

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月20日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22510249

研究課題名（和文）食物網構造をベイズ推定する安定同位体混合モデルの開発と検証

研究課題名（英文）IsoWeb: a Bayesian isotope mixing model for diet analysis of the whole food web

研究代表者

角谷 拓 (TAKU KADOYA)

独立行政法人国立環境研究所・生物・生態系環境研究センター・研究員

研究者番号：40451843

研究成果の概要（和文）：

本研究では、胃内容分析や糞分析、文献調査等から得られる食物網構成種の中の食うー食われる関係の有無を0（無い場合）と1（有る場合）で記述した二値食物網データと、食物網構成種の安定同位体比データを取得することによって、その食物網における全ての消費者について異なる餌資源の貢献比率を同時に推定するベイズ推定モデル IsoWeb を開発した。さらに、仮想食物網データおよび実データを用いた検証の結果、IsoWeb は現実的な構造やデータの不確実性をもつ食物網において、各餌資源の貢献比率を十分な精度で一括して推定できること、また、統計的なモデル選択の手法を活用することで、安定同位体比データにもとづいて妥当な食物網構造の選択が可能となることが示された。

研究成果の概要（英文）：

We developed a novel mixing model (IsoWeb) that estimates diet proportions of all consumers in a food web based on stable isotope information. IsoWeb requires a topological description of a food web, and stable isotope signatures of all consumers and resources in the web. A merit of IsoWeb is that it takes into account variation in trophic enrichment factors among different consumer-resource links. Sensitivity analysis using real and hypothetical food webs suggests that IsoWeb is applicable to a wide variety of food webs differing in the number of species, connectance, sample size, and data uncertainty. Moreover, using an illustrative application to a real food web, we demonstrated that IsoWeb can compare the plausibility of different candidate topologies for a focal web.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学

キーワード：生態系機能、生物多様性、群集生態学、安定同位体、食性分析

1. 研究開始当初の背景

食物網は、生物群集の食う-食われる関係を記述したものである。食物網の構造は、生態系のエネルギーや栄養塩の流れを規定するため、様々な生態系機能に大きく関与する。例えば、食物網構造は生態系の安定性、一次生産や二次生産、物質循環速度に影響する。また応用面では、漁業の持続可能性や、農業害虫の天敵の定着率、毒性物質の生物濃縮、侵入外来種のインパクト、絶滅危惧種の野生復帰の可否などを左右することも知られている。

生態系の機能やサービスを管理し保全するうえで、食物網構造の理解は欠かせない。しかし、野外の多様な生物がつくりだす食物網構造は複雑なものが多く、その詳細な記述には多大な時間と労力を要する。最も簡便な記述方法として、二値食物網 (binary food web) がある。二値食物網とは、食物網構成種間の食う-食われる関係の有無を0 (無い場合) と1 (有る場合) で記述したものである。しかし二値食物網には、ある消費者への異なる餌種の貢献比率 (ある消費者が複数の餌種をどんな割合で食べ分けているか) などといった定量的な情報が含まれていない。食物網構造を定量的に記述するために、従来、胃内容物や糞の分析による食性解析が行われてきた。しかし近年、計測技術の進歩・普及により、炭素や窒素、あるいは硫黄の安定同位体比から、食物網構造を探る試みが行われてきた。特に、我々の先行研究が示すように、基底種 (一次生産者) と最高位捕食者の窒素安定同位体比を比較することによって、食物連鎖長 (食物網の高さ) を推定することもできる (Takimoto et al. 2008)。しかし、食物連鎖長を推定するだけでは、食物網の内部構造を明らかにできない。

あるいは、食物網を対象とせず、ある特定の消費者とその餌種だけに注目した場合に、消費者と餌種の安定同位体比から各餌種の貢献比率を計算する方法は既にある。炭素と窒素の2つの安定同位体比を用いる場合には、餌種の数3つ以内であれば、単純な連立方程式で貢献比率を計算できる。3つ以上の餌種を利用する場合でも、混合モデルとよばれる統計的な解析手法を用いて貢献比率の推定が可能である。混合モデルにはいくつかの種類があり、最もよく用いられているのが、IsoSource という名前で実装されている手法である。この手法は、コンピューターシミュレーションによりすべての可能性を求めて、貢献比率の確率分布を求めるものである。さらに近年では、ベイズ統計学の枠組みを利用して、IsoSource では考慮できない安定同位体比や濃縮係数の不確実性を考慮して、貢献比率を推定する手法も開発されてい

る。しかし、これら既存の方法は、特定の消費者に注目して餌資源の貢献比率を推定することに特化しているため、食物網の全体構造を定量化できない。

2. 研究の目的

生態系の機能やサービスを管理し保全するうえで、食物網構造の定量的な理解は欠かせない。本研究の目的は、安定同位体比データを利用して食物網構造を一括推定するベイズ推定モデルの開発である。このベイズ推定モデルは、食物網リンクの定性的な有無を表す二値食物網データと、定量的な食物網構成種の安定同位体比データを統合し、食物網を構成する全消費者への異なる餌資源の貢献比率を推定するものである。また、開発したモデルを野外食物網に適用し、モデルの精緻化を図る。この推定モデルは大量の食物網データの蓄積を可能にし、未知の食物網構造と生態系機能の関係を解明する道を拓くことで、生態系機能の管理・保全に役立つと期待できる。

3. 研究の方法

1. ベイズ統計の枠組みを利用し、従来の単一の消費者を想定した安定同位体混合モデルを拡張し、食物網内のすべての消費者への餌貢献比率を一括して推定するモデルを構築する。
2. 現実的な食物網を再現する構築モデルを利用してシミュレーションにより仮想データを生成し、構築したモデルの推定力の検証を行う。
3. 野外で得られた現実の食物網と貢献比率データを用いて、構築したモデルの野外データへの応用可能性を検討する。

4. 研究成果

本研究では、胃内容分析や糞分析、文献調査等から得られる食物網構成種間の食う-食われる関係の有無を0 (無い場合) と1 (有る場合) で記述した二値食物網データと、食物網構成種の安定同位体比データを取得することによって、その食物網における全ての消費者について異なる餌資源の貢献比率を同時に推定するベイズ推定モデル IsoWeb を開発した。従来の混合モデルでは、餌種の安定同位体比の事前分布が無情報 (試料の値だけに依存する) と仮定されている。これに対して IsoWeb には、この事前分布が餌種の餌種 (餌種が消費する餌資源) の安定同位体比によって規定されるというプロセスが明示的に組み込まれている。

さらに、仮想食物網データを用いた IsoWeb の推定精度の検証および実データへの適用を行った。その結果、IsoWeb は現実的な構造

やデータの不確実性をもつ食物網において、各餌資源の貢献比率を十分な精度で一括して推定できることが示された。また、野外データにおける食物網構成種や相互作用関係の見逃しなどの不確実性に対しても頑健な推定ができることを示した。さらに、統計的なモデル選択の手法を活用し、安定同位体比データにもとづいて妥当な食物網構造の選択が可能なことを示した。

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 1 件)

- ① Taku Kadoya, Yutaka Osada and Gaku Takimoto (2012) A Bayesian isotope mixing model for diet analysis of the whole food web. PLoS ONE 7: e41057.
doi:10.1371/journal.pone.0041057.

[学会発表] (計 1 件)

- ① **食物網構造をベイズ推定する安定同位体混合モデルの開発と検証** 角谷拓, 長田穰, 瀧本岳 日本生態学会第 58 回全国大会 (2011 年 3 月, 札幌) 一般講演 ポスター発表 P2 動物群集 (3 月 10 日 会場 P)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

角谷拓 (TAKU KADOYA)

独立行政法人国立環境研究所・生物・生態系環境研究センター・研究員
研究者番号：40451843

(2) 研究分担者

瀧本岳 (GAKU TAKIMOTO)

東邦大学・理学部・准教授
研究者番号：90453852

(3) 連携研究者

該当無し