

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2005～2008 年度（中断期間：平成 19 年 10 月 11 日～平成 20 年 10 月 31 日）
 課題番号：17700605
 研究課題名（和文）ヒューマンセンシング情報と操作履歴から得た学習者モデルに基づく
 学習支援システム
 研究課題名（英文） Learning Support System using Student Model based on Biological Data
 and Lecture Information
 研究代表者：入部百合絵（YURIE IRIBE）
 豊橋技術科学大学・情報メディア基盤センター・助教
 研究者番号：40397500

研究成果の概要：本研究では、e-learning で課題となっている学習者のモチベーション低下を解決する方法の一つとして、生徒の学習状態に応じた学習支援システムの構築を目指す。具体的な手法として、講義中の生徒から生体情報を取得し、学生の状態（覚醒度、集中度など）を分析することで、その状態に応じた教材および支援方法を提示する。生徒の生体情報から特徴抽出した結果、覚醒の状態を 3 つに区切ることができ、各状態に応じた学習支援機能を開発した。評価実験により有意差が認められ、本システムの有効性を確認することができた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	1,600,000	0	1,600,000
2006 年度	1,200,000	0	1,200,000
2007 年度	198,182	0	198,182
2008 年度	501,818	150,545	652,363
年度			
総計	3,500,000	150,545	3,650,545

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：教育工学

キーワード：講義支援，講義再現，生体情報，受講履歴

1. 研究開始当初の背景

近年、Web 教材を用いた e-learning すなわち WBT(Web-Based Training)の研究が盛んである。WBT はネットワーク環境下において学習者が自分のペースにより大学や自宅で学習ができるなどの利点を持っている。その反面、緊張感や集中力を保つことが難しく、学習者は孤独に陥りやすくなる、あるいは行き詰まり状態になるなどの問題点が挙げられている。従って、学習者のモチベーションを維持することが、WBT を有効に活用する必要条件であると考えられる。一方、Web ベ

ース講義支援システムは、講義を録画したビデオや教師が利用したスライドを同期させて Web 上に蓄積し提供することが一般的である。こうしたシステムは、講義中に聞き逃した箇所や理解が困難な内容を確認することができるため、講義の復習に大変役立つ。研究代表者のグループでは、講義中の教師音声、スライド書き込み、さらにスライド間の遷移を再生する講義再現システムを開発してきた。このシステムは、講義中の教師音声、スライドの表示時間、デジタルインクの書き込み量を基にスライドの重要度を推定して

表示し、学習者が効率的に復習をすることを支援している。しかしながら、このようなシステムでは教師の意図を反映したコンテンツを提供できても、講義の受け手である学習者の状態を考慮して講義を再現し、復習を支援することは難しい。e-learning では、学習者が効率的かつ効果的に学習を進める際に、個人に適したコンテンツと学習方法を提供することが重要であると言われている。すなわち、学習者により理解の程度は大きく異なるため、個人の理解状況に応じて教材を提示する必要がある。

2. 研究の目的

研究代表者らは、個人の理解状況を検出するため、ヒューマンセンシング情報（脳波、瞬き、呼吸などの生体信号）と学習者の受講情報から、講義中の学習者の状態（覚醒状態、集中度、理解度など）を解析する。そして、この結果を利用して、上記の問題を解決するための学習支援システムの開発に取り組む。特に、学習支援システムの一部である講義再現システムに焦点を当て、講義中の状態に応じた効率的な復習を目指す。具体的には、一般的な講義再現システム（PowerPoint のスライドと講義ビデオを同期再生）とは異なり、講義中の学生から取得した覚醒度と受講情報から、個人の受講状況に応じた講義の再現とその復習を支援する機能を開発する。

3. 研究の方法

提案する講義再現システムは、講義中の受講情報や生体情報を用いて、学生個々に適した自主学习（講義の復習）を支援するものである。受講情報を取得するために、研究代表者のグループが開発した講義支援システムを用いる。全体のシステム図を図 1 に示す。

研究代表者はこれまで学生が教師に質問を行える機能、および意思表示機能により講義中の学生から質問を促すための講義支援システム（ILS : Interactive Lecture System）を開発してきた。講義中に学生が質

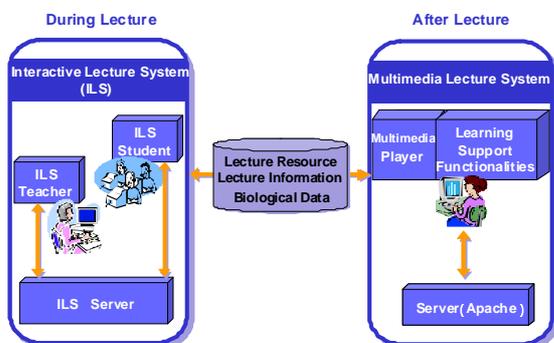


図 1 システムの概要図

問することにより、教師は学生の反応から学生の理解状況を把握しやすく、さらに、学生に合わせ講義を変更できる。また、質問した学生だけでなく、質問しなかった学生の理解向上につながる。そのため、簡単にかつ素早く質問入力が行える機能（質問入力支援機能）や学生の質問を他の学生に回答するよう促す機能（回答促進機能）を導入している。

講義再現システムは、講義を忠実に再現するための講義再現プレーヤーと講義中の学生の受講情報と覚醒度を利用した講義学習（復習）支援機能から構成される（図 1）。それらを実現するために、教師や学生の操作履歴情報を記録している ILS から、教師のスライド切り替え情報、デジタルインク情報、学生の受講情報を取得する。受講情報として、質問（その内容も含む）、SOS、質問同意などの各種イベント情報やそれらイベントが発生した時刻が取得される。これらの情報は、XML 形式で記述されデータベースに蓄積される。

一方、学生の学習状況を把握するために、講義中の学生から主に EOG (electro oculogram), EEG (electro encephalogram), ECG (electro cardiogram)などの生体情報を抽出し解析することにより、覚醒度、理解度、集中度の分析を行っている。本システムでは覚醒度に着目し、支援機能に組み込んでいる。

講義再現システムでは、生体情報の解析結果を利用した 3 つの学習支援機能を装備している。

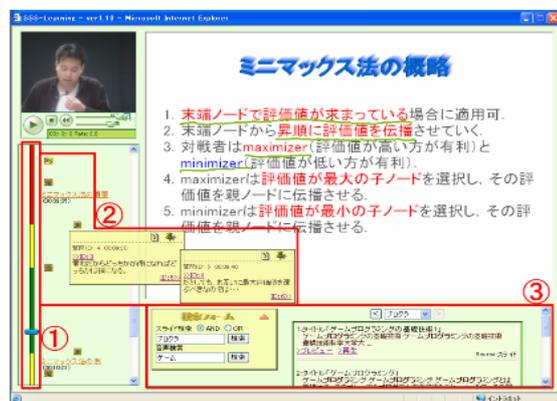


図 2 講義再現システムの画面例

(1) 覚醒度情報のインデキシング（図 2）

講義中における集中力の低下には、教師の説明が難しいこと、教材が単調で退屈なこと、など様々な原因が考えられる。従って、覚醒度に応じて、講義ビデオや講義スライドの視聴時間や再生速度を切り替えることで、それらの問題を解決する。ここで、覚醒度とは講義中の学生の覚醒状態を表す情報である。

本システムでは、覚醒度を3段階に区別し、その度合いに応じてスライダバーの色を変化させる。覚醒度の高い時間帯は講義に集中していた可能性が高いと考えられるため、講義再現システム上の講義ビデオプレーヤーに搭載した話速変換プレーヤーの話速を通常より高くなるよう設定して、講義の復習効率を上げることを図った。つまり、講義中に聞いていた箇所は早送りにするという仕組みである。また、覚醒度の低い時間帯は教師の説明を聞き逃している、あるいは集中度が低い可能性が高いことから、その時間帯の講義コンテンツの再生速度は通常の速さに切り替わる。このように覚醒度に応じて話速変換プレーヤーによる再生速度を自動的に切り替えるが、学生が手動でもコントロールできるように速度調整するためのコントロールバーを設けた。

学生は全ての講義コンテンツを閲覧するのではなく、覚醒度の表示に応じて理解の低い箇所から集中的に学習することができるので効率的である。

(2) 学生の操作履歴の表示(図2)

講義中のイベント検出は、学習者の理解度や集中度変化を意味することが多い。そこで、学習支援機能では、学習者の集中度が低い箇所(主に覚醒度が低い箇所)、あるいはSOSボタンの検出により講義中に分からなかった箇所を重点的に復習できるようにするために学生のイベント情報を時間毎に表示する。また、スライドのタイトルも併せて表示する。ILSを用いて講義中に学生が操作できるものは次の三つである。

- ・ 質問/回答文の送信
- ・ 質問/回答に対する同意
- ・ SOS マッピング

質問/回答文は、講義中、リアルタイムに全学生に送信されるため、学生間で会話形式のやり取りが可能である。このように講義中に自身が質問した内容やその回答を確認することにより、復習の目安として役立つ。なぜならば、通常講義中に気付いたことや分からなかったことを講義後にはそのまま忘れてしまうケースが多いため、講義後にそれらの記録が閲覧できれば、後々自身で学習するきっかけとなるからである。また、講義スライドや講義ビデオの時間に合わせて、質問/回答が表示されるため、その質問に該当する講義コンテンツを即座に見ることができる。

SOS マッピングとは次に述べる機能を指す。学生は講義中に分からなかった時や重要性を感じた時、SOS ボタンを押すことができ、この時間は記録される。従って、SOS ボタンがクリックされた箇所の教材コンテンツを見直すことにより、学生は分からない箇所を特定できる。また、SOS ボタンが多く押された箇所を教師が分析することによ

り、それらを補足する教材を用意し、学生の理解を助けるなど、教師側にとっても良い教材を作成する上で役立つ。

講義再現システムでは、最初に認証を行い、各学生の受講情報と覚醒度をデータベースから収集する。学習支援機能では、これらの情報をアイコンで時系列に表示させ、学生の講義中の学習状態を個別に提示する。ただし、他者の操作情報と自身の操作情報を区別できるようにするため、これらの配置を分けている。また、アイコンがクリックされると、操作に応じたポップアップボックスが表示される。例えば、質問/回答文のアイコンをクリックすると、該当する質問/回答文の内容がポップアップボックスに表示される。操作内容が質問/回答文の場合には、掲示板のような返信リスト形式で表示することも可能である。

(3) キーワード検索(図2)

学生が講義内容を理解できない要因の一つとして、講義中に教師が説明した用語が分からないあるいは知らないことが挙げられる。従って、学生がそれらの用語を簡単に検索できれば、講義の復習に大変役立つ。そこで、学習支援機能の一つとして、学生が入力したキーワードに該当する講義コンテンツを検索する機能を設けた。また、講義中に出現する専門用語は、教師が過去の講義で説明した、あるいは学生がその他の講義で既に学習しているため、教師はその用語の説明を省いている可能性がある。従って、検索対象とする講義コンテンツには、教師が過去の授業で説明したコンテンツも含む必要がある。また、具体的な検索対象として、講義に用いたスライドと教師ビデオの2種類がある。教師ビデオに対しては、キーワードをカタカナで入力し、予め音素列でテキスト化した音声データからDP マッチングによりキーワードに該当する音声部分を検索している。DP マッチングは、音素弁別特徴ベクトル間の距離に基づいて行われるため、類似の音素列に置換された場合も近いキーワードを検出できる。入力したキーワードの該当箇所は発話時のスライド毎に分別して表示されるため、教師の発話付近から順次講義コンテンツは再生される。スライドに対しては、教師が利用したスライド(PowerPoint)がHTML化されるため、HTMLファイル中の文字列から、キーワードにマッチする箇所が特定され、それに該当するスライドが検索結果として表示される。検索結果をクリックすると、そのスライドの開始時刻から講義ビデオとスライドが再生される。また、一度検索したキーワードは検索履歴として保存されるため、再度検索する手間を省ける。

本システムでは覚醒度情報や受講情報を表示されるため、学生が講義中に分からなかつ

た、あるいは聞き逃した箇所の検索に役立てることができるかと期待される。これに加えて、それらの箇所を効率的に学習するための仕組みがあればより効果的である。そこで、通常のキーワード検索とは異なり、本研究ではキーワード検索の結果を覚醒度の低い部分から優先付ける。なぜならば、覚醒度の低い時間帯に出現した用語の説明を学生は聞き逃している可能性が高いため、その箇所を優先的に表示することは、効率的な学習に繋がると予想される。

4. 研究成果

図3に実際のEOGの波形を示す。表示したEOGはそれぞれ1分間の波形を示してい

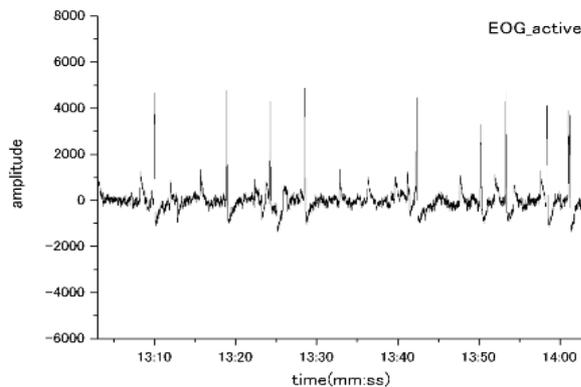


図3(a) 覚醒度の高い例

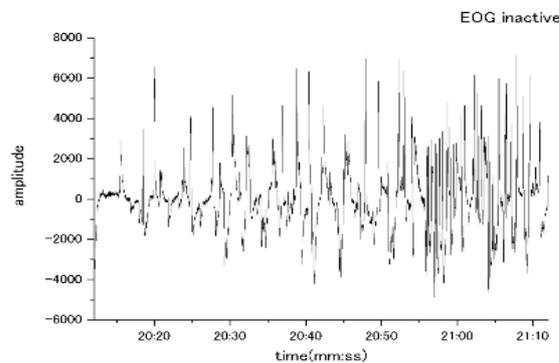


図3(b) 覚醒度が中程度の例

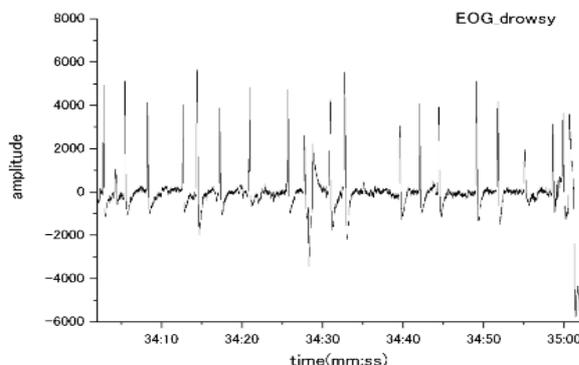


図3(c) 覚醒度の低い例

る。図3(a)は覚醒度の高い状態である。覚醒度の高いときは定型的な瞬きパターンを示していることが分かる。図3(b)は覚醒度が中程度の状態を示している。この場合は、様々なタイプの瞬きが出現している。図3(c)は覚醒度が低い状態を示している。この場合、覚醒度の高いときと比較すると、マイナス方向の強い振幅波形が特徴として現れている。

次に評価実験により本システムの有効性を示した。実験内容は、始めに ILS を用いて30分の長さの講義を行った。講義内容は「ゲームプログラミング」である。それによって、30分の講義コンテンツが作成された。更に、30分の講義コンテンツの中から5箇所(1箇所につき2.3分程度)を部分的に切り取り、残り15分程度の講義コンテンツ(A Parts)を作成した。これは講義コンテンツから数箇所を切り取るにより、講義を聞いていない時間帯つまり覚醒度の低い時間帯を擬似的に作り出すためである。切り取った部分(B Parts)を覚醒度が低い時間と想定する。逆に、A Partsは覚醒度が高い時間と想定される。次に、A Partsから出題する問題を5問作成した(問題A)。同様に、B Partsから出題する問題を5問作成した(問題B)。

本研究では、講義中の受講情報と覚醒度を用いた3つの支援機能により、効率の良い学習を目指しているため、それらの支援機能の学習効率を測定する比較実験が必要である。具体的には、下記の二つのシステムを比較する。

システム A : 講義再現プレーヤー+3つの支援機能(我々が提案するシステム)

システム B : 講義再現プレーヤー(講義ビデオと講義スライドのみを再生するもの)

実験では、「ゲームプログラミング」の講義を受けたことのない情報工学系の7名の学生を被験者とし、グループ1(4名)とグループ2(3名)に分けた。実験の手順は以下の通りである。

1. グループ1と2はA Partsを視聴する。
2. グループ1と2は問題Aを解答し、その回答時間を測定した。つまり、被験者は覚醒の高い箇所の問題を解答することになる。
3. 次にグループ1と2はそれぞれシステムA, Bを用いて、問題Bを解く。私達はその回答時間を計る。各システムに用いるコンテンツは最初に作成された30分の講義コンテンツ(A PartsとB Partsを含む)である。

実験結果を図4に示す。問題Aは簡単な問題のため、被験者の大半が100点を取得することができた。従って、問題Aを解答する時

間は、グループ1とグループ2に差はほとんどない。問題Aと問題Bを解答する時間には有意な差があった。グループ1は $P=0.035$ 、グループ2は $P=0.028$ である。このことから、覚醒度の低い部分を復習するために多大な時間を要することが分かる。従って、覚醒度の低い部分を重点的に復習することが全体の復習の効率化に繋がると言える。また、グループ1とグループ2が問題Bを解答する時間には106秒の差が生じている($P=0.136$)。このことから、私たちが提案する支援機能を用いれば、覚醒度の低い部分の学習時間が短縮されることが分かる。従って、本支援機能が復習の効率化に役立つことが示唆された。

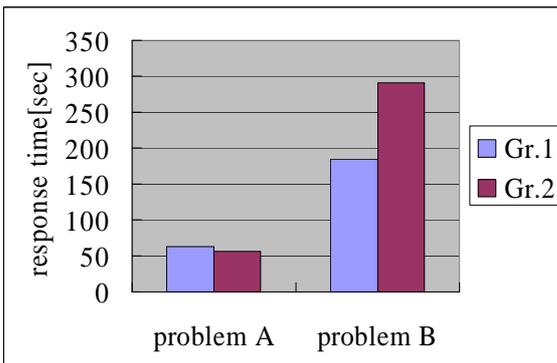


図4 問題の解答時間: Gr.1(支援機能有りのグループ), Gr.2(支援機能無しグループ), problemA (A partsから出題した問題), problemB (B partsから出題した問題)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

入部百合絵, 藤原真, 安田孝美, 横井茂樹

学習者の操作プロセスに適応した対話型ソフト学習システム

電子情報通信学会論文誌 Vol.J91-D

No.02 pp.269-279 2008.2, 査読有

篠原修二, 入部百合絵, 河嶋宏明, 桂田浩一, 新田恒雄

生徒の検索情報を利用した講義の重要語抽出

人工知能学会論文誌 Vol.22 No.6

pp.604-611 2007.11, 査読有

田口亮, 木村優志, 小玉智志, 篠原修二, 入部百合絵, 桂田浩一, 新田恒雄

幼児の学習バイアスを利用したエージェントによる語意学習の効率化

人工知能学会論文誌 Vol.22 No.4

pp.444-453 2007.7, 査読有

田口亮, 篠原修二, 桂田浩一, 入部百合絵, 新田恒雄

エージェントによる語意学習効率化のための対話戦略獲得

ヒューマンインタフェース学会論文誌

Vol.8 No.3 pp.391-402 2006.8, 査読有

Yurie Iribe, Shuji Shinohara, Kyoichi

Matsuura, Ryo Taguchi, Kouichi Katsurada,

Yusuke Sekiguchi, Tsuneo Nitta

Development of Self-Learning Support System Using Arousal Level and Lecture Information

International Journal of Computer Science and Network Security Vol.6 No.8A

pp.11-17 2006.8, 査読有

〔学会発表〕(計19件)

Kouichi Katsurada, Ookuma Yuji, Makoto Yano, Yurie Iribe and Tsuneo Nitta

Management of Static/Dynamic Properties in a Multimodal Interaction System

Proc. of InterSpeech2007, pp.2525-2528 2007.8

Mohammad Nurul Huda, Ghulam Muhammad, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada and Tsuneo Nitta

Distinctive Phonetic Feature (DPF) Based Phone Segmentation Using 2-Stage MLNs

Proc. of NCSP07, pp.325-328 2007.3

Shuji Shinohara, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta and Shigeru Kuriyama

A Method for Keyword Extraction Using Retrieval Information from Students

Proc. of IHSS2007, pp.37-40 2007.3

Yurie Iribe, Shuji Shinohara, Kyoichi Matsuura, Koichi Katsurada and Tsuneo Nitta

Self-Learning System using Lecture Information and Biological Information

Proc. of KES'2006 Part , (Lecture Notes in Computer Science (LNAI 4252)),

pp.1010-1018 2006.10

Shuji Shinohara, Yurie Iribe, Koichi Katsurada, Tsuneo Nitta, Shigeru Kuriyama

Prototype System for Intelligent Human Sensing Project: A Web-based Learning Support System for Lectures

Proc. of IHSS2006, pp.39-41 2006.3

矢野誠, 入部百合絵, 桂田浩一, 新田恒雄: “デフォルメ地図の地上座標系への

マッピングを利用した現地情報提供システム”, 情報処理学会第70回全国大会

論文集, 3ZA-7 (2008-3)

夏目大伍, 入部百合絵, 桂田浩一, 新田恒雄: “動画視聴時の注目点を考慮した

動画推薦方法の提案”, 情報処理学会第 70 回全国大会論文集, 2ZJ-6 (2008-3)
河嶋宏明, 入部百合絵, 篠原 修二, 桂田 浩一, 新田 恒雄
Web 教育システムにおけるスライド関連度を利用した教材検索システムの構築
教育システム情報学会第 32 回全国大会 2007.9]
溝口 勇太, 田口 亮, 木村 優志, 篠原 修二, 入部 百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄
相手モデルを利用した対話エージェントの教示戦略
第 21 回人工知能学会全国大会 2007.6
矢野 誠, 入部百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄
地図サービスにおけるユーザ嗜好を考慮した地図情報表示の検討
情報処理学会第 69 回全国大会 分冊 1 pp.481-482 2007.3
夏目 大吾, 入部百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄
ソーシャルブックマークにおけるユーザとタグの関連度抽出方法の検討
情報処理学会第 69 回全国大会 分冊 1 pp.583-584 2007.3
吉田 昌弘, 桂田 浩一, 入部百合絵, 新田 恒雄
マルチモーダル対話システムにおける静的・動的情報を利用した出力応答文のスタイリングの検討
情報処理学会第 69 回全国大会 分冊 2 pp. 2007.3
福井 教順, 桂田 浩一, 入部百合絵, 新田 恒雄
補助シナリオを利用したマルチモーダル対話システムの検討
情報処理学会第 69 回全国大会 分冊 2 pp. 2007.3
毛呂 良寛, 藤井 達郎, 桂田 浩一, 入部百合絵, 新田 恒雄
補完ルールと発話履歴を利用した入力補完の枠組みの検討
情報処理学会第 69 回全国大会 分冊 2 pp. 2007.3
作元佑輔, 篠原 修二, 田口亮, 入部百合絵, 桂田 浩一, 新田 恒雄
エージェント間の対話における非論理バイアスの有効性
情報処理学会第 69 回全国大会 分冊 2 pp.537-538 2007.3
入部百合絵, 篠原 修二, 桂田 浩一, 新田 恒雄
講義情報を用いた自主学习支援システムの構築
第 1 回音声ドキュメント処理ワークショップ pp. 2007.2

篠原 修二, 入部百合絵, 河嶋宏明, 桂田 浩一, 新田 恒雄
重要語句に対する関連スライド群抽出法の検討
電子情報通信学会 教育工学研究会 ET2006-101 pp.105-110 2007.1
桂田 浩一, 大隈 祐治, 矢野 誠, 入部百合絵, 新田 恒雄
静的・動的情報を利用した MMI システムの設計と実装
情報処理学会 音声言語情報処理研究会 2006-SLP-62, pp.87-92 2006.
入部百合絵, 松浦 喬一, 篠原 修二, 桂田 浩一, 新田 恒雄
受講情報を利用した学習支援機能付き講義再現システムの開発
電子情報通信学会 教育工学研究会 ET2005-95 pp.41-46 2006.3

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1 件)

名称: 視線の軌跡情報に基づいた動画像推薦システム

発明者: 入部百合絵, 夏目大伍, 桂田 浩一

権利者: 国立大学法人豊橋技術科学大学

種類: 特許

番号: 特許出願 2008-28860

出願年月日: 2008 年 2 月 8 日

国内外の別: 国内

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.imc.tut.ac.jp/~iribe>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

入部百合絵 (Iribe Yurie)

豊橋技術科学大学・情報