

変速再生と映像切替による多重会議支援手法の提案

高田 格[†] 杉山 阿葵[†] 岡田 謙一[‡]

概要:

本研究では、新しい会議参加スタイルを提唱する。具体的にはリアルタイムに送られてくる二つの会議映像を一時的に蓄積し、映像の短縮再生を用いたコンテンツの圧縮による再生時間の短縮を行う。その時間圧縮された会議映像コンテンツに対し、自動交互切替を行い、二つの会議映像を交互に視聴する。そうすることで、リアルタイムに二つの会議映像を視聴できる多重会議支援手法を実現する。しかし、会議映像をスイッチングする度に発話途中で映像が切り替わってしまい、会話内容の把握が困難になる恐れがある。そこでその問題を解決するために、映像切替時にオーバーラップによる映像再開支援手法を導入した。そして我々は提案手法に基づきプロトタイプシステムを実装し、評価実験を行った。その結果、提案手法を用いることでスムーズに映像に復帰することができ、内容把握にも支障を出さずに二つの会議映像を短時間で視聴することが可能であることを確認した。

Multiple Conference Support Method Using Variable Speed Playing and Video Image Switching

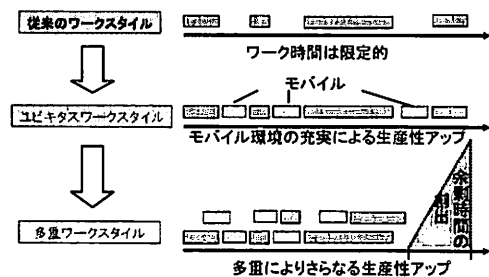
Itaru Takata[†], Aki Sugiyama[†], Ken-ichi Okada[‡]

Abstract:

In this research, we propose a new video conferencing participation style. In particular, the real-time audio/video streams of two conferences are stored temporarily and these streams are compressed by the shortened video playing. Here, we define the shortened video playing as the playing of the video for a shorter time than the original video using fast-forward playing. Two conference videos compressed by the shortened video playing are switched automatically at a constant interval. By doing so, we realize the video conferencing participation style that users can watch two real-time conference videos. However, the grasp of conversational content becomes difficult because the video is switched at the middle of a conversation. To solve this problem, we introduced the video restart supporting method with overlap in video switching. We implemented the prototype system based on our proposal and carried out evaluation experiments. From these results, we confirmed that users can return smoothly to a video and watch two real-time conference videos.

1. はじめに

近年、プロの編集者が作るような質の高い映像を自動的に生成する研究が行われている。研究例として、スポーツ^{1),2)} や講義³⁾ における適した撮影領域や撮影対象を自動的に決定するカメラワークの研究がある。そこで我々はこれまでにタイムシフトを用いた複数カメラのスイッチング手法⁴⁾ の研究を進めてきた。また、オフィスワーカーの持つ仕事量はその種類と共に年々増加している。そのため、与えられたある時間の中で同時に複数の作業を効率よくこなしていく「多重的なワークスタイル」という新たなワークスタイルが注目されてきている⁵⁾。図1に多重ワークスタイルの概念図を示す。実際のオフィスにおける仕事に注目すると、多くのオフィスワーカーは会議の出席や資料作成等のデスクワークに対して非常に多くの時間を費やしている。そこで我々は先に述べたタイムシフトを用いた複数



カメラのスイッチング手法を活かし、遠隔地で行われている会議への参加と同時に、書類作成等のデスクワークをも実現できる多重ワーク支援という着想に至った。ここで、オフィスワークにおける会議参加といった個人が作業を任意に中断、制御することが不可能な作業を同期ワーク、逆にデスクワークといった作業者が中断や継続を随時制御することが可能な作業を非同期ワークと定義する。我々はこれまでに同期ワークと非同期ワークの組み合わせである多

[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University
[‡] 慶應義塾大学理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University

重ワークにおいて、遠隔会議中継カメラの自動切替手法の提案⁶⁾や、会議の議事進行に応じた遠隔会議参加とデスクワーク支援を行ってきた⁷⁾。しかしながら多重ワークを制御性という観点で捉えた場合、重複音声・内容把握・タスク切替という点から同期ワーク同士の組み合わせが最も難関であることがわかる。そこで本研究では同期ワーク同士の組み合わせである二つの遠隔会議閲覧の多重ワーク支援を目指す。

以下、2章では提案手法について、3章では予備実験について、4章では映像切替時の問題点について述べ、5章では本システムの実装について述べる。6章にて評価・考察を行い、7章を本論文のまとめとする。

2. 変速再生と映像切替による多重会議支援手法

本研究では、内容把握にも支障を出さずに二つの遠隔会議に参加する新しい会議参加スタイルを目指し、変速再生と映像切替を用いた多重映像視聴手法を提案する。

2.1 会議参加スタイル

本研究では、二つの遠隔地で行われている伝達会議を視聴することを想定している。ここでは二つの遠隔会議を視聴するスタイルについて述べる。

遠隔会議参加スタイルとして、一つの会議映像を視聴後にもう一つの会議映像を視聴するスタイルがある。これを本論文ではシリアル型視聴と定義する。このシリアル型視聴では、映像の早回しを行わないため内容理解は容易であるが、二つの映像の時間分拘束されてしまい、効率よく映像を視聴することができない。仮に早回しで視聴することにより効率を上げようとしても、二つの映像全てをバッファした後でしか早回しが行えず、リアルタイムに会議映像を視聴することができないという問題点がある。

別の遠隔会議参加スタイルとして、二つの会議映像を同時に視聴するものがある。これを本論文ではマルチ型視聴と定義する。このマルチ型視聴では、二つのリアルタイムのコンテンツを視聴する場合にも対応できるという利点がある。しかしこの会議参加スタイルでは、二つの会議映像コンテンツの音声がお互いの音声を打ち消し合い、内容把握に支障が生じることが我々の研究によりわかっている⁸⁾。

そこで我々は、会議映像の早送りによる短縮再生を行い、且つ、二つの会議映像を自動で交互に切り替えて視聴を行うことにより、一つの会議の時間分で二つのリアルタイムの会議映像が視聴できる遠隔会議参加スタイルを提唱する。これをコンカレント型視聴と定義する。

シリアル型視聴、マルチ型視聴、コンカレント型視聴の概念図を図2に示す。

以下に提案手法であるコンカレント型視聴に関する詳細を述べる。

2.2 提案手法

まず、二つのリアルタイムの会議映像コンテンツを一定時間分蓄積する。そしてその蓄積されたコンテンツに対し

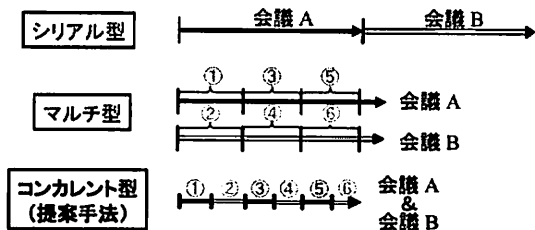


図2 映像視聴のスタイル

て、短縮再生による映像密度の圧縮を行う。ここで映像密度を以下の式で定義する。

$$\text{映像密度} = \frac{\text{実際の映像時間}}{\text{再生時間}}$$

映像は一般的に通常速度で再生されるため、映像時間分の再生時間が必要となる。上記の式に従うと、映像視聴時間が短くなる方が映像密度が上がり、好ましい⁹⁾。そこで短縮再生をすることで再生時間の値が小さくなり、映像全体の密度が高まる。その結果、図3に示すように映像が圧縮され、余剰時間が創出される。そしてその余剰時間にもう一つの会議映像を視聴することが可能となる。

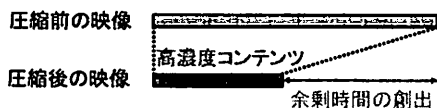


図3 映像密度圧縮のイメージ

また、何も処理を行わずに再生速度を上げると音声の音程が高くなり、聞き取りが困難になる。そこで、TSM (Time Scale Modification) と呼ばれる音声補正技術¹⁰⁾を施すことで、再生速度を変化させることによって音声の聴講に支障をきたさないようにする。

3. 予備実験

短縮再生した映像を用いて様々な実験を行うことで、短縮再生技術が人の聴覚情報処理能力に与える影響と、内容理解を損なわない適切な再生速度を明らかにする。初めに、様々な再生速度に変化させた映像を用いて最も適した再生速度を求める。次に、その求めた再生速度の映像を用いて内容理解を損なわないかを調査する。更に、二つの映像を切替える最も適した間隔を求めるために実験を行う。以下にその詳細を示す。

3.1 再生速度適正実験

本実験は内容理解を損なわない適切な再生速度を測ると共に、人間の聴覚情報処理能力の限界を調査することを目的とする。

実験は、再生速度を2.0倍速、2.2倍速、2.4倍速、2.6倍速、2.8倍速、3.0倍速と6種類の再生速度で16名の被験

者に映像コンテンツを視聴してもらうことで適正値を測ることとした。本実験では、研究室の新人配属に関するディスカッションを行っている会議映像を評価実験用コンテンツとして用いた。

評価方法として、実験被験者に最も自分に適していると思った再生速度から順位付けをってもらうこととした。具体的には最もよいと思ったものから順に5点、4点、3点、2点、1点、0点を付けてもらい、平均値を取ったものを評価とする。表1に結果を示す。

このことから、2.4倍速が最も評価が高く、2.2倍速と2.6倍速も良好であることがわかる。

表1 適正速度の評価

評価速度	2.0倍	2.2倍	2.4倍	2.6倍	2.8倍	3.0倍
得点	2.3	3.4	4.1	3.1	1.6	0.4

また同時に、それぞれの再生速度で映像を視聴してもらった際に、話の流れを把握することができたかどうかを質問することで人間の聴覚能力の限界値を調べた。評価項目は、話の流れを理解できたかという質問に「はい」と答えた人数の割合である。その結果を表2に示す。このことから、再生速度が上がるにつれて話の内容を理解できた被験者が減っていったことがわかる。

これら二つの結果から、ほとんどの人が映像の内容を理解できるよう安全性を考慮して、本研究で用いる映像の再生速度を2.2倍速とし、これを適正値として設定する。

表2 聴覚能力の限界速度

再生速度	2.0倍	2.2倍	2.4倍	2.6倍	2.8倍	3.0倍
割合(%)	100	94	81	63	25	0

3.2 短縮再生適正実験

本実験では、前節で求めた再生速度で映像を視聴した際の理解度への影響を調査することを目的とし、短縮再生の適正評価を行う。

本実験は短縮再生速度として2.2倍速と1倍速再生との理解度比較を行い、それにより再生された映像をどの程度理解することが出来たかを図る実験となっている。ここでいう理解度とは、会議中に出てくるキーワードをどの程度聞き取ることができたかとして定義する。本実験で用いた会議映像の議題は「安楽死」と「旅行計画」に関してである。それぞれの議題は約2分の内容となっている。本実験では問題正解率を評価項目として設定した。具体的な問題としては安楽死の何が問題となっていたか、旅行の行き先はどこになったか、といった具体的な語句を問う問題となっている。以上の実験を16名の被験者に行ってもらった。実験結果を表3に示す。

まず両速度の正解率を見たところ2.2倍速、1倍速ともに正解率にほとんど変化が無いことがわかる。また2.2倍

表3 短縮再生の適正評価

再生速度	安楽死	旅行計画
1倍速	65.1%	82.5%
2.2倍速	63%	79.1%

表4 映像切替間隔の評価

切替間隔	5秒	10秒	20秒	40秒	60秒	それ以上
得点	0	1	2.6	4.7	4.1	2.5

速において、旅行計画に対して安楽死の会議内容のほうが正解率が下がっているが、1倍速においても同様の結果が見られる。このことから正解率は会議の再生速度に依存するのではなく、会議内容に依存することが分かる。よって短縮再生による理解度に対する影響は無いものと考えられ、短縮再生を会議映像視聴に適用しても問題はない。

3.3 映像切替間隔適正実験

本実験では、内容理解を損なわないスムーズな二つの映像の交互視聴が可能となる適切な切替間隔を測ることを目的とし、映像切替間隔の適正実験を行う。

実験は、5秒、10秒、20秒、40秒、60秒と5種類の切替間隔を設定し、それぞれの映像切替間隔で二つの会議映像コンテンツを交互視聴してもらう。ただしこのとき再生する映像は第3.1節の実験により得られた再生速度である2.2倍速で再生する。また実験には、「旅行計画」に関して議論している会議映像と「新人教育」という議題に関して議論している会議映像の二つを評価実験用コンテンツとして用いた。この二つの会議映像を上記切替間隔で交互に視聴し、第3.1節と同様の評価方法で順位付けしてもらい、それぞれの映像切替間隔において平均点を算出した。その結果を表4に示す。

表4より、40秒間隔が最も評価が高くなっている。そこで本研究では40秒を映像切替間隔として用いる。ただし、映像コンテンツは2.2倍速で再生されているため、実際のコンテンツは2.2倍速×40秒=88秒分、つまり約1分半程度の内容を持つ映像を視聴し終えた後に次の映像に切り替える間隔が適正であると言える。

4. 映像切替時の問題点

会議映像を交互に切り替える際に、映像切替間隔分の時間が経過後に映像を自動で切り替えてしまうと、会話の途中で映像が切れてしまうため、再びその直後の映像から開始されると内容に関する理解が困難になってしまうという問題点が挙げられる。具体的には、図4のように会議Aと会議Bの映像を交互視聴している際に、会話内容を考慮することなく40秒という時間だけで映像を切替えてしまうと、再び会議A、会議Bの映像に戻ったときに、発話が途中で途切れてしまっているため内容理解が困難となり、スムーズに映像に復帰することが不可能となる。

4.1 映像切替時のオーバーラップによる映像再開支援

上記問題点を解決するために、映像切替時にΔt秒間と

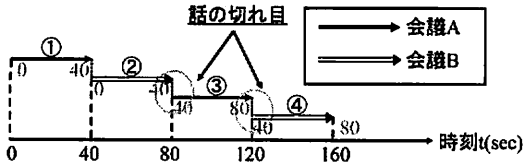


図4 映像切換時の問題点

いう微小時間の映像を重複させて再開させることで、映像の内容を容易に思い出すことができ、スムーズな映像復帰が可能となる。具体的なイメージを図5に示す。図5の絶対時間を実世界の時間、相対時間を会議映像コンテンツの持つ時間と定義する。

まず最初に会議Aを $(40 + \Delta t)$ 秒間視聴する。その視聴を終えた後に今度は会議Bを $(40 + \Delta t)$ 秒間視聴する。再び会議Aを視聴する際に今度は Δt 秒前の状態、つまり40秒経過した地点から映像を再開することにする。また会議Bを再び視聴する際にも同様の処理を行う。

これにより、発話が途中で途切れていてもその少し前から映像が再開されるためその発話の理解が容易になり、且つ、話の流れを思い出すことができ、スムーズな映像復帰が可能となる。

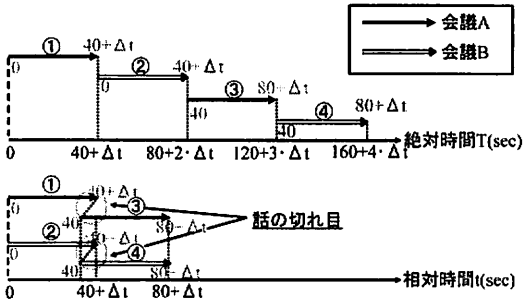


図5 映像重複による内容理解の再開支援

4.2 重複時間の算出

ここでは2つの会議映像を交互に視聴しても1つの会議映像を1倍速で視聴したときと同じ時間で視聴可能にすることを目的として、 Δt の算出方法について述べる。映像の重複時間を Δt (sec)、短縮再生速度を k 、会議映像時間を T (sec) (簡単にするために両会議とも同じ時間の映像とし計算する)、映像切換間隔は40(sec)と設定する。

ここで映像切換回数を図6に示すように相対時間の時系列で考えると、1セットにつき2回の映像重複が発生することになる。その考えに基づき総重複時間は以下の式で表すことができる。

$$\text{総重複時間} = \text{交替回数} \times 2\Delta t$$

ここで会議映像時間 T を k 倍速で短縮再生すると、一つの会議映像を視聴し終えるのに要する時間は $\frac{T}{k}$ (sec) とな

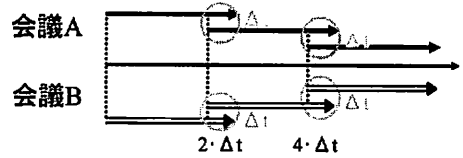


図6 総重複時間の算出

る。そこで1つの会議映像に対する切換回数は $(\frac{T}{40 \cdot k} - 1)$ 回発生することになり、総重複時間は $2\Delta t \times (\frac{T}{40 \cdot k} - 1)$ (sec) 発生することになる。以上のことより、1つの会議映像を1倍速で聞いたときと同じ時間で二つの会議映像を視聴し終えるためには、以下の式を満たす必要がある。

$$2\Delta t \times (\frac{T}{40 \cdot k} - 1) + \frac{2T}{k} \leq \frac{T}{1}$$

これを式変形すると、以下のようになる。

$$\Delta t \leq \frac{20(k-2)}{1 - \frac{40 \cdot k}{T}}$$

よって Δt の式より、映像重複時間と映像時間のグラフを求めると図7のようにになる。

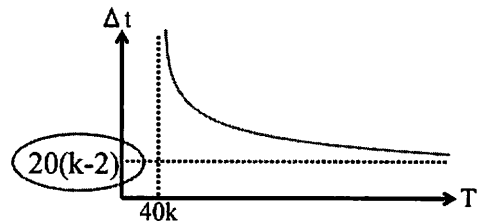


図7 重複時間と映像時間の関係

本研究では $k = 2.2$ (映像を2.2倍速再生で行う)と設定した。そのため、 $40k = 88$ となる。ここで会議映像時間 T は88(sec)に比べて圧倒的に大きなオーダーであるため、 T を無限に発散させた状態の Δt を算出しても問題ない。その結果算出された Δt の値は $20(k-2)$ (sec)となり、 $k = 2.2$ を代入すると $\Delta t \leq 4$ (sec)となる。この条件を基に映像重複時間 Δt を設定すれば、1つの会議映像を1倍速で視聴したときと同じ時間で二つの会議映像を見終えることが可能となる。

5. 実装

提案手法に基づいて、短縮再生された二つの会議映像を自動切替を行いながら視聴可能なプロトタイプシステムを構築した。以下にその詳細を述べる。

5.1 映像出力アルゴリズム

本提案によるシステム構成図を図8に、以下にそれぞれの役割を示す。

まず二つの会議映像A、Bを一時的に(1)短期映像蓄積装置に蓄える。交互に映像をスイッチングするまでの時間分蓄積し終えると、その蓄積された映像は(2)可変圧縮装

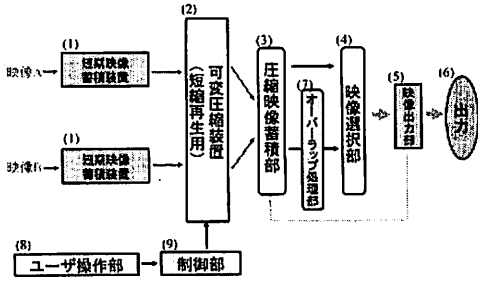


図8 システム構成図

置へと入力される。その後、時間圧縮された映像・音声(3)圧縮映像蓄積部へと遷移し、一時的に蓄積される。そしてそれらの蓄積映像に対して(4)映像選択部を通すことにより、出力されるべき映像が選択される。その後、実際に(5)映像出力部を通して適切な映像切替間隔によって各々の映像・音声が(6)出力される。また、各映像の一巡目の際にはオーバーラップは働かないが、二巡目以降では圧縮映像蓄積部で蓄えられた映像に対して(7)オーバーラップ処理部が働くことになるので、映像の二巡目以降は(5)から(3)へ重複分の映像を送るというループが行われる。これにより二巡目以降は、切替時の映像オーバーラップを施した映像・音声が交互に出力されることになる。さらに、(8)ユーザー操作部では映像の切替間隔時間や倍速再生速度の決定などの変更が行える。そこで変更が行われれば、変更された値が(9)制御部を通じてシステムに組み込まれることになる。

以上のシステム構成により入力映像に対して処理が施され、映像が出力される。会議映像A、Bに対する入出力関係を図9に示す。

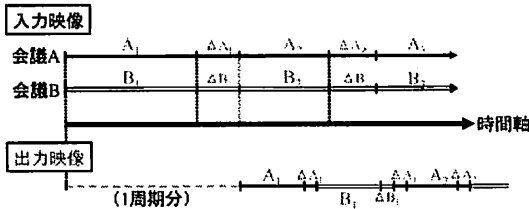


図9 映像の入出力関係

まず、会議Aと会議Bの映像を入力とした1周期分の映像を蓄積し終えるとそれぞれの蓄積映像に対して圧縮をかけ、その圧縮映像を出力し始める。ここで1周期とは、切替が起こるまで一つの映像を見ている時間と定義する。

ここで二つの会議映像 A_n , B_n を圧縮した映像を、それぞれ A'_n , B'_n と定義する。また、 A_n , B_n の重複させる映像部分を ΔA_n , ΔB_n と定義し、さらに ΔA_n , ΔB_n を圧縮した映像を $\Delta A'_n$, $\Delta B'_n$ とそれぞれ定義する。同時に会議映像Aに関して、1周期の定義は1回目の映像切

換間隔のみ $A'_1 + \Delta A'_1$ とし、2回目以降からは $\Delta A'_1 + A'_2 + \Delta A'_2$, $\Delta A'_2 + A'_3 + \Delta A'_3$ と続いていき、 $\Delta A'_n + A'_{n+1} + \Delta A'_{n+1}$ ($n \geq 2$) という一般式で定義する。会議映像Bについても同様の定義を行う。

また、映像切替間隔を40秒、再生速度2.2倍と設定すると、重複時間 Δt は4秒と算出され、1周期は44秒となる。圧縮映像における A'_1 , B'_1 はそれぞれ40秒となり、 $\Delta A'_1$, $\Delta B'_1$ はそれぞれ4秒と設定される。そして各圧縮映像 $A'_1 + \Delta A'_1$, $B'_1 + \Delta B'_1$ を視聴し終えた後に再び会議映像Aを視聴することになる。ここで、再開時における会議映像Aは続きの A'_2 部分から開始されるのではなく、重複部分を持たせて再開させるため、映像は $\Delta A'_1$ の部分から再開されることになる。

ここで、1周期を44秒(映像切替間隔40秒+重複時間4秒)と設定しているため、 $\Delta A'_1 + A'_2 + \Delta A'_2 = 44$ 秒となり、これより $A'_2 = 36$ 秒となる。よってこれ以降の A'_n , B'_n は全て36秒として計算される。以上のように出力映像が生成される。

5.2 実装画面

以上の要素を取り入れ、プロトタイプシステムを実装した。実装画面を図10に示す。本プロトタイプシステムにおいて、奥の2画面に1.0倍速で再生された二つの会議映像コンテンツが表示される。そして中央にその二つの会議映像コンテンツから交互に映像が選択され、2.2倍速の映像が表示される。このとき音声は、2.2倍速で再生されている映像のもののみ出力される。

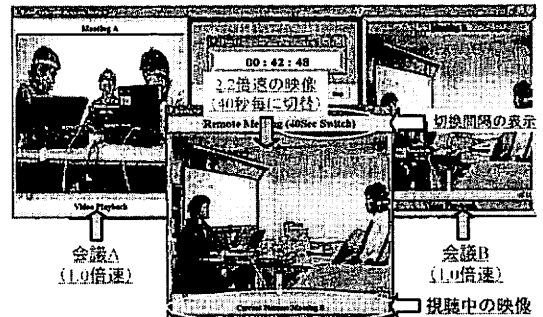


図10 実装画面

6. 評価・考察

本提案による新しい映像視聴スタイルの有用性を調査することを目的とし、評価実験を行った。以下にその詳細を述べる。

6.1 評価手法

本手法の有用性を検証するために、図2で示したリアル型視聴、マルチ型視聴、そして提案手法であるコンカレント型視聴により二つの映像コンテンツを視聴してもらう。被験者は全部で15名となっており、それらの被験者5名

3 グループに分け、上記3通りの視聴法で実際に映像コンテンツを視聴してもらった。本実験では、参加者4名で5分間行った会議の映像二つを評価用映像として用いた。本実験で用いた会議映像の議題は「未来の翻訳装置」と「卒業旅行計画」に関してである。本実験では問題正解率を評価項目として設定した。問題は、Aさんは新しい機能として何が欲しいか、一日目の昼御飯は何を食べることになったか、といった具体的な語句を問う問題で構成される。次節に実験結果を示す。

6.2 実験結果と考察

表5に、シリアル型視聴、マルチ型視聴、本提案手法であるコンカレント型視聴の結果をそれぞれ示す。

会議スタイル	シリアル型	マルチ型	コンカレント型
正解率	75 %	45 %	66 %

シリアル型視聴は1つの会議映像が終わった後にもう1つの会議映像を視聴するスタイルのため、75%と高い正解率を得ている。しかしながら、シリアル型視聴の問題点として、他の二つの会議参加スタイルに比べて倍の時間が必要となるため、映像密度の低下ということが挙げられる。一方、マルチ型視聴は同時に二つの会議映像を視聴するという特性から、二つの会議映像コンテンツの音声がお互いの音声を打ち消してしまい、正解率45%と低い値となっている。それに対して本提案によるコンカレント型視聴では正解率66%とシリアル型視聴とさほど変わらぬ正解率を上げており、更にマルチ型視聴と同様に二つの会議映像を一つの会議映像分の時間で視聴することが出来ており、リアルタイムに対応可能であるということがわかる。

このことから本提案によるコンカレント型視聴は高い正解率とリアルタイムの会議に対応可能という点から新しい会議参加スタイルとして実現可能であると言える。

7. おわりに

近年、オフィスワーカーの持つ仕事量はその種類と共に年々増加している。そのため、与えられたある時間の中で同時に複数の作業を効率よくこなしていく「多重的なワークスタイル」という新たなワークスタイルが注目されてきている。そこで本研究では、新しい会議参加スタイルを提唱することを目的とし、変速再生と映像切替による多重会議支援手法を提案した。具体的にはリアルタイムに送られてくる二つの会議映像を一時的に蓄積し、映像の短縮再生を用いたコンテンツの圧縮による再生時間の短縮を行う。その時間圧縮された会議映像コンテンツに対し、自動交互切替を行い、二つの会議映像を交互に視聴する。そうすることで、リアルタイムに二つの会議映像を視聴できる多重会議支援手法を実現する。また、映像切替時の発話が途中で途切れてしまうために起こる、内容理解が困難になってしまうという問題、映像が切り替わってもその映像の流れ

を思い出すことが困難であるという問題を解決するために、映像切替時のオーバーラップによる映像再開支援手法を導入した。更に我々はプロトタイプシステムを実装し、提案手法の有用性を調査するための評価実験を行った。その結果、本提案によるコンカレント型視聴では正解率66%とシリアル型視聴とさほど変わらぬ正解率を上げており、マルチ型と同様にリアルタイムに二つの会議映像を視聴ができ、内容理解を損なわずに映像密度を向上させているという点で、新しい会議参加スタイルとして有用性があることを確認した。

謝辞 本研究の一部は、21世紀COEプログラム研究拠点形成費補助金のもとに行われた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 尾関基行, 伊藤雅嗣, 中村裕一, 大田友一: 複合コミュニケーション空間における注目の共有~人物動作理解による物体への注釈付け~. VRSJ 第6回大会論文集, Sep 2001.
- 2) 松本圭介, 須藤智, 斎藤英雄, 小沢慎治: サッカー放送における視点選択のための多視点画像の統合によるボール追跡. 電学論, Vol. 121-C, No. 10, pp. 1530-1539, Oct 2001.
- 3) 村上昌史, 大西正輝, 福永邦雄: 状況理解と映像評価を考慮した講義の知的自動撮影. 情処研報, CVIM-125-5, Jan 2001.
- 4) 加藤淳也, 住谷哲夫, 井上亮文, 重野寛, 岡田謙一: タイムシフトを用いた会議中継カメラのスイッチング手法. 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.3, March 2006.
- 5) Star-telegram.com and David Meyer. Multitasking makes you stupid, studies say. <http://www.dfw.com>, 2003.
- 6) 住谷哲夫, 津村弘輔, 高田格, 重野寛, 岡田謙一, “多重ワークにおける会議中継カメラの自動切替手法”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.1, pp.356-364, 2007年1月.
- 7) Itaru Takata, Kousuke Tsumura, Hisashi Anzai, Hironori Egi, Kenichi Okada, “Agenda based Multiple Work Support for Video Conferencing Participation and Deskwork”, In Proc. of The Second International Conference on Collaboration Technologies, pp. 21-26, July, 2006.
- 8) 安西悠, 江木啓訓, 西川真由佳, 湯澤秀人, 松永義文, 岡田謙一: 遠隔会議への同時多重参加を目的とした理解度評価. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.2, pp.61-68, 2006年5月.
- 9) 青柳滋己, 佐藤孝治, 高田敏弘, 菅原俊治, 尾内理: 紀夫映像短縮再生システムの教育映像への適用評価. 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.5, pp.1297-1305, 2005年5月.
- 10) Justy W.C. Wong, Oscar C.Au, Peter H.W.Wong: Fast Time Scale Modification Using Envelope-Matching Technique(EM-TSM), Proceedings of the 1998 IEEE International Symposium, vol.5, pp.550-553, Jun 1998.