

鳥の種類による卵の大きさと卵黄球の大きさの関連

Relations between the Overall Size and Yolk Sphere of Eggs from Different Birds

峯木真知子* 鈴木 惇**

Machiko Mineki

Atsushi Suzuki

Smaller hens's eggs and yolks are composed of smaller yolk spheres, and vice-versa for larger yolks. We examined whether the size of the yolk spheres was related to the size of eggs and yolks in eggs from different birds. The cross-sectional area of the yolk spheres in the intermediate layer of steamed yolks was measured by the image-processing technique.

The weights of the eggs and yolks from different birds were greatest in the ostrich (>duck>White-Leghorn >Nagoya>guinea fowl>quail). The weight of an ostrich egg was about 25 times greater than that of hen eggs, and about 120 times greater than that of quail eggs. The cross-sectional area of yolk spheres was greatest in the White-Leghorn (>ostrich>duck>Nagoya>quail>guinea fowl). There was no significant correlation between the cross-sectional area of yolk spheres and the yolk weight in eggs from different birds ($r=0.12$).

The kinds of bird egg cannot be identified by the different cross-sectional areas of the yolk spheres.

キーワード: 卵黄重 Weight of yolk; ダチョウ卵 ostrich egg; ウズラ卵 quail egg; 画像解析 image processor; 卵黄球 yolk sphere

卵の卵黄における主な構成物は卵黄球である。鶏卵の卵黄球の大きさは、卵およびその卵黄の大きさに比例する (Mineki and Kobayashi, 2000)。すなわち、小さな卵の卵黄球は小さく、大きな卵の卵黄球は大きい。しかも、卵黄に含まれる卵黄球の数は卵の大きさに限らず一定であった。そこで、種類の異なる鳥の卵においても、卵の大きさと卵黄球の大きさは鶏卵と同様に比例するのか、あるいはどのような関連があるのかについては明らかではない。もし、鶏卵と同様に、鳥の種類にかかわらず、卵の大きさと卵黄球の大きさが比例するのであれば、調理された卵の卵黄球から卵の大きさおよび卵の種類がある程度推定することができると考えた。これを可能にするためには、異なる種類の鳥卵の大きさと卵黄球の大きさに関連があるか無いかを確かめる必要があるので、本研究を行った。

実験方法

1) 材料

食用として入手できる鳥の卵で大きさの異なる6種の卵を用いた。ニワトリの2品種の卵 (白色レグホーン, 名古屋コーチン), これより大きな卵として, ダチョウとアヒルの卵, 小さな卵としては, ホロホロチョウとウズラの卵を選んだ。

ダチョウの卵は、茨城県農業研究所において飼育され

たダチョウ (アフリカンブラック種ダチョウ, 60ヶ月齢) から得られた卵 (産卵4日以内) を用いた。アヒルの卵は、大阪府立農林技術センターで飼育された大阪アヒル (7ヶ月齢) の卵を用いた。ホロホロチョウの卵は東京農業大学農学部富士畜産農場で飼育されたホロホロチョウ (真珠斑ホロホロチョウ, 7ヶ月齢) から得られた。ニワトリの卵は愛知県立農林技術センターで同一の飼料で育てた白色レグホーンと名古屋コーチンの卵 (8ヶ月齢) を用いた。ウズラの卵は(株)豊橋養鶏で飼育されたニホンウズラ (104日令) の卵を用いた。ダチョウの卵 (1個) を除いて、いずれの卵も産卵2日以内のものを10個以上用いた。

2) 試料および重量測定

各卵は重量を測定した後加熱した。加熱した卵の卵黄球は、生卵の卵黄球より個々に分離しやすく、正確に計測できるので (峯木, 1999a; Mineki and Kobayashi, 2000), いずれの卵も全熟卵にした。加熱後卵を流水で急冷し、卵を卵殻, 卵白, 卵黄に分け、各重量を測定した。卵重に対する卵黄重の割合 (卵黄重/卵重 $\times 100$) を求めた。卵および卵黄の大きさは、卵重および卵黄重の平均値 $\pm$ 標準偏差で表わした。

3) 加熱方法

各卵を全熟卵にするために、卵殻上部に1mm程度の穴をあけ、AP-210型温度計 (安立電気) に接続したパイメタル式測定センサー (シース O-E-JI-MI) を固定して差し込み、卵黄中心部の温度を測定しながら蒸しあるいは茹でた。卵黄中心部の温度が80℃以上になったものを全熟卵として (峯木, 1997), 加熱終了とした。

ダチョウの卵は、アルマイト製深鍋に入れ、6lの水を加えて加熱した。加熱時間は120分 (沸騰まで60分) を

* 青葉学園短期大学
(Aobagakuen Junior College)

** 修紅短期大学
(Shuko Junior College)

§ 連絡先 青葉学園短期大学 食物栄養学科 〒154-0017 東京都世田谷区世田谷 3-12-9
TEL 03(3429)8101 FAX 03(3706)0509

要し、内部温度が80℃になったのを確認して加熱終了とした。

アヒルおよびウズラの卵は、厚紙で固定枠を作り、動かないようにして、沸騰した蒸し器で加熱した(95±1℃)。アヒルの卵は加熱時間15分(中心温度81.9℃)、ウズラの卵は加熱時間8分(中心温度86℃)であった。

2品種のニワトリの卵とホロホロチョウの卵は、電気ゆで卵器(東芝BC-349)で15分通電し、中心温度85℃とした(峯木, 1997)。

4) 組織試料の採取方法

いずれの卵の卵黄も、卵黄膜側の一番外側の部分を取り除いた。卵黄の最外層には、小さな卵黄球のある部位(Cortical layer)が存在するので(星野, 1998; Mineki and Kobayashi, 1997), 卵黄の最外層にあたる部分(外側約1~2mm)を削除した。それぞれの卵黄は、卵黄膜から卵黄中心部までの半径を3等分して、外層部、中層部、内層部の試料とした。鶏卵では、卵黄球は卵黄の部位によって大きさが異なり(星野, 1998), 最外層を除いて、卵黄を三分割にした場合、外層部の卵黄球は小さく、内層部は大きく、中層部は中間の平均的な大きさであった(Mineki and Kobayashi, 1997, 1998, 2000; 峯木, 1999 a, b)。

画像計測試料では、この結果に基づき、いずれの卵でも、鶏卵と同様に3分割した卵黄の中層部を用いた。これらの試料は1%パラホルム・2.5%グルタルアルデヒドの混合液(0.1Mカコジル酸緩衝液)に浸漬し、5℃下2時間の前固定を行った。洗浄後、1%オスミウム酸溶液で5℃、3~5時間の後固定を行い、その後はエタノール系列(50%~100%)で脱水した。卵黄球をばらばらにするために、脱水の過程では試料瓶をよく振り、100%エタノールに分散した状態の卵黄球を計測した。

組織観察用試料は、大きなダチョウ卵を除いて、各卵の卵黄を卵黄膜側から卵黄中心部までを採取した。その試料をホルマリン緩衝液で固定し、常法に従ってパラフィン切片にし、ヘマトキシリン・エオジン染色、および多糖類を検出する過ヨウ素酸シッフ染色(PAS染色)を行って、卵黄の中層部を観察した。ダチョウ卵では、卵黄の中層部を7mm角に切り出し、ホルマリン緩衝液で固定し、他の卵と同様の方法でパラフィン切片にし、染色を行った。

5) 画像計測

分散した卵黄球は落射顕微鏡を用いて、CCDカメラよりイメージコマンド4198(株ウイルソン)を搭載したエクセルイメージプロセッサ(株日本アビオニクス)に画像を入力した。画像は二値化処理後、各卵1個あたり150個以上の卵黄球についてその横断面積、長短軸比(最大長/最大幅)を計測した。卵黄球の大きさは横断面積で表した。結果の統計処理は、ピアソン積率相関係数を用い、平均値の有意差検定にはt検定を用いた。なお、ダチョウの卵は1個なので、有意差検定から除いた。

実験結果および考察

1. 各卵の卵重、卵黄重および卵重に対する卵黄重の割合

卵重で一番大きい卵はダチョウの卵で1411g、次がアヒルの卵84.95g>白色レグホーンの卵≧名古屋コーチンの卵>ホロホロチョウの卵>ウズラの卵11.65gの順に小さかった(Table 1)。卵重では、大きいダチョウの卵はニワトリの卵の約25倍、ウズラの卵の約120倍であった。鳥の種類による卵重には有意差が認められた。

卵黄重では、ダチョウの卵が231gで一番大きく、アヒルの卵>白色レグホーンの卵≧名古屋コーチンの卵≧ホロホロチョウの卵>ウズラの卵が3.4gで一番小さかった(Table 1)。2品種のニワトリの卵とホロホロチョウの卵の卵黄重には有意差がみられなかった。卵黄重では、ダチョウの卵は、ニワトリの卵の約15倍、ウズラの卵の約70倍であった。

卵重に対する卵黄重の割合では、アヒルの卵が33.6%で一番高く、ウズラの卵≧ホロホロチョウの卵約29%>名古屋コーチンの卵≧白色レグホーンの卵>ダチョウの卵16.4%の順で低かった(Table 1)。アヒルとホロホロチョウの卵では、卵重に対して卵黄重の割合が高いこと(Romanoff and Romanoff, 1949; 定森, 1966; 渡辺, 1980; 村山と川端, 1978), およびダチョウの卵では卵重に対して卵黄が小さいことは前報と同様であった(峯木ら, 2003)。

2. 画像計測による卵黄球の形状

1) 異なる鳥卵の卵黄球の大きさ

各卵の卵黄球の横断面積は白色レグホーンの卵が一番大きく7027 μm²>ダチョウの卵6368 μm²>アヒルの卵5408 μm²>名古屋コーチンの卵4502 μm²≧ウズラの卵4488 μm²>ホロホロチョウ4157 μm²の順であった(Table 2)。

白色レグホーンの卵の卵黄球は、名古屋コーチン、ホロホロチョウ、ウズラの卵の卵黄球間に有意差が認められた。

Table 1. Weight of egg and egg yolk and percentages of yolk weight to whole egg weight in different birds

egg	n	Weight		
		Whole egg(g)	Yolk(g)	Yolk/egg(%)
Ostrich	1	1411	231	16.4
Duck	10	85.0±6.0 ^{*a}	28.6±3.4 ^a	33.6±2.3 ^a
White Leghorn	10	55.4±1.2 ^b	14.8±1.0 ^b	26.6±1.5 ^b
Nagoya	10	53.8±2.3 ^b	14.4±0.8 ^b	26.7±0.9 ^b
Guniea fowl	10	48.5±3.5 ^b	14.1±0.8 ^b	29.0±1.6 ^{ab}
Quail	13	11.7±0.7 ^c	3.4±0.2 ^c	29.3±1.6 ^{ab}

n = number of eggs

^{*}Mean ± S. D. Different letters (a, b, c) within the same column are significantly different (p<0.05).

Table 2. Transverse sectional area and ratio of longest to shortest dimensions of yolk sphere of the middle layer of yolk in different birds

egg	n	Yolk sphere	
		Transverse sectional area (μm^2)	Ratio of longest to shortest dimensions
Ostrich	1	6368	1.30
Duck	10	5408 $\pm$ 1305*, a,b	1.40 $\pm$ 0.10 ^a
White Leghorn	10	7027 $\pm$ 1329 ^a	1.37 $\pm$ 0.07 ^a
Nagoya	10	4502 $\pm$ 990 ^b	1.28 $\pm$ 0.03 ^{a,b}
Guinea fowl	10	4157 $\pm$ 1339 ^b	1.29 $\pm$ 0.05 ^{a,b}
Quail	13	4488 $\pm$ 976 ^b	1.25 $\pm$ 0.02 ^b

n = number of eggs

*Mean $\pm$ S. D. Different letters (a, b, c) within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

しかし、卵黄重が2番目に重いアヒルの卵では、名古屋コーチン、ホロホロチョウ、ウズラの卵の間に有意差はみられなかった。

鳥卵の種類による卵黄重と卵黄球の横断面積の相関係数は $r = 0.12$ で低く、両者間に相関は認められなかった。このことは、これらの卵の間には、卵黄の大きさと卵黄球の大きさに関連がないことを示している。したがって、卵黄球の大きさから産卵した鳥の種を推定することは出来ないと考えた。

2) 卵黄球の長短軸比

卵黄球の長短軸比は、アヒルの卵が1.40で一番細長かったが、白色レグホーンの卵>ダチョウの卵>ホロホロチョウの卵>名古屋コーチンの卵>ウズラの卵の順で小さかった。卵黄球の長短軸比では、白色レグホーンの卵とウズラの卵の卵黄球で有意差が得られたが、他の卵の卵黄球間には有意差がみられなかった。

3) 各種の鳥の卵における卵黄重と卵黄球の形状(横断面積, 長短軸比)との関連

アヒルの卵および白色レグホーンの卵において、卵黄重と卵黄球の横断面積との間のそれぞれの相関係数は、0.51, 0.15であった。ウズラの卵で、卵黄重と卵黄球の横断面積との相関係数は0.04であった。また、ホロホロチョウの卵および名古屋コーチン種の卵において卵黄重と卵黄球の横断面積との間のそれぞれの相関係数は-0.32, -0.45で

負の相関を示した。従って、各種の鳥の卵における卵黄重と卵黄球の横断面積との関連は、各卵において異なっていた。ホロホロチョウの卵および名古屋コーチン種の卵では、負の相関であったので、卵黄に含まれる卵黄球の数は一定ではなく、卵重および卵黄重の大きな卵は卵黄球の数の増加によるものではないかと考えた。この点についてはさらに検討する必要がある。

各種の鳥の卵における卵黄重と卵黄球の長短軸比との間の相関は、アヒルの卵、白色レグホーン種の卵ではそれぞれ0.30, 0.22であったが、ウズラの卵では、-0.35であった(Table 3)。従って、同種の卵における卵黄重と卵黄球の長短軸比との関連も、各卵で異なっていた。

3. 各卵の卵黄の形状

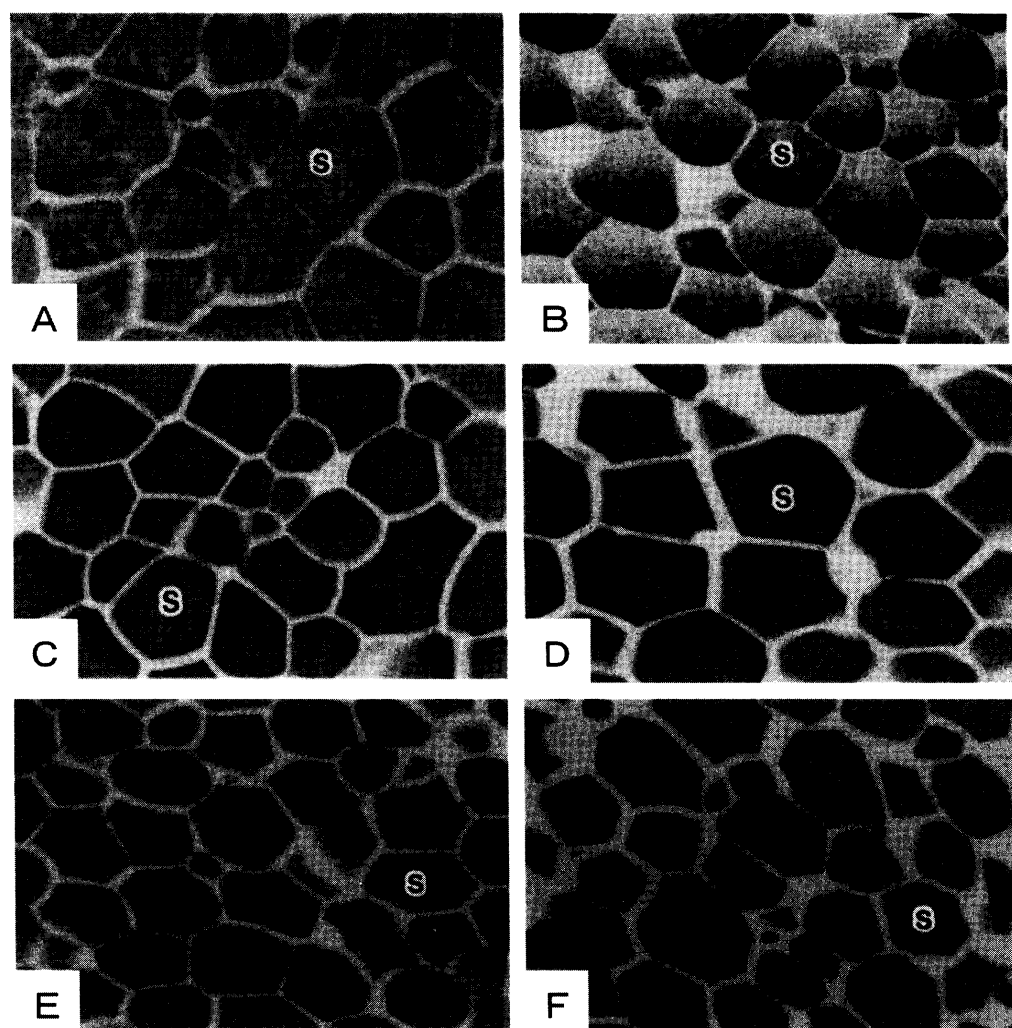
鶏卵の卵黄球は多面形を示す(Romanoff and Romanoff, 1949; Bellairs, 1961; 河野ら, 1971; 日比, 1979; Perry and Gilbert, 1985; 峯木, 1997; Mineki and Kobayashi, 1997, 1998; 西楽と田村, 1998)。他の鳥の卵黄でも鶏卵の卵黄と同様の多面形を示した(Fig. 1)。卵黄球はヘマトキシリン・エオジン染色およびPAS染色で強染した濃染顆粒が存在した。アヒル卵(Fig. 1B)、白色レグホーンの卵(Fig. 1C)、ホロホロチョウの卵の卵黄球(Fig. 1E)では、卵黄球基質の顆粒が濃染して、明瞭であった。アヒルの卵では、濃染顆粒が偏在していた(Fig. 1B)。他の鳥の卵黄では、卵黄球内の顆粒は偏在していなかった。これらの偏在は、鮮度の低下を示す構造変化(Mineki and Kobayashi, 1998; 小川ら, 2000)であることから、アヒルの卵の鮮度低下が他の卵より速いと考えられる。しかし、アヒルの卵における卵黄係数の低下は鶏卵より遅いことが報告されているので(渡辺, 1980)、卵質の違いなのか、更に検討が必要である。

ホロホロチョウとウズラの卵の卵黄球は他の卵のものより小さく、類似した大きさと形状を示した(Fig. 1E, F)。白色レグホーンとウズラの卵の構造では、卵黄球間の間隙が大きい傾向を示した。

光学顕微鏡から観察した卵黄球の大きさは、調製法の異なる画像計測による卵黄球の大きさの順位、長短軸比の大きさの順位と同じ傾向であった。

Table 3. The correlations between weight of egg yolk and transverse sectional area of yolk sphere and their ratio of longest to shortest dimensions in different birds

egg	Correlation (r) between yolk weight and transverse sectional area of yolk sphere	Correlation (r) between yolk weight and the ratio of longest to shortest dimensions of yolk sphere
Duck	0.51	0.30
White Leghorn	0.15	0.22
Nagoya	-0.45	0.04
Guinea fowl	-0.32	0.06
Quail	0.04	-0.35



100 μ m

Fig. 1 Micrographs of the middle layer of steamed yolks in different birds.

Sections were stained with hematoxylin-eosin Y.

- A) yolk spheres of ostrich yolk
- B) yolk spheres of duck yolk.
- C) yolk spheres of White Leghorn yolk
- D) yolk spheres of Nagoya yolk.
- E) yolk spheres of guinea fowl yolk
- F) yolk spheres of Japanese quail yolk.

Yolk spheres of yolks in different birds have polyhedral spheres which are closely packed within the vitelline membrane. In Fig. A, the ground substrate of the yolk spheres is unevenly stained and the granules within yolk spheres are unclear.

In Fig. B, the granules in yolk spheres are unevenly distributed and yolk spheres are larger than those of guinea fowls and quails. In Fig. C, the yolk spheres are the biggest of those in different birds. In Fig. C and F, the interstitial spaces between yolk spheres are large.

The scale bar is 2 μ m.

S : yolk sphere.

本研究の一部は平成14年～16年度文部科学省科学研究費基盤研究(C)(2)研究課題番号第14580157号, 研究課題名「新食料資源としてのダチョウ肉および卵の食品組織学的解析と応用」の助成金によって行われたものである。

引用論文

Bellairs R. (1961), The structure of the yolk of the hen's egg as studied by electron microscopy, *Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*, **1**, 207-225.

日比喜子 (1979), 加熱卵黄の性状と組織, 家政誌, **30**, 307-311.

星野忠彦 (1998), 食品組織学, 第Ⅱ編 食品素材と加工食品の組織, 光生館, 東京, 143-146.

河野憲太郎, 樋浦善敬, 山本興三郎 (1971), 鶏卵の卵黄ならびに卵黄球の構造について, 日本家禽学会, **8**, 1-14.

峯木真知子 (1997), 加熱鶏卵卵黄球の微細構造, 日調科誌, **30**, 335-341.

峯木真知子 (1999b), 食品・調理・加工の組織学 (田村咲江監修), 第9章卵, 学窓社, 東京, 143-148.

峯木真知子 (1999a), 名古屋コーチン種鶏卵の卵黄球の大きさ, 日調科誌, **32**, 128-132.

M. Mineki and M. Kobayashi (1997), Microstructure of yolk from fresh eggs by improved method, *Journal of Food Science*, **62**, 656-662.

M. Mineki and M. Kobayashi (1998), Microstructural

change of stored hen egg yolk, *Journal of Japanese Poultry Science*, **35**, 285-294.

M. Mineki and M. Kobayashi (2000), Morphometric Analysis of the Size and Number of Yolk Spheres in Hen Eggs, 日調科誌, **33**, 53-57.

峯木真知子, 棚橋伸子, 設楽弘之 (2003), ダチョウの卵の理化学的特性, 食科工誌, **50**, 266-271.

村山篤子, 川端晶子 (1978), ホロホロチョウの卵の調理性に関する基礎的研究, 家政誌, **29**, 17-21.

小川宣子, 峯木真知子, 山中南つみ (2000), 異なる飼料を給与した鶏が産卵した卵の調理特性 (第2報), 日調科誌, **33**, 185-191.

M. M. Perry and A. B. Gilbert (1985), The structure of yellow yolk in the domestic fowl, *Journal of Ultrastructure Research*, **90**, 313-322.

A. L. Romanoff and A. J. Romanoff (1949), The Avian Egg, In ROMANOFF, A. L. & ROMANOFF, A. J. (Eds). Ch 3. Structure. J. Wiley & Sons, New York, pp. 134-135.

西楽慈子, 田村咲江 (1998), 卵黄の加熱によるテクスチャーと微細構造の変化, 家政誌, **49**, 353-362.

定森許江 (1966), 家鴨卵に関する研究, 家政誌, **17**, 379-383.

渡辺乾二 (1980), 食卵の科学と利用 (佐藤泰編), 地球社, 東京, 365-374.

(平成16年5月10日受付, 平成16年9月10日受理)