

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 27 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23500135

研究課題名(和文) 多様な価値観のもとで情報リソースとサービスを円滑に流通させる価値交換システム

研究課題名(英文) The value exchange systems which circulates information resources and services smoothly under the variety of values

研究代表者

木下 宏揚 (KINOSHITA, Hirotugu)

神奈川大学・工学部・教授

研究者番号：70202041

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：様々な価値観を持つコミュニティに属するユーザの間で、物や情報、サービスを地域通貨を用いて安全安心に流通させるシステムを構築する。そのためにボランティア的な価値観など金銭的価値以外も表現可能なゲーム理論などに基づく地域通貨システム、情報カプセルを用いた著作権管理システム、個人情報保護するアクセス権の設定の矛盾の検出法、情報を作業のコンテキストに応じてユーザに提示するクラウドファイルシステムを提案した。

研究成果の概要(英文)：We construct a system that circulates goods, information and services safely among users who belong to the communities which have various sense of values. We propose a local currency system which represents not only the monetary price but also the volunteer like sense of values based on the game theory, digital rights management systems with the information capsules, detection schemes for the inconsistencies of settings of the access rights and the cloud file system which indicates information users suitable for the contexts.

研究分野：情報セキュリティ

キーワード：個人情報保護 情報検索 地域通貨 デジタル著作権管理 デジタルアーカイブ 群知能 ゲーム理論
アクセス制御

1. 研究開始当初の背景

これまでに受けた科研費平成 13 年度から 15 年度まで基盤研究(C)「キャンパスネットワークの情報コンテンツ保護と著作権制御に関する研究」、平成 16 年度から 20 年度まで基盤研究(C)「研究者の役に立つ著作権とセキュリティを考慮した知識の発見と流通に関する研究」および平成 14 年度から 19 年度まで神奈川大学 COE「人類文化研究のための非文字資料の体系化」などにおいて、情報の安全安心かつ円滑な流通を目的とした、著作権保護技術、決済システム、アクセス制御モデル、情報検索システムの提案と、実装を行うためのサーバのインフラ部分の開発などを行ってきた。また、著作権の管理を行うエージェントについて、メタデータの記述方法などについて検討を行った。また、情報検索システムとして、オントロジーによる資料の体系化を検討してきた。また、文献 19 において地域通貨の価値に関して基礎的な研究を行ってきた。ネットワーク上で、情報リソースやサービスを提供する際には、一元的な金銭価値に置き換えて決済を行うか、ボランティア的あるいは、広告収入など別の収入源と引きかえに無料で提供するしかない。一方、地域のコミュニティで物やサービスを循環させる目的で地域通貨が注目されているが、効率よく取引相手を発見したり、コミュニティの範囲を越えて流通を行うことは困難になっている。そこで、多様な価値を表現可能なネットワーク上の地域通貨の実現が必要となる。ここで言う価値は、法令の遵守や倫理観や達成感、疲労感など従来の通貨には単純に置き換えが困難なものである。さらに、検索システムを使って疎結合された(異なるサービス間で知識を利用できる状態)、独立して運用管理されているリソースを、情報漏洩や情報改竄の心配なく使うことも必要不可欠となる。また、多くのネット通販で行われているように、個人の属性や行動履歴などから、適応的なサービスを提供するために、個人情報積極的に流通させることが重要になっている。この際、個人情報を自己でコントロールことが望まれる。

2. 研究の目的

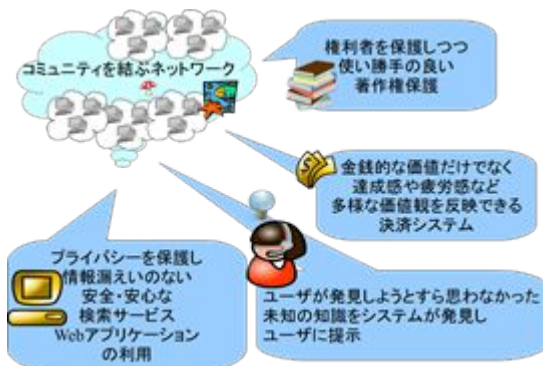


図1 研究の目的
現在の社会は、情報機器やネットワークを介

して、知識や著作物、個人情報といった情報リソースを流通させている。多様で予想できない社会では、それぞれの価値観を持ったコミュニティと特定のコミュニティを形成しない公共の間で情報リソースを安全かつ円滑に循環させる必要がある。情報リソースを円滑に流通させるためには、情報リソースやサービスに対して適切な価値を与え、この価値と情報リソースを交換する必要がある。ここで言う価値とは、単に金銭的な価値にとどまらず、名誉や達成感といった地域通貨的に記号化されたものである。さらに、情報リソースが意図しない情報漏洩を起こさないようにする必要がある。また情報リソースの交換や情報漏えいを検出するためには、未知の知識の発見を援助しユーザに提示するシステムが要求される。本研究では、情報リソースとサービスに対して地域通貨の価値を付与した上でエージェントを用いたリソースと価値の交換システムを提案する。また、複数のコミュニティが介在した際に発生する可能性のある情報漏洩を検出し、利便性と安全性のバランスをとった情報流通システムを提案する。

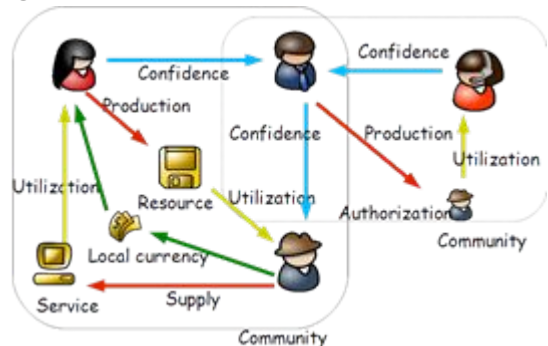


図2 情報リソースと価値の流通

3. 研究の方法

(1) 多様な価値観を表現可能なネットワーク上の決済手段の開発

多様な価値観の表現
多様な価値観を表現するために、コミュニティにおける評価に基づいた人間関係を図にした人間関係ダイアグラムを作成した。次に、金銭的価値、達成感、リスクの大きさなど価値の尺度の候補を選定するために、多変量解析により主因子を抽出し、価値のベクトル空間を設定した。これに基づいて権利の行使に価値のベクトルを割り当て、他の情報リソースやサービスのベクトルと比較することにより決済を行うシステムを提案した。

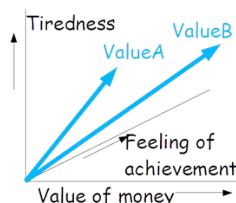


図3 価値ベクトル

群知能とゲーム理論を用いた価値交換システム

知識流通において取引を円滑にするために、地域通貨の「独自に価値を決める」という性質を活かし、多様な価値を表現可能な価値の交換システムを提案した。また、決済の際に使用する財としての価値ベクトルの最適な組み合わせを決定することは一般に困難なので、群知能を用いた最適化の手法を検討する。また価値交換システムでは、各ユーザが満足する効用が得られるかどうかは未解決であり、複数人の場合にそのまま適用することができない。そこで、ゲーム理論を用いた理論的検討を行った。具体的には、地域通貨システムによっては他者から財・サービスを受領するが、自らは何も財・サービスを提供しないフリー・ライダーの問題が発生する可能性がある。そこで、フリー・ライダーが発生しにくい仕組みを提案した。キャリアという概念を導入し、地域通貨の価値保蔵の機能を口座に、交換手段の機能をキャリアに分離する。キャリアは所有者によって通用力が変化する仕組みを持つ。これによって、フリー・ライダーの活動を制限する。地域通貨において、効率よく取引相手を発見したり、同じコミュニティ内でも価値観が異なると流通しない可能性がある。これまで提案されてきた異なる価値観を持つ二者間の価値交換システムでは、各ユーザが満足する効用が得られるかどうかは未解決であり、複数人の場合にそのまま適用することができない。そこで、ゲーム理論を用いて特定の条件下で、 n 人の各ユーザにおける効用が満足するようなモデルを提案した。また、価値交換システムとしては、破産ゲームを用いたコミュニティ内での価値の交換システムを提案した。研究室を例にし全体提携することによってより良い配分になるような結果を求めた。また、ボランティアなどの利他的行動を考慮した利他性を考慮した利他的効用関数を用いたモデルの構築を行い、コミュニティ全体の利他的な満足度を上げていったとき、コミュニティ内の平均の利他性はどのように変化していくのか、シミュレーションを行った。

ブロックチェーンを利用した価値交換決済手段として注目されている、ビットコインの上位レイヤーであるカラードコインに着目し、アントコロニー最適手法(ACO)を用いて、購買者の商品購買行動を分析し商品に対する市場の好みを推測して商品を購入する順番を推薦するシステムを提案した。本システムは、カラードフェロモンという利用者の属性に相当するものを使い、属性を対応させた商品の購入順を無色フェロモンのACOによる最短経路問題に還元した。これにより、利用者は効率の良い買い物ができる。と考える。

(2) 情報コンテンツの著作権管理の技術 情報カプセル

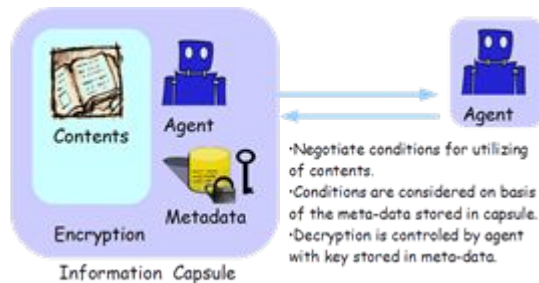


図4 情報カプセル

著作権を管理すべき対象のコンテンツとメタ情報、利用側のアプリケーションと調停を行うプログラムをカプセル化した情報カプセルを情報流通を促進させる地域通貨的な決済システムに応用した。知識や能力の所有者が、これらの流通性を促進させるため、これの対価としての決済システムが必要となる。ここでは、サービスを一元的な価値に置き換える地域通貨と異なり、多様な価値観を反映可能な多元的な金額を表現可能にする。これを実現するために、提供可能あるいは必要な知識、能力、サービスを情報カプセルのコンテンツとして扱った。情報カプセルのコンテンツとして提供したいリソースの価値、あるいは提供を受けたいリソースの価値を格納して流通させる。

電子透かし

ベジェ曲線を用いた電子透かしシステム：知識流通のための著作権の管理システムの一環として、二値の線画像を対象としたトレースにも対応可能な電子透かしの実装を行う。画像投稿サイトなどが増え、インターネット上で多く公開されている漫画やイラスト等の二値の線画像に対する電子透かし構成法を提案した。また、二回ウェーブレット変換を行い中間領域へスペクトル拡散を用いて埋め込むことでより透かし情報に高い秘匿性を持った、画像劣化が少なくかつ耐久性を持った電子透かしを提案した。また、著作権保護としては離散コサイン変換とハフ変換を用いて、周波数領域に埋め込む方法を提案した。

(3) 情報コンテンツの流通におけるセキュリティ

推移閉包アルゴリズムの Covert Channel への応用

アクセス権の設定の矛盾から生じる Covert Channel 検出とその計算量の削減のために、まず covert channel 検出問題は推移閉包問題の応用ないし変形問題であることを示した。また、一般的に推移閉包アルゴリズムを covert channel 検出アルゴリズムに応用できることを示した。これに基づき、効率的な covert channel 検出アルゴリズムを示した。このアルゴリズムは Esko の STACK TC を用いる。提案した covert channel 検出アルゴリズムが従来の covert channel 検出アルゴリズムより高速であることをシミュレーション実験により示した。

マルチエージェントの複雑系への適用に

より情報漏えい情報改ざんを「見える化」するシステムの研究：「個々のエンティティを護るのではなく、振舞い自体を護ること」とはどういうことかを突き詰めた。マルチエージェントシミュレータ Mason によるシンプルな「群れモデル」を作り、「類似の振舞いが集まる仕組みのプラットフォーム」を Java で作成した。

IDS とハニーポット動的組み合わせ
ネットワークからの攻撃の対策には、ネットワークからの攻撃を検出する侵入検知システム(IDS)と不正アクセスを観測するのに効果的なハニーポットがある。ネットワークの統計的情報を取得し、クラッキングの技術を学習するためには、これらを組み合わせる必要がある。しかし、ハニーポットの使用には、他組織への攻撃への踏み台の温床になるなどの倫理的問題が発生する可能性がある。そこで、ハニーポットと IDS の問題点について考察し、これらの動的組み合わせについて提案した。この手法では、IDS による検知結果に応じて攻撃者からの全パケットを運用しているネットワークからハニーポットのネットワークへ自動的にリダイレクトする。ハニーポットは一般のホストとは直接通信せず、特定された攻撃者のみと通信を行うため、ハニーポットに付随する付加的な攻撃や倫理的問題を改善できた。

推論による情報漏えいの防止
流通のセキュリティについては、推論による情報漏えい防止のためのハイパーグラフによる依存関係のモデル化とアルゴリズムによる推論による情報漏洩検出の有効性を示し、検索にかかる最小コストをダイクストラ法を用いて推論されやすい経路を導出することで推

論による情報漏えいを未然に検出し、情報の流れであるグラフの辺を開放除去することにより最適にアクセス制御を行う手法を提案した。

また、データベースの個人情報保護と著作権保護：ハイパーグラフによる推論経路分析にロールベースアクセス制御モデルの「役割」という主体を制約条件として付加することで、分析の精度向上ができると考え、ハイパーグラフによる推論経路分析を主体と客体の両面から評価するセキュリティモデルを提案した。

(4) 知識の発見を援助しユーザに提示するシステム

検索や知識発見の要素技術となるクラウドファイルシステム

「マルチエージェントにより情報流を観測し、情報漏洩・改竄を引き起こす情報流 (covert channel) を推論・自律的制御して状況を人に示し、防止することを支援するエージェントシステムの研究の一部として、クラウドの中にあるファイルを群れの一員と見做し、「似ているファイルが集まる」という概念に基づくシステムを「クラウド・フ

ァイルシステム」と名付け、アンドロイド・タブレットに実装する研究を行った。データの分野やジャンルなどの類似度に応じてファイルを集めることで、多くのファイルを一目で把握可能とするファイルシステムを提案した。この提案システムでは、ファイルは自己組織化された集合値とみなした群知能を用いることで、効率的にファイルを集めることを可能とする。ファイルを多極的な側面から評価する多次元の空間的な管理は、システム上要素が多いため人間が把握するのは困難である。そこで PC の階層構造でのファイル管理を前提とし、ファイル操作の振る舞いを FA(Firey Algorithm) を用いて評価し、ファイルの配置の最適化がなされる動的なファイルマネージャを提案した。

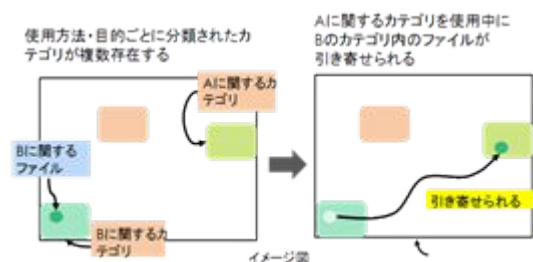


図5クラウドファイルシステム

オントロジを導入した情報検索

また、オントロジを導入した情報検索システムを提案した。提案システムではデータベースは RDF 化され、その上でデータの意味を扱うのに必要となる語彙と知識が OWL によってオントロジに記述されている。こうすることでデータベースに記載された資料に関するメタデータをコンピュータが理解できるようになるため、意味検索や複数の組織間でデータベースとの相互運用の簡易化が可能になった。また、デジタルアーカイブ作成を前提とした民具データベースの構築を行った。民俗資料特有の情報の維持と資料情報の互換性の確保を目的とし、民俗資料の一例として福島県南会津郡只見町に伝わる民具を対象とする。民具の持つ重要な要素に注目し、民具情報構造化モデルを提案した。また、民具のデータベース化を行うとともに、民具の検索システムについても検討を行った。

4. 研究成果

本研究では目的を達成するために以下の4種類の成果が得られた。

(1) 多様な価値観を表現可能なネットワーク上の決済手段の開発

従来の金銭的価値尺度の決済では、ボランティア的なサービスの提供などを表現することが困難であり、特に地域通貨のようなコミュニティに根ざしたでは価値交換では問題となる。そこで、多様な価値観を表現するための価値ベクトルとユーザごとの評価関数を定義することで、価値交換のための基本的なモデルを定義できた。次に、基本的なモデ

ルに基づいて、支払いに充てる保有している財や価値の組み合わせを最適化する手法が必要となるが、一般には解析的に最適解を求めることは困難である。そこで、PSO(Particle Swarm Optimization)を用い最適な組み合わせを求める手法を構築できた。また、価値交換システムがどのように機能するかを解析するために、市場ゲーム、ビッグボスゲーム、破産ゲーム、利他的関数を導入してモデル化した。ゲーム理論の市場モデルによる価値交換システムの評価においては、`A model of the value exchange system in the university with the big boss game,'`においてゲーム理論のビッグボスゲームがコミュニティ内での価値交換に重要な役割を果たすことを示し、`Game theoretic analysis of the value exchange system,'`では、ゲーム理論の市場ゲームを適用することで提案した多様な価値観を反映可能な地域通貨が流通可能なことを示した。

これらの概念は従来ほとんど議論されてこなかった問題で、研究者間の資料やサービスの提供のみならず地域社会やSNSでの応用が期待される。また、ブロックチェーンを応用したカラードコインによる価値交換において群知能を用いた推薦システムなどを提案した。今後の展望としては、多様な価値の評価を行う関数については、今後主観評価などを通して詳細を決定する必要がある。また、価値交換システムによる著作権のモデル化などが考えられる。

(2) 情報コンテンツの著作権管理の技術
リソースの流通において必要な著作権管理として、情報カプセルと電子透かしについて、提案をおこなった。情報カプセルは暗号化されたコンテンツとメタ情報とコンテンツを管理するエージェントをコンテナにして情報を流通させる。利用者や権利者はカプセルのエージェントとネゴシエーションすることで、コンテンツの復号化や更新などを行う。従来、情報カプセルの概念や実装法については提案されてきたが、著作物の二次利用に関連した著作権を自律的に調停できるような手法や個人除法保護への応用は例が見受けられない。電子透かしでは、主に線画などの二値画像をターゲットとした電子透かしを提案した。ベジェ曲線やハフ変換を用いることで、従来一般的な画像に対する電子透かしと比較して、情報の埋め込み量や符号化など加工に対する耐性で十分な性能が得られた。今後の展望としては、情報カプセルを著作権情報ではなく個人情報のコンテナとして利用することで、配布後の個人情報の更新や回収なども可能になるなど幅広い応用分野が考えられる。

(3) 情報コンテンツの流通におけるセキュリティ
個人情報などの保護において、アクセス権の矛盾による情報漏えいを引き起こす Covert

Channel の検出は計算量の削減が課題であったが、推移閉包アルゴリズムを用いることで計算量を削減した。また、マルチエージェントシミュレータを用いることにより、情報漏えいや改ざんを「見える化」することで、従来の決定的な情報フローの制御に変わる、新しいアクセス制御の概念の基礎的な検討を行った。マルチエージェントをベースとしたクラウドファイルシステムやユーザの情報アクセスの振る舞いを解析することにより、さらに利便性と安全性を両立することが可能なアクセス制御のフレームワークを構築することができた。また、コミュニティに対する不正な攻撃に対処するために、IDS とハニーポットを動的に組み合わせ、ハニーポットに付随する付加的な攻撃や倫理的問題を改善することができた。次に従来の Covert Channel 解析は、データ間で演算や推論により関連性がある場合については、ほとんど考慮されてこなかった。そこでハイパーグラフを用いてデータ間の推論に関してその依存関係を表現することにより推論攻撃による情報漏えいを解析する手法を構築することができた。マイナンバー導入とその用途拡大に伴うような断片的な個人情報から意味のある情報が漏洩する危険性を解析することが可能となった。今後の展望としては、実際のデータベース上で提案手法の有効性を確認することなどがあげられる。

(4) 知識の発見を援助しユーザに提示するシステム

群知能によるふるまいの解析と視覚的なユーザインタフェースが、全体の研究目的でも触れた「未知の知識をシステムが発見しユーザに提示」するためのフレームワークにも応用可能なことがわかってきたため、これをクラウド上の様々な情報を自己組織的に編成しユーザに提示するシステムをクラウドファイルシステムとして提案を行うことができた。このシステムは、単に情報漏洩や改ざんの解析だけではなく、新しい知識の発見を支援するためにも有益である。また、デジタルアーカイブのためのオントロジーを用いた情報検索システムを構築した。さらに、モノ情報(デジタルアーカイブの対象物)とコト情報(対象物に関連した時系列ごとのイベント)の観点から構造化を行うことで、デジタルアーカイブ間の互換性を向上させる手法を構築した。今後の展望としてはクラウドファイルシステムにおけるデータ間の関連性にオントロジーやトピックマップの導入することにより、より粒度の細かい検索を行うことなどが考えられる。

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 20 件、全て査読有り)

(1) Rie Jimbo, Sumiko Miyata, Kazumitsu Matsuzawa, Hirotsugu Kinoshita, ``RDFization of Database for Folk

Implements and Ontology-assisted Information Retrieval System," IEEE ICCE 2015 Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW), 2015 IEEE International Conference on Year: 2015 Pages: 490 - 491, DOI: 10.1109/ICCE-TW.2015.7217015

(2) Toshihide Hanyu, Sumiko Miyata, Tetsuya Morizumi, Hirotsugu Kinoshita, "Development of the folk implements database for the digital archive," IEEE ICCE 2015 Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW), 2015 IEEE International Conference on Year: 2015 Pages: 484 - 485, DOI: 10.1109/ICCE-TW.2015.7217011

(3) Sumiko Miyata, Kazuhiro Suzuki, Tetsuya Morizumi and Hirotsugu Kinoshita, "Access control model for the My Number national identification program in Japan," In Proc. of IEEE COMPSAC 2014, pp.152-157, Jul. 2014.

(4) Sumiko Miyata, Hirotsugu Kinoshita, Tetsuya Morizumi, Li Chao, "Game theoretic analysis of the value exchange system," In Proc. of IEEE International Symposium on Applications and the Internet, Jul. 2013.

(5) 中村峻生, 鈴木一弘, 森住哲也, 宮田純子, 木下宏揚: "推移閉包アルゴリズムを用いた covert channel 検出", 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J96-A, No.4, pp.175-183, Apr.2013.

(6) Tetsuya Morizumi, Kazuhiro Suzuki, Masato Noto and Hirotsugu Kinoshita: Multiagent System Based on Genetic Access Matrix Analysis, International Journal of Electronic Commerce Studies, Vol. 3, No. 2, pp. 305{324 (2012).

(7) KINOSHITA Hirotsugu, TAJIMA Yoshiaki, MORIZUMI Tetsuya, NOTO Masato, KAMINABE Hideyuki: "A local currency system reflecting variety of values with a swarm intelligence", Applications and the Internet (SAINT), 2012 IEEE/IPSJ 12th International Symposium, 16-20 July. 2012.

(8) 鈴木遼; 鈴木一弘; 森住哲也; 木下宏揚: "推論による情報漏えい防止のためのハイパーグラフモデル. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J95-D, No.4 pp.812-824 (2012-04-01).

(9) KINOSHITA Hirotsugu, TAJIMA Yoshiaki, KUBO Naoya, MORIZUMI Tetsuya, SUZUKI Kazuhiro: "A local currency system reflecting variety of values" International Symposium on Applications and the Internet (IEEE/IPSJ), ITeS 2011, pp.562-567(2011-7)

[学会発表](計 32 件)

(1) 鈴木一弘, 北村翔平, 平井仁暉: "推論による情報漏えいリスクの評価手法

~ 幅優先探索による手法と相互情報量を用いた手法の提案 ~ .信学技法, Vol.115, No.294, SITE2015-24, pp.7-10 2015年11月06日, 神奈川大学(神奈川県横浜市).

(2) 羽生敏英, 宮田純子, 森住哲也, 木下宏揚, "Ontology を用いた非文字資料の検索," 信学技報, vol. 114, no. 25, SITE2014-4, pp. 53-58, 2014年5月14日. 情報セキュリティ大学院大学(神奈川県横浜市)

(3) Chao Li, Sumiko Miyata, Hirotsugu Kinoshita, "Dynamic Hybrid System of Honeypot and IDS for Network Security Analysis," 信学技報 SITE2013, SITE2013-55, vol.113, no. 355, pp. 157-161, 2013年12月14日. 琉球大学(沖縄県中頭郡西原町)

(4) 石田克憲, 小泉 駿, 宮田純子, 森住哲也, 木下宏揚, "自己組織化可能な群知能を用いた情報リソースの管理," 信学技報 SITE2013, SITE2013-56, vol.113, no. 355, pp. 163-168, 2013年12月14日 琉球大学(沖縄県中頭郡西原町)

(5) 工藤敬文, 宮田純子, 森住哲也, 木下宏揚, "ベジェ曲線を用いた電子透かしの提案," 信学技報, vol. 112, no. 488, SITE2012-70, pp. 243-248, 2013年3月14日, 東大寺総合文化センター(奈良県奈良市).

(6) 田島佳明, 宮田純子, 森住哲也, 木下宏揚, "価値交換システムにおけるゲーム理論的解析," 信学技報, vol. 112, no. 488, SITE2012-66, pp. 201-206, 2013年3月14日, 東大寺総合文化センター(奈良県奈良市).

図書(計1件)

(1) UESUGI Shiro Editor, KINOSHITA Hirotsugu, etc. "IT Enabled Services", Springer, ISBN-978-3-7091-1424-7, 2012, 247.

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木下 宏揚 (HIROTSUGU KINOSHITA)

神奈川大学・工学部・教授

研究者番号: 70202041

(2) 研究分担者

森住 哲也 (TETSUYA MORIZUMI)

神奈川大学・工学部・助教

研究者番号: 70537422

(3) 研究分担者

宮田 純子 (SUMIKO MIYATA)

芝浦工業大学・工学部・助教

研究者番号: 90633909

(4) 研究分担者

鈴木 一弘 (KAZUHIRO SUZUKI)

高知大学・自然科学系・助教

研究者番号: 50514410