

2024 年 11 月 20 日

株式会社トヨタシステムズ

自動車技術会 2024 秋季大会にて、トヨタ車体株式会社様との共同研究の成果**「ミニバン車両を対象とした空力性能サロゲートモデル構築の検討」を発表いたしました。**

自動車技術会 2024 秋 講演 文献 No. 20246025

株式会社トヨタシステムズ（本社：愛知県名古屋市、東京都港区、代表取締役社長：北沢 宏明、以下「トヨタシステムズ」）とトヨタ車体株式会社（本社：愛知県刈谷市、代表取締役社長：松尾 勝博、以下「トヨタ車体」）は、トヨタシステムズがシステム開発・販売・サポートを行っている 3D モデル・CAE 解析データを活用した高速 AI 予測システム「3D-OWL（3D Operation with Learning）」を活用した空力性能予測の検討を自動車技術会 2024 秋季大会で発表したことをお知らせいたします。

近年、カーボンニュートラルの推進における CO2 排出量の低減が必須とされる中、顧客ニーズに合わせ、内燃機関車、ハイブリッド車（Hybrid Electric Vehicle: HEV）、電気自動車（Battery Electric Vehicle: BEV）、水素燃料電池車（Fuel Cell Vehicle: FCEV）など多様な選択をしており、新車販売比率は HEV、BEV が年々増加しております。HEV、BEV 等のエネルギー効率が高くなるにつれ、相対的に車両に加わる空力抵抗によるエネルギー損失が大きな割合を占めることとなり、特に BEV においては航続距離に関わるのでより重要な性能とされています。

デザイン案が固まってきた後に空力性能評価を行っているが、フィードバックを受けてデザイン変更を繰り返すのは時間を要してしまうという課題がある。そのため、車両開発初期に 3D-OWL を用いて空力性能を織り込んだデザイン検討、すなわち意匠開発と空力性能 (Cd) 予測の同期化の実現を目指す。本事例では、特にミニバン車両は車室空間の確保が優先されがちであり、空力性能と背反することが多く、他車型以上に意匠との両立が求められる傾向があります。ミニバン車両の外形意匠を特徴づける 16 の設計因子を選定し、モーフィング技術により 200 ケースの意匠を作成・計算解析し『学習データ』としました。

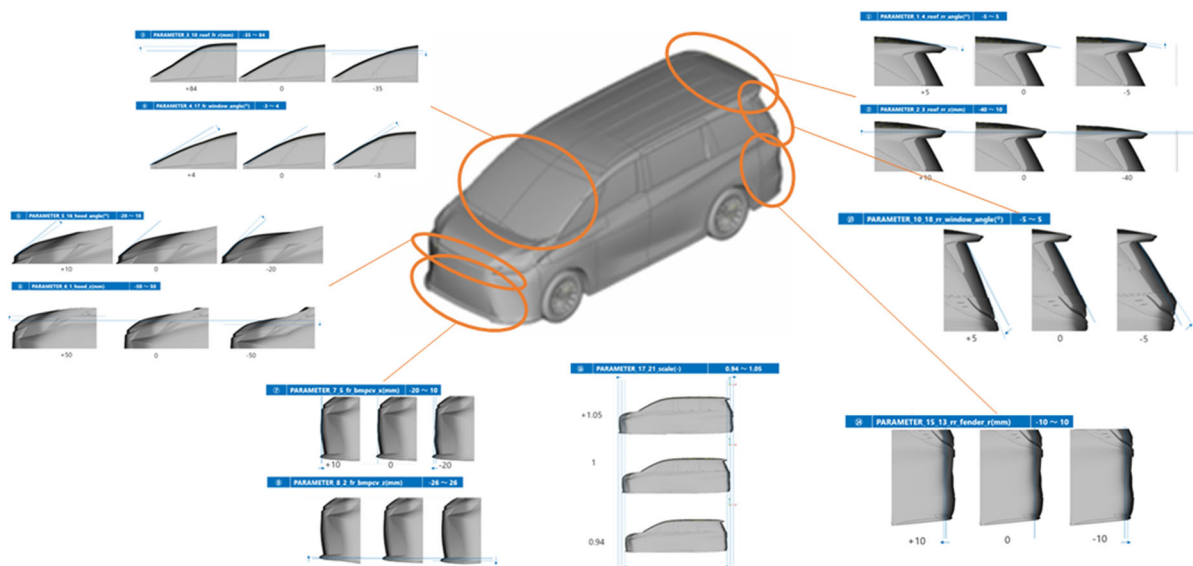


図 1. 学習データの因子の一部

形状再現度を確保しつつ、計算負荷を低減できるように 3D 形状を 2D 画像で認識する技術に加え、空力抵抗係数 (C_d 値) 等のサロゲートモデルによる予測値に対する信頼度を表現する手法として 3D-OWL のガウス過程回帰を用いました。機械学習の入力は、3 次元メッシュで表現された形状を 2 次元画像にリダクションし、特徴量としたものを用います。この 2 次元画像を「Depth Map (デプス・マップ)」と呼びます。予測対象となるのは $C_d \cdot C_l$ 値の 2 つの空力性能値および、18 個の圧力・流速分布としました。

Depth Map は画像ファイルの RGB α 成分を使用し、3 次元情報を保存しています。RGB 各チャンネルには、投影した面の法線成分および投影方向の深さ (Depth 値) を表しています。この時の Depth 値を 2ch 分に振り分けて表現することで、2byte 分の解像度を持っています。 α の成分はシルエット情報を持っており、RGB いずれかが 0 ではない場合に 255、その他の場合は 0 としています。

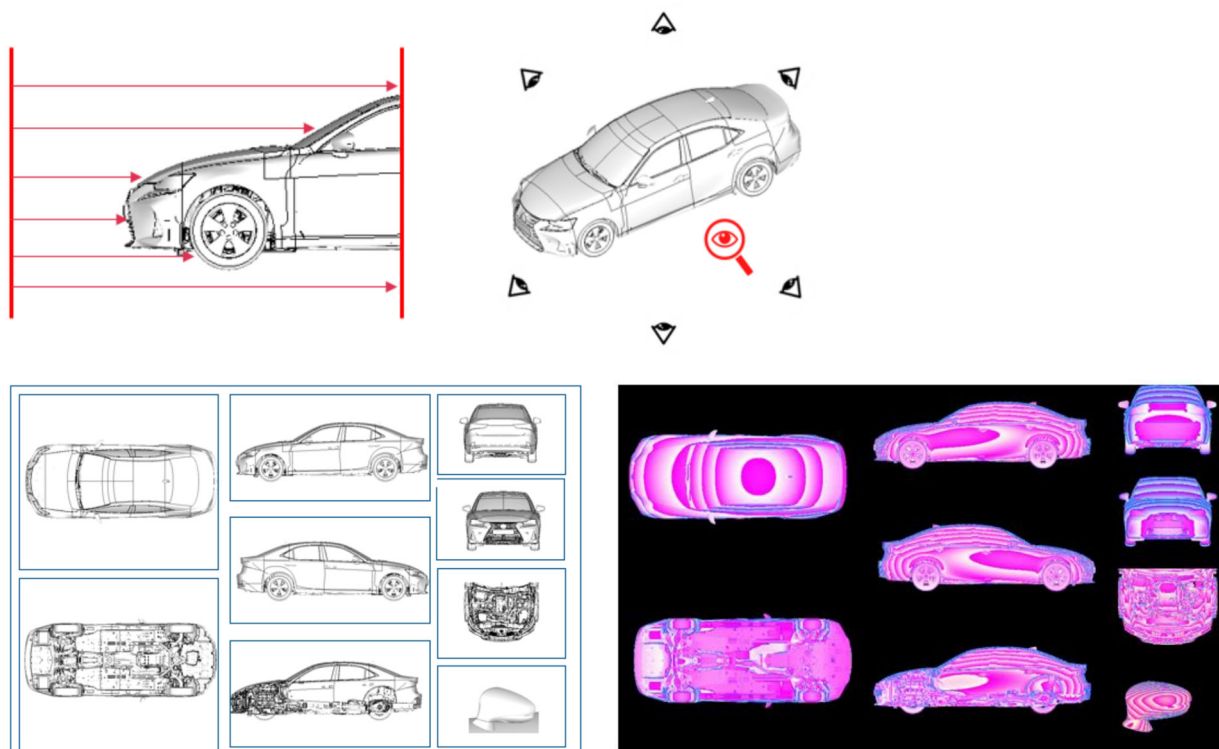


図 2. Depth Map 概念図

揚力係数 (C_l) には、ややバラツキがみられましたが、空力抵抗係数 (C_d) は初期検討時には十分な精度が得られたと判断しました。また流れ場についても良好な予測結果が得られました。

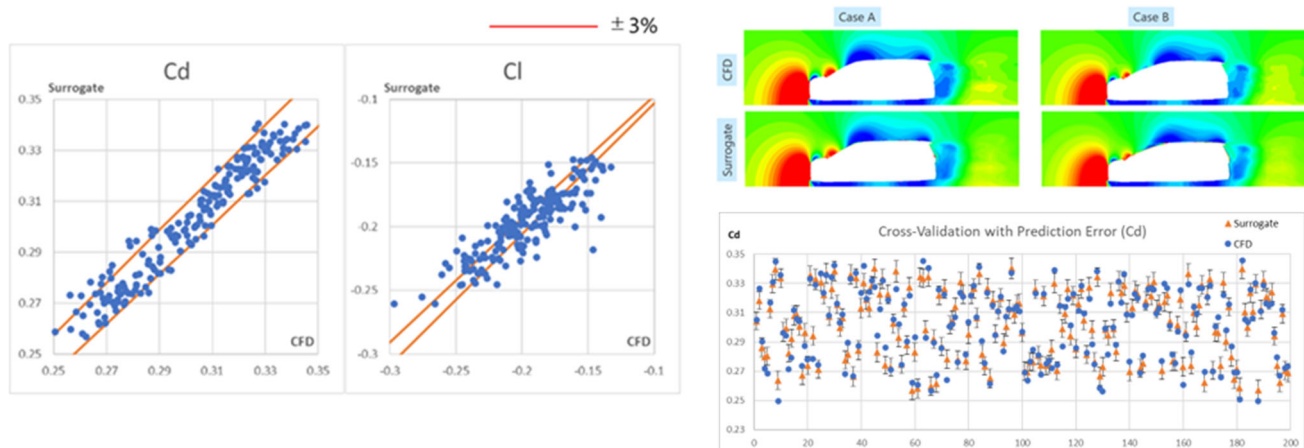


図 3. 3D-OWL による性能予測結果

トヨタシステムズでは、車両の空力性能以外を対象とした、形状に起因する性能予測に 3D-OWL の適用範囲を広げることを検討しています。今後は、3D-OWL の活用事例を増やすことで、さまざまな分野の製品開発の効率化に貢献していきます。

3D-OWLを活用することで、工期の短縮が可能に

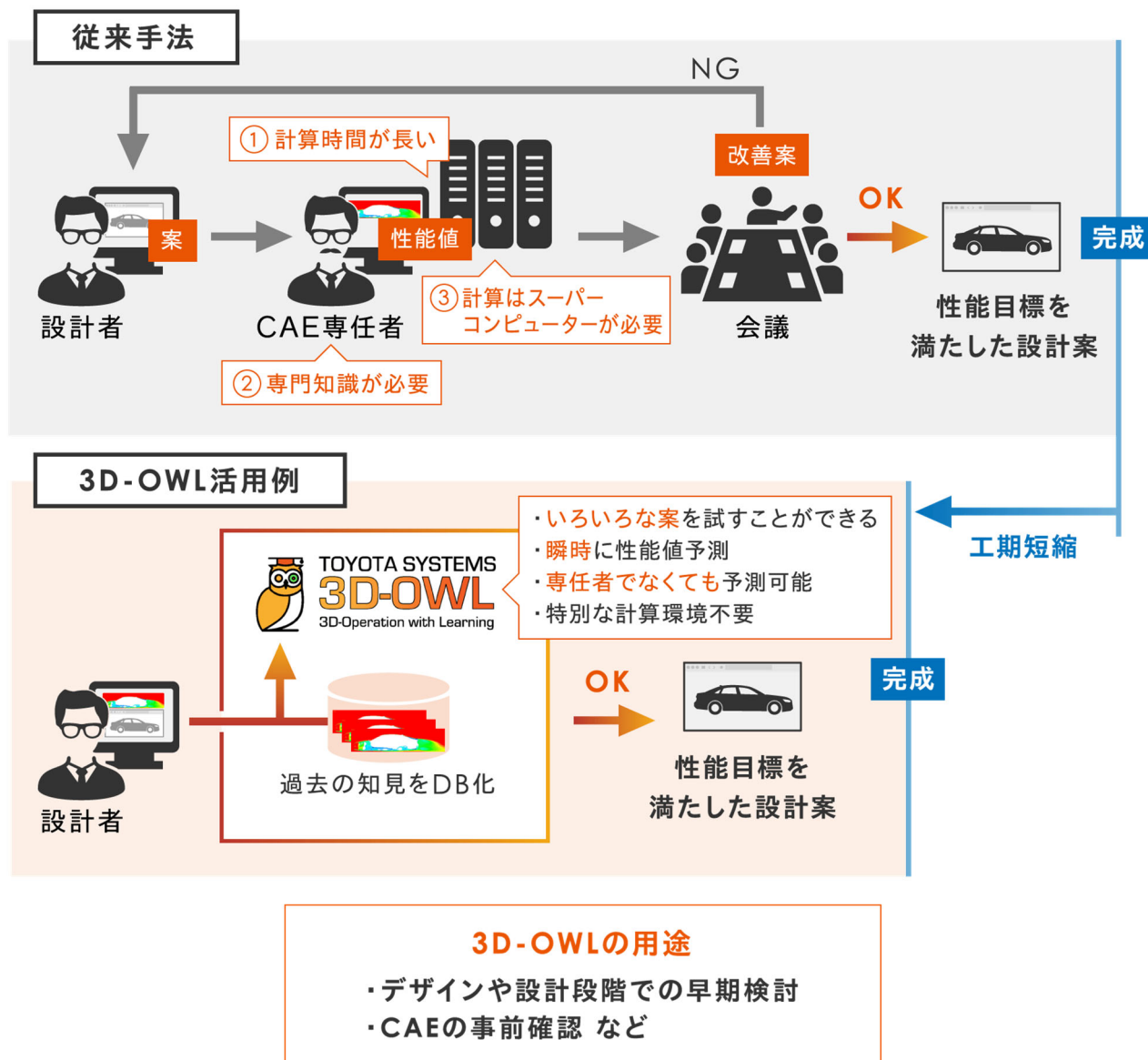


図4. 従来手法（上）と 3D-OWL 活用例（下）の業務フローイメージの比較

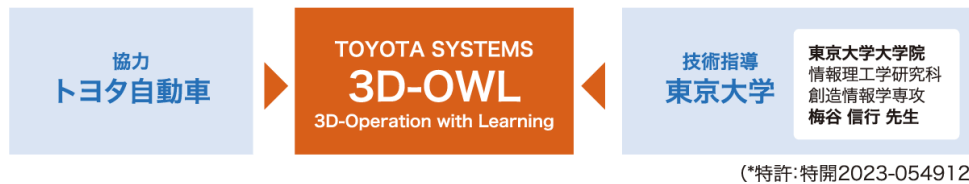
【3D モデル・CAE 解析データを活用した高速 AI 予測システム「3D-OWL」とは】

3次元形状を学習データに利用し、独自に拡張したガウス過程モデルを採用した高速・高精度な独自 AI エンジンを搭載したソフトウェアです。スーパーコンピューターなどの大規模計算環境やハイスペックな GPU は不要、さらに CAE 専門知識がなくても利用でき、デザインや設計段階で活用可能です。

Depth Map 処理に特化した形に拡張したガウス過程は、東京大学 大学院情報理工学系研究科（創造情報学専攻創造情報学講座）の梅谷 信行 准教授の特許（特開 2023-054912）を採用しています。

高速高度な独自AIエンジン「3D-OWL」

3次元形状を学習データに利用し、独自に拡張したガウス過程モデルを採用することで、高速かつ高精度な性能予測を実現しました。



3D-OWLの特徴



誰でも製品性能の予測可能

CAE専門知識がなくても利用でき、デザインや設計段階で活用可能です。



特別な環境の準備不要

スーパーコンピューターなどの大規模計算環境やハイスペックなGPUは不要です。

空力解析の事例

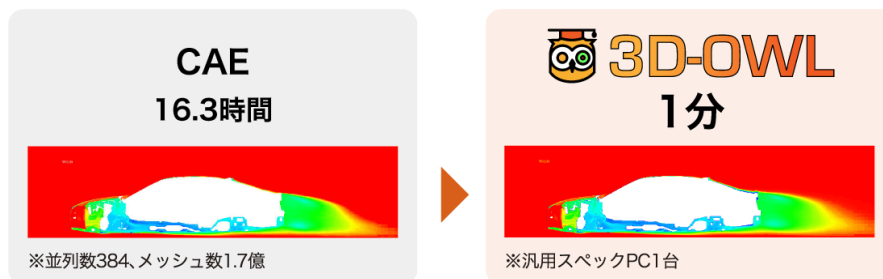


図5. 3D-OWL 概要

【商標について】

記載されている製品名などの固有名詞は、各社の商標または登録商標です。

【関連リンク】

3D-OWL <https://www.toyotasystems.com/product/cae/detail/3d-owl.html>

CAE x AI シミュレーション <https://www.toyotasystems.com/product-service/special/cae-ai/>

【3D-OWL に関するお問い合わせ】

株式会社トヨタシステムズ

制御解析本部 シミュレーションシステム部

技術についてのお問い合わせ・・・

技術窓口：support_3dowl-TS@ml.toyotasystems.com

ご購入についてのお問い合わせ・・・

営業窓口：ts-engineering@ml.toyotasystems.com

TEL 052-728-6063