

Paper 1 JAPANESE
The Geological Journey of Charles Darwin



大抵の人はチャールズ・ダーウィンを生物学者とみなすでしょうけれど、地質学への情熱を持つ近代的な博物学者でした。彼はアレクサンダー・フォン・フンボルトの「旅行者が（略）非常に多くの間違った考えの原因となってきたのは、断片的な事実のせいである。（略）植物や動物の形状のように、大規模な地質学的現象は同じ規則に従うものである。」という言葉を信じていました。ダーウィンは、J.S. ヘンスロー、A. セジウィック（ダーウィンを自分の巡検に連れて行ったこの人物をケンブリッジ大学地質学博物館は取り上げています）、C. ライエル（『種の起源』の出版の重要性と緊急性をダーウィンに強く説きました）といった、初期の頃の地質学者の何名かと研究をしました。実のところ、ダーウィンの生涯で収入のあった唯一の仕事は、ロンドン地質学会事務局長の地位のみでした。

英国海軍艦船ビーグル号での航海というフィッツロイ船長からの申し出は、ダーウィンに地球探検の機会を提供しました。ダーウィンが荷物と一緒に持っていく本として数冊選んだ中に『地質学原理』（訳注、ライエルの本）がありました。その本には「地質学の進歩を大まかにみると、新しい意見と古い学説との間の絶え間ない激しい争いが繰り返されている。」と書かれてありました。ビーグル号が1831年12月27日にダーベンポートから出航したとき、彼は歴史的な役割を果たしたいと考えていました。約5年後の1836年10月2日にファルマスに戻ってきたときは、彼は予想以上のことをなしとげていました。生物学における業績の陰に隠れていますが、地質学への貢献は大きなものなのです。

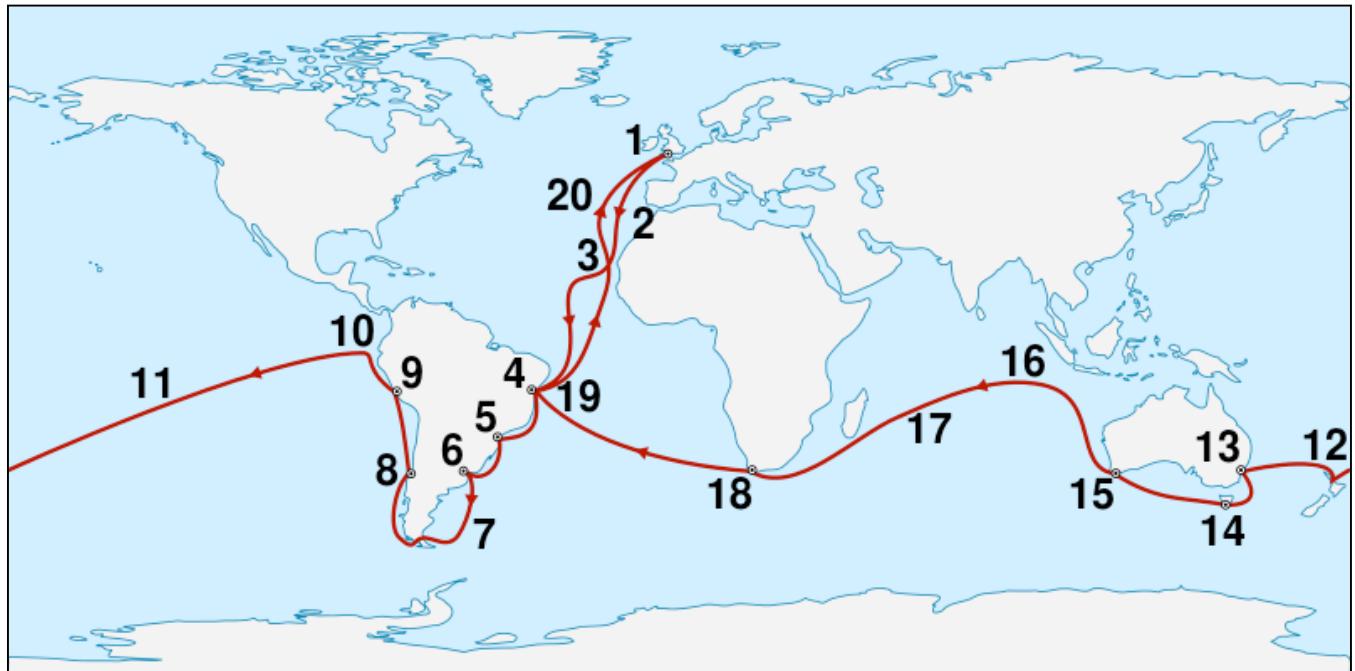


Figure 1. Voyage of the Beagle. Key : 1 Plymouth - 2 Tenerife - 3 Cape Verde - 4 Bahia - 5 Rio de Janeiro - 6 Montevideo - 7 Falkland Islands - 8 Valparaiso - 9 Callao / Lima - 10 Galapagos - 11 Tahiti - 12 New Zealand - 13 Sydney - 14 Hobart - 15 King Sound - 16 Cocos (Keeling) Islands - 17 Mauritius - 18 Cape Town - 19 Bahia - 20 Azores

ビーグル号航海中に、ダーウィンは多くの重要な地質学的観察と解釈をしましたし、その考え方のうちのいくつかはまだ受け入れられています。しかし、当時の知識や技能では理解不可能な地質現象を彼は手つかずのままにしていました。ですから、以下に出てくるC. ダーウィンとビーグル号は、まだ地質学探検旅行の途中にあるのです。

- ビーグル号の主目的は測量にありました。正確に測定するために、船には 28 器もの精度の高いクロノグラフ（当時としては最も高精度）が積んでありました。これらの時計は何を測定するのに欠かせないもの（現在も有用）でしたか。
 - a) 航行距離
 - b) 緯度
 - c) 経度
 - d) 潮汐振幅
 - e) 沿岸偏流
 - f) 海面標高
 - g) 相対湿度
 - h) 気圧
- ビーグル号が航海で横断したプレートをすべて答えなさい。
 - a) アフリカ
 - b) 南極
 - c) アラビア
 - d) 大西洋
 - e) オーストラリア
 - f) ココス
 - g) ユーラシア
 - h) インド
 - i) ナスカ
 - j) 北米
 - k) 太平洋
 - l) 南米
- クリストファー＝コロンブスの航海(1492-1493)とチャールズ＝ダーウィンの航海（1831-1832）との間には約 350 年の開きがあります。プレート運動が一定であったと仮定すると、ダーウィンは大西洋がどのようにあることに気づいたでしょうか。
 - a) 約 300 m 幅が広い
 - b) 約 100 m 幅が広い
 - c) 約 10 m 幅が広い
 - d) 幅は変わらない
 - e) 約 10 m 幅が狭い
 - f) 約 100 m 幅が狭い
 - g) 約 300 m 幅が狭い
 - h) 現代でも判別不可能

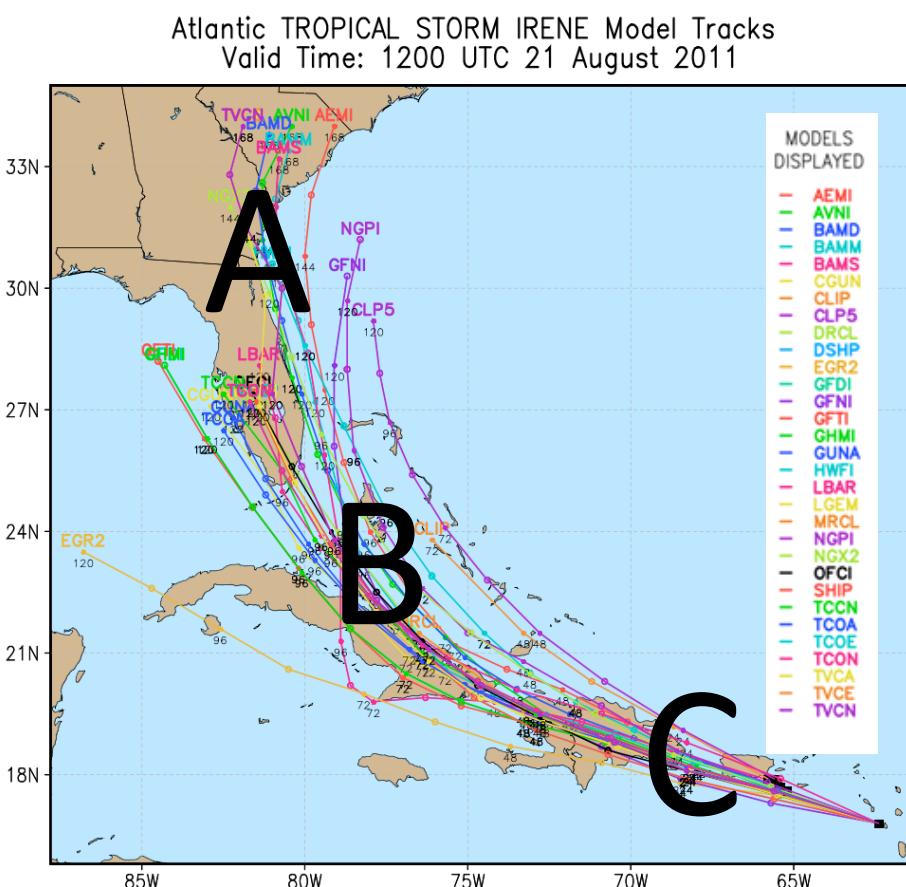


図 2. 2011 年 8 月 ハリケーン・イレーネのスパゲッティーダイヤグラム

現代の遠洋航海では、気象観測機関や気象モデルから重要な情報を入手します。例えば多くの機関は、さまざまな物理・数学モデルを用いて、ハリケーンの進路予報を行います。進路のアンサンブル予報は、スパゲティーダイヤグラムであるのが通常のやり方です(図 2)。1 枚の図の中に、個々の予報は線で示されます。

- スパゲティーダイヤグラムの目的は、利用者にどの知識を与えるためですか。
 - a) ハリケーンのサイズ
 - b) 予報の信頼性
 - c) 経路の直線性
 - d) ハリケーンの到達時刻
 - e) ハリケーンの影響を受ける地域

- 最初にハリケーンが到達すると予測されているのは、図中の3エリアの中のどこですか。
 - a) A
 - b) B
 - c) C
 - d) どれでもない

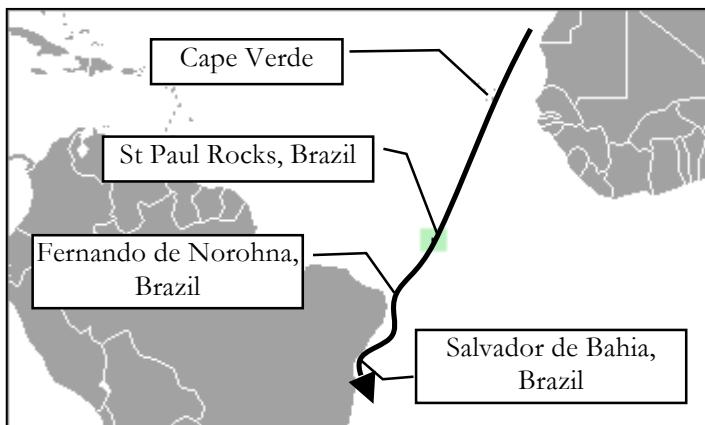


Figure 3. ビーグル号の大西洋横断ルート。ダーウィンが調査した地点を示しています。

Cape Verde 諸島訪問後、ビーグル号は St. Paul's 岩礁を経て、大西洋を横断しました（図 3）。St. Paul's 岩礁（ブラジル）は大西洋にある無人の岩礁で、赤道に非常に近い場所 ($00^{\circ}55'N$, $29^{\circ}20'W$) にあります。ビーグル号は 1832 年 2 月 16 日にこの岩礁に停泊し、ダーウィンは自分の地質学の知識を試すために、ある場所を調査しました。ダーウィンはこう書いています。「この島は、火山起源であることが示されていない大西洋の最初の島ではないか。」「私が見たことのあるどれとも似ていない。」ダーウィンがこの場所で採取した岩石標本は、20 世紀後半に「マイロナイト化した角閃石に富むペリドタイト」と同定されました。マイロナイトは 1880 年代に、ペリドタイトは 1840 年代に定義されました。プレートテクトニクスは、20 世紀になるまで登場しませんでした。ダーウィンの驚きを私たちも体験することができます。

6. 大気大循環モデルでは、St. Paul's 岩礁で最も卓越する風の向きは次のどれですか。
 - a) 北向き
 - b) 東向き
 - c) 南向き
 - d) 西向き

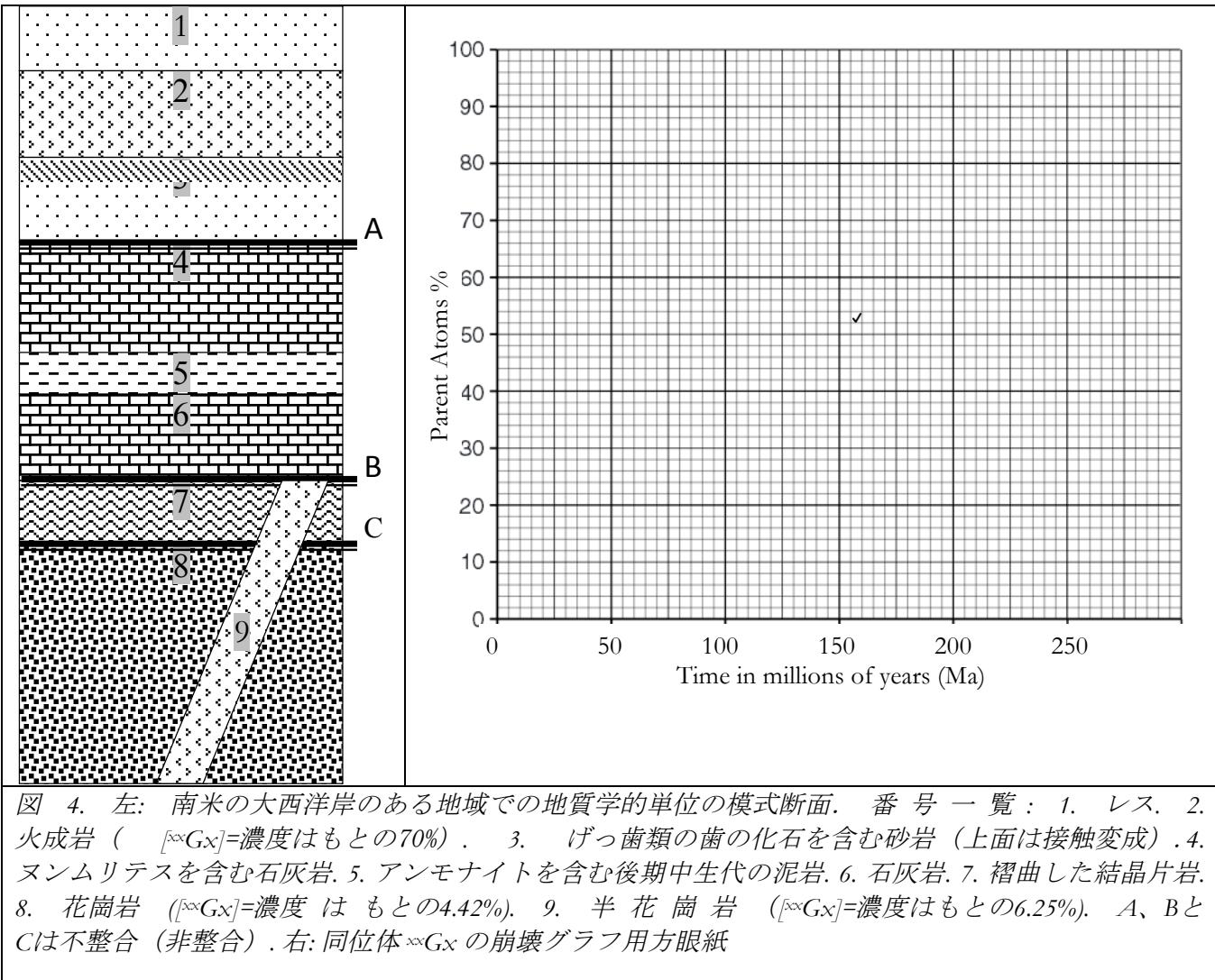
7. カンラン石が多い火成岩であるペリドタイトの組成と St. Paul's 岩礁の位置の両方から考えると、この岩石の起源としてもっとも適切なのは次のうちのどれですか。
 - a) 大陸分裂の初期に閉じ込められた南米もしくはアフリカ大陸のリソスフェアの断片
 - b) 大西洋が狭くなった時期に大西洋沿岸にあった古期沈み込み帯の断片
 - c) アフリカとアメリカが分裂した時に地表にもたらされたマントルの断片
 - d) 深層対流によって地表にもたらされた地球の外核の断片

8. マイロナイトは、摩擦と圧力によって形成される変成岩です。この岩石は次のうちどれに関連しますか。
 - a) 海嶺火山活動
 - b) トランスフォーム断層運動
 - c) 沈み込みの際の摩擦
 - d) 3 つのプレートの 3 重会合点

- 1832 年 8 月 22 日、ビーグル号は Montevideo から St Antonio 北方の Bahia (およそ $36^{\circ}S$, $56^{\circ}W$) まで航海しました。

9. 地球の半径が 6371km であり、天は現在とほぼ同じだとすると、こぐま座 α 星 (北極星) とはちぶんぎ座 σ 星 (南十字のすぐ近く；訳注、天の南極付近の間違いか) の両方を見るためには、ビーグル号はどれだけ移動しなければならないですか。
 - a) 北へ 6371 km
 - b) 北へ 4000 km
 - c) 北へ 2000 km
 - d) 西へ 6371 km
 - e) 東へ 4000 km
 - f) 南へ 2000 km
 - g) 南へ 4000 km
 - h) 南へ 6371 km

ビーグル号はイギリスを出発してから 311 日後の 1832 年 11 月 2 日に Buenos Aires (アルゼンチン) に到着しました。1833 年 1 月まで、ダーウィンはアルゼンチンの大西洋岸である、パンパとパタゴニア地域を探検する機会が何度もありました。このレスが広がるかなり平坦な地域には、複雑な地史と地質構造が覆い隠されています。次の模式断面図（図 4）を検討して、あとの問い合わせに答えなさい。



10. レスはパタゴニアの広い範囲を覆っている堆積物です。これを構成する細かい粒子は風によって運搬されますが、どこから供給されますか。
 - a) 堆積した火山灰
 - b) 沖積平野
 - c) 氷食による粒子
 - d) 海岸平野の砂丘

11. 仮想的な放射性同位体(^{xx}Gx)の、もとの濃度に対する現在の相対的な濃度が、地質区分単位 2、8、9において測定されました。 ^{xx}Gx の半減期 ($t_{1/2}$) は 5000 万年です。地質区分単位 2 は何年前に形成されましたか (1 Ma = 100 万年前)。
 - a) 10 Ma
 - b) 30 Ma
 - c) 50 Ma
 - d) 70 Ma
 - e) 90 Ma
 - f) 110 Ma

12. 地質区分単位 2 の起源に最も関連のあるのはどれですか。
 - a) 堆積作用
 - b) 貫入作用
 - c) 断層作用
 - d) 火山作用
 - e) 土壤作用
 - f) 氷河作用
 - g) 正マグマ岩脈
 - h) 深成作用

13. 図 4 に示した 3 つの不整合(非整合)のうち、傾斜不整合であるのはどれですか。
 - a) A
 - b) B
 - c) C
 - d) どれでもない

14. 図 4 中の地質区分単位の次の組み合わせのうち、どれが海退の痕跡を示していますか。 (正解をすべて選びなさい。)
- a) 9>8
 - b) 8>7
 - c) 7>6
 - d) 6>5
 - e) 5>4
 - f) 4>3
 - g) 3>2
 - h) 2>1
 - i) どれでもない
15. 図 4 を見て、地質区分単位 7 が褶曲した年代に最も近いのは次のうちどれですか。 (グラフにプロットして解くとよい。)
- a) 125–150 Ma
 - b) 150–175 Ma
 - c) 175–200 Ma
 - d) 200–225 Ma
 - e) 225–250 Ma

南米の大西洋岸の探査後、ビーグル号は Tierra del Fuego に再び立ち寄り、ビーグル海峡を通じて太平洋に向かいました。

16. この地域において、ダーウィンは環南極海流(ACC)という海流に遭遇したかもしれません、南極底層水(AABW)の存在は知りようがありませんでした。次のどの選択肢が最も正しいですか。
- a. ACC は航海において役に立つ風で、AABW は氷山があるため危険です。
 - b. ACC はダーウィンの時代にはさかんな海流であり、AABW は地球温暖化と南極の氷の融解による最近の海流です。
 - c. ACC は高塩分で、AABW は低塩分です。
 - d. ACC は風成海流で、AABW は密度による流れです。
17. ビーグル海峡は更新世の氷河により削られた峡谷なので、次のように記述できます。
- a. 氷河で侵食された入り江
 - b. 海水準上昇により沈水したフィヨルド
 - c. 周氷河環境
 - d. 氷河クレバスへの河川の侵食
 - e. 平衡を保って沈降した峡谷

1835年2月20日、ビーグル号がいた Valdivia は 地震に見まわれました。ダーウィンは、「最年長の原住民が覚えている限りでもっとも強い地震だった、という点で Valdivia の歴史においてこの日は特筆に値する。」と日誌に書いています。ダーウィンは、Concepcion (チリ) $36^{\circ}52' S$ $73^{\circ}01' W$ に上陸し、「Concepcion や Talcuhano (港) に建っていたはずの家がなく、70 もの村が被害を受け、大津波が押し流して Talcuhano を廃墟にしたも同然であった」ことを、5月5日までに明らかにしました。

18. 3つの地震計記録と地図とともに、震央の場所を選びなさい。[解答用紙の a、b、c、d、e から選びなさい。]

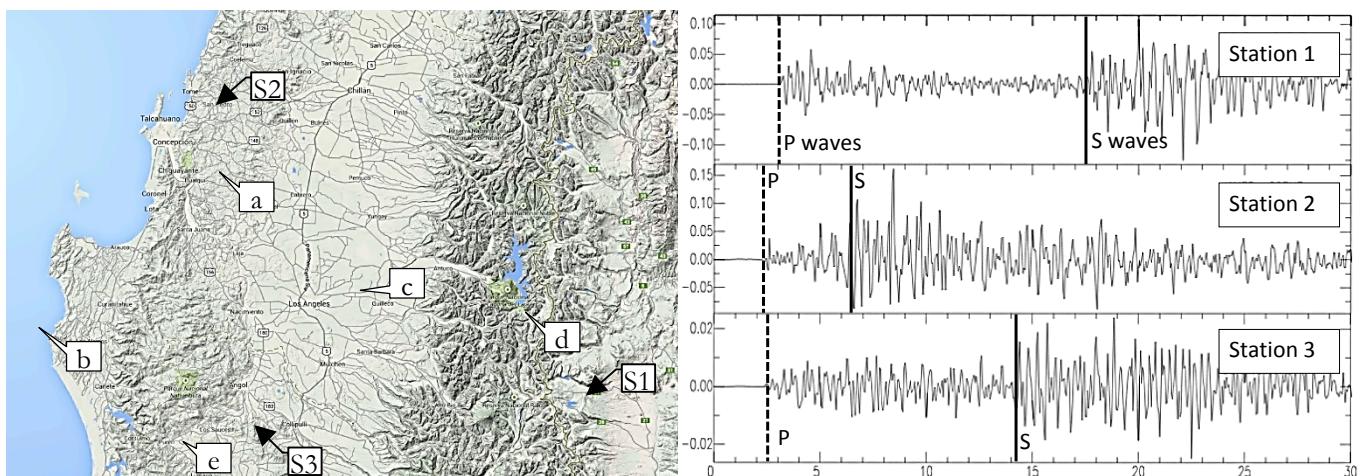


図 5A : 西は太平洋から東はアンデス山脈までのチリの地図。S1、S2、S3 は 3 か所の地震観測地点。a-e 点のいずれかがある地震の震央の候補を示している。B : P 波、S 波の到着時刻 (秒) を示した S1-S3 の地震計記録。

旅の間、ビーグル号は何千キロも海岸を調査しました。図6を見て問19と20に答えなさい。：

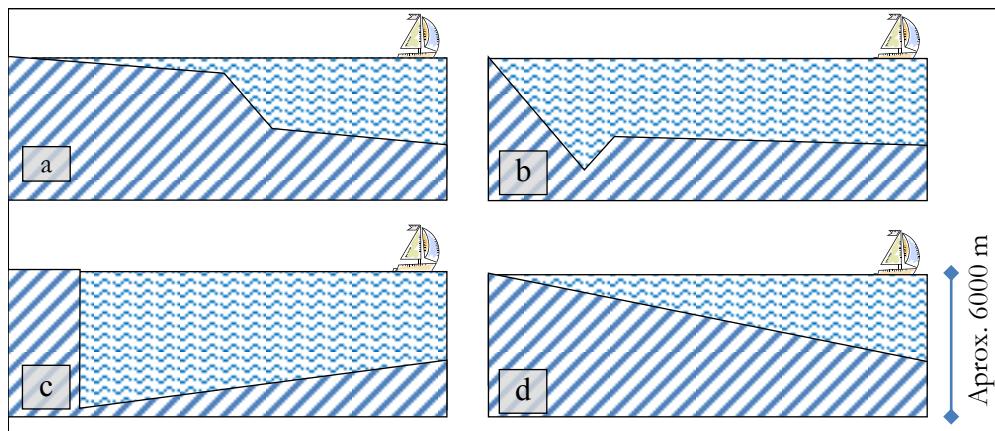


図6. 単純化した4タイプの沿岸地形の仮想断面

19. どの図が大西洋沿岸の Santa Fe (アルゼンチン) を示したものとして最も適切ですか。
[解答用紙の a、b、c、d から選びなさい。]
20. どの図が太平洋沿岸の Concepción (チリ) を示したものとして最も適切ですか。[解答用紙の a、b、c、d から選びなさい。]

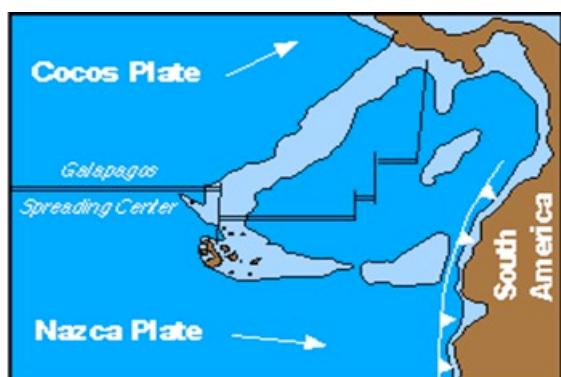


図7. Galapagos諸島の単純化したテクトニック環境 矢印はプレート運動を示す。

Galapagos諸島はダーウィンや彼より後の生物学者にとって重要な場所です。地球科学的視点からも、この諸島はかなり特別な環境を示しています。Galápagosの地質学的環境はハワイとよく似ています。

21. Galápagos の地質学的環境を最も良く表した文は次のうちどれですか。
- 諸島はベニオフ面上にある
 - 諸島はマントルブルーム上にある
 - 諸島はリソスフェアの平衡を保った地溝にある
 - 諸島は1条のトランسفォーム断層上にある

22. Galapagos 諸島の火山活動は、

- すべての島で同じ年代
- 諸島内でバラバラな年代
- 西側でより古い
- 西側でより新しい
- 東側でより古い
- 東側でより新しい

ビーグル号が Cocos-Keeling 諸島に着くまでに、ダーウィンは隆起の証拠をたくさん見つけており(山中の貝殻、火山島など)、なんらかの地球の平衡を補償するためにどこかが沈降する証拠があるに違いないと思っていました。事実、『サンゴ礁の構造と分布』がビーグル号の航海における地質学の最初の分冊として 1842 年に出版されました。サンゴ礁の地図で 2 つの主なタイプのサンゴ礁、すなわち「赤は活火山、青は裾礁」に分類しました。Cocos-Keeling 諸島では、フィツツロイはサンゴ礁を綿密に調査して詳細な海図を作成し、これは第二次世界大戦まで標準としてずっと使用されました。この詳細な調査と観察結果のおかげで、現在も受け入れられているサンゴ礁や環礁形成の説明を、ダーウィンは十分に述べることができました。

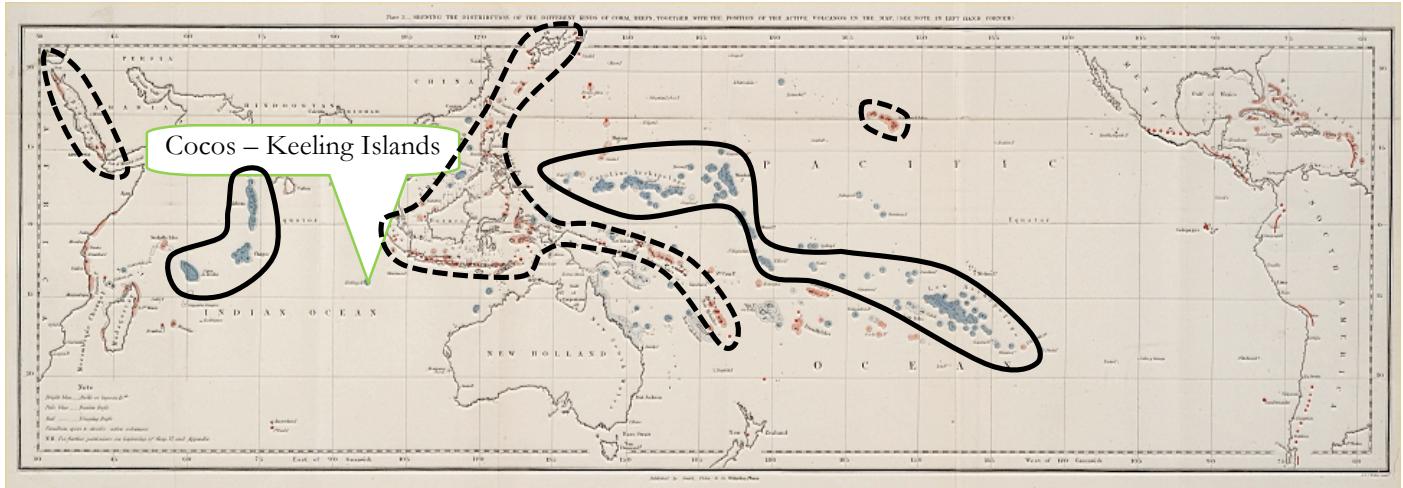
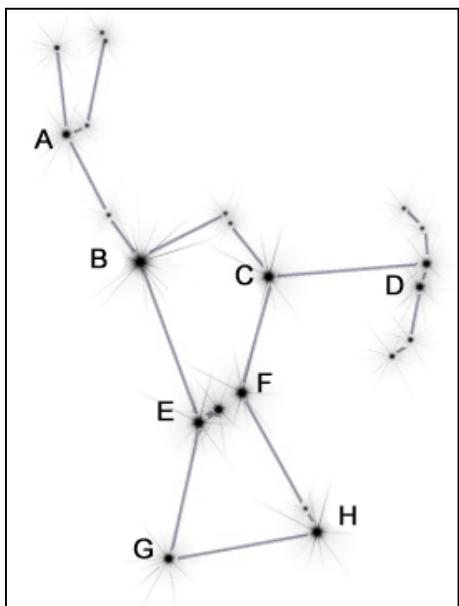


図 8. ダーウィンのサンゴ礁の地図。活火山に関する彼の言う「赤」サンゴ礁のいくつかは、点線で囲まれている。「青」サンゴ礁あるいは裾礁のいくつかは、実線で囲まれている。Cocos-Keeling 諸島にも印をつけています。

23. ダーウィンの地図の赤サンゴ礁(点線で囲まれている)は、基本的に何に関連していますか。
- a) 沈み込み帯
 - b) 背面帯
 - c) ホットスポット
 - d) トランスフォーム断層
 - e) 大陸地殻
24. 環礁はどのように形成されましたか。
- a) マントルブルームの押す力で隆起した死火山
 - b) サンゴの環をもたらした活火山のクレーター
 - c) 日光が届くよう成長したサンゴを伴った、沈降する死火山の斜面
 - d) 低温の活火山
 - e) 爆発的な活火山



旅の途中、ダーウィンは星については特に関心を持ちませんでしたが、フィッツロイはそうではなかったのは確かです。1836年8月21日の日曜日、ビーグル号はイギリスへの帰途に赤道を通過しました。この航海で、彼らは天の赤道の星座、例えばオリオン座をしょっちゅう観測することができたかもしれません。オリオン座の星のうち、ベテルギウスやリゲルのようなものはかなり目立ちます。

25. 図中でベテルギウスはどれですか。
[解答用紙の記号A~Hの中から選びなさい。]
26. 図中でリゲルはどれですか。
[解答用紙の記号A~Hの中から選びなさい。]

図 9. 簡略化したオリオン座の星

