

# 画像の圧縮/伸張処理システムを構成する要素技術について

ON THE ELEMENT TECHNIQUE OF IMAGE CODING SYSTEM

桑原 祐史<sup>\*</sup>、大林 成行<sup>\*\*</sup>、小島 尚人<sup>\*\*\*</sup>

Y. Kuwahara, S. Obayashi, and H. Kojima

抄録：本研究では、近年建設分野で注目されつつある各種画像を導入した適用業務システムの要素技術として画像圧縮（JPEG）および画質改善（RGS法）の問題に着目した。これら要素技術を適用する際には、パラメータ設定値（スキャンパラメータ、スケーリングファクタ）と圧縮効率および画質の関係が実用上最も重要な問題となる。本研究では、土地被覆状況の異なる様々なシーンの衛星データを実験対象とした入念な検討を通じて、パラメータ設定値に関する一つの指針を作成するとともに、圧縮/伸張処理における前処理および後処理としてRGS法を組合わせた「伸張画像の画質改善アルゴリズム」を提案した。著者らの知る限り、元データの「画質を維持する」圧縮手法に関する研究は数多いものの、伸張画像の画質改善まで言及した例は見あたらない。検討の結果、両ケースともに元データ以上の画質を有する伸張画像を作成できるが、圧縮効率を考慮すると後処理としてRGS法を用いる方が効果的であることが判った。

Abstract: The objective of this study is to examine the relationship between the image coding ratio and image quality in image coding algorithm of JPEG. Two parameters used in JPEG, which are called a scan parameter and a scaling factor, exert influence on image coding ratio and image quality. In this study, many experiments using satellite data were carried out to determine the range of appropriate value on these parameters for improving the efficiency of the data compression and stretching with image quality preserved. Furthermore, the algorithm combined JPEG with RGS method was proposed to correct image quality for the compressed data. There are many studies for preserving image quality, but few studies for improving image quality in the process of the image compression and stretching. Judging from the image compression ratio, it was found that RGS method is less useful as the pre-processing than as the post-processing for JPEG algorithm.

キーワード：画像圧縮、JPEG、RGS法、画像データベース

Keywords: image coding, JPEG (Joint Photographic Expert Group), RGS method, image data base

## 1. はじめに

地球環境観測、道路維持管理問題等、建設分野においても各種画像データを利用した適用業務システムの開発が数多くなってきている。しかし、その一方では「データの洪水」に押し流され、データの利用価値を見失ってしまうことにもなりかねない状況にある。即時性が要求される防災、気象、漁業等のデータ利用分野では膨大な量の画像データから必要な情報を必要な時に効率良く検索、入手できることが不可欠な条件となる。さらに、最近では衛星データを画像データベース化し、全世界の人々が利用できるようにネットワークを整備する構想が持ち上がっており、目的に応じた様々なシステム化へのアプローチが見られる。このような利用ステージにおいても「データの量」の問題は避けては通れない課題となり、その一対策としてデータの圧縮/伸張処理が注目されている。

データを圧縮し、「量」を減少させれば、特別な大型設備も必要なく、手軽に扱うことができる。さらに

必要なデータを圧縮し、圧縮データのまま転送すればネットワークへの負担も軽減する。しかし、データを圧縮することにより「量」の問題はある程度解決するが、圧縮/伸張処理に伴って「画質の劣化」や「画像の持つ情報の欠落」等新たな問題が発生する。

現在、画像データの圧縮/伸張処理の方法は、JPEGアルゴリズムとして標準化されつつあるが、圧縮効率を左右するパラメータ（スキャンパラメータ、スケーリングファクタ）は、取り扱うデータの質や量に応じてユーザが試行的に決定するようになっている。汎用性を持たせたアルゴリズムであると解釈することもできるが、ユーザにとってはデータを圧縮する際に、パラメータの値をどの程度の範囲に設定すればよいのかといったことが最も重要な情報となる。

以上の背景のもとに、本研究ではJPEGアルゴリズムDCT方式を用いて画像（本研究では衛星データを対象とする）の圧縮/伸張処理を施す際のパラメータの値と圧縮効率および画質の問題について検討するとともに、圧縮/伸張処理過程を経て得られる画像（以下、伸張画像）の画質向上に関する研究を進める。

本研究の成果は、衛星データのみならず、最近利用

\*学生員 東京理科大学大学院 (〒278 千葉県野田市山崎2641)  
 \*\*正会員 工博 東京理科大学教授 理工学部土木工学科  
 \*\*\*正会員 工博 東京理科大学講師 理工学部土木工学科

分野の拡大が注目されているCCDカメラ等で取得されたデジタル画像を対象とした画像処理/解析等、建設分野で開発されつつある様々なシステム開発の要素技術の一つとして活用できるものであり、情報科学研究としての意義を有する。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の4点である。

①衛星データをはじめとして様々な画像データを導入した適用業務システム(広義に言う画像データベースシステム、ネットワークシステム等を含む)が開発されてきている中、その要素技術として重要な位置を占める画像の「圧縮/伸張処理」と「画質改善処理」に着目し、既往の研究調査を通じて本研究で扱う範囲と意義を明確にする。

②建設分野における各種画像データを取り扱うトータルシステムを想定した上で、①で取り上げた2つの要素技術のあり方について整理するとともに、システム利用者の立場から見た検討課題を設定する。

③具体的には圧縮/伸張処理(JPEG)および画質改善処理(RGS法)で使用する各種パラメータの設定値について検討し、利用指針の一つとしてとりまとめる。

④並行して圧縮効率と画質の問題に触れるとともに、JPEGアルゴリズムとRGS法を組み合わせた効果的な画質改善のアルゴリズムを提案し、その実用性を示す。

## 3. 既往の研究と本研究の意義

### 3.1 既往の研究

#### (1) JPEGアルゴリズムに関する既往の研究

画像圧縮に関する既往の研究では、静止画像を対象とした数多くの画像圧縮手法が提案されている<sup>1)</sup>。しかし、符号化の種類により処理が異なることから、実用性といった点において問題があることは否めない。近年これらの問題に対処すべく国際標準化作業が進んでいる。本研究で対象とするJPEGアルゴリズムは、静止画像の圧縮/伸張処理手法について検討を進めている委員会(JPEG: Joint Photographic Expert Group)により提案されている国際標準アルゴリズムである。JPEGアルゴリズムを対象とした研究は数多く、圧縮効率および伸張画像の画質に関する様々な

比較・検討が進められているが、衛星データを対象として、本研究で設定した検討項目(第5章にて詳述)について言及した例は著者らの知る限り見当たらない。また、JPEGアルゴリズムではパラメータの設定をユーザに委ね、汎用性を目指しているもの実際に処理を施すユーザにとってはどの程度の値で設定したら良いのかといったことが重要な問題となる。この相矛盾する関係から、現在、圧縮/伸張処理を施す際に設定するパラメータの値に関する一つの指針が求められている。そこで、本研究では衛星データに対して圧縮/伸張処理を施す際に使用するパラメータ設定値と圧縮効率および画質の関係について入念に検討する。

#### (2) 伸張画像の画質向上に関する既往の研究

元データの「画質劣化を押さえる」ことを目的とした圧縮/伸張処理手法に関する研究は数多いが、本研究における画質向上に関する検討とは、JPEGアルゴリズムと他の画質改善手法(RGS法)を組み合わせ「伸張画像の画質を向上させる」といった点に注意を要する。画像圧縮/伸張処理手法の国際標準化が進んでいる現在、本研究のアプローチは、実用性を重視した伸張画像の画質改善問題を考えて行く上で興味深いものとする。

衛星データの画質改善手法には様々なものが提案されているが<sup>2)</sup>、手法によっては劣化関数の推定が困難であったり、処理に時間を要する等の問題があることは否めない。このような問題に対し、著者らは連立一次方程式の反復解法アルゴリズムとして利用されているガウス・ザイデル法を用いた画質改善手法(RGS法: the image Restoration method with Gauss-Seidel algorithm)を提案し、その有効性と実用性を示すに至っている<sup>3)</sup>。本研究における画質向上に関する検討では、JPEGアルゴリズムと組み合わせる画質改善手法としてRGS法を採用する。

### 3.2 本研究の意義

3.1節において画像圧縮(JPEG)および画質改善(RGS法)に関する問題点を整理したが、本研究では、この2つの処理内容について検討した上で図-1に示すトータルシステムを指向することになる。ここで、画像圧縮(JPEG)および画質改善(RGS法)は、各種の適用業務システムを構成する要素技術に位置づけられるが、パラメータ設定問題をはじめとして実利用上問題となるいくつかの検討内容があげ

られる。これらの問題が整理されることにより、システムを構成する要素技術が、システムの効率的かつ効果的な運用に寄与できる。

画像圧縮および画質改善に関する研究は、個別に開発・検討が進められているものが多く、手法論、精度論的な検討に傾注する傾向にあることは否めない。従って画像圧縮（JPEG）の問題に加えて伸張画像の画質改善問題について「実利用」を念頭に置いて検討を進める本研究は、「情報科学研究」としての意義がある。

#### 4. JPEGアルゴリズム

JPEGアルゴリズムDCT方式については様々な文献に詳述されていることから、詳細な説明については割愛する。DCT方式を用いて処理を施す際には、スキャンパラメータおよびスケーリングファクタといった2つのパラメータの値により伸張画像の圧縮効率がコントロールされる。この点については本研究の検討課題の一つであることから、以下各々のパラメータについて説明する。

①スキャンパラメータ：一般にデジタル画像はRGBで表現されるが、JPEGアルゴリズムでは輝度（Y）および色差（U、V）で表現されるYUVデータを取り扱う。人間の視覚は輝度には敏感であるが、色差については輝度ほど敏感でないという視覚特性を有する。DCT方式では8×8のMCU（Minimum Coded Unit）を基本単位として処理を施すが、YUVに変換されたデータは、目的とする画質およびデー

タ量を考慮し、色差のデータついて間引き処理が施される。具体的には、YUVデータから抽出された8×8、16×8および16×16ピクセルの部分画像から各々「間引き無し」、「カラム方向に1画素」および「カラム、ライン方向に1画素」ずつ間引くことにより8×8のMCUを作成する。この間引きの度合を定義するものがスキャンパラメータである。

②スケーリングファクタ：DCT変換を施すことにより算出された空間周波数成分のデータをdとし、その係数を数値qで量子化するという事は、「d/qを整数化（四捨五入）する」ことである。qが大きくなると量子化された係数は小さくなり、有効ビット数が減少する。従って、圧縮効率を高めるためには量子化係数を大きく設定する。DCT方式では、MCUの大きさに合わせた量子化テーブルを用いて処理を施すが、通常スケーリングファクタと呼ばれる係数K（>0）を乗じて圧縮効率をコントロールする。

#### 5. 研究の構成

本研究は図-2に示す4つのステップから成る。

##### ①STEP1：対象データおよび対象領域の選定

本研究で使用したデータは、1987年12月3日に観測されたMOS-1・MESSRデータ（PATH:20、ROW:69E）である。本研究では圧縮効率とともに伸張画像の画質も評価することから、対象領域内にできる限り多くの土地被覆項目が含まれていることが重要な要素となる。そこで、畑、水域、樹林、市街地等様々な土地被覆項目が含まれている茨城県土浦市を中心

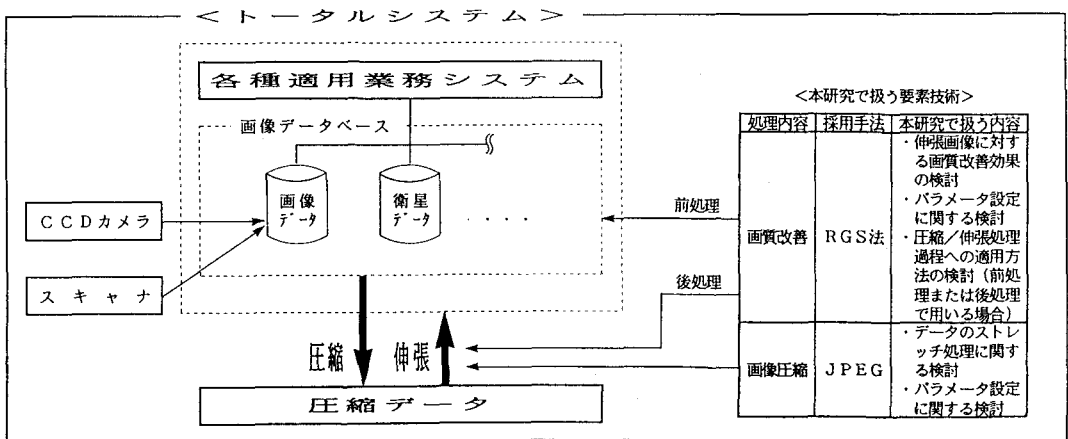


図-1 本研究の検討範囲とトータルシステムへの指向

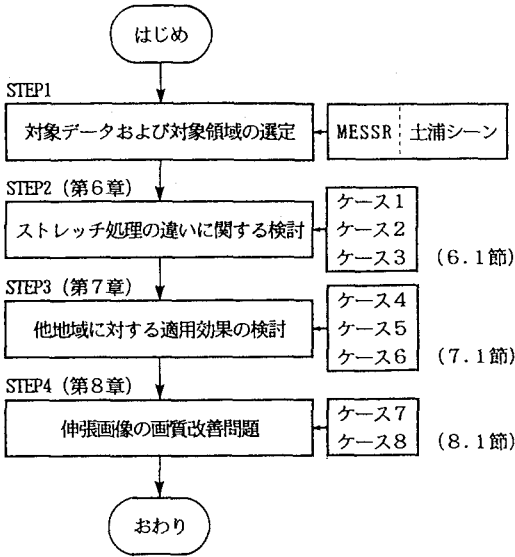


図-2 研究の構成

とした一辺約12.7kmの正方形領域を設定した。

②STEP2：ストレッチ処理の違いに関する検討  
カラー映像表示装置のダイナミックレンジのフルスケールで衛星データをそのまま表示すると目視では判読できない暗い画像となってしまう。目的に応じてデータの濃度階調をストレッチする必要がある。しかし、ストレッチの程度には一意的な基準が存在しない。そこで、本研究では衛星データに対するストレッチ処理別に3つのケースを設定し、伸張画像の画質を評価する。(第6章参照)

③STEP3：他地域に対する適用効果の検討  
衛星データは、土地被覆項目別に空間周波数成分の劣化特性が異なることから、画像全体に対して同一のテーブルを用いて量子化を施すDCT方式では対象物別に画質の劣化の状態が異なることは言うまでもない。ユーザはパラメータを設定する際に試行検討を与儀なくされている。そこで本検討では、土地被覆の状態が異なる3シーンのデータを対象として検討を進める。各シーンの画像評価結果を整理し、パラメータ設定値に関する一つの指針を作成することが本検討の目的となる。(第7章参照)

④STEP4：伸張画像の画質改善問題  
JPEGアルゴリズムとRGS法を組み合わせた効果的な画質改善のアルゴリズムを提案するとともに、実用性に関する検討を進める。(第8章参照)

## 6. ストレッチ処理の違いに関する検討

### 6.1 検討ケースの設定

衛星データに対するストレッチ処理別に表-1に示す3ケースを設定した。それぞれのケースに対してスキャンパラメータとスケールングファクタの値の組合せを網羅して検討を進めることも想定できるが、結果の信頼性と処理に要するコスト等を考えると得策とは言えない。本検討では、ストレッチ処理の違いに伴う伸張画像の画質への影響を詳細に分析することを第一の目的とすることから、元データの情報を出来る限り維持する圧縮/伸張処理ケースを設定した。つまり、図-3に示すようにスキャンパラメータの値を1:1:1とし、色差のデータに対して間引きを施さない処理ケースである。

### 6.2 圧縮/伸張処理結果

本検討では、ストレッチ処理別に設定したケース毎に画像が「元データの画質を良好に保つ状態→ボケまたはノイズが現れる状態→ブロックノイズが現れる状態」へと推移する様子を伸張画像をシミュレートしつつ画像を評価した。図-4に画像濃度値の3次元表示を示す。スケールングファクタの値を大きく設定するに従って細かい濃度値の変動が失われ、濃度曲面が丸みを帯びて来る。さらにパラメータの値を大きくすると、MCU内のデータが一定の値となり、ブロック状

表-1 本検討で施すストレッチ処理

ストレッチ処理	処理内容
<ケース1> 視覚的に見やすい状態に処理を施す。	視覚的に「見やすい」画像を作成する上で適切なスライスの値を選定し、その範囲内のデータに対してストレッチ処理を施す。
<ケース2> 衛星データの情報を維持する様に処理を施す。	CCTカウント値の上限値と下限値の範囲についてストレッチ処理を施す。
<ケース3> ストレッチ処理を施さない。	衛星データに対してストレッチ処理を施さずにJPEGの入力データとして設定する。

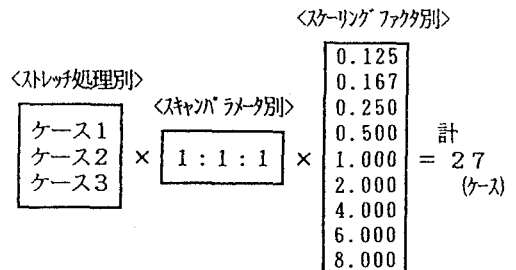


図-3 ストレッチ処理の違いに関する検討ケース

(ブロックノイズ)となる。伸張画像内にブロックノイズが現れた場合には、既に元データの画質が保たれていないことから、それ以前において元データの画質が保たれる限界の伸張画像が存在する。

以上のようなシミュレートを試行的に繰り返した結果、元データの画質が保たれる限界のスケーリングファクタの値は、ケース1およびケース2では0.5、ケース3では0.125として判断された。本検討では、一連の画像評価結果およびデータ量を表-2に示す書式に従って整理した。

圧縮率の欄に着目すると、各ケースにおいて値が大きく変化する箇所と画像評価結果がほぼ一致していることが判る。圧縮率が20(%)程度であれば良好な画質が保証される。さらに、表-2には伸張画像の画質を定量的に評価するために、画像の標準偏差(バンド2)を記載してある。標準偏差の値が急激に変化する前の状態であれば、伸張画像は元データの画質を保つ状態にあると言える。各ケースにおいて標準偏差が急激に変化する箇所と画像評価結果がほぼ一致しており、整合がとれていることが判る。

標準偏差によっても元データの画質を保つ範囲のパラメータの値を絞り込むことができるが、今後処理精度を高める上でも様々な画質の定量評価指標について検討し、パラメータの決定を支援することは、実用上重要な課題である。現在、著者らは自然科学の分野で注目されつつある「1/fゆらぎ」を取り上げ、画質との因果関係について基礎研究を進めている。

「伸張画像の画質」と「圧縮効率」は相反する関係にあることから、この2つの条件を満たすことが重要となる。検討結果を総合的に取りまとめると、3バンド構成のデータをYUVデータに変換して処理を施す際には、データに対して視覚的に見やすい状態にストレッチ処理を施す(ケース1)ことにより圧縮効率が高く、しかも元データの画質を良好な状態に保つ伸張

表-2 視覚評価結果およびデータ量

スキャンパラメータ	スケーリングファクタ	圧縮率(%)	データ量(KB)	画質評価	標準偏差
<ケース1> 1:1:1	0.125	47.1	61.2	○	56.6
	0.167	40.6	52.7	○	56.6
	0.250	31.6	41.0	○	56.6
	0.500	18.3	23.7	△	55.9
	1.000	10.4	13.5	△	54.7
	2.000	6.4	8.4	×	54.0
	4.000	3.8	4.9	×	53.4
	6.000	2.7	3.5	×	53.2
<ケース2> 1:1:1	8.000	2.1	2.7	×	52.1
	0.125	32.8	32.8	○	24.5
	0.167	26.7	26.7	○	24.5
	0.250	19.1	19.1	○	24.4
	0.500	10.6	10.6	△	23.8
	1.000	6.5	6.5	×	23.5
	2.000	3.8	3.8	×	23.2
	4.000	2.1	2.1	×	23.2
<ケース3> 1:1:1	6.000	1.5	1.5	×	22.7
	8.000	1.2	1.2	×	21.9
	0.125	8.9	11.6	△	4.7
	0.167	7.4	9.6	×	4.7
	0.250	5.2	6.8	×	4.7
	0.500	2.7	3.5	×	4.6
	1.000	1.5	2.0	×	4.5
	2.000	1.1	1.4	×	4.5
	4.000	1.0	1.2	×	4.6
	6.000	1.0	1.2	×	4.1
	8.000	1.0	1.2	×	1.5

注1) ○:良好な画質である。  
 △:ボケまたはノイズが見受けられる。  
 ×:元データの画質が保たれていない。  
 注2) 圧縮率(%) = (元データのデータ量 - 圧縮データのデータ量) / (元データのデータ量) × 100

画像を作成できる。

著者らの知る限り、衛星データのストレッチ処理別に伸張画像の圧縮効率および画質に言及した例は見当たらない。DCT方式を用いる場合には、衛星データに対してストレッチ処理を施さずに入力データとして設定することも可能であることから、ユーザが処理を施す際には十分注意を要する点として指摘できる。

7. 他地域に対する適用効果の検討

7.1 検討ケースの設定

本検討で対象とするシーンの選定理由について表-3に整理する。表-3に示すデータには、画質を評価する上で重要となる土地被覆項目は全て含まれている。なお、STEP2の検討結果に基づき入力データに対しては視覚的に見やすい状態にストレッチ処理を施す。本検討で設定したケースを図-5に整理する。

7.2 圧縮/伸張処理結果

本検討では、各シーンにおいてスキャンパラメータ

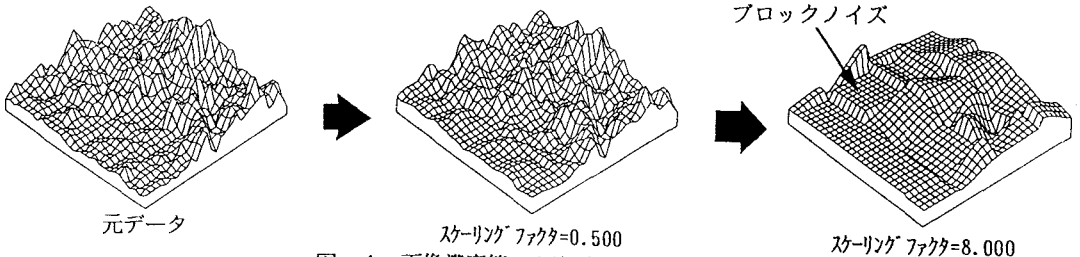


図-4 画像濃度値の3次元表示 (MESSR:バンド2)

表-3 対象とするシーンの選定理由

シーン名	選定理由
<ケース4> 雲仙シーン	雲仙シーンには、雲仙普賢岳の噴火に伴う噴煙、市街地および樹林地等様々な土地被覆項目が散在する。対象物別に伸張画像の画質を評価することを目的とする。
<ケース5> 南極氷床シーン	低周波成分が支配要因となっている画像に対する圧縮/伸張処理効果について評価することを目的とする。
<ケース6> 伊勢湾シーン	追加検証的な意味を含めて設定した。

<スケリングファクタ別>

<ストレッチ処理別>	<スキャンパラメータ別>	計
ケース4	1 : 1 : 1	0.125
ケース5	2 : 1 : 1	0.167
ケース6	4 : 1 : 1	0.250
		0.500
		1.000
		2.000
		4.000
		6.000
		8.000
		<b>= 81 (ケース)</b>

図-5 他地域に対する適用効果に関する検討ケース

別に設定したケース毎に「元データの画質を良好に保つ状態→ボケまたはノイズが現れる状態→ブロックノイズが現れる状態」へと推移の様子をシミュレートしつつ伸張画像を評価した。

ケース4（雲仙シーン）では、スケリングファクタ別に設定した各ケースの伸張画像を評価した結果、元データの画質が保たれる限界のスケリングファクタの値は1.0として判断された。STEP2と同様に、画像評価結果および圧縮データのデータ量を表-4に示す書式に従って整理した。さらに、表内には伸張画像の画質を定量的に評価するために、伸張画像の標準偏差（バンド2）を記載した。標準偏差の値が急激に変化する箇所と画像評価結果がほぼ一致していることが判る。ケース5（南極氷床シーン）およびケース6（伊勢湾シーン）に対しても同様に評価を進め、表-5に示す総合評価結果として取りまとめた。南極氷床シーンのように低周波成分が支配要因となっている画像では、画質の劣化の状態が目につきにくい。また、色差のデータに対する間引の影響は視認されないことから、圧縮効率を考慮するとスキャンパラメータの値は4 : 1 : 1を設定すれば十分である。一方、雲仙および伊勢湾シーンでは画像内に市街地、樹林といった詳細な土地被覆状況を示す箇所が散在しており、このようなシーンのデータに対して処理を施す際には、スキャンパラメータ別に画質の劣化の状態が異なる傾向が見受けられた。衛星データは、対象シーン別に画

質が異なることから一意的にパラメータの値（スキャンパラメータ、スケリングファクタ）を設定することは現実問題として困難であるが、表-5に記載されている値の範囲で設定した場合にはほぼ良好な画質が保証される。この表の値は、一般ユーザが様々なシーンのデータに対して処理を施す際の一つの指針となり得る。

## 8. 伸張画像の画質改善問題

### 8.1 検討ケースの設定

画質向上に関する検討の概念図を図-6に示す。以下各処理について説明する。

#### ①ケース7：前処理としてRGS法を用いた場合

本ケースでは、予めRGS法を用いて画質改善処理を施した補正画像を圧縮/伸張処理の入力画像として設定する。RGS法を用いて画質改善処理を施す際に

表-4 視覚評価結果およびデータ量（ケース4）

スキャンパラメータ	スケリングファクタ	圧縮率(%)	データ量(Kb)	画質評価	標準偏差
1:1:1	0.125	31.3	152.6	○	35.2
	0.167	25.8	123.8	○	35.2
	0.250	18.3	87.9	○	35.0
	0.500	10.3	49.2	△	34.0
	1.000	6.2	29.9	△	33.5
	2.000	3.8	18.0	×	33.2
	4.000	2.3	10.8	×	32.8
	6.000	1.7	8.2	×	31.2
8.000	1.4	6.9	×	30.9	
2:1:1	0.125	23.7	113.7	○	35.6
	0.167	19.6	94.1	○	35.6
	0.250	14.5	69.4	○	35.6
	0.500	8.3	40.0	△	34.0
	1.000	5.1	24.3	△	32.8
	2.000	3.1	14.8	×	32.5
	4.000	1.9	8.9	×	30.5
	6.000	1.4	6.7	×	30.2
8.000	1.1	5.5	×	29.6	
4:1:1	0.125	19.5	93.6	○	35.3
	0.167	16.4	78.5	○	35.3
	0.250	12.3	58.8	○	35.4
	0.500	7.2	34.7	△	33.4
	1.000	4.5	21.4	△	31.9
	2.000	2.8	13.2	×	31.2
	4.000	1.6	7.8	×	30.2
	6.000	1.2	5.8	×	28.0
8.000	1.0	4.8	×	29.2	

注1) ○：良好な画質である。

△：ボケまたはノイズが見受けられる。

×：元データの画質が保たれていない。

注2) 圧縮率(%) = (元データのデータ量 - 圧縮データのデータ量) / (元データのデータ量) × 100

表-5 総合評価結果

シーン名	スキャンパラメータ	スケリングファクタ	留意点
<ケース4> 雲仙シーン	1 : 1 : 1	0.125	・詳細な情報を必要とするデータの利用目的では、スキャンパラメータの値を1 : 1 : 1に設定する。 ・大まかな情報の確認で十分な場合には、他の値を設定すればよい。
	2 : 1 : 1	0.250	
	4 : 1 : 1	1.000	
<ケース5> 南極氷床シーン	1 : 1 : 1	0.125	・左のスケリングファクタの値であれば、スキャンパラメータの値はいずれを用いてもよい。
	2 : 1 : 1	0.250	
	4 : 1 : 1	2.000	
<ケース6> 伊勢湾シーン	1 : 1 : 1	0.125	・詳細な情報を必要とするデータの利用目的では、スキャンパラメータの値を1 : 1 : 1に設定する。 ・大まかな情報の確認で十分な場合には2 : 1 : 1または4 : 1 : 1を設定すればよい。
	1 : 1 : 1	1.000	
	2 : 1 : 1	0.125	
	4 : 1 : 1	0.500	
		0.125	
		0.250	

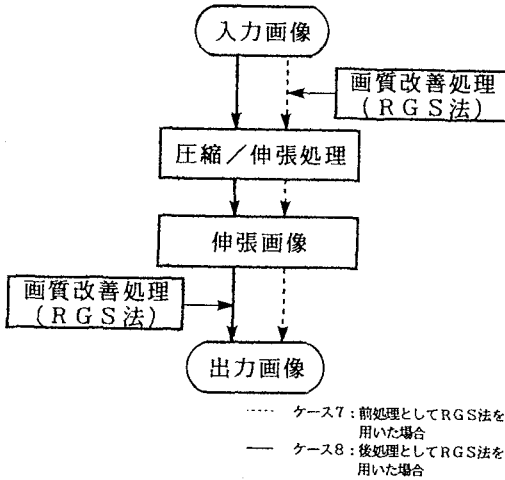


図-6 画質向上に関する検討の概念図

は、2つのパラメータ(加速係数 $d$ 、装置関数 $L$ )の設定値に関する問題がある。本検討では加速係数 $d = 0.04$ 、装置関数 $L = 2$ を設定する。このパラメータの値は既往の研究において入念な検討を通じて設定された値である<sup>3)</sup>。

②ケース8：後処理としてRGS法を用いた場合

本ケースでは、圧縮/伸張処理過程を経て得られる伸張画像に対してRGS法を用いた画質改善処理を施す。このように、後処理としてRGS法を用いる場合には、圧縮効率に影響を与えないことは言うまでもない。本研究では、DCT方式を対象としていることから伸張画像は元データの情報が欠落したものとなっている。このような劣化画像に対してRGS法を適用する際には反復解が収束しなかったり、逆に発散する危険性もある。RGS法を用いて画質改善処理を施す際に設定する2つのパラメータの値(加速係数、装置関数)には注意を要する。

各検討ケースにおいて設定するパラメータの値について表-6に整理する。以降の説明ではここに示すケース名に従うものとする。その他にも様々な検討内容が想定できるが、本検討ではまずRGS法が伸張画像の画質向上に寄与できるか否かといったことを明確にし、さらに適用上の前提条件等を整理することを目的とすることから設定する検討ケースはここまでの範囲にとどめる。

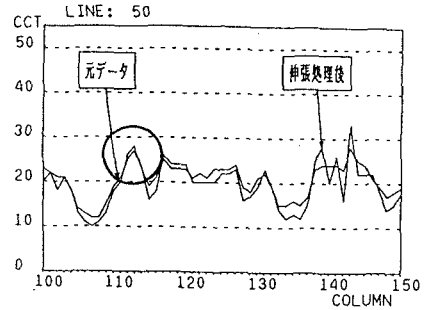
8.2 圧縮/伸張処理結果

a) ケース7：前処理としてRGS法を用いた場合

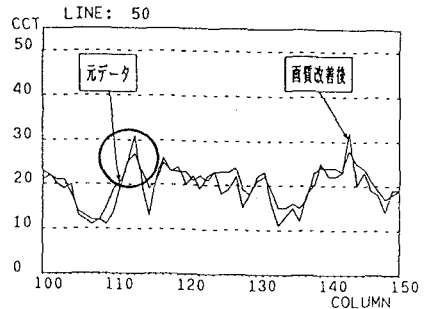
表-6 画質向上に関する検討ケース

	J P E G	R G S 法		備 考
	スケーリングファクタ	加速係数	装置関数	
ケース7	0.100	0.04	2	RGS法：前処理
ケース8	0.100	0.03	2	RGS法：後処理

注) YUV変換を施さないことからスケーリングファクタは設定されない。



(a) 前処理としてRGS法を用いた場合



(b) 後処理としてRGS法を用いた場合

図-7 プロファイルグラフによる評価

①画質に関する考察

RGS法を用いて画質改善処理を施すことにより、画像全体にわたって「ぼけ(blur)」の状態が改善される。この補正画像に対して圧縮/伸張処理を施した伸張画像内にはノイズ成分は全く見られず、本ケースでの伸張画像は補正画像の画質を良好な状態に保っていることが確認されている。図-7(a)に示すプロファイルグラフに着目すると、元データの細かい濃度値の変動パターンが失われている箇所が若干見受けられるものの、図内丸印で示したエッジ部分については強調されていることが判る。

②圧縮効率に関する考察

各バンドの圧縮率の平均は34.2(%)を示した。比較のためRGS法を組み合わせずに圧縮/伸張処理

を施したところ圧縮率の平均は24.4(%)を示した。前処理としてRGS法を組み合わせた場合には圧縮効率は低下する。これは元データに対して画質改善処理を施した結果、補正画像内の高周波成分が卓越し、ハフマン符号化効率が低下したことに起因する。図7に示すプロファイルグラフからも明らかなように、微妙な波形の成長が圧縮効率の低下に大きな影響を与えていることは符号化効率と伸張画像の画質に関する問題提起の意味を含めて興味深い点である。

b) ケース8: 後処理としてRGS法を用いた場合元データの画質を最も良好に保っていると判断した伸張画像に対してRGS法を用いて画質改善処理を施した。元データと比較すると、画像全体にわたって「ぼけ(blur)」の状態が改善され、ノイズ成分が強調される傾向も現れていないことを確認している。図7(b)に示すプロファイルグラフに着目すると、図内丸印で示したエッジ部分が強調されていることが判る。ケース7と比較すると、画質については優劣が付け難い結果となったが、圧縮効率を考慮すると後処理として用いる方が実用的である。

## 9. 研究の成果と今後の展望

### (1) 研究の成果

本研究の成果は次の4点にまとめられる。

① 3バンド構成のデータに対して圧縮/伸張処理を施す際には、視覚的に見やすい状態にストレッチ処理を施すことにより圧縮効率が高く、しかも元データの画質を良好な状態に保つ伸張画像を作成できる。

② 土地被覆の異なる3シーンのデータを対象として画像評価を進めた結果、元データの画質を保つ範囲のパラメータの値を絞り込むに至った。本研究で設定したパラメータの値は一般ユーザが衛星データに対して処理を施す際の一つの指針となり得るものである。

③ JPEGアルゴリズムとRGS法を組み合わせることにより元データ以上の画質を有する伸張画像を作成することができた。圧縮効率を考慮すると後処理としてRGS法を用いた方が良い。

④ 図1に示した本研究の検討範囲内において、各種適用業務システムを構成する要素技術に関する様々な知見が得られた。本研究の成果は、衛星データのみならず、各種画像データを対象とした建設分野で開発されつつある様々なシステム開発の要素技術の一つと

して活用できるものである。

### (2) 今後の展望

JPEGでは、処理の基本単位であるMCUがブロックノイズ派生の原因であり、伸張画像の画質を左右する。システム内部でブロックノイズが現れる時点のパラメータの値を自動決定できれば、圧縮/伸張処理システムとしての性能を高めることができる。ブロックノイズを検知するための定量評価指標として、現在「1/fゆらぎ」および「フラクタル次元」に注目し、基礎的な研究に着手している。古くからの難問の一つとして議論されている「画質の定量評価指標」に触れるものではあるが、解決の糸口を見いだす上でも興味深い課題であると考えている。

本研究では、符号化や圧縮効率、伸張画像の画質の問題等、極めて細分化された専門領域の内容にも触れることになることから、著者らの浅学な故に取り扱う範囲を明確にした上で、実利用システムを念頭においた要素技術に関する検討課題を設定した。

建設分野においても静止画像のみならず動画像を取り込んだデータベースシステム、ネットワークシステム等を構成要素として、適用分野別にトータルシステムへの開発指向が高まるものと推察される。ハードウェアやソフトウェア等の開発環境に関わる検討を含めて、システムの全体設計/詳細設計の内容が、システムそのものの良否を左右することは言うまでもないが、本研究で取り上げたような要素技術に関わる基礎的な検討も見逃すことはできない。本研究の内容は、そのほんの一部を扱ったものにすぎないものではあるが、画像の圧縮/伸張処理を取り入れた各種システムを構築する上で、何等かの形で寄与できれば幸いである。

### 【参考文献】

- 1) 鹿又健一、大崎文理、伊東晋、宇都宮敏男：静止画用DCT符号化におけるハフマン符号化の効率改善、信学春全大、pp.7-37、1991。
- 2) 谷萩隆嗣、加藤洋一、篠崎巳知夫：2次元ウィナーフィルタに基づいた反復推定アルゴリズムによるボケ画像の復元、電子情報通信学会論文誌(D)、J64-D、2、pp.156~163、1981。
- 3) Tashpolat Tiyyip、小島尚人、大林成行：衛星マルチスペクトル画像の画質改善手法の提案、日本リモートセンシング学会誌、Vol.12、No.2、pp.5~19、1992。