全線新設の LRT 利用者数の推計と利用実態に関する一考察

井出　光起[1]・冨岡　秀虎[2]・森本　章倫[3]

[1]学生会員　早稲田大学大学院　創造理工学研究科建設工学専攻（〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1）
E-mail: ide.swkg19@akane.waseda.jp

[2]学生会員　早稲田大学大学院　創造理工学研究科建設工学専攻（〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1）
E-mail: mannyan@asagi.waseda.jp

[3]正会員　早稲田大学理工学術院教授（〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1）
E-mail: akinori@waseda.jp

LRT は従来の路面電車を発展させた新交通システムの一つであり，定時性，速達性，環境性能やバリアフリー性などに優れているとされる．こうして注目を浴びている LRT は，宇都宮都市圏に芳賀・宇都宮ライトレールとして日本で初めて全線新設で導入された．宇都宮都市圏は東西を結ぶ鉄軌道が無く恒常的な渋滞が問題となっているため，東西方向に新設される LRT の導入により自動車から公共交通へ交通手段が転換されることが望ましい．本研究では，過去の需要推計による利用者数と開業後の実際の利用者数を比較し，その差について考察を行う．さらに，LRT 開業に伴って変化する周辺の公共交通の LOS を算出し，推計と実態との差について考察する．ここで，周辺のバス交通における遅れの実態についても考慮する．

Key Words: *LRT, Punctuality, LOS, mode choice*

1. はじめに

現在我が国は，道路・モータリゼーションの発達により低密度の市街地が拡散していることが都市課題の一つとなっている．将来的に人口が減少していく社会の中で市街地の拡散が進行すれば，公共交通の衰退や中心市街地の衰退が深刻化するとされている．この解決策として，人口減少に沿ったコンパクトな集約型都市構造への転換が挙げられる．このようなまちづくりを実現するため，一定の公共交通のサービス水準の確保は必要不可欠である[注1)]．中でも，LRT(Light Rail Transit)と呼ばれる新交通システムに注目が集まっている．LRT は従来の路面電車が高度化された公共交通システムであり，優れた定時性・速達性といった輸送性能や環境性能を有するとされている．加えて，地下鉄などの交通システムと比較すると整備コストが小さい点や，地域のシンボルとしての役割が期待できる点が特性として挙げることができる．欧米では，LRT の導入がまちづくりを一体的に進める上で有効な手段であるとされ，多くの都市で基幹交通として活用されているが，国内では欧米との公共交通に対する認識の差異があり，LRT 導入の国内事例は富山市[1)]と 2023 年に開業した芳賀・宇都宮ライトレール（以下，宇都宮 LRT）のみである．欧米では，交通インフラは生活インフラと同等の扱いであり，移動することが人の権利として認識されている．一方我が国では，公共交通は事業者主体の独立採算制で成立されるべきだという考え方が浸透しており，新たな公共交通の導入に対して理解を得ることが比較的難しい状況となっている．新規交通機関の導入における同意形成を取る場合，B/C や費用対分析を中心に評価をするため，所要時間などの定量的な指標のみを取り扱い定性的な効果は重視されていないためである．また，LRT の導入が進まない要因の一つとして，多くの都市で自動車の利用割合が大きくなっており，中心市街地の道路空間に LRT の軌道が新設されることに対する抵抗感が強いことが考えられる．

本研究の対象地である宇都宮市も全国的な社会課題や都市課題と同様の課題を抱えている．そこで 2023 年に全国で初めてとなる全線新設の LRT が JR 宇都宮駅の東側区間で開業した．宇都宮都市圏は東西を結ぶ鉄軌道が無く恒常的な渋滞が問題となっているため，東西方向に新設される LRT の導入により，自動車から公共交通へ交通手段が転換されることを期待している．

開業前にも LRT の需要推計は行われているが，全線新設であることも含め，推計が正しいかどうかは不透明である．そこで本研究では，過去の需要推計と開業後の実態を比較したうえで，LRT 開業前後の交通ネットワークを作成し LOS の差異を求め，推計された利用者数と実態の利用者数との関係について考察を行う．またこの時，周辺のバス交通の定時性の考慮を試みる．

2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

(1) 既存研究の整理

b) LRT の導入効果に関する研究

松田ら[2]は，市民へのアンケート調査を実施し LRT のもつ多様な導入効果に対する意識構造の分析を行った．これより，特に LRT の存在自体が都市の魅力を向上させ，外出需要を喚起することを示した．

松中ら[3]は，パーソントリップ調査のデータを用いて，都市内交通シミュレーションを構築し，LRT 整備の CO_2 削減効果を評価した．この際に，自動車と公共交通の二項ロジットモデルの構築を行った．これより，LRT 整備単独では高い CO_2 削減効果を推計することはできなかった．拡散化の進行した都市構造では都心部の自動車交通容量の低下を十分に誘発することができないことを要因の一つとして述べた．

また松中ら[4]は，LRT 整備を各都市で進めているフランスを対象に，ストラスブールとミュールーズにおける交通機関選択に関する意思意識の差を明らかにすべく，現地アンケート調査を行った．これより，都市によって交通機関選択時の意識に差が見られ，ストラスブールの方が公共交通を選択する傾向にあることを明らかにした．

a) 公共交通の定時性に関する研究

金子ら[5]は，都市鉄道の日常的な遅延に関する利用者の認知と行動への影響についてのアンケート調査を実施した．これより，短時間の遅延を認知しており，その日常的な遅延を意識した行動を選択することを明らかにした．

竹下ら[6]は，アクセシビリティ指標を交通利便性の評価指標として定義し，交通行動変化との関係の分析を行った．定時性を求める通学目的の移動においては，アクセシビリティ指標の低下に伴い，選択する交通手段が変化することを示した．

(2) 研究の位置づけ

本研究では，国内初の事例である全線新設の LRT の需要推計と実態の利用者数を比較し LRT が周辺の人々の交通手段選択に与える影響について整理を行う．そして開業前後の交通ネットワークを再現し，令和四年度の宇都宮市と芳賀町で行われた都市活動調査のデータを基に，各トリップにかかる所要時間や乗降場までの最寄距離を求め，これより開業前後の周辺の公共交通における LOS を算定する．その上で，LRT 導入に伴って変化した LOS と利用者数の関係性について考察する．また，実際の公共交通機関による移動は定められた時刻表の通りに運行するとは限らず，一般的には遅延が生じる．人々は日常の運行実績を踏まえて行動選択をするため，実態に沿った LOS を用いて考察する必要がある．本研究においては，道路交通の問題である渋滞の影響を直接的に受けるバス交通の実態を把握し，LOS の更新を試みる．

(3) 研究の流れ

a) 対象地の交通の把握

対象地とする宇都宮市周辺の自動車交通や公共交通の状況整理を行う．また，2023年に開業した宇都宮LRTのサービス水準について整理する．

b) 移動にかかる所要時間の算定

公共交通による移動にかかる所要時間の算出は，Open Trip Planner（以下，OTP）を用いて算出する．OTP での交通ネットワークの再現には GTFS データを使用するため，新規に導入された宇都宮 LRT の GTFS データの整理を行う．LRT 導入前後でそれぞれ所要時間を算出する．自動車を使用した移動にかかる所要時間の算出には，GIS のネットワーク解析を用いる．徒歩や自転車による移動も同様にネットワーク解析を用いて所要時間の算出を行う．

c) 定時性の考慮

日常的に遅延が発生するバス交通の所要時間を算出するにあたって，定められた時刻表を GTFS リアルタイムの運行実績データに置き換える．これを用いて，再度 OTP で開業後における各移動の所要時間を算出する．

d) 開業後の実態との比較と考察

一般に発表されている一日当たりの利用者数と本研究による推計値を比較し，LOS 変化との関係性について考察する．

3. 対象地の概要

(1) 宇都宮市の交通の現状

本研究では，2023 年 8 月に国内初となる全線新設の LRT が開業した，宇都宮とその周辺を対象地とする（**図-1**）．対象地の鉄道の現状は，南北方向に主に東北新幹線，JR 東北本線があり，宇都宮中心地から南に向かって東武宇都宮線がある．バスは関東自動車株式会社と JR バス関東株式会社の路線が存在する．これらのバス路線は，JR 宇都宮駅を中心に放射状に配置されており，

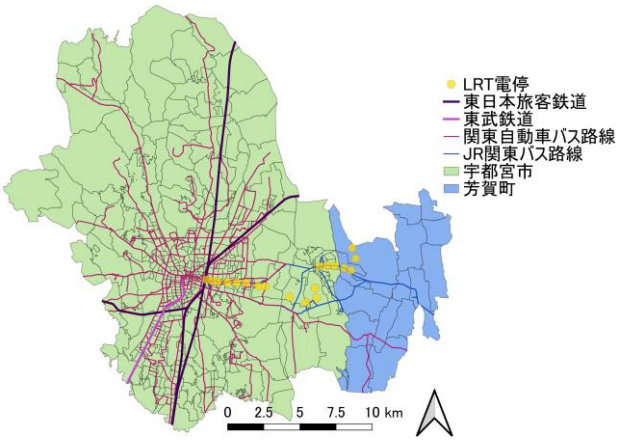


図-1　対象地の公共交通と LRT 電停

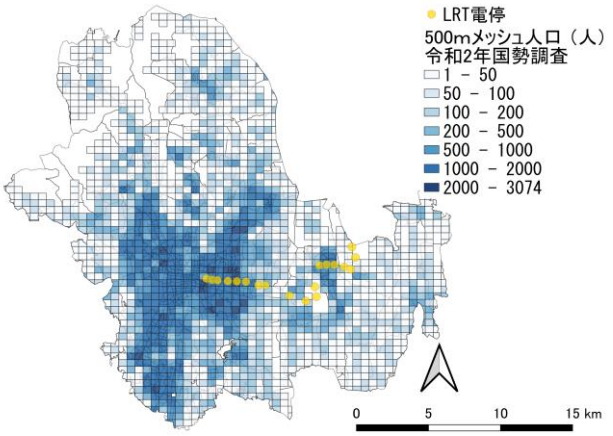


図-2　現在の対象地の人口分布

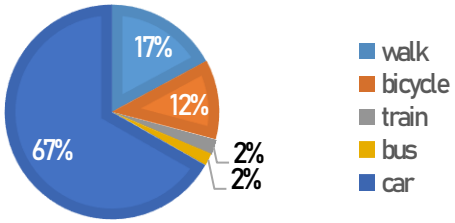


図-3　対象地の開業前交通手段分担率

バスの本数と路線数は比較的多く，広い範囲への移動が可能となっている．現状の公共交通の課題として，中心市街地を東西に結ぶ軌道系交通が存在しないため，通勤通学時の中心市街地付近の道路交通の渋滞，路線バスの本数が早朝夜間で減少することなどが挙げられる．

栃木県全体として，バスの輸送人員は 1969 年から継続的に減少しており，それに伴い公共交通の衰退が進行している[注 2)]．また宅地の無秩序な広がりから，公共交通の空白地域が拡大している．対象地の人口は，2020 年時点で約 53 万人である．現状の人口分布は図-2 の通りであり，軌道系公共交通が存在しない中心市街地の東側地域に人口が集積している．

また，都市活動調査から対象地での自動車の分担率の高さが顕著であることが分かる（図-3）．実際の市街地には駐車場が乱立しており，自動車交通が多くの移動を担っているのが現状である．

(2)　芳賀・宇都宮ライトレール

宇都宮市は慢性的な交通渋滞の解消を目的に，LRT の導入を計画した．その後，中心市街地の活性化や同市の掲げるネットワーク型コンパクトシティの実現に向けての間接効果が期待され導入に至った[注 3)]．先述の通り，全線新設の LRT は国内初の事例であり，同市おいては唯一の軌道系交通による東西方向の交通機関である．

2023 年 8 月に開業した JR 宇都宮駅から芳賀・高根沢工場団地までの約 15km の区間の電停位置は図-1 に示した通りである．また，今後 JR 宇都宮駅から西側への延伸が検討されている．

4.　宇都宮 LRT における需要推計と実態の比較

(1)　既存の需要推計

国土交通省の公開する宇都宮 LRT に関する需要推計[注 4)]は，四段階推計法を用いたものであり，推計の結果は平成 31 年を想定したものである．よってコロナウイルスの流行により，公共交通利用の減衰が進む前の時点での推計結果となっていることに注意する必要がある．平日 1 日当たりの LRT 利用者数は 16,318 人としている．その OD 分類における内訳は以下の表に示す．この際の LRT 沿線内々のゾーニングに関しては，図-4 の通りである．また，転換元の交通手段の内訳では都市計画でも狙いとなっていた自動車からの転換が 7 割を占めると推計した．

表-1　LRT 利用者の OD 分類

OD 分類	利用者数	構成比
LRT 沿線内々	7.8 千人／日	48%
LRT 沿線内外	8.5 千人／日	52%
合計	16.3 千人／日	100%

さらに，沿線の従業者へのヒアリング調査を実施して

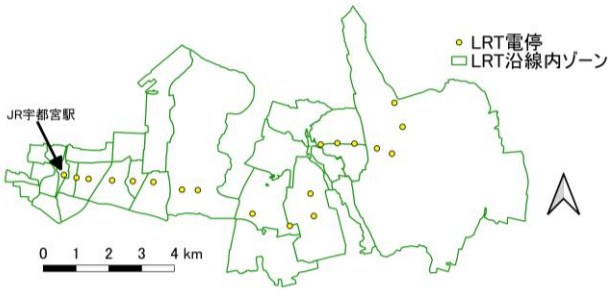


図-4　LRT 沿線内々のゾーニング

おり，LRT の輸送需要は約 12~21 千人／日の利用が見こまれることとなっている．四段階推計手法に基づく需要予測の結果と同レベルの結果となったとしている．

最終的な宇都宮 LRT の利用者数の需要予測としては，平均約 13,000 人／日とし開業年の定着率を 8 割とし約 10,000 人／日の利用者を見込んでいる．

(2) 利用者数の実態

宇都宮 LRT の開業後の利用実態として，宇都宮市が公開している利用状況[注5]の概略を示す．

8 月 26 日から 9 月 25 日の 1 か月間の総利用者数は約 42 万人であり需要予測の約 1.4 倍であったと公表された．平日では通勤・通学での利用を中印に見込み，当初需要予測と同程度の 12,000~13,000 人／日，土休日は沿線でのイベントや商業施設に向かう利用を中心に，当初需要予測の約 4 倍程度となる 15,000~16,000 人／日の利用状況であると発表された．

1 か月間の日別利用者数の変動を見ると，平日に関しては大きく天候が荒れた日を除けばおおよそ一定して 12,000 人が利用している．これは通勤・通学による固定的な需要であると想定することができる．一方で土休日に関しては週によって変動が大きく，沿線でのイベントがある場合や連休となっている場合は 16,000 人を超えることが多く，基本的な土日休みでは 15,000 人を下回る利用者推移となっている．

ここで特筆すべきは，需要予測を行った時点での宇都宮 LRT のサービス水準は，計画上での運行頻度や運行速度を用いたものであるが，開業直後の LOS は計画上での運行頻度や運行速度を抑えた運行状況であるということである．

5. 開業前後における周辺の公共交通 LOS の算定

(1) 公共交通所要時間の算出

公共交通機関を利用した移動にかかる所要時間の算出を行う．ここでは，オープンソースの経路探索アプリケーションである Open Trip Planner（以下，OTP）を利用する．これは，GTFS データを用いて経路探索のための交通ネットワークを構築する．本研究で再現する公共交通機関は以下の通りである．

表-2 利用する GTFS データとその入手方法

事業者	入手方法
関東自動車 対象地鉄道 宇都宮 LRT	公共交通 HUB システムから入手 公開データを基に筆者作成 公開データを基に筆者作成

開業前の宇都宮 LRT の沿線には，JR バス関東の路線が存在するが，データが不足しており現段階では組み込めていない．開業直後の宇都宮 LRT は，計画されていた運行速度や運行頻度からサービス水準を落とした暫定的な運行をしている．暫定的な宇都宮 LRT の LOS における GTFS データの整理を行う．

表-3 計画時 LOS と暫定 LOS

	計画 LOS	暫定 LOS
所要時間 （端から端まで乗車した場合）	43 分（普通） 36 分（快速）	48 分
運行間隔	ピーク時 約 6 分 それ以外 約 10 分	平日ピーク時 約 8 分 それ以外 約 12 分
快速運転	有り	無し

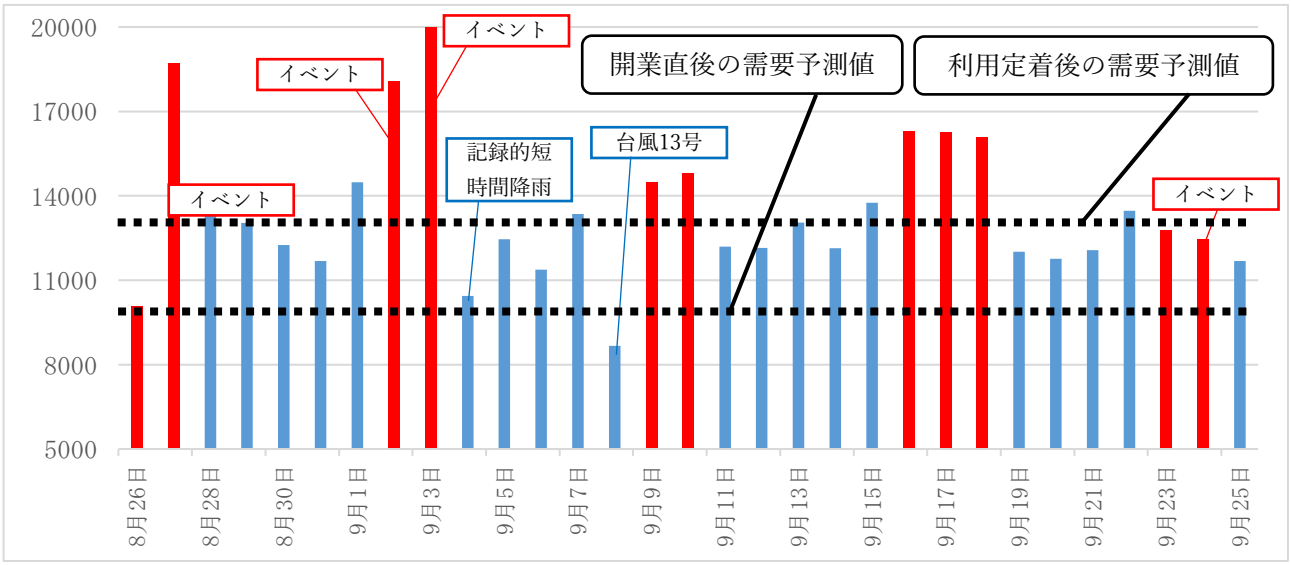


図-5 開業後 1 か月間の日別利用者数[注6]

OTP の経路選択では，都市活動調査における OD の座標を入力し，その区間を公共交通によって移動する際の所要時間の算出を行う．OTP の経路選択結果を用いて，公共交通所要時間の算出をする際には，公共交通の乗車時間と運行間隔による待ち時間やトリップの徒歩によるアクセスイグレス時間を合計した値を用いる．

OTP を用いて経路選択及び所要時間の算出を行う際に，開業前の交通ネットワークを再現する際には，LRT の GTFS データを入力データとせず，開業後の交通ネットワークを再現する際には LRT の GTFS データを追加する．

(2) 現時点での出力結果

OTP の一例として，開業前と開業後それぞれの宇都宮駅からの到達圏解析の結果を図-6，図-7 に示す．徒歩での合計移動距離は 1,000m までという制限の元で，午前 8:00 に宇都宮駅を出発する移動について，5 分ごとに色分けをすると図のようになる．JR バス関東による解析結果が可視化されていないことに注意が必要だが，LRT 沿線での公共交通による到達圏が拡大していることが分かる．また，特に平石近辺では LRT の導入による時間短縮効果が現れる．

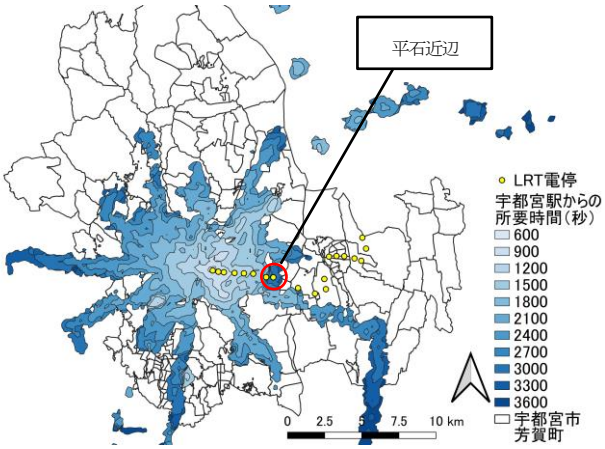


図-6　LRT 導入前の宇都宮駅からの到達圏

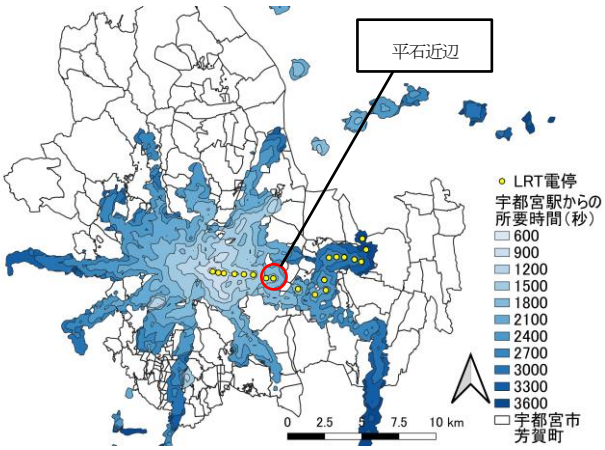


図-7　LRT 導入後の宇都宮駅からの到達圏

6. 定時性の考慮の影響

(1) 定時性の考慮方法

本研究の対象地では，市街地の日常的な渋滞が問題視されており，バス交通の定時性が確保されていない．このため，利用者もバス交通が遅延することを把握した上で交通手段の選択を行っている．バス交通の運行実績を用いて遅延の程度を含めた所要時間の算出を行うことで定時性を考慮するものとする．

バス交通の運行実績は，GTFS リアルタイムデータから得ることができる．本研究では，開業前の 2023 年 7 月 7 日から 7 月 20 日までの二週間の GTFS リアルタイムデータを取得し利用する．取得期間中に運行した，同一の路線かつ同一の時刻表を持つ複数の便については，複数の実際の運行時間の平均値を算出する．

これを用いて，OTP に入力する GTFS データの時刻表データを実際の運行時間に更新する．特定の便の中で GTFS リアルタイムデータの一部が欠損している場合は線形補完を行う．

また，鉄道に関しては遅延の程度が小さいこと，宇都宮 LRT は開業してから間もないため利用者は時刻表通りの運行をするとして行動を選択すると考えられるため，運行実績データに置き換えないものとする．

(2) 定時性の考慮の評価

実態の運行状況にバス交通の LOS を置き換えた上で OTP を用いて所要時間の算出を行った．ここでは，5 章で 特に時間短縮効果に差が見られた，平石近辺に位置する商業施設と宇都宮間の移動に関しての結果を一例として示す．バスの所要時間は定時性を考慮したうえで 2393 秒，LRT では 1224 秒であり 1169 秒の短縮効果があると算定された．運行頻度は LRT の方が劣っているが，乗降場までのアクセスが改善されたため徒歩時間が比較的大きく減少していることが分かる．また，乗車時間の差は 100 秒と大きな差は算定されなかった．

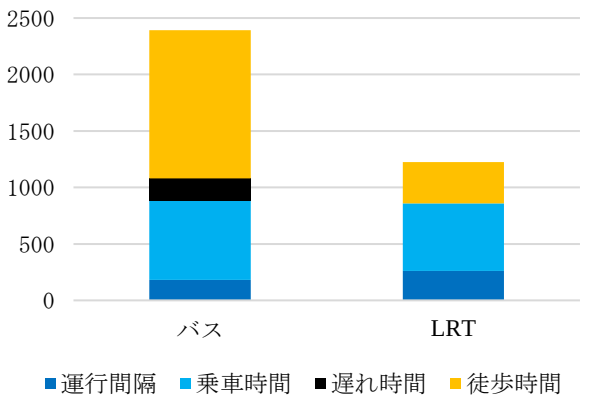


図-8　バスと LRT の所要時間の差とその内訳

実態として，乗車時間が大きく変化していないにも関わらず，開業後 LOS で需要推計した利用者数の水準まで利用されているということとなる．アクセス性の向上が寄与している可能性や，所要時間では推計できない要因が利用者の手段選択に関わっていると考えられる．

7. おわりに

(1) 得られた知見

開業後の実態は低い LOS にも関わらず，需要推計による利用者数を上回って推移していると言える．このため，宇都宮市内の既存の公共交通が持っていない効用が LRT には存在しており，それらを上手く反映できていない可能性が高い．例えば，運行ルートの分かりやすさや，静粛性，乗り心地の良さなどが挙げられる．LRT はバスや鉄道とは異なる交通機関であり，特有の効果を持つと考えられる．

(2) 今後の展望

快速運転などが行われた後の影響を分析するため，需要予測時ダイヤを仮定し GTFS データを作成する．そして現状の電停周辺の OD を都市活動調査から抽出し，沿線の所要時間の変化を１．宇都宮 LRT 開業前 LOS，２．開業直後暫定 LOS，３．需要予測時 LOS で比較する予定である．

LRT 開業後運行が安定してきた状態で，運行状況を把握しその定時性を評価する必要がある．利用者が LRT の日常的な運行状況を理解した時期に，LRT の運行実績で再度推定をすることが必要と考えられる．

需要推計時に考慮できなかった宇都宮 LRT の持つ特性を明らかにすることが必要である．そして今後国内で LRT の導入を検討する際に，適切な需要推計ができるようになることが望まれる．

NOTES

注1) 国土交通省：ＬＲＴ等の都市交通整備のまちづくりへの効果，https://www.mlit.go.jp/common/000139693.pdf，（閲覧日 2023 年 10 月 2 日）．

注2) 栃木県生活交通対策協議会：とちぎの公共交通（令和４（２０２２）年度版），https://www.pref.tochigi.lg.jp/h03/town/koukyoukoutsuu/koukyoukoutsuu/documents/r4-tochigino-koukyoukoutsuu.pdf，（閲覧日 2023 年 10 月 6 日）．

注3) 宇都宮市・芳賀町：芳賀・宇都宮東部地域 公共交通網形成計画，https://www.city.utsunomiya.tochigi.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/006/023/r5moukeiseikeikaku.pdf，（閲覧日 2023 年 10 月 8 日）．

注4) 国土交通省：需要予測の概要，https://www.mlit.go.jp/common/001144555.pdf，（閲覧日 2023 年 10 月 8 日）．

注5) 宇都宮市：令和５年９月定例記者会見，https://www.city.utsunomiya.tochigi.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/033/201/01.pdf，（閲覧日 2023 年 10 月 12 日）．

注6) 注 5 の資料の記載を基に筆者作成

REFERENCES

1) 宇都宮浄人：海外の LRT の現状とわが国の課題，IATSS Review Vol.34 No.2，pp.155-162， 2009．[Utsunomiya, K.: LRT in the world and challenges to address in Japan, *IATSS Review*, Vol.34 No.2, pp.155-162, 2009.]

2) 松田南，小谷通泰，LRT 導入が及ぼす“交通行動の変化”と“まちの変化”に対する市民の意識構造の分析，都市計画論文集，46 巻 3 号，pp.751-756，2011．[Minami, M. and Michiyasu, O.: Structural Analysis of Citizen's Attitudes toward Introduction Effects of LRT System on Changes in Travel Behavior and Vitalization of City Center, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol. 46, Issue 3, pp. 751-756, 2011.]

3) 松中亮治，谷口守，若林玄：都市構造の変化を考慮した LRT 整備の環境影響評価，都市計画論文集，42.3 巻，pp.961-966，2007．[Ryoji, M. and Mamoru, T., Haruka, W.: Environmental Impact Assessment of the LRT Construction Considering the Changes in the Urban Structure, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol. 42.3, pp. 961-966, 2007.]

4) 松中亮治，谷口守，児玉雅則：LRT 整備の有無による交通機関選択意識に関する都市間比較，土木計画学研究・論文集，24 巻，pp.645-651，2007．[Ryoji, M. and Mamoru, T., Masanori, K.: A study about the influence on attitude to modal choice by improvement of LRT, *Infrastructure Planning Review*, Vol. 24, pp. 645-651, 2007.]

5) 金子雄一郎，曽山禎彦，加藤浩徳：都市鉄道の遅延に対する利用者の認知状況と交通行動への影響，運輸政策研究，14 巻 2 号， pp.026-033，2011-2012．[Yuichiro, K. and Yoshihiko, S., Hironori, K.: Traveler's Behavior and Perception under Delay in Urban Rail Service in the Tokyo Metropolitan Area, *Transport Policy Studies' Review*, Vol. 14, Issue 2, pp. 026-033, 2011-2012.]

6) 竹下博之，加藤博和，林良嗣：新交通システム桃花台線廃止に伴う沿線住民のアクセシビリティと交通行動変化の分析，都市計画論文集，44.3 巻，pp.463-468，2009．[Hiroyuki, T. and Hirokazu, K., Yoshitsugu H.: Analysis of the Change in Accessibility and Travel Behavior Pattern after Abolishment of Tokadai Line, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol. 44.3, pp. 463-468, 2009.]

(Received July 20, 2023)
(Accepted September 1, 2023)

ANALYZING THE DISCREPANCY BETWEEN PROJECTED AND ACTUAL RIDERSHIP ON NEW LRT LINES

Koki IDE, Hidetora TOMIOKA and Akinori MORIMOTO

Light Rail Transit (LRT), an innovative transportation system stemming from conventional trams, renowned for its punctuality, speed, eco-friendliness, and inclusivity, garnered substantial attention with the launch of the Haga-Utsunomiya Light Rail, Japan's inaugural new LRT line in the Utsunomiya urban area. Given the absence of east-west rail connections and persistent traffic congestion, the deployment of this new LRT line aims to foster a modal shift from private vehicles to public transit. This study meticulously compares projected user numbers with actual post-launch ridership, scrutinizing the variances. Furthermore, we calculate the Level of Service (LOS) of public transportation in the vicinity post-LRT implementation, highlighting the disparities between anticipated and realized outcomes. We also examine real-world bus transport delays in the surrounding area.