

ブロックソートの画像圧縮への応用に関する検討

Examination of the application to image compression of the Burrows-Wheeler Transform

鈴木正人† 小林学† 三浦康之† 渡辺重佳†
Masato Suzuki Manabu Kobayashi Yasuyuki Miura Shigeyoshi Watanabe

はじめに

デジタル画像は膨大なデータ量を有することから、これまでにデータ量の削減のためにさまざまなアルゴリズムの研究が行われてきた。一方、データ圧縮の前処理に適した手法として、ブロックソート (BWT: Burrows-Wheeler Transform, 以後 BWT と呼ぶ) と呼ばれる、データに偏りを作る処理が提案されており、ファイル圧縮などに用いられている。多くの画像圧縮方式では、圧縮する前のデータが偏りを持ちやすいという特徴を活かし、圧縮処理の中でハフマン符号化などの可逆圧縮技術が用いられている。これらの技術は BWT との相性が良いことが知られていることから、BWT を画像圧縮に応用することで圧縮率が向上することが期待される。そこで本稿では、一般的に広く用いられている動画像圧縮規格である MPEG-4、及び可逆画像圧縮である PING について、可逆符号化前の処理として BWT を実行することで生じる圧縮率の変化について評価する。

2. ブロックソート

2.1. 概要

ブロックソート (BWT: Burrows-Wheeler Transform)

[1]は、1994年に Michael Burrows と David Wheeler によって提案された手法で、可逆圧縮のモデル化に利用される。BWT はデータの並び換えによりデータの偏りを作り、圧縮率を向上させる手法である。まず長さ n の文字列を巡回シフトし、 $n \times n$ 行列の配列に格納する。その配列を辞書順にソートし、 $n \times n$ 配列の n 列目と元の文字列が格納されている行の番号を出力する方法である。

2.2. 変換例

TOMATO の変換例

	1	2	3	4	5	6
1	T	O	M	A	T	O
2	O	M	A	T	O	T
3	M	A	T	O	T	O
4	A	T	O	T	O	M
5	T	O	T	O	M	A
6	O	T	O	M	A	T

図1. 巡回シフト

	1	2	3	4	5	6
1	A	T	O	T	O	M
2	M	A	T	O	T	O
3	O	M	A	T	O	T
4	O	T	O	M	A	T
5	T	O	M	A	T	O
6	T	O	T	O	M	A

図2. ソート後

3. 画像処理アルゴリズム

3.1 MPEG-4

MPEG (Moving Picture Experts Group)[2]は、動画像、音声全般をデジタルデータとして扱うための主要な規格の一つである。MPEG では双方向動き補償などのフレーム間予測処理を行う。また画像データ量の削減のために、JPEG にも使われている離散コサイン変換 (DCT, Discrete Cosine Transform) を行い、次に量子化を行う。最後に3次元 VLC により可逆符号化を行う。

本稿では予測処理を行わずに DCT 処理のみを行い、量子化後のデータに対して3次元 VLC を行う前の段階で BWT を行った。

3.2 PNG

PNG (Portable Network Graphics)[3]は、静止画に対する可逆圧縮法の一つである。PNG にはチャンクと呼ばれる画像についての様々な情報を保持したデータブロックが複数ある。ほとんどのチャンクには決まった処理順番がなく、どのチャンクを処理する場合でもチャンク特別コードによりどのように処理するか判断できるようになっている。また圧縮には LZ77 とハフマン符号化の2段階で行う。

3.2.1. チャンク

必須チャンク:

- IHDR: 先頭に配置されるチャンクでありヘッダを構成する。
- PLTE: RGB の値を持つカラーパレットを格納したチャンク。
- IDAT: 実際の画像データを格納し、IHDR のデータにより画像を圧縮する。
- IEND: 最後に出現するチャンク。PNG データストリームの最後を示す。

他にも補助チャンクがある。これらは画像データに対して付加保持するための任意で定めることができるチャンクである。

4. 各画像圧縮方式への応用

4.1. MPEG-4 への応用の検討

動画像では、一般に広く用いられている MPEG-4 を用いた。DCT 変換後、量子化した値にゼロ成分が多くなることに着目した。

DCT 及び量子化を施した後、マクロブロック単位である $64 \times 6 = 384$ ピクセルに対してそれぞれ BWT を行い、3次元 VLC と同じ条件で3次元化する。そのデータから同一のデータが登場する頻度を求め、BWT を行わない場合の頻度と比較し、圧縮率が向上する可能性があるか否かを検討した。

† 湘南工科大学 工学部情報工学科 Department of Information Science, Shonan Institute of Technology

‡ 湘南工科大学 大学院工学研究科 Graduate School of

4.2. MPEG-4 への応用の評価

表 1. MPEG-4 への応用結果

同データの頻度	通常での種類	BWT後の種類
30		1
26	1	
25	1	1
23	1	
22		1
18	1	
16		1
14		1
13	1	
12	1	
11		1
10	1	
7	1	
6	1	3
5	5	3
4	1	2
3	9	9
2	26	27
1	66	74
合計		116
		124

表 1. は 384 ピクセルにおいて通常の処理をしたものと BWT を行ったものの結果である 表 1. の同データの頻度とは3次元化したデータの同じデータになった場合の個数である。「通常での種類」「BWT後の種類」はその頻度に対してデータが何種類あるかを示すものである例えば3次元データ (2, 0, 0), 及び3次元データ (-10, 1, 0) がそれぞれ5個ずつあった場合 頻度5, 種類2となる。

表 1. のそれぞれの種類の合計を見てみると通常の場合は 116, BWT を用いた場合では124 となっている BWT 後の種類が多くなるほど1つのデータあたりの平均bit 数が増えることを意味するため 結果的にBWT を行う方が悪くなることを意味する またBWT は行番号を保持するためのビットが必要なため、圧縮率を上げることが困難である。これは DCT 成分の中で非ゼロ成分の位置が規則性を持たないため、BWT の性質に合わないことが原因と考えられる。BWT は (4,4,8,4,4,8) のような連続して同じような文字列が続くほど偏りを作り出す特性がある

4.3. PNG への応用の検討

4.2. の考察から、規則性を持つデータに対してBWT 変換を用いると圧縮率が向上すると考えられる。そこで、減色した静止画に対する適用の可能性を検討した256色に減色した静止画は、減色による画素値の拡散が発生する。BWT を用いた場合、拡散した画素値の集中を促すことが可能と考えられる。そこで、可逆圧縮であるPNG にBWT を用いることでそれぞれ圧縮率が向上するか検討を行った。本稿では、RGB 3色のうちG成分に着目してBWT を行い、R と B はソート後のGの位置に移動する変換を行った。その後PNG を用いて圧縮し、通常のPNG との圧縮率の差を比較した

4.4. PNG への応用の評価

PNG 圧縮画像のデータ量を図3に、うち画像および画像5の実行結果を図4, 5. に示す。図4, 5. は左が元画像、右がBWT変換後の画像である。

図3. において、画像番号1~3ではBWT後にPNG圧縮したものが通常にPNG圧縮したものよりも圧縮率が向上していることがわかる。主に図4. のような色数の多い画像は拡散した画素値が発生しやすいため圧縮率が上がりやすい結果が出た。このことから減色した画像データに対してBWT を行いPNG圧縮すると圧縮率がよくなることわかる。しかし、画像番号4, 5では圧縮率が劣化している。画像4, 5はもととも色数が少なく隣接する色の分散

が小さい画像であり、そのような場合データ量が増える結果となった

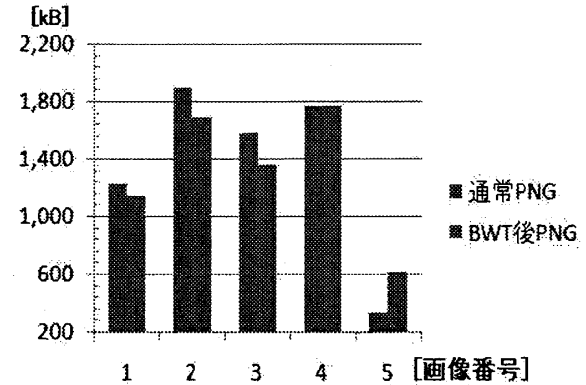


図3. PNG 圧縮画像のデータ量の比較

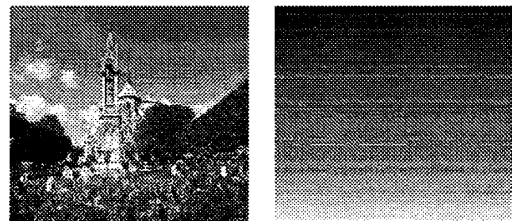


図4. 画像2の実行結果

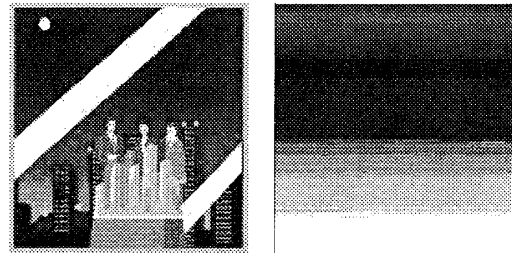


図5. 画像5の実行結果

5. まとめと今後の課題

MPEG-4 及び PNG 圧縮方式に対してBWT を用いた所 MPEG-4 などDCTを行う画像処理にはBWT が向かないことがわかった。しかし減色処理を行った画像にBWT をし、PNG 圧縮した場合多くの画像で圧縮率が向上した。

画素値の分散が小さい画像では逆に圧縮率が劣化することが判明したため、今後は圧縮率が上がる部分の検出を行い、圧縮の方法を切り替えるようなアルゴリズムの検討を進めることで圧縮率の向上を目指す

参考文献

[1] M.Burrows, D.J.Wheeler "A Block-sorting Lossless Data Compression Algorithm", Digital Systems Research Center Research Report 124, not published, 1994.
 [2] ISO/IEC 14496, Final Draft International Standard MPEG-4, 1998.
 [3] PNG Development Group, "PNG (Portable Network Graphics) Specification", 1999. Available from <http://www.libpng.org/pub/png/spec/>