

## ヒガシニホントカゲの日光浴場所と逃走距離の成長段階間の違い

神代一樹・日野輝明\*

名城大学農学部

(受領 2021 年 3 月 8 日 ; 受理 2021 年 8 月 27 日)

**Basking site selection and escape distance at different life stages in Far Eastern Skink *Plestiodon finitimus*.** Kazuki Kohshiro and Teruaki Hino\*. Faculty of Agriculture, Meijo University, Nagoya 468-8502, Japan.

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the surface temperature, ultraviolet B (UVB), distance to refuge, and escape distance (the distance at which individuals initiated escape behavior) at the basking sites of Far Eastern Skink, *Plestiodon finitimus* Okamoto and Hikida, 2012, living in the stone wall of a city park in Nagoya, and to clarify the differences in the above factors between life stages (adult, sub-adult, and young). Adults basked in places that were 2°C warmer and had higher UVB than those used by sub-adults and young. Distance to refuge did not differ by age, but escape distance was shorter at higher surface temperatures, and was the shortest in adults. In juveniles, there were two types of individuals: those whose escape distance was approximately 1 m, as in sub-adults, and those that did not escape even when approached to within reaching distance. For the conservation of this species, we need to preserve habitats with basking sites and refuges at distances that allow them to escape from predators across all life stages.

**Keywords:** refuges, sunbathing, surface temperature, UVB

本研究の目的は、都市公園の石垣に生息するヒガシニホントカゲ *Plestiodon finitimus* Okamoto et Hikida, 2012 が日光浴を行う場所について、表面温度、UVB（紫外線 B 波）、避難場所までの距離、そのトカゲが逃げ出した時点のトカゲと調査者の間の距離（逃走距離）を調べ、そのトカゲの成長段階（成体・亜成体・幼体）による違いを明らかにすることである。成体は亜成体・幼体に比べ約 2°C ほど表面温度が高く、UVB が高い場所で日光浴を行っていた。避難場所までの距離は成長段階による違いはなかったが、逃走距離は日光浴場所の表面温度が高いほど短く、成体で最も短かった。幼体では、亜成体と同様に逃走距離が 1 m 前後の個体と手が届くまでの距離まで接近しても逃げない個体の 2 タイプがあった。本種の保全のためには、生活史をとおして捕食者から逃走可能な距離に避難場所と日光浴場所を備えた生息環境を維持していく必要がある。

### 緒 言

本研究の対象動物であるヒガシニホントカゲ *Plestiodon finitimus* Okamoto et Hikida, 2012 は爬虫綱有鱗目トカゲ科トカゲ属に属し、本州東部や北海道、ロシア沿

海に生息している。以前は本州西部に生息しているニホントカゲ *Plestiodon japonicus* (Peters, 1864) と同一種と考えられていたが、系統分類学的分析により別種であることが判明している (Okamoto and Hikida, 2012)。ヒガシニホントカゲは平野部や山地、森林などの日当たりのよい場所に生息し、日光浴や採餌以外のほとんどの時間は石垣の隙間や土の中に隠れて生活をしている (富田・松橋, 2019)。

\*Corresponding author: hino@meijo-u.ac.jp

幼体時には鮮やかな青い尾を持ち、捕食者からの攻撃を尾に引き付けることで致命傷を避ける役割があることが知られている (Watson *et al.*, 2003).

爬虫類にとって、日光浴は体温調節や、紫外線の照射を介したビタミン合成に役立っていることが知られており (鈴木, 2005)、生命維持のために必要不可欠な行動である。その一方で、日光浴場所は鳥類や哺乳類などの捕食者に襲われる危険性が高く、どのような場所を選択して利用するかはトカゲの生存戦略にとって重要である。動物による対捕食者戦略の指標として、逃走距離 (escape distance) が多くの研究で調べられてきた (Samia *et al.*, 2016)。逃走距離は捕食者や外敵の接近したときに被食者が逃走を開始する距離と定義され、捕食によるリスクや逃走によるコストなどに応じて変化することが明らかにされている (Ydenberg and Dill, 1986)。トカゲ類の逃走距離についても多くの研究があり、自切の有無による違い (Cooper, 2007) や温度と逃走距離の関係 (Braun *et al.*, 2010)、成長段階による逃走距離の違い (Lattanzio, 2014) などが調べられてきた。

ヒガシニホントカゲが安定した個体数で生息できるためには、節足動物やミミズなどの餌資源が豊富であり、繁殖や冬眠のため巣穴となる礫の多い場所や石垣のある場所の維持が必要である。さらに、そのような巣穴の近くには日光浴に適した日当たりの良い場所も欠かすことができない (富田・松橋, 2019)。しかしながら、近年の開発によって本種の生息に必要な場所は失われる傾向にあり、個体数の減少と分布の縮小の結果、栃木県 (2018) では絶滅危惧Ⅱ類、福島県 (2020) と埼玉県 (2018) では準絶滅危惧種に指定されており、将来的には保全が必要となる可能性がある。したがって、本種の保全のためには、生息に適した環境条件についての基礎的な情報の蓄積が必要であるが、十分な研究はこれまで行われてきていない。

本研究の目的は、ヒガシニホントカゲの保全に必要な情報蓄積のために、日光浴を行う環境条件 (表面温度・UVB)、日光浴場所における逃走距離と避難場所までの距離の調査を行い、これらが成長段階にともなってどのように変化するかを明らかにすることである。

## 方 法

### 1. 調査地

愛知県名古屋千種区平和公園内の献体の塔周辺 (35° 10' 33"N, 136° 58' 40"E) に生息するヒガシニホントカゲを対象に本研究を行った。献体の塔を中心に木が生い茂っており、それを取り囲むように石垣が存在している。



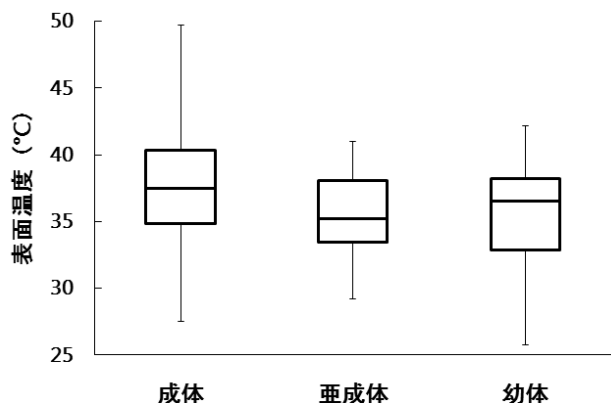
Fig. 1 調査地の地図。太い実線は調査ルートを表す。

これらの石垣全てを観察できるように、約 400 m の調査ルートを設定した (Fig. 1)。

### 2. 野外調査

調査は 2020 年 6 月～10 月の間に行い、日光浴が行われる午前 7 時～12 時の間に行った。晴れまたは曇りの日に調査を行い、行動への影響を避けるために 2 日連続での調査は行わなかった。調査ルートを歩き、岩の上で 10 秒以上動かずじっとしている個体を日光浴していると判断して、調査対象とした。調査対象個体の発見時刻と場所を記録し、写真を撮影した後、成長段階を目視で推定した。成長段階は、成体・亜成体・幼体の 3 段階に区別した。黒地の体色に頭部から尾部に向かって 5 本の黄色の縦縞があり、尾が鮮やかな青色をしている個体を幼体、全身が茶褐色または暗褐色で、側面に黒色の太い縦縞が入っている個体を成体とし、幼体の縦縞と尾の青色が薄くなり成体の模様と色彩に変わる前の個体を亜成体とした (富田・松橋, 2019)。自切した個体は調査中にほとんど見つけることができなかつたため、分析から除外した。

対象個体の逃走距離を調べるために、0.5 m/s の速度で個体に接近した。先行研究で用いられたトカゲに近づく速度は、0.5 m/s～0.8 m/s まで、対象種や調査環境によってさまざまであるが (Whiting *et al.*, 2003; Cooper, 2007; McGowan *et al.*, 2014)、本研究では足音などの影響を最



**Fig. 2** 各成長段階の日光浴場所の表面温度 ( $F_{2,80} = 3.11$ ,  $p = 0.085$ ; サンプル数: 成体 = 42, 亜成体 = 16, 幼体 = 25). 箱内の横線は中央値, 箱の上限の横線は第3四分位, 下限の横線は第1四分位, 線の上限は最大値, 下限は最小値を表す.

小限にするために最も遅い 0.5 m/s を採用した. 対象個体の近くまで来たら自分の影がかからないように注意して接近した.

対象個体が逃走した後に, 4 項目の測定を行った. まず, 短時間で数値が変動する UVB (紫外線 B 波) を ST デジタル紫外線強度計 (UV - 6.2, STMicroelectronics, France) を用いて測定し最大値を記録した. 9 月から測定を始めた UVB については, 亜成体が成長して成体との区別が難しくなったため, 成長段階は幼体と成体の 2 段階とした. 2 番目に, 対象個体が日光浴をしていた岩の表面温度をサーモグラフィカメラ (C2, FLIR Systems, USA) を用いて測定した. カメラの中心をトカゲが日光浴をしていた地点に合わせたときに画面に表示された値を記録した.

3 番目に, 対象個体が逃走した時の実験者の位置から日光浴をしていた地点までの水平距離 (= 逃走距離) を, レーザー距離計 (GLM150C, Bosch Professional, Germany) を用いて記録した. 手の届く距離まで近づいても逃走しなかった場合は, 伸ばした手の先から個体までの距離を記録した. 最後に, 対象個体が逃走した避難先までの距離 (= 避難距離) をコンバックス (M&M 16mmx2.5m, 高儀, 新潟) を用いて 5 cm 単位で記録した. 主な逃走先は石垣の隙間と草藪の 2 種類であったが, 区別はせず測定した.

### 3. 統計分析

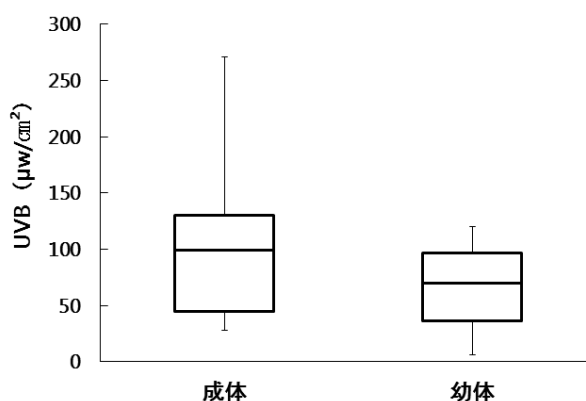
分析前に全てのデータについて Shapiro-Wilk の正規性検定を行った. 成長段階間の比較では, 正規分布の場合には一元配置分散分析 (ANOVA) を使用し, 正規分布でない場合にはクラスカル=ウォリス検定を使用した. 有意な

差があった場合には, 事後検定として 2 群間の多重比較 (有意水準のボンフェローニ補正) を行い, 正規分布の場合はウェルチの  $t$  検定, 正規分布でない場合は  $U$  検定を使用した. UVB の 2 群間比較ではウェルチの  $t$  検定を使用した. 逃走距離と日光浴場所の表面温度および避難場所までの距離との関係についてはピアソンの相関係数を用いて調べた. また, 有意な相関関係が得られた場合には, 成長段階間で差があるかどうかについて共分散分析を行った. いずれの分析も, 統計ソフト R version 3.6.3 (R Core Team, 2020) を用いた.

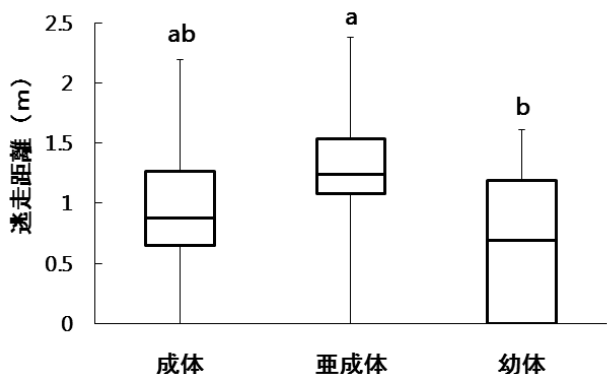
## 結果

成体が日光浴を行っていた岩の平均表面温度は, 亜成体と幼体に比べて約  $2^{\circ}\text{C}$  高かったが, 成長段階間全体で有意な差はなかった ( $F_{2,80} = 3.11$ ,  $p = 0.085$ ; **Fig. 2**). 成体が日光浴を行っていた岩における UVB は幼体の約 1.5 倍大きく有意な差があった ( $t_{34} = 2.101$ ,  $p = 0.0468$ ; **Fig. 3**).

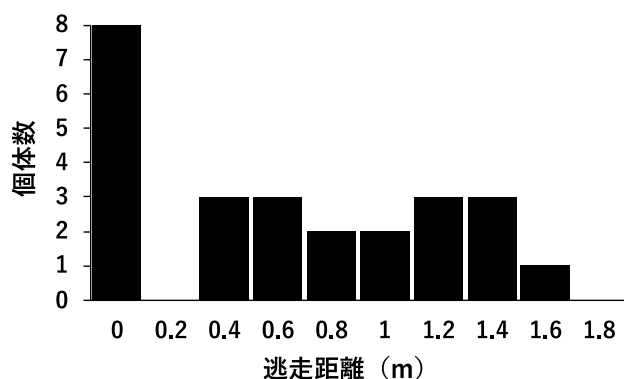
平均逃走距離は 1 m 前後であったが, 個体によって 0 m から 2.4 m までばらつきがあった (**Fig. 4**). 成長段階間全体で逃走距離に有意な差が認められ ( $H_{2,80} = 8.71$ ,  $p = 0.0129$ ), 各成長段階間においては, 亜成体と幼体との間で有意な差があった (成体—亜成体間,  $U = 223$ ,  $p = 0.0942$ ; 成体—幼体間,  $U = 634$ ,  $p = 0.327$ ; 亜成体—幼体間,  $U = 314.5$ ,  $p = 0.0267$ ). 幼体の逃走距離は, 短い個体 (0 m - 0.2 m, 8 個体) と長い個体 (0.4 m - 1.8 m, 17 個体) の 2 タイプに分かれた (**Fig. 5**). 逃走後に避難した場所までの平均距離は 0.3 m 前後であったが, 個体によって 0 m から 1.3 m までばらつきがあった. しかし, 成長段階全体で避難距離に有意な差はなかった ( $H_{2,78}$



**Fig. 3** 各成長段階の日光浴場所の UVB ( $t_{34} = 2.101$ ,  $p = 0.0468$ ; サンプル数: 成体 = 17, 幼体 = 19). 箱内の横線は中央値, 箱の上限の横線は第3四分位, 下限の横線は第1四分位, 線の上限は最大値, 下限は最小値を表す.



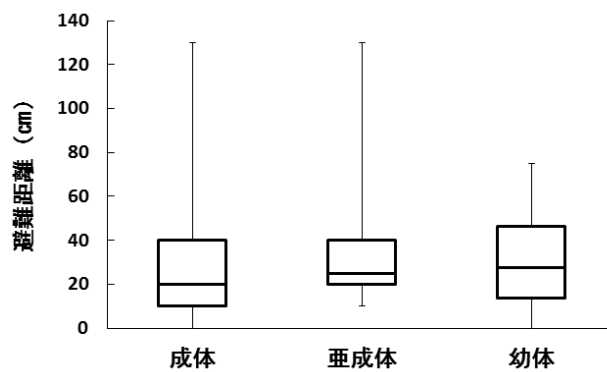
**Fig. 4** 各成長段階の日光浴場所における逃走距離 ( $H_{2,80} = 8.71$ ,  $p = 0.0129$ ; サンプル数: 成体 = 41, 亜成体 = 17, 幼体 = 25). 箱内の横線は中央値, 箱の上限の横線は第3四分位, 下限の横線は第1四分位, 線の上限は最大値, 下限は最小値を表す. アルファベットの記号が異なる成長段階間には有意差 ( $p < 0.05$ ) があることを示す.



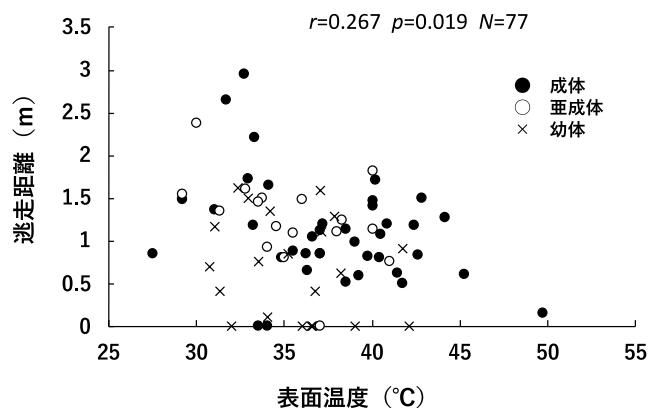
**Fig. 5** 幼体の日光浴場所における逃走距離の頻度分布 ( $N = 25$ ).

= 0.969,  $p = 0.616$ ; **Fig. 6**). 逃走距離の異なる幼体2タイプ間で表面温度と避難距離に有意な差はなかった(表面温度,  $t_{19} = 1.08$ ,  $p = 0.293$ ; 避難距離,  $t_{22} = 0.176$ ,  $p = 0.862$ ).

成長段階に関係なく全個体で相関分析を行ったところ, 日光浴場所としていた岩の表面温度と逃走距離との間には有意な負の関係があった ( $r = -0.267$ ,  $p = 0.019$ ,  $N = 77$ ; **Fig. 7**) が, 成長段階による違いは認められなかった(共分散分析:  $F_{2,70} = 0.0647$ ,  $p = 0.800$ ). 逃走距離と避難距離との間には, 全個体の分析において有意な相関関係はなかった ( $r = -0.0933$ ,  $p = 0.407$ ,  $N = 81$ ). また逃走距離とUVBとの間においても, 有意な相関関係はなかった ( $r = 0.0787$ ,  $p = 0.679$ ,  $N = 30$ ).



**Fig. 6** 各成長段階の日光浴場所からの避難先までの距離 ( $H_{2,78} = 0.969$ ,  $p = 0.616$ ; サンプル数: 成体 = 40, 亜成体 = 17, 幼体 = 24). 箱内の横線は中央値, 箱の上限の横線は第3四分位, 下限の横線は第1四分位, 線の上限は最大値, 下限は最小値を表す.



**Fig. 7** 各成長段階の日光浴場所の表面温度と逃走距離との関係

## 考 察

### 1. 逃走距離の成長段階間の違い

成長段階間の逃走距離の違いは, 幼体が亜成体よりも短いことが有意に示され, 成体と亜成体では有意水準10%で有意差がみられるという結果となった. 幼体の逃走距離が亜成体よりも短いのは, 幼体の3分の1の個体が20cm以内に近づいても逃げないことが原因である. 幼体における逃避距離の二峰性についてはこれまで知られておらず興味深い現象である. 逃げない個体が存在する理由として3つの仮説が考えられる. 1つめは捕食者に襲われた経験がまだなく, 捕食者に対する適応的な反応を学習していない幼体が含まれていた可能性である. このような個体は経験を得るにつれて逃走距離は徐々に長くなるか, あるいは

亜成体になるまでに捕食にあって死んでしまうかもしれない。2つめは、幼体は体サイズが小さいためにエネルギー要求量が高い可能性である。エネルギー要求量が高いと採餌機会の喪失に対して敏感になるため、捕食のリスクよりも体温調節や採餌による利益を優先させたのかもしれない (Samia, 2016)。3つめは、逃走が十分に可能な温度まで体温が上がっていなかった可能性である。これらの仮説について検証するには、識別個体の追跡調査や室内実験によって、捕食者に対する反応と逃走距離が成長にともなうて変化するのか、また摂食の有無や日光浴の時間の長さによって差があるのかについて調べる必要がある。

成体の逃走距離が亜成体よりも短くなるのは、体色の違いで説明できる可能性がある。青い尾を持つトカゲを模した粘土モデルは、全体が茶色のトカゲを模した粘土モデルよりも頻繁に攻撃されることが実験的に示されている (Bateman *et al.*, 2014)。このことから、幼体～亜成体時のみ青い尾をもつ本種においても、体色が亜成体に比べて目立たなくなった成体は、敵に見つからないようにできるだけ動かないように対捕食者行動を変化させたのかもしれない。

避難先までの距離は成長段階間で有意差はなかった。これは、調査地においてヒガシニホントカゲが避難先として利用する場所のほとんどが、塔の側壁に一定間隔で存在する石垣の隙間であったため、日光浴場所からの距離に大きな違いがなかったからだと考えられる。

## 2. 微環境の成長段階間の違い

統計的に有意差は見られなかったものの、成体は亜成体と幼体に比べて表面温度が約 2°C 高い場所で日光浴を行っていた。この理由として2つの可能性が考えられる。1つめは、体色による太陽熱吸収の違いである。フトアゴヒゲトカゲ *Pogona vitticeps* (Ahl, 1926) では、高温条件 (40°C) よりも低温条件 (15°C) において体色を黒色化させることで熱を効率よく吸収できるようになることが実験的に明らかにされている (Smith *et al.*, 2016)。そのため、ヒガシニホントカゲの幼体・亜成体の黒い体は成体に比べると、熱を効率よく吸収できるように温度の低い場所で日光浴を行っている可能性がある。2つめは、競争的に優位な成体が日当たりのよい場所を優先的に利用している可能性である。同じ爬虫類であるカメ類においては、大型で攻撃性が強いミシシippアカミミガメ *Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1839) が小型の同種個体やクサガメ *Mauremys reevesii* (Gray, 1831) を日光浴に適した場所から排除することが観察されている (井上, 2017)。今回の研究では、日光浴場所をめぐる個体間競争についての観察は行わなかったが、成長段階間の日光浴場所をめぐる競争の有無について確かめる必要がある。

成体を利用する日光浴場所の UVB は、幼体に比べ有意に高かった。UVB は表面温度と正の相関を示すため、表面温度と同じ結果になったと考えられる。爬虫類は UVB を浴びることにより体内でビタミン D3 を合成し、合成されたビタミン D3 はカルシウムの代謝を補うことが知られている (石橋, 2007)。したがって、成体は、幼体・亜成体に比べて、表面温度と UVB の高い日光浴場所を利用することで、体温上昇による耐病効果とカルシウム吸収効果により生存率を高めることで適応度をあげていると考えられる。

## 3. 逃走距離と微環境との関係

逃走距離は日光浴場所の表面温度が高いほど短かったが、この関係は成長段階間では差がなかった。同様の関係は *Anolis stratulus* (Cope, 1861) やクビワトカゲ *Crotaphytus collaris* (Say, 1822) など多くの種で知られている (Ydenberg and Dill, 1986; Braun *et al.*, 2010)。また、*Eremias brenchleyi* (Günther, 1872) やアオスジトカゲ *Plestiodon elegans* (Boulenger, 1887) において体温が上昇するほど移動速度が上昇するという関係が報告されている (Du *et al.*, 2000; Xu and Ji, 2006)。したがって、ヒガシニホントカゲにおいても、日当たりの良い場所で体温が上昇することで運動能力が上昇するため、避難距離が長くても捕食者から身を守ることができると考えられる。

本研究から、本種を保全していくためには、生活史をとおして捕食者から逃走可能な距離に避難場所と日光浴場所を備えた生息環境を維持していくことの必要性が示唆された。

## 謝 辞

研究計画を立てる際に丁寧にご協力いただいた名城大学農学部の方井洗貴氏に心から感謝申し上げます。

## 引用文献

- Bateman, P. W., P. A. Fleming and B. Rolek (2014) Bite me: blue tails as a 'risky-decoy' defense tactic for lizards. *Curr. Zool.* 60: 333-337.
- Braun, C. A., T. A. Baird and J. K. Lebeau (2010) Influence of substrate temperature and directness of approach on the escape responses of juvenile Collared Lizards. *Herpetologica* 66: 418-424.
- Cooper, Jr. W. E. (2007) Compensatory changes in escape and refuge use following autotomy in the lizard *Sceloporus virgatus*. *Zoology* 85: 99-107.

- Du, W. G., S. J. Yan and X. Ji (2000) Selected body temperature, thermal tolerance and thermal dependence of food assimilation and locomotor performance in adult blue-tailed skinks, *Eumeces elegans*. *J. Therm. Biol.* 25: 197-202.
- 福島県 (2020) ふくしまレッドリスト 2020 年版. <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/443065.pdf> (2021 年 6 月 30 日アクセス).
- 石橋 徹 (2007) 爬虫類の栄養学. ペット栄養学会誌 10: 51-54.
- 井上信夫 (2017) 越後平野の淡水カメ類: 生息実態と保護管理について. 新潟市潟環境研究所平成 29 年度研究成果報告書: 26-45.
- Lattanzio, M. S. (2014) Temporal and ontogenetic variation in the escape response of *Ameiva festiva* (Squamata: Teiidae). *Phyllomedusa* 13: 17-27
- McGowan, M. M., P. D. Patel, J. D. Stroh and D. T. Blumstein (2014) The Effect of Human Presence and Human Activity on Risk Assessment and Flight Initiation Distance in Skinks. *Ethology* 120: 1081-1089.
- Okamoto, T. and T. Hikida (2012) A new cryptic species allied to *Plestiodon japonicus* (Peters, 1864) (Squamata: Scincidae) from eastern Japan, and diagnoses of the new species and two parapatric congeners based on morphology and DNA barcode. *Zootaxa* 3436: 1-23.
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org> (2021 年 2 月 21 日アクセス).
- 埼玉県 (2018) 埼玉県レッドデータブック動物編 2018 (第 4 版). <https://www.pref.saitama.lg.jp/a0508/red/reddatebook2018.html> (2021 年 6 月 30 日アクセス).
- Samia, D. S., D. T. Blumstein, T. Stankowich and W. E. Cooper (2016) Fifty years of chasing lizards: new insights advance optimal escape theory. *Biol. Rev.* 91: 349-366.
- Smith, K. R., V. Cadena, J. A. Endler, W. P. Porter, M. R. Kearney and D. S. Fox (2016) Colour change on different body regions provides thermal and signalling advantages in bearded dragon lizards. *Proc. R. Soc. B* 283: 20160626.
- 鈴木哲也 (2005) 環境要因で発生する爬虫類の疾病. 環境と病気 14: 1-4.
- 栃木県 (2018) 栃木県版レッドリスト (第 3 次/2018 年版), 爬虫類. <http://www.pref.tochigi.lg.jp/d04/documents/09hatyurui.pdf> (2021 年 6 月 30 日アクセス).
- 富田京一・松橋利光 (2019) 日本のカメ・トカゲ・ヘビ. 山と溪谷社, 東京.
- Watson, C. M., C. E. Roelke, P. N. Pasichnyk and C. L. Cox (2003) The fitness consequences of the autotomous blue tail in lizards: an empirical test of predator response using clay models. *Zoology* 115: 339-344.
- Whiting, M. J., S. P. Lailvaux, L. T. Reaney and M. Wymann (2003) To run or hide? Age-dependent escape behaviour in the common flat lizard (*Platysaurus intermedius wilhelmi*). *Zoology* 260: 123-128.
- Xu, X. F. and X. Ji (2006) Ontogenetic shifts in thermal tolerance, selected body temperature and thermal dependence of food assimilation and locomotor performance in a lacertid lizard, *Eremias brenchleyi*. *Comp. Biochem. Physiol. A* 143: 118-124.
- Ydenberg, R. C. and L. M. Dill (1986) The economics of fleeing from predators. *Adv. Stud. Behav.* 16: 229-249.