

目的領域を優先した画像表示方式に関する検討

村井 正人 菅野 勝 笠井 裕之 児玉 明 富永 英義
早稲田大学理工学部電子通信学科

住所: 東京都新宿区大久保 3-4-1 55 号館 N06-02 号室
TEL: (03) 3209-3211 ext.3419
FAX: (03) 3200-6735
E-mail: murai@tom.comm.waseda.ac.jp

本稿では、高精細画像の効率的な伝送・表示のためのアーキテクチャとして、画像中でユーザが指定した領域(目的領域)から優先して伝送・表示する方式について述べる。具体的な方式として領域毎に画質を向上させる方式、また視覚特性に沿った表示方式の2通りについて提案する。その実現手法として、領域に基づいてDCT係数を制御する方法、更にSNRスケラビリティを用いる方法について検討し、各々に対するデータ構造及び表示手順を示す。そして、提案方式の有効性を検証するために既存のプロGRESSIVE方式と比較し、目的領域の画像品質が向上する過程での比較をした。その結果、符号量の観点からは、提案方式によって目的領域から復元することの有効性が示された。

Proposal for Image Display Method Giving Priority to Target Area

Masato MURAI Masaru SUGANO Hiroyuki KASAI
Mei KODAMA Hideyoshi TOMINAGA
Dep. of Electronics and Telecommunication Engineering, WASEDA University

Address: 55N-06-02 4-1 Ohkubo-3 Shinjuku-ku, Tokyo 169, JAPAN
TEL: +81-3-3209-3211 ext.3419
FAX: +81-3-3200-6735
E-mail: murai@tom.comm.waseda.ac.jp

This paper proposes an efficient technique of transmitting and displaying high definition images, which grants priority to user's target area. We investigate a display method which gradually improves image quality at each separate area and a display method which meets visual characteristics. To realize them, we examine a technique which controls DCT coefficients at each area, and a technique which bases upon SNR scalability. We also indicate data structure and display-processes of these techniques. Then our proposal methods are compared with progressive-method as regards processes for improving image quality. As a result, we ascertained that displaying target area with proposal methods is effective in respect of coding bits.

1. はじめに

コンピュータの高速化・高機能化や蓄積装置の大容量化、更にコンピュータネットワークの整備などにより、画像情報の伝送・蓄積が容易となってきた。それに伴い、HDTV 画像を始めとする高精細画像を対象としたアプリケーションへの期待も高まりつつある。しかし、高精細画像は情報量が膨大なため、伝送ネットワークの帯域が制限されている場合等には、リアルタイム伝送を行なうことは困難である。そのため高精細画像の効率的な伝送・表示方法が望まれる。

本稿では、HDTV を始めとする高精細画像の効率的な伝送・表示を実現するためのアーキテクチャとして、ユーザが指定した領域(以下、目的領域と呼ぶ)を優先した画像伝送表示方法について検討する。既存の静止画像表示方式として、完全な画像を上から順にスキャンして表示するシーケンシャル方式や、徐々に画質を向上させるプログレッシブ方式が挙げられるが、本稿ではこれらと提案方式との比較を行ない、提案方式の実現性及び有効性を示す。

2. 目的領域優先型表示方式の提案

2.1 JPEG における DCT 符号化方式

JPEG では、DCT 符号化方式としてシーケンシャル方式とプログレッシブ方式が規定されている⁽¹⁾。前者は画像入力の順序に沿ってブロックライン毎に復号されるのに対し、後者は最初に低解像度の画像を復号し、時間の経過とともに精細度が向上していくように復号される。特にプログレッシブ方式は、画像復号時の早い段階でおおまかな画像が得られるという利点を持ち、画像全体に対して均一な処理を行なうことが大きな特徴といえる。しかしながら、画像中でユーザがある特定の領域を要求した場合、その領域の画像品質が最高品質になるまでに要する時間は、前述の特徴により、画像全体が最高品質になるまでの所要時間と等しいため、余分な処理・時間を要するという問題が挙げられる。ここで「最高品質」とは、その手法により実現できる最高の画像品質を指す。

2.2 目的領域を優先した画像表示方式の提案

2.2.1 提案方式の概要

比較的低速なネットワークや、高速なネットワークでも十分な帯域が確保できない状況において高精細画像の伝送・表示を考えた場合、伝送帯域の問題により一度に伝送・表示できる情報量は制限される。端末処理能力の向上に従い、現在このようなネットワークにおける画像伝送アプリケーションで

は、プログレッシブ方式による表示方法が有効である⁽²⁾。しかしながら 2.1 で述べたような問題から、ユーザの要求する部分からの優先的な表示が必要であると考えられる。

本稿では、伝送速度が制限された下で、目的領域から優先的に画像品質を向上させ、時間の経過とともに目的領域から周辺領域にかけて最高品質になるような画像表示方式を提案する。本提案表示方式におけるシステム概念図を図 1 に示す。情報センターには多量の画像情報が蓄積されており、(a) 第一段階として低品質画像をユーザに伝送する。次に (b) ユーザにより与えられる目的領域情報が情報センターに送信され、その情報をもとに (c) 目的領域から優先的に画像情報を送信し (d) 表示する。

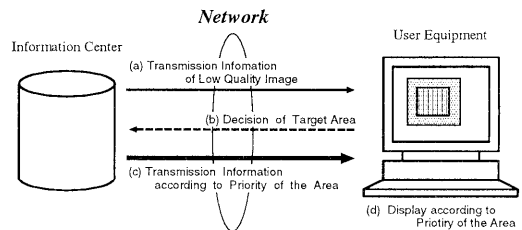


図 1: システム概要

ここで「目的領域」をユーザが低品質画像を見たときに指定した領域と定義する。今回は図 2 に示すように、画像を 4 つの等面積領域に分割し、中心部分を目的領域(領域 1)とし、目的領域から順に領域 2,3,4 とする。

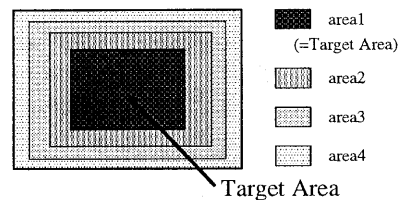


図 2: 画像中の領域の定義

提案表示方式として以下の 2 方式について検討する。但し両方式とも、先にも述べたように第一段階では初期画像としての低品質画像を伝送し、目的領域を決定した後で領域の優先度に応じて品質の向上を行なう。今回は低品質画像として、DCT 係数の DC 成分のみから構成される画像を用いることとする。また、目的領域の決定方法については、ここでは特に触れない。

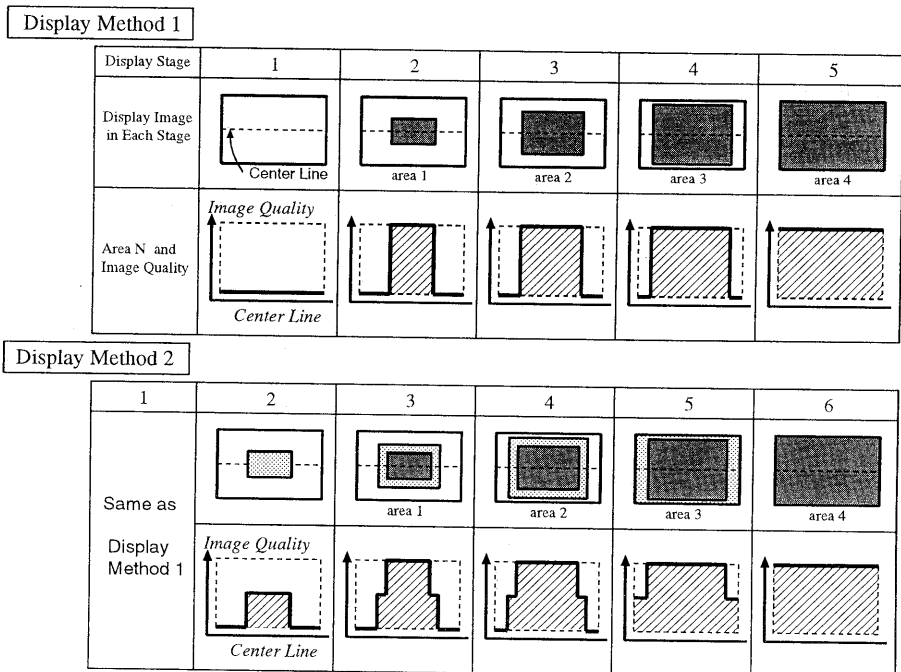


図 3: 表示方式 : (上) 表示方式 1 (下) 表示方式 2

2.2.2 表示方式 1

表示方式 1 として、領域 1 の最高品質画像表示後に領域 2 の最高品質画像、さらに領域 3、領域 4 の最高品質画像表示を行なう方式を検討する。表示手順を図 3(上) に示す。

1. 低品質画像の表示
2. 目標領域決定後、領域 1 の最高品質画像の表示
3. 領域 2 の最高品質画像の表示
4. 領域 3 の最高品質画像の表示
5. 領域 4 の最高品質画像の表示 (画像全体の最高品質画像の表示)

2.2.3 表示方式 2

表示方式 1 の応用型として、視覚特性に基づいた表示方式 2 を検討する。表示方式 2 は方式 1 と比較した場合、目的領域の最高品質化に要する時間は増加する。しかしながら目的領域の周辺領域の画像品質も向上するため、目的領域を中心とした大まかな画像イメージが比較的早い段階でとらえられる。表示手順を図 3(下) に示す。

1. 低品質画像の表示
2. 目標領域決定後、領域 1 の高品質化

3. 領域 1 の最高品質化及び領域 2 の高品質化
4. 領域 2 の最高品質化及び領域 3 の高品質化
5. 領域 3 の最高品質化及び領域 4 の高品質化
6. 領域 4 の最高品質化 (画像全体の最高品質画像の表示)

3. 実現手法

提案方式の実現手法として、領域に基づいて DCT 係数を制御する方式、SNR スケーラビリティを用いる方式について検討する。

3.1 領域に基づいた DCT 係数制御方式

本方式では、JPEG で定義されているプログレッシブ方式 Spectral Selection 方式 (S-S 方式) を応用し、領域に基づいて伝送すべき DCT 係数を制御する手法について検討する。S-S 方式は 8x8 の DCT 変換を行なった 64 個の DCT 係数を複数の帯域 (BAND) に分割し、最初のスキャンでは低周波側の帯域を符号化し、順次残りの帯域を符号化することでプログレッシブ方式を実現する⁽³⁾。

今回検討する方式は、S-S 方式における DCT 係数の制御とともに領域に基づいた制御を行なう点で S-S 方式とは異なる。領域に基づいた DCT 係数の制御の方法は、図 4 に示すように、対象とする

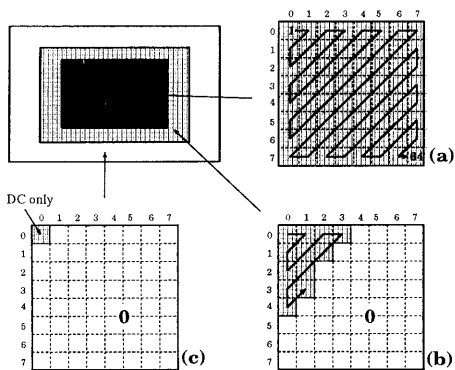


図 4: 領域に基づいた DCT 係数制御

ブロックが属する領域とその画像品質を考慮して DCT 係数の割り当てる個数を制御する。つまり、図 4(a) のように高品質化する領域には多くの DCT 係数を割り当て、図 4(b) のようにあまり高品質化しない領域は少数の DCT 係数を割り当てる。このような制御により、領域毎に画像品質の制御が可能となる。

以下では本手法を実現するためのデータ構造、及び表示方式 1・2 における具体的な手順について説明する。但しここで述べるデータ構造は 1 つの例であり、また今回特に実装などは行っていない。

3.1.1 データ構造・伝送手順

DCT 係数制御方式のデータ構造を図 5 に示す。図 5 における ACn の n は、AC 成分の分割される BAND 数を表現しており、表示方式 1 では $n=1$ であり、表示方式 2 では $2 \leq n \leq 63$ の値をとることが可能である。図 5 では表示方式 2 における $n=2$ の場合を示した。

●表示方式 1

図 5 に示すように、情報センターに蓄積されている画像情報は予め AC 成分と DC 成分に分割された構造を持つものとする。第一段階では図 5(1a) のように DC 係数のみを伝送する。ユーザから目的領域の指定があると、(1b) に示すように、領域 1 に対する全ての AC 係数をスキャンしながら拾いだし、領域 1 を構成する AC 係数のみの付加データを作成、伝送する。以下、領域 2, 3, … に対するデータを送信側で作成し、伝送する。

●表示方式 2

表示方式 1 と異なる点は、予め BAND 毎の AC 係数を分離した構造 (AC1, AC2, …) を持つことである。従って、最初の段階では図 5(2a) に示すように DC 係数のみを伝送するが、次の段階では (2b)

のように AC1 群から領域 1 に対する AC 係数を読み出し、伝送する。更に (2c) では、AC2 群から領域 1 の AC 係数、AC1 群から領域 2 の AC 係数を読み出し伝送する

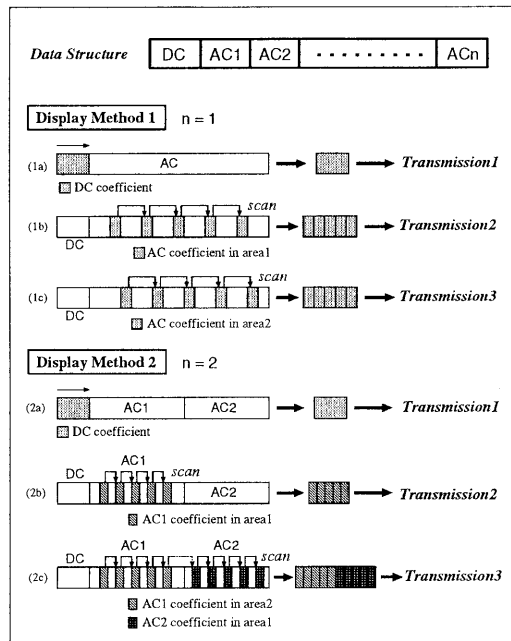


図 5: DCT 係数制御方式のデータ構造

3.1.2 表示手順

●表示方式 1

ここでは画像品質を 2 段階として説明する。

- 画像全体に対する DC 成分のみ受信し、受信側で IDCT を施して表示すると同時に、DC 成分は DCT 係数バッファに蓄積する。
- 領域 1 に対する全ての AC 係数を受信する。受信側では DCT 係数バッファ内の DC 成分と、受信した AC 係数とを加算し、IDCT 処理後、表示する。このとき AC 係数のデータは、バッファ内のどの係数と加算されるかを示すヘッダを持ち、領域 1 についてのみ加算処理が行なわれるものとする。また、DCT 係数バッファは更新される。
- 領域 2 の AC 係数、領域 3 の AC 係数…と順次受信し、上と同様にバッファ内係数との加算、及びバッファの更新を行なう。
- 最終的に全ての領域の AC 係数を受信し画像全体を最高品質にする。

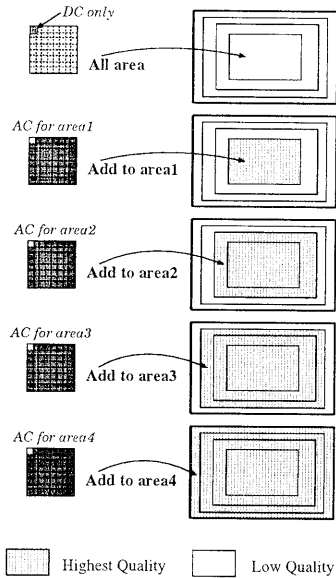


図 6: DCT 係数を制御する方法 -1

●表示方式 2

基本的な処理は表示方式 1 と同様である。異なる点は、領域 1 では AC2 群から、領域 2 では AC1 群からというように、複数の領域に対して AC 係数が受信されることであり、それらの AC 係数がどの領域に属するものであるか、ヘッダを見ながらバッファ内係数との加算処理を行なう必要がある。

表示方式 2 においては、任意の点において視覚特性に沿った形での画像表示方式が実現でき、最終的に画像全体を最高品質化することが可能となる。

3.2 SNR スケーラビリティによる方式

第 2 の実現手法として、MPEG2⁽⁴⁾ で採用されているスケーラビリティを用いた表示方式について検討する。スケーラビリティは、符号化されたひとかたまりの情報の中から、一部分のみを復号することによりユーザの有意情報を再生できる機能を提供する。そこで、スケーラビリティを利用することにより、目的領域から優先的に表示できると考えられる。本稿では、サイズ変換の観点から SNR スケーラビリティを応用した表示方式について検討する。

SNR スケーラビリティは Base-Layer(以下、B-L と呼ぶ) と Enhancement-Layer (以下、E-L と呼ぶ) から構成され B-L から E-L にかけて画像品質が向上する。そこで、目的領域における E-L の情報を優先的に表現することで図 9 及び図 10 に示すように目的領域を優先した画像表示を実現する。

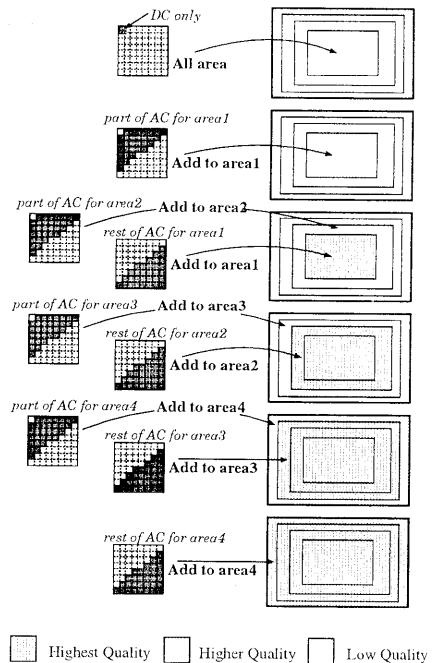


図 7: DCT 係数を制御する方法 -2

ただし今回は 2 階層の SNR スケーラビリティにより検討する。また低品質画像を DC 成分からなる画像に統一するため、B-L を DC 成分からなる Layer と AC 成分からなる Layer に分割する。そして、B-L の DC 成分からなる Layer を Layer1、B-L の AC 成分からなる Layer を Layer2、さらに E-L を Layer3 と定義する。

3.2.1 データ構造・伝送手順

SNR スケーラビリティによる方式のデータ構造を図 8 に示す。図 8 における Layer n の n は、階層数を表しており、前述の定義から n=1,2 は Base Layer であり、n>3 は Enhancement-Layer である。図 8 では表示方式 2 における n が n=3 の場合を示した。

●表示方式 1

図 8 に示すように、情報センターに蓄積されている画像情報は予め n 階層の Layer に分割された構造を持つものとする。第一段階では図 8(1a) のように Layer1 のみを伝送する。そして、ユーザ側から目的領域の指定があると、Layer2,3 から指定した領域に対するデータを、図 8(1b) のようにヘッダに示されたアドレスなどを見ながらスキャンして拾い、目的領域だけを構成するための付加データを作成す

る。このとき、Layer2 及び Layer3 から読み出すデータは、同一の領域に属するものである。

●表示方式 2

図 8(2a) に示すように、Layer1 ~ Layer3 からなる場合 (n=3) は、表示方式 1 におけるデータ構造と同様である。指定した領域のデータをスキャンする手順も同様であるが、(2c) にあるように、Layer2 と Layer3 から読み出すデータは、異なる領域に属するものである、という点が異なる。

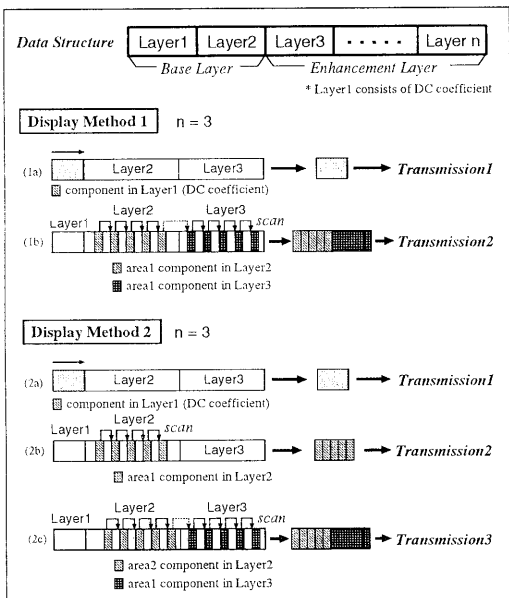


図 8: スケーラビリティによる方式のデータ構造

3.2.2 表示手順

●表示方式 1

- 画像全体に対して、Layer1(DC成分のみ)を受信する。受信側ではこれを表示すると共に、DCT係数バッファに蓄積する。
- 目的領域に対するLayer2,3を受信する。ここで、Layer2のデータについてはバッファ内の係数と加算処理を行ない、これをBase-LayerとしてLayer3の予測に用いる。また、バッファは更新される。
- 領域2のLayer2,3、領域3のLayer2,3…の順で受信する。ここでも同様に、Layer2に対してはバッファ内の係数を加算し、これを基にLayer3を得る。
- 最終的に全ての領域のLayer2,3を受信し、画像全体を最高品質にする。

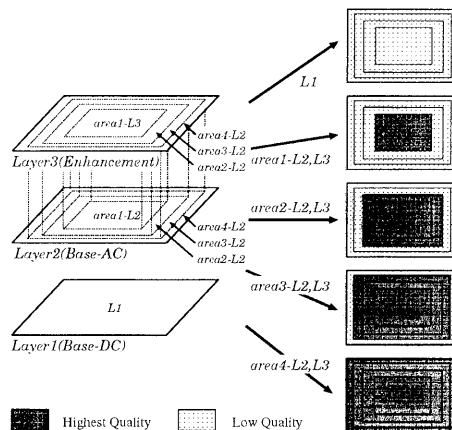


図 9: SNR スケーラビリティによる方法-1

●表示方式 2

この場合も基本的な処理は表示方式 1 と同様である。但し、Layer2 と Layer3 が属する領域が異なるため、例えば領域 1 の Layer3 と領域 2 の Layer2 が受信した場合には、領域 2 については加算処理のみ、領域 1 に対して階層間予測を行なうという複雑な処理が必要となる。

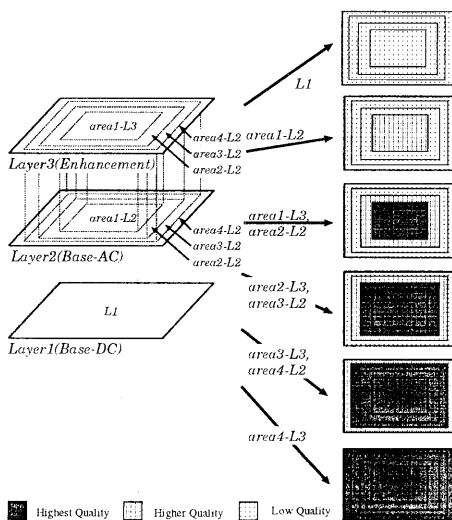


図 10: SNR スケーラビリティによる方法-2

4. シミュレーション実験・考察

提案表示方式の効果を検証するためシミュレーション実験を行なう。本実験の比較方式として JPEG のプログレッシブ表示方式を採用上げる。まず最初にプログレッシブ表示方式の特性を明らかにし、そ

の後提案方式の表示特性のシミュレーション実験を行なう。ただし提案方式の効果の検証を目的とするため、2つの実現手法における表示方式1の場合のみのシミュレーションを行なう。

4.1 プログレッシブ表示方式

プログレッシブ表示方式における表示特性をシミュレーション実験により算出する。本稿では比較プログレッシブ方式として、先にも述べたS-S方式を用いる。8×8ブロックDCT係数領域において、DC成分からジグザグスキャン順に各DCT係数を用いて表示していく際の各段階における符号量を算出する。ただしBAND数は64個とした。実験条件を表1に、結果を図11に示す。

表 1: シミュレーション実験条件

評価画像	Mobile & Calendar (1 frame)
画像 Format	ITU-R Rec.601 4:2:0 輝度信号: 704[pe]x480[line] 色差信号: 352[pe]x240[line]
評価項目	各表示段階における符号量

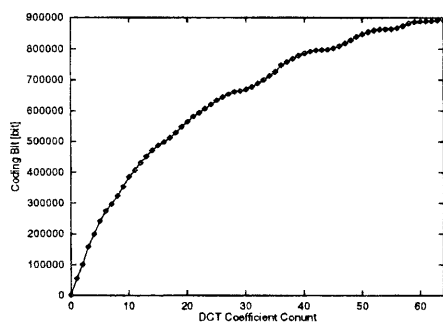


図 11: DCT 係数の個数と符号量

図11において、DCT係数の個数が多くなるに従い符号量が増加しているが、高次係数において符号量の増加の割合が減少していることから、低周波成分の変換係数には多くの符号量が与えられ、高周波成分のそれは少ないことが理解できる。従って画像全体を均一に表示する場合、低周波成分を伝送する際には比較的時間を要することが理解できる。以上よりプログレッシブ方式では画像表示の初期段階で多くの時間を要することが確認された。

4.2 提案方式

4.2.1 各表示段階における符号量の検討

第1の実現手法としてDCT係数を制御する方式による表示方式の実験を行なう。低品質画像をDC成分からなる画像とし、領域1、領域1,2、領

域1,2,3、及び画像全体を高品質化する際の符号量を算出する。

第2の実現手法としてSNR スケーラビリティによる表示方式の実験を行なう。同様に、低品質画像をB-LのDC成分からなる画像とし、領域1、領域1,2、領域1,2,3、及び、画像全体を高品質化する際の符号量を算出する。実験条件は表1と同様であり、符号量は、実符号量のみを算出したため、ヘッダ及びEOB(End_of_Block)は含まれていない。但しE-LのSN比がプログレッシブ方式の最終画像のSN比と同じ値となるように設定した。結果を表2に示す。また作成画像例としてDCT係数制御方式による表示段階1,2,3の画像を図12に示す。

表 2: 各表示段階における符号量

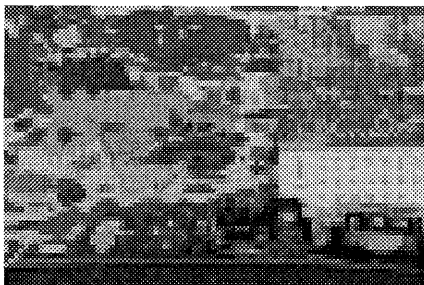
表示段階	実現手法1	実現手法2
1 (DC成分のみ)	54678	54678
2 (DC+ 領域1)	277880	272494
3 (DC+ 領域1,2)	482868	482901
4 (DC+ 領域1,2,3)	689977	692759
5 (全て復元)	891976	895455

表2より、両実現方式とも高品質化する領域サイズを変化させるにつれて、符号量はその面積にはほぼ比例して増加していることが確認できる。本検討のように画像中の1/4が目的領域である場合は、表示段階2までに要する符号量は、プログレッシブ方式の場合DC成分を含む低周波から7個の係数に相当する。よってプログレッシブ方式では高周波成分がなくぼやけた画像であるのに対し、提案方式では同等の符号量で目的領域を最高品質化することが可能となる。

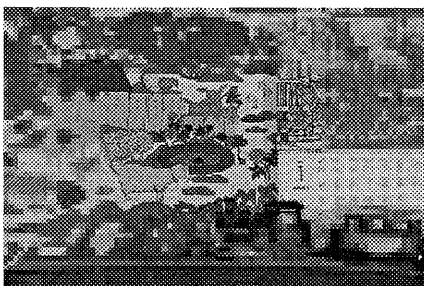
以上の結果から本方式の表示効果が確認され、局所領域に対するユーザの要求度が高い場合には本提案方式が有効であることが示された。

4.2.2 表示開始時の品質に関する検討

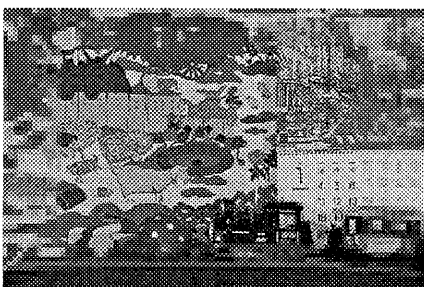
4.2.1における検討から符号量の観点で提案方式の有効性が示された。本節では表示開始時の画像品質の観点から提案2方式とプログレッシブ方式とを比較検討する。そこで提案方式の表示段階1から表示段階2までの領域1内の段階的なSN比を提案方式とプログレッシブ方式で比較した。今回、DCT係数を制御する方式では、目的領域に割り当てるDCT係数の個数を段階的に変化させる。またSNR スケーラビリティを用いる方式では、表示段階を細かく比較するため5階層にし、それぞれの場合の符号量とSN比を比較検討した。結果を図13に示す。



(a) 表示段階 1



(b) 表示段階 2



(c) 表示段階 3

図 12: 作成画像

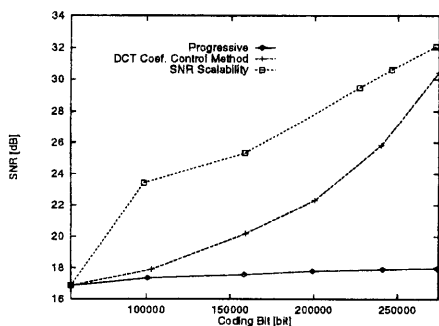


図 13: 領域 1 における SN 比

図 13 より、プログレッシブ方式に比べ提案方式は早い段階で画像品質が向上している。従って本検討からも、目的領域から優先的に高品質化するという本方式の表示効果を確認することができる。また提案 2 方式を比較した場合、低符号量における SN 比値から、SNR スケーラビリティに基づく方式は DCT 係数を制御する方式に比べ同じ符号量でも早い段階で画像品質が大幅に向上することが分かる。

4.2.3 提案 2 方式の比較検討

以上までの議論では、ヘッダ及び EOB による符号量、さらには処理量についての検討は行っていない。しかし実際には SNR スケーラビリティは階層構造であるため、ヘッダ及び EOB の符号量が増加し総符号量が増加してしまう。また復号側でもスケーラブルな復号器が必要となり、処理量も非階層構造の場合に比べ増加する。一方 DCT 係数制御方式では非階層構造のため符号量及び処理量が少なく済む利点があるものの、表示開始時には低周波成分のみしか復号できないためぼやけた画像になり画像品質が向上しない。特に今回は、伝送速度が遅く端末の処理速度は速い場合を想定しているため、そのような条件下では SNR スケーラビリティに基づく方式が有効であると考えられる。

5. まとめ

本稿では、画像伝送・表示に時間を要する場合の効率的な伝送・表示方式として、目的領域を優先して伝送・表示する方式を提案し、その実現手法として領域に基づいた DCT 係数制御方式と SNR スケーラビリティによる方式の 2 方式で検証した。各段階における作成された画像の符号量を求めることにより提案方式の表示効果を確認し、表示過程の画質を比較することで有効性を示した。

今後は、前述のデータ構造の最適化、提案したビットストリーム の定義・作成について検討を行なう。また、高精細画像を対象とした検討も行なう。

参考文献

- [1] ISO-IEC 10918-1, DIS: "Digital Compression and Coding of Continuous-Tone Still Images Part 1 :Requirements and Guidelines"(1991).
- [2] 勝野 聡, 小池 淳: "LAN/WAN 上での静止画像伝送システム", PCSJ 95, pp. 19-20 (1995).
- [3] W. B.Pennebaker and J. L.Mitchell: "JPEG - Still Image Data Compression Standard", VAN NOSTRAND REINHOLD (1993).
- [4] ISO-IEC 13818-2, IS: "Generic Coding of Moving Picture and Associated Audio Recommendation H.262" (1995).