

CCTVを利用した河川管理に関する要望と 利用者把握システムの開発の試み

NEEDS OF CCTV IN RIVER MANAGEMENT AND DEVELOPMENT OF VISITORS WATCHING SYSTEM

玉井昌宏¹・竹原幸生²・江藤剛治³・酒井信行⁴・高野保英⁵

藤田一郎⁶・綾史郎⁷・宮本仁志⁸・武藤裕則⁹

Masahiro TAMAI, Kohsei TAKEHARA, Takeharu ETOH, Nobuyuki SAKAI, Yasuhide TAKANO,
Ichiro FUJITA, Shirou AYA, Hitoshi MIYAMOTO and Yasunori MUTO

¹正会員 博(工) 大阪大学助教授 大学院工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

²正会員 博(工) 近畿大学助教授 理工学部社会環境工学科 (〒577-0818 東大阪市小若江3-4)

³正会員 工博 近畿大学教授 理工学部社会環境工学科 (〒577-0818 東大阪市小若江3-4)

⁴正会員 国土交通省近畿地方整備局淀川工事事務所工事施工管理官 (〒573-1191 枚方市新町2-2-10)

⁵正会員 博(工) 近畿大学助手 理工学部社会環境工学科 (〒577-0818 東大阪市小若江3-4)

⁶正会員 学博 神戸大学助教授 都市安全研究センター (〒657-0013 神戸市灘区六甲台町1-1)

⁷正会員 工博 大阪工業大学教授 土木工学科 (〒535-0002 大阪市旭区大宮5-16-1)

⁸正会員 博(工) 神戸大学助手 工学部建設学科 (〒657-0013 神戸市灘区六甲台町1-1)

⁹正会員 Ph.D 京都大学助手 防災研究所災害観測実験研究センター (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

CCTV (Closed Circuit TeleVision) systems are equipped in most major rivers in Japan. However they usually play only minor roles in watch and patrol activities and a publicity work at present. It is expected that the CCTV systems are applied into a variety of practical uses in river management works by introducing the latest image analyzing techniques. In this report, questionnaire is conducted to investigate needs of the CCTV among river management workers. And based on results of the questionnaire, we tried to develop a watching system which can pick up human images from an image.

Key Words : CCTV, image processing, river management, visitors watching system.

1. はじめに

国土交通省管轄の河川において、CCTVの整備が進んでおり、今後、河川管理、一般市民に対する情報提供など様々な用途に活用されることが期待される。他方、様々な工学分野において、画像データを利用した計測技術に関する研究開発が精力的に行われており¹⁾、河川流のみならず、水質や動植物、人の動きなど様々な計測が可能になってゆくものと思われる。CCTVの高度利用、あるいは、さらなる施設充実のためには、こうした最新の計測技術を積極的に導入することにより、用途の可能性について十分検討することが重要である。

本報告では、CCTV施設やその利用実態、要望等を調査することを目的としてアンケート調査を実施した。その結果から、CCTV活用に対する要望の強かった人や動植物等の動きや計数に関する画像解析技術を開発す

ることを試みた。

なお、本研究は、国土交通省近畿地方整備局淀川工事事務所と土木学会河川懇談会との間で実施している共同研究(課題名:画像計測による河川環境の総合モニタリング技術の開発)の一環として行うものである。

2. アンケート調査

(1) アンケートの方法

アンケートでは、整備状況とCCTV利用に関する要望について質問した。整備状況としては、整備期間、整備区間、管轄外河川区間における整備状況について尋ねた。また、利用の要望としては、表-1に示す小分類の項目について、画像計測を実施、計画しているか、あるいは可能であれば実施したいかについて質問した。さらに、各項目について、解決すべき問題、技術的課題について

表-1 利用に関する要望の分類

大分類	小分類
I. 河川流況	1. 水位, 2. 流量, 3. 流速, 4. 水質・水温, 5. 河床変動, 6. その他 (具体的に項目を記述)
II. 生物や生態系観察	1. 河川敷植生, 2. 鳥類等の動物生息状況, 3. その他
III. 河川公園, 親水施設等利用状況把握	1. 河川公園, 2. 親水施設, 3. その他
IV. 水面利用状況監視	1. 船舶, 2. レクリエーション, 3. その他
V. 施設監視	1. ダム・堰, 2. 堤防・管理用道路, 3. 水門・樋門等, 4. その他
VI. 不法行為の取締り	1. 盗掘・伐採, 2. 取水・排水, 3. 投棄, 4. 工事・工作, 5. 占有・繋留, 6. その他
VII. 水防活動	小分類なし
VIII. 広報活動	小分類なし
IX. その他	小分類なし

表-2 利用の要望のまとめ

分類	総合工事事務所+河川工事事務所	ダム管理事務所	ダム等工事事務所
I	○ ○ △ △ ○ △ △	△ △ △	△ △ △ ○ △ △
2	△ △ △ △ ○ △ △	○ △ ○	△ △ △ △ △ △
3	△ △ △ △ ○ △ △	△ △	△ △ △ △ △ △
4	△ △ △ △ ○ △ △	△ △	△ △ △ △ △ △
5	△		△ △ △ △
6			
II	△ △ △ △ △ △		△ △ △
1	○ △ △ △ △ △		△ △ △
2	△ △ △ △ △ △		△ △ △
3	△ △ △ △ △ △		△ △ △
III	△ △ △ △ △ △		△ △ △
1	△ △ △ △ △ △		△ △ △
2	○ △ △ △ △ △		△ △ △
3	△ △ △ △ △ △		△ △ △
IV	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
1	○ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
2	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
3	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
V	○ △ △ △ △ △	○ ○	○ △ △ △ △ △
1	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
2	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
3	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
4	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
VI	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
1	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
2	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
3	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
4	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
5	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
6	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
VII	○ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
VIII	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △
IX	△ △ △ △ △ △	○ ○	△ △ △ △ △ △

具体的に記入してもらった。

アンケートは、淀川工事事務所を通じて、近畿地方整備局管内の河川関係の工事、管理事務所に配布し、17事務所より回答を得た。また、一つの事務所からは部署別に3つの回答があり、合計19の回答を得た。名前から事務所の種類を分類すれば、道路との混合工事事務所3、河川工事事務所7、ダム管理事務所4、ダム工事事務所3である。

(2) アンケート結果の概要

表-2は、事務所部署別に、画像計測を既に実施あるいは計画中と回答した場合に○印を、また、可能であれば実施したいと回答したものを△印で示したものである。また、上記の工事事務所分類に従って、結果をグループ化して示している。

同表中、濃い灰色をつけた部分では、ほとんど利用の要望が無いが、これは、ダム管理事務所、ダム等工事事務所管内において、保全すべき重要な自然環境が無いことや河川公園が無いことなどによるものであると考えられる。また、薄い灰色部分についても、事務所間のばらつきが大きく、画像処理に対する要望は高いとはいえない。これらの領域を除けば、あらゆる分野でCCTVによる監視や画像処理による計測が期待されているようである。

表-3は、解決すべき課題として具体的に記述された事項を、計測対象別、目的別にまとめたものである。計測対象別には、人、生物、物、流水に分類される。また、計測とは直接関係しない情報発信については、これらとは別に分類した。

流水監視については、既に種々実用に供されていることから、その計測精度について疑問を投げかける意見が目立った。一般的に画像計測はテレメータ計測に比較して、低精度であると認識されており、水位、流速、流量については測定精度の検証が重要であることがわかる。また、事故等危機管理を目的として、CCTV画像データを水質監視に利用したいという要望はかなり強いようである。しかしながら、現状では、その可能性については、ほとんど検討されていない。

人の行動監視への応用に対する要望は極めて強い。その目的としては、河川公園、親水施設の利用者数把握、イベントや清掃活動参加者数把握、ダム放流時入川者監視、不法投棄監視等、多岐に渡っている。河川公園や親水施設の範囲を上手くカバーできるようにカメラが設置されていれば、利用者数把握は比較的容易であろう。一方、水防目的で人監視を行う場合には、時間的あるいは空間的な監視の空白の問題が生じるために、巡視支援程度にしか用いることができないという意見があった。しかしながら、巡視に関しても、特に時間的な空白を回避することは困難であり、CCTV監視と巡視の連携のあり方について検討することが重要である。不法投棄は、夜間に発生することが多いことから、とくに暗視と違法行為発生時の画像記録について技術的課題があると考えられる。

動植物監視の目的は、魚道内魚数把握、魚類、猛禽類等動植物生息状況把握、さらに多自然型川づくりの評価等であった。現状では利用の要望はあまり高くないが、計測の可能性を提示することが重要であると考えられる。

物の監視は、船舶航行監視、堤防、水門樋門等の施設監視、車両監視などである。施設監視については、単なる監視のみならず、将来の遠隔操作を視野に入れて、トータルな施設管理システムの中での位置付けについて明確にする必要がある。

情報発信については、水防活動、広報活動を目的として既に開始されているようである。水防や河川・自然愛護という側面から、いかに効果的な画像情報とするかに

表-3 解決すべき具体的課題

対象	目的	課題の内容（自由記述） 括弧内は事務所名
人 監 視	河川 利用	・利用者数等利用状況把握方法の問題 (和歌山工事, 淀川工事, 淀川ダム統合管理) ・魚つり, 川遊びの監視 (淀川ダム統合管理)
	ダム 放流 時監 視	・ダム放流時入川者の監視 (猿谷ダム管理, 九頭竜ダム統合管理, 足羽川ダム工事, 琵琶湖工事, 猪名川工事) ・堰操作における巡視支援 (姫路工事)
	広報	・イベント参加者数の把握
	不法 行為	・不法投棄 (和歌山工事, 琵琶湖工事, 猪名川工事) ・車両進入 (琵琶湖工事) ・テロ等危機管理 (淀川ダム統合管理) ・不適格利用者の監視 (琵琶湖工事)
生 物 監 視	全般	・多自然型川作りの評価 (姫路工事)
	植物	・中小洪水時河原攪乱の植物への影響 (淀川工事)
	魚・ 動物	・魚道魚数計測 (和歌山工事) ・猛禽類観測 (足羽川ダム工事) ・夜間における生態把握 (淀川工事) ・中小洪水時, たまり水際部の魚行動把握 (淀川工事)
	船舶 等 施設	・航行禁止区域監視 (淀川ダム統合管理, 和歌山工事) ・河川管理施設点検操作支援 (姫路工事) ・ダム堤体漏水等監視 (淀川ダム統合管理, 猪名川工事) ・ゴム堰倒伏監視 (猪名川工事) ・水門樋門監視 (淀川ダム統合管理, 和歌山工事, 琵琶湖工事)
流 水 監 視	水位 流速 流量	・計測精度の問題 (和歌山工事, 大和川工事, 琵琶湖工事) ・夜間計測の問題 (琵琶湖工事) ・カメラ性能・操作の問題 (淀川ダム統合管理, 猪名川工事) ・省力化等観測支援 (姫路工事, 足羽川ダム工事)
	水質 水温	・水質事故対策 (淀川ダム統合管理, 琵琶湖工事, 猪名川工事) ・濁度計測 (猿谷ダム管理) ・測定精度の問題 (和歌山工事, 大戸川ダム工事, 琵琶湖工事) ・水温測定 (大和川工事) ・ゴミ監視 (琵琶湖工事)
	水防 監視	・ダム放流時流水監視 (猿谷ダム管理所, 九頭竜ダム統合 管理, 琵琶湖工事, 猪名川工事) ・水防重要箇所への設置 (琵琶湖工事, 猪名川工事)
	河床 変動	・計測方法の問題 (豊岡工事, 琵琶湖工事)
	情報 発信	・放送系メディア, 自治体への情報提供 (淀川工事, 姫路工事) ・ホームページによる情報発信 (琵琶湖工事, 大和川工事) ・資料館への画像提供 (琵琶湖工事)

についても検討が必要であると考えられる。

一方、画像計測技術とは直接関係するものだけではないが、全体的な課題として、他の方法で計測されたデータとの連携（淀川ダム統合管理、木津川上流、大和川工事）、遠隔操作と人的操作との連携（猪名川工事、豊岡

工事）、荒天時の計測問題（琵琶湖工事）、監視体制の整備（猪名川工事、琵琶湖工事）、費用対効果（和歌山工事）、ＣＣＴＶ施設による景観悪化（和歌山工事）、監視空白の回避（猪名川総合、木津川上流）、危機管理における情報の取り扱い方（猪名川総合）等が、課題として挙げられていた。

3. 画像中からの人物自動抽出法の開発の試み

(1) 概要

ＣＣＴＶの有効利用に関する要望の１つに、河川利用者の把握が挙げられている。ここでは、ＣＣＴＶで撮影された画像から自動的に人物を検出する方法の１つを提案する。

画像中からの人物自動抽出法に関しては種々の方法が考えられる²⁾。例えば、一般的なものとして以下の方法が考えられる。

(a) エッジ検出法, (b) 時空間微分法, (c) 背景画像からの差分法, (d) テンプレート法, 等

(a) のエッジ検出法は画像処理の一般的なツールとして幅広く用いられている方法であり、画像の輝度の空間微分を計算することにより、輝度変化が大きいところをエッジと判断して物体を抽出する方法である。この方法では人間ばかりでなく、画像中に写っているすべての物体を抽出してしまうため、今回のような背景に色々なものが写っている場合には適さない。

(b) の時空間微分法は、オプティカルフロー法とも呼ばれ、移動物体の検出に用いられる。同一画面の２時刻の画像を用いて、時間微分、空間微分を計算して移動体の検出および移動量を求めることができる。移動していないものは検出できないという欠点を持っている。

(c) の背景画像からの差分法は、人物が写っていない背景画像と人物が写っている画像の差を取り、人物だけを抽出する。しかしこの方法では背景画像が必要となる。

(d) のテンプレート法では、人物画像のテンプレートを作成し、そのテンプレートにマッチするものを画像中から抽出し、人物と判断する方法である。人物画像のテンプレートが必要となる。特に色々な条件下での人物画像テンプレートの作成が必要となる。

本研究では、(c) の背景画像からの差分法を用いる。背景は天気、季節等、色々な状況で変化するため、その時々に応じた背景画像を準備する必要がある。そこで、まずその時々に対応した背景画像の作成法を提案する。さらに、作成した背景画像を用いて自動的に背景にない物体を抽出する方法、および抽出された物体が人物であるかどうかを判断する指標の１つを提案する。

(2) 背景画像の作成法

屋外において撮影された画像の背景は日射による輝度の変化や構造物などの陰等が写し込まれているため、そ



(a) 解析に用いた画像の1例(原画像)



(b) 2枚の画像により作成した背景画像



(c) 5枚の画像により作成した背景画像



(d) 15枚の画像により作成した背景画像

写真-1 人工的な背景画像の作成

の時々背景画像を用いる必要がある。本節では撮影した時点での人物が写っていない背景画像を人工的に作成する1つの方法を提案する。

基本的に人物は長時間全く動かず、同じ場所にとどまらんとする。数多くの画像の平均値を取れば移動している人物画像の影響は小さくなり、人物の写っていない背景画像に近くなる。原理的には、撮影しているアングルを変化させずに長時間撮影し、その平均画像を計算すれば、移動物体が消えた背景画像だけになる。

実際には30枚程度の画像の平均値を取れば十分であり、5秒ごとの画像を用いれば2、3分間程度の画像で背景画像を作成することができる。数分間の日照等の変化がなければ背景画像として十分用いることができる。

写真-1に人工的に背景画像を作成した例を示す。写真-1(a)は今回用いた画像の1例である。この画像から人物を抽出することを試みる。よってこの画像を原画像と呼び、処理を行う。

写真-1(b)は原画像と5秒後の画像との平均画像である。人物が移動しているため、人物画像部分が薄くなっていることがわかる。それに対して背景画像はほとんど変化していない。同様に5秒ごとの画像を5枚使って平均した画像が写真-1(c)、15枚使って平均した画像が写真-

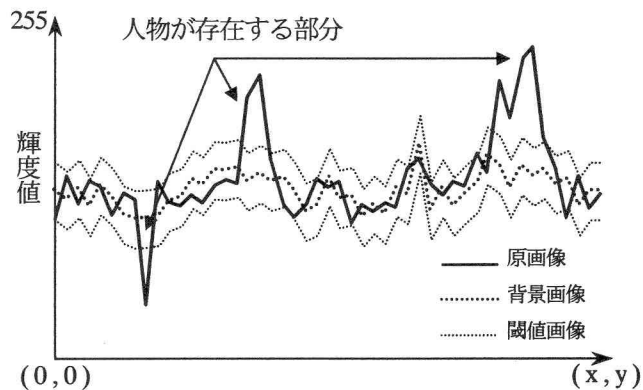


図-1 2値化の概略図

1(d)である。写真からわかるように平均に用いる画像が多くなればなるほど移動する人物の影響が小さくなり、背景のみの画像に近くなる。

(3) 2値化法

人工的に作成した背景画像を用いて人物画像と思われる画像を抽出する必要がある。画像中からの人物抽出法として最も一般的なものとして輝度差を用いる方法がある。図-1に画像中のある測線に沿った輝度分布の模式図を示す。図-1からわかるように人物画像が存在すると背景画像からの輝度のずれが生じる。よって、原画像と背景画像の差の絶対値を人物抽出の対象画像とすればよい。

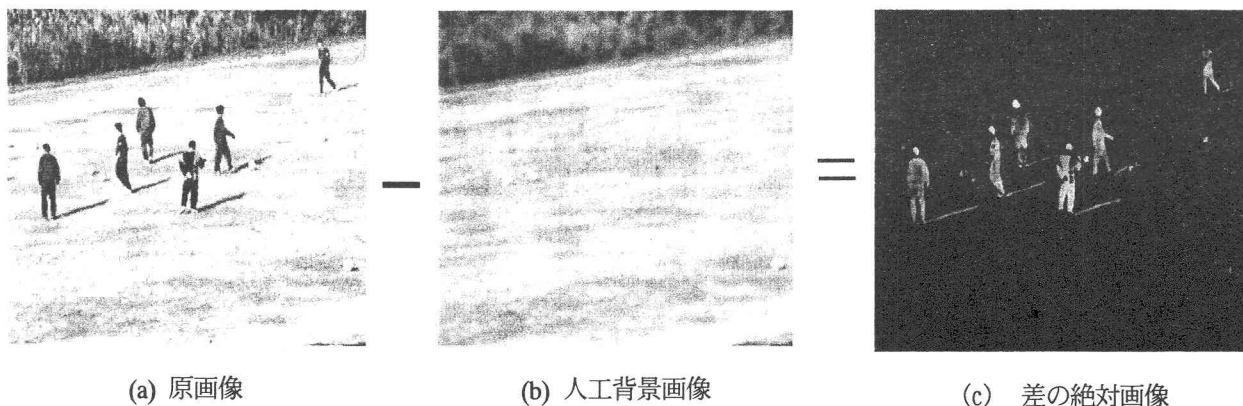


写真-2 原画像と背景画像との差の絶対画像の作成

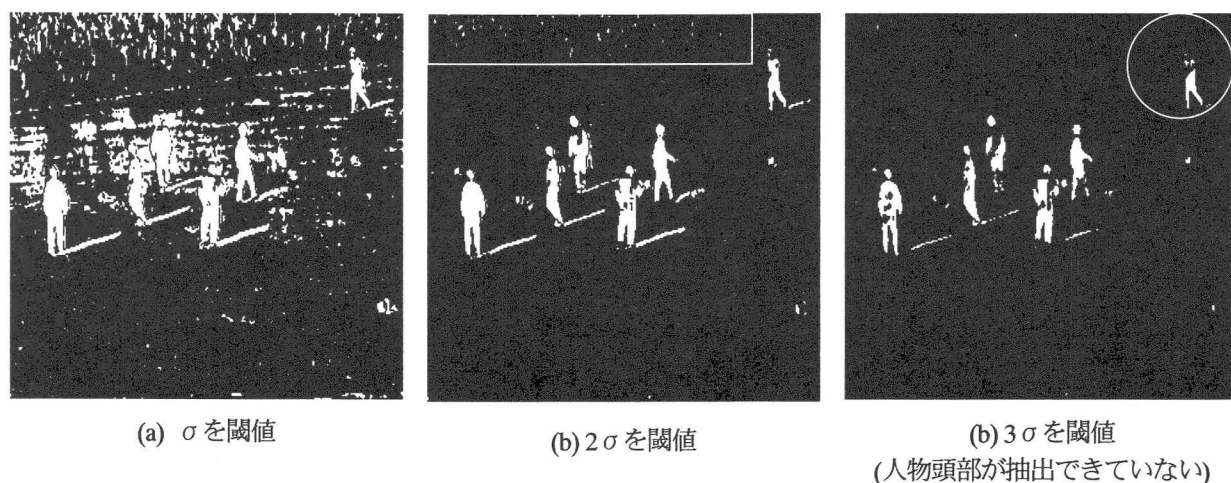


写真-3 絶対画像輝度の自乗平均値の平方根(σ)の定数倍を閾値とした場合の2値化結果

写真-2に原画像と背景画像との差の絶対値画像の作成例を示す。人物画像の部分がうまく抽出できているのがわかる。

図-1に示すように、この画像には背景のノイズ等が含まれている。人物と思われる部分の抽出にはある輝度の閾値を設定して2値化を行う必要がある。輝度の閾値の客観的な決定法として、絶対値画像に対する輝度の自乗平均値の平方根(σ)の定数倍を用いることとする。

写真-2(c)を対象として、輝度の自乗平均値の平方根(σ)を計算し、その1, 2, 3倍の輝度値を閾値として2値化した結果を写真-3に示す。 σ を閾値とした場合(写真-3(a))、背景画像がかなりノイズとして抽出されている。 2σ を閾値とした場合(写真-3(b))、背景の植生部分に少しノイズが残っている(写真中の白□印)。 3σ を閾値とした場合(写真-3(c))、背景ノイズはさらに減少する。しかし、人物画像部分の1部も消えるケースも生じる(写真中の白○印)。

以上の結果より、 $2\sim 3\sigma$ の閾値で2値化を行えば良好に2値化できることがわかった。しかし、 3σ のケースのように人物画像部分の1部が消失してしまうと、抽出された画像が本当に人物であるかどうかに誤った判断をする可能性が生じる。よって、少々ノイズを含んでいても、人物画像についてはより正確に抽出し、画像情報が

ら人物かどうかの判断を行う方がより精度がいいものとなる。

(4) 人物判断の指標

前節で述べたように、抽出された画像が人物であるかどうかの判断を行う必要がある。判断の指標には色々なものが考えられる。例えば、形状、行動、色調等が挙げられる。本研究では、まず画像の形状から人物であるかどうかを判断する指標について検討する。

人物画像の判断指標の1つとして、図-2に示すように人物の肩部より上部の形状を取り上げ、その特徴を調べてみた。本研究では、頭部幅 H_w 、頭部高さ H_h 、肩幅 B_w を用いた形状比を調べてみた。

図-3に様々な角度、アングルで撮影した画像から形状を計測した結果を示す。図-3(a)では、横軸を頭部幅 H_w 、縦軸を頭部高さ H_h としてプロットしたものである。図中の◆印は人物の真正面もしくは真後ろから撮影した場合、■印は斜め前もしくは斜め後ろから撮影した場合、▲印は真横から撮影した場合である。図-3(a)より H_h と H_w の比は、撮影した画角、角度によらずほぼ一定値を取る。最小自乗法により求めた値は、 $H_h/H_w=1.13$ であった。

図-3(b)および(c)に、肩幅 B_w と頭部高さ H_h および肩幅 B_w と頭部幅 H_w の関係を調べた結果を示す。図中の記号は図-3(a)と同じである。撮影角度によりばらつくが、一

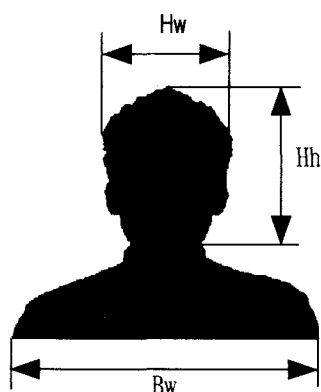
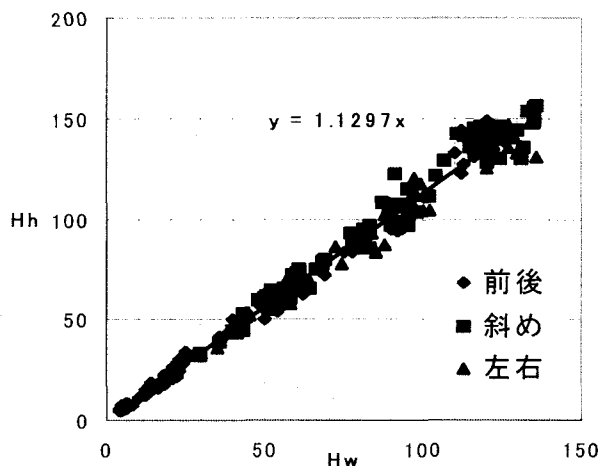
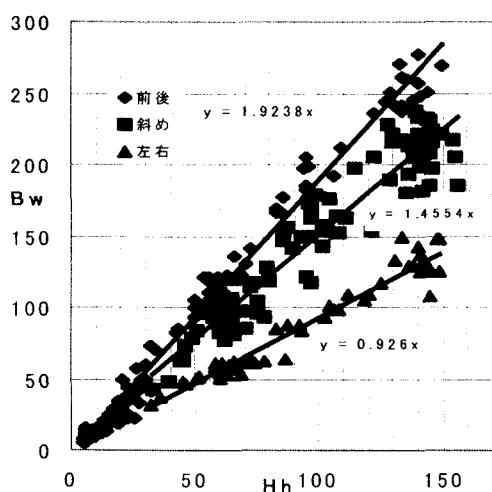


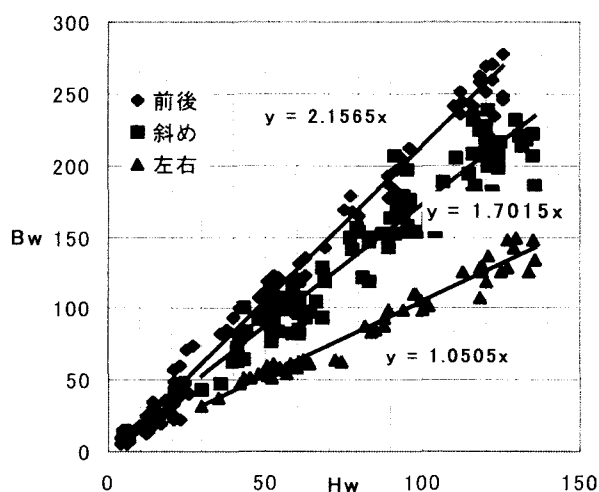
図-2 人物画像の例



(a) HwとHhの関係



(b) HhとBwの関係



(c) HwとBwの関係

単位:pixel

図-3 人物画像の形状特性

定の撮影角度では一定の比率になる。撮影角度によるバラツキは、真正面から撮影した場合と真横から撮影した場合の間で変化する。撮影角度毎のデータに対して原点を通る直線式を最小自乗法により求めた結果を図中に示している。この結果より肩幅と頭部長の比 Bw/Hh は0.93～1.92の範囲にあり、肩幅と頭部幅の比 Bw/Hw は1.05～2.16の範囲にある。

以上のような形状による指標を用いて人物であるかどうかの判断を行うことができる可能性がある。今後2値化された画像から自動的に形状を計測するアルゴリズム等の開発が必要である。

4. おわりに

本報では、全国主要河川においてCCTV整備が進行

していることに鑑み、その高度利用の可能性を探ることを目的として、アンケート調査を実施し、利用に関する具体的要望と技術的課題について抽出した。さらに、人監視に関する利用の要望が強いという調査結果を踏まえて、河川利用者の数を把握するシステムの開発を試みた。特に、画像処理には、背景画像からの差分法と人の上半身画像による人物判断指標を用いること提案した。

参考文献

- 1) 竹原幸生, 藤田一郎, 高野保英, 江藤剛治, 綾史郎, 玉井昌宏, 宮本仁志, 酒井信行, ヘリコプターを用いた実河川表面流の画像計測の試み, 水工学論文集, 第46巻, pp.809-814, 2002.
- 2) 田村秀行監修, コンピュータ画像処理入門, 総研出版, 1985.

(2002. 4. 15 受付)