

意思決定支援機構を有するマルチデータベースの実現と モバイルコンピューティング環境への適用

角田 史記[†] 清木 康^{††} 吉田 尚史^{†††}

[†] 慶應義塾大学 S F C 研究所

東日本旅客鉄道株式会社

^{††} 慶應義塾大学環境情報学部

^{†††} 慶應義塾大学政策・メディア研究科

E-mail: †{tsunoda,kiyoki,naofumi}@sfc.keio.ac.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、利用者の意思決定支援を実現するマルチデータベースの構成方式を示す。本方式は、利用者のコンテキスト（状況、意図）に合わせて関連性計量関数を動的に選択・連結し、利用者が選択可能なアクション群を総合的に評価し、有効なアクション群を提示する機構群によって利用者の意志決定支援を実現する。また、本稿では、モバイルコンピューティング環境において、動的に変化する利用者のコンテキスト（状況、意図）を対象とした適切な情報源の動的な提示を行なう意思決定支援システムの実現方式を示す。
キーワード 異種 DB 情報統合 ユビキタスコンピューティング 問合せ処理 意思決定支援

An Implementation Method of Multidatabases with Decision Support Mechanisms by Users' Contexts and Its Application to Mobile Computing Environment

Fuminori TSUNODA[†], Yasushi KIYOKI^{††}, and Naofumi YOSHIDA^{†††}

[†] Keio University Research Institute at SFC

East Japan Railway Company

^{††} Faculty of environmental information, Keio University

^{†††} Graduate School of Media and Governance, Keio University

E-mail: †{tsunoda,kiyoki,naofumi}@sfc.keio.ac.jp

Abstract This paper presents an implementation method of a multidatabase system with decision support mechanisms by users' contexts and its application to mobile computing environments. Our method provides functions for computing various relationships that are dynamically selected and integrated according to user contexts (situation, intention). Those functions realize several sets of actions in a decision support system. Our implementation method is also used to suggest suitable data resources according to users' contexts in mobile computing environments.

Key words Heterogeneous Database, Ubiquitous Computing, Information integration, Query processing, Decision Support

1. はじめに

現在、広域ネットワーク上には利用可能なデータベースが多数接続され、かつ、新たなデータベースが増加し続けている。また、ユビキタス・コンピューティング環境におけるセンサー群の発達や多数化、個人履歴情報の蓄積により、利用者のコンテキスト（状況、意図）を獲得する機会が拡大している。本稿

では、利用者に関する状況および意図を獲得、解釈し、利用者の意思決定を支援するシステムの実現方式を示す。

本稿では、マルチデータベース環境における関連性計量関数の総合的評価方式を示す。本方式の特徴は、異種データベース群を結合したマルチデータベース環境において、利用者のコンテキスト（状況、意図）に応じて、関連性計量関数を動的に選択・連結・計量した大局的評価を行う関数により、利用者が

選択可能なアクション群を大局的に評価可能な点にある。本方式により、マルチデータベース環境の利用者を対象としたアクション群を提示することにより、で意思決定支援を実現することが可能となる。本稿では、本方式の適用例としてモバイルコンピューティング環境における意思決定を支援するマルチデータベースの構成方式を示す。

異種データベース群を結合したマルチデータベースを対象として、異種データベースのデータ間関連性の計量による利用者のためのデータ検索機能、データ間統合機能の実現が提案されている [5]。異種複数のデータベースを結合させ価値をあげる目的で、異種のデータベース群の結合方式が示されている。ここでは、異種複数のデータベースを結合したメタレベルシステムに対し、様々な関連性を計量する関数が多数提供されている。DBMS が提供する基本的な関数のほか、時空間を扱う関数、相関量を扱う関数等が適切な情報検索のニーズの高まりと共に提案されている。しかし、これら関連性計量関数を、複数連結する方式が提案されているものの [8]、関連性計量関数を選択、連結、計量して、総合的な評価をする方式は実現されていない。本方式では、マルチデータベース環境において、総合的に評価可能な統合計量機構を有する意思決定支援機構を実現する。

人間は、時々において自らのコンテキストを適切に把握し、時間的計量、空間的計量等の様々な評価基準に従って総合的に判断していると考えられる。本方式では、マルチデータベース環境において、次のように関連性計量関数の総合評価を実現する。まず、利用者の時々々の意図を反映する利用者コンテキストを設定する。次に、マルチデータベース環境におけるローカルデータベース群を利用者コンテキストを反映して結合する。さらに、本方式は、結合されたデータベース群を対象として、関連性計量関数群を利用者コンテキストを反映して選択・連結・計量した総合的な評価を行う関連性計量関数（以下 Global evaluator）を適用する。これにより、総合的な評価を実現し情報を順序付け、かつモバイルコンピューティング環境に適切なアクション群を利用者に提供する。

本方式は、次の特徴を有し、利用者の意思決定の支援を可能としている。

- (1) Global evaluator による総合評価
- (2) 専門家（情報源の内容に詳しい人物）の判断の反映
- (3) 個人差の反映
- (4) 時々々の意図の反映
- (5) 複数の関連性計量関数の動的選択

(1) の特徴は、マルチデータベースの環境において、global evaluator を含んだ統合計量機構により総合的な評価を実現している点である。(2) の特徴は、専門家の判断を関連性計量関数の選択と重み付けに反映すれば、一般の利用者も高度な判断ができる点である。意思決定の場において、一般の利用者に対し専門家のアドバイスは利用者のコンテキストを把握した上で、自身の計量に基づいて行われる。(3) の特徴は、重み付けにより、個人差を反映することによって実現する。利用者は個人により普段の行動に特徴があり、同じものに対しても評価の基準軸やその重視度合が違ふことで捕らえ方が異なる。(4) の特

徴は、時々々の意図を反映する利用者コンテキストを設定することにより実現する。Proactive computing [14] のように、ユビキタス・コンピューティング環境によりシステムが全て人間の意図を汲むアプローチではなく、本システムにおいて利用者は意図に応じて必要なときに推奨された情報を得ることが可能となる。(5) は、関連性計量関数を動的に選択することにより利用者コンテキストを反映することを可能にしている。人間が判断に用いる計量軸は、選択数や対象が時々により異なる。

また、関連研究として、利用者の行動目標を推論する研究（例えば [13]）やレコメンダシステムの研究が盛んであり [1]、協調フィルタリングや内容フィルタリングなどが提案されている。これらは、利用者に対し推量的に情報を提供している。本方式では、モバイルコンピューティング環境の利用者を対象として、異種データベース群から抽出されたデータ群を動的に連結し、さらに、関連性計量関数の総合評価方式により様々な視点から利用者のコンテキスト（状況、意図）に応じた総合評価を伴った情報を提供することにより、意思決定の支援を可能とする。

2. マルチデータベースにおける関連性計量関数の総合評価方式

本節では、マルチデータベースにおける関連性計量関数の総合評価方式を示す。

2.1 利用者コンテキストの表現

本方式では、利用者コンテキストは、静的に (Static) 決定されるものと動的に (Dynamic) 変化するもの、さらに状況 (Situation) と意図 (Intention) に分類され、定義される (表 1)。利用者コンテキストは様々に変化するが、趣味や嗜好のようにほぼ固定的な部分がある。また、利用者により意図的に決まるものと、恣意的には決まらないものがある。特にモバイルコンピューティング環境において一部のコンテキスト（状況、意図）が動的に変化するので、利用者コンテキストを捕らえる際に本方式の分類が重要である。

本方式は、利用者コンテキストにより関連性計量関数を選択・計量し、Global evaluator を決定する。さらに、利用者コンテキストを反映させてマルチデータベース環境にあるローカルデータベース群を結合する。

表 1 User Context

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

2.2 関連性計量関数の総合評価方式

本方式における Global evaluator は、図 2 に概要を示すように 4 ステップにより動作する。

(Step-1) 関連性計量関数を利用者コンテキストにより動的に選択する

$$selection\{F_k, Cx \mid k \in \{1, 2, 3, \dots, n\}\} \quad (1)$$

F_k : 関連性計量関数 Cx : Context

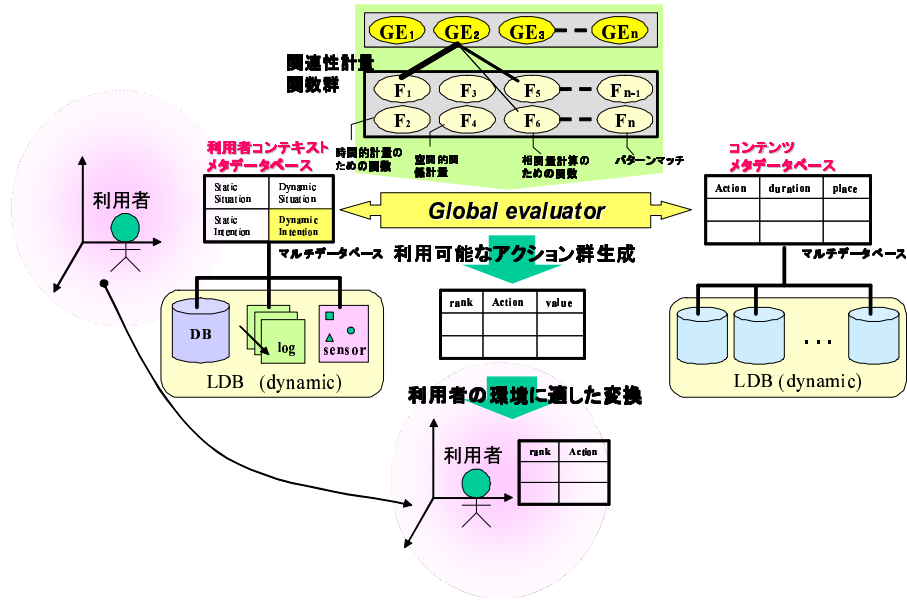


図 1 概要

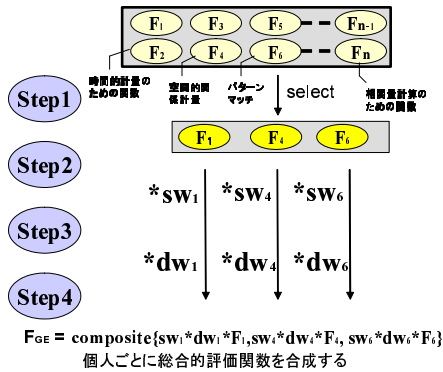


図 2 Global evaluator

(Step-2) 関連性計量関数を静的な利用者コンテキストにより重みをつける

$$sw_k * F_k, SCx \quad k \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (2)$$

sw_k : 静的な重み SCx : Static Context

(Step-3) 関連性計量関数を動的な利用者コンテキストにより重みをつける

$$dw_k * F_k, DCx \quad k \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (3)$$

dw_k : 動的な重み DCx : Dynamic Context

(Step-4) 関連性計量関数を合成する

$$F_{GE} = \text{composite}\{sw_k * dw_k * F_k \mid k \in \{1, 2, 3, \dots, n\}\} \quad (4)$$

(Step-1) では、利用者コンテキストに応じた関連性計量関数を選ぶ。このとき、利用者コンテキストに係る属性を計量

する関連性計量関数を選択する。

(Step-2) では、利用者コンテキストのうち、Static Situation/Intention により Step-1 で選択した関連性計量関数に重みをつける。

(Step-3) では、利用者コンテキストのうち、Dynamic Situation/Intention により Step-1 で選択した関連性計量関数に重みをつける。

(Step-4) では、選択及び重み付けされた関連性計量関数を合成する。各重みをパラメータとし、対象データを入力値とする動的な関数とする。

Global evaluator は、これらのステップ群により実現される関数であり、マルチデータベース環境を対象とした総合的な評価を実現する。

2.3 マルチデータベースにおけるデータベース選択・結合

本方式は、利用者コンテキストによりマルチデータベースに接続された異種データベース群から適切なデータベースを選択及び結合する機能を、異種データベース群を統合する方式 [4], [5], [7], [10], [11] により実現する。

ローカルデータベース群から、関係するデータを利用者コンテキストを用いてパターンマッチング、関連性の記述によりメタデータベースに写像する。ここでは、ローカルデータベースシステムの有する値集合を V_{in} と、結合されたデータベースの有する値集合を V_{out} とする。

$$\text{filter}\{V_{in}, Cx\} \rightarrow V_{out} \quad (5)$$

Cx : Context

3. マルチデータベースを対象とした関連性計量関数による総合的評価のモバイルコンピューティング環境における適用

本節では、前節にて示したマルチデータベースを対象とした

関連性計量関数の総合評価方式をモバイルコンピューティング環境に適用し、利用者の意思決定支援を実現するマルチデータベース構成方式を示す。

3.1 モバイルコンピューティング環境における意思決定

モバイルコンピューティング環境における意思決定は、距離、値段、意図等複数の要素（属性）により行われる。しかし、モバイルコンピューティング環境においては、限定されたインターフェイスや細いネットワーク特性から利用者が理解、取得できる情報量は限られている。従って、モバイルコンピューティング環境で利用者が意識できる属性は多くない。属性が少ない状況下を想定して多目的意思決定問題の解法として用いられる多属性効用理論のモデル（多属性効用関数）が利用できる。多属性効用理論では、効用加算ルールが適用され、全ての属性の相対的な重要性和属性ごとの効用値^(注1)の重み付の和で先行順位が決められる。各選択肢の総合的な効用を U_i 、選択肢 j を全部で n 個ある属性のうちの第 j 番目の属性で評価した値が $u_{[ij]}$ 、属性 j に与えられる重みを w_j とする。

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j * u_{[ij]} \quad (6)$$

ここで、属性の数が少ない場合（例えば、6つ以下程度）は直観的な判断による順序づけと多属性効用理論による順序づけ（効用加算ルール）の間には、意思決定者に関して、高い正の相関があることが報告されている [3]。つまり、モバイルコンピューティング環境においても、意思決定に必要な属性の効用値を効用加算ルールで考えることが妥当であり、本方式では Global evaluator の実現に適用した。

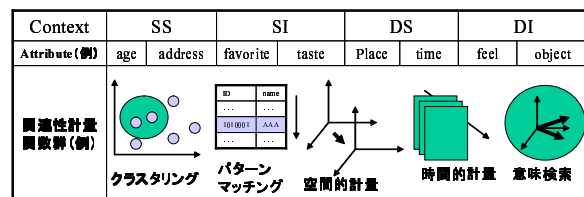
3.2 利用者コンテキストと関連性計量関数

利用者コンテキストの例を表 2 に示す。Static Situation は住所、性別など利用者が現在置かれている社会的状況である。Dynamic Situation は、場所、時間、天気などモバイルコンピューティング環境ならではの動的な自然的状況である。また、Static Intention は、趣味、嗜好などあまり変化しないが利用者の背後に存在する、目的を伴った意図である。さらに、一番の特徴である Dynamic Intention は、時々々の意図を表す気持ちや目的とした。この分類定義により、利用者の時々々の意図を汲む状況に応じた柔軟なシステムにすることを可能にする。

表 2 User Context example

Context	例
Static Situation	住所、性別、...
Static Intention	趣味、嗜好、...
Dynamic Situation	場所、時間、...
Dynamic Intention	気持ち、目的 (object)、...

また、関連性計量関数は図 3 に示すように、利用者コンテキストの属性により決定される。



SS : Static Situation
 SI : Static Intention
 DS : Dynamic Situation
 DI : Dynamic Intention

図 3 利用者コンテキストと関連性計量関数

3.3 コンテンツデータベース群に対するメタスキーマ

モバイルコンピューティング環境における利用者について、Global evaluator が対象とするメタスキーマを利用者コンテキストに合わせて用意し、利用者コンテキストに対する実際の属性に応じたデータをローカルデータベース群からメタスキーマに合わせて写像する。

3.4 結果表現

統合計量機構による結果を表現するため、利用者が所持する機器に応じて表現できる形式を出力する関数を定義する。モバイルコンピューティング環境においては、利用者が理解、取得できる情報量は限られている。従って、意思決定を支援するためには、利用者が所持する機器により結果の表現を変えたり、情報のフィルタリング（例えば、選択・順序付け）が重要である。また、利用者は複数の表形式の結果を比較することは困難であるので、結果が分散することを避ける。ここで、 V_{out} は結合されたデータベースの値集合であり、 V_{result} は結果データベースの値集合である。結果表現関数 F_r は、選択 (selection)、順序付け (ordering)、射影 (projection) の機能を持つ合成関数である。

$$F_r(V_{out}) \rightarrow V_{result} \quad (7)$$

4. 本方式の実現

本節では、意思決定支援機構を有するマルチデータベース環境の実現方式及びモバイルコンピューティング環境への適用の実現方式を示す。

4.1 データ構造

- 利用者コンテキスト及び実際の属性

2 節に示したように、利用者コンテキストを 4 つに分類した。利用者コンテキストと関連性計量関数を対応させるものは、利用者コンテキストそれぞれに対応する属性である。表 3 のように、例えば属性 price では DBMS に用意されている順序付け、属性 duration なら時間的計量を行う。

表 3 データ構造：利用者コンテキストの属性と関連性計量関数

attribute	item	price	duration
function	pattern_match	ordering	temporal_relationship

(注 1): 個々の属性内の水準を採用することによって得られる効用の値、つまり対象者のその水準に対する魅力の度合いのこと

表 4 静的な利用者コンテキストによる属性の相対的な重み付けの例
(縦軸の属性に対する横軸の属性の重みの比)

<i>tuple</i>	<i>price</i>	<i>place</i>	<i>popular</i>
<i>price</i>	*	0.3	0.7
<i>place</i>	3	*	2
<i>favorite</i>	1.5	0.5	*

表 5 動的な利用者コンテキストによる属性の相対的な重み付けの例
(縦軸の属性に対する横軸の属性の重みの比)

<i>tuple</i>	<i>price</i>	<i>place</i>	<i>popular</i>
<i>price</i>	*	0.5	0.5
<i>place</i>	2	*	0.3
<i>popular</i>	2	4	*

● 静的な利用者コンテキストによる重み付け表

この表は、関連性計量関数の総合的評価のため、静的な利用者コンテキストによる重み付けを決定する表である。例えばこの表 4 の場合、属性 *place* は属性 *price* に対して 3 倍重きを置く(場所が距離的に近い方が値段が安いことより好ましい)ものとする。

重み付けは、利用者の履歴や専門家の判断により決定される。例えば利用者の商品やサービス等の選択履歴として、価格に関しての順序付け、距離であれば空間的な計量を評価基準として用いたことを蓄積する。これにより、頻繁に使用、及び最近使用された計量が重み付けられることになる。また、専門家の判断を回帰分析等により重み付けとすることが可能である。

● 動的な利用者コンテキストによる重み付け表

この表は、関連性計量関数の総合的評価のため、動的な利用者コンテキストによる重み付けを決定する表である。例えばこの表 5 の場合、属性 *popular* (人気) は属性 *price* に対して 2 倍重きを置く(人気がある方が値段が安いことより好ましい)ものとする。

● メタデータベーススキーマ

本実現方式において結合対象とするローカルデータベース群を対象としたメタスキーマを表 6 に示す。ローカルデータベース群の属性については、属性をメタスキーマにおいて定義される汎用的な属性(例えば所要時間)へ写像することにより、その属性を本方式の結合対象属性とすることが可能となる。属性 *duration* に時間的属性を記述し、時空間マルチデータベースシステムが時間的関連性を計量することにより、時間に応じた問い合わせ結果を提供することが可能となる。さらに、地図データベースのためのメタスキーマを表 7 に示す。属性 *location* に空間的属性を記述し、時空間・マルチデータベースシステムが空間的関連性を計量することにより、利用者の空間的位置に応じた問い合わせ結果を提供することが可能となる。

表 6 データ構造: 結合対象となるローカルデータベース群のためのメタスキーマ(例)

category	item	price	duration	service_id

表 7 データ構造: ローカルデータベース群(地図データベース群)のためのメタスキーマ(例)

service_id	name	location

● 結果データベース

本システムにおける利用者が得る問合せ結果は表 8 のようになり、指定した *object* に対する順序及び選択肢(アクション群)が返される。

表 8 結果データ構造: Result DB(例)

total_raking	object
1	<i>obj₃</i>
2	<i>obj₁</i>
3	<i>obj₂</i>

4.2 基本操作群

● Selecting Local Databases

マルチデータベース環境において、利用者コンテキストに応じてデータベース選択を実現する。データベース選択のための基本操作(Selecting Local Databases)は、結合対象となる多くの異種データベース群を対象として、利用者が *query* として指定した利用者コンテキストに応じて選択を行う。具体的には、利用者コンテキスト(表 1)における DI_1 により指定されるキーワードと、結合対象のデータベースごとに設定されるキーワード(表 6 における属性 *category*)のマッチングによりデータベース選択を実現する。

● Global Evaluator

関連性計量関数を利用者のコンテキストにより計量の上、統合して総合的な評価を行う。

(1) 属性ごとに関連性計量関数を適用する操作

ローカルデータベース群から結合されたデータ群 V_{out} に属性ごとに対応した関連性計量関数 F_n を適用する。

$$F_n(V_{out}) \rightarrow V_{n\ out} \quad (8)$$

(2) 標準化を適用する操作

関連性計量関数を適用されたデータ群に対して、その属性の中でデータが相対的にどのような位置付けにあるのか標準化により数値で表す操作を行う。ここで、標準化を行う関数を F_{std} 、 $V_{n\ out}$ は(1)の操作によるデータ群、 V_{std} は標準化されたデータ群である。

$$F_{std}(V_{n\ out}) \rightarrow V_{std} \quad (9)$$

(3) Static Situation/Intention で重み付けをする操作

連結されたデータベース群を対象として、Static Situation/Intention で重み付けを行う。重み付けは基準表を元に行う。

(4) Dynamic Situation/Intention で重み付けする操作

連結されたデータベースを対象として、Dynamic Situation/Intention で重み付けを行う。Dynamic Intention が入力されない場合は、Dynamic Situation のみで重み付けされる。

重み付けは基準表を元に行う。Static Situation/Intention と Dynamic Situation/Intention のように分類する理由は、Static Situation/Intention の重み付け部分までは予め計算しておき、その後 Dynamic Situation/Intention だけの情報で総合評価値を出して、利用者への情報を出力できることによる。

(5) 総合評価値を出す操作

効用加算ルールに基づき、各属性の標準化されたデータ群 V_{std} の値 $u_{[ij]}$ を加算する。 U_i は総合評価値である。

$$U_i = \sum_{j=1}^n sw_j * dw_j * u_{[ij]} \mid u_{[ij]} \in V_{std} \quad (10)$$

4.3 利用者による問合せ

利用者は、システムに対して利用者コンテキストの一部として Dynamic Intention を入力する。入力しない場合は、システムが利用者コンテキストの他の部分から総合的に評価する。

4.4 実行手順

利用者が Dynamic Intention を入力し、利用者コンテキストが揃うと Dynamic Intention に含まれる object に基づいてマルチデータベース環境にあるローカルデータベース群を結合する。結合されたメタデータベースに対して時間的計量、空間的計量、パターンマッチング、各属性によるソートなどを行う。計量されたデータに対し、それぞれのデータが同じ属性のデータ群の中でどのような位置付けであるか、また各計量によるデータの意味の違いを吸収するために標準化を行う。重みをつけ、総合評価値を計算する。最後に総合評価値に基づいて、利用者のモバイルコンピューティング環境に合わせてスキーマ、データ形式を決めて情報を配信する。

5. 実装

本実装は、サーバー・クライアントシステム上において、データベースシステムとして Postgres7.2 を用いて行った。ローカルデータベース群の結合のために ADMIS [10] を用いた。クライアントは、携帯電話 NTT DoCoMo SO505i であり、実験のために入力用アプリケーションを Doja3.0 [15] の仕様に基づいた Java プログラムによって実装した。出力は、携帯電話へ総合的に評価した情報を電子メールで送る。携帯電話上で動作するアプリケーションにより実装を行った理由は、位置情報や利用者履歴の取得で利用者コンテキストが特定できるためである。

6. 応用例

本方式により関連性計量関数を組み合わせた様々な情報獲得が可能になる。また、マルチデータベースの拡張性を活かして、情報入手の対象が広がる。

本方式の具体的な応用として想定するモバイルコンピューティング環境の一つに駅構内がある。屋内において、位置情報は GPS が使えないこともあるが、鉄道の自動改札機は個人の特定・時間・場所・方向を特定するセンサーの役割を果たす。また、利用者の許可によっては、定期券等の情報から年齢・性別・乗車区間・乗車頻度・乗車履歴等様々な利用者コンテキストが取得できる。取得された利用者コンテキストにより個々の

利用者に応じたサービスが可能となる。

今後携帯電話に IC チップが搭載され、IC チップによりシステムに取得された情報を利用者の携帯電話にフィードバックする機会の増加が期待できる。例えば、IC チップに書き込まれたチケット、電子マネーの残高等の利用者コンテキストを基に、駅周辺の店舗情報、サービス情報などを統合かつ自分に合う順番に提示することができる。

7. 実験

利用者は携帯電話上のアプリケーションに対して Dynamic Intention を選択・入力する。これをサーバの CGI に送る。サーバでは、Dynamic Intention の Object によってマルチデータベース群に問い合わせ、パターンマッチングによりマルチデータベース環境にあるローカルデータベース群を結合する。結合されたメタデータベースに対して関連性計量関数を用いて各属性ごとに計量を行う。計量されたデータに対し標準化を行う。さらに、4 節で示した利用者コンテキストによる重み付け表に従って重みをつけて加算し、総合評価値を計算する。

総合評価値により順序付けしたデータを携帯電話に電子メールで送る。利用者の理解と判断を促すため順序付けされたデータの上位 3 件を示すものとする。

7.1 実験 1: 駅における時空間計量を取り入れた実験

駅において、近くで人気があり安くかつ営業時間中のカフェを知りたい利用者を想定する。利用者は Dynamic Intention を携帯電話に入力すると、改札機を通してシステムに利用者コンテキストを判断され、情報が配信される。利用者は固定だが、時間により異なった意図を持つものとする。

7.1.1 使用したデータ

利用者は、時間により表 9 の 3 つの意図を持つとする。利用者の問合せは object がカフェ、Dynamic Intention に合わせて、関連性計量関数に 2 倍の重みをつける。使用したデータの一部を表 10 に示す。

表 9 実験 1: 利用者の Dynamic Intention

time	Dynamic Intention
10:00	人気のあるところ
12:00	安いところ
21:00	営業時間中ならどこでも良い

表 10 実験データ

cafe_name	price	place	close_time	popular
cafeA	180	(20,50)	19:00	3
cafeB	200	(30,20)	20:00	5
cafeC	250	(10,70)	23:00	1
cafeD	220	(30,20)	22:00	4
cafeE	230	(20,10)	23:00	2

7.1.2 Global evaluator

Global evaluator を Postgres の UDF (User define function) で作成した。3 節で述べたように効用加算ルールにて行い、その例を示す。

$$U_i = \sum_{j=1}^n sw_j * dw_j * u_{[ij]}$$

$$(例) U_3 = \sum_{j=1}^3 sw_j * dw_j * u_{[3j]}$$

$$= u_price_3 + 3 * 2 * u_distance_3 + 4 * 2 * u_popular_3$$

7.1.3 結果と考察

表 11 結果 1: 10 時における情報獲得結果

recommend_ranking	cafe_name	utility_value(参考)
1	cafeE	-8.76142
2	cafeC	-7.58785
3	cafeB	-2.88255

表 12 結果 2: 12 時における情報獲得結果

recommend_ranking	cafe_name	utility_value(参考)
1	cafeE	-2.30554
2	cafeB	-1.81306
3	cafeC	-1.02746

表 13 結果 3: 21 時における情報獲得結果

recommend_ranking	cafe_name	utility_value(参考)
1	cafeE	-14.7860
2	cafeD	4.577676
3	cafeC	5.768577

結果 1 では、比較的人气もあり距離的にも近い cafeE が 1 位であるが、人気が高い cafeC が 2 位となった。結果 2 では、結果 1 同様に cafeE が 1 位であるが、値段が安い cafeB が 2 位となった。結果 3 では、営業中のカフェの中で順序付けされた。

この実験により、次の点が実証された。

- 時間、場所、人気に応じて評価可能
- 時々の意図に応じて評価可能

7.2 実験 2: 個人履歴と専門家の判断を取り入れた実験

レストランで食事をしたい利用者を想定する。利用者はそれぞれ個人履歴として利用回数取得されている。また、各レストランに対し専門家の推奨が与えられているものとする。

7.2.1 使用したデータ

使用した利用者データを表 14 に示す。表 15 のように専門家による評価が順序付けの形式で数値として示され、個人履歴が店舗に行った回数として与えられている。Dynamic Intention に合わせて、関連性計量関数に 2 倍の重みをつける。

表 14 実験 2: 利用者の Dynamic Intention

user	Dynamic Intention
1	自己履歴重視
2	専門家重視
3	平均単価 1000 円以内

表 15 実験データの一部分

name	recommend	times	ave_cost
restaurantA	1	10	1000
restaurantB	3	15	2000
restaurantC	5	20	2500

表 16 結果 1: 利用者 1 における情報獲得結果

recommend_ranking	name	utility_value(参考)
1	restaurantD	-5.11840
2	restaurantE	-5.09574
3	restaurantA	3.169744

表 17 結果 2: 利用者 2 における情報獲得結果

recommend_ranking	name	utility_value(参考)
1	restaurantD	-7.40693
2	restaurantA	-7.34626
3	restaurantE	-1.64700

表 18 結果 3: 利用者 3 における情報獲得結果

recommend_ranking	name	utility_value(参考)
1	restaurantD	-4.57850
2	restaurantA	-1.68941

注: 対象が 2 つしか存在しない

7.2.2 結果と考察

結果 1 では、自己履歴重視の利用者に対し、利用回数が多かった restaurant D,E が上位に順序付けされた。結果 2 では、結果 1 同様 restaurant D が 1 位になったものの、専門家の推奨順位が 1 位の restaurant A が 2 位となった。結果 3 では、対象が 2 つしか存在しない中で順序付けされた

この実験により、次の点の実証された。

- 個人履歴、専門家の判断を反映可能
- 利用者ごとに異なる結果を推奨可能

7.3 実験 3: 異種データベースを対象とした実験

異種データベースとして、カフェ・データベース、映画データベース、本屋データベースをローカルデータベース群として設定し、駅において空き時間がある利用者を想定した情報提供に関する実験を行った。

7.3.1 使用したデータ

使用した利用者データを表 19 に示す。利用者は目的を持たないものとし、空き時間が既知とする。

表 19 実験 3: 利用者の Dynamic Intention

pattern	Duration
pattern1	空き時間 15 分
pattern2	空き時間 120 分

表 20 メタスキーマに写像された実験データ

name	duration	times
barberA	30	2
ATMB	5	15
booksC	10	20
movieD	120	3

表 21 結果 1: 空き時間 15 分の場合の獲得結果

recommend_ranking	name	utility_value(参考)
1	cafeE	-1.56332
2	booksC	-1.19976
2	fastfoodF	-1.19976

表 22 結果 2: 空き時間 120 分の場合の情報獲得結果

recommend_ranking	name	utility_value(参考)
1	movieD	-1.11046
2	cafeE	-0.98365
3	barJ	-0.7469

7.3.2 結果と考察

結果 1 では、空き時間 15 分以内で利用履歴が多い cafeE が 1 位となった。結果 2 では、空き時間 120 分に近く、利用履歴もある movieD が 1 位となった。

この実験により、次の点が実証された。

- 異種サービスを同時に推奨可能
- 時間に応じた推奨が可能

7.4 実験全体の考察

以上の実験により、次の項目が明らかとなった。

- 様々な関連性計量機構を総合的に評価した上で結果を返すことが可能
- 専門家の意見を反映可能
- 時々意図を含め利用者コンテキストにより情報を提供可能
- 各個人にあった推奨が初めての場所でも可能
- 異種データベースを統合したサービスが提供可能
- 利用者に認識できる範囲の結果が提供可能

8. 結論と今後の展望

本稿では、利用者の意思決定支援を実現するマルチデータベースの構成方式を示した。本方式は、Global Evaluator により、異種データベース群を結合したマルチデータベースを対象として、関連性計量関数群を選択・統合・計量することで利用者が選択可能なアクション群を総合的に評価することを可能とする。また、利用者の状況を柔軟に捕捉し、効果的な情報獲得を実現するために利用者コンテキストに意図という概念を導入した。

人間の意思決定は、時々において自らのコンテキストを適切に把握し、様々な計量を行いつつ総合的に評価しているとの視点から、モバイルコンピューティング環境における情報獲得においても、統合的な評価を実現した。特に精度の高い情報が求められるモバイルコンピューティング環境の利用者に対し、意図に応じた情報をマルチデータベースから利用者に合わせて獲得することを可能にした。

今後の研究では、個人履歴や専門家の判断を分析して関連性計量関数に対する重み付けを決定し、Global evaluator の動作に反映することや、利用者の問合せを自然言語にすることなどが課題である。個人が判断する際の関連性計量関数の選択を履歴として蓄積すれば、新しい意思決定に際し重視する関連性

計量関数(属性)を推定できる。また、専門家が判断の際に使用する関連性計量関数を履歴として蓄積し、回帰分析を行えば、新しい意思決定に際し一般の利用者が専門家同様の判断ができる。

今後、センサー群の進化によるユビキタス環境の実現やマルチデータベース環境の拡張で、多種多様な情報源からの利用者コンテキストに合わせた情報獲得は、ますます重要になる。

文 献

- [1] M.Balabanovic and Y.Shoham: "Fab:Content-based,collaborative recommendation," CACM,Vol.40,No.3, 1997.
- [2] 福島 俊一: "モバイルユーザ向け情報選別配信技術", 情報処理学会研究報告: 高度交通システム 2002-ITS-9-6, pp.39-43 (2002).
- [3] Humphreys, 1977
- [4] N. Ishibashi, Y. Hosokawa, and Y. Kiyoki, "A Spatial and Temporal Data Integration Method for Heterogeneous Database Environments", Proceedings of the 19th IASTED International Conference on APPLIED INFORMATICS (AI2001), pp.323-330, Feb. 2001.
- [5] 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.
- [6] 上岡 英史: コンテキストアウェアネスを用いたアプリケーションの研究動向 IPSJ Magazine Vol.44 No.3 Mar. 2003
- [7] Y. Kiyoki, Y. Hosokawa and N. Ishibashi: "A Metadata-based 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.
- [8] Y. Kiyoki, T. Kitagawa and Y. Hitomi, "A fundamental framework for realizing semantic interoperability in a multi-database environment," Journal of Integrated Computer-Aided Engineering, Vol.2, No.1(Special Issue on Multi-database and Interoperable Systems), pp.3-20, John Wiley & Sons, Jan. 1995.
- [9] Y. Kiyoki, T. Kitagawa and T. Hayama, "A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, ACM SIGMOD Record, (refereed as the invited paper for special issue on metadata for digital media), Vol.23, No. 4, pp.34-41, Dec. 1994.
- [10] S. Kurabayashi, N. Ishibashi and Y. Kiyoki: "A Multi-database 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.
- [11] 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, 情報処理学会データベースシステム研究会,2000-DBS-122, pp.463-470, 2000.
- [12] Rie Sawai, Masahiko Tsukamoto, Yin-Huei Loh, Tsutomu Terada, Shojiro Nishio: Functional Properties of Information Filtering. 511-520 Electronic Edition
- [13] 柴田 史久, 上甲 貴広, 馬場口 登, 北橋 忠宏: 屋内向け歩行者ナビゲーションシステムにおけるユーザの状況を考慮した目的地推論手法 情報学会論文誌 Vol.43 No.12 pp.3809-3817 Dec.2002
- [14] David Tennenhouse: PROACTIVE COMPUTING COMMUNICATIONS OF ACM May 2000/vol.43 no.5
- [15] NTT DoCoMo, Inc.: i アプリコンテンツ開発ガイド for DoJa3.0, available via WWW, http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/imode/java/.