



2018年5月

アウディ ジャパン株式会社

プレスサイト <https://www.audi-press.jp>

お客様問い合わせ 0120-598-106

アウディ コミュニケーションセンター

PRESS KIT

Audi e-tron prototype : エアロダイナミクス

e モビリティを再考する	2
1/1000 単位の追求が意味を持つ：Drag（＝抗力）の低減	
空力性能向上策の詳細	3
新開発：形状を磨き抜いたエクステリアミラー	
アウディ初採用：バーチャルエクステリアミラー	
フルカバー：アンダーボディ	
開閉可能なグリル：可変式エアインレット	
特別なタイヤを標準装備：空気力学的にデザインされたホイールとタイヤ	
着実なロードホールディング：アダプティブエアサスペンション	
実証済ソリューションも抜かりなく：ルーフエッジスポイラーとディフューザー	
インタビュー：モニ イスラム (Moni Islam)	6
AUDI AG エアロダイナミクス／エアロアコースティックス開発責任者	
エアロダイナミクス関連用語解説	8



Audi e-tron prototype : 洗練された空力性能が、高い効率と航続距離を実現

(ドイツ本国発表資料)

Audi e-tron の空気抵抗係数 (Cd 値) はわずか 0.28 で、SUV セグメント最良の数値を達成しています。空力性能を高度に磨き上げたことは、単に長い航続距離に貢献したのみならず、車全体にプラスの影響を及ぼしました。入念に設計された空力デザインはあらゆるディテールに宿り、アンダーボディのバッテリーカバーや小型カメラによるバーチャルエクステリアミラーは、その好例です。

e モビリティを再考する

電気自動車は一般に言って、類似ボディサイズの内燃機関車と比較した場合、車重がエネルギー消費量に与える影響はるかに少ないという特徴を持っています。重たい電気自動車が市街地走行でも高い効率を維持できるのは、減速時に運動エネルギーの多くを回生・蓄電し、加速時に再利用できるためです。その一方で長距離の一定速走行では、エネルギー回生の機会が少ない点が課題とされてきましたが、Audi e-tron はこの場でこそ真価を発揮します。ボディタイプにかかわらず車速が 70km/h を超えると、転がり抵抗や慣性よりも空気抵抗の影響が強くなり、それに打ち勝ちつつ走るには、当然ながらエネルギーを多く消費します。つまり物体がいったん動き始めると、その後は空気抵抗が非常に重要な要素となります。そのためアウディのエンジニアは Audi e-tron の開発において、空気抵抗を減らすことへこれまで以上に焦点を当てました。洗練されたエアロダイナミクスは高い効率を実現し、長距離走行につながりました。1 度フル充電すれば、Audi e-tron は WLTP サイクル基準で、400km 以上を走行することができます。

1/1000 単位の追求が意味を持つ：Drag (=抗力) の低減

Audi e-tron は家族でレジャーに出かけることも、スポーティな走行を楽しむこともできるエレクトリック SUV です。他のアウディ製プレミアムモデルと同様に、Audi e-tron は 5 名が広々乗車できるキャビンと、大きなラゲージコンパートメントを持っています。Audi e-tron の全長は 4,901mm、全高は 1,616mm、ホイールベース 2,928mm です。全幅は 1,935mm ですが、その大きな前面投影面積 (A) にもかかわらず、ドラッグエリア (Cd x A) は 0.74m² です。この数値の達成は、ひとえに空気抵抗係数 (Cd) を 0.28 に抑えられたことが大きく、ボディがより小さな Audi Q3 よりも優れています。

前述のように電気自動車では空力の果たす役割が従来の内燃機関車よりも大きいいため、この優れた空気抵抗係数は、ドライバーに直接的なメリットをもたらします。ごくわずかな違いが、思いのほか大きな効率の差となって現われます。たとえば空気抵抗係数が 0.001 減ることは、日常ユースにおける航続距離が約 500 メートル延びることを意味します。



空力性能向上策の詳細

Audi e-tron の開発目標は、空力的に優れたクルマにすることでしたが、同時に広々としたスペースを提供するというコンセプトも重要な課題でした。余裕あるボディサイズを与えつつも 0.28 の空気抵抗係数を実現するため、アウディのエンジニアはボディのあらゆる部分に空気力学的な検討を施しました。その対策は、ひと目でそれと分かるものもあれば、まったく見えないものもあります。細心の工夫を積み上げて削り取った空気抵抗係数は約 70cd ポイント (=0.07)。小さな数字かもしれませんが、これは一般的な走行条件での航続距離を約 35km 伸ばします (WLTP サイクル)。もし仮にこれを軽量化だけで実現するなら、500kg もの削減が必要となる計算です。

新開発：形状を磨き抜いたエクステリアミラー

エクステリアミラーは、エアフローの視点では障害物でしかありません。空力性能を最適化するうえで、エクステリアミラーのデザイン処理は大きなチャレンジとなりました。Audi e-tron では、エンジニアとデザイナーが協同し、空気抵抗を最小限に抑える新たなデザインが生み出されました。アウディ初となるこのエクステリアミラーは、A ピラー付け根から細く伸びているような印象を与えます。ミラーヘッドは、左右で異なるデザインが採用され、サイドウィンドーとともに小さなディフューザーとして機能します。この新しいデザインのミラーは、従来型と比較して、空気抵抗係数を 5cd ポイント (0.005) 改善します。

アウディ初採用：バーチャルエクステリアミラー

Audi e-tron には、アウディとして初めてバーチャルエクステリアミラーがオプションで設定されます。このミラーは、空力性能が最適化された標準エクステリアミラーと比較しても、さらに空気抵抗係数を 5cd ポイント (0.005) 低減させ、Audi e-tron の空力的／視覚的ハイライトのひとつとなっています。これは鏡の代わりに小型カメラを使うもので、棒状のステーの先に LED ターンインジケーターとともに取り付けられています。耐候性確保の目的で、レンズの曇りや凍結を防止するヒーター機能も備わっています。オプションでトップビューカメラも組み込むことができます。標準ミラーと比較するとサイズも小さいため、いわゆるミラー込みボディ全幅は 150mm 短縮され、同時に風切り音も大幅に低減されています。バーチャルエクステリアミラーの映像は、インストルメントパネルとドアの間に装着された有機 EL (OLED) ディスプレイに映されます。

フルカバー：アンダーボディ

空力性能の追求は、通常は見ることのない部分にまで及んでいます。フラットなアンダーボディカバーは、従来型車両と比べて、空気抵抗係数を 17cd ポイント (0.017) 改善します。このカバーは 3.5mm 厚のアルミニウム製で、飛び石や縁石など様々な衝撃からバッテリーを保護します。前後の電気モーターやサスペンションアーム周辺は、圧縮繊維パネルでカバーされています。この素材には吸音効果もあります。フロントホイール前方のフロアパンにはホイール用スポイラーを配置し、その整流効果によってホイールアーチで発生しがちなスワール（渦流）を防止して、スムーズな気流を実現します。

リヤアクスルのサスペンションアームは、整流のためにカバーリングがなされています。またリヤバンパー下に設置された可変ディフューザーは、加速したエアフローを可能な限り周辺流速に近づけてから流すため、車両後方に発生するスワールを最小限に抑えます。アンダーボディに目を移すと、高電圧バッテリーをボディにボルト留めしているポイントにはゴルフボールのようなディンプル加工が



施され（直径は数 cm ほど）、フラットな表面に比べてスムーズなエアフローを実現します。

開閉可能なグリル：可変式エアインレット

フロントグリルのエアインレットを電子制御開閉式にすることにより、空気抵抗係数が 15cd ポイント（0.015）改善されています。シングルフレームグリルとラジエーターの間には、小型の電気モーターによって開閉される上下 2 組のルーバーがあります（各ルーバーは横に細長い 3 枚羽の構成）。ルーバーが閉じると流入エアがなくなり、グリル内でのスワーム発生を防止する効果があります。一方ルーバーは主にフォーム材のため、低速ではある程度の衝突エネルギーを吸収できるので、これは歩行者保護の観点からも安全性に貢献します。

電動コントロールユニットは、さまざまなパラメーターに基づいてエアインレットを制御し、最高の効率を実現します。48~160km/h ではルーバーはすべて閉じられ、エアフローを改善します。駆動コンポーネントや空調が冷却風を必要とする状況になると、まず上部ルーバーが開き、さらにエアが必要な場合は下側も開けます。Audi e-tron はパワフルな回生ブレーキを備えるために、いわゆる油圧ブレーキが使われることはほとんどありません。しかしながら急坂の続く山下りなど油圧ブレーキを多用する場面になると、エアインレットとブレーキ冷却用ダクトが同時に開き、ブレーキシステムにクーリングエアを供給します。

特別なタイヤを標準装備：空気力学的にデザインされたホイールとタイヤ

車に発生する空気抵抗のおよそ 1/3 は、ホイールとホイールアーチが生み出しています。つまり足回り周辺は、空力的な効率を考える上で非常に重要な要素です。フロントバンパーの両サイドには、スリット状のエアインテークがあり、ここで作られた気流はまるで空気のスパッツのようにホイールをカバーし、空気抵抗係数を 5cd ポイント（0.005）低減します。

Audi e-tron に標準装備される 19 インチホイールは、空力的に最適化され、空気抵抗係数をさらに 3cd ポイント（0.003）改善します。オプションとして、20 インチ及び 21 インチのエアロホイールも用意されています。スマートなデザインが施されたホイールは、これまでのものよりもフラットな表面形状を特徴としています。標準装備される 255/55 R19 タイヤは、非常に低い転がり抵抗を誇っています。タイヤのサイドウォールに施されるレタリングにさえ検討が加えられ、従来の凸状の浮き出し文字から凹状処理に変更されています。

着実なロードホールディング：アダプティブエアサスペンション

標準装備される自動車高調整機能付きアダプティブエアサスペンションにも、空気力学的な工夫を施しています。車速に応じてライドハイトを変化させると、一定の車高と比較して空気抵抗係数を 19cd ポイント（0.019）改善する効果が得られます。最低位置は標準ポジションよりも 26mm 低く、これだけで空気抵抗係数が 10cd ポイント（0.01）向上します。正面から見ると、ボディ下部から突出したタイヤは長方形の障害物でしかありませんが、ライドハイトを下げることでその一部をボディで隠すことができます。またこれは重心高を下げることにもなりますから、ハンドリングにもプラスの効果があります。



実証済ソリューションも抜かりなく：ルーフエッジスポイラーとディフューザー

電気自動車の SUV である Audi e-tron には、さまざまな空力処理が開発されてきましたが、過去の知見も総動員されています。大きな 3 次元形状のルーフエッジスポイラーは、ルーフ後端のエアフローをスムーズに切り離します。リヤウィンドーの左右にある空力バッフルは、スポイラーの効果を高める役割を持っています。レーシングマシンのように車幅いっぱいまで拡がったディフューザーも備わり、ここでもダウンフォースを発生しています。



インタビュー：モニ イスラム (Moni Islam)

AUDI AG エアロダイナミクス／エアロアコースティクス開発責任者
Head of Development Aerodynamics/Aeroacoustics, AUDI AG

Q：アウディ初の電気自動車の空力特性を開発するにあたっての挑戦について。

A：本当に大きなチャレンジでした。Audi e-tron はアウディブランド初の量産電気自動車です。したがって、このクルマは同クラスの歴代アウディモデルの中で、最も空力性能に優れたモデルであることを明確に示す必要がありました。チーム一丸となり、あらゆる知識と経験を持ち寄ってプロジェクトに取り組みました。開発段階では夜間シフト制も 1~2 回導入したほどです。

Q：個人的な見解として Audi e-tron の空力において、もっとも重要なコンポーネントは？

A：私にとっては間違いなくバーチャルエクステリアミラーです。このミラーは空力特性を大幅に改善するだけでなく、シンボリックな意味合いもあります。従来のアプローチとはまったく異なるこのミラーは、車両の開発が新たな時代に入ったことを告げるものです。

Q：空力開発の観点から、電気自動車と内燃エンジン搭載車での違いについて。

A：作業の難易度が上がりました。電気自動車では空気抵抗が少ないことが内燃エンジン搭載車よりもさらに大きな意味を持っています。基本的に EV では内燃エンジン車に比べて利用可能なエネルギー総量が大幅に少なくなります。そのためすべての部分で効率を最適化する必要がありました。一例を挙げると、高速道路など一定の速度（回生の機会がない）で走行する際の空気抵抗です。お客様には、長距離走行にも適した SUV 電気自動車を提供する必要がありました。

Q：一般的に、自動車の開発において空力エンジニアの影響力は高まっているか？

A：確実に高まっていると考えます。特に電気自動車では、空力が航続距離を伸ばすための決定的要素となるからです。加速に使ったエネルギーとは違って、空気抵抗に対抗するために使ったエネルギーは取り戻すことができませんから。

Q：従来のクルマと EV を比べた場合、設計及び開発の自由度が高いのはどの分野か？

A：平らな大型バッテリーが床下に積まれているため、Audi e-tron はフラットなアンダーボディになっています。これは空力エンジニアにとって理想の状況であり、開発においても大きなアドバンテージでした。我々はそれに満足することなく、ボディ形状をできるかぎり空力的に最適化するべくあらゆる改良を加え、同時に新しい機能も組み込んでいます。Audi e-tron のアンダーフロアを通過するエアフローは、入口から出口まで乱れがありません。このレベルを実現したアウディ量産モデルは史上初です。つまり内燃エンジン車では例がないということです。

Q：バーチャルエクステリアミラーは、どのような経緯で開発されたか？

A：空力エンジニアは、何年も前からエクステリアミラーが不要になる日を心待ちにしてきました。Audi e-tron のバーチャルエクステリアミラーは、開発プロセスの比較的初期から採用が決まっていました。誰がこのアイデアを思いついたのかは、残念ながら分かりません。しかし、それは重要ではありません。



大事なものは誰が思いついたかではなく、このデザインを採用することによって空気抵抗係数を 5cd ポイント (0.005) 改善し、航続距離も約 2.5km 延長することができた事実です。

Q：トップクラスの Cd 値を実現したことは、オーナーにとってどのようなメリットがあるのか？

A：電気自動車では、Cd 値が航続距離に大きな影響を及ぼします。これは、お客様にとっても決定的な要素です。Audi e-tron は、類似サイズの従来型 SUV と比較した場合、空気抵抗係数が約 70cd ポイント (0.07) 改善されています。これを航続距離に換算すると、約 35km のレンジ延長に相当します。

Q：Audi e-tron の空力特性に関する開発は、いつ開始したのか？

A：非常に早い時期です。具体的には、2013 年に開始しました。私は初期コンセプトの段階から開発に関与し、デザイナーとともに初期レンダリングを分析したり、最初のプロトタイプを風洞実験室でテストしたりしました。



エアロダイナミクス関連用語集 * 欧州の事情に基づいています

空気力学 (Aerodynamics)

空力とは、気体内部を移動する物体の動きと、その動きに関連する効果及び力の研究を指す言葉で、自動車エンジニアリングには不可欠な要素です。空力的なドラッグ（抗力）は、速度の2乗に比例して増加します。車両のボディ形状にもよりますが、50~70km/h の速度域では、転がり抵抗や慣性といった他の走行抵抗よりも、空気抵抗の影響の方が大きくなります。130km/h では、空気抵抗に打ち勝つために、駆動エネルギーの約3/4が消費されます。

Cd 値 (Cd figure)

空気抵抗係数（Cd 値）とは、空力的な抗力を示す無次元量（単位をもたない物理量）です。自動車の場合、エアフローがどのように車両周囲を流れるかを表します。アウディは、長年にわたって空気抵抗の研究開発に取り組み、これまでに重要なマイルストーンを打ち立ててきました。1982年、アウディ100はCd値0.30を実現し、2001年にはA2 1.2 TDIにより、Cd値を0.25まで削減することに成功しました。しかし一方、自然界に見られる形状は極めて優秀であり、たとえば雨滴のCd値は約0.05で、ペンギンに至ってはわずか0.03でしかありません。

前面投影面積 (Frontal area)

前面投影面積（A）とは、車両を真正面から見たときの断面積です。この面積は、一般的に風洞実験施設において、ミラーやタイヤを含めた外部輪郭をレーザースキャンして測定します。Audi e-tronの前面投影面積は、2.65m²です。たとえば、モーターサイクルの前面投影面積は0.7m²前後、逆に大型トラックは10m²に達します。前面投影面積と空気抵抗を掛ける（A x Cd）と、物体の有効抵抗係数が計算できます。

コントローラブル冷却エアインレット (Controllable cool-air inlet)

コントローラブル冷却エアインレット（=電動可変ルーバー付きグリル）は、シングルフレームグリルの裏側に装着された上下2組の電動ルーバーから構成されます。ルーバーはそれぞれ独立して作動させることができます。平均的な速度では、エアフローを妨げないように、可能な限り閉じた状態になっています。特定の状況、たとえば補器類の冷却が必要になった場合やブレーキに高負荷がかかった場合などは、必要に応じて個別に開きます。一部の内燃エンジン搭載車にも、同様のコントローラブル冷却エアインレットは、熱効率向上の目的で装着されています。

アダプティブエアサスペンション (Adaptive air suspension)

自動車高調整機能を備えたアダプティブエアサスペンションは、スムーズなクルージング、スポーティな走行、安定したハンドリングなど、幅広い走行特性を実現します。このシステムは、車速とドライバーの設定に基づいてライドハイトを調整するだけでなく、積載状況に応じて車高を自動制御するセルフレベルリング機能も備えています。

※本リリースは、AUDI AG 配信資料の翻訳版です。