沖縄本島中南部都市圏住民の人流データを用いた系統別バス輸送人員の評価

上間　大輔[1]・神谷　大介[2]・上地　安諄[3]

[1]学生会員　琉球大学大学院　理工学研究科（〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1）
E-mail: k238522@eve.u-ryukyu.ac.jp

[2]正会員　琉球大学准教授　工学部工学科（〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1）
E-mail: d-kamiya@tec.u-ryukyu.ac.jp (Corresponding Author)

[3]学生会員　琉球大学大学院　理工学研究科（〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1）
E-mail: k238671@eve.u-ryukyu.ac.jp

渋滞が社会問題の一つとなっている沖縄本島中南部都市圏では，公共交通の利用促進が推奨されている．しかし，バス事業者は運転手不足等により現行路線を維持することが困難な状況にある．そのため，低下する供給能力でより多くの輸送人員を確保するためには，人々の移動ニーズを把握し，それに沿った公共交通網を形成する必要がある．

本研究では，沖縄本島中南部都市圏を対象に，地域住民の人流データと現行路線の輸送実績データの比較分析を行い，人流から見た輸送人員の多少の評価を行った．

Key Words: *Public Transportation, Cell Phone GPS Data, People-flow Analysis, Regional Transportation Planning*

1.　はじめに

(1)　研究の背景

沖縄県の県庁所在地である那覇市において，混雑時平均旅行速度[注1)]は，日本三大都市（東京 23 区，大阪市，名古屋市）よりも低く，深刻な渋滞問題を抱えている．そこで内閣府は，渋滞解消に向けて取り組むべき施策の一つとして公共交通利用の促進を挙げている[注1)]．

本研究の対象地域である沖縄本島中南部都市圏（読谷村及びうるま市以南の 17 市町村）における公共交通ネットワークをバス停及び駅の位置情報を基に**図-1** に示す．この地域における公共交通としては，路線バスとモノレールが運行しているが，モノレールの総運行距離は 17km と狭範囲であり，地域間移動のほとんどを路線バスが担っている．

しかし公共交通の現状として，**図-2** に示す通り，運転手不足・高齢化の進展，利用者の減少[注2)注3)]等の課題から，現行路線の維持・確保が困難となっている．つまり，公共交通利用の促進が求められる一方，その供給能力は減少傾向にあるため，現状の供給能力でより多くの輸送を行う効率的な公共交通網の形成が必要である．

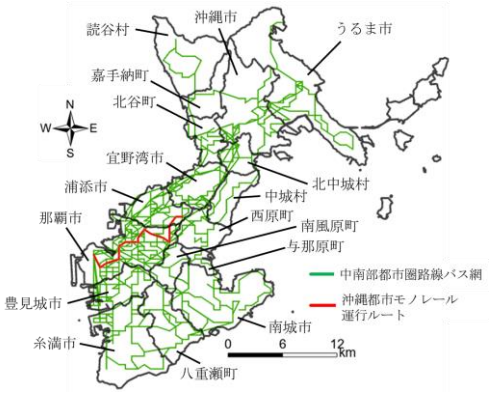


図-1　沖縄本島中南部都市圏の公共交通ネットワーク

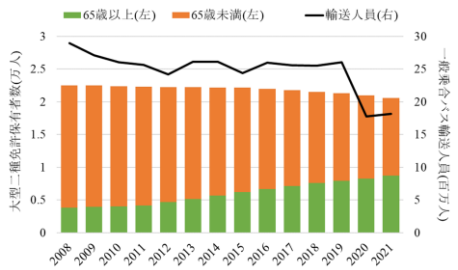


図-2　沖縄県における大型二種免許保有者数及び一般乗合バス輸送人員[注2)注3)]

(2) 既往研究と本研究の目的

長谷川ら [1]は，国勢調査や医療施設データ等の社会統計データから得られる人口・施設のメッシュ分布より，地点間の重要度と人々の OD（Origin - Destination）需要を構築し，それに沿った最適な路線網の設計手法を提案しているが，これらは分布からモデル化した OD 需要であり，実際の人流であるとは限らない．

一方，近年では ICT の進展に伴い，交通系 IC カードデータや携帯電話 GPS データ（以下，CGD）等のビッグデータの活用が注目されている．これにより，人流における OD 需要の把握が可能となった．沖縄県では，自動車の効率的利用や公共交通利用の促進を目的に策定された TDM（Transportation Demand Management）施策推進アクションプログラムにおいて，交通需要マネジメントの枠組みの中に，これらビッグデータ等を活用した取組みの推進を挙げている．しかし，沖縄県では交通系 IC カードの情報は提供されていない．

そこで町田ら [2]は，CGD を用いた人流とバス路線のメッシュ間運行本数の比較から，人流から見た運行本数の多少を評価している．また，500m メッシュ単位で集計される CGD のうち，平日かつ 6 時台から 8 時台の朝の時間帯における地域内住民の移動量と，平成 27 年国勢調査 4 次（500m）メッシュ従業地・通学地集計の比較より，CGD が実際の人流の傾向を示していることを明らかにした．よって，本研究においても CGD を人流データとして扱う．

以上の認識の下，本研究では町田らの研究を発展させ，CGD と実際の輸送人員の比較分析を行う．これにより，人流から見たバス系統別輸送人員の多少について，運行ルートの観点から評価することを目的とする．

具体的には，2.において人流データとして扱う CGD の概要と地域住民の人流分析結果を示す．3.ではバス輸送実績データの概要の説明及び各系統の輸送実績をまとめ，4.では，人流データと輸送実績データとの比較手法とその分析結果を記述する．5.では分析結果のまとめとともに，今後の課題を示す．

2. 人流データの概要及び分析

(1) 人流データ

本研究では，町田らと同様，株式会社ブログウォッチャー提供のアプリケーションから取得される CGD を 500m メッシュ OD 間で集計した移動量を人流データとして扱う．なお，対象地域は沖縄本島中南部都市圏とし，推定居住地が対象地域内の地域内住民のデータを用いる．

また，新型コロナウイルス感染症（以下，コロナ）による移動への影響を考慮し，人流データの対象期間は，

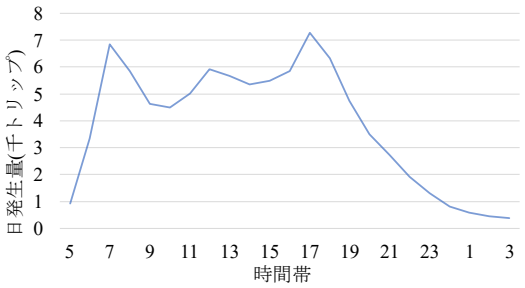


図-3 時間帯別日発生量（地域住民，平日）

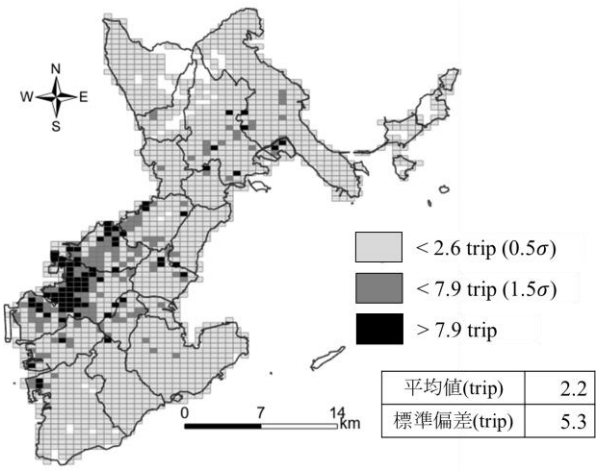


図-4 日集中量空間分布（地域住民，平日，通勤時間帯）

町田らがコロナ前と定義している 2019 年 4 月 1 日～2020 年 2 月 29 日とする．

(2) 人流分析

対象地域内住民の移動需要を把握するため，人流分析を行う．**図-3** に示す地域住民の平日における時間帯別日発生量より，通勤時間帯と考えられる 6～8 時台と，帰宅時間帯と考えられる 17～19 時台において発生量が増加傾向にある．ここで，通勤時間帯における日集中量に着目し，その空間分布を**図-4** に示す．これより，平日の通勤時間帯において，地域住民の人流が那覇市の中心部に多く集中していることがわかる．

3. 系統別バス輸送実績

バス輸送実績データとして，沖縄県提供のバス主要 4 社（琉球バス交通，沖縄バス，那覇バス，東陽バス）の一般乗合バス輸送実績総計を扱う．なお本研究では，対象地域内を運行する 92 系統のデータを用いる．

データ内容は，年度・系統別輸送人員及び平均運行回数であり，その期間は 2011 年度～2020 年度までのデータとなっている．人流データとバス輸送実績データとの

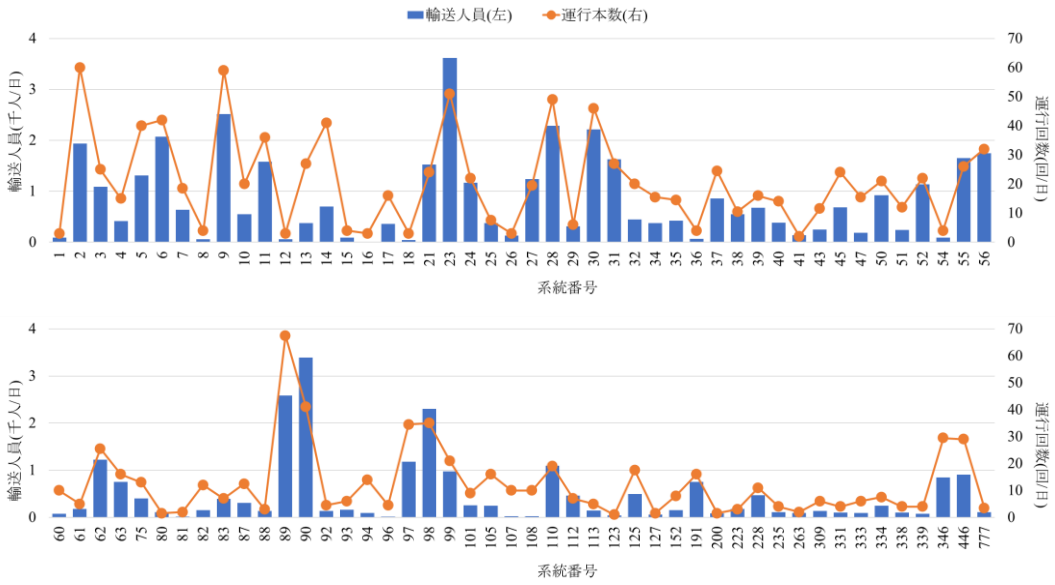


図-5　各系統の 1 日あたり輸送人員及び 1 日あたり運行回数

比較において，コロナ前となる 2019 年度のデータを対象期間とする．なお，対象となるバス事業者は 9 月期決算の事業年度である（2019 年度：2018 年 10 月 1 日～2019 年 9 月 30 日）．

以上のデータより，各系統の 1 日あたり輸送人員及び運行回数を**図-5** に示す．また，輸送人員と運行回数の相関分析の結果，相関係数 0.93 と高い相関にあった．

この輸送人員のデータを各系統の人流と比較し，人流から見た輸送人員の評価を行う．

4.　人流と輸送人員の回帰分析

(1)　人流データの処理方法

系統別輸送人員と比較するため，人流データを各系統の運行ルートに合わせ，**図-6** に示す通り，系統別人流を算出する．なお，系統別人流は，その系統に含まれる全路線の人流の合計値とする．なお，路線別人流を算出するため，バスロケーション（琉球バス交通，那覇バス）やのりもの NAVI Okinawa（沖縄バス，東陽バス）のサイトから取得した路線別運行データを用いる．

まず路線別運行データより，各路線の経由するバス停に 500m メッシュ情報を付与し，バス停メッシュ間の繋がりを明らかにする．

次に，各路線のバス停メッシュ間の全接続関係の人流を合計することで路線別人流を算出する．**図-6** に示す路線 A を例にすると，青枠内に示す青い実線矢印が全接続関係を表している．このとき，同一メッシュ内にバス停が連続する場合，同一メッシュ内の人流データはないため，除外する．

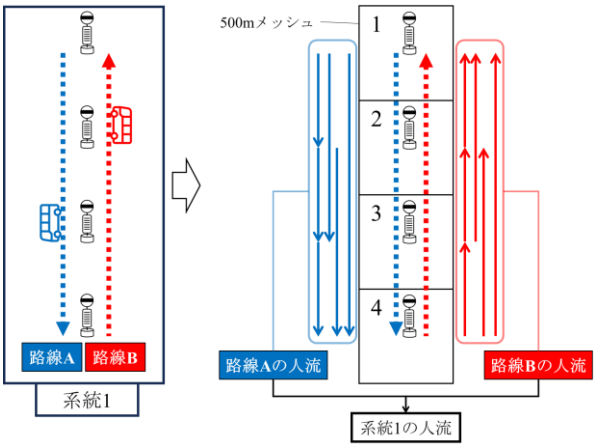


図-6　系統別人流の処理方法

また，二次隣接メッシュ間（メッシュ中心点間距離が 1000m）以内は歩行圏内でありバス利用は少ないと考え，分析の対象外とする．

(2)　人流から見た輸送人員の相対的評価

ここで運行回数と運行距離の影響を考慮し，各系統の 1 運行 1 日 1km あたり系統別輸送人員と，1 日 1km あたり系統別人流をそれぞれの値を最大値で除して基準化した相関を**図-7** に示す．この結果から，各系統における人流から見た輸送人員の多少を相対的に評価する．

ここで，人流は多いが輸送人員の少ない 6 系統（21, 23, 27, 56, 101, 105 番）に着目し，そのうちの 21, 23, 27 番の運行ルートを**図-8** に示す．これらの系統は那覇

市とうるま市間の長距離路線となっている．

次に，56，101，105 番の運行ルートを**図-9** に示す．これらの共通点として，遊泳可能なビーチがある豊見城市の瀬長島や美ら SUN ビーチを経由する系統であることがわかる．このことから，長距離移動やビーチ・海水浴場への移動において，バスの利用需要が少ない可能性が示唆された．

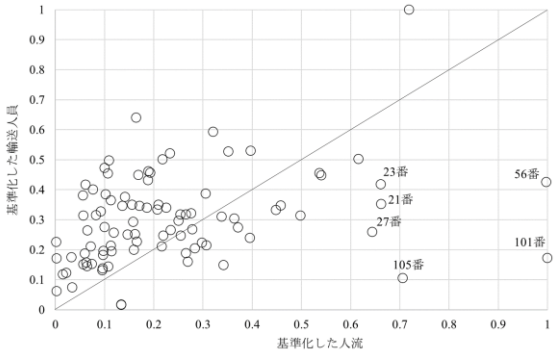


図-7　最大値で基準化した人流と輸送人員の相関

5.　おわりに

(1)　研究のまとめ

本研究では，沖縄本島中南部都市圏を対象に，CGD を用いた地域住民の人流データとバス輸送実績データから，2019 年度における系統別輸送人員と系統別人流を比較し，その結果と運行ルートを基に相対的に評価した．これにより，移動需要はあるがバスの利用需要が少ない系統を明らかにした．今後，バスの供給能力が低下する中で，より多くの輸送人員を確保することが求められる．そのため，このような系統において，移動需要をバス利用需要へと転換させる施策を講じることで輸送人員の増加につながることが考えられる．

(2)　今後の課題

人流データや経由するバス停メッシュの人口等の統計情報から，輸送人員に影響を与える可能性をもつ変数を明らかにし，回帰分析を行うことで，バスの利用需要予測モデルの構築を今後の展望として位置づける．

また，沖縄県が観光地域であることを踏まえ，県外住民の利用を考慮し，地域住民と観光客を併せた地域公共交通計画の策定に寄与する分析へと発展させたい．

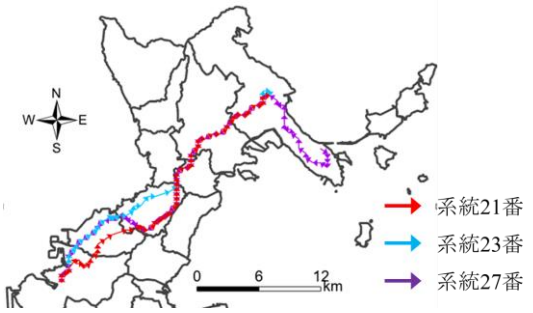


図-8　系統 21，23，27 番の運行ルート

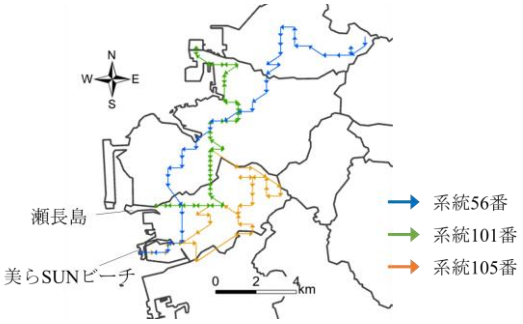


図-8　系統 56，101，105 番の運行ルート

謝辞：本研究は JSPS 科研費，JP21K12483，JP22H00222，JP23H00197 の助成を受けたものです．

NOTES

注1) 内閣府：沖縄政策，社会資本整備事業例（2），https://www8.cao.go.jp/okinawa/pamphlet/shinkou-2023/2023_whole_2_8.pdf，2023．(2023 年 9 月 25 日閲覧)

注2) 警察庁：運転免許統計（平成 20 年版-令和 3 年版），https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/menkyo.html，2022．(2023 年 1 月 19 日閲覧)

注3) 内閣府沖縄総合事務局：（平成 19～令和 4 年）運輸要覧，一般乗合旅客自動者運送事業輸送統計，https://www.ogb.go.jp/unyu/unyu_youran ，2022 ．（2023 年 1 月 19 日閲覧）

REFERENCES

1) 長谷川大輔，鈴木勉：路線網形状を考慮したバス・デマンド型交通併用効果の分析，GIS-理論と応用，Vol.27，No.1，pp．1-11，2019. [Hasegawa, D. and Suzuki, T.: Evaluation of effectiveness by combining of bus and demand responsive transit service focusing bus route network configuration, *Theory and Applications of GIS*, Vol.27, No.1, pp. 1-11, 2019.]

2) 町田宗瞭，神谷大介，眞栄里和希：携帯電話 GPS データを用いた人流に対するバス運行本数の評価，交通工学研究発表会論文集，Vol.42，pp.851-854，2022. [Machida, T. Kamiya, D. and Maezato, K.: Evaluation of the number of buses in service in relation to traffic volume using cell phone GPS data, *Proceedings of Japan Society of Traffic Engineers*, Vol.42, pp.851-854, 2022.]

(Received ?)
(Accepted ?)

EVALUATION OF TRANSPORT PERSONNEL BY BUS SYSTEM USING DATA ON PEOPLE FLOW OF RESIDENTS IN THE SOUTH-CENTRAL PRINCIPAL CITY AREA OF MAIN ISLAND OF OKINAWA

Daisuke UEMA, Daisuke KAMIYA and Atsushi UECHI

In the south-central principal area of the main island of Okinawa, where traffic congestion has become a social problem, the use of public transportation is recommended. However, bus operators are finding it difficult to maintain current routes due to driver shortages and other factors. Therefore, it is necessary to understand people's mobility needs and form a public transportation network that meets them in order to secure more transport personnel in a declining supply capacity.

In this study, we conducted a comparative analysis of data on people flow of local residents and transport personnel of existing routes in the south-central principal area of main Island of Okinawa, and evaluated the transport personnel from the viewpoint of people flow.