

平成 21 年 6 月 26 日現在

研究種目：基板研究 (B)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18300023  
 研究課題名(和文)超広帯域周波数資源適応共有機構の創生とユビキタスサービスの適応的提供機構への応用  
 研究課題名(英文)Creation of ultra wideband frequency adaptive sharing mechanism and its applications to the adaptive realization of ubiquitous services  
 研究代表者  
 前田 忠彦(MAEDA TADAHIKO)  
 立命館大学・情報理工学・教授  
 研究者番号：40351324

研究成果の概要：超広帯域にわたるワイヤレス資源を適応的に有効利用するために、超広帯域放射素子とその電氣的制御技術、人体を含む超広帯域アンテナの電気特性、および、これらに関わる測定評価技術、さらにワイヤレス資源を適応的にスケジューリングする通信制御方式の研究を行った。また、これらの応用としてユビキタスサービスの適応的提供機構の構築に適用し、時間変動型サービス提供をモチーフとしてサービスを含むシステムの検証を進めた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,200,000	0	7,200,000
2007年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2008年度	2,800,000	840,000	3,640,000
総計	14,000,000	2,040,000	16,040,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：(1)UWB (2)ユビキタスコンピューティング (3)コンテキストウェア

(4)ワイヤレス指向OS (5)スケールモデルファントム (6)サービス指向アーキテクチャ

(7)サービスローミング (8)人体等価ファントム

## 1. 研究開始当初の背景

インターネット網は光ファイバーの波長多重化技術の飛躍的進歩により急速に高速化、大容量化が進んでいる。一方で、携帯電話の加入者台数は急速に増加し、移動通信とインターネットは社会を支える最重要インフラに急成長した。IP(インターネットプロトコル)を基盤とする有線系サービスはこれを支える波長多重化技術により、今後も引き続き急速な高速化が継続すると考えられる。一方で、ワイヤレスサービスは、有線系に牽引される超高速化による将来の爆発的な需要の急増に応えられないという重大な技術的問題を抱えている。その根本的原因は、ワイヤレス資源、すなわち電波資源が有限であるこ

と、また周波数資源がサービスやシステムごとに固定的に割り付けられ、周波数とその割付エリア(カバレッジ)という周波数資源の重要なパラメータがこれまで固定値として扱われてきたことにある。このことは、経済的にも寡占的体質を発生させ、ワイヤレスシステムの効率的な運用を妨げる大きな要因になっていた。複数の無線システムが共存して周波数資源を共有することができ、その共用が超広帯域の周波数資源に適応されることが望まれる。そのためには2つの大きな技術的課題がある。一つは複数システム間で無線リソースの空間共用技術であり、もう一つはオペレーティングシステム(OS)が主体とな

り、複数の関連する無線装置がアプリケーションの要求と協調して空間的に周波数資源をスケジューリングするという空間的な意味をも含めた周波数資源の最適利用技術である。しかも、これらの重要技術は将来の超高速の複合的ワイヤレスシステムに対応するため、前述のように超広帯域(UWB)にわたる適応的周波数共用スケジューリングを基盤として構築されることが必須である。

## 2. 研究の目的

本研究の主要目的は次の3つである。(1)電波資源を有効利用し、超広帯域という無線伝送技術に明確な焦点をあて、電波・周波数資源枯渇という問題に対して直接対応可能な新技術を開発すること、(2)超広帯域ワイヤレス環境において、アンテナシステムと協調した透過的な端末の移動と空間的に分散する複数のアプリケーションに対するQoS(Quality of Service)を最大限確保すること、(3)次世代インターネットのための超高速ワイヤレスハンドオフ通信環境を超広帯域な電波資源を共用し実現すること。さらに、これらの成果を具体的に検証し、研究成果を実践的に検証するために、レイヤ間協調型ユビキタスサービスをモチーフとした実験を進める。ユビキタス環境における次世代無線技術では周波数の適応的で効率の良い割付制御技術により運営される。このため広帯域伝送が期待できるホットスポットと、そうではないエリアが生じ、ユーザに対し提供される上位のレイヤでのサービスにおいても適応的な提供機構が必要となる。一方、オフィスや家庭での常時接続環境がほぼ整い、近い将来には人々は屋外で移動中においても継続的にネットワークに接続しサービスを利用することが予想される。本テーマでは、特にこの屋外での移動ユーザが街中で継続的に利用するようなサービスを、移動中に生じる帯域の変化および切断状態に対し耐性を高める機構を1)移動ユーザの状況適応技術と2)上位下位のレイヤ間協調技術により研究開発し、複合的ワイヤレスシステムによる超広帯域の適応周波数共用機構を検証する。

## 3. 研究の方法

環境適応型超広帯域アンテナサブシステムの研究・開発では周囲の電波環境に応じて所望の帯域や指向性を確保できるよう、多数のアンテナ放射素子を3次元的に配置する構造の環境適応型アンテナサブシステムの放射素子を開発するために、シミュレーションによる電磁界解析の結果から、最適化のために必要な評価関数を導出し、構造の最適化を進めた。実際のアンテナシステムの作成は大学保有のマイクロ波基板加工設備を活用し、試作と実験を短期間で繰り返す研究開発体

制を取り、マルチチャンネルアンテナシステムに向けたアンテナ放射素子を複数種類試作し、人体近傍の特性評価を進めた。さらに、人体の影響を能動素子を用いずに低減できる給電方式の研究をすすめて、人体の位置により電力の分配率を自立的に調整できる給電機構の開発おこなった。本テーマでは特にCSRRフィルタ構造と人体との電磁波的相互作用のメカニズムの解明を進めた。測定技術に関しては、人体の影響を模擬する人体等価ファントムをチタン酸カルシウムを主材とする新しい成分を基本とする条件で開発した。併せて将来のミリ波帯域での電波資源の活用に向けた人体等価ファントムの開発をおこなった。超広帯域適応型ワイヤレス指向型OSのワイヤレスリソース管理アルゴリズムの研究・開発ではアプリケーションによる要求品質を参照テーブルのデータとして蓄積し、与えられた条件に対してワイヤレスリソースを割り付けるアルゴリズムに取り組んだ。特に複数のシステムにまたがる超広帯域な周波数資源を空間を含めて管理するために、アンテナの放射特性および周囲の電波環境の状態変数を広帯域でシステム評価関数に取り込む方式に注力した。環境適応型アンテナサブシステムが空間レベルのワイヤレスリソースをダイナミックに割り付けるには、リアルタイム技術を基礎としたワイヤレス指向型OSの開発を行うため、要素技術の開発に取り組んだ。

これらの開発を踏まえ、アンテナサブシステムとOS・スケジューラ間の協調した周波数割付を開発、テストするため実際に複合偏波指向性アンテナを多数試作した。さらにユビキタスサービスの適応的提供機構への連携を深めた研究を進め、特に継続的なサービス(街中でのナビゲーション(観光)を目的とした多ホスト間でのマルチメディアをリアルタイム共有する「チャット」など)を構築取り組みをおこなった。さらに実機ベースでの性能評価のためにサービス提供ホストの構築をすすめて、街中での継続的なサービスの実機性能評価をすすめた。特に、プライバシー情報制御可能な双方向アクティブタグであるPreCog-Tagを中心とした評価プロトタイプシステムの開発に注力した。このシステムは端末の持ち主自身が、プライバシーの開示レベルとしての4つの状態遷移を制御するものであり、多様な個人プライバシー情報に合わせたセキュリティコードをTagとシステム間で交換する条件の下での適応的サービスの提供機構をワイヤレスの条件下で評価をおこなった。

## 4. 研究成果

平成18年度は環境適応型超広帯域アンテナ

サブシステムの基本要素として、2週波共振平衡給電アンテナを開発した。また、人体の影響を含めてアンテナを評価することを目的としてスケールモデルファントムの研究を進め、縮小型のファントムを開発した。さらに、超広帯域 UWB アンテナ給電部の研究のために、拡大型のスケールモデルファントムの研究を進め、グリセリン型による3倍のスケールモデルの開発に成功した。これらの成果を用いて超広帯域無線伝送システムのモデル化と高効率計算法の研究をすすめ、直接法と繰り返し法を切り替える高効率モーメント法を提案した。また、4パスモデルによる効率的で高精度な UWB 伝送路の評価方法を提案し、極近傍における超高速伝送特性を人体を含めて明らかにした。環境対応型超広帯域アンテナによる包括バーチャルソフトハンドオフの基礎部分の開発として、複数の無線基地局を用いた QoS 制御システムにおける通信チャンネル制御方式を提案した。本方式は、ハンドオフによって通信の最適化を図るものであり、基地局において自身のトラフィック状況、帯域予約状況、各端末の接続状況を計測する機能を実現した。また、効率的な基地局と端末の組合せを求めるために、全基地局の中から代表基地局を1つ選択する機能を実現した。代表基地局では、全基地局の状況を収集・管理し、QoS 満足度の総和を算出する機能から、端末の接続先基地局を切り替えるように端末に対してハンドオフを指示する機能を実現した。時間変動型サービス提供を可能とするため、センサシステムと連携するサービス提供機構を構築し評価した。カメラを用い、ユーザへ提供する情報をユーザの移動に適應して提供するユビキタスサービス提供システムの実証実験を重ねた。さらにユーザを同定・識別をするためのタグシステムとしてプライバシー制御機能とユーザ位置の測定が容易になるものを考案し、特許出願し試作を進めた。

平成19年度は超広帯域周波数資源を適應的に活用するアンテナシステムに関する研究を進めた。特に人体等価ファントムとして新しい組成の開発に成功した。チタン酸カルシウムを用いるファントムは超広帯域でのスケールモデルファントムの適應領域を大きく広げる成果である。アンテナ基本素子については、超広帯域での漏洩電流の解析をすすめ、フェライトの装荷方法に関する研究を進め、Sパラメータによる測定を含めてその適應条件について研究をおこなった。特に指向性とインピーダンス測定では、適切な装荷方法が異なることを数値計算で明らかにし、携帯系の無線システムに同軸線路を接続して測定するフェライトの装荷指標を始めて定量的に明らかにしている。また、超広帯域

アンテナの地中レーダへの適應をすすめ、キャピティ型平面アンテナのリング特性を7GHz以上の広域まで改善できる新しいファントム内装型アンテナ方式を開発した。システムやサービスを含めた検討として、時間変動型サービス提供実現のため、前年度より開発を続けてきたプライバシー情報制御可能な双方向アクティブタグである

PreCog-Tag を中心に研究開発をすすめた。ビジョン認識による歩行者の興味抽出に加え、PreCog-Tag をつけた人物の追跡と同定を行ない、そのTagに持ち主が指定しているプライバシー情報取得の許可レベルに合わせたサービス提供を行なう基盤システムを設計した。本プロトタイプサービスは、具体的にプライバシー情報の開示レベルとして、Tagの持ち主の存在をまったく伝えない stealth モード、存在のみを伝える presence モード、Tagの赤外光を用いて持ち主の詳細な位置まで伝える tracking モード、Tagに個人特定情報を伝え個人の嗜好をシステムに伝える open モードの4つの状態遷移を持ち主自身がTagのボタンによって制御するもので、受信した情報に合せてシステムが情報を取得し、それを半透明の Glass Vision に投影することにより Head-Mounted Display などを用いなくて Augmented Reality を実現するものである。さらにこれらプロトタイプサービスを開発可能とする基盤プラットフォームを研究開発するとともに、多様な個人プライバシー情報に合せたセキュリティコードをTagとシステム間で交換できるように検討をすすめた。また、リソーススケジューリング方式については、特に、各端末上で動作するプロセスの通信相手、使用する通信帯域、接続する無線基地局、その電波強度のパラメータを元に、全体の通信状況を最適化するための2つのアルゴリズムを提案した。第1の提案は、最適化の過程で端末と基地局の組合せ変更回数を削減し、切断時間を最小化するものである。第2の提案は、各端末の要求を満たしながらも、基地局の負荷を抑えるものである。いずれも、目的を達成するためのアルゴリズムとなっている。さらに、実システム上では、両者を組み合わせて動作させることが適切であることを示した。

平成20年度は環境対応型超広帯域アンテナによる包括バーチャルソフトハンドオフの基礎部分の開発としては、複数の無線基地局を用いた制御システムの完成を目指したシステム開発を行った。当該システムでは、基地局向けのソフトウェアとして、通信帯域制御機能、端末からの通信品質予約管理機能、基地局と端末とのアソシエーション最適化機能の実現をほぼ完了した。また端末向けのソフトウェアとして、基地局との協調処理を

実現する機能を実現した。超広帯域にわたるアンテナシステム評価のため、チタン酸マグネシウムを用いる超広帯域人体等価ファントムとSパラメータ法を用いた平衡給電アンテナのインピーダンス測定法を開発した。また相対放射効率測定を層状の人体等価ファントム近傍に配置されたアンテナの放射効率測定に適応し、深さ方向媒質定数変化に関わるわずかな放射効率変化の差異を実験的に検出することに成功した。これらの測定・評価技術をもとにUWB用アンテナの小型化・低漏洩電流化の研究をすすめ、あわせて誘電体厚さ方向に形成したマイクロ波帯人体装着型八木宇田アンテナを提案し、その基本特性を明らかにした。サービスを含むシステム全体の評価では、時間変動型サービス提供実現のため、プライバシー情報制御可能な双方向アクティブタグである PreCog-Tag を用いた開発基盤プラットフォームを研究開発し、更に街中の歩行者を追尾する認識アルゴリズムの動的な切り替え機構と情報提供のための動的な GUI 生成機構を研究開発し、それらをマルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOM02008)シンポジウムで発表した。このシステムを更に発展させ実世界指向コンテンツのためのCMSとそれに特化したクライアントシステムの研究開発に着手し、そのプロトタイプデモをインタラクシオン 2009 で行なった。

#### 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 14 件)

[1]中村芳崇, 前田忠彦, “高速無線 LAN システム用平衡給電型 2 周波共用内蔵アンテナの広帯域化,” 信学論 (B), vol. J89-B, no. 8, pp. 1476-1485, Aug. 2006.

[2]浅川公男, 前田忠彦, “並列計算機に適用したモーメント法高速化に関する適応領域の検討,” 信学論 (B), vol. J89-B, no. 9, pp. 1832-1836, Sept. 2006.

[3]山本志緒, 後河内大介, 前田忠彦, “スケールモデルのファントムの電気特性に関する検討,” 信学論 (B), vol. J89-B, no. 9, pp. 1837-1841, Sept. 2006.

[4]宇野昌紀, 前田忠彦, “無線 LAN アクセスポイントの放射素子の製作精度と筐体漏れ電流を考慮した DOA 推定に関する検討,” 信学論 (B), vol. J89-B, no. 9, pp. 1842-1847, Sept. 2006.

[5]Tadahiko Maeda, A. D. Amar and Allen Gibson, “Impact of wireless telecommunications standards and regulation on the evolution of wireless technologies and services over Internet

protocol,” Telecommunications Policy, Vol.30, pp.587-604, Dec. 2006.

[6]浅沼健一, 後河内大介, 山本志緒, 前田裕一, 田中雅人, 小堤直樹, 松田祐征, 吉田博志, 前田忠彦, “人体を含めた UWB 伝送路モデルの提案と特性評価,” 信学論 (B), vol. J90-B, no. 9, pp. 873-884, Sept. 2007. 査読有

[7]小堤直樹, 前田忠彦, “給電ケーブル上の漏れ電流がアンテナ特性測定に与える影響とフェライトコアを用いたアンテナ特性測定の改善効果,” 信学論 (B), vol. J90-B, no. 9, pp. 896-905, Sept. 2007. 査読有

[8]榎堀 優, 西尾 信彦, “動的に構成を変更可能な仮想スマート環境の構築”, 情報処理学会論文誌「人間中心のユニバーサル/ユビキタス・ネットワークサービス特集号, vol. 49, no. 1, pp. 58-68 (2008/1). 査読有

[9]横田悠一, 宮田明良, 藤本勝大, 前田忠彦, “ダウンスケールモデルによる測定を目的とした UWB 帯域用 CaTiO<sub>3</sub> ファントムの開発,” 信学論 (B), vol. J91-B, no. 6, pp. 713-716, June 2008. 査読有

[10]宮田明良, 横田悠一, 藤本勝大, 前田忠彦, “人体を含む無線システムのスケールモデル評価を目的とした UWB スケールアップファントムの提案,” 信学論 (B), vol. J91-B, no. 7, pp. 801-805, July 2008. 査読有

[11]古賀洋平, 浅沼健一, 城本昌幸, 奥本剛史, 藤本勝大, 前田忠彦, “5 GHz 帯を抑制するスルーホールを用いた小形 UWB 基板アンテナ,” 信学論 (B), vol. J91-B, no. 9, pp. 1017-1028, Sept. 2008. 査読有

[12]中村涉, 加藤勝也, 前田忠彦, “アンテナに対する人体手部の影響を低減する電力分配方式の提案,” 信学論 (B), vol. J91-B, no. 9, pp. 1037-1046, Sept. 2008. 査読有

[13]加藤勝也, 馬場聡史, 前田忠彦, “人体手部が液晶ディスプレイの外枠に設置したアンテナの放射特性に与える影響,” 信学論 (B), vol. J91-B, no. 9, pp. 1047-1056, Sept. 2008. 査読有

[14]桑原雅明, 石原孝通, 西尾信彦, “自律的トレーニングデータ収集による屋外位置情報システム,” 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 4, (pp. 1238-1250, Apr. 2009). 査読有

[学会発表](計 16 件)

[1]Muhammad Sajjadur Rahim and Tadahiko Maeda, “The effects of human hands on the radiation characteristics of offset-fed slot antenna embedded at the back of display of notebook computers for the reception of digital terrestrial TV broadcasting,” ICACT 06 (Phoenix park, Korea, Feb. 2006)

[2]T. Maeda, “Portable antennas and

related measurement technologies for broadband wireless communications,” CJAWAMT 06 (Xiang, China, Aug. 2006)

[3]Yu Enokibori, Nobuhiko Nishio “Framework for the Use of Legacy Software in Ubiquitous Computing Environments”, System Support for Ubiquitous Computing Workshop (UbiSys2006), Part of UbiComp2006, Orange County, California, USA, Sept. 18, 2006.

[4]Chong Chol Song, Nobuhiko Nishio “A Service-oriented Autonomous Grouping Mechanism in MANETs”, The Eighth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2006), Poster Session, Orange County, California, USA, Sept. 19, 2006.

[5]Nobuhiko Nishio “PRECOG-Tag: Privacy-Controllable Personal Identification”, The Eighth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2006), Poster Session, Orange County California, USA, Sept. 19, 2006.

[6]Nobuhiko Nishio, Koji Shuto, Kiyoto Tani, Takamichi Ishihara, Tomonori Morikawa “Wonder Wall: Realization of Interactive Wall in the Movie “Minority Report”, The Eighth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2006), Demo Session, Orange County, California, USA, Sept. 19, 2006.

[7]K. Asanuma and T. Maeda, “Evaluation of the UWB transmission model by using frequency-domain near-field to near-field transformation applied to the parallel computing,” Proceedings of ISAP2007, pp.540-543, 2007.

[8]Y. Nakamura and T. Maeda, “A study on the gap placed on the conducting plate of a balanced-fed dual-band built-in antenna for wireless LAN systems,” Proceedings of ISAP2007, pp.1186-1189, 2007.

[9]Kazuhiro Tooriyama, Koji Wakuyama, Hiroshi Masaoka and Nobuhiko Nishio “PRECOG-Tag: Radio and Vision Integration for Secure Personal Identification and Location Detection,” The 9th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2007), Demo Session, Innsbruck, Austria, Sept. 17, 2007.

[10]Chol-Song Chong, Nobuhiko Nishio “GRECOM: Group Context Management Middleware for Group Event-driven Services,” The 9th International Conference on Ubiquitous Computing

(UbiComp2007), LBR Session, Innsbruck, Austria, Sept. 17, 2007.

[11]W. Nakamura and T. Maeda, “The effects of feeding cable arrangements on radiation pattern measurements using scale model phantoms,” Proceedings of iWAT2008, pp350-353, 2008.

[12]Y. Yokota, A. Miyata and T. Maeda, “A basic study on a new composition of a half-scale phantom for evaluation of Ultra-wide band wireless systems,” Proceedings of iWAT2008, pp506-509, 2008.

[13]R. Nonoyama and T. Maeda, “Stability of step-tapered design alteration in radius of elements on radiation characteristics of Yagi-uda antennas,” Proceedings of iWAT2008, pp566-569, 2008.

[14]Nobuo Kawaguchi, Nobuhiko Nishio, Yohei Iwasaki, Ismail Arai, Koichi Tanaka and Shigeo Fujiwara, “Secure and Dynamic Coordination of Heterogeneous Smart Spaces,” Proceedings of the 10th Ubicomp 2008 Workshop Programs, P.224, Seoul, Sept. 21, 2008.

[15]T. Maeda, T. Matsumoto and H. Yoshida, “A study on the accuracy of location measurement of wireless ID tags integrated with multiple antennas and an antenna direction sensor,” IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2007, pp2769-2772, 2007 (Hawaii, U.S.A, 2007)

[16]Masaaki Kuwabara, Nobuhiko Nishio, “Wi-Fi Based Radio Map for Location Sensing by Hypothesizing Existence of Barriers,” The 3rd International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ICUIMC 2009), pp.12--17, Suwon, Jan. 15, 2009.

〔図書〕(計 5 件)

[1]前田忠彦「アンテナ・無線ハンドブック」  
「第3章 測定法 執筆担当」(オーム社、2006年10月出版)

[2]前田忠彦「アンテナ工学ハンドブック」  
「第2章 8節および9節 執筆担当」(オーム社、2008年7月出版)

[3]前田忠彦「アンテナ工学ハンドブック」  
「第10章 4.3節 執筆担当」(オーム社、2008年7月出版)

[4]前田忠彦「アンテナ工学ハンドブック」  
「第11章 13節 執筆担当」(オーム社、2008年7月出版)

[5]前田忠彦「Mobile Antenna Systems Handbook」, 担当章 Chapter 12: UWB

Antennas (Artech House, Inc, 2008年7月出版)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 5件)

産業財産権の名称「異種スマート環境制御方法」

発明者 西尾信彦・榎堀 優・河口信夫・田中宏一・藤原茂雄、岩崎陽平

権利者 学校法人立命館・国立大学法人名古屋大学・株式会社内田洋行

産業財産権の種類 特許番号  
出願番号 2008-172433

出願年月日 2008年7月1日  
国内・外国の別 国内

産業財産権の名称「複数のスマート環境間をつなぐトンネルとしてのP2Pネットワーク」

発明者 西尾 信彦・河口 信夫・田中 宏一

権利者 学校法人立命館・国立大学法人名古屋大学・株式会社内田洋行

産業財産権の種類 特許番号 出願番号  
2007-123372・公開番号 2008-282080

出願年月日 2007年5月8日  
国内・外国の別 国内

産業財産権の名称「トレーニングデータの収集方法及びこれを用いた移動体通信端末の位置検出方法」

発明者 西尾 信彦・石原 孝通

権利者 学校法人立命館・加藤電機株式会社

産業財産権の種類 特許番号 出願番号  
2007-217658・公開番号 2009-55138

出願年月日 2007年8月23日

国内・外国の別 国内

産業財産権の名称「認証システム、認証方法及び端末」

発明者 西尾 信彦

権利者 学校法人立命館

産業財産権の種類 特許番号 出願番号  
2006-246293・公開番号 2008-70923

出願年月日 2006年9月12日

国内・外国の別 国内

産業財産権の名称「人体装着型アンテナ装置、イヤホンアンテナ、及び、携帯端末」

発明者 前田 忠彦

権利者 学校法人立命館

産業財産権の種類 特許番号 出願番号  
2007-007822・公開番号 2008-177731

出願年月日 2007年1月17日

日  
国内・外国の別 国内

取得状況(計 1件)

産業財産権の名称「無線通信装置」

発明者 前田忠彦・庄木 裕樹

権利者 学校法人立命館・株式会社東芝

産業財産権の種類 特許番号 出願番号  
2002-340036・公開番号 2004-179693・登録番号 4177647

出願年月日 2002年11月22日

国内・外国の別 国内

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田忠彦 (MAEDA TADAHIKO)

立命館大学情報理工学部・教授

研究者番号: 40351324

(2) 研究分担者

大久保英嗣 (OKUBO EIJI)

立命館大学情報理工学部・教授

研究者番号: 60127058

毛利公一 (MOURI KOUITI)

立命館大学情報理工学部・准教授

研究者番号: 90313216

西尾信彦 (NISIO NOBUHIKO)

立命館大学情報理工学部・教授

研究者番号: 70286631

(3) 連携研究者