

薄板外板採用時の工程シミュレーションの連携による塗装乾燥熱ひずみ予測精度向上*

Using the Integration of Manufacturing Process Simulations to Improve the Accuracy of Predicting Thermal Distortion in Outer Panels during the Painting and Drying Process for Thin Panel Applications

馬場 謙二郎¹⁾
Kenjiro Baba

庄山 和輝²⁾
Kazuki Shouyama

竹添 慎一³⁾
Shinichi Takezoe

上西 隆一⁴⁾
Ryuichi Kaminishi

津之浦 勝士⁵⁾
Katsushi Tsunoura

In order to achieve vehicle body lightweighting, the adoption of thin steel sheets for outer panels is desirable. However, it presents multiple manufacturing challenges. Among these challenges, predicting thermal distortion in outer panels during the painting and drying processes is particularly difficult. In this paper, we will introduce our efforts to improve prediction accuracy in this field by integrating several process simulations.

KEY WORDS
O E

Vehicle Development, Computer Aided Engineering, Body Structure, Structural Member Analysis
Integration of Process Simulations, Thermal Distortion [B2]

1 まえがき

2050年カーボンニュートラルの実現に向けてCO₂排出量の低減が必須とされる中、国土交通省は「乗用車の2030年度燃費基準」を策定・公表し、2016年度の実績値に対し32.4%の燃費改善を自動車業界目標としている⁽¹⁾。この目標を受け、自動車工業会は、燃費の改善技術の一つとして車両の軽量化を挙げ⁽²⁾、自動車会社各社は車両を軽量化するため、使用鋼板の薄板化を検討している。当社が開発・生産するワンボックスタイプの車両はルーフパネルの面積が大きく車両重心より高い位置にあるため、薄板化の検討優先度が高い部位であるが、薄板鋼板をルーフパネルに適用した際、パネル自体の剛性低下によりさまざまな車両性能、生産性への影響がある⁽³⁾。影響を緩和するための工夫、対策を図面検討段階で織り込むための各種シミュレーションによる事前予測は実施されているが、影響項目の一つである塗装乾燥工程での熱負荷による変形（熱ひずみ）を正確に予測することは、寄与因子の多さから困難とされている。

本稿では、各製造工程のシミュレーション結果を連携することにより、塗装乾燥工程で発生する熱ひずみに対して予測精度を向上させた取り組みや今後の展望について紹介する。

2 研究対象と予測技術構築の必要性

図1は、自動車製造工程のフローチャートを示す。図中の赤色部分（Painting、ED Baking、Primer Coating、Baking）は、本研究の主要な対象プロセスである。これらの工程は、車両の軽量化と燃費改善の観点から、重要な役割を果たしている。特に、塗装乾燥工程では、高温の熱負荷が車両の構造体に大きな影響を及ぼす可能性がある。そのため、この工程での熱ひずみを正確に予測し、その影響を軽減することが本研究の目的である。

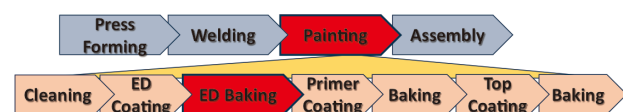


図1 塗装乾燥工程のプロセス図と対象プロセス（赤色部分）

3 熱ひずみの実車検証

図2は、塗装乾燥工程により生じるルーフパネルの熱変形を示す。図中の「Body frame」と「Roof panel」のラベルが示すように、ルーフパネルは高温の熱負荷にさらされ、変形が生じる。この変形は、車両の剛性を低下させ、乗員の安全に影響を及ぼす可能性がある。そのため、ルーフパネルの熱変形を正確に予測し、その影響を軽減することが本研究の目的である。

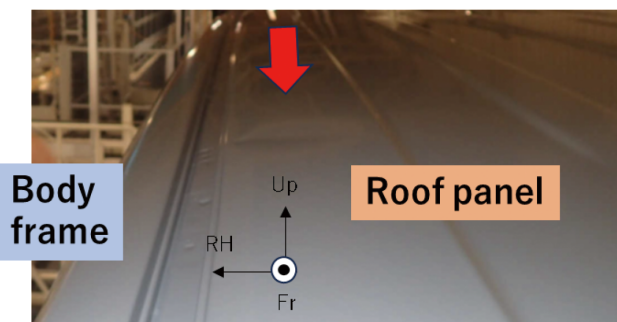


図2 塗装乾燥工程により生じるルーフパネルの熱変形

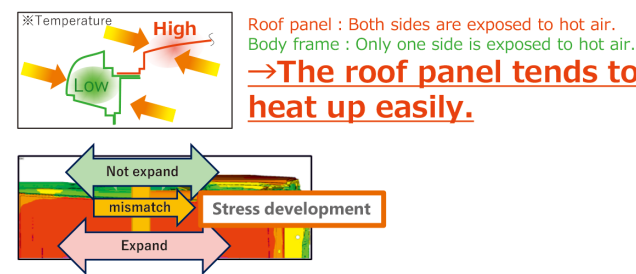


図3 熱変形発生メカニズムに対する仮説

4 課題

図4は、塗装乾燥工程における炉内温度の時刻歴を示す。図中の「Drying oven」、「Roof Panel」、「Body Frame」のラベルが示すように、ルーフパネルとボディフレームの温度変化が比較されている。ルーフパネルの温度はボディフレームよりも高くなり、これが熱ひずみの原因となる。この問題を解決するためには、ルーフパネルの温度を低く保つための対策が必要である。

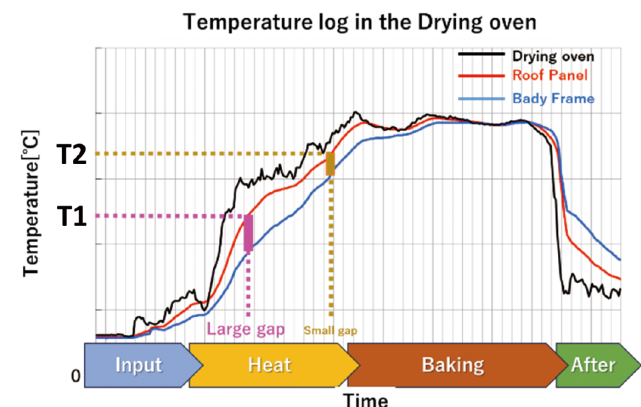


図4 塗装乾燥工程における炉内温度の時刻歴

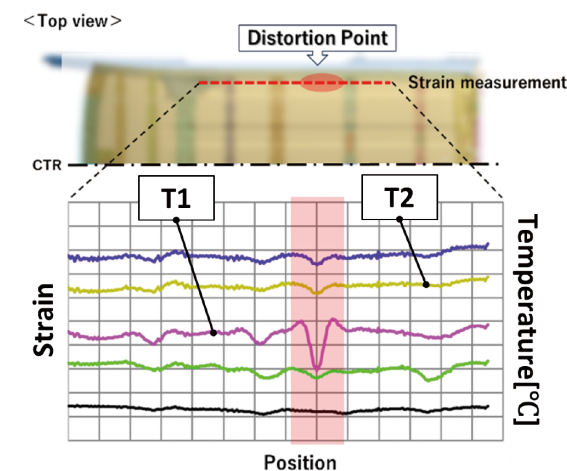


図5 各温度域におけるひずみ値