

4. 合同流量観測会(R6. 8、R7. 4)における電波流速計 計測の結果報告

クリマテック株式会社

大江悠介

【講演】

＜スライド1＞

クリマテックの大江と申します。本日は発表の機会を頂きまして、ありがとうございます。本日は、合同流量観測会、昨年と今年の 2 回に弊社が参加しましたので、その結果報告をさせていただきます。

＜スライド2＞

まず最初に、弊社はなかなかじみのない方が多いと思いまして、実は弊社はもともと気象観測の分野で機器やシステムを提供していて、土木や水文の分野にはごく最近参入しました。もともと自然計測のシステムインテグレーターということでお会社を興しまして、写真にありますが、温度計、湿度計、先ほど少し話がありました風向・風速計などといった観測機器の販売や、それを組み合わせた気象観測システム、皆さんアメダスなどをご存じだと思いますが、あのような自動で機械を使って観測するタイプのものをつくっています。そしてその設置やデータ回収などを手掛けています。会社としては 30 年くらいの歴史を持っています。

＜スライド3＞

取り扱っている気象測機ですが、私たちはメーカーではなく海外からセンサーを仕入れて組み立てることを主にやっています。実は日本製品はほとんどなく、9 割方は海外から仕入れています。欧米がやはり多いですが、その中で数年前から取り扱いを始めた、今日の発表内容にもありますが、Sommer 社の電波流速計を取り扱っています。

＜スライド4＞

Sommer 社はオーストラリアではなくオーストリアのメーカーになりました、こちらもやはり 30 年以上の歴史がある会社です。気象観測、主に水文が強いですが、そういう機器の製造を行っているメーカーです。弊社は 2022 年 8 月から Sommer 社の正規代理店として活動しています。

＜スライド5＞

Sommer 社の電波流速計のラインナップとして、実はここに挙げられるもの以外にもう少し種類はありますが、今日ご紹介するのはこの 3 タイプです。左から固定型の RQ-30、真ん中のものが移動型の RP-30、そして右が新製品で HSR-10、日本で名前を覚えてもらうために流太郎という名前を付けましたが、この 3 種類です。それぞれ、固定して使うので 24 時間測るもの、真ん中のものが移動なのでそのままスポットで測るもの、右側がハンディなので行ってそこでパッと測って帰るような、そういうモデルになっています。

下に R6 や R7 と書いていますが、昨年 8 月の第 1 回観測会には 3 つとも全て試しました。今年の観測会は左の RQ-30 と右の流太郎について計測しました。

一番歴史が古いのが左の固定型のもので、実はこの電波式流速計が 2010 年から販売を開始して、世界中で売っています。110 カ国以上で 8,000 台以上を納入しています。実はこの

うち中国が一番多くて、1,000台であったか、2,000台であったか、かなりの数を占めています。

<スライド6>

ご存じの方もたくさんいらっしゃると思うので改めてになりますが、電波式流速計の計測原理です。固定型は水位と流速をどちらも測れるようになっていて、この下にあるのが水位を測る部分です。垂直に電波を散らし、その反射時間によって距離を測っています。これは無線局の届け出は不要な電波帯を使っています。設置高さは水面から約35mなので、かなり水面から離れているような橋でも使えるようになっています。流速部分は少し斜めになっていますが、斜めに電波を出し、そのドップラーシフトを利用して流速を計測しています。ドップラーなので、帰りの周波数を測るだけで、向かってくる流速も離れていく流速もどちらも測れるため、上流側と下流側のどちらにも対応しています。

レンジは必要十分のレンジで計測できます。あとはこの斜めの部分だけですが、水面までの距離は100mまで対応していますので、これもかなり水面まで遠い環境でも測れることが大きな特徴になっています。

<スライド7>

流速についての測定原理になります。いろいろなタイプがあると思いますが、本機は30秒間、これも設定可能ですが、連続的に電波を照射し続けて、その反射波を見ています。ここに挙げているのは実際に私が計測した例ですが、左側が一般的ないわゆる流れがとてもきれいな河川です。これは魚野川の結果だったと思いますが、横軸が流速、縦軸が信号強度です。ゼロより上にあるのが測機に向かってくる波の信号強度、下のほうに出ているのが奥に離れていくほうの強度です。当然、水面全体がこちらに向かってきたとしても、いろいろな波の流れがあるため、両方が観測されますが、本機の特徴として、この波形がまず取れるところ、あとこの波形が見られるのが非常に大きなポイントになっています。

右側にあるのが、これは別の現場になりますが、流速が渦巻いていたか、ほとんど止まっていたような状態です。そうなってみると、向かってくるほうも、離れていくほうも、波はこのような形で出ていて、主観になってはしまいますが、この波はきれいではありません。例えば障害物でうねりがある、風で揺らいでいる、あとは電波なので金属があると乱反射してしまいます。ですから、金属があるとこのようなところで変なピークが、ごみのようなものが出てきてしまいますが、中のアルゴリズムでそういうものを排除して、それらしいと言ってはあれですが「ここだろう」というピークを出力する仕組みになっています。

<スライド8>

実際に2022年からと申し上げましたが、既に幾つかの現場で導入が進んでいます。国交省さんの現場をはじめ、こういった形で水路や河川、農業用水路などに付けています。

<スライド9>

前段が長くなってしまいましたが、最初に令和6年8月の結果を発表します。

<スライド 10>

まず固定型です。こういった形で欄干のところに単管を抱かせて流速計を設置し、少し見えづらいですが、ボックスの中にデータロガーとバッテリーを積んでいます。

丸 1 日、24 時間くらい測った結果がこちらになりますて、青色で示したのが流速になります。説明が漏れてしまって申し訳ありませんが、これは品質という値が一緒に出るようになっていて、この波形がどれだけきれいかというのを、独自で品質という数字で表しています。これもセンサーから出力されるようになっていて、品質値がこちらです。縦軸がこちらになります。品質は一応メーカーのほうでは 30 を下回ってみると棄却してくださいという目安になっています。こちらの現場では 60 くらいなので、かなりいいと判断しました。

流速を実際に見てみると非常に安定していて、若干下がり傾向ですが、このように推移しています。大体 1.4m から 1.32m くらいまで下がり傾向でした。あとこの三角で示したものが、事務局からご提供いただいた、左岸から右岸に引きながらやっていたと思いますが、ADCP のデータです。ここの電波流速計がある場所を通り過ぎた瞬間のデータだけをピックアップして、プロットしたのがこちらになります。当然見ている場所が多少違うので直接的な比較はなかなか難しいところはあろうかと思いますが、ちらを見ると、ADCP より流速が 10% くらい過大に出ているところが見受けられました。

<スライド 11>

同じく昨年 8 月、少し写真が小さいですが、今度は移動型のほうで、携帯型の電波流速計を持って、40 測線くらい行いました。本当はそこまでたくさんやる必要はありませんが、一応テストなので 40 測線を試してみました。1 測線当たり計測が 30 秒で終わるので、1 カ所 1 分弱で、3m ピッチで測ることを何回もやりました。こちらも Sommer のリアルタイムでパソコンと通信ができて、こういったソフトウェアが内蔵されています。これは実は後処理したのですが、断面情報を入れてあげるとリアルタイムでこういったレポートが出る仕組みになっています。

<スライド 12>

そこで結果です。断面から流量にどうやって変換するかという話ですが、実は中に Sommer 独自のアルゴリズムが入っていて、水の中の流速を推定することができます。それで出した結果が上になります。下で出した結果は、係数を入れることができるので、仮に 0.85 で計算した結果が下になります。RP-30 が電波流速計で、ADCP は頂いた公開されているデータを使ってています。これもやはり同じくらいの時間の欄を突き合わせました。

上を先に説明しますと、RP-30、Sommer に比べて、ADCP は多少低いような値になっています。流量差は大体このくらいです。パーセンテージで行くと、初回の 26 日 12 時は少し大きいですが、それ以外はほぼ一致していると言つてもいいくらいの差分になっています。また表面流速係数 0.85 の結果を見てもほぼ一緒です。初回が 10.4% ですが、その他は大体 5% 前後の差になっていて、ADCP が正しいかどうかはあれですが、結果としては非

常に近しい値が得られたことになります。

＜スライド13＞

こちらはハンディの結果です。ハンディも、行って、来てというのを 2 回計測し、その計測の平均値と、RP-30 の計測値を比較しています。これは実は全く同じセンサーが載っているので、当たり前なのですが、ほぼ同じ結果が出ています。平均 0.02m/s で、新製品ですが、性能的には移動型の代替となれることがかなり感触として得られました。

＜スライド14＞

駆け足で申し訳ありませんが、4 月の結果を報告します。

＜スライド15＞

4 月は工夫してみようと思いまして、こういった形で超音波風速計と電波流速計を一式にしたシステムを組み上げ、さらに LTE モデムを付けてリアルタイムでクラウドサーバーに飛ばすものを弊社の中で構築しました。

＜スライド16＞

2 日間にわたり、現場にも QR コードを置いていたので見られた方がもしかしたらいらっしゃるかもしれません、リアルタイムでクラウド上でこういったデータが得られました。

＜スライド17＞

同様に今度はハンディです。ハンディについても全部で 4 回実施しましたが、これも多分他の結果と同様だと思いますが、真ん中の中州のところが低下していて、右岸と左岸それぞれピークがあるような結果が得られました。これはハンディで取ると 1 回 10 秒で取りますが、見ていただくとおり、あまりギザギザしていないというか、非常に安定したものを見ることができました。繰り返し精度の高さと計測の簡便さが、自分自身も実感できたところがあります。

＜スライド18＞

まとめに入ります。Sommer の電波流速計は、今お聞きいただいたとおり、モデルの種類にかかわらず、非常に安定した計測結果を簡便に得ることができました。あと ADCP との比較においては、流量換算では過大傾向にはあるものの、その結果は 5% 前後で小さいことが分かりました。固定型はバッテリー駆動であれば短期間のスポット計測にも充分使用可能で、LTE で飛ばすことでリアルタイムにデータが見られるのは非常にいいところではないかと思いました。ハンディは機動性と固定型の同様の性能を持ち併せていて、こちらも今後普及していくのではないかと感じました。

これが実物です。マキタのドリルに見た目がそっくりですが、実はマキタのそのものを使っています。メーカーで筐体（きょうたい）を買って中身を改造して電波流速計にしています。実際にはここにスマホが付くようになっていて、水面に向かってトリガーを引いて 10 秒待つと表示が出るものになっています。以上で発表を終わります。



2025年河川観測高度化シンポジウム 合同流量観測会(R6.8、R7.4)における 電波流速計測の結果報告

クリマテック株式会社 大江悠介
2025年6月21日



クリマテック株式会社のご紹介

当社は自然計測のシステムインテグレーターです

- 計測器(センサ、ロガー)の販売
- 上記を組み合わせた計測システムの提案・製作
- システムの設置・調整、メンテナンス
- データ回収・監視サービスの提供

設立	1996年7月
従業員	約30名(資格保有者:気象予報士、農学博士、第二種電気工事士他)
所在地	本社:東京都豊島区 -札幌営業所 -福岡営業所
認定業務	日射計認定測定者 建設業(電気通信工事業)



主な海外取り扱いメーカー



SOMMER社のご紹介

Sommer社は1987年にオーストリアにて創業され、水文計測および気象観測における高品質の製品を30年にわたり提供しています。

クリマテックは2022年8月よりSommer社の日本正規代理店となっています。



SOMMER Headquarter is located in west Austria



SOMMER production facility
- opened May 2015



電波流速計ラインナップ

*観測会で用いたもののみの一覧です

2010年に販売開始以降、110カ国以上で8000台以上を納入 *中国が最多導入

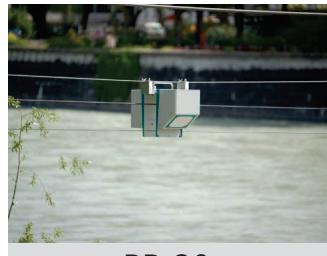


RQ-30+

- 固定型
- 水位、流速、流量
- 小型、低消費電力

R6.8

R7.4



RP-30

- 移動型
- 流速
- 無線通信
- 専用ソフトで事後流量算出

R6.8



HSR-10(流太郎)

- ハンディ
- 流速
- 計測10秒
- 安価

R6.8

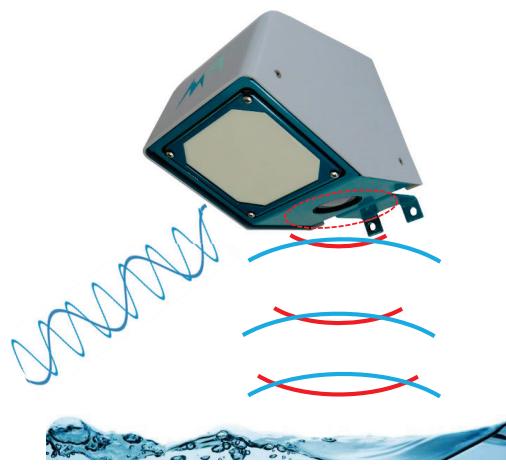
R7.4



計測原理

水位(固定型のみ)

- 水面へ垂直な電波(79GHz)を送信し、反射時間により距離を計測
- 無線局の届出不要
- 電波なので温度や波形の影響を受けない
- 精度±8.7mm
- 設置高さ:水面から最大35m

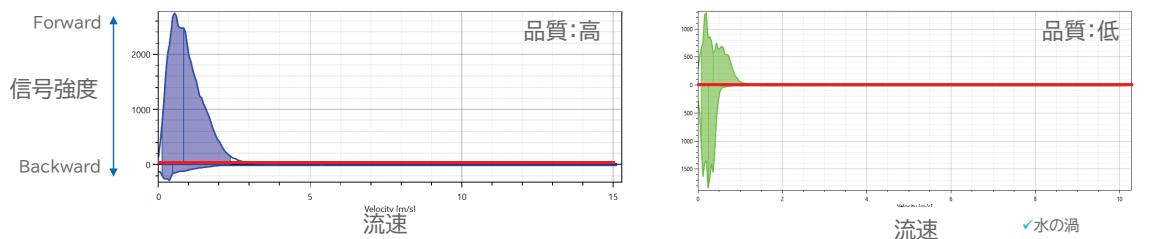


流速(全種類共通)

- 水面へ斜め(60度)に電波(24GHz)を送信し、反射波を解析して流速を算出
- ドップラーシフトを利用
- 正負両方の計測に対応
- 0.08~16m/sの高レンジ
- 水面までの距離100mまで対応

計測原理(全種類共通)

流速計測は規定時間(標準30秒)電波を照射し続けて、その反射波を解析する



- 反射波形はソフトウェアで確認可能(固定型のみ)
- センサ内にノイズを除去、適切なピークを判断するアルゴリズム内蔵
- 反射波の「きれいさ」を**品質値**として数値で出力
- 品質値を基準にオペレーションをすればよいため、判断基準が明快
- 同じ計測場所でも流速や風の状況により品質値は変化する

- ✓ 水の渦
- ✓ 障害物によるうねり
- ✓ 風で揺れる植物
- ✓ 金属による乱反射



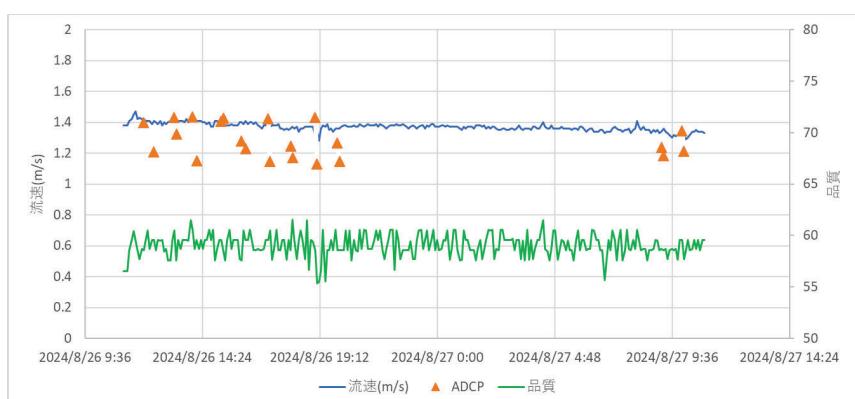
国内の設置例



結果報告 R6.8



R6.8結果報告 固定型



流速は1.4m/sから1.32m/s程度まで下がり傾向

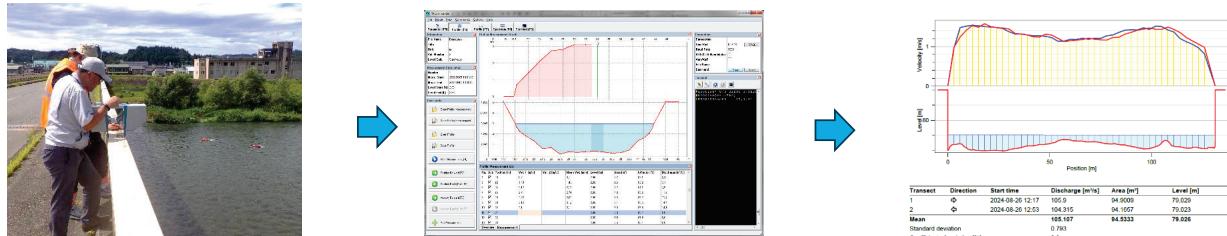
品質値については常時60付近であり極めて良好

ADPCより流速が過大(最大10%)傾向



R6.8結果報告 RP-30(移動型)

- 3mピッチ43側線で計測(1側線30秒計測)
- 計測データはSommerソフトウェアに即時転送され流量計算実施
- レポート出力



R6.8結果報告 RP-30(移動型) vs ADCP

Sommerアルゴリズム

時刻	推定流量(m^3/s)		流量差	
	RP-30	ADCP	(m^3/s)	(%)
2024/8/26 12:17	102	95.2	6.8	7.1
2024/8/26 15:13	96.7	95.6	1.1	1.1
2024/8/26 17:07	92.2	89.8	2.4	2.7
2024/8/27 10:04	81.9	80.7	1.2	1.5

- ADCPは時間の最も近いデータの往復の平均値を使用

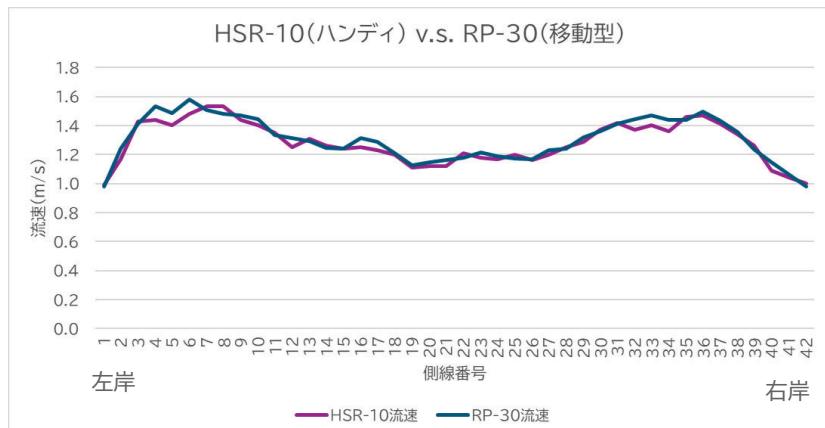
表面流速係数:0.85

時刻	推定流量(m^3/s)		流量差	
	RP-30	ADCP	(m^3/s)	(%)
2024/8/26 12:17	105.1	95.2	9.9	10.4
2024/8/26 15:13	99.5	95.6	3.9	4.1
2024/8/26 17:07	94.9	89.8	5.1	5.7
2024/8/27 10:04	84.5	80.7	3.8	4.8

- ADCPと比較して過大傾向
- いずれの手法においても差は概ね5%前後



R6.8結果報告 ハンディ VS 移動型



2つの手法で得られた計測値についてほぼ一致

2日間5回の計測における同一側線での手法の違いによる差は平均0.02m/sであった

ハンディは性能的には移動型の代替となれる



結果報告 R7.4



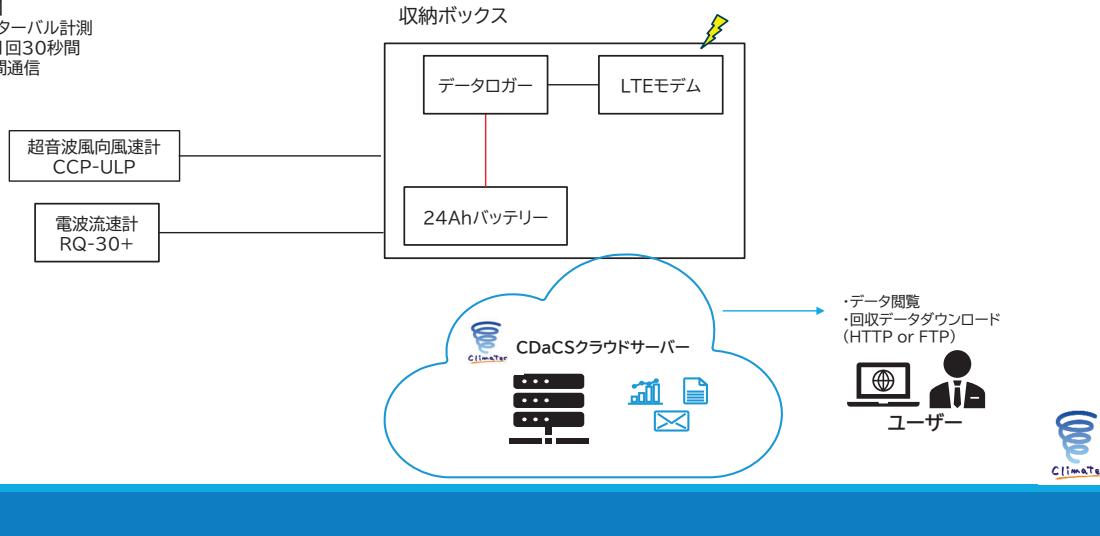
R7.4結果報告 固定型

より実践的な計測システムを構築し実施

小型超音波風速計による計測も同時に実施

[計測仕様]

- ・10分インターバル計測
- ・流速計測1回30秒間
- ・1回/1時間通信



R7.4結果報告 固定型

2日間にわたって安定した計測を行うことができた(web参照)

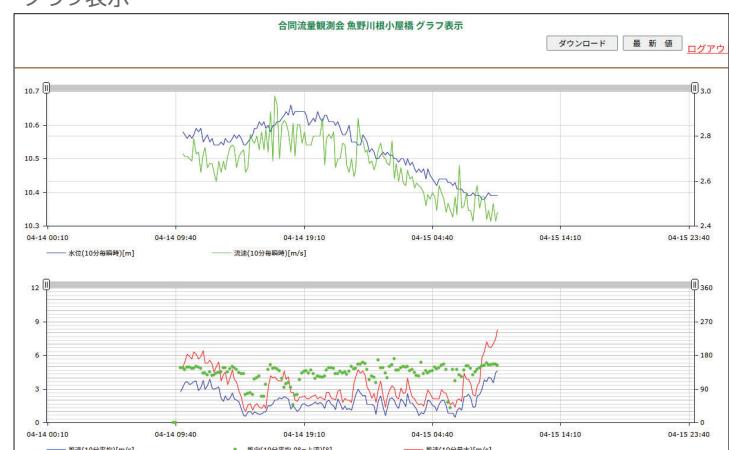
CSVダウンロード

合同流量観測会 魚野川根小屋橋 ダウンロード			
ファイル選択	ファイル名	最終更新日	サイズ(Byte)
<input checked="" type="checkbox"/> UonoRiverKengokuTong_TBL110_2_20204.csv	2020/04/15 09:31:59	18733	
<input type="checkbox"/> UonoRiverDataHeader.Rev00.csv	2020/03/28 10:55:20	308	

瞬時値表示

合流流量観測会 魚野川根小屋橋 最新値表示		
計測項目	計測値	単位
水位(10分毎瞬時)	10.39	m
流速(10分毎瞬時)	2.46	m/s
風速(10分平均)	4.63	m/s
風向(10分平均) 0°=上流	153.1	°
風速(10分最大)	8.3	m/s
ロガー温度	7.28	°C
システム電源電圧	12.75	V

グラフ表示



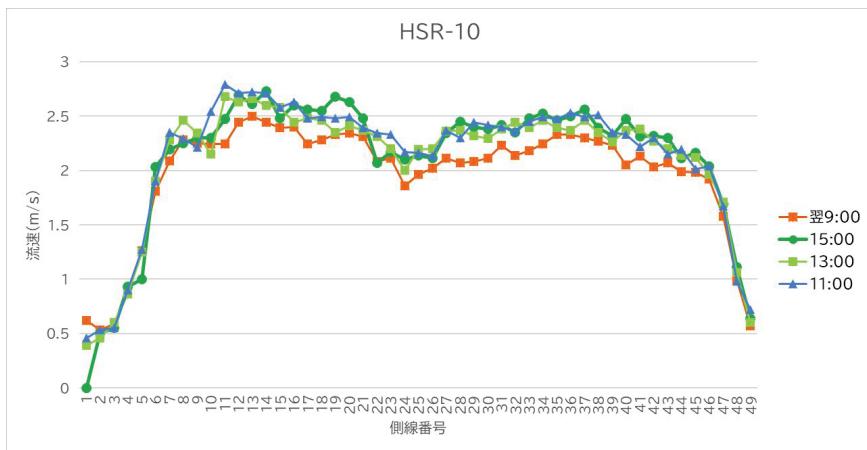
<https://cdacs.weather.co.jp/download/>

R7.4結果報告 ハンディ

ハンディでの計測を4回実施

流速のピーク部分等傾向としてR6.8とほぼ同じ結果が安定して得られている

繰り返し精度の高さと計測の簡便さが実感できた



まとめ

- Sommer社製電波流速計はモデルの種類に関わらず非常に安定した観測結果を簡便に得ることができた
- ADCPとの比較においては流量換算だと過大傾向はあるもののその差は小さい
- 固定型はバッテリー駆動であれば短期間のスポット計測にも充分使用可能
- ハンディは機動性と固定型の同等の性能をあらためて確認できた





海外事例 (参考)



タイ 洪水検知ネットワーク



2011年の大洪水を機に河川のモニタリングステーションを整備する事となった。



2016-2017年にかけて北部を中心に約200箇所のステーションが整備された。



設置例



Papa New Guinee



【質疑・応答】

【土木研究所 萬矢】3つほどあります。まず一つ目ですが、索道に付けていた流速計があると思います。RT-30です。これは例えばワイヤーが揺れることによる誤差の修正などは入っていますか。

【クリマテック 大江】センサーの中に傾斜計が入っていて、リアルタイムで補正しています。ただプラスマイナス2.5度なので、このようになってしまふと測れません。日本でも索道を使った事例は1件あります。

【土木研究所 萬矢】こちら側の振動はどうですか。

【クリマテック 大江】縦の振動は補正できていません。

【土木研究所 萬矢】それからノイズ除去やピーク判断がアルゴリズムと言われたと思いますが、具体的にはどのようなことになっていますか。

【クリマテック 大江】これは開示していないためブラックボックスなので申し訳ありません。

【土木研究所 萬矢】もう一点ですが、流量算出のためのアルゴリズムで、 $\alpha = 0.85$ を入れる場合もあって、そうでない場合もあるというお話をしたが、具体的に何をやっているのでしょうか。

【クリマテック 大江】このプロファイル情報をソフトウェアに入れてあげると、あとは粗度を入れると、例えばコンクリートになっているなどを入れると、これもブラックボックスなのですが、こことここの係数の差を自動的に推定します。もちろん自分で指定もできます。

【土木研究所 萬矢】今ここで議論しているということは、そこの係数がどのくらいになるのかに意味があります。先ほどの velocity dip の話がまさにそうで、ぜひこれは開示してもらうように努力していただきたいと思います。

【クリマテック 大江】分かりました。

【中央大学 手計】1点目のお話で、補正の情報もユーザーは得られますか。補正されてい

るか、されていないかなどです。

【クリマテック 大江】角度の話ですか。角度は出ません。

【中央大学 手計】もう流速値だけが得られるということですか。

【クリマテック 大江】流速値だけです。

【東京建設コンサルタント 富家】御社のその Sommer の場合、固定式では確かに俯角が 60 度設定で反射強度が一番高く出るため精度がいいという話があったと思います。今回、新しいものを私も初めて見させていただきましたが、これについてはやはり同じように、例えば俯角設定を 60 度にした時に、インターフェースでその角度が出てくるといったことはありますか。

【クリマテック 大江】これも実は同様に 60 度で測らなければいけません。少し見えづらいですが、ここに気泡式の水準器が付いています。これが 60 度に設定されているので、橋の上から当ててあげて水準器が合うようにトリガーを引くと 60 度になります。それで 60 度固定です。

【河川情報センター 本永】雨が降っている時のデータ補正も一応含まれていますか。

【クリマテック 大江】雨が降っている時は、メーカーが言うには、雨のベクトルと水のベクトルは違うので、そもそも感知しづらいようになっています。当然それは関係ないと言ってはあれですが、うまく取れるようになっています。実際に時間降雨 60 ミリの強度で取った場合のデータがありますが、品質があまり落ちずに連続していることができています。

【河川情報センター 本永】特に何か特別な補正をしているわけではなく、通常測っている中で特に影響は出でていないということですか。

【クリマテック 大江】そうです。