EGJ
Engineering Geology of Japan

［技術報告］
秋吉台若竹山周辺におけるドリーネの深さ，底面寸法および形状記述子

曽根原 崇文 [1)]

キーワード：秋吉台 , カルスト , ドリーネ , 画像解析 , ImageJ, QGIS

要旨

秋吉台若竹山周辺におけるドリーネの数値地形モデルデータ（美祢市教育委員会 , 2020 年 3 月）を借用し，深さ，底面の寸法および形状記述子を求め，238 個のドリーネの形状的特徴を検討した．底面の平面形状は，深さが小さい場合は，円形度・真円度・面積包絡度のバリエーションが大きいが，深さが大きい場合は，円形度は 0.65 ～ 0.85，真円度は 0.5 ～ 0.8（＝アスペクト比 1.25 ～ 2），面積包絡度は 0.88 ～ 0.95 の値に収束する．断面形状は，深さが大きくなるにつれ，「皿型」（ドリーネ底面の平均半径／深さ：10 前後）から「すり鉢型」（同：1 以下）を呈するようになる．その形成過程として，周囲が溶食され集水域が拡大するとともに，収束域は面積が大きく変化せず深くなっていくモデルを提示した．約 2 割を占めるアスペクト比の大きな（2 以上）ドリーネは，地質構造や古地形の影響を受けた可能性がある．

1．はじめに

秋吉台は本邦を代表する石灰岩台地であり，多数のドリーネ（doline; 北米では sinkhole とも呼ばれる）を有するカルスト地形からなる．曽根原（2022）は，秋吉台の地形地質に係る現況調査（美祢市教育委員会）において得られた数値地形モデルデータを用いて，若竹山周辺におけるドリーネの形状的特徴について検討を行った．小論はその検討を補足する位置づけにある．

曽根原（2022）では，溶食が進むにつれドリーネが深くなることを想定し，ドリーネの深さに着目して，ドリーネのサイズや形状について検討を行った．その際に，検討対象は理想的な形状を示す外縁が閉合したドリーネ（90 個）に限定した．しかし，秋吉台の地形地質に係る現況調査（美祢市教育委員会）で得られたドリーネの数値データは全 238 個（地形としての抽出数 265 個のうち，植生の影響などで正確なデータが得られていないものを除いた数）であり，利用できなかったデータが多数ある．そこで小論では，外縁形状に制限を設けず全てのドリーネについて追加検討を行ったので報告する．

なお，小論ではウバーレ（uvala; 複数のドリーネが連なったもの：漆原 , 2017a）も含めてカルストにおける凹地

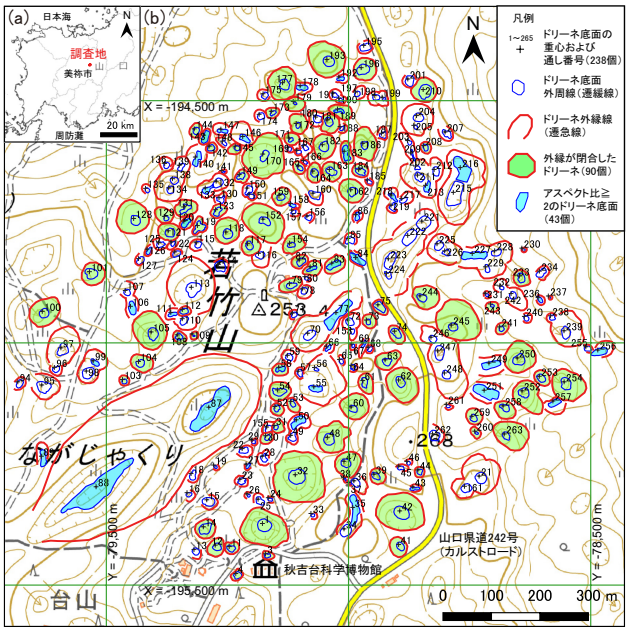

図 1　(a) 調査地（秋吉台若竹山周辺）の位置図．基図は地理院タイルの白地図を使用．(b) 秋吉台若竹山周辺におけるドリーネの分布図（平面直角座標系Ⅲ）．曽根原（2022）で解析対象とした外縁が閉合したドリーネ（90 個），本報告によるアスペクト比 2 以上のドリーネ底面は着色表示した．ドリーネに付した番号は付表 1, 2 に対応する．基図は地理院タイルの標準地図を使用．

Engineering Geology of Japan, No. 13, 17-33 (2023)

Depth, floor size and shape descriptors of dolines around the Mt. Wakatakeyama in the Akiyoshidai area, western Japan

Takafumi Sonehara[1)]

Corresponding author : T. Sonehara, sonehara@geohiruzen.co.jp
[1)] Hiruzen Institute for Geology and Chronology, Co., Ltd.
2-5 Nakashima, Naka-ku, Okayama 703-8252, Japan

[1)] 株式会社蒜山地質年代学研究所
〒 703-8252 岡山市中区中島 2 番地 5

2023年6月7日受付，2023年8月7日受理．© 2023 Hiruzen Institute for Geology and Chronology. All rights reserved.

形（karst depression）を基本的にドリーネという用語で代表させ，必要に応じてウバーレを区別する．

2. 解析データおよび方法

解析対象は山口県美祢市に位置し，国の特別天然記念物に指定されている秋吉台南部の若竹山（標高 253.4 m）を含む北東 – 南西約 1.0 km，北西 – 南東約 0.8 km の範囲である（図 1; ただし，植生により有効な数値地形モデルデータが得られていない南西側を除いて図示）．使用したデータは上記地域のドリーネ形状の Shape ファイルであり，美祢市教育委員会より借用した．この Shape ファイルは，山焼き直後の 2020 年 3 月 5 日に撮影された UAV 連続写真から作成された DTM データを用いて，地形判読により抽出されたものである（詳細は曽根原 , 2022 を参照）．

小論では，GIS ソフト QGIS（ver. 3.22）を用いた解析および画像解析ソフト ImageJ（Fiji）（Rasband, 1997）を用いた解析の 2 つを実施した．QGIS は Shape ファイル(ベクターデータ：座標値のデータ，図 2）の解析に用い，ImageJ は画像ファイル（ラスターデータ：画素の集合，図 2）の解析に用いた．なお，参考までにベクターデータとラスターデータの違いについて，図 2 に簡単な説明を示した（本文での説明は省略）．以下に各解析手法について述べる．

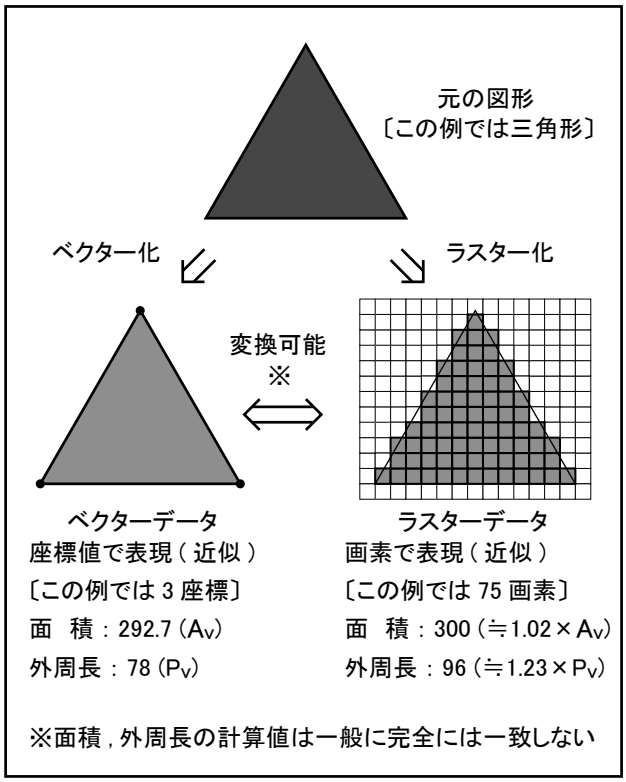

図 2　ベクターデータとラスターデータの例．ベクターデータは元のデータを座標値で表現（近似）するもので，ラスターデータは画素の集合で表現（近似）するものである．座標点の数や画素数（解像度）を増やすことで，両データ共に元のデータをより正確に再現することができるが，データ量が大きくなるため，データの作成・解析の容易性とはトレードオフの関係になる．また，両データは互いに変換することが可能であるが，面積や外周長は一般に完全には一致しない．

(1) QGIS による解析

解析対象は，曽根原（2022）が取り扱わなかったドリーネ 148 個（= 238－90）で，それらはドリーネの外縁が開口あるいは複合したものである．解析手法は曽根原（2022）と同様（図 3）で，ドリーネ底面の Shape ファイルを用いて，QGIS のベクター計算機（座標値の計算プログラム）によりドリーネ底面の面積 A_f［m^2］および外周長 L_f［m］を求めた．底面の平均半径 $R_f = (A_f / \pi)^{0.5}$［m］と円形度（Circularity）$C_f = 4\pi A_f / L_f^2$［無次元］は，計算により求めた．ドリーネの深さ D_p［m］は，ドリーネ底面の重心座標における標高 H_f［m］と外縁 Shape ファイルの平均標高 H_r［m］との差分（$H_r - H_f$）から求めた．

ここで，曽根原（2022）によるドリーネの深さの求め方について補足する．ドリーネ底面の標高については，底面ポリゴンの平均標高を用いるという方法もあるが，これを適用しなかった理由は，底面の縁付近に生育する樹木の影響が上手く補正できていない場合があるためである．そのようなデータの使用を避けるため，上空が開けている中心における標高値を底面標高として採用した．また，外縁の平均標高は，元のラインデータをポイントデータに変換して，ポイントデータの標高値を算術平均して求めたものである．したがって，ラインデータ入力時の設定ポイントの数（密度）にデータの精度は依存している．

(2) ImageJ による解析

解析対象は，有効な数値地形モデルデータがある全ドリーネ 238 個である．まず QGIS を用いてドリーネ底面を塗りつぶして表示したうえで，画像ファイル（PNG 形式，縮尺 1/1,000 で解像度 144 dpi，すなわち 0.1764 m/ 画素に相当）に出力した．次に画像ファイルを画像解析ソフト ImageJ で読み込み解析を行った．スケール設定〔Set Scale：ImageJ でのメニュー，以下同じ〕では，QGIS による出力範囲（単位 : m）と出力画像ファイルの画素数を対応させ，1 px = 0.1764 m とした．次に画像ファイルを二値化〔Make Binary〕し，粒子解析〔Particle Analysis〕を行った．解析内容の設定〔Set Analysis〕については，面積〔Area〕，面積重心〔Centroid〕，周長〔Perimeter〕，楕円近似〔Fit Ellipse〕，形状記述子〔Shape Descriptors〕を選択した．この設定により，ドリーネ底面の面積 A_f［m^2］，外周長 L_f［m］，重心座標（画像の左上が原点で横 X m, 縦 Y m），円形度（Circularity）$C_f = 4\pi A_f / L_f^2$［無次元］，楕円近似長径 MJ_f［m］，楕円近似短径 MN_f［m］，楕円近似長径と水平方向がなす反時計回り角度［°］，アスペクト比（Aspect Ratio）$AR_f = MJ_f / MN_f$［無次元］，真円度（Roundness）$RN_f = 4A_f / \pi\, MJ_f^2 = 1 / AR$［無次元］，面積包絡度（Solidity）$SL_f = A_f / AC_f$［無次元］（ただし，$AC_f$ は凸包（Convex Full）の面積［m^2］）が求まる（図 4）．曽根原（2022）で用いた平均半径 $R_f = (A_f / \pi)^{0.5}$［m］については別途計算により求めた．なお，ImageJ での画像解析方法は，例えば三浦・塚田（2016）が参考になる．

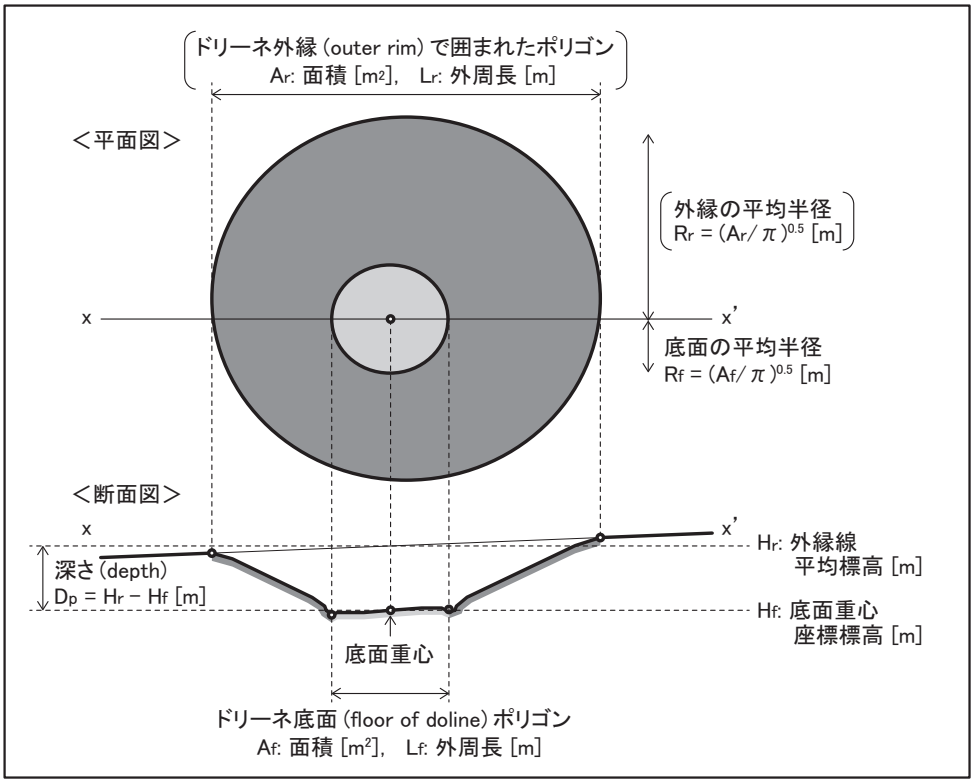

図 3　GIS を用いたドリーネの形状計測の概念図．曽根原（2022）の図 2 を改変．A_r：ドリーネ外縁（outer rim）で囲まれたポリゴンの面積（単位：m²），L_r：ドリーネ外縁の外周長（単位：m），H_r：ドリーネ外縁ラインの平均標高（単位：m），A_f：ドリーネ底面（floor）のポリゴンの面積（単位：m²），L_f：ドリーネ底面の外周長（単位：m），H_f：ドリーネ底面ポリゴンの重心座標（平面直角座標系Ⅲ）の標高（単位：m），R_r：ドリーネ外縁で囲まれた範囲の平均半径（単位：m），R_f：底面の平均半径（単位：m），D_p：ドリーネの深さ（単位：m）．ただし，A_r，L_r および R_r は小論では解析せず，R_r は曽根原（2022）のデータを使用．

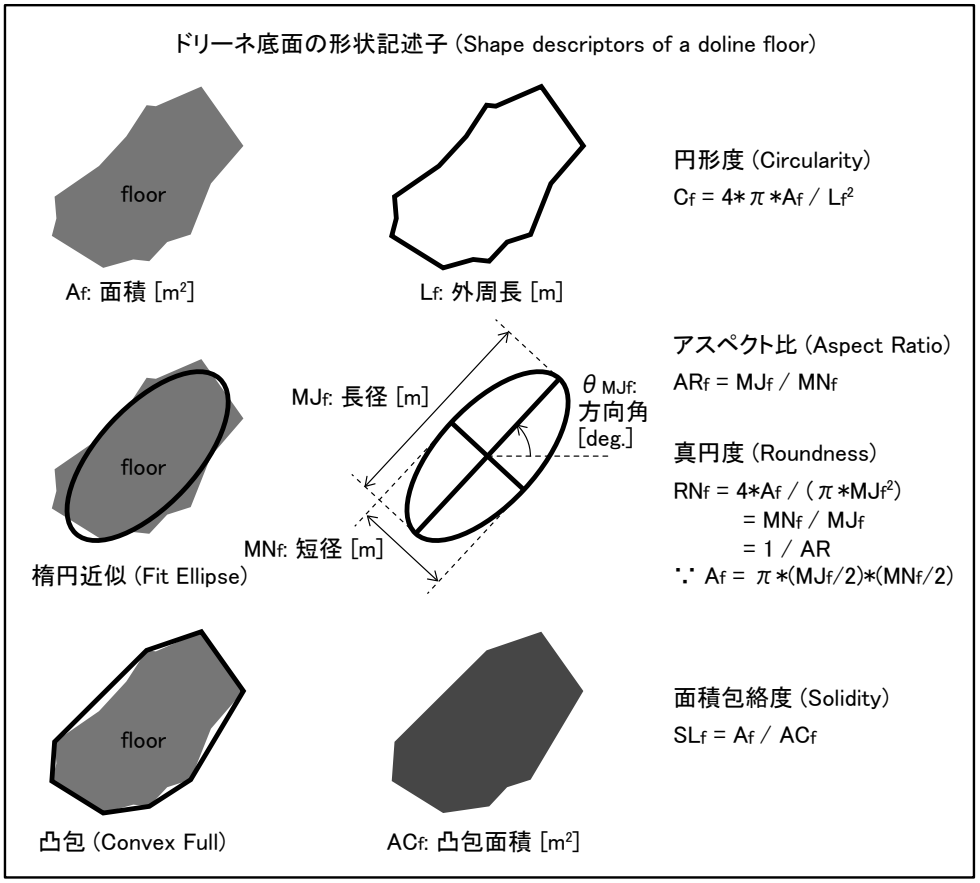

図 4　ImageJ を用いたドリーネ底面（floor）の形状計測の概念図．A_f：面積（単位：m²），L_f：外周長（単位：m），MJ_f：楕円近似長径（単位：m），MN_f：楕円近似短径（単位：m），θ_{MJf}：楕円近似長径と水平方向がなす反時計回りの方向角，AC_f：凸包（Convex Full）の面積（単位：m²），C_f：円形度（Circularity），AR_f：アスペクト比（Aspect Ratio），RN_f：真円度（Roundness），SL_f：面積包絡度（Solidity）．

3. 解析結果

QGIS による解析（N = 238）では，面積 A_f の中央値は 179.1 m^2（最小 2.2 m^2，最大 4781.4 m^2），外周長 L_f の中央値は 53.2 m（最小 5.7 m，最大 397.3 m），平均半径 R_f の中央値は 7.6 m（最小 0.8 m，最大 39.0 m），円形度 C_f の中央値は 0.86（最小 0.28，最大 0.98），ドリーネの深さ D_p の中央値は 2.9 m（最小 0.4 m，最大 42.9 m），平均半径と深さの比（R_f/D_p）の中央値は 2.4（最小 0.3，最大 14.7）である（表 1）．表 1 には外縁が閉合したドリーネ（N = 90：曽根原 , 2022 の表 1 の内容を再掲載）と外縁が開口・複合したドリーネ（N = 148）に分けた内訳も示した．また，解析結果の一覧を付表 1 に示した．

ImageJ による解析（N = 238）では，面積 A_f の中央値は 179.4 m^2（最小 2.3 m^2，最大 4782.3 m^2），外周長 L_f の中央値は 55.9 m（最小 5.5 m，最大 415.6 m），平均半径 R_f の中央値は 7.6 m（最小 0.9 m，最大 39.0 m），楕円近似の長径 MJ_f の中央値は 18.6 m（最小 2.1 m，最大 157.7 m），楕円近似の短径 MN_f の中央値は 12.3 m（最小 1.4 m，最大 38.6 m），円形度 C_f の中央値は 0.79（最小 0.26，最大 0.94），アスペクト比 AR_f の中央値は 1.44（最小 1.03，最大 6.76），真円度 RN_f の中央値は 0.70（最小 0.15，最大 0.97），面積包絡度 SL_f の中央値は 0.95（最小 0.63，最大 0.99）である（表 2）．表 2 には外縁が閉合したドリーネ（N = 90）と外縁が開口・複合したドリーネ（N = 148）に分けた内訳も示した．また，解析結果の一覧を付表 2 に示した．

表 1　QGIS で求めたドリーネの形状に関する基本的な統計データ．※は曽根原（2022）を再掲載．

解析方法		QGIS					
解析項目		底面の面積	底面の外周長	底面の平均半径	底面の円形度 (Circularity)	ドリーネの深さ	平均半径/深さ
記号［単位］		A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	C_f	D_p [m]	R_f / D_p
全データ N = 238	最小値	2.2	5.7	0.8	0.28	0.4	0.3
	第1四分位数	97.6	40.1	5.6	0.76	1.7	1.4
	中央値	179.1	53.2	7.6	0.86	2.9	2.4
	平均値	255.2	57.5	8.1	0.82	4.7	3.0
	第3四分位数	297.9	66.0	9.7	0.91	5.5	3.8
	最大値	4781.4	397.3	39.0	0.98	42.9	14.7
外縁が閉合したドリーネ N = 90 ※	最小値	2.2	5.7	0.8	0.48	1.1	0.3
	第1四分位数	127.2	44.8	6.4	0.82	2.2	1.3
	中央値	210.6	56.0	8.2	0.88	3.7	2.0
	平均値	232.7	56.0	8.2	0.85	5.1	2.4
	第3四分位数	310.2	66.9	9.9	0.92	6.5	3.0
	最大値	840.3	106.3	16.4	0.98	18.7	9.5
外縁が開合・複合したドリーネ N = 148	最小値	7.0	9.7	1.5	0.28	0.4	0.4
	第1四分位数	88.7	38.0	5.3	0.73	1.5	1.6
	中央値	159.8	49.6	7.1	0.82	2.4	2.5
	平均値	268.8	58.4	8.0	0.80	4.4	3.3
	第3四分位数	279.8	64.1	9.4	0.91	4.4	4.3
	最大値	4781.4	397.3	39.0	0.97	42.9	14.7

表 2　ImageJ で求めたドリーネの底面形状に関する基本的な統計データ．

解析方法		ImageJ								
解析項目		底面の面積	底面の外周長	底面の平均半径	楕円近似の長径	楕円近似の短径	底面の円形度 (Circularity)	底面のアスペクト比 (Aspect Ratio)	底面の真円度 (Roundness)	底面の面積包絡度 (Solidity)
記号［単位］		A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	MJ_f [m]	MN_f [m]	C_f	AR_f	RN_f	SL_f
全データ N = 238	最小値	2.3	5.5	0.9	2.1	1.4	0.26	1.03	0.15	0.63
	第1四分位数	97.7	41.7	5.6	14.1	8.8	0.69	1.21	0.55	0.92
	中央値	179.4	55.9	7.6	18.6	12.3	0.79	1.44	0.70	0.95
	平均値	255.3	60.1	8.1	20.9	12.9	0.75	1.65	0.67	0.94
	第3四分位数	298.2	69.4	9.7	23.8	15.4	0.84	1.80	0.82	0.97
	最大値	4782.3	415.6	39.0	157.7	38.6	0.94	6.76	0.97	0.99
外縁が閉合したドリーネ N = 90	最小値	2.3	5.5	0.9	2.1	1.4	0.44	1.04	0.31	0.75
	第1四分位数	127.2	46.7	6.4	15.3	10.3	0.73	1.16	0.59	0.94
	中央値	210.9	58.6	8.2	20.2	13.5	0.81	1.37	0.73	0.96
	平均値	232.9	58.6	8.2	19.6	13.8	0.78	1.48	0.72	0.95
	第3四分位数	310.5	70.1	9.9	23.9	16.7	0.85	1.70	0.86	0.97
	最大値	840.4	111.0	16.4	35.0	30.6	0.94	3.28	0.96	0.99
外縁が開合・複合したドリーネ N = 148	最小値	7.0	9.8	1.5	3.0	2.9	0.26	1.03	0.15	0.63
	第1四分位数	88.8	39.6	5.3	13.3	8.0	0.67	1.26	0.50	0.92
	中央値	160.1	51.7	7.1	17.5	11.7	0.75	1.50	0.67	0.95
	平均値	269.0	61.1	8.0	21.6	12.3	0.73	1.75	0.65	0.93
	第3四分位数	280.3	67.2	9.4	23.6	14.7	0.83	2.00	0.79	0.97
	最大値	4782.3	415.6	39.0	157.7	38.6	0.92	6.76	0.97	0.98

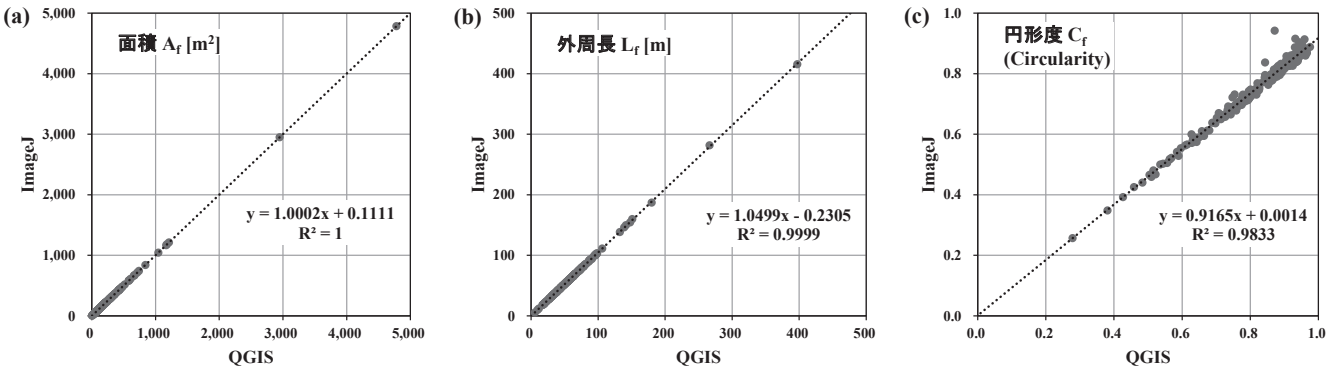

図 5　解析手法の違いによるドリーネ底面形状データの比較．横軸に QGIS によるデータ，縦軸に ImageJ によるデータを取った散布図．（a）面積 A_f（単位 : m²），（b）外周長 L_f（単位 : m），（c）円形度 C_f（Circularity）．

4. 考察

(1) 解析手法の違いの比較

曽根原 (2022) では, QGIS を用いて, Shape ファイル（ベクターデータ：座標値のデータ）からドリーネ底面の面積および外周長を求めた．一方，今回の ImageJ による解析では，ドリーネ底面の画像ファイル（ラスターデータ：画素の集合）から面積と外周長を求めた．そこで手法の違いによる解析結果の相違について検討を行う．

図 5 には，QGIS による値を横軸に，ImageJ による値を縦軸に取った散布図を示した．面積 A_f については，データは原点を通るほぼ 1：1 直線上にプロットされ，両者は極めて良い一致を示す．一方，外周長 L_f については，散布図において直線上にプロットされるものの，ImageJ による値の方がごくわずかに大きい傾向を示す. このため，外周長の 2 乗に反比例する円形度 C_f で比べた場合では，その違いが強調され，ImageJ による値の方が小さい傾向を示す．

QGIS においてはベクターデータを用いて計算を行っているのに対し，ImageJ ではラスターデータを用いて計算を行っている．ベクターデータでは座標値を使って幾何学的にポリゴンの面積や外周長を計算するのに対し，ラスターデータは画素をもとに面積や外周長を数え上げる（図 2）．このため一般にベクターデータとラスターデータの計算結果は完全には一致しない．今回の場合，ベクターデータから変換した（画像として出力した）ラスターデータを用いているので，変換時において解像度を上げマス目を細かく取れば，面積はある程度近い値を示すものと考えられる．一方で，外周長については，ImageJ では画素で示された範囲の外側の長さを数え上げているため，ベクターデータとラスターデータによる外周長は，解像度を上げても面積よりは再現性が落ちることが予想される（図 2）．したがって，両者の計算結果の差は，ベクター形式からラスター形式への変換における誤差や解析におけるアルゴリズムの違いに起因するものと推定される．

以上をまとめると，曽根原（2022）による QGIS での解析結果と，今回の ImageJ での解析結果は，面積についてはほぼ同一とみなせるものの，外周長については後者の方がごくわずかに大きい傾向を示す．したがって，データの検討を行う際には，解析手法を統一する必要がある．小論においては，外周長を用いて算出されるドリーネ底面の形状記述子についても検討を行うので，ドリーネ深さ以外のデータ（ドリーネ底面に関するデータ）については ImageJ による解析値を用いて検討を行うことにする．

(2) 外縁が閉合したドリーネと開口・複合したドリーネの比較

曽根原（2022）で検討した外縁が閉合したドリーネと，今回新たに検討に加えた外縁が開口・複合したドリーネについて，形状の比較を行う．まずヒストグラムを示し，次に散布図について検討する．

(a) ヒストグラム

図 6 に，ドリーネの深さ，底面の平均半径，円形度，真円度（＝アスペクト比の逆数）および面積包絡度について，外縁が閉合したドリーネ（N = 90, 略号 : CL）および開口・複合したドリーネ（N = 148，略号 : O/C）のヒストグラムを示した．

ドリーネの規模を示す深さおよび底面の平均半径については，外縁が閉合したドリーネと開口・複合したドリーネで最頻値が若干異なり，後者の方がわずかながら小さい値にピークを示し，中央値も後者の方が小さい（図 6a ～ 6d）．今回の解析では，外縁が閉合したドリーネ間に存在する小規模なドリーネ（底面の平均半径が 5m 未満）も解析対象となったこと（図 1）が，最頻値が小さくなったことの理由として考えられる．

ドリーネ底面の平面形状を示す円形度と真円度については，外縁が閉合したドリーネと開口・複合したドリーネで頻度パターンに若干の違いが認められる．円形度については，両者とも 0.8 ～ 0.85 にピークを示すが，開口・複合したドリーネでは値の小さなものも多く認められ，中央値も小さい（図 6e, 6f）．アスペクト比の逆数である真円度については，両者とも多峰性を示すが，外縁が開口・複合したドリーネの方が，全体として小さい値を示し，また 0.5 以下（アスペクト比 2 以上）を示すデータも目立つ（図 6g, 6h）．一方で，面積包絡度については，両者とも似た頻度分布を示し，0.94 ～ 0.96 にピークを有する（図 6i, 6j）．両者とも面積包絡度が高いことは，ドリーネ底面の平面形状は凹凸に乏しく，円形や楕円形に近いことを示唆

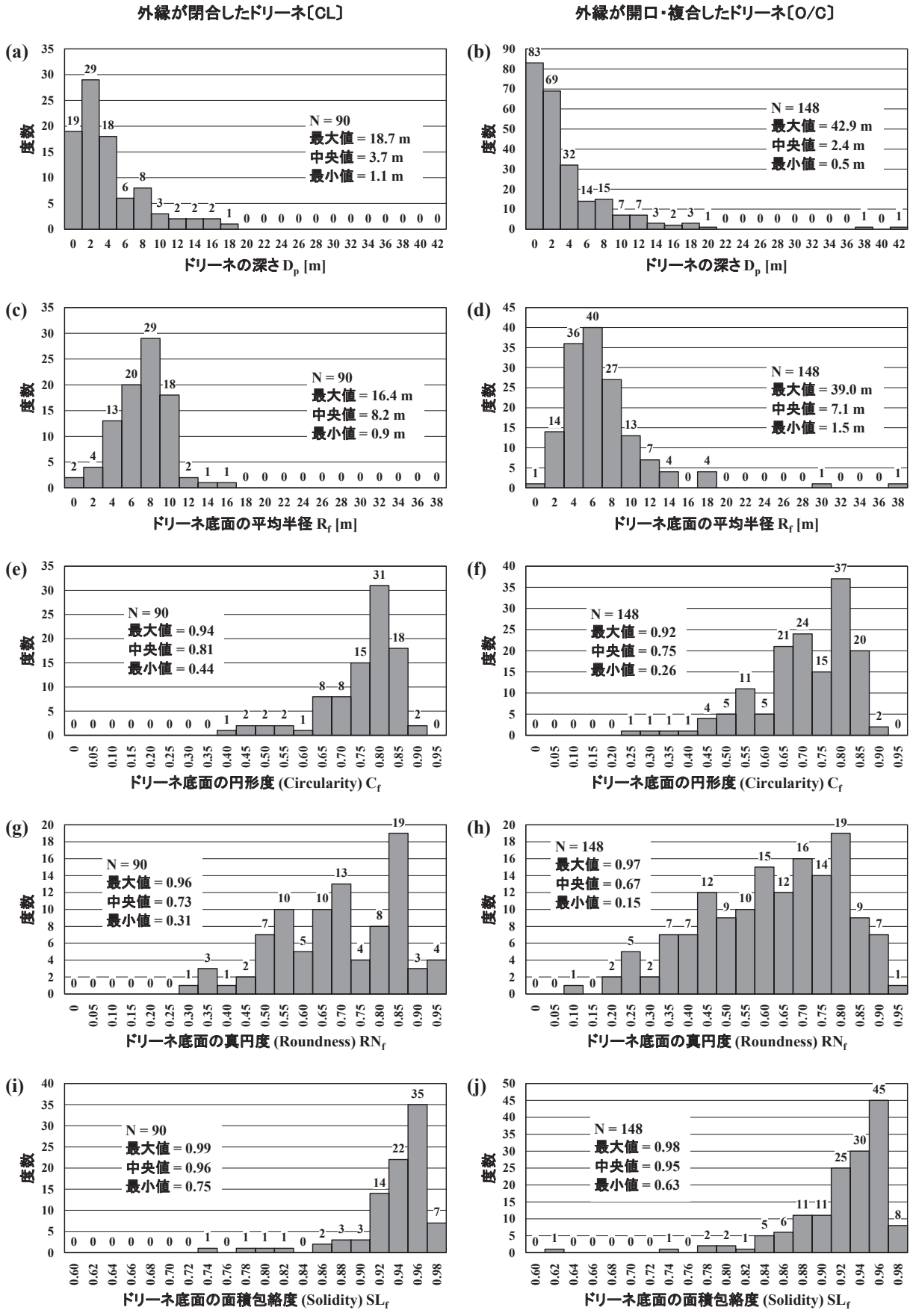

図 6　外縁が閉合したドリーネ（N = 90，略号 : CL）および開口・複合したドリーネ（N = 148，略号 : O/C）の形状データのヒストグラム．（a）CL ドリーネの深さ D_p，（b）O/C ドリーネの深さ D_p，（c）CL ドリーネ底面の平均半径 R_f，（d）O/C ドリーネ底面の平均半径 R_f，（e）CL ドリーネ底面の円形度 C_f，（f）O/C ドリーネ底面の円形度 C_f，（g）CL ドリーネ底面の真円度 RN_f，（h）O/C ドリーネ底面の真円度 RN_f，（i）CL ドリーネ底面の面積包絡度 SL_f，（j）O/C ドリーネ底面の面積包絡度 SL_f.

する．また，外縁が閉合したドリーネに比べ，開口・複合したドリーネの方に円形度・真円度が小さなものが多いということは，後者の方が，平面外形が理想的な円形から外れて偏円の形状を示すものが多いことを示唆する．

(b) 散布図

曽根原（2022）では，溶食が進むにつれドリーネが深くなることを想定し，ドリーネの深さと各諸元の散布図を作成して検討を行った．そこで図 7 に，横軸にドリーネの深さを取り，縦軸に底面の平均半径，円形度，真円度および面積包絡度を取った散布図を示した．

ドリーネの深さと底面の平均半径の散布図（図 7a）では，外縁が閉合したドリーネは深さが大きくなるにつれて平均半径は大きくなる傾向を示す．外縁が開口・複合したドリーネについては，データ分布のばらつきが大きいものの，データ分布の下限は深さと共に増加して右上がりを示し，その分布の下限は外縁が閉合したドリーネとも類似する．したがって，ドリーネの底面半径は，深さが大きくなるにつれ，ある下限値よりも大きくなる傾向があると言える．

深さと底面の円形度の散布図（図 7b）では，規模の大きな「ながじゃくりのウバーレ」を除けば，外縁が閉合したドリーネも開口・複合したドリーネも似た分布を示すものの，後者はばらつきが大きい．深さと底面の真円度の散布図（図 7c）でも，「ながじゃぐりのウバーレ」を除けば，同様の傾向が認められる．全体としては深さが小さいものほど円形度や真円度は多様であるが，深さが大きい場合は，円形度は 0.65 ～ 0.85 程度の値，真円度は 0.5 ～ 0.8（＝アスペクト比 1.25 ～ 2）程度の値を示す．

深さと底面の面積包絡度の散布図（図 7d）では，「ながじゃくりのウバーレ」を除けば，外縁が閉合したドリーネも開口・複合したドリーネもほぼ似た分布を示すものの，後者はばらつきが大きい．全体としては深さが小さいもの

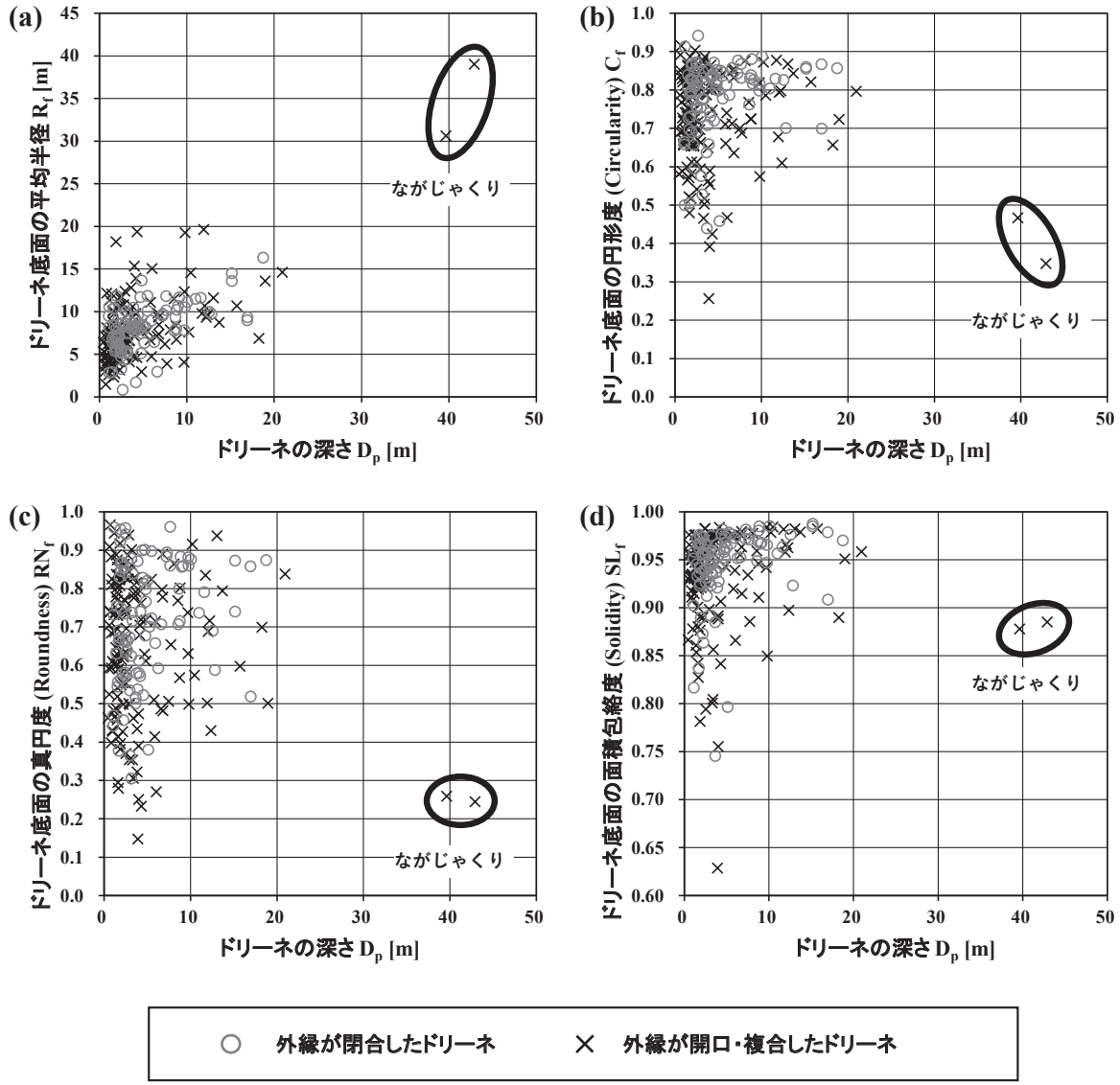

図 7　ドリーネの形状データの散布図．外縁が閉合したドリーネ（N = 90）および開口・複合したドリーネ（N = 148）を分けて表示．(a) ドリーネの深さ D_p とドリーネ底面の平均半径 R_f，(b) ドリーネの深さ D_p と底面の円形度 C_f，(c) ドリーネの深さ D_p と底面の真円度 RN_f，(d) ドリーネの深さ D_p と底面の面積包絡度 SL_f．散布図において主分布から外れた位置にプロットされる「ながじゃくりのウバーレ」を太線楕円で囲った．

ほど面積包絡度が多様であるが，深さが大きい場合は，面積包絡度は 0.88 ～ 0.95 程度の値を示す．

前節のヒストグラムの検討から，今回追加検討を行った外縁が開口・複合したドリーネには，曽根原（2022）に比べて小規模なドリーネや底面形状が偏円を呈するドリーネのデータが含まれていると判断されるものの，ドリーネの深さと底面の円形度，真円度および面積包絡度の関係については，規模の大きな「ながじゃくりのウバーレ」を除けば，外縁の形状のタイプにかかわらず似た特徴を示す．すなわち，両者とも溶食が進み深くなるにつれて底面形状の円形度，真円度および面積包絡度はある一定範囲の値に収束すると考えられる．

(3) 深さと断面形状の関係

曽根原（2022）では，ドリーネの断面形状が，深さが大きくなるにつれてどのように変化するかに着目し，深さと断面形状における寸法の比（例えば R_f/D_p）の散布図について検討を行った．今回追加した外縁が開いたドリーネのデータについても同様の検討を行う．

図 8 には，横軸にドリーネの深さ，縦軸に底面の平均半径と深さの比（R_f/D_p）を取った散布図（両軸とも常用対数表示）を示す．この縦軸の R_f/D_p は，ドリーネの縦断面を考えたときの形状を反映している．すなわち，R_f/D_p が大きなものは底が広く浅い「皿型」の形状を示し，R_f/D_p が小さなものは底が狭く深い「すり鉢型」の形状を示す．図 8 では，外縁が閉合したドリーネでも開口・複合したドリーネも右下がりの直線状分布（通常目盛ではべき関数曲線状分布）を示してほぼ一致し，深さが大きくなるにつれ，断面形状は「皿型」から「すり鉢型」を呈するようになり，曽根原（2022）の検討結果を補強すると言える．ただし，規模が大きい「ながじゃくりのウバーレ」や曽根原（2022）において陥没が形成プロセスに寄与したと指摘されたドリーネ（番号 : 109, 179, 237）は主分布から外れた位置にプロットされる．したがって，単純な溶食以外の要因により，バリエーションが生じる可能性が考えられる．

(4) ドリーネの形状モデル（案）

漆原（2017b）によれば，「ドリーネは溶食作用の卓越する箇所がしだいに深くなり，排水するための吸い込み穴が形成されたものを指す」とされる．重力下においては，表流水は低い場所に向かって流れ，ドリーネのような凹地があれば表流水はその底に集まり，地下へと排水されていく．この過程を想定すれば，石灰岩の溶食作用（化学反応）をもたらす天水（弱酸性）との反応は，水が集まる底部で進みやすく，ドリーネは溶食が進むにつれ次第に深くなるということが考えられる．すなわちドリーネの深さは溶食程度を反映しているという仮定である．これに基づけば，ドリーネの溶食程度と寸法の比（例えば R_f/D_p）の関係は，秋吉台における溶食ドリーネの成長過程の検討材料になると期待される．以下では，上記の仮定に基づき検討を試みる．

小論による深さ（D_p）と底面の平均半径と深さの比（R_f/D_p）の形状モデル（回帰曲線 $R_f/D_p = 5.2694D_p^{-0.722}$, 決定係数 $R^2 = 0.6434$, N = 238）と曽根原（2022）による深さ（D_p）と外縁の平均半径と深さの比（R_r/D_p）のデータから求めた形状モデル（回帰曲線 $R_r/D_p = 8.8984D_p^{-0.457}$, 決定係数 $R^2 = 0.6599$, N = 90）を図示したものを図 9 に示す．なお，曽根原（2022）の付表に掲載された外縁の平均半径（R_r）のデータは，QGIS を用いてベクターデータから求めたものであるが，第 1 節での検討の通り，面積についてはベクターデータからラスターデータへの変換は精度がよく，その平方根に比例する平均半径も一致すると判断されることから，ここでは新たにラスターデータを作成して計算せずに，引用データをそのまま用いた．図 9 の縦軸の平均半径は，その自乗が面積に比例し，底面は収束域の面積，外縁は集水域の面積を反映している．横軸のドリーネの深さを溶食程度の指標として仮定した場合，深くなる（≒溶食が進む）につれて，外縁（集水域）が大きく広がるのに対し，底面（表流水の収束域）の拡大は顕著ではない．このことから，秋吉台の溶食ドリーネの形成過程として，一度形成された表流水の収束域（地下への排水口）に，周囲から表流水が流れ込むことで，周囲が次第に溶食され，

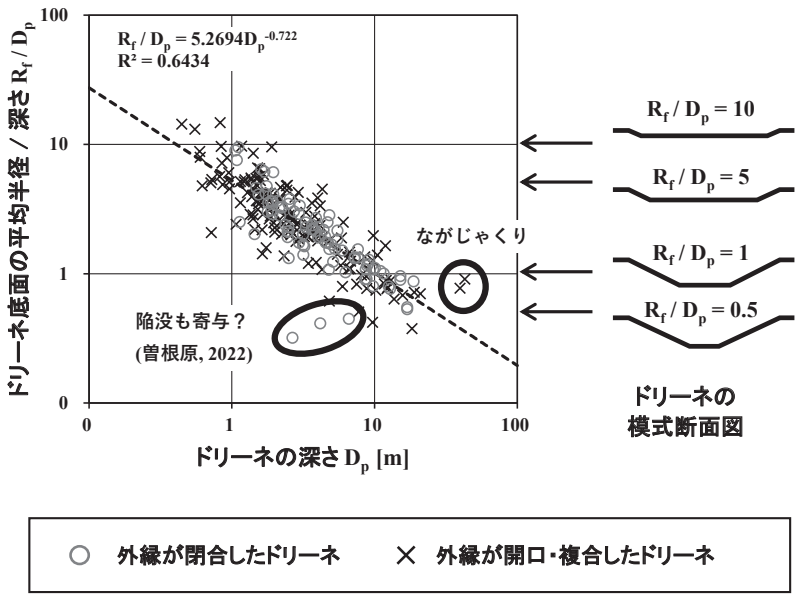

図 8　ドリーネの深さ（D_p）と底面の平均半径／深さの比（R_f/D_p）の散布図およびドリーネの模式断面図．散布図は，両軸常用対数表示で，外縁が閉合したドリーネ（N = 90）および開口・複合したドリーネ（N = 148）を分けて表示するとともに，全データ（N = 238）に対するべき乗関数の回帰曲線（$R_f/D_p = 5.2694D_p^{-0.722}$, 決定係数 $R^2 = 0.6434$）を破線で示した．ドリーネの模式断面図は，R_f/D_p = 0.5, 1, 5, 10 の場合を示した．散布図において回帰曲線で示される主分布から外れた位置にプロットされる「ながじゃくりのウバーレ」および曽根原（2022）により陥没が形成プロセスに寄与したと推定されるドリーネ（番号 : 109, 179, 237）を太線楕円で囲った．

集水域が拡大するとともに，収束域が深くなる（標高が低下する）という過程が示唆される．

上記の形状モデルからドリーネの断面形状をイメージしやすいように，縦軸と横軸を入れ替えモデル曲線のみを示したものを図 10 に示す．このモデルは，ドリーネの底部に向かって水が集まりやすく，溶食が進むにつれ深くなると仮定しており，浅くなる，すなわち周囲の方が溶食される，という逆のプロセスは想定していない．図には深さが 25 m の時のドリーネの断面形状の読み取り方を示している．図の右側に示した通り，深さが 5 m, 15 m, 25 m, 35 m と深くなるにつれ，模式断面の形状は「皿型」から「すり鉢型」を呈するようになる．なお，気候・地下水・地質等の条件が変われば，モデル関数曲線の係数や指数の値は変わるものと考えられる．

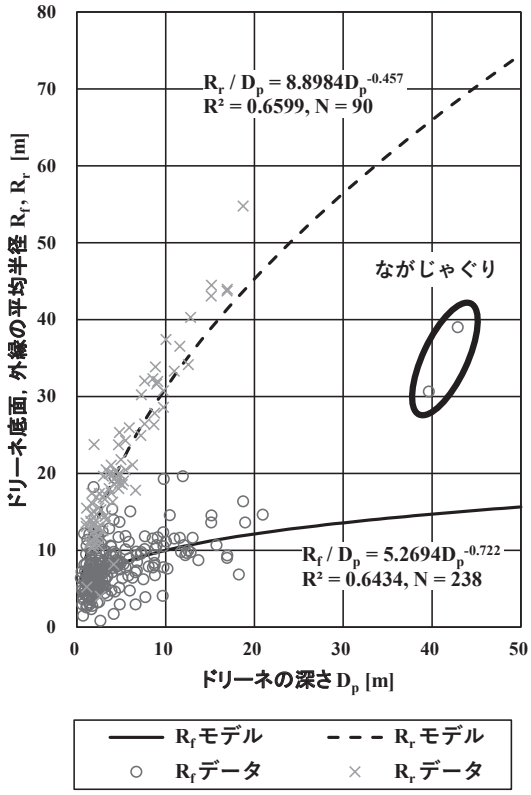

図 9　ドリーネの深さ（D_p）と底面の平均半径（R_f）および外縁の平均半径（R_r）の変化モデル（D_p = 0.5 ～ 50）と元データ．R_f の変化曲線は図 9 の回帰曲線を用いて図示した．R_r の変化曲線は，曽根原（2022）のデータ（N = 90）から回帰曲線（$R_r/D_p = 8.8984D_p^{-0.457}$, 決定係数 $R^2 = 0.6599$）を求め図示した．散布図において主分布から外れた位置にプロットされる「ながじゃくりのウバーレ」を太線楕円で囲った．

上記の形状モデルからドリーネの断面形状をイメージしやすいように，縦軸と横軸を入れ替えモデル曲線のみを示したものを図 10 に示す．このモデルは，ドリーネの底部に向かって水が集まりやすく，溶食が進むにつれ深くなると仮定しており，浅くなる，すなわち周囲の方が溶食される，という逆のプロセスは想定していない．図には深さが 25 m の時のドリーネの断面形状の読み取り方を示している．図の右側に示した通り，深さが 5 m, 15 m, 25 m, 35 m と深くなるにつれ，模式断面の形状は「皿型」から「すり鉢型」を呈するようになる．なお，気候・地下水・地質等の条件が変われば，モデル関数曲線の係数や指数の値は変わるものと考えられる．

小論でのモデルは模式的 2 次元断面における単純な外形（深さ，底面の平均半径，外縁の平均半径）から求めたが，Péntek *et al.*（2007）は，3 つのパラメータ（深さ，水平方向の広がり，断面変曲点に関するパラメータ）を用いて溶食ドリーネの形状分類を行い，4 つのタイプに分類している．それによれば，溶食ドリーネは，a：縁辺部・底部拡大型（doline widening at rim and base），b：底部拡大型（doline widening at base），c：縁辺部拡大型（doline widening at rim），d：非拡大・深化型（doline deepening but not widening）に区分される．上記の検討からすると，秋吉台（若竹山周辺）のドリーネは，底面があまり拡大せず集水域が大きくなることから，Péntek *et al.*（2007）のタイプ c に相当するものと考えられる．

小論ではドリーネの形状的特徴について直感的にイメージしやすい 2 次元形状（垂直断面，水平断面）を用いて検討を行った．この手法は複雑な 3 次元データを単純化して検討するという点で有効な手段であると考えられる．一方で，元データは 3 次元であり，データを活かしきれていないという懸念もある．例えば，小論で検討した溶食の程度は，凹地形の深さよりも体積で評価した方がより適切であろう．近年の技術進歩で，3 次元データを直接解析する手法も開発が進んできている．今後，3 次元データの解析技術が発展し，その技術を適用しやすい環境が整備されていくことに期待したい．

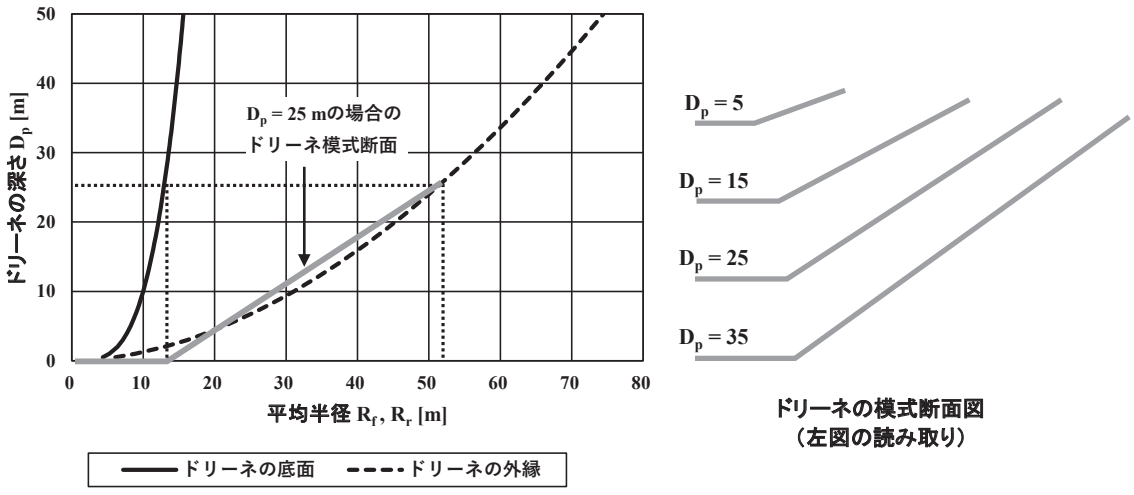

図 10　ドリーネの深さ（D_p）と底面の平均半径（R_f）および外縁の平均半径（R_r）の変化モデル（D_p = 0.5 ～ 50）．変化曲線は図 9 の回帰曲線を用いて図示した．ドリーネの断面形状をイメージしやすいように，意図的に縦軸（深さ）を変数としている．このモデルは溶食が進むにつれ深くなることを仮定しており，浅くなるという逆のプロセスは想定していない．図には深さが 25 m の時の断面形状の読み取り例を示している．また，右側の図は，深さが 5 m, 15 m, 25 m, 35 m の時の模式断面であり，深くなるにつれ，模式断面の形状は「皿型」から「すり鉢型」になることを示している．

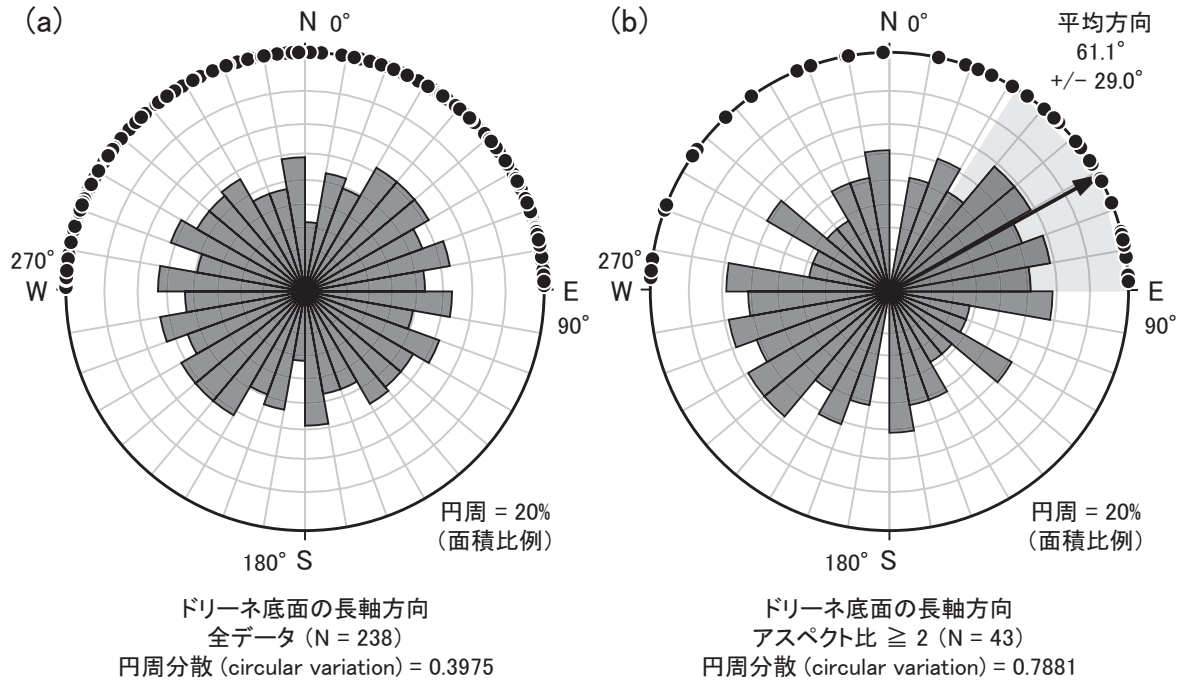

図 11　ドリーネ底面の長軸方向のローズダイアグラム．Stereonet ver. 11（https://www.rickallmendinger.net/stereonet; Allmendinger *et al*., 2012）を使用．円周を頻度 20% とし，面積比例で表示．(a) 全データ（N = 238）．円周分散（circular variation）は約 0.40 で，ばらつきが大きい．(b) アスペクト比が 2 以上のデータ（N = 43）．円周分散は約 0.79 で，平均方向は 61.1 ˚ +/− 29.0 ˚ ．

(5) ドリーネ底面の長軸方向

ImageJ による解析では，ドリーネ底面を楕円近似した長径の方向角（水平軸から反時計周りの角度：図 3）が求められる．そこで長径の方向角（北を 0 度とする時計回り 360 度表示に変換）をローズダイアグラムに示した（図 11）．図示にあたっては，Stereonet ver. 11（https://www.rickallmendinger.net/stereonet; Allmendinger *et al.*, 2012）を使用した．ローズダイアグラムにおける軸データの表現には 2 通りの方法がある（例：新井 , 2011）が，図 11 ではダイアグラムの全周を用いて，角度 θ と $\theta + \pi$ 側にもプロットする方法を用いた．また，全データ（N = 238）とアスペクト比 2 以上のデータ（N = 43）を分けて表現した．

全データのローズダイアグラム（図 11a）では，卓越方向は認められず，円周分散（circular variance）も 0.40 程度と小さい．一方で，アスペクト比 2 以上のデータ（図 11b）では，ばらつきはあるものの，円周分散が 0.79 程度と大きくなり，北東－南西方向のもの（平均方向 61.1 ˚ + /− 29.0 ˚ ）が目立つようになる．

底面形状のアスペクト比が 2 以上のドリーネの割合は約 2 割であり，多くのドリーネは等方的に溶食作用が進行したことが示唆される．一方で，アスペクト比の大きな（2 以上）のドリーネは，その長軸方向に異方性が認められ，平均方向は図 1 における「ながじゃくりウバーレ」の方向と調和的であり，平面分布的にも「ながじゃくりウバーレ」の周辺とその延長部にアスペクト比が大きなものが分布しているように見える．底面形状のアスペクト比が大きなドリーネは，溶食される石灰岩の地質構造や溶食前の古地形の影響を受けて溶食が進みやすい特定の方向に拡大したか，あるいは地質構造や古地形に規制されて分布していたドリーネ同士が拡大して連結したという過程が想定される．いずれにせよ，それらの形成過程において地質構造や溶食前の古地形の影響を受けた可能性が考えられる．

5. まとめ

秋吉台の若竹山周辺に分布するドリーネの数値地形モデルデータ（美祢市教育委員会 , 2020 年 3 月）を借用し，曽根原（2022）で解析した外縁が閉合したドリーネ 90 個を含む，全 238 個のドリーネについて，深さ，底面の平均半径，円形度，真円度（＝アスペクト比の逆数）および面積包絡度を求め，ドリーネの形状的特徴について追加検討を行った．検討結果をまとめると下記の通りである．

(1) 外縁が閉合したドリーネ（N = 90）と外縁が開口あるいは複合したドリーネ（N = 148）の形状データを比較したところ，両者に顕著な違いは認められない．ただし，後者は前者に比べてドリーネ間に存在する小規模なドリーネの割合が大きく，また，前者に比べて円形度・真円度が小さなものの割合が大きい．

(2) ドリーネ底面の平面形状は，深さが小さい場合は，円形度，真円度および面積包絡度のバリエーションが大きいが，深さが大きい場合は，円形度は 0.65 ～ 0.85 程度，真円度は 0.5 ～ 0.8（＝アスペクト比 1.25 ～ 2）程度，面積包絡度は 0.88 ～ 0.95 程度の値を示すようになる．

(3) ドリーネの断面形状は，深さが大きくなるにつれ，「皿型」（ドリーネ底面の平均半径／深さ：10 前後）から「す

り鉢型」（同：1未満）を呈するようになる．

(4) ドリーネの深さは溶食程度を反映しているという仮定に基づき，ドリーネの形状変化の数値モデルを求め，表流水の収束域（地下への排水口）の周囲が次第に溶食され，集水域が拡大するとともに，収束域は面積を大きく変化させず標高が低下していくというドリーネの形成過程を提示した．

(5) 若竹山周辺に分布するドリーネの多く（約8割）は，その底面形状のアスペクト比が小さいこと（2未満）から，溶食作用が等方的に進行したものと推定される．一方で，アスペクト比の大きな（2以上）のドリーネ（約2割）は，その長軸方向に異方性が認められ，形成過程において地質構造や溶食前の古地形の影響を受けた可能性が考えられる．

謝辞

本研究で使用したドリーネの数値地形データは，美祢市教育委員会から借用の許可をいただいた．査読者の乙藤洋一郎神戸大学名誉教授（地球史研究所所長）のご指摘により，小論は改善された．心より御礼申し上げます．

引用文献

Allmendinger, R. W., Cardozo, N., and Fisher, D.（2012）*Structural geology algorithms: Vectors and tensors in structural geology*. Cambridge University Press, 302p.

新井宏嘉（2011）地質学における方向データ解析法：円周データの統計学 . 地質学雑誌 , **117**, 547-564.

三浦耕太・塚田祐基（2016）ImageJ ではじめる生物画像解析 . 学研メディカル秀潤社 , 東京 , 295p.

Péntek, K., Veress, M. and Lóczy, D.（2007）A morphometric classification of solution dolines. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, **51**, 19-30.

Rasband, W.S.（1997）ImageJ. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, http://rsb.info.nih.gov/ij/, 2023/04/01.

曽根原崇文（2022）秋吉台若竹山周辺におけるドリーネの形状的特徴の予察研究 . 地質技術 , no. 12, 19-31.

漆原和子（2017a）ウバーレ . 鈴木隆介・砂村継夫・松倉公憲編 , 地形の辞典 , 朝倉書店 , 東京 , 32.

漆原和子（2017b）ドリーネ . 鈴木隆介・砂村継夫・松倉公憲編 , 地形の辞典 , 朝倉書店 , 東京 , 677.

付表1　QGISで求めたドリーネの形状データ（N = 148）．曽根原（2022）では解析しなかった外縁が開口あるいは複合したドリーネを対象としたもの．凡例は本文，表1，図3および図4を参照．ドリーネの番号は図1に対応．

no.	H_r [m]	H_f [m]	A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	C_f	D_p [m]
13	236.13	232.89	167.04	46.82	7.29	0.96	3.20
15	232.10	229.45	366.48	72.40	10.80	0.88	2.43
16	227.76	225.10	84.34	34.50	5.18	0.89	2.60
18	225.24	222.57	196.24	57.01	7.90	0.76	2.54
19	231.10	228.74	31.90	20.62	3.19	0.94	2.32
21	251.71	238.90	424.46	74.31	11.62	0.97	13.05
22	230.90	228.11	181.75	55.86	7.61	0.73	2.64
23	236.69	235.93	166.64	51.35	7.28	0.79	0.92
24	232.66	231.43	51.55	29.24	4.05	0.76	1.15
25	233.61	232.15	206.06	56.09	8.10	0.82	1.48
26	236.03	234.23	24.06	17.91	2.77	0.94	1.74
27	234.49	233.57	59.77	32.34	4.36	0.72	0.96
28	230.80	228.39	159.63	58.58	7.13	0.58	2.52
29	229.89	229.16	46.93	26.80	3.87	0.82	0.72
33	244.86	243.19	39.74	23.31	3.56	0.92	1.63
34	248.19	245.88	419.58	75.27	11.56	0.93	2.41
35	246.58	242.78	740.86	147.76	15.36	0.43	3.99
36	243.66	239.16	233.91	56.80	8.63	0.91	4.81
37	239.70	238.99	7.02	9.73	1.49	0.93	0.72
38	240.15	238.44	16.99	17.01	2.33	0.74	1.64
43	253.34	251.60	105.68	48.34	5.80	0.57	1.61
45	257.39	255.85	89.31	38.27	5.33	0.77	1.54
46	260.09	258.62	44.22	24.16	3.75	0.95	1.41
49	231.09	230.15	207.71	58.40	8.13	0.77	0.84
50	231.03	229.57	459.94	96.98	12.10	0.61	1.42
55	234.02	221.88	292.30	74.74	9.65	0.66	12.36
56	236.02	228.33	48.00	28.51	3.91	0.74	7.72
57	231.09	230.07	128.98	45.30	6.41	0.79	1.40
59	231.64	229.19	161.79	46.98	7.18	0.92	2.90
64	243.00	241.37	92.16	42.97	5.42	0.63	1.38
65	240.25	238.71	72.07	31.37	4.79	0.92	1.52
66	236.56	234.56	84.11	40.89	5.17	0.63	1.86
67	241.01	239.56	31.82	20.92	3.18	0.91	1.45
68	241.95	240.95	76.04	36.75	4.92	0.71	0.96
69	241.63	239.91	70.85	41.56	4.75	0.52	1.65
70	236.28	220.66	358.80	71.47	10.69	0.88	15.72
71	242.78	240.13	98.25	36.65	5.59	0.92	2.58
72	236.30	232.80	210.46	53.28	8.18	0.93	3.75
77	237.08	233.04	1180.72	179.89	19.39	0.46	4.30
78	239.94	237.23	148.13	45.07	6.87	0.92	2.86
80	240.21	239.39	56.09	28.20	4.23	0.89	0.86
84	243.00	242.15	466.28	95.80	12.18	0.64	0.83
85	245.17	243.46	219.21	60.21	8.35	0.76	1.59
86	245.66	245.15	128.72	50.62	6.40	0.63	0.45
87	228.61	187.17	2947.93	266.47	30.63	0.52	39.64
88	212.83	169.36	4781.38	397.34	39.01	0.38	42.90
89	208.80	205.06	353.55	85.44	10.61	0.61	3.81
94	220.67	219.11	176.01	50.45	7.49	0.87	1.76
95	225.62	222.14	517.05	86.66	12.83	0.87	3.64
96	226.77	225.49	135.97	44.92	6.58	0.85	1.23
97	227.84	219.47	416.75	79.37	11.52	0.83	8.54
98	226.94	224.30	437.87	76.94	11.81	0.93	2.45
99	229.09	221.96	160.04	50.35	7.14	0.79	6.58
106	241.16	239.08	327.73	72.14	10.21	0.79	2.20
107	243.28	241.14	139.42	42.95	6.66	0.95	2.34
110	234.96	229.98	216.62	55.24	8.30	0.89	4.69
111	234.13	231.61	118.97	47.09	6.15	0.67	2.52
113	238.40	217.04	672.11	98.62	14.63	0.87	20.94
114	240.86	239.55	405.66	75.49	11.36	0.89	1.17

no.	H_r [m]	H_f [m]	A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	C_f	D_p [m]
115	242.36	240.90	143.47	44.16	6.76	0.92	1.60
116	244.11	239.75	207.51	54.32	8.13	0.88	4.28
122	242.46	240.53	63.92	30.76	4.51	0.85	1.99
124	241.94	241.53	163.86	48.96	7.22	0.86	0.55
125	244.93	242.27	146.77	48.11	6.84	0.80	2.65
126	246.50	245.57	104.13	42.48	5.76	0.73	0.95
127	248.46	246.93	176.54	50.04	7.50	0.89	1.36
130	245.00	243.03	154.69	58.74	7.02	0.56	1.85
132	245.99	242.24	301.46	64.91	9.80	0.90	4.15
133	244.90	241.69	200.71	68.10	7.99	0.54	3.38
134	245.90	235.90	181.39	49.20	7.60	0.94	10.22
135	253.36	251.57	73.19	31.55	4.83	0.92	1.83
136	252.77	249.62	122.09	40.11	6.23	0.95	3.23
138	246.60	238.80	195.18	50.56	7.88	0.96	8.10
139	249.93	244.19	140.63	47.62	6.69	0.78	5.78
140	252.68	249.35	304.17	87.10	9.84	0.50	3.30
141	247.66	246.60	21.00	18.79	2.59	0.75	1.07
146	247.52	240.88	226.31	63.84	8.49	0.70	6.80
147	251.80	248.16	136.45	55.15	6.59	0.56	3.40
148	250.29	248.32	74.33	34.69	4.86	0.78	1.97
150	246.75	245.07	190.37	58.40	7.78	0.70	1.85
151	246.34	245.48	116.59	43.34	6.09	0.78	0.85
153	237.75	234.93	78.04	33.38	4.98	0.88	2.81
155	229.04	227.66	166.69	47.91	7.28	0.91	1.37
156	249.86	248.62	110.50	41.64	5.93	0.80	1.15
157	245.94	243.60	64.21	31.74	4.52	0.80	2.24
158	244.51	241.74	93.38	40.52	5.45	0.71	2.95
160	249.81	248.13	322.09	71.89	10.13	0.78	1.56
161	248.58	241.37	302.58	63.56	9.81	0.94	6.69
166	245.69	244.42	47.06	27.27	3.87	0.80	1.35
167	246.11	244.09	107.02	40.36	5.84	0.83	1.96
168	246.28	245.69	71.94	31.38	4.79	0.92	0.60
169	245.19	244.39	67.67	30.84	4.64	0.89	0.82
174	253.93	252.34	163.89	47.26	7.22	0.92	1.51
175	252.98	251.02	142.10	44.52	6.73	0.90	1.83
178	247.43	245.14	220.56	61.76	8.38	0.73	2.16
180	247.07	243.71	217.36	55.77	8.32	0.88	3.50
185	246.05	245.50	86.70	38.12	5.25	0.75	0.60
187	251.61	250.00	135.73	46.31	6.57	0.80	1.58
188	248.34	246.23	55.05	28.14	4.19	0.87	1.99
190	247.63	246.29	50.07	26.37	3.99	0.90	1.40
191	247.68	245.45	97.32	39.29	5.57	0.79	2.21
192	249.63	248.09	96.58	40.47	5.54	0.74	1.52
195	249.81	247.92	297.76	65.96	9.74	0.86	1.66
197	252.06	249.68	99.63	36.20	5.63	0.96	2.31
198	252.92	249.35	138.66	43.24	6.64	0.93	3.46
199	251.40	246.48	27.58	19.81	2.96	0.88	4.83
201	243.33	241.67	312.79	66.50	9.98	0.89	1.51
202	238.88	233.13	70.61	33.28	4.74	0.80	5.96
203	244.94	240.86	67.00	32.12	4.62	0.82	4.29
204	243.36	232.04	300.28	62.87	9.78	0.95	11.73
205	242.74	233.16	52.04	27.11	4.07	0.89	9.68
207	245.04	243.16	209.64	60.82	8.17	0.71	2.18
209	241.61	237.66	70.97	56.63	4.75	0.28	3.89
211	241.98	230.13	275.01	63.35	9.36	0.86	12.23
212	238.73	234.63	211.97	54.38	8.21	0.90	4.14
213	238.70	234.67	202.14	62.54	8.02	0.65	4.00
215	241.82	230.10	1211.42	141.64	19.64	0.76	11.94
216	243.23	233.33	1166.31	151.07	19.27	0.64	9.79

付表1 （続き）

no.	H_r [m]	H_f [m]	A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	C_f	D_p [m]
217	240.46	237.55	120.99	44.41	6.21	0.77	2.86
218	241.69	237.98	160.59	58.18	7.15	0.60	4.00
219	240.90	239.23	141.59	53.20	6.71	0.63	1.63
221	241.45	237.16	610.71	90.71	13.94	0.93	4.16
222	242.34	231.98	665.90	98.05	14.56	0.87	10.47
223	244.32	225.45	582.97	96.59	13.62	0.79	18.96
224	247.32	229.01	148.00	51.05	6.86	0.71	18.25
225	245.65	239.27	275.69	60.80	9.37	0.94	6.77
226	251.43	242.58	143.21	47.95	6.75	0.78	8.80
227	258.76	252.71	711.10	132.55	15.04	0.51	6.02
228	266.92	257.99	219.30	58.62	8.35	0.80	8.75
229	265.57	257.82	121.25	44.40	6.21	0.77	7.48
231	265.95	265.30	27.81	19.14	2.98	0.95	0.62
232	266.82	263.20	53.44	26.86	4.12	0.93	3.44
234	276.65	275.41	243.19	62.94	8.80	0.77	1.56
236	278.99	277.90	93.67	40.07	5.46	0.73	1.29
238	276.62	274.73	99.33	37.61	5.62	0.88	1.83
239	275.16	263.50	358.57	71.70	10.68	0.88	12.05
240	274.17	272.45	93.38	35.30	5.45	0.94	1.49
242	270.40	263.50	171.35	48.78	7.39	0.90	6.77
246	247.34	241.76	188.84	50.25	7.75	0.94	5.48
247	246.67	237.25	478.35	81.86	12.34	0.90	9.72
248	255.11	241.66	239.23	56.83	8.73	0.93	13.69
249	262.90	259.60	485.44	95.83	12.43	0.66	2.92
251	265.28	263.45	1043.51	138.91	18.23	0.68	1.90
255	279.81	278.55	123.28	41.22	6.26	0.91	1.22
256	287.77	281.69	386.23	82.06	11.09	0.72	5.86
257	272.71	268.83	272.60	69.28	9.32	0.71	3.81
261	265.36	264.60	40.64	23.53	3.60	0.92	0.71
262	261.52	259.04	368.47	74.10	10.83	0.84	2.77

付表2　ImageJ で求めたドリーネ底面の形状データ（N = 238）．凡例は本文，表2および図4を参照．ドリーネの番号は図1に対応．

no.	A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	MJ_f [m]	MN_f [m]	C_f	AR_f	RN_f	SL_f	trend of MJ_f [deg./360]	shape type of outer rim
1	580.95	92.14	13.60	29.10	25.42	0.86	1.15	0.87	0.99	284.0	closed
3	91.08	39.57	5.38	13.13	8.83	0.73	1.49	0.67	0.92	84.8	closed
4	180.57	52.42	7.58	16.27	14.13	0.83	1.15	0.87	0.96	67.5	closed
11	178.24	53.74	7.53	17.80	12.75	0.78	1.40	0.72	0.93	285.8	closed
12	207.74	57.08	8.13	17.13	15.44	0.80	1.11	0.90	0.96	272.6	closed
13	167.16	49.07	7.29	15.36	13.85	0.87	1.11	0.90	0.98	309.9	open/composed
14	441.92	84.49	11.86	27.89	20.17	0.78	1.38	0.72	0.97	53.4	closed
15	366.78	74.93	10.81	26.42	17.67	0.82	1.50	0.67	0.97	276.5	open/composed
16	84.36	35.93	5.18	12.42	8.65	0.82	1.44	0.70	0.96	74.5	open/composed
18	196.60	59.50	7.91	21.26	11.78	0.70	1.81	0.55	0.92	15.8	open/composed
19	31.83	21.04	3.18	7.25	5.59	0.90	1.30	0.77	0.96	311.7	open/composed
21	424.72	78.42	11.63	24.01	22.52	0.87	1.07	0.94	0.98	321.3	open/composed
22	182.07	58.36	7.61	19.93	11.63	0.67	1.71	0.58	0.93	75.6	open/composed
23	166.69	53.95	7.28	16.03	13.24	0.72	1.21	0.83	0.94	61.0	open/composed
24	51.69	30.51	4.06	10.43	6.31	0.70	1.65	0.60	0.91	281.9	open/composed
25	206.06	58.61	8.10	20.41	12.86	0.75	1.59	0.63	0.93	311.8	open/composed
26	24.12	18.49	2.77	6.11	5.03	0.89	1.21	0.82	0.95	41.4	open/composed
27	59.87	33.86	4.37	13.34	5.72	0.66	2.33	0.43	0.91	35.2	open/composed
28	159.88	60.93	7.13	16.58	12.28	0.54	1.35	0.74	0.79	358.5	open/composed
29	46.99	27.73	3.87	8.98	6.66	0.77	1.35	0.74	0.93	38.9	open/composed
30	99.95	39.30	5.64	13.16	9.67	0.81	1.36	0.74	0.94	41.2	closed
31	69.64	31.68	4.71	10.26	8.64	0.87	1.19	0.84	0.97	51.4	closed
32	840.44	111.04	16.36	34.98	30.59	0.86	1.14	0.87	0.97	79.0	closed
33	39.67	24.07	3.55	8.24	6.13	0.86	1.34	0.74	0.96	67.1	open/composed
34	419.74	79.36	11.56	26.78	19.96	0.84	1.34	0.75	0.98	36.5	open/composed
35	741.39	154.16	15.36	61.37	15.38	0.39	3.99	0.25	0.76	358.5	open/composed
36	234.00	59.00	8.63	20.36	14.63	0.84	1.39	0.72	0.97	318.1	open/composed
37	7.03	9.83	1.50	3.04	2.94	0.92	1.03	0.97	0.93	40.6	open/composed
38	17.05	17.74	2.33	7.24	3.00	0.68	2.42	0.41	0.92	337.3	open/composed
39	186.39	56.21	7.70	20.23	11.73	0.74	1.73	0.58	0.95	304.3	closed
41	211.25	55.88	8.20	19.59	13.73	0.85	1.43	0.70	0.98	321.5	closed
42	662.85	98.68	14.53	33.76	25.00	0.86	1.35	0.74	0.99	299.0	closed
43	105.70	50.44	5.80	21.38	6.30	0.52	3.40	0.29	0.88	86.1	open/composed
44	107.35	41.19	5.85	11.97	11.42	0.80	1.05	0.95	0.94	21.3	closed
45	89.49	39.88	5.34	14.50	7.86	0.71	1.85	0.54	0.92	272.9	open/composed
46	44.28	25.36	3.75	7.97	7.08	0.87	1.13	0.89	0.96	18.6	open/composed
47	276.51	64.67	9.38	20.97	16.78	0.83	1.25	0.80	0.97	293.2	closed
48	429.88	80.84	11.70	25.24	21.69	0.83	1.16	0.86	0.97	9.9	closed
49	207.74	61.38	8.13	18.07	14.64	0.69	1.23	0.81	0.91	11.4	open/composed
50	460.25	101.12	12.10	34.66	16.91	0.57	2.05	0.49	0.85	53.0	open/composed
52	127.33	44.82	6.37	13.98	11.60	0.80	1.21	0.83	0.94	13.7	closed
53	125.49	46.57	6.32	17.12	9.33	0.73	1.83	0.55	0.93	341.2	closed
54	345.80	81.24	10.49	28.61	15.39	0.66	1.86	0.54	0.92	88.6	closed
55	292.81	77.66	9.65	29.43	12.67	0.61	2.32	0.43	0.90	277.8	open/composed
56	47.92	29.59	3.91	9.66	6.32	0.69	1.53	0.65	0.89	297.6	open/composed
57	129.10	47.11	6.41	16.28	10.09	0.73	1.61	0.62	0.92	343.5	open/composed
58	165.11	59.05	7.25	21.44	9.80	0.60	2.19	0.46	0.86	78.8	closed
59	161.99	49.05	7.18	15.64	13.19	0.85	1.19	0.84	0.97	310.4	open/composed
60	201.92	55.00	8.02	18.95	13.57	0.84	1.40	0.72	0.98	289.5	closed
61	201.73	63.06	8.01	22.29	11.52	0.64	1.93	0.52	0.88	357.0	closed
62	314.09	69.11	10.00	24.07	16.62	0.83	1.45	0.69	0.98	332.0	closed
63	220.87	58.94	8.38	18.51	15.19	0.80	1.22	0.82	0.96	272.7	closed
64	92.45	44.01	5.42	12.03	9.79	0.60	1.23	0.81	0.86	349.4	open/composed
65	72.04	32.72	4.79	10.69	8.58	0.85	1.25	0.80	0.95	340.9	open/composed
66	84.30	42.69	5.18	16.78	6.40	0.58	2.62	0.38	0.89	43.8	open/composed
67	31.86	21.85	3.18	7.63	5.32	0.84	1.43	0.70	0.95	13.4	open/composed
68	76.14	37.81	4.92	12.60	7.70	0.67	1.64	0.61	0.88	45.7	open/composed
69	70.82	43.06	4.75	17.94	5.03	0.48	3.57	0.28	0.83	25.3	open/composed
70	358.75	74.08	10.69	27.64	16.52	0.82	1.67	0.60	0.98	54.8	open/composed
71	98.45	38.47	5.60	13.09	9.58	0.84	1.37	0.73	0.97	46.6	open/composed

付表2 （続き）

no.	A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	MJ_f [m]	MN_f [m]	C_f	AR_f	RN_f	SL_f	trend of MJ_f [deg./360]	shape type of outer rim
72	210.51	55.75	8.19	18.12	14.79	0.85	1.23	0.82	0.98	308.2	open/composed
73	86.51	35.80	5.25	12.22	9.02	0.85	1.35	0.74	0.98	353.0	closed
74	291.63	69.84	9.63	25.52	14.55	0.75	1.75	0.57	0.96	315.0	closed
75	338.86	78.17	10.39	27.83	15.50	0.70	1.80	0.56	0.97	309.7	closed
77	1181.64	186.92	19.39	80.26	18.74	0.43	4.28	0.23	0.84	43.5	open/composed
78	148.21	47.48	6.87	14.17	13.32	0.83	1.06	0.94	0.96	35.9	open/composed
79	195.85	58.45	7.90	21.84	11.42	0.72	1.91	0.52	0.95	80.4	closed
80	56.17	29.31	4.23	10.22	7.00	0.82	1.46	0.68	0.95	299.2	open/composed
81	125.96	54.75	6.33	22.93	6.99	0.53	3.28	0.31	0.92	68.2	closed
82	214.43	58.17	8.26	20.27	13.47	0.80	1.51	0.66	0.96	50.6	closed
83	319.14	83.45	10.08	33.33	12.19	0.58	2.73	0.37	0.89	62.5	closed
84	466.51	99.82	12.19	38.62	15.38	0.59	2.51	0.40	0.92	304.6	open/composed
85	219.16	63.26	8.35	19.55	14.28	0.69	1.37	0.73	0.90	82.5	open/composed
86	128.95	52.82	6.41	18.83	8.72	0.58	2.16	0.46	0.87	11.9	open/composed
87	2948.55	281.67	30.64	120.38	31.19	0.47	3.86	0.26	0.88	40.3	open/composed
88	4782.33	415.61	39.02	157.74	38.60	0.35	4.09	0.24	0.89	51.1	open/composed
89	353.92	88.91	10.61	37.36	12.06	0.56	3.10	0.32	0.89	358.6	open/composed
94	176.12	52.78	7.49	18.42	12.17	0.79	1.51	0.66	0.96	32.2	open/composed
95	517.57	90.93	12.84	28.85	22.84	0.79	1.26	0.79	0.97	284.9	open/composed
96	136.01	46.92	6.58	15.87	10.91	0.78	1.45	0.69	0.95	57.3	open/composed
97	416.66	82.55	11.52	26.26	20.20	0.77	1.30	0.77	0.96	29.2	open/composed
98	438.06	80.71	11.81	26.94	20.70	0.85	1.30	0.77	0.98	50.7	open/composed
99	160.35	53.18	7.14	20.49	9.97	0.71	2.06	0.49	0.96	306.4	open/composed
100	298.38	65.39	9.75	20.61	18.44	0.88	1.12	0.89	0.98	45.9	closed
101	431.78	81.50	11.72	26.01	21.13	0.82	1.23	0.81	0.96	289.1	closed
103	84.89	35.00	5.20	10.62	10.18	0.87	1.04	0.96	0.97	71.7	closed
104	211.28	57.02	8.20	17.90	15.03	0.82	1.19	0.84	0.95	68.5	closed
105	425.40	80.26	11.64	26.17	20.70	0.83	1.26	0.79	0.96	356.6	closed
106	327.97	76.06	10.22	28.94	14.43	0.71	2.01	0.50	0.96	349.5	open/composed
107	139.62	45.13	6.67	14.34	12.40	0.86	1.16	0.86	0.97	310.6	open/composed
108	147.34	48.96	6.85	14.26	13.16	0.77	1.08	0.92	0.93	274.5	closed
109	9.34	11.84	1.72	4.56	2.61	0.84	1.75	0.57	0.94	276.4	closed
110	216.73	58.21	8.31	20.94	13.18	0.80	1.59	0.63	0.97	39.7	open/composed
111	119.08	49.45	6.16	20.23	7.49	0.61	2.70	0.37	0.93	76.3	open/composed
112	161.28	50.64	7.16	17.58	11.68	0.79	1.50	0.66	0.96	78.9	closed
113	672.10	102.98	14.63	31.95	26.79	0.80	1.19	0.84	0.96	45.7	open/composed
114	406.01	79.26	11.37	23.40	22.09	0.81	1.06	0.94	0.95	323.0	open/composed
115	143.57	46.73	6.76	14.79	12.36	0.83	1.20	0.84	0.97	37.9	open/composed
116	207.58	57.05	8.13	19.16	13.79	0.80	1.39	0.72	0.97	82.7	open/composed
117	210.35	56.35	8.18	19.02	14.08	0.83	1.35	0.74	0.96	337.4	closed
118	324.39	68.53	10.16	20.73	19.93	0.87	1.04	0.96	0.98	358.1	closed
119	352.03	94.08	10.59	24.74	18.11	0.50	1.37	0.73	0.82	48.6	closed
120	210.60	63.42	8.19	23.89	11.23	0.66	2.13	0.47	0.90	45.0	closed
121	289.54	65.90	9.60	20.24	18.21	0.84	1.11	0.90	0.98	85.9	closed
122	63.98	32.07	4.51	11.09	7.34	0.78	1.51	0.66	0.95	31.3	open/composed
123	203.19	60.85	8.04	21.40	12.09	0.69	1.77	0.56	0.89	34.0	closed
124	163.92	51.16	7.22	18.77	11.12	0.79	1.69	0.59	0.98	62.4	open/composed
125	146.97	50.73	6.84	17.20	10.88	0.72	1.58	0.63	0.93	75.1	open/composed
126	104.21	44.54	5.76	17.55	7.56	0.66	2.32	0.43	0.96	30.9	open/composed
127	176.56	52.19	7.50	19.03	11.81	0.81	1.61	0.62	0.98	43.6	open/composed
128	328.16	68.43	10.22	21.75	19.21	0.88	1.13	0.88	0.99	329.5	closed
129	87.19	36.31	5.27	11.24	9.88	0.83	1.14	0.88	0.94	337.0	closed
130	154.84	61.32	7.02	15.46	12.75	0.52	1.21	0.82	0.78	88.3	open/composed
131	235.24	81.97	8.65	24.45	12.25	0.44	2.00	0.50	0.75	50.5	closed
132	301.55	68.20	9.80	23.33	16.45	0.81	1.42	0.71	0.97	51.1	open/composed
133	201.20	70.94	8.00	23.53	10.89	0.50	2.16	0.46	0.80	56.8	open/composed
134	181.75	51.17	7.61	15.90	14.56	0.87	1.09	0.92	0.98	18.7	open/composed
135	73.34	33.10	4.83	10.75	8.68	0.84	1.24	0.81	0.96	324.2	open/composed
136	122.38	41.86	6.24	13.45	11.58	0.88	1.16	0.86	0.98	28.0	open/composed
138	195.38	52.93	7.89	16.96	14.66	0.88	1.16	0.86	0.98	286.5	open/composed

付表2 （続き）

no.	A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	MJ_f [m]	MN_f [m]	C_f	AR_f	RN_f	SL_f	trend of MJ_f [deg./360]	shape type of outer rim
139	140.71	49.88	6.69	18.74	9.56	0.71	1.96	0.51	0.92	34.6	open/composed
140	304.76	90.70	9.85	33.13	11.71	0.47	2.83	0.35	0.80	21.8	open/composed
141	20.97	19.12	2.58	7.43	3.59	0.72	2.07	0.48	0.93	57.8	open/composed
142	148.12	47.09	6.87	15.82	11.92	0.84	1.33	0.75	0.97	63.2	closed
143	283.32	73.16	9.50	28.56	12.63	0.67	2.26	0.44	0.95	21.9	closed
144	152.57	46.94	6.97	15.15	12.82	0.87	1.18	0.85	0.97	15.2	closed
145	96.84	37.54	5.55	11.93	10.33	0.86	1.15	0.87	0.97	293.0	closed
146	226.50	66.89	8.49	24.46	11.79	0.64	2.08	0.48	0.91	304.8	open/composed
147	136.60	57.63	6.59	23.86	7.29	0.52	3.27	0.31	0.86	275.0	open/composed
148	74.40	36.15	4.87	13.13	7.21	0.72	1.82	0.55	0.92	324.7	open/composed
149	153.78	54.24	7.00	18.38	10.65	0.66	1.73	0.58	0.87	58.9	closed
150	190.37	60.48	7.78	19.49	12.44	0.65	1.57	0.64	0.88	32.3	open/composed
151	117.03	44.98	6.10	15.85	9.40	0.73	1.69	0.59	0.93	292.8	open/composed
152	299.72	73.32	9.77	25.48	14.98	0.70	1.70	0.59	0.92	291.9	closed
153	78.23	34.89	4.99	10.99	9.07	0.81	1.21	0.83	0.97	357.3	open/composed
154	129.94	45.55	6.43	16.70	9.90	0.79	1.69	0.59	0.95	79.2	closed
155	166.76	50.37	7.29	16.51	12.86	0.83	1.28	0.78	0.97	35.5	open/composed
156	110.50	43.29	5.93	13.87	10.15	0.74	1.37	0.73	0.93	74.1	open/composed
157	64.32	32.88	4.52	11.47	7.14	0.75	1.61	0.62	0.94	54.3	open/composed
158	93.48	42.08	5.45	15.45	7.70	0.66	2.01	0.50	0.90	289.9	open/composed
159	176.15	50.97	7.49	17.11	13.11	0.85	1.31	0.77	0.97	74.8	closed
160	322.62	75.70	10.13	26.13	15.72	0.71	1.66	0.60	0.93	289.3	open/composed
161	302.95	66.92	9.82	22.00	17.54	0.85	1.25	0.80	0.98	77.3	open/composed
162	285.44	65.23	9.53	20.28	17.92	0.84	1.13	0.88	0.97	71.9	closed
163	272.02	68.41	9.31	23.78	14.56	0.73	1.63	0.61	0.93	296.6	closed
164	215.77	56.34	8.29	17.75	15.47	0.85	1.15	0.87	0.97	334.0	closed
165	101.81	41.06	5.69	14.94	8.68	0.76	1.72	0.58	0.94	309.4	closed
166	47.08	28.24	3.87	9.63	6.23	0.74	1.55	0.65	0.92	300.5	open/composed
167	106.95	42.47	5.83	15.29	8.91	0.75	1.72	0.58	0.96	312.7	open/composed
168	72.07	32.61	4.79	11.41	8.04	0.85	1.42	0.70	0.97	82.9	open/composed
169	67.84	32.05	4.65	9.89	8.73	0.83	1.13	0.88	0.95	22.4	open/composed
170	274.58	70.24	9.35	25.96	13.47	0.70	1.93	0.52	0.91	28.3	closed
171	61.64	31.56	4.43	11.21	7.00	0.78	1.60	0.62	0.94	49.6	closed
172	82.80	35.77	5.13	12.47	8.45	0.81	1.48	0.68	0.95	17.3	closed
173	82.37	37.65	5.12	14.00	7.49	0.73	1.87	0.54	0.93	54.2	closed
174	163.99	49.44	7.22	15.44	13.52	0.84	1.14	0.88	0.97	53.5	open/composed
175	142.24	46.66	6.73	14.82	12.22	0.82	1.21	0.82	0.96	37.8	open/composed
177	358.97	74.32	10.69	23.10	19.79	0.82	1.17	0.86	0.97	338.1	closed
178	220.65	64.97	8.38	25.63	10.96	0.66	2.34	0.43	0.93	273.4	open/composed
179	27.54	20.09	2.96	7.04	4.98	0.86	1.41	0.71	0.95	302.8	closed
180	217.54	58.82	8.32	18.28	15.15	0.79	1.21	0.83	0.96	295.3	open/composed
181	239.48	58.76	8.73	19.18	15.89	0.87	1.21	0.83	0.98	327.4	closed
182	321.22	69.09	10.11	21.35	19.16	0.85	1.11	0.90	0.98	18.9	closed
183	341.82	92.20	10.43	33.93	12.83	0.51	2.65	0.38	0.84	350.1	closed
184	234.31	65.24	8.64	21.69	13.76	0.69	1.58	0.63	0.93	293.5	closed
185	86.79	39.74	5.26	14.51	7.61	0.69	1.91	0.52	0.93	306.2	open/composed
186	191.09	54.83	7.80	16.62	14.64	0.80	1.13	0.88	0.95	356.2	closed
187	136.04	48.79	6.58	14.22	12.18	0.72	1.17	0.86	0.92	64.6	open/composed
188	55.26	29.37	4.19	10.69	6.58	0.81	1.63	0.62	0.96	43.7	open/composed
189	127.18	59.03	6.36	20.64	7.85	0.46	2.63	0.38	0.80	273.4	closed
190	50.13	27.33	3.99	8.73	7.31	0.84	1.19	0.84	0.96	352.1	open/composed
191	97.46	41.11	5.57	14.04	8.84	0.72	1.59	0.63	0.93	296.8	open/composed
192	96.77	42.35	5.55	16.40	7.51	0.68	2.18	0.46	0.92	81.7	open/composed
193	389.68	74.26	11.14	23.80	20.85	0.89	1.14	0.88	0.99	295.7	closed
195	297.82	69.49	9.74	25.34	14.96	0.78	1.69	0.59	0.97	76.9	open/composed
196	441.89	81.90	11.86	27.40	20.53	0.83	1.33	0.75	0.97	70.9	closed
197	99.67	37.85	5.63	12.35	10.28	0.87	1.20	0.83	0.97	53.4	open/composed
198	139.00	45.27	6.65	15.10	11.72	0.85	1.29	0.78	0.98	275.1	open/composed
199	27.57	20.79	2.96	7.58	4.63	0.80	1.64	0.61	0.94	30.8	open/composed
201	313.41	69.99	9.99	22.76	17.53	0.80	1.30	0.77	0.97	3.9	open/composed

付表2 （続き）

no.	A_f [m^2]	L_f [m]	R_f [m]	MJ_f [m]	MN_f [m]	C_f	AR_f	RN_f	SL_f	trend of MJ_f [deg./360]	shape type of outer rim
202	70.70	34.65	4.74	11.22	8.02	0.74	1.40	0.72	0.94	271.0	open/composed
203	67.15	33.59	4.62	10.59	8.07	0.75	1.31	0.76	0.91	326.9	open/composed
204	300.68	65.62	9.78	21.41	17.88	0.88	1.20	0.83	0.98	272.1	open/composed
205	52.06	28.29	4.07	9.48	6.99	0.82	1.35	0.74	0.94	332.2	open/composed
207	209.67	63.50	8.17	21.94	12.17	0.65	1.80	0.55	0.89	306.9	open/composed
208	118.37	42.89	6.14	15.05	10.01	0.81	1.50	0.67	0.96	337.3	closed
209	70.95	58.97	4.75	24.71	3.66	0.26	6.76	0.15	0.63	340.7	open/composed
210	586.74	94.65	13.67	30.59	24.43	0.82	1.25	0.80	0.97	22.0	closed
211	275.39	65.86	9.36	22.12	15.85	0.80	1.40	0.72	0.96	310.2	open/composed
212	212.31	56.88	8.22	19.95	13.55	0.82	1.47	0.68	0.98	353.3	open/composed
213	202.38	65.70	8.03	23.31	11.06	0.59	2.11	0.47	0.89	18.6	open/composed
215	1211.88	149.84	19.64	55.44	27.83	0.68	1.99	0.50	0.96	19.6	open/composed
216	1166.76	159.80	19.27	54.56	27.23	0.57	2.00	0.50	0.85	337.2	open/composed
217	121.08	46.72	6.21	17.54	8.79	0.70	2.00	0.50	0.95	60.6	open/composed
218	160.75	60.39	7.15	22.91	8.93	0.55	2.56	0.39	0.89	316.8	open/composed
219	141.89	55.88	6.72	16.66	10.85	0.57	1.54	0.65	0.84	8.9	open/composed
221	610.95	94.20	13.95	31.32	24.84	0.87	1.26	0.79	0.98	45.3	open/composed
222	666.18	103.17	14.56	38.42	22.08	0.79	1.74	0.57	0.98	39.0	open/composed
223	582.91	100.61	13.62	38.48	19.29	0.72	2.00	0.50	0.95	24.2	open/composed
224	148.09	53.23	6.87	16.42	11.49	0.66	1.43	0.70	0.89	322.3	open/composed
225	276.10	63.72	9.37	21.25	16.54	0.85	1.29	0.78	0.98	34.8	open/composed
226	143.32	49.86	6.75	15.08	12.10	0.72	1.25	0.80	0.91	276.5	open/composed
227	712.30	138.40	15.06	57.89	15.67	0.47	3.70	0.27	0.87	87.6	open/composed
228	219.78	61.74	8.36	22.20	12.61	0.72	1.76	0.57	0.95	70.5	open/composed
229	121.54	46.71	6.22	17.48	8.85	0.70	1.97	0.51	0.93	346.2	open/composed
230	25.64	18.78	2.86	5.83	5.60	0.91	1.04	0.96	0.96	328.7	closed
231	27.82	19.80	2.98	6.24	5.68	0.89	1.10	0.91	0.96	284.1	open/composed
232	53.61	27.57	4.13	9.32	7.32	0.89	1.27	0.79	0.97	291.6	open/composed
233	231.57	62.13	8.59	20.92	14.10	0.75	1.48	0.67	0.94	347.1	closed
234	243.27	65.95	8.80	24.43	12.68	0.70	1.93	0.52	0.92	48.7	open/composed
236	93.76	41.63	5.46	15.97	7.47	0.68	2.14	0.47	0.94	324.7	open/composed
237	2.27	5.51	0.85	2.13	1.36	0.94	1.56	0.64	0.91	60.9	closed
238	99.67	39.34	5.63	11.76	10.79	0.81	1.09	0.92	0.95	81.2	open/composed
239	358.93	75.37	10.69	25.76	17.74	0.79	1.45	0.69	0.97	355.5	open/composed
240	93.54	36.93	5.46	12.28	9.70	0.86	1.27	0.79	0.97	329.1	open/composed
241	88.59	36.02	5.31	10.95	10.31	0.86	1.06	0.94	0.96	352.8	closed
242	171.36	50.87	7.39	15.66	13.94	0.83	1.12	0.89	0.96	351.5	open/composed
243	34.23	22.87	3.30	8.09	5.39	0.82	1.50	0.67	0.95	276.8	closed
244	251.21	62.32	8.94	22.04	14.51	0.81	1.52	0.66	0.97	296.8	closed
245	254.97	60.78	9.01	19.45	16.69	0.87	1.17	0.86	0.98	277.8	closed
246	188.97	53.10	7.76	17.08	14.09	0.84	1.21	0.82	0.98	310.9	open/composed
247	478.58	85.69	12.34	31.08	19.60	0.82	1.59	0.63	0.98	1.2	open/composed
248	239.35	59.72	8.73	19.59	15.56	0.84	1.26	0.79	0.98	317.0	open/composed
249	485.27	101.28	12.43	41.74	14.80	0.59	2.82	0.35	0.97	77.5	open/composed
250	439.68	81.53	11.83	25.51	21.95	0.83	1.16	0.86	0.97	64.4	closed
251	1043.51	146.29	18.23	57.88	22.96	0.61	2.52	0.40	0.94	291.2	open/composed
252	346.99	73.07	10.51	22.66	19.50	0.82	1.16	0.86	0.97	294.7	closed
253	219.09	57.65	8.35	20.08	13.89	0.83	1.45	0.69	0.98	310.7	closed
254	416.16	80.63	11.51	26.82	19.76	0.80	1.36	0.74	0.96	342.0	closed
255	123.50	43.05	6.27	14.61	10.77	0.84	1.36	0.74	0.98	278.9	open/composed
256	386.38	85.71	11.09	34.44	14.29	0.66	2.41	0.41	0.98	75.5	open/composed
257	272.90	72.65	9.32	28.27	12.29	0.65	2.30	0.43	0.95	61.9	open/composed
258	215.05	61.77	8.27	21.74	12.60	0.71	1.73	0.58	0.94	300.3	closed
259	169.46	50.08	7.34	15.87	13.60	0.85	1.17	0.86	0.97	328.3	closed
260	26.76	20.40	2.92	7.35	4.64	0.81	1.58	0.63	0.95	298.4	closed
261	40.76	24.72	3.60	8.38	6.19	0.84	1.35	0.74	0.96	272.7	open/composed
262	368.61	76.33	10.83	23.01	20.40	0.80	1.13	0.89	0.94	316.5	open/composed
263	190.03	55.96	7.78	18.50	13.08	0.76	1.41	0.71	0.95	322.8	closed