

# 動きベクトルの変更による動画スクランブル技法の画質制御に関する考察

## An Investigation of Control of Image Quality of Scrambling Technique of Video by Changing Motion Vectors

宮川 健太朗†  
Kentaro Miyakawa

姜 錫†  
Seok Kang

坂本 雄児†  
Yuji Sakamoto

### 1 まえがき

デジタル配信サービスにおいて、違法コピーに対して、スクランブル技法を用いて動画の不法利用を防止することができる。しかし、スクランブル技法を用いた動画配信では、視聴者に動画の内容を知らしめる手段を別途必要とする。

一方、動画の内容を視聴者が認知できる程度にスクランブルによる劣化の度合いを抑える、半開示スクランブル技法がある。半開示スクランブルでは動画の概要を視聴者が理解できるので、スクランブル動画自体を動画のサンプルとして用いることができる。

本稿では、動きベクトルの変更量調節による半開示スクランブル技法を提案し、スクランブルによる画質制御を行う方法について考察する。

### 2 デジタル動画配信サービスにおけるスクランブル

近年、衛星放送やインターネット配信などにより、デジタル動画の有料配信サービスが盛んになってきている。しかし、デジタル動画は劣化を伴わずに複製を容易に行えてしまうため、違法コピーによる著作権侵害の問題が深刻になっている。これに対し、著作権の保護を目的とした技術がこれまでに幾つも提案、実用化されている。それらの一つに、動画スクランブルという技術がある。動画スクランブルは、配信者が動画の視聴権を購入した課金者にもみ視聴できる様にするために、動画に可逆的な劣化処理を施し、視聴者に本来の情報を認知させない技術である。

動画スクランブルは、非課金者に対して完全に元の情報を隠蔽する通常の動画スクランブルと、非課金者にも一部の情報のみを開示する半開示動画スクランブルの二種類に分類される。前者はその目的を非課金者に対する情報隠蔽に特化しているが、後者は図1の運用例の様にスクランブル動画自体をサンプルにすることも目的にしているため、パラメータ調節によって開示する情報量の変更を行える特徴がある。

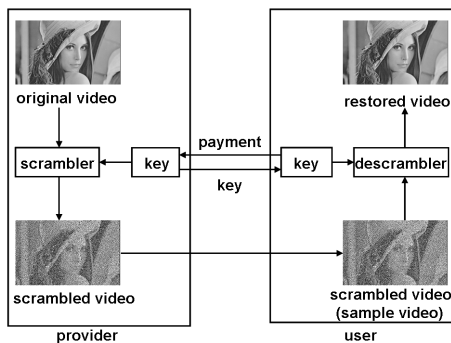


図1 半開示動画スクランブルの運用例

従来の半開示スクランブル手法として、DCT係数に対して暗号化を施す手法や、JPEG2000の画像領域、レイヤ、解像度レベルに対して暗号化を施す手法が提案されている[1, 2]。本稿では、デジタル動画が持つ動きベクトル成分の値を変更することによる、半開示動画スクランブル手法を提案する。また、客観的指標を用いた画質評価に基き、提案手法によって作成されるスクランブル動画の画質を制御する方法について考察を行う。

### 3 提案手法

動画では時刻  $t$  のフレームから時刻  $t+s$  のフレームを予測するフレーム間予測により、符号化量の削減が行われる。予測フレームは一定の領域ごとに、予測元のフレームからどれだけの動きがあったかを推定し、動き量をベクトルとして記録、参照することによって作成される。提案手法は図2で表す様に、動画中の動きベクトルに対し、水平成分、垂直成分各々独立に、疑似乱数列に従い一定値  $N$  を加算または減算することによりスクランブルをかける手法である。スクランブルの復号鍵は、疑似乱数発生器に与えた  $seed$  とする。

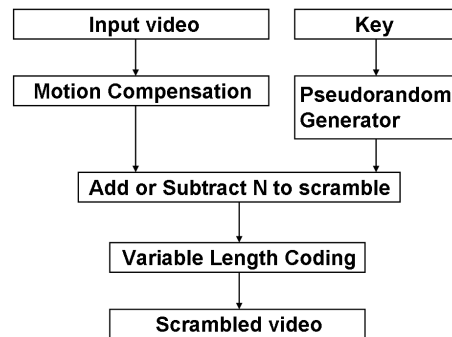


図2 提案手法によるスクランブルの流れ (DCT, 量子化は省略)

一般にフレーム内のある領域から離れば離れるほど、元の領域との相関は低下するので、 $N$  を大きく取れば取るほど、作成されるスクランブル動画の画質が低下することが期待できる。また、動画中の全ての動きベクトルを変更するのではなく、変更される動きベクトルの確率を  $P$  とし、 $P$  を調節することによって、スクランブル動画の画質を制御することが期待できる。提案手法では  $N$  と  $P$  をパラメータとして調節することにより、画質の制御を行う。

また、客観的な画質の評価指標として、PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) を用いる。PSNR は静止画の画像の信号とノイズの比率 (単位: dB) を表す。定義式は、原画像と圧縮画像、2枚の画像間の平均二乗誤差を MSE とおくと、

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{MSE} \right)$$

となる。

† 北海道大学大学院情報科学研究科

## 4 実験

無圧縮 AVI 形式の原動画を MPEG1 形式に圧縮し、提案手法によるスクランブルを施したスクランブル動画と、スクランブルを施さない非スクランブル動画の二つを作成する。それらを用いて、N や P を変更することによりどの様に PSNR が変化するのかを確認する。また、スクランブル動画のファイルサイズが、非スクランブル動画と比較してどの程度増加したか、増加率を計測する。

原動画として、次の四種類の動画 (mobcal, parkrun, shields, stockholm) を [3] より用意した。いずれの動画も、サイズは横 720 ピクセル×縦 576 ピクセル、総フレーム枚数は 252 枚、フレームレートは 25fps である。また、MPEG1 形式に圧縮する際、量子化係数は 4、B フレームは不使用、I フレームと P フレームの比は 1:11 とした。また、提案手法では I フレームに対してスクランブルをかけることを考慮していないので、PSNR 計測の際は I フレームを除外し、全 P フレームの PSNR の平均値をスクランブル動画の PSNR とした。

## 5 実験結果

N が 1, 2, 3 の場合それぞれについて、P を 1% から 10% までは 1% ずつ、10% から 100% までは 10% ずつ変更しつつ、それぞれの場合について PSNR を測定した。N=1 の結果を図 3 に示す。

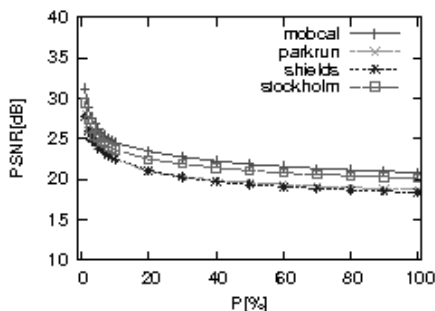


図 3 N=1 における P の変更に伴う PSNR の変化

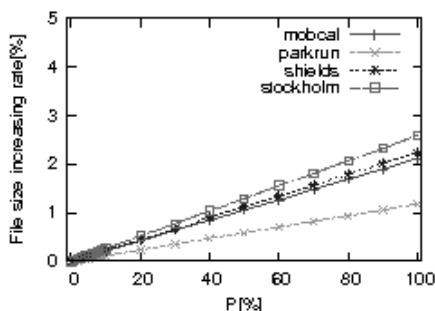


図 4 N=3 における P の変更に伴うファイルサイズ増加率の変化

このように、P の増加に伴い PSNR は単調減少することが確認された。

また、図 4 に示すように、P の増加に対してファイルサイズ増加率はほぼ比例して増大した。更に、N の増加によってもファイルサイズ増加率は増大することを確認した。

一方、P=100% に固定し、N を 1 から 30 まで変化させたところ、図 5 に示すように、N=3 から PSNR が単調減少せず、15 近辺未満の値をとらなくなることを確認した。

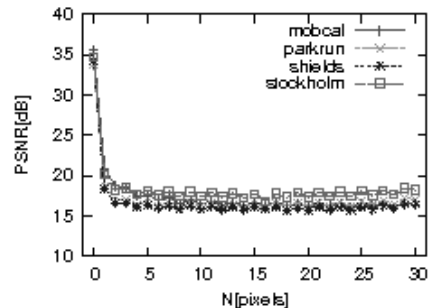


図 5 P=100% における N の変更に伴う PSNR の変化

## 6 まとめ

実験結果より、P の増大に伴って PSNR が 20 程度から 30 程度までの範囲においては単調減少したことから、提案手法は任意の動画に対し半開示スクランブルを施せることが示された。また、この範囲におけるファイルサイズ増加率が最大でも 2% 台であることから、スクランブルにより配信ビットレートを超過してしまったとしても、量子化係数を微増させることにより十分実用的な画質を維持したまま対応可能である。一方、N の増大は必ずしも PSNR の減少に結びつかなかったことから、PSNR を指標とした画質制御を行うためのパラメータとしては不適切であるといえる。N の増大が PSNR の減少に結びつかなかった原因は、今回の実験に用いた動画がいずれも自然画像であり、N を増大させても輝度に大きな変化が見られなかったためである。

また、提案手法では目標の PSNR を持つスクランブル動画を作成するためのパラメータ設定を事前に知ることができない、スクランブルによる誤差の蓄積により各フレームの PSNR がばらつく、といった点が問題点として挙げられ、これらの解決を今後の課題とする。

## 参考文献

- [1] 藤井寛, 山中康史, "デジタル画像情報流通支援のためのスクランブル方式", 情報処理学会論文誌 Vol.38 No. 10 pp. 1945-1955, 1997.
- [2] 安藤勝俊, 渡邊修, 貴家仁志, "JPEG2000 符号化画像の情報半開示法", 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J85-D-II No. 2 pp. 282-290, 2002.
- [3] MPEG-Testsequences, [ftp://ftp.ldv.e-technik.tu-muenchen.de/pub/test\\_sequences/](ftp://ftp.ldv.e-technik.tu-muenchen.de/pub/test_sequences/)