

那覇市街地の中央部でハブの小集団がどうして絶滅しないのか— シミュレーションによる推定

西村昌彦*・寺田考紀

How the Small Populations of a Viperid Snake, Habu (*Protobothrops flavoviridis*) Avoid Extinction in the Middle of Naha City — Estimations by Simulations

Masahiko NISHIMURA* and Koki TERADA

要旨 : 人に有害な毒蛇ハブは、那覇市などの都市部の中央部においても小集団を存続させている。ハブの生存と繁殖のパラメーターを用い、平均値を維持しながら生存率をランダムに変動させることにより、初期が 100 (うち雌 50) 個体の集団の 200 年間の変化を試算した。過大と推定された生存率と個体数の変化にかかわらず、仮定した生存率の 3 種類の頻度のそれぞれ 100 試行において、個体数が 10、または 1 未満となる例はわずかであり、集団の絶滅の可能性は低いと推測された。いっぽう、刺し網などを用い、成体の年生存率を 0.9 倍 (初年度では約 4 個体を除去) にすると、個体数は減少し集団は絶滅する。

Abstract : Habu, *Protobothrops flavoviridis* is a harmful snake for human beings and keeps small populations even in the middle of cities, like Naha. Changes of population of 100 snakes are simulated for 200 years with random adoption of yearly survival rate with the mean of the stable population, by adopting population parameters of survival and breeding rates. In each 100 trials of the 3 frequencies of survival rate, the cases with the number of females of less than 10 snakes or less than one snake were few, and the possibility of population extinction was estimated to be low. In other assumption of decreased (x 0.9, for example removal of 4 snakes by net traps) survival rate of adults, the population goes to extinction through the decrease of the snake number.

Key words : Small population, Aviod extinction, Random fluctuation of survival rate, Simulation, *Protobothrops flavoviridis*, Okinawa

I はじめに

奄美・沖縄諸島に分布し、人に大きな害をもたらしている毒蛇ハブ (*Protobothrops flavoviridis* ; Viperidae) は、山林地域においては駆除の必要性・実現性ともに低いが、人の生活域である農地や居住地域などでは、駆除が望まれる。近年、存続が危ぶまれる希少な生物個体群が増加する中、ハブは沖縄県内では那覇市などの都市地域の中央部においても生息している¹⁾²⁾³⁾。個体数が少ないと予想されるこれらの孤立した小個体群が、長期にわたって存続しているのは、なぜか。本稿では、これまでに得られたハブの個体群パラメーターのうちの加齢ともなう生存と繁殖の推定値を用い、仮想の小個体群の持続可能性について、いくつかの条件を設定し、個体数の変動様態とともに、推測した。

II 方法

1. ハブの個体群パラメーターなど

ハブ個体群のパラメーターとして、以下の推定・仮定値を用いる。個体数の動態を検討する集団は、孵化期の直前時のものとし (約 9 月 1 日、産卵の中期が 7 月中旬⁴⁾ から)、最小年齢が 1 歳である。当初の集団の個体数を 100 とする。孵化時の性比は雌雄に偏らず⁵⁾、雌で 0.7、雄で 0.8 と推定された頭胴長 100 cm 以上の年生存率⁶⁾を雌雄とも 0.75 と仮定し、この生存率を 1 歳以上のすべての年齢にあてはめる。その結果、卵から成体までの雌雄比は 1 : 1 となり、初期の雌個体数は 50 となる。雌の成熟年齢は 3.9 歳⁷⁾、産卵頻度は 0.5 回/年⁸⁾で、各年齢の雌の頭胴長は回帰式⁹⁾から推定し、産卵雌の頭胴長は産卵期である各満年齢から 0.1 歳分引いた時点のものを用い (表 1)、各頭胴長における受精卵数は、既報¹⁰⁾ のデータから、以下のように推定した。

* 現 中部福祉保健所

$$Ln_e \text{ 卵数} = 2.38 Ln_e \text{ 頭胴長} - 9.46$$

以上は既報の試算¹⁾の仮定と同じであるが、既報では雌は成熟初年度以降 1 年おきに産卵すると仮定したが、今回は各年齢の雌の半数が産卵すると仮定したことから、安定した集団（安定個体群、個体数と個体軍構造が不変）における 0 - 1 歳の生存率は 0.32 でなく、0.357 となる。なお、この 0.357 は卵期を含む生存率と見なしてよい。

2. 変動要因の仮定

上記で仮定した個体群にたいして、下記の変動要因を与え、個体数のその後の変化を推定した。

表 1. 1 歳以上の個体数が 100 であるハブの安定な集団における各年齢の雌の個体数、年生存率（前年からの）、受精卵数。各値の仮定と推定方法は、本文参照。

Table 1. Number, snout-vent length, annual survival rate (from the previous year) and number of fertilized eggs of females in each age, in a stable population of *Protobothrops flavoviridis* with 100 snakes of equal and more than age one. See text for the assumptions and estimation methods.

年齢 Age	雌個体数 Number of females	頭胴長 Snout-vent length (cm)	生存率 Survival rate /yr	受精卵数 Number of fertilized eggs
0 (卵, egg)	35.4			
1	12.6	68	0.357	0.0
2	9.5	80	0.750	0.0
3	7.1	92	0.750	0.0
4	5.3	104	0.750	13.1
5	4.0	111	0.750	11.4
6	3.0	117	0.750	9.7
7	2.2	122	0.750	8.0
8	1.7	126	0.750	6.6
9	1.3	131	0.750	5.3
10	0.95	134	0.750	4.3
11	0.71	138	0.750	3.4
12	0.53	141	0.750	2.7
13	0.40	145	0.750	2.2
14	0.30	148	0.750	1.7
15	0.22	151	0.750	1.3
16	0.17	153	0.750	1.0
1 歳以上の計 Total >= age 1	50.0			70.8
4 歳以上の計 Total >= age 4	20.8			70.8

(1) 年生存率が平均値を維持しながらランダムに 200 年間変動

全年齢における年生存率が、安定集団の平均値（1 歳以上では 0.75）のまま、平均値の 1.33 倍（高、1 歳以上では 1.00）と平均値の 1.33 分の 1（低、1 歳以上では 0.563）が、特定の頻度のもとにランダムに出現すると仮定する。1.33 倍と 1.33 分の 1 の倍率は、生存率の最大値である 1.00 となる倍率と、その逆数を用いた。3 つの年生存率、低：平均値：高の頻度として、以下の 3 通りを設定した。

- (i) 0.5 : 0 : 0.5
- (ii) 0.25 : 0.5 : 0.25
- (iii) 0.1 : 0.8 : 0.1

この 200 年間の変動を 100 試行行い、雌の個体数の変動様式を推定した。

- (2) 繁殖が 1 年間零
- (3) 成体の年生存率が 0.9 倍 ($0.75 \times 0.9 = 0.675$ /年) で継続

III 結果

(1) ランダムに 200 年間変動

生存率を 3 通りの頻度でランダムに 200 年間変動させた 100 試行の結果を表 2 に、生存率の変化が大きい場合（方法の(i)）と小さい場合（方法の(iii)）における、個体数の変化例を図 1 示す。平均値と標準偏差の中央値と平均値をもとに計算した変動係数の範囲は、1.43-3.47 であった（表 2）。200 年間で個体数が 1 未満になる年数の中央値は、いずれも零、10 未満になる年数の中央値は、方法に示した頻度の (i), (ii), (iii) のそれぞれで、43, 1, 0 であった。

200 年時点と 181-200 年の期間内のすべての個体数が 1 未満であったケースの数は、方法に示した頻度の (i) で 26, 15, (ii) で 5, 3, (iii) で 3, 2 であった。

(2) 繁殖が 1 年間零

2 年目に個体数が 8 割を切ったが、その後回復し、当初の約 86% で継続した（図 2）。

(3) 成体の年生存率が 0.9 倍

個体数は単純に減少し、11-12 年後に半数に、20 年後に約 3 割となった（図 2）。

IV 論議

ハブの個体数の変動様式は、今回のおもな分析方法である生存率のランダム変化という変動要因にたいしては、200 年間という長期間においても、絶滅の可能性が低く、安定的であった。これらの結果は、今回用いた生存率の変化や個体数の変動が、小さかったためでは無いことは、以下のことから

推測できる。

(1) 環境収容力の概念があてはまるとすると、死亡率や増殖率は個体密度の平均からのずれを戻すように変化するため、ランダム変動の仮定よりも、個体数の変動は小さくなる。

(2) 京都において野外個体群の個体数を記号放逐法により

調査した結果、信頼性の高い 10 年分の個体数（前年の孵化個体を除く）の平均値と変動係数は、ヤマカガシでそれぞれ 265, 0.519, シマヘビでそれぞれ 341, 0.276 であった¹²⁾。今回のシミュレーションにおける変動係数の範囲は、1.43–3.47

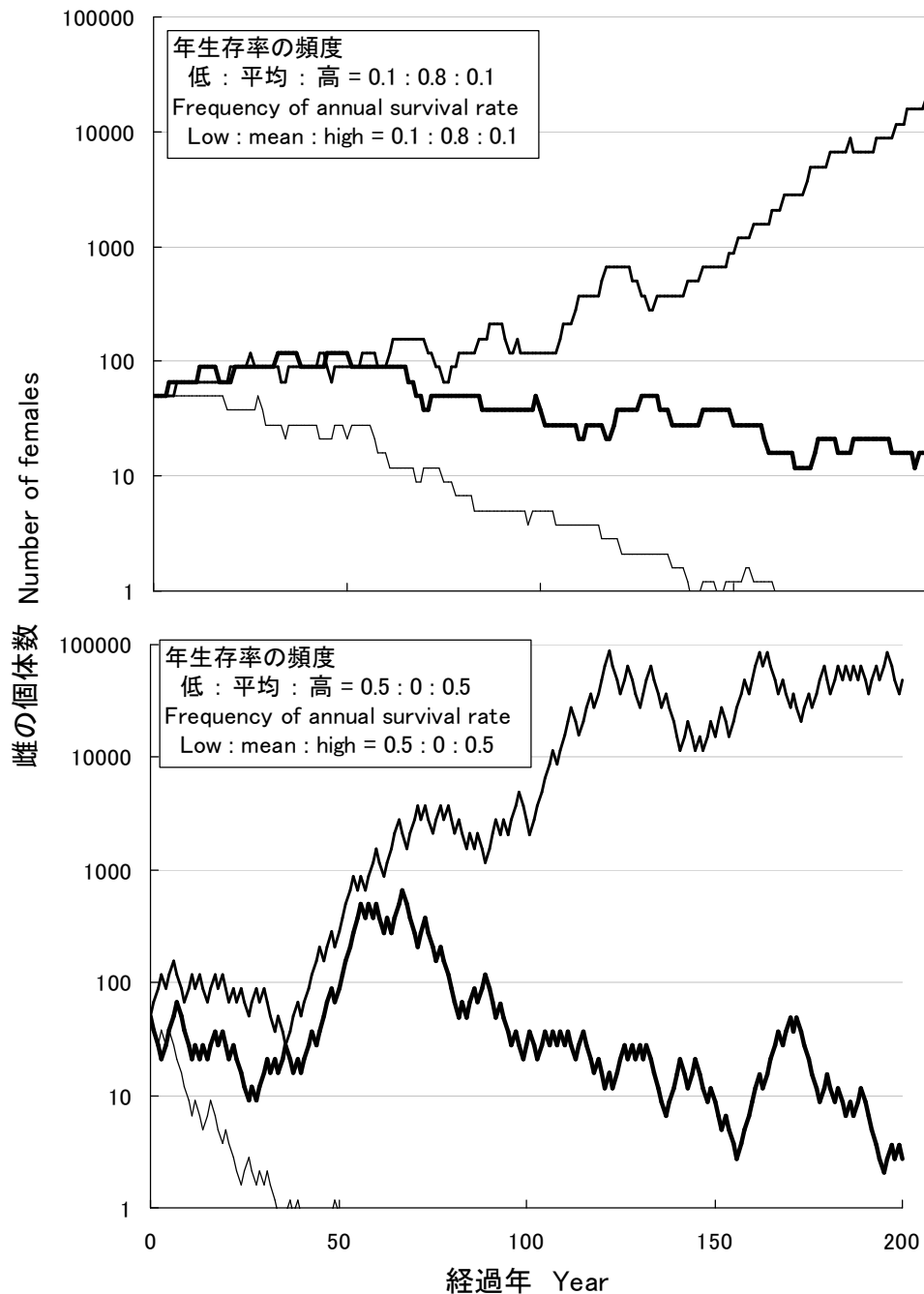


図 1. 年生存率が、低（安定な集団の値の 1.33 分の 1）、平均（同に同じ）、高（同の 1.33 倍）の年が、図中の頻度でランダムに 200 年間変動した場合の、雌ハブの個体数の推移例。初期の個体数は 50。中太線、太線、細線は、個体数が増加、変化小、減少した例を示す。安定個体群のパラメーターは、本文参照。

Fig. 1. Examples of the changes in the numbers of female *Protobothrops flavoviridis* in 200 years with random adoption of 3 levels of yearly survival rate, 1 / 1.33, 1 and 1.33 of that of the stable population at the frequency shown in the figure. The initial number of females is 50. Middle wide, thick and thin lines are samples of the population change with increase, little change and decrease, respectively. See text for the parameters of the stable population.

表2. 3段階の年生存率を、3通りの頻度でランダムに200年間変動させた100試行における、ハブの雌個体数の中央値、平均値、10個体、または1個体未満の年数など。年生存率は、安定な集団の値(平均)、その1.33倍(高)と1.33分の1(低)で、初期の個体数は50。

Table 2. Medians, means, S.D., minimums and maximums of number of female *Protobothrops flavoviridis*, and the number of years with numbers of females less than 10 and those less than one, in 100 cases of 200 years random adoption of 3 levels of annual survival rate, 1 / 1.33, 1 and 1.33 of that of stable population in 3 types of frequencies.. The initial number of females is 50.

生存率 Survival rate	低 : 平均 : 高 = 0.5 : 0 : 0.5							低 : 平均 : 高 = 0.25 : 0.5 : 0.25							低 : 平均 : 高 = 0.1 : 0.8 : 0.1						
	Low : mean : high = 0.5 : 0 : 0.5							Low : mean : high = 0.25 : 0.5 : 0.25							Low : mean : high = 0.1 : 0.8 : 0.1						
	雌の個体数 Number of females				雌少の年数 Years with few females			雌の個体数 Number of females				雌少の年数 Years with few females			雌の個体数 Number of females				雌少の年数 Years with few females		
	中央値 Median	平均 Mean	標準偏差 S.D.	最小 Min.	最大 Max.	<10	<1	中央値 Median	平均 Mean	標準偏差 S.D.	最小 Min.	最大 Max.	<10	<1	中央値 Median	平均 Mean	標準偏差 S.D.	最小 Min.	最大 Max.	<10	<1
平均 Mean	216	710	989	8.18	4831	61.9	21.2	227	391	440	14.3	1916	35.8	4.63	59.1	85.8	78.6	16.9	395	23.3	0.70
中央値 Median	37.3	78.0	96.9	1.58	495	43	0	49.8	83.5	82.3	8.89	373	1	0	37.5	46.0	26.2	15.7	118	0	0
標準偏差 S.D.	512	2206	2931	13.8	12706	63.2	39.0	718	975	1039	14.4	4333	54.8	16.8	84.8	193	364	13.3	2080	41.3	5.08
変動係数 C.V.	2.37	3.11	—	—	—	—	—	3.16	2.49	—	—	—	—	—	1.43	2.25	—	—	—	—	—
最小 Minimum	0.0077	1.88	4.57	0	37.5	0	0	0.499	4.78	6.99	0.03	37.5	0	0	4.37	9.15	6.54	0.12	37.5	0	0
最大 Maximam	3700	19212	23329	66.7	86962	191	164	6598	7883	6867	67	27694	180	115	661	1782	3616	50.0	20832	161	45

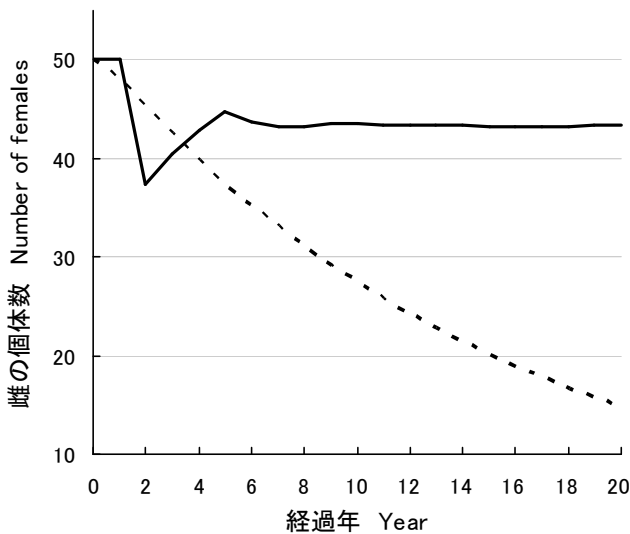


図 2. 繁殖が 1 年間零 (実線), 成体の年生存率が 0.9 倍 ($0.75 \times 0.9 = 0.675$, 点線) の場合の雌ハブの個体数の推移予測. 推定に用いた, 安定な集団のパラメーターは, 本文参照.

Fig. 2. Changes in the number of female *Protobothrops flavoviridis* in the case of no-breeding success in one year (continued line) and the decreased ($\times 0.9$) annual survival rate of the adults. See text for the parameters of the stable population.

と, それらよりも数倍は大きい. 一般的に, 京都のような温帯地域よりも, 沖縄が属する亜熱帯地域のほうが, 環境などの変動が小さいため, 動物個体数の変動も小さいと予想される.

(3) 今回仮定したように, 全個体の生存率が増減する場合は少ないであろう.

したがって, ハブの小個体群にたいし, 過大と推定される変動要因を与え, 個体数の大きな変動をもたらしても, それらの操作の平均値が安定個体群のものと同じである場合には, 個体群の絶滅の確率は低いと予想された.

いっぽう, 成体の年生存率を 0.9 倍とした場合では, 個体数は 12 年間で約半数となったあとも減少を継続し, 他地域から都市中央部への移入の可能性は低いことから, 個体群の根絶が可能と推測された. 当初の 4 歳以上 (雌の成熟年齢) の雌雄こみの個体数は, $20.8 \times 2 = 42$ 個体である. よって成体の 1 割を新たに駆除できれば (対象個体数は, 初年の 4 個体/年から, 減少していく), 個体数は図 2 の点線に近い様

式で減少すると予想される.

沖縄県において現時点では, ハブにたいしてその密度を低下させるような効果的な対策手法の確立には, 至っていないが, 以下に現状における住民による実効性がある対策案を示す. ハブと出会う頻度をもっとも高く, 防除対策をもっとも必要とされる場所は, 林縁部に位置する屋敷などである. これらの地域の住民が, 大量の誘導トラップや刺し網を設置し, 前記のように成体の生存率を低下できれば, ハブ密度の低下をもたらすことができると期待される. とくに刺し網は, 低経費, ならびにハブ対策実施時に弊害となる台風と雑草への対処が不要な場合が多く, 実験段階における捕獲率¹³⁾から上記の年間 4 個体の捕獲も可能と推測される. 一般住民が, 防除が必要な地域を認識し, 必要量の刺し網などの防除手法を利用するためには, きめ細かい普及活動の繰り返しが不可欠である.

IV 文献

- 1) 那覇市 (1981) 那覇市ハブ生息実態調査報告書. 那覇市, 52pp.+2pl.
- 2) 西村昌彦 (1999) 沖縄県内の市町村が運用するヘビ捕り器の捕獲成績 1—1998 年の資料を中心とした予報. 沖縄県衛生環境研究所報, 33: 133-138.
- 3) 勝連盛輝 (2007) 1998 年から 2005 年間の那覇市によるハブの捕獲成績. 沖縄県衛生環境研究所報, 41: 159-165.
- 4) 西村昌彦・香村昂男 (2001) ハブの産卵日について—関連する要因ならびに孵化日への影響. 沖縄生物学会誌, 39: 11-17.
- 5) Nishimura, M. and T. Kamura (1993) Sex ratio and body size among hatchlings of habu, *Trimeresurus flavoviridis* (Viperidae), from the Okinawa Islands, Japan. *Amphibia-Reptilia*, 14: 275-283.
- 6) Nishimura, M. and T. Kamura (1994) Survival rate and sex ratio in habu, *Trimeresurus flavoviridis* (Viperidae), on the subtropical Okinawa Island, Japan. *Res. Popul. Ecol.*, 36: 115-120.
- 7) 西村昌彦 (1993) 沖縄島の中・南部と水納島におけるハブの年齢構成の推定. 日本生態学会誌, 43: 155-161.
- 8) Nishimura, M., and T. Kamura (1995) Proportion of reproductive females in habu, *Trimeresurus flavoviridis*, on Okinawa Island. *Biol. Mag. Okinawa*, 33: 1-9.
- 9) 西村昌彦 (1993) 沖縄諸島産ハブの年齢推定と成長. 日本

- 生態学会誌, 43: 83-90.
- 10) Nishimura, M. (2004) Maternal characteristics affect clutch and hatchling dimensions in the habu, *Trimeresurus flavoviridis*. Ann. Rep. Okinawa Pref. Inst. Health Env., 38: 39-52.
- 11) 西村昌彦 (2007) 誘導トラップと刺し網によるハブ駆除効果の予測—中央規模の市町村の宅地農地におけるハブ個体数変化の概算. 沖縄特殊有害動物駆除対策基本調査報告書 (30), 沖縄県, pp.1-7.
- 12) Fukada, H. (1969) Biological studies on the snakes XIII. Preliminary estimate of population size in Tambabashi study area. Bull. Kyoto Univ. Educ. Ser. B, (36): 3-9.
- 13) 西村昌彦・勝連盛輝・寺田考紀 (2008) ワイヤーマッシュ利用のハブ捕獲用刺し網の野外実験. 沖縄特殊有害動物駆除対策基本調査報告書 (31), 沖縄県, pp.21-26.