

Active Awareness: 遠隔操作可能なカメラを用いた 能動的状況把握

河合智明 大矢崇 波瀾健 坂内祐一 田村秀行
キヤノン株式会社 情報メディア研究所

遠隔地間でのコミュニケーションや作業を円滑に進めることを目的として、周囲の人間の状態や行動の把握、すなわちアウェアネスを支援するシステムが注目されている。アウェアネス支援には空間のメタファを用いる場合と実映像を用いる場合があるが、我々は豊富なアウェアネス情報を提供するためには、実映像を用いるのが適当であると考えた。本稿では、アウェアネスを提供するシステムについて分析し、豊富なアウェアネス情報を得るために遠隔多地点にカメラを配置し、能動的に制御することで、広い視野と詳しい状況の両方を伝えることでアウェアネスを支援する active awareness system を試作したので報告する。

Active Awareness: Getting Multiple Views Using Far-end Controllable Cameras

Tomoaki Kawai, Takashi Oya, Takeshi Namikata, Yuichi Bannai, Hideyuki Tamura
Media Technology Laboratory, Canon Inc.

Recently there has been increasing interest in systems that support for awareness, which keeps us informed about circumstances or activities of our neighbors. There are two ways to support awareness; awareness using icons and awareness using live video images. We use digital video images from multiple remote controlled cameras which have pan, tilt and zoom functions. In this paper, we describe the active awareness system that could provide both wide area views and detailed views by controlling actively multiple cameras.

1. はじめに

在宅勤務やサテライトオフィス化等の新しい勤務形態の増加を背景に、遠隔地間での共同作業を支援する研究開発が盛んになっている。こうした、共同作業を進めていくうえで、円滑なコミュニケーションが重要な役割を果たす。しかしながら、共同作業者どうし離れているため、コミュニケー

ションを円滑に進めるのは容易ではない。そこで、こうした遠隔地間でのコミュニケーション支援のため、アウェアネス (awareness) という概念が注目されている。周囲の人間の状態・行動に気がつく (aware) ことによってコミュニケーションや作業を円滑に進められるようになる。近年、こうした状況把握すなわちアウェアネスを支援する研究が盛んに行われている^[1]。

一方、サテライトオフィス化等と歩調を合わせるように、コンピュータネットワークにおいても大容量化が進みつつある。特に、動画や音声等のメディアも伝送できるようなB-ISDNやFDDI、ATM等の高速ネットワークが普及のきざしを見せ始めている。

こうした背景を受け、我々は映像によるアウェアネス伝達という視点から、遠隔地相互のより詳しい状況把握ができるよう、各地点に複数のカメラを配置し積極的にカメラ制御をおこなうことでより広い視野を得られるようにすると共に、FDDI、B-ISDN等の高速ネットワークインフラを前提として高画質の動画を多地点で相互配送できるようなプロトタイプシステムを構築したので報告する。

2. アウェアネスの支援

アウェアネスの支援にとって重要なのは、いかに周囲の状況・情報を伝えるかである。すなわち、相手の存在の有無や自分や関係者の周辺で起こっている事柄をいかに提示するかが重要である。アウェアネス支援のためのシステムとして、大きく分けると、1)アイコンを用いたものと、2)実際の映像を用いたものがある。

1) アイコンを用いた状況把握

協調作業に必要なオフィス要素を、アイコンで抽象化したメタファを用いてオフィスモデル化しているシステムがいくつか開発されている。例えば、会議が開かれている否か、参加者は誰か、といった様子が、部屋を抽象化したシンボルと人を抽象化したシンボルとの関係によって、現在の会議等の状況を把握できるようにするものである。Vrooms^[2]やDIVA^[3]では、部屋を表すウィンドウ上に人物の静止画アイコンを置くことで会議への参加等の状況を表すようになっている。また、DIVE^[4]では3次元仮想空間において人の3次元アイコンを用いることで分かりやすく提示することを目指している。

2) 実映像を用いた状況把握

実際の映像を用いたものとしては、対象とする地点の実際の映像や音声を常に伝送しておくことで、アウェアネスを支援するものも少なくない。こうしたシステムは映像と音のメディア空間を共有するという意味でメディアスペース(Media Space)と呼ばれることもある^[5]。たとえば、RAVE^[6]やCruiser^[7]、CAVECAT^[8]では、ビル内にAV配送用のネットワークを張っておき、各部屋のモニター上に遠隔地の映像と音声を流し、複

数地点の映像を切替ながら、状況を把握したり、人を捜して会話するといったことができるようになってきている。また、Portholes^[9]はインターネットを用いて大陸間で多地点の状況を定期的に更新される静止画によって把握できるようにになっている。一方、Montage^[10]では、WS上で実際の日常業務に使用できるよう、他のアプリケーションと共存できるEthernetを用いた軽いシステムを目指している。素早く相手の状況を確認できるよう、接続が短時間で済むようになっている。

ここで、この2通りのシステムをアウェアネスに必要な情報とデータ通信量の観点から比較してみる。前者はメタファを多用し抽象化度を上げることが、アウェアネスのためのデータ転送量の削減に貢献している。というより、実時間で転送できるデータ量の制限から、この方式を採用している場合が多い。これは、モデル化されたオフィスや部屋の状況が適切にメタファとして機能している場合には、定型的な状況把握には大いに威力を発揮する。しかしながら、メタファとしてシステム中にシンボライズされていない情報は欠落してしまうため、非定型な行動や状況の把握に必要な情報が伝わらない可能性がある。

一方、後者では抽象度が低く、冗長性が高い代りに実映像中には豊富な情報を含んでおり、雰囲気や状況等のより詳しい情報が直感的に把握可能である。すなわち、視覚的にわかりにくい複雑な状況を抽象化して短時間に伝える場合には、メタファを用いた方が得策であるが、単純なアウェアネスの伝達には映像(と音声)を用いることが適切であると考えられる。

システムのデータ転送能力が許すなら、この2つのアプローチは矛盾するものではなく、1つのシステムで共存しうるものである。すなわち、定型的で記号化可能なものを順次アイコン化して行き、非定型/非定常な状況は実映像に頼るという考え方である。ただし、共存可能ではあっても、システムとしては映像と実時間伝送できる後者よりの能力を持たざるをえない。

我々は、広帯域のネットワークを用いて映像により豊富な情報提供を行うことを重視した。この目的のためには、同時に多地点の状況を把握するのに多数のカメラを設置し、1地点に対しても複数方向からの映像を随時取り込める機能を有することが望ましい。さらには、アウェアネス情報を欲するユーザが、意図的にカメラの方向や画角を変えて、望む映像を入手できるのは、よりアウェアネス支援の目的に合致している。

従来開発されているシステムでは、視野が固定

されているカメラを用いていることが多かった。ユーザが能動的 (active) にカメラを制御し、視野を変えられることによって、アウェアネスそのものも意義も大いに向上する。我々はこの機能を **Active Awareness** と呼び、雲台付きのカメラのパン、チルト、ズームをコンピュータ制御により操作できるシステムを構築することにした。

3. システム設計方針

3.1. アウェアネス支援モデル

アウェアネスの支援のため、カメラ映像をいかに利用者に提示するかは重要である。アウェアネス支援モデルモデルとしては主に、Cruiser、Montageのように廊下を歩いていき、用件のある人を探すという hallway (廊下) モデルと、PortholesやCruiserのGallery機能のように常に何箇所かの様子が見えているという overview (概要) モデルがある。われわれは、この2つのモデルを次のように考えた。

hallway モデル： 個人毎の部屋 欧米的
overview モデル： 大部屋に大人数 日本的

日本のオフィスでは大きな部屋で複数のメンバーが机を並べて作業を進めることが多いが、overview モデルは大部屋を遠隔にまで拡張したものと捉えることが可能である。すなわち、将来サテライトオフィス等での利用においても、大部屋の延長として考えることができる。従って、日本の通常のオフィスにおけるなじみやすさを考慮し、overview モデルを採用することにした。

3.2. 方向喪失問題の解決

我々は、視点数を増やすために1地点に複数のカメラを置くことにした。しかしながら、複数カメラを設置した場合、カメラと映像との対応が取りにくくなり、どこを見ているか分からなくなるという問題が指摘されている^[1]。特に、カメラ自体のパン・チルトを制御可能とすると、この問題はより顕著になるものと予想される。

位置・方向把握を支援する代表的な方法のひとつとして、地図を用いる方法がある。そこで我々はカメラを配置する場所を含む座席表等の地図を提示し、地図表示上で直接カメラ操作する方法を採用することにした。すなわち、地図上にカメラアイコンを配置し、複数あるすべてのカメラの方向を直感的に操作・確認できるようにすることにした。

3.3. プライバシー保護

ビデオ接続はプライバシーを侵害しやすい。相手の情報に即座に、簡単にアクセスできることは重要であるが、その一方で情報へのアクセス制御に関しても考慮が必要である。プライバシー保護は、個室を前提とした hallway モデルにおいては特に問題になる。こうした問題点の解消のため、映像によるアウェアネスシステムにおいて、各種のプライバシー保護が検討されてきた。

一方、大部屋は、欧米のオフィスと異なり立ち上がれば部屋全体が見渡せる、いわば公共スペースのようなものである。しかし、今までの我々の経験から、オフィス内にカメラを置くことにかなり心理的な抵抗があることが分かっている。パーティション越しに直接他人から見られる状況と比べると、カメラを通じて、見ている人はいるか、それは誰が分からないといった点が、監視されているようで不安を与える。従って、overview モデルといえども、コミュニケーション支援ツールとしてオフィスで利用するためには、プライバシー保護のため機能は必要である。そのため、我々は送信映像毎に誰が見ているかを提示することにした。また、カメラ制御をしている相手についても提示することにした。

3.4. 高画質化

RAVEやCruiser等では、制御はデジタルを用いていてもAV伝送系はアナログ系で構築されているため、比較的狭い地域内でのみ運用されていた。デジタル系と比較してアナログ系は画質の点で有利であるが、そのままでは遠隔地までは拡張できない。

一方、映像伝送をデジタルでおこなうPortholesは、数分毎に更新される静止画を用いている。しかしながら、動きのある対象の状況把握には静止画では不十分である。さらに、カメラを遠隔制御する場合には、静止画を見ながらでは操作性の点で問題がある。MontageのようにEthernetを前提として動画を伝送しているものもあるが、画質は良いとは言えず、同時に観察できる地点数も少ない。

そこで、デジタル系のB-ISDNやFDDI等の大容量・高速ネットワークを前提としてシステムを構築することにした。遠隔多地点間においても、回線速度の問題に起因する画質の悪さはある程度克服できるものと考えられる。

4. 試作システム概要

以上の点を考慮に入れ、我々の試作したシステムを以下に述べる。

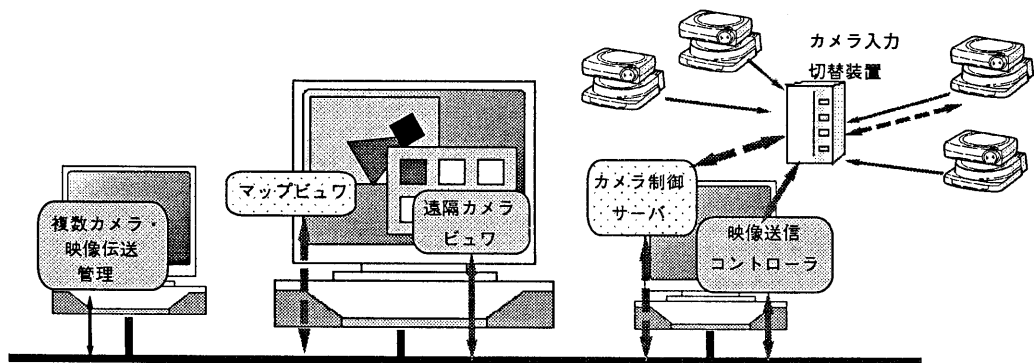


図1 システム構成

FDDI

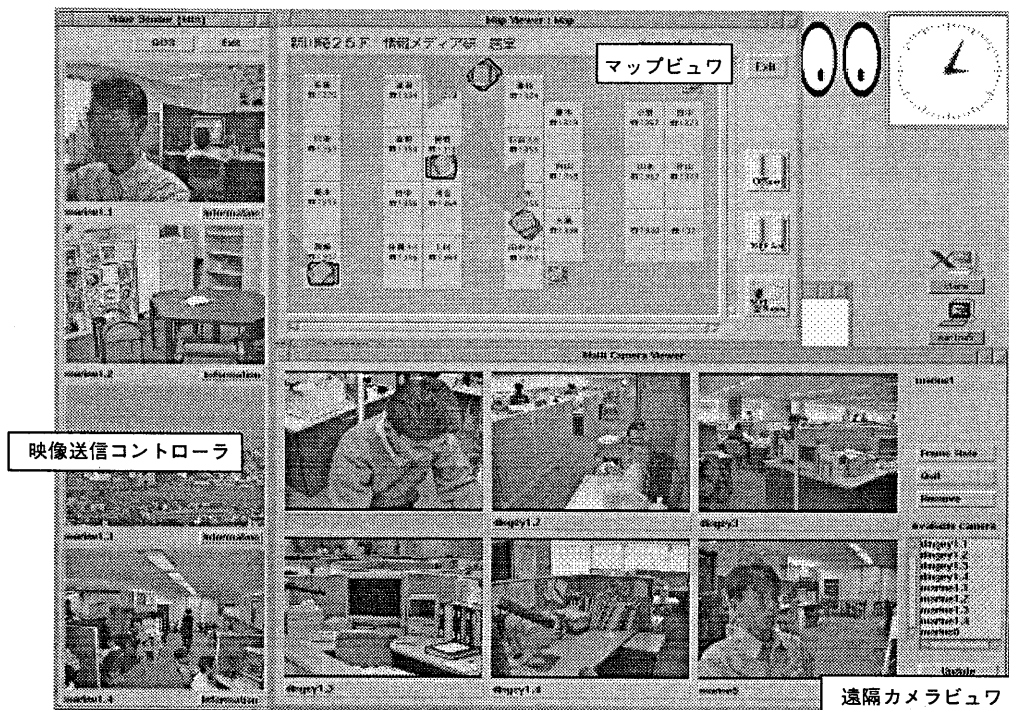


図2 画面例

4.1. ハードウェア構成

今回実装した active awareness system のシステム構成を図1に示す。ワークステーションは、FDDIをベースとする100bpsクラスのLANに直結されており、さらに各ワークステーションには、制御可能なカメラが接続されている。なお、カメラは必要に応じて複数カメラ入力切替装置により複数台接続されている。

カメラ映像はビデオボードでA/D変換後、圧

縮してネットワーク上に配送される。なお、カメラは、2自由度（パン/チルト）の姿勢制御可能な雲台にCCDカメラを搭載したものであり、姿勢以外にズーム倍率その他のカメラパラメータがRS232Cにより制御できるようになっている。また、画像圧縮にはMotionJPEGを用いており、映像データは約1/20に圧縮される。

4.2. ソフトウェア構成

ソフトウェア構成は、大きく分けると映像配送

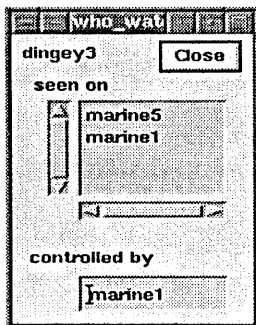


図3 feedback機能

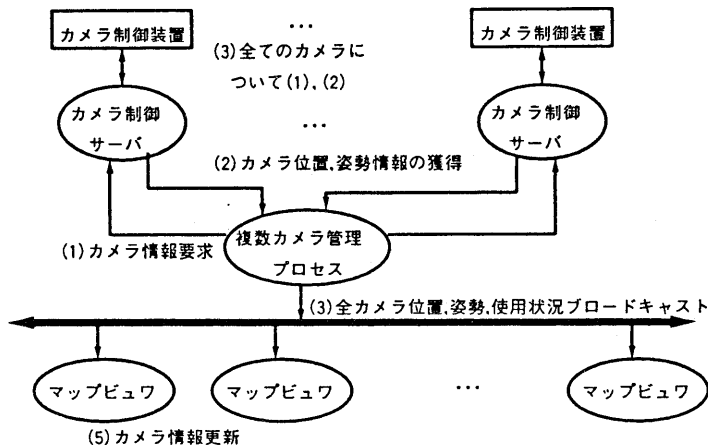


図4 カメラ情報のやり取り

系, カメラ制御系, システム管理系から構成される。また図2に, 本システムの画面例を示す。

(1) 映像配送系

映像配送系は, ネットワーク経由で受信したカメラ映像を表示する遠隔カメラビューとカメラ映像の送信を制御する映像送信コントローラからなる。

遠隔カメラビュー: 遠隔多地点の状況を一度に同時把握できるよう, 多地点のカメラ映像を複数並べて表示するようになっている。今回の試作では240x180の映像を任意の6地点選択して表示できるようにした。

映像送信コントローラ: カメラが複数台接続されている場合には時分割でカメラを切り替えつつネットワーク上への送出を行う。映像送信コントローラのGUI上では, 自分の送出映像を確認できるようになっている。

ここで, プライバシーの保護のため, 送信映像の観察者が存在する場合には, 映像送信側にホスト名をfeedbackする機能, すなわち各送信映像に対して観察者のいる場合にはそのホスト名を一覧表示するようになっている(図3)。このfeedbackはカメラ制御に関しても行っている。

なお, 本システムでは画像データの取り込み/圧縮/伸長はハードウェアで実行するものの, 表示に関してはソフトウェアで行っており, 映像表示数が多いとCPU負荷が重くなる。そこで, CPU負荷軽減のため注目映像のみ表示フレームレートを高くし, 非注目映像に関しては表示フレームレートを低く設定するようにした。

(2) カメラ制御系

カメラ操作は, 地図上でのカメラシンボルの直

接操作を基本としている。オフィスの地図上に, 実際のカメラ位置に対応した位置にカメラシンボルを提示し, カメラの位置, パン角度, 使用状況が視覚的に把握できるようにしたものがマップビューである。マップビュー上の視野表示(三角形の表示)は, パン, ズームに応じて形状が変化し, さらにこの視野表示部を直接操作することで, パン, ズーム制御が可能である。

なお, カメラ操作に関する情報は, 全てのWS上のマップビューにリアルタイムで反映される(後述)。たとえば, 操作中は他のWS上のマップビューではカメラがビジーであることを示す表示になる。すなわち, カメラシンボルの周辺色が操作WS上では緑になるが, 他のWSから見た場合には赤に変わる。このとき, カメラ制御を受けつけなくすることで, カメラアクセスに関して排他制御を実現している。

一方, 実際にカメラを動作させるため, カメラが接続されているWS毎にカメラ制御サーバを置く。カメラ制御サーバは, マップビューからカメラ操作命令を受け取り, カメラ制御を行うとともにカメラ切替に関しても制御している。

(3) システム管理系

システム内に設置されている全てのカメラの姿勢やアクセス状態等の情報を一元管理するため, 複数カメラ管理プロセスMCM(Multi Camera Manager)を設けた。MCMは, システム中の全てのカメラ名, 設置場所, カメラ状態情報の収集と, カメラアクセス等について管理している。表1にMCMの管理している情報を示す。これらの情報は, 定期的(現状では1秒おき)にブロードキャストされる。マップビューでは, この情報を獲得して

表1 カメラ管理プロセスの管理する情報

システムコンフィギュレーション情報	
システム管理情報	接続ホスト数および名前,接続カメラ
マップ管理情報	使用マップ情報,マップ構成
カメラ情報	
カメラ管理情報	カメラ名,ホスト名,アクセスユーザ
カメラ初期情報	設置場所,初期姿勢・ズーム,マップID
カメラ状態情報	姿勢・ズーム (初期状態からの変化)

カメラ状態を常時更新している。図4にカメラ情報のやり取りの様子を示した。

カメラアクセス時は、排他制御をしているため、カメラ制御サーバとマップビュー上のカメラは1対1で接続して制御を行う。これに対して、映像に関しては複数地点から同時に見ることが可能である。従って、映像送信コントローラと遠隔カメラビューの各映像に関しては、1対Nの関係にある。この点と、feedback 機構の実現を考慮して、映像に関してもカメラ同様に、アクセス状態を一括管理している。具体的には、映像(カメラ名)とその映像に対してアクセスしているホスト名リストの対応表の形で管理している。

なお、本システムは、SUN SPARCstationを用い、ビデオのキャプチャはParallax社のXVideoを用いてX11R5上に実装した。4台のWSを用い、各WSに4台ないし1台のカメラを接続して実験をおこなった。実験では、映像表示フレームレートに関しては、注目映像を20 frame/sec、非注目映像を2 frame/secに設定したが、ネットワーク、CPU負荷とも特に問題はなかった。

5.今後の予定

以上、アウェアネス支援のための方法に関して考察し、我々が試作した能動的に遠隔多地点のカメラを制御することで豊富なアウェアネス情報を獲得するシステムについて述べた。現在、次に述べられるような機能に関して検討、開発を進めている。

・映像の記録

現在、我々は能動的に空間を眺めるだけでなく、時間的にも能動的に制御できるようなシステムについての検討、開発を進めている。すなわち、現在の映像だけでなく、誰がいつまでその場所にいたかという時間の情報をもとに状況を把握できるよう、各々の映像を自由に過去にさかのぼるような機能である。

・プライバシー機能の強化

現状では、誰が見ているかを表示するだけであるが、場合によっては他の人からアクセスできないよう、アクセス制御をするような機構が必要である。映像を見せない、音声のアクセスも許さな

い、などアクセスレベルの設定や人によってアクセスの許可レベルの設定を変更する等、の機能の検討・実装を進める予定である。

・コミュニケーション機能の強化

現在、音声に関しては未実装であり、会話に関しては他のアプリケーションを起動せざるをえない。簡単な音声機能を追加するとともに、TV会議機能との融合を進めていく必要がある。

今後、実際に運用していく上での各種機能の強化を進め、実際にオフィスで運用しヒューマンファクター的な見地からの評価検討を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 岡田, 他:「グループウェアにおけるコミュニケーション支援」, 情処学会誌, Vol.34, No.8, pp. 1028 - 1036, Aug.1993
- [2] A.Borning, et al.: "Two approaches to casual Interaction over computer and video networks", Proc. ACM CHI '91, pp.13 - 19, (1991)
- [3] M.Sohlenkamp, et al.: "Integrating communication, cooperation, and awareness: The DIVA virtual office environment", Proc. ACM CSCW '94, pp.331 - 343, (1994)
- [4] L.E.Fahlen, et al.: "A space based model for user interaction in shared synthetic environment", Proc. ACM CHI '93, pp.43 - 48, (1993)
- [5] S.A Bly, et al.: "Media Spaces: Bringing people together in a video, audio, and computing environment", Comm. ACM, Vol.36, No.1, pp.28 - 47, Jan 1993
- [6] W.Gaver, et al.: "Realizing a video environment: EuroPARC's RAVE system", Proc. ACM CHI '92, pp.27 - 35, (1992)
- [7] R.S.Fish, et al.: "Video as a technology for informal communication", Comm. ACM, Vol.36, No.1, pp.48 - 61, Jan 1993
- [8] M.M.Mantei, et al.: "Experiences in the use of a media space", Proc. ACM CHI '91, pp.203 - 208, (1991)
- [9] P.Dourish, et al.: "Portholes: Supporting awareness in a distributed work group", Proc. ACM CHI '92, pp.541 - 547, (1991)
- [10] J.C.Tang, et al.: "Montage: Providing teleproximity for distributed groups", Proc. ACM CHI '94, pp.37 - 43, (1994)
- [11] W.Gaver, et al.: "One is not enough: Multiple views in a media space", Proc. ACM CHI '93, pp.43 - 48, (1993)