

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700108

研究課題名(和文)大量高精細映像のための高機能インタラクティブ配信方式

研究課題名(英文)High functional interactive delivery method for a huge number of high definition videos

研究代表者

笠井 裕之(Kasai, Hiroyuki)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・准教授

研究者番号：40312079

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、「領域分割ベース符号化方式」と「分割領域符号変換方式」の連携により、大量の高精細映像を同時に配信する方式について検討を行った。配信側では複数の領域に分割した領域分割ベース符号化ストリームを予め作成しておく。次に、表示側からの視聴領域情報をもとに、前記ストリームから、同一解像度品質をもつ視聴領域符号化ストリームを抽出・作成し表示側へ伝送することで、インタラクティブな映像配信を実現する。本研究では、品質劣化を低減しながら超高速符号変換が可能な方式について提案し、その有効性を示した。実用に耐えるシステムを構築し、実商用サービスへ技術提供し、研究成果の社会還元を達成した。

研究成果の概要(英文)：We proposes a new multi-vision video provisioning system that enables numerous users to access any view area with any desired resolution interactively. The basic idea is that the partial area (tile)-based pre-coded video streams are stored in advance. These multiple streams are joined dynamically and delivered based on the user's view-area position. In this paper, the details of H.264/AVC tile-based video coding and a fast tile stream joiner scheme are presented. Simulation experiments and our practical implementation demonstrated the feasibility and effectiveness of our proposal.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：領域分割ベース符号化 分割領域符号変換 Webサービス 組み込み 並列処理

## 1. 研究開始当初の背景

近年、7680×4320画素/60fpsに代表される超高精細映像配信に向けた取り組みが、放送分野、デジタルシネマ分野等で活発に行われ、基幹技術としてとしてH.264/AVCやJPEG2000を基軸方式とした高効率符号化及び配信方式の研究が進められている。また、高効率化だけでなく映像情報ハンドリングの高機能化という観点も数多くの研究がなされ、例えば、複数の視点映像群を構成し、要求に応じて映像画面全体を視点切替・配信する方式を提案している。一方、応募者はこれまで、高圧縮映像符号化に対して、高効率符号変換技術の基礎アルゴリズムの多面的研究、およびこれらを用いたゲートウェイシステムの研究開発を行ってきた。さらに、様々な被写体情報と複数箇所からの音源から構成される超高精細映像に対して、要求される様々な領域に対応した映像情報を複数ユーザに同時に提供する技術の研究を行ってきた。しかしながら、これまでの成果において映像生成速度性能が従来比20倍以上まで至ったが、実サービス展開を考えた場合、その100倍程度の性能向上が要求される。

## 2. 研究の目的

大量の超高精細映像を対象とし、超多数ユーザからの視聴領域・解像度に対する要求に応じて、対応する領域映像を高品質且つ低遅延に提供する『超多数ユーザへの同時提供を目標とした大量超高精細映像インタラクティブアクセス方式』のための研究を目標とする。申請者は、「領域分割ベース符号化方式」と「分割領域符号変換方式」の連携により前記課題を解決してきた。配信側で複数の領域に分割した領域分割ベース符号化ストリームを予め作成しておく。次に、表示側からの視聴領域情報を基に、前記ストリームから、同一解像度品質を有する視聴領域符号化ストリームを抽出・作成し表示側へ通知することで、全体領域符号化ストリームと同品質符号化ストリームを抽出・作成し表示側へ通知することで、全体領域符号化ストリームと同品質映像を提供可能となる。しかしながら、速度評価結果により本提案方式は従来方式と比較して20倍の速度を達成したが、数百万規模での超多数視聴ユーザへの映像提供を考慮した場合、現実的ではない。本研究では、品質劣化を低減しながら超高速変換が可能な方式について研究する。特に映像符号化で処理単位となる小領域(「マクロブロック“MB”」と呼ぶ)の水平方向の固まり(「MBライン」と呼ぶ)を単位とする「MBライン符号変換方式」と、そのための「領域分割ベース符号化」について研究する。また申請者の研究で顕在化した映像メディアファイルへのアクセス遅延による速度低下を低減するための「低遅延メディアファイルアクセス

方式」を研究する。

A.超高速符号変換を目指した「領域分割符号化方式」と「MBライン符号変換方式」

MBライン符号変換方式では、MBライン符号のメモリコピー処理のみで実現するため高速化が可能となる。具体的には、領域分割符号化の際、MBライン符号列のバイト数を当該MBライン符号列の前にユニークコードとして挿入することで、高速なMBライン抽出が可能となる。しかしながら、a.イントラ画像内予測に起因する画質劣化、b.係数個数符号予測に起因する画質劣化、c.バイトアライン化に伴う画質劣化、の問題が生じる。以下、各課題に対する方式について研究する。

a.画面内画素予測に起因する画質劣化低減方式(課題A-a)

領域符号の結合に際しては、符号化時の信号予測構造に起因する信号不一致により画質劣化が生じる。申請者が従来提案していた可変長復号再符号化方式では、当該領域信号を画素レベルまで復号後、予測値の再計算を行い、再符号化を行うことで画質劣化を抑制していた。しかしながら提案方式では、画素値予測の再計算を行うことができない。そこで、画素領域まで復号するMB数をできる限り低減、あるいはゼロとすることで高速化を実現する方式を検討する。但し、本アルゴリズムによる画質劣化は起こらないことを前提とした方式を実現する。

b.係数個数符号予測に起因する画質劣化低減方式(課題A-b)

H.264採用の可変長符号化方式では、隣接ブロックの係数個数値(TotalCoeff値)に応じて、可変長符号化テーブルを切り替える。従って、結合する領域符号によってフレーム境界MBが参照するテーブルが異なり画質劣化が生じる。そこで領域分割符号化時と領域符号結合時に係数個数による画質劣化が生じない方式について提案する。また、本提案方式が適用されるMBについては、複数の領域符号が結合された後に、出力映像の最も周辺に位置するか否かに応じて効果が異なることがないように、領域の結合位置に影響を受けない方式を提案する。

c.符号長調整(バイトアラインメント)に伴う画質劣化低減方式(課題A-c)

提案方式はMBライン符号を単位とするメモリコピー処理により超高速変換を実現する。従って、MBライン符号列はバイト単位に符号長調整(バイトアラインメント)されている必要がある。そこで、任意の符号列に対しての1~7ビット調整を行う必要がある。本課題について、画質劣化をできる限り低減可能なビット調整アルゴリズムについて提案する。

## B.低遅延メディアファイルアクセス方式(課題 B)

提案方式では、HDTV 品質の映像提供を想定した場合、各視聴者あたり数百のメディアファイルへアクセスする。従って、要求視聴領域の移動や解像度変更に伴うメディアファイル変更又はファイル内位置の移動によるストレージディスクへのアクセス速度は、CPU 処理速度とともに最も重要な課題である。本研究では、a.アクセスメディアファイルの予測による事前アクセス、b. ファイルアクセス特性に応じた最適ファイル配置方法、について研究する。

### a.大量のメディアアクセスによる影響を低減可能な方式(課題 B-a)

大量のファイルアクセスが発生する場合には、ディスクアクセス速度がボトルネックとなり、CPU 処理負荷に関係無く変換処理が停止する。1 ファイルアクセスに 20msec かかる場合、数百ファイルアクセスでは、数秒以上の処理遅延が発生する。本研究では、ファイルアクセスを事前に予測し、アクセス処理を別プロセスで並行して行うことで処理速度を向上する方式を研究する。

### b.大量のメディアアクセス集中を回避可能な方式(課題 B-b)

特定のファイルストレージに同時に大量のアクセスが発生した場合、ディスクヘッドの移動に伴うアクセス遅延が大量に発生する。そこで、大量のメディアアクセス集中を回避可能な方式により、高速変換を実現する方式を研究する。

## 3. 研究の方法

23 年度は、(課題 A) 超高速符号変換を目指した領域分割符号化方式と MB ライン符号変換方式について、信号予測構造に起因して複雑化する符号変換処理を回避することが可能なアルゴリズムと、変換処理対象の符号の取り扱いを簡易にするための符号調整アルゴリズムの研究を行う。そして 24 年度は(課題 B) 低遅延メディアファイルアクセス方式について、視聴領域の事前予測によるファイルアクセス予測アルゴリズムと、ファイルアクセス特性を考慮した分散ファイル配置アルゴリズムの研究を行う。最後に、実システムの実装とフィールド実験評価からその実現性を検証しながら、提案アルゴリズムへフィードバックし、方式再検討を繰り返していく。

平成 23 年度の研究テーマ

MB ライン符号変換のための領域分割符号化方式のアルゴリズムを確立し、MB ライン符号変換処理ソフトウェア実装によるファイルからファイルへの変換実験から処理量及び

画質評価を行う。

画面内画素予測に起因する画質劣化を回避可能な方式(課題 A-a)

周期的リフレッシュ画像(フレーム)の左上 MB を画面内(イントラ)符号化せず、画面間(インター)符号化を行うことで、画素値予測不一致を回避する方式を研究する。これは、リフレッシュフレームもイントラフレームではなく、画面間予測フレームで符号化を行うことを意味する。ただし、I フレームは一番始めのフレームのみに設定し、全て黒色画素値を設定、それ以降全てのフレームを P フレームとして符号化を行っている。この一番始めの I フレームに関しては全ての画素値が固定値であるため、ストリーム境界における予測不一致が起きない。但し、全てインター符号化を行っているため、視聴領域移動時に予測関係が崩れ画質劣化を生じることが予想される。本 MB のみを画素領域まで復元する方式も併せて検討することで、超高速に領域符号の結合が可能で、画面内予測の信号不一致による画質劣化が起こらず、且つ視聴領域移動が可能な方式を実現する。

係数個数符号予測に起因する画質劣化低減方式(課題 A-b)

本提案では、フレーム境界 MB 内ブロックの TotalCoeff を最適な値で固定化することで予測不一致を回避する方式を提案する。隣接ブロックの TotalCoeff は固定値 X ということ仮定することで、当該 MB を符号化することが可能となるため、領域符号結合における隣接ブロック TotalCoeff 不一致による符号列崩壊を回避することが可能となる。TotalCoeff が X 以上であるならば、DCT 係数列における低周波数成分から TotalCoeff が X となるよう係数を削減し、TotalCoeff が X 未満であるならば、低周波数成分から X となるよう係数を追加する。さらに、複数の領域符号結合後の出力ストリームの周辺に TotalCoeff を固定した黒色 MB を挿入することで、全領域の周りに同じ TotalCoeff のブロックが存在することを仮定して符号化することが可能になる。しかしながら本手法は量子化済みブロックに対して係数操作を行うため画質劣化が予想される。本劣化は、量子化パラメータと画像ソース及び固定値 X に依存することから、量子化パラメータ制御による画質劣化を主観評価及び PSNR 評価ともに行う。

画質劣化を低減可能な符号長調整処理方式(課題 A-c)

符号長調整(バイトアラインメント)のためのビット調整アルゴリズムとして、MB ラインを 2 パス符号化を用いたビット調整方式

を提案する．具体的には，一度目の符号化の際には，アラインメントするための調整ビット数を計測し，二度目の符号化の際に MB ラインの中の一つ以上のブロックに焦点を当て，ブロックの係数値を調整することで，1～7ビットの調整を行う．本手法をブロック係数可変長符号化時におけるビット量調整法として提案する．具体的には，当該ブロックの低周波数成分（AC 成分）から 6 つの係数のみを用いることによって，それより周波数が高い成分に依存せず，1～7ビット調整を可能とする方式を検討する．本処理においても，係数を調整することから，画質劣化を主観評価及び PSNR 評価ともに行う

#### 平成 24 年度の研究テーマ

低遅延メディアファイルアクセス方式のアルゴリズムを確立し，MB ライン符号変換方式とあわせてシステム実装することで統合評価を行う．

視聴領域移動特性を考慮したファイルアクセス予測方式方式（課題 B-a）  
変換処理とファイルアクセスが同時に発生することを回避するため，視聴領域が移動するか否かの検知とファイルアクセス（オープンやシーク）を，実際の変換処理とは異なるプロセス（スレッド）で行うことで，ファイルアクセス速度の変換処理速度への影響を低減する．検知については，クライアント端末からの視聴領域移動情報を随時監視し，新たにアクセスする符号を利用した実際の変換処理が行われる 1 周期前に，移動の判定を行う．これにより，1 周期分，別プロセスでファイルアクセスを行うことが可能となる．

ファイルアクセス特性を考慮した分散ファイル配置方式（課題 B-b）

さらに，ファイルアクセスの集中を回避する方式を提案する．具体的には，同時に結合される領域符号を含むメディアファイル同士を異なるストレージに配置することで，アクセス速度を分散化することが可能となる．映像のファイルアクセス特性，例えば，視聴者からのアクセス特性も含めて，最適なファイル配置アルゴリズムを確立することで，高速変換を実現する方式を研究する．

#### システム実装による統合評価実験

上記の提案アルゴリズムについてシステム実装し統合的な速度評価を行う．先に述べたように，本成果は，実サービスとして展開開始するため，実際のフィールド実験として実システムを用いた検証，評価が可能となる．

#### 4．研究成果

上記の研究方法に従い研究を行い，提案アルゴリズムを確立するとともに，提案方式の有

効性を示した．

MB ライン符号変換のための領域分割符号方式のアルゴリズムを確立し，MB ライン符号変換処理ソフトウェア実装によるファイルから ファイルへの変換実験から処理量及び画質評価を行った．

「係数個数符号予測に起因する画質劣化低減方式」については，フレーム境界 MB 内ブロックの TotalCoeff を最適な値で固定化することで予測不一致を回避する方式を提案し，大幅な変換速度向上を達成した．隣接ブロックの TotalCoeff は固定値 X ということを決めることで，当該 MB を符号化することが可能となるため，領域符号結合における隣接ブロック TotalCoeff 不一致による符号列崩壊 を回避することが可能となる．さらに，本手法により発生する画質劣化については，最適な TotalCoeff 値の導出方法として，理論的な レート誤差解析から導き出す方法を提案し，その有効性を主観評価及び PSNR 評価を行ない確認した．次に「画質劣化を低減可能な符号長調整処理方式」については，符号長調整（バイトアラインメント）のためのビット調整アルゴリズムとして，MB ラインを 2 パス符号化を用いたビット調整方式を提案した．具体的には，一度目の符号化の際には，アラインメントするための調整ビット数を計測し，二度目の符号化の際に MB ラインの中の一つ以上のブロックに焦点を当て，ブロックの係数値を調整することで，1～7ビットの調整を行う．具体的には，当該ブロックの低周波数成分（AC 成分）から 6 つの係数のみを用いることによって，それより周波数が高い成分に依存せず，1～7ビット調整を可能とする方式を検討した．本処理においても，係数を調整することから，画質劣化を主観評価及び PSNR 評価ともに行ない，画質劣化を低減可能であることが明らかとなった．その他，システム実装により，一般的なビデオ提供システムに組み込むことで，一般的に使用されているネットワーク帯域以上の変換速度，生成速度を達成可能なことを確認した．

#### 5．主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 7 件）

- Hiroyuki KASAI, “Development and Benchmarking of HTTP-based Multivision Video Server using Fast Stream Joiner,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, 査読有り, Vol.59, No.2, pp.343-351, 2013.
- Naofumi UCHIHARA, Hiroyuki KASAI, “Quantization Parameter Control and Fast Code Modification for Fast Stream Joiner,” IEEE Transactions on Consumer

Electronics, Vol.58, No.4, pp.1384-1392, 2012.

- Naofumi UCHIHARA, Hiroyuki KASAI, "H.264/AVC Encoding Control for Fast Stream Joiner in Interactive Multivision Video," IEEE Transactions on Consumer Electronics, 査読有り, Vol.58, No.3, pp.1022-1030, 2012.
- Kwee-Li Cheng, Naofumi UCHIHARA, Hiroyuki KASAI, "Simple Drift Error-resilient H.264/AVC Encoder for Fast Video Transcoding using DCT Coefficients," Elsevier Science, International Journal of Computers & Mathematics with Applications, 査読有り, Vol.63, No.5, pp.1420-1430, 2012.
- Naofumi UCHIHARA, Hiroki HAYAKAWA, Hiroyuki KASAI, "Efficient H.264/AVC Software CAVLC Decoder based on Level Length Extraction," IEEE Transactions on Consumer Electronics, 査読有り, Vol.58, No.1, pp.146-153, 2012.
- Kwee-Li Cheng, Naofumi UCHIHARA, Hiroyuki KASAI, "Analysis of drift-error propagation in H.264/AVC transcoder for variable bitrate streaming system," IEEE Transactions on Consumer Electronics, 査読有り, Vol.57, No.2, pp.888-896, 2011.
- Naofumi UCHIHARA, Hiroyuki KASAI, "Fast H.264/AVC stream joiner for interactive free view-area multivision video," IEEE Transactions on Consumer Electronics, 査読有り, Vol.57, No.3, pp.1311-1319, 2011.

〔学会発表〕(計 6 件)

- Naofumi UCHIHARA, Hiroki HAYAKAWA, Hiroyuki KASAI, "Quantization Parameter Control At Prediction Restriction for Fast Multistream Joiner in Multi-vision System," IEEE Consumer Electronics Society Proc. of IEEE International Conference on Consumer Electronics 2013 (ICCE 2013), 査読有り, Las Vegas, January 2013.
- Kwee-Li Cheng, Naofumi UCHIHARA, Hiroyuki KASAI, "Simple Drift Error-resilient H.264/AVC Encoder for Fast Video Transcoding using DCT Coefficients," IEEE Proc. of IEEE International Symposium on Computer, Consumer and Control 2012 (IS3C2012), 査読有り, Taipei, June 2012.
- Naofumi UCHIHARA, Hiroki HAYAKAWA, Hiroyuki KASAI, "Fast CAVLC Level Code Skip Scheme for H.264/AVC Stream Manipulation," IEEE Consumer Electronics Society Proc. of IEEE

International Conference on Consumer Electronics 2012 (ICCE 2012), 査読有り, Las Vegas, January 2012.

- Naofumi UCHIHARA, Hiroyuki KASAI, "H.264/AVC Prediction Restriction Encoding Control for Fast Multiple Stream Joiner," IEEE Consumer Electronics Society Proc. of IEEE International Conference on Consumer Electronics 2012 (ICCE 2012), 査読有り, Las Vegas, January 2012.
- Veraporn WATKANAD, Hiroyuki KASAI, "Study of Visual Attention on Multiple Video Sequences," IEEE Consumer Electronics Society Proc. of IEEE International Conference on Consumer Electronics 2012 (ICCE 2012), 査読有り, Las Vegas, January 2012.
- Naofumi UCHIHARA, Hiroyuki KASAI, "Adaptive View-Area and Quality Scaling for Interactive Free View-Area Tile-based Multivision Video," IEEE Consumer Electronics Society Proc. of IEEE International Conference on Consumer Electronics 2012 (ICCE 2012), 査読有り, Las Vegas, January 2012.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
[http://kjk.office.uec.ac.jp/Profiles/53/0005267/prof\\_e.html](http://kjk.office.uec.ac.jp/Profiles/53/0005267/prof_e.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠井 裕之 (KASAI, Hiroyuki)  
電気通信大学大学院情報システム学研究科

研究者番号：40312079

(2)研究分担者  
( )

研究者番号：

(3)連携研究者  
( )

研究者番号：