

自動車用ガラスによる 安全性、燃費、快適性向上への貢献

日本板硝子(株) テクニカルセンター

神 吉 哲

Contribution to Safety, Mileage and Comfortability improvement from Automotive glass

Kanki Satoshi

Technical Center Nippon Sheet Glass

はじめに

自動車用ガラスは車のデザインや車内の快適性に大きな影響を与えるとともに、近年特に重要視されている燃費向上やCO₂排出削減への貢献も期待されている。自動車の進歩に伴い様々な高機能ガラスが実用化され、将来の新商品のための開発が進められているが、自動車用ガラスの最も重要な機能は乗員の安全性を確保することであり、いかなる高機能ガラスであっても安全性確保を無視してはならない。

ここでは安全性の観点から見たガラス構成や規格を簡単に説明するとともに、主にフロントウィンド加工技術が安全性や燃費、快適性向上にどのように貢献できるかを紹介する。

1. 乗員の安全性の確保

1.1 自動車用ガラスの構造

特殊な車両を除く一般乗用車、バス、トラックでは合わせガラス及び強化ガラスが用いられる。合わせガラスとは2枚のガラスの間にポリビニルブチラール膜を接着したもので、乗員が衝突した際の衝撃を吸収するとともに破片が飛散しないという特徴を持つ。日本では全てのフロントウィンドは合わせガラスであることを義務付けられており、一部のドアガラスやルーフガラスでも採用されている。

ドアガラスやリアウィンドに多く用いられる強化ガラスは、加熱後に表面に強いエアを吹き付けて急冷するという方法で製造される。表面に圧縮応力を、内部に引っ張り応力を持ち、表面圧縮応力が外力によって発生する引っ張り応力を相殺するため割れにくく、また内部引っ張り応力により仮に割れた場合でも破片が細くなるため乗員を保護することができる。

1.2 規格

日本では JISR 3211「自動車用安全ガラス」、JISR 3212「自動車用安全ガラス試験方法」に可視光線透過率、耐貫通性、耐衝撃性などの規格とその試験方法が定められている。

2. ガラス造形技術による燃費向上、安全性向上への貢献

自動車用ガラスと他の建築用やディスプレイ用ガラスとの違いは、それが複雑な自由局面を持つという点である。車のデザインが直線を組み合わせた箱型から丸みを帯びた流線型になるに伴い、より複雑な形状のガラスをより美しく曲げる技術が進化してきた(図1)。ここでは造形技術がどのように燃費向上や安全性向上に貢献できるかを述べる。

2.1 低取り付け角化による空力性能向上

空気抵抗が燃費に大きな影響を与えることは言うまでも無い。ボンネットからフロントウィンドを通してルーフへ、段差無く滑らかに繋がるシルエットを持つ車が増えている理由の一つは空気抵抗の低減と推測する。このようなシルエットを持つ車のフロントウィンドは上部位置が変わらず下部が前方へ出るため、必然的に大寸法かつ低取り付け角となる。

運転者は常にフロントウィンドを通して前方

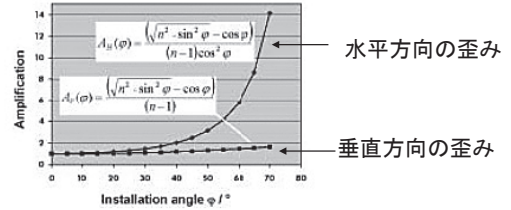


図2 取り付け角と透視歪の関係²⁾

注：グラフでは垂直が0°、水平が90°となっている。

を確認するため、像のゆがみが無いこと、すなわち透視歪品質は非常に重要である。図2は取り付け角による歪の増幅率を示したものであるが、フロントウィンド内の水平方向の歪みは取り付け角に非常に敏感であることがわかる。すなわち垂直に近い角度では全く認識できないレベルの歪みであっても、角度が浅くなると顕著に目立つようになる。現在弊社量産品の中では23°弱が最低であるが、この辺りの角度では数度の違いが大きな変化を生むため低取り付け角に対しては透視歪の品質向上が必須である。

2-2. 薄板化による燃費性能向上への貢献

図3に示すとおり車両を軽くすることは燃費向上に効果がある。日本ではフロントウィンドの厚みは2.3+2.3mmが主流であったが2.3+2.0を経て現在では2.0+2.0が主流であり、一部では2.0+1.8mmも採用されている。

フロントウィンドウのトレンド

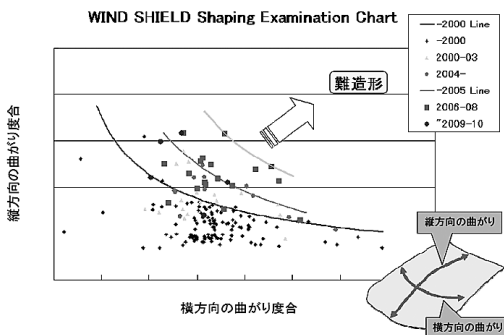


図1 フロントウィンドの形状トレンド¹⁾

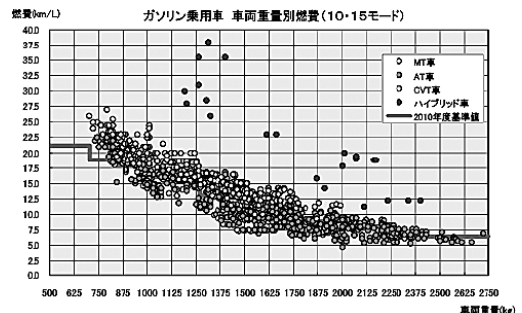


図3 車両重量と燃費の関係³⁾

リアやサイドの強化ガラスも4mm→3.5mm→3.1mmと薄板化が進み、一部の車種では2.8mmが採用されている。欧州ではフロントウィンドの軽量化は日本より進んでおり、2.0+1.6mmが採用されている。

ガラスの比重は0.25なので車両あたりの総ガラス面積を4m²とすると0.1mmの薄板化により1Kgの軽量化が実現できる。前述したようにガラスの大面积化に伴い更なる薄板化のニーズが増えている。

2-3. 高面精度化、深曲げ形状による安全性向上への貢献

メーター類をフロントウィンドに投影するヘッドアップディスプレイは、ドライバーの視線の上下動を減らし焦点の調整範囲を狭めることができるため、より前方確認に集中できるという利点を持つ。また近年安全走行をサポートするための様々なカメラやセンサーがフロントウィンドに設置されている。ヘッドアップディスプレイの投影像のゆがみやセンサーの誤作動を防ぐためには、ガラス全面において図面どおりのガラスをばらつき無く造る技術が必要となる。

フロントウィンドとサイドの三角窓を一体化してフロントピラーを無くすことができれば車体重量を軽量化できるだけでなく、歩行者確認やコーナリング時の視野拡大による安全性向上に貢献できる。ガラスとしてはフロントピラーに相当する部分を折り曲げることに現時点ではピラーレスには至っていないが、サイド部が高曲率で曲がったフロントウィンドによってピラー位置を後ろに下げ、コーナリング視界が向上したという報告がなされている⁴⁾。

2-4. フロントウィンドの造形技術

上述したとおり、フロントウィンドに期待される造形技術は大型化、低取り付け角、薄板化、高面精度、深曲げ、小R曲げ等であり、各種法規を満足した上でこれら全てを同時に実

現する技術が必要である。

ガラスを曲げる方法としては、ガラスに温度分布を与えて自重で曲げる重力法と、フルサーフェスの型でガラスを押すことで曲げるプレス法の二種類がある。実際の設備という観点では重力法、プレス法とも様々なバリエーションがあるが、一般的には重力法は曲がりの少ない形状を効率的に生産することに適しており、プレス法は小Rや深曲げ形状を精度良く曲げるのに適している。

フロントウィンド用の重力法では、ガラスエッジ近傍だけを支える金型上に2枚のガラスを置き、ガラスに熱を与えて曲げる方法が一般的である。形状を決める最大のファクターはガラス温度分布であり、大まかに言うと深く小Rで曲げたい場所に高い温度を与えることで形状を作りこむ。温度制御システム、金型、操業条件等の改良によって造形能力を拡大させ、比較的シンプルなプロセスであることも相まって現在でも主流であるが、温度分布だけで成形するため小R部での形状と透視歪、面精度の両立が難しい。また生産性向上のため数十台の金型を連続的に炉に投入することが一般的であり、複数の金型精度を厳密に行う必要がある。もう一つの工法であるプレス工法は、フロントウィンド用としての歴史は新しく、高精度のプレス金型が必要であるが、全面成形のため複雑形状でも曲げられること、及び一台の成形型であるため金型間のばらつきが無いという利点を持つ。いずれの工法においてもプロセスや金型の改良、ガラス温度分布を主とした操業条件の厳密な管理に加えて、ガラス品質をコンピュータ内で予測し、適切な操業条件や金型仕様を提示できるシミュレーション技術の進歩が必要である。

低取り付け角でのポイントである透視歪の評価としては、ガラス背後に格子板またはゼブラ板を置き線のゆがみを見るという官能的な手法が主流であったが、近年画像処理技術の進歩により透視歪を高速で定量化する方法が実用化さ

れている。ガラスを微小区間に分割し、各場所でのレンズパワーを計算するという処理をCCDカメラとコンピュータで実現している。レンズパワーは焦点距離の逆数であり、歪がなければゼロ、強い歪みであれば大きな値を取り、凸レンズであれば+、凹レンズであれば-の値を持つ。この技術によってガラス上の歪みの強さと分布を視覚的に判断できるだけでなく、レンズパワーの最大値、最小値、所定区域内の変化率などによって定量的な判断が可能となる。

3. 合わせガラスの高機能化による貢献

合わせガラスのポリビニルブチラル膜を高機能にする、あるいは別のものを挟むことで様々な機能を付加することができる。前者の例としてはコインシデンス周波数付近での遮音性能の低下を防ぐ遮音中間膜やヘッドアップディスプレイの二重像を防ぐ楔中間膜が、後者の例としては調光ガラスが実用化されている。透明～不透明がスイッチ一つで瞬時に切り替わる調光ガラスはオフィスや住宅の間仕切りで実用化されているが、弊社は自動車用の調光ルーフガラスを世界で始めて上市した。Pilkington Sundym™ Select とよばれるこの商品は、2枚のガラスの間にSPD (Suspended Particle Device) という調光素子を挟み込んだもので、機械的な遮光機構が不要となるため車両の軽量化や車室上部の空間拡大に貢献できる(図4)。

単板である強化ガラスに比べ、挟み込む材料で工夫ができるというのが合わせガラスの強みであるが、フロントウィンドに適用する場合は基本機能である良好な視認性や安全性との両立が課題となる。

不透明



透明



図4 Pilkington Sundym™ Select

(Pilkington Sundym™ Select は Research Frontiers Inc からのライセンスの元で SPD-SmartGlass™ Technology を使用しています。)

おわりに

フロントウィンド加工技術が燃費性能や安全性、快適性向上にどのように貢献できるかを紹介した。これ以外にも素板組成や表面処理によって車内への赤外線流入を制御するガラスが、主にエアコン負荷低減の観点から期待されている。ハイブリッド車や電気自動車の台頭によって、ガラスの高機能化に対するニーズはますます高まっており、一日でも早い実用化に向けて開発に取り組んで行きたい。

参考文献

- 1) 室町隆 技術情報会 2011 講演資料
- 2) Manfred - Andreas Beeck, GPD 2003, Proceedings, 502-504
- 3) 国土交通省ホームページ <http://www.mlit.go.jp/common/000111196.pdf>
- 4) 小野寺和夫 自動車技術 2010, Vol 64, 71-73