

# Memorable-Route Recommendation System for Safe and Attractive Paths to Diverse Kinds of Pedestrians (171507010)

## 研究代表者

研究代表者名 アダム・ヤトフト 所属機関 京都大学  
Adam JATOWT, Kyoto University

## 研究分担者

†川崎 洋 ††秋山 豊和 †††荒牧 英治  
Hiroshi KAWASAKI, Toyokazu AKIYAMA, Eiji ARAMAKI  
†九州大学 ††京都産業大学 †††奈良先端科学技術大学院大学  
Kyushu University, Kyoto Sangyo University, Nara Institute of Science and Technology

## 概要

本研究開発では、センサデータやツイートデータといった動的データおよび、地形や建物などの3次元形状といった静的データを分析することで、時間により変化するランドマークの発見、プロジェクションマッピングやARによる能動的ランドマークの生成、聴覚障害者のためのマルチモーダルなナビゲーション提示手法、リアルタイム配信へ向けたエッジコンピューティング環境構築に取り組み、地図に頼らないスマートかつ安全なナビゲーションシステムを研究開発し、宮津市にて一般市民に向けたデモ展示および実証実験を行った。また、論文誌3件、トップカンファレンスを含む国際会議36件、受賞6件、特許申請1件など当初数値目標を大幅に上回る成果を得られ、国内外に対してインパクトの高い技術開発の情報発信を行った。

## 1. まえがき

スマートフォンの爆発的な普及のきっかけの一つとして、Pedestrian Dead Reckoning(PDR)に基づく歩行者用ナビゲーションはキラアプリとして大きな役割を果たした。その結果、多くのユーザは目的地に到達するためには常にスマートフォンを操作する「ながらスマホ」により、携帯画面の経路案内を常時注視しながら移動する必要があり社会問題を引き起こしている。さらに、周囲に対する注意力の低下による危険性の高さや注視を強いられることによる快適性の低さがユーザに多大なストレスを与えている。本研究の目的はこれらの解決を目指すものであり、ナビゲーションの視野内にある、特徴的な地物やイベントを経路案内の目印(LM:ランドマーク)として提示することで、ユーザが自己位置を画面上で確認する回数を劇的に減らしながら目的地にたどり着くことを実現することである。

実現のため、センサデータやツイートデータといった動的データおよび、地形や建物などの3次元形状といった静的データを分析することで、時間により変化するLMの発見、デジタルサイネージやプロジェクションマッピング等による能動的LM生成、屋内におけるナビゲーション手法、自転車ユーザや聴覚障害者のためのマルチモーダルなナビゲーションを開発し、地図に頼らないスマートかつ安全な都市型ナビゲーションシステムを研究開発する。

## 2. 研究開発内容及び成果

本開発では、街の特性(景観の良い区画や、犯罪率の高い地区など)とユーザの特性(お年寄り、妊婦、外国人旅行者)にあわせて、歩行者のためのルート・ナビゲーションを実現するためのフレームワーク構築を目指す。具体的には、ツイッターやフォースクエアなどSNSデータの時空間分析により得られる、Implicitな街の特性と、地下や屋内に設置されているWi-Fiパケットセンサによる人流データによる混雑状況など、実際の特性の双方を利用する。これらデータにより、危険性の高い区域や、道に迷いやすい道路、常に混雑している店舗や通路、時間により混雑具合が変化する場所といった情報が抽出でき、それらを利用したユーザの特性に合わせたルート・ナビゲーションが実



図1: ツイートおよび Flickr の SNS データと googleStreetView の画像データをニューラルネットワークを用いて室内外に学習分類し、経路上にマッピング(クリックすると各詳細データを確認できる)「<http://delab.kyoto-su.ac.jp/nav/sf/map> (SF)」

現利用可能となる。また、時空間分析された SNS データとの相関を分析し、信頼性の高いデータを抽出する。研究開発項目は、1) 大規模 SNS データの多言語解析に基づく memorable and safety LM 抽出、お年寄りや妊婦、海外旅行者など、スマートフォンを利用できないユーザが安心して目的地に到達できるように、2) 特徴的な地物や街路からなる、記憶しやすい経路を案内するシステムを開発する。さらに3) リアルタイム配信へ向けたエッジコンピューティング環境構築による検証、4) 能動的 LM を用いたマルチモーダルなナビゲーションシステムを開発し、効率性ならびに安全性の向上を目指す。

### 2.1. 大規模 SNS データの多言語解析に基づく memorable and safe LM 抽出技術開発

ナビゲーションの安全、安心性を向上させるため、街路の様々な明示的な特徴を抽出する必要がある。まず、地域の評判、飲酒施設の数、開店している店舗施設の数、犯罪報告、チェックイン数を都市における属性とし、安全、安心を向上させるため、これら属性と公開データの関係性の効果的な検索と分析の仕組みを提供した。また、これまで我々が取り組んできた自然言語処理技術を基盤技術とし応用し、特定の都市地域に関連する SNS データ分析も行った。これに基づきソーシャルメディアで明示的に言及されていない Implicit な特徴を抽出した。また、通りの画像データの視覚的(Explicit)な特徴を抽出し、Implicit な特徴と合わせて交差点間の通りに対する重要度を算出し経路をランキング提示する手法を実現した。さらに、日本だけでなく、米国、欧州の複数地域に拡大し、多言語解析

し、各言語ごとの特徴語を抽出し、言語特性に基づいた記憶に残る LM として抽出した (図 1)。

## 2.2. 時空間情報に基づくユーザ特性および記憶に残る経路推薦の検証

高齢者、外国人、ならびに子連れや妊婦などを対象とし、覚えやすく、安全なルートを提供することである。これらをユーザ特性として抽出した。具体的には、日本語や英語といった利用言語特性、さらに愉快、不愉快といった感情特性を解析し、機械学習より分類し、それら通りに対してラベリングを行った。通りに対する愉快、不愉快等のユーザ特性を抽出し、それらユーザ特性に基づいた線の LM (通り) の抽出を行った。また、LM は場所領域だけでなく、時間によっても変化するため、時間帯により抽出された LM の特異点を発見し、夜間の境界時間を自動分類した。同様に、室内と屋外の境界領域を発見し、室内または屋外で安全性の高い通りを抽出し、開発項目 1) と連携し、経路案内しそれら情報提示を実現した (図 1)。さらに国内外の主要都市に詳細化し、国ごと、都市ごとにランドマークの相関性を検証し、タイプ別のモデル化を行った。

## 2.3. リアルタイム配信へ向けたエッジコンピューティング環境構築と検証

ナビゲーションで活用する現実世界における人流データを収集するため、京都市北部の海の京都 DMO エリアで人流分析に取り組み、調整を重ねそれらデータの利活用の実現に至った。また、匿名化された状態の Wi-Fi パケットセンサから取得されたデータより、宮津市における人流データの収集環境整備を行った。一方で、本研究開発が対象とする人流は外国人や年齢層など、人の属性に基づいた分析が対象となっており、匿名化されたデータでは分析が行えない。そこで、Free Wi-Fi サービスを設置し、インターネットアクセスを提供する代わりにユーザ合意を得た上で、属性情報の提供承諾を実現できた。その際、SNS やユーザ登録に基づく認証を行った上でインターネットアクセスを提供する Captive Portal システムを開発した。

また開発した LM ナビおよび AR システムを用いた被験者実験 (デモ) による検証を行った。実施は京都宮津市の協力により、宮津市民文化祭に合わせて実施し、一般市民に対するデモ機を用いた実証実験を行った (図 2)。

## 2.4. 能動的ランドマークを用いたマルチモーダルなナビゲーションシステムの開発

夜間や屋内での利用を想定して、プロジェクションマッピングによる能動的 LM の提示手法の開発と、能動的 LM を加えた経路グラフを作成するシステムを開発した。具体的には、単純なプロジェクションマッピングでは、投影面に凹凸があったり、地面である場合に、視認可能性に限界があり、付加できる情報が少ないため、これを解消するために複数台のプロジェクタを用いて、複数面に異なる情報を提示可能な手法と、カメラを用いることで投影対象の 3 次元形状を獲得する手法とを開発した。また、LM による視認だけでなく音声ガイドなど複数のインタフェースを組み合わせることで、高齢者や妊婦、あるいは自転車ユーザのように、スマートフォンにアクセスできないユーザにとって使いやすいスマートナビゲーションとして、街路の様々な音声の明示的な特徴や暗黙的な特徴を抽出した。都市の一般的な特徴を表現するための自然、モノ (人工物)、人という 3 トップノードから成り、植物、車 (交通量) など 28 個の概念を下位に持つ音声オントロジーを構築し、交通事故報告数などの既存の統計データや、駅、海、川、公園、寺社や学校などの地物との距離などの地理データなどを収集し、都市における安全・安心に関わる Explicit な



図 2 一般人による実験の様子 (左) と開発したナビ画面 (右)

特徴としてパラメータ化し、日本国内の主要な観光地の一つである京都と東京の約 100 地点の特徴を抽出した。

## 3. 今後の研究開発成果の展開と波及効果創出

提案手法は、人が認識しやすく、記憶しやすい地物や街路を LM として利用することで、携帯を注視することなく、安全に楽しく目的地までの案内を実現できる。これにより、例えば震災などの際に、スマートフォンが無くても実際の LM を見ることで、ユーザは自分がどこにいるかを把握しながら避難場所に向かうことができる。また、2 輪車に乗りながらのスマートフォン操作での危険性が指摘されているが、LM を眺めながら目的地へ辿り着ける提案システムは、その危険性を大きく減らすことができ、安心安全を提供できる。さらに、人が迷いやすいところや混雑する場所を SNS 解析で発見できるため、そこにプロジェクションマッピングや AR 表示により即座に新しいランドマークを設置することで、効率的な経路案内が可能である。このような方式は過去に例が無く、例えば、オリンピックなどのような大規模イベントにおいて、同じ駅から複数の会場に誘導するような際に利用可能であり、社会へのインパクトは大きく、混雑回避に大きな効果が期待できる。さら、プロジェクションマッピングや AR など能動的な LM として利用することで、LM が少ない屋内や、夜間には見えなくなる LM を補うことができ、24 時間 LM ベースのナビゲーションを実現できる。その他にも記憶に残りやすいルートを提示可能なため、商店街や史跡・名所などが経路に組み込まれやすく、町おこしにも使える。さらに、車いすを伴うお年寄りや子供達といった、国民の誰もが安全安心な案内として利用でき、その社会的意義は大きい。

## 4. むすび

本研究開発では、センサデータやツイートデータおよび、地形や建物などの地理データや 3 次元形状を分析することで、時間により変化する LM の発見、プロジェクションマッピングや AR による能動的 LM の生成、聴覚障害者のためのマルチモーダルなナビゲーション提示手法、リアルタイム配信へ向けたエッジコンピューティング環境構築に取り組み、地図に頼らないスマートかつ安全なナビゲーションシステムを研究開発し、宮津市にて一般市民に向けたデモ展示および実証実験を行い、論文誌 3 件、トップカンファレンスを含む国際会議 36 件、受賞 6 件、特許申請 1 件など当初数値目標を大幅に上回る成果を得られ、国内外に対してインパクトの高い技術開発の情報発信が行えた。

### 【誌上発表リスト】

- [1] A. Jatowt, D. Kawai, K. Tanaka, "Temporal Analysis of Connectivity and Popularity of Historical Persons in Wikipedia", International Journal on Digital Libraries(IJDL), Springer, 2018.
- [2] Y. Zhang, P. Siriaraya, Y. Wang, S. Wakamiya, Y. Kawai and A. Jatowt: Walking down a Different Path: Route Recommendation based on Visual and Facility based Diversity, WWW2018, pp. 171-174, 2018.