

シミュレーションを基盤とした設計フロント・ローディング手法の  
体系化とその実現

Front-loading of Development Process Based on Simulation-driven Design

工藤 啓治  
Keiji KUDO

# シミュレーションを基盤とした設計フロント・ローディング手法の 体系化とその実現

## Front-loading of Development Process Based on Simulation-driven Design

工藤 啓治\*  
Keiji KUDO

**Key Words:** Front-loading, Design Exploration, Simulation, MBD, Platform, Zero Re-work

### 1. 緒言

設計開発プロセスにおいて、期間やコストが増える要因には、多くの場合設計の手戻りが起因している。特に試作段階で手戻りを繰り返す状況になると、再現と要因の特定や対策が困難になることが多々であって、それによる期間とコストの増加は、製品開発上の大きな痛手となる。さらに、往々にして抜本的な設計案ではないために性能や制約の達成もぎりぎりの状況となる。時間に追われたその場限りの対策であるため次製品に活かされることも困難という意味では二重の痛手となる。そのような事態が繰り返されると人的・時間的な余裕もなくなるので、改善改革に向けた人員と時間の確保がますます困難になるという状況が、企業の大小や産業に関わらず、しばしば見られる。

手戻りが発生する原因には、設計が複雑になってきたことで、従来の経験ベースによる設計では対応できない複雑な性能間のトレードオフや、データ共有やコミュニケーションに関する不備、経験の少ないエンジニアの増加など様々な要因が考えられる。複雑になっていく外的要因に対して十分に対応していかなければ、企業の競争力はもちろん生き残りさえも困難であることは、GEの前CEOジェフ・イメルト氏の言葉を引用したGEレポートの記述<sup>1)</sup>「これほどに不安定で不確実な時代は、誰も経験したことがない。過去のルールブックに頼っていては太刀打ちできない」。いま、圧倒的な“スピード感”や“適応力”こそが、競争のドライバーになっているのです。”に端的に示されている。

実際、破壊的イノベーションと称される製品シフトや新技術の台頭が昨今著しいことは言うまでもない。カメラ産業ではフィルムからデジタルカメラへの移行とその成熟度の速さゆえに自己産業の収縮を招いているほどであり、ブラウン管から液晶テレビへの移行や携帯からスマートフォンへの移行は日本の家電産業を破壊したと言ってもよい。ドローンは新たな産業を生み出したが、その競争は極めて

激しいものがあり、EVが本格化すると産業転換だけではなくビジネス転換も引き起こすことは、誰もが必定と理解している。また、ビッグデータやAIの急成長は、どのような産業においてもその影響は避けられない。これまでに経験したことのなかったタイプの新技術や新ビジネスの波が押し寄せてきているのである。

既存製品を従来のやり方の延長線上で開発し続けて生き残ることが甚だ困難になる状況は、現在すでに進行しているのであり、今後さらに加速するのは明らかである。これに対応するすべは果たしてあるのか、あるとすればどのような指針、考え方、方法論を適用すべきなのか、それらを真剣に考え、体系化し、継続的に実践することは、製造業の最重要テーマの一つであると考えられる。本稿では、シミュレーションを活用した設計開発領域に絞ってこの大きな課題に取り組むヒントを議論してみたい。

### 2. 製造業におけるシミュレーション活用の現状

シミュレーションは日本においても様々な産業で用いられており、適用分野は幅広く、最先端の技術レベルが高いだけでなく、「京」での応用技術など世界のトップ級の実績も数多い。一方、企業における設計業務にどれだけ貢献しているかという活用実績の視点で見ると、技術視点とは大きく異なる光景が見えてくる。例えば、

- 設計者に使われていない
- 使われている場合でも、結果が合わないか、結果の検証ができていない
- トラブル対策時の活用に忙殺されている
- 解析担当者が設計に関与していない
- 精度至上主義から脱却できないため、活用柔軟性がなく、適用範囲が向上しない
- モデル化ノウハウが構築・伝承されておらず、同じトラブルが繰り返される
- 設計探索や提案検討に利用されていない

\* ダッソー・システムズ株式会社 (〒141-6020 東京都品川区大崎 2-1-1 ThinkPark Tower)  
Dassault Systèmes K.K. (ThinkPark Tower, 2-1-1 Osaki, Shinagawa-ku, Tokyo 141-6020, Japan)

- 最適設計やロバスト設計は限定された領域や少数の担当者に留まる
- 複合領域問題への適用はほとんどなされていない
- 構想段階で全体を敷衍して設計できるエンジニアが育っていない
- 新しいシミュレーション技術に着手したいのに、優秀な人材はトラブル対応で忙しい
- 同じ部署のノウハウや経験を共有できていない

上記のように、数え上げればキリがないほどの活用面の課題が存在するにも関わらず、過去何年もこの状況に大きな変化がない、すなわち、課題として認識されていないか、されているとしても解決に大きな困難を伴っているというのが、日本における製造業のシミュレーション活用の現状である。シミュレーションの役割は、いまだに設計後の検証やピンポイントの不具合解決が主であり、性能バランスに優れ、かつすべての制約条件を満たすという意味での設計探索のためのシミュレーション活用は、一部の先端的企業や分野を除き、実務においてはまだまだ少ないといえよう。

設計フロント・ローディングの考え方は、設計へのシミュレーション適用が始まった30-40年前から、その重要性とともに長らく認識されてきた。シミュレーションの精度が十分でなく、計算時間の長さやコストが大きかった過去においては、いわゆる絵に描いた餅状態の期間が長かったのであるが、この10年来技術が格段に成熟し精度が十分に確保される領域が増えてきたこと、さらにこの5年来では、合理的なコストで高速なコンピュータを利用できるようになったことから、シミュレーションを設計の早期段階で必要十分な回数計算することが容易になった。

コンピュータCPUの性能は、10年ではほぼ1000倍高速になってきており、特に昨今のIT技術はすべてCPU性能の驚異的な向上の賜物である。蛇足ではあるが、スマートフォンも、昨今脚光を浴びているAIも、すべてのデジタル化技術は“計算時間”を意識させないほどの高速なリアルタイム応答速度を前提にしており、このスケールでのCPU性能の飛躍的進歩なしには実現しえないのである。CPU以外にも、メモリ容量と速度、ディスク容量と速度、ネットワーク速度などすべてのコンピュータ技術が、大規模・超高速・コンパクト・安価で利用できるようになったので、これまででは、大規模な投資をできる大手企業や研究機関でしか導入できなかったレベルのコンピュータ環境を容易に整えることが可能になっている。設計フロント・ローディングを実現するためのシミュレーション活用の環境がようやく現実的になってきたわけである。

### 3. 設計フロント・ローディングの目的と実現手段

Fig. 1に、フロント・ローディングのコンセプトを示す。開発の後期、特に詳細設計や試作段階における手戻りによって発生する工数やコストを削減し、開発期間短縮を図ることを目的とし、開発の早期段階からバーチャル設計(シ

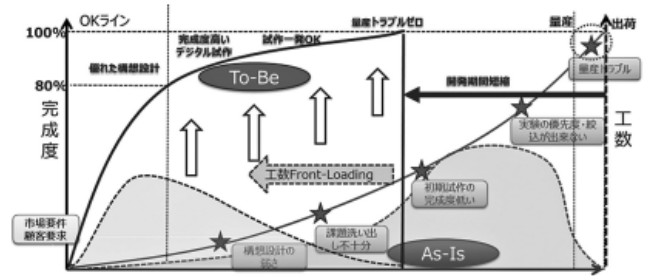


Fig. 1 Front-Loading concept

ミュレーション)を駆使することで、手戻りの発生しない素性の良い設計を実現するというコンセプトである。

フロント・ローディングが可能にする素性のよい基本設計のあり方とは、下記の状態が実現できることを言う。

- 抜け漏れのない要求検証を行う
- 要求変更の可能性を想定しておく
- 後工程での変動要因を想定しておく
- 目標性能の割り付け案を幅広く検討しておく
- 複合性能のトレードオフ性を事前検討しておく
- 重要度の高い実験に合理的に絞り込む

これらを実現する手段が、実は、日本で昨今着目を浴びている Model based Design (MBD) であり、いささか仰々しい書き方をすると、下記のように表現できる。

様々な設計情報の変動可能性を想定しておき、そのための多様な設計案の組み合わせをシミュレーションで事前検討しておくことで、実現可能な設計案を常に選択できる状態

すべての“変動可能性を想定”できるものではないにしても、可能な限りの想定と組み合わせが事前検討できれば、原則手戻りは発生しない。欧米における先進企業では、10年～20年前から Computer-based Design Exploration あるいは、Simulation-based Design Exploration (シミュレーション主導設計) といった標語で実現されているシステムと本質的に同じである。次章では、MBDの位置づけとしくみの詳細を述べる。

### 4. Model Based Design

MBD (Model based Design) は、その語義(モデルを使って設計)と成り立ちから(制御)設計前にモデルで評価するという位置づけであったために、元々フロント・ローディングのコンセプトを含んでいる。そのため、CAEの進んだメカ領域でも MBD という手法が着目されており、CAEを拡張した、より一般的な意味合いを持つようになってきた。Fig. 2に示すように、MBDが適用される領域は、試作と実験を実施する前のバーチャルな設計プロセスすべてを包含し、3D形状を合理的に決めるための手法とも解釈できる。

参考までに MBD と同時に語られることの多い Model Based Systems Engineering (MBSE) の位置づけと関係も Fig.

2に示した。MBSEを一言で表現するのは簡単ではないが、本稿では、複雑性設計に対応するために製品アーキテクチャから解きほぐしてモデル化する手法と述べるに留める。MBSEとMBDの定義はかならずしも一義的ではなく、お互いの領域は明確に分離されていないが、性能設計(1D-CAEを活用できる設計)がMBSEとMBDとで共有されているというのが、著者の考えである。フロント・ローディングの主演である設計探索の効果が発揮するのは、MBDの領域であり、以降はMBDのしくみを詳しく説明する。

筆者の所属するダッソー・システムズでは、大まかにではあるがCATIA Systemsという製品によりMBSEを、SIMULIA Process Appsという製品群によりMBDを実現している。機能紹介においては、SIMULIA Process Appsを、通称SPDM (Simulation Process Data Management) というソリューション名で紹介することが多い。MBSEを介さず、PLM機能の一部としての要求管理から、MBDにつなげるケースも多い。これらの製品群は、3DEXPERIENCE® PLATFORMというシステム基盤の上で動作する。

さて、Fig. 3にMBDを4つのステップからなるフレームワークとして表現する。

① モデルの標準化

過去設計の典型モデルを、パラメータ駆動のための初期モデルとして定義することが出発点となる。CADあるいは、1D/3D CAEモデルの形で蓄積された過去設計のDBから類

似性のパターンを調べ、共通しているデータ群をグループ化し、パターンの変化を可変設計パラメータとして数値化する。これにより、パラメータ駆動可能な標準モデルを定義することができる。Fig. 4に概念的手順を示す。

モデルの標準化は言い換えれば、過去設計のノウハウを形式知化し、分析し、未来設計に再利用できる形にした設計情報といえるので、モデル標準化の活動自体が高度な設計行為であることを強調しておきたい。

② 手順の標準化

設計性能解析の手順をワークフロー化し、可変パラメータの組み合わせを自動的に設定し、計算を自動的に実行可能な形にする。再利用性があり、問題の定式が標準化された姿である。従来は手作業で行っていた設計問題を解く手順を、ワークフローという標準化された形式知に表現したという意味で、高度な設計ノウハウである。ワークフローの中で利用可能なシミュレーション・ソフトウェアに制限はなく、市販ソフト、自社開発ソフトなどを自由に接続して、自動実行ワークフローを構築することができる。

③ 未来想定モデルの組み合わせ計算

設計変数、制約条件、要求性能に想定可能な上下限値を与えて、実験計画法などを用いたサンプリング計算を実施する。このデータ群は仮想経験DBと言い換えることもできる。計算回数には特に推奨された回数はないものの、設計変数と制約条件や要求数の総次元を勘案しながら、数

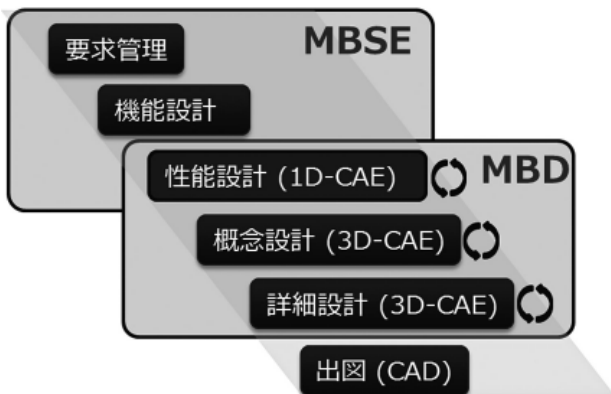


Fig. 2 Front-Loading process

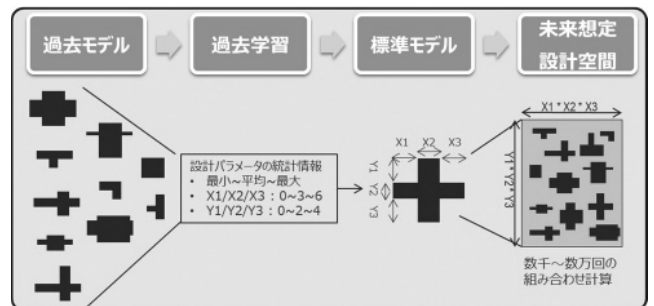


Fig. 4 Model standardization steps

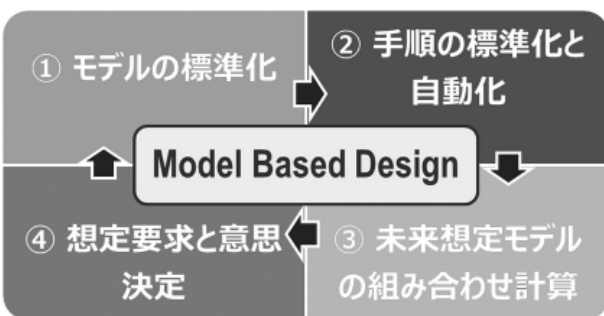


Fig. 3 MBD Framework

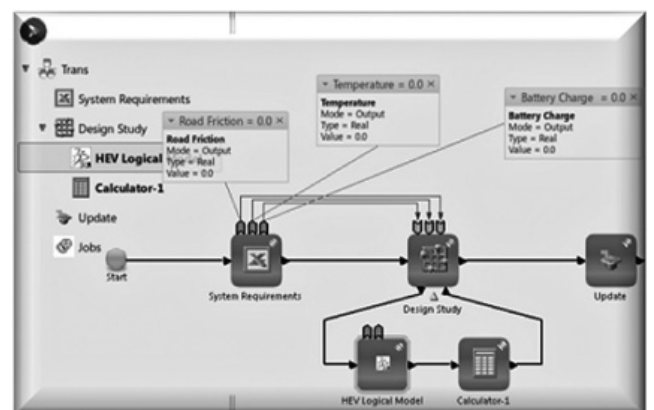


Fig. 5 Automation process of standard workflow

百回から数万回程度のサンプリング数を実施することで、可能な限りの組み合わせ数の新たな設計案を生成する。組み合わせ数は多い方が、意思決定時の絞込みの漏れのリスクが少なくなるので、なるべく広い設計空間(パラメータの数と上下限值)で計算資源と時間の許す限りの回数を計算したほうがよい。Fig. 6には、計算された多変数データの可視化 GUI の一つを示した。

④ 想定要求と意思決定

設計方針に沿った要求性能と制約条件の目標値や上下限値を想定して、限界仕様・バランス性の高い仕様・特化仕様などを要求に応じて想定しながら、Fig. 6 で表示された仮想経験 DB から設計案を絞り込む思考と判断の段階である。様々な状況を想定しながらデータ分析をするこの手順こそが、MBDの本質であり、従来の設計プロセスにはなかった考え方である。Fig. 7 は、相反性能のバランスを見ながら絞り込みを行っている GUI である。

5. PLATFORM を基盤とする設計開発～試作プロセス

本章では、ドローン設計事例を紹介する前段階として、ダッソー・システムズがパートナー企業や研究機関と共同で構築した 3DEXPERIENCE® Center とそのミッションについて紹介する。米国カンザス州のウィチタは航空産業の一大拠点として知られている。ウィチタ州立大学の広大な

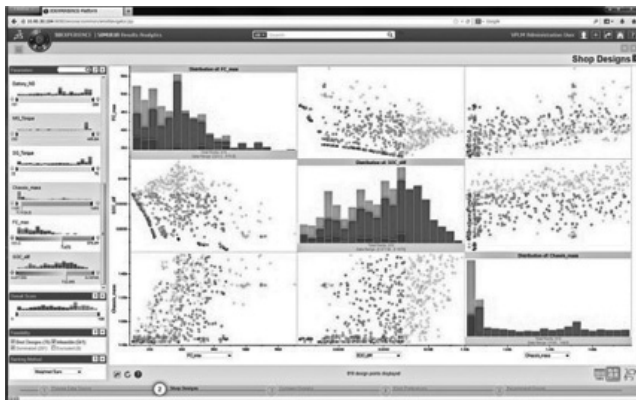


Fig. 6 Visualization of multivariate data



Fig. 7 Decision Making from design exploration

キャンパスの敷地に構築された 29 のビルや生活環境が整えられた Innovation Campus に、ダッソー・システムズはウィチタ州立大学と National Institute of Aviation Research (NIAR) をパートナーとする 3DEXPERIENCE® Center を 2017 年に設立した。Experiential Engineering Building に設置されたセンターは、以下のソフトウェア・ハードウェア環境を持ち、特に航空・宇宙産業向けの最先端プロジェクトを実施することができる。Fig. 8 がその全体像である。

- 3DEXPERIENCE® platform
- Customer Collaboration Rooms
- Additive Manufacturing
- Reverse Engineering and Inspection
- Virtual Reality & Immersive Technologies
- Multi-Robotics Advanced Manufacturing (MRAM)

例えば、UAV (Unmanned Aerial Vehicle、通称ドローン)、衛星、ミサイルなど通常であれば企画から設計～試作まで 3～5 年を要するプロジェクトを、90 日で実現するといった極めて野心的なテーマに挑んでいる。

6. ドローン設計プロセスの事例

(1) 設計ミッションと課題

前章で紹介した 3DEXPERIENCE Center で実施されたドローン設計と試作フライトまでを 90 日で実現するプロジェクト例を詳しく説明する。なお、以下ではドローンのことを Unmanned Aerial Vehicle (UAV)、運用するシステム全体を Unmanned Aircraft System (UAS) と表記する。

■ 設計・試作ミッション

船舶から離着陸可能なヘリコプターの VTOL 機能と、航空機の高速飛行性を両立し、広範囲に存在する海上風力発電機を、短時間で自律的に監視できる UAS を開発する。運用条件や要求性能は、Fig. 9 に示されており、90 日という短期間で合理的な設計案を導出し、試作まで行うのがミッションである。

■ 設計課題

下記のように、マルチコプター型と航空機型の相反する性能のいいとこ取りを要求する新たな設計チャレンジとなる。Fig. 10 に、初期コンセプトの例を示す。

【マルチコプター：VTOL 能力】

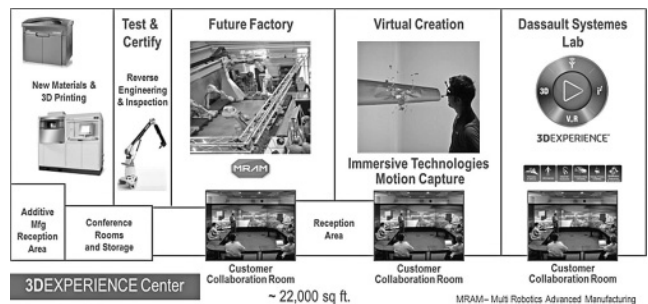


Fig. 8 Facility of 3DEXPERIENCE Center

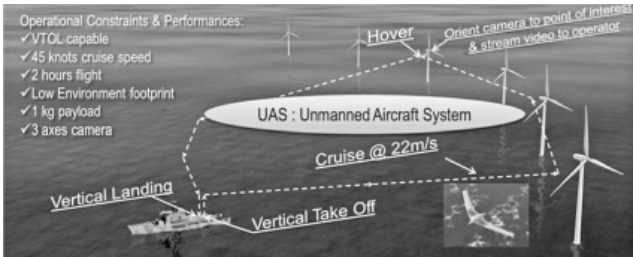


Fig. 9 Requirements of UAS



Fig. 11 Requirement check and technology survey

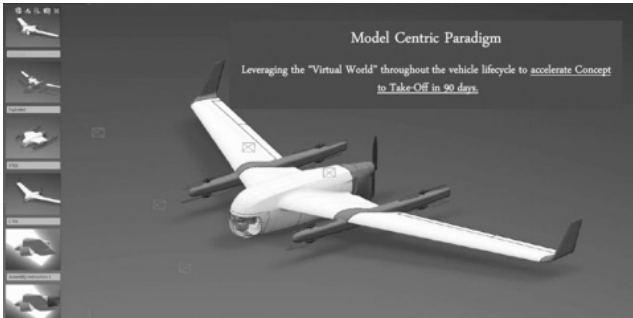


Fig. 10 Concept design of UAV

- どこでも容易に離発着できる
- ×短距離
- ×低速飛行
- 静止可能
- カメラを柔軟に利用可能

【航空機：非 VTOL 能力】

- ×離発着する場所が限定で運用が複雑
- 長距離飛行
- 高速飛行
- ×静止不可 / 失速リスク
- ×カメラ利用は進行方向に依存

加えて、超短期間で試作飛行まで実現するには、以下の要件を満たす仮想設計検証プロセスが実現できなければならない。ドローンのような比較的シンプルなアセンブル体であり、より複雑な構造やプロセスを要する製品であり、仮想設計検証プロセスの本質を表現している。

- ① 複雑に関連し相反する複数の性能や制約を満足する設計案に円滑にたどり着くことができる
- ② 物理的な試作なしに、漏れなく性能検証を行い、トレースできる
- ③ 検証プロセスとデータを自動的に保管し、再利用でき、次期開発に生かせる

(2) 仮想設計検証プロセスの体系化

試作手戻りを引き起こさない円滑な設計プロセスを実現するには、企画段階からバーチャル・フライトまで、以下の手順とデータが連結されたプロセスでなければならない。

■正しい要求

最新の競合市場調査を常時行い、競争力のある要求仕様

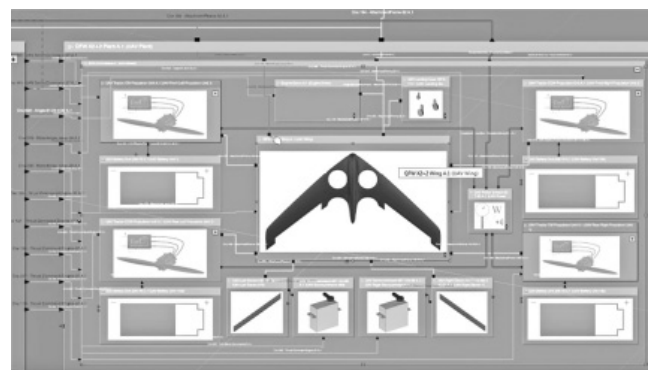


Fig. 12 Functional design

が常に更新されている。かつ、自社の技術力で実現可能なレベルも示されていて、バランスのとれた製品基本仕様と性能要求が明確に定量的に示されている。Fig. 11 は要求管理と自社内 SNS による技術確認の例である。

■正しい基本設計

要求を満たす機能が、全体からサブシステム、サブシステムから部品まで、階層構造を持ちながら漏れなく定義されている。実現可能な機能をライブラリから取得し、性能への影響を比較検討することができる。Fig. 12 は、要求管理から紐づけられた、機能設計の GUI 例である。

■正しいモデルと結果

すべての設計要件をシミュレーションで評価することができ、正しい計算結果を得ることができる。機能を実現するための論理設計、いわゆる 1D-CAE で、マルチ・フィジクス・シミュレーションや制御・機構など Co-simulation 技術を駆使する段階である。初期にはモデル忠実度 (Model Fidelity) の低い関数やマップなどを用いるが、設計が進むに従い、CFD など形状表現と伴うものは、モデル忠実度の高い計算を行うなど、シミュレーション精度を段階的に上げていく技術も必要である。Fig. 13 は、Co-simulation モデルのコンセプト・イメージである。

■正しい予測

第 4 章で説明した MBD 手法を駆使し、可能な限りの組

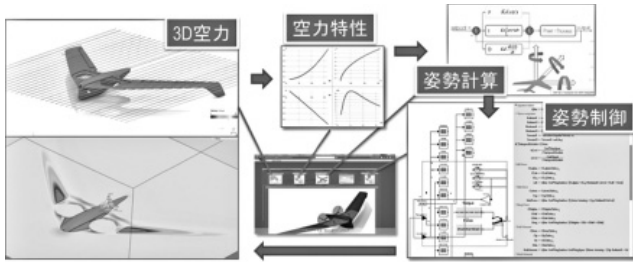


Fig. 13 Co-simulation



Fig. 15 Detail mechanical design



Fig. 14 Decision making by trade-off study

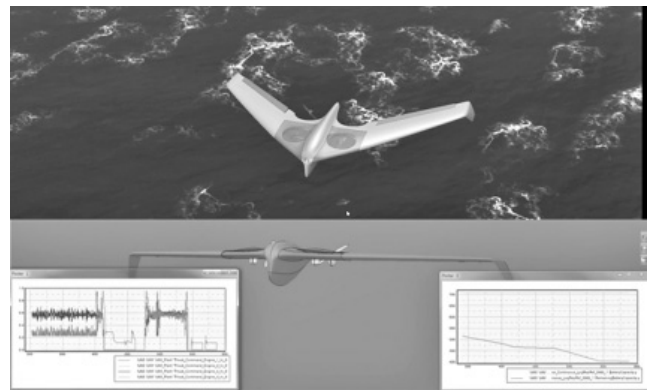


Fig. 16 Validation by flight simulator

み合わせ数のパラメータ・スタディや多目的最適設計を行うことで、次工程に未来設計 DB を構築する。システム全体の設計を行う 1D-CAE に対しても、個々の性能やサブシステムの性能を計算する 3D-CAE に対しても実施し、プロセスをつなげることで、最新のバーチャル設計案を常に供給する。

■正しい判断

複合領域・多目的の相反性能や制約条件を満足する設計候補を漏れなく抽出する。UAV の例では、航続時間、巡航速度、積載重量、監視可能面積といった要求性能を満足し、バランスのとれた設計案を可能な限り多種類導出し、仮に変更があった場合でも即座に変更設計案を検討できる状態にしておく。Fig. 14 は、Fig. 7 を UAV に適用した例である。

■仮想設計

詳細な機械設計・電気設計・制御設計を実装し、試作可能な仮想設計モデルを開発する。この時点で万が一性能未達課題が発生しても、素早く前工程に戻り、新たな概念設計案で再設計を行うことができる。Fig. 15 に、3D-CAD による機械設計 GUI を示す。

■正しい検証

最終設計モデルをバーチャルなフライトで要求性能を検証する。当初要求性能や制約条件をすべて満足していることを検証し、課題が見つかり設計の根拠や検証結果を確認したい場合は、3DEXPERIENCE® PLATFORM に自動的に蓄積されたデータとプロセスをたどって、トレースすることができる。Fig. 16 は、フライト・シミュレータで、性能をリアルタイムでモニタリングしている GUI である。

■バーチャル製造工程

本稿では、設計・開発領域での適用紹介に留めたが、3DEXPERIENCE® PLATFORM につながる機能に制約はないので、たとえば、加工工程、製造工程、製造計画などへの拡張展開が可能であり、既存の CAD や ERP などとの接続へもオープンとなっている。航空産業では特に、Additive Manufacturing の実用が急速に進んでおり、材料設計から、位相最適化、製造工程、残留応力評価にいたる一連の手順を 3DEXPERIENCE® PLATFORM で実施することができる。

■仮想設計検証プロセスを実現するプラットフォーム

これまで紹介してきた、正しい要求～正しい基本設計～正しいモデルと結果～正しい予測～正しい判断～正しい検証を実施するための一連の機能群が体系化されたものが、仮想設計検証プロセスである。Fig. 17 では、全体プロセスをダッソー・システムズの 3DEXPERIENCE® PLATFORM で、実現していることを概念的に示している。

7. フロント・ローディングのあるべき像

さて、Fig. 18 は設計技術が発想～革新～改良へと成熟していく段階とその進展に応じて、何がなされるべきかを表現している。通常の製品開発においては、80% が過去設計を流用した改良設計であり、残りの 15% が従来ノウハウに基づきながら技術の新たな組み合わせに基づく革新設計、最後の 5% が従来にはなかった発想設計による新機能

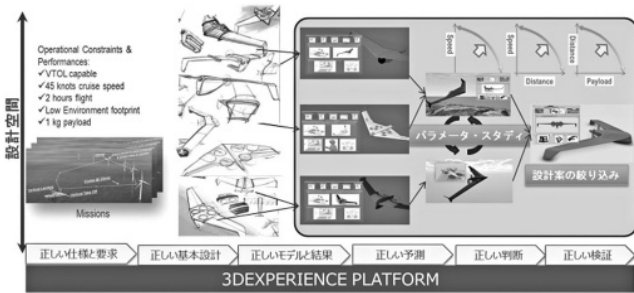


Fig. 17 Virtual design and validation process

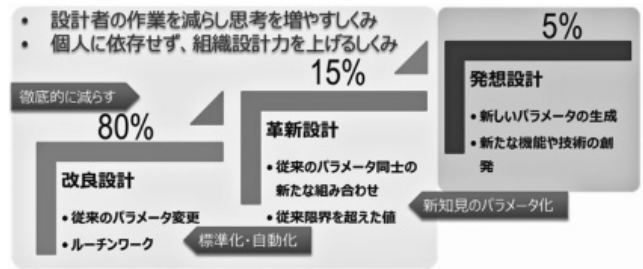


Fig. 18 Goal of Front-Loading

設計という割合となっている。作業量の80%の改良設計に占めるルーチンワーク作業時間を徹底的に削減し効率化しなければ、競争力の源泉である20%の革新設計や発想設計に十分な時間やリソースを割り当てることができないという見方でもある。80%の改良設計作業を可能な限り標準化することで品質を一定かつ高度に保ち、加えて作業自体を自動化することで、大幅にこの80%の工数量を減らすことをしなくてはならない。MBD手法によりこれを実現できることをすでに示した。

発想設計は、実現当初においては高度なノウハウや熟練経験を持つ設計者による新たな技術や機能の創発であるものの、一旦実現すれば既存技術となり、革新設計領域へと引き渡される。経験を積むと、いわゆるパラメータ化が可能になり、次世代の標準化・自動化が可能な技術へと成熟していく。このような新規技術からルーチンワーク化に至る技術転換の流れを構築し、設計プロセスの早い段階に適用することが、フロント・ローディング化の持続的な姿である。第3章で言及した、Simulation-based Design Exploration (シミュレーション主導設計) を実現している企業は、まさにこの80%の改良設計作業の徹底削減をめざし、15%の革新設計の自動化をも狙っているのである。さらに、昨今のAIの急激な進化速度を見ると、5%の発想設計でさえ、コンピュータ・ワークに置きかえられる可能性も現実味を帯びてくる。

設計フロント・ローディングが実現すると、QCDが向上し競争力の強い開発体制になるだけではなく、会社としての発想力に優れた破壊的イノベーションを自らリードするような体質変革も可能になるはずである。逆に、競合他社に実現された場合は、気づいたときには遅く、圧倒的なスピードで置いて行かれる状況になるであろう。バーチャルで徹底的に設計するとは、そういうことなのである。

## 8. あるべき像実現にむけた課題

これまでに紹介した設計フロント・ローディングのための3DEXPERIENCE® PLATFORMは、利用環境の準備が整いさえすれば技術的にはいつでも適用できる状況にあるが、実際に着手するには、技術以外の様々な課題も存在している。

1) 会社の長期的ビジョンへの直結と体制  
設計フロント・ローディングは、少なくとも10年先を見越したビジョンを実現するための手段として、明確に位置付けられなければならない。段階的な技術構築、人材育成、新たなカルチャー形成、体質改革に密接に関連するからである。長期にわたって構築していくには、会社の業績や市場動向などに左右されないビジョンを基盤として、経営層の交代・組織変更・人員の変更などに影響されない、持続的な組織的意思と体制が不可欠である。

2) シミュレーション活用への理解  
シミュレーション活用の課題の中で、特に活用の幅を狭めているのが、シミュレーションの精度が試験を置き換えるレベルになければ使えないという、狭い視点である。たとえ絶対精度が不十分であっても、「置き換え」ではなく、パラメータ・スタディによるシミュレーション結果から、分析・傾向・比較・類推を駆使することで、早い段階での設計判断や実験数の削減が可能である。この考えは、シミュレーション主導設計コンセプトの根幹であって、実証例を積み重ねながら、このような理解を広く普及させる必要がある。

3) 複合的視点を持つエンジニアの育成  
日本ではこれまで要素技術に偏重したシミュレーション・エンジニアが育成されてきた傾向がある。一方でシミュレーション技術者は、専門性が高いゆえに他の領域に疎いいわゆるサイロ的な思考やカルチャーに陥りやすい。専門性の重要度が減ることはもちろんないのであるが、これからのエンジニアは、複合領域的視点を持つことが必須となる。なぜなら、フロント・ローディング化が進み、早い工程での性能と機能の検討を行うには、強度・振動・熱・流れ・機構・制御といった様々なシミュレーション領域を理解した上で、ID-CAEやCo-simulation技術を使いこなすことが求められる。コスト、製造やソフトウェアの知識も必要になるかもしれない。自分の専門分野に加えて、関連性の強い隣の領域に関心を持つ柔軟性や理解力を持つ複合的能力をもったエンジニアの存在がますます重要視されるということである。隣の領域をGivenとして受けるのではなく、自らも関与するという主体的なカルチャーを育てなければならない。



#### 4) MBD を推進するエンジニアの育成

設計早期段階では、複合領域での性能計算ワークフローを構築し、実験計画法、最適設計手法といったパラメータ・スタディを駆使した大量の計算結果から、正しい判断を行うための分析を行う数値的視点を持った能力も不可欠である。設計理解、実験理解、シミュレーション技術、データ分析といったマルチで数値的な視点と技能を持つことは、従来にはなかった新しいエンジニアのスキルであり、このようなエンジニアを自助努力ではなく企業として育成する体制も重要になる。

#### 5) 対外的情報収集能力

長期にわたり構築・運用していくシステムなので、新しい技術をいち早くウォッチし、自社に適用できるかどうかを判断し、導入計画を立てていく必要がある。国内でのベンダー・セミナー、学会技術講習やセミナーなど、国外での学会でのテーマ別コンファレンス、Webinar など情報ソースに欠くことはないものの、企業では通常コストや時間の面で体系的に収集活動を行うことはできにくい。しかし、昨今の技術進展の速度は著しいので、感度の高いアンテナを幅広く掲げて、IT 技術、モデリング技術、新たなシミュレーション領域、自動化手法、ケース・スタディなど対外的な最新情報の収集活動を行い、いち早く自社技術して取り込む意思決定を行うことは、たいへん重要な役割である。

#### 9. フロント・ローディング化の先に見えるもの

本稿では、日本の製造業におけるシミュレーション活用の現状を踏まえて、設計フロント・ローディングの必要性と実現するための体系化された手法、ドローン設計開発プロセスのケース・スタディを紹介したのち、あるべき像のコンセプトを整理し、業務視点での根本課題まで述べてきた。

構築し、運用し、成果をあげるまでには然るべき時間とコストを要するわけであるが、昨今の製造業における競争のあり方は、製品だけではないことは言うまでもなく、サービスや運用、ビジネスモデルのレベルになっている。したがって、設計開発の役割も、製品の機能や性能に関する開発だけではなく、利用者の経験を想定した要求や End of life に至るまでの利用状況を加味した斬新な設計開発手法が求められる。フロント・ローディング化はそのための手段に

過ぎず、その先にはリアルとバーチャルの垣根を融合した Virtual Twin、製品ライフサイクルを通じた Lifecycle Virtual Model の姿が見えてくるし、開発体制も大量のコンピュータによるルーチンワークの自動化と少数精鋭の改革・発想エンジニアリング業務という分業体制が実現していくであろう。

将来の変化を自ら創出してリーダーとなるか、フォロワーとなるかの違いは、この先、劇的な差になって表れてくるのではなかろうか。転ばぬ先の杖として、本稿で提唱した仕組みづくりに興味を持っていただき、真摯に着手したいと思っただけの方々からの賛同と実行が得られれば本望である。

#### 謝辞

本稿を執筆するにあたって、著者の所属するダッソー・システムズの Jeff Smith 氏と、Mahesh Turaga 氏から協力をいただいたので、深く感謝する。

#### 引用文献

- 1) GE Reports Japan, <https://gereports.jp/ge-fastworks/>
- 2) 特集: 1DCAE が拓く新しいものづくり (Part1: 1DCAE の設計工学における考え方)、設計工学、Vol.51, No.3, 2016.
- 3) 3DEXPERIENCE® CENTER, <https://3dexperiencelab.3ds.com/en/projects/fablab/3dexperienccenter>
- 4) “UAS Experience”, Dassault Systemes, NAFEMS World Congress 2015
- 5) “Technology Innovation Transforming from Atoms to Systems”, Dassault Systemes, GPDIS 2016
- 6) 手戻りゼロに向けた MBD 活用による想定設計の実現、工藤啓治、ダッソー・システムズ、計算工学講演会論文集 Vol.22 (2017年5月)
- 7) V&V プロセス実装システムとしての Simulation Process & Data Management のしくみと実装例、工藤啓治、ダッソー・システムズ、計算工学講演会論文集 Vol.21 (2016年6月)
- 8) Securing Product Performance with Requirements Based Validation on the 3DEXPERIENCE Platform, <https://www.youtube.com/watch?v=G08A7N6odmY>

#### 代表者メールアドレス

工藤啓治 keiji.kudo@3ds.com