

カラー2値画像の拡大縮小方法とその評価

小柳津 育郎 田中 清人

NTT情報通信処理研究所

オーディオ・グラフィック通信会議端末における、カラー2値画像表示に必要な拡大縮小変換法とその評価を述べる。縮小変換法としては、既に提案されている細線保存による画像縮小変換法を採用した。拡大変換法として、縮小変換で写像される原画像の領域と対象とする縮小画像の画素値を評価し、拡大範囲ならびに拡大範囲内の原画像の画素値を決定するアルゴリズムを提案する。本アルゴリズムを用い、縮小画像上に描画した画像データを拡大及び拡大後再度縮小し、元の画像データと比較することで拡大アルゴリズムの有効性を評価した。その結果、本通信会議端末で採用したカラー2値画像の拡大縮小変換法が有効で、縮小画像を使用して通信会議が行えることを明らかにした。

THE METHOD OF EXPANSION AND REDUCTION IN THE 2 VALUE COLOR IMAGE DATA AND IT'S EVALUATION

Ikuro Oyaizu Kiyoto Tanaka

NTT Communication and Information Processing Laboratories

We developed the ISDN audio-graphics teleconferencing system using a personal computer. In this system, A4 size original image data read by 200dpi scanner are reduced to 1/3 image data to display on the PC's CRT, and the color image data written by hand on this reduced data are expanded to manage these different types of data in a unified image file. The method of expansion and reduction in the 2 value color image data and it's evaluations are discussed in this paper.

1. はじめに

メインオフィスとサテライトオフィス間の通信会議を実現する、ISDNを利用したオーディオ・グラフィック通信会議端末を開発した。本通信会議端末は、イメージスキャナから資料を読み込むか、または外部記憶装置に記録された情報を読み込み、互いに同じ情報を表示し、表示された資料に手書き情報を書込んだり、消したりして会議を進行することができる。

開発したオーディオ・グラフィック通信会議端末は、PC9801パーソナルコンピュータにISDN制御ボード、増設メモリなどを付加するとともに、ディスプレイ、タブレットなどの入出力機器を接続して実現したもので、ISDN基本インタフェースの2本のBチャンネルの各々1本を音声情報とデータ情報の通信に使用して通信会議を実現する。本オーディオ・グラフィック通信会議端末における資料の入力、表示、印刷などのデータ管理はイメージデータを基本としている。A4判縦の資料を200dpiでイメージスキャナで読込んだ場合、そのドット数は1728×2376となり、PC9801のパーソナルコンピュータのディスプレイの640×400ドットでは文書全体が表示できず、通信会議の進行を妨げる。オーディオ・グラフィック通信会議端末ではイメージスキャナで読込んだイメージデータを1/3に縮小し、A4判縦資料の半分をパーソナルコンピュータのディスプレイに表示することで解決した。1/3に縮小された画面に描画したデータは、縮小前のイメージデータに拡大反映することで管理している。

本論文は、カラー2値画像を対象として1/3に縮小した画面に描画したデータの拡大方法ならびに拡大したイメージデータを再度1/3に縮小した場合の画像品質についての評価を述べるものである。

2. イメージデータの管理

2.1 イメージデータ表示方法

開発したオーディオ・グラフィック通信会議端末では資料の入力、表示、出力ならびに描画はイメージデータで処理する。内部における画像データの管理の単位は、A4判縦の資料を200dpiの解像度でイメージスキャナから読込んだ大きさ、すなわち横1728ドット×縦2376ドット(CCITT勧告、以後、本イメージデータを標準画像データと呼ぶ)を基本としている。従って、内部で管理する画像データをパーソナルコンピュータのCRT画面の640×400ドットに表示すると、A4判縦資料で縦が約1/6、横が約1/3の範囲しか表示することができない。イメージスキャナから読込んだ資料をもとに標準画像データを使用して通信会議を行う場合、上述のようにA4判資料のごく一部しかCRT画面に表示することができないため、実質的に会議を行うことは不可能である。上記欠点を解消するため、本オーディオ・グラフィック通信会議端末では横1728ドット×縦2376ドットの標準画像データを1/3に縮小しパーソナルコンピュータのCRTに表示し、この画面上で会議が行える方法を採用した。本方法を採用すると、A4判縦の資料が横576ドット×縦792ドットとなるので(以後、本イメージデータを縮小画像データと呼ぶ)、CRT画面上に資料の約半分が表示できるようになり、会議を円滑に進行できる。

2.2 イメージデータ管理方法

開発したオーディオ・グラフィック通信会議端末ではイメージスキャナ読み込み、プリント出力、ファイル保存等で管理するイメージデータは、標準画像データを基本として一括管理を行っている。縮小画像データは会議を円滑に進めるために表示を行うものであり、一時的な画像データとして扱う。イメー

ジデータの管理方法としては、標準画像データと縮小画像データの各々を管理する方法があるが、本方式を採用した場合①縮小画像上または標準画像上に描画した時、描画データは表示している画面のモードにのみ反映されるためイメージデータの管理が複雑になる、②縮小画像データを印刷すると印字品質が劣化する、などの欠点を有する。従って、標準画像データで一元管理を行う方式を採用した。

本オーディオ・グラフィック通信会議端末でのイメージデータの管理方法は以下の通りである。

- (1) A4判資料を縦のモードでイメージスキャナから白黒の2値で読込む。
- (2) イメージスキャナから読込んだ画像データは、描画時にカラー表示可能なようにR, G, Bの3プレーン分をメモリに複写する。なお、資料を目視した場合と同様に表示バックカラーを白とするため、メモリ複写時に画像データの'0'と'1'の値を反転する。

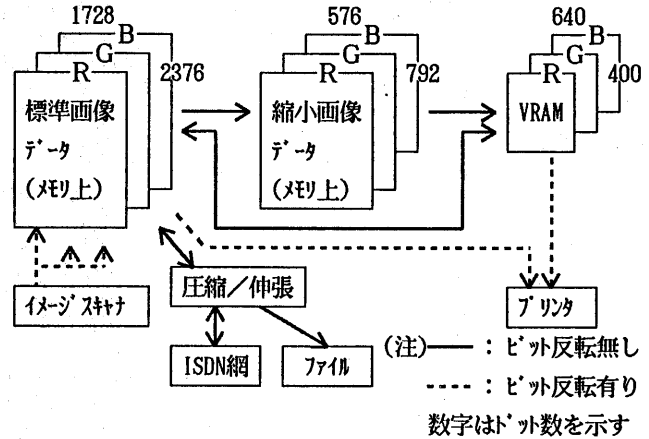


図2-1 イメージデータ管理方法

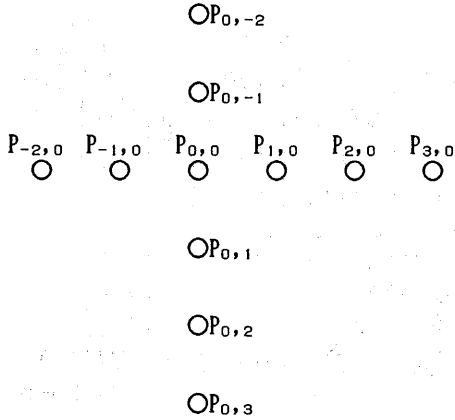
- (3) 印刷時には、標準画像データの各3プレーンの値を反転後論理和を取り、プリンタに出力する。
 - (4) 標準画像表示時は、標準画像データの各3プレーンの値をパーソナルコンピュータのグラフィックスメモリに書込むことにより表示する。
 - (5) 縮小画像表示時は、標準画像データの各3プレーンを縮小処理し縮小画像データをメモリ上に作成した後、パーソナルコンピュータのグラフィックスメモリに縮小画像データを書込むことで表示する。
 - (6) 標準画像表示時に描画された時は、各色に対応する標準画像データを更新する。
 - (7) 縮小画像表示時に描画された時は、処理の低下を防ぐために各色に対応する縮小画像データのみ更新する。標準画像データと縮小画像データとの一致は、次の契機で縮小画像上に描画された画像データを標準画像データの各プレーンに拡大反映することで実現する。
 - ①縮小画像表示時に標準画像への移行を指示されたとき。
 - ②印刷の指示がされたとき。
 - ③ISDN回線で接続された相手に、表示中の画像データの送信を指示されたとき。
- 以上を図示すると、図2-1の通りとなる。

3 縮小方法

2値画像の縮小変換方法としては、SPC法 (Selective Processing Conversion) ⁽¹⁾ や領域判定法 ⁽²⁾ がある。SPC法は変換画像を原画像に写像したとき求める変換画像の画素 (変換画素) に最も近い位置の原画像の画素 (原画素) の値を代入する方法である。また、領域判定法では、変換画素に最近傍4個の原画素を選択し、それら4個の原画素が変換画素位置に投影する平均濃度を算出し、閾値処理をして変換画素の値とする方法である。しかし、これらの変換方法では原画面上に黒あるいは白の細線がある場合、場合によっては変換画面上で該細線が消失し変換画像の品質劣化をもたらすという欠点を有す

る。

オーディオ・グラフィック通信会議端末では、1/3に縮小した画像をもとに会議を進めることを主とするため、縮小画像の品質が重要となる。従って、上記欠点を解消する縮小変換方法として提案されている、細線保存による画像縮小変換方法⁽³⁾を採用した。本縮小変換方法により標準画像データを、1/3に縮小するアルゴリズムを、図3-1に示す。



以下の手順により、縮小画像データの写像値を求める。

(1) 次の条件式で細線が存在するか判定する。

(a) 線幅1の細線

$$\textcircled{1} V_{0,0} = V_{-2,0} = V_{-1,0}$$

$$\textcircled{2} V_{0,0} = V_{0,2} = V_{0,1}$$

$$\textcircled{3} V_{0,0} = V_{2,0} = V_{1,0}$$

$$\textcircled{4} V_{0,0} = V_{0,-2} = V_{0,-1}$$

(b) 線幅2の細線

$$\textcircled{1} V_{0,0} = V_{3,0} = V_{1,0} = V_{2,0}$$

$$\textcircled{2} V_{0,0} = V_{0,3} = V_{0,1} = V_{0,2}$$

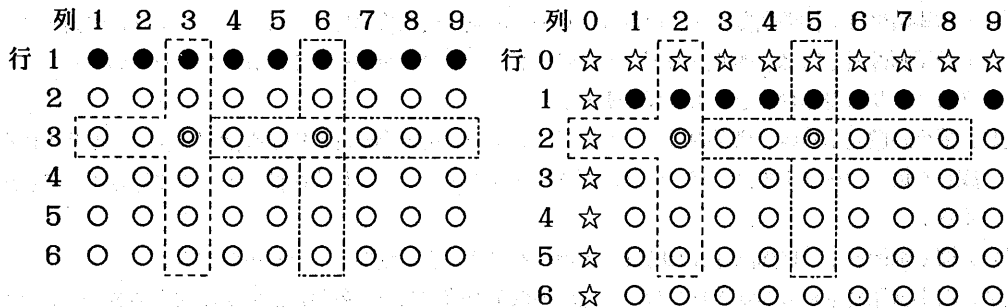
(2) 細線が存在するならば、縮小画像データの写像値として細線の値を代入する。細線が存在しないならば、 $P_{0,0}$ の値 $V_{0,0}$ を代入する。

(注) $P_{m,n}$: 縮小変換の対象とする標準画像データの画素

$V_{m,n}$: $P_{m,n}$ の値

$V_{m,n}$: $V_{m,n}$ の反転値

図3-1 細線保存による画像縮小変換方法



(注) ○, ● : 変換の対象とする標準画像データの画素

☆ : 標準画像データのダミー画素

○ : 縮小変換で写像する縮小画像データの画素

(a) 細線が消失する例

(b) 第1行の細線を保存する縮小方法

図3-2 ダミー画素を付加し縮小変換を行う方法

本アルゴリズムを使用して縮小変換を行う場合、標準画像データの第1行、第1列の画素から順次処理を行うのが簡単である。しかしながら、本方法では図3-2(a)に示すように標準画像データの第1行または第1列に線幅1または線幅2の細線が存在しても、縮小アルゴリズムから明かなように該細線が消失する。また、図3-2(a)の方法では、縮小画像上に描画したデータを標準画像に拡大反映する場合に必要な、縮小画像データの画素と標準画像データの画素との位置関係を求める処理が複雑になる。本欠点を避けるため、開発したオーディオ・グラフィック通信会議端末では図3-2(b)に示すように、縮小変換時に標準画像データの第1行または第1列が変換対象となる場合、ダミー画素を付加して縮小変換を行い細線を保存するとともに、縮小画像データの画素と標準画像データの画素との位置関係を単純化している。なお、標準画像データの最後行または最後列が縮小変換の対象となる場

合も、同様にダミー画素を付加して縮小変換を行う。

4. 拡大方法

4.1 縮小画像から標準画像への拡大反映方法

縮小画像から標準画像への拡大反映方法は以下の2通りがある。

(1) 縮小画像上に描画された画像データのみを標準画像データに拡大反映する。

(2) 縮小画像上の画像データ全てを標準画像データに拡大反映する。

(2)の方法は縮小画像上の画像データ全てを拡大するため、縮小画像データ上での画素の位置関係と標準画像データ上での画素の位置関係が著しく異なるということはない。また、画像表示時にパーソナルコンピュータ内部で管理する画像データは標準画像データか縮小画像データかのどちらか一方であるため、画像データの管理が容易になるという利点を有する。しかしながら、標準画像データから縮小画像データへ変換したときに標準画像データが持つ画像情報は大きく失われているため、描画されていない部分について、もとの標準画像データと拡大変換後の標準画像データが大きく異なるという欠点を有する。さらに、縮小画像の拡大アルゴリズムによっては、縮小変換を行う毎に縮小画像の品質劣化を生じるという欠点を有する。

一方、(1)の方法は(2)の利点が欠点に、欠点が利点になるが、以下の理由によりオーディオ・グラフィック通信会議端末では(1)の拡大反映方法を採用した。

①画像データの管理は縮小画像表示時は縮小画像データを主とし、標準画像データをそのまま保存しておき従とすることで対処できる。

②縮小画像データ上の画素の位置関係と標準画像データ上の画素の位置関係の差は、縮小方法ならびに縮小画像上に描画されたデータの拡大アルゴリズムを工夫することで対処可能である。

③縮小画像上で描画された部分以外について、もとの標準画像データと拡大後の標準画像データが異なること、ならびに縮小変換毎に画像データが品質劣化しないことは、画像データの保存等で必須である。

④描画された画像データのみ標準画像データに拡大反映するため、処理速度が速い。

拡大反映の対象とする描画データは、標準画像から縮小画像への変換直後の原縮小画像データと、描画等を行った後の更新縮小画像データとを比較し差分を取ることで抽出し、差分のみを標準画像データ上に拡大反映する。

4.2 拡大反映処理時の条件

縮小画像上に描画された画像データを標準画像データに拡大反映するには、以下の条件が必要である。

(1) 拡大反映時の位置ずれ防止

縮小画像上に描画したデータが対応する標準画像データ上の位置に反映されないと、拡大反映後の標準画像と縮小画像とで、画像データの位置関係が著しく異なるという不都合が生じる。また、場合によっては色ズレが発生する。さらに、拡大反映後の標準画像を再度縮小したときの縮小画像と、拡大反映前の縮小画像が著しく異なる。本点については、図3-2(b)の縮小方法を採用し、縮小画像上の画素と標準画像上の画素との位置関係を単純化することで防止している。

(2) 拡大データの反映範囲が適当であること

縮小画像上の描画データをもとに標準画像データ上へ拡大反映する場合、反映範囲が適当でない

と縮小画像上で描画した画像データが正しく標準画像データ上に反映されないことが発生する。例えば、拡大反映範囲が小さい場合、縮小画像上の画像データを全て消去し標準画像データ上に拡大反映しても、拡大反映後の標準画像データが残ることが発生する。反映範囲が大きすぎる場合は、小さすぎる場合と逆に縮小画像上で消去していない画像データが、標準画像データ上では消去されてしまうことが発生する。

4.3 拡大反映アルゴリズム

縮小画像上に描画されたデータを標準画像データ上に反映する場合、一つの案として縮小画像データを得るために使用したアルゴリズムで逆変換を行い、拡大反映画像データを得る方法が考えられる。しかしながら本案は、図3-1に示すアルゴリズムから明らかなように、どのパターンで拡大反映データを得て良いか一意に決めることができないという欠点を有する。また、図3-1のアルゴリズムでは縮小変換時に標準画像データの斜め方向の画素を参照していないため、拡大反映時に標準画像データの斜め方向の画素に反映できないという欠点を有する。

従って、本オーディオ・グラフィック通信会議端末では、縮小画像データの画素に対応する標準画像データの画素を中心としたある領域に存在する標準画像データの画素値を、縮小画像データの画素値で代入する方法を採用した。詳細なアルゴリズムについては後述する。

4.3.1 拡大データの反映範囲

縮小画像上に描画されたデータを正しく標準画像データ上に拡大反映するための拡大範囲を決定するために、図3-1に示すアルゴリズムで縮小変換を行い、線幅1または2の細線が存在すると判定し、標準画像データの画素値に対して細線の値を代入した内訳を、イメージスキャナから読込んだ資料、手書き描画情報について求めた。その結果を表4-1に示す。表4-1から明らかなように、全体の写像された画素に対する線幅2の細線で写像された画素の割合は、16~30%とかなりの部分を占める。従って、拡大データの反映は、少なくとも図3-1に示す標準画像データの画素値 P_n, m について縮小画像データの画素値を反映する必要があることが明らかになった。

表4-1 縮小変換を行った場合の細線の割合

項 目		資料1 (フキ)	資料2 (フキ)	資料3 (手書き)
白の細線	右側線幅1	18.9%	15.0%	18.4%
	下側線幅1	12.0%	14.3%	21.0%
	左側線幅1	14.4%	16.7%	21.3%
	上側線幅1	10.1%	14.0%	23.1%
	右側線幅2	16.0%	18.8%	1.1%
	下側線幅2	25.4%	15.7%	0.1%
	複数要因	3.2%	5.5%	15.0%
黒の細線	右側線幅1	11.4%	19.5%	14.0%
	下側線幅1	21.3%	12.8%	11.6%
	左側線幅1	12.1%	22.3%	16.3%
	上側線幅1	16.8%	11.7%	9.3%
	右側線幅2	13.4%	16.9%	14.0%
	下側線幅2	20.2%	13.0%	30.2%
	複数要因	4.8%	3.8%	4.6%

さらに、図4-1のような場合には、図3-1に示す範囲の標準画像データの画素値にのみ縮小画像データの画素値を反映しても、縮小画像上で描画したデータが正しく標準画像データに反映されない。すなわち、図4-1(a)のような標準画像データを縮小変換すると、図4-1(b)のような縮小画像データが得られる。縮小画像データの画素値 α_s を黒から白に描画した場合、図3-1に示す標準画像データの画素値へ拡大反映すると図4-1(c)のような標準画像データになってしまい、縮小画像上で

指示した画素値と異なってしまふ。

拡大データの反映範囲を決定するため試験プログラムを作成し、縮小画像上に描画したデータが標準画像データ上に正しく拡大反映されるか評価した。その結果、拡大データの反映範囲を図4-2に示す通りとした。すなわち、拡大の対象とする縮小画像データの画素 α に対応する標準画像データの画素Aを中心として、網掛けした部分の画素を拡大データの範囲とする。

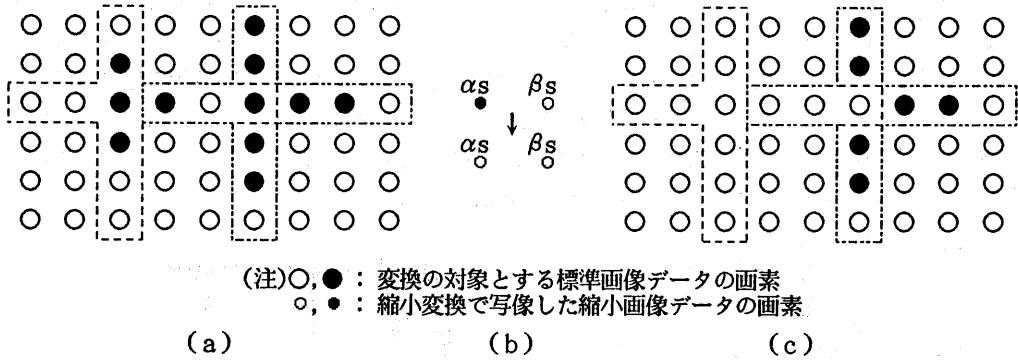
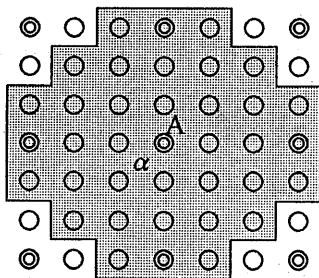


図4-1 縮小画像上で指示した画素値が正しく標準画像データ上に反映されない場合

4.3.2 拡大アルゴリズム

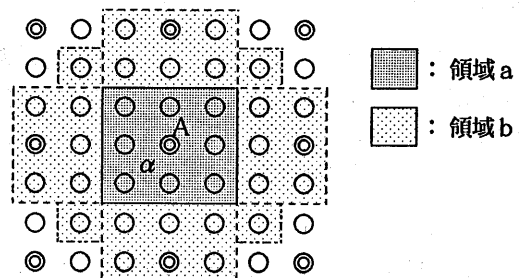
縮小画像データの画素値を図4-2の範囲の領域の標準画像データの画素に拡大するアルゴリズムは、以下の通りである。

- (1) 拡大変換の対象とする縮小画像データの画素 α に対応する、標準画像データの中心画素Aを求める。
- (2) 図4-3のaの領域の標準画像データの画素について、縮小画像データの画素値をそのまま代入する。
- (3) 図4-3のbの領域の標準画像データの画素について、対象とする縮小画像データの画素と隣合う上下左右斜めの縮小画素の各々の画素について該画素値と同じ値をとる場合のみ、bの領域の標準画像データの画素値を縮小画像データの該画素値で代入する。これは、図4-1のようなパターンに対処するためのものである。



(注)○ : 変換の対象とする標準画像の画素
○ : 縮小変換で写像した縮小画像の画素

図4-2 拡大データの反映範囲



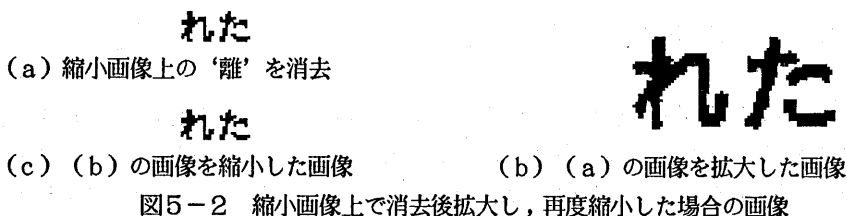
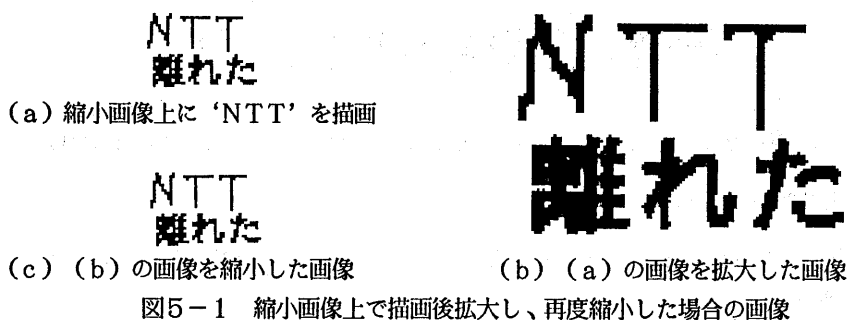
(注)○ : 変換の対象とする標準画像の画素
○ : 縮小変換で写像した縮小画像の画素

図4-3 拡大データ反映アルゴリズム

5. 評価

3章および4章で述べた拡大縮小方法を適用した結果を、図5-1、図5-2に示す。図5-1はイメージスキャナから読込んだ資料を縮小し、縮小画像上で描画した後標準画像データ上に拡大し、再度縮小したものである。図5-2はイメージスキャナから読込んだ資料を縮小し、縮小画像上で消去した後標準画像データ上に拡大し、再度縮小したものである。図から明らかなように、オーディオ・グラフィック通信会議端末で採用した拡大縮小方法は、縮小画像上に描画したデータが標準画像データの対応する位置に正しく拡大されていることが分かる。また、縮小画像上にデータを描画後標準画像データ上に拡大し、再度縮小しても画像の品質劣化が極めて少ないことが分かる。図5-1、図5-2は評価を白黒の画像データについて示しているが、カラー情報で描画した場合についても同様な結果が得られた。

なお、本拡大方法においては、縮小画像上に描画したデータの標準画像データ上への拡大で、データの補間等の整形を行っていないため、拡大画像の画質が良いとは言えない。今後、標準画像への拡大時に整形処理を行う方法を付加し、拡大縮小方法の検討を行う予定である。



6. おわりに

以上、開発したオーディオ・グラフィック通信会議端末で採用したイメージデータの拡大縮小方法について述べた。本拡大縮小方法を採用することにより、縮小画像を基本として通信会議を行うことが可能になり、会議の効率を向上することができた。今後は、拡大画像の画質向上のための補間方法を検討するとともに、処理高速化のために縮小処理のハードウェア化を検討する。

謝辞

日頃御指導頂く情報通信処理研究所拜原正人情報処理研究部長、有益な御助言を頂いた安達文夫主幹研究員、ならびに関係各位に深謝致します。

文献

- (1) 牛坊, 桐原: “ファクシミリ線密度変換の一方式”, 画像電子学会全大, 10(昭和50年)
- (2) 久保田, 荒川: “文字認識の前処理としての画像の次数変換”, 信学技法 PRL81-92(1981-02)
- (3) 若林: “画像の縮小変換方法”, 特開平1-080167号