

浮上式鉄道実験線浮上体

Experimental Levitated Vehicle Supplied to The Japanese National Railways

逆T形軌道の浮上体ML-500は、昭和54年12月に世界最高速度517km/hを記録し、目標速度を達成して実験を終了した。日本国有鉄道では、引き続きこの軌道を将来の浮上式鉄道の基本形となるU形軌道に改造し、3両編成による実用化実験を推進することになり、日立製作所はこの浮上体MLU001を製作納入した。

本浮上体は、冷却システム及び補助電源システムの車載化並びに人間乗車を考慮した車体構造、機器配置と支持方法など、実用化実験要素を多く備え、また、これらによる重量増にもかかわらず10tに収めるための軽量化対策、3両編成時の運動特性などについて詳細な検討の結果完成したものである。

本稿はその浮上体の概要について述べる。

中島暢之* Nobuyuki Nakashima

寺田勝之** Katsuyuki Terada

永岡 斉* Hitoshi Nagaoka

前田晴二*** Seiji Maeda

1 緒 言

日本国有鉄道では、約13年前から日立製作所をはじめとする重電機メーカー3社の協力のもとに超電導誘導反発形磁気浮上式鉄道の開発を進めており、基礎的な研究及び実験を経て昭和52年9月から大形実験車による走行実験が宮崎浮上式鉄道実験線で行なわれている。逆T形軌道の浮上体ML-500は、昭和54年12月に517km/hを記録し、目標速度を達成した。

これらの成果を基に、将来の浮上式鉄道の実用化を目指してU形軌道に対応した浮上体MLU001を開発中で、一部を完成して現在実験中である。以下に浮上体の概要と走行特性のシミュレーションについて述べる。

2 浮上体の概要

2.1 仕 様

浮上体MLU001は3両編成走行を目指すもので、既に先頭車が完成し、単車浮上走行実験に成功した。現在後尾車も完成し、2両編成走行実験に入っている。図1に浮上体の外観を、図2に全体構成図を示す。浮上車の寸法は長さが将来予定されている営業線車両の $\frac{1}{25}$ 、幅及び高さが $\frac{1}{10}$ で、単車走行

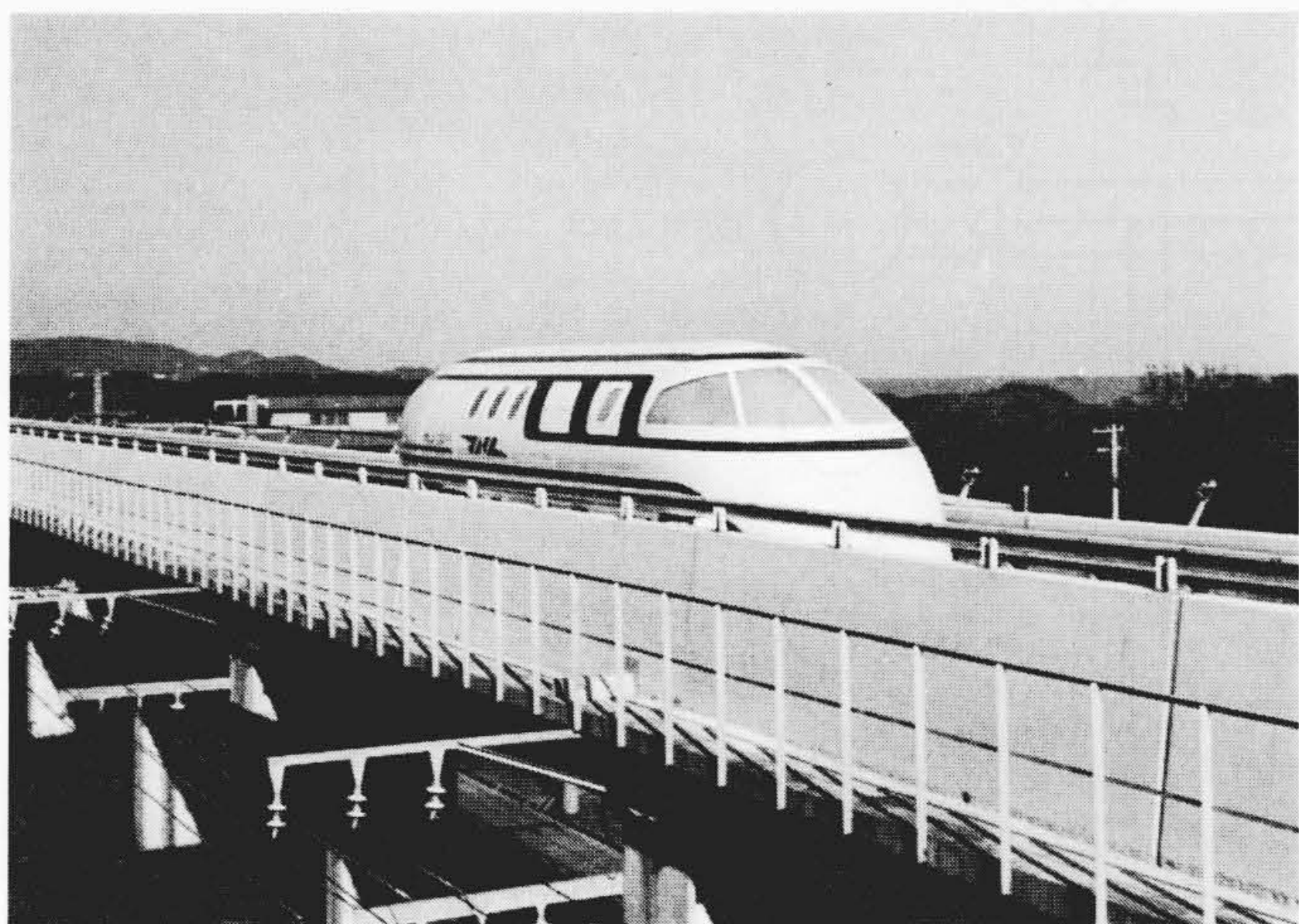


図1 浮上体の外観 浮上体の寸法は、幅3,000mm、長さ12,200mm、高さ3,300mm、質量は10tで、また、軌道は全区間高架である。

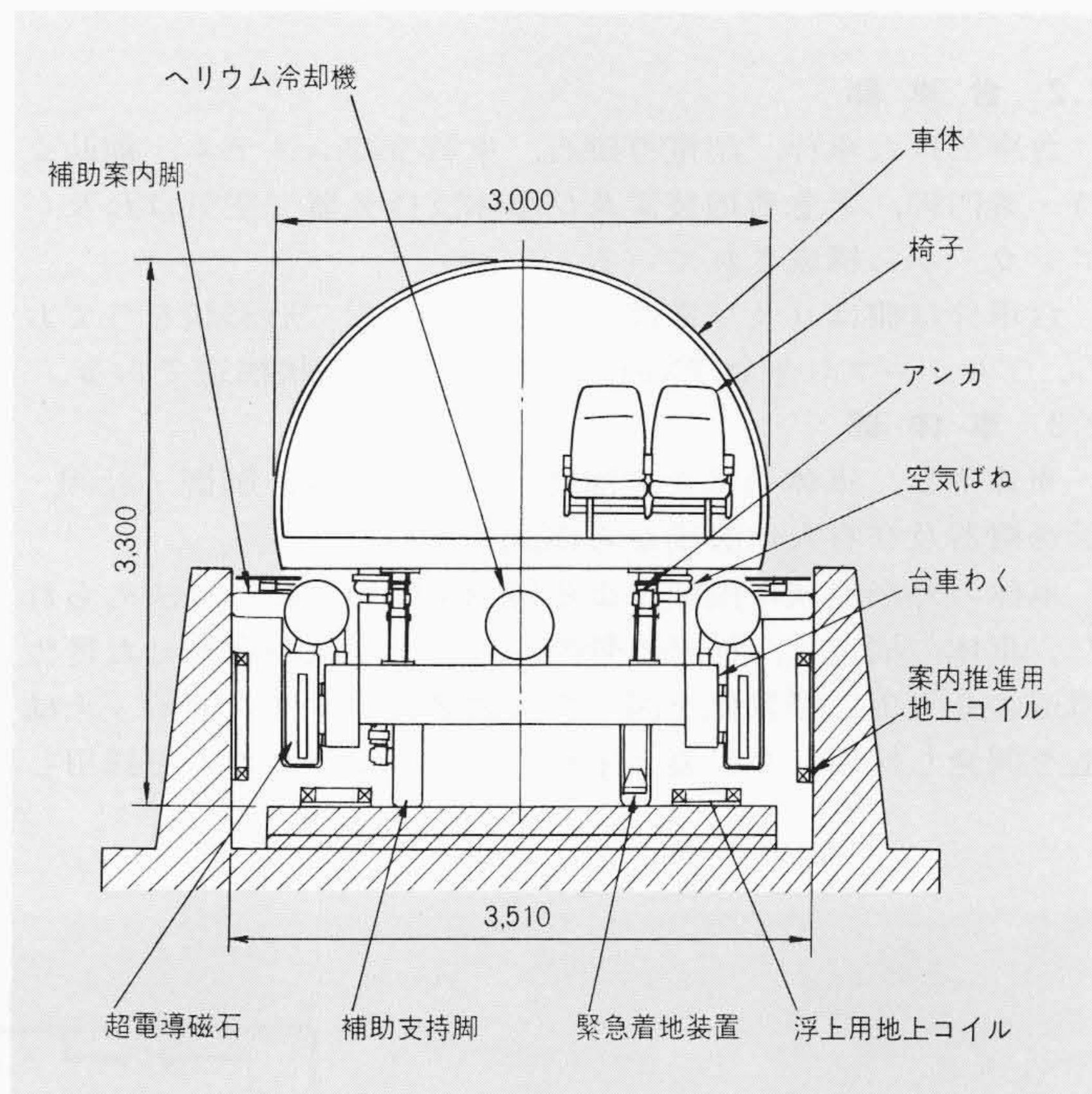


図2 全体構成図 超電導磁石による誘導反発浮上、地上一次リニアシンクロナスマータにより推進する。車体は空気ばねで支持されている。

時には後部の空力特性を改善するための後部構体に取り付けられる。

この浮上体は、U形軌道に対応し、台車部と車体部で構成され、ML-500に比べて実用的車両構造である。また、車載冷却システム、補助電源システム及び有人化設備が新しく搭載されている。

浮上体の主要仕様は次のとおりである。

- (1) 浮上体寸法：幅3,000mm、長さ12,200mm、高さ3,300mm
- (2) 浮上体質量：10t(装備状態)
- (3) 走行速度：単車走行400km/h、3両編成走行200km/h
- (4) 浮上高さ：100mm
- (5) 浮上力：98kN{10,000kgf}

* 日立製作所笠戸工場 ** 日立製作所機械研究所 *** 日立製作所機電事業本部

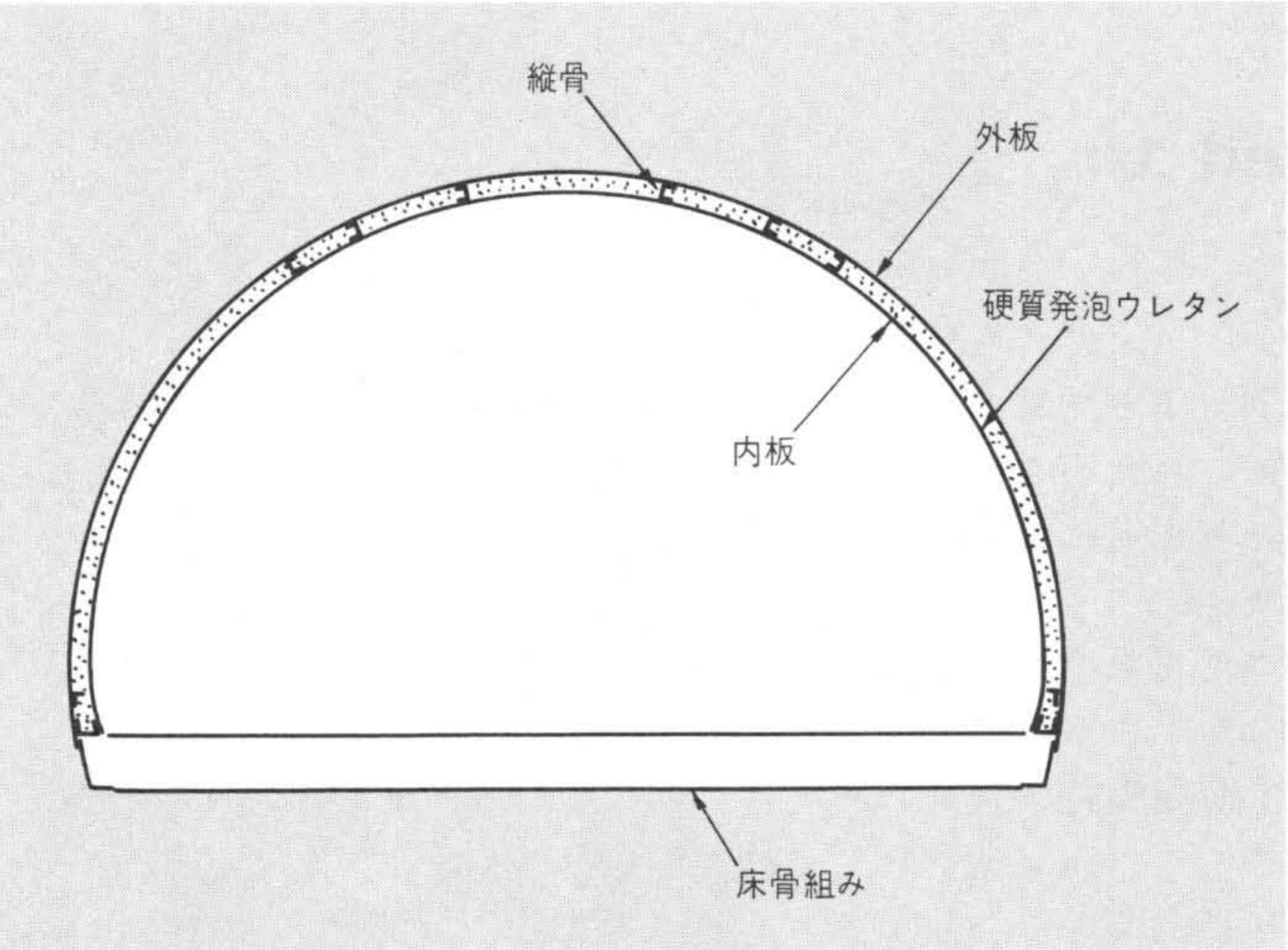


図3 車体構造 外板、内板及び充填材から成るサンドイッチ構造である。充填材には、硬質発泡ウレタンを使用している。

2.2 台車部

台車部は台車枠、超電導磁石、車載冷却システム、補助支持・案内脚、緊急着地装置及び車体支持装置（空気ばね及びアンカ）から構成されている。

台車枠は側ばり及び横ばりから成るはしご形状をしており、アルミニウム合金(7N01)の薄板4mmの溶接構造である。

2.3 車体部

車体部は、車体のほか、補助電源システム、制御・計測・伝送機器及び有人化設備から構成されている。

車体の外形形状は模型による風洞実験を基にして決められた。車体の構造は、従来の骨組みと外板を組み合わせた薄板構造よりも更に軽量化を図って、図3に示すサンドイッチ構造を開発し採用した。妻と床板にはアルミハニカムを採用し

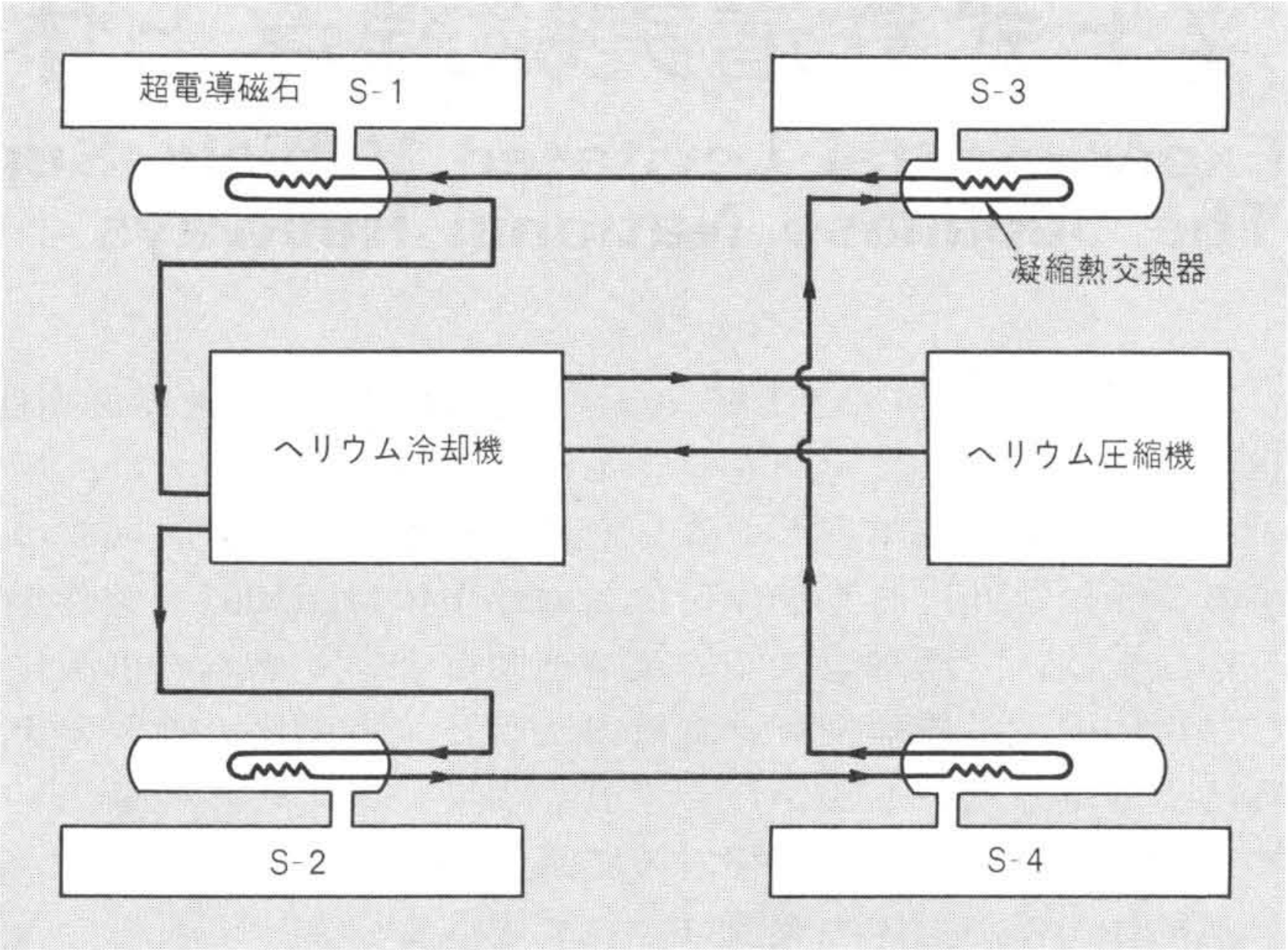


図4 車載冷却システムのフロー 車載冷却システムは、クローズドサイクルをとっている。

ている。

サンドイッチ構造の採用に当たっては実物大のモデルによって製作技術を確認し、模型試験により強度の確認を行なった。サンドイッチ構造での内板及び外板は、航空機で使用されている高力アルミニウムで、骨組みにリベット結合されており、コアは硬質発泡ウレタンである。

2.4 車載冷却システム

MLU001の先頭車には4台の超電導磁石が搭載されており、図4に示すフローの車載冷却システムが新しく搭載されている。ヘリウム圧縮機及び冷却機は集中形で、各超電導磁石には低温配管で直列接続されている。

2.5 補助電源システム

図5に補助電源システムの回路図を示す。補助電源システ

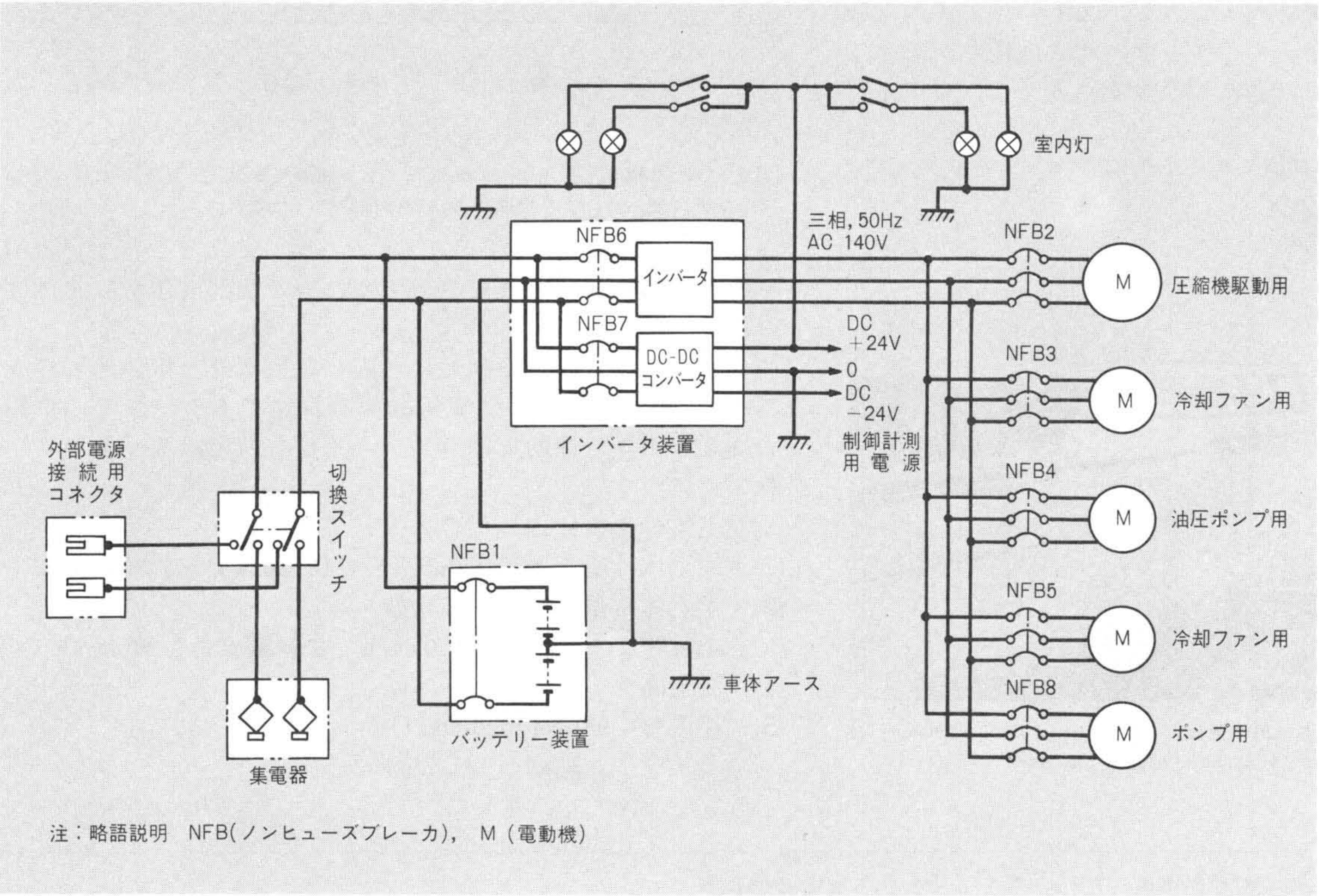


図5 補助電源システムの回路図 補機駆動用はAC140V、制御計測用はDC24Vを使用している。

ムは、走行中はバッテリーにより給電し、停車中は集電器又は外部電源から補充電し、50kVAのインバータによりDC200Vを三相AC140Vに変換する。また、制御・計測用にDC-DCコンバータも備え付けられている。

3 運動特性の検討

浮上体は3両編成で200km/hの有人走行実験を計画しているため、3両編成時の全自由度を考慮した振動モデルを仮定し、振動・乗り心地をシミュレーションにより予測評価した。

3.1 振動モデル

3両編成のうちの1両分の振動モデルを、図6及び図7に示す。図6は車体・台車が上下・ピッチング・前後の自由度をもつモデルで、図7は車体・台車が左右・ローリング・ヨーイングの自由度をもつモデルである。先頭車では前方の台車間連結器、後尾車では後方の台車間連結器が存在しないと考えるとよい。1両当たりの全自由度は図6で27、図7で36となる。磁気浮上車両に特有のものとして、編成状態では台車間に前後方向の磁気吸引ばねが作用し、また、車上の超電導磁石と地上コイルの間には磁気反発力による磁気ばねが存在

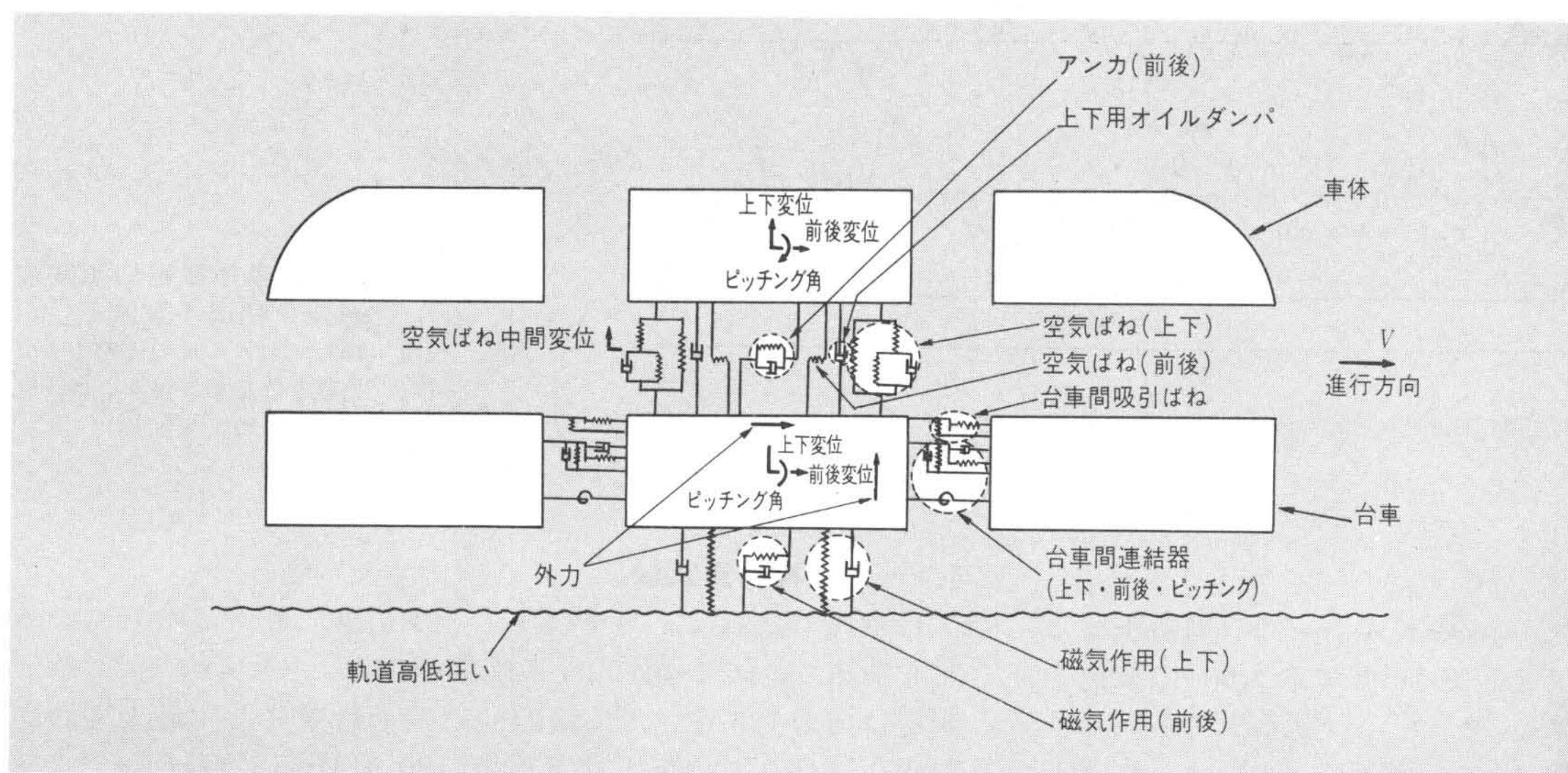


図6 上下、ピッチング及び前後系の振動モデル
車体、台車が上下、ピッチング及び前後方向に27自由度をもっている。

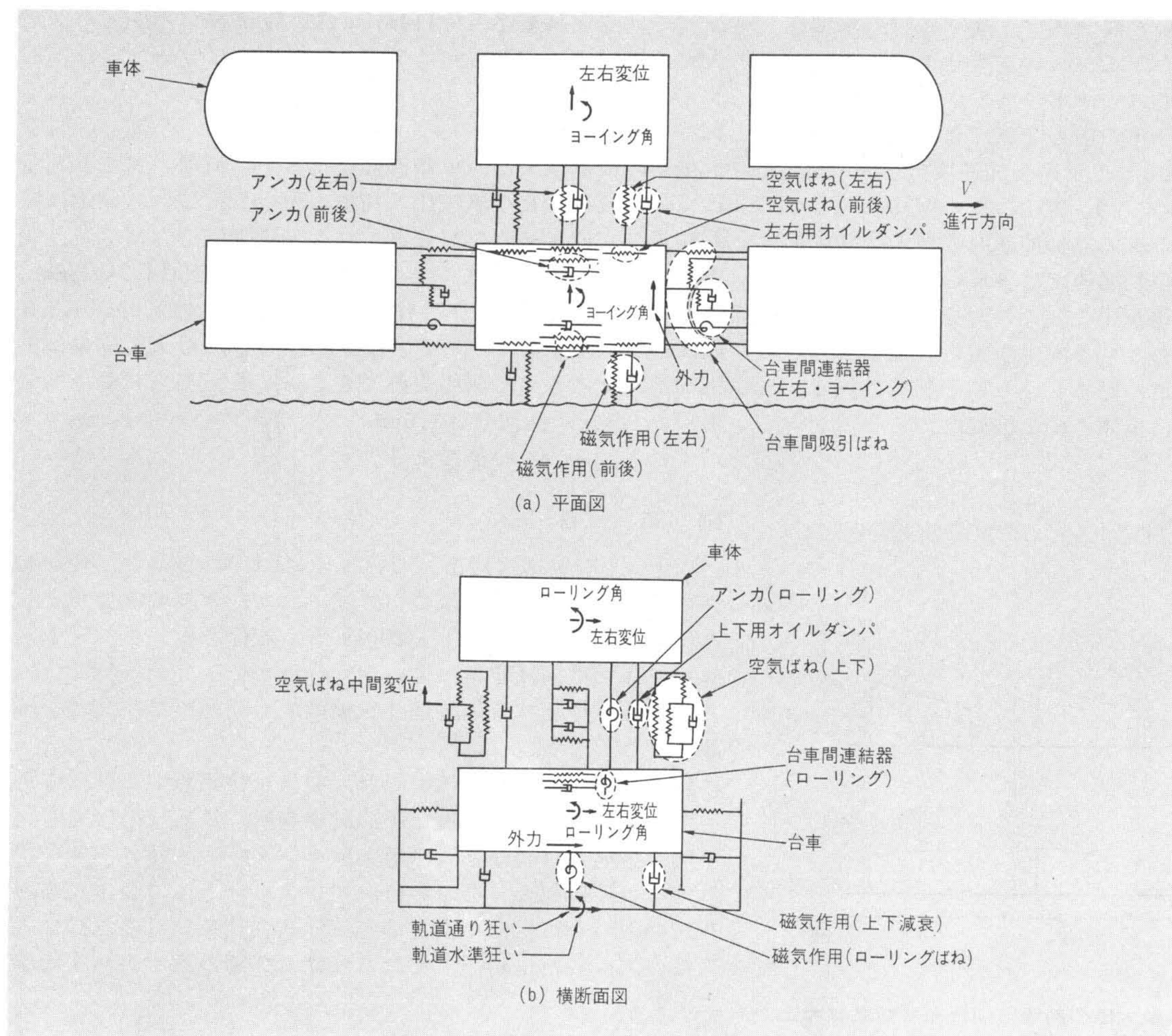


図7 左右、ローリング及びヨーイング系の振動モデル
車体、台車が左右、ローリング、ヨーイング方向に36自由度をもっている。

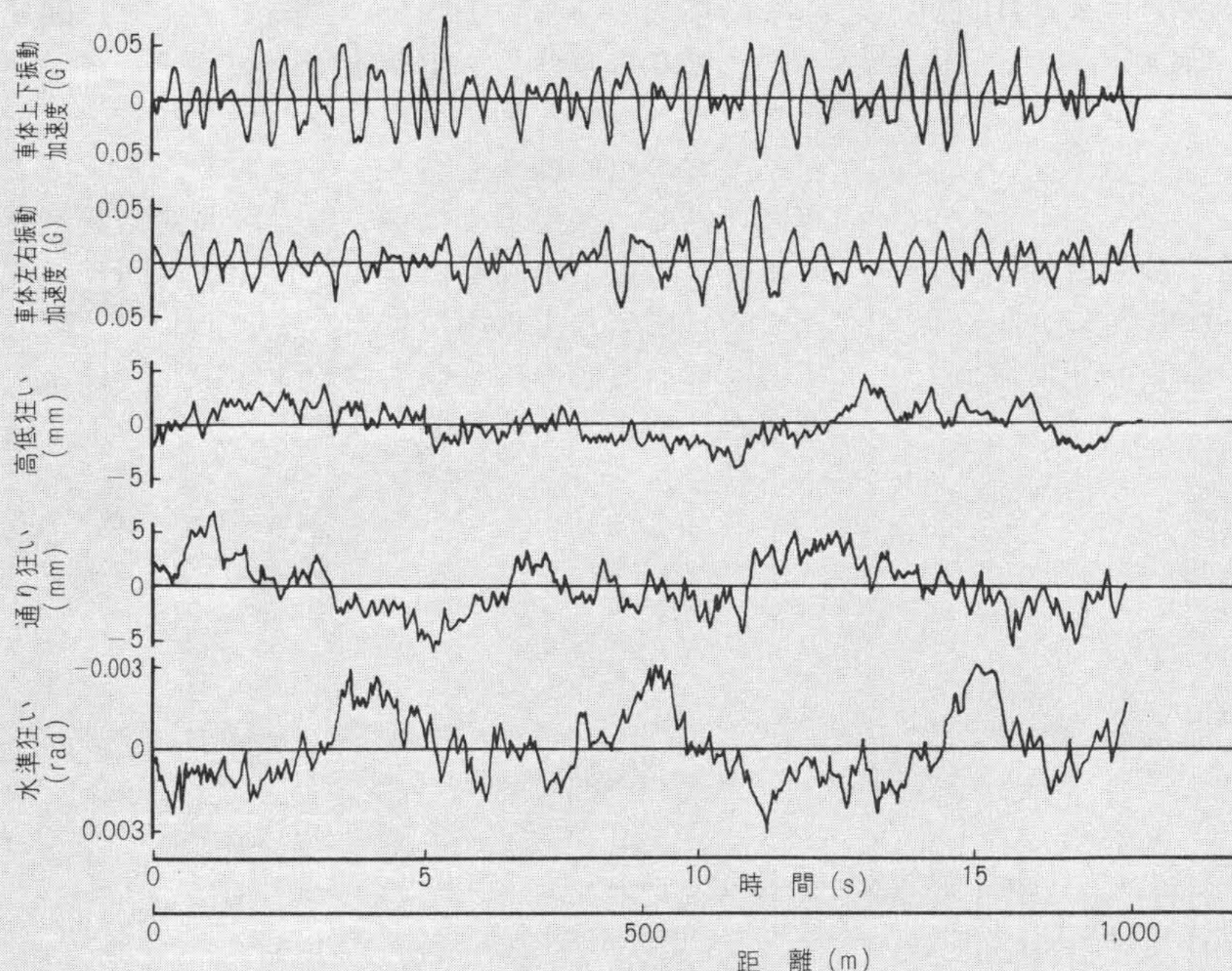


図8 車体振動加速度波形及び軌道不整波形
100m当たり6mmの不整をもつ軌道を想定する場合には、良い乗り心地となる。

在する。

振動モデルの加振源としては、地上コイル面の軌道不整として等価的に入力することとし、100m弦で最大6mmの変位をもつランダム波形を想定した。

3.2 シミュレーション結果

図8に軌道不整として用いた高低狂い、通り狂い、水準狂いのランダム加振波形及びシミュレーション結果を示す。シミュレーション結果は代表的に先頭車の前方空気ばね上部床面の上下振動加速度と、中間車の前方空気ばね上部床面の左右振動加速度波形を示す。図8で上下振動加速度は $\pm 0.045G$ 、左右振動加速度は $\pm 0.042G$ であり、非常に良い乗り心地となっている。3両編成の場合の車体振動加速度の最大値は、図9に示す分布となる。上下振動加速度は各車両の前側のほうが大きく、左右加速度は変化が少ないことが分かる。中間車の振動加速度は大きさ、分布とも1両単車走行の場合とほとんど変わらず、連結器の構造が好ましいものと判断される。

なお、台車の振動加速度は車体の約2倍程度である。

4 荷重試験

台車枠及び車体は、強度を確認するため荷重試験を実施した。

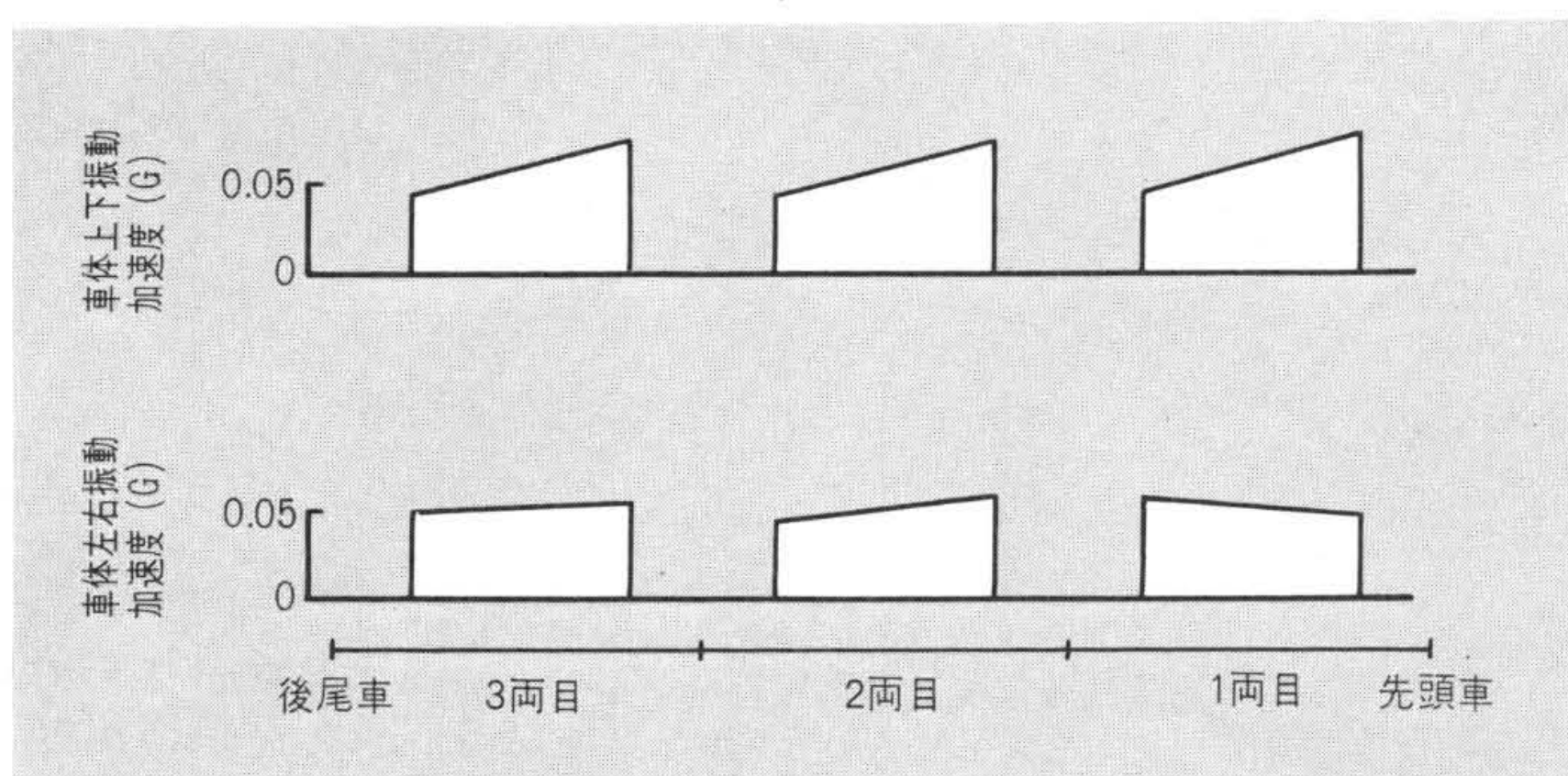


図9 車体振動加速度片振幅最大値の前後方向分布（空気ばね上床面） 上下振動加速度は前側が大きく、左右振動加速度は変化が少ない。

4.1 台車枠荷重試験

台車枠の試験は、自重による上下荷重、最大電磁力による左右荷重、連結部に作用する前後荷重などについて行なった。測定は応力120点、変位量24点に対し行なった。最大実測応力は、側ばりでは上下荷重作用時 $30.4MPa\{3.1kgf/mm^2\}$ 、横ばりでは前後荷重作用時 $114MPa\{11.7kgf/mm^2\}$ であった。最大実測変位量は上下方向は7mm、左右方向は5mmで、ほぼ設計どおりであった。

4.2 車体荷重試験

車体の荷重試験は、車載機器による上下荷重、アンカ荷重による前後荷重及び風圧相当荷重について行ない、測定は応力86点、変位量85点に対し測った。最大実測応力はアンカ荷重作用時アンカ受け部に生じ、その値は $46MPa\{4.7kgf/mm^2\}$ であった。外板では風圧力作用時屋根中央部で $22.5MPa\{2.3kgf/mm^2\}$ で、いずれも問題のない値である。最大変位量は上下荷重によるもので床中央部で3.5mm、風圧相当荷重では側引戸は1.8mm、前面窓は1.6mm、アンテナカバーは1.1mmで、いずれも問題のない値である。

5 結 言

以上、U形軌道に対応した浮上体MLU001の概要、運動特性の検討及び荷重試験について述べたが、3両編成で想定したランダムな軌道不整上を200km/hで走行するときのシミュレーション結果は非常に良い乗り心地となることが予想され、また、台車枠及び車体の強度試験結果も問題のないことを確認することができた。

終わりに、この浮上体の設計、製作に終始懇切な御指導をいただいた日本国有鉄道車両設計事務所、鉄道技術研究所、下関工務局、宮崎浮上式鉄道実験センターの関係各位及び空気力学特性研究委員会の各位、並びに本浮上体の製作に当たり御協力いただいた東京芝浦電気株式会社及び三菱電機株式会社の関係各位に対し、それぞれ深く感謝の意を表わす次第である。