

我が国におけるロープウェイの都市内交通としての役割に関する研究

A study on roles of ropeways as an urban transport system in Japan

早内玄¹・中村文彦²・田中伸治³・三浦詩乃⁴・有吉亮⁵

Gen HAYAUCHI, Fumihiko NAKAMURA, Shinji TANAKA, Shino MIURA, Ryo ARIYOSHI

1. 背景と既往研究

近年、ロープウェイ(索道)を都市内の交通手段として整備する例が米国オレゴン州・ポートランドやコロンビア・メデジンを始めとする世界各地において確認されている。

索道の特性として都市交通研究会(1997)¹⁾は必要用地の少なさや勾配への対応力などを挙げ、特に自動循環式^{注1)}については搬器発送間隔が短いことによる待ち時間の少なさなども挙げている。これらを踏まえると、我が国においても索道が都市内交通として有用となる場面が存在することが推察される一方、既往の知見は限定的である。



図1 コロンビア・メデジンの Metrocable

既往研究において、徳永ら(1987)²⁾は仮想のシステムについて建設費及び運営費の試算より軌道系交通や都市計画道路と比較して索道が低廉であることを明らかにし、小林ら(1990)³⁾は想定需要に基づく試算より都市内における索道の採算性が良好であることを明らかにしている。木原ら(1993)⁴⁾は仮想の都市を対象とする需要推計により利用者にとって望ましい駅間距離が500m程度であることを明

らかにしている。土屋ら(2016)⁵⁾はメデジンを対象に多項ロジットモデルを用いることで旅行時間、アクセス距離、運賃/収入がいずれも低所得者の従業地選択に影響することを明らかにした。また技術的視点においては日本索道工業会(1993)⁶⁾が都市への導入に向けた課題を整理している。

国外の既往研究としては O'Connor(2011)⁷⁾や Creative Urban Projects(2013)⁸⁾のように構造形式や各地事例の整理を行ったものが確認される。

以上を総合すると図2に示す様々な視点に対して求められる知見が明らかとなることから、本研究では以下の3点に着目し、仮説設定とその検証と行うこととする。

- ・国内における索道の日常的な利用
- ・都市内交通におけるシステムとしての位置づけ
- ・国内における索道関連法規とインフラ補助の可能性

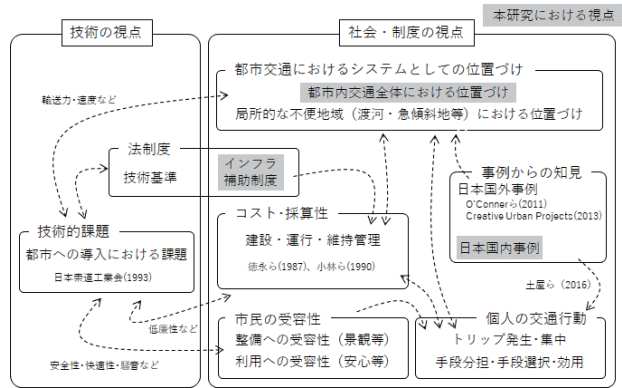


図2 都市内の索道に対する視点と既往研究

2. 国内における索道の日常的な利用

我が国には都市的な地区にも複数の索道があることから、通勤通学等の日常的な移動を担うものが存在するという仮説のもと、吉野大峯ケーブル(奈良)及びよみうりラン

¹ 横浜国立大学 理工学部
² 横浜国立大学 理事・副学長
³ 横浜国立大学 大学院 都市イノベーション研究院 准教授
⁴ 横浜国立大学 大学院 都市イノベーション研究院 助教
⁵ 横浜国立大学 大学院 都市イノベーション研究院 産学連携研究員

ドスカイシャトル(神奈川・東京)を対象に調査を行った。

吉野大峯ケーブルは近鉄吉野駅至近の千本口と吉野山を結ぶ全長 349m の交走式索道であり、国内唯一定期券の販売がある(中島(2010)⁹⁾)。本研究では吉野大峯ケーブル自動車(株)及び吉野町役場へのヒアリング調査を実施した。

この結果、吉野山の旅館従業員を中心に 10 名程度の定期利用者がいること、昭和 30 年代をピークに以前は通勤利用が多く見られ、吉野山にてバスからケーブルに乗継ぎ下山、鉄道に乗継ぐ利用も見られたが、人口減少や自家用車普及に伴い減少したこと、平成 15 年度の統廃合までは千本口の町営住宅より吉野山小学校への通学利用も見られたこと、運行時間も昭和 60 年代頃までは 6 時台より 22-23 時台まで長時間運行されていたが、利用減に伴い現在は 9:20-17:40 まで短縮されているとの情報を得た。

また行政の交通計画において索道は観光向けとして位置づけられており、公共交通機関としては鉄道とバスが位置づけられているとの情報を得た。

よみうりランドスカイシャトルは遊園地アクセスに利用される全長 883m の自動循環式索道であるが、両端駅が入園口外にあるため、遊園地利用者以外も利用可能である。

運行事業者であるよみうりランドへのヒアリング調査より、索道単体の利潤を最優先としないことが一般的な索道に対して安価な片道運賃 300 円を実現していることが明らかとなった一方、日常的な利用については明らかとならなかったことから、利用者へのインタビュー調査・アンケート調査を 2016 年 11 月 29 日に以下の要領で実施した。

- ・ 山麓の京王口駅にて利用者に目的地を質問
- ・ 遊園地以外が目的地である場合に調査票記入を依頼
- ・ 乗車中に記入頂き、山頂駅にて調査票を回収

その結果 164 名より目的地の回答を得ることができ、そのうち 10 名が遊園地以外を目的地とする利用者であった。またこのうち 6 名の調査票への記入を頂くことができた。

この結果、遊園地以外の目的地としては自宅や知人宅、医療機関、福祉施設などが挙げられること、鉄道端末利用が存在すること、月複数回以上の利用を含む、年複数回以上の定期的な利用が見られることが明らかとなった。また全ての回答者が同区間の路線バスの存在及び運賃がより安価であることを認知しながらも索道を選択しているこ

とが明らかとなり、その選択理由として景色のほか、バスに対する索道の定時性、速達性、分かり易さが優位であることが挙げられることが明らかとなった。

以上より、鉄道端末利用を含む日常的な利用の存在が明らかとなったほか、バスや自家用車等、道路交通との関係が索道の選択に影響し、なかでもバスに対する索道の分かり易さ、定時性、速達性の優位さが利用者に認知された場合、索道の運賃がより高額であっても選択されることが明らかとなった。

3. 都市内交通におけるシステムとしての位置づけ

トランスポーターションギャップの考え方にに基づき各地索道事例及び都市内交通の分析を以下に行った。

- 1) 各地事例を基に索道の受容可能範囲を明らかにする
- 2) 東京 PT を基に都市内交通における課題を明らかにする
- 3) 両者の重ね合わせにより索道の役割を明らかにする

トランスポーターションギャップ(Bouladon(1967)¹⁰⁾)とは既存の交通手段では 50% の人をも満足させられない領域を指し、我が国を含む各国において新交通システム等新技術の必要性や性能に関する議論の基盤となってきた。

Bouladon(1970)¹¹⁾ は人々が受容する所要時間 t を式 1 のように表現している(図 4)。またここで腰塚ら(1973)¹²⁾ は都市内の道路距離/直線距離が 1.3 であることを明らかにしていることから、直線距離を用いた式 2 が得られる。

$$t = 7.62d_{rd}^{0.46} \quad (d_{rd}: \text{トリップ道路距離}) \quad \text{(式 1)}$$

$$t = 8.61d_{st}^{0.46} \quad (d_{st}: \text{トリップ直線距離}) \quad \text{(式 2)}$$

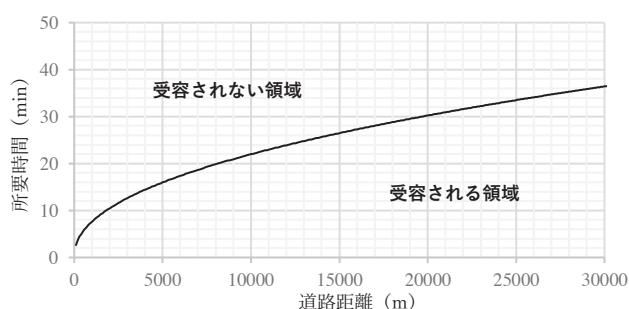


図 4 受容可能領域の考え方

まず以下の手順で索道の受容可能範囲を明らかにする。

- 1) 索道の距離-所要時間関係を設定(待ち行列無しと仮定)
- 2) 各地事例のデータ(文献⁸⁾)を基に値を設定し代入
- 3) 式 2 との交点より受容可能範囲の上限を算出

始めに索道の距離-所要時間関係を平均待ち時間と駅間平均所要時間の和として搬器発送間隔 t_{dep} 、駅間距離 d 、平均速度 v_{ave} を用いて式 3 及び式 4 のように設定した。

$$\text{自動循環式} \quad t = \frac{t_{dep}}{2} + \frac{d}{v_{ave}} \quad (\text{式 3})$$

$$\text{交走式} \quad t = \frac{d/v_{ave}}{2} + \frac{d}{v_{ave}} \quad (\text{式 4})$$

これに対し、Creative Urban Projects(2013)⁸⁾によって整理された世界各地の都市内における索道の事例を基に、自動循環式索道及び交走式索道の平均速度をそれぞれ 261.7[m/min]、350.0[m/min]、メデジンの索道事例を基に搬器発送間隔を 12[sec]と設定し、式 3、式 4 に代入した。

この結果と式 2 との交点を図 5 のように、また各地事例の駅間距離を基に下限値を参考値として求め、最大の受容可能範囲が 300m~4,200m であることが明らかとなった。

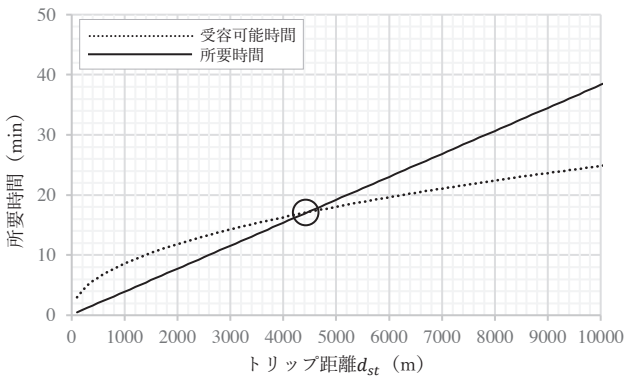


図 5 索道の受容可能範囲（自動循環式索道）

次に東京都市圏 PT 横浜市川崎市在住者データを以下のように分析することで都市内交通の課題を明らかにする。

- 1) 東京都市圏 PT より手段別所要時間分布を得る
- 2) 距離を独立変数とする所要時間の回帰式を算出
- 3) 回帰式と式 2 との交点より受容可能範囲を算出

なお、都市内交通においては自家用車等のみならず徒歩又は公共交通機関も選択可能であることが重要であり、加えて国内事例調査より道路交通が選択に影響することが

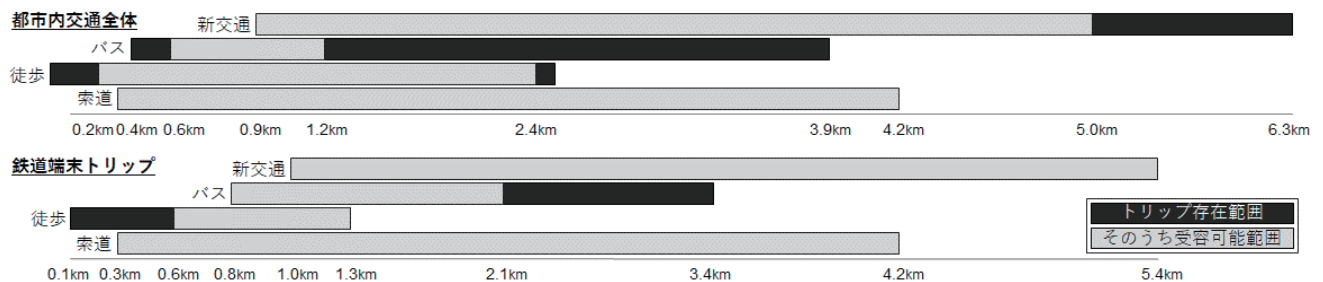


図 7 都市内交通における課題と索道の受容可能範囲

明らかとなったことから徒歩、路線バス、新交通を分析対象とし、また各地事例及び国内事例調査より索道の鉄道端末利用が確認されることから、都市内交通全体を対象とする分析に加え鉄道端末トリップに着目した分析も行うこととした。

まず PT データより OD 及び所要時間を抽出し OD 間直線距離を小ゾーン中心の経緯度及び国土数値情報より得られた駅、バス停経緯度から ArcGIS を用いて測定した。また、ゾーン内タトリップについては測定された直線距離を基に算定された平均速度と所要時間との積より推計した。これより得られた所要時間分布を回帰し、式 2 との交点を算出することで、実際の存在範囲における各手段の受容可能範囲を明らかにした(図 6)。

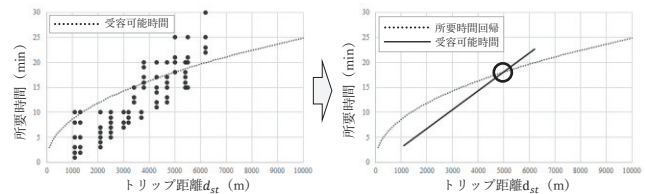


図 6 都市内交通における受容可能範囲の算出手順（新交通）

この結果各手段の受容可能範囲が明らかとなり、先述の索道の受容可能範囲と合わせ、図 7 に示す結果が得られた。

図 7 において、まず短距離の領域が受容されていないことが分かるが、これは PT の所要時間データに 5 分単位の回答が多い傾向にあり、ある程度以上の距離の場合は切り捨てと切り上げの相殺がなされるものの、短距離の場合は所要時間 5 分として切り上げられることから、実際以上に所要時間が長く算出されるためであると考えられる。

次に 2km 以上の領域を見ると、徒歩、バスともに受容されない領域が存在することが明らかとなる。現在この領域は鉄道や新交通システム等の軌道系交通によって担われている領域であり、4km 程度までは索道も受容可能である。

以上を総合し、また 1 章に述べた索道の特性を踏まえると、索道が徒歩やバスでは担いきれない 2~4km の領域に

において軌道系交通に対して安価、省スペース、勾配対応可能な交通として都市内交通の課題改善に貢献することが期待されることが明らかとなった。

4. 国内における索道関連法規とインフラ補助の可能性

索道を現行法において国内都市に導入する場合を想定し、現行法における索道の位置づけ、課題及び現行インフラ補助制度の索道での適用、援用可能性を明らかにすべく、国土交通省へのヒアリング調査等を実施した。

この結果、現在索道は「鉄道事業法」における索道事業として定められているが、都市への導入を想定していないことから、経営面での持続可能性や緊急時避難の視点など、都市に導入する際に必要となると考えられるいくつかの事項の未記載が存在することが判明した。

またインフラ補助制度については、現行索道事業が記載されている鉄道事業法において都市鉄道への補助制度を援用する方法に加え、道路空間への整備を行う場合には路面電車等が記載されている軌道法に新たに索道を記載し、都市モノレール等として現行の補助制度を援用する方法に可能性があることが明らかとなった。軌道法に新たな輸送手段を追記する作業はスカイレール（索道とモノレールの中間的輸送手段）整備の際に前例があり、現行法の記載を転用できる事項についてはそのようにし、必要に応じて新たな事項を議論することで法整備を行った実績がある。

以上のように、索道を我が国において都市に導入する場合、現行法の記載に課題があることが明らかとなった一方、インフラ補助制度についてはスカイレールなど他の輸送手段の整備に向けた過去の実績に倣うことで現行法、現行制度適用・援用の可能性があることが明らかとなった。

5. 結論

本研究を通じ、日本国内においても限定的ではあるが鉄道端末利用を含む日常的な索道の利用の存在が確認され、その選択にバス等道路交通との関係が影響する場合があることが明らかとなった。

またシステムの観点からは索道が徒歩やバスでは担いきれない領域において軌道系交通に対して安価、省スペース、勾配対応可能な交通として都市内交通の課題改善に貢

献できることが明らかとなった。

一方現行法のもとで索道を都市内に導入する場合、過去の実績に倣うことで現行インフラ補助制度の適用・援用の可能性があることが明らかとなったものの、持続的な経営や緊急時の安全性等、現行法の記載に課題が残っていることも明らかとなった。

謝辞

本研究は文部科学省・科学技術振興機構による「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」によって行われたものです。ここに記して謝意を表します。

注1. 扉を有する搬器を使用する普通索道のうち、搬器が互に行き交う所謂ロープウェイを交走式、搬器が駅にて握索、放索し、循環して運行する所謂ゴンドラを自動循環式と称する。

主要な参考文献

- 1) 都市交通研究会：新しい都市交通システム，山海堂，1997
- 2) 徳永幸之・松下雅行・須田熙：索道システムの都市内交通としての利用可能性について，土木学会第 42 回年次学術講演会，pp.266-267，1987
- 3) 小林源治・徳永幸之・谷口哲夫・栗野弘：都市内における索道の特性と採算性，土木学会第 45 回年次学術講演会，pp.318-319，1990
- 4) 木原太・徳永幸之・須田熙：需要に応じた都市型索道の最適システムの検討，土木学会東北支部技術研究発表会，pp.456-457，1993
- 5) 土屋広太郎・中村文彦・田中伸治・有吉亮：低所得者のモビリティが従業地選択に及ぼす影響に関する研究－メデジン市を例として－，横浜国立大学 大学院修士論文，2016
- 6) 日本索道工業会：都市型索道の実用化技術に関する調査報告書，1993
- 7) Ryan O'Connor, Steven Dale : Urban Gondolas, Aerial Ropeways and Public Transportation : Past Mistakes & Future Strategies, Papers Of the congress OITAF, 2011
- 8) Creative Urban Projects : Cable Car Confidential, 2013
- 9) 中島信：日本のロープウェイ・ゴンドラ全ガイド，千早書房，2010
- 10) G.Bouladon : The transport 'gaps', science journal, pp.41-46, 1967
- 11) G.Bouladon : Technological Forecasting Applied to Transport, Futures, pp.15-23, 1970
- 12) 腰塚武志・小林純一：道路距離と直線距離，第 18 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集，pp.43-48, 1973