

流域生態系ネットワークの 定量評価モデルの開発

株式会社建設技術研究所 東京本社環境部 主任技師長 渡邊 敬史

一. はじめに

河川における生物多様性保全は、河川内の多自然川づくりから、多様な主体や施策の連携による地域振興（河川を基軸とした生態系ネットワークの形成）へと発展してきている。これらを推進していくためには、河川の連続性の確保、生態系ネットワークの構築のメリットや改善効果を定量的に評価し、さまざまな主体や施策との連携を進める定量指標として示すことが重要となつてくると考えられる。

これまで、生態学分野においては、ネットワーク構造が生物群集に及ぼす影響を研究した事例は少なかつたが、グラフ理論を応用した研究が二〇〇〇年ごろから発表されるようになり、Pascual-Hortal, Saura (二〇

〇六) によつて二種のGraph理論指数群が検証され、IIC (Integral Index of Connectivity) が最も応答性が良い指数として発表された。

本稿では、このIICを用いた流域生態系ネットワークの定量評価モデルの実用化に向けた検討状況とその適用例について報告する。

二. 生態系ネットワーク 評価方法 (IIC) の解説

(一) IICの概要

IICの概要は次のとおりである。

- ① グラフ理論に基づく連結性指標であり、生息地ネットワーク全体の質を定量的に評価できる。
- ② 生息地の利用可能性（到達可能性）の概念に基づいており、生息地の質（生息地内の連結性・面積や質）と、生息地の空間配

置（生息地間連結・距離やリンク数）の両方が考慮されている。③ 多くのネットワークモデルが提案されている中で、生息地の喪失のような景観変化に対して、他の連結性指標よりも敏感であり、適切な評価が行える指標である。

(二) 計算式の解説

IICの計算式は、以下の式で与えられる。

$$式1 \quad IIC = \frac{1}{A_i^2} \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \times a_j}{n_{ij}}$$

【解説】

IICは、もともと陸域における生息場パッチのネットワークの評価から始まっていることから、ここでは、陸域環境をイメージした解説を行う。

各係数は以下のとおりである。数学的概念は、グラフ理論に基づいており、生息場所などのパッチをノード（点）、ノード間をつなぐコリドーなどをリンク（エッジ edgeとも言う）として表現する。なお、リンクは対象とする生物が移動可能であれば、必ずしもコリドーなどの物理的なつながりを必要としない概念であり、逆に言うと、移動能力の低い生物にとって

は、生息場パッチ間の距離の方が重要になる場合もある。

A_i : 対象とするエリア全体の面積等。

a_i : 生息環境パッチの面積等のノードの特性。

n_{ij} : ノード i から j に到達するための最小ルートのリンク数あるいは最短距離。

図1の場合、 A_i は対象エリア全体の面積の四〇となる。生息場1と2の間の a_{12} と n_{12} は a_{12} を生息場の面積とした場合、 $a_{12}=4 \times 1$ 、 $n_{12}=1$ となる。また、生息場1と4では、 $a_{14}=4 \times 2$ 、 $n_{14}=3$ となる。また、パターンとして $a_{11}=4 \times 2$ 、 $n_{11}=3$ も計算することになることから、ベースとなる景観の面積も A_i の二乗としており、リンクが切れている場合、例えば生息場1と4と生息場5・6間のように、何ら

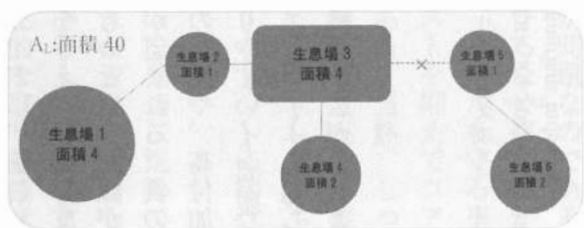


図1 IICの計算式のイメージ

かの要因（距離が遠い、市街地等の生息に適さない環境で分断されているなど）でリンクがない状況の場合、 E_{ij} は無量大とし、 ΔIIC_{max} の部分は0として扱う。これらの考えに基づき、三六パターンを積分してIICを算出する。

(三) IICの活用方法

ネットワークからある生息地を取り除いたときに生じるIIC値の減少率 ΔIIC (Delta Integral Index of Connectivity) を算出することで、各生息地の重要性（IICへの寄与度、ネットワーク内における相対的重要性、利用可能性）を定量的に確認することができる。これにより、対象とする地域や自治体において最も重要な樹林や河川区域を把握したり、整備すべき個所の優先順位を明らかにすることが可能である。

二二. IICによる流域生態系ネットワーク評価モデルの構築

IICは、陸域生態系ネットワークの評価手法として研究が進んだが、Eros, Schmera and Schick (二〇一一) が、河川のセグメント（合流地点に挟まれた河川区

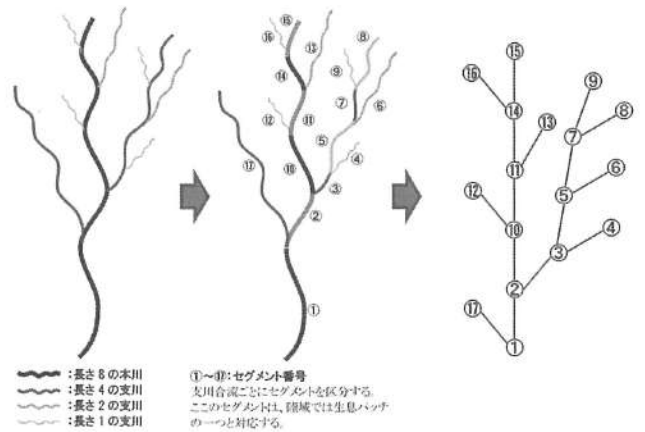


図2 河川ネットワークにおけるグラフ理論の応用方法
※合流点に挟まれた河川区間をノードとしてとらえ、それらを連結する

間）をノードとしてとらえ、それらの連結をリンクでつなぐ考え方を構築した（図2）。
今回構築したモデルにおいてもこの考え方を採用し、モデル地域を設定し、データ作成からIIC算出までを行った。

【モデルの適用例】

ここでは、モデル河川において横断構造物を改善した際の改善効果を検証した事例を紹介する。当該河川ではダムによる分断に加え、三つの堰（A、B、C）による分断が生じていると仮定し、これら三つの堰について一つずつ遡上環

表1 現存するダム群を現状とした場合の横断工作物の撤去シナリオとIICの変化

流域図	現状	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
※●: 分断箇所 ※●: 改善シナリオ対象の堰				
詳細	3つの堰 (A,B,C) 有	堰Aの分断を改善	堰Bの分断を改善	堰Cの分断を改善
IIC	0.5792	0.05853	0.05853	0.05886
IIC 変化率	100%	101%	101%	102%

境改善を図った場合（シナリオ1～3）どのシナリオで改善した場合にネットワークの質について最も効果が高いかをIICを用いて検証した。
検証の結果、シナリオ3、すな

わち堰Cを改善した場合にIICの変化率が一〇二%となり、最も高い改善効果が期待できるものと評価された（表1）。

おわりに

今回はIICを用いた流域生態系ネットワークの定量評価モデルについて紹介したが、IICは緑地等のハビタットとその連結性を評価でき、当社では樹林を対象としたネットワークの定量評価モデルの開発も進めている。

グリーンインフラやEco-DRRといった自然の機能を活用したインフラ整備の考え方が活発化している昨今において、これらの整備による効果の定量評価は必須の技術となっている。この河川および陸域での生態系ネットワーク評価モデルの活用により、グリーンインフラ整備等による生物多様性の保全に貢献していきたい。

渡邊 敬史 ●わたなべ たかし
東京都生まれ。技術士（建設部門）。主に自然環境の調査、環境影響評価業務のほか、グリーンインフラの機能評価・総合評価手法の検討に関わっている。