

教養学部総合科目
「環境・エネルギー問題を考える」

環境問題への
GIS(地理情報システムの利用)

平成18(2006)年4月28日(金) 5限

工学部システム創成学科 教授
山口 一

1

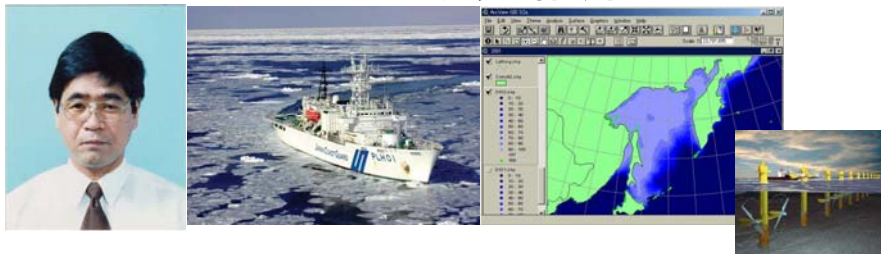
この科目の幹事教員
の高橋先生から頼ま
れたアナウンス

システム創成A
オープン・スペース・ラボ

- 5月19日(金)のこの時間+ α 。
- システム創成学科 環境・エネルギーシステムコース(E&E)の多くの研究室の研究紹介。(私の研究室も出展しま〜っす)
- 教員だけでなく、先輩(専門課程学生 & 大学院生 & 若手研究員)の話が聞ける。
- 文理融合が必要な分野。
- 食事と飲み物が出る。
- 場所や内容等の詳細は、後日アナウンス。

2

山口の研究紹介



- 氷海環境変動数値予報
 - 海水と海洋の変動を同時に数値シミュレーションし、氷海環境変動の数値予報技術を開発している。
- マルチスケール海洋環境シミュレータとGIS(地理情報システム)の統合による地球環境マネジメント支援システムの構築
 - 氷海や生態系を含む、グローバル及びローカルな海洋環境が表現可能な海洋環境シミュレータを開発している。これをGISに接続し、結果表示がinternetを通して素早くできるようにして、迅速かつ効率的な政策提言ツールとして活用できる地球環境マネジメントシステムの構築を目指している。
- 研究の新展開
 - これから始めたい研究として、「潮流・海流発電技術の開発と津軽海峡への適用」、「日中環境エネルギー問題への海洋環境工学からアプローチ」を考えている。

大学院環境海洋工学専攻のパンフレットより
(学部E&Eのパンフレットでは、学生さんへのメッセージ的なものを載せている)

3

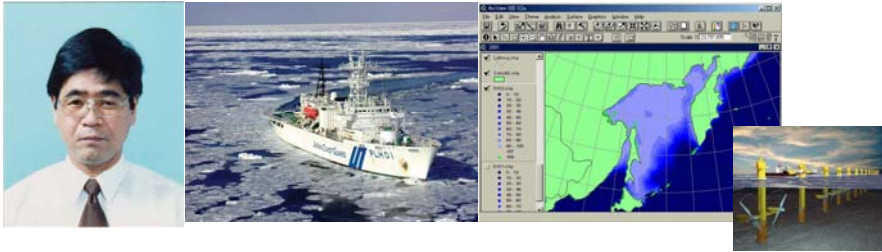
こっちにも是非

五月祭研究室公開

- 平成18年5月27日(土)、28日(日)両日。
- 1998年から毎年やっていて、好評。
- 今年はシステム創成学科の企画ともタイアップ。
- 近日中に、研究室ホームページ
<http://www.fluidlab.naoe.t.u-tokyo.ac.jp/>
で、アナウンス。
「研究室での生活」のページの中ほどに、これまでの研究室公開様子を、写真入りで紹介。来場者のアンケート(感想文)も見られるので、どれだけ「好評」(?)かが、判る。

4

本日の講義

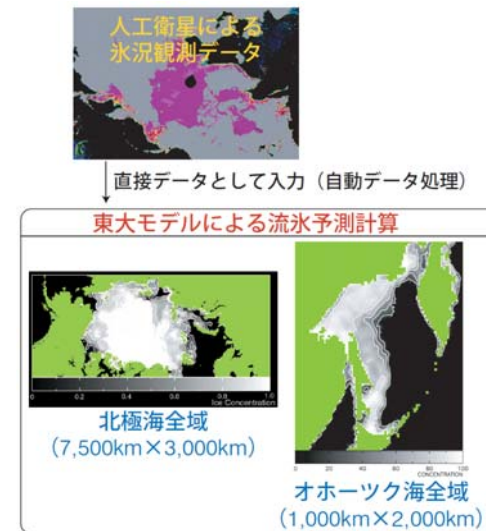


- 氷海環境変動数値予報
 - 海水と海洋の変動を同時に数値シミュレーションし、氷海環境変動の数値予報技術を開発している。
- マルチスケール海洋環境シミュレータとGIS(地理情報システム)の統合による地球環境マネジメント支援システムの構築
 - 氷海や生態系を含む、グローバル及びローカルな海洋環境が表現可能な海洋環境シミュレータを開発している。これをGISに接続し、結果表示がinternetを通して素早くできるようにして、迅速かつ効率的な政策提言ツールとして活用できる地球環境マネジメントシステムの構築を目指している。
- 研究の新展開
 - これから始めたい研究として、「潮流・海流発電技術の開発と津軽海峡への適用」、「日中環境エネルギー問題への海洋環境工学からアプローチ」を考えている。

この一部を

5

私がGISを始めた動機(1)



- 流氷による危険性。
- 気象・海象への大きな影響。
- 流氷が植物プランクトンを育て、豊かな海にする。
- 流氷の数値予報を研究。

詳細は研究室公開にて

6

私がGISを始めた動機(2)

- インターミッション(眠気覚まし)
- 10分程のビデオを見て下さい
- オホーツク海で海氷ができる場所(世界初の貴重な映像です)
- オホーツク海流氷観測共同研究プロジェクトの一部で、NHKスペシャルで放映されたものの抜粋
- 大気海洋間の熱交換への氷の影響

7

私がGISを始めた動機(3)

- 数値予報を始めて、すぐにデータマネジメントに困った。
- 気象データ、海洋データ、海水データ、生態系データ、種々さまざまなデータが必要。それぞれ、別のところにいろんな形、いろんな品質で存在する。計算に必要なデータ変換(データ準備)だけでヘトヘトになる。
- 予報結果を利用しようとする、資源データ、人口データ、輸送ルートデータ、開発計画データ等々、切りがない。
- GISを使えばよい!! (GISがどんな物かは後で)

8

表2-1-2 各国のエコロジカルフットプリント

国名	人口 (人)	エコロジカルフットプリント (ha/人) (A)	実際に供給可能な面積 (ha/人) (B)	環境に対する「負債」 (ha/人) (A-B)
世界合計	5,744,872,000	2.85	2.18	0.67
日本	125,769,000	5.94	0.86	5.08
アメリカ	259,439,000	12.22	5.57	6.66
ドイツ	81,909,000	6.31	2.48	3.83
中国	1,232,456,000	1.84	0.89	0.96
ニュージーランド	3,720,000	9.54	15.80	-6.26
エチオピア	56,789,000	0.85	0.68	0.18
バングラディシュ	120,594,000	0.60	0.08	0.52
ブラジル	151,533,000	2.60	11.56	-8.96

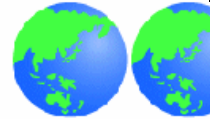
注：端数処理の関係から、各行における計算は必ずしも一致しません。

出典：WWF [Living Planet Report 2000] (2000年)

世界中の人々が日本人と同様の生活をする...

$$\frac{5.94}{2.18} \approx 2.7$$

つまり、地球はもう



現在は、2.41になっている

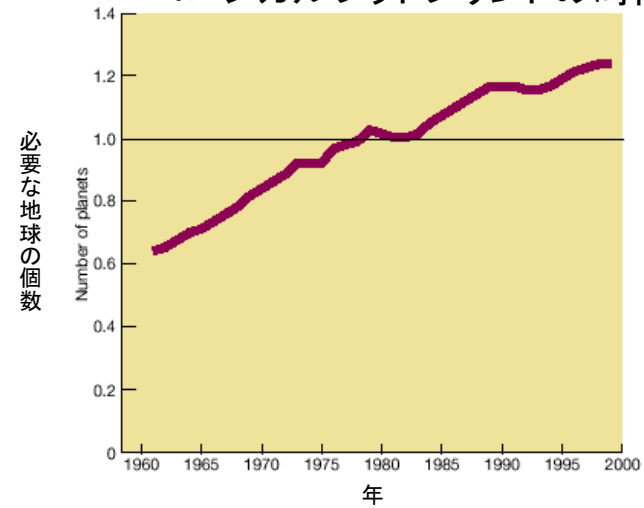
必要です

世界合計でさえ、
(2.85)/(2.18) = 1.31
既に1を超えている！

持続可能な発展の必要性

地球個数換算の

エコロジカルフットプリントの時間変化



「環境効率性」の向上は必要不可欠

環境影響評価(EIA)とその特徴

定義：環境影響評価とは、事業の実施が環境に及ぼす影響について環境の構成要素に係る項目ごとに調査、予測及び評価を行うとともに、これらを行う過程においてその事業に係る環境の保全のための措置を検討し、この措置が講じられた場合における環境影響を総合的に評価すること、定義されている。

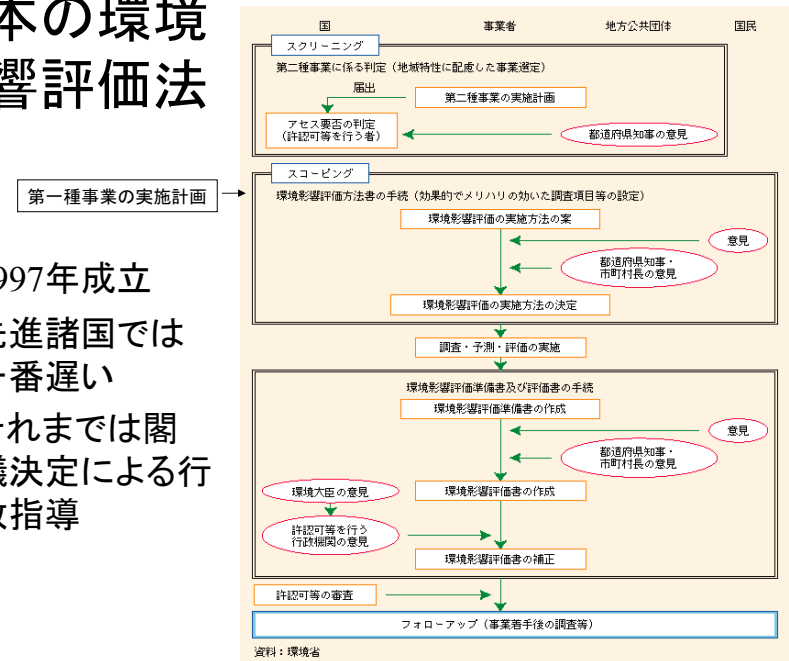
特徴：

- 問題点を事前に把握して解決
- 広範な環境影響を予測し把握
- 固有な地域特性を考慮した評価
- 利害関係者間の調整機能を重視
- フィジカルな現象面と社会面が対象
- 未知・不確定性を伴った解決策
- 事実の認識プロセスと評価システムの峻別
- 社会合意形成システムとしての機能
- 多様な意見の取入れが可能なシステムの確立

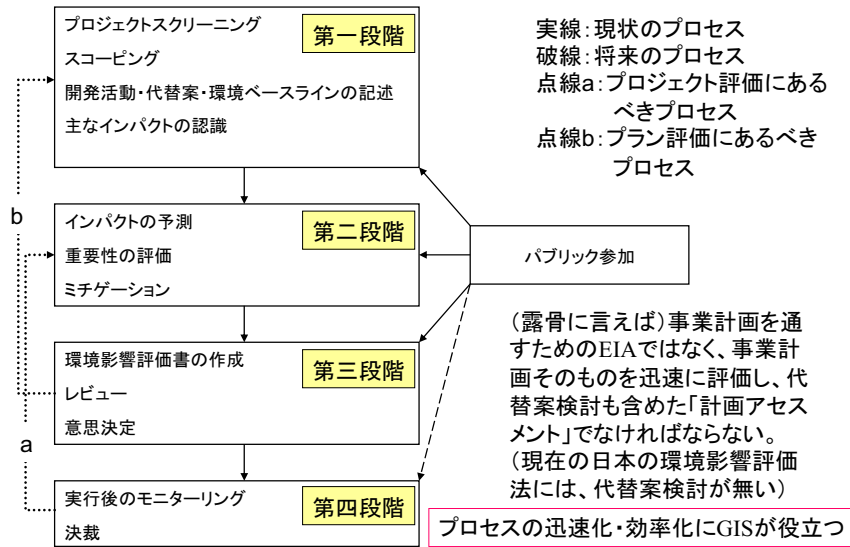
日本の環境影響評価法

- 1997年成立
- 先進諸国では一番遅い
- それまでは閣議決定による行政指導

図7-5-1 環境影響評価法の手続の流れ

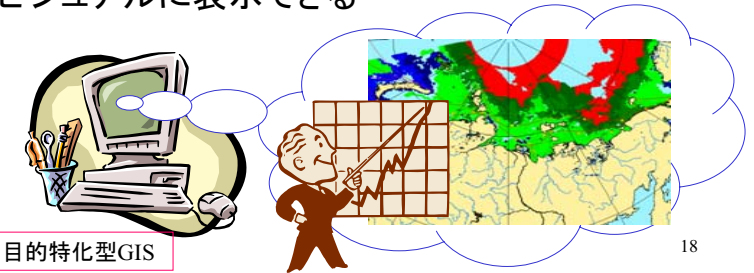


環境影響評価(EIA)プロセス



GISとは？

- GIS (Geographic Information System)
 - 地理的に位置付けられたデータ、地域特性を有するデータを取得・照合・分析・表示するためのシステム
 - 地図との連動で、データ、解析結果を分かりやすくビジュアルに表示できる



GISとその構成

定義:

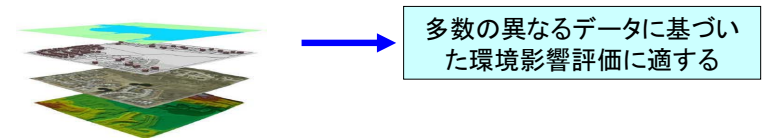
- Geographic Information Systemの略。
- Spatial Information Systemともいう。
- 空間データを系統的に取得・構築、管理、分析、表示・伝達するコンピュータシステム

構成:

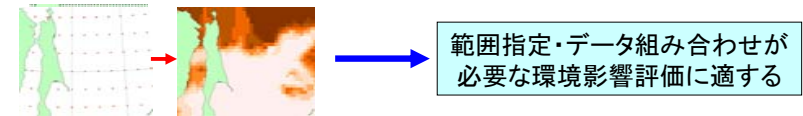
- ハードウェア: コンピュータと入力、出力設備。
- ソフトウェア: ArcGIS (ARC/INFO、ARC/VIEW)、MAPINFO、SIS、GeoBASICなど。
- データ: 空間データ
- ネットワーク対応しているものが多く、パブリックコメントの収集を通じた社会的合意形成ツールとしても有効利用できる。
(GISのネットワーク機能を利用したものが、Internet地図情報サービス)₁₉

環境影響評価に適するGISの特徴

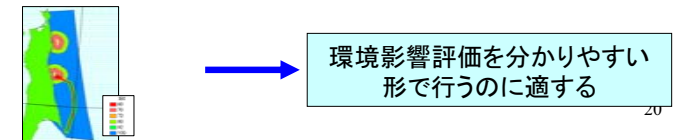
地理位置(空間座標)の軸に様々なデータを統合管理機能



空間検索・空間演算などの解析機能が整備されている



電子地図との連動で、データ・解析結果を分かりやすく表示できる



GISを用いた環境影響評価例 東京湾環境修復技術適用プランの評価

- 背後に首都東京を抱える、海上交通の要所
- 図中白線より以北を東京内湾、以南を東京外湾と呼ぶ
- 1950年代より汚染が深刻化
- 1970年代に法的規制を行い、汚染は横ばい傾向
- COD(化学的酸素要求量)濃度は年平均3mg/l程度で推移
→生物の棲みにくい環境



東京湾衛星画像²¹

http://www.eorc.jaxa.jp/riyou/gyoseidb/jaxaDB041110/project_07/menu.html

昨年度の当研究室の卒論: 研究室を超えたコラボレーション

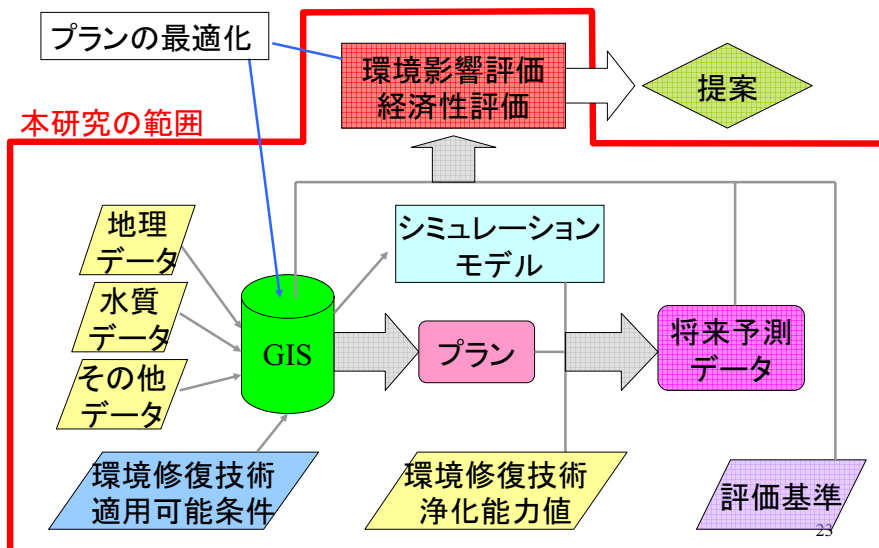
環境修復技術

- 流入負荷量の削減
家庭での負荷量削減、下水処理など
- 内部負荷量の削減
陸域からの窒素・リンの削減、浚渫など
- 海域の自浄能力回復
干潟造成、藻場造成、アマモ場造成など

本研究では「**海域の自浄能力回復**」技術に注目

22

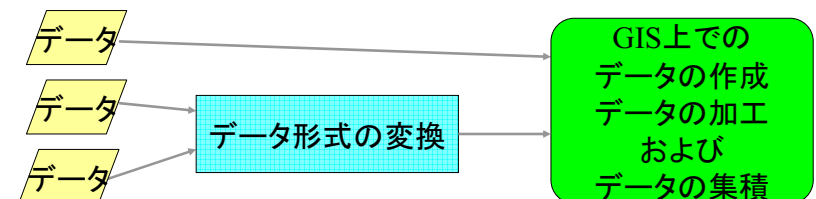
システムの流れ



23

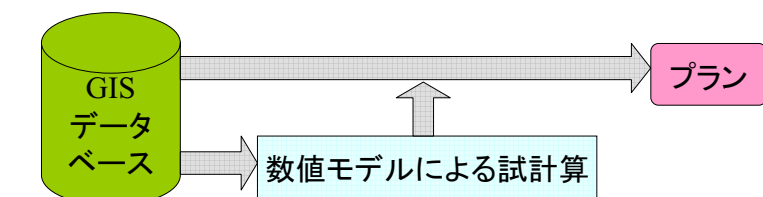
データベースの構築

- 現状では海域のデータが散在
- 東京湾における環境影響評価にはデータベースの構築が不可欠



24

プランの作成

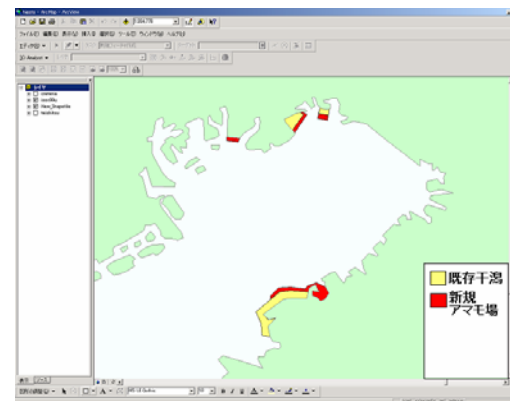


- 大まかには候補地の抽出とプランニングのプロセス
- 今回は藻場候補地は抽出されず

29

Plan1

既存の干潟の沿岸からさらに沖合にアマモ場を造成。



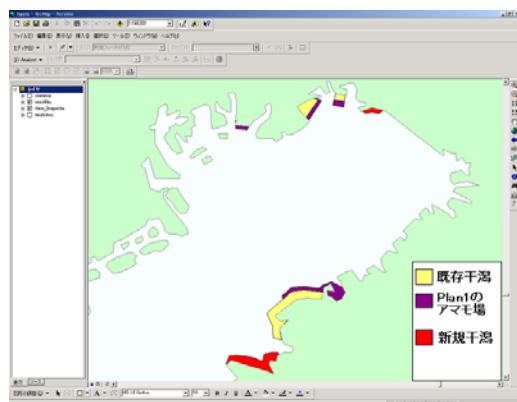
黄色い部分は既存の干潟

赤い部分が新規に造成するアマモ場

30

Plan2

Plan1に加えて
習志野付近と木更津付近に干潟を造成



黄色い部分は既存の干潟

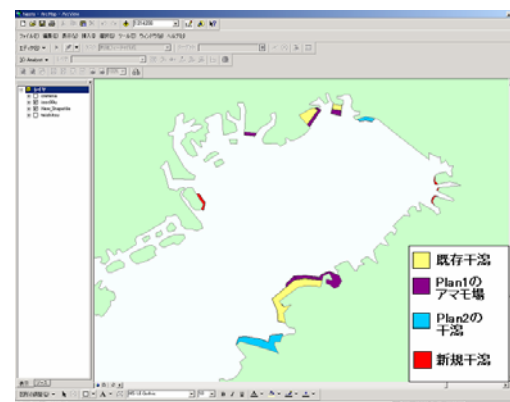
紫の部分はPlan1のアマモ場

赤い部分が新規に造成する干潟

31

Plan3

Plan2に加えて
羽田付近と千葉港付近に干潟を造成



黄色い部分は既存の干潟

紫の部分はPlan1のアマモ場

青い部分はPlan2の干潟

赤い部分が新規に造成する干潟

32

数値モデル

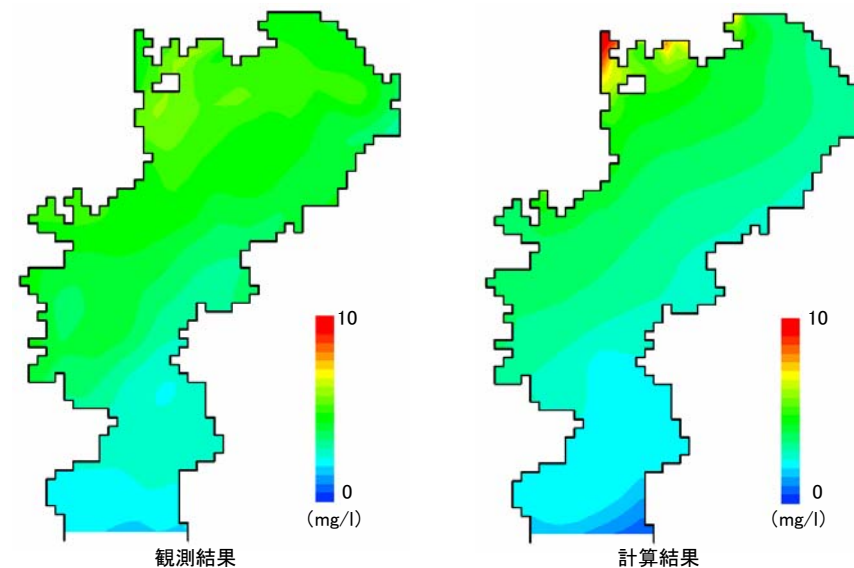
(コンピュータを用いた環境変動予測計算)

- 本研究で用いる数値モデルは、北澤助教授(東大生産技術研究所)による東京湾の物理モデルおよび化学・生物モデルの融合モデルである。
- 物理モデルはNS方程式と連続の式に基づいて海水の流動を計算している。
- 化学・生物モデルは浮遊系の化学物質・生物の挙動が基本的に流れ場に依存すると仮定し、移流・拡散方程式によって計算している。

現状の東京湾の水質について
良好な再現性がある

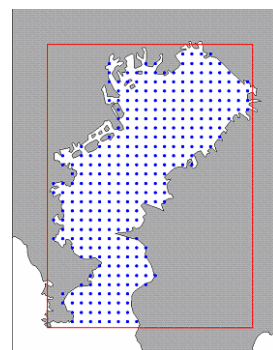
北澤ら(2003)より

計算結果例 化学的酸素要求量の水平分布(表層)



計算条件

- 計算領域と計算格子は右図
- 主な条件
 - 10河川からの流入
 - 開境界において潮汐の主要4分潮
 - 気象庁のデータによる気象条件などが考慮されている
- 本研究では10年間計算し、10年目の予測結果により総合評価を行う
- アマモ場・干潟の浄化能力は境界条件として挿入される



計算領域と計算格子

環境修復技術の浄化能力

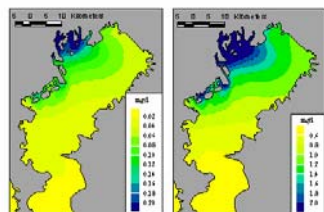
アマモ場の浄化能力

アマモの年生産力... $619\text{gC}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ (小倉,1993)から
レッドフィールド比および光合成の式(堀江,1989)により
無機態窒素除去量... $109\text{gN}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$
無機態リン除去量... $15.1\text{gP}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$
酸素供給量... $2.15\text{gO}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$

干潟の浄化能力

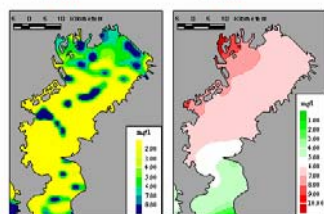
「人工干潟」実態調査委員会(1998)によれば
人工干潟生態系のほとんどはアサリが占めており、
アサリは海水中の有機懸濁物を濾過している(小倉,1993)
ことから、干潟の上を通過した海水中の
有機懸濁物の値が0となるように設定した

予測結果



表層T-P

表層T-N



底層DO

表層COD

予測結果の出力例(7月Plan2)

数値シミュレーションによる
結果は左図のようになる

定量評価(総量)

各プランについて、何も施さなかった場合の
各指標の総量との変化率を算出した

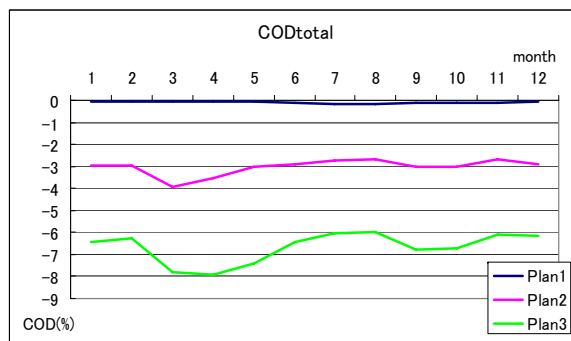
各指標の年間総量変化率

	DO(%)	T-P(%)	T-N(%)	COD(%)
Plan1	0.43	-0.98	-0.65	-0.11
Plan2	2.01	-3.76	-3.35	-3.26
Plan3	3.89	-7.21	-6.64	-7.11

- 各指標とも効果が見られた
- 環境修復技術を導入すればするほど
効果も高くなっている

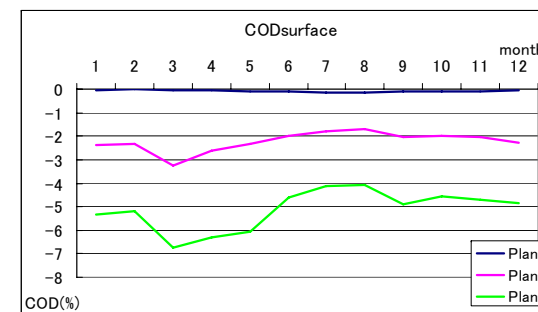
定量評価(濃度)

海域全体のCOD濃度の変化率の変動

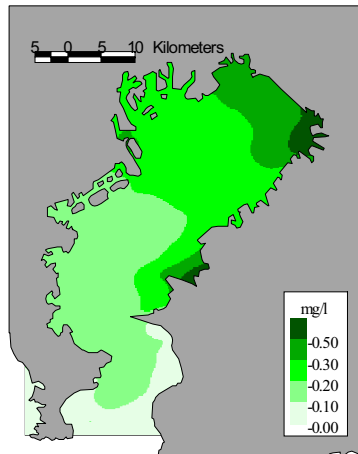


定量評価(濃度)

海域表層のCOD濃度の変化率の変動



効果の空間的検証

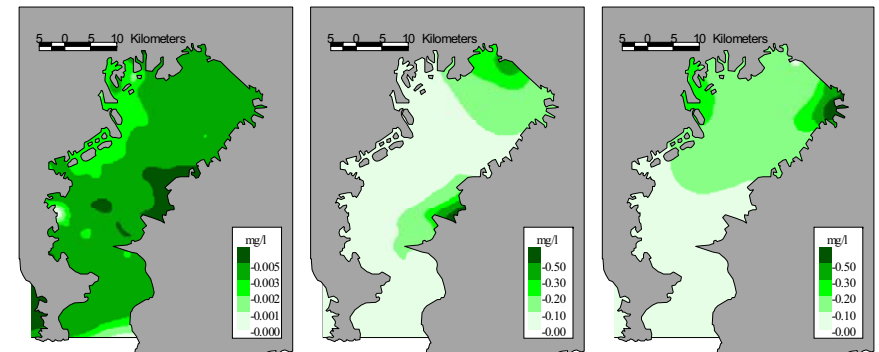


Plan3の浄化効果分布

- 海域全体に改善効果が見られる
- 汚染の集中しやすい湾奥部でも改善効果が見られた

41

プランごとの空間的比較



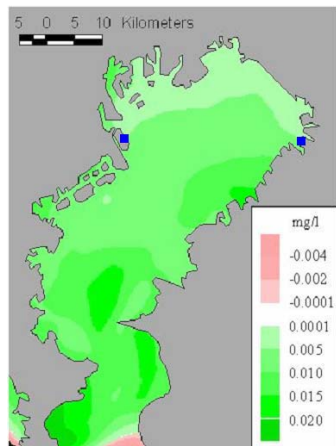
CurrentとPlan1

Plan1とPlan2

Plan2とPlan3

42

効果の空間的検証



西側の干潟と東側の干潟の浄化能力の比較

図は千葉港に干潟を置いた場合と羽田に干潟を置いた場合の、年間平均濃度の差をとったもの
 緑なら東側(千葉港)に置いたほうが効果が高く、赤なら西側(羽田)に干潟を置いたほうが効果が高い

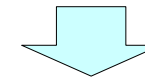
東側に干潟を置くほうが、内湾部での改善効果が高い

43

各プランの経済性比較

アマモ場造成のコストはおよそ40000円/m²(上月ら,2001)
 干潟造成のコストはおよそ17000円/m²
 (広島五日市干潟のデータより)

CODを1t削減するためにかかるコストは
 Plan1(アマモ場のみ) …16億円
 Plan2(アマモ場+干潟) …1.3億円
 Plan3(アマモ場+干潟+干潟) …0.9億円



費用対効果から考えると干潟のほうが経済性に優れているといえる

44

結論

- 東京湾をモデルケースとした環境修復技術適用のための環境影響評価支援システムが提案できた
- システムの利用によって従来の評価よりも現実的なデータに基づく、精度の高い評価をより効率的に行うことができる
- 数値モデルによる計算から、アマモ場・干潟の有効性が確認できた
→浄化効果がある、湾全体に効果が及ぶ

45

成果

- データベースの構築
- 修復プランの作成とその効果予測
- 効果の空間分布予測
- GIS上での総合的評価、経済性評価

46

課題

- 評価の結果をプラン作成条件として考慮し、最適化モジュールを作成
- 経済波及効果も加味した、全面的な経済性評価

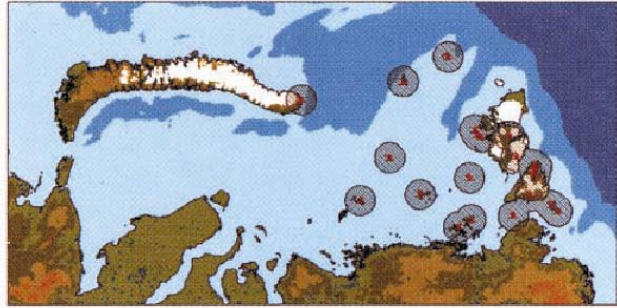
47

もっと単純な例で サクッと見てみましょうか？

北極海航路(新しい航路)の通行が増えた場合のカラ海(北極海のロシア側の一部)のゾウゲカモメへの影響
(簡単な数式による数量化)

48

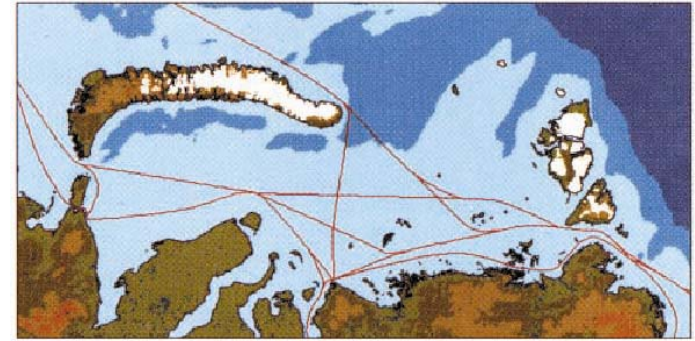
GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



1. ゾウゲカモメの生息域を表示

49

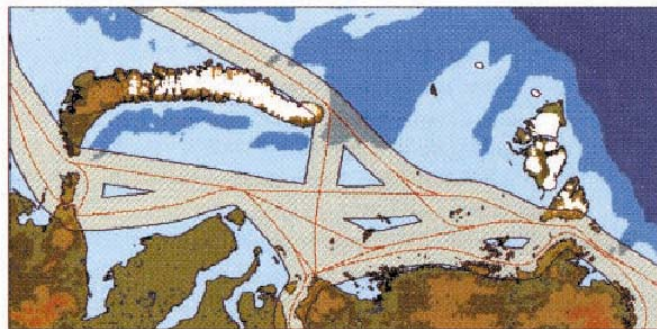
GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



2. 想定される航路を表示

50

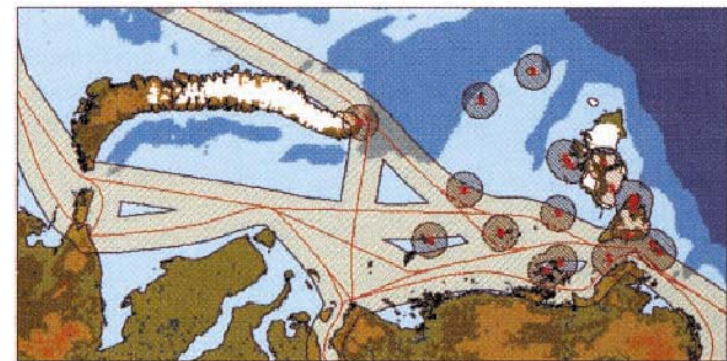
GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



3. 船舶の航行の影響が直接及ぶ範囲を表示

51

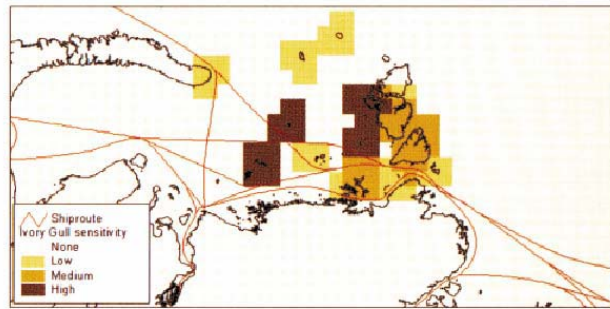
GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



4. ゾウゲカモメの生息域と重ねて表示

52

GISを用いた環境影響評価例 (生態系への影響)



5. ゾウゲカモメに対する危険度（汚染度）を想定した式により計算して、色の濃さで表示

53

GISはまだ発展途上

- 3次元データが直接扱えない。
地中、海中、空中の問題を扱うにはまだそれなりの工夫が要る。
- 時間変化するデータを扱えない。
時刻毎にデータファイルを分ける必要がある。
- つまり、現在は2. 5次元。4次元GISの開発が必要。（それが、次ページ以降の次世代GIS）

54

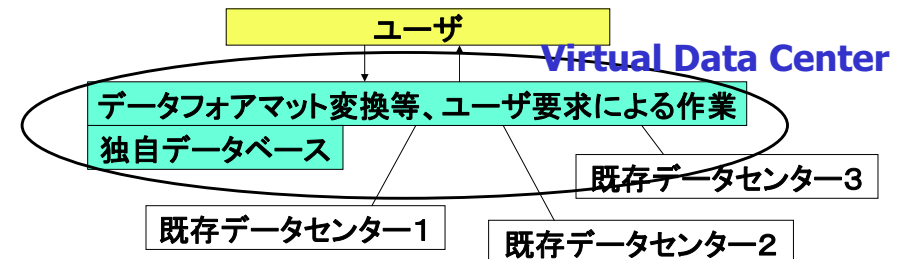
持続可能な発展に向けて

1. データ・センターの必要性
2. データ活用
 - a. モニタリングと自然環境シミュレータ
 - b. 地球環境マネジメント支援システム

55

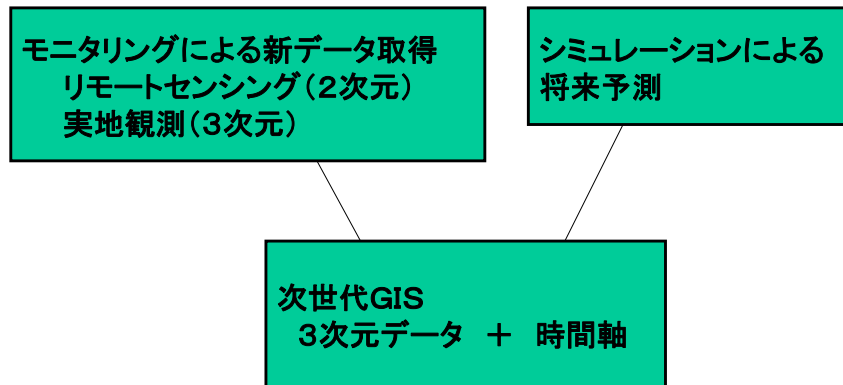
(Virtual)データ・センターの必要性

- データベースとGISは不可欠
- 常に**最新**のデータを、**統合**して持つ
→Dynamic Environmental Atlas
- 国の枠組みを越えたデータセンターの設立を



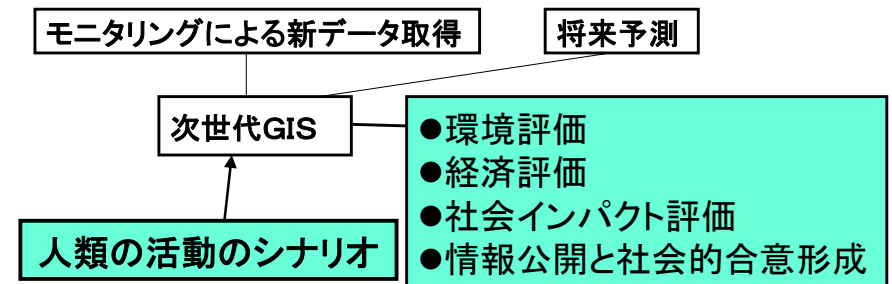
56

データ活用 モニタリング、環境シミュレータ



57

データ活用 環境マネジメント



大規模開発計画の、
環境アセスメントから計画アセスメントへ
PDCA (Plan-Do-Check-Action) サイクルの効率的遂行

58

レポート課題

- エコロジカルフットプリントの具体的計算手法を調べよ。それにより環境影響評価を行うにあたり、注意すべき点を考え、どのように改良されていくべきか、論ぜよ。

59

60