

京都大学 学生員 ○加藤恭平
 京都大学 正会員 山上路生
 京都大学 正会員 岡本隆明

1. はじめに

毎年各地で洪水被害が発生している日本では、河川における災害対策は重要な課題である。防災・減災のためには、河川の正確な流量・流速観測が求められるが流量・流速計測法として最も一般的な手法は浮子法¹⁾²⁾である。浮子法とは浮子を河川に投下し浮子の流下時間と流下距離から流速を算出し、求めた流速に川の断面積をかけることで流量を算出するという手法である。計測が簡便かつコストが抑えられる一方、浮子が計測区間において流れに追従するとは限らない。また精度が観測員の技能に依存する、洪水時には危険が伴う、等の課題がある。そこで本研究ではリモート測位技術を利用した浮子法の新たな展開を検討する。

という手法を考案した。そこで測位に必要な PC としてスティック PC を使用し遠隔操作を行うことで、浮子として流下可能なものとした。また基準局からのデータ受信を行うためポケット Wi-Fi を使用した。以上のシステムを直径 30cm のカプセルに入れ河川に流下させた。計測の模式図を図-1 に示す。

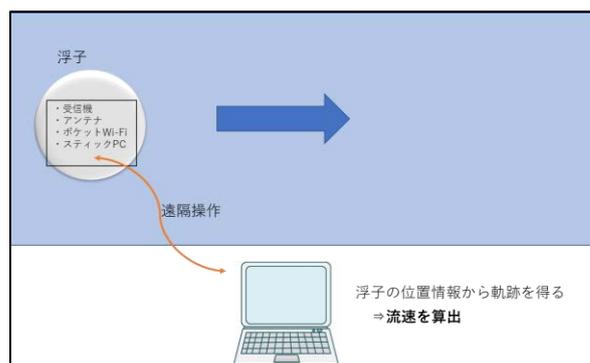


図-1 計測の模式図

2. リモート測位技術 RTK

本研究では RTK-GPS³⁾⁴⁾と呼ばれる測位技術を利用した。一般的な GPS 測位では受信機単独で解を得る単独測位法をとる。一方、RTK-GPS は既知座標点に固定された基準局と測位点である移動局の両者に受信機を設置し、基準局から移動局に計測データを送ることで、相対的な位置関係を求め計測解を得る相対測位の手法をとる。相対測位を行うことで、衛星位置誤差や対流圏・電離層遅延量が消去される。そのため単独測位では数m単位の誤差が生じるが、RTK-GPS 測量では数cm単位の精度の計測が可能となる。

3. 実験方法

RTK 設定ソフトウェア「u-center」を使用し、受信機の初期設定を行った。初期設定を行うことで単独測位が可能となる。次に測位アプリ RTKLIB を用いて、基準局の IP アドレス、ポート番号、等を設定することで RTK 相対測位が可能となる。本研究では、この測位システムを浮子として河川に流下させ位置座標データから浮子の軌跡を算出し、河川の流速を算出する

4. 精度検証実験

実河川計測に先立ち、RTK-GPS の精度検証実験を行った。測位システムを一点に固定させ、計測を行い位置座標のずれを分析した。また基準局を(a), (b)の 2 点使用し、計測点との距離は(a)では約 5km, (b)では約 35km である。それぞれのケースで約 1 分間の計測を異なる日時で 4 回行い、ECEF 直交座標系で出力した X 座標, Y 座標の標準偏差 σ を求めた。さらに平均値と $\pm 3\sigma$ 以上の誤差を持つ値を除去した。外れ値除去後の標準偏差を表 1 に示す。(単位はm)

表-1 外れ値除去後の標準偏差(m)

case	(a)		(b)	
	X	Y	X	Y
1	0.06	0.61	2.09	7.13
2	0.07	0.12	1.08	2.30
3	1.18	1.72	3.01	5.61
4	0.34	0.33	1.48	0.72

上記の結果から計測精度は基準局からの距離に依存するといえる。一方、基準局からの距離が同じでも日時により計測精度が大きく異なっていることもわかる。原因として、受信可能な衛星の数と配置、電離層の影響、水蒸気の影響、気圧の影響、多重反射、等様々なものが考えられる。これらの条件は日々変化するため基準局と計測点の距離が同じであっても計測精度を事前に予測することは難しいといえる。

5. 実河川計測

京都府亀岡市保津町の桂川で RTK-GPS システムを浮子として流下させた。計測範囲を図-2 に示す。浮子を流下させた際の RTK-GPS 計測による位置座標データを地図上にプロットした結果を図-3 に示す。RTK-GPS 計測による位置座標を赤いピンで、目視により実際に浮子が流れたと思われる軌跡を青線で示してある。さらに、連続的かつ正確にデータが取れている図中の黒丸で示す3区間を取り出し、位置座標と時間のデータから流速を算出し、電磁流速計による計測値と比較をした。その結果を表-2 に示す。(単位はcm/s)



図-2 計測範囲の航空写真(赤い四角内が計測範囲)

(Google map より作成)



図-3 浮子の軌跡 (Google map より作成)

表-2 流速計測比較(cm/s)

区間	RTK 浮子法	電磁流速計
1	78.3	51.5
2	110	83.0
3	138	127

表2の結果からすべての計測点において RTK 浮子法による流速計測値が電磁流速計による計測値を大きく上回っていることがわかる。この原因として、①浮子の表面積が大きいため風の影響を強く受けた、②RTK 浮子法では区間平均流速を算出しているが電磁流速計は点計測であること、③RTK-GPS 計測の位置情報誤差、等が考えられる。しかし、すべての点において RTK 浮子法による計測値が大きいことを考慮すると①の要素が誤差の原因となったと推測される。そこで、できる限り風の抵抗を受けにくい形状を考案することが今後の課題である。

6. おわりに

本研究では、RTK 測位の精度検証を行い、単独測位法と比較し、高精度な計測が可能であることを明らかにした。しかし、計測精度は基準点と計測点との距離に依存し、さらに日時によっても大きく異なることも明らかになった。また、この RTK 測位システムを浮子法に取り入れることで、浮子の軌跡を確認し流速を算出することができたため、計測システムとしては有効なものであるといえる。しかし、RTK を利用した浮子法を実用化させるには、さらなる計測精度の向上が求められる。そのため、計測地点の近くに基準局を設置することや風の影響を受けにくい浮子形状を考案する等の工夫を施す必要がある。

参考文献

- 1) 二瓶泰雄・酒井雄弘, 実河川洪水流における浮子の更正係数, 土木学会論文集 B, Vol.66, No.2, pp.104-118, 2010.
- 2) 原田靖生・二瓶泰雄, 浮子観測の洪水流計測精度に関する基礎的検討, 水工学論文集, 第 51 巻, pp.1081-1086, 2007
- 3) 佐田達典・江上翔悟, RTK-GPS による移動体測位の特性に関する基礎的研究, 土木情報利用技術論文集 Vol.17, pp.195-202, 2008
- 4) 重松文治・真鍋匠, RTK-GPS の高さ精度向上に関する研究・開発, 五洋建設技年報, Vol.28, pp62-68, 1998