

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月18日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500181

研究課題名（和文） 空間充填曲線による画像検索および暗号に関する研究

研究課題名（英文） Research on Image Retrieval and Encryption Using Space Filling Curves

研究代表者

鎌田 清一郎（KAMATA SEIICHIRO）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：00204602

研究成果の概要（和文）：

本研究では、MPEG7などに対して、空間充填曲線を利用した高効率な画像検索方式および暗号方式の実現を行った。大規模画像データベースの検索において、ヒルベルト走査型 Bag-of-Features 構造表現による高速検索手法を新たに提案した。また、高効率な暗号方式では、多次元空間を充填するヒルベルト曲線生成を利用した高速鍵暗号方式を開発した。

研究成果の概要（英文）：Recently, in order to deal with large-scale image databases, MPEG7, are introduced in the context of image search and encryption. In this research, an approach called Hilbert scan based bag-of-features with spatial information is presented. And a new key encryption algorithm is proposed using Hilbert curves which are mapping in N-dimensional spaces.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 平成21年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 平成22年度 | 1,300,000 | 390,000 | 1,690,000 |
| 平成23年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：空間充填曲線、画像検索、共通鍵暗号、ヒルベルト曲線

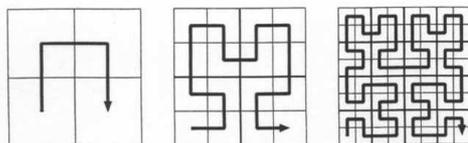
1. 研究開始当初の背景

生活・安全などにおいて、画像の圧縮伝送・蓄積のセキュリティに関する研究開発が社会的なニーズとともに益々重要となっている。例えば、遠隔監視では、セキュリティ対象画像を24時間圧縮伝送し、記憶装置に大量の圧縮データを蓄積させている。しかし、これに関わる研究開発者は国際標準化方式である MPEG（例えば MPEG4 AVC/H.264 AVC など）などに頼っているが、(a) 離散コサイン変換(DCT)、動き補償などを利

用した低域周波数通過型の圧縮方式であるために画質がぼける、(b)検索したい人物画像を MPEG 圧縮による蓄積データの中から高速に検索できない、(c)圧縮データフォーマットが公開されているための情報漏洩、などの問題が指摘されている。研究代表者は、このような問題点を解決すべく、文部科学省知的クラスタ創成事業研究費(平成14～18年度の5年間)などを受けて、『ハイブリッド画像圧縮システム』という研究テーマで研究開発を行ってきた。これは、本手法が MPEG4 AVC の基本方式より SNR(Signal to Noise Ratio)

評価では若干劣っているものの、低ビットレートでの輪郭情報保存性（例えば人物や文字の輪郭がはっきりしているなど）に優れていることがわかり、遠隔監視システムへの実用化研究を行ったものである。これにより、MPEGとは全く異なる、空間充填曲線を用いた画像圧縮方式を考案し（概念図（図2）参照）、北九州クラスター創成事業推進に寄与してきた。

本研究は、MPEGとは全く違った視点から圧縮効率や検索効率を考えた画像圧縮・検索方式、および暗号方式の開発を目指している。開発する圧縮方式が画像の周波数変換を行わないため、画像の圧縮データからカラーヒストグラムはもちろんのこと形状記述子などの特徴を高速に作成できるので、類似画像の照合による高速検索が可能となる。また、原画像からのカラーヒストグラム等を用いた高速検索として Qiu(2003)らの研究があるが、本方式は図1の空間充填曲線による1次元化を使うため、Qiuの方法より数十倍の検索速度向上が期待できる。Quin(2002)はBTC(Block Truncation Coding)を用いたデータ表現からの検索手法を検討しているが、圧縮効率が良くなく、検索効率向上が主体となっていた。次に、空間充填曲線を用いた暗号方式はDES、RSAや楕円曲線暗号と異なる今までにないアプローチであり、これによりセキュリティの向上が期待できる。さらに、開発する画像圧縮・検索手法は、ハードウェアによる高速化が期待できる。



ヒルベルトによって示された空間充填曲線
図1 空間充填曲線の一例

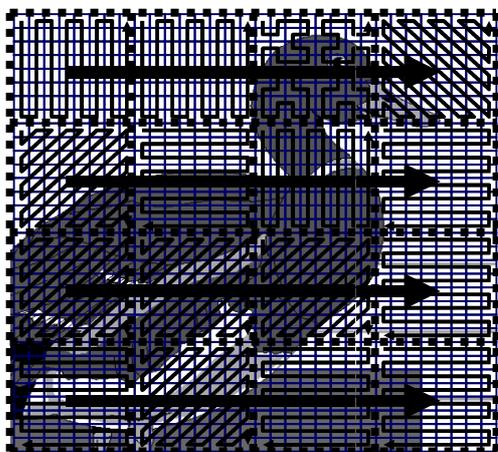


図2 開発した画像圧縮方式の概念図

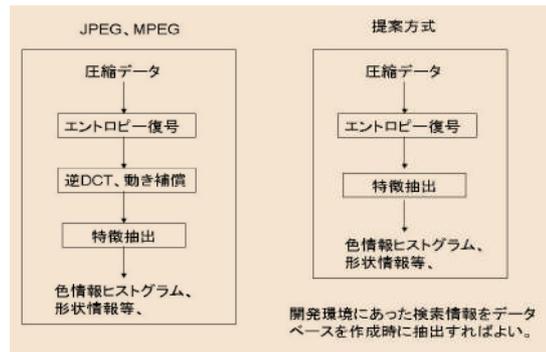


図3 本研究が目的とする画像検索方式の相違点

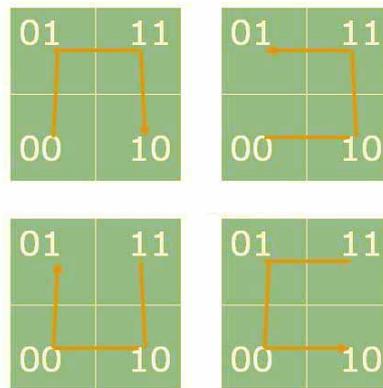
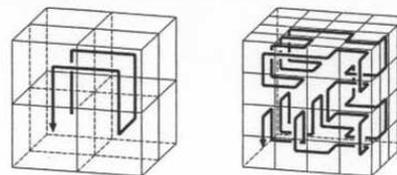


図4 ヒルベルト曲線の種類（2次元）



3次元ヒルベルト曲線

図5 3次元ヒルベルト曲線の一例

2. 研究の目的

圧縮技術の高画質化、高解像度化のみならず、高速検索、およびコンテンツ暗号化がMPEG7,21等の緊急の課題となっている中、圧縮データそのものから高速検索が可能なもの、そして圧縮データであるコンテンツの暗号化を実現することが必要である。本研究では、このような状況を踏まえ、高効率な画像圧縮方式の開発のみならず、後者に重点をおき、図3のような圧縮データからDCTの逆変換や動き補償（復元）の必要がない高速画像検索方式、また、空間充填曲線を利用した暗号方式の実現を目的とする。

3. 研究の方法

当初本研究を遂行するにあたっての具体的に明らかにすべき内容は次の通りであった。なお、本研究の研究期間は平成 21 年～23 年の 3 年である。

(1) 圧縮データから探索対象物（例えば人物、車など）を形状記述子、空間情報等で表現できる高速画像検索の実現を目指して、空間充填曲線を用いた高速画像検索方式を確立する。例えば圧縮データから空間情報が抽出できるので、例えばフーリエ記述子などを用いることができる。そこで、どのような空間情報が抽出でき、どのような記述子で表現できるか、などを明らかにする。蓄積した膨大な圧縮データからの特徴抽出および画像照合を行い、人物などの類似画像を高速に検索する。MPEG 7 や一般に公開されている画像データベースを用いて、従来手法との類似検索などの比較を行い、その検索効率を明らかにする。

(2) 空間充填曲線を用いた、予め鍵を公開してコンテンツの暗号化を行う暗号方式を開発する。これは空間充填曲線の一種であるヒルベルト曲線により、曲線の種類が爆発的に増大する性質を利用するものである。例えば、ヒルベルト曲線の種類が、次元を上げるごとに 3 次元空間で 32 通り、4 次元空間で 7552 通り、5 次元空間では億を超える数になる。したがって、この特徴を用いて、6 次元以上のものを利用して、新たな暗号方式を構築する。国際標準化方式 DES、RSA や楕円暗号方式と比較した定量的評価によって、本手法の有効性を明らかにする。

(3) 画像検索方式および暗号方式は、蓄積した膨大な圧縮データに対して検索、暗号化を行うため、特に高速化が要求される。このため、本研究では、FPGA を利用して、高速アルゴリズムを実現し、ソフトウェア性能よりどの程度高速化されるかを明らかにする。また、FPGA に向けた高速アルゴリズムを実現し、更なる高速化を図る。さらに、本開発手法のハードウェア規模を明らかにする。

[平成 21 年度の研究方法]

(1) 画像特徴抽出および画像検索方式の開発

圧縮データからの画像検索として最も重要なものの一つに特徴抽出がある。圧縮データからどのような特徴が抽出できるかを検討した。すなわち、検索において最も簡単で効果的な記述子が何であるかを検討した。まず、研究代表者は論文 Kamata et al, Depth-First Coding for Multi-Valued Pictures Using Bit-Plane Decomposition, IEEE Trans. on Communications, 43(5), 1961-1969(1995)において Quadtree に基づく方式から効率的な

特徴抽出法を新たに開発した。次に、形状情報の他の記述子、例えば、MPEG7 に採用されている Curvature Scale Space 記述子、Wavelet 記述子、フーリエ記述子等について比較検討した。さらに、従来手法である Qiu の範囲検索、類似検索などの様々な検索について検索精度、Recall-Precision 指標に基づいて比較検討を行った。また、MPEG7 や一般に公開されている画像データベースを利用し、画像検索の新たなアルゴリズムを開発し、従来手法との比較を通して、その検索効率を明らかにした。この開発は、高速 PC 上において行い、画像圧縮と合わせてシミュレーションシステムを構築した。

(2) 暗号化方式の確立

本研究で開発してきた暗号化方式は、空間充填曲線の一種であるヒルベルト曲線により、曲線の種類が爆発的に増大する性質を利用するものである。これは、Kamata et al が発表した論文 S. Kamata, et al, A new algorithm for N-dimensional Hilbert scanning, IEEE Trans. on Image Processing, vol. 8, no. 7, pp. 964-973(1999)を研究中に発見したものである。しかし、一般次元でのヒルベルト曲線の種類がどのような計算式になるかが未知であるため、これらの解析が必要であるが、この特徴を用いて、6 次元以上のものを利用して、新たな暗号方式を構築した。国際標準化方式 DES、RSA と比較した解析的および定量的評価によって、本手法の有効性を明らかにした。

[平成 22 年度の研究方法]

(1) 特徴抽出の改善および画像検索への応用検討

前年度に引き続き、圧縮データからの特徴抽出の改善を検討した。すなわち、圧縮データからどのような空間情報あるいは特徴記述子を用いれば効果的かを再度検討した。次に、遠隔監視などのセキュリティを目的として人物等の画像検索方式の確立を行った。

(2) 暗号化方式の改善

前年度に引き続き、空間充填曲線による暗号化方式を検討した。国際標準化方式 DES、RSA などと比較した評価実験によって、暗号アルゴリズムの改善を図った。また、どの程度の頑健性を有しているかなどの暗号性能を評価して、定性的評価によって、本手法の有効性を明らかにした。

(3) 画像検索のプログラム実装

(1)において実装した特徴抽出および画像検索方式の C 言語プログラムを参照しながら、処理手順によって部分分割し、共有化部分を抽出しながらモジュール化し、各モジュールをハードウェア記述言語 (HDL) により回路を設計した。個々のモジュールの動作確認と回路設計は、FPGA 開発ソフトウェアを用いて行った。

(4) 暗号化プログラム実装

(2)において実装したC言語プログラムを参照しながら、(3)と同様にHDLにより各モジュールの回路設計を行った。

[平成23年度の研究内容]

(1) 特徴抽出の改善および画像検索への応用検討

前年度に引き続き、圧縮データからの特徴抽出の改善を検討した。また、遠隔監視などのセキュリティを目的として大量の蓄積データを用いて、人物等の画像検索方式の検索性能を明らかにした。

(2)暗号化方式の改善

前年度に引き続き、空間充填曲線による暗号方式を検討し、国際標準化方式DESやAESなどの方式と比較した評価実験によって、暗号アルゴリズムの改善を図った。また、どの程度の頑健性を有しているかなどの暗号性能を評価して、本手法の有効性を明らかにした。

(3) 画像検索および暗号のプログラム実装とFPGAによるハードウェア設計

前年度に引き続き、実装した特徴抽出および画像検索方式をHDLにより回路設計した。これにより、ハードウェアによる検索性能を評価した。また、各モジュールのハードウェア規模を明らかにした。暗号のプログラム実装は、前年度に引き続き行いながら、実装したHDLを参照し、ハードウェアによる処理性能を評価した。また、各モジュールのハードウェア規模を明らかにした。

(4) 画像圧縮・検索、暗号方式のFPGAによる統合ハードウェア設計

開発する画像検索方式と暗号方式を処理手順によってモジュール分割したが、今年度には全体のモジュール統合を行った。すべてのモジュールの回路設計を行うことにより、全体としての検索性能、暗号の処理性能、ハードウェア規模を明らかにした。これにより、画像圧縮・検索、暗号のプロトタイプシステムを構築した。

4. 研究成果

4.1 高速画像検索技術の開発

本研究では、大規模画像データベースの検索において、図6に示されるヒルベルト走査型4分木構造表現による検索手法を検討した。これは、画像の再帰的均等4分割により特徴点集合の分布を部分画像領域で管理させ、また、4分木の階層的な表現によって探索空間を大幅に絞り込みができるようにしたものである。約5000の画像を利用した探索実験によって、SIFTベース探索などに比べて、提案手法は画像記述量を大幅に削減でき、探索時間も大幅に短縮できることがわかった。

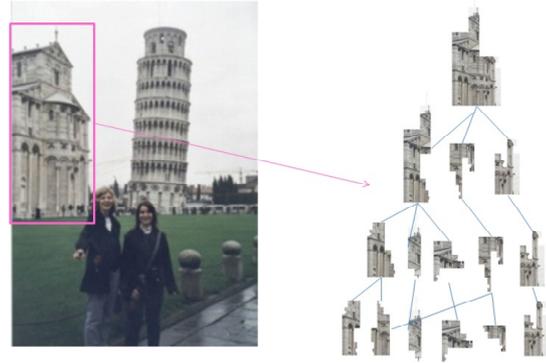


図6 ヒルベルト走査型4分木構造表現

また、画像処理の基礎である木構造表現による大規模画像データベース検索に関する研究に空間充填曲線の導入を検討して新たな方法を見いだした。これは、空間充填曲線の一種であるヒルベルト曲線を利用し、近傍保存性の高い1次元直線上に写像することにより、多次元特徴空間におけるクラスタ形成を高速かつ高精度に行う方式である。大規模画像検索において研究されているBag-Of-Feature (BOF) を拡張し、ヒルベルト走査型BOFを提案しているが、様々な走査方法の適用、クラスタリングの方法を検討することにより、記憶容量の削減および計算量の削減がどの程度の効果があるかを明らかにした。大規模画像データベース (ImageNet など百万種類の画像) を用いた画像検索実験の結果、提案手法が従来手法よりどの程度改善できるかを示した。

次に、独自の空間充填曲線を利用した高速画像検索方式、また、暗号方式を実現するため、まず画像検索方式における特徴抽出および検索方式について検討した。特徴抽出としては、図7に示される基底関数を使った、位置回転不変の特徴量である極座標フーリエ変換および球面フーリエ変換の高速化を行った。変換における平面の標本点の対称性を利用して計算量の削減を図った結果、従来に比べて、7~12倍の高速化を実現できた。

色情報は画像の重要な情報の一つであり、パターン認識や画像検索の分野で広く活用されている。画像の色分布をより効率的に記述しそれらを照合するため、国際標準MPEG-7をはじめ多くの色記述子がこれまで提案されているが、本研究では大局的色情報を保持する色記述子を対象に調査を行った。その結果、MPEG-7のヒストグラム記述によるscalable color descriptor (SCD) や、クラスタ (代表色) 記述による dominant color descriptor (DCD) では、薬剤包装識別において有効性が確認できなかった。一般に色情報はスペクトルとして多次元信号 (例えばRGB空間は三次元) になる。固有値展開による

って分布の照合を部分空間の照合に代替できる。この考え方は、多くの問題に対して高い識別性能を発揮してきた相互部分空間法であるが、本問題に適用すると非力であることがわかった。様々な色分布を構成する薬剤包装識別による評価実験では、相互部分空間法よりも高い識別率を示すのに加え、従来技術の SCD や DCD よりも記述量・処理時間・識別率の点での優位性が確認された。オムロン製 Frantio IF1 開発キット (Core i7 2.53GHz, Memory 2GB) を利用して、Altera Quartus II により HDL 記述して FPGA 上に高速検索手法を実装した。まずヒルベルト走査型探索を比較した結果、ソフトウェア比で FPGA 上にインプリメントして約十倍の高速化を実現した。

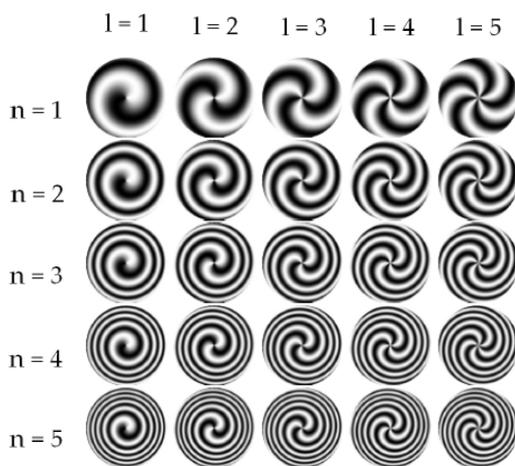


図7 極フーリエ解析の基底関数系

4. 2 KAMS 暗号技術の開発

空間充填曲線を利用した KAMS 暗号方式において、鍵となる曲線の種類が3次元で4通り、4次元で672通り、5次元で約3.62億通りあることがわかった。6次元以上ははっきりとした定式化ができないため、現在数値解析を行った。また、これらの曲線を発生させるアドレス発生手法を新たに確立した。暗号化アルゴリズムの構築を行い、同時に暗号化全体の機能構成を構築し、全体アルゴリズムの最終バージョンを確立した。

秘匿データのデータ通信においては、従来からDES暗号、AES暗号などが広く用いられているが、本研究では、空間充填曲線を用いた、予め鍵を共通化して暗号化を行う新たな共通鍵暗号方式を開発した。これは空間充填曲線の一種であるヒルベルト曲線により、曲線の種類が爆発的に増大する性質を利用するものである。この特徴を用いて、8次元以上のものを利用して、新たな共通鍵暗号方式を構築した。国際標準化方式DES暗号やAES暗号と比較した定性的評価により、

本手法がより頑健性の高いものであることがわかった。オムロン製 Frantio IF1 開発キットを利用して、Altera Quartus II により HDL 記述して FPGA 上に暗号化手法を実装した。ヒルベルト走査を多次元に拡張した暗号化アルゴリズムを実装した結果、ソフトウェア比で約5、6倍の高速化が実現できた。

空間充填曲線を用いた予め鍵交換を行う共通鍵暗号方式を概説する。これは空間充填曲線の一種であるヒルベルト曲線により、曲線の種類が爆発的に増大する性質を利用するものである。図4から2次元の場合であるが、始点00と終点10を固定すれば、1通り(00-01-11-10)に決まってしまう。しかし、3次元の場合では、始点000と終点100とすれば、

000-001-011-010-110-111-101-100

000-010-011-001-101-111-110-100

など4通りの曲線が発生できる。次元をさらに上げると、ヒルベルト曲線の種類は4次元空間で672通り、5次元空間では151,732,224になる。しかし、一般次元でのヒルベルト曲線の種類がどのような計算式になるかが未知であるため、これらの解析が必要であるが、近似式ではNを次元数とすると、

$$F(N) = \left(\frac{2^{N-1} - 1}{2} \right) \times \frac{2^{N-1}}{N} \times F(N-1)^2$$

以上となることがわかった。例えば、F(2)=1、F(3)=4、F(4)=672、…である。したがって、この特徴を用いて、6次元以上のものを利用して、新たな暗号方式を構築した。国際標準化方式RSAや楕円暗号方式と比較した定性的評価により、本手法が楕円曲線暗号より大幅に頑健性の高いものであることがわかった。

KAMS暗号では、現在10次元を利用しているが、F(10)が無量大数を大幅に超えるものになる。秘密鍵はその中からランダムに選ばれた一つの曲線となる。

以下に暗号アルゴリズムの概要を示す。

(準備)

(1) N次元ヒルベルト曲線のシード集合 $\{C_k \mid k=1, 2, \dots\}$ を予めテーブルにする。なお、 C_k は1辺の長さが1のN次元ヒルベルト曲線である。図2において、4種類の2次元ヒルベルト曲線はC1:(00, 01, 11, 10)、C2:(00, 10, 11, 01)、C3:(11, 10, 00, 01)、C4:(11, 01, 00, 10)と表現できる。これらをテーブルとして予めもつということである。

2) N次元空間で、 $\underbrace{2^M \times 2^M \times \dots \times 2^M}_N$

の超立方体(1辺の長さが 2^M)を作成する。この超立方体内でN次元ヒルベルト曲線を発生させる(鎌田によるアルゴリズムを利

用)。

(3) 超立方体内で2点間(2つのN次元ベクトル間)の演算+を次のように定義する(通常のベクトル演算とは異なることに注意)。

2点をX,Yとすると、

$$Z=X+Y \text{ on } C_k$$

任意の2点X,YおよびZはN次元ベクトルである。また、関数fはN次元空間の点をヒルベルト曲線 C_k に沿って1次元直線上の点に写像するものである(図4参照)。したがって、f(X)は整数値となる。

f(X)+f(Y)を通常の和計算を適用して、その結果をf(Z)とする。したがって、

$$Z=f^{-1}(f(X)+f(Y))$$

となる。なお演算+は通常の和算である。鍵生成についてはDiffieとHellmanによる鍵共有法などを用いることができる。これで送信側と受信側で秘密鍵Kが共有できたことになる。Kを曲線秘密鍵と呼ぶことにする。暗号化および復号アルゴリズムにはElgamal暗号などを利用する。その一例を次に示す。(鍵生成アルゴリズム)

(1) アリスは乱数によりaを決め、ボブは乱数によりbを決め、曲線秘密鍵Kを求める。

(2) アリスは乱数により α を決める。また、N個の乱数(0~2M-1の範囲の自然数)を使ってN次元ベクトル X_{init} を決める。

$$S=\alpha X_{init}$$

$$=f^{-1}\left(\underbrace{f(X_{init})+f(X_{init})+\dots+f(X_{init})}_{\alpha}\right) \text{ on } C_k$$

を求める。 C_k は曲線秘密鍵Kにより選ばれたヒルベルト曲線である。

アリスは、M,N, X_{init} ,S,pを公開する。なお、 X_{init} , S_α はN次元ベクトルであり、各要素は自然数である。また、M,N,pは自然数である。 α を秘密鍵として保持する。

(暗号化アルゴリズム)

ボブは公開鍵M,N, X_{init} ,S,pおよびメッセージm(N次元ベクトル)を入力して、暗号文を次のようにする。ボブはrをランダムに選び、暗号文

$$(Q_1,Q_2)=(rX_{init},m+rS)$$

を計算する。 rX_{init} およびrSは C_k 上の和演算+を利用したものである。

(復号アルゴリズム)

アリスは、秘密鍵 α 、および暗号文 (Q_1,Q_2) を入力として、平文mを

$$m=Q_2 \dot{-} \alpha Q_1$$

より求める。 αQ_1 は C_k 上の和演算+を利用したものである。復号アルゴリズムにより、

$$Q_2 \dot{-} \alpha Q_1 = m \dot{+} rS \dot{-} \alpha rX_{init}$$

$$=m \dot{+} r\alpha X_{init} \dot{-} \alpha rX_{init} = m$$

とメッセージが復号できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計15件)

(1) Daejung BANG, Haijiang TANG and Sei-ichiro KAMATA: Linear Predictor Using 3-D Projection for Video Lossless Compression, Proc. of IEEE Int. Sympo. on Industrial Electronics, pp.1914-1918, 2009.

(2) Zhou Yang, Sei-ichiro KAMATA and Alireza AHRARY: NIR: Content Based Image Retrieval on Cloud Computing, Proc. of IEEE Int. Conf. on Intelligent Computing and Intelligent Systems, pp.556-559, 2009.

(3) Can TONG, Sei-ichiro KAMATA and Alireza AHRARY: 3D Face Recognition Based on Fast Feature Detection and Non-rigid Iterative Closest Point, Proc. of IEEE Int. Conf. on Intelligent Computing and Intelligent Systems, pp.509-512, 2009.

(4) Qieshi ZHANG and Sei-ichiro KAMATA: Stein's Unbiased Risk Estimate (SURE) and Distance Constraint Combined Image Denoising in Wavelet Domain, Proc. of IASTED Int. Conf. on Signal Processing, Pattern Recognition and Applications (SPPRA 2010), pp.196-201, 2010.

(5) Zhou YANG, Alireza AHRARY and Sei-ichiro KAMATA: Fast Polar Harmonic Transforms, The Journal of the IEEEJ, Vol.39, No.4, pp.399-408, 2010.

(6) Zhou YANG and Sei-ichiro KAMATA: Fast Polar and Spherical Fourier Descriptors for Feature Extraction, IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E93-D, No.7, pp.1708-1715, 2010.

(7) Zhou YANG and Sei-ichiro KAMATA: Fast Polar and Spherical Fourier Descriptors for Feature Extraction, Proc. of 20th Int. Conf. on Pattern Recognition, Istanbul, pp.975-978, 2010.

(8) Pengyi HAO and Sei-ichiro KAMATA: Hilbert Scan Based Tree Representation for Image Search, Proc. of IEEE TENCON2010, Fukuoka, pp.499-504, 2010.

(9) Zhuo YANG and Sei-ichiro KAMATA: Fast Polar Harmonic Transforms, Proc. of 11th. Int. Conf. Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV2010), Singapore, pp.673-677, 2010.

(10) Zhuo YANG and Sei-ichiro KAMATA: Fast

Polar Cosine Transform for Image Description, Proc. of 12th. IAPR Conf. on Machine Vision Applications (MVA2011), pp.320-323, 2011.

(11) Kenjiro SUGIMOTO and Sei-ichiro KAMATA: Color Matching Using Weighted Subspace, Proc. of 12th. IAPR Conf. on Machine Vision Applications (MVA2011), pp.287-290, 2011.

(12) Pengyi HAO and Seiichiro KAMATA: Hilbert Scan Based Bag-of-features for Image Retrieval, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E94-D, No.7, pp.1260-1268, 2011.

(13) Zhuo YANG and Sei-ichiro KAMATA: Hypercomplex Polar Fourier Analysis for Image Representation, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E94-D, No.8, pp.1663-1670, 2011.

(14) Kenjiro SUGIMOTO, and Sei-ichiro KAMATA: Color distribution matching using a weighted sub-space descriptor, Proc. of IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP), pp.1733-1736, 2011.

(15) Sei-ichiro KAMATA, A Common Key Encryption Algorithm Using N-dimensional Hilbert Curves, Proc. of Information Assurance and Security (IAS2011), pp.275-279, 2011.

[学会発表] (計4件)

(1) Zhuo YANG, Alireza AHRARY and Sei-ichiro KAMATA: A New Color Descriptor for Region Detection based on Parallel Progressive Scan, Joint Conf. of Electrical and Electronics Engineers in Kyushu, Iizuka Japan, 2009年9月28日.

(2) Can TONG and Sei-ichiro KAMATA: Fast Facial Feature Point Detection for 3D Face Recognition, Joint Conf. of Electrical and Electronics Engineers in Kyushu, Iizuka Japan, 2009年9月28日.

(3) 杉本憲治郎, 鎌田清一郎, 閾値に一致する累積寄与率を持つ部分色空間記述子の構築 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011), 金沢市文化ホール(石川), 2011年7月21日.

(4) 杉本憲治郎, 鎌田清一郎: 線型多様体

色記述子における明度変化への頑健性に関する一検討, 電子情報通信学会画像工学研究会, 九州工業大学(福岡), 2011年11月11日.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1件)

名称: 暗号処理システム、暗号化装置、復号装置、及びプログラム、並びに暗号処理方法

発明者: 鎌田清一郎

権利者: 早稲田大学

種類: 特許

番号: 特願 2011-020256

出願年月日: 2011年2月1日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鎌田 清一郎 (KAMATA SEIICHIRO)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号: 00204602

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: