水産研究・教育機構 機関リポジトリ
FRA Japan Fisheries Research and Education Agency Institutional Repository

モルフォメトリーによるイワナ・カワマス間の種判別

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産総合研究センター 公開日: 2024-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): morphometry; principle component analysis; discriminant analysis; invasive alien species; Salvelinus 作成者: 井口, 恵一朗, 北野, 聡, 松原, 尚人 メールアドレス: 所属: 水産研究・教育機構（退職）, 長野県自然保護研究所, 中央水産研究所
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2010760

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

水研センター研報，第１号，１－５，平成13年
Bull. Fish. Res. Agen., No.1, １－５, 2001

モルフォメトリーによるイワナ・カワマス間の種判別

井口恵一朗[*1]・北野　聡[*2]・松原　尚人[*1]

Morphometric discrimination between Japanese charr and brook trout

Kei'ichiro IGUCHI[*1], Satoshi KITANO[*2], and Naoto MATSUBARA[*1]

Abstract Native Japanese charr（*Salvelinus leucomaenis*）and introduced brook trout（*S. fontinalis*）are sympatric in the Azusa River, Kamikochi, where the former has decreased in the number presumably due to the hybridization with the latter. We validated the morphometric method in discriminating them and their hybryds using photographed body shapes. Principal component analysis factored out that these two species differed in morphometoric characteristics around the head and tail. Discriminant analysis successfully separated the two species by the morphometric characteristics, but failed for hybrid individuals. Providing the species-specific proportion, applying the morphometric method to photographed data was judged to be useful in discriminating the two species.

Key word: morphometry, principle component analysis, discriminant analysis, invasive alien species, *Salvelinus*

近年，移植や密放流による非在来種の定着が，競合や捕食さらには交雑を通じて，在来淡水魚の個体群動態に悪影響を及ぼす例が増加している（日本水産資源保護協会，1998）。本来の生物多様性が損なわれた群集においては，資源の持続的な有効利用に資する生産力が伴わなくなる事態が考慮される（Iguchi, 1997）。侵入種の動向に関するモニタリングは生物多様性を保全する上で今後ますます重要性を増すが，広範な地域を網羅できない研究者にとって，NPO など一般の方々から寄せられる情報は貴重である。しかし，計数形質に頼ることの多い従来の分類手法では（中坊，2000），利用可能な情報が限定される。形態の類似した複数の近縁種が同所的に生息する場合，従来の分類手法に従って，断片的な情報（例えば，スナップショット上の映像）のみから対象を識別すれば，誤同定の危険性は避けられない。

モルフォメトリーでは，プロポーションを形づくる計量形質を取り扱う。本手法の採用により，計数形質を利用できない対象を区分する道が開かれる。これまでの報告によると，近縁種間の判別，種内個体群間の判別，さらに種内の野生魚と飼育魚の判別等に成功している（Swain, 1991；Creech, 1992；Melvin *et al.*, 1992；Bembo *et al.*, 1996）。本研究では，モルフォメトリー手法の適用により，映像資料に記された近縁２種の判別の可否を検討した。調査の対象には，上高地梓川上流域に同所的に生息するイワナ（ニッコウイワナ）*Salvelinus leucomaenis*ならびにカワマス*S. fontinalis*を選んだ。これら２種は同じイワナ属に含まれ，形態が酷似している。カワマスは北米原産の外来魚で，イワナと交雑し雑種個体を形成する。上高地在来イワナの個体数減少は，導入されたカワマスに原因があると考えられている（上原，1978；上原・吉田，1984）。

材料と方法

イワナならびにカワマスの採捕は，1998年６月に梓

2001年８月20日受理（Accepted on August 20, 2001）
水産総合研究センター業績Ａ第１号（Contribution No.A 1 from Fisheries Research Agency）
[*1] 中央水産研究所　〒386-0031　長野県上田市小牧1088（National Research Institute of Fisheries Science, Komaki 1088, Ueda, Nagano 386-0031, Japan）
[*2] 長野県自然保護研究所　〒380-0075　長野県長野市北郷2054-120（Nagano Nature Conservation Research Institute, Kitasato 2054-120, Nagano, Nagano 380-0075, Japan）

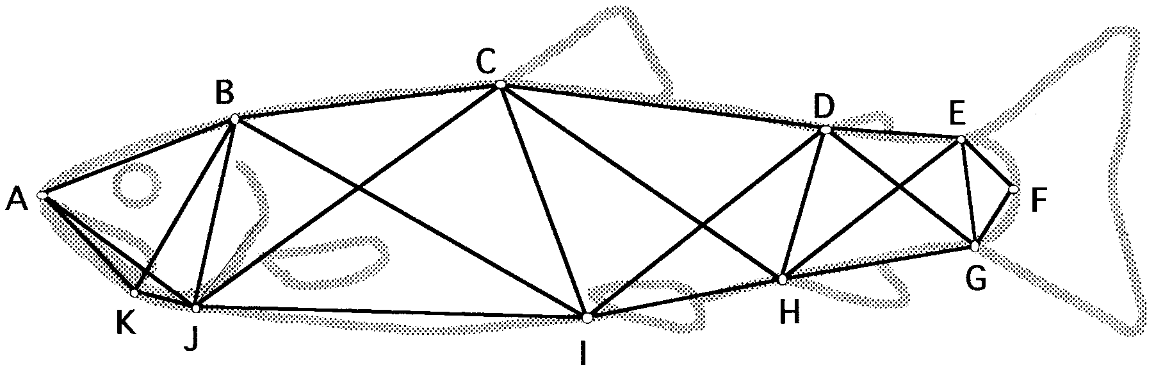

Fig. 1. Locations of the 11 landmarks used to calculate the truss net work (lines).

川支流の中川にて，エレクトリックショッカーを用いて行った。背鰭に出現する虫食い状班の有無により（虫食い状班を持つものがカワマス），両者を識別した（小宮山，1989)。不明瞭な虫食い状班の現れた個体については雑種の可能性があるため，後日，採取した鰭組織を基に DNA マーカーを使って鑑定を行った（北野 聡ほか，未発表資料)。生きている捕獲魚の体側面を写真撮影し，その後は速やかにもとの生息場所に放流した。魚体に特に手を加えずに撮影すると，背鰭を閉じた姿勢で被写体となる個体が数多く出現した。このことは，潜在的な情報源となる釣り人等による映像記録では，種判別に威力を発揮する背鰭斑紋の確認が難しいことを意味する。

分析には，任意に抽出されたイワナ・カワマス各20個体および雑種11個体を供した。供試魚はいずれも尾叉長が20㎝を越える成魚であったが，体サイズの実測値は不明である。プリントされた写真上に11カ所の定点（吻端 A，項部 B，背鰭基底前端 C，あぶら鰭基底前端 D，尾鰭基底上端 E，尾柄後端 F，尾鰭基底下端 G，臀鰭基底前端 H，腹鰭基底前端 I，鰓蓋隅角部 J，下顎隅角部 K）を設け，定点間の距離を計量形質として扱った（**Fig. 1**)。標本間で縮尺率が一定ではないため，測定された距離データは補正を要した。そこで，写真上の実測値を，写真上で測られた尾叉長で除すことにより標準化を行った。イワナ・カワマス間のプロポーションの違いを検出する目的で，主成分分析を実施した。さらに，両者の数量的な区別の可否を明らかにする目的で，判別分析を実施した。また，雑種個体を用いて，得られた判別式の適用範囲を検討した。なお，解析には，SPSS ソフトウェアを使用した。

結 果

主成分分析の結果，23の計量形質変量は主成分に配分され，4つの主成分（PC1～PC4）によって全分散の66.1%が説明された（**Table 1**)。因子負荷量の高い形質として，PC 1では AB，KA，AJ，BK，BJ が，PC2では DI，DH，EH が，PC 3では IJ，BI，CI が，PC4では DE，DG が列挙された。これにより，PC1～PC4はそれぞれ，頭部，体躯後半部，体躯前半部，尾柄部の発達の程度を示すというラベルが付与された。主成分得点をイワナ・カワマス間で比較すると，PC1，PC4では有意差が検出されたのに対して，PC2，PC3では種間の違いは認められなかった（**Table 2**)。すなわち，頭部（PC1）および尾柄部（PC4)の発達の程度に種判別の鍵となる情報が含まれ，一方，体躯後半部（PC2）および体躯前半部（PC3）の発達の程度には個体間の差異が反映されることが示された。

トレランステストの結果，変量 DH（トレランス値：0.00385，最小トレランス値：0.00046）を除く22の計量形質により，以下の判別関数が得られた（Wilks'λ＝0.1791，$\chi 2=46.43$，$P=0.0017$)：

105.05AB＋484.97BC＋154.05CD－233.06DE
－137.77EF＋195.20FG－59.16GH＋345.29IJ
＋78.12JK－75.73KA－52.49AJ－85.82BK
＋205.98BJ－550.83BI－460.19CJ＋521.07CI
－240.54CH－271.67DI＋168.32DG＋109.53EH
－11.62EG＋16.87.

この判別式において，プラスあるいはマイナスの判別得点を与えられた個体は，それぞれイワナ・カワマスと判別され，正判別率は両種において100%であった（**Fig. 2**)。イワナとカワマスの中間的な形態を有する個体については，判別得点0が付与されることが予測される。イワナとカワマスの雑種11個体に本判別関数を適用したところ，9個体はカワマスとして，残る2個体はイワナとして判別された。このうち，イワナ・カワマス側の各2個体については，判別得点の絶対値が1以下と小さく，両種の中間型に近い形態を備えていることが明らかになった。

Table 1. Eigenvalue of principal components (PC) 1−4 of the morphometric variation among individuals (N=40) after VARIMAX rotation, with the loadings of the predictor characteristics

	PC1	PC2	PC3	PC4
Eigenvalue	6.211	3.424	3.095	2.483
Percentage of variance	27.0	14.9	13.5	10.8
(Cummulative percentage)	(27.0)	(41.9)	(55.3)	(66.1)
AB	0.7184	−0.0755	−0.0818	−0.1056
BC	−0.1421	0.0023	0.2549	0.0361
CD	−0.1108	0.6503	0.1275	−0.2859
DE	−0.0882	0.0456	−0.1233	0.8860
EF	0.3303	−0.0217	0.2245	−0.0932
FG	0.2425	0.1513	0.0320	0.1502
GH	0.0981	0.6727	−0.0251	0.5975
HI	−0.0403	0.2299	−0.5641	−0.0881
IJ	0.0095	−0.0264	0.8566	−0.0144
JK	0.0033	−0.0590	−0.1309	0.0007
KA	0.8033	−0.0813	0.0733	0.0128
AJ	0.8457	−0.1305	0.0122	0.0106
BK	0.8513	0.2071	0.0510	0.0434
BJ	0.855	0.3461	0.1765	0.1526
BI	0.0611	−0.0518	0.9414	0.0219
CJ	0.4084	0.3691	0.2749	0.1061
CI	0.3832	0.3456	0.7120	0.0638
CH	0.0692	0.1715	0.4637	−0.1084
DI	0.0489	0.8445	−0.3784	−0.0874
DH	0.1491	0.8419	0.2943	0.1017
DG	0.1283	−0.0279	0.2078	0.9089
EH	0.0783	0.7192	−0.0983	0.5969
EG	0.5078	0.1643	0.2051	0.4672

Table 2. Specise-specific principal component (PC) scores (mean±SD) for *S. leucomaenis* (N=20) and *S. fontinals* (N=20)

	S. leucomaenis	*S. fontinalis*	Z^*	P
PC1	−0.447±0.965	0.447±0.837	2.949	0.003
PC2	−0.193±0.919	0.193±1.062	0.089	0.402
PC3	0.042±1.176	−0.042±0.816	0.812	0.417
PC4	−0.311±1.034	0.311±0.882	2.164	0.031

*Mann-Whitney test.

考　　察

近縁なイワナとカワマスの区別には，従来，背鰭上の虫食い状斑の有無が基準として利用されてきた。分類を目的としない映像資料には，被写体の姿勢等により，このような分類形質を写していないものも少なくないと予測される。今回，映像資料における被写体の輪郭（プロポーション）を用いることによって，イワナとカワマスの判別が可能であることが明らかとなった。被写体は，カメラに対して水平になる位置に体側を向けるという制約を伴うものの，特に分類を目的としない情報についても，その利用価値を高める道が開かれる。今後，これまで分布域に混乱が認められるにも関わらず，標本を直接鑑定しない限り識別が困難であったその他の魚種，例えば，フナ類，オオクチバスとコクチバスあるいはメダカとカダヤシ等についても，モルフォメトリー手法の適用により簡便な分類基準の設定されることが期待される。ただし，対象となる魚類の判別を成功させるには，採用した計量形質に種判別の鍵となる情報が含まれていることが前提となる。輪郭を完全に共有している種間の判別は不可能

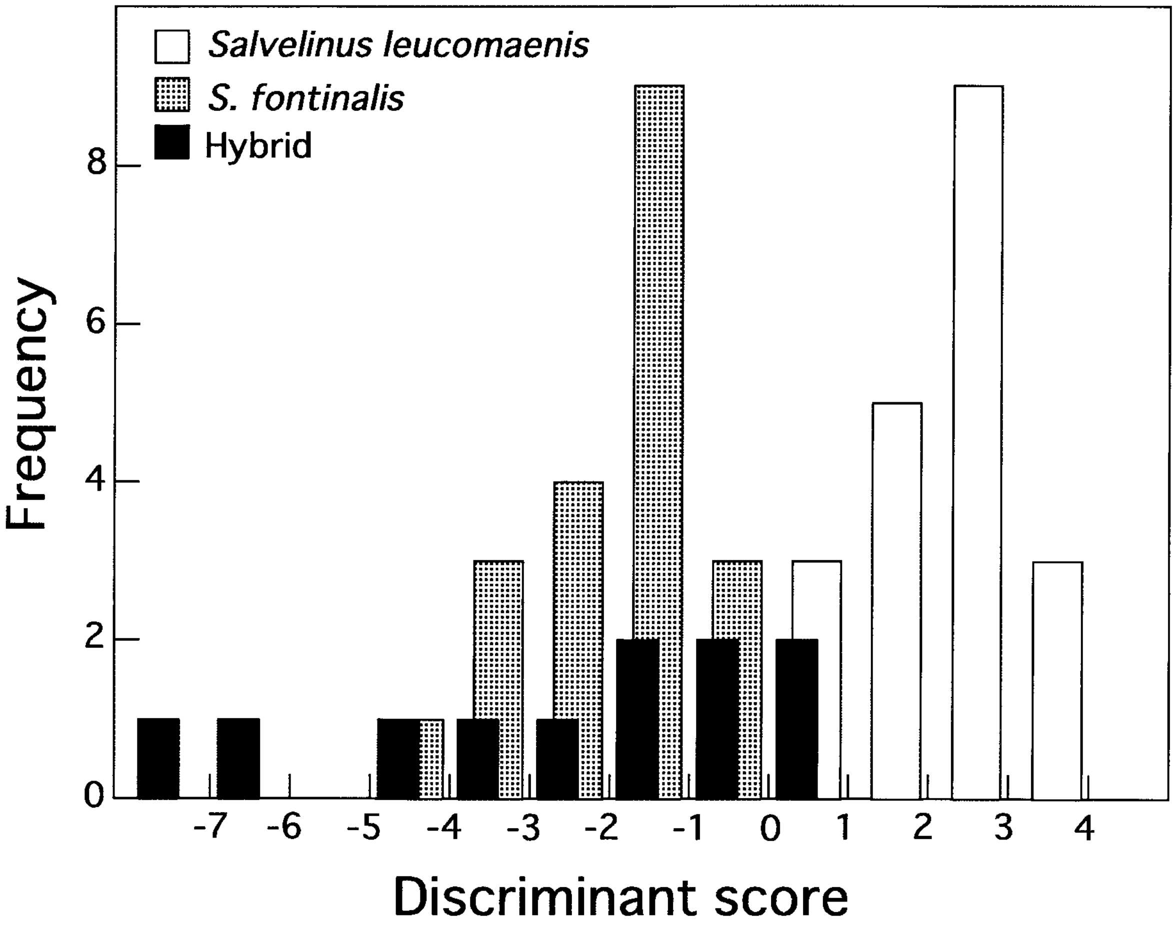

Fig. 2. Distributions of discriminant scores obtained from the 22 morphometric characteristics of *Salavelinus leucomaenis, S. fontinalis* and the hybrid.

で，これが本手法の適用範囲に限界を与える。また，同所的に生息する近縁種間に生じる雑種個体に対しても，本手法の適用は効果的ではないと考えられる。実際に，イワナ・カワマス間の雑種個体の80%以上がカワマスに判定される判別得点を示した。これは，雑種個体が，必ずしも親種の中間的な形態を備えていないということに起因する。上高地では，イワナ・カワマス間の交雑が，非対称的（カワマスが雄親になるケースが多い）に起こることが知られている（北野　聡ほか，未発表資料）。親の性が子の形質発現の程度に影響を及ぼすことがあれば，雑種個体の形質の偏りは説明される。雑種形成の判定には，形態に依るよりはむしろ，分子生物学的な手法の適用が望ましい。

文　　献

Bembo D. G., Cavalho G. R., Cingolani N., Arneri E., Giannetti G., Pitcher T. J., 1996：Allozyme and morphometric evidence for two stocks of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* in Adriatic waters. *Mar. Biol.,* **126**：529−538.

Creech S., 1992：A multivariate morphometric investigation of *Atherina boyeri* Risso, 1810 and *A. presbyter* Cuvier, 1829（Teleostei：Atherinidae）：morphometric evidence in support of the two species. *J. Fish Biol.,* **41**：341−353.

Iguchi K., 1997：Risk taking release from nonnative stocks of ayu. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult.,* Suppl. **3**：157−159.

小宮山英重，1989：カワマス．In（川那部浩哉，水野信彦編）「日本の淡水魚」，pp.132−137，山と渓谷社，東京．

Melvin G. D., Dadswell M. J., McKenzie J. A., 1992：Usefulness of meristic and morphometric characters in discriminating populations of American shad（*Alosa sapidissima*）(Ostreichthyes：Clupeidae）inhabiting a marine environment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.,* **49**：266−280.

中坊徹次（編集），2000：「日本産魚類検索全種の同定（第二版）」，東海大学出版会，東京，1748pp.

日本水産資源保護協会（監修），1998：「日本の希少な野生生物に関するデータブック（水産庁編）」，日本水産資

源保護協会，東京，437pp.
Swain D. P., 1991：Morphological differences between hatchery and wild populations of coho salmon（*Oncorhynchus kisutch*）：environmental versus genetic origin. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.,* **48**：1783－1791.
上原武則，1978：大正池の魚相変異―イワナの雑種化をめぐって―．淡水魚，**4**：146－150.
上原武則，吉田利男，1984：上高地のイワナ類―とくに，在来種の系統保存について―．In（環境庁監修）「上高地の自然」，pp.83－103，環境庁，東京．