

ASTER GDEM の JPEG2000 圧縮

ASTER 画像から求められた全球デジタル標高モデル (Global Digital Elevation Model、略称 GDEM) は、北緯 83 度から南緯 83 度の陸域をカバーする 22,600 個の 1° x 1° のタイルで構成されています (テクニカルガイド「ASTER 全球標高データ (ASTER Global Elevation Data)」参照)。これらのタイルは、24.8MB の非圧縮 GeoTIFF ファイルとして配布されています。非圧縮の ASTER GDEM タイル全体のサイズは、547GB になります。TNTmips でこれらの ASTER GDEM タイルを直接表示する場合、全ズームレベルで高速表示用のピラミッドを作るため、ディスク容量が約 37% 増え、サイズ総計は 750GB になります。

通常、DEM データは隣接するセルが同様の値を持つため、圧縮効率が非常に良いとされています。JPEG2000 圧縮を使うと ASTER GDEM のタイルやモザイクの保存サイズを大幅に減らすことができます。細部の欠損はないかあってもごく僅かです。JPEG2000 は元々ラスタのピラミッド構造を採用しているため、損失なしとありの両方式の圧縮において、高速表示のために別のピラミッド層を作成する必要がありません。TNTmips では、RVC プロジェクトファイルに保存されているラスタオブジェクトに対して JPEG2000 圧縮を適用したり、リンクした GeoTIFF ファイルを JPEG2000 圧縮を使って GeoJP2 ファイルにエクスポートすることができます。

マイクロイメージ社は、ASTER GDEM タイルやそのモザイクの一部を、損失なし・ありの JPEG2000 圧縮方式で GeoJP2 ファイルに変換しました。GDEM のサンプルには、いくつかの大陸から取った異なるタイプの地形が含まれています。テスト結果について以下にご紹介します。

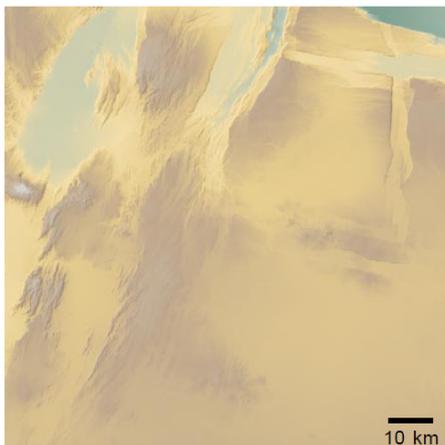
損失なし JPEG2000 圧縮

損失なしの JPEG2000 圧縮は元の標高値を全て保持します。実施したテストでは、損失なしの JPEG2000 圧縮を行った結果、元々 24.8MB あった ASTER GDEM タイルが場所によって 4.1 ~ 2.4MB に減少しました。圧縮率に換算すると 6:1 ~ 10:1 の範囲です (右の表)。圧縮率の差は、上の図でも分かるように、各タイルが表現する地形の複雑さ、地形固有の起伏の違いによるものです。JPEG2000 損失なし圧縮を滑らかであまり複雑でない地形に用いると、圧縮率が増加します。

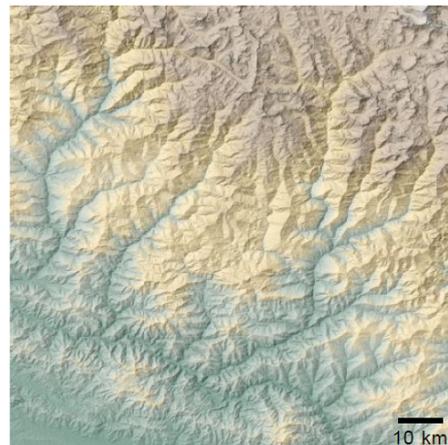
損失なし圧縮の平均圧縮率を 8:1 と仮定すると、損失なしの JPEG2000 圧縮を使った場合、ASTER GDEM 全体の保存サイズを 547GB から約 68GB まで減らすことが可能です (右下の表)。

損失ありで最高品質の JPEG2000 圧縮

JPEG2000 の [損失あり最高品質 (Lossy Best Quality)] オプションを選ぶと、損失ありであり品質を落とさない圧縮を行います。損失なし圧縮では、圧縮後のサイズはそのタイルの地形的な複雑さに左右されます。テストの結果、損失あり最高品質圧縮を行うと 24.8MB あった ASTER GDEM タイルを 2.5 ~ 0.9MB のサイズまで減らせることが分かりました。圧縮率にすると 10:1 ~ 27:1 に相当します (右上の表)。



ASTER GDEM タイル N10E041 (北エチオピア)。このカラー起伏陰影で表示。起伏の小さな領域が広がっているため、効率良く JPEG2000 に圧縮されています (下の表)。



ASTER GDEM タイル N27E086 (ネパール)。このタイルには、ヒマラヤ山脈の丘陵地帯や峰が含まれているため、地形が複雑なため、JPEG2000 圧縮の効率が下がっています (下の表)。

| ASTER GDEM タイル (非圧縮時 24.8MB) | JPEG2000 損失なし圧縮 | JPEG2000 損失あり 最高品質圧縮 |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------------|
| N10E041 北エチオピア 起伏は小さい~緩やか | 2.4 MB 圧縮率 10:1 | 952 KB 圧縮率 27:1 |
| N38W106 米国、コロラド州 起伏は緩やか~大きい | 3.0 MB 圧縮率 8:1 | 1.4 MB 圧縮率 18:1 |
| N27E086 ネパール 起伏が非常に大きい | 4.1 MB 圧縮率 6:1 | 2.5 MB 圧縮率 10:1 |

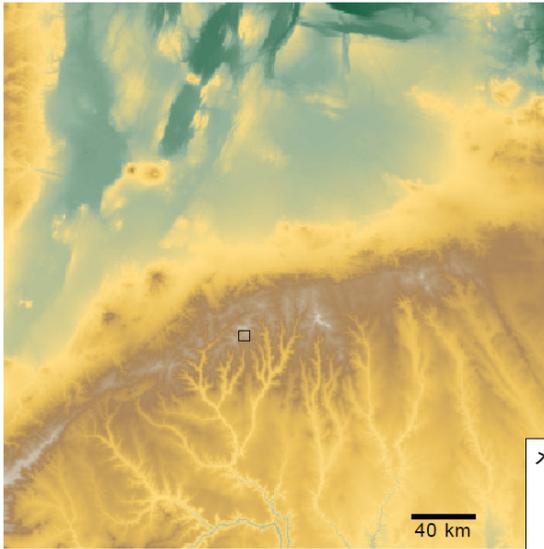
地形的な複雑さや起伏が異なる ASTER GDEM タイルに対して、"JPEG2000 損失なし"および"損失あり最高品質"圧縮を行った場合の圧縮サイズと圧縮率の変化。

| ASTER GDEM GeoTIFF | JPEG2000 損失なし圧縮 | JPEG2000 損失あり 最高品質 圧縮 | JPEG2000 損失あり 80:1 圧縮 |
|-----------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 547 GB | 68 GB | 30 GB | 6.9 GB |

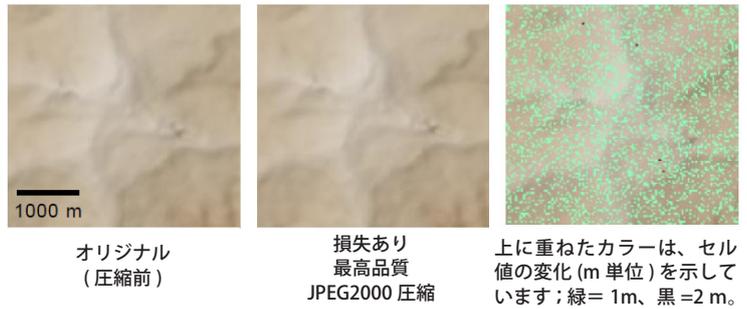
各種 JPEG2000 圧縮を使った場合の ASTER GDEM データセット全体の保存サイズの推定値。

損失あり圧縮を行った ASTER GDEM の品質と忠実性を評価するため、9 個のタイルのモザイクを損失あり最高品質の JPEG2000 圧縮で GeoJP2 にエクスポートしました。

(2 ページ目へ)



左図は、北エチオピアの9個の GDEM タイルのモザイクです。下図は、黒の四角で囲んだ小さい領域のカラー陰影起伏を拡大したもので、オリジナルの非圧縮の GDEM と損失あり最高品質の JPEG2000 圧縮の場合を比較しています。損失あり最高品質 JPEG2000 圧縮での空間精細度の欠損は無視できる程小さいことが分かります。



タイルをモザイクしたものは、エチオピアの様々な起伏の地形を含んでいます (上図)。この領域の GDEM タイルの非圧縮サイズは、223MB です。このモザイクを損失あり最高品質 JPEG2000 圧縮で GeoJP2 ファイルにエクスポートした場合、サイズは 12MB になります (圧縮率にすると約 19:1)。上のグラフで分かるように、損失あり圧縮をしたモザイクのセルのうち 83% がオリジナルの DEM と同じ値を保持しており、残りのほぼ全てのセルに関しても差は 1m でした。オリジナルの DEM との最大の差は 2 m でした。この差は前述の ASTER GDEM データの垂直方向の精度 (20m) より十分低く、オリジナルの DEM と比較しても圧縮した DEM の精細度が視覚的に落ちることはありません。

平均圧縮率を 18:1 と仮定すると、JPEG2000 損失あり最高品質圧縮を使った場合、ASTER GDEM 全体の保存サイズを約 30GB まで減らすことが可能で、空間的な精細さもほとんど失われません。

損失あり 80:1 JPEG2000 圧縮

より高圧縮率での損失あり圧縮の効果を調べるために、上記の ASTER GDEM モザイクを 80:1 の損失あり JPEG2000 圧縮で GeoJP2 ファイルにエクスポートしました。80:1 の圧縮を行うことで、オリジナルの GeoTIFF タイルでは 223MB あった DEM の保存サイズを 2.8MB

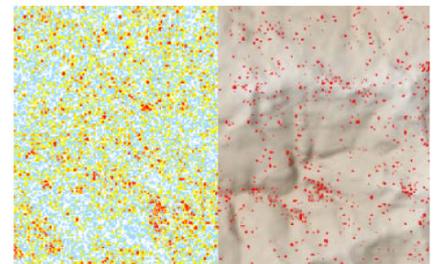
まで減らすことができました。このページの一番下の図にある通り、このように圧縮率が高い場合でも、圧縮した DEM の空間的精細度はほとんど変わりませんでした。オリジナル DEM と比較した損失あり圧縮の場合のセル値の変化をヒストグラムとして下に示しました。ヒストグラムを見ると、圧縮したラスタセルのうち 79% が、値が変わっていないか、オリジナルの標高と 1m の差しかありません。わずか 1% のセルに関してオリジナルと比べて 4m 以上の差があり、最大のずれが 20m でした。つまり、80:1 の圧縮をしても、セルの値は元と比べて、ASTER GDEM データの垂直方向の精度 (20m) 以上に変わりません。80:1 の損失あり JPEG2000 圧縮を使うと、ASTER GDEM タイル全体のサイズは 6.9GB まで減らすことができ、ダブルレイヤの DVD にも収まるサイズになります。それでも 3D やステレオ表示、その他の表示にも十分です。



オリジナル (圧縮前)



損失あり 80:1 JPEG2000 圧縮



上図の左側のラスタは、サンプル領域の西側で損失あり圧縮を行った場合のセル値の変化を示しています。色が示す値は、上図のヒストグラムに対応しています。上図の右側は、東側の領域に対して 4m 以上セル値が変化した部分を赤で示しています。

上図は、エチオピアのモザイクのあるサンプル領域のカラー陰影起伏で、オリジナル (圧縮前) の地表と 80:1 の損失あり JPEG2000 圧縮したものを比べています。損失あり圧縮に伴う精細度の欠損はほとんど見られません。