

スマートフォンを用いた 洪水流量観測システム に関する研究

椿 涼太(広島大学大学院)

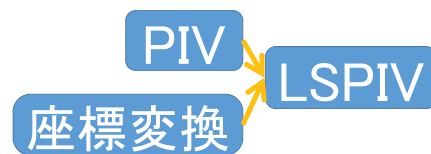
河川管理に関する情報の動向

- ・ **リモート計測技術**の発展と普及
 - ・ 河川管理に使えるデータが急増
- ・ 状態についての情報が多いが、**速度や変化量についての情報は限られている**。そもそも状態量に比べて変化量の計測は難しい。
- ・ 水管理に必要な**流速や流量**といった情報取得の**頻度・精度を上げていく**ことは、**水管理を高度化**することにつながる

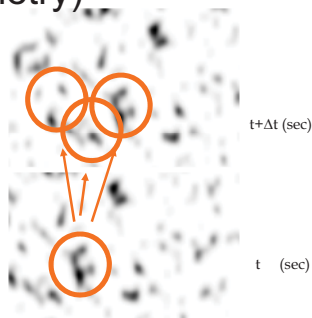
河川管理に関する情報の動向

- ・ 河川の流速分布を測ることは流量を知ること
 - ・ 内部の流動のドップラー計測→低水向き
 - ・ 表面の流動の画像・超音波等による計測→高水向き
- ・ 表面流速の計測の実務への展開が進みつつある→流れ・河床変動モデルの更正データ→数値予測に基づく高度な河川管理に期待
- ・ 本申請では**表面流の画像計測システムを合理化し、適用性を格段に高める**ことを狙う。

画像計測システム



PIV (Particle Image Velocimetry)



幾何補正



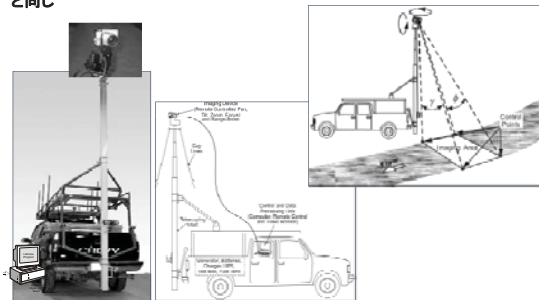


LSPIVをとりまく現状

- LSPIVやSTIVの国内河川での利用実績が急増している。
- 画像を用いた流れの非接触計測について、国外では、山地河川、農業用水、下水道などの流量計測ツールとしての利用も試みられている。

機動的観測の試み

車を用いた機動的観測(アイオワ大学)
装置は機動的であるが、観測自体は従来と同じ



Kim et al. 2008 Water Resources Research

下水道の管理への利用



Figure 5. Image analysis for particle detection. (a) Original infrared image, (b) background estimation, (c) binary image with possible particles for velocity measurement.

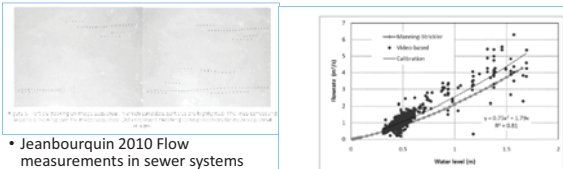


Figure 6. Jeanbourquin 2010 Flow measurements in sewer systems based on image analysis

Figure 6. Rating curve established for the Sene 1300 (City of L'Ancre). The gray line refers to the theoretical rating curve (Manning-Strickler formula, with flow characteristics calculated with hydraulic simulation (SIS, 2007)).

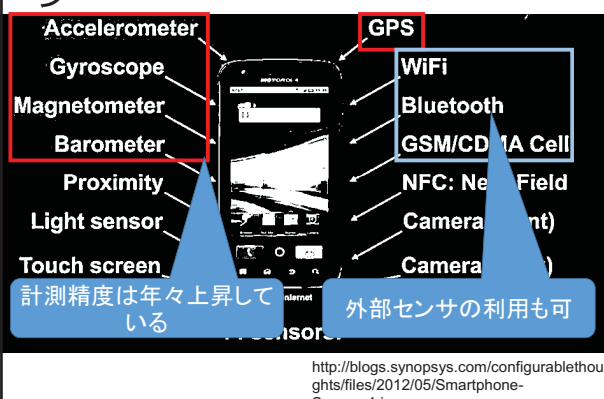
小水路の計測の試み



Figure 3. Actual flow measurement using the mobile device app.

- Philippe et al. 2014 Mobile device app for small open-channel flow measurement

開水路流れの可視化計測とスマートフォン



計測精度は年々上昇している

外部センサの利用も可

<http://blogs.synopsys.com/configurablethoughts/files/2012/05/Smartphone-Sensors1.jpg>

LSPIVの現状を踏まえた本研究の位置づけ

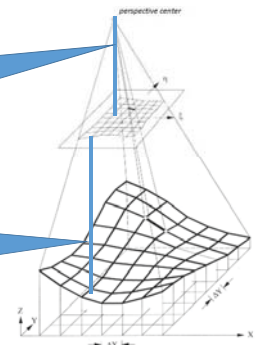
- 可視化計測による観測の普及が進みつつある
- 幾何変換が煩雑であり、これが機動的な観測の実施を難しくしている
- スマートフォンの機能を活用し、幾何変換の作業を簡素化する。それだけでなく、スマートフォンの持つ計算機能・操作性・通信機能なども利用して、真に機動的で完結した計測システムを開発する

13

代数式とカメラモデル

カメラモデルではカメラの位置や向きを利用して画像座標と実座標を関連づける
トップダウン的

代数式アプローチでは、座標変換式の係数を標定点により同定する
ボトムアップ的



代数式アプローチ(従来型)

- 座標変換式の係数を標定点を使って同定する:
 - 4点～の実座標が既知な点(標定点, GCPs)を利用する。
 - 現地での測量が必要
 - 突発的な観測に対応できない
 - イベント後に測量することも可能

$$\begin{aligned} x &= \frac{A_1 X + A_2 Y + A_3 Z + A_4}{C_1 X + C_2 Y + C_3 Z + C_4} \\ y &= \frac{B_1 X + B_2 Y + B_3 Z + B_4}{C_1 X + C_2 Y + C_3 Z + C_4} \end{aligned}$$

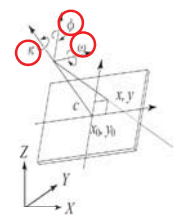
x, y : 画像内座標,
 X, Y, Z : 物理空間座標

カメラモデル(本研究で利用)

$$\begin{aligned} x &= -c \frac{a_{11}(X-X_0) + a_{12}(Y-Y_0) + a_{13}(Z-Z_0)}{a_{31}(X-X_0) + a_{32}(Y-Y_0) + a_{33}(Z-Z_0)} + \delta_x \\ y &= -c \frac{a_{21}(X-X_0) + a_{22}(Y-Y_0) + a_{23}(Z-Z_0)}{a_{31}(X-X_0) + a_{32}(Y-Y_0) + a_{33}(Z-Z_0)} + \delta_y \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- : 撮影角度(加速度計とジャイロで取得)
- : 位置(GPSと気圧計等で取得)
- : 焦点距離(固定パラメータ/事前同定)
- : ひずみ(固定パラメータ/事前同定)



代数式とカメラモデルの比較

- 代数式アプローチ
 - 式が比較的簡単
 - 精度がよく測量されて適切に分布した既知点が必要
 - 測量ミス、配置の問題が精度に直結する。ノウハウがいる。
- カメラモデル(本研究で利用)
 - 物理的なモデルであり代数式のように非物理的な変換が起きず堅牢である。
 - 係数を物理的に計測してモデルに与えることができる。

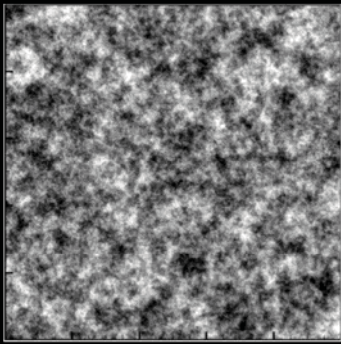
特開2008-058264

本研究で開発したシステムの概要

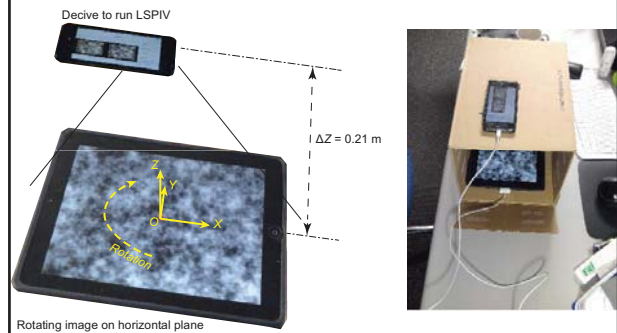
- iPhoneを利用
 - 比較的機材のモデルのバリエーションが少なく、パラメータをプリセットしやすい
 - (開発環境が安定しない)
- これまでにPC用として利用してきたLSPIVやステレオ画像計測などのツールセットのプログラムを利用する
 - 実績があり、妥当性が検証されているプログラム
- GUIをスマートフォンに併せて簡略化、パラメーターや解析条件は概ね固定
 - 詳細な分析はEメール経由でPCに転送して、PC内で作業する
- AppStoreにVer.0を登録済み

18

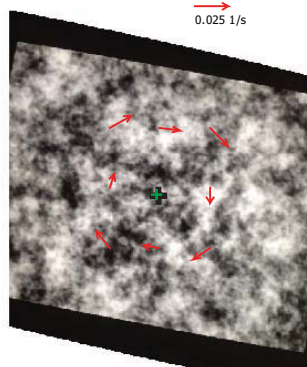
検証用の動画



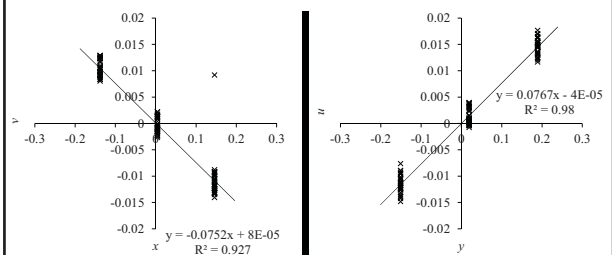
検証の方法



流速分布



精度検証



- 誤差がなければ $y=0.075x$ となる。
- 計測値を最小二乗近似する線はほぼ理論値と等しい。
- ばらつきが多い。カメラを利用せず、直接解析するとばらつきはほとんど生じなかった。姿勢計測のずれや時間間隔の不均一さの影響によるものと思われる。

まとめ

- 本研究では、スマートフォン上で動くアプリを開発し、一般公開した。
- 流速分布の計測精度の検証を行った。
- 今後の課題・予定
 - 流量換算までのシステム作りと精度検証
 - スマートフォンの操作性を踏まえたシステム構成を再考していく必要がある。
 - 複数のスマートフォンを用いた多点同時観測や左右岸からの同時計測
 - (力学系の教育ツールとしても利用)