

移動経路における感性コンテキストに対応する 移動・活動手段の組合せ形成システム－Emotional MaaS－

川島 宏一郎* 林 康弘** 清木 康*** 三田 哲也*

*JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479

**慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

***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: *{kouichirou-kawashima,t-mita}@jreast.co.jp, **yasuhiro.hayashi@keio.jp, ***kiyoki@sfc.keio.ac.jp

あらまし 本稿は移動経路における感性コンテキストに対応する移動・活動手段の組合せ形成システムの実現方法について示す。MaaS は、実空間の移動と情報空間が融合して多様なモビリティを統合・連携するサービスを指す。その本質は、移動ユーザ自身が移動に要する労力の負荷軽減に基づいて、移動中の余暇をデザインできる点にある。したがって、人間は移動に際して、思考を移動以外に振向けることが可能になってきた。

本稿で提示するシステムは、移動ユーザの意図と場面に対応した「感性コンテキスト」から、目的地までの最適な移動手段および経路上に存在する活動手段を返す。本システムは、意味的関連性を動的に計算する意味的連想検索モデルである「意味の数学モデル」を応用したものであり、計算方法は「日常の意図」と「移動の場面」を合成して表現するための問合せ生成演算子群により生成される「感性コンテキストベクトル」と DB 内の移動手段および施設スポットにおける「特徴量ベクトル」の距離計算、出力値は目的地までの最適な移動手段および経路上に存在する活動手段が提案される。

キーワード マルチメディアデータベース、MaaS、感性、コンテキスト、問合せ生成演算子

1. はじめに

1.1 背景

近年、社会問題の一つに都市部への人口集中が挙げられ、予測では 2050 年までに世界人口の約 7 割が都市部へ集中し、人口 1,000 万人以上の大都市圏数も増加の一途を辿っていく[1]。この一極集中化により起こりうる課題は、環境汚染、電力・エネルギー不足、交通渋滞、ウィルス感染拡大、地方の衰退等、多岐に渡る。スマートシティは、これら課題を IoT やセンシング等のテクノロジーを活用して、課題間を繋ぎながら一挙に解決へ導く仕掛けとして注目されている[2]。この課題間を繋ぐ概念は、2015 年 9 月の国連サミットで採択された 2016 年から 2030 年までの国際目標 SDGs においても同様に含まれ、これまで点在していた課題を繋ぐ共通言語といえる[3]。総務省統計局の調査(表 1)によると、日本の移動実態は地域毎に多様であり、抱える課題も多岐に渡る[4]。したがって、地域特性や交通体系に見

合ったモビリティサービスが求められている。

これら課題解決に向けた新しいモビリティ事業形態として、様々な移動手段を統合・連携し最適化するマルチモーダルサービス、共同で利用するシェアリングサービス、移動ユーザの行動に合わせたデマンド交通、貨物と旅客を一体で輸送・運行する貨客混載等が挙げられ、日本各地においてビジネスや実証実験が展開されている。また、多様化する移動ニーズに対応するため、マイクロモビリティ、グリーンスローモビリティ、自動運転等、新しい特性を持ったモビリティサービスが推進・普及されている[5]。これらモビリティ世界の拡充はデータ連携基盤により、スマートシティ全体のアーキテクチャ構築に繋がる。

1.2 本研究の位置づけ

Mobility as a Service(以下、MaaS)は、多様なモビリティサービスによる移動を一つのサービスに統合し、移動ユーザが、ルート検索、交通機関の予約・手配、支払いにおける決済をワンストップに実行できる概念である。つまり、モビリティにおける「実空間」と「情報空間」が融合させた世界の広がりを意味する。そこで、我々は「MaaS の本質は、移動労力の負荷軽減によって生まれる『移動ユーザの余暇をデザイン』できる点にある」と考えた。従来、移動ユーザは自ら移動手段を調べ、交通機関の運用都合に従い、時に自ら運転操縦す

表 1 地域の移動課題とモビリティサービスの事業性

都市類型	概要	日本全国に占める比率 (人口)	日本全国に占める比率 (自治体数)	自家用車 交通分担	典型的な移動課題例
大規模都市 (50万人以上)	政令指定都市等	32.4% (4,122万人)	1.7% (29市町村)	22.7%	●日常的な道路渋滞・公共交通の混雑 ●移動モード間の接続性が複雑 ●ラストワンマイルの移動手段が限定的
中規模都市 (5～50万人)	大規模都市近郊の ベッドタウン等	19.3% (2,452万人)	8.9% (153市町村)	22.8%	●中心部への移動手段が限定的 ●通勤時などにおける公共交通の混雑 ●オートタウン等、高齢者の移動手段が課題に
	地方の県庁所在地や 企業城下町等	32.5% (4,128万人)	19.8% (340市町村)	63.9%	●自家用車以外の移動手段が限定的 ●公共交通の利便性・事業性が低下 ●高齢者の移動手段確保が困難に
郊外・過疎地域 (5万人以下)	地方郊外等	15.8% (2,007万人)	69.6% (1,197市町村)	69.6%	●移動は、ほぼ自家用車、公共交通維持できず ●高齢者の移動手段確保が困難に ●交通空白地域の拡大

る等,様々な制約により,移動によって日常生活における意識や時間を切り取られてきた.しかし,先述の自動運転やマイクロモビリティといった新しいモビリティサービスの普及,マルチモーダル化やシェアリング化,乗継におけるシームレス化といった新しいモビリティ事業形態の推進により,これら制約から解放されつつある.したがって,人間は移動に際して,思考を移動以外に振向けることが可能になってきた.その振向先とは,日常的欲求を満足させること,すなわち移動中においても人間本来の目的を達成できることに寄与する.

本研究では,移動ユーザが移動場面下においても日常的欲求を満足させるライフスタイル形成を目的とし,出発地から目的地まで,検索者の「日常の意図」と「移動の場面」に基づく感性コンテキストに対応した移動手段を示し,その移動経路上における日常的な活動手段(施設・店舗・イベント等)を組み合わせる案内する方式の提案とその方式によるシステム「Emotional MaaS(図1)」を試作した.

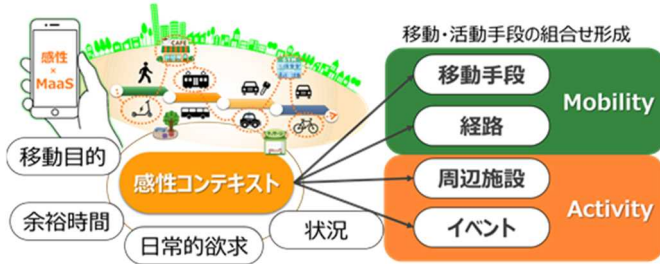


図1 Emotional MaaSのビジョン

1.3 関連研究

1.3.1 意味の数学モデル(MMM)

データ間の意味的,感性的な同一性,類似性,関連性は,静的な関係によって決定されるのではなく,文脈や状況に応じて動的に変化するものと考え,データ間の意味的,感性的な等価性,類似性,関連性を“状況や文脈”に応じて動的に計算する計量モデルが“意味の数学モデル”である[6].本稿では,これを応用したものであり,移動ユーザの感性コンテキストに基づく最適化された提案を可能とする.

1.3.2 複数の画像を用いたクエリ画像生成方式

ユーザの意図を表現する画像問合せ生成に向けて,複数の画像を効率的に組み合わせる生成方式の研究がある[7].この方式は,それぞれの画像が持つ特徴(色・形)に対応して,問合せ生成演算子により動的に計算される.この方式により,複数の画像を用いてユーザの創造や意図を表現することが可能となった.本稿では,移動ユーザの「移動の場面」と「日常の意図」を合成して表現するための問合せ生成演算子群により感性コンテキストベクトルを生成する.

1.3.3 人が旅をする動機の感性評定結果を用いた多様性のあるドライブ旅行プラン作成

人を旅行に促すことを狙い,ユーザの旅についての感性評定結果を利用しユーザの観光における感性を反映した多様性のある複数のドライブ旅行プランを作成し提示する手法が提案されている[8].ここに,人が旅行に行く動機が5要素に分類されており,各観光地が持つ期待要素が紹介されている.本稿では,活動手段の特徴付けとして,これら動機5要素を利用し感性空間を構成している.

2. 提案方式

2.1 特微量空間生成

移動・活動手段における特微量ベクトルに対応した特微量空間(図2)を次のStep1~3の手順で生成する.

Step1:横軸(f_1, f_2, \dots, f_n)に n 個の特徴

Step2:縦軸(O_1, O_2, \dots, O_m)に m 個の移動手段,または活動手段

移動手段の例:徒歩,路線バス,鉄道,タクシー

活動手段の例:専念できるカフェ,運動できる公園

Step3:それぞれの移動手段または活動手段に対応する集合に基づくメタデータを付与する.

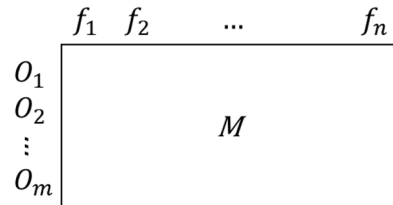


図2 行列データMによるメタデータの表現

2.1.1 移動手段の特微量ベクトルデータ表現

移動手段における特微量空間の構成は表2に示される.

(a) 定量情報が得られる{価格,所要時間,運動消費量}のベクトルデータの定義

任意の区間における対象の移動手段が m 個のとき,

$$\text{実測値ベクトル } A_{\text{column}} = (a_1, a_2, \dots, a_m)$$

$$\text{特微量ベクトル } V_{\text{column}} = (v_1, v_2, \dots, v_m)$$

このとき,各移動手段における特微量ベクトル成分 v_i は式(1)として定義される.いずれも非線形の正規化とする.これは,任意の区間の相場から特微量を表現できる.また,閾値を設けることで,後述の相関量計算において外れ値の影響を抑える.

$$v_i(a_i) := \frac{a_i - \mu_a}{\sigma_a} \quad (-1 \leq v_i \leq 1) \quad (1)$$

$$\text{平均値 } \mu_a = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m a_i \quad \text{標準偏差 } \sigma_a = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (a_i - \mu_a)^2}$$

表 2 移動手段における特徴量空間構成

次元(移動手段)	-1	0	+1	
価格	安い	無相関	高い	…(a)
所要時間	早い	無相関	遅い	
運動消費量	小さい	無相関	大きい	
人の混雑度	低い	無相関	高い	…(b)
定時性	高い	無相関	低い	
動作・運転操縦	不要	無相関	必要	
デスク環境		無	有	…(c)
通信環境		無	有	
充電設備		無	有	
運動設備		無	有	
眺望設備		無	有	
会話スペース		無	有	
飲食スペース		無	有	
荷物スペース		無	有	

表 3 定性情報の特徴付け対応表

	人の混雑度			定時性	動作・運転操縦 ※ 2
	公共交通機関	徒歩	非混雑交通 ※ 1		
+1					●移動動作・操縦に意識が必要
+0.75	●7:00<移動時刻<9:00			●一般道路を使用	
+0.25	●18:00<移動時刻<21:00			●独立軌道と一般道路を併用	
0	●ラッシュ時間帯を除く移動時刻			●徒歩や自転車等の自走	●移動動作・操縦に意識が不要
-0.5		○			
-1			○	●独立軌道を使用	

※ 1 Private 空間, Social Distancing が確保されたモビリティサービス

※ 2 ただし, 所要時間(移動時間総計)に対して, 当該移動時間の割合を乗算したものを t_i とし, 先述①の $v_i(t_i)$ にて算出する

(b) 定性情報による{人の混雑度, 定時性, 動作・運転操縦}のベクトルデータの定義

表 3 に示される特徴付け対応表に定義される。

(c) その他{デスク環境, 通信環境, 充電設備, 運動設備, 眺望設備, 会話スペース, 飲食スペース, 荷物スペース}ベクトルデータの定義

表 2 におけるベクトル成分は, 「有」が 1, 「無」が 0 とする。

2.1.2 活動手段の特徴量ベクトルデータ表現

1.3.3 で先述した関連研究から, 2004 年の内閣府政府広報室の調査によると, 人が旅行を含む移動に伴い達成される目的として, (1) 知識を豊かにしたい, (2) 自分自身(心身)を成長させたい, (3) 緊張を緩和したい, (4) 楽しいことをしたい, (5) 人間関係を深めたい, といった 5 つの活動目的因子があることが分かった[9]。これらを含めた活動手段における特徴空間の構成は表 4 に示される。

(d) 活動目的因子のベクトルデータの定義

それぞれの活動手段に対応するベクトル成分は, Google Maps[10], じゃらん[11], トリップアドバイザー[12]の情報を参照に, 「満足できる」が 1, 「やや満足できる」が 0.5, 「無相関」が 0 とする。

なお, (c)については 2.1.1 と同様とする。

表 4 活動手段における特徴量空間構成

次元(活動手段)	0	+1	
知識を豊かにしたい	無相関	満足	…(d)
自分自身を成長させたい	無相関	満足	
緊張を緩和したい	無相関	満足	
楽しいことをしたい	無相関	満足	
人間関係を深めたい	無相関	満足	
デスク環境	無	有	…(c)
通信環境	無	有	
充電設備	無	有	
運動設備	無	有	
眺望設備	無	有	
会話スペース	無	有	
飲食スペース	無	有	
荷物スペース	無	有	

表 5 日常の意図(左)と移動の場面(右)の項目

日常の意図(Intention)	移動の場面(Situation)
専念・集中したい	通勤・通学
リラックスしたい	帰宅
運動したい	お出かけ(日帰り)
観光したい	旅行(2日以上)
交友したい	その他の移動
特に意図しない	

2.2 感性コンテキストと問合せ生成演算子

ここでは, 本システムにおける問合せの生成方式を示す。人間が移動を伴う日常を過ごすとき, 内発的動機と外発的動機に分けて考えると, 前者は『任意の目的を達成したい』といった「日常の意図(Intention)」, 後者は既に置かれた「移動の場面(Situation)」と置き換えられる。したがって, 問合せには, これら 2 つを合成した「感性コンテキストベクトル」を使用する。

「日常の意図」は日常活動における欲求別, 「移動の場面」は移動における目的別とし, 表 5 に示される。

問合せ例としては, 「運動したい通勤・通学」, 「リラックスしたい帰宅」, 「交友したいお出かけ」, 「観光したい旅行」のように表現される。

このとき, 各ベクトル成分は表 2, 表 4 における (a), (b), (c), (d) に対応した関連の大きさとする。

ここで各ベクトル成分について,

$$\text{日常の意図(Intention)} I = (i_1, i_2, \dots, i_n),$$

$$\text{移動の場面(Situation)} S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$$

とすると, 問合せ生成演算子群は式 (2) として定義される。

$$\text{query} = F(S, I) \text{ OR } F(I, S) = (q_1, q_2, \dots, q_n) \quad (2)$$

$$F(A, B), A = (a_1, a_2, \dots, a_n), B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

このとき,

$$\text{IF } a_k \cdot b_k \geq 0 \text{ THEN } q_k = \max_{0 \leq k \leq 1} \{|a_k|, |b_k|\}$$

$$\text{ELSE } a_k \cdot b_k < 0 \text{ THEN } q_k = a_k$$

合成された感性コンテキストベクトルは、日常の意図または移動の場面における特徴量が最大化される。ただし、表 2, 4 における (a), (b) において、符号が逆の場合、 a_k はユーザにおける状況によって、優先される i_k または s_k から動的に選択される。

2.3 距離計算

2.1 でデータベース内に格納された移動・活動手段における「特徴量ベクトル」と 2.2 で生成された「感性コンテキストベクトル」の距離計算を行う。このとき、移動・活動手段は、一つの問合せから部分空間選択 (図 3) により、それぞれの相関量が算出される [13]。

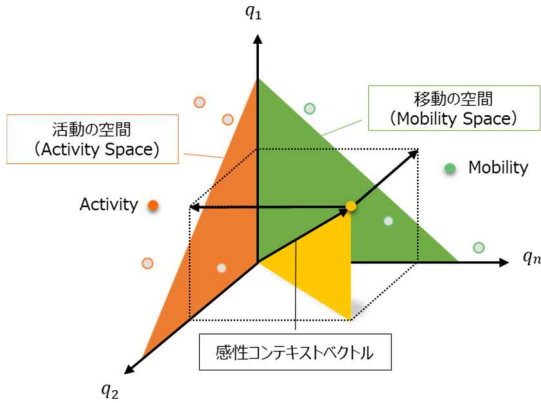


図 3 移動・活動手段の部分空間選択

相関量計算は、特徴量の重みをベクトル成分の大きさとして対応させ、その際ベクトルの向きも考慮して計算するために、内積を用いて式 (3) として定義される。

移動・活動手段における任意サービス ($service_i$) において、

感性コンテキスト $V_{query} = (v_{q1}, v_{q2}, \dots, v_{qn})$

サービス特徴量 $V_{service_i} = (v_{s1}, v_{s2}, \dots, v_{sn})$ とすると、

$$\text{相関量 } C_{service_i}(V_{query}, V_{service_i}) := \sum_{j=1}^n v_{qj} \cdot v_{sj} \quad (3)$$

3. 実装方法

本システムの実装について示す。出発地は東京駅東北新幹線南乗換改札に固定し、目的地は東京駅からラストワンマイル上の 4 地点 (水天宮, 東京タワー, 築地本願寺, 日本武道館) を例とした。移動手段は、それぞれの目的地ごとに挙げられるモビリティサービスとその移動経路を設定する。図 4 において東京駅→水天宮の移動手段を例示する。



図 4 東京駅→水天宮の移動手段

3.1 システム構成

本システムの構成は図 5 に示され、その処理の流れは Step 1 ~ 7 に示される。

Step 1 : UI から入力情報を取得

Step 2 : 入力情報から問合せ生成

Step 3 : 入力情報 (余剰時間)・営業時間・天候情報に基づき、移動手段の候補を絞り込み

Step 4 : 距離計算を行い、移動手段の最適解を決定

Step 5 : Step 3 の最適解における移動経路および営業時間情報に基づき、活動手段の候補を絞り込み

Step 6 : 距離計算を行い、活動手段における「施設スポット」を 1 位 ~ 5 位でランキング

Step 7 : 移動・活動手段を組み合わせることで情報として出力 また、前章に示した問合せ生成から距離計算までの方式を本システムに対応させたフローは図 6 に示される。

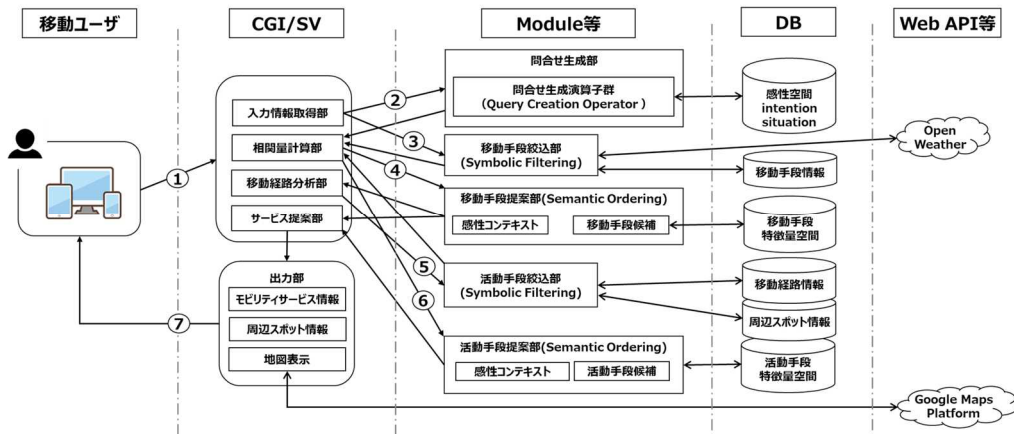


図 5 「Emotional MaaS」システム構成図

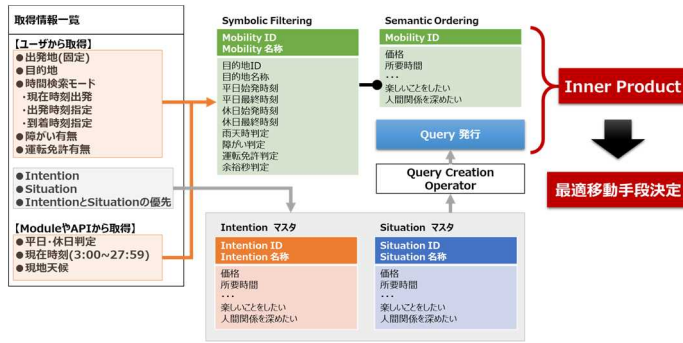


図6 問合せ生成と距離計算の流れ(移動手段)

各フィルタリング処理部における目的を示す. Step 3 の移動手段の絞り込みは, ユーザにとって非現実的な結果を返すことを防ぐこと(例: 営業時間外の公共交通や, 雨天時に適さない自転車シェアリングを除外), また後の計算処理を軽減する. 同様に Step 5 の施設スポットは, 立ち寄りやすい地域に限定されるため, Step 4 の移動経路上に絞り込む必要がある. 出発地から目的地までの現実の移動経路は, その移動経路の中継地を繋いだ直線の連続として表される. これらの直線に一定幅を与えると連続した長方形が得られる. これらの長方形を立寄り可能エリアとする. ここで, 緯度経度情報を含む施設スポット情報 DB を照合し, 立寄り可能エリア内の施設スポットを抽出する. この方式を Rectangle Mobility Scope Model (図 7) と表す. なお, 「乗車型のモビリティサービス(電車やバス)」の場合, 移動経路上で立ち寄ることは不可能なため, 交通結節点のみで本方式を適用する.



図7 Rectangle Mobility Scope Model の機能

本方式における計算方法は, 次のように定義される. ただし, 全て平面直角座標系として扱う.

経路中始点座標 $S = (hg_1, lat_1)$

経路中終点座標 $G = (hg_2, lat_2)$ とする.

このとき, 「日常の意図(Intention)」の入力によって与える幅 $R[m]$ を可変とする.

$R[m] = \{ \text{"専念・集中したい"}: 320,$

$\text{"リラックスしたい"}: 240, \text{"運動したい"}: 400,$

$\text{"観光したい"}: 320, \text{"交友したい"}: 320 \}$

東京駅地点において, 緯度経度 1° 辺りの距離が

$90.4219[km]$ なので, $r = \frac{R}{90421.9}$ と変換したとき,

図 8 における各頂点の座標は,

$$S_1 = (hg_1 - r(\cos \theta + \sin \theta), lat_1 - r(\sin \theta - \cos \theta))$$

$$S_2 = (hg_1 - r(\cos \theta - \sin \theta), lat_1 - r(\cos \theta + \sin \theta))$$

$$G_1 = (hg_2 + r(\cos \theta + \sin \theta), lat_2 + r(\cos \theta - \sin \theta))$$

$$G_2 = (hg_2 + r(\cos \theta - \sin \theta), lat_2 + r(\cos \theta + \sin \theta))$$

このとき, $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{lat_2 - lat_1}{hg_2 - hg_1} \right)$

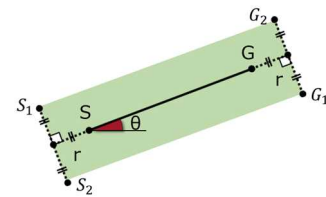


図8 立寄り可能エリアの頂点座標確立

次に各施設スポットの立寄り可否を判定する. 頂点 $[S_1, S_2, G_1, G_2]$ とする長方形において, 任意の施設地点を $F = (hg_f, lat_f)$ としたとき, F とで作る辺を $(l_1 \dots l_4)$ とする. このとき, 図 9 の偏角 θ_i とすると, 回転数 wn は式 (4) として定義される.

$$wn := \frac{1}{2\pi} \sum_{i=0}^3 \theta_i \quad (4)$$

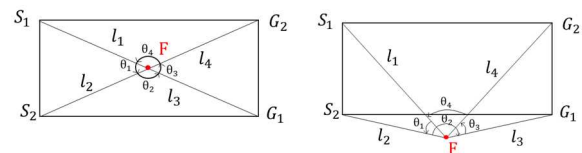


図9 各施設スポットの立寄り可否判定

ただし, 偏角 θ_i の向きについて, それぞれの外積 $C_1 = \overrightarrow{FS_1} \times \overrightarrow{FS_2}, C_2 = \overrightarrow{FS_2} \times \overrightarrow{FG_1}, C_3 = \overrightarrow{FG_1} \times \overrightarrow{FG_2}, C_4 = \overrightarrow{FG_2} \times \overrightarrow{FS_1}$ が負の場合, 逆回転として符号を扱う. したがって,

$|wn| > 0$ のとき, 立寄り可能エリア内判定 ... *true*

$|wn| = 0$ のとき, 立寄り可能エリア外判定 ... *false*

3.2 使用言語・ライブラリ等

使用言語は JavaScript, jQuery, Python3.8.2, PostgreSQL12.2, 表示部に HTML, CSS, また Python のライブラリとして, flask, psycopg2, numpy, pandas, matplotlib, scipy, googletrans, json, Web API として, OpenWeatherMap(特定地点における天気情報)[14], JapanHoliday(内閣府が公表している国民の祝日等)[15], 地図情報の描写には Google Maps Platform[16]を利用した.

3.3 入力・出力データ

入力値は、「日常の意図」、「移動の場面」、「制限時間」「目的地」とし命令を発行する.日常の意図」と「移動の場面」は,リストから選択する.また,「制限時間」は,到着時刻指定の場合,これに間に合う移動手段に絞り込む.「目的地」は地図上から選択する.

目的地までの最適なモビリティサービスと移動経路を地図と文字情報として返される.また,移動経路上に存在するおすすめ施設スポットを式(3)の値に対応したランキング形式で地図と文字情報として返される.

入力画面と出力画面は図 10 に示される.

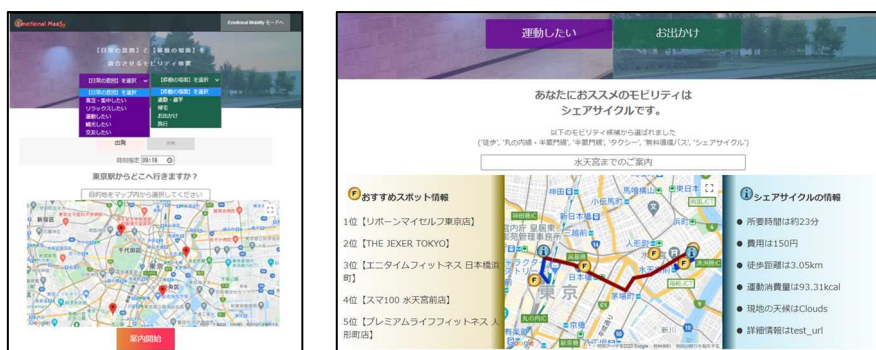


図 10 入力画面(左) 出力画面(右)

4. 評価実験

本節では,本方式およびシステムにおける有効性検証を目的とした3つの評価実験の結果と考察を示す.

4.1 問合せに対する類似度計量結果の妥当性

「意図」と「場面」の組合せから生成される問合せに対して,本システムが現実的にあり得る移動手段,移動経路上の施設スポットについて応答する数の割合(妥当率)を事前に調べることで,データベース内のデータの偏りの有無を確認した.この確認により 4.2 および 4.3 の評価を行いやすくなる.妥当率は式(5)として定義される.

$$\text{妥当率 } \text{Appropriate Rate} := \frac{RS}{N} \quad (5)$$

RS: 表現可能な「意図」と「場面」の全組合せにおけるそれぞれの妥当な類似度計量結果の総数

N: 表現可能な問合せ数(本システムは 29 通り)

表 6 目的地ごとの移動手段・施設スポットの妥当率

目的地サンプル	移動手段	施設スポット 1 位	施設スポット 2 位	施設スポット 3 位	施設スポット 4 位	施設スポット 5 位
水天宮	1.000	1.000	1.000	0.931	0.931	0.897
東京タワー	0.966	1.000	1.000	1.000	0.966	0.759
築地本願寺	0.966	1.000	1.000	0.966	0.931	1.000
武道館	1.000	1.000	0.966	1.000	0.966	0.828

目的地ごとの妥当率は表 6 にまとめられる.例えば,目的地が水天宮の場合,移動手段は 1.0 となっており,これは「意図」と「場面」の組合せによって表現され

る全問合せに対する類似度計量結果が全て妥当であったことを表す.施設スポット 3 位は 0.931 となっており,類似度計量結果に妥当でない結果が一部含まれたことを表す.全体として 1 に近い妥当率となっており,データの偏りが少ないことが示された.

4.2 「日常の意図」・「移動の場面」の一般的表現度

本システムは移動ユーザの感性コンテキストに対応した問合せを生成する.生成される問合せが,ユーザが本来表現したい感性にどの程度対応できているのかアンケートにより調査した.本調査では,「日常の意図」

の条件,「移動の場面」の状況を項目(表 7)として設け,各ベクトル成分について,表 2, 4 における(a),(b),(c),(d)の一般データを測定した.標本数 34 の平均値は,図 11, 12 に示される.意図の条件項目については 4 段階評定尺度{そう思う,ややそう思う,やや思わない,思わない}にて,場面の状況項目については 4 段階評定尺度{当てはまる,やや当てはまる,やや当てはまらない,当てはまらない}にて回答してもらった.

表 7 「日常の意図」の条件項目(左)
「移動の場面」の状況項目(右)

「日常の意図」動機項目		「移動の場面」の状況項目	
移動費用を安くしたい	眺望できる環境が欲しい	移動費用が安い	Wi-Fiがある
移動時間を短くしたい	会話できる環境が欲しい	移動時間が短い	充電設備がある
運動したい	飲食できる環境が欲しい	運動消費量が高い	運動設備がある
人込みを避けたい	荷物スペースが欲しい	人の混雑度が高い	眺望できる環境がある
定時に到着したい	知識を豊かにしたい	定時性が高い	会話できる環境がある
運転・操縦したい	心身を成長させたい	運転・操縦する	飲食できる環境がある
デスクが欲しい	緊張を緩和したい	デスクがある	荷物スペースがある
充電設備が欲しい	楽しいことをしたい		
運動設備が欲しい	人間関係を深めたい		

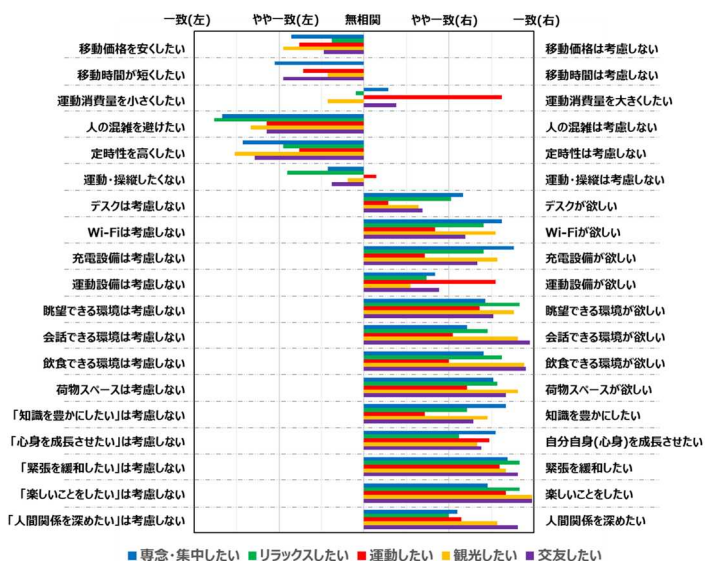


図 11 「日常の意図」の一般的条件

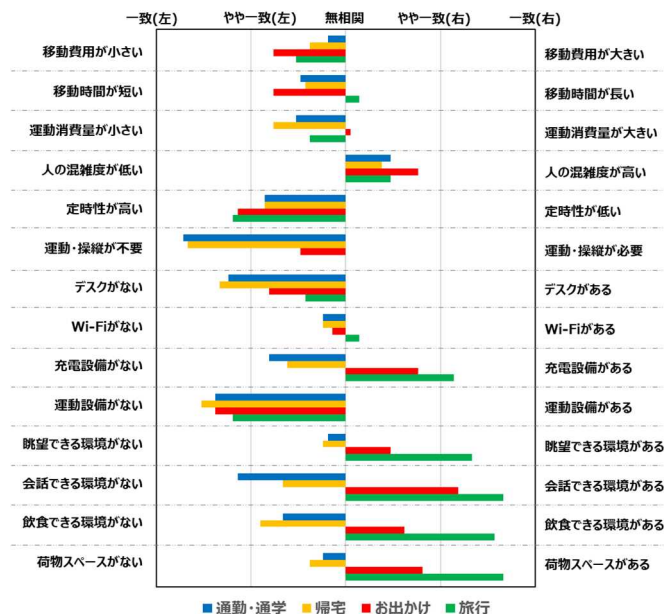


図 12 「移動の場面」の一般的状況

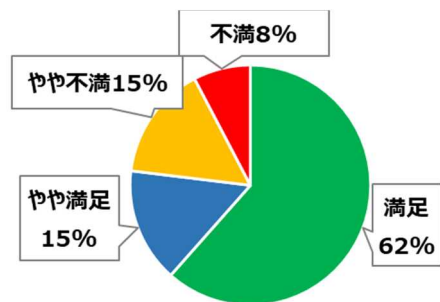


図 13 移動手段の満足度

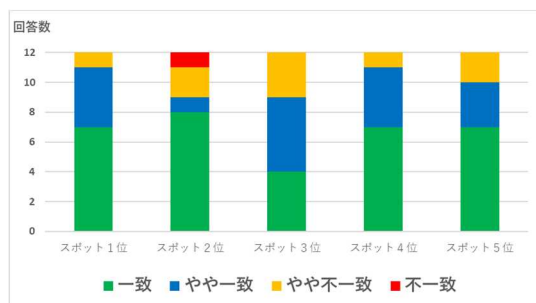


図 14 問合せと施設スポットの一致度

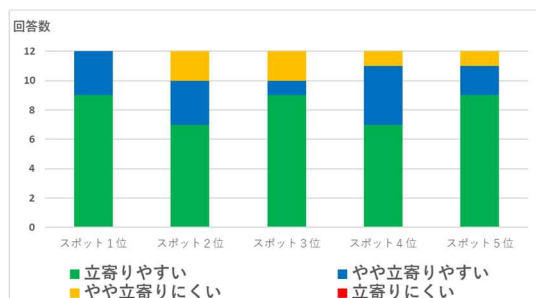


図 15 施設スポットへの立寄りやすさ

4.3 出力値(移動手段・施設スポット)に対する満足度

本システムの類似度計量結果に対するユーザ満足度を評価し、式(2).(3)における計算方法の妥当性を検証した。ユーザ被験者4人に対し、1人3回ずつ「日常の意図」と「移動の場面」を想定して本システムを実行し、問合せに対する出力値の満足度を評価してもらった。評価項目は表8に示される。本実験において入力された問合せ、出力された移動手段名称・施設スポットカテゴリ1～5位は表9に示される。この評価結果は図13、14、15に示される。

表8 類似度計量結果における満足度の評価項目

評価対象		評価項目			
移動手段の結果について		満足	やや満足	やや不満	不満
おススメのスポット	問合せとカテゴリの比較	一致	やや一致	やや不一致	不一致
1～5位についてそれぞれ	移動経路と場所の比較	立寄りやすい	やや立寄りやすい	やや立寄りにくい	立寄りにくい

表9 実験中の問合せと類似度計量結果

実験回数	被験者A 30代 男性				被験者B 30代 女性				被験者C 60代 女性				被験者D 60代 男性			
日常の意図	観光したい	リラックスしたい	専念・集中したい	交友したい	運動したい	専念・集中したい	観光したい	運動したい	リラックスしたい	交友したい	運動したい	観光したい	観光したい	運動したい	専念・集中したい	観光したい
移動の場面	お出かけ	通勤・通学	帰宅	帰宅	お出かけ	通勤・通学	旅行	お出かけ	帰宅	帰宅	通勤・通学	お出かけ	通勤・通学	お出かけ	帰宅	お出かけ
東京駅からの目的地	東京タワー	築地本願寺	水天宮	築地本願寺	武道館	水天宮	水天宮	武道館	水天宮	東京タワー	水天宮	東京タワー	水天宮	東京タワー	水天宮	東京タワー
移動手段 結果	シェアサイクル	タクシー	タクシー	路線バス	徒歩	バス	シェアサイクル	シェアサイクル	無料循環バス	タクシー	シェアサイクル	タクシー	シェアサイクル	タクシー	シェアサイクル	タクシー
施設スポットカテゴリ結果1位	公園	カフェ	カフェ	カフェ	公園	カフェ	観光名所	公園	マッサージ店	カフェ	シェアオフィス	観光名所	観光名所	公園	観光名所	観光名所
施設スポットカテゴリ結果2位	観光名所	マッサージ店	カフェ	カフェ	商店街・モール	カフェ	観光名所	公園	観光名所	カフェ	カフェ	観光名所	観光名所	公園	観光名所	観光名所
施設スポットカテゴリ結果3位	公園	図書館	カフェ	観光名所	カフェ	カフェ	公園	ジム	観光名所	カフェ	公園	観光名所	観光名所	公園	観光名所	観光名所
施設スポットカテゴリ結果4位	観光名所	シェアオフィス	カフェ	カフェ	観光名所	図書館	カフェ	ジム	観光名所	観光名所	ジム	観光名所	観光名所	ジム	観光名所	観光名所
施設スポットカテゴリ結果5位	観光名所	ジム	カフェ	カフェ	ジム	カフェ	観光名所	ジム	マッサージ店	カフェ	シェアオフィス	公園	観光名所	観光名所	公園	観光名所

4.4 考察

類似度計量結果における妥当率の結果では、データ空間の分布として偏りが少ないことが示唆された。特に移動手段について、

意図と場面のコンテキストが反映されており、今後モビリティサービスの種類が増えれば、さらに妥当性が向上すると考える。一方、施設スポットについて、

ランキング下位の一部に関連度の低いカテゴリが見られた。これは、Rectangle Mobility Scope Modelにおいて絞り込む際、施設スポットが少ない移動経路によっては、感性コンテキストと類似性の高いデータが棄却され枯渇することで発生すると考えられる。対策としては、施設スポットデータ量を増やすこと、関連量に閾値を設けることで改善が見込まれる。

次に問合せに期待する条件・状況の対応度の結果について、一般データから移動ユーザの感性が、問合せとして、どれほど表現できているか示された。特に差分が見られる項目については、距離計算において有効な次元・軸と考えられる。また、一般データを「日常の意図」と「移動の場面」のベクトルデータに適用することで、より客観性の高い問合せ生成に寄与する。

最後に出力される移動手段・施設スポットの満足度の結果について、移動手段・施設スポットともに一定評価が得られた。この結果から、問合せ生成演算子群を含む一連の距離計算方法の有効性が示された。また、ヒアリングから被験者意見を得られた。好意的な意見として「知らない移動手段や観光地が提案されて面白い」、「外出が楽しくなる」、「旅行先など知らない地域で活用したい」といった声が挙げられた。一方、改善点として、移動手段に関する事柄は「60代なので自転車は厳しい」、「専念・集中したいときは、遠回りでもよいので、まとまった移動時間が欲しい」といった個性や趣向を反映させることが望まれた。また、活動手段に関する事柄は、「出先の待合せ前では、必ず目的地付近で活動したい」、「余裕時間によって活動の仕方が変わってくる」といった心理的に安心を求めることが望まれた。また、情報について、「写真やレビュー情報を併せて、雰囲気やどのようなことができるのか知りたい」といった情報の充実が望まれた。

5. まとめ

本研究では、移動ユーザの感性コンテキストに対応して、乗換案内アプリ等では知りえなかった公共交通枠を超えたマルチモーダルな「移動手段」、および移動経路上の「活動手段」の提案を可能とした。この組合せ形成は、「移動」と「日常」を時間的・空間的・意味的に結合し、「移動⇄日常」のシームレス化により、人間が本来成し遂げたい目的達成に向けた知的活動に専念できることが考えられる。

1.3.1 で先述した *MMM* の応用例として、ユーザの感性コンテキストから東京駅構内における類似性の高いサービスを提案する研究[17]、感性に基づくキーワードを用いて旅行行程における観光スポットを提案する研究[18]がある。本研究は、これら生活サービスと運輸サービスを融合させた新しいライフスタイルを拓く役割と位置づける。

今後の展望として、移動はラストワンマイルに限らず、広範囲な自由移動に対応し、経路検索と組み合わせ、多様なモビリティサービスと移動経路について、移動ユーザが合理的に選択できることを目指す。また、活動手段の提案は施設スポットに限らず、イベント情報(例: 献血・ゴミ拾い・路上音楽ライブ等)も併せること

で、SDGs 達成に貢献するとともに、様々な課題を繋ぐプラットフォームとして構築していく。

持続可能なモビリティ、これを使いこなす人類、日常のちょっとした欲求が移動場面でも実現できる、そんな当たり前の世界を目指して、本研究を推進する。

参 考 文 献

- [1] ニッセイアセットマネジメント, 「2050 年 世界人口の 7 割が都市住民へ」, 2018 年 5 月 24 日マーケットレポート.
- [2] 国土交通省, “スマートシティ官民連携プラットフォーム” <https://www.mlit.go.jp/scpf/>.
- [3] 今田 克司, 市民の力で SDGs を活用する, 公害資料館連携フォーラム in 東京, 2018 年 12 月 15 日.
- [4] 経済産業省: IoT や AI が可能とする新しいモビリティサービスに関する研究会, “新しいモビリティサービスの活性化に向けて”, https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/smart_mobility_challenge/20190408_report.html.
- [5] 国土交通省, 都市と地方の新たなモビリティサービス懇談会, “中間とりまとめ概要”, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000089.html.
- [6] Yasushi Kiyoki, Takashi Kitagawa, Takanari Hayama: “A meta-database system for semantic image search by a mathematical model of meaning,” *ACM SIGMOD Record*, Vol.23 Issue4, December 1994.
- [7] Hayashi, Y., Y. Kiyoki, and X. Chen. “A Combined Image-Query Creation Method for Expressing User's Intentions with Shape and Color Features in Multiple Digital Images.” *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. Vol. 225. IOS Press, 2011. 258–277. Web.
- [8] 津谷 篤, “人が旅をする動機の感性評定結果を用いた多様性のあるドライブ旅行プラン作成”, 2011 年 10 月 3 号 p. 433-443.
- [9] 内閣府政府広報室: 自由時間と観光, 月刊世論調査, 平成 16 年 11 月号, pp.3-84.
- [10] Google Maps, <https://www.google.co.jp/maps/>.
- [11] じゃらん観光ガイド, <https://www.jalan.net/travel/>.
- [12] トリップアドバイザー, <https://www.tripadvisor.jp/>.
- [13] S. Kurabayashi, N. Ishibashi and Y. Kiyoki, “A Multidatabase System Architecture for Integrating Heterogeneous Databases with Meta-Level Active Rule Primitives”, *Proceedings of the 20th IASTED International Conference on Applied Informatics*, pp478-387, 2002.
- [14] OpenWeatherMap, <https://openweathermap.org/>.
- [15] JapanHoliday, <https://github.com/suzuki-shunsuke/japanese-holiday-api>.
- [16] Google Maps Platform, <https://cloud.google.com/maps-platform/>.
- [17] 横山元紀, 清木康, 三田哲也, “ユーザコンテキストと鉄道・駅利用サービスの相関量計算による駅案内自動生成システム”, 交通運輸情報プロジェクトレビュー No.25 p.30-37, 2016
- [18] 山田厚子, 林康弘, 清木康, 三田哲也, “「感性」に基づく訪日外国人向け最適経路軽量および short trip 可視化システム”, 交通運輸情報プロジェクトレビュー No.27 p.32-37, 2018