

IMAGE DATA COMPRESSION (1/3)

「画像データ圧縮」

本解説資料は、CCSDS 推奨規格「画像データ圧縮(CCSDS 122.0-B-2)」の諸要件を裏付ける、主要な運用概念や論理的根拠を示すもので、CCSDS準拠の画像データ圧縮アルゴリズムについての入門的な解説として、同推奨規格に初めて触れる人の理解を促すことを目的としている。

宇宙機搭載機器で得られる2次元空間データに適用するデータ圧縮アルゴリズムと、圧縮データをどのような形式でエンコードするかを規定している。2章に概要、3章に圧縮のオプションとパラメータ、4章に実装に際しての説明、5章にCCSDS勧告を適用した圧縮の実行結果と、その他一般的な圧縮結果の比較、6章にアルゴリズム選択の理由について記述している。

図1に示すように、データ圧縮アルゴリズムは、離散ウェーブレット変換(DWT: Discrete Wavelet Transform)と、ビットプレーン・エンコーダ(BPE: Bit-Plane Encoder)の2つの機能で構成される。入力する2次元空間データには図2のようなダイナミックレンジを推奨しており、画素値は符号付きもしくは符号なし整数量で表現されることを想定している。

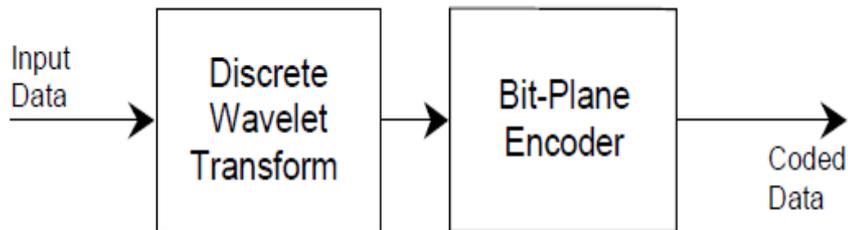


図1: コーダの概略図

	Pixel Type	
	Unsigned	Signed
Integer DWT	25	25
Float DWT	27	28

図2: 最大ピクセルビット深度

IMAGE DATA COMPRESSION (2/3)

「画像データ圧縮」

< 離散ウェーブレット変換 (DWT: Discrete Wavelet Transform) >

DWTの圧縮方式について、図3にプログラムとデータフローを示す。

画像データを入力し、プログラムでセグメント単位に段階的にDWT係数を計算、DWT係数バッファに保存する。2次元データの変換は、図4に示す3段階の変換が実施され、10個のサブ画像を生成する。

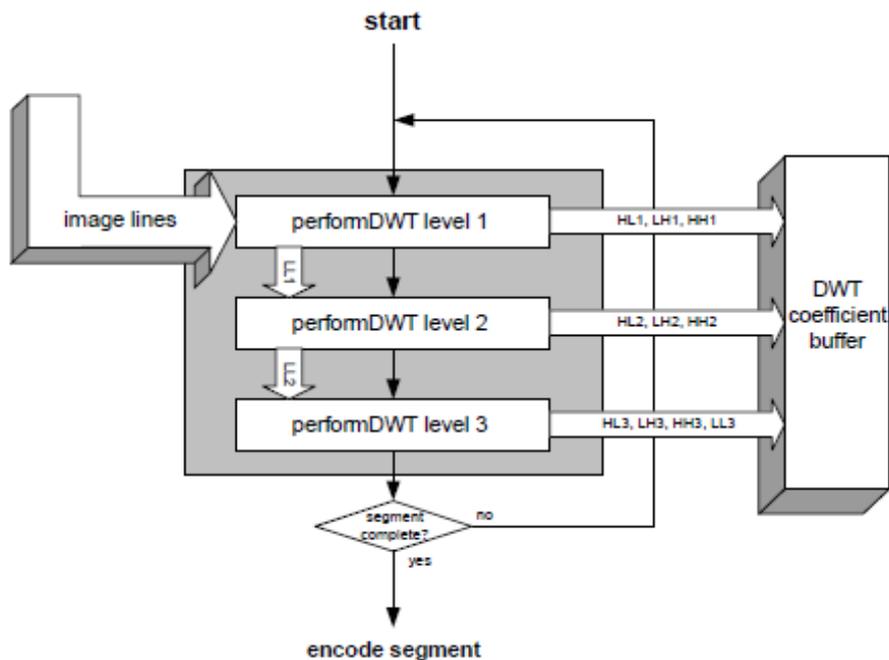


図3: DWTモジュールのプログラムとデータフロー

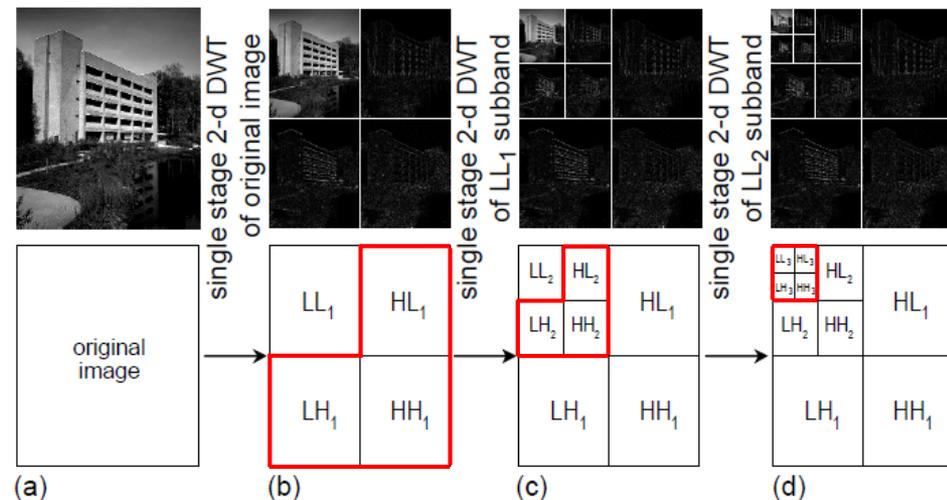


図4: DWTによる2次元データの3段階画像分解

IMAGE DATA COMPRESSION (3/3)

「画像データ圧縮」

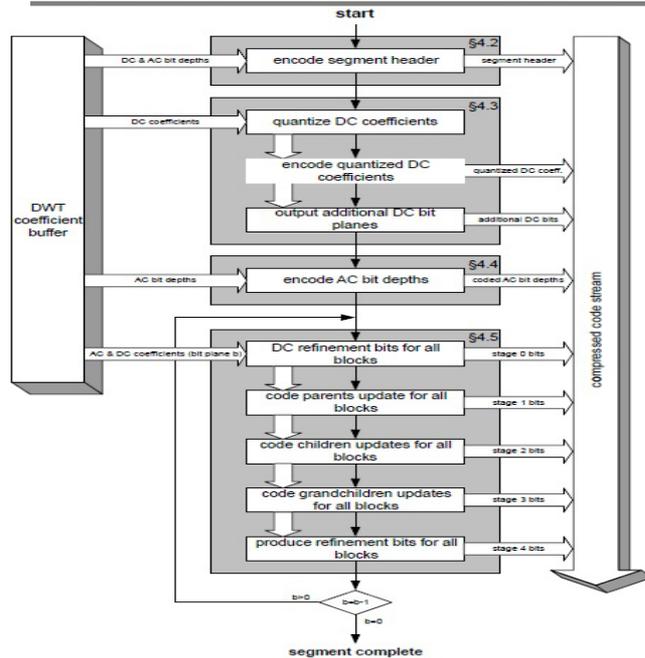


図5: BPEのプログラムおよびデータフロー

＜ビットプレーン・エンコーダ (BPE: Bit-Plane Encoder)＞

図5に、BPEのプログラムとデータフローを示す。BPEは、圧縮されたデータストリームのDWT係数バッファからDWT係数を取得し、係数をコード化して出力する。BPEは4ステップでセグメントをコード化する。各ステップは、

- ①セグメントヘッダのエンコード (§ 4.2)
 - ②DC係数の量子化 (§ 4.3)
 - ③AC係数ビット深度のエンコード (§ 4.4)
 - ④AC係数ブロックのビットプレーン (§ 4.5)
- であり、①②③④の順にコード化する。

注: カッコ内の § は CCSDS 122.0-B-2の参照先

BPEは「ブロック」と呼ばれる64の係数グループでウェーブレット係数を生成する。ブロックは原画像の局所領域に対応している。図6に示すように、図の1つのセルが1つの変換後データに対応する。ここでLL3にある1つの変換後データをDCとすると、これに関連付けられるデータ (parent, children, grandchildren) は色付きセルで表され、DC係数を含め64個のセットを成す。このセットを「ブロック」と定義する。また、複数のブロックを「セグメント」と定義する。

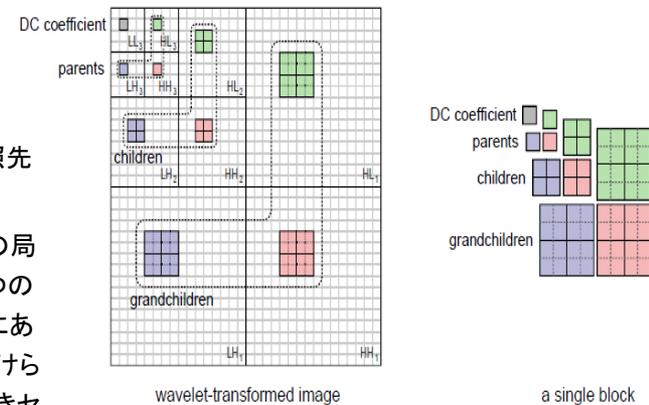


図6: ウェーブレット変換画像の概略図 (1つのブロックは64階調の陰影ピクセルで構成される)

BPEでは、DC値を2の補数でエンコードする。この値を2進数で表現した桁数のセグメント内最大値を「BitDepthDC」と定義する。ブロック m 内のDC以外の値(63個)を2進数で表現した桁数のブロック内最大値を「BitDepthAC_Block m 」と定義し、セグメント内最大値を「BitDepthAC」と定義する。BPEは、上記の桁数を確保して数値をエンコードしていく。

関連CCSDS規格

- Image Data Compression. CCSDS 122.0-B-2 (Blue Book), September 2017.
- Space Packet Protocol. CCSDS 133.0-B-2 (Blue Book), June 2020.
- Lossless Data Compression. CCSDS 121.0-B-3 (Blue Book), August 2020.
- Information Technology—JPEG 2000 Image Coding System: Core Coding System. International Standard, ISO/IEC 15444-1:2004. 2nd ed. Geneva: ISO, 2004.