

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500110

研究課題名(和文) 2次元パターン反辞書法に基づく高解像度MPEG圧縮映像に適したシーン検出

研究課題名(英文) Scene Detection from High Definition MPEG Compressed Video Using Two Dimensional Anti-Dictionary

研究代表者

森田 啓義 (MORITA, Hiroyoshi)

電気通信大学・その他の研究科・教授

研究者番号：80166420

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：MPEG圧縮ビデオの符号化データを直接利用したビデオシーン解析手法を提案し、サッカーにおけるハイライトイベントシーンの検出に適用し、再現率86%、適合率90%以上を達成した。提案方式では、MPEG圧縮ビデオデータに含まれる符号器の種別を表すマクロブロックタイプ情報が重要な役割を担っている。そこで、MBTを2次元に配置したMBTパターンを解析するのに有効な手法として、2次元反辞書符号化法を提案する。2次元反辞書とは、与えられた2次元パターンに出現しない部分パターンの中で極小のものからなる集合である。本研究では、2次元反辞書の構築方法を与え、ビデオ解析への適用について考察した。

研究成果の概要(英文)：We propose a method for analyzing video scenes directly from MPEG compressed video data without decoding it to pixel domains, and apply it to football programs to detect highlight-event scenes like corner kicks or goal shots. The proposed method achieves 86 % recall rate and 90 % precision rate in our experiments. In the proposed method, the information of macro block type (MBT) which indicates which type of coding methods is used for encoding each macroblock in a video frame, plays an important role. As a useful tool to analyze MBT pattern which is an array of MBT's in a frame, we propose a two dimensional antidictionary coding method. A two dimensional antidictionary of a given pattern P is a set of minimum forbidden pattern which does not appear in P but whose sub-patterns appear in P. In this research, we establish a method for construction a two dimensional antidictionary and consider applying it to video analysis.

研究分野：情報理論，画像工学

キーワード：反辞書 オートマトン 確率モデル MPEG2 シーン検出 ビデオ解析

1. 研究開始当初の背景

地上デジタル放送の開始、大型ディスプレイの普及などにより、各家庭において手軽に録画したビデオを楽しむ機会が増えるにしたがい、膨大に蓄積されたビデオの中から見たいシーンを即座に見つけ出す検索エンジンへの需要が増々高まっている。シーン検索のためには、文字多重放送や字幕放送のテキストを利用したり、あるいは音声情報を利用する方法も数多く提案されている。しかし、主流は、映像から直接シーンを解析する方法である。とくに、スポーツ番組などでは野球のホームラン、サッカーのゴールシュートなど、視聴者が見たいハイライト・シーンには、テキスト情報がなかったり、大声援のため音声解析が効果的とは限らないため、映像解析は不可欠である。

従来の映像解析は、画素単位に色・輝度情報を処理する方法が大半を占めていたが、最近、MPEG 圧縮ビデオの符号化データを直接利用する方法が注目されている。例えば、フレーム予測符号化方式の動き補償で生じる動きベクトルは、移動物体の検出に広く用いられている。本研究では、MPEG 標準規格で圧縮されたビデオデータに含まれるマクロブロックタイプ (MBT) という圧縮パラメータに着目する。MPEG エンコーダにおいては、各フレームを圧縮する際に、まずフレームをマクロブロックとよばれる小領域に分割し、マクロブロック単位で複数の符号化法を並列的に用いて圧縮を行う。このとき、もっとも圧縮効果が優れていた符号化法で処理された圧縮データが、どの符号化法を用いたかという情報とともに符号器から出力される。MBT は出力された符号化法を表すタグ情報である。

研究代表者は、この MBT を 2 次元に配置した MBT パターンは、シーンが変化するフレーム (カット点) の前後で顕著に変化することを明らかにした [1]。図 1 にカット点で MBT パターンの変化の様子を示す。

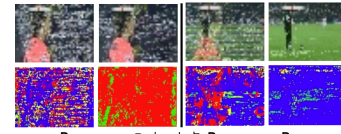


図 1. カット点での MBT パターンの変化 (SD 画像)

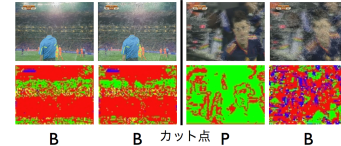
この性質を用い、研究代表者は DVD 画質に相当する SD 画像 (画素数構成: 720 × 480) を対象にして、カット点検出の適合率 95%、再現率 90% 以上を達成した [2, 3] (適合率は値が高いほど見誤りが少なく、一方、再現率は値が高いほど見落としが少ないことを示す)。しかし、一般に HD 画像とよばれる、現在の地上デジタル放送の規格 ISDB-T では、画素数構成が 1440 × 1080、あるいは、1920 × 1080 と大幅に増え、エンコーダの処理時間を画像再生に間に合わせるため、各社のエンコーダで独自の工夫がなされている。MPEG2 規格準拠とはいっても放送局・番組ごとに、エンコーダ細部の仕様が異なり、その内部での予測符号化の用いられ方が大きく異なっている。そのため、HD 画像の場合は、図 2 に示すように、カット点における MBT パターンの変化は SD 画像の場合に比べ、変化が多様化し、誤検出の増加を招く結果となっている。そのため、

予備実験の結果では、SD 画像に対する従来法の適合率が約 50% に半減した。

HD 画像に対してシーン解析を実現するために、この適合率の改善は急務であり、新しい手法の開発が求められている。



(a) HD 画像の MBT パターン 1



(b) HD 画像の MBT パターン 2

図 2. カット点での MBT パターンの変化 (HD 画像)

2. 研究の目的

本研究では、この誤検出の問題を解決するために、2次元反辞書を用いて MBT パターンを解析する方法を提案する。2次元反辞書とは、与えられたパターンにおいて、そこには出現しないあらゆるパターンの中で極小のもの (極小禁止パターン, Minimal Forbidden Pattern, 略して MFP) からなる集合である。図 3 に 2次元反辞書の例を示す。

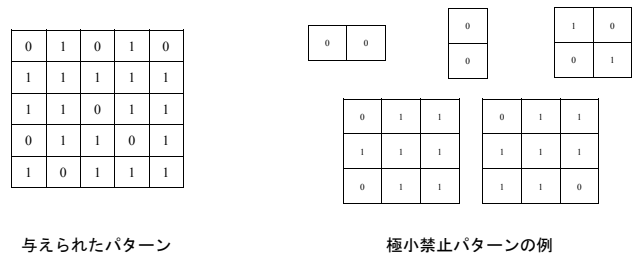


図 3. 2次元反辞書の例

図中の右側の 5 つの MFP は左側のパターンにはどれも含まれていないが、各 MFP の上下ならび左右の両端の 1 列をどれか一つでも削除すると、出来上がった部分パターンはどれも元の左側のパターンに含まれているという意味で極小である。2次元反辞書については MFP の定義が提案されているものの [4]、パターンに含まれる MFP を効率的に列挙する方法など、重要な課題が未解決のまま残されている。

本研究では期間内に以下の研究課題に取り組む。

1. 2次元反辞書の効率的な構築法の確立。
2. さまざまなシーンの特徴を MBT パターンの MFP による把握。
3. スポーツ映像のシーン検出への提案法の適用。
4. 2次元反辞書構築法の計算量評価。

さらに本研究では、MPEG2/4 準拠のエンコーダに備えられている動き補償予測と呼ばれる圧縮技法に着目する。この技法は、本来は、より高い圧縮性能を引き出すために開発されているが、その実態は、被写物体

の時空間的な移動変化を測定するビデオ解析技術である。すなわち、MPEG エンコーダはビデオを効率よく圧縮するために、高度な動画解析を圧縮の段階で行っており、その解析結果が符号化パラメータという形で圧縮データの中に含まれている。本研究では、このパラメータを利用して、MPEG 圧縮システムの新しい応用を切り拓く点に特色がある。

3. 研究の方法

3.1. シーン変化と MBT パターンとの関係

ビデオシーンから MBT パターンを作成するには、研究室ですでに開発したプログラムを用いる。このプログラムは、オープンソースの MPEG デコーダとして広く普及している ffmpeg ライブラリに含まれる avcodec を利用して、必要な符号化パラメータをフレームごとに抽出し、同じくオープンソースの openCV ライブラリを利用して、MBT パターンを作成する。

研究室のビデオサーバには、2006 年、2010 年のワールドカップのほぼ全試合(120 余り)が収録されている。すべて MPEG2 で圧縮されているが、2006 年のものは SD 画像、2010 年のものは HD 画像なので、両者を違いを比較しながら、シーンの変化とそれに付随する MBT パターンの変化の関係を定量的に調査する。

地上波デジタル放送の録画データを対象にした予備実験では、HD 画像の B フレームに含まれる MBT の頻度分布は、各放送局ごとに大きく異なっている。これら各社のエンコーダの違いを考慮し、カット点における MBT パターンの特徴的な変化を見出す。

3.2. 1 次元反辞書生成法の実装

1 次元反辞書は、与えられた 1 次元記号列に出現しない長さが極小の系列 (MFW) からなる集合である。本研究代表者らは、これまでに、木構造を用い、記号列長さに比例した計算時間・メモリ量で反辞書集合を構成する算法を提案している [5]。本研究ではこの算法を高機能デスクトップマシン上に実装する。

さらに、ヒルベルト曲線などの空間充填曲線を用いて MBT パターンを 1 次元記号列に変換した上で、MFW を求めることにより、カット点の前後におけるフレームと MFW の統計量 (MFW の長さ分布、個数など) の関係を調べ、シーン変化を MFW によって特徴づける。

2 次元反辞書の生成法についてはまだ未解決の部分も多い。しかし、本計画の方法に基づく 1 次元反辞書を用いれば、2 次元反辞書とシーン変化の関係を推し量る上で有用な知見が得られる可能性が高く、2 次元反辞書生成のなんらかの指針が得られると期待している。

3.3. 2 次元反辞書生成法の構築とプログラム実装

2 次元反辞書の実装と多値アルファベットへの対応を行う。MBT パターンを構成する、各 MBT は、イントラ符号化、順方向予測など少なくとも 4 種類存在するので、4 元パターンの中から、MFP を見出せるようにプログラムを組む。また、実際の MBT パターンに適用しつつ、MFP のサイズを縦横 $5 \times 5, 8 \times 8$ 程度に制約することによって、辞書の大きさを抑える。

平行して、サイズ制約のない場合においても反辞書の大きさについて評価を行う。1 次元の場合は、反辞書の大きさは記号列の長さに比例することがすでに証明されている [6]。しかし、2 次元以上の場合については、理論的にはまだ最終的な結果は得られていない。MFP は MFW に較べ定義の自由度が増えているので、よい MFP の定義を見出すことで問題の難しさを克服できる可能性がある。

3.4. MFP とシーン変化点の関係

2 次元反辞書生成法で求められた MFP と、収集したさまざまなシーンの MBT パターンとの関係を定量的に解明する。特に、どのような MBT パターンにどれくらいの数の MFP が含まれるのか、シーン変化に対応した MBT パターンでは、MFP に関する統計量がシーン変化でどう変化するかに焦点をあてて調査する。

3.5. 2 次元反辞書生成法の高速化・省メモリ化

MFP の定義方法、2 次元反辞書のデータ構造をさらに検証することにより、計算時間、使用メモリ量の削減を図る。メモリ削減に関しては、データ構造に配列を用いる。反辞書を配列で表す試みはすでに、1 次元の場合では大きな成果を上げており、メモリ量は、木構造に較べ、1/100 程度に減少している [7]、2 次元反辞書生成にも効果が期待できる。

3.6. 提案シーン検出法の性能評価

これまで収録したスポーツ番組映像を対象にした計算機実験により、MBT パターンから取り出された MFP の統計量から、映像のシーン変化ならびにシーンの特徴付け、ならびにシーンの分類の性能を定量的に評価し、従来法と比較する。これらの過程で求めた新しい知見は適宜、国際シンポジウムでの発表、論文誌への掲載という形で、公知に務める。

4. 研究成果

本研究の成果は大別すると次の通りである。

- ① 1 次元反辞書生成法の実装
雑誌論文 (1, 2), 学会発表 (3, 6, 7, 8, 10)
- ② MPEG 圧縮映像からのシーン解析
学会発表 (5, 11)
- ③ 反辞書符号化法の応用
(心電図波形データへの適用)
雑誌論文 (3), 学会発表 (9)
- ④ 2 次元反辞書の構築
学会発表 (4)
- ⑤ 2 次元反辞書を用いた符号化法の提案
学会発表 (1,2)

以下では、各項目についてさらに詳しく述べる。なお文中で用いる記号 (雑 1) (学 2) などは、本研究の発表論文リストにおける、雑誌論文 (1), 学会発表 (2) をそれぞれ意味する。

① 1次元反辞書生成法の実装

本研究代表者らによってすでに提案されている1次元データに対する反辞書生成法では、反辞書の内部表現のために木構造が用いられている。木構造へのアクセスにはポインタが多用されるため、その方法は線形時間・メモリで反辞書を生成することが保証されているにも関わらず、実用上は、僅か1ビットの情報を格納するにもその何10倍ものメモリ量が必要となる。

そこで木構造を配列に置き換えた反辞書配列生成法を新しく考案した。この方法は、従来法に比べ、メモリ量で2/5、計算時間で1/20の削減が可能であることを計算機実験で示すとともに、入力データ長さに比例するオーダの時間・メモリで反辞書を構築できることを示した(雑2,学10)。

また反辞書を用いてデータを無歪みに圧縮符号化するためには、圧縮されたデータだけでなく、それに用いた反辞書そのものを効率よく符号化する必要がある。一方、Dube・横尾らによって提案されている部分列数数え上げ符号化法で用いられる状態遷移図は、反辞書符号化法で用いられる反辞書オートマトンとよく似た構造をしていることに着目し、その両者がグラフ構造上同型であることを示した(学1,学7)。

この部分列数数え上げ符号化法でも、圧縮されたデータ以外に、用いた部分列の頻度を符号化する必要がある。しかし、この情報は反辞書そのものを符号化する場合に比べ、はるかにデータ量が少なく済む。しかも、両者の同型関係より、部分列の頻度の情報から反辞書オートマトンを構築することが可能である。そこで、この事実を用いて、定常有限状態情報源に対して、反辞書符号化法の漸近最良性(データ列が長くなるに従い、圧縮率が達成限界であるエントロピーレートに近づくという性質)を示めした(学3)。さらに、これまでの部分列数数え上げ符号化法は対象データが2値データに限られて飯田が、それを一般の多値データへの対応を図った(学6)。

さらに、反辞書をデータを読み込みながら動的に構成する算法を構築した(雑1)。これは、動的な接尾辞木生成法として知られる二つの手法、すなわち、入力データ列を先頭から逐次に処理するUkkonenの算法と、逆に末尾から先頭に向かって処理するWeinerの算法を組み合わせている。このような特徴をもつ二つの算法を組み合わせるにより、接尾辞木から反辞書木を構成する上で問題であったポインタ処理の問題を解決した。

② MPEG圧縮映像を用いたシーン解析

シーン解析については、カット点検出性能の向上のために、圧縮動画中の各フレームのマクロブロックに含まれるMBTを2次元上に並べたMBTパターンを作成し、MBTパターンの分類方法について再検討を行った。従来法では、MBTパターンを3つのカテゴリーに分類していたが、研究対象のSD画像からHD画像へ移行にともない、9つのカテゴリーへ細分化した。これによって、研究当初に懸念された、SD解像度(720×480画素)からHD解像度(1920×1080)への解像度増加に

対応し、HD画像におけるカット点検出率がSD画像と同程度に向上した(学11)。

この改良したカット点検出を、HD解像度で放映されたサッカー映像を対象として、ゴール付近で起こるイベントシーン検出に適用した。イベントシーン検出のためには、カメラの切り替わりにもなう画像カット点を精度よく求めることが、隣接するカット点間であるショットの特徴量の変動をより正確に判断する上で欠かせない。提案法を用いることにより、イベントシーン検出性能が従来法を上回る、再現率86.2%、適合率90.8%を達成した(学5)。

③ 反辞書符号化法の応用

反辞書符号化法は、与えられたデータ列から構築された反辞書を用いた無歪みのデータ圧縮符号化である。本研究では画像などの2次元データ列の反辞書に対する符号化を考える切っ掛けとするため、まずは、1次元データに対する反辞書符号化法を利用して、波形データに突発的に出現する異常波形検出へ適用した。

具体的には、波形データとしてインターネットで公開されている心電図波形に着目し、心電図波形における不整脈検出へ反辞書符号化法を適用した。

一般に、正常な心電図波形からみると、波形が全く異なる不整脈は、正常波形には出現しないデータ列と見なすことができる。この考えに基づき、まず、正常心電図波形の反辞書を構築した。次に、この反辞書を表現する反辞書オートマトンを作成し、そのオートマトンに含まれるノード間の遷移頻度に基づいて確率モデルを生成した。この確率モデルを反辞書確率モデルとよぶ。

正常心電図波形に基づく反辞書確率モデルでは、不整脈には非常に小さい確率が付与される。このことはデータ圧縮の立場からすると、不整脈部分の圧縮率は正常な部分に比べて大きく劣化することを意味する。この原理に基づいて、不整脈の検出を行うというのが提案方式の考え方である。提案方式をインターネット上で公開されているMIT-BIH不整脈データベースに適用し、平均11Kバイトほどの少ないメモリ量で従来法とほぼ同等もしくはより優れた検出性能を得た(雑3,学9)。

④ 2次元反辞書の構築

画像や図形など2次元配列として表現される2次元データに対する2次元反辞書とは、その2次元データに出現しない長方形パターン(禁止パターン)の中で、禁止パターンの1)左端列、2)右端列、3)最上行、4)最下行のうち、どれか一つを取り除いて得られる4つの部分パターンが全て元のパターンに必ず出現する、という極小制約を満たす禁止パターン(極小禁止パターンとよぶ)の集合である。

例として、左下に示した3×3パターン p に対する極小禁止パターンの一つ f をその右隣に示す。

$$p: \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \quad f: \begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 1 \\ \hline 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

この極小禁止パターン f は左のパターンには出現しないが、一方その4つの部分パターン

$$\begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline 0 \\ \hline \end{array}$$

はどれも p に含まれている。ちなみに、この p は、 f を含め、合計16の極小禁止パターンをもつ。

この定義に基づき、与えられた2次元データ(あるいは2次元パターン)から2次元反辞書が構成されたとして、その反辞書を用いた符号化方式を考案した(学4)。

あわせて、任意の2次元パターンに対する2次元反辞書が与えられたら、その情報から元の2次元パターンが完全に復元できることを明らかにし、そのための手続きをアルゴリズムとして与えた(学4)。この結果は、2次元反辞書を用いた2次元パターンの圧縮法の復号器を構成するための基本的な成果である。

⑤ 2次元反辞書を用いた符号化法の提案

2次元反辞書から元の2次元パターンを復元することは可能になったが、それだけでは、2次元反辞書の構築は、依然、総当たり探索を行うしか方法がなく、サイズが大きい画像に対しては、実用上は反辞書構築が非常に困難である。この問題を解決するために、極小禁止パターンを列数ならびに行数で分類して、一定の大きさの列数ならびに行数ごとに作成した1次元反辞書オートマトンを重ね合わせたものを2次元の反辞書オートマトンとして提案した(学2)。

上述の2次元パターン p に対する2次元反辞書オートマトンの例を図1に示す。

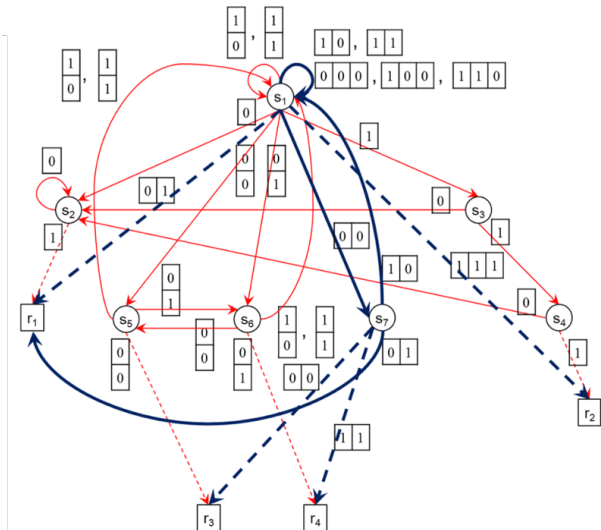


図1. 3×3 の2次元パターン p に対する2次元反辞書オートマトンの例

図1の赤線は列方向に同じ行数の極小禁止パターンを並べて作成された1次元オートマトンの状態遷移を表している。一方、青線は、行方向に同じ列数の極小禁止パターンを並べて作成された1次元オートマトンの状態遷移を表している。

さらに、文献(学1)では、この2次元反辞書オートマトンを用いた反辞書符号化法の符号化アルゴリズムと復号化アルゴリズムを与えた。

なお今後の課題として、

- (1) 提案した両アルゴリズムの計算量の理論的評価
- (2) 提案2次元反辞書符号化法の圧縮効果の検討
- (3) とくに MBT パターンへの符号化アルゴリズムの適用

を継続して行う予定である。これらについては、成果がまとまり次第、学会・雑誌などで発表を行う。

< 引用文献 >

- [1] 青木, 森田, 荒俣, 西新, “マクロブロックタイプを用いた MPEG2 圧縮動画のカット点検出,” 情報処理学会論文誌: コンピュータビジョンとイメージメディア, vol. 46, no. SIG15, pp. 51-58, (2005).
- [2] 瀬上, 森田, バスカラ・ヌグラハ, “グラウンド境界線の傾斜度を用いた MPEG2 サッカー映像からのイベントシーン検出,” 信学全論文集, D-12-33, p.114, (2010).
- [3] 森田, 他3名, “カット点検出システムおよび該カット点検出システムを用いたショット識別システム, カット点検出方法, 並びにカット点検出プログラム,” 特許第 4719889 号 (2011).
- [4] M. Béal, F. Fiorenzi, and F. Mignosi, “Minimal forbidden patterns of multi-dimensional shifts,” *International Journal of Algebra and Computation (IJAC)*, pp.73-93, (2005).
- [5] T. Ota and H. Morita, “On the Construction of an Antidictionary with Linear Complexity Using the Suffix Tree,” *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E90-A, pp. 2533-2539, (2007).
- [6] M. Crochemore, F. Mignosi, A. Restivo and S. Salemi, “Data compression using antidictionaries,” *Proc. of the IEEE*, vol. 88, no. 11, pp.1756-1768 (2000).
- [7] H. Morita, H. Fukae, and T. Ota “An Efficient Construction of Antidictionary Using Suffix Array,” *Proc. of AEW7*, pp.79-81, (2011).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- (1) Takahiro Ota, Hirotsada Fukae, Hiroyoshi Morita, “Dynamic construction of an antidictionary with linear complexity,” *Theoretical Computer Science*, vol. 526, no. 20, pp. 108-119, Mar. 2014. (査読有)
- (2) 深江 裕忠, 太田 隆博, 森田 啓義, “配列を用いた反辞書の線形構築法,” 電子情報通信学会論文誌

A 分冊, vol. J97-A, no. 1, pp.33-44, Jan. 2014. (査読有)

- (3) Takahiro Ota, Hiroyoshi Morita, and Adriaan J. de Lind van Wijngaarden, “Real-Time and Memory-Efficient Arrhythmia Detection in ECG Monitors Using Antidictionary Coding,” *IEICE Trans. on Fundamentals*, vol. E96, no.12, pp.2343–2350, Dec. 2013. (査読有)

[学会発表] (計 11 件)

- (1) 太田 隆博, 森田 啓義, “オートマトンを用いた 2 次元の反辞書符号化法の検討,” 信学技報, 114(470), pp.103-109, 北九州市立大学ひびきのキャンパス (福岡県北九州市), Mar. 2–3, 2015.
- (2) 太田 隆博, 森田 啓義, “木を用いた 2 次元の反辞書構築手法,” 第 37 回情報理論とその応用シンポジウム予稿集, pp. 349–354, 宇奈月ニューオータニホテル (富山県黒部市), Dec. 9–12, 2014.
- (3) Takahiro Ota and Hiroyoshi Morita, “On a Universal Antidictionary Coding for Stationary Ergodic Sources with Finite Alphabet,” *Proc. 2014 Int’l Symp. on Information Theory and its Applications*, pp. 294–298, Melbourne (Australia), Oct. 26–29, 2014. (査読有)
- (4) Takahiro Ota and Hiroyoshi Morita, “On a Two-Dimensional Antidictionary Coding,” *Proc. 2014 Int’l Symp. on Information Theory and its Applications*, pp. 289–293, Melbourne (Australia), Oct. 26–29, 2014. (査読有)
- (5) Jiang Feihu, Hiroyoshi Morita, and Akiko Manada, “Semantic Analysis of Structured High-definition MPEG-2 Soccer Video Using Bayesian Network,” *Proc. Information Systems International Conference*, Bali (Indonesia), pp.483–490, Dec. 2013. (査読有)
- (6) 太田 隆博, 森田 啓義, “多値アルファベットに対するユニバーサルな 2 パス反辞書符号化法,” 第 36 回情報理論とその応用シンポジウム予稿集, pp. 422–427, 伊東ホテル聚楽 (静岡県伊東市), Nov. 26–29, 2013.
- (7) Takahiro Ota and Hiroyoshi Morita, “On Antidictionary Coding Based on Compacted Substring Automaton,” *Proc. 2013 IEEE Int’l Symp. on Infor-*

mation Theory, pp. 1754–1758, Istanbul (Turkey), July 2013. (査読有)

- (8) 太田 隆博, 森田 啓義, “部分列数数え上げ符号化法を用いた反辞書符号化法について,” 第 35 回情報理論とその応用シンポジウム予稿集, pp. 508–513, 別府湾ロイヤルホテル (大分県速見郡日出町), Dec. 11–14, 2012.
- (9) Takahiro Ota and Hiroyoshi Morita, “On Real-Time Arrhythmia Detection in ECG Monitors Using Antidictionary Coding,” *Proc. 2012 Int’l Symp. on Information Theory and its Applications*, pp. 194–198, Hawaii (U.S.A.), Oct. 28–31, 2012. (査読有)
- (10) Hirotsada Fukae, Takahiro Ota, and Hiroyoshi Morita, “On fast and memory-efficient construction of an antidictionary array,” *Proc. 2012 IEEE Int’l Symp. on Information Theory*, pp.1097–1101, Boston (U.S.A.), July 1–6, 2012. (査読有)
- (11) 保坂 理人, 森田 啓義, バスカラ ヌグラハ, “MPEG2 圧縮 HD 映像からのハイライトシーン検出,” 2012 年電子情報通信学会総合大会, D-12-32, 情報・システム講演論文集 2, p.126, 岡山大学津島キャンパス (岡山県岡山市), Mar. 20–23, 2012.

[図書] (計 0 件)

なし

[産業財産権]

なし

[その他]

ホームページ等

<http://www.appnet.is.uec.ac.jp/%7Emorita/>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

森田 啓義 (MORITA, Hiroyoshi)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授

研究者番号 : 8 0 1 6 6 4 2 0

(2) 研究分担者

太田 隆博 (OTA, Takahiro)

長野県工科短期大学校・情報技術科・准教授

研究者番号 : 6 0 5 7 9 0 0 1