配信情報と利用者の関係性を動的に計量する位置情報に基づく情報配信システムの提案

矢部 竜太† 倉林 修一‡ 清木 康‡

†慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 〒252-0805 神奈川県藤沢市遠藤 5322
‡慶應義塾大学環境情報学部〒252-0805 神奈川県藤沢市遠藤 5322
E-mail: †yabee@sfc.keio.ac.jp, ‡{kurabaya,kiyoki}@sfc.keio.ac.jp

あらまし 本稿では，利用者の地理的・時間的な状況の変化に応じて，意味解釈を伴う情報選択によって情報配信を行う位置情報に基づく情報配信システムを提案する．位置情報に基づく情報配信システムでは，利用者の地理的・時間的な状況の変化に応じて，配信情報と利用者の関係性を動的に計量した上で情報配信をすることが重要である．しかし，現実世界の利用者に関わる情報と，インターネット世界上に存在する配信情報の間には意味的な異種性があるため，関係性を直接計量することは容易ではない．さらに，同一の地理的・時間的状況であっても利用者の趣味・嗜好によっては、配信情報と利用者の関係性が異なる場合がある．本方式は，利用者の趣味・嗜好を踏まえた上で配信情報との関係性を動的に計量する位置情報に基づく情報配信システムを提案する．本方式は，配信情報と利用者の関係性を動的に計量するためのベクトル計量空間を設定する．このベクトル計量空間を対象として，現実世界における利用者の地理的状況や配信情報の特徴量を，利用者の趣味・嗜好を踏まえた上で変換する特徴量変換機構を示す．本システムにより，実世界の利用者と配信情報の関係性における，意味的な異種性を解消することが可能となる．さらに本研究の応用として，利用者ごとにパーソナライズした上で配信情報と利用者の関係性を動的に計量することが可能となる．本論文では，評価実験により，実現方式による選択的情報配信の有効性を示す．

キーワード 位置情報サービス，メタレベルシステム，ベクトル空間モデル，パーソナライゼーション

A META-LEVEL LOCATION-BASED INFORMATION PROVISION SYSTEM WITH PERSONAL-CONTEXT ANALYSIS MECHANISMS

Ryota YABE† Shuichi KURABAYASHI‡ and Yasushi KIYOKI‡

† Graduate School of Media and Governance, Keio University 5322 Endo,Fujisawa,Kanagawa,252-8520 Japan
‡ Faculty of Environment and Information Studies, Keio University 5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan
E-mail: †yabee@sfc.keio.ac.jp, ‡{kurabaya,kiyoki}@sfc.keio.ac.jp

Abstract This paper presents a location-based information provision system which corresponds to temporal and spatial change of user's situation. It is important for location-based information service to evaluate relation between user and information. But direct evaluation is difficult, because there is semantic heterogeneity between real space and cyber space. And user’s requirement changes depending on user’s context. We present a location-based information provision system which has a meta-level system that integrates a GIS space for spatial distance computation and a feature vector space for semantic distance computation. This system has a vector space to evaluate relation between user and information. The meta-level system provides a vector transmission mechanism between lower-layer vector spaces and the meta-level vector space for mapping a mobile user's geographical situation and target information. This system eliminates the semantic heterogeneity. This system also realizes personalization. We perform several experiments and demonstrate the effectiveness our methods.

Keyword Location-Based Information Service, Meta-Level System , Vector Space Model , Personalization

1. はじめに

位置情報に基づく情報配信システムとは，システムを利用している利用者の保有しているモバイル端末等から位置情報を取得し，取得した位置情報に応じたコンテンツを配信するシステムのことである．これらの位置情報に基づく情報配信システムでは，利用者の現在位置といった空間的な情報と，静的に関連付けられた情報（例えば，最寄り駅や近隣の店舗情報など）を，利用者を対象として配信している．例えば，Google Map では，Web から獲得した店舗情報，商品の販売情報を，地図上に配置することにより，利用者の現在位置に応じた情報配信を可能としている．また，利用者

の属性情報（年齢，性別，趣味など）と現在位置に応じた情報配信サービスとしては，NTT ドコモの i コンシェルが挙げられる．i コンシェルは，利用者が所有しているモバイル端末のＧＰＳから，利用者の所在地を検知し所在地周辺の場所に関する情報や，近辺の駅からの終電情報等を通知するサービスである．ここで，終電を検出することが出来るのは，利用者のプロファイルとして，自宅からの最寄駅を記録しているからである．これらの既存の位置情報に基づく情報配信システムが有する問題点として，利用者の趣味・嗜好には関係あるが利用者の所在地に関係がない情報が配信される，もしくは利用者の所在地には関連があるが，利用者の趣味・嗜好には関係がない情報が配信されるという点が挙げられる．この問題を解決し，利用者の「その場，その時」の興味・関心にあった情報を配信する位置情報に基づく情報配信システムを実現するためには，現実世界（以下”実空間”と呼ぶ）における利用者,と Web 等のネット世界（以下”情報空間”と呼ぶ）に存在する配信情報群の関係性を適切に定義する必要がある．しかし，実空間の利用者と情報空間に存在する配信情報群の関係性をあらかじめ適切に定義することは困難である．なぜならば，利用者の実空間における絶え間ない移動に伴う利用者周辺の地理的状況の変化，そしてそれに伴う利用者の興味・関心の変化により，利用者と配信情報の関係性がリアルタイムに変化するからである．利用者の興味・関心の変化の仕方を図 1 に示す．

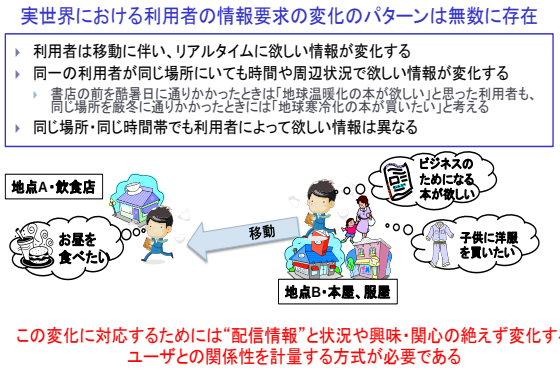

図 1. 実世界における利用者のリアルタイムな状況と興味・関心の変化

サービス提供者が利用者の絶え間ない情報要求の変化に対応した情報配信を実現しようとするならば，利用者の地理的状況の変化と，それに伴う配信情報との関係性の変化を全て想定した上で，利用者と配信情報の関係性を定義しなくてはならないが，これはパターンが膨大になるため非常に困難である．また，同じ場所・同じ時間帯でも利用者によって欲しい情報は異なるため，サービス提供者は全利用者に対し，配信情報との関係性を定義しなくてはならず，さらに困難である．そこで，配信情報と利用者の関係性を動的に計量することが出来れば，サービス提供者は利用者と配信情報の関係性を予め定義すること無く，利用者のリアルタイムな興味・関心の変化に対応した情報配信を行う位置情報に基づく情報配信システムを実現することが可能となる．しかし，情報空間上に存在する情報と，実空間における利用者の地理的状況の間には意味的な異種性があるため，両者の関係性を直接計量することは難しいという問題がある．

本論文では，利用者と配信情報間の関係性を動的に計量する位置情報に基づく情報配信システムを示す．実空間と情報空間という間に意味的な異種性がある両空間を統合し，状況及び興味・関心を動的に変化させる利用者との関連性が高い配信情報を検索するために，本実現方式は利用者から発行される状況に応じて意味的な解釈を行う情報検索技術であるベクトル空間モデルを適用した[1]．実空間を対象とした情報配信においてベクトル空間モデルを適用した例としては，実世界の学習者の体験と教材を結びつける e-learning システムが提案されている[2]．本システムは，配信情報と利用者の関係性を利用者の実世界における興味・関心という観点から計量する機能により，利用者と関係性が強い情報の選択的配信の実現方式を示す．本方式の概要を図 2 に示す．本実現方式は，利用者の興味・関心という抽象度の高い観点から利用者・配信情報間の関係性を計量するためのメタレベル計量空間，実空間の地理情報を特徴づけるベクトル空間，情報空間の配信情報を特徴づけるベクトル空間を独立して設定する．そして，実空間・情報空間の両ベクトル空間とメタレベル計量空間において，特徴量を変換するマトリクスを用いることで，両者の意味的な異種性を解消し，利用者と配信情報の関連性を動的に計量する．

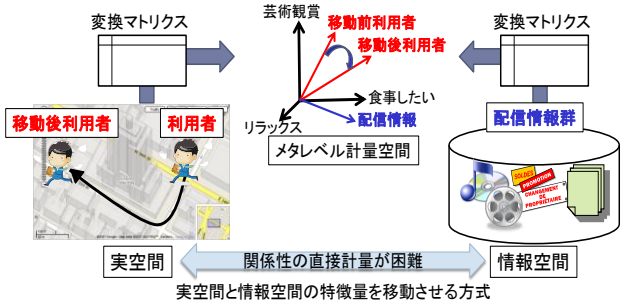

図 2. 本研究が提案する利用者と配信情報の動的な関係性計量方式概要

本実現方式の特徴は三点ある．一つ目は，利用者の興味・関心というリアルタイムに変化する利用者の意図を，複数の要素から構成されたメタレベル計量空間上のベクトルとして表現することにある．二つ目は，実空間・情報空間のベクトルの特徴量を変換するマト

リクスが，利用者の趣味・嗜好や場所に対する認識といったリアルタイムには変動しない利用者の意図を反映する点にある．三つ目は，地理情報・配信情報と利用者間の関係性を動的に計量することにより，両者を疎結合する点である．

また，本実現方式は，利用者にとっての利点と，サービス提供者の利点と二種類の利点が存在する．まず，利用者にとっての利点を二点あげる．一つ目は，本方式が表現可能な情報要求の組み合わせの膨大さにある．たとえば，利用者は“お茶を飲みながら落ち着いた気分で本を読める場所を知りたい”といった，複数の要素により構成された情報要求から地理情報・配信情報を獲得することが可能となる．本実現方式に基づきシステムを実装するにあたり，53 次元のメタレベル計量空間を定義した．この場合，本システムはバイナリーリレーションで考えると 2^{53}=9007199254740992 通りの利用者の興味・関心によって配信情報を獲得することが可能となる．二つ目の利点は，利用者にとって未知の情報資源も関係性が高いものを動的に連結し，情報配信に利用することが出来るスケーラビリティの高さにある．次に，サービス提供者にとっての利点について述べる.一つ目の利点は，サービス提供者が多様な位置情報サービスを実現することが出来る，フィージビリティが高さにある．サービス提供者は，本実現方式が提案する関係性計量オペレーションを適用することが出来るメタレベル計量空間を定義することで，多様なアプリケーションを実現できる．二つ目の利点は特徴量を変換するマトリクスを利用者ごとにカスタマイズすることで，パーソナライゼーションを実現出来ることにある．

2. 配信情報と利用者の関係性を動的に計量する位置情報に基づく情報配信システム

配信情報と利用者の関係性を動的に計量する位置情報に基づく情報配信システムについて述べる．提案するシステムの概要を図 3 に示す．

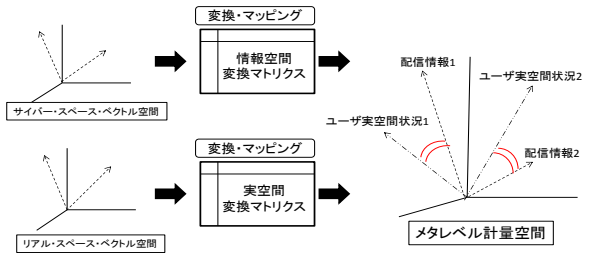

図 3. 実空間と情報空間の特徴量変換による関係性計量方式概要

本システムは配信情報と利用者との関係性を利用者の興味・関心という抽象度の高い観点から動的に計量するためのメタレベル計量空間というベクトル空間を有する．また，本システムは実世界の場所情報を特徴づけるベクトル空間（リアル・スペース・ベクトル空間）と，配信情報コンテンツを特徴づけるベクトル空間（サイバー・スペース・ベクトル空間）を独立して設定する．本システムは，リアル・サイバーの両ベクトル空間とメタレベル計量空間において，特徴量を変換するマトリクスを用いて地理的状況や配信情報間の意味的な異種性を解消した上で，関連性を動的に計量する．

2. 1 システム全体像

本節では，本研究において提案するシステムの全体像について述べる．本システム以下の 7 つのモジュールから構成されている.システム構成を図 4 に示す．

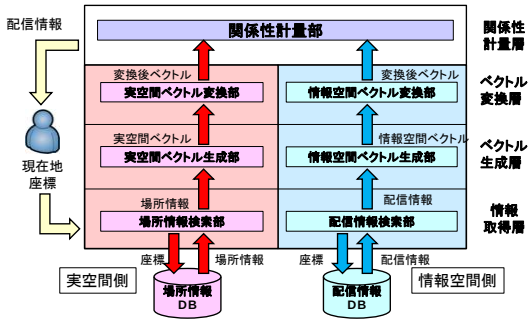

図 4　提案システム構成図

① 場所情報検索部

場所情報検索部は取得した座標情報から物理的な距離が近い場所情報の検索を行うモジュールである．

② 配信情報検索部

配信情報検索部は取得した座標情報から物理的な距離が近い配信情報の検索を行うモジュールである．

③ 実空間ベクトル生成部

実空間ベクトル生成部は検索した場所情報から利用者所在地周辺の地理的状況の特徴量を表すベクトルを生成するモジュールである．実空間ベクトル生成部は，利用者周辺の地理的状況を特徴づけるベクトル空間である，リアル・スペース・ベクトル空間を有する．

④ 情報空間ベクトル生成部

検索した配信情報の特徴量を表すベクトルを生成するモジュール．情報空間ベクトル生成部は，配信情報を特徴づけるベクトル空間である，サイバー・スペース・ベクトル空間を有する．

⑤ 実空間ベクトル変換部

実空間ベクトル変換部は，実空間ベクトル生成部が生成したリアル・スペース・ベクトル空間上のベクトルの特徴量を，関係性計量部にて配信情報群と関係性が計量できるよう変換するモジュールである．実空間ベクトル変換部は，リアル・スペース・ベクトル空間上のベクトルを変換するための実空間変換マトリクスを有する．

⑥　情報空間ベクトル変換部

情報空間ベクトル変換部は，情報空間ベクトル生成部が生成したサイバー・スペース・ベクトル空間上のベクトルの特徴量を変換し，関係性計量部にて場所情報群と関係性が計量できるよう変換するモジュールである．情報空間ベクトル変換部は，サイバー・スペース・ベクトル空間上のベクトルを変換するための情報空間変換マトリクスを有する．

⑦　関係性計量部

関係性計量部は，配信情報と場所情報間の関係性を計量するモジュールである．関係性計量部は場所情報と配信情報間の関係性を計量するためのデータ構造であるメタレベル計量空間を有する

2.2 場所情報検索部

本節は場所情報検索部について述べる．場所情報検索部は，利用者がシステムに送信した位置座標を入力情報として取得する．次に場所情報検索部は場所情報を蓄積している地理情報データベースにアクセスし，取得した位置情報周辺の座標検索を行なう．場所情報検索部は，座標検索により取得した場所情報群を結果として出力する．

2.3 配信情報検索部

本節は配信情報検索部について述べる．配信情報検索部は，利用者がシステムに送信した位置座標を入力情報として取得する．次に配信情報検索部は配信情報を蓄積しているデータベースにアクセスし，利用者から取得した位置情報周辺の座標検索を行なう．配信情報検索部は，座標検索により取得した利用者所在地周辺の配信情報群を結果として出力する．

2.4 実空間ベクトル生成部

本節は，実空間ベクトル生成部について述べる．実空間ベクトル生成部は，場所情報検索部が検索結果として出力した場所情報群を入力情報として取得する．実空間ベクトル生成部は，取得した場所情報群と，付与されたメタデータからリアル・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトルを生成する．実空間ベクトル生成部は，場所情報から生成したリアル・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトルを出力する．

リアル・スペース・ベクトル空間

本節は，リアル・スペース・ベクトル空間について述べる．リアル・スペース・ベクトル空間は場所情報の特徴をベクトルとして表現するためのベクトル空間である．リアル・スペース・ベクトル空間は実空間に存在する場所情報の特徴を表す m 個の特徴語とそれに対応する次元から成り立つ．本提案方式を実現する際，リアル・スペース・ベクトル空間の特徴語には実装に用いた GIS データである Mapple デジタルデータ Shape 版が提供している,場所の分類コードを用いた．リアル・スペース・ベクトル空間は,独自に拡張した場所の分類コード 76 種類を特徴語とし,それに対応する次元から成り立つベクトル空間として実現した．

rf_1	rf_2	…	rf_m
1	0		3

図 5 リアル・スペース・ベクトル空間

実世界場所情報群からの特徴量算出方式

本節は，場所情報群からリアル・スペース・ベクトル空間の特徴量算出方式について述べる．実空間ベクトル生成部は，リアル・スペース・ベクトル空間の各特徴語に対応する次元の特徴量として，場所情報検索部から取得した場所情報群のうち各特徴語をメタデータとして保有する場所情報の個数を算出する．

2.5 情報空間ベクトル生成部

本節は，情報空間ベクトル生成部について述べる．情報空間ベクトル生成部は，配信情報検索部が検索結果として出力した配信情報群を入力情報として取得する．情報空間ベクトル生成部は，入力情報として取得した配信情報群と，各配信情報に付与されたメタデータからサイバー・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトルを生成する．情報空間ベクトル生成部は，配信情報から生成したサイバー・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトルを結果として出力する．

サイバー・スペース・ベクトル空間

本節は，サイバー・スペース・ベクトル空間について述べる．サイバー・スペース・ベクトル空間は配信情報の特徴をベクトルとして表現するためのベクトル空間である．サイバー・スペース・ベクトル空間は情報空間に存在する配信情報の特徴を表す n 個の特徴語とそれに対応する次元から成り立つ．

cf_1	cf_2	…	cf_n
1	05		-1

図 6 サイバー・スペース・ベクトル空間

2.6 関係性計量部

本節は，関係性計量部について述べる．関係性計量部は，実空間ベクトル変換部，及び情報空間ベクトル変換部が出力したメタレベル計量空間上の特徴量ベクトル群を入力情報として取得する．関係性計量部は，取得したメタレベル計量空間上の特徴量ベクトル間の関係性を計量する．そして，関係性計量部は，場所情報群と配信情報群の関係性を計量した値を結果として出力する．

メタレベル計量空間

本節はメタレベル計量空間について述べる．メタレベル計量空間とは，場所情報と配信情報間の関係性を

両者の意味的な異種性を解消した上で，利用者の興味・関心という観点から計量するためのベクトル空間である．メタレベル計量空間は，利用者の実世界における興味・関心を表す o 個の特徴語セットとそれに対応する次元から成り立つ．

場所の様態表現空間

本節は，場所の様態表現空間について述べる．場所の様態表現空間とは，今回システムを実装するにあたり，実世界において「利用者をこういう気分にさせる」「利用者にこういう行動をさせる」という場所の特性から配信情報と利用者の関係性を計量するために定義したメタレベル計量空間である．場所の様態表現空間では，場所の特性を表現するために，建築学の研究成果である「場所の様態表現に関する基礎的分析」[3] を応用している．

場所の様態表現に関する基礎的分析

場所の様態表現空間に関する基礎的分析とは，場所の様態表現空間を定義するにあたって利用した日本建築学会の論文である．この論文では，著者達は居心地のいい場所について自由記述のアンケート調査を行い，その結果得られた場所を表現するための記述を日本語の文法規則に基づいて分類を行い，さらに KJ 法的に単語の整理・分類を行い，場所を表現するための基本的な言葉を抽出している．場所の様態表現空間は，場所の様態表現のうち主語が『自分』であり，人が『する』『なる』を表現する言葉 53 語を特徴語とし，それに対応する次元から成り立つ

関係性計量プロセス

関係性計量部における配信情報・場所情報間の関係性の計量プロセスについて述べる．関係性計量部は，まずメタレベル計量空間上にマッピングされた特徴量ベクトル全ての正規化を行う．次に場所情報から生成された特徴量ベクトルと配信情報から生成された特徴量ベクトル間の関係性をベクトル間の内積により計量する．

2.7 実空間ベクトル変換部

本節は，実空間ベクトル変換部について述べる．実空間ベクトル変換部は，実空間ベクトル生成部が生成したリアル・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトル群を入力情報として取得する．実空間ベクトル変換部は取得した特徴量ベクトルを，実空間変換マトリクスを用いてメタレベル計量空間上のベクトルへと変換する．実空間ベクトル変換部は，この変換したメタレベル計量空間上のベクトルを結果として出力する．

実空間変換マトリクス

本節は，実空間変換マトリクスについて述べる．実空間変換マトリクスは，実空間ベクトル生成部から取得したベクトルの変換定義が記述されたマトリクスである．実空間変換マトリクスは，変換定義としてリアル・スペース・ベクトル空間の特徴語とメタレベル計量空間の特徴語の関係性が記述されている m×o のマトリクスである．マトリクスの各セルにはリアル・スペース・ベクトル空間の特徴語とメタレベル計量空間の特徴語との関係値をメタデータとして格納する．

リアル・スペース・ベクトル空間の次元数を m,メタレベル計量空間の次元数を o としたとき，情報空間変換マトリクス R は以下のように定義される．

$$R = \begin{pmatrix} f_{1,1} & \cdots & f_{1,o} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m,1} & \cdots & f_{m,o} \end{pmatrix}$$

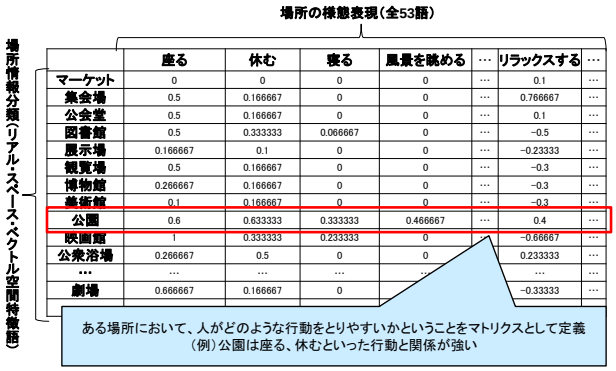

図 7 実空間変換マトリクス例

2.8 情報空間ベクトル変換部

本節は，情報空間ベクトル変換部について述べる．情報空間ベクトル変換部は，情報空間ベクトル生成部が生成したサイバー・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトル群を入力情報として取得する．情報空間ベクトル変換部は取得した特徴量ベクトルを，情報空間変換マトリクスを用いてメタレベル計量空間上のベクトルへと変換する．情報空間ベクトル変換部は，この変換したメタレベル計量空間上のベクトルを結果として出力する．

情報空間変換マトリクス

本節は，情報空間変換マトリクスについて述べる．情報空間変換マトリクスは，情報空間ベクトル生成部から取得したベクトルの変換定義が記述されたマトリクスである．情報空間変換マトリクスは，変換定義としてサイバー・スペース・ベクトル空間の特徴語とメタレベル計量空間の特徴語の関係性が記述されている n×o のマトリクスで

ある．マトリクスの各セルにはサイバー・スペース・ベクトル空間の特徴語とメタレベル計量空間の特徴語との関係値をメタデータとして格納する．　サイバー・スペース・ベクトル空間の次元数を n, メタレベル計量空間の次元数を o としたとき，情報空間変換マトリクス C は以下のように定義される．

$$C = \begin{pmatrix} f_{1,1} & \cdots & f_{1,o} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n,1} & \cdots & f_{n,o} \end{pmatrix}$$

場所の様態表現（全53語）

配信情報分類（サイバー・スペース・ベクトル空間特徴語）

	座る	休む	寝る	風景を眺める	…	リラックスする	…
花と紅葉の名所	0.6	0.566667	0.333333	0.9	…	0.333333	…
神社・仏閣・日本庭園	0.566667	0.466667	0.333333	0.766667	…	0.166667	…
歴史的建築・建造物	0.566667	0.433333	0.333333	0.733333	…	0.166667	…
名勝・文化財	0.6	0.466667	0.333333	0.766667	…	0.333333	…
関連の博物館や専用施設	0.566667	0.4	0.333333	0.1	…	0.333333	…
ランドマーク・大型施設	0.566667	0.166667	0.1	0.1	…	0.4	…
商店街・専門店街、通り	0.2	0.1	−0.33333	0.166667	…	0.5	…
美術館・博物館	0.433333	0.4	0.166667	0.166667	…	0.333333	…
ベビー・おもちゃ・ホビー	0	0.266667	0	0	…	0	…
ファッション・バック・時計	0	0.2	0	0	…	0	…
天然記念物・動植物・名木	0.566667	0.533333	0.166667	0.933333	…	0.333333	…
…	…	…	…	…		…	…
DIY・カー＆バイク用品	0.033333	0.1	0	0		0	…
…	…	…	…			…	…

ある情報を受け取ることで、人はどのような行動をとりやすいかということをマトリクスとして定義
（例）天然記念物・動植物・名木に関する情報は座る、休む、風景を眺めるといった行動といった関係がある

図 8 情報空間変換マトリクス例

2. 9 変換手順

本節は，実空間及び情報空間のベクトル変換部における，変換マトリクスを用いたリアル・スペース・ベクトル空間及びサイバー・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトルの変換手順について述べる．実空間及び情報空間のベクトル変換部は，特徴量ベクトルの変換を行うにあたり，まず変換対象ベクトルと変換マトリクスを構成する各列ベクトルの内積値を求める．次に，内積計算値を，各列ベクトルのメタレベル計量空間特徴語に対応する次元の特徴量とする．この２ステップを繰り返すことにより実空間・情報空間のベクトル変換部は場所情報と配信情報の特徴量ベクトルをメタレベル計量空間上のベクトルへと変換する．変換対象特徴量ベクトル群を V, 情報空間変換マトリクスを C と定義した時，特徴量ベクトルの変換は以下のように定義される．

$$trans(V,C) := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{n} V_{[i,0]} \bullet C_{[i,0]}, & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,1]} \bullet C_{[i,0]}, & \cdots & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,k]} \bullet C_{[i,0]} \\ \sum_{i=0}^{n} V_{[i,0]} \bullet C_{[i,1]}, & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,1]} \bullet C_{[i,1]}, & \cdots & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,k]} \bullet C_{[i,1]} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \sum_{i=0}^{n} V_{[i,0]} \bullet C_{[i,m]}, & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,1]} \bullet C_{[i,m]}, & \cdots & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,k]} \bullet C_{[i,m]} \end{bmatrix}$$

また，変換対象特徴量ベクトル群を V, 実空間変換マトリクスを R としたと起き，実空間側の特徴量ベクトルの変換は以下のように定義される．

$$trans(V,R) := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{n} V_{[i,0]} \bullet R_{[i,0]}, & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,1]} \bullet R_{[i,0]}, & \cdots & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,k]} \bullet R_{[i,0]} \\ \sum_{i=0}^{n} V_{[i,0]} \bullet R_{[i,1]}, & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,1]} \bullet R_{[i,1]}, & \cdots & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,k]} \bullet R_{[i,1]} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \sum_{i=0}^{n} V_{[i,0]} \bullet R_{[i,m]}, & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,1]} \bullet R_{[i,m]}, & \cdots & \sum_{i=0}^{n} V_{[i,k]} \bullet R_{[i,m]} \end{bmatrix}$$

2. 10 変換マトリクスメタデータ定義方法

本節は実空間・情報空間の変換マトリクスメタデータ定義方法について述べる．変換マトリクスのメタデータの定義は基本的に人が手動で行う．そして，メタデータを定義する際，メタレベル計量空間の特徴語とリアル・スペース・ベクトル空間及びサイバー・スペース・ベクトル空間の特徴語の間にどの程度関係があるのかという判断は，変換マトリクスを定義する人間の経験則によって決まる．そのため，変換マトリクスのメタデータは，定義者によって値が異なり，各定義者の趣味・嗜好や場所への認識を反映することになる．

2. 11 全体の動作

本システムの全体の動作について述べる．本システムは，大まかに４ステップの動作により配信情報の検索を行う．

STEP-1　座標による情報検索

座標による情報検索では，システムは，場所情報検索部及び配信情報検索部による場所情報・配信情報の検索を行う．システムは，場所情報検索部・配信情報検索部を用いて場所情報データベース，及び配信情報データベースにアクセスし，利用者が送信した位置座標周辺の場所情報・配信情報の検索を行う．

STEP-2　特徴量ベクトルの生成

特徴量ベクトルの生成ではシステムは，実空間ベクトル生成部及び情報空間ベクトル生成部を用いて，場所情報及び配信情報からリアル・スペース・ベクトル空間及びサイバー・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトルの生成を行う．システムは，実空間ベクトル生成部及び情報空間ベクトル生成部を用い，場所情報・配信情報に付与されたメタデータから場所情報・配信情報の特徴量算出・特徴量ベクトルを生成する．

STEP-3　特徴量ベクトルの変換

特徴量ベクトルの変換では，システムは実空間ベクトル変換部及び情報空間ベクトル変換部を用いて，STEP-2 において生成した特徴量ベクトルの変換を行う．システムは，実空間ベクトル変換部及び情報空間ベクトル変換部を用いて，リアル・スペース・ベクトル空間及びサイバー・スペース・ベクトル空間上の特徴量ベクトルを変換マトリクスによりメタレベル計量空間上のベクトルへと変換し，マッピングする．

STEP-4　関係性の計量

関係性の計量では，システムは関係性計量部を用いて STEP-3 でメタレベル計量空間上のベクトルへと変換した特徴量ベクトル間の関係性を計量する．

3. 実現方式

本節は，提案したシステムの実現方式について述べる．本実現方式では,配信情報と利用者の関係性計量アプリケーションをサーバサイドのアプリケーションとして実装した．本実現方式では，プログラミング言語に Java 1.6.0_17 を用いた．データベース構築には PostgreSQL8.3 を，地図データを管理するデータベー

スの構築には PostGIS を用いた．実際に格納する地図データには昭文社が販売しているデジタル地図データである Mappleデジタルデータ Shape版を使用した．実装したシステムの概要を図 9 に示す．

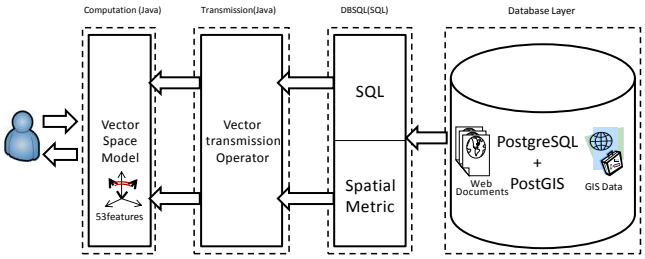

図 9　配信情報と利用者の関係性計量アプリケーション全体像

4. 評価実験

本節では，本システムの有効性，および，実現可能性を検証するために，実現したシステムを用いた関係性計量の精度評価を示す．同時に，人手で定義した変換マトリクスにより，マトリクス定義者の場所に対する認識に合った情報を配信することが出来るか，また，利用者の地理的状況に応じた関係性計量が，分析粒度を切り替えても機能するかを検証した．実験対象エリアと正解情報セット作成方法を図 10 に、正解情報セットの例を図 11 に示す．

4. 1 実験環境

対象エリア

本実験では，実験対象エリアとして渋谷駅を基点とし，対角線が北東に伸びる正方形状のエリアを設定した.実験対象エリアは人間の移動速度の変化に応じて分析粒度を切り替えても関係性計量機能が有効かどうかを検証するため，一辺 1000m，1600m，4800m の三種類のエリアを用意した．本実験では，この 3 種実験エリアを 4×4 の 16 のエリアにメッシュ状に分割した．最小エリアの一辺を 1000m にした理由は，使用した地図データにおける地図上の 1cm が、分割エリアの一辺 250m と同じ長さになるからである．また，1600m にした理由は，人間の平均的な歩行速度とオート GPS の座標取得間隔をかけ合わせた値が，分割されたエリアの一辺の長さと等しくなるように，4800m にした理由は，人間の自転車の移動速度と分割された実験対象エリアの一辺の長さが等しくなるように調整したからである．

正解セット

本実験では，分割された各実験対象エリアに 10 件ずつ，全部で 480 の地理的・意味的に関連のある正解情報のセットを設定した．正解セットには Amazon の商品情報ページと公共法人である東京観光財団が提供している「東京の観光」等，各種観光情報 Web ページのその土地に関連のある観光情報・場所情報を用いた．

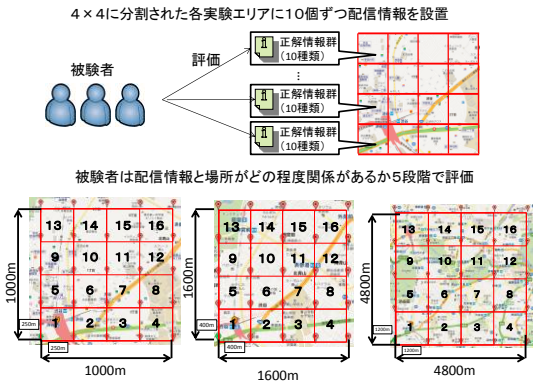

図 10　実験対象エリアと正解情報セットの作成方法概要

location		item	category
139.7146	35.65852	島根イン	ホテル
139.7146	35.65852	青山骨董通り	商店街・専門店街、通り
139.7146	35.65852	岡本太郎記念館	美術館・博物館
139.7146	35.65852	大銀杏	天然記念物・動植物・名木
139.7146	35.65852	山種美術館	美術館・博物館
139.7146	35.65852	住友不動産渋谷ファーストタワー	超高層ビル・展望台・観覧車
139.7146	35.65852	文房具	パソコン・オフィス用品
139.7146	35.65852	生活雑貨	ホーム＆キッチン・ペット
139.7146	35.65852	ミュージック	DVD・ミュージック・ゲーム
139.7146	35.65852	食品	食品＆飲料
139.7278	35.65852	善福寺のイチョウ	天然記念物・動植物・名木
139.7278	35.65852	毛利庭園	公園・庭園
139.7278	35.65852	森美術館	美術館・博物館
139.7278	35.65852	フレンチ・ウィンドウ展	関連の博物館や専用施設
139.7278	35.65852	東京国際映画祭	アニメ・漫画・映像関連
139.7278	35.65852	文房具	パソコン・オフィス用品
139.7278	35.65852	生活雑貨	ホーム＆キッチン・ペット
139.7278	35.65852	ミュージック	DVD・ミュージック・ゲーム
139.7278	35.65852	食品	食品＆飲料
139.7278	35.65852	ファッション	ファッション・バッグ・時計

図 11　実験に用いた正解情報セット例

実験用ベクトル空間

本実験では，メタレベル計量空間に場所の様態表現空間を用いた．サイバー・スペース・ベクトル空間は，配信情報と観光情報の両方を特徴付けるベクトル空間を定義するため，東京の観光の各観光情報のカテゴリを示す言葉 24 語と Amazon の商品カテゴリを示す言葉 11 語を特徴語としたベクトル空間を定義した．

想定状況と変換マトリクス

本実験では，日曜日の昼 15 時から夕方 18 時までの間，都内で買い物をしているという想定状況のもと，実験の被験者三名に変換マトリクスの定義を行なってもらった．本実験の被験者三名は，被験者間で実験対象エリアに対する認識に大きな差異が生まれないようにするため，実験対象エリアについてよく知らず，世間の一般的なイメージしか持ち合わせていない人物達を選定した．本実験では，実験システムが実際に変換に用いる変換マトリクスとして，被験者三人が定義した変換マトリクスの値を平均化したものを利用した．

評価の指標

本実験では関係性計量結果の評価の指標として，ランキング結果を評価する指標である nDCG[4]を用いた．

nDCG とは，検索結果の関係量を点数に置き換えて検索順位の重みをかけた指標である DCG を，理想的な検索結果から算出した DCG の値で割ったものである．この値は 0 から 1 の間に収まるが，1 に近ければ近いほど関係性機能による配信情報の選択能力が高いという事になる．本実験では，理想的な順位・関係量を算出するために，実験対象者に各正解情報が，配置されたエリアとどれくらい関係があるかということを五段階で評価してもらった．本実験では，配信情報に対して三人がつけた評価値を，理想的な関係量とし，その理想的な関係量から配信情報のランキングを作成した．

4. 2 実験結果

各実験対象エリアにて配信情報群と関係性を計量した結果の評価を以下の表に示す．図 12,13,14 に示す．

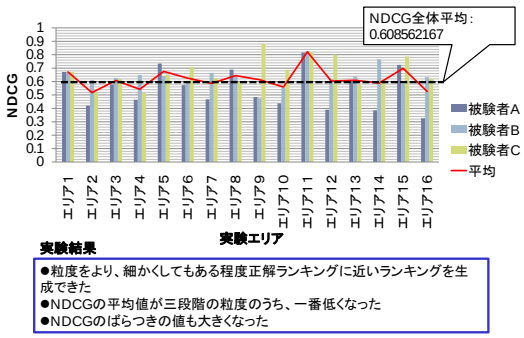

図 12　1000m×1000mエリア実験結果

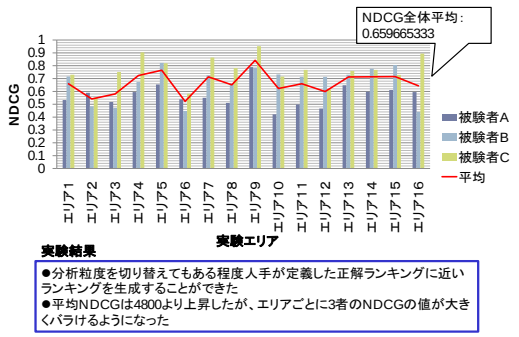

図 13　1600m×1600mエリア実験結果

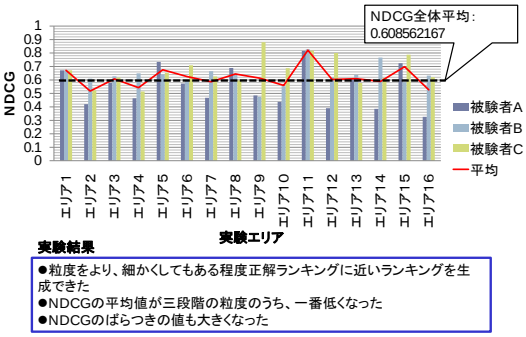

図 14　4800m×4800mエリア実験結果

4. 3 実験結果考察

本節は実験結果考察について述べる.本実験では，1000m から 4800m まで，どの分析粒度においても関係性を計量し配信情報のランキングを生成することができている．このことから，利用者の状況の変化に応じて分析粒度を切り替えながら関係性を計量することが，本システムは可能であるといえる．各実験対象エリアにおける nDCG の値は，被験者三名ともほぼ同じ高い値が出るエリア，三者とも低い値が出るエリア，三者の値が大きく食い違うエリアの三種類に分類することが出来る．このうち，被験者三者とも低い値が出るエリアは，場所からより精度の高いメタデータを抽出する必要があると考えられる．一方，三者の値が大きく食い違うエリアは，変換マトリクスが利用者ごとの場所に対する認識，趣味・嗜好の差を吸収しきれなかった結果だと考えられる．

5. まとめと今後の課題

本論文では，利用者の地理的・時間的な状況の変化に応じて，意味解釈を伴う情報選択によって配信する位置情報に基づく情報配信システムを示した．本実現方式は，配信情報と利用者の関係性を計量するためのベクトル計量空間を設定し，利用者の地理的状況と配信情報の特徴量を，利用者の趣味・嗜好を踏まえた上で変換することで，実世界の利用者と配信情報の関係性を，意味的な異種性を解消した上で，動的に計量することを可能とした．本論文では，評価実験により，実現方式による選択的情報配信の有効性を示した．今後の研究の課題・展望として場所情報の特徴量ベクトルの生成の精度の向上が挙げられる．具体的には,モバイル機器に搭載されたセンサ機器から取得した情報に応じて、メタデータ生成に用いる場所情報を動的に選定する機能の開発や高精度なメタデータの付与された地図データの使用を行う予定である．

参考文献

[1] G. Salton and M. J. McGill. Introduction to Modern Information Retrieval. McGraw-Hill,　1983.
[2] Nagato Kasaki, Shuichi Kurabayashi, and Yasushi Kiyoki, "An Experience-Connected e-Learning System with a Personalization Mechanism for Learners Situations and Preferences, " In Proceedings of the Industrial Electronics Seminar (IES) 2011,Surabaya, Indonesia,October 26, 2011.
[3] 林田大作,舟橋 國男,鈴木 毅,木多 道宏 ;『場所』の様態表現に関する基礎的分析―都市生活者の「居心地の良い場所」に見る人間－環境関係の研究―,日本建築学会計画系論文集 第 579 号,pp45-52, 2004 年 5 月
[4] K. Järvelin and J. Kekäläinen: Cumulated gain-based evaluation of IR techniques, ACM Transactions on Information Systems,Vol. 20, No. 4, pp. 422-466 (2002)