

〔農工研技報 214〕  
〔251～279, 2013〕

## ラジコン無人ヘリコプタによる頭首工周辺の 河床の空中写真撮影

浪平 篤\* 高木強治\*\*

\*資源循環工学研究領域エネルギーシステム担当

\*\*水利工学研究領域基幹施設水理担当

キーワード：頭首工，堆砂，河床低下，ラジコン無人ヘリコプタ，空中写真

### I 緒言

頭首工のうち取水堰の横断形は、原則として河川整備基本方針もしくは暫定改良工事実施計画に基づく計画横断形に整合しなければならないことが、河川管理施設等構造令によって定められている（国土開発技術研究センター，2010）。一方で、計画横断形に整合させて取水堰を設置することは、取水堰を含む頭首工の周辺に堆砂が生じる一因であると指摘されている（三輪，1982a；三輪，1982b；三輪，1987；三輪，1989；三輪，1990；三輪，1991）。堆砂が生じれば、利水面だけでなく、治水、環境面においても支障が出るため、洪水後には堆砂の形状や量を計測するとともに、堆砂を除去して次の洪水に備える必要がある（三輪，1982b；三輪，1987；三輪，1989；三輪，1991）。ここで、堆砂除去の目安は、取水堰の幅に対して上流側に6倍、下流側に2倍の区間（以下、堆砂除去目安範囲とする）であるといわれている（三輪，1991）。

また、取水堰は河川横断構造物であるために床止め（国土開発技術研究センター，2010）としての機能も有することから、砂利採取等によって下流側で河床低下が生じた場合には、頭首工地点で河床の不連続が生じる。この不連続が大きくなると取水堰の安全性が脅かされ、河床の低下状況に合わせて階段工や斜路を設置する等の対策が必要となる（増井・山本，1983；菊岡・本田，1987；菊岡・本田，1988；菊岡・本田，1989；菊岡・本田，1990；菊岡・本田，1991；菊岡ら，1992；三輪，2012）。

昨今の社会経済情勢から、農業水利施設の機能の保全対策を的確かつ効率的に実施し、施設の長寿命化を図ることが必要となっている（農林水産省，2007）。この観点からも、頭首工周辺における堆砂や河床低下等の河床状況の変動を定期的に把握し、性能が大きく低下して大規模な改修工事が必要となる前に適切な予防保全対策を講じることが求められている。

頭首工周辺における河床状況を把握する方法としても最も一般的なものは河川測量（石原・森，1981）である。この方法は堆砂の形状や量あるいは河床低下の量を定量

的に把握するには不可欠である。一方で、堆砂除去目安範囲の全体を対象として実施するには、多くの費用と時間を要する。このため、定期的に、あるいは、洪水発生毎にこの方法を実施するのは困難な場合は少なくないと考えられる。別途、広域にわたる河床状況の概要を安価かつ簡易に把握できる方法が必要である。

そのような方法として、まずは現地踏査が挙げられる。しかしながら、堆砂除去目安範囲の全体を一望できる高所が頭首工の近傍に存在しない場合は少なくない。また、頭首工本体から離れた位置では植生の影響等により河川に近づけない場合もある。このため、この方法のみでは堆砂除去目安範囲における河床状況を十分に把握できない頭首工は少なくないと考えられる。

他の方法として、航空写真の比較判読がある。上空から撮影された航空写真からは、現地踏査では把握できない河床状況を確認することができる。比較的安価で入手できることも大きな利点である。この方法により、頭首工周辺の堆砂状況の経年的な変化を追跡できた事例が報告されている（三輪・倉島，2003）。しかしながら、頭首工周辺が撮影対象外の場合や、必要とする年には撮影が実施されていない場合等がある上、新たに撮影するには多額の費用を要する。従って、この方法は全ての頭首工に対して有効であるわけではない。

一方で近年では、主に農薬散布等の農作業のために開発された産業用のラジコン無人ヘリコプタに専用のセンサを搭載して、リモートセンシングを行う研究が進められている（杉浦ら，2003；野口，2003；堀尾，2004；杉浦ら，2004；池端ら，2007；向山ら，2011）。この研究を参考にして、同様のヘリコプタにカメラを搭載し、上空から頭首工周辺の河床を撮影した結果は、現地踏査と航空写真を補完しうるものになると考えられる。

そこで、規模の異なる複数の頭首工を対象として、ラジコン無人ヘリコプタによる頭首工周辺の河床の空中写真撮影を実施したので、その結果を報告する。

## Ⅱ 撮影方法

### 1 ラジコン無人ヘリコプタ

頭首工の中には堤体延長が300mを超えるものもある。このような頭首工の周辺の河床状況を把握するためには、かなり高い位置から撮影しなければならない。それには、航空法および航空法施行規則において模型航空機の飛行が許可されている空域の上限の高さ（国土交通省航空局，2012；国土交通省，2012a；国土交通省，2012b）付近での飛行に耐えることが必要となる。ここで模型航空機とは、ラジコン無人ヘリコプタを含む無人の航空機の全てを指す。また、模型航空機の飛行が許可されている空域とは、空港からの距離や航空路の下であるか否かによって異なる。但し、国土交通大臣に申請書を提出する、もしくは通報することにより、許可されていない高度での飛行を行える場合もある。なお、本報文での撮影結果は全て、①許可されている空域で行ったもの、②通報した後に行ったもの、③許可を得て行ったもの、のいずれかである。

主に農薬散布等の農作業のために開発された産業用のラジコン無人ヘリコプタは、機種によって性能に若干の差異はあるものの、一般的に他用途のものと比較して、オペレータからより離れた位置や高さでの飛行が可能となる上、飛行時の安定性も高い。

そこでまず、このような産業用機種の一つであるヤマハスカイテック株式会社製 RMAX Type II (Fig.1) を使用した。さらに、RMAX Type II 等の一般的な産業用機種と比較して、より高い位置においても安定して飛行できるように、空中写真撮影に特化して開発された、株式会社スカイフォトサービス社製 SF125T-IV (Fig.2) を使用した。両機種の主要諸元は、Table 1 のとおりである。

### 2 カメラ

Ⅱ1で述べた高い位置から画像を撮影することに加え、得られた画像を拡大して詳細な河床状況を確認することが必要な場合があると考えられる。そこで、撮影時点における最高画素数(2000万画素程度)を目安として、Canon製 EOS 5D Mark IIとSONY製SLT-A77Vを採用した。これらのカメラの画素数とⅡ1のヘリコプタへの搭載状況は、Table 1 のとおりである。

### 3 地上での撮影画像の確認方法

Ⅱ1で述べた高い位置にあるラジコン無人ヘリコプタによる撮影範囲を、地上からヘリコプタを見て確認することは、不可能である。このため、ヘリコプタによる撮影画面を地上に設置したテレビモニターにおいて撮影範囲をリアルタイムで確認した (Fig.3)。具体的には、RMAX Type II 使用時にはFPU画像送信機を用い、SF125T-IV 使用時には携帯局1281.4MHzを利用した。このようにすれば、ほぼ同じ緯度経度および高度での撮影が繰り返し実施できるため、定点における定期的な観測にも適用しう

**Table 1** ヘリコプタの主要諸元と搭載したカメラ  
The main specifications of the helicopters and the cameras equipped by each helicopters

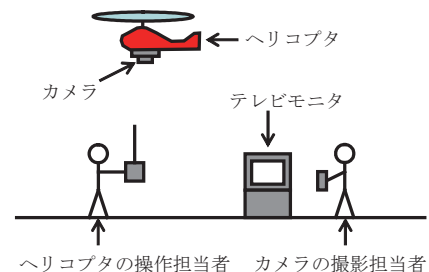
	RMAX Type II	SF125-IV
ロータを含まない長さ (mm)	2750	2450
ロータを含む長さ (mm)	3630	3200
高さ (mm)	1080	1100
幅 (mm)	720	730
メインロータの直径 (mm)	3115	2740
搭載したカメラ	Cannon社製 EOS5D Mark II (2110万画素)	SONY社製 SLT-A77V (2400万画素)



**Fig.1** RMAX Type II  
RMAX Type II



**Fig.2** SF125T-IV  
SF125T-IV



**Fig.3** 撮影状況のイメージ  
Conception diagram of the photography situation

ると考えられる。但し、このような方法の実施のためには、映像の受送信に係る無線の免許の取得が必要となる。

### 4 河川敷地内のスペースの確保

本調査で使用したRMAX Type II やSF125T-IVに限ら

**Table 2** 撮影の対象とした頭首工  
The target headworks

名称	所在都道府県	河川	完成	新設or改修	堤体延長 (m)
森田頭首工	栃木県	那珂川水系荒川	1999 (年度)	新設	63.1
勝瓜頭首工	栃木県	利根川水系鬼怒川	1969 (年度)	新設	326.25
六堰頭首工	埼玉県	荒川水系荒川	2002 (年度)	改修	200
小沢頭首工	神奈川県	相模川水系相模川	1967 (年)	新設	222
阿賀野川頭首工	新潟県	阿賀野川水系阿賀野川	1967 (年度)	新設	206.4
石部頭首工	滋賀県	淀川水系野洲川	2003 (年度)	改修	222.4

ず、産業用のラジコン無人ヘリコプタのロータを含めた長さは概して3m程度になるので、その輸送用車両の駐車およびヘリコプタの離発着のために、頭首工周辺の河川敷地内に10m×10m程度の平坦で植生の少ないスペースが必要となる。従って、このようなスペースの有無とそこへの車両の移動経路について、事前に確認を行った。

なお、一回の離発着による撮影時間は、機種や天候によって若干の違いは生じるが、20分程度である。この情報をもとに、一回の離発着で撮影可能な凡その範囲を検討し、さらにこの範囲を撮影対象範囲全体と比較し、前述のスペースの位置と数を定めた。

ここで、「河川敷地の占有許可について（平成一一・八・五 建設省河政発六七）」には「河川敷地は、…（略）…、また、公共用物として、河川環境に配慮しつつ、他の利用に支障のない範囲で一般公衆の多様な利用に供すべきものである」とある（河川法研究会，2010）。また、この政令の別紙である「河川敷地占有許可準則」の「（占有施設）」には「占有施設は、次の各号に規定する施設とする。」とある（河川法研究会，2010）。

10m×10m程度の範囲を20分程度使用することは他者の河川敷地の利用に大きな支障とならぬと考えられ、また、ラジコン無人ヘリコプタの離発着には施設を設置する必要がないことから、ヘリコプタを用いた空中写真撮影の実施は河川敷地の占有にはあたらないと考えられる。但し、河川管理者に対して事前に確認しておくことが望ましい。

## 5 天候および時間帯等の撮影条件

産業用のラジコン無人ヘリコプタであれば耐水性は高いが、カメラのレンズに水滴が付着することを防ぐため、撮影日の天候としては、無降水であることを条件とした。さらに、飛行の安定性から風速5m/s以内となることも条件とした。時間帯としては、可能な限り逆光となることを防ぐとともに、影となる範囲を狭くするため、太陽の位置が比較的高い日中の10:00～14:00頃に撮影を行った。

## 6 撮影の対象とした頭首工

撮影は、Table 2の6箇所の頭首工を対象として行った。いずれも堆砂や河床低下等の河床状況の変動の影響を受けていると考えられるものである。

### a 森田頭首工（佐々木ら，2001；関東農政局芳賀台地農業水利事業所，2002；高木ら，2005）

森田頭首工（Table 2）は、国営芳賀台地農業水利事業により、那珂川水系荒川のうち那珂川との合流点から上流に約6kmの地点に設置されており、完成は1999年6月である。建設期間中の1998年8月と完成直後の1999年7～8月の洪水によって、堰周辺および堰上流の河道湾曲部内岸側に大規模な堆砂が発生し、取水不能となる事態が生じた。このため、堆砂対策として上流左岸側に群水制工が敷設された（2003年3月完成）。

### b 勝瓜頭首工（岩村，1992；関東農政局鬼怒川南部農業水利事業所，1976；関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所，2009）

勝瓜頭首工（Table 2）は、国営鬼怒川南部農業水利事業により、利根川水系鬼怒川のうち河口から約66.8kmの地点に設置されており、完成は1969年度である。4つの井堰や取水口、および6つの揚水機場を統合し、それらの一つの旧勝瓜用水取水堰から約400m下流に建設されたものである。完成後、約40年が経過し、頭首工本体が老朽化したことに加えて、頭首工の下流側における河床低下によってエプロンおよび護床工に破損が生じたため、国営造成土地改良施設整備事業 鬼怒川南部地区により、2009～2012年度にかけて改修工事が行われている。

### c 六堰頭首工（関東農政局大里農地防災事業所，2007）

六堰頭首工（Table 2）は、国営大里農地防災事業により、荒川水系荒川のうち河口から約86.8kmの地点に設置されており、完成は2003年3月である。昭和初期に6つの取水堰が統合された旧六堰頭首工が老朽化したため、それより約100m下流に改築されたものである。なお、旧頭首工のうち大部分は固定堰であり、新頭首工は全面可動堰である。このため、旧頭首工のうち固定堰部分の上流側に堆積していた土砂が、新頭首工付近に移動して堆積するのをいかに軽減するかが、設計時の課題の一つであった。

### d 小沢頭首工

小沢頭首工（Table 2）は、神奈川県営事業により、相模川水系相模川のうち河口から約28.8kmの地点に設置されており、完成は1967年である。その後、約40年

が経過し、頭首工の下流側における河床低下によってエプロンおよび護床工に破損が生じたため、同県営事業により、2009～2010年度頃に改修工事が行われた。

**e 阿賀野川頭首工（北陸農政局阿賀野川用水農業水利事業所，1984；岩村，1992；北陸農政局信濃川水系土地改良調査管理事務所，2012）**

阿賀野川頭首工（Table 2）は、国営阿賀野川用水農業水利事業により、阿賀野川水系阿賀野川のうち河口から約34kmの地点に設置されており、完成は1967年度である。少なくとも3つ以上の井堰や取水口を統合し、建設されたものである。完成後、約40年が経過し、頭首工本体が老朽化したことに加えて、頭首工の下流側における河床の局所洗掘によって護床工に破損が生じたため、国営造成土地改良施設整備事業 阿賀野川用水地区により、2009～2012年度にかけて改修工事が行われている。

**f 石部頭首工（福島・濱口，2002；近畿農政局野洲川沿岸農地防災事業所，2006；内藤ら，2010）**

石部頭首工（Table 2）は、国営野洲川沿岸農地防災事業により、淀川水系野洲川のうち琵琶湖から約13.7kmの地点に設置されており、完成は2003年度である。1954年に完成の旧石部頭首工が老朽化したことに加えて、気象状況の変化に伴って頭首工地点の洪水流下能力が不足したため、それより約100m下流に改築されたものである。なお、旧頭首工のうち大部分は固定堰であり、新頭首工は全面可動堰である。このため、六堰頭首工と同じく、旧頭首工のうち固定堰部分の上流側に堆積していた土砂が、新頭首工付近に移動して堆積するのをいかに軽減するかが、設計時の課題の一つであった。

### Ⅲ 撮影結果

飛行できる高度が異なるため、RMAX Type IIを使用した結果を1、SF125T-IVを使用した結果を2に分けて報告する。なお、いずれの頭首工についても堆砂除去目安範囲（I）を撮影の対象範囲とした。

#### 1 RMAX Type IIを使用した撮影結果

##### a 森田頭首工

撮影日は2010年11月30日と2011年10月21日である。堆砂除去目安範囲の全体を下流向きで撮影した結果をFig.4、同区間の全体を上流向きで撮影した結果をFig.5、同区間を部分的に鉛直下向きで撮影した結果をFig.6～Fig.7に示す。撮影高度はFig.4では約110m、Fig.5では約80m、Fig.6～Fig.7では約125～140mである。なお、1回の離発着（II 4）で堆砂除去目安範囲（I）の全体を撮影できた。

一連の撮影結果より、頭首工の上流では右岸側に、下流では左岸側に寄り州が確認される。いずれも頭首工のエプロン付近まで広がっている。さらに、頭首工の洪水吐ゲートの位置にかかるように、河川の中央にも土砂が

堆積している。これらの堆砂は地上での現地踏査でも観測できるものではあるが（Fig.8～Fig.9）、上空からの観測によってその形状や範囲がより明らかとなる。以上の状況から、建設期間中および完成直後の堆砂（II 6a）が深刻なものであったことが推測される。一方で、群水制工（II 6a）による水刃効果の影響で、右岸側にある取水口の前面への流れが確保されていることがわかる。また、2回の撮影は1年しか経っていないので、僅かであるものの、河床状況に変化が生じていることが確認され、このような撮影は定点における定期観測にも適用しうると考えられる。

##### b 勝瓜頭首工

撮影日は2010年11月30日と2011年11月4日である。堆砂除去目安範囲を部分的に下流向きで撮影した結果をFig.10～Fig.11、同区間を部分的に上流向きで撮影した結果をFig.12～Fig.13に示す。撮影高度は約100～160mである。風等の影響もあるが、RMAX Type IIが安定して飛行できる高度は、概ね200m弱のようであった。なお、5回の離発着で堆砂除去目安範囲の全体を撮影できた。

一連の撮影結果より、頭首工の上流では中州、下流では右岸側に寄り州が確認される。これらの堆砂は地上での現地踏査でも観測できるものではあるが（Fig.14～Fig.15）、本頭首工は堤体延長300m程度と非常に大規模なものであることから、その形状や範囲については十分に把握できず、上空からの観測の有効性は明らかである。また、河床低下によるエプロンおよび護床工の破損およびその改修工事（II 6b）の状況も確認される。特に、2回の撮影結果の比較によって改修工事の進捗が明らかである。このような撮影は、頭首工周辺の河床状況の定点定期観測に加えて、頭首工に関する各種工事の進捗の確認にも有効と考えられる。

##### c 小沢頭首工

撮影日は2010年12月21日と2011年11月15日である。堆砂除去目安範囲を部分的に下流向きで撮影した結果をFig.16～Fig.17、同区間を部分的に上流向きで撮影した結果をFig.18～Fig.19に示す。撮影高度は約85～170mである。なお、3回の離発着で堆砂除去目安範囲の全体を撮影できた。

一連の撮影結果より、湾曲部の内岸にあたる左岸側では、頭首工の上下流ともに大きな寄り州が確認される。これらの堆砂は地上での現地踏査でも観測できるものではあるが（Fig.20）、本頭首工も堤体延長200m程度と比較的大規模なものであることから、現地踏査よりも空中写真撮影の方が有効であることが明らかである。また、このように湾曲部に設置される頭首工としては、堆砂対策として、本頭首工のように可動堰と固定堰から構成される複合堰とすることの有効性が示唆されている。さらに、河床低下による護床工の破損およびその改修工事（II 6d）の状況も確認される。



(a) 2010年11月30日



(b) 2011年10月21日

**Fig.4** 森田頭首工の堆砂除去目安範囲の全体を下流向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Morita headworks in downstream direction



(a) 2010年11月30日



(b) 2011年10月21日

**Fig.5** 森田頭首工の堆砂除去目安範囲の全体を上流向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Morita headworks in upstream direction



(a) 上流側から 1/6 (2010年11月30日)



(b) 上流側から 1/6 (2011年10月21日)



(c) 上流側から 2/6 (2010年11月30日)



(d) 上流側から 2/6 (2011年10月21日)



(e) 上流側から 3/6 (2010年11月30日)



(f) 上流側から 3/6 (2011年10月21日)

**Fig.6** 森田頭首工の堆砂除去目安範囲のうち上流側から 1/6～3/6 の部分を鉛直下向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Morita headworks in vertical direction (1/6 to 3/6)



(a) 上流側から 4/6 (2010年11月30日)



(b) 上流側から 4/6 (2011年10月21日)



(c) 上流側から 5/6 (2010年11月30日)



(d) 上流側から 5/6 (2011年10月21日)



(e) 上流側から 6/6 (2010年11月30日)



(f) 上流側から 6/6 (2011年10月21日)

**Fig.7** 森田頭首工の堆砂除去目安範囲のうち上流側から4/6～6/6の部分を鉛直下向きで撮影した結果  
 Photograph of standard range for removing sediment of the Morita headworks in vertical direction (4/6 to 6/6)





(a) 上流側から 1/4 (2010年6月2日)



(b) 上流側から 2/4 (2010年6月2日)



(c) 上流側から 3/4 (2010年6月2日)



(d) 上流側から 4/4 (2010年6月2日)

**Fig.8** 森田頭首工の上流側の河床を地上から撮影した結果  
Photograph of upstream side of river bed of the Morita headworks from the ground



(a) 上流側から 1/4 (2010年6月2日)



(b) 上流側から 2/4 (2010年6月2日)



(c) 上流側から 3/4 (2010年6月2日)



(d) 上流側から 4/4 (2010年6月2日)

**Fig.9** 森田頭首工の下流側の河床を地上から撮影した結果  
Photograph of downstream side of river bed of the Morita headworks from the ground



(a) 上流側から 1/8 (2010年11月30日)



(b) 上流側から 1/8 (2011年11月4日)



(c) 上流側から 2/8 (2010年11月30日)



(d) 上流側から 2/8 (2011年11月4日)



(e) 上流側から 3/8 (2010年11月30日)



(f) 上流側から 3/8 (2011年11月4日)



(g) 上流側から 4/8 (2010年11月30日)



(h) 上流側から 4/8 (2011年11月4日)

**Fig.10** 勝瓜頭首工の堆砂除去目安範囲のうち上流側から 1/8 ~ 4/8 の部分を下流向きで撮影した結果  
 Photograph of standard range for removing sediment of the Katsu-uri headworks in downstream direction (1/8 to 4/8)



(a) 上流側から 5/8 (2010年11月30日)



(b) 上流側から 5/8 (2011年11月4日)



(c) 上流側から 6/8 (2010年11月30日)



(d) 上流側から 6/8 (2011年11月4日)



(e) 上流側から 7/8 (2010年11月30日)



(f) 上流側から 7/8 (2011年11月4日)



(g) 上流側から 8/8 (2010年11月30日)



(h) 上流側から 8/8 (2011年11月4日)

**Fig.11** 勝瓜頭首工の堆砂除去目安範囲のうち上流側から 5/8～8/8 の部分を下流向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Katsu-uri headworks in downstream direction (5/8 to 8/8)



(a) 下流側から 1/8 (2010年11月30日)



(b) 下流側から 1/8 (2011年11月4日)



(c) 下流側から 2/8 (2010年11月30日)



(d) 下流側から 2/8 (2011年11月4日)



(e) 下流側から 3/8 (2010年11月30日)



(f) 下流側から 3/8 (2011年11月4日)



(g) 下流側から 4/8 (2010年11月30日)



(h) 下流側から 4/8 (2011年11月4日)

**Fig.12** 勝瓜頭首工の堆砂除去目安範囲のうち下流側から1/8～4/8の部分を上流向きで撮影した結果  
 Photograph of standard range for removing sediment of the Katsu-uri headworks in upstream direction (1/8 to 4/8)



(a) 下流側から 5/8 (2010年11月30日)



(b) 下流側から 5/8 (2011年11月4日)



(c) 下流側から 6/8 (2010年11月30日)



(d) 下流側から 6/8 (2011年11月4日)



(e) 下流側から 7/8 (2010年11月30日)



(f) 下流側から 7/8 (2011年11月4日)



(g) 下流側から 8/8 (2010年11月30日)



(h) 下流側から 8/8 (2011年11月4日)

**Fig.13** 勝瓜頭首工の堆砂除去目安範囲のうち下流側から 5/8～8/8 の部分を上流向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Katsu-uri headworks in upstream direction (5/8 to 8/8)



(a) 上流側から 1/4 (2010年6月2日)



(b) 上流側から 2/4 (2010年6月2日)



(c) 上流側から 3/4 (2010年6月2日)



(d) 上流側から 4/4 (2010年6月2日)

**Fig.14** 勝瓜頭首工の downstream 側の河床を地上から撮影した結果  
 Photograph of downstream side of river bed of the Katsu-uri headworks from the ground



(a) 上流側から 1/4 (2010年6月2日)



(b) 上流側から 2/4 (2010年6月2日)



(c) 上流側から 3/4 (2010年6月2日)



(d) 上流側から 4/4 (2010年6月2日)

**Fig.15** 勝瓜頭首工の upstream 側の河床を地上から撮影した結果  
 Photograph of upstream side of river bed of the Katsu-uri headworks from the ground



(a) 上流側から 1/6 (2010年12月21日)



(b) 上流側から 1/6 (2011年11月15日)



(c) 上流側から 2/6 (2010年12月21日)



(d) 上流側から 2/6 (2011年11月15日)



(e) 上流側から 3/6 (2010年12月21日)



(f) 上流側から 3/6 (2011年11月15日)

**Fig.16** 小沢頭首工の堆砂除去目安範囲のうち上流側から1/6～3/6の部分を下流向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Kosawa headworks in downstream direction (1/6 to 3/6)



(a) 上流側から 4/6 (2010年12月21日)



(b) 上流側から 4/6 (2011年11月15日)



(c) 上流側から 5/6 (2010年12月21日)



(d) 上流側から 5/6 (2011年11月15日)



(e) 上流側から 6/6 (2010年12月21日)



(f) 上流側から 6/6 (2011年11月15日)

**Fig.17** 小沢頭首工の堆砂除去目安範囲のうち上流側から4/6～6/6の部分を下流向きで撮影した結果  
 Photograph of standard range for removing sediment of the Kosawa headworks in downstream direction (4/6 to 6/6)





(a) 下流側から 1/6 (2010年12月21日)



(b) 下流側から 1/6 (2011年11月15日)



(c) 下流側から 2/6 (2010年12月21日)



(d) 下流側から 2/6 (2011年11月15日)



(e) 下流側から 3/6 (2010年12月21日)



(f) 下流側から 3/6 (2011年11月15日)

**Fig.18** 小沢頭首工の堆砂除去目安範囲のうち下流側から1/6～3/6の部分を上流向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Kosawa headworks in upstream direction (1/6 to 3/6)



(a) 下流側から 4/6 (2010年12月21日)



(b) 下流側から 4/6 (2011年11月15日)



(c) 下流側から 5/6 (2010年12月21日)



(d) 下流側から 5/6 (2011年11月15日)



(e) 下流側から 6/6 (2010年12月21日)



(f) 下流側から 6/6 (2011年11月15日)

**Fig.19** 小沢頭首工の堆砂除去目安範囲のうち下流側から4/6～6/6の部分を上流向きで撮影した結果  
 Photograph of standard range for removing sediment of the Kosawa headworks in upstream direction (4/6 to 6/6)



(a) 上流側から 1/4 (2010年1月26日)



(b) 上流側から 2/4 (2010年1月26日)



(c) 上流側から 3/4 (2010年1月26日)



(d) 上流側から 4/4 (2010年1月26日)

**Fig.20** 小沢頭首工の周辺の河床を地上から撮影した結果  
Photograph of river bed around the Kosawa headworks from the ground

## 2 SF125T-IVを使用した撮影結果

### a 勝瓜頭首工

撮影日は2012年2月10日である。堆砂除去目安範囲をほぼ一定高度(約810m)で鉛直下向きに撮影した結果を一枚の画像に合成したものを**Fig.21**に示す。なお、3回の離発着(Ⅱ4)で堆砂除去目安範囲(Ⅰ)の全体を撮影できた。

本図では、**Fig.10**～**Fig.13**で確認される堆砂の形状や範囲が、より明らかである。画素数の高いカメラで撮影したため(Ⅱ2)、拡大すれば河床低下によるエプロンおよび護床工の破損およびその改修工事(Ⅱ6b)の詳細な状況も確認できる(**Fig.22**)。このような撮影結果は航空写真と同程度以上の情報を有すると考えられ、頭首工周辺の河床状況を把握する上で非常に有効である。

### b 六堰頭首工

撮影日は2012年1月18日である。堆砂除去目安範囲をほぼ一定高度(約350m)で鉛直下向きに撮影した結果を一枚の画像に合成したものを**Fig.23**に示す。なお、1回の離発着で堆砂除去目安範囲の全体を撮影できた。

本図より、湾曲部の内岸にあたる右岸側では、頭首工の上下流ともに大きな寄り州が確認される。全面可動堰である本頭首工は、この寄り州の影響を大きく受けており、重機等による排砂を行わなければ、洪水吐ゲートの多くが堆砂により本来の機能を発揮できない状況と推定される。ただし取水口は左岸側にあるため、取水には大きな影響は生じていない可能性が高い。小沢頭首工のような複合堰であれば、堆砂の影響は軽減されていたと考えられる。拡大すれば詳細な状況を確認できる(**Fig.24**)。

### c 阿賀野川頭首工

撮影日は2012年3月16日である。堆砂除去目安範囲をほぼ一定高度(約105m)で鉛直下向きに撮影した結果を一枚の画像に合成したものを**Fig.25**に示す。なお、2回の離発着で堆砂除去目安範囲の全体を撮影できた。

本図より、河床の局所洗掘等を対象とした改修工事(Ⅱ6e)は完了していると推定される。その他に、河床状況の変動による影響は特にないと考えられる。

### d 石部頭首工

撮影日は2012年1月19日である。堆砂除去目安範囲をほぼ一定高度(約200m)で鉛直下向きに撮影した結果を一枚の画像に合成したものを**Fig.26**に示す。なお、2回の離発着で堆砂除去目安範囲の全体を撮影できた。

本図より、頭首工の上流では左岸側に寄り州、下流では大きな中州が確認される。上流では湛水しているため、堆砂の影響は明確ではないが、下流では中州がエプロンおよび護床工上にまで広がっており、重機等による排砂を行わなければ、土砂吐および洪水吐ゲートの多くが堆砂により本来の機能を発揮できない可能性があると考えられる。拡大すれば詳細な状況を確認できる(**Fig.27**)。



**Fig.21** 勝瓜頭首工の堆砂除去目安範囲の全体を鉛直下向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Katsu-uri headworks in vertical direction



**Fig.22** 勝瓜頭首工近傍を鉛直下向きで撮影した結果  
Photograph of neighborhood of the Katsu-uri headworks in vertical direction



**Fig.23** 六堰頭首工の堆砂除去目安範囲の全体を鉛直下向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Rokuzeki headworks in vertical direction



**Fig.24** 六堰頭首工近傍を鉛直下向きで撮影した結果  
Photograph of neighborhood of the Rokuzeki headworks in vertical direction



Fig.25 阿賀野川頭首工の堆砂除去目安範囲の全体を鉛直下向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Aganogawa headworks in vertical direction





**Fig.26** 石部頭首工の堆砂除去目安範囲の全体を鉛直下向きで撮影した結果  
Photograph of standard range for removing sediment of the Ishibe headworks in vertical direction



**Fig.27** 石部頭首工近傍を鉛直下向きで撮影した結果  
Photograph of neighborhood of the Ishibe headworks in vertical direction

## IV 結 言

頭首工周辺の河床状況の概要を定期的に観測するための新しい方法として、ラジコン無人ヘリコプタによる空中写真撮影に着目し、規模の異なる複数の頭首工を対象に実施した結果、以下のことが確認された。

- (1) ラジコン無人ヘリコプタによる空中写真撮影を行えば、現地踏査と比較して、頭首工周辺の河床状況をより詳しく確認することができる。
- (2) ラジコン無人ヘリコプタによる空中写真撮影は、頭首工周辺の河床状況の定点定期観測に適用しうるだけでなく、頭首工に関する各種工事の進捗の確認にも有効である。
- (3) 主に農薬散布等の農作業を目的として開発された産業用機種が飛行できる高度であれば、堤体延長300m程度の非常に大規模な頭首工の周辺の河床の撮影も可能である。
- (4) 一般的な産業用機種と比較して、より高い位置においても安定して飛行できるように空中写真撮影に特化して開発された機種であれば、航空写真と同程度以上の情報を有する撮影結果を得ることができる。

**謝辞：**本調査の一部は、平成21～23年度 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「農業水利施設のストックマネジメント高度化技術の開発(21034, 代表：中 達雄)」の支援を受けて行った。撮影にあたっては、日本特殊撮影株式会社と株式会社スカイフォトサービスの方々のご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 福島三郎・濱口秀隆(2002)：農林水産省最大のゴム引き布製起伏堰の建設をめざして－石部頭首工の改築について－, 水と土, 130, 37-49
- 2) 北陸農政局阿賀野川用水農業水利事業所(1984)：国営阿賀野川用水農業水利事業誌「阿賀用水」
- 3) 北陸農政局信濃川水系土地改良調査管理事務所(2012)：平成24年度阿賀野川頭首工改修工事の概要について, 信調だより, 79, 7  
[http://www.maff.go.jp/hokuriku/kokuei/shinacho/pdf/79\\_all.pdf](http://www.maff.go.jp/hokuriku/kokuei/shinacho/pdf/79_all.pdf)  
(2012年11月15日閲覧)
- 4) 堀尾光広(2004)：産業用無人ヘリ搭載式作物生育情報測定装置, 農業機械学会誌, 66(2), P.8-12
- 5) 池端克則・阿部浩・南部雄二(2007)：産業用無人ヘリコプタ搭載サーモレーサによる土壌水分の推定手法, 農業土木学会誌, 75(2), 43-44
- 6) 石原藤次郎 校閲・森忠次 著(1981)：測量学2 応用編, 丸善, 254-262
- 7) 岩村勉(1992)：頭首工とともに 一技術者の記録, 全国農業土木技術連盟
- 8) 関東農政局芳賀台地農業水利事業所(2002)：国営芳賀台地農業水利事業 完工記念写真集「活力と潤いのある農業をめざして」
- 9) 関東農政局鬼怒川南部農業水利事業所(1976)：国営鬼怒川南部農業水利事業誌「鬼怒南」
- 10) 関東農政局大里農地防災事業所(2007)：国営大里農地防災事業誌「荒川の恵み」
- 11) 関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所(2009), 施設整備事業鬼怒川南部地区に着工します, 利根調だより, 41, 7  
[http://www.maff.go.jp/kanto/nouson/sekkei/kokuei/tonecho/dayori/41/41\\_6.html](http://www.maff.go.jp/kanto/nouson/sekkei/kokuei/tonecho/dayori/41/41_6.html)  
(2012年11月15日閲覧)
- 12) 河川法研究会 編(2010)：平成22年度版 河川六法, 大成出版
- 13) 菊岡武男・本田浩和(1987)：鈴鹿用水第二頭首工の調査事例－とくに護床工改修の推移について－, 農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, 10-11
- 14) 菊岡武男・本田浩和(1988)：鈴鹿用水第二頭首工の調査事例(続報)－護床工改修の推移について－, 農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, 134-135
- 15) 菊岡武男・本田浩和(1989)：堰の階段式護床工の設計－鈴鹿用水第二頭首工護床工改修計画に関連して－, 農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, 134-135
- 16) 菊岡武男・本田浩和(1990)：鈴鹿用水第二頭首工護床工の被災状況とその応急復旧工事について, 農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, 127-128
- 17) 菊岡武男・本田浩和(1991)：粟生頭首工護床工及び局所洗掘に関する調査, 農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, 144-145
- 18) 菊岡武男・増井正・荒木覚(1992)：鈴鹿用水第二頭首工護床工改修の設計について, 農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, 2-3
- 19) 近畿農政局野洲川沿岸農地防災事業所(2006)：石部頭首工技術誌
- 20) 国土開発技術研究センター 編(2010)：改訂 解説・河川管理施設等構造令, 技報堂出版
- 21) 国土交通省(2012a)：管制区等概念図  
[http://www.mlit.go.jp/koku/15\\_bf\\_000341.html](http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000341.html)  
(2012年11月15日閲覧)
- 22) 国土交通省(2012b)：進入管制区・特別管制区  
[http://www.mlit.go.jp/koku/15\\_bf\\_000342.html](http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000342.html)  
(2012年11月15日閲覧)
- 23) 国土交通省航空局 監修(2012)：航空法 平成23年7月1日現在－航空法施行令航空法施行規則航空法関係手数料令, 鳳文書林出版販売
- 24) 増井正・山本純一(1983)：取水堰の護床工についての考察, 農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, P.70-71
- 25) 三輪 弐(1982a)：取水堰付近の堆砂問題とその対策, 第26回水理講演会論文集, 69-74

- 26) 三輪 式 (1982b) : 将来計画河床高に敷高を合わせた頭首工の河床掘削計画 - S用水O頭首工の事例 -, 水と土, 48, 39-44
- 27) 三輪 式 (1987) : 将来計画河床高に敷高を合わせた取水堰の堆砂問題, 第31回水理講演会論文集, 707-712
- 28) 三輪 式 (1989) : 模型水路実験による岡島頭首工上下流の河床掘削計画の検討, 第33回水理講演会論文集, 391-396
- 29) 三輪 式 (1990) : 取水堰ゲート直下の堆砂のゲート操作によるフラッシュ過程, 水工学論文集, 34, 247-252
- 30) 三輪 式 (1991) : 現河床より低い敷高の頭首工における堆砂の予防対策, 農業土木学会論文集, 153, 93-100
- 31) 三輪 式・倉島栄一 (2003) : 頭首工災害研究におけるフィールドサイエンス的アプローチ, 農業土木学会誌, 71(1), 27-30
- 32) 三輪 式 (2012) : 取水施設の維持管理における問題と対策, 河川整備基金助成事業成果報告書  
<http://www3.kasen.or.jp/Seikasearch/index.asp>  
(2012年11月15日閲覧)
- 33) 向山信治・小杉幸夫・宇都有昭・斉藤元也・小田九二夫 (2011) : 産業用無人ヘリコプター搭載型ハイパースペクトル観測による稲葉のSPAD値推定技術に関する基礎的研究, 写真測量とリモートセンシング, 50, 90-95
- 34) 内藤馨・西澤朗・深谷康・西村竹生 (2010) : 石部頭首工魚道の設計と魚類調査について, 農業土木学会誌(水と土), 78(2), 41-44
- 35) 野口伸 (2003) : 産業用無人ヘリコプタを適用した圃場環境のモニタリング, 農業機械学会誌, 65(4), 13-17
- 36) 農林水産省農村振興局整備部水利整備課 施設管理室 (2007) : 農業水利施設の機能保全の手引き, 農業土木事業協会
- 37) 佐々木勝・中川悟・高木茂和・本多信二 (2001) : 森田頭首工付近の河道における浸水及び堆砂対策について, 水と土, 125, 76-84
- 38) 杉浦綾・野口伸・石井一暢・寺尾日出男 (2003) : 産業用無人ヘリコプタを用いた農地情報のリモートセンシングシステム(第1報) - ほ場空間データのGISマッピング -, 農業機械学会誌, 65(1), 53-61
- 39) 杉浦綾・野口伸・石井一暢・寺尾日出男 (2004) : 産業用無人ヘリコプタを用いた農地情報のリモートセンシングシステム(第2報) - 画像データの3次元マッピング -, 農業機械学会誌, 66(6), 67-74
- 40) 高木強治・小林宏康・浪平篤 (2005) : 森田頭首工の堆砂対策, 農業土木学会誌, 73(10), 43-46

---

受理年月日 平成24年12月7日

## **Aerial Photography of River Bed Around Headworks by Radio-controlled Unmanned Helicopter**

NAMIHIRA Atsushi and TAKAKI Kyoji

### **Summary**

In maintenance management of headworks, it is necessary to investigate the sediment on a river bed and the degradation of a river bed periodically and to take suitable countermeasures, before a large-scale repair work would have to be done. Then, in this paper, the focus is put on the aerial photography of a river bed around the headworks from the sky by a radio-controlled unmanned helicopter mainly developed for spraying of agricultural chemicals. This method clarifies the overview of a river bed more easily than onsite inspection and can substitute for an aerial photograph by a plane. Additionally, this method is effective for also the confirmation of the progress of the works in a river.

**Keywords** : Headworks, Sediment, Degradation of river bed, Radio control unmanned helicopter, Aerial photograph