

I-16 あいまい性を考慮した画像差分システムの研究開発

Research and Development of Image Difference System in Consideration of Fuzziness

安彦智史¹・北川悦司²・杉町敏之³・田中成典⁴・古田均⁴・石河和喜⁵Satoshi ABIKO, Etsuji KITAGAWA, Toshiyuki SUGIMACHI,
Shigenori TANAKA, Hitoshi FURUTA and Kazuki ISHIKAWA

抄録: 電子データの差分検出技術は、CALIS/ECにおける納品物の同一性の確保やデータ管理などへの利用が期待できるため注目されている。そのため、近年、ドキュメントやCADデータを対象とした差分検出技術が開発されている。しかし、画像データについては、フォーマットの変更により発生する微小な差異などを考慮する難易度の高さから、市場のニーズを満たす画像検出技術が開発されていない。そこで、本研究では、画像を比較する際に許容値と許容面積を使用することで、あいまい性を考慮した画像差分検出システムを開発する。また、サイズ補正機能と色調補正機能、形状補正機能を実装することにより、輝度・明度の変化や画像サイズに影響されることなく、適切な差分のみを検出することを実現する。

Abstract: The technology of detecting Image difference of electronic data attracts attention because it can be expected to use for securing identity of delivered goods and data management in construction CALS/EC. For this reason, difference detection technologies have been developed for documents and CAD data in recent years. However, with respect to image data, no image detection technology has been developed that meets the market needs because of its high degree of difficulty to consider micro difference caused by changing formats and so on. Thus, this study develops an image difference detection system in consideration of fuzziness by using allowable values and allowable areas in comparing images. This study also realizes a technique to detect only appropriate difference without being affected by the change in brightness and luminosity or by the image size by implementing a size correction function, a hue correction function, and a shape correction function.

キーワード: 画像差分, 画像比較, あいまい比較, 画像検索

Keywords : *Image difference, Image comparison, Fuzzy comparison, Image search*

1. はじめに

近年、建設分野では、ペーパーレス・省スペース化や事業執行の効率化などを目的として、建設 CALS/EC (公共事業支援統合情報システム)¹⁾が急速に推進されている。それに伴い、国土交通省では、公共事業で実施される電子納品において、電子納品要領・基準²⁾³⁾やCADデータ交換標準が策定されるなど、建設情報の標準化を行ってきた。これにより、電子納品を実施する受発注者間では、効率的なデータ交換が可能となり、電子納品される成果品の品質向上にも繋がっている。

一方、電子納品の世の中への浸透に伴い、建設分野では、新たな課題が生じている。特に、大阪府が策定した「大阪府建設 CALS/EC アクションプログラム」⁴⁾で挙げられている「電子データの同一性の確保」については、円滑な電子納品や情報共有を実施する上での

最重要課題の1つとなっている。この課題を解決するためには、電子納品で扱われるドキュメントやCADデータ、画像の全ての成果品において同一性の確保を実現する必要がある。以下に示す3つの差分検出技術が必須となる。

- ・ドキュメントの差分検出技術
- ・CADデータの差分検出技術
- ・画像の差分検出技術

ドキュメントの差分検出技術については、ドキュメントの構造情報を比較することで、PDFやWordなどの異なるデータ形式の文章間における差分検出を実現する手法⁵⁾が考案されている。また、CADデータの差分検出技術については、設計成果として作成されるSXF形式⁶⁾のCADデータを対象として、CAD特有の許容誤差

1 : 学生会員 修士(情報学) 関西大学大学院 総合情報学研究科

(〒569-1095 大阪府高槻市零仙寺町二丁目一番一号, Tel : 072-690-2154, E-mail : abiko@kansai-labo.co.jp)

2 : 正会員 博士(情報学) 阪南大学 准教授 経営情報学部(〒580-8502 大阪府松原市天美東五丁目四番三十三号)

3 : 正会員 博士(情報学) 神戸大学大学院 特命助教 工学研究科(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町一丁目一番)

4 : 正会員 工学博士 関西大学 教授 総合情報学部(〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目三番三十五号)

5 : 非会員 株式会社フォーラムエイト 調査役(〒153-0051 東京都目黒区上目黒二丁目一番一号 中目黒GTタワー15F)

を考慮することで、異なる CAD データの差分検出を実現する研究⁷⁾⁸⁾が行われている。

一方、画像データの差分検出技術については、撮影条件や被写体を限定する手法が確立されている。しかし、電子納品では、施工状況写真や工事現場写真など、様々な用途に画像を使用しており、撮影条件や被写体を限定できない。そのため、建設分野における画像差分検出技術については、実用的な手法は確立されていない。そこで、本研究では、電子納品で使用される画像に適した差分検出技術の考案を行う。本技術を確立することにより、電子納品で使用される全ての電子データを対象とした差分検出が可能となり、建設業界に大きく寄与できると考えられる。

2. 画像の差分検出技術

画像の差分検出技術は、ドキュメントや CAD データの差分検出技術に比べて難易度が高い。なぜなら、同じ対象物や景色を撮影した場合でも、日時や天候などの撮影環境の違いにより、画像に明度や輝度による差異が生じるためである。そのため、このような画像は、人間の感性では同一と判定できるが、コンピュータでは同一と判定することが困難である。そこで、既研究⁹⁾では、ステレオ画像を対象とした差分検出手法が考案されている。本手法では、写真測量技術を用いることで算出した3次元情報をもとに画像領域を分離し、その形状を比較することで、明度などの環境に影響を受けない差分検出を実現している。現在、本手法は、様々な分野において実用化されている。しかし、電子納品では、単一画像が使用されるため、この手法を使用することはできない。

単一画像を対象とした差分検出手法については、輝度情報から特徴領域を検出し、その形状を比較する手法¹⁰⁾や画像の特徴量を利用した手法¹¹⁾¹²⁾が考案されている。しかし、汎用的で実用化に耐える十分な性能の手法は確立されていない。実用化されている単一画像の差分検出については、指紋照合¹³⁾や医用画像¹⁴⁾などがあるが、これらの手法は被写体や撮影環境などを限定している。

そこで、本研究では、電子納品で利用されるような撮影条件や被写体を限定しない画像の差分検出技術の確立を行う。具体的には、建設分野で利用される様々な画像に対して、明度やコントラストなどを考慮した人間の感性に近い画像差分システムの開発を目指す。

3. システムの概要

本研究では、画像を対象とした差分検出システムの開発を行う。本システムでは、比較基準画像と比較対象画像

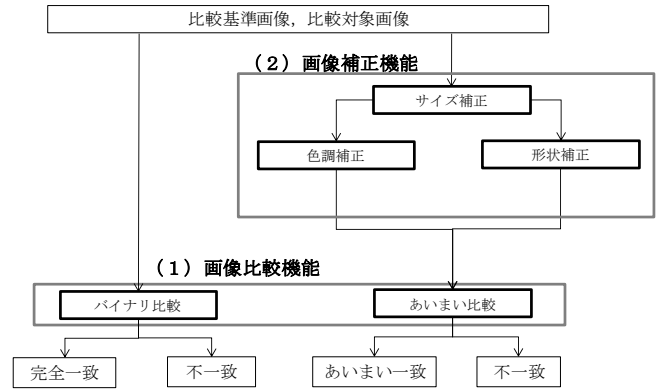


図-1 本システム処理フロー

象画像を入力し、2つの画像間における差分検出結果を出力する。本システムの処理フローを図-1に示す。画像比較機能では、バイナリ比較とあいまい比較の2つの機能を実装する。まず、バイナリ比較では、人の感性では不可能な厳密な精度での画像比較を行うことを目的として、最も単純な色の表現方法であるRGB空間を使用して全ての画素値間に対して差分検出を行う。バイナリ比較の結果、全ての画素値間において差分が検出されなかった場合、比較基準画像と比較対象画像が完全に一致すると判定する。次に、あいまい比較では、人間の感性に近い画像比較を行うことを目的として、人間の感性に近い色の表現方法であるHSV空間を使用するとともに、許容値と許容面積を与えた上で画像間の差分検出を行う。また、あいまい比較機能では、前処理(画像補正機能)として、サイズ補正と色調補正、形状補正を行う。これらの画像補正を行うことで、画像編集ソフトなどで行われた画像全体に対する編集を考慮した差分検出を実現する。サイズ補正では、入力された比較対象画像と比較基準画像の一方の画像をもう片方の画像のサイズに補正を行う。これにより、サイズの違う画像間における画像の比較が可能となる。色調補正では、入力された2つの画像の色調が一致するように、比較対象画像の色調を補正する。これにより、画像間の色調の違いを考慮した画像の比較を実現する。形状補正では、入力された比較基準画像と比較対象画像から検出した形状情報をもとに形状画像を作成する。この形状画像を使用することにより、色調情報に影響されることなく、画像中の対象物の形状のみを考慮した比較を実現する。

4. システムの詳細

本章では、画像差分システムを構成する各機能の詳細について説明する。

(1) 画像比較機能

a) バイナリ比較機能

バイナリ比較機能では、比較基準画像と比較対象画

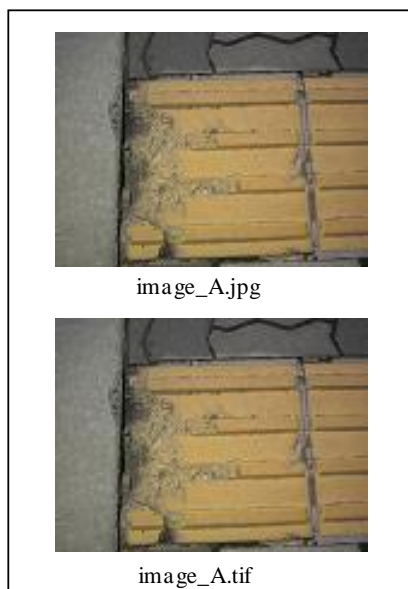
像を各画素単位に比較を行い、差分を検出する。バイナリ比較機能で比較を行う際に利用する情報としては、各素の RGB 値(グレースケールの場合はグレースケール値) の情報を使用する。比較基準画像の画素(x,y)の輝度値 $f(x,y)$ と比較対象画像の画素(x,y)の輝度値 $f_t(x,y)$ に対する差分 $d_{x,y}$ のバイナリ比較における評価式を式(1)に示す。

$$d_{x,y} = |f(x,y) - f_t(x,y)| \quad (1)$$

また、 $M \times N$ サイズの画像における全体差分 s の評価式(2)に示す。

$$s = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} d_{i,j} \quad (2)$$

本機能を利用して、デジタルカメラで撮影した image_A.jpg と画像編集ソフトを使用して image_A.jpg のフォーマットを変更した image_A.tif を比較することで検出した差分結果を図-2に示す。差分結果では、バイナリ比較を行うことで、ほぼ全ての画素において差分が出力され非同一と判定された。バイナリ比較機能では、このように人間の感性では認識することができないような微小な差分に対しても、厳密な差分検出を実現する。本機能では、比較基準画像と比較対象画



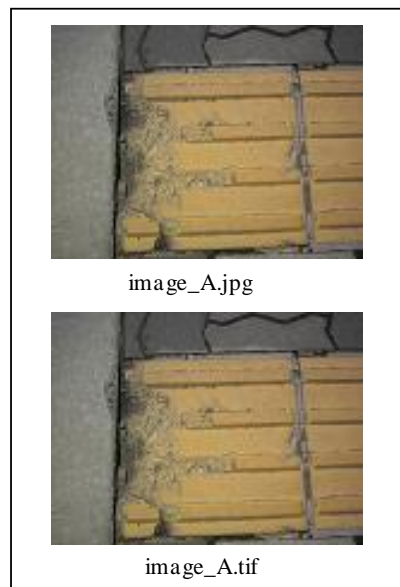
比較結果99.8666%非同一
図-2 バイナリ比較結果

像のすべての画素が完全に一致した場合 ($S = 0$ の場合) に、2つの画像が同一であると判定する。つまり、バイナリ比較を用いることで、デジタル画像の同一性を保証することが可能である。

b) あいまい比較機能

あいまい比較機能では、人間の感性のような差分検出を実現する。バイナリ比較による差分検出機能では、同一性を判別することは可能であるが、画素の微小な差異までも厳密に差分出力を行うため、画像検索や画像管理に利用することはできない。そのため、人間の感性に近いような比較機能が望まれている。しかし、画像は一般的に RGB 値で表現されるが、この表現方法は、人間によってあまり直感的なものではない。例えば、 $R=196, G=0, B=204$ で構成される紫色の RGB 値の R 値などは、R 値が高いものはすべて赤色に見えるとは限らない。一般的に、人間がわかりやすい表現とは、「このような色合い(色相)で、このくらい淡く(色彩)、このくらい明るい(明度)」といった色合いを基準としたものである。そこで、あいまい比較機能では、人間の感性に近い色空間である HSV 色空間を利用した比較を行う。

まず、比較基準画像と比較対象画像を HSV 色空間に変換を行う。HSV 色空間とは、赤・緑・青の光の3原



比較結果100%同一
図-3 あいまい比較結果

色で表現されている RGB 値 (RGB 表色系) を色相・色彩・明度に変換した色空間のことである。ただし、HSV 色空間による比較においては、色相で判別することができない白や黒、グレーといった色の扱いが課題となる。白や黒、グレーは、色相ではなく明度により表現される。RGB の各値に対して差分を求めて評価した場合、厳密な白や黒、グレーを評価することは可能である。例えば、白色の判定の場合は、RGB の各値と 255 との差分を求めて各値がすべて閾値以下の場合に白色と判定する。しかし、実際の白色は、単純に RGB の各値が 255 に近いわけではない。R = 252, G = 239, B = 255 のような色であっても、人間が見た場合は、ほぼ白色と感じる。黒やグレーについても同様のことが言える。あいまい比較では、このような白や黒、グレーに対しても人間の感性と合わせて比較する必要がある。

そこで、本機能では、次の手順で白や黒、グレーにも対応した画像比較を行う。具体的には、閾値を用いて画像の評価し、白と黒、グレーと判定した画像に対して RGB 値による差分を検出するとともに、差分が生じた画素の割合による判定を用いることで白や黒、グレーの画像比較を行う。これにより、本機能では、白と黒、グレーに対しても人間の感性に近い比較が可能となる。

本処理では、画素(x,y)が白や黒、グレーなのかを RGB 値の平均で判定する。各色の判定式を白、黒、グレーの順で式(3)から式(10)に示す。また、 T_{color} は、判定用の閾値である。本研究では、判定評価用のサンプル画像を約 600 枚用意し、最適となる閾値の検討を行った。その結果、本研究では、 T_{color} を 30 と設定した。 f_R は画素(x,y)の R 値、 f_G は画素(x,y)の G 値、 f_B は画素(x,y)の B 値を示す。

$$d_{white} = |255 - (f_R(x,y) + f_G(x,y) + f_B(x,y)) / 3| \quad (3)$$

$$\text{判定} = \begin{cases} \text{白} & (d_{white} \leq T_{color}) \\ \text{白以外} & (d_{white} > T_{color}) \end{cases} \quad (4)$$

$$d_{black} = |(f_R(x,y) + f_G(x,y) + f_B(x,y)) / 3| \quad (5)$$

$$\text{判定} = \begin{cases} \text{黒} & (d_{black} \leq T_{color}) \\ \text{黒以外} & (d_{black} > T_{color}) \end{cases} \quad (6)$$

$$d_{rg} = |f_R(x,y) - f_G(x,y)| \quad (7)$$

$$d_{gb} = |f_G(x,y) - f_B(x,y)| \quad (8)$$

$$d_{rb} = |f_R(x,y) - f_B(x,y)| \quad (9)$$

$$\text{判定} = \begin{cases} \text{グレー} & \left(\begin{array}{l} d_{rg} \leq T_{color} \\ \cap \\ d_{gb} \leq T_{color} \\ \cap \\ d_{rb} \leq T_{color} \end{array} \right) \\ \text{グレー以外} & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

画素(x,y)が白や黒、グレーの場合は、比較基準画像の画素(x,y)の RGB 値と比較対象画像の画素(x,y)の RGB 値との差分 $d_{x,y}$ を算出する。差分 $d_{x,y}$ の評価式を式(11)に示す。

$$d_{x,y} = |f_R(x,y) - f'_R(x,y)| + |f_G(x,y) - f'_G(x,y)| + |f_B(x,y) - f'_B(x,y)| \quad (11)$$

画素(x,y)が白や黒、グレーでない場合は、比較基準画像の画素(x,y)の色相 $h_{x,y}$ と比較対象画像の画素(x,y)の色相 $h'_{x,y}$ とを六角錐モデル¹⁵⁾を用いて算出し、その差分 $d_{x,y}$ を求める。 $d_{x,y}$ の算出式を式(12)に示す。

$$d_{x,y} = |h_{x,y} - h'_{x,y}| \quad (12)$$

次に、本機能を用いて色相に比較を行う際に閾値と許容面積を設定することで、あいまい比較を行う。あいまい比較を行う上で利用する差分情報は、次に示す 2 項目となる。

- 画素ごとの差分値 d
- 差分が生じた画素の割合 s (%)

あいまい比較機能では、差分値 d が閾値を超えた画素の割合が、割合 s を超えていた場合に非同一、超えていなかった場合に同一と判定する。あいまい比較機能の例として、画像フォーマットが異なる同画像を使用し、あいまい比較を行った結果を図-3に示す。図-3では、閾値を 30 と設定し、比較基準画像と比較対象画像の 90% 以上の画素が同一の場合に 2 つの画像は同一と判定した。比較の結果、全ての画素において同一と判定されたことから、比較基準画像と比較対象画像が同一の画像と判定した。本手法を利用し、あいまい比較を行うことにより、バイナリ比較機能ではほぼ全ての画素が差分値として出力されていた画像であっても、同一の画像と判断することができる。あいまい比較機能では、このように微細な差分に左右されない画像の比較を実現する。

(2) 画像補正機能

a) 画像サイズ補正

画像サイズ補正機能では、比較基準画像と比較対象画像の画像サイズが異なる場合、画像サイズの大きさを補正する。画像サイズを補正する手法としては、一般的に、最近傍法と線形補間法が利用される。最近傍

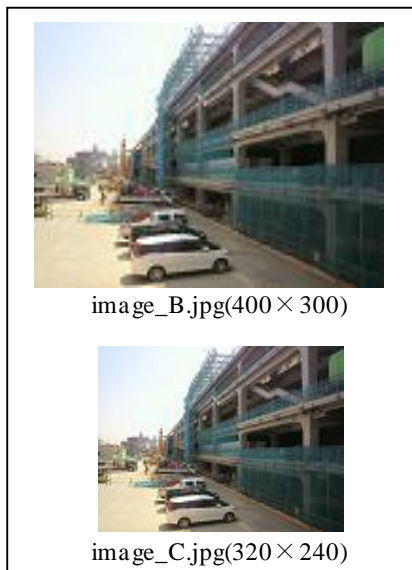


図-4 画像サイズの補正結果

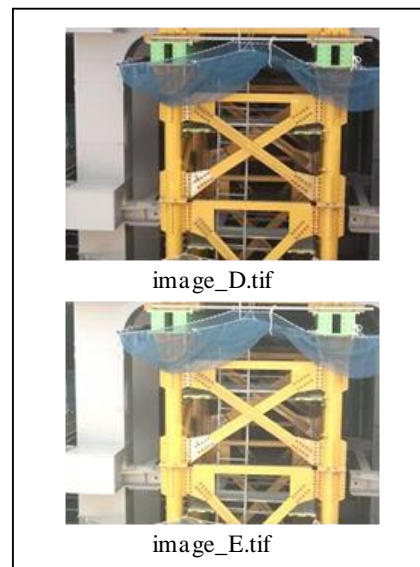


図-5 色調の補正結果

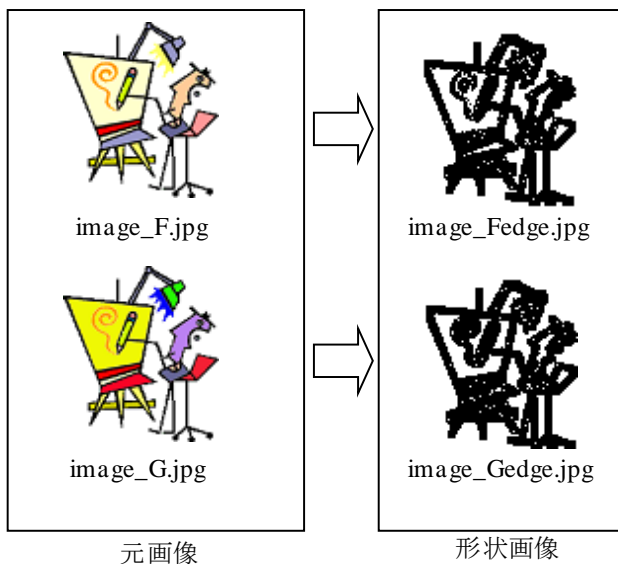


図-6 形状補正結果

法は、高速にサイズ補間を行うことができるが、拡大・縮小率に従って、画像がモザイク状になる問題がある。そのため、本機能では、最近傍法よりも補間精度が高く、なめらかな画像が得られる線形補間法を用いて補間を行う。ただし、線形補間法では、画像を拡大した場合にエッジがぼやける問題がある。そこで、本機能において、画像サイズ補正を行う場合、比較基準画像

と比較対象画像のサイズが大きい画像に対して縮小処理を行うことでこの問題を解決する。デジタルカメラにより撮影した image_B.jpg(400×300)と、画像サイズを変更した image_C.jpg(320×240)を画像サイズ補正した結果を図-4に示す。補正結果より、画像サイズが大きい image_B.jpg(400×300)に画像サイズ補正が行われ、image_B.jpg(400×300)を縮小した image_B補正.jpg(320×240)が作成されたことがわかる。

b) 色調補正

色調補正には、コントラストや明度、透過度など様々な種類の補正が存在する。これらの補正は、画像全体に対して、定められたルールに則って色調情報を変更する手法である。また、これらの補正を行うアルゴリズムに対して、定められたルールに則って色調情報を変更する手法である。また、これらの補正を行うアルゴリズムは、画像編集ソフトによって異なる。つまり、色調補正の種類が多数存在し、それぞれのアルゴリズムもソフトによって異なる。そのため、比較基準画像と色調補正を行った画像の比較では、全てが差分として出力される。しかし、これらの補正された画像は、人間の目には、「全体的に明るくなった」、「赤っぽくなった」など簡単に認識することが可能である。そこで、本機能では、画像間の色調補正係数を導き出すことにより、比較対象画像の色調を補正し、2つの画

像の色調を統一する。本機能では、まず、各画像上の対応する点の RGB 値を 4 点以上取得する。ただし、取得した RGB 値は、全て異なることとする。次に、取得した RGB 値を用いて、補正係数を算出する。取得点 n における比較基準画像の RGB 値を (R_n, G_n, B_n) 、比較対象画像の RGB 値を (R'_n, G'_n, B'_n) 、色調補正係数を $b_1 \sim b_{12}$ とした場合の色調補正式を式(13)に示す。

$$\begin{aligned} R'_n &= b_1 \cdot R_n + b_2 \cdot G_n + b_3 \cdot B_n + b_4 \\ G'_n &= b_5 \cdot R_n + b_6 \cdot G_n + b_7 \cdot B_n + b_8 \\ B'_n &= b_9 \cdot R_n + b_{10} \cdot G_n + b_{11} \cdot B_n + b_{12} \end{aligned} \quad (13)$$

色調補正係数を用いた色調の統一では、算出した色調補正係数 $b_1 \sim b_{12}$ を用いて比較対象画像の全ての画素に色調補正を行う。デジタルカメラにより撮影した image_D.tif と、同画像の明度とコントラストを変更した image_E.tif を用いて色調補正を行った結果を図-5 に示す。補正結果より、image_E.tif が image_D.tif の色調に補正されたことがわかる。

c) 形状補正

形状補正では、比較基準画像と比較対象画像における画像中のオブジェクトの輪郭（エッジ）を取得することで、形状画像を作成する。既存のエッジ検出手法としては、Sobel フィルタや Prewitt フィルタなどの様々な手法がある。本機能では、その中でも 2 次微分を利用することで、緩やかな濃度勾配でもエッジ検出であるラプラシアンフィルタを用いる。画像上の画素 (x, y) におけるグレースケール化を行った後の明るさ $g(x, y)$ の差分 $\Delta(x, y)$ を表すラプラシアンの式を式(14)に示す。

$$\Delta(x, y) = 4 \cdot g(x, y) - \{g(x, y-1) + g(x, y+1) + g(x-1, y) + g(x+1, y)\} \quad (14)$$

色調が異なる 2 枚の画像から、形状補正を行った結果を図-6 に示す。形状補正の結果、image_F.jpg と image_G.jpg の色調が異なる画像である image_G.jpg にエッジ検出が行われた形状画像が作成されたことがわかる。このように、比較基準画像と比較対象画像の形状画像を作成し、形状画像同士を比較することにより、色調情報に影響されることなく、画像中の対象物の形状情報のみを考慮した比較を実現する。

5. 実証実験

本研究では、電子納品で利用されるような撮影条件や被写体を限定しない画像差分検出技術の確立を目的としている。そこで、実証実験では建設分野での利用される画像を用いて、複数の変更条件が重なった画像を想定した複合検証を行う。なお、実証実験では、複合検証であいまい比較を行う際の閾値を 30 とする。そして、画像中の同一と判定された画素の面積が 90% を

表-1 比較対象画像の変更

対象画像	変更箇所	変更詳細
比較対象画像 A	明るさ変更	+30
	コントラスト変更	+30
	サイズ変更	400×300→320×240
	画像一部変更	一部変更
比較対象画像 B	画像一部変更	一部 オブジェクト追加
	コントラスト変更	+30
比較対象画像 C	画像反転	-
	画像一部変更	一部除去

表-2 判定結果

比較対象画像	判定	同一面積
比較対象画像 A	色調変更 形状変更	99.3933%
比較対象画像 B	色調変更 画像サイズ変更	92.8377%
比較対象画像 C	形状変更	97.7531%

超えた場合、比較基準画像と比較対象画像を同一と判定する。

(1) 差分精度の検証

本実験では、建設分野で利用される工事画像、景観画像、地図画像の 3 つの比較基準画像を用意した。本実験で使用される比較基準画像を図-7 に示す。また、比較対象画像として、それぞれの比較基準画像に対して複数の変更を施した画像を用意した。

まず、比較対象画像 A は、画像編集ソフトを用いて変更を行った場合を想定し、比較基準画像に対して、コントラストと明度、画像サイズを変更することで作成した画像である。また、比較対象画像 A では、比較基準画像中に含まれる一部の対象物を除去している。

次に、比較対象画像 B は、3 次元 CAD オブジェクトを挿入した景観画像を想定して作成した画像である。新たな都市開発の実施時においては、地域住民との合意形成などに 3 次元オブジェクトを挿入した景観画像が作成される。その際、3 次元オブジェクトを景観画像に違和感なく挿入するために、色調の調整が行われる。そこで、比較対象画像 B では、比較基準画像に対して、3 次元オブジェクトを挿入し、背景とオブジェクト間に違和感がないようにコントラストを調整した画像を作成した。

最後に、比較対象画像 C は、CAD 図面の背景画像として利用されることが多い地図画像に対して変更を行った画像である。変更内容としては、地図画像から一部の道路線や等高線等の削除を行っている。また、比較対象画像 C では、比較基準画像の色情報の反転を行った。実験で使用される比較対象画像を図-8 に、変更内容を表-1 に示す。

(2) 実験結果

実証実験の判定結果を表-2, 実証実験により出力された差分結果を図-9に示す. まず, 比較基準画像Aと比較対象画像Aの比較の結果, 同一面積が99.3933%となり, 色調変更と形状変更が行われた同一画像であると判定された. また, 図-9の出力結果Aより, 比較対象画像Aで消去した一部の対象物が差分として検出された. 次に, 比較基準画像Bと比較対象画像Bの比較の結果, 同一面積が92.8377%となり, 色調変更が行われた同一画像と判定された. また, 図-9の出力結果Bより, 比較対象画像Bに挿入している3次元オブジェクトが差分として検出された. 最後に, 比較基準画像Cと比較対象画像Cの比較の結果, 同一

面積が97.7531%となり, 形状が同一の画像と判定された. また, 図-9の出力結果Cより, 比較基準画像Cと比較対象画像Cの形状差分が出力された.

(3) 考察

出力結果A, Bでは, 色調と画像サイズなどの複合的な変更が加えられた画像と比較を行った場合でも, 正常に補正が行えた上での差分検出が可能となった. また, 明度やコントラストなど複数の手法で色調が変更された画像であってもロバストに色調補正が行えており, 色調や画像サイズに影響されずに, 画像内の変更部位を明示的に示すことが可能となった. 出力結果Cでは, 色情報が変更されている画像において, 画像内のエッジ情報を比較することにより, 色情報に影響



図-7 比較基準画像



図-8 比較対象画像

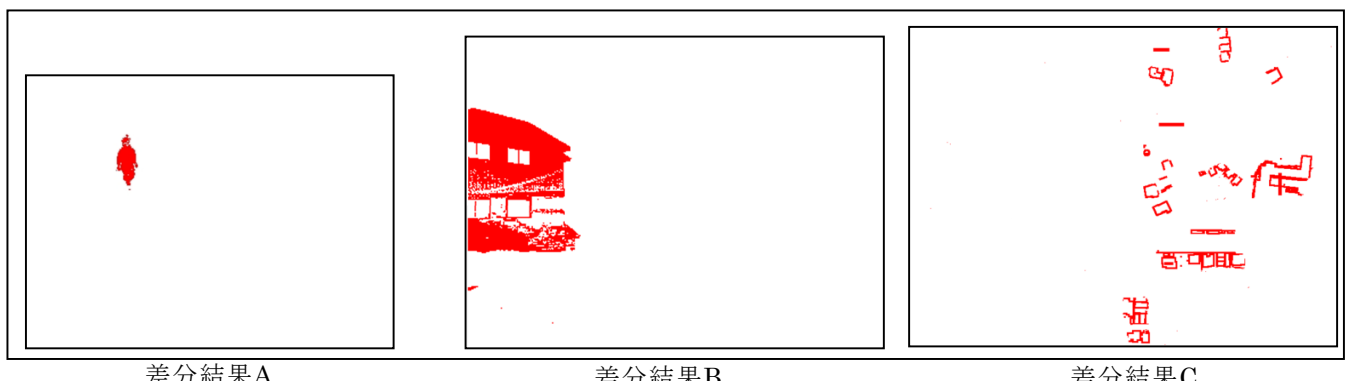


図-9 差分結果

されずに形状の差分箇所のみを明示的に示すことが可能となった。また、3つの出力結果から、明るさやコントラスト、画像サイズなどが変更された画像であっても、本システムの比較を行うことにより、同一画像と判定することが可能となった。これらの結果から、従来の画像差分システムでは検出することが困難であった輝度明度の変化や画像サイズ、色の変化に影響されない画像差分検出が実現できた。

6. おわりに

本研究では、建設分野で使用される画像データの利用を想定した画像差分システムを研究開発した。本システムでは、バイナリ比較機能とあいまい比較機能の2つの比較機能を実装した。バイナリ比較機能では、比較基準画像と比較対象画像に対して、各画素の厳密な比較を行うことにより、人間の目では検知できない微小な差分の検出を実現した。また、あいまい比較機能では、比較を行う場合に許容値を考慮することにより、画像フォーマットなどに左右されない人間の感性のような画像比較を実現した。あいまい比較機能においては、画像補正機能として実装した画像サイズ補正、色調補正機能を使用することで、異なるサイズの画像や色調が変更された画像に対して、人間の感性のように差分を検出することが可能となった。また、形状補正機能を用いて作成した形状画像を使用することで、色情報に影響なく、被写体の形状同士を比較することも可能となった。

また、本研究が開発した画像差分システムを使用することで、既存のドキュメントやCADデータなどの差分検出技術を併せて、電子納品で使用される全てのデータ形式での同一性の確保が可能となる。そして、本研究で提案したあいまい比較機能を利用した画像検索を行うことで、人間の感性のように画像を分類、管理することが可能となり、建設業界における業務の効率化を図ることができると考えられる。

本研究で開発した画像差分システムでは、圧縮形式や色調、サイズといった画像編集ソフトでの操作で生じる差異を考慮した差分検出を実現した。しかし、本研究成果を建設分野の維持管理などの幅広い分野で利用するためには、日照状況や撮影角度、レンズの焦点距離等の撮影条件によって生じる差異に対しても考慮する必要がある。そこで、今後の研究では、撮影条件によって生じる画像間の差異を補正するための技術を考案し、本研究で開発した画像差分検出技術の前処理とすることで、実利用に頑健な画像差分検出の実現を目指す。

謝辞: 本研究の一部は、2007～2009年度関西大学先端科学技術推進機構 e-Business 研究グループ（研究課題「電子国土のための e-Business に関する研究」）から助成を受け、その成果を公表するものである。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 古田均, 三上市蔵, 碓井照子, 広兼道幸, 田中成典: 建設 CALSE/EC に向けた電子国土の動向を探る -CAD/CG/GIS/GPS の結合, 山海堂, 2001年5月.
- 2) 国土交通省: 電子納品運用ガイドライン(案)【土木工事編】, 国土交通省, 2009年6月.
- 3) 国土交通省: CAD 製図基準(案), 国土交通省, 2008年5月.
- 4) 高階宏, 石見正和: 大阪府の建設 CALSE/EC の取り組み, e-Japan 電子政府の実現に向けて-建設業界のためのデータモデル, 工学社, 2003年7月.
- 5) 池辺正典, 田中成典, 古田均, 中村健二: 電子納品に向けた文書同一性判定システムの研究開発, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.14, pp.7-14, 2005年5月.
- 6) 建設情報標準化委員会, CAD データ交換標準小委員会: SXF Ver.3.0 仕様書, 日本建設情報総合センター, 2005年8月.
- 7) 物部寛太郎, 田中成典, 古田均, 榎山武浩: SXF の同一性判別コンポーネントの実装研究, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.48, No.2, pp.680-690, 2007年2月.
- 8) 榎山武浩, 田中成典, 古田均, 物部寛太郎, 杉町敏之: SXF Ver.3.0 対応の同一性判別システムの展開研究, 情報処理学会論文誌 データベース, 情報処理学会, Vol.1, No.1, pp.101-115, 2008年6月.
- 9) 北川悦司, 田中成典, 古田均, 杉町敏之: 2D デジタル画像を用いた Web/3D モデルハウスの構築に関する研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.12, pp.217-226, 2003年10月.
- 10) 横山太郎, 田中克明, 久富健介, 八木康史, 竹内田正彦, 原文雄, 橋本周司: 正面顔画像からの輪郭特徴抽出, 映像情報メディア学会誌, 映像情報メディア学会, Vol.53, No.11, pp.1605-1614, 1999年11月.
- 11) Rohr, K.: Modeling and identification of characteristic intensity variations, Image and Vision Computing, CVGIP, Vol.10, No.2, pp.66-76, 1992.
- 12) Singh, A. and Shneier, M.: Gray Level corner detection: A generalization and a robust real time implementation, Computer Vision, Graphics, and Image Processing, CVGIP, Vol.51, No.1, pp.54-69, 1990.
- 13) 中村高宏, 前田卓志, 松下雅仁: 不一致特徴点の信頼性評価を用いた指紋認証, 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, Vol.2003, No.25, pp.339-344, 2006年3月.
- 14) 小畑秀文: ベクトル集中度フィルタとその医用画像処理への応用, 電子情報通信学会論文誌 D-II, 電子情報通信学会, Vol.J87-D-II, No.1, pp.19-30, 2004年1月.
- 15) デジタル画像処理編集委員会: デジタル画像処理, 画像情報教育振興協会, 2004年7月.

(2010.5.28 受付)