

地理情報システム (GIS) に関する概論

兵庫県立人と自然の博物館
三橋 弘宗

身近な活用例はカーナビとスマホ



情報ステーション
位置がわかる
検索できる



GISとは

地図とデータがリンクしているシステム = GIS

地図データ



情報データ

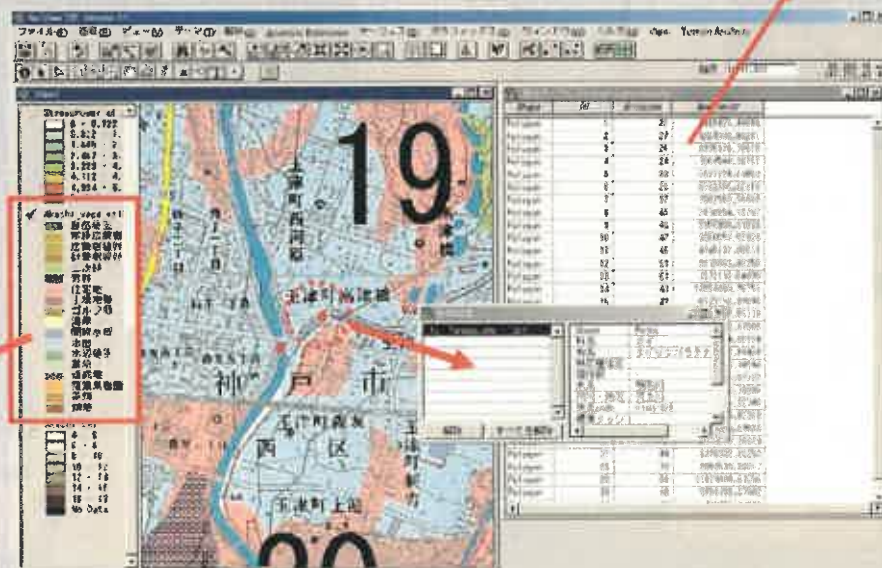
属性名	属性値
所属	田舎町
住所	札幌市中央区南一条西 1-1-1
町名	南一条西 1-1-1
郵便番号	060-0001
市町村	札幌市中央区
区画番号	000
道路番号	000
地目	住居用地
用途	住居
用途区分	住居
用途区分コード	000
用途区分名称	住居
用途区分コード	000
用途区分名称	住居

GISの仕組み

- ・ 位置情報を書き込み、編集することができる
- ・ 情報を重ねあわせることができる
- ・ 集計することができる

データの部分

これで1つのファイル



G I S を活用することの利点

- ・ 情報の70 - 80%は位置情報をともなう
- ・ 様々な情報を地図の上に重ね合わせる
- ・ 情報（位置情報）を何度も書き換える

G I S を活用する局面

- ・ 社会資本の管理（管理台帳）
- ・ 地域特性の評価
環境影響評価、浸水予想図など
- ・ 各種情報の公開と発信
ハザードマップ、生物多様性、工事情報など

位置情報をどう表現するのか ：ベクトルデータ

・ポイント(点)



文化財の位置、店舗の位置など

・ライン(線)



道路や河川など

・ポリゴン(多角形)



建物の形や法律がかかっている領域など

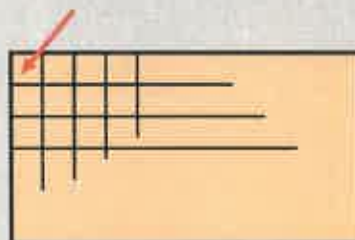
位置情報をどう表現するのか ：ラスターデータ

イメージデータ (画像)



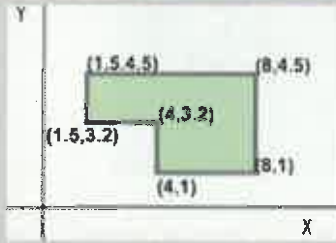
写真などと同じ
地形図や航空写真の表示

メッシュデータ (格子状データ)

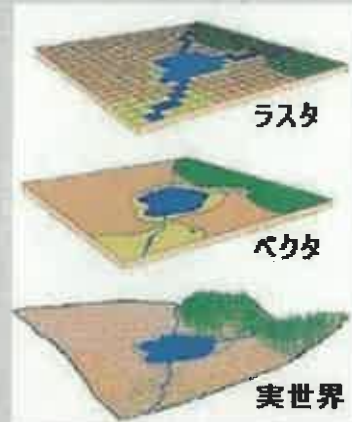


位置情報をどう表現するのか

ベクトルデータ



ポイント
ライン
ポリゴン

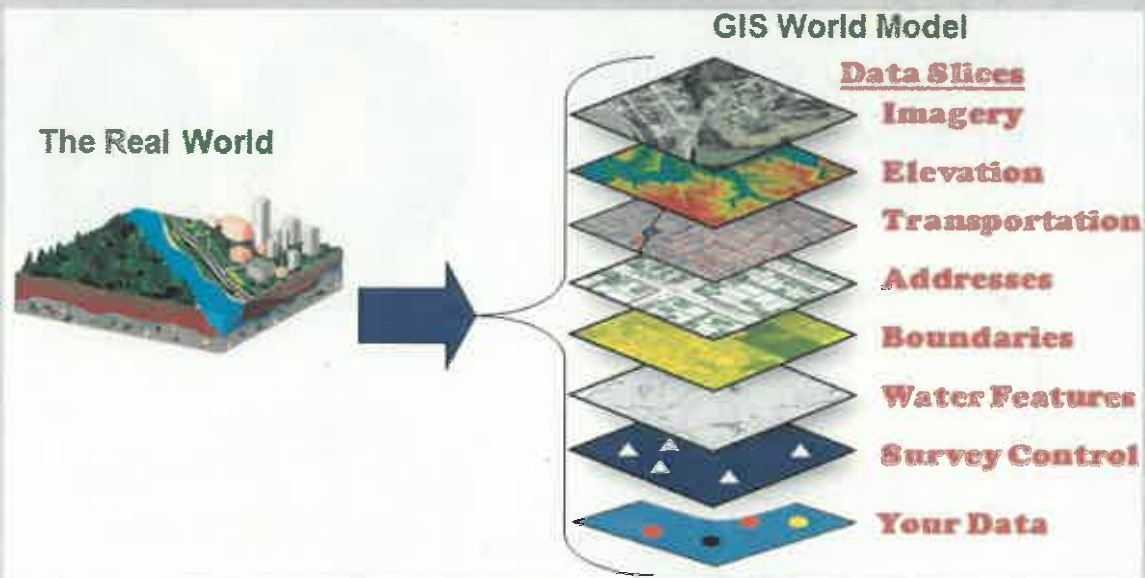


ラスタデータ



画像 (イメージデータ)
メッシュデータ

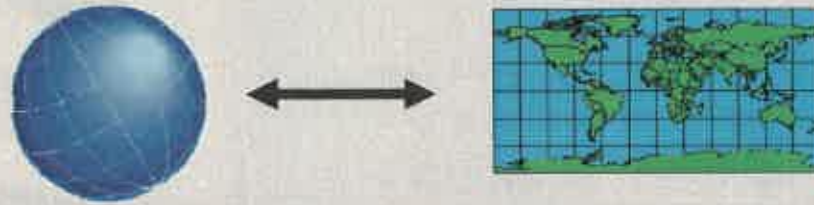
様々な地図を重ねてつかう



オーバーレイ

位置情報をどう表現するのか

緯度経度



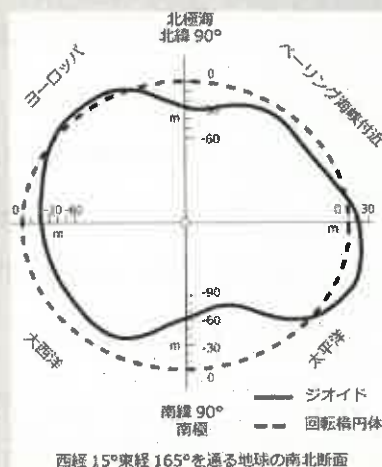
- ・地球は丸いが、無理やり四角で表現しているのので、紙の地図だと歪んでしまう（方位、形状、距離、面積）
- ・パソコンを用いるとこの問題が解決される

色々な座標系が存在する

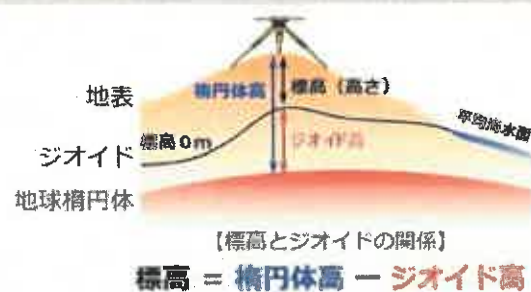
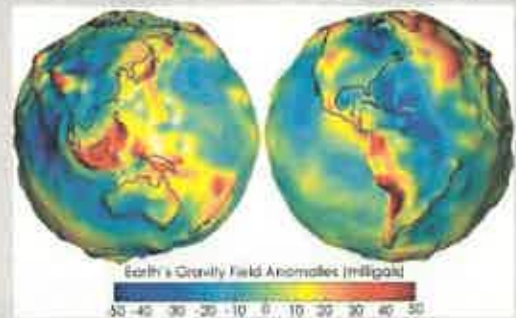
平面直角座標系、UTM座標など

位置情報をどう表現するのか

地球は丸くないので、何らかの球体で近似する必要がある



西経 15°東経 165°を通る地球の南北断面



ジオイド = 海面をベースに計算した高さ
近似する球体 = 回転楕円体

地図付き便利帳（データベース）

- GISは位置情報を持ったデータベース



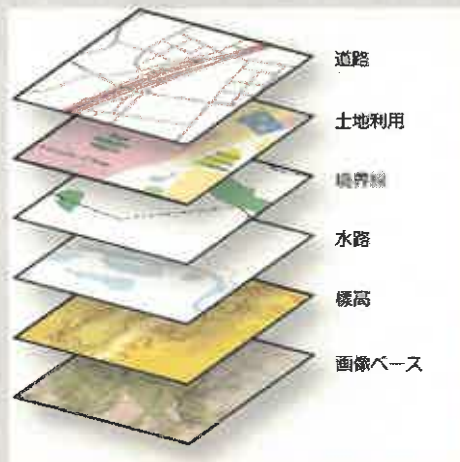
計測に役立つ



- ・歩いて何分？ 面積は？
- ・ローソンから駅まで最も近い経路は？

計算やシュミレーションが必要

予測にも役立つ



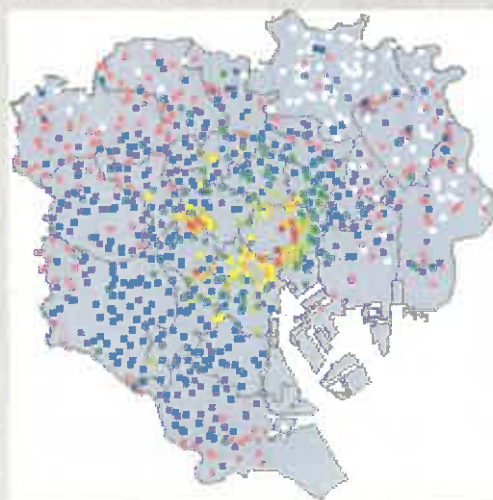
どこにコンビニを作るのか？

- ・人がたくさん住んでいる
- ・みんなが良く通るところ
- ・目立つところ
- ・ライバル店から離れたところ

条件を重ねて、場所を絞る

オーバーレイ 計算やシミュレーションが必要

オーバーレイの事例

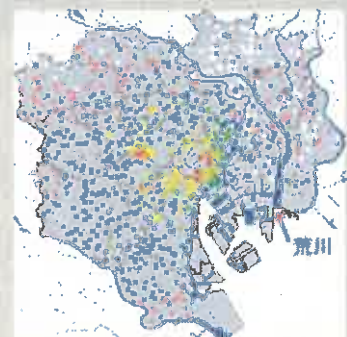


東京都の地価分布

てくてくGISより



川を追加してみる



鉄道を追加してみる

予測にも役立つ

- 商圈分析
- 生物の分布や環境予測
- 病気の発生予測
- 戦争の戦略
- 犯罪者の行動予測
- 都市計画
- 農業
- 遺跡の分布予測

希少植物の分布密度



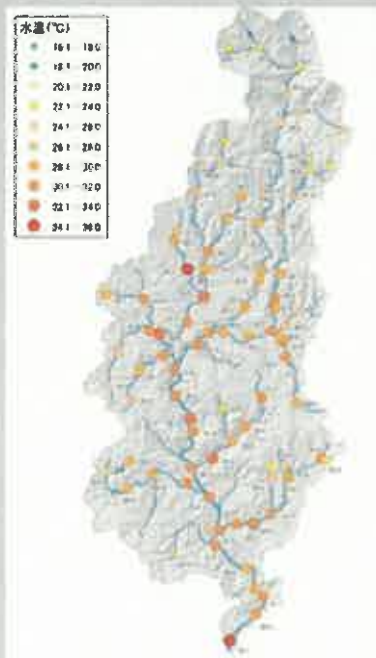
観光開発の適地



説明に役立つ

地図を使うと分かり易い

- 委員会の資料
- 現地説明
- ワークショップ
- 研究の説明



活用するサイト

- QGISダウンロードサイト <http://qgis.org/ja/site/>
- 国土数値情報 <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 環境省生物多様性センター http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_list_h.html
- DivaGISダウンロードサイト <http://www.diva-gis.org/>
- ESRIS社
 - 白地図データ <https://www.esri.com/products/japan-shp/>
 - 無料サイトの紹介 <https://www.esri.com/gis-guide/other-dataformat/free-gis-data/>
- 位置情報の取得サイト 沼津高専のサイト
<https://user.numazu-ct.ac.jp/~tsato/webmap/sphere/coordinates/>
- 世界地図と統計値 (Nature Earth)
<http://www.natureearthdata.com/downloads/>

自然環境分野での環境影響評価

生態系の定量手法について

生物分野のアセスメント

【これまで】

- 希少種のリストをあげる
- 種名から生態特性（上位・典型・特殊）に分類
- 工法配慮、移植することで対処

リストの羅列と言いつの枚挙に終始して、
定量的な評価と対策に至っていない

評価の課題について

- ・ 扱う範囲の設定
- ・ 扱う解像度の設定
- ・ 対象とする種や指標種の選定
- ・ データ不足の課題
- ・ 定量方法の煩雑さ、教科書と説明不足
- ・ 評価と対策のマッチング
- ・ 全体スキームの未整理

これまでのアセスの実状



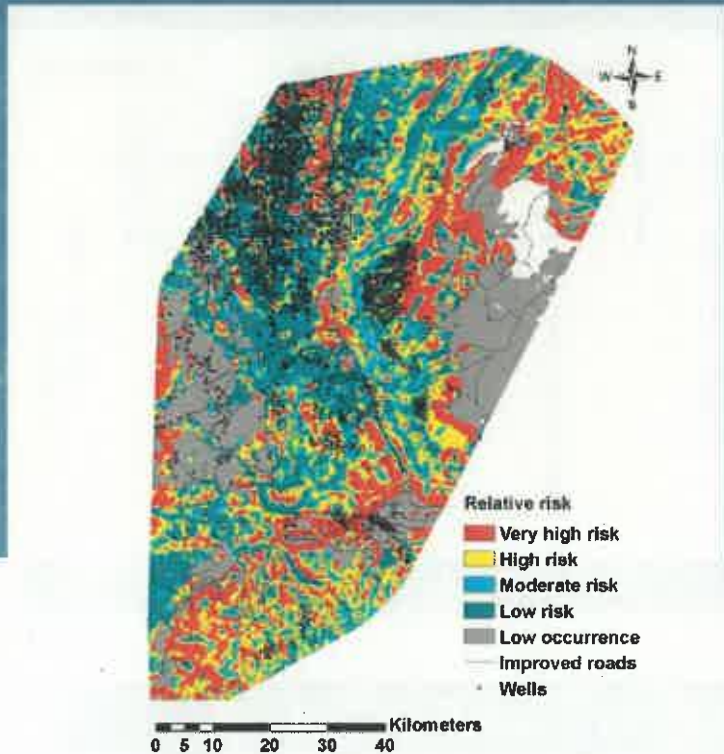
影響があることは仕方ないが、
定量化してインパクトを把握すべき

これからのアセスに期待すること



ハビタットの賦存量や個体数として評価
具体的な工事対策や土地対策を明示

生物分野における定量的把握



キジョライチョウの生息地
評価とワイオミング州における油井開発の影響評価

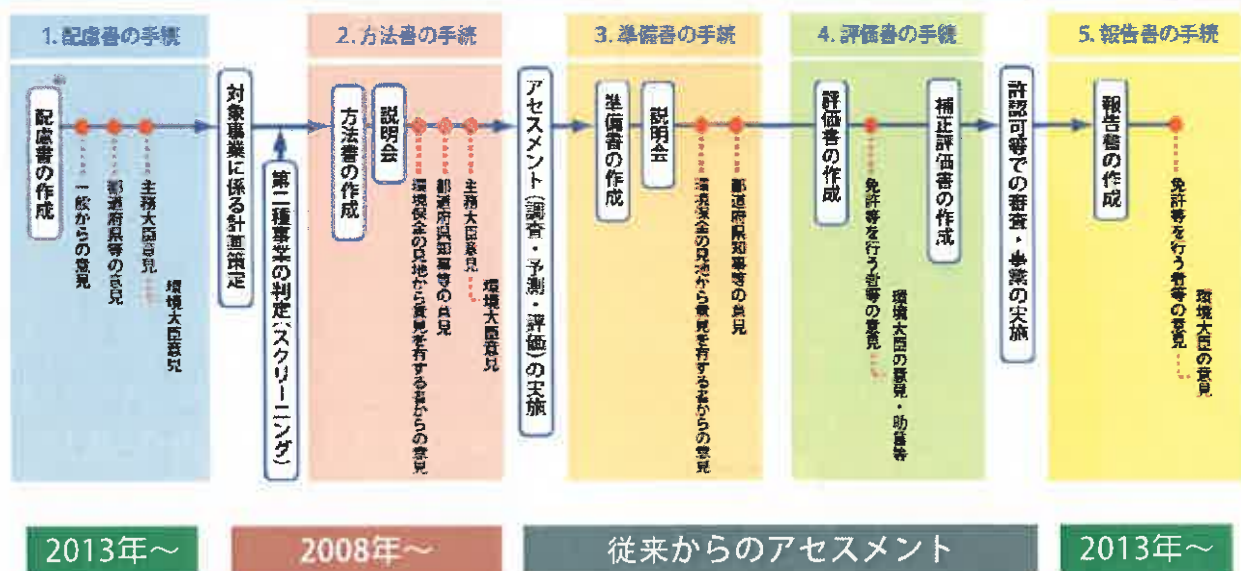
法改正後の技術動向 ～技術ガイドで紹介～

- 制度改正等の環境施策動向への対応
 - 環境影響評価法関連の改正対応
 - 基本的事項、配慮書と報告書追加、ティアリング
 - 環境影響評価法以外の改正等対応
 - 生物多様性基本法、外来種法、生物多様性国家戦略
- 現行制度運用面での課題への対応
 - メリハリのある環境影響評価（項目と手法の適切な選定）
 - 手法の詳細化・簡略化の考え方の紹介
 - 環境影響評価の結果の事業計画への的確な反映
 - 配慮書段階からの環境保全措置

■ 新規技術への対応

配慮書と報告書の手続きが加わる

法改正後の進展について



配慮書と報告書の手続きが加わる

基本的事項に関する点

基本的事項第一の二の(2)、(3)

● 動物・植物

「植物」及び「動物」に区分される選定事項については、陸生及び水生の動植物に関し、生息・生育種及び植生の調査を通じて抽出される**種多様性の高**、生息・生育状況及び重要な群落の分布状況並びに動物の**繁殖地**等注目すべき生息地の分布状況について調査し、これらに対する影響の程度を把握するものとする。

● 生態系

「生態系」に区分される選定事項については、以下のような重要な自然環境のまとまりを場として把握し、これらに対する影響の程度を把握するものとする。

(7) 自然林、湿原、藻場、干潟、サンゴ群集及び自然海岸等、**人為的な改変をほとんど受けていない自然環境**や**一旦改変すると回復が困難な脆弱な自然環境**

(4) 里地里山（二次林、人工林、農地、ため池、草原等）並びに河川沿いの氾濫原の湿地帯及び河畔林等のうち、減少又は劣化しつつある自然環境

(9) 水源涵養林、防風林、水質浄化機能を有する干潟及び土砂崩壊防止機能を有する河川等、**地域において重要な機能を有する自然環境**

生態系を色んな側面から分別して評価する必要がある

基本的事項に関する点

基本的事項第一の二の(2)、(3)

● 動物・植物

特定植物群落や重要湿地の選定
繁殖場所を把握する
きちんと指標種を選定すること

● 生態系

人為的な影響をほとんど受けていない自然環境
脆弱性が高い生息場所
里地里山で人の手によって維持されている自然環境
生態系の機能 = 生態系サービス
文化的景観や地域の文化形成等の面で貴重な自然環境

生態系を色んな側面から分別して評価する必要がある

基本的事項に関する点

基本的事項第一の二の(2)、(3)

環境要素の区分	事業計画の特性	地域特性(重要な種等の分布状況)		
		① 環境影響を受けやすい種等	② 環境保全の観点から法令等により指定された種等(重要種、重要な群落等)	③ 法令等により指定されていないが地域により注目されている種等
動物・植物	・重要な種の生息・生育環境の改変 ・長大構造物による生息場所のネットワーク構造渡りのルート ・重要な種が特別に利用する地域での障害(渡りルート等)	・個体数が少ない種 ・他の地域にいない分布が狭い種 ・生息・生育環境が限られる、移動能力が小さい種等 ・環境の変化に対し、個体数や繁殖率等が低い移動能力が低い種等	・文化財保護法に基づき指定された天然記念物及び特別天然記念物、地方自治体の文化財保護条例に基づき指定された天然記念物 ・絶滅のおそれのある動植物の種 ・法律に基づき定められた国内希少野生動植物種及び緊急指定種等	・地域により注目されている種、集団繁殖地等

ネットワーク構造渡りのルート

他の地域にいない分布が狭い種

関連法案や地域の施策にも注意

生態系の景観特性(配置状況)への配慮が必要

新しい技術の導入

- 小型カメラやセンサーの導入
 - ドローンなどのUAV、哺乳類用のカメラトラップ
 - 赤外線センサー、サーモグラフィー(温度測定)
- 統計的に手法の活用
 - 種の分布モデル、群集のクラスター解析
 - 指標種の抽出技法
- 遺伝子情報の活用
 - 環境DNA(水域では水を20L程度汲んで分析し、一

簡便性が高まる一方で課題もある

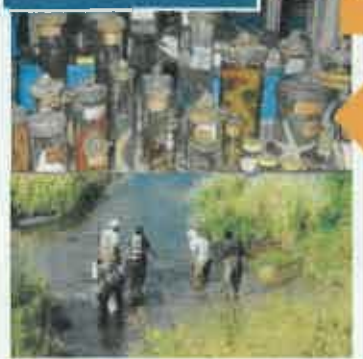
環境影響評価における 自然環境分野についての 評価の体系的な整理

全体像を捉えながら考えること

適切な視点で、適切な場所を選び、適切に対応する

≫ 一連の体系（フレームワーク）がある

調査や標本
データの取得



解析と評価



対策の実践



魚道の設置など
(何もしないを含む)

河川の連続性を評価する



1つ魚道を設けるとすれば
どこにつけるのか？



魚の移動可能距離から評価

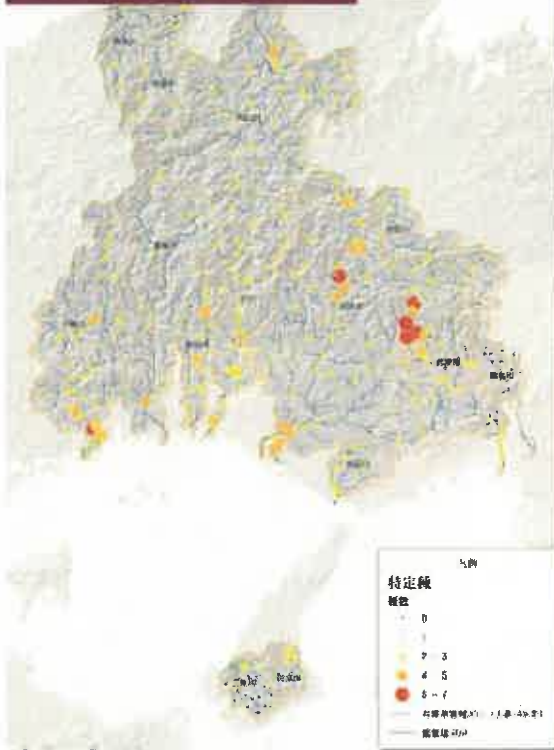
兵庫県：魚がのぼりやすい川づくり事業
(千種川水系)

この8つの整備が候補に！



注力すべきは計画段階アセス

希少種の密集度



- ・ 早めに対処出来ていれば、軋轢は生じにくい
- ・ データさえ蓄積されていれば広域の生息適地の推定はそれほど難しくない
 - アボイドマップ作成
- ・ 対象種を選定できれば、データ収集もさほど難しくない



生物多様性情報が充実

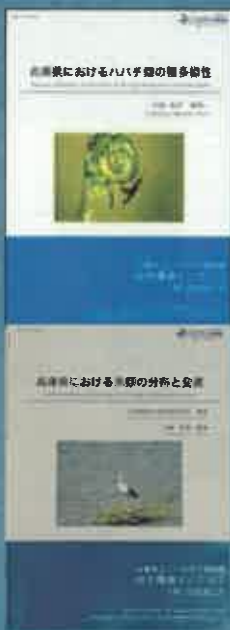
- 環境省をはじめ各種省庁のデータベース
- 大学や博物館、自治体のデータ
- 市民団体や自然愛好家の保有するデータ

【加工されたもの】

- 生物多様性の地図化（環境省）
- 生物多様性地域戦略、環境基本計画
- レッドデータブックおよび付帯資料
- 研究論文
- 生態系サービス指標

地域の自然史博物館を訪ねる

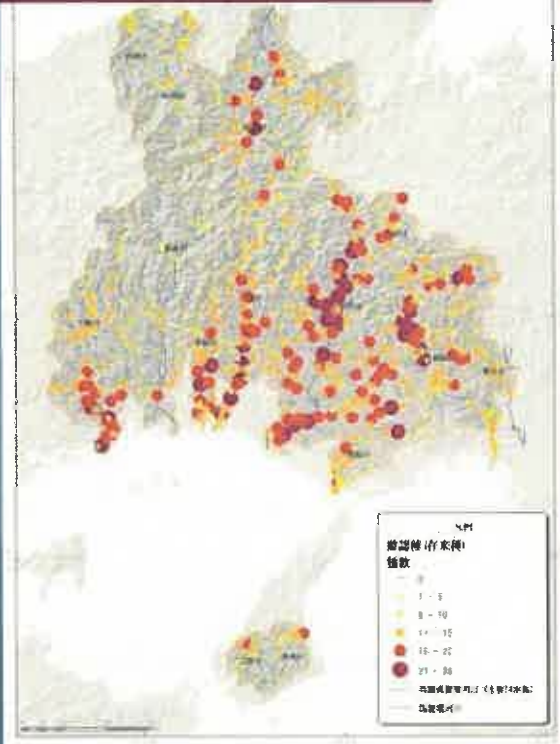
自然史情報を蓄積しモノグラフを作成



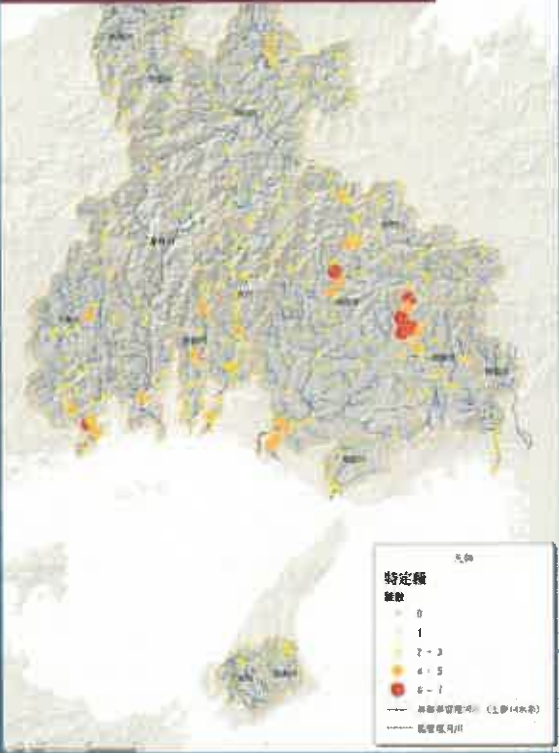
これらのリソースをまとめて、
「自然環境モノグラフ」という冊子を出版
→約30万件の情報が整備

ホットスポットを算出する

魚類の出現種数



希少種の密集度



環境省いきものログ 環境アセスメント環境基礎情報 データベースシステム

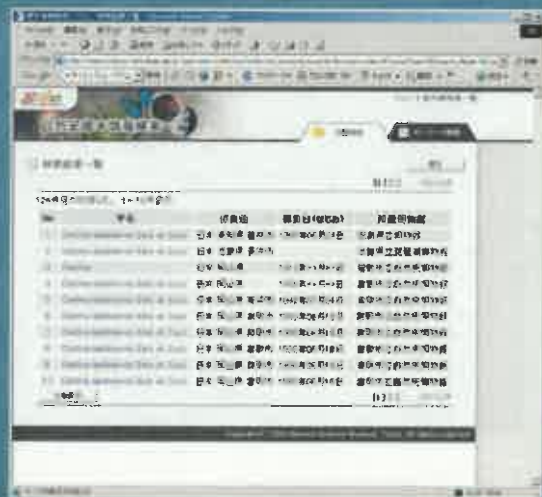


自然史資料の統合的なデータベース構築

サイエンスミュージアムネット

博物館の収蔵標本を横断検索するしかけ！

国立科学博物館と地方博物館によるネットワーク



現在、70の博物館で400万件のデータが整備されている

A screenshot of the GBIF Data Portal website. The page features a search bar and several buttons for search functions: 'Web検索' (Web search), '自然史標本検索' (Natural history specimen search), and 'GBIF Portal'. A large image of a green plant is visible on the right side of the page.

267,374,767 occurrence re...
data.gbif.org/welcome.htm
Google Scholar Freshwater Biology 地球人ネットワーク Yahoo! JAPAN Amazon.co.jp 通販... その他のお気に入り

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY
SPECIES COUNTRIES DATASETS OCCURRENCES SETTINGS ABOUT

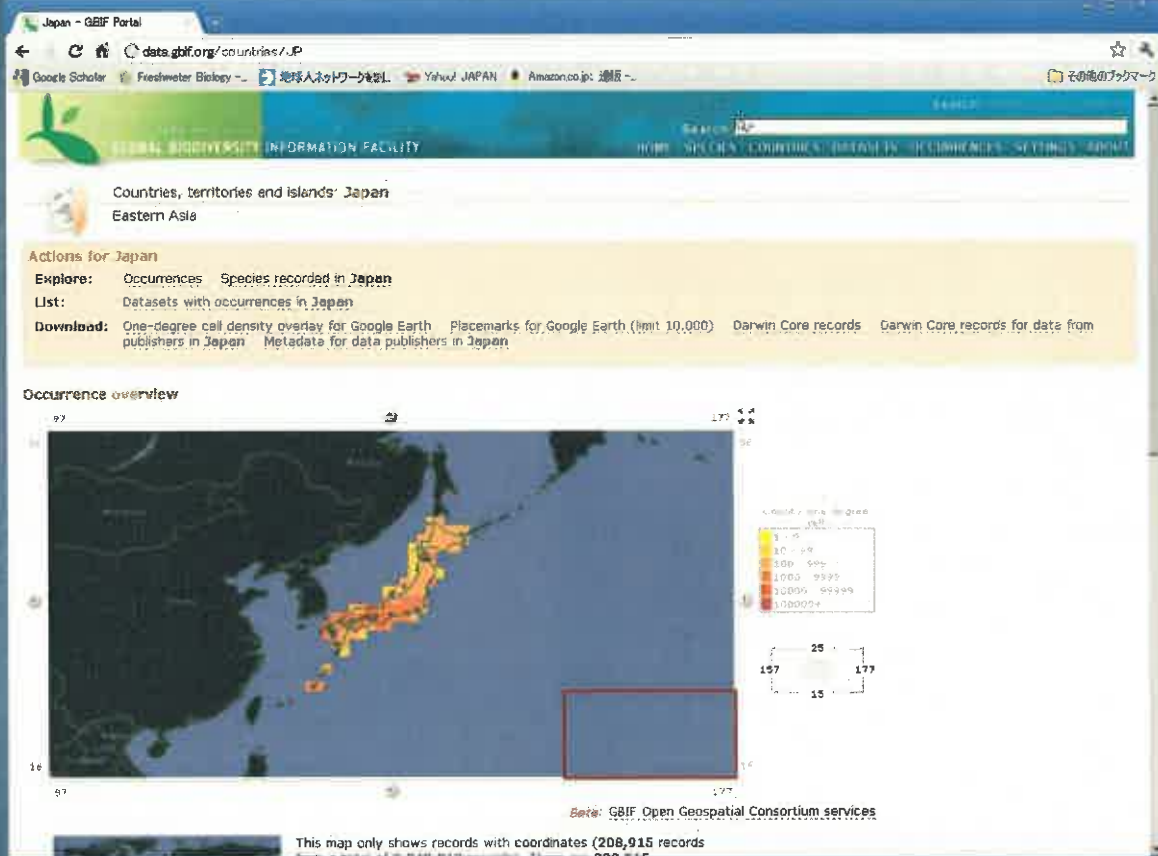
Welcome to the GBIF Data Portal
Access 267,374,767 data records shared via the GBIF network.
To learn how to use this site, please see About.
To tune this site for smaller displays, see Settings.
Version 1.3.1 - click here to see what is new!

Explore Species
Find data for a species or other group of organisms.
Species
Information on species and other groups of plants, animals, fungi and micro-organisms, including species occurrence records, as well as classifications and scientific and common names.
Example species:
Puma concolor (Linnaeus, 1771)

Explore Countries
Find data on the species recorded in a particular country, territory or island.
Countries
Information on the species recorded in each country, including records shared by publishers from throughout the GBIF network.
See data for:
Japan

Explore Datasets
Find data from a data publisher, dataset or data network.
Datasets
Information on the data publishers, datasets and data networks that share data through GBIF, including summary information on 11708 datasets from 322 data publishers.
Latest dataset added:
Marine invertebrates, mollusca and crustacea

GBIF 地球規模生物多様性情報機構



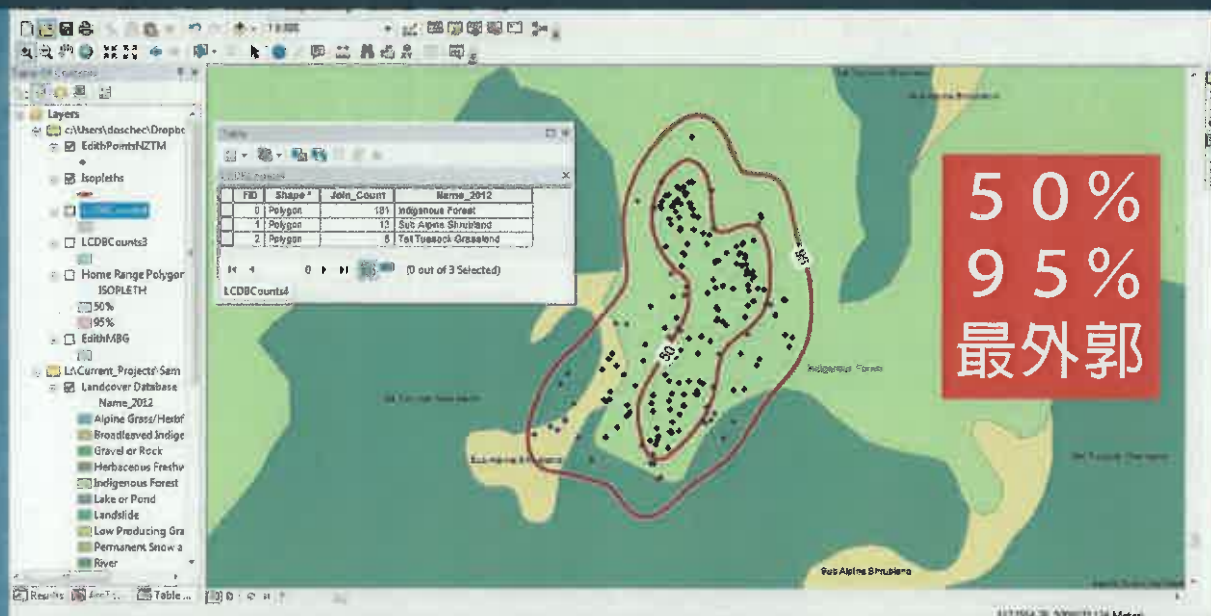
データが充実すると
解析することができる

生態系分野の定量評価技法

- 個体数や営巣地のカウント（地図化）
- ハビタットの地図化と面積推定（植生図活用）
- 行動圏の推定（kernel法など）
- 生息適地の推定（ニッチモデリング）
- 個体群の絶滅確率推定（PVAなど）
- エコロジカルネットワークの評価（さわりだけ）

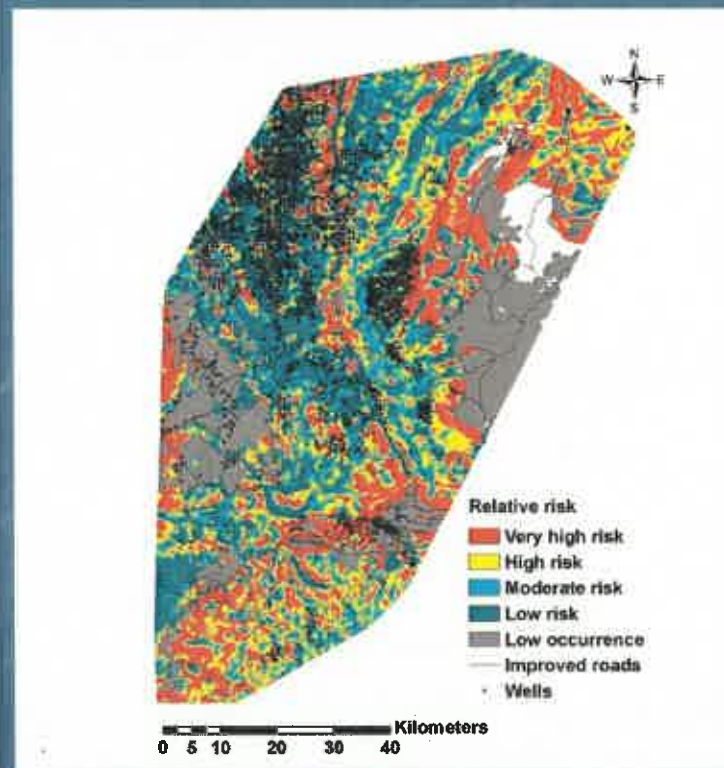
これらの技法を適用する局面は異なる
⇒ 配慮書～評価書～報告書

行動圏の推定と範囲選定



ArcGIS Geospatial Modelling Environment (GME)
Q-GIS Animal Home Range Analysis
R Adehabitat / GME

生物分野における定量的把握



キジオライチョウの生息地
評価とワイオミング州にお
ける油井開発の影響評価

Smith et al. 2014
Ecosphere 5(2)

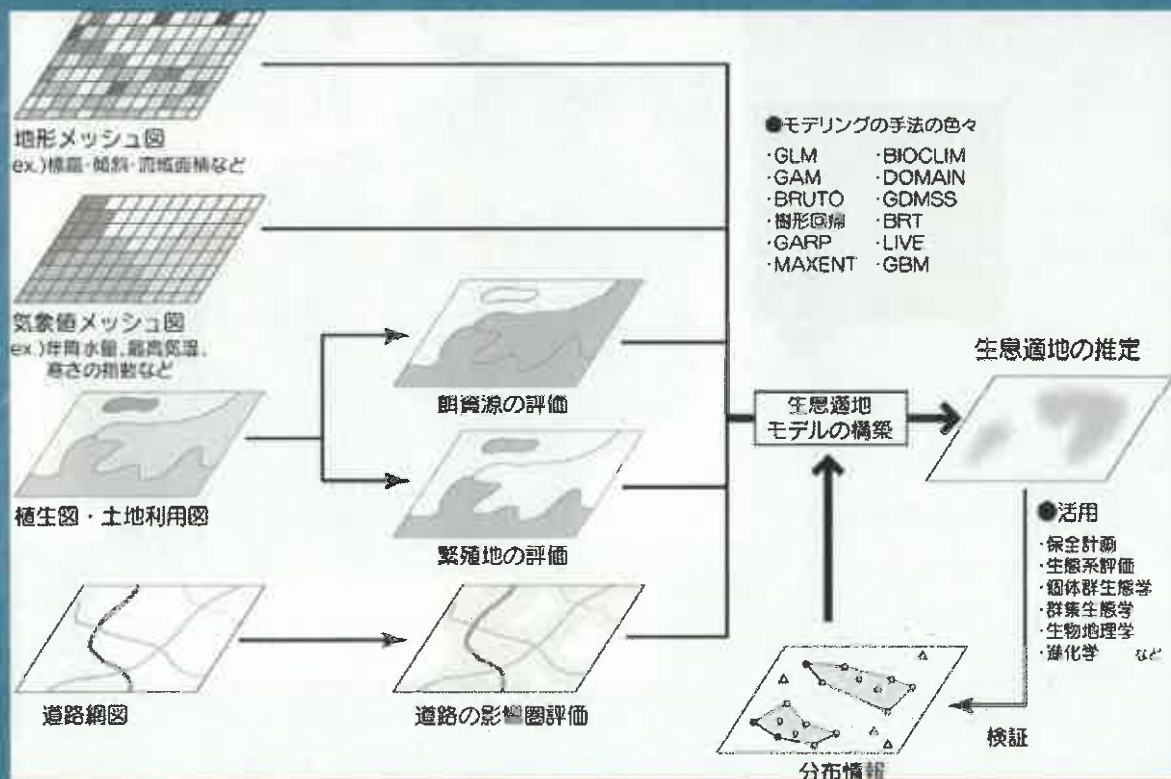
しっかりとターゲット種を 定め評価してゆくしかない

- 生物多様性情報の取得
- 指標種選定の考え方
- 生態系評価の方法
- 到達点と施工方法

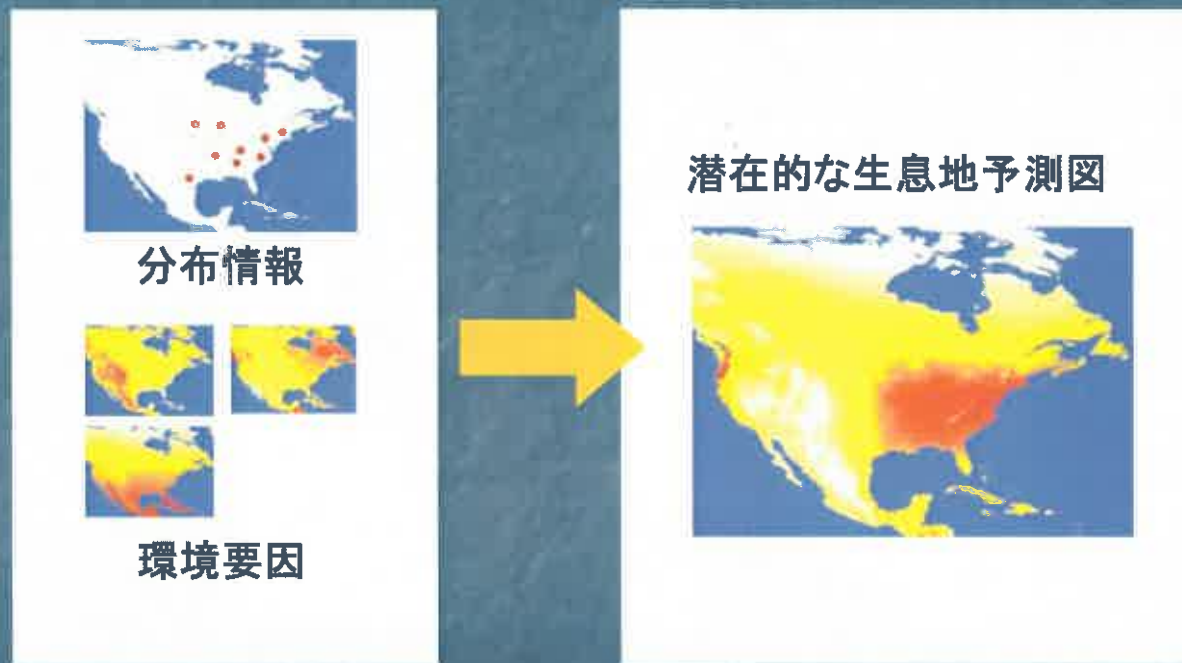
生物分布データを用いた 生息地評価の方法



全体のイメージはこんな感じです



生息適地モデルとポテンシャルマップ



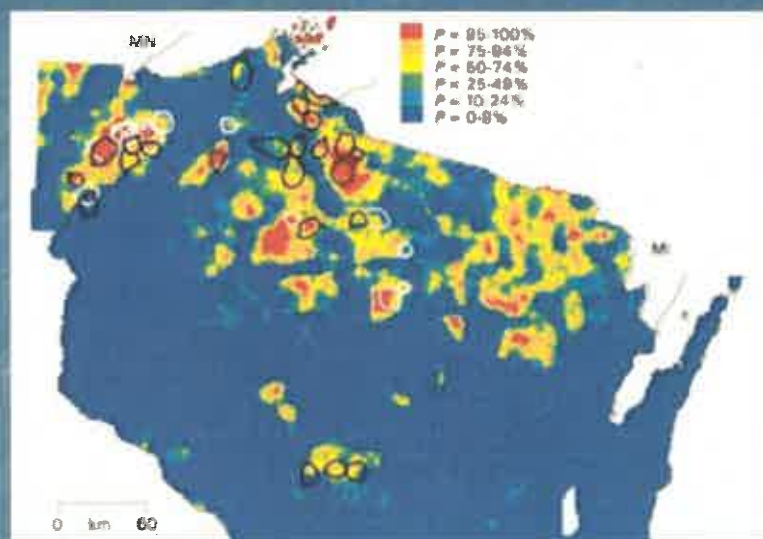
Philips et al. (2006)

MLADENOFF, DJ et al. (1999) *Ecological Applications*, 9

生息適地モデルの事例：ハイイロオオカミ



ミシガン州北部のハイイロオオカミの生息適地を予測



$$\text{logit}(P) = -6.5988 + 14.6189R$$

道路の密度だけでかなりの部分を説明できてしまう・・・

ポテンシャルマップ

生物の分布情報と環境要因の関係性をモデル化し
地図上に生息が可能な領域を確率表現するもの

- 分布のある・なし、個体数、種数が目的変数
- 環境要因に、空間構造や種間関係や特定種の存在等の様々な要因を組み込むことができる
- GLM以外に、ニューラルネットワークなどマシンラーニングやシミュレーションなども含む

$$\text{生物の分布} = f(\text{環境要因1, 環境要因2, 環境要因3}\dots)$$

SPECIES DISTRIBUTION MODEL : SDM

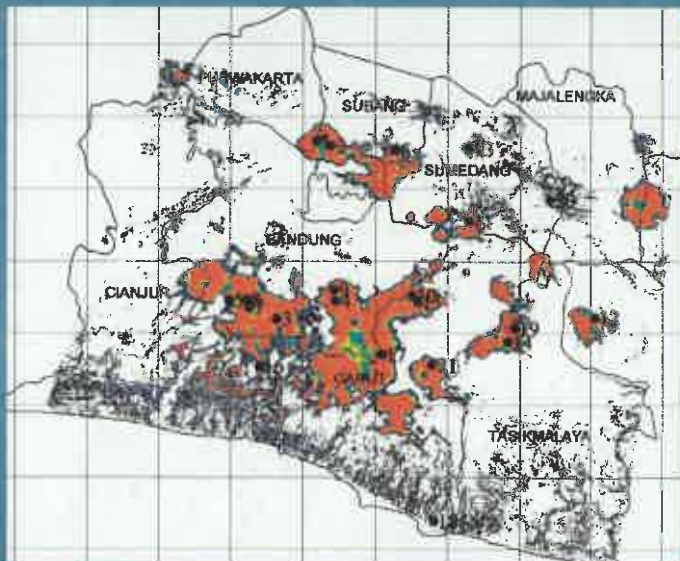
Syartinilia & Tsuyuki (2008) *Biological conservation* 141: 756-769

生息適地モデルの事例: インドネシアのジャワクマタカ



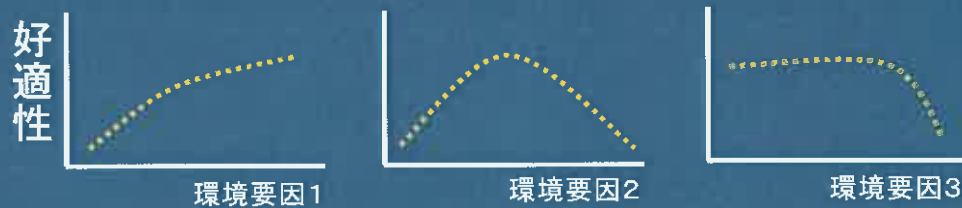
Spizaetus bartelsi
Javan Hawk-Eagle (Threatened)

$$\begin{aligned} \text{logit(prob.)} \\ = 0.23 \times \text{傾斜} - 0.01 \times \text{標高} + 0.02 \times \text{NDVI} \\ + 19.80 \text{AUTOCOV} - 6.86 \end{aligned}$$

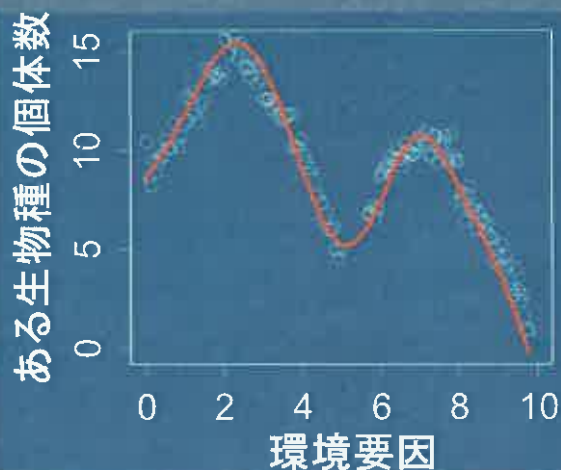


問題はそんなに単純ではない

環境要因への応答は色々あります



生息適地モデルの事例: GAM



GAM : 一般化加法モデル
Generalized Additive Model

$$Y = \sum f_i(x_i)$$

複数の関数から加法的に推定

- 非線形応答を示すデータに適用
- 時系列データの取り扱い
- はずれ値があると、「???'になる

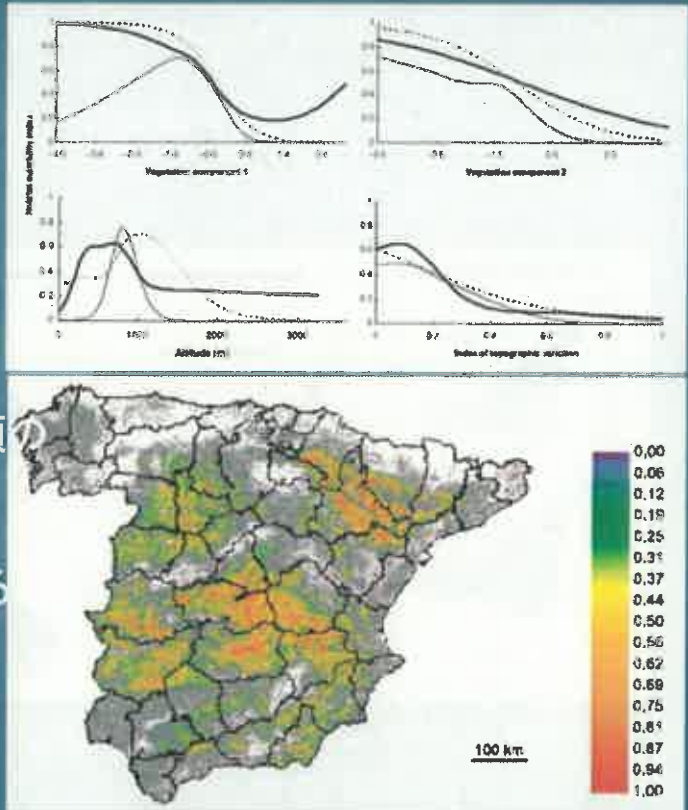
生息適地モデルの事例： GAM



イベリア半島におけるガン類
生息適地モデル

→種間の比較を行っている

引用：
SUÁREZ-SEOANE et al. 2002 *Journal of Applied Ecology* 39, 755-771



生息適地モデルの現在

- さまざまな検証が行われた
 - マシンラーニング法が頑強、GLMも捨てたもんじゃない
 - 「分布あり」だけでもそこそこできる
 - 「あり・なし」の方が良い



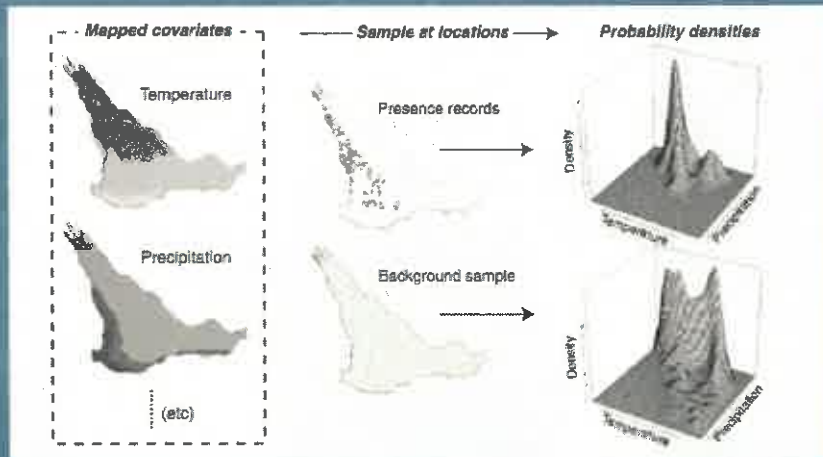
MAXENTが頑強
種の生息適地モデルを
10種類の手法で構築し、
解析方法による違いと
適合性が比較検証され
ている。

Guisan et al. 2007.
Ecol. Monog.

MAXENTがかなり有利みたい！

Phillips et al. (2006) Maximum entropy modeling of species

エントロピー最大化原理に基づいて、
最もありそうな分布パターンを推定する方法



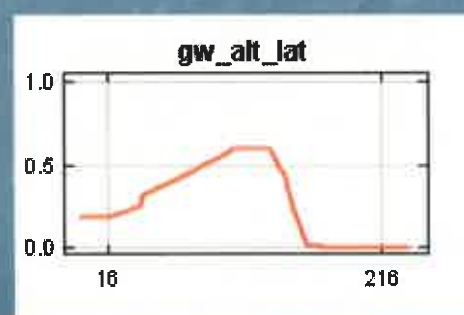
$$f_i(\mathbf{z}) = f(\mathbf{z})e^{\eta(\mathbf{z})}$$

左項：いる場所の分布
右項：バックグラウンド
×
分布型の関数

- 分布ありデータと「バックグラウンド・データ」との差別化
- により推定する

MAXENTのいい点

- 手軽なインターフェイスで簡便に計算できる
→ J A V Aで動き、入出力はG I Sベース
- 分布ありデータだけで、少ない点（10点ぐらい）でも、なんとか予測できる
- 交互作用や非線形に強い
- 外挿して予測することができる（Projection）

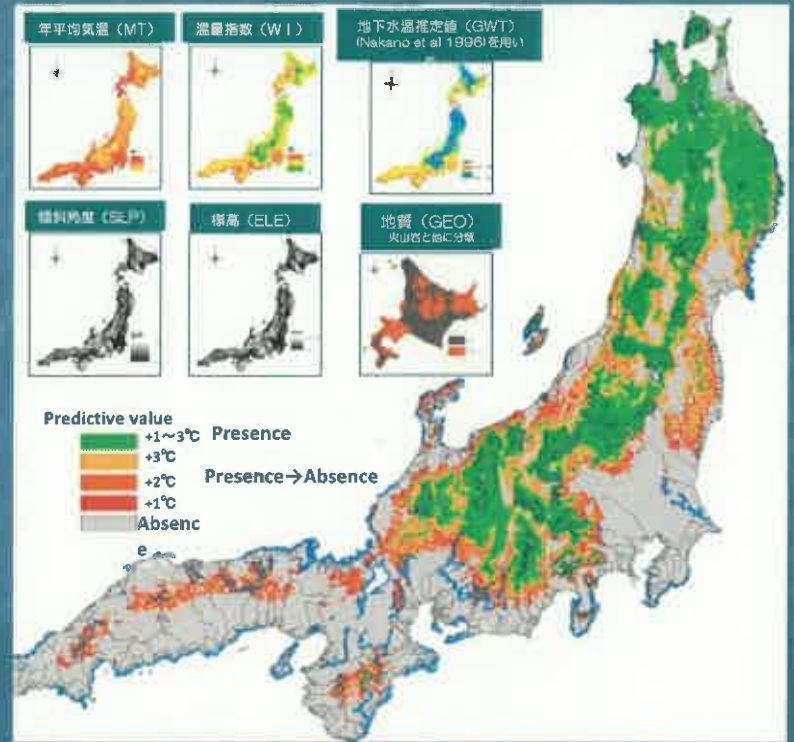


イワナ属のポテンシャルマップ

北海道・・・オショロコマ
(337地点)

本州・・・イワナ
(2997地点)

MAXENTを使って解析



まとめ1

- 法改正における要点の整理、特に配慮書と報告書手続きの追加が重要
- 新しい技術が追加されていること、ICTの活用が評価の簡便化を促進させる
- 配慮書手続きでは、とくに周辺状況の把握を、各所の協力でももって整理すべき
- 用いる技法は、アセスの手続き段階で使い分ける必要がある。
- 種を絞り込んでの地図化が大切。生息適地モデルの適用による定量評価が望まれる。

最終的な到達点を見据えた全体フレーム、手法および調査の選定が必要となる。

まとめ2

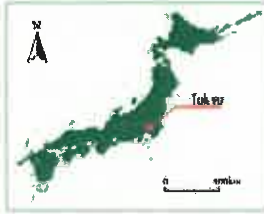
- 生物多様性情報の集積と活用
- 生態系評価には全体的なフレームワークが不可欠となる
- 種ベースでの指標種の選定とハビタット区分による選定が必要
- 生息地ポテンシャル評価の技術は進展しているので取り入れることができる
- 最後の対策にまでつなげることが大切

生息適地モデルでの 解析の事例

事例紹介

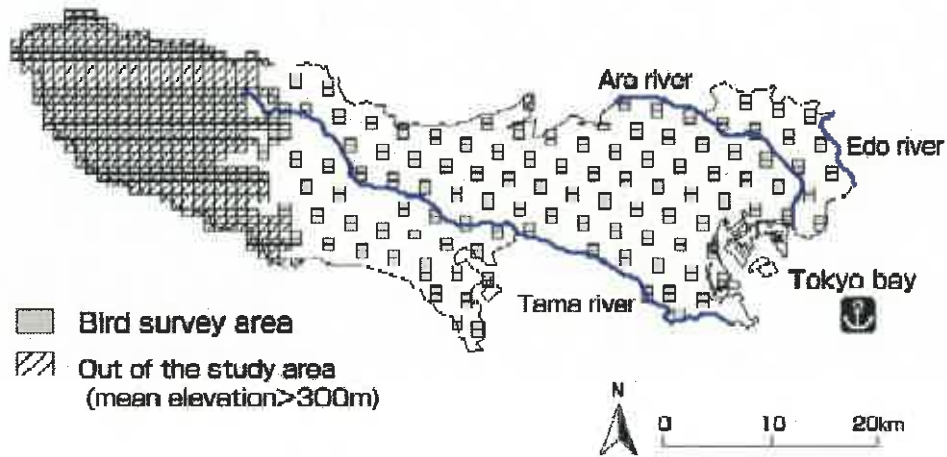
大都市圏における ヒバリの生息適地推定





Study Area

Tokyo, Japan (ca.1150km²)



Methods- Data Collection

- ヒバリ繁殖分布の観察記録 (1970s, 1990s)
 - ・ラインセンサス法 (1km)
- 土地利用データ:
 - 植生図 (1974, 1998、東京都)

Methods- Data Analysis

Logistic regression analysis

- 独立変数:
11種の植生タイプ (メッシュ当占有率: %)
- 従属変数:
 - ・1970sにおける繁殖分布の有無
 - ・1970s から1990sにかけての個体群の存続性
- 解析のメッシュ単位 : 1km

解析の手順

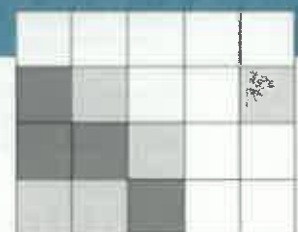
1) データの統合方法が異なる10のモデル作成



2) ロジスティック回帰分析により統計計算



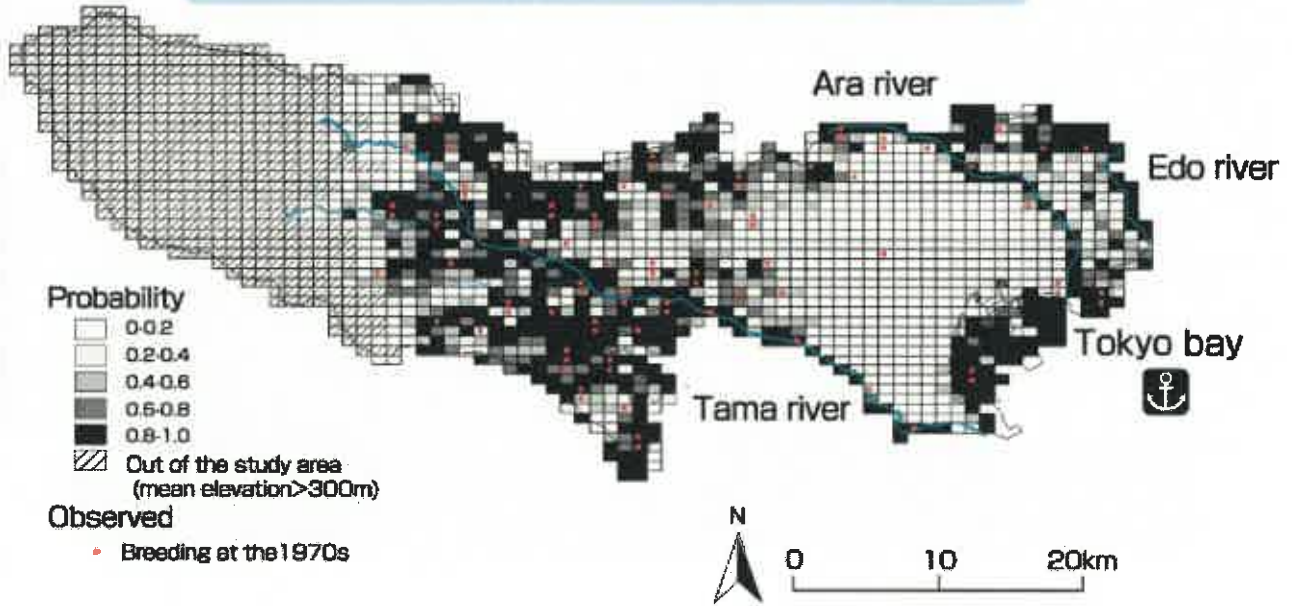
3) 最も低い AICを示すモデルを選定



昔

1970s

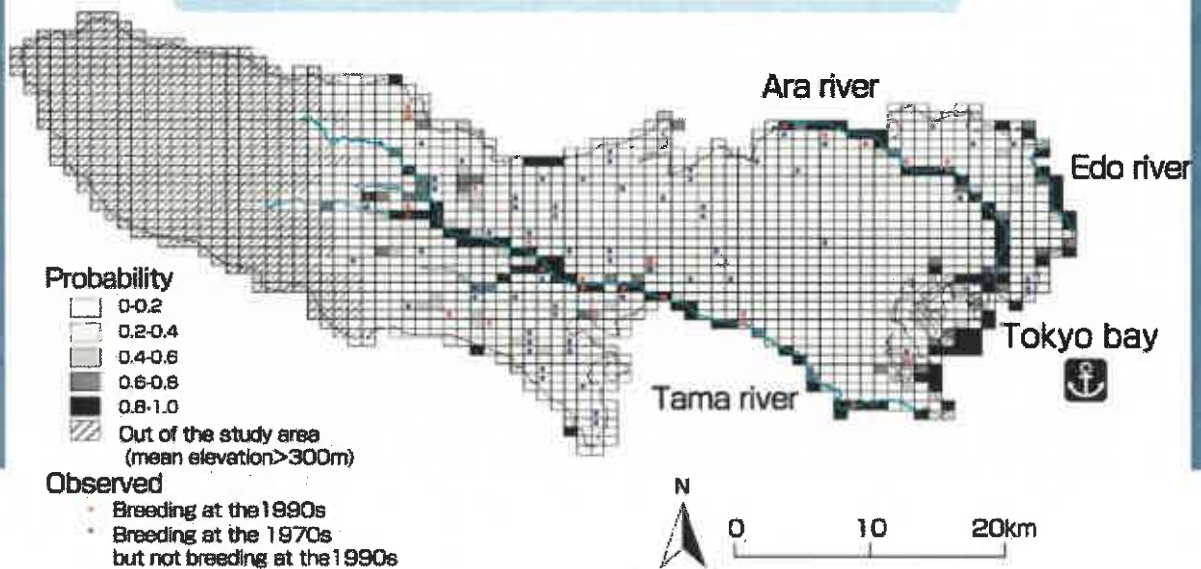
Prediction : breeding occurrence



今

1990s

Prediction : Viability

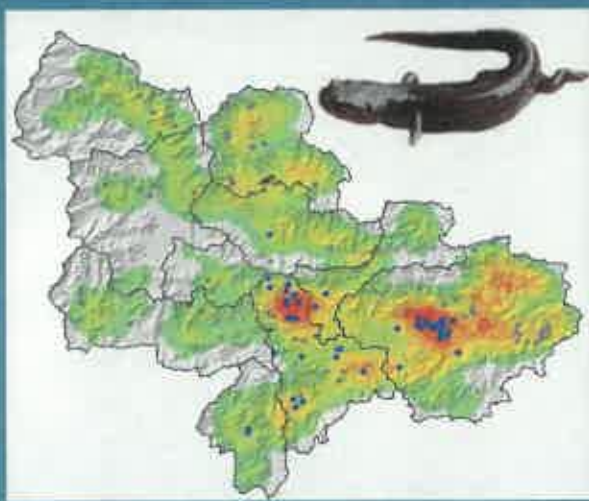


Limited suitable habitat remained.

環境配慮対策について



環境配慮対策



カスミサンショウウオの生息適地図を使って、耕作放棄地を活かす取り組みを行う。

耕作放棄地

刈り取りと湿地づくり



環境配慮対策



高速道路での影響区域面積が定量化できると、先進自治体では、その埋め合わせ

環境配慮対策



小さな自然再生による課題箇所の修復も、アセス時の地元と