

# 学習者の状況・嗜好に応じた教材配信機能を有する 体験連動型マルチリンガル外国語 e-Learning システム

加寄 長門 倉林 修一 清木 康

慶應義塾大学環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

E-mail: {t08255nk, kurabaya, kiyoki}@sfc.keio.ac.jp

**あらまし** 本稿では、学習者の地理的・時間的情報を用いて、学習者の状況・嗜好に応じた学習教材を自動的に配信する体験連動型マルチリンガル e-Learning システムを提案する。本システムは、外国語学習において学習者の状況・嗜好を分析するための計量空間を設定し、教材の教育効果、および、学習者個人の興味・関心の二つのコンテキストに応じて、学習者の日常での体験を表すメタデータと教材メタデータ間の相関量計算を行う。本システムは、体験メタデータの特徴セットと教材メタデータの特徴セット間の関連を記述するマトリクス（知識-体験連結マトリクス）を、教育カリキュラムの意図を反映する不変部分と個人の嗜好を反映する可変部分の組み合わせとして構成する。これにより、本システムの利用者は、学習教材群の中から、カリキュラム上必要な教材コンテンツを利用者の興味・関心に応じて選択的に獲得し、自らの体験と知識を結び付けながら学習を行うことができる。本稿では、外国語学習教材を対象としてスマートフォン上にメディアデータを自動配信するシステムの実装を行い、本システムの実現可能性を示す。

**キーワード** e-Learning, 実世界, 嗜好抽出, マルチリンガル, 相関量計算

## An Experience-Connected Multilingual e-Learning System with a Personalization Mechanism for Learners' Situations and Preferences

Nagato KASAKI Shuichi KURABAYASHI and Yasushi KIYOKI

Faculty. of Environment and Information Studies, Keio University 5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-0882 Japan

E-mail: {t08255nk, kurabaya, kiyoki}@sfc.keio.ac.jp

**Abstract** This paper presents an experience-connected multilingual e-Learning system with a personalization mechanism for learners' situations and preferences. This system computes a correlation between the metadata of learning materials and the metadata of learner's daily experiences, according to learners' preferences and learning materials' educational effects. The system constructs a matrix that defines inter-feature relationship between the feature space for learning materials and the feature space for the learner's experiences as the combination of a conservative part for reflecting the curricular intention and a variable part for the personalization. The users of the system are able to collect the necessary set of the learning materials according to their preference and relate their learned knowledge to their experiences. This paper proves the feasibility of the system by showing the implementation of a system that automatically broadcasts the media-data of foreign language learning materials to the Smartphone.

**Keyword** e-Learning, Real World, Extracting Preference, Multilingual, Correlation Calculation

### 1. はじめに

今日、Webサービスにおいて扱えるメディアデータの種類や容量の急激な増加に伴い、e-Learningシステムに用いられる教材の多様化・大規模化が進んでいる。これらのメディアデータをe-Learning環境において活用するためのシステムとして、大量のメディア群から知識を収集・分析・配信するためのサービス指向アーキテクチャ[1],[2]や、大量のメディア群から個人の学習水準に応じた教材を自動的に獲得するシステム[3],[4],[5]が提案されている。また、ユビキタス・コン

ピューティングの分野においては、高速無線アクセス網の拡大や高機能な携帯端末の普及に伴い、ユーザが時間や場所を問わずにサービスを利用することが可能となっている。このようなユビキタス・コンピューティング環境を前提として、外国語学習の分野では、音声や動画、テキストなどのマルチメディア教材を携帯端末に配信する多言語学習サービス<sup>1</sup>や、授業教材の

<sup>1</sup>大阪府立大学初修外国語 Podcast,  
<http://www.las.osakafu-u.ac.jp/podcast-lang/>

復習や宿題をオンラインで行うサービス<sup>2</sup>などが開発されており、学習者がいつでもどこでも、多様な教材を用いて学習を行う環境が整いつつある。

ユビキタス・コンピューティング環境におけるe-Learningシステムを実現する際に、図1に示すように、学習者が置かれている状況（コンテキスト）に応じて、学習教材を再編成し、コンテキストに応じて教材を自動配信することにより、学習者の日常生活における体験と、学習教材とを動的に結びつけ、実生活における知識の実践を行うことが出来るようになる[6]。慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにおいては、既に、実生活空間で知識を活用する学習環境である“ユビキタス体験連動型教育環境”を外国語教育（ドイツ語）に導入し、外国運用能力の育成において一定の教育効果を確認しており<sup>3</sup>、体験と学習教材とを動的に結びつけるシステム環境の重要性が確認されている。しかし、学習者の体験と学習教材との関係の組み合わせは膨大であり、あらかじめ両者を関連付けておくことは困難である。また、外国語学習においては、学習者のモチベーションを維持するために、個人の興味関心に応じた教材を配信することが望ましいが、個人の趣味嗜好を反映した教材をあらかじめ作成することは困難である。

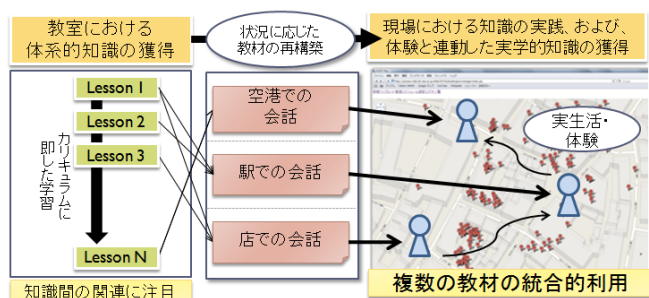


図 1. 実生活における学習知識の実践：実生活の状況に応じた教材の再構成が必要

本稿では、既存教材で学んだ知識を実生活で実践することを支援するための“**体験連動型マルチリンガル e-Learning システム**”を示す。本システムの特徴は、学習者の状況を分析するための計量空間を設定し、教材の教育効果、および、学習者個人の興味・関心の二つのコンテキストに応じて、学習者の日常での体験を表すメタデータと教材メタデータ間の相関量計算を行う点である。本システムは、この相関量計算を行うために、体験メタデータの特徴セットと教材メタデータの特徴セット間の関連を記述するマトリクス（知識-

体験連結マトリクス）を定義する。この知識-体験連結マトリクスは、教育カリキュラムの意図を反映する特徴語と個人の嗜好を反映する特徴語の組み合わせとして構成されており、教育効果と個人の趣味嗜好の両方に応じて、教材と体験との関連性を計量することが出来る。

本稿では、本システムが有する次の3基本機能、および、プロトタイプシステム実装を示す。

- 機能1) 学習者の状況に応じた体験特徴量の取得。
- 機能2) 体験特徴量からの学習内容の特徴量計算。
- 機能3) 学習内容の特徴量に応じた教材獲得。

また、プロトタイプシステムを用いた評価実験を行い、本方式の実現可能性を示す。

### 1.1. 応用システム例

本研究では、本システムの特徴である、学習者の体験と学習教材との動的な関連付けによる教材配信機能モデルの有効性を示し、多様な応用システムの構築を可能とするモデルとして確立することを目指す。本システムの教材配信機能モデルは、学習者の時空間的状況、および、対象となる教材群の組み合わせに応じて、様々な目的に対応する教材配信システムを実現できる。本システムは、学習者の体験と学習教材との相関量を動的に計算する機能を有するため、複数の学習者が同一の場所や時間において体験を共有する状況における教材配信、遠隔地間の協調学習における教材配信を、教材と学習者間の相関量演算として実現することができる。本節では、本システムが対象とする4つの応用e-Learning システムを示す（図2）。

|    |   |    |  |          |
|----|---|----|--|----------|
|    |   | 体験 |  |          |
|    |   | 共有 | 単一   | 教材データベース |
| 複数 | Case-2:<br>マルチリンガル教材配信を用いた特定地域のグローバル化<br>(体験共有-複数教材型) | 共有 | Case-0:<br>授業クラス用学習教材配信<br>(体験共有-単一教材型)    |          |
| 分散 | Case-3:<br>教材の遠隔利用による異文化交流<br>(体験分散-複数教材型)            | 分散 | Case-1:<br>実体験連動型グローバル学習支援<br>(体験分散-単一教材型) |          |

図 2. 体験と教材データベースの運用形式を2軸とする、本システムの応用例分類

Case-0) 授業クラス用学習教材配信：生活圏を同じくする学習者たちが、本システムを通して同じ授業の教材を活用する。

Case-1) 実体験連動型グローバル学習支援：学習者が一つの教材データベースから、様々な場所や時間

<sup>2</sup>SFC スペイン語研究室, <http://estudio.sfc.keio.ac.jp/>

<sup>3</sup>ユビキタス社会の問題発見解決型人材育成

[http://www.sfc.keio.ac.jp/research\\_projects/ubiquitous.html](http://www.sfc.keio.ac.jp/research_projects/ubiquitous.html)

における体験に応じて教材を獲得する。例えば、本システムは、学習者を対象として、普通の学習と同じ教材データベースから、海外留学などのグローバル環境での実践的な知識獲得・活用のための教材を配信する。

Case-2) マルチリンガル教材配信を用いた特定地域のグローバル化：特定の場所や時間を共有する学習者を対象として、学習者自身のコンテキストに応じて多言語の教材を配信する。例えば、本システムは、各国の留学生が多く集まるキャンパスにおいて、各留学生の母国語や文化背景・個人の嗜好に応じた多様な教材を配信し、キャンパス環境のグローバル化を支援する。

Case-3) 教材の遠隔利用による異文化交流：複数の地域に跨る異文化交流型の協調学習を目的として、学習者が他方の教材の遠隔利用を行う。例えば、日独間の異文化交流においては、それぞれの国に蓄積された文化的データベースを相互に参照し、自分の体験と交流相手の文化的情報とを関連付ける協調学習環境を実現する。

## 2. 体験連動型マルチリンガル e-Learning システム構成

本節では、体験連動型マルチリンガル e-Learning システム構成を示す。本システムの特徴は、教材の学習効果と個人の嗜好を反映した知識-体験連結マトリクスを学習者ごとに定義し、そのマトリクスを用いて、学習者の体験を表すメタデータと教材メタデータ間の相関量計算を行う点である。

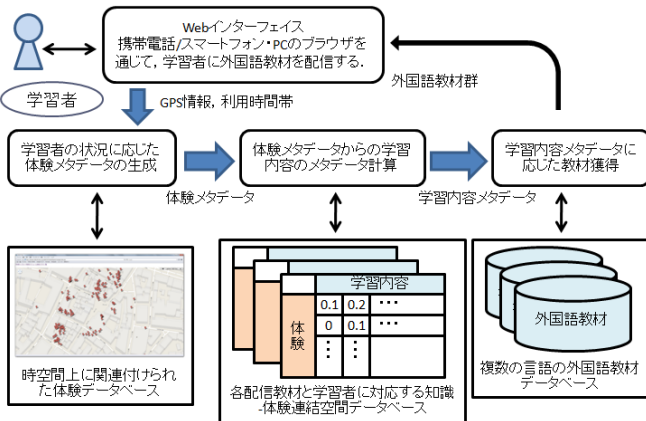


図 3. システムアーキテクチャ：

本システムは、体験の特徴量を学習内容の特徴空間に写像し、両者の相関量を計量

本システムの教材配信過程におけるデータの流れを次に示す。図 3 に示した通り、まず、システムは Web インターフェイスを通じて学習者のモバイル端末から GPS の位置情報を取得する。次に、システムはそ

の位置情報と現在時刻に応じて、学習者の体験を表現するメタデータをデータベースから取得する。その後、システムは取得した体験のメタデータを知識-体験連結マトリクスを用いて変換し、その体験に基づく学習内容のメタデータを生成する。最後に、システムはその学習内容と相関のある教材をデータベースから取得し、Web インターフェイスを通じて学習者に配信する。

### 2.1. 基本データ構造

本節では、本システムにおける特徴的なデータ構造である知識-体験連結マトリクスの定義について述べる。その他、学習者の実体験を分析する計量空間としての体験特徴量データベースと、相関量計算を行うためのメタデータを付した教材のメタデータベースについても説明する。

#### 2.1.1. 知識-体験連結マトリクスの定義

知識-体験連結マトリクスは、図 4 に示すとおり、ベクトルで表現された体験を表すメタデータの特徴セットと各教材の学習内容を表すメタデータの特徴セットとの関連を記述したマトリクスである。このマトリクスの特徴は、体験と学習内容を表す特徴セットが、教材としての教育効果を保つための教科書の特徴セットと、各学習者の興味・関心を反映するための個人差のある特徴セットから構成される点である。体験の教科書の特徴と学習内容の教科書の特徴との関連を記述した部分は、個人化の影響を受けさせない不変部分である。また、一方の個人差のある特徴と他方の特徴との関連を記述した部分は、個人化のための拡張領域である。現在、個人の状況・嗜好を分析するための統一的特徴セットが確立されていない[8]ため、本システムでは独自の特徴セットの定義を行う。

|                  |                                       | 学習内容を示す特徴語 |     |     |                                   |      |     |
|------------------|---------------------------------------|------------|-----|-----|-----------------------------------|------|-----|
|                  |                                       | 教科書の特徴量    |     |     | 個人差のある特徴量                         |      |     |
| 体験を<br>示す<br>特徴語 | 教科書<br>的<br>特<br>徴<br>量               | 0.1        | 0.2 | ... | 0.1                               | 0.05 | ... |
|                  |                                       | 0          | 0.1 | ... | 個人化<br>の<br>対<br>象<br>外<br>部<br>分 |      |     |
|                  |                                       | ⋮          | ⋮   | ⋮   |                                   |      |     |
|                  | 個人<br>差<br>の<br>あ<br>る<br>特<br>徴<br>量 | 0.2        | 0   | ⋮   | 個人化のための拡張領域                       |      |     |
| ⋮                | ⋮                                     | ⋮          |     |     |                                   |      |     |

図 4. 知識-体験連結マトリクス：体験の特徴セットと学習内容の特徴セットとの関連を定義するマトリクス

知識-体験連結マトリクスが持つ拡張領域は、各学習者の興味・関心に応じて動的に変化する。これにより、

| 教科書的特徴セット   | 個人差のある特徴セット  |
|---|--|
| あいさつ・友だちづくり, 数字, 時間, 午前, 午後, 夕方, 夜, 一般的な一日, 休日, 郵便局, 銀行, クリーニング屋, 仕立屋, 美容室, 床屋, デパート, 旅行代理店, 自転車屋, ガソリンスタンド, DVD レンタルショップ, 図書館, インターネットカフェ, コンビニ, 修理, 自動車, バス, 船, 道路, 飛行機, 電車, 駅, 標識, サイン, 一軒家, マンション, アパート, 寮, ゴミ, 雑貨屋, 八百屋, 魚屋, 肉屋, バン屋, 酒屋, 文房具屋, 本屋, 薬局, ブティック, 日用品, 食料品, 女性の衣料品, 女性のアクセサリ, 男性衣料品と身だしなみ, レストラン, カラオケ, 映画館, 遊園地, 水族館, 山, 海, コンサート, ウォーキング, 野球, サッカー, バレーボール, バスケットボール, ラグビー, ビリヤード, ダーツ, 自転車, プール, 公園, 旅する, 外食, 飲む, ジム, ペット, 寺, 神社, 文字, 結婚式, お葬式, 占い, 性格, 出産, 育児, 子供と遊ぶ, 幼稚園, 保育園, 持ち物, 教科の言葉, 行事・健康診断, 中学, 高校, 大学, 先生と話す, 会社での言葉, 接客用語, 事務・電話対応, 役所, 外国人登録・届出・税金, 健保・年金・行政サービス, 公共料金, 災害, 警察, 病院, 問題を解決する,丁寧な言葉, 修飾の言葉, 基本動詞, 歴史, 生き物 (112次元) | オンラインメディア, クイズ・雑学, コミック・アニメーション, テレビ・ビデオ・動画, ビジュアルアート・デザイン, ユーモア, 映画, 舞台芸術, 芸能ニュース, 音楽・オーディオ, ゲーム, 家電, 電子機器・電気機器, おもちゃ, お祝い・ギフト・祝祭日用グッズ, アンティーク・收藏品, エンターテインメントメディア, フリーマーケット・ガレージセール, ブランド品・高級品, 服飾, 量販店・デパート, スポーツ指導・トレーニング, スポーツ用品, 個人競技, 団体競技, 格闘技, ゴシップ・タブロイド, 天気, 政治, 新聞, スイーツ, ノンアルコール飲料, 料理・レシピ, 料理教室, 食料品店・食品販売業者, 飲食店, ペット, ペット用品・サービス, 野生動物, タイムシェア・別荘, 女性向け, 家族・人間関係, 男性向け, 社会問題・支援運動, 社会科学, 仕事, 教育, DIY・インテリア, ガーデニング, キッチン・ダイニング, プール・温泉, 家具, 寝具・バス用品, 庭・パティオ, 生活家電用品, アジア, アフリカ大陸, オセアニア, ヨーロッパ, パラダイス, アメリカ, 中東, 北アメリカ, 極地域, テーマ旅行, バス・電車, ホテル・宿泊施設, レンタカー・タクシー, 旅行ガイド・旅行記, 旅行バッグ・旅行用品, 旅行代理店・旅行サービス, 空の旅, 船旅・チャーター船, 観光名所, 書籍・文学, 法律・行政, 金融, 科学, 美容・フィットネス, 自動車, もの作り, アウトドア, ラジコン・模型・フィギュア, カーニバル・マルディグラ, ハロウィーン, バレンタインデー, 感謝祭, 新年, 誕生日, 結婚式 (89次元) |

表 1. 学習者の体験を表現する特徴セット例：教育カリキュラムに即した教科書の特徴語のセットと個人差のある特徴語のセットから構成

本システムは、各学習者の興味・関心に関連の深い教材を学習者ごとに優先的に配信することができる。一方、教科書の特徴量同士の関連を記述した個人化対象外部分は、拡張領域による個人化の影響で、配信教材の偏りが発生することを防ぐための仕組みである。また、この教科書の特徴量記述部分の重みを学習者のレベルや学習目的に応じて設定することにより、教育効果の観点からも柔軟な教材配信を行うことができる。この2つの仕組みにより、本システムは、教材としての教育効果を保ちつつ学習者の興味・関心に応じて教材を獲得する限定的個人化教材配信を行う。

知識-体験連結マトリクスの構造のうち、体験を表現する特徴セットの次元は、配信する教材の語種によらず不変である。本システムは、マルチリンガルな教材配信を実現するために、この知識-体験連結マトリクスを各言語の教材に対応して設定する。そのため、学習内容を表現する特徴セットの次元は、配信対象となる教材により異なる。だが、体験特徴セットの次元を固定することにより、本システムは、異なる語種の教材を配信する場合でも同一の体験分析を用いることができる。

本システムでは、体験の特徴メタデータを、 $n$ 次元の教科書の特徴セットと $m$ 次元の個人差のある特徴セットの計 $n+m$ 次元のベクトルとして表現する。本システムにおける体験を表現するための特徴セット例を表1に示す。本稿では、プロトタイプシステムの実装、および、実験を行うために、112次元の教科書の特徴セットと89次元の個人差のある特徴セットの計201次元の暫定的な計量空間を設定した。教科書の特徴セットは、教材としての教育効果を保つための特徴セットであるため、教育カリキュラムに即した特徴セットである必要がある。本システムでは、外国人向けの日本語会話帳[8]のジャンル分けの一部を用いて教科書の特徴セットを作成した。一方、個人差のある特徴セットは、教育カリキュラムとは直接かかわりのない、個人の趣味・嗜好を表現する特徴セットである。本システムでは、個人の趣味・嗜好に応じた広告配信サー

ビス(Google AdSense<sup>4</sup>)における設定項目の一部を用いて個人差のある特徴セットを作成した。知識-体験連結マトリクスの各要素は、行と列の特徴語間の関連を0から1までの実数で表現し、関係の強いものほど大きな値とする。マトリクスの要素を連続値にする理由は、可変部分における各要素の変化を段階的に行い、個人化の精度を高めるためである。実装例として示した201次元の特徴セットは、プロトタイプシステムによる今後の実験を通じて、特徴語・次元数の洗練を行う。

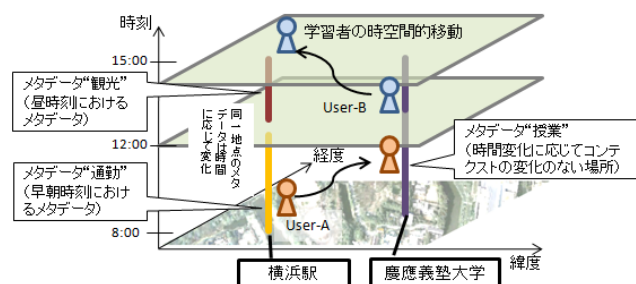


図 5. 体験特徴量データベース：同一緯度・経度上に、ある時間幅を持つメタデータとして格納

### 2.1.2. 体験特徴量データベースの定義

本システムは、学習者の位置情報・時間帯情報から、学習者の体験を取得するための体験特徴量データベースを持つ。この体験特徴量データベースは、前項の体験特徴量ベクトルで表現されたメタデータを、緯度、経度、時刻の3次元(時空間)上に保持している。一つのメタデータは、開始時刻と終了時刻を端点とする、時間帯を表す線分として存在している。このとき、一つのメタデータは同一の緯度、経度上にある。このメタデータは、同一地点上のメタデータでも、時刻の違うものは別のメタデータとして存在する(図5)。本システムは、体験特徴量ベクトルの各要素を、体験特徴量ベクトルの時空間メタデータと各特徴との関連性に応じて、0から1までの実数で設定する。

<sup>4</sup> <http://www.google.com/ads/preferences/>

### 2.1.3. 配信対象となる外国語教材のメタデータ

本システムで配信する教材は、英語やスペイン語・ドイツ語など複数の言語や、大学の授業カリキュラムに対応したマルチリンガル教材であり、そのコンテンツは動画や音声・画像・テキストなどのマルチメディアデータである。各教材コンテンツには、図 6 に示す通り、体験特徴量から計算された学習内容特徴量との相関計算を行うためのベクトル表現されたメタデータを付与する。この特徴量の次元数は、各教材の学習カリキュラムに基づくため、各教材により異なる。その他、教材に対応した知識-体験連結マトリクスを設定することで、外国語分野以外の教材配信を行うこともシステム上可能である。

## 2.2. 教材配信のための機能

本システムは、学習者の体験を表すメタデータ（体験メタデータ）を生成し、生成したメタデータと教材メタデータ間の相関量計算を行うことにより、学習者の体験に応じた学習教材を獲得・配信する。そのために、本システムは、次の 3 つの機能を提供する：機能 1) 学習者の位置・時刻に応じた体験メタデータの生成、機能 2) 体験メタデータからの学習内容の特徴量計算、機能 3) 学習内容の特徴量に応じた教材獲得。本節では、これら 3 機能の詳細について述べる。

### 2.2.1. 機能 1) 学習者の位置・時刻に応じた体験メタデータの生成

本システムは、学習者の実生活における体験を分析するために、学習者の状況（モバイル端末からの GPS 情報、システム利用時刻）を用いて、学習者の状況に関連する体験特徴量ベクトルを合成し、体験メタデータを生成する。学習者の位置情報  $(x, y)$  とシステム利用時刻  $t$  から体験メタデータベクトル  $V$  を生成する関数  $f_{\text{context}}$  を次のように定義する。

$$f_{\text{context}}(x, y, t, p, k) \rightarrow V,$$
$$V = \left\{ \sum_{j=0}^k M'_{[0,j]}, \dots, \sum_{j=0}^k M'_{[201,j]} \right\}$$

$$M' = [M_1, M_2, \dots, M_k]^T \sqrt{(X(M_i) - \bar{x})^2 + (Y(M_i) - \bar{y})^2} < p \wedge T_{\text{start}}(M_i) < t < T_{\text{end}}(M_i)$$

ここで、 $M'$  は、あらかじめデータベースに格納された体験メタデータベクトル群  $M$  の任意のベクトル  $M_i$  のうち、学習者の位置情報  $(x, y)$  と各体験メタデータの位置情報  $(X(M_i), Y(M_i))$  とのユークリッド距離が  $p$  以下であり、かつ、体験メタデータの開始時刻  $(T_{\text{start}}(M_i))$  と終了時刻  $(T_{\text{end}}(M_i))$  間の時間帯に利用時刻  $t$  が含まれる  $k$  個のベクトルから構成されるマトリクスを表す。本システムは、 $M'$  を構成するメタデータベ

クトル群の和を計算し、201 次元の合成ベクトルを生成する。本システムは、この合成ベクトルを、学習者の現在の実体験を表すメタデータベクトルとして設定する。

本機能におけるパラメタ  $p$ 、および、 $k$  は、学習者の状況を適切に反映した体験メタデータを生成するためのパラメタである。生成される体験メタデータは、合成する体験特徴量ベクトルの個数を表す  $k$  の値を大きくすることにより、多義的なメタデータとなり、逆に  $k$  の値を小さくすることにより、限定的な意味を表すメタデータとなる。また、パラメタ  $p$  は、学習者の地理的状况に合致する体験特徴量ベクトルがデータベース上に不足している場合において、意味の異なる体験特徴量ベクトルが合成されることを防ぐためのパラメタである。パラメタ  $p$ 、および、 $k$  の値は、今後の実験結果を分析し、適切な値を決定する。

### 2.2.2. 機能 2) 体験メタデータからの学習内容の特徴量計算

本システムは、取得した体験特徴量から、対象教材データベースと学習者に対応した知識-体験連結マトリクスを用いて次元変換を行い、体験特徴量に対応する学習内容を計算する。言語やカリキュラムが異なる教材では、学習内容の定義も異なるので、検索対象の教材に対応する知識-体験連結マトリクスを使用する必要がある。本稿の実装例では、体験特徴量ベクトルの次元数は 201 次元であるため、検索対象教材の学習内容のベクトルメタデータの次元数を  $l$  とすると、変換に用いる知識-体験連結マトリクスは  $l \times 201$  行列となる。体験特徴量ベクトルと、この知識-体験連結マトリクスとの積を、体験特徴量に対応する学習内容と定義する。

### 2.2.3. 機能 3) 学習内容の特徴量に応じた教材獲得

本システムは、計算した学習内容から、対象教材データベースに対するクエリを生成し、学習内容と各教材との相関計算による教材獲得を行う。相関量計算には、学習内容のベクトルメタデータと各教材のベクトルメタデータとの内積を用いる。本システムは、学習内容と教材のメタデータとの内積が大きい順に教材をランキングし、学習者に配信する。

## 3. プロトタイプシステムの実装

本節では、提案システムのプロトタイプシステムとして、GPS 機能を有するスマートフォンを対象として、メディアデータを自動配信する Web アプリケーション・システムの実装方式を示す。本プロトタイプシス

テムは、少数の学習者を対象として、複数語種の教材データベースからの、教育効果と個人化を両立させた教材配信を実現する。本プロトタイプシステムは、Web インターフェイス、Web サーバ、データベースサーバから構成される3階層アーキテクチャ Web アプリケーションである。本プロトタイプシステムの特徴として、スマートフォンがサポートする HTML5 ブラウザ、および、Ajax 機能を用い、特定のハードウェアに依存しない、可搬性の高い e-Learning 環境を実現する点があげられる。

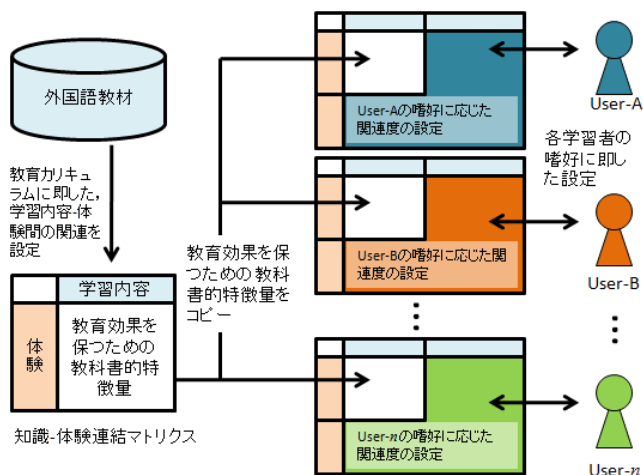


図 6. 知識-体験連結マトリクスの設定：一つの外国語教材データベースに対し、一つの教科書的特徴量と学習者の人数分の個人化領域を設定

### 3.1. プロトタイプシステムの対象データ

本プロトタイプシステムにおける、複数語種の配信教材として、慶應義塾大学のスペイン語の授業で実際に e-Learning 教材として利用されている単語/文法教材、および、AFP 通信社<sup>5</sup>が配信する複数言語の画像・映像ニュース・アーカイブを用いた。

本プロトタイプシステムでは、システム設計者が知識-体験連結マトリクスの各要素の値を設定した。図 6 に、本マトリクスの設定の概要を示す。まず、設計者は、本マトリクスのうち教育効果を保つための不変部分を、対象教材の教育カリキュラムに即して設定した。次に、不変部分のみを設定した本マトリクスを学習者ごとに複製した。本マトリクスの個人化のための拡張領域については、学習者の嗜好に即して主導で設定した。以上の設定を、配信する教材のデータベース毎に行った。本プロトタイプシステムでは、体験メタデータの設定および時空間上へのマッピングと、教材の特徴セットおよびメタデータの設定も、設計者が行った。

### 3.2. 位置情報連動型動的 Web インターフェイスの実装

本システムは、学習者の時空間的コンテキストの変化に応じて、学習者に対して動的に教材を配信する機能を有する。その機能を実現するために、本プロトタイプシステムでは、Geolocation API と Ajax を用いた位置情報連動型動的 Web インターフェイスを実装した。本インターフェイスは、Geolocation API を用いて、学習者の位置情報を自動的に取得し、学習者の移動に応じてリアルタイムに位置情報を更新する。さらに、本インターフェイスは、Web ページの一部を動的に書き換える Ajax 機能を用いて、学習者に配信する教材を、学習者の現在の位置情報に応じた教材へとリアルタイムに更新する。これにより学習者は、特別なアプリケーション・ソフトをインストールすることなく、本システムをクライアント・アプリケーションと同様の操作性で活用することができる。具体的な Geolocation API と Ajax フレームワークの実装には、それぞれ Google Maps JavaScript API V3<sup>6</sup> と jQuery<sup>7</sup> を用いた。

### 3.3. プロトタイプシステムの教材配信プロセス

本プロトタイプシステムにおける教材配信のプロセスを以下に示す。

- Step1. 本システムは、Web インターフェイスに接続されたユーザの識別番号、端末の位置情報および現在の時刻を取得する。
- Step2. 本システムは、ユーザの位置情報・現在時刻から体験特徴量を取得する。
- Step3. 本システムは、ユーザの識別番号に対応する知識-体験連結マトリクスを用いて、取得した体験特徴量から、それに対応する学習内容を計算する。
- Step4. 本システムは、計算した学習内容と教材のメタデータとの相関量計算を行い、相関量の降順に教材をランキングする。
- Step5. 本システムは、Web インターフェイスを通じてランキングされた教材をユーザに配信する。

### 4. 知識-体験連結マトリクスの有効性検証実験

本節では、知識-体験連結マトリクスを用いた、体験メタデータと教材メタデータ間の相関量計算による教材配信の有用性・実現可能性を評価するために、プロトタイプシステムによる教材検索実験結果を示す。具

<sup>5</sup> <http://www.afpwaa.com/>

<sup>6</sup><http://code.google.com/intl/ja/apis/maps/documentation/javascript/>

<sup>7</sup> <http://jquery.com/>

体的には、実験1) 知識-体験連結マトリクスの効果測定実験、実験2)マトリクスの個人化操作による検索精度向上実験、を行った。

#### 4.1. 実験 1)知識-体験連結マトリクス効果測定実験

実験1では、学習効果と個人の嗜好を両立した教材配信に対する知識-体験連結マトリクスの有効性を検証するために、特定の状況・個人を対象とした教材配信結果の精度として、学習効果と個人の嗜好の両方に応じて予め人手により作成した正解セットとの比較による適合率を計量した。本マトリクスの有効性の指標として適合率を用いる理由は、本システムのようなランキング形式の教材配信システムにおいて、ランキング上位の教材が学習者の需要に適合することを重視したためである。この実験では、まず、多様な検索結果を評価するために、カリキュラムと興味関心の異なる複数の学習者を設定し、複数の異なる状況における配信教材の正解セットを作成した。次に、各学習者に対応する知識-体験連結マトリクスを作成し、それらのマトリクスの要素のうち、(1)学習効果に対応する「教科書の特徴部分のみ」、(2)個人の嗜好に対応する「個人差のある特徴部分のみ」、(3)学習効果と個人の嗜好との両者に対応する「マトリクス全体」の3パターンのマトリクスを用いて、各学習者・状況と教材との相関量を計算した。最後に、教材を相関量順にランキングし、上位k件に対する適合率を計算し、本マトリクスの各部分が、検索結果にどのような影響を与えるかを検証した。

##### 4.1.1. 実験対象データ

この実験では、学習者の多様なコンテキストに応じた配信機能の評価するために、学習者のカリキュラムの違い、興味・関心の違い、場所・時間などの状況の違い、という3つの要素を考慮した16パターンの場合に対し、3つの部分マトリクスを用いて48通りの教材検索を行った。各要素の組み合わせを表2に示す。

- 学習者：カリキュラムと興味関心の組み合わせが異なる4人の学習者を設定した。カリキュラムは、学習1年目の初級コースと、学習2年目の中級コースの2パターンである。興味関心は、「スポーツ」と「ガーデニング」の2つの興味を設定した。さらに、それぞれのカリキュラム・興味関心に応じて異なる知識-体験連結マトリクスを作成した。
- 状況：日常生活で教材を配信する状況として、場所と時間帯の異なる4つの状況を設定した。1.公園と2.ホームセンターは、場所の異なる状況の例であり、学習の興味関心の違い（「スポーツ」と「ガーデニング」）に応じて異なる教材が得られる場

所を設定した。3.カフェ/昼と4.カフェ/夜は、時間帯の異なる状況の例であり、同じ場所のカフェであっても、時間帯の違いに応じて異なる教材が得られる状況として設定した。

- 正解セット：正解セットは、3章で述べたプロトタイプシステムが配信対象とする教材群のうち、カリキュラム・興味関心・状況に適合するものを手作業で抽出して作成した。各パターンにおける正解数は11～最大51個であり、全2726個の教材群の2%以内に収まっている。

表 2. 学習者のコンテキスト、および、状況の組み合わせ

|              |          |                               | User-A   | User-B | User-C | User-D |
|--------------|----------|-------------------------------|----------|--------|--------|--------|
|              |          | カリキュラム                        | 初級コース    | 初級コース  | 中級コース  | 中級コース  |
|              |          | 興味関心                          | スポーツ     | ガーデニング | スポーツ   | ガーデニング |
| 状況・使用マトリクス部分 | 1公園      | 教科書の特徴語<br>個人差のある特徴語<br>両者の合成 | 正解教材数 11 | 11     | 13     | 18     |
|              | 2ホームセンター | 教科書の特徴語<br>個人差のある特徴語<br>両者の合成 | 10       | 12     | 13     | 16     |
|              | 3カフェ/昼   | 教科書の特徴語<br>個人差のある特徴語<br>両者の合成 | 51       | 51     | 32     | 32     |
|              | 4カフェ/夜   | 教科書の特徴語<br>個人差のある特徴語<br>両者の合成 | 41       | 41     | 33     | 33     |

##### 4.1.2. 実験結果

実験1の結果では、知識-体験連結マトリクスのうち、(1)教科書の特徴部分のみや(2)個人差のある特徴部分のみを用いる場合よりも、両者を結合したマトリクス全体を用いる場合のほうが、平均的に適合率が高いことが実証された。各学習者に対して、本マトリクスの使用部分ごとに、各検索結果の適合率の相加平均を計算し、グラフ化したものを図7に示す。今回の実験では、任意の検索結果において、マトリクス全体を用いた教材検索の適合率が、(1)教科書の特徴部分のみと(2)個人差のある特徴部分のみを用いた場合の適合率を両方共下回るという結果は得られなかった。この実験結果は、本マトリクスを用いた教材検索により、カリキュラムに応じた教材検索と、個人の嗜好に応じた教材検索のうち、少なくとも一方の検索結果の適合率が向上することを示している。

#### 4.2. 実験 2)マトリクスの個人化操作による検索精度向上実験

実験2では、知識-体験連結マトリクスの個人化操作により、検索結果の適合率が向上可能であることを検証し、本マトリクスの実用性を示す。マトリクスの具体的な個人化操作では、本マトリクスの個人化領域部

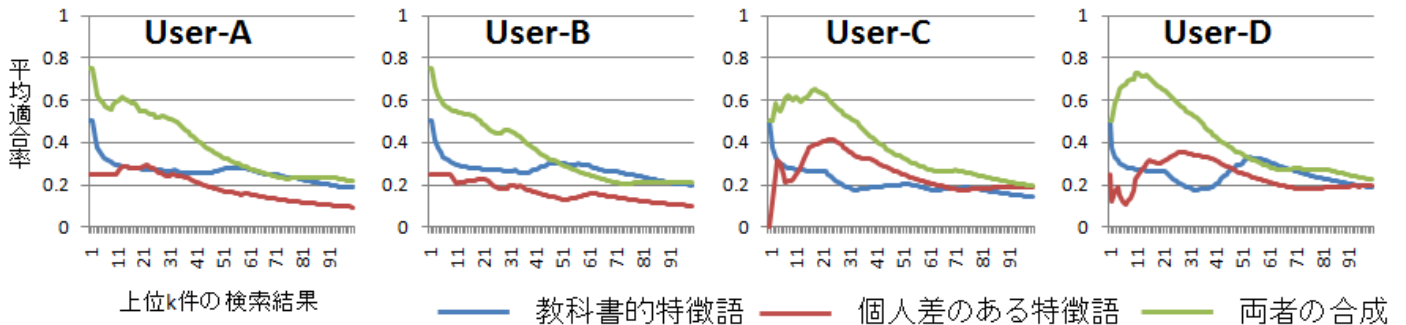


図 7. 知識-体験連結マトリクスの各部分を用いた検索結果上位 k 件に対する、学習者別の平均適合率

分のみの値を、学習者の嗜好を考慮した再設定を行う。本プロトタイプシステムでは、個人化のためのオペレータが未実装であるため、この実験では、設計者が手動で個人化操作を行った。この実験では、この個人化操作前後での教材検索結果の適合率を比較し、個人化操作による検索精度の向上が可能であることを検証した。

個人差操作後では、上位10件を越えたところから急激に適合率が伸びている。また、それに伴い、マトリクス全体を用いた検索結果の適合率も、上位10件を越えたところから上昇している。この結果から、本マトリクスの個人差操作により、配信教材の精度を向上可能であることが実証された。

#### 4.2.1. 実験対象データ

実験2の対象データは、実験1で得た実験結果のうち、適合率が比較的低い組み合わせの知識-体験連結マトリクスと正解セットを用いた。実験1の個別の教材検索結果では、User-B（初級コース，ガーデニング嗜好）かつ公園の場合において、最も適合率が低くなった。これは、初級コースのカリキュラムに「ガーデニング」に強い相関のある教材が乏しいためである。そのような場合でも検索精度の向上が可能であることを検証するために、「User-B，公園」の場合を対象として、本マトリクスの個人化操作を行い、その操作の前後での検索精度の比較を行った。

#### 5. おわりに

本稿では、学習者の体験のメタデータと教材のメタデータとの相関量計算を行い、学習者の体験と教材とを動的に結び付ける教材配信システムの実現方式、および、そのプロトタイプシステムを示した。また、プロトタイプシステムを用いた実験を行い、本方式の有効性と実現可能性を示した。今後の研究では、知識-体験連結マトリクスの生成や個人化を自動的に行うオペレータを定義・実装し、実用システムの構築を行う。さらに、構築したシステムによる実験を通じて、特徴セットの洗練、および、効果的な運用方法の確立を行う予定である。

User-B, 公園の場合での教材検索

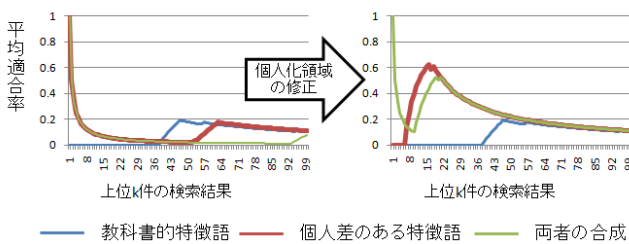


図 8. 知識-体験連結マトリクスの個人化領域の修正による検索精度の向上

#### 4.2.2. 実験結果

実験2の結果では、個人化操作により、個人差のある特徴語部分を用いた検索結果の適合率が向上し、それに伴い、マトリクス全体を用いた検索結果の適合率が向上した。個人化操作前後の検索結果の適合率をグラフ化したものを図 8に示す。個人化操作前では、個人差のある特徴語部分を用いた検索結果の適合率は、上位数件のみで高く、それ以降で急激に低下していた。

#### 文 献

- [1] Q. Zheng, B. Dong, F. Tian and W. Chen, "A service-oriented approach to integration of e-learning Information and Resource Management Systems", Computer Supported Cooperative Work in Design, 2008. CSCWD 2008. 12th International Conference on, pp. 1047–1052, 2008.
- [2] R.S. Jamuna and M.S. Ashok, "A Survey on Service-Oriented Architecture for E-Learning System" Intelligent Agent & Multi-Agent Systems, 2009. IAMA 2009. International Conference on, pp.1-3, 2009.
- [3] P. Brusilovsky and J. Vassileva, "Course sequencing techniques for large-scale web-based education", International Journal of Continuing Engineering Education and Life-long Learning 13(1/2), pp.75-94, 2003.
- [4] A. Styliadis and K. Pehilivanis, "Personalized e-Learning in Re-Usable Way: A Proposed GIS System Design – The Architecture", International Journal on Engineering and Applied Sciences 1(1), pp.30-34, 2006.
- [5] A. Styliadis, I. Karamitsos and D. Zachariou "Personalized e-Learning Implementation – The GIS Case", International Journal of Computers, Communications & Control 1(1), pp.59-67, 2006.
- [6] I. Waragai, T. Ohta, M. Raindl, S. Kurabayashi, Y. Kiyoki, H. Tokuda: Ubiquitous language learning environments - on campus, in the city, abroad, EUROCALL2010, pp.231-232, France.
- [7] 小野 智弘, 本村 陽一, 麻生 英樹, "移動端末におけるユーザの状況を考慮した嗜好抽出技術", 情報処理 48(9), pp.989-994, 2007
- [8] 長友ダイアン, "暮らしの日本語指さし会話帳 4 英語版", 東京: 情報センター出版, 2008.12