

3次元整数型ウェーブレット変換と算術符号化に基づく
衛星リモートセンシング時系列画像データのロスレス圧縮

5G-04

今井 雅士, 金井 理, 岸浪 建史
北海道大学大学院工学研究科

1. はじめに

近年,高解像度な衛星リモートセンシング(RS)時系列画像データが増加しており,それに伴い,大量の時系列画像データセットの効率的な圧縮技術が求められている.時系列のRS画像に対するデータ圧縮には,時間方向の相関の考慮とロスレス性が求められる.

画像の圧縮では,JPEG2000^{[1][2]}のようなウェーブレット変換を用いた手法が,今後主流となると考えられる.既に商用RS画像圧縮法としてECW^[3]やMrSID^[4]等が利用されているが,これらはロスレス圧縮や時間方向相関を考慮した圧縮に対応していない.

著者等は,これまで3次元整数型ウェーブレット変換を適用した,衛星RS時系列画像データ用ロスレス圧縮手法について提案してきた^[5].本報では,3次元整数型ウェーブレット変換後のデータに対して,JPEG2000の算術符号化方法を拡張した具体的な圧縮符号化手法について提案する.

2. 3次元整数型ウェーブレット変換による時系列画像データの多重解像度表現化

3次元整数型ウェーブレット変換を用いた,観測画像間の時間方向の相関を考慮したRS時系列画像のロスレス圧縮の概要を図1に示す.まず,空間方向のウェーブレット変換にはJPG2000で採用されている可逆(整数型)9×7変換を,また時間方向には整数型Haar変換であるS変換を適用した,3次元整数型ウェーブレット変換を行い,図2のような時系列画像の多重解像度表現(MRR)化を行う.なお図2において,LLLはX,Y,t方向におけるデータの低周波成分を,LHLはX,t方向の低周波成分,Y方向の高周波成分のサブバンド係数を表す.また↔は各サブバンド係数における相関が強く表れる方向を示している.

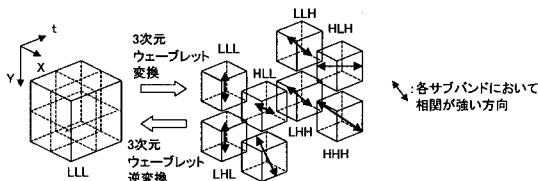


図2:データの多重解像度表現化

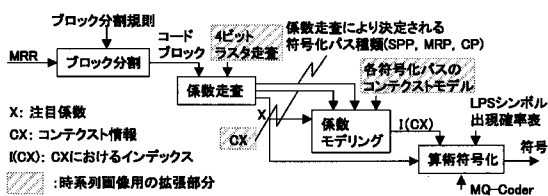
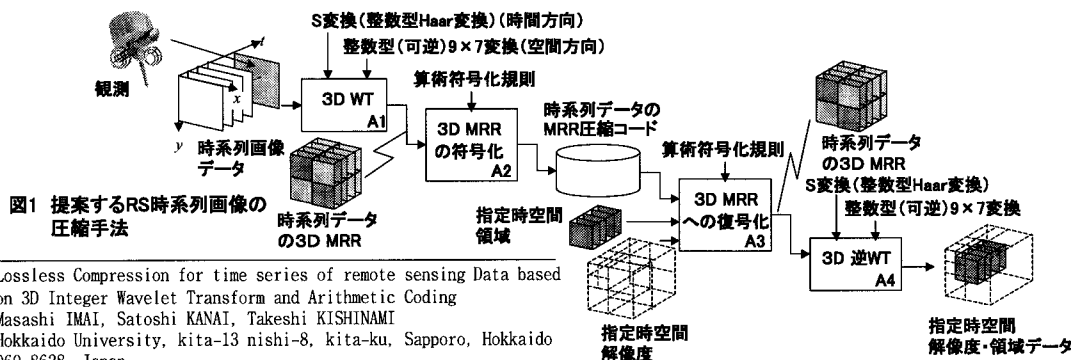


図3 JPEG2000算術符号化概要

3. 算術符号化による時系列画像の圧縮

3.1 JPEG2000における算術符号化手法の拡張点

本研究では,3次元ウェーブレット変換で得られたMRRに対し,JPEG2000算術符号化を拡張した符号化を行う.図3にJPEG2000算術符号化アルゴリズムの概要を示す.図における符号化パスにはSignificance Propagation Pass(SPP),Magnitude Refinement Pass(MRP),Cleanup Pass(CP)の3つの符号化パス(3パス符号化)があり,各符号化パスではSignificance Coding(SC),Sign Coding, Magnitude Refinement Coding(MC),Cleanup Coding(CC)の4種類の符号化手法が選択され使われる.また,コンテキストCXは,MRR内で注目している係数の8近傍係数を表し,I(CX)はCXに対応するコンテキストインデックスを表す.本研究では,これらを衛星RS時系列画像に対する算術符号化に対応させるため,以下の3点を拡張した.



Lossless Compression for time series of remote sensing Data based on 3D Integer Wavelet Transform and Arithmetic Coding
Masashi IMAI, Satoshi KANAI, Takeshi KISHINAMI
Hokkaido University, kita-13 nishi-8, kita-ku, Sapporo, Hokkaido
060-8628, Japan

- (1) コードブロック内の係数走査の3次元化
- (2) CX情報の3次元化(26近傍)
- (3) (2)に対応した各符号化手法の係数モデリングに使われるコンテキストモデルの拡張

(1)については図4に示すように4ビットラスタ走査経路の3次元化を行う。(2),(3)については次節で述べる。

3.2 符号化パスにおけるコンテキストモデルの3次元への拡張

JPEG2000の符号化はSPP,MRP,CPの3パス符号化により行われ,各パス毎に注目係数Xと,注目係数の8近傍の有意・非有意情報CXから得られるコンテキストインデックスI(CX)が算術符号器へ入力され,これらに基づき,係数XのLPS(劣勢シンボル),MPS(優勢シンボル)の出現確率に応じて符号化が行われることになる。

コードブロックを3次元化するため,本研究ではCXを図5に示す26近傍の情報へ変更した。更に図5の変更に伴い,SPP内のSC,Sign Coding,及びMC,CC用のコンテキストモデルも以下で3次元用に拡張する。

(1) Significance Coding用コンテキストモデルの拡張

SCのコンテキストモデルを2次元の8近傍用から,3次元の26近傍用に拡張する際,以下の方針で行った。

- ・インデックスI(CX)は2次元のものと同ーとする。
- ・各サブバンド間で,隣接係数間の相関が強い方向を考慮する。
- ・隣接係数の状況が全く分からない状況のI(CX)を0とし,LPS・MPSの出現確率を同等とする。
- ・近傍セルに有意係数があり,Xがほぼ確定する状況のI(CX)を8とし,LPS出現確率をやや下げる。
- ・上記2つの中間のコンテキストでは,注目係数からの有意係数を持つセルの隣接距離が遠いものほど,LPS発生確率を低くする。

これらを考慮して拡張した,26近傍SC用コンテキストモデルを表1に示す。ここで,表内の値は,近傍セルの有意(符号化済み)である場合を1,非有意な場合を0とし,距離が同一の近傍についての和を表す。

(2) Sign Codingのコンテキストモデルの拡張
Sign Codingを3次元の26近傍用に改良する際,以下の方針で行った。

- ・X,Y,t方向距離1の近傍セルの係数のみ考慮する。
- ・対称性とX,Y,t方向の相関,有意性を考慮し,2次元のものと近いLPS発生確率となるようにする。

これらを考慮して作成した,Sign Coding用コンテキストモデルを表2,及び表3に示す。表3においてX,Y,t共に0の部分で折り返し,XORbitの0,1を入換えたものは省略している。

(3) Magnitude Refinement Coding, Cleanup Coding用コンテキストモデルの拡張

MC,及びCC用コンテキストモデル,図5に示す26

近傍のコンテキストを用いるように拡張する以外は2次元のものと手順により作成できる。

4. おわりに

本報では,3次元整数型ウェーブレット変換と算術符号化を用いたRS時系列画像データのロスレス圧縮手法について提案した。現在,符号器・復号器を実装中であり,本手法における圧縮効率の評価,及び既存のRS圧縮法等との性能の比較を行う予定である。

参考文献

[1] ISO/IEC FDIS 15444-1“JPEG2000 image coding system”, 2000.
 [2] 野水 泰之:“次世代画像符号化方式 JPEG2000”,トリケップス, 2001.
 [3] <http://www.ermapper.com>
 [4] <http://www.lizardtech.com/products/mrsid.html>
 [5] 今井 雅士 他:“3D整数型ウェーブレット変換に基づく衛星リモートセンシング時系列データのロスレス圧縮”,第63回情報処理学会学術講演論文集,1X-03, 2001.
 [6] David Taubman:“High Performance Scalable Image Compression with EBCOT”, IEEE Transactions on Image Processing, Vol.9, No.7, JULY 2000,pp.1158-1170

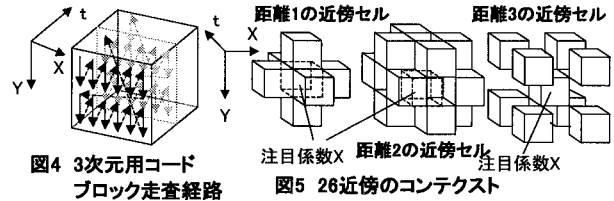


図4 3次元用コードブロック走査経路

図5 26近傍のコンテキスト

表1 SC用26近傍コンテキストモデル

LLL・LHL・HLL			HLL・LLH・LHH・HLH			HHH			I(CX)
距離1 強	距離2	距離3	距離1 強	距離2	距離3	距離1	距離2	距離3	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	≥1	1	0	0	1	0	0
0	0	≥1	—	≥2	0	0	≥2	0	0
0	1~3	—	—	0	1	0	0	1	0
0	4	—	—	—	1	1~3	1	1	1~3
1	0	0	0	—	1	4	≥2	1	1~3
1	1~2	0	0	0	2	0	0	0	4~6
1	≥3	—	—	—	2	≥1	—	≥1	4~6
2	—	—	—	—	≥3	—	—	—	≥7

表2 正負符号のコンテキストモデル判定値

X (Y) (t)	X (Y) (t)	判定値
正の有意係数	正の有意係数	1
負の有意係数	正の有意係数	0
有意でない係数	正の有意係数	1
正の有意係数	負の有意係数	0
負の有意係数	負の有意係数	-1
有意でない係数	負の有意係数	-1
正の有意係数	有意でない係数	1
負の有意係数	有意でない係数	-1
有意でない係数	有意でない係数	0

表3 Sign Coding用コンテキストモデル判定値とXORbit

X	Y	t	I(CX)	XORbit
1	1	1	13	0
1	1	0	12	0
1	1	-1	12	0
1	0	1	13	0
1	0	0	10	0
1	0	-1	11	0
1	-1	1	12	0
1	-1	0	11	0
1	-1	-1	12	1
0	1	1	13	0
0	1	0	10	0
0	1	-1	11	0
0	0	1	10	0
0	0	0	9	0