

# モバイル環境におけるユーザ依存の優先度制御と 情報発信機能を有するアクティブマルチデータベースシステムの実現

森 薫<sup>†</sup> 角田 史記<sup>††</sup> 吉田 尚史<sup>†††</sup> 水鳥 敬満<sup>†††</sup> 中川 剛志<sup>††</sup>  
清木 康<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学環境情報学部 〒 252-0011 神奈川県藤沢市遠藤 5322

<sup>††</sup> 東日本旅客鉄道株式会社フロンティアサービス研究所 〒 331-0823 埼玉県さいたま市北区日進町 2-0

<sup>†††</sup> 慶應義塾大学政策・メディア研究科 〒 252-0011 神奈川県藤沢市遠藤 5322

E-mail: <sup>†</sup>{t01944km,naofumi,mizutori,kiyoki}@sfc.keio.ac.jp, <sup>††</sup>{f-tsunoda,t-nakagawa}@jreast.co.jp

あらまし 本稿では、モバイルコンピューティング環境において、ある事象が発生した場合に、その事象の影響の大きさ、および、動的に自動抽出されたユーザの状況に応じて、優先度を決定し、かつ、その事象へ能動的に対応する機能を有するアクティブマルチデータベースシステムの実現方式を示す。これまでに、ユーザ個人に関して発生する事象について、それに対応する情報を抽出および発信するアクティブマルチデータベースシステムの実現方式について示している。本稿では、ユーザ個人に関して発生する事象、および、対象としている系全体に影響を与える事象の両方を対象として、ある事象への能動的対応を目的とし、ユーザ個人の状況・意図を動的に自動抽出する機能、および、それに応じて情報配信を行うためのユーザ依存性計量と優先度制御機能について示す。ここでは、応用例として鉄道利用シーンにおいて利用可能なデータベース群を対象とした実験結果、および、鉄道運行における障害時の情報伝達のための優先度順位計量を伴った情報配信をする実験結果を示し、本方式の実現可能性について検証を行う。キーワード 優先度制御, 異種 DB, アクティブ DB, モバイルコンピューティング, 時空間 DB

## An Active Multi Database System with User Dependent Priority Control in Mobile Computing Environments

Kaoru MORI<sup>†</sup>, Fuminori TSUNODA<sup>††</sup>, Naofumi YOSHIDA<sup>†††</sup>, Takamitsu MIZUTORI<sup>†††</sup>, Takeshi  
NAKAGAWA<sup>††</sup>, and Yasushi KIYOKI<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Environmental Information, Keio University Endoh 5322, Fujisawa-shi, Kanagawa, 252-0011 Japan

<sup>††</sup> Japan Railway East, Frontier Service Laboratory Nisshin-cho 2-0, Kita-ku, Saitama-shi, 331-0823 Japan

<sup>†††</sup> Graduate School of Media and Governance, Keio University Endoh 5322, Fujisawa-shi, Kanagawa, 252-0011  
Japan

E-mail: <sup>†</sup>{t01944km,naofumi,mizutori,kiyoki}@sfc.keio.ac.jp, <sup>††</sup>{f-tsunoda,t-nakagawa}@jreast.co.jp

**Abstract** In this paper, we present an implementation method of an active multidatabase system with priority control mechanisms for evaluating the magnitude of events and users' situations which are extracted automatically in mobile computing environments. We have presented an implementation method of an active multidatabase system for providing information delivery functions for personal events and situations. Our method supports both personal events for individual users and events that influence the whole application scope. We also present an implementation method for obtaining users' situations and intentions, and managing priority control functions. We clarify the feasibility of our method for providing appropriate information with a priority control function in railway scenes by showing experimental results by a experimental system of our active multidatabases.

**Key words** Priority Control, Heterogeneous DB, Active DB, Mobile Computing, Temporal and Spatial DB

## 1. はじめに

近年、モバイル情報端末、無線コンピュータネットワーク、GPSをはじめとする位置検知技術などの新しい計算機システム環境の出現によって、我々の社会における情報供給・情報獲得の可能性が劇的に拡大している。それらの新しいインフラストラクチャにおいて、コンテンツを共有・検索・統合するデータベース技術は、情報化社会を支える最も主要な情報システムの一つである。

WWWを中心としたコンテンツが拡大する一方で、広域ネットワーク上の多くのデータベース群はそれぞれが独立に構築・管理・運営されており、相互利用を前提としていない。それら膨大な異種データベース間統合の実現が、重要な課題となっており[2]、異種データベース群の時空間的関連性を計量し統合する方式[7][8][9][11]、異種データベース群を対象とした能動的情報配信方式[12][13][14]等が提案されている。

これまでに、アクティブデータベースの研究分野において[10]、ユーザ個人に関して発生する事象（時空間的な状況の変化）について、それに対応する情報を抽出、および、発信するアクティブ・マルチデータベースシステムの実現方式について示した[16]。

本稿では、ユーザ個人に関して発生する事象、および、対象としている系全体に影響を与える事象の両方を対象として、その事象の影響の大きさ、および、動的に抽出されたユーザの状況に応じて、その事象に対応する必要な情報を選択および連結し、配信するためのユーザ依存性計量と優先度制御機能について示す(図1)。

本アクティブマルチデータベースシステムにおいては、ユーザの状況に対応するデータと配信対象のデータ間の関連性計量について、モバイルコンピューティング環境において多数のユーザを対象とした場合、多くの計算量を必要とする。特に、ユーザ個別の状況に応じた高度な情報発信を行う場合や、応用が対象としている系全体に影響を与える事象が多く発生する場合には、その計算量は増大するためユーザが要求する応答時間内に応えることが困難となる。本稿で示す優先度制御を伴ったアクティブマルチデータベースシステムの実現により、即時性が必要とされるモバイルコンピューティング環境において、関連性計量機構を適用する多くのユーザを対象とした能動的対応を行うことが可能となる。

ユーザのプロファイルを設定し、事象が発行された場合に、ユーザがそのプロファイルに一致する事象を購読する方式である Publish/Subscribe 方式[5]や、情報が配信されるバッファを対象とした連続的な問い合わせにより情報配信を実現する Continuous Query 方式(例えば[3])、モバイル計算機環境における移動体が有するデータベースを動的に結合する方式[17][18]が提案されている。それらの実現方式との比較において、本方式の特徴は、メタレベル・アクティブマルチデータベースシステム[14]をプラットフォームとして、ユーザの状況・意図を自動獲得する機能、ユーザ依存性を計量する機能、および、優先度を制御する機能を有し、メタレベル・アクティブデータベースシステム上においてユーザ依存性計量に基づく優先度制御を

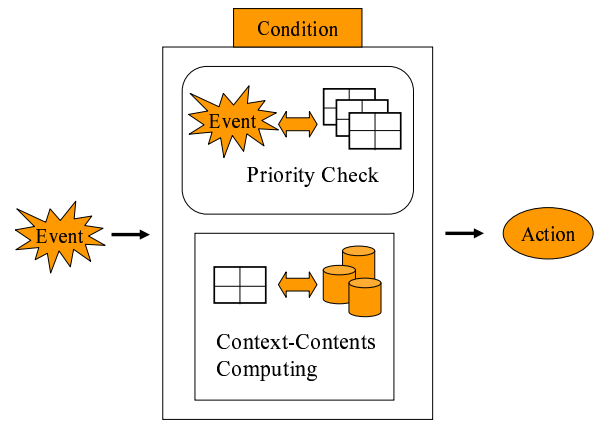


図1 優先度制御を伴った情報発信

伴った事象への能動的対応を実現する点である。

## 2. メタレベル・アクティブマルチデータベースシステム

本稿では

本稿で対象とするメタレベル・アクティブマルチデータベースシステム[12][13][14][16]は次の2サブシステムによって実現される。

- アクティブマルチデータベース管理システム
- ローカルデータベースシステム

アクティブマルチデータベース管理システムは、アクティブマルチデータベースシステムを実現するためのシステムソフトウェアであり、マルチデータベース問い合わせ処理系、メタレベル・アクティブルールの管理・適用系、関連性計量系、メタデータベースシステムにより構成される。

### 2.1 データ操作

異なるローカルデータベースに含まれるデータの結合操作[6]は、次の手順によって実行される。

- (Step.1) 結合対象データベースを生成するためのローカルデータベースシステムに対する部分問い合わせ処理
- (Step.2) 結合対象データベースをメタデータベースシステムが処理可能なデータ形式に変換する処理
- (Step.3) メタデータベースシステムにおけるデータ間の結合処理

マルチデータベースの基本機能は、次の3タイプに分類される。

- (Type-1) ローカルデータベースシステムのデータ操作機能
- (Type-2) ローカルデータベースとメタデータベース間のデータ変換機能
- (Type-3) メタデータベースを利用することで、Type-2によって変換されたデータに対する結合機能

### 2.2 メタ・スキーマ

メタレベル・アクティブマルチデータベースにおける情報の統合では、既存の情報資源の有するデータ構造から独立したメタレベルシステムにおけるデータ構造[14]が必要となる。メタ

	Static	Dynamic
Situation	$SS_1, \dots, SS_n$	$DS_1, \dots, DS_m$
Intention	$SI_1, \dots, SI_p$	$DI_1, \dots, DI_q$

図2 データ構造: User Context

	Static	Dynamic
Situation	年齢, 性別	時間情報, 位置情報
Intention	趣味, 好きな映画	ユーザの目的

図3 User Context 例

レベル・アクティブマルチデータベースにおいては、このメタ・スキーマ上に異種情報源が有するデータを写像し、メタレベルシステムが計量可能な形式に変換する。

異種ローカルデータベース群は、それぞれが多様なデータ構造を持っている。メタレベルシステムにおいて、メタ・スキーマのデータ構造に基づいて、データを変換・写像することで、ユーザ情報との関連性の計量が容易となる。

### 2.3 モバイル環境を対象としたメタ・スキーマ設計

モバイルコンピューティング環境上におけるユーザの状況・意図に応じた情報配信を実現するために、ユーザの状況・意図のデータ構造[16]をメタレベルシステム上にメタ・スキーマとして設計した。以下に、そのメタ・スキーマを示す。

ユーザの状況・意図を Situation/Intension, および, Static/Dynamic の2種類の視点から4種類に分類し、ユーザの状況・意図に応じた情報提供を実現した。Situation とはユーザの社会的、自然的状況であり、Intension とはユーザの目的を持った意図である。また、Static とは静的に決定されるものであり、Dynamic とは動的に変化するものである。これらのユーザの状況・意図を表す本方式のデータ構造 (User Context) の設計を図2に、例を図3に示す。

### 2.4 アクティブルール

メタレベルにおけるアクティブルール (ECA ルール)[14]を処理するために、Event, Condition, Action をそれぞれ Meta Event, Meta Condition, Meta Action として設定することによって、ユーザの状況に応じたマルチデータベース問い合わせ結果を能動的に提供する。

- Meta Event:  $ME_1, \dots, ME_{n_e}$
- Meta Condition:  $ME_1, \dots, ME_{n_c}$
- Meta Action:  $ME_1, \dots, ME_{n_a}$

Meta Event によって、情報資源の実装詳細に依存しないイベントモデルを、メタレベルで規定することが可能となっている。同時に、既存の RDB における更新操作も同様のイベントモデル上で扱うことが可能である。これによって、常に進化し続けるセンシング技術に対応するために、イベント処理に柔軟性を持たせることができる。

Meta Condition によって、異種情報間の状況を記述し、コンディション判定を行うことが可能となる。異種の情報資源を統合する状況判定は、新しい情報を生成し、なおかつ、ユーザの要求に対する的確な情報を配信することを可能にする。

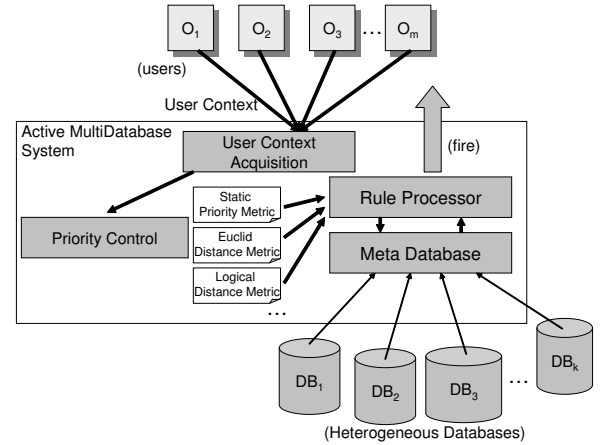


図4 ユーザ状況の自動獲得および優先度制御を伴ったアクティブマルチデータベースシステム

## 3. ユーザ依存の優先度制御機能を有するアクティブマルチデータベースの実現方式

### 3.1 概要

ここでは、ある事象が発生した場合に、その事象の影響の大きさ、および、動的に抽出されたユーザの状況 (User Context, 図2) に応じて、優先度を決定し、かつ、その事象へ能動的に対応する機能を有するアクティブマルチデータベースシステムの実現方式を示す。具体的には、ユーザの状況を動的に抽出する機能、および、優先度制御を伴った情報配信機能を有するアクティブ・マルチデータベースシステムの実現方式について示す。本方式の概要を図4に示す。

本方式は、異種データベース群が連結されたマルチデータベース環境において、ユーザ個人に関して発生する事象、または、対象としている系全体に影響を与える事象が発生した場合に、ユーザの状況 (User Context, 図2) を自動獲得し、その事象の重要度、ユーザの静的な優先度、および、ユーザと事象との時空間的な論理的距離に応じて優先度順位を計量し、ユーザの時空間的状況およびユーザの意図に応じて、それらのデータベース検索・統合を動的に実行し、獲得されたデータ群を動的に優先度制御を伴って利用者へ発信することを可能とする。

### 3.2 User Context の自動獲得機能

本方式では、モバイルコンピューティング環境上のユーザを対象として、メタレベルシステム上におけるユーザの状況 (User Context, 図2) の自動獲得を行う。

本方式では、User Context を獲得する手段として、次の3タイプを対象としている。

- (Type-1) ユーザからの明示的入力による User Context の獲得
- (Type-2) 各種センサーからユーザの挙動を認識することによる User Context の獲得
- (Type-3) Type-1, Type-2 で獲得されたユーザの状況の分析による User Context の獲得

Type-3 による User Context の獲得として、ユーザの時空間的移動から行動パターンを学習することによって、それら抽象度の高い情報を User Context として獲得する方式が多く研究され

ており、本方式ではそれらを用いる。

### 3.3 データ構造

本方式で対象とするデータ構造について示す。事象  $E_i (1 \leq i \leq n)$  を次のように定義する。

$$E_i \in etime_i, eplace_i, etype_i, edescription_i, eurl_i$$

これは 2.4 節における Meta Event ( $ME_1, \dots, ME_{n_e}$ ) に対応する。

ただし、 $etime_i$  は事象が発生した時刻、 $eplace_i$  は事象が発生した場所、 $etype_i$  は事象の影響度 ( $0.0 \leq etype_i \leq 1.0$ )、値が高いほど優先度が高いことを意味し、 $edescription_i$  は事象についての記述、 $eurl_i$  は事象に関連する URL を示す。

さらに、配信対象 (ユーザ)  $O_j (1 \leq j \leq m)$  を次のように定義する。

$$O_j \in SS_j(\cap staticpriority_j), DS_j(\cap place_j), SI_j, DI_j$$

$SS_j, DS_j, SI_j, DI_j$  は、ユーザのコンテキスト (状況、意図) [16] を示す。それぞれ、配信対象の静的な状況 (Static Situation)、動的な状況 (Dynamic Situation)、配信対象の静的な意図 (Static Intention)、動的な意図 (Dynamic Intention) を示す。このうち、本方式における優先度制御に用いる  $staticpriority_j$  は、配信対象が静的にあらかじめ持つ優先度であり、 $SS_j$  に含まれている。同様に優先度制御に用いる  $place_j$  は、配信対象の場所であり、 $DS_j$  に含まれている。

### 3.4 基本機能群

本方式を実現する基本機能群について示す。本方式においては、優先度制御のための任意の  $E_i$  および  $O_j$  の組を対象とした優先度順位の計量の基本機能 *PriorityEvaluation* を次のように定義する。

$$\begin{aligned} & PriorityEvaluation(eplace_i, etype_i, SS_j(\cap staticpriority_j), \\ & DS_j(\cap place_j), SI_j, DI_j, f) \rightarrow priority \\ & (where 0.0 \leq priority \leq 1.0) \end{aligned}$$

$staticpriority_j (0.0 \leq staticpriority_j \leq 1.0)$  は、静的に与えられる優先度であり、あらかじめ与えられることを前提とする。返値  $priority (0.0 \leq priority \leq 1.0)$  は、値が高いほど優先度が高いことを示す。ここで、 $f$  は、優先度制御のための汎関数 (高階関数) であり、例として次の 3 関数  $f_1 \sim f_3$  を示す。

$$f_1 \equiv StaticPriorityMetric \rightarrow priority$$

$$f_2 \equiv EuclidDistanceMetric \rightarrow priority$$

$$f_3 \equiv LogicalDistanceMetric \rightarrow priority$$

$f_1$  は、静的な優先度であり、応用における専門家があらかじめ定義する。 $f_2$  は、ユーザと対象となる事象のユークリッド距離による優先度の計量関数であり、最も近い場合 1.0 (高い優

先度)、最も遠い場合に 0.0 (低い優先度) の優先度を与える。 $f_3$  は、ユーザと対象となる事象の応用空間における論理距離による優先度の計量関数であり、最も近い場合 1.0、最も遠い場合に 0.0 の優先度を与える。

### 3.5 本方式におけるアクティブルール実行プロセス

本方式においては、事象が発生した場合に、次のプロセスによりアクティブルールが実行される。次の Step-1 から Step-5 を、 $E_i$  の任意の  $i (1 \leq i \leq n)$  について実行する。

**Step-1: User Context** 自動獲得機能による  $O_j$  の獲得  
User Context 自動獲得機能により、 $O_j (1 \leq j \leq m)$  のそれぞれの要素を獲得する。

**Step-2:  $E_i$  の持つ  $etype_i$  による優先度計量**  
事象  $E_i (1 \leq i \leq n)$ 、および、配信対象 (ユーザ)  $O_j (1 \leq j \leq m)$  の任意の  $j$  について、 $etype_i$  により優先度を獲得し、その優先度順に並び替えを行い、順序つき集合  $\{O_j\}$  を得る。

**Step-3:  $O_j$  の持つ  $staticpriority_j$  による優先度計量**  
事象  $E_i (1 \leq i \leq n)$ 、および、配信対象 (ユーザ)  $O_j (1 \leq j \leq m)$  の任意の  $j$  について、 $staticpriority_j$  により優先度を獲得し、順序つき集合  $\{O_j\}$  を対象として、その優先度順に並び替えを行い、順序つき集合  $\{O_j\}'$  を得る。

**Step-4:  $O_j$  の持つそれぞれの要素と  $f_1 \dots f_3$  による優先度計量**  
事象  $E_i (1 \leq i \leq n)$ 、および、配信対象 (ユーザ)  $O_j (1 \leq j \leq m)$  の任意の  $j$  について、 $f_1 \dots f_3$  を用いて *PriorityEvaluation* 関数を適用し、順序つき集合  $\{O_j\}'$  を対象として、その優先度順に並び替えを行い、順序つき集合  $\{O_j\}''$  を得る。

**Step-5: アクティブルールの実行**  
順序つき集合  $\{O_j\}''$  を対象として、先頭の要素から順に、 $E_i (ME_1, \dots, ME_{n_e})$  に対応するアクティブルール (2.4 節において記述) の Meta Condition ( $ME_1, \dots, ME_{n_e}$ ) における条件判定の後、Meta Action ( $ME_1, \dots, ME_{n_a}$ ) が実行される。

## 4. 実 装

第 3 節で述べた優先度制御機能をメタレベル・アクティブマルチデータベース上に実装した。メタレベルシステムの実装は RedHat Linux 上で行い、ローカルデータベース群には PostgreSQL 7.3 を用いた。

本方式の実現システムとして、次の 3 システムにより構成されるシステムを構築した (図 5)。

- メタレベル・アクティブマルチデータベースシステム
- ローカルデータベースシステム群
- クライアントシステム

### 4.1 メタレベル・アクティブマルチデータベースシステム

本稿で示すユーザ依存の優先度制御機能を有するアクティブマルチデータベースは、以下のモジュール群より構成される。

[アクティブルール処理機構]

本機構では、2.4 節で示したアクティブルールを処理する。

[優先度制御機構]

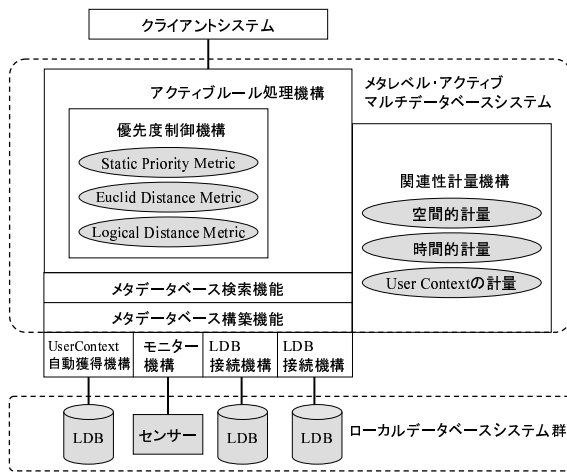


図5 実現システム

本機構は3節で述べた優先度制御機能を有し、イベントとユーザの関係を計量することによって優先度を決定する機能である。本稿で示す応用においては、優先度制御機能は以下の3機能を実装した。

### 1) StaticPriorityMetric

StaticPriorityMetric は、イベントに対する優先度を静的に決定するものである。イベントに関する情報とユーザの関係を静的に評価し、優先度を決定する。

### 2) EuclidDistanceMetric

EuclidDistanceMetric は、イベントが発生した座標情報とユーザの現在地点の座標情報を、ユークリッド距離による計算を行い、その距離に応じて優先度を決定するものである。

### 3) LogicalDistanceMetric

LogicalDistanceMetric は、イベントが発生した時空間的状况とユーザの時空間的状况とを、応用に依存する論理的な距離計算によって、優先度を決定するものである。具体的には、鉄道利用シーンにおける鉄道路線が近いほど、かつ、鉄道路線内の駅の距離が近いほど、論理的な距離が近くなるよう設定した。

#### [関連性計量機構]

関連性計量機構は、メタデータベースより得られたユーザ情報とコンテンツ情報の、両者の関連性を計量するシステムであり、メタデータベース構築機構、および、メタデータベース検索機構がそれぞれの機能を実行する際に用いる。関連性計量機構は、以下の3つの機能を有する。

#### 1) UserContext の計量機構

ユーザの持つ嗜好と、コンテンツの情報を計量する機能で、本稿で示す応用においては、ローカルデータベース群の有するデータに記述されている特性をパターンマッチングによって計量す

る機能を実現した。具体的には、メタデータベース構築機構により写像された任意のデータとユーザの Static Intention/Dynamic Intention を、パターンマッチングにより計量する。

#### 2) 空間的関連性の計量機構

ユーザとコンテンツの存在する座標情報を計量する空間的関連性計量機能として、文献[8][9]において示されている空間的関連性計量機構を、メタレベルシステムに実現した。

#### 3) 時間的関連性の計量機構

ユーザの置かれている時間と、コンテンツが持つ時間的な状況を計量する時間的関連性計量機能に対応し、文献[8][9]において示されている時間的関連性計量機構を、メタレベルシステムに実現した。

#### [UserContext 自動獲得機構]

3.2節における(Type-3)であるユーザの状況の変化の履歴によるユーザの状況を獲得する機構を実現した。具体的には、文献[15]で示されている方法により、ユーザの時空間的移動の履歴からユーザの行動パターンを学習することにより、鉄道利用シーンにおいて利用の頻度の高い路線を User Context として自動獲得する機構を実現した。本実装において、本機構は User Context を自動獲得するためのデータ集合であるユーザの時空間的行動履歴を参照するために、ローカルデータベース接続機構に対応する機能も有する。

#### [モニター機構]

多様なイベントを発行する情報資源を、メタレベル・アクティブマルチデータベースシステム上におけるイベントの発生源として接続する。それらセンサーデバイスを利用することによって獲得した情報を、メタレベルシステムにおいて計量することにより、モバイルコンピューティング環境上のユーザに対して、ユーザの状況・意図に応じた適切な情報配信を実現する。

応用例とした設定した鉄道利用シーンにおいて、改札に見立てたセンサー非接触 IC カードリーダー/ライタ・PaSoRi [19]、および、それらを制御する実装環境として SDK for Felica [19] を使用した。

#### [ローカルデータベース接続機構]

ローカルデータベース接続機構は、ローカルデータベースのデータを、メタレベルシステムのメタデータ集合へ写像する。また、メタレベルの問合せを、ローカルデータベースシステムの問合せへ変換し、ローカルデータベースにおけるデータ表現を、メタレベルのデータ表現へ変換する機能を有する。

#### [メタデータベース構築機構]

メタ・スキーマによって定義されたデータ構造に基づいて写像されたデータを、メタデータベースとして構築する機構であ

category	item	price	duration	sid

図 7 異種データベース群のメタ・スキーマ (アイテム・メタデータベース)

sid	name	location	open_time	close_time

図 8 異種データベース群のメタ・スキーマ (時空間・メタデータベース)

る．ローカルデータベース接続機構の有する諸機能を用いて記述されたローカルデータベース接続の命令セットを，メタレベルにおいて記述・保存・再利用する機能を有する．

本実装では，鉄道利用シーンを対象として，ユーザに周辺店舗情報を配信する応用，および，障害情報を配信する応用を想定し，以下のメタ・スキーマを設計し，適用した．

#### a) 障害情報・メタデータベースのためのメタ・スキーマ

障害情報データベースは，障害情報の時間的・空間的情報，および，運行に関する情報が格納されているデータベースである．このデータベースには ID，日付，路線名，始発駅，終着駅，障害区分，コメント，復旧見込み，関連する URL が格納されている．このメタ・スキーマによって定義される時間的・空間的情報によって，ユーザとコンテンツ群の時空間的な関連性を計量することが可能となる．障害情報・メタデータベースの設計を図 6 に示す．

#### b) アイテム・メタデータベースのためのメタ・スキーマ

アイテムデータベースは，カテゴリー，商品名，価格，ユーザが消費するのに想定される時間，ID が格納されている．アイテム・メタデータベースの設計を図 7 に示す．

#### c) 時空間・メタデータベースのためのメタ・スキーマ

時空間データベースは，コンテンツの時間的・空間的情報が格納されているデータベースである．このデータベースには ID，店舗名，座標，提供開始時間，提供終了時間が格納されている．このメタ・スキーマによって定義される時間的・空間的情報によって，ユーザとコンテンツ群の時空間的な関連性を計量することが可能となる．時空間・メタデータベースの設計を図 8 に示す．

#### [メタデータベース検索機構]

メタデータベース機構の有する諸機能を用いて，構築されたメタデータベースを対象として，検索を実行する機能である．メタデータベースに対する検索を行うことによって，異種データベース群に対するマルチデータベース検索を実行することを可能とする．

#### 4.2 センサー

ユーザの時空間的位置を認識するセンサーと，それを制御する機能であり，センサー非接触 IC カードリーダー/ライタ・

PaSoRi [19] と，それを制御する SDK for Felica [19] を用いた．本センサーは，カード識別機能，および，User Context のうちユーザの現在の位置情報を獲得する機能を有する．このカード識別機能により，本実装においてユーザが，改札を通過するイベントが獲得可能となる．

#### 4.3 ローカルデータベースシステム群

ローカルデータベースシステムは，多種多様なデータモデル，それぞれが固有のデータ操作機能を持つ異種データベースから構成される．

#### 4.4 クライアントシステム

クライアントシステムは，センサーが感知可能な IC チップを搭載し，メタレベルシステムが，能動的に配信する情報を，受信する機能を有する．

### 5. 実験

ここでは本方式の実現可能性を示すための，評価実験について述べる．

#### 5.1 実験環境

本実験では，メタレベル・アクティブマルチデータベースにおいて優先度制御を行う本方式を，モバイルコンピューティング環境において実現した．実験環境として，以下のローカルデータベース群を構築した．

- ・ 障害情報データベース群 (データベース数 2)
- ・ 事故詳細データベース群 (データベース数 2)
- ・ 時刻表データベース群 (データベース数 2)
- ・ 駅座標情報データベース群 (データベース数 1，タプル数 71)
- ・ 乗換情報データベース群 (データベース数 1，タプル数 9)
- ・ ATM データベース群 (データベース数 3，タプル数 15)
- ・ ユーザ情報データベース群 (データベース数 4，タプル数 10)

それぞれのローカルデータベースは，広域ネットワーク上にある異種情報源を想定して構築し，メタレベルシステム上に設計したメタ・スキーマのデータ構造に基づいて，データを変換・写像する．

LogicalDistanceMetric に対応するものとして，鉄道利用における乗換の接続回数から論理的距離を決定する機能を実現した．また，駅座標情報データベースは Web 上の地図情報サイト [20] の座標情報を，メタ・スキーマにしたがってメタレベルシステムに写像することによって，利用可能としている．

#### 5.2 実験方法

ここでは，応用例として鉄道運行における障害時の情報伝達を対象とした評価実験の方法について述べる．本方式のモバイルコンピューティング環境における実現可能性を示すために，次の 3 つの User Context を設定した．

**User Context 1:** ATM を利用したいという Dynamic Intention を持つユーザが，午後 3 時に改札を出た

**User Context 2:** ATM を利用したいという Dynamic Intention を持つユーザが，午後 11 時に改札を出た

**User Context 3:** 通常，山手線を使っているユーザが改札に

id	date	line	start_station	end_station	accident	comment	etime	url

図 6 異種データベース群のメタ・スキーマ (障害情報・メタデータベース)

表 1 実験結果 1(User Context 1)

category	item	price	duration	sid	name	location	open_time	close_time
銀行	ATM	0	3	S04	UFJ	(80, 120)	0:00	23:59
銀行	ATM	0	3	S03	みずほ	(100, 100)	8:00	17:00
銀行	ATM	0	3	S02	東京三菱	(30, 150)	8:00	17:00

表 2 実験結果 1(User Context 2)

category	item	price	duration	sid	name	location	open_time	close_time
銀行	ATM	0	3	S04	UFJ	(80, 120)	0:00	23:59

入った

以上の 3 つの User Context を対象として、次の 3 実験を行った。

実験 1: User Context 1 と User Context 2 において、ユーザ個人に起こる事象を対象とした情報発信を行う

実験 2-1: 車両故障と遺失物告知という EventType が異なる事象に対して、静的な優先度制御を伴った情報発信を行う

実験 2-2: 系全体に影響を与える事象に対する優先度制御を伴った情報発信を行う

実験 3: 実験 2-2 と同一の状況で、User Context 3 を対象として、User Context の抽出を含めた情報発信を行う

アクティブルールとして、ユーザが改札を出た場合には、そのユーザに応じた銀行 (ATM) に関する情報を発信し、改札に入った場合は、通常利用する鉄道路線に関する障害情報を、ユーザ (配信先:立川駅、中野駅、新宿駅、池袋駅、渋谷駅、四谷駅) の User Context の一部である位置に応じた詳細度を持つ情報を発信するルールを設定した。ただし、通常利用している路線が自動獲得できない場合、すべての障害情報を位置に応じた詳細度により発信するルールとした。

上記の実験を行い、メタレベル・アクティブルールが発火し、優先度制御を伴った情報配信が実行されることを示す。

### 5.3 結果と考察

第一に、ユーザの状況の変化に対応した情報配信が実現可能であることが確認された。既存のアクティブマルチデータベースによるアクティブルールの処理が、本方式によるシステムでも動作することが確認された。User Context 1 の結果を表 1、User Context 2 の結果を表 2 に示す。これら実験 1 の結果から、User Context 1 においては、ユーザが改札を出たというイベントに対して、改札からアクセス可能な範囲の距離にある ATM の情報を配信している。一方、User Context 2 においても同一のルールに応じて処理を行っているが、ユーザが利用可能な銀行の ATM のうち、イベントが感知された時刻でも営業している ATM のみ、情報を配信していることが確認された。

第二に、3 節で述べた優先度制御機能の実現可能性を示すことができた。さらに、それが既存のアクティブマルチデータベースと同一のシステム上で動作することが確認された。実験 2-1 の結果を表 3 から表 8 に示し、実験 2-2 の結果を表 9 から表 14 に示す。実験 2-1 の結果 (表 3 から表 8) より、立川駅で

発生した 2 件の障害情報 (車両故障、および、遺失物告知) について、3.5 節の Step-2 の段階により、立川駅以外の駅 (中野駅、新宿駅、池袋駅、渋谷駅、四ツ谷駅) には、車両故障に関する情報のみが発信されている。さらに、遺失物告知に関する障害情報は、発生した駅にのみ関連するので、立川駅のみに発信されている。実験 2-2 の結果 (表 9 から表 14) より、立川駅、および、渋谷駅で発生した車両故障について、(1) 事故の発生した場所 (3.3 節の  $E_i$  中の  $eplace_i$ ) と配信対象の (3.3 節の  $O_j$  中の  $DS_j$  に含まれる  $place_j$ ) を関連性計量機構により、近い駅には高い詳細度 (事故の発生場所、時刻表、事故詳細) の情報が発信され、遠い駅には低い詳細度 (事故の発生場所のみ) の情報が発信され、(2) それらが 3.5 節の Step-4 により、近い駅の情報から順 (表 9 から表 14 の rank) に発信されている。

第三に、本方式の枠組みの中で User Context の自動抽出機能を適用することの実現可能性を示した。実験 3 の結果を表 15 に示す。実験 2-2 の結果 (表 9 から表 14) と比較して、User Context3 を有するユーザに対して障害情報を発信する際に、抽出された User Context と障害情報の関連性を計量することによって、ユーザが通常利用する路線のみを配信していることが確認された。

## 6. 結 論

本稿では、ユーザ個人に関して発生する事象、および、対象としている系全体に影響を与える事象の両方を対象として、その事象の影響の大きさ、および、動的に抽出されたユーザの状況に応じて、その事象に対応する必要な情報を選択および連結し、配信するためのユーザ依存性計量と優先度制御機能を有するアクティブマルチデータベースシステムの実現方式を示した。本システムにより、モバイルコンピューティング環境において、ある事象が発生した場合に、その事象の影響の大きさ、および、動的に自動抽出されたユーザの状況に応じて、優先度を決定し、かつ、その事象へ能動的に対応する機能が実現可能となる。

今後は本方式の解析的・定量的評価、本方式における優先度制御のための関数群に関する考察、および、本方式の実際的な応用における実現を行う。

表 3 実験結果 2-1(立川)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障
2	立川		遺失物告知

表 4 実験結果 2-1(中野)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障

表 5 実験結果 2-1(新宿)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障

表 6 実験結果 2-1(池袋)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障

表 7 実験結果 2-1(渋谷)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障

表 8 実験結果 2-1(四谷)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障

表 9 実験結果 2-2(立川)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障

表 10 実験結果 2-2(中野)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障
2	渋谷	-	-

表 11 実験結果 2-2(新宿)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障
2	渋谷		車両故障

表 12 実験結果 2-2(池袋)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	渋谷		車両故障
2	立川	-	-

表 13 実験結果 2-2(渋谷)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	渋谷		車両故障
2	立川	-	-

表 14 実験結果 2-2(四谷)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	立川		車両故障
2	渋谷	-	-

表 15 実験結果 3(新宿)

rank	place	時刻表	事故詳細
1	渋谷		車両故障

## 謝 辞

本稿においてアクティブルールに関する研究について有益なコメントを頂いた慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科倉林修一氏に感謝致します。

## 文 献

- [1] Allen, J.F.: "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals", *Communications of the ACM*, No. 26, pp. 832-843 (1983).
- [2] Bright, M.W., Hurson, A.R. and Pakzad, S.: "A Taxonomy and Current Issues in Multidatabase Systems", *Computer*, Vol.25, No.3, pp.50-60 (1992).
- [3] Chen, J., DeWitt, J.D. and Naughton, F.J.: "Design and Evaluation of Alternative Selection Placement Strategies in Optimizing Continuous Queries," *Proceedings of the 18th International Conference on Data Engineering (ICDE2002)*, 2002.
- [4] Egenhofer, M. and Franzosa, R.: "Point-Set Topological Spatial Relations," *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol.5, No.2, pp.161-174. (1991)
- [5] Eugster, Th.P., Felber, A.P., Guerraoui, R. and Kermarrec, A.: "The many faces of publish/subscribe," *ACM Computing Surveys (CSUR)*, Vol. 35, Issue 2, pp. 114 - 131, June 2003.
- [6] 細川 宜秀, 清木 康: "関数型計算によるマルチデータベースシステムの問合せ処理方式", *情報処理学会論文誌*, Vol.39, No.7, pp.2217-2230 (1998).
- [7] 細川 宜秀, 石橋 直樹, 八代 夕紀子, 清木 康: "マルチデータベース環境における時間的・空間的関連性評価によるデータ結合方式", *情報処理学会論文誌: データベース*, Vol.40, No.SIG 8(TOD4), pp.95-111 (1999).
- [8] Ishibashi, N., Hosokawa, Y. and Kiyoki, Y.: "A Spatial and Temporal Data Integration Method for Heterogeneous Database Environments", *IASTED International Conference on APPLIED INFORMATICS (AI 2001)*, pp.323-330. (2001)
- [9] 石橋 直樹, 細川 宜秀, 清木 康: "時空間的文脈に応じた動的関連性計量機構を有する異種データベース間結合方式", *情報処理学会論文誌: データベース*, Vol.43, No.SIG2(TOD13), pp.128-145. (2002)
- [10] 石川博: *アクティブデータベース*, 情報処理, Vol. 35, No. 2, pp. 120・29 (1994).
- [11] Kiyoki, Y., Hosokawa, Y. and Ishibashi, N.: "A Metadatabase System Architecture for Integrating Heterogeneous Databases with Temporal and Spatial Operations", *Advanced Database Research and Development Series Vol. 10, Advances in Multimedia and Databases for the New Century, A Swiss/Japanese Perspective*, pp.158-165, World Scientific Publishing. (2000)
- [12] Kurabayashi, S., Ishibashi, N. and Kiyoki, Y.: "A Multidatabase System Architecture for Integrating Heterogeneous Databases with Meta-Level Active Rule Primitives", *Proceedings of the 20th IASTED International Conference on APPLIED INFORMATICS (AI2002)*, Feb. 2002.
- [13] 倉林 修一, 石橋 直樹, 清木 康: "モバイル・コンピューティング環境におけるアクティブ型マルチデータベースの実現方式," *情報処理学会研究報告*, 2000-DBS-122, pp.463-470, 2000.
- [14] Kurabayashi, S. and Kiyoki, Y.: "A Meta-Level Active Multidatabase System Architecture for Heterogeneous Information Resources," *Information Modelling and Knowledge Bases (IOS Press)*, Vol. 15, June 2003.
- [15] Mizutori, T., Nakayama, Y. and Kohiyama, K.: "A Behavior-based Personal Controller for Autonomous Ubiquitous Computing", *2nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS 2004)*
- [16] 森 薫, 倉林 修一, 石橋 直樹, 清木 康: " モバイルコンピューティング環境におけるユーザ情報の動的計量による能動型情報配信方式 ", *電子情報通信学会第 15 回データ工学ワークショップ (DEWS2004) 論文集*, (March, 2004)
- [17] Terada, T., Tsukamoto, M. and Nishio, S.: "Dynamic Construction Mechanism of a Trigger Graph on Active Databases in Mobile Computing Environments," *Proc. of 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications(DEXA 2003)*, pp. 936-941 (Sep. 2003).
- [18] 寺田努, 塚本昌彦, 西尾章治郎: *アクティブデータベースを用いた地理情報システム*, *情報処理学会論文誌*, Vol.41, No.11, pp.3103-3113 (2000)
- [19] SONY, Inc.: Felica 製品情報, available via WWW, <http://www.sony.co.jp/Products/felica/index.html>.
- [20] INCREMENT P Corp.: 生活地図情報 MapFan Web available via WWW, <http://www.mapfan.com/>.