

グループ作業支援のための音声混合機能

増井 誠生 神田陽治

(株) 富士通研究所 情報社会科学研究所

複数ワークステーションによる在席型共同作業を想定する。音声による効果的な意思疎通をめざして、ネットワーク上の仮想会議室 MMR に音声混合機能を実現した。全参加者の発話は、音声回線を経由し音響ミキサによって混合され、提供される。仮想会議室の作業者アイコン位置に基づき、各人ごとに異なる音場がステレオ提示される。作業者アイコンはマウスによる直接制御が可能であるが、さらに、外部のアプリケーションからも制御可能とした。

Voice Mixing in a Virtual Conference Room for Vocal Communication in Group Work

Motoo MASUI, Youji KOHDA

Fujitsu Laboratories Ltd.
Institute for Social Information Science.

We investigate the effective vocal communication for group work at the workstations in the personal booths. We have established the mixing control of operator's voices with the virtual conference room: MMR, which simulates a face-to-face meeting in the network environment. The voices are mixed with sound mixers, and each member can hear individual voices in different stereo balances, corresponding to the relative positions in the MMR. The positions in the MMR can be directly manipulated by a mouse, and moreover by other applications running outside the MMR.

1. はじめに

1.1 共同作業時の意思疎通手段の確保

グループでの同期型共同作業は、一般的には、作業メンバーがひとつの会議室に集まり、円卓などに向かい合い、作業対象を確認しながら、進められる。テーブルに向かい合うことで、互いの顔の表情や音声による意思疎通は自然に実現されている。(図1)

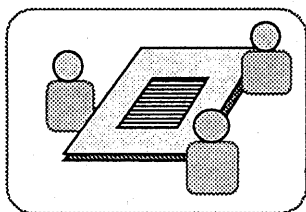


図1 同室会議

計算機を用いて、このような共同作業の支援を進める方向として、実際の会議室に、共同作業用の計算機を配置し、コミュニケーションとしては互いの視線や会話を利用する方法が考えられる。同室での共同作業の場合は、計算機上には、共同作業自体を支援するアプリケーションの他に、作業を支援するための意思疎通手段を改めて用意する必要はない。

1.2 疑似同室型の共同作業環境

実際の会議室ではなく、LAN上に分散配置されたワークステーション上で、仮想的にあたかも同室のような共同作業環境(図2)を実現しようという立場が存在する。本研究では、この後者の立場から、共同作業支援を進めることを意図している。

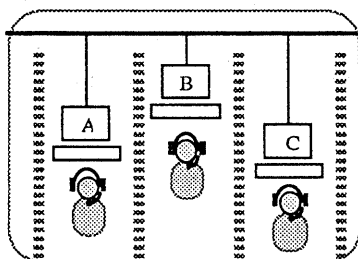


図2 在席型共同作業環境

研究開発向けの一般的なオフィス環境においては、作業者のプライバシーを高め、作業効率をあげるために、作業者がそれぞれ独立したブースに配置されているケースも数多い。各ブース同士はパーティションで区切られているため、独立性が高い作業の場合には作業に集中できる。作業内容によっては、ブース内のワークステーションで、作業を完結させることも可能である。作業者自身にも、より多くの作業をブース内に在席した状態でやりたいという傾向が存在する。作業者が、自分の使い慣れた計算機環境で共同作業を行いたいと希望する場合など、在席型の疑似同室共同作業環境の必要性は高いと思われる。

独立性の高いブースは、個人作業の効率をあげる平面、同期型共同作業をグループ内で協力して実施する場合には、パーティションやブースの存在が、音声・視線による意思疎通の障壁になりやすい。このため、視覚・聴覚などを用いた臨場感のある意思疎通手段を用意する[1]ことが、疑似同室会議における共同作業支援の課題のひとつとなる。

2. 共同作業支援のための音声利用

LAN接続された近室での計算機環境での意思疎通手段として、聴覚による意思疎通支援を検討する。

2.1 音声通話の敏速性・柔軟性

ブースに在席した状態での共同作業間での意思疎通手段として、音声通話は敏速性にすぐれ、状況変化に即応した意思疎通が図れる点が特長である。例えば、テキスト文字を意思疎通に使う場合は、文字の入力がネックとなって、作業状況の変化に応じた即時的な意思疎通には困難が生じやすい。音声を使った相互会話では、テキスト文字による会話に比べるとはるかに能率よく意思交換ができる。

2.2 共同作業と意思疎通手段の区別

聴覚的情報を意思疎通に用いる場合は、ワークステーションの画面などに表示される共同作業用の情報と音声とが競合しないため、聴覚的情報は作業の補助としての意思疎通に、視覚的情報は共同作業そのものにと使用目的を区別して作業を進めることができる。

視覚を用いて、たとえばビデオカメラによる動画を計算機画面に表示する場合は、音声と同様、多くの情報を交換することができる。ところが、画像を利用する場合、本来の共同作業には不要な画像表示に気を取られ、作業の効率を落としてしまうことにも起こりうる。本来の共同作業が、作業を補助的に支援するはずの意思疎通手段によって妨げられるという状況は好ましくない。我々は、まず、共同作業を円滑に遂行するための意思疎通手段としての音声利用が本質的に必要と考え、まず作業者間の音声通話機能の実現を目指した。

2.3 発話内容の弁別支援

音声による意思疎通を図る上で、複数の参加者が同時に発話した場合などには、参加者と発話内容の弁別が難しくなりやすいという状況が生じやすい。例えば、カクテルパーティのような同時複数発話状況を想定する。人間は高度な認知的作用によって、目的とする発話に注意を集中して理解することができる。我々のめざす仮想的な共同作業環境では、話声に対する注意の集中機構を人工的に模倣することで、意思疎通用の聴覚情報を作業状況に即して提示する。大木らによる Virtual Cocktail Party も類似したアプローチで研究が進められている[2]。

複数作業者が同時に発言する状況では、各発言者の音声をほどよいバランスで混合して、より弁別をやすくして提示する必要がある。この場合、各参加者の発話を一律に混合すると、話者の声質や発話タイミングによっては、内容確認が困難になり、共同作業が混乱する可能性が大きくなる。このため、我々は、提示音声をステレオ化し、作業者の仮想位置に従って各発言者音声の混合バランスを制御することによって、話者の区別が容易で臨場感に溢れた音声通話機能を実現することを目指した。

仮想的な作業者位置情報を用いて、音声会議音場を制御するアプローチはCohenのAudio Windowが先駆的であり[3][4]、正木らによって通信会議システムPMTCに組み込まれた[5]。我々は、これとは独立にMiniture Meeting Roomを試作した[6]。Virtual Cocktail Party [2]やVirtual Conference Room [7]も会議音場の制御を目指している。

2.4 即時的な音声伝達系

複数作業者間で話声を混合提示する場合、音声伝達系の構築方法によっては、伝達遅れが発生する。我々は、音声伝達系を構築する上で、音声伝達の遅延によって共同作業が妨げられることのないように、即時的な音声伝達系の構築を目指した。

LAN接続された計算機間では、ネットワーク上で直接音声を伝達し混合することにより、簡潔な伝達系を構築できる。ところがネットワーク負荷の変動によっては、時間遅れの発生を避けられない。

ネットワーク性能の進歩により、時間遅れを無視できる音声伝達系の構築も容易になりつつある[5]が、我々は、現実のネットワーク状況を勘案した上で、便宜的にアナログ音響線を用いて実時間音声伝達系を構築し、音響ミキサの計算機制御によって音声混合機能を実現する方法をとった。大木らによるVirtual Cocktail Partyも音響ミキサを利用して音声混合を実現している[2]。

3. 仮想会議室と音声混合機能の構築

3.1 実時間音声混合伝達系

同室・隣室での共同作業支援のために、アナログ音響線を用いて構築した実時間音声混合伝達系について説明を行う。ここでは、簡単のため、3人用の共同作業環境における、1人分の話声混合用の音響配線部分を抜き出して図3に示す。

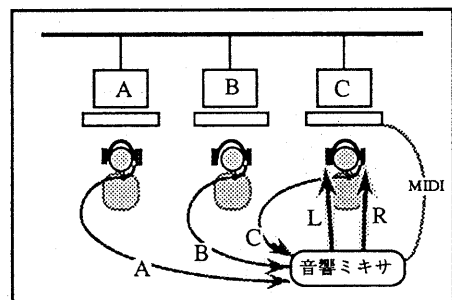


図3. 音声混合伝達系（1人分）

各作業者は、独立したブース内のワークステーション席に着席し、通話用にヘッドセットを装着する。各作業者のヘッドセットマイクの出力は、レベル調整を行った上で、作業者ごとに用意された音響ミキサに入力される。音響ミキサでは作業者音声の音量や左右定位を制御してステレオ混合を行う。各作業者には、各自の作業状況に対応した、臨場感のある会議音声ヘッドホンによって提示される。

音響ミキサには MIDI 制御が可能な楽器用ミキサ (YAMAHA DMP-11, FOSTEX DCM100) を利用した。通常の楽器用ミキサでは 1 系統のステレオ混合が可能であり、これを利用した実装では、人数分の音響ミキサと音響配線が必要である。この手法では参加人数が増えるに従って、音響配線が煩雑になるが、実用的には、複数系統のステレオ混合制御が可能な多入出力型ミキサを利用することによって、配線を簡略化することが可能である。

3.2 仮想会議室からの直接的音響制御

3.1 で述べた音声伝達系の音声混合制御機能は、疑似同室環境での作業者位置を反映するものである。この作業者位置は、必要に応じて、作業者自身が直接的に操作できることが好ましい。本システムでは、ワークステーション上に仮想会議室を表示し (図 4)、その中にアイコン表示される作業者の顔写真がお互いの作業者位置を示すものと仮定した。この作業者アイコンの移動に応じて、音響ミキサの直接的制御を実現した。仮想会議室における一般的な直接制御手法については北原らの検討例 [8] が、仮想会議室での情報提示については福永らの提案 [9] がある。

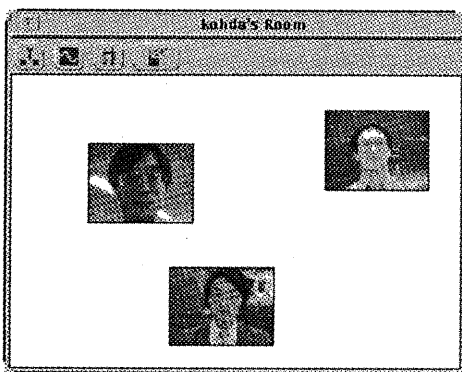


図 4 仮想会議室 MMR (Minutire Meeting Room)

作業者が作業者アイコンをマウスにより直接操作すると、仮想会議室からは音響ミキサに対する音声混合バランスの制御コマンドが送り出される。この制御コマンドは、現状では、ワークステーションに RS-232C 接続した FM-TOWNS によって MIDI のコントロールメッセージに変換し、MIDI 接続された個々の音響ミキサに対して送出している。(図 5)

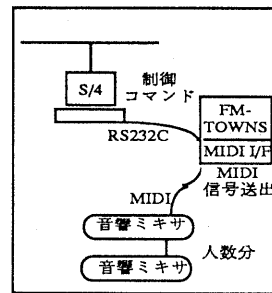


図 5 MIDI 信号送出部の現状

現在の仮想会議室の実装では、単一プロセスの仮想会議室の出力先を複数指定することで、全作業者の画面に同じ仮想会議室ウィンドウを表示している。全参加者分の音響混合バランスが、仮想会議室の操作に応じて、実際には 1 台のワークステーションから集中制御される。この方式により、将来的に、複数話者へのステレオ音響提示が可能な多入出力型ミキサを利用できる場合にも、容易に対応可能である。

MIDI 信号の送出系については、小型 MIDI インタフェースをワークステーションから直接シリアル制御することにより、さらにシステムの簡略化を進める予定である。(図 6)

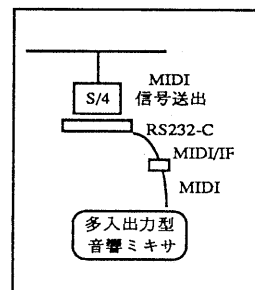


図 6 MIDI 信号送出部の改良案

3.3 作業者位置に従う音声混合制御

作業者間で伝達される話者音声の音量や左右定位は、仮想会議室ウィンドウにおける作業者アイコンの位置関係に従って制御される。

各作業者のワークステーション画面には、同じ仮想会議室ウィンドウが表示される。このウィンドウにおいて、参加者はウィンドウの上方向を向いていると想定している、自分自身のアイコンを中心にして、他の参加者の方向や距離を判断し、混合バランス制御に反映させている。このため、各人に提示される音量はそれぞれ異なる。(図7)

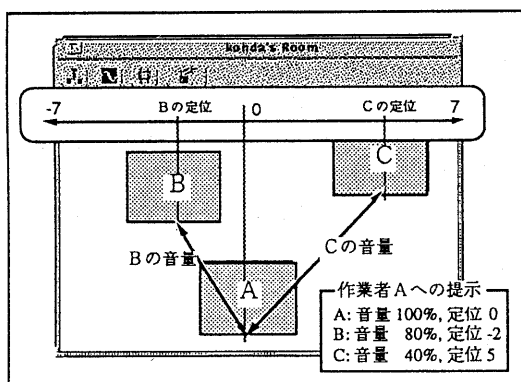


図7. 仮想会議室からの音声混合制御

作業者アイコンが離れるに従い、その作業者音声の音量は小さくなる。アイコンが重なっているとき他者の音量は最大となり、アイコンが最も遠ざかったとき、その話者の音声は0となる。また、作業者アイコンの左右位置が、音声の左右定位に反映される。ここでは、モノラル音声のステレオ混合時に、どの程度のバランスでパンニングを行うかを定める。音響ミキサの機能的制約により、位相制御は行わず、音量によって、左右に7段階の粗い定位制御を可能とした。作業者に提示される自分自身の音声は中央に定位され、最大音量で提示されるものとした。

図7の作業者配置において、各作業者に提示される混合音声は、図8のようにベクトル表示が可能である。

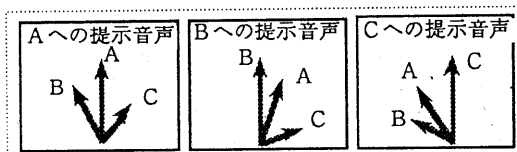


図8. 仮想会議室からの音声提示例

3.4 作業者別の視点制御

現在の実装では、仮想会議室の左右を定位制御（左右バランス）に直接対応させている。これに対して、参加人数によっては、数名の共同作業でありながら、他者の話声が左右に片寄ってしまい、同室会議として不自然に感じられるという指摘がある。

これに代えて、各参加者のワークステーション上に表示される仮想会議室ウィンドウにおいては、各参加者が常に参加者の重心方向を見ているものと仮定し、他者の話声がバランスよく左右に配分されるように制御する方法を試作している。これは、全参加者は同じ仮想会議室に存在しているが、感覚的には異なった視点で会議に参加できるということを意味する。全ての作業者位置は集中的に管理することが可能であり、他入出力型のミキサによる、話者音声の集中型混合制御にも容易に対応できる。

3.5 共同作業時の作業者位置の自動制御

共同作業アプリケーションを用いて、仮想同室型の共同作業を行っている場合に、作業状況によっては、参加者間の仮想的な位置をアプリケーションから制御したいという要求が生じる。

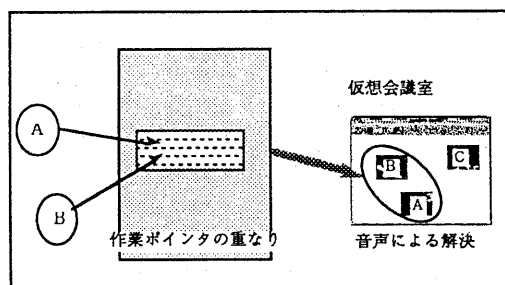


図9 アプリケーション連携

例えば、図9のように作業アプリケーションにおいて、共同作業者の作業ポイントが近接した場合や、作業内容に矛盾が生じた場合など、競合解消のために当事者のみで音声による交渉を行いたいという状況では、自動的に仮想会議室の作業者アイコンが移動して音声による通話が可能となると便利であり、共同作業自体の妨げにもならない。

本システムでは、仮想会議室自身に、共同作業用の各アプリケーションからのコマンドを受け取り、会議室自身における作業者アイコン制御を実行する機能を実現した。ここでは簡単な例として、参加者管理を行う議長アプリケーションからの、作業者アイコンの位置制御の実例を示す。(図10)

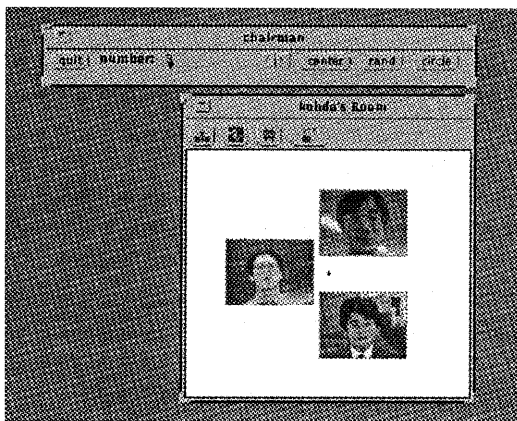


図10 議長アプリケーションからの
作業者アイコン位置の制御

議長アプリケーションでは参加者の人数を設定し、作業者配置をランダムあるいは同心円状などとボタンで設定すると、会議室ウィンドウでの作業者アイコンが並び換えられる。これに従って、各作業者への音声提示制御が行われる。図10は、3人分の作業者アイコンを同心円状に配置しているところを示している。

このように、我々の共同作業環境では、各アプリケーションから仮想会議室の配置制御が可能であり、さらに音声混合制御を連動させることで、共同作業を妨げることなく、音声による意思疎通を行うことを実現した。

4. おわりに

本報告で述べた仮想会議室からの音声混合制御機能、および作業アプリケーションとの連携機能は、当研究所で研究開発されたグループ発想支援システムGrIPSのサブシステムとして作成された[10]。現在は、遅れない音声混合伝達系の有効性を数人のグループ内で検証中である。また、遠隔地での共同作業の音声支援に向けて、FDDIなどを利用した音声混合伝達系の実現検討を進めている。

参考文献

- [1] 神田陽治：臨場感あるグループウェアの構築，情処学研報，Vol.92，No. GW-1，pp.35-42(1992)
- [2] 大木，阿部，岡田，松下：共有音場を活用したコミュニケーションの提案，情処学研報，Vol.93，No.GW-4，pp.61-67(1993)
- [3] M.Cohen: Multidimensional audio window management, Int. J. Man-Machine Studies Vol.34, pp.319-336 (1991)
- [4] Cohen, 小泉：オーディオウィンドウ：音楽情報科学研究会会報，No.40，pp.30-31 (Dec.1991)
- [5] 正木，西村，山口，市原，高田，吉村：N-ISDN用マルチメディア通信会議システムにおけるサービス実現方式の検討，信学技報，IE93-63，pp.1-7 (1993)
- [6] 神田陽治：ミニチュア会議室（ユーザインタフェース大作戦11），bit，Vol24，No.11，pp.89-98 (1992)
- [7] 小林，椎尾，安藤：Virtual Conference Room: 多人数遠隔実時間マルチメディア会議システム (1) 設計・(2) 実現，情処47回全国大会，2E-5，2E-6，pp.159-162 (1993)
- [8] 北原，石崎，木下，森：多地点共同作業支援環境GTWSにおける仮想会議室ユーザインタフェースの検討，信学技報，OFS93-26，pp.7-12 (1993)
- [9] 福永，中井，吉田：LANにおける分散マルチポイントテレビ会議システムの検討，信学技報，OFS93-10，IE93-42，pp.1-8 (1993)
- [10] 神田，渡部，三末，平岩，増井：グループ発想支援システム：GrIPS，人工知能学会誌，Vol 8，No.5，pp.65-74 (1993)