

ユビキタス環境におけるコンテキストを考慮した マルチメディア通信システム

東海林 祥一[†], 高橋 秀幸[†], 北形 元[†], 菅沼 拓夫[†], 白鳥 則郎[†]

ユビキタス環境では, 多種多様なハードウェア, ソフトウェアなどのサービス構成要素 (エンティティ) が状況に応じて的確に連携し, 利用者の所望するサービスを提供することが望まれる. 本研究では, ユビキタス環境に存在する各種エンティティやユーザの状況 (コンテキスト) を把握し, 統合的に管理する手法を提案する. 具体的には, 各エンティティをエージェント化し, エンティティごとのコンテキストを個別に管理する. また, エージェント間協調により, 複数のコンテキストを考慮したサービス提供を実現する. 本稿では, コンテキストウェアなサービスの提供を実現するフレームワークと, それに基づくマルチメディア通信システムを提案し, その設計と実装について述べる.

Context-Aware Multimedia Communication System for Ubiquitous Environment

Yoshikazu Tokairin[†], Hideyuki Takahashi[†], Gen Kitagata[†],
Takuo Suganuma[†], Norio Shiratori[†]

In an ubiquitous environment, it is expected that the service components of various hardware and software cooperate adequately, and provide the service that the user desires according to the situation. In this research, we propose a technique for understanding and managing integrated context, that is, the situation of various entities and users coexist in an ubiquitous environment. Concretely, each entity is changed to the agent, and the context of each entity is managed individually. Moreover, the service offer that considers two or more contexts is achieved by the cooperation between agents. This paper proposes the framework that achieves providing with context-aware service and the multimedia communication system based on it, and describes the design and implementation.

1 はじめに

近年, ホームネットワークなどのユビキタス環境を対象に, 多種多様なハードウェア, ソフトウェア等のサービス構成要素 (エンティティ) の動的な連携により, 利用者の所望するサービスを提供するためのフレームワークやサービス構成法が提案されている [1, 2].

ユビキタス環境が提供するサービス (ユビキタスサービス) に関する研究は, これまで利用者の位置情報に応じた情報配信サービスなどを中心に進展してきた. しかし, より高度なエンティティ間の連携の

実現により, 新たなユビキタスサービスの提供が可能になると考えられる. 具体的には, ビデオカメラの入力機能, テレビの出力機能, また携帯電話の制御機能といった, エンティティの機能の一部が即興的に連携し映像・音声を送受信するマルチメディア通信システムなどである. その際に, ユビキタス環境という各種資源の不安定な条件下で, サービス品質 (QoS) を考慮したサービスをいかに安定的に提供するかという点が課題となっている.

本研究では, これらの背景に基づき, ユビキタス環境における QoS を考慮した安定的なサービス提供の実現を目的とする. 具体的には, ネットワークに接続された家庭用電化製品 (家電製品) や PC が協調することによって, 利用者を取り巻く状況を考慮したサービスの提供を目指す. 本稿では, 利用者

[†] 東北大学電気通信研究所/情報科学研究科 Research Institute of Electrical Communication/Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

の位置情報に加え，利用者要求，ハードウェアの物理的な位置や提供可能サービスの仕様，資源利用状態等，利用者を取り巻く様々な状況をコンテキスト (Context) ととらえ，複数のコンテキストを統合的に管理し，それらに基づきサービス構成・調整を行う，コンテキスト指向のユビキタスサービス構成法を提案する．また提案手法に基づいて開発したマルチメディア通信システム的设计・実装について述べ，プロトタイプシステムによる実験から，本提案の有効性を示す．

2 関連研究

エンティティ間の協調によりサービス出力先を切り替えるミドルウェア群として NICORA, SaLaRi[3] がある．このミドルウェア群では，即興的に作り出される知的空間を複数接続し，それぞれの知的空間を構成するセンサ，デバイス，アプリケーションを協調させて新しいサービスを実現する方法が提案されている．しかし，これらのミドルウェア群は，対象とするコンテキストが利用者コンテキストに限定しており，資源状況の変化に対応できない．従ってサービス提供時に誤って現在使用不可のエンティティを選択してしまう可能性がある．本研究では，利用者を取り巻く多種多様なエンティティのコンテキストを統合的に管理することで，資源状況の変化に基づいたエンティティの選択を可能にする．

利用者コンテキストの他，ハードウェア，ネットワークのコンテキストも考慮することで最適なサービス提供機器を探索する研究として DANSE[4] がある．DANSE ではあらゆるサービス構成要素を統一的に扱い，サービス実行時に複数のコンテキストに応じて最適なサービスを提供する手法が提案されている．しかしながら，サービスを構成するエンティティ間で協調する枠組みが存在しないため，サービス起動・終了時にサーバにアクセスすることが前提となっており，サーバに接続できない場合にはサービスが提供不可能になるという問題が生じる．本研究では，エンティティ間で協調するための通信基盤やプロトコルを提供し，多様なコンテキストの分散管理を実現することでこの問題を解決する．

3 マルチエージェントに基づくコンテキスト管理手法の提案

3.1 技術的課題

2 章にて述べた関連研究等から，本研究が目指すユビキタスサービスには以下のような技術的課題が

あると言える．

(P1) 複数のコンテキストを考慮した QoS の確保や維持が困難

マルチメディアサービスなどを提供する場合，エンティティの中には，刻々と資源状況等が変化するものがある．そのため，各エンティティが利用者コンテキストのみに基づきサービスを提供すると，利用者が満足するサービス品質を提供できない問題が生じる．

(P2) 多様なエンティティのコンテキストの集中管理が困難

サービス提供時に利用者コンテキストのみでなく，利用者を取り巻く多種多様なエンティティのコンテキストを考慮する必要がある．その際，刻々と変化する膨大なコンテキストを集中管理することが困難である．

そこで本研究では，これらの技術的課題に対し，以下の手法を提案する．

3.2 (S1) ユビキタス環境を構成するエンティティのエージェント化

エージェント化とは，エンティティに関する知識を各々のエンティティに付加し，それらの知識に基づいて自律的に動作させる機能を与えることである．ここでエンティティに関する知識を本研究ではコンテキストと呼ぶ．コンテキストは，対象とするエンティティ毎に異なった表現が採られ，利用者に関する知識である利用者コンテキスト，ハードウェアに関する知識であるハードウェアコンテキスト，以下同様にネットワークコンテキスト，ソフトウェアコンテキストから構成される．コンテキストはその性質から以下の 2 種類に分類される．

(1) 静的コンテキスト

最初からエージェントに与えられ，一旦入力されると静的に保持されるコンテキストである．例えば，エンティティの設置形態，資源制約，サービス仕様等を静的コンテキストとして取り扱う．各属性には，センサや計算機などにより得られたデータが属性値として対応付けられるか，もしくはシステム管理者があらかじめ記述する．

(2) 動的コンテキスト

システム稼働中に，利用者や資源の状況に応じて動的に更新されるコンテキストである．エンティティに関する動的なコンテキストとして，現在使用している資源の状況や，過去の資源情報履歴，サービス品質状況，利用者の位置や要求等が該当する．それらの値はエンティティの内部状態から得られるものであり，刻々と変化する．表 1 にハードウェアコンテ

表 1 ハードウェアコンテキストの表現形式

カテゴリ	種類	属性
設置形態	静的	位置, 向き, ...
資源制約	静的	CPU最大値, メモリ最大値, 画面サイズ, ...
資源状況	動的	CPU利用率, メモリ占有率, ...
.....

表 2 利用者コンテキストの表現形式

カテゴリ	種類	属性
位置	動的	位置, 向き, ...
要求	動的	品質要求, プライバシー要求, ...
嗜好	静的	品質, サービス実行場所, ...
プロフィール	静的	名前, 年齢, 性別, 視力, ...
.....

表 3 ソフトウェアコンテキストの表現形式

カテゴリ	種類	属性
資源制約	静的	最大メモリ消費量, 最大画面占有量, ...
資源状況	動的	CPU利用率, メモリ使用量, ...
サービス状況	動的	サービス品質, ...
サービス仕様	静的	品質, サービス範囲, ...
.....

クスト, 表 2 に利用者コンテキスト, 表 3 にソフトウェアコンテキストの表現形式をそれぞれ示す. これらの情報を知識としてエージェントに付加することで, エンティティ間の連携の際に発生した状況変化の通知や状態の把握を可能にし, また, エージェント化されたエンティティが, 適度な監視間隔で常にその状態を把握することが可能となる. これにより, 3.1 節で挙げた (P1) を解決する.

3.3 (S2) エージェントの高度なコンテキスト管理のためのフレームワーク

ユビキタス環境における QoS を意識したサービス構成を目的とした, マルチエージェントに基づくフレームワークとして, AMUSE (Agent-based Middleware for Ubiquitous Service Environment) を提案する. 本フレームワークは図 1 で示されるように, PA, AR, AO, US の 4 レベルのエージェント階層から構成される. AMUSE では PA で物理的なエンティティをエージェントレベルに抽象化し, AR でエージェント間の関係の構築・管理を行う. また, AO でエージェントの組織化を行い, US によってユビキタスサービスの提供を実現する. 本研究では主に AO において, 3.2 節で述べたエンティティのコンテキストに基づき, エージェントの組織構成を行う手法を提案する.

AO においては, エージェント間の契約に基づいて組織が形成される. 各エージェントでは, 動的コンテキストが更新される毎に, 利用者要求を満足し

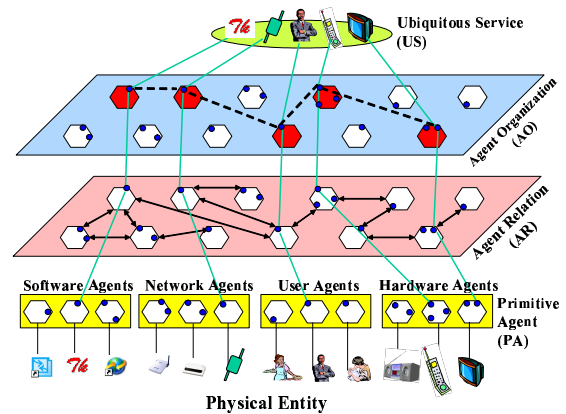


図 1 AMUSE の基本フレームワーク

ているか等の契約条件の確認が行われる. 具体的には, 例えば利用者位置とソフトウェア・ハードウェアが提供可能なサービス範囲を比較することによって行われ, もしサービス提供中に利用者がサービス範囲から外れていた場合には, 契約不履行とみなし他のエージェントに自身のコンテキストとサービス切り替え要求を送信する.

他のエージェントにサービス切り替え要求を送信する際には, CNP (Contract Net Protocol) [5] を基本とする協調プロトコルを使用する. サービス切り替え要求を受けたエージェントは, 送信元のハードウェアコンテキストを, 自身のハードウェアコンテキストと比較し, 自身が利用者要求を満たしているか判断できた場合に送信元へ返信 (bid 通知) する. 返信を受けた送信元のエージェントは, 最も利用者要求を満たすエージェントに対しサービス実行許可を送信 (award 通知) する. このプロトコルによって新たな契約条件に基づく組織が形成され, サービスの切り替えを実現するが, もし利用者要求を満たすエージェントが他に存在せず, bid 通知が無かった場合には, 提供中のサービスをそのまま継続するものとする.

コンテキストを利用した組織構成を行い, エージェント間の協調によるサービス調整を行うことで, 利用者にとって適切なエンティティの組み合わせを選択し, より利用者要求とエンティティのコンテキストを考慮したサービスの提供を実現する. これにより, 多様なエンティティにおけるコンテキストの分散管理を実現し, 3.1 節で挙げた (P2) を解決する.

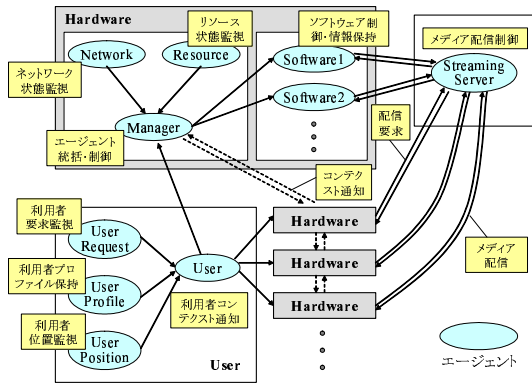


図2 エージェント組織構成と各エージェントの機能概略

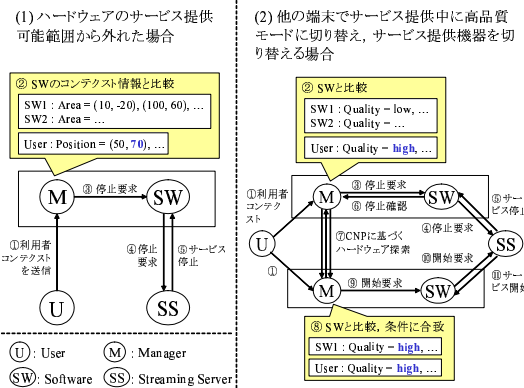


図3 コンテキストが変化した場合における協調プロトコルの例

4 設計

4.1 概要

本章では、3章の提案概要に基づいたユビキタスサービスの一つとして構成した、マルチメディア通信システム的设计について述べる。本システムは、エンティティのコンテキストを考慮してメディアの送受信を行うアプリケーションであり、マルチエージェントを用いたミドルウェアとして実現する。

4.2 エージェント組織設計

図2に、提案システムにおけるエージェント組織構成と、各エージェントの機能概略を示す。図2に従って、メディア送受信の制御を行うことにより、提供されるサービスの調整を実現する。

図2におけるUserは、UserRequest等から通知された利用者コンテキストを格納し、Hardware内のManagerへ送信する。ここで利用者の位置情報は (x,y) の2次元空間座標で表され、利用者要求は、利用者が要求する画像品質、画面サイズ、サービス実行場所等を入力することにより表されるものとする。

また、Softwareは、自身が提供可能なサービス品質を(low, middle, high)の3段階で、サービス範囲を (x,y) の2次元座標の形でソフトウェアコンテキストとして格納し、Managerへ送信する。Resourceは、CPU、メモリの最大値と現在の使用率を、Networkは、現在使用中のネットワークの帯域、また現在他のアプリケーションのネットワーク利用状況を監視し、一定間隔毎にManagerへ情報を送信する。

4.3 コンテキスト管理のためのプロトコル設計

コンテキストが変化した場合の、協調プロトコルの詳細を図3に示す。ここでは、利用者コンテ

クトと、エージェント生成時に格納されたソフトウェアコンテキストを比較することにより、サービス提供場所を決定している。

また、AMUSEのフレームワークではCNPを基本としたサービス構成を行うが、本研究ではHelloメッセージと呼ばれるメッセージをエージェント生成時に送受信し、互いの存在を通知し合うことによりエージェントの組織構成を効果的に行う。Helloメッセージを送受信する順番は以下の通りである。

- (1) UserとUser内のエージェント
- (2) Userと各Manager間
- (3) ManagerとHardware内のエージェント
- (4) 各Hardware間
- (5) 各SoftwareとStreaming Server間

以上のような組織構成と、サービス提供場所決定のための協調プロトコルにより、ユビキタスサービスの提供を実現する。

以上のような過程を経て、USで実際のサービス提供を行う。

5 実装

本システムで使用した実装環境を図4に、実験用端末の性能を表4に示す。

通信方式としては制御部分にTCPを、実際のメディア転送にはUDPをそれぞれ用いた。大画面ディスプレイとしてImmersaDesk[6]をクライアント3へ接続し、無線LAN接続された端末を利用者が携帯した。利用者の位置情報を取得するハードウェアとしてはIS-600[7]を使用した。システムの実装言語としてはJavaを用い、IS-600からのデータ取得にはJavacomm(Java Communications API)を、また、メディアの送受信にはJMF(Java

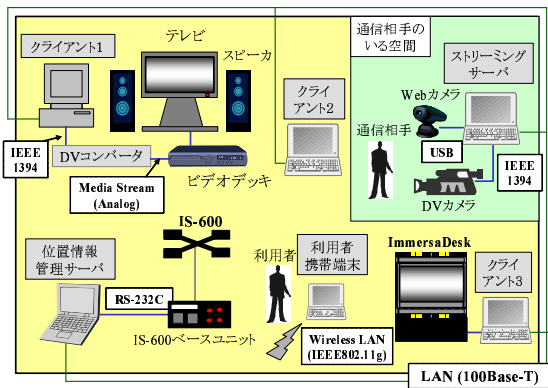


図4 実験環境

表4 実験用端末の性能

端末	OS	CPU	メモリ
位置情報取得サーバ	Windows XP	Pentium4 1.8GHz	496MB
ストリーミングサーバ	Windows XP	PentiumIII 1.0GHz	256MB
クライアント1	Vine Linux 3.1	Pentium4 1.5GHz	512MB
クライアント2	Windows XP	Pentium4 1.6GHz	256MB
クライアント3	Windows XP	PentiumIII 1.0GHz	256MB
利用者携帯端末	Windows XP	PentiumIII 1.0GHz	256MB

Media Framework) を使用した。これらのプログラムはエージェント側から自由に制御可能である。

IP ネットワーク上で高品質の映像ストリームを送受信するために、DV over IP 技術 (DVTS) を用いた。AV 機器は市販の AV 機器を使用し、クライアント 1 に接続した。DV コンバータを介して、DV ストリームをアナログのメディアストリームへ変換し、AV 機器上でサービスの提供を行う。また、ストリーミングサーバには、市販の USB カメラと DV カメラの 2 種類を接続した。

エージェントの実装には、ルールベースのマルチエージェントフレームワークである DASH-1.9.7h1[8] を用いた。また、開発・シミュレーションには DASH 環境のエージェント統合開発環境である IDEA[9] を用いた。

6 実験と評価

6.1 実験

提案システムの機能を検証するために実装したプロトタイプシステムと、その評価について述べる。ユビキタス環境におけるマルチメディア通信として、1 対 1 の双方向通信であり、かつ一方が固定、もう一方が移動する状況に焦点をあてた。想定されるシナリオとしては、外出している家族による在宅高齢者支援などの使用法を想定した。本プロトタイプでは機能確認のため、利用者位置、利用者要求、そ

表5 実験で与えたソフトウェアコンテキスト

端末	品質	画面サイズ
クライアント1 Software1	high	50
クライアント1 Software2	medium	15
クライアント2	medium	15
クライアント3	low	100
利用者携帯端末	medium	12

してソフトウェアコンテキストに応じてサービス提供クライアントとその品質を動的に切り替えるアプリケーションを実装した。

各クライアントにおけるソフトウェアコンテキストは、表5のように与えられている。クライアント1には使用可能なソフトウェアを2種類配置し、独立にコンテキストを与えた。また、今回、利用者要求としては、簡単化のため以下の3つのモードとして実装した。

(1) マナーモード 周りの他のユーザを考慮し、利用者の所持する端末でのみサービス提供を行いたい。

(2) 高品質モード 可能な限り高品質のサービスが提供可能な端末でサービスを受けたい。

(3) 大画面モード 可能な限り大画面でサービスが提供可能な端末でサービスを受けたい。

また、これらの利用者要求を動的に与えることが可能なインタフェースを実装した。

実験手法としては、まず、このサービスの提供範囲内において、マナーモード、高品質モード、そして大画面モードの3種類の利用者要求を与える。利用者は利用者携帯端末を持ちながらクライアント1~3の近傍を移動しつつ通信相手とコミュニケーションを行う。この時のシステムのサービス提供に関する挙動を観測した。

その結果、まず、サービス提供範囲内へ端末を持った利用者がサービス提供範囲内へ移動したところ、利用者携帯端末にてサービスの提供が行われた。その後各クライアントのサービス提供範囲内へ移動したところ、利用者要求によって以下の3種類の結果が得られた。

(1) マナーモード どのクライアントのサービス提供範囲内へ移動しても、サービスの切り替えが実行されなかった。

(2) 高品質モード クライアント1でのみサービスの切り替えが実行された。クライアント1では、より高品質なサービスを提供可能なSoftware1が選択され、AV機器を使用してサービスが提供された。

(3) 大画面モード 全てのクライアントでサービ

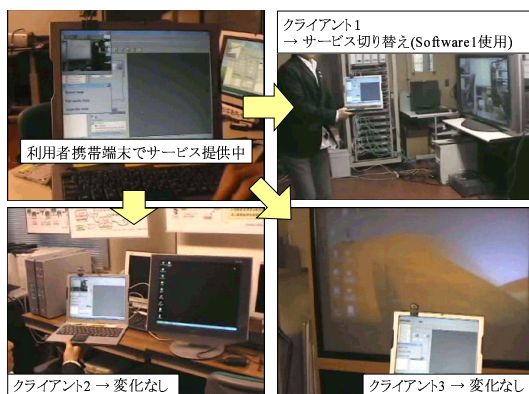


図 5 高品質モードにおける実験結果

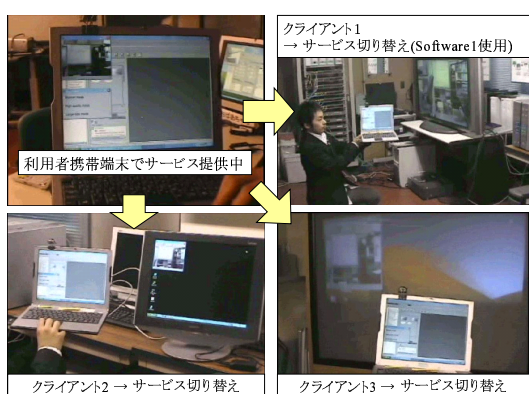


図 6 大画面モードにおける実験結果

ス切り替えが実行された。クライアント 1 においては、より大画面でサービスを提供可能な Software1 が選択され、AV 機器を使用してサービスが提供された。クライアント 3 では ImmersaDesk を使用してサービスが提供された。

高品質モードと、大画面モードにおける実験結果をそれぞれ図 5、図 6 に示す。これらの結果は、実際のサービス仕様に沿った挙動を示しており、利用者の所望する品質でサービスの提供を受けることが可能であることが確認できた。

6.2 評価

実験の結果より、エンティティをエージェント化することで、エンティティ間の連携の際に発生した状況変化の通知や自身の状態把握が可能となった。これにより (P1) 複数のコンテキストを考慮した QoS の確保や維持が困難の解決が可能であることが示された。また、コンテキストの分散管理を実現し、サービス提供時に利用者コンテキストのみでなく、利用者を取り巻く多種多様なエンティティのコンテキストを考慮して、状況に応じて適切なエン

ティティの組み合わせを選択することが可能となった。これにより、本システムが (P2) 多様なエンティティのコンテキストの集中管理が困難の解決に貢献することが確認された。

以上から、本研究の提案によって、複数のエンティティのコンテキストを考慮することで、利用者中心のサービスが提供可能であることが確認できたといえる。

7 おわりに

本研究では、ユビキタス環境における QoS を考慮した安定的なサービス提供の実現を目的としている。本稿では、利用者、ハードウェア、ソフトウェアなどの複数のコンテキストを考慮することにより、QoS を意識したサービス提供が可能であることが確認できた。

今後の課題としては、まず、考慮するコンテキストの拡張と、協調プロトコルの高度化が挙げられる。また、現時点では利用者を 1 人と仮定しているが、利用者が同一サービス提供空間内に複数存在し、サービス競合が発生した場合の回避手法の検討が必要である。

参考文献

- [1] J. Nakazawa, T. Okoshi, M. Mochizuki, Y. Tobe, and H. Tokuda. Vna: An object model for virtual network appliances. In *IEEE International Conference on Consumer Electronics/IEEE Consumer Electronics Society*, pp. 364–365, 2000.
- [2] 河口信夫, 稲垣康善. cogma:動的ネットワーク環境における組み込み機器間の連携用ミドルウェア. 情報処理学会コンピュータシステム・シンポジウム, pp. 1–8, November 2001.
- [3] 米澤拓郎, 小泉健吾, 守分滋, 永田智大, 徳田英幸. Smart furniture 間の柔軟なサービスローミングを実現するミドルウェアの構築. 2004-ubi-3(6), 情報処理学会研究報告, January 2004.
- [4] 板生知子, 松尾真人. 適応型ネットワークサービス環境 dance. 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J82-B, No. 5, pp. 730–739, May 1999.
- [5] R. G. Smith. The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver. *IEEE Trans. Comput.*, Vol. C-29, No. 12, pp. 1104–1113, December 1980.
- [6] 日商エレクトロニクス. Cave : 多面体立体視表示システム. <http://www.nissho-ele.co.jp/product/cave/immersadestk.html>.
- [7] Intersense. Is-600 mark2 precision motion tracker. <http://www.isense.com/products/prec/is600/>.
- [8] DASH. Distributed agent system based on hybrid architecture! <http://www.agent-town.com/dash/>.
- [9] IDEA. Interactive design environment for agent system. <http://www.ka.riec.tohoku.ac.jp/idea/>.