

実写の動画像からの非実写変換による映像の好ましき向上

瀧上 順也 加藤 禎篤 ブン チュンセン

(株) NTTドコモ 〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘 3-5

E-mail: {takiue, katousad, boon}@nttdocomo.co.jp

あらまし 本稿では、実写の動画像を非実写化することにより、動画像の好ましさを向上する効果があるかについて検証を行った。まず、イラストレータによる理想的な手描きの非実写映像によって実写映像と異なる表現方法(画風)に変更することで、映像に対する総合的な好ましさを損なうことなく、個別の要素に対する印象の好ましさを向上させる効果があることを確認した。次に、動画像の動きの滑らかさに関して、非実写変換によって、低いフレームレートにおいても実写映像に比べて動きのギクシャクさを感じにくくなることを確認した。これらの結果を、それぞれの主観評価に用いた方法と合わせて報告する。

キーワード ノンフォトリアリスティックレンダリング, 映像信号処理, 印象評価

On the Improvement of Viewer's Impression for Videos by Non-photorealistic Rendering

Junya TAKIUE Sadaatsu KATO and Choong Seng Boon

NTT DoCoMo, Inc. 3-5 Hikarino-oka, Yokosuka-shi, Kanagawa, 239-8536 Japan

E-mail: {takiue, katousad, boon}@nttdocomo.co.jp

Abstract In this paper, we report the effects of improving viewer's impression for videos by non-photorealistic rendering. Our subjective test, first, reveals that non-photorealistic videos improve viewer's impression on several sub-elements in the original photorealistic videos without detracting overall visual preference. We, then, confirm that non-photorealistic videos reduce perceived jerkiness even in the low frame rate compared to the original photorealistic videos. We also report the subjective test methods designed for the evaluations.

Keyword Non-photorealistic rendering, Video signal processing, Impression evaluation

1. はじめに

カメラで撮影された実写の静止画像(実写画像)は、ありのままの人物や風景の姿を伝えることができる。一方で、実写画像からイラストや絵画のような表現に変換された静止画像(非実写画像)は、実写画像に比べてより効果的に情報を伝えることができる場合がある。例えば、人物や物体などの輪郭を強調し、その他を省略したシンプルな表現の画像は、必要な情報のみを分かりやすく伝えることができる。また、水彩画のタッチによるやわらかな風合いの画像は、心地良さやあたたかさを効果的に伝えることができる。このように、非実写画像を用いることで新たに生まれる実写画像にはない効果は、教育や広告、医療などの分野を中心に広く利用されている^[1]。

一方で、実写の動画像を非実写化した映像(非実写映像)を利用した事例は少ない。その中で、2006年に公開された映画『A SCANNER DARKLY(ワーナー・ブラザーズ)』では、全編にわたって実写の動画像を非実写化する試みが行われた。この作品は、「実写映像では出せない味わい」や「新感覚映像への試み」という

観点で批評家から一定の評価を得ている。しかし中には非実写的な表現に必ずしも好ましい印象を持たない人もおり、実写の動画像を非実写化することによって生じる効果については明確になっていないとは言えない。

また、映画やTV放送など、一般的な実写映像では25~30fpsのフレームレートが用いられており、これらよりも低いフレームレートの映像では、変化の滑らかさが失われ、動きがギクシャクするように感じる場合がある^[2]。一方、セルアニメーション作品のような非実写映像のフレームレートは平均8~12fpsであるが、動きのギクシャクさをさほど感じない。このことから実写映像の動きと非実写映像の動きとでは、特に低いフレームレートにおいて、動きのギクシャクさの感じ方に差がある可能性が考えられる。

そこで本稿では、まず実写の動画像を非実写化することによってもたらされる効果の有無、およびその効果が映像の好ましさを向上させるかについての検証を行った。次いで、動画像における映像の好ましさを要素の一つとして映像の動きの滑らかさに注目し、低いフレームレートにおいて、非実写化が実写映像に比べ

て動きのギクシャクさを低減する効果があるかを検証する。

なお、非実写映像の表現方法（画風）はリアルさを追求するものから抽象的なものまで多岐にわたるが、本稿では、非実写化を「被写体の大幅な変形や誇張、および構図の変更は行わずに、絵画やイラストの風合いを与えること」と定義する。

2章では、実写の動画像を非実写化することによって生じる効果、およびその好ましさ向上への寄与を検証する方法を、主観評価試験の設計法と同時に述べる。次に3章で、低いフレームレートにおける非実写映像の動きの滑らかさについて、同じく主観評価試験方法と合わせて述べ、最後に4章でまとめを行う。

2. 非実写化による動画像の好ましさ向上

実写映像を非実写化することによって得られる効果として、静止画像の場合のように、何らかの要素が新しく生まれるように感じる、あるいは強調されて分かりやすくなることが考えられる。それらは例えば「分かりやすさ」「あたたかさ」「新鮮さ」「動きの滑らかさ」などの言葉で表現され、非実写化による変化から観察者が受ける印象に相当する。著者らは、それらの個別の要素が観察者にとって好まれるものであり、かつ個別の要素を総合した場合の好ましさ（総合的な好ましさ）が損なわれていない場合に、非実写化によって映像の好ましさが向上するという効果が生まれると考える。

そこで本稿では、非実写化による好ましさ向上の効果を以下のように定義する。また、この効果が一定以上の程度で得られた場合に、非実写化により映像の価値が向上したと判断する。

（定義）非実写化による好ましさ向上の効果：

非実写化によって得られた映像が、もとの実写映像と比較して総合的な好ましさを損なわず、さらに個別の要素に関して実写映像よりも好ましさを感じることで以降では、非実写化による画風の変更による映像の好ましさの向上の有無を検証するために実施した主観評価試験について詳細に説明する。

2.1. 主観評価試験方法（映像の好ましさ）

2.1.1. 試験に用いる映像

本試験の目的は、1章で定義した「非実写化による好ましさ向上の効果」の有無を検証することである。本稿では、映像に対する好ましさとは、人がその映像を見たときに受ける個別の印象（「分かりやすさ」「あたたかさ」「新鮮さ」「動きの滑らかさ」など）に対する好ましさの集まりによって構成されると考える。映像に好ましさを感じさせる要素としては、映像の被写

体そのもの（映っている人、物、場所）や構図、映像が伝えようとする情報の内容なども考えられるが、本稿では非実写化による印象の変化に対する好ましさについてのみを検証することとする。そこで、被写体や構図、伝えようとする情報が同じで、映像の表現（風合い）のみが異なる実写映像と非実写映像を使うことで、その印象の変化を評価する。また、風合いとしては、非実写映像の画風（セル画風、水彩画風、鉛筆画風など）を代表するものとして、以下の3種類（画風1～3）を選択した。画風を与える要素には、大きく分けて「輪郭線の描き方」と「色の塗り方」があり、その組み合わせによって画風が分類できる。例えば、アニメーション作品の代表的な画風であるセル画は輪郭線を強調して描き、色は階調数を落として少ない色数で描く。水彩画や油絵は輪郭線を描画せず、あるいは強調せずに自然な輪郭線を描画し、色は十分な色階調を用いて色合いや陰影を描く。

- ・画風1：輪郭線を強調して描画し、陰影は階調を少なくして段階的に表現する。
- ・画風2：輪郭線を描画せず、陰影は階調を少なくして段階的に表現する。
- ・画風3：自然な輪郭線を描画し、陰影は十分な階調を用いて表現する。

さらに、映像の画質は評価に影響を与える可能性があるため、試験に用いる非実写映像は、十分に高い画質でなければならない。そこで、計算機による自動的な非実写変換^{[3]-[9]}では画質を保証できない可能性があるため、本試験ではイラストレータが実写を元を手描きで作成した映像を非実写映像として使用した。また、実写映像と非実写映像で動きに関する条件をそろえるため、フレームレートは実写映像と同じ（30fpsまたは25fps）とした。

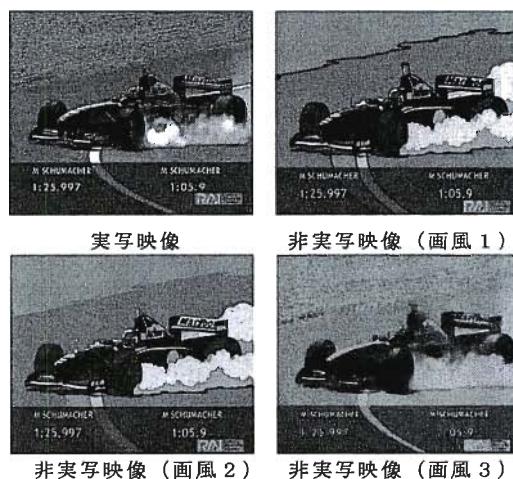


図1. 試験に用いる映像（F1）

2.1.2.主観評価試験の手順

本試験では、「非実写化による好ましき向上の効果」を検証するため、まず、好ましさを構成すると考えられる映像の個別の印象に対する好ましさを評価するステップをとる。このステップを経ることで、映像の観察者が感じる好ましさを多面的に考慮し、その後、個別の要素を総合した評価を行う際の判断基準が明確になる。また、好ましさを構成する要素が何であるかということについては個人差があるため、予め候補となりうる言葉（形容詞）を複数提示する。これにより、観察者が受ける印象を言葉で表現することが容易になると同時に、注目する観点を明確にすることで、評価の精度を高めることができる。

今回の試験において使用した形容詞は、景観や絵画、映像の評価に用いられているものに加え、実写映像から非実写映像へ変化することによって観察者が受けるであろう印象を想定した上で決定し、それらを意味として対となるようにまとめた。表1に選定した21対の形容詞を示す。

表1. 試験に用いた形容詞対

かたい	-	やわらかい	はつきりした	-	ぼんやりした
すっきりした	-	ごちゃごちゃした	違和感のある	-	なじんだ
繊細な	-	おおざっぱな	落ち着いた	-	せわしない
つめたい	-	あたたかい	控えめな	-	迫力のある
平面的な	-	立体的な	新鮮な	-	見慣れた
ぎこちない	-	滑らかな	色彩感のない	-	色彩感のある
自然な	-	人工的な	野暮ったい	-	しゃれた
質素な	-	華やかな	興味をそそらない	-	興味をそそる
生き生きした	-	沈んだ	親しみやすい	-	親しみにくい
絵画的な	-	写実的な	インパクトが弱い	-	インパクトが強い
あっさりした	-	味わい深い			

なお、映像の観察者が受ける印象をこれらの形容詞対のみに制限しないようにするため、準備された言葉以外の印象を受けた場合は、その印象を自由に追記できるようにした。また、被験者が無理に形容詞対を選択することを避けるため、非実写化による映像の変化からいかなる印象も受けない場合は評価を記入させないようにした。

試験では20歳代から60歳代の非専門家の男女20名を被験者とした。被験者は、まず一定時間、実写映像と非実写映像を交互に観察し、実写映像から非実写映像への変化から受ける印象に注目して映像を観察した。そして「(1): 実写映像から非実写映像への変化から受けた印象の選択」、「(2):(1)で選択した印象に関する好ましきの程度の評価」、「および(3):(1)(2)を合わせた総合的な好ましきの評価」を順に行った。

(1): 実写映像から非実写映像への変化から受けた印象の選択

被験者は、実写映像から非実写映像への変化から受け

た印象のみを表1の21対(42個)から選択する。それ以外の印象を受けた場合は自由に追記する。また、いかなる印象も受けない場合は評価を記入しない。

(2):(1)で選択した印象に関する好ましきの程度の評価

被験者は、(1)で選択あるいは追加記入した印象に対する好ましきの程度を「非常に嫌い/嫌い/やや嫌い/どちらでもない/やや好き/好き/非常に好き」の7段階で記入する。これは、例えば「あたたかい」という印象を「好き」と感じることもあれば「嫌い」と感じるように、受けた印象とその好き嫌いの程度は人によって異なるためである。

(3):(1)(2)を合わせた総合的な好ましきの評価

(1)で選択した印象と(2)の評価結果を合わせて、非実写化の変化に対する映像の総合的な好ましさを(2)と同じ7段階で評価する。

以上の方法で、非実写化による風合いの変化から受けた印象と、その印象に対する好ましきの程度および、映像に対する総合的な好ましきを得る。

2.1.3.主観評価試験結果の分析

評価対象とした6種類の非実写映像に対して、試験結果をもとに非実写化による好ましき向上の効果の有無を判定する。効果の有無に関する結果は被験者ごとによって異なりばらつきが生じる。そこで、効果がある被験者の全体の人数に対する割合を算出し、統計学的に効果の有無を検定する。判定基準は「効果がある被験者の数が、効果がない被験者の数を上回ること(有意確率95%)」とした。この基準を満たしている非実写化に関しては「同様の試験を100回行った場合、そのうち95回は過半数に効果ありと判定される」ということがいえる。この基準は、今回の被験者20人の試験においては、15名以上に効果があると判定されることに相当する^[10]。

試験結果の分析は2つのステップに分けて行う。まず、評価対象となる映像の組(実写映像+非実写映像1種)、および被験者ごとに非実写化による好ましき向上の効果があるかを判定する。効果があると判定する条件は「非実写化による好ましき向上の効果」の定義に従い「総合的な好ましきが実写映像に比べて損なわれていないこと」かつ「特定の要素に関して実写よりも好まれること」とする。前者は2.1.2で述べた総合的な好ましきの評価において「どちらでもない」「やや好き」「好き」「非常に好き」のいずれかが選択されていることとし、後者は個別の要素に関する好ましきの評価において少なくともひとつ「やや好き」「好き」「非常に好き」のいずれかが選択されていることとす

る。続いて映像の組ごとに、非実写化による効果がある被験者の、全体の人数に対する割合を算出し、効果の有無を最終的に判定する。

2.2.主観評価試験結果と結論

実施した主観評価試験の結果を図2に示す。F1画風1(図1右上)において、20名中15名を上回る被験者で、非実写化による好ましさ向上の効果が確認された。また、その他の映像、画風においても、統計的な有意さは言えないものの、半数以上の被験者において非実写化による好ましさの向上が見られるものもある。これらのことから、映像の内容や画風に依存するものの、非実写化による好ましさ向上の効果、およびそれによる映像の価値の向上が存在すると結論付けた。

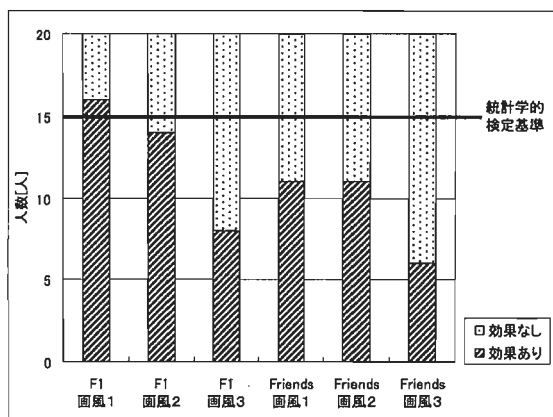


図2. サンプルごとの評価結果

3. 非実写化による動きの滑らかさの向上

1章で述べたように、実写映像の動きと非実写映像の動きとは、特に低いフレームレートにおいて、動きのギクシャクさの感じ方に差がある可能性が考えられる。そこで、低いフレームレートにおける非実写映像の動きのギクシャクさに関して、「フレームレートの低い実写映像と同じフレームレートの非実写映像とでは、非実写映像の方が動きのギクシャクさを感じにくい」という仮説を立てた。そして、上記の仮説の正しさを以下の主観評価試験によって確認した。

3.1. 主観評価試験方法 (動きの滑らかさ)

3.1.1. 試験に用いる映像

今回の試験の目的は、低いフレームレートの実写映像と、同じフレームレートの非実写映像とで、映像の観察者が感じる動きのギクシャクさに差があるかどうかを検証することである。そこで、映像中の構図および被写体などの動きが同じである実写映像と非実写映像を評価に用い、それらのフレームレートのみを変化

させた。

今回の試験においては、2章で述べたイラストレータによる手描きの非実写映像に加えて、実写映像に対するフィルタ処理によって自動的に作成された映像を非実写映像として用いた。今回用いたフィルタ処理は、エッジを保ったまま空間的な平滑化処理を行うフィルタであり、映像をある程度、単純化する効果がある。図3にフィルタ処理前後の映像の例を示す。このフィルタ処理により、イラストのような風合いを与えることができることが確認できる。



図3. フィルタ処理前(左)と処理後(右)
(映像 canoaの一部)

フレームレートの変化は、実写映像と非実写映像のフレームを一定間隔おきに間引くことで5種類ずつ作成した。もとの映像のフレームレートが30fpsである場合、評価に用いる映像のフレームレートは30fps, 15fps, 10fps, 7.5fps, 6fpsとした。また、もとの映像のフレームレートが25fpsである場合、評価に用いる映像のフレームレートは25fps, 12.5fps, 8.3fps, 6.3fps, 5fpsとした。

3.1.2. 主観評価試験の手順

今回の試験では、実写映像と非実写映像とで、同じフレームレートにおける動きのギクシャクさの感じ方に差があるかどうかを検証することが目的であるが、フレームレートに関する情報が事前に予測できると、その情報のみに基づいて動きのギクシャクさの評価が行われてしまう可能性が考えられる。この傾向は、今回の試験の前の予備試験を通じて確認され、例えば、同じフレームレートの実写映像と非実写映像を画面内に並べて表示して比較したり、あるいは時間的に連続して表示して比較したりすると、フレームレートが同じであることが分かってしまう。この場合、被験者はフレームレートが同じであるという情報から、動きのギクシャクさに関しても差がないと判断してしまう。また、ある1種類の映像に関してフレームレートを変えながら表示すると、フレームレートの違いが分かりやすく、被験者はフレームレートの違いを評価してしまう。

そこで、映像の表示については、複数の実写映像および非実写映像に対してフレームレートを変化させたものを1種類ずつランダム順で表示し、被験者は動き

のギクシャクさに注目してそれらの映像を絶対評価する方法をとった。この方法によって、動きのギクシャクさを評価する際に映像のフレームレートに関する情報を被験者が予測できないようにし、かつ、それぞれの映像を単独で見たときに感じる動きのギクシャクさに近い評価を得ることができる。なお、絶対評価においては、時間的に直前に表示された映像から影響を受ける可能性があるため、試験中の異なる時間で同じ映像の評価を2回ずつ行う。そして、評価値は2回の評価の平均値とした。

試験では、映像の研究に従事する専門家5名を含む計18名を被験者とした。また、3種類の実写映像（canoe, F1, Friends）と、その実写映像に対応する非実写映像を用いた。試験は、評価対象となる映像を観察するステップと、その映像の動きのギクシャクさを評価するステップとに分かれる。映像を観察するステップにおいては前述の通り、被験者はランダム順で表示された映像を観察する。動きのギクシャクさを評価するステップでは、被験者は映像ごとに感じる動きのギクシャクさを「5：動きのギクシャクさを全く感じない」、「4：動きのギクシャクさを感じるが気にならない」、「3：動きのギクシャクさがやや気になる」、「2：動きのギクシャクさが気になる」、「1：動きのギクシャクさが非常に気になる」の5段階に加えて、それらの中間段階（0.5）を許容した9段階で絶対評価する。なお、被験者には事前に、動きのギクシャクさに対する十分なインストラクションを行い、訓練の試験を通じて評価対象となる動きのギクシャクさを理解していることを確認した。

以上のステップを経て、実写および非実写の映像を合わせて、各フレームレートで観察者が感じる動きのギクシャクさを評価する。

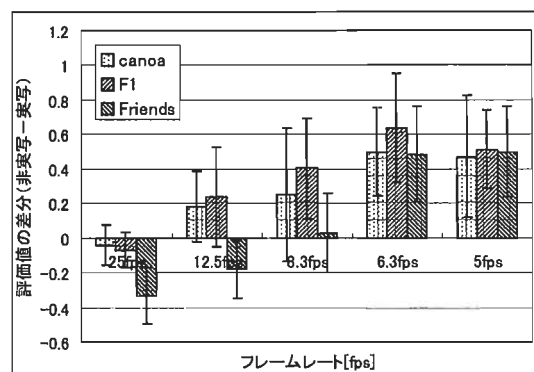
3.1.3.主観評価試験結果の分析

動きのギクシャクさの絶対評価における基準は被験者によって異なるため、それぞれの映像に対する評価値には被験者間でばらつきがある。そこで被験者間の評価値のばらつきによる影響を小さく抑えるため、評価値そのものの直接比較ではなく、実写映像に対する評価値と非実写映像に対する評価値の差分に注目する。この方法は、「対応のあるt検定」であり、同じフレームレートにおける動きのギクシャクさの感じ方の差を統計的に判定することができる。

試験結果をもとに、映像ごと、およびフレームレートごとに、非実写映像の評価値と実写映像の評価値の差分の平均値および95%信頼区間を算出する。そして実写映像と非実写映像で動きのギクシャクさの感じ方に有意な差があるかを判定する。

3.2.主観評価試験結果と結論

実施した主観評価試験の結果を図4に示す。3種類すべての映像に対して、6.3fps（Friendsでは7.5fps）以下のフレームレートにおいて、実写映像と非実写映像の動きのギクシャクさに関する評価値の差の平均値が正となり、非実写映像のほうが実写映像よりもギクシャクさを感じないことが分かる。また、95%信頼区間にも評価値の差分が0となるが含まれていないことから、上記のフレームレートの動画像においては、実写映像よりも非実写映像の方がギクシャクさを感じにくいと結論付けられる。これより、実写映像では動きがギクシャクして感じられるような低いフレームレートにおいても、非実写映像では動きのギクシャクさを感じにくく、映像の好ましさを向上させていると考えられる。



(※Friendsのフレームレートは左から順に30, 15, 10, 7.5, 6fps)

図4. サンプルごとの評価結果

4.まとめ

本稿では、実写の動画像を非実写化することにより、動画像の好ましさを向上する効果があるかについて検証を行った。その中で、非実写化によって実写映像と異なる表現方法（画風）に変更することで、映像に対する総合的な好ましさを損なうことなく、個別の要素に対する印象の好ましさを向上させる効果があることをイラストレータによる理想的な手描きの映像を用いた主観評価試験により確認した。また、動画像の動きの滑らかさに関して、映像を単純化する非実写変換によって、低いフレームレートにおいても実写映像に比べて動きのギクシャクさを感じにくくなることを確認した。

今後は、非実写映像の好ましさに影響を与えるその他の要素に関する検討、およびそれらの好ましさの要素を総合的に考えた場合の、動画像における非実写変換方法のあり方について検討する。

文 献

- [1] Tobias Isenberg, Petra Neumann, Sheelagh Carpendale, Mario Costa Sousa, Joaquim Jorge, "Non-Photorealistic Rendering in Context: An Observational Study, "NPAR06, pp 115-126, 2006.
- [2] S.Kato, C.S.Boon, T.Horikoshi, and S.Hangai, "Time-displacement based perceptual model for motion quality of video sequences and its application on non-constant motion, "in Proc. Of the First International Workshop on Image Media Quality and its Applications, pp.103-107,2005.
- [3] Peter Litwinowicz, "Processing images and video for an impressionist effect, "Proc. SIGGRAPH, 1997.
- [4] Aaron Hertzmann, and Ken Perlin, "Painterly rendering for video and interaction, "Proceedings of NPAR 2000, 7-12, 2000.
- [5] Winnemoller, H. Olsen, S. C. Gooch, B, "Real-Time Video Abstraction, "ACM TRANSACTIONS ON GRAPHICS 2006, VOL 25, NUMB 3, pp.1221-1226, 2006.
- [6] H. Wang, Jian J. Zhang, S. Li and Y. Wang, "Shape and texture preserved non-photorealistic rendering, "Computer Animation and Virtual Worlds, 15(3-4) , pp.453-461, 2004.
- [7] Adrien Bousseau, Fabrice Neyret, Joëlle Thollot, David Salesin, "Video Watercolorization using Bidirectional Texture Advection, "ACM Trans. Graph. SIGGRAPH2007, 2007.
- [8] Henry Kang, Seungyong Lee, Charles K. Chui, "Coherent line drawing, "NPAR, 2007.
- [9] Jiyoung Park, Junho Yi, "Efficiently Capturing Object Contours for Non-Photorealistic Rendering, " SCIA, 2007.
- [10] 長谷川勝也, 確率・統計の仕組みが分かる本, 技術評論社, 東京, 2000.