

原著論文

北海道に生息する在来種のクロテンと外来種のニホンテンは 写真で識別可能か？

平川 浩文¹, 車田 利夫^{2,5}, 坂田 大輔³, 浦口 宏二⁴

¹ 森林総合研究所

² 北海道環境科学研究センター

³ 北海道大学環境科学院

⁴ 北海道立衛生研究所

⁵ 現所属: 様似町商工観光課

摘 要

北海道に生息するテン属2種（在来種のクロテン *Martes zibellina* と外来種のニホンテン *M. melampus*）が写真で識別できるかを検討した。まず、ブラインドテストにより、熟練者の識別が信頼できるかを検討したところ、信頼性を支持する結果が得られた。これを受けて、熟練者の識別を元に北海道で得られた多数のテン属の写真を精査して両種の識別に有効な特徴を抽出し、識別ガイドを作成した。さらに、この識別ガイドの有効性を検討するために、初心者を対象にこのガイドに基づいた識別テストを行い、その結果を参考に表現の改善を図った。その結果、最終版の識別ガイドにより、初心者でもある程度の信頼性をもって写真で2種の識別が可能であると判断された。最終版の識別ガイドを付録に掲載した。

はじめに

北海道には2種のテン属（クロテン *Martes zibellina* とニホンテン *M. melampus*）が生息する（Ohdachi et al. 2009）。クロテンは北海道の在来種であり、以前は全道的に分布していた（犬飼 1938）。一方、ニホンテンは太平洋戦争（1940–1945）直前に養殖による毛皮生産のために本州から移入され、戦争末期にかけてこの産業が破綻した結果、数ヶ所の養殖場から野外に放されたとされる（犬飼 1975；門崎 1981, 1996）。その後、ニホンテンは道南西部で分布を拡大し、1990年代に行われた調査（Murakami and Ohtaishi 2000）によれば、石狩低地帯（石狩平野と勇払平野を結ぶ線：図1）より西側のほとんど

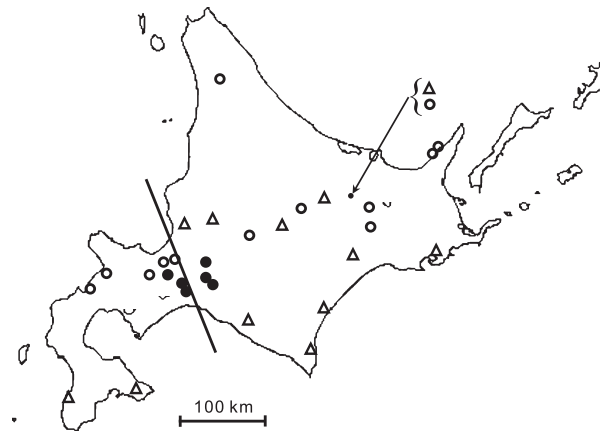


図1. 自動撮影による調査地。車田（△）、平川（○）、坂田（●）。石狩平野と勇払平野を結ぶ線はMurakami and Ohtaishi (2000) が示したニホンテン分布域の東端を示す。

全域に生息するに至っている。その一方、クロテンは同地域からほとんど姿を消しており、ニホンテンとの競争関係が強く疑われる。このため、今後、外来種ニホンテンのさらなる分布拡大による在来種クロテンへの影響が懸念されている。

最近自動撮影が哺乳類調査でよく使われるようになってきた。もし北海道のテン属2種が写真で識別できれば、自動撮影は2種の分布調査に有効な方法となり、ニホンテンの分布拡大阻止やクロテン保全の対策に活用できると考えられる。クロテンとニホンテンは大きさや形がよく似ているが、体色に少し違いがある。このため、それぞれ典型的な体色の個体であれば、2種の識別はそれほど難しくない。しかし、テン属は一般に体色変異が大き

いことで知られ、北海道の2種も例外ではない (Hosoda et al. 2005; 鈴木 2008)。特にニホンテンの体色の変異幅は大きいとされている (細田・大島 1993)。このため、こうした変異にもかかわらず2種の識別が写真で可能かどうかについては議論が分かれている。写真による識別を利用する研究者も扱いは限定的で (たとえば, Murakami and Ohtaishi 2000), なかには写真でこの2種を識別することの有効性について疑問を呈する研究者もいる。

写真での識別に使えるような手掛りもある。たとえば、ニホンテンの尾端はその基部より淡色であるとされる (増井 1976; 門崎 1996, 2009)。しかし、種内変異を考慮したとき、この特徴がどの程度識別の決め手になるかなど十分な検討は行われていない。また、こうした一部の特徴のみに頼ると適用場面は限定される。写真による識別が有効な方法となるためには、2種が総合的に見て十分異なった特徴を持つのか、そうした特徴が写真上で十分認識できるかが問題となる。自動撮影による写真では特に問題が大きい。カメラ位置が固定され、撮影のタイミングも機械任せのため、写真内の動物の大きさや位置はばらつきが大きく、姿勢もさまざまで、体の一部しか写っていない写真も少なくない。さらに、夜、動物にフラッシュの光が届かず、画像が暗い場合もある。

著者ら (浦口を除く) は自動撮影を用いて北海道内各地で哺乳類調査を行ってきた。この中で、平川は2000年から自動撮影を用いた哺乳類調査法の課題に取り組み、全道各地で撮影された700枚以上のテン属の写真を見た結果、写真で2種を明確に区別できると考えるようになった。実際、これまでこの2種を必ずしも撮影地点に依存せず識別してきた (たとえば, 平川 2007, 2008)。しかし、平川の考えの妥当性と識別結果の信頼性は客観的に証明されていない。当然、それは論争に値する。そうした論争の中で平川が直面した問題の一つは、識別にどのような特徴を用いているかを自ら必ずしもすべて意識していないことであり、また意識していても必ずしもそれを的確に言葉で表現できないことである。これはパターン認識に本質的に伴う問題であると考えられる。

パターン認識は経験に依存する心理学的過程の結果であり (Atkinson et al. 1999), その意味で基本的に主観である。日常的事物については多くの人が経験を共有し、その結果として認識も共有されるため、その背景にある主観は普通問題とならない。主観が問題となるのは認識が一部の者 (熟練者) に限られるときである。しかし、主観だからといって認識が当てにならない訳ではない。実際、熟練者の認識を信頼して物の鑑定を委ねることは、我々がよく行っていることである。ただ、今回のように

熟練者の識別の妥当性が問題となった場合、その客観的な評価が求められる。写真によるテン属2種の識別を確立するためには、2種を識別可能とする熟練者の識別信頼性をまず客観的に示し、その上で識別の手がかりを初心者でも理解できる形で示す必要がある。

本研究で我々はまず、熟練者の識別がどの程度信頼できるかの検証を行った。次に、熟練者の識別をもとに初心者が2種を識別するために使えるような特徴を抽出し、仮の識別ガイドを作成した。その有効性を確認するために、写真による2種の識別経験がない第4著者、浦口に識別を依頼し、その結果を検討して識別ガイドを整備した。さらに、その後、さまざまな背景を持つ被験者で識別テストを行い、表現の的確さを高める努力をした。本論文では、その結果について以下報告したい。なお、最終版の識別ガイドについては本論文の付録としたので参照されたい。

材 料 と 方 法

1. 熟練者の識別試験

識別の信頼性を客観的に検証するためによく行われるのはブラインドテスト、つまり正解を伏せて被験者に識別させ、結果を正解と比べる方法である。しかし、今回この方法は使えなかった。さまざまな体色変異を持つ2種を写真で識別する方法がそもそも確立していないため、正解が分かった写真を揃えるのが困難だったからである。だからといって、誰も正解に異を唱えないような典型的な姿の写真だけを揃えても、目的とする試験にはならない。考え得る正攻法は、多数のテン属の個体を捕獲し、体の計測やDNA分析などで種を確定した上で、それを撮影して試験に供するか、逆に自動撮影されたテン属の個体を捕獲して種を確定することである。しかし、捕獲には大きな労力を要する。今回の試験ではさまざまな体色変異を持つ多数の個体が必要となるため、こうした方法は現実には実施が難しい。しかも、クロテンは1920年以来、条例で狩猟が禁止されている (林野庁 1969)。

このため、我々は次のような検証方法をとった。車田が北海道内各地で撮影したテン属の写真を熟練者である平川が識別し、その結果を撮影地点に落として、既存の分布情報と比較し、その信頼性を検討する方法である。平川は撮影地点を知らされず識別を行ったため、これもブラインドテストの一種であるが、種について正解が分かっていたわけではない。テスト時点で車田は一般に言われている分布域から判断して便宜的にニホンテンとク

ロテンを区分していた。また撮影地点によっては種を決めかねていた。つまり試験者である車田は正解を知らず、把握していたのは撮影地点だけであった。一方、平川も試験に際し、既存の分布情報から地域によって大まかに種が分かれるだろうと漠然と予想はしたが、具体的に個々の調査地点について正解となる種をあらかじめ想定することはしなかった。実際、それが妥当とは考えられなかった。その理由は、1) 既存の分布調査における2種の確認地点は点在しているため、その分布情報には大きな地域的空白があり、必ずしも車田の調査地点と重ならないこと、2) 種の確認は一部の地域を除けばごく少数の個体に基づくこと、さらに、3) 調査時から一定時間が経過しており、その間の変化も考慮すべきこと、などである。つまり、確度の高い方法で行われた既存の分布情報は尊重すべきものであるが、それから派生した地域区分などの類推は必ずしも妥当でない可能性があり、それに基づいてあらかじめ調査地点ごとに正解を定めることは適切でない。それは、車田の調査から新たな分布情報が得られる可能性すら最初から排除することにもなる。

この方法ではあらかじめ地点ごとの正解が想定されない。しかし、識別結果と既存の分布情報とを比較し、両者に矛盾がなければ、識別結果は正しいとみてよいだろう。なぜなら、識別が信頼性・一貫性を欠くものなら、その結果が既存情報との間で矛盾しない可能性はきわめて少ないからである。逆に、識別の結果、たとえば、多数の地点で2種が混在する、種の異なる地点が入りくんで分布するなど、既存の分布情報と大きく矛盾する結果になれば、識別に問題がある可能性が強く疑われる。一方、一部でのみ整合性が見られない場合には、その内容によっては識別が正しく、既存の分布情報が分布の現状を反映していない可能性も考えてよいだろう。つまり、識別結果が既存の分布情報から解釈可能かどうか、識別の信頼性を見る上で検討すべき点になると想定された。

熟練者の識別試験にはテン属の写真139枚が使用された。車田が2004年から2007年にかけて道内12ヶ所(図1)でおこなった自動撮影調査で得たものである。この調査には平川が設計・自作し、のちに商品化された自動撮影装置 YoyShot を用いた。各調査地では500 m以上の距離を置いて6ヶ所の撮影地点を設けた。装置は、林道を通る野生生物を検知・撮影するよう、林道脇の立木の幹に高さ約150 cm・俯角35–40度で林道に向けて設置された。フィルム(Fuji Provia ISO400)上の写真はスキャナー(Nikon Super Cool Scan 4000ED)により画素数708×472でデジタル化された。

写真ファイルはランダムな番号で名前が付けられ、被験者平川に送られた。被験者は画像ソフトのスライドショー機能を用いて1280×1024画素の液晶ディスプレイに写真を順番に表示し、識別を行った。画像を見やすくするための処理は行わなかった。写真が暗すぎるなどの理由で動物の姿がディスプレイ上に見つからない写真はテスト対象から外された。識別後、被験者はもう一度写真を順番に見ながら、識別結果を手がかりと自信によって4つのカテゴリーに区分した。(1) まったく識別の手がかりが見つからない(識別不能、仮に識別してもまったく自信を持ってない)。(2) 手がかりはあるにはあるが明確でなく、とりあえず識別したが自信不足。(3) 部分的に明確な特徴はみられないが、全体的な感じが明確で自信あり。(4) 全体的な感じに加えて部分的特徴も明確で自信あり。識別結果は各写真の撮影地点と比較して検討を行った。

2. 識別点の抽出と識別ガイドの作成

識別ガイド作成のための検討素材には、著者らがこれまで収集した北海道のテン属の写真をもちいた。これは、車田の写真に加え、平川と坂田が2000年から2008年にかけて北海道内の19ヶ所(図1)でさまざまな季節におこなった調査で得た写真が含まれる。その調査方法は車田のものとはほぼ同様である。これら調査で得られた写真の他に、本・新聞・インターネット上に掲載された写真、問い合わせなどで人々から著者らに提供された写真も検討に用いた。全部で900枚近い数になった。これを平川が2種に識別した上で、初心者にも有用な識別点の抽出を試みた。

できるだけ少ない識別点で2種が効率的に識別できるように、種内で共通性が高く、相手種との間でなるべく違いの大きい特徴を選ぶよう努めた。その際、言語による伝えやすさを特に考慮した。色相など一旦感じをつかむと識別に有用と考えられる特徴もあった。しかし、そうした特徴の伝達は言語では難しい。現在では、画像により具体的に感覚に訴える形の伝達も困難ではないが、本研究ではあくまで言語での記述を前提として、識別点の抽出を行った。画像は典型例を示すには良いが、具体的・個別的すぎて変異幅を表現するのは難しい。一方、言語は人にとって情報伝達の基本手段であり、伝達コストも経済的である。言語で特徴がうまく抽出されると、抽象的である分、有用性・汎用性も高いと考えられる。

抽出された識別点は文書にまとめ、その問題点を検討するため、浦口を被験者として最初の識別初心者によるテストを行った。浦口はキツネ *Vulpes vulpes* を主な対象

とする野生動物の研究者であり、ミンク *Neovison vison* の調査にも従事したことがあるが、テン属を扱ったことはなく、野外で生きたテン属を見たこともなかった。ただし、行政機関が回収した交通事故死のテン属を見たことがあり、その一つを尾率でニホンテンと判定したこともあった。しかし、変異幅の大きい体色は参考にしなかった。かねてから外見によるテン属2種識別の信頼性について強い疑問を持っており、こうした関心を持つ点で識別テストの対象者として適していた。

テストには平川の自動撮影調査で得られた693枚のテン属の写真（平川識別でクロテン246枚、ニホンテン447枚）が使用された。フィルム写真のデジタル化には商業サービス（フジカラーCD）を利用した。画素数は 1536×1024 あるいは 1840×1232 だった。写真ファイルはランダムな番号で名前が付けられ、被験者に送られた。浦口はまず、与えられた識別点に基づいて簡単なイラストを描き、識別時にはこれを主に参照した。識別は、画像ソフトのスライドショー機能を用いて 1680×1050 画素の液晶ディスプレイに写真を順番に表示して行った。画像処理は行わなかった。被験者は初回、容易に識別できる写真を識別し、あとで残りの写真をもう一度吟味して識別を試みた。テストは識別点の有効性を見ることが目的のため、識別点に忠実に識別するよう努めた。識別結果は平川の識別を基準として正否を判定した。判定の後、識別が誤っていた例や保留された例を検討して、識別ガイドを整備した。

3. 識別ガイドの評価

作成した識別ガイドの有用性・的確性を評価するために、さらに幅広い背景を持つ15人に依頼して識別試験を行った。被験者は、国公立研究所生物系研究者4人（専門：昆虫・鳥類・哺乳類・寄生虫各1人）、林野庁職員5人（技官4人、非常勤1人）、大学生1人（農学部）、大学院生生物系5人（専門：植物2人、鳥類・哺乳類・両生類各1人）である。依頼は、依頼文書や識別ガイドの表現の改善を図りながら、3人、4人、4人、3人の4回に分けて行った。

用いた写真は、浦口の試験に用いたものと同じ693枚の写真である。被験者の負担を考慮してこの中から最低100枚の識別を試みるよう依頼した。恣意性を避けるために、写真の選択は被験者に任せた。被験者には、依頼文書・識別ガイド・回答表・写真をすべて電子ファイルとして渡した。被験者には、浦口の場合と同じように、1回目、識別ガイドに基づいて容易に識別できる写真を一通り識別し、そこで識別できなかった写真を2回目、も

う一度吟味して識別可能であれば識別するよう依頼した。ただし、1回目に識別済みの写真を再度吟味し、2回目で修正することも許容した。回答表には、識別結果の記入欄の他にコメント用の欄も設け、迷った場合など適宜コメントを記入するよう要望した。識別結果は正否を判定し、誤答や保留分について識別点との関係を検討し、正否結果を関連するコメントと共に被験者に返した。

結 果

1. 熟練者の識別試験

熟練者の識別試験で用いられた139枚の写真のうち5枚については画質が悪く、被験者は画面上で動物の姿を確認できなかったため試験対象から除外された。残る134枚のテン属の姿にはすべて何らかの識別の手がかりがあった（カテゴリー区分1に入る写真はなかった）。区分2には4枚が該当した。すなわち、これらの写真では不十分ながら手がかりがあって種を識別したが、十分な自信は持てなかった。その内3枚は体の一部（2枚は体後部、1枚は背中の一部）しか写っていなかった。残る1枚には体全体が写っていたが、画像が暗くぼやけていた。これら4枚はすべてクロテンと判断された。区分3には12枚が該当した。すなわち、これらの写真では体の一部だけで種が明確に判断できるような特徴は認められなかったが、全体的な感じから種が明らかだった。これらはすべてクロテンと判断された。残る118枚が区分4に該当した。すなわち、これらの写真では体の一部の特徴及び全体的な感じの両方で種が識別可能だった。118枚の写真のうち、44枚がクロテン、74枚がニホンテンに識別された。撮影地点を見ると、ニホンテンに識別された74枚はすべて北海道南西部の2調査地から得られた写真だった。クロテンと判断された60枚はすべて残り10調査地から得られた写真だった（図1）。これは、既存の分布情報と特に矛盾するところがなく、この結果、熟練者の識別はすべて正しかったと判断された（詳しくは考察参照）。

2. 識別点の抽出と識別ガイドの作成

多くの写真を精査した結果、2種識別のため4つの識別点が抽出された。ニホンテンにあってクロテンにない特徴が3点、逆にクロテンにあってニホンテンにない特徴が1点である（付録1）。ニホンテンの特徴3点は、それぞれ尾、顔、冬毛に関するものであり、いずれも個体変異や季節変異があるため、ニホンテンのどの個体にも適用できる特徴ではなかった。しかし、3つのいずれか

を適宜参照することで多くの場合ニホンテンの識別が可能であると判断された。一方、クロテンの特徴は体全体の配色パターンに関するものであり、ごく限られた例外(後述)を除いて、季節・個体にかかわらずどの個体でも該当する特徴だった。こうした特徴を文書にまとめ、仮の識別ガイドとした。

仮の識別ガイドを用いた浦口による識別テストでは、693 枚中 1 枚で画質が悪く、被験者は写真の中に動物の姿を認められなかった。残り 692 枚の内 598 枚 (86.4%) が初回識別され、うち 1 枚が間違いだった。2 回目、残り 94 枚のうち 52 枚を正しく、8 枚を間違えて識別し、34 枚は識別不能として保留された。その結果、最終的に 692 枚のうち 658 枚 (95.1%) を識別し、そのうち 9 枚が間違いで識別した中での正答率は 97.8% (649/658) だった (図2)。間違えた 9 枚の内 1 枚がクロテンをニホンテンと判定したもの、8 枚がニホンテン (2 枚が夏毛、6 枚が夏毛から冬毛への移行期) をクロテンと判定したものだった。識別保留の 34 枚では、9 枚がクロテン、25 枚がニホンテンだった。

識別が難しいとして保留された写真 (全体の 4.9%) はいずれも画像が暗い、ぼやけている、体の一部しか写っていないなどのために識別点が認識しにくい写真だった。一方、クロテンをニホンテンと間違えた 1 枚は、クロテンの中では比較的に数が少ない、暗色の毛を顔に持つ個体で、これを顔が黒いニホンテン (付録: 識別点 2) と判断したものだった。誤答の原因は、クロテンにこうした特徴を持つ個体がいることの記述が仮の識別ガイドに欠けていたこと、さらに、この写真には首と頭部しか写っておらず、クロテンの特徴である体全体の配色パターン (識別点 4) を確認できる条件になかったことにあると思われた。夏毛のニホンテンをクロテンと間違えた 2 枚は、体全体が黒味の強い毛に覆われた個体だったが、どちらもクロテンの特徴となる体全体の配色パターンは認められなかった。それにもかかわらずクロテンと判断した背景に、どちらも顔が写っておらずニホンテンの顔の特徴 (識別点 2) を確認できなかったこと、尾端が片方の写真では写っておらず、写ったもう片方も尾端が基部より淡色という特徴 (識別点 1) を持たなかったこと、加えて、ニホンテンに体色がこれほど濃い個体はいないとの思い込みが被験者にあったことが判明した。冬毛への移行期のニホンテンをクロテンと間違えた 6 枚はすべて、例外的体色としてガイド案に記した全身淡色型のクロテンに該当すると判断したものだった。この 6 枚の写真いずれにおいても、熟練者から見るとニホンテンの顔の特徴 (識別点 2) がはっきり認められたが、尾の特徴 (識別点 1)

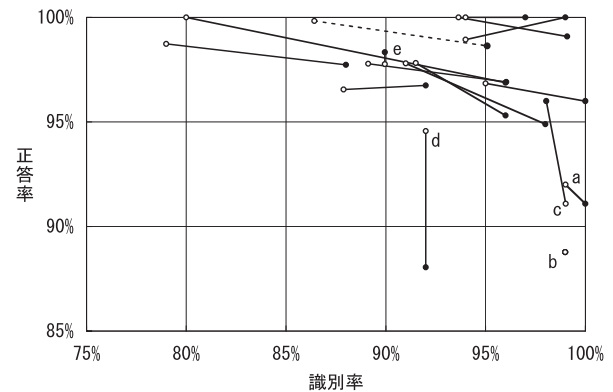


図2. 初心者による識別ガイドのテスト結果. 初回結果 (白丸), 最終結果 (黒丸), 浦口 (破線), その他 15 人の被験者 (実線). a-e については本文参照.

は明瞭ではなく、全身淡色型のクロテンと区別するための決め手として記述した四肢の先の暗色部分も必ずしも明確ではなかった。誤答の原因に、顔の先端部や四肢の先など、突出部の暗色は、背景が暗い場合、背景に埋没して初心者には認識しにくいことがわかった。

こうした分析に基づいて一般向けに識別ガイドを整備した。大きな変更点が 2 つあった。1 つは構成の変更で、当初それぞれの種の体色一般に関する記述の中で識別点を記述していたものを、最初に識別点だけを示し、次に体色全般について種ごとに記述する形に変更した。2 つ目は、当初ニホンテンの個体変異の 1 つとしてしか見ていなかった季節移行期の体色を、この過程で季節変異としてははっきり認識し、その点を明確にしたことである。識別点 2 においては、顔に暗色の毛を持つ少数のクロテンに関する記述を加えた。

3. 識別ガイドの評価

識別ガイドの評価のための識別テストは、4 次 にわたり依頼文書や識別ガイドの表現の改善を図りながら行ったが、こうした改訂による効果は明確でなかった。改訂は表現のみで実質的に同じ内容だったため、結果はまとめて分析した。識別対象とされた写真枚数は、99 枚 1 人、100 枚 8 人、101 枚が 2 人、102 枚 1 人、110 枚 1 人、200 枚 2 人だった。

初回、識別率 (識別を試みた写真中、実際にどちらかの種に識別した割合) が高かった人は正答率 (どちらかの種に識別した写真中、正しい答えの割合) が低い傾向があった (図2: 白丸)。この傾向は主として、初回の識別率が 99.0% と高く、正答率が他の被験者を大きく下回った 3 人 (図2: a, b, c) に由来していた。また、多

くの被験者で初回保留分の識別をすると正答率が低下する傾向があった。最終結果では識別率と正答率には明確な関係は認められなかった（図2：黒丸）が、3人（a, b, d）がかけ離れて低い正答率を示した（12人の正答率が94.9%以上だったのに対して、この3人はそれぞれ91.1%, 88.8%, 88.0%だった）。この3人の内2人（a, b）は、初回の識別率が99.0%であり、さらにその内の1人（b）は初回保留分について再識別を試みた形跡がなかった。

初回保留分について再識別を試みると識別率が上昇するはずだが、3人で識別率が変わらないか、逆に低下が見られた（図2：c, d, e）。その1人（c）は初回の識別率が99.0%で、2回目にすべての写真について再識別を試みて、誤答を保留や正答に修正した結果、識別率は低下する一方で、正答率は大きく上昇した。2人目（d）は、初回の識別率が被験者全体の中程（92.0%）だったにもかかわらず、初回識別した写真についてのみ再識別を行い、その結果、識別率は変わらない一方で誤答が増え、正答率が大幅に低下して被験者中最下位となった。3人目（e）は、初回の結果は平均的だったが、2回目にすべての写真について再識別を試みて、初回の正答や誤答を保留にする一方で初回保留分を識別するなど大幅に判断を変え、結果として識別率は変化せず、正答率がわずかに上昇した。

回答手順の遵守に不安のある5人（a, b, c, d, e）を除くと、最終結果の識別率は88.0–100.0%、正答率は94.9–100.0%だった。初回保留分について再識別の結果、7人は誤答が増えて正答率が低下したが、1人は100%で変化せず、2人は逆に上昇した。それは、新たに行われた識別がすべて正しく、1人ではさらに、初回の誤答も修正された結果だった。

考 察

1. 熟練者の識別試験

熟練者の識別結果は考えられる範囲でもっとも単純なもので、同じ調査地内で2種の混在がなく、地域的にも種ごとに大きくまとまっていた。この結果、車田の持つテン属の写真は外見だけに基づいて、地域の異なる2つのグループに分かれることが示された。この結果はそれだけで識別の正しさを意味するものではないが、テン属の姿に対する熟練者のパターン認識に地域的な一貫性があることを示した。

DNA分析を含むこれまでの研究では、ニホンテンは石狩低地帯より南西側で確認されているが、石狩低地

帯を越えて東側ではまだ確認がない（Hosoda et al. 1999 ; Kurose et al. 1999 ; Murakami and Ohtaishi 2000）。このことからニホンテンがたとえ石狩低地帯をすでに越えているとしても、東側における分布はまだ限定的だと考えられる。一方、石狩低地帯より南西側では、ニホンテンの分布拡大の結果、クロテンの分布はきわめて限定的だと考えられる（Murakami and Ohtaishi 2000）。こうした既存の分布情報から想定される結果と、熟練者の識別結果は矛盾するものではなかった。さらに、2種の交雑種はこれまで報告されていないこと（Hosoda et al. 1999）から、熟練者の識別はすべて正しかったと判断された。

熟練者の識別試験の結果は、平川による写真上のテン属2種の識別に一定の信頼性があることを示した。その結果、2種は種間の類似性と大きな種内変異にもかかわらず全体として識別可能な特徴を持っていること、そうした特徴が少なくとも熟練者には写真上で認識可能なことが明らかとなった。平川も当初、図鑑等に表示された識別点や、一般に言われているクロテン・ニホンテンの分布を手がかりに2種の識別をしていた。しかし、2種の写真をよく見ることによって、無意識のうちに2種それぞれが持つ多様な特徴を関連づけて認識し、その結果、初心者のように特定の識別点に頼ることなく、またごくわずかな特徴だけでも識別が可能になったと思われる。この結果はこの試験で用いられた以外のテン属の写真についても平川の識別がすべて正しいと保証するものではないが、少なくとも平川の識別を基準として2種の識別点を抽出することには十分な根拠を与えるものと考えられた。

2. 識別点の抽出と識別ガイドの作成

識別点の抽出過程で、ニホンテンは頭部・尾部両方にクロテンにない特徴があることが明らかとなった。一方、クロテンは体の一部にそれなりの特徴があるにはあったが、ニホンテンとの識別点として明確なものではなく、比較的認識しやすい特徴は体全体の配色パターンにあった。このことは、熟練者の識別試験において、体の一部しか写されていない写真でこの種を明確に識別することが難しかったこと（区分2）、その一方で全体的な感じが分かれば自信を持ってこの種を識別することができたこと（区分3）の理由を説明すると思われた。また、区分2・区分3とされたものが全てクロテンと識別された背景には、写真から部分的特徴を読み取ることが出来ない場合がクロテンで多く、ニホンテンでは少ないことがあると考えられた。

浦口による識別テストは、抽出された識別点が写真上

でテン属2種の識別に有効なことを示す一方で、仮の識別ガイドの一部には誤答につながる不備があることも示した。さらに、顔の先端部や尾・四肢の先など、体から突出した部分が背景と同系色でその基部に対して色合いが異なる場合、輪郭がつかみにくいことも明らかとなった。実際、熟練者には識別点の特徴がはっきり認められる写真でも、被験者にはそれが認識できず、誤答となった例がいくつかあった。識別点を的確に把握するためにはある程度テン属の体形や姿勢に慣れる必要があることを示した。さらに、試験に用いた写真の5%ほどについては識別が保留されたが、これらの写真の多くは動物の存在がかわらうじて分かるような暗い写真や姿が小さい写真であり、そのため初心者にとって識別点となる特徴の把握が難しかったと推察された。

3. 識別ガイドの評価

識別ガイド評価のための識別テストは依頼文書や識別ガイドの表現に工夫を加えながら4次にわたり行ったが、その効果は明確でなく、人によるばらつきが大きかった。このことは、依頼文書や識別ガイドの微妙な表現の違いより被験者の性格（慎重さ）や試験に対する姿勢・関心などが結果に大きく影響したと考えられた。識別は示された識別点に基づいて確実にできる場合のみ行うよう依頼したが、「難しい」とコメントしながらどちらかに識別している場合もあり、多少迷っても識別しようとする姿勢が多く、多くの被験者で見られた。初回の識別率が高かった3人は特にこの傾向が強かったと考えられた。この3人を含め、他の被験者と大きく異なる識別経過を示した5人はテストの趣旨や手順に対する理解に不十分な点があったと考えられる。

誤答は次のような事例に区分できた。

- 事例 (1) 熟練者から見ると識別点が明白で、誤答原因が不可解なもの
- 事例 (2) 写真に問題があって異なる種の識別点があるように見えてしまったもの
- 事例 (3) 写真に識別点が現れていてもそれを認識できなかったもの
- 事例 (4) 程度の差を誤解したもの
- 事例 (5) 識別条件の理解に問題があったもの
- 事例 (6) 熟練者が見ても識別点の把握が難しい写真で、本来判断保留が妥当と思われるものを判断して誤答となったもの

不可解な誤答の事例 (1) は、かけ離れて低い最終正答率を示した3人に多く見られたが、他の人にも散見された。記入ミスも一部にはあったかもしれない。事例 (2)

はあまり多くなかったが、クロテンの尾端の先にある背景の淡色をニホンテンの尾端と見てしまった例や、動物の動きが速く画像が流れたことに起因するものなどがあり、画像の質を保証できない自動撮影の写真では避けられない場合もあると考えられた。事例 (3) は、浦口のテストで、移行期のニホンテンを淡色型のクロテンとする誤答の主な原因ともなったもので、顔の前部に残る黒色や四肢の先の暗色を認識できないために生じていた。さらに、間接要因としてニホンテンの尾端の淡色を背景と混同して見落とした例もあった。事例 (4) は、クロテンの一部の個体に見られる顔の暗色をニホンテンの顔の黒と判断した例があった。事例 (5) は、ニホンテンの体の一部を見てクロテンの尾端へかけて暗色化が見られると判断してしまっただけのものだった。体の一部で体後方にかけて暗色化が見られても、それはクロテンであるための必要条件であっても十分条件ではない。ニホンテンでも部分的に同じような配色パターンを持つ場合があるからである。その点で、クロテンの識別点4に対する理解が不十分だった。事例 (6) には、消去法に先入観が加わって判断されたと思われる例があった。夏季のニホンテンについて浦口でも見られた例で、顔が見えず尾端の淡色も確認できないため識別点1と2が適用できないと、全体的に体色が濃いだけで、識別点4の特徴があるわけでもないのに、クロテンとみてしまうことだった。

総じて誤答の原因は識別ガイドに示された識別点そのものではなく、識別点の理解や適用、画像認識にあった。こうした問題の中には初心者では不可避と思われるものもあったが、認識上の注意点を明確にし、共通性が高い誤答についてはその点を特記することでさらに改善できると思われた。こうした点を踏まえ、識別ガイドを本論文の付録にするに当たり、さらにもう一段の改訂を行った。各識別点の下に項目を設けて、識別点となる特徴の把握法と、相手種との類似点・相違点について注記したことである。さらに、2つの間違いやすい事例について補足の解説を付した。

識別ガイドの評価試験は、識別点に基づいた識別の有効性を示すと同時に、その限界も示すことになった。識別点によってある程度の識別は可能なものの、限られた識別点に頼らざるを得ない初心者にとっては、写真の質が悪く、識別点の認識が難しくなると、それがそのまま識別率や正答率の低下に結びつくことになる。しかし、その一方で、識別率が高く正答率が100%の被験者が2人いたことは、質の悪い写真でも識別点さえうまく認識できると、4つの識別点だけでかなりの写真を正しく識別できることを示している。本研究は質のコントロールが

難しい自動撮影の写真を前提としておこなったが、全身像の鮮明な写真に限れば、識別ガイドの適用により多くの場合で2種のテン属を明確に識別できると思われる。

4. 識別ガイドについて

本論文の付録に最終版の識別ガイドを載せた。識別点とした特徴は2種の持つさまざまな特徴の中で比較的わかりやすい一部を取り上げたにすぎない。しかし、これらの識別点を注意深く適用することにより初心者でも比較的多くの写真で2種の識別が可能であると思われる。また、これらの識別点を用いて初心者が経験を積み、これら識別点の把握が難しい写真でも2種を識別できるようになることが期待される。実際、692枚の識別を試みた浦口には、識別を進める間に2種のイメージが形成されてきて、用意された識別点が見えていなくても識別できそうと思われる写真があった（試験の目的に照らして浦口がそうしなかったことは前述の通りである）。しかし、十分な経験を積み確信が持てるようになるまでは、識別点に依拠しない判断は避けることが賢明だろう。

抽出された識別点は言うまでもなく完全なものではない。作成のために参照した写真の数は多いが、確認された2種の体色変異はなお十分ではないと予想される。写真の収集地点に偏りがあったのみならず、季節的にも偏りがあった（冬から春にかけての写真は初夏から秋にかけての写真と比べると圧倒的に数が少なかった）からである。このため将来、この識別ガイドの記述に修正を迫る新たな変異が見つかる可能性は大いにある。したがって、今後も機会があれば、道内各地で季節の異なるテン属の写真を得て、できればDNA分析など他の方法も併せながら、ガイドに挙げた識別点の妥当性をチェックしていく必要がある。それでも、我々はこのガイドが北海道内に生息するテン属2種の分布・生息調査に有効な道具となると考える。なぜなら、これは、単なる経験則ではなく、多くの材料に基づき周到な手続き・検討を経て生み出されたものだからである。

5. 結論

北海道に生息するテン属2種（クロテンとニホンテン）は写真で識別可能で、示された識別ガイドを利用すれば、熟練者のみならず初心者もある程度の一貫性・信頼性をもって識別を行うことができると考える。このことは、北海道に生息するテン属2種の生息・分布調査に自動撮影が効果的に利用できることを意味する。今後、識別ガイドが多くの人に利用され、在来種クロテンの保全に貢献することを期待したい。

謝 辞

小樽商科大学の佐山公一氏には認知心理学についてご教示を受けた。和歌山県立耐久高等学校の細田徹治氏には関連情報の提供を受けた。北海道大学の鈴木 仁氏および東京大学の及川 希氏には貴重な写真の提供を受けた。次の方々には初心者テストの被験者になっていただいた。川路則友氏、石橋靖幸氏、佐山勝彦氏、野崎龍彦氏、佐渡美香氏、三谷智典氏、田島瑠美氏、富沢直浩氏、難波海南子氏、高津邦夫氏、田柳史織氏、油田照秋氏、八木欣平氏、竹中 悠氏、佐野友亮氏。以上の方々に感謝したい。

引用文献

- Atkinson, R. L., Atkinson, R. C., Smith, E. E., Bem, D. J. and Nolen-Hoeksema, S. 1999. Introduction to Psychology. Harcourt Brace Jovanovich, Inc., Orlando, Florida, 784 pp.
- 平川浩文. 2007. 1997年札幌市羊ヶ丘におけるクロテン (*Martes zibellina*) の記録とその意味. 北方林業 59: 101-104.
- 平川浩文. 2008. 野幌森林公園におけるクロテン *Martes zibellina* の初記録. 北方林業 60: 79-81.
- 細田徹治・大島和男. 1993. ニホンテンの毛色の変異. 南紀生物 35: 19-23.
- Hosoda, T., Sato, J. J., Shimada, T., Campbell, K. L. and Suzuki, H. 2005. Independent nonframeshift deletions in the *MC1R* gene are not associated with melanistic coat coloration in three mustelid lineages. Journal of Heredity 96: 607-613.
- Hosoda, T., Suzuki, H., Iwasa, M. A., Hayashida, M., Watanabe, S., Tatara, M. and Tsuchiya, K. 1999. Genetic relationships within and between the Japanese marten *Martes melampus* and the sable *M. zibellina*, based on variation of mitochondrial DNA and nuclear ribosomal DNA. Mammal Study 24: 25-33.
- 犬飼哲夫. 1938. 北海道における野生毛皮獣減少の原因考察. 日本学術協会報告 13: 464-469.
- 犬飼哲夫. 1975. 北方動物誌. 北苑社, 札幌, 152 pp.
- 門崎允昭. 1981. 動物相の現況—哺乳類・鳥類・爬虫類・両生類—. 北海道開拓記念館報告第6号「野幌丘陵とその周辺の自然と歴史」: 25-38.
- 門崎允昭. 1996. 野生動物調査痕跡学図鑑. 北海道出版企画センター, 札幌, 303 pp.
- 門崎允昭. 2009. 野生動物痕跡学事典. 北海道出版企画センター, 札幌, 494 pp.
- Kurose, N., Masuda, R., Boripat, B. and Yoshida, M. C. 1999. Intraspecific variation of mitochondrial cytochrome b gene sequences of the Japanese marten *Martes melampus* and the sable *Martes zibellina* (Mustelidae, Carnivora, Mammalia) in Japan (Animal Diversity and Evolution). Zoological Science 16: 693-700.
- 増井光子. 1976. 日本の動物—哺乳類—. 小学館, 東京, 176 pp.
- Murakami, T. and Ohtaishi, N. 2000. Current distribution of the

endemic sable and introduced Japanese marten in Hokkaido. *Mammal Study* 25: 149–152.

Ohdachi, S. D., Ishibashi, Y., Iwasa, M. A. and Saitoh, T. 2009. The Wild Mammals of Japan. Shoukadoh Book Sellers, Kyoto, 544 pp.

林野庁. 1969. 鳥獣行政のあゆみ. 林野弘済会, 東京, 572 pp.

鈴木 仁. 2008. 日本の野生哺乳類にみる毛色の変化. 生物の科学—遺伝 62: 60–66.

ABSTRACT

Can we distinguish between the sable, which is native to Hokkaido, and the Japanese marten, which was introduced to Hokkaido, in photographs?

Hirofumi Hirakawa^{1,*}, Toshio Kurumada^{2,5}, Daisuke Sakata³ and Kohji Uraguchi⁴

¹Forestry and Forest Products Research Institute, Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo 062-8516, Japan

²Hokkaido Institute of Environmental Sciences, 2-2-54 Urami, Kushiro 085-8588, Japan

³Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, North-10 West-5, Kita-ku, Sapporo 060-0810, Japan

⁴Hokkaido Institute of Public Health, North-19 West-12, Kita-ku, Sapporo 060-0819, Japan

⁵Present address: Samani town office, Odori 1-21, Samani-cho, Hokkaido 058-8501, Japan

*E-mail: hiroh@affrc.go.jp

Two *Martes* species occur in Hokkaido. They are the sable (*M. zibellina*), which is native to Hokkaido, and the Japanese marten (*M. melampus*), which was introduced to Hokkaido. We examined whether these two *Martes* species in Hokkaido can be distinguished in photographs. We first conducted a blind test on an expert to see whether his photograph identifications of the two *Martes* species are reliable. On the basis of the positive results of the test, we developed identification keys by thoroughly examining our collection of *Martes* photographs and asked novices to identify the species in photographs according to the keys. On the basis of these latter results, the keys were revised and provided in the Appendix along with general descriptions of the fur color of the two *Martes* species in Hokkaido.

Key words: Hokkaido, sables, Japanese martens, species identification, photographs

受付日：2010年2月15日，受理日：2010年8月16日

著者：平川浩文，〒062-8516 札幌市豊平区羊ヶ丘7 森林総合研究所北海道支所 ✉ hiroh@affrc.go.jp

車田利夫，〒085-8588 北海道釧路市浦見2-2-54 北海道環境科学研究センター道東地区野生生物室（現所属：〒058-8501 北海道様似郡様似町大通1-21 様似町役場）

坂田大輔，〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西5丁目 北海道大学環境科学院

浦口宏二，〒060-0819 北海道札幌市北区北19条西12丁目 北海道立衛生研究所生物科学部

【付 録】

北海道に生息するクロテンとニホンテンの識別ガイド

1. 2種の識別点

識別点1: 尾端が淡色であれば、ニホンテン。ただし、該当しない個体もある。

ニホンテンの多くの個体で尾端が基部より淡色です。クロテンには見られないので、この特徴があればニホンテンです。ただし、個体差が大きく、この特徴がない、目立たない個体も少なくありません。さらに、尾端が基部よりやや暗色にみえる場合もあります。季節変化もあり、冬には目立たなくなります。したがって、「尾端が基部より淡色でないのがニホンテンではない」と判断できないことに注意が必要です。

特徴把握のための注意点: 尾の基部から先へかけた淡色化のパターンはさまざまです。徐々に変わる場合もあれば、境目が明確な場合もあります。後者の場合でも境目の位置は一定ではありません。境目が明確で色合いが極端に変わる場合、境目から先の淡色部を見落とし、境目を尾端と見てしまうことがあるので注意が必要です。最も明確な尾端の色は白です。

クロテンとの類似点・相違点: クロテンに類似する特徴はありません。

識別点2: 顔に黒色部分があれば、ニホンテン。ただし、該当しない季節もある。

ニホンテンには顔に黒色部分があります。クロテンには見られないので、この特徴があればニホンテンです。しかし、その大きさは季節で大きく変化します。夏には、黒色部分が顔面全体を覆うほど大きく、移行期には縮小して顔の先端部、鼻から目の周りにかけて見られ、真冬にはほぼなくなります。したがって、「顔に黒色部分がないのがニホンテンではない」と判断できないことに注意が必要です。

特徴把握のための注意点: 背景が暗い写真では、顔の黒色部分が背景に埋没してわかりにくい場合があります。その場合、夜で目が光っていれば、その位置を手がかりに鼻先までの顔の輪郭を想定してその色を判断する必要があります。夏毛から冬毛への移行期には、顔面の黒の消失部分は白い毛に変わります。このために顔の先端部に残った黒はその周囲の白とコントラストが明確です。冬毛から夏毛への移行期も同様です。

クロテンとの類似点・相違点: クロテンにも顔にすこし暗めの毛を持つ個体があります。ただし、その色は褐色で、ニホンテンの黒色とは大きく色合いが異なります。しかし、写真によってはこの違いがわかりにくい場合もあるので注意が必要です。クロテンの顔の暗色の毛の広がりとはさまざまで、顔のごく一部だけに見られる場合から、鼻先から頭頂部にかけて比較的広い範囲に見られる場合もあります。

識別点3: 体が明るい黄色であれば、ニホンテン。ただし、冬季に限る。

冬季、(北海道の)ニホンテンは顔全体が白く、四肢の先を除いて首筋から尾端まで全身明るい黄色になります(四肢の先は暗色です)。この特徴は時期にかかわらずクロテンで見られないので、この特徴があればニホンテンです。

クロテンとの類似点・相違点: クロテンでも、顔はニホンテンに似て白い感じに見える個体があります。しかし、クロテンの体色は通常尾にかけて黒みを帯びており、ニホンテンのように全体的に明るい黄色になることはありません。例外として、一部地域で顔から尾・四肢の先まで全身淡色のクロテンが観察されていますが、その色もやはり明るい黄色ではありません。

識別点4: 首筋から尾端にかけて色が濃くなれば、クロテン。ただし、全身淡色型の例外あり。

クロテンは首筋から体後方、尾にかけて色が濃くなり、尾端が体の中で最も暗色で、通常黒になります。この配色パターンの特徴はニホンテンには見られません。したがって、この特徴があればクロテンです。顔は首筋よりもさらに明るい個体が多いですが、逆に首筋よりも暗色の毛を部分的に持つ個体もあります(識別点2参照)。クロテンの体色にも季節変化がありますが、この配色パターンの特徴は季節にかかわらずです。ただし、識別点3でも述べたように、一部地域でこの配色パターンを持たず、顔から尾・四肢の先まで全身淡色のクロテンも観察されています。

特徴把握のための注意点: 首筋から尾端にかけての色合いの変化にはさまざまなパターンがあり、必ずしも徐々に変化するわけではありません。極端な例では、尾の基部までほとんど一様に淡色で、尾端だけが黒色の個体もあります。このため、首筋から尾端にかけてすべて見えていなければ、この特徴は把握できません。

ニホンテンとの類似点・相違点: ニホンテンでも部分的には似た配色パターンを持つ場合があります。このため、首筋から尾端にかけてすべて見えていない場合、たとえ見える範囲で配色パターンが合致してもクロテンとは限りません。

補足: 間違いやすい例

事例1: 体色が全体的にくすんだ黄色あるいは淡色の場合。

ニホンテンは季節変化の途中で、体色が尾も含めて明るい黄色ではなく、くすんだ黄色あるいは淡い褐色になる時期があり、これと識別点3で述べた体全体淡色の例外的なクロテンとは、少なくとも体色に限れば良く似た特徴を持ちます。ニホンテンであれば、この時期、顔の先端部、鼻先から目にかけての黒がその周囲の白とのコントラストで目立つので、顔が見えていれば、この特徴でニホンテンか淡色型のクロテンか識別可能です。尾は、先が基部より淡色であることがはっきり認められればニホンテンですが、そうでない場合、どちらにも決められません。さらに、この事例で、四肢の先まで淡色であれば淡色型のクロテン、四肢の先が暗色であればニホンテンですが、ニホンテンであっても四肢の先の暗色は背景と重なってわかりにくいことがあります。足先までよほどはっきり見えている写真でない限り、四肢が淡色に見えても、それだけで淡色型のクロテンと判断するのは危険です。

事例2: 頭部から尾端まで全身の色が濃く、喉だけが明るい場合。

これは夏季、ニホンテンにもクロテンにも表現上当てはまりそうな場合があります。夏毛のニホンテンは顔面全体が真っ黒なので、顔が見えていれば、この特徴の有無でニホンテンかクロテンか識別できます。顔が見えない場合、体

全体が濃い色のため、名称からついクロテンと判断しがちですが、むしろニホンテンの可能性が強く疑われます。クロテンであれば、全体的に色の濃い個体でも、首筋から尾端にかけての体色の変化が見られるからです。このため、首筋から尾端にかけてすべて見えていて、この配色パターン（識別点4）がはっきりしなければ、クロテンではなく、ニホンテンです。顔も尾端も見えない場合、本ガイドで示した識別点による判断はできません。

II. 2種それぞれの体色の特徴

1) ニホンテン

夏、北海道のニホンテンは顔全体が大きく黒色の毛で覆われています。そのパターンや大きさには個体によるばらつきがあります。また、尾端は基部より淡色です。しかし、この尾の特徴は個体によるばらつきが大きく、明瞭な個体もあれば、微妙な個体もあり、中にはほとんど分からない個体もあります。体全体の色は明るい褐色から非常に黒みの強い色まであって個体差が大きい。全身黒味の強い体色を持つ個体では、明るい色をした喉の部分とのコントラストが非常に目立つことがあります。

本州の冬のニホンテンは体色によって「キテン（黄色のテン）」と「スステン（すす色のテン）」に大きく区分されています（細田・大島1993）が、本研究で北海道の冬のニホンテンから得られた写真はすべてキテンの特徴を示しています。真冬、キテン型のニホンテンは顔全体がほぼ白色で、体の残り部分は暗色の四肢の先を除いて明るい黄色になります。一部の個体では、冬でも尾端が基部より淡色である特徴を維持しているようですが、尾端と基部の色の違いは夏よりはるかに不鮮明です。

北海道のニホンテンにおける夏毛から冬毛への移行は、9月下旬頃始まり12月頃までにはほぼ完了するようです。この過程で、体色から黒い色が次第に消失します。10月末頃までに体色はくすんだ黄色あるいは薄い褐色に変化しますが、その色はまだ真冬ほど明るくありません。顔の黒色部分は次第に面積が小さくなりますが、黒い部分の色合いは変わりません。この黒色部分は11月頃にはまだ鼻と目の周

りに残りますが、12月頃までにはほとんど消失するようです。黒が消えたあとの毛は白く変わります。このため、移行期の顔面では黒い部分と白い部分のコントラストが目立ちます。冬毛から夏毛への変化は、3月か4月頃始まり、5～6月頃に完了するようです。その変化は秋と順序が逆です。

2) クロテン

ニホンテンと違って、クロテンには体の一部だけを見てクロテンと明確に判断できるような特徴はないようです。この種に共通する特徴は、体全体の配色パターンにあり、首筋から尾端にかけて毛の色が濃くなることです。顔は通常首筋よりもさらに明るい場合が多く、典型的には灰白色になります。逆に顔から頭頂部にかけて首筋よりも暗色の毛を持つ個体もあります。一方、尾端は体の中で最も暗色で、典型的には黒色になります。体幹部では肩を境に大きく色に変化する例が多く、首筋と肩がそれより後部と比べて明るい色になっています。しかし、体の全体的色合いや体軸に沿った色合いの変化は個体差が非常に大きく、たとえば、色合いは体後部にかけて徐々に変化する場合もあれば、ある部位で大きく変化し、その両側では比較的一様な場合もあります。全体的に黒味が弱くて、尾端に至っても真っ黒にならない個体や、頭から尾の基部までほとんど一様に淡色で、尾端だけが黒色の個体もあります。クロテンの体色にも季節変化がありますが、以上の特徴は夏でも冬でも有効です。一般に、クロテンの体色は夏に濃く、冬に薄くなるようです。体色が濃い場合、明るい色をした喉の部分とのコントラストが明瞭です。

珍しい例として、富良野の大麓山付近で夏季撮影されたクロテンの中に体毛の黒味が非常に弱く、尾や四肢の先も含めて全身が淡色の個体があります（撮影：東京大学北海道演習林、及川 希氏）。また北大天塩演習林で冬季に得られた個体の剥製でも黒味が尾端を除いてほとんど欠けたものがあります（提供：北海道大学、鈴木 仁氏）。しかし、これら異なる季節・地点で観察された体色タイプの関係やこうしたタイプが北海道内でどの程度広く認められるか不明です。