

アフリカ・Mozambique 共和国海岸の 巨大津波痕跡

Traces of a gigantic tsunami on the coasts of the Republic of Mozambique, Africa

都司 嘉宣

1. はじめに

前稿(都司, 2023)では, Burckle Crater を形成した今から約 4,800 年前の巨大隕石の落下 (Abbott ら, 2006-a, 2006-b, 2017, Gusiakov ら, 2010) による巨大津波の痕跡が Madagascar 島の南部約 300km にわたる海岸線上, および北端付近東海岸の 3 点で観察されることを述べた。Madagascar 島の津波痕跡では, 隕石落下による splash によって Google Earth の衛星写真上に白色の砂の堆積が一定方向を向いた互いに平行な線分の集合のように観察され, これらは海外文献では V 字型堆積砂丘, あるいは Chevron dune と呼びならわされてきた (Abbott ら, 2006, 2010, Gusiakov ら, 2010)。筆者は前稿ではこれを簡略化して「白砂枝」と呼ぶことにした。本稿でもこの呼び名を用いることにする。Madagascar 島南海岸, あるいは北部 3 地点では, これらの白砂枝の向きは, ほぼ波源点である Burckle Crater の隕石落下地点である, Madagascar 島南端の東南東約 1,500km の (南緯 30.865°, 東経 61.365°) の位置 (Gusiakov, 2010) から発射したと考えられる向きに並んでいた。

前稿では, Madagascar 島最南端の Sainte Marie 岬からその約 200km 東方の Mahatalaky までの海岸線上ならば, 山岳地帯が海岸線に迫った場所を除けば, ほぼどこでも白砂枝が観察できることを述べた。Madagascar 島北端付近の 3 点でもそうであった。

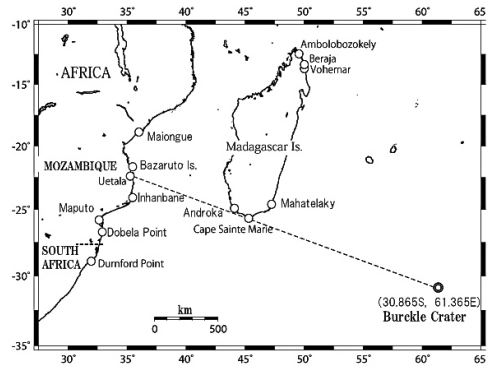


図 1 Burckle Crater を形成した隕石落下による巨大津波の痕跡が観察される海岸

それでは, Madagascar 島の西側の背後のアフリカ本土側の Mozambique 国の海岸ではどうであろうか? 図 1 を見れば明らかのように, Mozambique 国の南方の海岸の一部もまた, Burckle Crater に直接向き合っている。図 1 の地図に示された海岸線のうち, Uetala 以南, 南アフリカ国境までは, Madagascar 島にさえぎられることなく, Burckle Crater の波源を正面に直接見る海岸である。

Madagascar 島の Google Earth の衛星写真の分析の経験では, 最南端の Sainte Marie 岬の東側の Burckle Crater の波源に直面した海岸では, 多数の鮮明な白砂枝の集合として巨大津波痕跡が観察できたのに対して, 波源から見て岬の背後に当たる同岬の西側の海岸では, 筆者が白砂枝と呼んだ多数の線分の集合のような映像は見られず, そのかわり幅広な舌状の白砂の浸入痕跡が見られた。

Mozambique 共和国海岸では, 巨大津波痕跡が観察される海岸は Chale を北限とし, 南

アフリカ共和国国境まで約 700km にわたる海岸線、および国境を越えてその南の南アフリカ共和国の Durnford point までの約 250km の海岸線の上である。したがって、巨大津波痕跡が観察される海岸線の長さは南北約 950km のアフリカ本土の東海岸であるということになる。

ただし、この海岸線区間の両側の延長上にも浸水痕跡と思わせる兆候のある地点はしばしば観察される。しかし、通常の津波や暴風雨による浸水との識別が困難な場合が多く、「疑わしきは採用せず」の原則で判断することとした。

2. Mozambique 共和国の巨大津波痕跡の分布の特徴

Mozambique 共和国の海岸で、Google Earth の衛星写真上で巨大津波痕跡が観察される海岸の北限は Chale(南緯 19.02°, 東経 35.89°) である。図 2 に南緯 24 度以北の海岸を、図 3 には、南緯 24 度以南の海岸の巨大津波痕跡の見られる地点の分布を示した。この両図において、何らかの形で巨大津波の痕跡が認められる地点は「○」で示した。これらのうち、特に Madagascar 島で観察されたのと同様の「白砂枝」の形の線分状の津波痕跡が見られた場所には「▲」を付した。図 2 で、破線で示したのは、波源と考えられている Burckle Crater と Madagascar 島南端の Sainte Marie 岬とを結んだ線の延長である。つまり、この線以南の海岸は波源に直接面した海岸であり、この破線以北の海岸は、Madagascar 島の背後(影)に当たる海岸である。一見して明らかかなように、Burckle Crater に直接した海岸では大部分の海岸で白砂枝が観察されるのに対して、影の海岸ではこれがあまり見られなくなっている。両者の境界点は図 2 で見られるように Uetela であるが、ここから南は南アフリカ共和国との国境まで、ほぼすべての地点で白砂枝型の巨大津波堆積が見られる。

なお、図 2 の Chale 以北の海岸にも津波や高潮の来襲を経験したことを示す兆候の見た

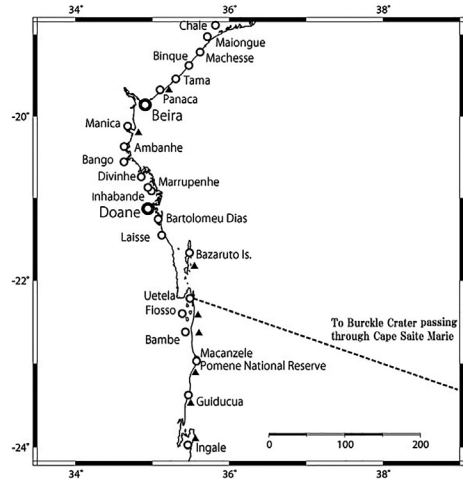


図 2 Mozambique 共和国海岸で巨大津波痕跡が観察できる場所(○印) 白砂枝を観察できる場所には(▲印)を付した。破線は Burckle Crater と Madagascar 島南端の Sainte Mariemi 岬を結んだ線。この線以南は波源と考えられる Burckle Crater を直接面した海岸で、以北は Madagascar 島にさえぎられてその背後(影)になる海岸である。◎は主要都市である。

れる点は存在するが、それらの点の痕跡が本稿で問題にしている隕石落下による痕跡であるのか否かは確定できないので、本稿では採用しないこととした。

3. Mozambique 共和国海岸の巨大津波痕跡写真

それでは本章では、Google Earth で提供された衛星写真によって図 2、図 3 両地図に示された巨大津波の痕跡の様子を北から順に見ていくことにしよう。

3.1 Chale および Maiongue の巨大津波痕跡

写真 1 の矢印は Maiongue の東方約 12km の海岸に見られる白砂の堆積を示しており、直線的ではなく弓なりに湾曲した曲線群をなしている。海岸へは東 60 度北方向に侵入して来て次第に真北方向へ湾曲している。この

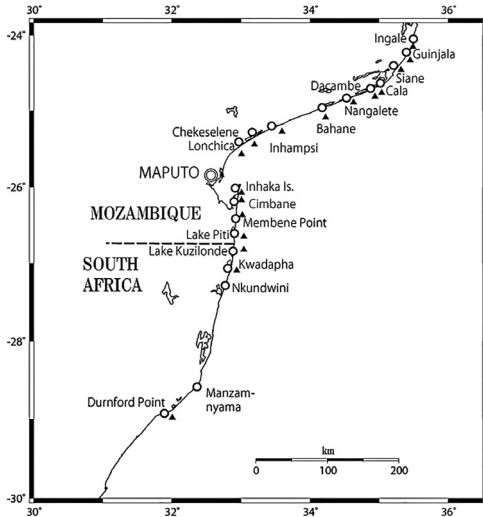


図 3 南緯 24 度以南、南緯 30 度まで海岸線上で巨大津波痕跡が観察される地点 (○印) 白砂枝が観察される点には (▲印) を付した。
南限は南アフリカ共和国の Durnford Point である。◎は Mozambique の首都 Maputo である。

湾曲は、斜面の影響を受けたために生じたものと考えられる。ここでは、Madagascar 島で見られたような、地形の影響をほとんど無視したような直線 (線分) とはなっていない。すなわち、斜面を遡上するときの海水速度が Madagascar 島の海岸よりも遅かったことを反映していると推定される。この海岸での白砂が描く湾曲線の全長は 1.5km 程度。湾曲線の太さは 100m 以下と見られる。白砂の堆積が「線分的」であるか「湾曲線的」であるかの相異はあっても、平行な複数の線の集合であるという共通点があることから、この痕跡も Madagascar 島で見られた痕跡を生じた同一の巨大津波によるものと認められるであろう。

Madagascar 島では白砂枝の先より何倍もの延長した先端に浸水限界と見られる地点がいくつも観察されたが、この写真では海水浸水限界は湾曲線の先端にほぼ等しいと推定される。付近に流入する小河川の両岸には白砂が河口付近以外には堆積していないことにも注意したい。すなわち、津波は川をそれほど遡ってはいないのである。

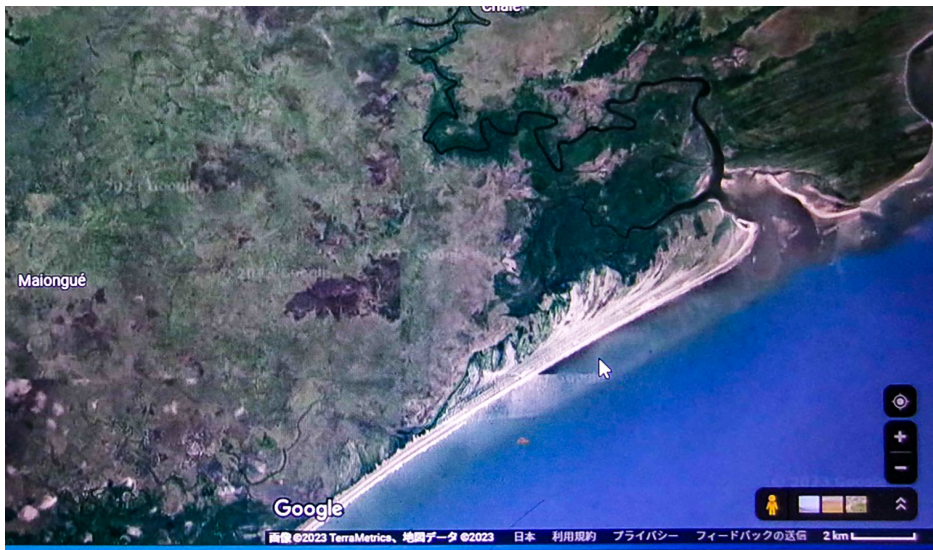


写真 1 Maiongué の東方約 12km の海岸付近の巨大津波痕跡

3.2 Machesse・Bingue 間の巨大津波痕跡

写真 2 は Machesse・Bingue 間の長さ約 30km の海岸の巨大津波痕跡である。この写真には、白砂枝や白砂の湾曲線は写っていないが、濃い色の沿岸湿地帯を縁取る屈曲線のところ(矢印の先)が白色で縁取られているのが観察される。これは白砂の堆積であって、巨大津波の際ここまで海水が侵入してその浸入限界に白砂を置き去っていったものと推定される。この地点で海水は海岸汀線から約 3km の内陸まで浸水している。この海岸に沿った湿地帯を横断して流れる幾本もの川があるが、これらの川ごとに川筋に沿って白砂の帯が見られる。写真左端を流れる川筋(河口に Jonja がある)に白砂の堆積の帯が内陸に連っているのが観察される。この写真に写った最上流地点は海岸から約 12km であるが、少なくともここまでは津波が遡上したと推定される。

注：本稿中に掲載する写真にはすべて右下隅に尺度(スケール)が示されている。この尺度には左側に全長値が表示されているが、この数値が明瞭でない場合、キャプションの末尾に「尺度は 5km」のように注記した。

3.3 Tama の巨大津波痕跡

Tama の巨大津波痕跡を写真 3 に示す。直線状の海岸線の背後に湿地帯が拡がり、その背後に幅広く白砂が堆積しているのが見える(矢印)。白砂帯の幅は約 500m である。矢印の右側に短い白砂枝が 6 本ほど見えている。

3.4 Panacha 海岸の白砂枝

写真 4 は Panacha の東方約 6km の海岸に見られる白砂枝の様態である。巨大津波痕跡の観察可能な海岸の北端から南下して来て、ここで初めて Madagascar 島の海岸で見られたような、たがいに平行な白砂枝の群が観察できる。白砂枝の長さは約 0.5km ~ 1km である。白砂枝の向きは西 80 度北である。ここは、直接 Burckle Crater に面した海岸ではないので、Madagascar 島南端沖合海域での若干の回折の影響を受けているようである。

3.5 Manica 付近の巨大津波痕跡

大きな都市 Beira の南南西約 20km に位置する Manica の南方約 7km のところに川の河口があり、この川の河口付近が巨大津波に襲われた痕跡が見られる。すなわち、写真 5 には Santuario Piri モスクを河口左岸とする川の

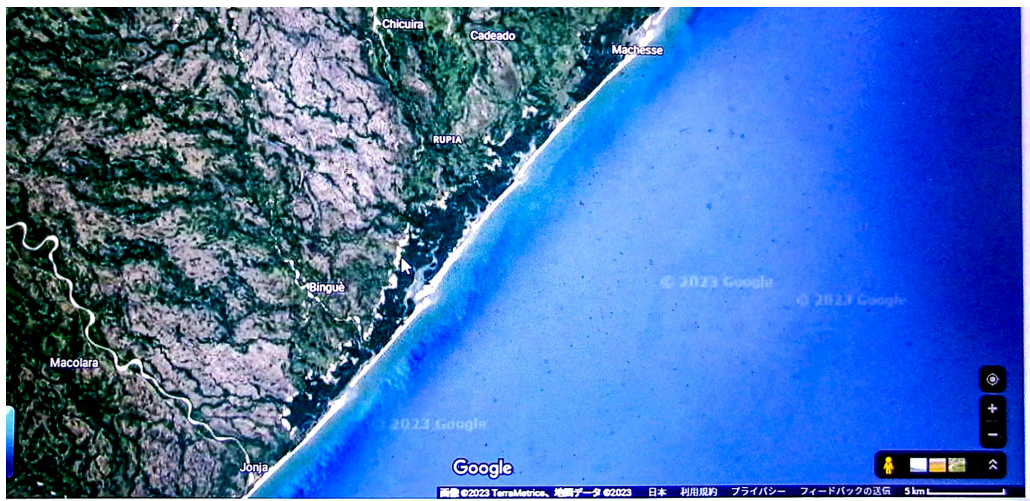


写真 2 Machesse・Bingue 間約 30km の海岸線 矢印の所の白く写っている屈曲線は白砂の堆積帯である。写真左の Jonja を河口とする川では海岸から約 12km のあたりまで白砂が両岸に堆積しているのが見られる。写真右下の尺度の長さは 5km である。

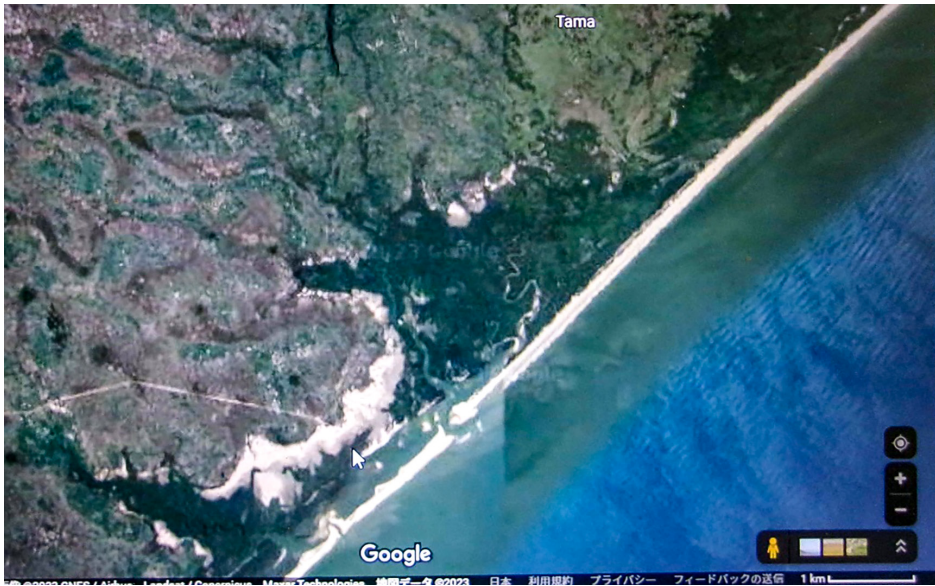


写真3 Tamaの海岸 海岸線の背後に濃色の湿地帯があり、その背後に白砂が幅広く堆積しているの見える(矢印) 尺度は1km

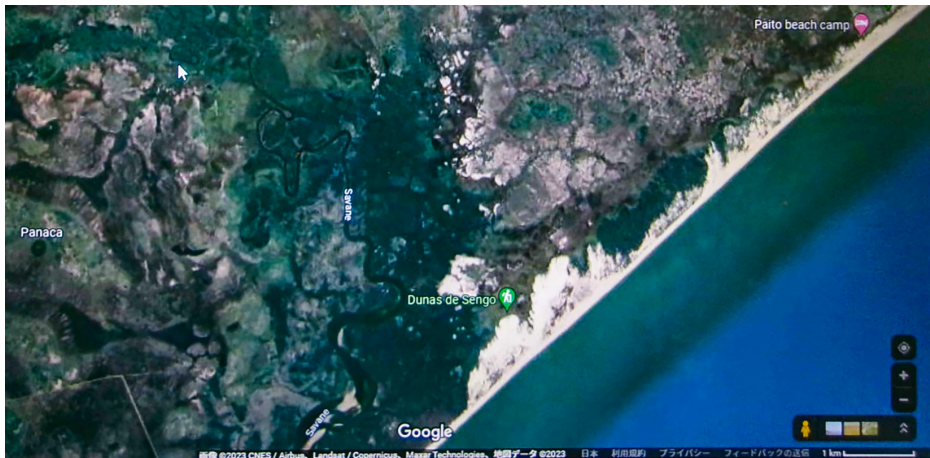


写真4 Panacaの東方約6km付近に見られる巨大津波による白砂枝群。尺度は1km

河口から5km～10km遡ったあたりで広範囲に浸食され、海水の到達点を縁取って白砂の堆積帯が見られるのである。写真5の左より中央部を拡大したのが写真6であるが、巨大津波が来襲したとき写真中央部の台地の上にいったん大量の海水が乗り上げ、それが引くとき浸食して支流を刻んだ様子を読み取ることができる。

3.6 Ambanhe・Bango・Divinhe 付近の巨大津波痕跡

写真7はManicaの南に連なるAmbanhe, Bango, およびDivinhe付近の海岸の写真である。いずれも海岸線から5km～10kmのあたりに明瞭な浸水限界線の痕跡が見え、その限界線のあちこちに白砂が堆積して浸水限界線を際立たせている。なおよく見ると、この白砂が小さな谷筋ごとに堆積している。写真中央を縦断する浸水線からさらに10kmほど

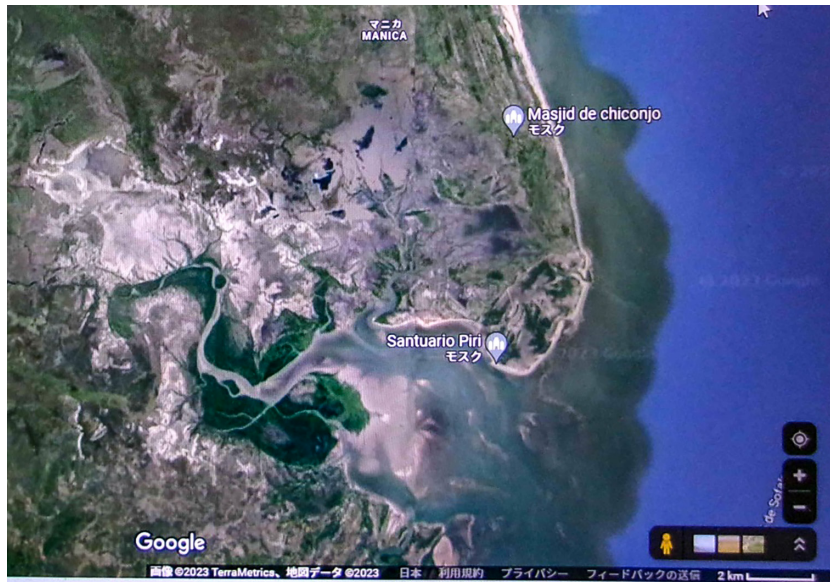


写真 5 Manica 南方の川の巨大津波による浸食地形。尺度は 2km

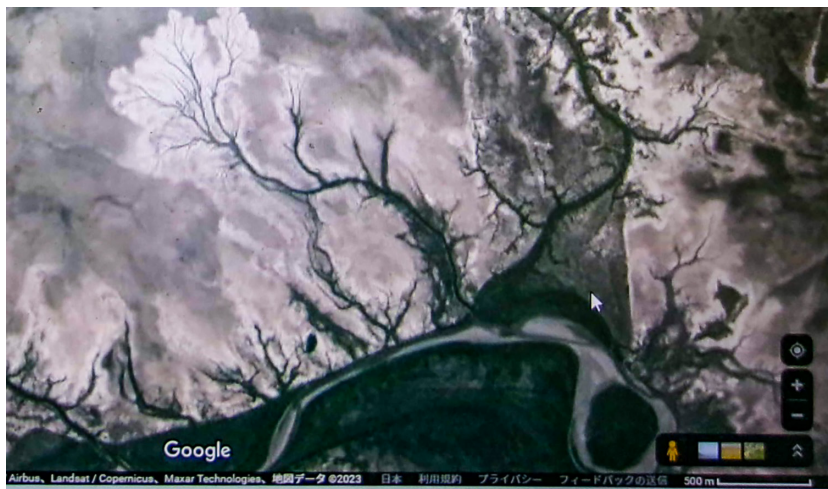


写真 6 写真 5 の中央左より付近の拡大写真。尺度は 500m

背後にの写真左端寄りに、もう一つの浸水限界線らしいものが観察できる。こちらの浸水限界線が真の浸水限界線である可能性もある。

3.7 Marrupenhe と Inhabande の巨大津波痕跡

写真 9 は Marrupenhe と Inhabande 付近の海岸の巨大津波痕跡である。ここでは、海岸線から幅約 8km にわたって湿地帯が続き、その背後に樹木の茂った海岸砂丘が走っていて

Marrupenhe と Inhabande の集落はその背後にある。津波はこの付近まで来襲して、集落のさらに背後の砂丘を突破して背後の内陸地に入り、この突破点に白砂が堆積している。海岸線からこの地点まで約 10km もある。

海岸線から約 8km 幅の湿地帯があり、ここには人は住んではいない。この湿地帯の中に津波の引き流れによる侵食作用で生じたと思われる樹木状模様の細かい谷筋が見られる。Marrupenhe の集落の北西に隣接する堤防状

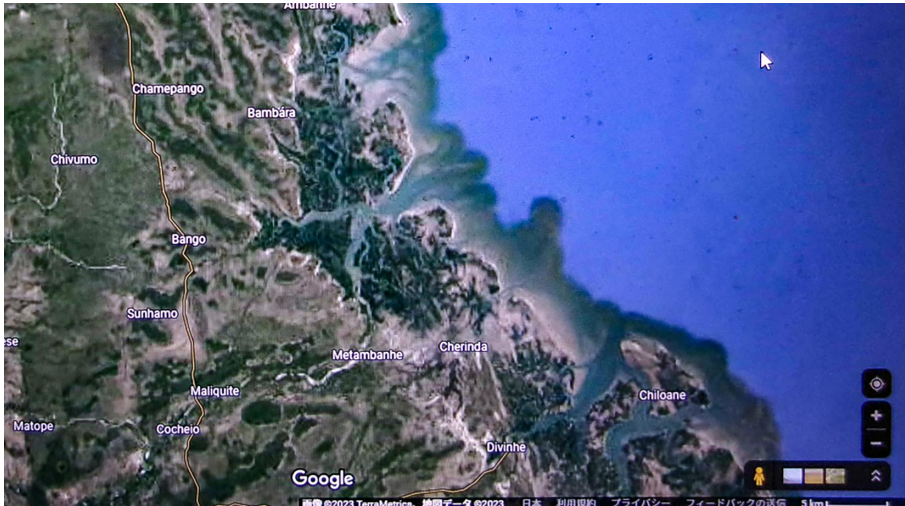


写真7 Ambanhe・Bango・Divinhe 付近の海岸の写真 海岸から5km～10kmの所までが湿地帯で人はほとんど居住していない。その背後に Bambara, Bango, Divinhe などの集落を載せる台地があり、この台地から湿地に降りる谷筋に白砂が堆積している、巨大津波による浸水限界は Bango, Sunhamo, Cochano などの集落の背後（写真左側）の色調の急変する線である可能性がある。尺度は5km



写真8 Marrupenhe と Inhabande の巨大津波痕跡 尺度は2km

の丘陵が津波によって破れた場所があり、そこに白砂が堆積している。この地点は海岸から約10kmの地点である。

3.8 Bartolomeu Dias と Laisse の巨大津波痕跡

写真9は Bartolomeu Dias と Laisse の海岸の衛星写真である。Bartolomeu Dias (1450頃-1500) とはアフリカ南端の喜望峰に始め

て到達したポルトガルの探検家で、日本の歴史教科書にも登場する著名な人物である。この名を冠した集落は、珍しく湿地帯の前面の海岸線上にある。この海岸では海岸線から約5kmの所にきわめて明瞭な白砂帯が切れ目なく分布している。白砂帯の幅は約300mであろう。この辺りでは、南下して Madagascar 島による遮蔽限界線（図2の破線）に近づくほど湿地帯と内陸とを分ける白砂帯が幅広く

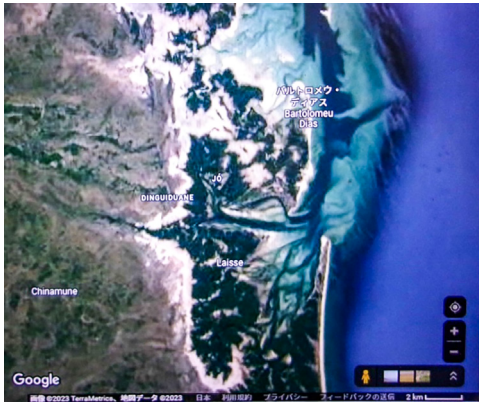


写真 9 Baulomeu Dias と Laisse の内陸側を南北に走る白砂帯。巨大津波痕跡と考えられる。尺度は 2km

鮮明になり、かつ巨大津波によって形成されたとみられる湿地帯の面積が拡大している傾向があることに注意すべきである。

3.9 Bazaruto 島の巨大津波痕跡

本土から海岸線に平行に半島状に北に伸びた Bazaruto 島は、図 2 からわかるように、Burckle Crater の波源と Madagascar 島南端を結ぶ線のすぐ北に位置している。このため、波源を直接前面に見る海岸ではないが、それに近い場所に位置している。このためか写真 10 に見られるように、白砂の沿岸堆積砂丘

の形状は線分状の白砂枝の集合をなしている。

写真 10 の半島部分の中央部を拡大したのが写真 11 である。明瞭な白砂枝群が見られる。白砂枝の長さは平均約 2km，方向は西 60 度北である。

なお、写真 10 の左方に写ったアフリカ本土海岸線に平行して幅約 10～15km の湿地帯があり、その背後の台地との境に浸水限界に置き去りにされた白砂の堆積が点々と残されていることにも注意したい。

3.10 Uetela の巨大津波痕跡

Uetela は、Burckle Crater の波源に直接向き合うアフリカ本土側で最北の地点である。この地点から Mozambique 共和国と南アフリカ共和国の国境まではほぼどの地点でも白砂枝状の堆積砂丘を観察することができる。

写真 12 は Uetela 付近の海岸の衛星写真である。海岸の汀線から明暗の境界がはっきり観察できる「A」の所までは、互いに平行な線分状の白砂枝がびっしり群をなしているのが観察できる。その長さは汀線から約 0.6～1.0km であって、それらの平均的な方向は西 55 度北である。A は白砂枝の堆積の限界線であって、津波による浸水の限界線ではない。津波による浸水の限界線は写真 12 の B 点の

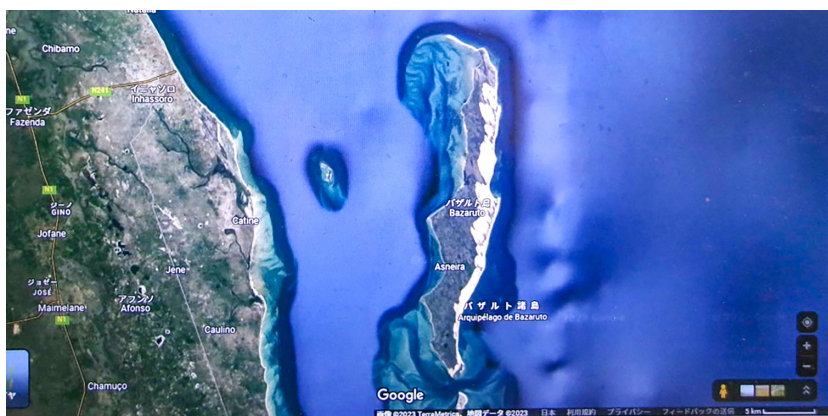


写真 10 Bazaruto 島(写真中央で南北方向に伸びる細長い島)の巨大津波痕跡。ここでは、津波による白砂の堆積砂丘の形状は、多数の互いに平行して並んだ線分状の「白砂枝」の集合をなしている。なお写真左側の本土側海岸には、これらの白砂枝とは別に、浸水先端と示す湿地帯背後の白砂帯が観察されることにも注意したい。尺度は 5km

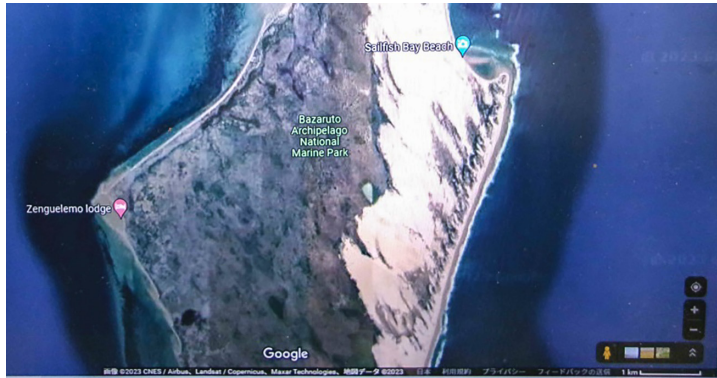


写真 11 写真 10 の中央部分の拡大写真 互いに平行して並ぶ線状の白砂枝の集合であることがよく分かる。白砂枝の長さは平均約 2km, 方向は西 60 度北である。尺度は 1km



写真 12 Uetela 付近の海岸での巨大津波の浸水痕跡 尺度は 1km

あたりの濃淡が変化する線であると推定される。B 点は海岸線から約 9km の地点である。A と B の間には、浸水する際に置き去りにしていた薄い白砂の線(前稿で筆者が「明線」と呼んだ線,以後本稿でもこの語を使用する)を何本か観察することができる。

3. 11 Fiosso の巨大津波痕跡

Uetela の南南西約 13km に位置する Fiosso 付近の海岸の衛星写真を写真 13 に示す。

多数の白砂枝が見られるが、最も長い A 点に発する白砂枝の長さは 3.5km である。白砂枝の先端は舌状にまるくなっている。白砂枝の向きは西 60 度北である。巨大津波による海水の浸水限界は B 点付近を通る明暗境

界線であると考えられる。B 線より海側には幾筋もの白砂の斑点が線状に連なっているのが観察されるのに対し、B 点から内陸側ではこのような白い斑点は全く見られない。海岸線から B 点まではおよそ 8km の距離がある。2011 年の東日本震災のさいの仙台平野の浸水範囲は海岸線から 4km であったことを考えると、この隕石落下によって引き起こされた津波がいかに巨大であったのかを想像することができる。

3. 12 Bambe 付近の巨大津波痕跡

写真 14 は、Bambe 付近の巨大津波痕跡の衛星写真である。A 点付近に白砂枝が群がっているのが観察される。写真 15 はその拡大

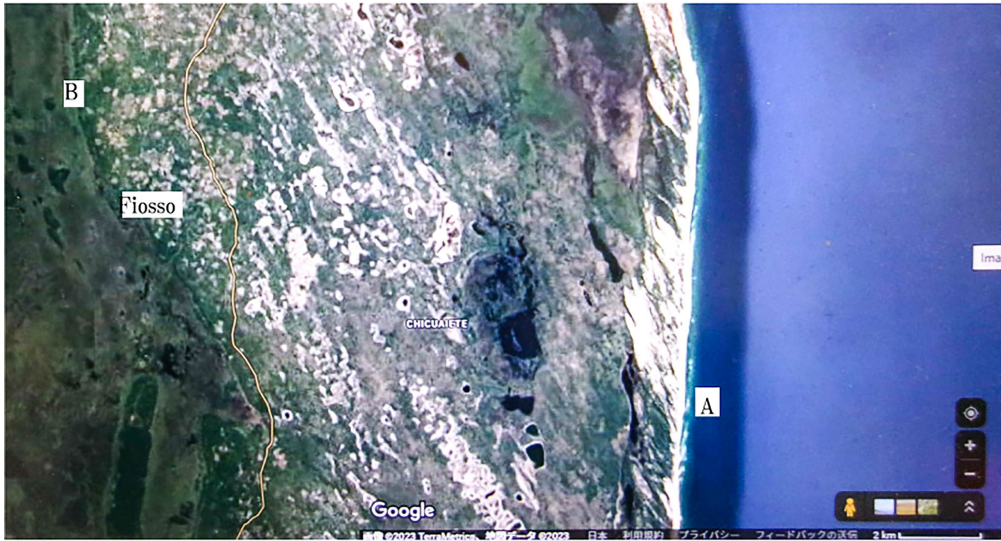


写真 13 Fisso 付近の巨大津波痕跡 尺度は 2km

写真である。白砂枝の長さはそれぞれ 2km ほど、幅は 200m ~ 300m 程であろう。向きは西 70 度北である。

ここでも津波の浸水限界は B 点付近を通る線として明瞭に見分けることができる。海岸線から B 点の線までの間に白砂の局地的な堆積を示す多数の白い斑点模様が見られる。しかもそれらは列をなして配列しているように見え、海水浸水時の流れの方向を示しているようである。B 点は海岸線から約 16km 隔たっており、津波の規模の巨大さを知ること

ができる。

海岸線から B 線までの間のところどころに円形の湖が見られるが、これらは津波以前から存在したものか、津波によって生じたものかは判然としない。

3.13 Macanzele 付近の巨大津波痕跡

写真 16 は Macanzele 付近の衛星写真である。この画像では白砂枝はきれいな線分の短線として映っている。長さは平均して 1km 程度で、元の地形の斜面方向、あるいは谷線の配



写真 14 Bambe 付近の巨大津波痕跡

A 点に白砂枝の群を見ることができる。浸水限界線は B を通る明暗境界線であろうと推定される。尺度は 2km



写真 15 写真 14 の A 点付近の拡大図 尺度は 2km

列を完全に無視したように、定規で平行線を規則正しく描いたように一定方向に向いている。方向は西 60 度北である。

この写真がこれまでと大きく違っているのは、白砂斑点が内陸部には全く見えないことである。すなわち、浸水限界線は、白砂枝の先端からそれほど内陸側に入っていないと見られる。

3. 14 Guiducua 付近の津波痕跡

前項で取り上げた Macanzele の白砂枝群

の南端から本項で取り上げる Guiducua までの距離は約 40km ほどである。この海岸は Burckle Crater を真正面に見る海岸である。当然途中の海岸に華々しく多様多彩な巨大津波痕跡が見られるだろうと誰もが予想するであろう。ところが意外なことに、この 40km にも及ぶ海岸線に、津波痕跡と判断されるものは何一つ存在しないのである。今回取り上げた隕石落下による巨大津波は、きわめて気まぐれな指向性を示すらしい。

Guiducua 付近の津波痕跡を写真 17 に示し

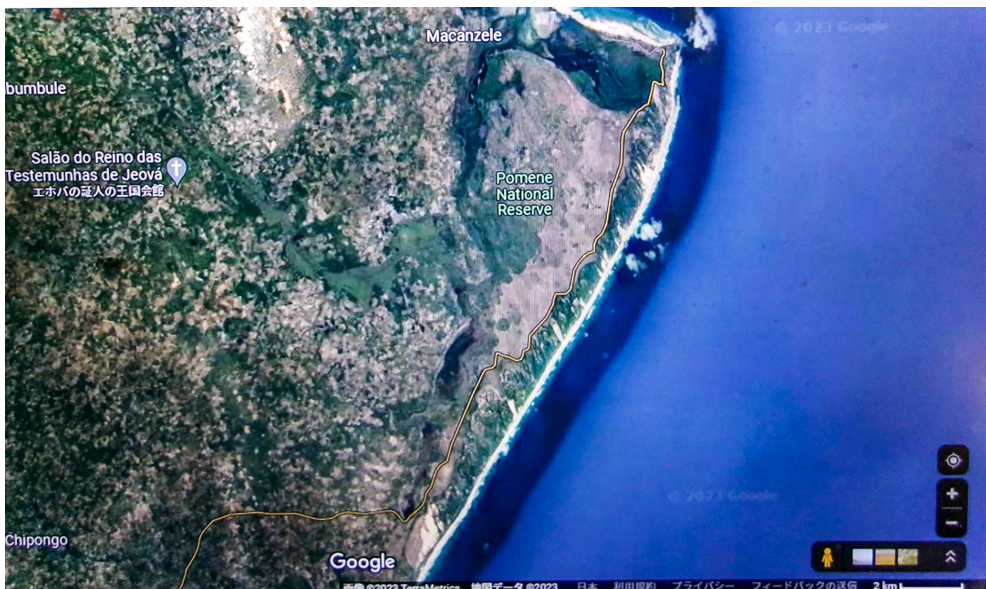


写真 16 Macanzele 付近の巨大津波痕跡 尺度は 2km

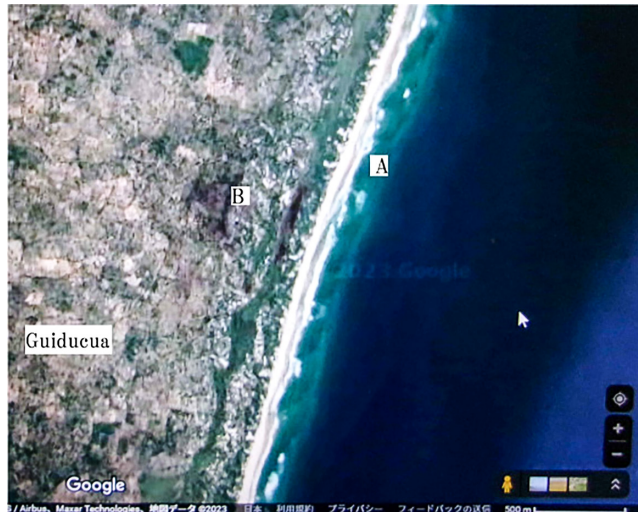


写真 17 Guiducua 付近の津波痕跡 尺度は 500 m

て置く。この写真の A 点付近に白砂の浸入痕跡が数本見られることは見られるのだが、これまでの例と違って、シャキッとした線分ではなく弱弱しくぐにゃぐにゃした白砂堆積の形になっている。それらの長さは 200m 程と短い上に、方向もそれほどそろっていなくて、1 本 1 本バラバラである。浸水限界は B 点付近を通る線と見られる。海岸線からたったの 500 m の地点である。Guiducua での津波の痕跡は、とても巨大津波のそれとは思えないほどなのである。このような状況も含めた津波理論ははたして構築できるのであろうか？

3.15 Ingale 付近の巨大津波痕跡

前項の Guiducua から約 35km 南下すると Miramar 岬を突端とする Tofo Beach の小半島に達する。この間にも Guiducua 海岸のような微弱な白砂枝堆積が見られる場所があるが、本稿では割愛する。Tofo の突端から海岸線の向きが南南西に転じ、さらに 13km 南下すると Ingale に到着する。この Tofo の突端から Ingale までの海岸の様子を写真 18 に示す。この間の海岸には、明瞭な線分の群をなす平行な白砂枝が見られる。写真の A 点、及び B 点付近が特に顕著である。長さは両者とも 1km 程度で、幅は 100m 程と見られる。向き

は A 点、B 点とも西 55 度北である。海水到達限界ははっきりしない。

3.16 Guinjala・Boa 間の海岸の巨大津波痕跡

前項で述べた Ingale の南約 10km のところに Guinjala がある。Ingale と Guinjala の間の海岸にも白砂枝が多少観察されるが写真は省略する。Guinjala の南西約 19km のところに Boa がある。この間の海岸を写真 19 に示す。ここには、A 点、および B 点に顕著な白砂

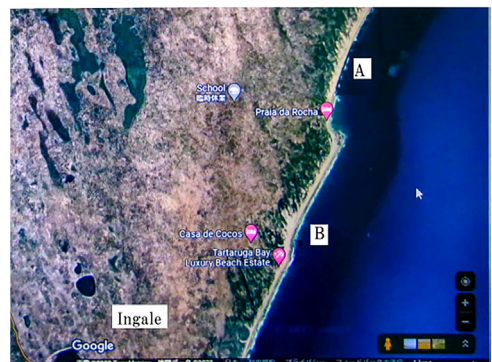


写真 18 Tofo から Ingale までの海岸 長さ 1km 程度の互いに平行な多数の白砂枝が観察される。向きは西 55 度北である。津波による海水の到達限界線は明瞭ではない。尺度は 1km

枝堆積が見られ、おのこの海岸線から約2kmの長さがある。この他にもいくつか白砂枝が見られる。これらの白砂枝の向きはすべて西65度北である。

写真19のC点付近に濃淡の急変する南北方向に走る線が見られ、かつこの線上に白砂の堆積が散見されることから、この線が巨大津波の浸水限界線と考えられる。C点からもっとも近い海岸線まで約8.5kmの距離がある。この線と海岸線の間には、D点を通って南北に走る淡い白い明線が見られる。これが海水の流れ方向を表していると考えられ、その方向も白砂枝の方向と同じ西65度北になっている。C点を通る濃淡の急変する線の内陸側には、明線など、白砂の堆積したような痕跡は一切見られない。すなわちC線より内陸側には浸水はしていないと考えられるのである。

3.17 Boa・Siane間の巨大津波痕跡

Boaの南南西約30kmのところにSianeが



写真19 Guinjala・Boa間の海岸の巨大津波痕跡 尺度は1km

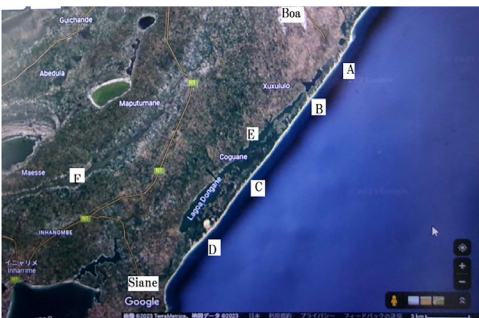


写真20 Boa・Siane間の海岸の巨大津波痕跡 A,B,C,Dの各点に白砂枝の群が観察される。尺度は5km

ある。写真20はこの間の海岸の巨大津波痕跡である。写真中A, B, C, Dの各点に、おのこの白砂枝の群が見られる。Cは短い白砂枝群であるが、B点, D点の白砂枝はやや顕著で、ともに長さ約1.5kmのものが見える。方向は西65度北である。この方向はBurckle Craterからの直線方向とは一致していない。もし、Burckle Craterから直線方向に伸びているとしたら、西20度北の方向でなくてはならないからである。浸水限界線は色調が急変するE点を通る線であろう。海岸から約3kmである。ところで、この線よりもっと内陸側のF点付近にも白色がかった線が2重に観察できる。この線は写真画角の左側のPocelela 潟湖(写真21参照)から北上した浸水限界線であろうと推定される。

3.18 Siane・Cala間の巨大津波痕跡

Sianeの南西約22kmのところに、Pocelela 潟湖を中間に挟んでCalaがあり、この間の海岸線にも白砂枝がほぼ中断なく観察される。すなわち写真21のA, B, C, D, Eの各点付近に線分状の白砂枝が観察される。長さはほとんどが1km前後であるが、E点のものは約1.5kmの長さがある。方向はA点のものは西70度北、他の点のものは西60度北である。巨大津波による浸水はPocelela 潟湖に及んだと推定され、湾奥のF点付近に浸水が置いていった白砂の堆積が斑点状に観察される。

3.19 Dacambe 海岸の巨大津波痕跡

Calaから南西に海岸線とたどって約15km

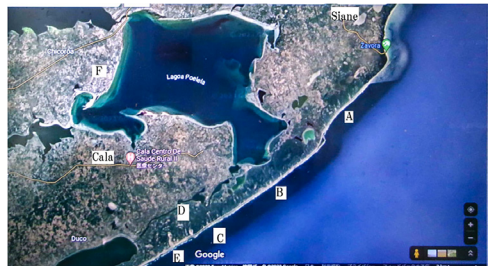


写真21 Siane・Cala間の海岸の巨大津波痕跡 尺度は2km

進むと、Dacambe に到達する。ここは海岸線に沿って細長い Maiene 湖が海岸線に平行方向に伸びている。Dacambe の海岸の Google Earth の衛星写真を写真 22 に示す。一見して明らか



写真 22 Dacambe 海岸にびっしりと並んだ白砂枝の列。長さはおおむね約 500m だが A 点のものは 1.5km に及んでいる。尺度は 2km

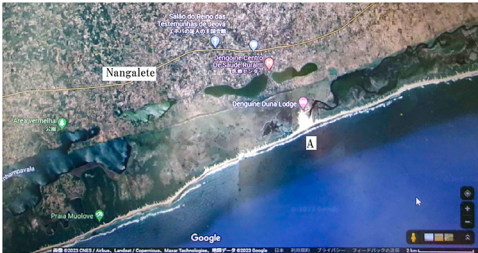


写真 23 Nangalet の東方約 6km にある大きな白砂枝。尺度は 2km

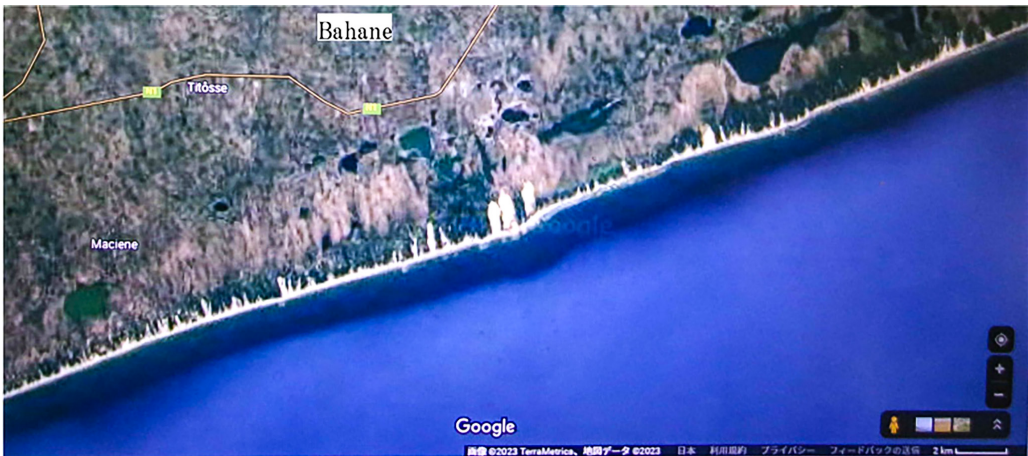


写真 24 Bahane 海岸で巨大津波によって形成された顕著な白砂枝群。白砂枝の内陸延長部に、同じ方向の流跡痕が平行に並んでいる。

注：ここでの白砂枝は、南極大陸からの反射波によるものである可能性もありうる。尺度は 2km

なように、この海岸にはびっしりと線分状の白砂枝が互いに平行に並んでいる。長さはほとんどが 500m 以下であるが A 点付近の枝は長さは約 1.5km ほどある。白砂枝の向きは枝によって多少差があるが、おおむね西 70 度北である。海水は Maiene 湖に浸入し、北側の湖岸の平野部に浸入した痕跡が見られる。

3. 20 Nangalet の巨大津波痕跡

Dacambe から海岸線をたどって西南西に約 45km 進むと Nangalet に到着する。この 45km にわたる海岸は、およそ写真 22 と同様の白砂枝がびっしり並んだ光景が続く。Nangalet 付近の光景を写真 23 に示す。この写真の A 点にひときわ大きな白砂枝が見える。長さは約 1.5km で幅も約 500m 程度である。

3. 21 Bahane の巨大津波痕跡

Nangalet から海岸線に沿って西南西に約 45km 進むと Bahane に到着する。この付近の海岸の衛星写真は写真 24 の通りである。写真中央付近にひときわ目立つ 3 本の白砂枝が写っている。この 3 本の白砂枝の長さはおのおの 2.0km を超えている。この画角全体に現れた白砂枝の規模は、この地点以北には

現れなかったものである。向きは西 80 度北を示している。この方向は明らかに Burckle Crater からの直線方向ではない。むしろこの周辺の海岸線に直交する向きを向いている、と言える。ということは、ここでの巨大津波の進行方向は、Snell の法則に従って、海底等深線に直交する向きに屈折してきたと推定されるのである。これは、波源からひたすら直線方向を向いていた Madagascar 島南岸の白砂枝とは異なる振る舞いをしていることになる。その説明は将来の課題としよう。

3.22 Inhampsi 海岸の巨大津波痕跡

Bahane から海岸線に沿って西南西方向に約 65km 進むと Inhampsi に到着する。この間の海岸にはほとんど津波痕跡は見いだせない。ところが、Inhampsi の手前 10km ほどの地点から突然華やかな白砂枝の豊富な海岸が始まるのである。写真 25 は Inhampsi の東側 10km から西側 15km あたりまでの映像である。この写真の東端（右端）から右の海岸にはほとんど痕跡は現れていない。ところがこの写真の画角の範囲内では突然白砂枝たちが踊り出すのである。A 点の白砂枝は一番長い枝であるが、その長さは海岸汀線から 2.5km の長さがある。このあたりの白砂枝の向きは西 75 度北である。

津波による海水の浸水限界は写真画面の上

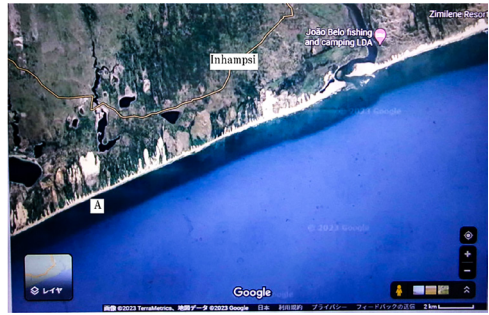


写真 25 Inhampsi の周辺海岸での白砂枝群 尺度は 2km

端を超えている。3 個程写っている湖の湖岸線をよく見ると北側は白く縁取られているのに気づく。津波の際海水が湖にかぶさって通過したとき、湖の北側の湖岸線のところで含んでいた白砂を置き去っていったのであろう。

3.23 Chekeselene 付近海岸の巨大津波痕跡

Inhampsi から海岸線に沿って西南西に約 30km 進むと Chekeselene に到着する。写真 26 はこの付近の海岸の衛星写真であるが、前項 Inhampsi よりさらに一段と大規模な白砂枝の砂丘群が出現している。A 点付近の舌状の白砂堆積砂丘は、内陸の湖の湖域に達しており、その先端は海岸汀線から 1.5km の位置にまで及んでいる。このあたりでは、



写真 26 Chekeselene 近郊西側海岸線の巨大津波痕跡 尺度は 2km

舌状の白砂堆積砂丘と、線分をなしている白砂枝とは別個に存在しているように見える。すなわち、先に舌状の白砂堆積砂丘が海岸汀線から 1.5km まで達した後に、遅れて白砂枝を作った後続の津波が来たかのように見えるのである。

巨大津波による海水侵入の限界線は B 点付近を通っていると推定される。この線より海側には白砂の斑点や流水痕跡（「明線」）が見えるのに対して、内陸側にはそのようなものは見えないからである。内陸の明線の方は海岸汀線付近の白砂枝と方向がほぼ一致していることに注意したい。

3. 24 Linchika 付近海岸の巨大津波痕跡

Chekeselene から海岸線に沿って南西に約 40km 進む Linchika に達する。ここの白砂枝の分布は前項の Linchika の華やかな分布の末尾のような部分である（写真 27）。

舌状の白砂堆積砂丘は A、B 点で海岸線から約 2km 内陸に浸入している。しかし多数観察される白砂枝は 500m 程度しかない。そうしてここでも、舌状の白砂堆積が先に形成されて、線分状の白砂堆積枝はその後で形成されたように見える。そうして画面左下に進むにつれて、巨大津波痕跡は弱まっていくの

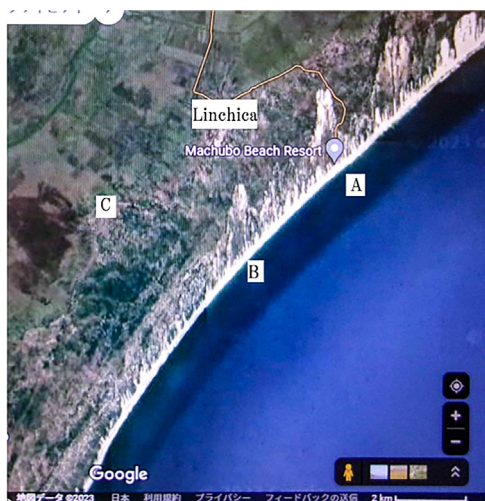


写真 27 Linchika 近辺の巨大津波痕跡
尺度は 2km

である。白砂枝の方向はほぼ真北である。

Linchica から南西に約 70km 進むと Mozambique の首都 Maputo に達する。この間の海岸線には巨大津波痕跡は全く見えない。

3. 25 Inhaca 島の巨大津波痕跡

Mozambique 共和国の首都 Maputo（マプト）は Maputo 湾の奥に位置する港湾都市であるが、この湾を南側からとり囲む半島の先端に Inhaca 島がある。写真 28 はこの島の東海岸（外洋側）の衛星写真である。平行な線分群をなす白砂枝が多数見られる。A 点付近の白砂枝の長さは約 1.3km で、向きは西 75 度北である。もし、Burckle Crater からの直線方向に打ちあがったとしたら西 10 度北方向を向いているはずである。

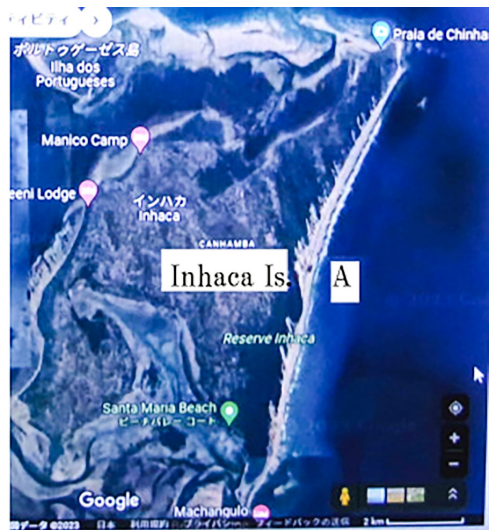


写真 28 Inhaca 島東岸の巨大津波痕跡
尺度は 2km

3. 26 Cimbene の巨大津波痕跡

前項で述べた Maputo 湾を南側から囲む半島の付け根の所に Cimbene がある。この付近の衛星写真を写真 29 に示す。A 点に多数の、B 点付近に 3 本の白砂枝が見られる。A の最も長い白砂枝は長さ 1km 程度である。向きは西 70 度北である。浸水限界ははっきりしないが白砂堆積の斑点の分布から見て写真画面の左端付近には達していたと考えられる。



写真 29 Cimbene 付近海岸の巨大津波痕跡

3.27 Membene Point 付近の巨大津波痕跡

Cimbene から約 25km 南下すると, Membene Point に達する (写真 30)。この地点から北方約 4km までに間に白砂枝が 3 カ所ほどに見られる。A 点の白砂枝は約 1km の長さがあり, 方向は西 70 度北である。浸水限界ははっきりしないが, この写真の画角の左端付近であると推定される。

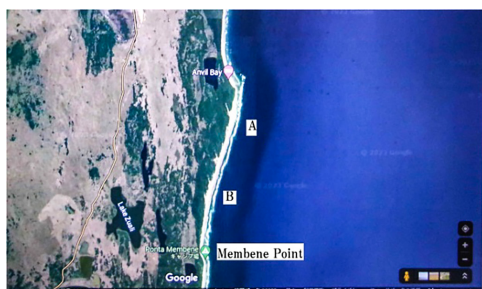


写真 30 Membene Point 北方の白砂枝群
尺度は 2km

3.28 Lake Piti 海岸の巨大津波痕跡

Membene Point から約 15km 南下すると Piti 湖の北端に到達する。南北約 6km の海岸線に沿って南北に長い瀉湖であるが, 海と Piti 湖を分ける細長い堤状の海側斜面に白砂枝が 10 カ所余りに見られる (写真 31)。長さはどれも約 1km 程度で, 方向は西 70 度北である。この方向は Burckle Crater からの直線方向 (西 10 度北) ととも一致していないし, また斜面の最急勾配の方向 (真西) ととも一致していな

い。浸水限界ははっきりしないが, Piti 湖の南側平野に残された淡い白砂の列から, 南北に走る街道の位置あたりではないかと推定される。海岸線から約 5km である。Piti 湖の内陸側湖岸には白砂堆積は見られない。

Piti 湖の南端から約 25km 南下すると, Mozambique 共和国と南アフリカ共和国との国境線に至るが, この間の海岸線上には巨大津波痕跡は見当たらない。

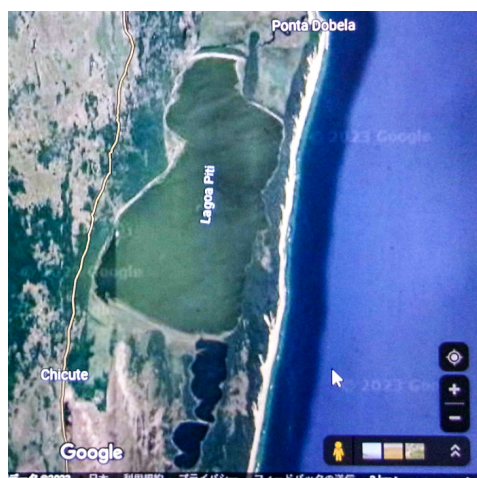


写真 31 Piti 湖周辺の巨大津波痕跡
尺度は 2km

4. 南アフリカ共和国の海岸の巨大津波痕跡

Burckle Crater を作った隕石による巨大津波の痕跡は, 南アフリカ共和国がわの海岸線上にも見ることができる。

4.1 Kuzilonde 湖海岸の巨大津波痕跡

Mozambique 国境からわずか 1km 南の Kuzilonde 湖の海岸に写真 32 に示されたようなかなか顕著な巨大津波痕跡が観察される。長さ約 1km の舌状白砂堆積砂丘が 3 本観察される。線分状の形状はしていない。方向はおおよそ西 55 度北である。浸水限界は不明である。

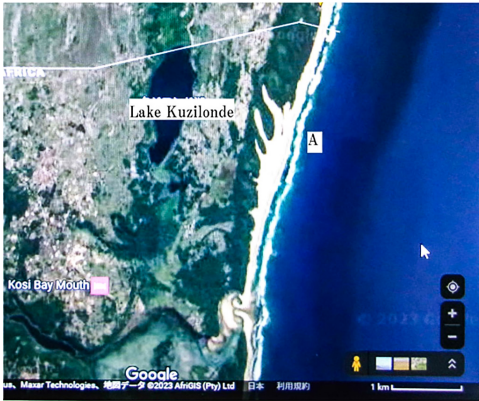


写真 32 南アフリカ共和国領 Kuzilonde 湖付近の巨大津波痕跡 写真上方の白線は国境線 尺度は 1km

4.2 Kwadapha の巨大津波痕跡

Kuzilonde 湖から海岸線に沿って約 17km 南下すると Kwadapha に着く。この付近の衛星写真は写真 33 である。写真の A 点と B 点にわずかながら巨大津波による白砂枝を見ることができる。両者とも海岸汀線から 500m ほどである。内陸の C 点付近に白色の斑点が散在しているのは、この付近まで浸水があったことを示しているらしい。

4.3 Nkundwini 付近の巨大津波痕跡

前項の Kwadapha から海岸線に沿って約 20km 南下すると Nkundwini に着く。この付近の衛星写真を写真 34 に示す。ここは白砂枝や舌状の白砂堆積砂丘はわずかな兆候しか見られないが、ただ海岸汀線から 500m の広幅の白砂堆積がある。また背後の Sibayi 潟湖の内陸側（西側）湖岸に白砂の帯が見られるのが、津波による海水の浸水通過と推定される。以上 2 点から、ここでの巨大津波の痕跡があると認められる。

4.4 Manzamnyama の巨大津波痕跡

Nkundwini から海岸線に沿って 150km ほど南南西にすすむと Manzamnyama に着く。この衛星写真を写真 35 に示す。ここには白砂枝も白砂の舌状堆積砂丘も見られないが、海岸線から樹木の茂った森林帯をへだてて、

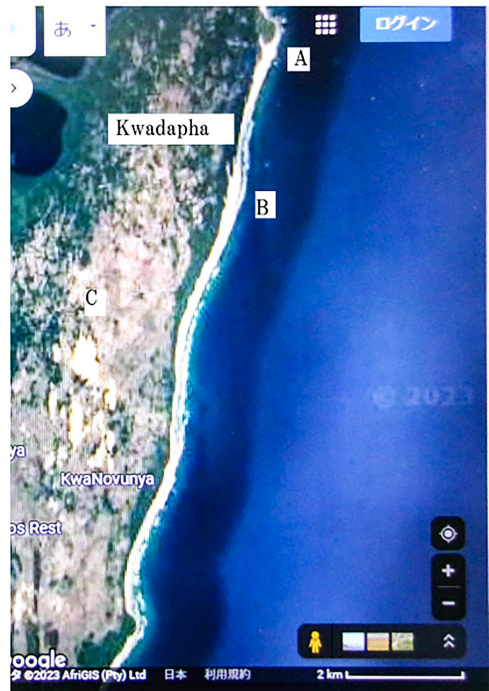


写真 33 Kwadapha 付近の巨大津波痕跡

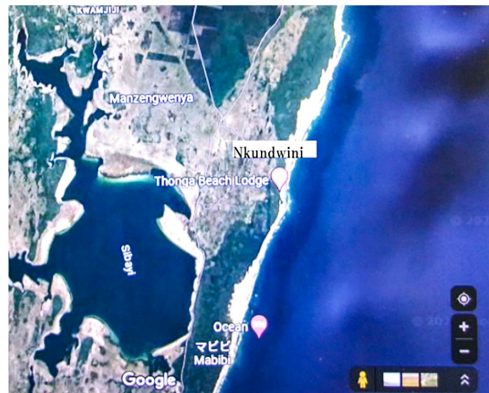


写真 34 Nkundwini の巨大津波痕跡

幅広く白砂が堆積しているのが目につく。森林中に長さ約 7km、幅 2km の白砂の堆積砂丘が広がっている。おそらく巨大津波の浸水によるものと考えられるが確証は得ない。

4.5 Durnford Point の巨大津波痕跡

Manzamnyama から海岸線に沿って約 60km 南西方向に進むと Durnford Point の灯台点に到着する。写真 36 に Durnford Point の周

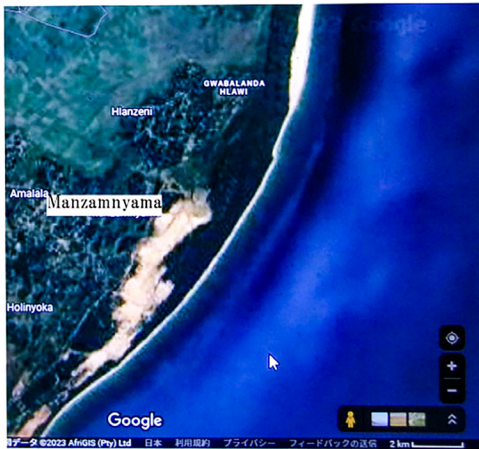


写真 35 Manzamnyama の沿岸森林中の白砂堆積丘
長さ約 7km, 幅約 2km である。巨大津波痕跡と示唆される。
尺度は 2km

辺の衛星地図を掲げる。

A 点～G 点の 7カ所ほどに、白砂枝が見られる。どれも長さ 200~300m ほどの短い枝であり、方向もややまちまちである。A 点のもの向きは東 70 度北、E 点の者は西 85 度北、F 点のものは東 75 度北を示しているが、局所的な谷筋の影響を受けているものと推定

される。

この点以南には、巨大津波痕跡と推定できる点は存在しない。

5. 検討

以上、Madagascar 島の巨大津波痕跡を述べた前稿と本稿を併せて検討したい。過去の津波事例にはほとんど存在しなかった隕石落下にこの津波事例には、従来の津波研究の観点からは思いもよらなかった現象が多数ちりばめられている。すなわち、不思議に満ちているのである。本稿ではこれら多数の不思議を解明することなどとてもできないが、今後の津波研究者たちに解決をゆだねるべき不思議の諸点を、以下に列挙しておこう。

5.1 津波の沿岸遡上の形態に櫛目状の遡上などありうるのか？

Gusiakov ら (2010) が Chevron dune, あるいは V 字形砂堆積砂丘と呼び、筆者は「白砂枝」と呼んだ、線分状の白砂の堆積列は、多数の平行線分の列をなして配列している。たとえば前稿の **写真 4** を本稿でも **写真 37** とし

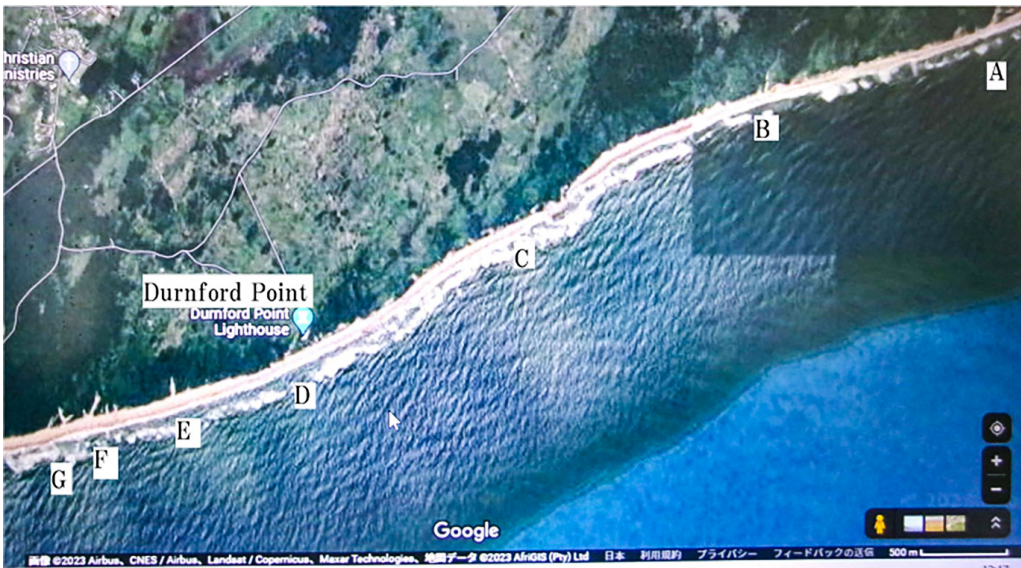


写真 36 Dunford Point 灯台点付近の巨大津波痕跡
A 点～G 点に短いながら白砂枝を観察することができる。

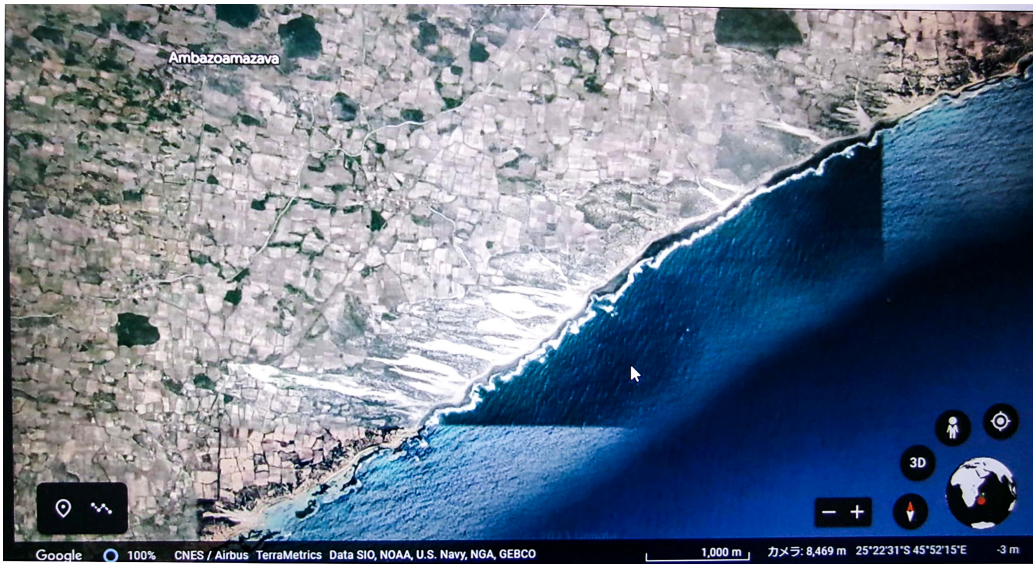


写真 37 Madagascar 島南岸, Ambazoa 南方海岸の白砂枝群のおりなす櫛目状紋様

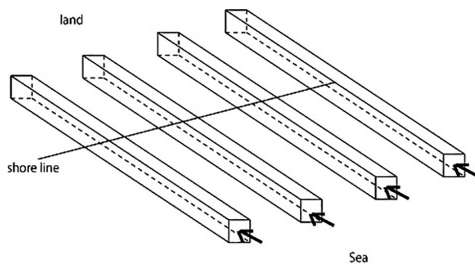


図 5 櫛目状白砂堆積線分を残すために必要な津波の来襲形態

て再引用しておこう。また本稿でも Bambe 海岸の写真 15, Chekeselene 海岸の写真 26 など多数の写真に同じような光景を見ることができる。

それでは、例えば写真 37 のような長さ 1 ~ 2km, 横幅 100m の線分群がをなす櫛目型の白砂の堆積を作り出すためには、どのような津波の来襲形態が必要であろうか？ この櫛目状の堆積砂の紋様を残すためには、次の図 5 のような津波の来襲形態が必要であると考えられる。すなわち図 5 において、津波は「材木」のように表された線だけに沿って襲ってくるのである。材木と材木の間隙間には津波は来てはいけない。そうしてこの材木の内部に沿って砂をたっぷり含んだ海水は

津波としてやってきて上陸後砂を落としていくのである。

はたして、このような形態の津波は流体力学的に存在が可能であろうか？

5.2 白砂枝の方向は, Madagascar 島では Burckle Crater の波源に一致しているのに, Mozambique 海岸では全く一致していない。

前稿で述べたように, Madagascar 島での白砂枝の方向は, Talaky, Ambazoa, および Baraja の 3 点で Burckle Crater の点波源からの直線方向にほぼ一致している。しかし, Mozambique の各点での白砂枝の方向は全く一致していないのである (図 6)。Mozambique 海岸で白砂枝の方向が明瞭に測定されたすべての点で, 波源方向より 50 度から 60 度, 時計方向に角度がずれているのである。Madagascar 島南端沖海域での回折の影響, あるいは, 南極大陸による反射波の影響などを考えてみたが, どうも原因はよく分からない。解明すべき謎として理論方面の津波研究者の解明に期待したい。

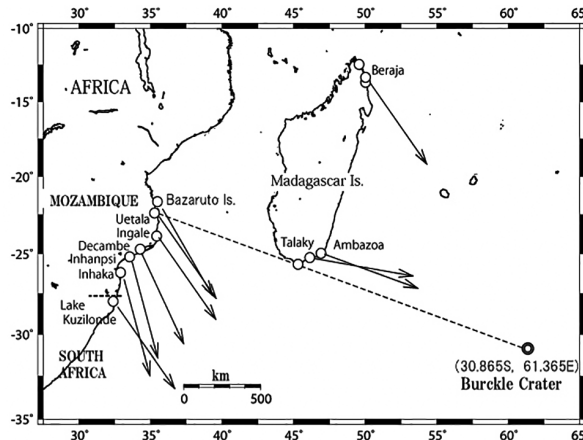


図6 Madagascar, および Mozambique 海岸での白砂枝の方向
Mozambique 海岸の白砂枝の方向は、波源方向を向いておらず約50~60度時計方向にずれている。

5.3 なぜ Madagascar 島東海岸ではほとんど巨大津波痕跡は見つからないのか？

ふたたび図6を見ると、Madagascar 島では南端海岸と最北端近くの3点のみで巨大津波痕跡が発見されていて、東側海岸の大部分では発見されていない。これはなぜであろうか？ この理由は案外簡単であった。Madagascar 島は案外降水量が多いのである。首都 Antananarivo の年間降水量は1,517mm であって、東京のそれ(1,529mm) とほぼ変わらない。そのうえ、島の東海岸の雨量はこの倍以上であって年間3,500mm と言われ、降雨量が非常に多いのである。このため、4800年の時の経過の内に雨や洪水によって巨大津波痕跡は消滅したのであろう。以上理科年表(2021)、テレビ朝日(2023年4月6日)による。

5.4 津波の戻り流れに消されるということとはなかったのか？

多くの白砂を含んだ海水が津波来襲のとき陸上に浸入してきたとき、まず海水に含まれた一番重い成分が海岸線近くに沈み堆積して白砂枝、または舌状白砂堆積砂丘を形成した。重い白砂の大部分を置き去った海水はさらに

内陸に浸入した。しかし、その戻り流れは、地表による摩擦を経験して、侵入したときほどは流れのエネルギーは持っていなかったはずである。それで一度堆積した白砂枝は持ち去られることなく、そこにとどまったのであろう。

5.5 津波の原因となった隕石(小惑星)の推定落下速度はどれほどだったか？

地球が太陽の周りをまわる公転速度はおよそ30km/s である。したがって、地球の公転軌道上に速度ゼロの小惑星があったと仮定した場合、相対的に地球には30km/s 程度の速度で落下してくるはずである。隕石の落下速度はおおまかにこの速度であろう。海水の弾性による水中音波の速度は1.5km/s であるから、隕石は水中音波の20倍の速度で海水に落下してくることになる。当然海水側には衝撃波が発生する。隕石が落下してから Madagascar 島や Mozambique 海岸にまず達したのは、通常の意味の海洋長波の津波ではなく衝撃波であったと考えられる。ただし衝撃波は砂などの物質は運搬しないから白砂枝などの形成には、通常の意味の津波であったはずである。

最後にこの疑問を記しておこう。前稿およ

び本稿で述べた「白砂」は、自然岩石が風化してできたケイ酸 SiO_2 でできた、「砂」なのだろうか？ それとも、サンゴや Marine snow が海底に堆積してできた炭酸カルシウム CaCO_3 なのだろうか？

Gusiakov ら (2010) は後者、すなわち炭酸カルシウム CaCO_3 であるとしている。魚や貝、さんごなどの骨格を形成する CaCO_3 は、Marine Snow の形で深海底に堆積している。隕石落下による津波のさい、これがまき上げられ、津波を形成する海水の一部となって、陸上に打ち上げられたものと推定される。

6. 謝辞

衛星写真を自由に閲覧し、かつ引用の便宜を与えてくださった Google Earth 社に深く感謝致します。

参考文献

- Abbott, D.H., E.A.Bryant, V.K.Gusiakov, and H. Razafindrakoto, 2006-a, Report of Interantional Tsunami Expedition to Madagascar, (technical report)
- Abbott, D.H., S.Martos, H. Elkinton, E.F. Bryant, V.K.Gisiakov, D. Breger, 2006-b, Impact craters as sources of megatsunami generated chevron dunes, GSA-2006, Philadelphia Annual Meeting.
- Abbott, D.H., E. Bryant, and V.K. Gusiakov, and B. Masse, 2010, Largest natural catastrophes in Holocene and their possible connection with comet-asteroid impacts on the Earth, 6th Alexander von Humboldt International Conference on Climate Change, Natural Hazards, and Societies, held at Merida, Mexico, March 2010
- Abbott, D.H., V. K. Gusiakov, Gerard Rambolamanana, and K. Galinskaya, 2017, What are the origin of V-shaped (Chevron) dunes in Madagascar? The case for their deposition by a Holocene megatsunami, "Sediment Provenance", 155-182.
- Gusiakov, V. K., D.H. Abbott, E. A.Bryant, and D. Breger, 2010, Mega tsunamis of the World oceans: Chevron dune formation, Micro-ejecta, and rapid climate change as the evidence of recent oceanic Bolide Impacts, Geophysical Hazards, Springer, 197-227
- 丸善, 2021, 『理科年表 2021』, pp1174
- テレビ朝日, 2023年4月6日放送, 地球最後の秘境マダガスカル, 神秘の珍獣奇獣求め島一周6000キロの旅, <https://thetv.jp/>
- 都司嘉宣, 2023, アフリカ・マダガスカル海岸の巨大津波痕跡, (本書中)