

磁気浮上式鉄道リニアモーターカー「リニモ」 のデザイン開発

大谷茂暢*

細川 修** 白木 彰***

磁気浮上式鉄道「リニモ」は2005年愛・地球博会場へのアクセス交通として開発された。その特徴である静粛性、良好な加減速性、高低差が大きくカーブの多い地形への対応能力、地下鉄に比べて低廉な軌道敷建設費用等が高く評価されたものである。デザイン開発においては低環境負荷、ユーザーフレンドリー、オリジナルな先進性の表現とその実現がテーマとなった。

Design of the Linimo Maglev Train

Shigenobu OHTANI*

Osamu HOSOKAWA** Akira SIRAKI***

The Linimo maglev train was developed to provide transportation to the venue for the 2005 World Exposition in Aichi. The train won accolades for its quietness, excellent acceleration and deceleration, ability to cope with numerous curves that have large vertical intervals, and the lower cost of track construction relative to subways. In developing the design, the main themes were to achieve low environmental impact and user-friendliness while expressing a sense of originality and innovation.

1. はじめに

2000年秋、大学の事務局長から「会社のバッジのデザインを頼むには誰がいいでしょうか」とたずねられ、「グラフィックデザインの領域ですが、CI（コーポレートアイデンティティ）として考えることが望ましいものです。私もいくつかCIプロジェクトの経験があります」と答えたのが「リニモ」のデ

ザインプロジェクトにつながる始まりであった。

その後、東部丘陵線（「リニモ」の愛称はのちに公募によって定まった）を運営する愛知高速交通株式会社より車両デザインへの取り組みを求められ、総合的なプロジェクトとして、全てのものに貫いたデザイン思想を適用することの必要性を説明し、理解を得ることができた。結果、車両デザイン、サイン計画、CI計画等を含む総合的なデザインプロジェクトとしてスタートすることになった。

本稿では、車両のエクステリア・インテリアデザインとサイン・ロゴマークのデザインについて述べる。

2. 磁気浮上式鉄道

2-1 磁気浮上式鉄道とは

磁気浮上式鉄道は磁力の反発・吸引により浮上する移動車両の総称である。磁気浮上式鉄道は推進にリニアモーターを用いることが多いので日本では一

* 愛知県立芸術大学教授美術学部長・美術研究科長
Professor, Faculty of Fine Arts, Design and Craft Dept,
Aichi Prefectural University of Fine Arts and Music

** 愛知県立芸術大学教授
Professor, Faculty of Fine Arts, Design and Craft Dept,
Aichi Prefectural University of Fine Arts and Music

*** 愛知県立芸術大学助教
Associate Professor, Faculty of Fine Arts, Design and
Craft Dept, Aichi Prefectural University of Fine Arts
and Music

原稿受理 2007年1月29日

一般的にリニアモーターカーと呼ばれているが、外国では英語の磁気浮上の意味である「マグネティック・レヴィテーション」(Magnetic Levitation)を略して「マグレヴ」と呼ばれている。この浮上という点において、磁気浮上式鉄道はリニアモーターを使用し車輪で走行している東京の地下鉄大江戸線や大阪の鶴見緑地線とは一線を画すものである。

浮上方式は大きく二つに分けられ、常電導磁石による吸引力で1cm程度浮上するEML(Electro Magnetic Levitation)と超電導磁石による反発力で10cm程度浮上するEDL(Electro Dynamic Levitation)の二種類があり、前者にはドイツ生まれの「トランスラピッド」と日本のHSST(ハイ・スピード・サーフェース・トランスポート)「リニモ」、後者には「JRリニアモーターカー」がある。

推進に用いられるリニアモーターは、電気エネルギーを回転力に変換する一般的な電気モーターを直線状に展開したもので、直線的な推進力を発生させる。これらは主にインダクションモーターとシンクロナスモーターの二つに分類され、「リニモ」は前者、「トランスラピッド」および「JRリニアモーターカー」は後者を採用している。

世界初の実用運転は1984年、イギリスのバーミンガム空港と鉄道駅を結ぶ「バーミンガムピーブルムーバ」で行われたが、現在は営業されていない。高速型の世界初の実用運転は、中国で2004年に開通した「上海トランスラピッド」で、上海空港へのアクセスに使われている。日本初の実用運転はHSST「リニモ」で、愛知万博の主要交通機関として愛知県の東部丘陵線で2005年に運行を開始した。一方「JRリニアモーターカー」は山梨県の実験線で実用化に向けて走行テストを積み重ねている。

2-2 磁気浮上式鉄道の開発過程

「リニモ」と同じ吸引式磁気浮上式鉄道である「トランスラピッド」は、ドイツの電気技師ヘルマン・ケンペルが1934年に吸引式磁気浮上の基本特許を申請したのが始まりであり、これによりヘルマン・ケンペルは「トランスラピッドの父」と呼ばれている。

1971年、クラウド＝マッファイ社(ドイツ)が中心となったトランスラピッド・プロジェクトのTR 02号機が164km/hをマークし、その後この方式は年を追うごとに改良されて現在では上海市内 浦東国際空港間の31.5kmを8分間(最高速430km/h)で結ぶ「上海トランスラピッド」として2004年から運行を行っている。欧州では、ドイツでミュンヘンエ

アポート 中央駅間の計画がある。

「リニモ」の原型は1974年に日航がこのクラウド＝マッファイ社の技術を導入して開発したHSSTである。当時計画されていた成田の新東京国際空港が、都心から約65kmと遠く離れた空港であることから、日航がアクセス時間短縮のための交通手段を調査する中で、公害の少ない空港アクセスとしてリニアモーターカーに着目し、これを研究・開発の対象に選択していた。その後、つくば博でHSST 03が公開され、愛知県岡崎の葵博でも300mの体験走行が行われた。1989年名古屋港に程近い大江に中部HSSTが設立され、走行試験を実施していたが現在この施設はなくなっている。HSSTの開発コンセプトは、速度や推進効率の点での高性能を狙うことよりも、シンプルで経済的なシステムを開発することであった。その際にHSST 100S(12モジュール)とHSST 100L(20モジュール)の2車種が開発され、100Lがリニモの母体となった。3両固定編成の「リニモ」は最高100km/hの速度で走行している。現在の車両にわずかな改良を施すことで200km/h程の速度を出すことも可能であるが、東部丘陵線の短い区間では100km/h以上の速度で走行する意味はないとの判断で現在の速度に設計された。輸送能力においては通常250名、満員状態で400名が乗車でき、中級規模の交通機関となっている。

2-3 「リニモ」における磁気浮上

磁気浮上走行に必要な要素技術として、浮上・案内・駆動の三つがあり、HSST「リニモ」はこれらを非接触で行っている。

非接触浮上によりタイヤ等の可動部が存在しないため、保守点検の手間の低減、騒音や振動の大幅な低減に成功している。また、走行時の抵抗が空気抵抗と磁気抵抗のみとなるため高速性と低環境負荷(省エネルギー)が実現され、1人当たりの輸送にかかる消費エネルギーで比較した場合、既存の輸送手段に比べ、消費エネルギーは30%少なくなり、ガソリン自動車の約1/2、航空機の約1/3となる。反発式磁気浮上を行う「JRリニアモーターカー」は速度150km/hに達するまで浮上しないため、補助タイヤが必要であることと、超伝導を実現するための超低温状態を保つシステムが必要になることが吸引式磁気浮上を行う「リニモ」との相違点である。

「リニモ」の案内方式はリニアモーターの電磁石部分がレールを抱え込み、吸引力により車両本体とレールとの隙間をコントロールするものであり、きわ

めて転覆脱線しにくいシステムとなっている。

駆動においては、車輪を必要としないリニアモーターのダイレクトドライブによる加速減速性能および到達速度はきわめて高く、エネルギー効率の向上が期待できる。また、リニアモーターは回転モーターと比較して車両に搭載する部位が扁平になるため、床下部を薄く設計でき、車内スペースを有効に活用することができる。この利点は「リニモ」でも存分に発揮され、車輛の小型化、軽量化と同時に、トンネル等の小型化も可能となっている。「リニモ」で採用されているインダクションモーターは、シンクロナスモーターと比較すると推進力が低く高速走行に



高架部走行中のリニモ



デザインプロジェクトのメンバー（当時）
株式会社 オオタニアンドアソシエイツ
大谷伸興 オオタニアンドアソシエイツ・英国ロンドン大学教授
大谷茂暢 愛知県立芸術大学教授 美術学部長・美術研究科長
細川 修 愛知県立芸術大学助教授
白木 彰 愛知県立芸術大学助教授
柴崎幸次 愛知県立芸術大学講師
佐藤直樹 愛知県立芸術大学助手

受賞リスト
2005年 グッドデザイン賞 選定・日本産業デザイン振興会
2006年 ローレル賞 選定・鉄道友の会
2006年 日本鉄道賞 / 技術部門賞 選定・国土交通省他

P.38グラビア参照。

Fig. 1 リニモの外観

は適さない反面、地上側に推進用の電磁石を配置する必要がないため、磁気浮上式鉄道の導入に対しての一番の問題点と言える軌道の建設などにかかる費用を軽減することができる。

3. 「リニモ」開発コンセプト

愛知県では「創造的な産業・技術の中核圏域」の形成に向けて、名古屋東部丘陵地域一帯を「あいち学術研究開発ゾーン」として位置付け、居住・文化・レクリエーション機能の充実など総合的な地域整備を推進している。

東部丘陵線「リニモ」は、このような地域の基盤となる交通機関であり、鉄道系の空白地帯を埋め、広域的な交通ネットワークを形成する重要な路線として計画されたものであり、基本コンセプトとして愛知高速交通より下記5項目が示された。

(1)先進性

磁気浮上式システムを採用

国際博覧会を通じて世界に発信

(2)未来性・夢

国際博覧会の目玉の一つ

(3)学術・文化・学研

路線周辺に多くの大学、研究所等がある

(4)環境・人にやさしい

騒音・振動が少なく快適

定時性・速達性を確保することにより自動車からの転換を図る

(5)緑豊かな東部丘陵地域

国際博覧会跡地に大規模な公園の計画がある

3-1 デザインコンセプト

この開発コンセプトからデザインコンセプトとして次の8項目を導き出した。

- ・人と文化を結ぶ丘の風
- ・陵風ライナー
- ・融合性
- ・透過性
- ・対比性
- ・情報発信
- ・エコロジー
- ・サスティナビリティ

3-2 コンセプトの具体化

そして、これらのデザインコンセプトを具体化するために、リニアモーターカーの先進性と未来性をイメージさせ、景観に調和しつつ独自性をもつシンプルなデザインを目指した。デザインテーマとして

以下を設定した。

- ・透過性を強調し浮遊感を演出するエクステリアデザインと、それに呼応する機能的なインテリアデザイン
- ・普遍性、持続性をもつグラフィックデザイン

4. 車両デザイン

4-1 エクステリアデザイン

「リニモ」は1編成が3両固定編成で全長は43.3mとなる。車両サイズは交通システム全体の計画のなかで駅舎、プラットフォーム長、軌道、トンネル、予測利用者数等から定められたものであるが、車両デザインの要素であるスタイリングに大きくかわるものである。スタイリングのために先頭部の形状に強い傾斜をつけると乗車定員に影響がでることから比較的立ち気味の先頭形状のデザインアイデアを検討することとし、そのテーマを、A：スムーズサーフェス、B：スラントノーズ、C：ジュエリーカットとした(以下Fig.2を参照のこと)。

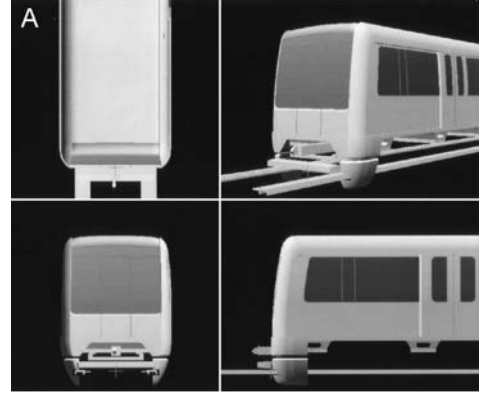
軌道全てが高架とトンネルであることにより、車両前後に非常口を設置することになる。そこで、スラントノーズのアイデアは非常口のドアを持ち上げて開けることになるため、操作性の面から採用しなかった。また、スムーズサーフェスに必要な立体ガラスは生産の初期投資が多額と想定され、コストを考慮すると実現が難しく、平面ガラスをボンディングでフレームに施工して多面体を作るジュエリーカットを採用することとした。

「リニモ」は自動運転を前提に開発を進めており、先頭車両における全面ガラス形状の採用は、安全性に対する信頼感を具現化し、リニアモーターカーの先進性と未来性、そして透過性を表現する重要なポイントとなった。

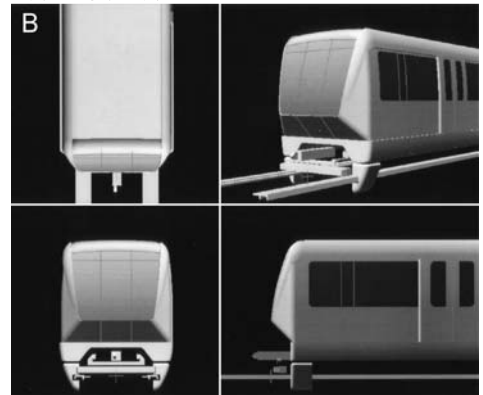
このデザインを成立させるために必要な車体の剛性は、非常用運転席後部にバルクヘッドを設けてそれに必要な電装箱を兼ねさせる方法を提案して解決した。全面ガラスの先頭形状は、他の電車等にはない「リニモ」の特徴的な顔になっている。空力的な問題は、走行速度が最高100km/h程度の設定ということなので、先頭部を多面体形状とし平面ガラスを支える面と側面との角の部分にRをもたせることで解決を図った。

前照灯はこの路線の大部分が高架でできており曲線部で沿線の建物を照らす光害の可能性があるため下部に設置することとなった。光源にはディスチャ

A.スムーズサーフェス



B.スラントノーズ



C.ジュエリーカット

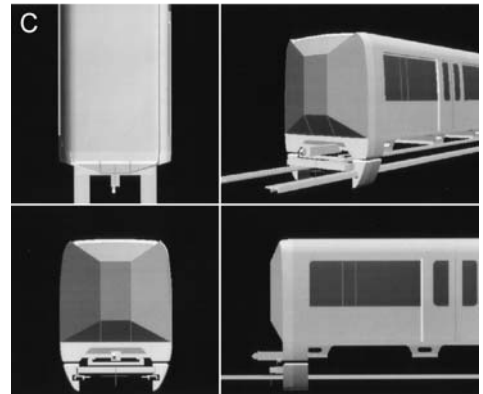


Fig. 2 エクステリアデザイン

ージランプを使用している。これは初期コストは高いがハロゲンランプの2倍の明るさで消費電力がハロゲンランプの半分であり、長寿命(ハロゲンランプの10倍)であることによる。ランプユニットを小さくすることにより先頭の多面体形状のガラスエリアを強調するデザインとなっている。

サイドビューでは、ウィンドウのグリーンスモー



Fig. 3 インテリアデザイン

P.38グラビア参照。

クガラスが車両の前端から後端にわたってフラッシュサーフェス化された連続面を構成してスタイルを引き締めている。ドアとウィンドウの上部に計画されていた雨樋は、アルミニウムのサイドパネルの形状を変更して屋根上に移設しフラッシュサーフェス化に貢献している。モジュール部（一般車両の車輪にあたる部分）には、3両とも全面的にフェアリングカバーを装着する提案だったが、軽量化の面から前後先頭車両の先端部のみにカバーリングを装着することになった。

空調関係の機材は全て屋根に乗せて車両内のスペースに補機類を収納した。また乗降扉（開扉幅1,200mm）はフラッシュサーフェスとするためプラグドアを検討したが、メンテナンス性と耐久性の面を考慮し不採用とした。代替案としてハンギングドアを採用し車内に侵入する戸袋部をはぶき省スペース化、軽量化を実現している。また3両固定編成の車両の接続部にフェアリングパネルを装着して空力の面への解決を図るとともに、スタイリングとしての一体感を表現している。そしてルーフ上での雨樋の立ち上がりを前後先頭車両のガラス面に向けて小さくし、車両端面では滑らかな形状となるようにしている。サイドに配した9000Rの窓ガラスと、前後端先頭車両の平面ガラスとの造形上のつながりをよくするために外板の形状に工夫が施されている。

4 - 2 インテリアデザイン

エクステリアデザインと並行して検討を進めたインテリアデザインにおいては、省エネ効果に直接影響のある車両の軽量化と、外観と調和のとれた造形の確立が大きなテーマであった。内装にパンチングメタル（穴あき鋼板）やアルミ素材、パイプ等を使用し、ボルトの頭を削る等の工夫を随所に施している。

シートの開発は、バスや航空機のシート製造を手掛けている天龍工業㈱が製作を担当し、何度も試作をして軽量化を実現した。営業距離が約9kmと短く、その間に駅が9箇所あることから、重厚な座り心地よりも軽快で座りやすいシートを目指した。その結果、重量が15kgを切る二人がけのシートを実現することができた。通常二人がけシートが20kgを超える重量であることを考えると、このシートの採用は全体の軽量化に大きく貢献したといえる（実際に同規模の車両の重量は約21tであるが「リニモ」は約17tを実現）（以下Fig.3を参照のこと）。

シートの張り地は住江織物㈱の協力のもと、軽量化を図るとともに、汚れへの対策としてモノクロームに見えるカラフルで小さな紋様を採用したオリジナルのプリント柄を開発して使用している。

磁気浮上にはかなりシビアな重量の制限と荷重の平均化が必要であり、二人がけのシートを向かい合わせたボックス席を配置して立ち席の割合をへらすとともに、シートの構造と組み合わせたスタンションポール（握り棒）を設けて乗客の位置が車内で自動的に平均化するような工夫をしている。システム上走行時の車両の揺れは少ないが、加減速の性能がよいため、発進加速や減速時に乗客を支えるためのこのスタンションポールは有用なものとなっている。

車両側面の熱線吸収・UVカットガラスを採用した大きな窓は、スタイリングのポイントであると同時に、カーテンやブラインドを省いて低コスト、軽量化を図っている。光量は客席で50%カット（日本板ガラス・レガート50）し、運転席周りにはもう少し明るいものを採用して、安全性と外からの見栄えにも配慮している。また、室内照明には連続した面照明を採用している。光源には直管蛍光灯を使用し、



Fig. 4 「ながくて」ロゴ

色温度もあたたかさを感じるレベルに設定した。

内部の基調色は、車両イメージで表現しようとしている透明感のため、モノクローム系やメタリック系など素材感を感じさせる色彩を中心にコーディネートしている。この色彩計画はサイン、ロゴマーク、CI計画との関連も考慮したものとなっている。

全ての駅にエレベーターを設置し、プラットホームと車両床面の高さをそろえるとともに、先頭と最後尾の車両には車椅子を取り付ける空間を配して、ユニバーサルデザインへの配慮もなされている。

5. グラフィックデザイン

グラフィックデザインは、車両の視覚イメージを大きく左右する。色彩には、形を超えてイメージを作る作用がある。例えば、戦車をピンクに彩色すればおもちゃのように見え、黒い哺乳ピンは爆弾にも思える。このように色彩やグラフィクスによるイメージは、その本体がもつイメージをも変化させる。「リニモ」の場合そのイメージは、本体の造形デザインと、付随する色彩を含むグラフィックデザインの二つの要素で構成される。

車両のグラフィックデザインは、環境グラフィックスと考えるべきものである。住宅街、商業地、文化施設、田園風景や自然など、短い距離にさまざまな景観をこの路線は有している。この環境に適應するグラフィックスの要素を「普遍性」「持続性」とし、時代を問わず親しみをもって受け入れられる「品位ある」デザインをめざした。

5-1 路線のグラフィックデザイン環境

「リニモ」には、西からは名古屋市地下鉄東山線が藤が丘駅で連絡しており、東は八草駅で岡崎と瀬戸をつなぐ愛知環状鉄道につながる。

名古屋市地下鉄は、東山線を黄、名城線を紫、鶴舞線を水色、桜通り線を赤、上飯田線を桃色の各色をシンボルカラーとしている。それぞれの路線の車両はシンボルカラーを基調にデザインされている（鶴舞線は名鉄と共同運行のため、列車に名鉄のシンボルカラーである赤が全面塗装されている車両もある）。

東の八草駅に連絡する愛知環状鉄道は、緑を基調としたグラフィックデザインを採用しており、「リ

ニモ」へのアクセスは、水色、桃色、紫、赤、黄、緑のシンボルカラーの路線を經由してつながることになる。

「リニモ」は、名古屋市の東の端から長久手町を東西に横断し、その路線の9割以上は長久手町を走っている。長久手町内の循環バス「N-バス」は「リニモ」の複数の駅に連絡している。この巡回バスは、長久手町のグラフィックデザイン計画に基づきデザインされている。また、名鉄バスも「リニモ」にアクセスしており、名鉄のコーポレートカラーの赤を基調にデザインされている。

長久手町のロゴタイプデザインとグラフィックデザイン計画は白木研究室で手掛けたものであり、印象に残るわかりやすく親しみやすいデザインの提案となっている。今まで漢字で書かれていた町名を、親しみやすいひらがなにし、幾何学形態を集積した積み木を集めたようなイメージでカラフルにデザインした。デザインのコンセプトは「成長するデザイン」。これが長久手町のグラフィックデザインの方向性を示すものとなっている。状況に応じて扱い方を変えることが出来る、あらゆる方向に成長可能なデザインシステムである(Fig.4)。

このデザインコンセプトを発展させ展開することでリニモのグラフィックデザインと地域のデザイン環境との融和を図ることにした。

5-2 「駅は花、リニモは蝶」

長久手町の中心を走る「リニモ」は愛知万博へのアクセスが当初の目的だが、その博覧会は6か月で終わる。むしろ、会期後の役割が重要である。愛知万博が終了した後は、「リニモ」を中心に周辺が発展していくであろう。沿線が駅舎を中心に発展していくことを前提にしたグラフィックデザインを考えた。中心になる駅を花に例え、それを行き来する「リニモ」を蝶に例えた。「駅は花、リニモは蝶」である。

独立した個性ある駅のシンボルデザインの集合を車両グラフィックデザインに展開してゆく構想とし、路線のグラフィックデザイン環境との関係を考慮し、かつ将来への応用が柔軟なデザインコンセプト「成長するデザイン」を展開することとした。このデザイン計画はシンボルの造形と色を組み合わせることで、身体弱者に対して識別の機能を増す効果を図っている。

5-3 駅のシンボルマークデザイン

グラフィックデザインの具体的なテーマとしての大きな要素は駅数であると考えた。新設路線で駅数

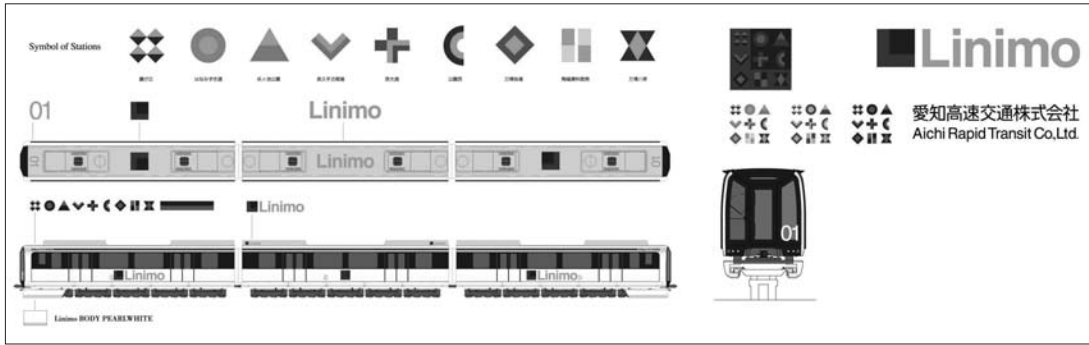


Fig. 5 車両デザイン、駅のシンボルマークデザインとの関連

P.38グラビア参照。

は9か所。各駅(地域)は、古戦場など具体的な地域特性をもっている。駅舎のシンボルとして地域のランドマークとしての機能もち、多様なアイテムに展開可能な条件を備えたものをめざした。

シンボルデザインのためのデザイン指針は以下の内容である。

(1) 抽象的であること

何か特定なものを具体的に表現すると、地域に愛着を持つ人々のイメージとあわない場合がある。多くの人々のイメージにあわせるのではなく、違和感を覚えない造形を目的とした。したがって、ある人にはV字、別の人には兜の前盾に見え、小粒ダイヤに見えたり下がり藤に見えたりと、多様なイメージを受け入れるグラフィックスとした。

(2) 9種類のシンボルの識別が明快なこと

シンボルマークとして識別しやすいことと同時に口頭で造形の説明ができること。プラス、二重丸、半円など、駅名と同様の形の特徴を出す。その上で、色も口頭で説明できること。三角のピンクの駅、緑の十字の駅など。

(3) 統一感の表現

9種類を同時にレイアウトすることにより、造形的にも色彩的にも統一感をもたせる。

5 - 4 車両のグラフィックデザイン

本体基調色を白色のパール仕上げとし、三両編成の先端と後端の車両には、可読性と普遍性の高い書体で「リニモ」のロゴタイプを配した。グラフィックスの基本色は、隣接する鉄道との差別化と磁気浮上のイメージを考慮し、清潔感や透明感のあるブルーを複色数制定した。車両のメイングラフィックスとして路線各駅のシンボルマークの集合体を数色のブルーを使用して車両に展開する。高い建物や会期中の空からの取材にも考慮し、車体屋根上面にもグラフィックスを施した。こうして各駅のシンボルを

配置した車両グラフィックデザインが完成した。この車両グラフィックデザインは、駅舎のサイン計画や運営会社のCI計画とも関連するものとなっている(Fig.5)。

6 . おわりに

トランスポーターションにおけるデザインの役割を考えると、外観が都市景観を形成する大きな要素であることを承知する必要がある。景観デザイン、プロダクトデザイン、グラフィックデザインの観点から「リニモ」のデザインプロジェクトにおいて、都市内の移動システムとして、秩序と地域性に配慮した、持続性と普遍性のある、安全でクリーンでユニバーサルな総合的デザインを実現することができたと考えている。

最後に、デザイン開発に際していただいた多くの方々のご意見や関係企業のご協力に感謝の意を表して終わりといたします。

参考文献

- 1) H.Kemper:Schwebende Aufhängung durch elektromagnetische Kräfte, ETZ, Heft 15, pp. 391-395, 1938
- 2) H.Kemper:Elektrisch angetriebene Eisenbahnfahrzeuge mit elektromagnetischer Schwebeführung, ETZ A, 74 1, 11, 1953
- 3) YAMAMURA :Theory of Linear Induction Motors(book), University of Tokyo Press, 1972, John Wiley & Sons, 1973
- 4) 山村、阿部、林「車両の吸引電磁石形磁気浮上方式について」『電気学会論文誌』94 B 5、pp. 255-262、1974年
- 5) 正田英介他『磁気浮上鉄道の技術』オーム社、1992年