

LOSSLESS DATA COMPRESSION (1/2)

「データの可逆圧縮」

Green Book

CCSDS 120.0-G-4

発行月：2021年11月

本解説資料は、CCSDS 推奨規格「画像データ圧縮 (CCSDS 121.0-B-2)」の諸要件を裏付ける主要な運用概念や、論理的根拠を解説するものである。

デジタルデータを可逆圧縮する際のソースコーディング (情報源符号化)、および圧縮デジタルデータの復元方式について、性能データの図表等を含めて記載しており、CCSDS 準拠の可逆データ圧縮アルゴリズムに関する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。

以下が主な記載内容である。

2章： 概要

3章： 可逆データ圧縮のアルゴリズムの解説 (特にオンボードにおける前処理と圧縮アルゴリズム)

4章： 宇宙機における可逆データ圧縮の諸問題、およびその対処方法 (パケット伝送、エラー伝搬回避)

5章： 実装に際して CCSDS AOS スペースデータリンクプロトコルを使用した伝送システム (宇宙セグメントおよび地上セグメント) の説明

6章： 実際のセンサー例を用いたデータ圧縮の圧縮率 (CR) を示し、一般的な圧縮アルゴリズム (LZW) と CCSDS 標準を比較することで、CCSDS 標準がより優れていることを示している。

可逆圧縮アルゴリズムは、データソースに適用することも、オンボードデータシステムの機能として実行することもできる。圧縮されたデータを格納したパケットは、図1に示すパケットデータシステムを使用して、宇宙機上のソースから地上のデータシンクまで、スペースリンクを介して伝送される。

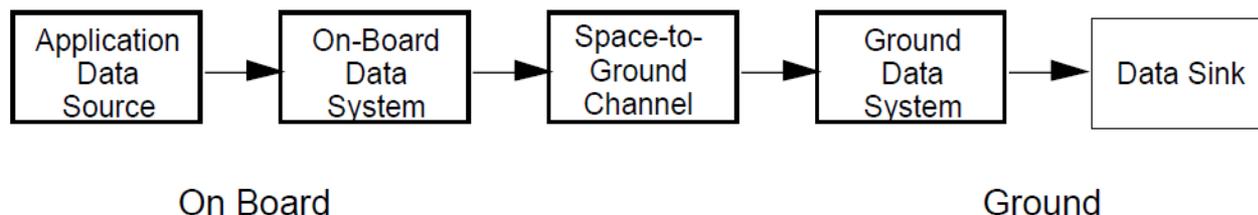


図1: パケットテレメトリデータシステム

LOSSLESS DATA COMPRESSION (2/2)

「データの可逆圧縮」

<圧縮アルゴリズム>

圧縮技術には、Huffman符号化、算術符号化、Ziv-Lempel符号化などがあるが、CCSDSの推奨規格ではRiceアルゴリズムが使われている。

Riceアルゴリズムでは、圧縮に一連の変長コードを使用し、各コードは、特定の幾何分散ソースに対してほぼ最適化されている。いくつかの異なるコードを使用してコード識別子を送信することにより、より圧縮され低エントロピーであるデータソースから、それほど圧縮されていない高エントロピーなデータソースまで、多くのデータソースに適用可能である。

Riceアルゴリズムの処理の流れを図2に示す。

データサンプルの相関をなくすPreprocessor(前処理)に続き、エントロピー符号化のためにそれらを最適な符号にマッピングする。

Inputデータを、 $x=x_1, x_2, \dots, x_j$ とすると、

Preprocessorでは、 x を $\delta = \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_j$ に変換する。

Adaptive Entropy Coder(エントロピー符号への適合処理)では、前処理のサンプル δ を符号化されたビットシーケンス y に変換する。

どのブロックも最良の圧縮が選択される。

また、各オプションについて、3.2節で詳しく説明している。

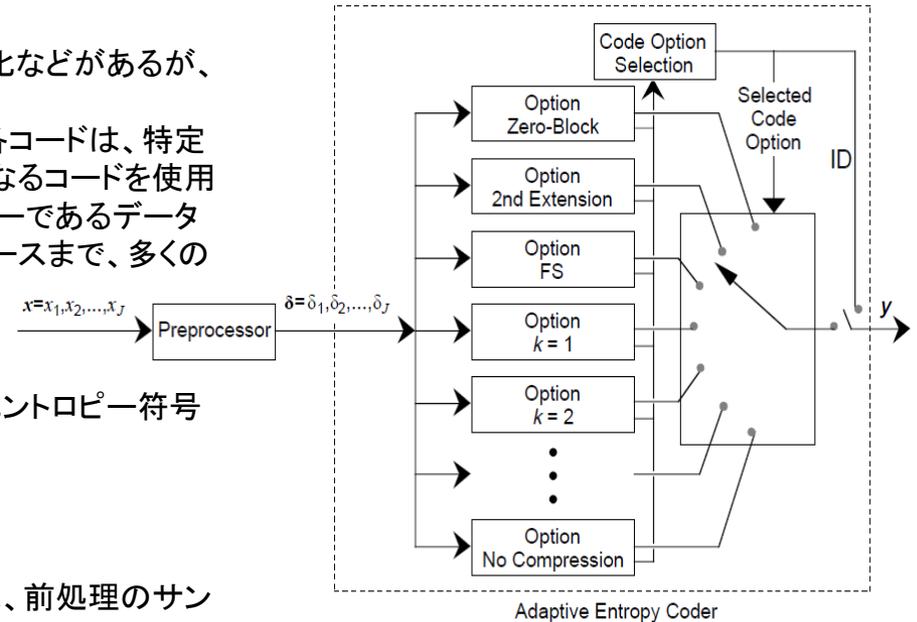


図2: 変換技術

関連CCSDS規格

- Lossless Data Compression. CCSDS 121.0-B-3 (Blue Book), August 2020.
- Organization and Processes for the Consultative Committee for Space Data Systems. CCSDS A02.1-Y-4 (Yellow Book), April 2014.
- Space Packet Protocol. CCSDS 133.0-B-2 (Blue Book), June 2020.
- AOS Space Data Link Protocol. CCSDS 732.0-B-4 (Blue Book), October 2021.
- Robert F. Rice, Pen-Shu Yeh, and Warner H. Miller. "Algorithms for High Speed Universal Noiseless Coding." In Proceedings of AIAA Computing in Aerospace, IX (October 19-21, 1993, San Diego, CA). Reston, Virginia: AIAA, 1993.
- TM Synchronization and Channel Coding. CCSDS 131.0-B-3 (Blue Book), September 2017.