

領域選択機能を有する階層符号化方式に関する検討

松尾 翔平[†] 永吉 功^{††,†††} 花村 剛^{††,†††} 富永 英義^{†††,††††}

[†] 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科 〒169-0051 東京都新宿区西早稲田 1-3-10

^{††} 株式会社 メディアグルー 〒169-0072 東京都新宿区大久保 2-4-12 新宿ラムダックスビル 8 階

^{†††} 早稲田大学 国際情報通信研究センター 〒169-0051 東京都新宿区西早稲田 1-3-10

^{††††} 早稲田大学 理工学部 コンピュータ・ネットワーク工学科 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

E-mail: †{s-matsuo,isao,hana,tominaga}@tom.comm.waseda.ac.jp

あらまし 映像コンテンツを様々な伝送環境と要求に応じて配信するための階層符号化機能を実現する動画像符号変換方式が研究されている。本稿では、その拡張として、狭帯域環境下でも受信側が注目する部分領域に多くの符号量を割り当てることで高精細化を行い、受信側の要求を満足するための動画像符号化方式について検討する。まず、動画像の情報を基本的な画質を与える基本階層と、画質を向上させるための高位階層に分ける階層映像符号化方式の概要を述べ、部分領域高精細化の工程について述べる。次に、本提案方式実現のため、符号量割り当てアルゴリズムの説明をして、階層化手法について述べる。最後に、シミュレーション実験を通して、本提案方式の有効性を示す。

キーワード 階層符号化, MPEG, トランスコーダ, 領域選択

A Study on Scalable Coding Algorithm with Area Selection

Shohei MATSUO[†], Isao NAGAYOSHI^{††,†††}, Tsuyoshi HANAMURA^{††,†††}, and Hideyoshi
TOMINAGA^{†††,††††}

[†] GITS, WASEDA University, 29-7 building 1-3-10 Nishi-Waseda, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0051 Japan

^{††} Media Glue Corp. Ramdax Bldg. 8th floor, 2-4-12 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0072 Japan

^{†††} GITI Waseda University 1-3-10 Nishi-Waseda, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0051 Japan

^{††††} Dept. of Computer Science. Eng., WASEDA Univ., 3-4-1 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555 Japan

E-mail: †{s-matsuo,isao,hana,tominaga}@tom.comm.waseda.ac.jp

Abstract We research a video coding convert algorithm which realize the layered coding in order to distribute the video contents according to various transmission environments and the requirements of the receiver. In this paper, we propose the new extension coding method for satisfying the requirement of the receiver by assigning many codes into the selected area and clearing the image under the narrowband condition. Firstly, we discuss about the multi-layered scalable coding method and the new coding method concept. Secondly, we discuss about some architectures to realize this feature and explain the code-assignment algorithm and the layering method. Finally, we show the effectiveness of our method by the simulation results.

Key words Scalable Coding, MPEG, Video Transcoder, Area Selection

1. はじめに

MPEG-2 などの国際標準符号化方式を利用した映像配信システムでは、受信側の多様な再生環境や伝送条件に応じた品質の提供が必要となる。これら受信側の環境及び要求に柔軟に対応できる技術として、スケーラブル映像符号化方式が検討され

ている [1-3]。

本稿では、多階層映像符号化方式 [4] の拡張として、領域選択機能を付加することで、狭帯域環境下においても部分領域の高精細化情報を再配信し、配信済みの映像情報と合成することで高精細映像を取得可能な映像符号化方式について検討する。なお、ここで述べる部分領域とは受信側が注目する領域を指す。

2. 領域選択機能を有する階層符号化方式

2.1 多階層構造を有するスケーラブル映像符号化方式

これまでに検討されてきた多階層映像符号化方式について述べる．本方式では、図 1 に示すように、まず動画のデータを基本画質を与える基本階層と、画質を向上させる複数の高位階層に分離し、狭帯域では基本階層を伝送して、後から高位階層を再送し、受信側で両者を合成することで高品質な映像を再生することを可能とする．

本方式では、図 2(a) のように、映像全体に対して均一に品質を向上させていくことを前提としている．したがって、部分領域のみを高精細化することはできず、受信側の領域選択に対する要求に対応していない．

2.2 領域選択機能を有する階層符号化方式の概念

従来方式に対し、受信側が部分領域のみを選択し、高画質化情報の再配信が可能であれば、同一の符号量のもとで所望の領域のみを集中的に高画質化することが可能となる．そこで、本稿では、狭帯域の伝送条件下での高位階層の再配信において、図 2 (b) のように部分領域のみを切り出して、より多くの符号量を割り当てることで、受信側の領域選択に対する要求に対応可能な方式の実現を目的とする．

具体的に部分領域を高精細化の流れを示す．図 3 に示されるようにまず基本階層を送信側が受信側に送信する．基本階層を受け取った受信側は、その映像の中で高精細化を望む場所を指定する．受信側の部分領域情報を送信側が受け取り、伝送条件に応じて部分領域の差分情報である高位階層を再送する．こうして、再送された高位階層を受信側があらかじめ保持していた基本階層と合成し、部分領域の高精細化を実現する．

3. 領域選択機能の実現方法

本提案方式実現のための検討項目を以下に示す．

- (1) 部分領域への符号量割り当て
- (2) 既受信階層管理方式
- (3) 部分領域の追跡方法
- (4) 領域選択及び領域情報取得方法

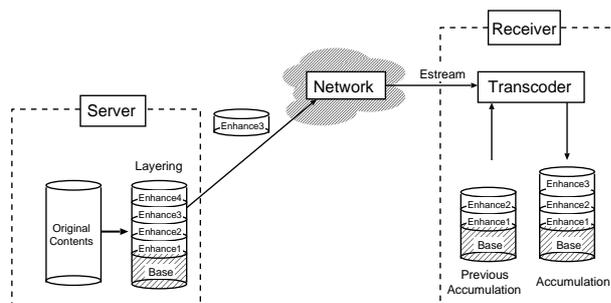


図 1 多階層映像符号化方式の概念

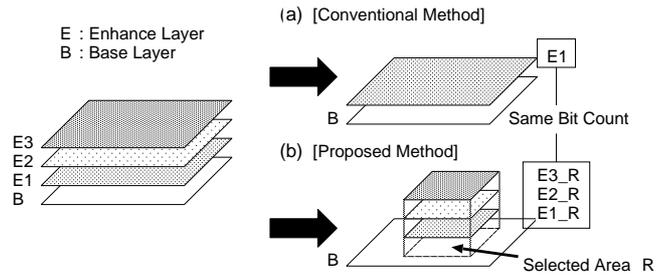


図 2 従来方式と提案方式の比較

(5) 階層化手法

3.1 部分領域への符号量割り当て

部分領域への符号量割り当てに関して以下に述べる．

3.1.1 制約条件

以下に示す 2 つの条件に基づき、受信側が指定した部分領域に対する高位階層を割り当てる．

(1) 領域の大きさ

画質を構成する最小単位はマクロブロック (MB) である．したがって、部分領域に存在する MB 数を把握する．現在は矩形領域で領域固定の場合を想定するため、左上の MB の座標と縦横の MB 数を与えることで、部分領域にあたる MB 総数が得られる．

(2) 伝送帯域

実際に送信できる高位階層の符号量は決まっている．その符号量を部分領域に割り当てる．

3.1.2 一般的な符号量制御

3.1.1 の制約条件を元に、符号量割り当てアルゴリズムを検討する．現在、一般的に行われている符号量制御方式は表 1 に示した 3 つの Step に分類される [5] ．

表 1 一般的な符号量制御における 3 つの Step

Step1	各ピクチャ(フレーム)への符号量配分
Step2	Step1 で求めた符号量配分に合うように MB 単位にフィードバックをかける符号量制御
Step3	視覚特性を考慮した適性量子化

フレームごとの符号量制御、視覚特性を利用した適性量子化に関しては既存の Step1, Step3 をそれぞれ利用する．本提案方式では特に、Step2 にあたる MB ごとのフィードバック制御を、部分領域へ集中的に符号量割り当て可能な制御法として実現する．

3.1.3 階層の取得方法

本提案方式は、多階層映像符号化方式 [4] の拡張として、部分領域符号量割り当てを実現する．この方式では、図 4(a) に示すように MB ごとに保持する最大階層数が異なる．ここで、3.1.1 で挙げた制約条件に基づき、指定された領域に該当する MB に対して、図 4(b) のように伝送帯域に応じて算出される制限符号量にあたる階層まで取得する．制限符号量は、伝送帯域に応じて算出される、部分領域に割り当て可能な最大符号量と定義する．

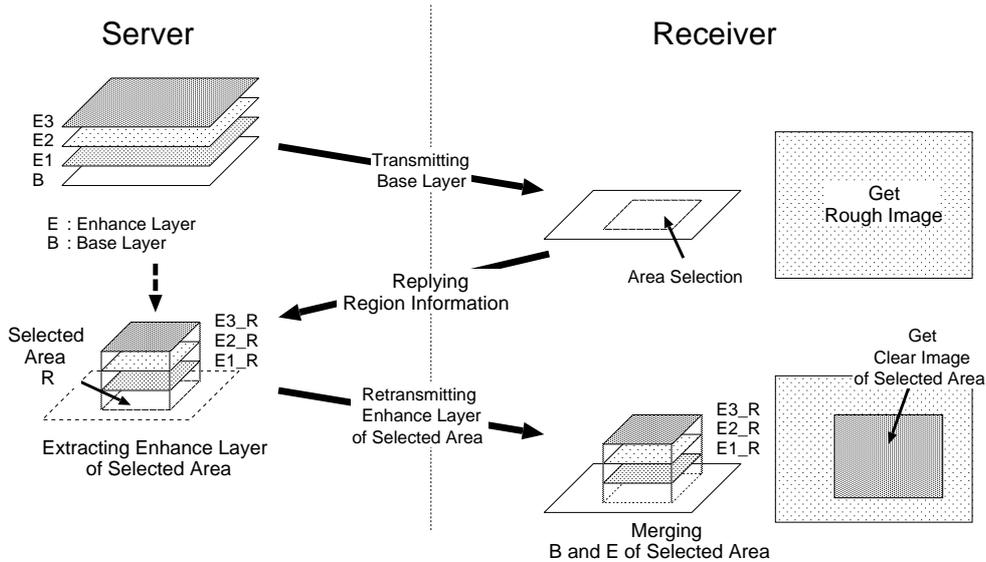


図 3 部分領域高精細化の流れ

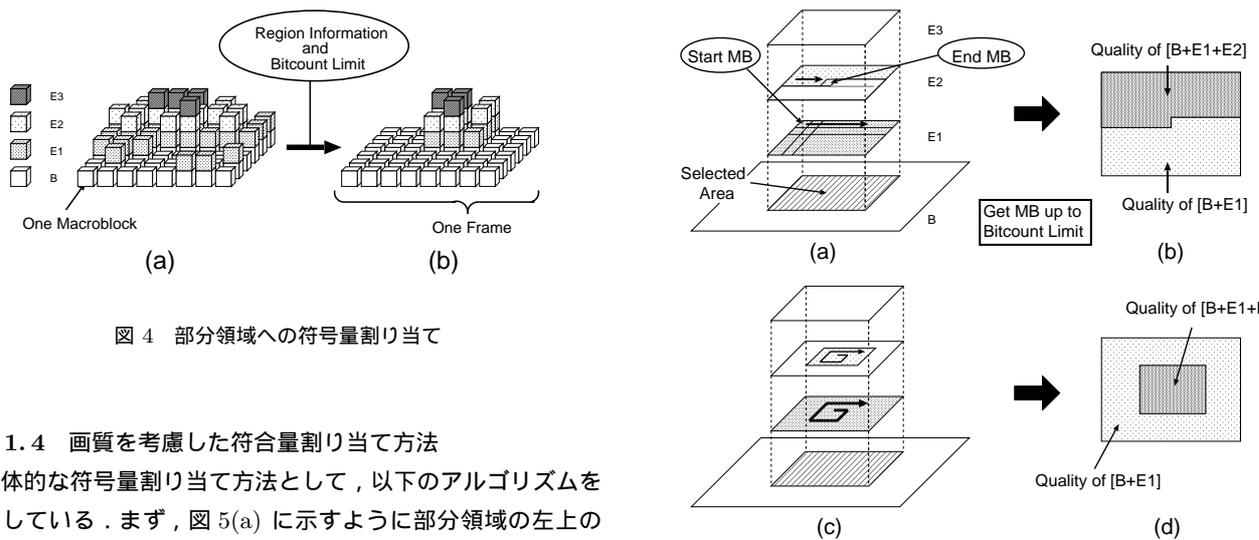


図 4 部分領域への符号量割り当て

3.1.4 画質を考慮した符号量割り当て方法

具体的な符号量割り当て方法として、以下のアルゴリズムを検討している。まず、図 5(a) に示すように部分領域の左上の MB から MB ごとに符号量の計測を行う。Step1 で求まる制限符号量に達するまでの MB を取得後、次フレーム処理へ移るアルゴリズムを検討している。具体的には式 (1) に示す α を用いて割り当てる。 C_{max} は制限符号量、 $E_{part}(i)$ は i 番目の部分領域高位階層、 $MB(j)$ は j 番目の MB の所持する符号量を示す。 $\alpha > 1$ の場合、制限符号量を超えることを示すので、 $\alpha < 1$ を満たす最大の m と n を求める。

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{part}(i) MB(j)}{C_{max}} \quad (1)$$

しかし、本方法では高位階層の全 MB を取得する前に制限符号量に達した場合、画像情報が途切れるため、画像生成した場合に図 5(b) に示すような、部分領域内で精細度が異なる画像となる。

そこで、部分領域内の左上の MB から取得するのではなく、図 5(c) に示すように部分領域の中心から螺旋状に取得する方法

図 5 検討中の部分領域符号量割り当てアルゴリズム

が考えられる。部分領域の中心を高精細にすることで、図 5(d) に示すように主観評価的に問題のない画像を生成する。また、途中で途切れた階層に関しては取得せず、その分の符号量を次のフレームへと回し、均一な画像として生成するアルゴリズムの検討が必要である。

3.2 既受信階層管理方式

本提案方式において、受信側が部分領域の指定位置を変える場合、部分領域に対応する階層の位置を移動させなければならない。領域から外れる部分は階層数を減らし、新たに領域に入る部分は階層数を増やす必要がある。また、部分領域が移動しない場合も新たに階層を付加する際に、各 MB がどこまで階層

を保持しているかを把握しなければ、受信済みの階層を再送してしまう可能性がある。したがって、MB ごとの階層保持情報を把握し、管理する方式が必要である。

3.3 部分領域の追跡方法

受信側の指定により領域を移動させるのではなく、部分領域内の物体の移動に付随して自動で部分領域を移動させて物体を追跡するシステムを考慮すると、物体が持つ動きベクトルを参照して、それに合わせて部分領域が移動する方法を検討する必要がある。

3.4 領域選択及び領域情報取得方法

本稿では、受信側が映像を見たときに鮮明に見たい領域を指定して、その領域情報を送信側が受け取り、部分領域に該当する高位階層を再送する方式を提案している。具体的な受信側の部分領域の指定方法と、送信側の領域情報の取得方法を検討する。

3.5 階層化手法

本提案方式は DCT 変換、量子化後の量子化係数値を持つブロックに対して、階層数 M を用いて階層型 MB データの生成を行う。量子化係数値が M 以上の場合には、基本階層として、 M より小さい量子化係数値に関しては、同一量子化係数値を 1 階層とする。図 6 に具体例を示す。量子化係数値 4 以上が基本階層となり、量子化係数値 1, 2, 3 に関しては、大きい係数値から順に高位階層 1, 2, 3 となる。

同一量子化係数値を 1 階層とする以外に、発生確率の少ない量子化係数値をまとめて 1 階層とする発生確率を考慮した階層化方法が考えられ、符号化効率及び画質の向上に繋がる階層化手法について検討する必要がある。

量子化係数値の符号化の手順は図 7 に示されるように行う。本提案方式では、上述した階層化手法により生成された信号に対して、階層ごとにランレングス符号化を行う。ランレングス符号化をする場合、高位階層に該当する量子化係数値は、一定のレベル値しか含まれていないため、ランの値のみを符号化し、レベル値の情報は最後に付加すればよい。

例えば、図 7 における量子化係数値 1 で構成されている高位階層 3 においては、MPEG 符号化の場合、

$$(7, 1)(3, 1)(0, 1)(x, -1) \dots \quad (2)$$

と符号化される。これを

$$(7, 3, 0, x, \dots)1 \quad (3)$$

と符号化する。すなわち、(ラン値の羅列) と一つのレベル値、としてまとめる。ここで、実際は量子化係数値は正負が存在するため、一定値ではない。正負を区別する必要がある。そこで、レベル値の正負は各ラン値に 1[bit] 付加することで、レベル値を一定値で表現可能にし、符号化効率を上げている。

4. シミュレーション実験

本提案方式の有効性を確認するため、画面全体にあたる高位階層の符号量を制限符号量とし、部分領域に対して符号量割り当てた画像を生成して評価する実験を行った。

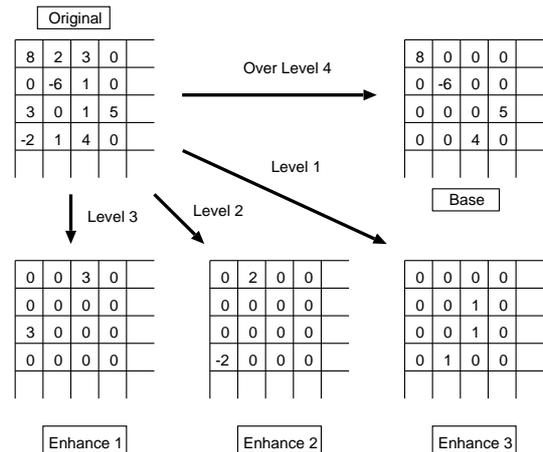


図 6 階層化手法

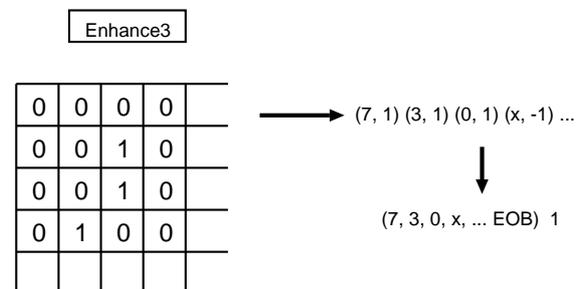


図 7 符号化手法

4.1 実験方法及び手順

実験環境を表 2 に示し、実験は以下の手順で行う。

(1) 制限符号量の決定

従来方式での高位階層の符号量を計測する。2[Mbps] の基本階層を生成し、高位階層を順に付加した場合の総符号量をそれぞれ計測し、画面全体の高位階層符号量を算出し、部分領域に割り当てる制限符号量を決定する。

(2) 本提案方式による画像生成

部分領域を指定して、制限符号量を用いた部分領域高位階層を付加し、本提案方式での画像を生成する。

(3) 画質確認

提案方式で得られた画像を評価する。

表 2 実験環境

符号化方式	MPEG2 Video MP@ML(N=15,M=3)
符号化レート	10[Mbps]
フレームレート	29.97[frame/sec]
テストシーケンス	Bus, Table Tennis, Mobile and Calendar
画像フォーマット	ITU-R BT.601 4:2:0 Format 輝度信号 704[pe] × 480[line] 色差信号 352[pe] × 240[line]

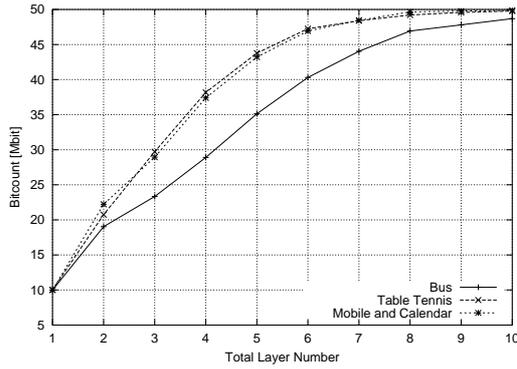


図 8 総階層数と発生符号量

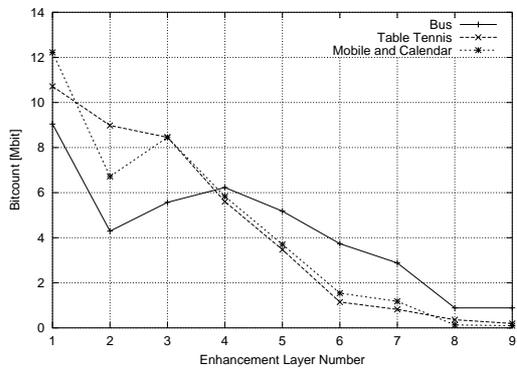


図 9 高位階層の発生符号量

4.2 実験結果と考察

4.2.1 制限符号量の決定

基本階層に画面全体の高位階層付加し、ストリーム全体の符号量を計測した。総階層数と発生符号量の関係を図 8 に示す。また、各高位階層の発生符号量を図 9 に示す。

本実験で用いた画像は約 30[frame/sec] であり、150[frame] では約 5[sec] の映像となる。図 8 より、2[Mbps] の基本階層の発生符号量が約 10[Mbit] となり、高位階層を加えることで 10[Mbps] の原画像で発生する 50[Mbit] に近づくことがわかる。Table Tennis、Mobile and Calendar は同様の傾向を示していた。Bus は前者に比べ、発生符号量の増加率が低いことがわかる。これは同階層数を付加した場合、Bus より Table Tennis、Mobile and Calendar の方が品質の向上が高いことを示している。階層数が増加すると発生符号量の増加率は低くなる。これは高位の階層ほど、量子化係数値を持つ MB が減少するためと考えられる。

4.2.2 提案方式による画像生成

本実験では、部分領域を領域固定かつ矩形領域に限定して本提案方式による画像を生成する。実験で指定した部分領域を表 3 と図 10 に示す。領域内に含まれる MB 数を面積と定義すると、面積 200 の領域 A、250 の領域 B、300 の領域 C の 3 領域を部分領域とした。

表 3 部分領域の位置と面積

部分領域	左上の座標	縦の MB 数	横の MB 数	総 MB 数 (面積)
A	(10, 10)	20	10	200
B	(10, 10)	25	10	250
C	(10, 5)	20	15	300

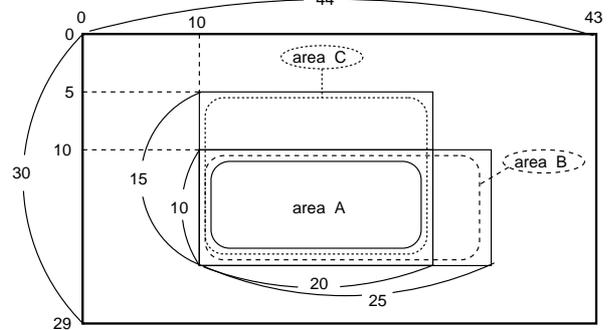


図 10 指定した部分領域

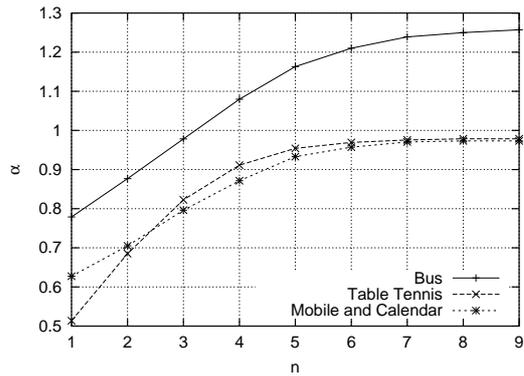
画面全体の高位階層 1 で発生する符号量を用いて、部分領域に対して符号量を割り当てた画像を生成する。すなわち、式 (1) に示される C_{max} に画面全体の高位階層 1 を割り当て、付加する階層数が増加していく場合の符号量を計測していく。 $\alpha > 1$ の場合、制限符号量を超えるため、 $\alpha < 1$ を満たす最大の n である n_{max} を求める。

n と α の関係を図 11 に示す。図 11 より、 n_{max} が求まる。各場合での n_{max} の結果を表 4 に示す。表 4 より、面積を増加させると符号量が多く発生するため、付加可能な階層数が減少することがわかる。また、図 11(a) における Table Tennis と Mobile and Calendar の結果より明らかなように、部分領域がある一定の面積以下になる場合、付加階層数の制限がなくなり、最大階層数まで付加でき、原画像と同等の品質が得られると考えられる。本実験の場合、画面全体に含まれる MB の数が計 1320 個であるため、部分領域を領域 A とするとき、すなわち部分領域を画面全体の 1/6 程度 (約 15%) にすると最大階層数まで取れることがわかる。

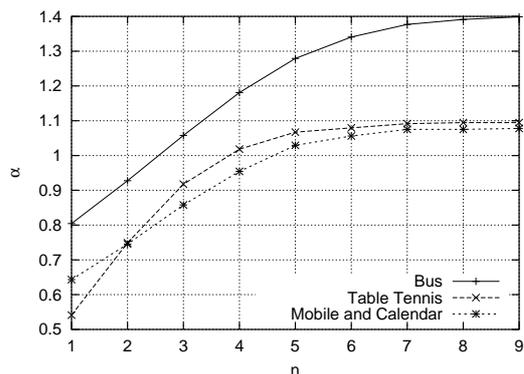
4.2.3 画質確認

図 11 及び表 4 より、付加可能な高位階層数を確認できた。その結果を元に提案方式の画像を生成した。例として、Table Tennis の部分領域を A とした場合の結果を示す。図 12 に従来方式による生成画像を、図 13 に本提案方式による生成画像を示す。主観評価の結果、Table Tennis に関しては領域面積が 200 の場合に部分領域の高精細化が確認できたが、Bus、Mobile and Calendar に関しては高精細化をほぼ確認できなかった。

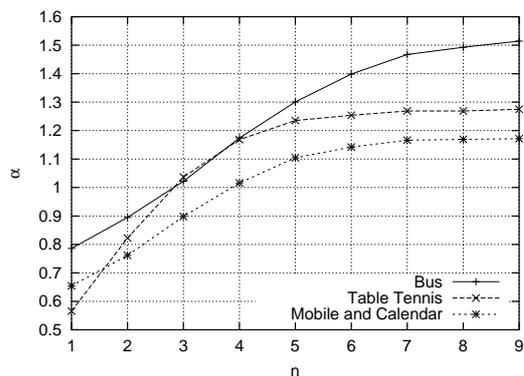
これは部分領域外にあたる基本階層が数値的に 2[Mbps] の品質となるが、主観評価では部分領域とほぼ同じ精細度を示すため、差がはっきりとしないことが原因と考えられる。現時点の基本階層の生成に関しては 10[Mbps] から 2[Mbps] への圧縮が限界であり、今後はさらに基本階層を圧縮可能な階層符号化方



(a) 領域 A 面積 200



(b) 領域 B 面積 250



(c) 領域 C 面積 300

図 11 n と α の関係

表 4 付加可能な高位階層数 n_{max}

面積	Bus	Table Tennis	Mobile and Calendar
200	3	9	9
250	2	3	4
300	2	2	3

式についても検討する必要がある。

今回の実験で生成した画像の評価は、主観評価に留まった。画質評価は SNR(Signal to Noise Ratio) 評価が一般的に行われているが、通常 SNR 測定は画面全体に対して行われるため、本提案方式を評価する上で有効性を示す訳ではない。したがって、今後は本提案方式の有効性を理論的に示す評価方法に関して検討しなければならない。



図 12 基本階層に画面全体の高位階層 1 を付加した出力結果



図 13 基本階層に部分領域へ高位階層 9 まで付加した出力結果

5. まとめ

多様な再生環境や伝送条件に柔軟に対応するための技術としてスケーラブル配信方式があり、それを実現する手段として多階層映像符号化方式に着目した。本稿では、帯域が制限されている状況で部分領域を高精細にすることを目的として、領域選択機能を有する階層符号化方式についての検討を行った。また、シミュレーション実験により本提案方式で得られる画像を生成し、従来方式との比較及び画質確認を行い、部分領域高精細化を確認した。最後に、今後の予定を以下に示す。

- (1) MB 単位での符号量割り当てアルゴリズムの実装
- (2) 基本階層の高圧縮可能な階層符号化方式の検討
- (3) 理論的な評価方法の検討

文 献

- [1] ISO/IEC 13182-2, IS: "Generic Coding of Moving Picture and Associated Audio Recommendation H.262," 1996
- [2] Weiping Li, "Overview of Fine Granularity Scalability in MPEG-4 Video Standard," IEEE TRANSACTION ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL.11, NO.3, MARCH 2001
- [3] 永吉 功, 花村 剛, 笠井 裕之, 富永 英義, "MPEG-2 ビットストリーム分離・合成機能によるスケーラブル映像符号化方式," 電子情報通信学会論文誌 D-2, Vol.J84-D-2 No.12 pp.2525-2540, 2001
- [4] 角田 福美, 永吉 功, 花村 剛, 富永 英義, "ビットストリーム変換処理による多階層映像符号化方式に関する検討," 信学技報, Vol.103 No.511 pp.45-50, 2003.
- [5] Test Model Editing Committee: "Test Model 5," ISO/IEC JTC/SC29/WG11/N0400, Apr.1993