

- 八谷昇・大泰司紀之 1994 骨格標本作製法. 北海道大学図書刊行会, 129pp.
- 兵庫県 2009 第2期ツキノワグマ保護管理計画. 兵庫県, 30pp.
- 稲葉一明 2011 兵庫県のツキノワグマの出没状況と対策. 「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3号, pp.1-17. 兵庫県森林動物研究センター.
- Katayama A, Tsubota T, Yamada F, Kita I, Tiba T 1996 Reproductive evaluation of Japanese black bears (*Selenarctos thibetanus japonicus*) by observation of the ovary and uterus. *Japanese Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 1:26-32.
- Nakamura S, Nishii N, Yamanaka A, Kitagawa H, Asano M, Tsubota T, Suzuki M 2009 Leptin receptor (Ob-R) expression in the ovary and uterus of the wild Japanese black bear (*Ursus thibetanus japonicus*). *Journal of Reproduction and Development* 55:110-115.
- Rogers LL 1976 Effects of mast and berry crop failures on survival, growth, and reproductive success of black bears. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference* 41:431-438.
- 斎田栄里奈・横山真弓・中村幸子・森光由樹 2011 兵庫県において捕獲されたツキノワグマの性・年齢構成の特徴. 「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3号, pp.94-101. 兵庫県森林動物研究センター.
- 横山真弓・斎田栄里奈・中村幸子・森光由樹 2011 東中国及び北近畿個体群のツキノワグマに認められた骨異常の出現頻度. 「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3号, pp.125-138. 兵庫県森林動物研究センター.

## 第 11 章

# ツキノワグマの外部形態の成長パターンとその特徴

中村幸子・横山真弓・片山敦司・森光由樹・斎田栄里奈

### 要 点

- ・1994年から2008年に兵庫県にて捕獲された236頭（オス138頭、メス98頭）のツキノワグマを用いて、外部形態の成長パターンとその特徴を分析した。
- ・これらの個体の全長、体長、体高、前肢長、掌球幅および足底球幅の6部位に対する計測値を von Bertalanffy の方程式により解析した。
- ・各部位とも、漸近値において雌雄差が認められ、オスよりもメスが早く成長完了していた。また、メスよりオスで個体差が大きかった。
- ・掌球幅と足底球幅は、いずれも全長と有意な相関関係があることから、足跡から出没個体の体格の推定が可能であり、目撃情報との照合等に活用できる。

**key words** : von Bertalanffy の方程式 性成熟年齢 性的二型 体格推定

## 1. はじめに

哺乳類の体格や形態、成長パターンは、動物種の生態や繁殖、行動に大きな影響を受け、動物種ごとに特徴がある（大泰司 1986; 坪田 2011）。また成長期は生息地の食物資源量の影響を受けやすく、とくにこの時期の体格は大きな影響を受ける。加えて良好な生息環境での順調な成長は、適齢期での性成熟をもたらす（Laws 1956）、良好な体格であることは食料獲得や交尾競争において優勢となるため（Ramsay & Stirling 1986; Stirling 1974）、個体の生存や繁殖成功を大きく左右する。

クマ類の成長および体格に対しても、齢一体サイズ曲線を用いて、個体群内および個体群間での成長評価やその過程の相違が報告されている（Atkinson *et al.* 1996; Derocher & Stirling 1998; Kingsley *et al.* 1988; Swenson *et al.* 1987）。高い成長率は高い繁殖率をもたらすことが報告されており（Derocher & Stirling 1998）、例えばホッキョクグマ（*Ursus maritimus*）では、メスの体サイズは産子数、出産間隔、出生子のサイズや生存率に対して正の要因となることが示されている（Derocher & Stirling 1994, 1996）。したがって、個体（群）の現状を把握し、適切な対応をすることが必要となる保護管理の現場において、体格や成長に関する知見は、個体（群）の健全性を判断する上での基礎情報となる。

ツキノワグマ（*Ursus thibetanus*）は本州および四国に広く生息するが、とくに西日本に生息する個体群は、絶滅のおそれの高い地域個体群として環境省のレッドデータブックに記載されている（環境省 2002）。兵庫県には東中国個体群と北近畿個体群が生息し、いずれの個体群も生息域の分断および個体数の減少により、個体群の孤立化や遺伝的多様性の劣化が懸念されている（Ohnishi *et al.* 2007; Saitoh *et al.* 2001）。しかしながら、個体群の健全性

を判断するために必要な体格や成長に関する基礎情報はほとんどなく、飼育個体については体重の季節変化の報告があるが (Hashimoto & Yasutake 1999)、野生個体については体格に関する情報が断片的にあるにすぎない (環境省 2002; Oi & Furusawa 2008)。

そこで本研究では、兵庫県に生息するツキノワグマ個体群の健全性を判断するための基礎情報として、外部形態の成長パターンを解析し、その特徴を明らかにした。

## 2. 材料および方法

1994年から2008年にかけて兵庫県で捕獲された236頭(オス138頭、メス98頭)のツキノワグマを用いた。これらは学術捕獲、錯誤捕獲、あるいは有害捕獲された生体、死体、および事故等により死体回収された個体である。全長、体長、体高、前肢長、掌球幅および足底球幅の6部位(図1)を計測した(単位はmm)。解析には、破損、欠損等で6部位全てを計測することができなかった個体のデータも用いた。足跡から個体の体格を推定することが可能かどうかを検討するために、掌球幅及び足底球幅と全長との相関についても解析した。各部位の計測方法は次の通りである。全長：吻端から尾端までの直線長。体長：肩甲骨前部から尾の基部までの直線長。体高：き甲から、前肢の踵までの直線長(ツキノワグマが立った状態)。前肢長：肘関節から最長の指先(爪は除く)までの直線長。掌球幅：掌球の最大幅の直線長。足底球幅：足底球の最大幅の直線長。各計測部位のサンプル数は表1に示した。



図1 各計測部位

表1 各計測部位のサンプル数

	全長	体長	体高	前肢長	掌球幅	足底球幅
オス	137	111	138	118	133	134
メス	93	76	97	85	98	97

ツキノワグマの年齢査定は、第一臼歯または第四臼歯のセメント質年輪数で決定した（八谷・大泰司 1994）。月齢については、野生ツキノワグマの出産日に関する研究報告がないため、飼育ツキノワグマの出産日（1月23日から2月7日（Iibuchi *et al.* 2009））を参考に、全個体の出生日を2月1日と仮定して、算出した。

成長曲線（Kingskey *et al.* 1988）は

$$Y = A (1 - e^{-K(t-I)}) \quad (\text{von Bertalanffy の方程式})$$

を用いた。ここで、 $t$  は月齢、 $Y$  は  $t$  ヶ月齢時における各部位の測定値（mm）、 $A$  は漸近値（mm）、 $K$  は一ヶ月間の成長率、 $I$  は変曲点月齢である。統計解析は SPSS 15.0 for Windows（SPSS Japan Inc., Tokyo, Japan）を用いて行った。成長完了月齢は、漸近値の 95%信頼区間の下限值に達した月齢とした。

体格や成長を評価する場合に考慮すべき要因の一つに、個体群の遺伝的背景がある。兵庫県には円山川を挟んで北近畿個体群と東中国個体群の 2 つの個体群が分布し、それぞれ遺伝的分化が進んでいることが報告されている（Saitoh *et al.* 2001）。したがって、本来は両個体群間の差異を検討すべきだが、今回は北近畿個体群のサンプル数が少なかったため、両個体群のデータを合わせて、兵庫県に生息するクマの特徴として解析した。

表 2 von Bertalanffy の方程式に当てはめた 6 計測部位の推定値（雌雄別に表示）

オス	全長	体長	体高	前肢長	掌球幅	足底球幅
A	1356.2	838.7	633.6	389.0	102.8	98.0
K	0.038	0.039	0.036	0.049	0.041	0.040
I	-10.5	-12.2	-13.7	-10.1	-16.1	-17.1
Aの標準誤差	12.4	12.3	9.6	3.4	1.1	1.0
メス	全長	体長	体高	前肢長	掌球幅	足底球幅
A	1172.8	710.3	545.5	344.0	86.1	81.9
K	0.077	0.105	0.068	0.062	0.076	0.097
I	-4.9	-2.1	-4.4	-12.3	-6.0	-3.5
Aの標準誤差	7.9	7.5	6.9	2.4	0.7	0.6

### 3. 結果

von Bertalanffy のモデルは、全ての部位に対して回帰した。方程式により推定された各計測部に対する変数（漸近値  $A$ 、一ヶ月間の成長率  $K$ 、変曲点月齢  $I$ ）および漸近値  $A$  の標準誤差を表 2 に、それぞれの成長曲線を図 2（図 2-1、図 2-2）に示した。

各部位ともメスよりオスで個体差が大きかった。各計測部位の漸近値において雌雄差が認められ（ $P < 0.01$ ）、その比は 1.13 から 1.20 であった（表 3）。各計測部位は、オスでは 73 ヶ月齢（6.1 歳）から 95 ヶ月齢（7.9 歳）で成長が完了しているのに対し、メスは 35 ヶ月齢（2.9 歳）から 58 ヶ月齢（4.8 歳）であり、オスよりもメスが早く成長が完了していた（表 4）。

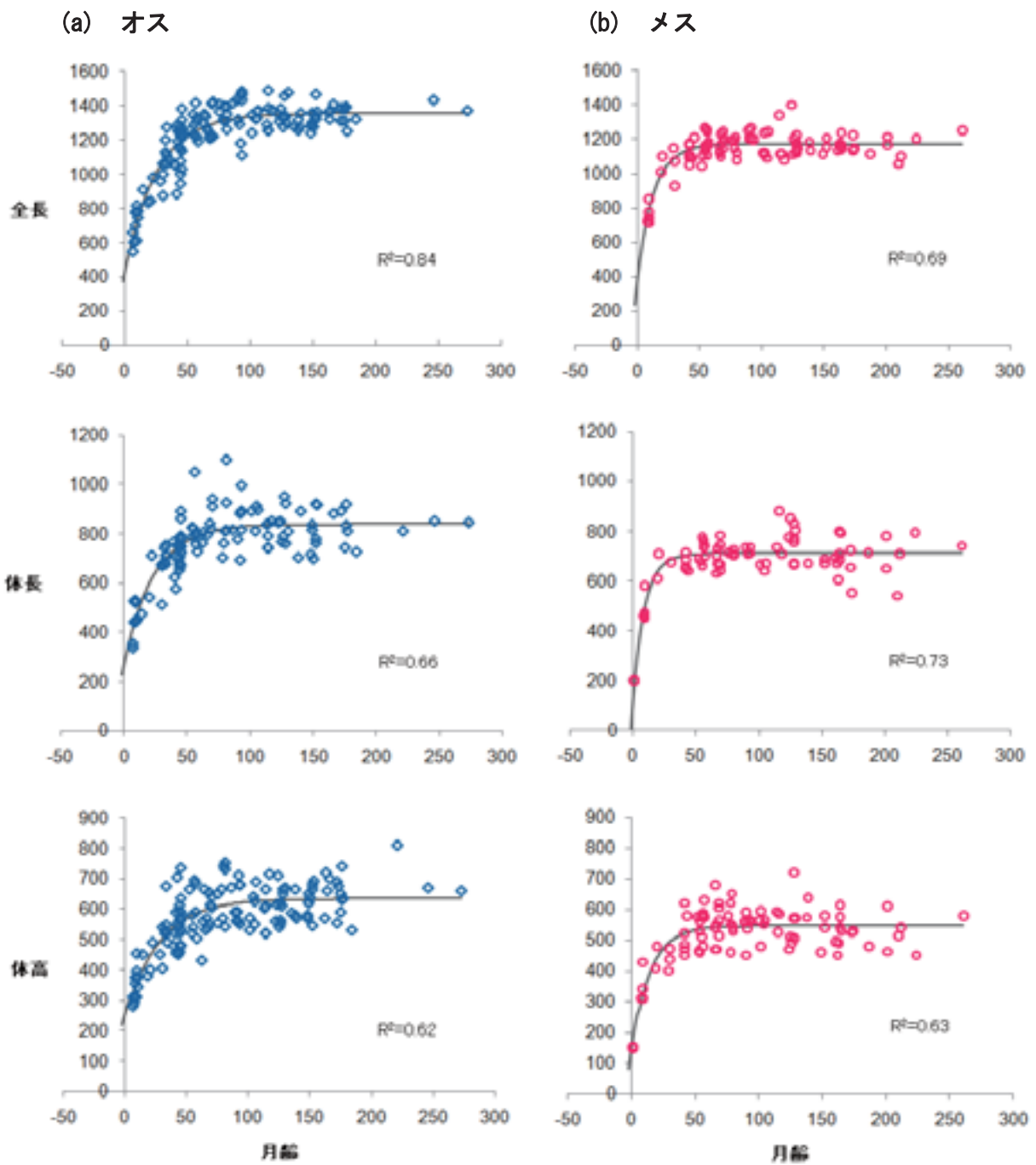


図2-1 各計測部位における成長曲線（全長、体長、体高）  
 (a) オス、(b)メス

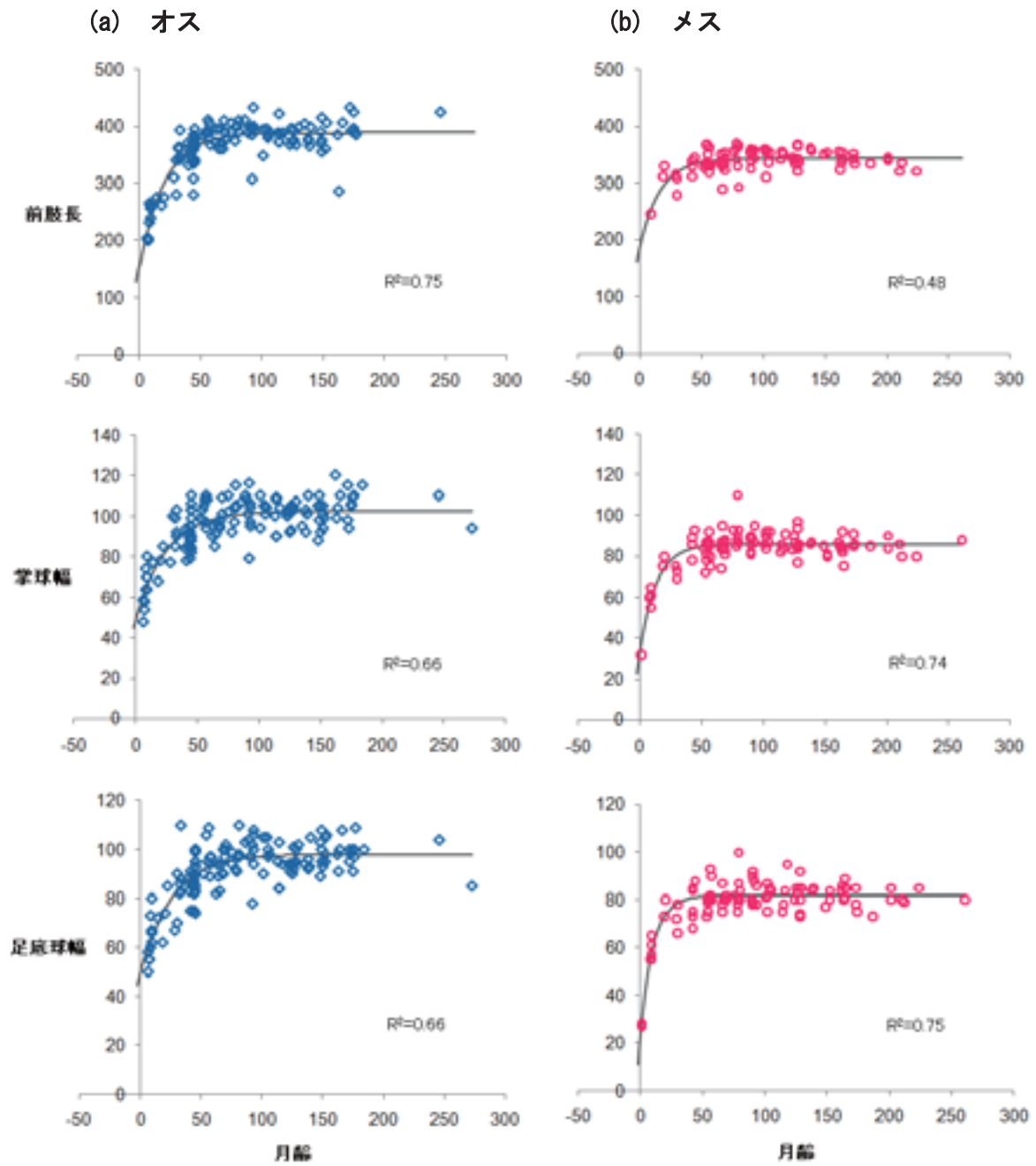


図 2-2 各計測部位における成長曲線（前肢長、掌球幅、足底球幅）  
(a) オス、(b)メス

表 3 漸近値 A の雌雄比

	全長	体長	体高	前肢長	掌球幅	足底球幅
オス/メス	1.16	1.18	1.16	1.13	1.19	1.20

表4 各計測部の成長完了月齢

	全長	体長	体高	前肢長	掌球幅	足底球幅
オス	95	77	84	73	80	81
メス	52	35	51	58	50	40

掌球幅および足底球幅と全長との相関関係を図3に示した。掌球幅と全長は、有意な直線関係にあり、オスは $y=13.443x-58.735$  ( $R^2=0.76$ ,  $P<0.01$ )、メスは $y=10.831x+234.19$  ( $R^2=0.53$ ,  $P<0.01$ )となった。足底球幅と全長との間にも有意な直線関係があり、オスは $y=14.294x-74.84$  ( $R^2=0.76$ ,  $P<0.01$ )、メスは $y=11.058x+257.51$  ( $R^2=0.49$ ,  $P<0.01$ )となった。

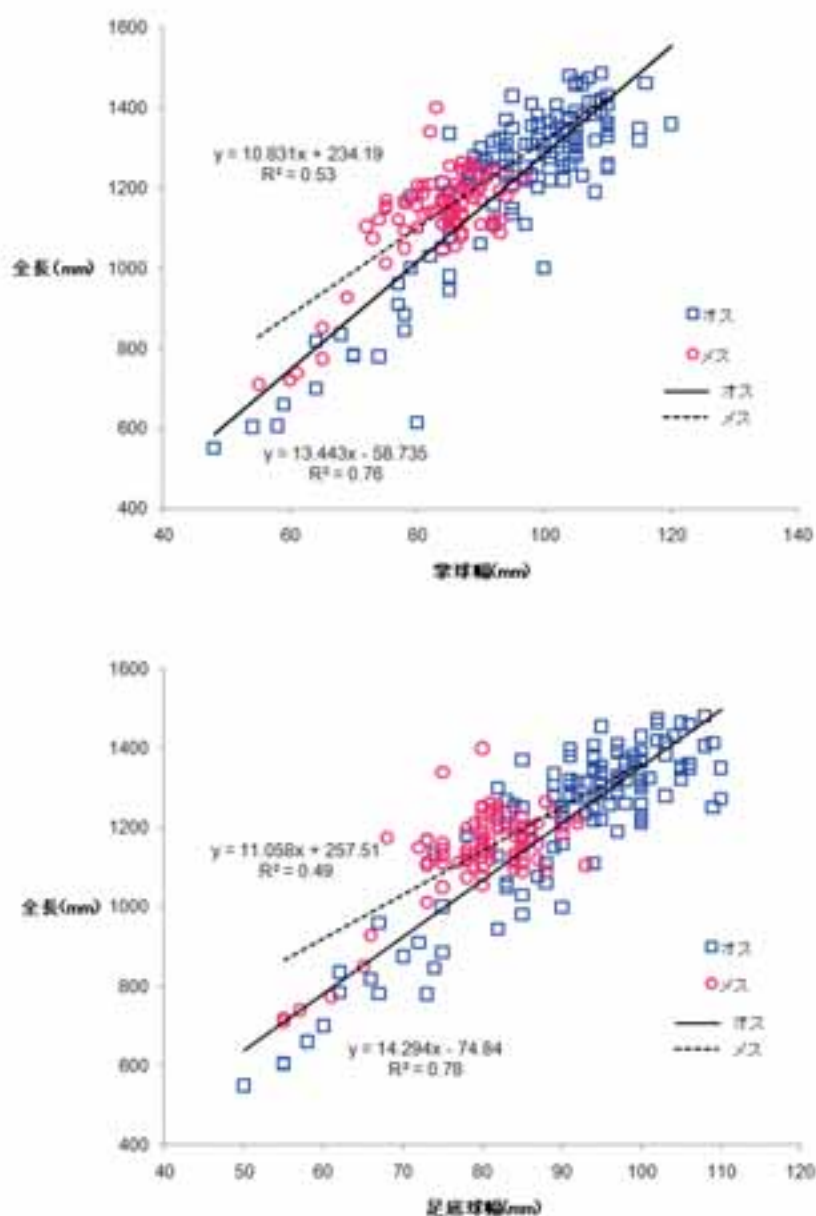


図3 掌球幅および足底球幅と全長との相関

## 4. 考察

本研究では、兵庫県で捕獲されたツキノワグマの外部形態の成長パターンを解析し、その特徴を統計的に示した。また、掌球幅や足底球幅などの足跡のサイズから、体格や性別を推定する判断基準をある程度提示することが可能になり、目撃情報との照合等に活用できることが明らかとなった。

von Bertalanffy の方程式は、これまでにヒグマ (*Ursus arctos*, Kingsley *et al.* 1988) やホッキョクグマ (Derocher & Stirling 1998; Derocher & Wiig 2002) の体長や体重に対して適応されている。本研究により、ツキノワグマの成長パターンにもよく適合していることが示され、この方程式はクマ類の成長過程と体格の推定および個体群間の比較研究に適していると考えられた。

この方程式によって成長曲線を算定する場合には、誤差を導くいくつかの要因があることが指摘されている。その一つは、サンプルのばらつきである (Leberg *et al.* 1989)。また成長曲線では、出生前などデータが欠損している部分は推定できない (Kingsley *et al.* 1988)。本研究では、成長のごく初期である 3 ヶ月齢以下 (出生から冬眠あけまで) のデータが雌雄ともにきわめて少なかったため、初期成長については精度が低い可能性がある。しかしメスでは 2 個体ではあったが、1 ヶ月齢の体長、体高、掌球幅および足底球幅に対する測定値が得られ、これらの部位においては実際のクマの妊娠期間 (約 2 ヶ月) (Tsubota & Kanagawa 1993) に近い I の値 (-6.0 から -2.1) が導かれた。

一方、オスについては成長初期のデータが欠落しているため、この時期の成長の立ち上がり予測の信頼性は低い可能性がある。ただし、飼育ツキノワグマでは、生後 3 ヶ月齢までの体重に雌雄差はないという報告があり (Iibuchi *et al.* 2009)、骨格の成長についても、メスと同様の初期成長パターンとなることが推察されるため、初期成長における雌雄差はない可能性が高いと考えられた。

メスのクマ類の成長に関するこれまでの報告では、性成熟と成長完了との関連が示されている。メスヒグマの全長は、性成熟前かつ初産前には成長完了時の 90% に達しており (Kingsley *et al.* 1988)、ホッキョクグマでは個体群ごとに差はあるものの、性成熟の前後に成長を完了している (Derocher & Stirling 1998)。メスツキノワグマでは、顕微鏡観察による卵巣内の黄体または黄体退行物の形成確認から、4 歳以上の個体は性成熟に達していると報告されている (Katayama *et al.* 1996)。本研究では、メスは 4.8 歳 (58 ヶ月齢) までに全ての計測部位の成長が完了していた。このことから、ツキノワグマにおいても、メスは性成熟とほぼ同時期に骨格の成長が完了していることが強く示唆された。

一方、オスの成長は 6.1 歳から 7.9 歳 (73 ヶ月齢から 91 ヶ月齢) で完了していた。Okano ほか (2003) の報告によると、精巣の外部計測および精子形成の顕微鏡観察から、オスツキノワグマの性成熟は 3 歳から 4 歳とされている。したがって、オスは性成熟に達した後も数年間骨格を成長させると考えられた。性成熟後もオスが成長を続けることは、ヒグマ (Kingsley *et al.* 1988) およびホッキョクグマ (Derocher & Wiig 2002) においても報告されている。特にヒグマのオスでは、体重の増加も継続し (Kingsley *et al.* 1988)、10 歳でも



増加途中であったという報告がある (Glenn 1980)。

オスがメスより長く成長し続けることは、クマ類のオスの繁殖戦略に関連すると考えられる。長く成長して体格を大きくすることで、オス同士の競争に勝ち、交尾の成功を高めている可能性があるからである。例えば、野生のヒグマ (Garshelis & Hellgren 1994) やアメリカクロクマ (Barber & Lindzey 1986) では、生息密度の高い地域においては、オスの年齢と体重が、個体間の優劣関係の形成に直接的に影響することが報告されている。ツキノワグマについても、密度の高い飼育状態においては、年齢が 6 歳以上である、または、体重が 80kg 以上であるオスは、体格の小さいオスに比べて交尾の回数が多いことが報告されている (山本ほか 1998)。これらのことから、より大きな体格となったオスは、交尾の機会を増やして、より多くの子孫を残す可能性が高いと考えられる。オスの方が体格の個体差が大きかったことも、オスの繁殖競争を背景にした成長の延長に由来する可能性がある。

クマ類の成長完了時の体格については、個体群間で差異があることが報告されている (Kingsley *et al.* 1988; Derocher & Wiig 2002)。差が生じる要因としては、生息域の食物資源量、個体群の遺伝的背景、生息密度等が考えられる。ツキノワグマの成長完了時の体格については、個体群間比較が可能な他の地域個体群の情報が少ないが、広島県で捕獲された成獣 (西中国個体群) のうち、オス (n=21) の全長 (平均±標準偏差: 1373±107mm) については、兵庫県に生息するツキノワグマのものと同様の値であったが、メス (n=25) の全長 (平均±標準偏差: 1240±86mm) については、やや小さかった (Oi & Furusawa 2008)。このことから、ツキノワグマにおいても、体格には個体群間で差異があると考えられる。

また、ツキノワグマの雌雄比は、各計測部位で異なっていたが、1.13 から 1.20 であり、性的二型を示した。他のクマ類の全長の雌雄比は、ヒグマでは 1.11 から 1.15 (Kingsley *et al.* 1988)、ホッキョクグマでは 1.16 から 1.20 (Derocher & Stirling 1998; Derocher & Wiig 2002) という報告がある。兵庫県のツキノワグマの性的二型は、ホッキョクグマに近い大きなものであることが示唆された。

ツキノワグマの出没現場では、痕跡情報として足跡が収集できることがある。残された足跡から出没個体の体格等が推定可能になると、目撃情報との照合等に活用できる。本研究から、掌球幅および足底球幅と全長とは高い相関関係にあることが明らかとなり、個体の体格推定や性別判定に利用できると考えられた。たとえば、足跡の掌球幅および足底球幅が、メスの漸近値 (掌球幅は 86mm、足底球幅は 82mm) を下回る場合には、雌雄の判別は不可であるが成長過程の若いツキノワグマのものであると推定できる。また、本研究においては、メスでは掌球幅および足底球幅が 100mm を超える個体は確認されなかった (最大値は掌球幅が 97mm、足底球幅が 95mm) ことから、100mm 以上の掌球幅または足底球幅が確認された場合には、体格の良い成獣オスであると推定できる。これらの情報は、保護管理の現場において活用されることが期待できる。

## 引用文献

- Atkinson SN, Stirling I, Ramsay MA 1996 Growth in early life and relative body size among adult polar bears (*Ursus maritimus*). *Journal of Zoology* 239: 225-234.
- Barber KM, Lindzey FG 1986 Breeding behavior of black bears. *International Conference on Bear Research and Management* 6:129-136.
- Derocher AE, Stirling I 1994 Age-specific reproductive performance of female polar bears (*Ursus maritimus*). *Journal of Zoology* 234:527-536.
- Derocher AE, Stirling I 1996 Aspect of survival in juvenile polar bears. *Canadian Journal of Zoology* 74:1246-1252.
- Derocher AE, Stirling I 1998 Geographic variation in growth of polar bears (*Ursus maritimus*). *Journal of Zoology* 245:65-72.
- Derocher AE, Wiig O 2002 Postnatal growth in body length and mass of polar bears (*Ursus maritimus*) at Svalbard. *Journal of Zoology* 256:343-349.
- Garshelis DL, Hellgren EC 1994 Variation in reproductive biology of male black bears. *Journal of Mammalogy* 71:175-188.
- Glenn LP 1980 Morphometric characteristics of brown bears on the central Alaska peninsula. *International Conference on Bear Research and Management* 4: 313-319.
- 八谷昇・大泰司紀之 1994 骨格標本作製法. 北海道大学図書刊行会, 129pp.
- Hashimoto Y, Yasutake A 1999 Seasonal changes in body weight of female Asiatic black bears under captivity. *Mammal Study* 24:1-6.
- Iibuchi R, Nakano N, Nakamura T, Urashima T, Shimozuru M, Murase T, Tsubota T 2009 Change in body weight of mothers and neonates and in milk composition during denning period in captive Japanese black bears (*Ursus thibetanus japonicus*). *Japanese Journal of Veterinary Research* 57:13-22.
- 環境省 2002 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物（哺乳類）－レッドデータブック－. 自然環境研究センター, 180pp.
- Katayama A, Tsubota T, Yamada F, Kita I, Tiba T 1996 Reproductive evaluation of Japanese black bears (*Selenarctos thibetanus japonicus*) by observation of the ovary and uterus. *Japanese Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 1:26-32.
- Kingsley MCS, Nagy JA, Reynoldos HV 1988 Growth in length and weight of northern brown bears: differences between sexes and populations. *Canadian Journal of Zoology* 66:981-986.
- Laws RM 1956 Growth and sexual maturity in aquatic mammals. *Nature* 178: 193-194.
- Leberg P, Brisbin IL, Smith MH & White GC 1989 Factors affecting the analysis of growth patterns of large mammals. *Journal of Mammalogy*. 70 : 275-283.

- Ohnishi N, Saitoh T, Ishibashi Y, Oi T 2007 Low genetic diversities in isolated populations of the Asian black bear (*Ursus thibetanus*) in Japan, in comparison with large stable populations. *Conservation Genetics* 8:1331-1337.
- 大泰司紀之 1986 ニホンジカにおける分類・分布・地理的変異の概要. *哺乳類科学* 53:13-17.
- Oi T, Furusawa H 2008 Nutritional condition and dietary profile of Japanese black bear (*Ursus thibetanus japonicus*) killed in western Japan in autumn. *Mammal Study* 33:163-171.
- Okano T, Murase T, Tsubota T 2003 Spermatogenesis, serum testosterone levels and immunolocalization of steroidogenic enzymes in the wild male Japanese black bear (*Ursus thibetanus japonicus*). *The Journal of Veterinary Medical Science* 65:1093-1099.
- Ramsay MA, Stirling I 1986 On the mating system of polar bears. *Canadian Journal of Zoology* 64:2142-2151.
- Saitoh T, Ishibashi Y, Kanamori H, & Kitahara E 2001 Genetic status of fragmented populations of the Asian black bear *Ursus thibetanus* in western Japan. *Population Ecology* 43:221-227.
- Stirling I 1974 Midsummer observations on the behavior of wild polar bears. *Canadian Journal of Zoology* 52:1191-1198.
- Swenson JE, Kasworm WF, Stewart ST, Simmons CA, Aune K 1987 Interpopulation applicability of equations to predict live weight in black bears. *International Conference on Bear Research and Management* 7:359-362.
- Tsubota T, Kanagawa H 1993 Morphological characteristics of the ovary, uterus and embryo during the delayed implantation period in the Hokkaido brown bear (*Ursus arctos yesoensis*). *Journal of Reproduction and Development* 39:325-331.
- 坪田敏男 2011 クマの生物学. 「日本のクマ」, 坪田敏男・山崎晃司編, pp.1-34. 東京大学出版会.
- 山本かおり・坪田敏男・喜多功 1998 飼育条件下におけるニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) の性行動の観察. *Journal of Reproduction and Development* 44:13-18.