

小型撮影デバイスを用いた歩行者トラッキング による回遊ネットワークの検証

轟 直希¹・柳沢 吉保²・大出 直斗³・竹村 太希⁴・高山 純一⁵

¹正会員 長野工業高等専門学校 准教授 環境都市工学科 (〒381-8550長野県長野市徳間716)
E-mail:n_todoroki@nagano-nct.ac.jp

²正会員 長野工業高等専門学校 教授 環境都市工学科 (〒381-8550長野県長野市徳間716)
E-mail:yana@nagano-nct.ac.jp

³学生会員 長野工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒381-8550長野県長野市徳間716)
E-mail:15502@g.nagano-nct.ac.jp

⁴学生会員 長野工業高等専門学校 電子情報工学科 (〒381-8550長野県長野市徳間716)
E-mail:15316@g.nagano-nct.ac.jp

⁵正会員 金沢大学 教授 自然科学研究科 (〒920-1192石川県金沢市角間町)
E-mail:takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

都市・交通政策分野において、代表的な評価指標として用いられるのが、“歩行者交通量”である。その測定手法として、人手によるカウント調査の負担の大きさから近年、GPSデータやWi-Fi等のモバイルデータ、レーザーカウンタなどの手法が提案されている。しかしながら、それらの手法は、全数ではないことによるバイアスや取得費用が高額になること等が課題であった。そこで本研究では、小型シングルボードコンピュータとカメラモジュール、バッテリーから構成される小型カメラデバイスを用いた顔認証による地点把握システムを提言し、その有用性を検証することを目的とする。このシステムでは定点観測を行うことで歩行者の全数カウントが可能であるとともに、複数測点での顔認証をすることにより、滞在時間や回遊ネットワークを把握することを可能とする。

Key Words : *traffic-volume investigation, location information, face identification, pedestrian tracking, citizen's rambling activities*

1. 本研究の背景と目的

観光施策や交通施策等を検証する際にまちの活性化度合い等を定量的に表す代表的な評価指標として利用されているのが“歩行者交通量”である。

歩行者交通量調査は、調査主体が行政（国土交通省や各自治体等）と民間団体に大別される。行政が実施する調査の目的は主として、人々が快適かつ安心・安全に暮らすことのできるまちをつくることにある。そのため行政は、ある地点の交通量の変化を追うことで事故の多発や慢性的な渋滞など交通に関する問題の実態把握に取り組んでいる。そして、その問題を解決するため道路が整備される際に調査を実施し、道路の計画・建設・維持修繕・その他の管理などについての基礎資料を得ている。また、整備後の交通量の変化を計測することでその整備

事業がもたらした町の賑わい度合いや経済効果等への影響を定量的に分析している。一方、民間団体が実施する調査の目的はこの限りではなく、各事業に応じて、規模の大きなものから小さなものまで多種多様な交通量調査が実施されている。大型商業施設の建設計画等、比較的大きな事業の場合は、計画段階において、施設建設予定地周辺の比較的広範囲における交通量調査を行う。これは施設運用時の予想入込み客数の推定等、経済的な影響を鑑みた施設計画に貢献している。個人事業主等が経営する店舗を出店するなどの比較的小さな事業の場合は、該当店舗の接道や、店舗付近の交通結節点の交通量ならびに性別や年代等の属性を把握する。これにより該当地区がもつ歩行者特性を把握し、消費者のニーズに沿った経営戦略等を計画することが可能となる。

また、まちの活性化度合いを表す経済的指標（店舗数、

売上高、時価)と歩行者交通量とは一定の相関がある。公共事業ならびに民間事業というどちらの観点からも、歩行者交通量の計測を継続的に行い、分析・評価することは、地域の課題を把握すると共に、地域活性化の取り組みを効果的かつ効率的に進める上で有用であると考えられる。

そのような中で、一般的な歩行者交通量の測定手法として、人手による計測が長きにわたって行われてきている。しかし人口減少・少子高齢化に伴う公共投資能力の低下により、実施にかかる財政的な限界もあり、年間の実施回数や測定地点数の限定という制約を受けていることが現状である。このような現状を踏まえ、昨今では上記の課題を打破するため、GPSデータ、Wi-Fiやモバイル通信のデータの利用可能性の模索がなされている。しかしながらGPSデータによる場合では屋内の行動の把握が難しく、Wi-Fiを利用する場合には、アクセスポイントが必要であることはもとより、対象者が限定されるため全数の把握ができないことが課題として挙げられていた。そのような課題を踏まえて、国土交通省が策定した「まちの活性化を測る歩行者量調査のガイドライン¹⁾」において、レーザーカウンタやカメラ画像等を用いた新たな歩行者交通量測定技術を駆使するよう提言がなされている。レーザーカウンタでは、反射状況から通過人数の把握を行い、カメラ画像等では、撮影した画像に映りこんだ人々を識別処理を行い計測している。どちらも全数に近い歩行者交通量の計測が期待できる手法であり、カメラ画像を利用する手法に関しては、撮影方法や識別処理により個人の特定ができる技術へと発展してきている。

実際に、愛知県豊田市では平成25年度(2013年度)に「豊田市中心市街地歩行者交通量自動計測事業」として、カメラ画像を用いた歩行者量の年間を通した自動計測事業に取り組み、中心市街地で実施する各種事業の効果の検証を行っている。中心市街地活性化施策を検討するための基礎資料とすることを目的とし、効率的かつ正確な測定手法を確立しているが、本事例では各測点において、ある断面における歩行者交通量を計測することが主目的となっており、特定の人物の回遊行動に着目し、その人物の地点を逐次的に追跡するようなシステムの構築には至っていない。

以上より本研究は、自作したデバイスにより撮影したカメラ画像を用いることで、特定の測点を一定期間に通過する歩行者交通量を計測すると同時に、複数測点にて撮影したカメラ画像により測点を通過する同一人物を認識し、マッチングさせることで、特定多数の行動軌跡をトラッキングし、それらから回遊範囲や回遊ルートを推定し、歩行者の動きを回遊ネットワークとして捉える手法を検討するものである。

2. 本研究の位置付け

歩行者交通量調査に関する研究として、佐々木ら²⁾は、秋田市中心市街地を対象とし、従来の一定時間の交通量を調査員の手により計測する方法を“全数調査”，一人の調査員が複数の調査地点を担当し、一定時間ごとに計測と次の場所への移動を順次繰り返す方法を“移動調査”と位置付け、コストパフォーマンスの増大や点から面的な調査への発展可能性、ならびに移動調査の精度についての報告している。また、長田ら³⁾は、従来の人手によるカウント調査のデメリットである「多くの調査人員を必要とし、調査回数の増加や調査日の変更が容易ではない」という点を克服するため、歩行者交通量の連続的な調査に受動赤外線型自動計測機器が利用可能か検証をするとともに、交通量の変動を定量的に示し、計測機器の妥当性の検証や気象条件、イベントが交通量に影響を与えていることを示している。これらの研究においては、従来の人手によるカウント調査に代わる新たな手法の検討がなされているものの、特定の人物の行動を複数地点にて捉えるという点から断面での交通量の把握に留まっており、面的な交通量の把握にはつながっていない。

プローブパーソンデータによる位置情報取得に関する研究として、安藤ら⁴⁾は、平成27年(2015年)に岡山市の中心市街地において実施された回遊性向上社会実験時にプローブパーソン調査を実施し、通常の休日時と社会実験時の中心市街地来訪者の来訪交通手段、滞在時間、居住地特性の関連とその変化を分析している。また、井上ら⁵⁾は、災害対応や交通等の分野において、スマートフォンによる高精度な位置情報の利活用が期待されるが、精度にばらつきが生じ、多くのノイズが含まれることに着目し、大規模なプローブパーソンデータを解析することにより、取得したパーソントリップデータからリアルタイムに信頼性の高いGPSデータを取得するために、3次元の位置情報を対象にノイズを除去する手法を提案している。これらの研究においては、プローブパーソンデータを集計・分析することにより人々の交通行動の実態把握を行っているが、調査には携帯端末(GPS利用可能端末)が必須であるため、歩行している全数(携帯電話を持たない老人・子供を含む)の位置情報を捉えることは難しい。

歩行者トラッキングに関する研究では、味八木ら⁶⁾は、つくばエクスプレス柏の葉キャンパス駅前のロータリー部分を対象とし、市街地に密に張り巡らされた無線LANアクセスポイント(Wi-Fi AP)から受信した電波強度を利用して、Wi-Fi端末の現在位置を推定する手法と動画像による人物の追跡手法を併用する手法を提案し、屋外広域サーベイランスシステム上でのカメラ間に渡る追跡処理の向上に関する検討を行っている。また、小河原ら

7)は、地下街などの屋内環境において遮蔽物の影響によるGPS信号の減衰や観測可能なGPS衛星数の減少によって測位自体が不可能になる点に着目し、絶対位置の測位を行うGPSと相対的な移動を測定するDead Reckoning (DR) という2つの手法を組み合わせた、高精度な位置推定システムを提案している。その上で当該システムを携帯端末上で実装し、フィールド実験を通じて、その有効性を示している。さらに中村ら⁸⁾は、レーザレンジスキャナを用い、ネットワークを利用することで複数のレーザレンジスキャナを同期させ、足断面のレンジデータから歩行者トラッキングを行う手法を提案している。これらの研究においては、様々な視点から歩行者のトラッキング手法の検討・提案がなされているが、Wi-Fi等のモバイルデータやGPSデータを利用する計測手法は、プローブパーソンデータを利用する手法と同様に、全数把握が大きな課題である。一方で、レーザカウンタを利用する計測手法には、高い精度で全数把握ができる技術が発展しているが、性別や年代という個人属性を特定することは困難であるとともに、測定断面において大量の歩行者群が同タイミングで一挙に押し寄せると、判別は困難となる課題も残る。

以上より本研究では、小型カメラデバイスを設置し、歩行者群の顔を撮影・画像処理をすることで、ある特定の地点における歩行者量を計測し、なおかつ複数地点において顔照合することで匿名個人を特定し、その個人属性(年代・性別等)を把握、そして行動を追跡することで全歩行者の撮影地域内における移動範囲および移動ルート、滞在時間等を推計する手法の有用性を検討することを目的としている。

なお、カメラ画像等により、特定の個人が識別できると「個人情報」に該当する。さらに人物の目、鼻、口の位置関係の特徴を抽出して数値化したデータについても「個人情報」として扱う必要がある。また、上記データを6ヶ月以上保有する場合は「保有個人データ」に該当する。上記を踏まえて本研究では、IoT推進コンソーシアム・総務省・経済産業省が発行したカメラ画像利活用ガイドブック⁹⁾に基づき、個人情報の管理を徹底する。

本研究では、歩行者数計測手法や複数地点での歩行者マッチングシステムの開発について述べる。

3. 顔認証による歩行者トラッキングシステムの概要

本研究にて想定している歩行者トラッキングシステムのイメージを図-1に示す。

図-1の通り、市街地内各所に小型撮影デバイスを設置し、撮影が可能な日中の時間帯に連続撮影を行う。各測点にて撮影された画像をもとに、「顔の座標」「顔の特

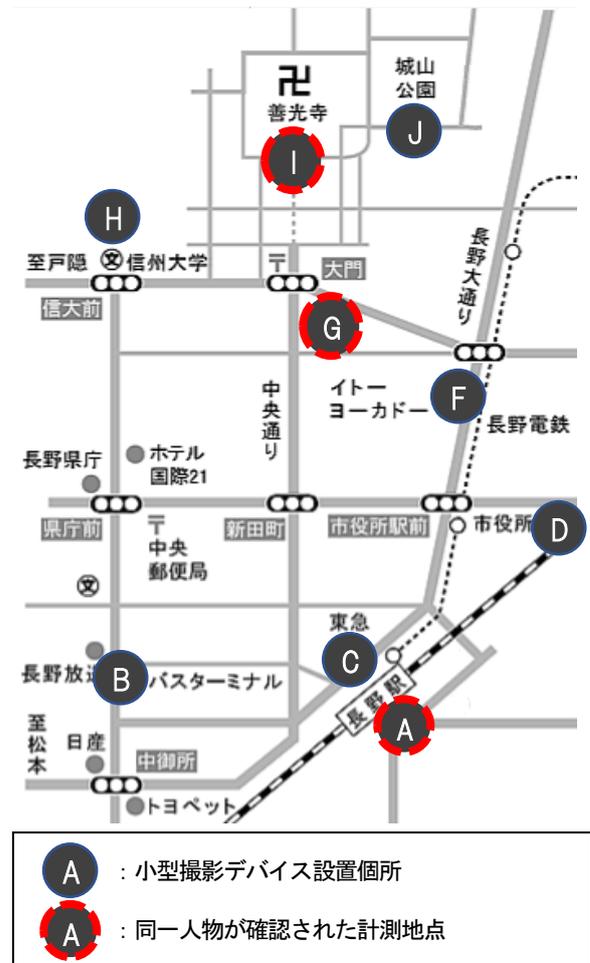


図-1 トラッキングシステムの概要

微量」を検出するとともに、「性別」や「年代」といった個人属性を推定する。「顔の特徴量」のデータを用いて、各測点にて認識された不特定多数のデータから、同一人物と想定されるサンプルのマッチングを行う。以上のプロセスを認識された全てのサンプルにて集計することにより、歩行者の回遊ネットワークを推計することが可能となる。また、各測点での観測時間を考慮することによって、滞在時間等の分析を行うことも可能となる。

4. 本システムの概要

(1) カメラデバイスの製作

本研究では、歩行者の広域的な動きを捉えることを目的としていることから、無給電で長時間にわたって作動することが必要条件となる。市場において、十数時間に渡り長時間録画が可能で遠隔操作できる安価なカメラデバイスは希少である。そこで、安価なSBC (Single Board Computer) であるRaspberry Pi Zero WHとカメラモジュールを用いて自作することとした。自作したデバイスの構成と完成品を表-1ならびに図-2に示す。

表-1 カメラデバイスの構成表

部品名称	機能	詳細
Raspberry Pi Zero WH	①カメラモジュールより映像を取得 ② pi-remote-cam で処理後ROMに保存 ③ Wi-Fiのアクセスポイント(AP)となる	OS:Raspbian Buster (GNU/Linux 4.19.66+#1253) Wi-FiのAPは raspAP ¹⁰ および hostpadで有効化
Raspberry Pi用カメラモジュール	Raspberry Pi Zero WHの CSI(Camera Serial Interface)に接続可能な撮像デバイス	OmniVison製 CMOSセンサ OV5647
microSDカード	Raspberry Pi Zero WHのROM	クラス:Class 10 容量:2GB
バッテリー	Raspberry Pi Zero WHの電源	Anker Astro E1 5200mAh
ケース	カメラ保護用	容量700mlほどの透明なプラスチック容器
pi-remote-cam	WEBブラウザを介して遠隔操作が可能なカメラソフトウェア	



図-2 製作したカメラデバイス

a) 遠隔操作ソフトウェア pi-remote-cam

撮影状況を簡便に確認するためにも設置したカメラに触れずに、そう遠くない場所から遠隔操作を行う必要がある。そこで、ソフトウェア (pi-remote-cam) を作成した。現時点において、1枚撮影・インターバル撮影・動画撮影・ライブプレビュー・撮影済み画像のダウンロード・時刻合わせといった機能が実装済みであり、Wi-FiAPの電波が到達可能な範囲内において確認することが可能である。

Raspberry Pi用公式LinuxディストリビューションであるRaspbianにおいて、システム・サービスマネージャーにはsystemdが採用されている。pi-remote-camではsystemd用のユニットファイルを提供しており、これをインストー

表-2 本システム明確化される情報 (予定)

サービス	目的	備考
顔の位置	撮影画像における顔の位置を座標にて把握 同一地点複数断面を分析することで速度を推計可能	常識的に考えられない位置での検出サンプルは除外
顔の特徴量	損失関数にtriplet-lossを用いたfacenetを用いて128次元の特徴量として定量化 その後後述するクラスタリング手法によるグループ化	
性別・年代	CNN(Convolutional Neural Network)を用いて顔画像やその他要因より性別を推定	個人属性分析用として

ルすることで起動時に自動的にpi-remote-camのサービスも起動する仕組みとなっている。その後ECMAScript 6以降やWebsocket等をサポートする最新のWEBブラウザ (モバイル端末含む) からアクセスし、操作することを想定している。

なお、このプロジェクトはオープンソースソフトウェアとしてMITライセンスを採用している。GitリポジトリホスティングサービスであるGitHub上に、kekeho/pi-remote-cam¹¹⁾として公開しており、多くの開発者のコミットを期待している。

(2) 分析ソフトウェア Gingerbreadman

本節では、現在開発中の分析ソフトウェア (Gingerbreadman) について記す。

本ソフトウェアは、フェイストラッキング及び属性解析のためのWEBアプリケーションである。調査主体が撮影画像と地点情報を複数アップロードすると、自動的にバックグラウンドで様々な情報の解析が始まる。この情報を解析するプログラムを、ここでは「サービス」と呼ぶこととする。その後、解析された情報 (主に顔の特徴量) を元に、同一人物と思われる顔のグループ化等を行い滞在時間や属性を考慮した歩行者の回遊ネットワークを可視化する予定である。

サービスは複数想定されるが、現在実装を目標としているものを表-2に示す。

a) 構成

本ソフトウェアは、表-3に示すようにマイクロサービスアーキテクチャ的な構成となっている。なお、現在開

表-3 Gingerbreadmanの構成表

サービス名	機能	詳細
webapp	WEBフロントエンド	db-controller と 調査主体の通信を担当 Django ¹²⁾ で実装
db	データベース(DB)サーバー	PostgreSQL ¹³⁾ を用いる
db-controller	コア	DBと各サービスのやり取り Djangoで実装
service_face_location	画像から顔の位置を検出するサービス	Flask ¹⁴⁾ 及び face_recognition ¹⁵⁾ による実装
service_face_encodings	顔画像から顔の特徴量(128次元)を計算 クラスタリングによるグループ化	Flaskおよび face_recognition による実装

発中のため発表時と構成が異なる場合がある。最新の develop ブランチにおける docker-compose 構成ファイルは、参考文献に示す¹⁶⁾。各サービスは、コンテナ上で動き、基本的に HTTP プロトコルで通信しあう。このため再現性が高く、プログラミング言語やフレームワークに依存しないため、機能追加が容易に可能となる。将来的には複数台構成に対応することも想定した設計としている。本プロジェクトは現在、オープンソースソフトウェア (OSS) として、MIT ライセンスを採用している。GitHub 上に、kekeho/Gingerbreadman¹⁷⁾ として公開しており、多くの開発者のコミットを期待している。

b) service_face_location

多様な物体が写り込んでいる1枚の画像の中から、顔の位置を検出する。今回は、face_recognition ライブラリの face_locations 関数を用いて顔位置の座標を特定させた。

c) service_face_encodings

このサービスでは、service_face_location で算出された顔位置の座標から顔を切り出し、特徴量を算出後グループ化する。

顔の特徴量には、HOG (Histograms of Oriented Gradients) 特徴量など様々なモデルを用いることができるが、今回は facenet¹⁸⁾ を用いた。顔の画像をネットワークに流し込むと128次元の特徴量が得られる。この手法は損失関数に triplet-loss を用いており、距離学習 (Metric Learning) において明示的に距離を操作している特徴がある (類似度学習)。なお、face_recognition の実装を用いている。

顔のグループ化において、最終的な被験者数 (クラスター数) は不明であることから、使用できる手法は限られ



図-3 利用した顔認証データ (WIDER FACEより一例)

表4 顔認証データにもとづく顔検出率

	全ての顔の数 (人)	平均顔検出率 (%)
値	39,708	60.92

てくる。本研究では、密度ベースのクラスタリング手法である DBSCAN¹⁹⁾ を用いた。

DBSCAN は、高次元のデータに弱い側面を持つ。そこでクラスタリング前に顔の特徴量に対して非線形主成分分析を行い、データの特徴を損なわないまま2次元程度まで圧縮することを考えた。なお、本手法で適用した非線形主成分分析には、t-SNE²⁰⁾ を用いた。

5. 本システムの妥当性検証

(1) 顔検出精度の検証

4章にて詳説した service_face_location にて、顔写真のサンプルデータを活用し、どれほどの精度で顔認証が可能であるかどうかを検証した。なお、サンプルデータは WIDER FACE²¹⁾ のバリデーションデータを活用した。本サンプルデータに含まれる写真の一例を図-3に示す。また、それに基づき顔検出できた割合を表4に示す。

表4より、現時点での顔検出率は約6割程度の精度であることが確認できた。ただし、図-3に示す通り、本分析では、極端な条件から顔を捉えた写真や、集合写真のようなデータも多数含まれているため、6割程度の精度は妥当であると考えられる。今後、実際の各測点での撮影を想定した画角やサイズ等での検証を行う予定である。

(2) 顔のグループ化精度の検証

複数写真の中から同一人物を特定させ、顔特徴量から同一グループを構成させるクラスタリングを行い、正確にグループ化ができていないか検証した。

具体的には、表-3における service_face_location にて、画

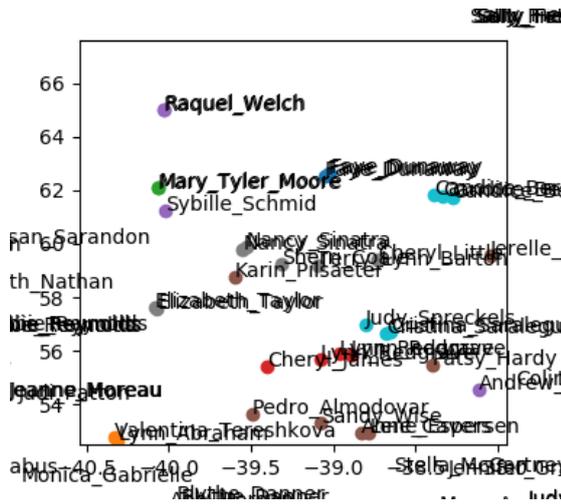


図4 LFWデータセットのグループ化結果

表5 LFWデータセットのグループ化結果

検証項目	真値 (個)	結果 (個)	割合 (%)
クラスタ数	5,749	5,220	90.80
不明クラスタ	—	1,703	33.18
平均混在率*	—	—	1.23
重複カウント数*	—	246	—

※不明クラスタを除く

像から顔位置を推定する。その後、service_face_encodingsにて、顔位置を切り抜いて生成された顔画像から特徴量を抽出・クラスタリングする。また、t-SNEで2次元に圧縮した顔特徴量をグループごとに色付けしプロットしたものをのうち、一部を切り取ったものを図4に示す。

上記のプロセスに基づいて、クラスタリングの検証結果を表5に示す。

ここで不明クラスタとは、クラスタ内に異なるサンプルが複数人内包されており、最も出現数が多い名前が全体の7割以上を占めていないなど、個人の特定が困難なサンプルと定義した。続いて平均混在率とは、各クラスタにおいて、当該人物以外の人物が内包されてしまった割合の平均値と定義した。重複カウント数とは、同一人物を別クラスタとして判別してしまった数と定義した。

表5の検証結果より、90%以上の確率でクラスタを判別できていることが明らかとなった。ただし、クラスタの個人を特定することのできなかつたクラスタも3割以上存在することから、クラスタリングの精度向上が今後の課題である。なお、不明クラスタを除外すると、平均混在率、重複カウント数ともに非常に少ない結果が得られた。

表-6 実証実験の条件

項目	概要
実施期間	令和元年（2019年）9月下旬～11月中旬
実施時間	AM9:00～PM18:00
実施場所	鉄道駅を中心とした買物・観光・娯楽施設
設置規模	10測点程度を想定
撮影間隔	2fps
撮影画角 解像度	画角54mm×41mm 解像度720p

6. 実証実験の概要

本研究では、人の流れを可視化することで対象地域ならびに対象地点の人々の流動に関する課題を浮き彫りにし、都市交通施策へと採用することを最終的な目標としている。そこで本システムの有用性を評価するため、街路空間等における実証実験を開始している。実証実験の詳細は表-6に示す。

今後は、実証実験を重ね、顔検出率ならびにクラスタリングの精度を検証してとともに、実データとの比較検証を進めていく予定である。

7. おわりに

本研究にて明らかになった知見を以下に示す。

- (1) 歩行者交通量をカウントし、さらに面的な回遊ネットワークを把握する手法として小型撮影デバイスによるトラッキングシステムを提案した。
- (2) 提案したトラッキングシステムについて、必要条件を満足させるカメラデバイスを検討し、製作した。また、撮影画像より分析を行うソフトウェアについて検討を行った。
- (3) サンプルデータを用いて、現在想定しているシステムを適用し、顔検出率ならびに顔認証によるクラスタリング（マッチング）を行った。その結果、真値に近いクラスタ数を得ることができたが、3割ほどの不明クラスタが出現してしまった。

8. 今後の課題

- (1) 本研究では、サンプルデータによりシステムの妥当性を検証したが、利用した顔認証データは、子用デバイスでは想定していないような写真も数多く含まれていた。今後は、実撮影データやそれに類似するデータに絞り込んだ分析が必要であろう。

- (2) 6章で述べたように、実証実験を行い顔検出数と実際の歩行者数との相関・クラスタリングにより明らかとなった回遊ネットワークの検証などを進めていく。
- (3) 顔認証のクラスタリング精度が低いことが課題として挙げられることから、ソフトウェア面で改善できる方策を検討していく。具体的にはCNNを用いた自己符号化器の実装等が検討される。
- (4) Gingerbreadmanの実装を進め、回遊ネットワークの可視化を進める。
- (5) pi-remote-camの動作安定性を高める。
- (6) 実証実験にあたっては、カメラ画像利活用ガイドブックを参考に、個人情報やプライバシーには配慮して取り組むこととする。

参考文献

- 1) 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室：まちの活性化を測る歩行者量調査のガイドライン，2019.3
- 2) 佐々木ひかり，西川竜二：市街地における通行量調査の手法に関する研究－秋田市中心市街地を例にした移動調査法の精度検証と試行－，秋田大学教育文化学部研究紀要 自然科学＝Memoirs of Faculty of Education and Human Studies, Akita University. Natural sciences, pp.29-38, 2018
- 3) 長田哲平，加納壮貴，大森宣暁，古池弘隆：中心市街地における受動赤外線型自動計測器を用いた歩行者通行量の分析，交通工学論文集，第 4 巻，第 1 号（特集号 B），pp.B_38-B_45, 2018
- 4) 安藤亮介，氏原岳人：プローブパーソンデータを用いた中心市街地における歩行者中心の都市空間創出の影響分析－来訪者の交通行動と居住地特性に着目して－，公益社団法人日本都市計画学会，都市計画論文集，Vol.53, No.2, 2018
- 5) 井上晴何，窪田論，今井竜一，田中成典，重高浩一：スマートフォンの GPS センサを用いた高精度な 3 次元位置情報の取得に関する研究，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.71, No.2, pp.L152-L168, 2015
- 6) 味八木崇，山崎俊彦，相澤清晴：Wi-Fi 位置推定を利用した複合センサトラッキング，2007 年映像情報メディア学会年次大会
- 7) 小河原亮，波多野裕之，藤井雅弘，伊藤篤，渡辺裕：GPS 測位情報とセンサ情報に基づく位置推定システムに関する研究，情報処理学会論文誌，Vol.56, No.1, pp.2-12, 2015
- 8) 中村克行，趙卉菁，柴崎亮介，坂本圭司，大鋸朋生，鈴木尚毅：複数のレーザレンジスキャナを用いた歩行者トラッキングとその信頼性評価（画像認識，コンピュータビジョン），電子情報通信学会論文誌.D-11, 情報・システム，II-パターン処理 J88-D-II（7）pp.1143-1152, 2005
- 9) Iot 推進コンソーシアム，総務省，経済産業省：カメラ画像利活用ガイドブック，2018.3
- 10) GitHub - billz/raspap-webgui: A simple, responsive web interface to control wifi and hostapd on the Raspberry Pi <https://github.com/billz/raspap-webgui>
- 11) リモートリポジトリ GitHub-kekeho/pi-remote-cam : <https://github.com/kekeho/pi-remote-cam> .
- 12) The Web framework for perfectionists with deadlines | Django <https://www.djangoproject.com/>
- 13) PostgreSQL: The world's most advanced open source database <https://www.postgresql.org/>
- 14) Flask | The Pallets Projects <https://palletsprojects.com/p/flask/>
- 15) GitHub - The world's simplest facial recognition api for Python and the command line https://github.com/ageitgey/face_recognition
- 16) docker-compose 構成ファイル : <https://github.com/kekeho/Gingerbreadman/blob/develop/docker-compose.yml>
- 17) GitHub - kekeho/Gingerbreadman: GUI tools for Face tracking & Analyze attributes <https://github.com/kekeho/gingerbreadman>
- 18) Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko, James Philbin : FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering, arXiv:1503.03832v3 [cs.CV] 17 Jun 2015
- 19) Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jorg Sander, Xiaowei Xu. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise. Procdrings of 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96),1996.
- 20) Laurens van der Maaten, Geoffrey Hinton : Visualizing Data using t-SNE, Journal of Machine Learning Research 9 (2008) 2579-2605
- 21) WIDER FACE: A Face Detection Benchmark: Multimedia Laboratory, Department of Information Engineering, The Chinese University of Hong Kong <http://shuoyang1213.me/WIDERFACE/>

(2019.10.4 受付)

VERIFICATION OF CITIZEN'S RAMBLING ACTIVITIES BY PEDESTRIAN TRACKING USING SMALL PHOTOGRAPHIC DEVICE

Naoki TODOROKI, Yoshiyasu YANAGISAWA, Naoto OIDE, Hiroki TAKEMURA and Jun-ichi TAKAYAMA

“Pedestrian traffic” is used as a representative evaluation index in the field of urban and transportation policies. As a method of counting the amount of pedestrian traffic, manual counting is performed, but the cost is currently exploring the possibility of using mobile data such as GPS data and Wi-Fi. As a result, the number of annual implementations and the number of measurement points are limited. The problem was that it was difficult to grasp. Wi-Fi requires an access point (AP) and that it was not all in the first place. In this study, we proposed a point recognition system based on face authentication and verified its effectiveness. This system can count all passers-by, and can also recognize the movement range and movement by performing face authentication based on multiple point data. It is also possible to perform route tracking.