

要求駆動型ビューア DDV の設計と実装

神武 直彦[†] 山本 吉伸^{††} 安西 祐一郎[†]

[†] 慶應義塾大学 ^{††} 電子技術総合研究所

E-mail: kohtake@aa.cs.keio.ac.jp, yoshinov@etl.go.jp, anzai@aa.cs.keio.ac.jp

ネットワークを介したコミュニケーションに比べて、直接対面して行うコミュニケーションの方が柔軟性に富んでおり、効率的な会合を持てたとの印象(メディア不協和感)を受けやすい。本稿ではこのメディア不協和感の1つの要因として、コミュニケーションメディアにおける受信者の能動性の制約に注目し、その制約を緩和するためにいくつかの要件を挙げた。そしてその要件を具体化したものとして要求駆動型ビューアシステム DDV(Demand Driven Viewer) システムを設計・実装した。DDV システムにより、複数の受信者の各々の要求に応じた映像表示、広範囲の連続映像の撮影、入力の直接操作性が向上した。これらの改善点から、受信者の能動性の制約が緩和されることを示した。

Demand Driven Viewer - DDV -

Naohiko Kohtake[†] Yoshinobu Yamamoto^{††} Yuichiro Anzai[†]

[†] Keio University

^{††} Electrotechnical Laboratory

In our experience, we feel something strange in a mediated communication compared to a direct communication. We think the restricted activity of the user is one of the reason of this feeling. To reduce this restriction, we propose our DDV (Demand Driven Viewer) SYSTEM. The DDV SYSTEM provides a wide range motion picture, and allows each user to see wherever he wants to see. And to choose the picture the user wants to see, DDV SYSTEM has a direct manipulation system to change their field of view.

1 はじめに

ネットワークを介したコミュニケーションに比べて、直接対面して行うコミュニケーションの方が柔軟性に富んでおり、効率的な会合を持たせたとの印象を受けやすい[山本 他 95]。そのためネットワークが整備された企業や研究機関においても、直接対面して行う会議の重要性は失われてはいない。この印象(メディア不協和感)の要因の1つとして「受信者の能動性」に注目する。能動性とは自主的に他に働きかけて自分の要求を満たすことを意味する。たとえばテレビ会議システムでは、通信回線容量や各参加者の画面面積に制約があるため、議長が映像をブロードキャストする方法、音声入力のある参加者の映像をブロードキャストする方法が用いられており、受信者の能動性に制約がある[A.Sellen 92][M.Sohlenkamp *et al.* 94]。

本稿では、この制約を緩和する新しいメディアとして「要求駆動型ビューアシステム DDV(Demand Driven Viewer)」を設計・実装する。このシステムは、複数のカメラモジュールで撮影された広範囲の連続した映像の中から、複数の受信者が各々の要求によって映像を見ることができるとを旨としたシステムである。以下、DDV について報告する。

2 要求駆動型ビューア DDV

2.1 設計

2.1.1 複数の受信者の映像要求への対応

コミュニケーションシステムにおいて、複数の受信者が同じ送信者側の空間を見ている場合、各々が要求する映像は様々であることが予想される。従来のシステムでは、可動カメラを設置して受信者の要求した映像を撮影する方法[W.Gaver *et al.* 95]等が用いられている。しかし、その様な方法では受信者の増加に伴ってカメラの台数を増やさなくてはならず、通信回線容量も増大する。

複数の受信者からの映像要求に対応するためには、従来の通信回線容量を保ちながらも、共有した映像の選択権が特件の受信者やコンピュータに委ねられるのではなく、各々の受信者が自分の要求に対応した部分を選択できることが望まれる。DDV ではそれを可能にするために、送信者側の水平 360°の映像を複数のカメラで撮影し、得られた映像を1つの連続した映像と

してメインメモリに保存する(図1)。そして、各々の受信者はその映像の中から要求した1画面分の映像だけを選択できるようにする。そのため各々の受信者が映像取得に必要なとする通信回線容量も低く抑えることができる。

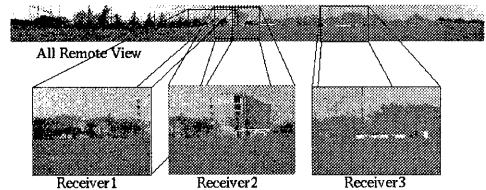


図1: 同時に映像要求可能

2.1.2 映像撮影

DDV では 360°の映像撮影を行うために、一点を中心として広角レンズを付けた複数のカメラを放射線状に並べることで連続的に撮影する(図2)。そしてその複数のカメラからの映像を合成し、仮想的な1つの映像として扱うことにより連続的な表示を可能にする。将来的には水平 360°の映像だけでなく垂直方向の映像も要求されることも考えられるが、その問題はカメラの台数の増設、魚眼レンズの利用などの方法で対処できると考えている。

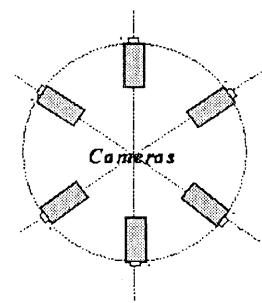


図2: カメラの配置

2.1.3 入力方法

対面して行うコミュニケーションの場合、参加者は自分の位置する場所において、眼もしくは首を動かすことで視覚的注意の対象を見ることができる。DDVでは水平 360°の広範囲の映像を見られることを目指しているため、頭の動きをトラッキングすることで受信者の要求を反映した入力になると考える。

人間は静止していると思っていても微妙に体が動くことがある。図 3はある被験者の頭頂部にトラッカーを設置し、1 分間体の動きを静止するように指示した場合の頭の水平角度の時間的遷移である。

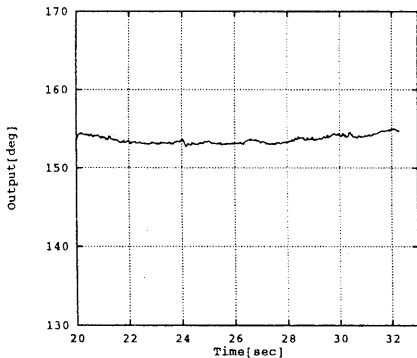


図 3: 静止した頭の水平角度の時間的遷移

このような動きは受信者の映像要求を正確に反映したものであるとはいえないため、「トラッキングデータ補正アルゴリズム」を提案する。このアルゴリズムでは、ある一定時間毎にその時表示されている映像の角度とトラッキングによって得られた角度を比較し、その差が一定角度以内である場合、頭のブレによるものとみなしてその変化を映像には反映しないようにする。また一定角度以上の場合、次に角度を比較するまでの間トラッキングによって得られた角度をそのまま映像に反映させるようにする。これにより受信者の要求をより正確に抽出できるようになる。このアルゴリズムを図 4に示す。

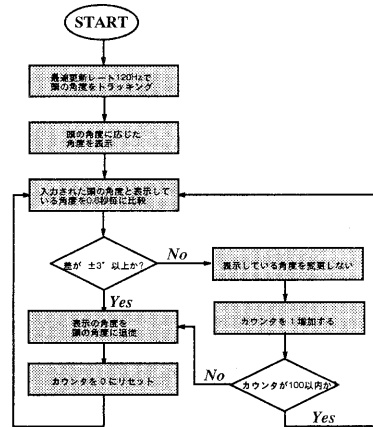


図 4: トラッキングデータ補正アルゴリズム

5人の被験者に、静止画を頭を動かさずに見るように指示した。そして20秒間トラッキングした後、その間の最大値を頭のブレのしきい値とした。全員の平均値は約3°であったので、この場合しきい値を3°に設定した。

2.2 実装

受信側から送信側へ映像を要求するまでの流れは以下の通りである(図5)。

1. Tracking Receiver の位置を基に頭の回転角度を断定する(最速更新レート: 120Hz)
2. シリアルケーブルを介し、トラッキングされた値が PC/AT 互換機へ送信される(伝送速度: 9600bps)
3. PC/AT 互換機において頭の回転角度の値を補正
 - (a) 一定範囲内の変化しかない場合
頭のブレによる動きと見なし、映像表示の場所を固定
 - (b) 一定範囲以上の変化の場合
映像を要求するための動きと見なし、送信側へ映像要求

送信側からは以下のように映像を転送し、受信側の Head Mounted Display (以下 HMD) に表示する。

1. 複数のカメラからの映像をキャプチャボードを通じて取り込み、それらの映像をつなげ1つの映像として扱う
2. 各々の受信側から選択要求された映像を Motion-JPEG で圧縮した後に送信
3. 受信側に送られた映像は伸長された後に NTSC 出力から HMD に表示

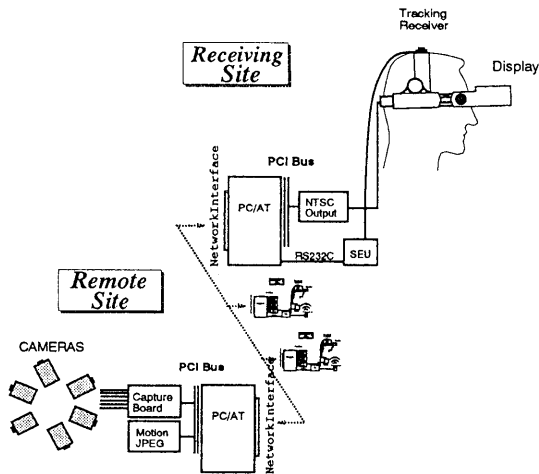


図 5: DDV システムの構成

3 評価

本節では DDV の構築により、受信者の制約がどの程度緩和されたかを評価する。

3.1 複数の受信者の映像要求への対応

DDV では、各々の受信者が広範囲の映像の中から自分の要求に対応した 1 画面分の映像を選択できるようにした。受信者が映像取得に必要とする映像回線容量が低く抑えられることを示すために、受信者の人数に対する映像更新レート (fps) を測定した。

一台の PC(主記憶:32MB CPU:Pentium133MHz) において送受信を行った。送信側は 640×480 pixel の連続映像を 4fps で更新している。それに対して各々の受

信側はその中から 20×15 pixel の同一映像を表示する。受信者が増加することによる fps の変化を測定した。それぞれ 10 回ずつ測定した。最高・最低・平均値を図 6 に示す。

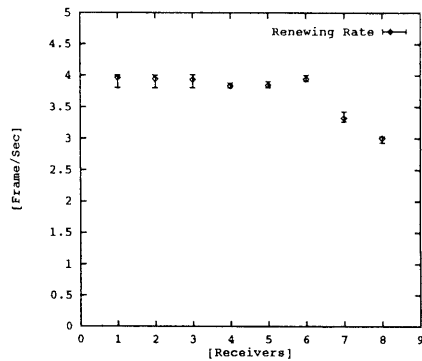


図 6: 受信者数に対する映像更新レート

送信・受信両方を 1 台の PC で行なったため、9 人以上の受信者数では測定が不可能であった。しかしこの図からも分かるように受信者数の増加の割合に対して映像更新レートはあまり減少しておらず、各受信者に必要とされる通信回線容量は低く抑えられているといえる。また受信者が取得する映像の解像を下げることで映像更新レートが増加すると考える。

3.2 映像撮影

DDV では一点を中心としてカメラを放射線状に並べることで映像を連続的に撮影するようにした。2 台のカメラモジュールによって撮影された映像の接合部を図 7 に示す。

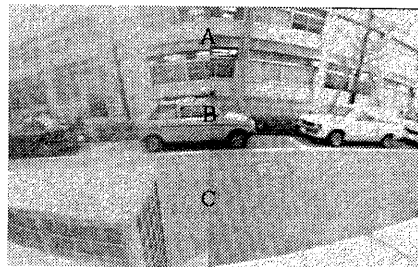


図 7: 連続的に撮影された映像

カメラモジュールからある一定の距離に存在する対象物 (B 点) の映像には整合性があるが、それ以外の場所にある対象物の映像は整合性がない (A, C 点)。この原因は、中心とした一点から各々のカメラモジュールのレンズまでの距離によるものだと考えられる (図 8)。2 台のカメラによって連続的に撮影された映像はレンズからの距離が近いと映らず (C 点)、遠いと重なる (A 点)。

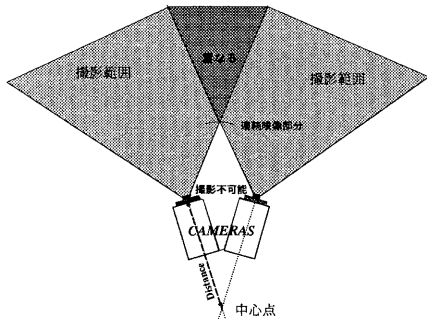


図 8: 撮影範囲

図 8 のような配置では中心点から一定の距離の円周上の映像は連続的に撮影可能であることがわかる。しかし動画は撮影対象の位置が変化するためこの制約を解消することが重要である。従って図 9 のようにカメラモジュールを配置することを考える。

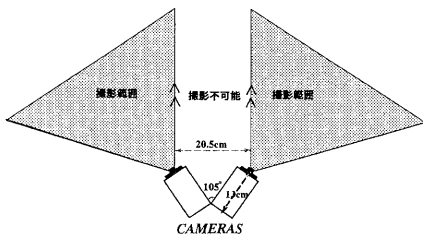


図 9: 撮影範囲が平行

この配置ではとなり合った映像の接合部がカメラモジュールの長さにより約 23cm 程度撮影不可能になるが、撮影可能の場所は重なりなしで撮影することが可能である。図 9 からわかるように、中心点からカメラ

までの距離をなくすことで撮影不可能の部分なくなると予想される。連続映像を撮影するための理想のカメラ配置は、中心点に視野角 90° のレンズを付けたカメラを 90° ずつずらして 4 つ配置することである。しかし実際にカメラを同じ場所に 4 つ配置することは物理的に不可能である。この物理的な制約を解消するために、鏡を利用して仮想的に同じ場所にカメラが配置してあるようにすることが可能である (図 10)。側面が鏡になっている四角すいを頂点が下になるように設置し、4 台のカメラをレンズから鏡までの距離と鏡から四角すいの中心軸までの距離が等しくなるように配置する。これにより 4 台のカメラすべてが一点に 90° ずつずらして配置してあるのと同じアングルで映像を撮影することが可能になる。

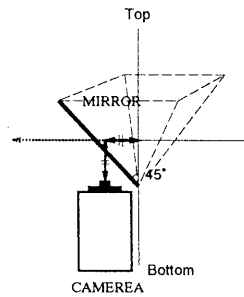


図 10: 鏡を用いた広範囲撮影法

3.3 入力直接操作性

頭の回転角度を認識してその値を入力としたが、このような入力方法によって、対面して行うコミュニケーションと同じく、自分の位置する場所において頭を動かすことで要求した映像を見ることが可能になった。例えば右方向を見るときにスイッチングの場合では顔は正面を向いたままで手によって映像を選択しなければならなかったが、この方法により頭を右に回転させるだけでその回転角度に応じた映像を見ることができる。さらにトラッキングデータ補正アルゴリズムにより、頭のブレによる不必要な映像表示の切り替わりが軽減された (図 11)。また最高 120Hz でトラッキングを行っているため、切り替えスイッチによる入力と比べると一定時間における入力の頻度も多い。そのため映像表示の速度が高速になれば一層要求に応じた映像

を迅速に見られるようになることを考える。

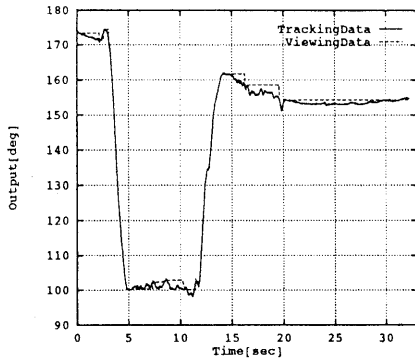


図 11: 頭の角度と表示角度の時間的遷移

4 今後の課題

連続映像の重なるの解消

3.1で述べた仮想的に同じ位置にカメラを配置する方法をDDVに取り入れる予定である。

ブレ認識のためのしきい値を自動調整できること

DDVではブレを認識するためのしきい値として5人の被験者から得られたデータの平均値を利用した。しかし、そのしきい値は受信者によって個人差がある。そのためDDVにその個人差を反映できることが必要であると考えられる。

5 まとめ

本稿では受信者の能動性を緩和する新しいメディアとしてDDVを設計・実装した。DDVにより以下の要件が向上した。

- 複数の受信者の要求に対する映像表示
- 連続した映像の撮影
- 入力の直接操作性

謝辞

DDVの実装にあたり、様々な面で支援して下さいました安西研究室の皆様へ感謝致します。

参考文献

- [A.Sellen 92] A.Sellen. Speech Patterns in Video-Mediated Conversations. In *CHI'92, Conference Proceedings*, pp. 49-59, Toronto Canada, Nov 1992.
- [M.Sohlenkamp et al. 94] M.Sohlenkamp, and G.Chwelos. Integrating communication, cooperation, and awareness: The diva virtual office environment. In *CSCW'94 Conference Proceedings*, pp. 331-343, North Carolina USA, October 1994.
- [W.Gaver et al. 95] W.Gaver, G.Smets, and K.Overbeeke. A virtual window on media space. In *CHI '95 Conference Proceedings*, pp. 257-264, Denver, Colorado USA, May 1995.
- [山本 他 95] 山本吉伸, 仁木和久. コミュニケーション基礎実験計画とその環境設計. ヒューマンインターフェース研究会報告, pp. 49-56, 1995.