

平成 21 年 6 月 18 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19770021
 研究課題名 (和文) 空間スケールに依存した食物探索様式をもたらす個体の意思決定則
 研究課題名 (英文) Decision-making in individuals searching food at multi-spatial scales
 研究代表者
 天野 達也 (Amano Tatsuya)
 独立行政法人農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・研究員
 研究者番号：10442724

研究成果の概要：チュウサギは水田で食物を採食する際、異なる時間スケールの採食経験に基づいて二つの空間スケールで移動経路を決定している可能性が示された。この意思決定則は、主要な餌生物であるオタマジャクシの空間分布に小さな空間スケールで対応した採食地選択をもたらしていることが示されたものの、さらに大きな空間スケールでの採食地選択には別の意思決定則が関わっている可能性が示唆された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,300,000	0	1,300,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	300,000	2,600,000

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：生態学、行動学、動物、鳥類

1. 研究開始当初の背景

空間的に不均質な環境では、多くの生物は資源分布について情報が不完全であるため、資源の探索方法によって適応度は大きな影響を受ける。そのため、不均質な環境で個体がどのような意思決定則に基づいた資源利用を行っているのかは、生態学においても中心的な課題のひとつである

生物の生息環境は階層的な空間構造を持つことが知られている。そのような環境で動

物がどのような意思決定則に従って採食しているのかを理解するためには、個体が環境を認知している空間スケールを明らかにしたうえで、それぞれの空間スケールにおける意思決定則を理解していく必要がある。近年多くの生物種で、個体の食物探索様式が空間スケールによって異なっていることが示唆されてきている。しかし、これまでの研究は個体の食物探索様式を記載的に提示するとどまり、その様式をもたらす意思決定則に

については明らかにされていない。

一方でこれまでの研究では、食物の探索様式が個体の採食成功率を通して個体群動態に与える影響は評価されてこなかった。同一の食物探索様式を行う場合でも、食物の空間分布について情報が不完全な場合、個体によって採食成功率は大きく異なることが知られており、詳細な研究が必要とされている。

チュウサギは、多くの点で食物探索様式について詳細な研究を行うために適切な対象種である。まず、主に水田で水生生物を採食するため個体が持つ食物分布に関する情報は少なく、探索様式によって採食成功率が大きな影響を受けると考えられる。また、水田は広域に連続して広がる採食環境でありながら、畦と田面、圃場単位、区画単位、と階層的な空間構造をもっているため、個体が複数のスケールで食物探索様式を変えていることが考えられる。さらに、チュウサギは比較的大型であるため、個体の観察・追跡を行いやすい。採食効率（単位時間あたりの採食量）も詳細に測定することが可能で、最適採食理論の観点から意思決定則について検討することができる。

2. 研究の目的

本研究では、主に水田で採食を行うチュウサギに注目し、まず採食地の質について情報の不完全な個体が食物探索時にとる意思決定則を明らかにする。特に食物探索中の採食効率がその後の意思決定（移動速度、パッチ滞在時間など）に与える影響を検証する。

さらに明らかにした意思決定則がどのような空間分布を生み出すのか、特に餌生物の空間分布と一致した分布に帰結するかどうかについて検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 2007年度には、茨城県霞ヶ浦沿岸地域の水田地帯（図1）で、チュウサギが滞在する4月から7月にかけて採食中の個体追跡を行い、食物探索経路と採食行動（捕食を行った時間・場所、食物の種類・サイズ）を記録した。採食行動は広範囲で行われるため、移動手段は自動車、観察にはフィールドスコープを用いた。捕食は短時間に多数回行われるため、迅速かつ正確な記録を口頭で行うためにICレコーダーを用いた。個体の正確な位置を記録するためには、ポータブルGPSとレーザー距離計を利用した。



図1. 霞ヶ浦沿岸の調査地

野外調査によって得られたチュウサギの食物探索経路は地理情報システム上で再構築した。採食した食物の種類・サイズから、採食効率（単位時間あたりの採食量）の時間変化を算出し、移動速度、パッチ滞在時間などとの関係を明らかにすることで、採食成功率に基づいた個体の意思決定則を推定した。

これらの解析は一般化線形混合モデルで行った。まず採食経験がその後の意思決定に影響を及ぼす時間スケールを明らかにするため、時間スケールを変えて集計した説明変数と応答変数の単回帰を行い、AICを比較することでその後の解析に最も適している時間スケールを決定した。次に、明らかになったそれぞれの時間スケールで集計した説明変数を用いてモデル選択を行い、移動速度やパッチ滞在時間に影響を及ぼす応答変数について検討した。

(2) 2008年度には、チュウサギが滞在する5月から6月にかけて計4回、対象とした48水田でチュウサギの個体数および餌となる水生生物（主にドジョウとカエル類幼生）の生物量調査を行った。チュウサギの個体数調査は設定した調査地内を車で走破し、発見した全てのチュウサギの行動、位置を地図上に記録した。水生生物の調査は対象水田にそれぞれ3つのトラップ（1.5Lペットボトル製・誘因餌利用、図2）を仕掛けることで行った。トラップは調査前日の午後に仕掛け、当日の午前中に回収した。捕獲した全長1cm以上の生物全ての同定、計測を行い記録した。

チュウサギ個体の空間分布と水生生物量の関係解析には一般化線形モデル及び一般化線形混合モデルを用いた。圃場スケール（<100m）と地区スケール（<1km）という二つの空間スケールを解析の単位とし、水生生物量を説明変数、チュウサギの個体密度を応答変数として解析を行った。圃場スケールの解析では各圃場が位置する地区をランダム変数とした一般化線形混合モデルを適用した。



図2. 水生生物調査に用いたトラップ

4. 研究成果

(1) チュウサギ個体の食物探索様式をもたらす意思決定則を明らかにするため、採食効率とその後の移動経路の関係を解析したところ、過去1分間に捕食行動を行った場合、また過去8分間に餌を発見できなかった場合にその後の移動速度が速くなり(図3、4)、過去7分間の採食効率が低い場合にその場を放棄して飛行移動を行うことが明らかになった(図5)。

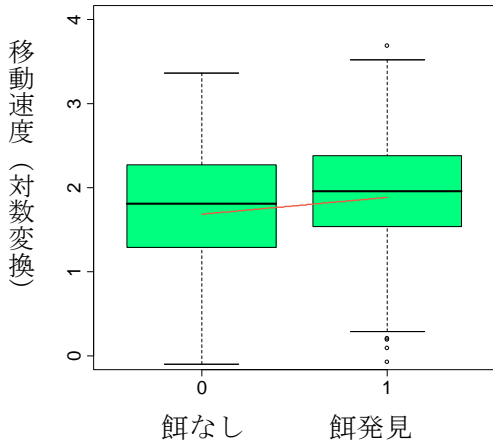


図3. 過去1分間に餌を発見した場合と
しなかった場合のチュウサギの移動速度

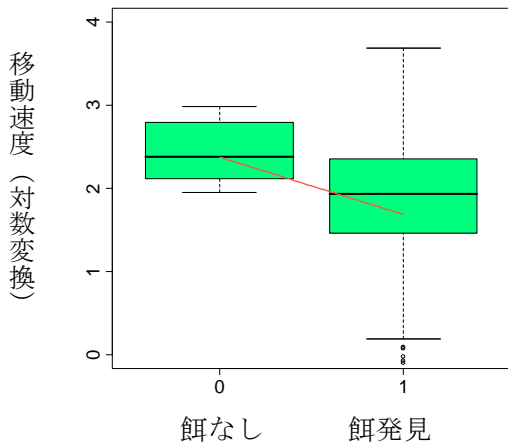


図4. 過去8分間に餌を発見した場合と
しなかった場合のチュウサギの移動速度

先行研究では、食物探索時における動物個体の意思決定について、単一の時間スケールでの採食経験がその後の探索経路に影響を及ぼすこと、また採食経験がその後の移動速度に負の影響を与えることが明らかにされてきた。しかし本研究は、1. 異なる時間スケールの採食経験が異なる空間スケールでの意思決定に影響を及ぼしている、2. 餌の

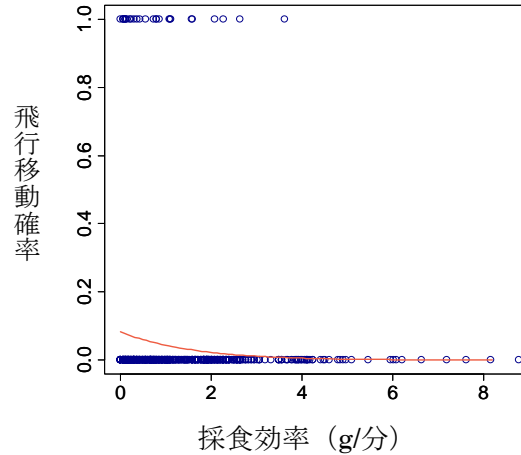


図5. 過去7分間の採食効率とチュウサギの飛行移動の有無

発見がその後の移動速度に正 (area-avoided search)・負 (area-restricted search) 両方の影響を与えうる、という二つの新しい事実を明らかにした。これにより、動物個体の食物探索経路が従来考えられている以上に複雑な意思決定プロセスによって支配されている可能性が示唆され、更なる研究の必要性が示された。

(2) 水生生物調査では主にアマガエルとトウキョウダルマガエルの幼生(オタマジャクシ)とドジョウが捕獲された。チュウサギ採食個体の行動観察によっても、オタマジャクシとドジョウは主要な餌であることが確認できたことから(図5)、これらの生物量を説明変数とした解析を行った。

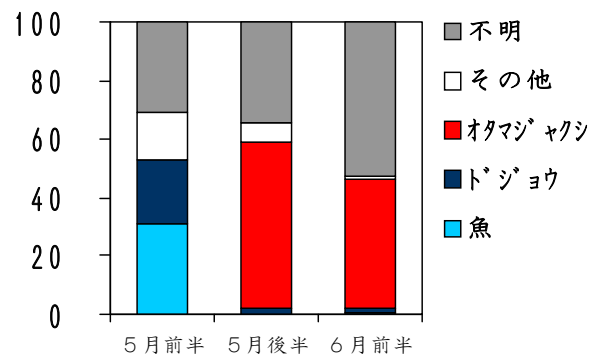


図5. 個体の採食行動観察による食物量割合。
縦軸は各種の湿重量割合 (%) を示す

異なる二つの空間スケールでチュウサギ個体数と餌生物量の関係を解析したところ、地区スケールでは時期によらずチュウサギ

個体数とドジョウ生物量の間には正の相関が確認された(表1)。一方で圃場スケールでは、6月後半のみチュウサギ個体数とオタマジャクシ生物量の間には正の相関が確認された(表2)。

表1. 地区スケールにおける餌生物量とチュウサギ密度の関係(一般化線形モデルによる結果)

期間	説明変数	係数	Deviance	p
5月後半	ドジョウ	24.82	8.32	< 0.005
	オタマジャクシ	0.11	0.05	0.820
6月前半	ドジョウ	4.73	18.94	< 0.001
	オタマジャクシ	0.02	0.11	0.742
6月後半	ドジョウ	2.07	27.88	< 0.001
	オタマジャクシ	-0.22	0.36	0.547

表2. 圃場スケールにおける餌生物量とチュウサギ密度の関係(一般化線形混合モデルによる結果)

期間	説明変数	係数	Deviance	p
5月後半	ドジョウ	-49.91	1.48	0.224
	オタマジャクシ	-0.12	0.16	0.693
6月前半	ドジョウ	0.38	0.11	0.739
	オタマジャクシ	0.00	0.00	0.949
6月後半	ドジョウ	-0.07	0.22	0.640
	オタマジャクシ	0.19	7.84	< 0.001

これらの結果から、過去7-8分間に餌を発見した、もしくは採食効率が高かった場合にその周辺に探索努力を集中させるというarea-restricted searchが、圃場スケールでは生物量の多いオタマジャクシの分布に一致した空間分布に帰結していることが明らかになった。一方で、本研究では地区スケールでチュウサギ個体がどのように採食地を決定しているのかは検討しておらず、この空間スケールでドジョウの生物量に対応した空間分布がどのような意思決定則に基づいているのかは不明である。

本研究では、水田で採食を行うチュウサギという行動観察・空間分布調査・餌生物量調査の容易な種を対象に、食物探索経路の決定に過去の採食経験が複数の時間スケールで影響を及ぼしていること、そしてその意思決定則が少なくとも圃場スケールでは主要な餌生物の密度に一致した空間分布(集合反応)をもたらしていることを明らかにした。動物個体がどのような移動経路を決定するかについては必要なデータをとることが困難なこともあり、これまでの研究ではその様子を記載的に提示するにとどまっていた。そ

のため、動物個体の移動経路が決定されるメカニズムを提示し、さらに結果としての集合反応まで結びつけた本研究は意義のあるものであり、今後動物の空間分布決定機構を、移動経路に関わる意思決定則から解き明かすための基盤となる情報を提供するだろう。

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. Amano, T. and Katayama, N. Hierarchical movement decisions in predators: the influence of foraging experience at more than one spatial and temporal scale. Ecology. in press. 2009. 査読有.

[学会発表](計6件)

1. 片山直樹、天野達也、藤田剛、樋口広芳. 異なる時空間構造をもつ食物分布に対するジェネラリストの集合反応. 日本生態学会第56回大会. 2009年3月19日. 盛岡.
2. 片山直樹、天野達也、藤田剛、樋口広芳. 水田環境で採食するチュウサギの空間分布に影響する要因. 日本鳥学会2008年度大会. 2008年9月13日. 東京.
3. Amano, T. and Katayama, N. Hierarchical decision-making in predators induced by foraging experiences at multi-temporal scales. The 2008 British Ecological Society Annual Meeting. 2008年9月4日. London, UK.
4. 片山直樹、天野達也、藤田剛、樋口広芳. 農地環境におけるチュウサギの採食場所選択~空間パターンからの推定~. 日本生態学会第55回大会. 2008年3月15日. 福岡.
5. 天野達也、片山直樹. 水田におけるチュウサギの食物探索経路. 日本生態学会第55回大会. 2008年3月15日. 福岡.
6. Amano, T., Kusumoto, Y., Kim, E.-Y. and Yamamoto, S. Spatial and temporal landscape complementation in rice paddy areas as habitats for bird species in Japan. 31st Annual Meeting of The Waterbirds Society. 2007年10月31日. Barcelona, Spain.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天野 達也 (Amano Tatsuya)

独立行政法人農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・研究員

研究者番号: 10442724