

# 自然環境調査を用いた生態系分布と 人口・土地利用形態との相関解析

西岡 洸紀<sup>1</sup>・藤生 慎<sup>2</sup>・森崎 裕磨<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科地球社会基盤学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: koubekouki@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 金沢大学准教授 融合研究域融合科学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: fujiu@se.kanazawa-u.ac.jp (Corresponding Author)

<sup>3</sup> 正会員 金沢大学助教 融合研究域融合科学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: morisaki@staff.kanazawa-u.ac.jp

地球上には多様な生物が生息している。科学的には約 175 万種と言われているが、実際には 300 万種～1 億 1100 万種が生息しているとの推計もされている<sup>1)</sup>。そしてこの生物たちは、他の生物と直接的・間接的に支え合うことで生きている。また、毎日の食事や医療、産業、文化に至るまで、生物から多くの恩恵を「資源」として得ることで、私たち人間の暮らしが支えられている。近年では、環境破壊などでこの生物多様性が失われつつあるが、その実態を把握する上で、地理的情報を分析することは極めて重要である。そこで、本研究では、土地利用や人間活動と生物生態系との関係性を分析し、人間活動が各生物種の生息地域に及ぼす影響を明らかにする。

**Key Words:** biodiversity, biogeography, land use pattern, human activity, population

## 1. 序論

### (1) 本研究の背景

地球上のあらゆる環境は、あらゆる自然によって形作られている。その中には、動物、植物、土といった多くの要素が含まれており、普段食べている魚や貝、紙や建材などになる木材、生きる上で欠かせない清浄な水や大気など、様々な資源が自然から生み出されている。森や海の環境は、地球の気温や気候を安定させる大きな役割も果たしており、時には災害の被害を小さくする防波堤の役割も果たしている。

保険や医療に関しても、生物多様性が果たしている役割がある。人間の医療を支える医薬品の成分には、5 万種から 7 万種もの植物からもたらされた物質が貢献している<sup>2)</sup>。さらに、多様な自然環境の中には、まだ発見されていない様々な物質も数多く存在していると考えられており、これらの発見により、現代の医療が解決できていない難病がいずれ治療できるようになる可能性がある。

このように、生物の多様性がもたらしてくれる恩恵は

様々であり、全ての生命の基盤ともいえる、この生物多様性を保全していくことが極めて重要である。

しかし、近年では、人間活動によってこの生物多様性が失われつつあるという現状にある。

### (2) 本研究の目的

全ての生命の基盤とも言える生物多様性の減少が大きな問題となっている現在において、生物多様性を保護しようとする取り組みや、生物多様性に関する研究が数多くなされている。

生物の分布は、種の環境要求性（生態ニッチ）に代表される生態的側面と、地理的障壁による分断や長距離分散などの歴史的側面が、複雑に関係することで形成されている。生物地理学は、こうした生物の分布パターンや分布形成プロセスの解明を目指し、地球上の生物分布や生態系について、地理空間や地質年代との関係を研究する自然科学の一部門である<sup>3)</sup>。個体群や生物群集は、地理的勾配（緯度、高度、空間的な隔離、生息環境）にしたがって異なる適応が観察され、地理的勾配に依存した

強い規則性を持っている。私たちヒトの初期の祖先が、自然地理を予測し、異なる様々な環境に適応してきたように、生物の数や種類の空間的变化を知ることが極めて重要である。

また、近年では、「地理情報システム GIS (Geographic Information System)」と呼ばれる技術を用いた生物地理学的研究が登場してきている。さらに、GIS はデータの可視化や単純な空間解析に用いられるだけでなく、「気候シミュレーション (climate simulation)」や「生態ニッチモデリング (ecological niche modeling)」といった領域にも応用されている。例えば、現在の生物種の分布情報と環境要因から構築された生態ニッチモデルを、気候シミュレーションから得られた気候レイヤに投影することによって、過去のある時間断面における対象種の分布好適地を推定できる。

このように、生態系分布を把握する上で、地理的情報を分析することは極めて重要である。また、人口増加と生物多様性減少の関係に関する研究もされており、人口と生物多様性の間にも深い関連性があることが明らかとなっている<sup>4)</sup>。そこで、本研究では、生物多様性の現状を調査するため、人口分布や土地利用形態と生物生態系分布変化からその関連性を把握し、生物生態系に関する基礎情報の蓄積を行うことを目的とする。

## 2. 既往研究の整理と本研究の位置付け

これまでに、生物多様性に関する研究は数多く行われている。そこで、本章では本研究の目的に沿って、既往研究の整理を行い、2 節ではそれを踏まえ、本研究の位置付けを行う。

### (1) 既往研究の整理

岩崎ら<sup>3)</sup>は、生物地理学における基礎的な解析ツールについて解説し、実際にこれらのツールを活用した生物地理学とその関連分野における研究例を紹介した。そして、次世代シーケンシングによって得られる膨大な遺伝情報や古 DNA データの有用性について紹介し、それらの情報を用いた生物地理学や関連分野における今後の展望について議論し、GIS 技術がその中で重要な役割を果たしうることが示した。

前園ら<sup>5)</sup>は、外来生物と在来生物との関係を研究し、外来生物を駆除することにより、減少してしまう在来生物も出てきてしまうことを明らかにし、外来生物を駆除することのジレンマを示した。

李ら<sup>6)</sup>は、都市域におけるビオトープの空間的特性が生物の生息に及ぼす影響を評価することを目指し、水域や緑地の組み合わせを生息空間とするトンボ類を指標生

物としてビオトープネットワークの評価基準を設定した。そのうえで、大阪府枚方市を対象に約 1km メッシュスケールにおけるトンボの生息種数とビオトープのタイプ別面積について重回帰分析を行った。また、7 つのエリアごとに空間的孤立度や相互作用を示す指数を用いてビオトープの連結性を定量化し、トンボの生息種数に与える影響について考察し、分析結果により次の知見を得た。

- 1) トンボ種の豊かさにとって池の面積がもっとも有意な要因であり、次に樹林や畑・牧草地の面積が重要である。
- 2) 池の空間的連結性もトンボ類の生息に有意な影響を与える。

### (2) 本研究の位置付け

1 節で述べたように、生物多様性に関する研究は数多く行われている。しかし、生物分布の変化と土地利用形態や人口変化との関連性というように、人間活動に着目して分析を行った研究は、既往の研究にない。本研究の新規性を以下に示す。

- a) 環境省の生物多様性センターが行っている自然環境調査のデータを用いて生物生態系に関する分析をしている点。
- b) 生物生態系に影響を及ぼしうる人口や土地利用形態といった人間活動に関する分析をし、その上で生物生態系との関連性を分析している点。
- c) 人間生活に関係のある多様な生物に着目し、生態系に影響を及ぼしうる人間活動に関する様々な指標との相関関係を解析している点。

## 3. 自然環境調査の概要

環境省自然環境局生物多様性センターでは、我が国の植生、動植物の分布、河川・湖沼、干潟、サンゴ礁などについて基礎的な調査やモニタリングを実施している<sup>7)</sup>。調査結果は、報告書及び地図等にとりまとめられたうえ公表されており、これらの報告書等は、自然環境の基礎資料として、自然公園等の指定・計画をはじめとする自然保護行政の他、各種地域計画や環境調査等の各方面において活用されている。

動物分布調査として、生息する野生動物の生息状況を把握するため、哺乳類、鳥類、両生類・爬虫類、淡水魚類、昆虫類を対象に、その分布の把握を中心とした調査が実施されている。第 2 回の調査は 1978 年から 1980 年に、第 3 回の調査は 1983 年から 1988 年に、第 4 回の調査は 1988 年から 1993 年に、第 5 回の調査は 1993 年から 1999 年にかけて行われた。

本研究では、この中から陸上の生物である鳥類、哺乳類、昆虫類を抜粋して生息分布の経年比較をし、分析を

表-1 対象とした生物種と使用した調査データの対応

	第2回調査 (1978-1980年)	第3回調査 (1983-1988年)	第4回調査 (1988-1993年)	第5回調査 (1993-1999年)
鳥類	○ ← → ○			
哺乳類	○ ← → ○		○ ← → ○	○ ← → ○
トンボ			○ ← → ○	○ ← → ○
チョウ			○ ← → ○	○ ← → ○
セミ			○ ← → ○	○ ← → ○
ガ			○ ← → ○	○ ← → ○
甲虫			○ ← → ○	○ ← → ○

行う。表-1 に、対象とした生物種と使用した調査データの対応を示す。表-1 に示すように、哺乳類は第 2 回、第 4 回、第 5 回の、鳥類は第 2 回、第 3 回の、昆虫類（トンボ、チョウ、セミ、ガ、甲虫）は第 4 回、第 5 回の調査データをそれぞれ使用する。表-1 中の矢印は、種類数の増減を把握するために使用した調査データの対応を示している。例えば、哺乳類では、第 2 回と第 5 回の調査データを使用して種類数の差を算出し、その増減を評価する。

#### 4. 石川県における生態系分布と土地利用形態との関連性分析

本章では、石川県の「生物多様性」を評価する指標として、環境省自然環境局生物多様性センターが行った自然環境調査の生物分布のデータを用いて、生物の生息地域に関する分析を行う。これにより、石川県に生息する各生物種の生物分布の実態と土地利用形態との関連性を明らかにする。

10km メッシュごとに、本研究において対象とした各生物種の生物分布のデータを用いて、種類数の差を算出し、各生物分布の変化として GIS 上に可視化することで、その増減を評価する。メッシュの色が濃いほど、次の調査において、そのメッシュでの生物の生息種類数が多くなっており、白くなっている部分は逆に少なくなっている。

また、GIS 上で各生物種の分布の変化と各土地利用形態（都市地域、森林地域、農業地域）との関連性を評価する。

さらに、10km メッシュごとに、メッシュ内の各生物種の種類数の増減と各土地利用形態（建物用地、森林、農用地）の増減との相関係数を算出し、相関関係を解析する。算出した相関係数の正の値が大きいほど 10km メッシュ内の生物種類数と土地利用形態の増減の間には正の相関関係があり、負の値が大きいほど負の相関関係がある。

鳥類に関して、図-1 に示すように、第 2 回の調査から第 3 回の調査にかけて、種類数は主に金沢市、津幡町、小松市、加賀市、七尾市といった限られた都市地域で増

加が見られ、その他の地域では減少していた。都市には餌となる残飯などが多く、構造物の隙間などが営巣場所として利用できることに加え、猛禽類やヘビになどの天敵に出くわすことも少ないなど、好適な生息条件が揃っている。そのため、都市化が進むにつれて生息地域を都市地域に進出し、繁殖するようになってきている種が増えていると考えられる。

哺乳類に関して、図-2 に示すように、第 2 回の調査から第 5 回の調査にかけて、種類数は主に森林地域でのみ増加が見られ、その他の地域では減少している。哺乳類は主に森林地域に生息しており、食料などを求めてその他の地域に進出したとしても、人間によって駆除されたり、うまく適応できなかつたりして、生息地域を広げられなかったものと考えられる。

トンボに関して、図-3 に示すように、第 4 回の調査から第 5 回の調査にかけて、生物種類数は都市地域、森林地域、農業地域と広い範囲で増加が見られた。トンボは産卵を水辺で行うため、生息地域が水辺に依存しやすいが、成虫になると水辺の有無に関係なく広い範囲を飛び回り生息することもできるため、土地利用に関わらず生息地域を広げることができると考えられる。

チョウに関して、図-4 に示すように、第 4 回の調査から第 5 回の調査にかけて、種類数は主に農業地域で増加が見られ、都市地域、森林地域の一部では減少していた。チョウは人間活動が活発な場所を避け、自然が豊かな場所に生息地を広げると考えられる。

セミに関して、図-5 に示すように、第 4 回の調査の調査から第 5 回の調査にかけて、種類数は都市地域、森林地域、農業地域と広い範囲で増加が見られた。セミは都市地域であったとしても、公園や樹木などがあれば、生息し繁殖することができるため、都市地域、森林地域の両方で生息地域を徐々に広げていったものと考えられる。

ガに関して、図-6 に示すように、第 4 回の調査から第 5 回の調査にかけて、種類数は都市地域、森林地域、農業地域の一部で増加が見られ、その他の地域では減少していた。ガはチョウと同じく花の蜜などを吸い、生息地域もチョウと似ている。しかし、ガはチョウと異なり夜行性の種が多く、灯火に飛来する習性を持っているため、都市地域の外灯などに集まりやすい。そのため、都市化の進展が、ガの生息地域を広げることにつながると考えられる。

甲虫に関して、図-7 に示すように、第 4 回の調査から第 5 回の調査にかけて、都市地域、森林地域、農業地域と広い範囲で増加が見られた。甲虫の中には森林地域以外でも適応し、生息地域を広げることができると考えられる。

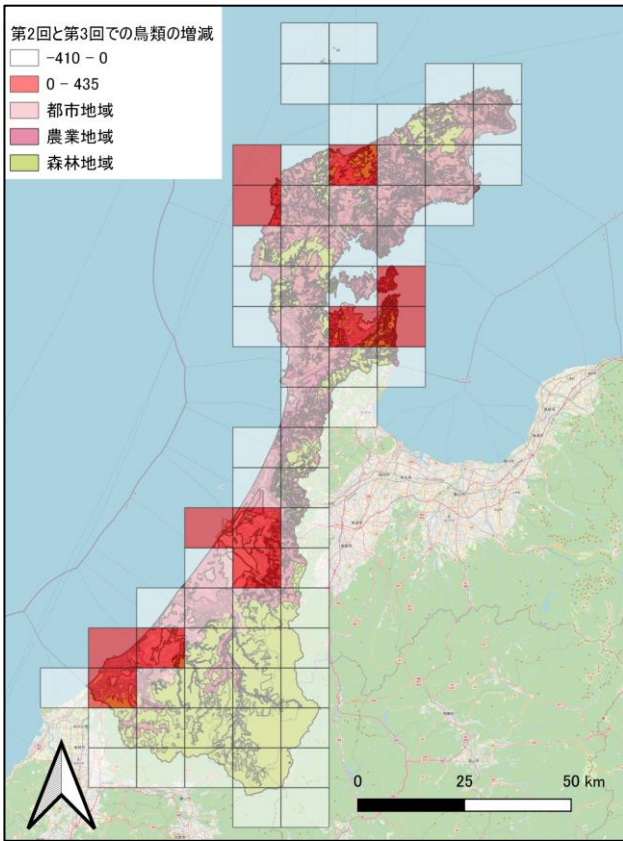


図-1 第 2 回と第 3 回の調査での鳥類の分布の変化

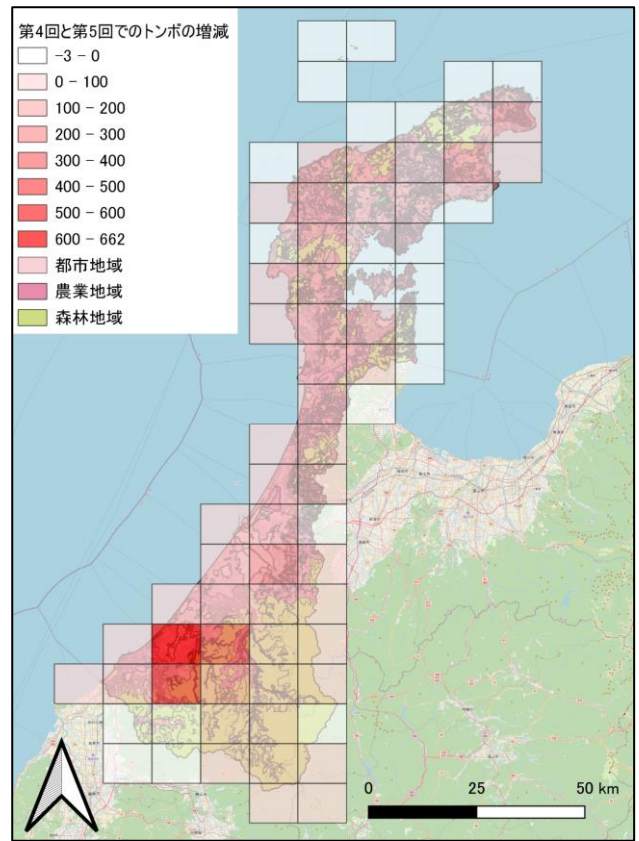


図-3 第 4 回と第 5 回の調査でのトンボの分布の変化

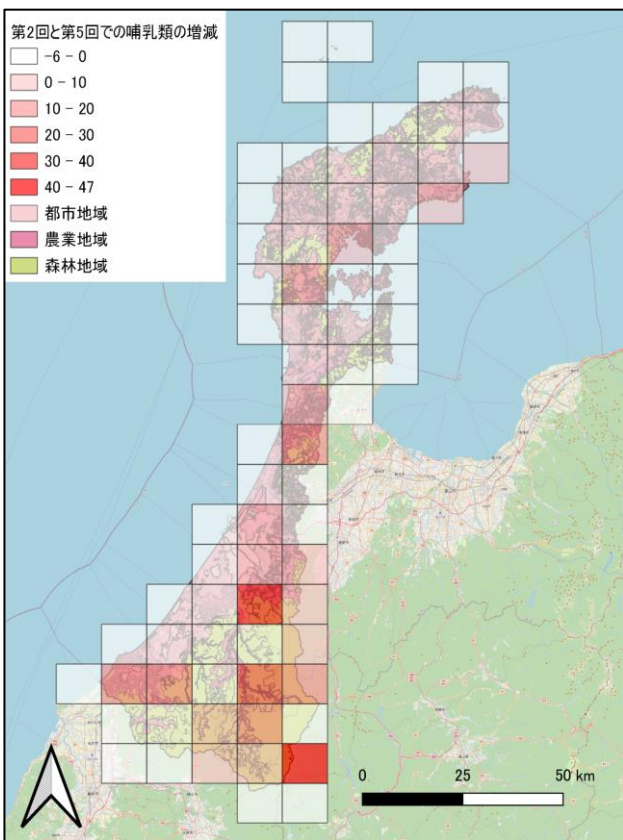


図-2 第 2 回と第 5 回の調査での哺乳類の分布の変化

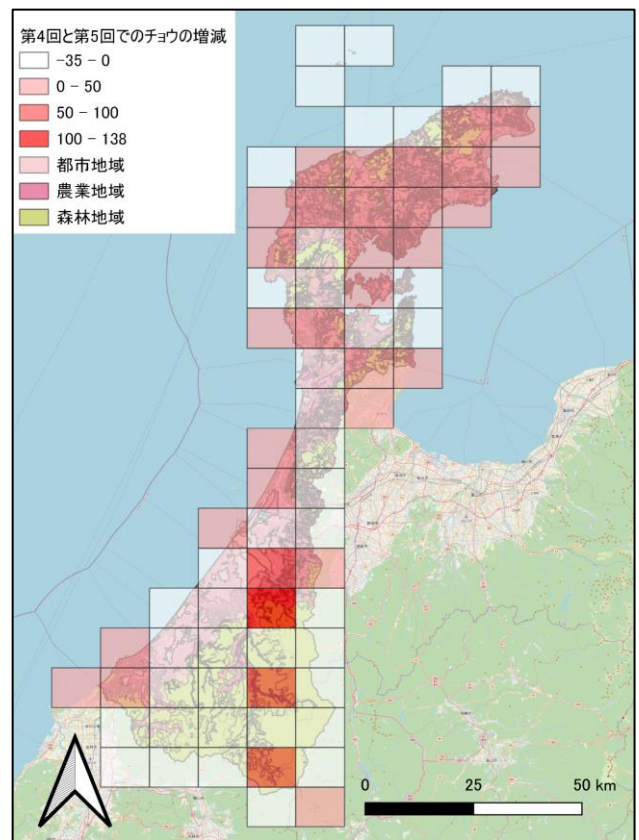


図-4 第 4 回と第 5 回の調査でのチョウの分布の変化

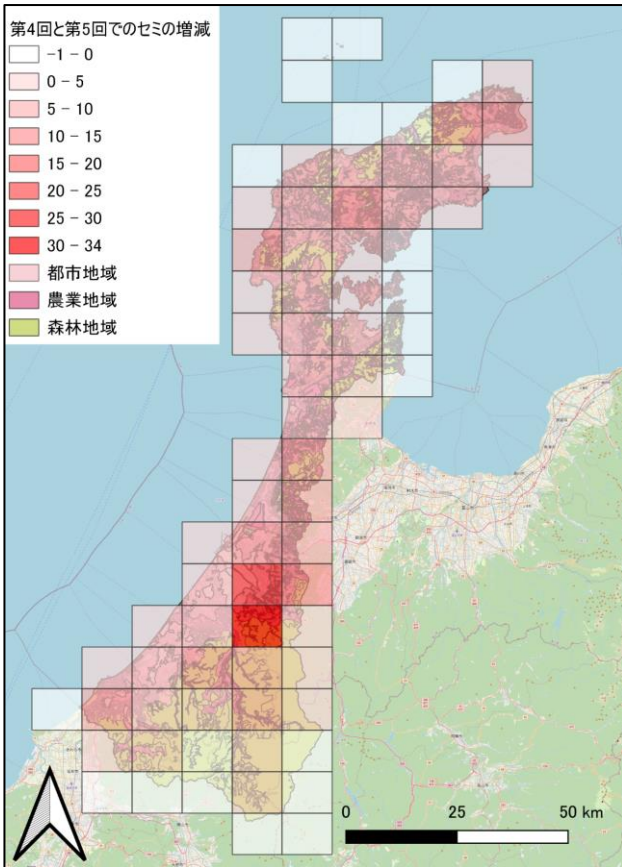


図-5 第4回と第5回の調査でのセミの分布の変化

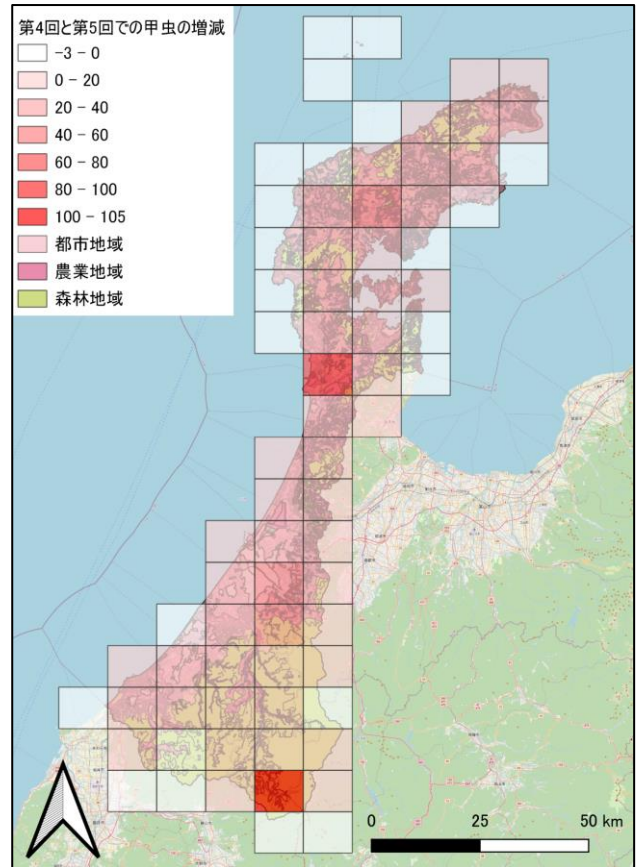


図-7 第4回と第5回の調査での甲虫の分布の変化

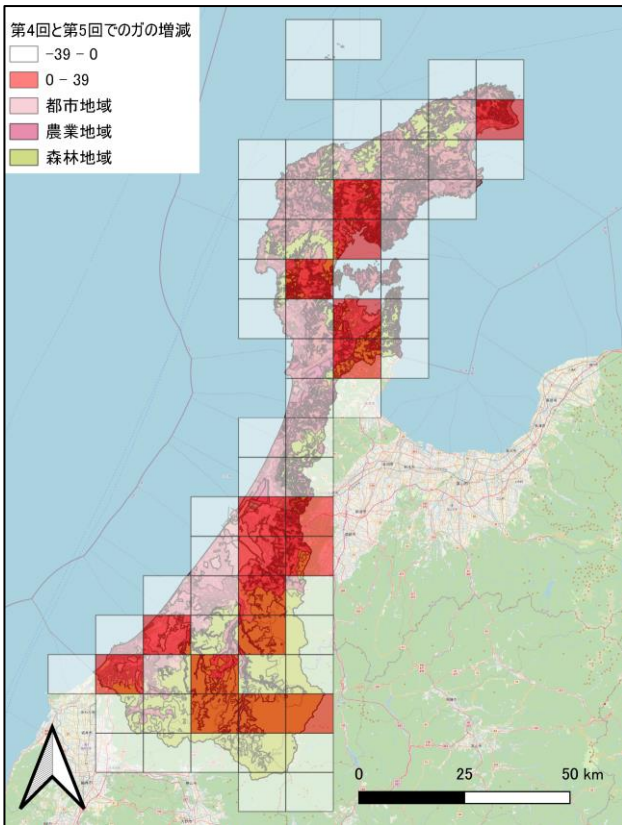


図-6 第4回と第5回の調査でのガの分布の変化

表-2 各生物種の種類数の増減と各土地利用形態の増減との相関解析の結果

	建物用地 [m <sup>2</sup> ]	森林 [m <sup>2</sup> ]	農用地 [m <sup>2</sup> ]
鳥類	0.299	-0.306	-0.097
哺乳類	-0.025	0.082	0.102
両生類・爬虫類	-0.001	-0.184	-0.171
トンボ	0.193	0.005	-0.277
チョウ	0.019	0.093	0.130
セミ	0.265	0.040	-0.192
ガ	-0.013	0.008	-0.173
甲虫	0.104	0.032	-0.027

また、表-2に、各生物種の種類数の増減と各土地利用形態の増減との相関解析の結果を示す。表-2に示すように、鳥類、両生類・爬虫類、トンボ、セミ、ガのように種類数の増減と各土地利用形態の増減と相関関係が見られた生物種が存在する一方で、哺乳類、チョウ、甲虫のように種類数と各土地利用形態の増減と相関関係が見られなかった生物種も存在した。

これより、土地利用形態と生息地域が深く関係している生物種が存在することが考えられる。各生物種はそれぞれの生態に適した土地に生息するため、生物の分布を把握するためには、各生物種の生態を把握した上で、土地利用形態と関連付けていくことが重要である。

## 5. 全国 1800 市区町村における生物生態系と人口・土地利用形態との相関解析

本章では、全国 1800 市区町村の「人口・経済活動」を評価する指標として、内閣府の人口指標・経済指標のデータ<sup>8)</sup>を用いて、全国 1800 市区町村の人口・経済活動の評価・分類を行う。全国 1800 市区町村の人口・経済活動の評価・分類結果を基に市区町村を抽出し、抽出した市区町村について、自然環境調査の生物分布のデータと生物生態系に影響を及ぼしうる指標である人口・土地利用形態に関わるデータを用いて、全国 1800 市区町村の生物生態系と人口・土地利用形態との関連に関する分析を行う。これにより、全国における各生物種の生物生態系と人口・土地利用形態との相関関係を明らかにする。

1980 年から 2000 年において人口指標・経済指標の増減を基に、全国 1800 市区町村の人口・経済レベルを評価し、上・中・下に分類する。例えば、人口指標と経済指標の差の値の合計が大きい市区町村は、人口・経済レベルの増減を「上」と分類し、この市区町村は 1980 年から 2000 年の間に人口・経済レベルが大きく上昇していることを示している。

全国 1800 市区町村の人口・経済活動の評価・分類の結果より、合計 60 の市区町村を抽出する。人口・経済レベルに偏りが生じないように、人口・経済レベルが「上」、「中」、「下」からそれぞれ 20 市区町村ずつ抽出する。表-3 に全国 1800 市区町村の人口・経済レベル分類・抽出結果の一部を示す。表-3 に示すように、人口・経済レベルが「上」の市区町村として千葉県栄町や茨城県守谷市、人口・経済レベルが「中」の市区町村として新潟県長岡市や滋賀県大津市、人口・経済レベルが「下」の市区町村として長崎県小値賀町や北海道夕張市が抽出された。

さらに、抽出した 60 市区町村において、各生物種の種類数の増減と人口（総人口、第 1 次産業就業者数、第 2 次産業就業者数、第 3 次産業就業者数）・土地利用形態（用途面積、林野面積）の増減との相関係数を算出し、相関関係を解析する。

表-4 に、各生物種の種類数の増減と人口・土地利用形態の増減との相関解析の結果を示す。表-4 に示すように、鳥類の種類数は総人口、第 2 次産業就業者数、第 3 次産業就業者数、用途地域と、哺乳類の種類数は用途地域と、昆虫類の種類数は総人口、第 2 次産業就業者数、第 3 次産業就業者数と相関関係が見られた。

これより、人間活動に関わる指標のうち、各生物種に影響を及ぼしている指標が存在していることが考えられる。各生物種に影響を及ぼす要因を把握した上で、人間活動を行っていくことが重要である。

表-3 全国 1800 市区町村の人口・経済レベル分類・抽出結果の一部

市区町村名	人口指標の増減 1980年-2000年	経済指標の増減 1980年-2000年	人口指標と経済指標の増減の合計 1980年-2000年
石川県 川北町	1.4	30.2	31.6
千葉県 栄町	-4.9	31.2	26.3
熊本県 西原村	-3.9	29.2	25.3
徳島県 松茂町	-2.7	26.1	23.4
沖縄県 座間味村	9.4	14	23.4
熊本県 嘉島町	0.4	22.4	22.8
茨城県 守谷市	-4.8	27.2	22.4
:			
滋賀県 大津市	-4.3	6.6	2.3
東京都 檜原村	-3.8	6.1	2.3
青森県 藤崎町	-5.3	7.6	2.3
群馬県 前橋市	-4.7	7	2.3
群馬県 沼田市	-4.7	7	2.3
宮城県 加美町	-5.7	8	2.3
岐阜県 八百津町	-4.6	6.9	2.3
:			
長崎県 小値賀町	-8.4	-1.5	-9.9
鹿児島県 与論町	-8	-2.2	-10.2
奈良県 十津川村	-4.5	-5.9	-10.4
北海道 古平町	-4.9	-5.7	-10.6
北海道 歌志内市	-3.7	-6.9	-10.6
熊本県 五木村	-3.8	-7.1	-10.9
北海道 夕張市	-4.7	-8.2	-12.9
平均値	-4.59	7.96	3.37
中央値	-	-	2.3

表-4 各生物種の種類数の増減と人口・土地利用形態の増減との相関解析の結果

	総人口(人)	第1次産業 就業者数(人)	第2次産業 就業者数(人)	第3次産業 就業者数(人)	用途地域面積 (ha)	林野面積 (ha)
鳥類	0.250	-0.065	0.235	0.237	0.297	-0.031
哺乳類	-0.060	-0.048	-0.051	-0.024	-0.219	-0.096
昆虫類	0.310	0.033	0.167	0.217	-0.081	0.051

## 6. まとめと今後の課題

### (1) 本研究のまとめ

本研究では、環境省自然環境局生物多様性センターが行っている自然環境調査の生物分布のデータを用いて、生物種類数の経年比較と人口・土地利用形態との関連性の実態把握を目的とした基礎的な分析を行った。

石川県において、鳥類や哺乳類、チョウやガのように種類数の増減が限定的であった生物種が存在する一方で、両生類・爬虫類やトンボ、セミや甲虫のように広い範囲で増加が見られた生物種も存在した。

また、鳥類、両生類・爬虫類、トンボ、セミ、ガのように種類数の増減と各土地利用形態の増減と相関関係が見られた生物種が存在する一方で、哺乳類、チョウ、甲虫のように種類数と各土地利用形態の増減と相関関係が見られなかった生物種も存在した。

以上のことから、土地利用形態と生息地域が深く関係している生物種が存在することが考えられる。各生物種

はそれぞれの生態に適した土地に生息するため、生物の分布を把握するためには、各生物種の生態を把握した上で、土地利用形態と関連付けていくことが重要である。

全国 1800 市区町村において、鳥類の種類数は総人口、第 2 次産業就業者数、第 3 次産業就業者数、用途地域と、哺乳類の種類数は用途地域と、昆虫類の種類数は総人口、第 2 次産業就業者数、第 3 次産業就業者数と相関関係が見られた。

以上のことから、人間活動に関わる指標のうち、各生物種に影響を及ぼしている指標が存在していることが考えられる。各生物種に影響を及ぼす要因を把握した上で、人間活動を行っていくことが重要である。

## (2) 今後の課題

本研究では、第 4 章で石川県に焦点を当て、第 5 章で全国に対象地域を拡大し分析を行った。しかし、地域による細かい比較分析は行われていないため、地域ごとの人口や土地利用形態などの人間活動の細かな違いは考慮できていない。今後は、地域特性をより考慮して、生物生態系と人間活動との関連性の分析を行う必要がある。

本研究では、人間活動の大きな代理指標である「人口」、「土地利用形態」と種類別生物分布の関連性のみを分析しているが、その他、生物の生息地域に変化を及ぼす要因として、地球温暖化や気象条件などの環境要因、植生等の生物要因、汚染や外来種などが考えられるため、これらを考慮に入れて分析を行う必要がある。

本研究では、生物生態系を示す指標と人口・土地利用形態に関する指標との関連性を相関係数の算出により解析しているため、今後は、その他の分析手法を用いることでより定量的に分析を行う必要がある。

第 4 章の石川県における生物生態系と人口・土地利用形態との関連性分析ではメッシュごと、第 5 章の全国 1800 市区町村における生物生態系と人口・土地利用形態との関連性分析では市町村ごとに分析を行っているため、道路や河川などによる生物の生息地域の分断は考慮されていない。今後は、より細かく土地利用を分析した上で、生物生態系との関連性を明らかにする必要がある。

## 参考文献

- 1) 環境展望台：生物の多様性，  
[https://tenbou.nies.go.jp/learning/note/theme2\\_1.html](https://tenbou.nies.go.jp/learning/note/theme2_1.html)
- 2) WWF ジャパン：生物多様性とは？その重要性和と保全について，  
<https://www.wwf.or.jp/activities/basicinfo/3517.html>
- 3) 岩崎 貴也，阪口 翔太，横山 良太，高見 泰興，大澤 剛士，池田 紘士，陶山 佳久：生物地理学とその関連分野における地理情報システム技術の基礎と応用，日本生態学会誌，2014 年 64 巻 3 号 p. 183-199
- 4) かげりを見せない人口増加が地球温暖化と大量絶滅を加速させる，  
<https://jp.mongabay.com/2014/10/>
- 5) 前園泰徳，宮下直：外来魚駆除のジレンマ，日本生態学会大会講演要旨集，2003 年，ESJ50 巻
- 6) 李 承恩，盛岡 通，藤田 壮：トンボ類を指標生物とした都市域におけるビオトープの空間的特性の評価，2001 年 2001 巻 671 号 p. 1-11
- 7) 環境省 自然環境局：生物多様性センター，  
<https://www.biodic.go.jp>
- 8) 内閣府：市区町村別人口・経済関係データ，  
[https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/future/keizai-jinkou\\_data.html](https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/future/keizai-jinkou_data.html)

## CORRELATION ANALYSIS OF ECOSYSTEM DISTRIBUTION WITH POPULATION AND LAND USE PATTERNS USING NATURAL ENVIRONMENT SURVEYS

Koki NISHIOKA, Makoto FUJII and Yuma MORISAKI

The earth is home to a diverse array of organisms. Although scientifically estimated to be about 1.75 million species, it is actually estimated that between 3 million and 111 million species live on the planet. These organisms live by supporting each other directly and indirectly. We humans depend on the many benefits we receive as "resources" from living organisms, including daily food, medicine, industry, and culture. In recent years, this biodiversity is being lost due to environmental destruction, and it is extremely important to analyze geographical information to understand the actual situation. In this study, we analyze the relationship between land use, human activities, and biological ecosystems, and clarify the effects of human activities on the habitat areas of each species.