— 原 著 論 文 —

ハシブトガラスとハシボソガラスにおける最大突刺力と最大引張力

鎌田直樹^{1,2}・山田利菜²・杉田昭栄^{1,2,*}

¹ 東京農工大学大学院連合農学研究科 〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8

² 宇都宮大学農学部動物機能形態学研究室 〒321-8505 栃木県宇都宮市峰町 350

(2011 年 2 月 8 日受付；2011 年 5 月 27 日受理)

キーワード：ハシブトガラス，ハシボソガラス，突刺力，引張力，頸筋。

日本鳥学会誌

Japanese Journal of
Ornithology

© The Ornithological Society
of Japan 2011

Naoki Kamata^{1,2}, Rina Yamada¹, Shoei Sugita^{1,2,*}. 2011. Maximum peck and pull forces exerted by Jungle and Carrion Crows. Jpn. J. Ornithol. 60: 191–199.

Abstract. We investigated whether there are significant differences in neck muscle mass, maximum peck force, pressure and maximum pull force between Jungle Crows *Corvus macrorhynchos* and Carrion Crows *C. corone*. The maximum peck force and pressure were measured using pressure sensitive film. The maximum pull force was measured with spring balances. For male Jungle Crows, neck muscle mass, maximum peck force, pressure and maximum pull force were 8.27 g, 26.8 N, 80.4 MPa and 9.54 N; for females they were 6.82 g, 22.3 N, 69.7 MPa and 8.25 N. Those values for male Carrion Crows were 6.69 g, 22.3 N, 59.7 MPa and 4.07 N; whereas for females they were 4.50 g, 15.1 N, 53.2 MPa and 2.71 N. Furthermore, neck muscle mass, maximum peck force and maximum pull force were positively correlated with body mass in both species. There were no significant differences in the ratio between the cervical levator mass and the cervical depressor mass, and the maximum peck force exerted by one unit of the cervical depressor mass between Jungle and Carrion Crows. However, the maximum pull force exerted by one unit of the cervical levator and depressor mass of Jungle Crows was significantly larger than that of Carrion Crows.

Key words: Jungle Crow, Carrion Crow, Peck force, Pull force, Neck muscle.

¹ United Graduate School of Department of Animal Science, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8 Saiwaicho, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan.

² Laboratory of Animal Function and Morphology, Utsunomiya University, 350 Minemachi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan.

はじめに

日常生活および農畜業や産業界において，ハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* やハシボソガラス *C. corone* などのカラス類による被害が問題となっている。たとえば，ごみ集積所におけるごみの食い散らかし（黒沢 2005）や農作物の食害がカラス被害としてよく知られているが，エアコン室外機の断熱材が破損させられたり電線などのケーブル被覆がつつかれてショートをおこしたりする

など，カラスのついでばみによる被害もこれまでに報告されている（杉田 2006）。このような問題行動の解決のため，ごみの食い散らかし被害防止では防鳥ネットや防鳥効果のある特殊なごみ袋，農作物への被害防止では音声装置や爆発音，テグスなどを用いた方法が報告されている。しかし，エアコンの室外機の断熱材やケーブルなどの製品においては，コストや設置場所，景観などの関係からこれらの方法を用いることは難しい。そのため，断熱材やケーブルにおけるカラスのついでばみによる被害防止には，製品そのものの強度を上げることが必要であると考えられる。しかし，その強度の基準となるつつく力（突刺力）および引っ張る

* E-mail: sugita@cc.utsunomiya-u.ac.jp

doi:10.3838/jjo.60.191

JOI:JST.JSTAGE/jjo/60.191

力（引張力）に関する報告は無い。

これまでに、鳥類の突刺は多くの行動学者によってさまざまな研究がなされてきた。鳥類の突刺は餌をついばむ際だけでなく、食べ物（果物や穀物、昆虫など）の硬さや安全性を確かめる際にも用いられ、ニワトリやモリバトにおいては群内の順位付け（Schjelderup-Ebbe 1913, Allee 1938, Bennet 1939）、キツツキにおいては他の個体とのコミュニケーションや求愛行動（dorming）にも用いられることが分かっている（Ligon 1968, Moskovits 1978）。また、突刺は学習行動実験にも利用され、ハトなどにおいてキーつつきを利用した研究もおこなわれている（Cole 1965, Rilling *et al.* 1970）。さらに、突刺の際の頭部と頸部の動きを観察した報告もある（Hörster *et al.* 2002）。一方で、突刺の力そのものに関する研究は少なく、鳥類の突刺力と頸筋全体の質量（頸筋質量）の関連性について述べた報告はない。さらに、引張に関する報告はほとんど存在しないため、引張力と頸筋質量との関係もわかっていない。そこで本研究では、特に頸筋が発揮する力に着目し、ハシブトガラスとハシボソガラスの最大突刺力、最大突刺圧および最大引張力を計測してそれらの比較を行い、それぞれのカラスの突刺と引張によって発揮される力の相違を知ることを目的とした。また、これらの力が体重や頸筋とどのように関係するのかを知るため、体重と頸筋質量それぞれの最大突刺力や最大引張力との相関についても検討を行った。

材料と方法

1) 供試動物

本研究には、ハシブトガラス 11 羽（成鳥雄 6 羽、雌 5 羽）とハシボソガラス 8 羽（成鳥雄 4 羽、雌 4 羽）を用いた。カラスは栃木県真岡市の宇都宮大学農学部附属農場と埼玉県新座市に駆除目的でそれぞれ設置された捕獲罠で捕えた個体を用いた。なお、捕獲は栃木県（野生鳥獣捕獲許可番号 0010）と新座市（野生鳥獣捕獲許可番号 01-02）の許可を受けて行った。実験終了後、全てのカラスをペントバルビタール過剰投与により安楽死させた。使用したカラスは、北川（1980）、玉田・深松（1992）、青山ら（2007）を参考に、口腔内の黒色素沈着の度合いとファブリシウス囊の退縮の程度によって成鳥であることが確認された。また、雌雄の同定は生殖腺の剖検によって行われた。カラスの取り扱い「国立大学法人宇都宮大学動物

実験等管理規程」に従って行われた。

2) 頸筋質量

カラスを安楽死させた後速やかに剥皮して頸筋を筋膜に沿って一つずつ丁寧に分離し、筋の起始部と停止部で体から切り離し、それぞれの質量を測定した。乾燥による筋質量の変化を防ぐため、剥皮から頸筋の同定と計測までは 30 分以内で行った。筋の解剖学的用語は Zusi & Storer（1969）および Van den Berge & Zweers（1993）に、筋の機能による分類は加藤・山内（2006）にそれぞれ従った。

3) 突刺力と突刺圧の測定

突刺力と突刺圧の測定には、歯学分野でも広く用いられている（木下 1979, 永田ら 2007）圧力測定フィルム（プレスケール 中圧用シート MS, 高圧用シート HS；富士フィルム、東京）を使用した。このフィルムの表面には発色剤層と顕色剤層があり、発色剤層のマイクロカプセルが圧力によって破壊されることでカプセル中の発色剤が顕色剤に吸着し、白色の表面が化学反応で赤く発色する。加えられた圧力の大きさによって発色の程度の差が生じ、その違いを専用の読み取り装置（Data Shot FPD-100 / FPD-100S；富士フィルム、東

図 1. 圧力測定フィルムによる測定結果。a：計測後のフィルム（赤い部分が圧力を受けて反応した部位）、b：カラーチャートに従う圧力分布の測定結果。

Fig. 1. Sample measurement using pressure sensitive film. a: Showing real film after pecking (colors of some areas were changed from white to red by peck pressures), b: A photograph showing measurement of the peck pressure following a color chart.

京)によって判別することで圧力 (MPa: $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 10.197 \text{ kgf/cm}^2$) と加圧面積 (mm^2) が測定され (図 1), 測定された圧力と加圧面積から力 (N : $1 \text{ N} = 0.10197 \text{ kgf}$) が求められる。本研究では, カラスの突刺圧に合わせ測定可能圧力範囲の異なる 2 種類のフィルム (MS と HS) を用いて測定を行った。

実験には紙で上面を覆ったふたのない餌箱を使用し, カラスに餌箱上面を覆う紙をつつき破ると中に入った餌が食べられることを覚えさせた。その後餌箱にふたをし, 圧力測定フィルムで餌箱のふたを覆って再びカラスに餌箱の上面をつつかせた (図 2a)。カラスに圧力測定フィルムをつつさせる試行は 1 羽につき 3 回行い, 測定に利用した圧力測定フィルムは試行ごとに取り換えた。個体ごとに測定された圧力の最も値の大きい測定値をその個体の最大突刺圧とした。また, 最大突刺圧と同時に計測された加圧面積と力を, それぞれ突刺面積と最大突刺力とした。

4) 引張力の測定

重さ 10 g の鶏肉をバネばかり (1 kg, 5 kg 手はかり; 三田計器, 東京) に括り付け, カラスに鶏肉ごとバネばかりを引かせた (図 2b)。このとき, カラスが鶏肉を引っ張った際にバネばかりが鉛直方向から約 45° となるようにするため, 鶏肉が括り付けられたバネばかりのフック部分を地上から約 20 cm に設定した。これは, 実験前の行動観察の際に設定するバネばかりの角度が小さいとカラスが体重をかけてバネばかりを引っ張り, 一方で角度が大きいと脚で踏ん張ってバネばかりを引く様子が観察できたため, カラスが可能な限り頸の力

を用いてバネばかりを引くことのできるものとして設定した。鶏肉は加熱加工されており, 50 N 以下の引張において途中でちぎれないことを確認した。引張時のバネばかりの目盛を記録し, カラスの引張力 (N) とした。カラスにバネばかりを引かせる試行は 1 羽につき 3 回行い, 個体ごとに測定された力の最も高い測定値をその個体の最大引張力とした。

5) データ解析

本研究によって得られた全ての計測値を, ハシブトガラスとハシボソガラス間で種と性の 2 要因の分散分析により比較した。最大突刺力, 最大引張力, 頸筋質量, 体重間の相関の検定には Pearson の積率相関係数を用い, 無相関検定を行った。富田・内村 (2004) の方法により回帰直線式を求め, 2 種のカラス間で傾きの差の検定を行った。この検定に用いた値は, 自然対数変換し数値を標準化した。しかし, 雌雄間に有意な差がみられなかったため ($P > 0.05$), 種間での傾きの差の検定のみを結果に記載した。

結 果

1) 頸筋質量

ハシブトガラスとハシボソガラスにおいて 12 種の頸筋, すなわち錯綜筋 *musculus complexus*, 頸二腹筋 *musculus biventer cervicis*, 頭板状筋 *musculus splenius capitis*, 背頸長筋 *musculus longus colli dorsalis*, 上行筋 *musculus ascendentes*, 棘間筋 *musculi interspinales*, 頸屈筋 *musculus flexor colli lateralis*, 外側頭直筋 *musculus rectus capitis lateralis*, 横突間

図 2. a: ハシブトガラスが圧力測定フィルムに覆われた餌箱のふたを突く様子。b: ハシブトガラスがバネばかりに括り付けられた鶏肉を引いている様子。このとき, カラスが鶏肉を引っ張った際にバネばかりが鉛直方向から約 45° となるように設置した。

Fig. 2. a: A Jungle Crow pecks at a food box covered by a sheet of pressure sensitive film. b: A Jungle Crow pulls at chicken meat fixed to a spring balance. The balance is set so that the angle of the balance remains at 45° from the vertical when the crow pulls.

筋 *musculi intertransversarii*, 腹頭直筋 *musculus rectus capitis ventralis*, 腹頸長筋 *musculus longus colli ventralis* および背頭直筋 *musculus rectus capitis dorsalis* が同定された。これらの筋のうち、錯綜筋, 頸二腹筋, 頭板状筋, 背頸長筋, 上行筋および棘間筋は頸拳上筋 (図 3a) に, 錯綜筋, 上行筋, 頸屈筋, 外側頭直筋および横突間筋は頸側転筋 (図 3b) に, 外側頭直筋, 腹頭直筋および腹頸長筋は頸下制筋 (図 3c) に, 背頭直筋は回頭筋 (図 3d) に分類された。一部の筋は 2 つの機能にまたがって分類された。

ハシブトガラスとハシボソガラスにおける頸筋質量, 頸拳上筋質量, 頸下制筋質量およびそれぞれの体重比と頸筋質量比の平均値を表 1 に示した。頸筋質量において, ハシブトガラスの値はハシボソガラスの値に比べ有意に大きく, いずれの種で

も雄の値は雌の値に比べ有意に大きかった ($P < 0.05$)。突刺と引張に関わる頸拳上筋の質量では種間に有意差はみられなかったが ($P = 0.063$), 雌雄間には差がみられ雄の値は雌の値に比べ有意に大きかった ($P < 0.05$)。一方で, 突刺に関わる頸下制筋の質量では種間に差がみられ, ハシブトガラスの値はハシボソガラスの値に比べ有意に大きかったが ($P < 0.01$), 雌雄間には有意な差はみられなかった ($P = 0.121$)。体重に対する頸筋質量の割合 (種間 $P = 0.246$, 雌雄間 $P = 0.355$), 頸拳上筋質量の割合 (種間 $P = 0.391$, 雌雄間 $P = 0.206$) および頸下制筋質量の割合 (種間 $P = 0.214$, 雌雄間 $P = 0.805$) では, いずれにおいても種間と雌雄間に有意な差はみられなかった。さらに, 頸筋質量に対する頸拳上筋 (種間 $P = 0.433$, 雌雄間 $P = 0.293$) と頸下制筋 (種間 $P = 0.973$, 雌雄間 $P =$

図 3. ハシブトガラスの頸筋の位置。a: 頸拳上筋, b: 頸側転筋, c: 頸下制筋, d: 回頭筋。A: 上行筋, BC: 頸二腹筋, C: 錯綜筋, FCL: 頸屈筋, IT: 横突間筋, LCD: 背頸長筋, LCV: 腹頸長筋, RCD: 背頭直筋, RCL: 外側頭直筋, RCV: 腹頭直筋, SC: 頭板状筋, C1-C14: 頸椎, T1-T5: 胸椎。
Fig. 3. Distribution of neck muscles in Jungle Crow: a Cervical levator; b Cervical abductor; c Cervical depressor; d Head rotator. A *musculus ascendentes*; BC *musculus biventer cervicis*; C *musculus complexus*; FCL *musculus flexor colli lateralis*; IT *musculi intertransversarii*; LCD *musculus longus colli dorsalis*; LCV *musculus longus colli ventralis*; RCD *musculus rectus capitis dorsalis*; RCL *musculus rectus capitis lateralis*; RCV *musculus rectus capitis ventralis*; SC *musculus splenius capitis*; C1-C14 cervical vertebrae; T1-T5 thoracic vertebrae.

表 1. ハシブトガラスとハシボソガラスの頸筋質量.
Table 1. Neck muscle mass in Jangle and Carrion Crows.

計測項目 Measurement	ハシブトガラス Jungle Crow		ハシボソガラス Carrion Crow		2 要因の分散分析 2way ANOVA		
	雄 Male	雌 Female	雄 Male	雌 Female	種 Species	性 Sex	種×性 Species×Sex
個体数 <i>N</i>	6	5	4	4	$df_1 = 1, df_2 = 15$	$df_1 = 1, df_2 = 15$	$df_1 = 1, df_2 = 15$
BM (g)	720.0 ± 70.5	633.6 ± 31.6	634.0 ± 36.8	481.3 ± 77.9	$F = 20.58, P < 0.001$	$F = 19.91, P < 0.001$	$F = 0.91, P = 0.355$
NM (g)	8.27 ± 2.10	6.82 ± 1.67	6.69 ± 1.86	4.50 ± 1.19	$F = 5.88, P < 0.05$	$F = 5.07, P < 0.05$	$F = 0.31, P = 0.863$
CLM (g)	4.68 ± 1.41	3.70 ± 1.11	3.80 ± 1.07	2.53 ± 0.74	$F = 4.02, P = 0.063$	$F = 4.76, P < 0.05$	$F = 0.03, P = 0.870$
CDM (g)	1.72 ± 0.31	1.56 ± 0.34	1.37 ± 0.34	1.06 ± 0.27	$F = 8.85, P < 0.01$	$F = 2.71, P = 0.121$	$F < 0.01, P = 0.954$
体重比 Value / BM							
NM / BM (%)	1.139 ± 0.220	1.070 ± 0.224	1.045 ± 0.248	0.927 ± 0.160	$F = 1.46, P = 0.246$	$F = 0.91, P = 0.355$	$F = 0.02, P = 0.906$
CLM / BM (%)	0.644 ± 0.156	0.579 ± 0.156	0.593 ± 0.142	0.519 ± 0.097	$F = 0.78, P = 0.391$	$F = 1.18, P = 0.206$	$F = 0.01, P = 0.928$
CDM / BM (%)	0.239 ± 0.036	0.246 ± 0.044	0.214 ± 0.046	0.219 ± 0.045	$F = 1.69, P = 0.214$	$F = 0.06, P = 0.805$	$F = 0.04, P = 0.848$
頸筋質量比 Value / NM							
CLM / NM (%)	56.1 ± 3.4	53.7 ± 4.7	56.8 ± 2.5	55.9 ± 2.5	$F = 0.65, P = 0.433$	$F = 1.19, P = 0.293$	$F = 0.38, P = 0.545$
CDM / NM (%)	21.4 ± 3.4	23.2 ± 2.6	20.8 ± 3.2	23.6 ± 1.8	$F < 0.01, P = 0.973$	$F = 2.75, P = 0.118$	$F = 0.29, P = 0.596$

全ての値は、平均 ± 標準偏差とした。BM：体重，NM：頸筋質量，CLM：頸拳上筋質量，CDM：頸下制筋質量。
All values are means ± SD. BM: Body mass, NM: Neck muscle mass, CLM: Cervical levator mass, CDM: Cervical depressor mass.

0.118) のそれぞれの質量比においても、種間と雌雄間に有意な差はみられなかった。頸筋質量 ($P=0.863$)、頸拳上筋質量 ($P=0.870$)、頸下制筋質量 ($P=0.954$)、体重に対する頸筋質量の割合 ($P=0.906$)、頸拳上筋質量の割合 ($P=0.928$)、頸下制筋質量の割合 ($P=0.848$)、頸筋質量に対する頸拳上筋の質量比 ($P=0.545$) および頸下制筋の質量比 ($P=0.596$) のいずれにおいても、種と性の交互作用に有意な差はみられなかった。ハシブトガラス ($r=0.784$) とハシボソガラス ($r=0.840$) の両種において、体重と頸筋質量間に有意な相関がみられたが、ハシブトガラスの回帰直線の傾き 2.06 とハシボソガラスの回帰直線の傾き 1.60 の間に有意な差はみられなかった ($P=0.527$, 図 4a)。

2) 最大突刺力と最大突刺圧

ハシブトガラスとハシボソガラスにおける最大突刺力、最大突刺圧、突刺面積およびそれぞれの体重比と頸下制筋質量比の平均値を表 2 に示した。最大突刺力において、ハシブトガラスの値はハシボソガラスの値に比べ有意に大きく、いずれの種でも雄の値は雌の値に比べ有意に大きかった ($P<0.05$)。最大突刺圧においても、ハシブトガラスはハシボソガラスに比べ有意に大きい値を示した ($P<0.001$)。また、雌雄間でみた場合でも、雄

の値は雌の値に比べ有意に大きかった ($P<0.05$)。一方で、突刺面積においては種間 ($P=0.967$) と雌雄間 ($P=0.092$) のいずれにも有意な差はみられなかった。体重 1 kg あたりの最大突刺力 (種間 $P=0.389$, 雌雄間 $P=0.412$) および頸下制筋 1 g あたりの最大突刺力 (種間 $P=0.725$, 雌雄間 $P=0.539$) においても、種間と雌雄間に有意な差はみられなかった。また、最大突刺力 ($P=0.697$)、最大突刺圧 ($P=0.475$)、突刺面積 ($P=0.110$)、体重 1 kg あたりの最大突刺力 ($P=0.962$) および頸下制筋 1 g あたりの最大突刺力 ($P=0.783$) のいずれにおいても、種と性の交互作用に有意な差はみられなかった。ハシブトガラス ($r=0.621$) とハシボソガラス ($r=0.708$) の両種において、最大突刺力と体重間にそれぞれ有意な相関がみられたが、ハシブトガラスの回帰直線の傾き 1.29 とハシボソガラスの回帰直線の傾き 1.13 の間に有意な差はみられなかった ($P=0.856$, 図 4b)。ハシブトガラス ($r=0.374$) とハシボソガラス ($r=0.390$) において、最大突刺力と頸下制筋質量間に相関はみられなかった (図 4c)。

3) 最大引張力

ハシブトガラスとハシボソガラスにおける最大引張力、最大引張力の体重比、最大引張力の頸拳上筋および頸下制筋質量和比の平均値を表 2 に示

図4. ハシブトガラス (■) とハシボソガラス (▲) における相関と回帰直線. a: 頸筋質量 (g) と体重 (kg) の回帰直線. ハシブトガラス: $r=0.784$, $Y=-11.4+2.06X$, $t_{(9)}=3.78$, $P<0.01$. ハシボソガラス: $r=0.840$, $Y=-8.41+1.60X$, $t_{(6)}=3.79$, $P<0.01$. 両種の回帰直線の傾きに有意な差はみられなかった ($t_{(15)}=0.65$, $P=0.527$). b: 最大突刺力 (N) と体重 (kg) の回帰直線. ハシブトガラス: $r=0.621$, $Y=-5.19+1.29X$, $t_{(9)}=2.38$, $P<0.05$. ハシボソガラス: $r=0.708$, $Y=-4.27+1.13X$, $t_{(6)}=2.46$, $P<0.05$. 両種の回帰直線の傾きに有意な差はみられなかった ($t_{(15)}=0.18$, $P=0.856$). c: 最大突刺力 (N) と頸下制筋質量 (g) の散布図. ハシブトガラス: $r=0.374$, $t_{(9)}=1.21$, $P=0.257$. ハシボソガラス: $r=0.390$, $t_{(6)}=1.04$, $P=0.339$. d: 最大引張力 (N) と体重 (kg) の回帰直線. ハシブトガラス: $r=0.708$, $Y=-33.1+5.38X$, $t_{(9)}=3.01$, $P<0.05$. ハシボソガラス: $r=0.758$, $Y=-15.0+2.54X$, $t_{(6)}=2.85$, $P<0.05$. 両種の回帰直線の傾きに有意な差はみられなかった ($t_{(15)}=1.46$, $P=0.166$). e: 最大引張力 (N) と頸拳上筋および頸下制筋の質量 (g) の回帰直線と散布図. ハシブトガラス: $r=0.855$, $Y=-2.15+2.38X$, $t_{(9)}=4.96$, $P<0.001$. ハシボソガラス: $r=0.627$, $t_{(6)}=1.97$, $P=0.096$.

Fig. 4. Scatter diagrams and regression lines for Jungle Crows (black squares) and Carrion Crows (gray triangles). a: Regression lines for neck muscle mass (g) versus body mass (kg) of Jungle Crows ($r=0.784$, $Y=-11.4+2.06X$) and Carrion Crows ($r=0.840$, $Y=-8.41+1.60X$). There is no significant difference between the slopes of regression lines of Jungle Crows and Carrion Crows ($P=0.527$). b: Regression lines for maximum peck force (N) versus body mass (kg) of Jungle Crows ($r=0.621$, $Y=-5.19+1.29X$) and Carrion Crows ($r=0.708$, $Y=-4.27+1.13X$). There is no significant difference between the slopes of regression lines of Jungle Crows and Carrion Crows ($P=0.856$). c: Scatter diagrams for maximum peck force (N) versus cervical depressor mass (g) of Jungle Crows ($r=0.374$, $P=0.257$) and Carrion Crows ($r=0.390$, $P=0.339$). d: Regression lines for maximum pull force (N) versus body mass (kg) of Jungle Crows ($r=0.708$, $Y=-33.1+5.38X$) and Carrion Crows ($r=0.758$, $Y=-15.0+2.54X$). There is no significant difference between the slopes of regression lines of Jungle Crows and Carrion Crows ($P=0.166$). e: Regression lines for maximum pull force (N) versus cervical levator and depressor mass (g) of Jungle Crows ($r=0.855$, $Y=-2.15+2.38X$) and scatter diagrams for that of Carrion Crows ($r=0.627$, $P=0.096$).

した。最大引張力において、ハシブトガラスの値はハシボソガラスの値に比べ有意に大きかったが ($P<0.05$)、雌雄間に有意な差はみられなかった ($P=0.441$)。体重 1 kg あたりの最大引張力においても、ハシブトガラスの値はハシボソガラスの値に比べ有意に大きかったが ($P<0.05$)、雌雄間に有意な差はみられなかった ($P=0.771$)。同様に、

頸拳上筋と頸下制筋の質量と 1 g あたりの最大引張力においても、ハシブトガラスの値はハシボソガラスの値に比べ有意に大きかったが ($P<0.05$)、雌雄間に有意な差はみられなかった ($P=0.631$)。最大引張力 ($P=0.710$)、体重 1 kg あたりの最大引張力 ($P=0.890$) および頸拳上筋と頸下制筋の質量と 1 g あたりの最大引張力 ($P=0.934$) のい

表 2. ハシブトガラスとハシボソガラスの最大突刺力, 最大突刺圧および最大引張力.
Table 2. Maximum peck force, pressure and maximum pull force in Jungle and Carrion Crows.

計測項目 Measurement	ハシブトガラス Jungle Crow		ハシボソガラス Carrion Crow		2 要因の分散分析 2way ANOVA		
	雄 Male	雌 Female	雄 Male	雌 Female	種 Species	性 Sex	種×性 Species×Sex
個体数 <i>N</i>	6	5	4	4	$df_1 = 1, df_2 = 15$	$df_1 = 1, df_2 = 15$	$df_1 = 1, df_2 = 15$
MPeF (N)	26.8 ± 5.1	22.3 ± 4.2	22.3 ± 4.6	15.1 ± 5.1	$F = 7.49, P < 0.05$	$F = 7.23, P < 0.05$	$F = 0.16, P = 0.697$
MPeP (MPa)	80.4 ± 9.9	69.7 ± 8.0	59.7 ± 2.6	53.2 ± 2.5	$F = 32.16, P < 0.001$	$F = 8.62, P < 0.05$	$F = 0.54, P = 0.475$
Peck area (mm ²)	0.33 ± 0.04	0.32 ± 0.03	0.37 ± 0.06	0.28 ± 0.08	$F < 0.01, P = 0.967$	$F = 3.24, P = 0.092$	$F = 2.29, P = 0.110$
MPuF (N)	9.54 ± 5.35	8.25 ± 5.24	4.07 ± 1.48	2.71 ± 2.45	$F = 7.76, P < 0.05$	$F = 0.63, P = 0.441$	$F = 0.14, P = 0.710$
体重比 Value / BM							
MPeF / BM (N/kg)	37.4 ± 6.5	35.2 ± 6.1	35.0 ± 5.6	31.8 ± 10.2	$F = 0.79, P = 0.389$	$F = 0.71, P = 0.412$	$F < 0.01, P = 0.962$
MPuF / BM (N/kg)	12.8 ± 6.4	12.7 ± 7.9	6.4 ± 2.1	5.3 ± 4.0	$F = 6.55, P < 0.05$	$F = 0.09, P = 0.771$	$F = 0.02, P = 0.890$
最大突刺力頸筋質量比 と 最大引張力の頸拳上筋および頸下制筋質量比 MPeF / CDM and MPuF / CLDM							
MPeF / CDM (N/g)	15.8 ± 3.0	14.8 ± 4.0	17.0 ± 4.6	15.2 ± 6.6	$F = 0.13, P = 0.725$	$F = 0.40, P = 0.539$	$F = 0.08, P = 0.783$
MPuF / CLDM (N/g)	1.42 ± 0.63	1.44 ± 0.67	0.79 ± 0.19	0.73 ± 0.51	$F = 6.60, P < 0.05$	$F = 0.02, P = 0.631$	$F = 0.01, P = 0.934$

全ての値は, 平均 ± 標準偏差とした. MPeF: 最大突刺力, MPeP: 最大突刺圧, MPuF: 最大引張力, BM: 体重, CDM: 頸下制筋質量, CLDM: 頸拳上筋および頸下制筋質量和.
All values are means ± SD. MPeF: Maximum peck force, MPeP: Maximum peck pressure, MPuF: Maximum pull force, BM: Body mass, CDM: Cervical depressor mass, CLDM: Cervical levator and depressor mass.

ずれにおいても, 種と性の交互作用に有意な差はみられなかった. ハシブトガラス ($r=0.708$) とハシボソガラス ($r=0.758$) の両種において, 最大引張力と体重の間にそれぞれ相関がみられたが, ハシブトガラスの回帰直線の傾き 5.38 とハシボソガラスの回帰直線の傾き 2.54 の間に有意な差はみられなかった ($P=0.166$, 図 4d). また, ハシブトガラス ($r=0.855$) において頸拳上筋および頸下制筋の質量和と最大引張力の間にも相関がみられたが, ハシボソガラス ($r=0.627$) においては有意な相関はみられなかった (図 4e).

考 察

本研究の結果から, ハシブトガラスとハシボソガラスにおいて頸筋質量と体重間に正の相関がみられることが明らかになった. また, 体重に対する頸筋質量比, 頸拳上筋質量比および頸下制筋質量比については, 種間および両種の雌雄間において有意な差がないことが明らかになった. さらに, ハシブトガラスとハシボソガラスの体重と頸筋質量における回帰直線の傾きに有意な差がみられなかったことから, 体重に対する頸筋質量の発達には 2 種のカラス間で差がないことが考えられた. 頸筋質量に対する頸拳上筋質量比および頸下制筋質量比についても, 種間および両種の雌雄間におい

て有意な差がないことが明らかになった. そのため, ハシブトガラスとハシボソガラスの頸拳上筋と頸下制筋の割合はおおよそ 5:2 であり, 2 種のカラス間および雌雄間において有意な差はないことが明らかになった.

ハシブトガラスとハシボソガラスのいずれの種において, 最大突刺力と体重との間には正の相関がみられることが明らかになった. また, 体重 1 kg あたりの最大突刺力において種間および両種の雌雄間に有意な差はみられず, 最大突刺力と体重の回帰直線の傾きにも 2 種のカラス間で有意な差はみられなかった. そのため, ハシブトガラスとハシボソガラスの最大突刺力は平均で体重 1 kg あたり 35.1 N であり, 種間および両種の雌雄間において有意な差がないことが考えられた. これまでの研究により, 鳥類の湾曲した上嘴は皮膚や肉をついばむのに適している (Herrel *et al.* 2005) ことと, 嘴の形態は餌の大きさや硬さと強い関連性を持つ (Grant & Grant 1996) ことが報告されている. これらのことから, 嘴の形態がついばみの力および最大引張力に影響を与えている可能性が考えられる. この嘴の形態において, ハシブトガラスの上嘴は太く湾曲し, ハシボソガラスの上嘴は細く直線状で先端が尖っているなど, 2 種のカラス間には違いがある (杉田 2004). そのため, 本

研究ではハシブトガラスとハシボソガラス間で最大突刺力と頸下制筋質量間には相関がみられないことが明らかになったが、最大突刺力と頸下制筋の関連性の検討には突刺力が外部に伝わるまでの力学的な解析を両種に行うことも必要であると考えられた。

また、ハシブトガラスとハシボソガラスのいずれの種において体重と最大引張力間に正の相関がみられることと、ハシブトガラスにおいて頸上筋および頸下制筋質量と最大引張力間に正の相関がみられることが明らかになった。体重 1 kg あたりの最大引張力と頸上筋、および頸下制筋質量と 1 g あたりの最大引張力のいずれにも 2 種のガラス間に有意な差がみられたが、両種の雌雄間には有意な差がみられなかった。これらのことから、ハシブトガラスの最大引張力は平均で体重 1 kg あたり 12.8 N、頸上筋および頸下制筋質量と 1 g あたり 1.4 N であり、雌雄間において有意な差がないことが考えられた。また、ハシボソガラスの最大引張力は平均で体重 1 kg あたり 5.8 N、頸上筋および頸下制筋質量と 1 g あたり 0.8 N であり、ハシブトガラスと同様に雌雄間において有意な差がないことが考えられた。本研究では、引張時にバネばかりが鉛直方向から約 45° となるようにバネばかりと鶏肉を設置するという条件を設定した。この条件において、多くのガラスは頸のみを動かしてバネばかりを引いていたが、一部のガラスが体全体を使ってバネばかり引いている様子が観察できた。そのため、これらのガラスは頸筋だけでなく脚筋、背筋および胸筋も利用している可能性が考えられる。最大引張力をより正確に計測するためには、厳密に頸のみを用いた引張力を計測できる条件の設定が必要であることも考えられた。

摘 要

ハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* とハシボソガラス *C. corone* の最大突刺力と最大突刺圧について圧力測定フィルムを用いて、最大引張力についてバネばかりを用いて計測し、それぞれと頸筋質量との関係を調べた。ハシブトガラスの最大突刺力と最大突刺圧、最大引張力、頸筋質量はハシボソガラスに比べ有意に大きく、これらの値が体重に正の相関をすることが明らかになった。また、2 種のガラス間において頸上筋と頸下制筋の割合に有意な差は無く、頸下制筋 1 g あたりの最大突刺力にも有意な差がないことがわかった。さら

に、ハシブトガラスの頸上筋と頸下制筋の質量と 1 g あたりの最大引張力は、ハシボソガラスのそれに比べて大きいことが明らかになった。

引用文献

- Allee WC (1938) *The social life of animals*. W.W. Norton & Company, inc., New York.
- 青山真人・祝暁波・塚原直樹・渡邊 潤・杉田昭栄 (2007) 関東地方におけるハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* の生殖腺の季節変動. 日鳥学誌 **56**: 157-162.
- Bennett MA (1939) The social hierarchy in ring doves. *Ecology* **20**: 337-357.
- Cole JL (1965) Force gradients in stimulus generalization. *J. Exp. Anal. Behav.* **8**: 231-241.
- Grant BR & Grant PR (1996) High survival of Darwin's finch hybrids: effects of beak morphology and diets. *Ecology* **77**: 500-509.
- Herrel A, Podos J, Huber SK & Hendry AP (2005) Bite performance and morphology in a population of Darwin's finches: implications for the evolution of beak shape. *Funct. Ecol.* **19**: 43-48.
- Hörster W, Krumm E, Mohr C & Delius JD (2002) Conditioning the pecking motions of pigeons. *Behav. Proc.* **58**: 27-43.
- 加藤嘉太郎・山内昭二 (2006) 家畜比較解剖図説 上巻 第 3 版: 166-167. 養賢堂, 東京.
- 木下四郎 (1979) プレスケールを用いた咬合接触面積および咬合圧の新しい測定法について. 日歯周誌 **21**: 475-484.
- 北川珠樹 (1980) 野鳥の生活をさぐる 11. 野鳥 **45**: 416-421.
- 黒沢令子 (2005) ごみ対策がもたらした人とカラスの共存事例—ごみ散乱の減った街 (東京都調布市)—. *Strix* **23**: 125-129.
- Ligon DJ (1968) Sexual differences in foraging behavior in two species of dendrocopos woodpeckers. *Auk* **85**: 203-215.
- Moskovits D (1978) Winter territorial and foraging behavior of red-headed woodpeckers in Florida. *Wilson Bull.* **90**: 521-553.
- 永田雄己・井上美香・蓮舎寛樹・長屋和也・神原敏之 (2007) 咀嚼能力および咬合力と顎顔面形態との関連について. 歯科医学 **70**: 193-203.
- Rilling M, Kramer TJ & Askew HR (1970) A preliminary analysis of the dynamics of the pecking response in pigeons. *J. Exp. Anal. Behav.* **13**: 267-278.
- Schjelderup-Ebbe T (1913) Honsenes stemme. *Bidrag til honsenes psykologi*. *Naturen* **37**: 262-276.
- 杉田昭栄 (2004) カラスの行動特性および保有病原体. 鶏病研報 **40**: 81-89.
- 杉田昭栄 (2006) カラスと人の知恵比べ. 自然と人間 **117**: 138-141.
- 玉田克巳・深松 登 (1992) 捕獲小屋で捕獲されたハシボソガラスとハシブトガラスの捕獲数と年齢構成の季節変化. 日鳥学誌 **40**: 79-82.
- 富田 豊・内村孝憲 (2004) エクセルを使ったバイオメ

- カニズムのための統計学 (3). バイオメカニズム学会誌 **28**: 221–225.
- Van den Berge JC & Zweers GA (1993) Myologia. In: Baumel JJ, King Breazile ASJE, Evans HE & Van den Berge JC (eds.), *Handbook of avian anatomy : nomina anatomica avium 2nd edition*: 189–247. Harvard Univ. Nuttall Ornithological Club, Cambridge.
- Zusi RL & Storer RW (1969) *Osteology and myology of the head and neck of the pied-billed grebes (Podilymbus)*. Univ. Michigan, Museum of Zoology, Michigan.