

ノート

キューティクルを利用した毛皮の分析

森 尾 広 志^{*}, 矢ヶ崎 国 秀^{**}, 櫻 村 英 昭^{**}

Analysis of Fur Using Cuticles' Pattern

Hiroshi MORIO^{*}, Kunihide YAGASAKI^{**} and Hideaki KASIMURA^{**}

^{*}Moji Customs Laboratory ,

1 - 3 - 10, Nishikaigan, Moji - ku, Kitakyushu - shi, Fukuoka - ken, 801,
JAPAN,

^{**}Central Customs Laboratory, Ministry of Finance,
531, Iwase, Matsudo - shi, Chiba - ken, 271, JAPAN .

The purpose of this study is to identify various species of animals' fur correctly.

It is possible to identify the species of fur to some extent by comparing the cuticles of standard fur by scanning electron microscope observation.

Fractal analysis, spectrum analysis and measuring the circumference of cuticles were carried out with the result that several animals' values and spectrums are available to identify the kinds.

Therefore, it is possible to identify the species correctly that make combination of the results of observation, fractal analysis and others.

1 . 緒 言

毛皮の製品には、ミンク等の毛皮用に飼育した動物種以外に、野生のひょう、チータ、かわうそ等のワシントン条約に該当する動物種を用いることも多くみられ、毛皮製品に用いられている動物種の分析は、重要な項目になっており、分析手法の確立が急務となっている。

筆者らは動物の体毛表面にみられる、りん片の模様（キューティクルの模様）は、それぞれの動物種により、一定（固有）であり、かつ、加工の影響を受けにくいと推定されることに着目し、キューティクルの電子顕微鏡観察及びコンピュータによるキューティクルの模様のフラクタル解析などの形状数値分析を検討した。その結果、いくつかの知見を得たので、報告する。

^{*}門司税関輸入部門 〒801 北九州市門司区西海岸 1 - 3 - 10

^{**}大蔵省関税中央分析所 〒271 松戸市岩瀬 531

2 実験

2.1 試料

Table 1 に示した各動物種の毛皮から採取した、体毛を試料とした。

2.2 試料の調製

各試料の体毛を適当な長さに安全カミソリで切断し、先端より順に試料台にのせ、金を真空蒸着し電子顕微鏡の観察試料とした。

Table 1 LIST OF FURSKIN

Animal name	Order	Sub-order	Family	Scientific name
Mink*	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Mustelidae	Mustela vison
Weasel*	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Mustelidae	Mustela sibirica
Otter	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Mustelidae	Lutra lutra
Ocelot	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Felidae	Felis pardalis
Panther	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Felidae	Panthera pardus
Jaguar	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Felidae	Panthera onca
Tiger	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Felidae	Panthera tigris
Brown Bear	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Ursidae	Ursus arctos
Lesser Panda	CARNIVORA	FISSIPEDIA	Procyonidae	Ailurus fulgens
Mole	INSECTIVORE		Talpidae	Mogera wogura
Seep	ARTIODACTYLA		Bovidae	Ovis aries
Zebra	PERISSODACTYLA		Equidae	Equus zebra
Chimpanzee	PRIMATES	ANTHROPOID	Pongidae	Pan troglodytes
Spotted Cuscus	MARSUPIALIA		Phalangeridae	Phalanger maculatus

* 刺し毛を試料とした。

2.3 装置

走査型電子顕微鏡：日本電子株製 JSM-35 型

コンピュータ：日本電気株製 N5200 モデル
05mk

イメージリーダー：日本電気株製 N5266-02

2.4 電子顕微鏡による観察の条件

試料台を水平にし、倍率は 1000 倍で観察、撮影した。写真は原則として毛の中央部、末端部について撮影した。

2.5 データ処理

電子顕微鏡により得られた毛の表面の拡大写真を用い、毛の表面のりん片模様をトレーシングペーパーに転写し、転写したりん片模様をイメージリーダーにより数値化、コンピュータによりデータ処理を行なった。

3 結果及び考察

3.1 観察結果

電子顕微鏡による観察結果は、次のとおりである。

ミンク (Photo, 1, 2 Fig. 1, 2) の毛の中央部は、りん片が縦方向に直線的で、横方向に波状の相を呈している。また、末端部は、極めて特徴的な櫛状の相を呈している。

いたち (Photo, 3, 4 Fig. 3, 4) の毛は、ミンクと同属であり、中央部、末端部ともにほぼ同様な相を呈すが、中央部がミンクより密であり、縦方向への大きな相がないこと及び、末端部の櫛状の相がややミンクと比較してすっきりしていることが相違している。

かわうそ (Photo, 5, 6 Fig. 5, 6) の毛の中央部は、横方向に直線的で、ミンクのように縦方向の直線的な相はあまり見られない。末端部は、ミンクと同様

に櫛状の相を呈するが、櫛の歯のかたち、ミンクで見られるような丸みは観測されない。

オセロット (Photo, 7, 8 Fig. 7, 8) の毛の中央部は、ブロック状で比較的規則正しいりん片の相を呈している。末端部は、ややランダムな石垣状の相を呈している。

ひょう (Photo, 9, 10 Fig. 9, 10) の毛の中央部は、オセロットより大きめのブロック状の相を呈し、末端部は、規則的で三角形を重ねたような相を呈している。

ジャガー (Photo, 11, 12 Fig. 11, 12) の中央部は、オセロットと同様のブロック状のパターンを示すが、オセロットと比較するとややランダムであり、りん片の密度も低く、区別可能である。末端部は、積み重ねたように規則的である。

とら (Photo, 13, 14 Fig. 13, 14) の毛の中央部は、ブロック状で、ひょうと比べ個々のりん片は、大きい。末端部のりん片は交互に積み重ねたような規則的な相を呈している。

ひぐま (Photo, 15, 16 Fig. 15, 16) の毛は、中央部、末端部共にほぼ同様な相を呈している。個々のりん片は大きめで、とらに似ている。

レッサーパンダ (Photo, 17, 18 Fig. 17, 18) の毛の中央部は、横長のブロック状で個々のりん片はひぐまのものよりやや小さめである。末端部は、特徴的な鋸状の相を呈している。

もぐら (Photo, 19, 20 Fig. 19, 20) の毛の中央部は、やや波状ではあるが、横方向に直線的なりん片の相を呈している。末端部は、チューリップの花を重ねたような特異な相を呈している。

羊 (ベビーラム (胎児) 及びアメリカンブロードテイル (生まれたばかりの子羊) Photo, 21, 22 Fig. 21) の毛は、先端、中央、末端部ともにほぼ同じパターンを示し、菱形に近い規則的な相を呈している。

しまうま (Photo, 23, 24 Fig. 22, 23) の毛の中央部は、ブロック状で横に長い比較的規則正しい相を呈し、個々のりん片も大きい。また、末端部のりん片は、大きく、波状でランダムな相を呈している。

チンパンジー (Photo, 25, 26 Fig. 24, 25) の毛の中央部は、横方向に波状の相を呈しており、ランダムである。末端部はブロックを積み重ねたような相を呈し、個々のりん片は横に長いのが特徴である。

ブチクスクス (Photo, 27, 28 Fig. 26, 27) の毛の中央部は、交互にりん片を重ね上げたような相を呈しており、末端部は、鋭角的で重ね上げたような相を呈している。

3. 2 フラクタル解析

電子顕微鏡観察によれば、体毛のりん片模様は、動物種により差がみられるため、詳しく観察することにより、今回用いた各動物種間の鑑定は、可能と認められる。しかしながら、客観性に乏しく、また、熟練を要する点が問題として残ることになる。

海岸線の形状、川の流路の形状等自然界で見られる形状の多くは、フラクタルの概念により、整理、解析できることが知られている^{3), 4)}。体毛のりん片模様は、動物種により差異が認められることから、フラクタルの概念により処理できると推定されるので、以下のとおり解析を試みた。

フラクタルは、天然現象を数値、数式により表そうとするもので、上手く設定すれば、天然現象と区別が困難な映像等を得ることができる^{5), 6)}。今回用いた解析方法は、そのような高度なものではなく、不規則な形状をもつものを整理するために用いられるフラクタル次元を求めてみた^{7), 8)}。フラクタル次元を求める方法はいくつか知られているが⁹⁾、ここではりん片が網目状であるので正方形の細分によるフラクタル次元測定法を用いた。また、個々のりん片についても抽出し、同方法により、フラクタル次元の計算を試みた。

正方形の細分によるフラクタル次元の計算式³⁾は次のようである。

$$\log N(d) = -k \log d + \log u$$

ただし、 d は、細分した正方形の一辺の長さ、 $N(d)$ は、図形 (線分) を覆う正方形の数、 k は (正方形の細分による) フラクタル次元である。

Table 2 に、撮影したりん片パターンについてフラクタル次元を計算した結果を示した。なお、末端部のように測定に際し空白の生じるものは、繰り返しそのパターンをトレースして空白部を生じないようにした。Table 3 に、各動物の個々のりん片数個についてフラクタル次元を計算した結果を示した。いずれも、フラクタル次元は、直線を示す 1 次元から平面を示す 2 次元の間となっている。

りん片パターン (Table 2) の計算結果について検

計すると、ミンク、いたち、かわうそのように同じいたち科でキューティクルのパターンが似ているものでも、数値に差が認められた。特に中央部と末端部の数値に着目すると、いたちとかわうそは中央部のほうが高いのに対して、ミンクでは逆になっている点が特徴といえる。ねこ科のオセロット、ひょう、ジャガー、とらについての中央部の観察結果は、いずれもブロック状の似通ったりん片の相を呈しているが、中央部の数値は、ひょうととらが近接している他は各動物種間に差が認められる。また中央部と末端部の数値に着目すると、ひょうはほとんど差が認められないのに対し、とらでは中央部のほうが大きい点が相違している。更に中央部と末端部の数値の差を比較すると、オセロットがねこ科4種のなかでは最大となっている。また、比較的近縁なひぐまとレッサーパンダとを比較すると、数値上も外見上も共通性が認められないことが判明した。レッサーパンダ、もぐら、羊、しまうま、チンパンジーは、観察結果同様、それぞれ特徴的な数値が得られた。

Table 2 Calculation results of fractal dimation (1)

Specis	Maximum	Minimum	Average
Mink	1.2200	1.1563	1.1886
Weasel	1.2972	1.2548	1.2719
Ocelot	1.3260	1.0663	1.1764
Panther	1.1654	1.1127	1.1455
Jaguar	1.1956	1.0609	1.1165
Tiger	1.2729	1.1037	1.1624
Brown Bear	1.2352	1.0751	1.1655
Lesser Panda	1.1907	1.0449	1.1177
Zebra	1.2069	1.1506	1.1703

Seep1...Babylamb Seep2...American Broadtail

りん片そのものの計算結果 (Table 3) について検討してみると、同一科に属するミンクといたちは数値上の差が認められる。ねこ科4種については、オセロットととらのようにばらつきの大きいものと、ひょうとジャガーのようにばらつきの小さいものの二つに区分される。また、ひぐまがとらに、レッサーパンダがジャガーに近い値、しまうまがミンクに近い値を示した。

以上の結果をまとめると、りん片パターンの計算結果 (Table 2) では、種間関係を越えて数値の近似が

認められるものの、いたちとかわうそを除き判別が可能であると認められる。また、りん片そのものの計算結果 (Table 3) では、ミンクといたちに差が認められ、ねこ科4種は2つのグループに分かれたことが判明した。

Table 3 Calculation results of fractal dimation (2)

Specis	Maximum	Minimum	Average
Mink	1.2200	1.1563	1.1886
Weasel	1.2972	1.2548	1.2719
Ocelot	1.3260	1.0663	1.1764
Panther	1.1654	1.1127	1.1455
Jaguar	1.1956	1.0609	1.1165
Tiger	1.2729	1.1037	1.1624
Brown Bear	1.2352	1.0751	1.1655
Lesser Panda	1.1907	1.0449	1.1177
Zebra	1.2069	1.1506	1.1703

3.3 スペクトル解析

毛の表面のりん片のフラクタル解析により、分析した各種の動物種間に差が認められることが判明した。図形の解析手段としては、フラクタルに限定されるものではなく、他の方法も知られている。分析機器に用いられている手法で、近年急速に発展しているものとしてフーリエ変換があり、赤外分光光度法、核磁気共鳴法に应用されている。図形についても、フーリエ変換の手法を適用し、対象とした図形を形の輪郭を示す要素 (骨格) と、細かい形状を示す要素 (明細) に分割し、解析する次のような方法 (スペクトル分析) が開発されている。

N 次骨格 (Z^N) を求める計算式¹⁰⁾

$$Z_N(j) = z(\phi) + \sum_{r=\phi}^{j-1} W_N(j)$$

ただし、j は、フーリエ変換の際に、図形近似した近似線の順番、 $z(\phi)$ は、図形近似した際の近似線の開始点の複素平面上の座標、 ϕ は近似線の長さ、 W_N は、フーリエ変換によって得られた図形中の比較的变化の小さい部分を示す関数である。

この方法を個々のりん片の形状の解析について応用を試みた。なお、細かい形状を示す要素は、個別のりん片によって、まったく異なると予想されること及び、

りん片相互間の影響を除くため、もっとも単純な形の輪郭を示す要素（以下「一次骨格」と称す。）のみについて検討した。なお一次骨格は、閉曲線の場合、概ね楕円形となるので、得られた楕円形の長径と短径の比について比較した。

ねこ科 4 種とひぐま、ブチクスクスの代表的と思われるりん片を取り出し一次骨格を求め、楕円形の長径（a）と短径（b）の比を求めた結果を Table 4 に示した。

Table 4 Elliptical approximation and measurments of outer circuit

Specis	a / b	Divisions
Ocelot	1.78	54
Panther	1.27	50
Jaguar	3.50	68
Tiger	2.11	64
Brown Bear	2.70	86
S. Cuscus	2.29	48

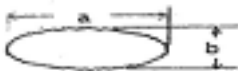


Table 5 TOTAL RESULTS OF ANALYSIS

Specis	3. 1 Results Of Observations	3. 2 Fractal Dimintions							3. 3 First-Order Frame a / b		3. 4 Divisions	
		Table 1 Middle Root			Table 2 MAX MIN AVE							
Mink	○	1.7	1.7	◇	1.2	1.2	1.2	○	—		—	
Weasel	○	1.7	1.6	○	1.3	1.3	1.3	☆	—		—	
Otter	○	1.7	1.6	○	—	—	—		—		—	
Ocelot	×	1.8	1.6	☆	1.3	1.1	1.2	×	1.78	☆	54	◇
Panther	×	1.6	1.6	☆	1.2	1.1	1.1	◇	1.27	☆	50	◇
Jaguar	×	1.7	1.7	◇	1.2	1.1	1.1	◇	3.50	☆	68	○
Tiger	×	1.6	1.5	◎	1.3	1.1	1.2	×	2.11	○	64	○
Brown Bear	×	1.5	1.6	□	1.2	1.1	1.2	☆	2.70	☆	86	☆
Lesser Panda	○	1.7	1.5	☆	1.2	1.0	1.1	☆	—		—	
Mole	☆	1.6	1.4	☆	—	—	—		—		—	
Seep	☆	1.4	—	☆	—	—	—		—		—	
Zebra	☆	1.5	1.3	☆	1.2	1.2	1.2	○	—		—	
Chimpanzee	☆	1.6	1.5	◎	—	—	—		—		—	
Spotted Cuscus	☆	1.5	1.6	□	—	—	—		2.29	○	48	◇

...Possible To Distinguish

3. 5 まとめ

以上の結果をまとめたのが、Table5 である。ここでは、それぞれの観察結果、解析結果により対象となった種のなかで判別可能と思われるもの及び、他の種と

この数値について比較してみると、とらの数値とブチクスクスの数値に近いものの、ねこ科 4 種相互間に歴然とした違いが認められた。この手法も各種の毛皮の判別に利用できると考えられる。

3. 4 りん片の外周の大きさの計測

すでに、電子顕微鏡による観察で明らかなように、個々のりん片は、単純な形状のものから、複雑なもので、種に依存して多種多様な形状を示しており、複雑さを示す指標が各動物種間の区分に使用できると予想される。また、個々のりん片の大きさも種に依存して多様性を示すことから、スペクトル分析を行なう際に、同時に個々のりん片を一辺が 0.249 μm の多角形として、その外周を近似測定した（Table 4）。

限られた範囲であるが外周の大きさを比較してみると、ひぐまが最大で、ブチクスクスが最小を示した。また、数値の近似からオセロットとひょうとブチクスクス、ジャガーととら、ひぐまの 3 グループに分かれた。

以上の結果、この手法も毛皮の区分の参考となることを示している。

類似性、数値の近似性のあるものも同じ記号を用いグループわけをし、表示した。

電子顕微鏡観察による鑑別について検討したが、もぐら、羊、チンパンジー、ブチクスクスの判別は、独

特な形状をもち判別可能, いたち科 3 種レッサーパンダ, 及びねこ科 4 種とひぐまの判別は, 相当の熟練を必要とする結果を得た。

フラクタル解析等の各種の解析法による鑑別について検討したが, 各解析方法の組み合わせにより, それぞれの動物種の判別が可能となる結果を得た。

4 要 約

キューティクルの形状を電子顕微鏡観察することに

より, 概ね, 用いた試料間の区別が可能であることが判明した。

また, キューティクルやりん片の形状をフラクタル解析, 一次骨格計測, 分割数による外周の計測を行なうと各動物種間に差があると考えられる結果を示し, より客観的区別が可能であることが判明した。

さらに, 観察結果と各解析結果を組み合わせることにより, より精度の高い判別が可能であると推定される結果を得た。

文 献

- 1) 岡田要監修: “顕微鏡観察辞典” 保育社 (1965)
- 2) 林 壽朗: “標準原色図鑑全集 動物 1, 2” 保育社 (1968)
- 3) 石村貞雄, 石村園子: “フラクタル数学”, 238, 東京図書 (1990)
- 4) 安居院猛, 中嶋正之, 永江高規: “やさしいフラクタル”, 12, 工学社 (1990)
- 5) Alex P. Pentland: IEEE Trans, Pattern Anal, Machine Intell., vol. PAM 1-6, No.6 (1984)
- 6) 高安秀樹, 高安美佐子, “フラクタルって何だろう” カラー挿絵 3, カラー挿絵 4 ダイアモンド社
- 7) 安居院猛, 中嶋正之, 永江高規: “やさしいフラクタル”, 15, 工学社 (1990)
- 8) 石村貞雄, 石村園子: “フラクタル数学”, 246, 東京図書 (1990)
- 9) 石村貞雄, 石村園子: “フラクタル数学”, 240, 東京図書 (1990)
- 10) 上坂吉則: “かたちのスペクトル分析”, 38, 数理科学 No.216 (1983)

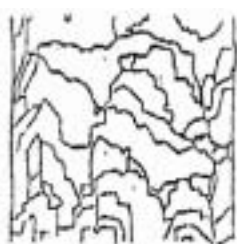


Fig. 1 Middle of fur Mink

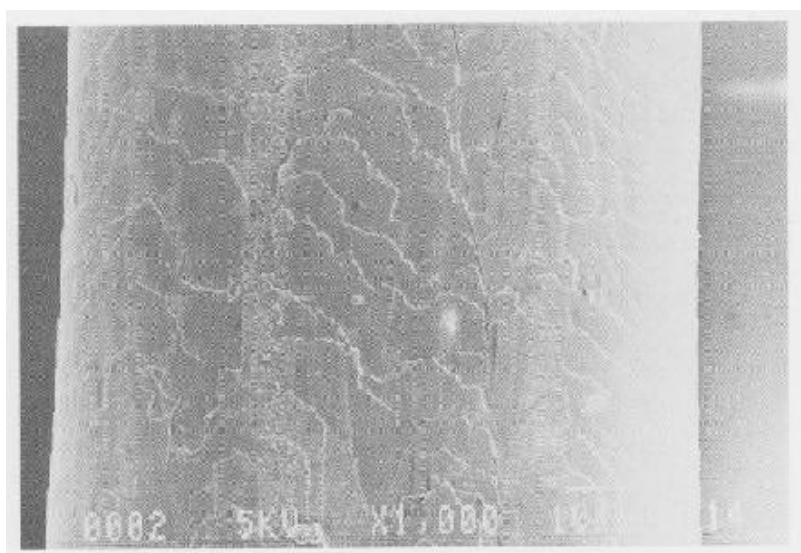


Photo. 1 Middle of fur

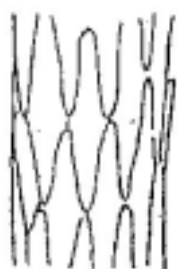


Fig. 2 Root of fur Mink

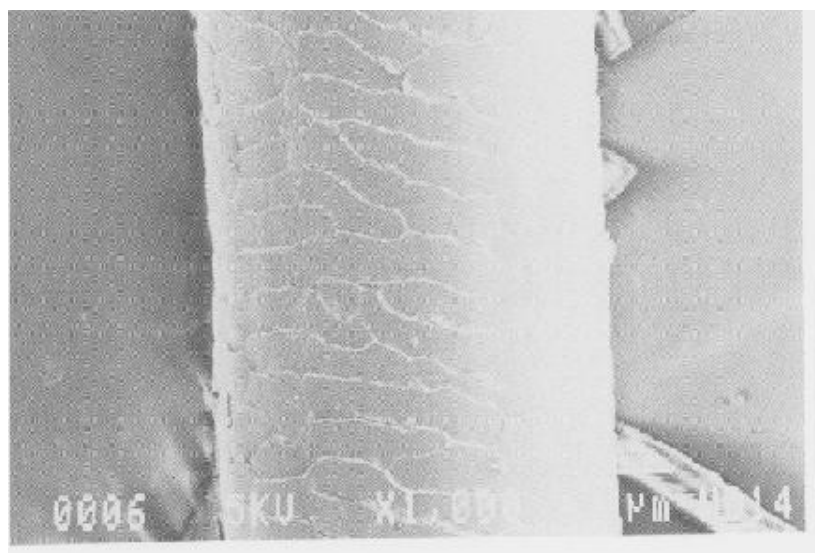


Photo. 2 Root of fur



Fig. 3 Middle of fur Weasel

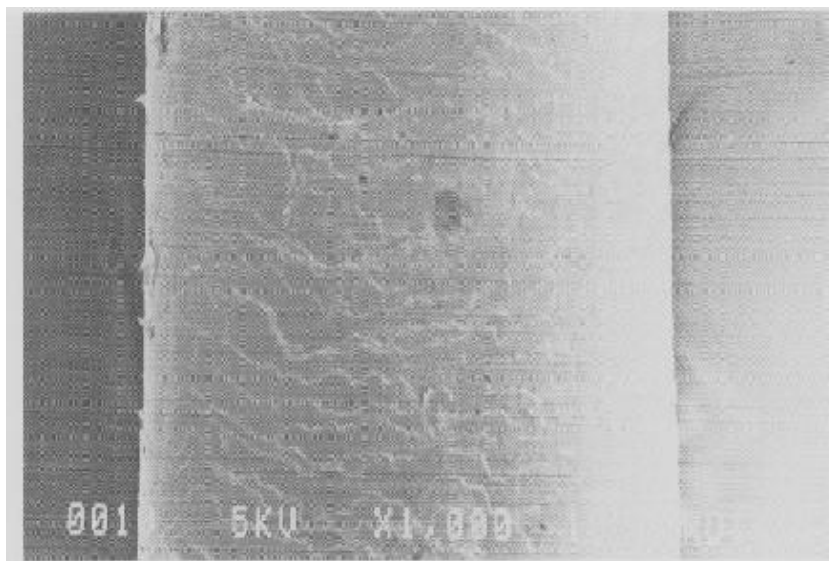


Photo. 3 Middle of fur

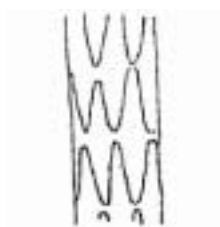


Fig. 4 Root of fur Weasel

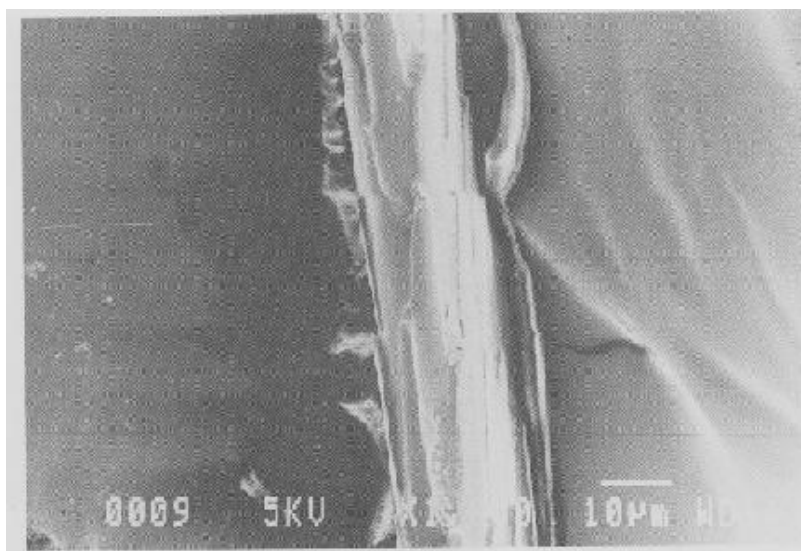


Photo. 4 Root of fur

Mink Weasel

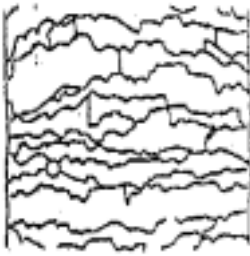


Fig. 5 Middle of fur Otter

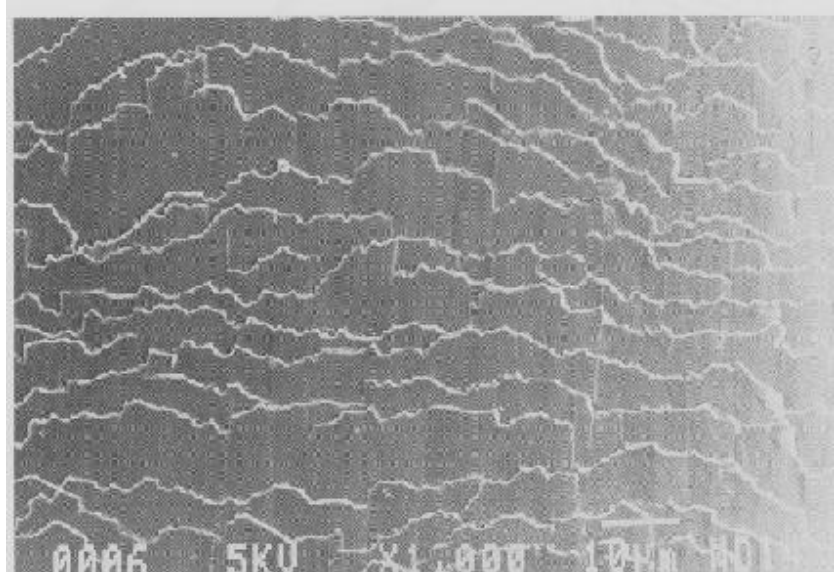


Photo. 5 Middle of fur



Fig. 6 Root of fur Otter

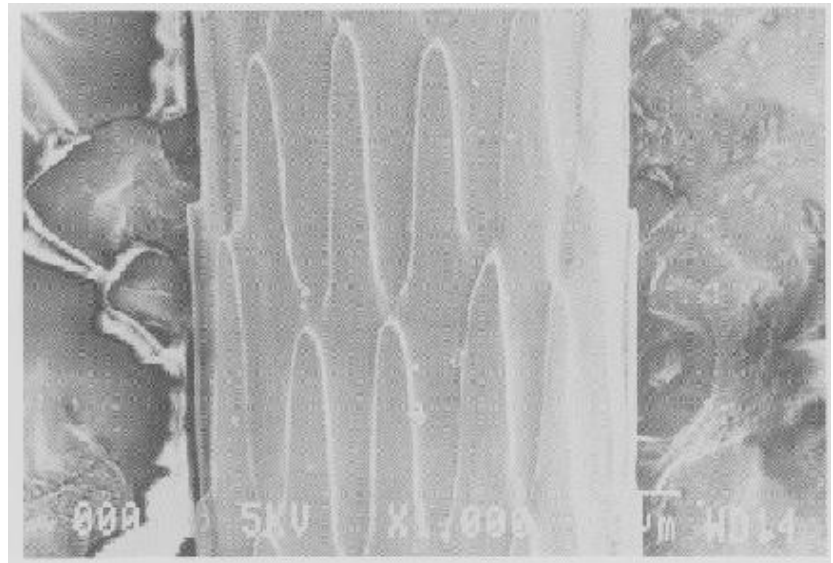
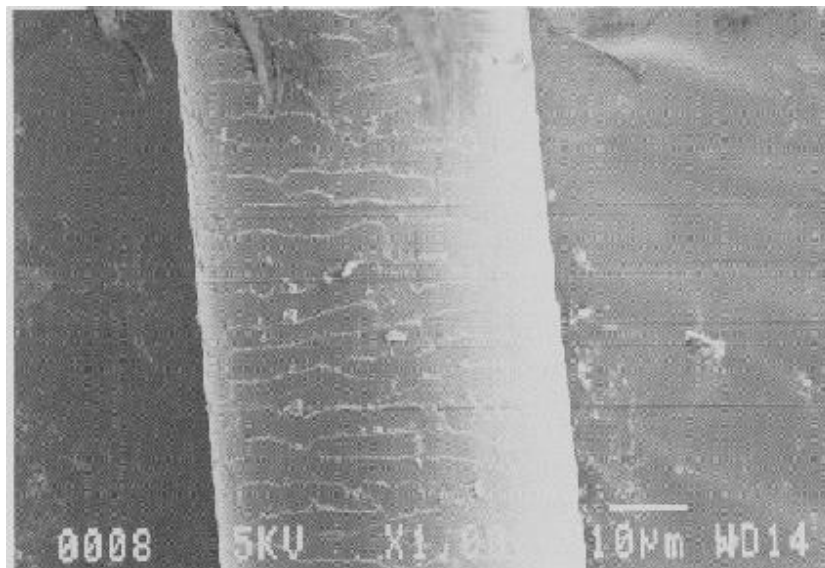


Photo. 6 Root of fur

Otter



Fig. 7 Middle of fur Ocelot



Phot. 7 Middle of fur



Fig. 8 Root of fur Ocelot

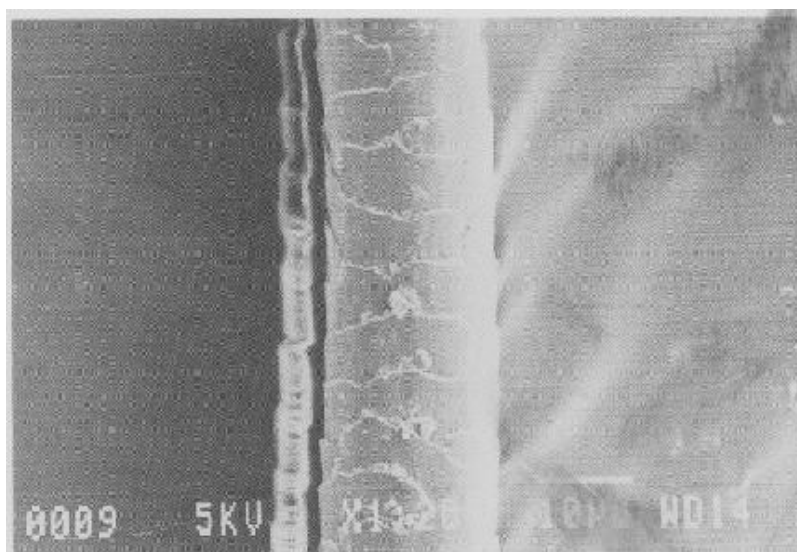


Photo. 8 Root of fur

Ocelot

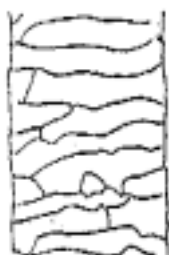


Fig. 9 Middle of fur Panther

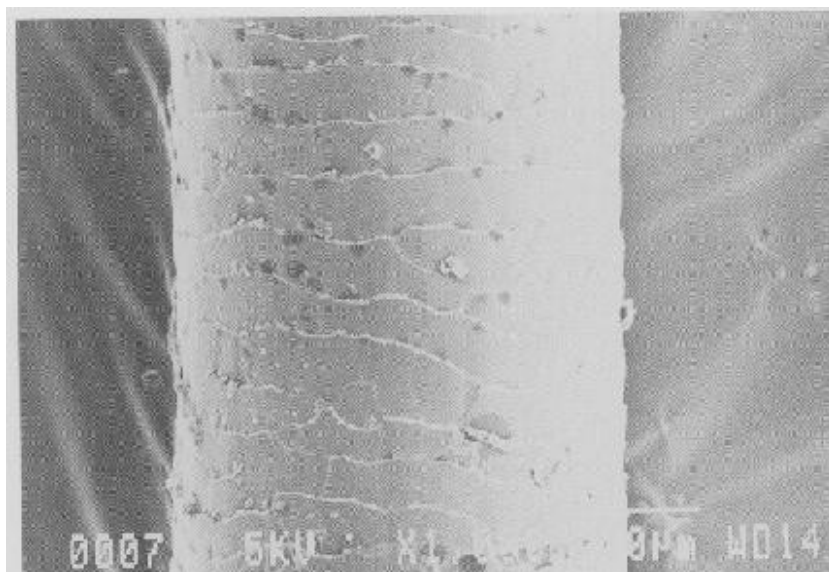


Photo. 9 Middle of fur



Fig. 10 Root of fur Panther

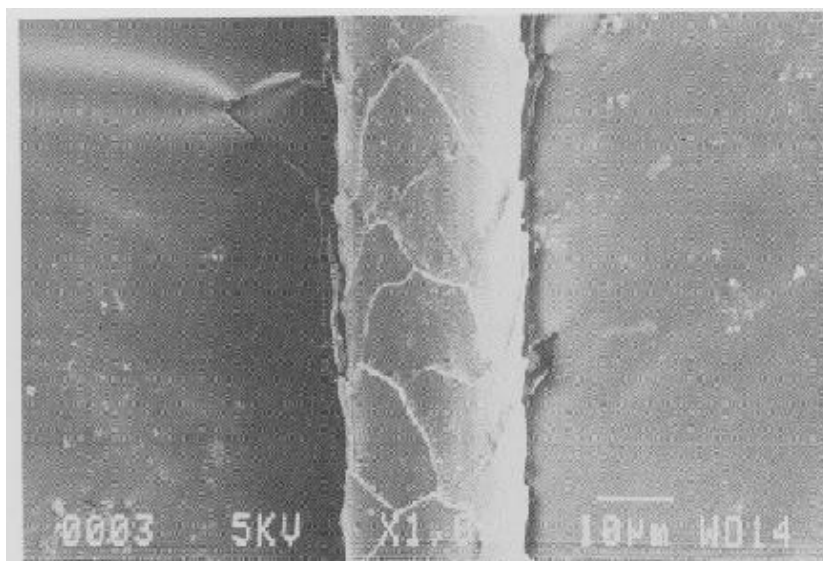


Photo. 10 Root of fur

Panther

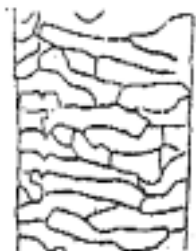


Fig. 11 Middle of fur Jaguar

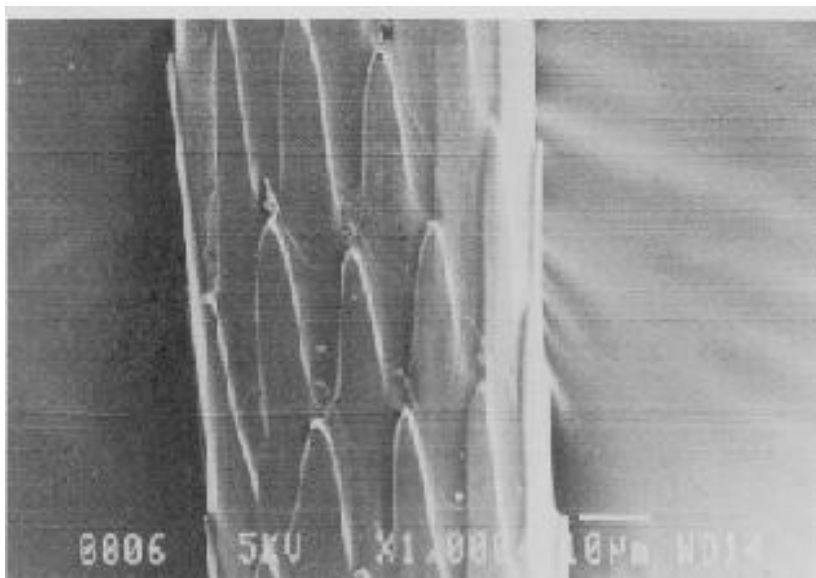


Photo. 11 Middle of fur



Fig. 12 Root of fur Jaguar

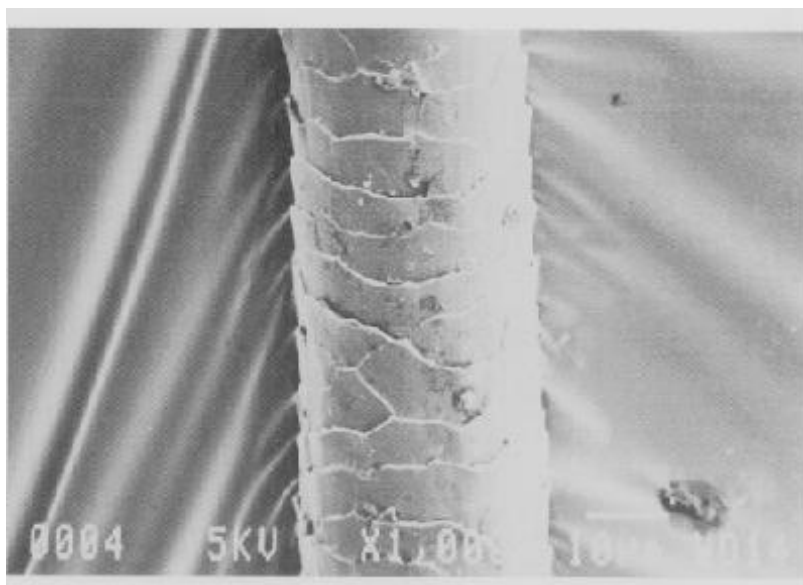


Photo. 12 Root of fur

Jaguar

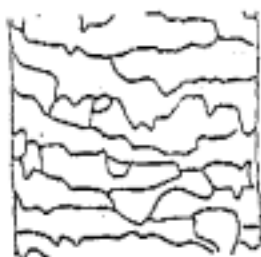


Fig. 13 Middle of fur Tiger

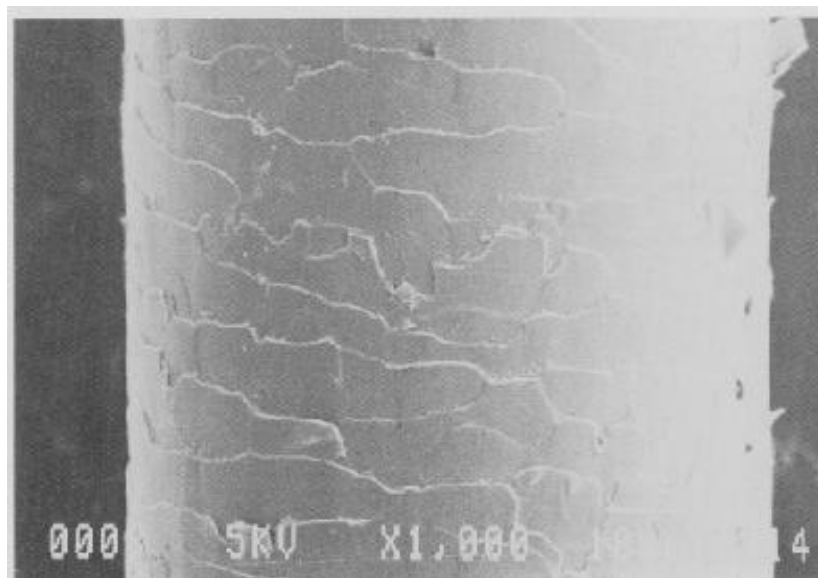


Photo. 13 Middle of fur



Fig. 14 Root of fur Tiger

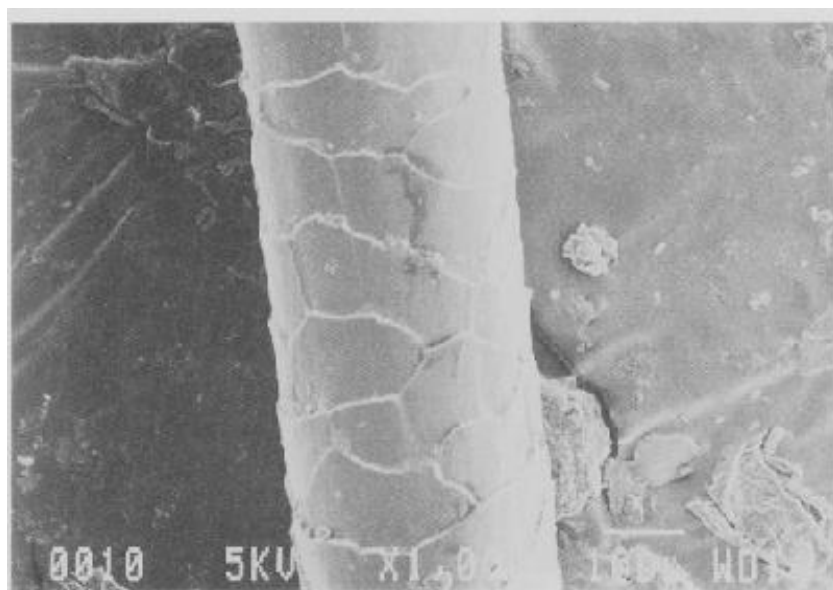


Photo.14 Root of fur

Tiger

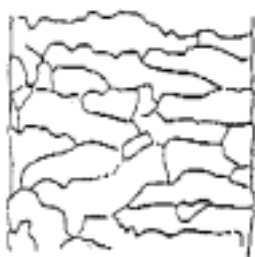


Fig. 15 Middle of fur Brown Bear

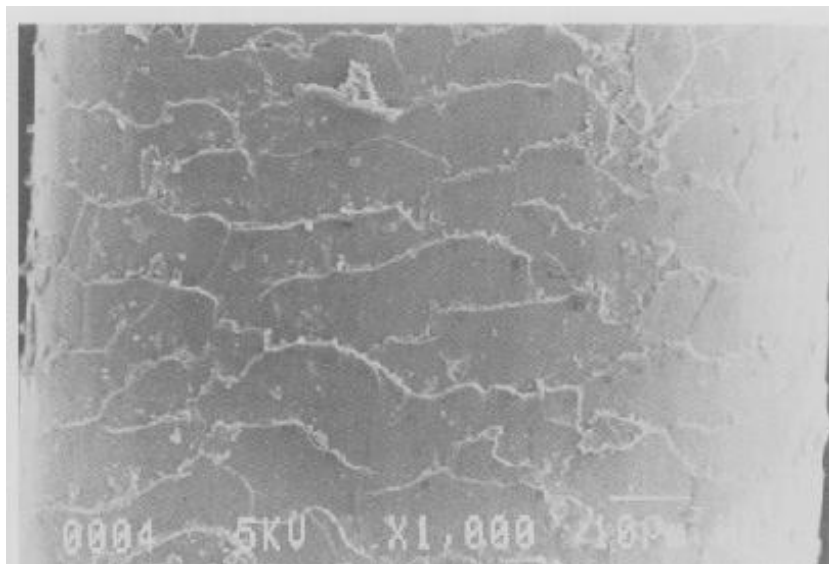


Photo. 15 Middle of fur

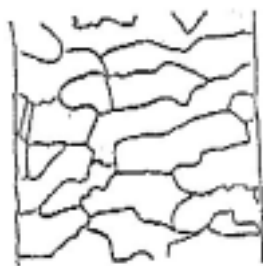


Fig. 16 Root of fur Brown Bear

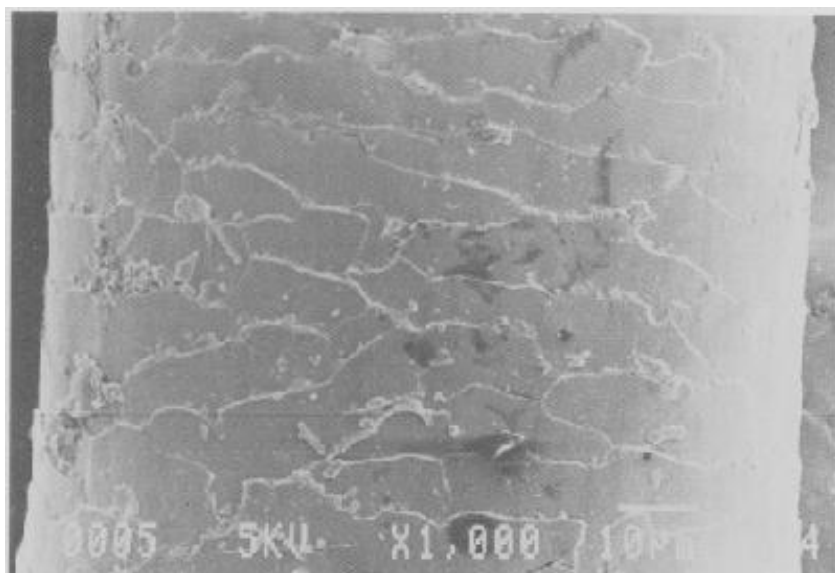


Photo. 16 Root of fur

Brown Bear

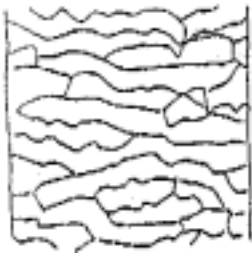


Fig. 17 Middle of fur Lesser Panda

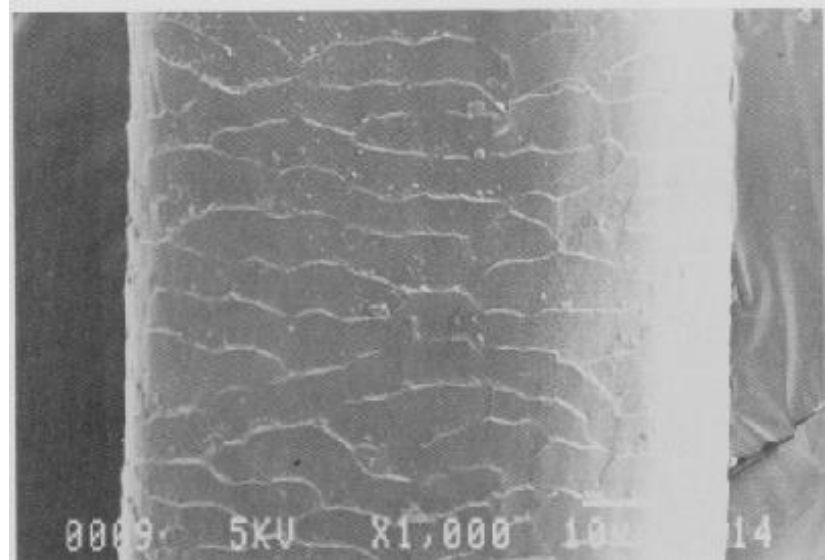


Photo. 17 Middle of fur



Fig. 18 Root of fur Lesser Panda

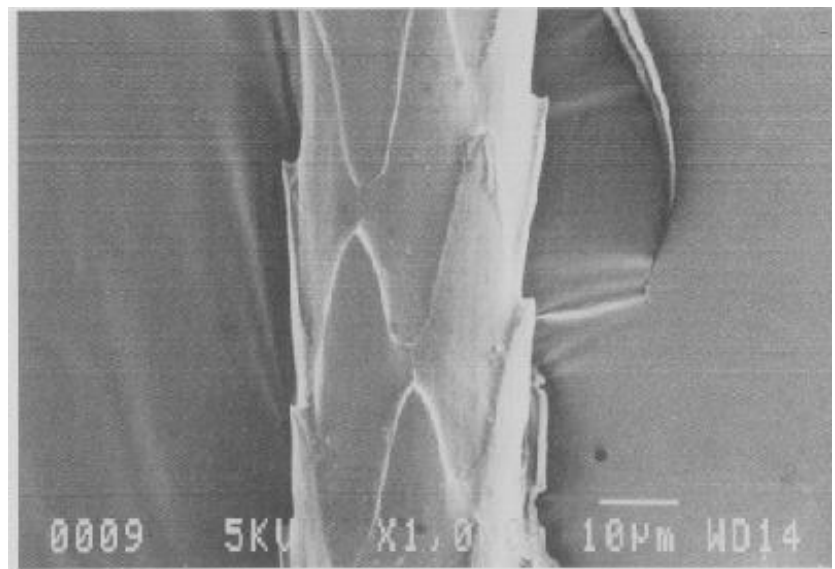


Photo. 18 Root of fur

Lesser Panda



Fig. 19 Middle of fur Mole

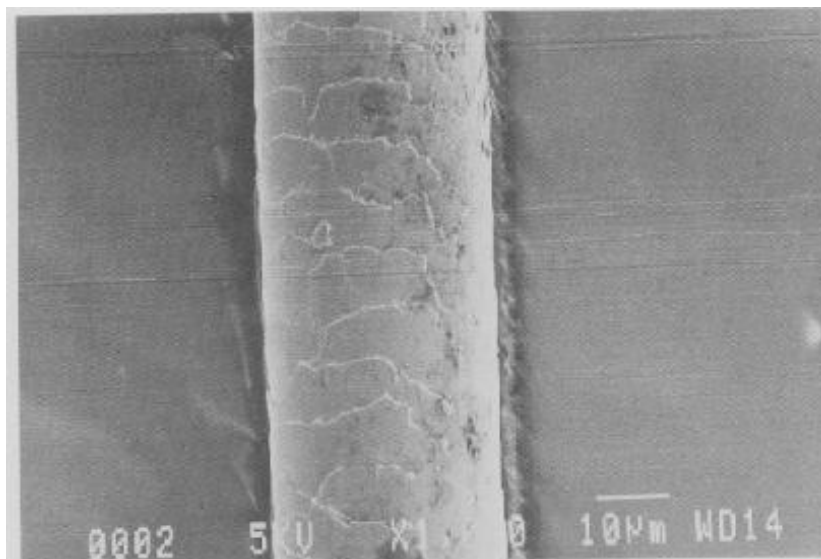


Photo. 19 Middle of fur



Fig. 20 Root of fur Mole

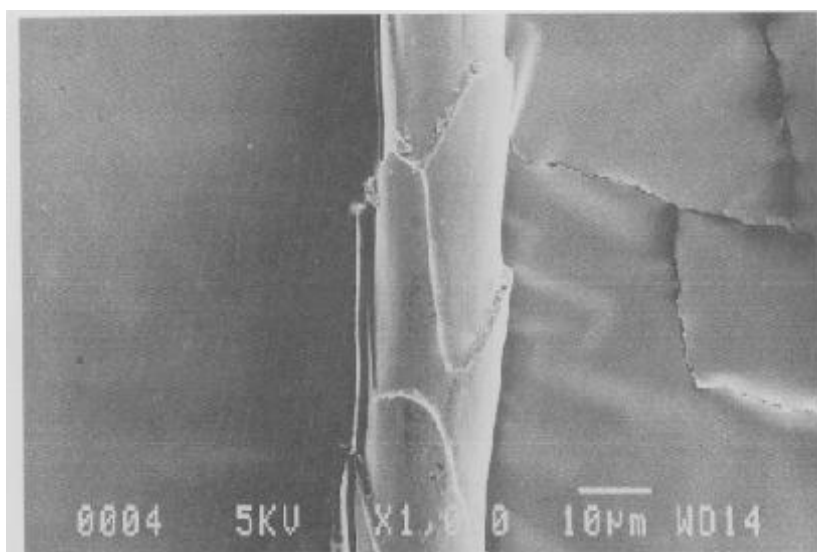


Photo. 20 Root of fur

Mole

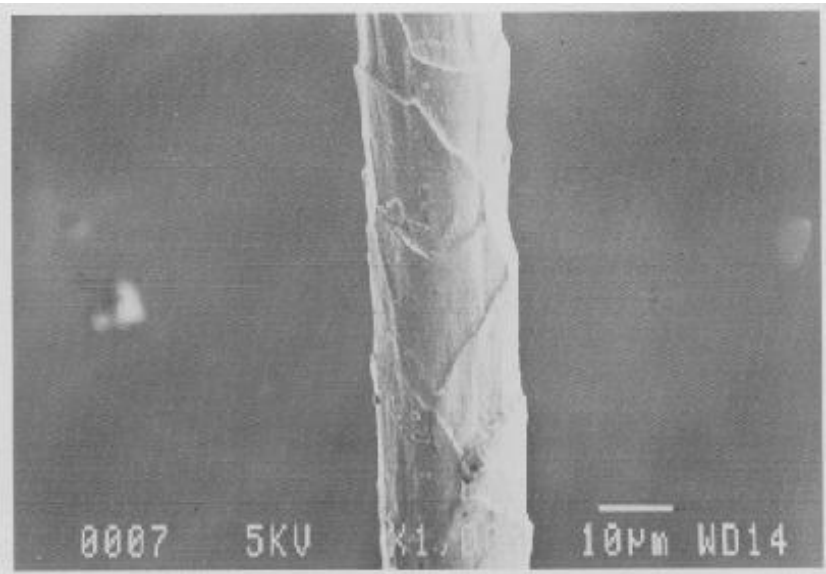


Photo. 21 Baby Lamb



Fig. 21 Middle of fur Sheep

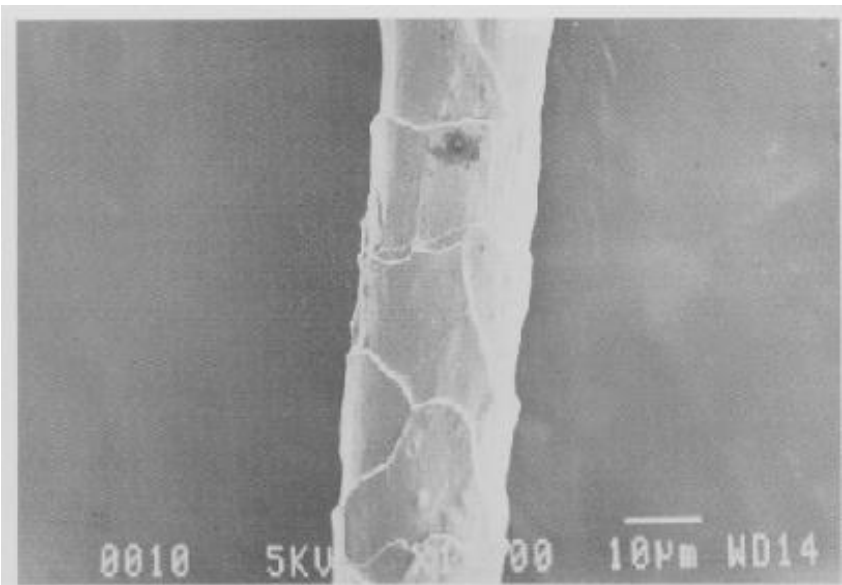


Photo. 22 American Broadtail

Sheep

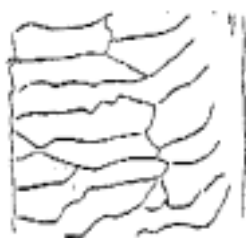


Fig. 22 Middle of fur Zebra

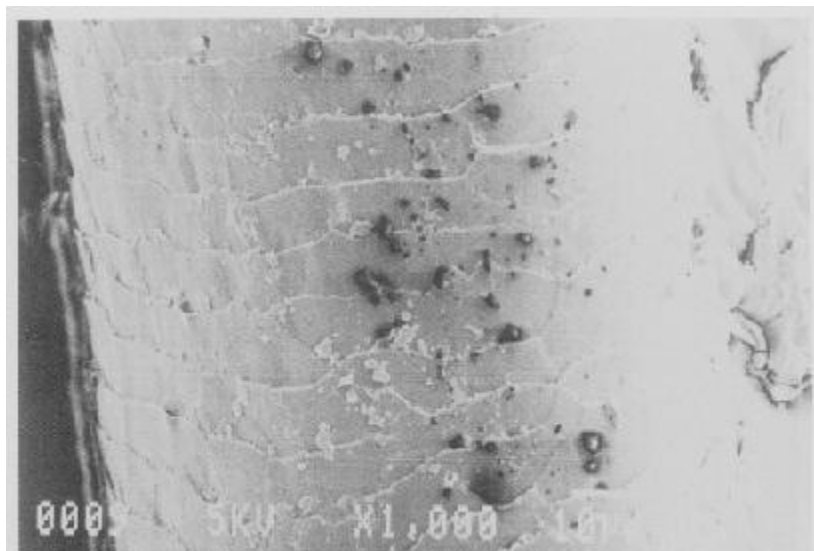


Photo. 23 Middle of fur



Fig.23 Root of fur Zebra

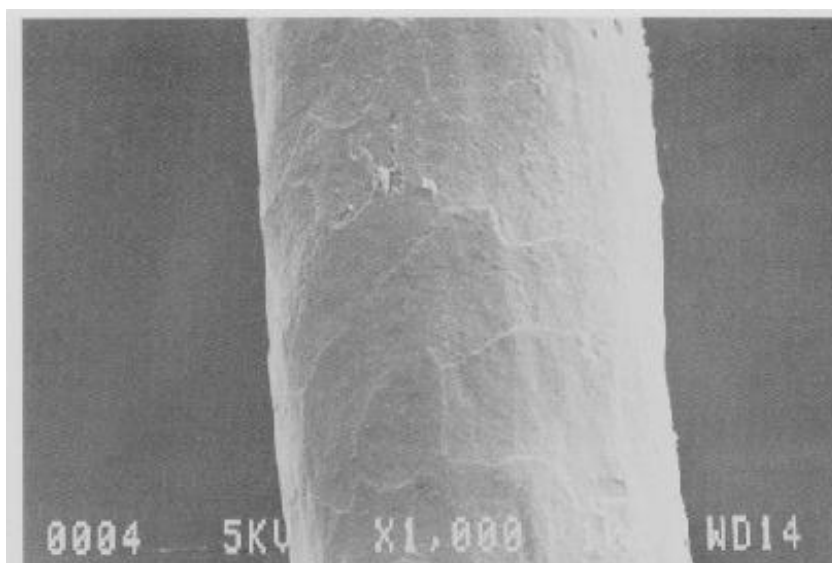


Photo. 24 Root of fur

Zebra

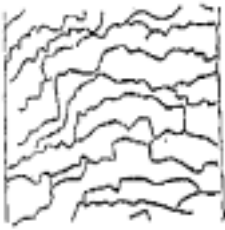


Fig. 24 Middle of fur Chimpanzee

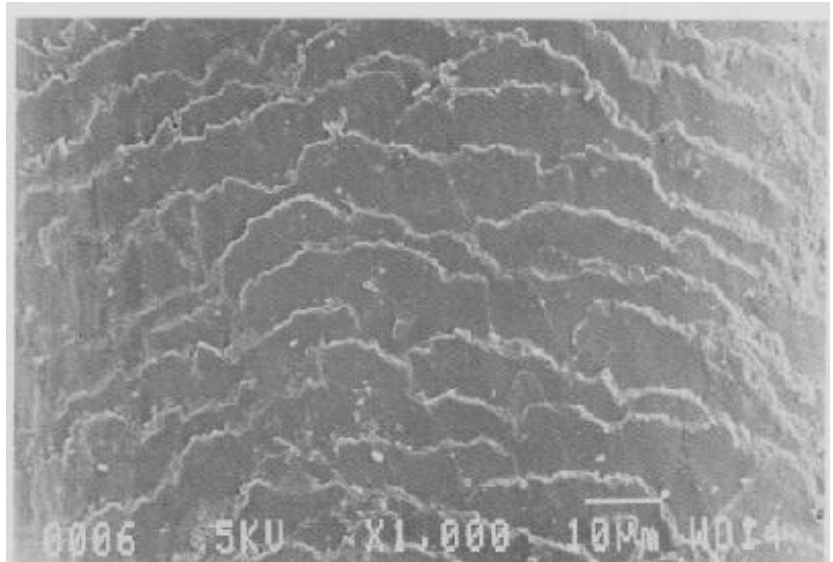


Photo. 25 Middle of fur

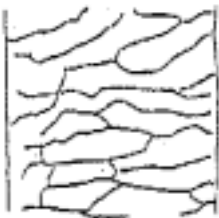


Fig. 25 Root of fur Chimpanzee

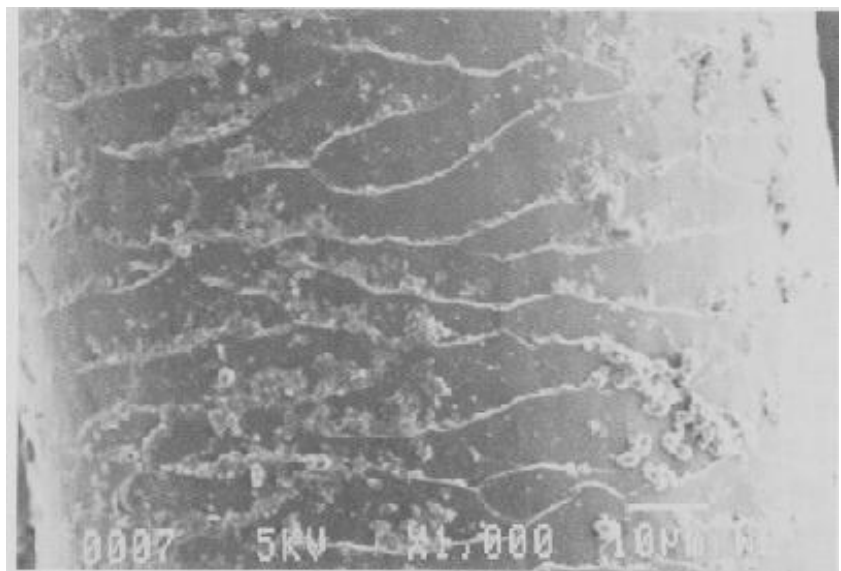


Photo. 26 Root of fur

Chimpanzee



Fig.26 Middle of fur Spotted Cuscus

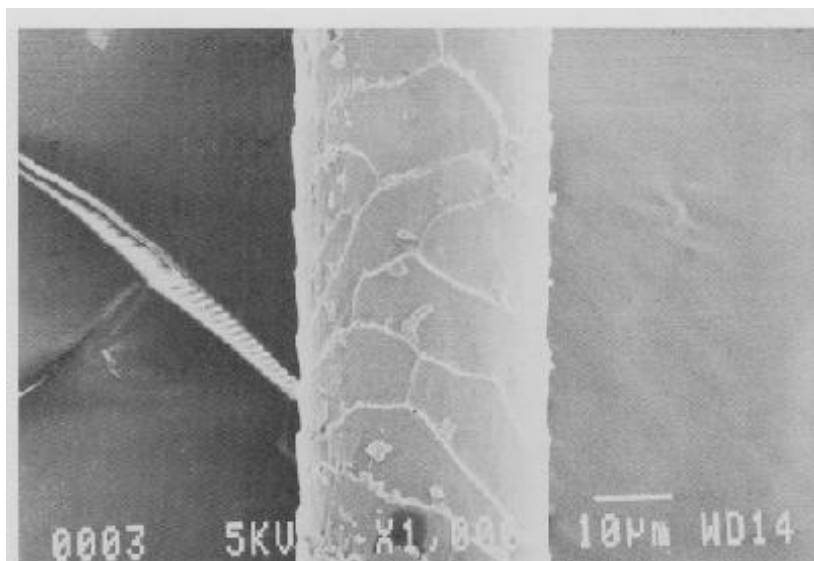


Photo .27 Middle of fur



Fig. 27 Root of fur Spotted Cuscus

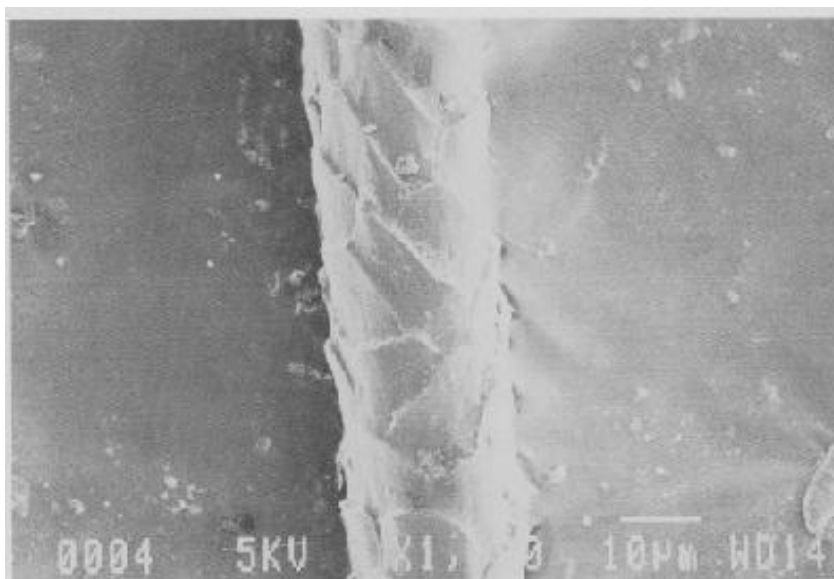


Photo. 28 Root of fur

Spotted Cuscus