

Title	映像・音声記録の効果的な提示手法に関する研究
Author(s)	田中, 郁
Citation	
Issue Date	2009-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8149
Rights	
Description	Supervisor: 國藤進, 知識科学研究科, 博士

博 士 論 文

映像・音声記録の効果的な提示手法に関する研究

指導教官 國藤 進 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科 知識社会システム学専攻

田中 郁

2009 年 3 月

要 旨

本論文は、実世界における人物間のインタラクションの場면을記録した映像・音声情報の再利用に基づく知的活動支援システムについてまとめたものである。

近年、ユビキタス関連技術の発展に伴って、人間同士の日常的なインタラクションを長時間かつ複数のモダリティを組み合わせることで記録可能となりつつある。日常的な記録の蓄積は、個人の長期的な外部記憶としての利用や、組織における意思決定や事例共有などに有用な知的資源としての利用が期待されるが、一方で収録環境と時間長の拡大によってメディアの再利用が困難となりうる。それゆえ、記録内に分散して存在する重要な知識を適切に抽出し、かつ利用者の文脈に沿った形で参照できることが理想となるが、そのためには利用状況に応じた記録メディアの提示手法に関する工夫が必要となる。

そこで本論文では、多人数によるインタラクションを記録した映像・音声情報を知的活動支援に役立てることを目的とした副次的な利用手法を2種類提案する。ひとつは、展示会場におけるデモ発表というインタラクションの過程そのものに、直近のインタラクションの記録を埋め込んで利用可能とすることで、知的交換の場である展示議論を支援する手法である。発表者とある参加者による議論をセグメント化して聴取可能にすることで、非同期的におこなわれる展示議論への参加を支援するインタフェースについて述べる。さらには、議論時におけるインタラクションを利用した議論音声へのアノテーション付与インタフェースと、それに基づく聴取インタフェースについても述べる。

そしてもうひとつは、既に起こったインタラクションの記録を、後日の再利用時に提示する際に、より豊かな表現による編集を支援するための、知的カメラモデルに基づく映像編集インタフェースの提案である。ひとつの実写映像に対して、異なる複数のカメラワークを半自動的に適用し、異なるバリエーションの映像を作り出すための基礎的手法について提案する。

本論文で提案する手法は実世界における多人数インタラクションを対象としており、それぞれの基礎的手法を確立することによって、今後益々発展が見込まれる実世界記録に基づいた知的活動支援システムの設計指標となるという点で意義がある。

目次

第 1 章	序論	1
1.1	本研究の目的と意義	1
1.2	研究背景	3
1.2.1	実世界インタラクションの記録と利用に関する研究	3
1.2.2	実世界記録の表現技術に関する研究	5
1.2.3	実世界インタラクションの分析に関する研究	7
1.3	本論文の構成	7
第 2 章	Aware Topics: 展示会場における議論を支援する音声キャプチャシステムの提案と評価	10
2.1	はじめに	10
2.2	AwareTopics システム	13
2.2.1	展示ブースにおける参加者の興味に基づく参加支援	13
2.2.2	設計方針	16
2.2.3	利用シナリオ	17
2.3	実装	18
2.3.1	システムの構成	18
2.3.2	議論音声のキャプチャ	19
2.3.3	議論履歴の聴取とコメントの入力	20
2.3.4	議論履歴の構造化	21
2.4	運用実験による評価および考察	22
2.4.1	運用実験の概要	22

2.4.2	運用データに基づく評価	24
2.4.3	アンケートによる評価	28
2.4.4	ゾーン分けによる効果についての考察	31
2.5	議論	34
2.6	本章のまとめ	36
第 3 章	Aware Poster : 展示議論の非同期的聴取を支援する電子ポスタインタ フェースの提案	37
3.1	はじめに	37
3.2	聴取支援へのアプローチ	38
3.3	Aware Poster システム	39
3.3.1	設計	39
3.3.2	利用シナリオ	41
3.3.3	実装	42
3.3.4	傍聴ゾーン用ボタンデバイスとの連携	46
3.4	試用実験による評価	47
3.4.1	実験に用いるデータの収録	47
3.4.2	実験環境および手順	48
3.4.3	運用データに基づく評価	50
3.4.4	アンケート結果および考察	52
3.5	関連研究	55
3.6	まとめと今後の課題	56
第 4 章	Cinematized Reality: 映像情報の再利用を支援する知的カメラワークシ ステムの提案と評価	57
4.1	はじめに	57
4.2	カメラワーク適用のためのアプローチ	58
4.2.1	自由視点映像の利用	58
4.2.2	カメラプランニングに関する関連研究	60
4.2.3	デジタルデータへのアノテーション	61

4.2.4	用語の定義	65
4.3	Cinematized Reality システム	66
4.3.1	Cinematized Reality システムの構成と処理の流れ	66
4.3.2	アノテーション付与インターフェース	66
4.3.3	カメラワーク演出の指定	69
4.3.4	カメラ配置モデルに基づくカメラ位置決定	69
4.4	映像の出力例	73
4.4.1	ロングショットの決定例	73
4.4.2	クレーンダウンの決定例と出力例	74
4.4.3	2名の人物によるインタラクションの演出例	74
4.5	評価実験	77
4.5.1	実験映像の撮影環境	77
4.5.2	実験に用いたカメラ演出パターン	78
4.5.3	評価実験の手順	78
4.5.4	アンケート調査の方針	84
4.6	アンケート結果と考察	84
4.7	本章のまとめ	87
第 5 章	結論と今後の課題	88
5.1	本論文のまとめ	88
5.2	今後の課題	89
5.3	提案手法の応用可能性	90
	謝辞	93
	参考文献	95
	本研究に関する発表論文	101

目次

1.1	本論文の構成	9
2.1	システムの概要	15
2.2	システム構成図	19
2.3	傍聴デバイスおよび Aimulet 受信機	20
2.4	議論履歴の操作イメージ	21
2.5	インタラクション 2008 における展示の見取り図と実際の様子	23
2.6	議論履歴の再生時間長の分布	26
3.1	重量表示用ボタン	40
3.2	システム構成と処理の流れ	43
3.3	議論ゾーン用電子ポスタ	44
3.4	議論ゾーン用電子ポスタの使用例	44
3.5	傍聴ゾーン用電子ポスタ	45
3.6	傍聴ゾーン用電子ポスタの使用例	45
3.7	議論履歴のフィルタリングと再生イメージ	46
3.8	実験環境の見取り図	50
4.1	自由視点映像の概念図	59
4.2	電子テキスト上に付与されたアノテーションの例	63
4.3	画像に付与されたアノテーションの例	63
4.4	アノテーションと映像セグメントとの対応関係	64
4.5	システム構成図	67

4.6	アノテーション付与インタフェース	68
4.7	カメラ配置モデル	70
4.8	フレーミング指定と撮影されるアノテーション領域との関係	72
4.9	クレーンショットの例	75
4.10	将棋を例としたインタラクションの演出例	76
4.11	実験環境	79
4.12	元の自由視点映像	80
4.13	パターン 1 を適用した自由視点映像	81
4.14	パターン 2 を適用した自由視点映像	82
4.15	パターン 3 を適用した自由視点映像	83

表目次

2.1	アンケートの回収結果	24
2.2	議論履歴操作機能の使用状況	26
2.3	議論履歴の再生時間	26
2.4	議論履歴聴取機能についてのアンケート結果	30
2.5	議論履歴へのコメント機能についてのアンケート結果	30
3.1	実験用議論履歴の収録結果	48
3.2	実験用傍聴ボスタの再生機能	48
3.3	実験用システムにおける再生機能の差	48
3.4	議論履歴の再生時間	51
3.5	Aware Poster システムによる再生機能の内訳（3 秒以上再生）	51
3.6	アンケート結果	52
4.1	各パターンによるカメラワークの違い	79
4.2	カメラ演出自体に関するアンケート項目	85
4.3	カメラの配置および移動に関するアンケート項目	85
4.4	一番印象に残った映像に関するアンケート項目	85

第 1 章

序論

1.1 本研究の目的と意義

本論文は，実世界における人間同士のインタラクションの様子を記録した映像・音声情報の再利用に基づいた知的活動支援システムについてまとめたものである．本論文で用いる「インタラクション」とは，実社会における複数の人物による社会的な相互作用を指す．したがって，本論文の対象とする「実世界における人物間のインタラクションの場面」とは，例えばオフィスにおける就業の様子や対面会議などにおいて，複数人が協調的に何らかの知的活動に従事している場면을対象とする．

パーベイシブコンピューティング (Pervasive Computing)[32] の概念を実現する要素技術の発展に伴って，人間同士の日常的なインタラクションを長時間かつ複数のモダリティを組み合わせで記録することが容易となりつつある．日常的な記録の蓄積は，例えば個人の長期的な外部記憶としての有効利用が見込まれる [27][18][17]．また体験メディア [47] と呼ばれる一連の取り組みが示すように，個々人の体験を共有することで，コミュニケーションの支援にも有用となる．さらに組織においては，意思決定や事例共有などに有用な知的資源としての利用を見込めることから，知識マネジメント [36] における重要な知識資産の源泉としても期待されており [58]，特に会議のような知識交換の場を対象として，参加者の発言と会議時の様子をマルチメディア議事録として自動で作成する装置 [31] などとも提案されてきた．さらには，記録媒体の容量が許す限り継続的な記録が可能であることから，映像サーベイランスシステム [22] の研究成果をリスク管理と再発防止が至上課

題となる医療現場に適用する試みが進められており [44]，特定の場所で突発的に起こりうる事例の収録と利用環境の整備が進められている．

このように，実世界の記録環境の整備に伴って組織における知的資産としての利用の機運が高まりつつある反面，Abowd らの指摘 [1] にあるように^{*1}，利用者による記録へのアクセス手法についての研究課題は多い．実世界を対象とした長時間のマルチメディア記録には，何かしら共有すべき知識が含まれている箇所もあれば，ただ淡々と場の様子が記録されている箇所も含まれる．むしろ，情報量としては後者の方が圧倒的に多いであろう．これに加え，記録の主体と利用が個人で完結する場合は利用時の文脈が自己のものであるため，本人が想起できる程度の索引が用意されていれば最低限の利用は可能である．しかしながら，第 3 者への知識伝達を目的に記録をおこない，事後的に映像・音声メディアを利用する場合において，メディアに含まれる有用な情報を知識として伝達するためには，

- 記録内の伝達すべき箇所の抽出
- 抽出した箇所の適切な構造化と効果的な提示

という 2 点についてそれぞれ考慮せねばならない．すなわち，記録された内容へのアクセスを向上するための適切な記録のセグメンテーション (Segmentation) と，セグメンテーションされた内容を伝達するための加工 (Documentation) 技術が必須となる．第 3 者に対して，適切な編集を施すことなしに，単にインタラクション記録そのものを提示するだけでは，視聴者は長時間に渡る映像や音声のどこを参照すればいいのかがわからず，結果として，事例の共有や理解の促進が困難となる．それゆえ，蓄積された記録の利用に際しては，利用する側の目的および状況を考慮したコンテンツ化^{*2}が必要となるとともに，記録メディアの提示のためのインタフェースについての工夫が必要だと考えられる．

そこで本論文では，インタラクションの様子を記録したコンテンツを知的活動支援に役

^{*1} ユビキタスコンピューティングにおけるアプリケーション研究が検討してきたテーマについて，「自然なインタフェース」「文脈を認識するアプリケーション」「自動的なキャプチャとアクセス」という 3 つに大別し，日常的な情報支援をおこなう上では時間的側面を考慮したシステム設計の重要性を指摘している．

^{*2} なお，ここで用いる“コンテンツ化”とは，単に記録した映像や音声をそのまま提示することではない．ノーマン (D.A.Norman) の言葉を借りれば“最適な形式というものはタスクに依存している”[13] という，情報提示における表現形式のタスク依存性と，利用の文脈にあわせた適切な加工または編集を施した情報を指す．本論文では，映像および音声メディアは非言語情報の伝達が容易であるという性質を持つことからインタラクション記録の伝達に適しているという前提で論じる．

立てることを目的とした，インタラクション記録の副次的な利用の支援システムを 2 種類提案する．ひとつは展示会場におけるデモ発表というインタラクションの過程そのものに，直近のインタラクションの様子を埋め込んで利用可能することによって，他人数による知的交換の場である展示議論を支援する手法を提案する．発表者とある参加者との会話をセグメンテーションして利用可能することで，展示会場で非同期的におこなわれる議論の再利用を支援するインタフェースについて述べる．さらには，議論時の発表者と参加者によるインタラクションを利用した議論音声へのアノテーション付与インタフェースと，それに基づく聴取インタフェースについて論じる．

そしてもうひとつは，既に起こったインタラクションの記録を，後日の再利用時に提示する際により豊かな表現を伴う提示をおこなうための，知的カメラモデルに基づく映像編集インタフェースの提案である．ひとつの実写映像に対して，異なる複数のカメラワークを半自動的に適用し，ひとつの映像から，複数の異なる映像を作り出すための基礎的手法について提案する．

以上の提案は，これまでの既存研究では取り組まれていないが，特に今後の効果的な記録の再利用手法の確立が期待される場面を対象としており，それぞれの基礎的手法を確立することによって，今後益々発展が見込まれる多人数によるインタラクションの支援を目的としたアプリケーション設計の指標となるという点において意義があるといえる．

1.2 研究背景

1.2.1 実世界インタラクションの記録と利用に関する研究

これまでに知識交換の場である会議を対象として議事録の再利用を支援する試みが主に CSCW(Computer Supported Cooperative Work) の分野で進められてきた．特に近年ではユビキタス環境を利用して会議の様子を収録することでマルチメディア議事録を作成し，後日の振り返りや他者への知識伝達をおこなう研究がなされてきた．その一例として，会議を収録するための環境デザインに関する研究 [6][8] や，携帯可能な小型機器を用いたミーティングキャプチャシステム [30] などの，収録環境に関する研究がなされてきた．また，記録された会議映像について全体を把握しやすくするための図式化インタフェース [39] の提案や，記録映像の聴取支援インタフェースの提案 [41] など再利用時の利便性向

上を目的とした研究もなされている．これらの研究では主として映像・音声の信号レベルでの特徴量を用いて発話の区切りを判定する手法が用いられている．

それに対し，会議時のインタラクション情報を元に，映像・音声記録の再利用性向上を狙ったものとして，Nagao らの研究 [33] がある．[33] では，研究室のゼミのような対面会議を対象として，映像・音声・テキストを組み合わせた議事録の作成を可能としている．[33] では発言時に “ Question ” , “ Answer ” および “ Comment ” に分類された議論札と呼ばれる赤外線装置を，環境側に設置された赤外線センサに向けることによって，これから発言する内容が進行中の議論に関してどのような関係にあるのかを明示することが可能となっている．

上述したものを一例として，会議の記録と記録に基づく会議支援システムが多数提案されてきたが，それらは基本的にインタラクションの最中にメンバに大きな入れ替わりのない知識交換の場を対象として設計されている．その一方で，学術会議や製品展示会において，発表者が実際に成果物を用いながら議論できる，いわゆるデモ発表が人気を博しているように，多人数による知的触発の場に注目が集まっている．デモ発表の例では，異なる背景知識を持つ人物が一度に参集するために，知的触発の機会がより豊富であり，知識の生産にとって貴重な場となり得るのである．

一般に，通常の会議や学会におけるプレゼンテーションのような口頭発表では，そこで行われる議論の内容が聴衆全員に直ちに共有されるが，展示発表の場合は静的なメンバによる会議とは異なり，不特定多数の人間が非同期に訪れて発表者と議論を交わすことになる．そのため，ある参加者との議論内容についてその場に居合わせない限り，別の参加者が知ることは基本的に困難となる．この結果，発表者はしばしば同じ内容の議論を繰り返すことを余儀なくされ，特定の重要な話題についての議論を深めることが困難となる．

こうした問題を解決するために，展示発表の様子を記録しておいて提示するというアプローチが考えられるが，先にも述べたように，既存の議論キャプチャシステムでは基本的にインタラクションの最中にメンバに大きな入れ替わりのない知識交換の場を対象としているため，これまで提案されてきた手法をそのまま用いることが基本的に困難となる．このような理由から，展示発表を対象とした議論の蓄積と再利用支援については，ほとんどおこなわれていないものと推察される．

1.2.2 実世界記録の表現技術に関する研究

前節では実世界インタラクションのセグメンテーションとドキュメンテーション技術について、盛んに研究されている会議を例に紹介した。その一方で、記録された映像そのものに事後の加工を施し、再利用性を向上する映像技術についても研究が進められている。

長時間に及ぶ実世界記録手法としては、特定の場所に環境カメラを設置することが一般的である。環境カメラとは、例えば普段我々が目にする商店や駅・空港などに設置されているようなカメラシステムを指す。近年では個々のカメラをネットワークで連結することが可能となり^{*3}、さらにコンピュータビジョン技術を組み合わせた映像サーベイランスシステムに関する研究も盛んである。これに加え、全方位カメラ [38] のような記録装置が比較的安価に入手できるようになり、小規模会議にてテーブルを囲む人物の様子を一度に記録することも容易となっており [29]、限定的ではあるがインタラクションの場面に応じた記録環境が整いつつある。

一般に、情報を効率よく伝達するためには、情報の編集作業が不可欠となる。具体的に映像メディアの場合では、伝達したい情報が含まれる時間的な区間の選別や、伝達したい事象にかかわる被写体の見せ方に工夫を凝らすことなどにより、内容の伝達を円滑する必要がある。我々がテレビや映画の映像を見て物語のあらすじを知り、時間的推移を把握したり、重要な場面がどこであるかを理解したり、そして時に感動を盛り立てられたりする背景には、あらかじめ用意された台本に基づいて映像作家による綿密なカメラプランニングに基づいたカメラの配置と移動がある。

ところが、環境カメラによる映像記録を効果的に伝達するためには、上述した映像製作とは基本的に異なるアプローチを取らざるを得ない性質がある。すなわち、

1. あらかじめ決められた台本が存在しない
2. 1 の問題により、台本に基づいたカメラ配置および移動の計画が困難である

という収録環境に基づく相違点を考慮せねばならない。例え 2 の問題が解決できたとしても、本研究が対象とする組織における知的活動の場において日常的にカメラマンが出入り

^{*3} 特に、視覚センサを用いたセンサネットワークと呼ぶ場合もある

して撮影するという事はナンセンスであり，経済的コストの面からも望ましくない．

一方で，記録された映像そのものを加工するための技術についても研究が進められており，上記の制約があるにせよ，実世界インタラクションの様子をより表現豊かに表現する映像技術も提案されている．その 1 つとして仮想化現実（Virtualized Reality）[23] という映像製作手法が提案されている．仮想化現実の技術を用いて作成される自由視点映像では，複数の固定カメラから得られた映像を 3 次元解析し，各カメラの映像を統合することによって，実際のカメラでは撮影が不可能な視点位置からのレンダリングを可能としている．

この自由視点映像の応用例として，スーパーボウルにおけるリプレイ映像を自由視点化することによって，より臨場感のあるリプレイ映像を作成することが試みられた [40]．また，サッカーの試合を対象として仮想化現実技術を用いることにより，選手の視点に基づいた映像の生成をおこなう実証実験もおこなわれるなど [26]，台本に基づくカメラプランの立案が困難な状況における映像の再利用法について研究が進んでいる．

上記の研究事例は主にエンターテイメント利用での映像コンテンツ生成を目的としているが，冒頭で述べた映像サーベイランスシステムと組み合わせることで，組織内における知識共有ドキュメントへの応用も可能であろう．組織内の特定の箇所で複数の視覚センサを配置することで，議事録や職場の改善資料などの映像アーカイブの構築が期待できる．例えば，会社の会議室へ設置しておくことで，会議の様子をさまざまな視点から視聴することが可能となる．また，医療現場に設置しておけば，医者や看護師がおこなう医療行為の記録に対しても同様のメリットが期待される．

ところが，従来の自由視点映像生成に関する研究では，3 次元空間の構築に関しては多く提案されているものの，作成される映像の編集や演出をおこなう上での再利用インタフェースに関してはあまり議論されていないのが現状である．ゆえに実世界インタラクションの結果を基に適切なセグメンテーションを施し，自由視点化することで事後のドキュメンテーションとしての表現力の向上が期待できるが，再利用インタフェースに関してはそこまでは至っていないといえる．

1.2.3 実世界インタラクションの分析に関する研究

実世界の記録においては，収録環境に起因するノイズなどの問題から信号レベルでのコンテンツ処理が困難な場合が多い．そのため，相互補完的なアプローチとして人間同士のインタラクションの分析に基づいたコンテンツハンドリング手法の重要性が高まっている．これまでも社会科学の諸分野において人間同士のインタラクションの分析がなされてきたが，これらの成果であるインタラクションの構造についての知見は，知的作業支援システムを設計する上で非常に重要となる [24]．近年では，センシング環境の整備と共に，インタラクションの過程からコミュニケーションの構造を推定するための多人数インタラクションおよびマルチモーダルインタラクションに関する研究も盛んになっており [4][3][7][49][50]，社会学者や工学者あるいはデザイナーが協働してインタラクション構造の分析に取り組んでいる．これらの研究プロジェクトでは様々なコミュニケーションの場を対象として，複数人で交わされる会話のみならず，ジェスチャや視線，あるいは興味行動を示す複数のモダリティの組み合わせなど，我々が発している様々なモーダル情報の収録と詳細なインタラクション構造の分析が試みられている．また，分析結果に基づく自動処理のためのアルゴリズムの研究もおこなわれている．特に [3][50] では，インタラクションを収録したデータにアノテーションを付与したコーパスの構築にも取り組まれており，今後のインタラクション構造についての有用な知見が期待される．

本研究は実世界インタラクションの記録に基づく知的作業支援に主眼を置くものだが，これらの研究と反するものではなく，むしろ，先行研究としてインタラクションに関する知見について参考とすべきものである．同時に，本研究では上記プロジェクトでは取り組まれていない動的なインタラクションの場を対象としていることに加え，インタラクション分析における分析ツールとしての利便性を向上しうると考えられることから，相互的に貢献できるものと考えられる．

1.3 本論文の構成

本論文は本章を含め全 5 章で構成される．論文の構成を図 1.1 に示す．

第 2 章では，展示発表者と不特定多数の参加者が入れ替わり訪れて議論をおこなうと

いう，製品展示会や学会のデモ発表における議論を支援するための議論のキャプチャ手法と再利用手法について述べる．はじめに従来の展示発表支援手法について関連研究を概観し，続いて展示会場における議論の共有手法と非同期的な議論を実現する手法について述べる．これに加えて，参加者の展示参加を支援し，かつ発表者との議論も支援する Aware Topics システムの実装について述べた後に，提案システムを実際の展示発表の場で運用した結果から提案手法の有用性について述べる．実運用結果から，展示会場におけるデモ発表というインタラクションの過程そのものに直近のインタラクションの記録を埋め込んで利用可能とすることで，大規模な知識交換の場である展示発表への参加を支援できることを示す．

第 3 章では，第 2 章にて述べた実験結果に基づいて，展示会場で蓄積された議論履歴をより聴取しやすくするための Aware Poster システムについて提案し，その実装について述べる．実装したプロトタイプシステムの試用実験結果について述べ，提案手法の有用性と明らかになった課題について述べる．

第 4 章では，既に起こったインタラクションの記録を，後日の再利用時に提示するための知的カメラ演出手法について述べる．映像サーベイランスシステムを用いて作成される自由視点映像は現実のカメラ配置の制約を受けない自由な視点配置および移動が可能となるが，先行研究では映像の再利用インタフェースに関して深く言及されていないために，映像のドキュメント化には困難が伴う．そこで自由視点映像の再利用を支援するための手法として映像アノテーションシステムと，アノテーションに基づくカメラワーク適用システムを提案する．はじめにカメラプランニングに関する先行研究について概観し，続いて映像内容理解のためのアノテーションの利用と，アノテーションに基づくカメラ配置モデルを提案する．提案システムによって生成された映像についても示す．続いて，システムで生成された複数の異なるカメラワークが適用された映像を用いて評価実験をおこなった結果から，提案手法の有用性と今後の課題について述べる．

第 5 章では，以上の研究結果について総括した後，提案手法の応用可能性と今後の展望について述べる．

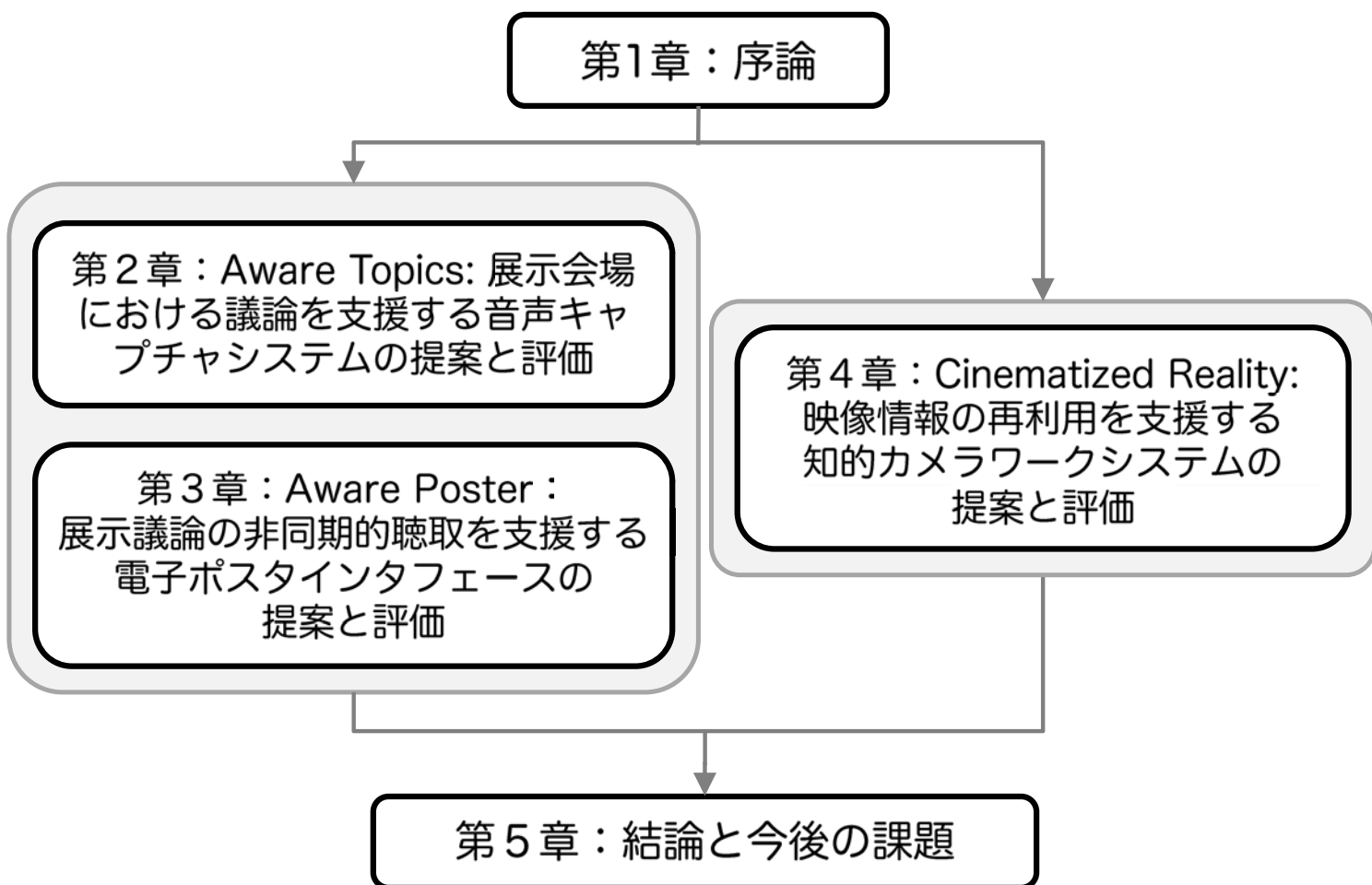


図 1.1 本論文の構成

第 2 章

Aware Topics: 展示会場における議論を支援する音声キャプチャシステムの提案と評価

2.1 はじめに

学術会議や製品展示会において，発表者が実際に成果物を用いながら議論できる，いわゆるデモ発表が人気を博している．デモを伴う様々な参加者との活発な議論の場は，発表者，参加者の双方にとって，最新情報の収集やアイデアの創出などに有用となる．ゆえに，これまで展示会場の活性化を目的とした様々な研究がなされてきた．

例えば [5] では，ネームプレート型の情報端末によって参加者間でのメッセージの交換と流通の様子を可視化することで会場でのコミュニケーションを促進している．[12] では RFID タグを用いて参加者の位置情報を把握し，発表への参集状況や参加者検索などの情報提供を可能としている．[48] では，個々の展示と参加者が持つ背景知識を用いた意味的な展示ガイドシステムを提案している．[57] では参加者間の社会ネットワーク情報や協調スケジューラを用いて興味のある参加者や発表についての情報を提示するなどにより，参加者間のコミュニケーションを活性化させている．[21] では Community Computing の概念に基づき，学会や開催地域などの情報提供によって，参加者の情報取得とコミュニケーションを支援している．[14] では，センサを用いて参加者の位置や時間などのコンテキス

ト情報を用いた情報提供によって参加を支援している。

一方で、博物館を対象とした展示支援システム [59] では、RFID とスピーカーアレイシステムを用いることで来館者の視覚体験や来館者同士のインタラクションを阻害することなく、個々の来館者に応じた解説などのコンテンツ再生を可能としている。[59] では来館者のコンテキストに応じたサービスを実現するための汎用的な空間モデル [43] を用いて構築されている。

これまで述べてきたように、展示会場支援システムは展示そのものの理解に主眼を置いたものと、展示会場に参集した人物同士のコミュニケーションに主眼を置いたものに大別できる。

展示会場を活性化させて活発な議論をおこなうためには、上で述べた幾つかの先行研究が着目してきたように、参加者の展示内容に関する理解および興味が重要となる。ところが展示の訪問に際しては、推薦情報や予稿などによってあらかじめ展示内容に興味を持って会場に足を運ぶ参加者もいれば、単に通りの展示を見ようという理由から訪問する参加者もいるなど、個々の展示に対する参加者の理解や興味は多様かつ動的であり、その度合いや状態に応じて展示を閲覧したり発表者と議論したりする際の態度は異なる。例えばある展示に対して、予め高い興味を持つ参加者であれば、発表者が他の参加者と交わす議論に耳を傾けようと積極的に会話場に参与し、機会があれば議論を直接持ちかけるであろう。それに対し、一通りの展示を見ようというような、展示に対して興味の度合いがそれほど高くない参加者の場合は、はじめから発表者の前に出るというよりも、発表者和其他の参加者との議論の傍でポスターを見たり、あるいは議論の内容に耳を傾けるなどしながら、展示内容に対する理解を深めていくであろう。その結果、展示内容に興味を持つことができれば、自らも質問するなどの積極的な参加に転じることもあり得る。このように、様々な異なる参加者の興味の度合いに応じた情報や議論の場を提供できることが望ましい。

しかしながら、参加者は現状のデモ展示では、発表者と議論するためはもとより、ただ発表の概要を聞いたり、発表者と別の参加者の議論を横で聞いたりするためだけでも待ち行列に並ぶ必要が生じる。これは興味の度合いの低い参加者にとっては、できるだけ短時間で効率よく多くの発表を見て回り、内容を把握することの妨げとなる。また、興味の度合いの高い参加者が、待ちきれずに発表者と意見交換せずに立ち去ってしまうケースも多

い。発表者は、このような状態を回避すべく極力多くの参加者と意見交換しようと試みる
が、ある参加者（達）と議論している最中に、新たに訪れてきた参加者に対して働きかけ
ることは難しい。逆に新たに訪れてきた参加者が、現在進行中の議論に割り込んで別の話
題について議論したりすることも難しい。この結果、参加者はもちろん、発表者も貴重な
知識交換や知的触発の機会を逃すこととなり、大きな損失である。以上の問題は、参加者
数が多く盛況なデモ展示の場合ほど深刻になる。

また、参加者間での知識共有が難しいというデモ展示特有の問題もある。口頭発表で
は、そこで行われる議論の内容が聴衆全員に直ちに共有される。一方デモ展示では、参加
者が入れ違いに訪れ、発表者と個別に議論するため、その議論内容を別の参加者が知るこ
とはできない。この結果、発表者はしばしば同じ内容の議論を繰り返すことを余儀なくさ
れ、特定の重要な話題についての議論を深めることができない。

先に述べた展示会場の活性化支援の試みは、いずれも主として会場全体というマクロな
観点からの展示参加支援とヒューマンネットワーク形成支援に焦点を当てていた。しかし
ながら、個々の展示ブースというミクロな場面に対する参加支援は従来殆どおこなわれて
いない。それゆえ、参加者の興味の度合いに応じた情報や議論の場の提供を実現できてい
ないといえる。そのため、参加者にとっても、発表者にとっても、せっかくのデモ展示の
機会を十分に活用できない状態になっていると言える。

そこで本論文では、個々の展示ブースにおける展示参加支援の実現を目的として、参加
者の興味の度合いに応じてデモ展示への適切な参加のあり方を参加者が任意に選ぶことを
可能とし、さらには参加者間で議論を共有することも可能とする、デモ展示支援システム
AwareTopics を提案する。さらに、提案システムをインタラクション 2008^{*1}におけるイン
タラクティブ発表の場で実際に運用した結果から、次章にて述べる支援手法の有用性につ
いて検証する。

以下、2.2 節では、まず個々の展示ブースにおける参加支援を実現するために必要な要
件を述べた後に提案システム AwareTopics の設計方針と利用シナリオ、および関連研究に
ついて述べる。2.3 節はシステムの実装方法についての説明である。2.4 節にてインタラ
クション 2008 での運用結果について報告し、提案システムに対する評価と考察をおこな
う。2.5 節にて運用結果から得られた知見を基に議論をおこなう。2.6 節は本章のまとめ

^{*1} <http://www.interaction-ipsj.org/>

と今後の課題である。

2.2 AwareTopics システム

2.2.1 展示ブースにおける参加者の興味に基づく参加支援

前章で述べた個々の展示ブースにおける諸問題を解決するためには、展示ブースで展開される会話場において、参加者がどのように展示に参加していくかについての知見が重要となろう。坊農ら [51] はポスター発表の観察から、ある参加者が発表者との会話にどのように参与していくかという参加者の通時態を表す会話場への参与モデルを提案している。この参与モデルでは、3人以上で行われる多人数対話において、会話場ないし会話に参与する上での手続きを「話し手」、「受け手」、「傍参与者」、「傍観者」という参与役割で説明している。「話し手」は発話を行い、「受け手」は話し手に選ばれて発話を受ける参与者である。「傍参与者」は話し手によって発話を受ける人物として選ばれてはいないが、話し手による発話を聞くことのできる参与者である。「傍観者」は会話には参与せず、会話場にて傍観する参与者である。また、会話場に参与していない人物は「非参与者」である。参与の手続きとして、まず会話場に参与していない非参与者は、会話場に進み、そこに留まることで傍観者となる。その後、既存の参与者に確実に存在を意識されて傍参与者としての役割を担う。傍参与者は、話し手には会話の受け手として選ばれていないが、話し手に選ばれて発話を受けることで受け手となるか、あるいは発言することで話し手となり、その会話においてより中核的な役割を担う。

[51] の参与構造のモデルは、会話場の外にいる人物による会話の中核への参与と興味との関連性について示した。複数の参加者が同時にある展示ブースに参集している状態において、発表者と参加者が議論している状態はそれぞれが交互に話し手、聞き手という役割を担っており、会話に参与していると言える。また、その様子を伺う別の参加者は傍参与者ないし傍観者に該当し、少なくとも会話場に参与している。デモ展示スペースに訪れたばかりの参加者はデモ展示スペースに参与しておらず、非参与者とみなすことができる。以上の考察から、展示会場における参加者の状態は3種類に大別できると思われる。即ち、発表者と議論をしている参加者、議論の様子を傍観する参加者、展示に参加するかどうかは未決定だが、興味を持てれば会話場に参与して議論の様子を傍観する可能性のある

参加者であり，それぞれ順に展示に対する興味が高いものと思われる．

1 章で述べた「発表者による新規参加者への対応が困難である」という問題と，「展示会場において議論の共有が難しい」という問題を解決するためには，展示に関する情報，即ち展示の概要および展示に関する議論について，参加者の興味に応じた提示をおこなうことで解決できると思われる．そのためには，新規に展示ブースを訪問した参加者が，(a) 展示の概要について随時知ることができる機能，(b) 議論の履歴を任意のタイミングで知ることができる機能により，それぞれ発表者が対応できない場合でも展示についての把握が可能になるとと思われる．さらに，b を可能とするために，(c) 参加者と発表者で交わされた会話を逐次記録する機能，(d) 展示ブースに訪れた別の参加者が，随時 c を聴取できる機能，がそれぞれ必要であると考えられる．即ち，展示ブースを訪問する参加者達が，それ以前になされた議論を追体験できるようにすることで，展示ブースでの議論の共有が可能であると思われる．これらの技術的要件を満たすことにより，仮に発表者が対応できない場合でも，

- a により満足，ないし興味がもてないなどの理由により，他の展示を見に行く．
- a および b により興味が喚起されるか，もう少し展示について知りたい場合は傍聴を継続する．もし進行中の議論に興味をもてない場合には d により議論履歴の聴取をおこない，興味のある話題を探す．もしそこで興味が喚起されれば，発表者との議論に進むことも可能であるし，またそこで満足して会場を後にする．

など，参加者による展示に対する段階的な情報取得と，取得に付随する行動の選択肢が増え，個々の参加者の興味に基づく参加支援が可能になるとと思われる．

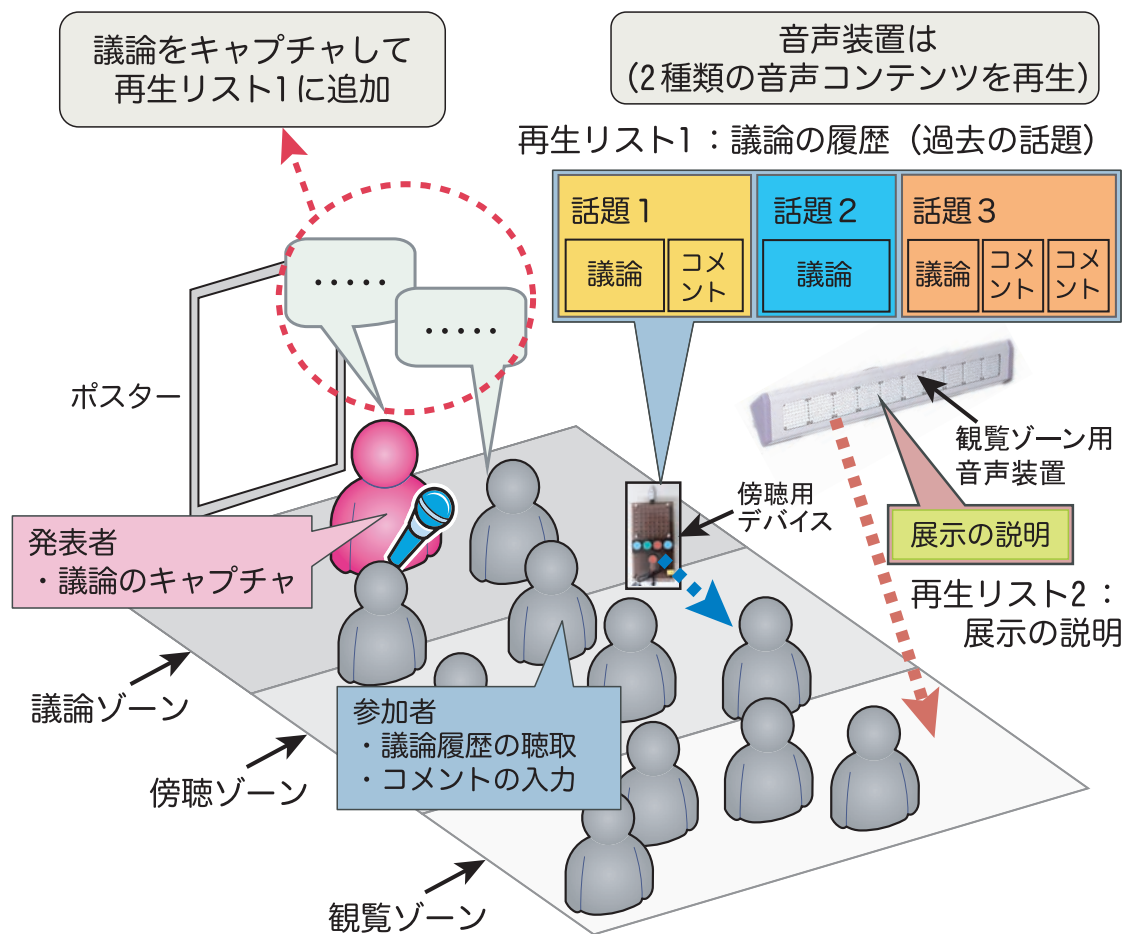


図 2.1 システムの概要

2.2.2 設計方針

提案システムの概要を図 2.1 に示す．2.2.1 節で述べた内容に基づき，デモ展示スペースを以下の 3 つのゾーンに分割する^{*2}．

- 議論ゾーン：発表者と参加者が直接的に対話可能な領域．この領域には，興味の度合いが非常に高く，発表者と意見交換することを望む参加者が入ってくると思われる．[51] のモデルでは「話し手」「聞き手」の役割に対応する．
- 傍聴ゾーン：発表者と別の参加者による議論を傍聴することが可能な領域．この領域には，興味の度合いが中程度以上の参加者が入ってくると思われる．単に議論ゾーンでの進行中の議論を傍聴するためだけではなく，興味の度合いが非常に高い参加者が，議論ゾーンへの移行を待つための領域でもある．[51] のモデルでは「傍参与者」「傍観者」の役割に対応する．
- 観覧ゾーン：議論ゾーンで進行中の議論を傍聴することは難しいが，ポスターの内容をおおまかに読み取ることが可能な領域．この領域には，興味の度合いがあまり高くなく，発表の内容を短時間で簡単に把握できることを望む参加者が入ってくると思われる．会話場に参与していないため，[51] のモデルにおいては非参与者に対応する．

AwareTopics は，上記の 3 つのゾーンそれぞれに対し，2.2.1 節の考察に基づき次のような支援機能を提供する．

- 議論ゾーンには，発表者と参加者が行っている議論音声を，話題スレッド別に切り分けて電子的に記録し保存することを可能とする，簡便で雑音に強い議論記録装置を提供する．
- 傍聴ゾーンには，議論ゾーンで過去に記録された議論音声を簡易に選択再生するための「傍聴デバイス」を提供する．これによって，傍聴ゾーンの参加者は議論ゾー

^{*2} なお，発表者を中心とした半円状でのゾーン配置も考えられるが，後述する実験を実施したインタラクション 2008 のインタラクティブ発表における展示ブースのスペースと配置を考慮して，今回は展示ポスターに対して垂直方向でのゾーン配置とした．

ンで現在進行中の議論を傍聴することのみならず、過去に行われた議論を傍聴することも可能となり、部分的ではあるが参加者間での知識共有を実現できるとともに、発表者と参加者間での共通基盤を事前に提供することが可能となり、議論ゾーンでの議論をより深いものとするができる。また傍聴デバイスには、再生中の議論に関するコメントや質問を追加録音する機能も提供する。これにより、傍聴ゾーンの参加者は、過去の議論についても発言機会を得ることが可能となる。

- 観覧ゾーンでは、あらかじめ用意しておいた展示の概要説明を繰り返し放送する。これにより、会場が混雑した場合でも、参加者は随時展示の説明を聞くことができる。

以上の機能により、各参加者の興味の度合いへの対応、参加者間での知識共有、同一議論の繰り返しの回避と重要な話題に関する議論の深化を実現できると考える。

2.2.3 利用シナリオ

発表者は、議論ゾーンにおいてある参加者と議論に入る際に、議論キャプチャ用のボタンを押すことで議論の録音を開始する。議論の終了時にもう一度録音ボタンを押すことで録音を終了する。これにより、図 2.1 右上に示した「再生リスト 1：議論の履歴」を構成するための基本単位である一つの「話題スレッド」が作成され、録音された音声は話題スレッドのルートセグメントとなる。こうして作成された新規話題スレッドが、議論履歴に追加される。議論履歴とは、議論ゾーンにて発表者と参加者によって交わされた議論を時系列にて記録したものであり、複数の話題スレッドから構成される。なお、後述するコメント機能はこの話題スレッドに関連付けられて記録され、「一つの話題スレッド」の中に「一つの議論（ルートセグメント）と複数のコメント」が含まれるという構造化がなされていく。録音の終了後、システムはそれぞれの傍聴デバイスへと録音された議論をアップロードし、自動的に再生する。

観覧ゾーンでは光通信装置 Aimulet[35] から展示の説明（図 2.1 右下「再生リスト 2」参照）が常時再生されている。Aimulet とは赤外線を用いた音声通信装置であり、指向性を有する光源装置と無電源の小型端末（以下、Aimulet 受信機）から構成される。なお、詳細な特性については 2.3.1 節に譲ることとするが、Aimulet 受信機では付属するイヤホン

を通じて、あらかじめ光源側に用意しておいた音声コンテンツを受動的に聴取できる。これにより、新規参加者は会場が混雑していて発表者からの説明が期待できない時などに、あらかじめ身に着けておいた Aimulet 受信機を用いて説明を聞くことができる。

傍聴ゾーンには Aimulet の送信機を内部に備えた傍聴デバイスが複数台設置されている。参加者は議論ゾーンが空くまでの間、傍聴デバイスと Aimulet 受信機を通じて、議論履歴を聴取する。傍聴デバイスには議論履歴の早送りや巻き戻し機能が備わっており、複数の話題スレッドから参加者が任意の話題スレッドを選択できるようになっている。加えて、履歴の聴取時に過去の議論に対する発言も可能となっており、ある話題の聴取時にコメント録音ボタンを押すことによってコメントを入力することができる。録音されたコメントは再生中の話題に関連付けられてシステムに保存される。これにより、議論ゾーンでの進行中の話題とは別に、聴取中の話題についても好きな時に言及するという、マルチスレッド対話 [37] を考慮した発言が可能となる。このプロセスを繰り返すことによって、展示会場における議論がそれぞれの話題スレッドとしてまとめられて保存されていくため、後からやってくる参加者間でも、会場で交わされてきた話題を共有することができる。

2.3 実装

2.3.1 システムの構成

提案システムの構成を図 2.2 に示す。議論ゾーンにおける議論のキャプチャをおこなうための装置として、単一指向性マイク 2 台とシステムに録音を指示するための単一のボタンからなる議論キャプチャボタンを用いる。会場の雑音を考慮し、2 台のマイクは単一指向性のものを用いている。また、本提案では発表者が任意のタイミングにて音声キャプチャの開始および終了操作をおこなうが、発表者は参加者に応対する必要があるため、複雑な操作無しに操作できるように単一のボタンからなる小型の議論キャプチャボタンを作成した。傍聴ゾーンにおいて議論履歴の再生および議論履歴へのコメントをおこなうための装置として、2.3.3 節にて詳細に述べる複数個の傍聴デバイス、および議論、傍聴ゾーンの各装置を制御するための PC を用いた。傍聴デバイスには光音声装置 Aimulet の送信用 LED が組み込まれており、受信機を用いることで議論履歴の聴取が可能である。また単一指向性マイクも組み込まれており、追加発言の録音が可能である。メイン PC では

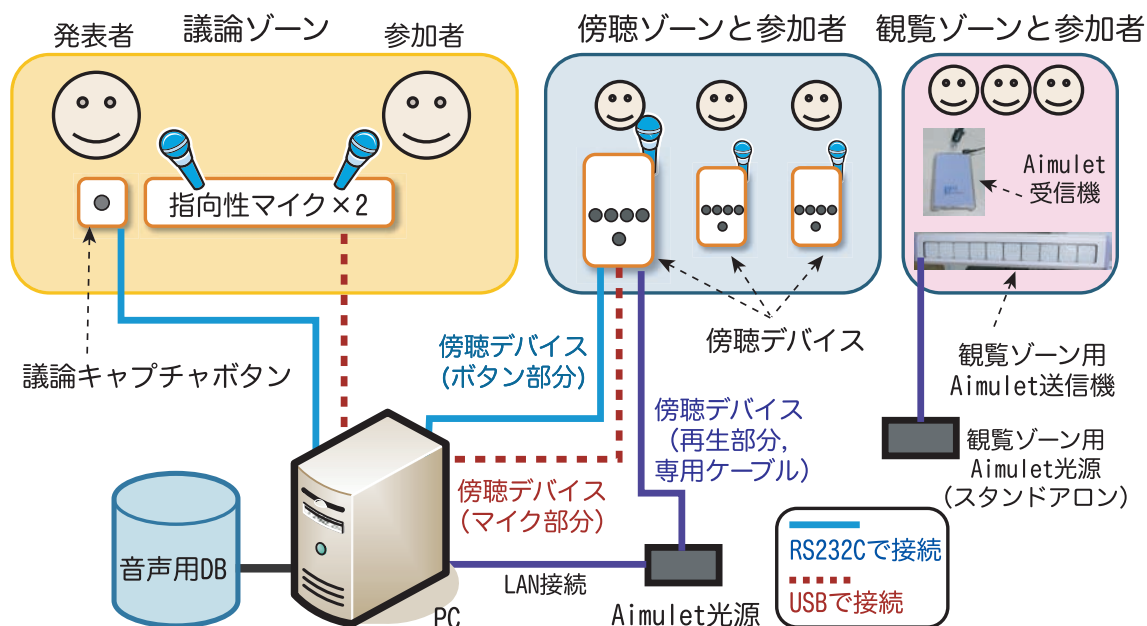


図 2.2 システム構成図

AwareTopics のメインプログラムが動作しており，議論ゾーンおよび傍聴ゾーンに配置された各デバイスからの入力を処理する．これに加え，観覧ゾーンにて展示説明を放送するために，光音声装置 Aimulet をスタンドアロンで用い，常時展示の説明を繰り返し放送できるようにした．Aimulet 送信機は高い指向性を持ち，音声の再生領域を限定することができたため，傍聴ゾーンと観覧ゾーンにおける音声放送が相互に干渉しないように設置することができる．よって我々の提案する展示会場のゾーン分けに適しているという理由から採用した．また，受信機としても聴取時に特別な操作を必要とせず，イヤホンを装着して送信機の前に立つだけで良く，混雑時でも音声の聴取が容易という利点があり，大規模な展示会場で運用された実績もある^{*3}．

2.3.2 議論音声のキャプチャ

議論ゾーンでの対話を記録するため，発表者と参加者の発言を個別のマイクで収録し，録音終了時に単一の MP3 ファイルとして保存する．MP3 ファイルの録音品質は 22.050kHz，16Bit，ステレオ形式とした．議論ゾーン用の議論キャプチャボタンを用いて，

^{*3} 2005 年日本国際博覧会（愛知万博）において運用された．

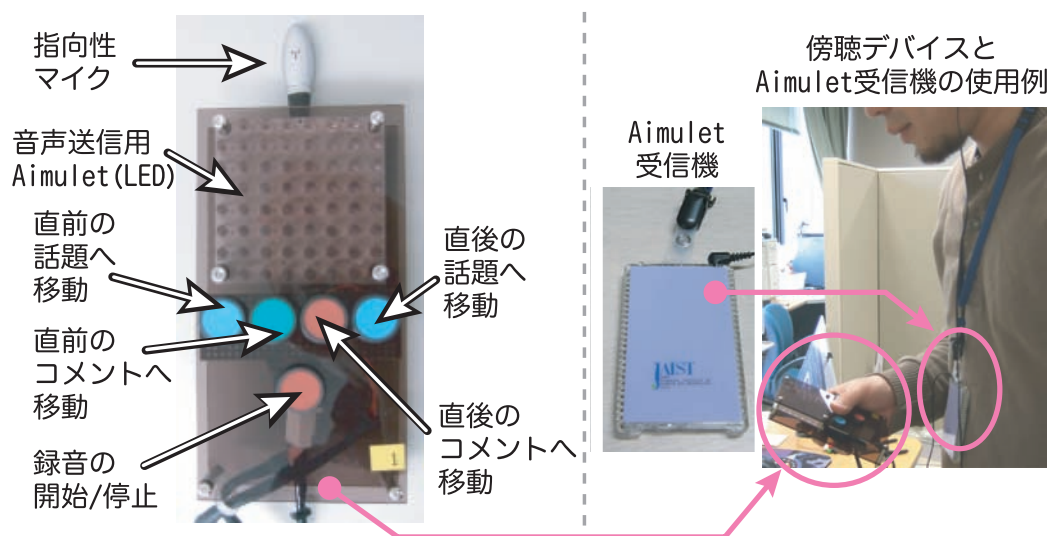


図 2.3 傍聴デバイスおよび Aimulet 受信機

発表者は任意のタイミングで録音の開始と停止ができる。録音された議論は話題スレッドのルートセグメントとして音声用データベースに記録される。

2.3.3 議論履歴の聴取とコメントの入力

図 2.1 の議論ゾーンで録音された対話は議論履歴としてシステムに保存される。傍聴ゾーンにて議論履歴を聴取するための参加者用の傍聴デバイスを図 2.3 (左) に示す。また聴取用の Aimulet 受信機 (中央) と使用例 (右) も併せて示す。

傍聴デバイスは議論履歴を効率的に聴取するための操作用ボタンと音声再生用の Aimulet 送信機、及び、コメント入力用の単一指向性マイクから構成される。マイクは USB 端子で、操作ボタン部分は RS232C 端子を通じてそれぞれメイン PC と接続されている。また、Aimulet 送信機は再生制御用の光源装置に接続されており、光源装置は LAN 接続にてメイン PC と接続される。マイクと操作ボタン、および Aimulet 送信機は AwareTopics のメインプログラム上で 1 組ずつ対応付けられる。

再生操作用ボタンの機能は、再生中の音声コンテンツを基準として“話題スレッド間を移動する操作”と“話題スレッド内のコメントを移動する操作”に大別される。提案システムによる議論履歴の操作イメージを図 2.4 に示す。4 種類の操作用ボタンを押すだけの

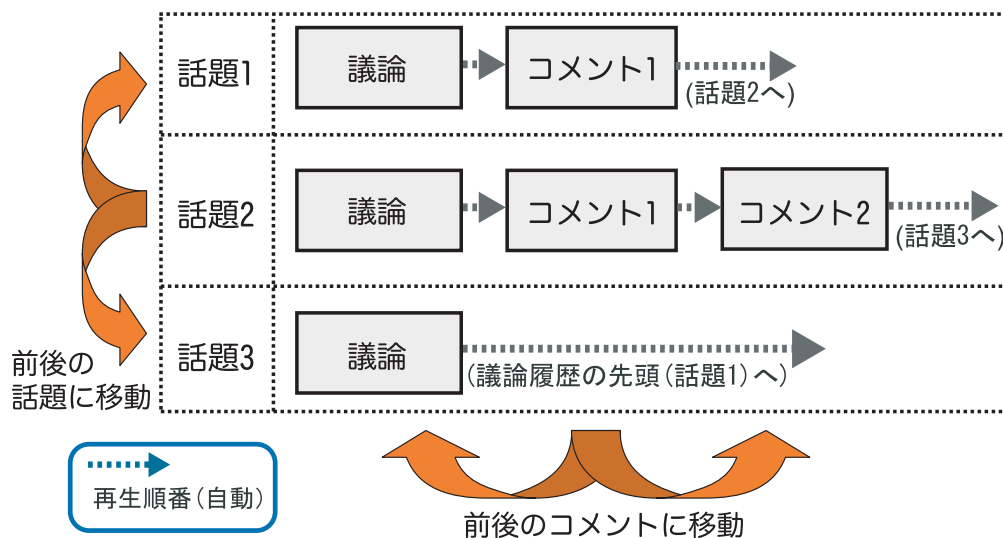


図 2.4 議論履歴の操作イメージ

簡便な操作により，複数の話題スレッドもしくは話題スレッドを構成する「一つの議論（ルートセグメント）と複数のコメント」という構造の議論履歴を任意に聴取できる．

また，参加者は議論履歴の聴取中に録音ボタンを押してコメントの入力ができる．録音されたコメントは聴取中の話題スレッドの関連発言としてデータベースに保存され，すべての傍聴デバイス間で共有される．

2.3.4 議論履歴の構造化

2.2.3 節でも述べたように，本システムではキャプチャされた「議論（ルートセグメント）」および「コメント」という 2 種類の音声コンテンツで構成される議論履歴を，「話題スレッド」という単位を用いて構造化する（図 2.4）．提案システムでは，議論ゾーンでキャプチャされた議論は 2.3.2 節で述べたように，

1. 議論ゾーンに参加者が来訪し，質疑応答が開始される毎に「ルートセグメント」を記録する
2. ルートセグメントが記録されると，自動で話題スレッドを新規に作成して，これを議論履歴に追加

という一連の処理によって、時系列にて話題スレッドを記録している。しかしながら、ある話題スレッドに対して入力された「コメント」も単に時系列で記録すると、再生時にはどの話題に対してつけられたコメントなのか、聴取側はわからなくなってしまう恐れがある。よって、傍聴デバイスによるコメントの入力時には、聴取中の音声は議論履歴において、どの話題スレッドに属するものかをメインプログラム側に問い合わせることにより、コメントを該当する話題スレッドに紐付ける。こうして記録された新規コメントは、該当する話題スレッドの末尾に追加される。併せて、議論履歴の更新に基づいて音声装置側での再生リストも再生される。

2.4 運用実験による評価および考察

本節では、Aware Topics システムを実際の展示会場で運用した結果を述べ、システムの有用性と課題について明らかにする。

2.4.1 運用実験の概要

本提案の 3 種類の支援ゾーンで提供する各支援手法が機能するかどうかを調べるために、インタラクシオン 2008 にて運用実験をおこなった。本章では、インタラクシオン 2008 における AwareTopics の運用データについて報告し、運用データとアンケート結果から AwareTopics の各機能について評価をおこなう。特に発表者が対応できる場合とそうでない場合における、傍聴デバイスの (1) 使用頻度、および (2) 議論履歴聴取機能の有用性と使いやすさ、(3) コメント機能の有用性と使いやすさについて調べ、発表者が新規参加者に対応できない場合においても参加者の展示参加を支援できたかどうかについて検証する。これに併せて (4) 各支援ゾーンの利用状況について定性的な評価を行い、システムの有用性について評価する。(1)(2)(3) についてはシステムログとアンケートの結果から、また (4) については主にアンケートから評価する。

AwareTopics の展示見取り図と運用の様子について図 2.5 に示す。運用に際しては、なるべく参加者の流れを阻害しないように各ゾーン境界の明示を避け、発表者 1 名と参加者 2, 3 名程度の発表者が直接議論できる程度の社会距離 [19] を考慮したスペース (2 メートル四方程度) を議論ゾーンとして設定した。その後方に傍聴デバイスをキャスター付き

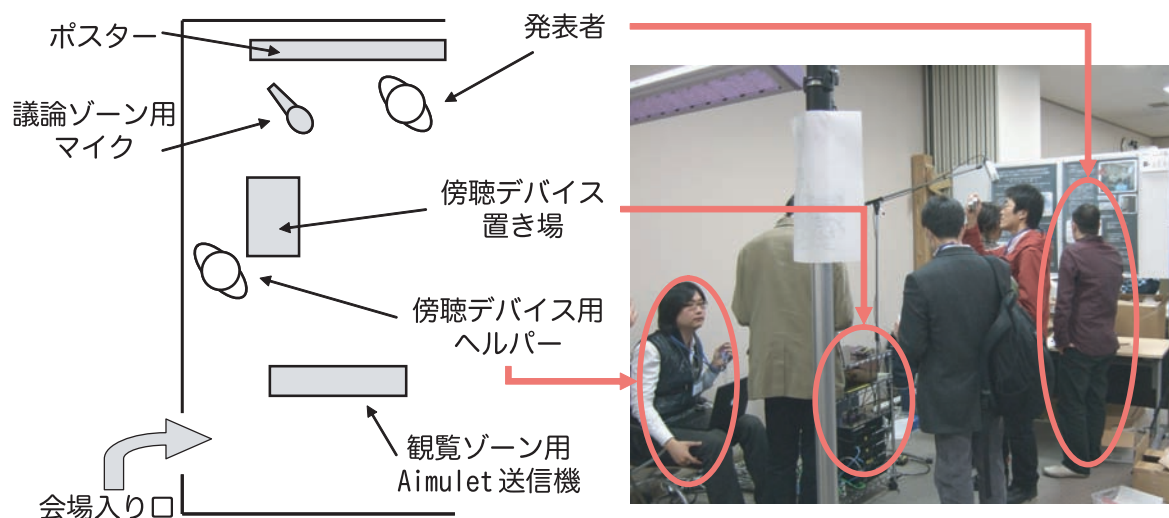


図 2.5 インタラクション 2008 における展示の見取り図と実際の様子

の台の上に設置し，傍聴ゾーンの始点とした．議論ゾーンを 2，3 名程度とした理由は，知人や同僚など，複数の参加者が同時に議論ゾーンに訪れることへの配慮である．傍聴デバイスからさらに 2 メートル程度の距離に観覧ゾーン用の Aimulet 送信機を設置し，観覧ゾーンとした．図 2.5 右に示した写真から，発表者のすぐ後方で傍聴デバイスを使用している別の参加者の様子を確認できる．

傍聴ゾーンには筆者が所属する研究室の学生を，傍聴デバイスの使用方法についてのヘルパーとして配置した．ただし参加者とヘルパーが展示の内容について議論をしてしまうと，新規の参加者が観覧ゾーンから議論ゾーンへ順次移動するという，我々の想定する参加者の動線が阻害されと考えられたため，参加者から傍聴デバイスの使い方を問われた場合にのみ対応するようにした．また，このヘルパーには傍聴デバイスが何名の個別の参加者に利用されたかについて，時刻つきで記録してもらった．

新規の来場者にはまず Aimulet 受信機を手渡しして，各々の判断でいずれかのゾーンまでを体験してもらった．体験後は，各ゾーンに配置した Aimulet 受信機の回収役の学生へと受信機を返却してもらった．

今回の運用では各ゾーンの利用状況について調べるために，議論，傍聴，観覧の 3 種のゾーンごとにアンケートを作成しており，回収役の学生は受信機の返却時に自らが担当するゾーン用のアンケートを手渡しして，記述を依頼した．回収したアンケートの種類と件数について表 2.1 に示す．

表 2.1 アンケートの回収結果

	議論ゾーン用	傍聴ゾーン用	観覧ゾーン用	計 (件)
回答	36	64	6	106
無回答	10	35	15	60
無効	0	1	0	1
計 (件)	46	100	21	167

アンケートを手渡ししたものの、来場者の都合から記入を断られた件数は無回答として分類した。無効の 1 件は、アンケートの配布ミスの件数である。具体的には、議論ゾーンまで体験したにもかかわらず傍聴ゾーンのアンケートを配布してしまったという事例である。先述のとおり、Aimulet 受信機の回収とアンケートの配布を同時におこなったため、表 2.1 の合計件数は、ゾーン毎の来場者数をほぼ正確に示していると考えられる。

2.4.2 運用データに基づく評価

システムログについて

本発表はインタラクシオン 2008 の大会 2 日目におこなわれた。インタラクティブセッションは 13 時 40 分から 15 時 55 分までの間におこなわれ、本発表のコアタイムは後半の 75 分間であった。実際には 13 時過ぎから参加者が訪れ始めたためにデモを開始した。また、運用していた 3 台の傍聴デバイスのうち、1 台の再生機能が途中で支障をきたしたため、本節で分析を試みるシステムログは、持参した傍聴デバイス 3 台全てが安定運用していた 13 時 4 分から 14 時 47 分までの 103 分間の運用結果を対象とする。

なお観覧ゾーンの支援は展示の説明を繰り返し放送するだけの一方向的なものであるため、定量的なデータを取得していない。よって定性的な評価と考察を 2.4.4 節にておこなう。

議論ゾーンの運用結果

議論ゾーンでキャプチャされた議論コンテンツは 26 件であった。この件数は 2.4.1 節で述べた議論ゾーン参加者の 46 件という集計結果とは一致しないが、これは、議論ゾーンまで進んだ参加者は必ずしも 1 名ずつではなく、知人や同僚など 2、3 名程度の小規模

なグループが同時に議論ゾーンに進むことが少なかったためである．この場合でも本システムでキャプチャする議論は 1 件としてカウントしている．

議論セグメントの平均記録時間は 2 分 16 秒で，最長のものが 4 分 55 秒，最短のものが 20 秒であった．総記録時間は 55 分 5 秒であった．103 分の運用結果に対して総記録時間が 55 分と半分程度にとどまったのは，参加者によっては議論前に展示の説明を要求されることがあり，その場合は一通りの説明が終わり，議論を開始する際にキャプチャを開始していたことが影響していると思われる．本システムは展示ブースの混雑により，個々の参加者が会話場への参与の状態を思うように取れない場合において，展示見学を支援するものである．そのため，展示ブースが混雑しておらず，新規に訪問してきた参加者が発表者と即座に直接対話可能である場合，即ちその参加者の興味の度合いがそのまま展示ブースでの振舞いに反映できる場合は，わざわざ観覧・傍聴ゾーンで提案システムによる支援を受ける必要がなく，発表者へ直接説明や議論を求めるほうが自然である．従って，発表者が他の参加者への対応に追われていない場合においては，従来の展示のように，参加者からの説明の求めに応じることとした．

傍聴ゾーンの運用結果

傍聴ゾーンでの運用結果について説明する．本システムログの集計期間において傍聴デバイスを利用した参加者は，議論ゾーン参加者が 29 名，傍聴ゾーン参加者が 26 名であり，延べ 55 名であった．この集計結果は表 2.1 に示したアンケート回収結果とは一致しないが，これは，(1) 議論ゾーンの参加者が必ずしも傍聴ゾーンを利用しているとは限らないこと，(2) 少人数の参加者グループが利用した場合でも，1 人しか手にとらない場合は 1 件としかカウントしていないこと，(3) 2.4.2 節で述べたように，システムログの期間がアンケート集計期間と一致しないこと，による．

表 2.2 議論履歴操作機能の使用状況

	直前の話題 スレッドを再生	直後の話題 スレッドを再生	直前の コメントを再生	直後の コメントを再生	計 (件)
議論中	23	38	13	39	113
発表者空き	14	30	5	15	64
計 (件)	37	68	18	54	177

表 2.3 議論履歴の再生時間

	議論ゾーン	総再生時間	ボタン押下 回数	平均再生 時間 (秒)	1 分あたりの 押下回数
再生時間が 3 秒以上	議論中	35 分 3 秒	62	33.92	1.12
	それ以外	12 分 35 秒	34	22.21	0.71
再生時間が 10 秒以上	議論中	32 分 34 秒	30	65.13	0.54
	それ以外	11 分 5 秒	18	36.94	0.38

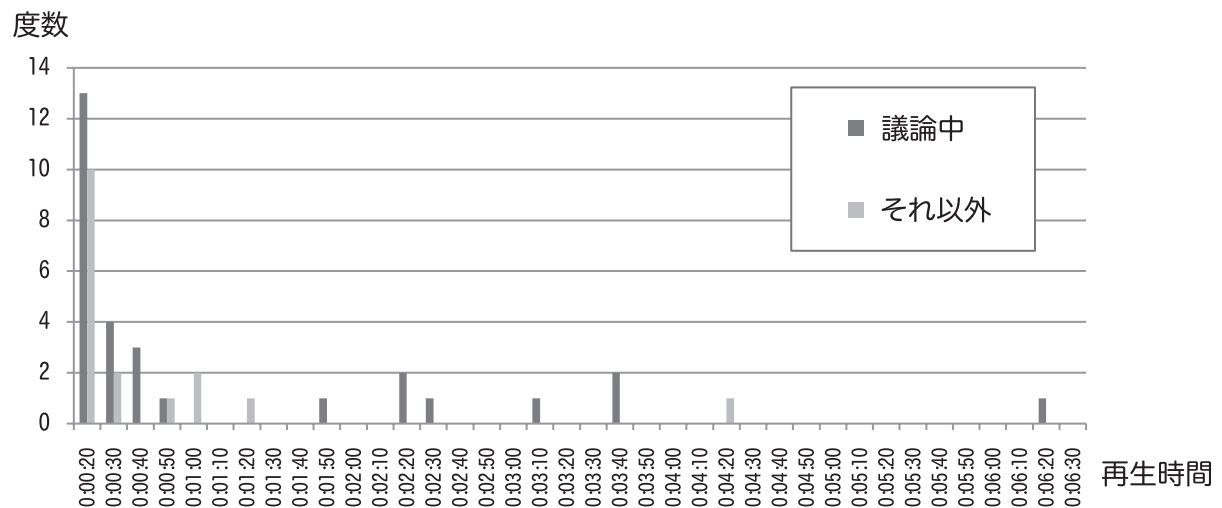


図 2.6 議論履歴の再生時間長の分布

発表者が議論中の場合とそうでない場合において、傍聴デバイスを用いた議論履歴の聴取行動に違いがあるかどうか調べるために、傍聴デバイス上の議論履歴操作ボタンの使用状況、および議論履歴の再生時間について、システムログから集計した。

まず、利用者による議論履歴操作機能の使用状況を表 2.2 に示す。傍聴デバイスの操作時に、発表者が議論中であったかどうかを基準として分類した。傍聴デバイスで聴取中の話題を基準として、その話題スレッドの前後の話題スレッド、またはその話題スレッドにおける前後のコメントを再生した数についてそれぞれ示している。

この表 2.2 を基に、履歴操作ボタンの押下あたりにおける音声コンテンツの再生時間を求めた。結果を表 3.4 に示す。表 3.4 では、「デバイスを手に取った」時点から「履歴操作ボタンを押すまで」の時間、および、「履歴操作ボタンを押す」から「もう一度履歴操作ボタンを押す」までの時間を用いて音声コンテンツの再生時間を算出した。なお、今回の実験では傍聴デバイスを台に戻した時刻を取得していないため「最後に履歴操作ボタンを押した」時点から「傍聴デバイスを台に戻す」までの再生時間は除いている。また、履歴操作ボタンの連続押下による 0 秒台の再生時間は、聴取時間として扱うには不適切であると考えられるため、集計からは除外した。さらに、1 秒～数秒という、実際にコンテンツを聞いていたかどうか判断しづらい再生時間データについては、一概に「何秒以上が聴取に該当するか」を判断する基準が不明なため、表 3.4 では、「3 秒以上」、「10 秒以上」という、聴取行動において比較的短時間な聴取例と、ある程度の聴取がおこなわれたと考えられる時間長の例を示している。10 秒以上の議論履歴の聴取について、各再生時間の分布を図示したものをあわせて図 2.4.2 に示す。これに加え、2.4.2 節で述べたように、議論中の場合とそうでない場合の時間長がそれぞれ 55 分、48 分と若干の差があることから、それぞれの総時間内における履歴操作ボタンの押下数についても求めた。

表 3.4 から、ひとつの音声コンテンツを 3 秒以上再生した場合において、議論中の場合の方が総再生時間が 2.8 倍程度、ボタン押下あたりの平均音声再生時間が 1.6 倍程度長いことがわかる。さらに、履歴操作ボタンの押下回数が 1.8 倍程度多く、それぞれの総記録時間における、1 分あたりのボタン押下回数についても、議論中の場合の方が 1.6 倍ほど多いという結果となった。一方で、10 秒以上再生した場合においても、議論中の場合の方が、総再生時間が 2.9 倍程度、平均再生時間が 1.8 倍程度長いことがわかる。さらに、履歴操作ボタンの押下回数についても 1.7 倍程度多く、またそれぞれの総記録時間における

1 分あたりのボタン押下回数も 1.5 倍程多いという結果が得られた。

以上の結果から，発表者が議論中の場合の方がそうでない場合と比べて，ひとつの音声コンテンツについてより長時間の聴取がおこなわれているとともに，より多くの履歴操作ボタン操作もおこなわれていたと結論付けられる．即ち，発表者が他の参加者と議論中の場合においても，傍聴デバイスを用いて待ち時間に過去の議論を聴取しようとしていたことが示唆される，

2.4.3 アンケートによる評価

アンケートの概要

各ゾーン毎に配布したアンケート結果から，それぞれのゾーンの支援についての定性的な評価をおこなう．傍聴デバイスにおける議論履歴聴取機能とコメント機能の有用性について，(1) 提案機能の使用の有無，(2) 機能のユーザビリティ，(3) 機能の有用性，という 3 項目について 5 段階評価で質問した．これに加え，議論・傍聴・観覧ゾーンのそれぞれの利用状況について質問をおこない，我々の提案する 3 種類の支援ゾーンが，それぞれ想定どおり機能していたかについての評価をおこなった．具体的な質問項目としては，傍聴ゾーンまで体験したが，議論ゾーンに進まなかった参加者には，「なぜ議論ゾーンで直接発表者と議論しなかったか」という点について自由記述形式にて質問した．同様に，観覧ゾーンのみを体験し，傍聴ゾーンに進まなかった参加者には「なぜ傍聴ゾーンに進まず展示会場を後にしたか」を自由記述形式にて質問した．

議論履歴聴取機能の評価と考察

議論ゾーン用アンケートの有効回答 36 件のうち，傍聴デバイスの使用が 29 件 (81%)，傍聴デバイスを利用せず，直接議論ゾーンに進んだ件数は 7 件 (19%) であった．傍聴ゾーン用アンケートでは傍聴デバイスを用いた (あるいは少人数のグループのうち誰かが使用した) ことを前提としているため，傍聴デバイスを使用していない人数については集計していない．

まず，議論履歴の一例について以下に示す．

例 1

質問者: (議論ゾーンの空きを) 待っている間に (傍聴ゾーンで) 聞いてきました .
それで ~ [質問を開始する]

例 2

質問者: 向こうでいくつか (会話を) 聞いてきたんですが , 今もこのマイクで録ってる?

発表者: そうです . このマイクとこのマイクの両方で録ってます .

質問者: なるほどねー . 録音の開始についてはどうやっているんですか . [以下 , 質問が続く]

注 : () , [] 内は共に著者による補足

どちらの例も傍聴ゾーンにて議論履歴を聴取した後に議論ゾーンに進んだ参加者のものである . 会話の内容から傍聴ゾーンでの議論履歴聴取がその後の発表者との議論の導入につながっていることがうかがえる .

続いて , 議論履歴の聴取についてのアンケート結果を表 2.4 に示す . 表 2.4 において , 議論履歴聴取のユーザビリティはほぼ平均的な結果となった . また , 議論履歴機能の有用性については一定の評価を得ていることがわかるが , 一方で議論時に議論履歴が役に立ったか , という問いについては平均的な回答結果となり , 議論履歴機能の有用性と議論時における有用性についての評価が乖離している .

「議論時に議論履歴が役に立った」と回答した 10 名の参加者 (34%) に対する , どのような点で有用であったかについての自由記述では , 「過去の議論からサジェスションを得ることができる」, 「議論状況の把握ができる」, 「進行中の議論がつまらない場合に前の議論について考えることができる」等の意見が寄せられ , 傍聴デバイスによる話題の追体験機能により , 過去的话题を踏まえた参加がおこなえたものと思われる . その一方で , 議論履歴が役に立ったと回答しなかった 8 名の参加者 (28%) からは , 「雑音が気になる」, 「場所によって聞きやすかったり聞きにくかったりした」という意見が寄せられている . 本提案に用いた光情報端末 Aimulet では , 受信機のかざし方によっては再生音声にノイズが入ることがあり , 一般的な音声再生装置の利用法と異なる点が評価に影響したと思われる .

表 2.4 議論履歴聴取機能についてのアンケート結果

質問項目	議論ゾーン まで体験	傍聴ゾーン まで体験
議論履歴の聴取のしやすさ（5:とても容易だった）	2.7	3
議論履歴は有用だと思うか（5:とても有用だと思う）	3.9	3.8
議論時に議論履歴の聴取が役に立ったか（5:とても役に立った）	2.9	調査なし

表 2.5 議論履歴へのコメント機能についてのアンケート結果

質問項目	議論および傍聴ゾーン
コメント入力のしやすさ（5:とても容易だった）	4.8
議論履歴へのコメントは有用だと思うか（5:とても有用だと思う）	3.85

これに加え、「ダイジェストが欲しい」、「議論履歴の可視化，一覧性が欲しい」などの意見が寄せられていることから，構造化履歴の移動機能だけでは特定の話題についての聴取が必ずしも容易ではなく，実際に発表者との議論に活かせる議論履歴からの知見を仕入れにくかったと推察され，聴取インタフェースとしての改善の余地があることも示唆された．

コメント機能の評価と考察

議論ゾーン用アンケートにおけるコメント機能の使用は 1 件 (4%) で，コメント機能を使用しなかった件数は 27 件 (96%) であった（傍聴デバイス利用者 29 名のうち 1 名が無回答）．傍聴ゾーン用アンケートの有効回答 64 件のうち，コメント機能の使用件数は 5 件 (8%) で，コメント機能を使用しなかった件数は 59 件 (92%) であった．議論ゾーンでのコメント入力件数が 1 件と少なかったため，傍聴ゾーンとあわせて集計した．集計結果を表 2.5 に示す．

利用者数が少ないために断定はできないが，我々が期待していた過去の議論への積極的な関与はあまりおこなわれなかったにもかかわらず，コメント機能の有用性とコメントの入力しやすさの両方において一定の評価がなされる傾向があるものと思われる．このことから，コメントが集まらなかった理由は録音機能の使いづらさに起因するよりも，別の理由によるものと推察される．それでは，どのような理由からコメント入力が促されな

かったのかについて、「なぜコメントを入力しなかったか」という質問への回答を基に考察する。

議論，傍聴ゾーンともに，コメントをしなかった理由について最も多かった回答が，「特にコメントすべき内容がなかった」という回答である．これは回答者が単に議論履歴や展示内容に興味を持てなかったということも考えられるが，2.4.3 節にて述べた，議論履歴のより効率的なブラウズ手段の欠如という，聴取インタフェースとしての問題とも考えられる．すなわち，ある参加者にとって興味深い議論を探しやすくするような，より効率的な履歴ブラウズ機能を提供できれば，現在のプロトタイプよりも議論履歴への参加が増えるのではないかと考えられる．

その一方で，議論ゾーンの回答者から「コメントではなく，質問をしたかったために入力しても仕方がないと思った」，「反応がないコメントは入れる気にならない」という意見も寄せられた．提案システムでは議論履歴への非同期的なコメント入力を可能としているが，入力されたコメントは後からやってくる参加者間で共有される．即ち，入力するユーザーにとってコメント機能は一方的なメッセージ入力であり，他の参加者からの直接的なインタラクションが期待できるとは限らないという点が，実際にコメントの入力件数が低いという結果の要因となっていることがわかった．議論履歴への発言を促すためには，参加者に対して，メッセージ入力による明確なメリットを示す必要があると考えられる．この点についての詳細な議論は 2.5 章にておこなう．

2.4.4 ゾーン分けによる効果についての考察

はじめに，本提案のゾーン分けについて，各ゾーンが我々の想定した効果があったかどうかについて，実験結果を基に考察する．

本提案における議論ゾーンの役割は発表者による議論キャプチャをおこなうことにある．実験実施者かつ発表者である第一著者の主観ではあるが，今回はボタンデバイスを用いた手動による音声キャプチャという最低限の機能しか用意しておらず，参加者が議論ゾーンに進んで来た際にトグル式のボタンを押すだけの操作であったため，議論キャプチャは容易であった．その一方で全て手動による操作であるため，会話の間による無音領域に対応できないことや，連続して参加者が訪れた時に操作が煩雑になりがちであった点は今後の課題といえよう．

傍聴ゾーンの役割は複数ある。最も重要な機能は、傍聴デバイスを用いた議論履歴の聴取であるが、2.4.2 節および 2.4.3 節に示した結果から、発表者が対応できない場合により長時間の聴取がおこなわれ、履歴聴取機能の有用性についても一定の評価を得ることができた。これに加え、傍聴デバイスを用いた情報提供によって展示内容についての理解と議論内容の把握が可能であったかどうか、という点について調べるため「なぜ議論ゾーンで直接発表者と議論しなかったか」という質問から明らかにする。21 件の自由記述による回答のうち「混雑していた」という回答が 6 件（29%）と、一番多い結果となった。その一方で「説明はイヤホンで聞けたので、直接聞く必要がなかった。また質問もなかった」、「概要はわかったので」、「大体理解できたため」という、展示への理解についての回答が 5 件（24%）と 2 番目に多く、従来どおり単に混雑を避けるために展示を後にする参加者が居る一方で、傍聴および議論ゾーンを経由することによって展示に対する理解が促進され、議論するには至らないが十分な情報を得たことから会場を後にする参加者も少なくないことがわかる。これに加え、「質問が重複するのではと思った」という回答も寄せられた。この参加者が議論履歴の中に自身の疑問と近しい議論を聴取したため、敢えて議論する必要がないと判断して会場を後にしていたことがうかがえる。これらの回答と 2.4.2 節および 2.4.3 節に示した結果から、傍聴ゾーンにおける議論履歴の聴取がおこなわれ、議論意欲がそれほど高くない参加者に対する参加支援が実現されたと考えられる。以上の結果から、傍聴ゾーン単体としてはコメント機能に改善の余地があるという結果になったものの、聴取機能の提供および理解の支援という目的についてはある程度達成できたものと考えられる。

観覧ゾーンについては、発表者が対応できない場合において、概要の説明を補助するために設置した。現バージョンでは 2.4.2 節でも述べたように、参加者は一方的に放送されている説明を聴取する、という使用法に限られており、参加者の操作結果などの定量的なデータについては取得していない。傍聴ゾーンおよび議論ゾーンの双方を利用した参加者からは、先の議論ゾーンについての考察にて述べたように段階的な情報提示によって展示への理解が支援されたものと思われる。一方で、観覧ゾーンのみでの体験で会場を後にした参加者に対しておこなった「なぜ傍聴ゾーンに進まず展示会場を後にしたか」という質問に対しては「混んでいたため」という回答が 6 件のうち 3 件と半数を占め、従来どおり混雑が展示を後にする主な理由として挙げられた。また「短時間で全体のコンセプトを説明

してくれたほうがよかった」という意見もあった．今回の運用では観覧ゾーンの説明は 4 分程度であったが，参加者にとってはこれが冗長に感じられたものと思われる．このことから，観覧ゾーンにおける説明コンテンツの長さおよび提示方法についてはさらなる検討が必要であろう．

続いて，3 種類のゾーン分けについて総括的な考察を述べる．2.4.2 節で述べたように，展示ブースが混雑しておらず，新規に訪問してきた参加者が発表者と直接対話可能である場合，即ちその参加者の興味の度合いがそのまま展示ブースでの参加形態に反映できる場合は，わざわざ説明ゾーンで提案システムによる支援を受ける必要がなく，発表者へ説明や議論を求めるほうが自然である．即ち，議論ゾーンへの参加に際しても，観覧ゾーンで説明コンテンツの全てを聞く必要は無く，参加者の興味の度合いや発表者が応対可能であるか等を参加者自身が判断して，傍聴ゾーンに進む，ないし議論ゾーンに直行する，などの参加の形態をとり得る．今回の実験においても 2.4.3 節で述べたように，観覧ゾーンから直接議論ゾーンに進んだ参加者が 2 割程度確認されている．同様に，観覧ゾーンを体験せずに傍聴ゾーンに進むという参加の形態もとり得る．観覧ゾーンから議論ゾーンに直行しない場合は，傍聴ゾーンによる履歴の聴取が展示について知る上で有用であろう．その一方で，議論ゾーンに直行するような，極めて興味の度合いの高い参加者は，傍聴ゾーンにおける議論履歴の聴取をおこなわない．そのため，例えば 1 章で述べたような「繰り返しの議論」をおこなう可能性がある．従って，議論ゾーンで交わされる議論を正確に話題毎にまとめ，傍聴ゾーンに反映させるためには，例えば，提案システムによる会話キャプチャの手法を用いつつ，発表者が議論中に繰り返しの話題だと判断した場合に，進行中の議論を先行話題へ関連付けることができるような仕組みが必要であろう．また，傍聴デバイスの十分な用意も，観覧ゾーンにおける興味の度合いが低い参加者が傍聴ゾーンへと進むことを促すためには必要だと考えられる．今回の実験では，3 時間弱の展示期間中に延べ 146 人が傍聴ゾーンを体験しており，それに対して用意できた傍聴デバイスの数は 3 台（途中から 2 台）と，十分ではなかったと言える．以上の考察から，より興味の度合いに即した参加支援をおこなうためには，十分な傍聴デバイスの用意と，参加者がとり得るゾーン体験に基づく細かな対応を可能とするデザインの検討が今後の課題となった．

2.5 議論

前節で述べたように，AwareTopics によって議論ゾーンの待ち時間に議論履歴の聴取がおこなわれ，展示会場で交わされた議論についての理解が促進されたことがわかった．しかしその一方で，議論履歴への積極的な関与はあまりおこなわれなかった．この点を踏まえ，本章では今回の実験結果を基に展示会場での非同期的な議論参加を促すための要件について考察する．

今回の運用において，システムに記録された議論履歴の総時間長は 55 分 5 秒であり，選択的聴取が不可能な場合は利用しづらい時間長のコンテンツだと考えられる．現在の実装では常に議論履歴を繰り返し再生するというプッシュ型の情報配信をおこなっており，議論ゾーンの空きを待つ参加者が特に傍聴デバイスを操作しなくても，送信機の近くにいただけで履歴の聞き流しができるようになっている．一方で参加者が議論ゾーンで進行中の議論よりも過去の議論に注意を向けた場合には，傍聴デバイスの操作によって選択的に聴取可能である．しかしながら，参加者アンケートから履歴の一覧性機能が欲しいという意見が得られたように，利用者が能動的な履歴の聴取状態に移行した場合に，本提案による「直前・直後の話題スレッドないしコメント間の移動」というシーケンシャルな再生の制御だけでなく，より効率的な聴取を可能とする手法についての検討が必要だと考えられる．例えば，発表者が参加者と議論している際に，「良い話題」，「繰り返しの話題」といった，進行中の議論に対するマーカーの入力を可能とするという，議論キャプチャボタンの機能拡張が考えられる．この手法の利点は，「良い」または「繰り返し」であると発表者が判断した際に，即時的に録音中の話題セグメントへと発表者の意図を適用できる点であり，さらに発表者への負荷も抑えられるものと考えられる．このような発表者の意図を用いて議論履歴をフィルタリングする手法を用いることにより，選択的聴取機能の改善が見込まれる．また，参加者側からの意図を示すものとして，[53] のように議論内容への投票機能を傍聴デバイスに付与し，投票結果をコンテンツのフィルタリングに用いることも有効であろう．

さらには，傍聴ゾーンを拡張するものとして，熊谷ら [45] の手法が参考になる．[45] では電子化したポスターをタッチパネルディスプレイを用いて表示することにより，発表者

もしくは参加者が会話中に指差したポスター上の箇所と発話音声に関連付けることができる。この手法と同様に、ポスター上の項目と対話記録を関連付けて記録し、傍聴ゾーンに設置した同様のポスター型のインタフェースを用意しておいて、参加者がポスター上の興味ある部分をポイントすると、その部分に関連付けられた対話記録が再生されるという提示手法も考えられる。この方法では単に話題構造を視覚化して提示するよりも、参加者はより関心のある部分に関する議論を聴取しやすいものと思われる。

コメント機能を促すための要件について考察する。一般に知識や情報の共有を考える上で、情報発信の手段を提供するだけでは情報発信意欲を十分に高めることはできず [54]、本提案においても、参加者にとってコメント入力による本人へのメリットを明確にする必要があると考えられる。そのためには上述の関心のある議論の見つけやすさについての改善とともに、入力したコメントを媒介として、展示会場の誰とどのようなインタラクションが可能であるかについて検討すべきである。2.4.3 節で紹介した「質問がしたかったのだ」、「反応のないコメントは入力しても仕方がない」、という意見を基に考えると、例えば、コメント機能を拡張して展示への質問の受付を可能とし、質問が入力されると質問があったことが発表者に通知され、発表者は都合がよいときに質問に回答して元の質問者にボイスメールで通知するという支援が考えられ、そのために [5]～[14] で構築されているような会議の広域支援システムとの連携も有効であると考えられる。

また、一旦展示ブースを後にした参加者が再訪した場合に、前回の体験の続きから展示への参加を可能とするサービスも考えられるであろう。具体的にはある参加者がコメントや質問を入力した際に、その発言に対してユニークな ID を付与して、QR コードとして印刷して当該参加者に配布するなどして、体験のスナップショットをとる。当該参加者は会場の混雑の具合や他の展示を見たいなどの理由から展示ブースを離れる。しばらくして同じ展示ブースを再訪したとき、傍聴ゾーンに備えられた QR コードリーダーに先ほど印刷した QR コードを読み取らせると、その質問の対話記録が即座に再生され、その質問に続く議論を聞くことができるという、不在の間に交わされた議論のレジューム再生機能が考えられる。この方法では、展示ブースの混み具合などで一旦ブースを離れても、再訪した際に前回の続きから議論を聴取できるため、参加者は時間的なメリットを得ることができる。

2.6 本章のまとめ

本章では、まず展示会場における発表者と参加者が思うようにインタラクションを取れないという問題に対して、展示ブースを議論・傍聴・観覧という3種類のゾーンに分けた支援環境のデザインをおこなうと共に、展示会場の話題に基づく議論キャプチャ手法を提案した。また、聴取だけではなく、マルチスレッド対話に基づく非同期的コメント入力手法についても提案した。提案手法を実装した Aware Topics システムについても述べた。

続いて Aware Topics システムをインタラクション 2008 のインタラクティブ発表にて運用した結果から、提案システムを用いた非同期的な議論履歴の聴取を確認した。特に、傍聴デバイスを用いた議論履歴の聴取によって、発表者が応対できない場合においても、参加者の展示に関する理解が促されたことも確認できた。また、議論履歴を基にした非同期的な会話を促進するための要件について示唆を得た。

今後の展望としては、今回得た知見を基に議論履歴のより効果的な提示手法について検討するとともに、発言などの積極的な参加を促すためのインタラクションデザインについても検討していく予定である。特に、今回は参加者の入力の手間を考慮して音声形式でコメントを入力する手法としたが、文字や画像などの他形式のメディアの組み合わせによる傍聴ゾーンにおける支援手法について検討を進める予定である。

第 3 章

Aware Poster：展示議論の非同期的 聴取を支援する電子ポスタインタ フェースの提案

3.1 はじめに

2.5 節にて述べたように，展示ブースにおける議論履歴の聴取支援インタフェースには，より効率的な聴取を可能とする支援手法が必要となる．そのための方策として，発表者による議論キャプチャ時のタグ付け機能と，電子ポスタの利用による発話内容の関連づけに関する先行研究について触れた上で改善手法について検討した．

本章では，前章でおこなった AwareTopics システムの実証実験の結果および考察に基づいて，発表者によるキャプチャ中の議論へのタグ付け機能を持った電子ポスタ型インタフェースと，傍聴ゾーンにおける聴取活動を先のタグ情報に基づいて支援する電子ポスタ型聴取インタフェースをそれぞれ提案する．本章ではこれらの記録・聴取インタフェースを用いて AwareTopics システムの議論履歴聴取を改善する AwarePoster システムの構築及び試用実験結果について述べる．

以下，3.2 節にて，展示議論における議論履歴聴取インタフェースの改善のためのアプローチについて説明する．展示議論の目的はあくまでも参加者との議論による知識交換やアイデアの創出にある．この展示議論の目的を阻害しない形にて，発表者による議論への

タグ付けを実現させる手法と、タグ情報に基づいた議論履歴聴取を支援する手法について述べる。続いて 3.3 節では、3.2 節で述べたアプローチに基づいて構築した Aware Poster システムについて説明する。展示議論の最中に、発表者と参加者で交わされるインタラクションに着目したタグの付与と、タグの付与に基づく議論履歴の選択的聴取を可能とするインタフェースの実装について説明する。3.4 節において、提案システムの評価について述べる。実験室環境での試用実験の結果から、従来の提示手法よりも効率的な議論履歴の聴取が可能であることを示す。3.5 節では関連研究について述べ、提案システムの位置づけを明らかにする。3.6 節は本章のまとめと今後の課題である。

3.2 聴取支援へのアプローチ

本節では展示議論における音声アーカイブの聴取インタフェースの改善アプローチについて述べる。

議論履歴の聴取を支援するためには、傍聴ゾーンに滞在する参加者が、展示の内容で特に興味のある情報について手早く知るための工夫が必要となろう。そのためにはキャプチャされた議論を再生する際に何らかのナビゲーションがなされることが望ましいが、ナビゲーション自体を発表者に求めることは往々にして困難である。そのための方法として、議論のキャプチャ時に何らかのメタ情報をキャプチャ中の議論に付与することが考えられる。

しかしながら、前章で述べたように、インタラクション 2008 における 103 分間の発表時間のうち、AwareTopics のデモに参集した人数は合計 167 人であり、そのうち議論ゾーンまで進んだ人数が 46 人であった。これは単純計算すると 1 分当たり 0.45 人の参加者が連続して訪れるという計算となる。主観的にはあるが、展示議論への対応は負荷の高いタスクであった。そのため、発表者への負荷の高い状況において議論へのタグ付け機能を実現するためには、まず操作にかかる負担について考慮することが必須であるといえよう。すなわち、発表者の本来のタスクである展示説明及び議論を阻害しない形での機能拡張を実現するインタフェースが望ましいと考えられる。

以上の点を踏まえると、機能の拡張に際する要件としては、

- 発表者によるタグの付与操作は，展示発表を阻害しない形で実現される
- 傍聴ゾーンにおける参加者が，議論の履歴の蓄積状況について概観でき，かつ選択が容易である

という２点を満たすことが望ましいと考える．

上記の要件を満たす手法として，本提案では展示発表で日常的に用いられているポスタに着目する．発表の内容が記載されているポスタは一覧性に優れており，展示の概略を知るのに適している．加えて，一般的にポスタ上では，「研究の目的」や「システム概要」など，予稿の章立てに基づいた構造化が施されており，特定の内容について知ることも容易である．このことから，議論履歴聴取時のユーザインタフェースにポスタを応用することで，聴取支援の改善が期待できると考えられる．即ち，議論履歴がポスタ上のどの部分に関する話題であり，他の参加者がどの程度注目してきたか等のメタ情報を重量表示することで，音声再生のナビゲーション効果が期待できる．これに加え，電子ポスタの導入によって議論ゾーンにおける発表者のタグ付けの結果を傍聴ゾーンに反映することも容易である．また議論ゾーンにおいては，ポインティング情報を分類用タグとして蓄積することが可能なため，発表者の負荷も抑えられるものと考えられる．

3.3 Aware Poster システム

3.3.1 設計

前節で述べた手法に基づいて，Aware Poster システムを構築した．本節ではシステムの設計と利用シナリオ，および実装について述べる．

提案システムは 2.3 節で述べた Aware Topics を基盤システムとして，(1) 議論ゾーン用電子ポスタ，(2) 傍聴ゾーン用電子ポスタ，をそれぞれ追加するという構成をとる．(1) は議論ゾーンにおける議論の最中に，発表者の主観に基づいた「重要な議論」，「繰り返しの議論」という分類をおこなうための入力インタフェースとして設置する．発表者はある質問者との議論の最中に，進行中の議論が「重要」なものなのか，あるいは「繰り返し」のものなのかを，電子ポスタへのポインティング操作のみで入力できるようにする．この２種類の分類に加え，展示内容のどの部分についての議論であるのかを指定するために，発

議論ゾーン用 電子ポスタボタン (話題へのアノテーション)	 
傍聴ゾーン用 電子ポスタボタン (議論履歴の再生)	  

図 3.1 重量表示用ボタン

話内容と展示ポスタ上の部位との関連付けを指定する機能も用意する。事前に発表者によって入力されたポスタ上の領域と、発表者と質問者の議論中におこなわれる電子ポスタへのポインティング部分が合致する場合は、その領域に関する議論であるとして記録できるようにする。

(2) は傍聴ゾーンにおける議論履歴の参照を容易にするための視覚化装置として設置する。(1)と同様に、展示ポスタを電子化したものを表示し、展示ポスタ内の特定の領域をポイントすることで、議論履歴内の特定のコンテンツが再生できるようにする。そのために、(1)にて付与される「重要」「繰り返し」または「領域」という、発表者による議論の分類を電子ポスタ上の対応領域に重量表示し、領域ごとの議論履歴の蓄積状況を概観した上で選択的に聴取できるようにする。さらには、分類ごとに蓄積状況を表示させることにより、傍聴ゾーン参加者による議論履歴の聴取を支援する。以上の機能により、展示に興味はあるものの、効率的に他の展示も見て回りたい参加者の要求に答えられるようにする。これに加え、より詳しく議論を聴きたい参加者を考慮して、AwareTopics 基本システムで提供している「全ての議論履歴を再生」する機能もおこなえるようにする。

以上の内容に基づいた電子ポスタへの重量表示用ボタンを図 3.1 に示す^{*1}。Aware Poster システムでは、電子ポスタ上に表示されたこれらのボタンをポイントすることによって、傍聴デバイスと Aimulet 端末を通じた議論の聴取をおこなうものとする。

^{*1} なお、ボタンの素材についてはクリエイティブ・コモンズライセンス (CC BY-NC (表示-非営利)) に基づいて、BittBox 氏の配布しているものを用いた。<http://www.bittbox.com/freebies/free-vector-badges-glass/>

3.3.2 利用シナリオ

発表者による事前準備

発表者はあらかじめ展示ポスタに対し、Aware Poster の提供する領域選択機能を用いて個々の話題の記載箇所を指定する。なお、範囲指定は任意であるが、慣例的にポスタの構成は予稿の章立てを踏襲して作成されている場合が多いため、関連する議論のまとまりとして妥当であると考えられる。したがって、本システムでは章立てに基づく領域の選択を想定している。

議論ゾーンにおける利用

展示発表時には従来の Aware Topics システムと同様に、議論ゾーンでの参加者との議論開始時に会話キャプチャボタンを用いて会話の記録を開始する。電子ポスタ上には上述の領域指定インタフェースで指定された箇所に基づいて、境界線が描画される。発表者と質問者は展示についての議論する際に発話内容と関連する箇所をポインティングしながら議論を進める。発表者と質問者の双方がポインティングすることで、発話がポスタ上のどの領域に関するものなのかを記録することができる。また、その際に発表者が重要であると判断した会話内容については、電子ポスタ上のある領域の近傍に配置された「重要な議論」ボタンを押すことにより「重要である」というタグを付与できる。同様に、「繰り返しの議論」ボタンを押すことにより、会話の内容に他の参加者が既に質問した内容が含まれていることを指定できる。分類タグ付きの議論履歴は、Aimulet 光源装置に対する議論履歴の更新と同時に個々の傍聴ゾーン用電子ポスタに送られた後、対応する再生ボタンが表示される。以上のように異なる参加者との議論とタグ付けを繰り返すことで、分類付きの議論履歴が構築される。

傍聴ゾーンにおける利用

議論ゾーンにて発表者とある質問者が議論中の場合に、傍聴ゾーンに滞在している他の参加者は、傍聴ゾーン用電子ポスタを用いて議論履歴を聴取することができる。電子ポスタにはそれまでに議論ゾーンで交わされてきた全ての議論履歴の再生に加え、(1) 電子ポスタ上の特定箇所について関連がある議論履歴、(2) 電子ポスタ上の特定箇所について、

発表者が重要だと判断した議論履歴，(3) 電子ポスタ上の特定箇所について，，発表者が繰り返しの議論だと判断した議論，という 3 種類の再生が可能である．個々の議論再生ボタンには蓄積された議論履歴の数が表示され，どの領域に関する議論が多いのかを一目で把握することができる．

傍聴ゾーンに足を踏み入れた参加者は，議論ゾーンの空きを待つ間に電子ポスタ上に表示された再生ボタンを押すことで，傍聴デバイスから該当する議論履歴が再生できる．議論履歴が再生されると傍聴デバイスのボタン機能が有効化され，従来の Aware Topics システムで提供されている話題スレッドに基づいた選択的聴取機能とコメント機能も使用可能となる．傍聴デバイスによる聴取操作は，電子ポスタボタンの種類に応じたものだけを選択して再生するようになっている．3.3.4 節で述べたように会話スレッドについて「時系列」のみでソートされた再生と，「話題指定」された上で「時系列」でソートされた再生の 2 通りが可能となっており，従来の Aware Topics システムをと比べてより能動的に聴取しやすくなっている．なお，議論ゾーンにて該当する種類のタグが付与されていない場合は再生ボタン自体が非表示となる．

3.3.3 実装

実装したシステムについて構成を図 3.2 に示す．提案システムでは議論ゾーンにおける議論へのタグを蓄積するためのデータベースと，(1) で付与された分類タグ情報を (2) に反映するためのクライアントサーバーシステムから構築されており，データベースには発表者ないし議論ゾーン参加者による「特定領域に関する議論」，「特定領域に関し，かつ重要な議論」，「特定領域に関し，かつ繰り返しの議論」といういずれかの分類タグと，キャプチャ中のコンテンツ名，およびタッチ操作された時刻をひとつのエントリとして記録している．なお，実装に際しては Java SE6 と MySQL Community Server 5.1 を用いている．

(1) 議論ゾーン用展示パネル，(2) 傍聴ゾーン用展示パネル，および AwareTopics 基本システムは相互にネットワーク接続されており，XMLRPC^{*2} プロトコルを用いて相互的かつ逐次的な通信を可能とした．これにより，(1) にて入力された個々のタグ情報と議論コンテンツ数を，逐次的に (2) へと反映できる．

^{*2} XML-RPC Home Page : <http://www.xmlrpc.com/>

構築した議論ゾーン用電子ポスタを図 3.3 に , 使用例を図 3.4 にそれぞれ示す . 図 3.3 左は領域選択インタフェースであり , PDF 形式のポスタファイルを読み込んで PNG(Portable Network Graphics) 形式に変換し , アプリケーションの背景としている^{*3*4} . 図 3.3 右に示した議論ゾーン用電子ポスタでは , 領域の選択結果に基づいて個々の領域の境界線と , それぞれの領域に対して「重要」「繰り返し」タグを付与するためのボタンが表示される .

また , 傍聴ゾーン用電子ポスタとその使用例を図 3.5 , 図 3.6 にそれぞれ示す . 傍聴ゾーンの参加者は , 図 3.5 に示したそれぞれのボタンを用いながら , 自身の興味に基づく議論履歴を再生できる .

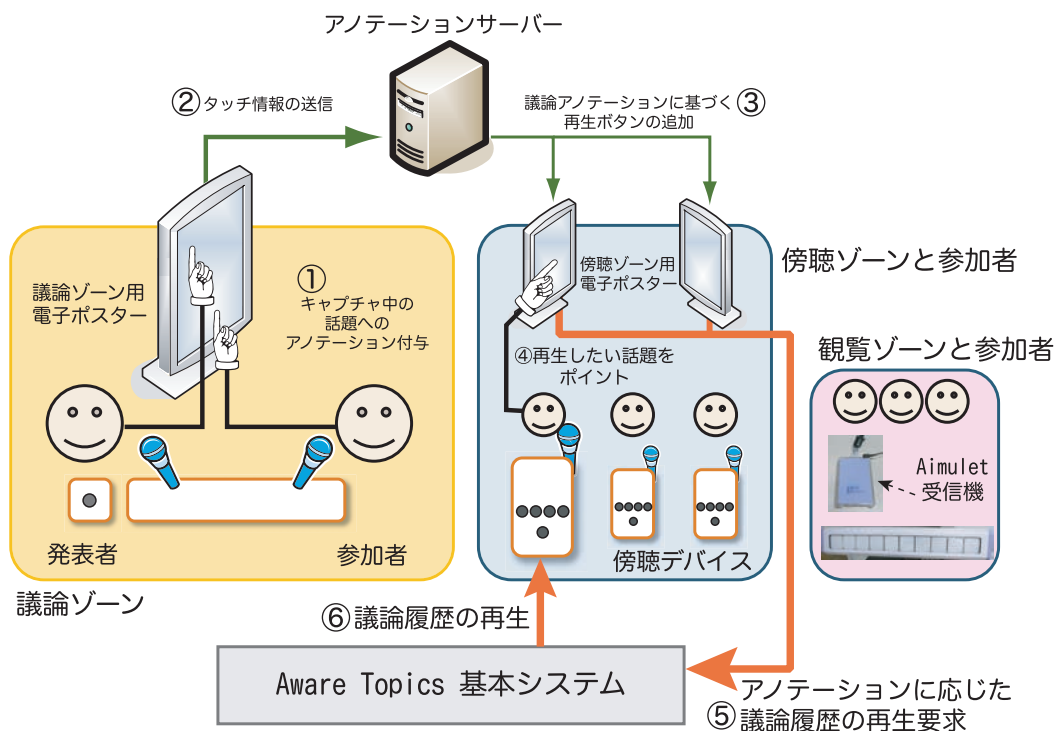
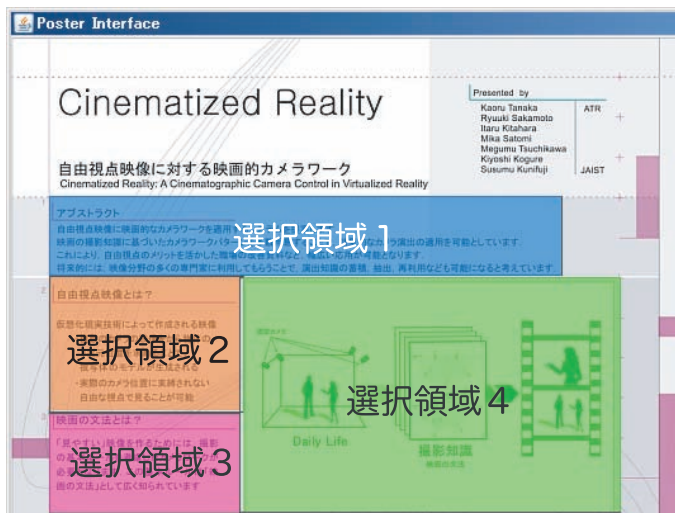


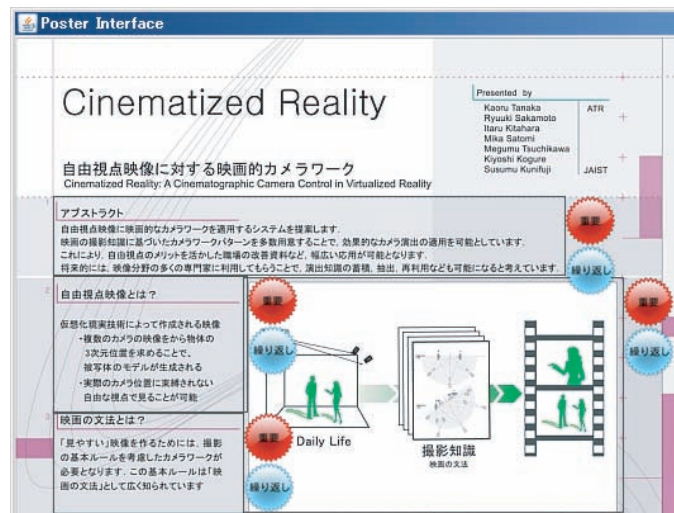
図 3.2 システム構成と処理の流れ

^{*3} PDF ファイルの変換には , Java の PDF ライブラリである JPedal の GPL 版を使用している (<http://www.jpedal.org/>) .

^{*4} なお , 図 3.3 では各矩形に “選択領域” と表示されているが , これは説明のために加えたもので , 実際には表示されない .



電子ポスターへの領域選択の例

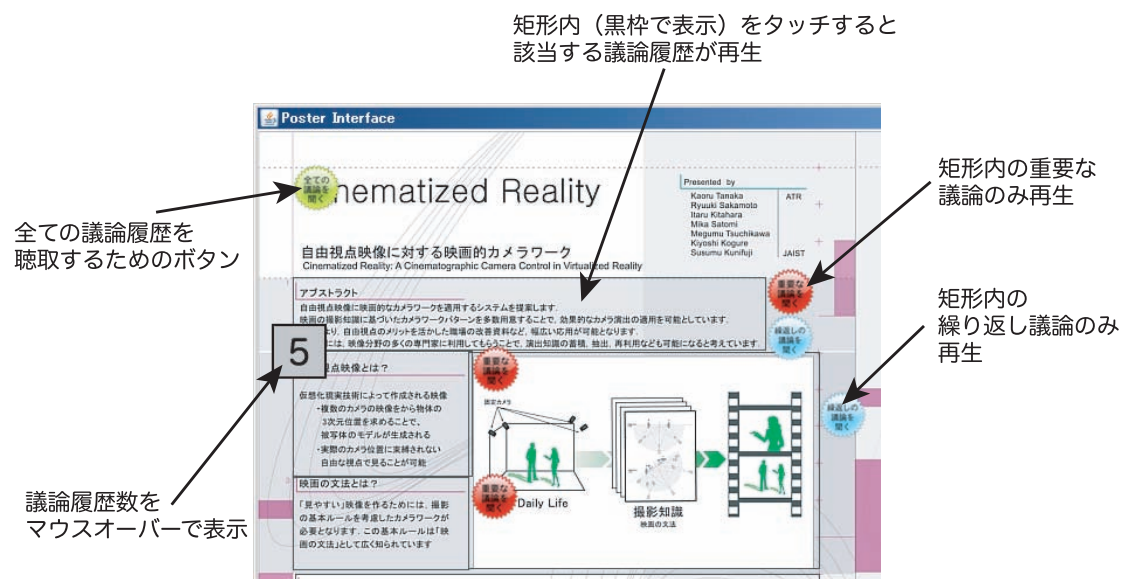


実際に表示されるポスター

図 3.3 議論ゾーン用電子ポスタ



図 3.4 議論ゾーン用電子ポスタの使用例



傍聴ゾーン用ポスターインタフェースの例

図 3.5 傍聴ゾーン用電子ポスタ



図 3.6 傍聴ゾーン用電子ポスタの使用例

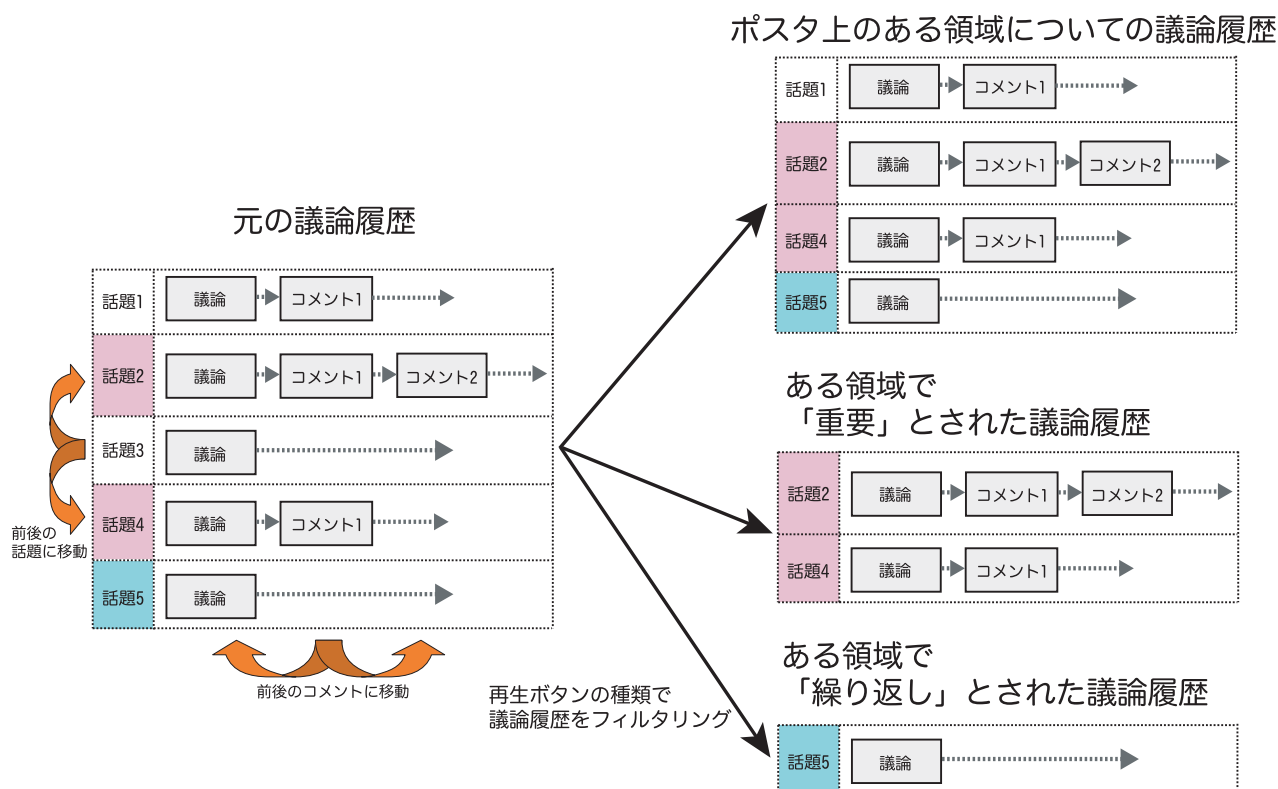


図 3.7 議論履歴のフィルタリングと再生イメージ

3.3.4 傍聴ゾーン用ボタンデバイスとの連携

傍聴ゾーン用電子ポスタを用いることで、傍聴ゾーンに滞在している参加者は (1) 全ての議論履歴を聞く、ないし、(2) 特定の議論履歴を聞く、という選択的聴取が可能である。2.3.3 節で説明したように、従来の AwareTopics システムでは (1) を聴取する際に傍聴デバイスを用いることで聴取中の議論履歴に対して、(a) 「前後の話題に移動」、(b) 「前後のコメントに移動」という選択的聴取を可能としていた。

ここで、(2) という新機能は従来の傍聴デバイスを置き換えるものとしての提案ではなく、議論履歴の選択的聴取を補完するという目的に基づいて提案しているため、(2) の聴取中に傍聴デバイス进行操作した場合においても同様の再生操作が可能である。ただし、(1) では全話題を対象としていたのに対し、(2) では電子ポスタボタンの種別に応じた話題のフィルタリング結果のみが再生対象となる。

フィルタリング機能のイメージを図 3.7 に示す．図 3.7 においては，図左に記した全体の議論履歴を対象とし，傍聴ゾーン参加者による電子ポスタ上の再生操作に応じて再生する議論履歴をフィルタリングしていることを示している．なお，図 3.7 右上に示しているように，「ある領域についての議論履歴」には「ある領域について重要であると分類された議論履歴」および「ある領域について繰り返しであると分類された議論履歴」の両方を含みうる．このようにして生成された議論履歴の個々のサブセットに対して，傍聴デバイスを用いた選択的聴取が可能となっている．

3.4 試用実験による評価

AwarePoster システムによる議論履歴の聴取行動を調べるために，仮想的な展示ブースを設営して評価実験をおこなった．本節では評価実験の手順と運用結果，および考察について述べる．

3.4.1 実験に用いるデータの収録

被験者がシステムを利用する際に，ある程度の議論履歴の蓄積が無ければシステムを利用するメリットが少ないと考えられたため，実験に先立って複数回の議論をおこなうことで議論履歴を蓄積した．具体的には情報系大学院生 6 名に対してそれぞれ展示の概要^{*5}について説明した後，図 3.3 に示した議論ゾーン用電子ポスタを用いて収録した．

議論の収録結果を表 3.1 に示す．加えて，この結果をもとに傍聴ゾーン用電子ポスタに表示される再生ボタンの数について表 3.2 に示す．今回実験に用いたプロトタイプシステムでは，ある議論キャプチャ時に同じ箇所に同じ種類のタグが重複している場合は 1 つとしてカウントしているため，今回の実験用データでは全体としてのボタン表示数は 10 個となった．

なお，被験者に対して常に同一の議論履歴を提供するために，実験中にキャプチャされた議論を傍聴ゾーンに反映する機能は無効とした．

^{*5} なお，展示の内容については，本論文の第 4 章にて述べた Cinematized Reality システムを発表した際に用いたポスタを用いた．

議論	時間長	重要	繰返し	領域
I	5 分 18 秒	0	0	2
II	8 分 34 秒	4	1	2
III	4 分 50 秒	0	0	4
IV	2 分 57 秒	0	0	12
V	5 分 24 秒	1	0	18
VI	4 分 09 秒	1	0	8
合計	31 分 12 秒	6	1	46

表 3.1 実験用議論履歴の収録結果

ボタンの種別	ポスタ上の 表示数
重要な議論を再生	4
繰り返しの議論を再生	1
矩形内に関する議論を再生	5

表 3.2 実験用傍聴ポスタの再生機能

表 3.3 実験用システムにおける再生機能の差

	Aware Poster	Basic
全ての議論を再生	○	○
重要な議論を再生	○	—
繰り返しの議論を再生	○	—
特定部分に関する議論を再生	○	—

3.4.2 実験環境および手順

今回の実験では、1 グループ 2 名の被験者がそれぞれ議論ゾーンの体験を終えるまでを 1 セッションとして、6 セッション計 12 名により実験をおこなった。このうち、半分のセッションでは 3.3.1 節にて説明した傍聴ゾーン用電子ポスタの全ての機能を有効としたものを提供した。残りの半分のセッションでは、傍聴ゾーン用電子ポスタの再生機能のうち、「重要」「繰返し」「領域」ボタンを使用不可とし、全ての議論履歴を聴くだけの機能に制限したものを提供した。この 2 群における聴取行動を比較することにより、提案システムにおける各種再生機能の提供の有用性を確認する。

実験用 Aware Poster システムの機能の違いについて表 3.3 に示す。グループ A には AwarePoster の全機能版（以下、Aware Poster）を提供し、グループ B には機能制限版（以下、制限版）を提供した。

Aware Poster システムの主な目的は、傍聴ゾーンにおける聴取行動の改善にある。その

ため、今回の実験では傍聴ゾーンにおけるシステム利用者の聴取行動の観察を中心とし、議論および観覧ゾーンについての評価は含んでいない。したがって今回の実験では、被験者に Aware Poster システム使用してもらうことを前提とし、かつ展示ブースが混雑しており、発表者がある参加者と既に議論を進めているという状況下で利用してもらうことが望ましい。しかしながら過去の予備実験の経験から、実験室環境においては実際の展示会場で見られるような参加者の入れ替わりが期待しにくいと予想されたため、模擬的に「発表者との議論待ち状況」を設定した上で実験を開始した。

被験者の「議論待ち状況」の設定方法および実験手順について説明する。実験に際しては1グループ2名にて展示を体験してもらうこととし、初めから議論ゾーンにて発表者と議論する参加者役として、筆者の所属する研究室の学生を1名配置した。実験の開始時にはまず参加者役の学生と発表者が議論をおこない、傍聴ゾーンに配置された被験者はそれぞれ提案システムを使用しながら発表者の空きを待ってもらうこととした。聴取中はデバイスを保持しておくことをお願いし、保持の状況を人手により時刻付きでカウントすることで、聴取の時間を記録した。

参加者役と発表者の対話終了後、2名の被験者には、

- 1名ずつ議論ゾーンに進む
- 傍聴ゾーンの体験を続ける
- 展示の体験を終了する

という、実際の展示会場と同様のいずれかの行動を任意でおこなってもらった。

以上の手順を実現するための実験環境の配置について述べる。縦6メートル程度、横3メートル程度のスペースを用意し、議論ゾーンおよび傍聴ゾーンを設定した。各ゾーンの割り当ては第2章でおこなった運用実験における配置(図2.5)に準じ、議論ゾーンを2メートル四方に設定した。その後方に傍聴ゾーンを設定し、ノートPC上で傍聴ゾーン用電子ポスタを2台稼働させた。以上の内容について、実験環境の見取り図を図3.8に示す。

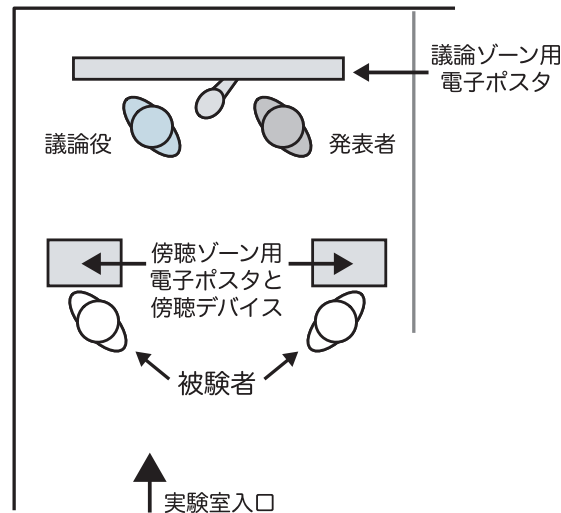


図 3.8 実験環境の見取り図

3.4.3 運用データに基づく評価

システムログから得られた議論履歴の聴取時間と再生操作の回数，および使用された機能を基に，提案システムの有用性について述べる．

聴取がおこなわれたと考えにくい 3 秒以下の再生時間をフィルタしたデータを対象として，議論履歴の再生時間と，電子ポスタおよび傍聴デバイスの操作回数を求めた．議論履歴の再生時間については電子ポスタあるいは傍聴デバイスの操作を再生開始点とし，次の電子ポスタあるいは傍聴デバイスの操作までを求めることで算出した．また，両グループにおける総聴取時間が異なることから，1 分あたりの操作回数についてもそれぞれ求めた．結果を表 3.4 に示す．

議論履歴の総再生時間，および 1 操作あたりの再生時間において，グループ B (制限版) に対してグループ A (Aware Poster) の方が聴取時間が短い結果となった (t 検定において 5% 水準で優位)．また，Aware Poster および傍聴デバイスの操作回数についてはグループ A が合計 51 回，グループ B が合計 32 回となり，グループ A の方がグループ B よりも 1.6 倍程度多く操作されていたことがわかる．これは，グループ A の被験者がより積極的にポスタ操作をおこなっていたことを示している．

機能制限版では電子ポスタ上に「議論履歴を全て再生」するボタンしか配置されてい

表 3.4 議論履歴の再生時間

グループ	総再生時間	1 操作あたりの再生時間	電子ポスタ 操作回数	傍聴デバイス 操作回数	操作回数の 合計	1 分あたりの 操作回数
グループ A	30 分 18 秒	36 秒	21	30	51	1.68
グループ B	34 分 4 秒	1 分 4 秒	9	23	32	0.93

表 3.5 Aware Poster システムによる再生機能の内訳（3 秒以上再生）

ボタンの種別	操作回数	全ポスタ操作に おける比率	タイプ別 再生時間	再生長の 平均	総再生時間に 対する比率
重要な議論を再生	13	61.9%	23 分 12 秒	1 分 47 秒	76.6%
繰り返しの議論を再生	4	19.1%	4 分 4 秒	1 分 1 秒	13.4%
特定部分に関する議論を再生	2	9.5%	44 秒	22 秒	2.4%
全ての議論を再生	2	9.5%	2 分 18 秒	1 分 9 秒	7.6%
合計	21	100%	30 分 18 秒	100%	100%

いのに対し、グループ A では「議論履歴を全て再生」以外の複数個の再生ボタンが配置されていることが操作回数に影響しているものと推察される。その結果、2 つの被験者群において大差のみられない総再生時間に対して、グループ A の方がグループ B よりもより積極的に聴取行動をおこなったために、平均再生時間が少なくなったものと考えられる。

続いて、グループ A における電子ポスタボタンの使用状況を調べるために、操作の内訳について集計した。結果を表 3.5 に示す。集計に際しては、再生の開始点となった電子ポスタ上の再生操作から次の電子ポスタ上の再生操作に移るまでの時間を再生操作の区切りとして、ボタン種別に再生時間を算出した。なお、被験者が途中で聴取を止めた場合やボタン再生が完了した場合は、その時点までの合計を用いている。表 3.5 に示すように、グループ A においては「重要な議論を聞く」機能が主に用いられており、操作回数としては全体の 6 割程度を占める結果となった。さらには、総再生時間の 76.6% を占めることに加えて、1 操作あたりの平均再生時間長においても「全ての議論を再生する」機能の場合と比較して約 1.6 倍程度長く再生されていることがわかる。以上の結果はグループ A において「重要な議論を再生」する機能が「全ての議論を再生」する機能よりもより多く操作され、かつ長時間聴かれたことを示している。

その一方で、「繰り返しの議論」を再生する機能についての再生回数は 4 回で、再生時間も 4 分 4 秒と、全ての議論を再生する機能に比べると 2 倍程度の違いに収まっている。

さらには「領域に関する議論」については、「全ての議論を再生」する機能に比べて再生回数の点で同じであり、再生時間長については3分の1程度という結果となり、あまり用いられなかったことがわかる。この2種類の再生機能についての操作回数および再生時間長の使用頻度が少なかった点についての詳細な分析は3.4.4節に譲ることとするが、定量的なデータからはタグの種別によって、使用頻度に極めて大きい差があることが示された。

3.4.4 アンケート結果および考察

AwarePoster システムが提供する機能の使いやすさを調べるために、実験後にアンケート調査をおこなった。アンケートによる質問項目としては、各種再生機能ボタンに対して、

- 再生された音声展览展示の理解に有用だったか
- 再生された音声展览展示時に役に立ったか

の2点を中心に5段階評価にて設問した(5.非常に有用である)。また各設問には自由記述欄を設け、理由を記述してもらった。設問および回答結果について、表3.6に示す。なお、グループAにおいて各被験者が全ての再生機能ボタンを利用しているわけではないことと、発表者と議論をおこなわなかった被験者が各グループに1名ずついたことから、利用していない機能および議論していない場合の回答は設問ごとに集計から除外した。

表 3.6 アンケート結果

質問 番号	質問項目	グループ A		グループ B	
		評価点	回答率	評価点	回答率
1-a	「重要」ボタン展览展示の理解に有用だったか	3.9	100%	—	—
1-b	「重要」ボタン展览展示時に役に立ったか	4.0	83.3%	—	—
2-a	「繰り返し」ボタン展览展示の理解に有用だったか	2.3	50%	—	—
2-b	「繰り返し」ボタン展览展示時に役に立ったか	3.0	33.3%	—	—
3-a	「領域ボタン」展览展示の理解に有用だったか	4.5	33.3%	—	—
3-b	「領域ボタン」展览展示時に役に立ったか	3.5	33.3%	—	—
4-a	「全て再生」ボタン展览展示の理解に有用だったか	2.8	66.7%	3.8	100%
4-b	「全て再生」ボタン展览展示時に役に立ったか	3.0	66.7%	3.0	66.7%
5	議論数の表示は再生の参考になったか	3.2	100%	2.8	100%

「重要な議論を再生」する機能に関する設問 1-a および 1-b では、グループ A で 3.9、グループ B で 4.0 という、比較的高い評価が得られた。その理由として「発表者が重要と認識しているポイントを知ることができる」「時間のない場合でも重要な部分だけ聞ける」といった回答が得られている。また設問 1-b の自由記述欄においても「あらかじめ重要なポイントに絞って質問が考えられる」という回答が得られており、「重要な議論」の再生機能が有用であったことが伺える。前節で述べたように、グループ A においてはこの機能による話題再生が最も用いられており、ある参加者と発表者が議論している最中に重要であるとマークされた議論は、他の参加者にとっても展示の理解および議論時の参考情報として有用であったと結論付けられる。

その一方で、グループ A の半数の被験者が利用した「繰り返しの議論を再生」する機能について、設問 2-a では 2.3 という低めの評価がなされた。また設問 2-b では 3.0 という平均的な評価となった。その理由としては「同じ箇所に重要ボタンが表示されており、重要ボタンと比べると（内容の）有用性が低いと判断した」という回答が得られている。回答数が少ないために断定はできないが、今回の実験では「繰り返し議論」の再生ボタンと同じ領域に「重要な議論」再生ボタンが表示されており、重要ボタンの方がより有用な議論を聴くことができると判断されたことが使用量の大幅な差につながっていることが伺える。

また「領域に関する議論を再生」する機能についての設問 3-a および 3-b についての評価点が 4.5 および 3.5 と高めの傾向が伺える。使用頻度が低いため断定は困難であるが、自由記述欄では「特定の話題に絞った議論を聞いた」という回答が得られており、少なくとも使用した被験者にとっては有用であったと思われる。また、表示方法としても矩形のみの表示のため、再生ボタンとしてわかりにくかったことも使用頻度の少なさに影響しているものと推察される。この点についての詳細な分析は、表示方法の改良と共に今後の課題である。

両グループに提供した「議論履歴を全て再生する」機能について、設問 4-a の回答はグループ A で 2.8 という標準的な結果となる一方で、グループ B で 3.8 というやや高め評価となり、結果に開きが見られる。このうちグループ B において「5. とても役に立った」「4. まあまあ役に立った」と回答した被験者 5 名のうち 4 名 (80%) が、「展示の内容を深く知ることができる」「他の人がどのような視点で研究を捉えていたのかを知ることがで

きる」と回答しており、議論履歴の再生という基本的機能が評価されていると思われる。それに対してグループ A では、「全てを聴くのは時間の無駄だと思う」「重要ボタンを優先的に再生したため」など、議論履歴再生機能のひとつとして認識されており、とりわけ評価の高かった「重要な議論」再生ボタンに関する評価結果を考慮すると、手早く重要な議論を中心に聞きたい利用者にとっては冗長な再生機能として判断されているものと推察される。ただし、グループ A にて「全て再生ボタン」とその他のボタン機能については「どちらかが一方的に優位なわけではなく、使い分けだと思う」という自由記述回答が 2 件 (40%) 得られているように、他の展示を含めて効率よく見た回りたいがために時間を惜しむ展示参加者と、展示に対してより深く知りたい参加者など、利用者の多様な興味に応じて使用頻度が異なってくるものと推察される。今回の実験では、主に前者に対する効率的聴取の改善を目的として数種の再生機能を提供し、参加者の興味に応じてある程度効率的な選択的聴取が可能となったが、その一方でじっくりと聴取したい利用者を考慮した聴取機能の提供が必要であろう。例えば「再生残り時間の表示やシークバーの付与が欲しい」といったユーザフィードバックも得られており、一般的な音声聴取インタフェースに用いられている機能の検討などが考えられる。

議論数のポップアップ表示に関する設問 5 では、グループ A とグループ B でそれぞれ 3.2 と 2.8 という標準的な評価が得られた。グループ A において有用と回答した被験者からは、「どの部位に関する話題に注目が集まっているかわかる」という回答が得られている。その一方で有用でないと回答した被験者からは、「数の意味を理解していなかった」という回答が得られていることから、議論数の表示方法の検討が必要であると考えられる。

以上のアンケートの結果および定量データの分析結果から、単に全ての履歴を再生するという Aware Topics の再生方式よりも、具体的に展示内容のどの部分に関して「重要な」議論だけを再生できる AwarePoster システムの再生方式の方が、特に議論内容を手早く知りたい多くの被験者にとって有用だったものと結論付けられる。

その一方で、「繰り返し」「領域」再生ボタンにおいては、再生頻度が少なく、また有用性を見出しにくかったと考察され、タグ分類と表示方法に課題を残す結果となった。加えて、議論数の表示について改善の余地はあるものの、再生時における参考情報としての機能は確認できたものと考えられる。

3.5 関連研究

本節では，Aware Poster システムの関連研究として，(1) マルチメディア議事録生成システム，(2) 議事録を用いた話題の構造化及び視覚化システム，(3) 電子ポスタを用いたコミュニケーション支援システム，についてそれぞれ述べると共に，提案システムの位置づけを明らかにする．

これまでも会議などの対面同期環境を対象として，議論構造の視覚化に関する研究がおこなわれてきた．例えば，会議室における会議の結果を映像と音声にて記録し，検索などの後日の再利用性を高めるためのマルチメディア議事録の生成手法に関する研究も盛んである．[31] では全方位カメラおよび音声認識によるマルチメディア議事録の作成を可能とした．しかしながら全方位カメラの性質上，参加者が同じテーブルを囲んだ状態での会議に制約される．映像音声の機械による自動認識は計算機科学に期待される大きな課題のひとつではあるが，[60] で述べられているように，一般に実世界を対象とした映像認識および音声認識については多様な照明条件や周囲の音ノイズに対して弱く，認識精度には課題が残る．そのため，本提案が想定している展示会場への対応については困難であると考えられる．

また，テキスト形態の議事録を入力として，話題の境界判定および構造の可視化をおこなったものに [52] がある．しかしながらテキスト処理に基づく手法であるため，展示会場で使用する場合はリアルタイムに近い速度で正確なテキストを作成する必要性が生じる．先に述べた認識率の問題から，現状で [52] の手法を応用することは難しいと考える．

一方で，電子ポスタをインタフェースとしてコミュニケーションを支援する研究もおこなわれている．[9] や [10] では，組織内の共有スペースに掲示されるコルクボードに着目し，電子ポスタ上に映像や画像などのコンテンツの配置とコミュニケーションを可能とした．他の利用者は掲示されたコンテンツに対して視聴者によるメッセージの投稿ができる．またコンテンツの持ち主に対するコミュニケーション手段も提供されている．非同期的なマルチメディア情報の共有に基づくコミュニケーション支援という点で本提案と共通しているが，議論数や発表者による分類を聴取インタフェースに反映することで他者のコンテンツ利用をガイドするという，ソーシャルナビゲーション [15] 的なアプローチはと

られていない。

また，2.5 節にて述べたが，展示発表において電子ポスタを用いた発話クラスタリングの基礎的検討をおこなったものに [45] がある．[45] では発表者と質問者が共通に参照するオブジェクトとして電子ポスタを用いているが，本提案では，

- 議論ゾーンにおける電子ポスタでは，電子ポスタへのポインタ情報以外の情報として，タグ付けが可能
- 傍聴ゾーン用にも電子ポスタを提供し，議論ゾーンのインタラクション結果に基づく議論履歴の選択的再生が可能

という点が大きく異なる。

3.6 まとめと今後の課題

本章では，第 2 章にて述べた Aware Topics システムの実証実験の考察に基づいて，発表者による議論へのタグ付け機能を持った電子ポスタ型インタフェースと，傍聴ゾーンでの聴取活動を支援するための電子ポスタ型インタフェースで構成される Aware Poster システムについて述べた．Aware Poster システムの試用実験から，

議論ゾーンで付与された 3 種類のタグ付き議論履歴が，タグの種類によっては聴取支援に有用であることがわかった．特に「重要」とタグ付けされた議論の聴取率が高く，より積極的に議論履歴の聴取がおこなわれたことを確認した．また，再生操作に関するユーザフィードバックも得られた．

今後は，今回の実験結果を基にしたシステムの改良を加えた上で，実際の展示会場での運用結果に基づく評価の実施をおこなう予定である．

第 4 章

Cinematized Reality: 映像情報の再利用を支援する知的カメラワークシステムの提案と評価

4.1 はじめに

第 1 章でも述べたが，環境カメラにて記録される実世界映像には，テレビや映画で目にする映像と比較して，

1. あらかじめ決められた台本が存在しない
2. 1 の問題により，台本に基づいたカメラ配置および移動の計画が困難

という点が異なる．そのため，実際に閲覧する際には変化のない映像が延々と続くことになり，閲覧者が抱く飽きが内容理解の妨げの恐れとなる可能性がある．

そこで本章では，環境カメラで撮影された映像を事例共有用のドキュメントに役立てることを目的に，環境カメラにて記録されたインタラクション映像にカメラワークを適用可能とする，Cinematized Reality システムを提案する．映像の専門知識に基づいた多様なカメラワークを適用することで，映像における重要な点を視覚的に強調したり，映像にリズムをもたせるなどの変化をつけることが容易となり，インタラクション記録を視聴者の印象に残る方法で提示できると思われる．

Cinematized Reality システムでは、環境カメラの映像に対して映像知識に基づくカメラワークを適用可能とするために、自由視点映像の利用と、アノテーション（注釈情報）付与に基づくカメラ配置というアプローチを取る。自由視点映像を用いることにより、仮想的にはあるが環境カメラの映像においても視点の移動が可能となる。更に、映像の内容に対してアノテーションを付与することで、映像内で生じた出来事とその関連人物を指定したカメラワーク適用を可能とする。さらに、映画の撮影技法に基づいたカメラ配置手法により、ひとつの自由視点映像に対して様々な演出方法を適用可能な環境を実現する。将来的には多くの専門家に提案システムを利用してもらうことで映像演出の知識が蓄積され、カメラ配置知識の抽出や再利用などにも期待できるものである。

以下、本章では、4.2 節にて自由視点映像に対するカメラワーク適用のためのアプローチについて述べる。先行研究として従来のカメラプランニングシステムや、スクリプト^{*1}による番組生成システムについて述べると共に、アノテーションを利用したコンテンツの知識処理に関する手法について概説し、本研究の位置づけを明らかにする。その上で提案手法におけるカメラ移動に関する用語の定義をおこなう。

4.3 節では、アノテーションに基づいた半自動的なカメラの配置および移動方法について説明する。具体的には、映像内の撮影対象に対するアノテーションインタフェースと、撮影ターゲットに対するカメラ演出の適用方法を説明する。また、4.4 節にて提案手法による映像の例を示す。続いて、4.5 節にて提案手法の評価実験について述べる。4.7 節は本章のまとめと今後の課題である。

4.2 カメラワーク適用のためのアプローチ

4.2.1 自由視点映像の利用

まずはじめに、自由視点映像の概念を図 4.1 に示す。第 1 章においても述べたが、自由視点映像とは複数台の環境カメラで撮影された個々の映像を計算機によって統合した映像であり、3 次元空間上の好きな座標に視点を配置できるという特徴がある。

一般に、自由視点映像は撮影対象を様々な方向から撮影した映像を入力として、ボクセ

^{*1} ここでは番組における「台本」の意

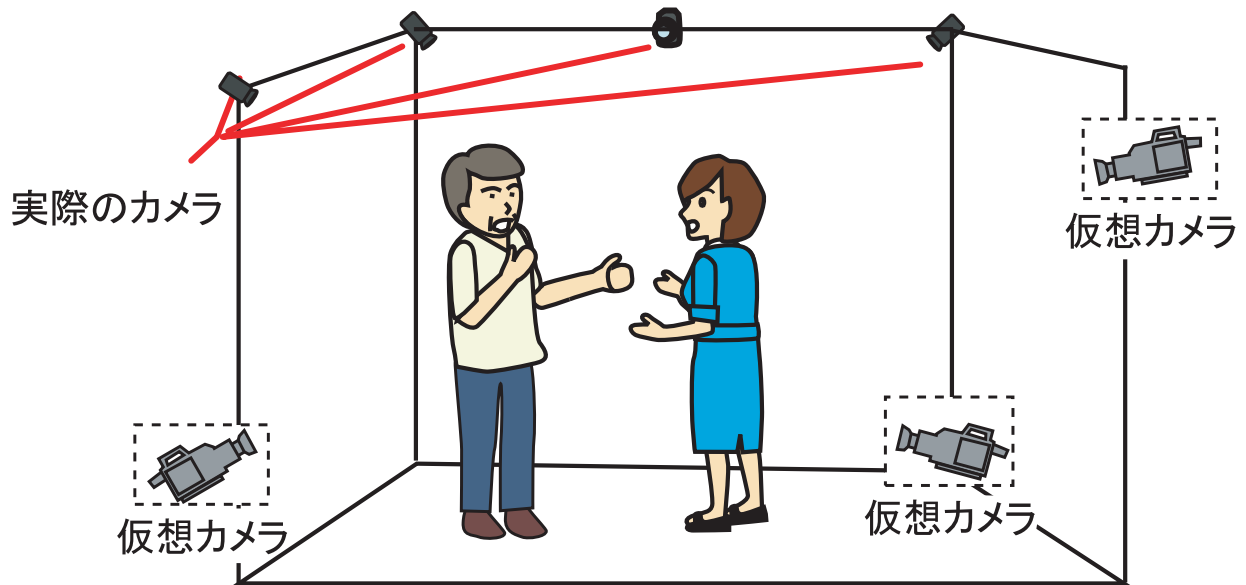


図 4.1 自由視点映像の概念図

ルと呼ばれる立体格子点を用いて 3 次元形状を復元した後に，カメラ映像から作成したテクスチャをマッピングすることで作成される．また，撮影空間における被写体同士の隠れを考慮して，例えば部屋の天井に俯瞰的なカメラを設置する方法もある．さらに，ボクセルを用いる手法の他にもビルボードと呼ばれる平面形状へとマッピングをおこなう手法 [25] も提案されているが，それぞれの手法は映像の用途によって，また計算機処理のコストも含めて向き不向きがあるため，どの技術が我々の目的とする実世界インタラクションの記録に向いているかという点については一概にいけないものと思われる．なお，本提案では，5 台のカメラ映像を入力として Shape-From-Silhouette 法 [28] と呼ばれる基礎的な手法を用いて作成された映像を用いているが，本提案では作成済みの自由視点映像を用いた実世界インタラクション映像の再利用性向上を目的としており，自由視点映像の生成には深く言及しないこととする．また，一般に映像という場合には画像のほかに音声情報が同期的に扱われるものを指すが，本論文で用いる自由視点映像においては音声を扱っていないため，特に断りの無い限りは音声情報の無い映像とする．

4.2.2 カメラプランニングに関する関連研究

テレビや映画などで目にする映像には、映像内の場面ごとに異なるカメラ配置や移動がなされている。これは映像によるストーリーの伝達を円滑におこなうための工夫であり、映像製作の分野では「映画の文法」[16]として知られている。映画の文法では、同じ状況でも撮り方によって異なる印象を与えることや、ストーリーの伝達をおこなう上での注意点などが形式化されている。

計算機科学の応用分野においては、以前よりカメラプランニングに関する研究がなされてきた[2][11][55]。映画の文法に基づく映像製作には専門知識と人手が必要となるが、これを計算機によって支援しようという試みである。

また、3D アニメーション世界を対象としたカメラプランニング支援手法も提案されている。これは、テキスト記述されたシナリオを言語的に解析して、撮影のキー情報を抽出する手法が一般的におこなわれている。抽出されたキー情報をもとにカメラ配置のための制約条件を解くものである。これら先行研究では自動的なカメラ配置と移動を実現するために、映像内のイベントをキー情報としている。アニメーション CG においては完全に人手による仮想世界が構築されているため、事前に決められた映像のシナリオ記述からイベントを抽出することで演出キーを作成することが可能である。また撮影ターゲットとなる CG キャラクタがシナリオに即する形であらかじめ配置されており、キャラクタの頭や腕といった細かい空間座標が既知である。

ところが、自由視点映像の場合は明確なシナリオに即して作成されとは限らない。かつ、映像内の人物像などに意味的な区別がついておらず、どの部分にカメラを向けるべきかに関する判断材料に欠ける。このため、純粋な CG 世界における研究で提案されてきた手法を自由視点映像の演出に用いることは困難であると考えられる。さらに、映像内の人物像などに意味的な区別がついていないため、3次元空間内のどの部分にカメラを向けるべきかに関する判断材料に欠ける。このような理由から、純粋なアニメーション CG における研究で提案されてきた手法を自由視点映像の演出に用いることは困難であると考えられる。

また、XML のようなマークアップ記述によって、3D 空間上に構築された仮想スタジオへとカメラや CG キャラクタを配置し、その振る舞いをシーケンシャルに記述していく

ことによって、ニュース番組のようなテレビ番組を作成可能とした TVML (TV program Making Language)[20] もある。しかし、TVML スクリプトを作成するためにはあらかじめ番組作成のためのカメラワークや時間の配分などに関する知識に精通している必要がある上に、TVML で規定されたタグセット仕様に対する深い理解も必要とするため、必ずしも簡単に作成できるわけではない。

実世界映像を対象とした試みとしては、井上ら [61] によるテレビ会議システムへの映画撮影技法の適用がおこなわれているが、対話シーンの撮影用カメラが三角形配置に従っていることを前提としており、適用できるカメラワークに制限がある。

天野ら [56] は、提案システムと同様に映像文法に基づいた映像編集支援システムを提案している。あらかじめ撮影された映像素材に対してショットやカメラワーク情報を自動で抽出して、映像文法に反しないと判定されたショットを自動でつなぎ合わせる手法を提案している。映像文法に反しないカメラワークを選択するという点は Cinematized Reality システムと共通しているが、あらかじめ様々なカメラワークを用いて撮影された映像素材が必要であり、Cinematized Reality システムの想定する環境カメラの映像への適用は困難であると思われる。

4.2.3 デジタルデータへのアノテーション

アノテーションによるデジタルデータの内容記述

一般に、アノテーションとはあるコンテンツの内容に関しての意見や補足などを記述する注釈行為、および注釈によって付与されたデータそのものを示す。計算機科学においてはアノテーションと同様の概念を示すものに「メタデータ」という言葉がある。両者を区別するための厳密な定義は見当たらないため、本論文では、注釈行為をアノテーションと呼び、実際に計算機上に蓄積されて計算機処理の対象となるデータをメタデータと呼ぶ。

アノテーションは、元の情報源に対して 2 次的、3 次的（アノテーションに対するアノテーション）といった、副次的な情報源となる。ある情報を利用する際に、付与されたアノテーションを参照することでより深い理解を得る手がかりとなる。

長尾 [34] の分類によると、特にデジタルデータを対象としたアノテーションは「言語的アノテーション」、「コメントアノテーション」、「マルチメディアアノテーション」という 3 つに大別される。言語的アノテーションとは、文章などのテキスト情報を対象として内容

の理解を補助するために付与されるアノテーションである。図 4.2 に電子テキスト上に付与されたアノテーションの例を示す。

図 4.2 において、文章中に付与されているアノテーション箇所が吹き出し型のアイコンで示されている (a)。このアイコンをクリックすることで小さなウィンドウが開き、アノテーションされた内容が表示される (b)。この他に、文章の構文構造や語彙に関する情報、参照関係、図表の構造などを明示するのに用いられている。

コメントアノテーションは、テキスト処理が困難な図や写真などのバイナリデータの内容について、テキスト表現するために用いられる。文章による補足説明や関係、写真・図の作成情報、あるいはコンテンツの評価や分析を明示するために用いられるのが一般的である。画像アノテーションの例を図 4.3^{*2} に示す。

図 4.3 に示した 3 枚の写真のうち、(a) がオリジナルの写真である。(b) と (c) には、オリジナルの写真が矩形で領域分割されており、各領域に写っているものを示すアノテーションが付与されている。このアノテーションを参照すると、手前左のアノテーション領域には「Me (Tanaka)」が写っており、写真奥の左には「tourist B」が写っていると容易に判断することができる。またテキストベースの検索システムと親和性が高いため、アノテーションに基づく写真検索システムも多数提案されている^{*3*4*5}。

マルチメディアアノテーションとは映像や音声など高度な情報表現に関するセグメンテーション情報とトランスクリプトテキスト^{*6}との対応関係を明示するなどの目的で利用される。提案システムで用いるアノテーションは上述の分類ではマルチメディアアノテーションに該当する。

映像のセグメンテーションとは、連続する時間軸上において、映像をある基準を用いて分割することにより、複数の層からなる構造として捉えるものである。分割された映像単位を映像セグメントと呼ぶ。一枚の画像として「フレーム」を最小の単位とする手法が一般的である。例えば、マルチメディアコンテンツを対象とした標準のメタデータ記述様式

^{*2} 図には Flickr にてアノテーションを施した写真を用いた <http://www.flickr.com/>

^{*3} Flickr: <http://www.flickr.com/>

^{*4} Picasa ウェブアルバム: <http://picasaweb.google.co.jp/>

^{*5} はてなフォトライフ: <http://f.hatena.ne.jp/>

^{*6} 映像や音声といった非テキスト情報の内容をテキストを用いて転写したもの

を目的としている MPEG-7^{*7}では、時間軸および空間軸という 2 種類の基準によるセグメンテーション記述を可能としており、必要に応じて空間-時間の双方を用いたセグメントが可能である [46]。特徴量や補足記述のための記述様式を規定することで、マルチメディアコンテンツの再利用性向上を狙っている。

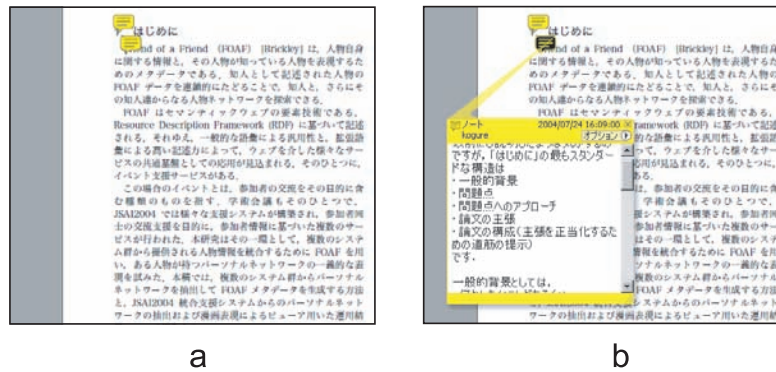


図 4.2 電子テキスト上に付与されたアノテーションの例

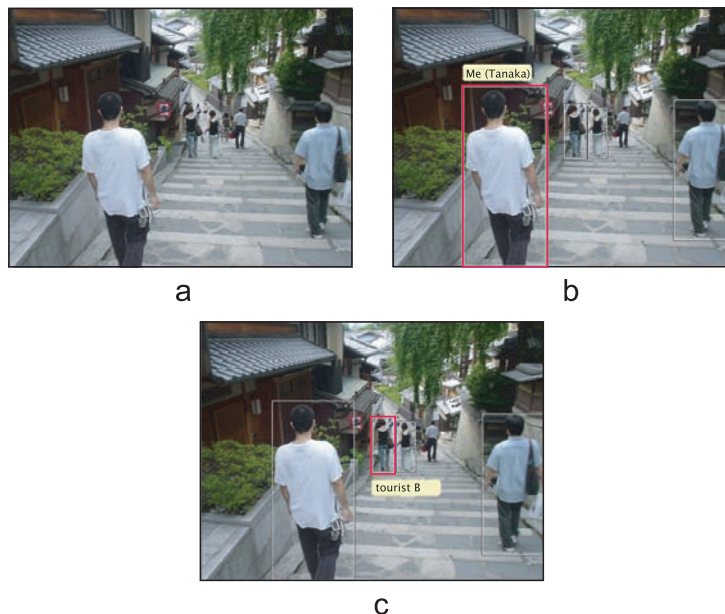


図 4.3 画像に付与されたアノテーションの例

^{*7} 情報処理学会 情報規格調査会による MPEG-7 解説日本語版: <http://www.itscj.ipsj.or.jp/mpeg7/>

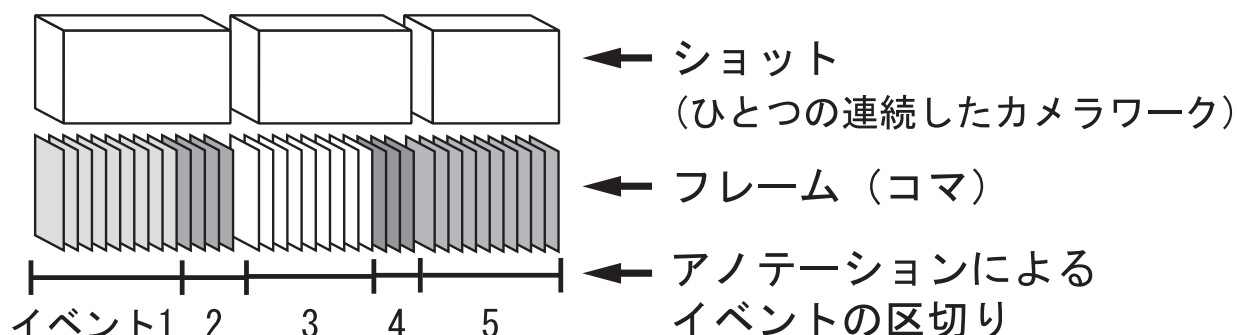


図 4.4 アノテーションと映像セグメントとの対応関係

提案手法による映像セグメンテーション

提案手法では、映像へのアノテーションによって映像内に記録されたイベントと撮影ターゲットを指定する．一般に映像内におけるイベント情報の作成方法としては、アノテーションベースの処理以外にも映像の特徴量解析による自動抽出（コンテンツベースの処理）が考えられる．しかしながら一般に自動抽出の精度が撮影環境に大きく左右される上に、変化が乏しい映像では自動解析が困難となってしまうなどの問題があることから、提案システムではアノテーションベースの処理方法を用いることにした．また、将来的にはセンシング環境の進歩とインタラクションの分析が進むことで、映像に対する自動抽出も可能となると思われるが、今回の研究目的は自由視点映像へのカメラワークの適用による再利用性の向上の基礎的手法の確立にあるため、システムのプロトタイプではアノテーションの付与を全て人手でおこなうこととする．

提案手法における映像のショットおよびフレームと提案システムの映像アノテーションとの対応関係を図 4.4 に示す．フレームは一枚の静止画であり、映像を構成する最小単位となる．ショットは複数のフレームから構成され単一のカメラによる連続した撮影像列を指す．イベントアノテーションに必要な情報としては、イベント名とフレーム情報の他に撮影ターゲットの中心座標および撮影ターゲットの領域が挙げられる．前者はカメラの注視点として必要となり、後者は構図の決定に必要となる．これらの情報をイベント単位で扱い、カメラワークを適用していく．

4.2.4 用語の定義

これまで述べてきたアノテーションに基づく構造化方針を元に，本論文におけるカメラワーク適用に関する用語について説明する．

- ショット

ショットとは単一のカメラで撮影されたフレーム列であると定義される．ショットが切り替わる時間点をカット点とし，カット点に該当するフレームは特にカット点フレームと呼ばれる．提案システムでは，単一のカメラによる連続するカメラワークをショットと定義し，複数の撮影対象名，開始時刻および終了時刻を情報として内包する単位として扱うことで，カメラワークの決定方法とする．ショットには「ロング」や「クレーン」などの名称がある．

- カメラワーク

本システムにおけるカメラワークは，出力映像上における時間および時間点におけるカメラポジションの対からなる集合として定義する．

- カメラポジション

撮影対象の空間上の位置とカメラパラメータから成る．カメラパラメータは，焦点距離やレンズの歪み係数，画像中心等のカメラの内部パラメータと，三次元空間中のカメラの位置と方向，平行移動ベクトル示す外部パラメータから表される．

- 視点

本論文中における「視点」の定義は，カメラポジショニングにおける物理的なカメラの位置，すなわちカメラの外部パラメータを示す．

- 注視点

本論文中における「注視点」の定義は，視点から向けられる直線（光線）が撮影対象と交わる点と定義する．実際には撮影対象として指定されたターゲットに付与されたアノテーションの中心座標点を取る．ただし，ロングショットなどある特定のショットにおいては，複数の撮影対象をまとめてフレーム内に収めることが必要な場合が生じてくる．その場合には，複数のアノテーションボックスの頂点を内包するバウンディングボックスを計算して，その中心を注視点として用いて対応する．

4.3 Cinematized Reality システム

本節では，前節まで述べた内容に基づき，自由視点映像へのカメラワーク適用を可能とするための Cinematized Reality システムについて説明する．提案システムの構成を図 4.5 に示し，実際に自由視点映像にカメラワークを適用するまでの流れを述べる．

4.3.1 Cinematized Reality システムの構成と処理の流れ

Cinematized Reality システムは，図 4.5 に示したように (A) アノテーションコンポーネント，(B) 撮影知識ベース，(C) 映像スクリプト変換エンジン，および，自由視点映像の作成と制御をおこなう (D) 3 次元自由視点映像システム，という 4 つのコンポーネントから構成される．(A) ではカメラワークを適用したいイベントと撮影ターゲットに関するアノテーションの作成と管理をおこなう．(B) および (C) にて，指定されたカメラワークと映画撮影技法に基づいた制約の充足判定をおこない，視点制御コマンド出力する．(D) では視点制御コマンドに基づいて，視点移動を伴う自由視点映像を出力する役割を担う．実際のカメラワーク適用までの流れは，

- アノテーション付与インタフェースを用いた，システム利用者による自由視点映像へのイベントおよび撮影対象の指定
- システム利用者による，イベントへのカメラワークの指定
- カメラワーク指定とアノテーション情報を用いたカメラ位置の計算
- 自由視点映像システムでのレンダリング

となる．

4.3.2 アノテーション付与インターフェース

アノテーション付与インタフェースのスクリーンショットを図 4.6 に示す．アノテーション付与インタフェースでは，GUI 操作によってフレーム単位でのイベント指定と撮影対象の指定が可能となっている．

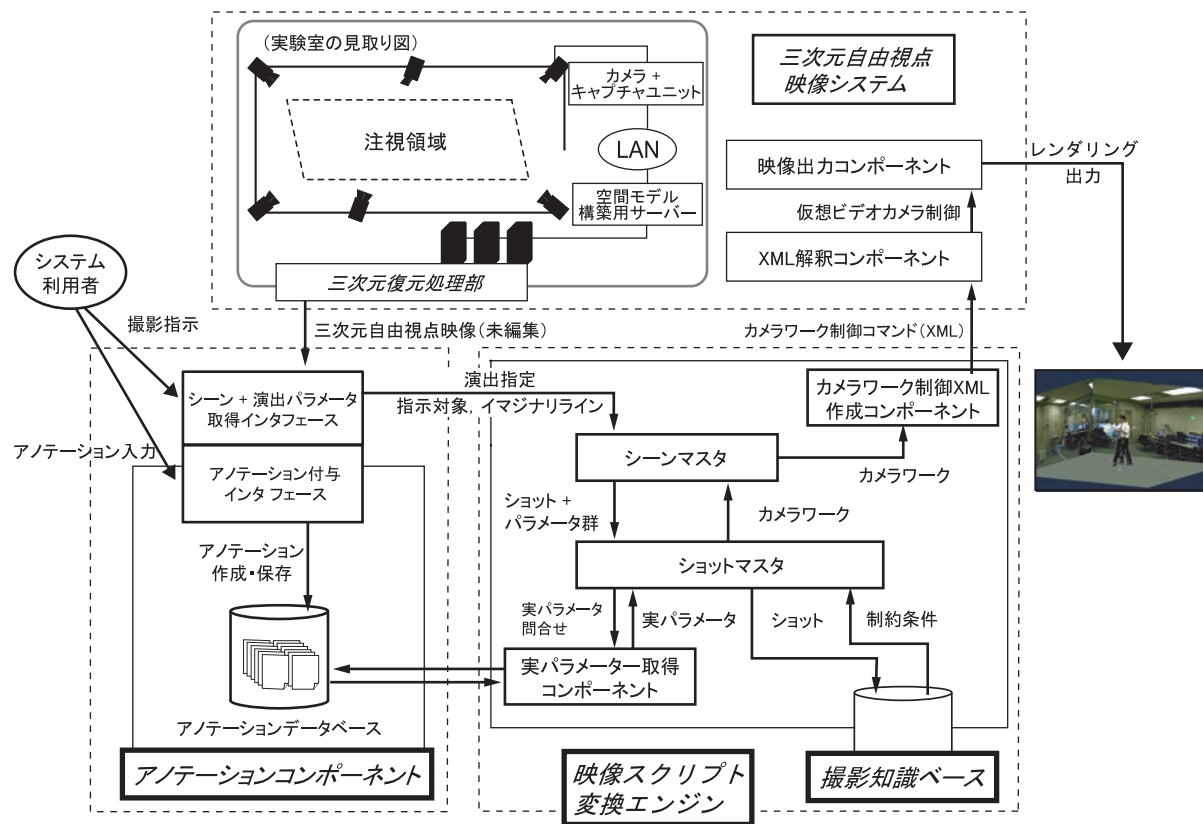


図 4.5 システム構成図

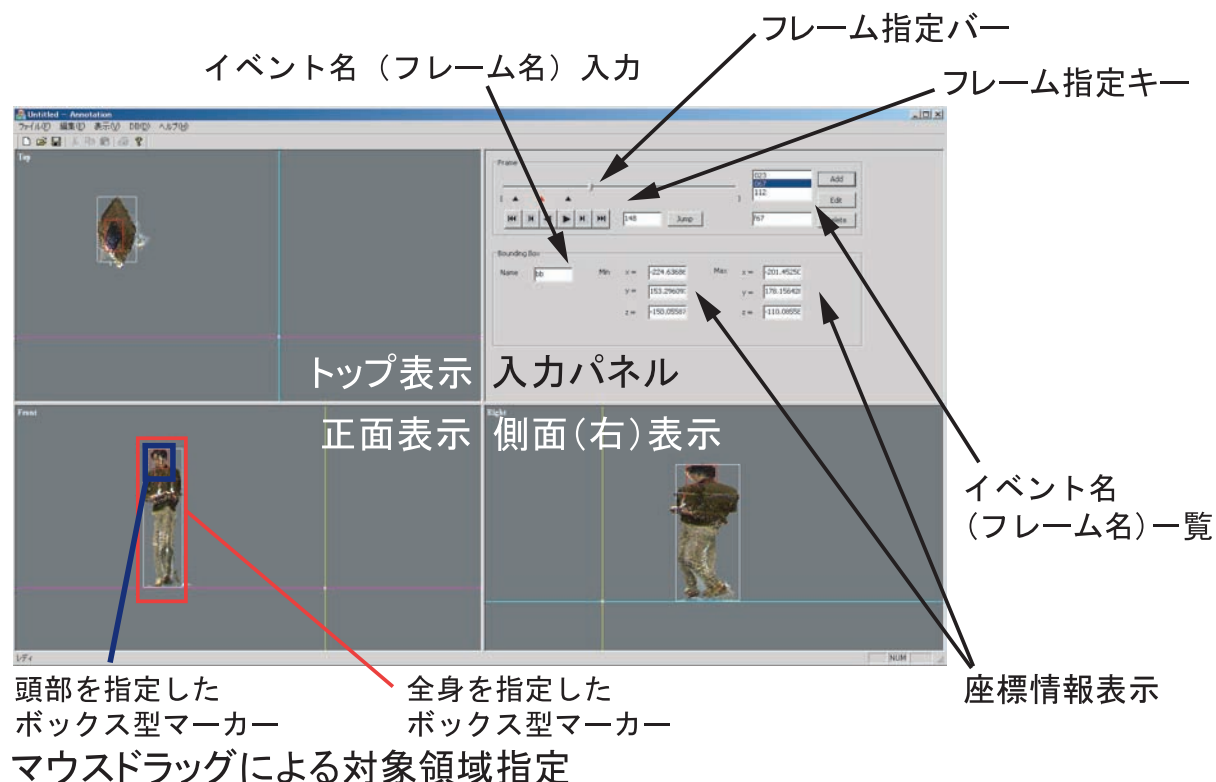


図 4.6 アノテーション付与インタフェース

カメラワークを目的としたアノテーションに必須となる情報としては、(a) イベントの名称、(b) 該当するフレームの番号、(c) 撮影ターゲットの中心座標、(d) 撮影ターゲットの領域、が挙げられる。(a)(b) はイベントの管理、(c) はカメラの注視点、(d) は構図の決定に用いる。この付与インタフェースでは、GUI 操作によってフレーム単位での対象領域指定が可能となっている。Cinematized Reality システムにおけるイベントは多数の映像フレームの集合である。その一枚一枚にアノテーションを付与していくことは非常に手間のかかる作業となるため、ひとつのイベント内で連続するフレーム間では、対象の中心座標と対象領域情報を自動で補完する機能を備えることで対処した。

作成された対象およびイベント指定はデータベースに蓄積され、次回の付与作業時に読み込まれる。よって、同じ自由視点映像を対象とするのであれば、付与作業の繰り返しによって作業コストの低減が可能である。

4.3.3 カメラワーク演出の指定

カメラワークの適用には，アノテーションによるイベント指定と，ユーザによるカメラワーク指定を用いる．カメラワークの指定には，イベントを撮影するためのカメラ演出に抽象的な名前をつけたものを用いる．例えば，ロングショット，クレーンショット，タイムスライスなどがある．また，複数のカメラワークを動きの傾向ごとにまとめたプリセットも用意した．プロトタイプシステムを例にとると，「プレーン」や「サスペンス」，「ドラマティック」といった名称を持つ，カメラ指定及び移動についてのテンプレートである^{*8}．ここでの演出指定に基づいて，実際のカメラ配置を決定していく．

4.3.4 カメラ配置モデルに基づくカメラ位置決定

映像の文法において，ある映像シーンに登場する 2 人の人物を結んだ直線はイマジナリラインと呼ばれており，視聴者にとってわかりやすい映像表現をするための基本原則となっている．もしイマジナリラインをまたぐ形でカメラの切り替えや移動をおこなうと，画面上での人物の位置関係や動作が逆となってしまうために視聴者は映像に違和感を覚えることが知られている．このイマジナリラインの原則を計算機上で扱うための方法としては，行為者間の作用方向をベクトルで表現したイマジナリベクトルに基づくカメラプランニングシステム [42] が提案されている．提案システムではアノテーション情報として撮影ターゲットの座標点と領域情報しか与えていないため，撮影ターゲットの向きを考慮したカメラワークの適用は困難である．そこでイマジナリベクトルの考え方を基に，撮影ターゲットを中心とする球状のカメラ配置モデルを考案することで，撮影ターゲットの方向性に基づくカメラワークを実現した．このカメラ配置モデルは，撮影ターゲットの座標を中心とする球体上のカメラ位置を抽象的に表現したものである．図 4.7 にそのモデルを示す．

提案するカメラ配置モデルでは，まず地面に対して水平な円を考える．イマジナリベクトルで示される方向を 0 度として，イマジナリベクトルとカメラの位置がなす角を 45 度単位で区切った 8 つのポイントを配置している．これは実際にこの角度にカメラを配置す

^{*8} なお，この 3 種のテンプレートのそれぞれの詳細については，4.5 節にて説明する．

判定の結果，イマジナリベクトルを超えないと判定されたカメラワークを候補として，撮影パターン指定による優先順位を基に次のカメラワークを決定する．このカメラワークから視点方向を決定する．

次に，最終的なカメラポジションの決定のために「フレーミング」の計算をおこなう．本稿におけるフレーミングとは，主に三次元空間上にある撮影対象をどのように出力映像上で表示するかというクリッピング方法の意味で用いている．カメラ位置の決定には，イマジナリベクトル上の仮の視点位置から目的とするフレーミングを満たす視点距離を計算することで決定している．

3次元空間を対象としたカメラポジショニングの決定には，カメラ視体積のパラメータを計算することで実現する．具体的には，視点を頂点として，視点と注視点との距離を高さ，実際にレンダリングされて視聴者へと提示される平面を底面とした四角錐の計算が主なカメラポジショニングの計算方法となる．まずイマジナリベクトルの視点ないし終点に仮視点を配置した上で，目的とするフレーミングの指定語から視点の座標を計算する．

フレーミングの計算には撮影パターンに組み込まれたズームファクターとポジショニング指定パラメータを用いる．なお，現実のビデオカメラで撮影する際には，カメラと撮影ターゲットの位置関係によるフレーミングの他に画角や絞りなどのカメラの内部パラメータの操作を同時におこなうことで目的とするフレーミングを実現しているが，本手法では基本的なカメラワークはカメラと撮影ターゲットの位置関係の調節によって可能であるため，特定のズーム操作を除いてはカメラと撮影ターゲットの位置関係の調節でフレーミングを実現している．

フレーミングの指定を基に，最終的な視点と注視点の距離を決定して，目的とする視点位置を決定する．予約語によるフレーミングの指定と，実際に計算の際に用いるアノテーション領域との関係を図 4.8 に示す．

カメラポジションの計算にあたっては，まず最初に撮影ターゲットの撮影開始座標を始点，撮影終了座標を終点としたイマジナリベクトルを考え，イマジナリベクトルの終点から始点に向けて仮の視点を配置する．このカメラポジションから撮影開始時点におけるターゲットの中心座標をカメラの注視点として撮影ターゲットを正視する位置から画像変換おこない，平面としてクリップする．この際のフレームの縦横のサイズをそれぞれ h_1 , w_1 として保持する．さらに，平面上に占める撮影ターゲットの比率を計算しておく．

目的とするフレーミング

アノテーション領域の割合及び位置 〔縦（y軸）を基準にした場合〕

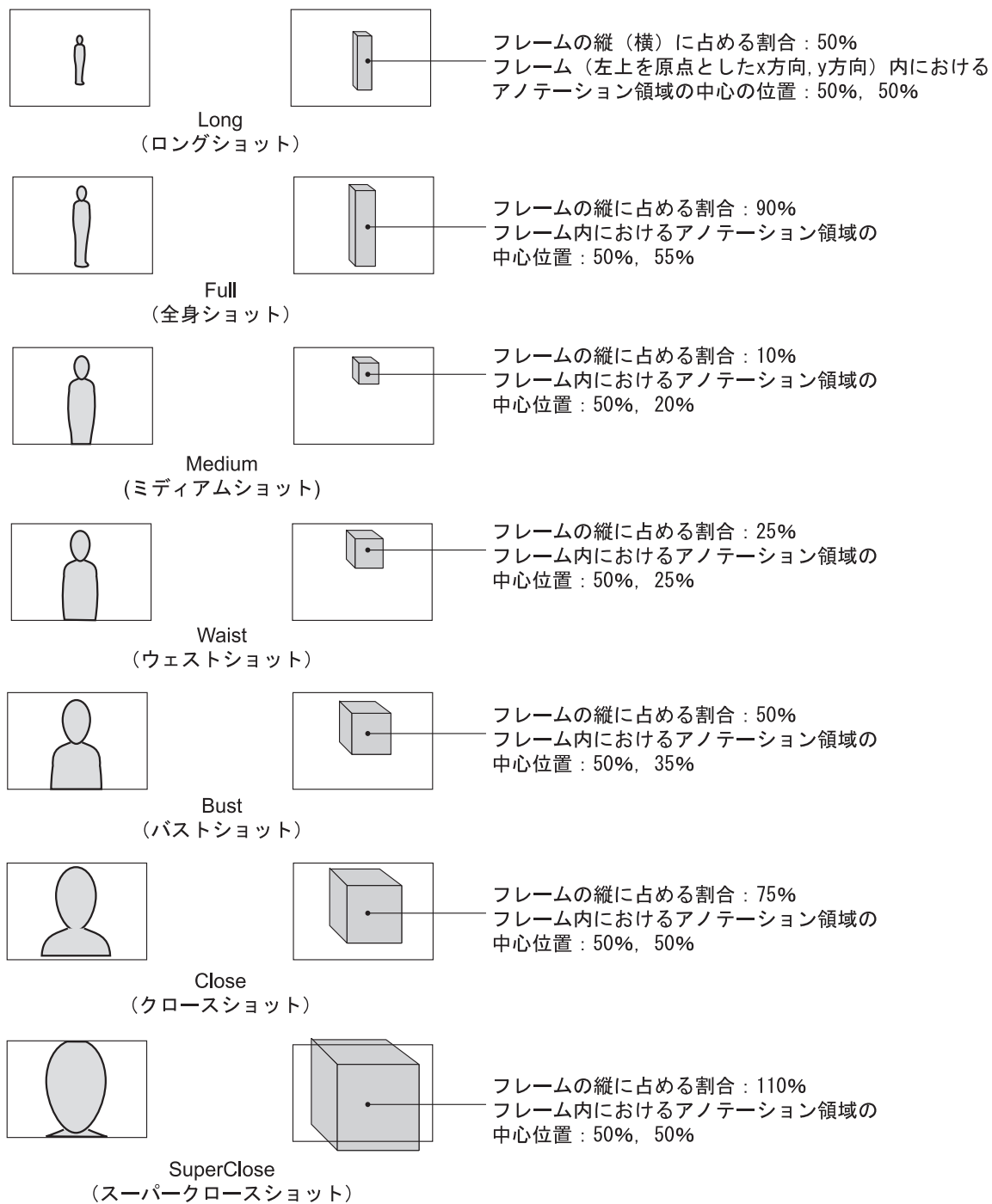


図 4.8 フレーミング指定と撮影されるアノテーション領域との関係

続いて、これら計算結果をもとに、フレーミングを表現した予約語 (例: LONG, CLOSE など) の指示に従い、指示を実現するための縦横のフレームサイズを計算する。ただし、フレームの縦横比は一定とする。この h_2, w_2 と h_1, w_1 のサイズ比 k を計算し、視点の座標位置と注視点座標を結ぶ距離 l_1 に乗算することで、目的のフレーミングを満たす視点と注視点の距離 l_2 を算出することができる。このカメラ距離を基に、撮影指示に基づいてカメラ配置モデルの横位置と縦位置へ移動したものが最終的なカメラポジションとなる。

4.4 映像の出力例

以下にロングショットとクレーンショットの例を挙げて、実際のカメラポジション決定方法を説明する。

4.4.1 ロングショットの決定例

まず、「人物が部屋の中に入ってくる」という状況を例に、ロングショット^{*9}を実現する場合のカメラポジション決定方法について述べる。ロングショットとは人物や場所などを遠くのカメラポジションから撮影する手法である。ここでは、ロングショットを用いて部屋に入ってきた人物が部屋の奥まで移動する様子を固定位置から撮影することを考える。

ロングショットを実現するに際して、イマジナリベクトルの開始点あるいは終了点だけをフレームに収めるという指示のみでは、実際のカメラワークを適用した映像において開始点および終了点のどちらかが映像フレームからはみ出してしまう可能性が生じる。そのため、この状況説明にロングショットを用いるという指示に対しては、位置決定の前処理においてカメラポジションの移動と注視点の移動を「固定」とする。視点・注視点ともに固定という指示があった場合には、開始点および終了点にあるアノテーションボックスの双方を頂点として、アノテーションボックスを拡張する。そして前述のカメラ配置モデルを適用する際にはこの拡張アノテーションボックスの頂点をフレームに収めるという制約を加え、カメラポジションを近似的に算出する。これにより、撮影ターゲットが移動している場合でも撮影フレームから外すことなくレンダリングできる。

^{*9} 映像内の状況を説明するために、映像の冒頭部に挿入されるロングショットを特にエスタブリッシュショットと呼ぶ

4.4.2 クレーンダウンの決定例と出力例

続いてクレーン操作の実現について説明する．クレーン操作とは，機械式のクレーンを用いてカメラを移動させながら撮影ターゲットを捉える方法である．本節では，具体的なクレーン操作を先述のロングショットと同様の部屋に入ってきた人物とその移動の撮影に適用する際の手順について述べる．まず，実際にクレーン操作を模したカメラワークである，クレーンダウンを適用した例を図 4.9 に示す．

クレーンダウンは登場する人物を俯瞰的なカメラポジションから撮影し，人物の移動にあわせて徐々にカメラポジションを下降させていくカメラワークである．よって，4.4.1 節で述べたロングショットと異なり，カメラポジション決定の前処理においては，視点注視点ともに「移動」という指示を付加する．クレーンダウンの場合，視点注視点ともに移動する性質を持つため，ロングショットの場合のようにフレームから撮影対象が外れるかどうかの判定なしに，開始時点のカメラ位置から終了時点のカメラ位置へと徐々に移動させることでクレーンの動きを実現できる．したがってクレーン操作の実現には，クレーン開始フレームにおけるフレーミングの指示とクレーンダウン終了時におけるフレームでのフレーミングの指示からそれぞれ基本の位置決定方法で計算したカメラポジションを用い，この開始と終了フレームにおけるカメラポジション座標を線形補完したものをクレーンを適用する場面の総フレーム数で分割する．この分割されたフレームにおけるそれぞれの注視点を各フレームごとの撮影ターゲットの中心座標としてカメラの移動と同期させることにより，クレーンダウンを模することができる．

4.4.3 2名の人物によるインタラクションの演出例

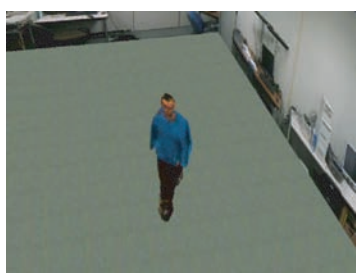
2名の人物が将棋を指している状況を例として，映像作家による絵コンテと，絵コンテに基づいた Cinematized Reality システムによる出力例，およびカメラ配置について図 4.10 に示す．



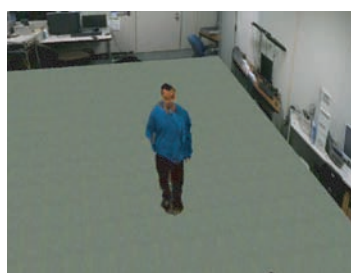
a



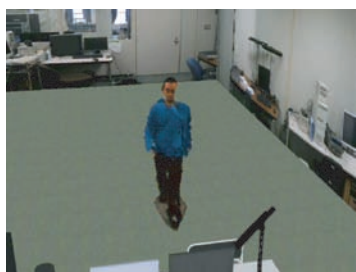
b



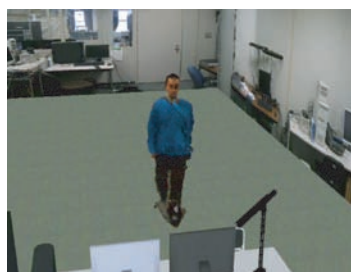
c



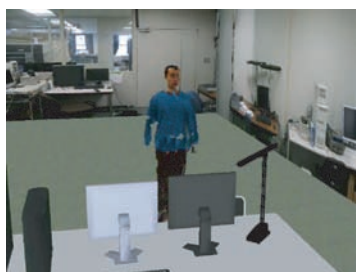
d



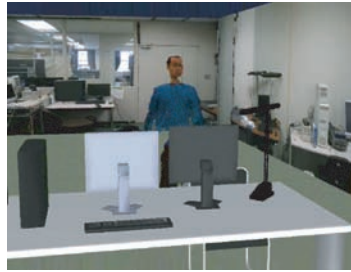
e



f



g



h

図 4.9 クレーンショットの例

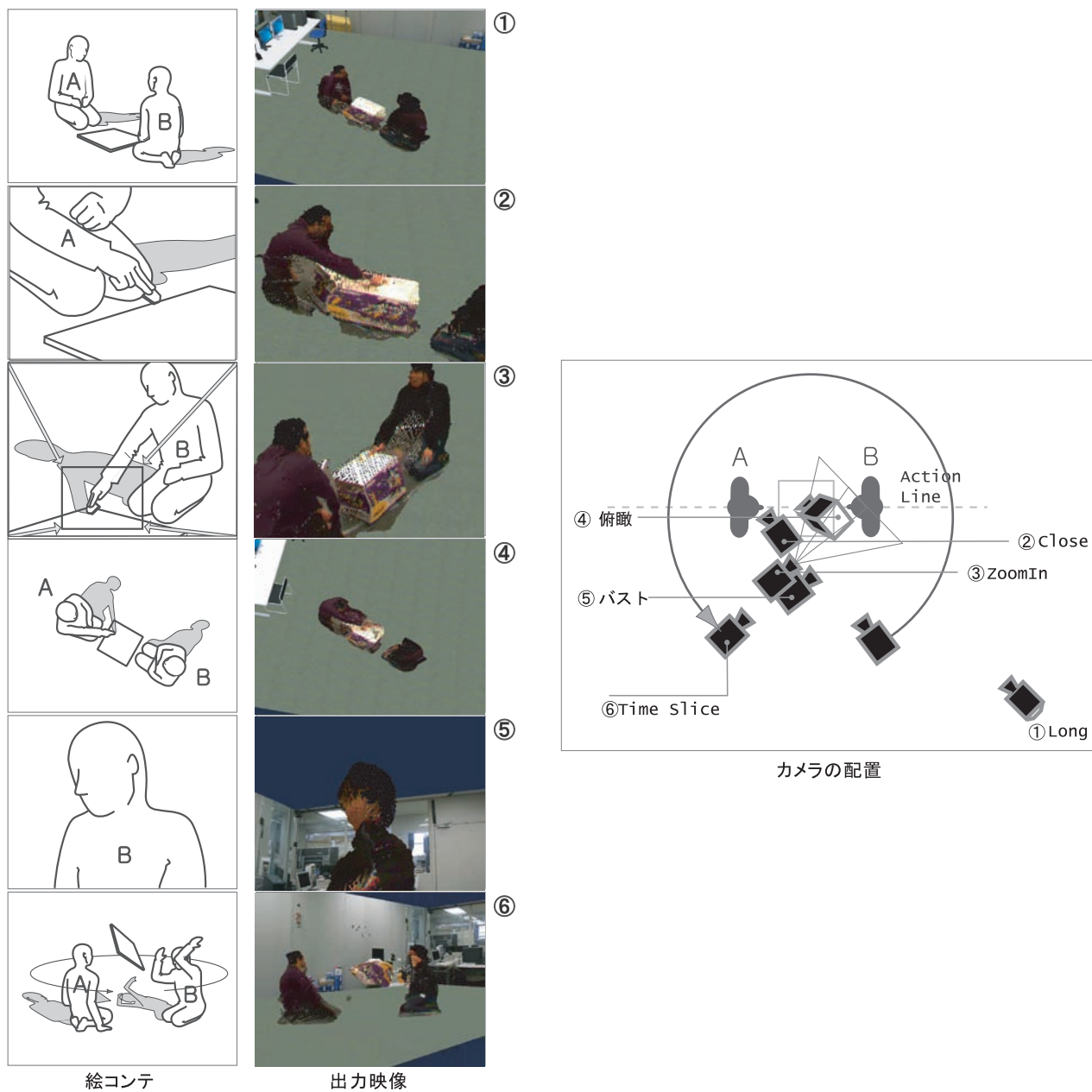


図 4.10 将棋を例としたインタラクションの演出例

図 4.10 においては、まず人物 A と B が将棋を指している様子を説明するためにロングショットを用いている（図中の ）。 では A が駒を指すことに注目させたいのでクローズショットを用いて手と将棋盤を強調している。 も同様に B の次の一手を視聴者に注目させるものだが、ここではズームインというカメラワークを用いて、より強調させる手法が用いられている。 では再度 A の一手を捉えているが、今度は俯瞰というカメラワークにより、静的な演出がなされている。コンテを作成した映像作家によると、直前の と次の において動きのあるカメラワークを用いていることから、 においては静的な俯瞰ショットとしたとのことである。また、この の行動が物語的に直後の という場面のトリガとなるため、 と対照的なカメラワークにすることで強調する狙いがあったとのことである。そして では、 で決定的な一手を打たれた人物 B が苦悩する様子をバストショットという表情に注目を集めるカメラワークを用いて表現している。続いて、 では次の一手が見つからない人物 B が将棋盤をひっくり返すという、いわゆる「オチ」にあたる場面を、タイムスライス^{*10}という、場面を非常に強調するカメラワークを用いて表現している。

4.3.3 節でも述べたように、現状ではこれらのカメラワークはアノテーションされたイベント毎に指定する必要があるが、コンテと出力例を比べてもわかるように、細かい違いはあるものの基本的にはカメラの配置が再現できていることがわかる。

4.5 評価実験

Cinematized Reality システムによって製作された映像のカメラワークについて、視聴者がどのような印象を抱くかを明らかにするために実験をおこなった。本節では実験の手順および結果について説明し、提案手法の有用性および今後の課題について述べる。

4.5.1 実験映像の撮影環境

提案システムのプロトタイプを、約 27 平米の部屋に USB カメラとキャプチャユニット付き PC を接続したものを 5 セット配置した環境で運用した。部屋の見取り図を図 4.11

^{*10} 映画マトリックスで有名な、一瞬の出来事を 360 度方向から撮影する手法。BulletTime などとも呼ばれる。

に示す．実験に用いた映像の内容は，1 人の人物が部屋に入場し，部屋の奥まで移動した後，U ターンしてそのまま退出していく，というものである．この様子を，

- パターン 1: Plain
- パターン 2: Suspense
- パターン 3: Dramatic
- パターン 4: カメラの移動がない固定位置からの映像（他の 3 パターンとの比較用）

いう，異なる 3 種類の演出パターンを適用したものを実験に用いる．これら 3 つに固定位置からの定点映像を加えた，計 4 種類の映像を被験者に見てもらった後，アンケートに回答してもらった．その結果を基に提案手法を定性的に評価する．

4.5.2 実験に用いたカメラ演出パターン

実験用映像の詳細は次のとおりである．まず，先述した実験環境へ一人の人物が入室してくるところから映像は開始する．部屋に入ってきた人物は，部屋の奥までまっすぐ歩いて，奥に到達したところで U ターンする．続けて部屋の奥から入り口に向かって歩いて，そのまま退室する．

なお「Plane」「Suspence」「Dramatic」の 3 種類は，映像の専門家によってデザインされたものである．各パターンにおけるカメラワークは表 4.1 のような違いを持つ．

4.5.3 評価実験の手順

評価実験には，情報系を専攻する大学院修士課程の学生 10 名に被験者として参加してもらった．被験者に対し，表 4.1 で示した 3 種類の演出パターンを適用したものと固定位置からの映像を見てもらい，その後，13 問からなる 5 段階評価アンケートに回答してもらった．また，各設問にはそれぞれ自由記述欄を用意し，評価の理由について記述してもらった．

図 4.12．4.13，4.14，4.15 に実験用映像のスクリーンショットを示す．

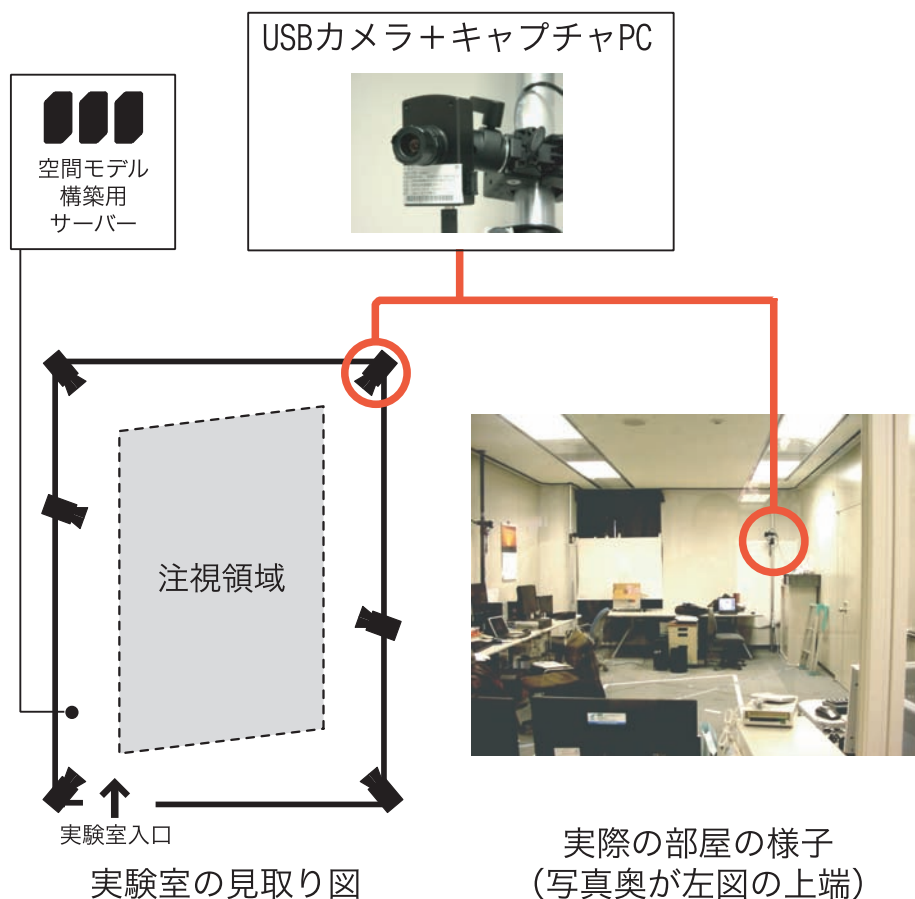


図 4.11 実験環境

表 4.1 各パターンによるカメラワークの違い

映像の内容	パターン 1 Plane	パターン 2 Suspense	パターン 3 Dramatic
人物の登場	ロングショット	ドリー	クレーン（ダウン）
部屋の奥までの移動	パン	レイズアップ	ホイップズーム
Uターン	バーストショット → ミディアムショット	ミディアム → クローズ	スピナラウンド
出口への移動	ロングショット	クレーン（アップ）	ドリー + ズームアウト
退室	パン	クレーン（続き）	ドリー + ズームアウト（続き）

元の映像

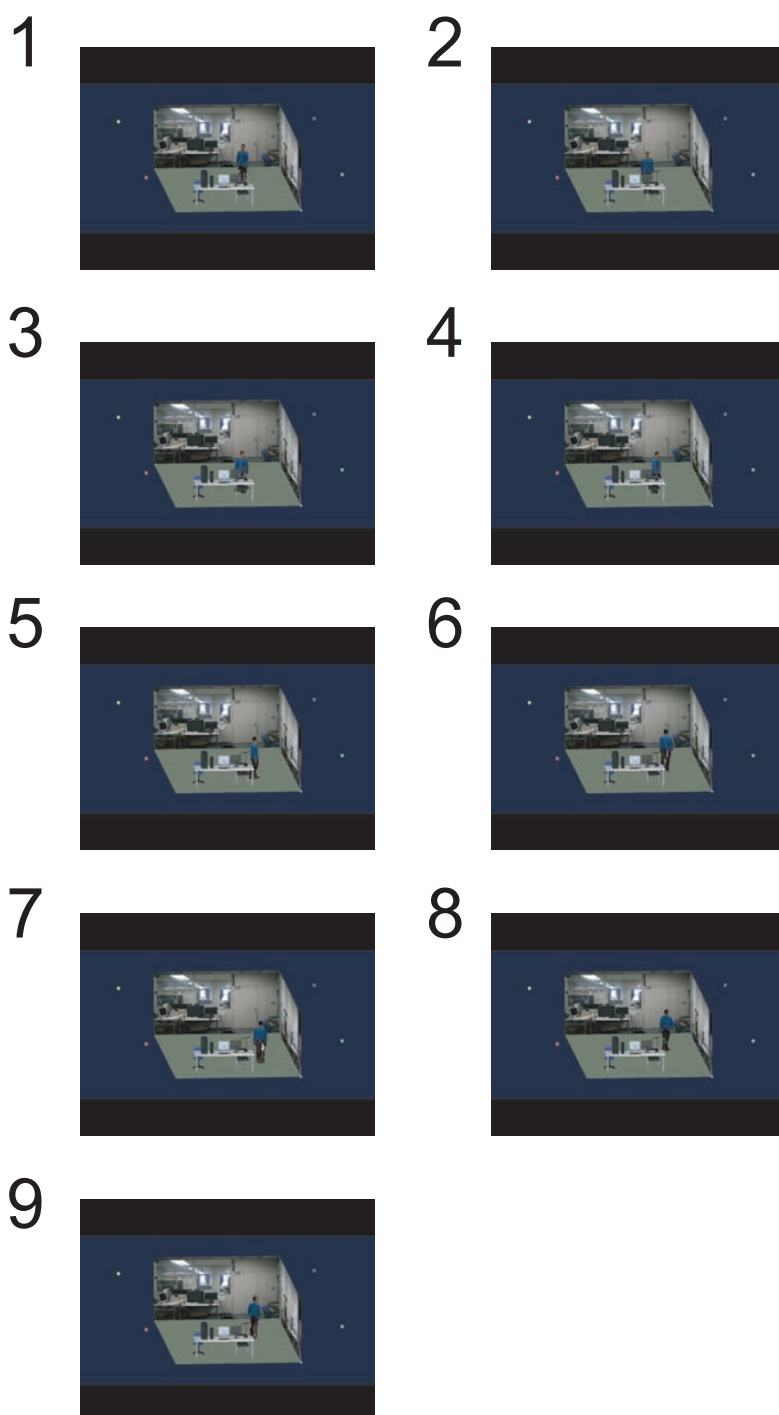


図 4.12 元の自由視点映像

パターン 1

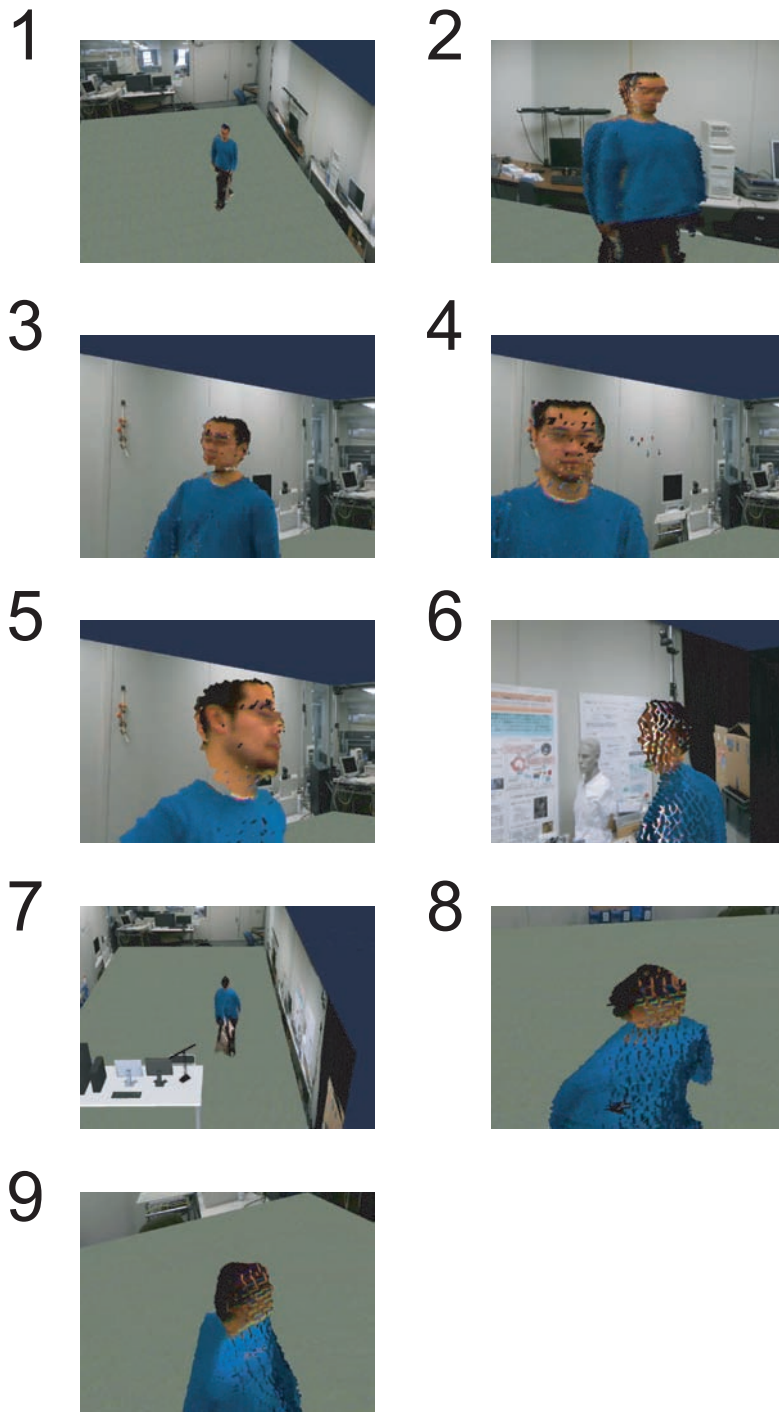


図 4.13 パターン 1 を適用した自由視点映像

パターン2



図 4.14 パターン 2 を適用した自由視点映像

パターン 3

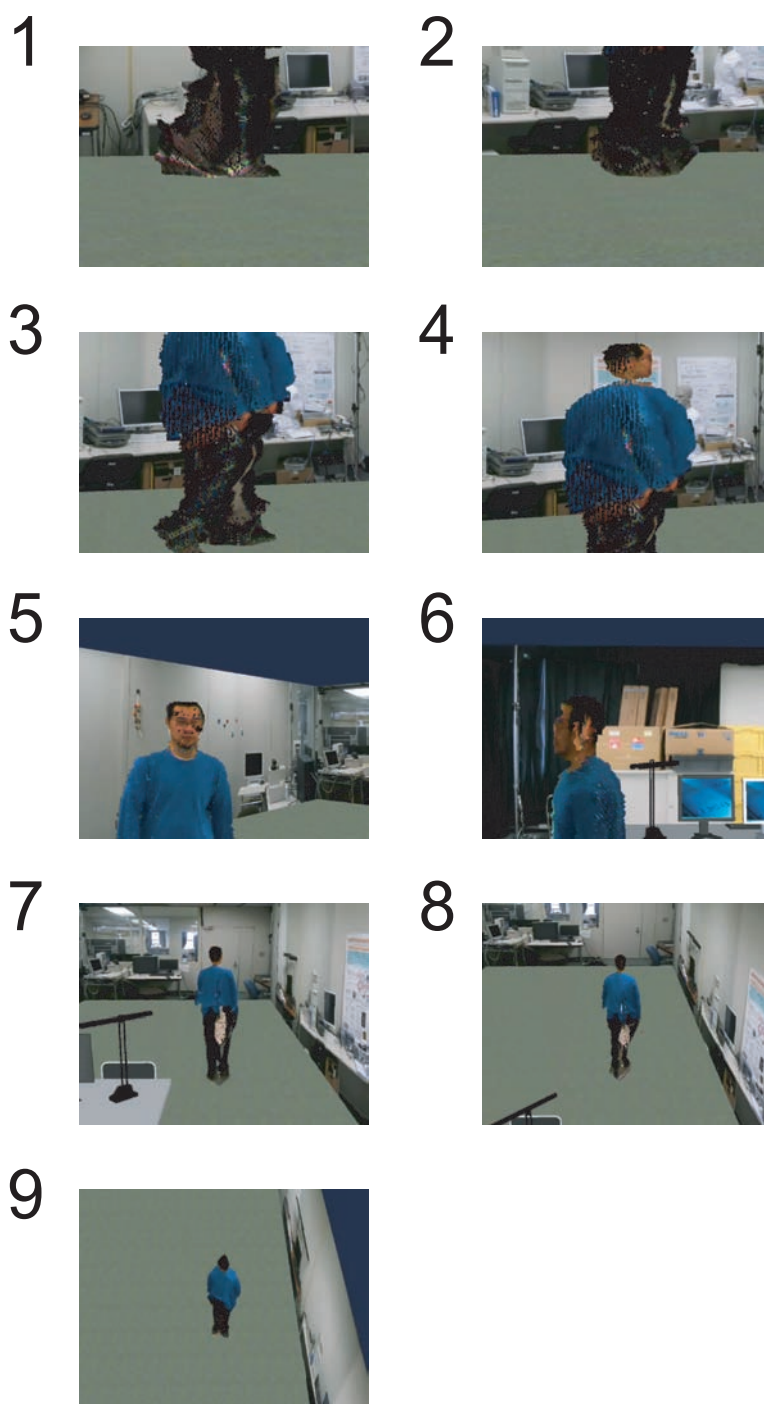


図 4.15 パターン 3 を適用した自由視点映像

4.5.4 アンケート調査の方針

アンケートの作成については、いずれの学生も映像演出に関する体系的な教育は受けていないため、個別のカメラワークに対する質問や、フレーミングなどの専門用語を用いずに「カメラの移動」と「カメラの切り替え」といった一般的な表現を用いて質問を作成した。

Cinematized Reality システムは、自由視点映像を対象としたカメラ演出をおこなう上での、基礎的なカメラ位置決定手法を目的としている。そのため、今回は単純に「カメラワークがある」「カメラワークがない」という2種類の映像に対する評価をお願いした。また、被験者の大半が映像分野の専門教育を受けていないことを考慮して、アンケートの実施に当たっては、

- カメラワークを意識して映像を見ているか。また、カメラワークの無い映像を長時間見ることに対する意識調査。
- 本論文で提案しているカメラ位置決定手法による自由視点映像が、映像に関する研究を専門としない集団からはどう判定されるか
- カメラワークを適用したものが、果たして本当に印象に残る映像として捉えられているかどうか

という比較的回答しやすいと思われる設問を心がけた。

全アンケート項目のうち、Ⅰは普段からカメラワークを意識しているかどうかを問う設問であり、Ⅱは環境カメラ映像にカメラ移動を加えることの有効性に関する質問である。Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶは前章で説明したカメラ位置決定方法に対する評価項目である。Ⅷは実験用映像における一番印象に残った映像を問う設問である。

4.6 アンケート結果と考察

カメラの配置および移動に関するアンケート項目および結果を表 4.2、4.3、4.4 にそれぞれ示す。平均点の算出にあたっては、設問に対してそう思う = 5、そう思わない = 1、と換算して平均を出している。なお、その他の回答や無回答の項目はカウントしていない。

表 4.2 カメラ演出自体に関するアンケート項目

質問項目	YES	NO
I. これまでにカメラワークを強く意識してテレビや映画などの映像を見たことがありますか	70.0%	30.0%
II. 一箇所に固定されたカメラで撮影された映像を長時間見たいと思いますか	22.2%	77.8%

表 4.3 カメラの配置および移動に関するアンケート項目

質問項目	平均
III. カメラの移動はスムーズだったと思いますか	3.2
IV. カメラの切り替えタイミングは適切だったと思いますか	3.8
V. 映像に何らかの違和感を覚えましたか	3.9
VI. ひとつの映像に対して、もっと多くのカメラ移動や切り替えがあったほうがいいと思いますか	2.3
VII. 自由視点映像にカメラ演出を加えることは、映像内の出来事を理解するために有効だと思いますか	5.0

表 4.4 一番印象に残った映像に関するアンケート項目

質問	映像 1	映像 2	映像 3	映像 4
VIII. 4 種類の映像のなかで、一番印象に残った映像をお教えてください	2	1	5	2

質問 I で「カメラワークを強く意識して見たことがある」と回答した被験者の約 80% が設問 II で「固定されたカメラによる映像を長時間見たくない」と回答していた。また、質問 II について「いいえ」と答えた被験者の自由記述欄は、「面白さが無い」「飽きる」という回答が中心であった。映像の内容にもよるために一概には言えないが、「一点から長時間見ること＝飽きやすい」という傾向が見られる。

質問 III の結果は回答にばらつきがあるものの、予想していたよりも低いものとなった。その理由としては、自由記述欄で「カメラの動きが等速」という指摘が見られたように、人手によるカメラ移動とは異なる動き方をしていることがスムーズではないと判断される要因となっていることがわかる。カメラの注視点としてアノテーションボックスの中心座標を逐次的に追いかけるだけでは不十分であると考えられる。

設問 IV の結果はおおむね良好なものとなった。機械処理によるイベントキー情報抽出手法との比較をおこなっていないために単純に結論付けることはできないが、人手でマークされたアノテーションをイベント区切りとして用いたことが評価された推測される。

質問 V では、結果として「どちらかといえば違和感がある」と答えた被験者が半数を超え、思わしくない結果となった。この設問では、カメラの切り替え時の座標のギャップ

(カメラの飛び)についての評価を意図したものだったが、自由記述欄に「ボクセルによって表現された映像のため、生っぽさがない」「映像の精度(綺麗さ)」「背景がフラット」を対象とした回答がほとんどであり、視点の切り替えと移動よりも自由視点映像の「画質」を対象として、何らかの違和感を感じた被験者が多かったと考えられる。またこの設問方法に関しては改善の余地が残る。

質問 VI の結果では「どちらかといえば少ないほうがいい」と答えた被験者が 7 割を超えていた。自由記述欄においては、全般的に視点の切り替えが多すぎて「映像についていけない」または「疲れる」という意見が散見された。これは映像のタイムスケールに対してカメラワークが多すぎたためと考えられる。今回の実験に用いた映像では一本あたり 8 秒程度と短く、そのなかにカメラワークを 4 種類入れたため、タイムスケールにに対して窮屈になってしまったためだと考えられる。映像のタイムスケールに対する適切なカメラワーク個数の配分方法についても、今後の検討が必要だと考えられる。

質問 VII への回答では、無回答 1 名を除き、すべての回答が「有効である」という結果が出た。被験者の数が少ないため断定はできないが、自由視点映像へのカメラワーク適用についての有用性が示唆される。ただし、「映像の目的による」という記述も見られるなど、今後のシステムの発展を考えるうえで課題となる項目が多数記述されていた。目的とする対象分野ないし自由視点映像の目的に応じたカメラワーク選択方法ないし制約条件の作り込みが必要であると考えられる。

質問 VIII への回答では、映像 3(Dramatic) が一番印象に残った映像として挙げられた。しかしながら他の 3 種類の映像は大差がないことから、1 番視点移動の激しいものが選ばれる傾向にあると考えられる。また、今回の実験では人物の入退室という単純かつ時間長の短い映像を用いたが、今後はより長めの映像を用いた実験が必要であろう。

最後に、アンケート結果全般に関する考察を述べる。アンケート結果からは、カメラの移動と配置に関してはまだまだ改善の余地が残っているが、提案手法を用いた自由視点映像へのカメラ演出は有効であるという回答が得られた。

本研究の主眼は自由視点映像への視点配置方法の確立にあるが、「カメラワークの適用はコンテンツ次第である」という意見が散見された。実験にあたっては、複数の演出で自由視点映像を提示するメリットに関して深く説明しなかったため「目的によって有効性は変わってくるのでは」という意見を多数いただく結果となった。また、映像の内容理解支

援に関しては，せっかくカメラワークを適用しても，エスタブリッシュショットの時間が十分にとられていないため，その後のカメラワークに圧倒されてしまい，内容理解の支援にはあまりつながっていないのでは，という意見もあった．エスタブリッシュショットの適切な挿入方法に関しては，今後の課題としたい．

4.7 本章のまとめ

本章では，環境カメラで記録されたインタラクション映像を再利用しやすくするための手法として，自由視点映像とアノテーションに基づく知的カメラ配置システムを提案した．環境カメラの映像から作成した自由視点映像に対してアノテーションによってショットと撮影対象を指定するためのアノテーション付与インタフェースを実装した．このアノテーションに対して，わかりやすい映像編集をおこなう上での定石である，映画の文法に基づいたカメラ配置システムを提案し，自由視点映像への半自動的なカメラワークを可能とする手法について述べた．また，実際の出力例についても示した．

提案システムによって作成された映像に適切なカメラワークが適用できているかを評価するために，被験者による定性的評価をおこなった．アンケートの結果から，カメラの移動と配置に関してはまだまだ改善の余地が残っているが，提案手法を用いた自由視点映像へのカメラ演出は有効であるという知見を得た．

実験結果にて画像の荒さについての指摘が散見されているように，自由視点映像の映像クオリティの向上についても検討する必要があるだろう．これに加え，今後は詳細な映像内容に基づいたカメラワーク演出方法の自動選択によるシーンの生成の方法について検討していきたい．

第 5 章

結論と今後の課題

5.1 本論文のまとめ

本論文ではインタラクションの記録を知的活動支援に役立てることを目的とし、今後の効果的な再利用手法の確立が期待される場面を対象として大きく 2 種類の副次的な利用法を提案した。以下に本研究の成果についてまとめる。

第 2 章および第 3 章では、展示会場におけるデモ発表というインタラクションの過程そのものに、直近のインタラクションの記録を埋め込んで利用可能とすることで、大規模な知識交換の場である展示発表への参加を支援する手法を提案した。第 2 章では、展示会場における発表者と参加者が思うようにインタラクションを取れないという問題に対して、展示ブースを議論・傍聴・観覧という 3 種類のゾーンに分けた支援環境のデザインと、話題に基づく議論キャプチャ手法を提案した。これに加え、聴取だけではなく、マルチスレッド対話に基づく非同期的コメント入力手法についても述べた。提案システムをインタラクション 2008 のインタラクティブ発表にて運用した結果から、非同期的な議論履歴の聴取がおこなわれたことを確認した。特に、傍聴デバイスを用いた議論履歴の聴取によって、発表者が対応できない場合においても、参加者の展示に関する理解が促されたことも確認できた。また、議論履歴を基にした非同期的な会話を促進するための要件について示唆を得た。

第 3 章では、第 2 章にて述べた Aware Topics システムの実証実験の考察に基づいて、発表者によるリアルタイムなアノテーション付与機能を持った電子ポスタ型インタフェー

すと、傍聴ゾーンでの聴取活動を支援するための電子ポスタ型聴取インタフェースで構成される Aware Poster システムを提案した。試用実験の結果から、議論ゾーンで付与された 3 種類のタグ付き議論履歴においては特に「重要」とタグ付けされた議論の聴取率が高く、より積極的に議論履歴の聴取がおこなわれたことを確認した。また、再生操作に関するユーザフィードバックも得られた。

第 4 章では、既に起こったインタラクションの記録を提示する際の再編集を容易とする、知的カメラモデルに基づく映像編集インタフェースを提案した。自由視点映像とアノテーションに基づく知的カメラ配置システムを提案し、半自動的なカメラワークを適用する手法について述べた。提案手法で作成した映像を用いた評価実験の結果から、カメラの移動と配置に関してはまだまだ改善の余地が残っているが、提案手法を用いた自由視点映像へのカメラ演出は有効であるという知見を得た。

5.2 今後の課題

本論文で提案したそれぞれのシステムについて今後の課題を以下に述べる。

Aware Topics システムおよび AwarePoster システムにおける今後の課題

Aware Topics システムについての今後の課題としては、非同期的な発言などのより積極的な参加を促すためのインタラクションデザインについての検討がある。そのための一方策として、マクロな学会支援サービスとの連携による質疑応答システムが考えられる。また、Aware Topics システムは展示会場での利用を想定しているものだが、提案した議論の構造化および聴取機能は一般的な会議や研究室ガイドシステムなどにも応用できると考えられることから、他ドメインへの適用についても今後の課題としたい。

議論履歴のより効果的な提示手法についての提案である Aware Poster システムについては、試用実験の結果に基づく改良と、実際の展示会場での運用および評価が課題となる。

Cinematized Reality システムにおける今後の課題

Cineamtized Reality システムにおいては自由視点映像へのカメラワークを適用するための視点配置方法の提案という基盤的技術の確立を試みたが、現在のプロトタイプでは映

像ごとにアノテーションを付与する必要があるために、編集コストが高い。そのための解決策として、例えば RFID などのユビキタスセンサを用いた撮影対象の同定を検討すべきであろう。また、ショット切り替えについては自動認識技術の発展もあり、人物が映像に登場した、などの単純なものであれば対応が可能であると考えられる。これらは編集環境の利便性向上という点から検討したい。また、画像の荒さについての指摘が散見されているように、自由視点映像の映像クオリティの向上についても検討する必要がある。これに加え、今後は詳細な映像内容に基づいたカメラワーク演出方法の自動選択によるシーンの生成の方法について検討する必要がある。

5.3 提案手法の応用可能性

最後に、実世界インタラクション記録の有効利用を目的として提案してきた各手法の応用可能性について述べる。本論文では、これまでに述べてきたように、

- 不特定多数の人物による、会話を中心としたインタラクションの記録と利用性の向上
- 実世界インタラクション記録に対してより豊かな表現を伴う利用

という大別して 2 種類の基礎的手法を提案した。これらの手法を組み合わせることで、より社会的インタラクションに含まれる知識の再利用を促すことができるものと考えられる^{*1}。

会議支援への応用

例えば、会議では解決すべき課題を説明する際にプレゼンテーションファイルなどの資料が用いられることが一般的である。資料に対して Aware Poster システムで用いたタグ付けインタフェースをノート PC 上に実装し、発表者のみならず聴衆からも同様のタグ機能を用いることで、発話内容の分類が容易となろう。またその際に不在であった人物によ

^{*1} ただし、公的な場における人物の撮影にはプライバシーに関して議論の余地がある。そのため、インタラクションの収録対象としてはオフィスなどの、収録される側と利用者が同一組織にあることが望ましいであろう。例えば、組織において日常的に多人数インタラクションが観察されるインフォーマルスペースや従来の会議への適用などが挙げられる。

る意見の集約に，Aware Topics によるコメント機能が利用できる．同時に，展示会場よりも周囲の雑音に比較的強いという利点を活かし，機械認識によるセグメンテーションと併用して，記録へのアクセシビリティを向上することも可能であろう．そのようにしてセグメントされたシーンに対して Cinematized Reality システムを用いることで，従来よりも豊かな表現形式を用いて映像議事録を作成し，また配布することが考えられる．

インタラクション分析への応用

実世界におけるインタラクションを分析するための試みとして”インタラクション・コーパス”の構築が試みられていることは 1.2.3 節にて述べたが，インタラクションの分析を目的とした収録と分析の際に自由視点映像を用いるという手法が考えられる．

これまでに実世界インタラクションの分析において，音声やセンシングデータを映像を時間的にリンクさせた分析ツールが提案されているが，用いられている多視点映像は配置するカメラの位置に依存する．会話場におけるインタラクションの様子を概観するためには俯瞰的な位置へのカメラ配置が必要となり，同時に，会話など 2～3 名による詳細なインタラクションを記録する際には「会話」という場面における詳細なモダルの記録に適したカメラ配置が必要であろう．詳細なインタラクションの記録の際には，分析者の望むカメラの画角に撮影対象が収まるように行動してもらうことが望ましい．しかしながら，実際のポスター発表のように，動的なインタラクションの場では参加者の行動が予測しにくい上，実際にある位置にカメラを配置しても参加者が撮影位置に収まってくれとは限らない．

このような問題に対して Cinematized Reality システムの利用が考えられる．撮影対象の位置や発話状況のセンシング結果，あるいはポスタのような対象物を介したインタラクションにおいては対象物を通じたセンシング結果に基づいてカメラワークを適用することが可能であろう．これに加えて，自由視点映像本来のメリットである視点の自由移動機能による微調整も可能であり，分析時の利便性を高めることができよう．さらには，あるインタラクションに対して人手で付与されたカメラワークを蓄積していくことで，特定のインタラクションに応じた自動的なカメラワークの付与も考えられるなど，インタラクション分析における映像閲覧ツールとしての応用が期待できる．

以上の内容を一例として、今後はより日常の様々な場面における社会的インタラクションの記録を用いた知的活動支援システムについて取り組んでいきたいと考えている。

謝辞

博士論文をまとめるにあたり，非常に多くの方々に多大なるご支援を賜りました．この場を借りてお世話になった方々にお礼を申し上げたいと存じます．

主指導教官である北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 國藤進教授には，6 年もの長い間にわたり，研究に関して様々なご指導およびご支援をいただきました．深く感謝しております．

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学教育研究センター 西本一志教授には，副テーマ指導教官をご担当していただきました．西本先生には研究に関する有益な議論の時間を割いていただくとともに，非常に多くの助言を頂戴いたしました．西本先生のご指導がなければ本論文は日の目をみることがなかったものと存じます．篤く御礼申し上げます．また，本論文の審査員も務めていただきました．重ねて御礼申し上げます．

和歌山大学 システム工学部 デザイン情報学科の宗森純教授，北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科の藤波努准教授，由井園隆也准教授には，本論文の審査員を務めていただきました．審査員の方々にはご多忙の中お時間を割いて頂いた上，貴重なコメントをいただきました．深く感謝いたします．

本論文の第 4 章は，株式会社 国際電気通信基礎技術研究所（ATR）での学外実習期間におこなったものです．本研究の機会を与えてくださった畚野信義博士，萩田紀博博士に深く感謝いたします

ATR 知能ロボティクス研究所の小暮潔博士（現 ATR 知識科学研究所長），北原格博士（現 筑波大学 システム情報工学研究科 准教授），坂本竜基博士（現 和歌山大学 システム工学部 講師）には，非常に多くのご指導とご配慮を賜りました．皆様の益々のご健勝とご活躍を願い，感謝の言葉と代えさせていただきます．特に，國藤研究室 OB でもある坂本博士には，数多くの実践を通じて研究の進め方についてご教示いただきました．坂本博士

による指導は、研究者としての基礎を築く上で不可欠なものであったと思います。重ねて御礼申し上げます。

知識科学研究科 知識科学専攻・知識メディア領域専攻の三浦元喜助教、羽山徹彩助教には、貴重な研究時間を割いて御討論や御助言をしていただきました。まことに有難うございます。羽山先生には、研究活動だけでなく学生生活においてもお世話になったことと存じます。心から感謝致しております。

河原塚有希彦氏、桑村宏幸氏、真隅暁氏をはじめとする知識科学研究科 OB ならびに在学生の皆様には、常日頃から研究に関する議論の相手や被験者としてのご協力に加え、学生生活全般においても大変お世話になりました。皆様方の更なるご活躍をお祈りするとともに、感謝の言葉を申し上げます。

佐賀大学総務部の野口尊子様には、在職時から今日に至るまでの長い間、様々な励ましをいただきました。心より感謝いたしております。

末筆になりますが、学位取得にご理解をいただき、精神的・経済的にご支援いただいた母と2人の兄に感謝の意を表しつつ、本論文の結びとさせていただきます。

参考文献

- [1] G.D. Abowd and E.D. Mynatt. Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 7, No. 1, pp. 29–58, 2000.
- [2] B. Adams and S. Venkatesh. Weaving stories in digital media: When spielberg makes home movies. In *2003 ACM Multimedia Conference, Short paper, Berkeley, CA, USA*, November 2003.
- [3] AMI Corpus. . <http://corpus.amiproject.org/>.
- [4] AMI Project. . <http://www.amiproject.org/>.
- [5] R. Borovoy, F. Martin, S. Vemuri, M. Resnick, B. Silverman, and C. Hancock. Meme tags and community mirrors: moving from conferences to collaboration. *Proceedings of the 1998 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pp. 159–168, 1998.
- [6] R. A. Brooks. The intelligent room project. In *CT '97: Proceedings of the 2nd International Conference on Cognitive Technology (CT '97)*, p. 271, Washington, DC, USA, 1997. IEEE Computer Society.
- [7] CHIL Project. . <http://chil.server.de/>.
- [8] P. Chiu, A. Kapuskar, L. Wilcox, and S. Reitmeier. Meeting Capture in a Media Enriched Conference Room. *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE*, pp. 79–88, 1999.
- [9] E. Churchill, L.D. Les Nelson, P. Murphy, and J. Helfman. THE PLASMA POSTER NETWORK. *Public and Situated Displays: Social and Interactional aspects of shared display technologies*, 2003.

- [10] Elizabeth F. Churchill, Les Nelson, Laurent Denoue, Jonathan Helfman, and Paul Murphy. Sharing multimedia content with interactive public displays: a case study. In *DIS '04: Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems*, pp. 7–16, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [11] N. Courty, F. Lamarche, S. Donikian, and E. Marchand. A cinematography system for virtual storytelling, 2003.
- [12] Donna Cox, Volodymyr Kindratenko, and David Pointer. Intellibadge : Towards providing location-aware value-added services at academic conferences. pp. 264–280. 2003.
- [13] D.A. ノーマン. 人を賢くする道具. 新曜社, 1996.
- [14] AK Dey, D. Salber, GD Abowd, and M. Futakawa. The conference assistant: combining context-awareness with wearable computing. in *Proceedings of the 3rd International Symposium on Wearable Computers*, pp. 21–28, 1999.
- [15] A. Dieberger, P. Dourish, K. Hoeoek, P. Resnick, and A. Wexelblat. Social navigation: techniques for building more usable systems. *interactions*, Vol. 7, No. 6, pp. 36–45, 2000.
- [16] D. アソホン. 映画の文法 - 実作品にみる撮影と編集の技法. 紀伊國屋書店, 1980.
- [17] Jim Gemmell, Gordon Bell, and Roger Lueder. Mylifebits: a personal database for everything. *Commun. ACM*, Vol. 49, No. 1, pp. 88–95, 2006.
- [18] Jim Gemmell, Lyndsay Williams, Ken Wood, Roger Lueder, and Gordon Bell. Passive capture and ensuing issues for a personal lifetime store. In *CARPE'04: Proceedings of the the 1st ACM workshop on Continuous archival and retrieval of personal experiences*, pp. 48–55, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [19] E.T. Hall. The Hidden Dimension. *Leonardo*, Vol. 6, No. 1, pp. 94–94, 1973.
- [20] Masaki Hayashi. TVML (tv program making language). In *SIGGRAPH '98: ACM SIGGRAPH 98 Conference abstracts and applications*, p. 292. ACM Press, 1998.
- [21] T. Ishida. *Community Computing: Collaboration Over Global Information Networks*. John Wiley & Sons Inc, 1998.
- [22] Takeo Kanade, Robert Collins, Alan Lipton, P. Anandan, and Peter Burt. Cooperative multisensor video surveillance. In *Proceedings of DARPA Image Understanding Work-*

- shop, Vol. 1, pp. 3–10, 1997.
- [23] Takeo Kanade, P.J. Narayanan, and Peter Rander. Virtualized reality: Concepts and early results. In *IEEE Workshop on the Representation of Visual Scenes*, pp. 69 – 76, June 1995.
 - [24] Isbister Katherine, 石田亨. サイバー空間での社会的インタクレーションのための設計 (<特集> ソーシャルインタラクション). *情報処理*, Vol. 40, No. 6, pp. 569–574, 1999.
 - [25] Takayoshi Koyama, Itaru Kitahara, and Yuichi Ohta. Live 3d video in soccer stadium. In *SIGGRAPH '03: ACM SIGGRAPH 2003 Sketches & Applications*, pp. 1–1, New York, NY, USA, 2003. ACM.
 - [26] Takayoshi Koyama, Itaru Kitahara, and Yuichi Ohta. Live mixed-reality 3d video in soccer stadium. In *ISMAR '03: Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, p. 178, Washington, DC, USA, 2003. IEEE Computer Society.
 - [27] M. Lamming and M. Flynn. Forget-me-not: Intimate computing in support of human memory. In *Proceedings of FRIEND21*, Vol. 94, pp. 2–4, 1994.
 - [28] A. Laurentini. The visual hull concept for silhouette-based image understanding. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol. 16, No. 2, pp. 150–162, 1994.
 - [29] Dar-Shyang Lee, Berna Erol, Jamey Graham, Jonathan J. Hull, and Norihiko Murata. Portable meeting recorder. In *MULTIMEDIA '02: Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia*, pp. 493–502, New York, NY, USA, 2002. ACM.
 - [30] D.S. Lee, B. Erol, J. Graham, J.J. Hull, and N. Murata. Portable meeting recorder. In *Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia*, pp. 493–502. ACM New York, NY, USA, 2002.
 - [31] MArc Project. . <http://unit.aist.go.jp/itri/itri-mi/MArc/>.
 - [32] Weiser Mark. The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, Vol. 265, No. 3, pp. 94–104, 1991.
 - [33] K. Nagao, K. Kaji, D. Yamamoto, and H. Tomobe. Discussion Mining: Annotation-Based Knowledge Discovery from Real World Activities. *Proc. of the Fifth Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM 2004)*, pp. 522–531, 2004.

- [34] Katashi Nagao. *Digital Content Annotation and Transcoding*. Artech House Digital Audio and Video Library, 2003.
- [35] Takuichi Nishimura, Hideo Itoh, Yoshiyuki Nakamura, Yoshinobu Yamamoto, and Hideyuki Nakashima. A compact battery-less information terminal for real world interaction. In *Pervasive*, pp. 124–139, 2004.
- [36] I. Nonaka and H. Takeuchi. *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press, USA, 1995.
- [37] K. Ogura and K. Nishimoto. ChaTEL: a voice communication system for facilitating multithreaded conversation. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1163–1168, 2006.
- [38] Point Grey Research Inc. Spherical Vision Products. <http://www.ptgrey.com/products/spherical.asp>.
- [39] S. Uchihashi, J. Foote, A. Girgensohn, and J. Boreczky. Video Manga: generating semantically meaningful video summaries. In *Proceedings of the seventh ACM international conference on Multimedia (Part 1)*, pp. 383–392. ACM Press New York, NY, USA, 1999.
- [40] Sundar Vedula. *Image Based Spatio-Temporal Modeling and View Interpolation of Dynamic Events*. PhD thesis, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, September 2001.
- [41] A. Waibel, M. Bett, M. Finke, and R. Stiefelhagen. Meeting browser: Tracking and summarizing meetings. In *Proceedings of the DARPA Broadcast News Workshop*, 1998.
- [42] Li wei He, Michael F. Cohen, and David H. Salesin. The virtual cinematographer: A paradigm for automatic real-time camera control and directing. *Computer Graphics*, Vol. 30, No. Annual Conference Series, pp. 217–224, 1996.
- [43] 佐藤一郎. 博物館向けコンテキスト依存サービスにおける m-spaces 空間モデルの実証実験 (モバイルコンピューティング, <特集> 情報洪水時代のネットワークサービス). *情報処理学会論文誌*, Vol. 49, No. 2, pp. 797–807, 2008.
- [44] 小暮潔. E-ナイチンゲール・プロジェクトについて. *映像情報メディア学会技術報告*, Vol. 30, No. 27, pp. 17–22, 2006.

- [45] 熊谷賢, 角康之, 間瀬健二, 西田豊明. ポスター発表における発表者と聞き手の間の対話シーンの意味的構造化. 第 19 回人工知能学会全国大会論文集, 2005.
- [46] 国枝孝之, 高橋望, 脇田由喜. MPEG-7 と映像検索. CQ 出版社, 2004.
- [47] 角康之. 体験メディア: 体験共有から知識創造を促すユビキタス技術 (<特集> センシングネットワーク: 目的指向編). 人工知能学会誌, Vol. 23, No. 4, pp. 453–460, 2008.
- [48] 角康之, 江谷為之, ニコラシモネ, 小林薫, シドニーフェルス, 間瀬健二. C-MAP: Context-aware な展示ガイドシステムの試作. 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 10, pp. 2866–2878, 1998.
- [49] 角康之, 伊藤禎宣, 松口哲也, SIDNEY PELS, 間瀬健二. 協調的なインタラクションの記録と解釈 (協調支援) (<特集> 「インタラクション: 理論, 技術, 応用, 評価」). 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2628–2637, 2003.
- [50] 角康之, 西田豊明, 坊農真弓, 来嶋宏幸. IMADE: 会話の構造理解とコンテンツ化のための実世界インタラクション研究基盤 (パート II: 情報分野研究者のためのオンライン共有イノベーションプラットフォーム, <特集> 情報爆発時代におけるわくわくする IT の創出を目指して). 情報処理, Vol. 49, No. 8, pp. 945–949, 2008.
- [51] 坊農真弓, 鈴木紀子, 片桐恭弘. 多人数会話における構造分析: インタラクション行動から興味対象を抽出する. 認知科学, Vol. 11, No. 3, pp. 214–227, 2004.
- [52] 松村真宏, 加藤優, 大澤幸生, 石塚満. 議論構造の可視化による論点の発見と理解. 知能と情報: 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 15, No. 5, pp. 554–564, 2003.
- [53] 西田健志, 五十嵐健夫. Lock-on-Chat: 複数の話題に分散した会話を促進するチャットシステム. コンピュータソフトウェア, Vol. 23, No. 4, pp. 69–75, 2006.
- [54] 西田豊明. 社会技術を支える先進的コミュニケーション基盤としての会話型知識プロセス支援技術. 社会技術研究論文集, Vol. 1, pp. 48–58, 2003.
- [55] 宮崎誠也, 申金紅, 青木輝勝, 安田浩. シナリオドリブンによる CG カメラワークの自動生成. 映像情報メディア学会誌, Vol. 58, No. 7, pp. 966–973, 2004.
- [56] 天野美紀, 上原邦昭, 熊野雅仁, 有木康雄, 下條真司, 春藤憲司, 塚田清志. 映像文法に基づく映像編集支援システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 3, pp. 915–924, 2003.
- [57] 武田英明, 松尾豊, 濱崎雅弘, 沼晃介, 中村嘉志, 西村拓一. イベント空間におけるコミュニケーション支援 (<小特集> コミュニケーション支援). 電子情報通信学会誌,

Vol. 89, No. 3, pp. 206–212, 2006.

- [58] 大澤 幸生編. 知識マネジメント. オーム社, 2003.
- [59] 楠房子, 佐藤一郎, 溝口博, 稲垣成哲. サウンドスポット–博物館の展示支援向け局所音声再生システム (教育システムにおけるプラットフォームとコンテンツ開発論文特集). 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, Vol. 91, No. 2, pp. 229–237, 2008.
- [60] 松坂要佐, 緒方淳, 麻生英樹, 浅野太. 多人数インタラクションの工学的応用: 認識・理解システムの構築とその利用について (ワークショップ, 言語・非言語コミュニケーション及び一般). 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol. 106, No. 219, pp. 13–18, 2006.
- [61] 井上亮文, 吉田竜二, 平石絢子, 重野寛, 岡田謙一, 松下温. 映画の映像理論に基づく対面会議シーンの自動撮影手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 1, pp. 212–221, Jan 2004.

本研究に関する発表論文

学術論文誌

1. 田中郁, 西本一志, 國藤進: “展示発表において展示の閲覧と議論への参加を促す Aware Topics の提案と運用”, 日本創造学会論文誌, 採録決定 (2008/11/7) .
2. Ryuuki SAKAMOTO, Itaru KITAHARA, Megumu TSUCHIKAWA, Kaoru TANAKA, Tomoji TORIYAMA, and Kiyoshi KOGURE: “Applicability of Camera Works to Free Viewpoint Videos with Annotation and Planning”, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems Vol.E90-D, No.10, pp.1637-1648, 2007.
3. 坂本竜基, 田中郁, 小暮潔, “漫画表現用知的トランスコードを用いた人間関係ネットワークのブラウジング環境”, 情報処理学会論文誌, Vol.48 , No12, pp.72-84, 2007.

国際会議

1. Kaoru TANAKA, Kazushi NISHIMOTO, and Susumu KUNIFUJI. “Supporting Exhibition Site Discussions by a Topic-Based Audio Capture System”, In *2nd International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS2007)*, pp. 110–115. JAIST Press, 2007.
2. Kaoru TANAKA, Susumu KUNIFUJI. “Personalized Voice Navigation System for Creative Working Environment”, In *Proc. of 10th International Conference Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems (KES 2006)*, Vol. 4253 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 851–858. Springer, 2005.
3. Itaru Kitahara, Ryuuki Sakamoto, Megumu Tsuchikawa, Mika Satomi, Kaoru Tanaka,

- Kiyoshi Kogure, “Cinematized Reality: Displaying Daily Life in Cinematographic 3D Videos”, Workshop on Knowledge Sharing for Everyday Life (KSEL06), 2006.
4. Itaru Kitahara, Ryuuki Sakamoto, Mika Satomi, Kaoru Tanaka, Kiyoshi Kogure, “Cinematized Reality: Cinematographic Camera Controlling 3D Free-Viewpoint Video”, 2nd IEE European Conference on Visual Media Production (CVMP2005), 2005.
 5. Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Mika Satomi, Kaoru Tanaka, Kiyoshi Kogure, “Cinematized Reality: Cinematographic Camera Control in 3D Videos”, ACM Siggraph2005, Sketches, 2005.

国内会議（査読付き）

1. 田中郁，西本一志，國藤進：Aware Topics：非同期的な議論参加を促す話題に基づく対話キャプチャシステムの提案，インタラクシオン 2008 論文集，情報処理学会シンポジウムシリーズ，Vol.2008, No.4, pp.175-176, 2008.
2. 田中郁，坂本竜基，北原格，里見美香，土川仁，小暮潔，國藤進，“Cinematized Reality：自由視点映像に対する映画的カメラワーク”，インタラクシオン 2005 論文集，情報処理学会シンポジウムシリーズ，Vol.2005, No.4, pp.75-76, 2005.

国内会議（査読なし）

1. 田中郁，坂本竜基，小暮潔，國藤進：複数の学会支援サービス群からのパーソナルネットワークの抽出及び視覚化，人工知能学会 第 7 回セマンティックウェブとオントロジー研究会，SIG-SWO-A402-02，2004 .

特許

1. 坂本竜基，田中郁，北原格，里見美香，土川仁，小暮潔，國藤進，“映像生成装置，及びプログラム”，特許公開 2006 - 211531