

Ocean Data View(ODV)を活用した海洋分野の学習

－海洋情報可視化ツールの活用－

木下 温

高等学校理科，地学基礎の「大気と海水の運動」や地学の「海洋と海水の運動」の学習において，フリーの海洋情報可視化ツールOcean Data View(ODV)を活用した海洋分野の学習方法を検討したので報告する。

〔キーワード〕 高等学校理科 地学 地学基礎 海洋 ODV 可視化

1 はじめに

高等学校理科の地学基礎の海洋分野では，「海洋の表層と深層で水温が違うことや，表層と深層の間の循環に触れる」^{※1)}ことが求められている。さらに，地学の海洋分野では，「海洋の構造について，水温や塩分の水平・鉛直分布を扱うことや，海洋観測船や人工衛星により得られた観測結果を活用することも考えられる」^{※1)}とあり，「地球の大気と海洋に関する探究活動」において，「水温，塩分，海流などの基本的な海洋観測に興味をもたせ，その経験を通して，各種の海洋の資料などを利用することができるよう指導すること」^{※1)}とある。しかし，大気分野と比べて海洋分野では，観測データを生徒が「見える化」するツールが表計算ソフトのみであることがほとんどのため，観測結果を活用する場面が限定される傾向にある。そこで本稿では，フリーの海洋情報可視化ツール「Ocean Data View(ODV)」を紹介し，その活用を通して，海洋に関する課題を設定し，探究の方法を用いて課題を解決し，実感を伴った理解を深めることを目的に検討を行う。海洋分野におけるODVの活用を図る流れを図1に示す。

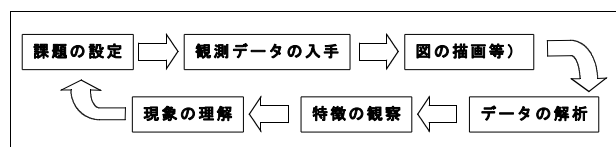


図1 ODVの活用を図る流れ

2 海洋分野の教科書での取り扱い

海洋分野の教科書での取り扱いを地学の教科書（A社とB社）で比較すると，両社とも地学基礎の内容と接続を図りながら詳細な記述が見られる。中でも，A社における，観測データを用いたT-S図の作成実習^{※2)}とB社における，海水中の溶存酸素や大気海洋間の二酸化炭素交換についての詳述が優れた特徴である。両社に共通した記述例として図2に示す「大西洋南北断面における水温と塩分の鉛直分布」と図2からわかる深層循環（熱塩循環）の説明をあげる。授業では，図2を前提とした大西洋の特徴を抽出する知識伝達型の説明に終始することが多いが，ODVの活用で，能動的に観測データから海洋の特徴を捉え理解を深めさせることがより容易になる。

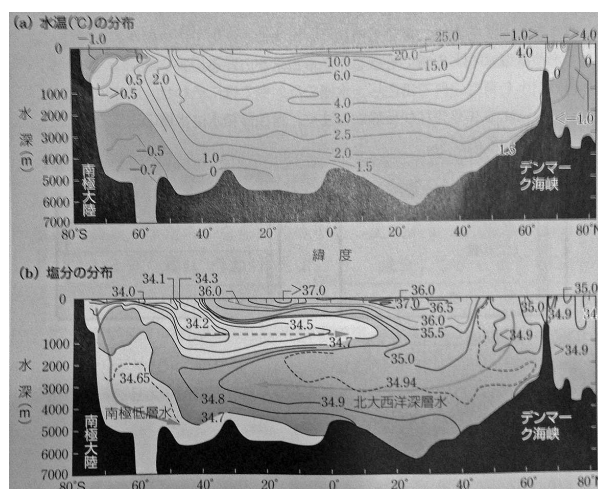


図2 大西洋の水温と塩分の南北鉛直断面^{※3)}

3 海洋情報可視化ツールODVの活用

海洋情報可視化ツールOcean Data View (ODV)は、AWI(Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany)が開発した学術及び教育目的での利用目的に限り無料で利用可能なフリーソフトウェアである。ODVは様々な海洋情報を対話的に調べて可視化するマルチプラットフォームのコンピュータプログラムである^{*4)}。

ODVを活用することで世界中の海洋観測データを可視化して、能動的な海洋分野の学習をより容易に行うことができる。ODVの多岐にわたる特徴やインストールを含めた操作方法等については、ODVユーザズガイド^{*5)}に譲るが、次の3点を特に強調しておく。

- ・ 膨大な海洋観測データからカラーで様々な成分断面や三次元の等値面上の分布表示（アニメーションを含む）とそれらのグラフィックス出力が容易なこと。
- ・ 教育現場における海洋分野の初心者が利用しやすいよう、日本語マニュアル^{*5)}が用意され、MacOSX、Windows、Linux上等で利用でき、マウスを用いた直感的な操作が可能なこと。
- ・ ODVと関連のデータセットはインターネットで公開^{*5)}され、無償で入手できること（但しユーザー登録が必要）。

ODVは次の①～③の手順を踏むと使用できる。

- ① <http://odv.awi.de/en/home/>でユーザー登録する。
- ② 登録後、ODVソフトウェアと必要なデータセットを<http://odv.awi.de/en/home/>からダウンロードする。
- ③ ソフトウェアとデータセットをインストール後、ODVを起動する。

実際にODVを活用して、地学の「海洋の層構造」と「海洋深層循環（熱塩循環）」の展開例を次に示す。今回使用した動作環境とソフトウェア・データセットは、次の表1、表2のとおりである。

表1 動作環境

OS	OSX 10.10.2
CPU	Intel Core i7 2.6GHz
メモリ	4096MB

表2 使用したソフトウェア・データセット

ODV (Ver4.6.5, 64bit MacOSX)
World Ocean Atlas 13 データセットの中の WOA13_0.25deg_1955-2012_Annualデータ
World Ocean Atlas 09 データセットの中の WOA09_annualデータ

「海洋の層構造」の展開例として、まず、太平洋の水温分布をODVで可視化して観察する。図3は、WOA13_0.25deg_1955-2012_Annualデータを用いて、太平洋の水温（年平均）の東経180度における鉛直断面図を描いたものである。図3から次の①～③の特徴を容易に掴むことができる。

- ① 太平洋は、水温が高く温度変化が急激な表層と、水温が低くほぼ一定な深層の2層からなる。
- ② 太平洋全体の中で表層はごく一部で、大部分は深層が占める。
- ③ 水深は一定でなく海嶺や海山、海溝などの地形によって大きく変化している。

①～③の特徴については、太平洋だけの特徴か、大西洋やインド洋など地球の海洋全体に共通する特徴なのか疑問が自然に湧くであろう。図3の観察を経て、「地球の海洋全体の共通する特徴として表層と深層の2層構造をしている」という仮説を設定して、大西洋の水温分布をODVで可視化して観察する。

図4は、WOA13_0.25deg_1955-2012_Annualデータを用いて、大西洋の水温（年平均）の西経20度における鉛直断面図を示す。なお、図4は図2の(a)とほぼ同様であることは明らかである。さらに、異なる季節のデータセットを用いて、様々な観測地点における水温や塩分の鉛直分布図を描画して、海洋の鉛直方向の水温・塩分分布の特徴を比較・考察させる場面も容易に設定できる。

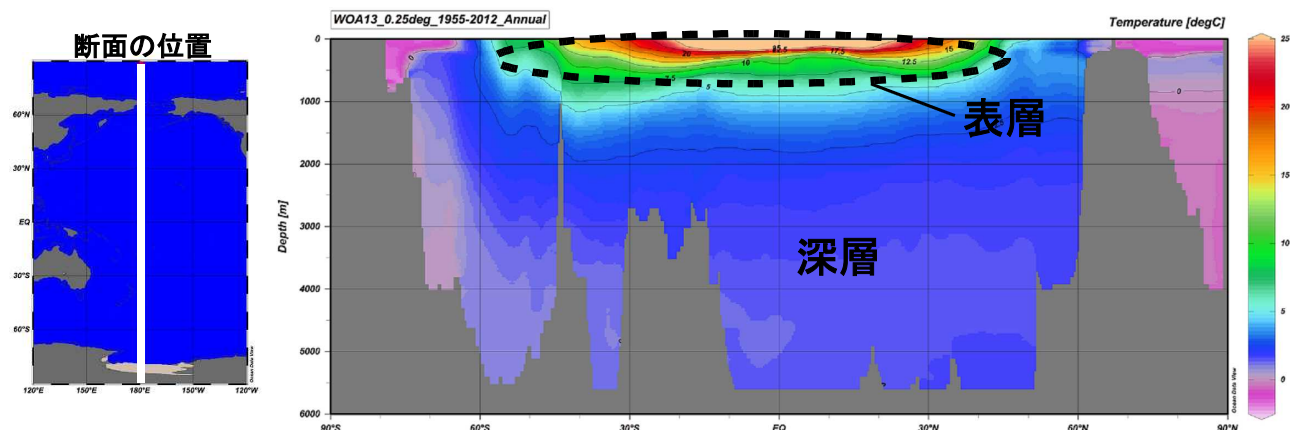


図3 太平洋の水温（年平均値）の鉛直分布図（東経180度の南北断面）水温の高い表層と水温の低い深層の2層構造を示す。また、灰色の部分は海底地形を示す。

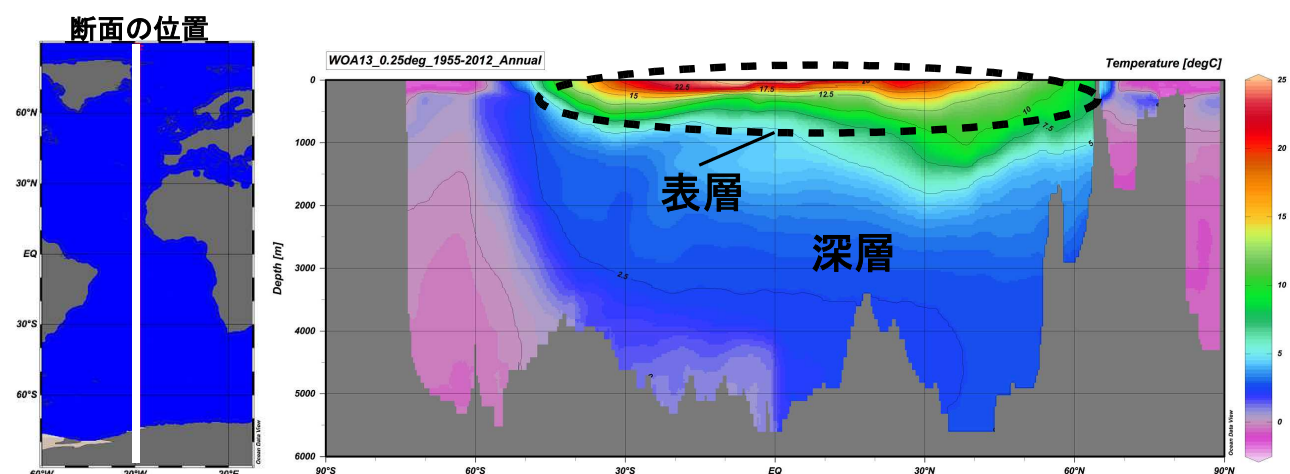


図4 大西洋の水温（年平均値）の鉛直分布図（西経20度の南北断面）太平洋と同様の水温の高い表層と水温の低い深層の2層構造を示す。また、灰色部分は海底地形を示す。

次に「海洋深層循環（熱塩循環）」の展開例として塩分に注目する。図5は、太平洋と大西洋の塩分（年平均）の鉛直分布図であり、それぞれの断面は図3と図4と同じ位置である。なお、図5は図2(b)に対応する。上段に示す太平洋においては、南極域で沈降した相対的に高塩分の海水が北大平洋に流入していることが、また、下段に示す大西洋においては、北極域で沈降した高塩分の海水が低層水として南極まで達している様子がよくわかる。（南極域から沈降した高塩分の海水もわかる。）さらに、World Ocean Atlas 09 データセットの中のWOA09_annualには溶存酸素分布のデータが含まれている。やや発展的な扱いではあるが、溶存酸素の分布から深層循環

のコンベアベルトモデルまで探究させる課題設定も興味深い。コンベアモデルの提唱者であるブロッカーは、放射性炭素を用いてモデル構築を行ったが、ここでは海水中の溶存酸素の値は海水が古い（新しい）ほど小さく（大きく）なっていることから、海水の移動を考察することができる。図6は、水深3500mの溶存酸素分布を示す。溶存酸素の大きな値を示す場所が、北極域と南極域の一部であることと、小さな値を示す場所がインド洋や北太平洋にあることがわかる。図4～図6を併せて考察させると、ブロッカーの発見の過程を追体験でき、教科書に紹介されているコンベアベルトの模式図について実感を伴った理解が深まるであろう。

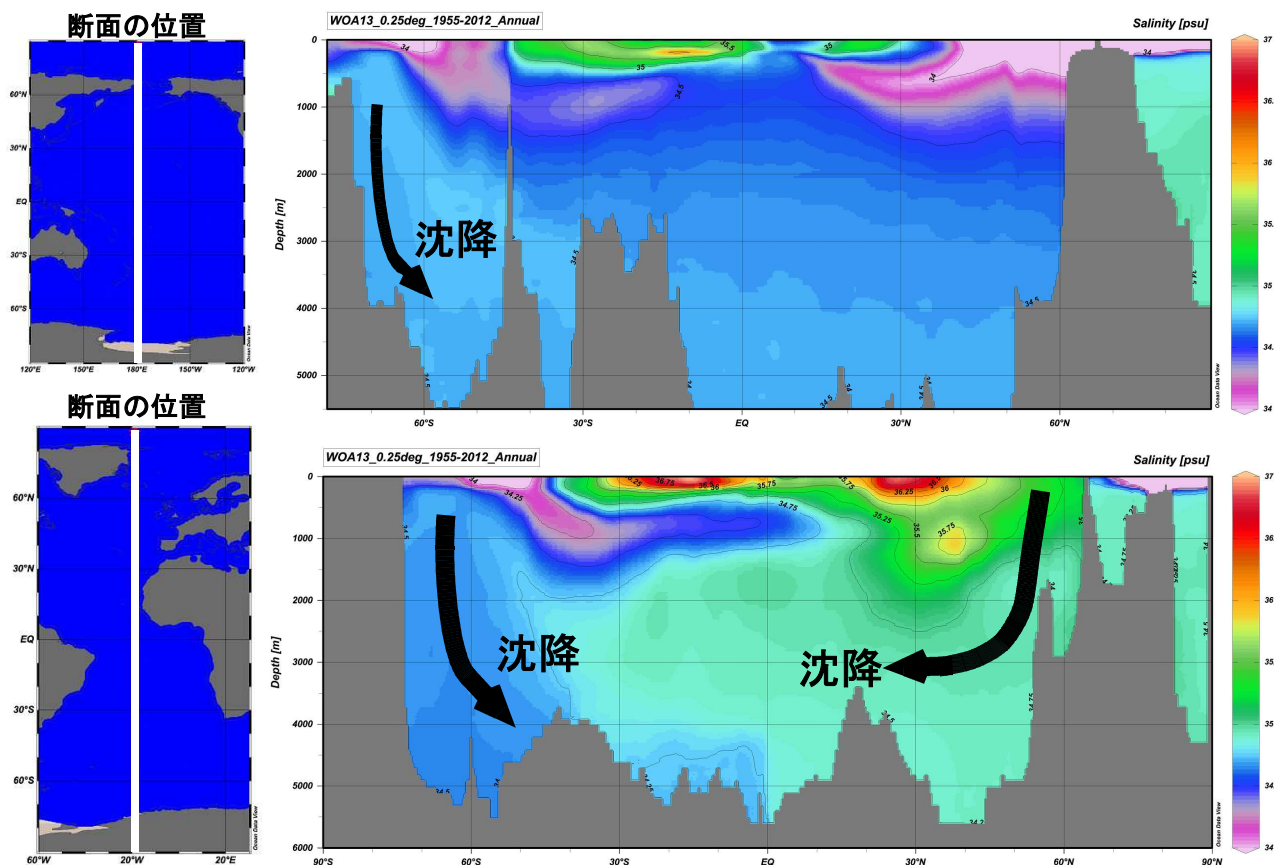
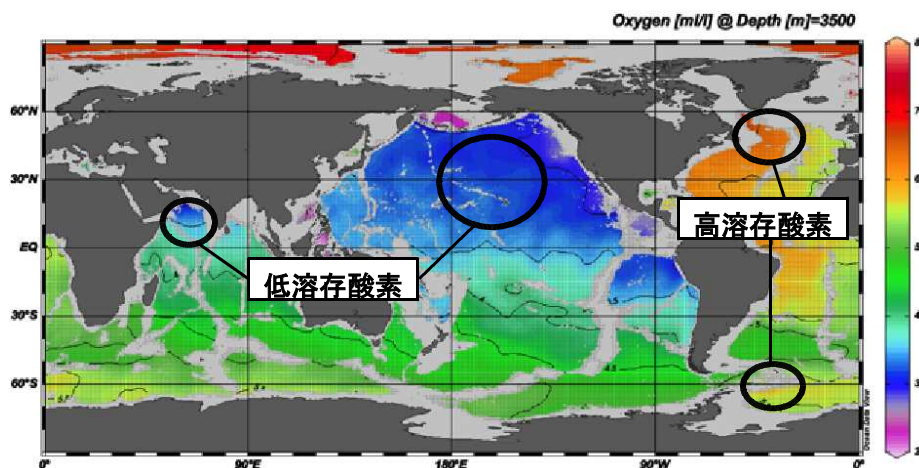


図5 太平洋の塩分（年平均値）の鉛直分布図（上段）と大西洋の塩分（年平均値）の鉛直分布図（下段）太平洋と大西洋の断面の位置は、図3、図4と同じ位置で灰色部分は海底地形を示す。

図6 水深3500mにおける溶存酸素分布。北大西洋の極域と南極域に新しい深層水が分布し、インド洋と北太平洋に古い深層水が分布している。



参考文献

4 おわりに

地球規模の観測データを扱う海洋分野の学習において、ODVの活用は極めて有効であると考えられる。今後は、海洋波動や潮汐データさらに気候変動関連のデータの活用方法の研究を進めていく予定である。

- 1) 文部科学省高等学校学習指導要領解説理科編pp. 101-113
- 2) 地学 pp. 268 啓林館 2013
- 3) 地学 pp. 155 数研出版 2013
- 4) Schlitzer, R., Ocean Data View, <http://www.awi-bremerhaven.de/GEO/ODV>, 2003.
- 5) Ocean Data Viewユーザーズガイド 日本海洋データセンター 海洋技術情報センター 2003

(きのした あつし 地学研究班)