

機能的階層符号化と河川監視への応用

岩橋政宏, Sakol UDOMSIRI, 今井裕二

長岡技術科学大学工学部電気系

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1

E-mail: {iwahashi@vos, sakol_ud@tech, yimai@tech}.nagaokaut.ac.jp

あらまし 河川監視のための機能的な階層符号化を提案する。従来は水位検出のための「認識」処理と、映像伝送のための「圧縮」処理が別々に構成されており、伝送データ量とハードウェア規模に冗長性がある。この冗長性を削除することで、1)基本階層からは水位検出に有効な信号が、2)更に階層を追加すると概要映像が、3)全ての階層からは詳細映像が再生される、認識機能を考慮した新しい階層符号化方式を提案する。今回は、省電力が要求されるセンサノードでの基底分解方法、水位検出処理における認識率と水位検出誤差等の実験結果について報告する。

キーワード 符号化, 認識, 映像, 河川監視, 水位

FUNCTIONALLY LAYERED CODING FOR RIVER MONITORING

Masahiro IWAHASHI, Sakol UDOMSIRI, Yuji IMAI

Dept. of Electrical Engineering, Nagaoka University of Technology

1603-1 Kamitomioka, Nagaoka-shi, Niigata, 940-2188 Japan

E-mail: {iwahashi@vos, sakol_ud@tech, yimai@tech}.nagaokaut.ac.jp

Abstract A new type of layered coding system for use of river monitoring is proposed. The bit stream produced by the system is functionally separated in sense of recognition into three layers. One is for water level detection. The second layer contains additional data for thumb-nail video signal. The third layer includes additional data for detailed video signal. Experimental results on basis function decomposition in a sensor node and water level detection are summarized in this report.

Keyword coding, recognition, video, river monitoring, water level

1. はじめに

毎年各所で発生する河川災害に対する水防活動の一環として、テレメータによる河川水位の常時監視が実施されている[1,2]。しかし、高精度な水位計と無線通信装置を搭載するため高コストであり、行政主導であるため一級河川等に限定され設置数が少ない。

一方、ネットワークカメラによる河川映像監視は比較的 low コストであるため、民間レベルにおいても多数実施されている。しかし、常時人間が映像を遠隔監視すると高コストとなるため、昼夜や天候にかかわらず安定して水位を自動検出できる映像処理技術の開発が求められている。

画像による水位検出方法としては、斜線が描かれた量水板を陸水境界部に設置し、斜線の屈曲点を水位として認識する方法が高木らにより提案され、既にダムなどで実用化されている[3-5]。しかし、量水板の汚れが水位検出を不安定としたり、物体の河川中への設置が河川法により規制されている等の問題がある。

量水板等を設置せずに水位を検出できる方法としては、水面と垂直方向にエッジ検出を行う方法がいく

つか提案されている[6,7]。こうしたアプローチにおいては、壁面の汚れへの堅牢性を向上させるため、フレーム間差分が併用される[6]。しかし、水面の乱反射、日照変化、降雨雪等の動きのある外乱による影響を受けやすくなり、安定した水位検出が困難となる。

これに対し我々は、水平方向のエッジ検出とフレーム同期加算を導入することで、水面と平行に存在する壁面の汚れ等にも、動きのある降雨雪粒子等にも堅牢な流水の水位検出法を提案した[8]。更に、エッジ検出フィルタの最適化方法についても検討した[9]。

本報告では、単に映像認識により水位を検出するのみではなく、システム全体が通信回線を効率的に利用出来るよう、データ伝送量の低減方法について検討する。更に、河川脇に設置されたセンサノードを自然エネルギーで駆動することを考慮し、ネットワークにより負荷を分散することで、センサノードを省電力化する方法を検討する。具体的には、1)基本階層からは水位検出に有効な信号が、2)更に階層を追加すると概要映像が、3)全ての階層からは詳細映像が再生されるような、機能面で階層化された符号化方法を提案する。

2. 機能的階層符号化システム

従来法では図1に示すように、MPEGのような動き補償とDCT基底分解に基づく「圧縮処理」と、フレーム同期加算とウェーブレット基底分解に基づく水位の「認識処理」が別々に実施される。この場合、時空間信号処理が一部重複しており処理上の冗長性が存在する。そこで提案法では、図2のようにフレーム同期加算と動き補償と空間方向の基底分解を、加減算とシフト処理のみで実現できる3次元ハール変換に統合する。符号化としては例えばハフマン符号化を用いる。これにより、自然エネルギーで駆動されるセンサーノードの負荷を低減し、ネットワーク経由で接続された十分な電力を確保できる別地点で水位計算を実施する。水位計算用と低解像度画像用とで優先圧縮データを共有するため、データ伝送上の冗長性も削減され通信回線を効率的に利用出来る。

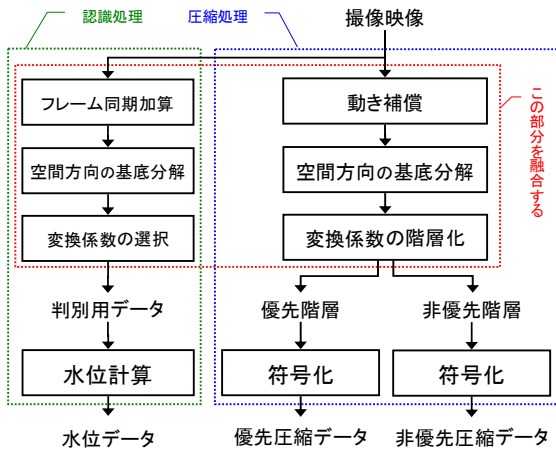


図1 水位検出用の認識処理と映像伝送用の圧縮処理を別々に内蔵する従来のセンサーノード。

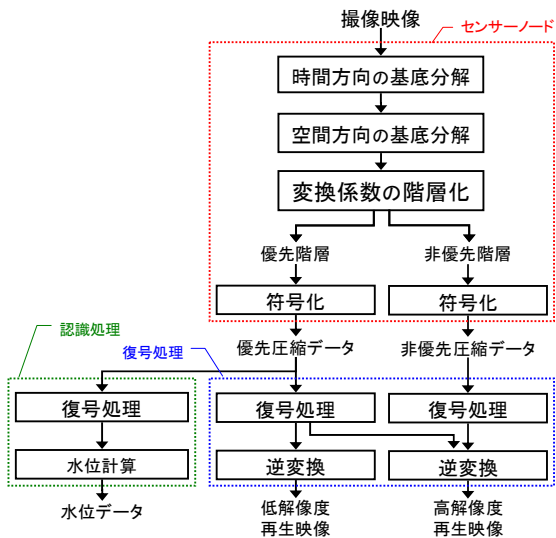


図2 提案法では水位検出のための認識処理と映像伝送のための圧縮処理が融合される。

図3には2点ハール変換を時間方向に用いてフレームをオクターブ帯域分割する様子を示す。図中の優先階層を優先圧縮データとして共有する。図4(b)のように低解像度画像は移動体がボヤけたコマ送り映像となるが、フレーム同期加算と等価であるため水位計算には適している[8-10]。本報告では、対象となる河川監視映像は動き補償の効果が少ない、監視上は遅延が許容される、移動体の消失は監視上許容される、といった仮定下で、機能的な階層化符号化を提案している。

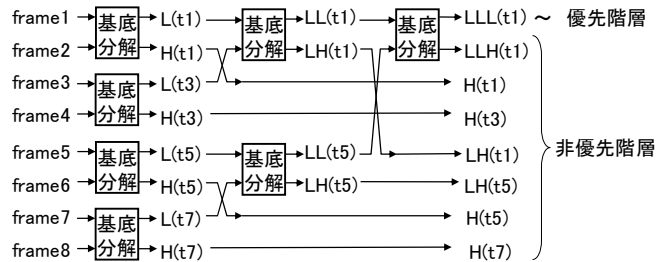


図3 時間方向の基底分解により、水位認識機能に適する第1優先階層が生成される。

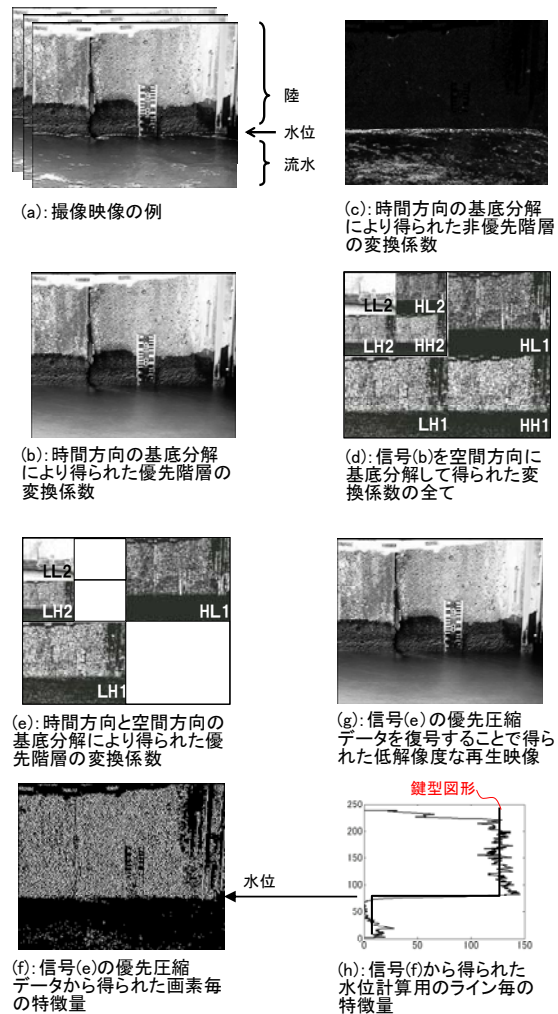


図4 提案法による処理結果の例

3. 実験結果

提案法では水位検出の意味において有効な帯域を優先圧縮データとする。この点が画質を優先する従来の階層符号化とは異なる。水位検出処理として我々は既に、ガボール変換と最尤推定によるテクスチャ判別を基に[11,12]、ガボール変換をJPEG 2000のウェーブレット変換に置換した方法を提案した[10]。本報告ではこれをハール変換に置換した場合の特性を実験的に評価する。なお、時間方向の基底分解により得られた図3の優先階層に対して、以下に記述する空間方向の基底分解を適用する。

3.1. 最尤推定による画素毎の判別

ウェーブレット変換とハール変換の比較結果を図5に示す。縦軸は画素毎の判別正解率であり、各画素毎に特徴量を求め流水領域か陸領域かを判別した。最尤推定を用い、教師領域は予め指定してある。横軸は表1に示す空間方向の2ステージ・オクターブ帯域分割による7帯域の組み合わせ番号である。高ステージは伝送データ量が少ないが水位検出の空間分解能が低い。30枚程度のフレーム同期加算が水位検出に有効なので[8,10]、時間方向には5ステージのオクターブ分割を行った。図6には図5の各場合における水位検出の誤差を画素単位で示す。

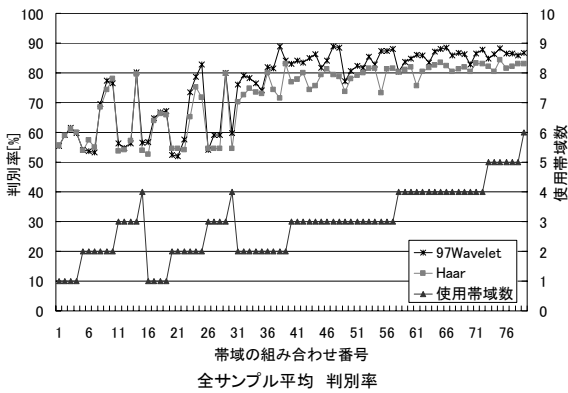


図5 最尤推定における判別正解率

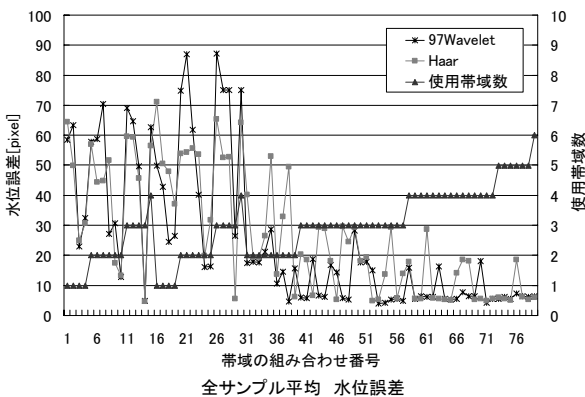
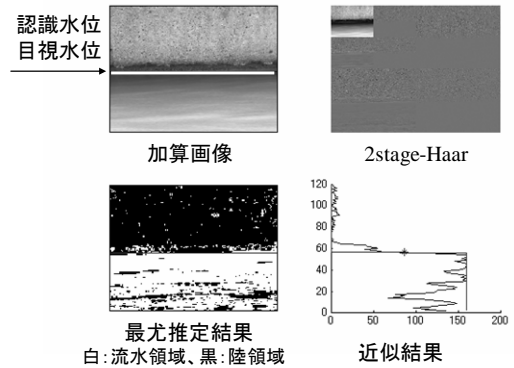


図6 図5の各場合における水位検出誤差

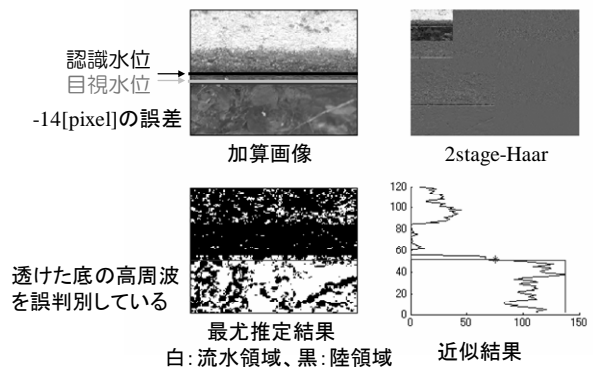
実験の結果、組み合わせ No.14 の[1HL, 1LH, 1HH]やNo.52の[2HL, 1LH, 1HL]が判別および水位検出に有効であることが分かった。とくに、1HLは1ステージ目の2HLは2ステージ目の、垂直方向に低域かつ水平方向に高域の成分であり、これらが判別に効果的であった。これは「水平方向のエッジ検出が水位検出に有効である」という文献[8,9]の結論と一致する。なお、LL帯域は判別率を下げるので[10]、優先階層に分類するが水位検出には用いない。結論として、ウェーブレット変換を処理の簡単なハール変換に置換しても水位検出上の性能はほぼ変わらないことが分かった。

表1 帯域の組み合わせ番号 (図5,6,8の横軸)

| No. | Band | 16 | 2LL | 31 | 2LH-LH | 49 | 2LH-LH-HL | 67 | 2LH-2HL-2HH-LH |
|-----|-------------|----|-----------------|----|------------|----|---------------|----|----------------------|
| 1 | LL | 17 | 2LH | 32 | 2LH-HL | 50 | 2LH-LH-HH | 68 | 2LH-2HL-2HH-HL |
| 2 | LH | 18 | 2HL | 33 | 2LH-HH | 51 | 2LH-LH-HH | 69 | 2LH-2HL-2HH-HH |
| 3 | HL | 19 | 2HH | 34 | 2HL-LH | 52 | 2HL-LH-HL | 70 | 2LH-LH-HL-HH |
| 4 | HH | 20 | 2LL-2LH | 35 | 2HL-HL | 53 | 2HL-LH-HH | 71 | 2HL-LH-HL-HH |
| 5 | LL-LH | 21 | 2LL-2HL | 36 | 2HL-HH | 54 | 2HL-LH-HH | 72 | 2HL-LH-HL-HH |
| 6 | LL-HL | 22 | 2LL-2HH | 37 | 2HH-LH | 55 | 2HH-LH-HL | 73 | 2LH-2HL-LH-HL-HH |
| 7 | LL-HH | 23 | 2LH-2HL | 38 | 2HH-HL | 56 | 2HH-LH-HH | 74 | 2LH-2HH-LH-HL-HH |
| 8 | LH-HL | 24 | 2LH-2HH | 39 | 2HH-HH | 57 | 2HH-LH-HH | 75 | 2LH-2HH-LH-HL-HH |
| 9 | LH-HH | 25 | 2HL-2HL | 40 | 2LH-2HL-LH | 58 | 2LH-2HL-LH-HL | 76 | 2LH-2HL-2HH-LH-HL-HH |
| 10 | HL-HH | 26 | 2LL-2LH-2HL | 41 | 2LH-2HL-HL | 59 | 2LH-2HL-LH-HH | 77 | 2LH-2HL-2HH-LH-HL-HH |
| 11 | LL-LH-HL | 27 | 2LL-2LH-2HH | 42 | 2LH-2HL-HH | 60 | 2LH-2HL-HL-HH | 78 | 2LH-2HL-2HH-LH-HL-HH |
| 12 | LL-LH-HH | 28 | 2LL-2HL-2HL | 43 | 2LH-2HH-LH | 61 | 2LH-2HH-LH-HL | 79 | 2LH-2HL-2HH-LH-HL-HH |
| 13 | LL-HL-HH | 29 | 2LH-2HL-2HH | 44 | 2LH-2HH-HL | 62 | 2LH-2HH-LH-HH | | |
| 14 | LH-HL-HH | 30 | 2LL-2LH-2HL-2HH | 45 | 2LH-2HH-HH | 63 | 2LH-2HH-LH-HH | | |
| 15 | LL-LH-HL-HH | | | 46 | 2HL-2HH-LH | 64 | 2HL-2HH-LH-HL | | |
| | | | | 47 | 2HL-2HH-HL | 65 | 2LH-2HH-LH-HH | | |
| | | | | 48 | 2HL-2HH-HH | 66 | 2HL-2HH-LH-HH | | |



(a) 成功例



(b) 失敗例

図7 最尤推定とハール変換による水位検出の例

3.2. 最尤推定を用いないライン毎の判別

最尤推定では教師領域を予め指定する必要がある[10]。一方、判別を画素毎ではなくライン毎に行うことで、教師領域を必要としない方法も提案されている[8,9]。図8にはハール変換について最尤推定の有無を比較した結果を示す。最尤推定無しについては、各帯域の画素値の絶対値あるいは2乗値を全帯域で加算し、更にライン毎に加算して特徴量を計算し、図4(h)の鍵型図形に当てはめて陸水境界を求めた。図から最尤推定が効果的であることが分かる。但し、図9(a)のように最尤推定無しでも水位検出できる場合もある。

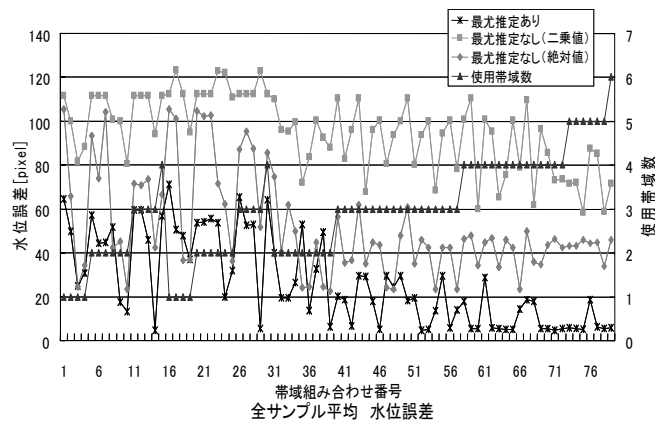


図8 水位誤差による最尤推定の有無の比較結果

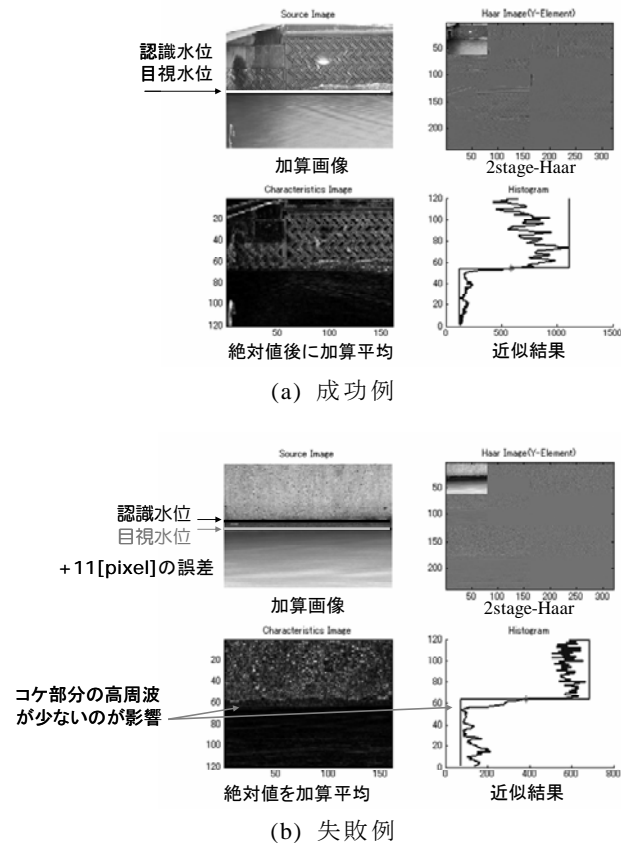


図9 ハール変換（最尤推定無し）による検出の例

4. まとめ

水位検出のための映像認識処理と画像伝送のための圧縮処理を時空間処理について統合することで、データ伝送量の低減と計算負荷のネットワーク分散を可能とする機能的な階層符号化を提案した。但し、その用途は河川監視に限定されており、伝送遅延の許容、移動体の映像上での消失、センサノードの省電力化などが要求仕様として仮定されている。今回は空間方向の基底分解と水位検出処理について検討した。今後は伝送レートについて実験的に検証する必要がある。

文 献

- [1] Ministry of international affairs and communications, Japan, <http://www.soumu.go.jp/english/index.html>
- [2] <http://www.river.go.jp/> 国土交通省、川の防災情報
- [3] Y.Takagi, A.Tsujikawa, M.Takato, T.Saito, M.Kaida, "Development of a non-contact liquid level measuring system using image processing", 7th International workshop on Instrumentation, control and automation of water and waste water treatment and transport systems, pp.409-415, 1996.
- [4] Y.Takagi, A.Tsujikawa, M.Takato, T.Saito, M.Kaida, "Development of a non-contact liquid level measuring system using image processing", Water science and technology, vol. 37, no.12, pp.381-387, 1998.
- [5] Y.Takagi, T.Yoneoka, H.Mori, M.Yoda, A.Tsujikawa, T.Saito, "Development of a water level measuring system using image processing", The 1st IWA Conference on Instrumentation, control and automation, pp.309-316, 2001.
- [6] 網島宣浩, 塩原守人, 佐々木繁, 棚橋純一, "波の影響を考慮した水位画像計測", 情報処理学会研究報告, vol.2000, No.33, pp.111-117, 2000.3.
- [7] 小林信介, 村松正吾, 菊池久和, 岩橋政宏, "Condensation アルゴリズムを用いた直線追跡と河川画像解析への応用", 映像情報メディア学会サマーセミナー, vol.30, no.42, ISSN 1342-6893, pp.5-8, Aug.2006.
- [8] 齋藤淳史, 岩橋政宏, "河川水位検出のための時空間フィルタリングに関する一検討—河川監視のためのビデオセンシング手法の検討—", 映像情報メディア学会、メディア工学研究会, ITE Tech.Rep. vol.30, no.17, pp.75-76 (2006.2)
- [9] 和田祐一, 岩橋政宏, "河川の陸水判別に特化したフィルタの最適化に関する一考察", 映像情報メディア学会サマーセミナー, vol.30, no.42, ISSN 1342-6893, pp.59-62, Aug.2006.
- [10] 今井裕二, 岩橋政宏, "基底分解に基づく河川水位検出アルゴリズムとその効果—河川監視のためのビデオセンシング手法の検討—", 映像情報メディア学会、メディア工学研究会、ITE Tech.Rep. vol.30, no.17, pp.73-74 (2006.2)
- [11] H.Tanaka, Y.Yoshida, K.Fukami, H.Nakano, "Texture Segmentation using Amplitude and Phase Information of Gabor Filters", IEICE Trans. D-II, vol.J84-DII, no.12, pp.2565-2576, Dec. 2001.
- [12] D.Dunn, W.E.Higgins, "Optimal Gabor Filter for Texture Segmentation", IEEE Trans. Image Processing, vol.4, no.7, pp.947-964, 1995.