

地球物理学者によるハワイ島の火山見学案内2

はしもと じょーじ¹

(要旨) 前編[1]に続いて本稿²も無保証である。本稿に関連していかなる損害が発生したとしても、筆者は一切責任をとらない。

1. キラウエアは活発に噴火中

2018年5月以降、キラウエア(Kilauea)火山は非常に活発な火山活動を継続している[2]。東リフトゾーン(East Rift Zone)では、溶岩が噴泉となって噴き出し、噴き出した溶岩はチャンネルをつくって地表を流れている。そして、高温のまま海に流れ込んだ溶岩は海水を蒸発させ、大気中で凝結した水蒸気はもくもくと立ち上がる白い雲を作っている。山頂のハレマウマウ(Halemaumau)火口でも噴石をまき散らすような爆発が発生し、キラウエアの南側面ではマグニチュード6.9の地震も発生した。5月11日以降、ハワイ火山国立公園は閉鎖されており[3]、前編の火山見学案内[1]で紹介した見所の多くは見学できなくなっている。

2018年3月に筆者がハワイ島を訪れたとき、キラウエア火山はとても静穏で、活発な噴火活動が始まるとは全く予想されていなかった。ハレマウマウ火口は噴煙を噴き上げてはいたが、モクモクというよりはモヤモヤという感じで、全く勢いがなかった。プウ・オオ(Puu Oo)からは溶岩が出ていたが、量はそれほど多

くなく、溶岩ツアーで見た溶岩流も、ずんずん広がっていくというよりは、もぞもぞゆっくりと動いてはいる、という感じで筆者がこれまでの溶岩ツアーで見たものに比べて明らかに低調であった。オーシャンエントリーもなく、「もうちょっと活発に活動してくれてもいいんじゃない」と思ったものである³。

現在の活発な火山活動がいつまで継続するのかわからない。もしかすると、あっさり終息するかもしれないし、あるいは、そこそこ長い期間にわたって継続するかもしれない。国立公園は閉鎖されているが、空中に噴き上げられる溶岩の噴泉やチャンネルをどんどん流れていく溶岩を見るなら、今が好機である。筆者はこれまで利用したことはないが、観光目的のヘリコプターツアーがヒロ空港発着で運行されているので、次にハワイ島を訪問したときにはヘリコプターで上から溶岩流を見たいと思っている⁴。

「ハワイの噴火はすごいですね。ずいぶんと危険なところに行かれていたんですね」と、大学のトイレで他学科の教員から話しかけられたりする⁵。そんなときは、「ハワイよりも日本の方がよっぽど危ない

1. 岡山大学理学部地球科学科
george@gfd-dennou.org

2. 図らずもキラウエアの噴火が活発化したので、火山見学案内[1]は追記が必要になったと思っていた。そんなときに、編集長が「もっと書いてもいいですよ」と言ったので、最近の噴火の状況に関する追記だけでなく、前編では分量の都合で割愛したことも書くことにした。編集長の言葉はただの社交辞令であったのかもしれないが、筆者と編集長の付き合いはそこそこ長いはずで、編集長は筆者に社交辞令が通じないことを知っているはずである。したがって、遊星人のページ数が増えたことの責任は編集長にある。

3. 筆者がそう思った(願った)ことと噴火は無関係である。1996年の七夕で、短冊に「かわいわれたいこん おどりぐい」と書いたら、その後、O157による食中毒騒ぎが起こって、カイワレダイコンは店頭から消えてしまった。ちなみに、カイワレダイコンは食中毒とは無関係であることが後に明らかとなった。もちろん、筆者の書いた短冊と食中毒騒ぎも無関係である。

4. 観光目的で飛行するヘリコプターやセスナは、ハワイだけでなく世界各地で運行されている。そして、墜落事故は時々発生している。2013年2月にはルクソールで観光客を乗せた熱気球が墜落する事故が発生した。直後の2013年3月に実施した岡山大学理学部の実習では、理学部長から「ヘリコプターは危険だから乗ってはいけない」と禁止令が出た。

表1: 溶岩チャネルのパラメタ.

	値	文献
溶岩チャネルの幅	$w = 100 \text{ m}$	June 10, 2018 - Kilauea [2]
溶岩の流速	$u_{\max} = 2 \text{ km/hour}$	June 17, 2018 - Kilauea [2]
溶岩の密度	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	
溶岩の粘性率	$\mu = 1000 \text{ Pa}\cdot\text{s}$	
斜度	$\alpha = 0.01 \text{ rad}$	本文
重力加速度	$g = 9.8 \text{ m/s}^2$	

と思いますよ。いつ地震が来るかわからないですから⁶と答えている。噴石が飛んで来るようなところに行くのは危険だが、そういう場所に近寄らないのであれば、特別に危険ということはないはずと思う⁷。

2. 溶岩噴出量の推定

2.1 東リフトゾーンの噴火

リフトゾーンは、山腹割れ目噴火が集中する線状の地帯である。リフトゾーンの噴火を引き起こしているのは地下にあるほぼ鉛直の平行岩脈群で、その構造は数kmの深さに達する。多くの火山では、2ないし3つのリフトゾーンがそれぞれ120度ずつ離れて形成される。ハワイの火山は長いリフトゾーンが発達することが特徴のひとつと言われていて、そのため、ハワイの火山島は円というよりは長円や角の落ちた三角形に近い形になっている[4]。2018年5月に溶岩を噴き出し始めた東リフトゾーンの火口は、山頂から30 km以上離れていて山頂よりも海に近いが、リフトゾーンは陸上だけでなく海底にも続いていることを考えると、必ずしも山頂から遠いとは言えない場所である。

リフトゾーンの噴火で噴出しているマグマは、山頂下にあるマグマ溜まりから供給されていると考えられている。山頂下にあったマグマが東リフトゾーンで噴き出せば、山頂下にあるマグマ溜まりの体積は減少す

る。実際に、東リフトゾーンで噴火が始まって以降、山頂のカルデラ底は沈降しており、山頂下にあるマグマ溜まりの体積の減少が示唆される。カルデラ底の沈降量から山頂下にあるマグマ溜まりの体積減少率を求めると、 $70 \text{ m}^3/\text{s}$ になる⁸。マグマ溜まりの体積減少が東リフトゾーンでの溶岩噴出にそのまま対応するなら、東リフトゾーンの溶岩噴出率は $70 \text{ m}^3/\text{s}$ ということになる。

東リフトゾーンで実際に噴出している溶岩の噴出率を、溶岩チャネルで測定された流速を使って推定してみる。斜面を定常的に流れる粘性流体の速度分布は、

$$u = \frac{\rho g \sin \alpha}{2\mu} (h^2 - y^2) \quad (1)$$

で与えられる[5]。ここで u は斜面に沿った速度、 ρ は流体の密度、 g は重力加速度、 α は水平に対する斜面の角度、 μ は粘性率、 h は斜面に対して垂直に測った流体の厚さ、 y は流体の表面から斜面に対して直交する方向に測った座標($y=0$ は流体の表面、 $y=h$ は斜面の表面)である。流速が最大となるのは表面で、その速度 u_{\max} は

$$u_{\max} = \frac{\rho g \sin \alpha}{2\mu} h^2 \quad (2)$$

である。

6月7日の溶岩チャネルは、火口から海まで12.5 km

5. 1度や2度ではないので、筆者のことを「ハワイ火山の専門家」と誤認している人がそれなりの数で存在しているらしい。

6. という話をした直後に大阪で大きな地震が発生した。もちろん偶然である。

7. 安全を保証するものではありません。

8. [2](July 17, 2018, - Kilauea)によると、ハレマウマウの底は5月頭にあった位置から450 m沈降したとあるので、沈降速度はおおよそ6 m/dayと計算される。火口の大きさを 1 km^2 として、体積変化率 $70 \text{ m}^3/\text{s}$ を得る。一方で、[2](June 19, 2018 - Kilauea)には、6月15日から18日の間にカルデラ内で $260 \times 10^6 \text{ m}^3$ に相当する陥没が生じた、との記述がある。この陥没量を単位時間当たりに換算すると、 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ になる。これは実際に山頂で生じている変化に対して大きすぎるように思われる。

の長さがあった([2] June 7, 2018 - Kilauea). 火口の標高はGoogleマップを見ると800 feetくらいなので、溶岩チャンネルの平均斜度は0.02 radとなる。一般に、斜度は火口に近いところでは急で、火口から離れると緩やかになる。ここでは火口から離れた場所における溶岩流の流速を用いて溶岩の厚さを推定することにして、斜度はざっくり平均の半分とする。以上より、式2と表1にある値を使って、溶岩チャンネルを流れる溶岩の厚さ h は2 mと推定される。

溶岩の厚さが推定できたら、次は溶岩チャンネルを流れる溶岩のフラックス F である。溶岩チャンネルの幅を w とすると、

$$F = \int_0^h uw \, dy \quad (3)$$

$$= \frac{2}{3} u_{\max} h w \quad (4)$$

再び表1にある値を使うと、溶岩噴出率は80 m³/sとなる。これは先に山頂のカルデラ底の陥没の大きさから推定した溶岩噴出率にほぼ一致する⁹。

2.2 火山島の体積

プレート運動の速度と山体の大きさから、溶岩噴出率を見積もってみる。ここでは簡単に、ハワイ諸島は横倒しにした三角柱の形をしていて、三角柱がプレート運動の速度10 cm/yearで伸びていくと考えることにする。ハワイ島の大きさは、プレート運動に直交する方向だとおよそ100 km、高さは4 kmくらいだが、それは水深5 kmの海底からそびえたっているので、山体の断面はおおよそ底辺 $L = 200$ km、高さ $H = 9$ kmの三角形である¹⁰。

噴出した溶岩の量を見積もるためには、火山島の荷重によって海洋底が凹むことも考慮する必要がある。線状の荷重によるリソスフェアの曲げは、以下の式で与えられる[5]。

表2: 火山島の荷重に関連するパラメタ。

	値	文献
火山島の水平スケール	$L = 200$ km	
火山島の鉛直スケール	$H = 9$ km	
バルジの位置	$x_b = 250$ km	[5]
マンツルの密度	$\rho_m = 3300$ kg/m ³	[5]
地殻の密度	$\rho_c = 2750$ kg/m ³	[5]
海水の密度	$\rho_w = 1000$ kg/m ³	[5]
プレート運動の速度	$v = 10$ cm/year	

$$\zeta = \frac{V_0 \alpha^3}{8D} e^{-x/\alpha} \left(\cos \frac{x}{\alpha} + \sin \frac{x}{\alpha} \right) \quad (5)$$

ここで、 ζ は荷重がかかることでリソスフェアに生じた鉛直方向の変位、 V_0 は単位長さあたりの荷重、 α は曲げパラメタ (flexural parameter)、 D は曲げ剛性 (flexural rigidity)、 x は荷重からの水平距離である。火山島の荷重によって曲げられたリソスフェアは、荷重の直下($x = 0$)で最も凹み、 $x_b = \pi\alpha$ の周辺にバルジ(膨らみ)をつくる。

ハワイ諸島周辺の海底地形において、バルジはおおよそ $x_b = 250$ kmの位置に見られる。このことから、曲げパラメタは $\alpha = 80$ kmと推定される[5]。また、曲げパラメタと曲げ剛性の関係は次のように与えられる[5]。

$$\alpha = \left[\frac{4D}{(\rho_m - \rho_w)g} \right]^{1/4} \quad (6)$$

ここで ρ_m はマンツルの密度、 ρ_w は海水の密度である。表2にある値を使うと、 $D = 2.3 \times 10^{23}$ N mとなる。そして、単位長さあたりの荷重 V_0 は、海洋底の上にある山体の大きさで与えられる。

$$V_0 = \frac{LH}{2} (\rho_c - \rho_w)g \quad (7)$$

ここで ρ_c は地殻の密度である¹¹。

以上より、火山島直下($x = 0$)における変位の大きさ $\zeta_0 = V_0 \alpha^3 / 8D$ は、表2にある値を代入して4 kmとなる。すなわち、火山島の重みによって火山島直下の

9. 山頂下のマグマ溜まりから移動したマグマの全てが東リフトゾーンで噴出したとは限らない(地表に出ることなく地下にあって山体を膨らませたものがある)し、カルデラ底が陥没するより前に移動したマグマが噴出しているもよい(その場合に山体は縮小する)。もう一段精度の高い議論をするためには、山体の体積変化を見る必要がある。

10. 絵を描いてみたら(描かなくても)わかるが、山体のうち海面上に出ている部分の体積は山体全体の10%くらいしかない。山体の大部分は海面下にある。

11. 山体のうち海面上に出ている部分については、密度として $(\rho_c - \rho_w)$ でなく ρ_c を使うべきだが、山体の大部分は海面下なので、そこまで厳密にやらなくても問題ない。

リソスフェアは4 kmほど沈んでいることになる。地震波の観測[7]によると、海洋底地殻はハワイ島の下で約4 km凹んでいるとされており、荷重によるリソスフェアの曲げを計算した結果と整合的である¹²。噴出した溶岩の量は、海洋底の上に盛り上がり山体をつくっている部分と、火山島の荷重によって海洋底が凹んだ部分を埋めたもの、その両者を足し合わせたものになる。火山島の重みでリソスフェアが沈んだ部分の体積を、幅 L 、高さ ζ_0 の三角形で近似することになると、溶岩噴出率 E は、

$$E = \frac{L(H + \zeta_0)}{2}v \quad (8)$$

ここで v はプレート運動の速度である。表2の数値を入れて計算すると、溶岩噴出率は $0.13 \text{ km}^3/\text{year}$ になる。山体を形成するのに100万年くらいかかると思うと、ここで見積もった溶岩噴出率は100万年くらいの平均的な溶岩噴出率ということになる。

ハワイ火山国立公園[3]のFAQを見ると、現在のキラウエアの溶岩噴出率は $200,000\text{--}500,000 \text{ m}^3/\text{day}$ とある。これは $0.07\text{--}0.18 \text{ km}^3/\text{year}$ で、山体の大きさから見積もった溶岩噴出率にほぼ等しい。溶岩噴出率は時間的に変動しているであろうから、現在の瞬間的な溶岩噴出率が100万年くらいの平均的な溶岩噴出率とだいたい同じであることに意味はないかもしれないが、もしも、溶岩噴出率の時間的な変動が小さいならば、両者が一致することから溶岩の噴出形態について考察することができる。キラウエアの溶岩噴出率は地表に噴出した溶岩だけを表わしているのに対し、山体の大きさから見積もった溶岩噴出率は地表には出なかった溶岩も含む。したがって両者の一致は、ハワイのホットスポットでは溶岩の大部分が地表に噴き出ていることを示唆する。

3. オアフ島の火山見学案内

ハワイの火山活動は、(1)前楯状火山期(pre-shield stage)、(2)楯状火山期(shield stage)、(3)後楯状火山期(post-shield stage)、(4)回春火山期(rejuvenated stage)の4つの期間に分けられる[6]。ハワイ島では楯状火山期と後楯状火山期を見ることはできるが、回春火山期は見ることができない¹³。後楯状火山期と回春火山期の間には0.6–2百万年の静穏期があり¹⁴、ハワイ島ではまだ回春火山期の火山活動は始まっていないのである。一方で、後楯状火山期から十分な時間が経過しているオアフ島では、回春火山期の活動によってつくられた火山地形を見ることができる。また、オアフ島は侵食がすすんでいるため、ハワイ島では地下に埋まって見ることのできない楯状火山の内部が地表に出ているのを見ることができる。

3.1 ヌウアヌ・パリ展望台

ヌウアヌ・パリ展望台(Nuuanu Pali Lookout)は、オアフ島随一の展望スポットとして観光客に人気の場所である。ホノルル(Honolulu)から北東の方向、島の東側にあるコオラウ山脈(Koolau Range)の山中にヌウアヌ・パリ展望台はある。コオラウ山脈は楯状火山が侵食された成れの果て、かつてのリフトゾーンである¹⁵。ホノルル市街からコオラウ山脈を見ると、深い谷がいくつもあって侵食によって山体が大きく削られていることがわかる。ハワイ島のキラウエアやマウナロアといった新しい楯状火山とは山の形が全く違っているため、オアフ島とハワイ島の両方に行くなら比べてみるとよい¹⁶。

ヌウアヌ・パリ展望台の北東側は崖になって落ち込んでおり、展望台からは風上側¹⁷を一望することができる。普通の人は展望台から視界の開けている北東を向いて景色を眺めるのであろうが、地球物理学者は展望台で南東の方向を向いて崖を見る。崖に近寄って少し探してみれば、けっこう簡単にゼノリス(xenolith)

12. 整合的な結果が得られるようにパラメタを調整したのどと見るのが正しいのかもしれないが、各パラメタに常識的な値を設定して整合的な結果を得ることができるということは、意味のあることであろう。

13. ハワイ島の5つ火山は、キラウエアとマウナロア(Mauna Loa)が楯状火山期、マウナケア(Mauna Kea)とフアラライ(Hualalai)が後楯状火山期、コハラ(Kohala)は後楯状火山期と回春火山期間の静穏期[6]。

14. 後楯状火山期と回春火山期の違いははっきりしないらしく、その遷移は徐々に生じるものであるという説もあるらしい。また、回春火山期の前に静穏期が必ずあるというものでもないらしい[6]。

15. リフトゾーンの地下にある岩脈(dike)は侵食に対して強いので残りやすい。

16. ハワイ島でもコハラ火山には深い谷が刻まれている。コハラは楯状火山期が終わってから100万年くらいと思うと、深い谷を刻むのに必要な時間は100万年もあれば十分、ということになる。

17. 北東貿易風が吹いているので、北東が風上になる

を見つけることができる。ゼノリス(捕獲岩)は、火道から剥がれた岩片が移動するマグマに取り込まれて運ばれたものである。展望台の崖には、緑色、やや黄色っぽい色、などなど、いくつかの種類のゼノリスを見つけることができる。緑色¹⁸をしたダナイト(dunite)はマグマ溜まりの中で結晶分化してできた集積岩が捕獲されたもの、スピネルレルゾライト(spinel lherzolite¹⁹)はマントル起源の捕獲岩と考えられている。

崖に沿って移動すればもっとたくさんのゼノリスを見つけることができると思うのだが、残念なことに、展望台から南東の方向に崖に沿って降りて行く小道は立ち入り禁止になっている。

3.2 タフリング

ホノルルの有名所、パンチボウル(Punchbowl)、ダイヤモンドヘッド(Diamond Head)、ハナウマ湾(Hanauma Bay)、これらはいずれも水蒸気マグマ爆発によってつくられたタフリング(tuff ring)である²⁰。タフリングは、マグマが海水や地下水と反応して爆発的な噴火を起こしたときに形成される。爆発の激しさを反映して、火山体の割に火口が大きいのが特徴である²¹。

3.2.1 ハナウマ湾

ハナウマ湾は、タフリングのリムの一部が侵食され

18. 地球マントルの主成分はオリビンである(とされている)。よくある教科書に描かれているマントルの断面図は、マントルを赤やオレンジの色で塗っていることが多いが、オリビンがマントルの主成分であるのだから本当は緑色で塗るべきだと思う。筆者は授業で「地球の断面はスイカの色ではなくメロンの色なんだ」と学生に説明しているのだが、あるとき学生さんが「でも地球内部は高温だから、赤でいいんじゃないですか」と言ってきた。無駄に優秀な学生さんである。でも、そんな質問が出たときのための答えはちゃんと用意してある。「メロンはメロンでも、赤肉のメロンなんだよ」。白いモビルスーツが出てくるアニメの登場人物のセリフにもあるように、「授業とは、いつも二手三手先を考えて行うものだ」である。
19. 筆者が院生だった時、「レルゾライトは発音が難しいのでよく練習しておくように」と言われた。その人の説によると、レルゾライトを正しく発音できるかどうかは岩石学者の敵味方識別信号、とのこと。
20. タフリングをつくるのは回春火山期に限らないので、タフリングはハワイ島にもある。例えば、グリーンサンドビーチはタフリングの中にある。
21. リムが少し高いものはタフコーン(tuff cone)と呼ばれる。また、タフリングの火口底に水が溜まったものはマール(maar)と呼ばれる。



図1: ハナウマ湾とココ・クレーター (Koko crater)。ホノルル発ヒコ行きの飛行機から撮影。中央やや右下にあって右に向かって開いている入り江がハナウマ湾。その右上にあるのがココ・クレーター。リムの高いココ・クレーターはタフ・コーン。



図2: ハナウマ湾のビーチに降りる途中の右手にある崖。白い珊瑚の破片の他、黒い岩石片もたくさん入っている。

て海と繋がってできた入り江である(図1)。入り江の中の水深は浅く、珊瑚が生育し、多種多様な魚類が棲息している。シュノーケルを装着して海に入れば、熱帯魚が珊瑚の間を泳いでいるのを見ることができる²²。まさに楽園。観光客に大人気である。

22. ハワイ州の魚 (state fish) であるフムフムヌクヌクアプアア (humuhumunukunukuapuaa) はハナウマ湾で普通に見ることができる。運が良ければウミガメを見ることができらしい(筆者はまだ見たことがない)。



図3: ダイヤモンドヘッド。ホノルル発ヒロ行きの飛行機から撮影。

自然保護区になっているハナウマ湾に入場したら、普通の人はさっさとビーチに降りてシュノーケリングをするのであろうが、地球物理学者はビーチへ降りていく道の右側の崖を見る²³。薄い層が無数に重なる堆積物のきれいな断面を見ることができる(図2)。地層の中には珊瑚の白い破片が入っているので、爆発は珊瑚礁が形成された後の海で起こったのだとわかる。

3.2.2 カラニアナオレ道路

オアフ島南東の海岸をぐるりとまわるカラニアナオレ道路(Kalanianaʻole Highway)沿いでも、タフリングやタフコーンをつくった爆発で形成された地層を見ることができる。ハナウマ湾のちょっと北東にあるラナイ展望台(Lanai Lookout)の駐車場の近くには、「典型的なベースサージ堆積物」と紹介される露頭がある²⁴。ベースサージは、水蒸気マグマ爆発において、火口から上方へ立ち上がる噴煙柱とは別に、その基部から地表を横に広がる希薄な流れである[8]。

ラナイ展望台の駐車場に車を駐車したら、普通の人は海の方角を見るのであろうが、地球物理学者は海とは反対にある道路の切割りを見る。「典型的なベースサージ堆積物」とされる露頭は駐車場のちょっとだけ北東の道沿いにある。見る人が見れば、サージの流れた方向がわかるらしい[4]²⁵。

3.2.3 ダイヤモンドヘッド

ダイヤモンドヘッド²⁶は、ワイキキ(Waikiki)から歩いていける場所にある²⁷。ワイキキから見たダイヤモンドヘッドはリングという感じには見えないが、上から見るとたしかにリングになっている。ホノルル国際空港²⁸に離発着する飛行機で窓際に座ったなら、ダイヤモンドヘッドがリングであることを確認するチャンスである²⁹(図3)。

リムに囲まれた火口底に入るには、北東側のリムに掘られたトンネルを使う。火口底の中に入るだけであるなら入場料は発生しないが、リムに登るなら火口底のほぼ中央にある小屋で入場料を払う。そこでもらえるパンフレットには、頂上までの距離0.8 mile、高低差560 feet、往復の所用時間1.5-2時間、と書かれている。途中には灯りのない狭いトンネルや螺旋階段など、人のすれ違いができないような狭隘な場所があるため、人が多くなると渋滞してしまい、なかなか前に進めなくなったりする。特に朝は日の出を見ようとして人が集中するため、よく大渋滞が発生するらしい³⁰。入口のゲートが開く時間は決まっているので[9]、頂上で日の出を見たいならゲートが開く前から並ぶ気合いが必要である³¹。

3.2.4 ソルトレイク

ソルトレイク(Salt Lake)は、ホノルルのダウンタウンからは北西の方角、真珠湾(Pearl Harbor)の東にある。ソルトレイク(Salt Lake)自体もタフリングであるが、それだけでなくソルトレイク周辺³²にはいくつかのタフリングが重なるように存在している。

26. ダイヤモンドヘッドの名前の由来は、方解石を見つけたイギリス船員がそれをダイヤモンドと勘違いして大騒ぎしたことである。筆者も大騒ぎしてみたいと思って方解石を探してみたが、見つけれなかった。学生に言われたわけではないが、ダイヤモンドヘッドに来て足下ばかり見ているのは、間違っているような気がする。

27. 学生を連れてワイキキから一緒に歩いていったところ、「こんなに速いなんて聞いてません」と怒られてしまった。

28. 現在の正式名称はダニエル・K・イノウエ国際空港(Daniel K. Inouye International Airport)。

29. 「Google マップで見たらいいじゃん」とは言わないで欲しい。

30. 筆者も朝の渋滞に巻き込まれたことがある。気合いが足りず出遅れたことが原因で、そのときは頂上に辿り着く前に日の出の時間を迎えてしまった。曇っていたのでどうせ日の出を見ることはできなかった、というのは事実であるが、負け惜しみにしか聞こえない。

31. 夏季はゲートが開くより先に日が昇ってしまうので、気合いを入れても頂上で日の出を見ることはできない。

32. ソルトレイクの東にあるモアナルア・ガーデンズ(Moanalua

23. 「こんなところに来て石を見てるなんて間違ってます」と女子学生に言われた。はい、たしかに間違ってるような気がします。

24. <http://www.soest.hawaii.edu/GG/STUDENTS/mpatrick/photos/hawaii/hawaii2.htm>.

25. 筆者にはわかりません。

ソルトレイク周辺のタフリングは、マントル起源の捕獲岩を噴出していることでもよく知られている。噴火期間が1回だけ³³であるタフリングの噴出物にマントル起源の捕獲岩が含まれるのは、浅いマグマ溜まりがないことと、1回ごとに新しくマグマの上昇通路が作られること、といったことに理由があるらしい[4]。捕獲岩中に見つかる鉱物の組み合わせに基づいて、ある種の捕獲岩は地下50 km以深(ものによっては深さ110-150 km)からやってきたものであるとされている。

筆者はまだ行ったことはないのだが、タフリング形成時に放出された火山灰堆積物の露頭はソルトレイク地区公園(Salt Lake District Park)で見ることができらしい[10]。

4. 次回予告?

キラウエアの噴火はこの先どうなるのか、筆者には全く予想できない。まだまだいろいろなイベントが発生しそうである。興味深い現象を見つけたら、筆者はまたGeodynamics[5]を開いて簡単モデル³⁴を構築し、数式と戯れて電卓を叩くだろう³⁵。

参考文献

- [1] はしもとじょーじ, 2018, 遊星人 27, 66.
- [2] Multimedia links for Hawaiian Volcanoes, Hawaiian Volcano Observatory (HVO), https://volcanoes.usgs.gov/observatories/hvo/hvo_multimedia.html
- [3] Hawaii Volcanoes National Park, <https://www.nps.gov/havo/index.htm>
- [4] 中村一明, 1978, 火山の話, 岩波新書, 228p.
- [5] Turcotte, D. L., and G. Schubert, 2002, Geodynamics 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 456p.
- [6] Poland, M. P. et al. eds., 2014, US Geol. Surv. Prof. Paper 1801, 428p., <http://dx.doi.org/10.3133/pp1801>
- [7] Watts, A.B., and ten Brink U.S., 1989, J. Geophys. Res. 94, 10473.
- [8] 早川由起夫, 1996, in 新版地学教育講座 2 地震と火山, 93.
- [9] Diamond Head State Monument, <https://hawaii.stateparks.org/parks/oahu/diamond-head-state-monument/>
- [10] Hazlett, R. W., and Hyndman, D. W., 1996, Roadside Geology of Hawaii, Mountain Press Pub. Co., 334p.

Gardens)には、H社のテレビCMに出てくる「この木なんの木」がある。「この木なんの木(アメリカネムノキ)」の原産地は中央アメリカで、ハワイにおいては外来種である。

33. 火山は単成火山と複成火山に分けられる[4]。単成火山は噴火期間が1回だけの短寿命の火山、複成火山は休止期間を挟んで何回もの噴火をくり返す長寿命の火山。

34. 筆者はものぐさなので、難しいことはできない。

35. 筆者と一緒に遊んでもいいという人がいたら連絡ください。苦情は編集長に送ってください。