

100系新幹線電車の車両構造

Construction of Series 100 New Electric Cars for Shinkansen

日本国有鉄道では、開業以来21年が経過した東海道・山陽新幹線電車のモデルチェンジ車両の製作が企画され、日立製作所では、16両編成のうち3両(中間電動車2両、制御付随車1両)の製作を担当した。

この電車は、東海道・山陽及び東北・上越新幹線での実績をもとに、2階建車両の導入、アコモデーションの改善、走行抵抗の低減、軽量化、故障処置の迅速化などが盛り込まれており、昭和60年3月の公式試運転などで所期の性能が確認された。

鶴田 仁\* *Hitoshi Tsuruda*

木村謙治\* *Kenji Kimura*

熱野良樹\* *Yoshiki Netsuno*

平石元実\* *Motomi Hiraishi*

1 緒 言

日本国有鉄道では、開業以来21年が経過した東海道・山陽新幹線の車両を、順次編成置き替えする計画を進めている。

今回、この0系新幹線電車のモデルチェンジ車両である100系新幹線電車の量産先行試作車両16両1編成が、企画、製作された<sup>1)</sup>。

日立製作所では、当初からこの計画に参画し、このうち14～16号車(中間電動車2両、制御付随車1両)の3両を製作し、納入した。この車両には、多様化する旅客ニーズへの対応、輸送経費の低減などを目的として、アコモデーションの改善、2階建付随車の導入、車体形状の平滑化と軽量化などの施策が盛り込まれている。

本論文では、その主要仕様、車体・台車構造、車体形状の平滑化及び冷暖房・換気システムについて述べる。

2 100系新幹線電車の概要

100系新幹線電車は、0系及び200系新幹線電車<sup>2)</sup>の使用実績を基に、その間に開発された技術を取り入れ、本格的なモデル

チェンジ車両として完成した車両である。表1に各電車の主要仕様の比較を示す。

新幹線電車は、従来、全電動車による編成であったが、この100系新幹線電車は、両先頭車両と2階建車両2両を付随車とした12M(電動車)、4T(付随車)編成の車両である。運転速度は、時速230kmであるが、将来の時速260km走行を配慮し、パンタグラフ部の騒音を低減するために、パンタグラフ用風防装置、特高压回路の全車両引通しなどの施策ができるように準備した。また、編成質量についても0系新幹線電車に比べ約42tの軽量化を達成した。

2.1 車両の概要

車両の外観については、図1に示すように、従来の新幹線電車のイメージを踏襲しながら、よりスピード感のあふれる先頭形状とし、更に、外部色でも2階建車両に100系新幹線電車のシンボルマークを新たに配置するなど、新形式車両としての特徴づけが行なわれている。

今回導入した2両の2階建車両のうち、1両は食堂車で他

表1 新幹線電車の主要仕様 鋼製構体車両で、2両の2階建車両を組み込んだ12M(電動車)、4T(付随車)編成である。

| 項 目             |             | 名 称 | 0系新幹線電車(東海道・山陽新幹線)               | 200系新幹線電車(東北・上越新幹線)           | 100系新幹線電車(東海道・山陽新幹線)                                    |
|-----------------|-------------|-----|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 車体構造            | 構 体         | 体   | 鋼製溶接構造                           | 軽合金溶接構造                       | 鋼製溶接構造                                                  |
|                 | 床 下         | ぎ 装 | 機器つり下げ方式                         | ボデーマウント方式                     | 機器つり下げ+機器間ふさぎ板方式                                        |
| 台車構造            | 形 式         |     | DT200A                           | DT201                         | M車：DT202<br>T車：TR7000                                   |
|                 | 車 体 結 合     |     | 空気ばね2軸ボギー                        | 空気ばね2軸ボギー                     | 空気ばね2軸ボギー                                               |
|                 | 駆 動 方 式     |     | 歯車継手                             | 歯車継手                          | 歯車継手                                                    |
| 電気方式            | 架 線 電 圧     |     | AC25kV, 60Hz                     | AC25kV, 50Hz                  | AC25kV, 60Hz                                            |
|                 | 主 電 動 機     |     | 185kW×64/16両編成<br>自己通風式          | 230kW×48/12両編成<br>強制風冷式       | 230kW×48/16両編成<br>強制風冷式                                 |
| 制御方式            | 力 行 制 御     |     | 低圧タップ切換段制御                       | サイリスタ連続位相制御                   | サイリスタ連続位相制御                                             |
|                 | ブ レ ー キ 制 御 |     | 発電ブレーキ併用電磁直通ブレーキ                 | 発電ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ           | M車：発電ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ<br>T車：ECB(渦電流ブレーキ)・併用電気指令式空気ブレーキ |
|                 |             |     | ATC速度段に応じた段制御                    | 粘着パターンに沿うチョップ連続制御             | 粘着パターンに沿う制御                                             |
| 構 成             | 構 成         |     | 全電動車(16M)                        | 全電動車(12M)                     | 12M4T                                                   |
|                 | 定 員         |     | 普通車……………1,153人<br>グリーン車……………132人 | 普通車……………833人<br>グリーン車……………52人 | 普通車……………1,153人<br>グリーン車……………132人                        |
|                 | 質 量         |     | 967t/編成                          | 741t/編成                       | 925t/編成                                                 |
| 性 能             | ATC最高速度     |     | 210km/h                          | 210, 240km/h                  | 230km/h                                                 |
|                 | 平たん線均衡速度    |     | 235km/h                          | 255km/h                       | 258km/h                                                 |
|                 | 起 動 加 速 度   |     | 1.00km/h・s                       | 1.50km/h・s                    | 1.60km/h・s                                              |
| 主 な 開 発 検 討 項 目 |             |     | 210km/h運転                        | 耐寒・耐雪構造                       | 2階建付随車                                                  |

注：略語説明 ATC(列車自動制御)

\* 日立製作所笠戸工場





図1 100系新幹線電車の外観 従来の新幹線電車のイメージを踏襲しながら、よりスピード感のあふれる先頭形状とした。

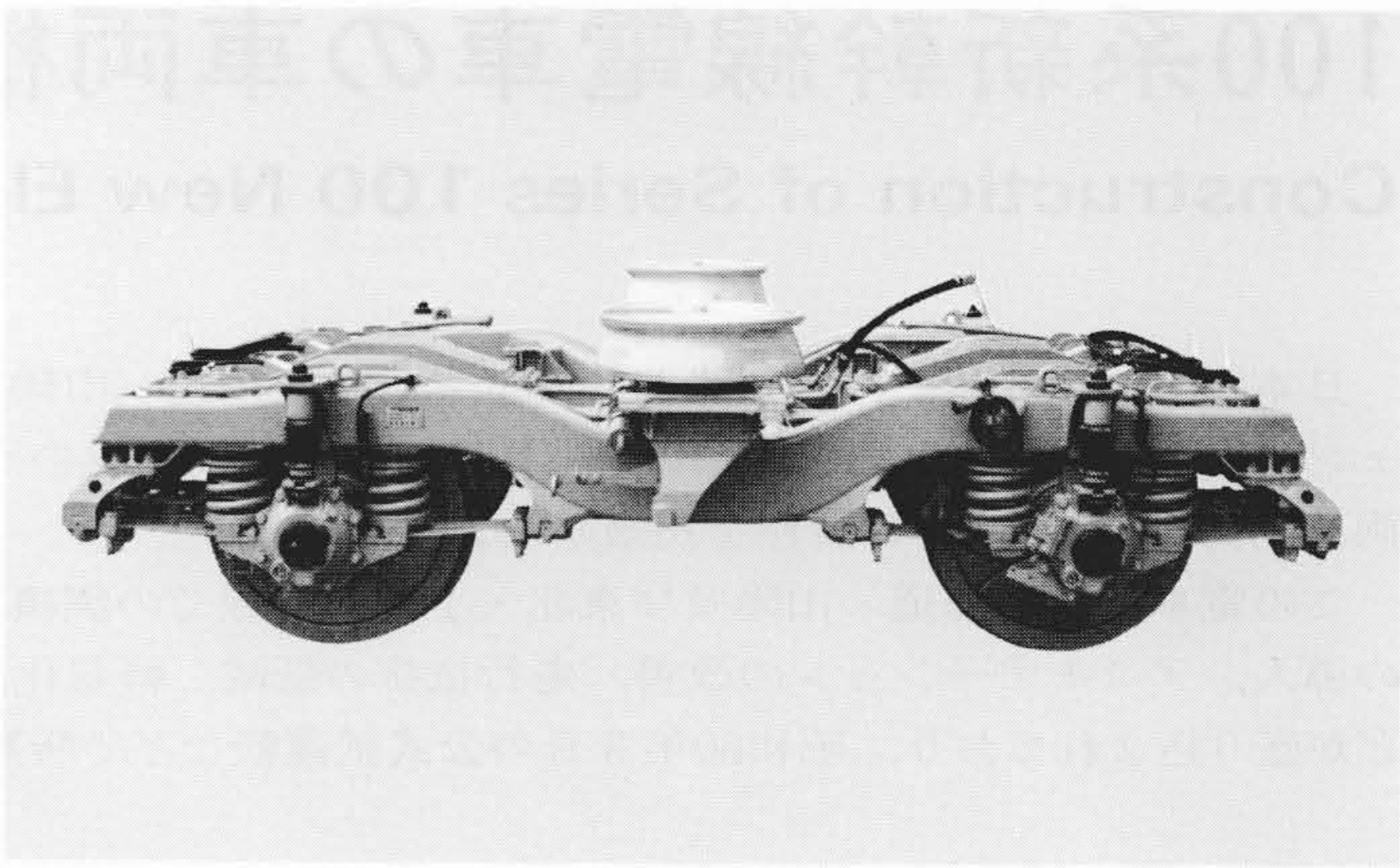


図2 TR7000形付随台車の外観 渦電流式ブレーキが横ばりと端ばりに1軸当たり2台取り付けられており、軸箱には滑走検知用速度発電機が取り付けられている。

はグリーン車である。食堂車については、階上をパントリー（簡易ちゅう房）と定員44人の食堂、階下をちゅう房とした。また、グリーン車については、階上を一般グリーン座席、階下を個人あるいは小人数用の区分室とした。

- 室内では、旅客サービスの向上のために、
- (1) ラインフロー方式の調和空気吹出口の採用
  - (2) 普通車の座席間隔の拡大と全座席とも回転可能なクライニング式腰掛の採用
  - (3) 床面の平滑化を目的とした光電式自動ドアの採用
  - (4) 旅客情報装置の設置

など、アコモデーションの大幅な改良を実施した。更に、室内の内張りには樹脂製の化粧紙を使用し、将来内装替えのできるようにはり替え可能な構造とした。また、客室腰部の内張りには化粧布を使用し、材質感を重視した構造とした。

2.2 台車構造

台車は、DT202形電動台車とTR7000形付随台車であり、基本的には0系新幹線電車用台車の構造を踏襲しているが、車輪のフランジ摩耗低減のため円弧踏面を採用し、合わせて軸箱支持剛性の変更を行なった。また、乗り心地改善のため空気ばねの特性も変更した。付随台車には電気ブレーキが付かないため、電気軌道総合試験車で実績のあるECBブレーキ（渦電流式ディスクブレーキ）を1軸当たり2台ずつ設けた。また、付随台車では軸端に、電動台車では主電動機にそれぞれ速度発電機を取り付け、全軸の滑走検知を可能にした。図2にTR7000形付随台車の外観を示す。

3 構体構造と特性値

100系新幹線電車の構体は鋼製構体で、基本的には0系新幹線電車と同様であるが、屋根構体は、ずい道でのすれ違い時に生ずる車内外の気圧変動に対して強度的に有利な構造とするために、側柱を延長して屋根構体と結び、構体最外殻面を円形に近づけた高屋根構造としてある。また、この屋根外板には、気密構体としては初めてステンレス鋼のビード加工外板<sup>3)</sup>を採用した。この結果、車体長手方向の骨部材の廃止が可能になり、構体の軽量化が図れた。

表2に車体特性値の比較を示す。構体特性値は、骨部材の廃止あるいは薄肉化などの軽量化を行なったにもかかわらず、0系新幹線電車と比較して見劣りのない値となっている。また、完成車体の重心高さは従来より若干高い値となっているが、この値は、2階建車両の場合も含め走行上問題のない値である。

図3に、ずい道内走行時の車外の圧力変動により発生する構体側柱部の応力値を示す。走行時に発生する応力値は、定置での気密応力試験時の値よりも小さくなっている。このことから、定置試験での応力値は安全側であり、定置試験の有効性が確認された。

4 運転室構造

運転室は、客室定員を確保するとともに、スペースの有効活用を図るため、従来の運転台・機器室のほかに、乗務員室

表2 車体特性値の比較 軽量化を達成し、かつ従来の新幹線電車と比較して見劣りしない特性値を得ることができた。

| 特性値     |                                                                         | 100系新幹線電車                        |                                  |                                  |                                  |                                  | 0系新幹線電車                          |                                  |                                  | 備 考       |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|
|         |                                                                         | 形式 124                           | 形式 125                           | 形式 116                           | 形式 149                           | 形式 168                           | 形式 21                            | 形式 25                            | 形式 16                            |           |
| 構 体     | 相 当 曲 げ 剛 性<br>(GN・m <sup>2</sup> )<br>{kgf・mm <sup>2</sup> }           | 1.71<br>{1.74×10 <sup>14</sup> } | 2.44<br>{2.49×10 <sup>14</sup> } | 2.27<br>{2.32×10 <sup>14</sup> } | 6.31<br>{6.44×10 <sup>14</sup> } | 5.00<br>{5.10×10 <sup>14</sup> } | 1.72<br>{1.75×10 <sup>14</sup> } | 1.71<br>{1.74×10 <sup>14</sup> } | 2.14<br>{2.18×10 <sup>14</sup> } | —         |
|         | 相 当 ね じ り 剛 性<br>(GN・m <sup>2</sup> /rad)<br>{kgf・mm <sup>2</sup> /rad} | —<br>—                           | 0.73<br>{74.0×10 <sup>12</sup> } | 0.82<br>{83.5×10 <sup>12</sup> } | 1.39<br>{142×10 <sup>12</sup> }  | 1.48<br>{151×10 <sup>12</sup> }  | 0.53<br>{54.3×10 <sup>12</sup> } | 0.45<br>{45.7×10 <sup>12</sup> } | 0.53<br>{53.6×10 <sup>12</sup> } | —         |
|         | 曲 げ 固 有 振 動 数 (Hz)                                                      | 12.0                             | 12.5                             | 11.8                             | 15.0                             | 12.2                             | 10.1                             | 11.1                             | 11.5                             | —         |
|         | ね じ り 固 有 振 動 数 (Hz)                                                    | —                                | 5.2                              | 4.3                              | 5.0                              | 13.3                             | 4.5                              | 4.2                              | 5.2                              | —         |
|         | 構 体 の 長 さ (m)                                                           | 25.2                             | 24.5                             | 24.5                             | 24.5                             | 24.5                             | 24.5                             | 24.5                             | 24.5                             | —         |
|         | 構 体 の 自 重 (kg)                                                          | 9,340                            | 9,060                            | 9,540                            | 12,800                           | 13,708                           | 10,150                           | 9,740                            | 9,800                            | 試験時の質量    |
|         | 曲 げ 固 有 振 動 数 (Hz)                                                      | —                                | —                                | 6.7                              | —                                | 9.4                              | 6.8                              | 8.7                              | 7.8                              | —         |
| 完 成 車 体 | 重 心 の 高 さ (m)                                                           | 1.808                            | 1.731                            | 1.945                            | 1.838                            | 1.913                            | 1.75                             | 1.56                             | 1.71                             | レール面からの高さ |
|         | 車 体 の 自 重 (kg)                                                          | 28,826                           | 33,460                           | 35,943                           | 34,903                           | 37,399                           | 37,850                           | 35,990                           | 36,810                           | 試験時の質量    |
|         | 車 体 の 高 さ (m)                                                           | 4.0                              | 4.0                              | 4.0                              | 4.49                             | 4.49                             | 3.975                            | 3.975                            | 3.975                            | レール面からの高さ |
| 備 考     |                                                                         | 先頭車                              | 中間車                              | グリーン車                            | 2階建<br>グリーン車                     | 2階建<br>食堂車                       | 先頭車                              | 中間車                              | グリーン車                            | —         |



(添乗員及び車掌用)とレールアンドゴーサービス(新幹線小荷物便)用格納室を併設した構造としている。

運転台は、0系・200系新幹線電車の実績を踏まえ高床構造としたが、高速化に伴う運転士の疲労を更に軽減するため、視認性の向上、室内環境の改善を実施し、人間工学に基づいた設計としている。また、保安度向上のため、応急処置の迅速化が図れるモニタ装置・リモートコントロール回路などの最新技術を導入している。

図4に、100系新幹線電車での運転台の検討課題とその実施例を示す。また、図5に運転台構造の外観を示す。

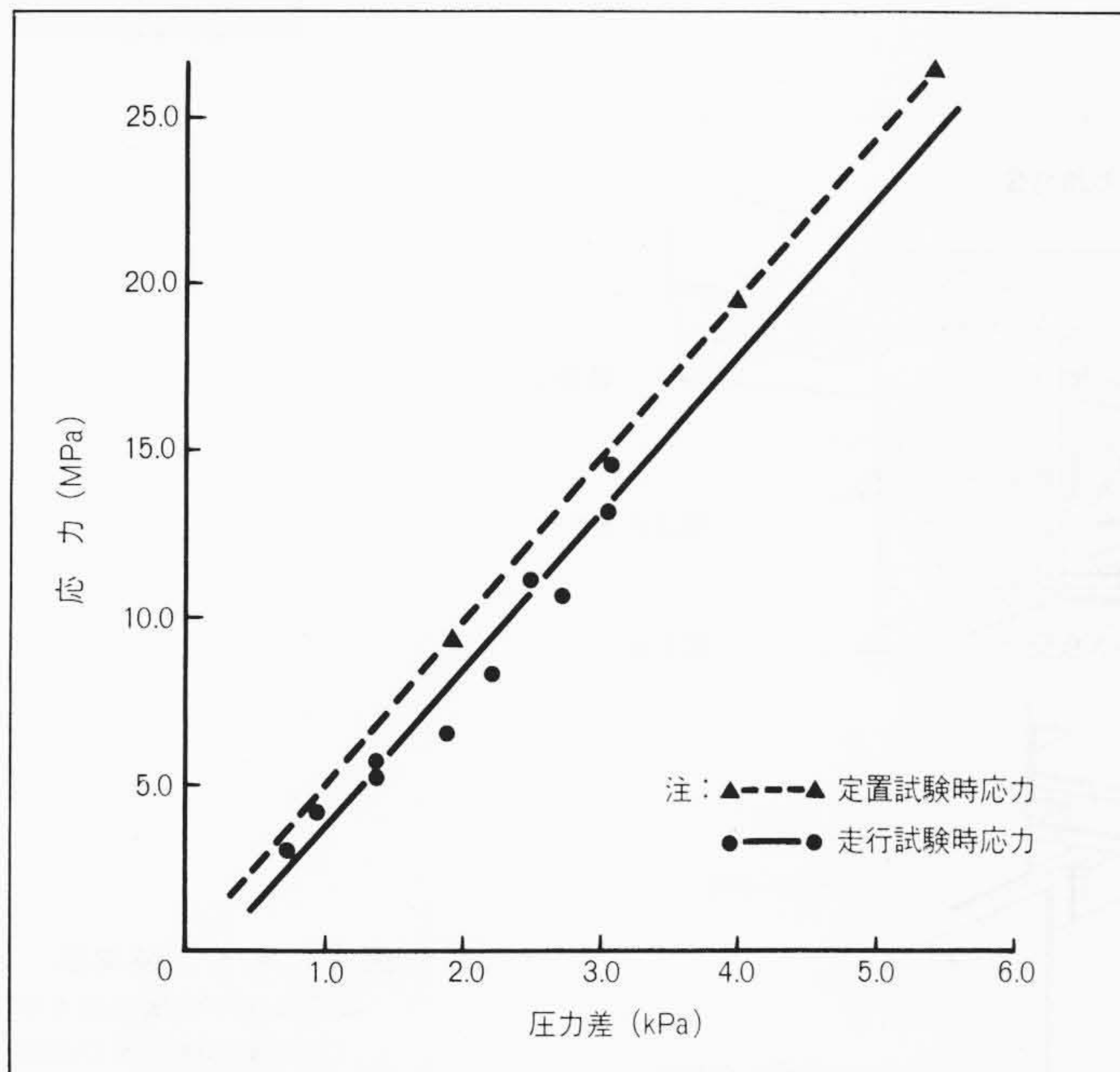
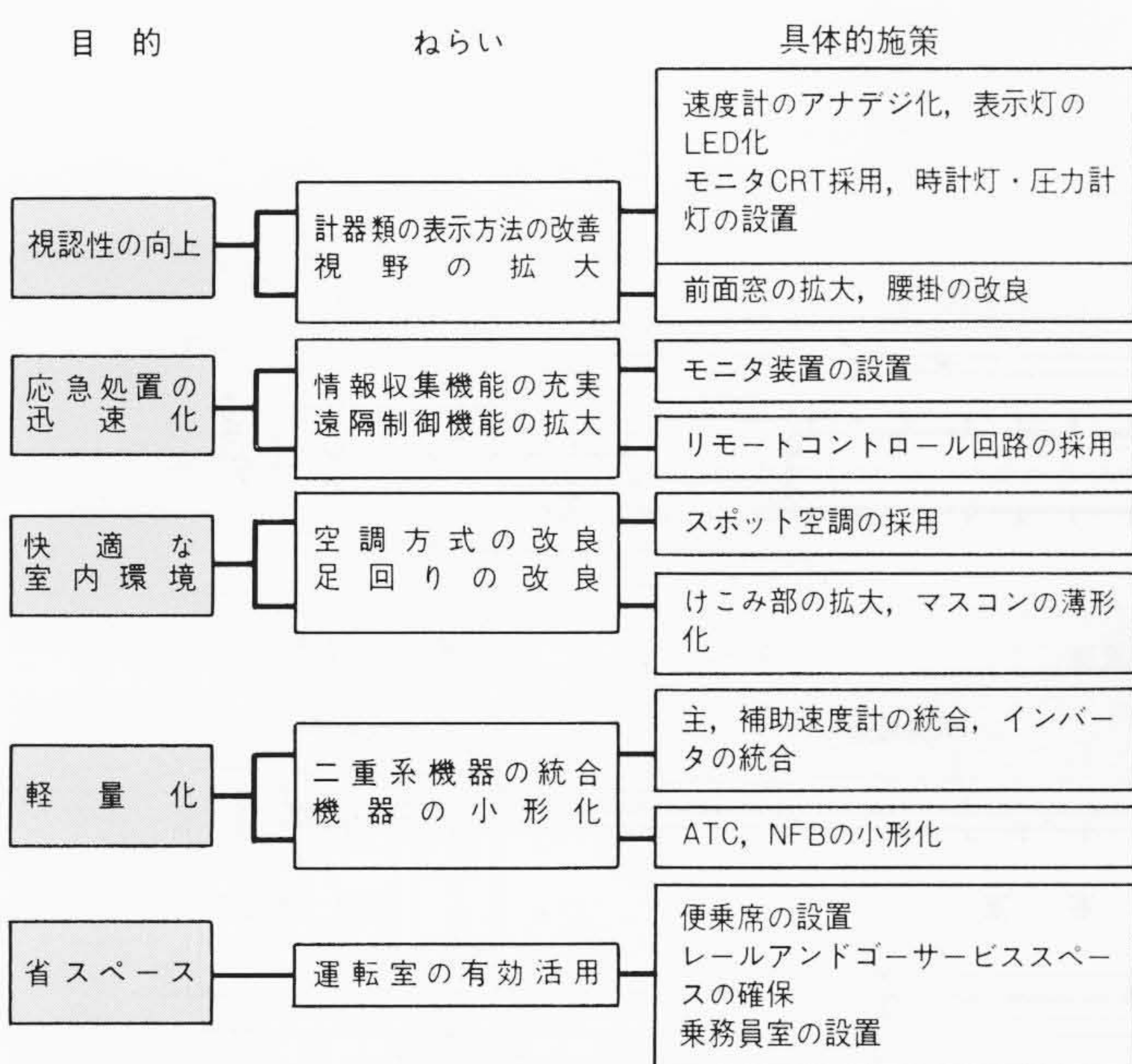


図3 車内外圧力差と側柱部応力の関係 横軸は、車内外の圧力差である。走行時の応力値は、定置試験時の値より小さい。



注：略語説明 LED(発光ダイオード), CRT(Cathode Ray Tube)  
ATC(列車自動制御), NFB(配線用遮断器)

図4 運転台の検討課題と実施例 運転台の検討は、高速運転時の乗務員の負担軽減を重視している。



図5 運転台構造の外観 操作性、視認性向上のため、CRT、LED表示灯、アナデジ速度計を採用している。

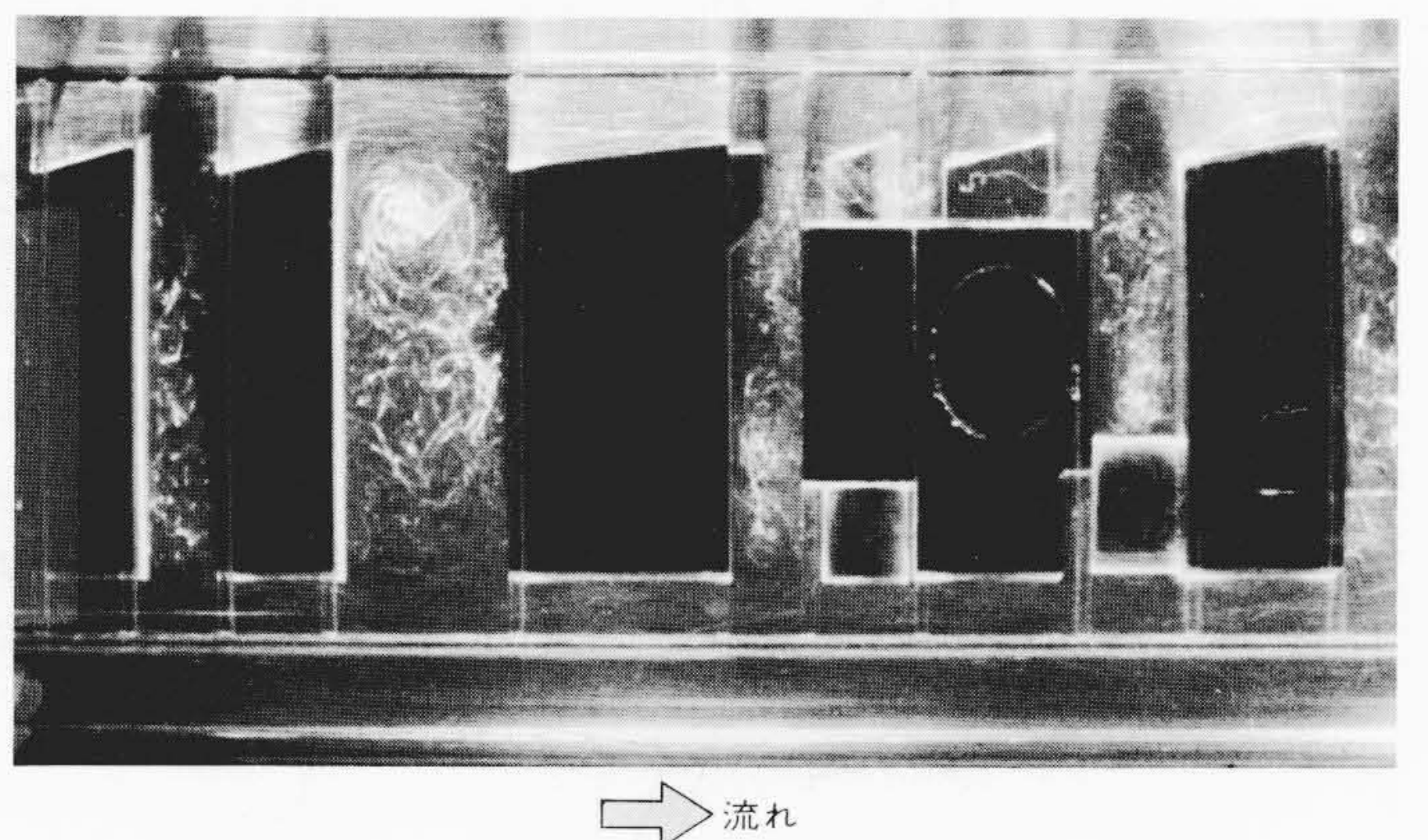


図6 床下機器付近の流れの状態 床下機器付近の平面写真を示す。流れの観察は気泡をトレーサとした懸濁法(水流)による。ふきぎ板のない場合は機器間で渦流が生じ、着雪の成長が予想される。

## 5 車体形状の平滑化

100系新幹線電車では、輸送経費の低減と冬季での安定輸送の実現が課題となっていた。このため、高速時の走行抵抗を低減させるとともに、冬季の着雪抑制を目的として、車体形状の平滑化に取り組んだ。

### 5.1 先頭形状

先頭形状は、0系新幹線電車のイメージを踏襲しながらも空気抵抗が小さく、またいっそうのスピード感を表現したデザインとしている。

先頭部の空気抵抗係数については、風洞試験により比較検討を行ない、0系対比0.86を達成することができた。

また、先頭形状線図は、この模型を3次元ディジタイザで解析し、GRADASS(Graphics System for Design and Manufacturing Assistance)を使用した対話形CAD(Computer Aided Design)により作成した。

### 5.2 床下装置方式

0系新幹線電車では、冬季での関ヶ原付近の雪害のため、速達性が阻害され、安定輸送に支障を来していた。このため、流れの可視化手法を用いて、床下機器近傍の流れを観察し、着雪抑制構造の検討を行なった。図6に、その観察結果を示す。



また図7に、着雪抑制構造の検討項目及びその方策を示す。  
これらの検討から、床下装置方式としては次の項目を採用した。  
(1) 床下機器は、関連する寸法を統一し、側面及び底面を平滑化する。  
(2) 床下機器間には、雪の侵入防止及び平滑化のため、底面・側面に着脱容易なふさがり板を設置する。  
(3) 車端部は、雪の付着及び走行抵抗を考慮し、平滑な後退斜面とする。

図8に、床下装置構造を示す。  
これらの施策による走行抵抗の低減は、走行試験により確認されている。

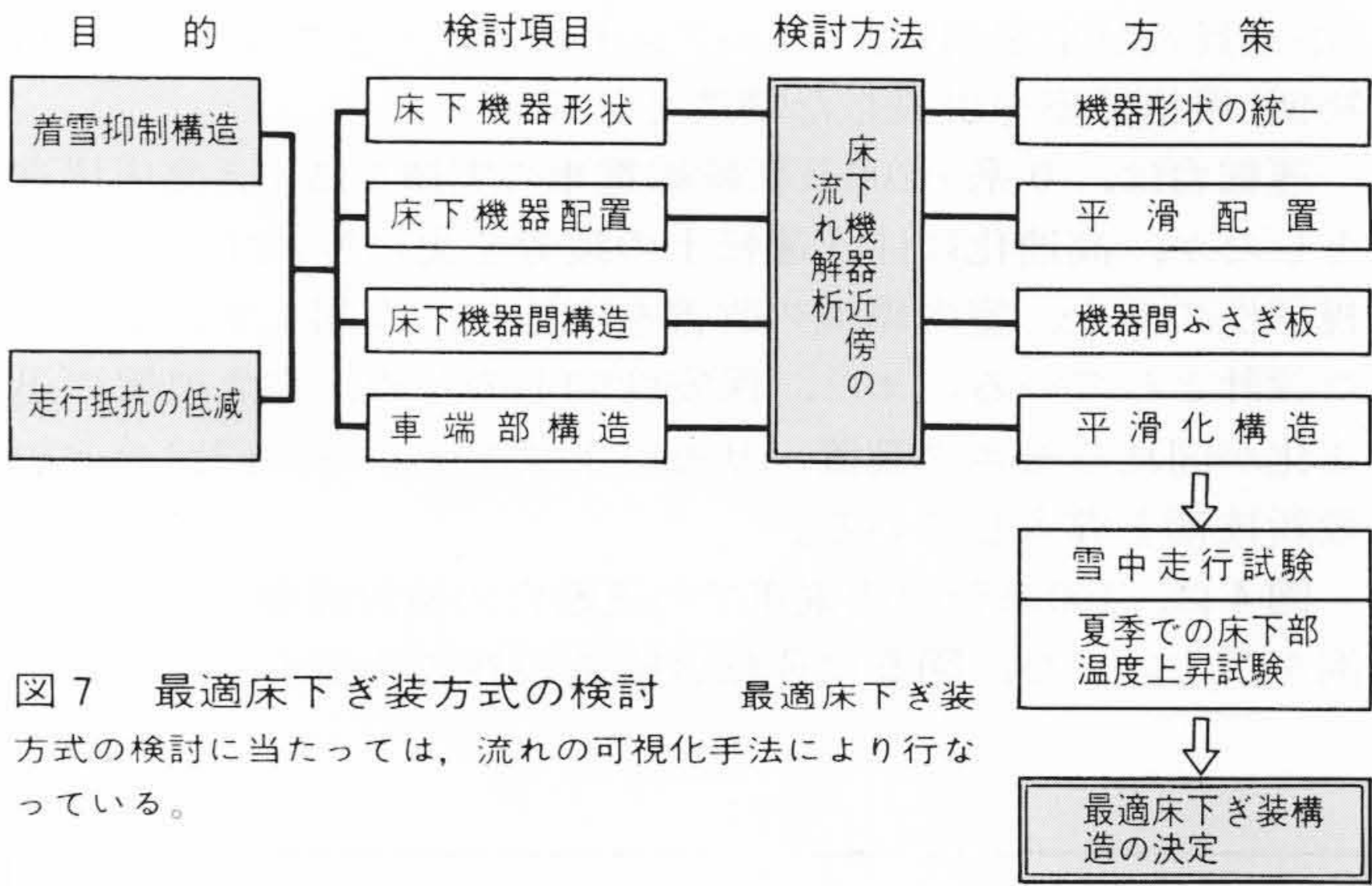


図7 最適床下装置方式の検討  
最適床下装置方式の検討に当たっては、流れの可視化手法により行なっている。

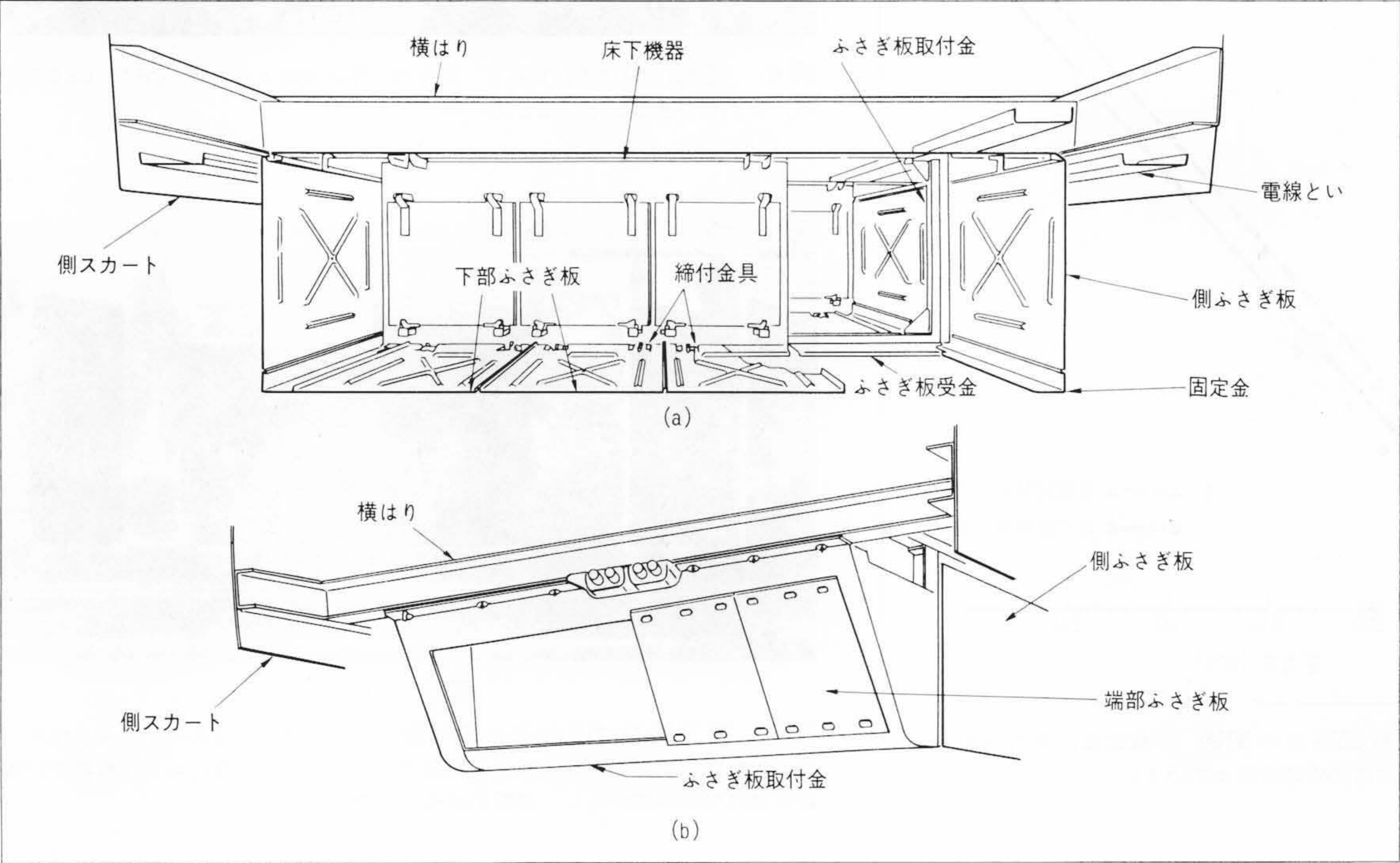


図8 床下装置構造  
(a)図は床下の横断面を示し、床下機器側面及び底面にふさがり板を設置した。  
(b)図は車端部の後退斜面を示す。走行試験の結果、走行抵抗の低減が確認されている。

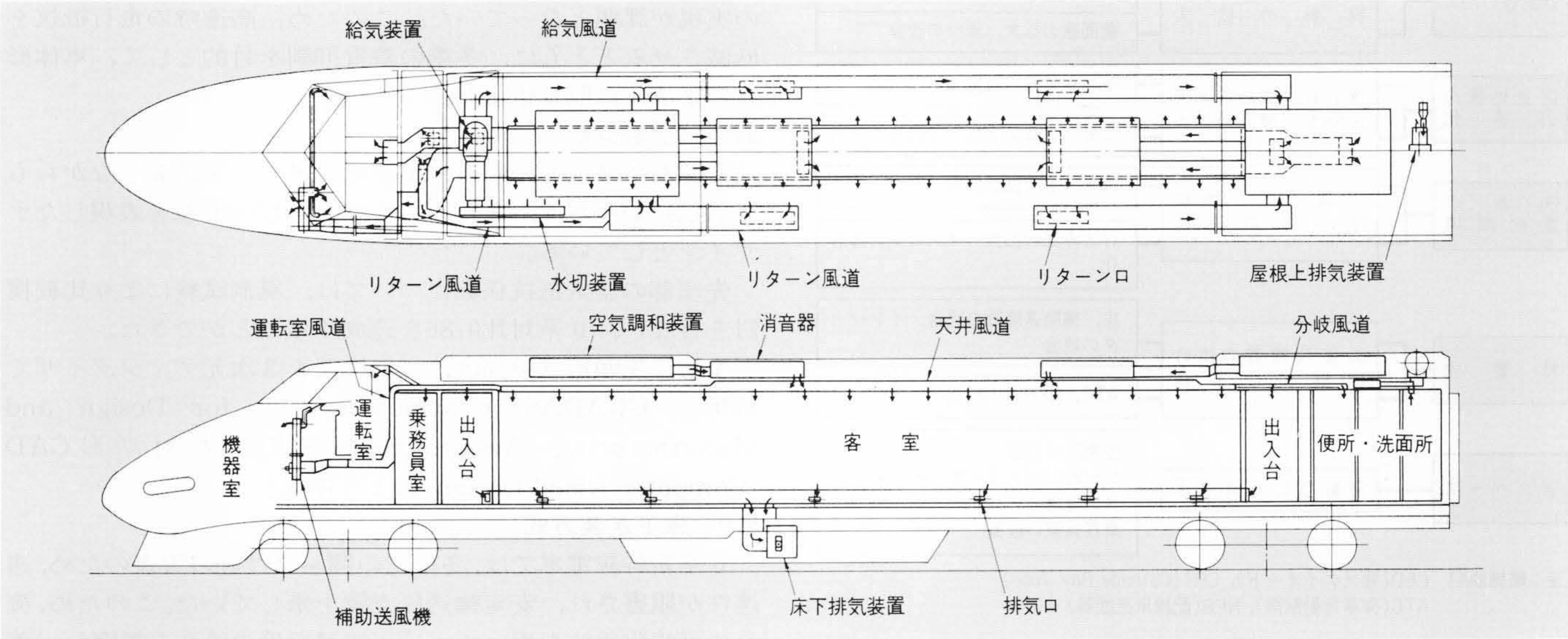


図9 冷暖房・換気システム  
100系新幹線電車の先頭車の冷暖房・換気システムを示す。図中矢印の方向が風の流れを示している。



## 6 冷暖房・換気システム

100系新幹線電車の冷暖房・換気システムを図9に示す。換気方式は、0系及び200系新幹線電車と同様に、ずい道でのすれ違い時に生ずる車外の圧力変動に対して、車内圧を一定に保つようにした連続換気方式で、いわゆる「耳ツン」を防ぐものである。冷暖房システムは、一般車では、前後車端の低屋根部に大形ヒートポンプ式空調を設けた準集中方式である。また、2階建車両では、車両の低重心化を図るために、一部の空調装置をセパレート形ヒートポンプ式空調とした。

### 6.1 冷暖房システム

客室内の快適性の向上を図るために、室内の低騒音化と温度・風速分布の均一化について検討を行なった。室内の低騒音化の一施策として、天井風道の一部に消音器を設置して、空調装置の騒音が客室内に侵入することを防止した。また、客室内の温度・風速分布の均一化を図るために、調和空気の吹出口をラインフロー方式とするとともに、床上の排気口の最適位置を「3次元気流シミュレータ」を用いて決定し、その効果を現車試験により確認した。シミュレーションでの要素分割を図10に、温度分布を図11に示す。

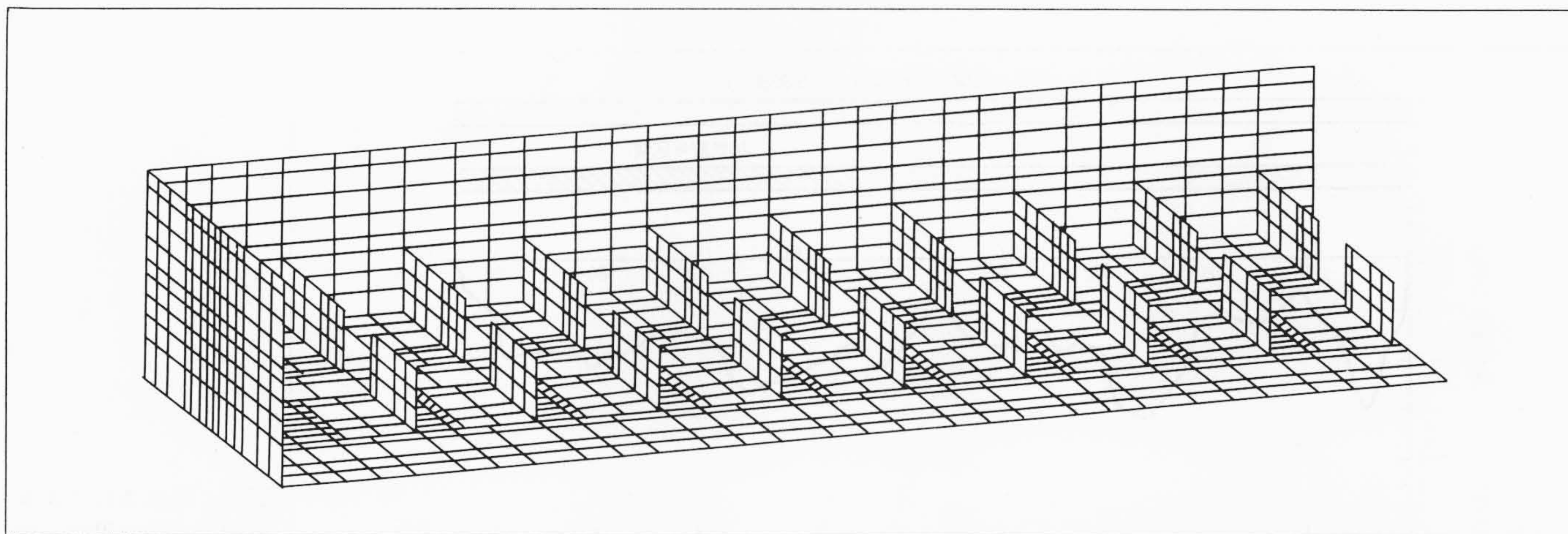


図10 シミュレーション用車体要素分割図 障害物として腰掛、テーブル及び荷物棚を考慮し、客室長手 $\frac{1}{2}$ をモデル化した。

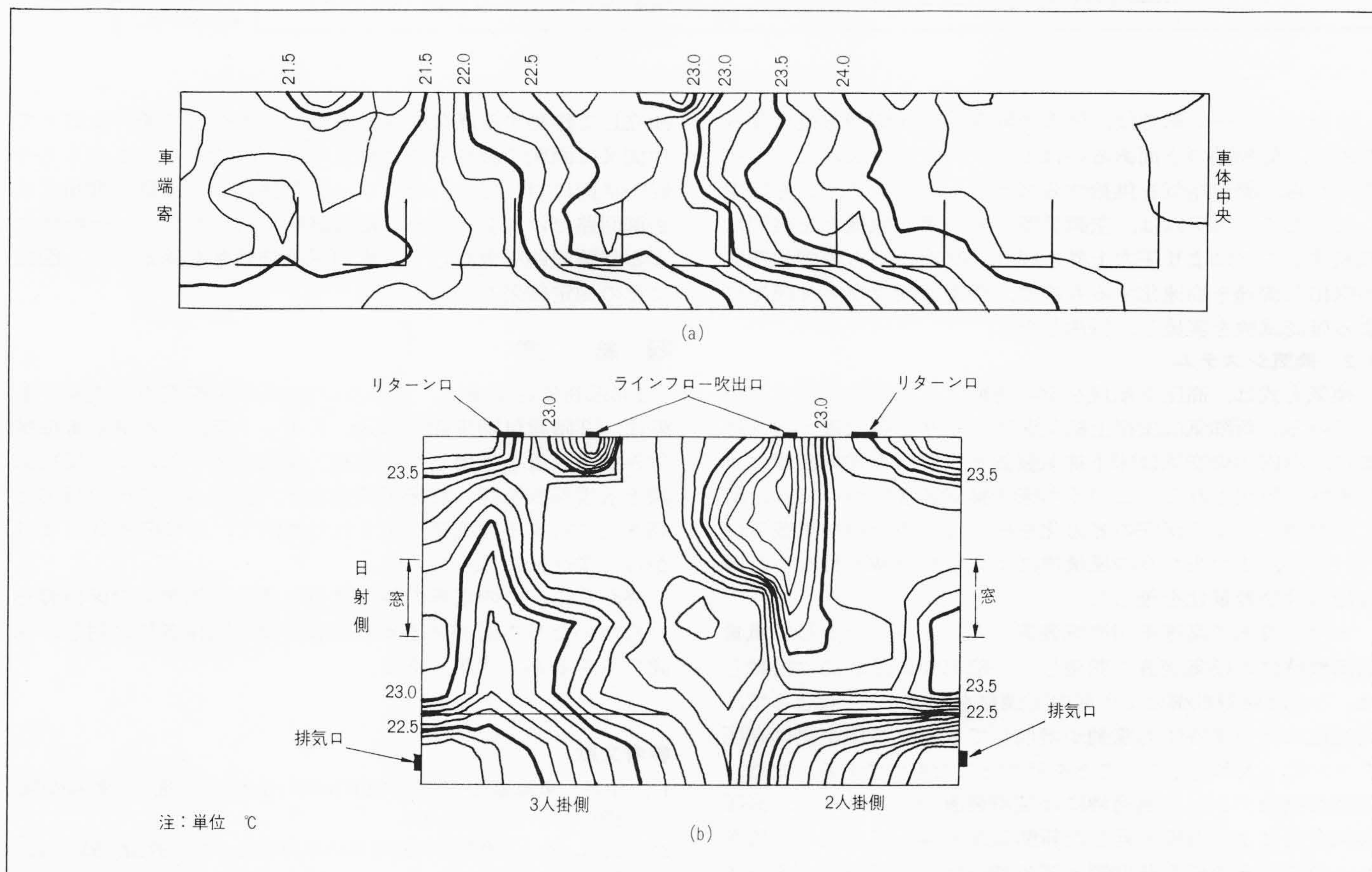
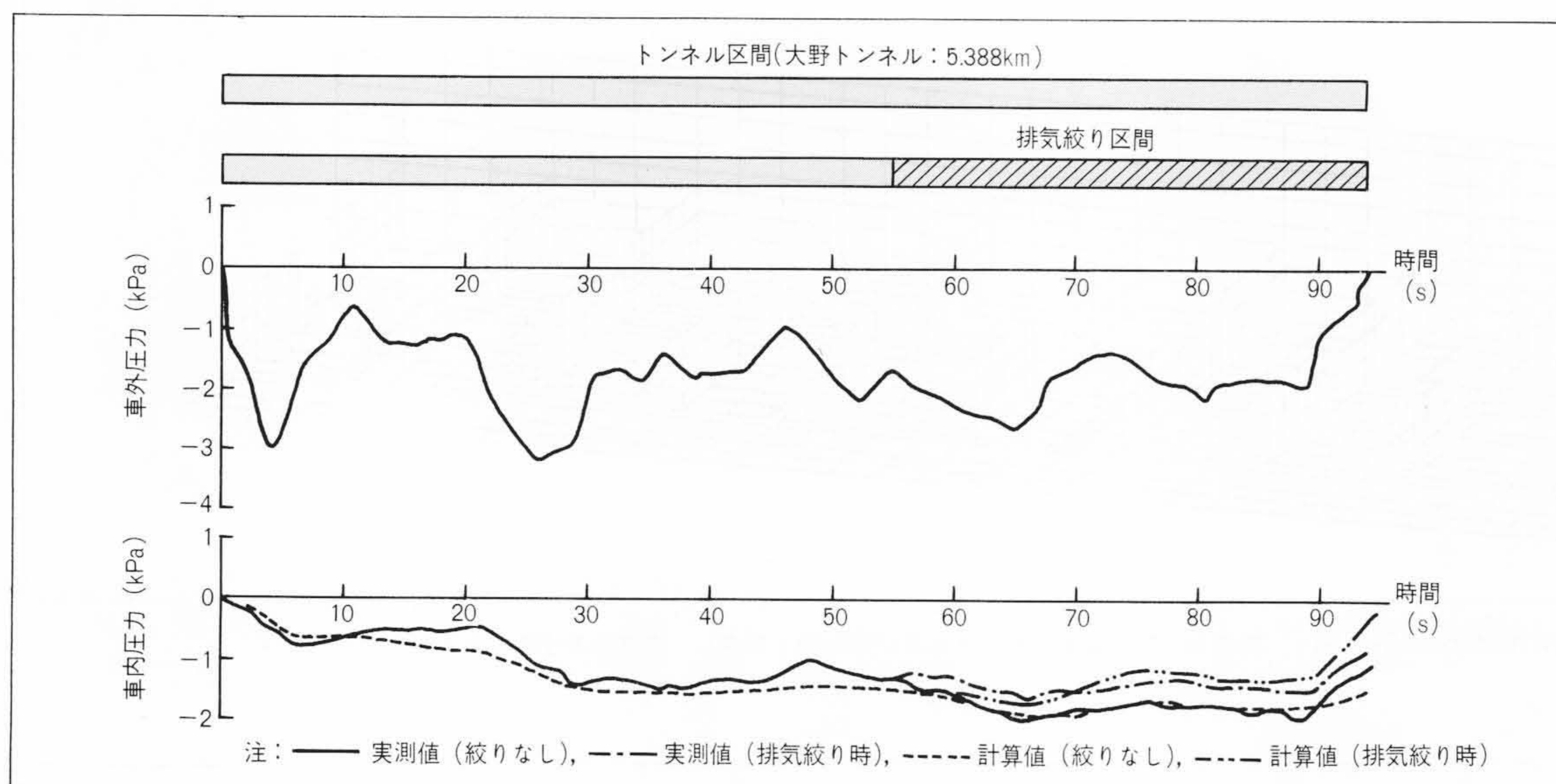
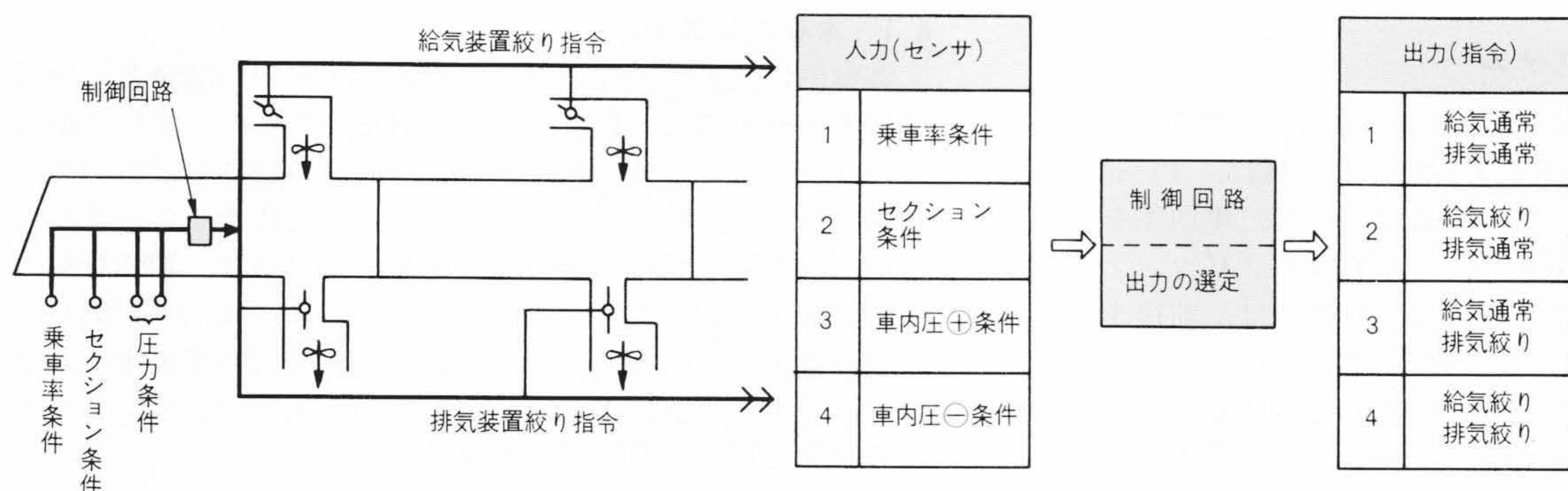


図11 客室内温度分布 シミュレーションにより得られた客室内温度分布を示す。(a)図は2人掛腰掛中心の車体長手方向断面で、(b)図は腰掛座面中心での車幅方向断面である(日立エネルギー研究所開発の“THERVIS-III”による出力図である)。





また、グリーン車では、個人の好みに合う環境を提供するために、荷物棚の下面あるいはカーテンキセに設けられた吹出口から、調和空気を供給するスポット空調システムを採用した。このシステムは、空調装置と昇圧用送風機とを直列に接続することにより圧力上昇を図り、吹出口からの調和空気の吹出し流速を高速化するもので、要素試験及び実寸模型による確認試験を実施し、採用した。

## 6.2 換気システム

換気方式は、高圧送風機を常時運転する連続換気方式を用いている。新鮮気は屋根上給気装置により空調装置へ送り込まれ、車内汚染空気は床下排気装置及び便所用排気装置により車外へ放出される。このうち床下排気装置については、耐じん性向上による保守の省力化を施した。便所用排気装置については、1台当たりの風量増による台数削減を行ない、騒音低減及び軽量化を施した。

また、将来の高速車用換気装置へのアプローチとして風量制御機構付き換気装置を開発し、一部車両に試験的に搭載した。これは風量制御により車内圧調整を行なうことによって、高速化に伴い車外圧力変動が増加しても装置自体が更に高圧ファン化、大形化しないことを目的としたものである。また、架線切換セクション通過時には空調装置が一時停止し、高圧換気装置により温度上昇した新鮮気が連続して車内に供給されるので、その侵入量抑制と閑散時の換気量削減による省エネルギー効果をもねらったものである。図12に風量制御システムを示す。これは給気装置、排気装置の吸込側にそれぞれ

独立して作動する風量絞り弁を設け、走行時の条件に応じて片側又は両側の絞り弁を作動させるものである。このうち今回の車両に対しては、セクション条件により風量を抑制する制御回路だけ実装したが、走行試験時に手動スイッチ操作による試験回路を仮設して、車内圧調整効果を確認した。図13にその測定結果を示す。

## 7 結 言

100系新幹線電車は、0系及び200系新幹線電車の実績を基盤に、2階建付随車両の導入、スポット空調・風量制御機構付き換気装置を採用した冷暖房・換気システム、走行抵抗低減と着雪抑制を図った床下構造など、旅客ニーズへの対応と高速化に対する諸施策が施された車両で、昭和60年10月1日から営業運転に入っている。

終わりに、この電車の製作に当たり、終始懇切な御指導をいただいた日本国有鉄道車両局設計課の関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

## 参考文献

- 1) 望月：東海道・山陽新幹線用100系(量産先行)電車，車両技術，170，3～19(昭60-6)
- 2) 服部，外：200系新幹線電車の車両構造，日立評論，63，11，749～752(昭56-11)
- 3) 藤田，外：軽量ステンレス車両構体の開発，日立評論，64，12，905～910(昭57-12)