

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05730

研究課題名（和文）広域・長期観測データによる採餌環境動態からのツキノワグマの生息・出没機構の解明

研究課題名（英文）To elucidate occurrence mechanism of Asiatic black bears related to feeding environment dynamics by using long-term monitoring data

研究代表者

藤木 大介 (FUJIKI, Daisuke)

兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・准教授

研究者番号：30435896

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、十数年にわたって兵庫県域スケールで観測してきた3種のブナ科樹種の豊凶データとツキノワグマの出没情報データを用いて、ブナ科堅果の豊凶から秋季のクマの出没レベルを予測する統計モデルを構築した。まず予測に当たっては、単一樹種よりも複数の樹種の豊凶を考慮した方が予測精度が高くなることが明らかとなった。3種の堅果の豊凶を考慮した県域スケールの出没予測は、実用上有用な精度を持つことが示された。市町別の予測では、市町間で予測精度に大きな相違があることが示された。このような市町間の精度の相違には、市町間でブナ科樹種の種構成の違いなどが影響していることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2004年のクマの全国的な大量出没以来、ブナ科堅果を豊凶観測することで秋季のクマの出没レベルを予測する取り組みが各都府県で進められてきた。本研究では、十数年にわたる長期モニタリング・データを統計モデリングすることで、ブナ科堅果の豊凶観測結果から秋季のクマの出没レベルを高い精度で定量的に予測できることを示した。さらに予測の精度を左右する条件についても明らかにすることができた。これらの成果は、秋季のクマの出没予測技術の確立のための重要な知見を提供したといえる。

研究成果の概要（英文）：In Japan, there is a need to develop methods for predicting frequent occurrences of Asiatic black bears (*Ursus thibetanus*) around residential areas in order to prevent human-bear conflicts. This study analyzed how three dominant Fagaceae species (*Fagus crenata*, *Quercus crispula*, and *Q. serrata*) affect bear occurrences during autumn, constructing statistical models based on monitoring data collected over 12 years in Hyogo Prefecture, western Japan. According to the constructed models in the scale of Hyogo Prefectural, the accuracy of the predictive model increased as the number of Fagaceae species included in the model increased. The model with all three Fagaceae species showed a much closer relationship between observed values and expected values in bear occurrence. In the municipal level, however, models widely differed among municipalities in their accuracy to predict bear occurrence, which was correlated with the proportion of *F. crenata* forests in each municipality.

研究分野：森林生態学

キーワード：ツキノワグマ 出没予測 堅果の豊凶 統計モデル 長期モニタリング

1. 研究開始当初の背景

ツキノワグマ(以下、クマ)の世界的な分布はブナ科樹木が優占する森林域とよく一致することから、ブナ科樹木が優占する広葉樹林が生息適地と考えられている(大井 2009)。これまでの研究で、ブナ科樹木の堅果の結実には豊凶が存在し、その結実量は大きく年変動することが確認されている(Sork & Bramble 1993; Koenig et al. 1994)。日本においては、ブナの豊凶が地域的に、ときには日本列島スケールで同調することが確認されている(鈴木 1989; Suzuki et al. 2005)。ブナ科樹木の堅果は、大量に生産されるうえ栄養価も高いため、クマにとって秋季の重要な餌資源である(橋本・高槻 1997; Hashimoto et al. 2003)。東北地方で行われた研究では、ブナの堅果の豊凶とツキノワグマの人里への出没数には関連性があることが報告されている(Oka et al. 2004)。しかし、他の地域で行われた報告では、クマの出没には、ミズナラの豊凶との関係が指摘されていたり、堅果の豊凶との関連性が見出せなかったりしている(水谷ほか 2013; 大井 2009)。クマの出没と堅果の豊凶との関係は、地域間で影響する樹種やその強さに違いがありそうだが、その現象の背後にある機構は十分理解されていない。

2. 研究の目的

兵庫県では 2003 年度にクマ保護管理計画を策定し、科学的モニタリングに基づいた管理計画を推進するための体制を整備してきた。その取り組みの一環として、住民によるクマの目撃情報を一元的に収集する体制を整備し、データの蓄積を図ってきた。さらにブナ科堅果の豊凶モニタリングに関しては、域内で特に資源量の多いブナ科 3 種(ブナ、コナラ、ミズナラ)の堅果の豊凶を広域多地点で収集する体制を 2005 年に整備し、データを蓄積してきた。これらのデータ・セットの蓄積は今や 12 年間分に渡ることから、これらのデータ・セットを統計解析することで精度の高い出没予測ができる可能性がある。本研究では、県域スケール並びに市町スケールでのクマの出没予測技術を確立することを目的に、西日本の兵庫県を対象に、県域スケールで 12 年間以上にわたって収集されたブナ科堅果の豊凶とクマの目撃情報数のモニタリング・データを用いて、(1)県レベル並びに(2)市町レベルでクマの出没数を説明する統計モデルを構築した。

3. 研究の方法

(1) 県レベルでの出没予測モデルの構築

上記データ・セットを用いて一般化線形モデル(GLM)を構築することで、住民から得られる秋季のクマの目撃情報数の年変動に地域の中で特に資源量の多い 3 種のブナ科樹種がどのように影響しているか分析した。調査地域におけるクマ地域個体群は調査期間を通して一貫して個体数が増加傾向にあることが推定されている(兵庫県 2017)。それゆえ GLM の構築に当たっては、堅果の豊凶では説明されないクマの長期的な出没トレンドの影響についても考慮した。そのうえでクマの出没予測をするうえで複数樹種の影響を考慮することの有用性を検討した。この際、説明変数に入れ込む鍵植物として特定された樹種の種数を変えることで、構築されるモデルの予測性の比較をモデル評価統計値(Moriasi et al. 2007)を用いて実施した。

(2) 市町レベルでの出没予測モデルの構築

上記データ・セットを用いて、兵庫県内各市町のクマの出没数を説明する一般化線形混合モデル(GLMM)を構築した。ブナ科 3 種のうち、兵庫県ではブナとミズナラについては分布が一部市町のみ限定されている。コナラについては全県的に分布しているが、市町単位の出没にその豊凶がどの程度の空間スケールで強く影響しているかは不明である。さらに、県内の各市町によってクマの生息密度やその増減の動向は異なっているものと推測される。そこで GLMM の構築に当たっては、これらの点について考慮することとした。そのうえで構築した GLMM の市町別クマ出没予測の妥当性評価を実施するとともに、得られた統計情報から、市町単位でクマ出没予測をするうえで考慮すべき必要のある以下の 2 点について考察した。1)各市町のクマの出没を適切に予測するために必要な豊凶モニタリングの空間スケール、2)地域間でのブナ科植物の資源配分、クマの生息密度やその動向の違いが出没に及ぼす影響。最後に、今回構築したモデルの予測性をさらに高めるために必要な課題について整理した。

4. 研究成果

(1) 県レベルでの出没予測モデルの構築

構築した GLM から、3 種全ての堅果の豊凶がクマの出没の年変動に影響していることが示唆された。考慮する樹種の数異なる複数のモデル間でモデル評価統計値を比較した結果、考慮する樹種の数が多いモデルほど予測誤差が小さくなることが示唆された(表 1)。対象とした 3 種が優占する森林植生は調査地域内の広葉樹林植生の中で圧倒的なシェアを占めており、このようなシェアの高さが、これら 3 種の豊凶がクマの出没変動に大きな影響を及ぼしているものと推測された。最後に、このような予測モデルを構築するうえで、豊凶では説明されない長期的な変動の効果を考量することと、資源量だけでなく豊凶の年変動の大きさも考慮したうえで調査

対象とするべき樹種を選択することの重要性が示唆された

表1 モデル選択によって選ばれた上位5位モデルと、個々の樹種のみが含まれたモデルでAICが最も低かったモデル、nullモデルのAIC。

順位	モデル名	説明変数のセット	AIC	ΔAIC
1	3sp-BM	<i>Fc, Qc, Qs, YEAR</i>	284.6	0.0
2	2sp-BM	<i>Fc, Qs, YEAR</i>	298.6	13.9
3	2sp-SM	<i>Fc, Qc, YEAR</i>	500.3	215.7
4	2sp-TM	<i>Qc, Qs, YEAR</i>	670.2	385.6
5	Qc-BM	<i>Qc, YEAR</i>	727.7	443.1
11	Qs-BM	<i>Qs, YEAR</i>	1053.5	768.9
13	Fc-BM	<i>Fc, YEAR</i>	1886.2	1601.6
16	Null	切片	3613.6	3329.0

Fc: ブナ豊凶指数; *Qc*: ミズナラ豊凶指数; *Qs*: コナラ豊凶指数。
YEAR: 2005年からの経過年数。Fujiki (2018)を改変。

(2) 市町レベルでの出沒予測モデルの構築

各市町におけるクマの出沒には、市町内の堅果の豊凶のみならず、その周辺地域の堅果の豊凶も影響しているおり、両者の影響を適切に評価することによって精度の高い予測ができることが示唆された。また、単一の樹種では有効な精度で予測をすることは困難であり、複数樹種の豊凶を考慮することによって精度の高い予測が可能になることが示された(表2)。最も予測の精度が高かったモデルを対象に、市町間の予測精度を比較した結果、その予測精度には大きなバラツキがあった。

表2 考慮する樹種の数異なるモデル間の R^2 の比較

Municipality	Coefficients of determination (R^2) between observed values and expected values				
	3sp-BM	2sp-BM	Fc-BM	Qc-BM	Qs-BM
Shin-Onsen	0.64 ***	0.58 ***	0.18 <i>n.s.</i>	0.16 <i>n.s.</i>	0.09 <i>n.s.</i>
Kami	0.85 ***	0.84 ***	0.51 **	0.44 **	0.48 *
Toyooka	0.43 *	0.40 *	0.17 <i>n.s.</i>	0.12 <i>n.s.</i>	0.03 <i>n.s.</i>
Yabu	0.61 **	0.63 ***	0.53 **	0.55 <i>n.s.</i>	0.15 **
Asago	0.50 **	0.46 *	0.19 <i>n.s.</i>	0.15 <i>n.s.</i>	0.10 <i>n.s.</i>
Shisou	0.89 ***	0.88 ***	0.37 *	0.34 <i>n.s.</i>	0.20 *
Sayo	0.65 ***	0.63 ***	0.25 <i>n.s.</i>	0.17 <i>n.s.</i>	0.10 <i>n.s.</i>
Tamba	0.72 ***	0.70 ***	0.26 <i>n.s.</i>	0.25 <i>n.s.</i>	0.10 <i>n.s.</i>
Sasayama	0.18 <i>n.s.</i>	0.20 <i>n.s.</i>	0.13 <i>n.s.</i>	0.19 <i>n.s.</i>	0.01 <i>n.s.</i>
Kamikawa-Ichikawa	0.72 ***	0.69 ***	0.23 <i>n.s.</i>	0.17 <i>n.s.</i>	0.16 <i>n.s.</i>
Taka-Nishiwaki	0.92 ***	0.94 ***	0.72 ***	0.70 <i>n.s.</i>	0.13 **
Total	0.70 ***	0.68 ***	0.48 ***	0.40 ***	0.29 ***

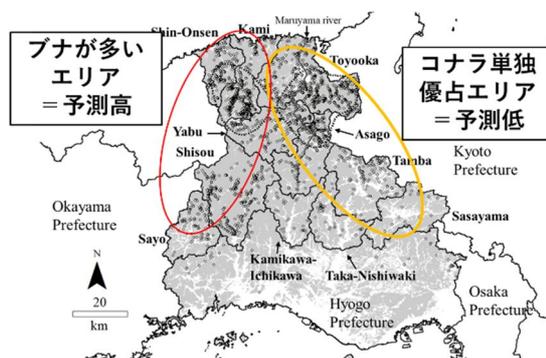


図1 市町レベルの出沒の予測性の高さの地理的傾向

市町間の予測精度の相違は、出沒へのブナの豊凶指数の影響力の大きさと関係があることが示唆された。また、モデルにおけるブナの豊凶指数の影響力の大きさは、各市町におけるブナの分布量と関係していた(図1)。このようにブナの堅果の豊凶の影響力の強さが予測精度を左右する理由としては、ブナの堅果の豊凶の空間的な同調性が他の2種に比べて顕著に強いことが推測された。また、一つの県内でのみ豊凶観測を実施している場合は、隣接県の堅果の豊凶やク

マの動向が考慮されないため、隣接県と接した市町における予測精度が低くなることが示唆された。

<引用文献>

- Hashimoto Y, Kaji M, Sawada H, Takatsuki S (2003) Five-year study on the autumn food habits of the Asiatic black bear in relation to nut production. *Ecol Res* 18: 485-492
- 兵庫県 (2017) ツキノワグマ管理計画. 兵庫県, 神戸.
- 橋本幸彦・高槻成紀 (1997) ツキノワグマの食性: 総説. *哺乳類科学* 37: 1-19
- Koenig, W. D., Mumme, R. L., Carmen, W. J., & Stanback, M. T. (1994). Acorn production by oaks in central coastal California: variation within and among years. *Ecology*, 75(1), 99-109.
- 水谷瑞希・中島春樹・小谷二郎・野上達也・多田雅充 (2013) 北陸地域におけるブナ科樹木の豊凶とクマ大量出没との関係. *日本森林学会誌* 95: 76-82
- Moriyas, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans. Asabe*, 50(3), 885-900.
- 大井徹 (2009) ツキノワグマ クマと森の生物学. 東海大学出版会. 秦野.
- Oka, T., Miura, S., Masaki, T., Suzuki, W., Osumi, K., & Saitoh, S. (2004). Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan. *Journal of Wildlife Management*, 68(4), 979-986.
- Sork VL, & Bramble J. 1993. Ecology of mast fruiting in three species of North American deciduous oaks. *Ecology*. 74: 528-541.
- 鈴木和次郎. (1989). ブナの結実周期と種子生産の地域変異 (予報). *森林立地*, 31(1), 7-13.
- Suzuki, W., Osumi, K., & Masaki, T. (2005). Mast seeding and its spatial scale in *Fagus crenata* in northern Japan. *Forest ecology and management*, 205(1-3), 105-116.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3編 (うち査読付き論文3件/うち国際単著2件/うちオープンアクセス1件)

Fujiki D (2021) A Model to Predict the Occurrence of Asiatic Black Bears at the Municipal Level Using Mast Production Data. *Ursus* 32e6: 1-11. <https://doi.org/10.2192/URSUS-D-19-0008.1> (査読あり、オープンアクセス)

Fujiki D (2018) Can Frequent Occurrence of Asiatic Black Bears around Residential Areas Be Predicted by a Model-based Mast Production in Multiple Fagaceae Species? *Journal of Forest Research* 23: 260-269. <https://doi.org/10.1080/13416979.2018.1488653> (査読あり)

藤木大介 (2019) 複数のブナ科堅果の豊凶観測に基づいたツキノワグマの出没予測モデルの構築. *森林防疫* 730: 21-32. (査読あり)

〔学会発表〕 計3編

藤木大介 (2018) ブナ科3樹種の豊凶観測に基づいたツキノワグマの出没予測モデルの評価. 日本哺乳類学会 2018 年度大会, 南箕輪.

藤木大介 (2019) ブナ科3樹種の豊凶観測に基づいたツキノワグマの市町レベルでの出没予測モデル. 第66回日本生態学会大会, 神戸.

藤木大介 (2019) 堅果の豊凶観測に基づくツキノワグマの市町レベルでの出没予測モデルの検討. 日本哺乳類学会 2019 年度大会, 東京.

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Daiusuke Fujiki	4. 巻 32
2. 論文標題 A model to predict the occurrence of Asiatic black bears at the municipal level using mast production data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ursus	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2192/URSUS-D-19-0008.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Fujiki Daisuke	4. 巻 23
2. 論文標題 Can frequent occurrence of Asiatic black bears around residential areas be predicted by a model-based mast production in multiple Fagaceae species?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 260～269
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13416979.2018.1488653	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 藤木大介	4. 巻 730
2. 論文標題 複数のブナ科堅果の豊凶観測に基づいたツキノワグマの出没予測モデルの構築	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 森林防疫	6. 最初と最後の頁 21～32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 森光由樹・藤木大介・斎田栄里奈	4. 巻 11
2. 論文標題 兵庫県氷ノ山山系に生息するニホンジカのGPS発信器による季節移動の解明	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 兵庫ワイルドライフモノグラフ	6. 最初と最後の頁 58-67
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 藤木大介・高木俊	4. 巻 11
2. 論文標題 兵庫県におけるニホンジカの科学的モニタリングに基づく順応的管理の評価と展望	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 兵庫ワイルドライフモノグラフ	6. 最初と最後の頁 14-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 藤木大介
2. 発表標題 堅果の豊凶観測に基づくツキノワグマの市町レベルでの出没予測モデルの検討
3. 学会等名 日本哺乳類学会2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤木大介
2. 発表標題 ブナ科3樹種の豊凶観測に基づいたツキノワグマの出没予測モデルの評価
3. 学会等名 日本哺乳類学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤木大介
2. 発表標題 ブナ科3樹種の豊凶観測に基づいたツキノワグマの市町レベルでの出没予測モデル
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤木大介
2. 発表標題 兵庫県におけるシカによる下層植生衰退度(SDR)の12年間の变化
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田航平・藤木大介・大住克博
2. 発表標題 東中国山地におけるシカの食害によるササ枯れプロセスの解明
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 明石信廣・安藤正規・中森さつき・田村淳・飯島勇人・藤木大介
2. 発表標題 大台ヶ原のブナ・ウラジロモミ林におけるシカの影響と回復の可能性
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>藤木大介 森林生態学の立場から野生動物管理を考える https://sites.google.com/view/hyogowildlife/staff/fujiki</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------