

携帯情報端末の加速度センサーを活用した 画像解析による流速計測機器の開発

(株)ハイドロ総合技術研究所 ○南 良忠・山内 翔太・渡辺 健・井口 真生子
(一財)建設工学研究所 藤田 一郎



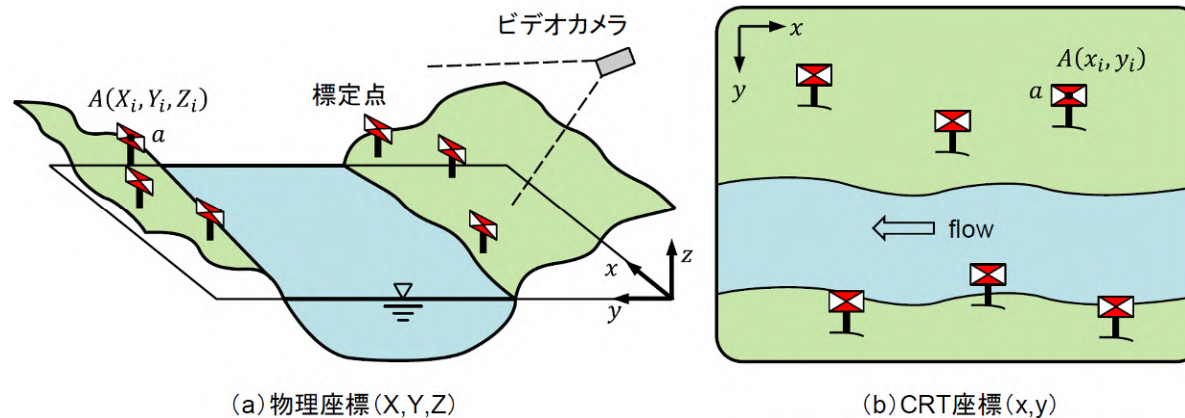
映像による流速・流量計測機器

1. はじめに

研究目的

河川の高度流量観測技術のうち画像解析による計測を行う場合、撮影画像の幾何補正を行うには、6点以上の標定点を設置・測量し、カメラパラメータを同定する方法が従来から行われている。

標定点関連作業は急峻な渓谷や河岸に樹木が繁茂した河川等では容易ではない。



本研究では携帯情報端末の加速度センサーを活用し、現場で容易な作業のみで幾何補正処理が可能な手法を提案する。提案手法と画像解析手法STIVを実装し、オンサイトで直ちに流速・流量計測が可能なシステムを開発した。

2. 画像の幾何補正手法

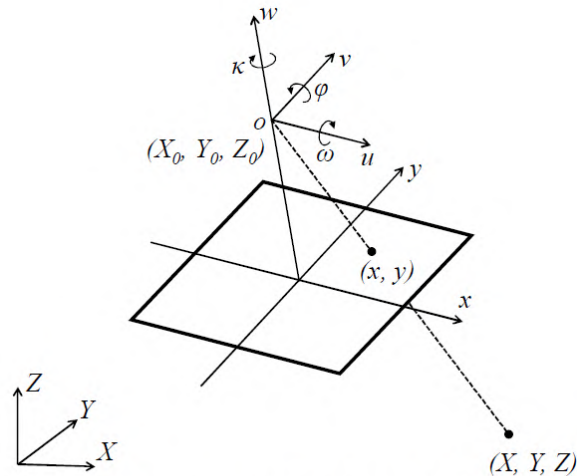


図-1 カメラ撮影の共線条件

ピンホールカメラモデルの共線条件式

$$x = -c \frac{a_{11}(X-X_0)+a_{12}(Y-Y_0)+a_{13}(Z-Z_0)}{a_{31}(X-X_0)+a_{32}(Y-Y_0)+a_{33}(Z-Z_0)} \quad (1)$$

$$y = -c \frac{a_{21}(X-X_0)+a_{22}(Y-Y_0)+a_{23}(Z-Z_0)}{a_{31}(X-X_0)+a_{32}(Y-Y_0)+a_{33}(Z-Z_0)} \quad (2)$$

※ a_{ij} は ω, φ, κ の関数

既存手法

6点以上の既知の標定点座標と画像ピクセル座標の組み合わせから最小二乗法によりパラメータを算出

考案手法

以下の方法で標定点を用いずに画像の幾何補正を行う

カメラ位置 X_0, Y_0 ：画像の幾何補正に影響しない

カメラ回転角 κ ：画像の幾何補正に影響しない

焦点距離 c ：事前に算出

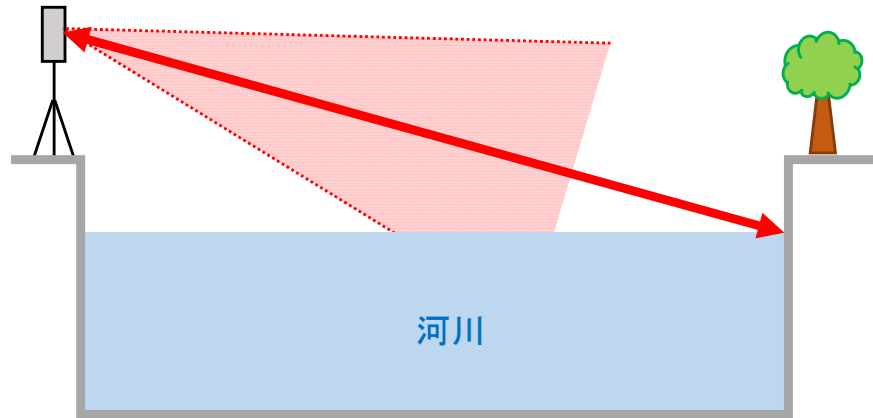
カメラ回転角 ω, φ ：携帯情報端末の加速度・ジャイロセンサーから取得

カメラ位置 Z_0 ：カメラから指定位置の直線距離（手法A）

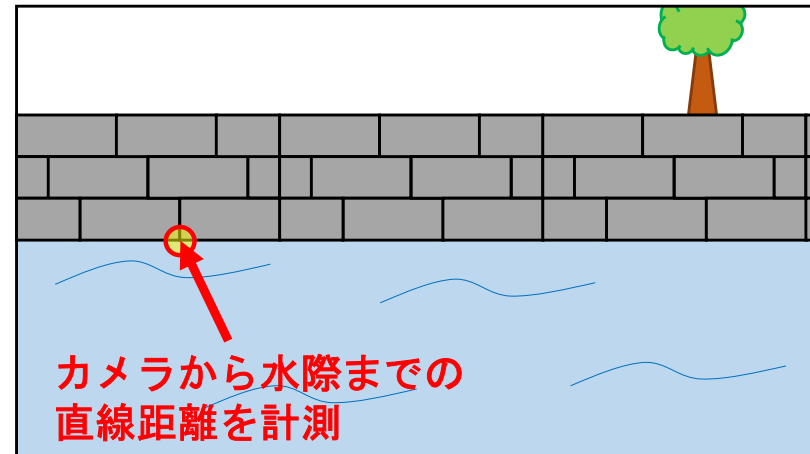
または2点間の距離（手法B）から算出

2. 画像の幾何補正手法 (2) 加速度センサー等を用いた幾何補正手法の考案

計測機器



撮影された画像 (横断撮影)

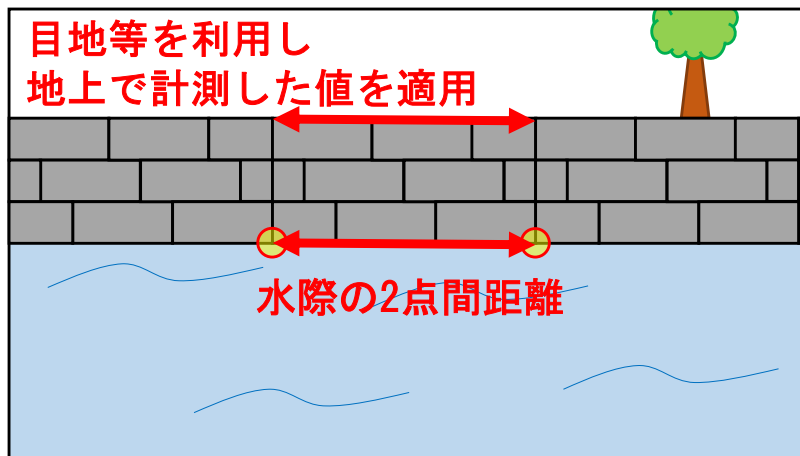


カメラから水際までの
直線距離を計測

手法A

撮影された画像 (横断撮影)

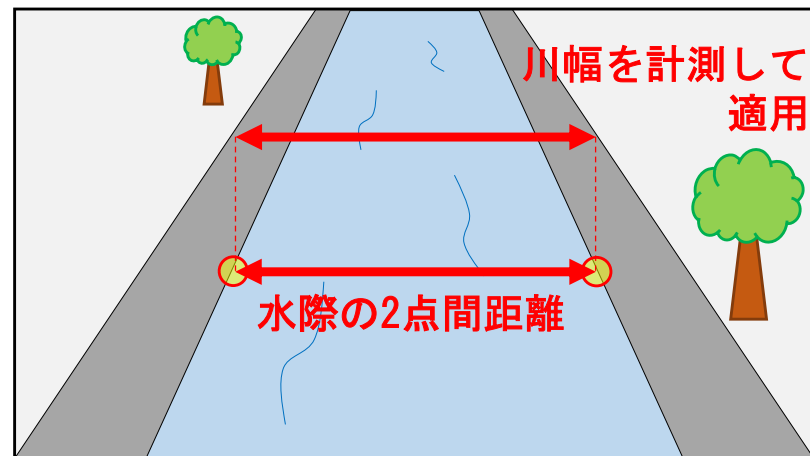
目地等を利用し
地上で計測した値を適用



水際の2点間距離

撮影された画像 (縦断撮影)

川幅を計測して
適用



水際の2点間距離

手法B

3. 開発機器のパラメータ計測精度の検証



カメラ角度を変化させチェッカーボードの撮影を18ケース実施



ボードの模様各端点を標定点とする標定によって得られた値とセンサーによる計測値を比較

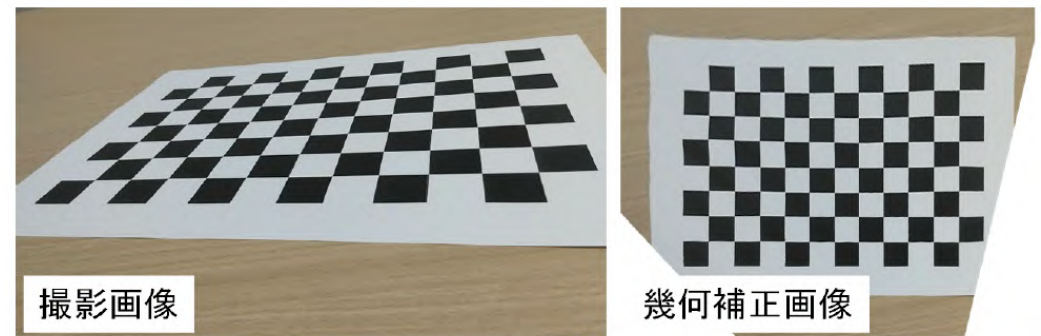


図-3 チェッカーボードを利用した検証

表-2 カメラのセンサー等による値と標定点による標定値

	俯角 ω の差異(deg)	水平傾き φ の差異(deg)	焦点距離 c の標定値(px)
平均値	0.322	0.635	-1578.9
標準偏差	0.241	0.109	10.9

※俯角の差異は俯角の大きさによって異なり、補正式適用後のばらつきは標準偏差0.019

3. (3) パラメータ取得精度の計測流速への影響分析_1

センサー測角誤差、距離の計測誤差等、複数の要因で生じ得る計測誤差を重ね合わせGUMで示された不確かさの伝搬則に基づき、合成標準不確かさを算出する

$$L = \sqrt{X_d^2 + Y_d^2} \quad (11)$$

$$\sigma_L = \sqrt{\left(\frac{\partial L}{\partial X_d} \Delta X_d\right)^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial Y_d} \Delta Y_d\right)^2} \quad (12) \quad : \text{計測区間長さの標準不確かさ}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial X}{\partial \omega} \Delta \omega\right)^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial \varphi} \Delta \varphi\right)^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial c} \Delta c\right)^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial h} \Delta h\right)^2} \quad (13)$$
$$\sigma_y = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial \omega} \Delta \omega\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial \varphi} \Delta \varphi\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial c} \Delta c\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial h} \Delta h\right)^2} \quad (14)$$

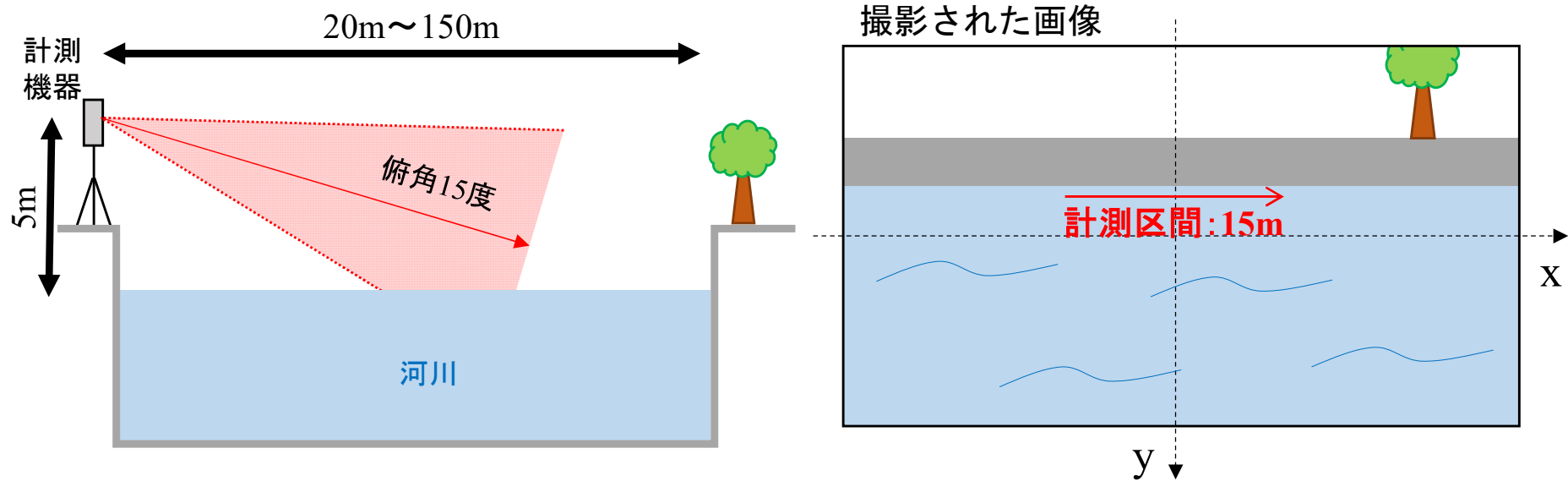
} : 計測区間端点座標の標準不確かさ

計測誤差は $1.96\sigma_L$ によって評価するものとする。

(標準不確かさ σ を有する計測は、計測値の95%が 1.96σ の範囲に収まる)

⇒画像解析の典型ケースに適用した場合の不確かさを確認する

3. (3) パラメータ取得精度の計測流速への影響分析_2



- ・ 標定点を用いた標定を行った場合も、通常5%程度の幾何補正誤差が生じる。
- ・ 流量観測に関する国際基準ISO748で要求される計測不確かさは±10%以内

距離が150mとなると誤差が±10%を超えるため、大規模河川への適用は現状の測角精度では困難と判断される。

表-3 距離ごとの計測誤差

計測位置との水平距離	計測区間 端点 X座標(px)	計測区間 端点 Y座標(px)	計測区間長の誤差 (1.96σ _L)
20m	±574.4	-26.6	±0.22m (±1.5%)
50m	±238.9	-258.2	±0.53m (±3.5%)
100m	±120.9	-339.6	±1.05m (±7.0%)
150m	±81.1	-367.1	±1.56m (±10.4%)

4. 実河川における開発機器の性能の検証 (1) 幾何補正精度の確認

カメラ高さを取得する2方法（手法A, 手法B）を実河川に適用した例を示す。



表-4 比高の算出に用いた値

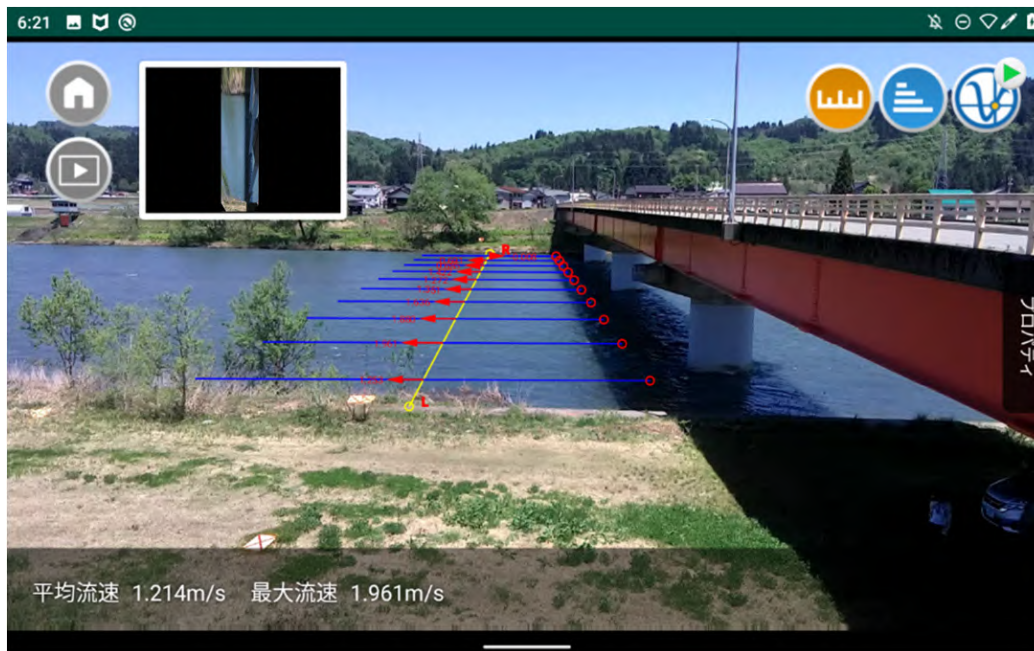
ケース (適用手法)	距離計測対象	計測距離 (m)	計測位置の 画像上の座標 (pix)
ケース1 (手法A)	カメラ～対岸 水際の距離	36.93	点①(-80.1, -283.4)
ケース2 (手法B)	護岸の目地間 の距離	18.87	点①(-80.1, -283.4) 点②(731.1, -268.6)
ケース3 (手法B)	川幅	36.80	点③(-293.8, -207.7) 点④(915.1, -117.8)

表-5 比高の算出値

ケース	俯角 ω (deg)	水平傾き φ (deg)	水面からの比高 h 算出値
ケース1	17.583	0.489	4.74m
ケース2	17.583	0.489	4.95m
ケース3	12.534	-0.002	4.86m
簡易実測	-	-	4.87m (参考値)

レーザー距離計の実測値に対して
±2%程度の差異であった

4. 実河川における開発機器の性能の検証 (2) a) 計測可能な距離の確認



信濃川水系魚野川 根小屋橋地点

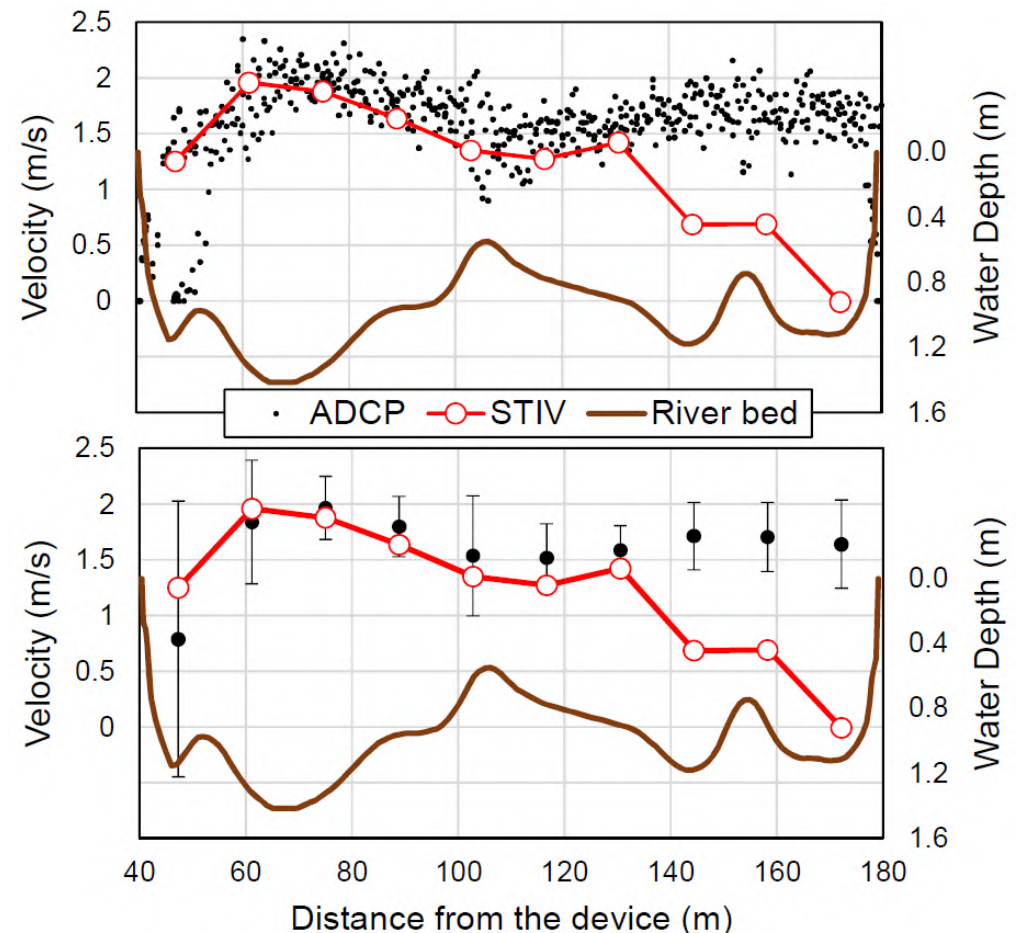
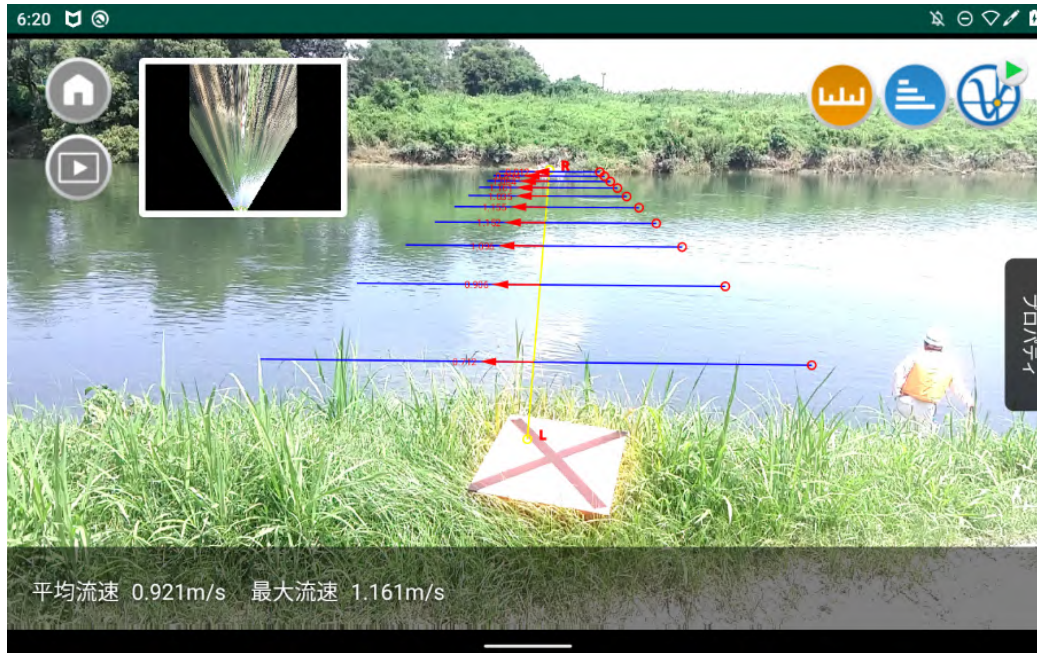


図-6 計測流速の比較 (魚野川)

カメラから130m付近までは開発機器による流速計測値は ADCPによる計測値のばらつきの範囲内であった。

130mを超える位置では、カメラからの距離が大きいくことで水面の画像が不鮮明となったことが原因で、正常な流速が得られなかった

4. 実河川における開発機器の性能の検証 (2) b) 流量の計測精度の確認



淀川水系宇治川 御幸橋地点

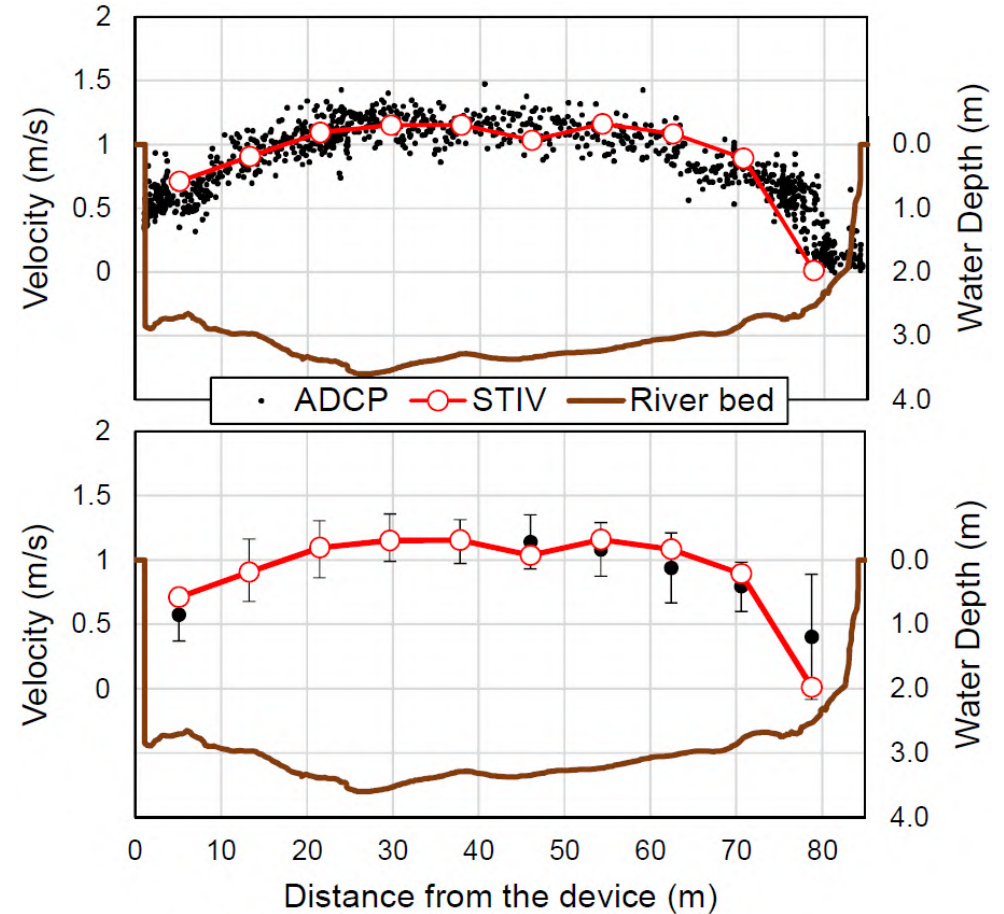


図-8 計測流速の比較 (宇治川)

川幅80m程度であったため、全幅で正常な計測値を得た。

表-7 計測流量の比較 (宇治川)

計測方法	流量 (m ³ /s)
ADCP 2往復平均値	198.08
STIV (開発機器)	203.33 (+2.6%)

5. 結論

【研究成果】

- ・タブレット機器の加速度センサーの活用により、標定点を用いず自動的に幾何補正を行い、その場でSTIVによる流速計測が可能なシステムを開発した。
- ・一般的な市販機器に内蔵されている加速度センサー等を用いて、幅100m程度の河川を計測対象としたとき、7%程度以内の誤差となることを明らかにした。
- ・開発機器で**実河川**を計測したところ、機器から**130m程度まで**の距離であれば**ADCPと同等**の精度で表面流速が計測できることを確認した。
- ・**流量**の観測を行った事例ではADCPによる観測流量との**差異は約3%**であった。

【今後の課題】

照明のない環境での夜間等、一般的な可視光カメラで水面の動きを撮影できない状況では、本機器による計測は困難である。

今後、夜間観測や大規模河川の観測等に適用範囲を拡大するために、使用する携帯情報端末の選定や手法の改良を行うことを研究課題とする。



株式会社 ハイドロ総合技術研究所