

貯水池水理における地形形態の影響に関する基礎的研究

京都大学工学部 正員 岩佐義朗
 四電技術コンサルタント 正員 〇椎野佐昌
 中部大学工学部 正員 松尾直規

1. はじめに

本研究は貯水池における複雑な幾何形状並びに流入に関する境界条件に対応する3次元的な流れの運動学的挙動とそれに関連する各種水質変化に及ぼす影響を詳細に明らかにすることを目的として開発された直交曲線座標系を用いた2方向多層流れの数値解析(文献 1, 2)において、解析を進める際の貯水池の分割法について提案し、その有効性、実用性を検討したものである。

2. 数値解析モデル

流下方向を X_1 、 X_1 と直交する幅方向を X_2 、水深方向を X_3 とし各距離修正メトリックについて、 $h_2 = h_3 = 1$ 、 h_1 は X_1 、 X_2 方向には変化するが、 X_3 方向には一定とするような貯水池分割のもとで得られた式(式は紙面の都合上省略する。文献1, 2参照)を用いて、数値解析をおこなった。

3. 新貯水池分割法

X_1 方向に函数近似して分割した従来の方法²⁾は、我が国の貯水池のように複雑に蛇行し、比較的細長く形成されている河川型貯水池では、 X_1 方向を函数近似することには限界があり、また統一的な方法もなく主観に左右される面があるという欠点があった。

本研究では、既存の測量データから得られる流心点ならびに測岸点の座標値を使って函数近似をすることなく分割する方法を提案する。この方法では、普通200m間隔で設定された横断面が流れ的主流方向にほぼ直交するとみなされることを前提とし、分割手順を次のようにする。

(1) 貯水池のサーチャージ水位に最も近くきりのよい標高における平面図に対して適当な X 、 Y 座標軸を設定する。

(2) 各断面について、横断面図から、(1)で設定した最上位の水平面から一定の深さ(DZ)ごとに水深方向に向かって水平面と側岸面との交点の座標を求める。それを最深部まで行う。

(3) 各水平面において、側岸と流心点との水平距離を求め、流心点から左岸及び右岸に向かって一定の幅(DY)ごとに分割点を順次とり、それを左岸及び右岸を越えるまで繰り返す。

(4) (3)で設定した左岸及び右岸の最後の点と(1)及び(2)で求めた両側岸点との距離(飛び出し距離)がある値より小さいときには、それを分割点の両端とする。一方大きいときには、それらより1つ手前の点を端点として、分割後の各格子点の位置を決定する。

(5) (4)で求めた分割点の数が、隣合う断面におけるそれと異なる場合には、隣合う断面のなす角を2等分する線上に新たな横断面を設定する。

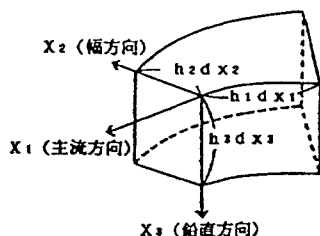


図-1 コントロール・ボリューム

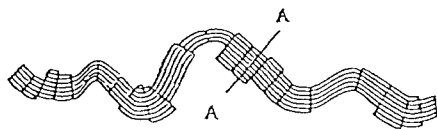


図-2 (a) 従来の分割図

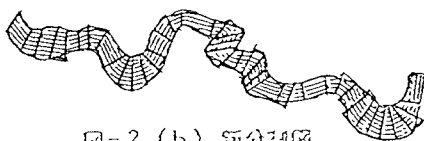


図-2 (b) 新分割図

この横断面における流心点については、隣合う断面での流心点位置より内挿補間して決める。

(6) 隣合う断面の格子点の数が同じ場合でもそのなす角度がある値(許容角度)より大きければ、(5)と同様にして、新たな断面を設ける。

試算の結果は、断面区間 DX 、横断方向分割幅 DY 、横断面間の許容角度の許容値は小さくする程よいが、飛出し距離は $0.5DY$ とするのが貯水池形状をよく表現し得ると予想される。種々のケースで試算の結果は、 $DX=200\text{m}$ 、 $DY=30\text{m}$ 、 $DZ=2\text{m}$ 、許容角度 $=45^\circ$ 、飛出し距離 $=0.5DY$ で実際には充分である。

4. 適用例とその結果

三次関数で流心近似する従来の方法と本研究で提案した分割法を室生貯水池に適用して、staggered schemeを使ったexplicit法による数値計算を行い²⁾、水温、流速、濃度の分布を求めた。そのうち、流速ベクトル図の1例を図-3に示す。

両者を比較すると、後者の方が表層付近においてかなり大きな流速となっている。これは水温値一樣場においても成層場においても同じであるが、成層場の方がより顕著である。この理由としては2つ考えられる。1つは新方法では従来のものより上流まで計算領域を取っているため、従来のものに比べて幅の狭い上流端での流入流速が速くなり、上流端での流入運動量が增大していることである。従来の方法では三次関数近似の制約からこれ以上上流域にまで計算領域を設定できなかったことがこうした差となって現れている。2つめは従来の方法では貯水池中央部の湾曲、ふくらみが適切に表現できず実際よりも幅広く分割しているために、そこで減速してしまうことによる。新分割法はこの部分の地形をより忠実に表現するため、流速が減ることなく下流に伝わる結果となる。こうした流速の違いが滞留時間の分布にも反映される。以上より、計算結果は地形形状の表現に大きく影響され、それを忠実にすることが流れを正しく把握する上で重要であることがわかった。その意味で提案した新分割法はより妥当かつ実用的であると考えられる。

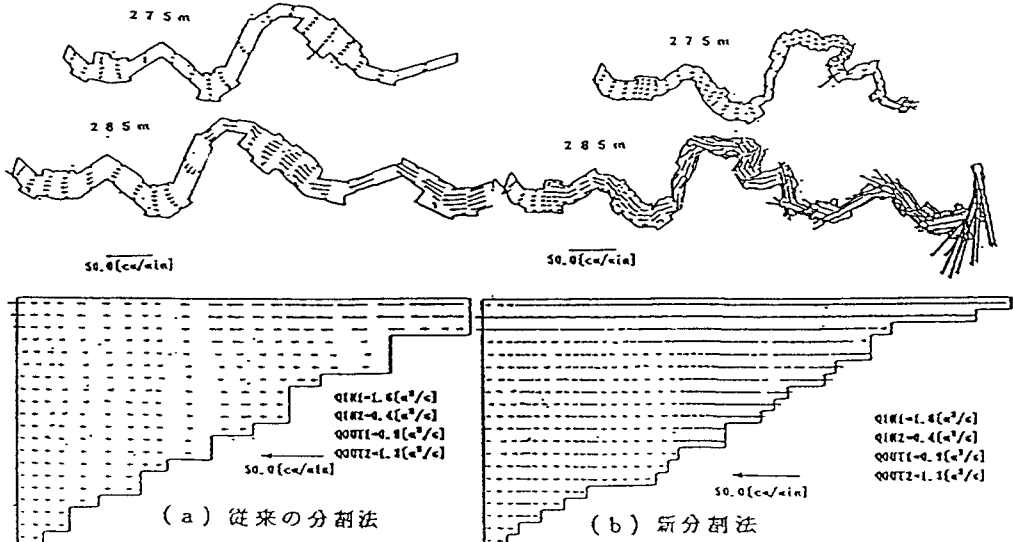


図-3 直交曲線座表系のモデルによる解析例(流速図)

参考文献 1) 岩佐義朗: 開水路流れの基礎理論, 土木学会水理委員会, 1964. 2) 松尾直規、岩佐義朗、椎野佐昌、若林伸幸: 直交曲線座標系を用いた2方向多層流れの数値解析, 土木学会水工学論文集, 第34巻 1990.