

### 3. 7 宮古島断層帯の調査

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 宮古島断層帯の調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	研究員	白濱 吉起 <sup>#1</sup>
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	研究員	レゲット 佳
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	主任研究員	近藤 久雄

<sup>#1</sup> 令和4年10月から担当

(c) 業務の目的

宮古島断層帯は、南西諸島西部の宮古列島に分布しており、分布形状と活動性の違いにより、断層帯中部と断層帯西部に区分される。断層帯中部はマグニチュード7.2程度の地震が発生する可能性があり、その際に東側が西側に対して相対的に2 m程度低くなる段差が生じる可能性がある。一方、断層帯西部はマグニチュード6.9程度の地震が発生する可能性があり、その際に東側が西側に対して相対的に1 m程度低くなる段差が生じる可能性がある。しかしながら、本断層帯の両区間とも、平均活動間隔や平均変位速度が明らかではなく、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010；以下、地震調査研究推進本部と呼ぶ。）では、将来このような地震が発生する長期確率を求めることができないとされている。本事業では、島内および沿岸の浅海部に延びる活断層を対象に、主に平均変位速度を解明することを目的とした活断層調査を実施する。新しい調査手法として沿岸部の変位地形の把握のため、浅海底レーザー測量結果を活用するとともに、編年手法として宇宙線生成核種年代測定を実施する。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

1) 令和4年度：

断層帯中部ないし西部における地形地質調査、陸域の断層帯の一部における航空LiDAR測量結果、浅海部の断層沿いの一部における浅海底レーザー測量結果により、断層変位地形を把握した。踏査結果および得られた地形データから活動性を解明するため、1箇所以上の調査候補地点を入念に選定した。

2) 令和5年度：

断層変位地形の把握と試料採取候補地点の選定のため、地形地質調査を実施する。また、平均変位速度推定に適した1箇所以上を選定し、ボーリング調査またはピット調査を行い、宇宙線生成核種年代測定等のための試料を採取する。採取した試料について前処理に着手する。

3) 令和6年度：

断層変位地形の把握のため、地形地質調査を実施する。過年度に採取した試料の前処理・測定を実施し、地形面等の年代について検討する。得られた年代測定結果を基に平均変位速度等の活動性について検討するとともに、新手法の可用性について検

証する。

## (2) 令和4年度の成果

### (a) 業務の要約

本年度は宮古島断層帯中部ならびに宮古島断層帯西部を含む陸域の活断層を対象として、1960～1970年代に撮影された空中写真および国土地理院の整備する5mメッシュの地形データによる変動地形の判読を行った。また、地形地質調査、陸域の断層帯の一部における航空LiDAR測量結果、浅海部の断層沿いの一部における浅海底レーザー測量結果により、陸域と周辺海域における変動地形や活断層の分布を明らかにした。踏査結果および得られた地形データから活動性を解明するため、調査候補地点を2地点選定した。

### (b) 業務の成果

#### 1) 宮古島断層帯の概要

宮古島断層帯は宮古列島（宮古島、池間（いけま）島、来間（くりま）島、伊良部島）に分布する北西－南東走向を示す複数列の並走した正断層から構成される（図1）。地震調査研究推進本部（2010）では、長沼断層系、与那原（よなばる）断層系、野原（のばる）断層系からなる宮古島断層帯中部、腰原（こしばる）断層系、嘉手（かで）断層系、牧山断層、来間断層からなる宮古島断層帯西部に区分した。地震調査研究推進本部では、主に平成20年度に地域地盤研究所・産業技術総合研究所によって行われた調査研究成果（以下、平成20年度追加・補完調査と呼ぶ。）に基づいて評価を行った。その結果、宮古島断層帯中部は長さ28km以上で、東側が相対的に沈降する正断層であり、40～90万年前以降に形成された友利（ともり）石灰岩を変位させていることから、それ以降に活動したことは確実であるものの、最新活動時期や平均変位速度などの活動性は不明であるとした。また、宮古島断層帯西部は12万年前以降に活動した可能性があるが、最近の活動を示す地形・地質的な痕跡は見つかっておらず、宮古島断層帯中部同様活動性は不明であるとした。

宮古島に分布する断層の存在は、古くから知られており（例えば、Duan et al., 1960など）、活断層研究会編（1980；1991）によって、構成断層が新城（あらぐすく）断層系、福里断層系、長沼断層系、与那原断層系、野原断層系、腰原断層系、嘉手断層系、来間断層、佐和田断層、牧山断層の10断層に整理された（図2）。今泉・他（2018）では北西－南東走向の長さ約25kmの正断層群からなるが、後期更新世の活動を示す確実な痕跡は認められないとしている。活動履歴の解明を目的とした体系的な活断層調査は平成20年度に実施された活断層の追加・補完調査で行われたものが唯一であるが、年代測定が可能な堆積物に乏しいため、通常のトレンチ調査やボーリング調査が難しく、活動性を示す地形・地質学的証拠が得られていない。活断層の追加・補完調査の成果報告書では宮古島断層帯の活動性を明らかにするための課題の一つとして、地形面の年代を定めることが困難であることを挙げている。

#### 2) 宮古島の地形・地質概要

宮古島の位置する南西諸島は沖繩トラフと海溝に挟まれた列島を形成している（図3）。沖繩トラフには海溝の伸びる方向と平行な正断層群が発達する（図4）。一方、南西諸島の分布する浅海域には海溝の伸びる方向と直交する正断層が発達する。宮古島に認められる正断層群は後者の正断層の一部を構成している。宮古島周辺海域では宮古列島を取り囲む

ように水深の浅い（～水深 100m）海域が広がる。特に東～北東側の海域にはフデ岩や八重干瀬（やびじ）といった裾礁サンゴ礁が広く発達する（図 5）。また、来間島西部にも水深の浅い海域が広がっており、サンゴ礁が発達する。宮古列島の北側は沖縄トラフ、南側は海溝に向かって急激に水深が深くなっており、沖縄トラフ側には正断層が認められる。

宮古列島は、宮古島本島、本島北部に位置する池間島、本島北西に位置する伊良部島、本島西部に位置する来間島からなる（図 5）。宮古島本島は大まかには、東西方向、北西－南東方向、北北東－南南西方向の三辺で囲まれた三角形を呈しており、その標高は南東端ほど高い傾向を示す。東西方向の海岸線と北西－南東方向の海岸線のうち、南東側の大部分は急崖を形成する。島内には北西－南東方向の断層に沿ってリッジやウォールが並走する。地形面は概して平坦であるが、石灰岩地帯特有の溶食地形であるドリーネやウバーレといった凹地やドライバレーが認められる。北西側は伊良部島との間の浅い海域に面しており、大浦湾や与那覇湾といった湾状の海岸線が顕著である。池間島は宮古島本島の北端の西平安名（へんな）岬、世渡崎の延長に位置し、池間大橋で本島とつながっている。伊良部島は伊良部島と下地島の 2 つの楕円形をした島が並んでおり、伊良部大橋によって本島とつながる。伊良部島の北東岸は一部海成段丘面の分布が認められるが、概して急崖を形成する。伊良部島の平坦面は概ね西へ傾斜し、下地島の平坦面は概ね東へ傾斜する。来間島は宮古島本島の南西端から伸びる来間大橋によってつながっており、伊良部島同様北東側の急崖と西へ傾斜する平坦面が特徴的である。

宮古島の地質は、大まかには砂岩・泥岩からなる島尻層群、石灰岩からなる琉球層群、地表表層を覆う風成堆積物から構成される。島尻層群、琉球層群の細分は Duan et al. (1960) によってなされ、その後、大村 (1973)、矢崎 (1976 ; 1977)、矢崎・大山 (1979 ; 1980) によって、琉球層群は下位から保良（ぼら）石灰岩、友利（ともり）石灰岩、平良（ひらら）石灰岩、下地島（しもじしま）石灰岩に細分された。これらは基本的に不整合関係にあるとされているが、沖縄第四紀調査団 (1976)、亀山・首藤 (1980)、中森 (1982) のように、一連の整合関係にあるとする研究もある。以降では、地層の分類・呼称は矢崎・大山 (1980) に従う。いずれの研究結果においても共通している地質構造の特徴としては、宮古島が西へ傾斜した傾動地塊を形成していること、西側ほど地形面を形成する石灰岩層が新しく、覆瓦状に地質が重なっていることが挙げられる（図 6）。また、更新統に相当する琉球層群が鉛直に近い正断層によって変位していることが報告されており（地域地盤研究所・産業技術総合研究所, 2009 ほか）、琉球層群の形成以降に活動したことは確実とされる（図 6）。本田・他 (1994) は、琉球層群のナンノ化石層序に基づき最下部のユニットから 0.89 Ma、最上部のユニットから 0.39 Ma 以前という年代を推定した。そのうちの中部ユニットは友利石灰岩に対比されることから、酸素同位体ステージとの対比により友利石灰岩は 40～90 万年前に堆積したと推定した（地震調査研究推進本部, 2010）。宮古島に分布する石灰岩に対する磁気層序研究によると、宮古島に分布する石灰岩中に松山－ブルン地磁気極性境界（M-B 境界 : 781 ka ; Gradstein et al., 2012）が存在することが報告されており、上記の堆積年代と矛盾しない。

### 3) 宮古島および周辺海域に分布する断層の地形判読結果

陸域の地形判読は、国土地理院によって 1967 年および 1974 年に撮影された空中写真を用い、立体視により行った。また、国土地理院の整備する基盤地図情報数値標高モデル（5 m メッシュ）を使用し、各種地形表現図（陰影起伏図、傾斜量図、段彩図）を活用し判読

を行った。判読結果は ArcGIS 上で整理した (図 7)。海域の地形データに関しては、海上保安庁より 1 m メッシュの詳細地形データを提供いただいた。また、アジア航測株式会社の所有するアーカイブデータから宮古島沿岸の 1 m メッシュの詳細地形データを購入した。結果、新たに計測するよりも広範囲の地形データを取得でき、宮古島沿岸海域を網羅する判読が実施できた。ただし、地形データは判読に用いるのみで、宮古島沿岸海域の海底地形の把握が可能な形式で公開しないことを条件に両機関から地形データを提供いただいているため、本報告書においては、判読結果のみを示す。

判読においては、各種地形表現図 (陰影起伏図、傾斜量図、段彩図) を作成した上で判読を行った (図 8)。本図はアジア航測株式会社の提供範囲に関しては、同社が特許を有する微地形表現図 (特許第 4272146 号、特許第 3670274 号) を活用した (図 8)。なお、本図は判読に用いた地形表現図の例として示すことを目的としており、位置情報を付記しないことを条件に提示した。海域の判読においては、主にサンゴ礁の形成する地形を元に行った (図 9)。以降のサンゴ礁に関連する地形名 (礁池、礁嶺、礁斜面など) の示す地形については図 9 に示した。判読では、サンゴ礁地形に認められるリニアメントを抽出し、断裂や変位が顕著に認められるものを断層と判断し、変位が小さいまたは断裂や変位が不明瞭なものは推定断層とした。断層が疑われるが変位が確認できないものはそのままリニアメントとして示した。判読結果の詳細は図 10～図 23 に示し、その凡例は図 24 に示した。

#### a) 宮古島北東海域

宮古島本島の北東岸～八重干瀬～フデ岩付近の海域を宮古島北東海域とする。八重干瀬北側のウツグス・ヌ・ツスウヒダの更に北側には礁嶺にまで至らない高まりとそれを取り巻く縁脚－縁溝系が約 4 km 四方広がっている (図 25)。縁脚－縁溝系はサンゴが形成する細長い尾根が礁嶺から放射状に広がる地形であり (図 9)、それらが判読において良好な基準となる。そのため、正断層による断裂を明瞭に確認でき、断層が密に判読された (図 7 および図 10)。顕著な断層は北北東－南南西走向の西落の正断層で、およそ 2 km 間隔で並走する。それらと約 50 度で斜交する北西－南東走向の正断層群が認められ、概ね北落ちを示す。さらに北北東－南南西走向の小断層と北西－南東走向の小断層がそれらの大きい変位を示す断層の間に多数認められた。八重干瀬からフデ岩にかけての宮古島北東海域の北東縁付近においては、八重干瀬北側同様礁嶺とそれを取り巻く縁脚－縁溝系が発達しており、断層が密に判読された (図 11 および図 13)。顕著な断層は北西－南東走向の断層で、それらと斜交する小断層も多数認められた。八重干瀬から池間島までの領域では、パッチリーフが多数分布する (図 12、図 13 および図 25)。その形状や配置には北西－南東走向のリニアメントが不明瞭ながら認められるが、礁嶺そのものに変位が認められるケースは少ない。礁嶺をとりまく縁脚－縁溝系も発達しておらず、海底が砂地であることから、断層が判読できていない。

本海域では、北側に北北東－南南西走向の正断層、北東側に北西－南東走向の正断層が顕著に認められた。これらのうち北北東－南南西走向の正断層は沖縄トラフ側の崖地形と走向が等しいため、沖縄トラフ側に発達する正断層と同じ成因である可能性がある。一方、北西－南東走向の正断層は宮古鞍部や宮古島断層帯と走向が等しく、それらと同じ成因・性状を有する可能性がある。礁嶺や縁脚－縁溝系に認められる断裂・断層はサンゴ礁の成長によって不明瞭になることが予想されるが、宮古島北東海域において明瞭に認められることは、サンゴの成長速度やサンゴ礁の成長パターンを考慮すると、過去数千年内に活動

した可能性がある（図 26）。

#### b) 宮古島断層帯東部

宮古島断層帯東部は福里断層系および新城断層系からなる（図 2、図 6、図 20 および図 21）。宮古島島内でも標高の高い東端に位置する。東下がりと西下がりの正断層が地溝を形成する。島の東岸は西への傾動を示すことから、海域に伸びる正断層の存在が疑われるが、海底の地形データからは明瞭な断層は認められなかった（図 16、図 17、図 20 および図 21）。福里断層北部付近では、断層に並行する撓曲崖を判読したが、段丘崖の可能性はある。周囲の平坦面は溶食が進んでいる。福里断層南部断層崖に沿ってリッジが認められるが、溶食によって顕在化した可能性がある。これらの断層については、最近の活動を示す根拠がないことから、評価対象断層となっていない（地震調査研究推進本部，2010）。本調査においても、崖地形は明瞭に確認できたものの、新しい地形面を変位させている箇所は認められなかった。

#### c) 宮古島断層帯中部

宮古島断層帯中部は長沼断層系、与那原断層系、野原断層系からなる（図 2、図 6、図 12、図 15、図 16 および図 20）。長沼断層系は池間島から仲原にかけて伸びる北西－南東走向の東落ちの正断層で、断層に沿ってリッジが認められ、断層の西側は顕著に西に傾動する。

長沼断層系北部は西平安名岬付近で二条に分かれ、池間島に連続するように見える。西平安名岬付近の断層を挟んだ地形面にはほとんど落差がなく、リッジによって断層の存在が示唆される。城辺付近ではリッジが顕著に発達し、杉型雁行配列を示す。東仲宗根添付近に撓曲崖を判読したが、段丘崖の可能性はある。

与那原断層系は西原から仲原にかけて伸びる北西－南東走向の東落ちの正断層で、断層に沿ってリッジが認められ、断層の西側は顕著に西に傾動する。全体的に杉型雁行を示す。南側ほどリッジは顕著に発達するが、断層を挟んだ地形面にはほとんど落差がない箇所が認められる。

野原断層は池間島から仲原にかけて伸びる北西－南東走向の東落ちの正断層で、断層に沿ってリッジが認められ、他の断層系同様断層の西側は顕著に西に傾動する。全体的に杉型雁行を示す。野原岳の南に位置する千代田付近において、リッジを伴わない約 10 m の断層崖が認められる。

上記以外の断層として西原付近で長沼断層系から西北西－東南東走向に分岐する断層が認められる。この断層は大浦湾を横切り、大浦崎の末端付近でやや東方向に走向を変えたあと、伊良部島の佐良浜港付近に伸びる。北落ちの正断層と考えられ、以降では大浦断層と呼称する。また、福山付近から平良にかけて長沼断層系、与那原断層系、野原断層系を北東－南西方向に横切る南東落ちの正断層が認められた。主要な正断層系と比較すると変位量は小さいものの、明瞭な断層が確認された。以降では平良断層と呼称する。

長沼断層系、与那原断層系、野原断層系についてのトレースや断層沿いの観察結果は、先行研究とほぼ同じであり、非常に明瞭なトレースであると言える。長沼断層系、与那原断層系については、リッジは明瞭なものの、断層を挟んだ地形面に変位が認められない箇所が存在しており、離水後に大きな変位が生じていない可能性がある。平成 20 年度追加・補完調査による海域の音波探査では、これらの断層の延長に大きな変位を示す断層が見つ

かっている(図 27; 地域地盤研究所・産業技術総合研究所, 2009)。一方、野原断層系は千代田付近において平滑な地形面を変位させている。本地形面の年代は不明であるが、矢崎(1977)の示す野原面相当とすると、後期更新世以降に活動した可能性がある。ただし、平成 20 年度追加・補完調査では、更に古い地形面である可能性を指摘している。また、同事業による海域の音波探査において、野原断層系の延長に大きな変位を示す断層は見つかっていない(図 27)。

本研究では、大浦断層および平良断層の存在を指摘した。大浦断層に関しては、海底のパッチリーフ列や海底地形の落差から推定されるが、サンゴの生育過程や海流の影響によって列状に配列している可能性は否定できない。平良断層については、後述する佐和田断層と走向が類似するが、佐和田断層と異なり、南東落ちを示す。地形面の形成年代には慎重な検討が必要であるが、より平滑な地形面をより新しい地形面と解釈すると、新しいほど変位量が小さい様子が認められた。変位の累積性が認められることから、活断層である可能性がある。

#### d) 宮古島断層帯西部～宮古島南西海域

宮古島断層帯西部は伊良部島の牧山断層(図 14 および図 15)、宮古島本島の腰原断層系(図 15 および図 19)、嘉手断層系(図 19 および図 20)、来間島の来間断層(図 19)からなる(図 2 および図 6)。

伊良部島の牧山断層は評価では長さ約 1.2 km のみであるが、本研究では、白鳥崎まで伸びると判読した。その根拠としては、白鳥崎において伊良部島を取り巻く環礁が途切れること、浅海底の地形データから、宮古島北東海域同様、縁脚一縁溝系に断裂が認められることが挙げられる(図 14)。本断層の活動により、伊良部島が全体的に西へ傾動している可能性がある。また、佐良浜漁港までのトレースは大浦断層の延長で同じ北落ちの断層であることから、一連の断層である可能性がある。

伊良部島の北部では北東-南西走向の北落ちの断層が認められた。この断層は断層長が短いということを理由に評価対象となっていないものの、明瞭な断層崖を有する明確な断層である。本調査では、浅海底の詳細地形データの判読により、佐和田断層の西側延長に位置する佐和田の浜の湾内に僅かな落差が認められた。さらにその延長には、空港をまたいで下地島北側の直線的な海岸地形があり、環礁部分においてわずかに水深の低下が認められた。こうした特徴から、佐和田断層は少なくとも下地島の西岸まで延びる可能性があり、その場合、断層長は約 5.5 km と見積もられる。

腰原断層系および嘉手断層系はそれぞれ宮古島の北岸と南岸付近に分布する短い断層である。それらをつなぐような顕著な断層の連続は認められないものの、宮古空港の位置する平坦面には複数列の背斜状の高まりが認められた。初生的な地形であることは否定できないものの、本研究では変動地形と解釈し、地表を断裂させない程度の変位が生じていると推定した。腰原断層系および嘉手断層系の分布域は地形面が比較的新しく、変位が西側の断層系ほど累積していないと考えられる。

平成 20 年度に海域の音波探査によって推定された伊良部島と宮古島本島の間に推定された断層は海底の詳細地形データによっても不明瞭ながら確認できた(図 15 および図 27)。本断層は牧山断層と久松付近の断層をつなげるように伸びる。この断層の延長は入江湾付近の断層からその延長の音波探査によって推定された変位量の大きい断層にあっており、もし白鳥崎から入江湾付近の断層まで一連の断層だとするとその長さは約 23 km となる。

これらの断層や入江湾付近の断層によって変位した周囲の地形面は宮古島でも新しい地形面であることや音波探査によって推定された変位量の大きい断層が入江湾付近の断層の延長線上に位置することから、活動的な断層であると推定される。

伊良部島と宮古島本島から南西側の海域を宮古島南西海域とよぶ(図 14、図 15、図 18、図 19、図 22、および図 23)。本海域では、平成 20 年度に海域の音波探査によって来間断層に延長すると考えられる断層が認められた(図 27)。海底の詳細地形データの判読を行った結果、変位方向の同じ断層がほぼ同じ位置に認められた(図 6 および図 19)。しかし、来間断層までつながることは確認できなかった。また、宮古島南西海域では、パッチリーフ列に沿って断層が存在することが指摘されているが、それらの列は地形的には西落ちであり、音波探査によって示唆された断層位置と合わない。また、推定された断層は東落ちであり地形とも矛盾する。仮に東落ちの正断層の活動に伴い、隆起側が浅くなりサンゴ礁が西へと拡大することで、西落ちの地形が形成されるというようなプロセスが生じていれば、パッチリーフ列と断層の不一致は説明できる。

来間島からさらに西側の海域では、サンゴ礁が北西-南東方向に分布する(図 22)。そのため、同方向のリニアメントが認められるが、周辺海域の卓越流向が同様の方向であるため(海上保安庁, 1986)、単純に断層運動の結果と考えることは難しい。ただ、現世のサンゴ礁においても北西-南東方向のサンゴ礁の配列が生じていることは、現在陸上において認められるリッジ列が離水前にすでに生じていたことを示唆する。

#### e) 南西諸島に分布する活断層との関係

宮古島の陸上部分においては、北西-南東方向の断層の配列が顕著に認められた。一方、宮古島北東海域においては、北西-南東方向の断層に加え、北東-南西方向の断層が認められた。陸域においても、佐和田断層や平良断層のような北西-南東方向の断層と斜交する断層が認められた。宮古島北東海域や宮古島の北西-南東方向の断層は、海溝に沿った方向の伸長によって生じたものであり、北東-南西方向の断層は沖縄トラフの拡大に伴う正断層と考えられる。宮古島の陸域においては、海溝に沿った方向の伸長応力が強く働いているが、沖縄トラフの拡大に伴う変形も生じていると推定される。八重干瀬北側の断層分布は沖縄トラフに近いほど、後者の応力が強く働くことを示唆する。

Maeda et al. (2019)は北西-南東方向の断層の間隔から、断層の形成に寄与する地殻の厚さを推定し、表層 3 km のみが関与していると推定した。この厚さは地震発生層に到達しておらず、起震断層に直接的につながっていないことが示唆される(Maeda et al., 2019)。しかし、変動地形として現れている以上、変位を生じさせる活動があることは確実であり、その変位がどのような頻度や速度で生じるかを知ることは重要である。

#### 4) 試料採取候補地点の選定

平成 20 年度追加・補完調査では、地形面の年代を定めることが課題の一つであることを挙げた。本調査では、宇宙線生成核種による年代測定により地形面の年代を決定することを試みる。宮古島の表層地質は石灰岩で構成されているため、石灰岩から抽出できる放射性核種である  $^{36}\text{Cl}$  が活用できる(Gosse and Phillips, 2001)。そのための試料採取地点の選定を目的に、地形地質調査を実施した。

先行研究や本調査による判読結果を踏まえ、対象地域として嘉手断層系の周辺を候補とした。本断層帯周辺は地形面が比較的新しく、年代測定できる可能性がある。また、音波

探査によって変位が認められた断層の近傍であり、比較的活動的な断層であると考えられる（図 27；地域地盤研究所・産業技術総合研究所，2009）。

宮古島上野地区宮国には直線的で明瞭な断層が認められる（図 20）。本地点の年代測定ができれば、断層の変位速度を推定することができる。周辺の踏査を行った結果、地形面を構成する石灰岩が露出する露頭を 2 地点において確認した（図 28）。令和 5 年度以降はこれらの地点から複数の試料を採取し、 $^{36}\text{Cl}$  による表面照射年代測定のための前処理・分析を進める予定である。

#### (c) 結論ならびに今後の課題

本年度は、宮古島および周辺海域を対象として変動地形および断層変位地形の判読を行った。陸域では、1960～1970 年代に撮影された空中写真および国土地理院の整備する 5 m メッシュの地形データを使用し、沿岸海域では航空 LiDAR 測量ならびに浅海底レーザー測量によって取得された詳細地形データ（1 m メッシュ）を海上保安庁ならびにアジア航測株式会社より入手し、それらを使用した。地形判読の結果、陸域と周辺海域における変動地形や活断層の詳細な分布を明らかにし、従来指摘されていなかった断層の存在を示した。また、判読結果をもとに地表踏査を行い、宇宙線生成核種年代測定を実施するための調査候補地点を 2 地点選定した。

(d) 引用文献

- Doan, D. B., J. E. Pasure, and F. R. Fosberg, Military geology of the Miyako Archipelago, Ryukyu-rettō. Intelligence Div., Office of the Engineer, Headquarters, U.S. Army Pacific, 214p, 1960.
- GEBCO Compilation Group, GEBCO\_2022 Grid, doi:10.5285/e0f0bb80-ab44-2739-e053-6c86abc0289c, 2022.
- Gosse, J. C. and F. M. Phillips, Terrestrial in situ cosmogenic nuclides: theory and application, *Quat. Sci. Rev.*, 20, 1475-1560, 2001.
- Gradstein, F. M., J. G. Ogg, M. D. Schmitz, and G. M. Ogg, eds, *The Geologic Time Scale 2012*, Amsterdam, Elsevier, 2 vols., 1144p, 2012.
- 本田信幸・辻 善弘・松田博貴・五月女順一, 琉球列島伊良部島の第四系石灰岩の堆積相と海水準変化, *石油技術協会誌*, 59, 86-98, 1994.
- 今泉俊文・宮内崇裕・堤 浩之・中田 高 編, 「活断層詳細デジタルマップ 新編」, 東京大学出版会, 154p, 2018.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 宮古島断層帯の長期評価, [https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/110\\_miyakojima.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/110_miyakojima.pdf) (2023年4月17日確認), 2010.
- 亀山徳彦・首藤次男, A sedimentological study of the Miyako-jima Limestone, 九州大学理学部研究報告, *地質学*, 13 (2), 341-351, 1980.
- 海上保安庁, 沿岸の海の基本図「宮古島(海底地形図)」, No.6512-2, 1986.
- 活断層研究会編, *日本の活断層: 分布図と資料*, 363p, 1980.
- 活断層研究会編, *新編 日本の活断層—分布図と資料—*, 東京大学出版会, 437p, 1991.
- 国土地理院, 基盤地図情報ダウンロードサービス, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php> (2023年3月31日確認), 2023.
- Maeda, S., M. Otsubo, D. Asahina, and Y. Furuno, Estimating the thickness of a faulted mechanical layer based on fault spacing: An example from Miyako-jima Island, southern Ryukyu Arc, Japan, *Island Arc*, 2020; 29:e12336., <https://doi.org/10.1111/iar.12336>, 2019.
- 中森 亨, 琉球列島 宮古群島の地質, 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, 84, 23-39, 1982.
- 沖縄第四紀調査団, 沖縄および宮古群島の第四系 —とくに“琉球石灰岩”の層序について—, *地球科学*, 30巻, 3号, 145-162, 1976.
- 大村明雄, 宮古島の地質 —とくに琉球石灰岩について—, *国立科学博物館専報, 琉球列島の自然史科学的総合研究 (1)*, 6, 31-38, 1973.
- 地域地盤研究所・産業技術総合研究所, 活断層の追加・補完調査 成果報告書「宮古島断層帯の活動性および活動履歴調査」, No.H20-1, 2009.
- 矢崎清貫, 宮古群島の石灰岩の層序と堆積機構, *琉球列島の地質学研究*, 1, 111-121, 1976.
- 矢崎清貫, 宮古島の各石灰岩の関係およびその形成時期について, *琉球列島の地質学研究*, 2, 75-80, 1977.
- 矢崎清貫・大山 桂, 宮古島北部地域の地質, *地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)*, 4

6p, 1979.

矢崎清貫・大山 桂, 宮古島地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 83p,  
1980.

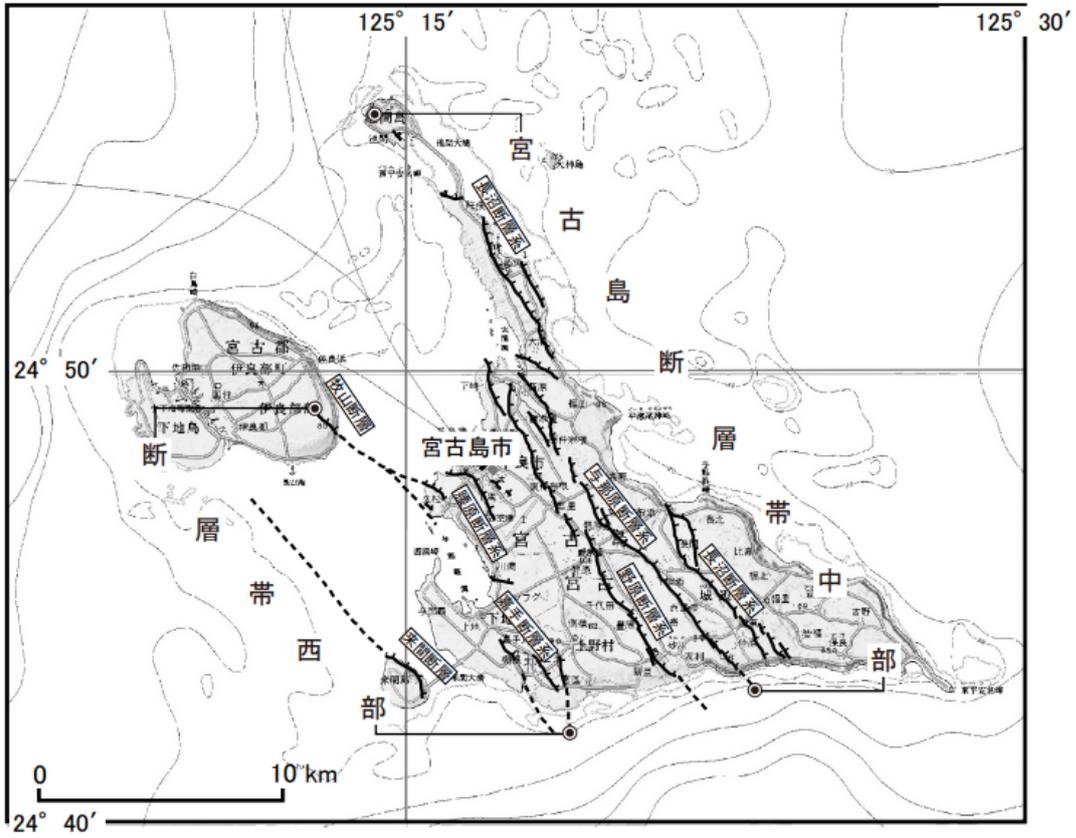


図1 宮古島の評価対象断層  
地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）より引用。

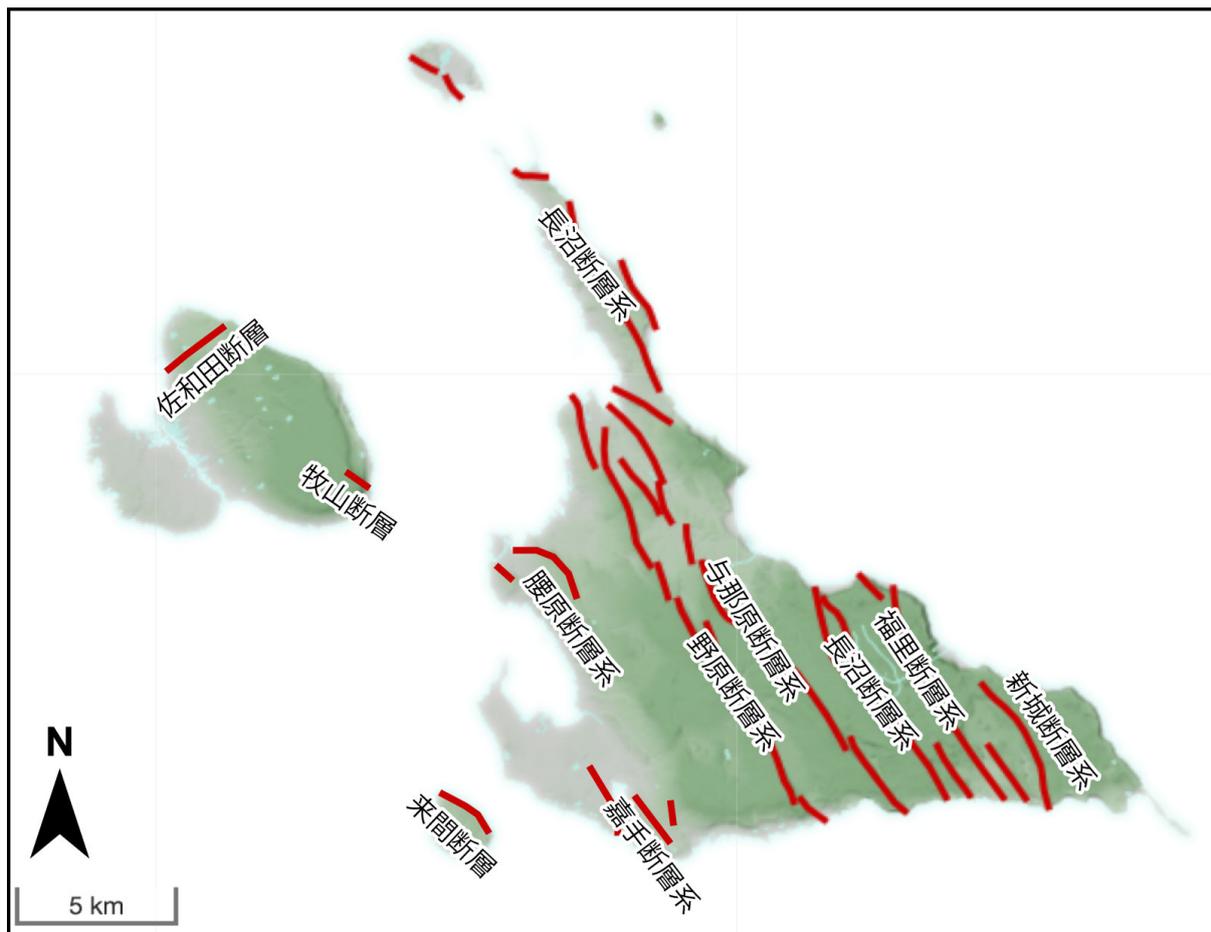


図2 宮古島に分布する活断層

活断層データベースを元に作成。地震調査研究推進本部（2010）を参照し、腰原断層系、嘉手断層系、来間断層、佐和田断層、牧山断層の断層線を追記するとともに、方位記号、断層名を追記した。

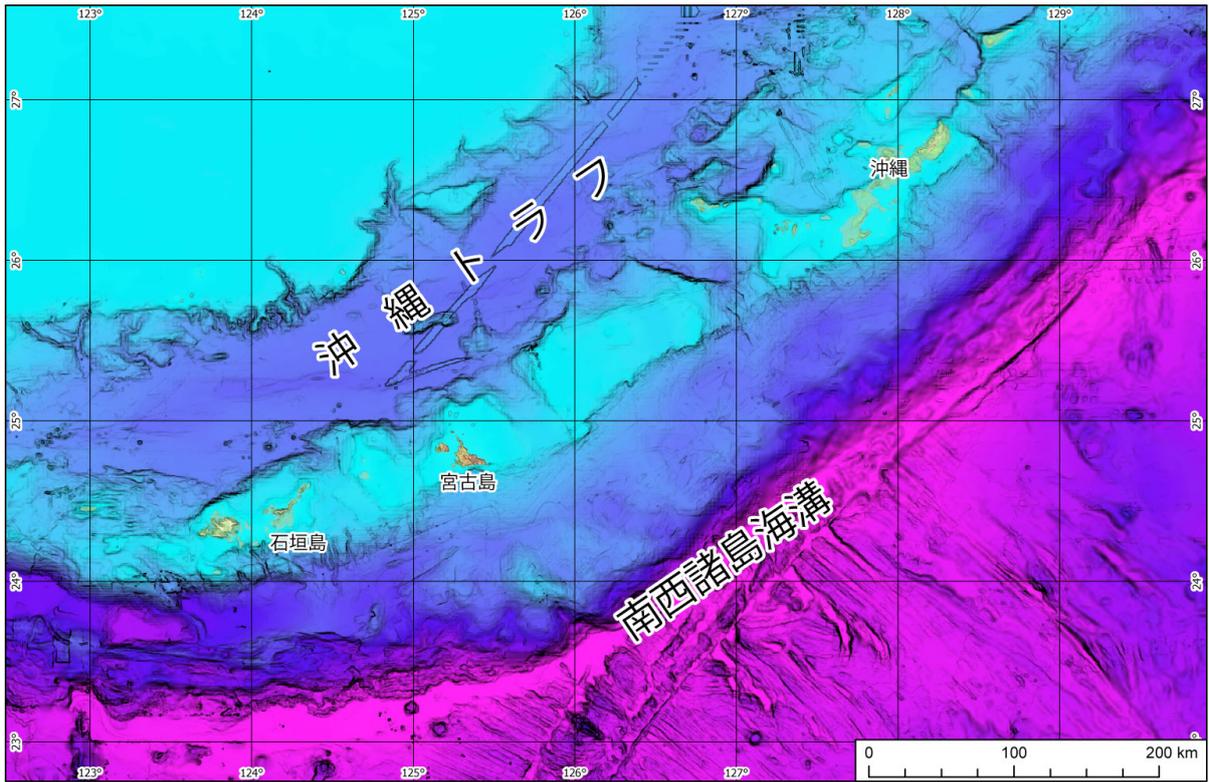


図3 南西諸島周辺海域の地形

地形データには GEBCO\_2022 Grid (sub-ice topo/bathy)を使用した (GEBCO Compilation Group, 2022)。

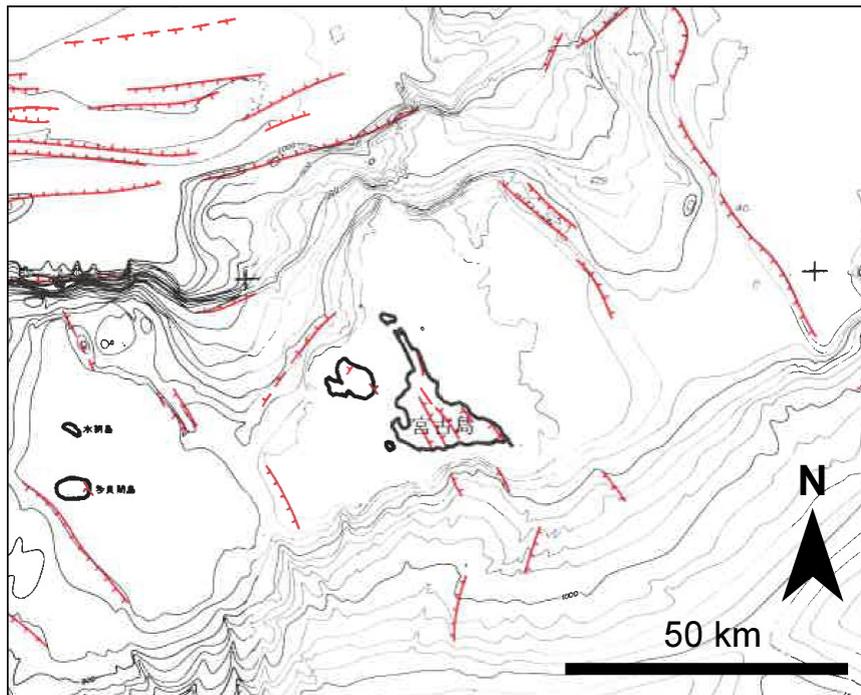


図4 南西諸島周辺海域の活断層  
 活断層研究会編（1991）より宮古島周辺を抜粋。

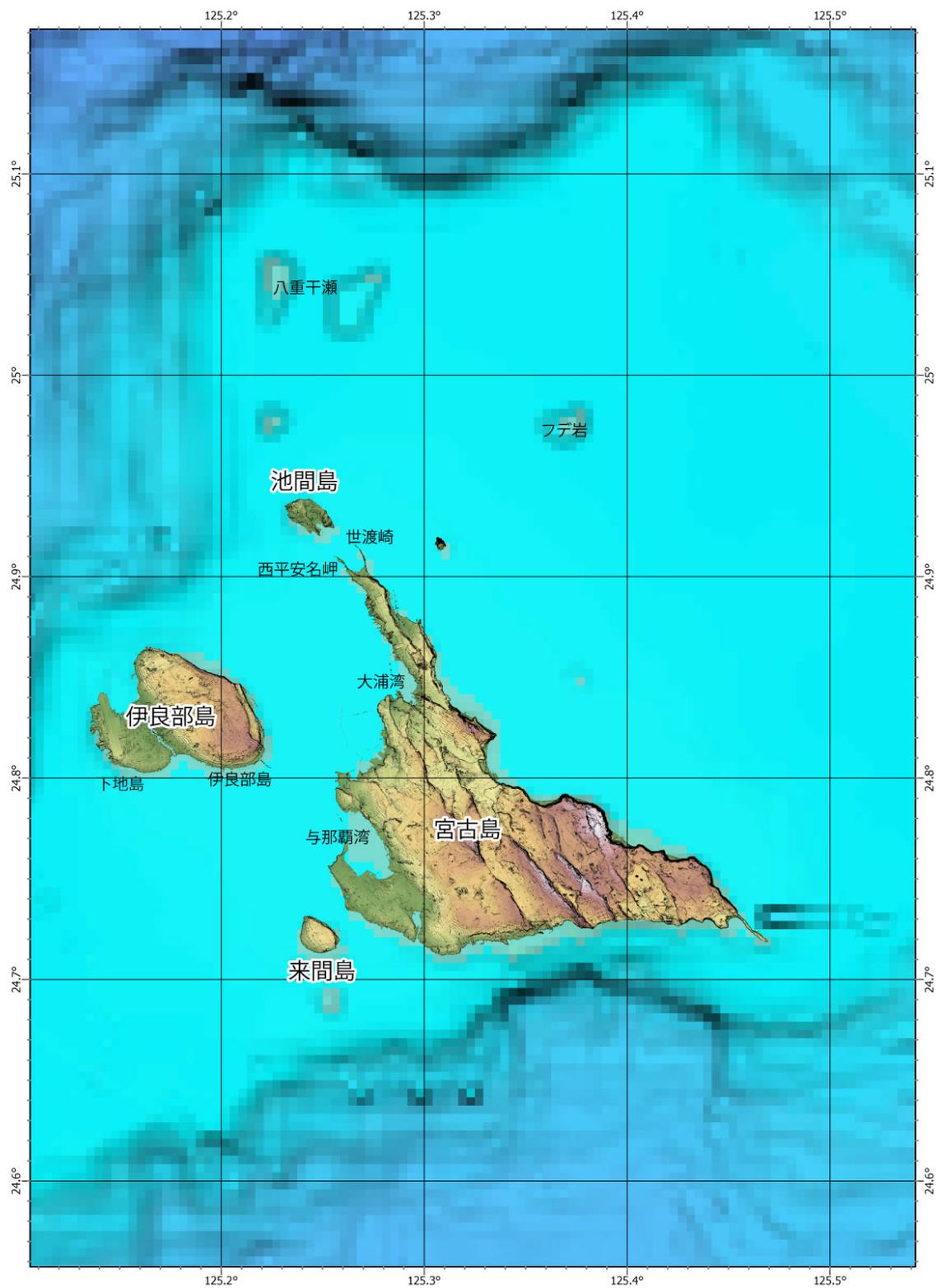


図5 宮古島および周辺海域の地形

陸域の地形データは国土地理院の数値地形データ（5 mメッシュ；国土地理院，2023）、海域の地形データには GEBCO\_2022 Grid (sub-ice topo/bathy)を使用した（GEBCO Compilation Group, 2022）。

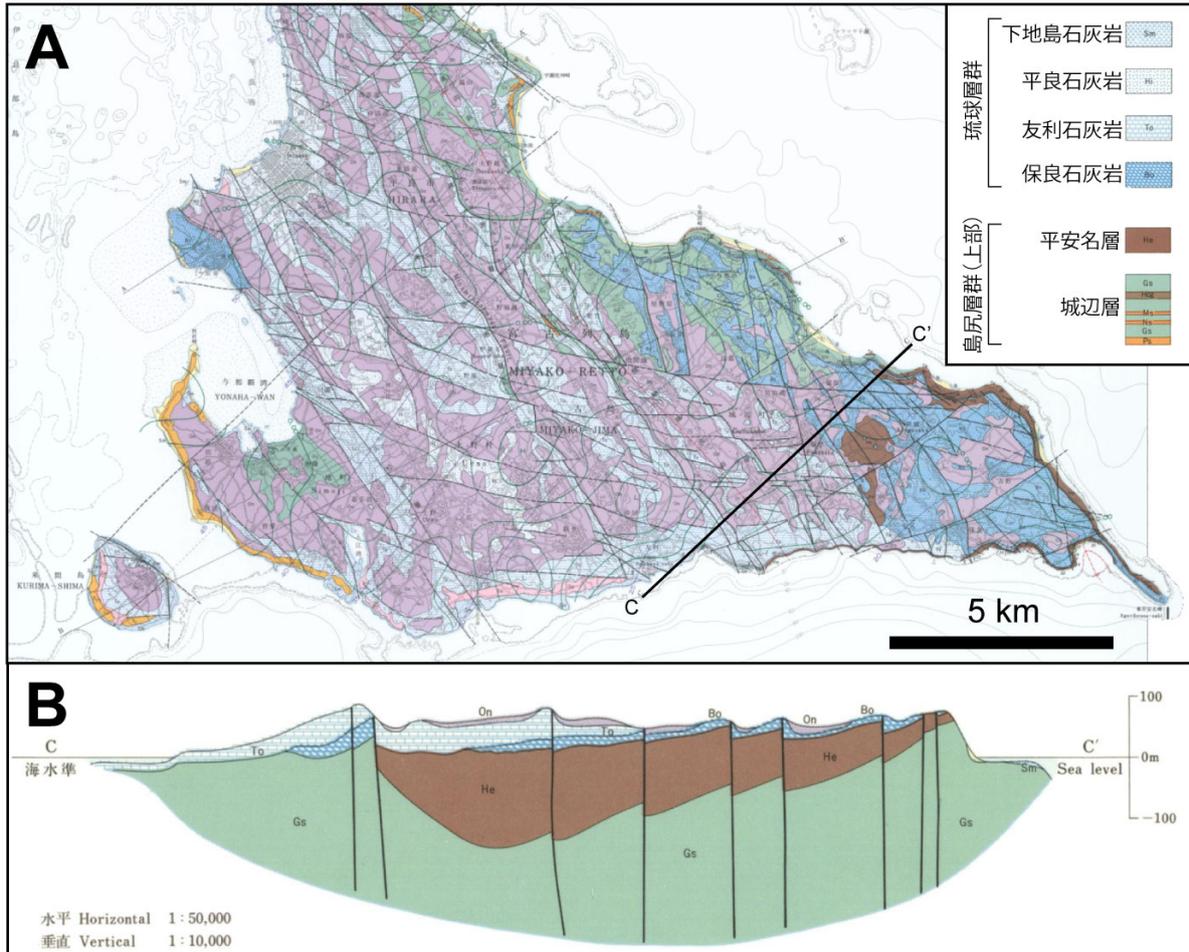


図6 宮古島の地質図

(A) 宮古島の地質図。5万分の1地質図「宮古島」(矢崎・大山, 1980)。(B) 宮古島の地質断面。測線は図6AのCC'を参照。

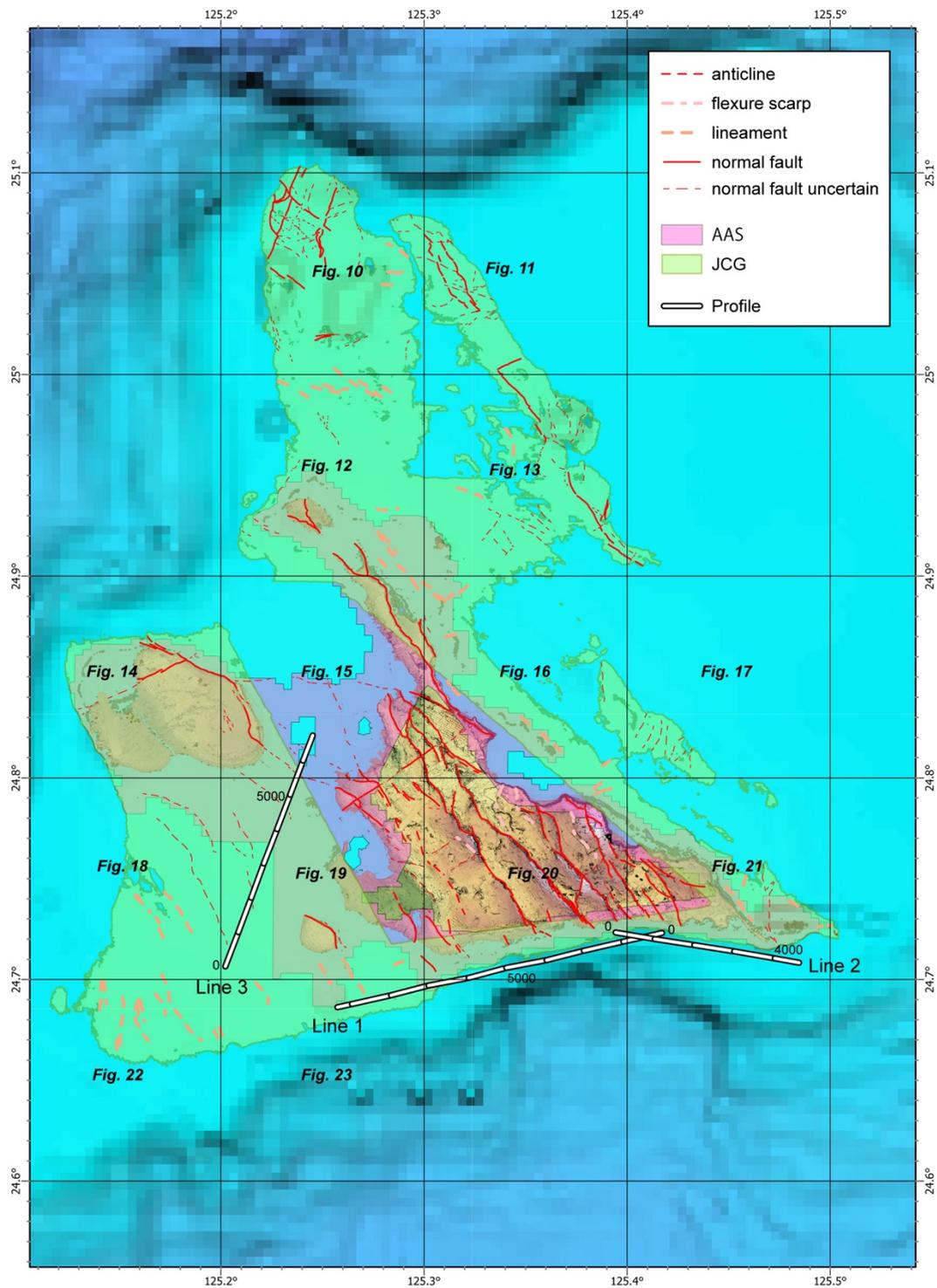


図7 宮古島と沿岸海域の判読結果

背景は図5と同様。紫の領域がアジア航測株式会社(AAS)提供の地形データにより判読した範囲。黄緑の範囲が海上保安庁提供(JCG)の地形データにより判読した範囲。Profileは平成20年度追加・補完調査の反射法探査測線。

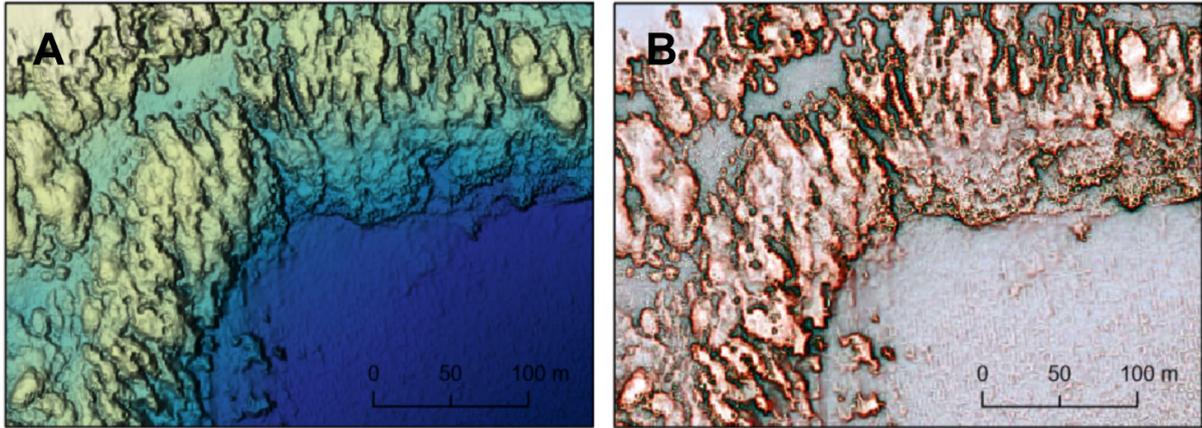


図8 海域の地形データの例

海域の地形判読に用いた図の例。アジア航測株式会社提供の地形データより作成。なお、本図は判読に用いた地形表現図の例として示すことを目的としており、位置情報を付記しないことを条件に提示している。(A) 傾斜量図と段彩図を重ね合わせた図。(B) アジア航測株式会社の作成した微地形表現図。

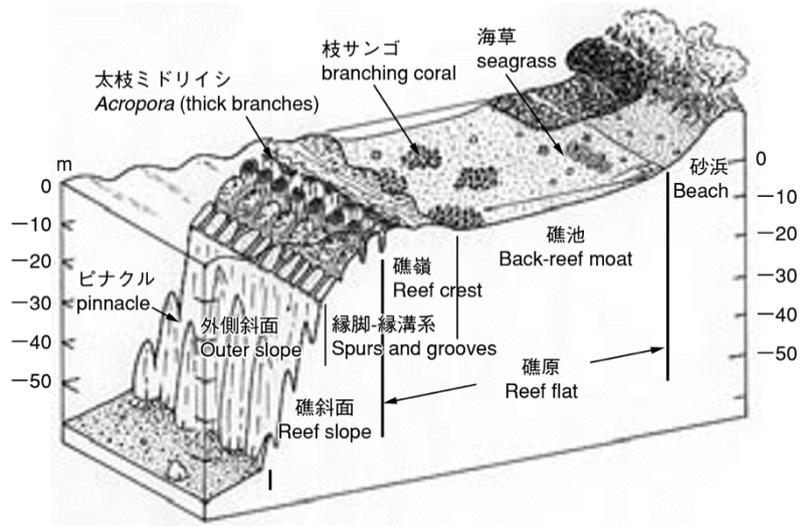


図9 サンゴ礁の模式図

環境省「サンゴ礁保全の取り組み；1-2 サンゴ礁の分布」の図4を引用（2023/04/15 確認）

(<https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/reference/mokuji.html>)。

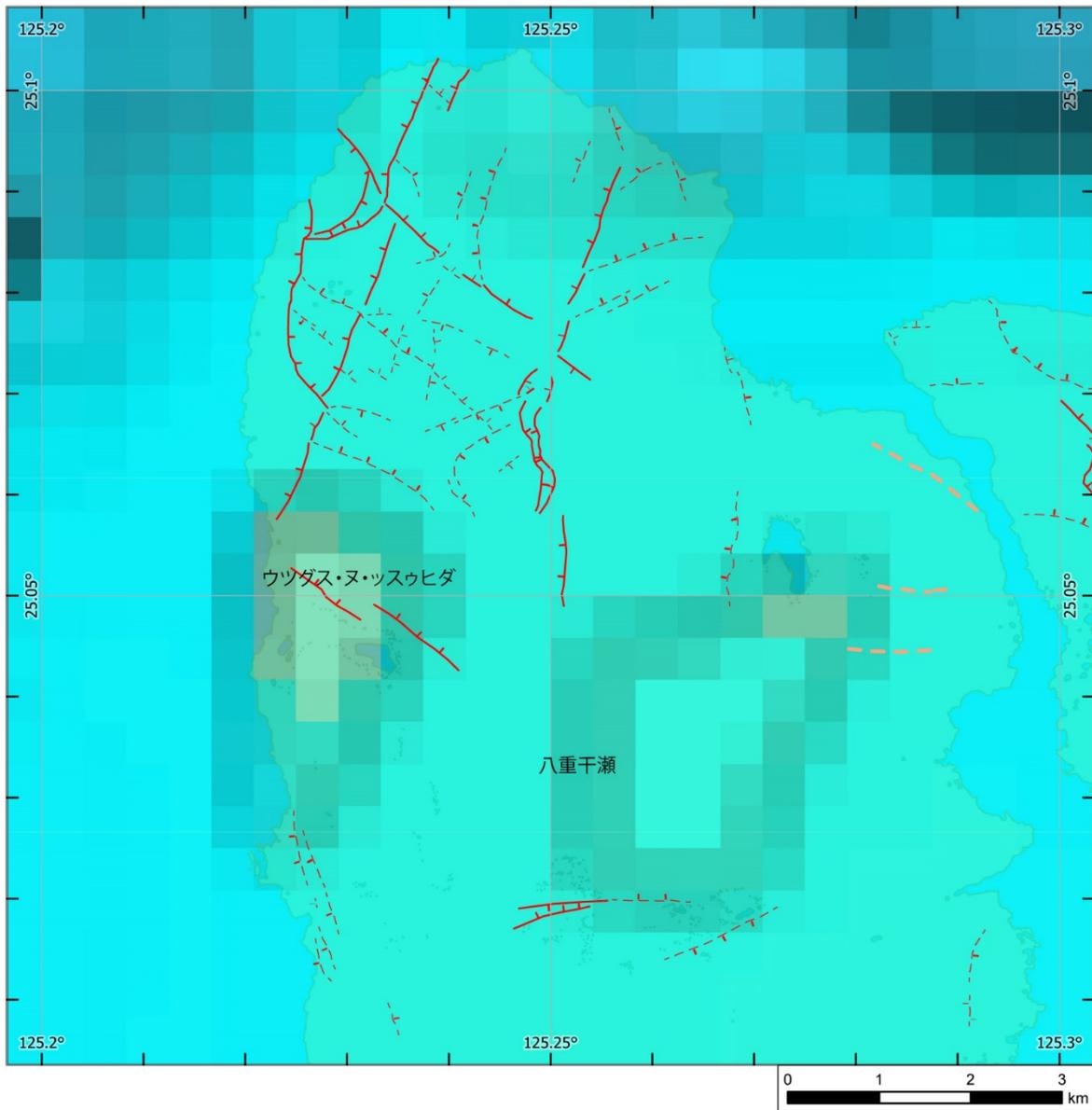


図 10 判読結果 (25.05° N、125.25° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 と同様。断層線の凡例は図 24 を参照。

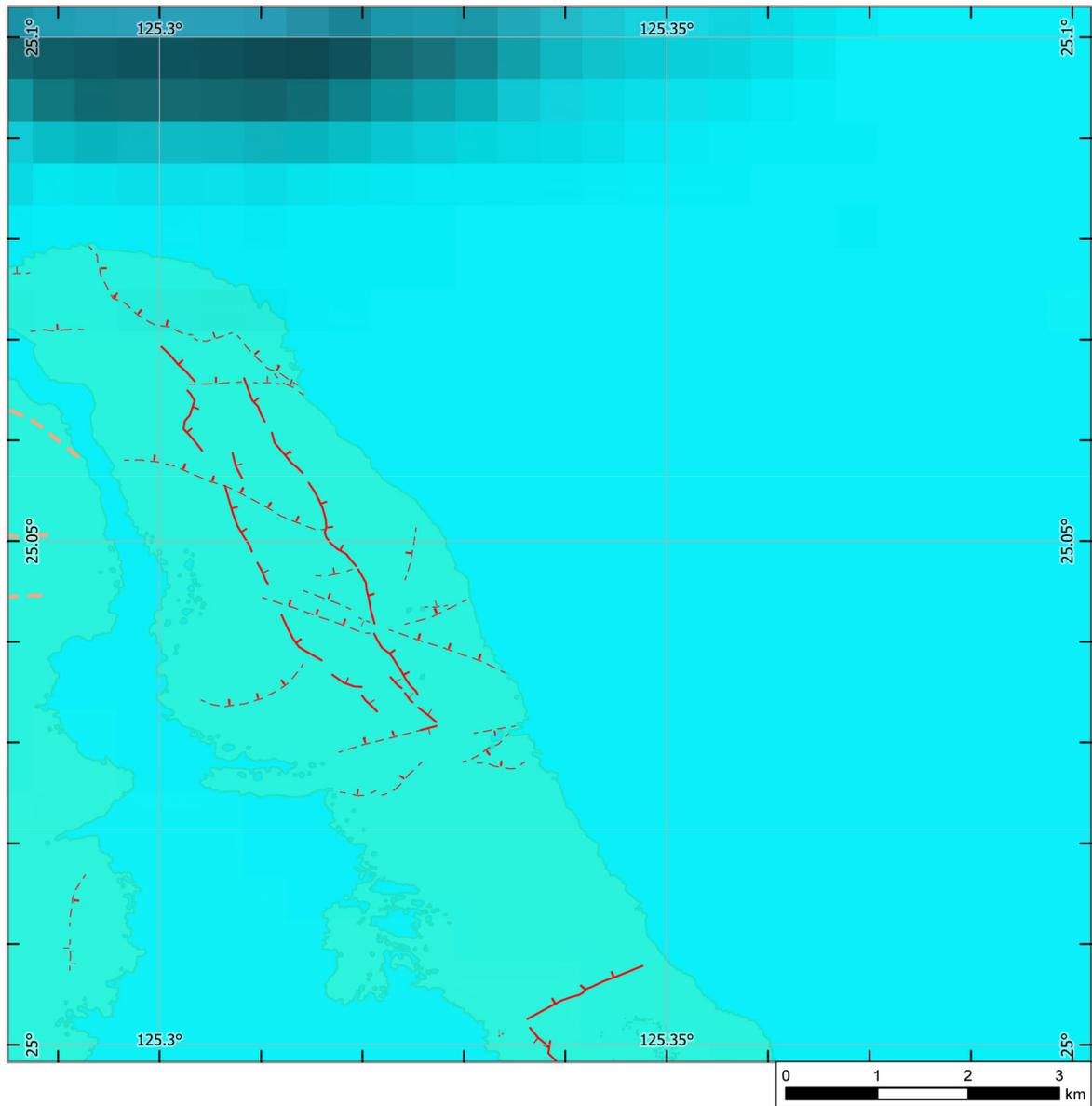


図 11 判読結果 (25.05° N、125.35° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 と同様。断層線の凡例は図 24 を参照。

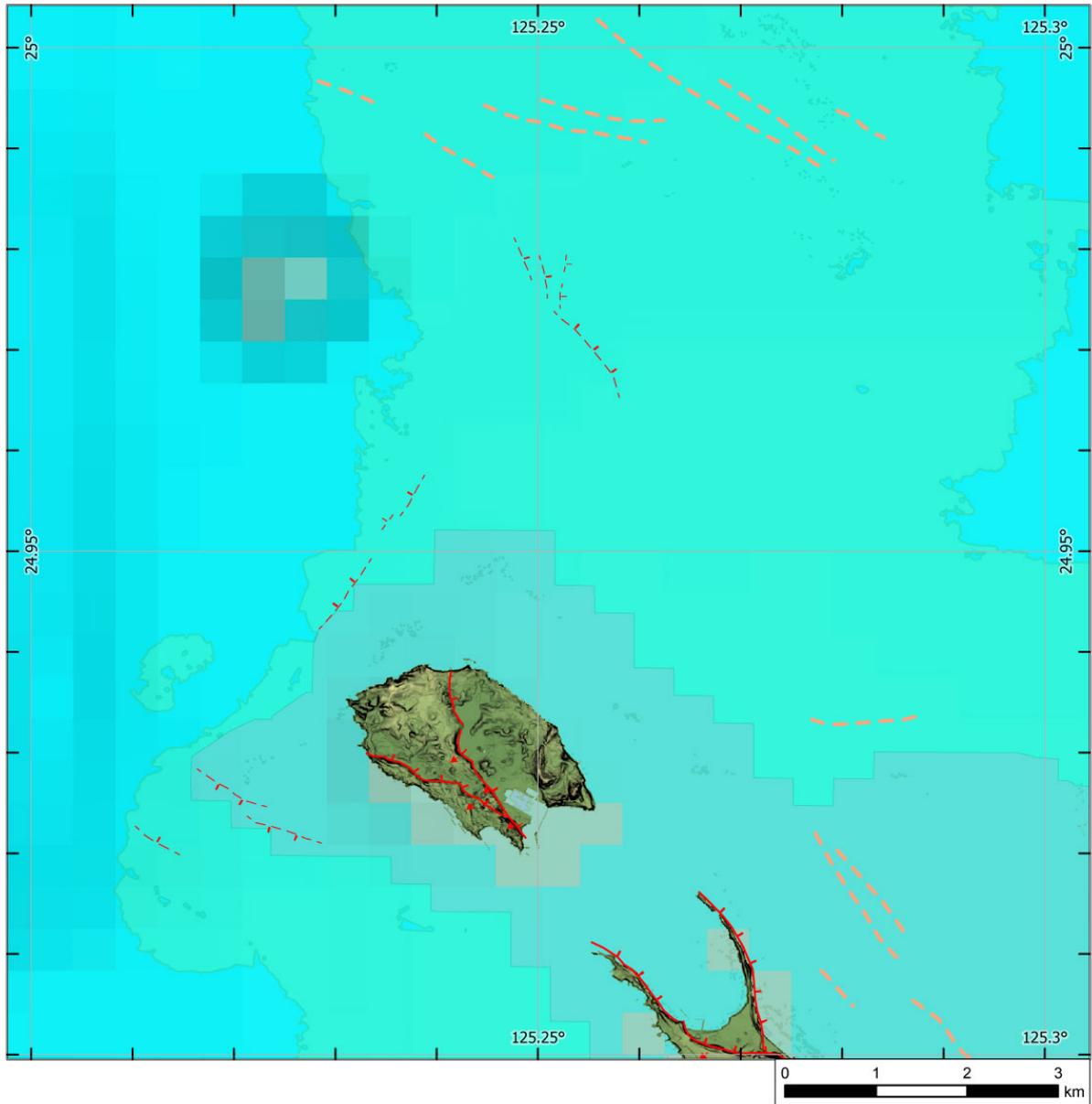


図 12 判読結果 (24.95° N、125.25° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 と同様。断層線の凡例は図 24 を参照。

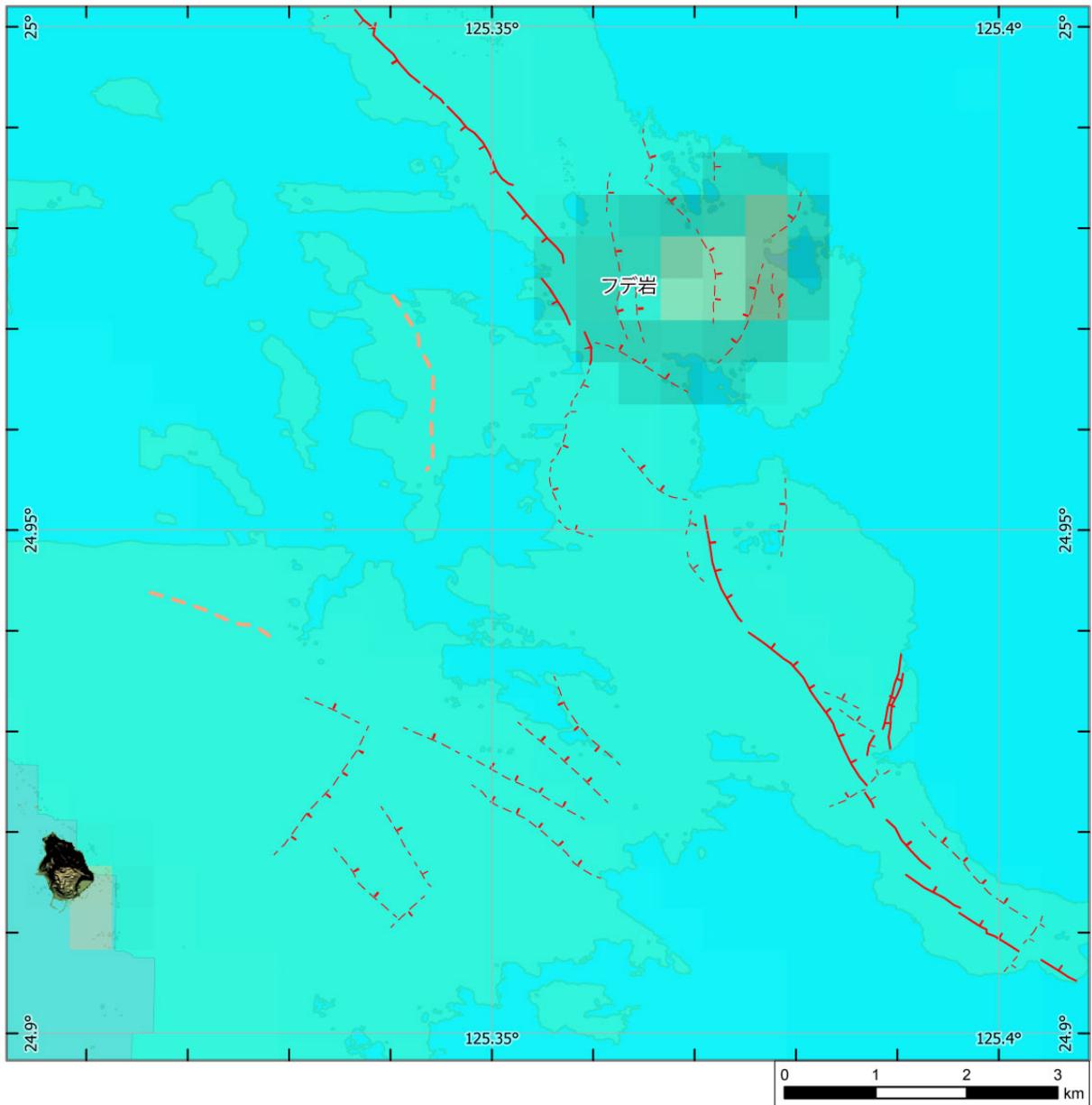


図 13 判読結果 (24.95° N、125.35° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 と同様。断層線の凡例は図 24 を参照。

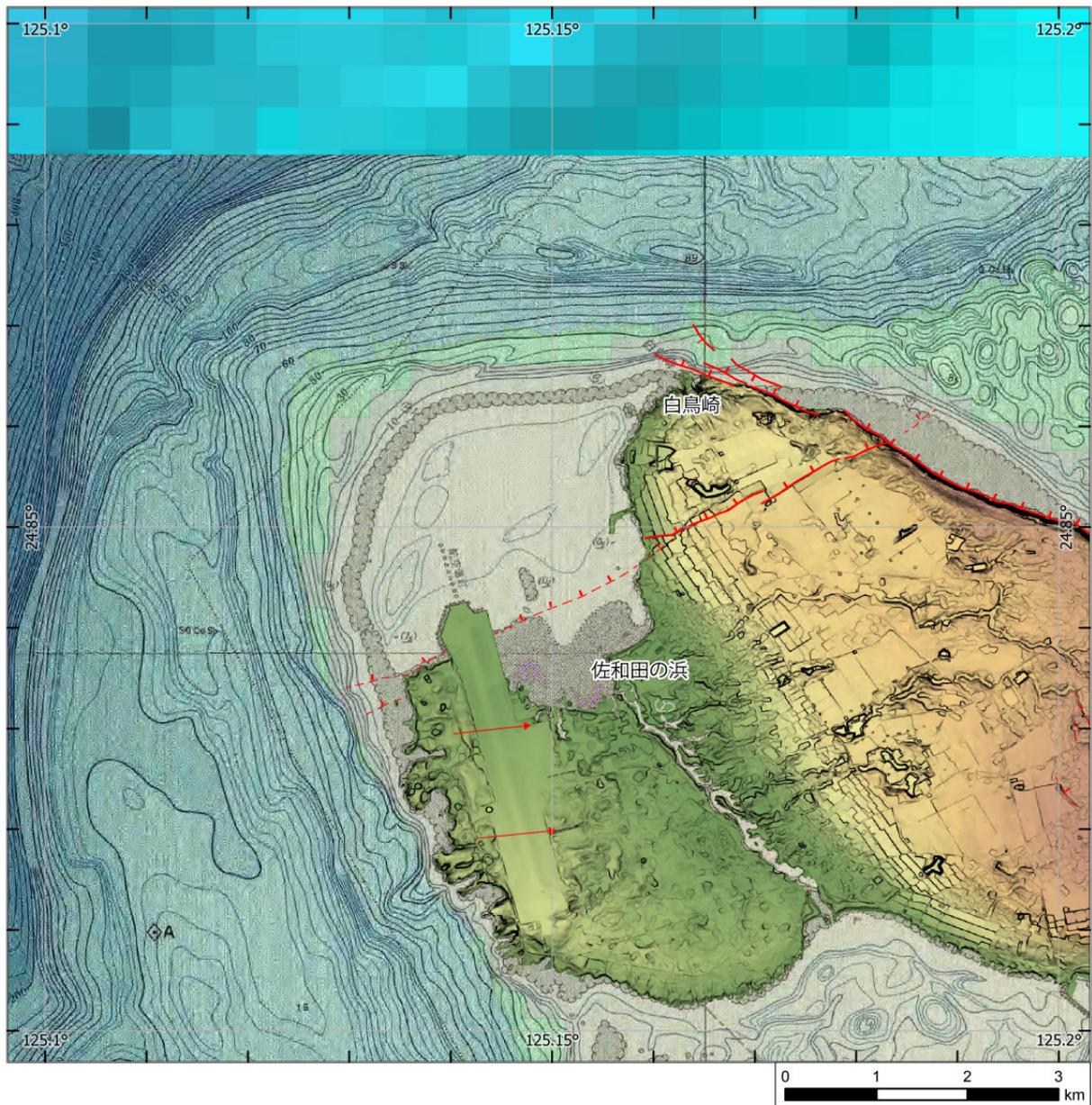


図 14 判読結果 (24.85° N、125.15° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島（海底地形図）」（海上保安庁，1986）を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

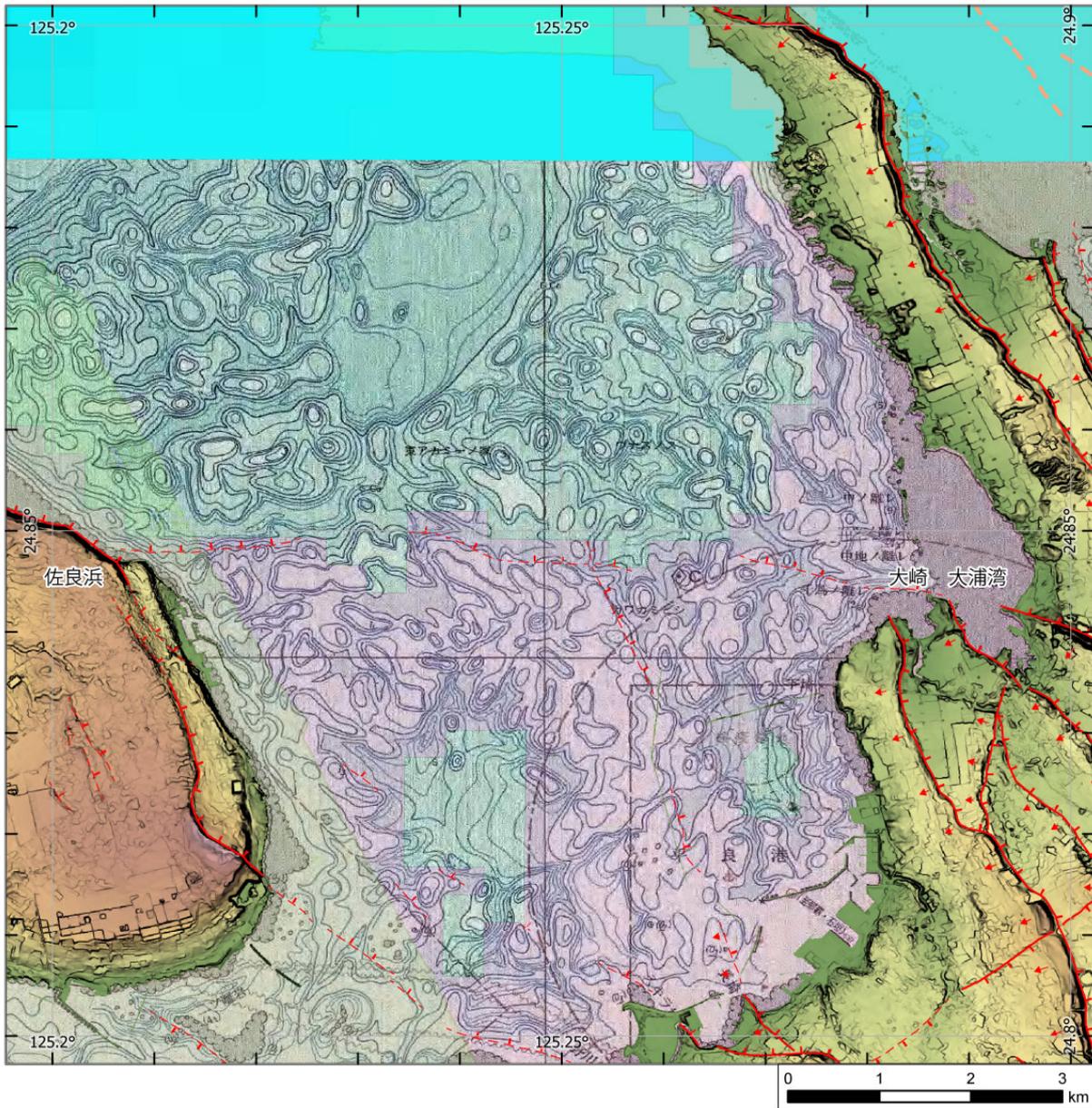


図 15 判読結果 (24.85° N、125.25° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島（海底地形図）」（海上保安庁，1986）を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

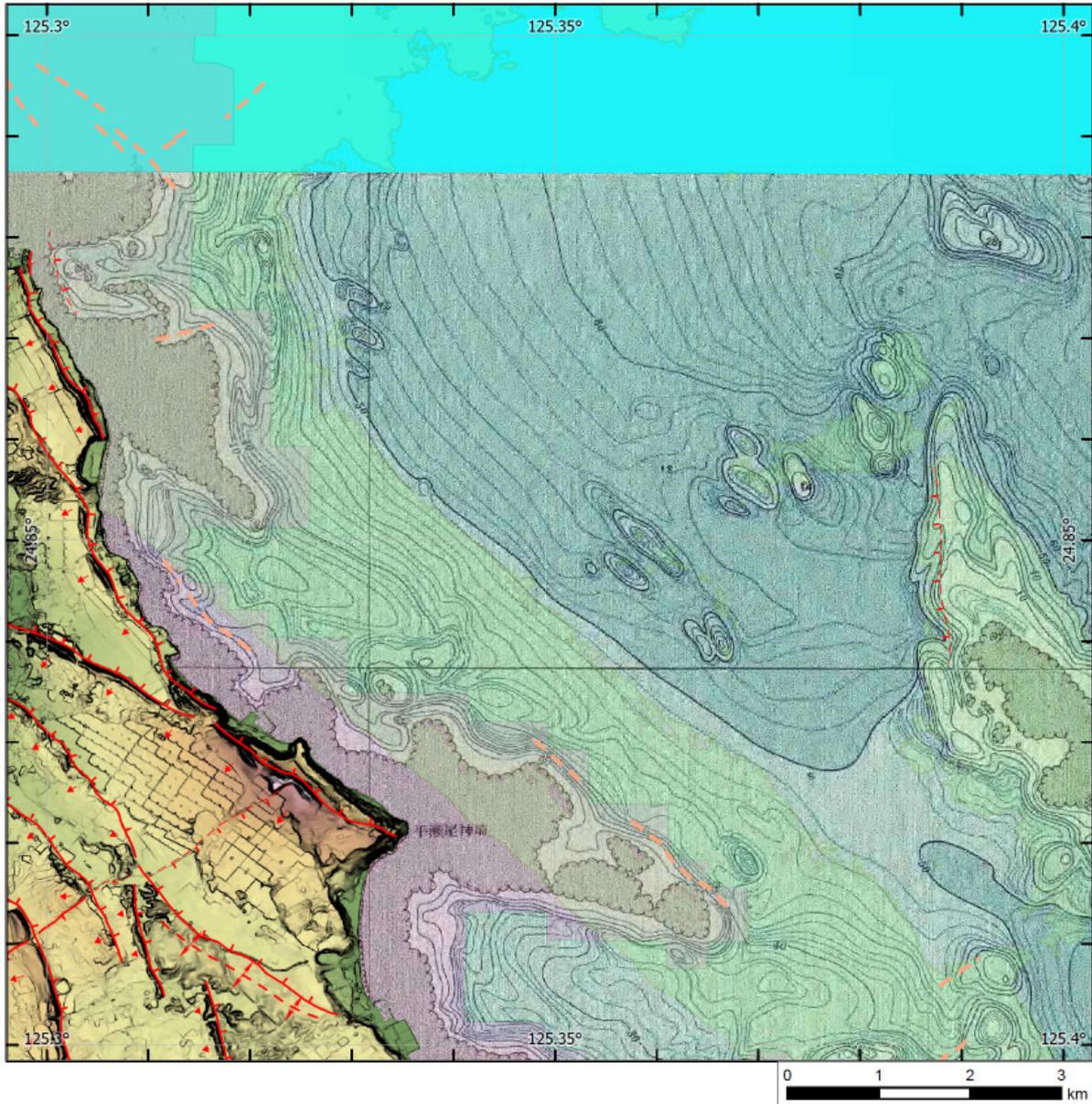


図 16 判読結果 (24.85° N、125.35° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島（海底地形図）」（海上保安庁，1986）を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

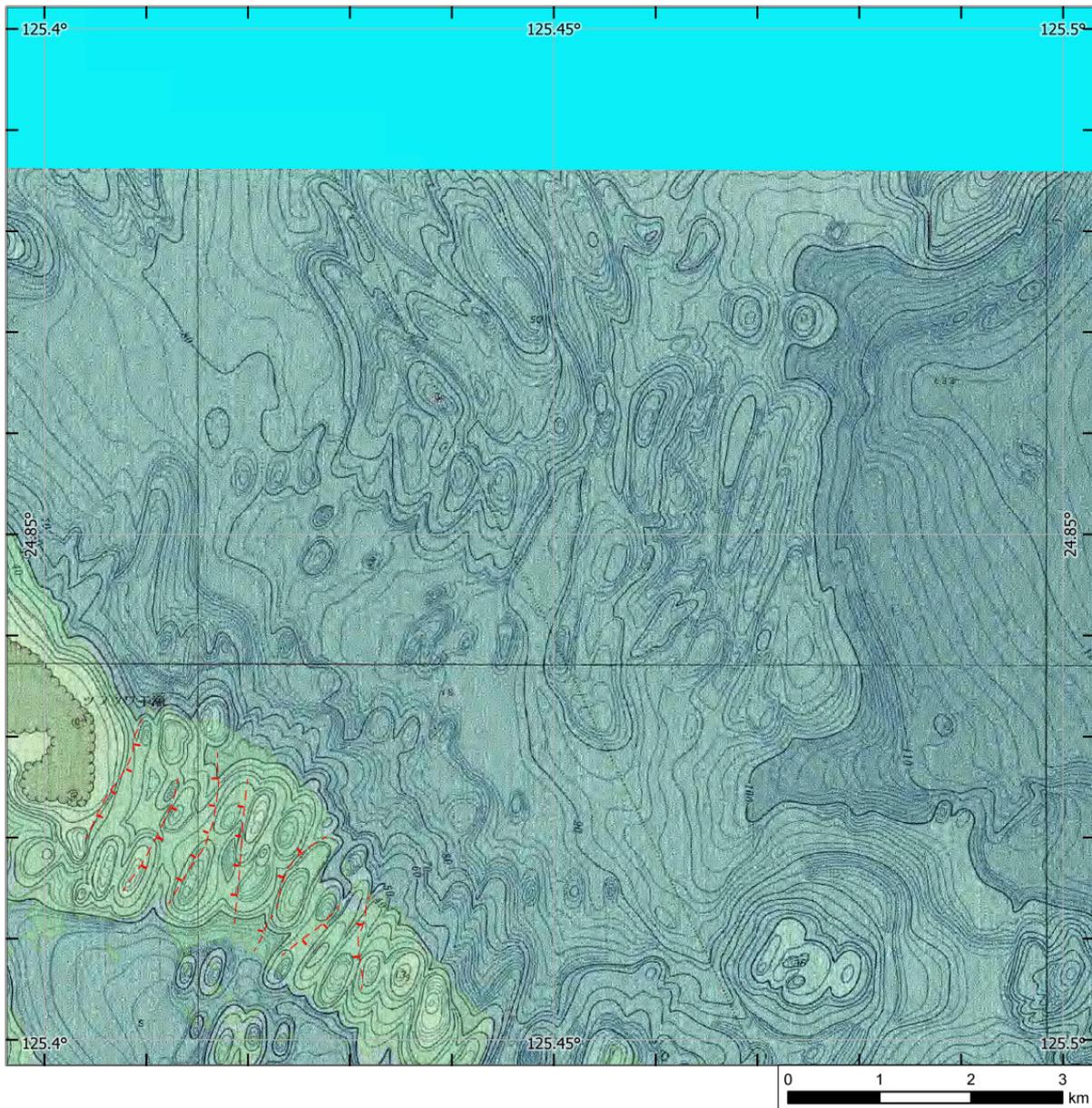


図 17 判読結果 (24.85° N、125.45° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島（海底地形図）」（海上保安庁，1986）を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

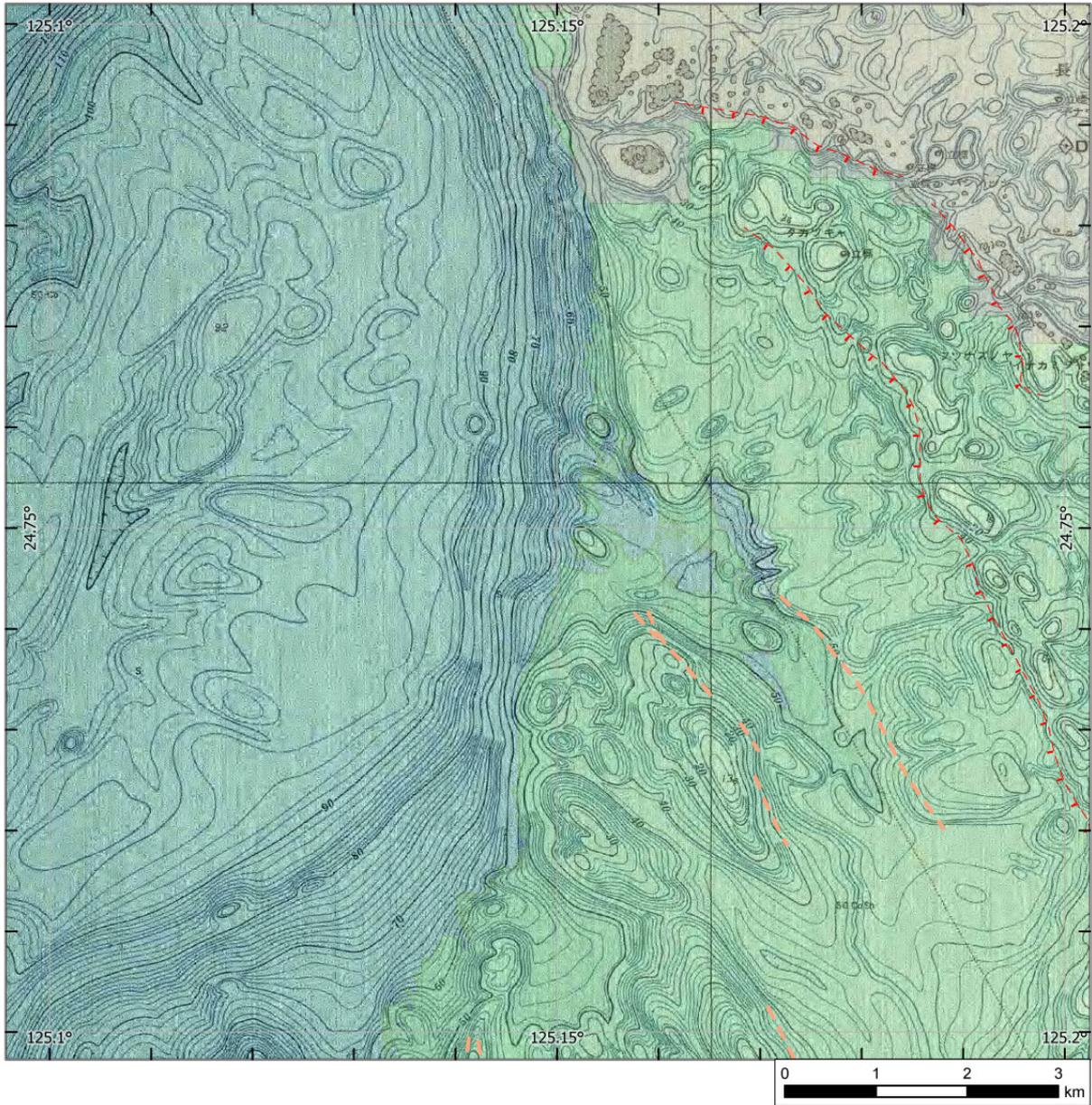


図 18 判読結果 (24.75° N、125.15° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島（海底地形図）」（海上保安庁，1986）を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

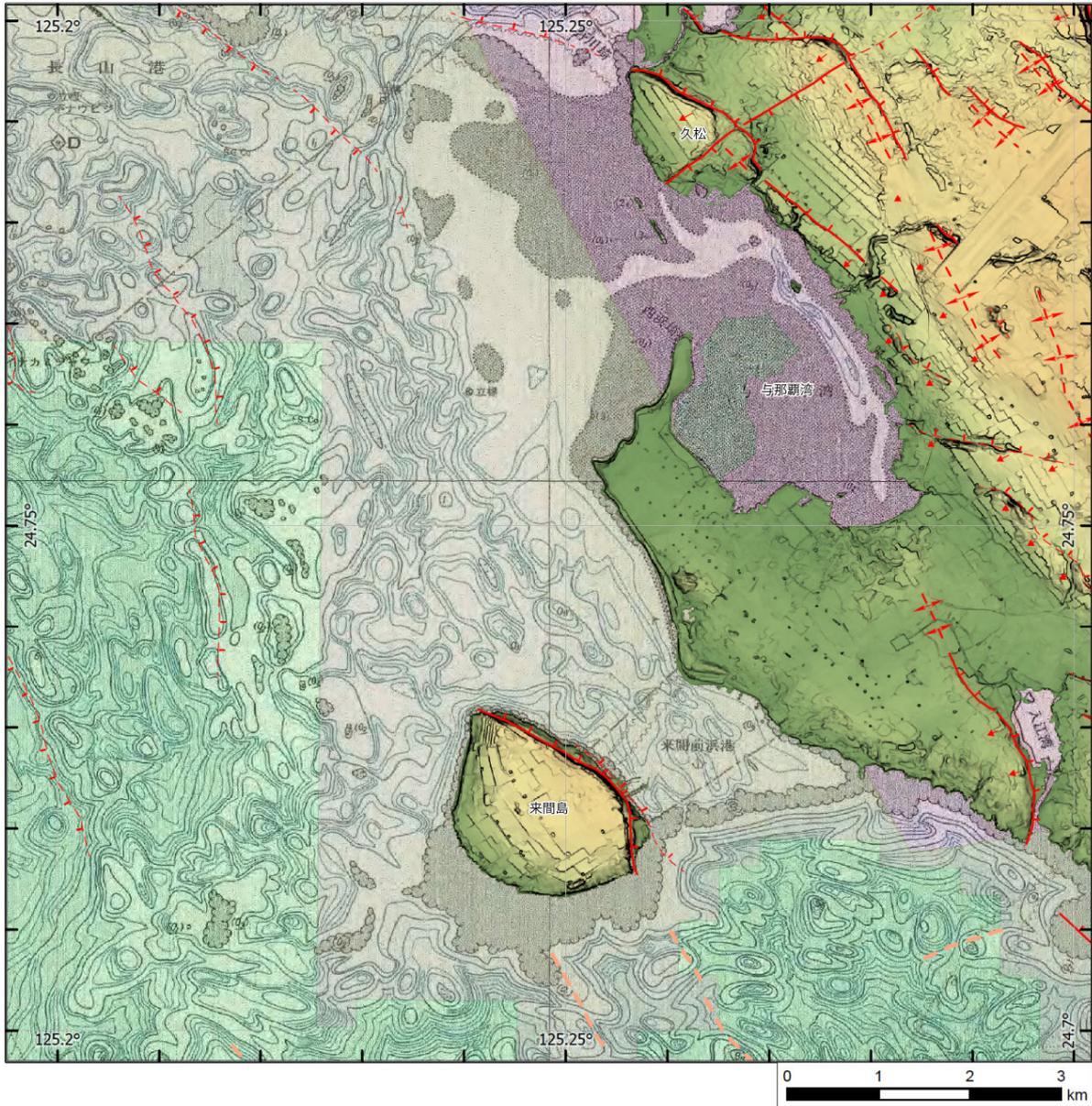


図 19 判読結果 (24.75° N、125.25° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島 (海底地形図)」(海上保安庁, 1986) を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

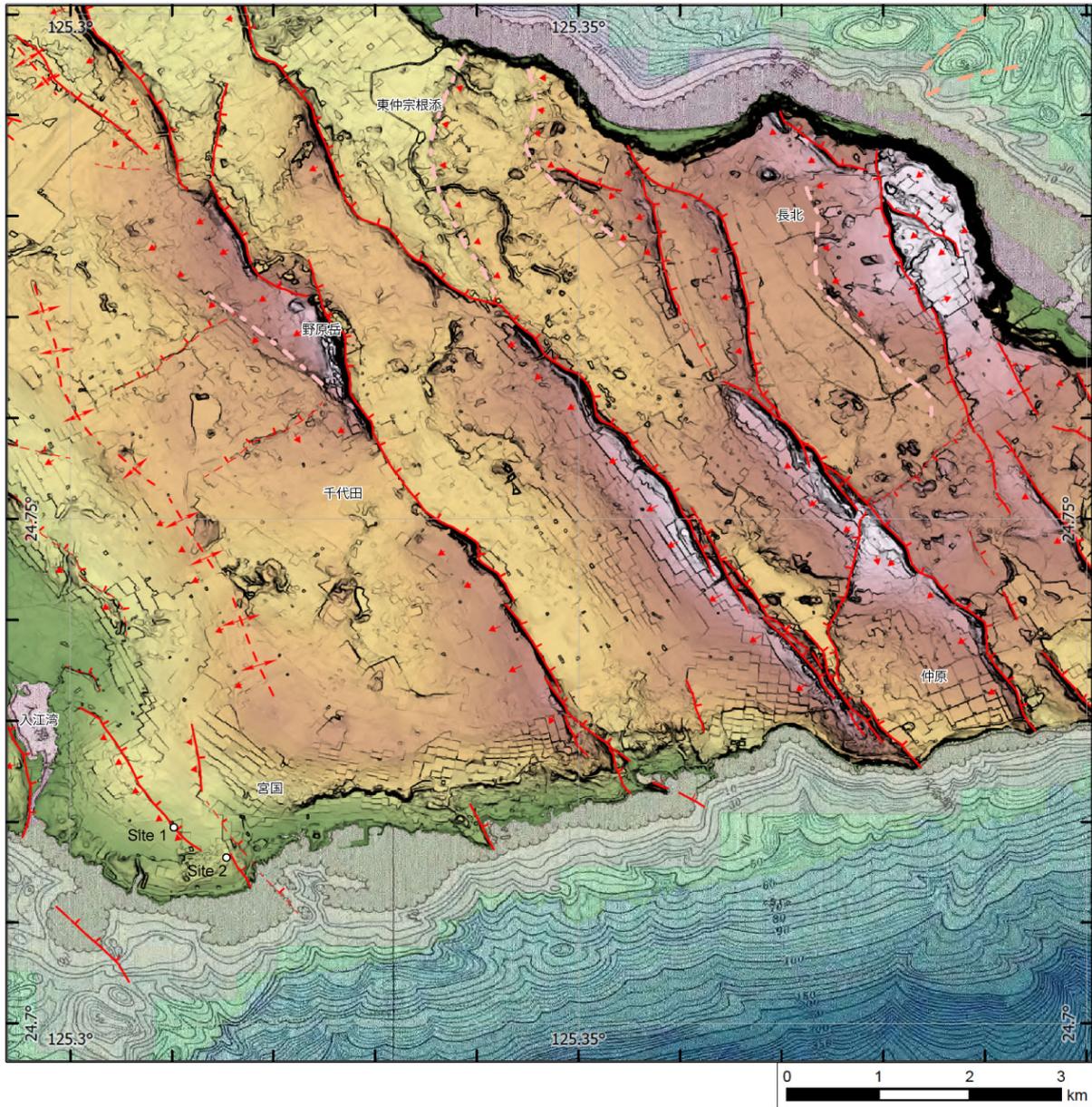


図 20 判読結果 (24.75° N、125.35° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島（海底地形図）」（海上保安庁，1986）を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

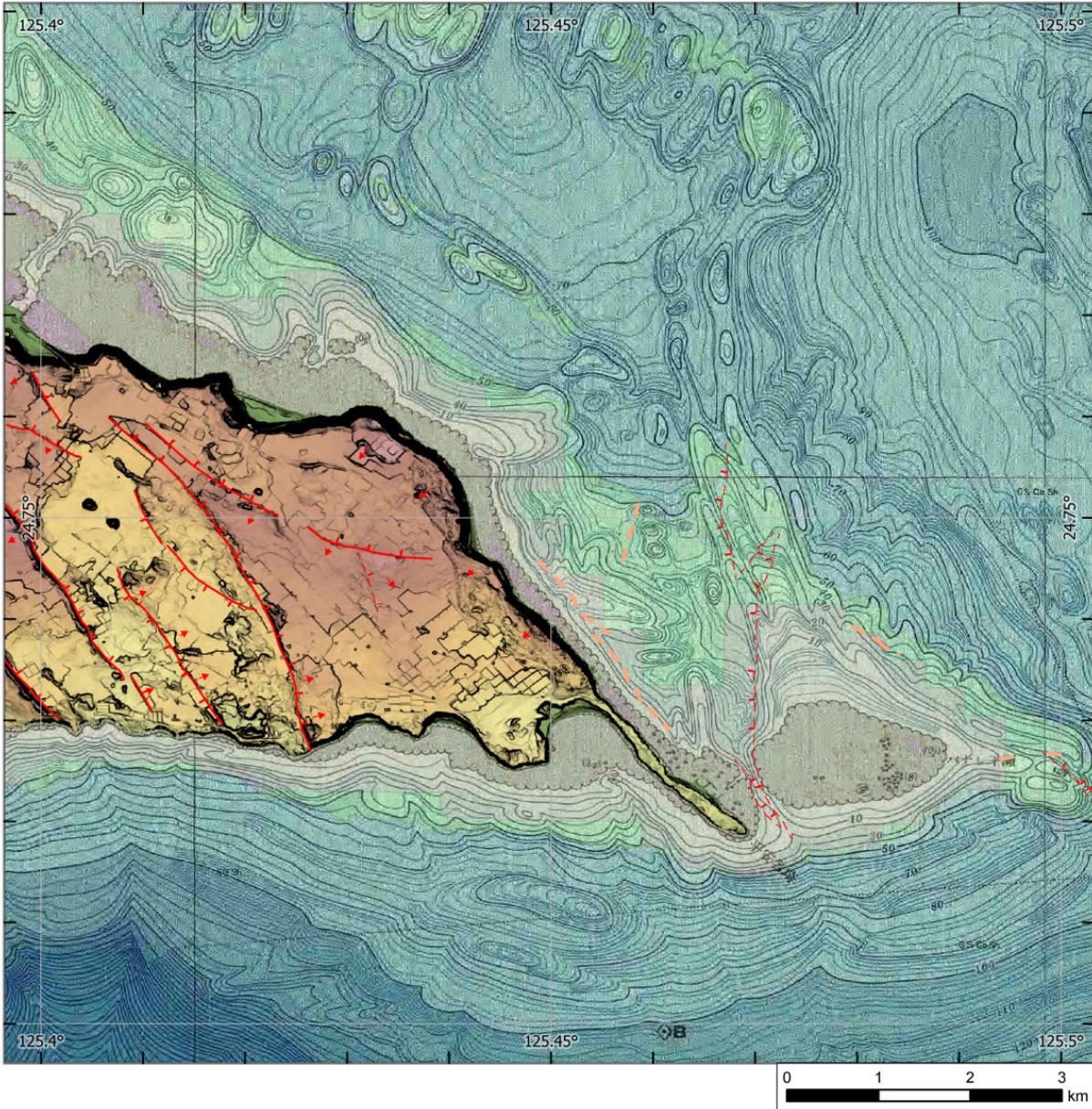


図 21 判読結果 (24.75° N、125.45° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島（海底地形図）」（海上保安庁，1986）を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

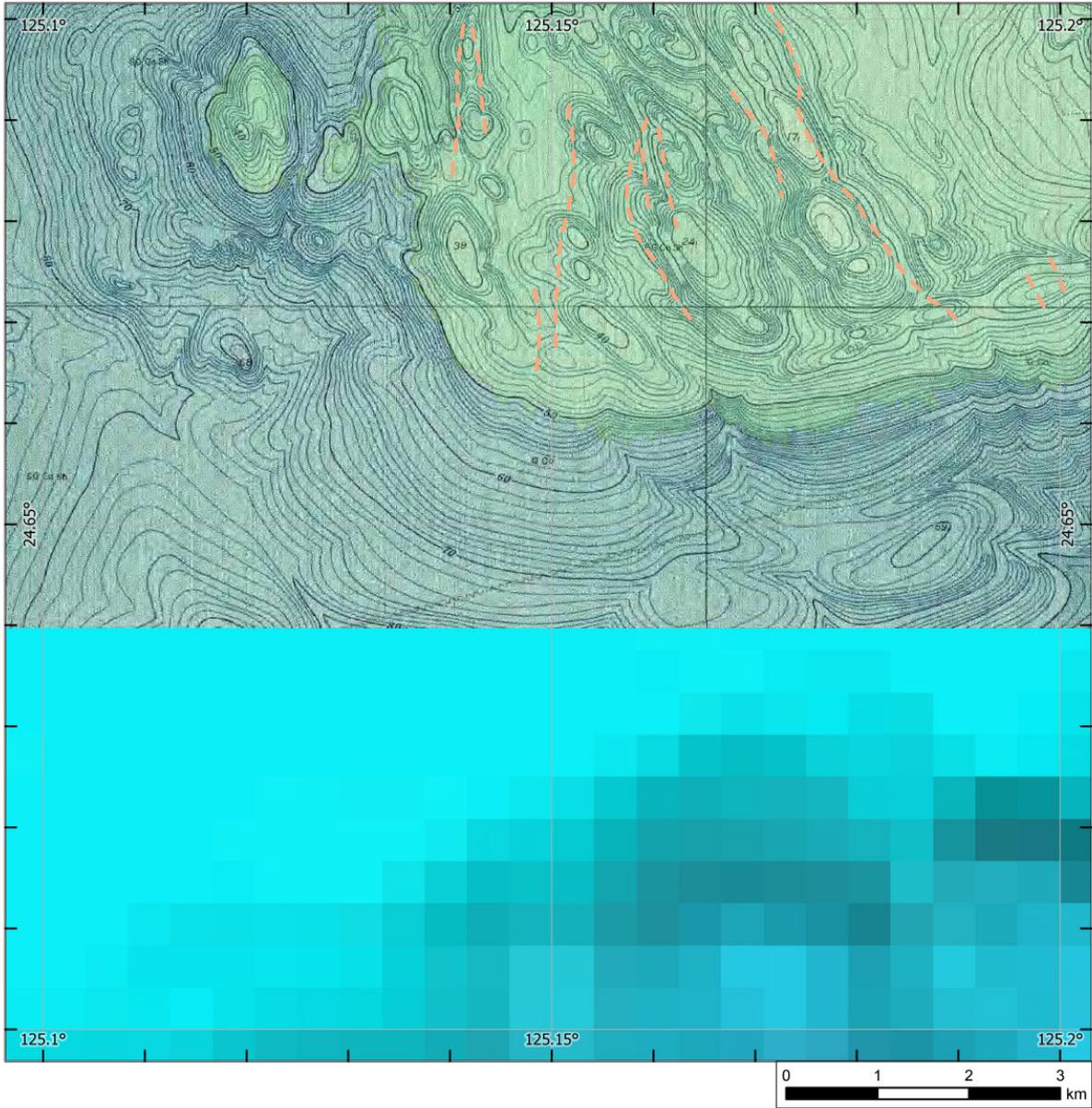


図 22 判読結果 (24.65° N、125.15° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島 (海底地形図)」(海上保安庁, 1986) を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

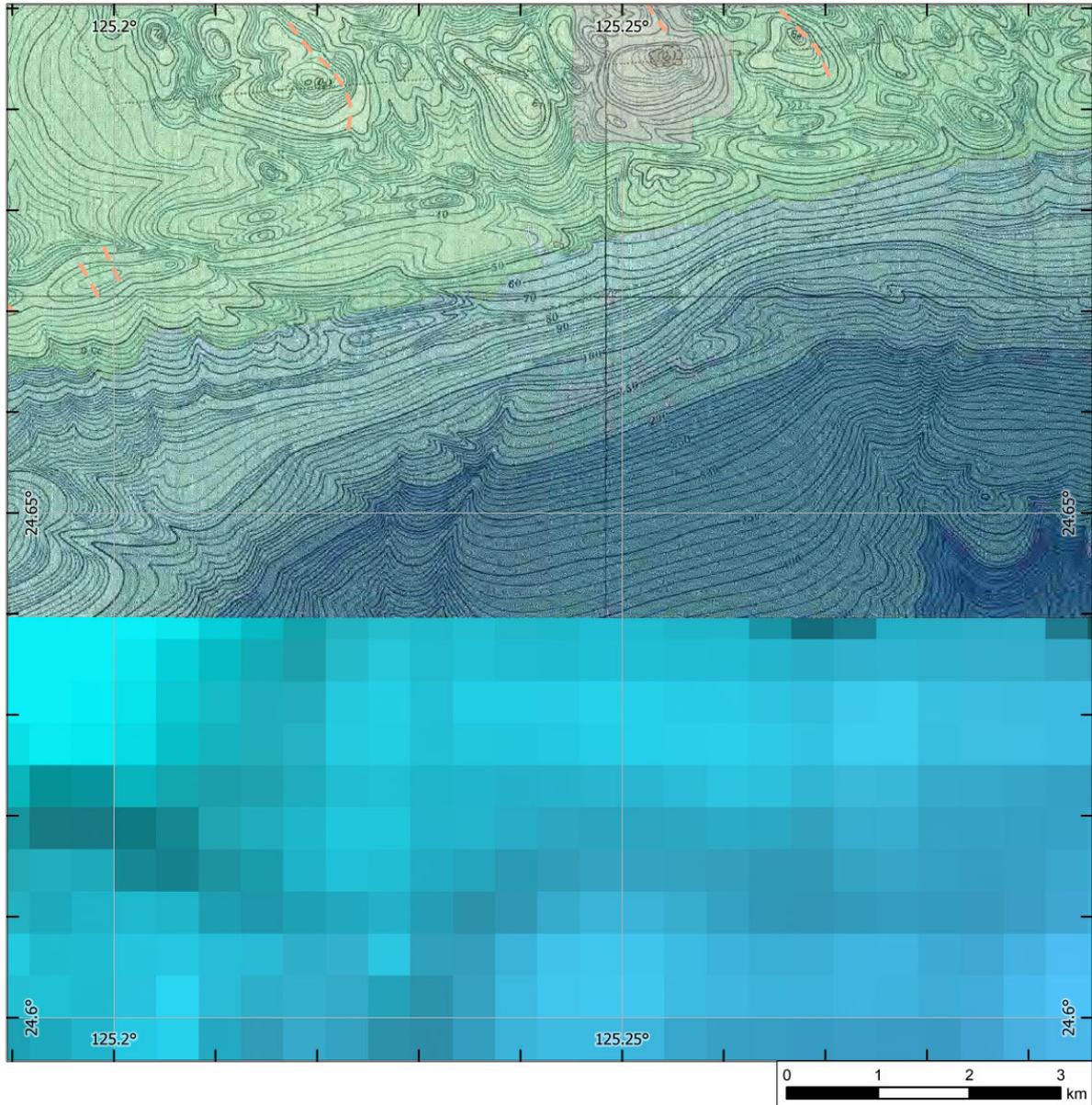


図 23 判読結果 (24.65° N、125.25° E 付近)

判読した範囲の一部を緯度 0.1 度、経度 0.1 度の区画で拡大した。表示した図の中央位置は図 7 に示した。背景は図 7 に加え、海域については沿岸の海の基本図「宮古島（海底地形図）」（海上保安庁，1986）を使用。断層線の凡例は図 24 を参照。

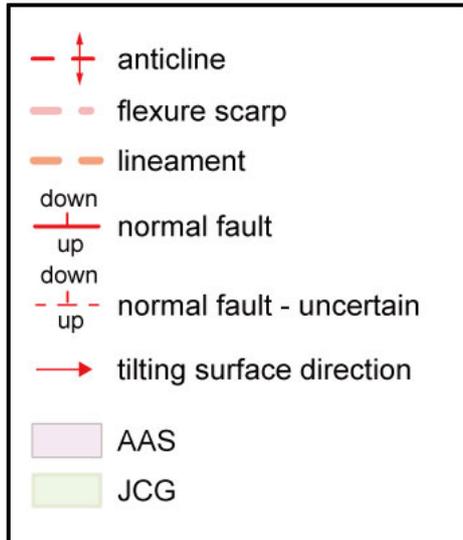


図 24 拡大した判読結果の凡例

紫の領域がアジア航測株式会社(AAS)提供の地形データにより判読した範囲。黄緑の範囲が海上保安庁提供(JCG)の地形データにより判読した範囲。

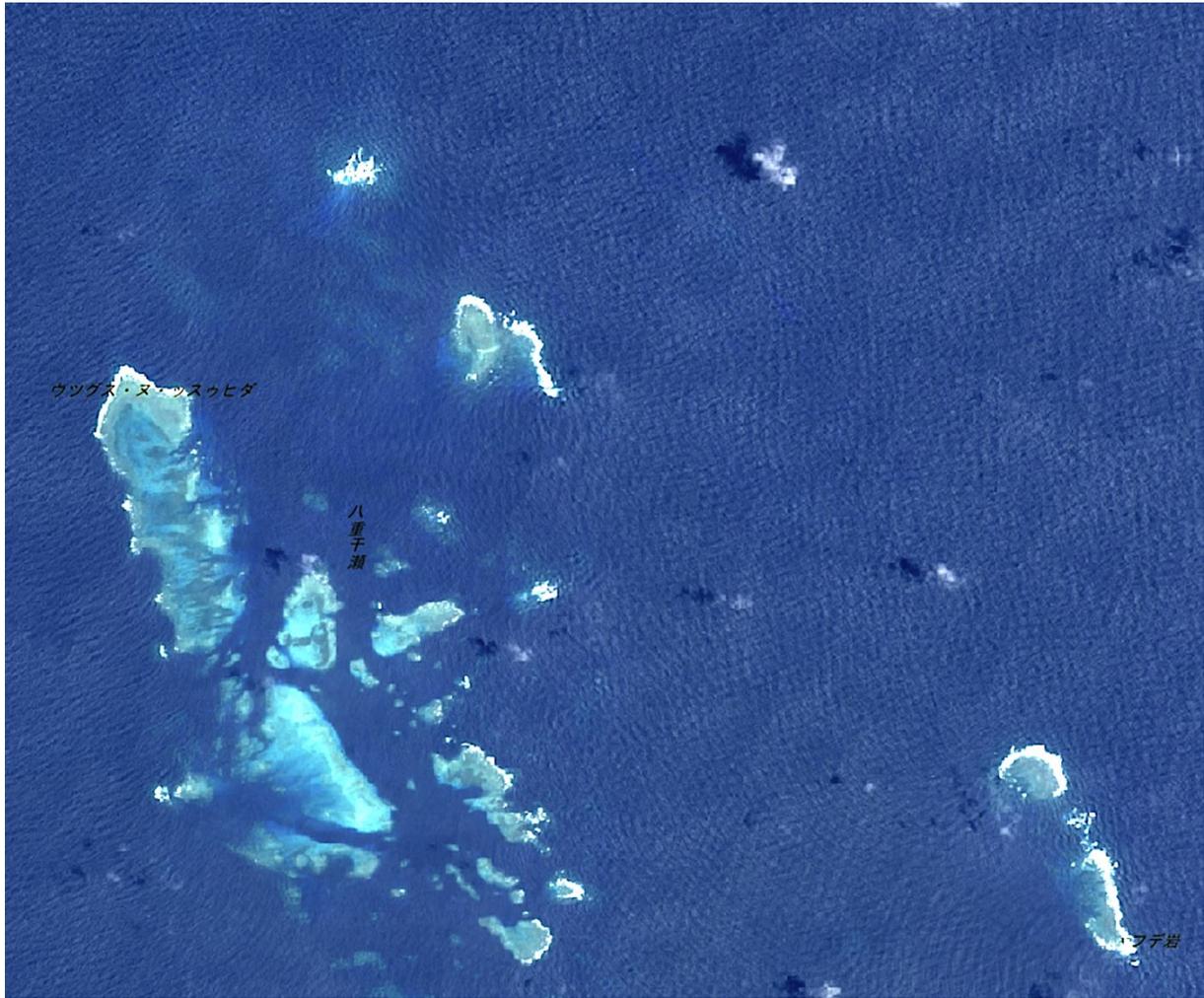


図 25 八重干瀬周辺の空中写真

地理院地図（電子国土 Web：<http://maps.gsi.go.jp/>）を用いて、全国最新写真（シームレス）から作成（2023/04/15 参照）。

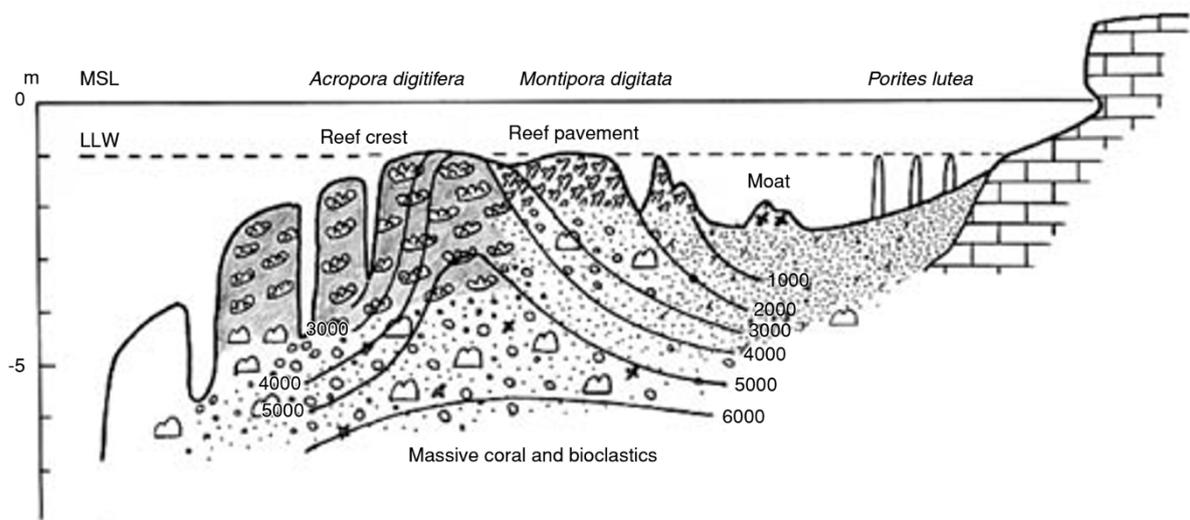


図6 琉球列島の裾礁の形成過程模式図。Yamano *et al.* (2001a) などをもとに作成。1000-6000 : 1,000-6,000年前の地形断面

図 26 裾礁の形成過程模式図

環境省「サンゴ礁保全の取り組み;1-2 サンゴ礁の分布」の図6を引用(2023/04/15参照)  
<https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/reference/mokuji.html>。

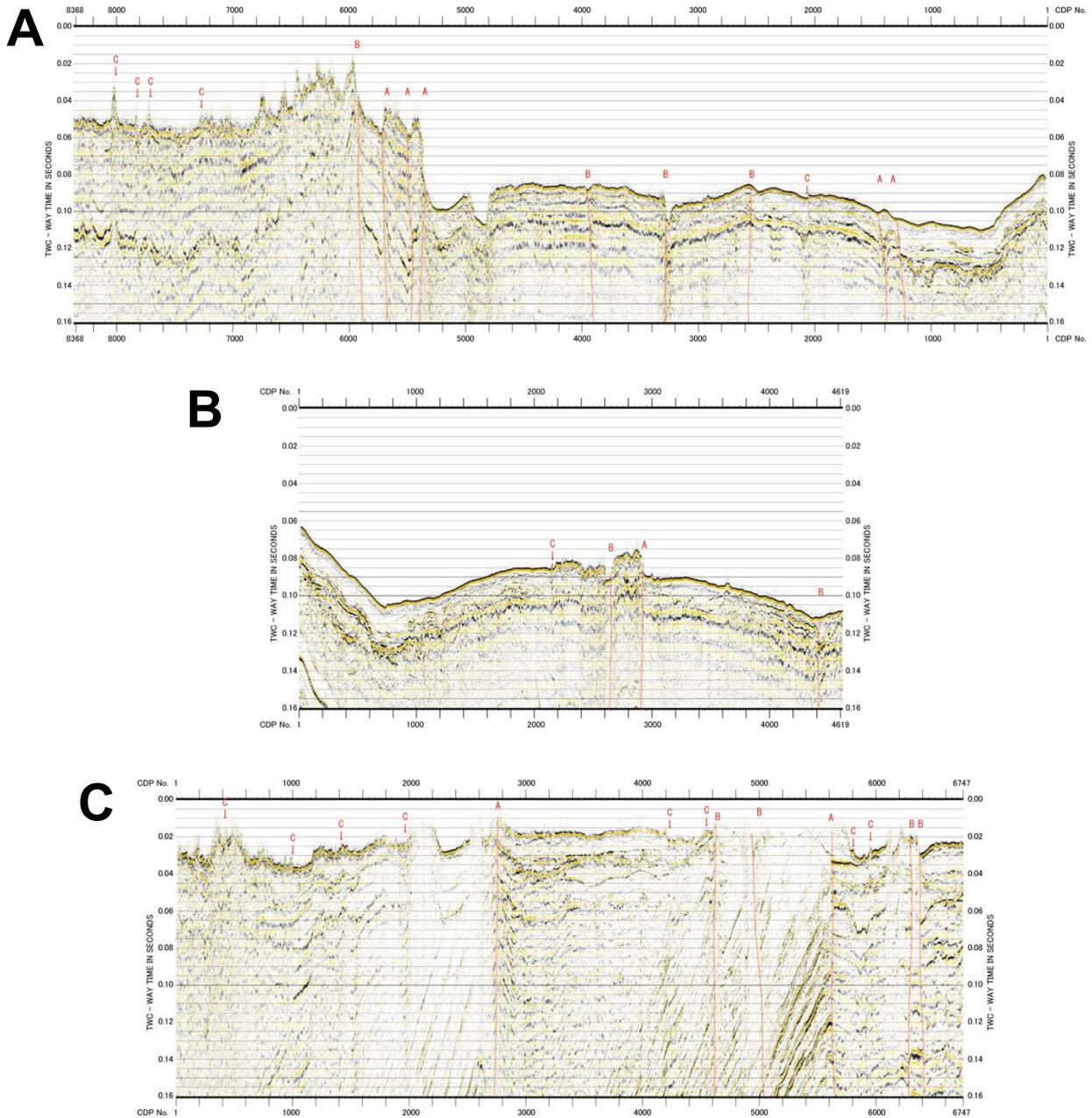


図 27 平成 20 年度追加・補完調査による音波探査の結果  
 平成 20 年度追加・補完調査による音波探査結果の浅部解釈図。(A) Line 1、(B) Line 2、(C) Line 3。それぞれ平成 20 年度追加・補完調査調査結果報告書の図 19、図 21、図 23 を引用。



図 28 試料採取候補地点の様子  
試料採取候補地点の位置は図 20 参照。