

これすばんでんす

# サブバンド画像に対する多段ベクトル量子化の符号化特性

正会員 小島 健史<sup>†</sup>, 正会員 橋本 秀雄<sup>††</sup>

## 1. ま え が き

画像や音声情報を PCM 符号化する場合, その情報は膨大となるため, 伝送あるいは蓄積するときの伝送速度や記憶容量といったコストが大きくなる. そのため, 画像や音声の品質を維持したままで情報量を減らす必要があり, 効率の良い圧縮符号化の手法が盛んに研究されている.

画像の帯域圧縮符号化方式は静止画では JPEG, 動画画像では MPEG が国際標準になっており, これらは, 離散コサイン変換を基本とした符号化方式であるが, 低ビットレート時にはブロック状の歪みを生じるという欠点をもっている.

サブバンド符号化は信号を周波数軸上で, 複数の小帯域 (サブバンド: Subband) に分割し, 各サブバンドの信号電力の大きさに応じて符号ビットを割り当てて符号化することにより効率的な符号化を実現できる. さらに, 低ビットレート時でも JPEG 方式で発生するブロック歪みが生じないという利点がある. また, 階層的に符号化できることで ATM (Asynchronous Transfer Mode) のセル廃棄にも対応できる点から, 将来的に有望な符号化法であるといえる.

一方, ベクトル量子化は, 複数の信号値をまとめて量子化する手法で, 音声や画像の符号化あるいは画像処理などの分野でよく用いられている. ベクトル量子化は, 理想的には符号化特性をレート歪み限界に近づけることができ, 特に低ビットレートの符号化では, 有効な手法であるとされている.

サブバンド画像にベクトル量子化を適用すると, 高い符号化効率を得られるとともに, サブバンド間のビット配分問題を避けられるということから注目されているが<sup>1)</sup>, 高ビットレート符号化時には符号化効率の改善効果が低下することが問題とされていた.

本稿では, サブバンド画像に多段ベクトル量子化を適用し, 各サブバンドでの局所的な信号電力分布にもとづいて適応的に符号化制御を行う手法を提案する. これにより, 広い範囲のビットレートで符号化性能の一層の向上が得られるとともに, 多段ベクトル量子化の上位階層に精細性の再現に優れたコードブックを配置することで高ビットレート符号化にも対応できることを示す.

## 2. サブバンド画像のベクトル量子化 (SBC-VQ)

サブバンド画像にベクトル量子化を適用する手法 (SBC-VQ) は, サブバンド間にまたがったサンプル点から構成されるベクトルを用いている. このことにより, サブバンド符号化に存在するビット配分の問題を回避することを可能にしている.

本稿では, 符号化効率を高めることを目的として, 32 タップの QMF フィルタを用いてサブバンド分割を行い, バンド間相関をできるだけ取り除いた後にベクトル量子化を行う. また, 画像信号は低周波信号の電力が大きいため, 低周波領域を更に細かく分割したオクターブ7分割のサブバンド画像に対して, 空間的に対応した位置の画素をまとめてベクトルを構成する. ここでは, 図 1 に示す 16 次元のベクトルに対してベクトル量子化を行う. これは, 実画像における  $4 \times 4$  画素のブロックに相当する. また, SBC-VQ の構成を図 2 に示す.

ベクトル量子化の際のコードブックは符号化対象画像 LENA (512 × 512 pixel; 8 bit PCM) を除いた 14 種類の画像をトレーニングデータとし, LBG アルゴ

<sup>†</sup> NTT 北陸移動通信網株式会社  
<sup>††</sup> 金沢大学 工学部

“Performances on Subband Image Coding using Multistage Vector Quantization” by Takafumi Kojima (NTT Hokuriku Mobile Communications Network Inc., Kanazawa) and Hideo Hashimoto (Faculty of Engineering, Kanazawa University, Kanazawa)

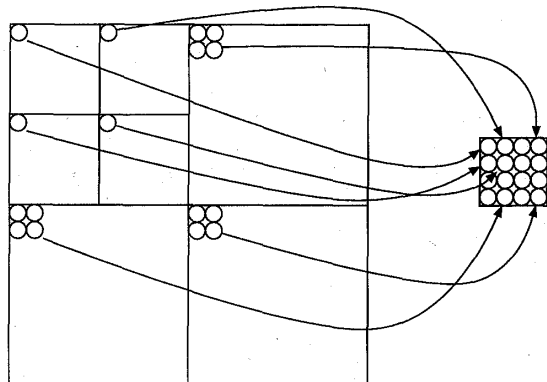


図1 ベクトル構成方法  
Vector configuration.

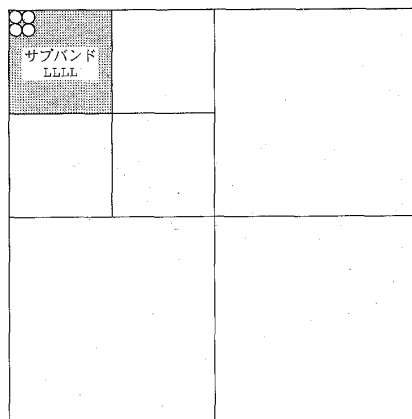


図3 第1ステージのベクトル構成  
The first stage vector.

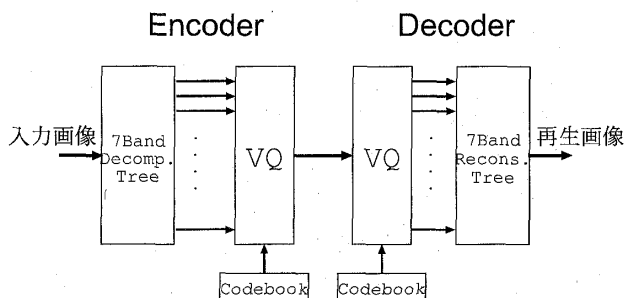


図2 SBC-VQ方式の構成  
Configuration of SVC-VQ.

リズムに Splitting アルゴリズムを適用して生成した。

SBC-VQでは、画像信号の電力分布の偏りを利用した符号化が可能であり、通常画像に対するベクトル量子化より優れた特性が得られる。特に信号電力の大きな低周波成分を考慮したコードブックが作成されているので、低ビットレートでの改善効果大きい。一方、高周波成分を精度良く符号化するためには必然的にコードブックサイズが大きくなり、コードブック設計に難が生じることから、高ビットレートでの符号化特性は低ビットレートほどには改善されない。これを解決するために、つぎに述べる多段ベクトル量子化を導入する。

### 3. サブバンド画像の多段ベクトル量子化

オクターブ7分割したサブバンド画像は、画像を階層的に帯域分割していることから、階層的な符号化手法を適用することが有効である。前述の手法よりさらに高ビットレート時の符号化品質を向上させるために多段ベクトル量子化の手法を取り入れ、階層的なサブバンド符号化を実現する。このことにより、広いビットレートの範囲で、しかも高い符号化特性をもったプログレッシブな符号化が可能になる。ここではサブバ

ンド画像の多段ベクトル量子化を紹介し、その符号化特性について、SBC-VQ手法との比較および評価を行う。

#### 3.1 多段ベクトル量子化のベクトル構成

サブバンド画像は、最低周波バンドに信号電力の大半が集中し、高周波バンドには画像のエッジといった変化の激しい部分でのみ信号電力が大きいという特徴がある。このサブバンド画像の特徴と多段ベクトル量子化の手法を組合せることで、サブバンド画像のベクトル量子化の特性向上を図る。

具体的にはつぎの3つのステージからなる。第1ステージでは最低周波バンドの信号値からブロックを構成し、ベクトル量子化する。この段階では高圧縮の符号化が可能であり、画像の大まかな情報を送ることができる。ここでは、最低周波バンドから図3に示すような2×2画素ブロックを構成し、これをベクトル量子化する。これは実画像の8×8画素ブロックに相当する。

第2ステージとして、最低周波バンドの量子化誤差と中間周波数バンド信号からなるブロックを構成し、ベクトル量子化する。このことによって最低周波数バンドの量子化精度を上げるとともに中間周波数バンドの情報を量子化することができる。このステージでは、図4のようなベクトルの構成方法をとる。これは、実画像の4×4画素ブロックに相当し、画像の精細度を上げるため、ブロックサイズを小さくしてベクトル量子化を行う。

最後に、第3ステージでは図5に示すように、前段の量子化誤差と高周波数バンド信号でブロックを構成し、ベクトル量子化することで、さらに高精細な符号化を実現する。ここでも、実画像の4×4画素のブロックを量子化していることに相当する。第2ステー

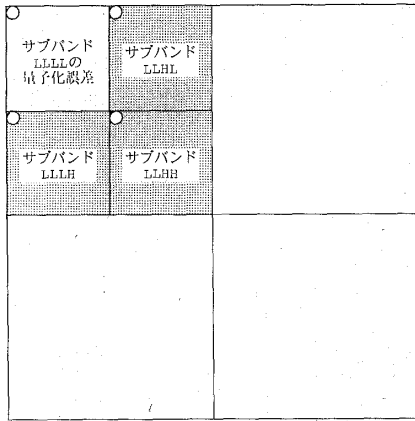


図4 第2ステージのベクトル構成  
The second stage vector.

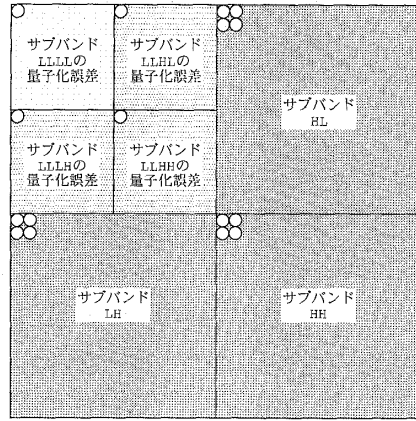


図5 第3ステージのベクトル構成  
The third stage vector.

表1 各サブバンドの平均信号電力

Average signal power for each subband.

サブバンド	平均信号電力
LLLL	2222
LLHL	32.17
LLLH	10.91
LLHH	8.156
HL	10.36
LH	3.976
HH	2.244

ジとの違いは、第2ステージでは高周波サブバンド信号を含めないが、第3ステージでは高周波サブバンド信号を含めて量子化している点である。

多段ベクトル量子化システムでは各段における量子化レベル数の設定が問題になる。ここでは、量子化レベル数の決定を次のようにして行う。

サブバンド画像の平均信号電力はサブバンドによって異なる。ベクトル量子化で信号値をまとめて量子化することから、ベクトル構成要素は同じような統計的な性質を持っていることが望ましい。本研究では、初段ベクトル量子化のレベル数については、第1ステージのベクトル量子化によるサブバンド LLLL の量子化誤差信号が、第2ステージの量子化であわせて量子化される中間サブバンド LLLH, LLLHL, LLHH の平均信号電力に近い値となるように第1ステージベクトル量子化器のレベル数を決定する。

また、第2ステージの量子化レベルの設定についても同様である。

表1に、符号化対象画像の LENA についての各サブバンドの平均信号電力の大きさを示す。

第2ステージの量子化器で量子化されるサブバンドの平均信号の大きさと、第1ステージのベクトル量子化器による低周波バンドの量子化誤差の大きさが同一になる程度、および実際のシステムでの実現という観点から、第1ステージのベクトル量子化器は符号ビット10ビット(1024レベル)のベクトル量子化器、第2ステージのベクトル量子化器の量子化レベル数についても同様の観点から10ビット、第3ステージの量子化器では9ビットの量子化レベルとした。

### 3.2 サブバンド画像の適応多段ベクトル量子化 (SBC-AMVQ)

広いビットレートでの符号化を可能にするため、第

これすぼんでんす□サブバンド画像に対する多段ベクトル量子化の符号化特性

2ステージ以降で符号化する面積を制御することで符号量制御を行う。

最低周波サブバンド以外の高周波サブバンドでは、信号値は0付近に集中し、原画像でエッジ等のある部分に相当する部分でのみ局所的に大きな電力を持つことがわかっている。量子化する際に図6に示す中間、高周波サブバンドの局所信号電力の大きな領域のみを量子化し、局所電力の小さなベクトルは量子化ないようにすることで情報圧縮を図る。ここで、局所電力は実画像の8×8画素に相当するサブバンド画像ブロックの電力を参照する。これらの局所信号電力の大きさに閾値を設定して、閾値をこえるブロックのみ量子化することとする。具体的には、最低周波サブバンドの符号化につづいて、中間周波バンドの局所電力が閾値を超えるブロックについて第2ステージでのベクトル量子化を行い、高周波バンドの局所電力が閾値を超える場合は第2、第3ステージのベクトル量子化を行う。閾値の設定と符号量制御の最適化は難しく、今後の課題であるが、シミュレーションでは2つの閾値を共通とし、低周波サブバンドから高周波サブバンドの順で符号化、また、各サブバンドでの符号化雑音をできるだけ均等化するという考えのもとで実験的に定めてい

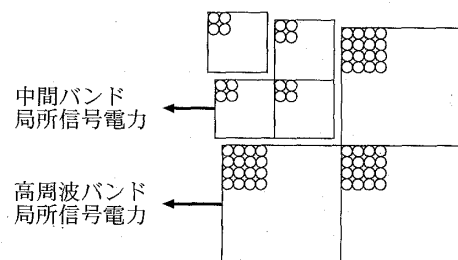


図6 局所電力  
Local signal power.

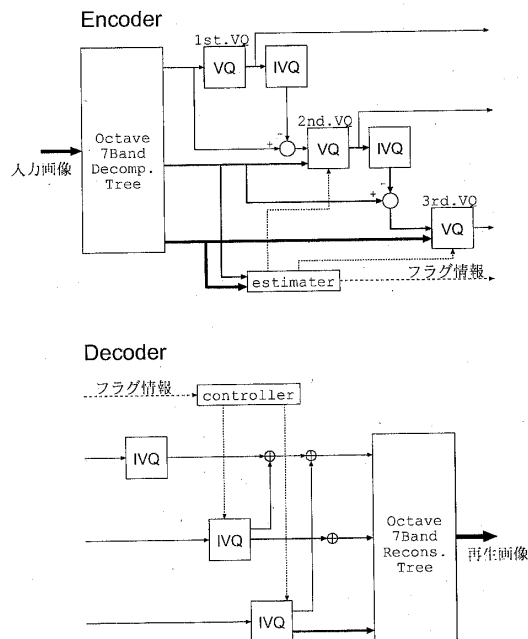


図7 適応多段ベクトル量子化の構成  
Configuration of adaptive multi-stage VQ.

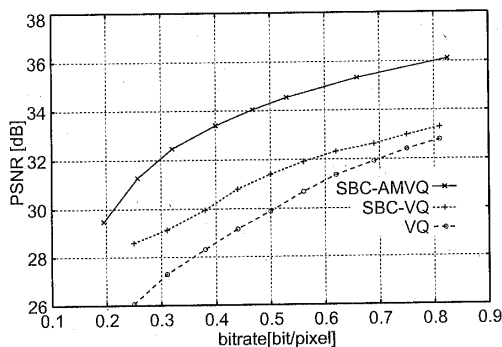


図8 符号化特性  
Coding performance.

る。これらを含めた符号化システムの構成を図7に示す。SBC-AMVQ方式での符号化特性を図8に示す。また、テスト画像LENAを0.53 b/pixel (インデックスのエントロピー符号化なし) で符号化した時の復号画像を写真1に示す。画像のPSNRは34.54 dBであった。これは実画像の4×4画素ブロックに対する従来のベクトル量子化(VQ)<sup>3)</sup>のPSNRよりも約4 dB、サブバンド画像にベクトル量子化を行う手法(SBC-VQ)よりも約2.5 dBの特性向上である。多段ベクトル量子化を導入することで低周波信号、高周波信号ともに高品質な符号化が可能になった。

#### 4. む す び

サブバンド画像の符号化に多段ベクトル量子化を適



写真1 符号化処理画像 (0.53 b/pixel 34.5 dB)  
Reconstructed image (0.53 b/pixel 34.5 dB).

用し、各サブバンドにおける局所的な信号電力分布に応じてベクトル量子化段数を適応的に制御する方式を提案した。シミュレーションにより、符号化特性の改善が得られるとともに、多段ベクトル量子化の階層構造を利用することによって高ビットレートでも効率的な符号化が可能になることが確かめられた。

(1996年4月8日受付, 1996年6月13日再受)

#### 【参考文献】

- 1) Peter H. Westlink, Dick E. Boeke, Jan Biemond and John W. Woods: "Subband Coding of Images Using Vector Quantization", IEEE Transactions on Communications (June 1988)
- 2) Ypseph Linde, Andre's Buzo and Robert M. Gray: "An Algorithm for Vector Quantizer Design", IEEE Transactions on Communications (Jan. 1980)
- 3) Allen Gersho and Robert M. Gray: "Vector Quantization and Signal Compression", Kluwer Academic Publishers (1992)



こじま たけふみ

**小島 健史** 1996年, 金沢大学大学院工学研究科電気・情報工学専攻修士課程修了。同年, NTT北陸移動通信網(株)入社, 現在に至る。正会員。



はしもと ひでお

**橋本 秀雄** 1975年, 大阪大学大学院博士課程修了。同年, 日本電信電話公社(現NTT)入社。電気通信研究所において画像符号化の研究実用化に従事。1993年より金沢大学工学部電気・情報工学科教授, 現在に至る。工学博士。正会員。