

5

市場性

新形式の中量軌道システム「エコライド」



須田 義大
SUDA Yoshihiro

東京大学生産技術研究所教授
先進モビリティ研究センター長



表 久紀
OMOTE Hisanori

泉陽興業株式会社
常務取締役

短距離の地域内移動に用いられる公共交通は地域住民の足として持続的な運用が重要であり、建設・維持コストを抑えられることが好ましい。ジェットコースターの技術の応用という特徴をもつ「エコライド」はエコかつ建設・維持コストの安価な公共交通システムとして開発している。

近年の都市交通問題

近年、地球温暖化対策の必要性が叫ばれ、単一人・単位kmあたり、自動車に比べて1/9の二酸化炭素排出量である軌道系交通システムが世界的に注目されている。また、町づくりの観点から、広域化した市町村では、「まばら居住」現象が起き、その結果、上下水道・電気・公共交通網等の公共サービス維持が年々高コスト化し、問題視され始めている。そのため、高齢社会においては、中心市街地を活性化し、便利で住み良いコンパクトな街を再構成したいという声も出てきており、中心市街地内で持続的に経営できる安価な公共交通システムが待ち望まれるようになってきた。さらに、大都市及びその周辺地域においても、既存の軌道系交通システムではカバーしきれない、末端区間における住宅地や公共施設へのフィーダー輸送、近接鉄道駅間の輸送などに適した安価な軌道系交通システムへの要求も高まっている。

本稿で紹介する「エコライド」は現在開発中の新しい省エネルギー型交通システムであり、これらの課題に応える乗り物である。

本研究は平成18～20年度にNEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託研究開発、及び平成21年度に経済産業省関東経済産業局の委託研究として行われた。

「エコライド」の原理と特徴

エコライドの原理は位置エネルギーを運動エネルギーに転換して走行することにある。この原理を応

用した身近な乗り物が遊園地のジェットコースターである。エコライドは位置エネルギーを活用するという走行原理だけではなく、軌道や車両の構成についても、長年安全に運用してきた実績のあるジェットコースターの技術を活用している。

ジェットコースターでは、チェーンやワイヤーロープにより車両が高所まで引き上げられ、以後、線路を下ることで加速して走行する。ジェットコースターの車両は走行のための動力やブレーキを持たず、レールの勾配とレール側に取り付けられた巻上機やブレーキによって全ての走行・停止が行われる。この車両の駆動・停止方法を専門家の間では「地上一次」と呼ぶ。

エコライドは、ジェットコースターを公共交通システムとしてスケールアップした「地上一次」の乗り物である。

● 線路設計

ジェットコースターの設計にあたっては、駅を発車して元の駅に戻ってくるためのエネルギー保存則を考慮しつつ、乗客が楽しめるよう線路の各部における速度と加速度を工夫している。エコライドにおいても、運行速度は路線の縦曲線設計によって定まり、車輪の転がり抵抗や空力抵抗などを考慮してデザインする。路線はジェットコースターのように単線ループ方式が想定されるが、様々なニーズに応じて柔軟な路線設計が可能である。エコライドが位置エネルギーを使ってビル街を走行する時の模式図を図1に示す。

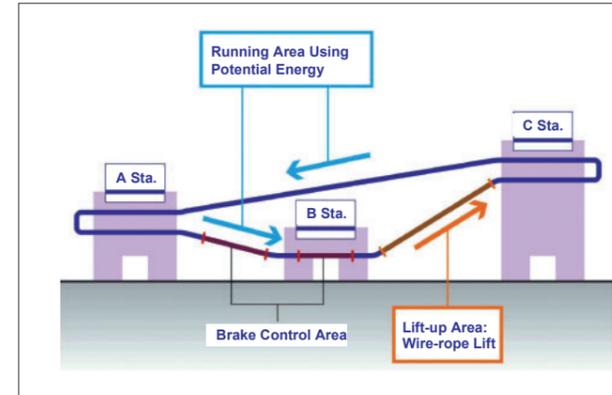


図1 エコライド路線概念図

表1 代表的な設計諸元の比較

路線名	コースター	エコライド
軌間	0.8～1.2m	1.5m
車両重量/台	1ton	2.5ton
台車緩衝機構	2次バネ無し	2次バネあり
巻上角度	20～35°	8～14°
軌道勾配	最大180°	最大8°
最大走行速度	100km/h超	45km/h
許容加速度(上下)	-1～6G	最大1.5G
許容加速度(左右)	最大1.0G	最大0.2G
許容加速度(前後)	最大1.0G	最大0.1G
外気温対応	常温	寒冷～高温
降雪・雨天時	運転休止	通常運転
衝突防止制御	2重以上	3重以上

● 構成要素

・ 車両

車両は客席部とボデーフレーム、車輪・車軸構造からなる。車輪は鋼管レールを3方向から抱え込む構造をしている(写真1)。そのため、基本的に脱線や転覆などに対して安全性の高いシステムである。また、下部フレームにはブレーキフィン(写真2)、巻上時のフック、逆走防止機構がある。

・ 移送装置

通常、ジェットコースターは駅でブレーキを解放してから線路の勾配に従い自然に発進する。移送装置(写真3)は駅出発側にあり、ゴムタイヤがブレーキフィンを両側から挟みこんで車両を進行方向に駆動させる仕組みで、補助的に車両の送り出しと、次の巻上装置に速度を同調させることを目的としている。

・ 巻上装置

巻上装置は電動機・減速機を用いて車両を頂部まで引き上げるものである。チェーンやワイヤーロープを車両側のフックに引っ掛け、引き上げられた車両は、フックから外れコースへと送り出される。

・ ブレーキ装置

ブレーキ装置は車両の持つ運動エネルギーを減少させ、熱エネルギーとして放散させる。ジェットコースターにおける代表的なブレーキ装置は線路の中央に配置され、ボデーフレーム下部のブレーキフィンをブレーキライニングで挟み込む構造をしている(写真4)。エコライドではスムーズな減速をさせるため、磁石を利用した非接触型のブレーキも用いる。



写真1 コースター車両の車輪構造



写真2 ボデーフレーム下のブレーキフィン



写真3 移送装置



写真4 エアブレーキ装置

・ ブロック制御(閉塞区間制御)

ジェットコースターでは、複数の編成が同一のコースを走行する場合、編成同士が追突しないよう、コースを巻上装置やブレーキゾーンの前後で数箇所のブロックに分け、各ブロックには1編成のみ入れるように制御されている。

ジェットコースター技術のエコライドへの活用と研究開発内容

エコライドは、ジェットコースターを公共交通システムとしてスケールアップした乗り物で、構成要素と機器はジェットコースターとほぼ同じであるが、使用目的が異なるため、設計の考え方が大きく変わる。ハイスペックの大型ジェットコースターとエコライドの設計諸元の比較を表1に示す。

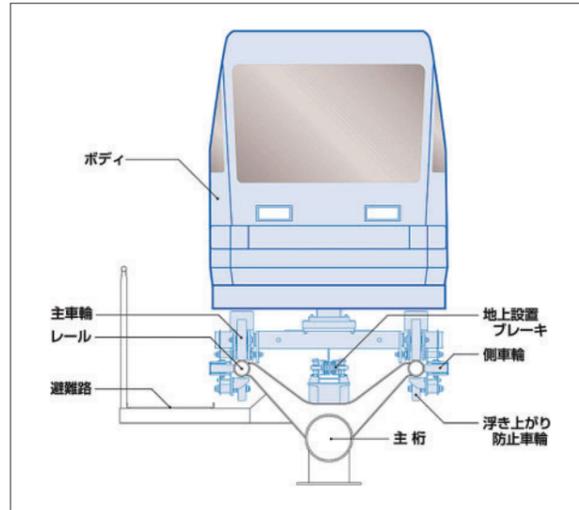


図2 エコライドの仕組み



図3 エコライド完成イメージ

快適性への考慮が重要となる。車両のサスペンションの工夫や、乗降時間の短縮と快適性を両立させる座席レイアウトの提案、車内居住性と走行抵抗低減を両立させる車体寸法などを検討する。

現在、東京大学生産技術研究所千葉実験所の構内に敷設した試験線(図4、写真5)と試験車両(写真5、6)によりエコライドの基本性能を検証している。

快適性の向上と実用性を考慮した第2次試作車両においては、2次ばねの導入により乗り心地を大幅に向上させることに成功した。また、車体の小型化

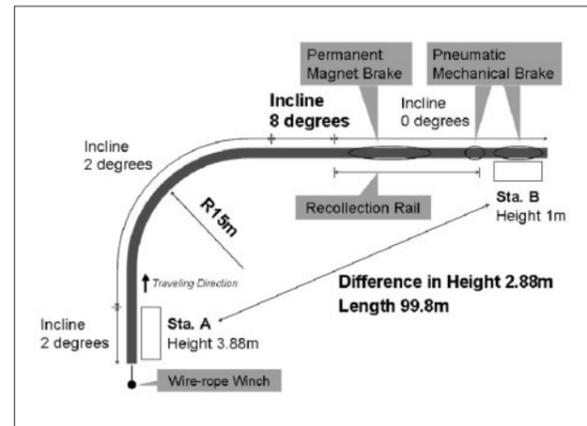


図4 試験線概要

公共交通システムとして実用化するためのエコライドの開発課題は以下の通りである。

- ・ 巻上角度、軌道勾配、走行速度、許容加速度等の数値から、エコライドはジェットコースターと比べて低速走行となり、車両や軌道構造は既存技術をそのまま適用しても理論上十分安全である。実際に安全性が確認されることを、実証線により検証をする。
- ・ エコライドの許容加速度は小さく、ジェットコースターと同一の線路設計及び減速制御方法では不十分であり、新たな路線設計手法を検討する。また、複数の駅設置や柔軟な路線設計に対応した設計手法を確立する。
- ・ 公共交通では常時運行が前提であり、気温・天候・風等の自然条件の変動への順応性が広く求められる。運行の信頼性やメンテナンスへの検討が必要となる。
- ・ 公共交通では、乗り心地や車内の居住性などの



写真5 試験線と第1次試作車両



写真6 第2次試作車両

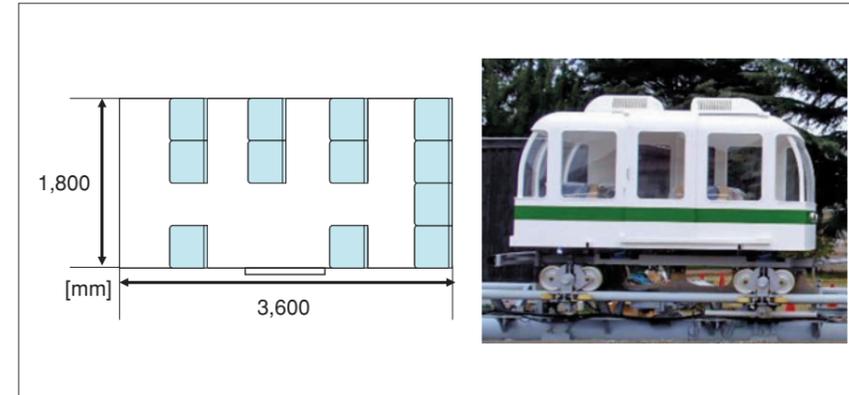


図5 第2次試作車両レイアウト

と乗降容易性を確保した新たな座席配置を実現している(図5)。

公共交通システムとしての利点

● 省エネルギー性

車両に駆動装置を持たない交通システムにはケーブルカーやロープウェイ等があるが、その利点は車両自身を大幅に軽量化できることにある。また、エコライドはジェットコースターと同じように鋼管レールを3方向から抱え込む構造としているので、脱線の危険性は非常に小さい。

● 低建設費

車両の軽量化には別の利点もある。それは車両を支えるレールの下部構造を小さく軽く造れることである。線路を高架構造にすると、基礎や土木工事の費用は全工事費の半分以上を占めるだけに、車両の軽量化は建設費全体の低コスト化につながる。

消費エネルギー及び建設費について、エコライドと他の交通システムを比較したものを図6と図7に

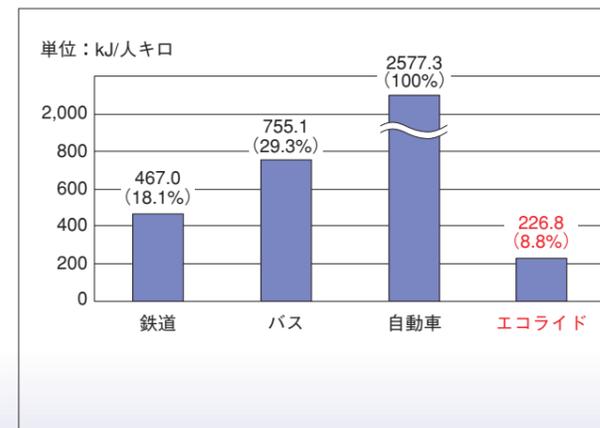


図6 輸送に要するエネルギー量の比較

● 敷設の容易さ

エコライドは小型の高架方式であるため、道路の中央分離帯や歩道上に敷設でき、新たな建設用地を確保することが困難な場所にも設置が容易である。交差点でも既存道路を拡幅せず曲ることができる。

実用時のエコライドの標準的な仕様を以下に示す。

- ・ 路線長: 10km(最長)
- ・ 輸送能力: 2,000~2,500 人/h
- ・ 定員: 12名/車両、2両~7両連結1編成
- ・ 運転方式: 無人運転
- ・ 最小曲線半径: 15m

活用へ向けて

エコライドは、既に複数の自治体や鉄道事業者などが導入に対して高い関心を寄せており、実用化を目指した技術指針案を検討する委員会もスタートした。今後の日本復興に向けた新たな都市交通として、エコライドが活用されることを期待している。

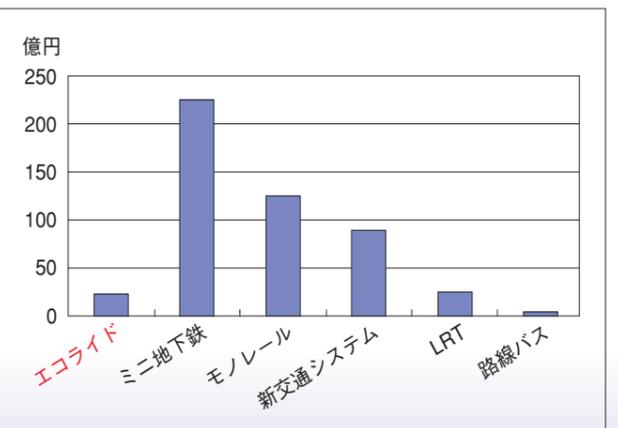


図7 建設費の比較