

機関番号：22604

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20300269

研究課題名（和文） 空間情報を電子拡張利用する記憶手法の開発研究

研究課題名（英文） Development research of a memorization technique based on the augmented spatial information

研究代表者

池井 寧（IKEI YASUSHI）

首都大学東京・大学院システムデザイン研究科・教授

研究者番号：00202870

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、人間の記憶力強化の新しい手法として、空間情報にかかわる人間の記憶特性を利用した容量拡大の方法論を構築することである。本手法の特徴は、携帯型コンピュータ等を用いて、場所（空間）やモノの画像と記憶掛けくぎ画像の素早い合成操作を行わせることだけで記憶を高めうることである。携帯電話を含む小型コンピュータを用いた複数の実験で、短い制限時間の記憶課題において、本手法を用いない場合に比較して著しい再生率の向上を達成しうることが実証された。

研究成果の概要（英文）：The objective of the present study is to establish a new memory augmentation technique based on human memory characteristics in terms of spatial information. The feature of the technique is that it achieves memory augmentation by only having the user compose a quick image from a picture of a location or an object with a memory peg picture using a portable computer. Multiple experiments demonstrated that the presented technique introduced marked memory improvements of free recall after limited-time memory tasks as compared to a control condition.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2009年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2010年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

研究分野：ヒューマンインタフェース，教育工学，認知工学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：メディアの活用，記憶術，画像合成

## 1. 研究開始当初の背景

我々が日常的に遭遇しうる情報の総量が爆発的に増え続ける一方で、それらを有効活用する手段は、必ずしも十分ではない。計算機による検索は、有力な手段の1つであるが、現時点では、入力されたキーワードを含むテキストを探すという基本的な手法だけが実

用化されている。しかし、検索者の意図、意味内容を正しくとらえた効率的な検索を実現することは容易ではなく、意味論に基づいた検索はまだ研究途上にある。一層高度な知的処理としては、データマイニングが検討されているが、特定の領域に限定されている。

一方で、真に創造的なタスクにおける情報の利用は、計算機による検索や発見に頼るだ

けでは困難であり、実質的には人間自身の知的活動においてだけ可能である。創造的情報の生成という人間の知的活動は、より多くの情報を効率的に、瞬時に利用できることが有効な発想を得るために重要な要件となる。より多くの情報を後に利用できるように、人間の記憶過程を計算機が適切に支援することは可能であるはずで、ユーザが遭遇したそれぞれの情報に対して、より多くの手掛かりを付帯させ、再生確率を高めるように促進することが有効と考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、電子デバイス等を用いた人間の記憶力強化の新しい手法を提案し、その実証を行うことを目的とする。人間の記憶特性を利用してその容量を拡大するために、空間情報を利用した計算機支援型の新しい記憶術を提案する。空間情報は、人間の記憶（記銘）において特異な意味を有している。

記銘強化法の原型は、古来の記憶術に見ることができる。その主要な原理には、場所（空間）の地理構造の頑健な記憶を利用すること、視覚的イメージ（画像）を利用すること、具体的なモノを利用することがある。本開発の特徴は、携帯型コンピュータにより、場所（空間）やモノの特性を利用し、かつ視覚的な映像を動的に構成することによって従来の記憶術の利点を活かしつつ、日常活動の自然なきっかけでシステムを利用する中で意識せずに習熟し、誰でも容易に使用することが可能となる点である。すなわち、ここでは空間特性活用型の計算機支援記憶術を実現する。

## 3. 研究の方法

### (1) 空間型電子記憶術 SROM

本研究では、利用者が認知的記憶空間を、実空間やオブジェクトの電子的拡張に基づいて、効率的に構築・利用するためのシステムを空間型電子記憶術システム (Spatial Electronic Mnemonics, SROM と略称する) とし、その具体的機能を開発した。本システムにおいて利用者の認知的記憶空間を外的仮想記憶空間 (External Virtual Memory Space, eVMS と略称する) と呼び、以下の作業仮設をおいた。

#### ①外的仮想記憶空間 (eVMS) の基本概念

eVMS とは利用者の主観において外的空間に構築される記憶空間であり、電子的支援により構築される。eVMS 自体は、利用者の認知システムの中に存在し、内部にはアドレッシング・インデックスとして、場所とオブジェクトに対し電子的拡張を施したもの (Virtual Memory Peg: vMPeg) を内包する。

eVMS を利用することにより、利用者は自らの記憶パフォーマンスを高めることが可能となる。

#### ②電子拡張記憶掛けくぎ (vMPeg)

通常記憶術において用いられる記憶掛けくぎ (MPeg) は、記憶「保管場所」に付けられたタグであり、それ自体は直ちに取り出せるものである。MPeg に必要な基本特性として、本研究では以下を定義する。

(イ) 直ちに想起出来、走査可能な構造を与える体制化、あるいは枠組み (Framework) を与える。

(ロ) 画像による符号化に基づき、他の事物と連合し易い特性 (Associability) を有する。

これらの特性を継承し、効率的に、高保持率で大量に構築でき、高速、正確に再生出来るように、電子拡張記憶掛けくぎ vMPeg を構成する。

vMPeg は、場所やオブジェクトまたは人物の画像を、電子的合成によって機能的に実質拡張し、認知空間におけるプレゼンスを高める機能を有し、SROM と eVMS の基底要素となる。

#### (2) 空間型電子記憶術 SROM の支援段階

SROM は次の3つの機能的支援段階を仮定する。すなわち、SROM の主要要素の vMPeg を容易に構築する手段の提供、記憶対象を vMPeg に連合するための手段の提供、および記憶から引き出す手段の提供である。即ち、

①vMPeg の構築についての支援 (場所やオブジェクトを用いる)

②vMPeg と記憶対象との連合についての支援

③リハーサルと想起についての支援  
において、本研究では、前2者について開発を行った。

#### (3) vMPeg の構築と連合

vMPeg は、場所やモノの画像と掛けくぎ画像の合成により、多数の vMPeg 要素を生成構築することを可能とする。また vMPeg を記銘対象の画像と合成することで、強力な想起の手掛かりを与える。

vMPeg の構築と連合における特徴は次の通りである。

- ・画像を用いた記銘符号化の効率化
- ・体制化のための明確な順序付 vMPeg
- ・ユーザの操作による生成効果の利用

場所については、ユーザが良く知っている経路における (主観的な) ランドマークとなる風景の系列を利用する。モノについては、日常品のランダムな選択でよい。これらに、掛けくぎ画像を合成することにより、vMPeg を構築する。

掛けくぎ画像として、3種類を作成した。アラビア数字の図形（図形化数字）、五十音順のモノの図、五十音順の人物の図である。これらを、携帯電話や小型コンピュータで提示しながら、場所やモノの写真画像と合成する。

例えば、場所映像を使った vMPeg の構築の場合、カメラを向けた場所の画像に図形化数字を重畳する。この際、利用者自身が図形化数字の位置・大きさを操作して、背景の場所の画像と関連付けることにより、vMPeg の画像を生成する。そして、連続して次の場所へ移動して、次の番号の図形化数字を用いて vMPeg を生成する。これにより、一連の vMPeg 系列を構築する。

連合は、構築された vMPeg の画像に対して、記憶対象の画像を重畳して合成することにより行う。画像の重畳の操作をユーザが、自分で意味づけしながら行うことにより、符号化と体制化を効果的に行うことができる。

#### 4. 研究成果

前章の考え方に基づいた設計を行い、携帯電話、小型 PC、タブレットコンピュータ等へ実装した。それらの機能の特徴と検証結果を以下に示す。

##### (1) 実空間を利用した vMPeg 構築法と評価

場所の画像を掛けくぎ画像と合成することにより、vMPeg を構築する手法と効果を検証した。実空間の指定ルートを歩行しながら記憶掛けくぎを構築するモデル実験を被験者に行わせた結果、図 1 に示すように、本手法に基づく条件（SR0M 有り）では、システムを用いない場合（同無し）と比較して有意に高い再生率が得られた。vMPeg の長さとして、25 および 50 項目を比較すると、50 項目の場合により顕著な効果が認められる傾向となった。

##### (2) 空間画像を利用した記憶掛けくぎ構築法と評価

実空間の場所の画像を用いた記憶掛けく

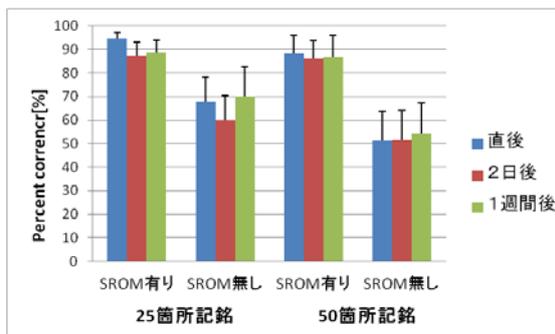


図 1 実空間における構築法の再生率

ぎの構築法で、前節ではユーザが実際にその場所へ行き、その場で画像合成操作を行ったが、より広い空間情報を活用するためには、他者が撮影した場所の画像が利用できると良い。そこで、被験者が良く知っている場所について他者によって撮影された画像に対して、図形化数字を重畳して vMPeg を構築する条件を検証した。デスクトップモニターで、場所画像を提示し、掛けくぎ画像の合成を行わせ、その再生率を計測した結果は、図 2 となり、前節 (1) と同程度の再生率の差を得た。これにより、高い記憶効果の発現に要する条件として、利用する場所の画像を得るために実際に歩行することは必ずしも必要ではなく、既知の場所の画像への掛けくぎ画像の合成操作を伴えば有効であることが示唆された。

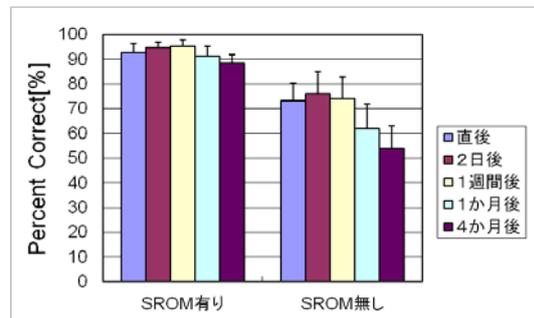


図 2 空間画像による構築法の再生率

##### (3) 記憶対象との連合手法とその評価

SR0M の第 2 段階の機能は、記憶対象と vMPeg の連合の支援である。記憶掛けくぎの画像に対して、記憶対象を結合するために、空間的な配置による意味づけを利用する。この場合、掛けくぎ画像と場所の画像の両者が豊富な情報を有しており、意味づけの選択肢は大きい。この点を実証するために、被験者自身が構築した vMPeg に、記憶対象の画像を関係付けて配置することで記憶を行わせ、その再生率を計測した。その結果、図 3 に示すように、本提案手法を用いた場合とそうでない場合において、ランダムな日用品 50 点を

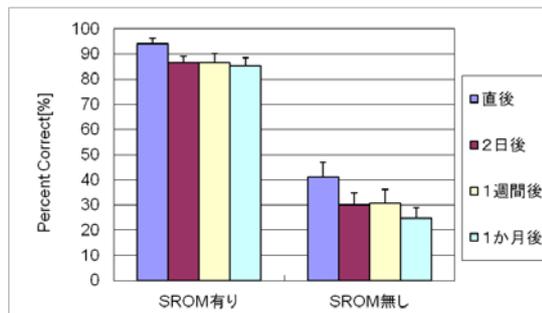


図 3 日用品 50 点の再生率

15秒ずつ連続で提示した際の順序付の再生率は、SROM 有無で顕著な差が現れることが示された。これより、本手法が多数の対象項目の短時間での記録において非常に有効な機能を有することが示唆された。

#### (4) 電子文書における記憶・学習支援

記憶・学習の対象として、文書は最も重要である。電子化されている近年の文書には、記憶学習の支援の機能はない。本研究の手法を電子文書に適用する設計について評価を行った。インタラクティブな機能を利用して、紙面情報に動的なアノテーションを加え、記憶・学習に適した支援を行う。具体的には、Acrobat Pro で表示される PDF ファイルにおいて、以下のプロトタイプ機能を実証した。

#### ①2D 画像、3D モデル画像の重畳表示による記憶支援

- ハイライトした単語をユーザがクリックすると、単語を表す(関連した)2D 画像または3D モデル画像がページ上に重畳表示させる。単語に視覚情報を与えることで2重符号化を促進し記録を強化する。更に、3D モデルの空間位置変更や回転の操作を加えることを可能として記録強化を行う。

#### ②音声読み上げによる記憶支援

- ユーザがハイライトした単語を合成音声で読み上げる。これにより、多感覚情報を利用した記録の強化を行う。また、音声を繰り返し提示することで、リハーサル支援を行う。

#### ③演習問題の半自動作成による学習支援

- ユーザがハイライトした単語群と、辞書データベースとに基づいて、穴埋め問題、多肢選択問題を半自動的に作成して提示する。これにより、自らの記憶状態を確認し、リハーサル支援を行う。

#### ④テキストの遮蔽による記憶支援

- ユーザがハイライトした単語の一部、または全てを遮蔽して記録を支援する。

#### ⑤テキストの表示制御機能

- ユーザがハイライトした単語を、拡大表示し、強調する。

#### (5) 視覚情報と操作の導入に関する評価

2D および 3D のモデル画像を重畳して表示して、単語を記憶させて、後に自由再生させたところ、図4に示すように2D、3D の視覚情報を付加した記録手法において有意に再生率が高くなった。即ち、視覚情報を付加し、操作の機会を与えることで、記録を強化することが可能であることが示唆された。

#### (6) テキストの表示制御機能に関する評価

ユーザがハイライトした単語の部分遮蔽

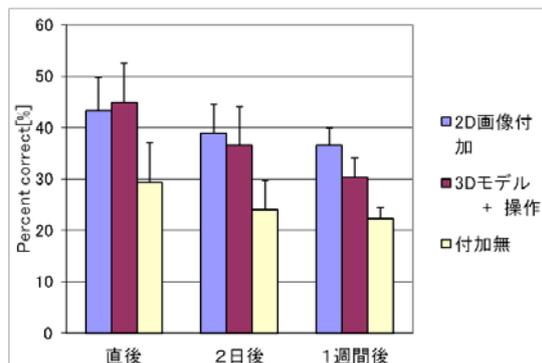


図4 視覚情報付加による再生率の向上

機能と拡大機能が記録に与える効果を実験により評価した。テキスト中のハイライトされている単語に対し、拡大表示と単語の中の一部の文字をランダムに遮蔽して提示し、被験者に記録させた。遮蔽されている部分は、被験者の操作により一時的に表示することを許容した。記録後の再認率を図5に示す。本機能を用いて支援した場合は、支援がない場合に対して、有意に単語の再認率が高くなった。これにより、本手法が単語の記録支援に有効な効果を持ちうることを示唆された。

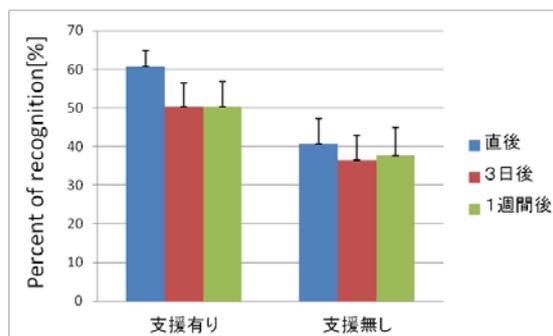


図5 表示制御における再認率

#### (7) 記憶学習支援システムのデジタル教科書への適用

本研究の成果をデジタル教科書に適用するためのシステム開発を行った。基本となる設計概念はSROMであり、その主機能は以下の通りである。

- 指定単語の画像化による符号化の促進
- 単語を表象する画像と掛けくぎ画像を合成したvMPegによる体制化
- 合成操作による意味的生成効果がもたらす記録促進

これらの概念について、デジタル教科書のプロトタイプに対して、具体的に実装を行った点は以下の機能である。

- テキストに直接関連する画像の付加機能
  - ・ ネットサービスによる画像検索
- 関連画像と図形化数字の結合操作

(8) テキストに関連する画像を用いた記憶掛けくぎと評価

モデルデジタル教科書を構成し、その中の指定（ハイライト）された単語を記憶させ、その再生率を評価した。本研究の手法を用いた条件では、単語に関連する画像に図形化数字を合成する操作を被験者に行わせ、モデル教科書中の指定単語の近傍に配置させて、記憶させた。再生テストを行った結果は、図6の通りであり、本手法を用いた場合は用いない場合に対して、有意に再生率が高くなった。これより、本手法がデジタル教科書の単語の記憶において有用な効果を有することが示唆された。

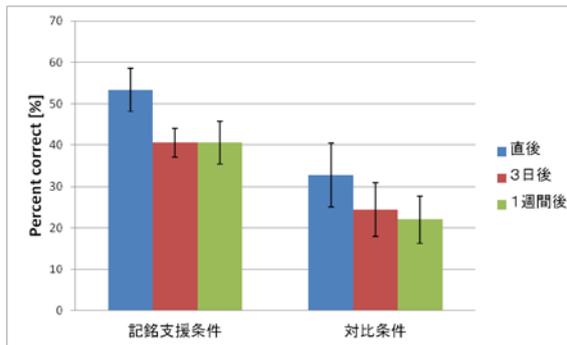


図6 モデル教科書の単語の再生率

(9) まとめ

空間情報として、場所の画像およびモノなどの画像を利用して、記憶に関して効率的な符号化、体制化、および生成効果を誘導し、著しい記憶促進作用を実現することができた。また、携帯電話（スマートフォン）、小型コンピュータ（タブレット）に実装し、将来のデジタル教科書への利用を念頭において記憶支援ソフトウェアのプロトタイプを構成し、それらの基本機能の有効性を示唆することができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計7件）

- ① Ken Ishigaki, Mai Yanagisawa, Yasushi Ikei, Memorization-aid technique using spatial information, *Asiagraph 2010 Journal*, 229-230, 4, 2010 (査読有)
- ② 栗山裕・橋下友茂・園山和夫・山下利之, 感情を喚起する映像が及ぼす心理的影響, 2011, 4, *人間工学*, 47号, 2巻, 61-64 (査読有)
- ③ Yasuhiro Kamo, Shun Sato, Yasushi Ikei, Memorization and learning aid based on electronic documents, *Asiagraph 2010 Journal*, 4, 231-232, 2011 (査読有)
- ④ Takuro Kayahara, Underestimation of the

perceived number of depth layer defined by discrete motion parallax, *Perception*, 39, 72-76, 2010 (査読有)

- ⑤ 茅原拓朗, 身体なき心理学は可能か?, *心理学ワールド*, 48, 9-12, 2010 (査読有)
- ⑥ 池井 寧, 太田浩史, 空間型電子記憶術に関する研究—基本概念の提案と登録操作の特性, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 14, No. 2, pp. 241-249, 2009 (査読有)
- ⑦ Toshiyuki Yamashita, Ahmad Eibo, and Shiro Masuda, Effects of video games on aggression and vocational indecision in college students, *首都大東京 人文学報*, 410, 15-26, 2009

〔学会発表〕（計25件）

- ① Banri Oda, Mai Yanagisawa, Yasushi Ikei, Memorization/learning assistance system for a digital textbook, *Proc. ASIAGRAPH 2011 in Tokyo*, pp. 57-60, 2011
- ② 小田万莉, 池井 寧, デジタル教科書における記憶学習支援ソフトウェアの構築に関する研究, *日本バーチャルリアリティ学会研究報告集*, VR 学研報 Vol. 16, No. 2, pp. 9-11, 2011
- ③ 小田万莉, 佐藤 瞬, 池井 寧, デジタル教科書のための記憶学習支援機能に関する研究, 第27回日本教育工学会論文集, pp. 807-808, 2011
- ④ 小田万莉, 柳沢 舞, 池井 寧, 記憶支援のための画像情報の利用手法に関する研究, 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 83-84, 2011
- ⑤ 池井 寧, 空間情報を利用する記憶支援, *電子情報通信学会信学技報*, vol. 111, no. 155, HIP2011-33, pp. 31-32, 2011
- ⑥ 茅原拓朗, 小木哲朗, 西岡貞一, デジタルミュージアムのための雰囲気音の研究: 要素音からの群集の足音生成, *日本バーチャルリアリティ学会大会*, 2011
- ⑦ 柳澤舞衣, 石垣 憲, 池井 寧, 空間情報を利用した記憶過程支援手法, 第9回ウェアラブル/ユビキタスVR研究会 報告集, pp. 39-40, 2010
- ⑧ 佐藤 瞬, 鴨 泰弘, 池井 寧, 電子ドキュメントに基づいた記憶・学習支援システム, 第9回ウェアラブル/ユビキタスVR研究会 報告集, pp. 35-38, 2010
- ⑨ Ken Ishigaki, Mai Yanagisawa, Yasushi Ikei, Memorization-aid technique using spatial information, *Proc. ASIAGRAPH 2010 in Shanghai*, pp. 229-230, 2010
- ⑩ Yasuhiro Kamo, Shun Sato, Yasushi Ikei, Memorization and learning aid based on electronic documents - Three-dimensional visual annotation and learner controlled

semiautomatic problem generation system, Proc. ASIAGRAPH 2010 in Shanghai, pp. 231-232, 2010

⑪ Yasuhiro Kamo, Yasushi Ikei, Memorization aid on the electronic document and AR interface, Proc. ASIAGRAPH 2009 in Tokyo, pp. 100-103, 2009

⑫ Ken Ishigaki, Yasuhiro Kamo, Shuhei Takemoto, Taiki Saitou, Kanako Nishimura, Taira Yoshioka, Wataru Yamamoto, Yasushi Ikei, Ultra-realistic experience in haptics and memory, Proc. ASIAGRAPH 2009 in Tokyo, p. 148, 2009

⑬ Ken Ishigaki, Yasushi Ikei, Spatial memorization aid system, Proc. 3rd IUCS, pp. 339-343, 2009

⑭ 鴨泰弘, 池井 寧, 電子ドキュメントによる学習支援に関する基礎的研究, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (CDROM 3C3-4), 2009

⑮ 石垣 憲, 池井 寧, 空間型電子記憶術における空間映像提示手法に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (CDROM 3B3-5), 2009

⑯ 石垣 憲, 池井 寧, 実空間とその映像を用いた記憶過程支援手法に関する研究, 日本教育工学会第 26 回全国大会論文集, 2009

⑰ 石垣 憲, 平山正和, 池井 寧, 携帯デバイスによる記憶支援の適用特性に関する研究, 第 7 回ウェアラブル/ユビキタス VR 研究会論文集, pp. 11-12, 2009

⑱ 並木勇知, 山下利之, Ahmad Eibo, 西悠香, 情動を喚起するテレビゲーム画面が記憶・認知に及ぼす影響第 57 回ヒューマンインタフェース学会研究会論文集, 2009

⑲ Yasushi Ikei, Hirofumi Ota, Spatial Electronic Mnemonics for augmentation of human memory, IEEE Virtual Reality 2008, pp. 217-224, 2008 (査読有)

⑳ Ken Ishigaki, Yasushi Ikei, Mobile memorization aid technique---A novel electronic mnemonics based on spatial information, Proc. Asiagraph 2008 in Shanghai, pp. 13-18, 2008

21. Yasuhiro Kamo, Yasushi Ikei, CybeOrganizer: The nomadic virtual time/space interface, in CDROM of ASIAGRAPH2008 in Shanghai, pp. 296, 2008

22. 池井 寧, 太田浩史, 鴨 泰弘, ウェアラブルコンピュータによる新しい記憶支援手法とその評価, ウェアラブル/ユビキタス VR 研究会論文集, pp. 3-6, 2008

23. Ken Ishigaki, Yasushi Ikei, Memorization enhancement using mobile device, Proc. 24th Annual Conference of Japan Society for educational technology, pp. 927-928, 2008

24. Yasuhiro Kamo, Yasushi Ikei, Effects of video reflection by wearable memory enhancement system, Proc. Int. Conf. on Artificial Reality and Telexistence 2008, pp. 347-350, 2008

25. Takuro Kayahara, Identification judgment of self-viewpoint movie, Proc. of ACM virtual reality software and Technology 2008, pp. 265-266, 2008

〔図書〕 (計 2 件)

山下利之他, 感情と思考の科学事典, 朝倉書店, 240-241, 2010

茅原拓朗他, バーチャルリアリティ学, 2009, 384, 2009

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: 学習支援装置、学習支援システムおよび学習支援プログラム

発明者: 池井 寧, 鴨 泰弘

権利者: 首都大学東京

種類: 特許

番号: 特願 2010-113310

出願年月日: 平成 22 年 5 月 1 7 日

国内外の別: 国内

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

池井 寧 (IKEI YASUSHI)

首都大学東京・大学院システムデザイン研究科・教授

研究者番号: 00202870

### (2) 研究分担者

山下 利之 (YAMASHITA TOSHIYUKI)

首都大学東京・大学院人文科学研究科・教授

研究者番号: 90191288

### (3) 研究分担者

茅原 拓朗 (KAYAHARA TAKURO)

宮城大学・事業構想学部・教授

研究者番号: 00345026

### (4) 連携研究者

上岡 玲子 (UEOKA RYOKO)

産業技術総合研究所

研究者番号: 30401318