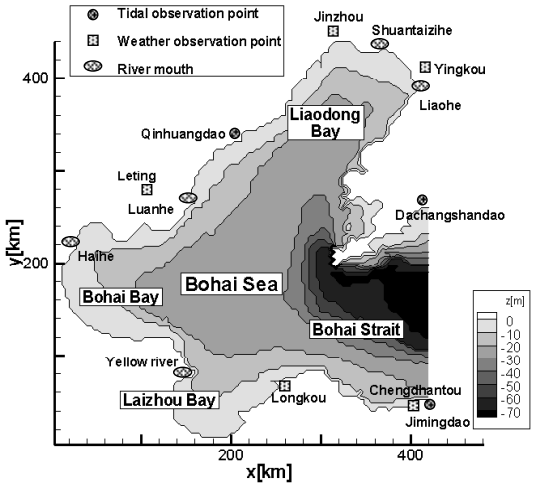
黄河から渤海に流入する高濁度水塊の挙動に関する研究

横浜国立大学大学院環境情報研究院　正会員　○山中　亮一
大阪大学大学院工学研究科　学生員　志水　克成
大阪大学大学院工学研究科　正会員　中辻　啓二

１．はじめに

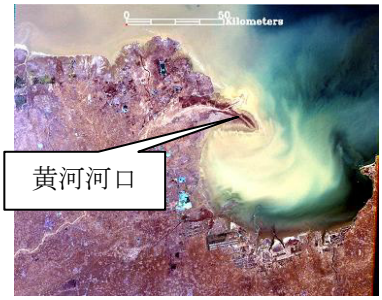
渤海は中国北東部に位置する閉鎖性内湾である（**図－1** 参照）．海域面積は約 77,000km² と広大であるものの，平均水深は約 18m と浅い．外海の黄海とは幅が約 100km の渤海海峡を通じて繋がっている．近年，中国はめざましい経済発展をとげており，日本における高度経済成長期と同様に沿岸域の環境に大きな負荷がかかっている．そのため渤海においても水質汚濁が著しく，赤潮が多発しており，早急に有効な対策を講じる必要がある．この汚濁源は多様であるが，近年断水が解消した黄河などの河川から大量に流入する大都市からの排水を含む未処理水もその一つとされている．ところが，大阪湾など国内の閉鎖性内湾と状況が異なり，水質改善策の立案や評価に必要不可欠な流動や河川水の挙動の実態は未だ十分に明らかにされていない．これは渤海の広大な空間スケールによるもので，広域かつ頻度の高い現地データの収集が困難なためである．このような広域な水環境の解析には人工衛星データや数値計算による解析が有効である．そこで本報では，Landsat 衛星画像の解析と数値モデルによる再現計算により黄河の河川水の影響範囲とその挙動の解明を試みる．



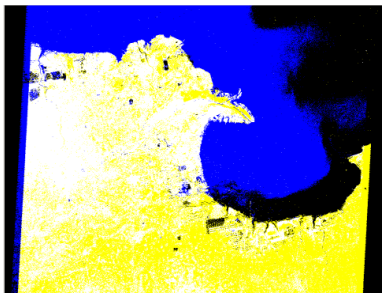
図－１　渤海地形図（色は水深）

２．Landsat 衛星画像による河川水の影響範囲の解析

Landsat 7 号 ETM＋（Enhanced Thematic Mapper, Plus)による画像を用いて解析を行う．画像はメリーランド大学のリモートセンシングデータアーカイブである GLCF (The Global Land Cover Facility) より得た．ラジオメトリック補正と幾何補正されたデータが入手可能である．提供されるデータは 8 bit（256 階調）であるため，画像データは 0～255 の DN (Digital Number) の値で与えられる．**図－２**は 2000 年 2 月 28 日に撮影された黄河河口周辺のトゥルーカラー合成画像（RGB=321）である．薄茶色の高濁度水塊が萊州湾(Laizhou Bay)の南東岸を除く海域において広く分布している様子が確認できる．黄河の河川水は，浮遊沈殿物 (Suspended Sediment, SS) 濃度が 1950 年から 1993 年までの平均で 25kg/m³ であったとの報告からも分かるように SS 濃度が高く，この薄茶色の水塊が黄河の河川水の広がりに対応していると推測できる．したがって，ここでは高濁度水塊の分布の解析に適している波長帯(Band-1：0.45～0.52μm)の画像を解析する．解析対象範囲は**図－３**に示す黄河河口周辺領域（解像度：400×400 pixel）とした．この領域における DN 値のピークは，河口付近で 87，沖で 75 であ



図－２　黄河河口周辺のトゥルーカラー合成図（2000 年 2 月 28 日）



図－３　2 値化処理を施した Band-1 の画像

キーワード　黄河，渤海，高濁度水塊，Landsat 衛星画像，3 次元バロクリニック流動モデル
連絡先　〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7 横浜国立大学大学院環境情報研究院 Tel 045-339-4097

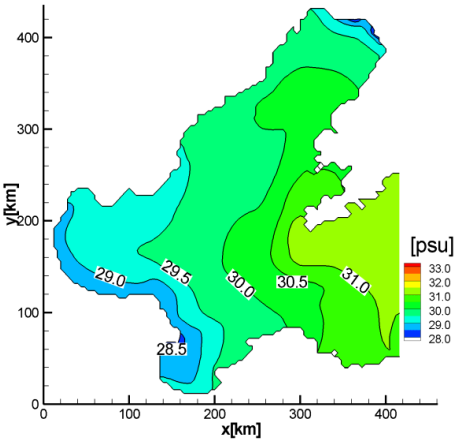
った．そこで閾値を DN 値=80 として DN 値≦80 を DN 値=0，DN 値≧81 を DN 値=255 にそれぞれ変換する２値化処理を行った．**図－３**に処理後の Band-1 画像を示す．白色と黄色の領域が陸地を表しており，河川の影響を受けている海域は紺色，それ以外の海域は黒色で表されている．Band-１の波長帯は波長が短いために透過性が強く，海面だけでなく海底に堆積した堆積物が巻き上げられることにより生じる中～底層の濁水からの反射も捉えている可能性があるが，ここではこれらも黄河の河川水の影響範囲にあるが故に生じたものであると考え，**図－３**を解析に用いる．**図－３**よりこの時期に黄河から渤海に流入した河川水は主に來州湾内に流入し，河川水の影響は河口から南東方向に約 80 km の範囲にまで及ぶことが分かる．

３．数値計算による河川水の挙動の解析

Landsat 衛星により 2000 年 2 月に観測された黄河河川水の挙動を解析するため，画像撮影時の再現シミュレーションを 3 次元バロクリニック流動モデル（ODEM）を用いて行う．計算は**図－１**に示す領域を対象とした．計算格子は水平方向に 4km 間隔に設定し，鉛直方向には不等間隔に 20 層設定した．境界条件として観測データに基づく潮位，気温，日射量，雲量，気圧，風速，風向，河川からの淡水流入を考慮した．ただし黄河の河川流量については 2000 年の月別の観測データが得られなかったため，1980 年代の月別流量（Brismar, 1999）を基に年流量に対する各月の配分を算出し，2000 年の年流量（Zhu ら，2003）を基に各月の月流量を算定した．これより，１月の流量は 2,814 m^3/s，２月は 5,422 m^3/s と設定した．計算期間は 2000 年１月と２月とし，２月を解析対象とした．**図－４**に２月 28 日の表層の塩分分布を示す．黄河河口付近の塩分 29.5psu の等値線が**図－３**における河川水と海域の境界位置と良好に一致しているのが分かる．これより前節で示した領域が河川水の影響範囲であることが再確認できた．つぎに河川水の挙動を明確にするために，2000 年２月を対象とした粒子追跡計算を行った．粒子は黄河の河口に１時間毎に連続して設置した．粒子追跡の結果を**図－５**に示す．黄河の河口に設置した粒子は２月 14 日までは來州湾の黄河河口周辺に滞留するが，その後は急速に分布が拡大し，２月 28 日には２月上旬に投入した黒色の粒子が來州湾南東岸近くまで到達する様子が確認できる．すなわち黄河河川水は１ヶ月程度で來州湾東岸近くまで到達する．また，この挙動の変化には，２月 14 日前後は小潮であったことと，風向がこの日を境に南東から南西に転じたことが影響したと推測される．

４．おわりに

Landsat 衛星画像より黄河から流入した高濁度水塊が來州湾内の広範囲に拡がること，粒子追跡により黄河河口から流入した水塊が潮汐と風の条件によりその挙動を大きく変化させることが明らかとなった．今後は黄河の流量が最大となる夏季を含む長期間を対象とした解析を行い，その季節変動特性について解析を進める予定である．

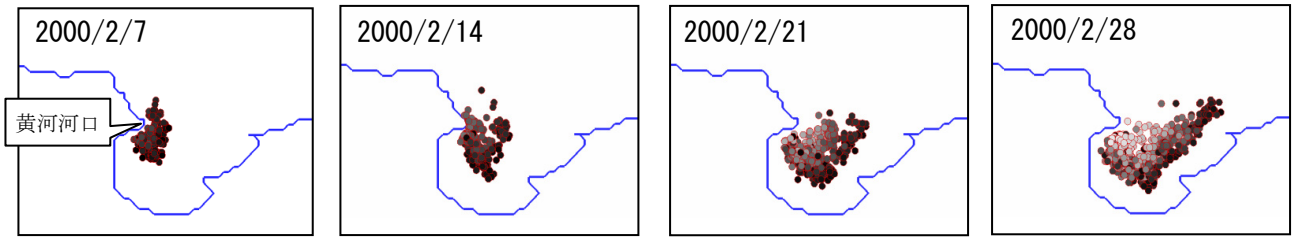


図－４　表層塩分分布
（2000/2/28，計算結果）

参考文献

Anna Brismar（1999）: Environmental challenges and impacts of land use conversion in the Yellow River, Interim Report, IR-99-016, p.41.

Zhongping Zhu ら（2003）: Yellow River Comprehensive Assessment Basin Features and Issues, International Water Management Institute, Working Paper 57, p.31.



図－５　黄河河口に設定した粒子の分布