

平成22年度卒業論文

論文題目

トレース画像に対応可能な電子透かしの提案

神奈川大学 工学部 電子情報フロンティア学科

学籍番号 200703020

工藤 敬文

指導担当者 木下宏揚 教授

目次

第1章	序論	4
第2章	基礎知識	6
2.1	画像処理技術	6
2.1.1	2値化	6
2.1.2	グレースケール	7
2.1.3	ガンマ補正	8
2.1.4	面積階調法(疑似濃淡表示)	9
2.1.5	濃度パターン法	9
2.1.6	ディザ法	9
2.1.7	組織的ディザ法	9
2.2	電子透かし	11
2.2.1	組織的ディザ法を用いた電子透かし	12
2.3	自由曲線	15
2.3.1	スプライン曲線	15
2.3.2	B-スプライン曲線	15
2.3.3	ベジエ曲線	16
2.4	遺伝的アルゴリズム(GA)	17
2.4.1	基本用語	17
2.4.2	アルゴリズムの流れ	18
2.4.3	交叉	18
2.4.4	突然変異	19
第3章	提案方式	21
3.1	提案方式	21
3.1.1	ベジエ曲線による線の近似	22

第 4 章	結論	24
	謝辭	25
	參考文獻	26
	質疑應答	28

目次

2.1	画像の2値化	7
2.2	中間値法スペクトル	7
2.3	単純平均法スペクトル	8
2.4	加重平均法スペクトル	8
2.5	Bayer型ディザマトリックス	10
2.6	網点型ディザマトリックス	10
2.7	渦巻型ディザマトリックス	10
2.8	組織ディザ法の原理 (Bayer型)	10
2.9	電子透かし	12
2.10	閾値Mと出力Yの関係	13
2.11	出力パターン統計表	14
2.12	ベジェ曲線	16
3.1	提案方式の流れ	22
3.2	提案方式	23

第1章

序論

インターネット利用人口の大幅増加、DVDの普及、電子メディアによる情報流通量は著しく増加している。このような環境の中で行き交う情報の多くがデジタル情報である。デジタル情報は、複写、保存、加工が非常に容易に行えるという特徴を持っており、インターネットに代表されるネットワーク技術の発展により、これらのデータを同時に複数のユーザに配布することが容易になった。そのため、デジタル化されたコンテンツが著作権者の思いに反した利用をされる事が起こり、著作権保護という新たな問題が浮上したことにより、透かし技術が提案された。違法な複製や配布への対策として、コンテンツに著作権侵害に対する警告文や出版元のロゴやお札にある透かしのよう可視的なマーキングを施す方法が昔からあるが、この手法ではコンテンツの品質劣化につながる上、マーキングの除去が容易である。そのため、非可視的なマーキングによる著作権保護の手段として、電子透かしが登場したのである。[10] 著作権侵害の問題として、今回はイラストや漫画等を対象とする。現在漫画やイラスト等もデジタル移行が次第に進み、インターネット上には様々な画像投稿サイトが存在している。そのような中、他人の作品をトレースし、アップロードする、いわゆる盗作行為も存在している。パロディとしてわざとトレースする場合もあるが、他作者の漫画をトレースし、登場人物の顔など、一部分だけを書き換えて商用として売り出すという悪質な事件も過去に存在している。

このような行為が行なわれる中、漫画やイラスト等の二値静止画像に対する電子透かしはあまり多く検討されていない。冗長性が少なく、透かし情報を埋め込むことが難しいからだ。

既存の方式として特徴量を利用した透かし技術も存在するが、特徴量による、電子

透かしの画質維持や、透かし情報の埋込み位置を推定する手法であったりと、電子透かしの新しい手法というよりも、電子透かしの性能を高める技術である。

本論文ではトレース元となった画像の著作権を守るために、トレースにも対応可能な電子透かしの技術の実現を目標とする。

第2章

基礎知識

2.1 画像処理技術

2.1.1 2値化

白と黒だけによる画像の表現処理である。各画素の明るさを一定の基準値により、白色と黒色の2つの値に変換する処理を行う。この一定の基準値を閾値という。閾値より小さい値を持つ画素を白、閾値より大きい値の画素を黒として表現する。通常、画像の各画素は0~255のRGB値を持っていて、RGB値の平均値が各画素における明るさとなる。

2値化処理は、画素 (x,y) の濃淡画像を $f(x,y)$ 、閾値を T とすると、一般的には次項に従って処理される。

$$\begin{cases} \text{白色} & f(x,y) \leq T \\ \text{黒色} & f(x,y) > T \end{cases} \quad (2.1)$$

基準となる閾値をの値を変更することで2値化処理後の画像が異なり、2値化処理を行うことで画像からの検索情報の抽出が容易になり、また判定処理なども高速に実行できる。[17]

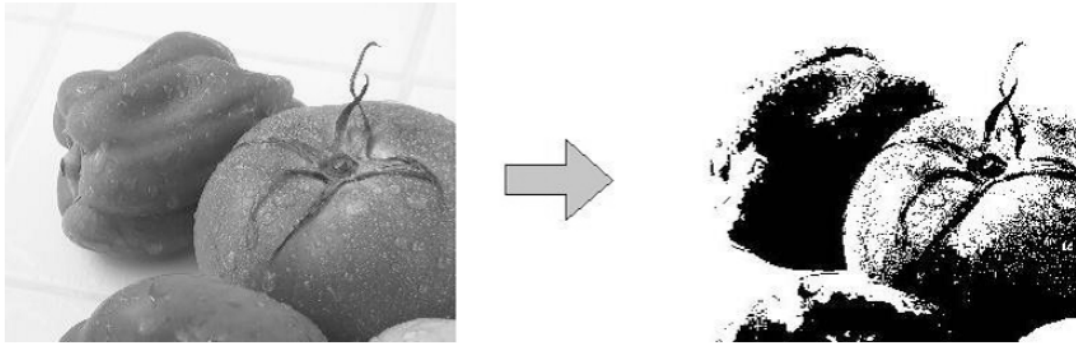


図 2.1 画像の2値化

2.1.2 グレースケール

2値化では白と黒の2色のみで表現したが、グレースケールは画像を白から黒までの明暗だけで色の情報は含まずに表現する。灰色を何階調で表現するかをビット数によって表す。1ビットの場合は白と黒のみで中間色がない状態、つまり前述した2値化と同義となる。8ビットなら(白と黒を含めて)256階調、16ビットなら65536階調の灰色で表現する。グレースケール処理はその計算方式によりいくつかの計算方法が存在する。[18]

- 中間値法:出力画素=(最大成分+最小成分)/2

対象画素における最大最小成分の平均を画素値とする方法である。カラーパターンが灰色一色に変換され、それぞれの色の違いが全て潰れてしまっている。非常に直感的で簡単ではあるが、意図して使う以外は適切ではない。



図 2.2 中間値法スペクトル

- 単純平均法:出力画素=(R成分+G成分+B成分)/3

対象画素のRGB各成分の平均値を画素値とする方法である。RGB成分の値によってグレーに濃淡ができてはいるが、異色である青と緑が処理後では同色であったりと、人間が色の違いによって感じる明るさの違いを無視してしまっている。



図 2.3 単純平均法スペクトル

- 加重平均法:出力画素=(0.299*R成分+0.587*G成分+0.114*B成分)

RGB各成分に重み付けを加え、視覚感度を考慮した計算方法。単純平均法で問題のあった青と緑にも処理後の差異が生じ、処理後の多色化が成される。



図 2.4 加重平均法スペクトル

2.1.3 ガンマ補正

(ガンマ)とは画像の明るさの変化に対する電圧換算値の変化比である。画像の色データと画像が実際に出力される際の信号の相対関係を調節して、より自然に近い表示を取得し、元画像データに忠実な画像の表示を再現するための補正をガンマ補正という。補正の数式を下記に示す。[17]

$$= 255 * (/255)^{1/y} \quad (2.2)$$

画像データと出力データとの値が正比例している時、値は1になるが、実際には正比例しない。スキャナなどの入力装置やプリンタなどの出力装置はそれぞれ特有の値を持っているため、スキャナで入力した画像をそのまま出力してしまうと値が1に近づかないため色合いが違ってしまふ。広義に解釈すると、現在のほぼ全ての画像データは特定の出力環境に合わせられて作られていると言ってよい。出力環境

が変わることでその時出力した画像データは完全な状態で表示することができないということである。そのため、出力機器の違いによる差異を緩衝し、より正確な画像データ取得においてユーザーはガンマ補正を行う必要がある。

2.1.4 面積階調法（疑似濃淡表示）

白と黒の2値しか表示できないディスプレイやプリンタを用いて白黒の濃淡画像を表示したい場合、白と黒の面積の割合を変化させて階調を再現させる手法を面積階調法という。代表的な方法として濃度パターン法とディザ法がある。

2.1.5 濃度パターン法

入力濃淡画像の1画素を出力側の $n \times n$ 画素（これをサブマトリックスと呼ぶ）に対応させ、各画素の濃淡レベルに合わせてサブマトリックス内の黒の画素の数を変えることで濃淡を再現する。サブマトリックスの大きさを大きくするほど階調再現性はよくなるが、入力画像に対して出力側は $n \times n$ 倍の表示領域を必要とする。

2.1.6 ディザ法

ディザ法とはある決められた階調でより豊富な階調を表現する技法であり、例えば白と黒しか使えない状態で様々な濃さの灰色を表現する方法である。元の画像の画素の階調に応じて、一定の規則の基に白黒を生成し、黒白の出現頻度によって中間調が表現される。ディザ法は原画の1画素を複数ドットで表現する。遠目から見れば白黒の濃淡があるように見えるという人間の錯覚を利用したものである。身近に使われている例として、新聞の写真、カラープリントなどが挙げられる。[19]

2.1.7 組織的ディザ法

$N \times N$ の閾値からなるディザマトリックスと呼ばれるサブマトリックスを入力画像に重ね合わせて、2値化を行う処理。あらかじめ決められた閾値マトリックスを用いて入力画素の輝度値を2値に変換する。有名なものでBuyer型、渦巻型、網点型などがある。256階調で表現する場合、それぞれの要素を17倍して使用する。4×4画素の入力値化の概念を図に示す。[17]

0	8	2	10
12	4	14	6
3	11	1	9
15	7	13	5

11	4	6	9
12	0	2	14
7	8	10	5
3	15	13	1

図 2.5 Bayer 型ディザマトリックス

図 2.6 網点型ディザマトリックス

6	7	8	9
5	0	1	10
4	3	2	11
15	14	13	12

図 2.7 渦巻型ディザマトリックス

8	9	10	9
9	7	6	4
6	5	4	2
3	2	0	1
3	4	4	2

0	8	2	10
12	4	14	6
3	11	1	9
15	7	13	5
0	8	2	10

■	■	■	□
□	■	□	□
■	□	■	□
□	□	□	□
■	□	■	□

入力画像 ディザマトリックス 出力画像

図 2.8 組織ディザ法の原理 (Bayer 型)

2.2 電子透かし

電子透かし技術とは、マルチメディアデータに、その冗長性を利用して他の情報を埋め込む技術のことである。電子透かしの埋め込まれた画像や音声データから、電子透かし情報の検出を行うことで、著作権の保護を行うことが可能となる。埋め込むコンテンツにはテキスト、音声、画像、動画、プログラムなどがあるが、作者名コピー回数など著作権関連情報を埋め込むことが主となっている。見た目わからない電子透かしは、検出ソフトを用いることで埋め込まれた情報を取り出すことができる。埋め込むコンテンツの種類として

- ・ 静止画用電子透かし

著作権保護用途 … 静止画デジタルアーカイブシステム

印刷物向け … 社内文書セキュリティ、商用雑誌権利保護

- ・ 音声用電子透かし

著作権保護用途 … サンプル用音楽 CD 向け流通管理

- … 音楽配信権利保護技術

- ・ 動画用電子透かし

著作権保護用途 … DVD・VTR 向け流通管理

- … 動画配信、アーカイブシステム向け管理システム

また電子透かし手法を用途により以下のように分類できる。

- 不可視・高耐性型

埋め込むデータを少ないという欠点があるが、少なくする代わりに、加工、圧縮などの処理に対して、耐性が高く電子透かし情報の除去が困難であるという利点がある。

- 不可視・低耐性型

耐性を重視せずに、多くのデータを埋め込みたい場合に用いる。耐性が少ない分、画質への影響も少なくすむ。

- 可視・可逆型

所有権を明示的にコンテンツ上に表示する電子透かしである。透かしの埋め込んだコンテンツの再利用ができるように、電子透かしを除去することができる。電子透かしを除去するには、特別なプログラムと鍵が必要である。これに

より、コンテンツの所有者は、安心してコンテンツをインターネット上で公開したりすることができる。

- 可視・非可逆型

所定のコンテンツの所有権をはっきり利用者に示す際に用いる。この型は埋め込んだ透かしデータは取り除くことが出来ない。不正な再利用や販売を防止する目的を持ち、コンテンツに所有者の名前やロゴマークを付加する。[10][12][13]

電子透かしに必要とされる条件を示す。

1. 埋め込みによる品質の低下を抑える
2. 付加する情報量が少ない
3. 加工によって透かしが消えない
4. 非可視的である

ここでは静止画像を対象とした電子透かし技術を記述していく。下記の図には学籍番号と名前を透かし情報として埋め込まれている。



図 2.9 電子透かし

2.2.1 組織的ディザ法を用いた電子透かし

2値画像に組織的ディザ法を用いた電子透かしの埋め込み手法を説明する。組織的ディザ法には出力の偏りがあるので、それを利用する方法である。組織的ディザ法は、

前述の通り、あらかじめ決められた閾値マトリックスを用いる方式となっている。[9]今回は例として Bayer 型の閾値を用いて説明する。4 × 4 画素の局所入力画像 A、閾値マトリックス M、その演算結果 Y を図のように設定する。

$x_j - y_i = k$				$(k > 0) \quad i, j = 0, 1, 2, \dots, 15$							
a_0	a_1	a_2	a_3	x_0	x_1	x_2	x_3	y_0	y_1	y_2	y_3
a_4	a_5	a_6	a_7	x_4	x_5	x_6	x_7	y_4	y_5	y_6	y_7
a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	y_8	y_9	y_{10}	y_{11}
a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}
A				M				Y			

図 2.10 閾値 M と出力 Y の関係

まず、閾値マトリックスの各要素の差 $k (k > 0)$ に対し、 $x_i < x_j$ かつ $x_j - x_i = k$ に着目する。ある指定した k の値をもつ (x_i, x_j) の組を Bayer 型マトリックス M から探して組み合わせる。この組合せを $(x_i, x_j)_k$ とする。たとえば、
 $(x_i, x_j)_8 = (0,8), (1,9), (2,10), (3,11), (4,12), (5,13), (6,14), (7,15)$
 のようになる。この $(x_i, x_j)_8$ の閾値をもつ M の組について出力パターン (y_i, y_j) を調査すると、下記の表のようになる。

この表から $(1,0)$ パターンは各 k の値に対して多数存在するが、 $(0,1)$ パターンはほとんど存在しないことがわかる。画像の輝度レベルがわずかに 17 段階に量子化されたため、その中の 8 レベルの差といえども原画像の輝度範囲の 50% 以上の輝度差に相当する。このような急激な輝度変化は自然画像ではほとんど起こりえないことがわかる。そこで、タイプ $(0,0)$ と $(1,1)$ には手をつけず、また若干の $(0,1)$ タイプはあらかじめ $(1,0)$ に変更しておく。その準備が整えば、透かし情報に従ってタイプ $(1,0)$ を制御することが可能となる。たとえば、透かしビットが 1 ならば $(1,0)$ をそのまま使い、透

閾値 (x_i, x_j)	出力パターン(y_i, y_j)			
	(0,0)	(0,1)	(1,0)	(1,1)
(0,8)	173	4	3575	344
(1,9)	493	2	3378	223
(2,10)	1084	2	2878	132
(3,11)	2048	1	1949	98
(4,12)	2441	0	1590	65
(5,13)	2861	0	1202	33
(6,14)	3176	0	908	12
(7,15)	3524	0	572	0
合計	15800	0	16052	907

図 2.11 出力パターン統計表

かしビットが0ならば(1,0)を逆転して(0,1)に設定する。ディザ化する 4×4 の特定ブロックを鍵で指定し、そのブロックのみにこの操作を行い、他のブロックに対しては透かしビットの代わりにランダムなビット系列を埋め込む。このランダム系列により透かし情報を隠蔽することが重要である。このように1画素1ドット表現の中に、さらに透かしビットを埋めることが可能となる。

2.3 自由曲線

平面上のいくつかの点をおある順番で通るように定義された滑らかな点。代表的な自由曲線には「ベジェ曲線」「スプライン曲線」等がある。

2.3.1 スプライン曲線

スプライン曲線はベジェ曲線と違い、与えられた複数の点を滑らかに接続する曲線を作成する。区分多項式により表現されているため、一部を変更しても曲線全体に影響は及ばない等の性質がある。

2.3.2 B-スプライン曲線

ここではグラフィックスの分野で使われている B-スプライン曲線の説明をする。N+1 個の点 (ベクトル) がある場合を考える。B-スプライン曲線は、漸化的に定義される B-スプライン関数 (曲線上のパラメータ t の多項式関数) を重み付けの係数として用い各制御点の線形結合として次式のように表わされる。[3]

$$\vec{P}(t) = \vec{A}_i N_i^n(t) \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.3)$$

$$N_i^1(t) = \begin{cases} 1 & (t_i \leq t < t_{i+1}) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (2.4)$$

$$N_i^k(t) = \frac{t - t_i}{t_{i+k} - t_i} N_i^{k-1}(t) + \frac{t_{i+k} - t}{t_{i+k} - t_{i+1}} N_{i+1}^{k-1}(t) \quad (2.5)$$

上記の式を用いて二次の B スプライン曲線を表現する。n = 3 とおいて係数を計算し、次式のようになる。

$$x = x_0(1 - t)^2 + 2_1t(1 - t) + x_2t^2 \quad (2.6)$$

$$y = y_0(1 - t)^2 + 2_1t(1 - t) + y_2t^2 \quad (2.7)$$

2.3.3 ベジエ曲線

ベジエ曲線は PostScript フォントなどで採用されている曲線で、特に多く三次のベジエ曲線が使われている。[19]

制御点を B_0, B_1, \dots, B_{n-1} とすると

$$P(t) = \sum_{i=0}^{N-1} B_i J_{(N-1)i}(t) \quad (2.8)$$

と表現される。ここで $J_{ni}(t)$ はバーンスタイン基底関数のブレンディング関数である。

$$J_{ni}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i} \quad (2.9)$$

t は 0 から 1 まで変化する時、 B_0 と B_{N-1} を両端とするベジエ曲線が得られる。一般的には両端以外の制御点は通らない。

三次のベジエ曲線の場合は図で示すように、1つのベジエ曲線は4つの制御点で構成され、両端の制御点は端点、間の2点は方向点と呼ばれている。数式で3次のベジエ曲線を表現すると

$$x = (1-t)^3 x_1 + 3(1-t)^2 t x_2 + 3(1-t)t^2 x_3 + t^3 x_4 \quad (2.10)$$

$$y = (1-t)^3 y_1 + 3(1-t)^2 t y_2 + 3(1-t)t^2 y_3 + t^3 y_4 \quad (2.11)$$

$$0 \quad t \quad 1 \quad (2.12)$$

t は 0 から 1 までの値を取る。 $t=0$ の時、 $x=x_1$ 、 $y=y_1$ になり、 $t=1$ の時、 $x=x_4$ 、 $y=y_4$ になる。

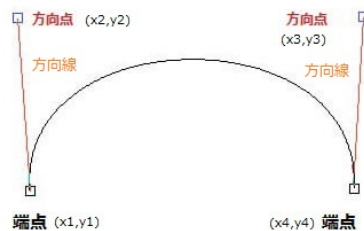


図 2.12 ベジエ曲線

2.4 遺伝的アルゴリズム (GA)

遺伝的アルゴリズム (以下 GA) とは、生物の進化の過程を真似て作られたアルゴリズムで、確率的探索、学習、最適化の 1 手法である。[14][16]

GA はデータ (解の候補) を遺伝子で表現した「個体」を複数用意し、適応度の高い個体を優先的に選択して、交叉 (組み換え)・突然変異などの操作を繰り返しながら解を探索する。

2.4.1 基本用語

- 個体：染色体によって特徴付けられた自律的な個
- 集団：個体の集まり
- 集団サイズ：集団内の個体数
- 遺伝子：個体の形質を規定する基本構成要素
- 対立遺伝子：遺伝子がとりうる値
- 染色体：複数の遺伝子の集まり
- 遺伝子座：染色体上の遺伝子の位置
- 表現型：染色体によって規定される形質の外部的表現。例えば、「染色体上のある位置の遺伝子の並びが 010 であるときは、羽の色が赤くなる」というような場合、「010」が遺伝子型に、また、「羽の色が赤くなる」ということが表現型に相当する。
- 適応度：各個体の環境に対する適合の度合い
- コード化：表現型から遺伝子型へ変換すること
- デコード化：遺伝子型から表現型へ変換すること

2.4.2 アルゴリズムの流れ

遺伝的アルゴリズムは一般に以下の流れで実装される。個体数を N , 最大数を G と置く。

1. あらかじめ N 個の個体が入る集合を二つ用意する。以下、この二つの集合を「現世代」、「次世代」と呼ぶことにする。
2. 現世代に N 個の個体をランダムに生成する。
3. 評価関数により、現世代の各個体の適応度をそれぞれ計算する。
4. ある確率で次の3つの動作のどれかを行い、その結果を次世代に保存する。
5. 次世代の個体数が N 個になるまで上記の動作を繰り返す。
6. 次世代の個体数が N 個になったら次世代の内容を全て現世代に移す。
7. 3. 以降の動作を最大世代数 G 回まで繰り返し、最終的に「現世代」の中で最も適応度の高い個体を「解」として出力する。

2.4.3 交叉

子供を生成する過程。生物が交配によって子孫を残すことをモデル化したもので、個体の遺伝子の一部を入れ換える操作である。問題によって様々な方法が提案されているが、一般的な方法として、以下に示すような方法が考えられている。

ランダムに M 個のペア (親) を選択し、設定された交叉確率 P_c (交叉が発生する確率) に従って、 $2 * M$ 個の子供を生成する。ここで、 M の値も、集団サイズ N と同様、GA の効率に大きな影響を与える。各ペアから子供を生成する方法 (交叉方法) には、例えば、以下に示すようなものが存在する。

- 一点交叉法

染色体の切断箇所をランダムに一箇所を指定し、その箇所で親の遺伝子を交叉させる。効率は低く現在ではあまり使われていない。個体 A:01001—**Bold**

11010 01001 **Bold** 11010

個体 B:10101—**Bold** 01011 10101 **Bold** 01011

- 二点交叉法

染色体の切断箇所をランダムに一箇所指定し、その箇所で親の遺伝子を交叉させる。個体 A:010—0111010 010 0101010

個体 B:101—0101011 101 0111011

- 多点交叉

染色体の切断箇所をランダムに複数箇所指定し、それらの箇所で親の遺伝子を交叉させる。一般に3点以上の交差点を持つ方法を多点交叉あるいはn点交叉という。しかし一部の問題を除き、多点交叉法は二点交叉と一様交叉のどちらかよりも良い値が出ることはほとんどなく、あまり使われていない。

個体:010—011—01 010—00101

- 一様交差法

各要素ごと独立1/2の確率で入れ換える交叉である。一般に二点交叉が得意とする問題を苦手とし、二点交叉と逆の性質を示すことが知られている。

個体 A:0100111010 0100111011

2.4.4 突然変異

ある確率 P_m (突然変異率) で、突然変異を起こさせる。一般的に突然変異は、局所的最適解からの脱出に効果がある。しかし、突然変異率を大きくすると、ランダム探索に近い状態になるので、通常、小さな値が使用される。突然変異方法として、以下のようなものがある。

- 一般的な方法：各遺伝子をランダムに対立遺伝子に置き換える。
- 摂動：染色体が連続値を表すときに使用され、値をランダムに与えられた幅だけ変更する。
- 逆位：ランダムに選ばれた2点間の要素の順序を逆転する。
- スクランブル：ランダムに選ばれた2点間の要素の順序をランダムに並び替える。
- 転座：ランダムに選ばれた2点間の要素を他の位置のものと入れ換える

- 重複:ランダムに選ばれた 2 点間の要素を他の位置にコピーする。(遺伝子長が変化)
- 位置移動:ランダムに遺伝子を 2 個選択し, 2 番目の遺伝子を 1 番目の遺伝子の前に移動する。
- 挿入:ある長さの遺伝子を挿入する(遺伝子長が変化)
- 欠失:ある長さの遺伝子を消去する(遺伝子長が変化)

第3章

提案方式

3.1 提案方式

今回対象とするトレース画像には、濃淡値等に透かし情報を埋め込む事が出来ない。透かし情報を埋め込んだところで、絵をトレースした時点でその情報は全て消えてしまうからだ。トレース画像のほとんどは、線画像部分をなぞり着色は自分でする、という形で行なわれている。そのためトレース画像の線画像部分は元の画像とほとんど変わらない。そこで線の形に着目し、そこに透かしの情報を何らかの形で埋め込むことが出来ないかと考えた。つまり、埋め込む場所を線画像へと限定することになる。線画像部分に限定するという事で、冗長性は大幅に減ってしまい、埋め込める情報は大幅に減ってしまう。

しかし単純な円のような図形からも著作権情報が取り出せてしまうのも問題である。そのため多く埋め込める必要性はないと考えた。具体的な流れを図に示す。

今回は使用する自由曲線に3次のベジェ曲線を選択肢した。様々なドローソフトに使用されているため今回の目的には都合がいいのではないかと考えた。また、プロの漫画家やイラストレーターも線画像をベジェ曲線を使い作成する人もいる。スプライン曲線を選択しなかった理由として、手ぶれに過敏に反応してしまい、線を近似する際に制御点が無駄に増えてしまう可能性があるため、今回はスプライン曲線を選択しなかった。

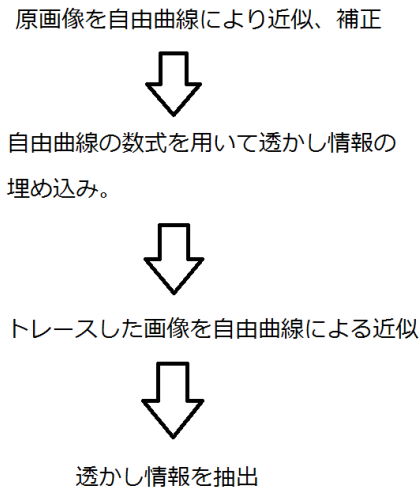


図 3.1 提案方式の流れ

まず、原画像は人の手により描かれたもののことで、今回の原画像は線画像のことを指す。その原画像をベジエ曲線により近似し、画像をベジエ曲線でのみ描かれた物へ変換する。ベジエ曲線には基礎知識で挙げたように制御点と端点の4つの点が存在するため、そこに何かしらの形で透かし情報を埋め込む余地があるのではないかと考えた。

しかし、この提案方式を実現するためにいくつかの課題が発生する。

1. 原画像をベジエ曲線で近似
2. 近似したベジエ曲線を実際に何人かになぞってもらい、トレース画像をベジエ曲線に近似した際に制御点がどの程度ズレるのか、その調査
3. 実際に透かし情報を埋め込む。

この3つが提案方式を実現するために必要となる課題となる。今回の研究では手始めに単純な線を対象とし、ベジエ曲線による近似を目的とする。端点は固定のものとし、制御点の移動のみで線の近似を図る。

3.1.1 ベジエ曲線による線の近似

原画像の線をまず N 等分する。そして制御点の位置を決め、作成されたベジエ曲線も N 等分する。原画像の X 番目の点を A 点、作成されたベジエ曲線の X 番目の点を

B点とする。A点、B点間の距離を比べ、その絶対値が0の場合を最適解とする。1番目からN番目までを比べていき、距離間の絶対値の合計が最も0に近いものを近似するベジェ曲線として採用する。この処理をクリアするために、制御点の位置を決める必要があるのだが、今回はGAを用いてベジェ曲線の最適解を模索させる。

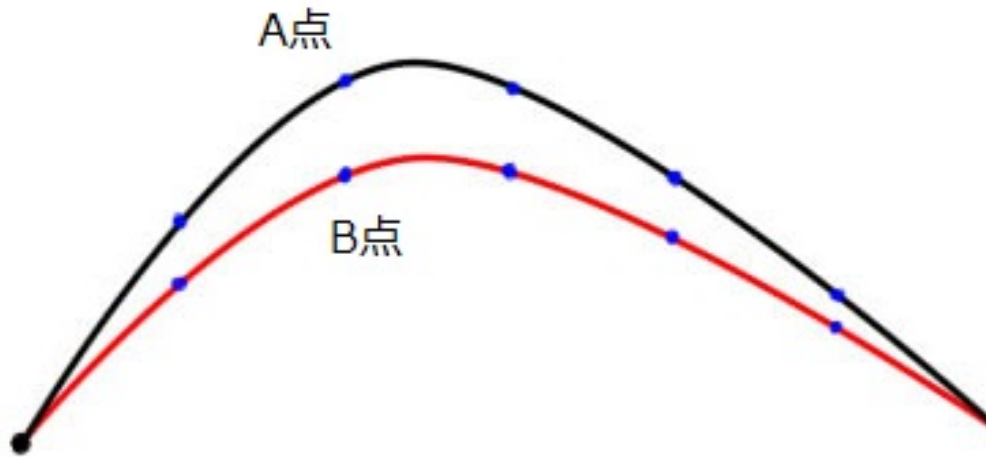


図 3.2 提案方式

第4章

結論

今後の課題として先述の推論で挙げたように、トレース画像の近似による制御点のズレのデータ、そのデータを元に電子透かしの手法の決定、あるいはズレが大きすぎて使い物にならないようであれば、方針の変更をする必要性も出てくる。現在、まずは単純な線を対象にしているが、次の段階では複雑なイラストにも対応可能にする必要がある。その際に問題になってくるのは端点の位置となる。今回の研究では端点を固定のものとし、制御点のみを動かしていたが、最終的には端点も動かす必要がある。

謝辞

本研究を行なうにあたり，終始熱心に御指導していただいた木下宏揚教授と鈴木一弘助手に心から感謝致します．また，公私にわたり良き研究生活を送らせていただいた木下研究室の方々に感謝致します．

2011年2月

工藤 敬文

参考文献

- [1] ”武蔵システム”
<http://musashi.or.tv/index.html>
- [2] ”愛知県総合教育センター” <http://www.apec.aichi-c.ed.jp/>
- [3] ”大山崇のホームページ”
<http://www.nirarebakun.com/>
- [4] ”松崎公紀，櫻村雅章，小沢慎治：”概略図を入力とした特徴量グラフに基づく絵画画像検索”，”電子情報通信学会論文誌”，Vol.J87-D-II No.2，pp.521-533，2004年2月．
- [5] 金城和志, 稲葉宏幸”幾何学的に耐性を有する線画用電子透かしの提案” 情報処理学会論文誌 Vol46、NO.8
- [6] 小野束”電子透かしとコンテンツ保護”オーム社
- [7] スコット・モスコウィッツ”電子透かし”小学館
- [8] 松井甲子雄”電子透かしの基礎”森北出版株式会社
- [9] 電子透かし技術の種類と使用法
<http://dev.sbins.co.jp/watermark/usage.html>
- [10]] ”電子透かし報告書” <http://it.jeita.or.jp/eltech/report/2001/01-jou-04.pdf>
- [11] 石塚祐一, 酒井泰行, 櫻井幸一,”ウェブレット変換における画像への署名データの埋込み”, 電子情報通信学会論文誌,D- Vol.j79-D- No.6pp.1017-1024 (1996年6月)

-
- [12] KIT ステガノグラフィ研究グループ
<http://www.datahide.com/BPCSj/>
- [13] ステガノグラフィ
<http://hp.vector.co.jp/authors/VA017815/insideof4.htm>
- [14] ”MSDN アカデミックアライアンス”
<http://msdn.microsoft.com/ja-jp/academic/default>
- [15] ”村上研究室”
<http://ipr20.cs.ehime-u.ac.jp/index.html>
- [16] ”ウィキペディア (Wikipedia)”
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>
- [17] 田村秀行”コンピュータ画像処理,” オーム社, 2002年.
- [18] osakana.factory”グレースケールのひみつ”
- [19] ”画像情報処理学習支援プログラム”
<http://www.gifu-nct.ac.jp/elec/yamada/iwata/index.html>
<http://ofo.jp/osakana/cgtips/grayscale.phtml>

質疑応答

Q. 現在同じような目的の研究はあるのか?(松澤教授)

A. アウトラインフォントによる文字に対する電子透かしの埋込み手法は提案されているが、イラスト等に対する電子透かしは存在していない。

Q. 今回の研究で対象となる画像は、元の画像からアナログなのか、デジタルデータなのか?(能登准教授)

A. 今回の研究では一から十までPCで描かれた画像を対象とする。