

博士論文2020年度

鉄道空間を対象とした意味計量機構と  
統合データベースシステムの構築

-新サービスを創造する

“意味理解を伴う文脈指向型メディア” -

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

横山 元紀

# 論文要旨

鉄道は、経済・社会活動を支える重要な基盤として世界規模で発展し続けている。鉄道の主要な特徴は、ヒトやモノを「大量」・「高速」・「定時」に輸送可能である点と、高い安全性・経済性を有する点である。鉄道事業者は、社会課題や環境課題の複雑化に対する社会的使命を果たす必要がある。そのため、鉄道実空間と鉄道情報空間の連携・連動による情報システムの高度化・知的化に関する研究は、非常に重要である。

本研究の目的は、意味計量機構と統合データベースシステムによる新たな知的情報問い合わせ・抽出方式“Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)”の実現である。本研究では、意味的連想記憶モデルおよび実空間と情報空間の連携・連動を実現するシステムアーキテクチャ“Sensing-Processing-Actuation アーキテクチャ”に基づく鉄道空間系情報システムの実現方式として RCCDI の提案をし、RCCDI を実現する3技術を確立した。第1の技術は、時間的・空間的・意味的に高い複雑性を有する鉄道空間のデータモデルとして空間表現技術(Railway Context Cube)を構築した点である。2点目は、知的情報問い合わせ・抽出を実現する空間制御技術および空間解析技術を構築した点である。3点目は前記3技術による知的情報問い合わせ・抽出方式 RCCDI を駅案内アプリケーションへ適用し、鉄道情報空間を解析した点である。

本研究の学術的な独自性は、人間の記憶想起プロセスに基づく知的情報問い合わせ・抽出方式の実現であり、具体的に新しい点として次の3点がある。第1点は空間表現技術として、鉄道利用者の個人情報がなくとも有効なサービス開始を実現するため、鉄道のデータ空間を新たな概念である普遍性(General)と個別性(Personal)で拡張した Railway Context Cube を導入した点である。第2点は空間制御技術であり、鉄道空間固有の不変な公共交通機能と、社会環境に応じて可変な商業施設等の機能に応じた情報問い合わせ・抽出を実現するために、文脈依存完全性・意味的正規順位評価を導入した点である。第3点は、空間表現技術・空間制御技術・空間解析技術を適用した駅構内案内システムを実装し、鉄道情報空間の新たな解析方式として実現した点である。

本研究の創造性は次の2点である。第1点は、本研究により鉄道空間における新たな情報問い合わせ・抽出機能の実現が新しく可能となった点であり、鉄道情報空間における利用者活動の快適性向上・あらたなサービス提供が可能となった。第2点は、第1点が可能となったことで、駅をはじめとした交通結節点が生み出す社会問題に関する新たな問題解決アプローチが可能となった点である。

キーワード: (1) 鉄道 (2) 統合データベース (3) 意味計量機構 (4) 情報問い合わせ・抽出

# ABSTRACT

Railways continue to develop on a global scale as an important foundation for supporting economic and social activities. The main features of railways are that they can transport people and goods in "Mass", "High Speed", and "On Time", and that they are highly safe and economical. Railway companies need to fulfill their mission to address the increasing complexity of social and environmental issues. Therefore, it is very important to study the sophistication and intellectualization of information systems by linking physical railway space and cyber railway space.

The purpose of this research is to realize a new intellectual information inquiry / extraction method "Railway Context Cube based Database Integration (RCCDI)" by the semantic computing mechanism and the integrated database system. In this study, the validity of RCCDI was confirmed by the following three points based on the semantic associative memory model and the system architecture "Sensing-Processing-Actuation architecture" that realizes the interaction of the physical space and the cyber space. The first point is that the spatial expression technology (Railway Context Cube) is proposed as a data model of railway space. The second point is the construction of spatial control technology and spatial analysis technology that realizes inquiries and extraction of intellectual information. The third point is RCCS based on the above three technologies was applied to the station guidance applications, and a demonstration tests were conducted in the physical railway space.

The academic originality of this research is the following three points. The first point is spatial expression technology, which deals with the characteristics of railway spatial data, general and personal. The second point is space control technology, which has context-sensitive integrity and semantic normal order evaluation. The third point is that we implemented a station guidance system and confirmed its validity.

The creativity of this research is the following two points. The first point is that the application of the model of this research has made it possible to realize a new information inquiry / extraction function in the railway space. The second point is that the possibility of the first point has made it possible to take a new problem-solving approach to social problems created by transit resistance at transportation hubs such as stations.

Keywords: (1) Railway (2) Multi-database (3) Semantic Associative Search (4) Query processing

# 目次

第1章 序論 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 関連研究 .....	4
1.4 学術的な独自性と創造性 .....	6
1.5 本論文の構成 .....	7
第2章 鉄道空間を対象とした意味計量機構を有する 統合データベースシステムの 実現方式 .....	8
2.1 Railway Context Cube based Database Integration の概要 .....	8
2.2 意味計量機構の基本方式 .....	13
2.3 空間表現技術 .....	22
2.3.1 鉄道空間表現技術の背景 .....	22
2.3.2 鉄道空間の新たなデータモデル: Railway Context Cube .....	25
2.4 空間制御技術 .....	30
2.4.1 文脈依存完全性 .....	30
2.4.2 意味的正規順位評価 .....	31
2.5 空間解析技術 .....	33
2.6 “Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)”の構築ステップ .....	37
第3章 デジタルサイネージをインタフェースとした RCCDI による鉄道空間解析 .....	39
3.1 目的 .....	39
3.2 システム概要 .....	39
3.3 実験 .....	40
3.3.1 情報問い合わせ・抽出方式の検証実験 .....	40
3.3.2 有効性評価実験 .....	45
3.4 考察 .....	51
3.5 結論 .....	51
第4章 タブレット端末をインタフェースとした RCCDI による鉄道空間解析 .....	53
4.1 目的 .....	53
4.2 システム概要 .....	53
4.3 実験 .....	60
4.3.1 情報問い合わせ・抽出方式の検証実験 .....	60
4.3.2 有効性評価実験 .....	73
4.4 考察 .....	93
4.5 結論 .....	93
第5章 スマートフォンをインタフェースとした RCCDI による鉄道空間解析 .....	95

5.1 目的.....	95
5.2 システム概要 .....	95
5.3 実験.....	105
5.3.1 問い合わせ・抽出方式の検証実験.....	105
5.3.2 有効性評価実験 .....	140
5.4 考察.....	149
5.5 結論.....	150
第6章 結論と展望 .....	151
謝辞.....	153
参考文献 .....	154
研究成果 .....	164

# 目次

図 1:鉄道実空間と鉄道情報空間の連携・連動による鉄道系サイバー・フィジカルシステム...	3
図 2:本研究で実現する新しい鉄道空間系情報システム .....	3
図 3:知的情報問い合わせ・抽出能力の意味的拡張による、鉄道情報空間の情報獲得の快適性向上・新たなサービス創造 .....	4
図 4:鉄道実空間でのフィールド調査と鉄道情報空間の形成を並行実施し、研究のスピードアップを実現する本研究の実施アプローチ .....	6
図 5:意味的連想記憶モデル・環境システム研究の基本概念を基に鉄道情報空間の新たな概念を構築 .....	8
図 6:鉄道情報空間上における利用者の活動(時間的・空間的・意味的複雑性を持つ鉄道情報空間上で情報獲得など) .....	10
図 7:利用者のコンテキストに応じて移動体験を最大化する案内業務を行うステーションコンシェルジュ .....	11
図 8:SPA アーキテクチャの概念を適用した Station Concierge System .....	12
図 9:Station Concierge System の基本アーキテクチャ .....	12
図 10:本研究における鉄道意味空間の定義 .....	13
図 11:鉄道情報空間の新たな解析機構である意味計量機構の基本ステップ .....	14
図 12:鉄道・駅利用サービス意味空間 $M$ の概要 .....	15
図 13:鉄道・駅利用サービス意味空間 $M$ .....	15
図 14:行列 $D$ の概要 .....	16
図 15:ユーザコンテキスト要素/サービス要素空間 $D$ .....	16
図 16:行列 $D'$ の概要 .....	17
図 17:行列 $D'$ のベクトル空間表現 .....	18
図 18:鉄道・駅利用サービス意味空間 $M$ 上におけるユーザコンテキストの表現 .....	19
図 19:鉄道・駅利用サービス意味空間 $M$ の部分空間 $M'$ .....	20
図 20:部分意味空間 $M'$ 上における相関量計量 .....	22
図 21:不特定多数の利用者が必要とする駅構内図や列車運行情報 .....	23
図 22:利用者の現在地・移動目的などに応じた情報提供はコンテキストデータ利用による詳細な情報提供で実現可能 .....	24
図 23:鉄道空間に存在する対象(利用者、列車、設備・店舗)における8象限の鉄道情報空間 .....	26
図 24:Railway Context Cube の概念図 .....	26
図 25:利用者の Railway Context Cube へ写像されるデータの具体例 .....	27
図 26:列車の Railway Context Cube へ写像されるデータの具体例 .....	28
図 27:鉄道施設・店舗の Railway Context Cube へ写像されるデータの具体例 .....	28
図 28:意味空間が生成された文脈(辞書・鉄道会社社員および利用者の知識)に依存した完全性の概念 .....	30
図 29:選択された意味素上において、大きい値を持つデータを参照し、相関量が大きいと予想されるデータを順に抽出 .....	31

図 30:重複度を持つデータの相関量を積分した相関量積分値（意味的正規順位評価により抽出したデータを施設ごとに、指定した意味的正規順位の区間を対象にして積分）	34
図 31:鉄道情報空間の相関量積分による解析技術	35
図 32:鉄道・駅利用サービス意味空間 M およびデータ(一部)	39
図 33:サービス要素/ユーザコンテキスト要素関係空間およびデータ(一部)	40
図 34:試作システムを東京駅構内に設置し、検証を実施した様子	41
図 35:検証を行った際の表示画面(びゅうプラザの位置を表示)	41
図 36:ユーザコンテキストベクトルとサービス要素ベクトルの相関量計量結果(相関量 0 のサービス要素は省略)	44
図 37:入力パターン 3 “休憩したい・食事がしたい”の相関量	45
図 38:鉄道情報空間上におけるユーザビリティ評価実験の様子	47
図 39:有効性評価実験で評価者に提示した状況(一部)	47
図 40:有効性評価実験で評価者に提示したタスク(一部)	48
図 41:役立ち感:被験者 A の回答	49
図 42:役立ち感:被験者 B の回答	50
図 43:一般的な駅構内図との比較:被験者 A の回答	50
図 44:一般的な駅構内図との比較:被験者 B の回答	51
図 45:サービスの列挙・分類1	54
図 46:サービスの列挙・分類2	54
図 47:利用者の意図の列挙・分類	55
図 48:利用者の状況の列挙・分類1	55
図 49:利用者の状況の列挙・分類2	56
図 50:鉄道・駅利用サービス意味空間 M(目的)およびデータ(一部)	57
図 51:鉄道・駅利用サービス意味空間 M(感性)およびデータ(一部)	57
図 52:施設・店舗のデータベーススキーマ	58
図 53:タブレット型試作システムの構成	58
図 54:店舗・サービスの地図上の位置(番地)を表すマーカー	60
図 55:利用者の現在地を表す黒枠マーカー	60
図 56:【検索条件 1】利用者の現在位置:駅構内 1 階、改札内中央、検索対象:改札内、検索オプション:目的「選択なし」、感性「選択なし」・・・RCC (Dynamic / Situation / Personal) の象限に対応	62
図 57:【検索結果 1-1】表示順:総合スコア、表示件数:10 件(改札内の店舗・サービス全 102 件中、利用者のアクセス時(検索実行時間以内)において、営業時間以内の店舗・サービス 10 件を表示)	62
図 58:【検索条件 2】利用者の現在位置:駅構内 1 階、改札内中央、検索対象:改札内外両方、検索オプション:目的「休憩したい」、感性「選択なし」、RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応	63
図 59:【検索結果 2-1】表示順:総合スコア、表示件数:10 件、ランク一位:「ベックスコーヒーショップ」(改札内外の店舗・サービス中、利用者のアクセス時(検索実行時間以内)におい	

て、営業時間以内の店舗・サービス 10 件が表示されており、かつ、利用者の現在地に最も近く(map55)、目的「休憩したい」に合致した店舗がランク一位を表示) .....	63
図 60:【詳細画面 2-1】ランク一位:「ベックスコーヒーショップ」(結果画面においてランク一位に検索された店舗名をクリックし店舗の詳細情報を表示) .....	64
図 61:【検索結果 2-2】表示順:距離、表示件数:10 件、ランク一位:「STANDBY TOKYO」	64
図 62:【詳細画面 2-2】ランク一位:「STANDBY TOKYO」(雑貨とカフェ) .....	65
図 63:【検索条件 3】利用者の現在位置:駅構内 1 階、改札内中央、検索対象:改札内、検索オプション:目的「休憩したい」、感性「選択なし」、RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応 .....	65
図 64:【検索結果 3-1】表示順:総合スコア、表示件数:10 件、ランク一位:「STANDBY TOKYO」 .....	66
図 65:【検索条件 4】利用者の現在位置:駅構内 1 階、改札内中央、検索対象:改札内外両方、検索オプション:目的「休憩したい」、感性「優雅」「魅惑」、RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応 .....	66
図 66:【検索結果 4-1】表示順:総合スコア、表示件数:10 件、ランク一位:「丸の内一丁目しち十二候」 .....	67
図 67:【詳細画面 4-1】ランク一位:「丸の内一丁目しち十二候」(日本料理) .....	67
図 68:【検索結果 4-2】表示順:目的スコア、表示件数:10 件、ランク一位:「メトロポリタン丸の内」 .....	68
図 69:【詳細画面 4-2】ランク一位:「メトロポリタン丸の内」(ホテル) .....	68
図 70:【検索結果 4-3】表示順:感性スコア、表示件数:10 件、ランク一位:「うに屋のあまごころ」 .....	69
図 71:【詳細画面 4-3】ランク一位:「うに屋のあまごころ」(日本料理) .....	69
図 72:【検索結果 4-4】表示順:距離、表示件数:10 件、ランク三位:「ティラミススペシャルテシーキューブ」 .....	70
図 73:【詳細画面 4-4】ランク三位:「ティラミススペシャルテシーキューブ」(カフェ) .....	70
図 74:【検索条件 5】利用者の現在位置:駅構内 1 階、改札内中央、検索対象:改札内、検索オプション:目的「選択なし」、感性「優雅」「魅惑」、RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応 .....	71
図 75:【検索結果 5-1】表示順:総合スコア、表示件数:10 件、ランク一位:「ティラミススペシャルテシーキューブ」 .....	71
図 76:提案システムにより鉄道情報空間を解析した結果の可視化結果 .....	72
図 77:提案システムによる鉄道情報空間の時間相関量計量結果の可視化 .....	73
図 78:フィールド試験実施場所 .....	74
図 79:評価者プロフィール(年齢) .....	74
図 80:評価者プロフィール(性別) .....	74
図 81:評価者プロフィール(居住地) .....	75
図 82:評価者プロフィール(職業) .....	75
図 83:評価者プロフィール(利用目的) .....	75
図 84:評価者プロフィール(利用頻度) .....	75

図 85: 評価者プロフィール(東京駅利用頻度).....	76
図 86: 評価者プロフィール(利用路線).....	76
図 87: 評価者プロフィール(情報取得手段).....	76
図 88: 評価者プロフィール(利用アプリ).....	76
図 89: 控室での事前説明.....	78
図 90: 試作システム操作の様子(中央通路北).....	78
図 91: 試作システム操作の様子(丸の内北口改札外).....	79
図 92: 試作システム操作の様子(丸の内中央口改札内).....	79
図 93: アンケート記入の様子.....	80
図 94: 鉄道情報空間上における情報獲得の快適性評価結果.....	81
図 95: 鉄道情報空間上における情報獲得の快適性評価結果(評価者別).....	82
図 96: 目的・感性的な検索方法の評価.....	83
図 97: 提案システムと評価者が普段利用しているシステムとの情報空間上における情報獲得 快適性の比較評価.....	85
図 98: 実験室内アンケート.....	89
図 99: シーンごとの正解率.....	91
図 100: シーンごとの適合率.....	91
図 101: シーンごとの再現率.....	92
図 102: シーンごとの F 値.....	92
図 103: 全体システム概要図.....	96
図 104: 鉄道空間の施設・店舗(サービス)の利用意向データを鉄道会社社員が分析し、意味 空間を生成.....	96
図 105: 構築したデータベースに格納した案内知識データ(抜粋).....	98
図 106: Sensing-Processing-Actuation の Sensing フェーズにより、利用者の現在位置を取 得・表示.....	99
図 107: 東京駅新幹線改札付近に掲示した2次元バーコード.....	100
図 108: スマートフォンで2次元バーコードを読み取り、スマートフォン画面に現在地が表示さ れる様子.....	100
図 109: 利用者の目的・感性入力に応じて、鉄道空間制御および鉄道空間解析(意味理解機 構)を動作させる画面.....	101
図 110: 目的・感性に”一休み、疲れた、充実した”を指定して検索した結果.....	102
図 111: 店舗の詳細情報を表示した画面(時間計量結果により、営業時間外と表示).....	102
図 112: 店舗の詳細画面に表示され“これも好きかも”を押下すると、類似検索が実行.....	103
図 113: 類似検索が実行された画面.....	103
図 114: 登録された複数店舗に応じて、意味的計量機構が動作し、検索結果が出力.....	104
図 115: 店舗・施設のジャンル(分類)を指定すると、詳細分類画面へ遷移.....	105
図 116: 店舗・施設のジャンル(詳細分類)による検索機能.....	105
図 117: 駅施設の分類による検索機能.....	105
図 118: 鉄道情報空間の分析結果をパラレルコーディネートで可視化.....	106
図 119: 鉄道情報空間の空間的解析結果の可視化.....	107

図 120: 鉄道情報空間の時間的解析結果の可視化.....	107
図 121: 入力したコンテキストによる意味的正規順位分布の可視化結果 .....	108
図 122: 意味的正規順位順位によるデータ抽出数および相関量順位の可視化結果。.....	109
図 123: 抽出対象領域(横軸)と店舗の相関量順位(縦軸:左)・応答時間(縦軸:右)の変移 .....	109
図 124: (高速化方式適用前)意味的正規順位評価の意味空間構造.....	110
図 125: (高速化方式適用前)意味的正規順位評価命令 .....	111
図 126: (高速化方式適用前)目的軸設定数毎の意味的正規順位評価命令の実行時間(10 回計測の平均値).....	111
図 127: (高速化方式適用後)意味的正規順位評価の意味空間構造.....	112
図 128: (高速化方式適用後)意味的正規順位評価命令 .....	112
図 129: (高速化方式適用後)目的軸設定数毎の意味的正規順位評価命令の実行時間(10 回計測の平均値).....	113
図 130: (高速化方式適用前)API のリクエスト結果 .....	114
図 131: (高速化方式適用後)API のリクエスト結果 .....	115
図 132: パターン 1 各順位の総和相関量.....	116
図 133: パターン 2 各順位の総和相関量 .....	117
図 134: パターン 3 各順位の総和相関量 .....	117
図 135: パターン 4 各順位の総和相関量.....	118
図 136: パターン 5 各順位の総和相関量.....	118
図 137: パターン 6 各順位の総和相関量 .....	119
図 138: 再現率(パターン 1 500ms).....	122
図 139: 再現率(パターン 1 1500ms) .....	122
図 140: 適合率(パターン 1 500ms).....	123
図 141: 適合率(パターン 1 1500ms) .....	123
図 142: F 値(パターン 1 500ms) .....	124
図 143: F 値(パターン 1 1500ms).....	124
図 144: R-P カーブ(パターン 1 500ms) .....	125
図 145: R-P カーブ(パターン 1 1500ms) .....	125
図 146: 指標の差(パターン 1 500ms) .....	126
図 147: 指標の差(パターン 1 1500ms) .....	126
図 148: 評価値の比較(パターン 1 500ms) .....	127
図 149: 評価値の比較(パターン 1 1500ms) .....	127
図 150: 再現率(パターン 2 500ms).....	128
図 151: 再現率(パターン 2 1500ms) .....	128
図 152: 適合率(パターン 2 500ms).....	129
図 153: 適合率(パターン 2 1500ms) .....	129
図 154: F 値(パターン 2 500ms) .....	130
図 155: F 値(パターン 2 1500ms).....	130
図 156: R-P カーブ(パターン 2 500ms).....	131

図 157:R-P カーブ(パターン 2 1500ms) .....	131
図 158:指標の差(パターン 2 500ms) .....	132
図 159:指標の差(パターン 2 1500ms) .....	132
図 160:評価値の比較(パターン 2 500ms) .....	133
図 161:評価値の比較(パターン 2 1500ms) .....	133
図 162:再現率(パターン 3 500ms).....	134
図 163:再現率(パターン 3 1500ms) .....	134
図 164:適合率(パターン 3 500ms).....	135
図 165:適合率(パターン 3 1500ms) .....	135
図 166:F 値(パターン 3 500ms) .....	136
図 167:F 値(パターン 3 1500ms).....	136
図 168:R-P カーブ(パターン 3 500ms).....	137
図 169:R-P カーブ(パターン 3 1500ms) .....	137
図 170:指標の差(パターン 3 500ms) .....	138
図 171:指標の差(パターン 3 1500ms) .....	138
図 172:評価値の比較(パターン 3 500ms) .....	139
図 173:評価値の比較(パターン 3 1500ms) .....	139
図 174:評価者年代(鉄道事業者社員) .....	140
図 175:評価者性別(鉄道事業者社員) .....	141
図 176:評価者業種(鉄道事業者社員) .....	141
図 177:アンケート回答結果・施設検索(目的×気分による検索)結果.....	142
図 178:試作システムは現状で利用者に提供できるのアンケート回答結果.....	142
図 179 提案システムにおける鉄道情報空間へアクセスしたユーザ数 .....	143
図 180:情報獲得の快適性向上に関する評価(鉄道利用者).....	145
図 181:鉄道情報空間上において目的・感性による情報問い合わせを行った際の情報獲得の 快適性「欲しい情報に少ない手順でたどり着くことができる」.....	146
図 182:異なる情報問い合わせ・抽出方式による情報獲得負荷軽減効果の比較.....	146
図 183:試作システムと普段利用のアプリケーションとの利用意向比較 .....	147
図 184:「駅係員への声かけは減ると思うか？」.....	147
図 185:提案方式(目的・感性)を利用して感じたこと「大変そう思う」「そう思う」の評価割合(5 件法:「大変にそう思う」～「全くそう思わない」) .....	148
図 186:試作システムを利用した印象・感想:「大変そう思う」「そう思う」の評価割合(5件法: 「大変にそう思う」～「全くそう思わない」).....	149

# 表目次

表 1:入力パターン1“長距離切符購入”を提案システムに与えた際の鉄道情報空間解析結果.....	42
表 2:入力パターン2“近距離切符購入”を提案システムに与えた際の鉄道情報空間解析結果.....	43
表 3:入力パターン3“休憩したい・食事がしたい”を提案システムに与えた際の鉄道情報空間解析結果.....	43
表 4:入力パターン4“長距離切符購入・休憩したい・食事がしたい”を提案システムに与えた際の鉄道情報空間解析結果.....	44
表 5:提案モデルをサイネージシステムへ適用し、鉄道情報空間上における情報獲得の快適性を評価した結果.....	49
表 6:タブレット型試作システムにおいて定義した意図・状況の要素.....	56
表 7:提示した東京駅利用シーン.....	90
表 8:目的の特徴(10項目).....	97
表 9:感性の特徴(20項目).....	97
表 10:各パターンの正解データ(施設等 ID).....	120
表 11 提案システムにおけるユーザのアクション種別とアクション数.....	144

# 第1章 序論

## 1.1 研究背景

鉄道は、高い安全性・経済性を有する「大量」・「高速」・「定時」輸送手段であり、経済・社会活動を支える重要な基盤として世界規模で発展している。近年の鉄道の発展は、情報通信技術の高度化に伴う“サイバー・フィジカルシステム(CPS)”と呼ばれる新たな情報環境で実現されている。サイバー・フィジカルシステムは、経済発展と社会課題解決を目的とし、実空間から獲得したデータを情報空間にて分析・統合し結果を実空間へ配信することで、実空間と情報空間の連携・連動を実現する。サイバー・フィジカルシステムの重要な研究対象は、データ獲得・分析・統合・配信の自動化・高速化・大規模化を実現する人工知能(Artificial Intelligence: AI)・Internet of Things:(IoT)・Big Data であり、人間の知能である記憶・学習・推論・判断を伴う情報システム研究が活発に行われている[80] [81] [82] [83] [84]。

鉄道を対象としたサイバー・フィジカルシステムは、鉄道実空間と鉄道情報空間が連携・連動する鉄道空間を実現している[6] [32]。鉄道実空間に存在する対象として、鉄道路線や車両・駅空間・駅係員・利用者等が挙げられる。鉄道情報空間は、鉄道事業の効率的な運営および顧客満足度向上等を目的とした情報システムで構成され、鉄道実空間が生み出すデータが蓄積されている。具体的なシステムとして、運行管理システム・座席予約システム・旅客案内システムなどがあり、列車位置データや駅乗降者数データが蓄積されている。データベースシステムは、鉄道空間におけるサイバー・フィジカルシステムにおいて、データの蓄積・共有・分析・統合・配信環境を実現する重要なシステムである。

鉄道空間に関する社会問題として、駅やバスターミナルなどの交通結節点の乗継抵抗がある[56] [57] [58] [59] [60] [61] [62] [63]。交通結節点の基本機能は、円滑な移動・乗り換えを支援する情報提供や施設などの乗り換え機能である。これに加え、市街地の中心拠点形成する拠点機能、都市の象徴・ランドマークとしての景観機能、商業施設が提供するサービス機能などがある [54] [55] [66] [67]。近年、首都圏や地方主要都市の駅において、交通機関の乗り換え機能に加えサービス機能の継続的発展が続いている。一方で多様化・複雑化に伴う階段などの物理的な移動抵抗や不安感などの心理的抵抗が乗継抵抗として問題となっている。この問題により、地域公共交通の維持困難・自家用自動車の利用増加に伴う慢性的な交通渋滞の深刻化が懸念されている。

鉄道事業者は、交通結節点の問題解決のため、バリアフリー化・利用者の乗継時間短縮を目的とした駅改良工事やAI・IoT・Big Data を活用した情報システム開発を実施している。その一方で、利用者の価値観の多様化・人口減少、少子高齢化、新たな生活様式の浸透などをはじめとした社会環境変化へのさらなる対応が求められている。

近年、Mobility as a Service(MaaS)と呼ばれる移動に関する新たな概念が提唱されている。MaaSは、複数の公共交通機関やタクシー・シェアサイクルなどを含めた検索・予約・決済等を一括で行う機能を提供し、社会問題の解決を目指す概念である。

MaaSの実現で期待される具体的効果として、交通の利便性向上・交通需要の喚起・地域活性化・交通手段・利用時間の分散による混雑緩和等が挙げられる[40] [41] [42] [122]。

交通結節点の機能の性質として、移動に関する時間的・空間的要素や商品・役務(サービス)に内在する意味的要素が挙げられる。今日の交通結節点の発展は、利便性を向上させる一方で、時間的・空間的・意味的な複雑性を高め、新たな問題を生み出していると言える。MaaSをはじめとしたこれまでの問題解決アプローチの主要な性質は、交通機関の乗換案内を始めとした時間的・空間的要素であった。ゆえに、交通結節点の時間的・空間的・意味的な複雑性に対する問題解決のため、従来から実施してきた問題解決策の実施に加え新たな問題解決アプローチが求められている[127]。

鉄道空間には鉄道事業や関連事業に関する様々な情報システムが存在し、広域ネットワークを介して時間的・空間的・意味的データを生成している。鉄道空間の問題解決のため、これらのデータを集約し関係性を分析する統合データベースの実現が求められている。これまで、時間的・空間的分析を行う時間・空間計量機構を有する情報システムが実現されてきた。加えて、意味的分析を行う意味計量機構の実現による鉄道空間の意味的拡張が本質的に重要である。

鉄道利用者を対象とした問題解決のために重要な研究として、駅係員を始めとした人間が行う旅客案内、すなわち知能を伴う知的情報問い合わせ・抽出機能の実現がある。そのため、意味計量機構を有する統合データベース、すなわち鉄道空間の記憶系としての知的情報問い合わせ・抽出方式の実現が重要である。

## 1.2 研究目的

本研究の目的は、鉄道空間の知的情報問い合わせ・抽出能力の意味的拡張であり、意味計量機構と統合データベースシステムの実現方式を提案し、鉄道空間の問題解決と新サービスの創造を実現することである(図 1, 図 2, 図 3)。

提案方式による鉄道空間の問題解決・新サービス創造の実現可能性を確認するため、鉄道情報空間の解析および情報問い合わせ・抽出方式を有する情報システムを実装する。本研究では、提案方式を適用した駅案内システムを Station Concierge Systemと呼ぶ。

さらに、Station Concierge System を評価者に利用させ、鉄道情報空間上における情報獲得の快適性向上と新サービスの創造が可能であるか検証する。

本研究で実装した Station Concierge System は、次の3点(1)不特定多数向けのデジタルサイネージと連携した情報システム(2)利便性や携帯性が高く旅客案内端末とし

て駅係員への普及が進んでいるタブレット端末と連携した情報システム(3)個人向けの情報提供を想定したスマートフォンと連携した情報システムである。

実験の実施場所は実際の駅であり、StationConcierge System を評価者に使用させアンケート評価法にて有効性を検証し、提案方式の実現可能性を確認する。

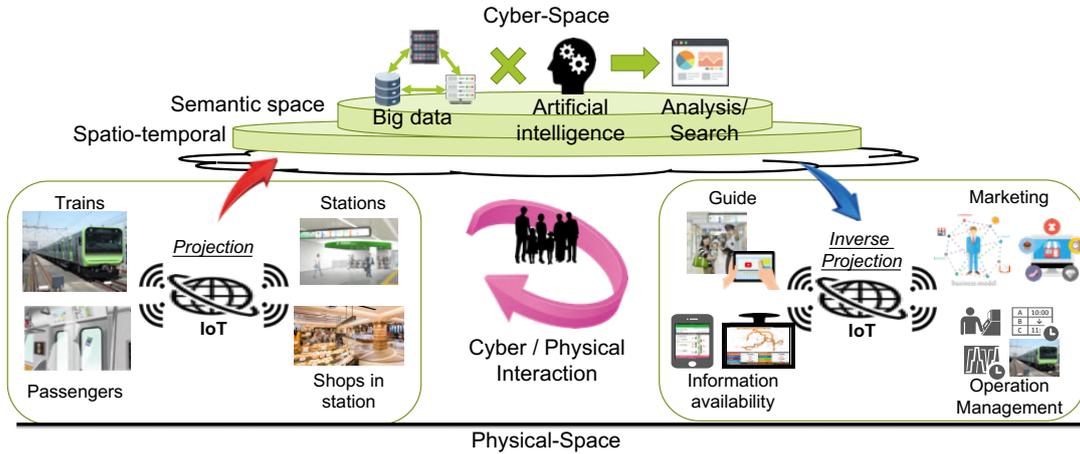


図 1: 鉄道実空間と鉄道情報空間の連携・連動による鉄道系サイバー・フィジカルシステム



図 2: 本研究で実現する新しい鉄道空間系情報システム

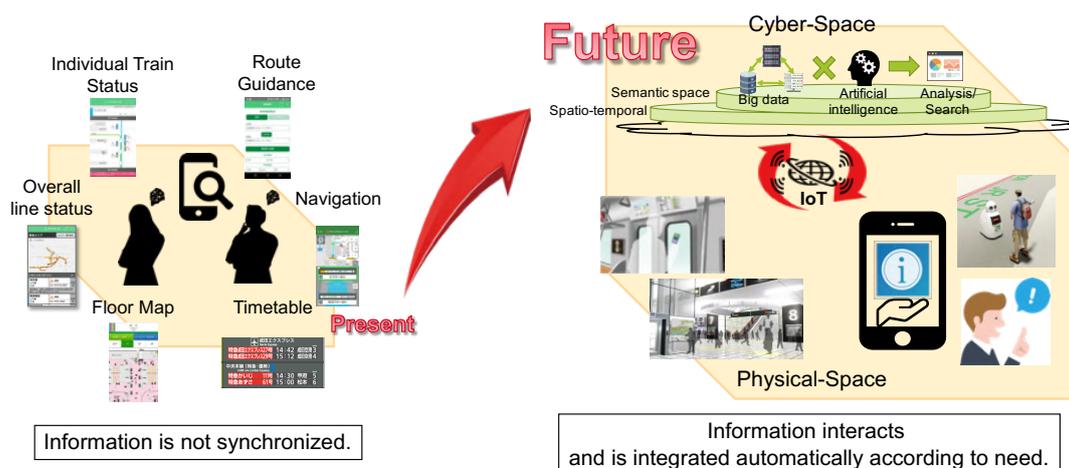


図 3:知的情報問い合わせ・抽出能力の意味的拡張による、鉄道情報空間の情報獲得の快適性向上・新たなサービス創造

### 1.3 関連研究

本節では、本研究の関連研究を述べる。本研究では、環境システム研究の基本概念である Sensing-Processing-Actuation アーキテクチャ(SPA アーキテクチャ)を鉄道空間へ適用する。SPA アーキテクチャは、実空間を情報空間に写像するプロセスである Sensing、情報空間に蓄積されたデータを分析する Processing、分析結果を実空間へ配信・可視化する Actuation の3つのプロセスから構成される[5] [11]。これらの研究成果により、新たな鉄道情報環境の基本となるアーキテクチャの研究が発達した。

SPA アーキテクチャの Processing における主要な研究対象として、データベースシステムがある。データベースシステムは、情報システムの記憶系であり、データの蓄積・分析・統合・検索を実現する。清木らは、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として、“意味の数学モデル(The Mathematical Model of Meaning(MMM))”を提案している[1]。MMM は知識が集約された集合である辞書等を用いて意味空間を形成し、状況や文脈に応じて意味空間の部分空間選択を行い、部分空間内におけるデータの関係性を計量する。MMM は人間の認知的機能の記憶想起モデルとして、知的データベース実現を目的とする様々な情報システムに適用されている[2] [3] [4] [7] [8] [9] [10] [11] [14] [15] [16] [17] [18]。

認知心理学の分野では、人間の情報処理プロセスにおける記憶系モデルとして、事例に基づく推論(Case-Based Reasoning: CBR)と記憶に基づく推論(Memory-Based Reasoning: MBR)がある[135]。事例に基づく推論は、人間の知的活動である推論を記憶に基づいて実現する概念である。記憶に基づく推論は事例に基づく推論と似た方式であり、事例に基づく推論よりも多くの実例をデータベースに格納し、入力と実例の類似度(距離)を求め、入力ともっとも類似した実例を得る。

事例に基づく推論は、類似した事例を修正する一方で、記憶に基づく推論は類似した事例をそのまま推論結果として出力する。

近年は、検索者の必要とする情報を情報空間に存在する膨大な情報から抽出する情報検索システム・情報推薦システムの研究が行われている。それらのシステム概念として、協調型推薦システム、内容ベース型推薦システム、知識ベース型推薦システムがある[99] [100] [101] [102]。協調型推薦システムは、複数のシステム利用者間の類似性をシステムに登録されている利用者情報の類似性に基づいて求め、検索者と類似した利用者の興味情報を検索者へ提示するものである。内容ベース型推薦システムは、文書などの検索対象の説明や特徴の重要度をシステムに登録し、検索者が入力した検索語と登録した検索対象の説明や特徴との類似性を求め、類似性の高い情報を提示する。知識ベース型推薦システムは、検索対象の特徴に関する詳細な知識に基づく知識ベースを構築し、検索者の情報要求と類似する情報と知識ベースに蓄積された検索対象の特徴の一致性を基に情報を提示する。

さらに、IoTの発展・普及に伴い、利用者や環境の状況に応じて動的に情報推薦を行うコンテキストウェア推薦システムの研究が行われている[75] [76] [77] [78] [79] [99] [105] [106] [107] [108] [109]。コンテキストウェア推薦では、位置情報や時刻情報などの物理コンテキスト、天気や照明などの環境コンテキスト、利用者の健康状態や感情などのユーザコンテキストなどに基づいた情報提供方式である[78] [88]。

統合データベース技術として、異分野データベース群を対象とした意味的検索空間統合方式が提案されている[14] [15] [21]。石原らの提案方式は、検索対象の分野に関する文書別に意味的検索空間(メタデータ)を構築し、構築したメタデータに含まれる分野間の共通概念を用いている。意味的検索空間方式には、清木らの意味の数学モデルを適用し、意味の解釈を伴った統合空間検索を実現している。

鉄道空間における統合データベース研究として、運行管理システムや利用者を対象とした情報提供システムに関するものがある[19] [20] [29] [30] [31] [32]。角田らは、列車の混雑緩和や運行管理効率化を目的に、運行管理データや列車制御データ等を格納するデータベース群を対象にした統合データベースシステムを構築した。森らはモバイルコンピューティング環境を対象とし、情報提供システムの利用者の状況・意図に応じた情報配信を実現するシステムを構築した。森らのシステムでは、既存のデータベース群のデータ構造から独立したメタレベルシステムを構築し、利用者への能動的配信を実現している。

統合データベースシステムでは、ネットワーク上の異種データベースを統合するメタデータベースが構築される。このメタデータベースにおけるデータ構造は、その目的に応じて多数のデータ構造が提案されている。人間の知的構造のモデルとして、ギルフォードの知能構造モデルがある[141]。また、リレーショナルデータベースの提唱者であるコッドが提案した Online Analytical Processing(OLAP)では、多次元の構造が提案されており、OLAP キューブとも呼ばれる[35] [36] [38]。森らは、メタデータベースのデータ構造を、利用者の動的・静的な状況・意図により定義している[19] [20]。清水らは、Web サイトのコンテンツを構築・管理・更新するコンテンツ・マネジメントシステム

のデータ構造を、森らのデータ構造に“5W1H + H(which, who, what, when, where, why, how or how much)”を追加し定義している[142]。

## 1.4 学術的な独自性と創造性

本研究の学術的な独自性は、人間の記憶想起プロセスに基づく知的情報問い合わせ・抽出方式の実現であり、具体的に新しい点として次の3点がある。第1点は空間表現技術として、鉄道利用者の個人情報がなくとも有効なサービス開始を実現するため、鉄道のデータ空間を新たな概念である普遍性(General)と個別性(Personal)で拡張した Railway Context Cube を導入した点である。第2点は空間制御技術であり、鉄道空間固有の不変な公共交通機能と、社会環境に応じて可変な商業施設等の機能に応じた情報問い合わせ・抽出を実現するために、文脈依存完全性・意味的正規順位評価を導入した点である。第3点は、空間表現技術・空間制御技術・空間解析技術を適用した駅構内案内システムを鉄道実空間でのフィールド調査と鉄道情報空間の形成を並行実施して実装し、鉄道情報空間の新たな解析方式として実現した点である(図4)。

本研究の創造性は次の2点である。第1点は、本研究により鉄道空間における新たな情報問い合わせ・抽出機能を実現した点であり、鉄道情報空間における利用者活動の快適性向上・あらたなサービス提供が可能となった。第2点は、第1点が可能となったことで、駅をはじめとした交通結節点が生み出す社会問題に関する新たな問題解決アプローチが可能となった点である。



図4: 鉄道実空間でのフィールド調査と鉄道情報空間の形成を並行実施し、研究のスピードアップを実現する本研究の実施アプローチ

## 1.5 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。

第2章では、本研究で提案する鉄道空間の意味理解機構を有する統合データベースシステムの実現方式を示す。

第3章、第4章、第5章では、提案方式で実装した知的情報問い合わせ・抽出能力を有する駅構内案内システムを示し、新たな鉄道情報空間の解析方式として実現したことを示す。各章で示す駅構内案内システムで利用した情報端末は、第3章ではデジタルサイネージ、第4章ではタブレット端末、第5章ではスマートフォンである。

第6章では、本研究を統括し提案方式の実現可能性を示す。

## 第2章 鉄道空間を対象とした意味計量機構を有する

### 統合データベースシステムの実現方式

本章では、鉄道空間の意味理解機構を有する統合データベースシステムの実現方式 “Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)”を提案する。はじめに、RCCDI の概要について述べ、RCCDI の基本ステップ、RCCDI を実現する主要 3 技術(1)空間表現技術(2)空間制御技術(3)空間解析技術の順に述べる。

#### 2.1 Railway Context Cube based Database Integration の概要

本研究の目的は鉄道空間の知的情報問い合わせ・抽出能力の意味的拡張であり、意味計量機構と統合データベースシステムの実現方式を提案し、鉄道空間の問題解決と新サービスの創造を実現することである(図 5)。

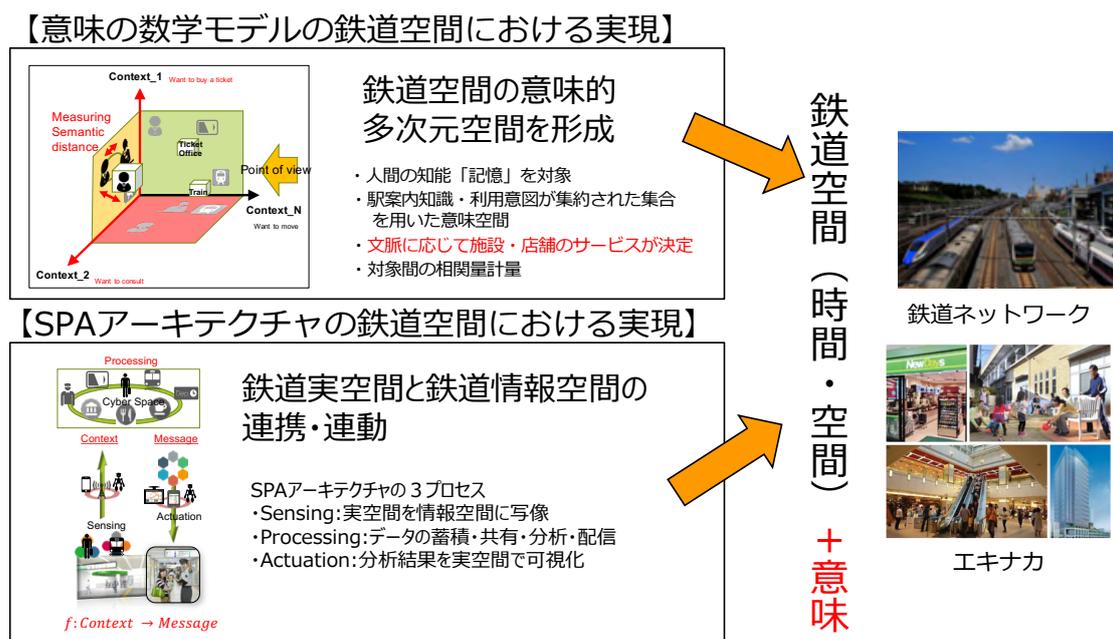


図 5: 意味的連想記憶モデル・環境システム研究の基本概念を基に鉄道情報空間の新たな概念を構築

交通結節点である駅の利便性向上や顧客満足度向上を目的に、鉄道事業者は案内所を設置している。近年の駅構内の商業施設化・利用者意識の変化等に応じた案内を行うため、案内所は従来の駅施設案内に加え駅構内店舗情報・観光案内など多様な問い合わせに対応している。例えば、日本の交通結節点の代表駅である東京駅

では、「ステーションコンシェルジュ東京」という名称の総合案内所を設置している[144]。

コンシェルジュとはフランス語で「門番・守衛・管理人」という意味である。現在はホテルにおける接客の専門職として、宿泊客へ高品質な接客サービスを提供している。「ステーションコンシェルジュ東京」は、コンシェルジュのような高品質な情報提供サービスの提供を目指している。接客サービス実施における重要な点として、利用者の状況や意図を推測する利用者視点が挙げられている[52]。鉄道事業者では、案内所や駅改札窓口だけでなく、技術系社員に対しても、利用者視点で接客サービスを行う教育を実施している。[50]

Railway Context Cube based Database Integration の着想は、「ステーションコンシェルジュ東京」と呼ばれる案内所において利用者視点で接客サービスを行う従業員の知的活動から得た。ステーションコンシェルジュは、利用者の問い合わせとその回答内容を業務日誌に記録し従業員間で共有している。すなわち、ステーションコンシェルジュは問い合わせと回答の時間的・空間的・意味的関連性を蓄積するデータベースを構築・共有し、鉄道空間の情報問い合わせ・抽出能力を実現している(図 6,図 7)。

本研究では、鉄道空間の意味計量機構を有する統合データベースシステムの実現方式“Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)”を適用した駅案内システムを Station Concierge System と呼ぶ。Station Concierge System は、利用者視点で接客サービスを行う従業員の知的情報問い合わせ・抽出能力を有する情報システムである。従来の駅案内システムの対象は、鉄道の公共性から、不特定多数の利用者であった。これは、マーケティング分野では、マス・マーケティングに該当する。一方で、インターネット上において商品を販売する Web サイト等の情報システムは、利用者の属性・嗜好等に応じた情報提供サービスや情報検索サービスを提供している。これらのサービスにはリレーションシップ・マーケティングというマーケティング・アプローチが適用されている[143]。リレーションシップ・マーケティングのアプローチは利用者と事業者との相互作用を重視するアプローチである。Station Concierge System は、鉄道空間の時間的・空間的・意味的な複雑性を持つ駅の性質を持つ情報問い合わせ・抽出能力をマス・マーケティングおよびリレーションシップ・マーケティングのアプローチで実現する。

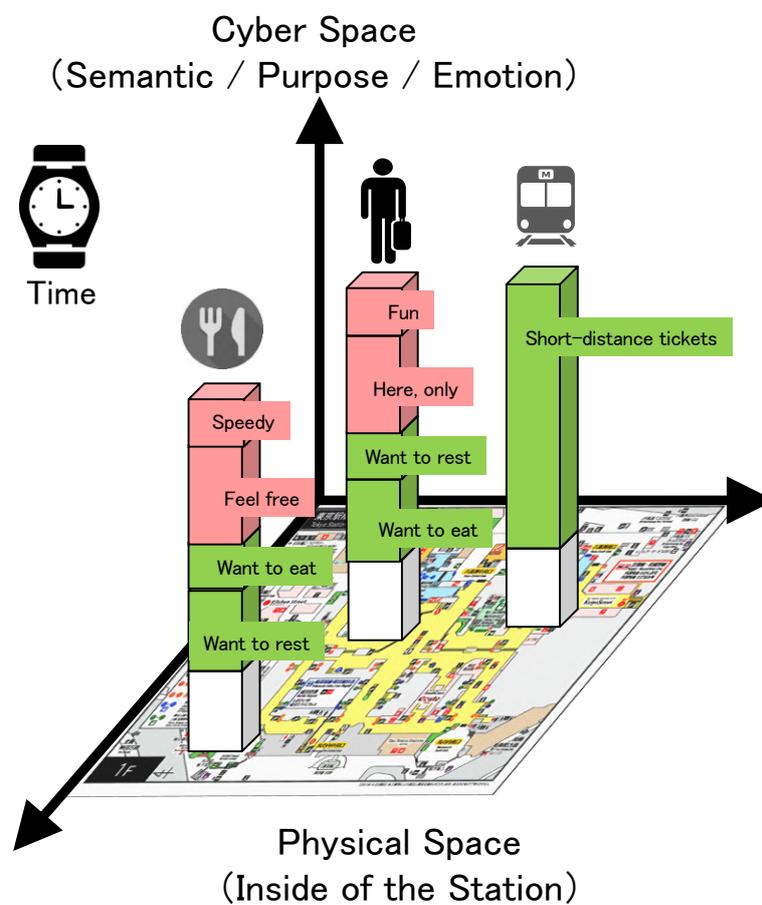


図 6:鉄道情報空間上における利用者の活動(時間的・空間的・意味的複雑性を持つ  
鉄道情報空間上で情報獲得など)



図 7:利用者のコンテキストに応じて移動体験を最大化する案内業務を行うステーションコンシェルジュ

出典:Tokyo station city, Tokyo station city, <http://www.tokyostationcity.com/>[49]

Station Concierge System 実現にあたり、Sensing-Processing-Actuation アーキテクチャを適用する。Sensing では、鉄道実空間のデータを、センサーやカメラ等によって取得し、鉄道情報空間へ格納する。Processing は、情報空間のデータを蓄積・統合・分析する。Actuation は、Processing でのデータ分析結果を実空間に配信し、デジタルサイネージ・タブレット端末・スマートフォン等による情報可視化やロボットなどの操作を行う(図 8,図 9)。

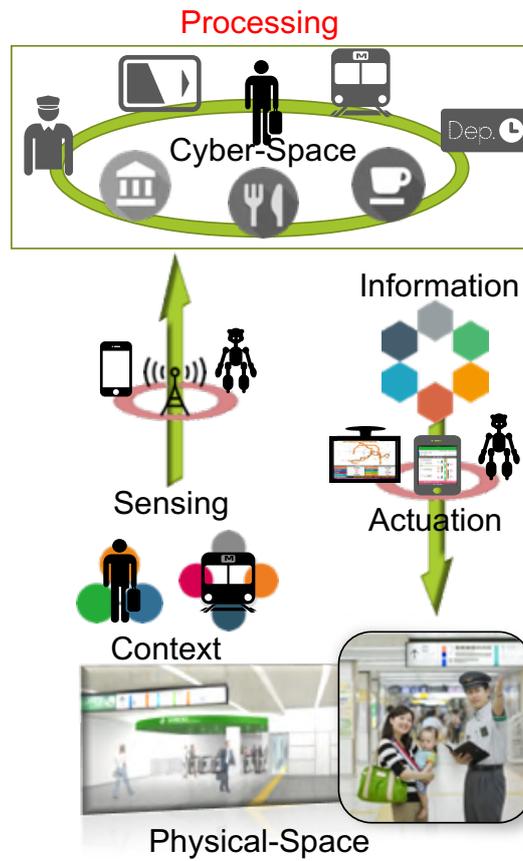


図 8:SPA アーキテクチャの概念を適用した Station Concierge System

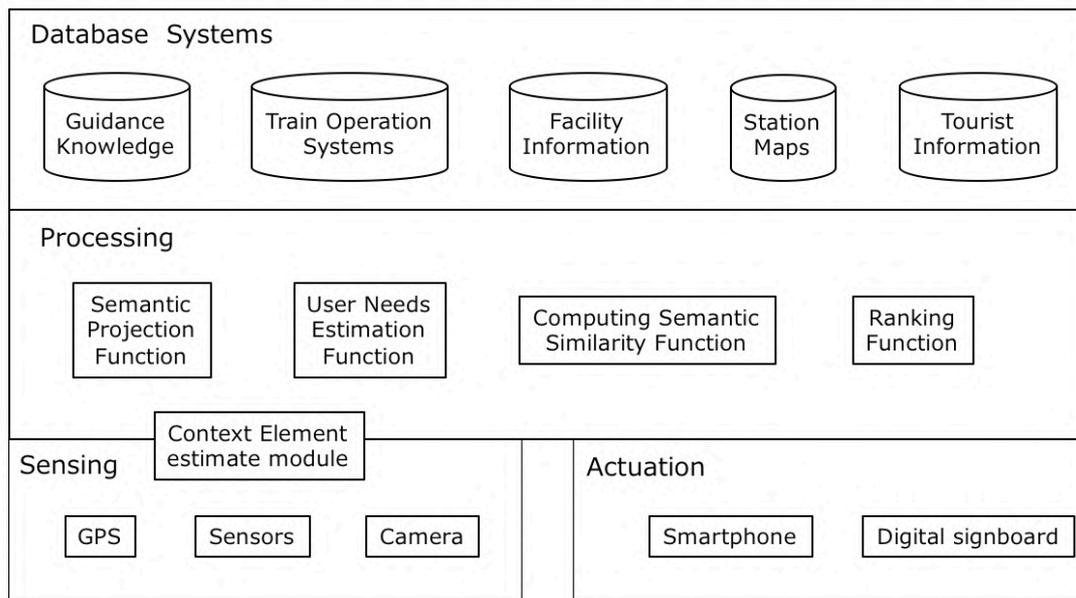


図 9:Station Concierge System の基本アーキテクチャ

- 目的空間
  - 施設・店舗
    - 機能
    - サービス
  - 利用者
    - 利用目的
    - 利用傾向
- 感性空間
  - 施設・店舗
    - 印象
    - 雰囲気
  - 利用者
    - 感性
    - 感情

## 鉄道空間

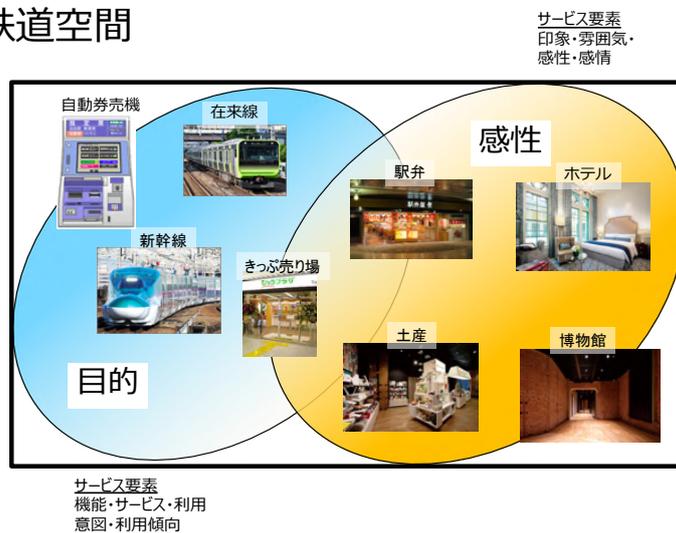


図 10:本研究における鉄道意味空間の定義

## 2.2 意味計量機構の基本方式

本節では、鉄道情報空間の新たな解析機構である意味計量機構の基本方式を提案する。図 11 に本方式の基本ステップを示す。

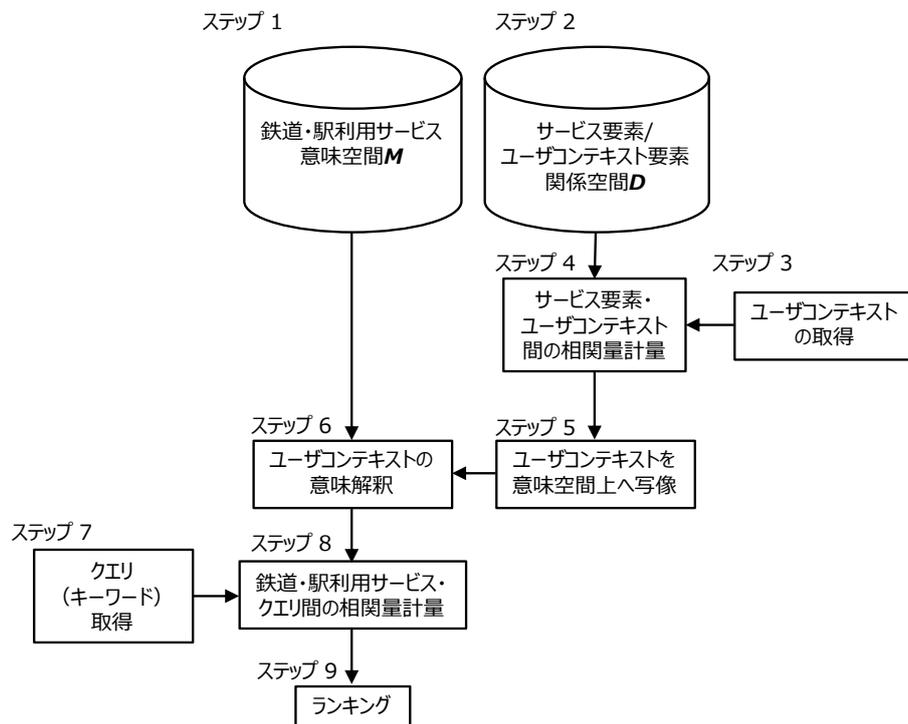


図 11: 鉄道情報空間の新たな解析機構である意味計量機構の基本ステップ

・ステップ 1: 鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  の構築

$l$ 種の鉄道・駅利用サービスと  $m$ 種のサービス要素の関係を  $l$ 行  $\times$   $m$ 列の行列  $M$  で定義する(図 12)。鉄道・駅利用サービスとは、みどりの窓口やびゅうプラザなど鉄道・駅利用に必要な施設・店舗などを指す。またサービス要素とは日本標準産業分類 [123] などの項目を指し、鉄道業・旅行業・小売業などの項目により鉄道・駅利用サービスの特徴付けを行う。行列  $M$  の各要素  $M_{(i,j)}$  の値は実数をとる。例えば、鉄道・駅利用サービスが各サービス要素を提供している場合を 1 とし、それ以外を 0 とする。以上により、鉄道会社社員等の鉄道・駅利用サービスに関する案内知識をサービス要素からなるベクトル空間に写像できる。この行列  $M$  により構築されたベクトル空間を鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  とする。また、鉄道・駅利用サービスを意味空間  $M$  上のベクトル(サービスベクトル  $\vec{v}_{Service}$ )として表現する(図 13)。

- ・行：鉄道・駅利用サービス
- ・列：サービス要素

$$\begin{bmatrix} M_{(1,1)} & \cdots & M_{(1,m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ M_{(\ell,1)} & \cdots & M_{(\ell,m)} \end{bmatrix}$$

図 12: 鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  の概要

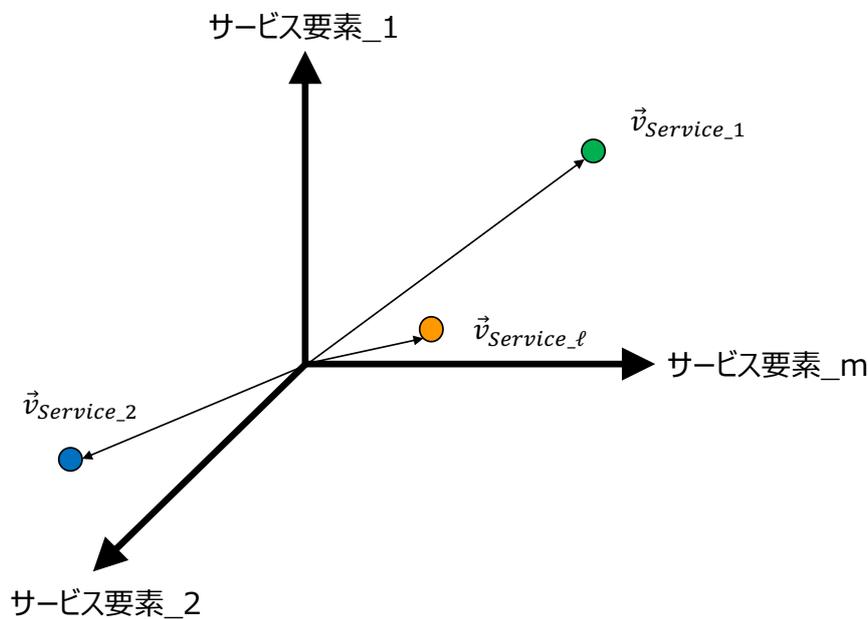


図 13: 鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$

・ステップ 2: サービス要素/ユーザコンテキスト要素関係空間の構築

ステップ 1 で用いた  $m$  種のサービス要素と  $n$  種のユーザコンテキスト要素の関係を  $m$  行  $\times$   $n$  列の行列  $D$  で表現する(図 14)。ここでユーザコンテキスト要素によりサービス要素の特徴付けを行う。行列  $D$  の各要素  $D_{(i,j)}$  の値は実数をとる。例えば、ユーザコンテキスト要素がサービス要素に適合している場合を 1 とし、それ以外を 0 とし、目的地までの切符が未購入というユーザコンテキスト要素ときっぷ売り場の関係を表す行列  $D$  の要素を 1 とし、切符購入済みの場合には 0 にすることが挙げられる。行列  $D$  を定義することで、ユーザの置かれている状況などから必要なサービス要素の判断する鉄道会社社員の接客知識をベクトル空間にて表現することが可能となる。こ

のベクトル空間はユーザコンテキスト要素を基底としたベクトル空間である。また、サービス要素はユーザコンテキスト要素により定義されるサービス要素ベクトル $\vec{v}_{Feat}$ として表現する(図 15)。

・行：サービス要素  
 ・列：ユーザコンテキスト要素

$$\begin{bmatrix} D_{(1,1)} & \cdots & D_{(1,n)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{(m,1)} & \cdots & D_{(m,n)} \end{bmatrix}$$

図 14:行列  $D$  の概要

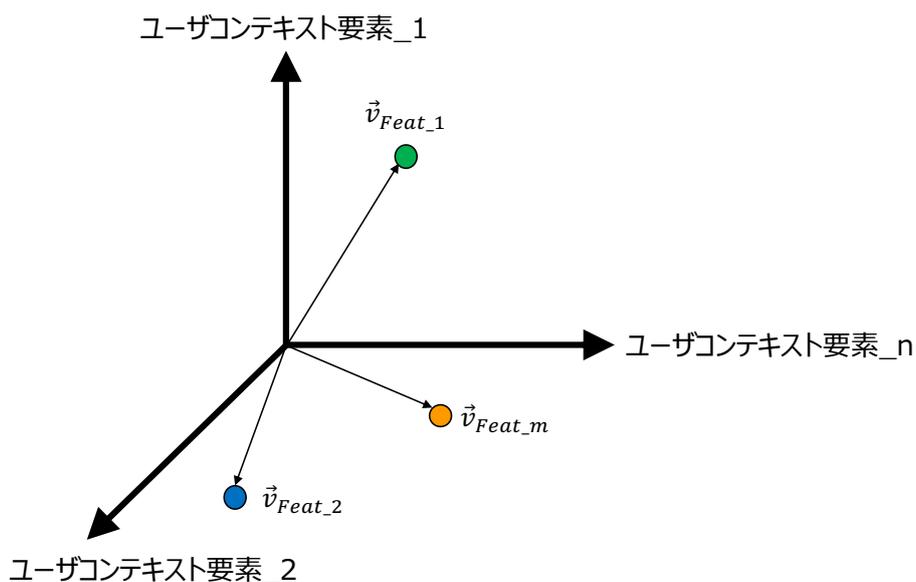


図 15:ユーザコンテキスト要素／サービス要素空間  $D$

・ステップ 3:ユーザコンテキストの取得

ユーザコンテキストは2.3に示す Railway Context Cube の要素であり、具体的なユーザコンテキスト要素として、利用者の情報問い合わせの意図や目的・感性、利用者の状況としての年齢・性別・趣味・現在地などがある。ユーザコンテキストの取得方法として、システムの入力端末を介して利用者から直接取得する方法やスマートフォンなどのセンサを用いて取得する方法がある。本方式は、参考文献[77] [78] に記載されて

いるような外部システムやユーザからの直接入力によるユーザコンテキストの取得を前提とする。しかし、ユーザコンテキストの取得には個人情報保護などに対する十分な配慮が必要である[124] [125] [126]。

・ステップ 4: サービス要素・ユーザコンテキスト間の相関量計量

2.3.2に示す Railway Context Cube の象限がユーザコンテキストで選択され、選択された象限に蓄積されたユーザコンテキスト要素で構築されるユーザコンテキスト要素/サービス要素空間  $D'$  上でサービス要素・ユーザコンテキスト間の相関量計量を行う。

具体的には、取得したユーザコンテキストに含まれないユーザコンテキスト要素の影響を除外するため、行列  $D$  の部分行列  $D'$  を定義する。部分行列  $D'$  は、ユーザコンテキストベクトル  $\vec{v}_{uc}$  により選択された、しきい値  $\varepsilon_D$  以上のユーザコンテキスト要素からなる  $m$  行  $\times$   $n'$  列の行列である(図 16)。ここで、 $n'$  はステップ 3 で取得したユーザコンテキスト要素の数を表す。また、行列  $D'$  はユーザコンテキストによって選択されたサービス要素/ユーザコンテキスト要素関係空間の部分空間として表現できる(図 17)。

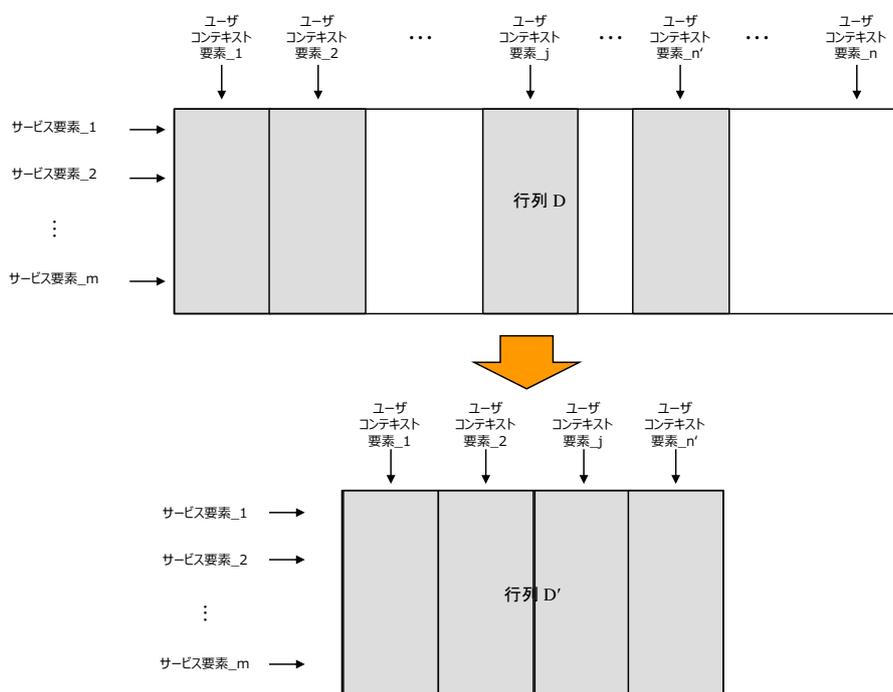
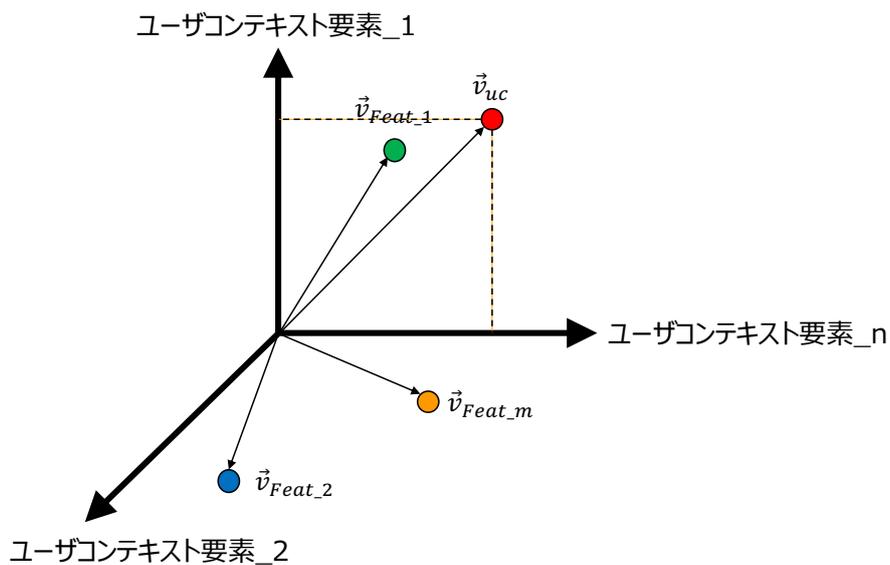
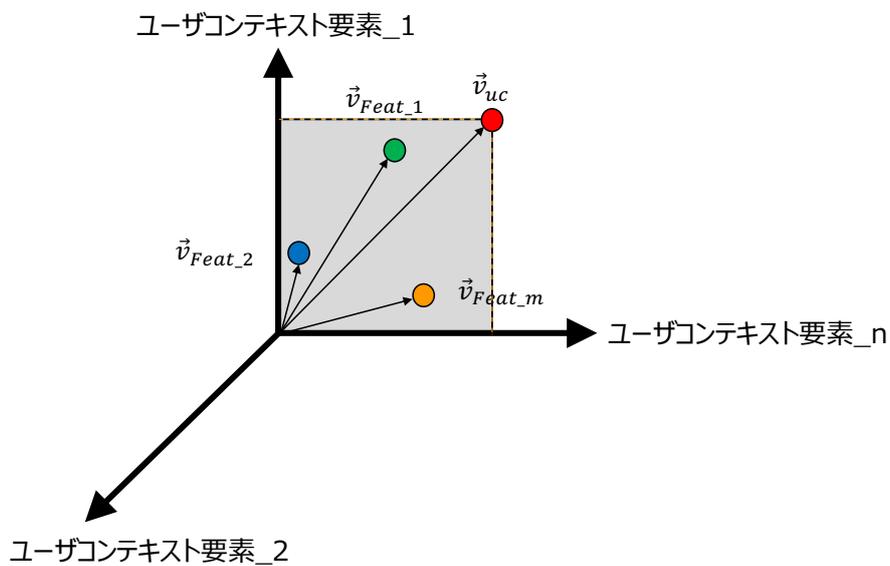


図 16: 行列  $D'$  の概要



サービス要素/ユーザコンテキスト要素関係空間



サービス要素/ユーザコンテキスト要素関係空間の部分空間

図 17: 行列  $D'$  のベクトル空間表現

次に、行列  $D'$  によりユーザコンテキストベクトル  $\vec{v}_{uc}$  とサービス要素ベクトル  $\vec{v}_{Feat}$  の相関量を計量する。ここで、ユーザコンテキストベクトル  $\vec{v}_{uc}$  のユーザコンテキスト要素を  $x_i$ 、サービス要素ベクトル  $\vec{v}_{Feat_i}$  のユーザコンテキスト要素を  $y_{ij}$  とし、 $\vec{v}_{uc}$  と  $\vec{v}_{Feat}$  を次のように定義する。

$$\vec{v}_{uc} = \{(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) | x_i \geq \varepsilon_D\} \quad (1)$$

$$\vec{v}_{Feat_i} = \{(y_{i1}, \dots, y_{ij}, \dots, y_{in'}) | i \in \{1, \dots, m\}, y_{ij} \in \mathbf{D}'\} \quad (2)$$

$\vec{v}_{uc}$ と $\vec{v}_{Feat_i}$ の相関量計量には次のコサイン類似度を用いる。

$$sim(\vec{v}_{uc}, \vec{v}_{Feat_i}) = \frac{\vec{v}_{uc} \cdot \vec{v}_{Feat_i}}{|\vec{v}_{uc}| |\vec{v}_{Feat_i}|} \quad (3)$$

•ステップ 5: ユーザコンテキストを意味空間上へ写像

ステップ 4 で得られたユーザコンテキストとサービス要素の相関量 $sim(\vec{v}_{uc}, \vec{v}_{Feat_i})$ を要素に持つユーザニーズベクトル $\vec{n}\vec{v}$ を式(4)のように定義し、鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  上に写像する(図 18)。

$$\vec{n}\vec{v} = (sim(\vec{v}_{uc}, \vec{v}_{feat_1}), \dots, sim(\vec{v}_{uc}, \vec{v}_{feat_m})) \quad (4)$$

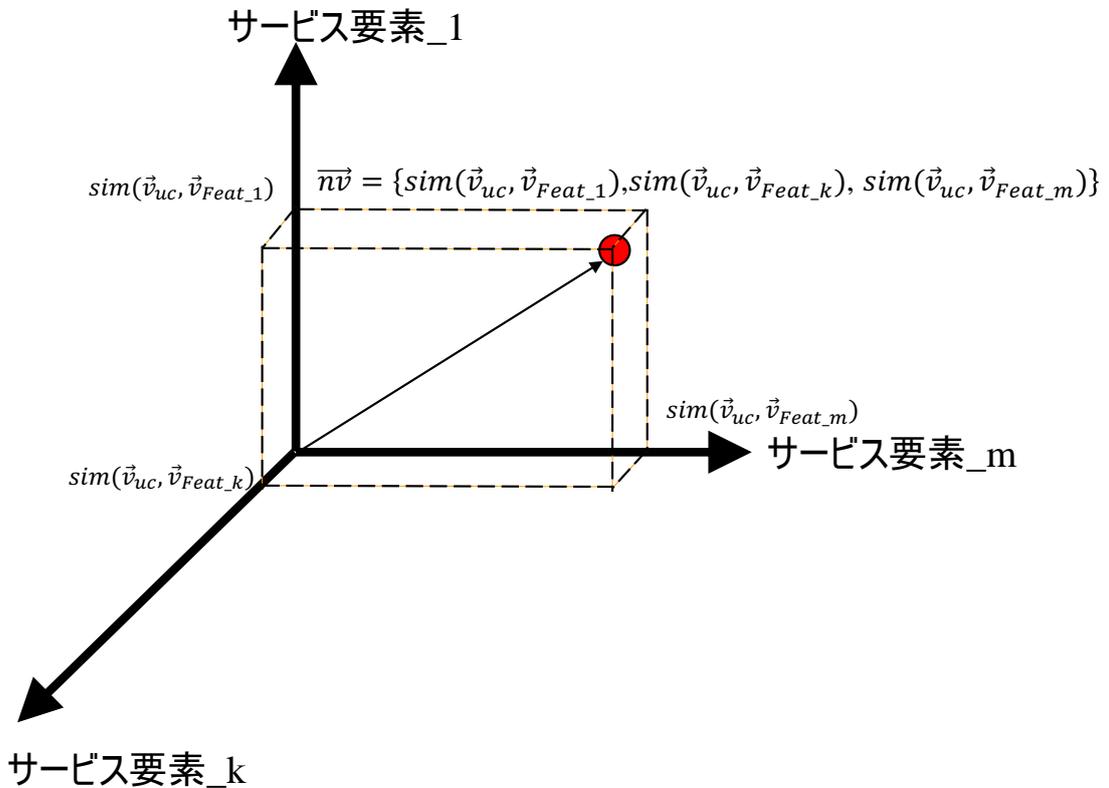


図 18: 鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  におけるユーザコンテキストの表現

•ステップ 6: ユーザコンテキストの意味解釈

2.3.2に示す Railway Context Cube の象限がユーザニーズベクトルで選択され、選択された象限に蓄積されたサービス要素で構築される鉄道・駅利用サービス意味空間  $M'$  上において、ユーザニーズベクトル・鉄道・駅利用サービス間の相関量計量を行う。

ユーザニーズベクトル  $\vec{nv}$  の要素である  $sim(\vec{v}_{uc}, \vec{v}_{Feat_i})$  はユーザコンテキストと各サービス要素の適合度を表すが、常に高い値とは限らない。  $sim(\vec{v}_{uc}, \vec{v}_{Feat_i})$  が高い値でないサービス要素はユーザニーズに適合しないサービス要素であると言える。この影響を除外するため、閾値  $\epsilon_M$  以上のサービス要素を基底とする鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  の部分空間  $M'$  を定義する。  $M'$  を用いることによりサービスベクトル  $\vec{v}_{Service}$  をユーザニーズに応じたベクトル空間上で表現することができる(図 19)。ここで、  $\vec{v}_{Service_i}$  と  $M'$  を次のように定義する。

$$\vec{v}_{Service_i} = \{(z_{i1}, \dots, z_{ij}, \dots, z_{io}) \mid i \in \{1, \dots, \ell\}, z_{ij} \in M'\} \quad (6)$$

$$M' := span(q_1, \dots, q_i, \dots, q_o) \quad (7)$$

ここで、  $q_i$  は  $sim(\vec{v}_{uc}, \vec{v}_{Feat_i}) \geq \epsilon_M$  であるサービス要素とする。

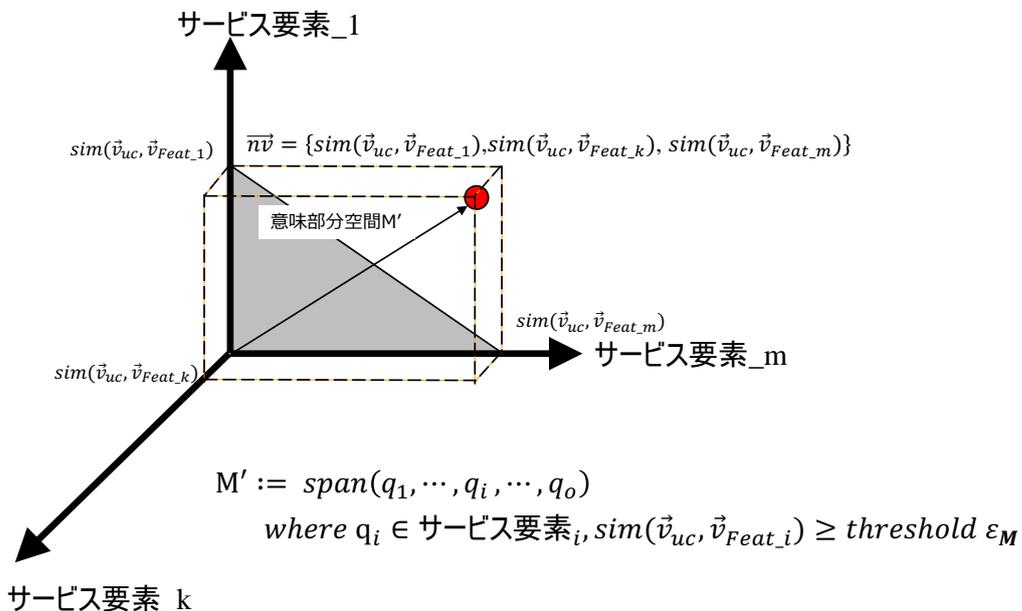


図 19: 鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  の部分空間  $M'$

•ステップ 7: クエリ(キーワード)取得

利用者の利用施設・店舗が明確な場合、キーワードをクエリとして取得する。クエリはスマートフォンやタッチパネル、キーボードなどを用いて取得する方法がある。

・ステップ 8: 鉄道・駅利用サービス・クエリ間の相関量計量

$\vec{n}\vec{v}$ と $\vec{v}_{Service\_i}$ の相関量計量は次のコサイン類似度を用いる。

$$sim(\vec{n}\vec{v}, \vec{v}_{Service\_i}) = \frac{\vec{n}\vec{v} \cdot \vec{v}_{Service\_i}}{|\vec{n}\vec{v}| |\vec{v}_{Service\_i}|} \quad (10)$$

また、取得したクエリのベクトルであるクエリベクトル $\vec{v}_{Query}$ を以下のように意味部分空間  $M$  のベクトルとして定義する。

$$\vec{v}_{Query} = \left\{ (z_{Q1}, \dots, z_{Qj}, \dots, z_{Q\ell}) \mid i \in \{1, \dots, \ell\}, z_{Qi} \in M \right\} (8)$$

$\vec{v}_{Query}$ と $\vec{v}_{Service\_i}$ の相関量計量に次のコサイン類似度を用いる。

$$sim(\vec{v}_{Query}, \vec{v}_{Service\_i}) = \frac{\vec{v}_{Query} \cdot \vec{v}_{Service\_i}}{|\vec{v}_{Query}| |\vec{v}_{Service\_i}|} \quad (9)$$

意味部分空間  $M'$  上での相関量計量を図 20 に示す。

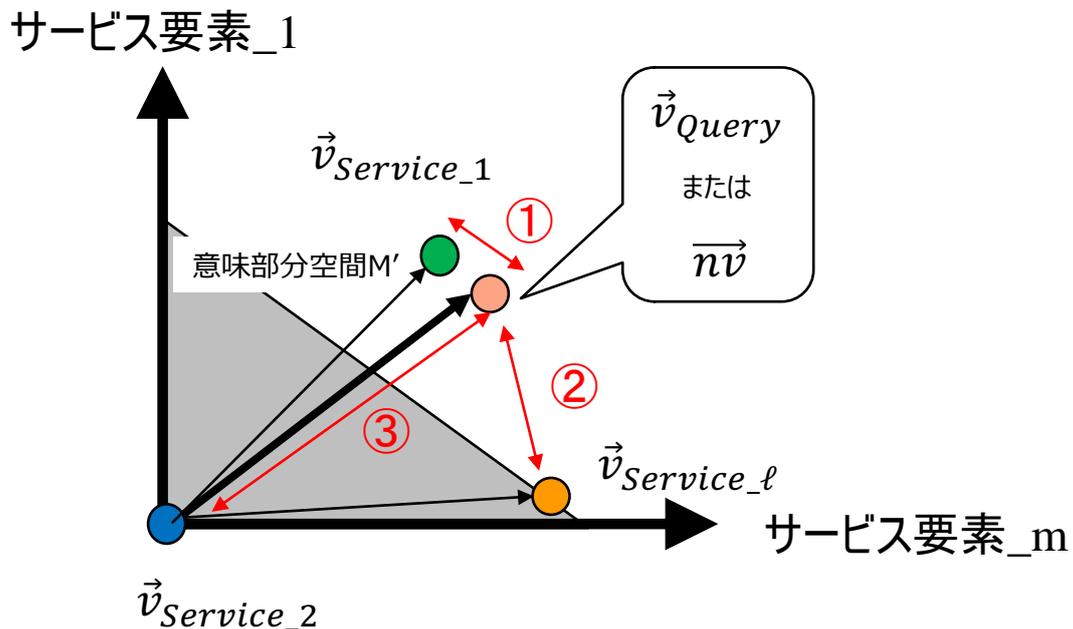


図 20: 部分意味空間  $M'$  上における相関量計量

•ステップ 9: ランキング

このステップにおいて、 $sim(\vec{v}_{Query}, \vec{v}_{Service_i})$  または  $sim(\vec{nv}, \vec{v}_{Service_i})$  によって鉄道・駅利用サービスのランキングを情報として生成する。

## 2.3 空間表現技術

### 2.3.1 鉄道空間表現技術の背景

提案方式において、鉄道情報空間を 8 象限 (General / Private、Static / Dynamic、Situation / Intention) で表現する新たなデータモデル Railway Context Cube の概念を適用する。利用者のコンテキストデータ利用は、個人情報保護法等を遵守するとともに、利用者の承諾が必要になる[124] [125] [126]。加えて、すべての利用者がコンテキストデータ利用を承諾しているとは限らない。鉄道事業者は、不特定多数向けの情報提供を行う必要もあることから、利用者のコンテキストデータ利用未承諾でも、情報提供を行う必要がある(図 21)。さらに、コンテキストデータ利用承諾済みの利用者に対しては、顧客満足度向上・移動促進等の観点から、詳細な情報提供を行う必要がある(図 22)。Railway Context Cube の概念を鉄道情報空間に適用することで、Personal

なデータが利用可能でない状態において、General なデータを利用した有効なサービスが早期に開始できる。

関連研究[19] [20] では、スマートデバイスや無線通信ネットワークで構築されるモバイルコンピューティング環境において、利用者の状況(文脈・コンテキスト)を Static (静的)/Dynamic (動的)、Intention (意図)/Situation (状況) で分類したデータ空間を定義し、利用者の状況データ(コンテキストデータ)を分類している。本研究で提案する Railway Context Cube は、鉄道情報空間を General / Personal で拡張した点が関連研究[19] [20] と本質的に異なる。



図 21: 不特定多数の利用者が必要とする駅構内図や列車運行情報  
コンテキストデータ利用未承諾でも情報提供が可能  
(出典)東京駅にて筆者撮影



図 22:利用者の現在地・移動目的などに応じた情報提供はコンテキストデータ利用による詳細な情報提供で実現可能  
(出典) 東京駅にて筆者撮影

近年、交通分野では、新たな移動サービスの概念である MaaS(Mobility as a Service)が提案されている。MaaS とは、交通手段を移動ニーズに対応して最適に組み合わせ、検索・予約・決済等を統合するサービスである。MaaS の実現には交通事業者間におけるデータ連携が必要であり、MaaS 関連データの連携に関するガイドラインにデータの分類項目が提示されている[140]。ガイドラインにおける分類項目は、事業者ごとに動的・静的の項目で分類されており、各事業者が保有するデータを各項目に分類している。

事業者間のデータ連携にあたり、個人情報保護法および General Data Protection Regulation(一般データ保護規則 GDPR)を遵守する必要がある[124] [125] [126]。MaaS では、移動履歴や購買履歴など、個人情報保護・プライバシー保護が必要なデータの利用が検討されている。これらのデータは利用者の同意および事業者間での合意が必要である。そのため、MaaS を実現するシステム構築完了時において、利用可能なデータが多くない場合も考慮し、設計することが必要であるとする。

### 2.3.2 鉄道空間の新たなデータモデル: Railway Context Cube

本研究では、時間的・空間的・意味的に高い複雑性を有する鉄道情報空間のデータモデルとして空間表現技術(Railway Context Cube:RCC)を提案する。本モデルの独自性は、鉄道情報空間を新たな概念 General / Personal で拡張した点にあり、Railway Context Cube の概念を鉄道情報空間に適用することで、Personal なデータが利用可能でない状態において、General なデータを利用した有効なサービスが早期に開始できる。さらに、森らの関連研究[19] [20] のデータ空間 Dynamic / Static、Situation / Intention と Railway Context Cube の概念を統合し、鉄道実空間を 8 象限の鉄道情報空間に写像する点にある(図 23, 図 24)。

以下に、Railway Context Cube の鉄道情報空間概念を定義する分類を示す。

- General(公的・普遍的)  
鉄道空間に属する対象の普遍性のある情報や公開されているデータ
- Personal(私的・個人的)  
鉄道空間に属する対象特有・固有のデータ
- Static(静的)  
静的に決定されるデータ
- Dynamic(動的)  
動的に決定されるデータ
- Intention(意図)  
対象の背後に存在する目的を持った意図
- Situation(状況)  
対象の社会的、自然的状況

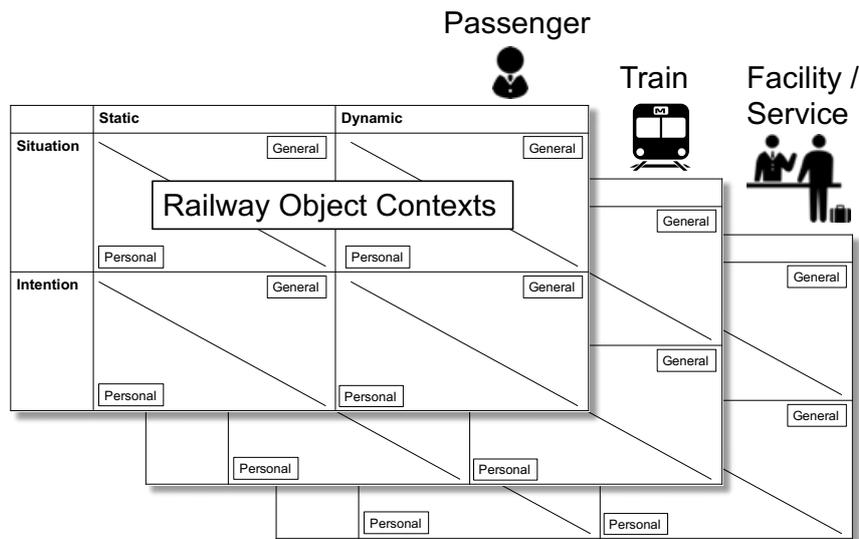


図 23:鉄道空間に存在する対象(利用者、列車、設備・店舗)における8象限の鉄道情報空間

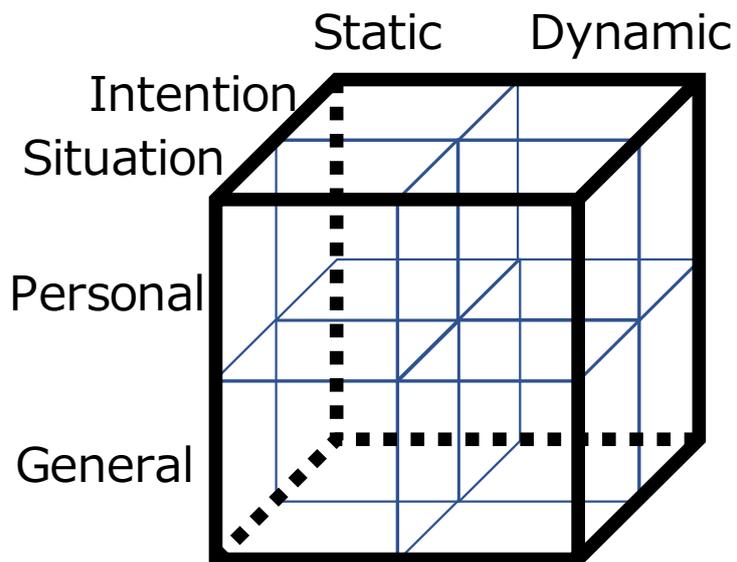


図 24:Railway Context Cube の概念図

本研究で提案する Railway Context Cube の鉄道情報空間概念 General / Personal は、普遍性・公共性・獲得容易性の高いデータを General の鉄道情報空間象限へ写像し、個人情報保護・プライバシー保護の対象となるデータを Personal の鉄道情報空間象限へ写像する。General の鉄道情報空間へ写像される具体的データとして、天候や気温などの環境データや、鉄道会社社員の案内知識がある。一方、Personal データとして、事業者が個別に保有する機密性の高い列車運行に関わるデータや、決済データ、顧客データがある。具体例を図 25、図 26、図 27 に示す。

・ 駅・鉄道利用者

	Static	Dynamic
<b>Situation</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; float: right;">General</div> 国籍 生年月日 年代 住所 定期区間 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; float: left;">Personal</div> 性別 障害	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; float: right;">General</div> 現在地 (改札内・外) 曜日 日時 乗換時間 天気 SF残高 健康状態 予定終了時刻 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; float: left;">Personal</div> 予定開始時刻
<b>Intention</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; float: right;">General</div> 趣味 嗜好 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; float: left;">Personal</div> 将来の予定	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; float: right;">General</div> 感情 駅滞在目的 移動目的 切符の有無 購入履歴 降車駅 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; float: left;">Personal</div> 乗車駅

図 25:利用者の Railway Context Cube へ写像されるデータの具体例

・ 列車(平常時)

	Static	Dynamic
Situation	停車駅 運賃 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">General</span> 発着予定時刻 発着番線 線区 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Personal</span>	走行位置 曜日 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">General</span> 混雑率 日時 (停車駅) 車内温度 天気 運行状況 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Personal</span>
Intention	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">General</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Personal</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">General</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Personal</span>

図 26:列車の Railway Context Cube へ写像されるデータの具体例

・ 鉄道施設・店舗

	Static	Dynamic
Situation	位置 定休日 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">General</span> 営業時間 席数 禁煙席 線区 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Personal</span>	混雑率 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">General</span> 曜日 日時 天気 口コミ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Personal</span>
Intention	ジャンル・業種 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">General</span> 平均滞在時間 商品 客単価 サービス 支払方法 ポイント利用 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Personal</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">General</span> イベント <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Personal</span>

図 27:鉄道施設・店舗の Railway Context Cube へ写像されるデータの具体例

Railway Context Cube の利点は、General / Personal の概念導入によるデータ収集・蓄積・活用に対する利用者・事業者配慮とデータ活用が両立可能で、迅速に情報システムの社会実装ができる点にある。これに加えて、利用者の情報取得環境・利用端末に応じて、鉄道情報空間の象限を変更できる。駅構内には大画面のデジタルサイネージ(ディスプレイ)がある。駅構内図などの大型案内図は、モバイル端末の制限のある画面よりも高い一覧性を有する。一方で、モバイル端末は利用場所が自由であ

るなどの利点がある。そのため、本データモデルはデータ性質および利用者の状況・利用端末に応じた鉄道情報空間選択が可能である点も特徴として挙げられる。

## 2.4 空間制御技術

### 2.4.1 文脈依存完全性

鉄道空間系情報システムは変動性・不確実性・複雑性・曖昧さが増す鉄道空間およびその周辺の問題解決が求められている。本章で述べた意味計量機構の基本方式では、ユーザーコンテキストを問い合わせとして発行し施設・店舗情報を抽出するために、鉄道・駅利用サービス意味空間およびサービス要素/ユーザーコンテキスト要素関係空間を構築している。従来の構築法は、辞書を代表とする言葉の意味を集約したデータベースや専門分野の知識を集約したデータベースを用いており、単語の分布統計情報やデータ行列の固有値分解を行って得られる固有ベクトルで意味空間を構築している。これらの構築法に必要なデータベース作成には、情報システムが対象とする領域の専門知識やデータを収集する必要がある。一般的に、このようなデータベースは知識ベースと言われ、データの生成・蓄積に時間がかかる。

鉄道空間の意味空間を従来方法で作成した場合、鉄道実空間の変動性・不確実性・複雑性・曖昧さにより、構築した知識ベースが鉄道実空間の変化に対応できないという課題がある。

そこで本研究では、意味空間に文脈依存完全性という新たな概念を提案する(図28)。文脈依存完全性は、意味空間構築時の文脈(時間・空間・意図・状況)において、意味空間を構築する意味素(軸)やデータの欠損・不足がない完全性を仮定する。そのために、意味空間に文脈情報が付加される。本研究における意味空間の完全性制御方法は、利用者・事業者が意味空間の文脈を選択することで実現する。

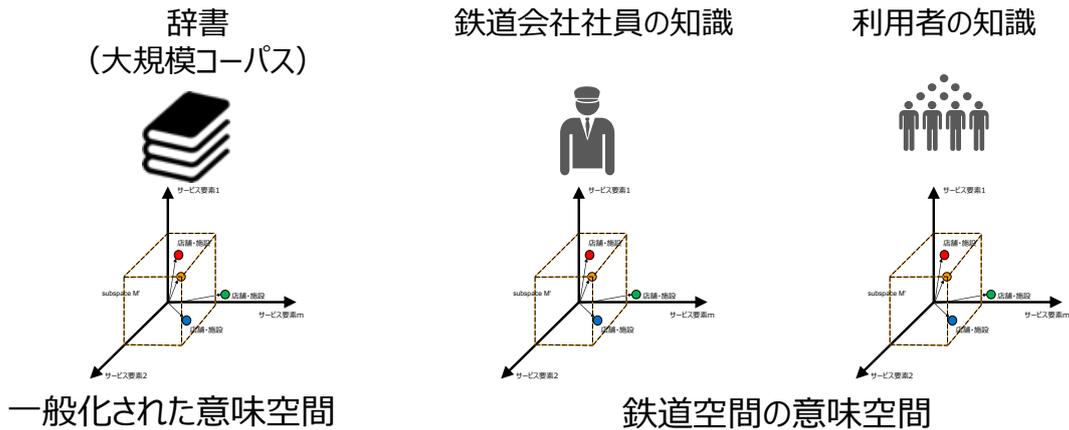


図 28: 意味空間が生成された文脈(辞書・鉄道会社社員および利用者の知識)に依存した完全性の概念

## 2.4.2 意味的正規順位評価

近年、鉄道情報空間上において多様性のある大量のデータ処理が行われるようになってきている。したがって、鉄道空間を対象とした統合データベースシステムでは、膨大なデータから利用者の所望する適切な結果を効率的に獲得する応答高速化の実現が重要である。

本研究では、駅構内の施設・店舗データを対象に、意味的正規順位評価方式を提案する。本方式は、コンテキストに応じて動的に変化するデータ間の意味的な関係を計算するモデルである意味の数学モデルを応用したデータベース検索方式であり、利用者(検索者)の検索意図・感性をコンテキストとして与えることにより駅構内の施設・店舗データなどの意味的連想検索を実現する[1] [4] [7]。

本方式の特徴は、利用者が限られた時間内に検索結果を必要とする場合に、利用者の与えたコンテキストと相関の強いことが予想される施設・店舗データを優先的に抽出し、データ間の相関量計量を行い、意味的な局所最適解を出力することで、応答時間の高速化を実現する。(図 29)。

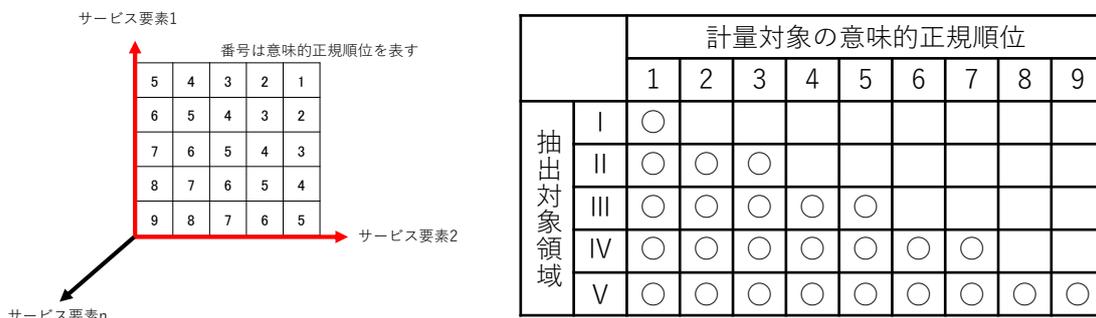


図 29: 選択された意味素上において、大きい値を持つデータを参照し、相関量が大  
きいと予想されるデータを順に抽出

### ・ステップ1

施設・店舗データが $t$ 個存在し、ある検索意図・感性を文脈として与えた時に決定される部分空間において、その部分空間を構成する意味素(ユーザコンテキスト要素またはサービス要素)の数を $s$ 本とするとき、その中でコンテキストとの相関量が最大の意味素( $N = 1, s$ )を選択する。

### ・ステップ2

部分空間内において、抽出対象データを指定するしきい値 $Norm_{max}$ を設定し、しきい値と等しいノルム値を持つ施設・店舗データを抽出する。

- ステップ3

抽出した施設・店舗データの相関量を計量し、意味的な局所最適解として出力する。

- ステップ4

抽出対象データを指定するしきい値 $Norm_{max}$ を更新する。

- ステップ5

指定された時間内において、ステップ2からステップ5を繰り返し実行する。

直観的には重みの大きい意味素上で大きい値を持つ抽出対象データほど相関量が大きくなり、コンテキストとの相関が強いデータとして選ばれる可能性が高いと予想される。ゆえに、相関量の計算は、基本的に重みの大きい軸上で大きな値をもつベクトルから順に進められる。

意味的正規順位評価により出力される相関量は、鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  およびユーザコンテキスト要素／サービス要素空間  $D$  のデータ増加により単調増加とはならない。提案方式は、問い合わせを表現する強い軸を対象に計算を開始し、制限時間まで、強さに従って計算をすすめる。すなわち、相関量計量の対象となるデータは問い合わせと制限時間によって決定される。そのため、既往研究で提案されている、データ増加に伴い問い合わせと抽出データの対応が改善される方式とは本質的に異なる[146]。

- 意味的正規順位評価の高速化方式

本研究で提案する意味的正規順位評価の高速化は、意味空間を Railway Context Cube の要素により独立に形成し、その空間自身を記憶想起対象とする。さらに、その空間固有の空間制御・対象間の距離計量機構を定義する。従来の意味空間構築方式は、対象間の距離計量機構実行時に Railway Context Cube の空間選択演算による意味空間形成が行われていた。本提案手法は、Railway Context Cube の空間選択演算・射影演算を伴わずに対象間の距離計量を実現することで高速化を可能とする。

実現方式のステップを次に示す。

- 前提

鉄道空間における事象(店舗の利用傾向、駅構内の混雑状況等)を表すデータ集合が行列の形で与えられ、Railway Context Cube の象限 (General / Personal、Static / Dynamic、Intention / Situation) に定義されているものとする。

- ステップ1

問い合わせを表現する強い軸すなわち、形成する意味空間の意味素を、Railway Context Cube の象限から抽出する。

- ステップ2

抽出した意味素で意味空間を形成し、Railway Context Cube の象限との関連を定義する。

- ステップ3

実空間の事象を、形成した意味空間上に写像する。

- ステップ4

形成した意味空間の空間選択演算および距離計量機構を定義する。

## 2.5 空間解析技術

空間解析技術は、問い合わせに対応する Railway Context Cube の象限が選択され、選択された象限に蓄積されたサービス要素およびコンテキスト要素を意味素とする、サービス要素 / ユーザコンテキスト要素関係空間  $D$ 、および鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  を生成することで、文脈依存完全性を有する意味空間を形成する。したがって、鉄道空間の高い変動性・複雑性に柔軟に対応できる。Railway Context Cube に蓄積されるデータは、利用者・事業者が生成したデータだけでなく、鉄道空間の対象、すなわち列車や券売機、改札などの駅設備やカメラなどの鉄道空間系センサが生成したデータも含む。これらが生成するデータを Railway Context Cube に蓄積し、利用者の問い合わせに応じて文脈依存完全性を有する意味空間を形成する。

空間解析技術の概要を以下に示す。

鉄道空間では、同一の施設・店舗に対して時刻・場所等のコンテキストに応じたデータが複数生成され、鉄道情報空間上において重複度を持つ。本技術は施設・店舗の重複度を持つデータを分析するため、部分空間内において、個々のデータと利用者の相関量を計量し、施設・店舗ごとに相関量の積分値を算出する解析技術を提案する(図 30、図 31)。本研究では、この積分値を相関量積分値として算出し、直感的にはコンテキストに応じた記憶想起強度を意味する。さらに、鉄道空間を時間・空間・意味的に多次元解析し、結果を低次元に縮約し、実空間の情報端末を動作させるメッセージとして配信する。

空間解析技術の実現ステップを以下に示す。

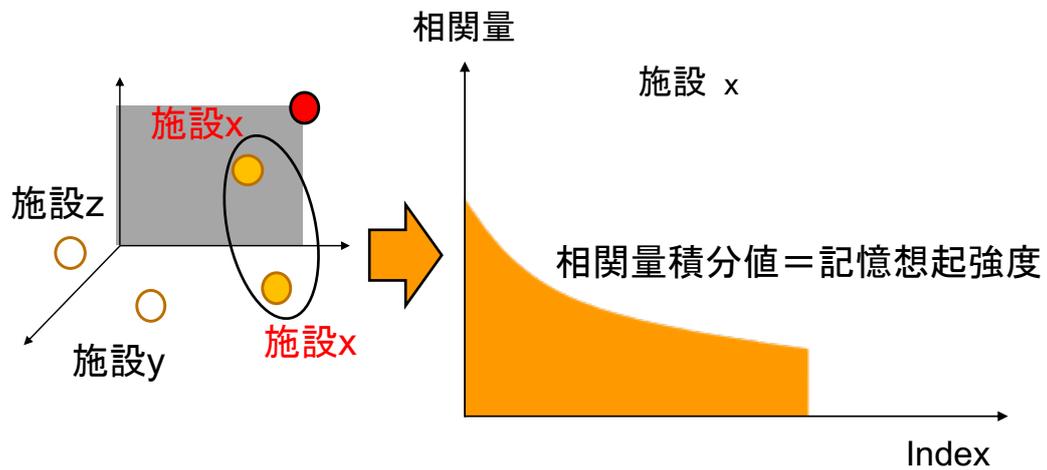


図 30: 重複度を持つデータの相関量を積分した相関量積分値  
(意味的正規順位評価により抽出したデータを施設ごとに、指定した意味的正規順位  
の区間を対象にして積分)

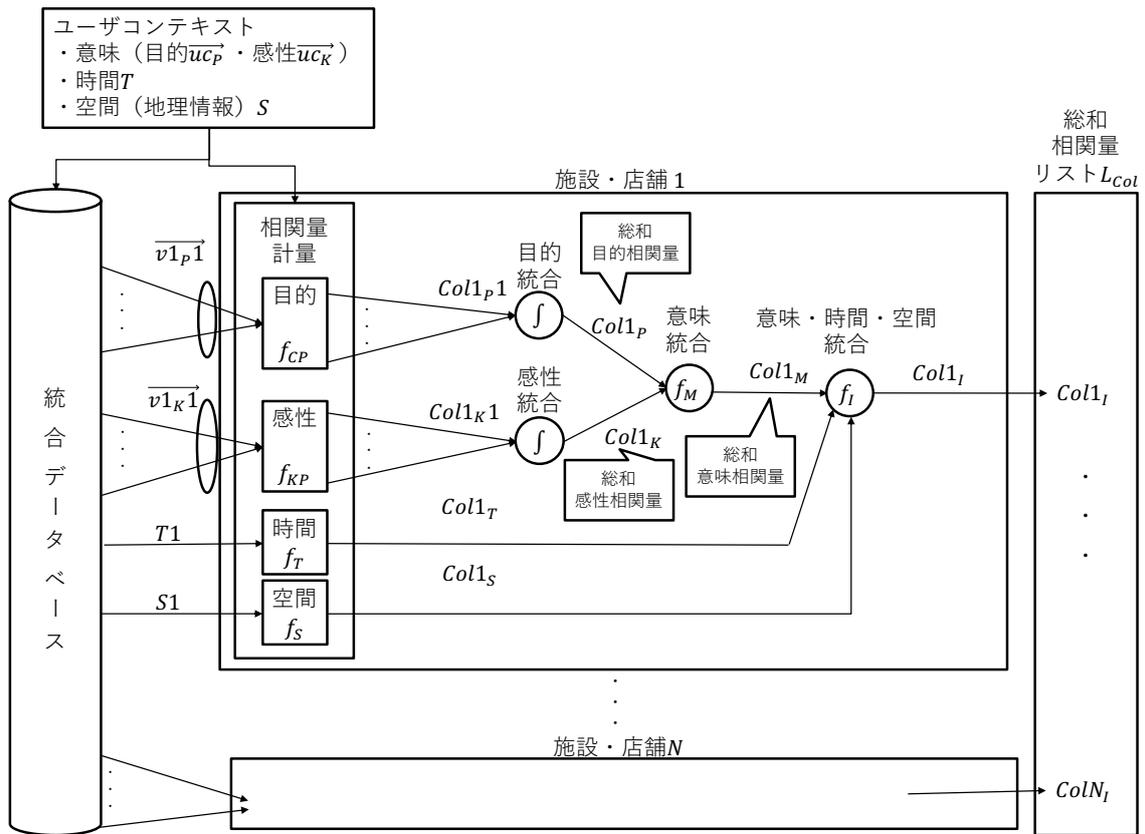


図 31: 鉄道情報空間の相関量積分による解析技術

図 31 の各関数を以下の通り定義する。

- ユーザコンテキスト

$$UC = \{\overline{uc}_P, \overline{uc}_K, T, S\}$$

- 目的ベクトル

$$\overline{uc}_P = \{uc_{P1}, \dots, uc_P\}$$

- 感性ベクトル

$$\overline{uc}_K = \{uc_{K1}, \dots, uc_K\}$$

- 時間

$T$ : 任意の時刻

- 空間

$S$ : 任意の位置情報 (2次元または3次元)

- 総和相関量リスト

$$L_{Col} = \{Col_1, \dots, Col_N\}$$

- 総和相関量

$$Col_{\cdot I} = f_I(Col_{\cdot M}, Col_{\cdot T}, Col_{\cdot S})$$

- 意味統合相関量

$$Col_{\cdot M} = f_M(Col_{\cdot P}, Col_{\cdot K})$$

- 目的統合相関量

$$Col_{\cdot P} = f_P(Col_{\cdot P1}, \dots, Col_{\cdot P'})$$

- 感性統合相関量

$$Col_{\cdot K} = f_K(Col_{\cdot K1}, \dots, Col_{\cdot K'})$$

- 目的相関量

$$Col_{\cdot P'} = f_{CP}(\overrightarrow{u_{CP}}, \overrightarrow{v_{\cdot P'}})$$

- 感性相関量

$$Col_{\cdot K'} = f_{CK}(\overrightarrow{u_{CK}}, \overrightarrow{v_{\cdot K'}})$$

- 時間相関量

$$Col_{\cdot T} = f_T(T, T')$$

- 空間相関量

$$Col_{\cdot S} = f_S(S, S')$$

意味統合相関量、目的統合相関量、感性統合相関量、目的相関量、感性相関量とした。各相関量を求める定義式を以下に示す。

- 意味統合相関量

$$Col_{\cdot M} = f_M(Col_{\cdot P}, Col_{\cdot K}) = \frac{1}{2}(Col_{\cdot P} + Col_{\cdot K})$$

- 目的統合相関量

$$Col_{\cdot P} = f_P(Col_{\cdot P1}, \dots, Col_{\cdot P'}) = \omega_P \sum Col_{\cdot P'}$$

- 感性統合相関量

$$Col_{\cdot K} = f_K(Col_{\cdot K1}, \dots, Col_{\cdot K'}) = \omega_K \sum Col_{\cdot K'}$$

- 目的相関量

$$Col_{\cdot P'} = f_{CP}(\overrightarrow{u_P}, \overrightarrow{v_{\cdot P'}}) = \frac{\overrightarrow{u_P} \cdot \overrightarrow{v_{\cdot P'}}}{\|\overrightarrow{u_P}\| \|\overrightarrow{v_{\cdot P'}}\|}$$

- 感性相関量

$$Col_{\cdot K'} = f_{CK}(\overrightarrow{u_K}, \overrightarrow{v_{\cdot K'}}) = \frac{\overrightarrow{u_K} \cdot \overrightarrow{v_{\cdot K'}}}{\|\overrightarrow{u_K}\| \|\overrightarrow{v_{\cdot K'}}\|}$$

## 2.6 “Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)”の構築ステップ

本研究で提案する意味計量機構の基本方式および空間表現技術・空間制御技術・空間解析技術による空間解析方式の構築ステップを以下に示す。

- 前提

鉄道空間における事象(店舗の利用傾向、駅構内の混雑状況等)を表すデータ集合が行列の形で与えられているものとする。

- Step1:空間の形成

Railway Context Cube は、General/Personal、Dynamic/Static、Situation/Intention より形成される 8 象限(図 24)と事象間の関連を定義し、空間の形成を行う。

- Step2:空間制御系の設定

- Step2-1

意味空間へ写像する事象を選択する条件式を定義する。条件式は、Railway Context Cube の象限の設定と、その象限に関連付けられている行列のデータに対する演算で定義する。

- Step2-2

意味空間の意味素(軸)候補を Railway Context Cube の 8 象限に関連付けられた事象で設定する。

- Step2-3

意味素(軸)候補から意味素(軸)を定め意味空間を形成する、意味素候補・問い合わせの相関量計量関数を定義する。

- Step2-4

問い合わせと相関の高い意味素から形成される意味空間を形成し、Step2-1 にて選択される事象を意味空間への写像を定義する。

- Step2-5

意味空間におけるノルムがしきい値以上の事象について、相関量計量を開始し制限時間まで強さに従って計算を進める操作を定義する。

•Step3:距離系の設定

鉄道空間の対象(利用者・店舗等)の時間的・空間的・意味的相関量を計量する距離系を設定する。加えて、多次元解析結果を低次元の実空間に写像するための次元縮約を定義する。

## 第3章 デジタルサイネージをインタフェースとした

### RCCDI による鉄道空間解析

#### 3.1 目的

本章では新たな鉄道空間系情報システムとして Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)を適用した案内デジタルサイネージシステムを提案し、鉄道情報空間解析を伴う情報問い合わせ・抽出方式の検証実験により、実現可能性を検証する。

#### 3.2 システム概要

RCCDI の実現可能性を確認するため、駅構内に設置されているデジタルサイネージを用いた駅構内図自動生成システムを鉄道空間に実装した。提案システムはユーザコンテキスト要素である意図(目的・検索意図)を入力とする。入力されたユーザコンテキスト要素によりユーザニーズに応じた鉄道・駅利用サービスの場所を示す駅構内図を生成する。

鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$ 、ユーザコンテキスト要素/サービス要素空間  $D$  の構築については、“みどりの窓口”、“びゅうプラザ”、“カフェ”など 51 種の鉄道・駅利用サービス、“在来線”、“新幹線”、“食堂・レストラン”など 37 種のサービス要素、“長距離切符購入”、“近距離切符購入”、“食事がしたい”など 15 種のユーザコンテキスト要素を用いるとともに鉄道会社社員である著者が各要素間の関係性を定量的に定義し、鉄道情報空間の意味的多次元拡張を実現するとともに、意味空間の文脈依存完全性として鉄道社員知識の文脈を設定した(図 32,図 33)。

店舗・施設	サービス要素					
	在来線	新幹線	特急	地下鉄道業	運輸施設提供業	一般乗合旅客
ベビー休憩室	0	0	0	0	0	0
多目的トイレ	0	0	0	0	0	0
駅そば	0	0	0	0	0	0
ジューススタンド	0	0	0	0	0	0
ニューデイズ	0	0	0	0	0	0
鉄道警察	0	0	0	0	0	0
交番	0	0	0	0	0	0
カフェ	0	0	0	0	0	0
駅事務室(改札)	1	0	0	0	0	0

図 32: 鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  およびデータ(一部)

サービス要素	ユーザコンテキスト要素			
	長距離切符購入	近距離切符購入	駅構内をスムーズに移動したい	休憩し
在来線	1	1	0	
新幹線	1	0	0	
特急	1	0	0	
地下鉄道業	0	1	0	
運輸施設提供業	0	0	0	
一般乗合旅客自動車運送業	0	0	0	
一般乗用旅客自動車運送業	0	0	0	

図 33: サービス要素/ユーザコンテキスト要素関係空間およびデータ(一部)

## 3.3 実験

### 3.3.1 情報問い合わせ・抽出方式の検証実験

本実験の目的は、Railway Context Cube based Database Integration を適用した案内デジタルサイネージシステムにより鉄道情報空間の解析を伴う情報問い合わせ・抽出方式の検証である。

#### 3.3.1.1 実験条件

提案システムの入力として以下の4パターンのユーザコンテキスト要素を与えた。

- ・ パターン 1: “長距離切符購入”
- ・ パターン 2: “近距離切符購入”
- ・ パターン 3: “休憩したい・食事がしたい”
- ・ パターン 4: “長距離切符購入・休憩したい・食事がしたい”

#### 3.3.1.2 実験結果

提案システムへ、パターン 1: “長距離切符購入”を入力として与えた際の出力画面を図 34 に示す。提案システムによる鉄道情報空間の解析結果が東京駅構内図上に可視化された(図 35)。さらに、現在地および入力“長距離切符購入”に応じた駅施設、選択した駅施設の位置が表示され、試作システムによる情報問い合わせ・抽出方式が実装されていることが確認できた。



図 34: 試作システムを東京駅構内に設置し、検証を実施した様子



図 35: 検証を行った際の表示画面(びゅうプラザの位置を表示)

パターン1からパターン4の入力を提案システムに与え、鉄道情報空間の解析の結果、得られた鉄道・駅利用サービスランキングを表1から表4に、鉄道情報空間の相関量計量結果としてパターン3の相関量計量結果を図37示す。表1から表4に示す鉄道情報空間の解析結果の通り、ユーザコンテキスト要素に応じて鉄道・駅利用サービスのランキングが変化することを確認した。なお、ユーザコンテキストによっては、ランキング10位まですべてが求められない場合(表1、表2)や、ランキングが表示されない場合(表4)があった。

表1:入力パターン1“長距離切符購入”を提案システムに与えた際の鉄道情報空間解析結果

No.	ランキング	鉄道・駅利用サービス
1	1位 (同率)	びゅうプラザ
2		みどりの窓口
3		指定席券売機
4		グリーン券売機
5	5位 (同率)	はとバス
6		精算機
7		自動券売機
8		駅事務室
以下、ランキング表示なし		

表 2:入力パターン2 “近距離切符購入” を提案システムに与えた際の鉄道情報空間解析結果

No.	ランキング	鉄道・駅利用サービス
1	1位 (同率)	精算機
2		自動券売機
3		地下鉄
4		みどりの窓口
5		指定席券売機
6		グリーン券売機
7		駅事務室 (改札)
以下、ランキング表示なし		

表 3:入力パターン3 “休憩したい・食事がしたい” を提案システムに与えた際の鉄道情報空間解析結果

No.	ランキング	鉄道・駅利用サービス
1	1位 (同率)	ホテルメトロポリタン丸の内
2		Wifi スポット
3	3位 (同率)	キッチンストリート
4		GRANSTA
5		北町ダイニング
6		セントラルストリート
7		レストラン
8		待合場所
9	9位 (同率)	ViewGoldLounge
10		黒塀横丁

表 4:入力パターン 4 “長距離切符購入・休憩したい・食事がしたい” を提案システムに与えた際の鉄道情報空間解析結果

No.	ランキング	鉄道・駅利用サービス
ランキング表示なし		

提案方式が情報問い合わせの意味解釈をし、相関量計量を行った結果を図 36 に示す。

図 36 の縦軸はサービス要素/ユーザコンテキスト要素関係空間  $D$  のサービス要素、横軸はユーザコンテキストとサービス要素の相関量を表す。パターン1からパターン4のユーザコンテキストと、サービス要素との相関量が異なることがわかる。“休憩がしたい”“食事がしたい”のユーザコンテキストに対し相関量が高いサービス要素は集会所、介護事業、児童福祉事業、食堂・レストラン、酒場・ビヤホール、喫茶店である。このサービス要素を推定ニーズとして抽出し、を鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  へ写像し、部分空間  $M'$  を選択する意味解釈を行い、相関量を計量した結果を図 37 に示す。

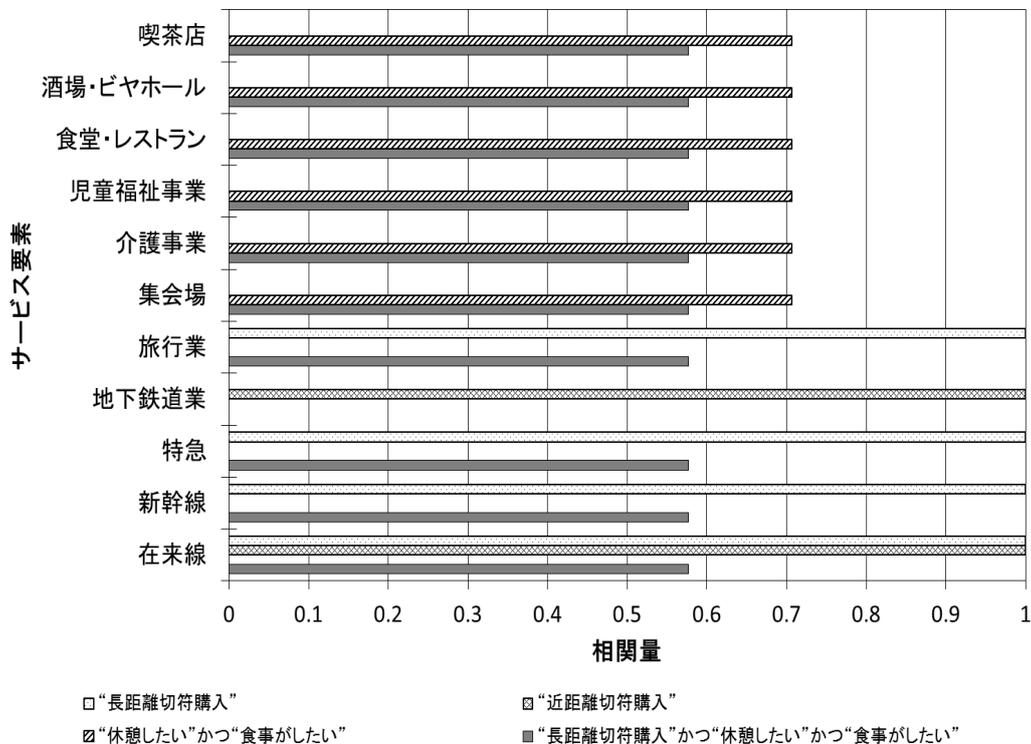


図 36: ユーザコンテキストベクトルとサービス要素ベクトルの相関量計量結果 (相関量 0 のサービス要素は省略)

図 37 の縦軸は施設・店舗等の鉄道・駅利用サービス、横軸は入力パターンと鉄道・駅利用サービスの相関量を示す。鉄道・駅利用サービスごとに相関量が計量されていることがわかる。また、おなじ相関量となった鉄道・駅利用サービスにおいて、デジタルサイネージに表示する項目数の制限から、表示される鉄道・駅利用サービスと表示されないものがあることがわかる。

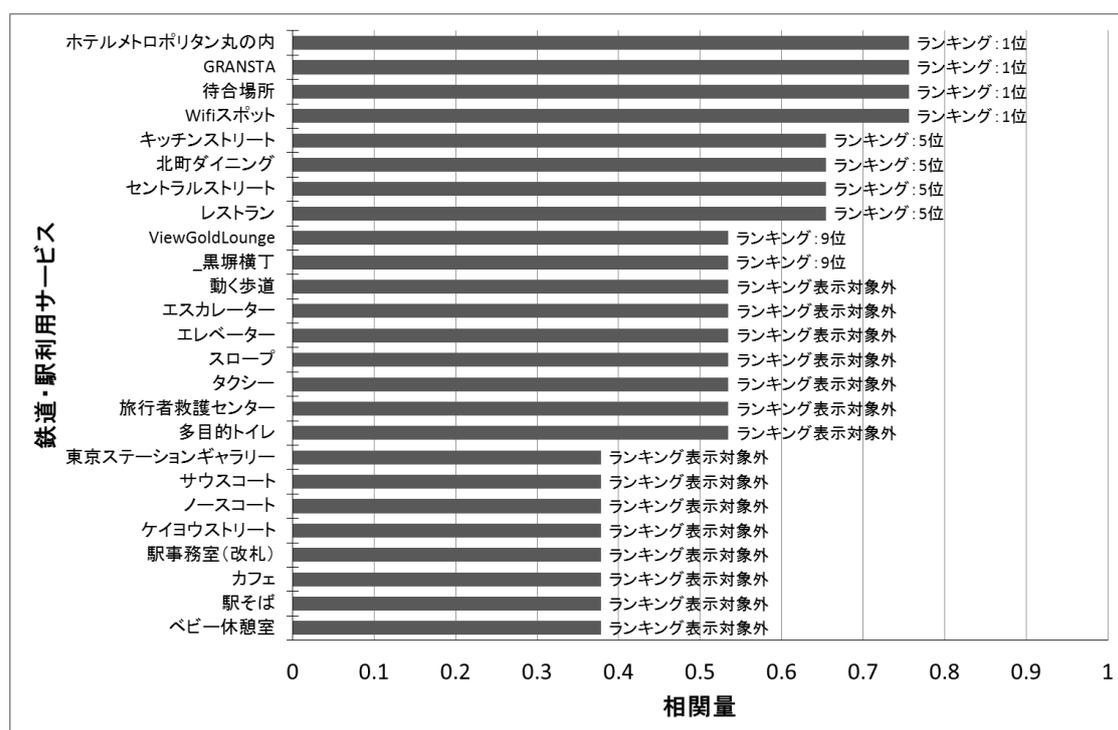


図 37:入力パターン 3 “休憩したい・食事がしたい”の相関量

### 3.3.2 有効性評価実験

本実験の目的は、Railway Context Cube based Database Integration を適用した案内デジタルサイネージシステムによる情報問い合わせ・抽出方式で利用者の鉄道情報空間上における情報獲得の快適性向上に対する有効性評価である。

#### 3.3.2.1 実験条件

本実験では、Web サイトの主観的満足度を定量的に把握するユーザビリティ評価指標を準用した[119]。なお、ユーザビリティ評価における被験者は、通常 5 名から 8 名とされている[117]。本研究では実験の実施場所の都合により、2 名による評価実験と

なった。人数の不足を補うため、ユーザビリティ評価に加え1時間程度のヒアリングによる評価を行うこととした。

- 日時:2017/01/18 14:30-15:30
- 場所:東京駅 丸の内中央改札付近(改札内)
- 被験者:20代 女性 学生2名
- 被験者の東京駅利用頻度:年に数度(2名とも)
- 評価タスク
  - 駅構内に設置した試作システムで駅利用者の状況を想定した施設・店舗検索タスク(4種類)
- 測定方法:アンケート評価法(9分類27項目、5件法)
  - 好感度
  - 役立ち感
  - 信頼性
  - 操作の分かりやすさ
  - 構成の分かりやすさ
  - 見やすさ
  - 反応の良さ
  - 一般的な駅構内図との比較
  - 情報提供におけるユーザの特徴や状況の利用について
  - 自由記述



図 38: 鉄道情報空間上におけるユーザビリティ評価実験の様子

### あなたの状況

あなたは今日、午前中から今まで丸の内で  
ショッピングを楽しんでいました。

そろそろ帰宅しようと思い東京駅改札内に入っ  
てきました。

ショッピングで疲れていますが帰宅しなければな  
らない時間まで余裕があります。  
なお列車は通常運行中です。

図 39: 有効性評価実験で評価者に提示した状況(一部)

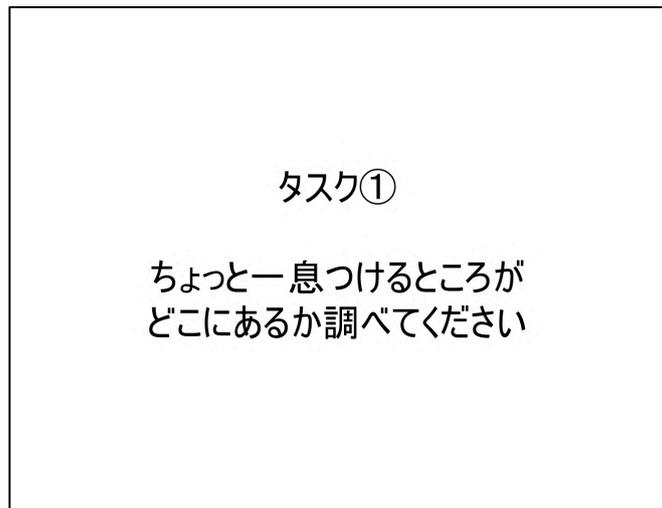


図 40:有効性評価実験で評価者に提示したタスク(一部)

### 3.3.2.2 実験結果

Railway Context Cube based Database Integration を適用した案内デジタルサイネージシステムによる情報獲得の快適性向上に対する有効性について確認した結果を表 5 に示す。また、2 名の被験者から得られた「役立ち感」・「駅構内図との比較」に関するアンケート用紙を図 41、図 42、図 43、図 44 に示す。表 5 から、提案システムは一般的な駅構内図と比較し、情報獲得の点で被験者 A・被験者 B とも優れているという評価が得られた。記述欄には、一般的な駅構内図とは異なり、被験者の選択した施設位置のみが表示されるため、見やすいといった意見がみられた。

アンケート用紙の記載内容で特徴的だったものとして、「新しい未知の情報を探しているワクワク感があった」という意見が見受けられた。これは、試作システムが評価者に情報問い合わせ・抽出を通じて使う喜びを与えたといえる。

表 5:提案モデルをサインページシステムへ適用し、鉄道情報空間上における情報獲得の快適性を評価した結果

評価項目(抜粋)		得られた評価 (5:大変そう思う-1:全くそう思わない)	
		被験者 A	被験者 B
役立ち感	すぐに欲しい情報が見つかる	5	3
一般的な駅構内図との比較	このシステムの方がすぐにわたしの欲しい情報が見つかる	4	5
	このシステムは使いやすいと思う	3	4

2. 役立ち感

大変そう思う									全くそう思わない
2. 1. このシステムではすぐにわたしの欲しい情報が見つかる									
5	—	4	—	3	—	2	—	1	
2. 2. このシステムにはわからない言葉が多く出てくる									
5	—	4	—	3	—	2	—	1	
2. 3. このシステムを使用するのは時間の浪費である									
5	—	4	—	3	—	2	—	1	
・記述欄									
2. 1. につけた評価の理由を教えてください。									
検索から結果表示までの時間が短かった。									
2. 3. につけた評価の理由を教えてください。									
システムを利用しているとき、新しい情報を探しているワクワク感があったため。 (未知の)									

図 41:役立ち感:被験者 A の回答

2. 役立ち感

大変そう思う						全くそう思わない		
2. 1. このシステムではすぐにわたしの欲しい情報が見つかる								
5	—	4	—	③	—	2	—	1
2. 2. このシステムにはわからない言葉が多く出てくる								
⑤	—	4	—	3	—	2	—	1
2. 3. このシステムを使用するのは時間の浪費である								
5	—	4	—	3	—	②	—	1
・記述欄								
2. 1. につけた評価の理由を教えてください。								
<p>すぐに = 1~2回 を保証できなかったが、<sup>検索が</sup>5回 くらいはな... 体感だった。</p>								
2. 3. につけた評価の理由を教えてください。								
<p>紙の地図 は 大分わかりやすいので時間の浪費ではない。          (デジタルは慣れない世代(ここでは浪費(無駄))と見たので 2で?)</p>								

図 42: 役立ち感: 被験者 B の回答

8. 一般的な駅構内図との比較

大変そう思う						全くそう思わない		
8. 1. 駅構内図と比較して、このシステムの方がすぐにわたしの欲しい情報が見つかる								
5	—	④	—	3	—	2	—	1
8. 2. 駅構内図と比較して、このシステムの絵や図表は見にくい								
5	—	4	—	3	—	②	—	1
8. 3. 駅構内図と比較して、このシステムは使いやすいと思う								
5	—	4	—	③	—	2	—	1
・記述欄								
8. 1. につけた評価の理由を教えてください。								
<p>自分の<sup>今の</sup>状況に合わせたロケーションを提示してくれるため。</p>								
8. 2. につけた評価の理由を教えてください。								
<p>詳しい文字やマークがないため。☺が見やすかったため。</p>								
8. 3. につけた評価の理由を教えてください。								
<p>駅構内図は広い視点で図を見なければならぬが、このシステムは必要最低限の広さで見られれば目的が達成されるため。</p>								

図 43: 一般的な駅構内図との比較: 被験者 A の回答

8. 一般的な駅構内図との比較

大きく思う								全く思わない
8. 1. 駅構内図と比較して、このシステムの方がすぐにわたしの欲しい情報が見つかる								
⑤ ——— 4 ——— 3 ——— 2 ——— 1								
8. 2. 駅構内図と比較して、このシステムの絵や図表は見にくい								
5 ——— ④ ——— 3 ——— 2 ——— 1								
8. 3. 駅構内図と比較して、このシステムは使いやすいと思う								
5 ——— ④ ——— 3 ——— 2 ——— 1								
・記述欄								
8. 1. につけた評価の理由を教えてください。 やはり情報が厳選されて表示されるので構内図とは違い、見つけやすい。								
8. 2. につけた評価の理由を教えてください。 現所在地と(角など)目印がないと、見たあと重複することが多い。								
8. 3. につけた評価の理由を教えてください。 私には使いやすいと思う。親・祖父母世代には使いにくいと思う。 → が、うまく検索できないと = 情報を得られない。 (全表示機能がないのが良いのはいいですね)								

図 44: 一般的な駅構内図との比較: 被験者 B の回答

### 3.4 考察

情報問い合わせ・抽出方式の検証実験では、4 パターンの入力に対する出力結果を確認し、各々異なる結果を得られることを確認した。提案方式による情報問い合わせ・抽出方式が実現し、鉄道情報空間の新たな解析が可能になった。

鉄道情報空間上における情報獲得の快適性向上に対する有効性評価実験では、2 名の被験者を対象に、実際の東京駅におけるユーザビリティ評価試験を行った。その結果、試作システムは通常の駅構内図と比較して快適性が優位であることが確認できた。しかし、評価者数が少ないことから、評価者数を増やした有効性評価実験を行う必要がある。

### 3.5 結論

本章では新たな鉄道空間系情報システムとして Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)を適用した案内デジタルサイネージシステムを提案し、鉄道情報空間解析を伴う情報問い合わせ・抽出方式の検証実験により、実現可能性を検証した。

情報問い合わせ・抽出方式の検証実験では、4 パターンのユーザコンテキスト要素を入力し、ユーザコンテキスト要素に応じて鉄道・駅利用サービスのランキングが変化することを確認し、提案システムによる鉄道情報空間解析の実現が可能となった。

情報獲得の快適性向上に対する有効性評価実験では、試作システムを東京駅構内に設置し、評価者2名によるアンケート評価を行った。その結果、快適性向上効果が確認できた。しかし、評価者数が少ないため、さらなる検証が必要である。また、「新しい未知の情報を探しているワクワク感があった」という意見が見受けられた。これは、試作システムが評価者に情報問い合わせ・抽出を通じて使う喜びを与えたと言え、提案方式による新たなサービス創造を示唆していると考えている。

## 第4章 タブレット端末をインタフェースとした RCCDI による鉄道空間解析

### 4.1 目的

本章では新たな鉄道空間系情報システムとして Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)を適用した案内タブレットシステムを提案し、鉄道情報空間解析を伴う情報問い合わせ・抽出方式の検証実験により、実現可能性を検証する。

### 4.2 システム概要

RCCDI の実現可能性を確認するため、駅係員が案内業務にて利用するタブレット端末を想定した、案内タブレットシステムによる鉄道空間解析システムを提案する。提案システムはユーザコンテキスト要素である意図(目的・検索意図)を入力とする。入力されたユーザコンテキスト要素によりユーザニーズに応じた鉄道・駅利用サービスの場所を示す駅構内図を生成する。

鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  については、“みどりの窓口”、“びゅうプラザ”、“カフェ”など東京駅構内 1 階を対象に 195 種の鉄道・駅利用サービスを対象にした。また、これらの名称・概要・営業時間・位置は東京駅 Web サイトから許可を得て取得・利用した[49]。

提案システムは、意味空間を目的(検索意図)と感性の2つの空間に分けて構築することとした。東京駅の Web ページや旅行パンフレット等をもとに、駅・鉄道で提供されているサービスを抽出し、対応する利用者の目的(検索意図)と感性を整理した(図 45, 図 46, 図 47, 図 48, 表 6)

鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  における鉄道・駅利用サービスとサービス要素の関係は鉄道会社社員である著者が定量的に定義した。したがって、意味空間の文脈依存完全性として鉄道社員知識の文脈を設定した(図 50, 図 51)。なお、本システムでは、ユーザコンテキストを意味空間上への写像は恒等写像とするため、サービス要素とユーザコンテキスト要素は同値である。



図 45: サービスの列挙・分類1



図 46: サービスの列挙・分類2



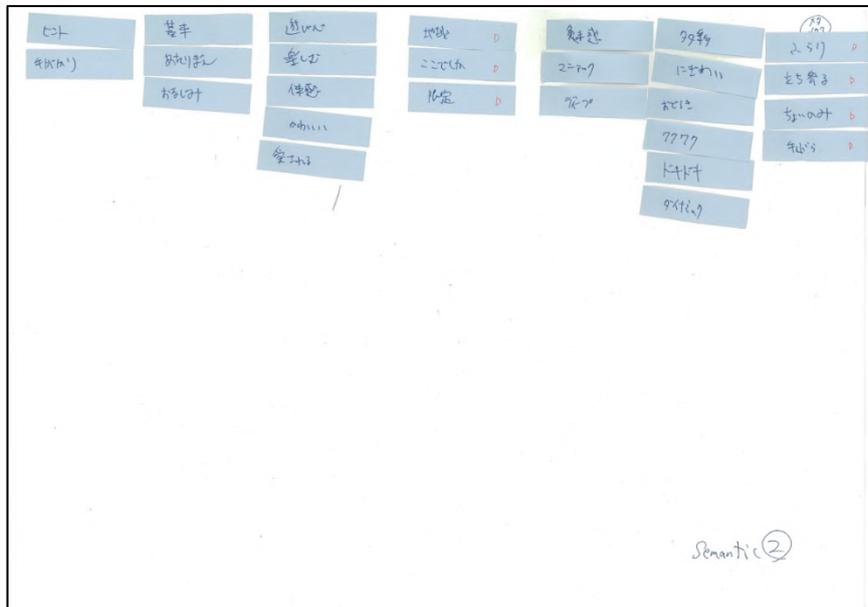


図 49:利用者の状況の列挙・分類2

表 6:タブレット型試作システムにおいて定義した意図・状況の要素

	意図(目的)	状況(感性)
サービス要素	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長距離切符購入</li> <li>・近距離切符購入</li> <li>・駅構内をスムーズに移動したい</li> <li>・休憩したい</li> <li>・食事がしたい</li> <li>・さまざまな情報を知りたい</li> <li>・JR 以外の交通機関を利用したい</li> <li>・待ち合わせをしたい</li> <li>・買い物がしたい</li> <li>・荷物を預けたい</li> <li>・安心・安全な場所に行きたい</li> <li>・インターネットに接続したい</li> <li>・暇つぶしをしたい</li> <li>・新幹線を利用したい</li> <li>・身だしなみを整えたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スピーディー</li> <li>・気軽</li> <li>・おしゃれ</li> <li>・優雅</li> <li>・ほっと一息</li> <li>・おすすめ</li> <li>・お得</li> <li>・ヒント</li> <li>・おなじみ</li> <li>・楽しい</li> <li>・ここだけ</li> <li>・魅惑</li> <li>・にぎやか</li> <li>・ふらり</li> </ul>

店舗・施設 ID	id	I01	I02	I03
	ETI000	0	0	
	ETI001	0	0	
	ETI002	0	0	
	ETI003	0	0	
	ETI004	0	0	
	ETI005	0	0	
	ETI006	1	0	
	ETI007	1	0	
	ETI008	1	0	
	ETI009	1	1	
	ETI010	1	1	

図 50: 鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$ (目的) およびデータ(一部)  
 (id は店舗・施設の番号を表し、I01 はサービス要素(目的)に対応する番号)

id	S01	S02	S03
ETS000	0	1	
ETS001	1	1	
ETS002	1	1	
ETS003	0	0	
ETS004	0	0	
ETS005	0	1	
ETS006	0	0	
ETS007	0	0	
ETS008	0	0	
ETS009	0	0	
ETS010	0	0	

図 51: 鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$ (感性) およびデータ(一部)  
 (id は店舗・施設の番号を表し、S01 はサービス要素(感性)に対応する番号)

- ・ 鉄道情報空間の記憶系の設計

提案システムの記憶系として、Railway Context Cube の概念に基づき設計した鉄道情報空間のデータベーススキーマを図 52 に示す。

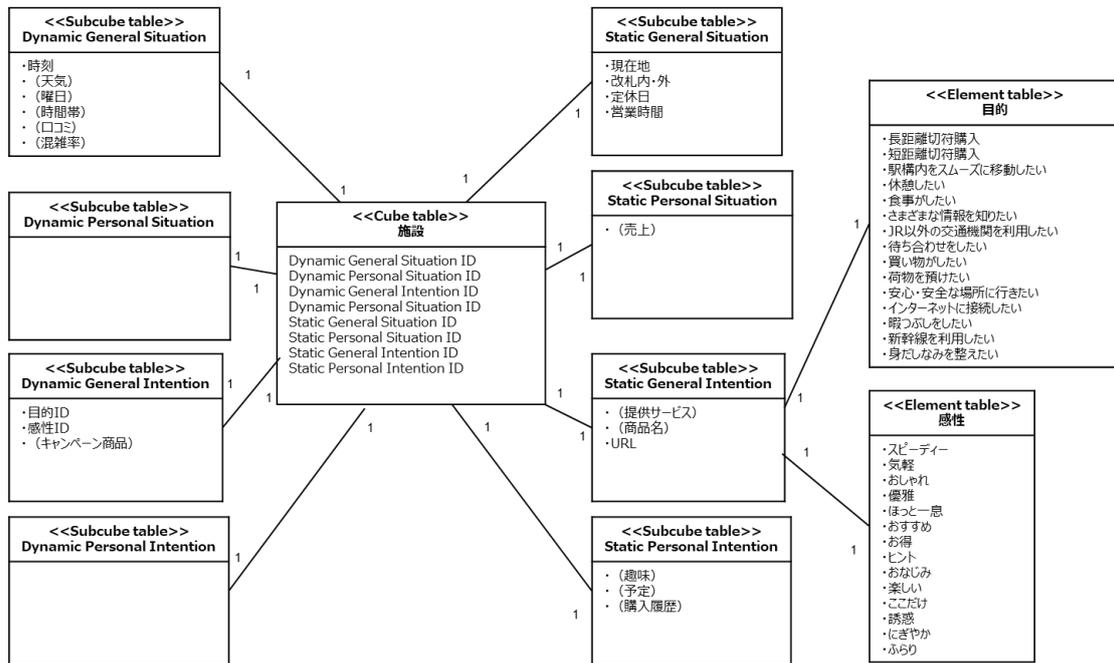


図 52:施設・店舗のデータベーススキーマ

・ 提案システムの構成

提案システムの構成例を図 53 に示す。提案システムは外部ネットワークには接続しない、スタンドアロンシステムとして構築し、実験用 PC (サーバ) に Web サーバ・アプリケーションサーバ・データベースサーバを構築することが可能である。

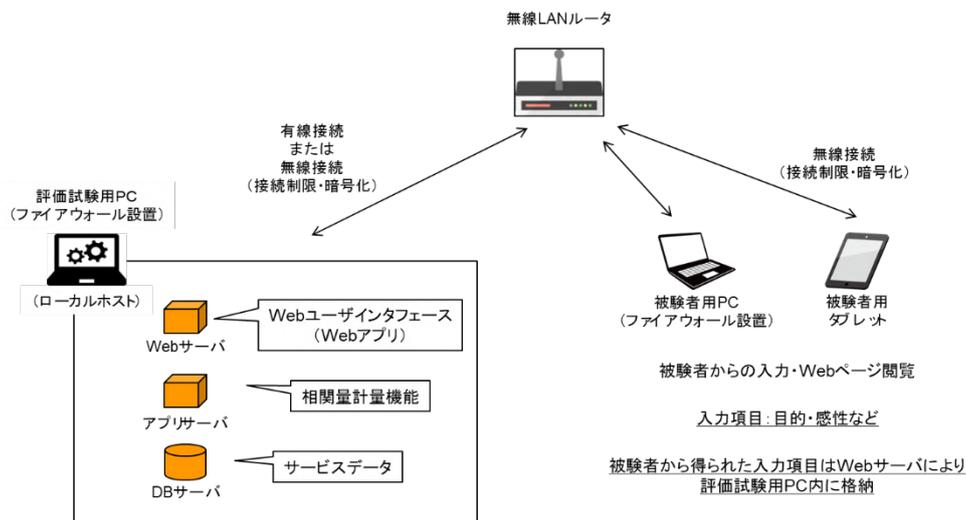


図 53:タブレット型試作システムの構成

提案システムを構成する Web サーバ・アプリケーションサーバ・データベースサーバの概要は以下の通りである。

- Web サーバ

被験者用 PC 等により入力された項目(現在地・目的・感性)をリクエストとして受け付ける入力画面と、アプリケーションサーバからのレスポンスに応じた出力画面を表示する。

- アプリケーションサーバ

入力インタフェースから受け取ったリクエストとサービスの相関量計量を行い、その結果をレスポンスとして Web サーバへ返す。

- データベースサーバ

鉄道情報空間の記憶系として、各サービスの情報(名称、営業時間、店舗概要等)および鉄道・駅利用サービス意味空間  $M$  のデータを格納する。

- ユーザインタフェースの設計

利用者の駅構内での行動に関する選択肢をユーザインタフェースにおいて以下のように設計した。

(1) 検索画面(第一画面):

- 選択ボタン 1: 利用者は自身の現在位置(駅構内地下 1 階、地上 1 階、2 階等)を選択する。
- 選択ボタン 2: 利用者は探したい店舗・サービスの範囲(改札内、改札外等)を選択する。
- 選択ボタン 3(「検索オプション」): 利用者は行動の目的(長距離切符購入、スムーズに移動したい等)を選択する。
- 選択ボタン 4(「検索オプション」): 利用者は行動の基準となる感性(スピーディー、気軽、おしゃれ等)を選択する。

なお、選択ボタン 3, 4 における利用者の行動の目的および感性については、第 2 章に示した利用者の意図・状況の要素を選択肢として設定した。

(2) 結果表示画面(第二画面):

- 「総合スコア」順に、検索結果を表示する。
- 利用者のアクセス時(検索実行時間以内)において、営業時間以内の店舗・サービスを一覧表示する。
- 結果一覧においては、1) 店舗・サービスの地図上の位置、2) 店舗・サービス名、3) 現在位置からの距離、4) 総合スコア(0.2 ポイントきざみで★で表示)を表示する。
- 地図インタフェース上では、店舗・サービスの地図上の位置をマーカーで表示する。マーカーの番号は、地図上の“番地”に相当する。利用者の現在地についても別マーカーで表示する(図 54、図 55)。

- ・オプション 1: 利用者は、表示内容を「総合スコア・目的スコア・感性スコア・(物理的)距離」から選択し、絞り込むことが出来る。
- ・オプション 2: 表示件数を「10 件・20 件・全件」から選択することが出来る。

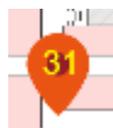


図 54: 店舗・サービスの地図上の位置 (番地) を表すマーカー      図 55: 利用者の現在地を表す黒枠マーカー

(3) 詳細表示画面(第三画面):

- ・第二画面上に表示される検索結果のうち、店舗・サービス名を選択すると、その店舗・サービスの詳細について表示する画面を表示する。

## 4.3 実験

### 4.3.1 情報問い合わせ・抽出方式の検証実験

本実験の目的は、Railway Context Cube based Database Integration を適用した案内タブレットシステムにより鉄道情報空間の解析を伴う情報問い合わせ・抽出方式の検証である。

#### 4.3.1.1 実験条件

提案システムの入力として、以下の5パターンのユーザコンテキストを検索条件として与えた。

・検索条件1

- ・利用者の現在位置: 駅構内 1 階、改札内中央、検索対象: 改札内、 検索オプション: 目的「選択なし」、感性「選択なし」
- ・RCC (Dynamic / Situation / Personal) の象限に対応

・検索条件2

- ・利用者の現在位置: 駅構内 1 階、改札内中央、検索対象: 改札内外両方、検索オプション: 目的「休憩したい」、感性「選択なし」

- RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応
  
- 検索条件3
  - 利用者の現在位置: 駅構内 1 階、改札内中央、検索対象: 改札内、検索オプション: 目的「休憩したい」、感性「選択なし」
  - RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応
  
- 検索条件4
  - 利用者の現在位置: 駅構内 1 階、改札内中央、検索対象: 改札内外両方、検索オプション: 目的「休憩したい」、感性「優雅」「魅惑」
  - RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応
  
- 検索条件5: 利用者の現在位置: 駅構内 1 階、改札内中央、検索対象: 改札内、検索オプション: 目的「選択なし」、感性「優雅」「魅惑」
- RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応

#### 4.3.1.2 実験結果

提案システムへ入力パターンを与え、表示された画面を図 56 から図 75 に示す。すべての入力パターンで評価者および施設・店舗の位置および距離、店舗が表示され、提案システムによる鉄道情報空間解析が実行され情報問い合わせ・抽出方式が実現されていることが確認できた。



図 56:【検索条件 1】利用者の現在位置:駅構内 1 階、改札内中央、検索対象:改札内、検索オプション:目的「選択なし」、感性「選択なし」・・・RCC (Dynamic / Situation / Personal) の象限に対応



図 57:【検索結果 1-1】表示順:総合スコア、表示件数:10 件(改札内の店舗・サービス全 102 件中、利用者のアクセス時(検索実行時間以内)において、営業時間以内の店舗・サービス 10 件を表示)



図 58:【検索条件 2】利用者の現在位置: 駅構内 1 階、改札内中央、検索対象: 改札内外両方、検索オプション: 目的「休憩したい」、感性「選択なし」、RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応



図 59:【検索結果 2-1】表示順: 総合スコア、表示件数: 10 件、ランカー位: 「ベックスコーヒーショップ」(改札内外の店舗・サービス中、利用者のアクセス時(検索実行時間以内)において、営業時間以内の店舗・サービス 10 件が表示されており、かつ、利用者の現在地に最も近く(map55)、目的「休憩したい」に合致した店舗がランカー一位を表示)



図 60:【詳細画面 2-1】ランカー位:「ベックスコーヒーショップ」(結果画面においてランカー位に検索された店舗名をクリックし店舗の詳細情報を表示)



図 61:【検索結果 2-2】表示順:距離、表示件数:10件、ランカー位:「STANDBY TOKYO」  
(表示順を「総合スコア」から「距離」に変更し、現在地 (map55) にある別の店舗をランカー位として表示)



図 62:【詳細画面 2-2】ランカー位:「STANDBY TOKYO」(雑貨とカフェ)



図 63:【検索条件 3】利用者の現在位置:駅構内1階、改札内中央、検索対象:改札内、検索オプション:目的「休憩したい」、感性「選択なし」、RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応 (検索対象を改札内に限定した場合)



図 64:【検索結果 3-1】表示順:総合スコア、表示件数:10 件、ランク一位:「STANDBY TOKYO」(改札内(黄色の範囲内)の店舗・サービス 9 件を表示。地図上では、同じ場所の複数の店舗は、マーカーを重ねて表示)



図 65:【検索条件 4】利用者の現在位置:駅構内1階、改札内中央、検索対象:改札内外両方、検索オプション:目的「休憩したい」、感性「優雅」「魅惑」、RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応 (感性オプションを追加)



図 66:【検索結果 4-1】表示順:総合スコア、表示件数:10 件、ランカー位:「丸の内一丁目しち十二候」  
 (ランカー位、二位に別の店舗が登場)



図 67:【詳細画面 4-1】ランカー位:「丸の内一丁目しち十二候」(日本料理)  
 (距離はやや離れているが、目的「休憩したい」と感性「優雅」「魅惑」に合致した店舗が表示)



図 68:【検索結果 4-2】表示順:目的スコア、表示件数:10 件、ランカー位:「メトロポリタン丸の内」  
 (目的「休憩したい」のスコア順に表示した結果。総合スコアは低いが、目的順で並べた場合のランカー位の店舗・サービスを表示。)



図 69:【詳細画面 4-2】ランカー位:「メトロポリタン丸の内」(ホテル)



図 70:【検索結果 4-3】表示順:感性スコア、表示件数:10 件、ランカー一位:「うに屋のあまごころ」  
 (感性「優雅」「魅惑」のスコア順に表示した結果。総合スコアは低いが、感性順で並べた場合のランカー一位の店舗・サービスを表示)



図 71:【詳細画面 4-3】ランカー一位:「うに屋のあまごころ」(日本料理)  
 (距離はやや離れているが、感性「優雅」「魅惑」に合致した店舗を表示)



図 72:【検索結果 4-4】表示順:距離、表示件数:10 件、ランク三位:「ティラミススペシャルティ シークューブ」  
 (距離に近い順に表示した結果。感性「優雅」「魅惑」に合致し、かつ、距離に近い店舗が三位に表示)



図 73:【詳細画面 4-4】ランク三位:「ティラミススペシャルティ シークューブ」(カフェ)  
 (距離はやや離れているが、感性「優雅」「魅惑」に合致した店舗を表示)

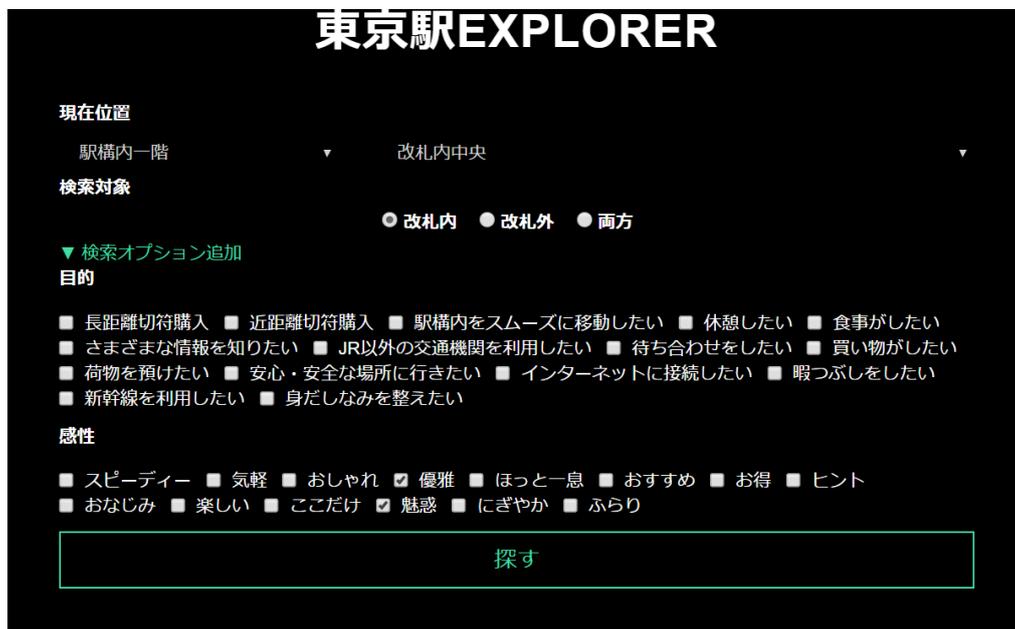


図 74:【検索条件 5】利用者の現在位置:駅構内1階、改札内中央、検索対象:改札内、検索オプション:目的「選択なし」、感性「優雅」「魅惑」、RCC (Dynamic / Situation / Personal)、(Dynamic / Intention / Personal)の象限に対応 (検索オプションの目的の選択がなく、感性のみで検索をした場合)



図 75:【検索結果 5-1】表示順:総合スコア、表示件数:10件、ランカー位:「ティラミススペシャルティシューキューブ」 (該当する検索結果として、2件のみを表示)

さらに、以下の入力パターンにおいて鉄道情報空間の相関量計量結果を可視化することで、情報問い合わせ・抽出方式の検証を行った。

- 検索条件
  - 実行時刻: 午後3時4分10秒
  - 空間(位置): 東京駅丸の内中央口改札内
  - 目的「食事がしたい」「暇つぶしをしたい」
  - 感性「気軽」「ほっと一息」「ふらり」

検索条件を提案システムに与え、パラレルコーディネートで可視化した結果を図 76 に示す。パラレルコーディネートとは計測した軸を互いに平行に配置してその値を可視化する方法である。横軸は計量項目である空間的相関量、意味的相関量(目的)、意味的相関量(感性)、統合相関量とし、縦軸は計量項目の値を示す。図 76 で表示されている折れ線は、それぞれ施設・店舗を表す。なお、表示されている施設・店舗は統合相関量 0.1 以上のものである。

図 76 から、各施設・店舗において、時間的相関量・意味的相関量(目的)・意味的相関量(感性)・統合相関量の計量結果が示されている。

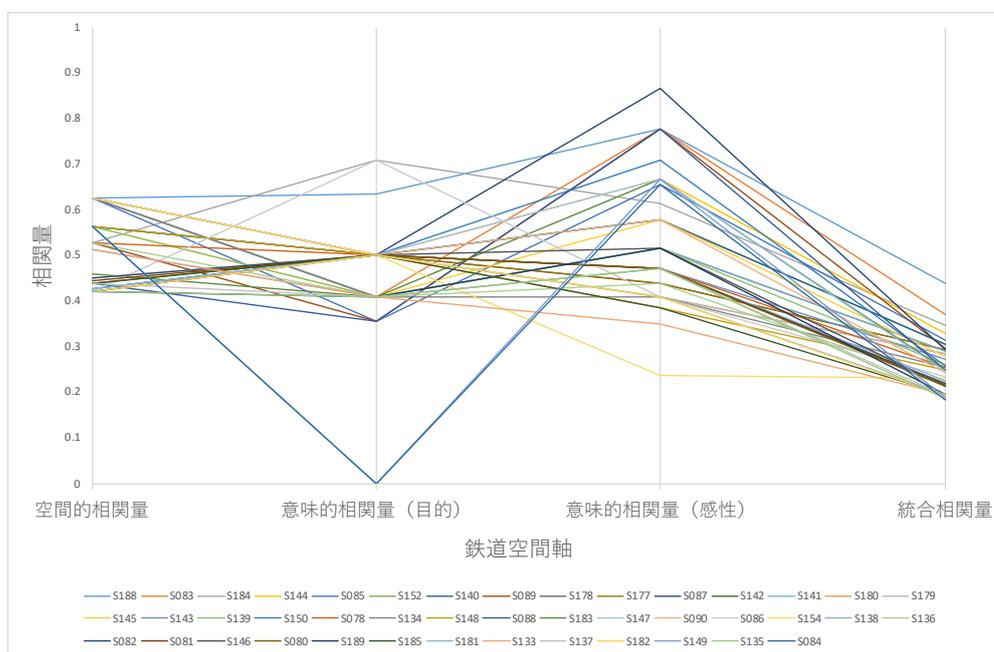


図 76: 提案システムにより鉄道情報空間を解析した結果の可視化結果

時間的相関量については、施設・店舗の営業状態に関する試作システムのパラメータを確認した。その結果を図 77 に示す。boolServOpen というパラメータが営業状態(true)になっており、時間的相関量計量が実現されたことを確認した。

```
...{"strFacilityId":"S188","strFacilityName":"ヒント インデックス ブック",  
"boolServOpen":true,...
```

図 77: 提案システムによる鉄道情報空間の時間相関量計量結果の可視化

## 4.3.2 有効性評価実験

### 4.3.2.1 ユーザビリティ評価

#### ・実験条件

提案システムを、実際に駅構内にて評価者に使用させ、鉄道情報空間上における情報獲得の快適性に関する有効性評価実験を実施した。実施概要を以下に示す。

- ・日時: 2018年5月16日～2018年5月25日 延べ6日間
- ・場所: 東京駅 中央通路北改札内、丸の内北口改札外、丸の内中央口改札内
- ・評価者数: 18名(内訳: 調査会社会員10名、大学関係者8名)
- ・評価タスク
  - ・試作システムで駅利用者の状況を想定した施設・店舗検索を実施
- ・測定方法: アンケート評価法(5件法)にて、System Usability Scale 等の評価および自由記述を取得した。

フィールド試験実施場所を図 78、評価者のプロフィールを図 76 から図 85 に示す。プロフィールの通り、多様な被験者から評価を取得した。

なお、ユーザビリティの問題検出のための実施人数は、5人で十分であるという考え方が広く普及している。そのため、本実験の評価者数は、ユーザビリティ評価に十分な人数であるといえる。



図 78:フィールド試験実施場所

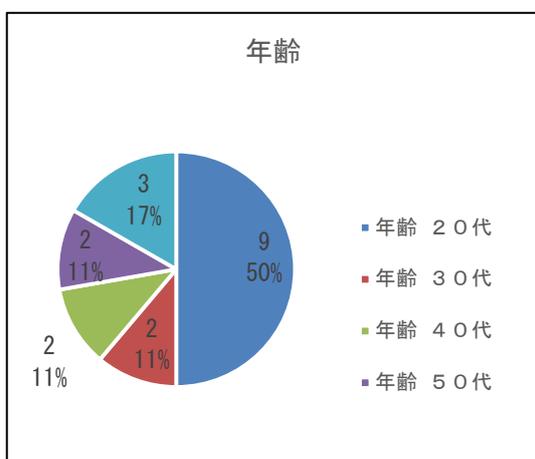


図 79:評価者プロフィール(年齢)

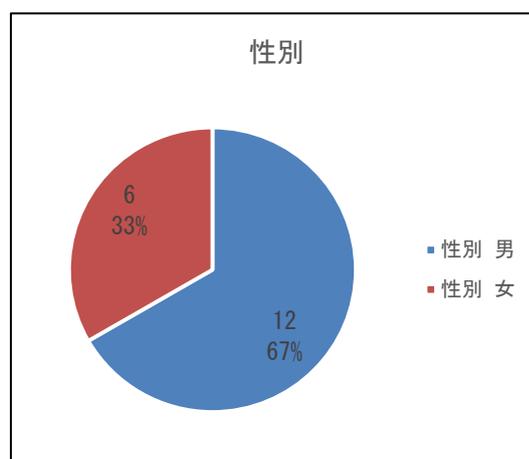


図 80:評価者プロフィール(性別)

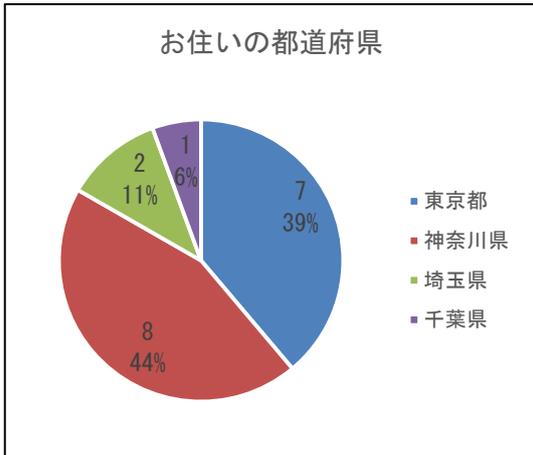


図 81: 評価者プロフィール(居住地)

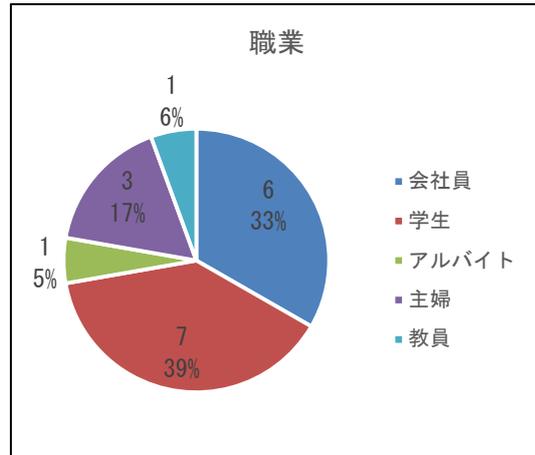


図 82: 評価者プロフィール(職業)

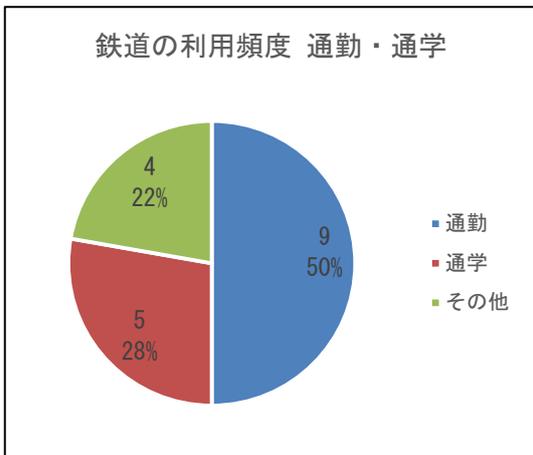


図 83: 評価者プロフィール(利用目的)

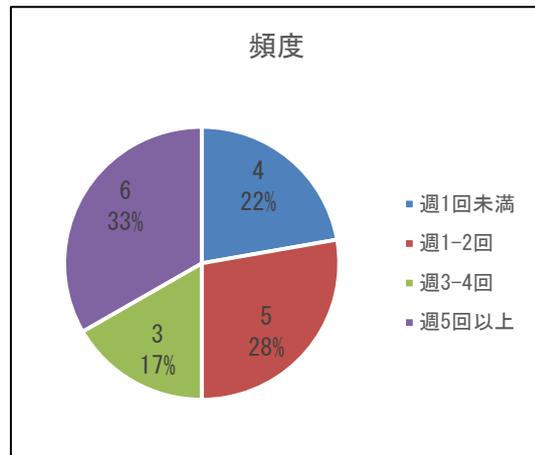


図 84: 評価者プロフィール(利用頻度)

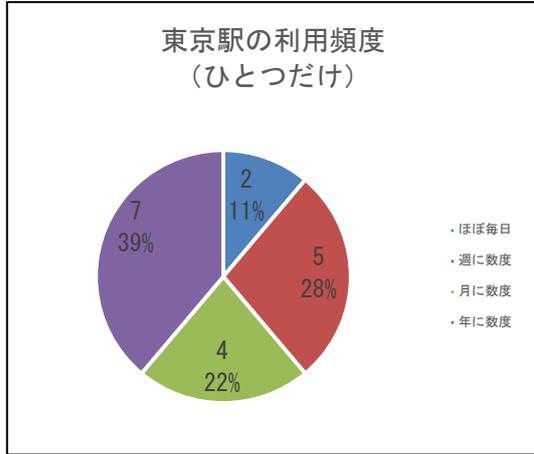


図 85: 評価者プロフィール  
(東京駅利用頻度)

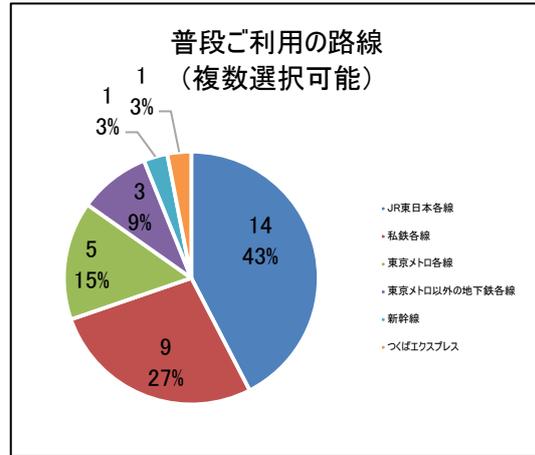


図 86: 評価者プロフィール(利用路線)

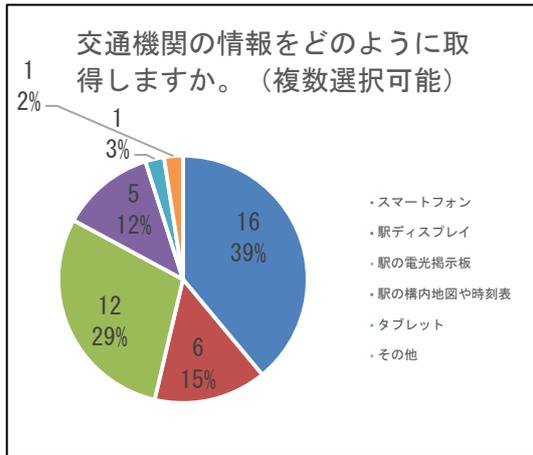


図 87: 評価者プロフィール  
(情報取得手段)

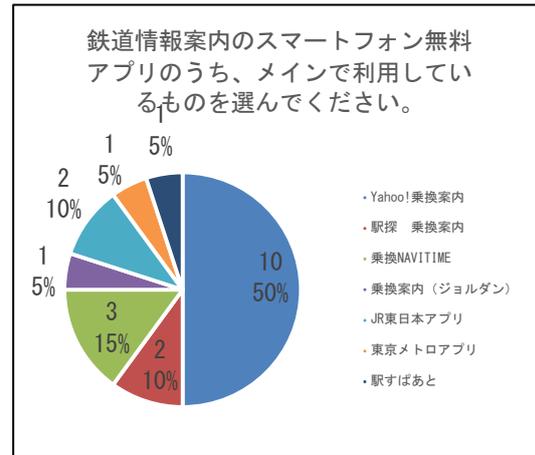


図 88: 評価者プロフィール(利用アプリ)

評価試験の実施手順は下記のとおりである。

1. 東京駅丸の内地下中央改札にて待ち合わせ
2. 東京駅構内控室に移動
3. 控室にて、試験概要説明およびプロフィール記入
4. 東京駅構内にて試作システムを操作し情報検索
5. 控室に戻り、アンケート記入
6. 東京駅丸の内地下中央改札にて解散

以上の内容を、各評価者に実施した。

各実施場所における試作システムの操作時には、東京駅での利用シーン例および検索課題(タスク)カードを提示し、情報検索を行わせた。利用シーンおよびタスクは以下の通りである。

① 利用シーン:中央通路北改札内

あなたは現在、東北地方への旅行のため、東京駅にて在来線から新幹線に乗り換えようとしています。乗り換えのため、新幹線改札付近まで来ました。乗り換え時間は少し余裕がありますが、切符はこれから購入する必要があります。なお列車は通常運行中です。

➤ タスク①-1

出発時間まで15分ほどの余裕があるので買い物をする店舗を調べてください。

② 利用シーン:丸の内北口改札外

あなたは今日、午前中から今まで東京駅付近で観光を楽しんでいました。そろそろ帰宅しようと思い東京駅丸の内北口 改札外に来ました。疲れていますが、帰宅しなければならない時間まで余裕があります。なお列車は通常運行中です。

➤ タスク②-1

ちょっと一息つけるところがどこにあるか調べてください。

➤ タスク②-2

帰宅時間まで余裕があるので寄り道する場所を調べてください。

③ 丸の内中央口改札内

利用シーンおよびタスクを被験者に設定させた。

図 89 から図 93 に実施した際の様子を示す。



図 89:控室での事前説明



図 90:試作システム操作の様子(中央通路北)



図 91: 試作システム操作の様子(丸の内北口改札外)

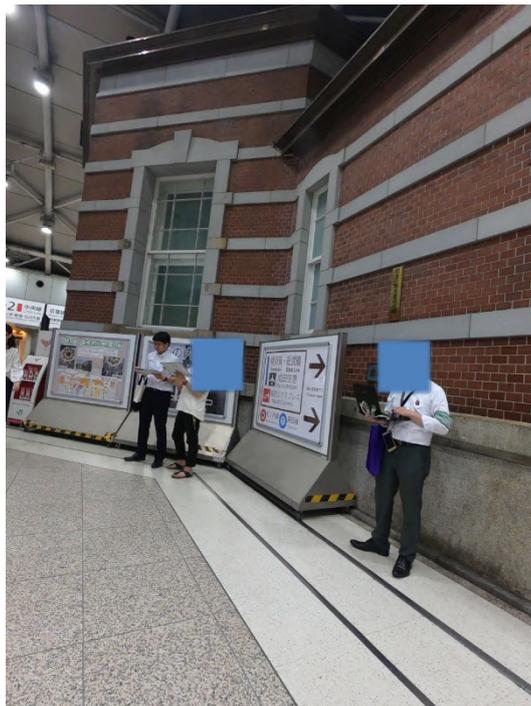


図 92: 試作システム操作の様子(丸の内中央口改札内)



図 93: アンケート記入の様子

・実験結果

・鉄道情報空間上の情報獲得の快適性評価

提案システムにおける鉄道情報空間上の情報獲得の快適性評価結果を図 94 に示す。すべての項目において肯定的な評価が半数以上を占めた。

提案システムを使ってみたいという評価が 70%以上となった。特に、「このシステムを使い始める前に、多くのことを学ぶ必要があると思った」については、そう思わない・全くそう思わないが 80%以上となっていた。

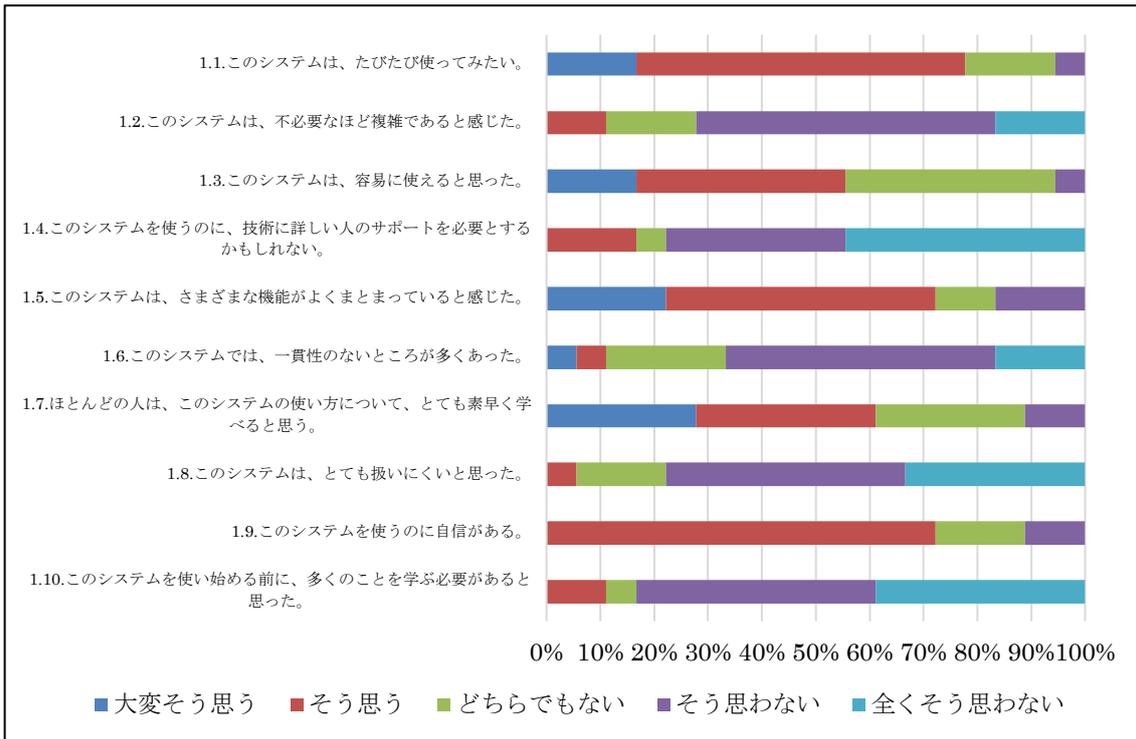


図 94: 鉄道情報空間上における情報獲得の快適性評価結果

システムのユーザビリティの度合いを大まかに測定できる SUS(System Usability Scale)を算出した。その結果を図 95 に示す。横軸は、SUS の評価項目を 0 点から 100 点に変換したスコアを表す。80 点以上は相対的によく、60 点以下は相対的に悪いという評価が与えられる。評価者の SUS のスコアに関する差が確認され、被験者 18 名のうち、よいと評価した被験者は 5 名、悪いと評価した被験者は 4 名であり。平均は 70.97 点であった。

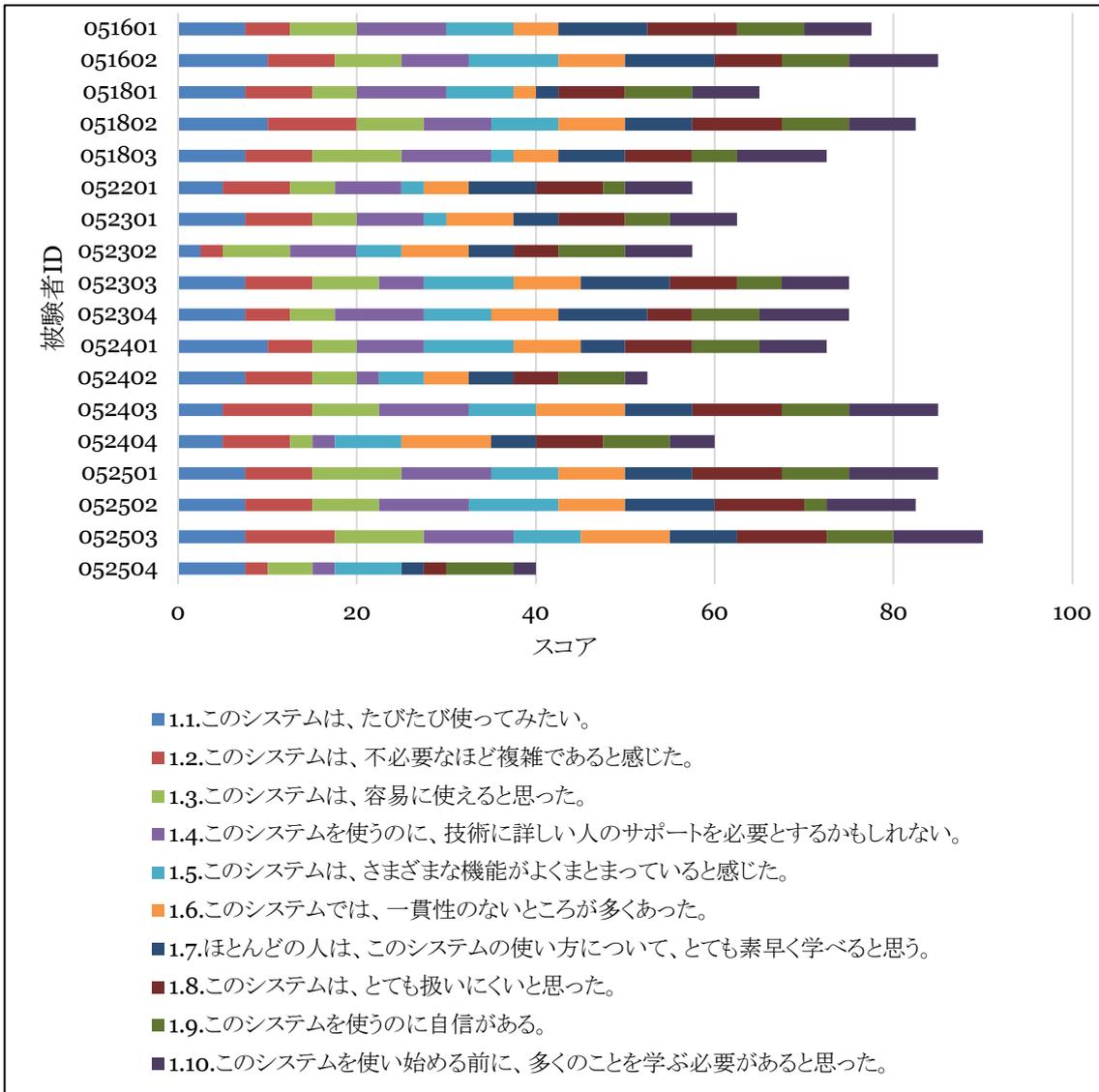


図 95: 鉄道情報空間上における情報獲得の快適性評価結果(評価者別)

本項目に関する自由記述を下記に示す。便利、使いやすい、わかりやすいという意見を複数得ることができた。一方で、画面遷移が行いにくい、表示の意味がわかりにくい、サービスと地図の位置関係がわかりにくいなどの表示画面に関する改善要望が多く見受けられた。

● 使いやすさに関する自由記述(抜粋)

- 目的と感性を元に店を示してくれるのは、とても便利だと思いました。
- 概ね出したい場所が出て来て、そこまでの距離も出てくるのは親切であった。
- 検索したい部分がもう少し詳細に選べると良いと思った。食事なのかチケットなのかお土産なのかなど。

- 全く知らない場合であれば、とても便利だと思いました。ただ、ドンピシャな回答ではないと感じました。
- 普通に使うのに難しさがあるとは全く思わないが、特別なシチュエーションや複雑な目的の場合にどの感性を選択するべきかが難しいと思った。
- 選択の意図を理解するのに時間が少しかかると感じたから。
- 気持ち等が細かく分析されていて、すごいなと思いました。でも、年配の方には慣れるまでは時間がかかると思いました。
- 感性が曖昧であり、多く入力すべきか選んで入力すべきか戸惑った。操作自体はとてもわかりやすいと思いました。
- まずは、食事とお土産が混在しているところがあったのと、複数の条件をクリックすると全く期待していないものが出てくるので、もう少し絞り込んだものが欲しいと思いました。(弁当と食事、お土産も東京のものかそうでないかなど)

・鉄道情報空間上における目的・感性に基づく情報獲得の快適性評価結果の評価  
 目的・感性的な情報獲得による項目の評価を図 96 に示す。全ての項目において、大変そう思う、そう思うが 60%以上となった。「将来性を感じる」、「エキナカ・マチナカで使いたい」の項目はたの項目と比べて 80%以上と高い評価を得た。また、「友達にもすすめたい」、「頻繁に使いたい」は 70%以上となった。

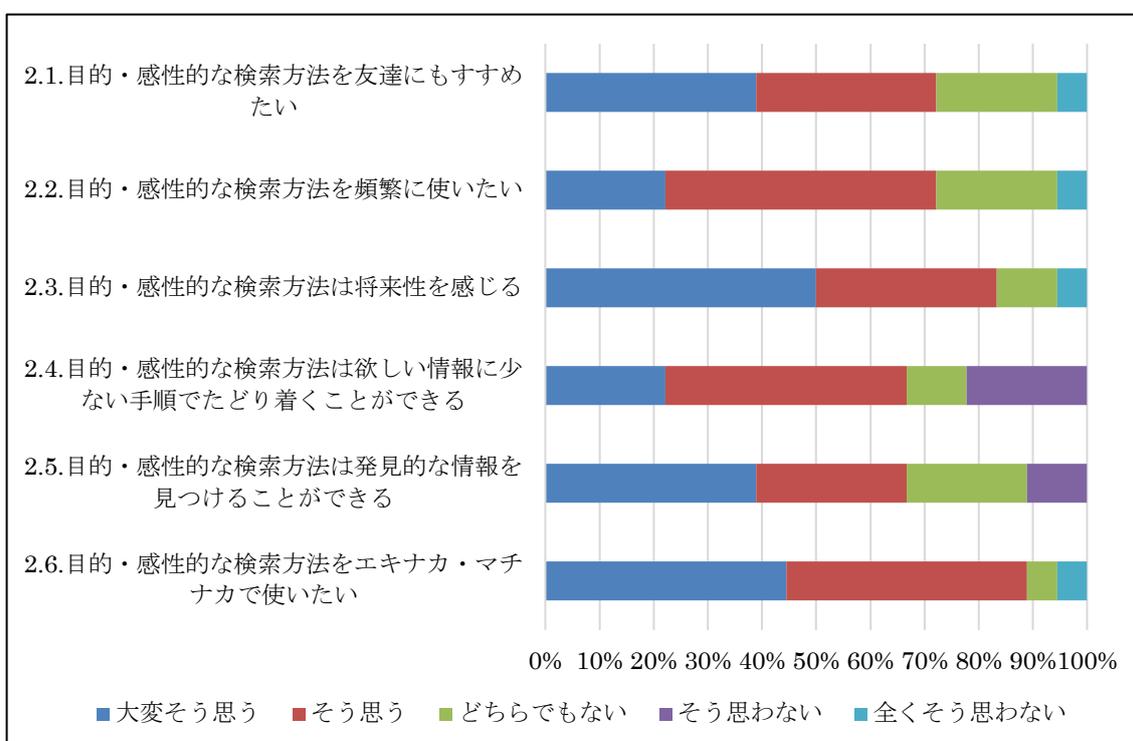


図 96: 目的・感性的な検索方法の評価

本項目に関する自由記述を下記に示す。発見的で便利、知らない場所が出てきて親切、店の売り上げ向上につながる、少し時間を潰すのに役立つ、選択肢が広がる、地方から来た人・海外の人への有効性に関する意見を得ることができた。一方で、欲しい情報が埋もれてしまうといった、絞り込みが十分にできていない意見がいくつか見受けられた。

● 検索方法に関する自由記述(抜粋)

- 食事がしたいとスピーディーという目的・感性を駅中で検索したが、お弁当など想定していたものの他に中華店(軽食)の店が出て来たので発見的であったし便利だと感じた。
- 知らない場所等がすぐに出てくるのは親切で、店の売上向上にも繋がると思った。目的、感性的な検索方法も、慣れればもっと使いこなせると思った。
- 感性による選択機能は新しく将来性がある
- 地方から来た人や海外の人などには知らない情報を提供することができると思った。
- 先進的な検索方法だと思いました。その時の「気分」というのはとても大事なので。
- 目的別はエキナカなどの方がわかりやすい気がする。
- 目的と感性を組み合わせると、個人のその時の気分に合ったより詳細な目的を抽出できると思う。ただ、行きたい場所の感じがイメージできる時には使えるが、目的と感性から、「こういうところに行きたかった」と発見させられるようなことは今回はなかった。
- 自身の選択肢が広がると思うから。
- 目的等を絞り込んで探せるのはとても便利だと思います。
- 目的の店が決まっていないときに便利。おすすめ度のロジックがわからないので不安。少し時間を潰すのに役立つ。
- 本当に目的が定まっている時は感性的な検索は不要だと感じました。多くの場合、目的はぼんやりしているので、この検索はとても有用だと感じます。
- エキナカが複雑な駅だと、すごく便利になりそうな気がした。でも、混在する条件を自分で考える必要があって、初めて来る人には混乱を招く恐れがある。

・他のシステムにより構築された情報空間上での情報獲得快適性の比較

提案システムと、評価者が普段利用している案内システム(アプリ)との比較評価結果を図に示す。すべての項目において試作システムの肯定的な評価が評価者の普段利用している案内システムの肯定的な評価を上回った。「欲しい情報に少ない手順でたどり着くことができる」においては、評価者の50%が試作システムへ肯定的評

価を与えた一方で、普段利用しているシステムが優位であるという評価は約 20%にとどまった。また、「欲しい情報にたどり着くまでの負担が少ない」に対して肯定的な評価を与えた評価者は 60%であった。一方で、普段利用しているシステムが優位であるという評価者は 10%に満たなかった。

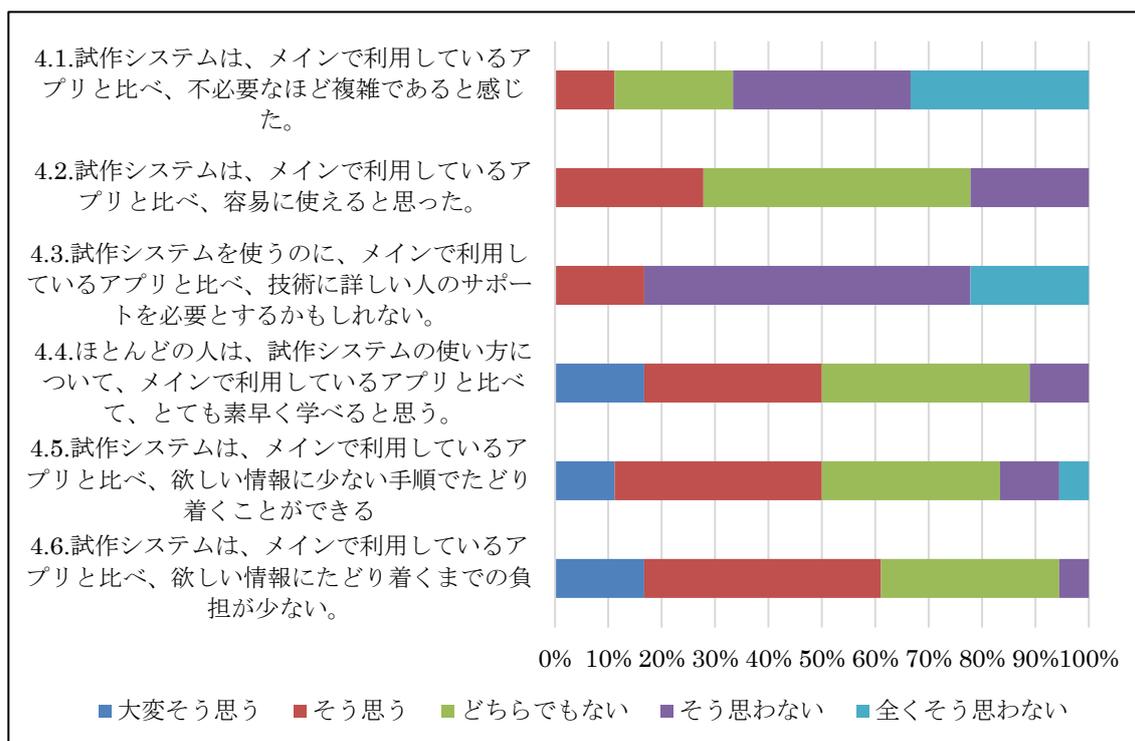


図 97: 提案システムと評価者が普段利用しているシステムとの情報空間上における情報獲得快適性の比較評価

● システムの比較に関する自由記述 (抜粋)

- ◇ google map などはお店検索以後が道順など出てとても楽である。一方でお店を選ぶ負担があり、このシステムでは選ぶ負担が少なかった。
- ◇ どんな人にも使いやすく、わかりやすいシステムだと感じたため。また、情報もコンパクトなので、欲しいものが見つかりやすいと思います。
- ◇ メインのアプリは使用手順がかなり多く、面倒なことも多い。それに比べて、試作システムは手順が少なかった。直感的な検索ができた。
- ◇ 例えば食事する際、検索に google map や食べログを利用するが、それに比べると情報へのたどり着きやすさは劣ると感じた。逆に駅構内の地理的情報については他のアプリより便利だと感じる。
- ◇ 検索のしやすさが上がれば使いやすいアプリにできると思う。
- ◇ 使いやすさは同じような感じだと思いました。

- ◇ 普段は、乗り換えに必要な情報を得るのにアプリを利用している。今回のシステムは目的や感性をいくつも用意しているため、すぐに欲しい情報は得られないが、より詳細な目的も加味してくれる部分に利点があると思う。
- ◇ 交通以外は、普段、マップ等のアプリを利用しているが、それより、より特化しているため、有意性があると思う。
- ◇ 目的に気持ちのような選択があったので使いやすいです。
- ◇ 使いこなすまでに多少時間が必要かもしれません。店の情報が普段使いのアプリの方が詳細です。東京駅全体がわかるので、その点では、とても便利で助かります。
- ◇ 感性や目的等がある分、こちらの方が使いやすいのではないかと思います。
- ◇ フリーワードはアプリの方が便利。時間を潰すなら試作の方が便利。
- ◇ 感性検索というもの自体があまり馴染みないものだと思うので、使い始めにはサポートが必要だと思います。慣れればとても容易に使用できると思いました。
- ◇ 情報が多すぎて、どれが良いのかがイマイチよくわからなかった。もう少し条件を絞れるようにしてほしい。

自由記述欄に記載された内容を下記に示す。

- 目的と感性による店検索はとても便利なのでぜひ実現して欲しいなと思いました。
- このシステムが、東京駅アプリみたいな感じで実現したら、とても便利で使いたいなと思いました。また、初めて日本にくる外国人の方や、東京駅を使い慣れていない人に特に良いアプリになるのかな？と思いました。(普段から使う人も十分使えると思いますが)
- 試作システムがさわられて、鉄道事業者が、お客様の利便性をアプリによって高めようとしているということがわかり、興味深かった。システムのリリースを心待ちにしています。
- 地図アプリのUIに慣れているため、地図上の情報表示について不便に思うことがあった。店内写真が一枚ではなく数枚になると店やその場の雰囲気がさらに分かりやすいと思う。構内・構外のフィルターや結果のソートについては便利に使えた。
- 食べるところか、買えるのか、食事なのか、チケットなのかなど色分けもしくは検索表記の仕方なのかが違うと分かりやすいと感じました。
- ちょっと空いた時間に何かしたいというときは、結構頭の中に具体的に浮かんでいることも多く(弁当が買いたい、化粧を直したい)そういう意味では、こちらからもキーワード検索できる機能があるともっと良いと思いました。
- 自分で言葉を入れたらお店や場所が出るともっと使いやすいと思う。

- 利用する目的や感性は、分かりやすく簡単になったもののために、実際にどれを使えば良いか悩むことが多かった。特に感性は、自分の中で言語化できるものと、はっきりと言語化できない感情もあるので、どれを選択すれば今の自分にあった案内が出るのか難しかった。
- 特に東京駅では混雑がひどいため、感性に合った移動(すいている道)を含めたナビゲーションがあると良さそうと感じた。
- 外国人のお客様をぜひ案内したいと思いました。とにかく広いので、お借りできたらスムーズに迷子にならずに案内できると思いました。
- 階を横断してみたい。シンプルで使いやすい。感性ワードで想像しにくいところがあった。
- 駅では時間を気にすることが多いため、大体でも所要時間がわかっただけでもより良いと思いました。特に、「スピーディー」や「暇つぶし」などの単語を選んだ際はとても気になります。複数の目的を選んだ際、どの目的を満たす場合なのかかわかるとより良かったです。どの目的がより重要か、優先順位をつけられるとより高度な検索ができると思いました。
- 全体を通して、良いシステムであるが、より具体性(表現・目的・カテゴリーなど)が必要

#### 4.3.2.2 情報問い合わせ・抽出結果の有効性評価

提案システムの情報問い合わせ・抽出能力の評価実験を行なった。実験の概要は以下の通りである。

- 実施期間:2018年4月22日～2018年5月8日
- 実施場所:慶應義塾大学研究室内
- 評価者:20歳から26歳の大学生・大学院生 男女計10名
- 評価方法
  - 評価者に東京駅利用シーンを12シーン提示し、鉄道・駅利用サービスごと(計195)に適合・不適合を選択させるアンケートを実施(図98、表7)。
  - 適合を1、不適合を0とし、それぞれの利用シーンの各鉄道・駅利用サービスにおいて、評価者の適合値の平均値を算出する。
  - 平均値が0.5以上の場合、その利用シーンのサービスが適合、それ以外を不適合とする。これを正解データとする。
  - 提案システム側では0から1までの連続値となり、0.5以上を適合、それ以外を不適合とする。これを検証データとする。
  - 各シーンにおいて、正解率・適合率・再現率・F値を算出する。

- ◇ 正解率: 試作システムが適合・不適合を適切にできたかどうか  
計算式: 検証データが正解データと一致した数 ÷ 各シーンのデータ数
- ◇ 適合率: 検索対象の文書群の中から、正しく検索された文書の割合  
計算式: 適合予測が正しかったデータ数 ÷ 適合と予測したデータ数
- ◇ 再現率: 網羅的な検索ができたか  
計算式: 予測できた適合データ数 ÷ 正解データの適合データ数
- ◇ F 値: 検索精度の総合評価値  
計算式:  $2 \times \text{再現率} \times \text{適合率} \div (\text{再現率} + \text{適合率})$

質問 回答 127

## Survey

メールアドレスを入力  
 コンテキストを入力(別紙参照)  
 コンテキストと各場所が合致しているか回答 \*

input e-mail address  
 input Context (please check other paper)  
 answer match or not for context and location

---

メールアドレス \*

有効なメールアドレス \_\_\_\_\_

このフォームでは回答者のメールアドレスを収集しています。 [設定を変更](#)

コンテキストの入力 \*

記述式テキスト (短文回答) \_\_\_\_\_

000\_案内所 \*



駅ご利用のお客さまへ必要な情報をご提供

適合

不適合

001\_コインロッカー (改札内) \*



コインロッカーをご案内

適合

不適合

図 98: 実験室内アンケート

表 7:提示した東京駅利用シーン

シーン番号	目的	感性
1	・長距離切符購入	
2	・近距離切符購入	
3	・新幹線を利用したい	
4	・食事がしたい	
5	・長距離切符購入	・おすすめ ・ここだけ
6	・休憩したい ・食事がしたい	・ほっと一息
7	・食事がしたい	・スピーディー
8	・長距離切符購入 ・買い物がしたい	・スピーディー
9	・暇つぶしをしたい	・優雅 ・魅惑
10	・さまざまな情報を知りたい	・ここだけ ・ふらり
11	・休憩したい	・ほっと一息 ・ふらり
12	・荷物を預けたい	・スピーディー ・気軽 ・ヒント

#### 4.3.2.3 実験結果

シーンごとの正解率、適合率、再現率、F 値を図 99、図 100、図 101、図 102 に示す。各図の横軸はシーン番号、縦軸は正解率・適合率・再現率・F 値を表す。

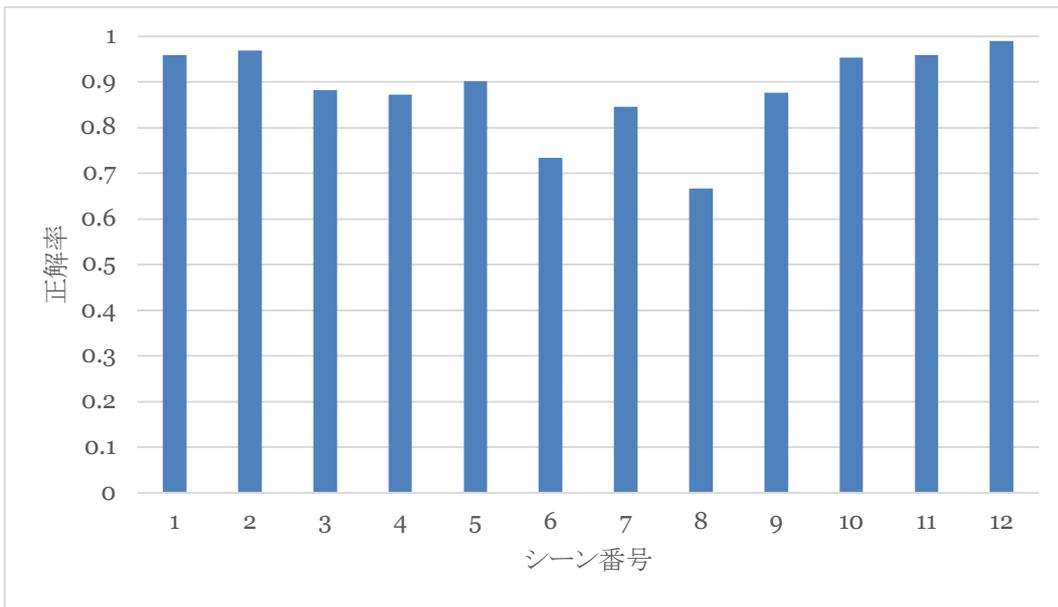


図 99:シーンごとの正解率

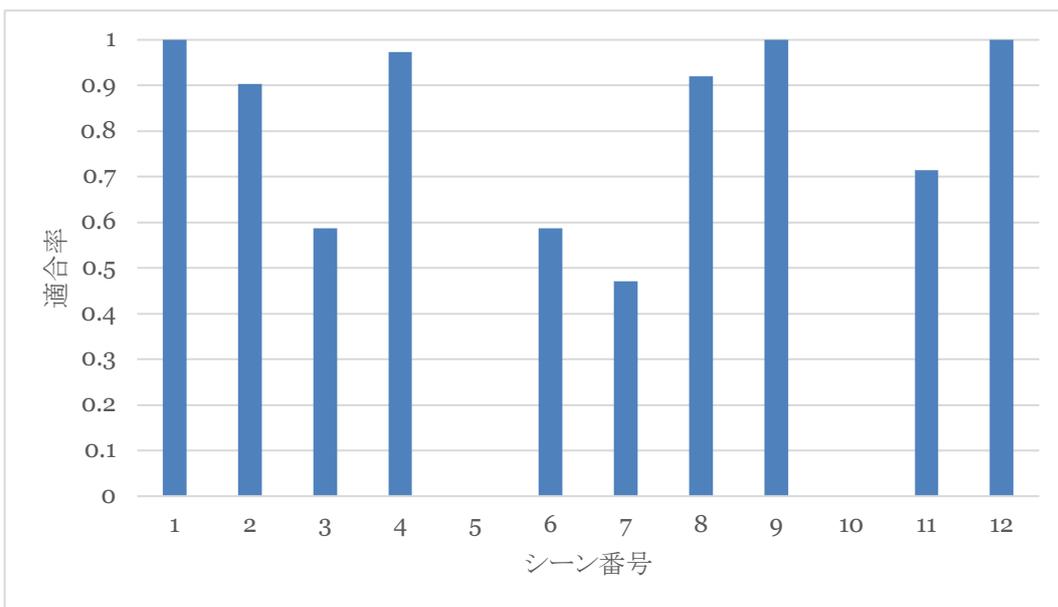


図 100:シーンごとの適合率

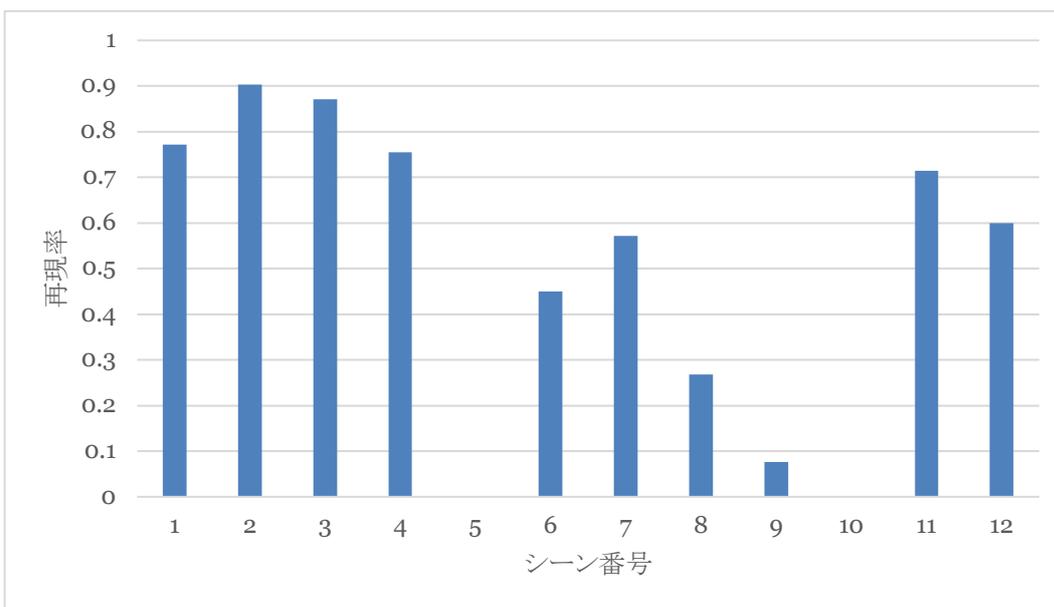


図 101:シーンごとの再現率

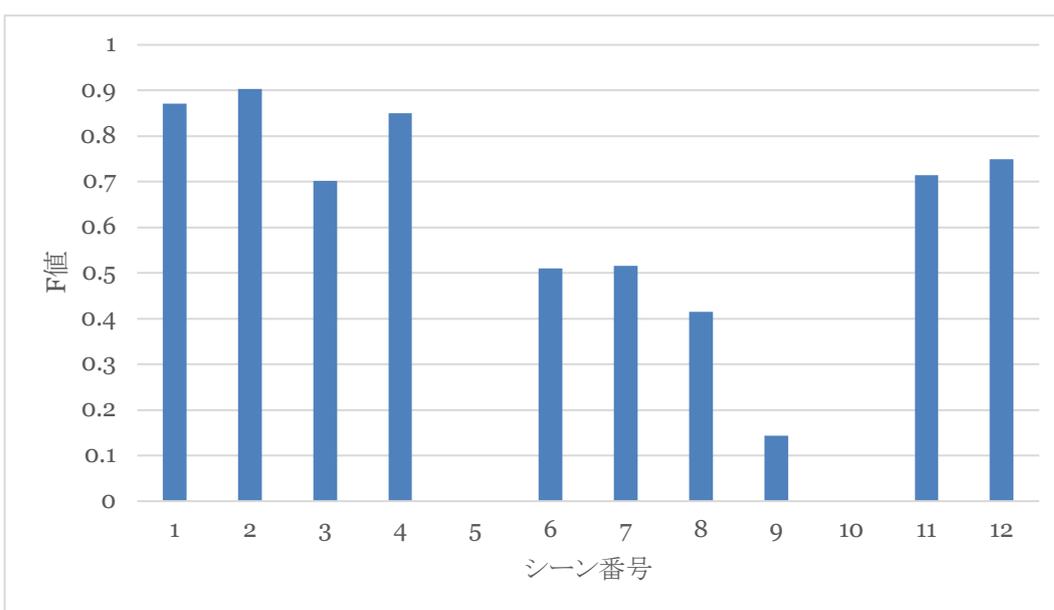


図 102:シーンごとのF値

正解率、適合率、再現率、F 値についての平均値は、それぞれ 0.884、0.680、0.498、0.531 となった。各図から、シーン番号ごとの正解率、適合率、再現率、F 値が異なることがわかる。また、正解率は適合率、再現率、F 値とくらべてシーン番号の差が小さいことがわかる。

## 4.4 考察

### ・鉄道情報空間上における情報獲得の快適性向上効果について

提案システムのユーザビリティ評価のスコアが他のシステムと比較し相対的に良いということがわかった。また、「欲しい情報に少ない手順でたどり着くことができる」「欲しい情報にたどり着くまでの負担が少ない」の評価項目に対し、評価者の普段使っているシステムより良い評価が得られた。さらに、目的・感性的な検索方法は「欲しい情報に少ない手順でたどり着くことができる」に肯定的な評価を与えた評価者が60%を上回った。以上から、本実験において提案方式で構築される鉄道情報空間上における情報獲得の快適性向上効果が確認できた。

一方で、自由記述欄に記載された内容として、「具体的な検索キーワードが決まっている場合は普段使っているシステムを利用する」、「目的・感性項目が選びにくい」といった記載があった。したがって、提案方式による情報獲得の快適性向上効果が他のシステムが優位になる状況があると考えられる。

### ・新たなサービス創造の可能性について

目的・感性的な検索方法の評価項目全てにおいて、肯定的な評価が得られた。肯定的な評価が高い順に、「エキナカ・マチナカで使いたい」、「将来性を感じる」「頻繁に使いたい」「友達にもすすめたい」となる。提案方式による情報問い合わせ・抽出方式を都市でも利用したい意向があることから、提案方式により構築された鉄道情報空間上での情報獲得が、鉄道実空間における消費や交流の活性化につながるサービスが創造できる可能性がある。さらに、友達にもすすめたいという意向があることから、提案方式の利用で得られた情報を友人に共有することで、コミュニケーションの促進が図られることが考えられる。また、発見的な情報を見つけることができるという評価においても半数以上の評価者から肯定的な評価を得られていることから、利用者の好奇心充足効果があると考えられる。

## 4.5 結論

本章では新たな鉄道空間系情報システムとして Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)を適用した案内タブレットシステムを提案し、鉄道情報空間解析を伴う情報問い合わせ・抽出方式の検証実験により、実現可能性を検証した。情報問い合わせ・抽出方式の検証実験では、東京駅において、評価者に想定利用シーンを提示し、アンケート評価法にてユーザビリティ評価等を行った。その結果、提案システムによる情報獲得の快適性効果が確認できた。一方で、評価者が普段利用するシ

システムが優位になる状況もあると考えられる。また、提案方式では検索意図(目的・感性)の項目を利用者が選択する、鉄道実空間から鉄道情報空間への写像方式に課題があることが確認できた。

新たなサービス創造の可能性について、友達にもすすめたい・マチナカでも使いたい・発見的な情報が得られるといった評価が高かったことから、コミュニケーション促進・消費促進による都市の活性化・好奇心充足に関するサービスへの展開が考えられる。

# 第5章 スマートフォンをインタフェースとした RCCDI による鉄道空間解析

## 5.1 目的

本章では新たな鉄道空間系情報システムとして Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)を適用した案内モバイルアプリケーションを提案し、鉄道情報空間解析を伴う情報問い合わせ・抽出方式の検証実験により、実現可能性を検証する。

## 5.2 システム概要

RCCDI の実現可能性を確認するため、利用者が所持するスマートフォンを対象とした鉄道空間解析システムを提案する。提案システムの概要図を図 103 に示す。提案システムは、以下のステップからなる。

- Step1

被験者のモバイル端末から発行された検索要求を、ユーザインタフェースで受け取る。

- Step2

ユーザインタフェースは、受け取った検索要求を意味理解機構が実装されたシステム基盤(API)へ発行する。

- Step3

システム基盤は、2章で述べた空間制御技術および空間解析機能の意味相関量計量結果を、ユーザインタフェースへ返す。

- Step4

ユーザインタフェースは、意味相関計量結果および空間相関計量結果・時間相関計量結果を統合し、店舗等の検索リストを返す。

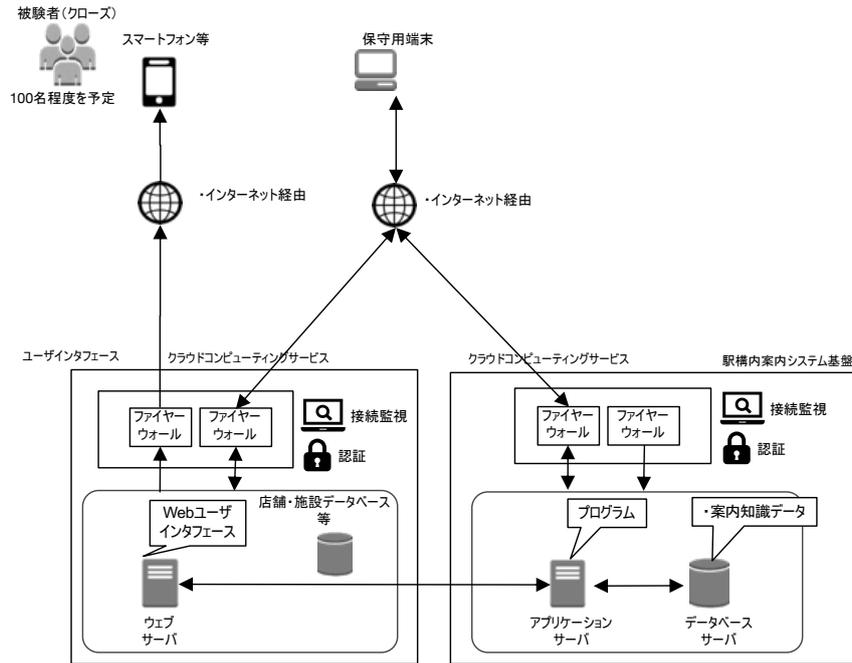


図 103:全体システム概要図

・利用データ

利用するデータは、東京駅構内の店舗・施設 300 を対象にして収集されたデータを用いた。データは、各店舗につき、10 の目的・20 の感性の特徴量を付与されている。目的・感性の項目は、鉄道空間に存在するサービスの利用意向データを意味的に解析し決定した(図 104, 表 8, 表 9)。各店舗あたり 110 名から、特徴量について 5 段階(当てはまる-当てはまらない)のリッカートスケールで評価されたものである。したがって、300 店舗× 110 人=33000 レコードのデータを利用している(図 105)。

[比率の差]	NNq1【共通選択以外の】理由-ニーズ																				平均	
	全体	便利な	手土産	有名な	充実した	楽しい	かわいい	お土産	おみやげ													
平均値	15.7	15.0	12.8	10.6	10.0	9.5	9.1	8.5	7.8	7.7	5.9	5.6	5.2	4.5	3.7	3.3	2.7	2.6	1.6	1.5	36.0	
分散	176.5	285.5	109.0	35.7	42.0	138.1	112.3	36.3	59.0	32.9	23.1	15.0	15.9	18.4	19.0	9.9	5.4	7.8	4.6	9.2	149.4	
001 book express	60	26.1	3.3	1.7	21.7	26.7	1.7	16.7	21.7	20.0	13.3	11.7	3.3	8.3	0.0	13.3	20.0	6.7	3.3	8.3	0.0	16.7
002 NewDays	60	68.3	8.3	11.7	20.0	10.0	6.7	50.0	33.3	8.3	6.7	15.0	3.3	3.3	3.3	6.7	3.3	1.7	0.0	3.3	0.0	8.3
003 PORTER STAND	60	31.7	0.0	41.7	21.7	10.0	3.3	0.0	10.0	1.7	16.7	11.7	10.0	3.3	1.7	5.0	8.3	10.0	1.7	6.7	5.0	20.0
004 下駄の橋	60	6.7	1.7	13.3	6.7	13.3	5.0	11.7	20.0	20.0	21.7	5.0	3.3	13.3	5.0	5.0	1.7	1.7	1.7	3.3	0.0	41.7
005 UNIQLO	60	55.0	1.7	33.3	20.0	13.3	3.3	23.3	23.3	3.3	11.7	30.0	5.0	6.7	6.7	11.7	3.3	3.3	0.0	5.0	0.0	13.3
006 お好み弁当	60	28.3	16.7	10.0	16.7	25.0	13.3	28.3	13.3	11.7	8.3	10.0	15.0	11.7	3.3	1.7	5.0	3.3	1.7	6.7	0.0	28.3
007 北沢屋	60	25.0	3.3	8.3	11.7	21.7	28.3	6.7	16.7	5.0	18.3	6.7	3.3	6.7	0.0	10.0	11.7	11.7	5.0	6.7	3.3	30.0
008 ショッピングの木	60	8.3	60.0	43.3	13.3	16.7	13.3	8.3	8.3	0.0	18.3	10.0	6.7	8.3	6.7	6.7	5.0	5.0	1.7	1.7	0.0	20.0
009 シェルトナツ	60	8.3	48.3	13.3	8.3	31.7	60.0	3.3	15.0	5.0	18.3	3.3	6.7	6.7	5.0	1.7	6.7	11.7	3.3	5.0	0.0	21.7
010 ユウカワホーム-キー	60	25.0	11.7	10.0	18.3	18.3	1.7	16.7	8.3	6.7	8.3	3.3	11.7	15.0	3.3	1.7	8.3	5.0	3.3	3.3	0.0	43.3
011 テンゴウのラテラル	60	10.0	15.0	3.3	15.0	11.7	11.7	10.0	6.7	11.7	8.3	8.3	1.7	1.7	1.7	0.0	0.0	3.3	1.7	1.7	1.7	36.7
012 プラージュアラ	60	6.7	35.0	10.0	8.3	18.3	25.0	8.3	1.7	5.0	15.0	5.0	1.7	1.7	1.7	0.0	3.3	1.7	0.0	3.3	0.0	31.7
013 ヌムプロ	60	10.0	1.7	8.3	5.0	18.3	21.7	10.0	11.7	25.0	6.7	1.7	1.7	3.3	6.7	3.3	0.0	3.3	3.3	1.7	0.0	35.0
014 八雲 edecco	60	3.3	46.7	33.3	8.3	8.3	18.3	1.7	0.0	3.3	5.0	3.3	5.0	5.0	3.3	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	26.7
015 御門屋	60	11.7	51.7	28.3	1.7	3.3	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	3.3	5.0	3.3	1.7	0.0	1.7	1.7	0.0	3.3	0.0	30.0
016 東京 京屋	60	18.3	6.7	6.7	11.7	8.3	0.0	8.3	3.3	6.7	1.7	3.3	1.7	5.0	6.7	0.0	1.7	1.7	0.0	1.7	0.0	45.0
017 東京かみゆり	60	8.3	43.3	18.3	3.3	8.3	18.3	5.0	5.0	3.3	6.7	3.3	5.0	0.0	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	31.7	
018 東京カワズ工場	60	8.3	43.3	11.7	3.3	11.7	21.7	1.7	5.0	6.7	11.7	0.0	3.3	0.0	3.3	0.0	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	30.0
019 東京住友館	60	16.7	41.7	13.3	11.7	13.3	20.0	3.3	8.3	3.3	13.3	3.3	1.7	5.0	3.3	5.0	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	28.3
020 東京茶屋 香月楼	60	8.3	45.0	16.7	5.0	15.0	43.3	3.3	3.3	0.0	1.7	5.0	3.3	1.7	0.0	3.3	0.0	1.7	1.7	0.0	0.0	30.0
021 橋本地下B	60	10.0	10.0	18.3	8.3	10.0	1.7	5.0	0.0	3.3	16.7	1.7	3.3	1.7	3.3	0.0	1.7	0.0	1.7	0.0	0.0	51.7
022 橋本地下 橋本	60	28.3	6.7	11.7	21.7	8.3	1.7	13.3	1.7	3.3	5.0	6.7	3.3	5.0	1.7	3.3	1.7	0.0	1.7	3.3	1.7	40.0
023 橋本海客館	60	10.0	6.7	11.7	15.0	6.7	17	18.3	1.7	3.3	0.0	1.7	5.0	1.7	1.7	0.0	1.7	0.0	1.7	0.0	0.0	55.0
024 B A B 1	60	8.3	46.7	18.3	5.0	13.3	23.3	6.7	5.0	6.7	10.0	0.0	8.3	1.7	1.7	0.0	5.0	1.7	1.7	0.0	0.0	25.0
025 gift for morethan by Atelier03	60	10.0	8.3	0.0	8.3	10.0	35.0	3.3	8.3	0.0	10.0	3.3	10.0	3.3	0.0	0.0	8.3	1.7	0.0	1.7	0.0	40.0
026 MAKE ART YOU&ZOO	60	8.3	5.0	6.7	5.0	6.7	8.3	0.0	5.0	1.7	30.0	11.7	1.7	5.0	1.7	0.0	10.0	3.3	0.0	5.0	0.0	46.7
027 OICCO	60	6.7	3.3	1.7	6.7	15.0	30.0	1.7	8.3	1.7	16.7	13.3	0.0	1.7	15.0	0.0	3.3	1.7	0.0	1.7	0.0	43.3
028 アイワスタンダードフラグ	60	6.7	40.0	6.7	6.7	10.0	21.7	5.0	6.7	6.7	15.0	0.0	1.7	8.3	3.3	0.0	1.7	3.3	0.0	1.7	1.7	31.7
029 アイワスタンダード	60	15.0	11.7	28.3	18.3	11.7	11.7	16.7	11.7	13.3	8.3	15.0	0.0	8.3	0.0	8.3	0.0	1.7	1.7	1.7	3.3	31.7
030 名茶のおかんよう	60	18.3	6.7	11.7	10.0	5.0	1.7	6.7	1.7	3.3	6.7	0.0	11.7	3.3	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	51.7
031 サンディヤハウス ミルパン	60	21.7	11.7	8.3	10.0	13.3	26.7	21.7	5.0	11.7	3.3	10.0	1.7	3.3	3.3	1.7	5.0	5.0	5.0	8.3	3.3	36.7

図 104:鉄道空間の施設・店舗(サービス)の利用意向データを鉄道会社社員が分析し、意味空間を生成

表 8: 目的の特徴(10項目)

美味しいものが食べたい
お弁当を買いたい
飲み物を買いたい
甘いものを食べたい
グルメを満喫したい
手土産が欲しい
ふらりと・一休みに寄りたい
リラックスしたい・リフレッシュしたい
旅気分を味わいたい
すばやく済ませたい

表 9: 感性の特徴(20項目)

HAPPY(喜び・ウキウキ)
RELAX(平常・落ち着き)
SAD(悲しみ)
ANGRY(イライラ・怒り)
心理状況／TIRED(疲れ・ぐったり)
便利な
有名な
充実した
楽しい
かわいい
流行の
普段使い
きめ細やか
センスのある・洗練された
贅沢な
都会的な
ここだけ・選りすぐり
凝った
ワクワク
伝統的な

本調査										
施設フラグ	美味しいものが	お弁当を買いた	飲み物を買いた	甘いものを食べ	グルメを満喫した	ふらりと一休み	リラックスしたい	旅気分を味わい	すばやく清ませた	
	食べたい	い	い	たい	い	に寄りたい	リフレッシュしたい	たい	い	
	Q1_1	Q1_2	Q1_3	Q1_4	Q1_5	Q1_6	Q1_7	Q1_8	Q1_9	Q1_10
	Nq1_1	Nq1_2	Nq1_3	Nq1_4	Nq1_5	Nq1_6	Nq1_7	Nq1_8	Nq1_9	Nq1_10
1	4	2	2	2	2	2	4	4	4	4
1	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3
1	1	3	1	1	1	1	1	4	4	2
1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	4	3	3	2
1	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3
1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
1	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3
1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
1	1	1	1	1	1	1	5	4	1	1
1	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2
1	4	3	5	4	3	4	3	3	3	3
1	4	4	3	4	4	4	5	4	4	5
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	4	3	3	3
1	3	3	4	3	4	3	5	5	3	4
1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	2
1	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4
1	1	1	1	1	1	1	4	4	2	1
1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	4
1	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2
1	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4
1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	3

図 105: 構築したデータベースに格納した案内知識データ(抜粋)  
 (図 105 に示した目的・感性について、各店舗(ここでは施設フラグ)につき、110 名  
 が、5段階評価(リッカートスケール)を付与)

・実装機能

①現在地表示機能

駅構内に掲示した2次元バーコードをスマートフォンで読み込むことで、利用者の現在地を地図上に表示する機能である(図 106)。Sensing-Processing-Actuation の Sensing フェーズに該当する。2次元バーコードは、東京駅構内の改札や階段付近およそ 50 箇所に掲示した。(図 106、図 107、図 108)



図 106: Sensing-Processing-Actuation の Sensing フェーズにより、利用者の現在位置を取得・表示



図 107: 東京駅新幹線改札付近に掲示した2次元バーコード



図 108: スマートフォンで2次元バーコードを読み取り、スマートフォン画面に現在地が表示される様子

## ②感性検索機能

利用者の目的・感性入力に応じて、空間制御・空間解析の意味理解機構を動作させる(図 109、図 110、図 111)。Sensing-Processing-Actuation の Processing フェーズに該当する。



図 109:利用者の目的・感性入力に応じて、鉄道空間制御および鉄道空間解析(意味理解機構)を動作させる画面



図 110: 目的・感性に”一休み、疲れた、充実した”を指定して検索した結果



図 111: 店舗の詳細情報を表示した画面(時間計量結果により、営業時間外と表示)

### ③類似検索機能

意味的に類似する店舗を検索する機能(これも好きかも検索)で、Sensing-Processing-Actuation の Processing フェーズに該当する(図 112,図 113)。



図 112:店舗の詳細画面に表示され“これも好きかも”を押下すると、類似検索が実行



図 113:類似検索が実行された画面

#### ④お気に入り画面

利用者の嗜好に合う店舗を登録した画面。登録した店舗に似ている感性の店舗を検索可能とする。Sensing-Processing-Actuation の Processing フェーズに該当する (図 114)。



図 114:登録された複数店舗に応じて、意味的計量機構が動作し、検索結果が出力

### ⑤従来検索機能(キーワード検索含む)

ジャンル、キーワードといった従来の検索条件を指定して検索し、店舗リストを表示する。本機能は、パターンマッチングによる検索機能である(図 115、図 116、図 117)。



図 115:店舗・施設のジャンル(分類)を指定すると、詳細分類画面へ遷移



図 116:店舗・施設のジャンル(詳細分類)による検索機能



図 117:駅施設の分類による検索機能

## 5.3 実験

### 5.3.1 問い合わせ・抽出方式の検証実験

本実験の目的は、Railway Context Cube based Database Integration を適用した案内モバイルアプリケーションにより鉄道情報空間の解析を伴う情報問い合わせ・抽出方式の検証である。

以下の入力パターンにおいて鉄道情報空間の相関量計量結果を可視化することで、情報問い合わせ・抽出方式の検証を行った。

・検索条件

・実行時刻: 午後2時39分

・空間(位置): 東京駅1F 丸の内中央コンコース

・目的

美味しいものを食べたい・お弁当を買いたい・飲み物を買いたい・旅気分を味わいたい・素早く済ませたい

・感性

普段使い・都会的な・伝統的な・リラックス

検索条件を提案システムに与え、パラレルコーディネートで可視化した結果を示す。横軸は計量項目である意味的相関量(目的)、意味的相関量(感性)、意味的相関量(目的+感性)とし、縦軸は計量項目の値を示すで表示されている折れ線は、それぞれ施設・店舗を表す。なお、表示されている施設・店舗は統合相関量 0.1 以上のものである。

から、各施設・店舗において、時間的相関量・意味的相関量(目的)・意味的相関量(感性)・統合相関量の計量結果が示されている。

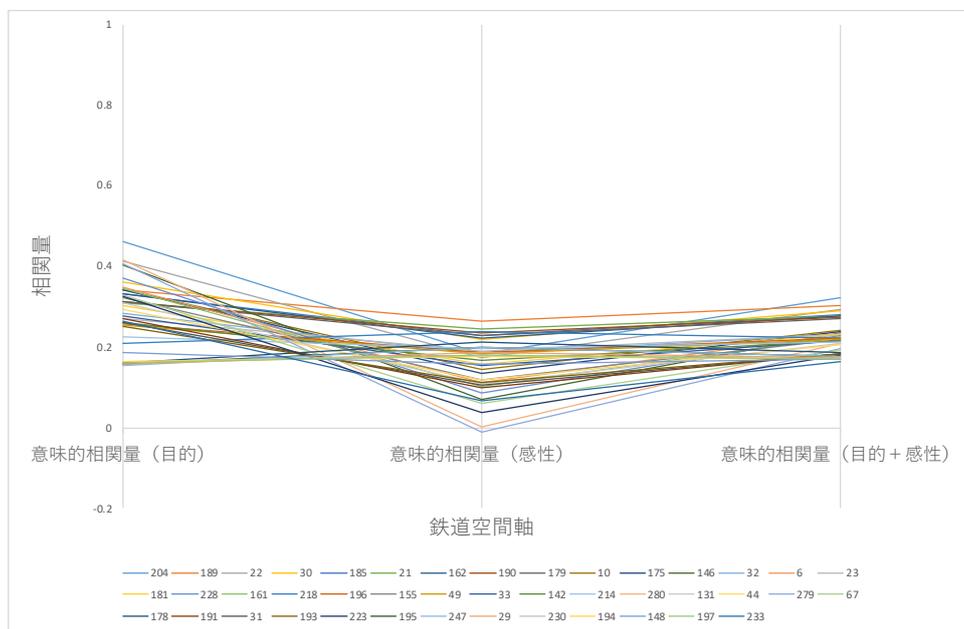


図 118: 鉄道情報空間の分析結果をパラレルコーディネートで可視化

さらに、距離的計量結果および時間的計量結果がインタフェース上に表示されていることを確認した。

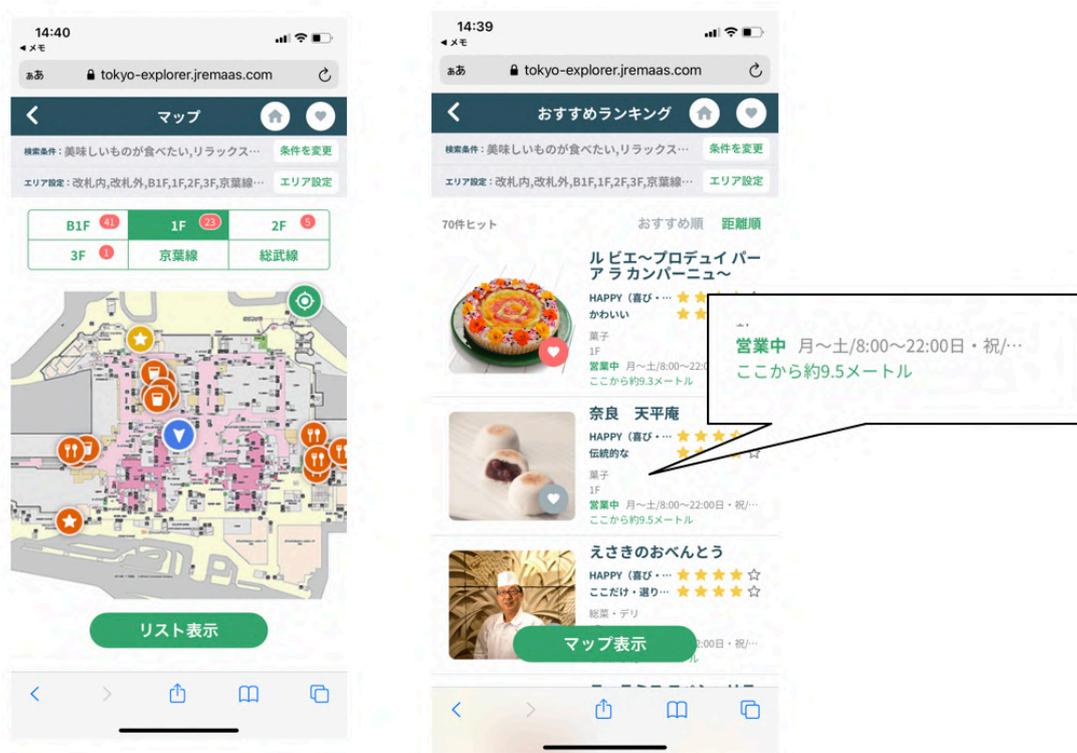


図 119: 鉄道情報空間の空間的解析結果の可視化



図 120: 鉄道情報空間の時間的解析結果の可視化

### 5.3.1.1 意味的正規順位評価による鉄道情報空間の可視化

提案システムで情報問い合わせ・抽出を行うことで、意味的正規順位評価の実行過程の可視化を提案する。発行した問い合わせは、目的「手土産がほしい・旅行気分を味わいたい」である。試作システムによる鉄道情報空間の可視化結果を図 121 および図 122 に示す。提案システムにより、鉄道情報空間の新たな解析・可視化が可能となった。

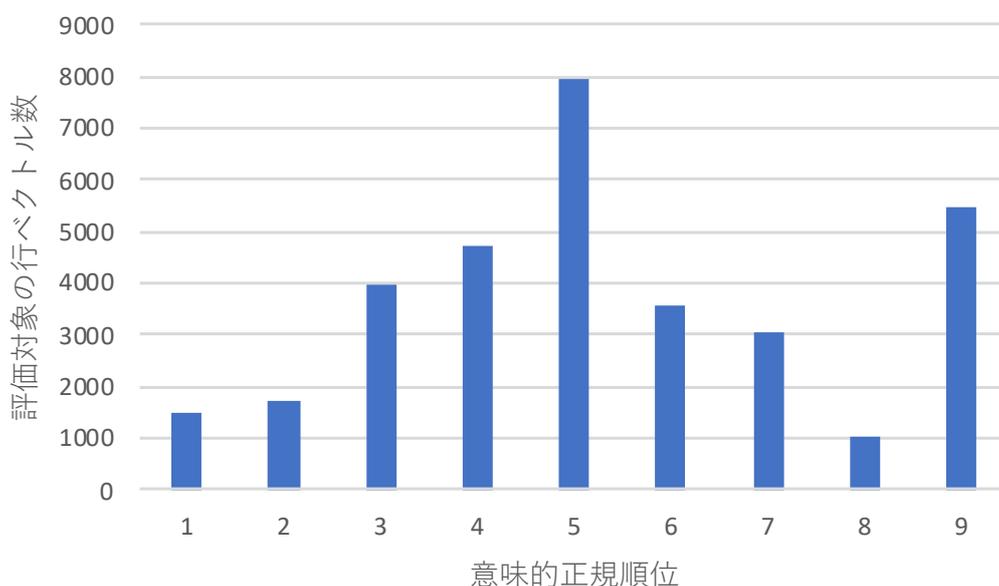


図 121:入力したコンテキストによる意味的正規順位分布の可視化結果

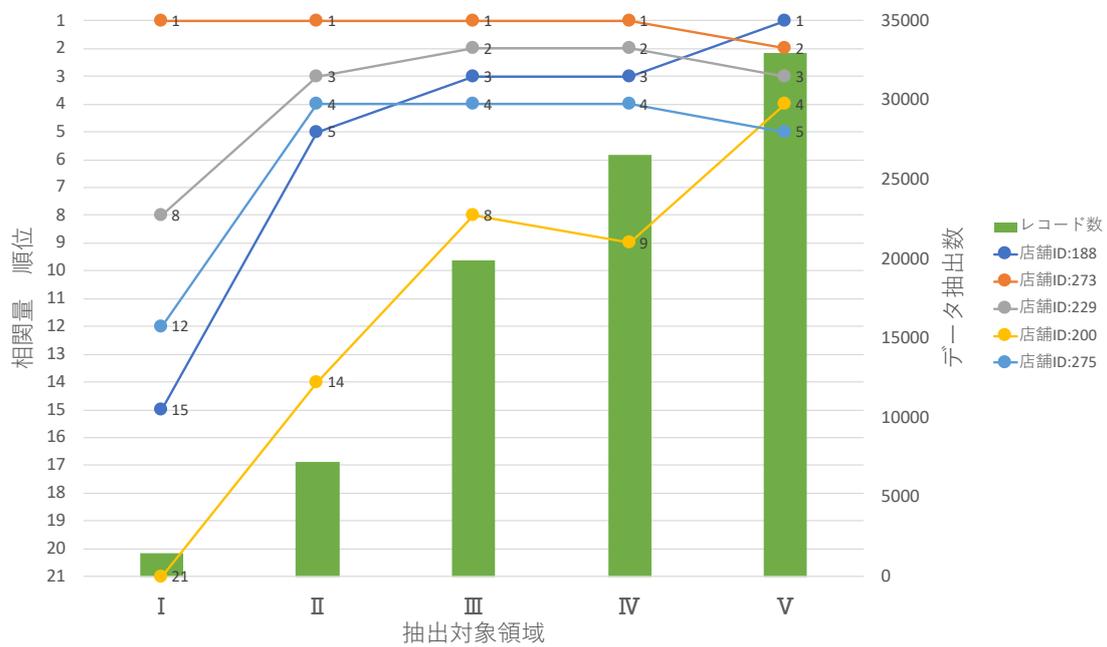


図 122: 意味的正規順位順位によるデータ抽出数および相関量順位の可視化結果。  
データ抽出数に応じて鉄道情報空間の分析結果が変動

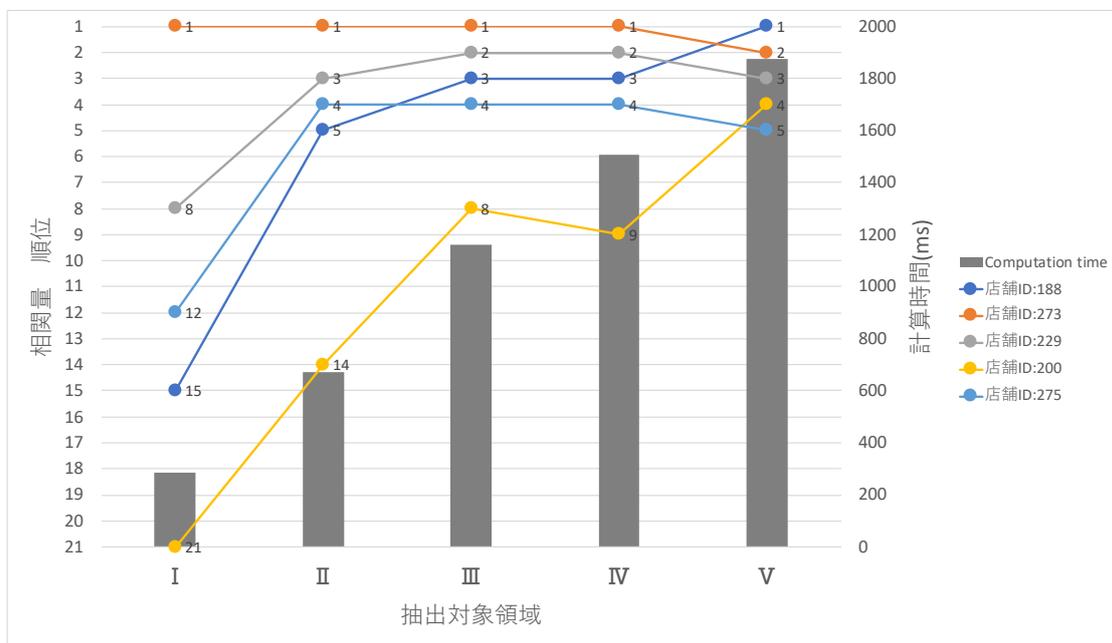


図 123: 抽出対象領域 (横軸) と店舗の相関量順位 (縦軸: 左) ・応答時間 (縦軸: 右) の変移

### ・意味的正規順位評価の高速化方式の検証

意味的正規順位評価の高速化方式の有効性を検証するため、意味空間からのデータ抽出時間を方式適用前後で比較した。データ抽出は目的空間から抽出とし、意味素(軸)を1から10まで変化させた意味的正規順位評価の命令実行時間を計測した。各意味素(軸)における命令実行時間は、10回の実行時間の平均とした。

### ・高速化方式適用前の意味的正規順位評価の命令実行時間

形成した意味空間の構造と意味的正規順位評価の命令および命令実行時間を図124、図125、図126に示す。

service_purpose_vectors_raw
<input type="checkbox"/> id
<input type="checkbox"/> record_id
<input type="checkbox"/> service_id
<input type="checkbox"/> user_id
<input type="checkbox"/> vector_index
<input type="checkbox"/> vector_value

図124: (高速化方式適用前)意味的正規順位評価の意味空間構造

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT v.record_id AS id, 0 AS vector_index, 0 AS vector_value,
string_agg(vector_index || ',' || vector_value, ':' ORDER BY vector_index) AS vector_string
FROM service_purpose_vectors_raw AS v
WHERE (v.record_id, 5) IN (SELECT t.record_id, SUM(t.vector_value) FROM service_purpose_vectors_raw AS t
WHERE (vector_index = 1)
GROUP BY t.record_id HAVING SUM(t.vector_value) >= 5) GROUP BY v.record_id;

EXPLAIN ANALYZE SELECT v.record_id AS id, 0 AS vector_index, 0 AS vector_value,
string_agg(vector_index || ',' || vector_value, ':' ORDER BY vector_index) AS vector_string
FROM service_purpose_vectors_raw AS v
WHERE (v.record_id, 10) IN (SELECT t.record_id, SUM(t.vector_value) FROM service_purpose_vectors_raw AS t
WHERE (vector_index = 1 OR vector_index = 2)
GROUP BY t.record_id HAVING SUM(t.vector_value) >= 10) GROUP BY v.record_id;

...
```

```

EXPLAIN ANALYZE SELECT v.record_id AS id, 0 AS vector_index, 0 AS vector_value,
string_agg(vector_index || ',' || vector_value, ',' ORDER BY vector_index) AS vector_string
FROM service_purpose_vectors_raw AS v
WHERE (v.record_id, 50) IN (SELECT t.record_id, SUM(t.vector_value) FROM ser-
vice_purpose_vectors_raw AS t
WHERE (vector_index = 1 OR vector_index = 2 OR vector_index = 3 OR vector_index = 4
OR vector_index = 5
OR vector_index = 6 OR vector_index = 7 OR vector_index = 8 OR vector_index = 9 OR
vector_index = 10)
GROUP BY t.record_id HAVING SUM(t.vector_value) >= 50) GROUP BY v.record_id;

```

図 125: (高速化方式適用前) 意味的正規順位評価命令

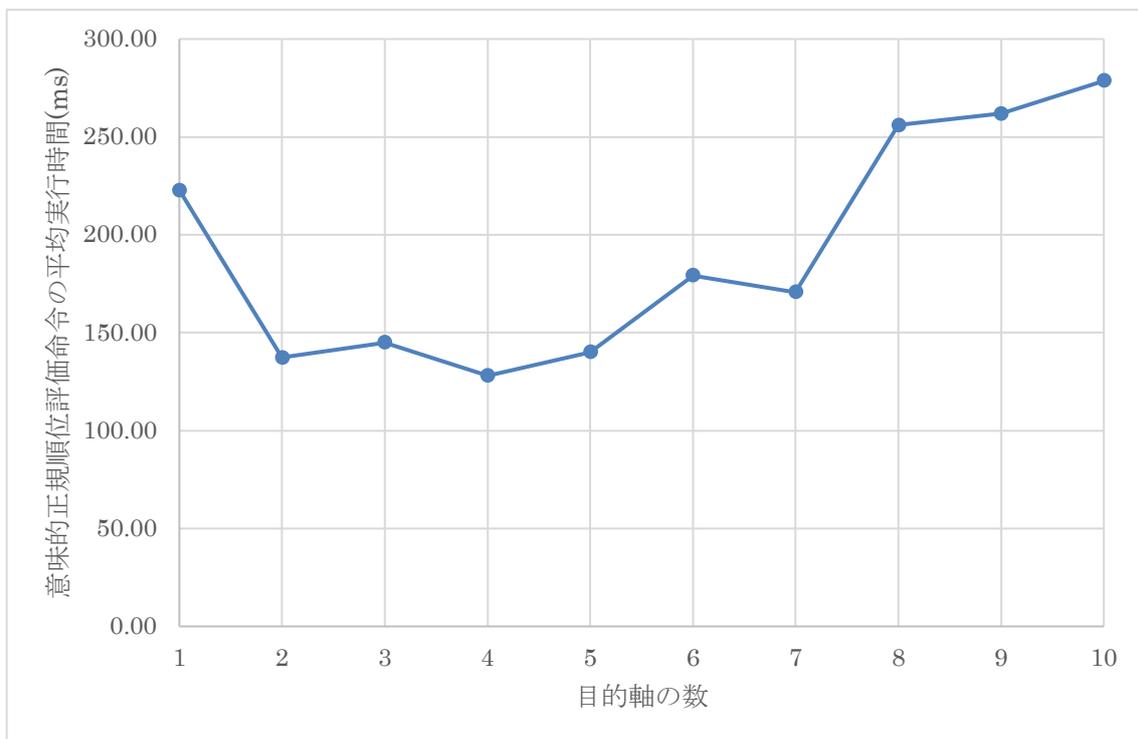


図 126: (高速化方式適用前) 目的軸設定数毎の意味的正規順位評価命令の実行時間 (10 回計測の平均値)

高速化方式適用前の意味的正規順位評価命令の実行時間のグラフ (図 126) から、目的軸の設定数、すなわち意味空間の部分空間の次元数が増えると、命令実行時間が増える傾向にあることがわかった。

- 高速化方式適用後の意味的正規順位評価の命令実行時間  
 形成した意味空間の構造と意味的正規順位評価の命令および命令実行時間を図 127、図 128、図 129 に示す。

service_purpose_cube_vectors_raw	
 id	SERIAL
record_id	INTEGER
service_id	INTEGER
user_id	INTEGER
vector	cube

図 127: (高速化方式適用後) 意味的正規順位評価の意味空間構造

```

EXPLAIN ANALYZE
SELECT record_id, vector FROM service_purpose_cube_vectors_raw
  WHERE cube_distance(cube_subset(vector, ARRAY[1]), cube(array[5])) = 0;

EXPLAIN ANALYZE
SELECT record_id, vector FROM service_purpose_cube_vectors_raw
  WHERE cube_distance(cube_subset(vector, ARRAY[1,2]), cube(array[5,5])) = 0;

...

EXPLAIN ANALYZE
SELECT record_id, vector FROM service_purpose_cube_vectors_raw
  WHERE cube_distance(cube_subset(vector, ARRAY[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]), cube(array[5,5,5,5,5,5,5,5,5,5])) = 0;

```

図 128: (高速化方式適用後) 意味的正規順位評価命令

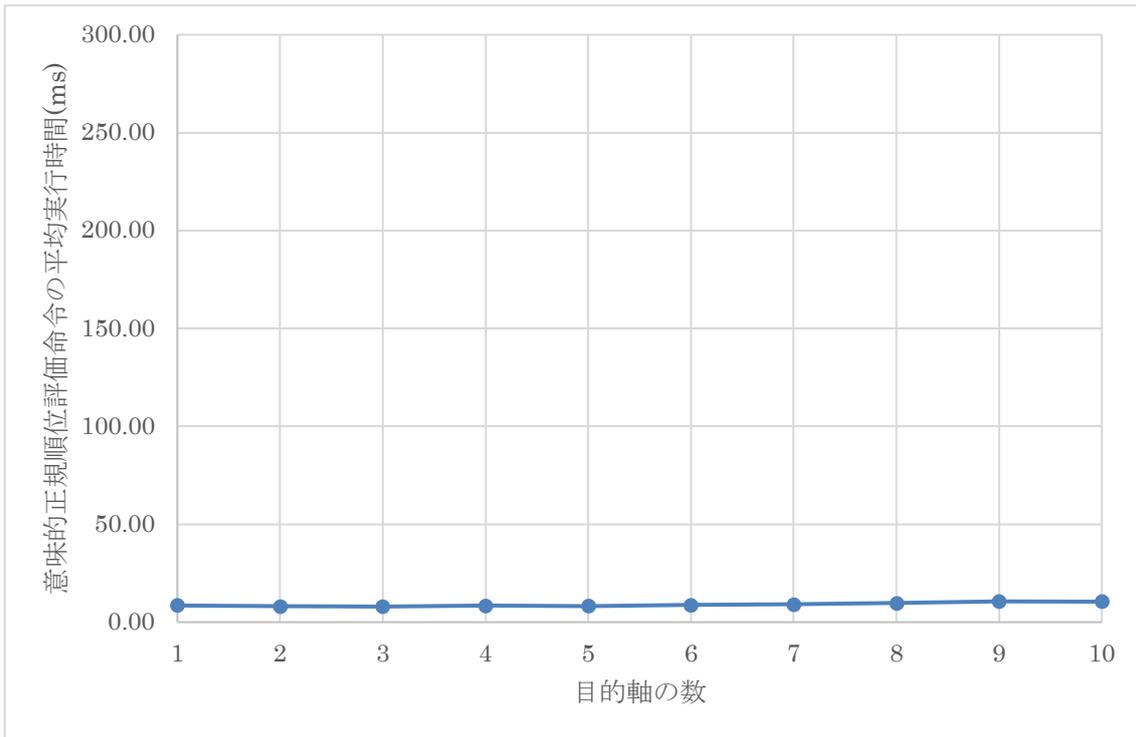


図 129: (高速化方式適用後) 目的軸設定数毎の意味的正規順位評価命令の実行時間(10回計測の平均値)

高速化方式適用後の意味的正規順位評価命令の実行時間のグラフ(図 127)から、目的軸の設定数、すなわち意味空間の部分空間の次元数が増えても、命令実行時間に変化がなく、さらに高速化方式適用前と比較し、大幅に実行時間が低減されていることがわかった。

また、高速化方式適用前後の API のリクエスト結果を図 130、図 131 に示す。高速化方式適用前後で検索結果が一致していることが確認できた。

```

1  {
2    "status": 1,
3    "services": [
4      {
5        "score": 0.04608474052546228,
6        "kanseiWord1": "便利な",
7        "kanseiWord2": "HAPPY (喜び・ウキウキ)",
8        "name": "膳まい(東京南口店)",
9        "id": 279,
10       "kanseiWordNo1": 6,
11       "kanseiWordNo2": 1,
12       "kanseiPoint1": 4.15454531,
13       "kanseiPoint2": 3.5545454
14     },
15     {
16       "score": 0.03757073009666155,
17       "kanseiWord1": "便利な",
18       "kanseiWord2": "有名な",
19       "name": "KINOKUNIYA entree",
20       "id": 218,
21       "kanseiWordNo1": 6,
22       "kanseiWordNo2": 7,
23       "kanseiPoint1": 4.0090909,
24       "kanseiPoint2": 4.0
25     },
26     {
27       "score": 0.03576614774442648,
28       "kanseiWord1": "贅沢な",
29       "kanseiWord2": "有名な",
30       "name": "浅草今半",
31       "id": 189,
32       "kanseiWordNo1": 15,
33       "kanseiWordNo2": 7,

```

図 130: (高速化方式適用前)API のリクエスト結果

```

1  {
2  "status": 1,
3  "services": [
4  {
5  "score": 0.04608474052546228,
6  "kanseiWord1": "便利な",
7  "kanseiWord2": "HAPPY (喜び・ウキウキ)",
8  "name": "晴まい東京南口店",
9  "id": 279,
10 "kanseiWordNo1": 6,
11 "kanseiWordNo2": 1,
12 "kanseiPoint1": 4.15454531,
13 "kanseiPoint2": 3.5545454
14 },
15 {
16 "score": 0.03757073009666155,
17 "kanseiWord1": "便利な",
18 "kanseiWord2": "有名な",
19 "name": "KINOKUNIYA entree",
20 "id": 218,
21 "kanseiWordNo1": 6,
22 "kanseiWordNo2": 7,
23 "kanseiPoint1": 4.0090909,
24 "kanseiPoint2": 4.0
25 },
26 {
27 "score": 0.03576614774442648,
28 "kanseiWord1": "贅沢な",
29 "kanseiWord2": "有名な",
30 "name": "浅草今半",
31 "id": 189,
32 "kanseiWordNo1": 15,
33 "kanseiWordNo2": 7,

```

図 131: (高速化方式適用後)API のリクエスト結果

### 5.3.1.2 提案方式の情報抽出能力の可視化

提案方式に対し複数の情報問い合わせを発行し、情報抽出能力の可視化を行う。検証パターンは下記の6パターンを設定した。

- パターン1: (目的)美味しいものが食べたい(感性)都会的な
  - パターン2: (目的)手土産が欲しい(感性)可愛い
  - パターン3: (目的)素早く済ませたい(感性)便利な(感性)普段使い
  - パターン4: (目的)お弁当を買いたい(感性)便利な
  - パターン5: (目的)リラックスしたい・リフレッシュしたい(感性)便利な
  - パターン6: (感性)便利な(感性)有名な(感性)普段使い
- 総和相関量における店舗等の順位

提案手法と既存手法にて総和相関量を算出し、その結果を比較した。利用者へ計量結果を返す制約時間(タイムウインドウ)を 200ms と設定し、その間で取得したデータ数により算出した。目的統合相関量及び感性統合相関量を算出パラメータ $\omega_p$ 及び $\omega_k$ には 1 を設定した。

既存手法での算出方法は、提案手法においてタイムウインドウ 200ms を設定した際に得られるデータ数を全データからランダムに選出したデータに基づいて総和相関量を算出した。

図 132 から図 137 は横軸に店舗・施設等の順位、縦軸に総和相関量を設定したグラフである。この図よりどの入力パターンにおいても、提案手法の方がより高い総和相関量が求められている。そのため、入力パターンとの相関がより強い店舗等が上位に順位づけされたリストが作成できた。

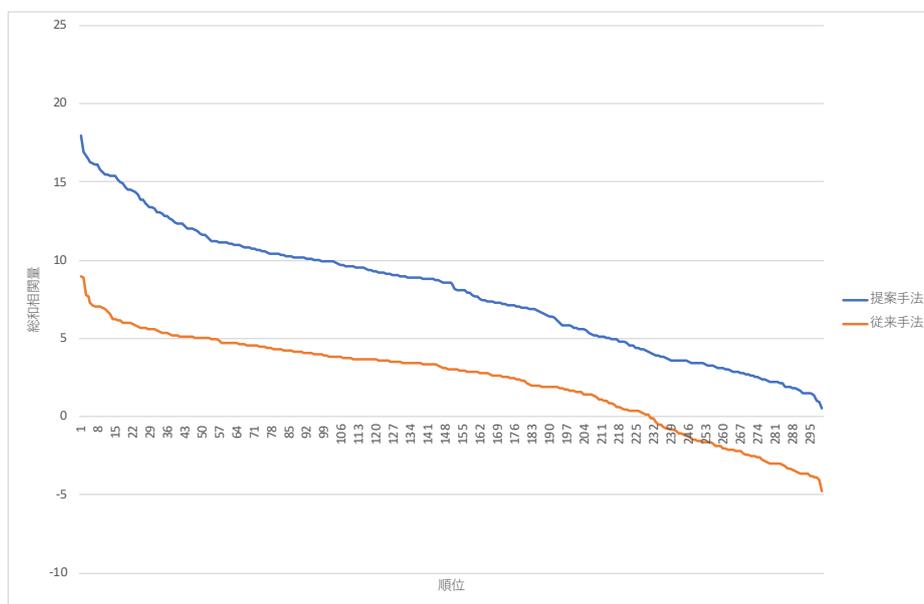


図 132: パターン 1 各順位の総和相関量

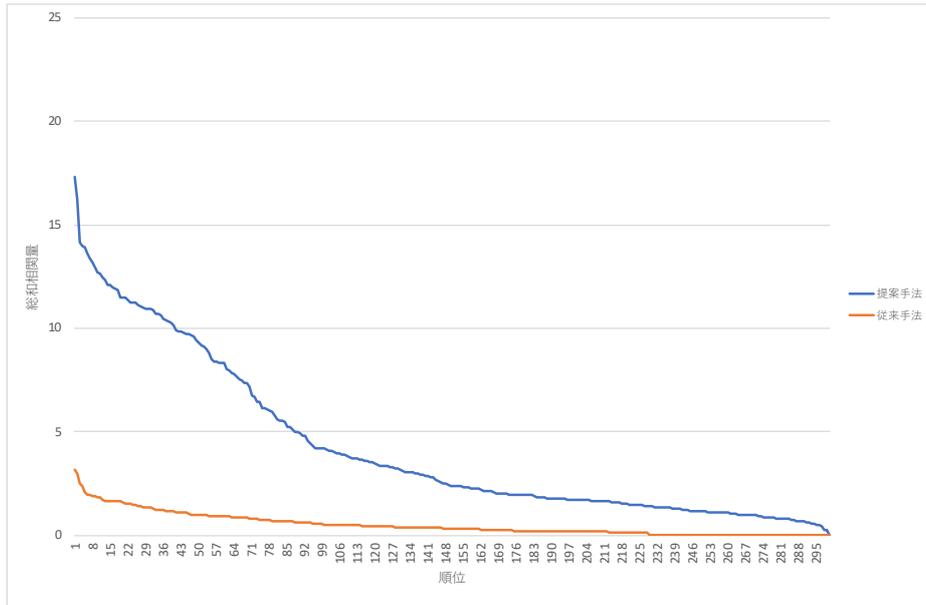


図 133: パターン2 各順位の総和相関量

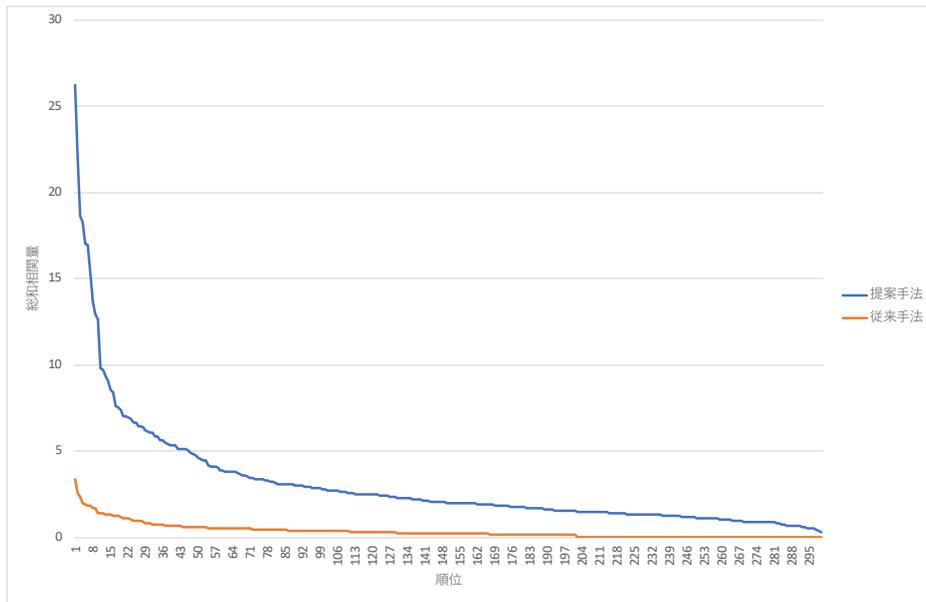


図 134: パターン3 各順位の総和相関量

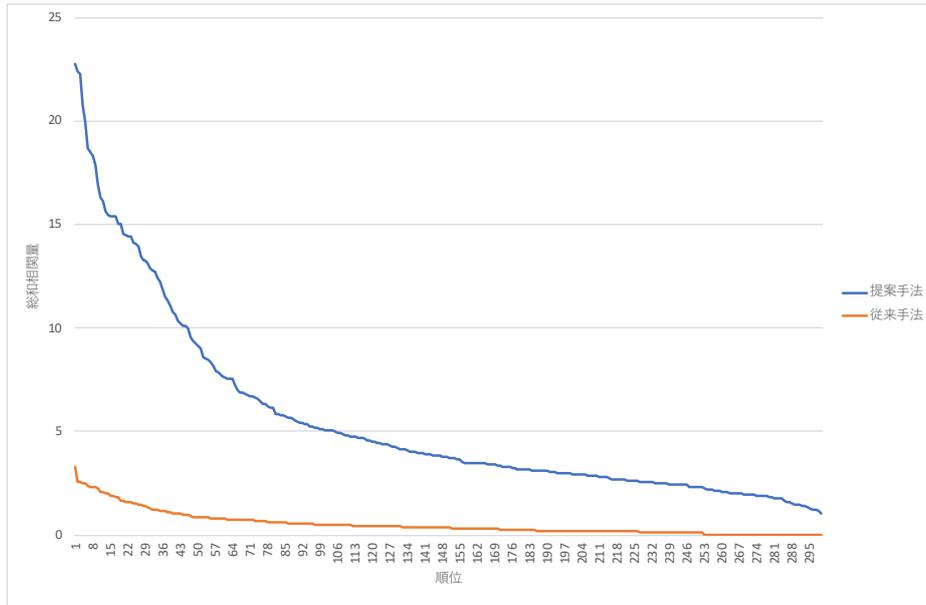


図 135:パターン4 各順位の総和相関量

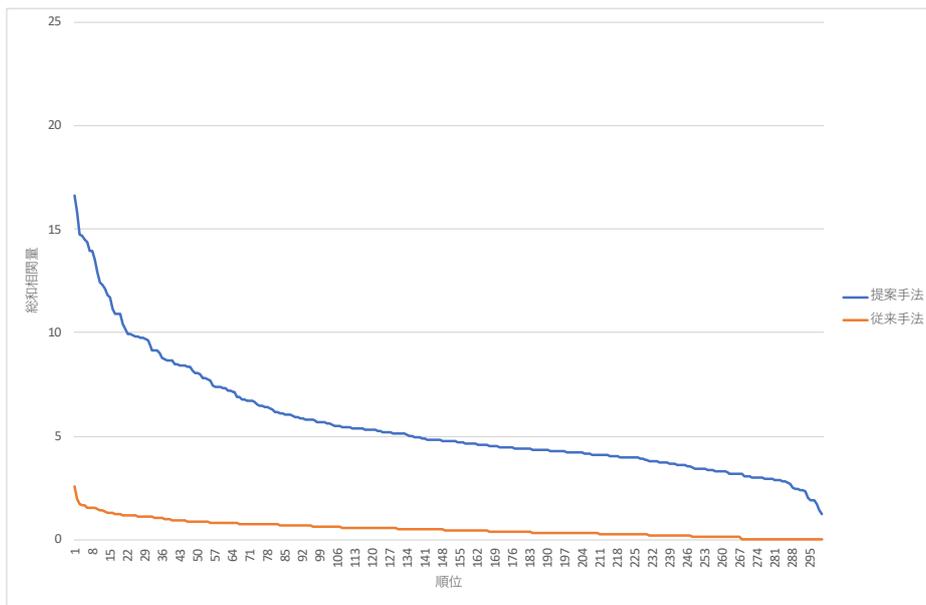


図 136:パターン5 各順位の総和相関量

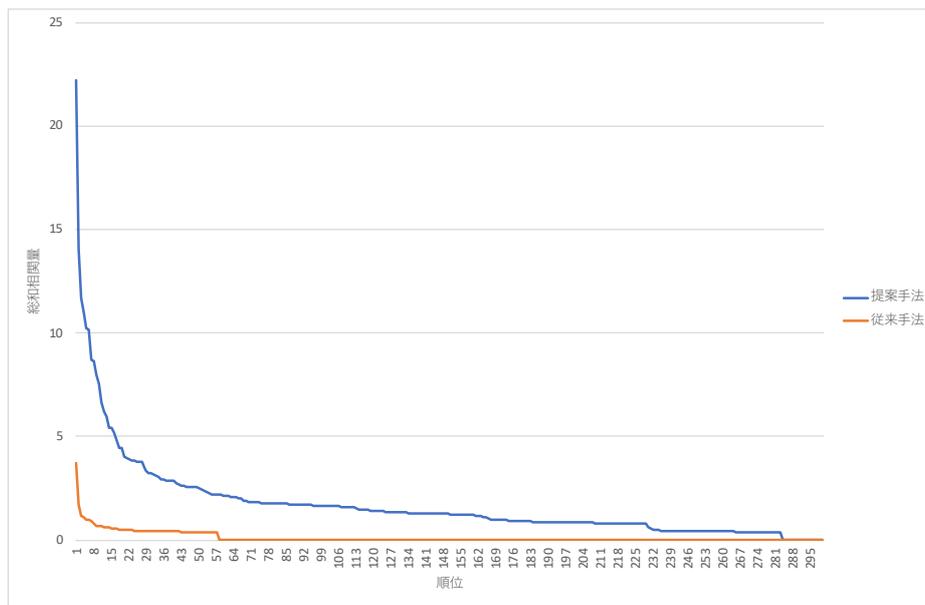


図 137: パターン 6 各順位の総和相関量

・精度(再現率・適合率・F 値)

提案手法による施設等の提案精度と提案数のバランスを検証するため、情報検索手法の定量的評価指標である再現率・適合率・F 値を算出する。また、提案リストの提案数毎の精度を評価するために上位 N 件 (TopN) ごとの精度を算出する。提案手法はタイムウィンドウの違いにより取得データ数が異なる。このために精度がタイムウィンドウ毎で異なることが考えられる。そのため、パターン1からパターン3において、タイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の比較を行う。

正解データは、得られている店舗評価アンケートから入力パターンと一致するデータをアンケート結果から選出しそのデータが示す施設等とした(表 10)。

既存手法は、各店舗 110 件のアンケートデータについて各特徴量の平均値を求め、1施設等あたり目的ベクトル・感性ベクトル各々1つのベクトルを作成した。このベクトルと各パターンとの相関量を求め、提案手法と比較した。目的統合相関量及び感性統合相関量を算出パラメータ $\omega_P$ 及び $\omega_K$ には取得データ数を補正する係数として、各施設に対する全データ数と獲得データ数の比率を求めた相関量ベクトルの平均値に乘じることとした。

表 10:各パターンの正解データ(施設等 ID)

パターン 1	パターン 2	パターン 3	
12	24	4	126
40	42	5	144
61	50	8	223
73	133	31	224
75	157	62	237
79	158	72	255
82	169	74	276
84	171	75	283
85	172	80	284
101	173	86	285
111	197	87	289
127	221	88	291
148		93	292
231		115	297
253		117	299
261		119	
264			
265			

- 目的統合相関量

$$Col \cdot_P = f_P(Col \cdot_P 1, \dots, Col \cdot_P \cdot) = \omega_P \sum Col \cdot_P \cdot$$

$$= \frac{\text{タイムウィンドウ内で取得したデータ数}}{\text{1店舗あたりのデータ総数}} \times \frac{1}{\text{タイムウィンドウ内で取得したデータ数}} \sum Col \cdot_P \cdot$$

- 感性統合相関量

$$Col \cdot_K = f_K(Col \cdot_K 1, \dots, Col \cdot_K \cdot) = \omega_K \sum Col \cdot_K \cdot$$

$$= \frac{\text{タイムウィンドウ内で取得したデータ数}}{\text{1店舗あたりのデータ総数}} \times \frac{1}{\text{タイムウィンドウ内で取得したデータ数}} \sum Col \cdot_K \cdot$$

TopN の適合率、TopN の再現率、TopN の F 値を以下に定義する。

TopN 適合率 *Precision@N*

$$= \frac{|\text{正解リストに含まれる施設等 } n \text{ 提案手法により作成したリストに含まれる施設等}@N|}{N}$$

TopN 再現率 *Recall@N*

$$= \frac{|\text{正解リストに含まれる施設等 } n \text{ 提案手法により作成したリストに含まれる施設等}@N|}{|\text{正解リストに含まれる施設等}|}$$

TopN F 値 *F - measure@N*

$$= \frac{2 \cdot \textit{Precision@N} \cdot \textit{Recall@N}}{\textit{Precision@N} + \textit{Recall@N}}$$

提案手法及び既存手法の結果を図 138 から図 173 に示す。横軸は店舗・施設等の順位、縦軸は評価値である。入力パターンおよびタイムウィンドウの設定によって、評価値の変動が確認できる。

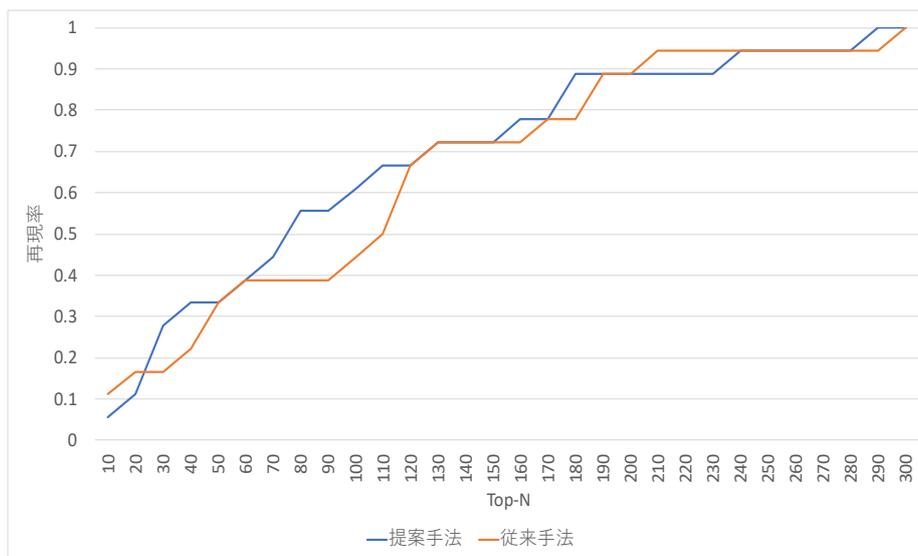


図 138:再現率(パターン 1 1500ms)

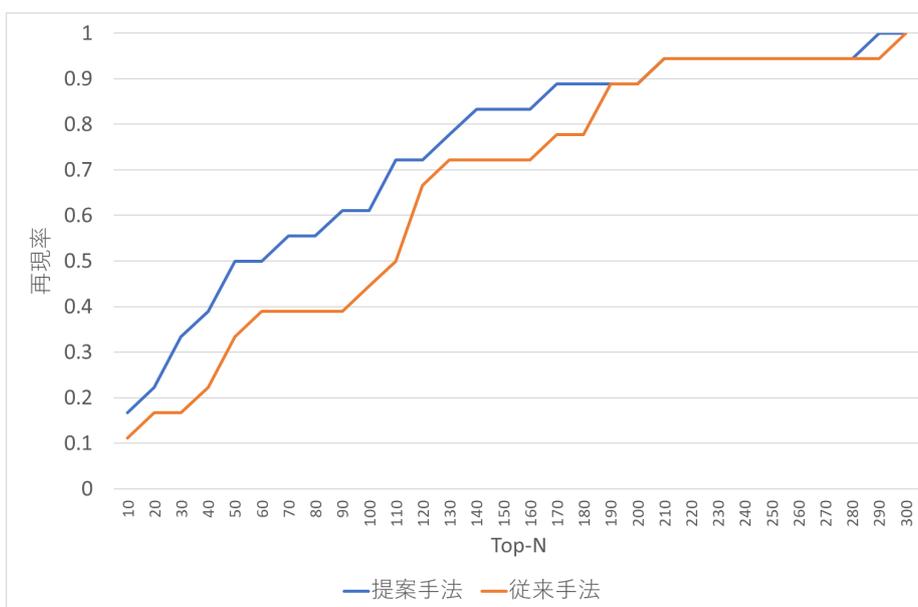


図 139:再現率(パターン 1 1500ms)

パターン1の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率を図 138、図 139 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は再現率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、従来手法が提案手法の再現率を上回っている TopN の区間があることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、提案手法の再現率が従来手法を下回る区間が無いことがわかる。

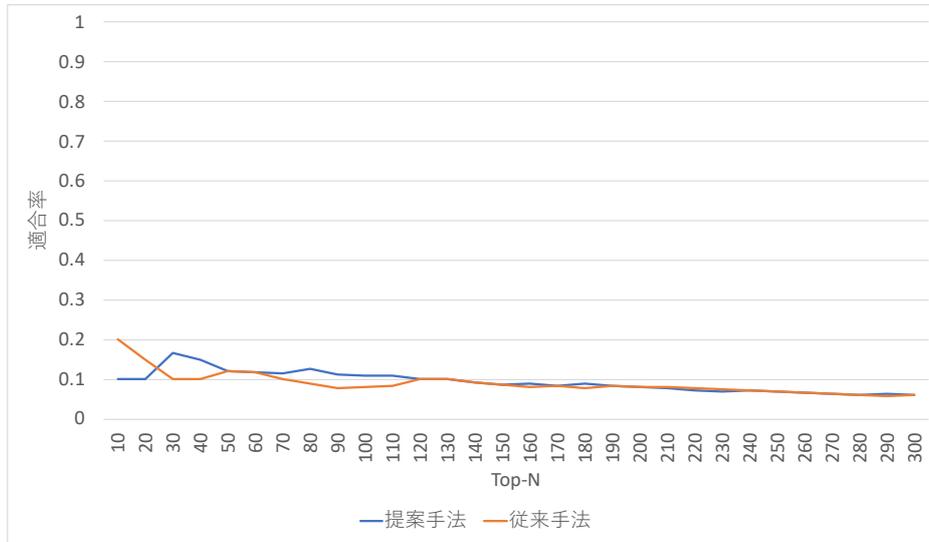


図 140:適合率(パターン 1 500ms)

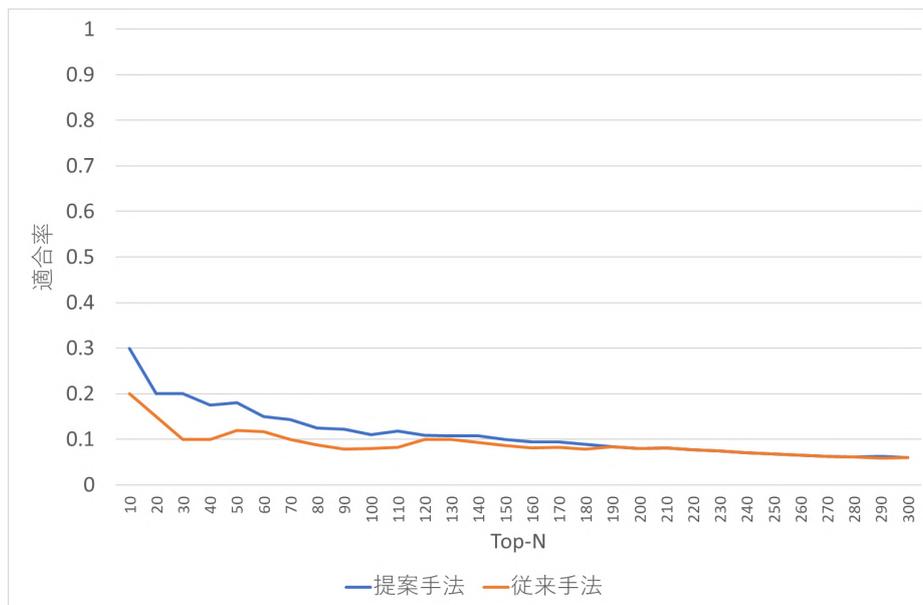


図 141:適合率(パターン 1 1500ms)

パターン1の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の適合率を図 140、図 141 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は適合率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、1 位から 25 位付近まで従来手法が再現率を上回っているが、それ以降は提案手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、提案手法の適合率が従来手法を下回る区間が無いことがわかる。

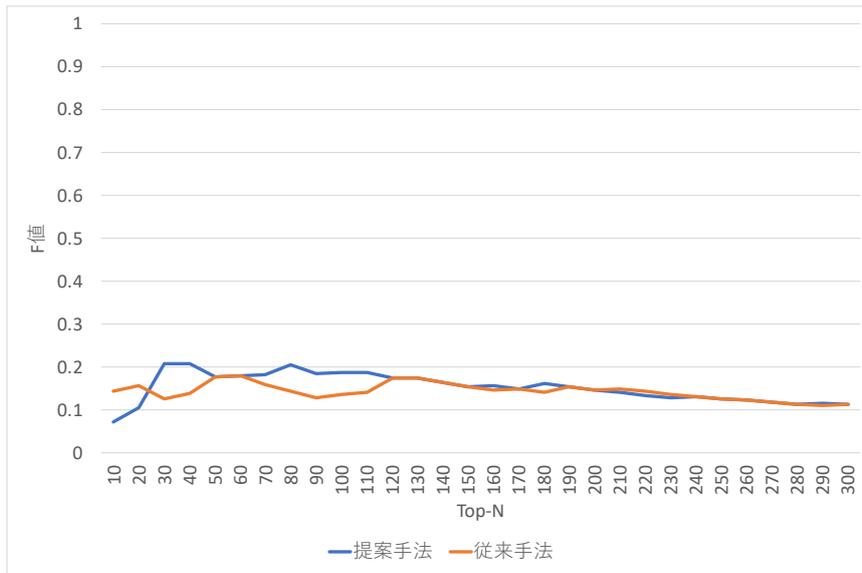


図 142:F 値(パターン 1 500ms)

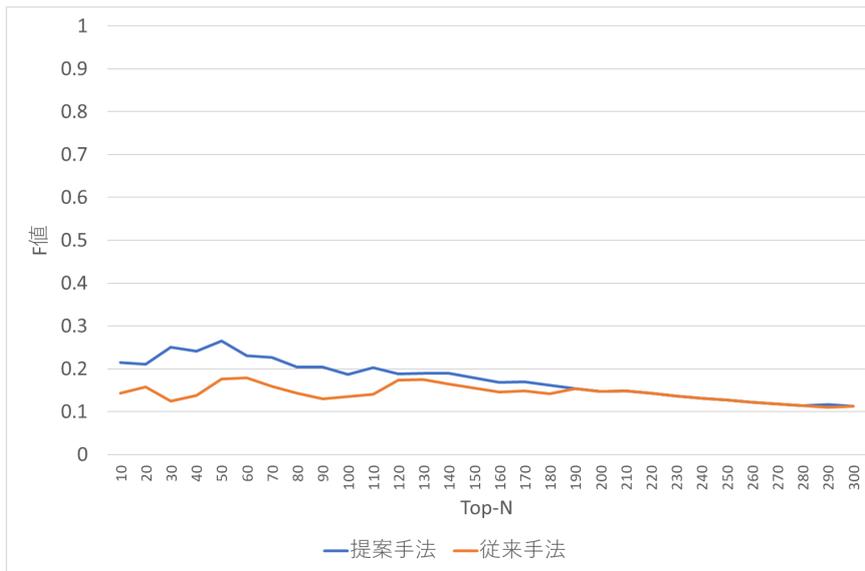


図 143:F 値(パターン 1 1500ms)

パターン1の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の F 値を図 142、図 143 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は F 値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、1 位から 25 位付近まで従来手法が F 値を上回っているが、それ以降は提案手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、提案手法の F 値が従来手法を下回る区間が無いことがわかる。

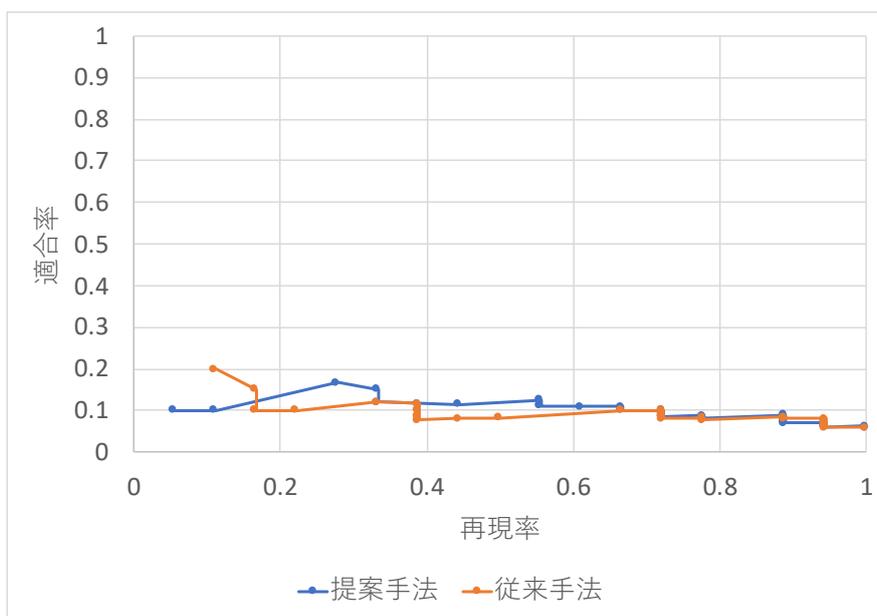


図 144:R-P カーブ (パターン 1 500ms)

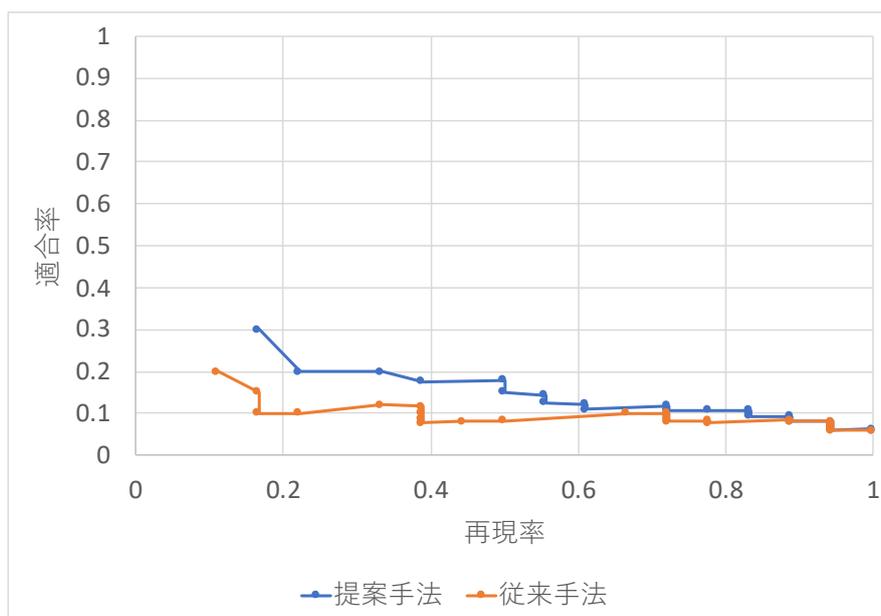


図 145:R-P カーブ (パターン 1 1500ms)

パターン1の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の Top10 ごとの R-P カーブを図 144、図 145 に示す。横軸は再現率、縦軸は適合率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、1 位から 25 位付近まで従来手法が上回っているが、それ以降は提案手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、提案手法が従来手法を下回る区間が無いことがわかる。

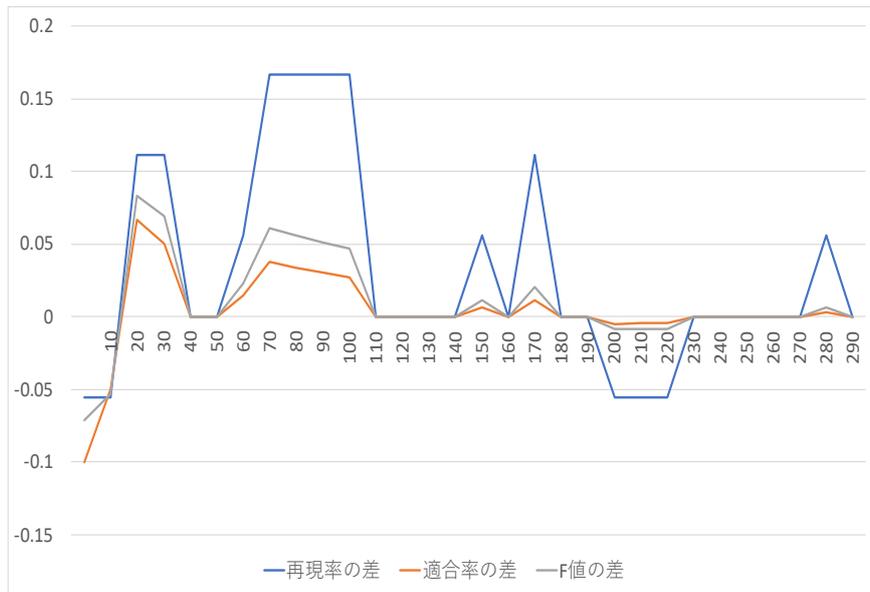


図 146: 指標の差 (パターン 1 500ms)



図 147: 指標の差 (パターン 1 1500ms)

パターン1の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率・適合率・F 値の差を図 146、図 147 に示す。横軸はランキングの TopN (順位)、縦軸は指標の値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、指標の差が負、すなわち従来手法が上回っている区間があるが、タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、指標の差がすべて正、すなわち提案手法が従来手法を下回る区間が無いことがわかる。

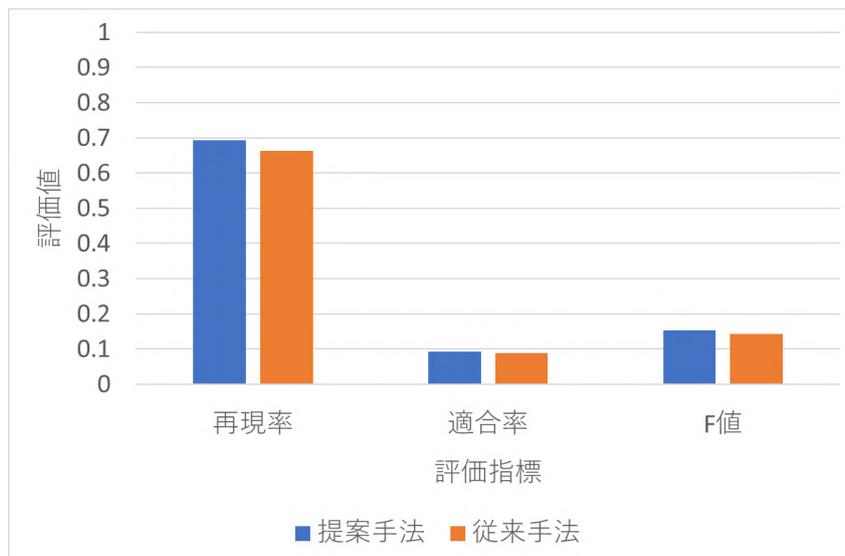


図 148:評価値の比較(パターン 1 1500ms)

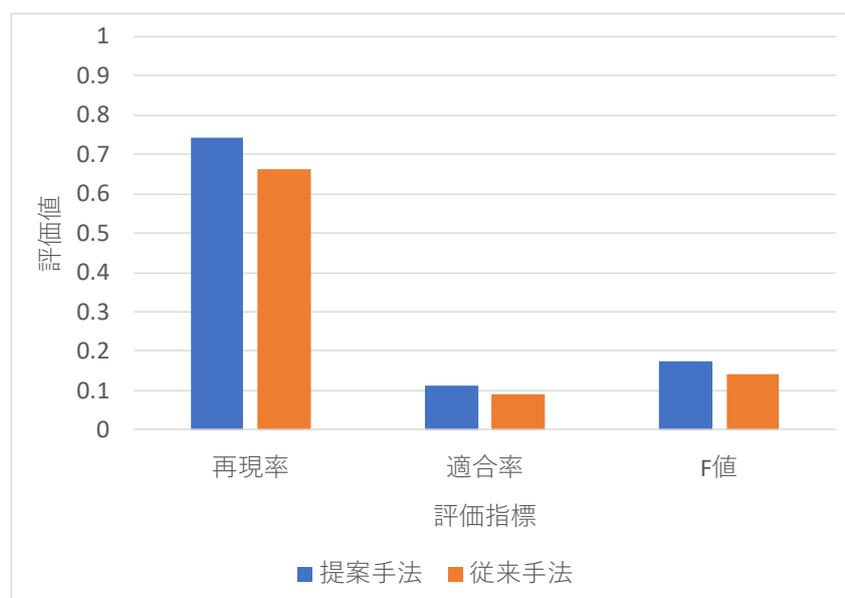


図 149:評価値の比較(パターン 1 1500ms)

パターン1の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率・適合率・F 値の平均値を図 148、図 149 に示す。横軸は指標、縦軸は指標の値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際とタイムウィンドウを 1500ms とともに提案手法が従来手法を上回っていることがわかる。

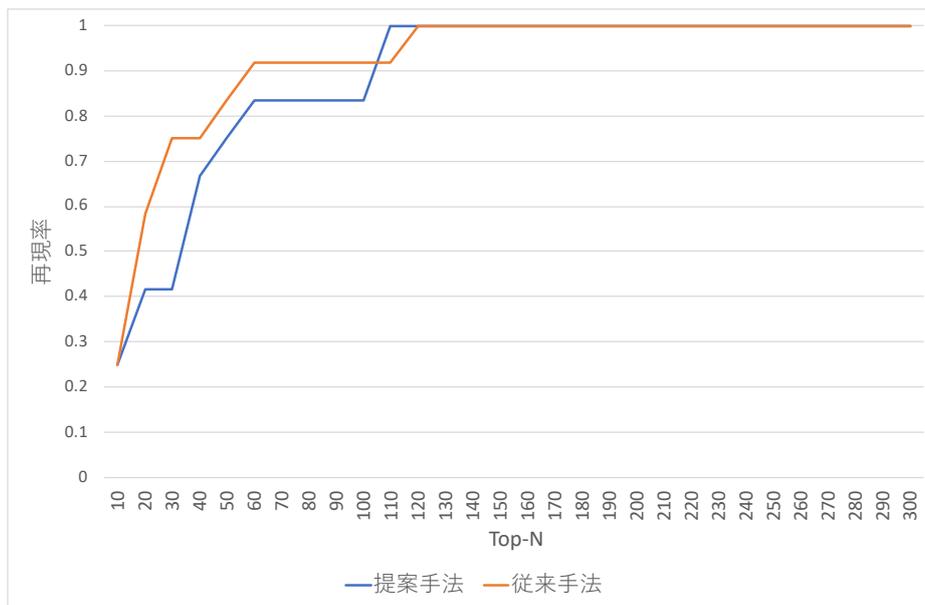


図 150:再現率(パターン 2 500ms)

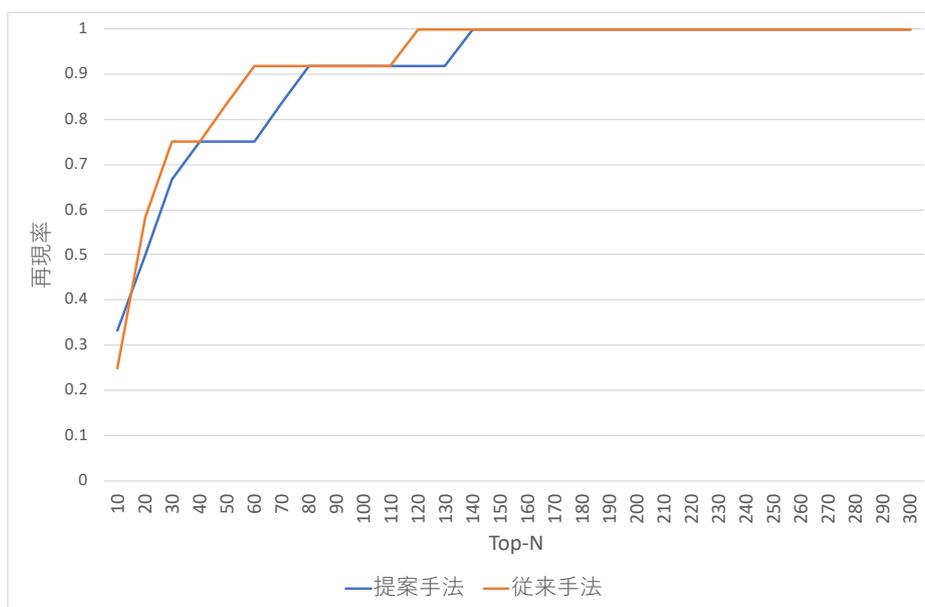


図 151:再現率(パターン 2 1500ms)

パターン2の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率を図 150、図 151 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は再現率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、Top120 付近は提案手法が上回っているが、それ以外は従来手法が上回っている。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、Top10 付近まで提案手法の再現率が従来手法を上回っていることがわかる。

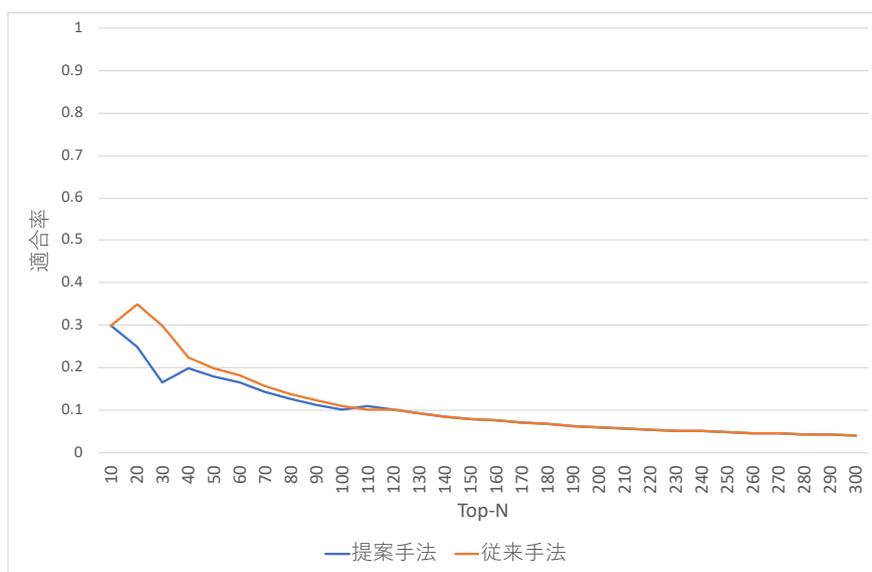


図 152:適合率(パターン 2 500ms)

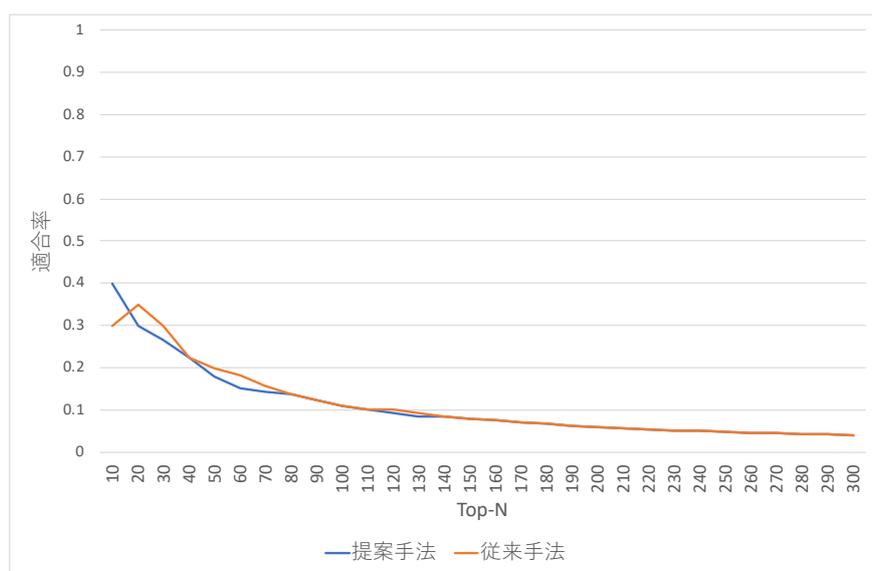


図 153:適合率(パターン 2 1500ms)

パターン2の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の適合率を図 152、図 153 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は適合率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、ほぼすべての区間で従来手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、Top20 まで提案手法の適合率が上回っていることがわかる。

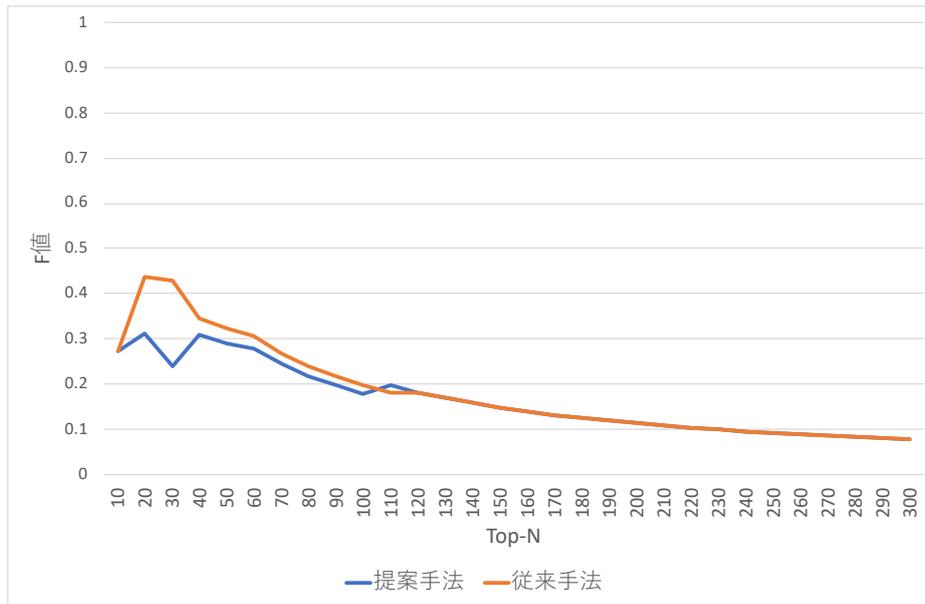


図 154:F 値(パターン 2 500ms)

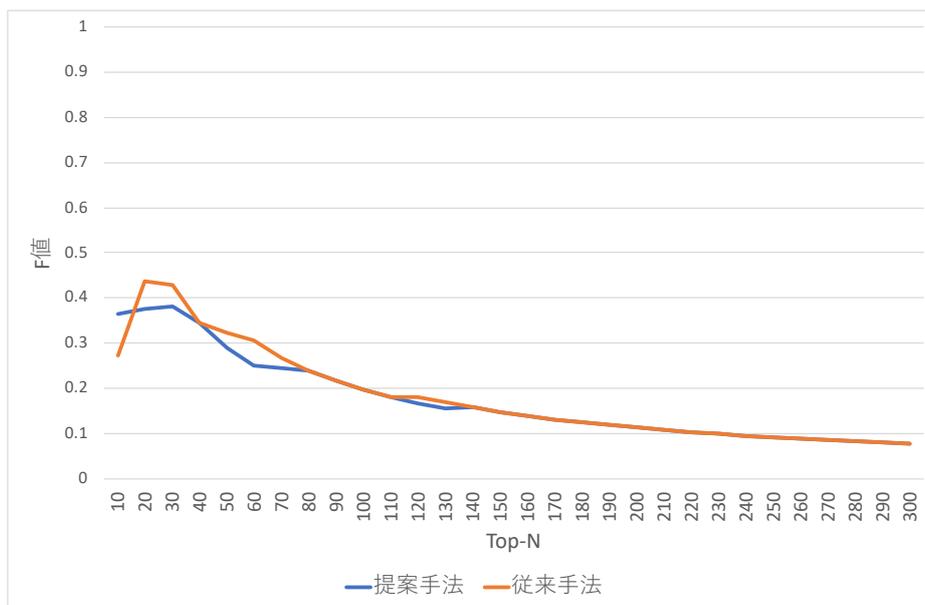


図 155:F 値(パターン 2 1500ms)

パターン2の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の F 値を図 154、図 155 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は F 値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、Top110 付近を除き、従来手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、Top10 付近まで提案手法が上回っていることがわかる。

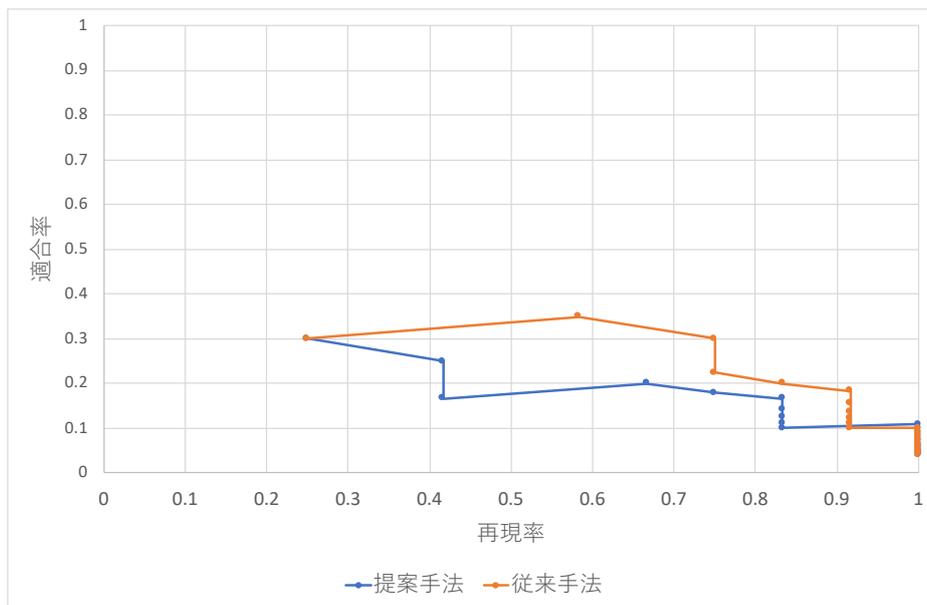


図 156:R-P カーブ (パターン 2 500ms)

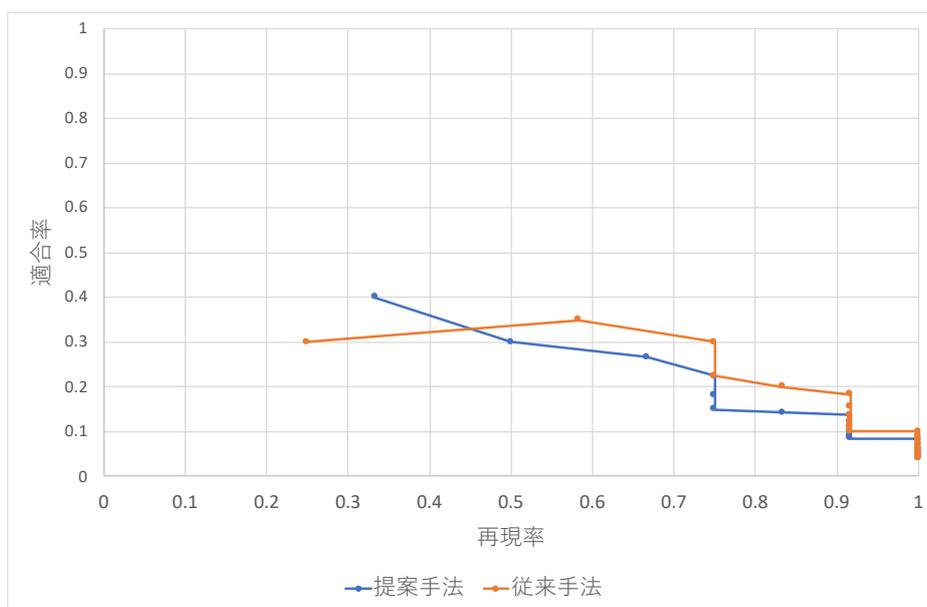


図 157:R-P カーブ (パターン 2 1500ms)

パターン2の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の Top10 ごとの R-P カーブを図 156、図 157 に示す。横軸は再現率、縦軸は適合率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、ほぼすべての順位で従来手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、Top20 付近まで提案手法が上回っていることがわかる。

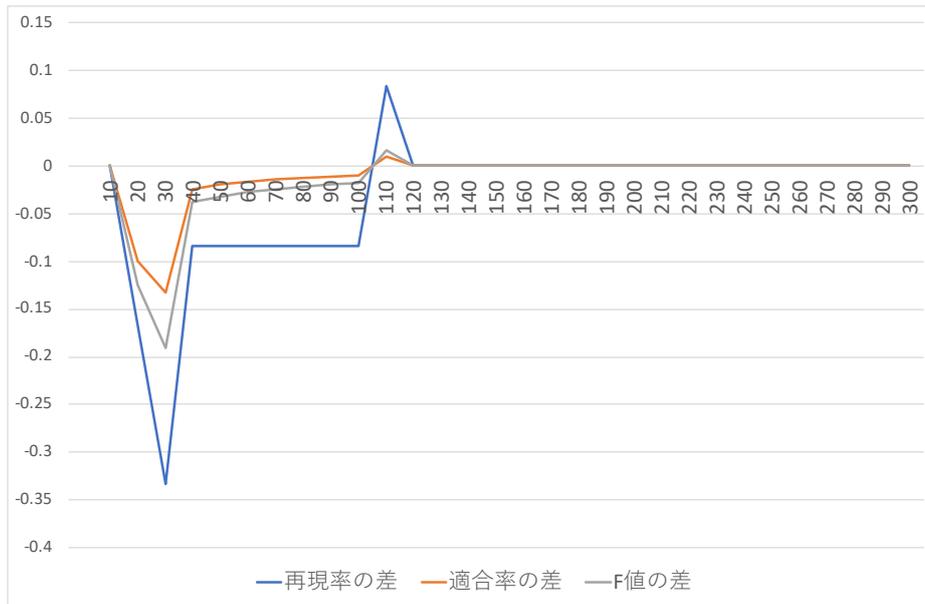


図 158:指標の差(パターン 2 500ms)

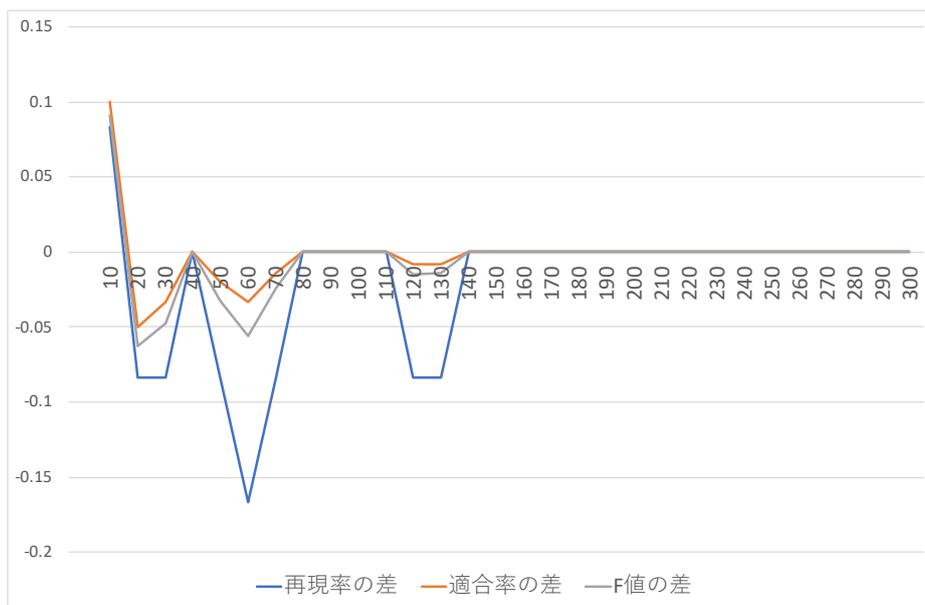


図 159:指標の差(パターン 2 1500ms)

パターン2の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率・適合率・F 値の差を図 158、図 159 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)、縦軸は指標の値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、指標の差が負、すなわち従来手法が上回っている区間がある。また、タイムウィンドウを 1500ms に設定した際は、Top15 付近まで指標の差がすべて正、すなわち提案手法が従来手法を上回っていることがわかる。

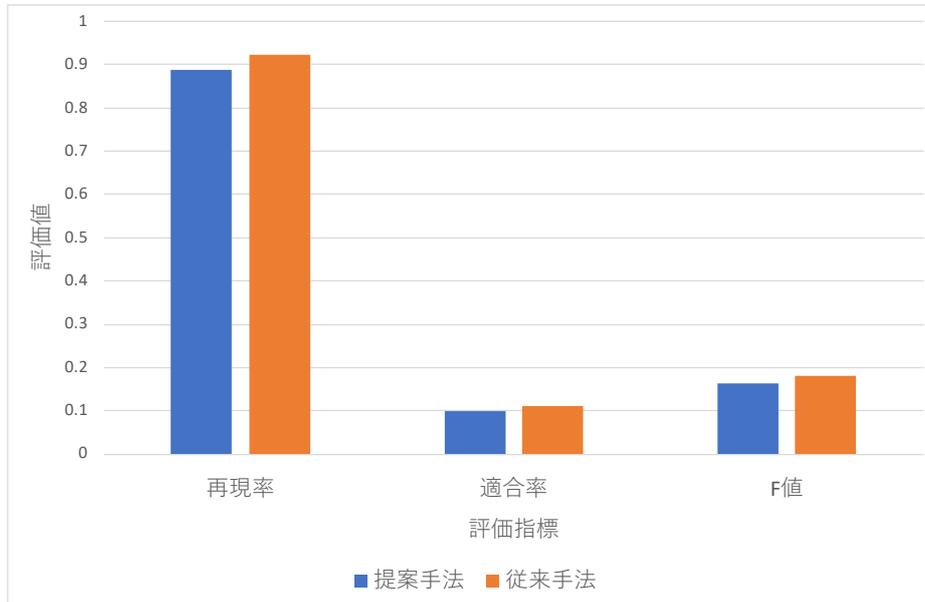


図 160: 評価値の比較 (パターン 2 500ms)

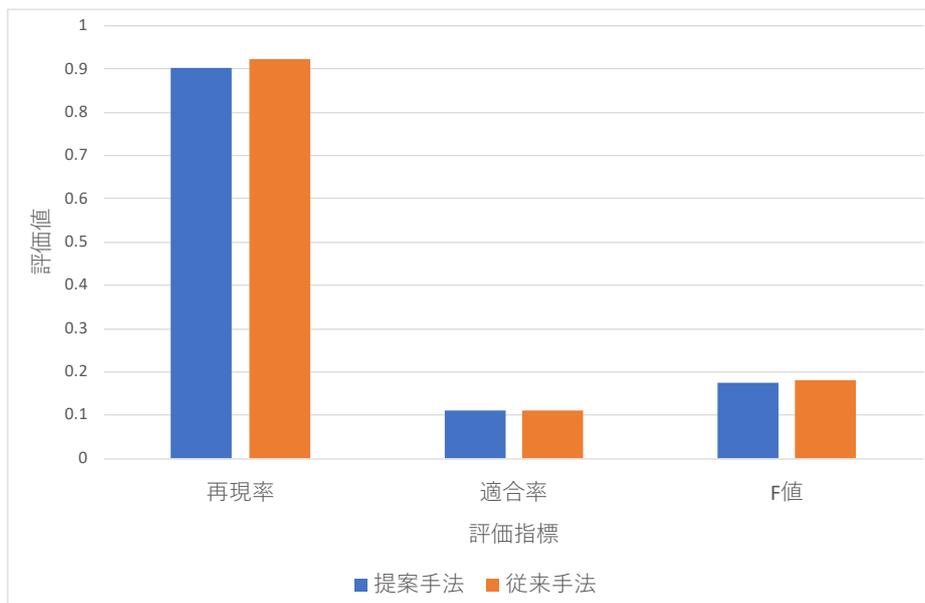


図 161: 評価値の比較 (パターン 2 1500ms)

パターン2の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率・適合率・F 値の平均値を図 160、図 161 に示す。横軸は指標、縦軸は指標の値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際とタイムウィンドウを 1500ms とともに提案手法が従来手法を若干下回っていることがわかる。

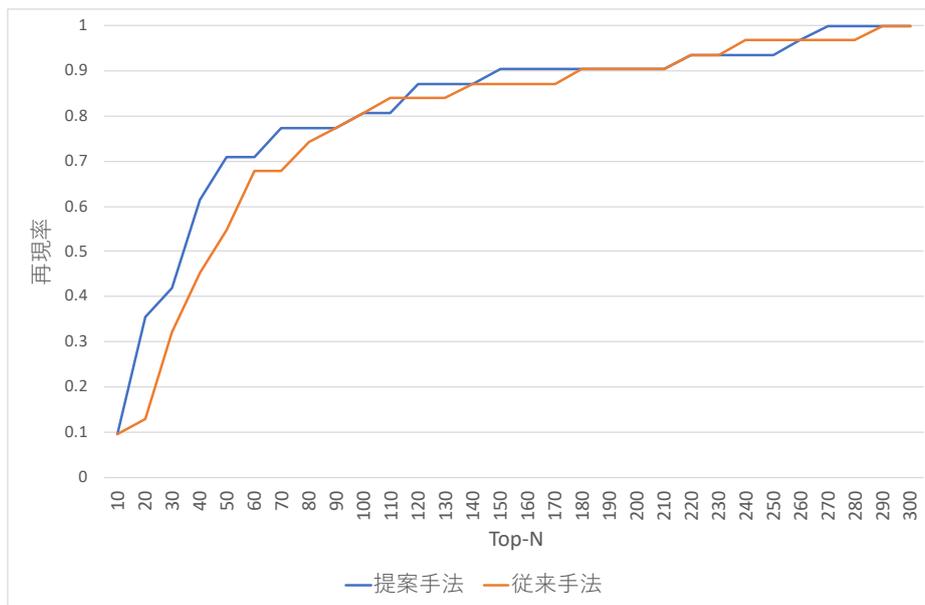


図 162:再現率(パターン 3 500ms)

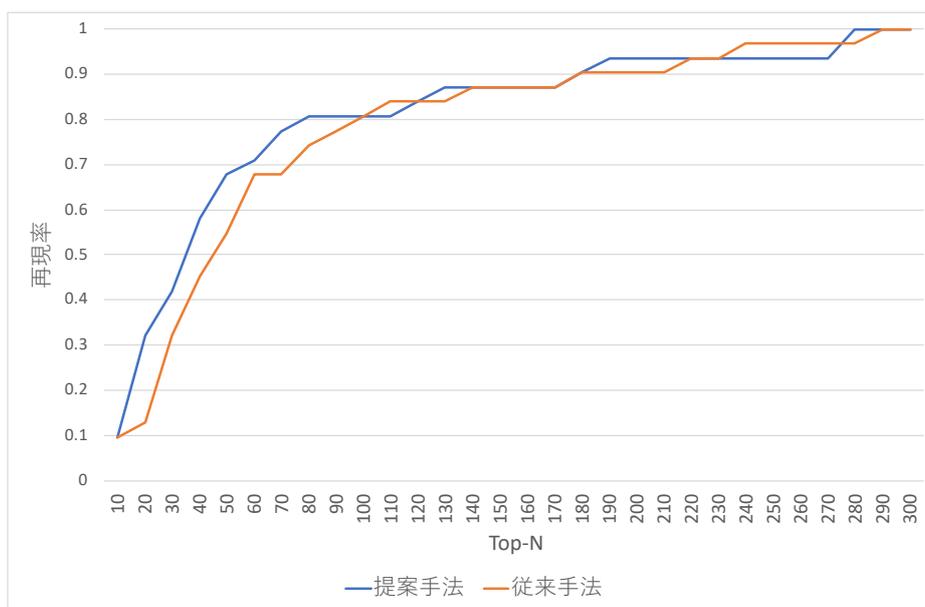


図 163:再現率(パターン 3 1500ms)

パターン3の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率を図 162、図 163 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は再現率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、Top90 付近まで提案手法が再現率を上回っている。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際も同様に、Top90 付近まで提案手法の再現率が従来手法を上回っていることがわかる。

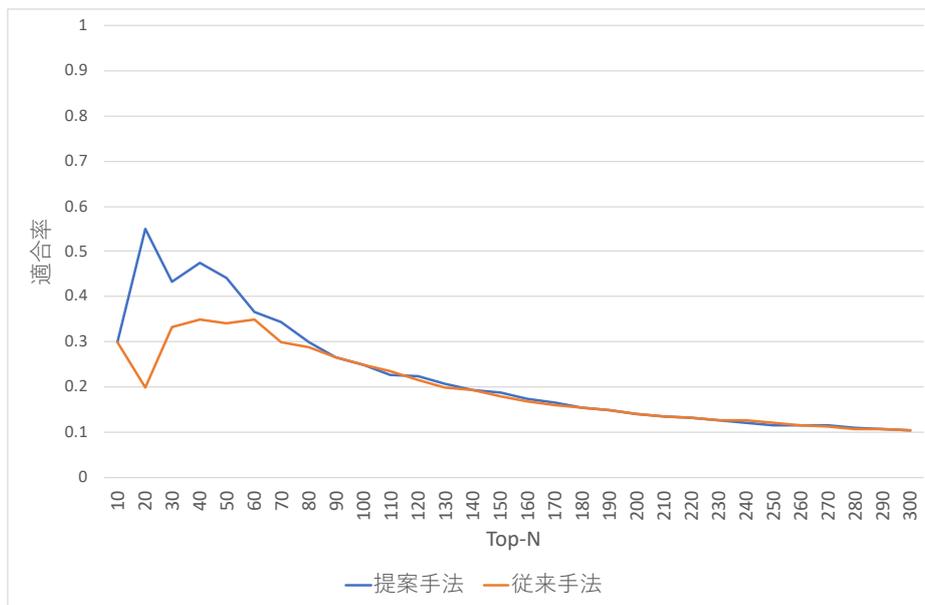


図 164:適合率(パターン 3 500ms)

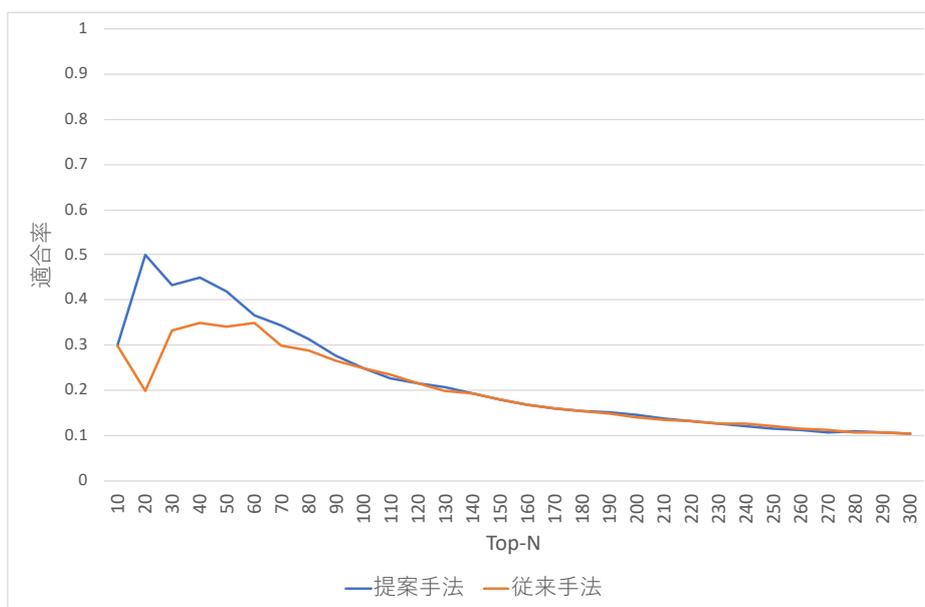


図 165:適合率(パターン 3 1500ms)

パターン3の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の適合率を図 164、図 165 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は適合率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、ほぼすべての区間で提案手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際も、ほぼすべての区間で提案手法の適合率が上回っていることがわかる。

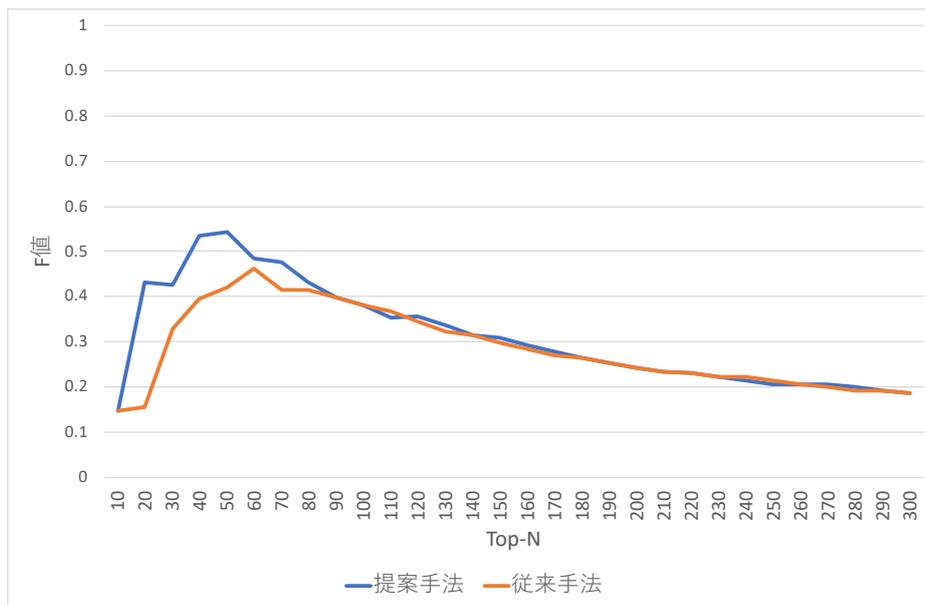


図 166:F 値(パターン 3 500ms)

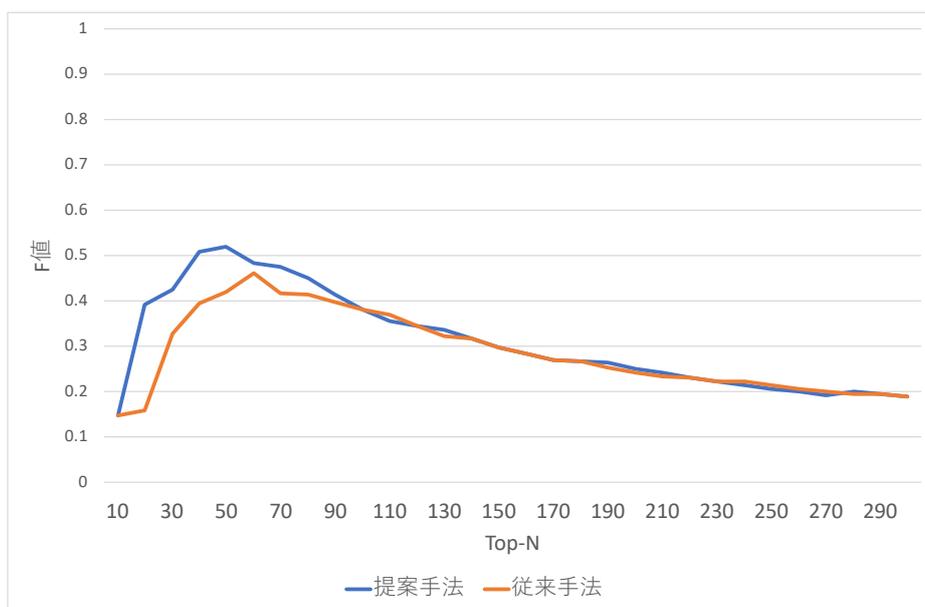


図 167:F 値(パターン 3 1500ms)

パターン3の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の F 値を図 166、図 167 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)を示し、縦軸は F 値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、提案手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際も同様に、提案手法が上回るまたは同等であることがわかる。

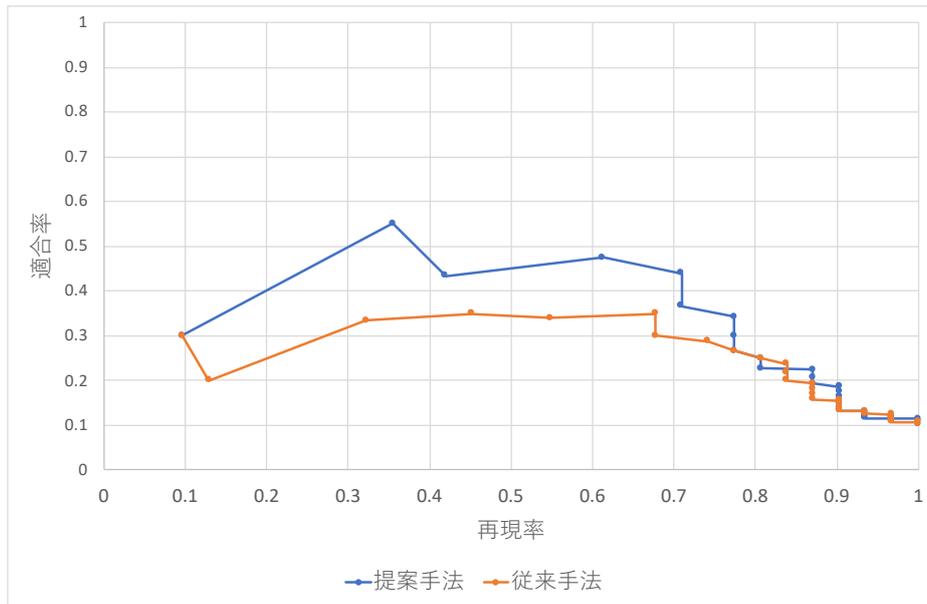


図 168:R-P カーブ (パターン 3 500ms)

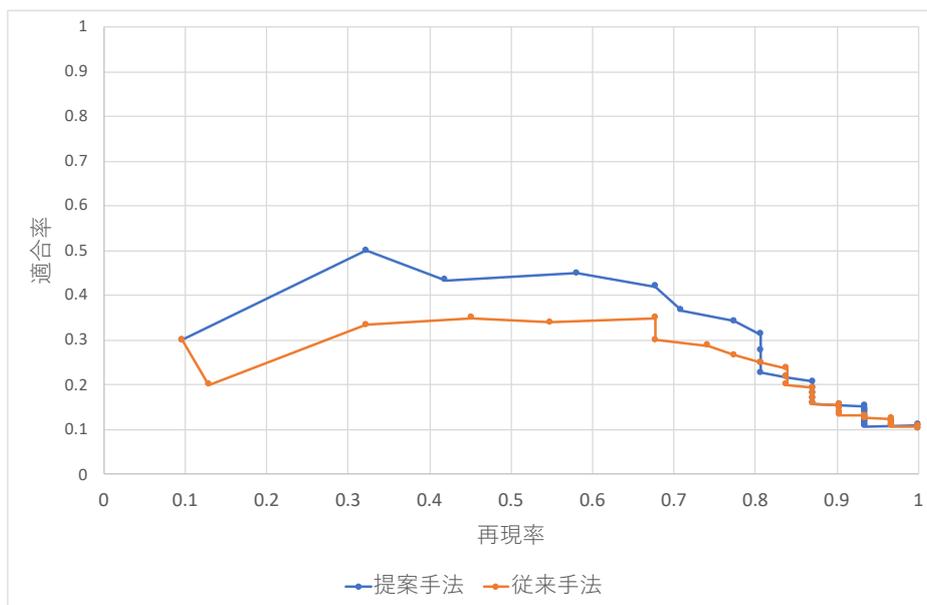


図 169:R-P カーブ (パターン 3 1500ms)

パターン3の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の Top10 ごとの R-P カーブを図 168、図 169 に示す。横軸は再現率、縦軸は適合率を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、ほぼすべての順位で提案手法が上回るまたは同等であることがわかる。タイムウィンドウを 1500ms に設定した際も、ほぼすべての順位で提案手法が上回っていることがわかる。

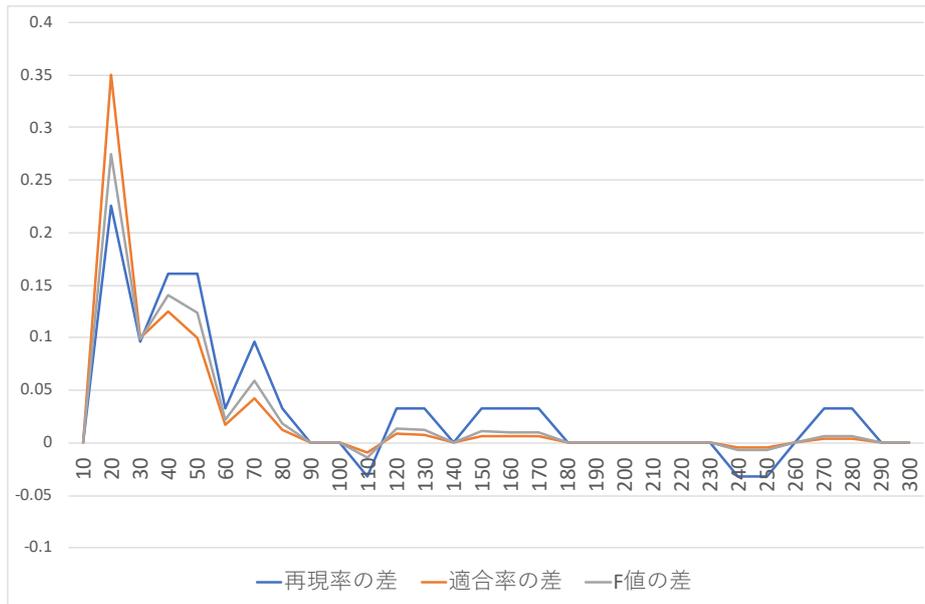


図 170:指標の差(パターン 3 500ms)

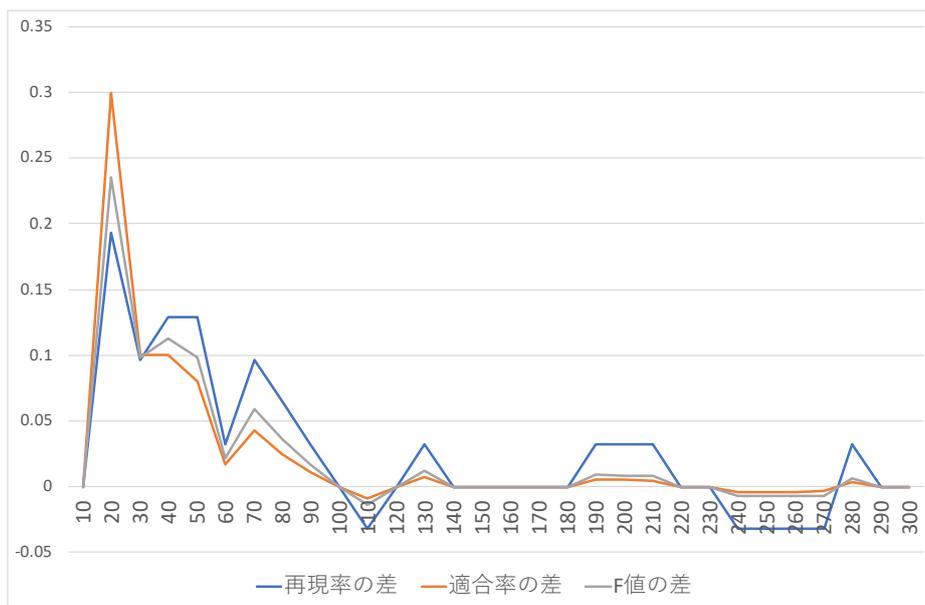


図 171:指標の差(パターン 3 1500ms)

パターン3の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率・適合率・F 値の差を図 170、図 171 に示す。横軸はランキングの TopN(順位)、縦軸は指標の値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際は、再現率の差が負、すなわち従来手法が上回っている区間がある。また、タイムウィンドウを 1500ms に設定した際も同様に、従来手法の再現率が上回っている区間がある。

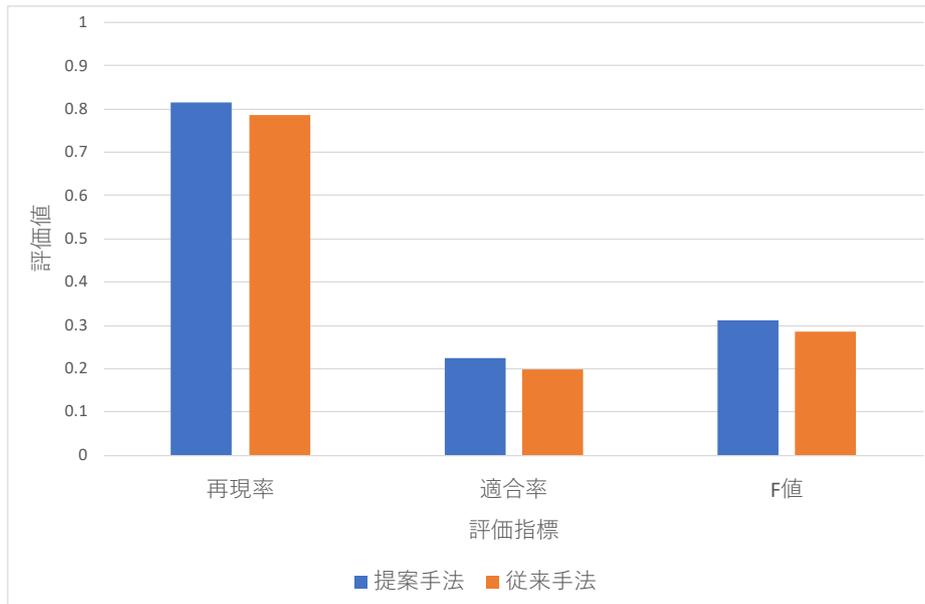


図 172: 評価値の比較 (パターン 3 500ms)

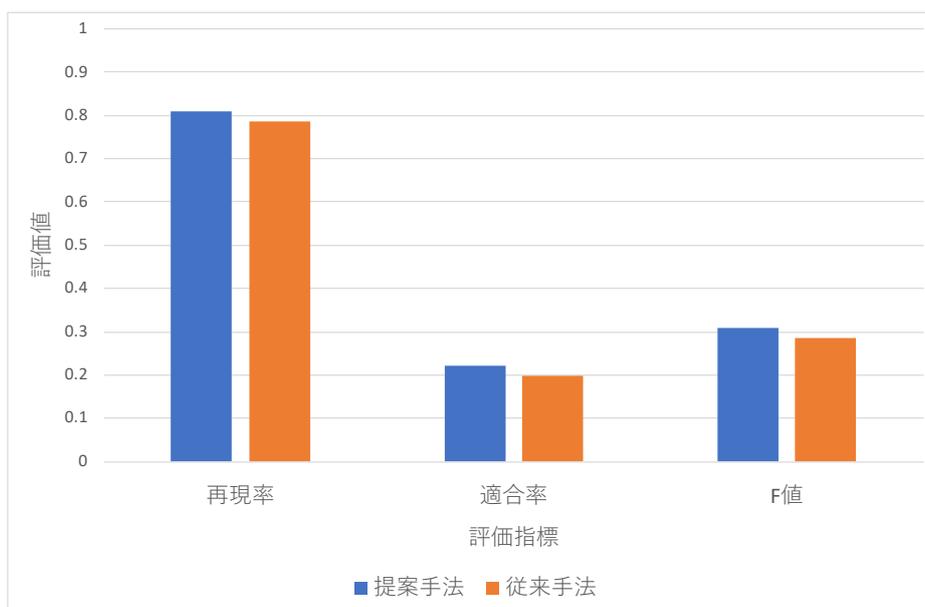


図 173: 評価値の比較 (パターン 3 1500ms)

パターン3の入力においてタイムウィンドウを 500ms に設定した際と 1500ms に設定した際の再現率・適合率・F 値の平均値を図 172、図 173 に示す。横軸は指標、縦軸は指標の値を示す。タイムウィンドウを 500ms に設定した際とタイムウィンドウを 1500ms とともに提案手法が従来手法を上回っていることがわかる。

## 5.3.2 有効性評価実験

### 5.3.2.1 鉄道事業者社員を対象とした有効性評価実験

提案システムによる鉄道情報空間上の情報獲得の快適性評価を行った。確認方法は、駅等において案内業務を行っている駅係員・乗務員をはじめ、計40名に対するアンケート調査とした。図174、図175、図176に評価者の属性を示す。図177に提案方式で鉄道情報空間を解析した結果、抽出された情報に興味のあるものが多かったかどうかを示す。

図177より、この項目を評価した39名中31名の約79%から本手法にて作成されたリストに興味のあるものが多く含まれていたという評価を得た。したがって、本手法が駅構内案内に有効であると言える。

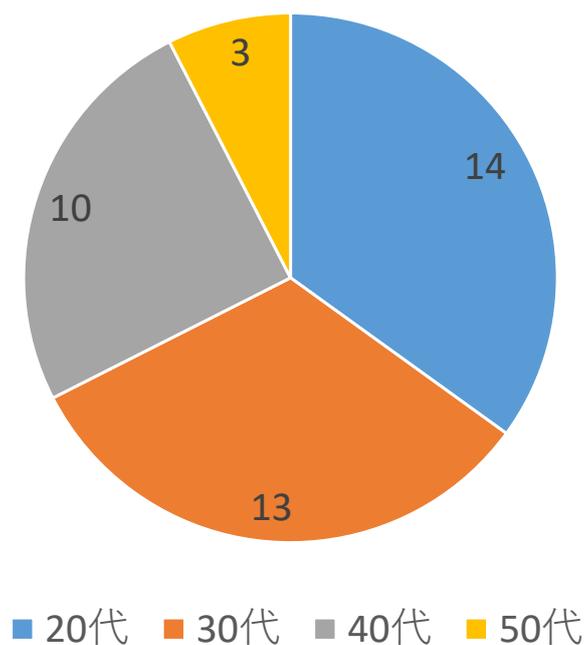
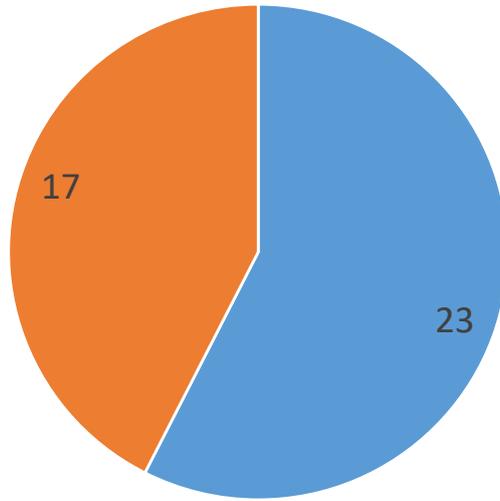
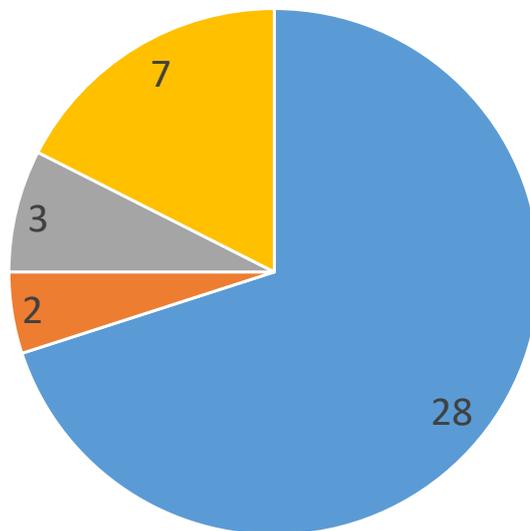


図 174: 評価者年代(鉄道事業者社員)



■ 男 ■ 女

図 175: 評価者性別(鉄道事業者社員)



■ 駅・乗務員 ■ 事業 ■ 電気 ■ 研究開発

図 176: 評価者業種(鉄道事業者社員)

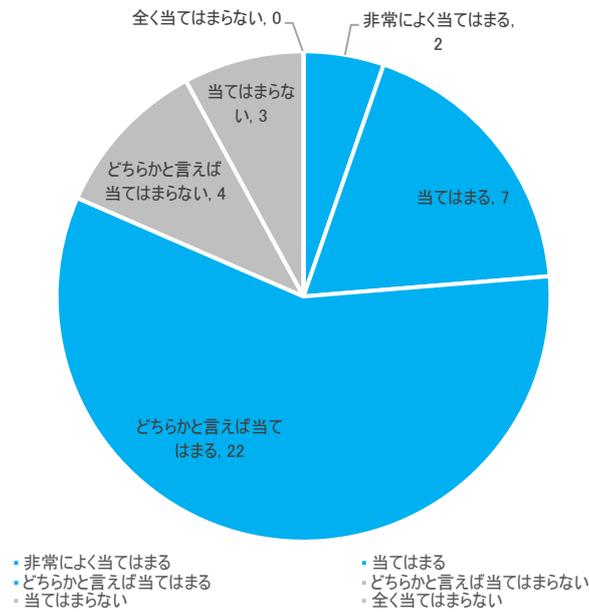


図 177: アンケート回答結果・施設検索(目的×気分による検索)結果

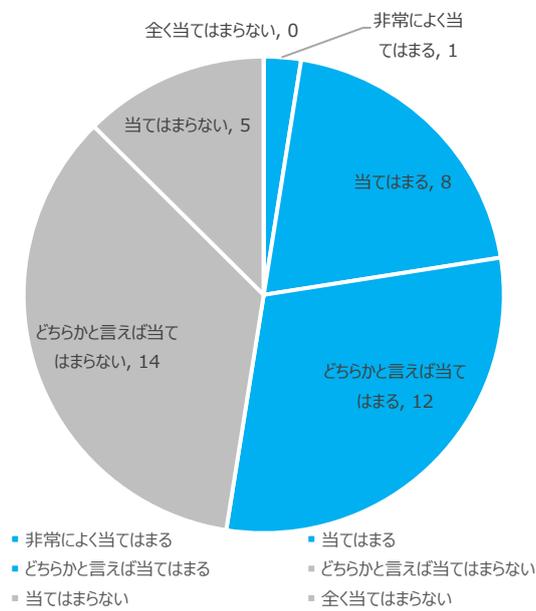


図 178: 試作システムは現状で利用者に提供できるのアンケート回答結果

### 5.3.2.2 アンケートモニターを対象とした有効性評価試験

本試験では鉄道利用者による鉄道情報空間における情報獲得の快適性調査を目的とした試作システムの有効性確認を実施した。詳細は以下のとおりである。

- 実施期間

2020年1月10日～2020年1月23日

- 調査対象

評価者数:調査会社会員(アンケートモニター):112名

- 調査対象の性年代:20代から60代の男女

- 調査対象の東京駅利用頻度

- 日常利用(週一回以上):57名

- 非日常利用(月1回未満):55名

- 調査方法

- 利用端末:評価者のスマートフォン

- 利用場所:(必須)東京駅構内で1度以上利用

(任意)自宅・移動中等

- 聴取方法:Webアンケート(試用後)

利用期間内に、提案システムで構築した鉄道情報空間へアクセスした1日あたりのユーザー数を図 179 に示す。加えて表に鉄道情報空間上でアクションしたユーザ数とその種類を示す。図 179 および表 11 より、提案システムで構築した鉄道情報空間でのアクションが繰り返し創出された。



図 179 提案システムにおける鉄道情報空間へアクセスしたユーザ数

表 11 提案システムにおけるユーザのアクション種別とアクション数

No	アクション	ユーザ	閲覧数
1	目的・気分検索画面	266	7,786
2	目的気分検索実施	253	7,639
3	店舗詳細	184	5,645
4	マップ表示	166	5,834
5	B1F 地図	157	4,910
6	カテゴリ検索(カテゴリ選択)	142	5,514
7	キーワード・カテゴリ検索画面	138	5,181
8	カテゴリ検索 実施	130	5,139
9	1F 地図	119	4,442
10	2F 地図	111	3,559
11	お気に入り画面	108	4,159
12	これも好きかも！	107	3,675
13	京葉線地図	106	3,101
14	3F 地図	98	2,637
15	総武線地図	96	3,036
16	リスト表示	86	3,258
17	お気に入り追加	74	2,469
18	使い方(ログイン後)	72	2,428
19	エリア設定	72	3,064
20	条件を変更	72	3,150
21	ここへ行く(店舗詳細から)	67	2,447
22	ここへ行く(地図画面から)	62	2,313
23	キーワード検索 実施	50	2,120
24	エリア 設定する	49	2,011
25	詳細画面からの外部リンク	41	1,104
26	これも好きかも！(お気に入り)	18	1,019
27	ここへ行く(お気に入りから)	14	517
28	お気に入り削除	12	449
29	距離順	10	519
30	使い方(ログイン前)	9	134

31	リスト表示(お気に入り)	6	256
32	おススメ順	4	106

(1) 鉄道情報空間上において目的・感性による情報問い合わせを行った際の情報獲得の快適性

鉄道情報空間における情報獲得の快適性として、欲しい情報にたどり着くまでのスムーズさの評価「非常に満足」、「満足」を選択した割合で比較を実施した。その結果を図 181 に示す。効果は利用状況に利用した状況によって異なることがわかる。さらに図 182,図 183 から、提案方式で構築した鉄道情報空間は、他のシステムが構築した空間に対して、評価が高いことがわかる。

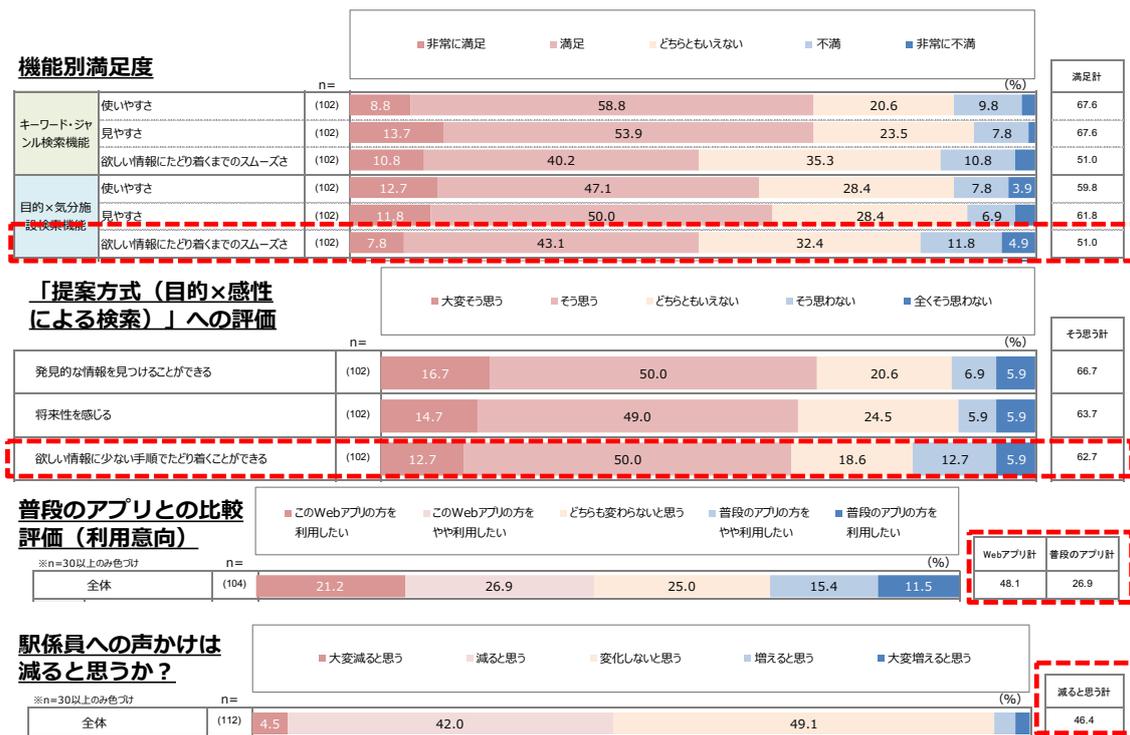


図 180: 情報獲得の快適性向上に関する評価(鉄道利用者)

評価者数 n=100 以上の評価項目で、情報獲得の快適性向上に関する効果を確認。評価者数:100 名(標本誤差)10%、「信頼度」95%)。

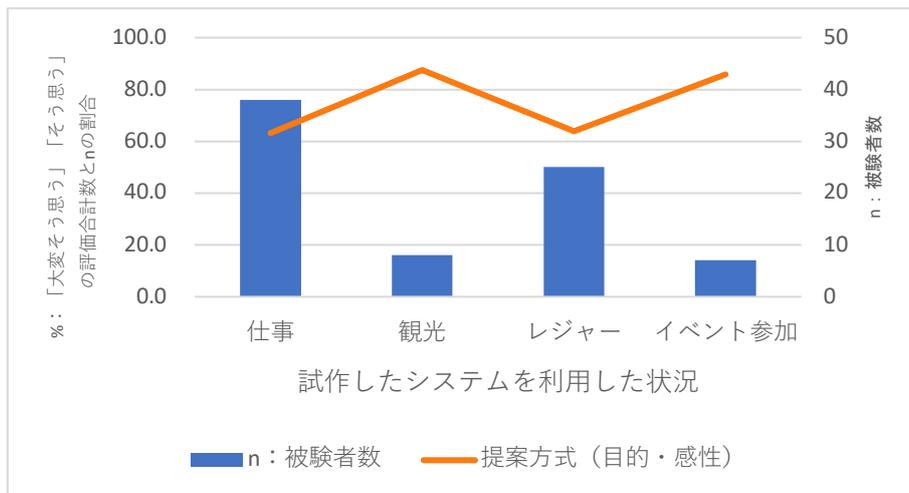


図 181: 鉄道情報空間上において目的・感性による情報問い合わせを行った際の情報獲得の快適性「欲しい情報に少ない手順でたどり着くことができる」(5件法: 「大変そう思う」～「全くそう思わない」)

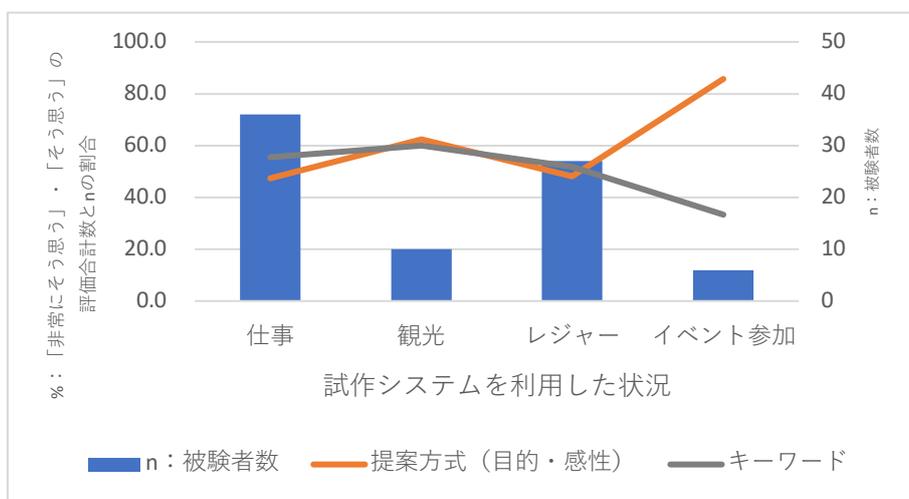


図 182: 異なる情報問い合わせ・抽出方式による情報獲得負荷軽減効果の比較「欲しい情報にたどり着くまでのスムーズさ」(5件法: 「大変にそう思う」～「全くそう思わない」)

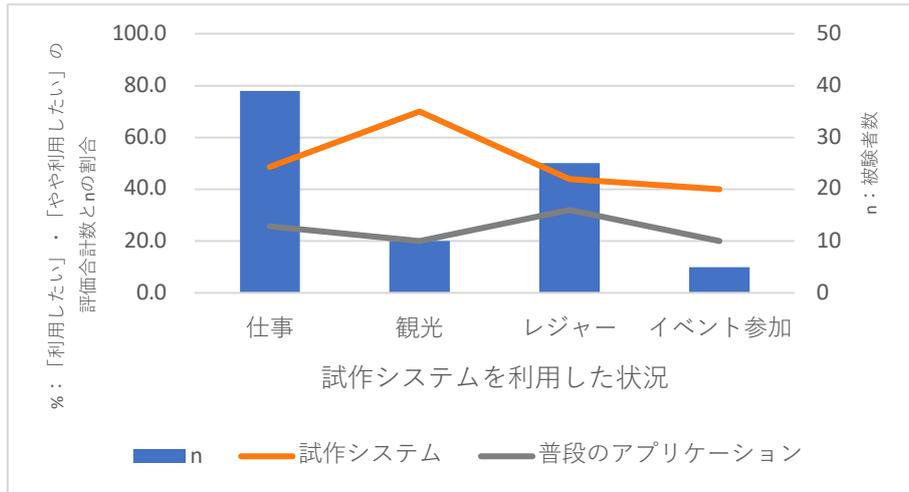


図 183: 試作システムと普段利用のアプリケーションとの利用意向比較  
「今後どちらを利用したいか」

(5件法: 「試作システムを利用したい」～「普段のアプリケーションを利用したい」)

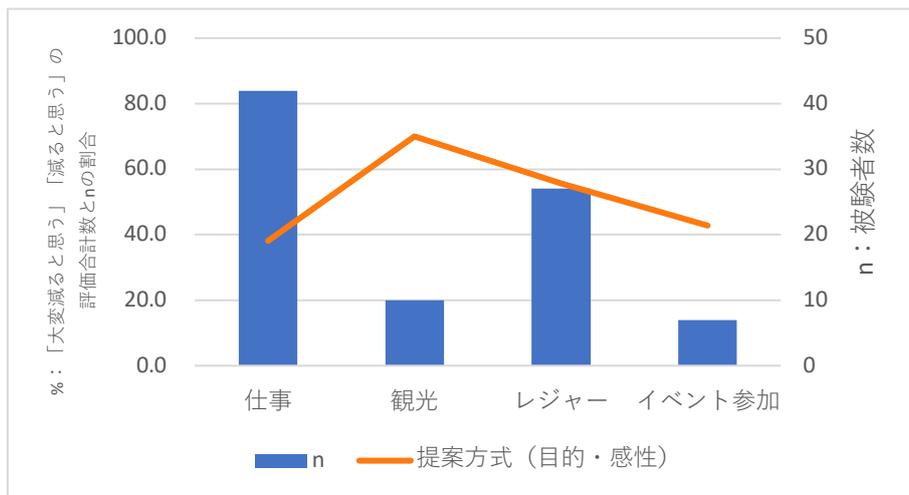


図 184: 「駅係員への声かけは減ると思うか？」  
(5件法: 「大変減ると思う」～「大変増えると思う」)

## (2) 鉄道情報空間上での情報獲得活動に伴う利用者変化

提案方式による鉄道情報空間の解析で、鉄道情報空間での情報獲得の快適性向上効果が創造された。さらに、提案方式による鉄道情報空間での情報獲得活動に伴う利用者変化を確認した(図 185, 図 186)。

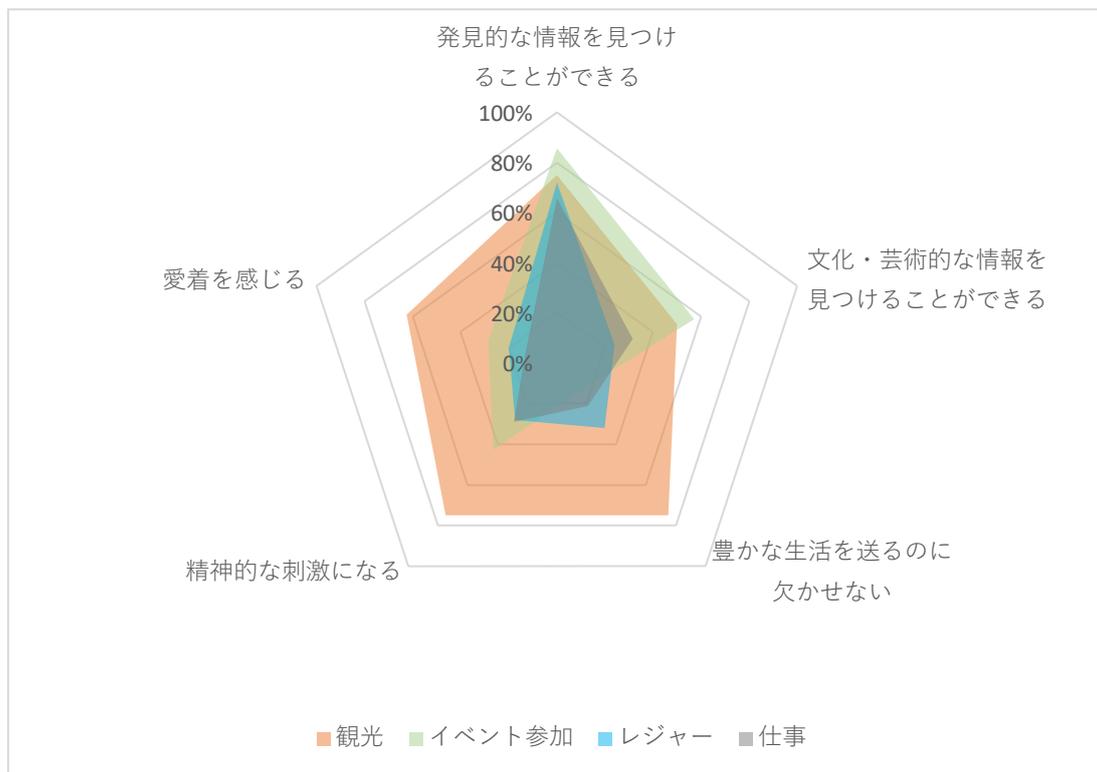


図 185:提案方式(目的・感性)を利用して感じたこと「大変そう思う」「そう思う」の評価割合(5件法:「大変にそう思う」～「全くそう思わない」)

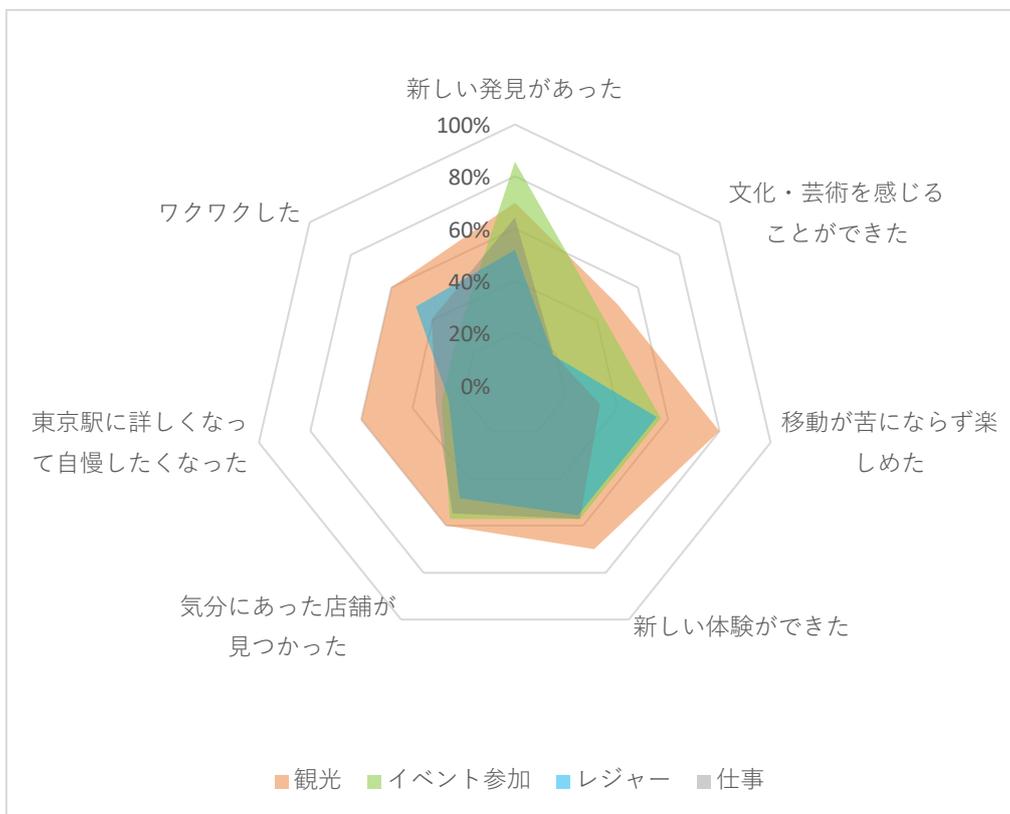


図 186: 試作システムを利用した印象・感想:「大変そう思う」「そう思う」の評価割合 (5件法:「大変にそう思う」～「全くそう思わない」)

## 5.4 考察

### ・鉄道情報空間における情報獲得活動の実時間性・快適性

本研究の提案システムにおいて、鉄道情報空間上の情報獲得の快適性を向上させることが可能となる。特に、利用者が観光やイベント参加時における向上効果が高いと考えられる。さらに、提案システムで構築した鉄道情報空間と他のシステムで構築した鉄道情報空間の利用意向評価結果からも、提案システムの有効性が確認できる。

一方で、利用者がスマートフォン操作によるコンテキストの入力、すなわち利用者を鉄道実空間から鉄道情報空間へ写像する方法が課題であることが明らかになった。

### ・新たなサービス創造の可能性について

本研究の提案システムで構築した鉄道情報空間に利用者を写像することで、情報獲得活動の快適性の他、新しい発見があった・ワクワクしたなどの情動的变化が確認さ

れた。すなわち、提案方式は鉄道情報空間において、利用者に高次元の意味的サービスが提供できるといえる。一方で、この効果は利用者の状況に応じて動的に変化することがあきらかになった。さらに、鉄道情報空間における活動の結果、鉄道実空間の活動の変化も確認できた。以上から、本方式で鉄道情報空間における利用者の快適な活動の結果、鉄道実空間における活動変化を多次元的に生み出す方式であると言える。

## 5.5 結論

Railway Context Cube based Database Integration による案内モバイルアプリケーションの情報問い合わせ・抽出方式による鉄道情報空間の分析・可視化実験および鉄道情報空間上における活動の快適性に対する有効性評価実験を行った。

鉄道情報空間の分析・可視化実験の結果、提案システムによる鉄道情報空間の新たな解析方式を実現した。また、東京駅においておよそ100名の評価者に提案システムを評価させた。その結果、鉄道情報空間上の情報獲得の快適性を向上効果とともに、利用者に多次元的な変化をもたらす新たなサービスとしての実現可能性を確認した。

## 第6章 結論と展望

本研究では、鉄道空間を対象とした意味計量機構と統合データベースシステムの構築方式として、Railway Context Cube based Database Integration(RCCDI)を提案し、RCCDIを実現する3技術(1)時間的・空間的・意味的な複雑性を有する実空間を情報空間において表現する空間表現技術(2)情報空間の構造を情報問い合わせに応じて制御する空間制御技術(3)時間・空間・意味計量機構により情報空間解析を行う空間解析技術を確立し、鉄道情報空間の新たな解析方式として適用しその実現性を確認した。

鉄道は経済・社会活動を支える重要な基盤として、世界規模で発展し続けている。鉄道の主要な特徴は、人や物を「大量」・「高速」・「定時」に輸送可能である点と、高い安全性・経済性を有する点である。鉄道事業者は社会課題や環境課題の複雑化に対する社会的使命を果たす必要がある。そのため、鉄道実空間と鉄道情報空間の連携・連動による情報システムの高度化・知的化に関する研究は非常に重要である。

本研究の学術的な独自性は、人間の記憶想起プロセスに基づく知的情報問い合わせ・抽出方式の実現であり、具体的に新しい点として次の3点がある。第1点は空間表現技術であり、鉄道利用者の個人情報がなくとも有効なサービス開始を実現するため、普遍性(General)と個別性(Personal)を扱うデータモデルを導入した点である。第2点は空間制御技術であり鉄道空間固有の不変な公共交通機能と、社会環境に応じて可変な商業施設等の機能に応じた情報問い合わせ・抽出を実現するために、文脈依存完全性・意味的正規順位評価を導入した点である。第3点は、空間表現技術・空間制御技術・空間解析技術を適用した駅構内案内システムを実装し、鉄道情報空間上における利用者の活動快適性および新たなサービス創造が可能であることを確認した点である。

本研究の創造性は次の2点である。第1点は、本研究により鉄道空間における新たな情報問い合わせ・抽出方式の実現が新しく可能となった点であり、鉄道情報空間における利用者活動の快適性向上・あらたなサービス提供が可能となった。第2点は、第1点が可能となったことで、駅をはじめとした交通結節点の乗継抵抗が生み出す社会問題に関する新たな問題解決アプローチが可能となった点である。

RCCDIにより、鉄道情報空間の意味的多次元空間を構築し、鉄道情報空間の拡張を実現し、3種類の鉄道空間案内システムを実装した。これらのシステムは、利用者の鉄道情報空間上における情報取得の快適性向上と、多次元的活動体験を可能とするシステムであり、鉄道の使命である社会的・経済的・文化的発展を果たすシステムとして重要な方式であると考えている。

本提案手法の応用として、新型コロナウイルス感染拡大における混雑や感染リスクを考慮する状況に対し、非常に有用な技術となり得る。Railway Context Cubeはこの混雑や感染リスクを考慮する状況のデータを表現可能であり、提案技術で鉄道空間の対象間の関係性を計量可能である。

混雑や感染リスクは、Railway Context Cube の General/Personal、Dynamic/Static、Situation/Intention で構成される8象限のうち、General/Dynamic/Situation で定義できる。さらに、提案技術によりコロナの状況下における鉄道空間の対象間の関係性を計量可能である。

また、提案方式は、公共交通・都市の機能空間設計に対する多次元解析方式として活用可能である。鉄道空間を時間的・空間的・意味的な連続性を有する機能空間として捉えると、本研究で提案した RCCDI による鉄道空間解析方式は、問い合わせに応じて Railway Context Cube の象限を選択し、文脈依存完全性を有する意味空間を形成し、鉄道空間の時間的・空間的・意味的解析を行うことが可能である。

今後の展望として、本研究で提案した Railway Context Cube based Database Integration を社会実装し、鉄道情報空間の時間的・空間的・意味的多次元空間の拡張と解析による国内外の鉄道空間および周辺空間の問題を解決し、社会的・経済的・文化的発展を実現することが今後の目標である。

## 謝辞

本研究の遂行にあたり、多くの方々よりご支援、ご指導を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

本研究の全般にわたり、慶應義塾大学環境情報学部清水康教授には、主査として研究の基本構想から構成・論文内容に至るまで、多くのご指導とご助言をいただきました。筆者は2016年度の1年間、東日本旅客鉄道株式会社の国内留学制度により慶應義塾大学 SFC 研究所上席研究員として JR 東日本寄付講座交通運輸プロジェクトにて研究活動を行いました。当時から清水研究室に所属し、コンピュータサイエンスの魅力および Innovation 創出に必要な“Vision”“Mission”“Passion”の形成力のご指導をいただきました。心より感謝申し上げます。

慶應義塾大学環境情報学部巖網林教授には、副査として環境問題・地域計画に関する幅広い視点からご指導をいただきました。心より感謝申し上げます。

慶應義塾大学総合政策学部藁谷郁美教授には、副査としてドイツ語圏を中心とした文化研究・メディア研究に関する幅広い視点からご指導いただきました。心より感謝申し上げます。

慶應義塾大学環境情報学部川島英之准教授には、副査としてデータベースのトランザクション処理・システムソフトウェアに関する幅広い視点からご指導いただきました。心より感謝申し上げます。

慶應義塾大学政策・メディア研究科佐々木史織特任准教授には、本研究の遂行に関するご助言と多岐にわたるサポートをいただきました。心より感謝申し上げます。

慶應義塾大学 JR 東日本寄付講座、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス清水研究室、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科／理工学研究科 グローバル環境システムリーダープログラムの皆様には、本研究に関する貴重なご意見をいただきました。心より感謝申し上げます。

東日本旅客鉄道株式会社では、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三田哲也氏から、国内留学開始当時から現在に至るまで多くのご指導・ご助言とともに多種多様な活動機会をいただきました。心より感謝申し上げます。

同じく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の皆様からは、鉄道事業を通じたさらなる社会発展を目指して多くの議論をさせていただき、貴重なご意見をいただきました。心より感謝申し上げます。

公私にわたり、多くの方々に様々なご指導ご支援いただき本研究を遂行することができました。深く感謝いたします。

最後に、研究生活を送る上で多大なるご理解と暖かいご支援をいただいた家族に、心から感謝と御礼を申し上げます。

## 参考文献

- [1] Yasushi Kiyoki, Takashi Kitagawa, Takanari Hayama, “A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning,” ACM SIGMOD Record, vol.23, no.4, pp.34-41, 1994.
- [2] Yasushi Kiyoki, Shiori Sasaki, Nhung Nguyen Trang, Nguyen Thi Ngoc Diep, “Cross-Cultural Multimedia Computing with Impression-Based Semantic Spaces,” Conceptual Modelling and Its Theoretical Foundations, Lecture Notes in Computer Science, Springer, March 2012, pp.316-328.
- [3] Yasushi Kiyoki, Xing Chen, “Contextual and Differential Computing for the Multi-Dimensional World Map with Context-Specific Spatial-Temporal and Semantic Axes,” Information Modelling and Knowledge Bases, vol.XXV, IOS Press, pp.82-97, 2014.
- [4] 清木 康, 金子 昌史, 北川 高嗣, “意味の数学モデルによる画像データベース探索方式とその学習機構”, 電子情報通信学会論文誌 D- II , Vol.J79-D-11, No.4, pp.509-519, 1996.
- [5] 清木 康, 感性や意味を計量するデータベースシステム, KEIO SFC JOURNAL Vol.13, No.2, pp.19-26, 2013.
- [6] 清木 康, 新サービスを創造する鉄道情報空間とマルチデータベースシステム, JR EAST Technical Review-No.60-201.
- [7] Kiyoki, Y, Kitagawa, T. and Hayama, T.: A Metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, Multimedia Data Management -- using metadata to integrate and apply digital media--, McGrawHill(book), A. Sheth and W. Klas(editors), Chapter 7, 1998.
- [8] Kiyoki, Y. and Ishihara, S.: A Semantic Search Space Integration Method for Meta-level Knowledge Acquisition from Heterogeneous Databases, Information Modeling and Knowledge Bases (IOS Press), Vol. 14, pp.86-103, May 2002.
- [9] Kiyoki, Y. “A “Kansei” Multimedia Computing System for Environmental Analysis and Cross-Cultural Communication,” 7th IEEE International Conference on Semantic Computing, keynote speech, Sept. 2013.
- [10] Kiyoki, Y. and Chen, X.: A Semantic Associative Computation Method for Automatic Decorative Multimedia Creation with “Kansei” Information, Invited paper, The Sixth Asia-Pacific Conference on Conceptual Modelling (APCCM 2009) , 9 pages, Jan. 2009.

- [11] Yasushi Kiyoki, A Global Environment Analysis and Visualization System with Semantic Computing for “MultiDimensional World Map”, ENGINEERING JOURNAL Volume 20 Issue 4 ,2016
- [12] 清木 康, 加藤 和彦, “関数型計算モデルのデータベース処理への適用”, 情報処理, Vol.29, No.8, pp.897 – 907, Aug.1988.
- [13] 清木 康, 長谷川 隆三, 雨宮 真人, “先行・遅延評価機構を用いた関係演算処理方式”, 情報処理学会論文誌, Vol.26, No.4, pp.685 – 695, July 1985.
- [14] 鷹野 孝典, 清木 康, “異分野データベース群を対象とした意味的検索空間統合プロセスの実現”, 日本データベース学会 Letters Vol.1, No.1.
- [15] 石原 冴子, 清木 康, “異分野データベース群を対象とした意味的検索空間統合方式とその実現”, 情報処理学会論文誌:データベース, Vol. 43 No. SIG 5(TOD 14), pp.37-53, June 2002.
- [16] 宮川 明子, 清木康, 宮原隆行, 北川高嗣:「画像データベースを対象とした意味的連想検索の高速化アルゴリズム,情報処理学会論文誌データベース(TOD) 41(SIG01(TOD5)), 1-10, 2000-02-15.
- [17] 中村恭子, 金子昌史, 清木康, 北川高嗣:「意味の数学モデルによる意味的画像探索方式とその学習機構」, 情報処理研報, DBS-104, pp. 121 – 128 (1995).
- [18] 宮原隆行, 清木康, 北川高嗣:「意味の数学モデルによる意味的連想検索の高速化アルゴリズム」情報研報, DBS-113, pp.245-250(1997).
- [19] Kaoru Mori, Shuichi Kurabayashi, Naoiki Ishibashi, Yasushi Kiyoki, “An Active Information Delivery Method with Dynamic Computation of Users’ Information in Mobile Computing Environments,” Proceedings of Data Engineering Workshop2004,1-A-04, 2004.
- [20] Ryota Yabe, Shuichi Kurabayashi, Yasushi Kiyoki, A META-LEVEL LOCATION-BASED INFORMATION PROVISION SYSTEM WITH PERSONAL-CONTEXT ANALYSIS MECHANISMS, DEIM Forum2012,A5-5, 2012.
- [21] 佐藤 大介, 河本 嬢, 清木 康, “異種のデータベース統合による複数情報源の統合的な閲覧環境の実現”, DEWS2004, I-5-01.
- [22] 中澤 仁,徳田 英幸,センサアクチュエータネットワークの情報処理基盤,情報処理 Vol.51 No.9 Sep. 2010 .
- [23] Hideyuki TOKUDA and Jin NAKAZAWA and Takuro YONEZAWA, “Ubiquitous Services: Enhancing Cyber-Physical Coupling with Smart Enablers”, IEICE Transactions on Information and Systems, Volume E94.D, Number 6, pp.1122-1129, 2011.
- [24] Hideyuki Tokuda, Jin Nakazawa, “SenseCampus: Sensor enabled Cyber-Physical Coupling for Ubiquitous Services”, Journal of Information Processing Vol.20 No.1 45-53 (Jan. 2012).

- [25] W. Yan and T. Sakairi, GeoCPS: Spatial challenges and opportunities for CPS in the geographic dimension, *Journal of Urban Management* 8 (2019) 331-3.
- [26] Waragai, I., Ohta, T., Kurabayashi, S., Kiyoki, Y., Sato, Y., & Brückner, S., Construction and evaluation of an integrated formal/informal learning environment for foreign language learning across real and virtual spaces. In K. Borthwick, L. Bradley & S. Thouésny (Eds), *CALL in a climate of change: adapting to turbulent global conditions - short papers from EUROCALL 2017* (pp. 322-327).
- [27] 坂村 美奈, 米澤 拓郎, 大越 匡, 中澤 仁, 徳田 英幸, “MinaQn:市民参加型まちづくりのための参加型センシング Web プラットフォーム”, *情報処理学会論文誌* Vol.57 No.10 2162-2174 (Oct. 2016).
- [28] 坂村 美奈, 米澤 拓郎, 伊藤 友隆, 中澤 仁, 徳田 英幸, “Lokemon:その場に潜むモンスターを介した 参加型センシング手法”, *情報処理学会研究報告*, Vol.2017-UBI-54 No.12 , 2017/5/25.
- [29] 角田史記, 加藤学, 大塚理恵子, 助田浩子, 大関一博: 交通系 IC カードを利用した鉄道輸送障害時の影響を定量化する方法の研究, *情報処理学会論文誌データベース(TOD)*, TOD58 号,6(3), 187-196, 2013-06-28.
- [30] Fuminori Tsunoda, Yasushi Kiyoki: “A Realtime Associative Computing System for Interactive Information Exchange in a Multi-database Environment,” *Information Modelling and Knowledge Bases* (IOS Press), Vol.XXVII, 10 pages, March 2016.
- [31] 角田史記, 清木康, 吉田尚史: 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, *DEWS2004: 第 15 回データ工学ワークショップ インタラクティブセッション*.
- [32] 角田史記, 鉄道のマルチデータベース環境における流動把握とそのアプリケーション, *慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 博士論文*, 2016.
- [33] 増永 良文, “リレーショナル・データベース入門[第3版]-データモデル・SQL・管理システム・NoSQL-”, 株式会社サイエンス社, 2017 年.
- [34] 北川 博之, “データベースシステム(改訂2版)”, 株式会社オーム社, 2020 年.
- [35] E.F. Codd, S.B. Codd and C.T. Salley, “Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate”, E.F. Codd Associates, 1993.
- [36] 豊島 一政, “多次元データベースとRDB(OLAPの紹介)”, *情報処理学会第52回(平成8年前期)全国大会*.
- [37] 宝珍 輝尚, “マルチメディアデータ工学 音声・動画データベースの高速検索技術”, 森北出版株式会社, 2018.
- [38] 嶋田 鉄兵, “多次元データの格納と処理方式に関する研究”, *福井大学 博士論文*, 2011.

- [39] 川島 英之, “データ基盤システムの動向”, コンピュータソフトウェア, Vol.33, No.3(2016), pp. 44-49.
- [40] 日高洋祐, 牧村和彦, 井上岳一, 井上佳三, “MaaS モビリティ変革の先にある全産業のゲームチェンジ”, 日経 BP 社, 2018 年 11 月 26 日.
- [41] 東京都, MaaS の社会実装モデルとなる実証実験プロジェクト選定, <https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2020/09/16/04.html>(アクセス日:2020/11/04).
- [42] 国土交通省総合政策局 公共交通・物流政策審議官部門, “MaaS 関連データの連携に関するガイドライン Ver.1.0”, (アクセス日:2020/11/10).
- [43] Mikiko Sakamoto, “Technical Innovation in Railway Service: The JR East App,” JR East Technical Review, Report number: No. 28-Spring, 2014.
- [44] Takeshi Nakagawa, “ICT-Based Information Services for Customers,” JR East Technical Review, Report number: No. 28-Spring, 2014.
- [45] Yousuke Hidaka, Development and Research of a system for providing integrated information of public transportation, IPSJ SIG Technical Report, Report number: Vol.2014-MBL-73 No.8., 2014.
- [46] East Japan Railway Company, The Mid-to-Long-term Vision for Technological Innovation, <http://www.jreast.co.jp/e/development/innovation/>, Retrieved January 26th 2018.
- [47] 東日本旅客鉄道株式会社, “JR 東日本グループ経営ビジョン「変革 2027」”, <https://www.jreast.co.jp/investor/moveup/> (アクセス日:2020/11/10).
- [48] 西田 宗千佳, “「JR 東日本アプリ」から見る情報の価値”, JRgazette vol.342, pp.52-53, 2015.
- [49] Tokyo station city, Tokyo station city, <http://www.tokystationcity.com/>, Retrieved January 26th 2018.
- [50] 東日本旅客鉄道株式会社, “サービス品質よくするプロジェクト”, <https://www.jreast.co.jp/servicepj/> (アクセス日:2020/11/10).
- [51] 井庭 崇, 中川 敬文, “おもてなしデザイン・パターン インバウンド時代を生き抜くための「創造的おもてなし」の心得28”, 株式会社翔泳社, 2019.
- [52] 阿部 佳, “お客様の“気持ち”を読みとく仕事コンシェルジュ ホスピタリティのプロを目指すあなたへ”, 株式会社秀和システム, 2015.
- [53] 渡邊 聡, “人がやるべき接客サービスの価値”, JRgazette vol.342, pp.27-30, 2015
- [54] 都市交通研究会, “これからの都市交通—環境を考えた魅力ある都市づくり”, 山海堂, 2002.
- [55] 天野 光三, “都市の公共交通—よりよい都市動脈をつくる—”, 技報堂出版株式会社, 1988.

- [56] 鈴木 浩明, 西ノ宮 章, 斎藤 彩乃, “高齢者の鉄道利用時の不満等に関する基礎調査”, 人間工学, 2002 年 38 巻 Supplement 号 p. 262-263.
- [57] 長瀬 健介, 中井 検裕, 沼田 麻美子, 地域公共交通再編に伴う交通結節点整備に関する研究, 都市計画論文集, 2018, 53 巻, 3 号, p. 565-572.
- [58] 谷本 圭志, 土屋 哲, 活動機会に着目した地域のアクセシビリティ指標に関する研究, 土木学会論文集 D3(土木計画学), 2016, 72 巻, 1 号, p. 88-98.
- [59] 土井 健司, 中西 仁美, 杉山 郁夫, 柴田 久, “QoL 概念に基づく都市インフラ整備の多元的評価手法の開発”, 2002 年 38 巻 Supplement 号 p. 262-263.
- [60] 鈴木 崇正, “駅周辺の特徴を考慮した鉄道とバスの乗り継ぎ利便性評価に関する研究”, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.71, No.5(土木計画学研究・論文集 32 巻), I\_451-I\_458, 2015.
- [61] 高瀬 知彦, “乗継ターミナルにおける活動を考慮した 地方都市におけるバス路線再編の評価に関する研究 ～長野市のバス路線”, 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻, 2007 年度修士論文.
- [62] 古市 冴佳, 中村 聡史, “待ち合わせ困難なユーザ支援に向けた 人の探索時の視線分析”, 情報処理学会研究報告, Vol.2020-HCI-186, No.23, 2020/1/16.
- [63] 船曳 悦子, 松本 直司, 片山 一郎, “”駅ナカ広場における利用者の停留・滞留位置と空間構成との関係— JR 東京駅丸の内北口コンコースと JR 札幌駅西コンコースの比較 —”, 大阪産業大学論集, 自然科学編, 第 126 号, pp.33-45, 2016.
- [64] 池辺 健志, 坂入 整, “ターミナル駅構内におけるお客さま滞留・流動に関する研究”, JR EAST Technical Review-No.47, pp.19-24, Spring 2014.
- [65] 清水 麻衣, “CGM が消費者の購買意思決定プロセスに及ぼす影響—消費者発信情報と企業発信情報の比較—”, 商学論集, 第81巻第3号, pp.93-121, 2013 年 2 月.
- [66] 松本 阿礼, 加藤 肇, “生活者のモノ離れをふまえた商業施設の新しいあり方の考察”, 日本マーケティング学会 カンファレンス・プロシーディングス vol.7, pp.353-363, 2018.
- [67] 松本 阿礼, “商業施設における来店動機に関する研究—駅ビルを対象として—”, プロモーション・マーケティング研究, 10 巻, pp. 40-55, 2017.
- [68] 林田正光, “ブランドづくりの教科書” あさ出版, 2009.
- [69] Eric Almquist, John Senior, Nicolas Bloch, “すべての商品・サービスに通用する顧客がほしいと思う30の「価値要素」”, 有賀 裕子 訳, DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー, pp.55-65, 2017 年 3 月号.
- [70] 小野田 奈々子, 商品購入の“検討段階”における行動と心理の研究, プロモーション・マーケティング研究, 2009, 2 巻, p. 31-46.
- [71] 田川 高司, 田口 雅英, 小山 佳寿子, “商品評価における意味空間の構造,” 日本官能評価学会誌, 1999, 3 巻, 2 号, p. 115-120.

- [72] 市原 茂, “セマンティック・ディファレンシャル法(SD法)の可能性と今後の課題”, 人間工学, 2009, 45 巻, 5 号, p. 263-269.
- [73] 井上 正明, 小林 利宣, “日本におけるSD法による研究分野とその形容詞対尺度構成の概観”, 教育心理学研究, 1985, 33 巻, 3 号, p. 253-260.
- [74] 谷口 高士, “心理評価実験における尺度構成の方法”, 日本音響学会誌, 2017, 73 巻, 12 号, p. 774-782.
- [75] 山田 辰美, 服部 正嗣, 平松 薫, 柳沢 豊, 岡留 剛, “実世界指向コンテキストウェアサービスの入力に着目した比較”, 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム Vol. J90-D No.3, pp.820-836, 2007.
- [76] Gregory D. Abowd, Anind K. Dey, Peter J. Brown, Nigel Davies, Mark Smith, Pete Steggles, “Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness,” First International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing(HUC'99), Germany, pp. 304-307, 1999.
- [77] Siddhartha Kumar Khaitan, James D. McCalley, “Design Techniques and Applications of Cyberphysical Systems: A Survey”, IEEE SYSTEMS JOURNAL, VOL. 9, NO. 2, pp.350-365, JUNE 2015.
- [78] Charith Perera, Arkady Zaslavsky, Peter Christen, Dimitrios Georgakopoulos, “Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey”, IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 16, NO. 1, FIRST QUARTER 2014.
- [79] Khalida Haruna, Maizatul Akmar Ismail, Suhendroyono Suhendroyono, Damiasih Damiashih, Adi Cilik Pierewan, Haruna Chiroma, Tutut Herawan, “Context-Aware Recommender System: A Review of Recent Developmental Process and Future Research Direction”, Appl. Sci. 2017, 7, 1211.
- [80] 今井 和雄, “CPS とは”, 国立情報学研究所ニュース, No.73, pp.10, Sep.2016
- [81] 山田 直史, 高島 洋典, 木村 康則, “超スマート社会(Society5.0)実現に向けて CPS/IoT とその後”, 情報管理, vol.60, no.5, 2017.8.
- [82] 内閣府, “スマートシティリファレンスアーキテクチャホワイトペーパー”, 2020年3月31日(アクセス日:2020/11/10).
- [83] 内閣府, “「スーパーシティ」構想とは”, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc/supercity/openlabo/supercitycontents.html>. (アクセス日:2020/11/10).
- [84] 森川 博之, “データ・ドリブン・エコミー—デジタルがすべての企業・産業・社会を変革する—”, ダイヤモンド社, 2019.
- [85] UNITED NATIONS, “Take Action for the Sustainable Development Goals”, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>(アクセス日:2020/11/10).

- [86] 外務省, “SDGs とは”, <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>, (アクセス日:2020/11/10).
- [87] 村上 芽, 渡辺 珠子, “SDGs 入門”, 日本経済新聞出版社, 2019 年.
- [88] 福岡 豊, 伊藤 直史, “ライフデータ取得のためのセンサの現状と展望”, 計測と制御, 第59巻, 第9号, pp.625-628 2020 年9月号.
- [89] 西垣 通, “ビッグデータと人工知能”, 中公新書, 2016.
- [90] Ethem Alpaydin, “機械学習 新たな人工知能”, 久村 典子 訳, 株式会社日本評論社, 2017.
- [91] 西田 豊明, “人工知能の基礎”, 丸善株式会社, 1999.
- [92] 鹿島 久嗣, 小山 聡, 馬場 雪乃, “ヒューマンコンピューテーションとクラウドソーシング”, 講談社, 2016.
- [93] 國藤 進, “仮説推論”, 人工知能学会誌, Vol.2 No.1, pp.22-29, 1987.
- [94] 松原 仁, “暗黙知におけるフレーム問題”, 科学哲学 24, pp.45-56, 1991.
- [95] 松原 仁, 推論技術の観点からみた事例に基づく推論 (<特集>「事例ベース推論」), 人工知能, 1992, 7 巻, 4 号, p. 567-575.
- [96] 小出 誠二, 武田 英明, OWL における明示的閉世界と局所閉世界仮説, 人工知能学会全国大会論文集, 2008, JSAI08 巻, 第 22 回全国大会(2008), セッション ID 1F1-4, p. 24.
- [97] 白井 良明, 人工知能の展望, 計測と制御, 2003, 42 巻, 6 号, p. 454-457.
- [98] Ilya Katsov, AI アルゴリズムマーケティング, 株式会社クイープ 訳, 株式会社インプレス.
- [99] Dietmar Jannach, Markus Zanker, Alexander Felferning, Gerhard Friedrich, 情報推薦システム入門-理論と実践-, 田中 克己・角谷和俊 監訳, 共立出版, 2012.
- [100] 神寫 敏弘, “推薦システム-情報過多時代をのりきる”, 情報の科学と技術 56(10), pp.452-457, 2006.
- [101] 土方 嘉徳, “利用者の好みをとらえ活かす-嗜好抽出技術の最前線- : 1.嗜好抽出・情報推薦の基礎理論 1)嗜好抽出と情報推薦技術”, 情報処理 vol.48 No.9, pp.957-965, 2007.
- [102] 中村 聡史, “多様な検索支援技術”, 情報の科学と技術 63 巻 1 号, pp.15-20, 2013.
- [103] Persi M.: Document filtering for fast ranking, Proc. of 17th ACM SIGIR Conf., pp.339-349 (1994).
- [104] W.Y.P.Wong, : Implementations of partial document ranking using inverted files, Information Processing and Management, 29(5), pp.647-669 (1993).
- [105] Lina Yao, Quan Z. Sheng, Yongrui Qin, Xianzhi Wang, Ali Shemshadi, and Qi He, “Context-aware Point-of-Interest Recommendation Using Tensor Factorization with Social Regularization”, SIGIR '15: Proceedings of the 38th International ACM SIGIR

- Conference on Research and Development in Information Retrieval August 2015 Pages 1007-1010.
- [106] Stathis Maroulis, Ioannis Boutsis, Vana Kalogeraki, “Context-Aware Point of Interest Recommendation using Tensor Factorization”, 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data).
- [107] Motoki Yano, Katsuhiko Kaji, Nobuo Kawaguchi, App.Locky: Users’ Context Collecting Platform for the Context-aware Service Recommendation, Journal of Information Processing, 52(12) 3274-3288, 2011.
- [108] Tomotaka Hayashi, Yoshihiro Kawahara, Hiroshi Tamura, Hiroyuki Morikawa, Tomonori Aoyama, Design and Implementation of a Context-Aware Content Delivery Service Using Tiny Mobile Sensors, IEICE technical report. Information networks 104(691), 149-154, 2005.
- [109] モバイルコンピューティング推進コンソーシアム, “路線や駅の「今」がスマホでわかる鉄道利用を便利で快適にするアプリを開発”, 成功したモバイル活用事例 2016.
- [110] Daniel Kahneman, “Thinking, Fast and Slow”, Farrar, Straus & Giroux Inc, 01 Sep 2017.
- [111] 分部 利紘, 綿村 英一郎, 高野 陽太郎, エピソード記憶の検索過程, 日本認知心理学会発表論文集, 2011, 2011 巻, 日本認知心理学会第 9 回大会.
- [112] Giacomo Rizzolatti, Corrado Sinigaglia, “ミラーニューロン”, 柴田 裕之 訳, 株式会社 紀伊國屋書店, 2009.
- [113] 宮田 真宏, 大森 隆司, “価値に駆動された連想記憶に基づく人の推論過程の統合モデルの提案”, 知能と情報, 2019, 31 巻, 3 号, p. 712-721.
- [114] 金子 充, “二重過程理論”, JAPAN MARKETING JOURNAL Vol.33 No.3, pp-163-175, (2014).
- [115] 山 祐嗣, “二重過程理論—進化的に新しいシステムは古いシステムからの出力を修正しているのか?”, 2017 年度日本認知科学会第 34 回大会, 114-119, 2017.
- [116] BROOKE, John, “SUS’A quick and dirty’ usability scale”, Usability Evaluation in Industry, Taylor & Francis, 1996.
- [117] 安藤 昌也, “UX デザインの教科書”, 丸善出版株式会社, 2016.
- [118] 樽本 徹也, “UX リサーチの工具箱—イノベーションのための質的調査・分析—”,
- [119] 仲川 薫, “ウェブサイトユーザビリティアンケート評価手法の開発”, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文, 2001.
- [120] 兼宗 進, 検索エンジンの検索アルゴリズム(<特集>インターネット検索エンジン), 情報の科学と技術, 2004, 54 巻, 2 号, p. 78-83.
- [121] 宗方比佐子, “投影法による対人的価値観の測定”, Jap. J. of Educ. Psychol, VOL. XXXI, No.4, pp283-291, 1983.

- [122] 国土交通省, “令和2年版国土交通白書”, <https://www.mlit.go.jp/statistics/file000004.html>(アクセス日:2020/11/5).
- [123] 総務省, “日本標準産業分類(平成25年10月改定)(平成26年4月1日施行)”, [http://www.soumu.go.jp/toukei\\_toukatsu/index/seido/sangyo/H25index.htm](http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/index/seido/sangyo/H25index.htm).
- [124] 個人情報保護委員会, “個人情報保護法ハンドブック”, [https://www.ppc.go.jp/files/pdf/kojinjouhou\\_handbook.pdf](https://www.ppc.go.jp/files/pdf/kojinjouhou_handbook.pdf) (アクセス日:2020/11/5).
- [125] 個人情報保護委員会, “GDPR(General Data Protection Regulation:一般データ保護規則)”,(アクセス日:2020/11/10).
- [126] GDPR <https://www.ppc.go.jp/enforcement/infoprovision/laws/GDPR/>,(アクセス日:2020/11/10).
- [127] 厚生労働省, “新型コロナウイルスを想定した「新しい生活様式」の実践例を公表しました”, [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431\\_newlife-style.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431_newlife-style.html).(アクセス日:2020/11/10).
- [128] 仲谷 善雄, “事例ベース推論の実用化に関する諸問題”, 計測と制御, 1996, 35巻, 9号, p. 696-703.
- [129] Ashok K. Goell, Belen Diaz-Agudo, “What’s Hot in Case-Based Reasoning”, Proceedings of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-17), pp.5067-5069, 2017.
- [130] Bokolo Anthony Jnr, “A case-based reasoning recommender system for sustainable smart city development”, AI & SOCIETY, Springer, 2020.
- [131] Bergmann, R., K. Althoff, M. Minor, M. Reichle and K. Bach. “Case-Based Reasoning Introduction and Recent Developments.” (2008).
- [132] 小林 俊介, 木村 昌臣, “記憶ベース推論におけるk最近傍探索効率化手法の提案”, 情報処理学会第71回全国大会, pp.1-363-1-364, 2009.
- [133] 尾山 大輔, “事例ベース意思決定理論とは”, オペレーションズ・リサーチ, pp.557-559, 2012年10月号.
- [134] 高野 陽太郎, “認知心理学2 記憶”, 東京大学出版会, 1995.
- [135] 市川 伸一, “認知心理学4 思考”, 東京大学出版会, 1996.
- [136] 波多野 誼余夫, “認知心理学5 学習と発達”, 東京大学出版会, 1996.
- [137] 水野 りか, 記憶定着の規定因:統一的説明可能性の理論的・実験的検討, 認知心理学研究, 2005, 2巻, 1号, p. 45-61.
- [138] <https://gephi.org/>(アクセス日:2019/2/10).
- [139] 総務省, “Beyond 5G 推進戦略ー6G へのロードマップー”, [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000696613.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf)(アクセス日:2020/11/10).
- [140] 国土交通省, “日本版 MaaS の推進”, <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/japan-maas/promotion/>(アクセス日:2020/11/10).

- [141] 滝沢武久, “知能指数：発達心理学からみた IQ”, 中央公論社, 1971.
- [142] Shimazu, K., I. Saito and K. Furukawa. “Contents Sharing Framework Using CCCI Model for Intra-University Network.” 2006 Seventh International Conference on Web-Age Information Management Workshops (2006): 24-24.
- [143] 近藤隆雄, “サービス・マーケティング～サービス商品の開発と顧客価値の創造～”, 生産性出版, 1999.
- [144] 渡辺雅史, “東京駅コンシェルジュの 365 日：業務日誌に見る乗客模様”, 交通新聞社, 2020.
- [145] 赤瀬達三, “駅をデザインする”, 筑摩書房, 2015.
- [146] Anish Das Sarma, Xin Dong, and Alon Halevy. 2008. Bootstrapping pay-as-you-go data integration systems. In Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data (SIGMOD '08). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 861-874.

# 研究成果

## 査読付論文

- [1] **Motoki Yokoyama**, Yasushi Kiyoki, Tetsuya Mita, “A Similarity-Ranking Method on Semantic Computing for Providing Information-Services in Station-Concierge System”, EMITTER International Journal of Engineering Technology, Vol.5 No.1, pp.16-35, June 2017.
- [2] **Motoki Yokoyama**, Yasushi Kiyoki, Tetsuya Mita, “A Correlation Computing Method for Integrating Passengers and Services in Semantic Anticipation”, INFORMATION MODELLING AND KNOWLEDGE BASES XXX, pp. 435-448, 2019.
- [3] **Motoki Yokoyama**, Yasushi Kiyoki, Tetsuya Mita, “Application of a Heterogeneous Correlation Integration Method to a Context Cube Network Semantic Model for Railway Passengers”, INFORMATION MODELLING AND KNOWLEDGE BASES XXXII, pp.196-212, 2021.

## 国際会議発表

- [4] **Motoki Yokoyama**, “RAILWAY STATION GUIDE MAP GENERATION SYSTEM BASED ON SEMANTIC COMPUTING”, IT-TRANS – International Conference and Exhibition, Karlsruhe, Germany, 6-8 March 2018.
- [5] **Motoki Yokoyama**, “Railway Cyber Space Creation”, International Symposium on Asian AI for Business and Industry, Thailand, 27 Nov. 2018.
- [6] **Motoki Yokoyama**, “Railway Cyber Space Creation”, The 2nd International Symposium on Asian AI for Business and Industry (Panel Discussion), Thailand, 17 Oct. 2019.

## その他論文

- [7] **横山 元紀**, 清木 康, 三田 哲也 “お客さまの“状況・ニーズ・感性”に応じた情報提供システムに関する研究開発” 鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, -, 日本鉄道サイバネティクス協議会, 論文番号 216, 2020-11.

## 国内発表

[8] 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量による駅案内図自動生成システム”, 第9回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(第15回日本データベース学会年次大会), D2-2, 2017年3月6日-3月8日.

## 共著論文

[9] 及川 大介,横山 元紀,三田 哲也 “Suica を活用した移動の創出に関する研究開発” 鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 1884-2224, 日本鉄道サイバネティクス協議会, 2019-11, 56, 6p.

## 特許

[10] 特開 2018-190358 コンテンツ選択方法及びコンテンツ選択プログラム

## その他発表

[11] Motoki Yokoyama, “Industry-Academia collaboration Transportation Information Project JR-East endowed chair”, Workshop on Knowledge Creation and Global Environmental Systems, International Conference and Exhibition, The Fifth International Conference on Knowledge Creation and Intelligent Computing (Panel Discussion), Manado, Indonesia, November 16, 2016.