

## アウェアネススペースを実現し気配を考慮した大部屋仮想オフィス

本田新九郎, 富岡展也, 木村尚亮, 大沢隆治, 岡田謙一, 松下温

慶応義塾大学理工学部

E-mail: honda@myo.inst.keio.ac.jp

本稿では, 3D グラフィックスワークステーション上の仮想空間に構築した大部屋オフィスへ出勤する在宅勤務環境を提供するシステムについて述べる. インフォーマルコミュニケーションの容易性とアウェアネスの無制限な流入による煩わしさというトレードオフを解消するため「アウェアネススペース」という概念をシステムで実現し, また「周辺視ビュー」「効果音」により他のメンバとともに勤務している感覚を与えてた.

## A Virtual Office Environment Based on a Shared Room Realizing Awareness Space and Transmitting Awareness Information

Shinkuro Honda, Hironari Tomioka, Takaaki Kimura, Takaharu Osawa,  
Kenichi Okada, Yutaka Matsushita

Faculty of Science and Technology, Keio University

E-mail: honda@myo.inst.keio.ac.jp

In this paper, we describe a system that provides a “work-at-home” environment based on a virtual shared room built on a 3D graphics workstation. We realize “Awareness Space” on the system to avoid a tradeoff between providing facility of informal communication and keeping one’s workspace from others’ awareness information. Also, this system provides the feeling of the ownself presence at virtual office by using “around view” and “effective sounds”.

### 1 はじめに

近年, 分散環境での協調作業, 及びコミュニケーションを支援する研究が盛んに行われている. 一つの解決の手法として, 仮想空間を利用した会議システム, コミュニケーション環境が注目を浴びている [1][5]. 我々は現在, 仮想空間を利用してオフィスを構築し, 分散したメンバがネットワーク上に構築された仮想オフィスに出勤することができる環境について研究を行っている [6].

オフィスを構築する上で, 作業効率の向上を考える

ことは重要である. 現在のオフィスワークではチームによる仕事が増加しており, そのことによって情報獲得, 及び円滑な作業推進のためのフォーマル, インフォーマルなコミュニケーションの重要性が高まっている. 特にインフォーマルコミュニケーションの重要性が注目されており, 偶然の出会いなどを支援することによってコミュニケーションのきっかけを提供するために, 遠隔地のメンバのアウェアネス [2] を伝達するシステムが提案されている [4]. 一方オフィス環境を考える上で, 集中して作業に没頭することのでき

る環境を提供することは、作業効率の向上と密接に関係しており重要な要素である。過度のアウェアネスの伝達が、効率的な作業の妨げになる可能性も存在する [3]。そこで本稿では、インフォーマルコミュニケーションと、作業への集中の両立を考えた仮想オフィス環境を提案し、システムを実装した。インフォーマルコミュニケーションを支援する手段としては、オフィス内でのインフォーマルコミュニケーションが、自席周辺でもっとも行われている [9] ことに注目し、作業およびコミュニケーションのトータル空間として仮想的な大部屋オフィスを提供し、またその中でコミュニケーションのトリガを提供するために他のメンバーの「気配」の伝達を行った。作業への集中を支援するためには、「アウェアネススペース」という概念を定義し、不必要なアウェアネスの伝達を抑制することによって作業効率を向上させようと試みた。以下本稿では、2章において提案するシステムで実現される「アウェアネススペース」「気配の伝達」について説明し、3章でシステムアーキテクチャについて説明する。

## 2 仮想オフィス環境の実現

### 2.1 集中度とアウェアネススペース

実際のオフィスではパーソナルスペースが確保され、かつ同僚の動きや部屋全体の雰囲気も感じ取れる空間が望まれているが、コミュニケーションの容易性と、仕事に直接関係ない情報による作業効率の低下とのトレードオフが存在する。そこで他のメンバーのアウェアネスの無制限な流入を防ぐために、「アウェアネススペース」という概念を定義し、先に述べたトレードオフを解決することを試みた。

アウェアネススペースとは、仮想3次元空間において他のメンバーのアウェアネスを認識することができる範囲であり、自分を中心とした円形をしている (図1参照)。メンバーはアウェアネススペース内に入った他のメンバーの音声情報、効果音による動作の情報、及びリアルタイム動画情報を受け取ることができる。

#### 2.1.1 アウェアネススペースを決定する基準

メンバーが作業に集中しているときは、周りの状況を把握する必要はない。また過度の情報提供は作業効率を低下させることになる。一方プロジェクトを複数のメンバーで進めている場合、直接共同作業を行って

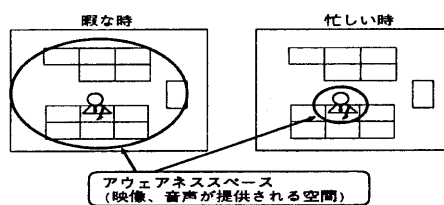


図 1: アウェアネススペース

ないときでも他のメンバーの様子を知る、インフォーマルコミュニケーションを行う、チーム全体の雰囲気を感じることはオフィスワークにおいて重要な要素である。そこで本システムではアウェアネススペースを「集中度」という基準を用いて変化させた。

#### 2.1.2 集中度の判定

集中度は、キーボードを打つ頻度と椅子を動かす動作という二つの情報を基に判定する。判定アルゴリズムを導出するため、次のような実験を行った。

25名の被験者に研究室のワークステーション上での研究作業 (プログラミング、メール、WWW、ゲームなど) を行ってもらい、その間のキーボードを打つ頻度及び椅子を動かす頻度を測定した。またその間に被験者が集中しているかどうかを判定するため、作業中の脳波を測定し、またビデオ撮影を行った。脳波およびビデオでの集中の判定基準を以下に述べる。

**集中度の脳波による判定** 正常成人覚醒時の脳波において、閉眼、または精神安静時には $\alpha$ 波が出現し、開眼、精神活動により $\alpha$ 波は抑制され代わりに $\beta$ 波が出現してくる。具体的には目をつぶって静かにしていると $\alpha$ 波が出現し、人の話の内容を深くくみ取ろうとする、試験問題を解くといった論理的、合理的な思考を行う場合 $\beta$ 波が出現してくる。そこで、 $\alpha$ 波が抑制され代わりに $\beta$ 波が出現した状況を「集中時」と判断した [8]。しかし、不安や緊張といったことでも $\beta$ 波は出現する [7] ために、実験開始から $\beta$ 波が出現している作業者に対してはその $\beta$ 波は実験に対する緊張であると判断しその $\beta$ 波が抑制されリラックスした状態を「集中時」と判断した。

ビデオ撮影による判定 作業者がの仕事に従事して、その作業に集中しているのか、それともゲームなど本来の作業とは関係ないことに集中しているのかは、脳波で判断することはできない。そこで被験者及びワークステーションのディスプレイをビデオで撮影し、ゲームなど他の作業をしていないか、また他者と会話したり周辺に注意を払っていないかどうかを考慮した。

### 2.1.3 実験結果からの集中度の判断基準の導出

図2に作業時のアイドル時間の割合、図3に椅子を動かした頻度の、集中時とその他の時の差を示した。結果から、集中時に比べてその他の時はアイドル時間、及び椅子を動かす頻度が増加していることがわかる。そこでアイドル時間及び椅子を動かす頻度を1分ごとに計測し、その変化が実験結果の平均値を超えた場合にアウェアネススペースを変化させることとした。アイドル時間については、15.9%以上の変化、また椅子については0.69回/min以上の変化があった場合、減少したらアウェアネススペースは狭くなり、また増加したら広がる。また表1に示すとおり、10秒以

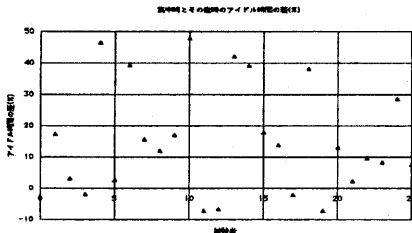


図2: 作業時のアイドル時間の割合 (その他-集中時)

上のアイドルの割合を調べた結果、他に比べて集中時は10秒から20秒といった比較的短いアイドルの割合が多く、また1分以上のアイドルの割合が少ないことがわかった。そこで1分以上のアイドルを検出した場合アウェアネススペースを広めることとした。

2.2.1節で詳述するが、本システムでは「横を向く」「周囲を見渡す」という動作を「椅子を回転させる」という動作で行うことができる。つまり椅子を大きく動かしたときは、周囲の状況を知りたい要求があると判断することができる。そこで椅子を一定以上の角度

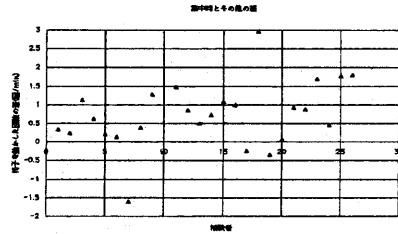


図3: 椅子を動かす頻度 (その他-集中時)

アイドル時間 (sec)	集中時 (%)	その他 (%)
10-19	64	48
20-29	19	18
30-39	5	10
40-49	5	7
50-59	1	3
60-	6	14

表1: アイドル時間の割合

回転させた場合にアウェアネススペースを広めることとした。

### 2.1.4 アウェアネススペースの段階

本システムでは、アウェアネススペースを次の3つの段階で変化させた。

**NARROW** 作業に集中しており、他に煩わされたくない状態。非常に限られたアウェアネス(隣席のメンバ、及び背後を通るメンバ)のみ伝達。

**NOMAL** 通常の作業の状態。比較的近いメンバ(同じ島のメンバ)のアウェアネスを伝達。

**WIDE** 周囲に意識が向いていて、オフィス全体の雰囲気を知ろうとしている状態。オフィス全体のアウェアネスが伝達される。

なお、三次元仮想空間内では距離に応じてアウェアネスの伝達量は異なり、距離が遠くなるにつれて減少する。

### 2.1.5 他者から見たメンバの集中度

集中している（アウェアネススペースが小さい）メンバは、周囲の情報の提供量が低いために他者の呼びかけなどに対して反応出来ないことがある。よって他者はメンバの集中度を知る必要がある。そこで本システムでは、アウェアネススペースがNARROWのメンバに「ヘッドホンメタファ」を付け、他者に対しそのメンバがヘッドホンをつけている（周囲の状況を気にしていない）ことを示した。ヘッドホンをつけているメンバに対しての話し掛けは、近付いていくことが必要である。

## 2.2 気配の表現

オフィスでは、他のメンバたちの行動や眼差し等の気配を常に感じながら仕事をすることは、きわめて重要である。何故なら、気配を感じることによって自分が職場にいる雰囲気や緊張感を味わうことが出来るからである。また、それがインフォーマルコミュニケーションを生じさせるトリガーともなる。そこで、メンバたちの気配を「周辺視ビュー」と「効果音」という2つのインターフェースを用いて表現した。

### 2.2.1 周辺視ビュー

従来の研究の3次元仮想空間の表現では、視野が狭いために気配の一つの要素である隣に人が来たことや何をしているかが画面からは分からなかった[1]。しかし現実世界において我々は、隣の人が立った・座った等の動作を認識する事ができる。これは、人間の視野が水平方向に180度以上あるためである。それでは、単にシステムの視野を180度にすれば良いという事になるが問題が一つ生じる。それは、もし視野を180度にしてしまえば、隣の人もはっきり見えるので、その人の顔を見ながら重要な会話等をした時に、その方向に体を回転する必要がなくなる。これは、実世界では起こり得ない事で、他のメンバから見ればおかしな光景に見える。そのような事が実世界で起こらない理由は、人間の視覚が外形やシンボルや色彩をはっきり認識出来るのは30度から60度の範囲までで、それ以上の角度になると次第にはやけた周辺視野となり、物の運動を察知する方が得意となるからである[10]。

そこで我々は、この人間の視野に基づくビューを、本システムで「周辺視ビュー」と呼び表現しようと試

みた。具体的には、視野の広さを約180度とし、その中心約60度の範囲を焦点が合う領域としはっきり見せ、それから脇にいくに従って、焦点が合わずぼやけたように見せる。実装イメージを図4に示す。

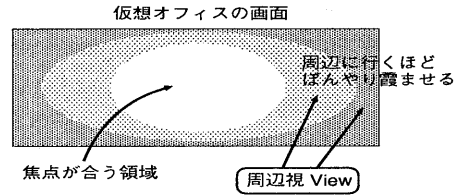


図4: 周辺視ビューイメージ

周辺視ビューにより、隣に人が来たことや何をしているかが分かり、隣の人の気配が伝わってくる。また、視野の中心しかはっきり見えないため、関心のある人物を見るためには自分の体を回転しなければならないという現実世界と同じ行動をしなければならない。この行為によって、他のメンバからはその人が今何に関心を持っているのかを体の向きから認識することが出来る。

**周囲りを見る動作** 現実世界で人間が周囲を見渡す時は、首を横に向けるまたは体を横に向けるという動作を行なう。仮想空間においてマウスやキーボードでこの作業を行なうことは、違和感がある。そこで「周囲を見渡す」「横を向く」という動作を、「椅子を回転させる」という動作で行なえる、「椅子インターフェース」を設計し、システムに導入した。実際には、椅子の回転軸に可変抵抗を取り付けその抵抗値を読み込むことによって、回転角を測定している。

椅子を右に30度以上回転させると、オフィスのビューが右へ回転し、右を向くという動作となる。左についても同様である。オフィスのビューを図5に示す。

### 2.2.2 効果音

現実のオフィスでは、他のメンバの気配を視覚だけでなく聴覚からも感じとることができる。気配を伝達する音としては、各々のメンバの声、くしゃみなど実際に人間自身が発する音の他に、足音やドアを開閉する音など人間が動作することによって作られる音

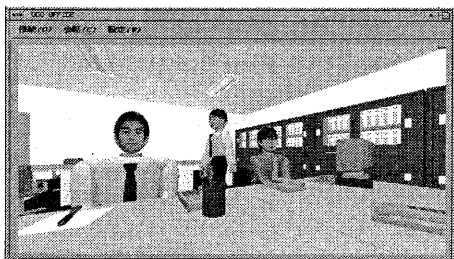


図 5: オフィスのビュー

が考えられる。仮想オフィスシステム上で考えてみると、前者はメンバ間の音声通信から聞くことができるが、後者は聞くことが出来ない。我々は仮想オフィスシステムにおいて、これらの音を効果音として準備し、各々のメンバの行動に応じて提供することで、他のメンバの気配の伝達を支援した。

効果音としては、普段他のメンバとの音声通信では得ることできない以下の4つの音を用いた。

- オフィスを歩く時の足音
- 席を立ったり、座ったりする時の椅子の音
- 出勤した時のドアの音
- 現実のオフィスの雑音

足・椅子・ドアの音がすることにより、一緒に仕事しているメンバの気配を常に感じることができる。また、現実世界にあるようなオフィスの雑音(話し声、電話の音、ect)がすることにより、自分が職場にいる雰囲気や緊張感を味わうことができる。

## 2.3 メンバの動画像の提供

本システムでは、普段メンバはCGで表現されているが、2人のメンバが互いに正面を向き合えば、FDDI回線を通じて、そのメンバとリアルタイムの動画像でコミュニケーションをすることが出来る。このようにお互いが正面を向き合えば、さらに相手に関する詳しいアウェアネス情報(ここでは動画像)を得ることが出来るといったようなこの行為は、きわめて現実世界に近い行為を実現していると言える。さらに、動画像を用いることにより、そのメンバーの存在感と、職場にいる臨場感をより味わうことが出来る。

## 2.4 距離と方向に応じた音声の提供

メンバに、その仮想オフィスの部屋の席に座って、あたかもそこで作業をしているかのような印象を与えるためには、その位置に応じた音声を提供する必要がある。本システムでは、以下のような方法で各メンバの音像を定位した。

**左右の音像定位** パン操作(音像をレベル差によって左右に分ける操作)による定位を行った。

**前後の音像定位** ヘッドホンを着用するために、ローパスフィルタを通して後ろからの音をこもった音として前後の音像を定位させた。

**距離感の定位** 音量によらない距離感の制御をするために、遠くの音の残像音を大きくするという操作を行った。

## 2.5 出勤シーンの提供

本研究のコンセプトである「ネットワーク上に存在する仮想的なオフィスに出勤することが出来る環境」を実現する上で、オフィスに本当に出勤している感覚を与えることは重要である。そこで、我々は仮想オフィスに出勤する時、廊下を通り大部屋に入ってから自分の席につくまでの動作をシミュレートし、他の出勤しているメンバたちに自分の出勤を知らせ、また朝の軽い挨拶を交わせる環境を提供した。

## 3 システムアーキテクチャ

本システムは、現在のところシリコングラフィックス社のINDY上に実装されている。またユーザーインターフェースは、C, Motif, OpenGLで実装されている。図6に本システムのアーキテクチャを示し、各サーバーとクライアントの役割について概説する。

**loginServer** 各メンバのlogin・logoutの管理を行う。各クライアントは、このサーバーと接続する事で、始めに必要な他のメンバの全ての情報を入手することができる。

**locationServer** 動的に変化するメンバの位置・向き・集中度を他の全てのメンバに通知するためのサーバーである。

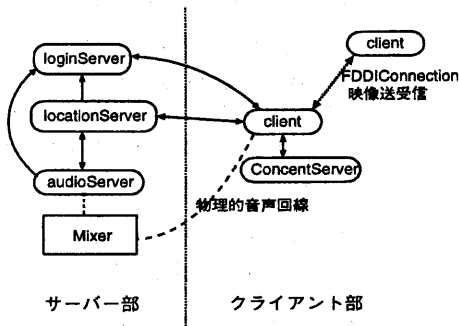


図 6: システムアーキテクチャ

audioServer locationServer からの位置情報に基づき音声の制御を行う。

Client OpenGL を用いて構築した仮想オフィス空間を表示し、他のメンバを locationServer からの位置情報に基づき適切な位置に表示する。また、必要があれば、FDDI を通じて他のクライアントと動画像転送を行う。

concentServer 各 Client 毎に立ち上げられ、その Client のメンバのキーボードの idle 時間と椅子の回転を絶えず監視し、それらのデータから 1 分毎にそのメンバの集中度を計算し Client に通知する。

#### 4 まとめ

本稿では、3D グラフィックスワークステーション上の仮想空間に構築した大部屋オフィスへ出勤する在宅勤務環境を提供するシステムについて述べた。インフォーマルコミュニケーションの容易性とアウェアネスの無制限無流入による煩わしさというトレードオフを解消するため「アウェアネススペース」という概念をシステムで実現し、また「周辺視ビュー」「効果音」により他のメンバとともに勤務している感覚を与えた。今後システムの評価を行なっていく予定である。

#### 参考文献

- [1] Chris Greenhalgh and Steven Benford, "MAS-SIVE: A Collaborative Virtual Environment for Teleconferencing", ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol.2, No.3 Sep. 1995.
- [2] Paul Dourish, Sara Bly, "Portholes: Supporting Awareness in a Distributed work Group", ACM CHI'92, 1992.
- [3] Scott E. and Ian Smith, "Techniques for Addressing Fundamental Privacy and Disruption Tradeoffs in Awareness Support Systems", ACM CSCW'96, 1996.
- [4] 松浦, 日高, 岡田, 松下, "VENUS:Interest Awareness を支援したインフォーマルコミュニケーション環境", 情報処理学会論文誌, Vol36, No6, 1995.
- [5] 鈴木, 菅原, 永嶋, 渡辺, 「サイバーコミュニティの検討」, 信学技法, E92-120, Feb. 1993.
- [6] 本田, 河内, 木村, 岡田, 松下, 「メンバの空間的配置に着目した大部屋の仮想オフィス環境」, 情報研資, GW96, Jun. 1996.
- [7] 門林岩雄ほか, 「脳波」, 金芳堂, 1983.
- [8] 平井富雄, 「座禅の科学」, 講談社, 1982.
- [9] 柴久庵祥二, GK 研究所, 「オフィスの社会学～ホワイトカラーの時間と空間～」, 毎日新聞社, 1983.
- [10] 「ニューオフィスシステム (NOS) に関する調査研究報告書」, 日本電子工業振興協会, 1989.