

メジロの風切羽と体羽の違いについての研究

静岡県立科学技術高等学校

自然科学部 2年 水野広哉 永井理帆 秋山凜太郎

1、動機 私たちはメジロの死体1個体を学校のベランダで偶然拾った際に、メジロの体に様々な形の羽根が生えていることに気付いた。その中でも翼に生えている風切羽と、体に生えている体羽は同じ羽だが、形が大きく異なっていることが分かった。トリの風切羽は飛翔する時に必要な重要な羽根、体羽はトリの体温の保温をするのに必要な羽根と知られているが、具体的に羽根のどこに違いがあるのかは分からなかった。そこで、私たちは違いを明らかにし、その違いが羽の働きにどう関与しているか明らかにしようと考えた。

2、目的 (1) メジロの風切羽(図1)と体羽(図2)の細部の構造の違いを明らかにする。
(2) その違いが両者の役割、働きにどう関与しているのかを明らかにする。

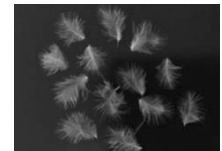
3、試料(メジロ)について

分類 スズメ目メジロ科

学名 *Zosterop japonicus*

分布 分布区域(東アジア～東南アジア) 図1 風切羽

図2 体羽



今回、私たちがベランダで拾ったメジロ1個体に加え、ふじのくに地球環境史ミュージアムの方々から頂いたメジロの死体2個体を使い、研究を進めた。

4、実験1

I. 実験計測で用いたメジロの死体3個体とは別に、比較の対象として、ふじのくに地球環境史ミュージアムに保管してあるメジロの剥製3個体についてまず、各部位(背中、胸、腹、脇腹、頭の縦と横)の長さをメジャーで測定し、各部位の縦、横の長さを測定しそれぞれの羽根の生えている面積を測定させてもらった(表1、2)。

※剥製のメジロの採取場所、各部位の長さはミュージアムの方からデータをいただいた。

II. メジロ3個体(学校ベランダで入手した死体1個体、及びミュージアムより入手した死体2個体)の体重、全長、翼長、翼開長、尾長、露出嘴峰、全嘴峰、ふしょ長の計8項目について、電子天秤と電子ノギスを使い測定した(表3)。

III. 後の羽根面積指数・羽根体積指数の算出のために各部位(背中、胸、腹、脇腹、頭の縦と横)の長さをメジャーで測定し、各部位の縦、横でそれぞれ羽根の生えている部分の面積を算出した(表4)。

IV. 以下の方法で3個体の死体より羽を抜き、枚数を数える。・約40℃のお湯で個体を温浴させて毛穴を開かせる。・ピンセットを使い丁寧に羽を抜く。・羽の枚数を計測する。

羽を下記の3グループに分ける。

① 体羽グループ 「腹、脇腹、背中、肩羽、胸、頭(喉)、頭(耳羽付近)」の7か所

② 尾羽グループ 「尾羽、上尾筒、下尾筒」の3か所

③ 風切羽グループ 「初列風切、次列風切、三列風切、初列雨覆、大雨覆、小雨覆、中雨覆、小翼羽」の8か所

V. 3グループにわけた各羽の縦と横の最長をノギスで測り縦横比を算出した。

5. 実験1 結果

I. ミュージアムの剥製のデータについてまとめたものを表1、2に表す。

表1 ミュージアム剥製3個体の採取場所、

表2 ミュージアム剥製3個体の各部位

各部位の長さ

縦横の長さと面積

	採取場所	全長 (cm)	尾長 (mm)	重さ (g)	翼長 (mm)	嘴峰長 (mm)	ふしよ長 (mm)
1個体目	静岡県 浜松市浜北区 森林公園内	113	42	10.8	58	10	21
2個体目	静岡県 浜松市浜北区 森林公園内	115	47	10	59	12	22
3個体目	静岡県 榛原郡吉田町			9.4			21

1個体目	縦(cm)	横(cm)	面積(c㎡)	2個体目	縦(cm)	横(cm)	面積(c㎡)	3個体目	縦(cm)	横(cm)	面積(c㎡)
背中	4.5	2.5	11.3	背中	5	3	15	背中	5.5	3.8	20.9
胸	2	2.5	5	胸	2.5	2.5	6.3	胸	2.4	5.3	12.7
腹	2.5	3	7.5	腹	2	2.5	5	腹	2.8	2.8	7.8
脇腹	5.5	2	11	脇腹	5	2	10	脇腹	7	2.8	19.6
頭	3	2.5	7.5	頭	3	2.5	7.5	頭	2.9	3.5	10.2

・表1 データはミュージアムより教えていただいたもの。表2 データは測定により求めたもの。

各平均値は、背中（縦5mm、横3,1mm）、胸（縦2,3mm、横3,4mm）、腹（縦2,4mm、横2,8mm）、脇腹（縦5,8mm、横2,3mm）、頭（縦3mm、横2,8mm）となった。

II. 本校ベランダで入手したメジロ死体1個体及びミュージアムで頂いた死体2個体の計3個体の計測結果は以下の通り（表3）。

表3 試料3個体の各部位の長さ、体重

個体番号	性別	採取場所	体重(g)	全長(cm)	翼長(cm)	翼開長(cm)	尾長(cm)	露出嘴峰(cm)	全嘴峰(cm)	ふしよ長(cm)
①	♂	本校ベランダ	11.5	11	5.51	16	4.1	11.68	12.67	16
②	♀	ミュージアム	9.4	10.4	5.74	12.4		12.36	17.54	18.4
③	♀	ミュージアム	10.1	10.9	5.61	14.7	4.22	11.78	16.6	18.2

個体番号②の尾長は、尾羽が既に抜け落ちてしまっていたため、測定することが出来なかった。3個体を測定したところ、測定値に大きな差が見られず、また、ミュージアムのメジロのはく製3個体のデータと比較しても大きな差異がみられないことより、それぞれ成体であると判断した。

個体番号②、③はトリが卵を温める際に必要となる抱卵斑が見られたため、雌と判断した。

III. 各部位（背中、胸、腹、脇腹、頭の縦と横）の縦と横の長さをメジャーで測定し、それぞれ羽根の生えている面積を算出した（表4）。各平均値は、背中（縦5,8mm、横2mm）、胸（縦2,1mm、横2,7mm）、腹（縦2,4mm、横2,7mm）、脇腹（縦2,9mm、横1,4mm）、頭（縦3,4mm、横2,7mm）となった。

IV. メジロから抜いた羽根を3グループ分け、枚数を数えた。個体番号①から採取した各部位ごとの羽の枚数は以下の通りである（表5）。羽の総枚数は1033枚、体羽が909枚、尾羽が37枚、風切羽が87枚となり、体羽は88%、尾羽は4%、風切羽グループは8%となった。

その中でも初列、次列、三列風切羽は36枚で4%であり、それで飛翔を支えているといえる。一方、体羽グループの中でも、腹、脇腹、背中、胸の枚数が多く、保温の働きに特化していると考えた。表4 試料2個体の縦横の長さ

表5 各部位の羽の枚数

2個体目	縦(cm)	横(cm)	面積(c㎡)	3個体目	縦(cm)	横(cm)	面積(c㎡)
背中	7	1.7	11.9	背中	4.6	2.2	10.1
胸	2.5	2.7	6.8	胸	1.6	2.7	4.3
腹	1.9	2.6	4.9	腹	2.8	2.8	7.8
脇腹	2.9	1.8	5.2	脇腹	2.8	1	2.8
頭	4	2.8	11.2	頭	2.7	2.5	6.8

羽根	枚数(枚)
腹	309
脇腹	119
背中	218
胸	54
頭(喉)	121
頭(耳羽付近)	77
尾羽	11
上尾筒	12
下尾筒	17
初列風切	8
次列風切	18
三列風切	12
初列雨覆	6
大雨覆	18
小雨覆	6
中雨覆	6
小翼羽	16
合計	5
	1033

V. 採取した各羽について、ノギスで計測した縦、横の長さから縦横比（縦の最長／横の最長）の値をグラフにまとめた（図3）。

飛翔に不可欠な初列風切と次列風切の縦横比が大きかった。体羽は縦、横の平均の差が少ないことからわかるように、縦横比の値が1に近く、羽が円形に近いといえる。一方、一番縦横比が大きかったのが尾羽、次に初列風切羽、次に次列風切羽であった。

また、羽の横の最長を基準にした縦横比のグラフを作成した。(図4)。図3から尾羽と風切羽の縦横比が大きいと分かるが、図4から背中、脇腹、腹と体羽グループは風切羽、尾羽に比べ、横の値が大きいと見える。つまり、背中、腹、脇腹など、メジロの胴にあたる部分に生えている体羽の羽根の横の長さが長く、縦横比1に近いことより、羽が円形に近いといえる。

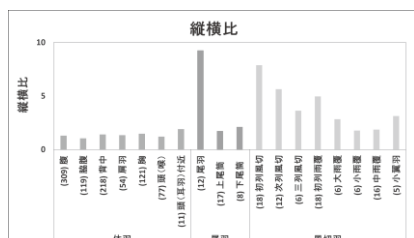


図3 羽の縦横比 (縦の最長／横の最長)

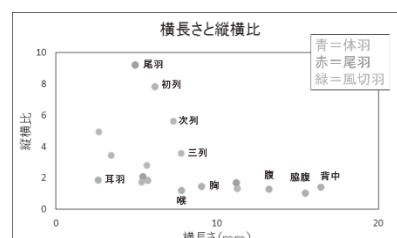


図4 羽根の横の長さとの縦横比の比較

VI. 実験2 方法

グループごとに分けた羽を、光学顕微鏡のマイクロメーターを用いて、以下の16項目について計測する。

計測項目 各部位の太さ 13項目 図5参照

また、これらの計測をしているうちに、小羽枝の長さが長いことに気づいた。そこで、加えて小羽枝の最長も計測することとした(図6)。

測定箇所	太さ	間隔
①羽柄		⑫羽枝間(基部)
②羽軸(基部)		⑬羽枝間(先端)
③羽軸(先端)		⑭小羽枝間(基部)
④羽枝(付け根基部)		
⑤羽枝(付け根先端)		
⑥羽枝(先端側基部)		
⑦羽枝(先端側先端)		
⑧小羽枝(付け根基部)		
⑨小羽枝(付け根先端)		
⑩小羽枝(先端側基部)		
⑪小羽枝(先端側先端)		
⑮黒縞		
⑯白縞		

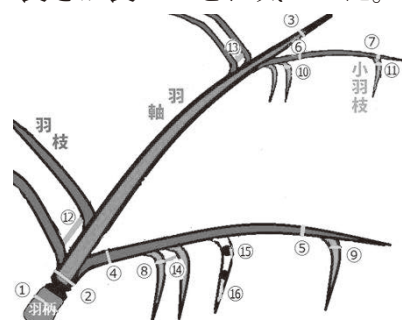


図5 (数字は各部位の通し番号)

実験2 結果のまとめ

羽軸の太さは体羽が $67\mu\text{m}$ に対し、風切羽は $734\mu\text{m}$ と、約11倍の太さであった。羽枝の太さは胸が $15\mu\text{m}$ 、風切羽が $74\mu\text{m}$ と約5倍の差があった。羽枝の間隔について風切羽は付け根が $126\mu\text{m}$ 、先端部分が $130\mu\text{m}$ と大差はないが、胸は付け根 $112\mu\text{m}$ 、先端が $530\mu\text{m}$ と差が大きく、付け根が密に、先端がまばらになっていることが分かる。つまり、風切羽は羽柄、羽軸は太いが、羽枝に関しては大差ない。小羽枝に関しては体羽の方がわずかなが太いといえる。

小羽枝の最長の比較

小羽枝の長さは、初列風切が $234\mu\text{m}$ に対し、胸は $1233\mu\text{m}$ と5倍も長かった。また、小羽枝の最長は肩羽、腹、脇腹、背中と長かった。体羽グループは、風切羽グループと比べて、全体的に長いのが特徴的である。

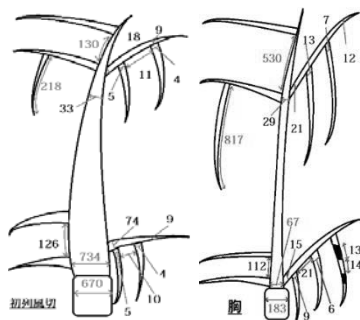


図7 風切羽グループと体羽グループの比較

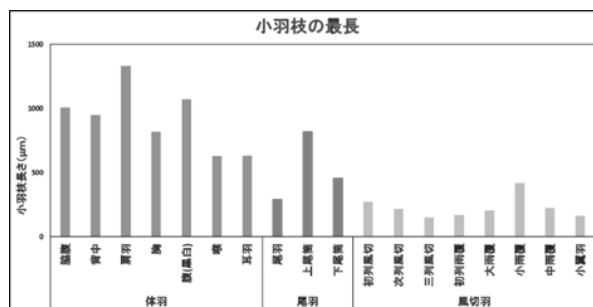


図6 小羽枝の最長

8. 実験3 方法

風切羽と体羽（胸）の羽枝を光学顕微鏡で観察した。

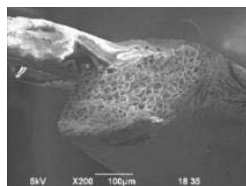
また、体羽グループとして胸と背中を、風切羽グループとして初列風切を羽軸の内部の比較のために、それぞれ羽軸断面の切片を作成し、電子顕微鏡を用いて断面を観察した。

9. 実験3 電子顕微鏡結果

図8、図9の断面図写真から羽軸内部は、蜂の巣に似た構造が見られた。縦に切っても同様に見られたため、実際は球形の空洞が出来ていると考えられる。また、ひとつの部屋の直径と断面図における部屋数は胸が $7.1\mu\text{m}$ 、30 部屋、背中が $7.41\mu\text{m}$ 、27 部屋、風切羽では $13.1\mu\text{m}$ 、134 部屋と、部屋の大きさ、数とも風切羽が勝っていた。

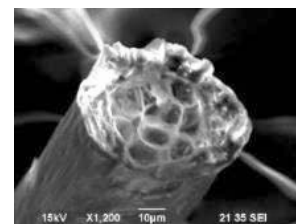
直径： $13.1\mu\text{m}$ 134 部屋

図8 初列風切



直径： $7.1\mu\text{m}$ 30 部屋

図9 胸



光学顕微鏡で観察した風切羽、小羽枝。風切羽は羽枝が整然と等間隔で配列している様子がみられる。体羽（胸）の小羽枝が長い。風切羽小羽枝は羽軸の先端側にのみ、枝分かれ上に小羽枝が分岐した鉤爪がみられた。鉤はむかひの小羽枝と絡んでいると考えていたが、電子顕微鏡写真により、隣の小羽枝と絡んでいるのが観察された。

10. 考察

風切羽の構造と働き・・・飛翔のための推進力を生み出すために

羽柄と羽軸基部の太さは、体羽に比べて風切羽は大きく、また羽は横の最長に比べ縦の最長が大きい。風切羽は飛翔のための推進力、揚力を生み出し、大きな力がかかるため、羽柄や羽軸は太く長いと考える。しかし内部は蜂の巣状で、すきまがあり軽さを保っている。太さをだすために、構成する羽軸内の部屋数を多くすることでそれを可能にしている。また、風切羽の羽枝は等間隔に生え、整然と配列している。これは油脂腺から分泌される皮脂によるものと考えられる。（文献）しかし、羽枝、小羽枝に関しては短い。風切羽の整然とした羽弁の配列を作るために、鉤爪が重要だと考える。鉤爪の働きは、向かい側の羽枝から生えている小羽枝と絡んでいると考えていたがそうではなく、同じ羽枝から生えている隣の小羽枝に絡んでいるのが観察されたことから、小羽枝とその隣の小羽枝とのひとまとまりの羽弁を作るのに重要な働きを担っていると考えられる。

体羽の構造と働き 体羽は羽の横の最長が長く、縦横の長さが同程度で、羽が円形に近い。羽柄、羽軸ともに細く、湾曲し、羽軸内の部屋数は少ない。羽枝が長く、小羽枝がさらに長い目立った。羽軸から羽枝が出る間隔は、羽軸付け根は密で先端はまばらで、そのことで、羽軸根元は羽軸が立ち気味で、羽軸先端では湾曲する構造になっていると考えられる。羽の枚数が多く、羽枝、小羽枝

ともに長いことで保温のための空気あつい層を作り出していると考え、その能力を表す羽面積指数、羽体積指数を考えた。

羽面積指数について 植物では植物群落がもつ葉面積の指数として葉面積指数が用いられる。同様に体羽の保温の能力を表すために、羽面積指数として表すことが出来ないかと考え、算出してみた

(図 10)。

指標の提案その1
「羽面積指数」

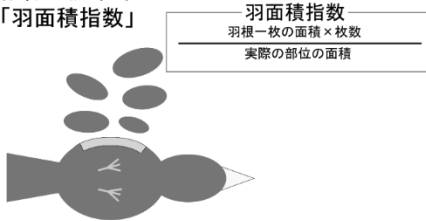


図 10 羽面積指数について

実験 1 で求めた羽の枚数に、羽一枚の面積をかけた値を実験 2 で測定した実際の部位の面積で割ってだした。羽根一枚の面積は、実験 1 で測定した羽根の縦横の長さを楕円の縦横と仮定し、楕円の面積を算出し求めた値として計算した。

〈胸と脇腹の羽面積指数〉

胸 羽面積指数

$$\frac{94.7\text{mm}^2 \times 121}{5.47\text{mm}^2} = 20.9 \text{ 枚分}$$
 羽根一枚の面積 × 枚数

 実際の部位の面積

脇腹 羽面積指数

$$\frac{522\text{mm}^2 \times 119}{4.01\text{mm}^2} = 155 \text{ 枚分}$$
 羽根一枚の面積 × 枚数

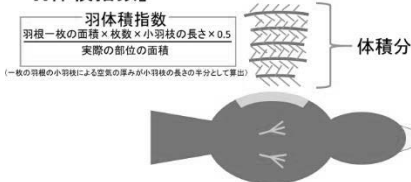
 実際の部位の面積

つまり、体羽の胸、脇腹部分では各面積部分に、胸は 21 枚分、脇腹は 155 枚分の羽が覆っているといえる。

雌で抱卵斑が見られたが、卵を温める部分の皮膚を露出させ、上皮を直に卵に触れさせ、両側より脇腹の羽根で卵を覆うということがこのことにより可能になっていると考える。

羽体積指数について また、実験 2 から分かったように、体羽は風切羽と比べて小羽枝が大変長い。それをさらに考慮して、羽体積指数を算出してみた。羽体積指数とは、小羽枝が織り成す羽まとまりとしての体積を算出するのに用いたものである (図 11)。

指標の提案その2
「羽体積指数」



体の各部の皮膚上部に羽より作り出された、空気の層が立体的に乗っていると考え、羽面積に小羽枝の長さの 0.5 をかけ、部位の面積で割って計算した。

胸 羽体積指数

$$\frac{94.7\text{mm}^2 \times 111 \times 0.8\text{mm} \times 0.5}{5.47\text{mm}^2} = 7.86 \text{ mm}$$
 羽根一枚の面積 × 枚数 × 小羽枝の長さ × 0.5

 実際の部位の面積

脇腹 羽体積指数

$$\frac{522\text{mm}^2 \times 121 \times 0.8\text{mm} \times 0.5}{4.01\text{mm}^2} = 79.41 \text{ mm}$$
 羽根一枚の面積 × 枚数 × 小羽枝の長さ × 0.5

 実際の部位の面積

図 11 羽体積指数について 〈胸と脇腹の羽体積指数〉

羽面積指数同様、胸は長い小羽枝により、7.9mm分の、また脇腹は 79.41mm分の高さの空気の層を作り出しているといえる。

11. 反省と課題 1 個体目の全てのデータを取るのに膨大な時間がかかり、2、3 個体目に関しては羽根の縦横比のデータは取れているが、光学顕微鏡を使った細部の計測は途中までしか出来ない。そのため、最後まで計測してデータを揃えたい。

12. 参考文献 原寸大写真図鑑 羽 増補改訂版 著者 叶内拓哉、高田勝

鳥のフィールドサイン観察ガイド 箕輪義隆

決定版 日本の野鳥 羽根図鑑 著者 笹川昭雄 羽 著者 ソーア・ヤンソン 訳者 黒沢令子

13. 謝辞 今回試料をくださいました、ふじのくに地球環境史ミュージアムの三宅隆さんに深く感謝申し上げます。