ドブネズミにおける水晶体重量による年齢推定法

岡本 紀 久

名古屋保健衛生大学衛生学部医動物学教室 (〒 470-11 愛知県豊明市沓掛町田楽ケ窪 1-98)

(受領: 1980年3月1日)

Age determination by eye lens weight in the Norway rat

Kiku OKAMOTO

Department of Medical Zoology, School of Health Sciences, Fujita
Gakuen University, Toyoake-shi, Aichi 470-11, Japan

はじめに

個体群動態研究において、生命表作製の重要性は広く認められているところである。しかし、その成否は個体の年齢推定にかかっていることは言うまでもない。

鼠類の年齢推定法について、いくつかの試みがなされている。たとえば、アカネズミ *Apodemus speciosus* (藤巻ら, 1976) やヒメネズミ *Apodemus argenteus* (藤巻, 1977) では、臼歯の萌出や摩滅による形態的变化を基に、あるいは無根歯を有し、終生臼歯が伸びつづけるハタネズミ *Microtus montebelli* では、頭骨後部の隆起の変化を基に (金子, 1973)、生後5カ月くらい経て歯根を生ずるエゾヤチネズミ *Clethrionomys rufocanus bedfordiae* では歯根の状態を基に (Abe, 1973)、数段階に区分する試みがなされている。これらの相対的年齢推定法は成長や発育過程を中心課題とする場合には有効であるが、個体群動態を論じようとする場合には不十分である。もちろん相対的年齢推定法でも、飼育個体や記号放逐個体を用い、絶対的年齢推定法に近づける努力がなされてはいるが、それらはかなり大まかな区分であり、それ以上細かく区分することは実用的ではない。

絶対的年齢推定法として、ドブネズミ *Rattus norvegicus* で臼歯の摩滅面積の計測による方法 (Tanaka, 1968; 矢部ら, 1970) や歯冠高の計測による方法 (Schwarz and Smirnoff, 1960) が報告されている。しかし、臼歯の摩滅を基に年齢を推定する場合、飼育個体から得た資料を野生個体に適用することには問題がある。なぜならば、野生個体と飼育個体とは活動量が異なり、餌摂取量および餌内容が異なるであろうため、摩滅度に差異が生ずることが予想され、再捕獲法を用いて野生個体の

摩滅度を確認する必要があるからである。

水晶体重量による年齢推定法は、Lord (1959) によってウサギの年齢推定に用いられた。鼠類では、Martinet (1966) によってハタネズミの一種 *Microtus arvalis* の年齢推定法として検討された。つづいて Meunier and Solari (1972) や Spitz (1974) によって飼育条件を変えて検討が加えられ、その精度の高いことが確認された。しかし、Le Louarn (1971) は産地の異なる系統間で水晶体重量に差のあることを報告している。

岡本 (1976) はドブネズミの場合にも、水晶体重量による年齢推定法が有効かどうかについて、野生種の少数飼育個体から得た資料に基づいて検討し、他の方法よりかなり精度が高いことが予想される旨報告した。その後 Yabe (1979) はウイスター系ラットを用い、13か月齢までの資料をもとに、年齢と水晶体重量との回帰を求め、精度の高いことを報告している。

今回筆者は野外から採集し、以後飼育した個体 (以下野生種と略す) とウイスター系ラット (以下ウイスター系と略す) とを用い、生後24か月までの水晶体重量に関する資料を得、両者間の差、体重や頭胴長との関係、季節による変動、飼育密度による違いについて検討し、水晶体重量による年齢推定法の有用性について検討した。

材料および方法

供試個体は次のようにして得た。

野生種は1977年4月から5月にかけて豊明市内の豚舎で捕獲したドブネズミのうち、雌では200g前後の個体を、雌では280g前後の個体各5匹ずつを選び、親とした。ウイスター系は同年7月、中部科学より購入した8週齢の個体を飼育し、ほぼ4か月齢に達した後同じく5

対の親とした。これらの親から得た子孫 (F_1 , F_2 , F_3) で出生日の明らかな個体を供試した。親の月齢は常に4か月齢から8か月齢になるよう配慮した。

発育条件をできるだけ、この地域の自然条件に近づけるため、屋外飼育した。したがって日長条件に関する限り、この地域の条件に一致している。しかし、温湿度は巣を利用している自然の棲息状態よりも、その変化が激しいかもしれない。

野生種は1対の親ごとに分け、交尾、出産および哺乳期間を野鼠用ケージ (25×40×25cm) で飼育し、出生後約1か月後、3～4匹ずつ、できるだけ雌雄に分けて、ラット用ケージ (15×30×24cm) に移し飼育した。ウイスター系は全期間ラット用ケージを使用し、野生種と同様に取り扱った。両種とも季節を限らず対を作り、出産させた。ウイスター系の一部で、密度による変化を調べるため、3か月間、一腹の仔全部をそのまま過密状態で飼育した。

餌はオリエンタル社製マウス用固型飼料を与えた。なお、餌、水は充分与えた。

水晶体は次のようにして重量を測定した。

出生日既知の個体をクロロホルムで麻酔して殺し、体重と頭胴長を計測した後、眼球をとり出し、10%ホルマリン溶液で2週間以上固定した。その後水晶体を取り出し、充分乾燥させた後、ザルトリュース社の1/10,000gまで測定可能な天秤を用い、水晶体重量を測定した。

結果および考察

以下に示す水晶体重量の標本は、左右の水晶体重量差

が2mg未満の個体から得たものである。左右の水晶体重量が2mg以上差のある場合、異常個体として標本から除外した。両種とも大部分の個体で左右の水晶体重量差は1mg以内であった。除外した個体数は野生種で合計13匹、ウイスター系で11匹であった。なおこれらの除外した個体の月齢はさまざまで、月齢との明らかな関係は見いだされなかった。

野生種での月齢と水晶体重量との関係

図1に、野生種の月齢と左右の平均水晶体重量 (mg) との関係を示した。

雌雄ともに平均水晶体重量は指数曲線を描いて増加するようである。

そこで、月齢 (t) を対数にとり ($x = \log t$)、左右平均水晶体重量を y とし、1か月齢から24か月齢までを対象とし、 x に対する回帰直線を求めると、雄では、 $y = 17.68x + 8.39$ (相関係数 $r = 0.938$, 標準誤差 $S_y = 0.76$)、雌では、 $y = 17.18x + 8.36$ ($r = 0.923$, $S_y = 0.77$) となった。

雌雄とも、月齢と水晶体重量との関係がこれらの回帰直線だけで表し得るかどうかを検討するため、1か月齢から15か月齢までを対象として、回帰直線を求め、上記の回帰直線と比較した。15か月齢までを対象として求めた回帰直線は、雄では $y = 17.67x + 8.39$ ($r = 0.926$, $S_y = 0.82$)、雌では $y = 16.96x + 8.52$ ($r = 0.905$, $S_y = 0.89$) であった。雄では、両回帰係数の差は0.01であり、問題とはならないし、定数項も等しい。また、両回帰直線の相関係数も、5%有意水準で正規分布検定によ

Fig. 1 Relation between age and lens weight in the wild strain of the Norway rat

り有意差検定を行ったが、有意な差は検出されなかった。雌では、回帰係数および定数項ともわずかに変化しているにすぎない。ちなみに、両回帰直線から、24か月齢での水晶体重量を求めると、0.15mg で、これもまた実際的には問題とならない程度の小差である。標準誤差では、雌雄とも15か月齢までを対象として求めた値の方が大きく、これらの差は主に標本数の違いによって生じたものと思われる。判別係数および標本誤差から考えると、24か月齢までを対象として求めた回帰係数の方が適合度は高い。雌雄をこみにして、各月齢での水晶体重量の平均値と、95%信頼限界を図2に示した。この図からも、月齢（対数値）と、水晶体重量との関係は、ほぼ一つの直線で表されることがうなずけるであろう。したがって、野生種の月齢に対する水晶体重量の回帰直線は、先に示した24か月齢までを対象として求めた回帰直線によって表されると結論づけ得る。

雌雄間の回帰関係では、相関係数に差があるように見受けられるが、5%有意水準で有意差検定を行ったが、有意な差は見いだされなかった。回帰係数では、0.5の差があり、雄は雌よりも水晶体重量の増加が早いことがわかる。

ウイスター系での月齢と水晶体重量との関係

図3は、ウイスター系での月齢と左右の水晶体重量との関係を示したものである。

この種でも、両関係に指数曲線的傾向が認められる。

月齢を対数にとり、左右の平均水晶体重量との直線回帰を1か月齢から24か月齢までを対象にして求めると、雄では、 $y=18.01x+8.40$ ($r=0.970$, $S_y=0.57$), 雌

Fig. 2 Mean value of lens weight and 95% confidence intervals at each age in wild strain

では、 $y=17.29x+8.40$ ($r=0.975$, $S_y=0.70$) となった。

Yabe(1979) はウイスター系ラットを用いて、13か月齢までを対象とし、月齢に対する水晶体重量に関する回帰直線を求めた。その場合、雄では、 $y=18.7x+7.33$ ($S_y=0.78$), 雌では、 $y=17.8x+7.14$ ($S_y=0.59$) と報告されている。矢部の場合と比較すると、回帰係数は筆者

Fig. 3 Relation between age and lens weight in the Wistar albino strain

Fig. 4 Mean value of lens weight and 95% confidence intervals at each age in the Wistar albino strain

の場合小さくなっている。この差の原因は、13か月齢までの資料を基に回帰直線を求めた場合との差であると考えられる。筆者の場合でも、13か月齢までを対象として回帰係数を求めると、回帰係数は上昇し、当然のこととして、定数項の値は低下する。このことは、実際には、ウイスター系の水晶体重量の増加は、高年齢になるにつれ、ゆるやかとなるために、回帰係数の変動が生じたものと考えられる。図4に、ウイスター系の雌雄をこみにして、各月齢の水晶体重量の平均値と95%信頼限界とを示した。それによると、15か月齢以降ほとんど水晶体重量が増加していない。そこで、15か月齢までを対象として、月齢と水晶体重量との回帰直線を求めると、雄では $y=18.54x+8.12$ ($r=0.772$, $S_y=0.55$), 雌では $y=17.25x+8.36$ ($r=0.969$, $S_y=0.67$) となった。16か月齢から24か月齢までの回帰性を検討したが、5%有意水準で t 検定した結果、有意な回帰関係は見いだされなかった。野生種の場合、16か月齢以降の標本数が雄では21、雌では15であり、有意な相関関係がこれだけの標本数で見いだされており、ウイスター系の場合、16か月齢以降の標本数は、雄では13、雌では18であり、単に標本数が少ないために、回帰性が認められないとはいえない。しかし、24か月までを対象として求めた回帰直線と、15か月までを対象として求めた回帰直線では、相関係数に関して、5%有意水準で有意差検定した結果、雌雄とも有意な差は見いだされなかったし、標準誤差もそれほど差があるとはいえない。ただし、雄では、回帰係

数に関して約0.5の差がある。雌に関してはほとんど差はない。しかし、野生種では、24か月齢まで水晶体重量が増加していることを考えると、現在の段階では、むしろ野生種と同様、ウイスター系でも増加するものと筆者は考えている。それゆえ、一応24か月齢を対象として得た回帰直線をもって、ウイスター系の月齢に対する水晶体重量の回帰直線とし、適用範囲を15か月齢までと付記することにとどめる。

両種間の月齢と水晶体重量との関係の比較

図5に、両種の月齢と水晶体重量との関係を比較するため、回帰直線と95%信頼区間とを雌雄別に示した。この図で見る限り、それほど重要な差異は見いだされない。

両種間の相関係数に関して正規分布検定を行うと、雌雄とも5%有意水準で有意な差は見いだされ、ウイスター系の方が月齢と水晶体重量との相関度が高いことがわかる。

結局、両種間では、相関度に関して差はあるが、ウイスター系の高月齢での不明確部分を除くと、両種の月齢と水晶体重量との関係はほぼ等しいものと思われる。Yabe (1979) は、Donaldson and King (1937) の論文を引用し、系統間の差は見いだされないと結論づけているが、ドブネズミにヨウシュドブネズミ *R. norvegicus norvegicus*, ニホンドブネズミ *R. norvegicus caraco* の二系統が知られている現在、単に実験用に開発されたものを比較して、すべての系統間に差がないとは、まだ結論づけられないと筆者は考えている。

体重あるいは頭胴長と水晶体重量との関係

体重あるいは頭胴長と水晶体重量との関係を調べるため、各月齢ごとに体重と水晶体重量との相関性、あるいは、頭胴長と水晶体重量との相関性を、標本数の多いウイスター系の資料を用いて、雌雄別に検討した。相関関係の有無を5%有意水準で t 検定したところ、雄では2か月齢と、5か月齢の体重と頭胴長で、雌では2か月齢と5か月齢の体重と、4か月齢と5か月齢の頭胴長との関係においてだけ、相関性が見いだされただけにすぎず、他は全く相関性が見いだされなかった。検定結果を表1に示した。それゆえ、体重や頭胴長とは、水晶体重量は、明らかな関係がないと考えている。

季節による変動

発育する季節によって、水晶体重量に差が見いだされるかどうかについて、ウイスター系の雄の資料を用いて検討した。

4か月齢、5か月齢、6か月齢の水晶体重量について、冬期生育個体と、春期生育個体とについて、その各月齢での平均値を求めた。表2に平均値と標準偏差とを示した。冬期生育個体とは、11月に出生した個体であ

Fig. 5 The lens weight increase in two strains of the Norway rat. The increase of the lens is represented by the regression line and 95% confidence intervals (2 s).

The solid line represents the wild strain and the broken line represents the Wistar albino strain

Table 1 *t*-test on correlation between body weight or body length and lens weight in the Wistar albino strain

Age	Male				Female			
	Body weight		Body length		Body weight		Body length	
	<i>r</i>	<i>t</i> ₀	<i>r</i>	<i>t</i> ₀	<i>r</i>	<i>t</i> ₀	<i>r</i>	<i>t</i> ₀
1	0.32	1.69	0.45	1.36	0.33	0.99	0.62	2.58
2	0.67	4.41*	0.70	4.32*	0.46	2.62*	0.28	1.74
3	0.32	1.21	0.59	1.49	0.90	4.23	0.003	0.11
4	0.16	1.29	0.28	1.62	0.01	0.40	0.31	2.39*
5	0.32	2.39*	0.47	3.24*	0.63	3.69*	0.67	3.80*
6	0.10	1.43	0.02	0.56	—	—	—	—
7	0.28	0.81	0.46	1.60	0.93	0.98	—	—
8	0.13	0.66	0.06	0.42	—	—	—	—
11	0.01	0.25	0.46	2.06	0.25	0.77	0.23	0.75
12	0.03	0.36	0.43	1.10	0.25	1.15	0.31	0.97
13	0.05	0.44	0.56	2.27	—	—	—	—
14	0.86	0.68	—	—	0.61	1.25	—	—
15	—	—	—	—	0.45	0.91	0.40	0.53
16	—	—	—	—	0.56	1.60	0.37	0.74
17	—	—	—	—	0.06	0.42	0.46	0.97
18	—	—	—	—	0.69	0.64	0.03	0.19

* represents significance of correlation coefficient at 5% significance level

り、春期生育個体とは、4月下旬から、5月中旬にかけて出生した個体である。

平均値に関する *t* 検定を行った結果、5%有意水準では、有意な差は見いだされなかった。

飼育密度による変動

ウイスター系の3か月齢のものをを用いて、飼育密度による水晶体重量の変動について検討した。低密度での資料は、回帰直線を求めた場合に使用したもので、それら

Table 2 *t*-test on significant difference of population mean of lens weight in litters of winter and spring at 4-, 5- and 6-month age in the Wistar strain

Month age Mean±S.D.	4	5	6
Litter of winter	18.09±1.26	20.91±0.65	23.20±1.12
Litter of spring	18.88±1.04	21.84±1.06	23.67±1.15
<i>t</i> -test	$t_0=1.28 < t_{0.05}$	$t_0=1.87 < t_{0.05}$	$t_0=0.91 < t_{0.05}$

Table 3 *t*-test on significant difference of population mean of lens weight at low density (3-4 per cage) and at high density (9 per cage) at 3-month age in the Wistar strain (female)

Density	Low	High
mean±S.D.	16.30±1.67	12.17±0.96
<i>t</i> -test	$t_0=6.30^*$	

* represents significant difference at 5% significance level

から平均値と標準偏差を求めた。高密度での資料は、一腹の仔9匹を3か月間同じケージで飼育し続けたものから得た。表3に平均値と標準偏差を示した。高密度区で有意に水晶体重量が低下していることがわかる。

ただし、一腹の仔全員を3か月齢まで一緒に飼育しても高密度区といえるかどうか疑問である。確かに出生後1か月齢くらいまでは、哺乳期から離乳期として、一腹の仔全員が同じ巢内の育児室を利用して、自然状態では育てられるため、一腹の仔全員を同じケージで飼育しても異常な高密度とは言えない。しかし、3か月齢まで飼育し続けた場合、和泉(1973)のドブネズミの集団型についての報告から考えると、異常な高密度といえる。彼の報告によると、ドブネズミは通常成獣が2頭以下の家族的集団をなしている。多頭集団をなすものがあるが、この場合、大規模な巣を作り、多くの居室をもっており、このような集団では、育児室がなかったり、破壊されていたりすることが報告されている。したがって、野外では、亜成獣となり、生殖期に達する個体も出現する3か月齢まで、9匹が同じケージ内で飼育されているような過密状態で生存するとは考えられない。

なお、この高密度区では、餌、水ともに充分あるにもかかわらず、体重、頭胴長に著しい差があり、尾が切断された個体や、被毛に異常のある個体が出現したことからも、異常な高密度であると考えざるを得ない。

ただし、高密度区での水晶体重量の資料は、ウイスター系での月齢と水晶体重量の回帰分析に用いた資料には加えていない。

水晶体重量による齢推定法の有用性

月齢(対数値)に対する水晶体重量に関する回帰での相関係数 r や標準誤差 S_y から、水晶体重量と月齢が

緊密に関係していることが認められる。また、体重や頭胴長による変動がほとんどないこと、季節による変動も見いだされないことも、水晶体重量による齢推定法の精度を示すものである。

しかし、月齢を対数値として、水晶体重量との回帰関係を求めざるを得ないことは、齢が進むにつれ、推定する齢期間の重複幅を拡大することになるという難点を含んでいる。しかし、水晶体重量が30mgを越える個体は、筆者の1974年から1978年までの捕獲個体では、あまり多くないことを考えると、この方法は重大な欠点とはなり得ないかもしれない。臼歯の摩滅面積による年齢推定法等のように、全変異幅に上限のあるものよりは、精度が高いはずである。

ウイスター系ラットでは、15か月齢以降水晶体重量の増加が見られないような印象を今回の資料から得たことは確かである。しかし、野生種の資料からは、15か月齢以後も増加し続けているように見える。筆者の捕獲個体中最大水晶体重量は、34.7mgであった。このこととも関連して、やはり、15か月以降も、野生種では、水晶体重量が増加し続けるものと考えられる。

技術的な面においても、臼歯の摩滅面積による齢推定法よりも、測定誤差が入りにくいという長所がある。

ただし、水晶体重量による齢推定の場合、死亡してから長時間経たものでは、どのようなになるかが問題として残る。

ま と め

ドブネズミの齢推定法として、水晶体重量による方法を、野生種とウイスター系ラットを用いて検討した。

供試個体は、野生種(雄72匹、雌65匹)ウイラー系(雄

120匹, 雌88匹) で, 1 か月齢から 24 か月齢までの 個体を用いた.

月齢を対数 (x) にとり, 左右の平均水晶体重量を y とし, x に対する y の回帰直線を求めた.

野生種の雄では,

$$y = 17.68x + 8.39 \quad (r = 0.938, S_y = 0.76),$$

雌では,

$$y = 17.18x + 8.36 \quad (r = 0.923, S_y = 0.77),$$

ウイスター系の雄では,

$$y = 18.01x + 8.40 \quad (r = 0.970, S_y = 0.57),$$

雌では,

$$y = 17.29x + 8.40 \quad (r = 0.975, S_y = 0.70)$$

となった. 相関係数や標準誤差から, 両種とも月齢と水晶体重量とは, 緊密に関連していることがわかる.

さらに, 体重および頭胴長による水晶体重量の変動, 季節による変動が検討されたが, それらによる変動は, 水晶体重量に関して見いだされなかった.

以上のことから, ドブネズミの年齢推定法として, 水晶体重量による方法が有用であると考えられる.

引用文献

- Abe, H. (1973): Growth and development in two forms of *Clethrionomys* 11. Tooth characters with special reference to phylogenetic relationships. *J. Fac. Agric. Hokkaido Univ.*, **57**: 229-254.
- Donaldson, H. H. and H. D. King (1937): On the growth of the eye in three strains of the Norway rat. *Am. J. Anat.*, **60**: 203-229.
- 藤巻裕蔵, 水島俊一, 出羽 寛 (1976): アカネズミ 2 種の年齢推定. 日生態会誌, **26**(1): 19-23.
- 藤巻裕蔵 (1977): ヒメネズミの年齢推定と成長. 哺乳類科学, **34**: 26-29.
- 和泉 剛 (1973): 自然環境におけるドブネズミ *Rattus norvegicus* の社会行動—特にその集団型について. 日生態会誌, **23**(2): 55-64.
- 金子之史 (1973): ハタネズミの春子と秋子の成長様式のちがい. 動雑, **82**: 398.
- Le Louarn, H. (1971): Determination de l'age par la pesée des cristallins chez quelques espèces de rongeurs. *Mammalia*, **35**: 636-643.
- Lord, R. H., Jr. (1959): The lens as an indicator of age in cottontail rabbits. *J. Wildl. Manage.*, **23**: 358-360.
- Martinet, L. (1966): Determination de l'age chez des champs (*Microtus arvalis*) par la pesée du cristallin. *Mammalia*, **30**: 425-430.
- Meunier, M. and A. Solari (1972): Influence de la photoperiode et de la qualite de la luzerne consommée sur la poids du cristallin, la longueur et le poids du corps du Campagnol des champs. *Mammalia*, **36**: 638-646.
- 岡本紀久 (1976): 飼育条件下でのドブネズミのレンズウェイト法による年齢推定. 衛生動物, **27**(1): 17.
- Schwarz, S. S. and V. S. Smirnoff (1960): Zur Physiologie und Population-dynamik der Bismarratte in der Waldsteppe. *Zool. Jahrb.*, **87**: 363-386.
- Spitz, F. (1974): Demographie du Campagnol des champs *Microtus arvalis* en Vendée. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **6**: 259-312.
- Tanaka, R. (1968): Analysis of molar-wear amount in cagereared stocks of the brown rat for age determination. *Jap. J. Zool.*, **15**(4): 377-386.
- 矢部辰男, 森谷 清, 原田文雄 (1970): 家ネズミの生態に関する研究 1. *Rattus norvegicus albinus* の年齢指標としての臼歯摩滅度の検討. 衛生動物, **21**: 78-81.
- Yabe, T. (1979): Eye lens weight as an age indicator in the Norway rat. *J. Mammal. Soc. Jap.* **8**(1): 54-55.

Summary

In order to estimate the age of the Norway rat, the lens weight was examined using two strains.

The data on the mean weight of paired lenses of individual rats were obtained from the wild strain (males 72, females 65) and the Wistar albino strain (males 120, females 88) which were 1 to 24 months old.

The relation between the age and the mean weight of paired lenses was given in Figs. 1 and 3. On the basis of the data, regression lines of the mean lens weight (y) to the age (x , log scale) were obtained as follows:

Wild strain: male,

$$y = 17.68x + 8.39$$

(correlation coefficient $r = 0.838$, t value $t_0 = 32.54$, $p < 0.01$),
female,

$$y = 17.18x + 8.36$$

$$(r = 0.923, t_0 = 27.40, p < 0.01).$$

Wistar albino strain: male,

$$y = 18.01x + 8.40$$

$$(r = 0.97, t_0 = 62.73, p < 0.01),$$

female,

$$y = 17.29x + 8.40$$

$$(r = 0.975, t_0 = 57.41, p < 0.01).$$

From correlation coefficients and highly significant t value in both strains, it was concluded that the lens weight was closely related to age in the Norway rat and that the age could be estimated by lens weight with high reliability.

However, when examining the relationship between the body weight or body length and lens

weight at each age by correlation coefficient (r) and its significance, no correlation was observed, with few exceptions (Table 1).

No difference was found in lens weight between offsprings born in winter and spring (Table 2).

However, between the lens weights of litters kept at low and high densities, there was a significant difference (Table 3).

From the results mentioned above, the lens weight method is recognized useful to estimate the age of Norway rats.