

空間データ処理システムによる海域環境解析に関する研究
(環境データ解析への多次元GIS適用の試み)

STUDY ON A NEW INFORMATION SYSTEM FOR SPATIAL DATA
INTEGRATION BY MULTI-DIMENSIONAL GIS

高橋 宏直*, 細川 恭史**, 吉村 藤謙***

Hironao TAKAHASHI*, Yasushi HOSOKAWA**, and Hisanori YOSHIMURA***

ABSTRACT; Environmental data are usually observed at different locations and at different time. In this paper, we propose a new information system for the efficient integration of these data. By utilizing this system, called "multi-Dimensional GIS", we can easily represent coastal environmental data as an integrated data-set visually. By applying this system to data obtained from Osaka Bay, we analyze the temporal and spatial variation of six water quality parameters and were able to determine several correlations.

With the use of this new integration system, regional partnerships among the various interested sectors along a coast will now be promoted for environmental monitoring and coastal zone management.

KEYWORDS; GIS, environmental data, Osaka bay

1. はじめに

東京湾、大阪湾、伊勢湾等を始めとする大湾域においては、様々な主体により、多くの海域環境データが取得されている。これらのデータを時・空間的に統一して解析を行えば、今までにない知見が得られることが容易に想像される。例えば、大気データに関してはこうした対応が進められているものの、海域環境データに関しては、その対応は十分ではない。この背景の一つとしては、湾域環境の観測データを時・空間場一体として解析した場合の具体的なイメージが明確ではないため、その有効性が認識されないことが挙げられる。その結果、関係機関の協調体制が進展しないと想像される。

このため、本研究においては、先ず、現状の課題を踏まえて海域環境データを時・空間場一体として解析を可能とする空間データ処理システムを提案する。次に、大阪湾の海域環境データにこのシステムを適用することにより、具体的な解析結果及び新たに得られる知見を示すことにより、この空間データ処理システムの有用性を示す。そして最後に、そのシステム構築の前提となる広域的なデータ収集の必要性について提言する。

2. 現状の海域環境データの解析手法の課題

2.1 海域環境データの構造及び解析パターン

海域の環境データの空間的な構造イメージを図1に示す。ここでは、湾奥部を想定し、その海域の4箇所において、表層、中層、底層でデータを取得することを想定している。これらのデータの結果は、観測結果として、そのまま数値として示されるとともに、図2に示すような各層ごとの等値線により表示される。このデータの取得が、例えば、春、夏、秋の3シーズンであれば、この図2の図面が各季節ごとに各3枚合計9枚示されるという解析パターンになっている。そして、この結果から海域環境を評価することが通常行われている。

このように、通常の海域環境データは、時・空間的に低密度なデータ構造となっており、また、その低密度なデータ構造のため、単要素ごとの水平面での解析に終わっているのが一般的である。

* 港湾技術研究所システム研究室長, Chief of Systems Laboratory, Planning, Port and Harbour Research Institute

** 港湾技術研究所環境評価研究室長, Chief of Environmental Assessment Lab, Planning, Port and Harbour Research Institute

*** 港湾技術研究所システム研究室員, Member of Systems Laboratory, Planning, Port and Harbour Research Institute

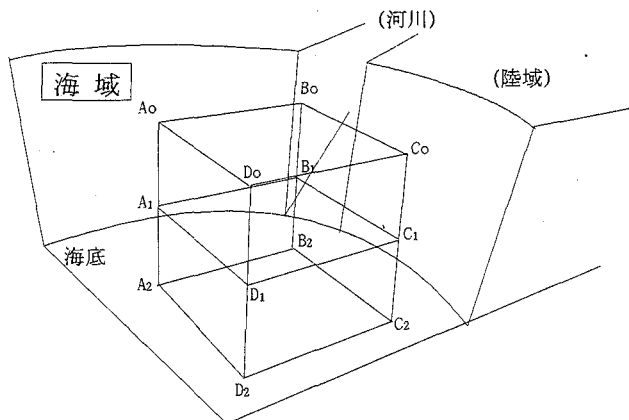


図1 海域の環境データ構造

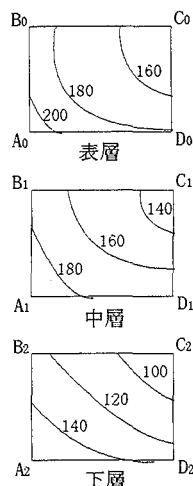


図2 解析結果イメージ

2. 2 現状のデータ構造、解析手法の課題

このようなデータ構造及び解析パターンのために生じる課題の第1として、海域環境の状況の把握しにくいことが挙げられる。特に、時・空間的な連続変化の把握が容易ではないことから、要素間の相関性を把握すること、言い換えれば要素間の支配関係を把握することが困難であることが第2課題として整理される。特に、今後必要となる「情報公開」において、解り難いことは大きな支障となる。そして、第3の課題として、この現地の海域環境データの把握が十分でないことは、次に期待されるモニタリングシステムあるいは予測モデルの構築に対して十分な情報を提供しないことが挙げられる。

したがって、これらの課題を解決するためには、適切な空間データ構造の構築及びそれに基づく時・空間場一体として解析可能な空間データ処理システムの構築が必要となる。

3. 空間データ処理システム

3. 1 空間データ構造の要件

効果的な空間データ処理システムを構築するためには、適切な空間データ構造が構築されていることが必要である。そのための要件は次のように整理される。

- ①時間的高頻度、空間的高密度のデータであること。
- ②同種のデータについては精度が同一であること。
- ③時間、空間座標系が同一であること。

3. 2 空間データ処理システムの概念

こうした空間データを解りやすく表示するだけであれば、いわゆる表示ソフト、あるいはグラフィックソフトの適用で十分である。しかしながら、このシステムでは、空間内のデータのレイヤーごとの分割、さらにレイヤー間の演算処理が必要となるためこれらソフトでは十分対応できない。一方、このような空間的に共通の座標系を有するデータを処理するシステムとして、GIS (Geographic Information System) の適用が考えられる。GISは、例えば、「さまざまな空間データを統合して取り扱うコンピュータシステムで、空間的な検索、解析、表示などを可能とするシステム」と定義される¹⁾。しかしながら、実態的には、2次元空間、いわゆる地図のデータへの対応を主体としており、3次元的なデータ演算、時間データへの取り組みは、極めて少ない状況となっている。このため、本論文では、3次元空間のデータ及び時間データに対応可能なGISを、特に、多次元GISと定義し、これにより空間データ処理システムを構築することを試みる。

この空間データ処理システムの要件は、次のように整理される。

- ①時間、3次元空間としてのデータベース化が可能であること。
- ②時間、3次元空間としてのデータ演算・解析処理が可能であること。

③時間、3次元空間としてのデータ及び解析結果の表示が可能であること。

3. 3 空間データ処理システムの構築

(1) データの構築

空間データ処理を行うためには、先に要件の一つとして整理したように、時・空間的に高頻度・高密度なデータが必要となる。望ましいデータ構造としては、図3にイメージを示したような空間的に高密度に、さらに、時間的に高頻度に計測されることが望ましい。

しかしながら、実際には、高密度・高頻度にデータ観測を実施することは容易ではない。このため、可能な限り高頻度・高密度に観測したデータを時・空間的に補間することにより、新たな時・空間データとして構築する。具体的事例として、図1に示す観測点において、10日間隔でデータが10回の観測が実施された状況を想定する。これを用いて図3に示す空間データ場を構築するには、始めに得られたデータを基に図3のように設定したメッシュ間隔としての空間的データ補間を行う。これにより、10日間隔の図3のメッシュデータ(10×10×10)としての空間データが構築される。次に、10日間の毎日のデータを構築するため、各メッシュ格子点のデータごとに時系列補間(線形補間)を行う。この2段階の作業により、空間的に10×10×10のメッシュデータが時間的に100日間連続という稠密な時・空間場のデータが得られることになる。

(2) データの解析

時・空間的に稠密なデータが構築された事により、今までに無い次のような解析が可能になる。

①空間的任意断面による解析

今までは水平断面による解析が中心であったものの、空間的に任意断面での解析が可能になる。図4-1では垂直断面での解析イメージ、図4-2では斜めの断面での解析イメージを示す。もちろん、その断面での時間変動の把握が可能になる。

②空間的等値面による解析

さらに、空間メッシュデータの存在により、空間的に等値面の作成が可能になる。図5では、ある環境データの等値面が時間的に拡大する解析結果イメージを示す。

③差分データによる解析

時・空間的に稠密であることから時間的、空間的な差分データを更に求めることが出来る。これにより、時間差分データからは速度変化を、空間差分データからは境界面の把握が可能となる。例えば、密度データの空間差分により密度成層の把握が可能となり、塩分データの空間差分からは塩水楔の形成状況の把握が可能となる。

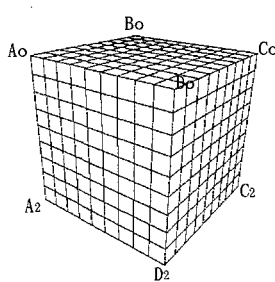


図3 高密度空間データイメージ

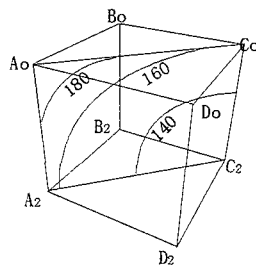


図4-1 垂直断面解析イメージ

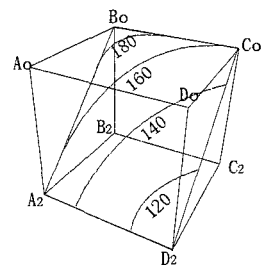


図4-2 斜め断面解析イメージ

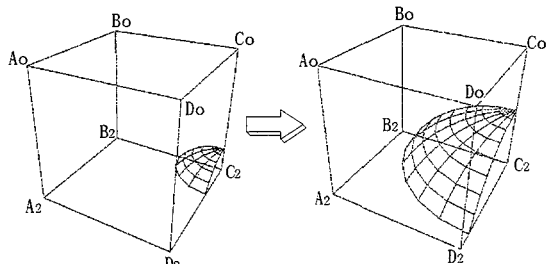


図5 等値面の時間移動イメージ

4. 大阪湾環境データへの適用

4. 1 観測データの構造及び空間データ処理システム

関係機関の協力により、大阪湾に関して次のような観測データが得られた。

- ①測定箇所 大阪湾東岸部20箇所(図6)
- ②測定層 海面下0mから1mごとに海底面上1mまで
- ③測定項目 水温、塩分、密度、クロロフィルa、DO、濁度
- ④測定期間 平成9年4月中旬～10月上旬までの間に20回、最短測定間隔4日、最長測定間隔27日

この時・空間場のデータをもとに、3. 3で示した空間処理を行う。具体的に、図7に示す空間メッシュデータ構造により、空間補間を行い、次にこの空間データを時間的に線形補間することで観測期間中の毎日のデータを構築した。

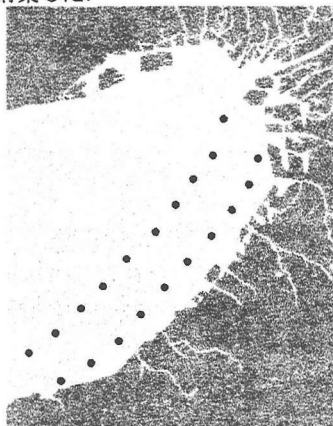


図6 観測データ測定箇所

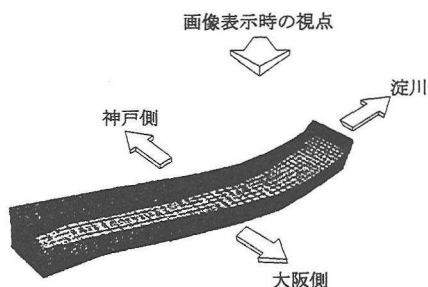


図7 解析のための空間メッシュ構造

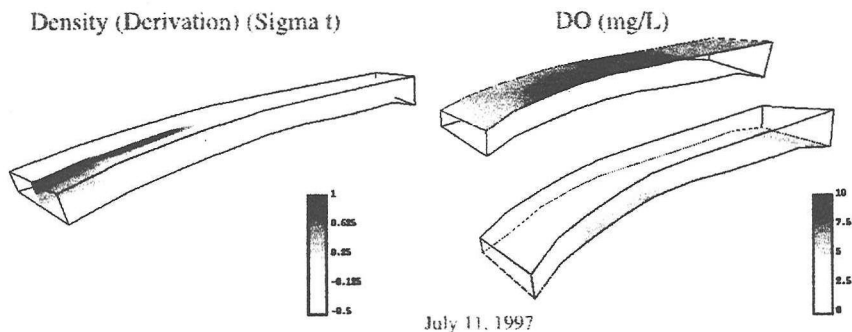


図8-1 密度成層形成とDO水平分布の相関性(7/11)

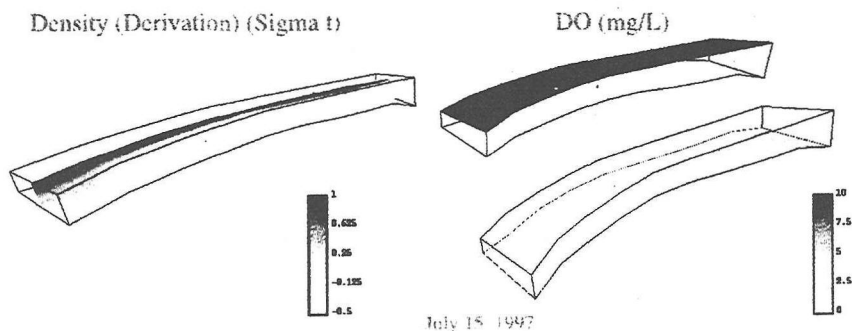
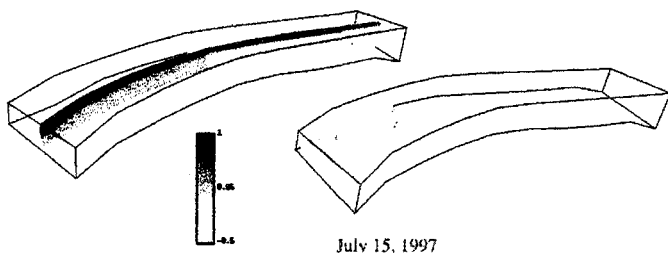


図8-2 密度成層形成とDO水平分布の相関性(7/15)

Density (Derivation) (Sigma t)

DO (mg/L @ 3.0 Isosurface)

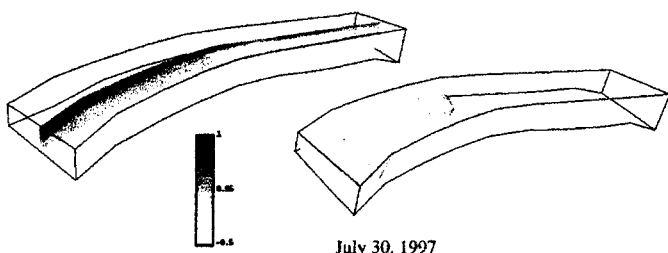


July 15, 1997

図9-1 貧酸素水塊の移動 (7/15)

Density (Derivation) (Sigma t)

DO (mg/L @ 3.0 Isosurface)

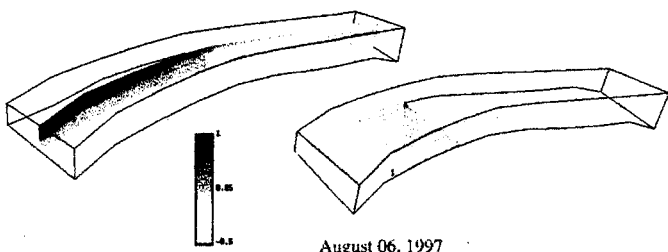


July 30, 1997

図9-2 貧酸素水塊の移動 (7/30)

Density (Derivation) (Sigma t)

DO (mg/L @ 3.0 Isosurface)

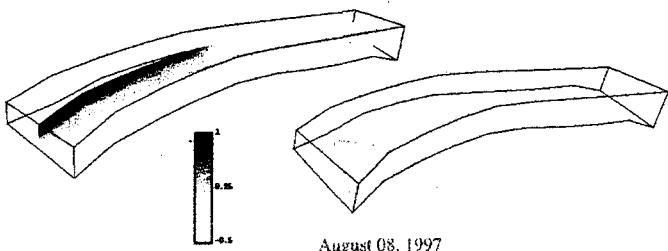


August 06, 1997

図9-3 貧酸素水塊の移動 (8/6)

Density (Derivation) (Sigma t)

DO (mg/L @ 3.0 Isosurface)



August 08, 1997

図9-4 貧酸素水塊の移動 (8/8)

このデータに対応して、データベース化可能、データ演算・解析処理が可能、データ及び解析結果の表示が可能である空間データ処理システムを構築した。例えば、解析結果の表示では、任意断面の数値をカラー化するとともに時間軸で変化する動画処理を可能にした。さらに、この複数の動画を同期させたうえで同一画面で表示し、それらの相関性を可視的に表示することを可能とした。なお、このシステム構築の基本ソフトとしては、IRIS Explorerを用いた。

また、以下に示す図では、この空間データを神戸側の上空から眺める視点設定を行うと共に、北部側（淀川河口部側）の変化の視認を容易とするため形状を歪ませている。

4. 2 具体的な成果及び新たな知見

(1) 垂直面での変化（密度成層の形成）と水平面での変化（DO水平面分布）の相関性の把握

密度成層が形成された後にDOの水平分布形状は大きく変化するとされているが、それがどの程度の相関性を有しているかについては、いままで十分に確認されていなかった。このため、南北方向の垂直断面での密度差分変化をカラー表示した動画面と表層と底層のDO値の変化をカラー表示した動画面を比較した。この結果、密度成層が形成された後に、表層のDO変化が著しくなることが明確に確認された。

ここでは、図8-1、8-2の左側に密度成層の形成状況（黒い部分が密度成層）を、右側の上図が表層の水平分布変化、下図が下層の水平分布変化を示す。ここで、図8-1が7月11日の状況を、図8-2が7月15の状況を示す。また、密度成層は、水深方向の密度差分（水深1mごとの密度 σ_t の差分変化）に基づき表示している。この2つの図の比較から、7月11日から15日にかけて密度成層の形成にともない（左側の図で、11日から15日にかけて黒い部分が、北側から南側に大きく伸びている状況）、表層DOが大きく変化（右側の図で、11日から15日にかけて表層部分が濃さが強まっている）していることが明らかにになる。

(2) 貧酸素水塊の移動

図5で示したようなDO値3 mg/Lの空間的等値面を作成し、その時間変動を表示させた。その結果、7月から8月にかけて3 mg/L以下の水塊が大阪側から神戸側に移動するのが明確に確認された。この水塊の移動状況を密度成層の形成状況と併せて図9-1～4に示す。これらの図において、左側に図8と同様に密度成層の形成状況（黒い部分が密度成層）を、右側にDO値3 mg/Lの空間的等値面を示している。ここで、図9-1では、貧酸素水塊がこの観測空間内への浸出はまだ僅かであるものの、図9-2、3に示す15～20日後には神戸側に大きく移動していることが確認される。そして、図9-4にみられるさらに2日後の約25日後では、この観測空間内を通過していることが見られる。

5. おわりに

本研究において提案した空間データ処理システムは、実際に、大阪湾環境データに適用した結果、その有用性が具体的に明らかになった。特に、密度成層の形成とDOの水平分布の相関性の把握、貧酸素水塊の移動状況の把握という新たな成果が得られた。なお、貧酸素水塊の移動の要因分析については、さらに検討することが必要である。

しかしながら、このシステムが有効に機能するためには、稠密な時・空間場のデータが基本となるが、最初に問題提起したように、こうしたデータ構築のための体制は十分ではない。このため、データ観測に関しての広域的な協力体制の構築が強く求められる。具体的は、3.1で示した要件を満足できる「海域環境データバンクシステム」の構築が想定される。

謝辞：本システムの開発に際しては、千葉弘氏（日本NAG）より多大なご指導を頂きました。記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 建設省GIS研究会：空間データ基盤整備の全国展開をめざして、1996