

IV-11 磁気浮上式リニアモーターカー導入の マネジメント・システムプランニング

北海道大学 工学部 正員 佐藤 肇一
同 五十嵐日出夫
同 千葉 博正
同 田村 亨

1. はじめに

21世紀の北海道において産業活動や生活行動を大きく広げるために高速道路や航空機、高速鉄道を中心とした総合的な交通体系の整備が必要とされている。とくに鉄道は都市間の輸送において運行頻度、所要時間、費用等の面で航空機や自動車より優れた点が多い。しかし北海道における現行の鉄道システムは特急でも表定速度が70~90km/hにすぎなく、全道にわたって半日交通圏を完成するには新しいタイプの鉄道交通システムの導入が必要とされている。

磁気浮上式リニアモーターカー（以下本文ではリニアモーターカーと呼ぶ）が注目されているのはこのためであり、実用実験線の誘致をめぐる北海道と本州各県とが熱心な運動を進めている。本研究はリニアモーターカーを北海道へ導入する上で課題となる点を明確し、その解決策をマネジメント・システムプランニングの考え方で求めた結果を報告するものである。

2. リニアモーターカーの交通特性

リニアモーターカーは従来の軌道系システム（鉄道やモノレール等）と比べ、車体の支持方式が非接触支持法であること、駆動方式としてリニアモーターカーを用いていることに特徴がある。このため従来の軌道系交通システムと比較して以下のような長所を有している。

- イ) 騒音・振動が小さい
- ロ) 軌道建設費が安価
- ハ) 軌道の保守性・維持性に優れる
- ニ) 超高速・高加速減速が可能
- ホ) 急勾配の走行が可能

都市間高速用に開発中の磁気浮上式リニアモーターカーシステムは、国内においてはJR方式とHSST方式があり、海外では西ドイツのTransrapid システムがある。これらのシステムの特徴を簡単に整理すると表1のようになる。

表1 各種リニアモーターカーシステムの特性比較

比較項目	JR, MLU	TR	HSST 200
推進方式	地上一次LSM	地上一次LSM	車上一次LIM
浮上方式	超電導誘導反発式	常電導吸引式	常電導吸引式
ギャップ mm	100	10	10
案内方式	超電導誘導式（マルチフラックス式） 推進・案内兼用	常電導吸引式 推進・浮上兼用	常電導吸引式 浮上・案内兼用
最高速度 Km/h	500	500	300
平均重量 t/両	16.2	39.4	18.0
平均定員人/両	68	96	70
重量/定員Kg	238	410	257
集電	非接触誘導集電 剛体集電（低速）	非接触誘導集電 バッテリー	剛体集電
騒音 dB(A)	70(25m)目標	65(25m)目標	70(12.5m)

3. マネジメント・システムプランニングによる

リニアモーターカーの導入プログラム

在来の土木計画は土木構造物や施設の建設までを視野に収めて立案されることが多かった。しかし今日においては建設以降の維持・管理・運用に重大な問題が起きつつある。したがってこれからの土木計画は当初から維持・管理・運用までをふまえたハードウェアとソフトウェア、そしてヒューマンウェアによるトータルなマネジメント・システムとして策定されなければならない。

図1はマネジメント・システムプランニングにもとづいて作成したリニアモーターカーの導入プログ

ラムを示したものである。

第1ステップは現状の認識であり、ニーズ（要求されていること）とシーズ（提供できること）に分かれている。第2ステップは目標の設定であり、目的（基本理念）にしたがって目標（具体的な目当て）が定められる。現状と目標のギャップを埋めるのが第3ステップの方策となる。方策はハード（施設系）とソフト（運用系）があり、導入プログラム中もっとも重要なプロセスになる。第4ステップは方策が実現した時に、自都市および広域圏における効果をまとめたものである。第5ステップは財政、人・組織、技術等の今後の課題を検討するものである。

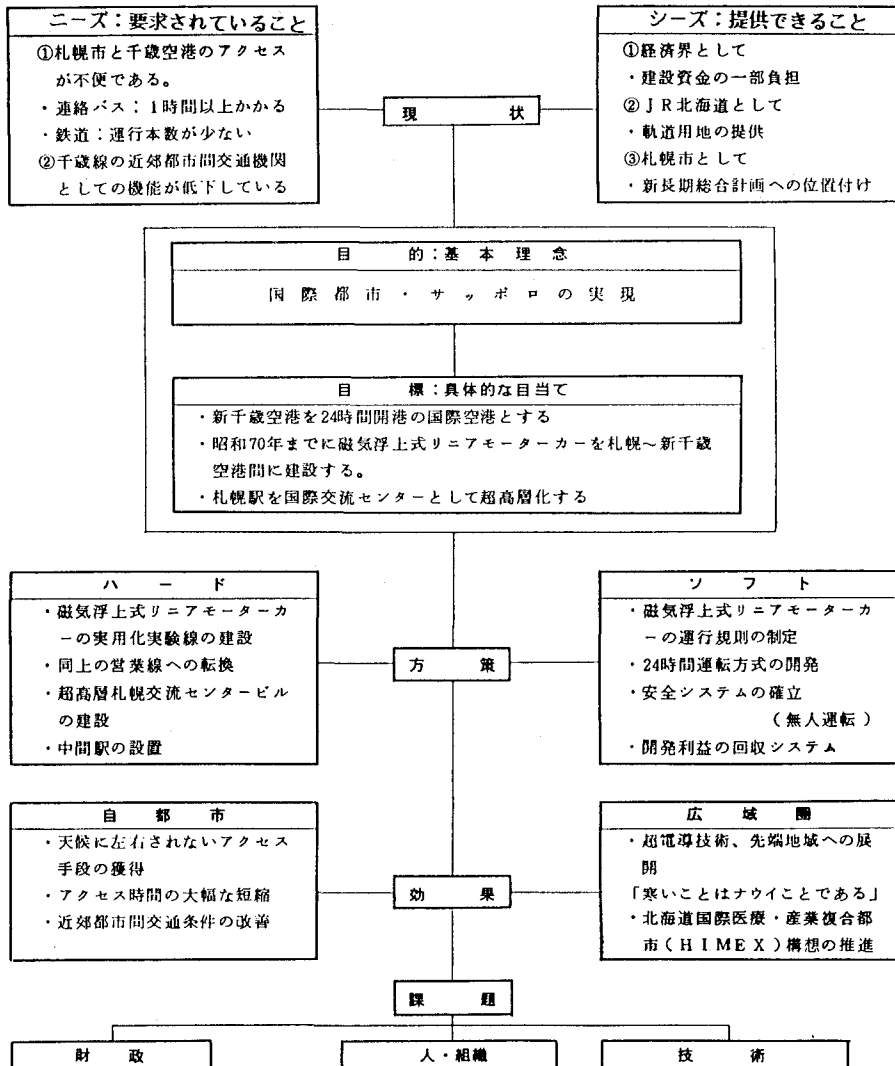


図1 リニアモーターカーの導入プログラム

4. N Y法による導入課題の構造化

学校教育と職場教育の違いは「問題を他から与えられるか、問題を自ら見つけだすかにある」と言われている。学校では問題は常に先生から与えられ、学生はその解き方だけを勉強すればよい。しかし社会・職場においては問題そのものが不明確であることが多く、「問題が分かれば、半分は解決したことになる」とまで言われている。

リニアモーターカーの導入を実現する第一ステップは、どのような障害や問題が存在するかを明確にすることである。このために用いられる技法が「問題の構造化技法」である。この構造化技法には「問題発掘技法」と「構造決定技法」とがある。

問題発掘技法としてブレン・ストーミングやデルファイ法など有名であり、ニーズやシーズ、問題に関連する事項、目標などの要素を数多く挙げたり、これらの要素をとりまとめるための技法である

一方、「構造決定技法」とはISMやクロス・インパクトスタディなど問題発掘技法において挙げられた要素の関係づけを行い、その結果を用いて要素の結合や階層化を進めていく技法である。一般に問題発掘技法との間には直接的な関係がなく、研究者はそれぞれの技法を選択し、組合わせて使用しな

ればならなかった。この点に問題意識を持ったのが中西良和であり、問題発掘と構造決定を一連のもとで取り扱うN Y法（NAKANISI YOSITOMO METHOD）を提案した。

N Y法は問題を発掘するための3回のアンケートとファジー理論による構造決定計算によって構成されている。

〔ステップ1：問題点抽出のためのアンケート〕

ある目標を実現するための問題点を挙げ、各問題点に（1～10）までの点数を主観的に付ける。またその問題点を取り上げた理由も記入する。

〔ステップ2：問題点評価のためのアンケート〕

ステップ1で抽出された問題点を集約し、主観的得点を合計した集計表を作成する。それを再び最初の回答者に示し、重要であると思われる項目を10個だけ選び、（10～1）までの点数をつける。

〔ステップ3：解決策の一対比較アンケート〕

ステップ2で評価した問題点を組み合わせ、「問題点Aの解決は問題点Bの解決につながるか」という一対比較アンケートを行う。このデータをもとにファジィ構造化手法（F SM）を適用する。

図2は最終的に求められたリニアモーターカー導入課題の構造化図である。

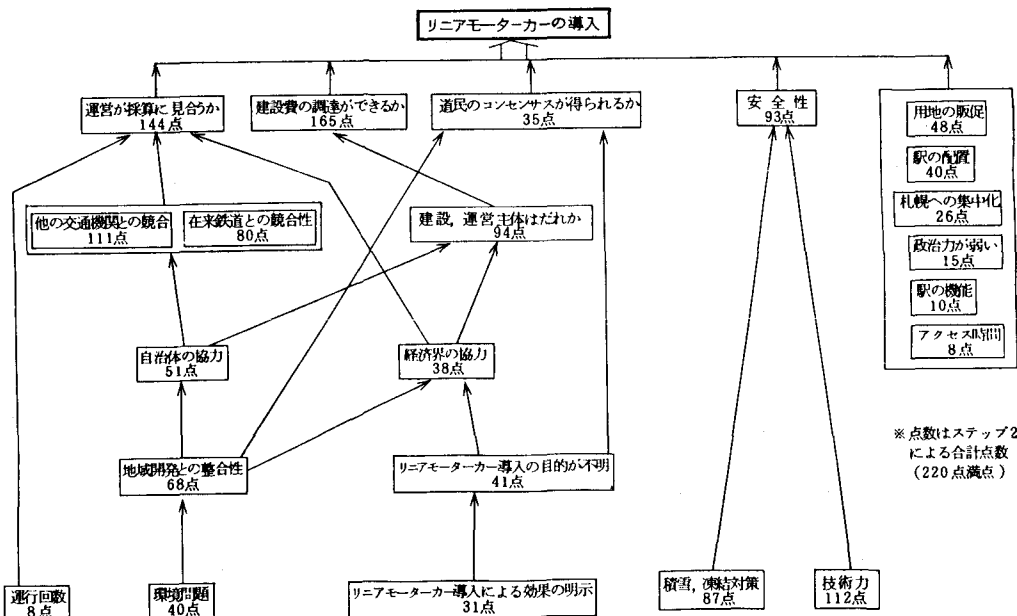


図2 リニアモーターカー導入課題の構造化図

なおアンケートの対象者は北海道開発局、北海道運輸局、国鉄北海道総局、国鉄札幌工事事務所、北海道庁、札幌市、さらに道内および道外のコンサルタントに勤務する36名の交通専門家とした。

図2からリニアモーターカーの導入にあたって大きく4つの問題系のあることが明らかになった。

問題系Ⅰ：リニアモーターカーの安全性

交通機関の第1の使命は「安全・確実」人および物を運ぶことにある。リニアモーターカーは従来の交通機関とはまったく異なるシステムによって高速走行するだけに、安全性に関するチェックは重要である。とくに空中を走る送電線でさえ雪のために切断される北海道においては、積雪・凍結対策をいかに講じるかがリニアモーターカー導入の成否を握っている。

問題系Ⅱ：建設費の調達

リニアモーターカーを導入する第一の難関は、その建設費をいかに調達するかにある。なぜならば全額の国庫補助は期待できなく、少なからず地元負担が必要とされるからである。この建設費を調達するには「建設／運営主体」を明確にする必要がある。このためには「経済界の強力」と「自治体の協力」が不可欠となる。

自治体の協力を得るには「地域開発との整合性」が図られ、「環境問題」に対しても十分な配慮をしなければならない。一方、経済界の協力を得るには「リニアモーターカーの導入目的を明らかにする」ことが必要であり、さらに掘下げると「リニアモーターカーの導入効果を具体的に示す」ことが期待されている。

問題系Ⅲ：道民のコンセンサス

リニアモーターカーの導入をめぐる、北海道内にやや意見の相違のあることが取りざたされている。北海道民のコンセンサスなくしてリニアモーターカーの導入はあり得なく、このためには「地域開発との整合性」や「リニアモーターカーの導入目的の明らかにする」必要がある。これ以降のプロセスは「問題系Ⅱ：建設費の調達」と同様であるが、「自治体の協力」や「経済界の協力」という中間レベルを経ないで最上層レベルの「道民のコンセンサス」につながっている点が異なっている。

問題系Ⅳ：運営の採算性

交通事業は建設時よりも、それを維持運営することの方が難しい。「リニアモーターカー事業の運営が採算にみあうか」という課題は、「他の交通機関との競合」や「在来鉄道との整合性」によると指摘されている。とくに「在来鉄道との整合性」はJR千歳線が、JR北海道のドル箱路線だけに慎重な配慮が必要とされる。さらに「運行回数」や「経済界」の協力も「運営の採算性」に関係している。

「他の交通機関との競合」や「在来鉄道との整合」を図るためには「自治体の協力」が不可欠であり、このことは「地域開発との整合性」を要請している

5. 問題解決の方策

前節ではリニアモーターカーの導入にあたって問題が大きく4系に分かれることが明らかにされた。本論文ではこのうち、問題系Ⅲ：住民のコンセンサスが得られるか、問題系Ⅳ：リニアモーターカー事業の採算性、について解決の方策を提示する。

(1) 問題系Ⅲ：住民のコンセンサスが得られるか

60年7月に道経連など経済8団体で結成された北海道磁気浮上式超高速鉄道推進協議会に広島町は63年4月まで参加せず、批判の目を向けきた。その理由の一つにJR方式のリニアモーターカーでは中間駅を計画していないことが挙げられている。

従来、超高速で走行するリニアモーターカーに中間駅を設置することは物理的に困難であると説明されてきた。しかし最高速度を450km/h、加減速度を通勤電車なみの3km/h/sec、2km/h/secとするとその加減速距離は表2のようになる。この距離はシートベルト等を着用するとさらに短くなり、中間駅の設置が物理学上なんら問題のないことがわかる。

筆者等は住民のコンセンサスを得るために中間駅を営業開始時までには設置することを提案してきた。またこの中間駅は住民のためばかりではなく、リニアモーターカーの待ち時間を短くし、地域開発効果の点からも有意義であることを明らかにしている。

表2 リニアモーターカーの加減速距離

内 訳	加・減速度	距 離	時 間
加速区間	3Km/h/sec	9.4 Km	150 sec
減速区間	4Km/h/sec	7.0 Km	113 sec

(2) 問題系Ⅳ：リニアモーターカー事業の採算性
札幌～新千歳空港間を結ぶリニアモーターカーの実用実験線は、実験の終了後に営業線として活用される予定である。しかし、リニアモーターカーの利用者が果たしてどの程度あるのか、という問題が十分に検討されていない。そこで本論文では航空旅客を中心としたリニアモーターカーの需要予測を行い、同事業の採算性を検討した。

①新千歳空港利用客数の予測

現千歳空港は昭和26年に再開して以来、防衛庁所管の空港として整備・拡充がはかられ、その利用客数は昭和62年に1000万人を越えた。このため新しく運輸省所管の新千歳空港が建設され、昭和63年6月には1番機が飛び、昭和67年には新ターミナルビルが開業する予定である。

新千歳空港の旅客数は北海道開発局の試算によると昭和70年には1523万人、75年には1753万人と予測されている。これを一日平均旅客数に直したのが表3である。しかしこの値には3.9%の乗り継ぎ客数が含まれており、これを除くと1日当たりの航空旅客数は昭和70年には43950人、75年には56520人となる。

表3 新千歳空港の日平均旅客数の予測

区分	年次 昭和70年	昭和80年	摘 要
国内旅客	43,720人	55,730人	1日平均旅客数は年間旅客数の1/330
国際旅客	2,680人	3,860人	1日平均旅客数は年間旅客数の1/300
合 計	46,400人	59,590人	

② 交通機関分担モデル

中間駅を考慮したリニアモーターカーのダイヤ設定によると、札幌市と新千歳空港間の走行時間は13分、平均待ち時間は7分となり、アクセス交通の利便性は非常に向上する。しかしそれに伴い料金も高くなり、時間と料金のトレードオフ関係（相反関係）が表面化する。すなわち、どれだけの航空旅客が「時間が短く、料金の高いリニアモーターカー」を利用するか、また「時間が長く、料金の安いバス」を選択するかが問題になる。

筆者らは昭和51年にすでにこの問題を取り上げ、航空旅客を対象に実験計画法によるアンケート調査を実施している。

表4はアンケート調査で採択した要因と水準でありこれをすべて組み合わせると（4x2x2x2x2=84通りとなる。そこでL₁₆直交表を用いて要因の割り付けを行い、調査票種の削減を図った。

表4 意識調査に用いた要因と水準

要 因	水準1	水準2	水準3	水準4
A：料 金	1千円	2千円	3千円	4千円
B：走行時間	10 分	30 分		
C：待ち時間	5 分	20 分		
D：調 査 日	日曜日	平 日		
F：方 向	上 り	下 り		

分散分析の結果、新交通機関の選択は料金の要因によって63.5%、走行時間によって29.9%、待ち時間によって2.5%説明されることが明らかになった。また誤差の寄与率が1.4%と非常に小さく、得られたデータを用いて交通機関選択モデルを構築することの妥当性が裏づけられた。

式(1)～式(4)は新交通機関、バス、自家用車、タクシーの選択モデルを示したものである。

$$P_1 = \frac{1}{1 + \exp \{ -(2.2886 - 0.0006 X_1 - 0.0469 X_2 - 0.0192 X_3) \}} \quad \text{式(4.1)}$$

$$P_2 = \frac{1}{1 + \exp \{ -(2.6723 + 0.0005 X_1 + 0.0405 X_2 + 0.0219 X_3) \}} \quad \text{式(4.2)}$$

$$P_3 = \frac{1}{1 + \exp \{ -(2.8675 + 0.0003 X_1 + 0.0170 X_2 - 0.0114 X_3) \}} \quad \text{式(4.3)}$$

$$P_4 = \frac{1}{1 + \exp \{ -(3.3111 + 0.0001 X_1 - 0.0037 X_2 + 0.0064 X_3) \}} \quad \text{式(4.4)}$$

ここで、

P₁：新交通機関（リニアモーターカーおよびJR在来線）

P₂：バ ス

P₃：自家用車

P₄：タクシー

X₁：料金（円；消費者物価 指数を用いて現在価格に換算）

X₂：走行時間（分）

X₃：待ち時間（分）

③交通機関選択モデルの予測精度と選択率

ところで(1)～(4)式の交通機関選択モデルは、どの位の予測精度を有しているであろうか。幸いにも意識調査の行われた5年後の昭和56年に千歳空港駅が開業されたので、モデルの検証を行うことができた。

表4のB要因、すなわち走行時間を見ると水準1が10分、水準2が30分となっている。これは水準1がリニアモーターカーの開業を、水準2がJR千歳空港駅の開業をあらかじめ想定していたことによる。そこで走行時間を30分、料金を900円、待時間を30分として式(1)の新交通機関選択モデルへ適用すると、[35.2%]という選択率が得られた。

これに対して昭和56年11月の利用実績は[38.9%]で、その差はわずか3.7%にすぎなかった。

以上の結果から、筆者らの構築した空港アクセス交通機関選択モデルは高い予測精度を持ち、料金を現在価格に換算すると、リニアモーターカーの選択率を十分推測しえることが明らかになった。

図3は中間駅の有無によって、航空旅客のリニアモーターカー選択率が変化する様子を示したものである。この図によると料金が1000円(現在価格で1634円)の時、中間駅が無ければ選択率は72%となり、中間駅があれば69%になることがわかる。このように選択率が低下したのは、中間駅の設置により走行時間が長くなった影響によるが、その差はわずか3%であった。

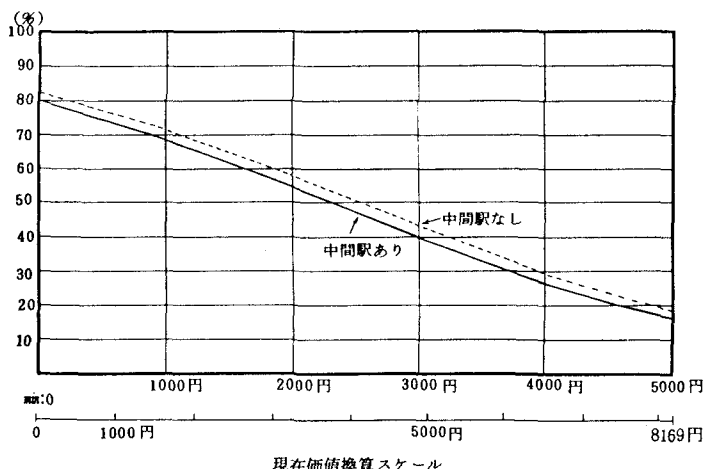


図3 航空旅客のリニアモーターカー選択率図

④リニアモーターカー事業の料金収入の予測

表5は昭和75年における航空旅客のリニアモーターカー利用者数とその料金収入を示したものである。なお日平均利用者数は全航空旅客数(56520人/日)にリニアモーターカー選択率を乗じて求め、年間利用者数はこれを330倍したものである。また料金は物価指数で換算し、62年度価格として入力した。

表5によると札幌～新千歳空港間の料金が1200円の時、約108億円の収入が期待でき、また料金が1540円の時、約134億円収入となり、総事業費の1割程度に達することが明らかになった。したがってリニアモーターカーの建設費に対して地下鉄並の補助が期待できるならば、この事業はきわめて有望なプロジェクトとな。しかもこの収入には中間駅設置に伴う関連事業効果が含まれてないので、これを合算するとリニアモーターカー事業の投資効果はさらに向上すると考えられる。

表5 リニアモーターカー事業の年間料金収入

設定料金	1日平均	年間 (1日平均・330日)	年間 料金収入
1,200円	27,250人	8,992,500人	107.9億円
1,540円	26,300人	8,679,000人	133.7億円

6. おわりに

一般にプロジェクトを企画し、実現するためには「仕掛人」「つなぎ人」「しまい人」の役割を果た

す人々が必要とされている。リニアモーターカーを北海道に導入するにあたって、最も大きな問題は「しまい人」が不在なことである。

リニアモーターカーは最先端技術であるだけに北海道民の不安も皆無とは言えず、また関係機関の協力も不可欠である。「しまい人」はこれらに対処し、的確な判断と指導力を発揮する人でなければならない。

一言でいうならば「リニアモーターカーのためには泥をかぶることがあっても退かない人」こそ、いま一番求められている。