

## 沖縄島中南部の1948年地形とその改変

渡邊康志\*・上原富二男\*\*

(\*GIS 沖縄研究室・\*\*沖縄大学名誉教授)

### 1948 Landforms and Their Transformation in the Central and Southern Parts of Okinawa Island

WATANABE Yasushi \* and UEHARA Fujio \*\*

(\*GIS OKINAWA Laboratory

\*\*Professor Emeritus, Okinawa University)

#### 摘要

本研究では、渡邊ほか(2014)が確立した米軍作成1/4800地形図のグリッド標高生成手法を改良し、短時間で沖縄島中南部全域のグリッド標高を作成した。このグリッド標高と現地地形の差分より求めた沖縄島北谷町～沖縄市以南の切土盛土から地形改変がこれら地域全域に及ぶことや、地質・地形により分布状況が異なることがわかった。また、このグリッド標高から作成したデジタル地形図や3D地形ビューから、亜熱帯気候と島尻層群や琉球石灰岩からなる独特な地形が明らかとなった。

**キーワード**：米軍作成1/4800地形図，DEM，地形改変，切土盛土分布，GIS

**Keywords**: AMS 1/4800 topographic map, DEM, landform transformation, distribution of cuttings and embankments, GIS

#### 1. はじめに

第二次世界大戦末期から戦後、沖縄島中南部には嘉手納基地や普天間飛行場をはじめとする広大な米軍基地が建設され、沖縄島の大規模な地形改変が始まった。戦前の集落や農地なども基地に強制接収等により取り込まれていったため、その地域に居住していた住民は新規に居住地を求める必要が生じ、旧集落周辺や米軍基地周辺の台地・丘陵での宅地開発などにより市街地が形成され、地形改変される地域は広がっていった(渡辺2000)。また、うるま市～読谷村以南の沖縄島中南部の人口は1955年から2010年で約2倍に増加している(沖縄県2001,2011)。これら人口増加分への対応の

ため、沿岸部の埋め立て、内陸部では大規模な宅地開発や区画整理事業が行われた。本土復帰後、米軍基地返還が一部で進み、返還跡地の利用として那覇市新都心地区など都市部では大規模な区画整理事業が行われ、地形改変はさらに進んだ(上江洲2012)。一方、沖縄島中南部の農村地帯では本土復帰後大規模な圃場整備が行われ(柴田ほか1995)、台地・丘陵が大規模に改変され、地形改変は沖縄島中南部全域に広がった。これらの市街地拡大や圃場整備は大規模な地形改変を伴い、日本本土に見られないサンゴ礁や台地・丘陵の亜熱帯性地形(河名1988;目崎1988;沖縄県教育委員会2006)などを破壊している。

GIS 沖縄研究室 web サイト (<http://www.gis->

okinawa.jp) で公開している 1945 年から数期間の空中写真, 現在の空中画像 (国土地理院, 地理院地図ウェブサイト) を比較すると, 沖縄島中南部は地形改変を伴って大きく変化して行く様相を観察することができる。

沖縄の亜熱帯気候と島尻層群砂岩・泥岩や琉球石灰岩からなる独特な地形は, 復帰前より琉球大学や本土大学の多くの地形学や地質学の研究者により調査研究されてきた (荒川・三浦 1990; 前門 1989; 1990; 1996; 2015)。しかし, これらの研究者も研究の第一線から去る時期を迎え, これらの地形が改変された状態では新たな研究も考え難く, 沖縄にあった様々な地形が忘れ去られてしまう可能性もある。

改変以前の地形を記録した地形図として, 陸地測量部が作成した 1/25000 地形図 (清水 1999) や米軍作成の地形図群, 特に詳細な地形が記録されていると考えられる 1/4800 地形図 (以下, 1/4800 地形図という) が知られている (島袋 2006; 小林・小林 2013)。

渡邊ほか (2014) は, 1/4800 地形図よりグリッド標高モデルを作成する手法を確立し, 地形改変の著しい那覇市, 浦添市, 宜野湾市および隣接する市町村の一部地域で, 地形改変以前の地形状況を 0.2 秒グリッド標高データにより復元した。

本研究では, 渡邊ほか (2014) の手法を改良し, 沖縄島中南部全域の 1/4800 地形図から地形改変以前の詳細地形をグリッド標高データとして復元することを目的とした。さらに, このデータをデジタル地形図や 3D 地形ビューとして公開するとともに, 他者が利用できるように国土地理院タイル様式でタイルセットとして公開した。現在は改変された, 亜熱帯気候と島尻層群砂岩・泥岩や琉球石灰岩からなる独特な地形を復元した地形から読み取り, 代表的な地域で地形改変状況や独特な地形を記載することを目的とした。

## II. 使用データとグリッド標高 (DEM) 作成方法

### 1. 1/4800 地形図とグリッド標高の作成範囲

地形グリッド標高の復元には, 1/4800 地形図を利用した。この地形図はカラー印刷で, 等高線は茶色 (変色等により図面ごとに若干色合が異なる)



図 1 1948 年地形グリッド標高作成範囲

で表示され, 等高線間隔は 5 フィート (1.524m), 一部 2.5 フィートとなっている。1/4800 地形図の作製に用いられた空中写真は 1947 年の 10 月, 11 月ならびに 1948 年 1 月に撮影され, 空中写真の図化に必要な基準点は, 陸地測量部が 1927 年に確定したデータによる (小林・小林 2013)。各地図は日本測地系で作成され, 図郭四隅の緯度経度は 1 分間隔となっている。

グリッド標高データ作成範囲は, うるま市石川～恩納村仲泊 (石川地峡) 以南の沖縄島中南部の 194 枚の 1/4800 地形図を対象とした (図 1)。

### 2. 等高線ベクトルデータの作成

1/4800 地形図から標高モデルを作成する方法は, 渡邊ほか (2014) が確立した方法にほぼ従い, 等高線トレース部分を改良して精度と作成速度を向上させた。

改良点 1 渡邊ほか (2014) では, 地形図ラスターデータの RGB 値の演算から等高線成分だけを抽出する方法を用いた。本研究では, 地形図ラスターデータを RGB から HSV 色空間 (Huc: 色相,

Saturation: 彩度, Value: 明度) に変換, H (色相) と V (明度) を利用して等高線を抽出した. H は全ての色を 0 ~ 359 の数値で示したもの (レインボウカラーグラデーションで表現される) で, 等高線に使われている色相を直接数値で指定することができる.

渡邊ほか (2014) では, ソフトウェアを使って, RGB 値より演算したラスターを複数準備し, 抽出のための閾値設定等は試行錯誤で決定した. これらの試行の成否は演算結果を表示するまで判明せず, うまく行かなかった場合は RGB 値演算まで戻る必要が生じて, 最適なラスターを得るまで時間を要した. HSV 色空間を利用した等高線抽出作業では, V をフィルターとし等高線以外の画像や地図の汚れ等の多くを削除するために利用した. さらに等高線の H 値として適当な区間を与え等高線抽出を行った. これらの操作は地図画像表示画面上で可能で, 直接結果を確認しながら H や V の範囲や閾値を決定することができ, 作業効率を上げることができた.

**改良点 2** 地形図から等高線だけを抽出したラスターデータには, 等高線以外の画像も含まれ, また抽出した等高線も癒着や断片化が見られる.

渡邊ほか (2014) では, ラスター・ベクトル変換後, GIS ソフト環境下でベクトルオブジェクトの編集作業を行った. 具体的には等高線以外のオブジェクトの消去や等高線の癒着の切断, 断片化された等高線の接続等の編集作業である.

この作業はグリッド標高作成手順中, 最も作業手順と量が多く, 時間を要する. また, GIS ソフトをインストールしたパソコンがある環境下だけ

でしか作業ができないことや, GIS ソフトの操作等に慣れた者が操作する必要があった.

本研究では, ラスター・ベクトル変換に進む前の等高線ラスター段階で編集作業を集中的に行うこととした. これらの作業はタブレットと専用ペン, 画像編集アプリによりゴミ除去, 癒着・断片化の解消を行い, 等高線ラスターデータの完成度を高め, ラスター・ベクトル変換に進んだ. この作業は手書き編集と同等の感覚で行える手軽な作業である. また, GIS ソフトとパソコン下という制約がないため, 作業場所が限定されない. その結果, GIS ソフトによる作業を大幅に省略でき, 1枚の地形図からグリッド標高への平均作業時間が12日間から4日間に短縮できた (図2).

**改良点 3** 渡邊ほか (2014) では, 25 フィート等高線の全トレースとしたが, 5 フィート等高線は地形変化がない部分はトレースを省略していた. 本研究では, 等高線編集作業が省力化されたことより, 地形図内のほぼ全ての等高線のトレースを行うことができた. 渡邊ほか (2014) で作成した範囲は, 本研究では全等高線を再度トレースして, 地形復元の精度を向上させた.

研究範囲内で作成したベクトル等高線データ (図3) は, 約 136,000 ラインオブジェクト, 実距離で約 51,000 km, 1/4800 地形図上で約 11 km に達した. これらの作業期間は 28 ヶ月に及んだ.

### 3. グリッド標高作成と座標系の変換

ベクトル等高線データからのグリッド標高の生成は, 渡邊ほか (2014) と同様の手法を使用した.



図2 作業工程

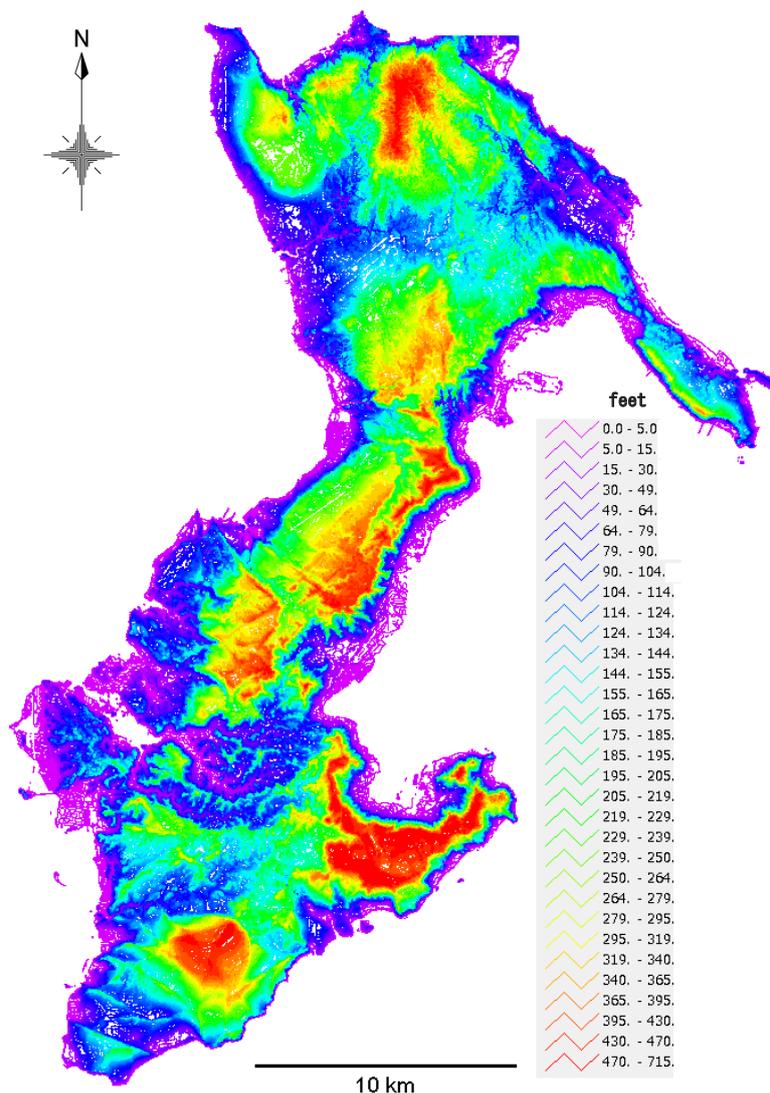


図3 ベクトル等高線

等高線トレースによるベクトルデータは、194個の1分四方図郭単位で作成した。グリッド標高は、これらのベクトル標高データを1個のベクトルデータに融合して行った。なお、隣接する1/4800地形図の接合部分では等高線がずれて不連続である場合が多い。地形図作成時に等高線の連続性にあまり注意していなかったものと思われる。融合した等高線ベクトルデータではこの不連続はそのままにした。

本研究では、等高線トレース方法の改善で、地形復元の精度向上が期待されることより、算出グリッドサイズは0.1秒×0.1秒(約3mグリッド)、32ビット浮動小数、単位はフィートとした。ベクトル等高線からのグリッド標高データ変換は渡邊

ほか(2014)と同じソフト(TNTmips)、同じ設定で行った。

このグリッド標高データは、トレース対象地形図のジオリファレンス作業が日本測地系で行われたことにより、この座標系となっている。現在、国土地理院の地図データ群は世界測地系で整備されているため、重ね合わせや差分計算時に不都合を生じる。そのため、GISソフトが有する変換機能を利用し、グリッド標高データの座標系を日本測地系から世界測地系に変換した。

多くのGISソフトの変換処理は、3パラメータと呼ばれる地球楕円体の変更とその中心座標位置の補正による変換で行われている。この方法は日本全国のデータに対し適用できるが、その精度は

表1 座標系変換結果

中心座標	日本測地系	世界測地系 TNTmips変換	世界測地系 TKY2JGD変換
緯度	26°15'22.600"N	26°15'37.170"N	26°15'36.708"N
経度	127°47'08.800"E	127°47'01.752"E	127°47'02.075"E

やや劣る。国土地理院では、地域パラメータと呼ばれる各地域に適用する詳細な変換方法をウェブ上で公開し、日本測地系の位置情報を入力すれば、世界測地系に変換された精度の高い位置情報を取得できる。

本研究では、算出グリッドサイズは0.1秒×0.1秒と高精度であるため、座標系の変換精度の向上を目的に、国土地理院変換ツール（web版TKY2JGD）を使い、グリッド標高データ作成範囲の中心座標を変換し、GISソフトでの変換処理後の中心座標との差を補正した（表1）。補正は、GISソフトでの世界測地系変換後のグリッド標高データを、この両中心座標の差分だけ平行移動させて微調整した。その移動量はx軸方向に+0.32秒、y軸方向に-0.46秒となり、この値は渡邊ほか（2014）と同程度の移動距離となった。

#### 4. 国土地理院基盤地図情報

近年の国土地理院基盤地図情報の公開により、詳細な国土情報（地図や地形）がGISデータとして利用可能になっている（国土地理院2013）。本研究では、1948年グリッド標高データと現地形データ差分値より広域で地形改変状況を検討した。

現地形データとして国土地理院基盤地図情報数値標高モデル5mメッシュを使用した。このデータは、写真測量およびレーザー測量により作成した数値標高モデルで、地表を0.2秒（約5m）間隔で区切った方眼（メッシュ）の中心点の標高が収録されている。これらのデータのうち、2次メッシュ392716、392726、392736の範囲は2017年2月更新のレーザー測量データである。392505、392715、392725、392735の範囲は、2016年10月更新の空中写真測量データである。

### Ⅲ. 地形復元データの公開

うるま市石川～恩納村仲泊（石川地峡）以南の

沖縄島中南部全域の1/4800地形図から地形改変以前の詳細地形をグリッド標高（DEM）として復元した（以下、1948年地形という）。このデータをデジタル地形図や3D地形ビューとしてインターネット上（GIS沖縄研究室、<http://www.gis-okinawa.jp>）で公開した。以下それらの概略を示す。

#### 1. 陰影彩色地形図とアナグリフ地形図業形態

1948年地形の陰影彩色地形図とアナグリフ地形図を閲覧するための地形図ビューワーは、OpenLayers（web地図表示用オープンソーススク립ト群）を利用し作成した。この地形ビューワーでは表示範囲の移動や拡大が自由に行え、背景地形図として地理院地図サービスの標準地図と陰影彩色標高図を切り替えて表示でき、1948年地形図の現在位置把握や地形改変状況をオーバーレイによって確認できる。

1948年陰影彩色地形図（図4）は、0.1秒×0.1秒グリッドサイズ標高データにEarthTone（低地：緑～茶～白：高地）で彩色し、右斜め上（北東）光源での陰影図を組み合わせたものである。

アナグリフ地形図は、上記の陰影彩色地形図（図4）をグリッド標高データからアナグリフ3D画像化（GISソフトTNTmips使用）したラスターデータである。赤・シアンガラスを使うことで立体画像として認識できる。

#### 2. 3Dビューワーソフトによる鳥瞰図

グリッド標高データから自由な視点の鳥瞰図を、webブラウザで表示するシステムを公開している。これらは、オープンソースGISソフトであるQGISとそのプラグイン（補助プログラム）のQgis2threejsを使用し、QGIS上のマップおよびグリッド標高データより、表示範囲内のマップ3D表示用スクリプトとデータを生成するものである。

詳細を読み取る精度を確保するため、沖縄島中

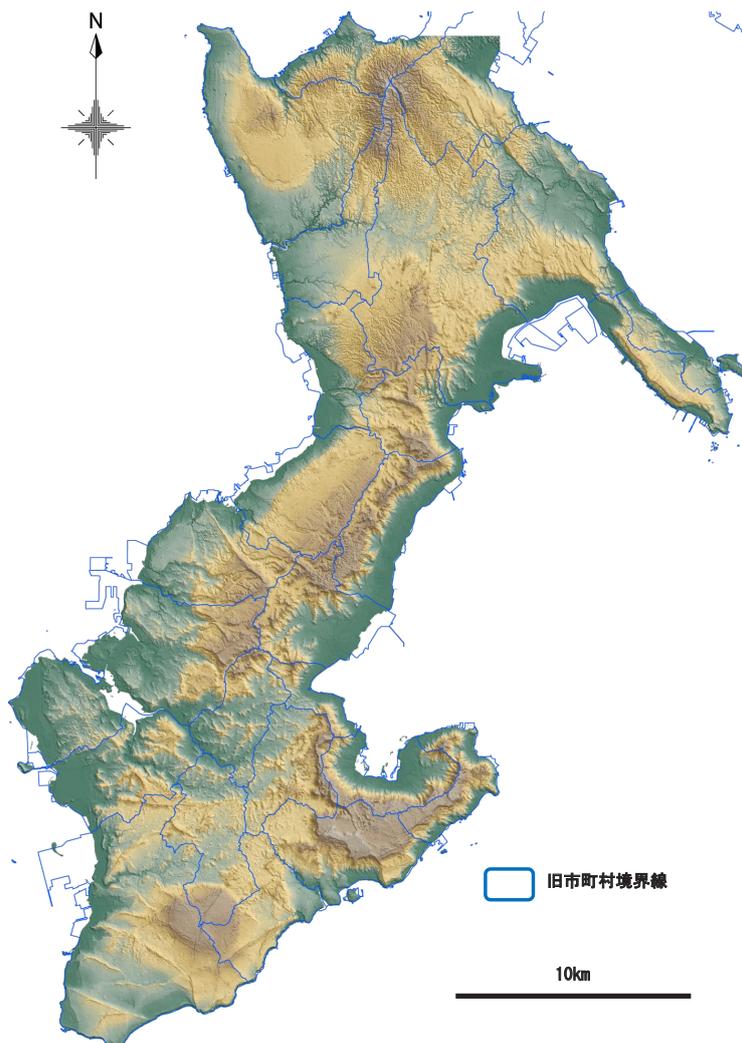


図4 陰影付彩色標高図

南部のグリッド標高範囲を9ブロックに分割し、上記のデータを生成した。1ブロック当たり、陰影彩色標高図、1945年空中写真および1910年陸地測量部1/25000地形図をレンダリングした3種類の3D表示用データを生成した。なお、3Dビュー生成用の地形モデル生成グリッド標高のメッシュサイズは20mで、高さ方向は水平方向に対して約4倍強調している。

Webサイトでは、これら9ブロック×3種のサムネイル(図5)をクリックすることで、3Dビューワーソフトによる鳥瞰図を閲覧できる。図6は、沖縄島南端糸満市から八重瀬町付近の陰影彩色標高図を3D表示した例である。

### 3. 1/4800地形図の3Dビューワー

国土地理院が公開している3Dビュー生成用スクリプトを利用し、自由な視点の鳥瞰図をwebブラウザで表示するデータを作成した。このデータはグリッド標高データを作成した1/4800地形図単位で作成し、地形モデルは約1/4秒グリッド(約7m)と高解像度で、高さ方向は水平方向に対して約4倍強調している。テクスチャーは、陰影付きEarthTone彩色地形図と1/4800地形図をオーバーレイさせた画像を使用した。

Web上のindex地図より表示させたい地図範囲を選択後、リンクアドレスより3Dビューが開く。図7は1/4800地形図シートナンバー「142 shurijo」を3D表示した例である。鳥瞰の視点を自由に変更可能であるので、首里城趾周辺の1948年地形を詳細に観察することができる。

沖縄島中南部の1948年地形とその改変

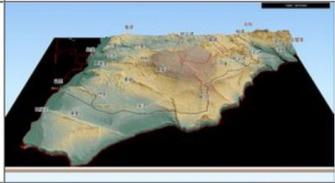
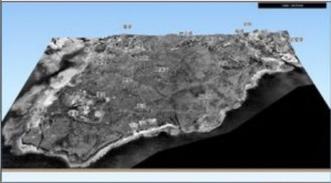
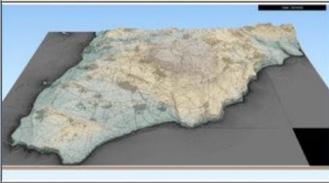
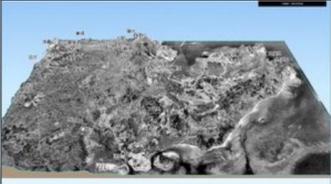
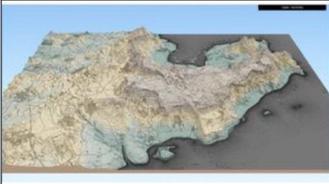
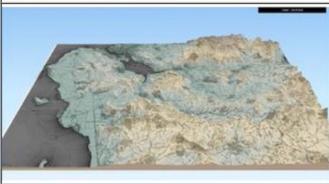
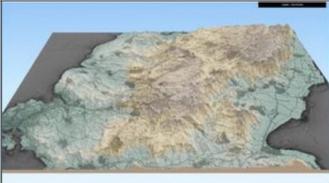
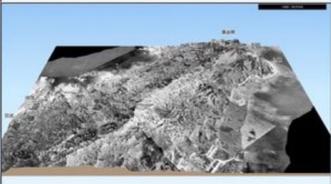
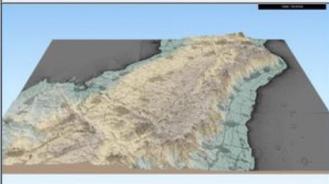
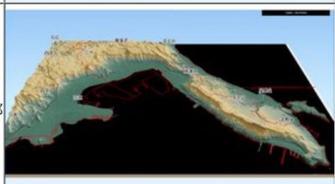
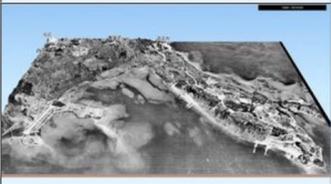
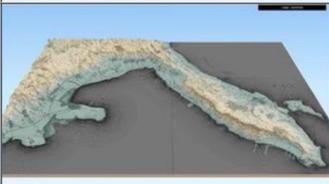
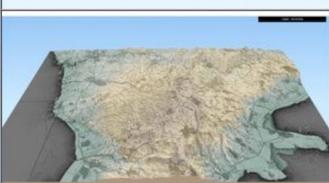
範囲	彩色陰影 AMS1948年地形図+陰影図を同DEMにて3Dビュー表示、昭和市町村界および国道高速道路をオーバーレイ、主な集落等をビルボード表示、	空中写真 1945年1月、2月、12月空中写真をモザイクした、DEMにて3Dビュー表示、主な集落等をビルボード表示、	地形図 1910年1/2500地形図と『彩色陰影』をオーバーレイ、DEMにて3Dビュー表示、
糸満市 八重瀬町			
南城市			
那覇市 豊見城市 南風原町			
那覇市 浦添市 西原町			
宜野湾市 中城村			
勝連半島 中城湾北部			
沖縄市 北谷町			
うるま市 沖縄市北部			
読谷村 沖縄市北部			

図5 3D地形図インデックス

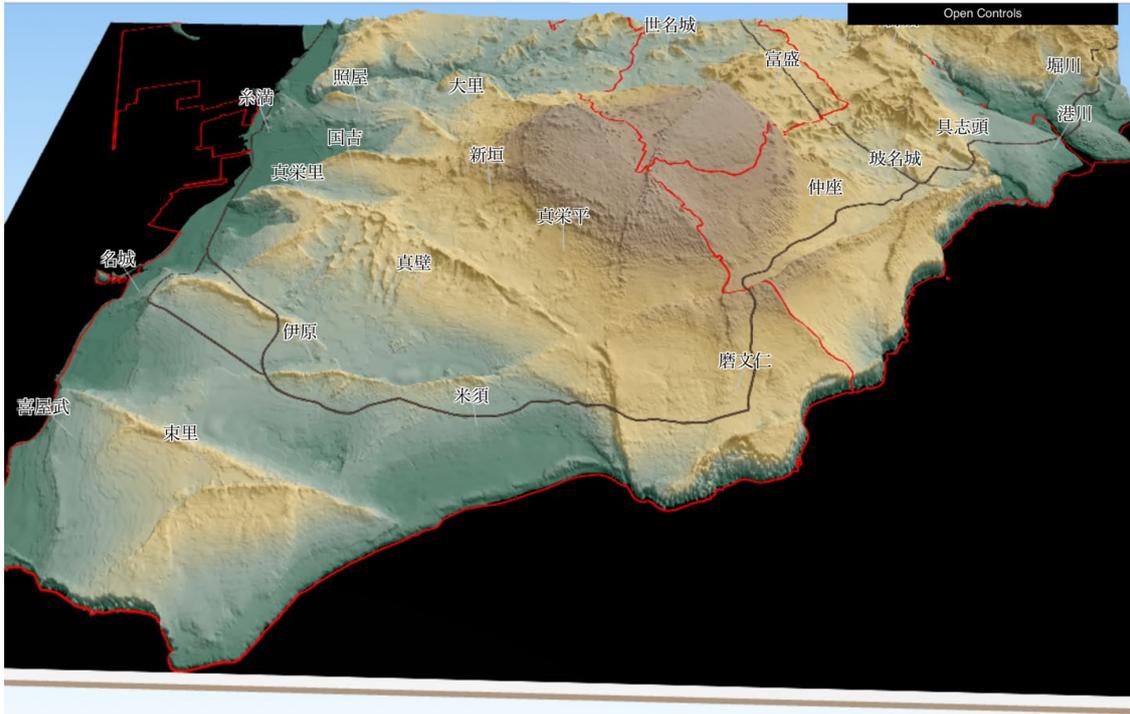


図 6 糸満市～旧具志頭村付近の 3D 地形ビュー

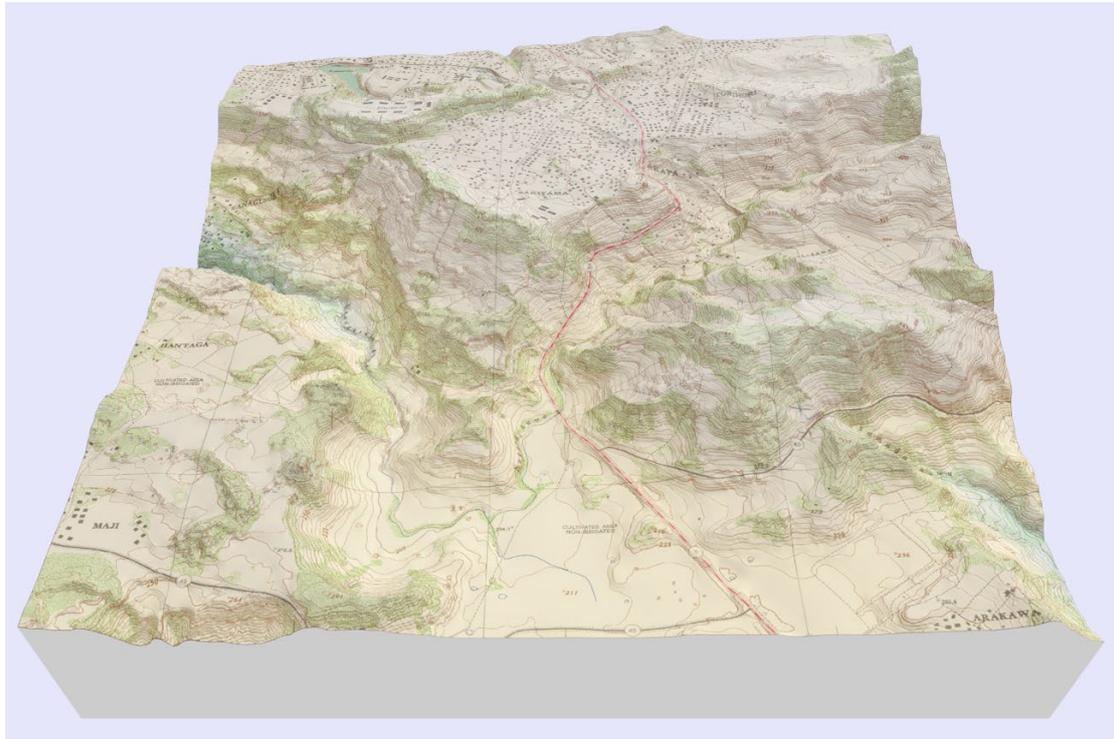


図 7 首里城周辺の 1/4800 地形図 3D 地形ビュー

なお、地形図範囲内の海域が占める面積が 1/2 以上の地形図のデータは作成していない。3D ビューデータを作成した地形図は 144 枚、未作成は 50 枚となった。

#### 4. Cesium による 3D マップ表示

Cesium はオープンソースの 3D 表示ツール群で、WebGL を使用したジャバスクリプトとして公開さ

表 2 タイルデータ公開アドレス

タイトル	アドレス	最小ズームレベル	最大ズームレベル
1948年地形図	http://www.gis-okinawa.jp/Exp/CesiumGSI/std/{z}/{x}/{y}.png	10	17
陰影彩色標高図	http://www.gis-okinawa.jp/Exp/CesiumGSI/relief/{z}/{x}/{y}.png	9	17
陰影彩色標高図	http://www.gis-okinawa.jp/2018/okinawa1948_Top_Tiles/{z}/{y}/{x}.png	9	15
同アナグリフ	http://www.gis-okinawa.jp/2018/okinawa1948_Top/ana_map_Tiles/{z}/{y}/{x}.png	9	15
1948年地形	http://www.gis-okinawa.jp/Exp/CesiumGSI/dem_png/{z}/{x}/{y}.png	0	15

れている。これらを利用すると Web ブラウザー上で GoogleEarth のような 3D マップとして地図情報を利用できる。本研究では 1948 年地形のグリッド標高データから、Cesium の地形情報表現形式の地形タイルセットを作成し、テクスチャーとして陰影彩色地形図を表示させた。

### 5. wms タイルセットデータ公開

地形図タイルセットは、決められた縮尺レベルのラスターデータを 256×256 サイズの画像に分割し、その画像の位置情報から生成されたコードのフォルダとファイル名で、web サーバー内に格納される。地図閲覧者側の web ブラウザーには、オープンソースの読み出し用ジャバスクリプトがインストールされ、表示に必要なタイル化された画像ファイルをサーバーから読み出し、画面上に組み立て表示される。タイルセットの仕様は複数あるが、国土地理院が運用する地理院地図で利用されている仕様は日本では利用しやすい。このタイル様式は、国土地理院のホームページ <https://maps.gsi.go.jp/development/siyou.html> にて公開されている。

本研究で作成したデータ、1948 年地形図、陰影彩色地形図、アナグリフ地形図、Cesium 表示用地形データは、国土地理院のタイル様式にしたがってタイル化した。これらのタイルセットは、GIS 沖縄研究室の web サーバーに保存しているので、サーバーのアドレスを使用してこれらのデータを直接利用することが可能である。これらのアドレスやデータ諸元は表 2 に示した。

本研究で作成したタイルセットを利用した例としては、埼玉大学教育学部の谷 謙二氏の「今昔マップ、沖縄本島南部」がある。

## IV. 地形改変の状況

1948 年以降の地形改変状況を明らかにするため、

渡邊ほか (2014) の手法に従って切土盛土分布図を作成した。現在の地形データとして国土地理院公開の 5 m メッシュ標高データを使用した。その公開範囲は北谷町桑江～沖縄市高原付近以南だけであるため、切土盛土分布図作成範囲はこの範囲に限られた。なお、これ以北では 10 m グリッド標高データは公開されているが、これらは 1/25000 地形図等高線 (10 m 間隔の主曲線) データより生成されたもので、詳細地形は表現されていない。そのため、このデータを使って切土盛土分布図を作成した場合、標高変化の小さい地形改変を知ることはできない。

図 8 は、標高変化の絶対値 3 m 以上を黒色 (盛土) 及び灰色 (切土) で示した。なお、位置関係を把握しやすいように、旧市町村境界 (2000 年頃) をオーバーレイした。

1948 年以降の地形改変は、沖縄島中南部全域におよぶことがわかる。切土面積は 686ha、盛土面積は 347ha と切土面積に比べて盛土面積は約 1/2 程度と渡邊ほか (2014) の分析と同様の結果となり、渡邊ほか (2014) で指摘したように埋め立て土砂としての利用がこのアンバランスの原因と推定される。

以下、渡邊ほか (2014) で分析できなかった地域について、地域別にその分布と特徴を考察する。

### 1. 糸満市、旧具志頭村、旧玉城村付近

この地域は琉球石灰岩が広く分布する台地である (図 9) (氏家・兼子 2006b)。図 9 では切土盛土分布図に、石灰岩分布地域を着色してオーバーレイした。この琉球石灰岩分布地域内には、線状に連続的に多数の切土部分が存在する。地域内の切土盛土分布図において、切土の割合が大きく、盛土部の面積は小さい。この地域は本土復帰後広く圃場整備 (柴田ほか 1995) が行われたが、本研究で作成した切土盛土分布図には表現されていない。

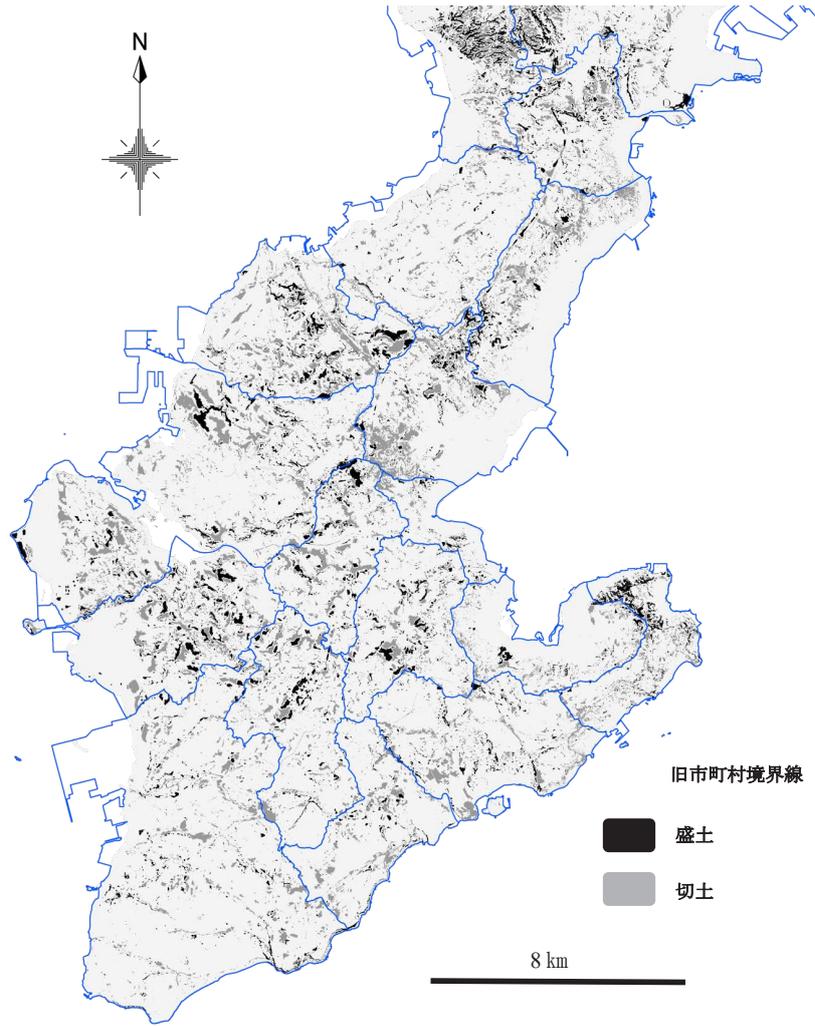


図8 標高変化3 m以上の切土盛土分布図

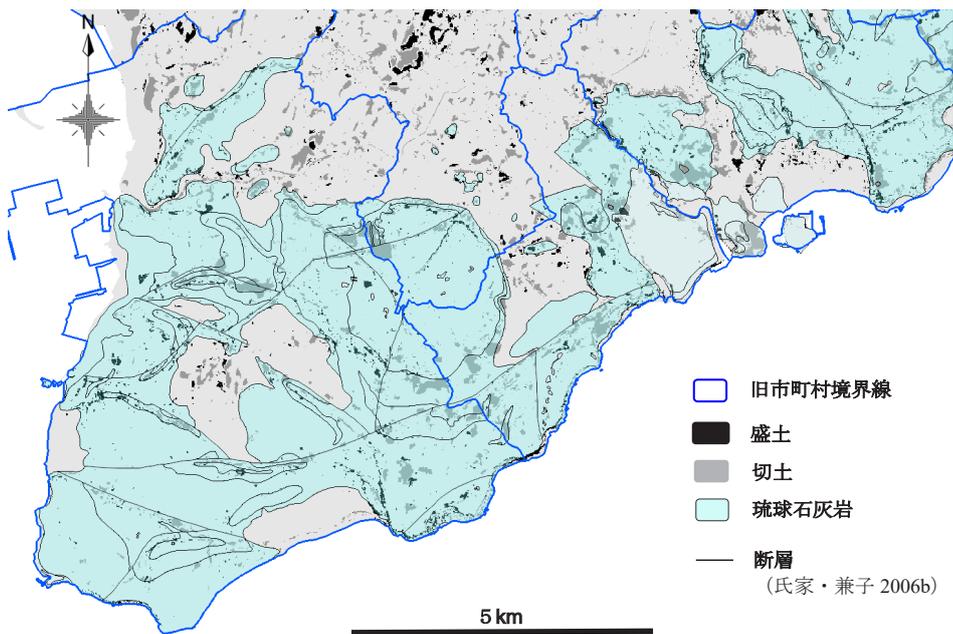


図9 糸満市・旧具志頭村・旧玉城村付近の切土盛土分布

これは改変3 m以上という条件で抽出したためと考えられ、圃場整備の大部分は台地平坦面で行われたため、3 m以内の標高変化での工事が可能であったことが原因と考えられる。

この地域には琉球石灰岩を採取する採石場（現在は稼働していないものも含む）が多数分布し、切土分布パターンはその分布に関係する。大きな切土部分は台地平坦面に開発された大規模な採石場である。また、線状に連続する多数の切土部分は、活断層沿いの石灰岩堤（活断層研究会 1991）で行われていた小規模な採石場で、そのため石灰岩堤の方向に多数分布する。旧具志頭村港川や旧玉城村奥武付近には大規模な切土があるが、これは粟石石灰岩（段丘石灰岩）の大規模な採石場跡である。

## 2. 豊見城市、旧東風平町、旧大里村、南風原町

この地域は島尻層群泥岩が分布する丘陵である（氏家・兼子 2006b）。図10では切土盛土分布図に、島尻層群分布地域を着色してオーバーレイした。1948年地形では波浪状丘陵（小起伏丘陵）と幅の広い盆状谷が分布する（図10）。

この地域は地形改変が著しい地域である。本土復帰以降急速に進行した圃場整備事業（柴田ほか

1995）や、那覇市などの都市部からの人口流入により宅地造成が広く行われた地域（渡辺 2000）である。

島尻層群の泥岩は重機による掘削等が容易なため、波浪状丘陵（小起伏丘陵）を切り崩し、その土砂で谷埋めを行い平坦化造成による大規模な地形改変が行われた。そのため、大規模な切土と盛土が隣接して分布する地域である。

## 3. 北谷町桑江～沖縄市市内

琉球層群石灰岩と国頭層が分布する地域である（Flint *et al.* 1959；氏家・兼子 2006a）。台地の開析が進んで丘陵化した地域であり、小規模な谷が平行状に形成されているため、痩せた尾根と細長い谷が複雑に発達する。

氏家・兼子（2006a）の地質図は、本土復帰以降の調査で作成されたもので、地質と1948年地形との関連を考察できるようにはまとめられていない。Flint *et al.*（1959）の地質図（図11a）は層序等の解釈が現在では否定されているが、岩石分布図として地質と地形の関連を推定可能な情報となっている。図11ではa、bに同じ範囲のFlint *et al.*（1959）の地質図と切土盛土分布図を表示した。

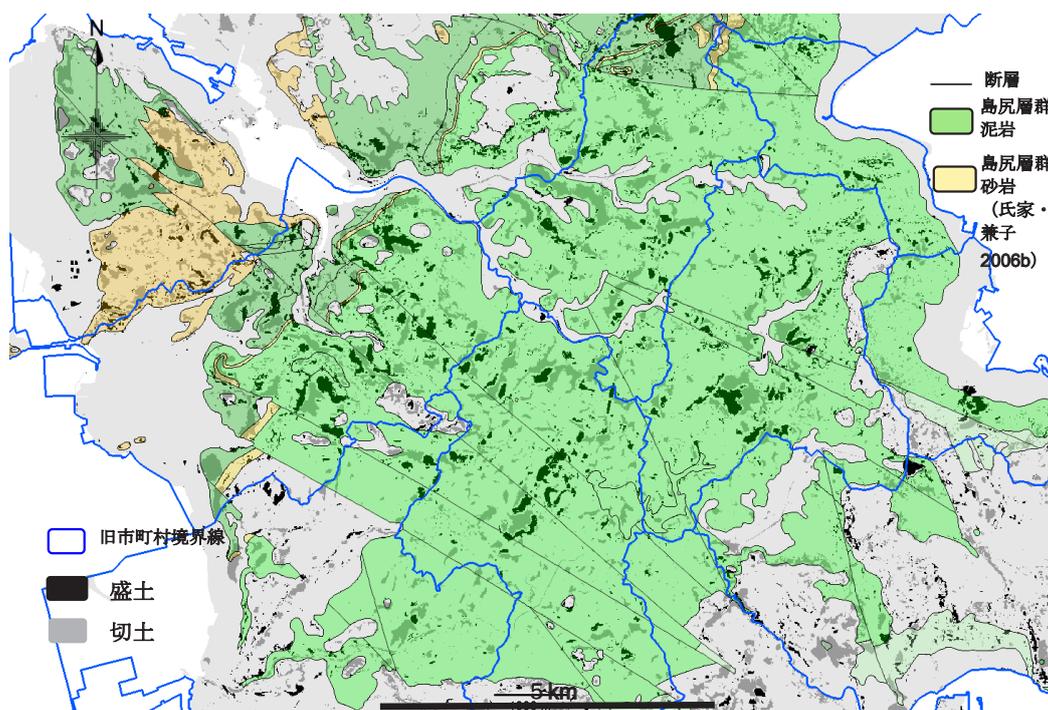


図10 豊見城市・旧東風平町・南風原町・旧大里村付近の切土盛土分布

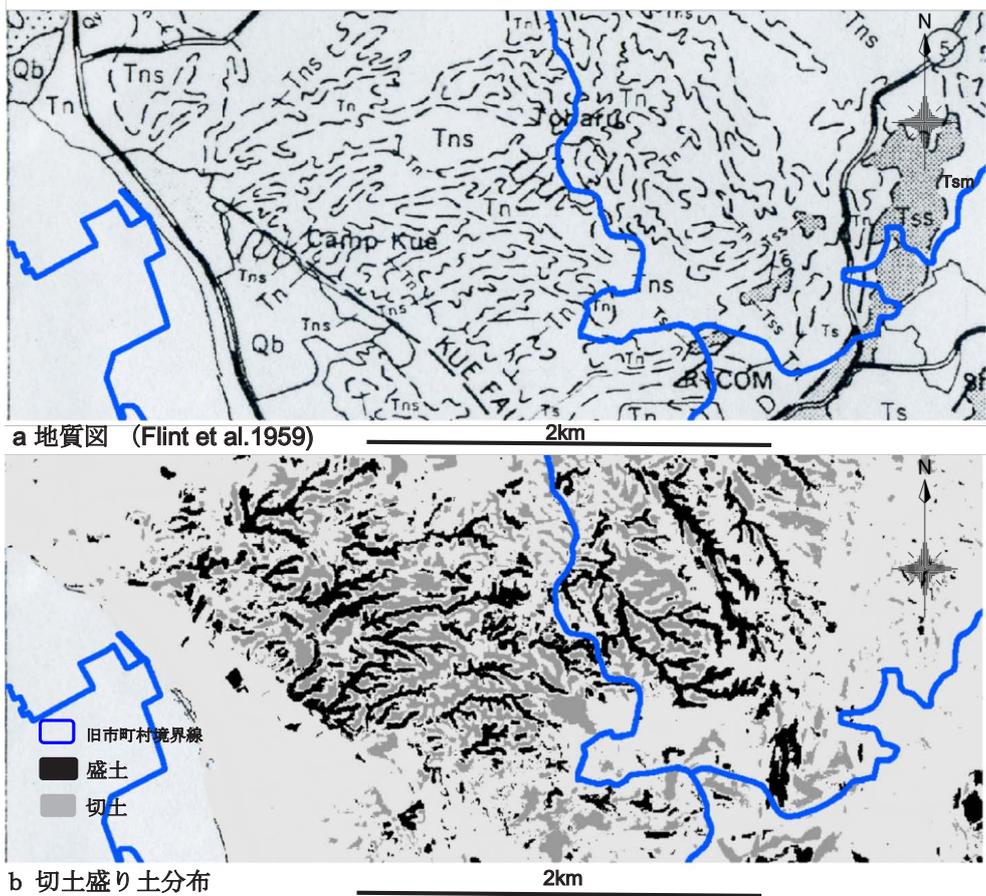


図 11 北谷町桑江～沖縄市山内付近の切土盛土分布

図中の Tn は琉球層群石灰岩，Tns は琉球層群国頭層（礫層，砂層）あるいは知念層（礫層，砂層），Tss・Tsm は島尻層群砂岩・泥岩に相当する．小規模な谷はこの Tns 分布地域に発達しており，尾根部分には Tn が分布する傾向がある．

この地域は大規模な宅地造成が行われ，尾根を切り崩し土砂で谷埋めを行い平坦化され，切土と盛土が複雑な形状で分布する（図 11b）．

#### V. 亜熱帯気候と島尻層群砂岩・泥岩や琉球石灰岩からなる地形

復元地形から読み取れる亜熱帯気候と島尻層群砂岩・泥岩や琉球石灰岩が作り出す独特な地形と，改変された地形の例を示す．なお，渡邊ほか（2014）で 1948 年地形を取り上げた浦添市，宜野湾市，那覇市南部地域は除いた．

##### 1. 八重瀬岳・与座岳南斜面の小規模石灰岩丘列

図 12 は八重瀬岳・与座岳付近を 1948 年地形の陰影彩色地形図ビューワーで表示したものである．八重瀬岳・与座岳の北縁は琉球石灰岩を切る東北東—西南西断層と西北西—東南東断層の崖や急斜面によって階段状に急激に高度を上げ，その南側は緩斜面となっている．八重瀬岳・与座岳の南側を中心に標高 150 m の等高線が円形に広がり，これを中心に南東方向から南西方向に緩斜面が広がっている．この台地上には上記 2 系統の断層が通り，平坦面に段差を生じさせている．

八重瀬岳・与座岳の南側緩斜面の標高 120～100 m 付近に，小さな高まり（比高 3～4 m 程度）の石灰岩丘列と溝状凹地が，斜面方向に数十列櫛状に形成されている．これらの地形の連続は 300～400 m に及ぶものもある．目崎（1988）は，この地形の成因をサンゴ礁斜面に発達する縁溝が残存した地形と，緩斜面が水流により溶食された溝状カルスト地形の可能性を指摘している．なお，目崎

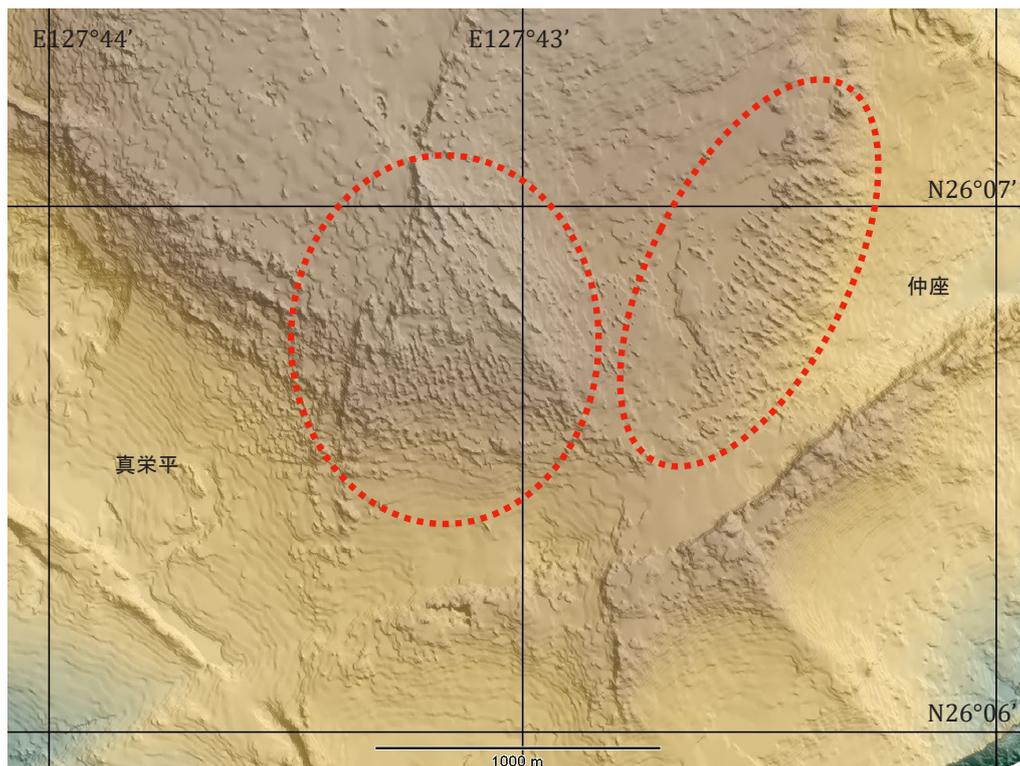


図12 八重瀬岳・与座岳南斜面の1948年地形

(1988)は後者の説を有力と考えている。

現在は、農地造成工事とゴルフ場造成により、これらの地形はほとんど残っていない。これらの地形の成因の調査が困難になったことは残念である。

## 2. 豊見城市・南風原町・旧大里村付近

図13は豊見城市・南風原町・旧大里村付近を1948年地形の陰影彩色地形図ビューワーで表示したものである。

この地域は、島尻層群泥岩を基盤とし、標高数十m以下の、波浪状丘陵地形をなす(氏家・兼子2006b)。島尻層群泥岩は固結度が低く風化や侵食に対して極めて受食性が大きい。被覆する琉球石灰岩が剥離され基盤である泥岩が露出し形成された丘陵地形で、小起伏丘陵と広い盆状谷が主要な地形要素となる。一般の丘陵・台地の高度関係とは逆になること、谷密度が小さいという特徴がある(沖縄県1983)。

この地域は国場川とその支流の長堂川、饒波川が西方に流下する。それぞれの流域の分水嶺は細長い丘陵の嶺として連続し、広い谷地形のため尾

根線の方が樹枝状に見える。1948年地形図では波浪状丘陵(小起伏丘陵)と幅の広い盆状谷が東西方向に湾曲分布する。丘陵地域の大半が広い盆状谷からなり、その平坦な谷底低地から緩傾斜の丘陵斜面へと続く。

本地域は沖縄島中南部で最も丘陵が広く発達している。一方、他地域では台地が開析された地域に小規模に分布する。沖縄県(1983)では、この原因が中城ドーム(Flint *et al.*1959)の隆起作用と密接な関連を推定している。

この地域は地形改変が著しい地域である。本土復帰以降急速に進行した圃場整備事業や、那覇市などの都市部からの人口流入により宅地造成が広く行われた地域であり、これらの地形の多くは改変された(図13)。

## 3. 北谷町桑江～沖縄市南桃原の台地開析が進んで丘陵化した地域

図14は北谷町桑江～沖縄市南桃原付近を1948年地形の陰影彩色地形図ビューワーで表示したものである。

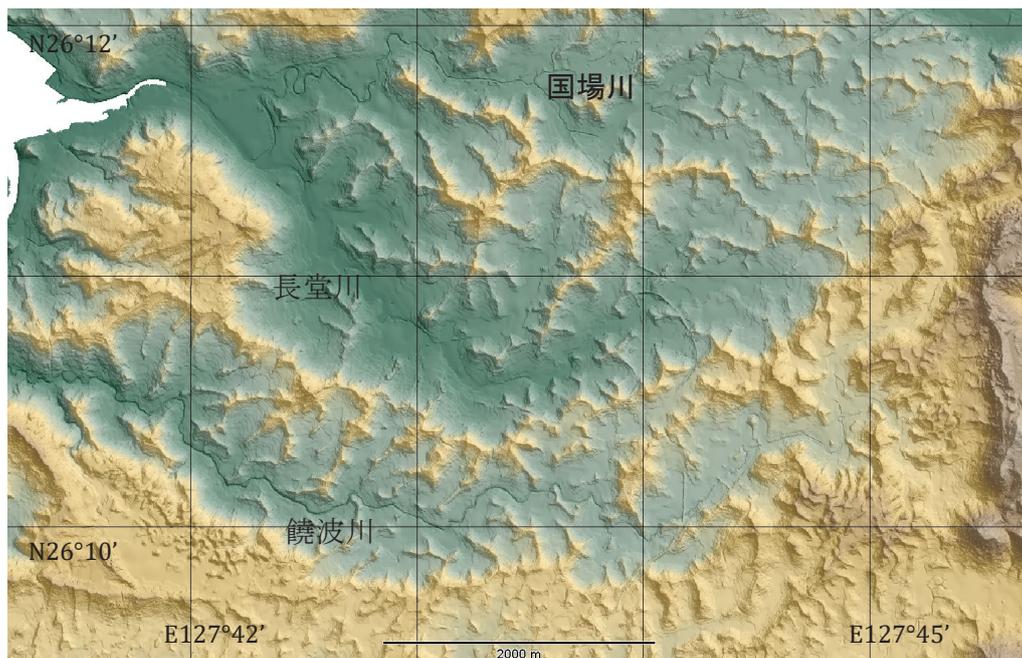


図 13 豊見城市・南風原町・旧大里村付近の 1948 年地形

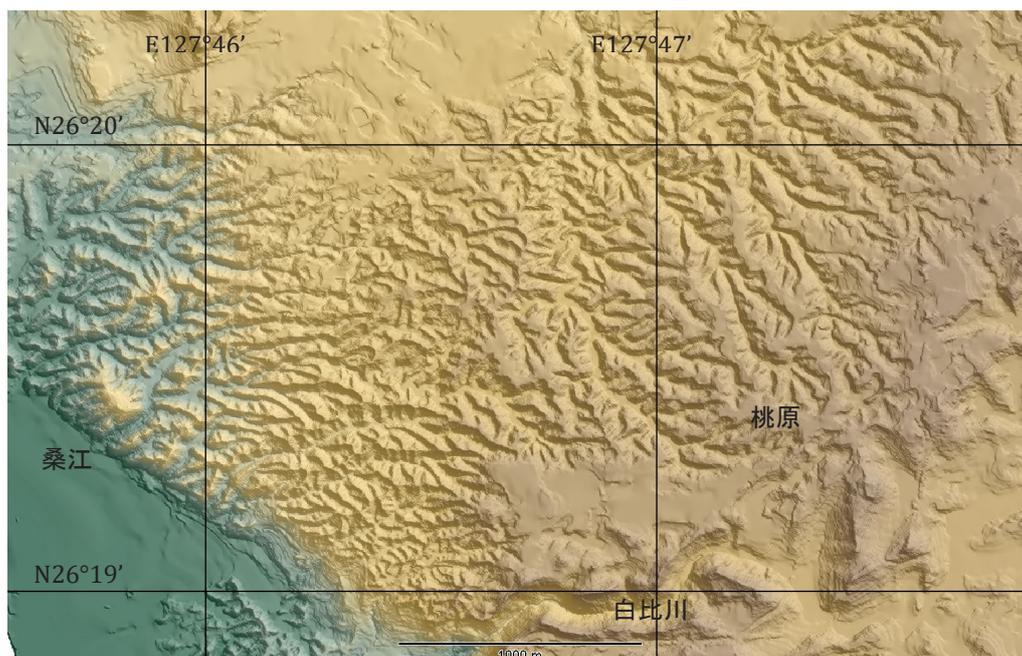


図 14 北谷町桑江～沖縄市南桃原の 1948 年地形

この地域の起伏に富む開析台地は標高 40 ～ 100 m に広がり，東側は野国川の上流域，西側は北谷町桑江の海岸低地に流下する複数の小規模河川の流域に位置する．この開析が進んだ台地には多数の痩せた尾根と細長い小規模な谷がほぼ平行に発達し，谷密度は非常に大きい．島尻層群泥岩を基盤とする丘陵地域に分布する盆状谷とは大きく地

形が異なる．

地形改変前にまとめられた Flint *et al.* (1959) では，琉球層群国頭層（砂・礫）が広く分布し，石灰岩が一部存在する地域（層序は現在と異なるため読み換えている）である．細長い平行する谷が砂・礫部分，石灰岩部分が尾根となっていたと推定される（図 11a）．

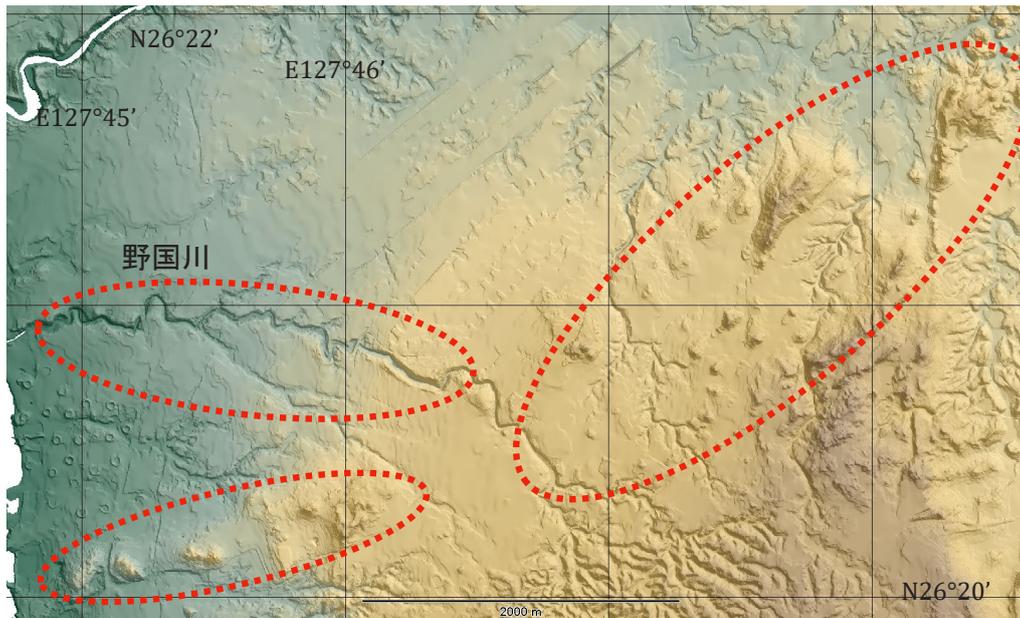


図 15 嘉手納町～沖縄市西部の1948年地形

那覇市宇栄原、浦添市城間と前田付近（渡邊ほか2014）、中城村南上原付近にも樹枝状に谷が発達した丘陵が存在する。これらの基盤は、前者3地域が島尻層群豊見城層小禄砂岩部層、後者が島尻層群豊見城層中城砂岩部層よりなる（氏家・兼子2006a）。島尻層群砂岩分布地域の谷密度は、本地域に比べて小さい。

北谷町桑江～沖縄市南桃原の起伏に富む開析台地は、大規模な宅地造成が行われ、尾根を切り崩し土砂で谷埋めを行い平坦化されて住宅街となっている。

#### 4. 嘉手納町～沖縄市西部

図15は米軍嘉手納基地付近を1948年地形の陰影彩色地形図ビューワーで表示したものである。

この範囲は琉球石灰岩の台地となる（沖縄県1992）。1948年地形図段階で、北西部は滑走路や軍事施設として地形改変が行われているが、現在の嘉手納飛行場の大部分は改変が行われていない。

台地上には石灰岩が溶食や削剥から免れて形成された凸地形である石灰岩堤と急斜面の円錐形をした石灰岩丘（円錐カルスト）が東北東—西南西方向に帯状に分布する。嘉手納飛行場内の石灰岩丘は一部ドロマイト化しておりかなりの強度を持つことから、溶食から残されてきたと考えられ

ている（沖縄県1992）。現在、この地域は嘉手納基地となり、多くの円錐カルストは切り崩され改変されている（沖縄県教育委員会2006）。

この地域の南西部では、北西から西に野国川が流下する。野国川の上流部は図14の開析台地である。中流から下流部は琉球石灰岩の台地を刻み、河川沿いには比高10m程度の谷壁が形成され峡谷となっている。また、その兩岸の谷壁の背後には周囲より高い石灰岩堤が見られる。同様の地形は図範囲の北側比謝川流路周辺にも発達している（沖縄県1992）。現在は、流路を南側の小規模な河川に付け換え現野国川となっている。旧野国川流路跡の峡谷は埋め立てられて滑走路になっている。

#### VI. まとめ

本研究では、渡邊ほか（2014）が確立した1/4800地形図のグリッド標高生成手法を改良し、短時間で沖縄島中南部全域のグリッド標高を作成し、このデータから地形改変前の1948年地形を復元した。また、このグリッド標高からデジタル地形図や3D地形ビューを作成し、さらに、これらのコンテンツ表示のためのタイルセットを公開した。また、このグリッド標高と現地形の差分から地形改変を明らかにし、改変された独特な地形の代表的な地域をまとめた。

本研究により、以下のことが明らかになった。

- 1) 改良したグリッド標高作成手法により、短時間で広範囲のグリッド標高データが得られる。
- 2) グリッド標高から1948年地形を復元でき、改変された地形を知ることができる。
- 3) グリッド標高データからデジタル地形図や3D地形ビューを作成、さらにこれらのデータを公開することによって、復元した地形の情報を多くの研究者と共有でき、これからの研究の情報となり得ることが期待できる。
- 4) 沖縄島中南部には亜熱帯気候と琉球石灰岩、島尻層群からなる独特な地形の発達認められ、これらの独特な地形の大部分が1948年以降の開発によって改変された。

沖縄島中南部の1/4800地形図の地形学的価値は非常に高く、本研究で確立した手法を用いて算出したグリッド標高は、大規模盛土切土造成地の分布状況把握以外、米軍基地返還跡地での埋蔵文化財分布の推定、基地建設以前の自然環境・民俗景観復元、廃棄物埋立場所の推定などに利用できる可能性がある。

(受付 2019年3月10日)

(受理 2019年6月20日)

## 文 献

- 荒川達彦・三浦 肇 (1990) : 溶かされたサンゴ礁—カルスト地形. サンゴ礁地域研究グループ編 : 『熱い自然—サンゴ礁の環境誌』古今書院, 215-229.
- 上江洲薫 (2012) : 駐留軍用地跡地利用の課題と地域対応. 地図中心, 2012, 476号, 16-19.
- 氏家 宏・兼子尚知 (2006a) : 5万分の1地質図幅「那覇及び沖縄市南部」. 地質調査総合センター
- 氏家 宏・兼子尚知 (2006b) : 5万分の1地質図幅「那覇及び久高島」. 地質調査総合センター
- 沖縄県 (1983) : 『土地分類基本調査沖縄本島中南部地域「那覇」「沖縄市南部」「糸満」「久高島」』5万分の1. 沖縄県.
- 沖縄県 (1992) : 『土地分類基本調査沖縄本島中北部「金武」「沖縄市北部」』5万分の1. 沖縄県.
- 沖縄県 (2001) : 3-9. 市町村別人口の推移 (昭和30年～平成12年). 第45回沖縄県統計年鑑 (平成13年度版).
- 沖縄県 (2011) : 3-2. 市町村別人口, 人口密度及び世帯数. 第54回沖縄県統計年鑑 (平成23年度版).
- 沖縄県教育委員会 (2006) : 『沖縄県史図説編「県土のすがた」』財団法人沖縄県文化振興会公文書管理部史料編集室.
- 活断層研究会 (1991) : 新編日本の活断層—分布図と資料. 東京大学出版会.
- 河名俊男 (1988) : 『シリーズ沖縄の自然3琉球列島の地形』新星図書出版.
- 国土地理院 (2013) : 基盤地図情報 (数値標高モデルの) で提供しているデータについて. 国土地理院 HP, <http://fgd.gsi.go.jp/spec/203/DEMgaiyo.pdf>
- 小林 茂・小林 基 (2013) : アメリカ軍作成の沖縄地形図—解説とL893図 (1:4800) の目録. 外邦図研究ニューズレター, No.10, 45-52.
- 柴田知広・与那嶺眞徳・谷口宏文 (1995) : 沖縄の農業農村整備. 農業土木学会誌, Vol.63, No.6, 37-42.
- 島袋伸三 (2006) : 沖縄県下の米軍作成地図について. 外邦図研究ニューズレター, No.4, 69-73.
- 清水靖夫 (1999) : 「大正昭和琉球列島地形図集成」解説. 『沖縄県の地形図について』柏書房, 3-22.
- 前門 晃 (1989) : 亜熱帯島嶼地域の地形. 池田孝之編 : 『地域からの発信—文化・社会・自然・生活環境から沖縄を読む』ひるぎ社, 171-189.
- 前門 晃 (1990) : 琉球石灰岩の地形学. 島尻層群の風化, 地形, 地すべり. 氏家 宏編 : 『琉球の自然—地形と地質』, ひるぎ社, 107-117. 128-135.
- 前門 晃 (1996) : 多様な琉球列島のカルスト地形. 漆原和子編 : 『カルスト地形—その環境と人びとのかかわり』大明堂, 161-167.
- 前門 晃 (2015) : カルスト地形. 丘陵. 沖縄県教育庁文化財課資料編集班編 : 『沖縄県史各論編第1巻自然編』沖縄県教育委員会, 163-164. 167-169.
- 目崎茂和 (1988) : 『南島の地形—沖縄の風景を読む』沖縄出版.
- 渡邊康志 (2000) : 第2章島嶼別の地理・地形条件, 災害履歴, 社会条件からみた災害危険性の評価—沖縄本島を中心に. 『沖縄における自然災害リスクとその対応力に関する基礎調査報告書』財団法人亜熱帯総合研究所, 15-131.
- 渡邊康志・辻 浩平・上原富二男 (2014) : 1948年米軍作成1/4800地形図を用いたDEM作成と国土地理院5mメッシュ標高との差分による地形改変判読. 沖縄地理, Vol.14, 1-18.
- Flint, D.E., R.A. Saplis and G. Corwin (1959) : *Military Geology of Okinawa-jima, Ryukyu-retto, V. Geology*. Intelligence Division, Office of the Engineer Headquarters, United States Army Pacific with Personnel of the United States Geological Survey, 88pp.