

鹿児島湾におけるウミニナ *Batillaria multiformis* (Lischke, 1869) の殻形態の比較

村永 蓮・富山清升

〒 890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35 鹿児島大学理工学部地球環境科学科

■ 要旨

ウミニナ *Batillaria multiformis* (Lischke, 1869) は内湾環境や河口域干潟に生息する典型的な巻貝であり、個体ごとの形態の差異が多いことが知られている。藤田 (2009) は、全国的に生息地が減少し、減少傾向にあるウミニナが鹿児島湾では普通にみられると報告しており、鹿児島県 (2016) では、分布特性上重要とされている。本研究では、鹿児島県内の河口干潟におけるウミニナの殻形態を比較し、本種における鹿児島県内での各河口・干潟の殻形態の明らかにすることを目的とした。また、近縁種でありウミニナと、殻での区別が困難なホソウミニナ *Batillaria cumingii* (Crosse) を比較対象として使用した。ウミニナの標本は鹿児島県の 22 河川で採集し、各河川で 30 個体ずつ合計 660 個体採集した。また、鹿児島県出水市長島町の伊唐浦のホソウミニナを比較のため採集し、使用した。計測には、Kameda et al. (2007) がオキナワヤマタカマイマイ属やニッポンマイマイ属を計測する際に用いた計測方法 (Kameda 式)、Urabe (1998) がチリメンカワニナを計測する際に用いた計測方法 (Urabe 式)、富山 (1984) がタネガシママイマイを計測する際に用いた計測方法 (Tomiyama 式) を使用し、計測した変数の平均をそれぞれ地点ごとに算出し、マハラノビス距離と

ユークリッド距離で各個体群間の殻形態に基づく類似距離をクラスター分析の多変量解析で求めた。クラスター分析の結果、地理的に隣接している地点でクラスターを形成するものもあったが、地理的にまとまったクラスターはほとんど形成していなかった。比較対象として使用したホソウミニナはマハラノビス距離を用いた Kameda 式、Tomiyama 式のデンドログラムを除いて、ウミニナの個体群とすべて混ざる結果となった。ユークリッド距離同士のデンドログラムの比較では Urabe 式・変形 Kameda 式・変形 Tomiyama 式すべてにおいて 1 つの同じクラスター、変形 Kameda 式・変形 Tomiyama 式において 5 つの同じクラスターを形成した。マハラノビス距離同士のデンドログラムの比較では、Urabe 式、変形 Tomiyama 式において 1 つの同じクラスター、変形 Kameda 式、変形 Tomiyama 式において 2 つの同じクラスターを形成した。本研究において地理的に近い集団が必ずしも形態的に類似性が高いとは言えず、ウミニナは Kameda 式、Tomiyama 式を用いることで殻形態の比較が可能であると考えられる。今回の 3 つの計測方法でホソウミニナをウミニナの集団と分けることができたのは変形 Kameda 式、変形 Tomiyama 式のマハラノビス距離の 2 つであったが、この結果も距離が大きく離れていたとは言えず、今回の 3 つの計測法を用いてもウミニナとホソウミニナを同定することは困難であると考えられる。今後の課題として DNA 分析を用いた比較や交雑の実験、環境要因の調査などの様々な手法を行うことによって、総合的に分析し、比較を行うことが重要であると考えられる。そして、より多くのホソウミニナのサンプルとウミニナを比較し殻形態での同定ができないか再検討する必要があると考えられる。

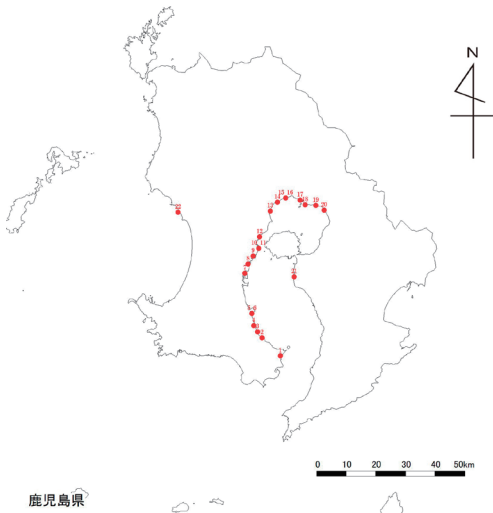
Muranaga, R. and K. Tomiyama. 2020. Shell morphology of *Batillaria multiformis* in Kagoshima Bay, Kagoshima, Japan. *Nature of Kagoshima* 46: 423-433.

✉ KT: Department of Earth & Environmental Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan (e-mail: tomiyama@sci.kagoshima-u.ac.jp).

Published online: 11 March 2020

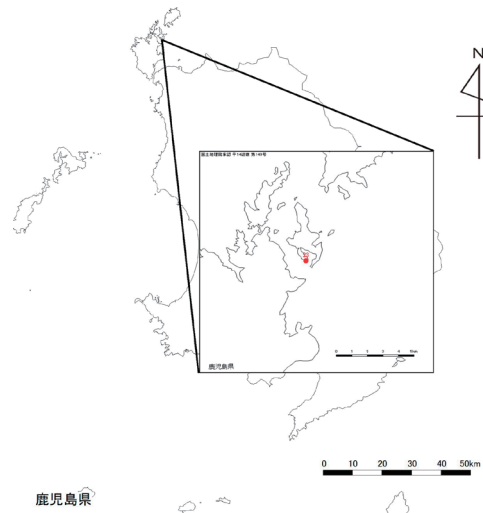
http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_046/046-078.pdf

国土地理院承認 平14総検 第149号



鹿児島県
Fig. 1. 鹿児島湾内におけるウミナナの採集地.

国土地理院承認 平14総検 第149号



鹿児島県
Fig. 2. 鹿児島県長島におけるホソウミナナの採集地.

■ はじめに

ウミナナ *Batillaria multiformis* (Lischke) は内湾環境や河口域干潟に生息する典型的な巻貝であり、個体ごとの殻形態の差異が多いことが知られている。藤田 (2009) は、全国的に生息地が減少し、減少傾向にあるウミナナが鹿児島湾では普通

にみられると報告しており、鹿児島県 (2003, 2016) では、分布特性上重要とされている。

ウミナナ科の生態に関する研究例として、喜入干潟でのウミナナ科 1 種とフトヘナタリ科 3 種の分布と底質選好性を報告した真木ほか (2002) の研究や、沖縄本島に生息するイボウミナナの個体群と餌資源の季節変動、また喜入マングローブに生息する 4 種の腹足類について、垂直分布や塩分濃度と乾燥の要因を報告した若松ほか (2000) の研究、喜入干潟に生息するウミナナ、ヘナタリ、フトヘナタリの 3 種のサイズ別の季節変動と新規加入について報告した吉住ほか (2010) の研究、喜入干潟におけるウミナナの貝殻内部成長線について報告した金田ほか (2013) などがあげられる。ウミナナの殻形態の比較についての研究は、殻の殻高と殻幅で多重比較検定 (Shceffe 法) を行い殻形態の比較をした吉住・富山 (2010) の研究などが行われているが、あまり数は多くない。

本研究では、鹿児島県内の河口干潟におけるウミナナの殻形態を比較し、本種における殻形態の差異を調べた。また、近縁種でありウミナナと、殻での区別が困難なホソウミナナ *Batillaria cumingii* (Crosse) を比較対象として使用した。

殻の計測は Urabe (1998) や今村 (2016) で用いられた Urabe 式, Kameda et al. (2007) や中島 (2009)

Table 1. 各地点における計測に用いた標本数.

No	採取地点	種名	個体数
1	二反田川	ウミナナ	30
2	田貫川	ウミナナ	30
3	鈴川	ウミナナ	30
4	貝底川	ウミナナ	30
5	八幡川	ウミナナ	30
6	愛宕川	ウミナナ	30
7	永田川	ウミナナ	30
8	脇田川	ウミナナ	30
9	新川	ウミナナ	30
10	甲突川	ウミナナ	30
11	清滝川	ウミナナ	30
12	稲荷川	ウミナナ	30
13	思川	ウミナナ	30
14	別府川	ウミナナ	30
15	網掛川	ウミナナ	30
16	日本山川	ウミナナ	30
17	清水川	ウミナナ	30
18	天降川	ウミナナ	30
19	検校川	ウミナナ	30
20	高橋川	ウミナナ	30
21	本城川	ウミナナ	30
22	大里川	ウミナナ	30
23	伊唐浦 (長島)	ホソウミナナ	30

で用いられた Kameda 式, Tomiyama (1984) で用いられた Tomiyama 式の 3 つの計測法を用いた。さらに, この 3 つの殻形態の計測法の比較を行った。また, クラスタ分析に用いる距離をユークリッド距離とマハラノビス距離の二種類を使用した。これは先行研究の Tomiyama (1984) や君付 (2018) で用いられた距離である。各計測法, 各距離の組み合わせで 6 種類の dendrogram を作りそれぞれの比較を行った。

■ 材料と方法

材料

本研究では 2018 年 8 月から 2019 年 12 月にかけて採集したサンプルを使用した。ウミニナの標本は鹿児島県の 22 河川で採集し, 各河川で 30 個体ずつ合計 660 個体採集した (Table 1)。採集地は二反田川・田貫川・鈴川・貝底川・愛宕川・八幡川・永田川・脇田川・新川・甲突川・清滝川・稲荷川・思川・別府川・網掛川・日木山川・清水川・天降川・検校川・高橋川・本城川・大里川である (Fig. 1)。また, 鹿児島県出水市長島町の伊唐浦のホソウミナを比較のため採集し, 使用した (Fig. 2)。また, 採集は目視による見つけ取りで行った。できるだけ成熟したウミニナを採集するため大きいサイズのウミニナを選び, 各河川 30–50 個体採集した。

ウミニナはウミニナ科 Batillariidae に属し, *Batillaria multiformis* として記載された。本種は北海道南部から九州までの日本各地においてふつうにみられ, 鹿児島県は本種の分布南限地と推定されている (鹿児島県, 2003, 2016)。河口干潟を中心とした大きな湾の干潟や潮間帯の砂泥上に生息する。成貝で殻長 35 mm 内外。殻は太い塔形で, 成貝では殻口が張り出してずんぐりしており, 体層側面には低い縦張肋が現れる。殻口後端の滑層瘤は白く顕著。殻表の螺肋は低く, 肋間は狭い。縦肋は不明瞭 (奥谷, 2000)。殻ではホソウミナとの区別が困難な場合が多いが, 本種が放卵型であるのに対してホソウミナは砂地に直接卵を産み付ける (Adachi and Wada, 1999)。鹿児島県 (2016) では, 分布特性上重要とされ, 環境省カ

テゴリーでは準絶滅危惧に分類されている。

ホソウミナはウミニナ科 Batillariidae に属し, *Batillaria cumingii* として記載された。本種はサハリン・沿海州以南, 日本全国, 朝鮮半島, 中国沿岸の外海に分布し, 南九州の東シナ海沿岸や太平洋沿岸の干潟に生息している。成貝で殻長 30 mm 内外。殻は塔形で, 螺層は多く, やや厚い。殻口外唇は張り出さず, 滑層瘤の発達も悪い。体層には縦張肋が現れない (奥谷, 2000)。色彩変異や殻径の変異が産地によって著しい。本種は殻の外見の変異が大きく, 殻の形態ではウミニナとの区別が困難な場合が多いが, 長島の八代海沿岸部のウミニナ類はホソウミナであり, 鹿児島湾内のウミニナ類はウミニナであることが, それぞれミトコンドリア DNA の分析の結果, 分かっている (Kojima et al., 2001)。

調査地の状況

Pt. 1 二反田川: 二級河川。岩場が点在しており, 泥干潟であった。護岸コンクリートの付け根部分にウミニナが生息していた。

Pt. 2 田貫川: 二級河川。泥干潟。干潟上にウミニナが生息していた。

Pt. 3 鈴川: 指定区分外。泥干潟。干潟上にウミニナが多く生息していた。

Pt. 4 貝底川: 指定区分外。砂泥干潟。テトラポットの近くにウミニナが多く生息していた。

Pt. 5 愛宕川: 二級河川。マングローブ林入り口・マングローブ林内の泥干潟上にはウミニナ・ヘナタリ *Pirenella nipponica* (Ozawa and Reid in Reid and Ozawa, 2016)・カワアイ *Cerithidea (Cerithideopsis) djadjariensis* (K. Martin) が生息していた。

Pt. 6 八幡川: 二級河川。泥干潟。干潟上と護岸コンクリート部分にウミニナが多く生息していた。

Pt. 7 永田川: 二級河川。砂泥質の干潟。干潟上や転石上, 護岸コンクリート上にウミニナが多く生息していた。

Pt. 8 脇田川: 二級河川。砂干潟。転石上, またその周りにウミニナが生息していた。

Pt. 9 新川: 二級河川。砂泥質の干潟。干潟上

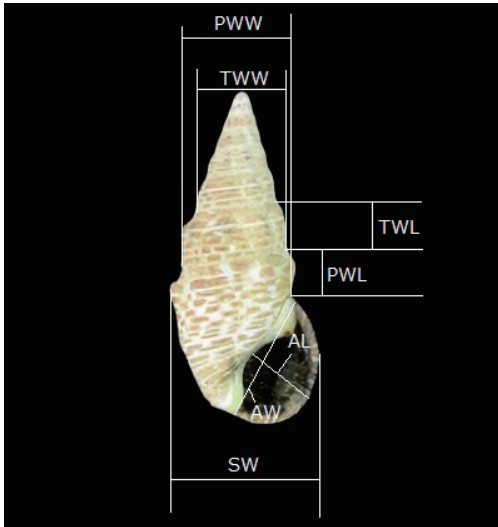


Fig. 3. ウミニナ属の殻のUrabe式による計測部位.

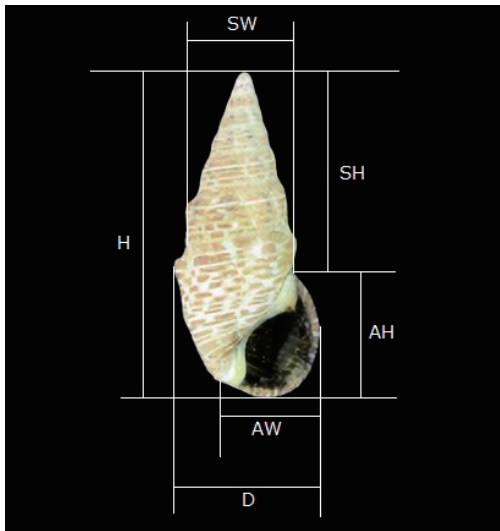


Fig. 4. ウミニナ属の殻の変形Kameda式による計測部位.

にウミニナが生息していた。

Pt. 10 甲突川：二級河川，小石の多い砂干潟，護岸コンクリート付近にウミニナが多く生息していた。

Pt. 11 清滝川：指定区分外，砂泥質の干潟，転石上やその付近にウミニナが多く生息していた，調査河川中で特にゴミが多く汚染が進んでいる印象を受けた。

Pt. 12 稲荷川：二級河川，泥干潟，護岸コンクリート付近の干潟上にウミニナが生息していた。

Pt. 13 思川：二級河川，小石の見られる砂干潟。

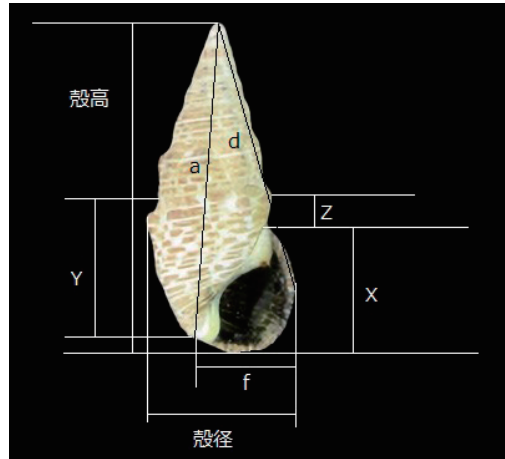


Fig. 5. ウミニナ属の殻の変形 Tomiyama 式による計測部位.

護岸コンクリート付近の干潟上にウミニナが多く生息していた。

Pt. 14 別府川：二級河川，砂干潟，干潟上にウミニナが生息していた。

Pt. 15 網掛川：二級河川，転石のある砂干潟，干潟上にウミニナが生息していた。

Pt. 16 日木山川：二級河川，砂泥質の干潟，護岸コンクリート上や護岸コンクリート付近にウミニナが生息していた。

Pt. 17 清水川：二級河川，転石のある砂泥質の干潟，干潟上にウミニナが多く生息していた。

Pt. 18 天降川：二級河川，砂泥質の干潟，石積護岸上の干潟上にウミニナが生息していた。

Pt. 19 検校川：二級河川，砂泥質の干潟，河口の護岸コンクリート付近の干潟上にウミニナ多く生息していた。

Pt. 20 高橋川：二級河川，砂干潟，干潟上にウミニナが生息していた。

Pt. 21 本城川：二級河川，泥干潟，干潟上にウミニナが生息していた。

Pt. 22 大里川：二級河川，砂泥質の干潟，干潟上ウミニナが生息していた。

Pt. 23 伊唐浦（長島）：砂泥質，ごろたや転石が多い，山からの水の流入あり。

方法

ウミニナとホソウミニナの個体群間の殻形態

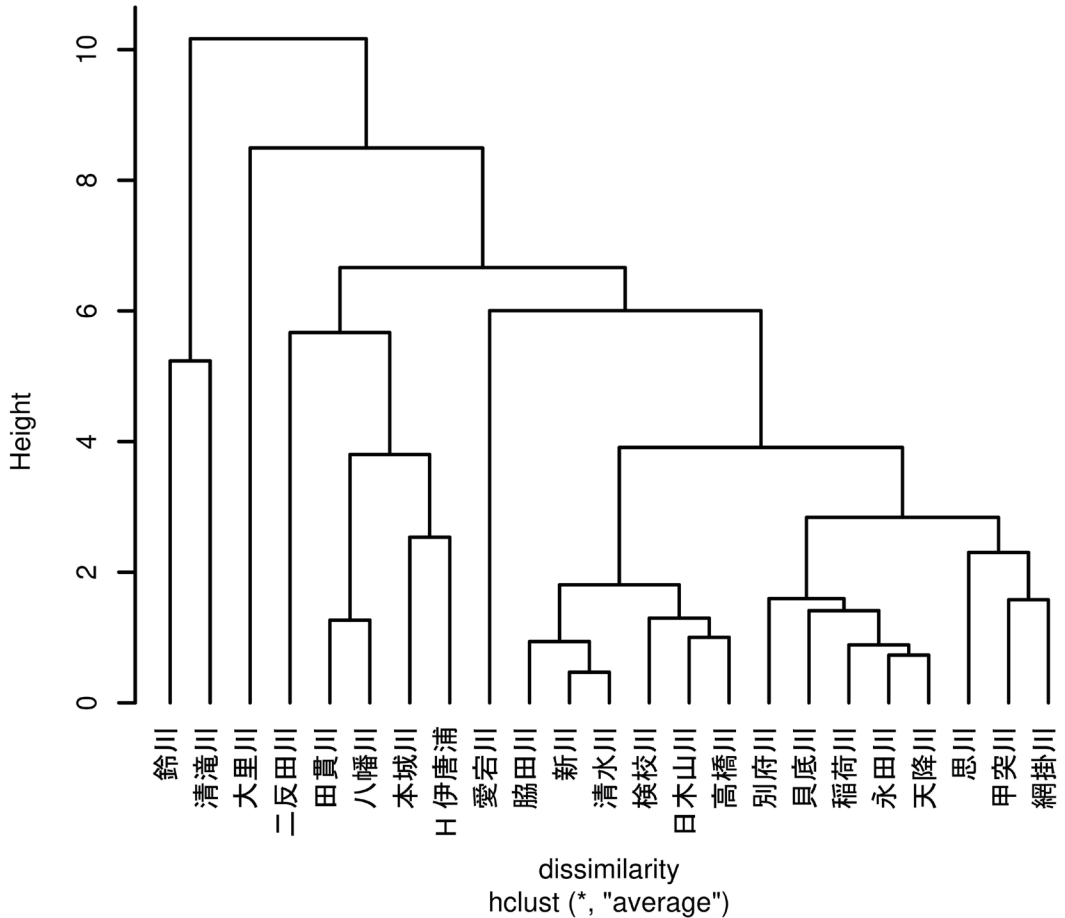


Fig. 6. Uraabe 式ユークリッド距離のデンドログラム.

の差異を調べるために、サンプルの各採取地点から 30 個体ずつ、計 690 個体を用いて殻形態の計測を行った。計測にはデジタルカメラ (Canon IXY 650) で撮影した殻の画像を使用し、画像計測ソフトウェアの Micro Measure (Ver.1.0) を用いて行った。計測について、Uraabe 式・Kameda 式・変形 Tomiyama 式の 3 つの方法を用いた。

Uraabe 式の計測法 Uraabe 式は Uraabe (1998) がチリメンカワニナ (*Semisulcospira reiniana* Brot, 1877) などの種を計測するために用いた方法である。この計測方法を参考にし、単位を mm で 7 つの形質 (SW: 殻径, PWW: 第二体層幅, TWW: 第三体層幅, PWL: 第二体層長, TWL: 第三体層長, AL: 殻口長, AW: 殻口幅) の計測を行った (Fig. 3)。また、これら 7 つの形質に加え、

3 つの値 (W: 螺塔の拡張率, T: 螺塔の変化率, S: 殻口の真円度) を求めた。W, T, S は以下の計算式より算出した。本研究では、この計測方法を Uraabe 式とした。

$$W (\text{螺塔の拡張率}) = PWW/TWW$$

$$T (\text{螺塔の変化率}) = (1+\sqrt{W}) \cdot \sqrt{\{PWL^2 - (PWW - TWW)^2 / (1+\sqrt{W})\}^2 / (PWW - TWW)}$$

$$S (\text{殻口の真円度}) = AL/AW$$

変形 Kameda 式の計測方法 変形 Kameda 式は 亀田ほか (2007) がシラユキヤマタカマイマイ *Satuma (Luchuhadra) Largillierti* (Pfeiffer, 1849) などの *Luchuhadra* 属の各種を計測し、分類する際に用いた方法である。Kameda et al. (2007) や中島 (2009) を参考にし、単位を mm で計測できない部位を除外した 6 つの形質 (H: 殻高, D: 殻径,

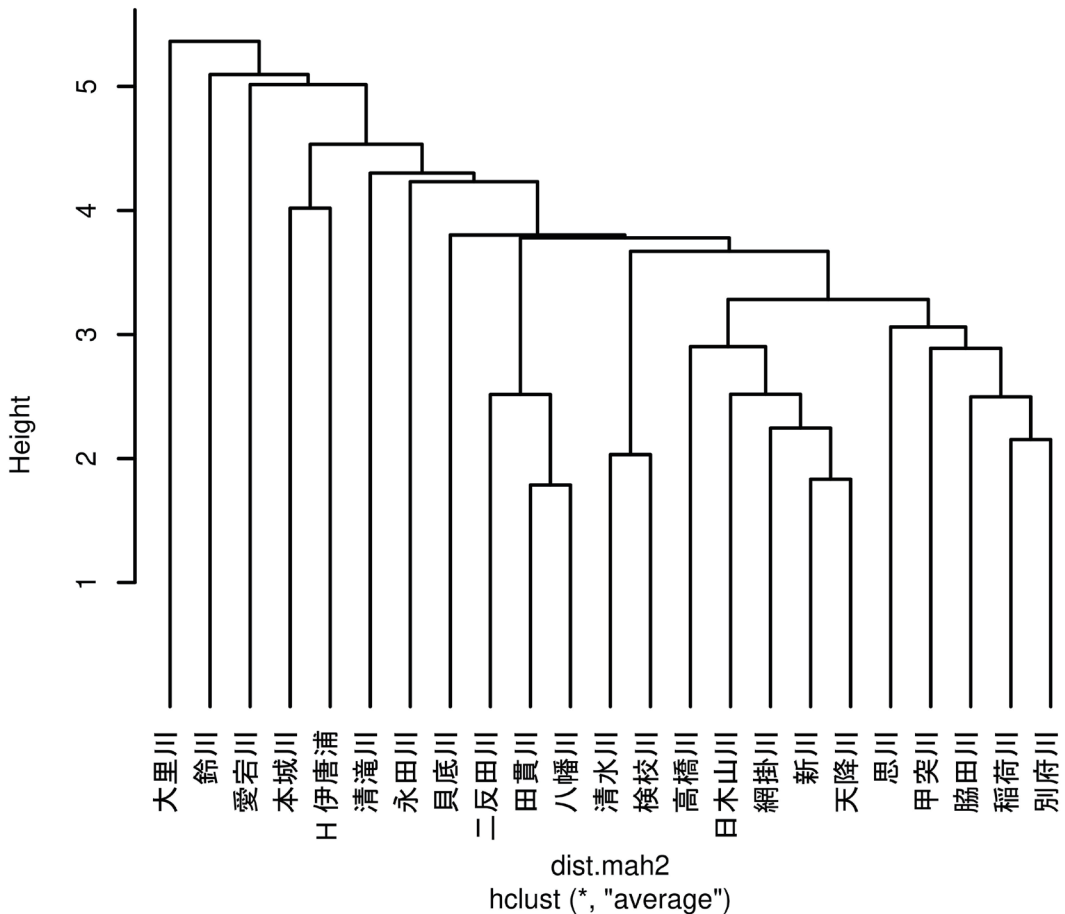


Fig. 7. Urabe 式マハラノビス距離のデンドログラム。

AH：殻口高，AW：殻口幅，SH：螺塔の高さ，SW：螺塔の幅）の計測を行った（Fig. 4）。また、これらの6つの形質に加え、3つの比率（H/D, AH/H, AW/D）を加えた。本研究では、この計測方法を Kameda 式とした。

変形 Tomiyama 式の計測方法 変形 Tomiyama 式は富山（1984）がタネガシママイマイ（*Satsuma Tanegashimae* Pilsbry, 1901）を計測する際に用いた方法である。この計測方法を参考にし、単位を mm で、計測できない部位を除外した8つの形質（殻高，殻径，X 値，Y 値，Z 値，a 値，d 値，f 値，巻数）の計測を行った（Fig. 5）。またこれら8つの計測に加え、巻数，8つの比率（殻高/殻径，f/殻径，a/殻高，x/殻高，y/殻高，y/x，巻数/殻高，巻数/殻径）を加えた。本研究ではこの計測方法を Tomiyama 式とした。

統計処理はフリー統計ソフトウェアの R (ver. 3.5.0) (<https://cran.r-project.org/mirrors.html>) を用いた。上記で説明した3つの計測方法それぞれで、地点ごとの個体群間の距離を各変数の平均値で取り、ユークリッド距離とマハラノビス距離でそれぞれ算出した。各個体群のグループ分けを行うために、算出した数値をもとにクラスター分析の多変量解析を行った。本研究では富山（1984）が用いた群平均法を用いて、クラスター分析を行い、その結果、3つの計測法×2種類の距離で導き出されるデンドログラムを6通り算出した。

ユークリッド距離とは、2点間の通常の距離のことであり、ピタゴラスの定理によって与えられる。また、マハラノビス距離とは、多変量間の相関に基づくものであり、多変量解析によく用いられている。このため、相関のある多変量データを

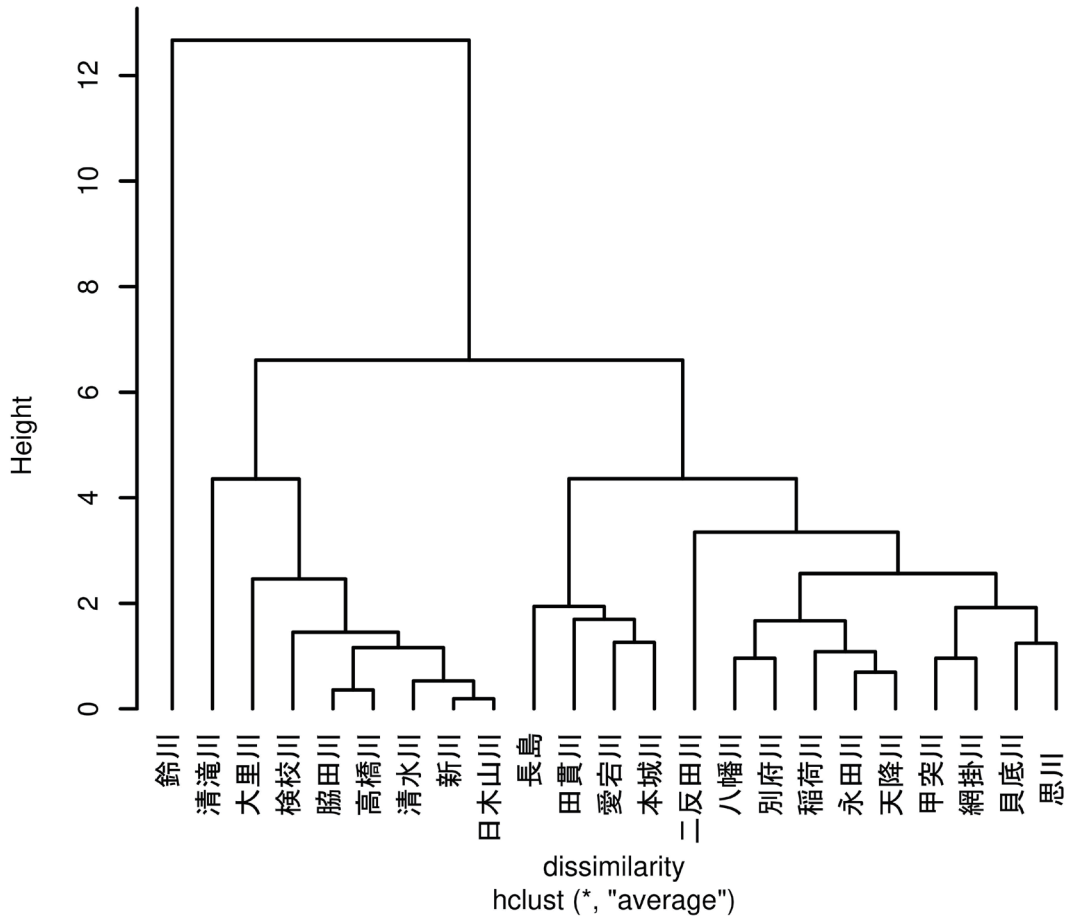


Fig. 8. 変形 Kameda 式ユークリッド距離のデンドログラム.

取り扱う際にはマハラノビスの方が便利であり、ユークリッド距離と比較してマハラノビス距離の方が、相関が強い場合、実際の距離よりも相対的に近く表れるという特徴を持っている。

■ 結果

計測結果

ウミニナ 今回の計測におけるウミニナの殻高の最大値は 41.62 mm, 最小値は 19.69 mm, 平均値は 26.48 mm, 殻径の最大値は 16.86 mm, 最小値は 7.69 mm, 平均値は 12.1 mm となった。

ホソウミニナ 今回の計測におけるホソウミニナの殻高の最大値は 26.51 mm, 最小値は 21.1 mm, 平均値は 23.26 mm, 殻径の最大値は 12.36 mm, 最小値は 10 mm, 平均値は 11.15 mm となった。

Urabe 式

ユークリッド距離 クラスタは大きく 6 に分かれた。地理的にまとまったクラスターを形成しているとは言えず、比較対象として使用したホソウミニナはウミニナの個体群と混ざる結果となった。検校川と高橋川、網掛川と日木山川など地理的に隣接している地点でクラスターを形成するものもあった (Fig. 6)。

マハラノビス距離 クラスタは大きく 13 に分かれた。地理的にまとまったクラスターを形成しているとは言えず、比較対象として使用したホソウミニナはウミニナの個体群と混ざる結果となった。思川と別府川など地理的に隣接している地点でクラスターを形成するものもあった (Fig. 7)。

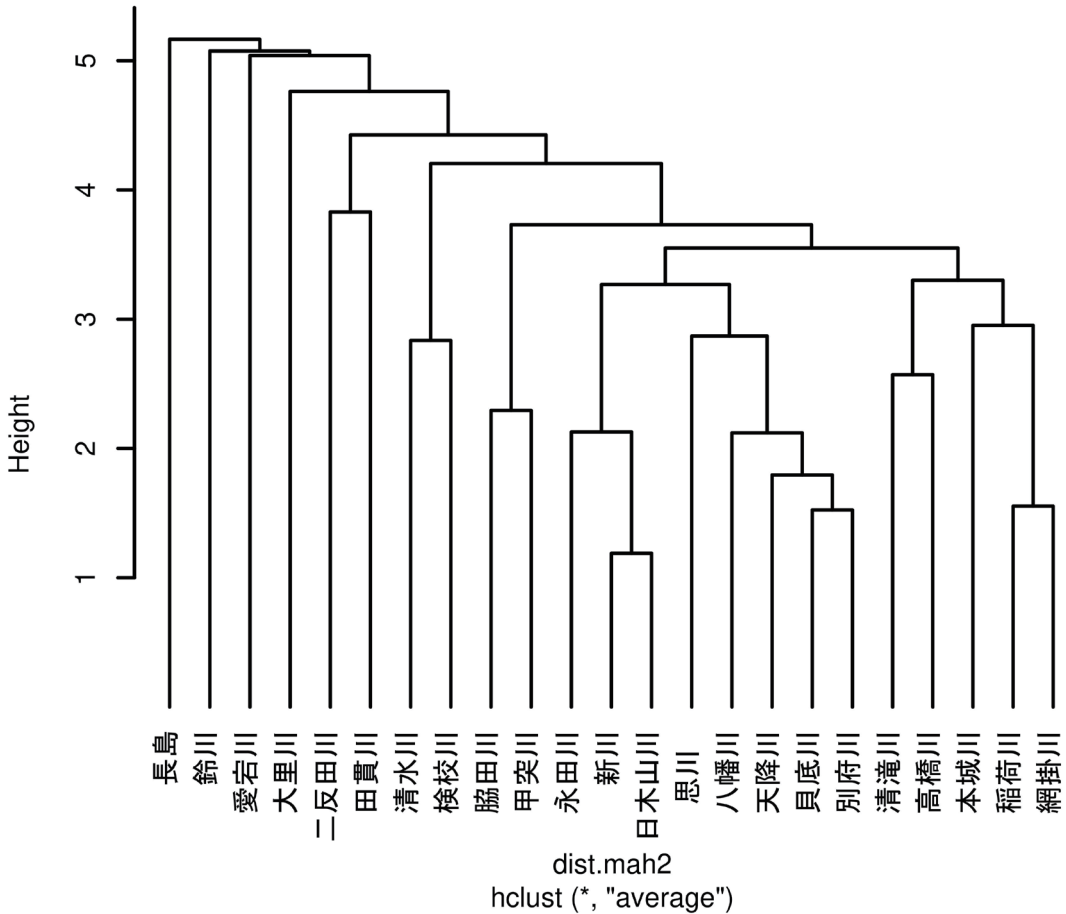


Fig. 9. 変形 Kameda 式マハラノビス距離のデンドログラム.

変形 Kameda 式

ユークリッド距離 クラスタは大きく 6 に分かれた。地理的にまとまったクラスタは見られなかった。比較対象として使用したホソウミニナはウミニナの個体群と混ざる結果となった (Fig. 8).

マハラノビス距離 クラスタは大きく 11 に分かれた。地理的にまとまったクラスタは見られなかった。比較対象として使用したホソウミニナの個体群はわずかではあるが、ウミニナの個体群と分かれた (Fig. 9).

変形 Tomiyama 式

ユークリッド距離 クラスタは大きく 5 に分かれた。地理的にまとまったクラスタは見られなかった。比較対象として使用したホソウミニ

ナはウミニナの個体群と混ざる結果となった (Fig. 10).

マハラノビス距離 クラスタは大きく 18 に分かれた。地理的にまとまったクラスタを形成しているとは言えず、比較対象として使用したホソウミニナはウミニナの個体群と混ざる結果となった。天降川と検校川、思川と別府川など地理的に隣接している地点でクラスタを形成するものもあった (Fig. 11).

デンドログラムの比較

ユークリッド距離 Urabe 式・変形 Kameda 式変形・Tomiyama 式において永田川・稲荷川・天降川の集団が同じクラスタを形成した。変形 Kameda 式・変形 Tomiyama 式において田貫川・愛宕川・本城川・伊唐浦の集団、八幡川・別府川

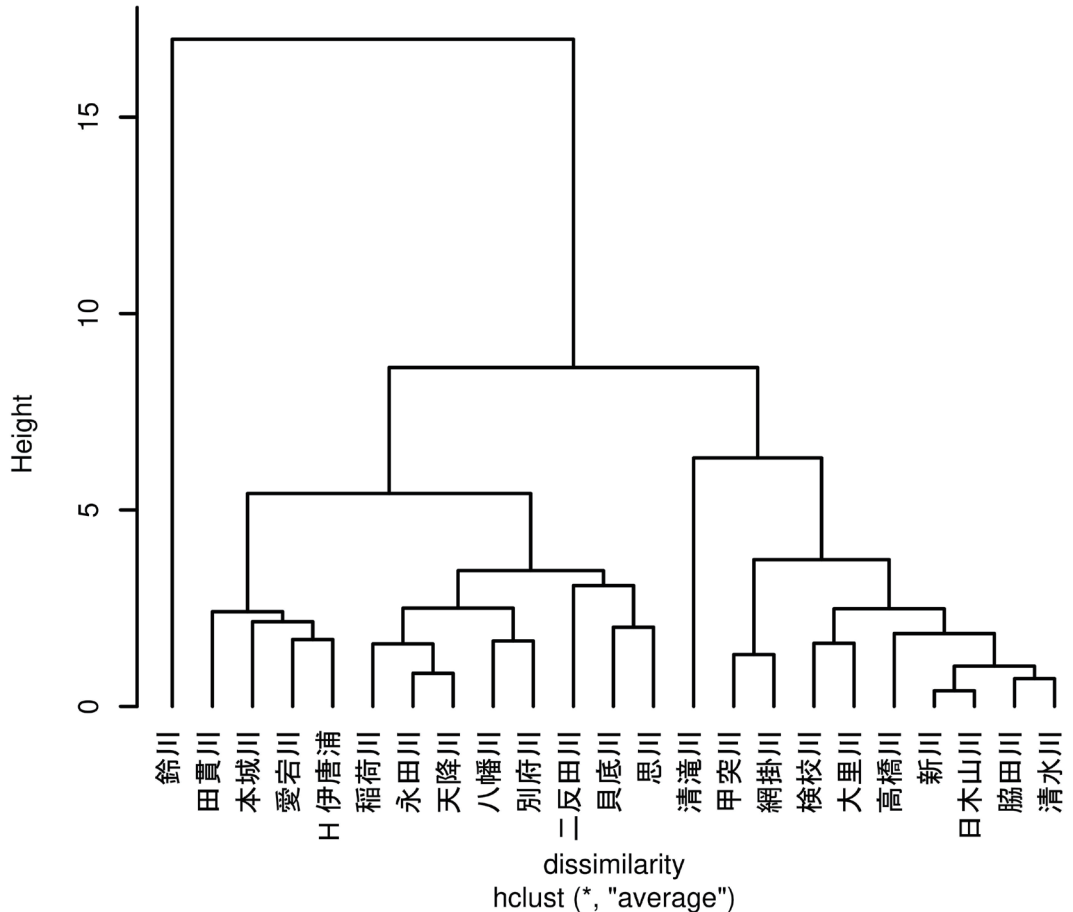


Fig. 10. 変形 Tomiyama 式ユークリッド距離のデンドログラム.

の集団, 貝底川・思川の集団, 甲突川・網掛川の集団, 新川・日木山川の集団が同じクラスターを形成した. 変形 Kameda 式・変形 Tomiyama 式において鈴川の集団が他のクラスターと高さが離れていた.

マハラノビス距離 Urabe 式・変形 Tomiyama 式において思川と別府川の集団が同じクラスターを形成した. 変形 Kameda 式・変形 Tomiyama 式において新川と日木山川の集団, 稻荷川・網掛川の集団が同じクラスターを形成した. 変形 Kameda 式・変形 Tomiyama 式において伊唐浦のホソウミニナが他のウミニナの集団と分かれた.

■ 考察

本研究において, 地理的にまとまったクラスターを作ったのは Urabe 式ユークリッド距離の網

掛川と日木山川の集団, 検校川と高橋川の集団, Uraba 式マハラノビス距離の思川と別府川の集団, 変形 Tomiyama 式マハラノビス距離の天降川と検校川, 思川と別府川の集団であった. 地理的に近い集団が必ずしも形態的に類似性が高いとはいえないことが判明した.

今回の3つの計測方法でホソウミニナをウミニナの集団と分けることができたのは変形 Kameda 式, 変形 Tomiyama 式のマハラノビス距離の2つであったが, この結果も距離が大きく離れていたとは言えず, ホソウミニナとウミニナの殻形態の違いとして, 殻は塔形で, 螺層は多く, やや厚い, 殻口外唇は張り出さず, 滑層瘤の発達も悪く, 体層には縦張肋が現れない(奥谷, 2000) というものがあるが今回の計測法では殻口外唇しか加味されない. そのため, 今回の3つの

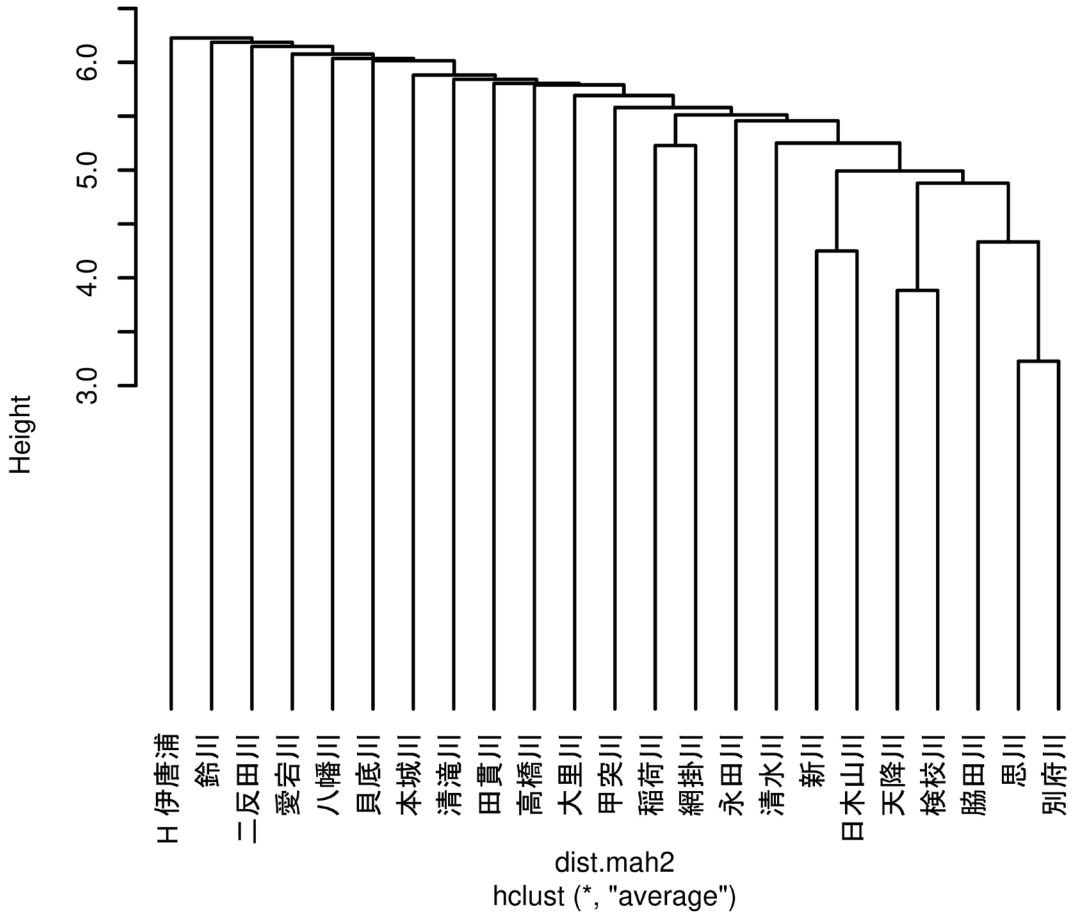


Fig. 11. 変形 Tomiyama 式マハラノビス距離のデンドログラム.

計測法を用いてもウミニナとホソウミニナを同定することは困難であると考えられる。

Urabe 式計測法は浦部式の計測方法は、チリメンカワニナの殻の計測を測定する際に用いられた手法 (Urabe, 1998) である。本研究の結果では Urabe 式計測法はウミニナの殻形態の比較には適していないと考えられるが、神菌 (2017) は陸産貝のギュリキギセルの殻形態を今回の3つの手法を用いて計測をしたが、チリメンカワニナと殻の形態が近い Urabe 式が適切としている。そのため Urabe 式計測法はチリメンカワニナに似た特徴を持つ貝の計測に適しているのではないかと考えられる。

また君付 (2018) は陸産貝のアズキガイ属の殻形態を3つの手法を用いて計測をしたが、アズキガイ属の殻計測について Urabe 式を応用するこ

とは難しいとし、Kameda 式、Tomiyama 式を用いることで殻形態の比較は可能としている。今回のウミニナにおいても Kameda 式、Tomiyama 式を用いることで殻形態の比較は可能であると考えられる。

以上より、殻形態比較をするにあたっては、殻の欠損部分の少ないサンプル数の確保や、成員と幼貝のサイズの明確な判断基準を定めることが必要だと考えられる。

また、今後の課題として、DNA 分析を用いた比較や交雑の実験、環境要因の調査などの様々な手法を行うことによって、総合的に分析し、比較を行うことが重要であると考えられる。そして、より多くのホソウミニナのサンプルとウミニナを比較し殻形態での同定ができないか再検討する必要があると考えられる。

