

2021年7月15日

会 社 名 株式会社 IDAJ
代表者の役職氏名 代表取締役社長 徐 錦青
電 話 番 号 045-683-1990

オートノマスメッシング熱流体解析プログラム「CONVERGE」の スーパーコンピュータ「富岳」での計算検証に関するご報告

株式会社 IDAJ（以下 IDAJ）はこのたび、富士通株式会社様（以下 富士通）と協働し、スーパーコンピュータ「富岳」ならびに「富岳」の技術を活用した「PRIMEHPC FX1000」で、大規模かつ高精細な解析が高速に行えることを実証するためのプロジェクトに参加しました。動作検証や性能チューニングは、Convergent Science が開発したオートノマスメッシング熱流体解析プログラム「CONVERGE」で実施しています。本リリースでは、CONVERGE での検証内容をご紹介します。

■オートノマスメッシング熱流体解析プログラム「CONVERGE」

CONVERGE は、シミュレーションプロセスの最大のボトルネックの一つと言われてきたメッシュ生成をプロセスから排除することに成功した革新的な CFD ソフトウェアとして、2008 年にリリースされました。CONVERGE は、最新テクノロジーに対応するためバージョン 3.0 からコードを刷新することで、高い並列効率を実現しています。IDAJ は 2013 年から日本国内での販売・技術サポート、エンジニアリングコンサルティングサービスの提供を開始しており、今回のプロジェクトに参加しました。

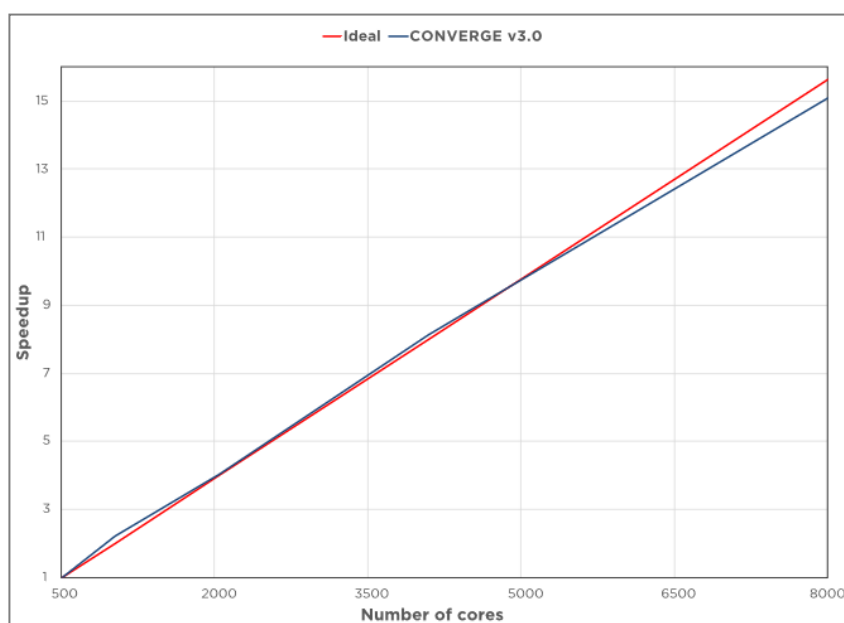


図 1：バーナー火炎計算における計算効率

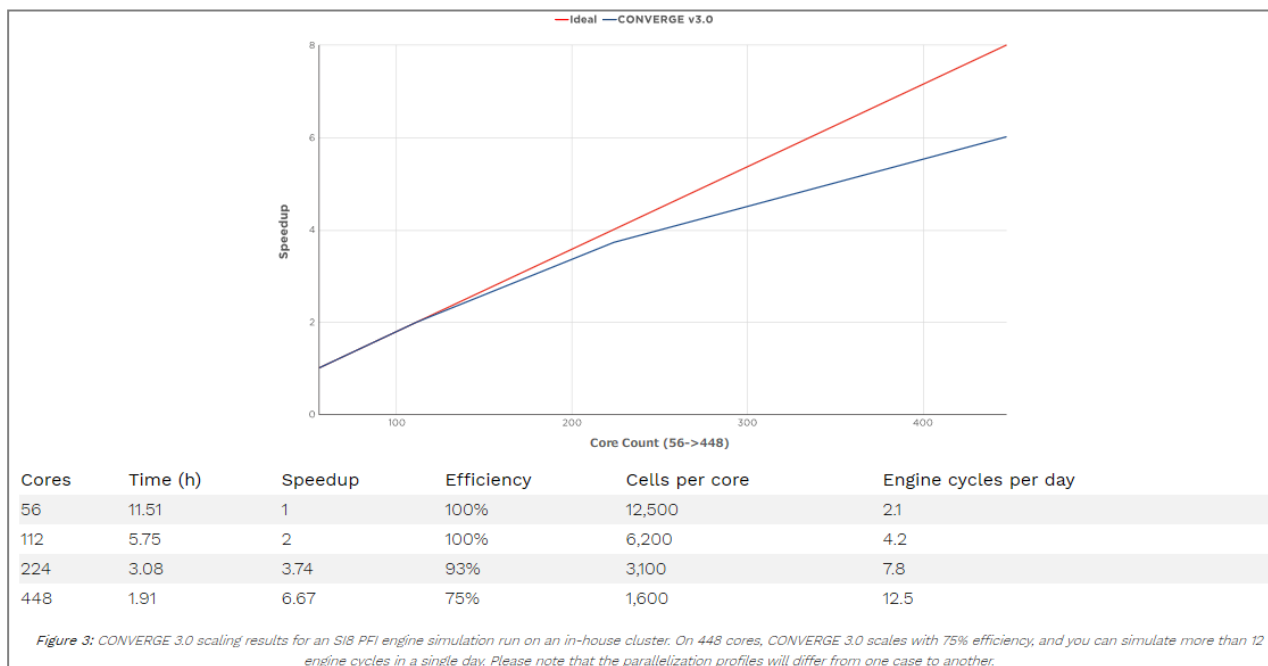


図 2：移動を伴うエンジン筒内計算での並列効率

■スーパーコンピュータ「富岳」での検証結果

1・2の研究は、HPCI システム利用研究課題（課題番号：hp200209）を通じて、理化学研究所のスーパーコンピュータ「富岳」の計算資源の提供を受け実施

1. ポーティング検証と並列性能検証

x86 機で計算した、エンジンポート定常流解析とガソリンエンジン燃焼解析の結果と「富岳」（ARM）で計算した結果が一致することを確認しました。このとき、1core あたり数千以上のセルが分配される条件において core 数を 2 倍にすると、計算が 1.8 倍程度高速化する良好な結果が得られました。

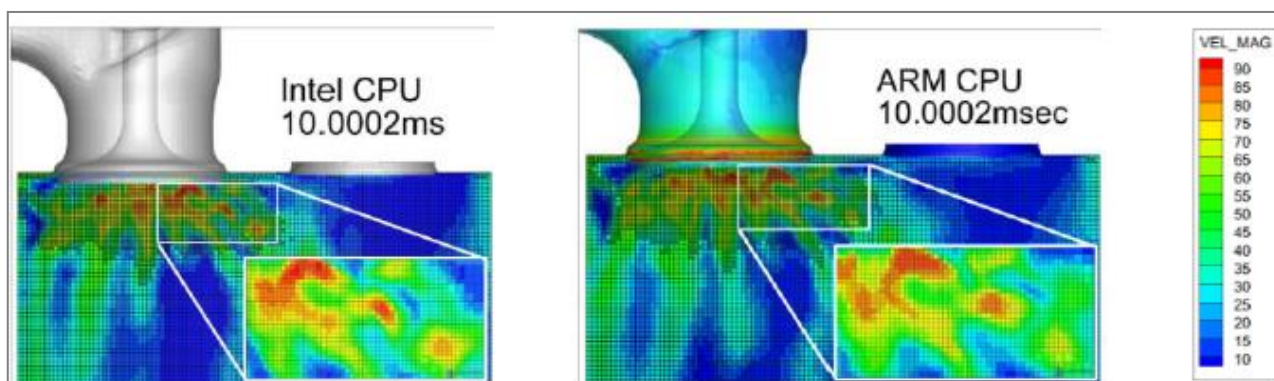


図 3：定常ポート流解析（流速コンター図）

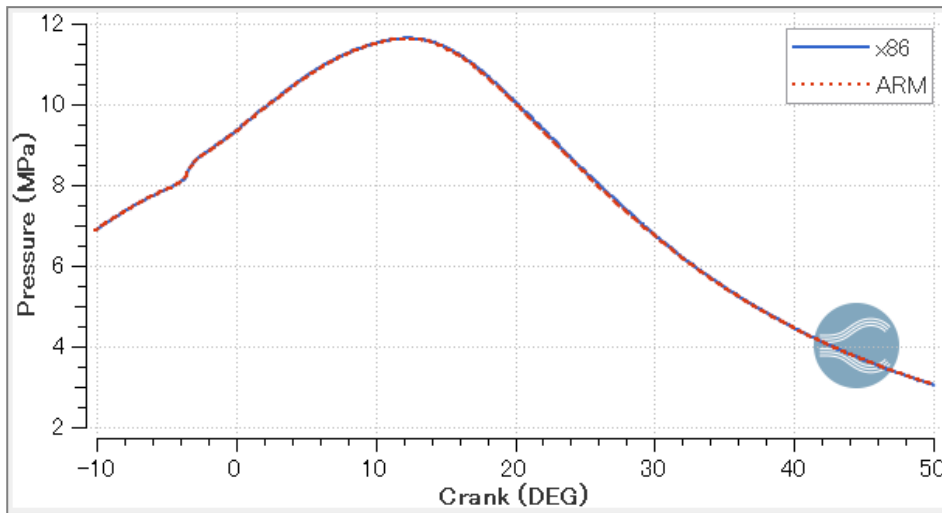


図 4 : ガソリンエンジン燃焼解析 (内部圧力の時系列の推移)

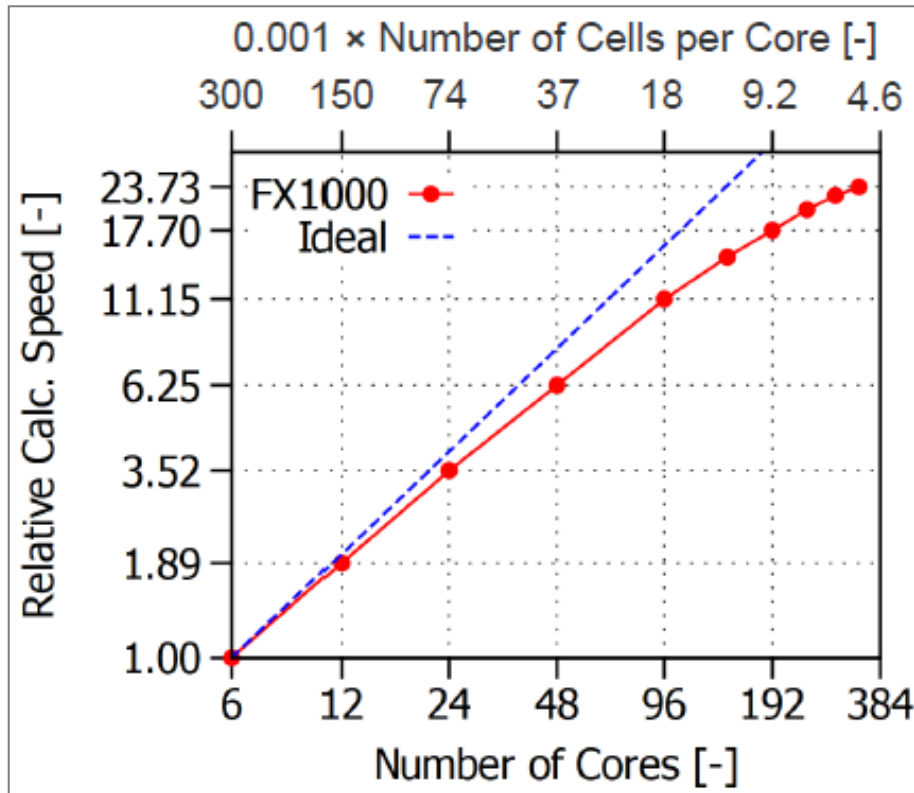


図 5 : 並列 core 数と計算速度の関係

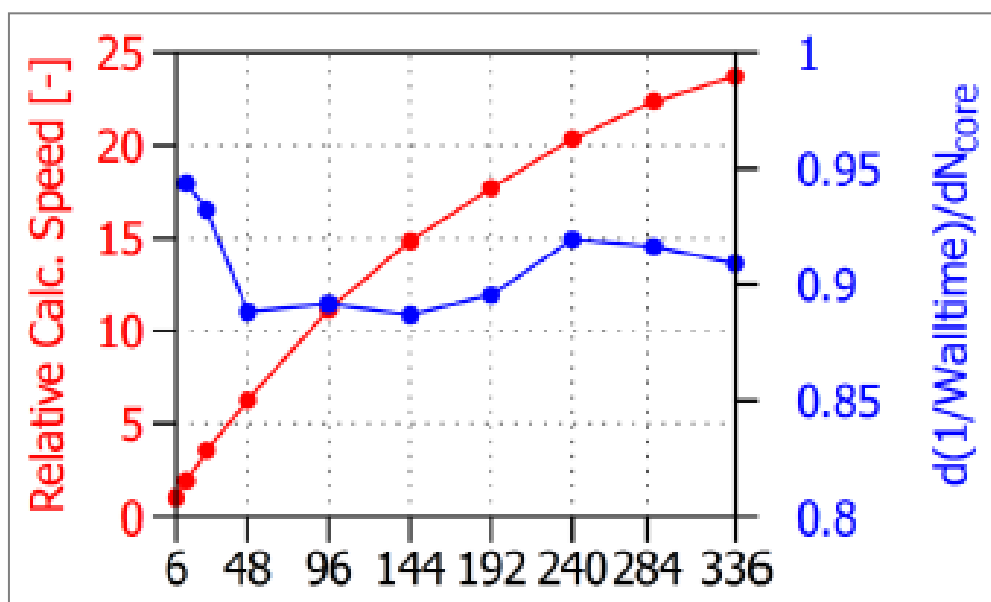


図6：コア数増大に対する計算速度向上率

2. 大規模燃焼計算

「富岳」を利用して、数千並列という超大規模並列計算を実施しました。CONVERGE ではオートノマスメッシング法を使用するため、解析の進展によって総セル数が増加しますが、最大で 700 万メッシュ、ノード数 385 を使用して 4,620 並列で計算しました。粗い計算格子による RANS 解析では表現が難しいしわ状化した火炎構造を示す結果が得られ、またその燃焼解析部分にかかる計算時間はわずか 2.7 時間でした。さらに、ノッキングに影響を及ぼす低温酸化反応の代表的な中間生成物 (C8KET) に関して、RANS では温度・燃料濃度分布の平坦化のため壁面付近のみに偏在するのみですが、LES ではエンジン筒内のより広範囲に分布し、様々な領域で反応が進行していることが確認できました。

・解析設定

燃焼モデル：詳細化学反応 SAGE

乱流モデル：LES

メッシュ（計算格子）：最大 700 万メッシュ、全域 0.5mm サイズ

計算時間：2.7 時間（385 ノード 4,620core 使用）

解析結果：図 7

・（比較計算）解析設定

燃焼モデル：詳細化学反応 SAGE

乱流モデル：RANS

メッシュ（計算格子）：最大 700 万メッシュ、解適合格子（Adaptive Mesh Refinement、AMR）最小計算格子サイズは LES と同じ

解析結果：図 8

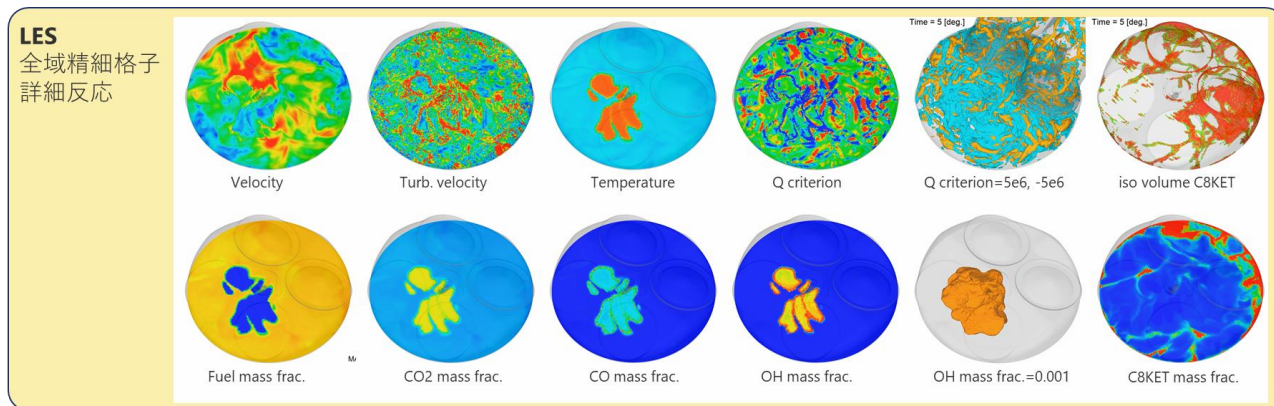


図 7 : LES での解析の結果 (註: 動画あり)

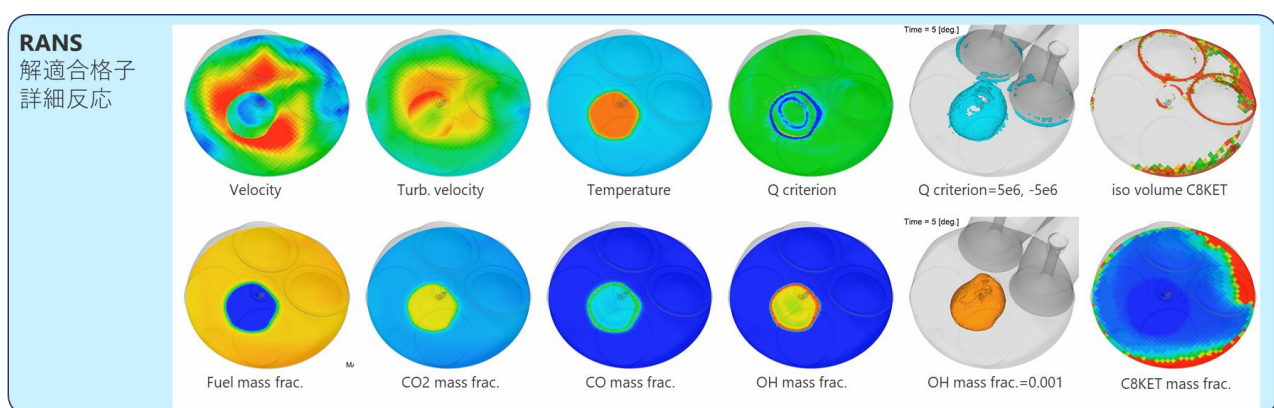


図 8 : RANS での解析の結果 (註: 動画あり)

ここからの計算には、富士通の FX1000 を用いて実施しました。

3. 大規模燃料噴射計算

本自由噴霧計算からは、噴霧周囲に形成される大小の渦構造を捕え、非軸対称の噴霧形状が得ることができました。

・解析設定

噴霧モデル：ラグランジュ混相流（抵抗、分裂、衝突合体、蒸発）

乱流モデル：LES

メッシュ：最大 1,000 万、最小 0.0625mm サイズ

計算時間：8.8 時間（384core）

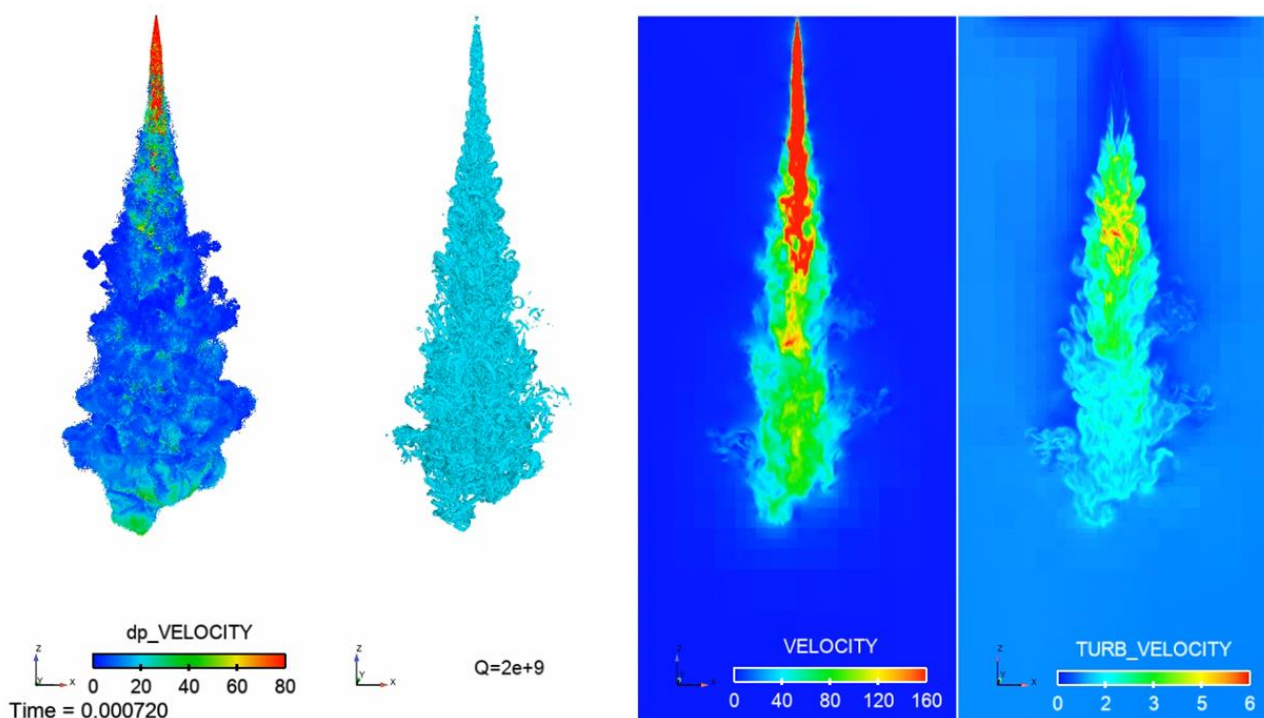


図9：LESによる燃料噴霧計算（註：動画あり）

4. その他

下記に示す物理モデルが正常に動作することを検証し、エンジン以外の分野においても従来の x86 アーキテクチャ同様に利用できることを確認しました。

- ・回転力考慮（MRF：Multiple Reference Frame）
- ・Inlaidメッシュ（壁面近傍レイヤーメッシュ）
- ・流体構造連成解析（FSI）
- ・シーリング
- ・流体固体熱連成解析
- ・混相流解析（VOF+キャビテーション）
- ・尿素 SCR

■今後の展望

今回のプロジェクトにおいて、CONVERGE がスーパーコンピュータ「富岳」で正常に動作することを確認し、大規模・高精度な筒内燃焼計算をはじめとした幅広い解析テーマにおいて、高速な計算が可能であることを実証したことで、今後、製造業各社において「富岳」のリソースの有効活用ができることを確認しました。

2021年中にリリース予定の CONVERGE の次バージョンでは ARM 版ソルバーの提供を開始し、「富岳」ならびに「富岳」相当の計算機環境を利用するユーザーへの一般提供を開始します。

■商品名：

オートノマスメッシング熱流体解析プログラム「CONVERGE」

<https://www.idaj.co.jp/product/converge/>

動作環境：以下をご参照ください。

<https://www.idaj.co.jp/product/converge/sysreqs/>

価格（税抜）： ¥1,500,000～（レンタル）

参照

・富士通株式会社 PRESS RELEASE（事例）スーパーコンピュータ「富岳」を用いた商用アプリケーションの高速解析をベンダー各社と実証

流体解析など各種アプリの順次提供により、「富岳」と「PRIMEHPC」シリーズの産業活用促進（2021年6月23日）

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2021/06/23-1.html>

Convergent Science について

アメリカ ウィスコンシン州マディソンに本社を置く Convergent Science は、計算流体力学（CFD）ソフトウェアの世界的リーダーです。Convergent Science の使命は、正確で用途が広く、ユーザーフレンドリーなソフトウェアを作成し、比類のないサポートを提供することによって、お客様が革新的な CFD シミュレーションを実行できるようにすることです。Convergent Science の主力製品である CONVERGE は、オートノマスメッシングによってグリッド生成のボトルネックを解消する革新的な CFD ソフトウェアであり、高度な物理モデル、完全に結合された詳細な化学的性質と移動するジオメトリに簡単に対応する機能を備えています。CONVERGE は CFD 業界に革命をもたらし、パラダイムを予測的 CFD にシフトしています。詳細は <https://convergecfid.com/> をご覧ください。

株式会社 IDAJ について（旧 株式会社 シーディー・アダプコ・ジャパン、2012 年 4 月社名変更）

代表取締役社長：徐 錦胃（じょ きんちゅう）

本社：神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-2-1-1 横浜ランドマークタワー37F

支社：中部支社（愛知県名古屋市中区）・関西支社（兵庫県神戸市）

関連会社：IDAJ-China（中国）、IDAJ-UK（イギリス）、IDAJ-Korea（韓国）、Icon Technology & Process Consulting Ltd.（イギリス）、Ennova Technologies Inc.（アメリカ）

弊社は、ソフトウェア、コンサルティング、技術サービス力を背景に、日本の MBD・CAE 分野において最も成長している企業の1つです。IDAJ のビジネスは、ソフトウェア開発・販売、エンジニアリング・コンサルティングサービス、システムインテグレーションを3つの柱としており、シミュレーション技術を核として CFD から FEA、最適化まで、また1次元から3次元シミュレーションまでの CAE 分野を幅広くカバーしています。IDAJ では、25年以上にわたって、MBD・CAE ソリューション等を国内外 1,000 社超のお客様に提供しています。特に、自動車産業、精密機器産業、エネルギー産業、重工産業及び家

電産業で実績があります。その他詳細情報についてはウェブサイトをご参照ください。
(<https://www.idaj.co.jp>)

一般のお客様からのお問い合わせ先

株式会社 IDAJ 営業部

〒220-8137 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-2-1-1 横浜ランドマークタワー37F

TEL : 045-683-1990 FAX : 045-683-1999

E-Mail : info@idaj.co.jp

本ニュースに関するお問い合わせ先

株式会社 IDAJ

営業部 31 グループ 中井 公子 (なかい きみこ)

〒650-0001 神戸市中央区加納町 4-4-17 ニッセイ三宮ビル 3F

TEL : 078-389-5470 FAX : 078-389-5472

E-Mail : nakai.kimiko@idaj.co.jp