

# コンテキストの類似度を用いた 動的コンテキストアウェアサービス提供アーキテクチャの提案と評価

M2012MM040 鈴木 健太

指導教員 青山 幹雄

## 1. はじめに

動的コンテキストアウェアサービスでは、コンテキストデータの変化量や属性値の動的な変化に応じて適切なタイミングでユーザが必要とする情報提供が求められる。本稿では、機械学習を用いたリアルタイムな情報推薦を実現するサービス提供アーキテクチャを提案する。

## 2. 研究課題

### 2.1. 動的コンテキストのモデル化

時間経過や移動に伴うコンテキストデータの変化量や属性値の変更全てを情報推薦のための入力データとして扱うことは困難である。そのため、入力制御を可能にするコンテキストデータのモデル化が必要である。

### 2.2. モデルを用いた情報推薦の実現

機械学習を用いた情報推薦では、移動に伴う、ユーザ毎の膨大なコンテキストデータの動的な変化に対応する必要がある。そのため、入力制御を定義したコンテキストモデルにより必要なコンテキストデータのみを分析しサービスマッチングにかかる時間を短縮する必要がある。

## 3. 関連研究

### 3.1. 意図に基づくコンテキストアウェアサービスの実現[2]

コンテキストに基づくユーザの意図に着目し、ドライバビリティの UX (User Experience) を向上させるサービス提供モデルが提案されている。しかし、この研究では、意図の推測と整合したサービス提供の実現を目的としているため、サービス提供のリアルタイム性は十分ではない。

### 3.2. 機械学習[5]

機械学習技法を実装する中核分野の 1 つである分類のアルゴリズムを用いた予測分析は、入力データと学習データ間の類似度を計測することで、情報推薦を実現可能にする。実現技術としてオープンソース Java ライブラリの Mahout が提供されている。Hadoop の並列分散処理を内部で利用しているため、機械学習の問題となる精度の追求に伴うメモリ容量や処理時間の問題を解決可能である。

### 3.3. オントロジを用いたコンテキストモデリング[3]

情報サービス提供の制御のために、計算処理可能なコンテキストの構造化方式を提案している。また、コンテキストの生成や更新、消滅をトリガとしたイベント駆動情報サービス提供のためのオントロジ記述言語の OWL を用いたフレームワークが提案されている。しかし、提案のみで具体的な情報サービス提供に適用はされていない。

## 4. アプローチ

本稿のアプローチの全体像を図 1 に示す。研究課題に対するアプローチを以下に述べる。



図 1 アプローチの全体像

### 4.1. オントロジによるコンテキストモデリング

対象の意味と関係の定義が可能なオントロジを動的コンテキストのモデル化に適用する。コンテキストデータとデータの持つ意味のモデル化をオントロジが提供するクラスとインスタンスの関係により実現する。また、情報推薦に必要なコンテキストデータのみをフィルタリングする入力制御をクラスとクラス間の論理和による関係定義により実現する。

### 4.2. Mahoutを用いた情報推薦の実現

リアルタイムな情報推薦を実現する仕組みの構築に関して、Hadoop による並列処理が可能な Mahout を利用する。フィルタリングによる入力制御が定義されたオントロジモデルから情報推薦に必要なコンテキストデータのみを取得する。さらに、データ分析のための分類処理を並列実行することで分類処理の実行時間を改善する。

## 5. 提案方法

### 5.1. コンテキストオントロジモデル

ライトウェイトオントロジ[1]の考えに基づき、OWL を用いて、コンテキストデータをモデル化する(図 2)。

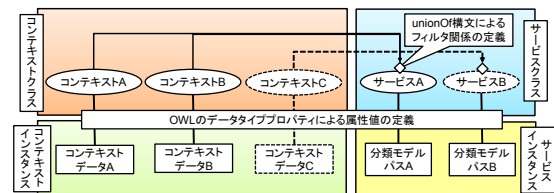


図 2 コンテキストオントロジモデル

(1) コンテキストクラス : コンテキストデータの持つ意味を

定義する。コンテキストデータが持つ意味は任意に定義可能であるが、ID となるコンテキストクラス名は一意に定める必要がある。

(2) コンテキストインスタンス：データタイププロパティを用いて属するコンテキストクラスと属性値を定義する。コンテキストクラスに属する属性値は OWL で利用可能なデータ型を用いて制約される。

(3) サービスクラス：マッチングするサービス毎に定義される。サービスクラスでは、論理和によってサービスクラスに属するコンテキストクラスを定義することで、サービスクラスに属するインスタンス集合を定義する。属するインスタンス集合を取得することで入力制御のためのフィルタリングを実現する。

(4) サービスインスタンス：サービス毎に用意する分類モデルの保存先をデータタイププロパティによりインスタンスとして定義する。サービスインスタンスで記述される分類モデルの保存先は必ず1つのサービスクラスに属する。

## 6. 提案アーキテクチャ

本稿では、ユーザの要求を満たすことが可能な複数のサービス提供者との連携を可能にするために、コンテキストアウェアサービスブローカを定義する。

### 6.1. アーキテクチャの機能

コンテキストアウェアサービスブローカを適用した動的コンテキストアウェアサービス提供アーキテクチャの機能を示す(図3)。

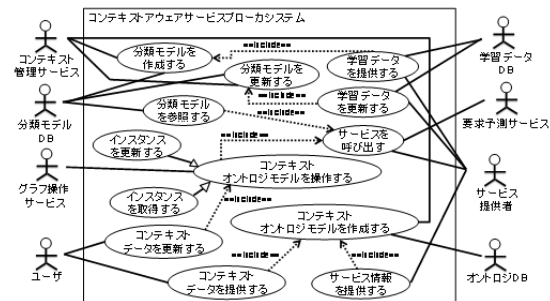


図3 コンテキストアウェアサービスブローカの機能

- ブローカを構成するサービスの詳細を以下に示す。
- (1) 要求予測サービス：オントロジによりフィルタリングしたコンテキストデータを分類モデルに入力し、出力結果に基づきサービス提供者への要求を実現する。サービス提供時にコンテキストアウェアサービスブローカの中心となる。
  - (2) コンテキスト管理サービス：オントロジモデルの作成と学習データから分類モデルの作成を行う。
  - (3) グラフ操作サービス：オントロジモデルから分類モデルに入力するコンテキストデータを検索し取得する。

### 6.2. アーキテクチャの構造

コンテキストアウェアサービスブローカを適用したサービス提供アーキテクチャの構造を以下に示す(図4)。

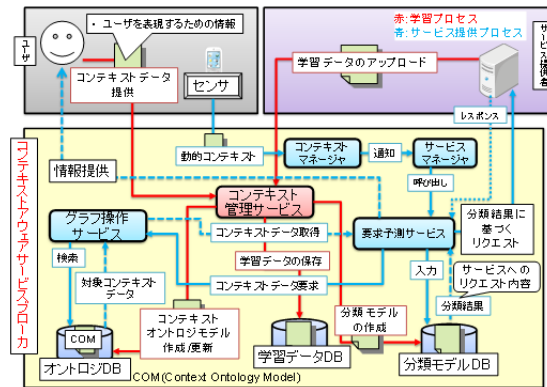


図4 コンテキストアウェアサービスブローカの構造

### 6.3. アーキテクチャの振る舞い

コンテキストアウェアサービスブローカの2つのプロセスの詳細を以下に示す。

- (1) 学習プロセス：異なるユーザの要求を満たすためにサービス提供者を追加する準備プロセスである(図5)。

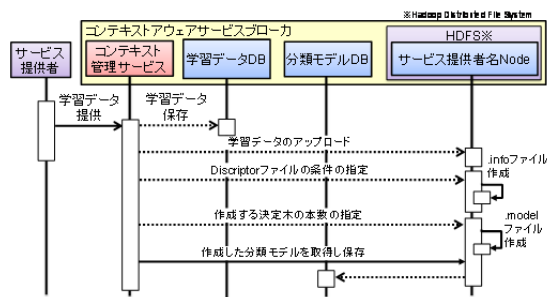


図5 学習プロセスの振る舞い

- (2) サービス提供プロセス：サービス提供プロセスの振る舞いを図6に示す。前提条件として、分類モデルの構築とオントロジモデルの作成と更新は済んでいることとする。

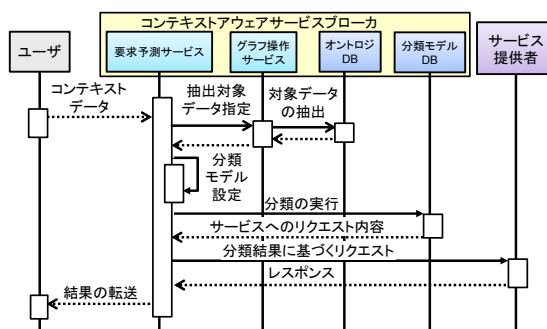


図6 サービス提供プロセスの振る舞い

ブローカは、分類モデルに入力するコンテキストデータを制御するためにグラフ操作サービスを用いて、コンテキストオントロジモデルから呼び出し対象のサービスクラスと unionOf の関係にあるコンテキストクラスのインスタンスを検

索し取得する。要求予測サービスに入力するコンテキストデータを制御することで分類の実行速度を向上する。

## 7. プロトタイプの実装と適用

### 7.1. プロトタイプの目的

本稿では、自動車運転時のコンテキストを対象とし、運転時のコンテキストデータの動的な変化に対応したサービス提供の実現と提案アーキテクチャを適用することによるリアルタイムな情報推薦の確認と評価を行う。

### 7.2. プロトタイプへの要求

プロトタイプでは、ユーザ側に GoogleMaps JavaScriptAPI を用いた仮想カーナビゲーションアプリケーション、コンテキストウェアブローカ内の要求予測サービス、サービス提供者側にレストラン検索サービスを開発する。前提条件として、情報推薦に必要なコンテキストデータとオントロジモデル、分類モデルは用意されていることにする。以下にユースケース図を示す(図7)。

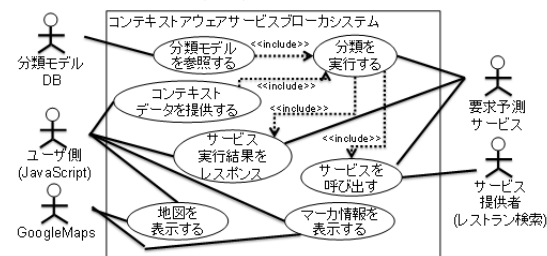


図7 レストラン検索ユースケース

### 7.3. プロトタイプの構成と実現

実装したプロトタイプの構成を図8に示す。

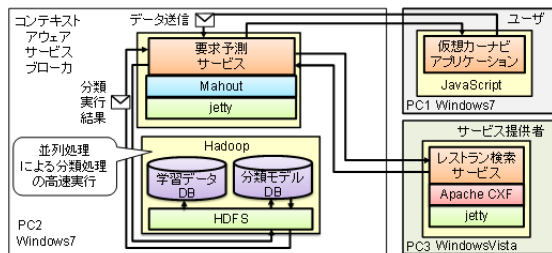


図8 プロトタイプの構成

コンテキストウェアサービスブローカ、サービス提供者にはサーバソフトウェアに Jetty を用いた。Mahout は Hadoop 上で動作する。そのため、Hadoop と連携する Web サーバとして Jetty を用いた。また、作成する決定木の数に応じて、精度の高い分類結果を得ることが可能なランダムフォレストアルゴリズムは、分類結果を得るために複数の決定木の出力をマージし、多数決により単一の出力処理を行う。この処理は Hadoop の MapReduce により、決定木の計算量  $O(\log n) \times N$  (作成する決定木数) /  $M$  (並列処理する数) で減少できる。よって、Mahout が提供するランダムフォレストアルゴリズムを用いて、要求予測サービスを開発した。

また、作成したレストラン検索サービスの学習データの設定を表1に示す。

表1 レストラン検索サービスの学習データ

説明変数				目的変数
好物	性別	同乗者	運転時間	予測する要求
同乗者が0人の場合の例				
中華	男性	0	10	中華料理店
同乗者が3人の場合の例				
洋食	男性	2	30	ファミレス

### 7.4. プロトタイプの振舞い

プロトタイプの振舞いを図9に示す。プロトタイプの目的で挙げた分類処理の実行速度の向上の検証は、コンテキストデータを取得した要求予測サービスによる分類処理の実行から結果の取得までの範囲を対象とする。

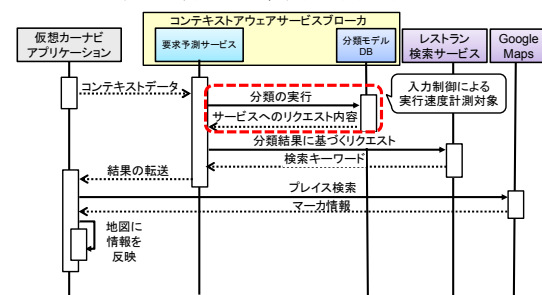


図9 レストラン検索サービスの振舞い

## 8. レストラン検索サービスへの適用

### 8.1. レストラン検索サービスのシナリオと実行結果

レストラン検索サービスのシナリオを以下に示す。

- (1) ドライバが東山公園に向けて正午に出発する。
- (2) 10分後、愛・地球博公園で息子を拾う。
- (3) さらに10分後、長久手古戦場駅で妻を拾い、同乗者を2名追加した状況になる。
- (4) 10分後に東名病院付近にいることを想定した状況におけるレストラン情報の推薦を行う。

仮想カーナビアプリケーションによる出発地「南山大学瀬戸キャンパス」から目的地「東山公園」までの経路とサービス提供の実行結果を示す(図10)。



図10 出発地から目的地までの経路とサービス提供結果

### 8.2. シナリオに応じたコンテキストオントロジの変化

シナリオにおけるコンテキストデータの変化に応じたコンテキストオントロジの変化を図11に示す。

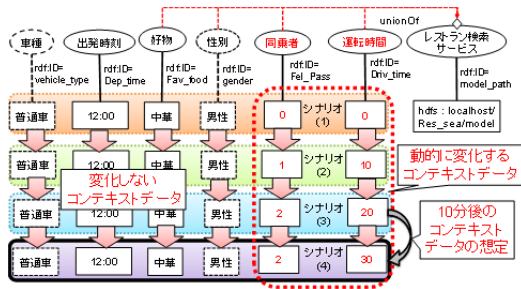


図 11 シナリオに応じたコンテキストオントロジの変化

シナリオに基づき、同乗者と運転時間のコンテキストインスタンスの属性値を更新することで分類モデルに入力するコンテキストデータを変化させる。

### 8.3. 要求予測サービスにおける分類の実行速度

#### (1) 分類処理の実行時間に対する影響箇所の検証

Mahout のランダムフォレストを用いた分類処理では入力データのベクトル化とメソッドの引数への型変換が必要であり、分類処理全体の実行時間 T に影響を与える(図 12)。

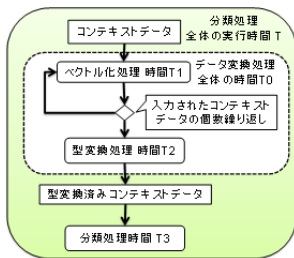


図 12 コンテキストデータの型変換処理の振り舞い

入力制御ありの場合は、ベクトル化処理時間 T1 の回数が減少するのに応じて、型変換処理時間 T2 も短縮されるため、データ変換処理全体の時間 T0 が短縮される。これにより、分類処理全体の実行時間 T も短縮する。

#### (2) 分類処理全体の実行時間の検証

入力制御ありとなしの場合の分類処理全体の実行時間 T の確率分布を示す(図 13)。

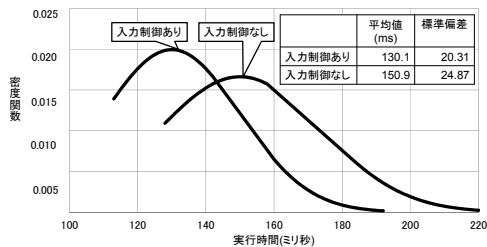


図 13 実行時間の確率分布の比較

条件として、入力制御なしの場合は、入力データの配列の長さを 100 として不要なデータを加える。PredictionAPI を用いたコンテキストウェアサービスの実現[4]より、PredictionAPI の SLA で定義している平均実行時間 200ms 以下を目標とした。

## 9. 提案方法の評価と考察

### 9.1. 研究課題に対する評価

#### (1) 動的コンテキストのモデル化

入力制御ありとなしの場合で同一の実行結果を得たが、入力制御なしの場合の実行時間は 15% 増大した。これは、分類メソッドが求める型にコンテキストデータを型変換する処理が原因である。よって、コンテキストオントロジによる入力制御は、型変換処理するコンテキストデータの数を減少することで分類の実行速度を向上した。

#### (2) モデルを用いた情報推薦の仕組みの構築

実行時間の目標に設定した PredictionAPI の平均実行時間 200ms より 50~70ms 短縮した実行時間を得た。また、入力制御ありとなしの両方の場合で、+3σ の範囲に 99.95% 収まった。しかし、低確率だが分布にばらつきがあるため、ソフトウェアタイムなサービスへの適用が適切である。

## 10. 今後の課題

### 10.1. オントロジ操作を含めたサービス提供時間の計測

オントロジからコンテキストデータの取得の操作までを含めたサービス提供時間を計測するためにオントロジ操作を可能にする Jena を用いたサービスの開発が必要である。

### 10.2. 提案アーキテクチャの汎用性の確認

運転時以外の設定に対しても別のサービス提供者と連携しサービス提供が可能かを検証する必要がある。

## 11. まとめ

本稿では、動的コンテキストウェアサービスにおいて、機械学習を用いたリアルタイムな情報推薦を実現するためのサービス提供アーキテクチャを提案した。分類処理に入力するデータの制御を実現するコンテキストオントロジモデルを提案した。また、Hadoop による分類処理の並列実行が可能な Mahout とコンテキストオントロジモデルを連携するコンテキストウェアサービスブローカを定義した。プロトタイプを開発し、有効性を示した。

## 参考文献

- [1] 古崎 晃司ほか, Web2.0 時代のオントロジー利用雑感: ライトウェイトからヘビーウェイトまで, 人工知能学会研究会, SIG-SWO-A602-06, pp.1-8.
- [2] 牧 慶子ほか, 意図に基づくコンテキストウェアサービス提供モデルの提案とカーナビゲーションシステムへの応用, 情報処理学会 第 75 回 全国大会 講演論文集, Vol. 1, No. 2 M-4, Mar. 5-7, 2013, pp. 407-408.
- [3] 中村 竜也ほか, コンテキストウェアコンピューティングとコンテキストの定式化, 人工知能学会研究会, SIG-SWO-A402-03, pp.1-8.
- [4] 鈴木 健太ほか, 機械学習を用いたコンテキストウェアサービス提供アーキテクチャの提案, 情報処理学会 第74回全国大会 講演論文集, Vol. 3, No. 5Y-5, Mar. 6-8, 2012, pp. 445-446.
- [5] S. Owen, et al., Mahout in Action, O'Reilly, 2011.