

## 三層型画像データ構造によるGISと植生図のアーカイビング方式の提案

安藤類央 片桐由希子  
慶應義塾大学大学院政策メディア研究科  
〒2520816 神奈川県藤沢市遠藤5322  
{ruo,yukiko77}@sfc.keio.ac.jp

**あらまし** 近年、GISの利用が活発になってきており、それに関連する植生図などの画像間の連携分析と管理方法が問題になってきている。本論文では、電子透かし的手法であるビットプレーン分解を利用した画像の三層構造のデータフォーマットを提案する。提案システムでは、人間の輝度に対する視覚特性を利用し、同一サイズの画像の中に、航空写真、ビオトープマップ、画像の管理情報と処理履歴を、適正な画質で埋め込むことに成功した。今回、提案手法はGIS画像の管理に適用され、航空写真とビオトープマップ、そしてそれらの管理情報が埋め込まれたレイヤから構成された画像を処理するソフトウェアを開発し、画質の性能評価やプロトタイプ段階での機能評価を行った。

### Three layer image data format for GIS image synthesis and archiving

Ruo Ando, Yukiko Katagiri  
Graduate School of Media and Governance, Keio University,  
5322 Endo Fujisawa, Kanagawa, 252 Japan  
{ruo,yukiko77}@sfc.keio.ac.jp

**Abstract.** Recently the utilization of GIS (Geographical Information System) become rapidly pervasive. In GIS, many kinds of remote sensing images can be synthesized and analyzed for effective planning. Consequently the methodology of archiving and managing images is pressing problem for GIS users. In this paper we propose a three-layer image data format that provides archiving of two kinds of related images and managing information into one image using digital watermarking techniques. Bit plain based watermarking method enables us to synthesis aerial image, biotope map and process log into single image with reasonable PSNR. We prototype the proposal image model and numerical results are presented.

#### 1 はじめに

近年、GIS (Geographical Information System)の利用が活発になってきており、さまざまな分野で応用されている。GISは、1970年にカナダで始められた土地資源マッピングプロジェクトから発展し、当初はコンピュータでデジタル地図を作成、保存するツールとして捉えられてきたが、ここ数年で端末コンピュータの性能が向上し、またインターネットの普及などによる情報通信システムの発展によって、統計データや独自に処理を行ったデータを統合的に表示保存できる分析環境として注目を集めている。しかしながら、GISの普及が多様化するにつれ、以下のような問題点が指摘されるようになった。

##### 問題点1：画像管理上のコスト

GIS画像は、その利用用途の性質上、様々な処理が施され、派生する画像が多くなるケースがある。そのため、利用上で生じた様々な画像をいかに管理するかということが問題になっている。通常、画像に対して別途ヘッダ情報や、データベースを構築する場合があるが、この場合のメンテナンスや更新のためのコストが別途必要になってきている。

##### 問題点2：分析上の利便性

航空写真や植生図などの複数の画像を連携させて分析する場合、分析処理結果の履歴の管理が重要になる。この場合、別途データベースなどを作成することになるが、検索方法の設定やデータの属性の更新などで、データベースによる管理が複雑化する傾向にある。

#### 2 関連研究

GISについての先行研究については、衛星画像などを使った測定と画像の作成と、画像データベース/地理情報データベースの構築についての2つに分類される。ここでは後者の情報処理の

分野について述べる。空間情報データベース[1]について、最近では衛星画像などの大量のデータが得られるようになり、それらの管理解析なども非常に急務となってきている。特に、これらの画像の連携分析によってデータマイニングの研究が盛んに行われてきている[4]。現在、地図とデータベースを連結するなどして便利を図ったシステムが提案され、GPS や GIS など地理情報とデータベースを連携させたシステムは実用性が高く、現在様々なソフトウェアが提案されている[8]。GIS のアベイラビリティの観点から、急速に普及が進んでいるのが、WebGIS である。また、GIS 情報をXMLフォーマットで作成管理するGXMLの研究も行われている[5]。GIS 画像と電子透かしについては、現在地図情報の不正流用を防ぐ観点から注目が集まっており、ベクトル型地図への電子透かし[3]などがある。衛星画像の分類について、電子透かしを適用したシステムには[9]がある。本論文では、航空写真と植生図と、それらの管理情報と処理履歴を同一画像に埋め込む三層型の画像データ構造を提案した。

### 3 提案システム

図1に、今回提案するシステムの概要を示した。このシステムは、同一の画像に航空写真、ピオトープマップ、管理情報を合成し、利用状況によってそれぞれを表示させることができるソフトウェアとして実装した。以下に、提案システムを構成する技術と適用対象の素材について述べる。

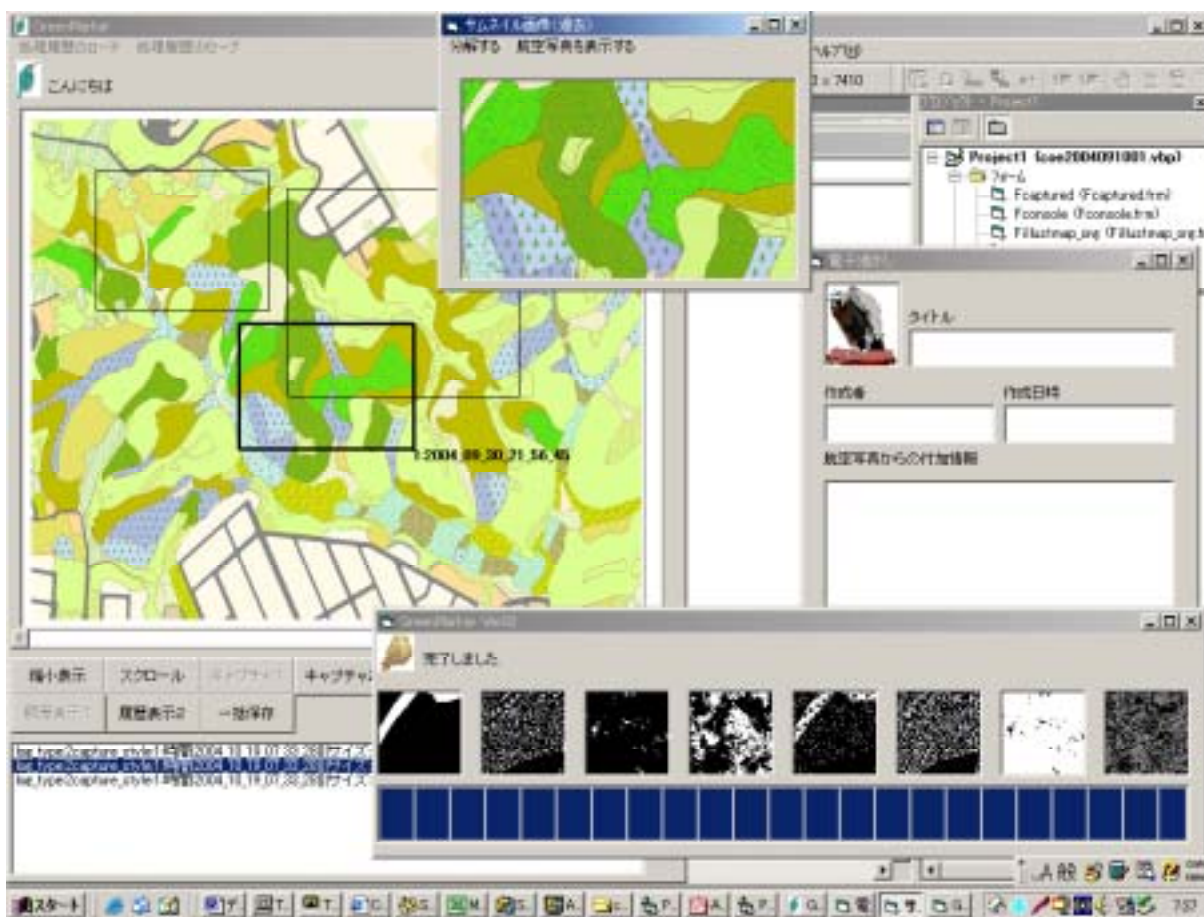


図1 提案システムのプロトタイプ

#### 3.2 航空写真とピオトープマップ

本論文では、電子透かしを、前述したGISの代表コンテンツである航空写真とピオトープマップの連携分析と管理に適用した。ピオトープマップとは、緑地と生物の生息の状況を地図として視覚化したもので、地域の環境教育の素材や、都市計画や開発計画を立てる際の基本資料になることがある。ピオトープマップは、植生の情報のある航空写真や現地での生物の情報などを元に構成される。

### 3.3 画像の連携分析

図2に、提案システムによる画像の連携分析を示した。通常、ビオトープマップは航空写真を元に構成されるが、植生分析の際に現地の生物の情報、ユーザ固有の調査情報、またマップ作成時に抽出されなかった情報などが必要になることが多い。また、画像を他のユーザと共有する場合に、処理履歴や管理情報を参照するケースがある。本論文では、ビオトープマップ分析に必要なこれら情報を電子透かしとして埋め込み、また作成元の航空写真を下層のレイヤに格納しておくことにより、分析上で必要となる情報を迅速かつ軽量に引き出すことのできるシステムを提案した。これにより図でしめしたプロトタイプソフトウェアにおいて、検索ルーチンの構成を最小限におさえた効率的な処理系の構築が可能になった。

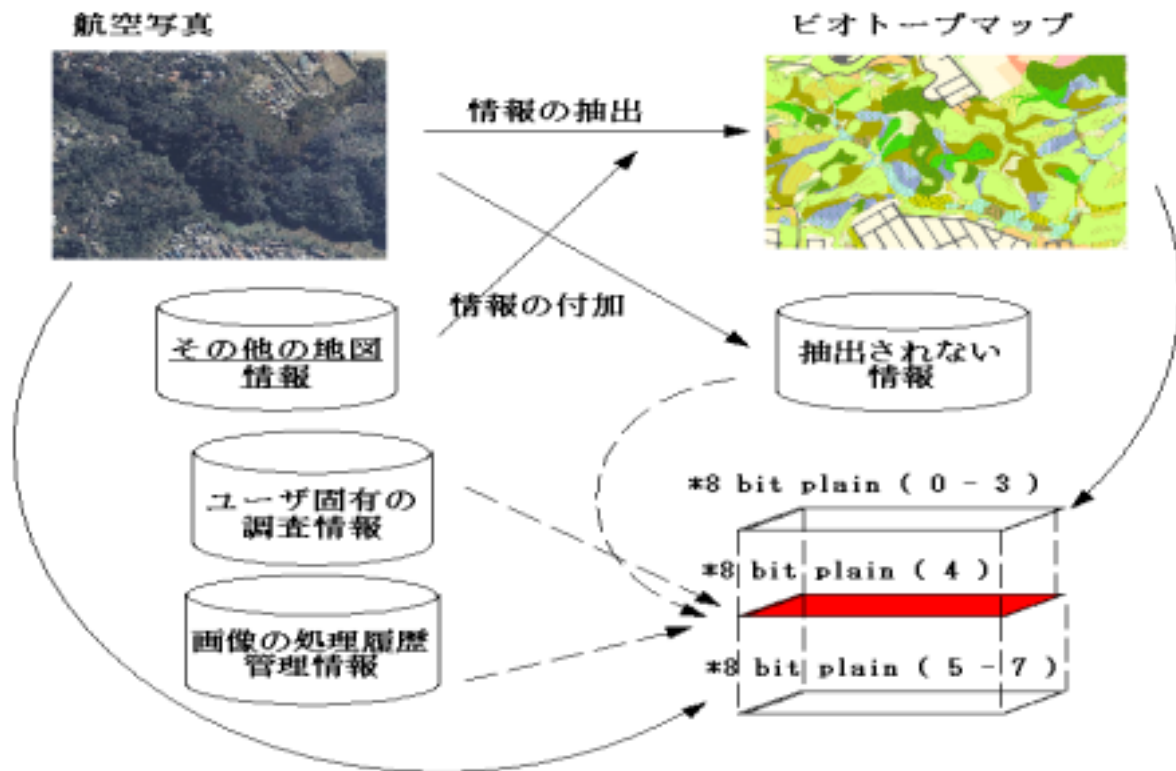


図2 GIS画像の連携分析

### 4 三層型画像データ構造

本節では、提案手法である三層型画像データ構造について述べる。本手法では、2つの画像を輝度値によって複数のビットプレーンに分解し、それぞれ人間の視覚では捉えられない下層のビットプレーンを削除し、ひとつの画像に合成する。図3はこの三層型の画像の作成方法を示した。この複合画像は8層のビットプレーンから構成され、そのうちの1つのビットプレーンに画像の管理情報を埋め込む。人間の視覚は下層のビットプレーンに対しては鈍感なため、同一サイズの画像に、航空写真とビオトープマップ、そして管理情報と処理の履歴が入ったビットプレーンを適正な画質を保ったまま合成することが可能である。言い換えると、GIS画像の冗長性を利用し人間の知覚にかからない領域に、明示的に視覚化されているビオトープマップ以上の情報を埋め込み、それらを分析の過程で適宜引き出すことができるようになった。

デジタル画像では、ディスプレイ上に表示される画素の明るさを階調数で表現しており、それぞれ光の3原色であるRGB（赤緑青）の階調で、すべての色を合成している。通常のコンピュータの色の階調数はTrue Colorで256色であり、この範囲の値を16進数（FF）で表現すると8階層の画素の行列が出来上がる。このようにして濃度値や、3原色を分解したものをビットプレーンと呼び、本論文では2つ画像の分解されたビットプレーンを合成している。本論文では、図3の128から16までのレイヤを上層レイヤと呼び、8から1までのレイヤを下層レイヤと呼ぶ。下層レイヤは人間の眼には知覚できないため、この領域を変更することで、眼に捉えられ



る範囲の画質を劣化させることなく、視覚化されない情報を1つの画像データフォーマットに格納することができる。

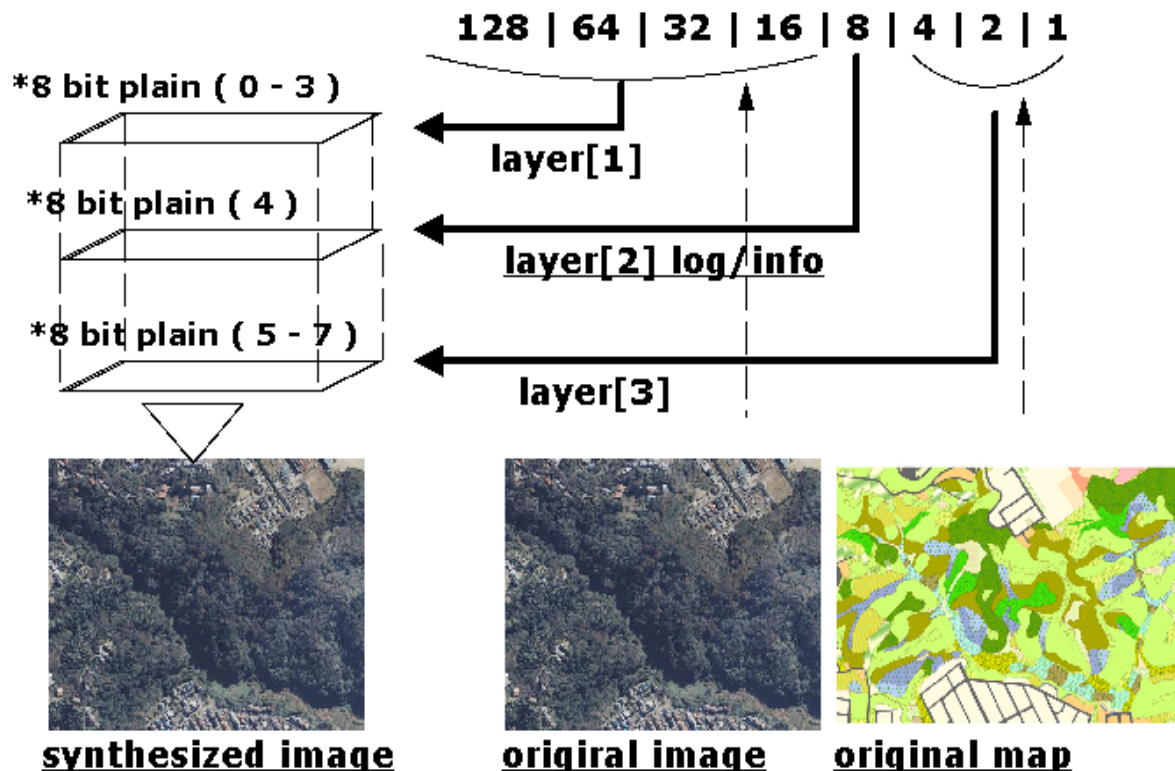


図 3 3層型GIS画像の構成

#### 4.1 画像の輝度値分解

電子透かしに用いる画像の分解方法には、周波数分解と輝度値分解の2種類がある。周波数分解は、FFTやDCTに代表される手法で、画素値の連なりを周波数(変化分)で分解し、人間に知覚されない高周波に対して、削除あるいは秘匿情報の埋め込みが可能である。この方式は、JPEG2000などに採用されており、コンテンツに対するフィルタに対してロバストなことが特徴であるが、次に述べる輝度値分解と比較して分解能が低いことが挙げられる。一方、輝度値分解とは画像を明るさによって何層かの階調に分ける方式で、ディザ方式とも呼ばれ、画像の中に冗長性のある画像を埋め込む方式である。輝度値分解によって派生した何層かの画像をビットプレーン(bit plain)と呼び、下層のビットプレーンほど輝度が低下するため、人間の眼には近くできない。そのためこの層に情報を埋め込むことが可能である。輝度値分解を使った電子透かしは、周波数分解を使った電子透かしと比較するとフィルタによって容易に消失してしまうという特徴があるが、反面1つの画像に対する分解能は高く、多くの情報を埋め込むことが可能なため、コンテンツにロゴマークなどの画像を埋め込む用途などに用いられる。

	輝度値分解	周波数分解
分解能	高い	低い
フィルタ処理への耐性	低い	高い

表 1 輝度値分解と周波数分解

#### 4.2 画像の作成

本節では提案画像の作成方法に詳細について述べる。処理の大枠は、画像をRGB成分に分解し、これらをさらに8つの輝度層に分解する。この分解能においては、人間の視覚に捉えられない範囲での精密な画像の合成処理が可能になる。

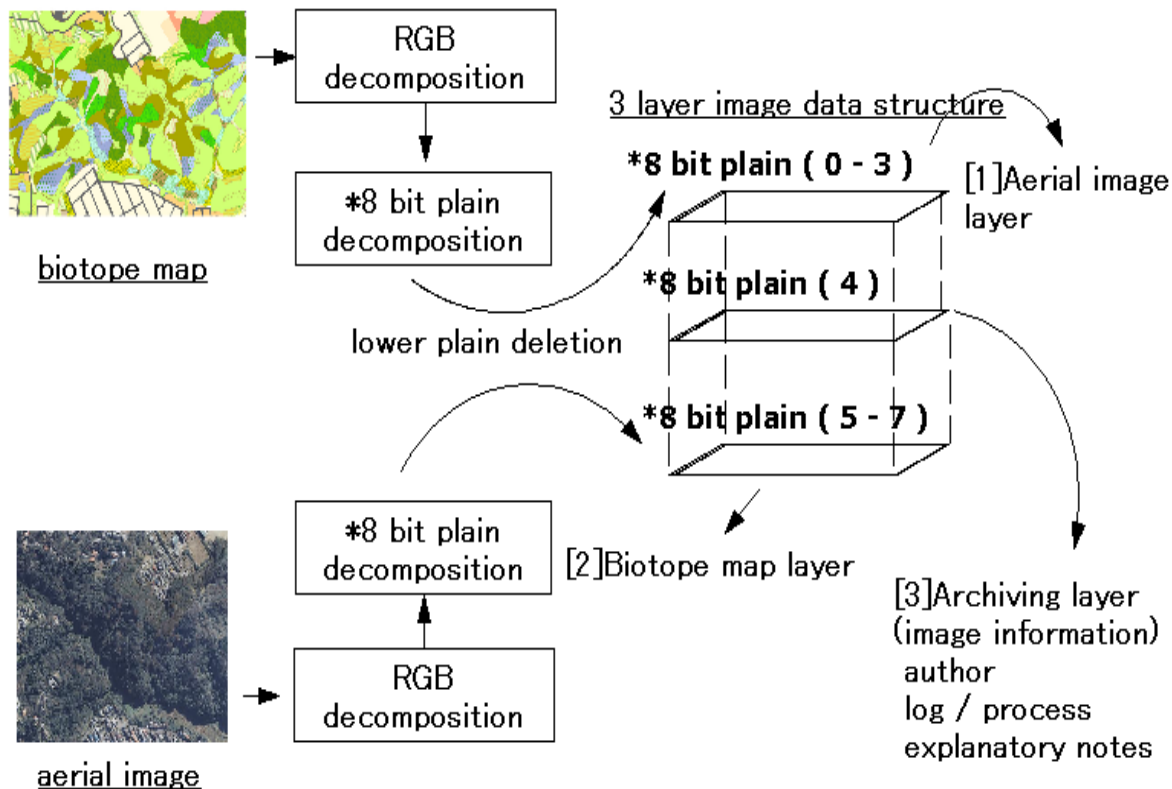


図 4 3層型GIS画像の合成と構築

画像の作成について

- (1) 画像をRGB成分に分解する。
- (2) RGBで分解された各画像について、ビットプレーン分解を行う。
- (3) 下層の4層をけずる。
- (4) 航空写真とビットプレーンのうち、上層にくる画像を選択する。
- (5) 下層にくる画像について、シフト演算を行う。

下層画像の抽出について

- (1) 画像をRGB成分に分解する。
- (2) RGB成分に分解された各画像について、ビットプレーン分解を行う。
- (3) シフト演算を行い、下層と上層のビットプレーンの構成を変更する。
- (4) 画像の再合成を行う。

ビットプレーン分解とは、RGBあるいは2値化した画像の8階調のデータを、16進数で表示し、それぞれの桁においてマスク演算を行い、8層データに分解する処理である。シフト演算とは、これらの分解された8桁のデータを、シフトさせる処理であり、これにより画像の明るさを調整することができる。

#### 4.3 埋め込みデータフォーマット

提案手法では、航空写真とビオトープマップに加えて、合成した画像の管理情報と処理履歴を埋め込むことが可能である。以下に、埋め込んだデータフォーマットについて述べる。表2の各項目の情報は、ASCIIコードに変換され、二値化されて第4層のビットプレーンに埋め込まれる。検出は、埋め込み時と同様にRGB分解、ビットプレーン分解を経て表に示したデータフォーマットに従ってASCIIコードに変換された後、メッセージとして復元される。

作成者	16バイト
タイトル	32バイト
作成日時	8バイト
航空写真からの付加情報	512バイト
ユーザ固有の現地情報	1024バイト
判例	可変長

表 2 埋め込みデータフォーマット

## 5 評価実験

本論文では、画像合成要素を以下の構成にして、原画像との P S N R (Peak Signal to Noise Ratio) の測定を行った。

### (1) 画像構成 1

第 1 層：航空写真 8 層のうち、上位 4 層

第 2 (3) 層：ピオトープマップ 8 層のうち、上位 3 層

第 3 (2) 層：処理履歴、画像の管理情報などのバイナリコード

### (2) 画像構成 2

第 1 層：ピオトープ 8 層のうち、上位 4 層

第 2 (3) 層：航空写真 8 層のうち、上位 3 層

第 3 (2) 層：処理履歴、画像の管理情報などのバイナリコード

ここでは処理履歴、画像の管理情報のバイナリコードのレイヤを、下層 8 層から 5 層に差し込んで画像を構成し、P S N R (Peak Signal to Noise Ratio: 原画像と処理後の画像の劣化率) を測定した。P S N R は D B 単位で計られ、同一画像なら無限大の値をとる。また、一般に 20 から 40 の範囲ならば適切な値とされる [10]。

### 5.1 航空写真の P S N R

表 3 は、画像構成 1 においてそれぞれ R G B 成分の下層ビットプレーンに処理履歴と画像管理情報のバイナリコードを挿入した結果である。緑成分と赤成分への埋め込みの際に、合成結果画像への影響が多く見られた。これから、青画像にバイナリコードを埋め込むことが有効であることが明らかになった。ここで、反転航空写真とは、シフト演算によって下層のピオマップを再表示させた画像である。

	航空写真	反転航空写真
赤 / 8 層	33.17	30.706
赤 / 7 層	33.052	29.554
赤 / 6 層	33.484	23.85
赤 / 5 層	34.1	18.612
青 / 8 層	33.032	33.564
青 / 7 層	33.02	33.214
青 / 6 層	33.005	31.489
青 / 5 層	33.361	25.801
緑 / 8 層	33.297	27.853
緑 / 7 層	33.501	18.927
緑 / 6 層	33.763	18.916
緑 / 5 層	34.46	13.18

表 3 航空写真ベース画像の P S N R 測定結果

## 5.2 ビオトープマップのPSNR

表4は、画像構成2においてRGB成分の下層第8層から5層にバイナリコードを埋め込んだ結果である。画像構成1に比べて画像の劣化が多くなり、色構成の変化が近くできる画像が5枚から8枚に増加した。これは、ビオトープマップは航空写真に比べて冗長性が低いためだと推測される。言い換えると、航空写真は画像の粒度がビオトープマップより細かいため、航空写真のビットプレーンを削除するとより画像に影響がでるためである。ここで反転ビオマップとは、シフト演算により下層の航空写真のデータを表示させた画像である。

	ビオマップ	反転ビオマップ
赤 / 8層	33.13	31.982
赤 / 7層	33.067	29.474
赤 / 6層	33.064	24.995
赤 / 5層	33.087	18.812
青 / 8層	33.164	32.871
青 / 7層	33.179	32.249
青 / 6層	32.952	31.745
青 / 5層	33.565	25.912
緑 / 8層	33.996	29.258
緑 / 7層	33.952	24.843
緑 / 6層	33.565	25.919
緑 / 5層	34.639	13.296

表4 ビオトープマップベース画像のPSNR測定結果

## 6 まとめと今後の課題

本論文では最近のGISの急速な普及に伴う画像間の連携分析と管理方法の効率化のための3層画像データフォーマットを提案した。提案システムでは、人間の輝度に対する視覚特性を利用し、同一サイズの画像の中に、航空写真、ビオトープマップ、画像の管理情報を、適正な画質で埋め込むことに成功した。今後は、ウェブGISへの適用や、画像ソフトウェアのインターフェイスの改善、検索の利便性を中心としたシステムの構築、またGPSなどのデバイスの連携により現地情報の取り込みなどを行う予定である。また、埋め込みデータをUNICODEによって日本語に対応させる予定である。

## 謝辞

本論文を中心とした研究活動は、文部科学省21世紀COEプログラムの活動の一環として行われている。

## 参考文献

- [1] "Base Image", Geo コンテンツサービス  
<http://www.geocontents.jp/products/baseimage.html>
- [2] 三浦基弘, 末広明生, "地図とGIS GIS基礎とラスタ型GISについて", 可視化情報学会誌, vol23, pp3-10, 2003
- [2] 田中伸治, 百瀬浩, 吉川勝秀, 藤田光一,  
"基盤情報のGIS化と統合アプリケーションの開発", 土木技術資料,  
vol45, no5, p34-37, 2003
- [3] 植田 寛郎, 大淵 竜太郎, 遠藤 州, "スペクトル変換を使用した2次元ベクトル電子地図への電子透かし", 情報処理学会 第19回コンピュータセキュリティ研究会, 2003
- [4] Gunther Heidemann, Combining spatial and colour information for content based image retrieval, Computer Vision and Image Understanding, v.94 n.1-3, p.234-270, April/May/June 2004
- [5] M. Bertolotto, J. D. Carswell, L. McGeown, J. McMahon, Web-Based Spatial Information Management Systems, Joint International Symposium on Geospatial Theory, Processing, and Applications (95th Annual Geomatics CIG Conference), Ottawa, Canada, July 2002.

- [6] Ralf Hartmut Guting, "An Introduction to Spatial Database Systems" , VLDB Journal, Vol 3, 1994, pp 357-399.
- [7] P. Agouris, J. Carswell, A. Stefanidis: An Environment for Content-Based Image Retrieval from Large Spatial Databases, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing , Elsevier , Vol. 54, No. 4, pp. 263-272, August 1999.
- [8] Kentaro Toyama, Ron Logan, Asta Roseway: Geographic location tags on digital images. ACM Multimedia 2003: pp156-166,2003
- [9] Gregory L. Heileman, Yunlong Yang: The effects of invisible watermarking on satellite image classification. Digital Rights Management Workshop 2003: pp120-132,2003
- [10]電子透かし技術に関する評価報告書,電子情報技術産業協会,平成 13 年 3 月  
<http://it.jeita.or.jp/eltech/report/2001/01-jou-04.pdf>