

ドローン搭載型流速・水位計を用いた 流量観測手法の提案

土木研究所 水工研究グループ 水文チーム

山本晶 上席研究員

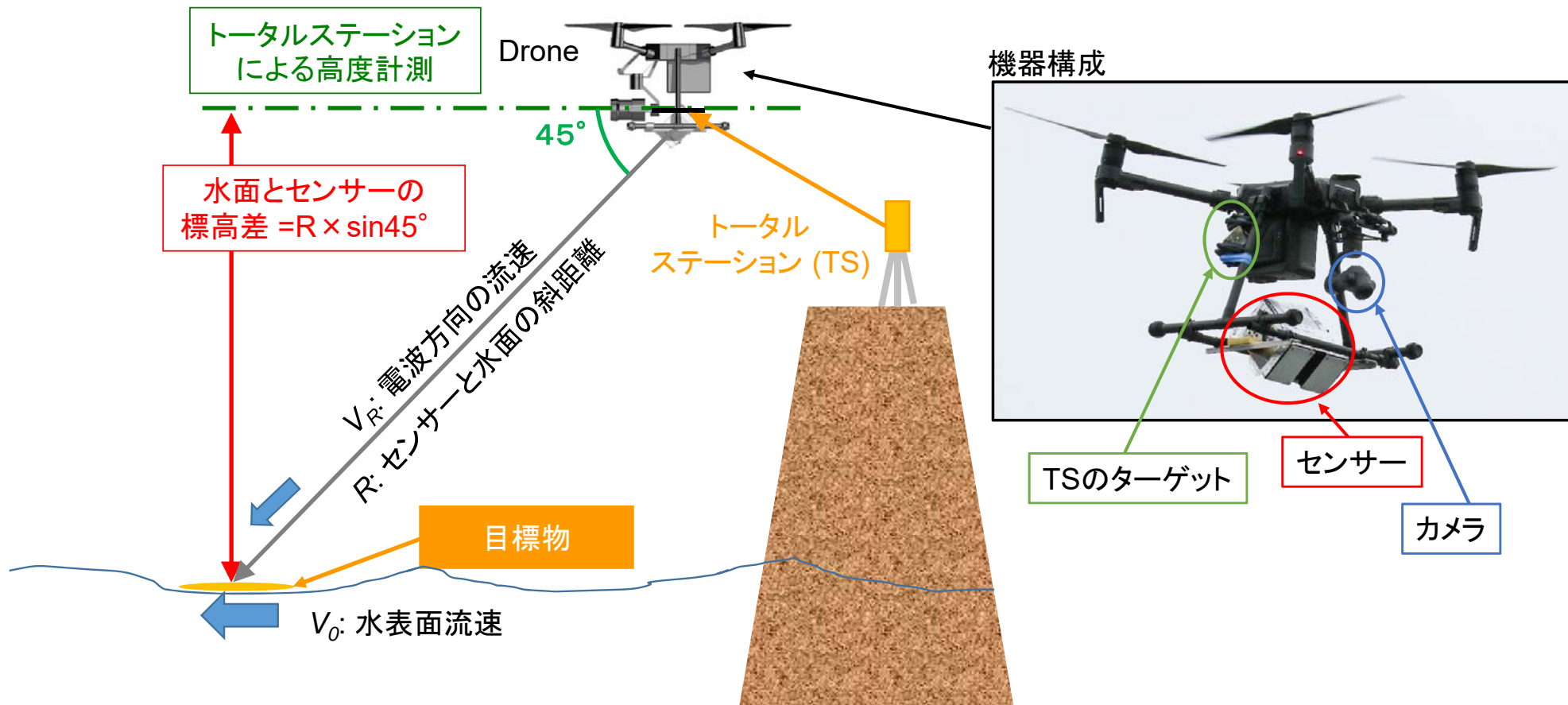
萬矢敦啓 主任研究員

小関博司 研究員

センサー開発: 横河電子機器 株式会社

ドローン運用: 株式会社福田水文センター, 有限会社タイプエス

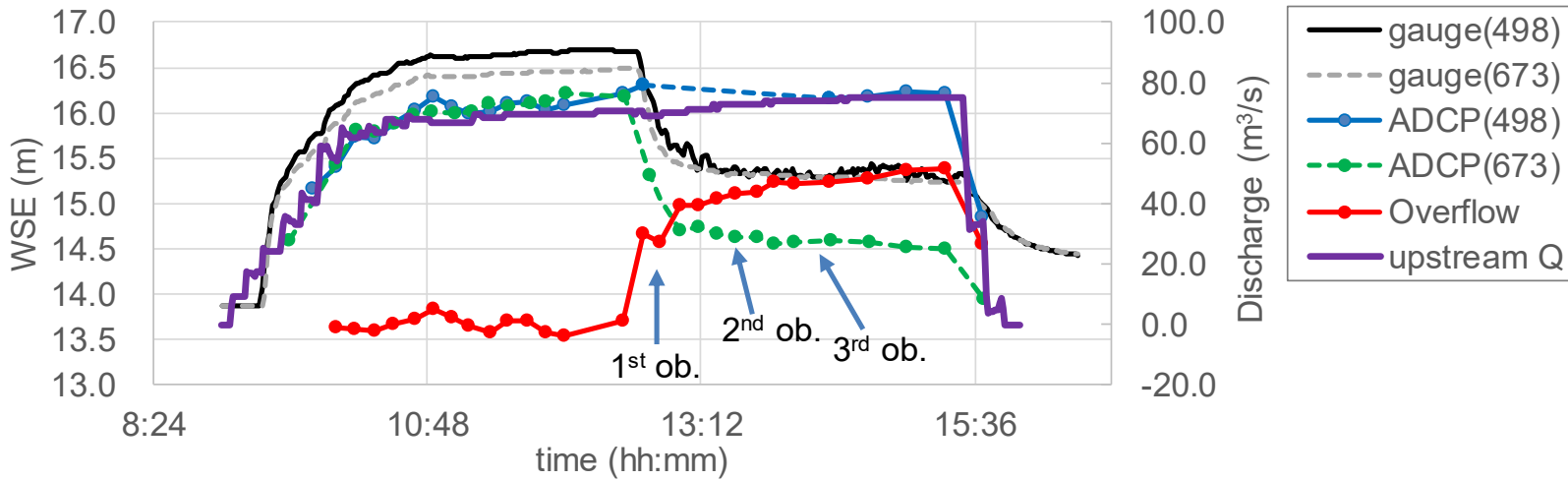
機器構成と計測項目



流量の算出方法

- 流量: $Q = \sum q_i = \sum \alpha_i \cdot V_{0i} \cdot h_i \cdot B_i$
- 更正係数 $\alpha_i = 0.85$
- 表面流速の計測: 電波流速計 (計測1)
- 区分幅: 出水中の俯瞰画像とドローンの座標より算定 (計測2)
- 区分水深: 河床波と水深に関する既往の研究を用いて推定 (計測3)
推定式: 山田ら(1984), 田中(1972), Yalin & Bishop(1977)

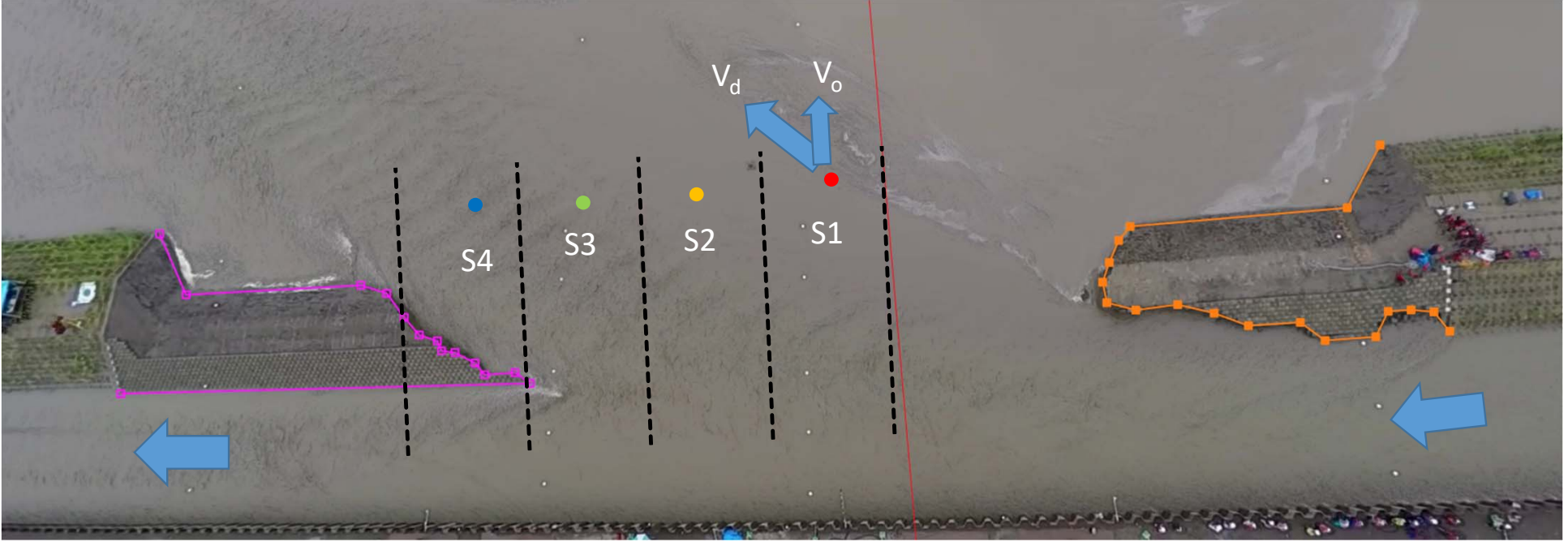
流況とADCP観測流量



ドローンの計測としては合計10回

そのうちの計3回を分析

上は静止画
下は動画



側線4



側線3



側線2



側線1

KU-STIVを用いた波長計測(定義)

• KU-STIVの入力値

- 水位(H)(既知)
- カメラ座標(x, y, z)(既知)
- カメラ中心点座標(ピクセル番号)(既知)
- 画像の四角+2点の座標(x_i, y_i, z_i)(未知)

• 既知

- カメラと水面の標高差: $\Delta (=z-H)$
→電波式流速・水位計が計測
- カメラの俯角: $\theta_c (=45^\circ)$
- カメラの視野角(水平・鉛直): θ_{CH}, θ_{CV}

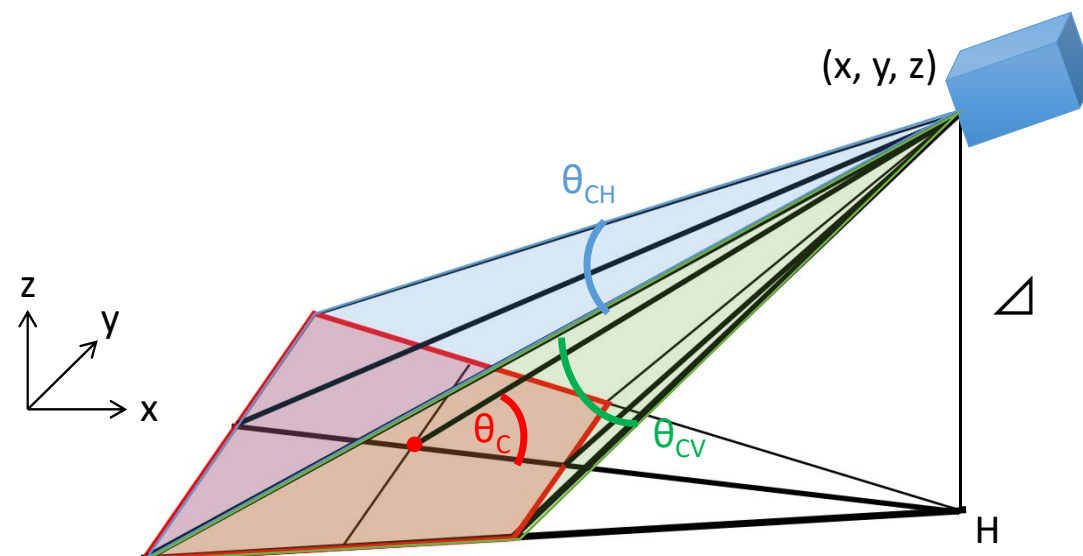


図. 地理空間におけるカメラ画角の模式図

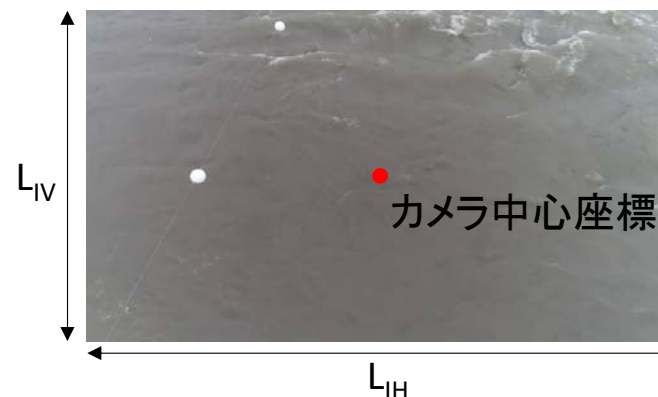
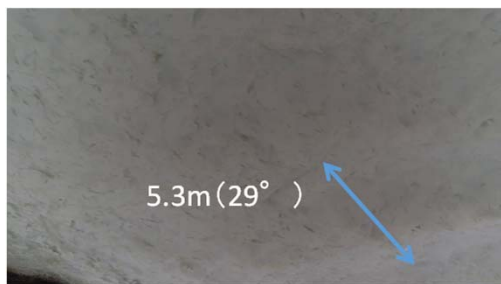
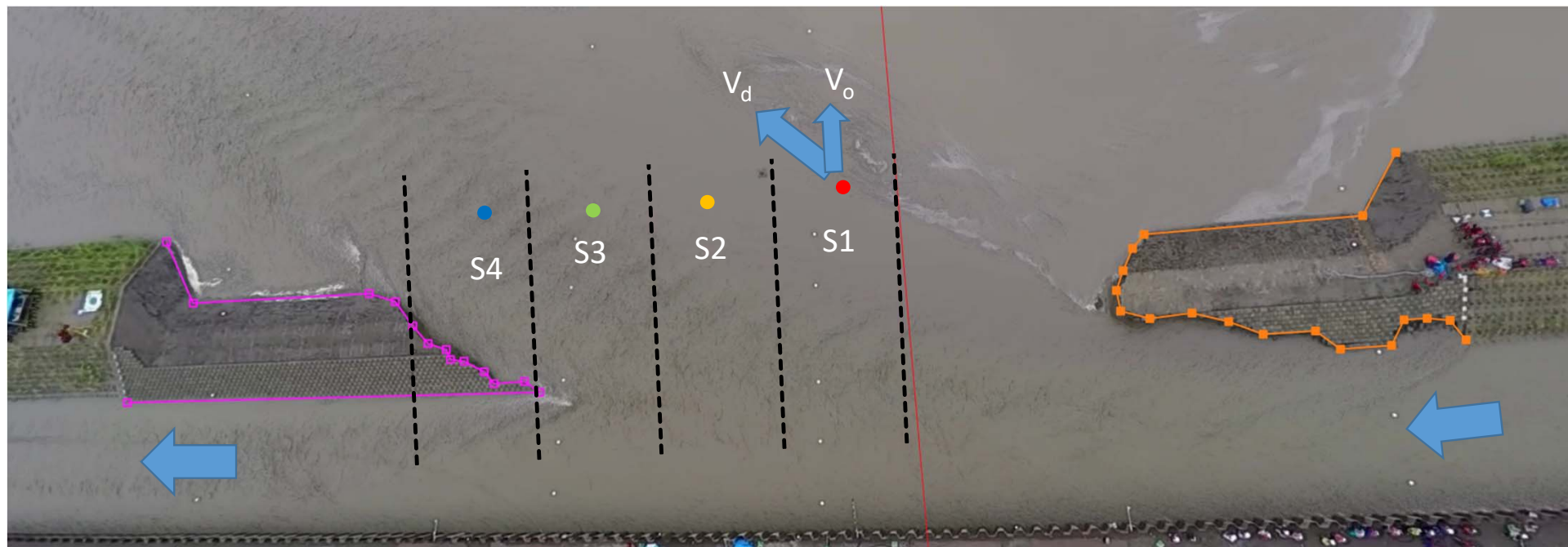


図. 撮影された画像の一例

※KU-STIV: 神戸大学藤田一郎教授と株式会社ビーシステムが開発した画像流速計ソフト

上下共に静止画



測線4



測線3



測線2



測線1

図. 各測線における動画の重ね合わせ画像と算定された波長と流向

水深推定式

山田ら(1984)

対象: 様々な波長が重なり合った河床波上の定在波

$$Fr^2 = \frac{1}{k_0 h} \tanh(k_0 h) \quad k_0 = \frac{2\pi}{L_0} \quad Fr = \frac{U}{\sqrt{gh}}$$

Yalin & Bishop (1977)

対象: 平衡状態の砂堆

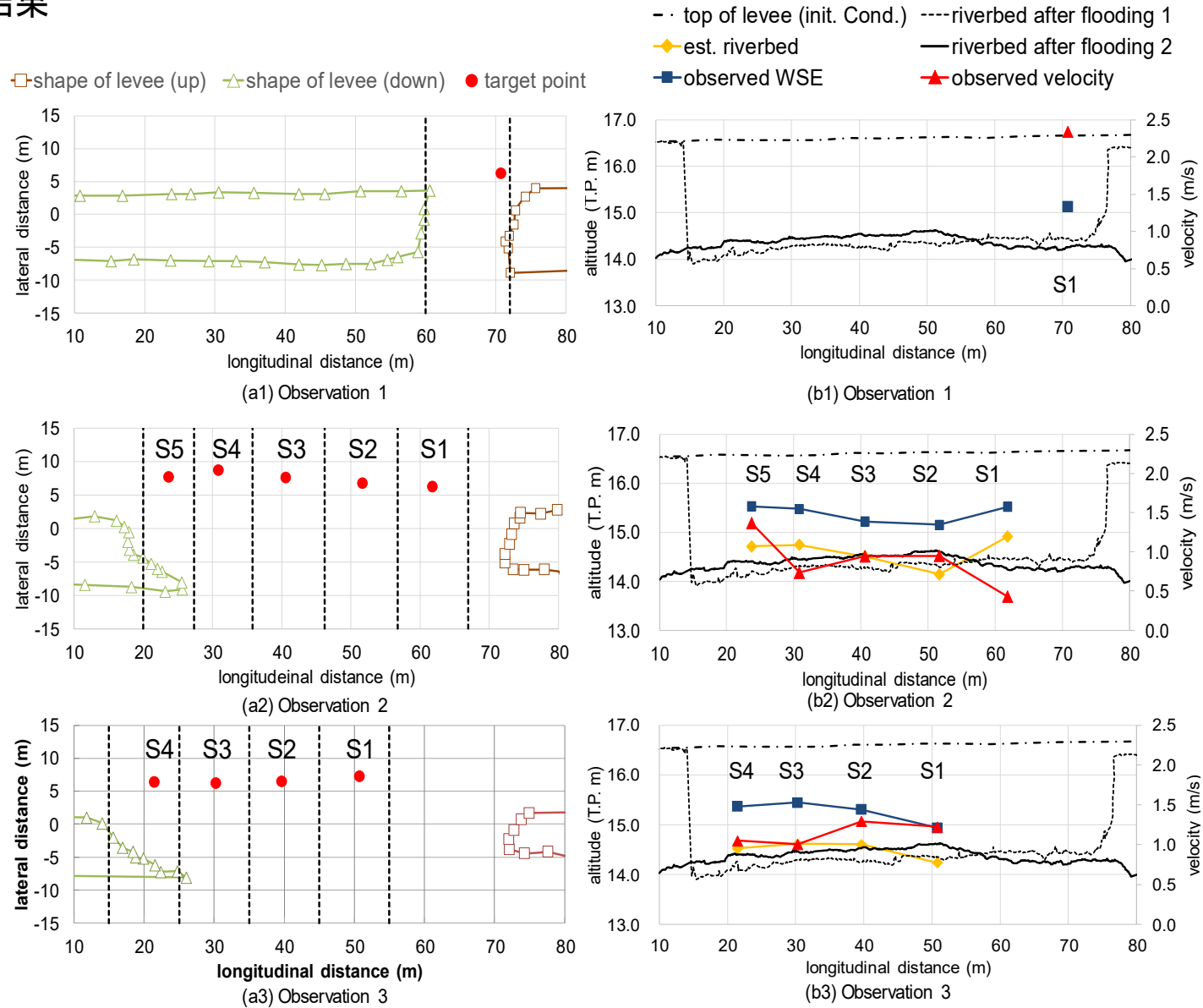
$$L = 2\pi \cdot h$$

田中(1972)

対象: 反砂堆

$$L = 2.3\pi \cdot h \cdot Fr^{3/2}$$

計測結果と推定結果



河床高は
Yalin & Bishop(1977)
による結果のみ掲載

		1 st observation		2 nd observation				3 rd observation			
Flight番号		Flight 3	Flight 6				Flight 10				
区分番号		1	1	2	3	4	5	1	2	3	4
区分幅(m)		10	7.27	8.46	10.43	10.60	10.14	10	10	10	10
波長(m)		-	3.8	6.4	4.5	4.6	5.1	4.4	4.4	5.2	5.3
計測水位(m)		15.122	15.52	15.15	15.22	15.47	15.53	14.94	15.31	15.45	15.37
計測流速(m/s)		2.338	0.430	0.948	0.943	0.736	1.363	1.22	1.29	1.00	1.05
ADCP流量(m3/s)		29.866	43.546				47.179				
山田ら (1984)	推定水深		0.015	0.083	0.088	0.053	0.267	0.12	0.16	0.097	0.106
	区分流量(m3/s)		0.039	0.568	0.737	0.353	3.134	1.25	1.80	0.83	0.94
	総流量(m3/s)		4.8				4.8				
田中 (1972)	推定水深		24066.6	1039.2	216.8	1085.1	14.9	82.02	33.21	294.86	249.50
	区分流量(m3/s)		63935.4	7088.2	1811.3	7191.0	174.7	853.84	364.80	2515.96	2226.84
	総流量(m3/s)		80200.5				5961.4				
Yalin & Bishop (1977)	推定水深		0.61	1.01	0.71	0.73	0.82	0.70	0.70	0.83	0.84
	区分流量(m3/s)		1.62	6.89	5.95	4.84	9.59	7.29	7.69	7.06	7.53
	総流量(m3/s)		28.89				29.57				