ファオナ及びフロラ調査の精度に関する研究

A Study on The Exactness of Fauna and Flora Survey

東海林克彦* 箕輪 隆一** 稲川 良**

Katsuhiko SHOJI Ryuichi MINOWA Ryou INAGAWA

摘要：本論は、確認率の高いファオナ及びフロラ調査の実施に必要な条件等を検討するために、確認率と調査方法との相関関係について分析し、動植物の分布調査の精度の向上及び適正な調査方法の確立の一助としたものである。実際に現地において、ラインセンサス手法により鳥類及び高等植物を対象としてファオナ及びフロラ調査等を実施し、データの分析や結果の考察を行った。その結果、調査時期や時間帯、調査所要時間、調査者（調査能力）等と確認率との相関関係が定量的に明らかにされた。また、確認率を100%にすることは労力等の観点から現実的に困難であるため、残存する不確実性を補償する各種手段の検討が必要であると考えられた。

1. はじめに

動植物の分布調査は、環境アセスメントの実施や地域計画の作成等に際して、地域環境特性や計画条件等を明らかにするために必要かつ重要な調査の一つとして、広く一般的に行われている。

かかる動植物の分布調査を適切に実施するためには、調査対象地域に生息・生育する種を可能な限り多く確認した精度の高いファオナ及びフロラリストの作成（以下、本論では、全生息・生育種数に対する実際の確認種数の割合を「確認率」と称し、ファオナ及びフロラ調査の精度の高さを表す指標として用いることとする）、確認した種の分布の正確な把握、確認した種の現存量の正確な把握等が行われることが必要である。いずれの作業も、動植物の分布調査を適切に実施するうえで欠かすことのできない重要な作業である。中でもとりわけ、確認率の高いファオナ及びフロラリストの作成は、動植物の分布や現存量の把握調査を行うに際して、基本となる重要な作業として位置づけられている。また、環境アセスメントにおいても同様に位置づけられている。ファオナ及びフロラ調査が不十分であったため、保全目標として設定されるべき価値を有している動植物種が見落とされ、大きな社会的問題を引き起こしたり、再調査の実施等の手戻りを余儀なくされている環境アセスメント事例¹⁾も散見される。

しかし、ファオナ及びフロラ調査において高い確認率を確保するに当たっては、調査時期や時間帯、調査者（調査能力）、調査所要時間に関して適切な調査方法を選択することが肝要であるとの指摘がなされている²³⁾にもかかわらず、現在、その確認率と調査方法と

の関係は、十分に明らかにされていない。

本論は、このような状況に鑑み、確認率の高いファオナ及びフロラ調査の実施に必要な条件を検討するために、ファオナ及びフロラ調査の確認率と調査方法との関係を客観的かつ定量的に分析・整理し、もって動植物の分布調査の精度の向上及び適正な調査方法の確立に貢献しようとしたものである。

調査方法と確認率との関係に言及している既往の論文や文献としては、鳥類の調査方法の種類等の妥当性について調査研究した由井の論文等⁴⁵⁾⁶⁾がある。本論の特徴は、これらの既存研究の中で、ファオナ及びフロラ調査に係る調査方法と確認率との関係を定量的かつ総合的に調査研究したことにある。

2. 調査手法

一般的に広く行われている調査手法であるラインセンサス手法を対象として、確認率との相関関係等を調査分析することとした。調査対象とする動植物は、調査及び調査者の確保のし易さ並びに結果の汎用性を考慮して、ファオナ調査については昼行性の鳥類、フロラ調査については高等植物とした。また、確認率を規定すると考えられる調査方法に係る要因のうち、本論で取り上げた要因は、分布等の時間変動と確認率の関係を分析するために「①調査時期や時間帯」、調査にかかる時間や頻度と確認率との関係を分析するために「②調査所要時間」、調査者の能力と確認率との関係を分析するために「③調査者の調査能力」の3要因とした。調査対象地域は、図-1に示したとおり、ファオナ（鳥類）調査については山梨県の増富温泉、フロラ調査については埼玉県宮寺の2地域を選定した。

各調査の概要は、次のとおりである。なお、現地調査の実施年度は1994年度である。また、確認率の集計に当たっては、ファオナ（鳥類）調査については以下の各調査及び前年に別途に行われた既往調査により得られた種数を、フロラ調査については以下の各調査により得られた種数を、真のファオナ（鳥類）及びフロラの種数とみなして分析を進めた。なお、当該調査結果により得られたファオナ（鳥類）及びフロラの種数は、調査にかけた時間の長さや類似の環境条件のところで観察されるファオナ（鳥類）及びフロラに照らして、真の種数に等しいか極めて近い結果になっており、得られた結果の妥当性について重大な支障が生じるおそれはないと考えられる。しかし、その精度については真の種数であることを証明できないことによる限界があることをお断りしておきたい。

(1) 時間変動調査

生息・生育種の分布等の時間変動と確認率との関係を分析するため、ファオナ（鳥類）については繁殖期と越冬期の季節変動及び時間帯変動、フロラについては時間帯変動がないので月変動のみを、現地調査及び資料調査により調査した。詳細は次のとおりである。なお、遷移等の要因による年変動については、作業量等を考慮して今後の検討課題とした。

(i) ファオナ（鳥類）

ア. 季節変動

調査対象地域における繁殖期（6月）と越冬期（1月）の生息種を、現地調査及び既往の調査資料により明らかにした。現地調査は、7～9名の調査員が、ラインセンサス法により各5日間実施した。観察半径は50m、歩行速度は分速25m（時速1.5km）、センサス

*環境庁自然保護局 **㈱ブレック研究所

図-1 調査位置

ルートは延長2 km、確認根拠は鳴き声（囀り、地鳴き）または目視、時間帯は日の出直後の早朝である。また、この他に、繁殖期と越冬期の2期について鳥類の生息種を調査した事例を収集、整理した。

イ. 時間帯変動

調査対象地域における越冬期（1月）の生息種の時間帯変動を、現地調査により明らかにした。現地調査は、3名の調査員が前述の季節変動調査と同様のラインセンサス法により、日の出直後から日の入りまでの時間帯を対象として2時間おきに実施した。なお、繁殖期の調査については、鳥類の鳴き声がセミの声に消されて実施できなかった。

(ii) フロラ

ア. 月変動

植生の異なる森林区及び草原区の2つの調査区において、月毎に生育種を現地調査等により明らかにした。現地調査は、2名～6名の調査員が、半日から1日かけて調査対象区域をくまなく踏査することにより実施した。

(2) 調査所要時間及び調査能力調査

調査にかかる時間等の調査所要時間と確認率との関係及び調査者の調査能力と確認率との関係を分析するため、経験度が異なる7～9名の調査員を被験者として、ファオナ（鳥類）及びフロラ調査を実施した。調査は、確認率を単位時間別に集計できるように、調査経過時間をマーキングしながら実施した。詳細は次のとおりである。

(i) ファオナ（鳥類）

調査は、繁殖期（6月）と越冬期（1月）の2期において、繁殖期7名、越冬期9名の

経験度が異なる調査員が、前述の季節変動調査と同様のラインセンサス法により実施した。調査対象期間は、繁殖期及び越冬期とも各5日間である。センサスルートには距離マーカーを50mおきにあらかじめ設置しておき、種の確認時間を2分単位で記録した。なお、各調査員が同時に調査を行うと、人の気配による鳥類の逃避が懸念される。このため、各調査員は、10分間隔で順番に調査を開始することとし、開始順が調査結果に影響することのないよう、日毎に順番をランダムに設定した。また、調査員の経験度を明らかにするため、鳥類の観察や調査にかかった通算の日数や年数を各調査員に対するヒアリングにより集計した。

(ii) フロラ

調査は、夏期（7月）に、植生の異なる森林区及び草原区の2つの調査区において、経験度がほぼ同じである調査員2名をひとつの班とする計4班の調査班により、調査時間を60分間として実施した。各調査班には、別に記録員を1名つけて、種の確認時間を5分単位で記録した。踏査ルートは任意とし、踏査ルートの選定等が確認率に与える影響も分析できるように、記録員が5分単位で現在位

- ファオナ（鳥類）調査
山梨県北巨摩郡須玉町増富温泉
平均標高：約1350m
概況：比較的急な斜面に接した開けた谷あい。近くを沢が流れる。植生は、ミズナラ・クナラ群集、ウラジロノキ・イヌナギナ群集、カラマツ人工林で、ウラジロミヤコメツガが点在。
- フロラ調査
埼玉県入間市宮寺
平均標高：約130m
概況：森林区は、緩傾斜面をもつ火山灰台地及び小規模な谷地形から構成されるクナラ群集分布地。草原区は、貯水池推移変動域の抽水植物群落及び小型1年草群落等の湿性草原分布地。

置を確認しながら踏査ルートを記録した。また、調査員の経験度を明らかにするため、植物の観察や調査にかかった通算の日数や年数を各調査員に対するヒアリングにより集計した。

3. 結果及び考察

(1) 調査時期・時間帯と確認率

(i) 季節及び月変動と確認率との相関分析

ファオナ（鳥類）調査により確認できた生息種数は、繁殖期40種、越冬期25種である。図-2は、年間を通して確認できた生息種数の49種を母数とした季節別の出現種数の割合を示したものである。繁殖期と越冬期では、出現種及び出現種数に大きな変化が見られる。通年の出現種は33%であり、繁殖期にのみ出現する種が49%、越冬期にのみ出現する種が18%である。ファオナ（鳥類）調査の確認率は、このように明確な季節変動があることから、その時期の出現種のすべてを確認できたとしても、繁殖期のみの調査では82%、越冬期のみの調査では51%にとどまることとなる。表-1は、当該調査結果を補足するために、全国及び栃木県の低山帯～亜高山帯において、留鳥、夏鳥及び冬鳥等の割合を調査した事例¹⁰⁾を整理したものである。同一種でも調査対象地域の広狭に応じて、それぞれに留鳥、夏鳥または冬鳥に区分されることがあるため、単純にある特定の時期のみの調査により確保できる確認率を推定できるものではない。しかし、図-2と同様に、少なくとも繁殖期と越冬期ではその出現種及び出現種数に変化が見られることが表1からも推測される。これらの調査結果は、確認率を100%にするためには、鳥類の生息種の繁殖期または越冬期による季節変動を的確に把握できるように調査時期を選定することが重要であり、そのためにはそれぞれの季節に固有な生

図-2 季節別の出現種数の割合（鳥類）

表-1 全国及び栃木県における留鳥等の割合

	留鳥	夏鳥	冬鳥	旅鳥	迷鳥	全体
全国	36% (186)	10% (52)	22% (114)	16% (82)	16% (83)	100% (517種)
栃木県	28% (71)	20% (51)	22% (57)	16% (40)	14% (35)	100% (256種)

注) 栃木県のデータは、県下の低山帯～亜高山帯全域を網羅するように設定された100地点におけるルートセンサス調査（平均距離は約4 km）の結果をとりまとめたものである。

図-3 月別の出現種数の割合（森林区）

図-4 月別の出現種数の割合（草原区）

月	3	4	5	6	7	8	9	10	11
同定 適期	A	B	C	D	E	F			

- A: ヤナギ科 (ヤナギ属), 春植物全般*, キク科 (タンポポ属), スミレ科 (スミレ属), ウマノスズクサ科 (カンアオイ属).
- B: シソ科 (タツナミソ属), マメ科 (ウマゴヤシ属), ユキノシタ科 (ネコノメソ属, チャルメルソ属), ベンケイソウ科 (キリンソウ属), モウセンゴケ科 (モウセンゴケ属), アブラナ科 (タネツケバナ属), メギ科 (イカリソウ属), キンボウゲ科 (センニンソウ属, キンボウゲ属), ラン科 (キンラン属, エビネ属), サトイモ科 (テンナンショウ属), イネ科 (イチゴツナギ属, ドジョウツナギ属, コスガサ属).
- C: キク科 (ニガナ属), ラン科 (ツレサギソウ属, ムヨウラン属, クモキリソウ属), アヤメ科 (アヤメ属), ユリ科 (ユリ属, ギボウシ属), カヤツリグサ科 (スゲ属), イネ科 (スズメノチヤビキ属, カモジグサ属, ウシノケグサ属).
- D: シソ科 (トウバナ属), ガガイモ科 (カモメヅル属, オオカモメヅル属), リンドウ科 (アサザ属, サクラソウ科 (オカトラノオ属), オトギリソウ科 (オトギリソウ属), アブラナ科 (ハタゴオ属), キンボウゲ科 (トリカブト属, カラマツソウ属), ユリ科 (ワスレグサ属), イグサ科 (イグサ属), シダ植物全般*2.
- E: キク科 (コウモリソウ属), アカネ科 (ヤエムグラ属), マメ科 (ハギ属), タデ科 (ギシギシ属), ラン科 (シュスラン属), カヤツリグサ科 (ハリイ属), イネ科 (スズメガヤ属, ノガリヤス属).
- F: キク科 (ヤマボクチ属, トウヒレン属, アザミ属, ヤブタバコ属, シオン属, ヨメナ属), タヌキモ科 (タヌキモ属), ゴマノハグサ科 (ウリクサ属, サワトウガラシ属, アブノメ属, スズメノハコベ属), シソ科 (ヤマハッカ属, アキギリ属, イヌコウジュ属, シロネ属), リンドウ科 (センプリ属), セリ科 (ムカゴニンジン属, シシウド属), ヒユ科 (ヒユ属), タデ科 (タデ属), ヒナノシヤクジョウ科 (ヒナノシヤクジョウ属), ユリ科 (ホトギス属), ホシクサ科 (ホシクサ属), カヤツリグサ科 (ホタルイ属, ハリイ属, テンツキ属, カヤツリグサ属, イヌノハナヒゲ属), イネ科 (ネズミガヤ属, サヤヌカグサ属, チゴザサ属, エノコログサ属, スズメノヒユ属), トチカガミ科 (スバ属), ミクリ科 (ミクリ属).

注) *1: カタクリ, エンゴソウ類, イチリンソウ属等

*2: シダ植物は我が国に630種あり, ソーラス (胞子のう群) が形成されていないと同定の困難な種が多い。科や属によってソーラス形成期はかなりの差異があり, ハナヤスリ属のように5・6月のものもあるが, 7~8月ではソーラスのあるシダ植物が比較的多くみられる。

図-5 調査区における分類群別の同定適期

息種を把握しやすい時期を事前に既存資料等により適切に見極めたうえで調査を行う必要があることを示していると考えられる。なお、複数回の調査は、通年の出現種についての確認漏れを防止する副次的な効果も有していると考えられる。

一方、フロラ調査により確認できた出現種は、森林区 197 種 (うち木本は 100 種), 草原区 194 種 (うち木本は 18 種) である。図-3 及び図-4 は、草本植物の出現状況を月別にとりまとめたものである。なお、木本植物については 1 年を通して同定が比較的可易なものが多いことから、月別変動調査は行わなかった。いずれの調査区においても、月により草本植物の出現種数は大きく変動している。

100%になるのは森林区では 5~7 月, 草原区では 6~7 月である。逆に、一番少なくなるのは、森林区では 12 月及び 1 月の 14%, 草原区では 12 月の 20% である。草本植物に係るフロラ調査の確認率は、ファオナ (鳥類) 調査と同様に、その時期の出現種のすべてを確認できたとしても調査時期の選定如何によっては、14%~100%の間で大きく変動することとなる。しかし、フロラ調査は、出現種数が 100%になる 5~7 月などの適切な調査時期を選んで全生育種を確認できるような調査を行えば、一度の調査で確認率を 100%にすることが理論的には可能である点が、ファオナ (鳥類) 調査と異なっていると考えられる。しかし、実際には、図-3 及び図-4 に示し

図-6 確認率等の時間帯変動

たように時期により同定が困難な種が少なからず存在するため、一度の調査で 100%に近い確認率を得ることは困難である。定点調査などのように出現種がア priori に分かっている場合を除き、実際に現地調査を行う時期及び回数については、出現状況の他にも同定器官の成熟度等による同定の容易さを考慮する必要があると考えられる。そのためにはファオナ (鳥類) 調査と同様に、生育種を確認しやすい時期を事前に既存資料等により適切に見極めたうえで調査を行う必要があると考えられる。なお、図-5 は、草本植物について、同定対象器官等の成熟の度合いの観点から、容易に同定可能な期間をグループ毎に整理したもの⁹⁾である。図-5によれば、当該調査対象地域における現地調査の適期及び回数については、例えば 3~4 月上旬, 5 月下旬~6 月中旬, 7 月初旬~中旬, 9 月下旬~10 月中旬の年間 4 回が、望ましい組み合わせとして考えられる。

(ii) 時間帯変動と確認率との相関分析

図-6 は、鳥類の確認率と全記録個体数に対する単位時間当たりの記録個体数の割合 (以下、本論では「個体数の記録率」と称する) を 2 時間単位で集計したものである。朝方の 7 時~9 時の確認率及び個体数の記録率

図-7 調査時間と確認率（繁殖期）

図-8 調査時間と確認率（越冬期）

図-9 調査時間と確認率（森林区）

図-10 調査時間と確認率（草原区）

が最も高く、15時～17時の確認率及び個体数の記録率は、最も高い朝方の時間帯の約6割及び4割に下がっている。一般的に昼行性の鳥類のファオナ調査については、鳥類の活動が最も活発であるといわれている日の出直後の早朝が望ましいとされている⁴⁾が、本調査結果は、この調査時間帯の妥当性を実証しているものであると考えられる。なお、昼行性の鳥類に係る個体数の記録率は、由井によって、夕方にまた少し上昇する傾向を示すことが明らかにされている⁴⁰⁾。しかし、本調査では、このような傾向は見られなかった。由井の調査時期が繁殖期であったのに対して、本論の調査時期が越冬期であったことによるのかもしれないが、この相違についての検討は今後の課題としたい。

(2) 調査所要時間及び調査能力と確認率

(i) 調査所要時間と確認率との相関分析

図-7及び図-8は、ファオナ（鳥類）調査について、各調査員の確認率の平均（以下、本論では「平均確認率」と称する）の累積値と、各調査員が確認した種数の総合計種数の生息種数に対する割合（以下、本論では「総合確認率」と称する）の累積値を示したもので

である。平均確認率及び総合確認率の累積値は、平均確認率に対して総合確認率の方が4～5割ほど総じて高くなっている。また、いずれの確認率の累積値とも調査時間が経過するにつれて増加しているが、その増加率は一定ではない。調査の初期段階では著しいものの、次第に鈍くなり、終盤では飽和状態に近い傾向を示している。例えば、ファオナ（鳥類）調査の繁殖期の総合確認率を見てみると、調査を開始してから30分の調査時間で確認率は50%に達するが、確認率がその1.6倍の80%に達するまでには調査時間は約16倍の450分かかっている。また、いずれの確認率も、60分の調査時間（60分といっても、日の出直後の2時間前後が調査に適した時間帯であるため、実際は5日間程度の調査日数が必要となる）をかけても100%には達しておらず、平均確認率の最終値は繁殖期が63%、越冬期が58%、総合確認率の最終値は繁殖期が88%、越冬期が88%となっている。

一方、図-9及び図-10は、フロラ調査について、各調査班の平均確認率及び各調査班の総合確認率の累積値を示したものである。当該フロラ調査結果は、前述のファオナ（鳥

類）調査の結果と比較して、平均確認率と総合確認率の差が顕著であり、平均確認率に対して約7～9割と高くなっているが、確認率の増加傾向についてはほぼ同様の結果を示している。例えば、総合確認率を見てみると、森林区及び草原区とも調査を開始してからわずか10分の調査時間で確認率は50%に達するが、確認率がその1.6倍の80%に達するまでには調査時間は約4倍の40分かかっている。

図-7～図-10のそれぞれの図中に示した数式は回帰式であるが、いずれの相関係数も1%の危険率で有意な結果を示している。本調査結果は、確認率を上げるためには単独の調査員によるのではなく複数の調査員によって互いに調査結果を補完しながら調査を行う方が効果的であること、確認率の絶対値が高くなればなるほどよりたくさんの調査時間が必要となることから等比級数的に時間効率が低下することを示していると考えられる。また、ファオナ（鳥類）やフロラの概要をもとに地域環境特性を明らかにすることを目的とした調査では、時間効率性にすぐれた調査所要時間の基準を設定できる可能性を示してい

る一方で、確認率100%を確保することの困難さを示しているとも考えられる。ちなみに本調査は、ファオナ（鳥類）調査では、延長2kmのセンサスルートに対して9名の調査員が各80分かけて実施したものである。フロラ調査では、森林区500㎡、草原区1000㎡の調査面積に対して6名の調査員が各60分か

けて実施したものであり、踏査によりカバーした面積（踏査ルートに対して左右各1mの幅のゾーンをカバーした面積として集計したもの）は、森林区では約6割、草原区では約5割に達している。しかし、その確認率はいずれも100%には達していない。平均確認率の最終値は46%～63%、総合確認率の最終

値は88%～90%である。ファオナ（鳥類）及びフロラ調査の確認率を100%にすることの困難さについては、各種報告書等²³⁹⁾においても指摘されているところである。本調査結果においても、現地調査のみにより100%の確認率を確保することは、現地調査に実際にかかることのできる調査時間を考慮すると、現実的には困難であることを示唆しているものであると考えられる。このような状況において、時間効率性を考慮して可能な限り確認率を100%に近づけるためには、例えば、次のように各調査を最初から一次調査と二次調査の2本立てで行うなどが考えられる。一次調査においては、時間効率性にすぐれた水準の確認率と考えられる約80%前後の確認率を確保し、地域環境特性を明らかにする。一方、二次調査では一次調査で明らかにされた地域環境特性等をもとに、当該調査対象地における既往の調査結果や類似の環境特性下における調査結果を参照しつつ、生息生育可能性の高い種の目星をつける。そして、その確認に特化した合目的的な内容の調査を行い、一次調査の結果を補完するものである。この際、環境特性や群落の種類に対応した生息生育可能性の高い種のリストや既往の調査結果により明らかにされている生息生育種を検索できるデータベースが整備されていることも必要であると考えられる。このような動植物の分布情報に係るデータベースの充実に関する公的な支援措置も望まれるところである。また、ファオナ（鳥類）及びフロラリストを提示する際には、その確認率が推定できるように「調査所要時間－確認率曲線図」の添付を検討することも必要であると考えられる。

(ii) 調査能力と確認率の相関分析等

ア. 調査能力の相違による確認率の変動傾向分析

図-11及び図-12はファオナ（鳥類）調査について、図-13及び図-14はフロラ調査について、確認率の累積値を各調査員（班）別に示したものである。各調査員（班）によっ

図-11 各調査員別の確認率（繁殖期）

図-12 各調査員別の確認率（越冬期）

図-13 各調査班別の確認率（森林区）

図-14 各調査班別の確認率（草原区）

て最終確認率は異なっており、最終確認率が最も高い調査員(班)と最も低い調査員(班)との確認率の差は、ファオナ(鳥類)調査の繁殖期では17%、越冬期では36%、フロラ調査の森林区では46%、草原区では44%になっている。また、最終確認率の高い調査員(班)は、単位時間当たりの確認率も総じて高い傾向にある。

図-15~図-18は、各調査員(班)の調査能力の相違により生じる確認率の差の内容の詳細を明らかにするため、最終確認率の最も高い調査員(班)が確認できなかった種に関して、他の調査員(班)による確認状況をベン図で表したものである。(なお、ファオナ(鳥類)調査については、分析しやすいように、最終確認率の最も高い調査員以外の調査員を最終確認率の順位に応じて3班にグループ化して集計してある。)フロラ調査については、森林区ではB班20種、C班6種、D班6種、草原区ではB班17種、C班11種、D班9種と、ほぼ調査能力の相違に応じて各

調査班によって確認されている。一方、ファオナ(鳥類)調査については、フロラ調査の結果と異なり、各調査グループの確認種数はほぼ同じであり、調査能力の相違による確認種数に明確な差は見られない。なお、このように確認された種に共通する特徴は、ファオナ(鳥類)及びフロラ調査とも特に認められなかった。

また、単位時間毎に全調査員(班)の確認率の合計に占める各調査員(班)の確認率の割合を集計し、カイ二乗検定による各調査員(班)間の確認率の有意差を分析した。フロラ調査については、上位の確認率の調査班と下位の確認率の調査班との間に有意な差が危険率5%以下の確率で認められた。しかし、ファオナ(鳥類)調査については、確認率の有意な差が、必ずしもすべての調査員の間に認められなかった。フロラ調査とファオナ(鳥類)調査との間の相違は、鳥類は植物と異なって絶えず移動するものであることから、調査員の前に現れる確率が同じではないこと

により生じたものではないかと推測される。ファオナ(鳥類)調査の確認率は、フロラ調査と異なり、大きな傾向としては調査能力に比例して増減するが、調査能力以外にも、移動する鳥類との出会いに関する確率的な要素が入り込むのではないかと考えられる。

なお、ファオナ(鳥類)及びフロラ調査のいずれとも、現地調査は複数名によって実施されることが一般的である。本調査結果は、フロラ調査の調査員の構成については、できるだけ調査能力の高い調査員を組み合わせることが必要であると考えられるのに対して、ファオナ(鳥類)調査については、できるだけ調査能力の高い調査員を選定することが基本であるが、移動する鳥類との出会いに関する確率的な要素をカバーするための人員の確保についても配慮することが必要であることを示していると考えられる。また、ファオナ(鳥類)及びフロラリストを提示する際には、その確認率が推定できるように調査員の人数や経験年数の明示を検討することも必要であると考えられる。

イ. 調査能力の相違による確認率の変動の規定要因分析

各調査員の調査能力の相違による確認率の変動を規定する要因として、ファオナ(鳥類)調査については、各鳥類種の大きさや個体数などの物理的属性及び識種率(以下、本論では、当該動植物種の形態や特性に関する知識の普及の程度や同定のされやすさをあらわすために、各動植物種毎に、表-2に示したカテゴリ-区分により算出した各調査員(班)に係る評点の平均値を「識種率」と称する)、フロラ調査については、各植物種の物理的属性、識種率及び踏査形態(ルート及び速度)を考へて、調査能力の相違による確認率の変動の規定要因を分析した。なお、各動植物種の物理的属性は、確認される種の側の主な規定要因として考えられるものであり、踏査形態及び識種率は、調査員の側の主な規定要因として考えられるものである。

(ア) 各動植物種の物理的属性

各動植物種の確認され易さに関係すると考えられる主な物理的属性を表-3及び表-4に示したように整理し、物理的属性と各動植物種の被確認割合(以下、本論では、調査員(班)の総数に対する、当該動植物種を確認

図-15 最終確認率の最も高い調査員が確認できなかった鳥類種の他の調査員による確認状況(繁殖期)

図-16 最終確認率の最も高い調査員が確認できなかった鳥類種の他の調査員による確認状況(越冬期)

図-17 最終確認率の最も高い調査員が確認できなかった植物種の他の調査員による確認状況(森林区)

図-18 最終確認率の最も高い調査員が確認できなかった植物種の他の調査員による確認状況(草原区)

表-2 識種率の算定区分

区分	内 容	評点
1	その種の形態や特性を十分知っており、同定可能	1.0
2	知識に曖昧なところがあり、同定を起すおそれがある	0.5
3	知らない、または同定不可能	0

した調査員(班)の数の割合を「被確認割合」と称する)との相関関係分析を行った。

ファオナ(鳥類)調査についての結果は、表-3に示したとおりである。各鳥類種の確認の根拠となる物理的属性は、鳴き声による確認と目視による確認では異なることから、鳴き声のみによる確認群と目視のみによる確認群に分けて相関を調べたが、被確認割合との有意な相関関係は、個体数以外の物理的属性については特段認められなかった。なお、この個体数と被確認割合が1%の危険率で有意な相関関係を有するという結果は、自然環境保全上重要な種群の一つとして考えられている希少種のように個体数の少ないものについては、被確認割合が低くなるおそれがあることを示していると考えられる。

一方、フロラ調査についての結果は、表-4に示したとおりである。森林区の植物高、植被面積及び群度については、1%の危険率で有意な相関関係が認められた。しかし、森林区の他の物理的属性及び草原区の物理的属性のすべてについては有意な相関関係は認められなかった。この相違は、森林区では、草原区に比べて見通しが悪いために生じた結果ではないかと考えられるが、詳細な検討については今後の課題としたい。

なお、各物理的属性と被確認割合との相関は、各物理的属性の組み合わせにより生ずるのではないかと考えて、ファオナ(鳥類)及

表-3の1 鳥類の物理的属性と被確認割合との相関(繁殖期)

確認根拠	物理的属性	カテゴリ	被確認割合(平均)	相関係数	標本数
鳴き声 (さえずり及び地鳴き)	①個体数	(実数)	0.22	0.86	16 被確認割合の 平均値は0.22 5%の危険率 での有意水準 は0.50
	②声の大きさ(囀り)	1:小 2:中 3:大	0.38 0.26 0.12	-0.35	
	③声の大きさ(地鳴き)	1:小 2:中 3:大	0.34 0.19 -	-0.33	
	④鳴き声の頻度(囀り)	1:多い 2:中 3:少	- 0.26 0.23	0.10	
	⑤鳴き声の頻度(地鳴き)	1:多い 2:中 3:少	0.21 0.24 0.18	-0.06	
	⑥近似種の有無(囀り)	1:有 2:無	0.26 0.20	-0.11	
	⑦近似種の有無(地鳴き)	1:有 2:無	0.25 0.10	-0.22	
	⑧群れ行動の有無	1:有 2:無	0.23 0.14	-0.07	
	①個体数	(実数)	0.04	0.98	
	②個体の大きさ	1:ｽﾞﾛ大 2:ｽｽﾞ大 3:ｸﾞﾐ大 4:ﾊﾞ大 5:ｶｽ大	- - 0.09 0.04 0.14	0.27	
目視	③群れ行動の有無	1:有 2:無	0.04 0.14	0.23	16 被確認割合の 平均値は0.04 5%の危険率 での有意水準 は0.50
	④活動性の高さ	1:小 2:中 3:大	0.07 0.07 -	-0.28	
	⑤鉛直方向活動空間	1:狭 2:中 3:広	0.02 0.11 0.02	0	
	⑥行動特性	1:潜む 2:中位 3:目立つ	0.07 - 0.48	-0.15	
	⑦飛翔頻度	1:低 2:中 3:高	- - 0.08	0.33	
	⑧近似種の有無	1:有 2:無	0.08 -	-0.36	
	⑨羽色の色調	1:地味 2:中間 3:派手	0.04 0.01 0.21	0.36	

表-3の2 鳥類の物理的属性と被確認割合との相関(越冬期)

確認根拠	物理的属性	カテゴリ	被確認割合(平均)	相関係数	標本数
鳴き声 (さえずり及び地鳴き)	①個体数	(実数)	0.03	1.00	8 被確認割合の 平均値は0.03 5%の危険率 での有意水準 は0.71
	②声の大きさ(地鳴き)	1:小 2:中 3:大	0.11 0 0	-0.54	
	③鳴き声の頻度(地鳴き)	1:多い 2:中 3:少	0 0.04 -	0.29	
	④近似種の有無(地鳴き)	1:有 2:無	0.04 0	-0.29	
	⑤群れ行動の有無	1:有 2:無	0.07 0	-0.49	
目視	①個体数	(実数)	0.06	0.83	8 被確認割合の 平均値は0.06 5%の危険率 での有意水準 は0.71
	②個体の大きさ	1:ｽﾞﾛ大 2:ｽｽﾞ大 3:ｸﾞﾐ大 4:ﾊﾞ大 5:ｶｽ大	0.06 0.04 0.11 - -	0.21	
	③群れ行動の有無	1:有 2:無	0.07 0.04	-0.26	
	④活動性の高さ	1:小 2:中 3:大	- 0.04 0.07	0.26	
	⑤鉛直方向活動空間	1:狭 2:中 3:広	0.06 0.06 -	0	
	⑥行動特性	1:潜む 2:中位 3:目立つ	0.06 0.04 0.11	0.21	
	⑦飛翔頻度	1:低 2:中 3:高	0 0.07 0.06	0.18	
	⑧近似種の有無	1:有 2:無	0.07 0.04	-0.26	
	⑨羽色の色調	1:地味 2:中間 3:派手	0.06 0.04 0.07	0.16	

注) 生息数種よりも標本数が少ないのは、確認根拠が異なることから、鳴き声または目視のみによる確認群に分けて相関を調べることとしたためである。

表-4 植物の物理的属性と被確認割合との相関

位置	物理的属性	カテゴリ	被確認割合(平均)	相関係数	標本数
森林区	①植物高	1:0.1m以下 2:0.1m~0.3m 3:0.3m~1.0m 4:1.0m~	0.31 0.46 0.50 0.65	0.37	197 被確認割合の 平均値は0.52 5%の危険率 での有意水準 は0.14
	②個体(群)の植被面積	1:0.01㎡以下 2:0.01㎡~0.5㎡ 3:0.5㎡~1.0㎡ 4:1㎡~	0.14 0.39 0.49 0.74	0.62	
	③個体(群)の群度	1:単生 2:数株単位の小群で疎に群生 3:数十株単位規模で疎に群生 4:密に群生	0.34 0.55 0.77 1.00	0.50	
	④近似種の有無による分類の難易度	1:類似種が多く現地同定は極めて困難 2:類似種が多く、同定に熟練を要する 3:類似種がないか、または識別が容易	- 0.25 0.53	0.17	
草原区	①植物高	1:0.1m以下 2:0.1m~0.3m 3:0.3m~1.0m 4:1.0m~	0.47 0.41 0.47 0.53	0.08	194 被確認割合の 平均値は0.46 5%の危険率 での有意水準 は0.14
	②個体(群)の植被面積	1:0.01㎡以下 2:0.01㎡~0.5㎡ 3:0.5㎡~1.0㎡ 4:1㎡~	0.65 0.41 0.50 0.45	-0.04	
	③個体(群)の群度	1:単生 2:数株単位の小群で疎に群生 3:数十株単位規模で疎に群生 4:密に群生	0.34 0.47 0.47 0.45	0.02	
	④近似種の有無による分類の難易度	1:類似種が多く現地同定は極めて困難 2:類似種が多く、同定に熟練を要する 3:類似種がないか、または識別が容易	- 0.44 0.47	0.04	

びフロラ調査の双方について重回帰分析を試みたが、有意な結果は得られなかった。

(イ) 識種率

図-19～図-22は、ファオナ（鳥類）調査及びフロラ調査についての、識種率と被確認割合の相関関係を示したものである。あまり明確な傾向は見られないが、当該動植物種の識種率が高くなるほど被確認割合が高くなる傾向の存在が推測される。明確な相関関係が認められない原因としては、動植物種との出会いに関する確率的な要素が入り込むことなどが考えられるが、このことについては今後

の検討課題としたい。なお、当該調査結果は、ファオナ（鳥類）調査については5%、フロラ調査については1%の危険率で統計的に有意な結果であった。

また、各調査員（班）の経験年数と同定可能な種数の間には5%の危険率で相関関係が認められ、経験年数が長くなるほど同定可能な種数が多くなる傾向を示していた。

(ウ) 踏査形態

ファオナ（鳥類）調査については、踏査ルート及び踏査速度を一律に設定しているため、フロラ調査についてのみ、踏査速度及び踏査

ルートに係る踏査形態の分析を行った。図-23及び図-24は、単位時間当たりの各調査員（班）の確認率と踏査速度との関係を示したものである。確認率が高くなるほど逆に踏査速度は遅くなる傾向を示しており、危険率1%の確率で有意な相関関係が認められている。本調査結果は、新しく確認する種が多いときは、調査に時間がかかるために踏査速度が遅くなることを示しているのものであると考えられる。なお、各調査班とも、踏査速度は、新しく確認する種が少なくなる調査の後半では速くなる傾向を示していた。全体を通した

図-19 識種率と被確認割合（繁殖期）

図-20 識種率と被確認割合（越冬期）

図-21 識種率と被確認割合（森林区）

図-22 識種率と被確認割合（草原区）

図-23 踏査速度と確認率（森林区）

図-24 踏査速度と確認率（草原区）

図-25 各調査班の群落踏査率等と確認率（森林区）

図-26 各調査班の群落踏査率等と確認率（草原区）

図-27 植生図（森林区）

平均の踏査速度は、草原区では667m/h、森林区では474m/hであり、見通しがよくて歩きやすい草原区の方が4割ほど速くなっていた。

一方、図-25及び図-26は、最終確認率と踏査したルートに係る群落数との関係を示したものである。本論では、同一の種類の群落間の構成種の類似度を調査しなかったため、踏査した群落数の割合を示す指標値として、群落種類踏査率と群落踏査率を設定した。群落種類踏査率は、同じ種類の群落について構成種がほぼ同じであるとみなせるときにはどれかひとつの群落を代表して踏査すればよいと考えられる場合を想定したものであり、「踏査した群落の種類数」を「調査対象地域内に出現する群落の種類数」で除した値の百分率で表した。また、群落踏査率は、群落の種類が同じでも構成種がほぼ同じとみなせない場合を想定したものであり、「踏査した群落数」を「調査対象地域内に出現する群落数」で除した値の百分率で表した。なお、植生図

は、図-27及び図-28に示したとおりである。また、各群落間の構成種の類似度は、表-5及び表-6に示したとおりであり、各群落間の構成種については明確な差が認められている。サンプル数が少なかったため相関関係分析は行ななかったが、本調査結果は、森林区及び草原区とも、群落種類踏査率または群落踏査率が高くなるほど確認率も高くなること、また、調査能力の高い調査班ほど各群落をくまなく踏査する踏査ルートをとる傾向を示唆していると考えられる。

ウ、調査能力と経験年数等との相関分析

表-7は、各調査員の調査能力を図る簡便な指標を明らかにするために、各調査員の経験度と確認率の相関関係を示したものである。各調査員の経験度を表す指標としては、いくつかの異なる積算方法による経験年数及び経験日数の対数値を設定した。ファオナ（鳥類）調査については、いずれの指標も相関係数は高く、1%の危険率で有意であった。フロラ調査については、経験年数1が1%、それ以

外の指標は5%の危険率で有意であり、各調査員（班）の経験度と確認率との間には明確な相関関係が認められた。また、ファオナ（鳥類）調査及びフロラ調査とも、経験年数の増加率に比べて最終確認率の増加率は緩やかであり、調査能力の向上は短期間では得難いものであると考えられた。

4. まとめ

本論では、確認率の高いファオナ及びフロラ調査の実施に必要な条件等を検討するために、ファオナ（鳥類）及びフロラ調査の確認率と調査方法との相関関係について定量的な分析・整理を行った。主な結果は、次のとおりである。

①調査時期や時間帯

季節変動や月変動があることから、確認率を上げるためには、出現状況や同定の容易さを事前に既存資料等により適切に見極めたうえで調査を行う必要があることが明らかにされた。

②調査所要時間

確認率を上げるためには、複数の調査員により相互に調査結果を補完することが効果的であること、確認率の絶対値が高くなればなるほど時間効率が等比級数的に低下すること、類似の環境条件下における調査結果等を参照しつつ生育可能性の高い種を探し出すことに特化した追加調査が必要と考えられること、動植物の分布情報に係る公的データベースの整備が望まれることが明らかにされた。

③調査能力

最終確認率の高い調査員は単位時間当たりの確認率も常に高い傾向にあること、個体数や植被面積が確認率を規定する主な要因であることから保全上の重要性が高いと考えられている希少種の確認率が低くなるおそれがあることが明らかにされた。また、確認率を上げるためには、調査能力と相関の高い経験年数等の指標に基づいて調査員を適切に選定することが必要であること、ファオナ（鳥類）調査については鳥類との出会いに関する

図-28 植生図(草原区)

表-5 各群落間の構成種の類似度(森林区)

群落名	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
E		31	14	7	37	33	22	30	33	22	76
F	63%		13	12	24	27	18	23	28	18	49
G	34%	32%		11	15	18	23	28	23	16	41
H	32%	55%	50%		5	14	16	15	11	11	22
I	63%	41%	25%	8%		31	15	35	33	13	59
J	49%	40%	27%	21%	46%		31	40	44	24	67
K	32%	26%	34%	24%	22%	46%		35	33	24	68
L	37%	28%	34%	18%	43%	49%	43%		53	21	82
M	36%	30%	25%	12%	36%	48%	36%	58%		25	92
N	52%	43%	38%	26%	31%	57%	57%	50%	60%		42
総種数	76	49	41	22	59	67	68	82	92	42	

表-6 各群落間の構成種の類似度(草原区)

群落名	O	P	Q	R	S	T	U	総種数
O		20	14	1	5	5	7	38
P	32%		23	2	16	10	4	62
Q	14%	24%		4	14	27	10	97
R	8%	17%	33%		0	4	2	12
S	15%	48%	42%	0%		5	1	33
T	10%	20%	55%	8%	10%		13	49
U	22%	13%	31%	6%	3%	41%		32
総種数	38	62	97	12	33	49	32	

注1) 右上半分は、横の群落と縦の群落の重複種数

注2) 左下半分は、「横の群落と縦の群落の重複種数／横の群落の種数」の百分率

確率的な要素をカバーする人員の確保にも配慮することが必要であることなどが明らかにされた。

現在、ファオナ及びフロラ調査の確率率については、一般的に100%であるか、または100%であるべきものとして認識されているくらいが強い。例えば、環境アセスメント等においては、現地調査により生息・生育が確

認できなかった希少種が後になって発見され、このことをもって、当該環境アセスメント自体の精度が頭から否定されるような指摘を受けている例¹⁹⁾が少なからず見受けられる。しかし、本調査結果によれば、確率率の絶対値が高くなればなるほど時間効率性が等比級数的に低下することから、かかる認識は、費用や労力等の観点からして非現実的なものとみなされるのではないかと考えられる。むしろ、

表-7 経験度に関する各種指標と最終確認率との相関

	指標	相関係数
フロラ調査	繁殖期	経験年数1 0.98
		経験年数2 0.78
		経験年数3 0.81
		経験日数1 0.87
		経験日数2 0.87
		経験日数3 0.89
	越冬期	経験年数1 0.94
		経験年数2 0.94
		経験年数3 0.93
		経験日数1 0.95
ファオナ調査	森林区	経験年数1 0.88
		経験年数2 0.80
		経験年数3 0.88
		経験日数1 0.87
		経験日数2 0.88
		経験日数3 0.88
	草原区	経験年数1 0.88
		経験年数2 0.85
		経験年数3 0.88
		経験日数1 0.88

注) 各指標値の算出方法は次のとおり。
 経験年数1: 調査、調査7/11、バードウォッチング、研究・実験に携わった通算年数
 経験年数2: 調査、調査7/11、バードウォッチングに携わった通算年数
 経験年数3: 調査、調査7/11に携わった通算年数
 経験日数1: 調査、調査7/11、バードウォッチング、研究・実験に携わった通算日数
 経験日数2: 調査、調査7/11、バードウォッチングに携わった通算日数
 経験日数3: 調査、調査7/11に携わった通算日数

100%といわないまでもできるだけ高い確認率を確保するための不断の努力を、調査方法の適正化などにより講じることの重要性がわずかりとも軽んじられるものではない。しかし一方では、モニタリング等の事後調査の実施を前提にするなどして、必ずしも確認率が100%でないという不確実性の存在を肯定または補償した調査結果の利用方法の検討⁹⁾¹⁰⁾や、ファオナ及びフロラ調査の困難さや特殊

性に係る社会的認識の醸成などの措置を行うことも必要であると考えられる。

本論は、特定の地域に関する限定的な調査研究であったが、ファオナ（鳥類）及びフロラ調査における確認率が、調査所要時間等の定量的な変数により説明可能であることを実証できたのではないかと考えている。今後は、本論が契機となって、確認率に関する多様な調査研究データが積み重ねられ、高い確認率

を確保するための調査所要時間や調査員の経験年数等の調査条件に関する基準が一般化されるとともに、動植物の分布情報に関するデータベースなどの支援基盤の充実が図られることを期待する次第である。

最後になるが、調査資料等の収集にあたってご協力を頂いた環境庁企画調整局・自然保護局、自然環境アセスメント研究会に対して謝意を表する。

参考文献

- 1) 東海林克彦 (1997) : 自然環境アセスメントの考え方とその変遷に関する研究 : ランドスケープ研究 60(5), 619-624
- 2) 東海林克彦 (1996) : 自然環境アセスメントの実態に関する研究 : ランドスケープ研究 59(5), 129-132
- 3) 東海林克彦 (1994) : 自然環境アセスメントの現状と今後のあり方 : 環境アセスメント動物調査手法 (日本環境動物昆虫学会講演会テキスト) Vol.4, 85-105
- 4) 由井正敏 (1980) : 森林原野性鳥類のラインセンサス法の研究Ⅲ, 観察者条件と記録率 : 山階鳥類研究所報告 57, 7-13
- 5) 由井正敏 (1980) : 森林原野性鳥類のラインセンサス法の研究Ⅳ, 記録率の時間的变化 : 山階鳥類研究所報告 58, 95-101
- 6) 生態学実習懇談会編 (1976) : 生態学実習書 : 朝倉書店
- 7) 高野伸二 (1982) : 日本の野鳥 : 日本野鳥の会
- 8) 栃木県 (1985) : 鳥類生息状況調査報告書 : 栃木県
- 9) 自然環境アセスメント研究会 (1995) : 自然環境アセスメント技術マニュアル : (財) 自然環境研究センター
- 10) 環境庁 (1986) : 環境影響評価制度の現状と課題について (環境影響評価制度総合研究会報告書) : 環境庁

(1997. 4. 5 受付, 1998. 2. 21 受理)

Summary : Fauna and flora survey plays an important role when conducting environmental impact assessment or setting regional planning and so on. However, it is hard to estimate the exactness of the survey result, since the identification ratio has not yet been analyzed in detail. This study is aimed to find out the relationship between exactness and various factors of a survey, in order to seek the necessary technical conditions in conducting fauna and flora surveys.

As a result, strong correlation between survey season, survey time, ability of researcher and exactness was quantitatively observed. The tendency of the relationship concluded to the fact that it would be practically difficult to get a 100% exactness ratio, which suggests that we need to seek for means to compensate for the remaining uncertainty of the survey result.