

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007 ~ 2008

課題番号：19770016

研究課題名 (和文) 植物種間の競争効果と保護効果の空間的・時間的変動

研究課題名 (英文) Spatial and seasonal variation in competitive and facilitative effects of unpalatable plants on small palatable plants in a grazed habitat, Nara Park.

研究代表者

鈴木 亮 (SUZUKI RYO)

首都大学東京・都市環境科学研究科・リサーチアシスタント

研究者番号：90418781

研究成果の概要：

本研究の目的は、大型動物からの被食環境下での植物種間の正と負の相互作用を明らかにすることである。そのために、刺毛をもつ防御植物(イラクサ)と防御形質をもたない植物(イヌタデ)との相互作用を解析した。2年間で以下の結果を得られた。

(1) 競争効果と保護効果の分離評価

奈良公園内で防御植物(イラクサ)の存在有無および被食防護柵の設置有無の処理を組み合わせた処理区による野外実験を行った。結果、柵内ではイラクサの競争効果が強く検出され、柵外では競争効果と保護効果は相殺していた(投稿中)。

(2) 保護効果の空間的・時間的スケールの評価

イラクサとイヌタデの個体間距離を考慮した統計モデルで解析した結果、競争と保護の効果それぞれの効果が働く時期や空間スケールが異なることが分かった。さらに空間分布解析により、イヌタデは、イラクサの近接で生き残る傾向が統計的に検出された(投稿中)。

(3) 植物間相互作用の進化的変化

調査地に生育するイヌタデは長い被食環境に適応進化(矮小化)していることがわかった。そのため、矮小型イヌタデは、イラクサから保護効果より競争効果をより強く受けると予測した。被食環境に適応していない標準型イヌタデと矮小型イヌタデを、奈良公園のイラクサの下と外に移植した実験を行った。結果、保護効果は標準型イヌタデに対してのみ働いた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	400,000	0	400,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	900,000	150,000	1,050,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学、生態・環境

キーワード：個体群、植物生態学、空間構造、個体間相互作用、被食、競争、保護効果、局所適応

## 科学研究費補助金研究成果報告書

## 1. 研究開始当初の背景

生物の群集構造の発達とその決定要因を理解するためには、群集を構成する生物間の相互作用についての解析が不可欠である。植物個体間の相互作用は、水・光・土壌養分などの資源をめぐる個体間競争が主であると考えられてきた。近年、有蹄動物からの被食圧が高い草本群落において、植物間の片利的相互作用の重要性が指摘されている。すなわち、刺・毒などの被食回避反応を示す植物種は自身のみならず、近隣に存在する被食回避反応を示さない植物に対しても被食回避の保護効果があることが示唆されている (Milchenas et al. 2002. *Oikos* 99: 113-130, Bossuyt et al. 2005. *Journal of Ecology* 93: 1104-1114)。

## 2. 研究の目的

本研究は、植物種間での正と負の相互作用が植物群落の空間構造や種共存に与える影響を明らかにする。そのために、草本植物を対象に、有蹄動物に対する被食回避反応の保護効果と資源をめぐる競争効果のそれぞれの強さ・空間スケールおよび時間的変化について解析する。

## 3. 研究の方法

以下の課題を野外操作実験と野外移植実験、自然集団の野外調査により検証した。

## (1) 野外操作実験による競争効果と保護効果の分離評価

奈良公園内で防御植物（イラクサ）の存在有り／無しおよび被食防護柵の設置有り／無しの処理を組み合わせた処理区それぞれ10区画ずつを設置した。約2カ月おきに（計4回）に各調査区内でのイヌタデの空間配置、生存、個体サイズ、繁殖量を記録した。

得られたデータから一般化線型混合モデルを用いて分析した。イヌタデの生存、成長、繁殖を従属変数、イラクサの効果、柵の効果を独立変数、調査区をランダム要因とした。

## (2) 保護効果の空間的・時間的スケールの評価

奈良公園内でイラクサの存在する場所に1 x 1 mの調査区5区を設置した。約2カ月おきに（5, 7, 9, 10月）に各調査区内でのイヌタデの空間配置、生存、個体サイズ、繁殖量を記録した。

イラクサとイヌタデの個体間の相対距離を4段階に区切り（イラクサ林冠半径の半分以下、半分以上で林冠下、林冠外の縁部、林冠外）それぞれの距離にいる個体の生存、成長、繁殖量を比較した。データは一般化線型混合モデルを用いて分析した。

また、点過程解析 (Ripley's K function) を用いて、イラクサとイヌタデの空間分布が、イヌタデが空間的にランダムに死亡した場合（ランダム死亡仮説）と比べて有意に近接していたかどうかを検定した。

## (3) 植物間相互作用の進化的変化

イヌタデが長い被食環境に適応進化（矮小化）しているため、矮小型イヌタデは、防御植物からは競争圧をより強く受けるという仮説を検証するために、野外移植実験を行った。被食環境に適応していない標準型イヌタデと矮小型イヌタデを、それぞれ種子から共通圃場で栽培した。発芽後約5週間経過したものを、奈良公園のイラクサの下と外に移植し（各25個体）、移植後の生存、成長を追跡した。

## 4. 研究成果

## (1) 野外操作実験による競争効果と保護効果の分離評価

解析の結果、柵外でイラクサのイヌタデに対する保護効果は、5月のサイズと9-10月間の相対成長率に対してのみ検出された。それ以外の時期のサイズや成長率、さらにすべての時期の生存率、繁殖量に対しては有意な効果が見られなかった。一方で柵内では、どの時期もイラクサからの負の効果が検出された。これらの結果から、イラクサからの競争効果が常に働いており、それによって保護効果は相殺されたと考えられる。

ウシ、シカなど草食動物の生息する環境において、植物間の正の相互作用（保護効果）は数多く検出されている (Callaway et al. 2005. *Ecology* 86:1856-1862)。しかし、先行研究は生育期間終了時の結果を報告したものに限られていた。本研究は、植物間の競争と保護効果の季節変動を詳細に示した先駆的研究となった（投稿中、雑誌論文3）。

## (2) 保護効果の空間的・時間的スケールの評価

イヌタデの生存率は、イラクサからの相対距離が遠くなるほど減少した。一方、成長率はどの距離も同等であった。また、繁殖量は、年によって距離の効果が異なり、2007年は距離が遠くなるほど減少し、2008年は反対の傾向が見られた。こうした傾向は、季節によって変化した。また、空間分布解析により、イヌタデは、イラクサの近接で生き残っている傾向が統計的に検出された。これらの結果から保護効果と競争効果の相対的強さは、イラクサからの距離や時期、年によって変化することが分かった。

従来、植物間の正の相互作用に関する研究では、距離の効果を考慮してこなかった。本

研究では、保護効果が働く空間スケールを明らかにし、その空間スケールは競争効果が働く空間スケールとは必ずしも一致しないことを明らかにした。正の相互作用の空間スケールに関する知見は過去に報告例がなく、本研究は極めて斬新な結果を報告することができた（投稿中、雑誌論文4）。

### (3) 植物間相互作用の進化的変化

本研究の実施の過程で、研究対象とした奈良公園のイヌタデは、被食の長い環境に適応進化し形態が矮小化していることがわかった（Suzuki 2008、雑誌論文2）。

矮小化した植物は大型の植物からの競争圧に弱いと予想される。そのため、当初予測していたイラクサからイヌタデへの保護効果は、競争効果によって相殺されてしまう可能性があるかと予測するに至った。

矮小型イヌタデと標準型イヌタデを用いた移植実験の結果、予測通り保護効果は矮小型イヌタデには働かず、標準型イヌタデに対してのみ検出された。これらの結果から、植物が適応進化するに伴って、植物間の相互作用の在り方も正から負へと変化することが示唆された。

被食環境での植物間の保護効果は、主に被食歴の短い生育地で報告されてきた。本研究の研究対象である奈良公園は1200年以上にわたってシカが生育する環境である。そのような被食歴の長い環境では、多くの植物が被食環境に形態的に適応している（Suzuki et al. 2009、雑誌論文1）。それにもなって、サイズの大きな防御植物からの保護効果は重要でなくなることを示唆している。本研究は、植物間相互作用の方向性は固定ではなく、進化とともに変動することを示す1つの有力な証拠を提示することができた（投稿準備中）。

### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

査読あり

1. Suzuki, RO, Kato, T, Maesako, Y & Furukawa, A (2009) Morphological and population responses to deer grazing for herbaceous species in Nara Park, western Japan. *Plant Species Biology* 24: 145-155.
2. Suzuki, RO (2008) Dwarf morphology of the annual plant *Persicaria longiseta* as a local adaptation to a grazed habitat, Nara Park, Japan. *Plant Species Biology* 23: 159-167.
3. Suzuki, RO, Suzuki, SN. Limited effects of facilitation by a large species with

defensive traits on a small-formed species in a long-term deer grazing habitat. (投稿中)

4. Suzuki, SN, Suzuki, RO. Distance-dependent shifts in the balance between positive and negative effects exerted by an unpalatable nettle on a neighbouring palatable plant species (*Persicaria longiseta*) in a deer-grazing habitat. (投稿中)

〔学会発表〕（計2件）

1. 鈴木亮・鈴木智之. 被食環境での植物の他種への防御作用. 日本生態学会第56回大会（2009年3月19日、盛岡）
2. 鈴木亮. 被食環境における植物の矮小性の進化. 分子生態学集会『ゲノムと生態系をつなぐ進化研究—環境変動・集団履歴・適応』（2009年12月8日、菅平）

### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 亮 (SUZUKI RYO)

首都大学東京・都市環境科学研究科・リサーチアシスタント

研究者番号：90518781

