

任意の画質制御が可能な MPEG ビデオスクランブル Visual Quality Controllable Video Scrambling for MPEG Stream

豊田 陽介[†] 菅野 勝[†] 宮地 悟史[†] 米山 暁夫[†]

Yousuke TOYOTA Masaru SUGANO Satoshi MIYAJI Akio YONEYAMA

1. はじめに

デジタル機器では、デジタルコンテンツのコピーを制限する仕組みが利用される。この制限により、個人利用の範囲でのコピー（異なるデバイスでの利用など）も制限されてしまい、利便性が損なわれる。コンテンツ提供者の権利を守りつつユーザの利便性を維持する手法として、劣化を伴うデジタルデータのコピーが提唱されている[1]。これは、コピーが行われる際に品質劣化を意図的に生じさせることで、元データと同品質のデータが複製されることを防止する。また、主観品質に連動した多段階の画像劣化を生じさせることで、コピー回数の増加に従ったコンテンツの価値の低下を実現するものである。しかしながら、これまで報告されているビデオスクランブル手法の中で、前述の要件を十分満たすものは提案されていない。そこで筆者らは、流通動画として MPEG を想定し、画像の主観品質を多段階に制御可能なビデオスクランブル手法を提案し報告する。

2. 従来手法における段階的ビデオスクランブル

多段階の画像劣化を生じさせるスクランブル手法として、画像内のスライスを処理単位とした手法が提案されている[1]。当該手法では、スクランブル処理対象となるスライス数を増減させることで、画像の劣化度合いを制御する。また、他のスクランブル手法として、DCT 係数の DC 成分、AC 成分、動きベクトルといった係数を処理単位とし、これらの全要素のうち一定割合の要素に対して係数操作を行うことで、劣化度合いの異なる画像を得る手法がある[2]。しかし、これらの従来手法におけるスクランブル強度の決定には、人間の視覚特性などが加味されておらず、主観品質に連動した多段階の画像劣化を生じさせることができない。

そこで、本稿では、人間の視覚特性を考慮した画像品質評価法を導入し、主観品質を多段階に制御可能な手法を実現する。

3. 多段階の主観品質制御ビデオスクランブル

3.1 視覚特性を考慮した画質評価指標

人間の視覚特性として、空間周波数に対する視覚感度（高周波の雑音ほど検知されにくい）、雑音のマスク効果（変化の大きい絵柄ほど雑音を検知されにくい）が知られている。さらに、人間が画像を見る際には、画像全体を一度に認識するのではなく、注視点を画面上で移動させていくことで画像を認識するため、これによって生じる雑音感度の変化（注視点散乱度の雑音感度への影響）も報告されている。宮地らは、動画像コーデックの評価手法とし

て、これらの人間の視覚特性を考慮した画質評価手法を提案している[3]。この手法では、マスク効果および周波数に対する視覚感度を考慮した SNR (WSNR) の値 a を算出し、注視点散乱度を考慮した補正関数 $f(a)$ を用いて、最終的な主観画質劣化度を得る。

3.2 主観品質を考慮したビデオスクランブル

本提案手法では、主観的な画像劣化度の目標値 F を事前に設定し、 $f(a)$ により算出される画質評価値が F に近づくようにスクランブル処理を行う。本稿のビデオスクランブル手法の処理手順を図 1 に示す。

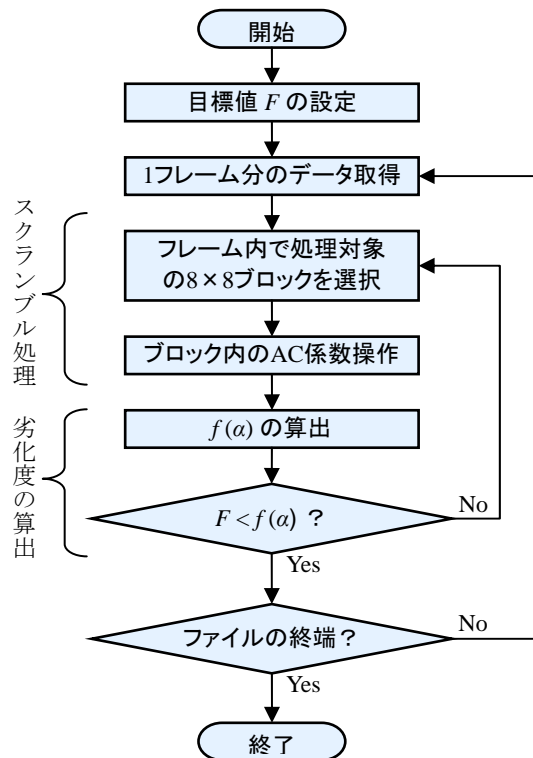


図 1 提案法の処理手順

MPEG ビットストリームの各 I フレームにおいて、 8×8 ブロックを処理単位として、下記の手順で処理を行う。

- フレーム内でスクランブル処理が適用されていない 8×8 ブロックをいくつか選択し、選択されたブロックの AC 係数の値を操作するスクランブル処理[4]を行う。
- スクランブル処理によって生じた劣化から a を算出し、 $f(a)$ を用いた補正を行うことで主観的な画像劣化度を求める。

[†](株)KDDI 研究所 KDDI R&D Laboratories Inc.



図2 提案法による多段階のビデオスクランブル

- c) F と $f(a)$ との比較を行う。もし $F > f(a)$ ならばスクランブル強度が不十分と判断し、手順 a) に戻って同一フレーム内のスクランブル対象ブロックを追加する。また、 $F < f(a)$ ならば次のフレームへ進み処理を継続する。

なお、今回は手順 a) において処理対象として選択され AC 成分が操作されたブロックに対しては、再度 AC 成分の値を変更する処理は行わない。

4. シミュレーション実験

MPEG-2 ビデオストリームの異なる 2 種類の I フレームに対して本手法を適用した結果を図 2 に示す。本実験では、MPEG-7 の標準画像 Soccer を用いた。図 2 (a), (d) が元画像であり、図 2 (b), (e) は主観的な劣化度の目標値 F を 15 に設定したときの結果、図 2 (c), (f) は F を 30 に設定したときの結果である。 F の値を増減させることで、その値に応じた主観品質の映像が得られることが確認できる。図 2 (b), (e)、および、図 2 (c), (f) の画像の崩れ方の比較を行うと、 $F=15$ では人物の顔が認識可能な程度であるが、 $F=30$ では顔が認識できないほどになっている。また、画面全体の崩れ方を比較した場合、 $F=15$ では人物と背景の一部が崩れており、 $F=30$ では崩れた領域が画面全体に広がっていることが確認でき、同等の崩れ方であることがわかる。

このように視覚特性を考慮した画質評価手法を導入することで、多段階の主観品質制御を実現できることが分かったが、スクランブル処理による画像劣化とコーデックによる画像の劣化は特性が異なり、本稿で用いた画質評価手法

がスクランブル画像の評価にそのまま適用できない場合もあると考えられるため、さらなる検討が必要である。

5. むすび

本稿では、画像の主観的な劣化度合いを多段階に制御が可能なビデオスクランブル手法を提案した。本手法は、スクランブル処理過程において人間の視覚特性を考慮した品質評価法を導入し、主観画質に連動した多段階のビデオスクランブルを実現した。今後は、視覚特性とスクランブル処理による画像劣化との関係を詳細に検討し、画質評価関数の最適化を行っていく。

参考文献

- [1] 西本 友成, 藤津 智, 石川 清彦, 今泉 浩幸, 三田 長久, “画質制御可能な低負荷のスクランブル効果制御方式”, 映像情報メディア学会誌, Vol.62, No.7, pp.1042-1049 (2008).
- [2] S. Li, G. Chen, A. Cheung, B. Bhargava, K.-T. Lo, “On the Design of Perceptual MPEG-video Encryption Algorithms”, IEEE Trans. Circuits and Syst. Video Technol., No.17, Vol.2, pp.214-223 (2007).
- [3] 宮地 悟史, 浜田 高宏, 松本 修一, “人間の視覚特性を考慮した画像品質評価システムの開発”, 信学論 (D-II), Vol.J81-D-II, No.6, pp.1084-1094 (1998).
- [4] F. Dufaux, T. Ebrahimi, “Scrambling for Video Surveillance with Privacy”, Proceedings of the 2006 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, pp.160-160 (2006).