

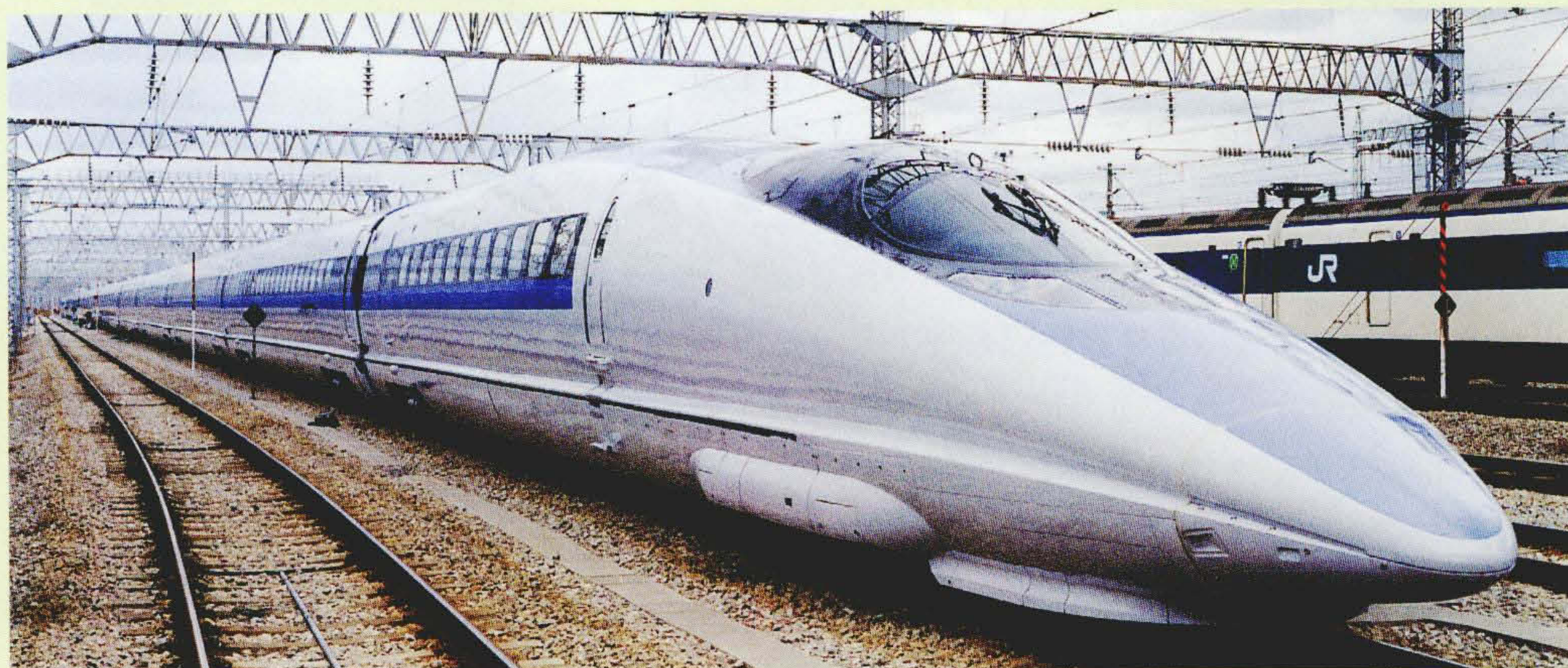
新型高速新幹線電車

—西日本旅客鉄道株式会社500系車両および東日本旅客鉄道株式会社E2系車両—

High-Speed Electric Cars for New Shinkansen

木村謙治* Kenji Kimura 田中博文** Hirofumi Tanaka
平石元実* Motomi Hiraishi 近藤 久*** Hisashi Kondô

(a) 500系新幹線車両



(b) E2系新幹線車両

新型高速新幹線車両

現在試験走行中の西日本旅客鉄道株式会社「500系新幹線車両」、および東日本旅客鉄道株式会社「E2系新幹線車両」を示す。1997年3月からの開業を控えて試験走行を繰り返している。

JR各社では、次世代新幹線車両として各種の新型高速新幹線電車の開発を推めている。

このニーズにこたえるために日立製作所は、高速でかつ環境対策および乗り心地を重視した技術開発を推進し、西日本旅客鉄道株式会社に500系新幹線電車を、東日本旅客鉄道株式会社にE2系新幹線電車をそれぞれ納入した。

500系新幹線電車は、わが国初の300 km/h営業運転を

目指し、1992年度からの“WIN350”試験電車による各種技術開発成果を盛り込んだ最新鋭車両である。E2系新幹線電車は、1997年に開業する秋田新幹線の併結用、および長野オリンピックに合わせて開業する北陸新幹線(高崎—長野間)に投入予定の新型車両である。

いずれの車両も営業投入を間近に控え、試験走行を繰り返し行っている。

*日立製作所 笠戸工場 **日立製作所 デザイン研究所 ***日立製作所 水戸工場

1. はじめに

新幹線電車は1964年に東京-新大阪間で開業以来30年余りを経ており、その車両も進歩・改良が図られてきた。1992年の300系「のぞみ号」の登場はわが国の新幹線電車の高速化の先駆けとなり、山形新幹線400系「つばさ」の登場は新幹線・在来線の直通運転を実現し、オール2階建“Max”の登場では大量通勤輸送も果たしている。新幹線電車の路線図と沿革を図1に、新幹線電車の主要諸元を表1にそれぞれ示す。

このような新幹線網の多様化の中で、1997年には新たに、西日本旅客鉄道株式会社では300 km/hの営業運転を目指す500系の登場、新幹線電車の新線延伸として秋田新幹線の開業(東京-盛岡-大曲-秋田間：E3系「こまち」)、長野オリンピックに合わせた北陸新幹線の開業(東京-高崎-軽井沢-長野間：E2系)、「のぞみ」の後継車であるN300系の開発と、高速新幹線電車が続々登場する。

ここでは、日立製作所が取り組んでいる新型新幹線電車の車両デザイン、車体構造、台車構造、および主回路システムの概要について述べる。

2. 車 体

2.1 日立製作所における取組み

新幹線電車の開発にあたっては、信頼性、快適性、環境適合性の3要素を軸に進めている。近年、航空機との競合などによっていっそうの高速化が望まれているが、

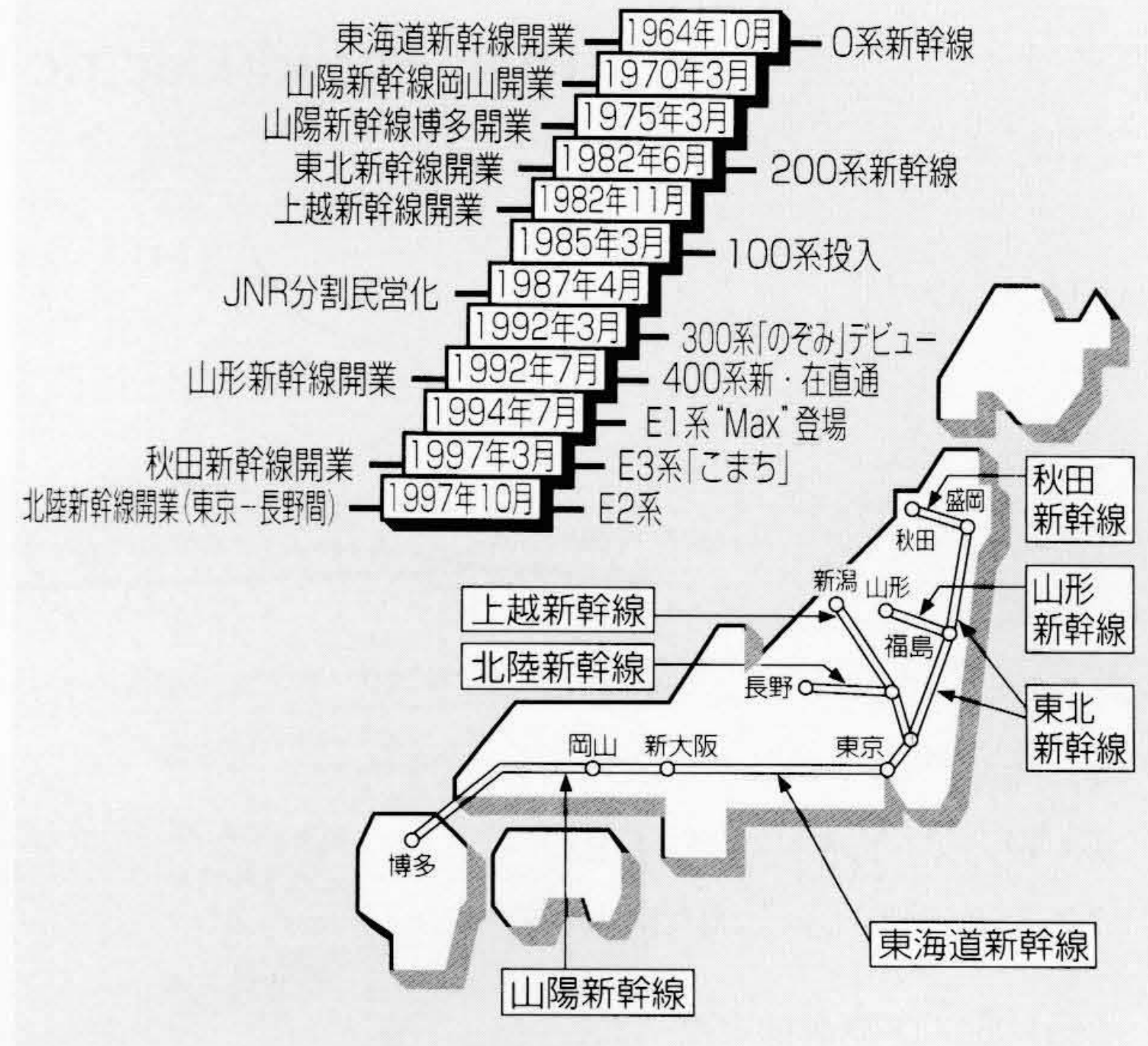


図1 新幹線電車路線図と沿革

1964年に東京-新大阪間に「ひかり」が登場して以来、新幹線網は全国各地へ広がっている。

沿線環境に対する騒音、とりわけトンネル突入時に出口から衝撃音が発生する微気圧波が問題となっている。このため日立製作所は、デザイン、空力解析、車体設計、生産方式の各分野で研究開発を行っている。また車両デザインでは、ドイツのノイマイスターデザイン社と共同して研究を行っている。

2.2 車両デザイン

300 km/hでの営業運転を目指す500系車両では、エクステリアデザインを担当した。山陽新幹線路線はトンネ

表1 新幹線電車の主要諸元表

高速化とともに、新幹線電車の多様化も進んでいる。

線 区	東海道・山陽新幹線				東北・上越新幹線			山形新幹線	秋田新幹線	
型 式	0系	100系	300系	500系	200系	E1系	E2系	400系	E3系	
愛 称	ひかり・こだま	ひかり・こだま	のぞみ	—	やまびこ・あさひ・あおば・とき・なすの	Max	—	つばさ	こまち	
基本編成(両)	16	16	16	16	12	12	8	7	5	
電気方式	AC25 kV 60 Hz	AC25 kV 60 Hz	AC25 kV 60 Hz	AC25 kV 60 Hz	AC25 kV 50 Hz	AC25 kV 50 Hz	AC25 kV 50/60 Hz	AC25・20 kV 50 Hz	AC25・20 kV 50 Hz	
最高営業運転速度 (km/h)	220	240	270	300	240 (275)	240	275	240・130	275・130	
定員 (人)	普通	1,153	1,153	1,123	1,124	833	1,133	579	375	247
	グリーン	132	132	200	200	52	102	51	20	23
	計	1,285	1,285	1,323	1,324	885	1,235	630	395	270
車体構造	鋼製	鋼製 (一部2階建)	大型アルミ形材	アルミハニカム	アルミ製	鋼製 (オール2階建)	大型アルミ形材	鋼製 (新・在直通)	大型アルミ形材 (新・在直通)	
制御方式	タップ切換 段制御	サイリスタ 位相制御	VVVF インバータ制御	VVVF インバータ制御	サイリスタ 位相制御	VVVF インバータ制御	VVVF インバータ制御	サイリスタ 位相制御	VVVF インバータ制御	
1両平均質量(t)	64	56	44	44	64	64	52	52	52	

注：略語説明 VVVF (Variable Voltage Variable Frequency)

ルが約130か所と非常に多く、トンネル微気圧波の問題が深刻である。これを解決するには、(1)先頭長を長くする、(2)小断面化する、(3)先頭形状をくふうすることが必要である。

(1)の先頭長については、試験車両を検討した結果、15mの超ロングノーズとしている。

(2)の小断面化では、居住空間と機器空間を確保するために複合曲線構成の丸い断面形状とした。

(3)の形状のくふうについては、先端から15mまでの断面積変化を「回転だ円体理論」に合致させ、微気圧波性能と運転室や機器配置のための空間確保の両立を果たした。

造形的には、極力自然で張りのある形態を心がけた。ここで、丸い断面形状は先頭部に面を滑らかにつなげられることでも有効であった。またノーズポイントを下げ、そこから後方につながる側溝を配することによって高速感を表現した。運転席部は運転士の視界を考慮し、球面のキャノピ形状とした。これらの処理は、造形上のポイントとなったばかりでなく、シミュレーションの結果、トンネル内走行時の車体動揺の低減、すなわち乗り心地の向上にも効果があった(図2参照)。

2.3 車体構造

車両の高速化の要求に伴ってますます車体の軽量化が要求される一方、高速走行時の乗り心地向上、およびトンネル内での圧力変動の増加に伴う高剛性構体が求められている。この相反した要求を満たすためには、アルミ合金による構体構成が適している。

最近の新幹線電車の車体構造を、大型アルミ型材方式

とアルミハニカム方式と比べて表2に示す。アルミはその加工性の良さから、大型型材あるいはハニカムパネルの製造が可能で、従来の骨組と薄板構造とを比べると、重さを大幅に軽減するとともに、高剛性構体・高耐圧構体を実現することができた。

また、CAE(Computer-Aided Engineering)技術を駆使したさまざまな解析(図2参照)により、人に優しい新幹線の実現にも積極的に取り組んでいる。これらは、高速化車両の実現に向けて有力な手段となっており、(1)空気抵抗・空力音を低減するエアロフォルム、(2)高剛性・高耐圧・超軽量車体、(3)居住性・快適性に配慮した室内の車両構造を実現している。

3. 台車構造

高速新幹線用台車では、高速走行時の安定性の確保と曲線通過性能の向上、高速化に伴う負荷荷重の増加という環境下での軽量化という二つの相反する要求と、高速走行時の乗り心地向上という技術課題を解決することが求められている。

高速安定性の確保と曲線通過性能の両立は、シミュレーション精度の向上で精度よく予測できるようになり、軸箱支持剛性を適切な値に選定することによって実現している。台車の軽量化では、輪軸の軽量化、アルミ歯車箱やアルミ軸箱の採用とシームレスパイプの横ばりを使用した軽量H形台車枠の採用により、大幅な軽量化を実現している。乗り心地向上策としては、ばね系の定数の最適化のほかに、非線形空気ばね、車体間ヨーダンパ、セミアクテブサスペンションシステムなどの新技術を採用している。また、駆動系の振動低減のため、歯車精

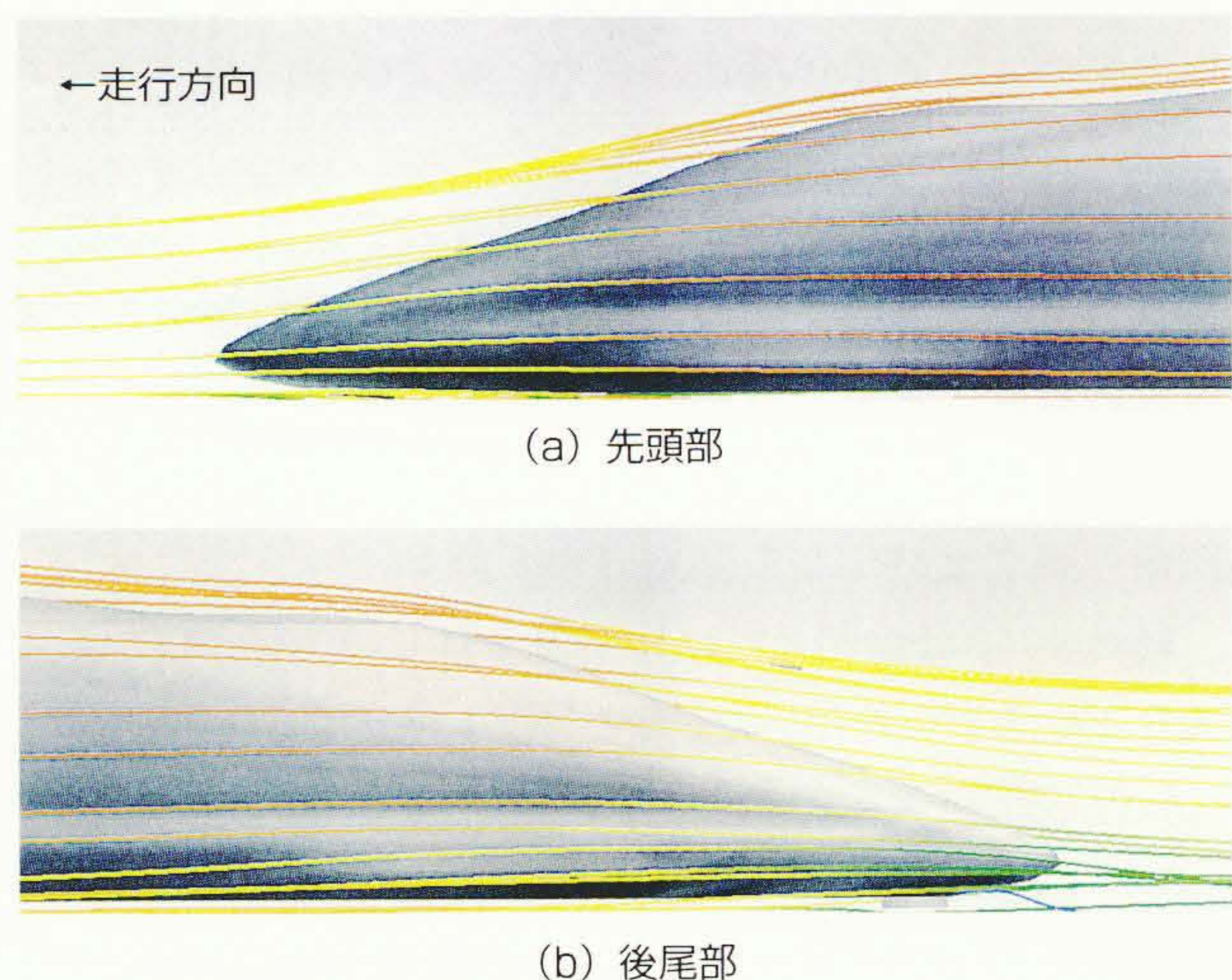


図2 500系車体周りの流れ
新幹線車両の先頭形状を空気抵抗・微気圧波を考慮したエアロフォルムとしている。

表2 高速新幹線電車の車体構造比較

高速化とともに、耐圧向上と軽量化がいっそう求められている。

構体材料	大型アルミ型材	アルミハニカム
構造		
気密強度	7.5~8.2 KPa	11.0 KPa
構体質量	6.2~7.2 t	5.6 t
相当曲げ剛性値	1.6~1.9×10 ⁹ N・m ²	1.13×10 ⁹ N・m ²
適用車種	300系・E2系・E3系	500系

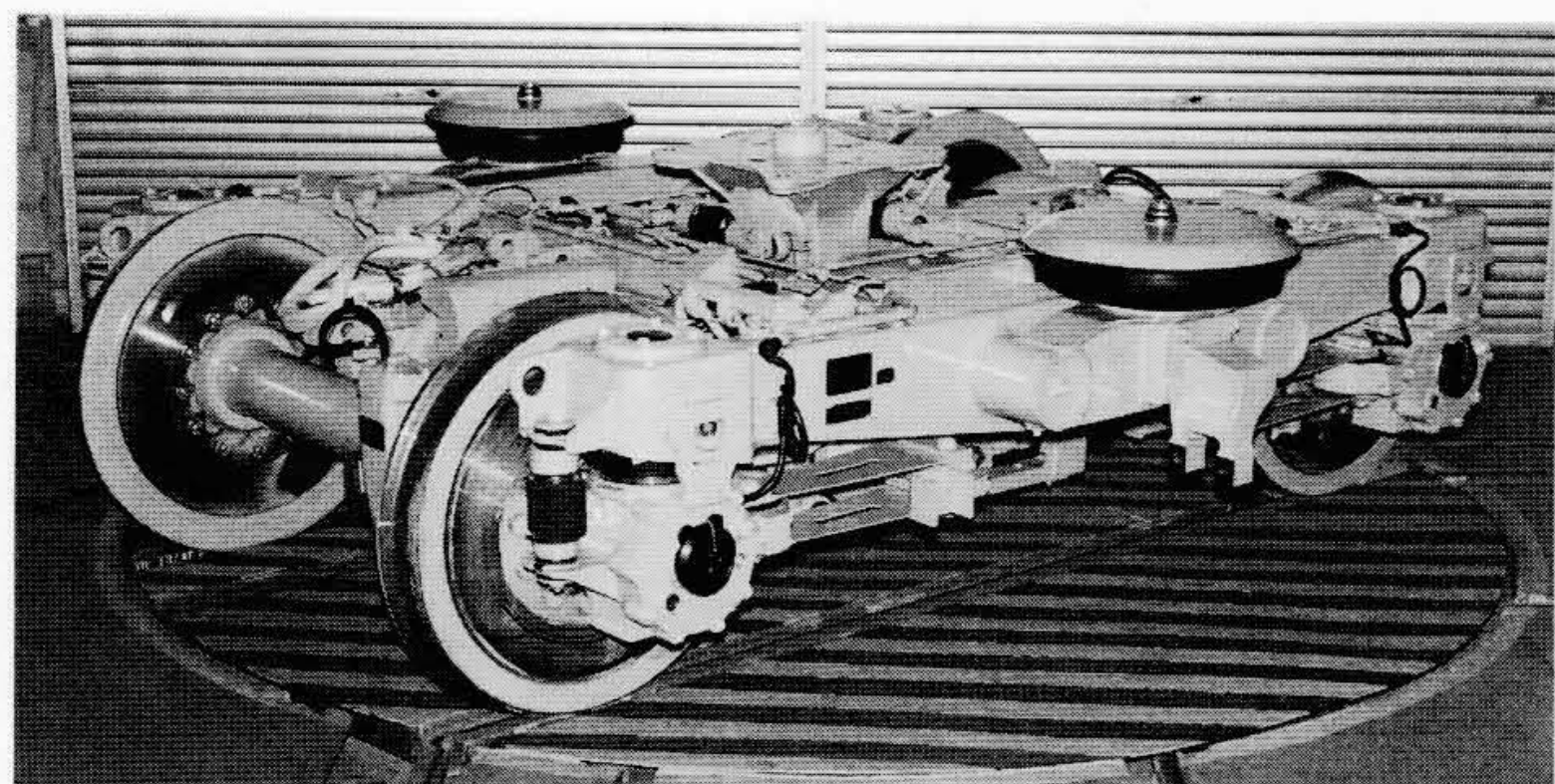


図3 新型新幹線用台車
高速安定性と乗り心地向上を図ったE2系用台車を示す。

度の向上やたわみ継手の改良も実施している。

E2系用DT206台車の外観を図3に示す。

4. 主回路システム

近年、主回路システムはGTO(Gate Turn-off Thyristor)などの大容量半導体を使用しているため、半導体や周辺回路からの大量の発熱を処理する必要がある。

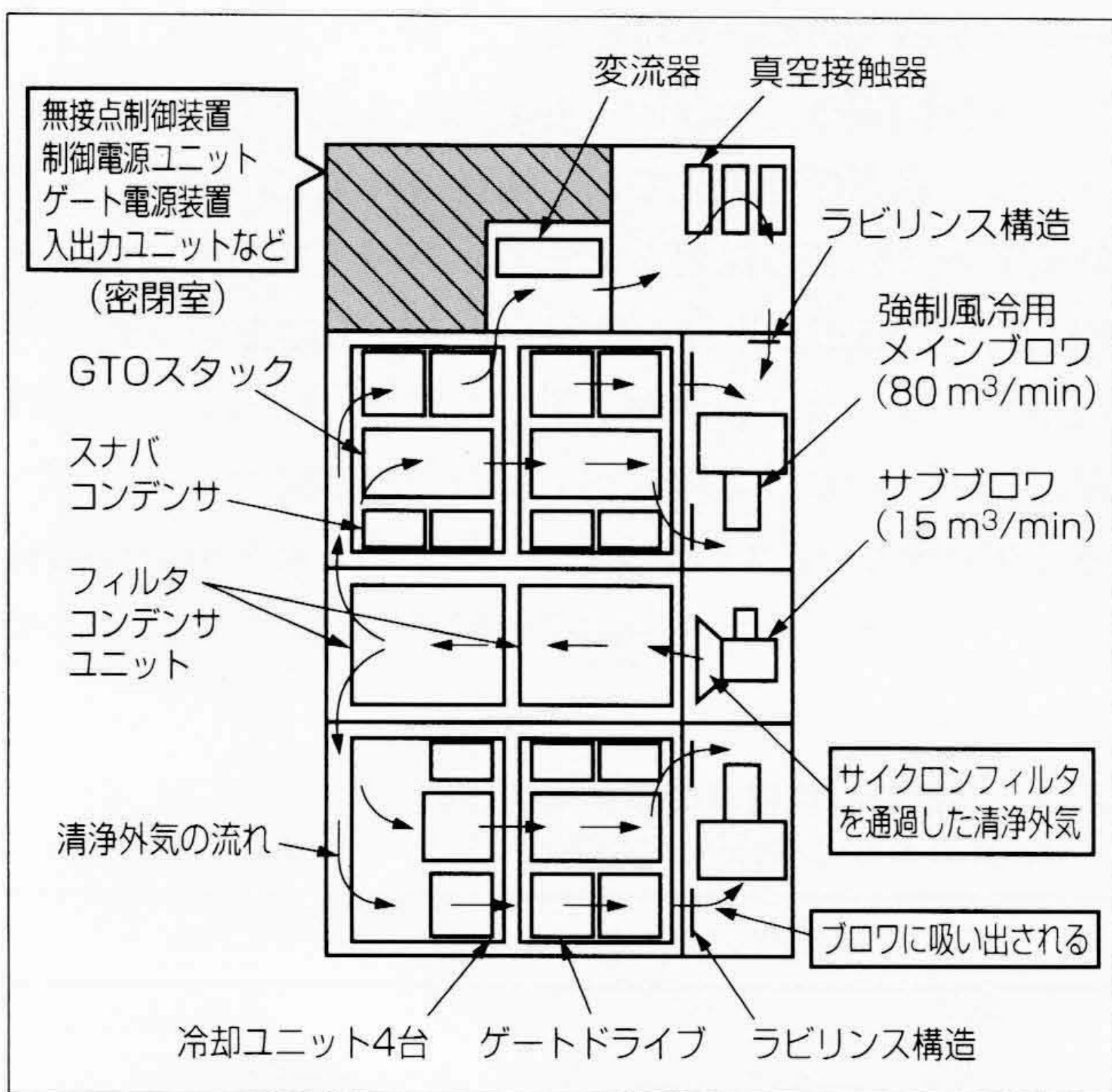


図4 E2系用主変換装置の機器構成と冷却構造(箱上部から見る)

主回路ではブロワによる強制風冷を、制御部ではサイクロンフィルタによる効率的冷却をそれぞれ行っている。

参考文献

- 1) 岡崎, 外: 次世代新幹線向け高速車両, 日立評論, 76, 5, 361~366(平6-5)
- 2) 則直, 外: JR西日本500系新幹線電車, 車両技術, 210(1996-6)
- 3) 東日本旅客鉄道株式会社運輸車両部: JR東日本E2系新幹線電車, 車両技術, 208(1995-10)

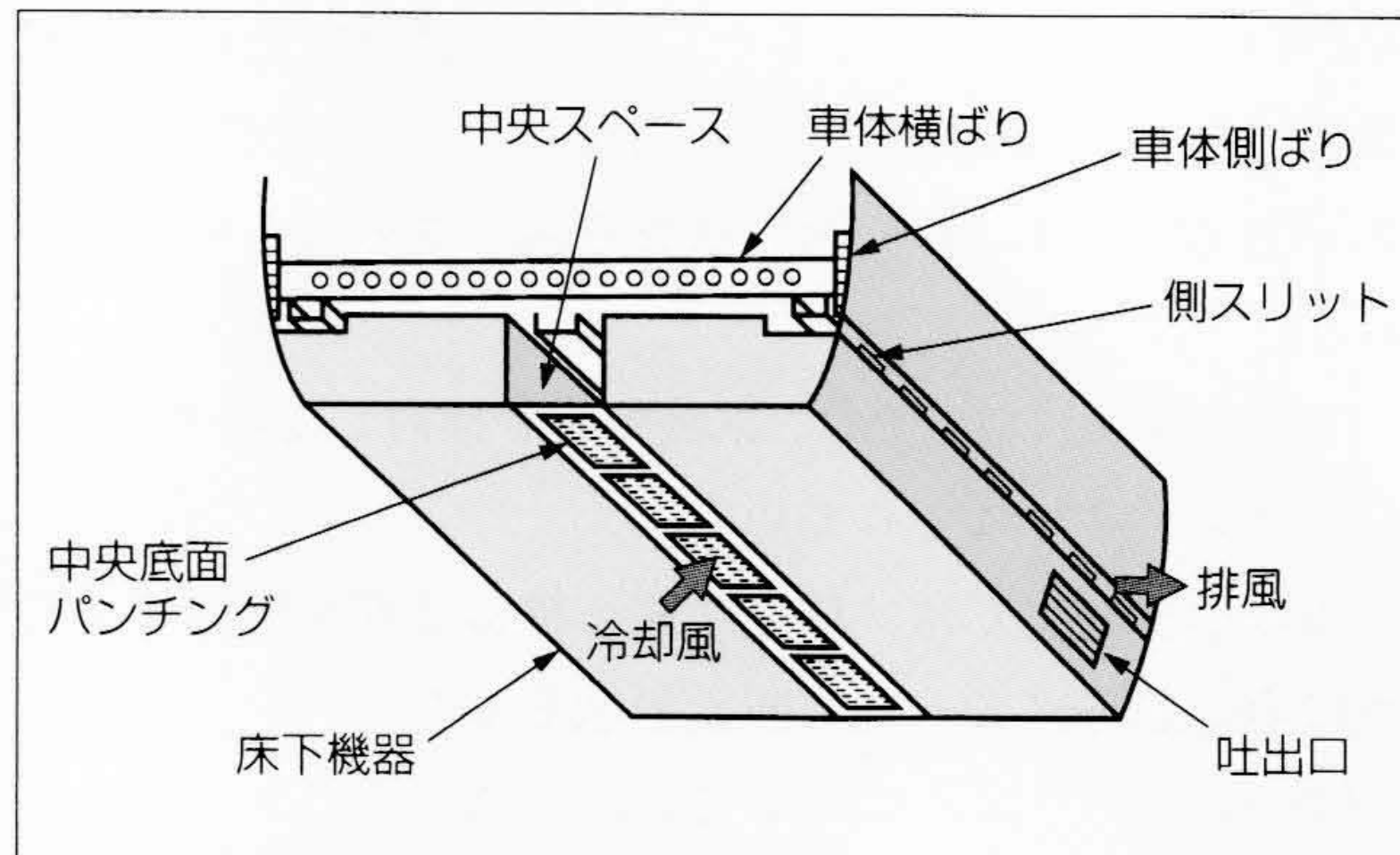


図5 500系新幹線電車の機器冷却
床下機器を長手に配置し、冷却風を中央から採風するセミポデーマウント構造としている。

E2系用主変換装置では、主回路部はGTOや抵抗器から発生する最大約90 kWの熱を、外気による強制風冷潰(かい)騰冷却で逃がしている。また制御部では、ゲートドライブなどから約5 kWの発熱があるが、じんあいや水からの保護も必要なため、小型・軽量化を考慮してサイクロンフィルタ方式を採用している。主回路、制御部の冷却風の流れを図4に示す。サイクロンフィルタによって清浄空気となった冷却風は、各制御器を回り、最終的には強制風冷用ブロワの吸い込みによって外部に排出される。

500系新幹線では、床下機器は床下中央から冷却風を採風して車側へ吐き出す構造とし、空力上の改善を図っている(図5参照)。

5. おわりに

ここでは、日立製作所が取り組んだ新型新幹線電車の車両デザイン、車体構造、台車、および主回路システムの概要について述べた。

新型高速新幹線電車は、1997年度の営業投入を目指して、プロトタイプ車での試験走行を繰り返しながら、量産車の設計・製造に着手している。

今後も、「人に優しい新幹線」をテーマに、いっそうの技術の確立を目指していく考えである。

終わりに、各種開発ではJR各社をはじめ関係各位から多大なご指導をいただいた。ここに深く感謝する次第である。