

令和 7 年 5 月 20 日

**福井大学の大学院生 2 名が、福井県・奈良県・和歌山県を
対象とした都市域通信ネットワークモデルを設計
- パーソントリップデータを活用して設計したネットワークモデルを公開 -**

本研究成果のポイント：

- ◆第5世代移動通信システム（5G）以降の6G/Beyond 5Gに関する研究開発を促進するために、福井県・奈良県・和歌山県を対象とした都市域通信ネットワークモデルを設計した。
- ◆通信ネットワークモデルを構築するために、各県の居住者を対象としたアンケート調査によって得られた「人の移動をとらえた『パーソントリップデータ』」を活用しており、この設計手法は本研究が世界で初めて確立したものである。
- ◆設計した福井・奈良・和歌山のネットワークモデルは国際学会 IEEE の学術論文誌 IEEE ACCESS で公開されており（2025年5月9日早期公開（オープンアクセス）、正式版は後日公開予定）、3県の通信ネットワークモデルが無線通信技術の研究開発で広く利用されることが期待できる。

国立大学法人福井大学大学院工学研究科の大学院生2名（中村光雅 [2025年3月修了]、北野翔太郎 [現 M2]）と指導教員の橋拓至 教授は、都市域ネットワーク（以下、メトロポリタンエリアネットワーク、MAN）**（注1）**を対象とした第6世代移動通信システム（6G）/Beyond 5G（B5G）の研究開発で利用可能な福井県・奈良県・和歌山県の MAN モデル **（注2）**を設計した。この取り組みは、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）廣田悠介 主任研究員、株式会社 KDDI 総合研究所 釣谷剛宏 執行役員、国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院工学研究科 長谷川浩 教授と連携しながら行なわれ、設計したモデルは無線通信技術に対するコンピュータシミュレーション **（注3）**や最適化問題 **（注4）**の研究で広く利用が期待される。3県のモデルの設計アルゴリズム **（注5）**では、鉄道路線情報に加えてパーソントリップデータ **（注6）**を活用しており、福井・奈良・和歌山県などの鉄道路線が存在しない市区町村を含む地方を対象とした都市域ネットワーク MAN モデルを設計できる。

現在、第6世代移動通信システム（6G）を含む Beyond 5G（B5G）の研究開発が進められており、無線通信部分の研究開発だけでなく有線ネットワーク部分を含めた研究開発が重要となっている。今回設計した通信ネットワークモデルは、自動運転などの超低遅延サービスのような有線ネットワーク部分が限定的な都市域ネットワークを対象とした研究開発での利用が期待される。

〈研究の背景と経緯〉

第5世代移動通信システム（5G）の商用サービスが2018年の米国を皮切りに日本でも2020年3月から開始され、現在は第6世代移動通信システムを含む Beyond 5G (B5G) の研究開発が世界中で行なわれている。この Beyond 5G では、現在の 5G で実現される「高速・大容量」「低遅延」「多数同時接続」のさらなる高度化に加え、「超低消費電力」「超安全・信頼性」「自律性」「拡張性」などの持続可能で新たな価値を創造することが期待されている。それゆえ、スマートフォンなどの携帯端末で利用する無線通信技術の研究開発だけでなく、送受信データが伝送される都市規模の有線ネットワークであるメトロポリタンエリアネットワーク（MAN）も含めた研究開発がこれまで以上に重要となる。

有線ネットワークの通信技術の研究開発では、コンピュータシミュレーションや最適化問題で利用する MAN モデルが必要不可欠であるが、これまで日本の都市を対象とした MAN モデルは存在していなかった。その理由は、通信ネットワークの接続情報はネットワークを運用・管理する企業・組織の最重要情報の一つで、正確な情報は非公開となっているためである。また、これまでに様々な手段で通信ネットワークを推定してモデルを構築する方法が複数提案されているが、いずれの方法にも欠点があり研究開発で利用可能なネットワークモデルを新たに構築することが困難であった。

そこで、電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 (<https://www.ieice.org/cs/pn/jpn/>) は、通信ネットワークが水道や鉄道・道路などの社会インフラを利用して構築されてきた歴史に注目し、鉄道の路線や船舶の航路の情報を利用して、日本全国を対象としたコアネットワーク（注7）のモデル（JPN モデル）を構築している。公開された JPN モデルは現在様々な研究開発で利用されている (<https://www.ieice.org/cs/pn/jpn/jpn.html>)。また、福井大学を中心とした電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会の関係者による本研究グループでは、鉄道路線情報を活用した MAN モデルの構築アルゴリズムを確立し、東京23区を対象とした MAN モデルを構築している。このモデルは、すでに海外の研究者にも利用されており、今後もさらなる利用が期待できる。

〈研究の内容〉

確立した MAN モデル構築アルゴリズムでは、対象とする都市内から構築するモデルのノードとなる重要拠点を選択したうえで、鉄道路線情報とパーソントリップデータを用いてノード間にリンクを設定する。このとき、乗降客数が多い路線を優先的に選択し、その路線が経由する拠点のノード間にリンクを設定していく。さらに、鉄道路線のない市町村に対して、パーソントリップデータに基づいて移動人数が多い市町村間に優先的にリンクを設定する。

本研究では、福井・奈良・和歌山の三県を対象に3つの MAN モデルを構築した（図1、図2、図3）。各ノードの位置は各市区町村役場の位置から導出し、各リンクの長さは Google マップの徒歩の距離から算出した。福井県のパーソントリップデータは福井県庁へ貸与申請を行ったうえで使用し、奈良県と和歌山県分はオープン化されているデータを使用した。

さらに、各モデルに対して昼と夜の異なる人口情報を追加し、計6モデルが下記のフォトニック研究会ホームページからダウンロード可能である。

URL（日本語）：<https://www.ieice.org/~pn/jpn/jpn.html>

URL（英語）：https://www.ieice.org/~pn/jpn/jpn_eng.html

〈今後の展開〉

本研究の成果は、すでに構築済みの東京 23 区を対象とした MAN モデル同様に世界中の研究開発で広く使用されることが期待される。本研究の成果によって、鉄道路線が全域をカバーしない地方の都市圏を対象とした MAN モデルも構築することができるため、日本全国のネットワークモデル構築が可能となる。これらのモデルは、スマートシティ、スマートモビリティ、デジタルツイン、五感通信、ホログラムを含む次世代エンターテインメントなどの実現に向けた通信ネットワーク技術やシステム設計の研究開発へ貢献することができる。

今後は、東京以外の大阪と名古屋の大都市の MAN モデルの構築を進め、さらに他の都道府県のネットワークモデル構築も期待できる。

〈参考図〉

図 1：福井県を対象に構築した 17 ノードの MAN モデル (Fukui FMN17 model)

福井県の 17 の市町をノードとし、鉄道の路線情報とパーソントリップデータを活用したアルゴリズムに従って構築した。

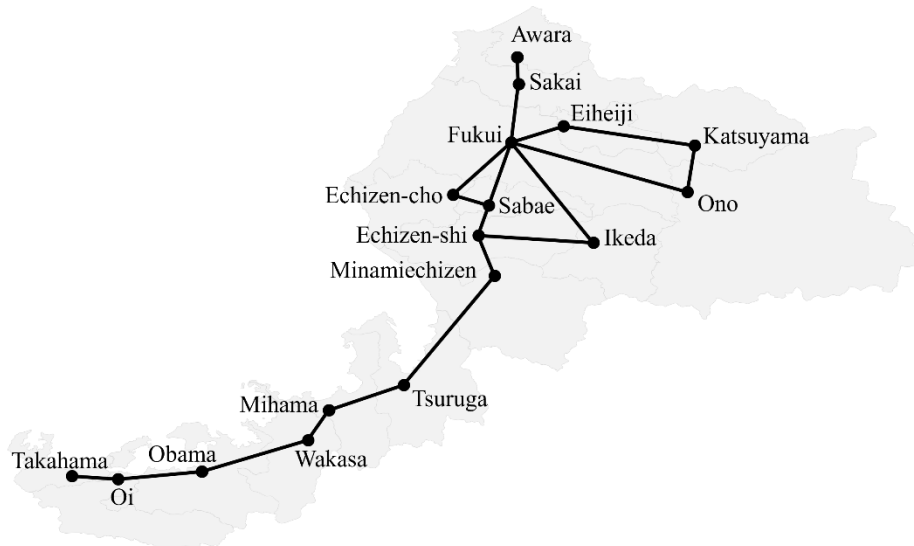


図 2：奈良県を対象に構築した 39 ノードの MAN モデル (Nara NMN39 model)

奈良県の 39 の市町村をノードとし、鉄道の路線情報とパーソントリップデータを活用したアルゴリズムに従って構築した。

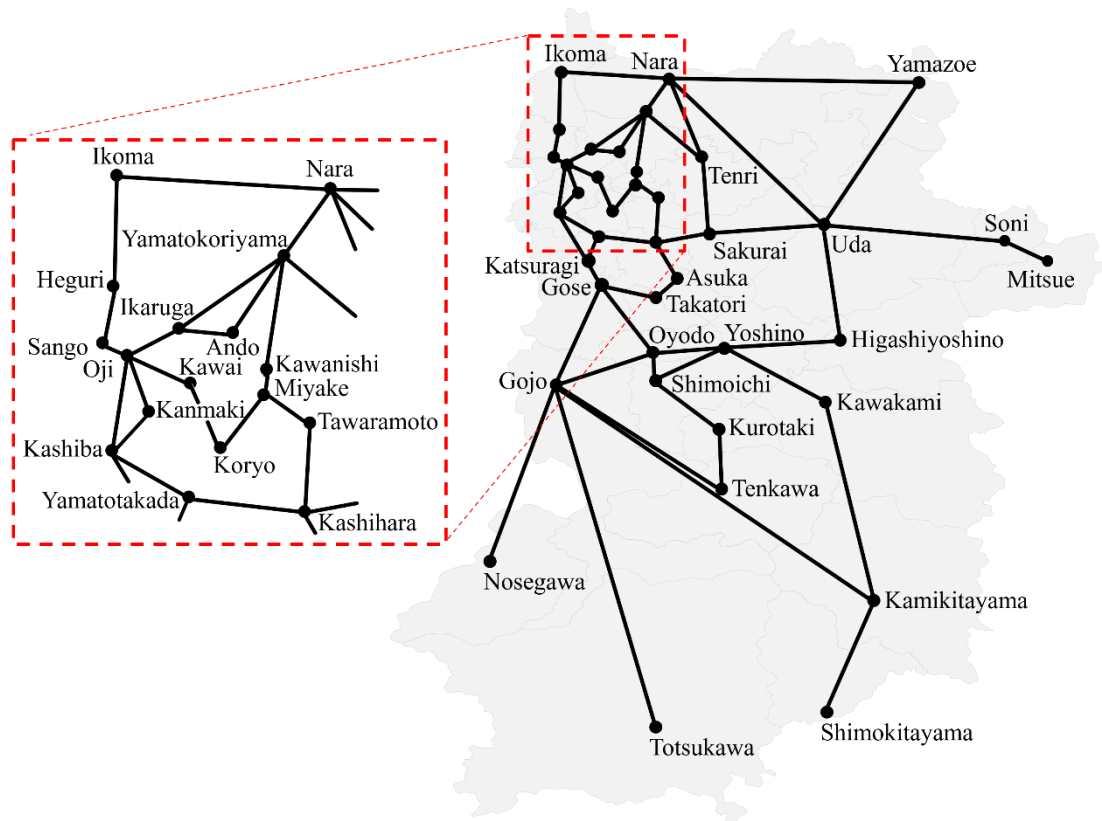
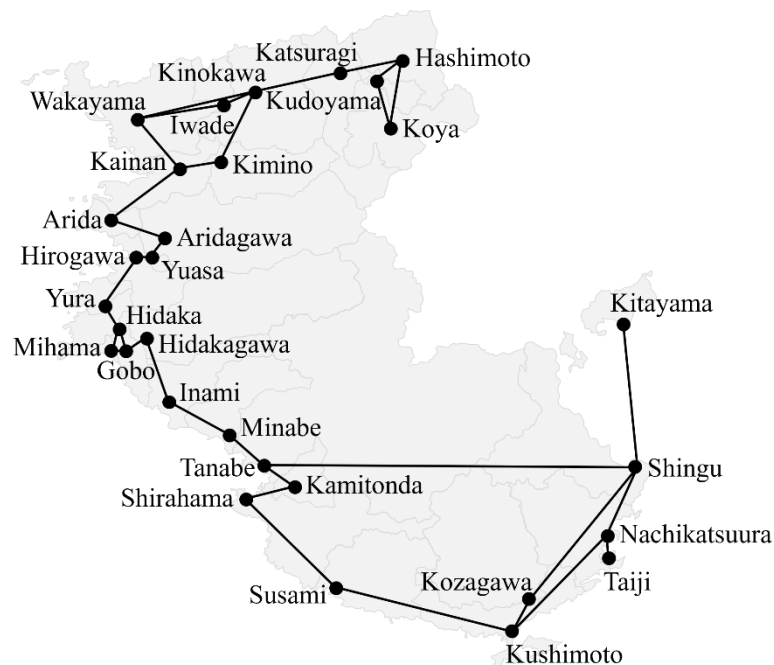


図 3 : 和歌山県を対象に構築した 30 ノードの MAN モデル (Wakayama WMN30 model)
和歌山県の 30 の市町村をノードとし、鉄道の路線情報とパーソントリップデータを活用したアルゴリズムに従って構築した。



〈用語解説〉

（注 1） 都市域通信ネットワーク、メトロポリタンエリアネットワーク、Metropolitan Area Network (MAN)

都市や市街地の一部もしくは全部をカバーする通信ネットワークを指し、カバー範囲は LAN（ローカルエリアネットワーク）よりも広く、WAN（ワイドエリアネットワーク）よりも狭い。

（注 2） MAN モデル

ネットワークトポロジは通信ネットワーク上の各機器の接続形態を示し、各機器を示すノードとケーブルを示すリンクで構成される。例えば、 x 個のノードが x 本のリンクで円状に接続されているネットワークのトポロジはリングトポロジと呼ばれる。このネットワークトポロジに対して、各ノードに人口の情報を付与したものをネットワークモデルと呼ぶ。本研究ではメトロポリタンエリアネットワーク（MAN）を対象としたネットワークモデルである MAN モデルを設計する。

（注 3） コンピュータシミュレーション

現実の現象やシステムの動きを模擬するプログラムをコンピュータ内で実行して、現実の現象やシステムをコンピュータ上で再現してその性能などを把握する手法である。通信ネットワーク技術の研究開発では、実ネットワークを使ったデータ伝送実験は実施が難しいため、コンピュータ上で伝送されるデータなどのふるまいを模擬するコンピュータシミュレーションが広く利用される。

（注 4） 最適化問題

与えられた制約の下である目的を達成したい場合に、この制約や目的を数式で表現しその数式の解を求める問題のことを示す。

（注 5） アルゴリズム

与えられた問題の解を導出したり、課題を解決したりするための計算手順や処理手順を示す。本研究で確立したアルゴリズムでは、図 1 や図 2 の MAN モデルを構築する際に、処理手順の中で東京の鉄道路線情報を活用している。

（注 6） パーソントリップデータ

個人の 1 日における移動状況を把握することで、どの交通機関をどのような人がいつどんな目的で使っているのかを調査したデータである。本調査はバスや電車などの各種交通機関を総合的に把握することを目的として調査されたデータであり、日本では国土交通省が都市圏（大都市圏）を基準に行っている。日本では、先行的な研究的色彩の実態調査を経て 1967 年に広島都市圏の第 1 回調査、1968 年に東京都市圏の第 1 回調査が行われ、その後は全国の 30 万人以上の都市圏を中心に調査が実施されてデータが集められている。

（注 7） コアネットワーク

通信ネットワークの中核にあたる部分のネットワークを指し、バックボーンネットワークとも呼ばれる。各地に点在する LAN、MAN、WAN はコアネットワークを介して互いに接続されている。

〈論文タイトル〉

Metropolitan Area Network Model Design Algorithm Using Regional Railways Information and Daily Movement Data for Beyond 5G Research

日本語翻訳（非公式）：「Beyond 5G の研究に向けた鉄道路線情報と移動データを用いたメトロポリタンエリアネットワークモデル設計アルゴリズム」

〈著者〉

Koga Nakamura, Shotaro Kitano, Yusuke Hirota, Takehiro Tsuritani, Hiroshi Hasegawa, and Takuji Tachibana

中村 光雅 国立大学法人福井大学 大学院工学研究科 知識社会基礎工学専攻
情報工学コース 2024 年度修了

北野 翔太郎 国立大学法人福井大学 大学院工学研究科 知識社会基礎工学専攻
情報工学コース 博士前期課程 2 年

廣田 悠介 国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT） ネットワーク研究所
フォトニック ICT 研究センター 主任研究員

釣谷 剛宏 株式会社 KDDI 総合研究所 執行役員

長谷川 浩 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 大学院工学研究科 教授

橘 拓至 国立大学法人福井大学 工学系部門 工学領域
情報・メディア工学講座 教授

〈発表雑誌〉

IEEE（アイ・トリプル・イー、米国電気電子学会）の「IEEE Access（アイ・トリプル・イー アクセス）」電子版に 2025 年 5 月 9 日早期公開、正式版は後日発行予定

DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3568510

〈お問い合わせ先〉

（研究に関すること）

橘 拓至（たちばな たくじ）

国立大学法人福井大学工学系部門工学領域情報・メディア工学講座 教授

（報道担当）

国立大学法人福井大学経営企画部広報課

〒910-8507 福井市文京 3 丁目 9 番 1 号