

キャプテン画像入力装置における画像加工

近藤 隆志 森 和宏
(株)東芝 情報通信システム技術研究所

我々が開発したキャプテン画像入力装置における画像加工機能について報告する。この装置では、ビデオ・カメラで撮影した原稿に対して自動変換・会話編集をしてキャプテン仕様の画像を作成する。ここで開発した画像の変換・編集機能について、技術的に新規性と一般性があると思われる2つの機能を中心に報告する。1つはカラー原稿の入力で、4096色の画像の色の頻度分布を解析して、その原稿に適した15色に分類する。もう1つは切貼りで、ラフな指定で図形を切出して、任意形状の部分図形を合成・移動・コピーできる。

IMAGE PROCESSING IN A CAPTAIN IMAGE INPUT TERMINAL

Takashi KONDO and Kazuhiro MORI
Information & Communication Systems Laboratory,
TOSHIBA Corporation
70, Yanagicho, Saiwai-ku, Kawasaki, 210 Japan

We have developed a CAPTAIN image input terminal. It allows users to capture original colour images via video-camera, convert them automatically and edit them. We have newly developed image processing functions for it. In this paper we describe two functions, which may be widely used. One is semi-automatic colour quantization to convert natural images into 15 colour images. The other is free-shape editing, such as transportation, duplication and composition. They assist users to create attractive CAPTAIN images in a short time.

1. はじめに

我々はキャプテン画面の作成を容易にするために、ビデオカメラで撮影した画像を自動変換・会話編集してキャプテン画面を作成する装置を開発した^{1)~4)}。

ここでは装置の概要を述べたあとで、特徴的な画像加工機能である少色化機能と切貼り機能について報告する。

2. 装置の概要

図1にこの装置の全体構成を示す。この装置は大きく2つの部分に分けられる。1つは画像入力部で、ここではこの部分での画像加工機能について報告する。もう1つは文字入力部で、画像入力部から送られてきた画像に文字列を重ねてからセンターに登録する。

表1に画像入力部の機能を示し、以下その概要を述べる。

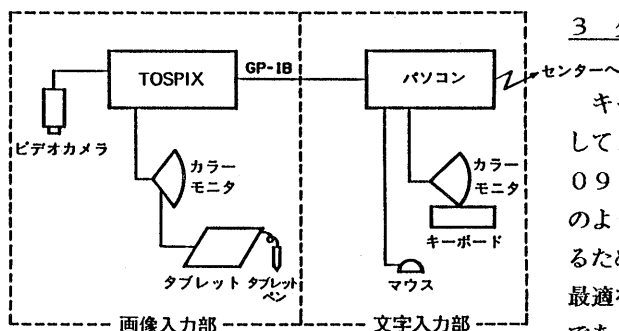


図1. 本装置の構成図

表1. 画像入力部の機能

画像入力部の機能		
入 力	編 集	そ の 他
カラー/モノクロ/線画の自動入力、雑画除去	描画、色付け/色変更、切貼り/拡大・縮小	ブロック単位の処理 ²⁾ 、FDD管理

(1) 入力

ビデオ・カメラで原稿を撮影してキャプテン仕様の15色画像に変換する。原稿の種類に応じてカラー/モノクロ/線画の3モードがある。

(2) 編集

会話的な画像編集で、太・中・細の3種類のペン先での描画、色付け・色変更、切貼りの3モードがある。

(3) その他

キャプテン仕様のブロック着色、文字入力部との通信、フロッピーの画像ファイルの管理などがある。

画像入力装置としてのこの装置の特徴は、画像処理ハードウェアを活用して操作性のよい画像の変換・編集を実現していることで、後述する画像の切出し以外にも各種のブロック単位の処理²⁾や会話のためのズーム等をハードウェアで高速に実行している。

3 少色化

キャプテンシステムでは、オプション機能としてLUT（ルックアップテーブル）により4096色中の任意15色画像を表示できる。このような限定色表示のための画像を効率よく作るために、フルカラーの画像を入力・解析して最適な代表色で近似した画像を作る機能が必要である。

このためのアルゴリズムがいくつか発表されている。しかし、実用化されているものでは事前に面積が小さいが重要な色⁵⁾あるいは処理に必要な閾値⁶⁾を人間が指定する方法をとっている。また、研究的なものでは時間がかかりすぎる（短いもの⁷⁾で約20秒）。また、これらのアルゴリズムでは自動的に少色化した後のマニュアル修正についての考慮がされていない。しかしどの色を代表色として残すべきかは最終的には人間にしか判断できないので、自動的に少色化した後でその結果を見ながら人間がマニュアル修正する方式が最適と思われる。

そこで、我々は次の特長をもつアルゴリズムを開発した。

- ①事前オペレーションなしの全自動で画質の良い少色化を行う。
- ②マニュアルでの代表色の削除・追加を応答性良く行う。

以下、自動処理のフローと個々のステップでの処理、マニュアル修正の方法を紹介し、処理結果の評価を記す。

(1) 処理の流れ

図2に自動少色化アルゴリズムのフローチャートを示す。自動少色化は2段階の処理に分けられ、一旦 224色（8ビット画像だが32色はメニュー等を使用）以内の候補色画像を作成してからさらに15色に変換する。これにより、マニュアルでの代表色の削除・追加時の距離計算の回数を削減して、応答性の良いマニュアル修正を実現している。

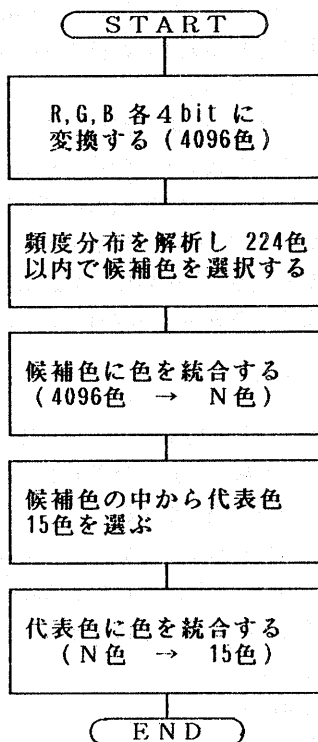


図2. フローチャート

(2) 個々のステップでの処理

①候補色の選定

ビデオカメラから入力された画像は、R, G, B それぞれの上位4ビットをとって4096色に量子化される。

この画像の (R, G, B)空間での色の頻度分布を解析して次の2種類の色を候補色とする。

(I) 頻度が極大の色

(II) 頻度分布関数の2次微分が極大の色

画像内にある特徴的な色の集合は、図3に例示するように (R, G, B)空間内でクラスターをなして、頻度が極大の色で代表させられる場合が多い。この装置では閾値を使わずに分散した候補色を選ぶために、頻度が極大の色を候補色とした。これにより、面積が小さな色の中からも候補色を選ぶことができています。

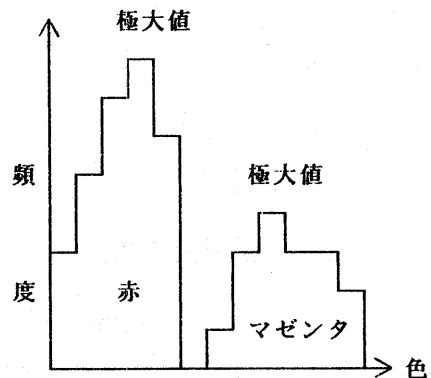


図3. 頻度の極大値

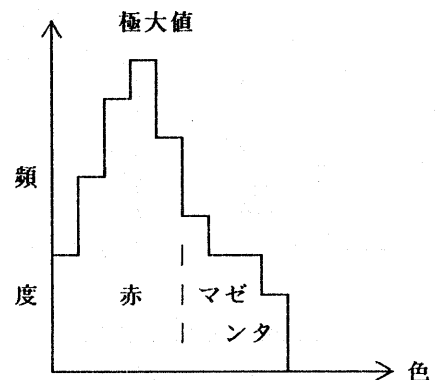


図4. 頻度の山の近接

しかし、図4のように2つの色が近接して分布しているために一方の色に極大点なくなることも多い。このような場合にも候補色を選ぶために、頻度分布関数の2次微分を求めてそこでの極大点も候補色に追加する。ただし頻度の極大点と2次微分の極大点が隣接している場合に両方を候補色とすると色を細分化しすぎることになるので、頻度の極大点では2次微分値を強制的に最大値にすることにより頻度の極大点を優先している。図5、6にこの処理を例示する。

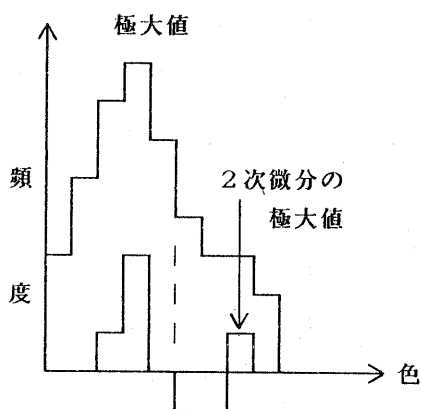


図5. 2次微分の極大値

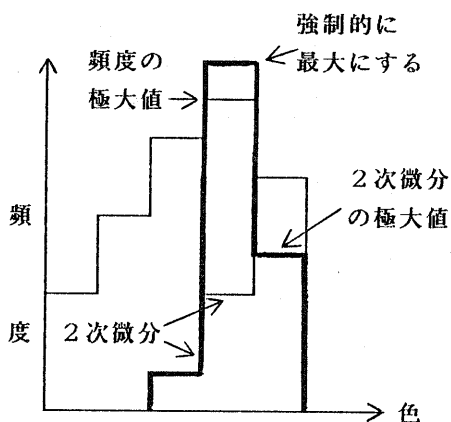


図6. 頻度の極大値の優先

なおここでの近傍処理、極大値検出と2次微分は高速処理のために6近傍で行っている。

③候補色への統合

ここでは4096色を候補色に統合する。色の統合に最もよく使われるアルゴリズムは距離による統合で、それぞれの色を距離が最小の候補色に統合する。しかし、このアルゴリズムで4096色を、例えば200の候補色に統合しようとする、4096X200回の距離計算が必要で時間がかかる。そこで、我々は処理時間が候補色の数に依存しない、以下の高速アルゴリズムを開発した。

(I) [前処理] 候補色に隣接する色をその候補色に統合する。

このアルゴリズムでの中心的な処理の(II)の処理では色の間の距離を全く使わない。そこで予め最小限の距離による処理として、6近傍で隣接する色だけを候補色に統合する。

前述の処理では頻度の極大値もラプラシアン of 極大値にして検出している。そのために候補色どうしが隣接することはない。しかし一つの色が二つの候補色に隣接することはある。そのために、頻度が小さい候補色から順に処理して、結果として頻度が高い候補色への統合を優先するようにしている。

(II) [山下り法] 頻度が減少する方向に伝播させて候補色への統合領域を拡大する。

頻度の極大値はすべて候補色であるので、頻度が減少する方向に候補色を伝播させれば自然な統合ができる。この処理を高速に行うために、以下のように順方向と逆方向で2回の逐次処理を行う。

(順方向処理)

色空間 $\{(i, j, k) \mid i, j, k = 0 \sim 15\}$ の中で、 $(0, 0, 0)$ から順に i, j, k が増加する方向にラスタ順で以下の処理をする。

処理が (i, j, k) まできた時に、隣接する $(i-1, j, k)$ $(i, j-1, k)$ $(i, j, k-1)$ の3色の中に (i, j, k) より頻度が高い色があればその色と同じ候補色に統合する。

(逆方向処理)

色空間 $\{(i, j, k) \mid i, j, k = 0 \sim 15\}$ の中で、 $(15, 15, 15)$ から順に i, j, k が減少する方向にラスタ順で以下の処理をする。

処理が (i, j, k) まできた時に、隣接する (i+1, j, k) (i, j+1, k) (i, j, k+1) の3色の中に (i, j, k) より頻度が高いか等しい色があればその色と同じ候補色に統合する。(平坦な部分にも伝播するように逆方向処理では条件を緩めている。)

(Ⅲ) [後処理] 伝播処理で残った色を距離計算で候補色に統合する。

候補色テーブルが不足した場合には、①②の処理で候補色に統合されない色が残ることがある。これらの色に対してだけ前記の距離による統合を行う。

図7にこのアルゴリズムでの処理の例を2次元断面で示す。この図では縦横の軸は、例えば R, G の値を表し、枠内の数字はそれぞれの色の頻度を示している。この分布では○あるいは◎で囲まれた点が頻度の極大点、□で囲まれた点が頻度の2次微分の極大点である。この例では太線を境界とする統合が行われる。

6	8	10	12	14	12	10	8	6	4	2	0	0	0	0	0
8	10	12	14	16	14	12	10	8	6	4	2	0	0	0	0
10	12	14	16	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0	0	0
12	14	16	18	◎	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0	0
10	12	14	16	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0	0	0
8	10	12	14	16	14	12	10	◎	8	6	4	2	0	0	0
6	8	10	12	14	12	10	8	6	4	2	0	0	0	0	0
4	6	8	10	12	10	8	6	4	2	0	0	0	0	0	0
2	4	6	8	10	8	6	4	2	0	0	0	0	0	0	0
0	2	4	6	8	6	4	2	0	0	1	2	1	0	0	0
0	0	2	4	6	4	2	0	1	2	3	4	3	2	1	0
0	0	0	2	4	2	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2
0	0	0	0	2	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	◎	9	8	7	6
0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4
0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2

図7. 統合処理の例

③代表色の選定

候補色の中から代表色として15色を選ぶ。そのために、候補色ごとにその色に統合された色の頻度の総和を求め、上位15色を代表色とする。候補色だけの頻度でなく、統合された色の頻度の総和で順位づけしているため、多数近接している候補色が代表色を独占するようなことがないようになっている。

④代表色への統合

残りの候補色は (R, G, B) 空間でのユークリッド距離により最も近い色に統合する。この時の距離計算の回数は、最大でも 224×15 で応答性能上問題にはならない。

(3) マニュアル修正

自動的に15色画像ができたあとで、ユーザは15色画像と候補色画像を見比べながら修正ができる。代表色の削除は代表色メニューまたは15色画像のピックで、代表色の追加は候補色のピックで、それぞれ簡単にできる。修正時の距離計算の回数は、削除では「その色に統合されていた候補色の数」×「残っている代表色の数」であり、追加では「候補色の数」であり、いずれも数百以下である。

最終的に選ばれた代表色を微妙に調整する場合には、R, G, B成分を直接変更する。その場合には候補色の統合はやりなおしていない。

(4) 評価

①全体の枠組み

完全自動で少色化してから応答が速いマニュアル修正をするという方法は実際の装置で使用者から好評である。

候補色の数としては、最終的に15色にすることを考えれば 224色あれば十分である。図8に例示しているSIDBAのMANDRILLやTV学会の肌色チャートを含む数十画像を処理して、必要な色が候補色から落ちていると思われた例はなかった。今回のアルゴリズムで選択された極大値の数はMANDRILLでは 370であったが、大部分の画像では 100~200 の間であった。

②候補色画像の作成

今回のアルゴリズムで自動作成した候補色画像は、前述したように15色画像を作るための会話修正のベースとして十分満足なものであった。今回の開発で重視した処理時間も、候補色画像の作成だけなら4~6秒、入力から15色画像作成・表示までの合計でも8~10秒で実用的なものとなった。

③代表色の選択

完全自動で選択した代表色は必ずしも最適ではないが、マニュアル修正のベースとしては十分であった。図8にMANDRILLを自動処理で15色にした例を示す。モノクロ表示ではわからないが、目玉と髭の一部の黄色以外はよく表現できている。この画像内の黄色では、頻度の極大点と2つ近接しているため、候補色そのものの頻度ではなく統合後の頻度とで代表色を決定していることがここでは悪く作用している。

自動作成した15色画像をもとにした、代表色の削除・追加でほぼ満足できる画像にできる。図8の例での全体としての所要時間は試行錯誤を含めて2、3分程度であった。

④15色への統合

アルゴリズム上の問題点は、候補色・代表色の選択方法ではなく、候補色の代表色への統合が不完全な点にある。現在、この統合はRGB空間でのユークリッド距離で行っているが、人間の感覚と比べて、色相が近い候補色よりも明度が近い候補色に統合する傾向があると思われる。この問題については、より良い距離関数を使用するという方向も重要だが、最終的にはこの部分でも人間による会話修正を容易にすることを今後考えたい。

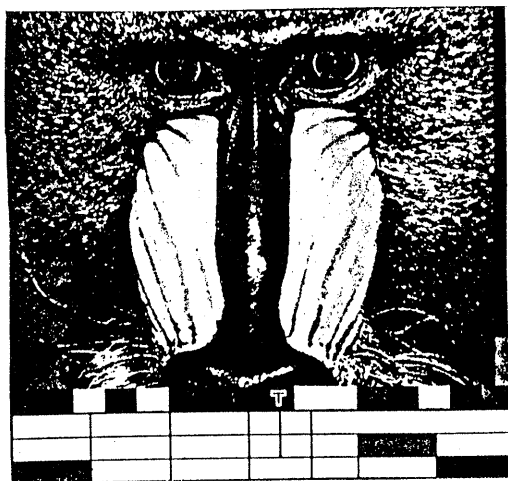


図8. 自動生成した15色画像の例
(画像サイズは 496×384, 下側はメニュー領域)

4. 切貼り

この装置では、編集機能として描画、色付け・色変更、切貼りを備えている。これらをもっと一般化した、会話型画像編集装置に必要な機能は次の4種類の処理に細分化できる。

(イ) 画像空間での処理

操作対象の領域を決定する。線図形を描画する場合も太さは0ではないので面積をもった領域として扱える。

(ロ) 色彩空間での処理

描画・塗潰しでは色彩空間の1点を、明度・色度の変更では色彩の変換を決定する。ただし、グラデーションのように均一でない塗潰しは(ハ)と(ニ)に分解する。

(ハ) 画像の発生

処理を標準化・細分化するために、ここでは形状を考えずに画像全体でのパターン発生だけを考える。

(ニ) 2画像の合成

(イ)で決定した領域画像をマスクとして2画像を合成する。1つの画像の中での移動・コピーもこの機能を使って実現できる。2画像の間の相対的な位置・方向・サイズは変更できる必要があり、マスク画像はその一方と同じ変更を受ける。

ここでは(イ)と(ニ)の実現例としてこの装置での切貼り機能を、切出し(領域決定)・合成の順で説明し、最後に少色化について述べる。

(1) 切出し

自然画像からの部分領域切出しは画像編集の中でマシンの援助が特に期待されるところで、大雑把な輪郭線指定から望ましい輪郭を求める手法も発表されている⁹⁾。

この装置ではキャプテンの画像が少数の色(透明色を含めて16色)だけで構成されているという条件を使って操作性のよい切出しを実現した。最初に切出しの最小単位として扱う「色連結領域」を説明してから、それを使った2つの切出し法を紹介する。

①「色連結領域」

画像計測・認識の分野では従来から、1つの2値画像に含まれている複数の対象物を1つずつ解析するために(連結)ラベリングが使われていて⁹⁾、ハードウェア化もされている。また、これを塗潰しに使った例もある¹⁰⁾。

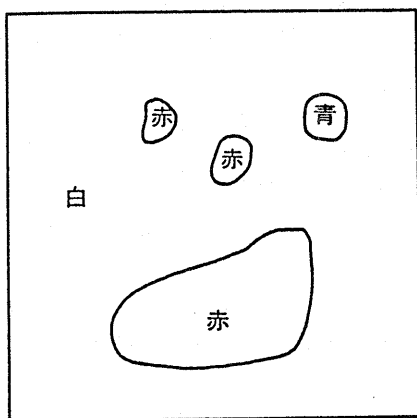
この装置ではカラー画像における連結領域(同一の色で連結している領域)をとくに「色連結領域」と呼んで編集の単位としている。ただし、内部の処理では、全ての色連結領域を通じての通し番号をつけるのではなく、2値画像用のラベリング・ハードウェアを使って、必要な時に色ごとにラベリングしている。図9に「赤」に注目したラベリングの例を示す。

②ピック切出し

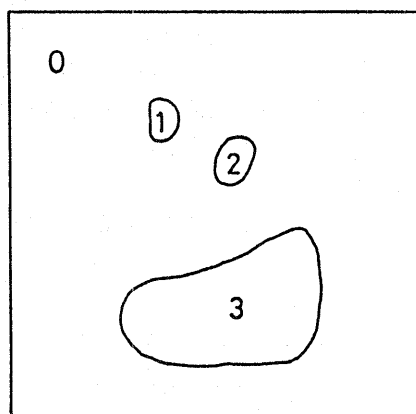
切出したい色連結領域ごとにその中の1点ずつをピックする。1点ピックされるごとにラベリングを行うので、異なる色の領域でも連続して切出せる。

③包含切出し

切出したい絵を包含する多角形の頂点をポインティングする。ポインティングされた点は図10(a)に示すように直線でむすばれ、多角形を表示する。メニュー「実行」が指定されると色ごとにラベリングを行い、全ての色連結領域について、全体の面積と包含多角形内の面積との比を求める。その結果、包含多角形に90%以上含まれる色連結領域を全て切出す。図10に処理例を示す。

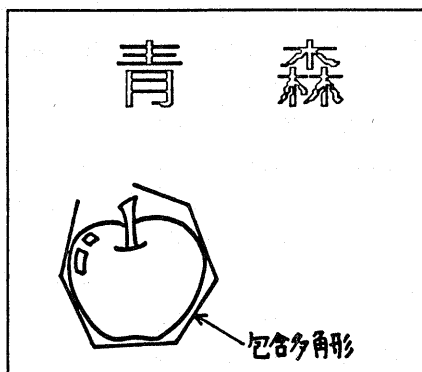


(a) カラー画像

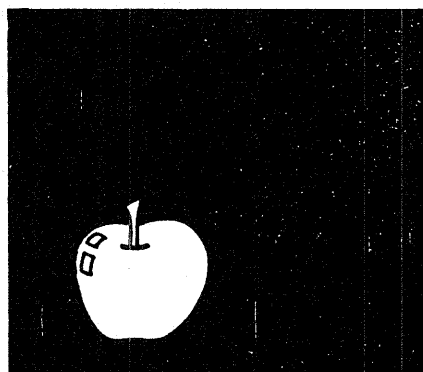


(b) ラベリング結果

図9. ラベリングの例



(a) 包含多角形の表示



(b) 切出し結果

図10. 包含切出しの例

(2) 合成

切出した画像は他の画像に埋込むことができる。背景となる画像をロードしてから埋込みたい位置をポインティングするとその点が中央となるように切出し画像が埋込まれる。その後メニュー選択により、埋込み画像を移動・拡大・縮小・回転できる。

同じプログラムで、背景となる画像を元の画像とすれば部分画像のコピーとなり、元の画像の切出した部分を消去したものとすれば移動となる。この時の消去は、周囲で頻度が最大の色による塗潰しで行っている。

(3) 少色化との関係

独立に少色化した2つの画像を合成すると、色数が制約条件を越える場合がある。使い方としては、少色化で述べたマニュアルでの代表色削除機能を使って色数を十分少なくしておくことを推奨しているが、色数が越えた場合には埋込み画像側の代表色で面積が小さいものを自動的に削除し、(R,G,B)空間でのユークリッド距離で振分けている。

また本来色数が少ない画像の場合、2つの色の境界領域に現れる中間色も代表色として選ばれることがある。これはアンチ・エリアジングの効果があり画質には良い影響をあたえる。しかし、上記のように色連結領域単位に切出しを行うと、境界の小領域も切出されて背景とのつなぎ部分が汚く見える。これの対策として、カラー入力後のノイズ除去機能として用意している、面積の小さな色連結領域の消去機能を使用している。

また、ここではキャプテンの制約によって15色に少色化しているが、ここで述べたようなラフな指定での切出しを行うことを目的にした少色化も有用と思われる。

5. あとがき

原稿をビデオカメラで撮影・入力して、会話編集してキャプテン方式に合った画像を作成する装置を開発した。ここでは少色化と切貼りに

ついて報告したが、一回のオペレーションに対する応答時間は、自動少色化処理以外は1, 2秒程度で、それぞれの機能は操作性良く実現できた。ただし複合化を考えると、例えば少色化後の2画像を合成する場合に、前述のような簡易なアルゴリズムではなく30色から15色への少色化として解決するというような、改善の余地があると思われる。

このような、既にある画像を加工・編集する装置は今後多くの分野で重要になると思われる。今後はここで開発した技術を他の形態の装置にも応用する予定である。

参考文献

- 1) 森, 近藤「キャプテン画像入力装置における画像処理(1) 画像の入力・編集」,
情処第34全大, 3D-1 (1987春)
- 2) 近藤, 森「 同上 (2) ブロック単位の処理」
同上, 3D-2 (1987春)
- 3) 森, 近藤「 同上 (3) 少色化」,
情処第35全大, 2J-3 (1987秋)
- 4) 近藤, 森「キャプテン画像入力装置におけるユーザインタフェース」,
情処研資, CAD28-4(1987)
- 5) 白川, 須賀, 中川, 佐原「ビデオテックスとフレームクリエーション」,
情処研資, CAD20-3(1986)
- 6) 花房「文字放送・キャプテンシステム用自動図形入力システム」,
放送技術, S61.1, pp.24-26
- 7) 渡辺「カラー画像を256色で近似表示するための高速なアルゴリズム」,
信学論誌, Vol. J70-D, No. 4, pp. 720-726
- 8) 中須「色情報を用いた領域抽出法」,
情処研資, CAD25-5(1987)
- 9) (例えば) 尾上ほか編「画像処理ハンドブック」, 昭晃堂(1987)
- 10) 末永「連結領域のぬりつぶし及び番号づけに関する一考察」, 信学技報, IE78-10(1978)