一般論文

MPEG符号化技術を用いたVRコンテンツ ストリーミング配信の検討

丸山延康
安藤　真[*1]
谷川智洋[*1]
吉田和弘[*1]
山下　淳[*2]
葛岡英明[*3]
廣瀬通孝[*2]

A Study on VR Streaming with MPEG Coding Technology

Enkou Maruyama
Makoto Ando
Tomohiro Tanikawa
Kazuhiro Yoshida
Jun Yamashita
Hideaki Kuzuoka
Michitaka Hirose

Abstract: Scalable virtual reality（VR）needs a structure that is capable of sending contents to different kinds of computer clients. For the clients that do not have enough rendering ability such as mobile computers, a study on VR contents streaming with MPEG-4 coding technology has been conducted. In this paper, an experiment of VR streaming is introduced; the possibility and problems in VR streaming realization, and the construction of efficient mobile VR environment have been discussed.
Key Words: Scalability VR, MPEG-4, Video Coding.

1. はじめに

スケーラブルVRは，異なるネットワーク環境を通して異種端末へVRコンテンツを配信することを目標としている[1-5]。端末の種類は，主にシアタ型，ホームPC型，及びモバイル型の3種類が考えられる。シアタ型のVR環境では，大型計算機がコンテンツデータからレンダリング処理を行って映像を作成し，映像をプロジェクターによって大型スクリーンに投影する。シアタ環境では通常，高品質映像の提供が必須であり，コンテンツのレンダリング処理は負荷が高いため強力な計算能力とコンピュータ・グラフィックス処理能力を有する大型計算機が必要である。近年，個人用計算機（PC）のハードウェアの進歩により，高性能PCではVRコンテンツデータをレンダリングする能力が高まっている。そのため，レンダリングを行いながら映像の表示が可能となっている。シアタ型VRやホームPC型VR環境が固定された場所に設置されるのに対し，何時でも何処でもVRに参加できることを目的としたモバイルVR環境では設置場所の制限が少ない。しかしその一方で，ノートPC，PDA，携帯電話など携帯端末では，VRコンテンツのレンダリング能力が低く，また大量の映像データを蓄積するストレージの搭載も必要になるという問題点があるため，シアタ型，ホームPC型のVR環境と同様なレンダリング手法によるVR環境の構築は難しい。この問題に対し，本研究では

平成17年１月20日受理
[*1] 情報通信研究機構
[*2] 東京大学 先端科学技術研究センター27
[*3] 筑波大学 機能工学系
Copyright 2005 国立久留米工業高等専門学校

レンダリング能力の低いモバイル端末へのVRコンテンツ配信を，MPEG-4映像符号化技術処理によるストリーミング配信で行うこととした。実験によって，配信の問題点を明らかにし，対処方法を検討した。

2. MPEG-4符号化技術を用いたVRコンテンツストリーミング配信

2.1 MPEG-4符号化方式

MPEG-4は，ISO/IEC，JTC1/SC29/WG11においてMPEG-2に続く次世代オーディオ・ビジュアル符号化規格として開発された[9-10]。MPEG-4は超低ビットレート符号化方式を目標とし，その符号化ビットレートは，5Kbpsから4Mbpsである。H.263が対象とする64Kbps未満の低ビットレートから，MPEG-2がサポートする領域の下限まで，広い範囲をカバーしている。MPEG-4符号化方式は，オブジェクト単位の編集，加工を可能にし，ユーザのニーズに適合した形で作業を進めることができる。また，MPEG-４ビジュアル規格自然画像符号化は，H.263ベースとし，任意形状のビデオオブジェクトプレイン符号化に対応するための改良が施され，オブジェクトを重ねることで，１つのシーンを構成する。MPEG-4では，MPEG-1/2のコア技術である動き補償(MC)，MPEG-1/2のB-pictureに準じたB-VOP，インタレース画像用のフレーム/フィールド適応MCに加え，Sprite符号化などの新技術も採用されている。

2.2 MPEG-4符号化を用いたVRモバイル環境

スケーラブルVRは128Kbpsからギガビットまでのネットワーク帯域に対応することを計画している。上述したような携帯端末でレンダリングする方式のVRコンテンツ配信の問題点に対し，低ビットレートとオブジェクト符号化方式を特徴とする，MPEG-4符号化方式を用いたモバイルVR環境の構築が対処方法の１つと考えられる。このようなVR環境を実現できれば，ISDNのような公衆回線で繋ぐ携帯端末にもVR映像を配信することが可能である。また，オブジェクト化したVR映像に対し，MPEG-4オブジェクト符号化を行うことによって，より効率的なVR環境が構築できる。このような考えから，本プロジェクトでは，図1に示すように，配信端末のレンダリング能力またネットワーク状況に応じた配信の仕組を考えた。シアタ型やホームPC型 VR環境では，視点情報をネットワークから受取り，蓄積しているコンテンツデータのレンダリング処理によってVR映像を再現する。それと異なり，モバイルVR環境では，VR映像にMPEG-4符号化で圧縮処理を施し，受信端末にストリーミング配信を行う。

本研究ではまず，MPEG-4符号化技術を用いたVR映像のストリーミング配信の可能性を検証する実験を行う。さらに実験結果から，ストリーミング配信の問題点を明らかにし，解決方法を検討することにした。

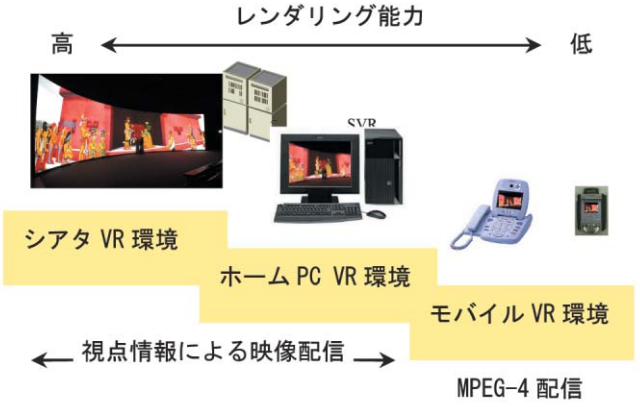


図１　スケーラブルVR配信構成

3. MPEG-4符号化技術を用いたVR映像ストリーミング配信実験

3.1 実験目的と構成

実験の目的は使用者をモバイルVR環境に参加させることによって，VR空間における自分の所在方位と空間把握の程度，映像のリアリティ感と画質の評価，符号化処理に生じた遅延による操作への影響などを調査することである。

図2に実験構成の概略を示す。実験は国立科学博物館(上野)で開催された「神秘の王朝-マヤ文明展」会場で実施された。配信用のVRコンテンツはマヤ文明展の展示映像を使用した。MPEG-4ストリーミング配信サーバには，2.0GHzのCPUと512Mバイトメモリを搭載した計算機を用いた。受信用の計算機は，市販のノートパソコンを使用した。配信サーバと受信端末との接続には，実験のために構築したLAN内を用いた。ストリーミング配信サーバと受信端末のOSはそれぞれRedHat-Linux7.3，8.0を使用した。配信サーバからは，64Kbps, 128Kbps，256Kbps

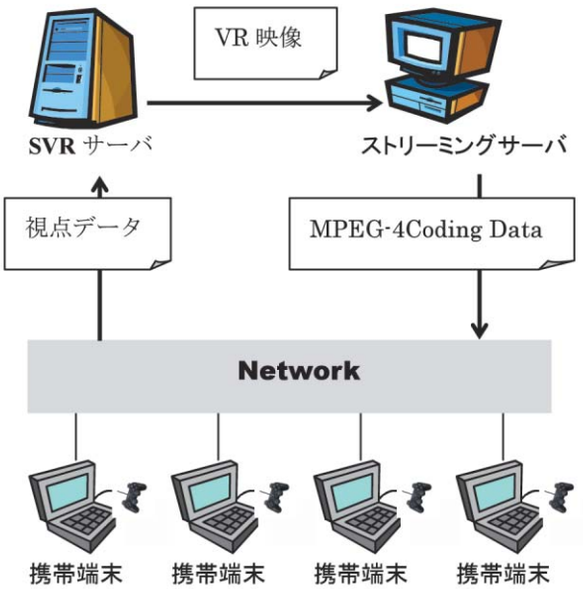


図２　実験構成図

の3種類のビットレートで受信端末にストリーミング配信を行った。また，比較のため，他１台の端末には無圧縮で配信をした。各受信端末にはゲームパッドが接続されているので，被験者はストリーミング映像を見ながらゲームパッドを操作して，行きたい場所へ移動することができる。

本実験の評価には操作の要素が含まれていることから，一般に使用される単純な画質評価方法と異なる側面がある。現時点でこのような配信に対する評価法として参考となる研究がない。そこで本実験では，被験者を一定の時間以下，VR空間内のゲームに参加させた後，5段階評価のアンケートに回答してもらうこととした。ゲームとは，VRのマヤ遺跡を探険し，あらかじめ設置されたいくつかの看板に決められた順番で辿り着き，看板に表記しているマヤ文字を事前に与えられたマヤ文字辞書と照合しながら解読することである。被験者数は19名であった。図3(a)，(b)に，被験者らが実験の説明を受けている様子，ゲームパッドを使ってマヤ遺跡を探険している様子を示す。携帯モバイルを利用している雰囲気を作り出すために，液晶ディスプレイをPDAの写真が印刷されたプレートで覆って，320×240 画素の部分を使用画面とした。被験者１人当たりの実験時間は最長で15分間とした。図4(a)，(b)にそれぞれ看板とマヤ文字辞書の例を示す。

(a)

(b)

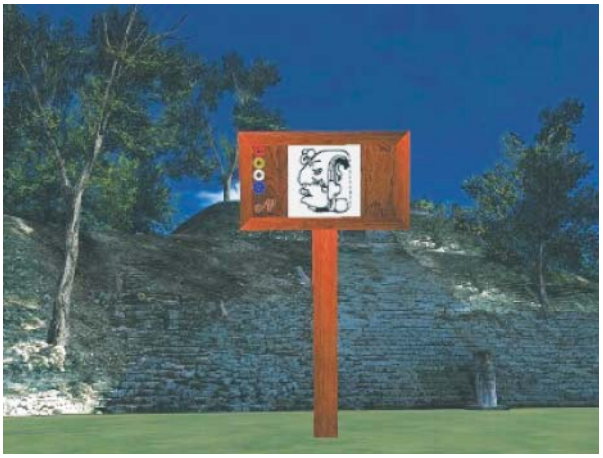
図３　実験風景

3. 2 アンケート調査

ストリーミング配信とモバイル型VRの小さい画面などの特徴から，次のアンケート項目に関して調査した。

（１）PDAのような小画面でのVR観賞の必要性
（２）PDAのような小画面におけるVR表現の面白さ
（３）表示しているマヤ文字の識別
（４）きめ細かい絵柄の識別
（５）自分の居る場所，行きたい目的地の把握
（６）自分の居る場所，行った場所の地図での確認
（７）マヤ遺跡全体的な様子の理解
（８）見つけた看板の数
（９）操作遅延の影響
（10）画質の評価
（11）その他のコメント

先ず，VRモバイル環境の必要性や面白さ(1，2)について多数の被験者は，必要であり面白いと回答した(表1に参照。以下同)。小画面における細かい映像の可視性(3，4)ついては，「確認できるが難しい」と「確認できない」という回答が多かった。解像度の低い画面で細かい絵柄の表示には難点があると考えられる。所在確認(5，6，7)については，やや評価が低い傾向が見られる。これに関連するその他のコメント(11)には，「画面上にコンパス機能が欲しい」や「画面上に簡単な自分の位置表示が欲しい」という意見があった。操作遅延(9)については全体的に低い傾向にあった。未圧縮映像の配信について「気になる(5段階中の2)」という答えが多かったのに対し，ストリーミング配信について「非常に気になる(5段階中の1)」という評価が増加した。操作遅延は，ネットワークにデータを送出す際のバッファ処理により生じる可能性も考えられるが，MPEG符号化処理によるものが主な原因と見られる。被験者の視点情報→SVRサーバ→映像作り→ストリーミング配信サーバ→符号化処理→符号化データ→ネットワーク→受信端末デコード処理→映像復号と表示の一連の処理により，約2秒程度の遅延が生じた。一方，画質について，128Kbps以上での配信に対し，「普通，良い(5段階中の3，4)」と答えた人数が多いのとは対照的に，64Kbpsでの配信に対し，大半の被験者が「非常に良くない(5段階中の1)と回答した。ゲームの結果として，被験者が見つけた看板の数を表1の(8)に示す(1：0個，2：1-3個，3：4-6個，4：7-8個，5：9個以上)。



(a)

(b)

図４　マヤ文字の看板と辞典例

表１　アンケート回答統計

回答 / 項目	5段階回答(1:最も評価しない；5:最も評価する				
	1	2	3	4	5
(1)	0	5	6	8	0
(2)	0	1	10	7	1
(3)	0	2	6	9	0
(4)	1	4	7	6	0
(5)	3	4	8	4	0
(6)	2	8	2	4	3
(7)	0	9	8	2	0
(8)	2	14	3	0	0
(9)	12	6	1	0	0

3. 3 考察

アンケート調査の結果からMPEG-4ストリーミング配信によるモバイルVR環境構築の評価結果と共に，これからの課題が明らかになった。モバイルVR環境構築について多数の被験者は肯定的な評価をしたことから，スケーラブルVRにおいてモバイルVR環境の構築が意義あると考えて良い。一方，小さな画面で分かりやすいVR環境の表現には工夫が必要である。例えば，使用者の現在位置の表示などが挙げられる。VR映像をQVGAでの配信には，一定の画質を保つために，128Kbps以上のビットレート使用が望ましい。また，配信の際，遅延を減少させる必要がある。観賞だけではなく，操作の要素もあるので，遅延への対処は重要となる。遅延の主因である符号化処理時間の減少が全体の遅延の減少に役立つと考えられる。例えば，VRコンテンツにMPEG-4のオブジェクト符号化処理を適応することによって処理速度を上げることができる。また，符号化の動

き予測処理に，より効率的な動きベクトル検出方法を利用できれば，処理速度のアップによる遅延の減少も可能である。

4. 今後の研究

MPEG-4ストリーミング配信の問題点である操作遅延の減少が今後の研究課題である。遅延への対処として前述のように，より効率的な動き予測方法を開発する予定である。シアタ環境やホームPC環境への配信方法では，レンダリング処理のために視点情報を使用している。その視点情報が映像の動きを反映しているものと考えられる。その視点情報から，符号化処理に欠かせない動きベクトルを推測できれば，その分の動きベクトルを探索せずに或いは少ない探索コストで検出できる。結果として符号化処理の時間が短縮され，操作遅延は減少する。視点情報の分析と利用，視点情報から動きベクトルへの変換の可能性，有効なアルゴリズムの提案を今後の研究として検討したい。

5. まとめ

本研究では，スケーラブルVRのモバイルVR環境構築法の１つであるMPEG-4ストリーミング配信実験を行い，実験結果の分析によりモバイル環境へのストリーミング配信の問題点を明らかにした。配信の際に生じた遅延はその問題の1つであり，符号化遅延の減少によって改善されると考えた。スケーラブルVRのストリーミング配信にはVRに適した符号化予測方式を検討する予定である。

参考文献

［1］ 安藤真，吉田和弘，谷川智洋，王燕康，山下淳，葛岡英明，廣瀬通孝：スケーラブルVRシステムを用いた教育用コンテンツの試作－マヤ文明コパン遺跡における歴史学習－，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol. 8，No. 1，pp. 65-74, 2003

［2］ 谷川智洋，広田光一，廣瀬通孝：体験者視点画像に基づく統合VR環境の研究，画像電子学会誌，Vol. 31，No. 5，pp. 870-877，2002.

［3］ 谷川智洋，広田光一，廣瀬通孝：VR環境の体験者視点画像に基づく統合の研究，ヒューマンインタフェース学会研究会報告集，Vol. 4，No. 3，pp. 51-54，2002.

［4］ l 谷川智洋，吉田和弘，安藤真，王燕康，葛岡英明，廣瀬通孝：異種VRシステムの統合によるスケーラブルVRに関する研究，日本バーチャルリアリティ学会7回大会論文集，pp. 417-420，2002.

［5］ 安藤真，吉田和弘，谷川智洋，王燕康，山下淳，葛岡英明，廣瀬通孝：歴史教育のためのスケーラブルVRコンテンツの試作，計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会 SI2002，pp. 101-102，2002.

［6］ Michitaka Hirose：VR Technology and Museum Exhibits，Invited Talk，the Eighth International Conference on Virtual Reality and Multimedia，Korea，2002.

［7］ Tomohiro Tanikawa，Kouichi Hirota，Michitaka Hirose：A Study for Image-based Integrated Virtual Environment"，Proc. of International Symposium on Mixed and Augmented Reality（ISMAR）2002，pp. 225-233，2002.

［8］ Tomohiro Tanikawa，Kouichi Hirota，Michitaka Hirose：A Study for Image-based Integrated Virtual Environment，Proc. of the Eighth International Conference on Virtual Reality and Multimedia，pp. 318-326，2002.

［9］ K. R. Rao，P. Yip（安田浩監訳）：デジタル放送・インターネット情報圧縮技術，共立出版株式会社，Feb. 1998.

［10］ Video Coding for Low Bitrate Communication，ITU-T Rec. H. 263，March 1996