

分散ネットワーク環境における 技術相談のための画像 QoS 設定機能

井口信和[†] 床井浩平^{††} 内尾文隆^{††}

本論文では、狭帯域回線上での動画像通信による遠隔技術相談システムのための画像 QoS 設定機能を提案する。提案する機能では、1 画面を注目領域と非注目領域に分け、それぞれの領域について異なる QoS を設定する。本研究では、変化の大きな画像による遠隔技術相談に対応するために、条件付画素補充方式の設定を QoS の項目とする。提案する機能により、変化の大きな画像による遠隔技術相談においても、注目領域の画像の QoS を確保した狭帯域回線上での動画像通信が可能となる。この機能を遠隔技術相談用ビデオツールに実装し、機能を評価するために実際の技術相談事例を用いた実験を行った。実験結果より、提案した機能が良好に働き、遠隔技術相談に有効であることを確認した。

Image QoS Function for Technical Consultation on Distributed Networks

NOBUKAZU IGUCHI,[†] KOHEI TOKOI^{††} and FUMITAKA UCHIO^{††}

This paper proposes an image QoS function for Remote Technical Consultation System using video communication over narrow bandwidth network. The proposed function divides an image into a region of interest and a region of no interest, and sets different QoS for each regions. In this research, for remote technical consultation by using video images that have large change, a method of conditional replenishment is defined as QoS. Using the proposed function, users can transmit the region of interest with satisfied QoS over narrow bandwidth network. We experimented on remote technical consultation about concrete samples of technical consultation. From experimental results, we verified that the proposed function worked finely and the proposed function was efficient for remote technical consultation over narrow bandwidth network.

1. はじめに

コンピュータネットワークの普及にともない分散環境での協同作業に関する研究開発が各方面から進められている。協同作業空間を提供する技術の 1 つであるビデオ画像通信は、ビデオ会議システムや遠隔教育システム、遠隔医療診断システムなど幅広い分野で需要が高まっている。我々は、ビデオ画像通信の応用として遠隔技術相談システムに関する研究¹⁾を行ってきた。遠隔技術相談システム(以下、本システム)は、地方公設試験研究機関(以下、公設試)が中小企業の技術支援を目的として行っている技術相談をコンピュータネットワーク上で実現しようとするものである。利用

者は地方公設試と中小企業であるため、ISDN などの狭帯域回線で利用できる必要がある。これまでの研究において、狭帯域回線上でのビデオ画像通信を利用する本システムに適した機能を開発した。これらの機能を実装したビデオツールを用いた実験の結果から、狭帯域回線上での画像情報による技術相談の実施が可能であることを確認した。

しかしながら、いくつかの代表的な技術相談事例について利用実験を行った結果、画面全体に変化の大きな部分が含まれる事例への対応が十分でないことが分かった。遠隔技術相談を進める工程において、技術相談の内容によっては、作業をしている様子の画像が必要となる場合がある。また、診断のポイント部分の変更が頻繁に発生することがある。これらの画像は、画面全体に変化の大きな部分が含まれる画像(以下、変化の大きな画像)である。変化の大きな画像を狭帯域回線で転送しようすると、帯域が不足するため、観察に十分な QoS を確保できなくなってしまう。

[†] 和歌山県工業技術センターシステム技術部
System Technology Department, Industrial Technology
Center of Wakayama Prefecture

^{††} 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

この問題を解決するために本研究では、変化の大きな画像を観察する技術相談事例に対して有効な画像 QoS 設定機能(以下、本機能)を開発した。これは、1画面を注目領域と非注目領域に分け、それぞれの領域について異なる QoS を設定する機能である。本研究では画像符号化に条件付画素補充方式を用い、条件付画素補充方式の設定を QoS の項目と考え、それぞれの領域について異なる設定の条件付画素補充方式を適用する。以下のようにそれぞれの領域に対して条件付画素補充方式を設定する。注目領域については、変化が大きな部分が重要な情報である場合が多いので、ビデオ会議ツールなどと同様な設定の条件付画素補充方式で転送する。つまり、変化の大きな部分は有意画像として転送する頻度を上げるが、変化の少ない部分は非有意画像として転送する頻度を下げる。一方、非注目領域に関しては、非注目領域に含まれる変化の大きな部分が技術相談に不要であると受信側ユーザ(技術相談の専門家)が判断した場合、非注目領域の変化の大きな部分は転送しないようにする。変化の大きな部分が不要な情報であるか否かは受信側ユーザが診断の状況に応じて判断する。以上により、注目領域の QoS を維持した遠隔技術相談が可能となる。

同様な研究として、Kasai らは人間の視野の特性を利用して、注視点から外れていくに従って画質を階層的に変化させる方法をシミュレーションによって評価している²⁾。ここでは解像度によって画質を変化させている。また、鈴木らは、撮影した画像フレームの中から見たい/見せたい部分を指示操作器と指示位置検出制御装置という特別な装置を使って利用者が自由に指示しながら伝送する方式を提案している³⁾。これに対して本研究では、あらかじめ設定した画像領域ごとに条件付画素補充方式の設定を変えるため、技術相談の内容および診断の段階によっては、これらの方法よりも技術相談を円滑に進めることが可能となる。

本論文では、分散ネットワーク環境での技術相談のための画像 QoS 設定機能を提案し、遠隔技術相談に適用した実験結果を示す。以下、2章で遠隔技術相談システムについて述べ、3章で画像 QoS 設定機能の提案を行う。4章では機能を評価する実験を行い、5章で考察を述べる。

2. 遠隔技術相談システム

遠隔技術相談システムは、コンピュータネットワークを介して、送信側に相談者が、受信側に技術相談の専門家が存在する CSCW (Computer-Supported Cooperative Work) の一例であり、受信側にいる専門

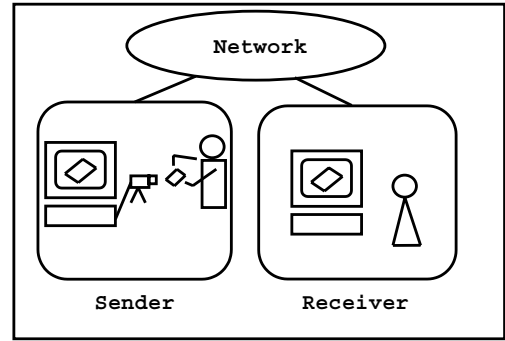


図1 遠隔技術相談システム

Fig. 1 Remote Technical Consultation System.

家が送られてくる画像を観察し、診断することによって技術相談を進めるものである。ここで、技術相談とは公設試が中小企業への技術支援を目的として実施している事業をいう⁴⁾。

本システムのモデルを図1に示す。本システムでは、画像の送信側が相談者であり、受信側が専門家となる。相談者が相談対象物の画像を撮影して転送する。受信側のユーザは、コントロールインタフェースを操作することによって画像の QoS を制御できる。ここでは RTP を利用して、受信側から送信側へコントロール情報を通知している。受信側から制御可能な項目は、画像の送信開始/停止、注目領域の選択範囲、量子化係数 (quality)、色数などである。撮影位置の変更などの指示は、受信側から送信側に対して、音声会議システムまたは電話の利用によって行われる。本システムは H.261 の CIF (Common Intermediate Format) を画像フォーマットとして用いている⁵⁾。

本システムの導入によって相談者の無駄な移動時間と費用を省くとともに地理的制約を克服することが期待される。本システムの利用者は、地方中小企業と公設試である。このため、ネットワーク回線としては、地方中小企業にとって導入の容易な狭帯域回線での利用が要求される。現実的には、ISDN での利用が最も普及すると考えられる。そこで、本システムでは、利用できるネットワーク帯域を 64 kbps 程度と想定する。これまでの研究において、本システムに適した機能およびこれらの機能を実装した遠隔技術相談用ビデオツールを開発してきた。利用画面の例(金属破断面の観察)を図2に示す。

代表的な技術相談事例に対して、遠隔技術相談用ビデオツールによる技術相談の利用実験を実施してきた。利用実験を行った技術相談事例は、金属腐食面の観察、金属破断面の観察、機械部品の分解の様子を観察、寸



図 2 遠隔技術相談の画面例

Fig. 2 Example of remote technical consultation.

法測定の様子の観察，顕微鏡画像による糸の種類判定，布地に発生した傷の観察，プラスチック部品の破壊試験の様子の観察などである。

遠隔技術相談の多くはおおよそ以下の順序によって進められる。

- (1) 診断対象物の全体画像による観察。
- (2) 対象物の様々な角度からの画像による観察。
- (3) 診断のポイントとなる部分の指定。
- (4) カメラのズーム機能を用いてポイント部分を拡大した画像による観察。
- (5) ポイント部分の様々な角度からの画像による観察。
- (6) ポイント部分の画質を高めた詳細な画像による観察。
- (7) 診断のポイント部分が複数ある場合には，ポイント部分の指定から以下を繰り返す。

以上のように，技術相談の内容によっては，対象物の撮影位置の変更や診断のポイント部分の変更が頻繁に発生することがある。ポイント部分を変更しようとすると画面全体を大きく動かすことになってしまう。また，機械部品の分解や，布に発生した傷を調べる場合などでは，作業している様子を観察する必要がある。このとき，画像には観察の対象物と作業者の動きのある指先や工具などが撮影される。これらの画像は，変化の大きな画像となる。このように遠隔技術相談では，内容によって，変化の大きな画像を利用する頻度が高くなる場合がある。

狭帯域回線上で，一般的なビデオツールを用いて，



図 3 注目領域のみ転送

Fig. 3 Only the specified region is transmitted.



図 4 注目領域のみ詳細

Fig. 4 Only the specified region is high quality.

変化の大きな画像を転送しようとする帯域が不足し，画像の QoS を維持できなくなる。そこで，従来の遠隔技術相談では，技術相談に適した注目領域選択機能を利用する¹⁾。ここで，注目領域とは，技術相談の重要な部分が含まれており，利用者が注目している画像領域を示す。技術相談に適した注目領域選択機能では，注目領域を画面の中央付近とし，その周囲の画像を非注目領域とする。注目領域選択機能には，注目領域のみ転送する機能と注目領域のみ詳細にして転送する機能がある。注目領域のみ転送機能による画像例を図 3 に示し，注目領域のみ詳細機能による画像例を図 4 に示す。比較のために，インターネットで広く利用されている映像転送ツールである vic⁶⁾による画像例を図 5 に示す。

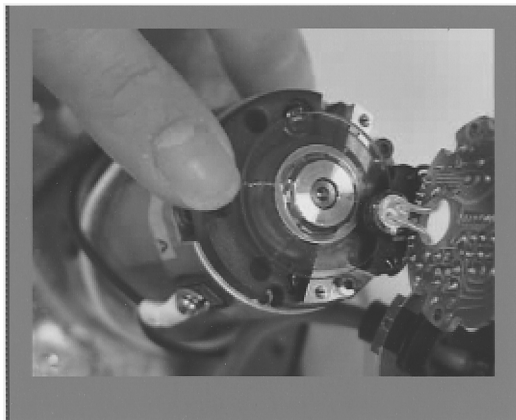


図5 vicによる画像例
Fig. 5 Example of vic.

注目領域のみ転送する機能は、観察に必要な部分だけを取り出して転送することが可能であるため、狭帯域回線での動画転送を可能とする。しかし、転送できる画像の領域が小さくなってしまったため、ユーザは小さな領域の画像によって診断しなければならない。ユーザの観点から考えると、小さな領域の画像による観察での診断は困難である。ユーザは、少しでも大きな領域の画像での観察を要求する。注目領域のみ転送すると、ユーザの要求を満足できなくなってしまう。

一方、注目領域のみ詳細にして転送する機能は、異なる画質の画像を1画面に混在させて転送する機能であり、注目領域は高画質なカラー画像として転送し、非注目領域は低画質なモノクロ画像として転送する。この場合には、全体のイメージを観察しながら、診断に必要な部分は詳細に観察することが可能となる。しかし、この機能を用いた画像の場合には、非注目領域は低画質なモノクロ画像となるため、機械部品の分解作業などにおいて作業の途中で診断のポイント部分が注目領域から外れると観察できなくなる。このため、診断のポイント部分が注目領域に含まれるように位置決めをする必要がある。注目領域選択機能では、注目領域を画面の中央部分に固定しているため、ポイント部分が画面の中央部に位置するように撮影する必要がある。注目領域を任意の位置に設定できるようにする方法も考えられるが、この方法を用いても、診断のポイント部分が注目領域に含まれるようにする作業は必要となる。

また、診断のポイント部分が複数あり、観察するポイント部分を変更したい場合、受信側のユーザは、撮影位置の変更を依頼するために、撮影位置の目印となる部分の色や形を送信側へ伝える。しかし、注目領域

のみ転送する場合には、受信側ユーザには、注目領域から外れた領域に含まれるポイント部分が見えないため、受信側ユーザはその部分の撮影を指示することができない。注目領域のみ詳細の場合では、非注目領域は低画質なモノクロ画像であるため、非注目領域にあるポイント部分の目印となる部分は、受信側には正確に表示されない。このため、受信側ユーザは、非注目領域にあるポイント部分の目印をその色や形で伝えることができない。

以上のように、狭帯域回線で変化の大きな画像を転送するためには、注目領域選択機能は有効であるが、遠隔技術相談を進める工程において課題が残されている。

変化の大きな画像を用いて技術相談を実施する場合に、本システムに要求される項目をまとめると以下のようになる。

- (1) 送信側が撮影した画像は、画面全体に大きく変化する部分を含む。
- (2) 注目領域は観察・診断に必要なため、受信側ユーザが要求する QoS を維持する必要がある。
- (3) 利用できるネットワークは 64 kbps 程度の狭帯域回線である。
- (4) 帯域が不足するため、すべての情報を転送することはできない。
- (5) 受信側ユーザは、できるだけ多くの情報を獲得したい。

これらの条件を満足するために、以下の方法が有効である。注目領域は、診断に必要な画像であるため、ユーザが要求する QoS を満足する画像として転送する。一方、非注目領域の画像に関しては、注目領域と異なる QoS を設定することで、帯域が許す範囲において転送可能な部分を優先して転送するようにする。この方法によって、観察に必要な注目領域の QoS の維持が可能となり、同時に非注目領域に関して、帯域が許す範囲において、より多くの領域の転送が可能となる。

そこで、この方法を実現するために、変化の大きな画像による技術相談事例への対応を考慮して、非注目領域の画像について以下の方法を検討した。

- (1) 非注目領域のフレームレートを下げる方法。
- (2) 変化の少ない部分を優先して転送する方法。
- (3) 変化の大きな部分を優先して転送する方法。

(1) は、非注目領域のフレームレートを下げることで、注目領域の QoS を維持しようとする方法である。しかし、この方法では、非注目領域に変化が大きな部分が含まれるにもかかわらず、フレームレートを下げ

てしまうことになる。このため、注目領域と非注目領域の間で不自然な不連続部分ができてしまい、ユーザにとって観察しにくい画像となってしまう。

(2) は、非注目領域の画像のなかで、あるしきい値と比較して変化の少ない部分は転送するが、変化の大きな部分は転送しないことにより、注目領域の QoS を維持しようとする方法である。(1) と比較して、非注目領域における変化の大きな部分について転送しないため、その部分は受信側では表示されない。したがって、(1) のように不自然な不連続部分が発生することはない。注目領域と非注目領域の境界において不自然な不連続部分が発生すると観察しにくいので、遠隔技術相談においては (2) のように表示しない方が観察しやすい。(3) は、非注目領域の画像のなかで、あるしきい値と比較して変化の大きな部分は転送するが、変化の少ない部分は転送しない方法である。

(2) および (3) については以下の理由により、(2) の方法は遠隔技術相談に有効であるが、(3) の方法は遠隔技術相談には適さないと考える。遠隔技術相談用ビデオツールでは、画面の中央部分を注目領域とし、周囲の部分を非注目領域としている。観察のポイント部分が画面の中央に位置するように撮影すると、観察に必要な情報は注目領域に含まれる。このとき、非注目領域には、観察のポイント部分の周囲や、工具、作業者の手、背景などが撮影される。これらの工具や作業者の手など周囲の画像は、変化の大きな部分であっても、観察には不要な情報である。したがって、転送しなくても技術相談に支障をきたさない。(3) の方法のように変化の大きな部分を優先して転送すると、帯域が不足する。さらに、先に述べたように、技術相談の場合、非注目領域の変化の大きな画像は、観察には不要な情報である場合が多い。観察には不要な情報である場合に、その画像を転送する必要はない。したがって、遠隔技術相談には (2) の方法が適する。このほかに注目領域に近いところから順に送る方法が考えられる。これは、注目領域選択機能の画像サイズの変更で実現できる。しかし、変化の大きな部分を含む画像の場合には、注目領域を大きくすることはできないため、ユーザは小さな領域によって観察しなければならない。

以上の考察から、変化の大きな画像による技術相談事例へ対応するためには、非注目領域の画像に関して、変化の少ない部分を優先して転送し、変化の大きな部分を転送しないように QoS を設定する機能が有効である。

3. 画像 QoS 設定機能

3.1 機能の概要

狭帯域回線において、変化の大きな画像による技術相談を実施するためには、非注目領域の画像に関して、変化の少ない部分を優先して転送し、変化の大きな部分を転送しないように非注目領域の画像の QoS を設定する機能が有効である。そこで、本研究では、画像符号化方式として条件付画素補充方式を利用し、条件付画素補充方式の設定を画像の QoS の 1 つと考え、注目領域と非注目領域について、異なる設定の条件付画素補充方式を適用する画像 QoS 設定機能を開発した。

条件付画素補充方式は、インターネットでのビデオツールとして広く利用されている vic^(6),7), nv⁽⁸⁾, CU-SeeMe などに実装されている画像符号化方式である。インターネットは、パケットロス率が著しく変化し、かつ、パースト的にパケットロスが発生する特性を持つネットワーク環境である⁽⁹⁾。このため、前のフレームを利用するフレーム間符号化は効果が少ない。インターネットのビデオツールでは、この点を考慮してフレーム間に依存する圧縮は行わず条件付画素補充方式が多く利用される。これらのビデオツールにおける条件付画素補充方式の設定では、変化の大きい部分を有意画像として、符号化および転送する頻度を上げている。一方、変化の少ない部分は非有意画像として、転送しないか転送する頻度を下げることによって画像圧縮を行っている。ビデオ会議などでは、変化の大きな部分(有意画像)は人間の顔、特に口、目などであり、その他のあまり動かない部分(非有意画像)は背景など、重要ではない場所であることが多い。それらの部分は、少なくとも 1 フレーム分のメモリがあれば、その部分の画像は前画面までに得られていることになる。したがって、改めてその部分の値を送る必要はない。以上より、この設定は、ビデオ会議など、画面全体に占める有意画像の割合が少ない場面において有効である。

本システムはインターネットなどでの利用も想定しているため、画像符号化として vic に実装されている条件付画素補充方式を利用している。しかし、ビデオ会議を目的とした設定の条件付画素補充方式をそのまま遠隔技術相談に利用すると、変化の大きい部分をすべて有意画像として符号化・転送してしまうため、遠隔技術相談の観察を進めるにあたって、不要な情報であっても変化の大きな部分は符号化・転送することになる。特に変化の大きな画像による技術相談に利用し

た場合、画面全体に占める有意画像の割合が多くなる。この結果、帯域が不足してしまい、技術相談を実施するために必要な画像の QoS を維持できなくなる。そこで、本研究では、条件付画素補充方式の設定を画像の QoS の 1 つと考え、注目領域と非注目領域について、異なる設定の条件付画素補充方式を適用する機能を開発した。従来の条件付画素補充方式の実装では、1 画面は一様な設定で画像を符号化しているのに対して、本研究で提案する機能では、1 画面を 2 つの領域に分割して、それぞれの領域ごとに異なる設定を適用している点に特徴がある

3.2 機能の実装

本機能は、注目領域と非注目領域について、異なる設定の条件付画素補充方式を適用する機能であり、1 画面中に異なる設定の条件付画素補充方式による画像を混在させて転送することが可能となる。本研究では、非注目領域の画像に関して、変化の少ない部分を優先して転送し、変化の大きな部分を転送しないように非注目領域の条件付画素補充方式を設定する。

注目領域と非注目領域は、注目領域選択機能によって分けられる¹⁾。本研究では、H.261 の CIF を画像フォーマットとして利用しており、注目領域として、1/6CIF、2/6CIF、4/6CIF を設定している。1/6CIF は中心部分の 1/6 の範囲の画像である。CIF は縦 18 個と横 22 個の合計 396 個のマクロブロックから構成されるのに対して、1/6CIF は縦 6 個と横 11 個の合計 66 個のマクロブロックから構成される画像である。2/6CIF、4/6CIF も同様の画像を示す。H.261 のマクロブロックは、マクロブロック・アドレス、マクロブロック・タイプ、量子化情報、ブロック・データなどから構成される⁵⁾。本機能では、空間的な位置情報を与えるマクロブロック・アドレスを利用して、それぞれのマクロブロックが注目領域に含まれるのか非注目領域に含まれるのかを判断し、含まれる領域ごとに設定した条件付画素補充方式を適用する。

それぞれの領域に対して以下のように条件付画素補充方式を設定する。注目領域については、変化の大きな部分が重要な情報である場合が多いので、ビデオ会議ツールなどと同様な設定の条件付画素補充方式で転送する。つまり、変化の大きな部分は有意画像として転送する頻度を上げるが、変化の少ない部分は非有意画像として転送する頻度を下げる。一方、非注目領域に関しては、変化の大きな部分が技術相談に不要であると受信側（専門家）が判断した場合、変化の少ない部分は転送するが、変化の大きな部分は転送しないようにする。以上により、注目領域の QoS を維持した

画像転送が可能となる。

注目領域選択機能は、H.261 のデータ階層構造を利用しており、マクロブロック単位での選択が可能である。そこで、本機能では、マクロブロックごとにその変化を一定のしきい値と比較し、それぞれの領域における設定に応じた処理を行う。各マクロブロックの変化量は、次のように測定する¹⁰⁾。

$$\left| \sum_{k=1}^n (r_k - x_k) \right| = D$$

ここで、 r_k は 1 つ前のピクセルの輝度、 x_k は新しいピクセルの輝度、 D は変化量を示す。

すなわち、各マクロブロックごとに、1 つ前のフレームと新しく符号化しようとするフレームの間において同じ位置にある各ピクセルの輝度の差の総和の絶対値を求め、その値を変化量とする。本研究では、 $n = 256$ とした。その変化量をしきい値と比較することによって、マクロブロックごとに変化の大きな部分であるか否かを判断する。ここでしきい値には 48 を用いた。変化量が 48 より大きなマクロブロックは、変化の大きな部分であると判断する。この 48 は、文献 10) によって、実際の利用においてうまく機能することにより決められた値である。

本機能の動作は、受信側から RTP (Real-time Transport Protocol)¹⁾によってコントロールされる。受信側にいる技術相談の専門家は、診断の進捗段階によって、観察するポイントおよび画像の QoS を変更したい。遠隔技術相談用ビデオツールでは、この点を考慮して、受信側から QoS を操作できる機能を RTP によって実装している。RTP には、RTP とコントロール用プロトコルである RTCP が含まれている。本研究では、コントロール情報を管理する RTCP を用いて受信側から QoS を制御する。具体的には、受信側のユーザがコントロールインタフェースを操作すると、その設定内容が RTCP によって、受信側から送信側ビデオツールに通知される。送信側ビデオツールでは、その設定内容に応じた QoS を設定する。本機能も、受信側のコントロールインタフェースから、機能を適用するか否かを操作することができる。このほかに、受信側からコントロールできる機能（項目）は、注目領域の選択範囲、量子化係数（quality）、色数、フレームレートなどである。受信側のユーザが技術相談の場面に応じて有効な機能を判断し選択する。本機能もすべての場面において利用するのではなく、本機能が有効であると受信側のユーザが判断した場合に利用する。

4. 機能の評価

開発した機能を遠隔技術相談用ビデオツールに実装し、本機能の実用性と有効性の確認を目的として、実際の技術相談事例に対して利用実験を行った。技術相談の専門家による評価と、帯域、フレームレートおよび受信側に表示されるまでの表示時間について、vic および従来の遠隔技術相談で利用される注目領域のみ詳細機能と比較し、評価した。

4.1 実験

利用実験の対象には実際の技術相談事例を用いた。これは、サーボモータの動作が不安定になるというトラブル対策である。送信側の相談者がサーボモータを分解の様子と部品を撮影し、転送する。受信側の専門家は、送られてくる画像を観察し、診断するものである。実験に用いた部品の概観を図 6 に示す。トラブルの原因は、オプティカルエンコード部分にある回転板に亀裂が発生していることであった。実験には、サーボモータの内部にあるオプティカルエンコード部分を分解し、回転板に発生した亀裂が観察できるまでの画像を使った。

実験環境として、送信側に画像入力用のビデオカメラを接続した SGI Indy (200 MHz MIPS R4400SC) を用い、受信側には SGI Indy (150 MHz MIPS R5000) を使用した。実際の運用に近いネットワーク環境で評価するために、2 台のワークステーションは ISDN シミュレータを介して ISDN による接続を行い、PPP を用いて通信した。利用できる最大の帯域幅は 64 kbps とした。

本機能の条件は次のとおりとした。画像サイズは CIF とし、注目領域の大きさは $1/6$ CIF とした。これは、CIF に対して画像の中心部分の $1/6$ の範囲の画像

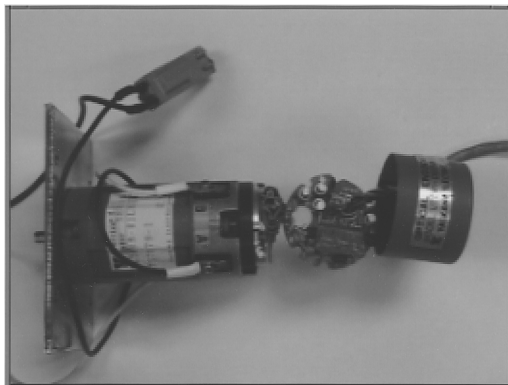


図 6 実験に用いた部品の概観

Fig. 6 Overview of the experimented part.

である。CIF は 396 個のマクロブロックに分割されるのに対して、 $1/6$ CIF は 66 個のマクロブロックを利用する。また、画素数では、CIF の 352×288 に対して、 $1/6$ CIF は 176×96 となる。注目領域の量子化係数は、10 に設定した。本システムにおいて量子化係数 = 1 が最も高品質であり、量子化係数 = 30 が最も低品質となる。非注目領域の量子化係数も同じく 10 に設定した。フレームレートの最大値は 8 fps とした。vic の条件は、画像サイズは CIF とし、量子化係数は 10、フレームレートの最大値は 8 fps に設定した。注目領域のみ詳細機能の条件は、画像サイズは CIF とし、注目領域の大きさは $1/6$ CIF とした。注目領域の量子化係数は 10 でカラー画像とし、非注目領域の量子化係数は 30 でモノクロ画像に設定した。フレームレートは 8 fps とした。注目領域のみ詳細機能による画像例は図 4 に示し、vic による画像例は図 5 に示した。

本機能と vic および従来の遠隔技術相談で利用する注目領域のみ詳細機能との比較のために行った実験の条件は次のとおりである。実験対象には、専門家による評価に用いた画像と同じものを利用した。ここでは、サーボモータのオプティカルエンコード部分の回転板を作業者の指によって時計方向に 180 度回転させ、回転板に発生した亀裂を受信側で確認するという動作を繰り返した。本機能、vic および注目領域のみ詳細機能のそれぞれにおいて 15 回実験し、その平均値を求めた。受信側において、回転板が 180 度回転したかどうかの判断は、回転板に発生している亀裂を目印として判断した。実験環境および画像サイズ、量子化係数などの条件は、専門家による評価のための実験と同じである。

4.2 評価結果

本機能を用いた実験中の画像例を図 7 に示す。図 7 に示すとおり、本機能の実装によって、1 画面を注目領域と非注目領域に分け、注目領域に関しては、変化の大きな部分（作業者の指と回転板）も転送・表示されているが、非注目領域に関しては、変化の大きな部分は転送・表示されていないことが分かる。図 7 において、表示されていない箇所が変化の大きな部分である。ここには、作業者の指が撮影されている。また、わずかではあるが、作業者の指以外の部分において転送されない箇所がある。これは、作業者の指の動きによって照明や影などの影響を受け、この部分に大きな動きがあると判断したためである。しかし、これらはいずれも非注目領域に含まれるため、転送しなくても技術相談に支障をきたさない。以上より、本機能の実装が目的どおりに動作していることを確認した。

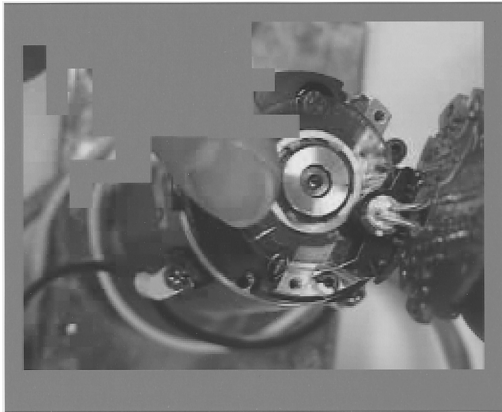


図7 本機能による画像例
Fig. 7 Example of the developed function.

次に、技術相談の専門家に本機能の評価を委ねた結果を示す。

- 本機能による画像では、注目領域の画質と非注目領域の画質が同じであるため、分解作業の途中で観察のポイント部分が注目領域から外れ、非注目領域に入ってしまった場合、注目領域と同じ画質の画像として観察を続けることができる。
- 本機能を実装したビデオツールの画像によって、サーボモータの回転板に発生した亀裂の観察が可能であった。亀裂部分を作業者が指示している様子の観察も可能である。
- 観察に必要な注目領域に関して、動きのある画像を高画質な画像として詳細に観察することが可能である。注目領域には、分解中のサーボモータが詳細に表示される。
- 本機能による画像では、注目領域の画像は変化が大きな部分であっても転送されるため、作業の様子の観察が可能であった。亀裂がよく見えるようにサーボモータを傾けたり、モータの軸を指で動かし回転板を回すようすなどが観察できた。技術相談を実施するために十分な QoS が維持できる。
- 背景にあたる部分は転送されるため、全体のイメージの理解が可能である。オプティカルエンコード部における回転板の位置関係などが分かる。
- 観察したい部分が注目領域に含まれるように撮影位置の変更を指示する場合、部品の色によって指定すると、どの部分を注目領域に含むように撮影すればよいかを伝えやすい。本機能では、非注目領域においても、変化の少ない部分は、注目領域と同じ量子化係数のカラー画像として転送され

表1 帯域とフレームレート
Table 1 Traffic and frame rate.

	本機能	vic	注目領域のみ詳細
帯域 (kbps)	54.2	57.6	55.6
フレームレート (fps)	4.0	2.3	3.9

表2 表示時間
Table 2 Display time.

	本機能	vic	注目領域のみ詳細
表示時間 (sec.)	2.0	4.5	2.0

るため、観察したい部分の指定をその部分の色や形で伝えることができる。

技術相談の専門家による評価から、本機能によって変化の大きな画像を観察する技術相談事例に対して有効に機能していることが分かった。

次に比較のために行った実験結果を示す。表1に帯域とフレームレートの平均値を示す。表2に表示時間の平均値を示す。ここで、表示時間は、変化した画像が受信側のディスプレイに表示されるまでの時間をいう。比較のために行った実験結果から、本機能の実装は、注目領域のみ詳細機能と同程度の効果があることが分かった。

5. 考 察

本機能は遠隔技術相談の作業の工程において有効に動作し、本機能によって注目領域の QoS を維持した遠隔技術相談が可能であることを確認した。帯域、フレームレート、表示時間の比較実験から、本機能は、注目領域のみ詳細機能と同程度の改善が図れることが分かった。さらに、利用者から以下の効果について良好な評価を得た。

本機能によって、受信側ユーザは、作業の途中などで観察したいポイント部分が注目領域から外れても、その部分が変化の少ない画像であれば、注目領域と同じ画質の画像として観察を続けることができる。これは、本機能では注目領域の画質と非注目領域の画質を同じにすることができるため可能となる。注目領域のみ詳細機能による画像の場合には、観察ポイントが注目領域から外れると、その部分が変化の少ない画像であっても画質が下がってしまうため、観察を続けることができない。注目領域のみ転送機能による画像の場合には、注目領域から外れた部分は受信側には転送されない。本機能によって、非注目領域の変化の大きな部分を転送しないことで、注目領域の QoS の維持が可能であるとともに、受信側ユーザは、非注目領域の変化の少ない部分を注目領域と同様に観察することが

可能となる。これは、画像の観察によって診断を進める技術相談には有効である。

さらに、本機能は、観察のポイント部分が注目領域に含まれるように指示する場合に有効である。受信側ユーザ(技術相談の専門家)は、観察したい部分を変更したいとき、その部分の色と形を送信側ユーザに伝えることが多い。本機能では、非注目領域が変化の少ない画像であると、注目領域と同じ量子化係数のカラー画像として表示される。受信側ユーザは、観察したい部分が注目領域に入るように指示するとき、本機能の画像を用いると観察したい部分の色と形を正しく送信側に伝えることができる。vicを用いた場合には、画面全体が同じ量子化係数の画像として表示されたため、観察したい部分の色と形を伝えることは可能である。しかし、狭帯域回線において vic を使った場合には、位置決めのために撮影対象物を動かすと画面全体が大きく変化することになり、フレームレートが下がってしまう。このとき、変化した画像が受信側に正しく表示されるまでに時間を要することになり、技術相談を効率的に進めることができない。注目領域のみ詳細機能のように、非注目領域をモノクロ画像にし量子化係数を下げると、色による指定はできない。また、形で指定する場合においても、サーボモータ内部の微小な部品などの場合には、画質を下げると形が正しく表示されないため、どのような形の部品を見たいかを伝えることは難しい。注目領域のみ転送機能による画像の場合には、注目領域から外れた部分は受信側には転送されない。本機能によって、遠隔技術相談において頻繁に発生する観察ポイントの変更が円滑に行える。

6. おわりに

本論文では、技術相談のための画像 QoS 設定機能について述べた。この機能を遠隔技術相談用ビデオツールに実装し、実際の技術相談事例に対して利用する実験を行った。実験結果より、提案した機能が有効に働き、非注目領域に動きの大きな対象が含まれていても、その部分を転送しないことで、注目領域の画像の QoS を確保した狭帯域回線上での遠隔技術相談が可能となることが示された。さらに、遠隔技術相談を進める工程において、非注目領域の変化の少ない部分が注目領域と同様に観察できることに関しても利用者から良好な評価を得た。本機能は、これまでに開発してきた機能と組み合わせて利用することができるため、相談内容や場面に応じて、本機能とすでに開発した機能とを使い分けることによって、より多くの分野の技術相談への対応が可能となる。今後は、遠隔技術相談の工程

における各機能の有効な利用方法についての検討を進めるとともに、マルチキャスト環境下におけるこれらの機能の有効性について評価を行っていく予定である。

謝辞 本研究を進めるにあたり、機能の開発にご協力いただいた和歌山大学の西出陽子君〔現(株)サイパーリンクス〕に感謝いたします。また、実験・評価にご協力いただいた和歌山県工業技術センターシステム技術部の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 井口信和, 内尾文隆: 遠隔技術相談システムに適した画像制御機能, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.10, pp.1937-1944 (1997).
- 2) Kasai, H., Kodama, M., Maeda, K. and Tominaga, H.: A Visual Infomation Model with Hierarchical Image Coding, *Proc. Multimedia Japan 96*, pp.102-105 (1996).
- 3) 鈴木 元, 岡田敦嗣, 河野隆志: 可動視点形撮像表示方式を用いた画像コミュニケーション環境, 計測自動制御学会第9回ヒューマンインターフェイスシンポジウム論文集, pp.399-404 (1993).
- 4) 井口信和, 渡辺健次, 内尾文隆: 和歌山県工業技術センターにおけるインターネット活用事例, 信学技報, Vol.95, No.13, pp.29-34 (1995).
- 5) ITU-T: Video codec for audiovisual services at p*64kb/s, ITU-T Recommendation H.261 (1993).
- 6) Jacobson, V. and McCanne, S.: video conferencing tool, Lawrence Berkeley Laboratory. Software on-line. <ftp://ftp.ee.lbl.gov/conferencing/vic>.
- 7) McCanne, S. and Jacobson, V.: vic: A Flexible Framework for Packet Video, *Proc. ACM Multimedia 95* (1995).
- 8) Frederick, R.: Experiences with real-time software video, *Proc. 6th International Workshop on Packet Video* (1994).
- 9) Bolot, J.-C.: End-to-End Packet Delay and Loss Behavior in the Internet, *Proc. SIGCOMM '93* (1993).
- 10) McCanne, S., Vetterli, M. and Jacobson, V.: Low-complexity Video Coding for Receiver-driven Layered Multicast, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.16, No.6, pp.983-101 (1997).
- 11) Schulzrinne, H., et al.: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC1889 (1996).

(平成 11 年 4 月 26 日受付)

(平成 12 年 7 月 5 日採録)



井口 信和(正会員)

昭和 61 年三重大学農学部農業機械学科卒業。昭和 63 年同大学院修士課程修了。同年(株)豊田自動織機製作所入社。平成 4 年和歌山県工業技術センター研究開発部研究員。平成 12 年同センター副主査研究員。現在に至る。コンピュータネットワーク, QoS の研究に従事。電子情報通信学会, 電気学会各会員。



床井 浩平(正会員)

昭和 57 年舞鶴工業高等専門学校電気工学科卒業。昭和 59 年豊橋技術科学大学情報工学系卒業。昭和 61 年同大学院修士課程修了。同年和歌山大学経済学部助手, 同講師, 助教を経て, 平成 9 年同大学システム工学部助教授。形状モデリングとレンダリングアルゴリズムおよび通信ネットワークのグラフィックスへの応用に関する研究に従事。



内尾 文隆(正会員)

昭和 57 年大阪電気通信大学工学部電子工学科卒業。同年大阪大学工学部研究生。昭和 59 年名古屋商科大学助手。昭和 61 年大阪大学産業科学研究所教務職員。昭和 63 年大阪大学工学部通信工学科助手。平成 2 年和歌山大学経済学部講師。平成 4 年同助教授。平成 7 年同大学システム工学部助教授。現在に至る。コンピュータネットワーク, QoS の研究に従事。工学博士。電子情報通信学会会員。