - のろい	-.000	.854
刺激的な - 和やかな	-.050	.845
目が覚める - 眠たくなる	.323	.624
興奮する - 興奮しない	.504	.613

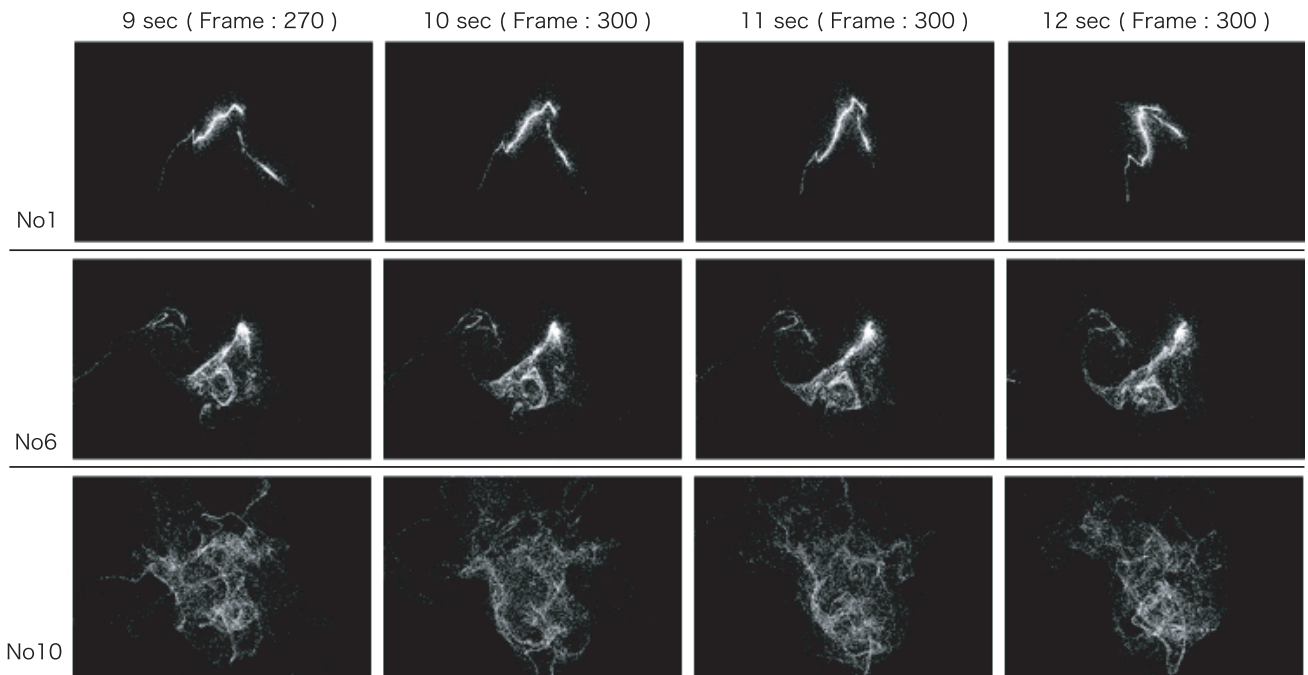


図 2 映像刺激例 3 種, 9 秒から 12 秒時点まで一秒ごとにフレームを抽出

Fig. 2 4 examples of stimulus video, sampled every 1 second from 9 sec time point to 12 sec

第一因子は、感情価形容詞に負荷が高く、第二因子は覚醒度形容詞に負荷が高いため、モーショングラフィックス映像視聴においても、感情価と覚醒度の感性評価モデルが成立することを示す結果となった。

続いて、各映像の平均因子得点を算出した。今回は特に第二因子の得点を映像の覚醒度を示す指標として、続く画像特徴量との相関分析の従属変数として用いることにした。各映像の覚醒度因子得点を表 3 内に示す。

5. 画像特徴量の算出

5.1 オプティカルフロー解析

各映像刺激ごとに 30[fps] × 45[sec]、合計データ 1350 枚の bitmap 画像を得た後、各映像刺激からオプティカルフローの算出を行った。オプティカルフローの計算には OpenCV ライブラリを用い、ブロックマッチング法により算出した [16]。パラメータを調整し、誤差の少ない結果を判断したところ、ブロックサイズは 2 × 2pixel の場合が最も良好な結果が得られたためこのサイズを用いた。ブロックサイズ 2 × 2、画像サイズ 720 × 480 であるため、1 フレーム辺りに算出されるベクトル数は 720/2 × 480/2 = 86,400 個である。

5.2 フローの総量の算出

まず第一の指標として、各映像刺激における単位時間辺りのフローの総量の算出を行った。画面の広い範囲でオブジェクトが動きつづけた場合に、フローの総量が高くなるため、映像変化の規模を表す指標となる。この指標の算出

においては 33.3msec 間隔のデータセットを用いた。

t 番目のフレームにおける i 番目のベクトルの長さを $m(t, i)$ とすると、

$$M = \frac{\sum_{t=1}^L \sum_{i=1}^N m(t, i)}{L} \quad (1)$$

より、単位時間辺りの平均フロー総量が算出される。このとき、L はフレーム長、N は 1 フレーム辺りのベクトル数を示し、連続 2 フレームでのデータセットを用いたため L = 1349、N = 86,400 である。算出された各刺激の平均フロー総量を 3 内に示す。

5.3 平均移動長の算出

第 2 の指標として、フローの平均移動長の算出を行った。第 1 指標であるフローの総量が、映像変化の規模を示す指標であるのに対し、フローの平均移動長は、映像内のオブジェクトの移動の早さを表す指標となる。平均移動長を求めるにあたり、まず、各刺激のデータから 0 よりも大きい長さを持つベクトルの個数を、

$$V = \sum_{t=1}^L \sum_{i=1}^N f(t, i) \quad (2)$$

$$f(t, i) = \begin{cases} 1 & m(t, i) > 0 \\ 0 & m(t, i) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

より算出し、

$$\mu = \frac{\sum_{t=1}^L \sum_{i=1}^N m(t, i)}{V} \quad (4)$$

全ベクトルの長さの合計を V で割ることで、平均移動長が

表 3 各刺激の覚醒度因子得点 (小数点第 4 位以下四捨五入)、フロー総量 (単位: *pixels/unittime*)、平均移動長 (単位: *pixels/vector*)

Table 3 factor score of each video stimulus, total flow magnitude (*pixels/unittime*), mean magnitude(*pixels/vector*)

刺激	覚醒度	フロー総量	平均移動長
1	-0.986	4424	1.78
2	-0.349	2483	2.15
3	1.097	2765	3.79
4	0.827	8876	2.98
5	-1.141	9043	1.84
6	-0.520	14601	2.04
7	1.052	27403	3.06
8	0.056	30459	2.16
9	-0.630	19047	2.22
10	0.939	30542	2.45
11	-1.117	12202	1.74
12	-0.075	38838	2.29
13	0.863	40033	2.55
14	0.382	23065	2.21
15	-0.400	23073	2.09

求められる。算出された各映像刺激の平均移動長を 3 内に示す。

6. 覚醒度とオプティカルフローの相関分析

6.1 覚醒度とフロー総量の相関分析

まず始めに、フロー総量と覚醒度との相関性の分析を行った。図 4 に各刺激の覚醒度因子得点とフロー総量との関係を示したが、フロー総量が多い映像は覚醒度が高くなる傾向がやや見られるものの、フロー総量が少ないにも関わらず、覚醒度が極めて高い映像があることが分かる。回帰分析を行ったところ、 $R^2 = 0.132$ 、 $p = 0.1828$ となり、有意な相関は示されなかった。

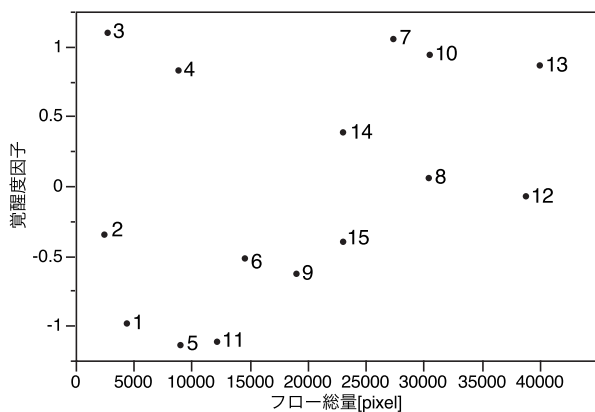


図 4 覚醒度とフロー総量の散布図

Fig. 4 a scatterplot of arousal level scores and total flow magnitude

6.2 覚醒度と平均移動長の相関分析

次にフローの平均移動長と覚醒度との相関性の分析を行った。図 4 に各刺激の覚醒度因子得点とフローの平均移動長の関係を示したが、平均移動長の大きさに比例し、覚醒度因子得点が高くなる傾向が示されている。回帰分析の結果、 $R^2 = 0.712$ 、 $p < .0001$ となり、有意な強い相関があることが確認された。

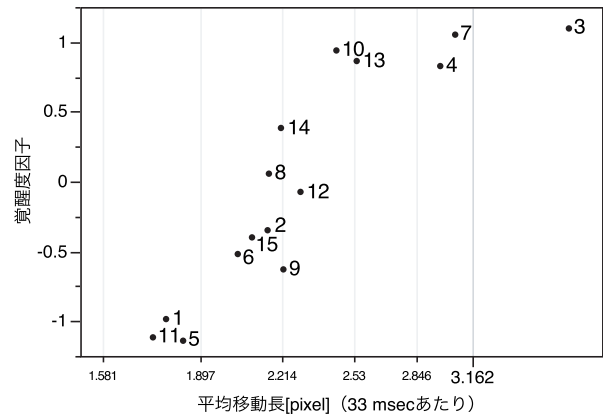


図 5 覚醒度と平均移動長の散布図

Fig. 5 a scatterplot of arousal level scores and mean magnitude

7. 考察

まず、フロー総量については、総量が多い映像は覚醒度が高くなる傾向がやや見られるものの、総量が少なくとも覚醒度が極めて高い映像もあり、覚醒度を評価する指標としては不十分であることが分かった。映像 3 や 4 は、パーティクルがまとまって動く映像であるため、拡散して動く映像に比べ、画面の狭い範囲でしか映像変化が起きていないことになり、フロー総量も低くなる。しかし、それらの映像の覚醒度は上位に位置し、また平均移動長は他の映像と比較して高いため、映像変化の規模よりも、オブジェクトの移動速度が覚醒度の上昇に強く影響していることが推察できる。

平均移動長については、散布図からも明確な相関関係があることを読み取る事ができ、回帰分析の結果からも有意な強い相関があることが確認できた。また、散布図の分布から、以下の 3 つのグループが想定できる。

- 平均移動長 2 ピクセル以下で、覚醒度が -1 付近のグループ
- 平均移動長 2.2 ピクセル近辺で、覚醒度が -0.5 ~ 0.5 の間に分布しているグループ
- 平均移動長 2.5 ピクセル以上で、覚醒度が 1 近辺のグループ

このことから、単位時間辺りの移動長がある閾値を越えると、急激に覚醒度が上昇する傾向があることを読み取ることができる。これらの考察より、オプティカルフローの平

均移動量は、映像の覚醒度評価の指標として有効であること判断できる。しかしながら、今回は 33msec という単位時間での移動長データのみを扱っているため、この時間幅での移動長が直接覚醒度の上昇に関わっているのか、より長い時間幅で継続する動きの部分を示しているのか、このデータのみでは判断することが出来ない。Card らの Model Human Processor によれば、人間の認知処理にかかる 1 サイクルは (知覚プロセッサ 1 サイクル 100msec) + (認知プロセッサ 1 サイクル 100msec) = 合計約 200msec であり [17]、33msec は知覚プロセッサの 1 サイクル以下の時間幅となる。知覚段階での情報処理が覚醒度の上昇に関わっているのか、それよりも後の情報処理に関わっているのか、あるいは両方に関わっているかを判断する為には、より長い単位時間での移動長データでの分析を行い、比較考察を行う必要がある。その上で、覚醒度を評価するのに適した単位時間を明らかにすることが求められる。

8. むすび

本稿では、オブジェクトのモーションパスや cue point 分析による感性的品質評価手法の利用が困難な、オブジェクト形状が不安定なモーショングラフィックス映像を対象とした覚醒度評価手法の検討を行った。映像のオプティカルフロー解析を用い、映像変化の規模を表す指標としてフロー総量、オブジェクトの動きの速さを表す指標として、平均移動量を提案し、印象評価実験を通じて得られた各映像の覚醒度因子得点との相関性を分析した。その結果、平均移動長による覚醒度評価の有効性が確認された。今後、オプティカルフロー解析の単位時間を変えたデータの平均移動長を比較することで、覚醒度を評価するのに最も適した単位時間を明らかにし、実際の映像コンテンツに利用可能な評価手法として提案して行きたい。

謝辞 本研究の実験に快く協力して下さった被験者の皆様、実験実施で補佐を務めて下さった諸氏にこの場をお借りして感謝の意を表します。また、本研究は JSPS 科研費、特別研究員奨励費の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Frantz, M.: "Changing Over Time, The Future of Motion Graphics", <http://www.mattfrantz.com/thesisandresearch/motiongraphics.html>, (2003).
- [2] William, M.: "Optical Poetry : The Life and Work of Oskar Fischinger", John Libbey & Co Ltd, (2003).
- [3] McLaren, N, & William, J.: "Notes on Animated Sound", The Quarterly of Film Radio and Television, Vol. 7, No. 3, pp.223-229 (Spring, 1953).
- [4] Matt, W.: "Motion Design : Moving Graphics for Television, Music Video, Cinema, and Digital Interface", Rotovision (2004).
- [5] Russell, J.A.: "Core Affect and the Psychological Construction of Emotion", Psychological Review, Vol. 110,

- No. 1, pp.145-172(2003).
- [6] Dennis, C., et al.: "The mediating effects of perception and emotion: Digital signage in mall atmospherics", Journal of Retailing and Consumer Services, Vol. 17, pp.205-215 (2010).
- [7] Bartram, L., & Nakatani, A.: "What makes motion meaningful? Affective properties of abstract motion", Forugh Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technogy, pp.468-474 (2010).
- [8] Amaya, K., Bruderlin, A., & Calvert, T.: "Emotion from motion", GI '96 Proceedings of the conference on Graphics interface '96, pp.222-229 (1996).
- [9] Park, D., & Lee, J. H.: "Investigating the Affective Quality of Motion in User Interfaces to Improve User Experience", Entertainment Computing-ICEC 2010, pp.67-78 (2010).
- [10] Lang, A., et al.: "The Effects of Production Pacing and Arousing Content on the Information Processing of Television Messages", Journal of Broadcasting & Electronic Media, Vol. 43, No. 4, pp.451-457 (1999).
- [11] 濁澤 雅, 上岡 高之, 他: "視覚環境が運転者の速度感に及ぼす影響要因解析", 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM) Vol 28, pp. 209 - 212 (2003)
- [12] Mehrabian, A., & Russell, J. A.: "The Basic Emotional Impact of Environments", Perceptual and Motor Skills, Vol. 38, pp.283-301 (1974).
- [13] Lang, A, et al.: "The effects of emotional arousal and valence on television viewers' cognitive capacity and memory", Journal of Broadcasting & Electronic Media, Vol. 39, No. 3, pp.313-327 (1995).
- [14] Reynolds, C. W.: "Flocks, Herbs, and Schools : A Distributed Behavioral Model", Computer Graphics, Vol. 21, No. 4, pp.25-34 (1987).
- [15] 井上 哲浩, 石淵 順也: "構造方程式モデリングによる Mehrabian and Russell モデルの検討", 情報科学研究 (関西学院大学情報処理研究センター), Vol. 12, pp.39-58 (1997).
- [16] opencv.jp : " OpenCV -1.0 リファレンス マニュアル", http://opencv.jp/sample/optical_flow.html
- [17] Card, S. K., et al. : "The Model Human Processor An Engineering Model of Human Performance", In K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (Eds.), Handbook of Perception and Human Performance. Vol. 2: Cognitive Processes and Performance, pp.1-35 (1986).