

LANDSAT 画像のミニコンによる処理

Processing of LANDSAT Images by Minicomputer

尾上 守夫*・岩下 正雄*

Morio ONOE and Masao IWASHITA

1. ま え が き

最近都市情報や環境汚染の広域の計測に人工衛星や航空機によるリモートセンシングが活用されるようになってきた。とりわけ地球資源探査衛星 LANDSAT (旧ERTS) によるものは可視から近赤外にいたる4バンドのマルチスペクトル画像が得られ、分解能は画素当り約80mである。バンド数からいっても分解能からいっても衛星画像中第一位を占めている。

LANDSAT 画像の判読は写真にして人間が行うことが多いが、高分解能と豊富な情報を十分に活かすためには計算機によるデジタル処理によらなければならない、これは共用の大型計算機によってもある程度可能であるが、画像出力とくに対話型処理を行うためには、ミニコンを中心とした画像処理システムが便利であって、われわれも当所の多次元画像情報処理研究設備を中心としたようなシステムを開発している。^{1)~3)}

ミニコンを中心とした画像処理システムで LANDSAT 画像を処理する際の問題点の一つは磁気テープ装置の台数や磁気ディスクの記憶容量が不足することである。すなわち LANDSAT 画像は8ビット1画素、3216×2340画素、4バンドからなり磁気テープ4巻に収まっている。(最近磁気テープの記録密度を800bpi から1,600bpi にすることによってこれは半減した)。これがいくらかでも圧縮できればテープやディスクの交換の回数が減り、人手や処理時間が短縮できる。

画像データの圧縮は2値画像の場合はファクシミリに関連して、また濃淡画像の場合はテレビジョンに関連して帯域圧縮の名のもとに多くの研究がなされている。しかしこれらの通信における圧縮と計算機内における圧縮とは以下のような相違点がある。

(1) 通信の場合は視覚特性を考慮して必ずしも正確な再現を行っていない。とくに濃淡画像の場合はそれによって圧縮率を上げている場合が多い。計算機の場合は完全な再現が必要である。

(2) 通信の場合はデータ全体が直列に送られるが、計算機の場合は途中からのアクセスが必要である。

(3) 計算機の場合の方が通信に比べて複雑な演算が可能である。また、使用できるレジスタ数、記憶容量も多

い。

(4) 通信の場合は誤り制御が重要であるが、計算機の場合は計算機の本体側が行っているため、ユーザとしてはほとんど考える必要がない。

以上の点を考慮して計算機内で LANDSAT 画像を圧縮、展開する一方法を考案して試用した結果好成績を収めたので報告する。^{4)~7)}

2. 原画像データの統計量

圧縮を能率よく行うためには原画像の統計的性質を知らねばならない。ここでは例として LANDSAT 画像 (1972. 11. 26. 関東地方) の 804×780画素の部分画像の統計を求めた。

画像は二次元的な相関をもっているから圧縮の点からは行方向とともに列方向の相関も利用するのが得策である。しかしこの種の画像の処理は行単位のアクセスを必要とすることが多いこと、また二次元の相関を利用しても手間の割には圧縮率の向上がわずかなことから、ここでは行単位で圧縮を行うことにし、しかも一番簡単な DPCM を採用することにした。

図1は第4バンドの差分のヒストグラムである。一般に濃淡画像の差分は負の指数分布をされると言われているが⁸⁾、この場合にもよくあてはまっている。正負の差分はほぼ同一の直線上に並び対称性を有している。ただし、この傾斜はバンドにより若干異なり表1のような値になる。表にはエントロピーも示してある。これによると理想的な符号化を行えば、オーバーヘッドを考えなければ約2.4~3.4ビット/画素まで圧縮でき、原データの8ビット/画素に比べて1/3.3~1/2.4になる。

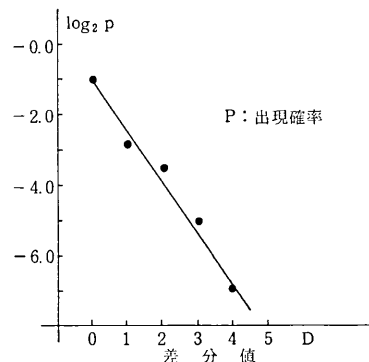


図1 差分値の出現確率

* 東京大学生産技術研究所 多次元画像情報処理センター

表1 画像の統計量と圧縮後の平均ビット数

バンド	傾斜	エントロピー	平均所要ビット数/画素	
			最適符号化	第4バンド符号'使用
4	0.96	2.42	2.51	2.51
5	0.63	2.94	3.21	3.26
6	0.50	2.37	3.83	4.12
7	0.77	2.77	3.94	3.02

3. 符号化

符号はハフマン符号を採用した⁹⁾。これは理論的に最適であるが通信における帯域圧縮では回路が複雑になるため実用になっていない。しかし計算機内では容易に実現できる。この符号は可変長で出現確率の少ない差分値に対する符号長が長くなる。しかし余り長くなると有限長のアキュムレータで演算するのに不便なので、ここでは符号長8ビットを目安にして、差分値151以上を一括して“その他”という符号を与え、そのうしろに原データ8ビットをそのままおくことにした。こうしても“その他”に属するデータ量は全体の数%程度であるので圧縮率はあまり劣化しない。

行ごとのアクセスを容易にするために、圧縮は行単位で行い、行の先頭には語単位で数えたその行の語数と最初の原データが付加してある。次に可変長の符号をすき間なくつめ、行の最終の語の余りは使用してない。この先頭および末尾のビットがオーバーヘッドになる。

4. 圧縮のアルゴリズム

図2に圧縮のアルゴリズムの流れ図を示す。この他にビットカウンタ、語カウンタおよび行番号の管理が必要であるが煩雑になるので図には省略した。

行の最初のデータは原データをそのまま用い、その次からは、前のデータとの差分をとり、差分の出現率が高い順に比較を行い、一致したらそれに対応する符号をテーブルから引き出す。差分の絶対値が5以上のときには、それに対応する可変長コードの後に原データをつける。これを1行が終了するまで繰り返す。

この流れ図をみれば判るように出現確率の高い差分が最も速いループをまわる。すなわちハフマン符号は計算機による演算の点からも最適化されているわけである。

5. 展開のアルゴリズム

展開の場合の流れ図を図3に示す。行の最初のデータは原データであり、そのまま使用する。次のデータからは、まず可変長符号の部分の正負判定命令でMSBを比較判定し、次々にシフトを繰り返しながら、順に復号する。復号されたものは、差分であるので、前のデータに

加算して、原データが復元される“その他”という可変長符号が検出されたならば、その後続く8ビットが原データそのものである。以上の手続きを1行が終るまで繰り返す。

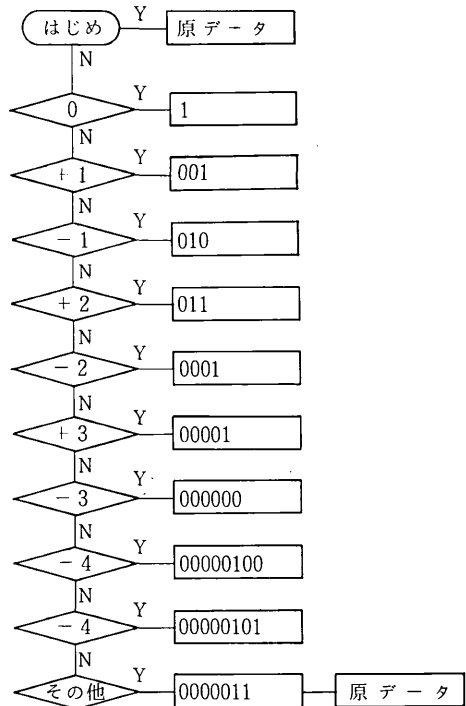
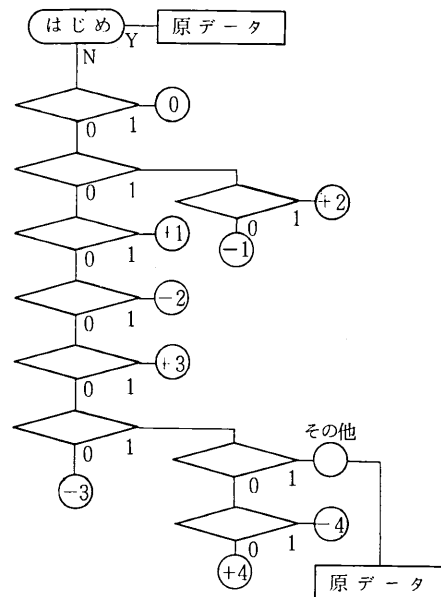


図2 圧縮のアルゴリズム



◇はMSBのチェックと左シフト1ビットを表す

図3 展開のアルゴリズム

6. 適応符号化

画像の統計が異なれば最適符号が異なる。したがって効率よく符号化するためには画像に応じて適応的に符号を切り替えていくのが望ましい。しかし画像の統計を一つとり直していくのは能率的でない。

図2の圧縮の流れ図をよくみると各ループを通る回数をそれぞれ加算していけば、それがヒストグラムになっている。したがってヒストグラムを監視してそれが有る値以上ずれたならば符号を切り替えることによって適応型の最適化がはかれる。切り替えるべき符号は予めテーブルにして持っているなり、アルゴリズムで作るなりすればよい。

7. 適用例

以上のアルゴリズムをミニコンYHP 2100とディスクとの間の圧縮展開に適用した。

転送速度は0.52msec/128語、平均アクセス時間は16.3msecである。OSのファイル管理などを加えると100msec/行かかっている。

命令としては80種のうち、実行時間の速い正負の符号判定、一致不一致の比較、無条件分岐、ビット回転、ビットシフト等を主に使用した。その結果、圧縮展開に要する時間はそれぞれ100msec/行で転送時間と同程度であった。

以上では、用いた言語はすべてアセンブラであるが、マイクロプログラミングにより一層の高速化ができる。

圧縮した際の平均ビット数/画素の値は表1に示してある。これによると各バンドごとに最適の符号化を行った場合2.5~3.8ビット/画素になりエントロピーにかなり近い値が得られている。ただしこれはオーバーヘッドを含まない場合で、オーバーヘッドを含めると、たとえば第4バンドでは3.15ビット/画素になる。また各バンド内の統計の差はわずかであるので、第4バンドの符号をそのまま使った場合の平均ビット数も参考のために示した、最悪の場合でも5%程度しか劣下しない。

8. むすび

中・小型計算機を中心に構成された画像情報処理システムにおいてもLANDSAT画像のようなデータを計算機内で圧縮し、必要に応じての任意の行単位でCPUに読み出し、展開して原データを完全に復原するような方法を検討した。

その結果、圧縮展開に要する演算時間は転送時間に比してさほど大きくなく、十分実用になることを確めた。

またこの結果からみるとハフマン符号は多くの優れた点があり、マイクロプロセッサなどが容易に使えるようになった現在、通信における使用も考えてよいと思われる。

謝辞 符号についての安田助教授、画像処理についての高木助教授のご教示に厚くお礼申し上げます。

(1977年10月13日受理)

参考文献

- 1) 尾上, 岩下: マルチスペクトル画像処理用プログラム・パッケージ, 電子通信学会全国大会 962 (1975-3)
- 2) 尾上, 岩下: マルチスペクトル画像のデジタル処理, 画像電子学会大会 9 (1975-5)
- 3) 尾上, 岩下: マルチスペクトル画像のミニコンによる処理, リモートセンシング・シンポジウム (1975-11)
- 4) 尾上, 岩下: 計算機内における画像データの圧縮, 画像電子学会大会 6 (1975-5)
- 5) 尾上, 岩下: LANDSAT 画像データの圧縮, 電子通信学会全国大会 991 (1977-3)
- 6) 尾上, 岩下: 計算機内における画像のデータ圧縮, 情報処理, 18, pp. 776-780 (1977-8)
- 7) 尾上, 岩下: Compression of ERTS multispectral images within computer, Picture Coding Symposium, Tokyo, 9-3 (1977-8)
- 8) E. P. Kretzmer: Statistics of television signals, BSTJ, Vol. 31, pp. 751-763 (1952).
- 9) D. A. Huffman: A method for the construction of minimum redundancy codes, Proc. I. R. E., 40, pp. 1098-1101 (1952).