GAによる移動物体に着目した適応型映像コントラスト強調

正員 斉藤文彦 (岩手県立大学)

Adaptive contrast enhancement for moving objects using genetic algorithm

Fumihiko Saitoh (Iwate Prefectural University)

To discover a trespasser is an important requirement for security systems in factories or facilities that depend on visual monitoring. To display a fine contrast image is required for reliable visual observation. However, a fine contrast image is not necessarily obtained by changing circumstance where monitoring cameras are set and by changing conditions such as clothes of trespassers. This paper proposes an adaptive method that can enhance the contrast of an image by following the moving object in a scene, since a main object for observation in visual monitoring system is the moving object such as a trespasser. A relation between input and output gray levels that can enhance the contrast of the moving object is determined by a genetic algorithm that evaluates a fitness of an individual using a difference between sequential three frames in an image. The experimental results show that contrasts of moving persons were enhanced effectively in various images for observation using the proposed method.

キーワード：コントラスト強調，遺伝的アルゴリズム，映像処理，移動物体

1. はじめに

店舗、施設、工場などにおける監視システムの目的のひとつに、不法侵入者の発見がある。監視カメラで撮影した映像から侵入者を認識する研究開発が進められており、限定された条件下では実用化されている⁽¹⁾⁽²⁾。一方、大規模な監視システムでは、多数のカメラからの映像を切り替えて、モニターを見ながらの監視が行われていることも多い⁽³⁾。このような視覚による監視システムでは、特に夜間の廊下や照明の暗い部屋などでは、良好なコントラストの映像が得られないために、侵入者を発見できないことも起こり得る。このような場合、レンズのアイリスを制御したり、カメラのゲインやガンマ特性を変更することが行われるが⁽⁴⁾、必ずしも環境に合ったコントラスト強調が行えるとは限らない。視覚による監視システムの場合、侵入者などの移動物体が主な監視対象であるため、移動物体に追従して映像のコントラストを強調することができれば、高い汎用性を持つ監視システムの実現が可能となる。従来、シーンの中の移動物体の抽出および追跡という、計算機による監視の自動化に関する研究は行われているが^{(5)~(8)}、視覚による監視システムにおける映像モニタリングの信頼性を高める技術研究も重要と思われる。本論文では、シーンの中の移動物体に着目し、映像内で移動する物体のコントラストを優先的に強調する手法を提案する。例えば、薄暗い環境下に侵入者がいる場合、その侵入者の顔や衣服を明瞭な映像として捉えることを優先して映像のコントラストを強調する。具体的には、時間的に隣接する複数フレーム間の変化成分の強度を高めるように、映像の輝度を変換する。この場合、輝度変換のための適切な輝度入出力関数を遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithm)^{(13)~(15)}によって決定する。

2. 監視システムにおける輝度変換手法

映像のコントラストが不十分な場合、増幅器のゲインを調整したり、ガンマ特性を変更することが行われる⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。また、カメラからの入力輝度範囲をモニターが表示できる最大輝度範囲に拡張する輝度線形変換法も用いられる^{(10)~(12)}。これらの手法は限定された環境下では効果を発揮するが、十分なコントラストを持つ映像が得られない場合も多い。例えば、ガンマ特性を変化させる場合、入力映像の輝度範囲内で、事前に強調したい部分が判明している必要があるが、多くの場合、対象物の輝度は不明である。また、輝度線形変換法では、入力映像のダイナミックレンジが広い場合、対象物のコントラストを重点的に強調することは難しい。これらの手法では、輝度変換に用いられている映像情報は、その時点における入力フレームの輝度情報だけで、映像の時間的および空間的な特徴は無視されている。そのため、環境の変化への追従性が低く、対象物に合わせたコントラスト強調を実現することは困難である。一方、視覚による監視システムの本来の目的を考えると、シーンの中で変化したもの、例えば侵入者や移動した備品などを重点的に観察する必要がある。このように移動物体に合わせたコントラスト強調を実現するためには、従来のように限定された規則に従って輝度変換を行うのではなく、映像の時空間変化の特徴を利用した輝度変換手法が必要となる。

3. 本手法の考え方

映像の中で物体が移動する場合、時間の経過とともにシーンに変化が生じる。移動物体のコントラストを優先的に強調するためには、シーンの変化部分のコントラストが強調されるように、入力映像の輝度を変換することが有効と

図1 輝度線形変換法における輝度入出力関数
Fig.1 Relation between input and output gray level for gray level liner conversion

考えられる。この場合、入力映像や移動物体の輝度変化に対応した輝度入出力関数を動的に決定する必要がある。

濃淡画像の輝度変換では、一般的に、入力輝度と出力輝度の関係を輝度入出力関数として表す。例えば、輝度線形変換法では、入力画像の最低輝度 I_{min} と最高輝度 I_{max} から、次式によって入力輝度 I_{in} を出力輝度 O_{out} に変換する^{(10)~(12)}。

$$O_{out} = (O_{max} - O_{min})(I_{in} - I_{min}) / (I_{max} - I_{min}) + O_{min} \quad (1)$$

ここで、 O_{min} と O_{max} は、出力画像の最低輝度と最高輝度であり、出力画像の輝度階調が 256 レベルの場合、通常は $O_{min} = 0$ 、 $O_{max} = 255$ に設定される。この場合、輝度入出力関数は、図 1 に示すような直線で表される。

輝度入出力関数を変更することによって、各種の輝度変換が可能となる。ここでは、移動物体のコントラストを優先的に強調するために、シーンの変化部分を強調するような輝度入出力関数を設定する。しかし、入力映像に適した輝度入出力関数を決定することは容易ではない。輝度入出力関数の決定方法として、すべての入力輝度と出力輝度の関係の中から、最適なものを選択する方法が考えられる。例えば、入力輝度と出力輝度の階調が共に 256 レベルの場合、256 種類の各入力輝度に対して 256 種類のいずれかの出力輝度を選択することによって、任意の輝度入出力関数を設定できる。しかし、この組合せ総数は膨大であり、最適な輝度入出力関数の決定は困難である。そこで、本手法では、全域的な解探索能力に優れた GA を用い、その映像に適した輝度入出力関数を決定する。GA は、遺伝的操作によって生物集団を進化させ、工学的課題の準最適解を求める手法である^{(13)~(15)}。GA を具体的な課題に適用するためには、染色体の表現法、個体の適応度の評価関数、遺伝的操作方法、各種のパラメータ等を設定する必要がある。特に、染色体の表現法と適応度の評価関数は重要である。ここでは、GA による静止画像のコントラスト強調手法⁽¹⁶⁾における染色体の表現法と交叉方法を利用する。但し、処理対象は静止画像ではなく、時間的に連続な映像であり、しかも移動物体のコントラストを優先的に強調する必要がある。そこで、映像内における複数フレーム間の差分強度に基づいて個体の適応度を評価し、シーンの変化部分を強調

図2 染色体のビット配列が表す曲線
Fig.2 A curve represented by bit-array in a chromosome

図3 曲線の縦方向への線形変換
Fig.3 Linear transform of a curve to vertical direction

するような輝度入出力関数を決定する。

4. GA による移動物体のコントラスト強調

次に、シーンの変化部分のコントラストを強調するために、入力映像に適した輝度入出力関数を決定する。入力映像と出力映像の最大輝度階調は、共に 256 レベルとする。

4. 1 染色体の表現法

個体に含まれる染色体は、図 2 に示すような 1 次元のビット配列とし、これによって輝度入出力関数を表す曲線の形状を示す⁽¹⁶⁾。染色体の長さ、すなわち配列内のビット数は、入力画像の最低輝度 I_{min} と最高輝度 I_{max} の差 $I_{max} - I_{min}$ とする。配列内の各ビットは、左隣のビットに対する増分を示し、ビット配列全体によって、幅が $I_{max} - I_{min}$ の単調非減少関数曲線の形状を示す。例えば、図 2 に示すビット配列の染色体は、同図に示すような階段状の曲線を表す。曲線の右端の高さは、配列内に含まれるビット 1 の総数によって決定される。GA における進化の最初の世代では、集団内の各個体の染色体にはランダムなビット配列を与える。

4. 2 輝度入出力関数の設定

次に、図 3 に示すように、各個体の染色体が表す曲線の右端の高さが 255 となるように、曲線全体を縦方向に線形変換する。これによって $I_{max} - I_{min}$ 種類の各入力値に対して 256 種類の中のいずれかの出力値を持つ単調非減少関数が得られる。そして、この関数を x 方向に I_{min} だけシフトしたものを輝度入出力関数とする。輝度入出力関数を非減少とした理由は、監視映像に限らず一般的な映像では、入力画像と出力画像で輝度の高低関係が逆転することは不自然なためである。

図4 映像の変化成分の抽出
Fig.4 Extraction of changed parts in image

図5 輝度入出力曲線の幅 $L(k)$
Fig.5 Width of a curve for gray levels conversion $L(k)$

4. 3 個体の適応度の評価

本手法では、映像内におけるシーンの変化部分のコントラストを評価しながら輝度入出力関数を決定する。従って、ある個体の染色体によって表される輝度入出力関数によって得られた出力映像に関して、シーンの変化部分のコントラストが高いほど、その個体の適応度も大きくなるように適応度の評価関数を設定する必要がある。

シーンの変化部分の抽出方法としては、フレーム間の差分を求める手法が簡便であり、計算コストの点からも有利である^{(17)~(19)}。本手法では、時間的に隣接する3枚のフレーム間の差分から、移動物体による変化部分を抽出する。図4に例として、背景画像 F_0 の中で輝度レベル2の物体が画面の左上から右下へ移動した場合の3枚のフレーム F_1 , F_2 , F_3 の各画素の値を示す。 F_1 と F_2 の差分の絶対値画像 F_{12} , F_2 と F_3 の差分の絶対値画像 F_{23} および F_1 と F_3 の差分の絶対値画像 F_{13} を求める。次に、基準フレーム F_2 における前後フレームとの差分画像 F_{25} を次式によって求める。

$$F_{25} = (F_{12} + F_{23} - F_{13}) / 2 \quad (2)$$

図4からもわかるように、画像 F_{25} には、移動物体による変化部分が含まれることになる。

ある個体 k の染色体によって表される輝度入出力関数を用いて、3枚のフレーム F_1 , F_2 および F_3 に関して、各々輝度変換を行う。そして、フレーム F_2 を基準とする差分画像 $F_{25}(k)$ を求める。次に、差分画像 $F_{25}(k)$ のサイズを $IM \times JM$

図6 2点交叉による曲線の生成
Fig.6 Generation of new curve using two-point crossover

画素とし、この差分画像内の各画素の輝度 $g(k, i, j)$ ($0 \leq i < IM$, $0 \leq j < JM$) の平均値 $D(k)$ を次式によって求める。

$$D(k) = \sum_i \sum_j g(k, i, j) / (IM \cdot JM) \quad (3)$$

一方、コントラストを強調する場合、輝度線形変換法のように、入力画像の輝度範囲を出力画像の最大輝度範囲に広げることが有効である。これは、図5に示すように、個体 k の染色体によって表される輝度入出力関数の左端、すなわち入力輝度が入力輝度範囲内の最低輝度 I_{min} となる場合に出力輝度は0となり、輝度入出力関数の右端、すなわち入力輝度が入力輝度範囲内の最高輝度 I_{max} となる場合に出力輝度が255となることを意味する。そして、入力輝度が I_{min} と I_{max} の間の場合は、出力輝度は0または255以外の値となることが望ましい。つまり、図5において、出力輝度が0となる入力輝度の最大値を $I_1(k)$ 、出力輝度が255となる入力輝度の最小値を $I_2(k)$ とすると、これらの差分

$$L(k) = I_2(k) - I_1(k) \quad (4)$$

の値が大きいほど、すなわち輝度入出力関数を表す曲線の幅が広いほど、入力輝度範囲を有効に利用したコントラスト強調が行われていると言える。 $L(k)$ は $I_1(k) = I_{min}$ かつ $I_2(k) = I_{max}$ の時に最大となり、最大値は $I_{min} - I_{max}$ となる。(3)式によって求められる $D(k)$ と(4)式によって求められる $L(k)$ の値が共に大きいほど、個体 k の染色体によって表される輝度入出力曲線は、そのシーンにおける移動物体のコントラスト強調に有効であると考えられることができる。そこで、個体 k の環境への適応度 $f(k)$ を次式によって求める。

$$f(k) = \{D(k) + \eta L(k)\} / (D_i + \eta L_i) \quad (5)$$

ここで、 η は $D(k)$ と $L(k)$ のバランスを調整するための正の係数である。また、 D_i および L_i は、各々、入力画像に関する(3)式と(4)式の値である。つまり、適応度 $f(k)$ は、入力画像に対するコントラスト強調の度合で表される。なお、今回はフレーム間の差分という時空間特徴量を用いたが、他の映像特徴量を用いた適応度評価式を設定することによって、様々な輝度変換が行えることも本手法の特長である。

4. 4 遺伝的操作

4. 4. 1 選択淘汰と増殖の規則

集団内の個体数を一定数 G とし、存続率 $S\%$ で、全個体の中から次世代へ存続させる個体を選択する。この場合、各

図 7 コントラスト強調結果 (Image1)
Fig.7 A contrast enhanced image (Image1)

個体の適応度を(5)式によって求め、集団内で適応度が上位 $S\%$ の個体を次世代に存続させ、適応度が下位 $(100-S)\%$ の個体は集団から淘汰させる。次に、存続を許可した個体の中から 2 個の親を選び、交叉によって一つの子供個体を生成する。子供は淘汰した個体の数だけ生成する。従って、集団内の個体数 G は各世代を通して一定に保たれる。

4. 4. 2 交叉方法

次世代に存続を許可した個体の中から、ランダムに両親となる個体を選び、2点交叉によって染色体を分離、結合して、子供個体を生成する。例えば、親1および親2の各々の染色体のビット配列が、図 6 に示す曲線 PQ と曲線 PR を表し、交叉点として m 番目のビットと n 番目のビットがランダムに選ばれた場合、 m 番目から n 番目のビットまでの範囲が曲線 PR、それ以外のビットの範囲が曲線 PQ の形状を受け継ぐ、新たな曲線 PS を表す染色体を持つ子供個体が作られる⁽¹⁶⁾。この子供個体の染色体が表す曲線から、4.2 節にて述べた方法によって、輝度入出力関数を求める。

4. 4. 3 突然変異方法

突然変異には、一般的なビット反転方式を用いる。すなわち、すべての個体の染色体の要素から、突然変異率 $M\%$ にてランダムに要素を選択し、この要素に含まれるビットが 1 であれば 0 に、0 であれば 1 に反転させる。

4. 4. 4 進化完了条件

以上に述べた遺伝的規則に従って GA を適用し、過去 5 世代に亘る最大適応度の増加量が 0.01 未満を記録した時点で、最大適応度を持つ個体の染色体を解とする。すなわち、この個体の染色体が表す輝度入出力関数によって入力映像を輝度変換した結果をコントラスト強調映像とする。

図 8 輝度入出力関数の推移
Fig.8 Change of relation between input and output gray level

5. 実験と結果

5. 1 実験条件

実験に用いた映像の輝度は 256 階調、画像サイズは 480×512 画素である。差分検出に用いる 3 枚のフレームの間隔時間は 0.2 秒とした。本手法におけるパラメータの値としては、(5)式の係数 $\eta = 0.01$ 、集団内の個体数 $G = 30$ 、個体の存続率 $S = 50\%$ 、突然変異率 $M = 0.1\%$ とした。

5. 2 コントラスト強調結果

図 7 に実験結果を示す。左側に示した 4 枚の画像は、左上、右上、左下が各々時間的に隣接するフレーム F_1 、 F_2 および F_3 である。そして、右下がこれらのフレーム間の差分画像 F_{25} である。次に、右側に示した 4 枚の画像は、左上が輝度線形変換法によるフレーム F_2 のコントラスト強調結果、左下が輝度線形変換法によってコントラスト強調を行った 3 枚のフレームから得られた差分画像である。また、右上は本手法によるフレーム F_2 のコントラスト強調結果、右下が本手法によってコントラスト強調を行った 3 枚のフレームから得られた差分画像である。輝度線形変換法による結果では、全体的にコントラストは強調されているが、

(a)Image2

(b)Image3

(c)Image4

図9 コントラスト強調結果 (Image2,3,4)

Fig.9 Contrast enhanced images (Image2,3,4)

図 10 最終的な輝度入出力関数
Fig.10 Final relations between input and output gray level

表 1 適応度の比較
Table1 Comparison of fitness

映像	輝度線形変換法	本手法
Image1	1.27	1.88
Image2	1.21	1.62
Image3	1.03	1.19
Image4	1.23	1.85

図 11 世代数と最大適応度の関係
Fig.11 Relations between generation and the maximum fitness

入力画像と比較して人物像がそれほど明瞭ではなく、差分画像のコントラストもあまり向上していない。一方、本手法による結果では、入力画像と比較して人物像のコントラストが向上し、衣服や顔の状態がより明瞭となっていることがわかる。図 8 は、図 7 に示した映像に関して、GA の進化過程における輝度入出力関数の推移を示す。世代が進むにつれて、輝度入出力関数が徐々に変化していく様子がわかる。更に、図 9 は、他の 3 種類の映像に関してコントラスト強調を行った結果を示す。各画像の意味は、図 7 の場合と同様である。いずれの映像も本手法によって、人物像のコントラストが効果的に強調されていることがわかる。特に、人物と背景とのコントラストや衣服の柄などが背景領域と比較してより明瞭となっている。図 10 は、これらの各映像に関して、本手法によって得られた最終的な輝度入出力関数である。図 8 に示した最終結果とも比較すると、映像に適応した各々異なる輝度入出力関数が設定されていることがわかる。また、表 1 は、各映像について、輝度線形変換法と本手法によって求められた適応度評価式 (5) の値である。いずれの映像に関しても、本手法による結果が輝度線形変換法よりも大きな値となっている。

5. 3 進化の過程

図 11 は、進化の過程における世代数と最大適応度との関係を示す。世代数が進むにつれて徐々に最大適応度が増

図 12 η と輝度入出力曲線の幅と入力輝度範囲の差との関係
Fig.12 Relation between η and difference between width of curve for gray levels conversion and range of input gray levels

図 13 個体数と輝度入出力関数の関係 (Image1)
Fig.13 Relation between the number of individuals and relations between input and output gray level

加し、40 世代程度で最終結果が得られていることがわかる。

5. 4 パラメータ値について

次に、本手法におけるパラメータの値について考察する。まず、適応度評価式(5)における係数 η の値であるが、これは輝度入出力関数を表す曲線の幅と入力画像の輝度範囲を一致させるための項 $L(k)$ の重みである。実験の結果、図 12 に示すように、 η の値が 0.005 未満の場合、輝度入出力関数を表す曲線の幅が入力輝度範囲よりも狭くなる現象が見られた。一方、 η を 0.1 まで増加させたところ、変化は見られなかった。本手法では、フレーム間の差分成分が適応度評価のための重要な要素であるという観点から、極力小さな η の値を設定すべきであると考え、安定した結果が得られる範囲内で若干の安全率を考慮して $\eta=0.01$ とした。

次に、GA における各種のパラメータについては、相互に結果に影響を及ぼすため、最適な値を決定することは困難である^{(20),(21)}。但し、本手法の場合、監視対象に応じて映像の輝度を変換するという、高速性が要求されるため、処理時間が短くなるようなパラメータ値を設定する必要がある。処理時間に特に影響を与えるパラメータは、集団内の個体数 G である。これは、各個体ごとに染色体が表現する輝度入出力関数を用いて輝度変換を行い、フレーム間の差分を評価する必要があるためである。従って、個体数が少ないほど、進化の 1 世代に要する時間は短縮される。しかし、個体数が少ない場合、集団としての染色体情報の多様性が減少するため、解の探索が効率的に進まず、準最適解が得られなかったり、進化に多くの世代を要する場合も起こり得る。従って、個体数を削減しても、解が得られるまでの時間が短縮されるとは限らない。最適な個体数は、安定した結果が得られる条件下で、処理時間を極力短縮させるという観点から決定する必要がある。図 13 は、図 7 に

図 14 個体数と処理時間の関係
Fig.14 Relation between the number of individuals and processing time

示した映像に関して、個体数を変化させ、各個体数に関して 10 回処理を行った結果得られた輝度入出力関数を示す。個体数を変化させても、輝度入出力関数のばらつきはほとんど変化していない。他の実験用映像でも同様な結果が得られ、個体数が変化しても、結果の安定性にはさほど影響は生じなかった。一方、図 14 は、個体数を変化させた場合の各映像に関する平均処理時間を示す。個体数が減少すると処理時間も短縮する傾向はあるが、個体数が 30 以下では、処理時間はほとんど変化していない。これは、個体数が減少すると 1 世代あたりの処理時間は短くなるが、集団としての多様性が減少するため、逆に解に到達するまでの世代数が増加することが原因である。以上の結果から、本手法では、集団の多様性をできるだけ増大させ、かつ処理時間を短縮させるという観点から、個体数を $G=30$ とした。なお、個体の存続率 S に関しては $30\% \leq S \leq 70\%$ 、突然変異率 M に関しては、 $0.01\% \leq M \leq 1\%$ の範囲内の各値で実験を行ったが、結果への顕著な影響は見られなかった。

5. 5 処理時間

GA は進化過程に処理時間を要する。本手法においても、個体数を最適化して処理時間の短縮を狙っているが、各映像に関する平均処理時間は 2.0 秒であった。処理系には Pentium II-400MHz を使い、すべてソフトウェア処理による結果である。これは監視システムのリアルタイム性を考えると、まだ不十分であり、今後、進化過程で個体数を動的に変化させたり、遺伝的操作の改良によって、より高速化を実現することが課題である。また、輝度変換処理と差分検出処理のハードウェア化も検討する必要がある。

6. ま と め

視覚による監視システムにおいて、侵入者などを明瞭に把握するために、シーンの中の移動物体に着目したコントラスト強調手法を提案した。本手法は、フレーム間の差分強度を評価しながら、適切な輝度入出力関数を GA によって決定する。各種の映像による実験の結果、移動する人物と背景とのコントラストや人物の衣服などのコントラストを効果的に強調できることがわかった。また、個体数の最適化を試みることによって、2.0 秒という処理時間を得た。今後は、遺伝的操作の改良と処理のハードウェア化による高速化が課題である。

(平成 10 年 8 月 17 日受付、平成 11 年 3 月 10 日再受付)

文 献

- (1) 鈴木俊之：“電子の目 進入監視センサの開発”，映像情報，Vol.27, No.12, pp.51-54 (1995)
- (2) 岡崎彰夫，大波多 元，中井宏章：“知的画像監視技術”，東芝レビュー，Vol.50, No.8, pp.615-618 (1995)
- (3) 河合譲二：“映像管理システムの高度多様化と応用分野拡大”，映像情報，Vol.22, No.2, pp.71-78 (1990)
- (4) 長谷川浩史，志水英二：“映像・画像処理技術を用いたセキュリティシステム”，映像情報，Vol.24, No.9, pp.19-29 (1992)
- (5) 小沼知恵子，小林芳樹，酒井邦浩，高木陽市，鈴木 弘：“蓄積型カメラを用いた揺れ画像の移動物体検知”，第 8 回外観検査の自動化ワークショップ，pp.18-23 (1996)
- (6) 中井宏章，福井和広，久野義徳：“3 段階連続処理モジュールによる運動物体の検出”，信学論，Vol.J77-D-Ⅱ, No.7, pp.1209-1218 (1994)
- (7) 吉田忠城，森下慎次，種茂文之，片岡良治：“実時間映像における動物体管理方式の検討”，第 2 回画像センシングシンポジウム，pp.21-24 (1996)
- (8) 前田英作，塩 昭夫，石井健一郎：“正規化主成分特微量を利用した物体抽出法とその定量的評価”，信学論，Vol.J75-D-Ⅱ, No.10, pp.1660-1672 (1992)
- (9) 畔津明仁：“基礎からの映像信号処理”，第 1 章，CQ 出版社 (1987)
- (10) 河田 聡，南 茂夫：“科学計測のための画像データ処理”，第 5 章，CQ 出版社 (1994)
- (11) 松山隆司：“画像解析の手法 (1) 前処理”，画像処理ハンドブック (尾上守夫 (編))，第 11 章，昭晃堂 (1987)
- (12) 奥水大和：“濃淡画像と画質改善・画質強調”，コンピュータビジョン (谷内田正彦 (編))，第 3 章，丸善 (1990)
- (13) 北野宏明，“遺伝的アルゴリズムの基礎”，遺伝的アルゴリズム (北野 (編著)) 第 1 章，産業図書 (1993)
- (14) 北野宏明，“遺伝的アルゴリズム”，人工知能学会誌，Vol.7, No.1, pp.26-37 (1992)
- (15) 北野宏明，“遺伝的アルゴリズム”，テレビジョン学会誌，Vol.50, No.5, pp.609-616 (1996)
- (16) 斉藤文彦：“遺伝的アルゴリズムによる画像コントラスト強調”，信学論，Vol.J81-D-Ⅱ, No.11, pp.2606-2616 (1998)
- (17) 谷内田正彦：“動画像の処理と理解”，コンピュータビジョン (谷内田正彦 (編))，第 9 章，丸善 (1990)
- (18) 北橋忠宏，浅田 稔：“動画像処理”，画像処理アルゴリズムの最新動向，第 9 章，新技術コミュニケーションズ (1986)
- (19) 篠原利章，都築健吾，西澤真人，林 敏彦，井上弘昭：“背景差分法における移動物体の検出精度の向上とカメラの揺れによる誤検出の低減手法の検討”，第 2 回画像センシングシンポジウム，pp.249-254 (1996)
- (20) 伊庭齊志：“遺伝的アルゴリズムの基礎”，pp.244-247，オーム社 (1994)
- (21) 安居院 猛，長尾智晴：“ジェネティックアルゴリズム”，第 4 章，昭晃堂 (1993)

斉藤 文彦

(正員) 1981 年慶応義塾大学工学部数理工学科卒業。同年日本アイ・ビー・エム入社。1995 年日立製作所中央研究所入所。1998 年岩手県立大学ソフトウェア情報学部助教授。博士 (情報科学，工学)。1998 年精密工学会小田原賞受賞。マシンビジョン，視覚情報処理の研究に従事。画像電子学会，精密工学会等会員。