

卒業論文 2007年度 (平成19年度)

講義のタイムラインに関連付けたアノテーションを共有する
オンデマンド型遠隔教育システムの設計と実装

慶應義塾大学 総合政策学部

氏名：尾崎 隆亮

指導教員

慶應義塾大学 環境情報学部

村井 純

徳田 英幸

楠本 博之

中村 修

高汐 一紀

湧川 隆次

重近 範行

Rodney D. Van Meter III

平成20年2月7日

講義のタイムラインに関連付けたアノテーションを共有する オンデマンド型遠隔教育システムの設計と実装

論文要旨

本論文の目的は、オンデマンド型遠隔講義において時間と場所が共有できないことによるコミュニケーション非効率化の問題を改善することである。問題改善のために、講義の参加者である講師や学習者による質問、回答、コメントや反応などのコミュニケーションであるアノテーションを、講義の時間軸であるタイムラインに関連付け、効率的に共有するオンデマンド型遠隔講義のためのコミュニケーションツールである Amigo を設計・実装した。

インターネットを利用することで、学習者を時間的、場所的な拘束から解放するオンデマンド型遠隔教育が広く普及している。しかし、オンデマンド型講義では、講師や学習者が時間と場所を共有できない。その結果、双方向のコミュニケーションをとることが困難になってしまい、講師と学習者間、また学習者と学習者間でコミュニケーションをとることが難しくなる。これによって学習者の学習意欲や学習理解が低下してしまう。

本研究ではオンデマンド型講義のコミュニケーションを改善するために、講義のタイムラインと学習者から発生したアノテーションを自動的に関連付け、参加者間で共有するコミュニケーションツールである Amigo を設計・実装した。Amigo の有効性を示すために、慶應義塾大学で行われている実際の講義で、実験と被験者アンケートを実施した。この結果、双方向のコミュニケーションが困難になる問題に対して、本システムが有効であることを示した。

本研究により、オンデマンド型遠隔講義では学習者と講師から発生するコミュニケーションの共有が困難であるという問題が解決され、学習者の学習意欲の向上、学習理解の向上が実現される。

キーワード

1. 遠隔教育, 2. オンデマンド型講義, 3. アノテーション, 4. タイムライン

<p>Amigo: An On-demand Distance Education System to Share Annotations Along with the Lecture Time lines</p>

Summary

This research aims to improve the communications on on-demand distance education systems, where the lecturer and students do not share the time and place. In order to improve the communications among the lecturers and students, I implemented *Amigo*, an on-demand distance education system that shares annotations such as questions, answers, comments, and responses occurred by lecturers and students during a lecture. These annotations are shared along with the lecture time lines, so that a student viewing an on-demand lecture can also view the annotations along with the videos.

The on-demand distance education using the Internet is introduced widely, since it allows students to attend lectures anytime and anywhere. Generally, students view a lecture video archived on the Internet, and the lecturers and students do not share the time and space in the on-demand lectures. This causes lack of communications as the communications between the lecture and the students and among the students are difficult to be shared.

This research proposed, designed, and implemented an on-demand distance education system called *Amigo* to share the communications currently lacking in an on-demand lecture. This tool enables to share annotations, automatically associating with the lecture time lines. I conducted an experiment in a lecture done in Keio University, Shonan Fujisawa Campus, and collected questionnaires afterwards to verify the feasibility of *Amigo* system. As result, *Amigo* was proved to be effective in solving the communication difficulties in on-demand lectures.

Through this research, communication difficulties among the lecturers and the students in on-demand lectures were solved. The research result can contribute to the increase of students' motivations and understandings of their studies.

Keywords :

1. Distance Education, 2. On-demand Lecture, 3. Annotation, 4. Time line

Faculty of Policy Management, Keio University

OZAKI Takaaki

目次

第1章	序論	1
1.1	はじめに	1
1.2	本論文の構成	2
第2章	オンデマンド型遠隔教育の分析と問題点	3
2.1	遠隔教育	3
2.1.1	遠隔教育の定義	3
2.1.2	対象とする講義	4
2.1.3	講義の構成要素	5
2.2	講義におけるコミュニケーション分析	5
2.2.1	コミュニケーションの分類	5
2.2.2	コミュニケーションの分析	6
2.3	アノテーション	7
2.4	オンデマンド型遠隔講義の問題点	10
2.4.1	講義におけるコミュニケーション分析	10
2.4.2	発言や反応の減少	10
2.4.3	問題発生の原因	12
第3章	タイムラインに関連付けされたアノテーションによるコミュニケーション手法の提案	14
3.1	本研究の提案するコミュニケーション手法	14
3.2	問題解決へのアプローチ	15
3.2.1	文脈欠落問題の解決へのアプローチ	15
3.2.2	余分なプロセス発生問題の解決へのアプローチ	16
3.2.3	参加者全体の雰囲気の問題の解決へのアプローチ	16
第4章	関連技術	17
4.1	Microsoft Research Annotation System	17
4.2	ニコニコ動画	18
第5章	Amigo の設計	20
5.1	要求事項	20
5.1.1	アノテーションの文脈欠落問題の要求事項	20
5.1.2	余分なプロセス問題の要求事項	20

5.1.3	全体の雰囲気共有問題の要求事項	21
5.2	機能設計	22
5.2.1	Amigo 機能概要	22
5.2.2	動画とアノテーション共有の統合インターフェース	22
5.2.3	アノテーション追加に関する機能	24
5.2.4	アノテーションの表示に関する機能	26
5.2.5	検索に関する機能	28
第 6 章	Amigo の実装	30
6.1	実装環境	30
6.2	Amigo の状態遷移	30
6.2.1	状態遷移概要	30
6.2.2	ログイン	32
6.2.3	ユーザ登録	32
6.2.4	初期化	33
6.2.5	動画再生	34
6.2.6	アノテーション更新確認	34
6.2.7	アノテーション更新	35
6.2.8	アノテーション追加	35
6.3	フロントエンド実装	36
6.3.1	インターフェース概要	36
6.3.2	動画再生機能	36
6.3.3	タイムラインに対するアノテーション追加機能	36
6.3.4	タイムラインからアノテーションの自動表示機能	38
6.3.5	アノテーションの検索機能	41
6.4	バックエンド実装	43
6.4.1	データベース	43
6.4.2	通信部分	44
第 7 章	評価と検証	46
7.1	アンケート評価	46
7.1.1	実験環境	46
7.1.2	アンケートの設問	46
7.1.3	アンケート結果の考察	47
7.2	システム検証	49
7.2.1	検証環境	49
7.2.2	検証結果	51
第 8 章	結論	53
8.1	結論	53
8.2	今後の課題	54

8.2.1	長期間に渡る実験の実施	54
8.2.2	アノテーション情報の効率的な利用に関する研究	54
8.2.3	効率的な運用の研究	54

目次

2.1	講師からの発言	7
2.2	学習者からの発言	8
2.3	学習者の反応	8
2.4	近接講義のコミュニケーションの媒介と媒体	9
2.5	遠隔講義のコミュニケーションの媒介と媒体	9
2.6	近接講義でのコミュニケーション分析	11
2.7	既存オンデマンド型遠隔講義のコミュニケーション分析	11
3.1	本論文の提案する遠隔講義のコミュニケーション手法	15
4.1	ニコニコ動画におけるアノテーション表示形式	19
5.1	Amigo システム概要	23
5.2	Amigo インターフェース概要	23
5.3	講義の文脈補完のアノテーション追加機能	25
5.4	アノテーションへの返信のためのアノテーション追加機能	25
5.5	アノテーション表示機能の設計	26
5.6	吹き出し型アノテーション表示	27
5.7	スレッド型アノテーション表示	27
6.1	フロントエンドとバックエンド	31
6.2	Amigo 状態遷移	32
6.3	初期化状態での通信の流れ	33
6.4	アノテーション更新確認状態での通信の流れ	34
6.5	アノテーション更新状態での通信の流れ	35
6.6	アノテーション追加状態での通信の流れ	36
6.7	インターフェース実装	37
6.8	動画再生機能部分	38
6.9	ライン型アノテーション追加インターフェース	38
6.10	フィールド型アノテーション追加インターフェース	39
6.11	アノテーション詳細表示インターフェース	40
6.12	スレッド型アノテーション表示形式	41
6.13	吹き出し型アノテーション表示形式	41
6.14	アノテーションの検索インターフェース	42

7.1	アンケート結果	50
7.2	エラーの発生率	51
7.3	アノテーション取得に要した時間 (毎分 1 コメント/1 クライアント) . .	52
7.4	アノテーション取得に要した時間 (毎分 0.1 コメント/1 クライアント) .	52

表 目 次

2.1	近接講義とオンデマンド型講義，リアルタイム講義の違い	5
2.2	コミュニケーション分類	6
6.1	動作確認を行ったオペレーティングシステムとウェブブラウザの組み合わせ	31
6.2	データベース概要	45
7.1	アンケート設問	48
7.2	サーバマシンのスペック	50

第1章 序論

1.1 はじめに

講義や企業研修の様子を録画した動画などのマルチメディアコンテンツをインターネット上で配信し、遠隔で学習を進める遠隔教育が、企業や大学で普及している。インターネットを利用することで、企業研修や講義が実施されている場所にとらわれず遠隔地で学習を進められる。講義ビデオや学習資料などをオンラインで蓄積することで、学習者は講義や企業研修が実施されている時間にとらわれず、自由な時間に学習できる。

遠隔教育の場所的または時間的自由により、2004年時点でインターネットを利用した教育の普及率は大企業で86.1%、大規模大学で77.4%と高い[1]。特に、インターネットで講義を配信している大学は19.4%にのぼり、既に5.4%の大学でインターネットで配信された講義での単位取得を認めている。さらに、すべての講義をインターネットを通じて配信するサイバー大学[2]も2007年度より開講している。インターネットを利用した遠隔教育の具体的な事例としては、WIDEプロジェクトのSchool on Internet(SOI)ワーキンググループによるWIDE University School on Internet(SOI)[3]や東京大学のUT Open Course Ware[4]なども挙げられる。インターネットを利用した遠隔教育の大学への導入は、これからも増加し続けると予想される。2004年度以降、インターネットによる講義の配信を計画している大学は23.6%もあり、インターネットで配信された講義による単位認定を計画している大学は7.3%と増加している。

しかし、このようなインターネットを利用した遠隔教育の普及に伴って、遠隔教育の問題も指摘されている。インターネットによって普及を続けている遠隔教育の問題点を解決する必要性が高まってきていると言える。

本論文では、オンデマンド型遠隔教育におけるコミュニケーション欠落の問題に着目した。オンデマンド型遠隔教育では、講義の参加者である講師と学習者が時間と場所を共有していないために通常の教室における講義と比較し、円滑なコミュニケーションが困難である。そのため、学習内容の把握が困難になったり、他の学習者を意識できなくなるために、学習意欲が低下する。

オンデマンド型遠隔教育におけるコミュニケーションを円滑にするために、講義の時間軸であるタイムラインを利用したオンデマンド型遠隔教育のためのアノテーション共有システムを設計し、実装する。アノテーションとは、「注釈」のことである。講義のタイムラインと講師や学習者による発言や反応を、発言や反応の内容をアノテーションに変換し、アノテーションを講義のタイムラインと関連付けることで、参加者間で実時間を共有していないオンデマンド型遠隔教育環境でも、円滑な双方向コミュニ

ニケーションを実現できる．最後に本システムがオンデマンド型遠隔教育のコミュニケーションを円滑化したかを評価するために，慶應義塾大学においてアンケートを実施し，評価する．

本研究では，オンデマンド型遠隔教育において，講師や学習者から発生するコミュニケーションの欠落を解決するシステムである Amigo の提案，設計，および実装を行った．本システムで学習者の学習内容の把握を補助し，他の学習者と一緒に学習しているという臨場感を共有することで，学習者の学習意欲の向上が実現される．

1.2 本論文の構成

本論文は8章から構成される．第2章で，現状の遠隔教育全体を概観し，問題点を指摘する．第3章で，問題解決のためのアプローチを提示する．第4章で，本研究と同様の問題意識をもつ関連研究を考察する．第5章で，本研究で提案するシステムの設計について述べる．第6章で，本研究の提案するシステムの具体的な実装について述べる．第7章で，本研究で提案したシステムを評価する．最後に，第8章で，本研究のまとめと今後の課題について述べる．

第2章 オンデマンド型遠隔教育の分析 と問題点

本章では、まず本論文における遠隔教育の定義を述べ、研究の対象を明確にする。次に、講義におけるコミュニケーションを分析し、現状のオンデマンド型遠隔教育の問題を明示する。

2.1 遠隔教育

2.1.1 遠隔教育の定義

遠隔教育という言葉は、様々に定義されており明確になっていない。遠隔教育とeラーニングを同義に扱う場合もあり、遠隔教育の定義は多様化している。1999年の大学審答申「21世紀の大学像と今後の改革方針について」[5]では遠隔教育を「(1)文字、音声、静止画、動画等の多様な情報を一体的に扱うもの(2)電子メールの交換などの情報通信技術を用いたり、オフィス・アワー等に直接対面したりすることによって、教員や補助職員が毎回の授業の実施に当たり設問解答、添削指導、質疑応答等による指導を行うもの(3)授業に関して学習者が相互に意見を交換する機会が提供されているもの」と定義している。アメリカの教育省は遠隔教育を「音声、映像(中継または録画)やコンピュータ技術を利用した、遠隔地で受講可能な教授・学習形態で、同期的(synchronous)・非同期的(asynchronous)な教授法を含む」と定義している。「LMS(Learning management system)にマネジメントされたWeb上での学習」[6]のような遠隔教育の定義も存在する。

第1.1節でも述べた通り、インターネットを利用した遠隔教育は年々増加している。1999年度から2004年度までの6年間継続して行われた調査[7]において、衛星通信と地上系通信、インターネットの3つを利用している割合を比較すると、1999年度には3つの中でもっとも利用率の低かったインターネットが、2000年度から衛星通信と地上系通信の2つを抜いている。このように、ますますインターネットを遠隔教育のインフラストラクチャとして利用する比重が高まっている。最新の2004年度の調査では、インターネットは65.4%、衛星通信は40.2%、地上系通信は16.3%となっており、インターネットが遠隔教育の主役となっている。

本論文では特に断りのない場合、遠隔教育を「インターネットを利用し、実際の講義の動画を遠隔地で教授または学習可能な形態で、同期的に、または非同期的に配信する教育」と定義する。

2.1.2 対象とする講義

高等教育における講義形態は多様である。本論文では授業の種類をプレゼンテーション形式、ワークショップ形式、ディスカッション形式の3つに分類する。プレゼンテーション形式とは、ほとんど講師が学習者に対してプレゼンテーションによって学習内容の解説し、知識の獲得を目的とする講義形態である。ワークショップ形式とは、講師が学習者に作業課題を与え、学習者が作業を通して経験や知識を獲得する講義形態である。最後にディスカッション形式とは、講師が学習内容に関連する論題を提示し、学習者同士による議論を通して、学習内容に対して深く考察することを目的とする講義形態である。プレゼンテーション型講義が最も普及し、採用されている講義形態であるため、本論文ではプレゼンテーション形式の講義に着目して議論を進める。

また本論文において、講義は教室で実施される通常の講義と遠隔講義に分類する。本論文では、特定の日時、特定の場所に学習者と講師が集合し、実施される講義を近接講義と定義する。さらに遠隔講義は、テレビ会議システムなどを利用して講師が行う講義をリアルタイムで遠隔地に配信するリアルタイム型と、サーバに講義ビデオや学習教材を蓄積して配信するオンデマンド型に分類される。

リアルタイム型遠隔講義では、学習者は場所に拘束されることなく、目的とする講義を様々な場所から受講できる。また教室で行われる講義と同様に、すべての受講者と講師が時間を共有しているために、講義の参加者間でコミュニケーションをとる時に発言の文脈が欠落しない。また異なる学校や企業で、それぞれの場所に学習者を集めたまま講義を共有できる。

オンデマンド型遠隔講義では、学習者は時間や場所に拘束されず、自分の学習可能な時間と場所で学習を進めることができる。本論文では、特にオンデマンド型遠隔講義に着目する。オンデマンド型遠隔講義では、第1.1節で述べたとおり、学習において学習者を特定の時間と場所に拘束しない。そのため、タイムゾーンの異なる地域間の学習者と協調した学習が可能になり、生活リズムの違う社会人と学習者の両方を対象とした教育を可能にする。

近接講義、オンデマンド型講義、リアルタイム型講義の違いは、場所と実時間の共有と非共有の違いによる。以下に、場所と実時間を定義し、近接、オンデマンド型、リアルタイム型講義における場所と実時間の状態を表2.1にまとめた。

場所 講師が講義をする場所、また学習者が受講する場所。近接講義では、講師が講義をする場所と学習者が受講する場所は同じである。オンデマンド型またはリアルタイム型遠隔講義では、講師が講義をする場所と各学習者が受講する場所は任意となる。

実時間 講師が講義をする現実世界における時間、または学習者が受講する現実世界における時間。近接講義、またはリアルタイム型遠隔講義では、講師の講義をする実時間と学習者が受講する実時間は同じである。オンデマンド型遠隔講義では、講師の講義をする実時間、それぞれの学習者が受講する実時間は任意であり、異なる場合が多い。

表 2.1: 近接講義とオンデマンド型講義，リアルタイム講義の違い

	近接講義	オンデマンド型講義	リアルタイム型講義
場所	共有	非共有	非共有
実時間	共有	非共有	共有

2.1.3 講義の構成要素

本論文では，講義が，タイムライン，講師，学習者とコミュニケーションの4つの要素によって構成されるとする．以下に，各構成要素の意味を定義する．

タイムライン 講義のタイムラインは，講義が開始されてから終了されるまでの一連の時間軸である．講義におけるすべてのコミュニケーションは，このタイムラインと関連する．

講師 学習者と共に講義の参加者を構成し，プレゼンテーションやディスカッションを利用して学習者に学習内容を理解させようとする主体．第2.1節で述べたように，本研究において，講師はプレゼンテーションを用いて学習者に学習内容を説明する役割として扱う．

学習者 講師と共に講義の参加者を構成し，学習内容を理解するために講義に参加する主体．学習者が講義を受講する方法は，実際の教室で行われている講義に参加する方法とオンラインで配信されている講義に参加する方法がある．

コミュニケーション 講義の参加者である，講師と学習者の間，または学習者と学習者の間に発生するコミュニケーション．講義のタイムラインの特定のタイミングと関連する．近接講義やリアルタイム型講義では，コミュニケーションは円滑に行われる．しかし，講師と個々の学習者間の場所と実時間の非共有によって，オンデマンド型講義ではコミュニケーションが円滑ではない．

2.2 講義におけるコミュニケーション分析

2.2.1 コミュニケーションの分類

本節では，講義において発生するコミュニケーションを分類する際の視点について説明する．分類の視点は，表2.2にまとめた．講義中のコミュニケーションは，コミュニケーションの主体と対象の2点によって分類できる．コミュニケーションの主体は講師と学習者という2つの主体のいずれから発生するかによって2つに分けられる．さ

表 2.2: コミュニケーション分類

分類基準	分類
コミュニケーションの主体	講師と学習者
コミュニケーションの対象	全体と対象なし

らにコミュニケーションの対象によって発言と反応の2種類に分けられる。本節では、それぞれ分類基準に関して詳しく言及する。

まず、誰から発生したコミュニケーションかを基準に教室内のコミュニケーションを分類する。プレゼンテーション形式の講義における登場人物は、講師と学習者のみである。プレゼンテーション形式の講義には、プレゼンテーションによって学習内容を説明する講師とプレゼンテーションで学習を進める学習者のみが存在する。本論文の着目する講義形式では、プレゼンテーションする講師は講義において一人だけであり、学習者はプレゼンテーションによって学習を進める以外の役割がないものとする。そこで本論文では、最初に教室内のコミュニケーションを、講師から発生したコミュニケーションと学習者から発生したコミュニケーションの2種類に分類する。

次に、誰に向けたコミュニケーションかを基準に教室内のコミュニケーションを分類する。教室内のコミュニケーションには、教室全体に向けたコミュニケーションと、対象を持たないコミュニケーションの2種類がある。以降本論文では、教室全体に向けたコミュニケーションを発言、対象を持たないコミュニケーションを反応と定義する。発言の具体例は、学習者からの質問や講師からの回答などが挙げられる。発言は、新しい発言を発生させる場合がある。例えば質問と回答の関係がこれに当たる。質問は全体に向けたコミュニケーションであるので発言のコミュニケーションに当たるが、この質問に対して回答が発生する。この様に発言のコミュニケーションは、そこから新しい発言のコミュニケーションが発生する可能性がある。反応の具体例として、講師のプレゼンテーションに対する学習者からの頷きや笑い声が挙げられる。

2.2.2 コミュニケーションの分析

本節では、第2.2.1節で示した基準にしたがって講義におけるコミュニケーションを分析する。最初に講師を主体としたコミュニケーションを分析し、続いて学習者を主体としたコミュニケーションを分析する。講師からのコミュニケーションは発言のみ、学習者からのコミュニケーションは発言と反応から構成される。それぞれについて詳しく述べる。

講師からの発言のコミュニケーションでは、講師からの発言の具体例には、プレゼンテーションと回答が挙げられる。講師からの発言を図2.1に示す。学習内容を把握させるためのプレゼンテーションは、学習者がコミュニケーションの対象である。学習者から発生した質問に対して、講師が回答する場面では、回答は質問した学習者のみを対象とせず、質問と回答を共有させるために、学習者全体に向けた発言である。ま

た講義中に講師からの質問が発生する可能性があるが、これはプレゼンテーションの一部であると考える。

本論文では、講師から反応のコミュニケーションを対象としない。本論文では、プレゼンテーション形式の講義に着目した。そのため、講師のすべてのコミュニケーションは講師が行うすべてのコミュニケーションは、学習者が学習内容を把握するための手段であると考え、対象を持たないコミュニケーションは対象としない。

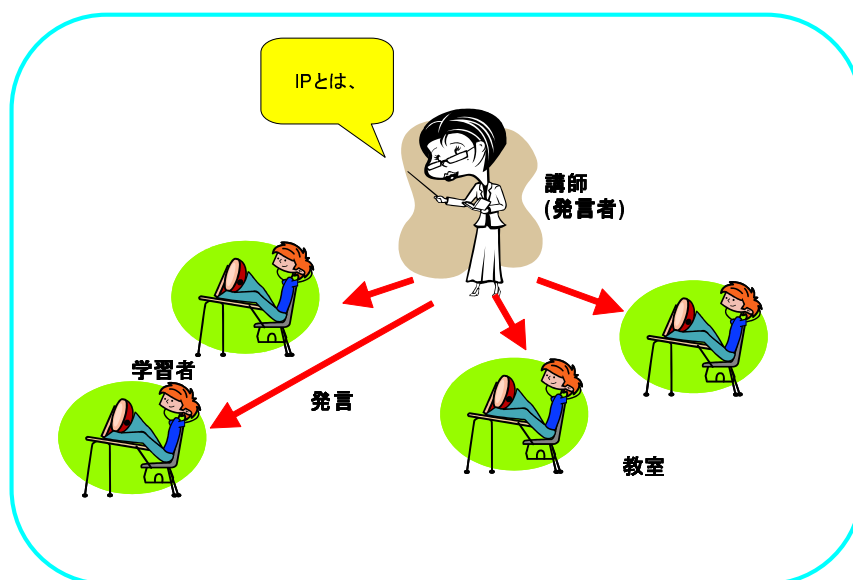


図 2.1: 講師からの発言

学習者からの発言を図 2.2に示す。学習者からの発言は、質問と回答、またはコメントである。講義内容に対する質問や回答では、冗長化を防ぐために、それらを共有するのが望ましい。これは講師や特定の学習者を対象として持つのではなく、全体に対するコミュニケーションとなる。講義内容に対するコメントも同様に、知識や解説、感想を参加者全体で共有するために、コミュニケーションの対象を講師や特定の学習者に限定しない。

次に、学習者からの反応を図 2.3に示す。学習者からの反応は様々である。講師のプレゼンテーションに対する笑いや頷きなどが反応の具体的な例として挙げられる。これらはコミュニケーションの対象が存在せず、自然に発生するものである。学習者の笑いが他の学習者の笑いを誘うことがある。このように学習者の反応が他の学習者に伝わることで、講義の楽しさや理解が促進され、結果として受講へのモチベーションが向上する効果が期待できる。

2.3 アノテーション

オンデマンド型遠隔講義では、アノテーションを利用してコミュニケーションが発生する。アノテーションとは、オンデマンド型遠隔講義におけるコミュニケーション

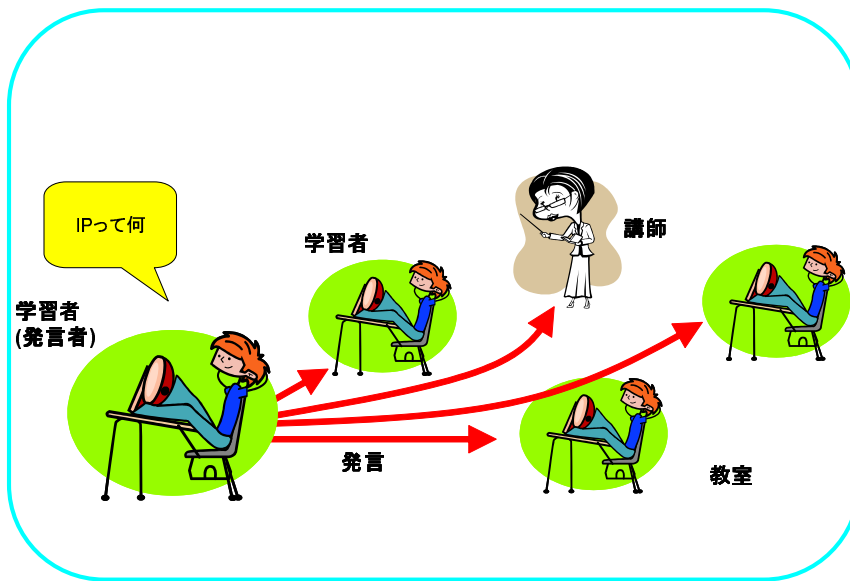


図 2.2: 学習者からの発言

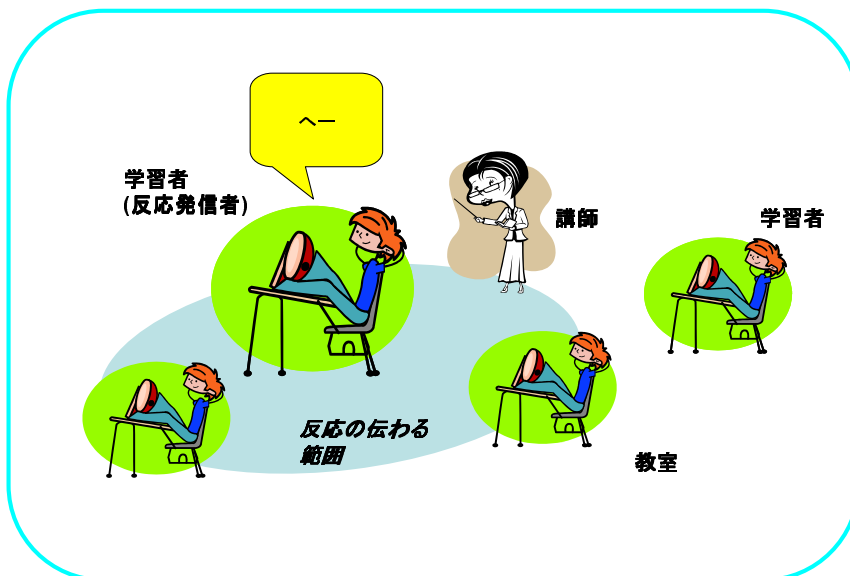


図 2.3: 学習者の反応

のメディアである。

図 2.4で示すように、近接講義では時間と場所を共有しているため、参加者はコミュニケーションをとるために、コミュニケーションの媒介に空気、媒体に声を利用してコミュニケーションする。オンデマンド型遠隔講義では、時間と場所が共有できないために、図 2.5で示すように、アノテーションをコミュニケーションの媒体として利用する。例えば、オンデマンド型遠隔講義に利用されるコミュニケーション手段として、BBSがある。BBSを利用したオンデマンド型遠隔講義におけるコミュニケーションを

例にすると、媒介はBBSで、媒体はBBSに書き込まれた学習者の発言であり反応でありコメントである。他にもメールやチャットなどによる発言や反応もアノテーションとする。

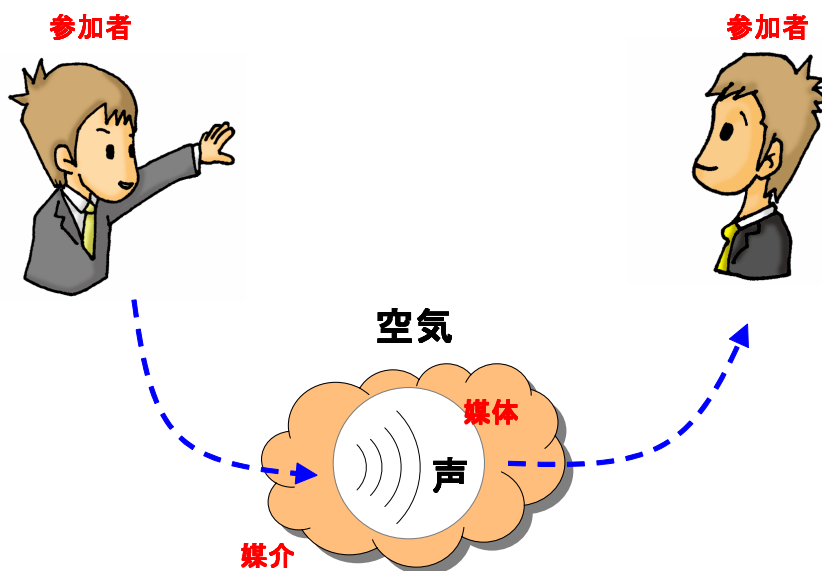


図 2.4: 近接講義のコミュニケーションの媒介と媒体

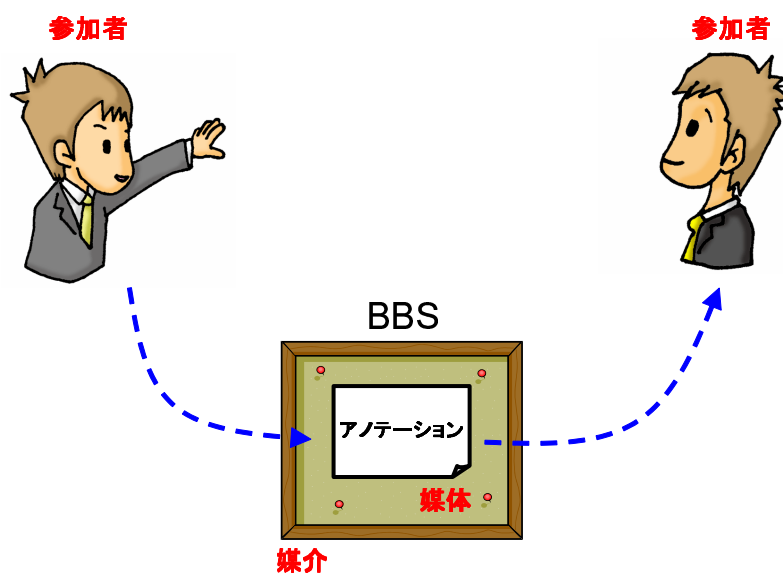


図 2.5: 遠隔講義のコミュニケーションの媒体と媒介

2.4 オンデマンド型遠隔講義の問題点

2.4.1 講義におけるコミュニケーション分析

本節では今までの議論を元に、大学で一般的な講義形態である近接講義と、本論文で対象とするオンデマンド型遠隔講義のコミュニケーションを分析する。最初に近接講義のコミュニケーションを分析し、次にオンデマンド型遠隔講義のコミュニケーションを分析する。結果として、近接講義とオンデマンド型遠隔講義の違いを明確にする。まず、近接講義におけるコミュニケーションを分析する。近接講義では、参加者全体が時間と場所を共有している。そのため、参加者間で発言や反応のコミュニケーションが容易となっている。

近接講義では、講義の参加者全員が同一の時間軸を共有している。この場合における時間とは、実時間ではなく講義のタイムライン意味する。近接講義の参加者は、講師のプレゼンテーションを基準にした講義のタイムラインを共有する。そのために、コミュニケーションが発生する場合に、そのコミュニケーションは講義の特定の場面と自動的に対応付けられる。結果として、学習者はあえてコミュニケーションが発生した講義の文脈を説明しなくても、コミュニケーションは、それ自体が発生した講義の文脈を保持することになる。

また近接講義では参加者間で場所を共有している。この場合の場所とは、講義とコミュニケーションが同時に発生する場所である。また参加者すべてがその場所に存在しているため、講義を受講すると同時に、講義に対して発言や反応したり、他の参加者からの発言や反応を把握できる。さらに発言や反応コミュニケーションの発生と把握が、講義の受講と同時に、そして自動的に行われる。この状況では、特別な作業をすることなく講義の場面を把握しながら、同時に発言や反応を把握できる。特別な作業をすることなく、参加者によるコミュニケーションを他の参加者全員に通知できるということと同義である。近接講義のコミュニケーションを、図 2.6 に示す。

次にオンデマンド型遠隔講義におけるコミュニケーションを分析する。現状のオンデマンド教育では、学習者を時間と場所の拘束から自由にするために、参加者の間で時間と場所を共有していない。オンデマンド型遠隔講義では、参加者間で時間を共有していないため、学習者は時間的に拘束されない。講義はサーバに蓄積され、個々の学習者が都合のよい時間に受講することができる。また場所も共有していないために、講義が実施されている場所に拘束されない。講義の受講が時間的、場所的に自由であるために、第 1 章で紹介したような海外の大学との講義の共有なども可能となる。コミュニケーションをする場合はメールや BBS によってアノテーションを共有するオンデマンド型遠隔講義における講義のコミュニケーションを、図 2.7 に示す。

2.4.2 発言や反応の減少

第 2.2.2 節で示したように、発言のコミュニケーションには、講義に対する質問と回答、コメントが含まれる。質問と回答の共有が困難になることで学習内容の理解が困

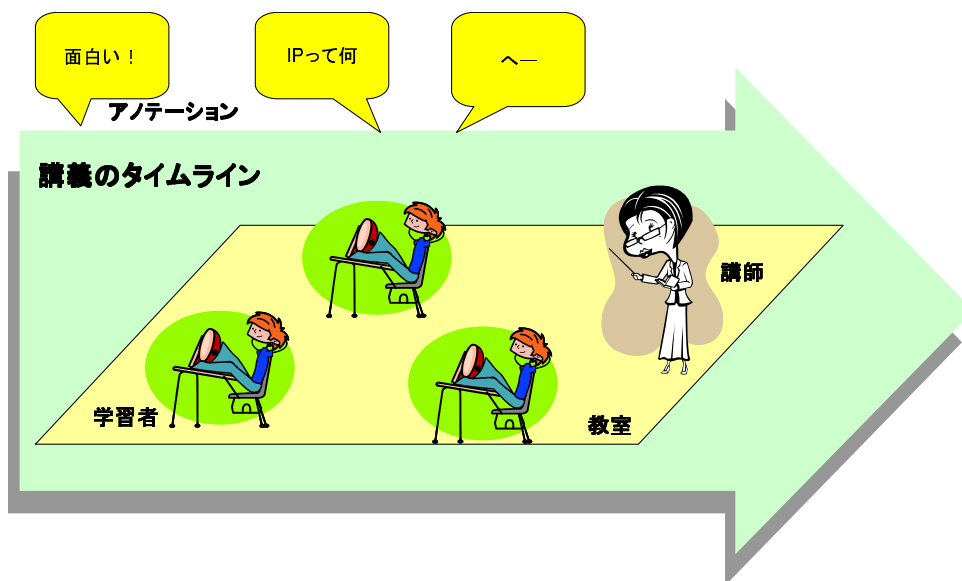


図 2.6: 近接講義でのコミュニケーション分析

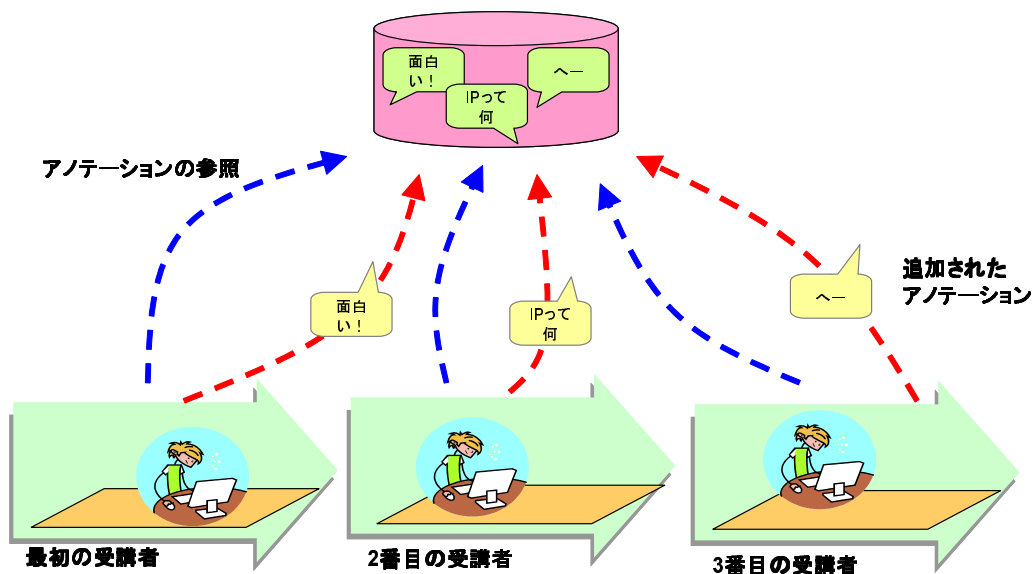


図 2.7: 既存オンデマンド型遠隔講義のコミュニケーション分析

難になる．疑問に思うことや有用な知識の共有によって，学習内容の理解は大きく進むが，これらの質問や回答を共有できない場合は理解が困難になってしまう．また，コメントも発言のコミュニケーションに含まれる．コメントには，講義の改善や学習者の内容理解に役立つ内容がある．それらのコミュニケーションが減少してしまうことで，講義が改善されないという問題や有効な知識の欠如が発生してしまう．学習内容の理解が進まなければ，講義が進む度に学習者は理解できない部分が増加してしまい，いずれ学習意欲を失ってしまう．

また反応のコミュニケーションには、講義に対して自然発生する頷きや笑い声が含まれる。頷きや笑い声によって、学習者は他の学習者の存在を意識することができる。またまわりの笑い声によって、講義のおもしろさが向上すると考えられる。笑い声などの臨場感も、学習意欲の向上には重要な要素である。反応のコミュニケーションが欠落してしまうことによって、学習意欲の低下してしまう。

2.4.3 問題発生の原因

発言や反応の文脈欠落問題 第1の問題点として、オンデマンド型遠隔講義では参加者間で時間を共有していないため、講義の文脈を共有が困難である。結果として、現状で発言や反応のコミュニケーションが発生する時に、コミュニケーションが発生した講義の文脈を他の学習者に対して説明する必要がある。また、参加者が、他の学習者による発言や反応を理解するために、講義の文脈を把握する必要がある。例えば、オンデマンド型講義において学習者が講義に登場した専門用語を理解出来なかった場合、学習者はBBSやメールシステムに、専門用語の内容を質問する発言のアノテーションを追加しただけでは、専門用語が登場した場面や状況を理解できない。そのため、学習者はアノテーションの内容に、講義の度の場面において、どのような文脈で専門用語が発生したのかの説明を追加しなければならない。このような、本質的なコミュニケーションとは別の作業が必要となることで、学習意欲の低い学習者は積極的なコミュニケーションをやめてしまう。

余分なプロセス発生問題 第2の問題点として、オンデマンド遠隔講義では、場所を共有していないために、文脈の理解に余分なプロセスが発生してしまう。オンデマンド型遠隔講義では、参加者間で場所の共有が困難にであるため、既存のオンデマンド型遠隔講義では、講義受講は動画プレイヤーを利用し、コミュニケーションにはメールシステムやBBSなどを利用している。しかし、メールシステムやBBSは講義を再生している動画プレイヤーと連携していないために、学習者はメールシステムやBBSに対するアノテーションを効率よく表示できない。例えば、講義の特定の場面で質問したい場面が発生したとしても、動画を止めて目的の内容の記述してあるアノテーションを検索しなければならない。このような環境では、文脈欠落の問題と同様に学習意欲の低い学習者がアノテーションの表示や検索を止めてしまう可能性がある。

参加者全体の雰囲気の問題 第3の問題点として、時間と場所の非共有によって、学習者の反応によって生じる雰囲気を把握するのが困難である。図2.2に示したように、近接講義においては参加者間で時間と場所の共有が行われているために、特定の場面における教室全体の反応の把握が容易である。しかし、オンデマンド型講義では、時間と場所の欠落によって講義と発言や反応の連携がとれていないために、特定場面における全体の反応を把握することが困難である。既存のオンデマンド型遠隔講義で利用されているメールシステムやBBSは、アノテーション毎にスレッドがわかれ

てしまっているために、場面毎のアノテーションの把握が困難である。そのため、学習者は学習において他の学習者を意識することができない。

第3章 タイムラインに関連付けされた アノテーションによるコミュニケーション手法の提案

本章では，第2章で述べた現状のオンデマンド型遠隔講義の問題点を解決するアプローチを提示する．まず本論文が提案するオンデマンド型遠隔講義におけるコミュニケーション手法について説明する．次に，問題解決へのアプローチを示し，最後に遠隔教育システムを構築するにあたり，満たすべき要求事項をまとめる．

3.1 本研究の提案するコミュニケーション手法

オンデマンド型遠隔講義におけるアノテーションの追加・参照・共有の非効率問題を解決するために，動画のタイムラインと関連付けられたアノテーションを利用したコミュニケーション手法を図3.1に提示する．講師または学習者が追加するすべてのアノテーションは講義の時間軸であるタイムラインと関連付けられ，サーバに蓄積される．学習者は，講義を受講する際に，講義動画とともに受講する講義に追加されたアノテーションを取得する．さらに，学習者が講義受講中にアノテーションを追加する際，追加されるアノテーションはそのアノテーションの発生した講義動画のタイムラインと関連づけられ，サーバに送信・蓄積される．

アノテーションが講義動画のタイムラインと関連付けされるために，学習者はアノテーションの文脈を容易に把握できる．アノテーションを参照する際，講義のタイムラインを再生することで，学習者は，アノテーションが発生した場面を，容易かつ正確に把握することができる．またアノテーションを追加する際に，学習者はアノテーションが発生した講義の場面を説明文等で説明する必要がない．

本コミュニケーション手法では，アノテーションはメールクライアントやBBSなどの動画プレイヤーとは独立したアプリケーションではなく，動画プレイヤーとアノテーションの共有を統合的に処理するアプリケーションによって共有される．統合的なインターフェースによって，動画の場面毎に関連付けされたアノテーションが自動的に表示される．そのため，学習者は動画を止めてアノテーションを検索する手間を省くことができる．

さらに，アノテーションが講義動画のタイムラインと関連しているため，講義の特定の場面で学習者全体がどのような反応を示したとかという情報を容易に扱える．講

義動画とアノテーションを統合的に扱うために、講義動画の場面に合わせて、動画のタイムラインに関連性を持つアノテーションすべてを自動的に表示することが可能である。結果として、学習者は他の学習者全体の反応を容易に把握できる。

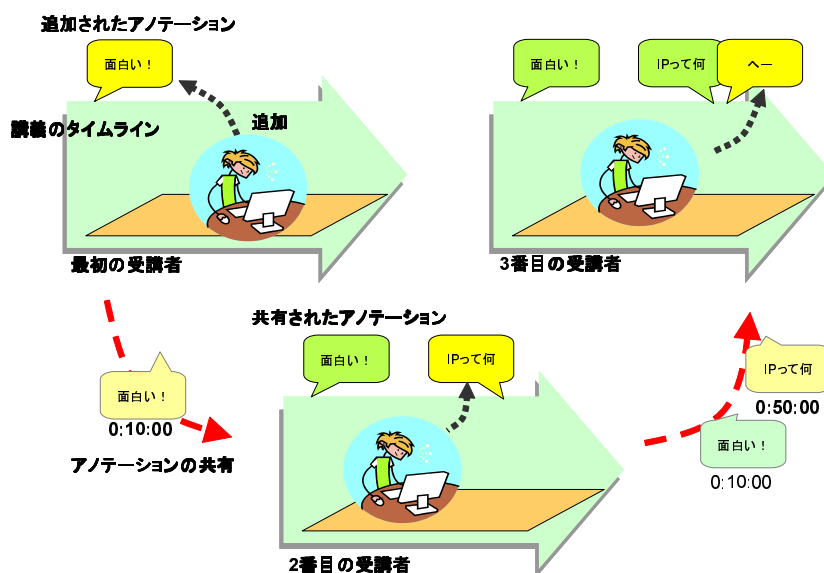


図 3.1: 本論文の提案する遠隔講義のコミュニケーション手法

3.2 問題解決へのアプローチ

3.2.1 文脈欠落問題の解決へのアプローチ

第 2.4.1 節で示したように、オンデマンド型遠隔講義上では、参加者間で時間が共有されていないために、アノテーションと場面との関連をなくしてしまう。その結果、アノテーションの共有に際してアノテーションと動画の場面の関連性を補完しなければならなかった。

その問題を解決するために、本手法では動画のタイムラインとアノテーションを関連付ける。動画のタイムラインと関連付けられたアノテーションが他の学習者に共有された場合、学習者はアノテーションからアノテーションの追加された動画のタイムラインを参照することができる。既存の講義において、学習者が文章によって、アノテーションを追加する場面の説明した後に、発言や反応のアノテーションを追加していた。またアノテーションを参照する場合も、アノテーションを追加した学習者が説明した文章を読み、講義のどの場面に対するアノテーションなのかを把握しなければならなかった。しかし本手法では、文章による追加場面の説明する、参加者間で時間と場所を共有していなくても、アノテーションから講義の文脈を把握することができる。

3.2.2 余分なプロセス発生問題の解決へのアプローチ

オンデマンド型講義では場所の共有が行われていないために、講義動画の再生とアノテーションの参照が独立で存在しており、効率的なアノテーションの参照ができない。学習者がアノテーションを参照する際に、学習者は動画の再生を止めて、メールクライアントやウェブブラウザなどを立ち上げて、アノテーションを検索しなければならない。その問題を解決するために、動画の再生とアノテーションの参照を連携して行う統一インターフェースを用意する。いままでは、講義で情報を検索したい場面になると、学習者は動画の再生を止めて、その場面に関連したアノテーションを検索しなければならなかった。本手法では、動画の再生とアノテーションの表示を連携させることによって、動画プレイヤーを止めてメールシステムやウェブブラウザを起動させてアノテーションを参照する必要がなく、その場面に関連付けられたアノテーションにたどり着くことができる。

3.2.3 参加者全体の雰囲気の問題の非共有問題の解決へのアプローチ

オンデマンド型講義では、時間と場所の非共有により、場面毎の参加者全体の反応の把握が困難である。現状のオンデマンド型遠隔講義において利用されているアノテーション共有システムは、講義の特定の場面における参加者全体の反応を把握することが困難である。その問題を解決するために、動画のタイムラインにしたがって場面に対して関連付けされたアノテーションを表示する。タイムラインが進む毎に表示されている場面と関連性のなくなったアノテーションが消え、関連性の出来たアノテーションが表示される。これによって場面毎の参加者全体の反応のアノテーションが容易に把握できるようになる。

第4章 関連技術

本章では、オンデマンド型の遠隔講義システムや動画共有におけるコミュニケーションに関する研究や関連技術を考察する。オンデマンド環境におけるコミュニケーションツールの中で教育に特化した研究として、Microsoft Research Annotation System[8]を挙げる。また、非対称なコミュニケーションツールを備えた動画共有サービスとしてニコニコ動画[9]を挙げる。

4.1 Microsoft Research Annotation System

Microsoft Research Annotation System(MRAS)はオンデマンド型遠隔講義におけるコミュニケーションシステムで、講義の参加者間のコミュニケーションの改善を目的としている。問題意識として、まずアノテーションが動画と深く結びついていないこと、次に既存のコミュニケーションツールが動画と独立して存在していることを挙げている。問題意識において本論文はMRASと共有する部分が多い。

MRASでは問題意識を大きく2つ挙げている。1つ目の問題に対して、アノテーションが講義の文脈と深く関係していないことを挙げている。この問題を解決するために、MRASではアノテーションとアノテーションの発生した動画のタイムラインを動的に結びつける機能を導入している。さらに2つ目の問題に対して、オンデマンド型遠隔講義に利用されているアノテーション共有のためのコミュニケーションシステムは、講義の動画と独立しており、学習者は講義中にアクセスするのではなく、講義と独立してコミュニケーションシステムにアクセスする。アノテーション共有をより効果的なものにするために、MRASによって動画の再生とアノテーションの共有を統合的に扱うインターフェースを構築した。

MRASの提示した1つ目の問題点は、本論文の時間の非共有によるアノテーションの文脈欠落問題と同じ問題意識である。MRASでは、動画のタイムラインをアノテーションの発生する動画の場面を参照する手段として利用している。このため、アノテーションからアノテーションの追加された動画の場面を参照することが可能である。またアノテーションを追加する際に、アノテーションが追加された動画の場面の説明をする必要がない。これによって、学習者は少ない労力でアノテーションを共有することができる。また、MRASの提示した2つ目の問題点は、本論文の場所の非共有による動画とアノテーションの連携欠落問題と同じ問題意識である。MRASでは、動画とアノテーションの表示を連携させて、動画の再生場面と関連しているアノテーションを表示するインターフェースを用意している。結果として、学習者は講義受講時の情報

検索において、講義動画の再生を止めることなくアノテーションを表示できる。また、オンデマンド型遠隔講義のためのシステムであるため、遠隔教育に必要となる。アノテーションの検索やスレッド表示が実装されている。

しかし、効率的な学習のみに着目しているために、本論文の3つ目の問題点である参加者全体の雰囲気の問題が解決できない。MRASは頷きや笑いなど反応のアノテーションの共有を想定していない。そのため、場面における全体の反応を十分に共有できているとは言えない。

4.2 ニコニコ動画

ニコニコ動画とは、多くのインターネット上のコンテンツにおいて、人間の感情を表現することを目標とした、コミュニケーションツールを提供するオンライン動画共有サービスである[10]。現在、人間の感情を表現するための手段として、ウェブ上の動画コンテンツにコメントをつけるサービスを提供している。感情の表現を目的とした、オンデマンド環境におけるコミュニケーションツールであるので、本論文の問題解決と深く関係する。

オンラインコンテンツに対する感情表現という目的達成のための手段として、サーバに蓄積された動画コンテンツへの動画のタイムラインと関連させたコメントの付与を利用している。ユーザーは閲覧している動画コンテンツにコメントを追加できる。コメントは、追加された時に再生されていた動画のタイムラインに関連付けされる。次に自分を含めた他のユーザーがコメントの関連付けされた場面を見たときに、動画と同時に追加されたコメントも表示される。コメントは一場面において、複数表示される。表示方法方として、動画が再生されている画面にコメントが重なって表示される。通常、コメントは対応づけされた場面が再生された場合に、右から表示され、左に向かって移動し、画面から消える。この表示方法以外にも、コメントの表示方法方を変更するコマンドが多く用意されている。表示画面を図4.1に示す。

ニコニコ動画は、動画のタイムラインとアノテーションを関連させる手法をとっている。そのためニコニコ動画は、本論文の1つ目の問題点であるアノテーションの文脈欠落問題に有効な解決方法となる。また動画再生とアノテーションの共有を連携させたインターフェースを用意しているため、動画再生とアノテーションの追加や参照に余分なプロセスを持たない。そのためニコニコ動画は、本論文の2つ目の問題点である余分なプロセス発生問題も解決する。同様に場面に関連付けられたアノテーションを表示させている。さらに、オンラインコンテンツに人間の感情を付加することを目的としているために、反応などの共有に特化しており、場面毎のユーザー全体の反応が直感的に把握できる表示形式になっている。そのため、本論文の3つ目の問題点である参加者全体の雰囲気の問題に対しても有効な解決策である。

しかし、ニコニコ動画は遠隔教育に着目して構築されたサービスではないために、オンデマンド型遠隔教育システムの要求時項を満たしていない。まずアノテーションが動画のタイムラインとのみ関係性をもち、他のアノテーションと関係性を持つことが出来ない。そのため、質問と回答のようなアノテーションの場合、質問から回答を、ま



図 4.1: ニコニコ動画におけるアノテーション表示形式

たは回答から質問を検索することが困難である。結果として、スレッド化してアノテーションに関連するアノテーションを一覧表示することも難しい。

第5章 Amigoの設計

本章では、第3章で述べたアプローチと要求事項を実現するシステムの設計について概観する。アプローチと要求事項を満たすために、統合的に動画とアノテーションを管理するアプリケーションである Amigo を設計する。また本章では、講義の参加者をユーザと定義する。

5.1 要求事項

5.1.1 アノテーションの文脈欠落問題の要求事項

アノテーションの文脈欠落の問題を解決するために、タイムラインに対するアノテーションの追加機能とアノテーションからタイムラインのトレース機能が必要となる。オンデマンド型遠隔講義において、ユーザがタイムラインを意識しなければならない場面が2つ存在する。1つ目がアノテーションを追加する場面で、2つ目がアノテーションを参照する場面である。

タイムラインに対するアノテーションの追加機能 アノテーションを追加する場面で、文脈の欠落を補う必要がある。現状では、ユーザがアノテーションを追加する際に、アノテーション追加の場面や状況を文章で説明しなければならない。本システムでは、アノテーションを追加する際に、発生した場面のタイムラインとアノテーションを自動的に関連させる。自動的な関連付けの結果、ユーザはアノテーション発生場面や状況を文章で説明しなくても、アノテーションを動画の場面と関連させることができる。

アノテーションからタイムラインの参照機能 アノテーションを参照する場面で、文脈の欠落を補う必要がある。現状では、ユーザがアノテーションを参照する際に、アノテーションの場面説明や状況説明によって、追加された場面を理解しなければならない。

5.1.2 余分なプロセス問題の要求事項

余分なプロセスの発生する場面には、講義受講時に動画再生プレイヤーから独立したアノテーションを起動し参照・追加する場面がある。余分なプロセス発生問題を解決するために、動画とアノテーション共有の統合インターフェース、動画のタイムラ

インと連動したアノテーション自動表示機能，アノテーション検索機能，アノテーションに対するアノテーションの追加機能をが必要になる．

動画とアノテーション共有の統合インターフェース 余分なプロセス問題を解決するために，本システムでは，講義動画とアノテーション共有を統合的に扱うインターフェースを用意する．現状では，アノテーションを追加する際，またアノテーションを参照する際に，講義の動画再生を一時的に停止して，別アプリケーションによってアノテーションを追加，参照する必要がある．

動画のタイムラインと連動したアノテーションの自動表示機能 アノテーションを効率的に表示するために，タイムラインからアノテーションの自動表示が必要となる．ユーザが講義を受講している際に発生する疑問は，その時点でユーザがみている場面に強く関連する．専門用語が登場する場面で，始めてユーザはその専門用語の意味に疑問を持ち，質問したいと感じることが多い．そのことから，ユーザが講義動画を再生している際に，講義の動画と関連して，表示している動画のタイムラインと関連したアノテーションを自動的に表示する必要がある．

アノテーションの検索機能 学習への利用から，アノテーションの検索が必要となる．講義内容に疑問を持った場合，学習者は疑問を解決するために情報を検索する．他の学習者が以前に行った質問と回答のアノテーションが，疑問を解決する可能性もある．ユーザが講義に関連するすべてのアノテーションの中から自分に有益なアノテーションを参照できるように，アノテーションの検索が必要である．

アノテーションに対するアノテーションの追加機能 アノテーションのスレッド化が必要となる．教育的利用において，アノテーションに対するアノテーションが発生する．例えば，質問のアノテーションに対する回答のアノテーションや，講義へのコメントから発生する議論などから次々とアノテーションが追加され，一連の議論になる場合等が具体例となる．アノテーションをスレッド化するために，アノテーションに対するアノテーションの追加や関連性のあるアノテーションの一覧表示が必要となる．

5.1.3 全体の雰囲気共有問題の要求事項

全体の雰囲気共有問題の解決のために，動画のタイムラインと連動したアノテーションの自動表示機能をが必要になる．

動画のタイムラインと連動したアノテーションの自動表示機能 3つ目の問題意識である全体の雰囲気共有問題に対して，場面毎に全体のアノテーションを表示できるインターフェースを設計する．現在のオンデマンド型遠隔講義では，アノテーションが関連するアノテーション毎に管理されており，場面毎に他のユーザ全体がどのようなアノテーションを追加したのかが分からない．そこで，アノテーションに関連付けされ

たタイムラインを利用してタイムライン毎に追加されたアノテーションの全体像を把握できるような表示インターフェースが必要となる。

5.2 機能設計

5.2.1 Amigo 機能概要

第 5.1 節で挙げた機能を実現する，Amigo のシステム全体概要を図 5.1 に，インターフェース概要を図 5.2 に示した。

Amigo システムには，クライアントとデータベースサーバが存在する．ユーザが講義の受講を開始するときに，クライアントはデータベースサーバから講義動画と受講する講義に関連するすべてのアノテーションを取得する．クライアントが受講に必要な情報をダウンロードした後，クライアントは動画を再生させ，動画のタイムラインに従ってアノテーションの表示と非表示を繰り返す．ユーザがアノテーションを追加する場合，クライアントはアノテーションのテキストとアノテーションの発生した講義動画のタイムライン，ユーザの ID などをアノテーション情報としてデータベースサーバに送信する．データベースサーバは，追加された新しいアノテーションをデータベースに追加し，これ以降接続してきたクライアントには，新しいアノテーション情報を付け加えたすべてのアノテーションを送信する．

インターフェースは，動画再生部分，アノテーション表示部分，アノテーションリスト部分で構成され，図 5.2 に示したように，配置する．インターフェースを設計する際に，アノテーションの表示が講義の受講を妨げないようにした．ニコニコ動画のように，アノテーションの表示が動画の再生と重なってしまうと，講義の受講の妨げになる．そのため，動画再生部分とアノテーション表示部分を分けて配置した。

5.2.2 動画とアノテーション共有の統合インターフェース

図 5.2 で示した通り，講義動画とアノテーションの共有を統合するインターフェースは 3 つの部分に分割した．1 つ目が動画再生部分，2 つ目がアノテーション表示部分，最後にアノテーションリスト部分である。

まず動画再生部分では，動画の再生，停止，シーク，音量調整が出来る必要がある．動画再生部分が，ユーザの受講を実現している部分なので，ニコニコ動画のようにアノテーションの表示を動画の表示と重ねて表示させるアノテーションの表示形式がユーザの講義受講を妨げてしまう可能性がある．そのため，アノテーションの表示を動画再生部分と分割して表示させた。

またアノテーション表示部分とアノテーションリスト部分は役割を分担した．アノテーション表示部分は，動画のタイムラインと連動して講義の場面に関連したアノテーションを表示させる部分とする．アノテーションリスト部分は，動画に関連するアノテーションすべてを常に表示する部分とする。

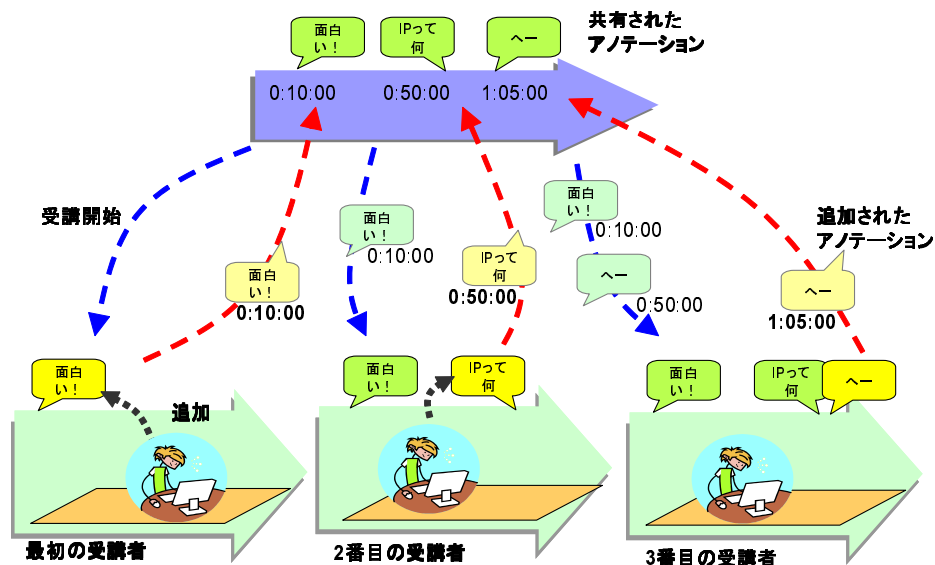


図 5.1: Amigo システム概要



1.00	HTMLってなんですか?	10	1	s03264to
1.20	XMLって何?	15	1	s95647kk
3.00	来週の様子は休講...	20	0	t06774mn
3.20	動きが面白いw	25	5	t02562ss
4.00				
4.4				
5.4	ソフイーアノ...	22	1	w9999wuu
6.00	HTMLっていうのは...	22	1	t04745js
7.00	今なんて言った?	17	3	s03259as
7.25	今週の課題ってでま...	40	1	s03259ly
7.30	出席ってとりましたか?	44	1	t05289ss

アノテーション一覧

アノテーション表示

図 5.2: Amigo インターフェース概要

講義受講中にユーザにとって有効なアノテーションは、再生されている場面に関連したアノテーションである。例えば学習者にとって意味の分からない専門用語が登場した場合、登場したタイミングで専門用語の意味を記述したアノテーションが表示されれば、学習者自身が専門用語の意味を調べる必要はなくなる。そのため、アノテーション表示部分では、動画で再生されている場面とアノテーションの保持するタイムラインが一致するとアノテーションを表示させる。動画の再生している部分のタイムラインとアノテーションの保持するタイムラインが一定以上離れた場合には、アノテ

ションを非表示にする。

アノテーション表示部分のみでは、すべてのアノテーションを表示させたい場合や、他の場面に関連するアノテーションを表示させたい場合に対応できない。そこでアノテーション表示部分とは別に、アノテーションリスト部分を設けた。アノテーションリスト部分では、常に再生中の講義に関連するアノテーションを表示している。また、すべてのアノテーションを表示すると、アノテーションが多くなるに従って、目的のアノテーションにたどり着くのが困難になる。そのため、アノテーションを検索をした場合には、検索条件にマッチするアノテーションのみを表示する。またアノテーションリスト部分を利用する状況は、再生されているタイムラインではなく、他のタイムラインと関連したアノテーションを表示させたい状況である。そのため、アノテーションリスト部分にアノテーションからタイムラインのトレース機能を実装する。

5.2.3 アノテーション追加に関する機能

タイムラインに対するアノテーションを追加する状況は、ユーザが講義を受講し、講義内容に意見や疑問、反応が発生する場合である。そのため、アノテーションは、追加される時点で動画に再生されているタイムラインから発生すると言える。そのため、図 5.3 に示すように、タイムラインに対してアノテーションを追加する場合は、自動的に再生されている動画のタイムラインと関連させる。

アノテーションを追加する際に、テキストを入力しなければならない。アノテーションのテキストを入力する場合、2種類の要求がある。1つ目が、講義に対する頷きや笑いなどの反応や1行程度の簡単な質問やコメントなどの発言のテキストは単純な内容になる。そのため、テキスト入力インターフェースも講義の受講を妨げるインターフェースになる必要はない。講義をみながら動画を停止せず、簡単に入力することのできるインターフェースが必要となる。2つ目が、講義内容への複雑な質問や回答、コメントの発言の場合、様々な形式のテキストが入力される。講義に登場した専門用語の意味を質問するアノテーションの場合は、テキストは長くならず、講義動画の再生を止めるようなテキスト入力インターフェースも必要ない。しかし、あるソフトウェアの設定ファイルの記述方法を質問する場合は、記述する内容が複数行に渡り、複雑になる。そのため複雑なテキストの入力が容易なインターフェースが必要となる。

またアノテーションはタイムラインに対してのみ発生するわけではない。アノテーションに対して新しいアノテーションを追加する場合も考えられる。例えば、他の学習者が追加した質問のアノテーションに対して、別のユーザが回答のアノテーションを追加する。さらに質問だけではなく、講義に対するコメントに対する、意見などを追加する場合も考えられる。アノテーションに対して新しいアノテーションを追加する状況は、返信する元のアノテーションを参照している状況となる。そのため、アノテーションに対して新しいアノテーションを追加するインターフェースは、関連するアノテーション一覧表示インターフェースと統合する。特定のアノテーションを一覧表示している場合にアノテーションを追加すると、図 5.4 に示したように、自動的に一

覧表示しているアノテーションと新しく追加するアノテーションが関連性を持つようにする。

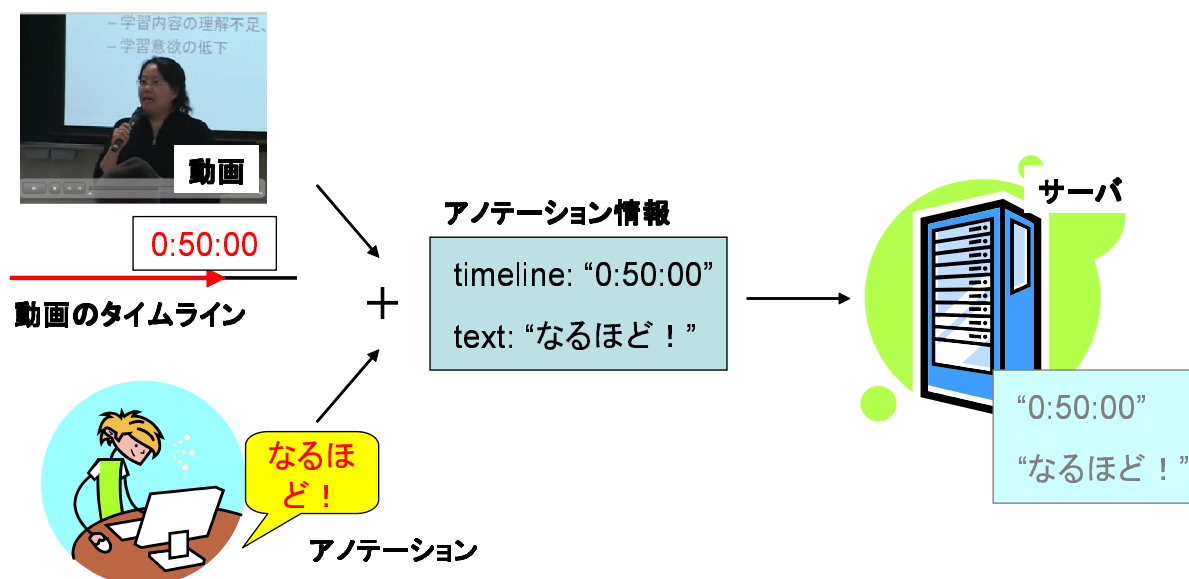


図 5.3: 講義の文脈補完のアノテーション追加機能

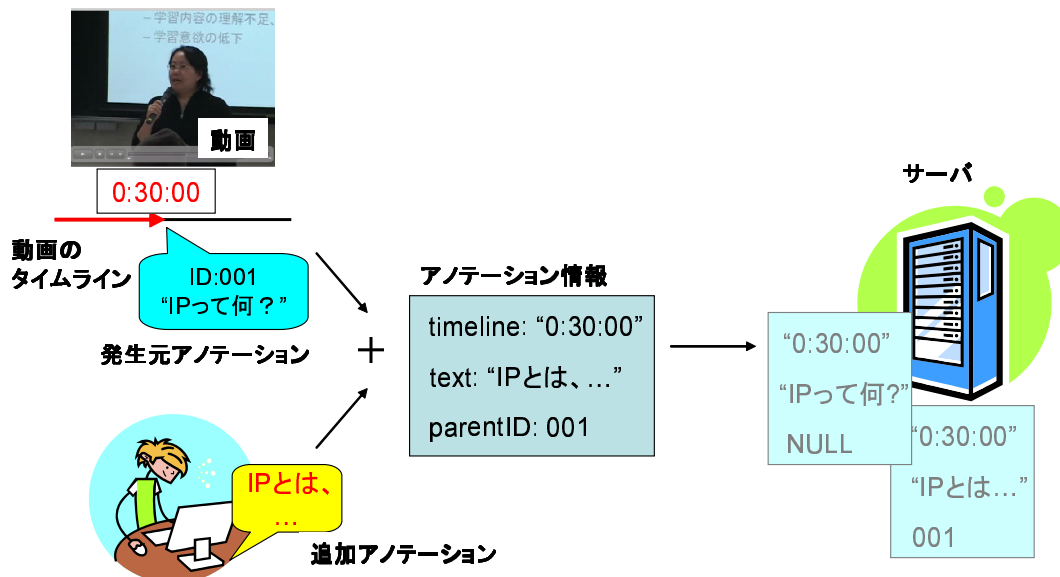


図 5.4: アノテーションへの返信のためのアノテーション追加機能

5.2.4 アノテーションの表示に関する機能

タイムラインからアノテーションを自動表示する場合、アノテーション表示部分の表示方法は2つ要求がある。1つ目が、再生されているタイムラインにおけるユーザのアノテーションが把握できることであり、2つ目が、個々のアノテーションの詳細が把握できることである。この2つの要求を満たすために、2つの表示インターフェースを切り替えられるようにする。

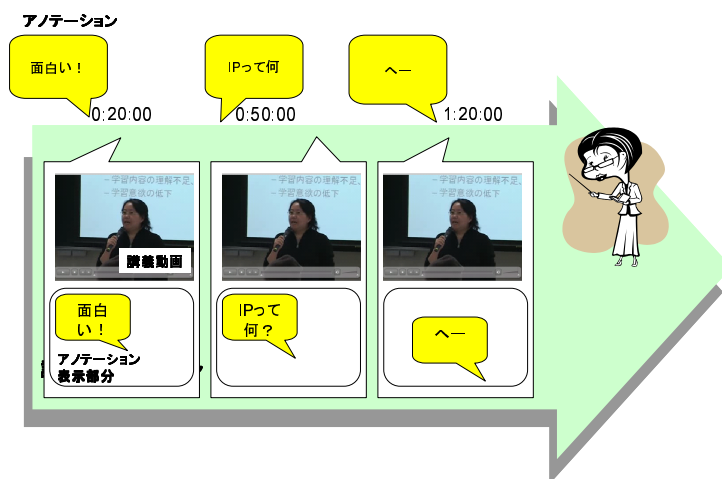


図 5.5: アノテーション表示機能の設計

オンデマンド型遠隔講義のユーザが他のユーザと講義に対する反応を共有するために、講義の場面毎に他のユーザが示した反応を直感的に把握できる表示インターフェースを用意する。アノテーション表示部分で場面毎のアノテーションを一斉に表示する。このインターフェースでは、個々のアノテーションの内容が正確に把握できない。これは近接講義においても同様である。全員が一斉に雑談をしていると個別の雑談は正確に聞き取れない。全員が一斉に笑い声を挙げた場合も、誰がどの笑い声であるかを認識出来ない。よって、個々のアノテーションが正確に把握できない状態は、近接講義の反応の共有に近いと言える。この表示形式の実装イメージ図を図 5.6 に示した。

しかし、個々のアノテーションを把握したい状況もある。学習者の知識が不十分で、講義の内容がしっかり理解できない場合には、以前に講義をみた学習者の質問や回答のアノテーションは学習を助ける。そのような要求は、1つ目の表示形式では満たすことが出来ない。そのため、2つ目のインターフェースとして、個々のアノテーションを正確に把握できるインターフェースを用意する。動画の再生しているタイムラインがアノテーションの保持するタイムラインを越えた時点で、アノテーション表示部分に表示する。このような表示形式では、ユーザはアノテーション情報を詳細に確認できる。例えば、学習者が自分にとって有益なアノテーションを質問のアノテーションを発見した場合、それに対する回答や関連するアノテーションを確認することでより多くの情報を得ることができる。そのためこの表示形式の場合にアノテーションを操

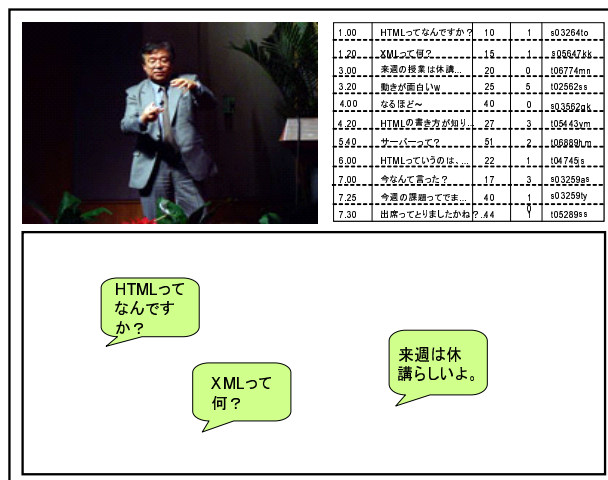


図 5.6: 吹き出し型アノテーション表示

作して、関連するアノテーションやアノテーションの全文を詳細に表示できるようにする。この表示形式の実装イメージ図を図 5.7 に示す。

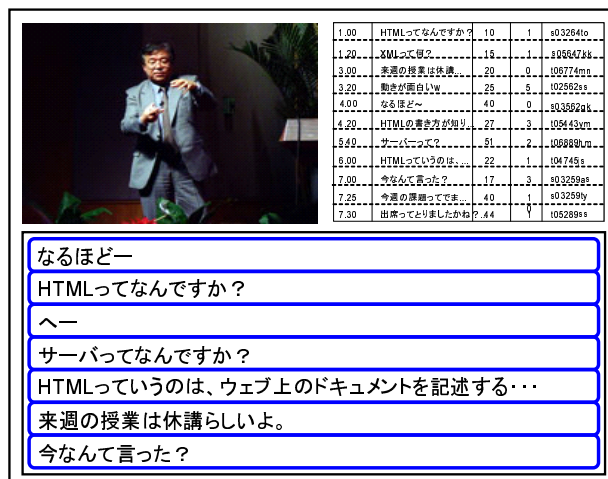


図 5.7: スレッド型アノテーション表示

講義受講中にユーザがアノテーションを検索する場合、表示されているアノテーションの内容だけでは不十分になってしまう可能性がある。例えば、受講中に理解できない内容があり、同じ疑問を記述したアノテーションを発見したとしても、質問のアノテーションだけでは、講義の内容は理解できない。この場合、学習者が求めている情報は回答のアノテーションに存在するはずである。そのため、アノテーションの内容を詳細に表示する場合には、関連するアノテーションをすべて表示する。

5.2.5 検索に関する機能

1つの講義に対するアノテーションが増加すると、ユーザは知りたい情報を含むアノテーションの発見が困難になる。目的のアノテーションを容易に発見するために、アノテーションの検索機能を設計する。アノテーションを検索する場面では、5種類の検索条件が挙げられる。アノテーションを追加したユーザ、アノテーションの内容、アノテーションが発生した場面、アノテーションの種類、返信の有無、である。

アノテーションを追加したユーザの情報は、ユーザが自分のアノテーションを検索する時に利用される。学習者が内容を復習する際に、自分が以前学習したときに理解できなかった部分を確認したい場合が考えられる。講義の定期テストや定期課題にあたり、自分が理解出来なかった部分や忘れていた部分を確認するために、自分の質問を検索する必要がある。また、受講中に自分が追加した質問に回答が付与されたかどうか、自分の追加したコメントに返信がされたかどうかを確認することも考えられる。さらに、アノテーションを追加した学習者を特定することで、学習者が講義へ参加していることを講師が認識できる。講師が授業に対する質問や回答、コメントを成績に反映したい場合に、アノテーションには追加したユーザを特定する情報が検索出来なければならない。

アノテーションの内容が含んでいる情報は、自分の求める情報の回答や関連情報を検索する場合に利用される。学習者が学習内容を理解できない場合、講義に登場した専門用語が理解できない場合、回答となるアノテーションを検索する。例えば、講義に登場する専門用語の意味が理解できなかった場合、その専門用語を検索キーワードにして検索し、専門用語の意味を知ろうとする。

アノテーションが発生したタイムラインの情報は、講義のある場面で内容が理解出来なかった場合などに、理解できなかった回答を求めるために利用される。特定時間帯に理解が難しい内容が集中していた場合、その時間帯に追加されたアノテーションを検索することで効率よく目的の情報に到達しやすくなる。またユーザがアノテーションが講義のどの場面から発生したのかを知りたい状況は、アノテーションを検索した際に、特定のアノテーションに関心を持ち、アノテーションが発生した講義の場面を知りたいと考える状況である。そのため、アノテーションが追加された動画の場面に動画をジャンプさせる機能は、動画の再生を移動させるだけでなく、検索機能と連携しなければならない。Amigoでは、アノテーションリスト部分に検索結果を表示させ、リスト部分に表示されたアノテーションによって動画のタイムラインを変更できるようにする。

アノテーションの種類に関する情報は、効率的なシステム利用のために利用される。講義内容が理解できない場合に、学習者は質問のアノテーションを追加するが、同じ質問が既に追加されている可能性がある。同様の質問がある場合、あえて新しくアノテーションを付け加える必要がないため、質問のアノテーションのみを表示させて追加されているアノテーションを確認する必要がある。

アノテーションに対する返信の有無は、理解が難しい学習内容に関する情報を検索する場合に利用される。例えば、講義に登場した専門用語の意味が分からない場面で、

学習者は返信の無いその専門用語の意味を質問しているアノテーションではなく、返信のあるアノテーションを検索する。質問のアノテーションだけでは学習内容の理解が向上しないが、質問に対して返信があれば、そのアノテーションが自分の疑問に答えてくれるものである可能性が高いためである。

第6章 Amigoの実装

本章では，第5章で設計した Amigo システムの実装について説明する．まずシステムの実装環境について説明する．次に，本システムの通信の流れ，インターフェース，データベースの実装について説明する．また本章では，第5章に引き続き，講義の参加者をユーザと定義する．

6.1 実装環境

Amigo は，バックエンドのウェブサーバとデータベースサーバと，およびフロントエンドの Flash アプリケーションによって構成される．バックエンドとフロントエンドの関係を図 6.1 に示した．

バックエンドは，学習者からのアクセスがあると，HTTP[11] 通信を利用して学習者に講義動画とアノテーションを提供する．サーバで利用したオペレーティングシステムは，Debian GNU/Linux 4.0[12] を利用した．学習者に講義動画やアノテーションを提供するウェブサーバは Apache2.2[13]，アノテーションや講義情報を蓄積するデータベースサーバは MySQL[14] を利用した．クライアントからのデータベースサーバのインターフェースには，PHP:Hypertext Preprocessor(PHP) version5.2.0-8[15] を利用した．

フロントエンドは，ActionScript3.0[16] を利用し，ウェブブラウザでアクセスする Flash アプリケーションとして実装した．動作を確認したウェブブラウザは，WindowsXP SP2[17] 上の Internet Explore6[18] と Internet Explore7[19] と Mozilla firefox2[20]，MacOSX Tiger[21] と MacOS Leopard[22] 上の Safari[23] と firefox2，Ubuntu Gutsy Gibbon[24] 上の firefox2 である．各ブラウザで問題なく動作することを確認した．確認したウェブブラウザ一覧を表 6.1 にまとめた．各ウェブブラウザにインストールした Flash player のバージョンは，9.0.48 である．

6.2 Amigoの状態遷移

6.2.1 状態遷移概要

学習者が Amigo システムを利用した場合の，クライアントの状態遷移を図 6.2 に示した．学習者が利用する場面でのクライアントの状態は，ログイン，ユーザ登録，初期化，動画再生，アノテーション更新確認，アノテーション更新，アノテーション追加

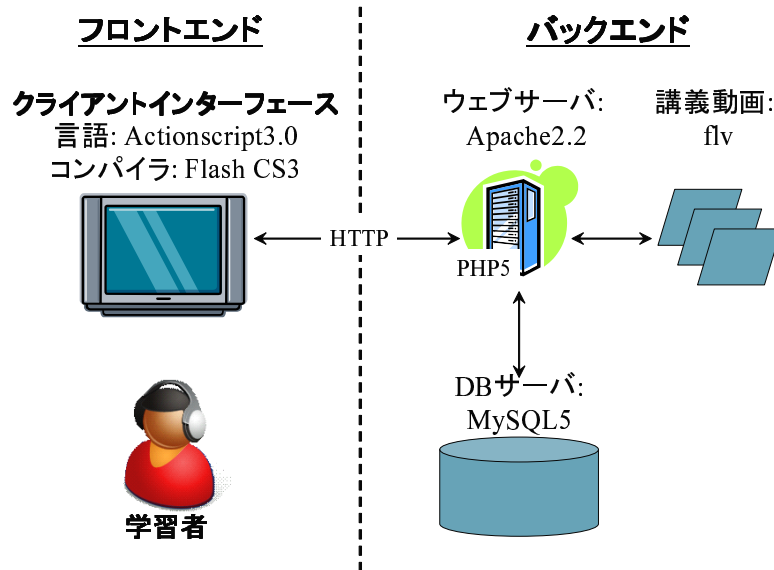


図 6.1: フロントエンドとバックエンド

表 6.1: 動作確認を行ったオペレーティングシステムとウェブブラウザの組み合わせ

OS	ブラウザ	バージョン
WindowsXP	Internet Explore6	6.00.2900.2180
	Internet Explore7	7.0.5730.11IC
	Mozilla Firefox2	2.0.0.11
MacOSX Tiger	Safari	3.0.4
	Mozilla Firefox2	2.0.0.11
MacOSX Leopard	Safari	3.0.4
	Mozilla Firefox2	2.0.0.11
Ubuntu Linux Gutsy Gibbon	Mozilla Firefox2	2.0.0.11

である。学習者が URL にアクセスしクライアントを起動すると、ログイン画面が表示される。ログイン画面のユーザ登録ボタンをクリックした場合は、新規のユーザを登録する。登録が成功したらログイン画面に戻る。ログイン画面でユーザIDとパスワードを入力して認証し、成功した場合は、初期化へ移動する。失敗した場合は再びログイン画面に戻る。初期化によって講義受講に必要な情報を取得完了後、動画の再生を開始する。講義動画再生中にタイマーが実行されており、3秒毎にアノテーションの更新をサーバに確認をする。アノテーションの更新がある場合、更新があることを学習者に通知し、動画再生状態に遷移する。またアノテーションの更新がない場合は、なにもせず通常の動画再生画面に戻る。動画再生画面で、アノテーション更新ボタンをクリックすると、サーバからすべてのアノテーションを取得し、インターフェースに再描画する。再描画が完了すると、再び動画再生画面に遷移する。動画再生画面で、ア

ノテーションの追加ボタンがクリックされた場合，アノテーションを追加する．アノテーションの追加が完了したら，アノテーション更新確認状態に遷移する．第6.2節では，各状態におけるクライアントとサーバ間の通信について説明する．

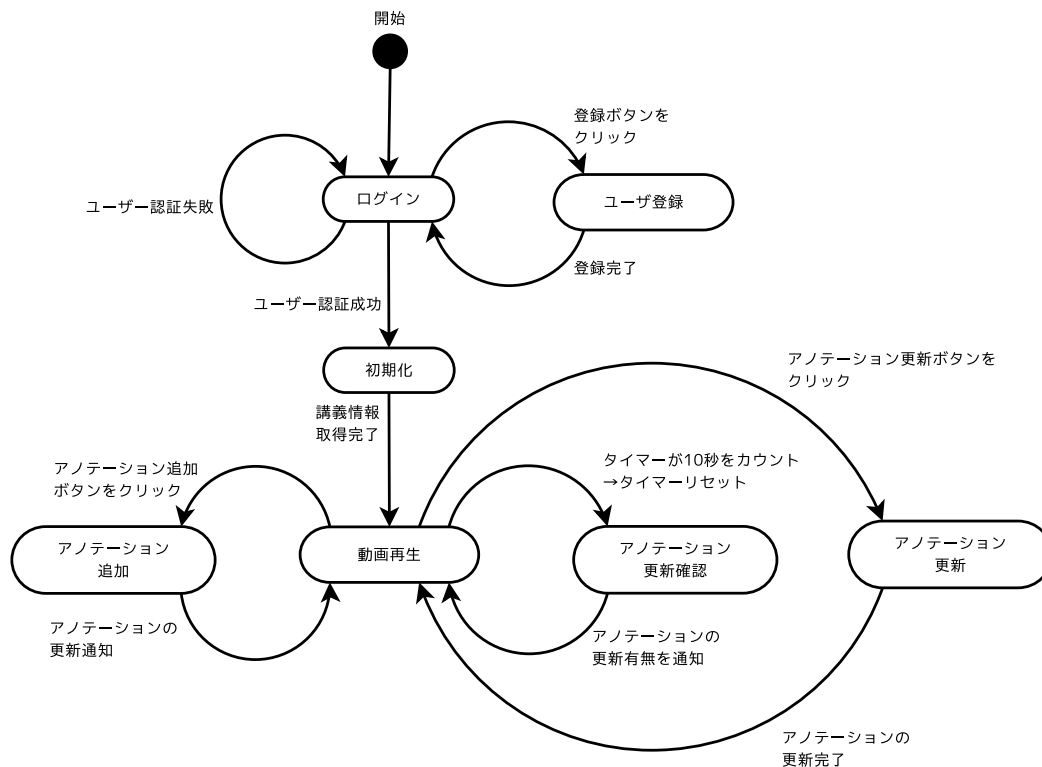


図 6.2: Amigo 状態遷移

6.2.2 ログイン

ログイン状態ではユーザを認証する．まずクライアントがサーバにユーザIDとパスワードを送信する．サーバは受信したユーザIDとパスワードのセットがデータベースに登録してあるユーザIDとパスワードのセットと一致した場合，認証成功メッセージをクライアントに送信し，ユーザIDとパスワードのセットが一致しなかった場合は，認証失敗メッセージをクライアントに送信する．クライアントが成功メッセージを受信した場合は，初期化の状態へ遷移し，失敗メッセージを受信した場合は，再びログイン状態へ遷移する．

6.2.3 ユーザ登録

ログイン画面で新規ユーザ登録ボタンをクリックすると，ユーザ登録状態に遷移し，画面が移動する．ユーザ登録状態では，まずクライアントがサーバに，ユーザIDとパ

パスワード, 学年, 所属, メールアドレスを送信する。サーバは情報取得後, 申請されたユーザ ID がすでにデータベースに登録されていないかを確認する。登録されていない場合は, クライアントから送信された情報をデータベースに追加し, クライアントに登録成功メッセージを送信する。ユーザ ID が既に登録されていた場合は, 登録失敗メッセージを送信する。クライアントが登録成功メッセージを受信した場合は, ログイン画面に戻り, 登録失敗メッセージを受信した場合はユーザ登録画面に戻る。

6.2.4 初期化

ログイン状態においてサーバから認証成功メッセージを取得すると, 講義受講のための初期化状態に遷移する。初期化状態でのクライアントとサーバ間の通信の流れを図 6.3 に示す。初期化状態では, まずクライアントが初期化要求メッセージをサーバに送信する。初期化要求メッセージには, 受講する講義 ID が含まれている。初期化要求メッセージを受け取ったサーバは, 指定された講義 ID の講義情報を Comma Separated Values(CSV) 形式でリストにして送信する。サーバから送信される講義情報には, 講義動画の URL, 講義に関連するすべてのアノテーションが含まれている。講義情報を取得したクライアントは, 講義情報に含まれていた講義動画の URL から講義動画のダウンロードを要求する。要求を受け取ったサーバは, クライアントに向けて講義動画の送信を開始する。講義動画の送信が開始されると, クライアントは講義動画の再生を始め, 動画再生状態へ遷移する。

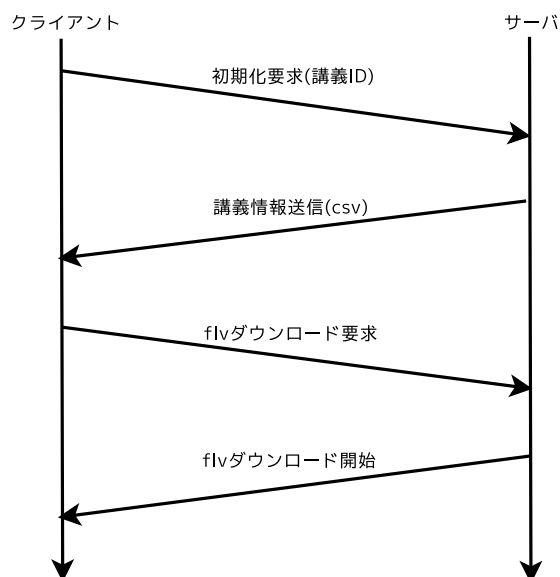


図 6.3: 初期化状態での通信の流れ

6.2.5 動画再生

初期化が完了し、講義動画のダウンロードが開始されると、動画の再生が始まる。再生状態では、クライアントとサーバは通信をしない。クライアントは、サーバに蓄積されているアノテーションが更新されているかを定期的を確認するために、タイマーをセットする。タイマーが10秒経過すると、アノテーション更新確認状態に遷移する。また、インターフェース上のアノテーション更新ボタンをクリックするとアノテーション更新状態に遷移する。さらに、インターフェース上のアノテーション追加ボタンをクリックするとアノテーション追加状態に遷移する。アノテーション更新確認状態やアノテーション追加状態、アノテーション更新状態に遷移しても動画の再生は継続する。

6.2.6 アノテーション更新確認

動画再生状態において、タイマーが3秒を検出した場合、アノテーション更新確認状態に遷移する。アノテーション更新確認状態でのクライアントとサーバの通信の流れを図6.4に示す。クライアントは初期化状態でサーバから取得したアノテーション情報に含まれるアノテーションIDのリストを作成、保持している。アノテーション更新状態で、クライアントはサーバに、保持しているアノテーションの数と最後のアノテーションIDを送信する。アノテーションの数と最後のアノテーションIDを受け取ったサーバは更新があるかを確認し、更新があればUPDATEメッセージをクライアントに送信し、更新がなければNOT UPDATEメッセージをクライアントに送信する。クライアントがUPDATEメッセージを受け取った場合は、アノテーションの更新をユーザに通知し、動画再生状態に遷移する。NOT UPDATEメッセージを受け取った場合は、何もせずに動画再生状態に戻る。

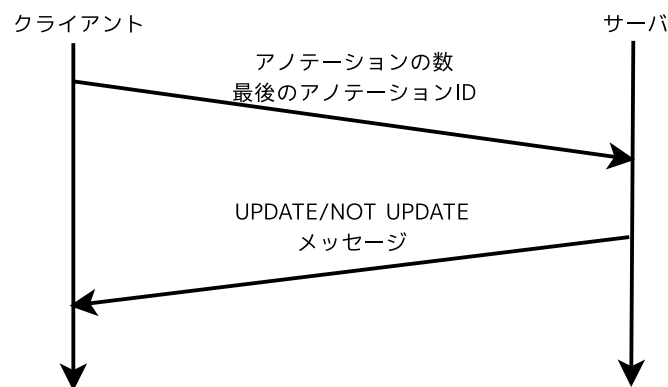


図 6.4: アノテーション更新確認状態での通信の流れ

6.2.7 アノテーション更新

学習者がアノテーション更新ボタンをクリックした場合に、アノテーション更新状態に遷移する。アノテーション更新状態におけるクライアントと通信の流れを図 6.5 に示す。まずクライアントがサーバに対してアノテーション更新要求を送信する。アノテーション更新要求を取得したサーバは、クライアントに対してサーバに蓄積されているすべてのアノテーションを CSV 形式でリスト化し送信する。アノテーションのリストを取得したクライアントは、インターフェースにおいてアノテーションを再描画し、保持するアノテーション ID リストを新しく取得したアノテーションから作成する。すべての処理が終了したら、動画再生状態へ遷移する。

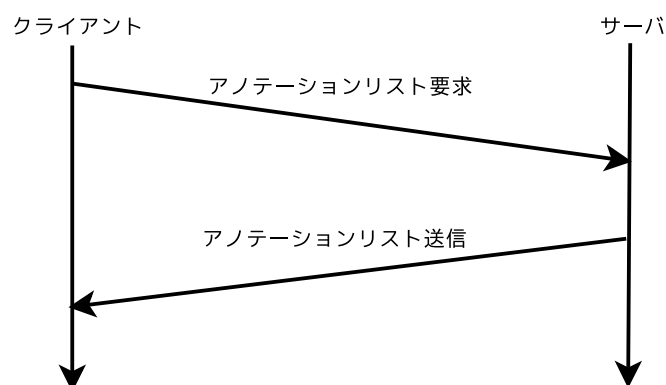


図 6.5: アノテーション更新状態での通信の流れ

6.2.8 アノテーション追加

動画再生状態で、アノテーション追加ボタンをクリックするとアノテーション追加状態に遷移する。アノテーション追加状態でのクライアントとサーバ間の通信の流れを図 6.6 章に示す。アノテーション追加状態では、まずクライアントがインターフェースにユーザが入力したテキスト情報から新規アノテーションを作成し、サーバに送信する。新規アノテーション情報は、現在再生している動画の講義名、画面に再生されている場面のタイムライン、アノテーションを追加した学習者のユーザ ID、アノテーションのテキスト本文、アノテーションの追加された日時、アノテーションの種類を示すタグ、で構成される。クライアントは、新規アノテーション情報を送信後、アノテーション更新を学習者へ通知し、アノテーションへ遷移する。

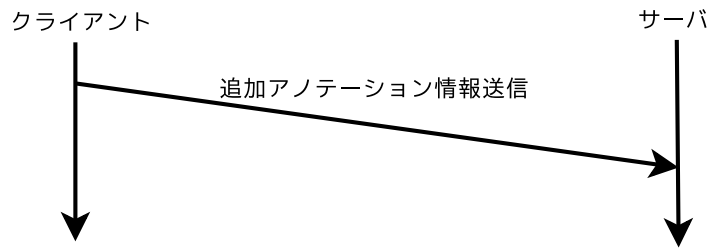


図 6.6: アノテーション追加状態での通信の流れ

6.3 フロントエンド実装

6.3.1 インターフェース概要

Amigo システムの中心となるクライアントのインターフェースの実装について述べる。インターフェースの基本画面を図 6.7 に示す。第 5 章で示した通り、インターフェースの基本画面は、動画再生部分、アノテーションリスト部分、アノテーション表示部分の三つの部分で構成される。動画再生部分では、講義動画を再生し、アノテーションリスト部分は受講している講義に関連のあるアノテーションを表示する。アノテーション表示部分は、動画再生部分で再生されているタイムラインに関連するアノテーションを表示している。

6.3.2 動画再生機能

動画再生部分で、サーバからダウンロードする flv ファイルを再生する機能である。図 6.8 に実行画面を示す。動画再生インターフェース上のボタンで、動画の再生、停止、シーク、音量調整ができる。

6.3.3 タイムラインに対するアノテーション追加機能

第 5.2.3 節で示した通り、タイムラインに対するアノテーション追加に関して、簡単なテキストをすぐに入力するためのインターフェースと複雑なテキストが容易に入力できるインターフェースという 2 つの需要が存在するため、2 つのアノテーション追加インターフェースを実装した。図 6.9 と図 6.10 にアノテーション追加画面を示す。図 6.9 に示したライン型テキスト入力インターフェースは、簡単なテキストを入力するためのインターフェースである。頷きや笑いなど反応のアノテーションを追加する場面や、1 行程度の簡単な発言のアノテーションを追加する場面で利用されることを想定した。また、図 6.10 に示したフィールド型テキスト入力インターフェースは、複数行の長い発言や、設定ファイルの記述方法などの質問に利用されることを想定した。複雑なアノテーション追加は常にインターフェースの中に存在する必要がない。常にイン

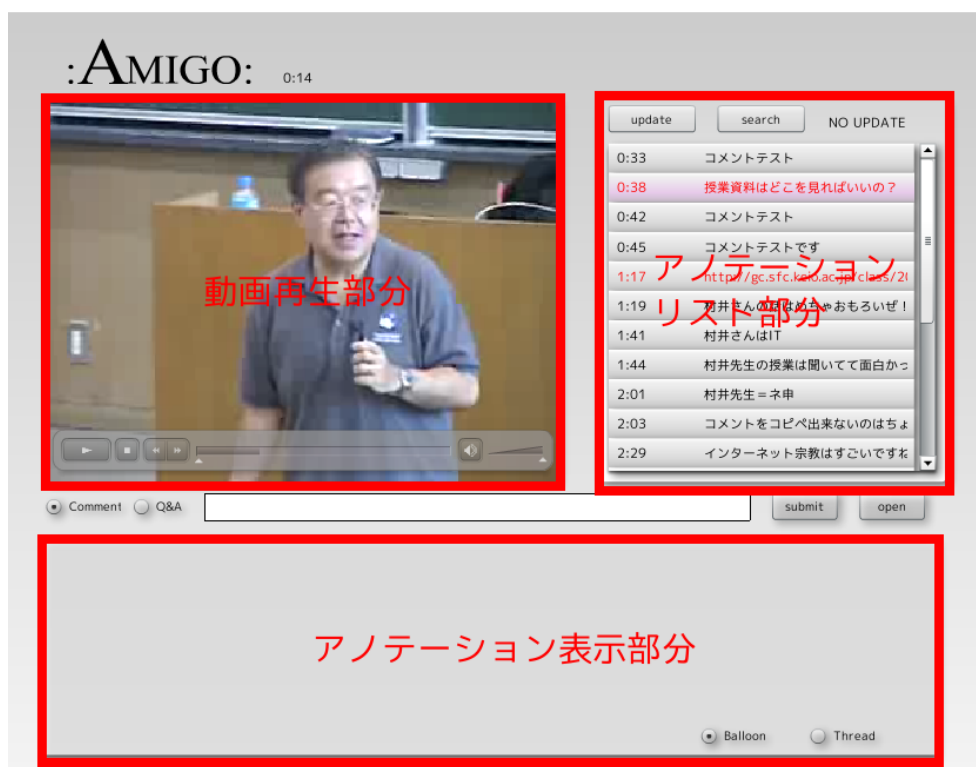


図 6.7: インターフェース実装

ターフェース上に表示しておく、講義動画の再生やアノテーションの表示を妨げてしまうので、追加フィールド表示ボタンをクリックすることで、フィールド型のテキスト入力インターフェースを表示するようにした。

アノテーション追加時にクライアントからサーバに送信する情報は、受講している講義動画名、学習者のユーザID、入力したテキスト、関連する講義のタイムライン、アノテーションが追加された日時、タグ情報である。学習者が入力すべき情報は、アノテーションのテキストとタグ情報のみであり、その他は自動的にアノテーション情報としてサーバに送信する。

タグ情報は、アノテーションがどのような種類のものなのかを表現するために用意した。本実装では、質問・回答とコメントにの2つに分け、アノテーションテキストの近くにラジオボタンで選択できるようにした。

アノテーション追加時における、講義のタイムラインとアノテーションとの関連付けはクライアントが自動で行う。学習者がテキストを入力し、アノテーション追加ボタンをクリックした時点で、再生されている動画のタイムラインを、追加するアノテーションに関連付ける。追加日時に関しても同様で、アノテーション追加ボタンがクリックされた時点の時間をクライアントのPCから取得し、アノテーションに関連付ける。

複数のアノテーションを関連付ける機能としてアノテーションに対する新しいアノテーションの追加機能を実装した。アノテーションに対して新しいアノテーションを追加する状況は、返信したいと考えるアノテーションの内容を見ている状況である。そ

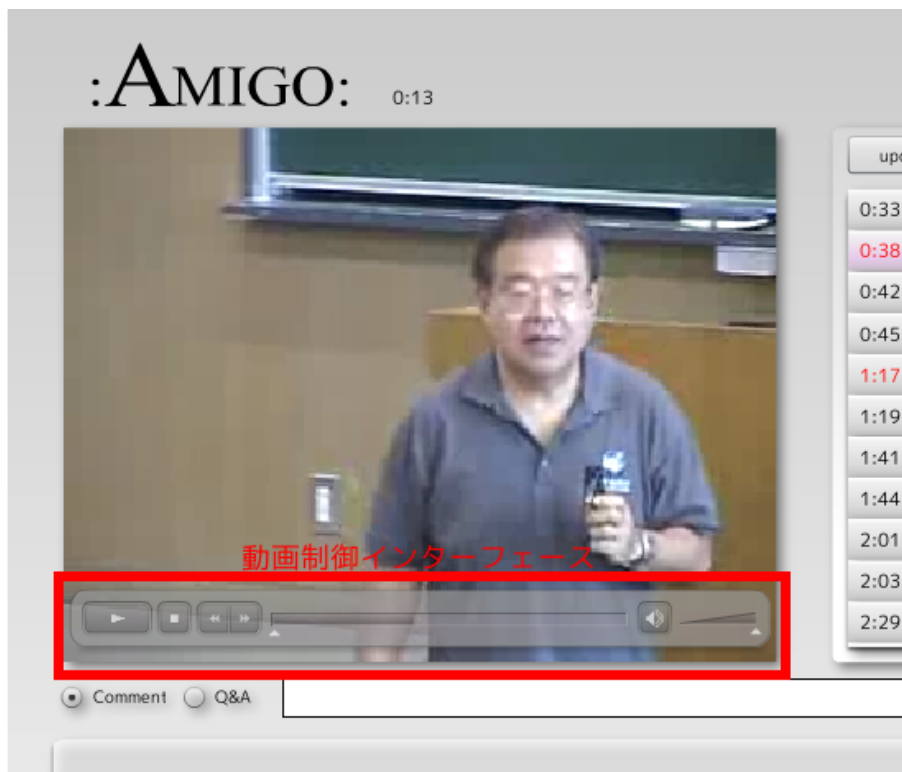


図 6.8: 動画再生機能部分

のためアノテーションに対する新しいアノテーションの追加インターフェースはアノテーション詳細表示インターフェースに組み込まれている．アノテーションに対するアノテーションの追加インターフェースの実装図を図 6.11 に示す．



図 6.9: ライン型アノテーション追加インターフェース

6.3.4 タイムラインからアノテーションの自動表示機能

再生している講義の場面と関連性のあるアノテーションを，余分な作業をすることなく表示するために，タイムラインからアノテーションの自動表示機能を実装した．動

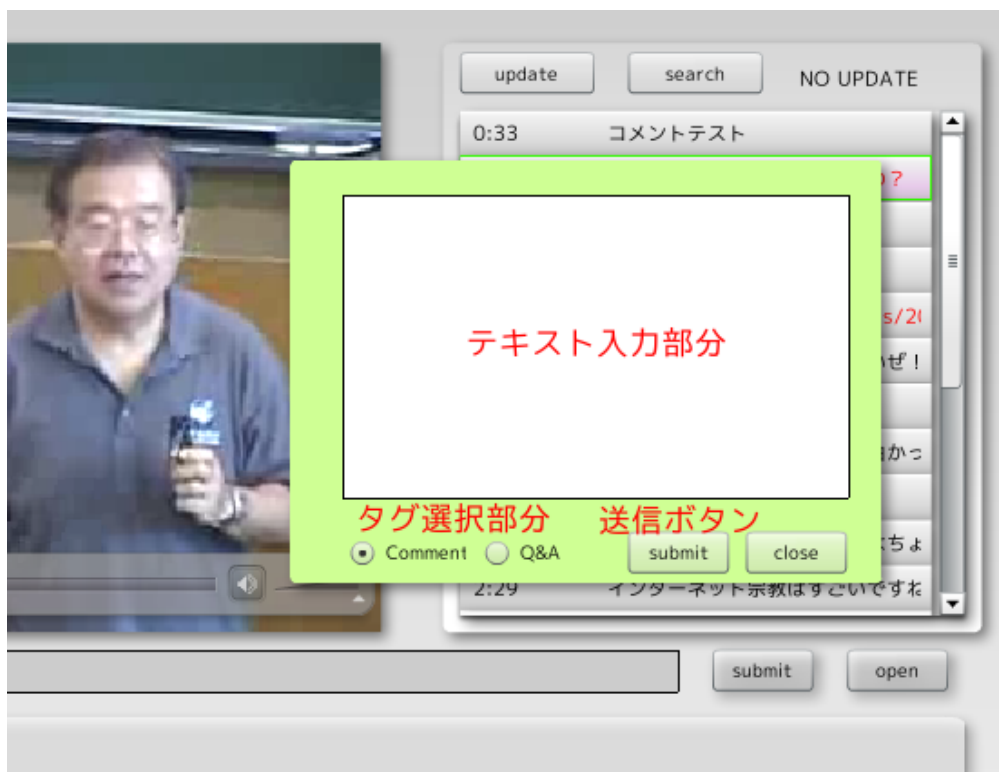


図 6.10: フィールド型アノテーション追加インターフェース

画のタイムラインを監視して、再生されているタイムラインに関連性のあるアノテーションを表示する。第 5.2.4 節に示した、再生されているタイムラインにおけるユーザ全体のアノテーションが把握できることと、個々のアノテーションの詳細が把握できることの 2 つの要求を満たすために、スレッド型アノテーション表示形式と吹き出し型アノテーション表示形式の 2 つの表示形式を用意した。スレッド型表示を図 6.12 に示し、吹き出し型表示を図 6.13 に示した。二つの表示形式は、アノテーション表示部分の下部に表示されているラジオボタンで切り替えが出来る。

スレッド型アノテーション表示形式は、アノテーションそれぞれの内容を正確に把握するための表示形式である。そのため、アノテーションをクリックすることでアノテーションの全文や、関連するアノテーションといった詳細な内容を表示できる機能を実装した。詳細表示機能に関しては、第 6.11 節で詳しく述べる。また、多くの BBS の表示形式と同様に、アノテーション表示部分に時系列順にアノテーションを表示し、再生されているタイムラインよりも以前に追加されたアノテーションは不透明に、再生されているタイムラインよりも後に追加されたアノテーションは半透明に表示している。さらに、常に学習者の関心のあるアノテーションを表示するため、アノテーション表示エリアは再生されているタイムラインに一番近いアノテーションを常に表示するように実装した。また、関連するアノテーションの有無を表現するために、関連するアノテーションのある場合は赤字で、ないアノテーションは黒字で場合の本文を表示した。

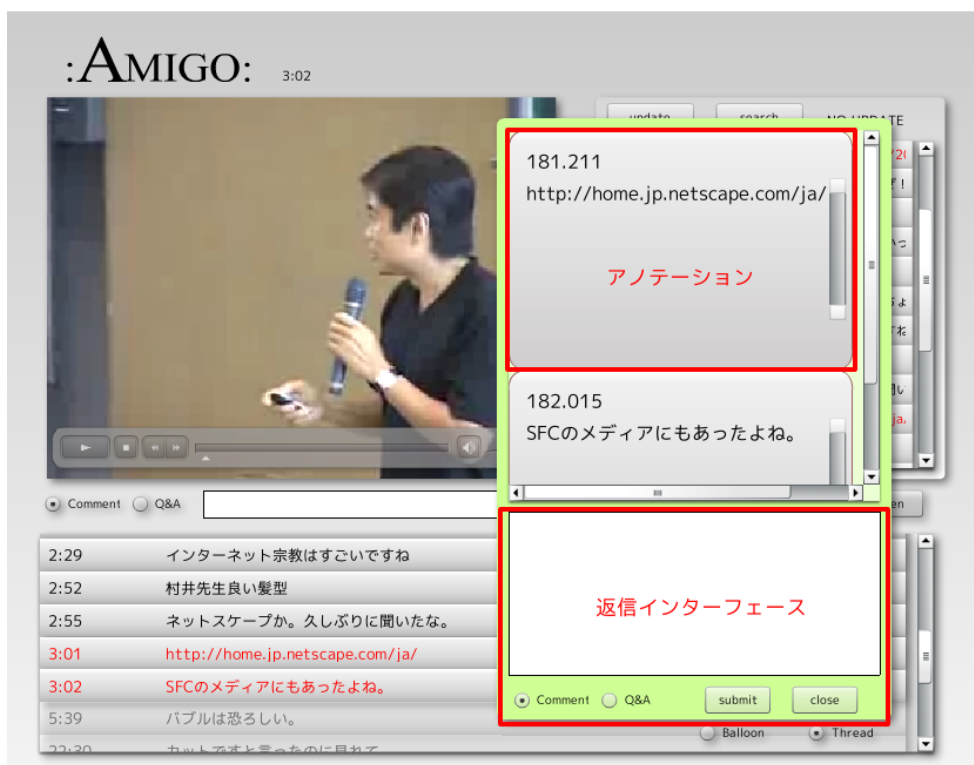


図 6.11: アノテーション詳細表示インターフェース

吹き出し型アノテーション表示形式は、講義の各場面において学習者全体がどのような反応をしたのかを把握するための表示形式である。そのため、アノテーション表示部分には、場面に関連のあるアノテーションのみを表示する。アノテーションの保持するタイムラインが、動画の再生されているタイムラインから 20sec の間に存在する場合は、アノテーションを吹き出し形式で表示し、それ以外の範囲に存在する場合は、アノテーションを非表示にする。また、アノテーションが多数表示された場合、吹き出しが重なり合い、アノテーションの内容が見えなくなる場合が考えられる。それ自体は、近接講義で発生することであり、ユーザ全体の反応を把握するという目的を妨げるものではない。ただし、関心のあるアノテーションが見えなくなってしまうことも考えられるため、吹き出しをドラッグ・アンド・ドロップによって吹き出しの位置を移動可能にした。また、スレッド型と同様に、関連するアノテーションがあるアノテーションは赤字で、ないアノテーションは黒字で表示した。

アノテーションのテキスト全文を表示したい場合に利用する。またアノテーションを詳細に表示したい場合には、関連するアノテーションの表示も要求される場合が多いため、関連するアノテーションも同時に全文表示する。アノテーション表示形式がスレッド型の状態でアノテーションをクリックすると、アノテーションの詳細表示インターフェースが表示される。アノテーション詳細表示インターフェースの実装図を図 6.11 に示した。上部分がアノテーションの内容を詳細に表示するインターフェースで、下部分がクリックしたアノテーションに新しいアノテーションを追加するインター

フェースである。



図 6.12: スレッド型アノテーション表示形式

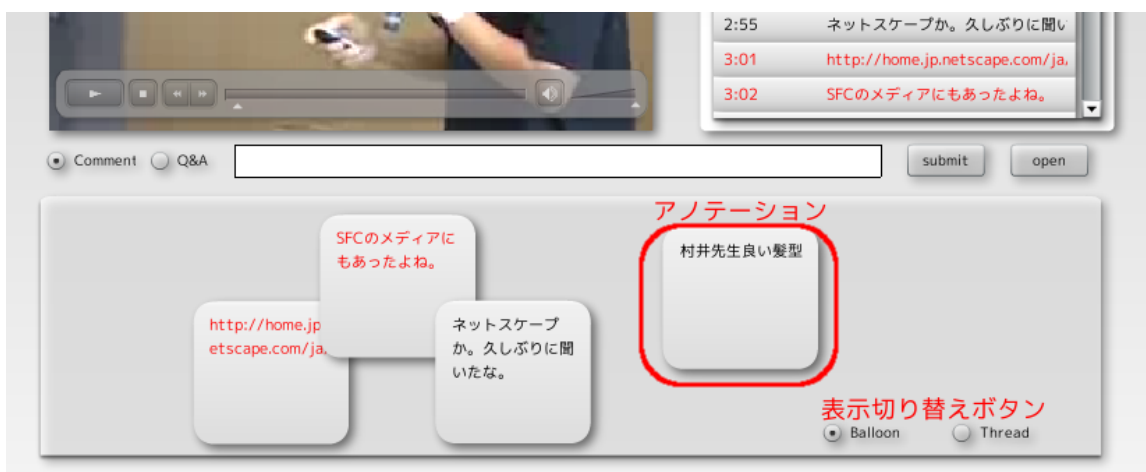


図 6.13: 吹き出し型アノテーション表示形式

6.3.5 アノテーションの検索機能

学習者が自分に必要な情報に効率よく取得できるようにするために、アノテーション検索機能を実装した。アノテーションの検索基準として、ユーザID、アノテーションタグ、タイムライン、テキスト、返信の有無を利用する。アノテーションの検索は、検索条件を入力した後、検索ボタンを押すことで実行される。またクリアボタンをクリックすることで、入力してある検索条件がリセットされる。検索インターフェースの実装図を図 6.3.5 に示す。検索機能を使ってアノテーションを検索した場合、検索に

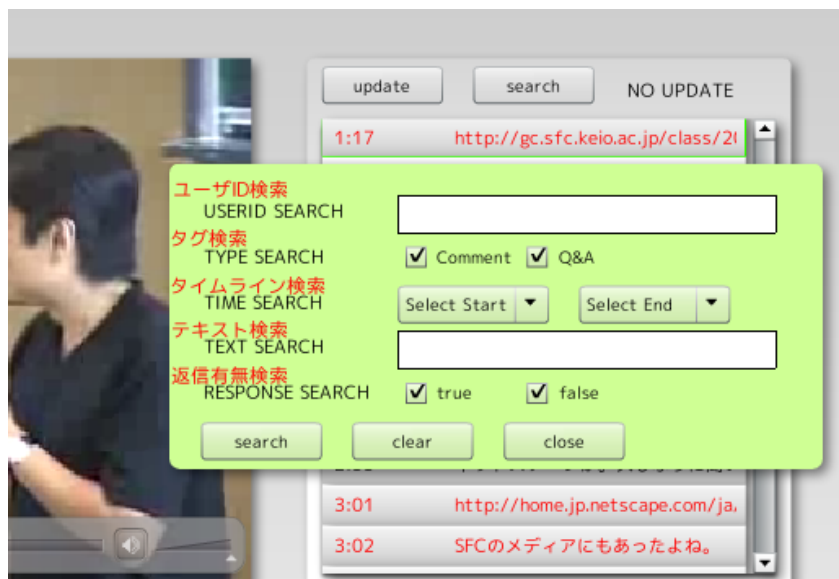


図 6.14: アノテーションの検索インターフェース

合致したアノテーションのみがアノテーション表示部分とアノテーションリスト部分に表示される。以下では、各検索情報について述べる。

講師または学習者がアノテーションの発生した講義の場面を検索するための機能として、アノテーションリスト部分にアノテーションからの動画トレース機能を実装した。アノテーションリスト部分で表示されているアノテーションをクリックすると、アノテーションの保持しているタイムラインに動画の再生場面が移動する。

ユーザ ID ユーザが自分、または知人のアノテーションを検索する場合に利用する。ユーザ ID をスペースで区切ることで複数のユーザ ID を検索キーワードにして検索できる。

タグ ユーザがアノテーションの種類によって検索したい場合に利用する。質問・回答のみ、またはコメントのみを非表示にしたい場合、表示させたくないタグのチェックボックスを外すことで、目的のタグの付いたアノテーションのみを表示することができる。

テキスト ユーザが求める情報を含むアノテーションを検索するために利用する。ユーザ ID と同様にスペースで区切ることで複数の情報を検索キーワードにして検索できる。

タイムライン ユーザが講義の特定のタイムラインに関連しているアノテーションを表示したい場合に利用する。対象とするタイムラインの開始と終了を指定することで、その範囲のタイムラインと関連するアノテーションを表示できる。

発生アノテーションの数 ユーザが関連するアノテーションが存在するアノテーションのみを表示したい場合に利用する。例えば、質問のアノテーションだけでは、知識が増えることは少ないが、回答の付いた質問は、その質問内容に関する知識を習得できる。情報の多いアノテーションだけを表示できる。

6.4 バックエンド実装

6.4.1 データベース

データベースは3つのテーブルで定義している。1つ目が利用者の情報を管理している Person テーブルで、2つ目がアノテーション情報を管理する Annotationo テーブル、3つ目が講義動画の情報を管理する Video テーブルある。データベースの概要を表6.2に示した。

Person テーブル Person テーブルで管理している情報は、利用者の氏名、所属、メールアドレス、メール配信希望、ログインID、パスワード、ユーザ権限である。利用者の氏名は、Person_Name という名前で VARCHAR(20) を型として定義している。所属は、今回は慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスでの講義を想定したので、Person_Affiliation という名前で ENUM 型で定義し、主に総合政策学部と環境情報学部から選択できるように、総合政策学部を 'PolicyManagement' に割り当て、環境情報学部を 'EnvironmentAndInformation' に割り当てた。いずれにも属さない学生は 'Other' に割り当てた。利用者の氏名と所属は、講義をする講師がアノテーションを成績に利用することができるよう、Person テーブルに追加した。ログインIDは、Person_ID という名前で VARCHAR(20) 型で定義しており、テーブル内で重複しないようシステムを構築した。ログインIDは、システムログイン時とアノテーションと学習者を関連付ける場合に用いられる。パスワードは、Person_Password という名前で、VARCHAR(100) 型で定義した。パスワードはログイン時などのユーザ認証に利用する。

Annotation テーブル Annotation テーブルで管理している情報は、アノテーションID、テキスト、追加した学習者のユーザID、講義動画のタイムライン、タグ、発生元のアノテーションID、講義ID、追加時のクライアントの実時間である。アノテーションIDは、Annotation_ID という名前で UNSIGNED INT(10) で定義されている。アノテーションをデータベース内で一意に特定するための値で、アノテーションの更新確認やアノテーションに対するアノテーションの返信、ユーザによるアノテーションの検索を可能にするために利用する。テキストは、Annotation_Text という名前で LONGTEXT 型として定義されている。学習者や講師がする発言や反応の内容であり、アノテーション表示部分やアノテーションリスト部分に、表示される情報の中心となり、キーワード検索にも利用される。学習者のユーザIDは、Person テーブルで定義されているユーザIDと同様のものである。アノテーションを追加した学習者を特定するためのものであり、検索キーワードに利用している。講義のタイムラインは、Playhead_Time と言

う名前で UNSIGNED FLOAT 型で定義されていて、タイムラインからアノテーションの自動表示機能に利用されている。またアノテーションの検索基準にもなっている。タグは、Tag_Name という名前で VARCHAR(20) 型として定義されている。検索時に利用され、タグの種類も現在のコメントと質問・回答以外に増加することも考えられるので、ENUM 型ではなく、VARCHAR 型で宣言している。発生元のアノテーション ID は、Annotation_ID と同様のものであるが、アノテーションがタイムラインに追加された場合は、NULL が、アノテーションがアノテーションに追加された場合は、追加元のアノテーション ID が値として入力される。アノテーションの詳細表示機能で関連するアノテーションを一覧表示する場合に利用する。講義 ID は Video テーブルで定義されているものと同様であり、アノテーションをサーバから取得する場合に利用する。は、Video テーブルの追加時のクライアントの実時間は、Add_Time という名前で TIMESTAMP 型で定義されている。

Video テーブル Video テーブルで管理している情報は、講義 ID、講義名、動画への URI である。講義 ID は、Video_ID という名前で UNSIGNED INT(10) 型として定義されている。講義のビデオをデータベース内で一意にするための ID であり、クライアントにどのアノテーションを送信するかを決定する場合に利用する。講義名は、Video_Title という名前で varchar(45) 型として定義されている。今回は、対象とする講義が 1 つだけだったために利用しなかったが、学習者が講義を選択する場合に利用することを想定した。動画への URI は、URI という名前で、VARCHAR(255) で定義されている。学習者が講義の受講を開始する際に、講義動画の URI をクライアントに教える時に使用する。

6.4.2 通信部分

クライアントとデータベースサーバとのインターフェースには PHP を利用した。クライアントは HTTP の POST メソッドでデータを、PHP スクリプトに渡すことによって、データベースサーバからデータを取得したり、データベースサーバにデータを入力したりすることができる。本システムでは select.php、thread.php、check.php そして insert.php を用意した。select.php は初期化状態とアノテーション更新状態において、アノテーション ID のリストをデータベースサーバからクライアントに渡すスクリプトである。thread.php は初期化状態とアノテーション更新状態において、データベース上の全アノテーションをデータベースサーバからクライアントに渡すスクリプトである。check.php はアノテーション更新確認状態において、クライアントからデータベースサーバにクライアントが保持しているアノテーションの情報を送信し、更新があるかどうかを通知するスクリプトである。最後に、insert.php はアノテーション追加状態において、クライアントから受け取った新しいアノテーションをデータベースサーバに入力するスクリプトである。

表 6.2: データベース概要

テーブル名	カラム名	型
Person	Person_ID	INTEGER
	Person_Grade	INTEGER
	Person_Affiliation	ENUM
	Person_Password	VARCHAR
	Person_MailBool	TINYINT
	Person_MailAddress	VARCHAR
	Person_Privilege	ENUM
Annotation	Annotation_ID	INTEGER
	Person_ID	INTEGER
	Video_ID	INTEGER
	Tag_Name	VARCHAR
	Common_Text	LONGTEXT
	Parent_ID	INTEGER
	Plyahead_Time	FLOAT
	Add_Time	TIMESTAMP
Video	Video_ID	INTEGER
	URI	VARCHAR
	Video_Title	VARCHAR

第7章 評価と検証

本章では，本システムのアンケートによる定性評価，及びシステムの耐性評価について述べる．

7.1 アンケート評価

第2章で述べた学習意欲低下の問題に対する本システムの有効性を検証するために，実際に慶應義塾大学の講義において本システムを利用し，被験者にアンケートに答えてもらった．本システムがアノテーションの共有において有用なシステムであるか，本システムを利用することで学習意欲の向上を期待できるかどうか，をアンケートによって評価した．

7.1.1 実験環境

実験は，慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにおいて2007年度秋学期に開講された慶應義塾大学政策メディア研究科大川恵子教授による学習環境構築ワークショップにおいて実施された．同講義を受講している慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスに所属している学生に被験者として参加してもらい，システムを利用して遠隔環境で講義を受講してもらった．講義を受講した後に，システムに関するアンケートに答えてもらった．有効回答数は17だった．

7.1.2 アンケートの設問

アンケートの設問内容と回答における肯定的意見と否定的意見の占める割合を，表7.1に示した．回答の選択肢は，「1. そう思う」，「2. どちらかというと思う」，「3. どちらでもない」，「4. どちらかと言えばそう思わない」，「5. そう思わない」にである．

質問項目1から4では，本システムが学習者に効率的なアノテーションの共有システムを提供できているかどうかを確認した．質問項目1では質問のアノテーションを，質問項目2では回答のアノテーションを，質問項目3では反応のアノテーションを，それぞれ学習者が追加する際に，学習者が本システムはアノテーションを追加しやすいシステムであると感じたか，を確認した．質問項目4では，学習者が，他の学習者が追加したアノテーションによって，反応や講義の臨場感を感じたかを確認した．

質問項目 5 から 7 では、質問のアノテーションを容易に追加できることで、学習者の学習意欲や学習理解が向上するかを確認した。質問のアノテーションを容易に追加できることで、講義の理解度が向上すると感じるか (質問項目 5)、講義受講への学習意欲が向上するか (質問項目 6)、講義への集中力が向上するか (質問項目 7)、をそれぞれ確認した。

質問項目 8 から 10 では、質問と回答のアノテーションを容易に参照ができることで、学習効果や学習意欲が向上するかを確認した。質問と回答ののアノテーションを容易に参照できることで、講義の理解度が向上すると感じるか (質問項目 8)、講義受講への学習意欲が向上するか (質問項目 9)、講義への集中力が向上するか (質問項目 10)、をそれぞれ確認した。

質問項目 11 から 13 では、反応のアノテーションを容易に追加できることで、学習内容の理解や学習意欲を向上するかを確認した。反応のアノテーションを容易に追加ができることで、講義の理解度が向上すると感じるか (質問項目 11)、講義受講への学習意欲が向上するか (質問項目 12)、講義への集中力が向上するか (質問項目 13)、をそれぞれ確認した。

質問項目 14 から 16 では、反応のアノテーションを容易に参照できることで、学習内容の理解や学習意欲を改善したかを確認した。反応のアノテーションを容易に参照できることで、講義の理解度が向上すると感じるか (質問項目 14)、講義受講への学習意欲が向上するか (質問項目 15)、講義への集中力が向上するか (質問項目 16)、をそれぞれ確認した。

7.1.3 アンケート結果の考察

アンケートの結果の詳細を図 7.1 に示す。

本システムが学習者に効率的なアノテーションの共有システムを提供できているかどうかを確認する質問項目 1 から質問項目 4 を考察すると、すべての項目で本システムに対して肯定的な結果が否定的な結果を大きく上回った。質問項目 1 から質問項目 3 において、本システムは目的通り、質問、回答、反応のアノテーションの追加が容易であると言える。また、質問項目 4 において、本システムは目的通り、他の学習者が追加したアノテーションによって、他の学習者の反応を感じるができると言える。アンケート結果の詳細は、質問項目 1 では肯定が 91% で否定が 9%、質問項目 2 では肯定が 55% で否定が 9%、質問項目 3 では肯定が 73% で否定が 18%、質問項目 4 では肯定が 91% で否定が 0% となった。しかし、特に質問項目 2 に関しては、肯定的な内容が大きく上回ったが、「どちらでもない」の選択肢の回答が 36% あった。他の質問項目と比べると肯定的な回答が少ないのは、本システムが学習者に対して、自分の知識を共有する行動を喚起できなかったことを表している。

質問のアノテーションの追加が学習者の学習意欲や学習理解を向上させるを確認した質問項目 5 から質問項目 7 を考察すると、すべての質問項目において、質問のアノテーション追加の教育的効果に対して肯定的な結果が否定的な結果を大きく上回った。アンケート結果の詳細は、質問項目 5 では肯定が 82% で否定が 18%、質問項目 6 では肯

表 7.1: アンケート設問

	質問文	肯定	否定
質問 1	本システムは、講義ビデオを見ながら質問したいと感じた時に、質問を書き込みやすいシステムか？	90.9%	9.1%
質問 2	本システムは、他の受講生の質問に対してあなたが回答を持っていた時に、回答を書き込みやすいシステムか？	54.6%	9.1%
質問 3	本システムは、講義ビデオを見ながら思ったことや感じたことがあった時に、書き込みやすいシステムか？	72.8%	18.2%
質問 4	本システムは、他の受講生が講義ビデオを見ながら思ったことや感じたことなどを感じる事が出来るシステムか？	91%	0%
質問 5	講義ビデオを見ながらその場で質問を書きこめることは、その仕組みがない場合と比較して、講義内容の理解度が向上すると思うか？	81.8%	18.2%
質問 6	講義ビデオを見ながらその場で質問を書きこめることは、その仕組みがない場合と比較して、講義を受講することが楽しくなると思うか？	63.7%	18.2%
質問 7	講義ビデオを見ながらその場で質問を書きこめることは、その仕組みがない場合と比較して、講義への集中力が増すと思うか？	54.6%	9.1%
質問 8	講義ビデオによせられている他受講生の質問や回答を見ることは、その仕組みがない場合と比較して、講義内容の理解度が向上すると思うか？	81.8%	0%
質問 9	講義ビデオによせられている他受講生の質問や回答を見ることは、その仕組みがない場合と比較して、講義を受講することが楽しくなると思うか？	81.9%	0%
質問 10	講義ビデオによせられている他受講生の質問や回答を見ることは、その仕組みがない場合と比較して、講義への集中力が増すと思うか？	45.5%	18.2%
質問 11	講義ビデオを見ながらその場で講義への感想を書きこめることは、その仕組みがない場合と比較して、講義内容の理解度が向上すると思うか？	100%	0%
質問 12	講義ビデオを見ながらその場で講義への感想を書きこめることは、その仕組みがない場合と比較して、講義を受講することが楽しくなると思うか？	81.8%	0%
質問 13	講義ビデオを見ながらその場で講義への感想を書きこめることは、その仕組みがない場合と比較して、講義への集中力が増すと思うか？	54.6%	9.1%
質問 14	講義ビデオによせられている他受講生の講義への感想を見ることは、その仕組みがない場合と比較して、講義内容の理解度が向上すると思うか？	72.7%	0%
質問 15	講義ビデオによせられている他受講生の講義への感想を見ることは、その仕組みがない場合と比較して、講義を受講することが楽しくなると思うか？	81.8%	0%
質問 16	講義ビデオによせられている他受講生の講義への感想を見ることは、その仕組みがない場合と比較して、講義への集中力が増すと思うか？	27.3%	18.2%

定が64%で否定が18%、質問項目7では肯定が54%で否定が9%となった。特に質問項目8に着目すると、肯定的な回答が82%であり、否定的な回答が18%であるため、質

問のアノテーションの追加が講義内容の理解度の向上に大きく貢献することが確認できた。

質問と回答のアノテーションの参照が学習効果や学習意欲を向上させるか確認した質問項目 8 から質問項目 10 を考察すると、質問項目 1 からと同様に、すべての質問項目において肯定的な回答が否定的な回答を大きく上回った。アンケート結果の詳細は、質問項目 8 では肯定が 82%で否定が 0%、質問項目 9 では肯定が 82%で否定が 0%、質問項目 10 では肯定が 82%で否定が 0%となった。質問と回答のアノテーションの参照は、特に肯定的な回答が大半であり、否定的な回答はなかった。このことから、質問と回答のアノテーションの共有が学習者にとって理解度や学習意欲、集中力にもっとも効果的な機能であると言える。

反応のアノテーションの追加が学習効果や学習意欲を向上させるか確認した質問項目 11 から質問項目 13 を考察すると、すべての質問項目において肯定的な回答が否定的な回答を大きく上回った。アンケート結果の詳細は、質問項目 11 では肯定が 46%で否定が 18%、質問項目 12 では肯定が 82%で否定が 0%、質問項目 13 では肯定が 55%で否定が 9%となった。特に質問項目 12 において、肯定が 82%で否定が 0%であり、1 番強い肯定である「そう思う」の回答が 55%達している。このことから反応のアノテーションの追加は学習意欲の向上には大きな効果があることを示した。

反応のアノテーションの参照が学習効果や学習意欲を向上させるか確認した質問項目 14 から質問項目 16 を考察すると、こちらも質問項目において肯定的な回答が否定的な回答を上回った。アンケート結果の詳細は、質問項目 14 では肯定が 73%で否定が 0%、質問項目 15 では肯定が 82%で否定が 0%、質問項目 16 では肯定が 27%で否定が 18%となった。質問項目 14 と質問項目 15 では、否定的な回答がなく、肯定的な回答が大半であるため、反応のアノテーションの参照は、学習内容の理解度の向上や学習意欲の向上には大きな効果があると言える。しかし、質問項目 16 では、肯定と否定の回答にあまり差がなく、どちらでもないが 55%ともっとも多い。このことから、反応のアノテーションの参照が講義への集中力の向上にあまり効果がないと判断できる。反応のアノテーション参照による理解度と学習意欲の向上の効果を保ちつつ、講義への集中を妨げない工夫も考えるべきだと言える。

7.2 システム検証

7.2.1 検証環境

本システムがオンデマンド型遠隔教育において利用できることを証明するために、サーバのシステム耐性を検証する。サーバの負荷テストに関しては、学習者からのアクセスが集中した場合、システム運用に影響が発生するかどうかを検証する。複数のマシンで、第 6.2 節に示した Amigo クライアントの通信機能のみを実装した PHP スクリプトを実行した。PHP スクリプトは、Amigo クライアントと同様に、3 秒毎にアノテーションの更新を確認する。更新があるようならアノテーションをサーバから取得する。またアノテーションの追加も実行する。アノテーションの追加の間隔は、スク

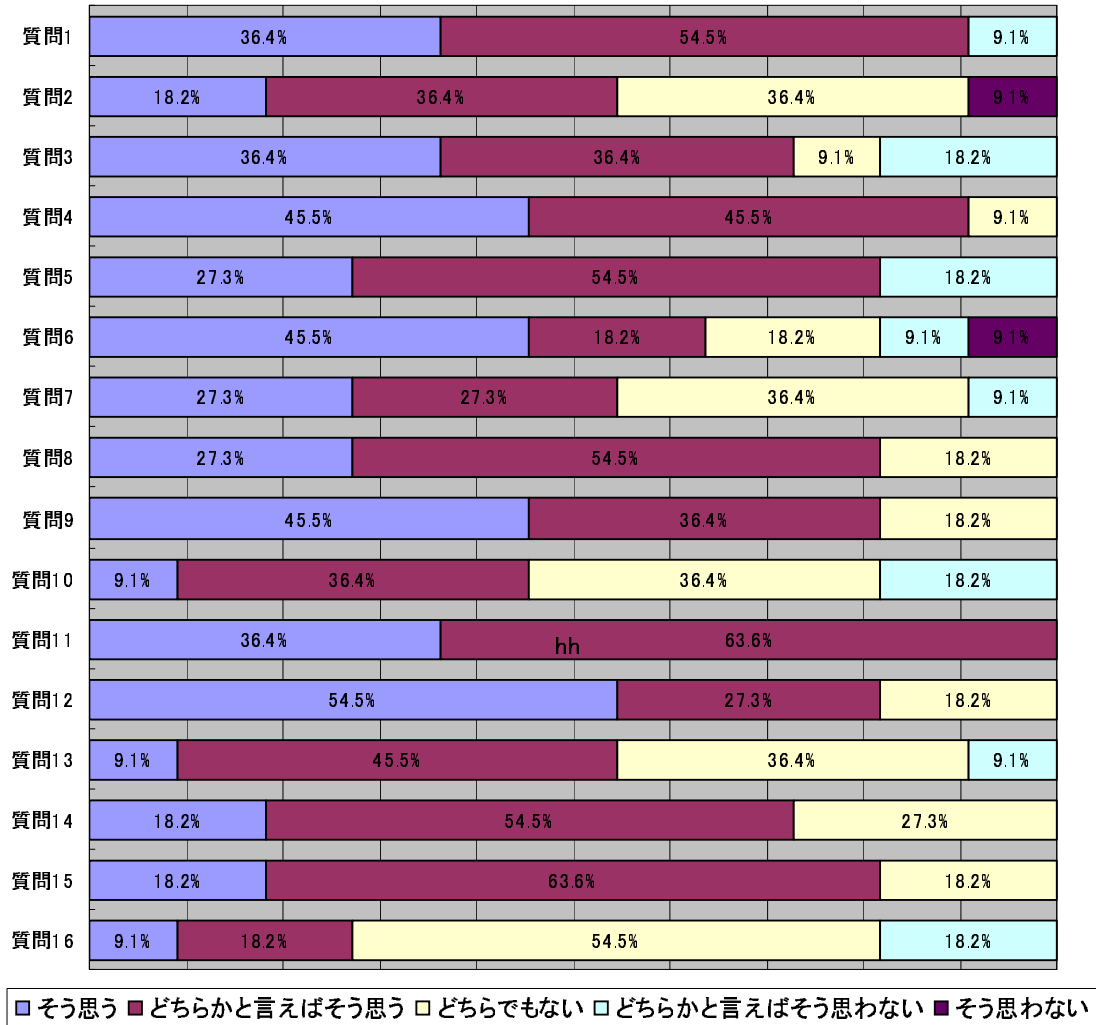


図 7.1: アンケート結果

表 7.2: サーバマシンのスペック

OS	Linux kernel 2.6.18-5-686
CPU	Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.06GHz
メモリ	2GB
ファイルシステム	ext3

リプトのプロセス毎に1分間に1回追加する場合と1分間に0.1回追加する場合の2回に分けてサーバの負荷をテストした。サーバマシンのスペックを表7.2に示す。

7.2.2 検証結果

動作しているクライアント数が増加するにしたがって、アノテーションの更新確認やアノテーションリストの取得、アノテーションの追加にかかる時間が増加している。図 7.2 にエラー発生率を、図 7.3 と図 7.4 にアノテーション取得に要した時間のグラフを示した。アノテーション取得に要した時間に関しては、毎分 1 コメント書き込んだ場合、アノテーションの取得や確認、追加に要する時間が 20 秒前後かかる。また各クライアントが毎分 0.1 コメント書き込んだ場合、処理にかかる時間が最大で 10 秒前後かかる。100 人までユーザが増加しても、10 秒程度の遅延で動作する。しかし、エラー発生率に関しては、各クライアントが毎分 1 コメント書き込んだ場合でも、最大で 0.5% のエラーしか発生しておらず、99% 以上はアノテーションを取得できている。毎分 0.1 コメントの場合にはほとんど発生していないことがわかる。

オンデマンド環境では、大量のユーザが同時接続する可能性が低いいため、同時に 100 以上のクライアント数が接続する状況はまれであると考えられる。検証ではクライアント数の増加によってアノテーションの処理時間が増加しているが、エラー発生率は十分に低いため実運用上で問題ないと言える。

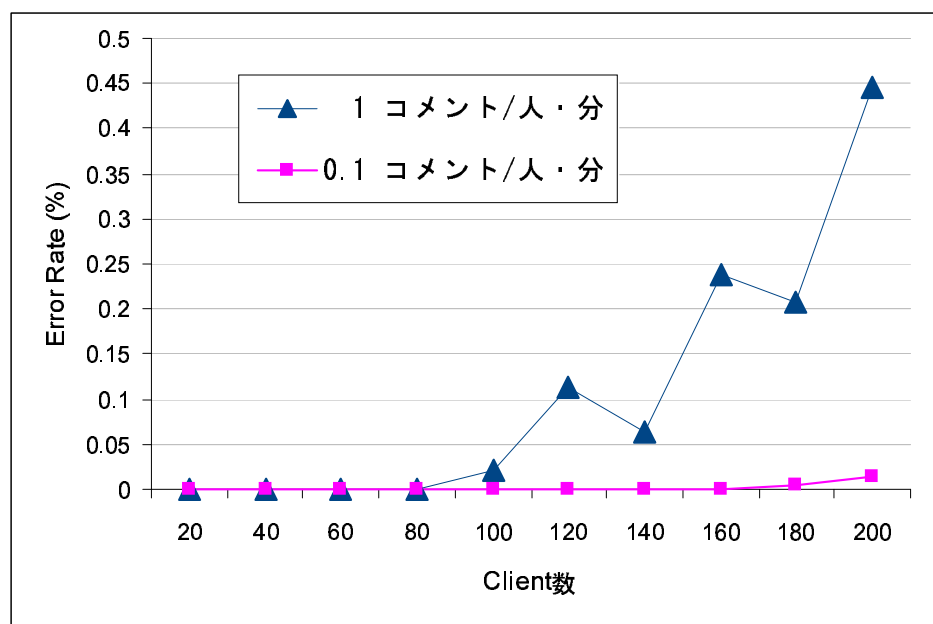


図 7.2: エラーの発生率

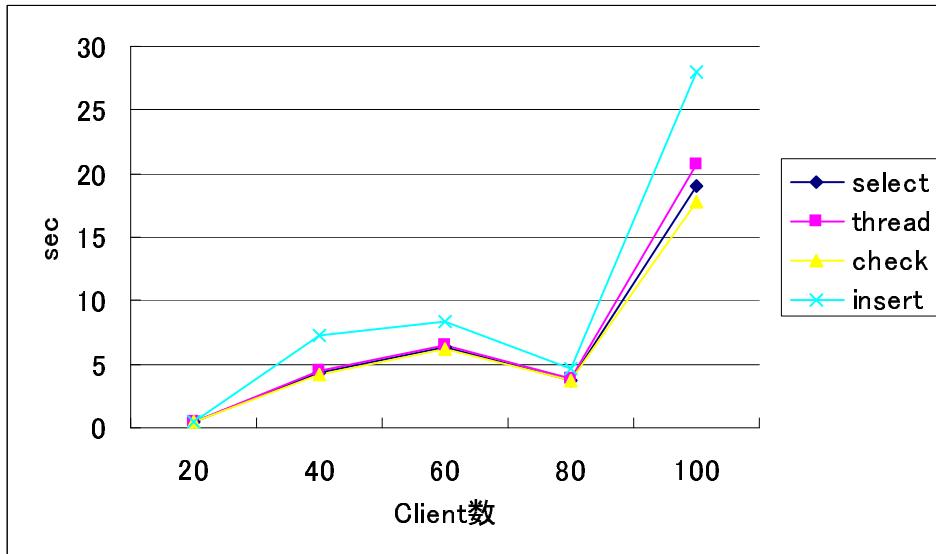


図 7.3: アノテーション取得に要した時間 (毎分 1 コメント/1 クライアント)

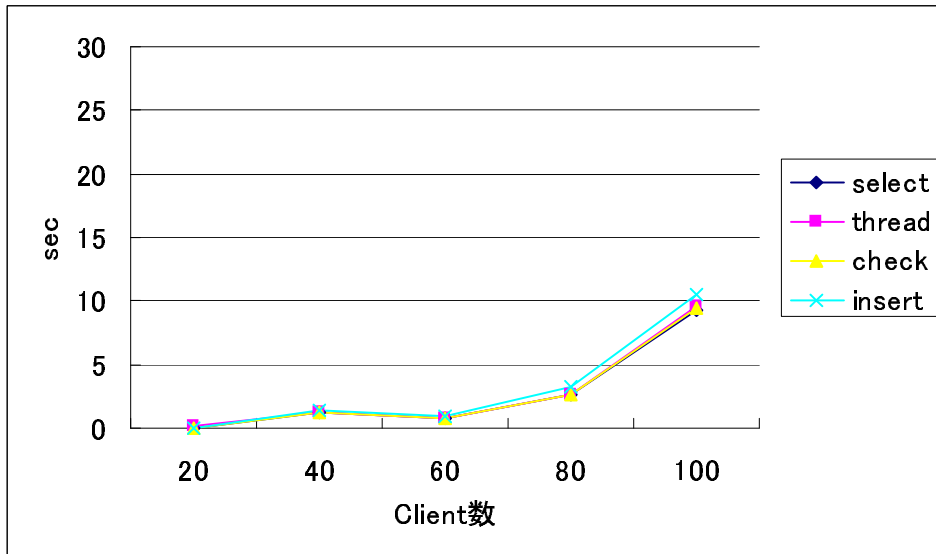


図 7.4: アノテーション取得に要した時間 (毎分 0.1 コメント/1 クライアント)

第8章 結論

8.1 結論

本論文は、近年広く利用されているオンデマンド型遠隔教育システムを取り上げ、オンデマンド型遠隔講義における学習者の学習意欲が低下している問題を取り上げた。本論文では、学習者の学習意欲の低下の一因が、オンデマンド型講義における非効率なアノテーション共有にあるとした。オンデマンド型講義では、講義の参加者が時間と場所を共有できないため、アノテーションの共有が非効率である。本論文では、アノテーションの共有が非効率になっている原因を3点示した。1つ目がアノテーションの文脈欠落問題、2つ目が余分なプロセス発生問題、3つ目が参加者全体の雰囲気の問題である。この3つの原因からアノテーションの共有が困難になり、結果として学習者の学習意欲の低下につながっている。

本論文では、そのような非効率なアノテーション共有の問題を解決するために、アノテーションと講義のタイムラインを関連付けて、アノテーションを共有するシステムである Amigo を設計・実装した。Amigo では、アノテーションとアノテーションの追加された講義のタイムラインを自動的に関連付けた。結果として、アノテーションのタイムラインからアノテーションの追加された文脈を容易に把握することが可能になった。また Amigo では、講義動画の再生とアノテーションの共有を統合的に管理するインターフェースを実装した。結果として、講義受講を中断することなく、アノテーションの追加と参照が可能になった。そしてアノテーションに関連付けられたタイムラインを利用して、講義の場面毎の参加者全体の反応を把握できるアノテーション表示インターフェースを実装した。結果として、オンデマンド型講義において、他の学習者の反応を容易に把握することができるようになった。

オンデマンド型遠隔教育における学習意欲低下問題、アノテーションの非効率な共有問題に対する本システムの有効性を証明するために、慶應義塾大学で実施されている講義で実験を実施した。講義を受講している学生に本システムを利用してもらい、アンケートに回答してもらった。アンケートの結果、本システムは、学習者にとってアノテーションの共有を行いやすいシステムであることが証明された。アンケートに回答した学生の大半が、本システムを利用して質問や回答、または反応のコミュニケーションをとりやすいと回答した。逆に否定的な回答はすべて20%以下であった。またアンケートによって、本システムで共有される質問や回答、反応のアノテーションが講義内容の理解度、学習意欲、そして講義への集中力の向上に効果的であるという結果が得られた。質問項目のすべてにおいて、それぞれの種類のアノテーションの共有が学習内容の理解度や学習意欲、集中力の向上に効果的であるという回答が否定的な

回答よりも多かった。

本論文によって、講義のタイムラインに関連付けたアノテーションを利用したコミュニケーションシステムが、オンデマンド型遠隔講義のコミュニケーションを改善することが示された。よって本システムを利用することで、オンデマンド型遠隔講義の学習者の理解度や学習意欲、講義への集中力を向上させることが期待できる。

8.2 今後の課題

8.2.1 長期間に渡る実験の実施

今回の実験では、講義を一度だけ受講してもらい、被験者からアンケートをとって評価とした。しかし、本来講義とは半年間または1年間続きくものであり、講義内容の学習結果をテストやレポートなどの形で評価される。そのような講義の全体の中で本システムがどのような効果を持つ評価する必要がある。

8.2.2 アノテーション情報の効率的な利用に関する研究

本システムでは、アノテーションを効率的に共有することにのみ着目してシステム的设计と実装を行った。しかし、学習を進めるに当たって、アノテーションがどのように利用されているのか、アノテーション情報にどのような傾向があるのか、またはどのようなメタ情報を付け加えることによって、学習者にとって利用しやすいアノテーション共有システムとなるのかについて調査の余地がある。今後は、アノテーション情報などの分析によって進めなければならない。

8.2.3 効率的な運用の研究

本論文では、利用者の視点からのみシステムを構築した。しかし、実際にシステムの運用を進めるに当たって、管理者の視点からのシステム構築は必要不可欠である。このようなアノテーション共有システムでは管理者にとってどのような問題が発生するのか、どのようにアノテーションを管理することで管理者が運用しやすいシステムとなるのか、などを考慮しなければならない。今回は講義の数は

謝辞

本論文の作成にあたり，御助言をいただきました慶應義塾大学環境情報学部教授 村井純博士，並びに同学部教授 徳田英幸博士，同学部教授 中村修博士，同学部准教授 楠本博之博士，同学部准教授 高汐一紀博士，同学部専任講師 湧川隆次博士，同学部専任講師 重近範行博士，同学部専任講師 Rodney D. Van Meter III 博士に感謝します。

慶應義塾大学デジタルメディア・コンテンツ統合研究機構特別研究教授 大川恵子博士に感謝します。本論文執筆にあたり，貴重なご意見やご指導をいただきました。また本論文の評価に必要な実験環境を提供していただきました。ありがとうございました。

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科後期博士課程 三川荘子氏，工藤紀篤氏に感謝します。両氏は，本論文執筆開始時に遠隔教育に関する知識を持っていなかった私に，我慢強く指導してくださいました。三川氏は，氏自身の論文執筆がお忙しい中，本論文の内容に対して細やかな助言をくださいました。工藤氏は，執筆が遅れている私に対し，継続的に叱咤激励していただきました。ありがとうございました。

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科前期博士課程 水谷正慶氏に感謝します。氏は，私が研究室に入った当初から，研究に必要な基本的な知識や研究の進め方など詳しく，そして我慢強く指導してくださいました。また，生活面や精神面でも指導していただきました。氏無くしては，卒業論文の執筆はもちろん，慶應義塾大学の卒業もありませんでした。本当にありがとうございました。

慶應義塾大学村井研究室のメンバーである，慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 植原啓介准教授，同研究科助教 佐藤雅明氏，同研究科講師 南政樹氏，同研究科講師 土本康生氏，同研究科後期博士過程 小原泰弘氏，村上陽子氏，石原知洋氏，三屋光史朗氏，岡田耕司氏，久松剛氏，堀場勝広氏，白畑真氏，同研究科前期博士課程 大藪勇輝氏，奥村祐介氏，金井瑛氏，空閑洋平氏，総合政策学部 永井ゆり氏，環境情報学部 六田佳祐氏，黒宮佑介氏，波多野敏明氏，SFC 研究所訪問研究者 小川浩司氏，Cisco Systems 小椋康平氏に感謝します。特に空閑洋平氏には，システム構築や本論文執筆にあたり，多大なるご指導をいただきました。また波多野敏明氏には，本論文執筆におけるほぼすべての作業を全面的に手伝っていただきました。両氏の協力無しでは，システム構築や実験の実施，そして論文の完成は不可能でした。ありがとうございました。

また研究室同期である佐藤龍氏に感謝します。氏の研究に対する真面目で凜とした姿勢が，無言で私の研究に対する姿勢を正してくれました。常に私の一歩先を歩き，同期として私を先導してくれました。ありがとうございました。

また卒業論文の執筆を精神的に支えてくれた，竹中野歩氏，内坂翼氏，竹内直志氏，

三平悠氏をはじめとした Keio Debate Squad のみなさん，福田圭太氏，岸田陽二氏，山口鴨氏，長谷川善博氏をはじめとした東京個別指導学院藤沢教室のみなさん，そして池田陽花氏に感謝します．特に池田陽花氏は，私が研究室に所属した当初から，私を精神的に支えつづけてくれました．氏の協力なくして，充実した大学生活，そして研
究生活はありえませんでした．ありがとうございました．

最後に，少し長めの大学生活を支えてくれた両親と，妹，祖母に心から感謝します．

参考文献

- [1] 特定非営利活動法人 日本イーラーニングコンソシアム. *eラーニング白書 2006/2007年度版*. 東京電機大学出版, July 2006.
- [2] サイバー大学. <http://www.cyber-u.ac.jp/>. 2008-02-07 07:29:55.
- [3] WIDE University School on Internet. <http://www.soi.wide.ad.jp/>. 2008-02-07 07:27:16.
- [4] UT Open Course Ware. <http://ocw.u-tokyo.ac.jp/>. 2008-02-07 07:28:40.
- [5] 総務省 大学審議会. 21世紀の大学像と今後の改革方針について. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/12/daigaku/toushin/981002.htm. 2008-02-07 07:31:07.
- [6] 植野 真臣. 知識社会における *eラーニング*. 培風館, July 2007.
- [7] 全国高等教育機関 IT 利用実態調査. <http://www.nime.ac.jp/~itsurvey/pub/it-use/>. 2008-02-07 07:30:29.
- [8] D. Barger, A. Gupta, J. Grudin, and E. Sanocki. Annotations for streaming video on the web. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 278–279, 1999.
- [9] niwango. ニコニコ動画 (RC2). <http://www.nicovideo.jp/>. 2007-12-25 22:37:12.
- [10] niwango. ニコニコ宣言. <http://www.nicovideo.jp/static/declaration.html>. 2007-12-25 22:38:33.
- [11] R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, T. Berners-Lee. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1, Request for Comments 2616. <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2616.txt>, Jun 1999.
- [12] Debian Project. Debian. <http://www.debian.org/>. 4.0r2 (Etch).
- [13] The Apache Software Foundation. Apache http server. <http://httpd.apache.org/>. version 2.2.3.

- [14] MySQLAB. Mysql. <http://www.mysql.com/>. Ver 14.12 Distrib 5.0.38.
- [15] The PHP Group. Php:hypertext preprocessor. <http://www.php.net/>. version 5.2.0-8.
- [16] Adobe Systems Inc. Actionscript. version 3.0.
- [17] Microsoft Inc. Windows xp.
<http://www.microsoft.com/japan/windowsxp/default.msp>. Service Pack 2.
- [18] Microsoft Inc. Intetnet explorer6. <http://www.microsoft.com/windows/products/winfamily/ie/default.msp>.
version 6.0.3790.3959.
- [19] Microsoft Inc. Intetnet explorer7. <http://www.microsoft.com/windows/products/winfamily/ie/default.msp>.
version 7.0.5730.11IC.
- [20] Mozilla Foundation. Firefox.
<http://www.mozilla-japan.org/products/firefox/>. version 2.0.0.9-ja.
- [21] Apple. Mac os x. <http://www.apple.com/mac/>. version 10.4.x(Tiger).
- [22] Apple. Mac os x. <http://www.apple.com/mac/>. version 10.5.1(Leopard).
- [23] Apple Inc. Safari. <http://www.apple.com/safari/>. version 3.0.4.
- [24] Canonical Ltd. and Ubuntu Foundation. Ubuntu linux.
<http://www.ubuntu.com/>. version 7.10(Gutsy).