

## 技術論文

## 1DCAEを用いた油圧ショベルの性能開発へのモデルベース開発の適用

## Applying Model-based Development to Performance Development of Hydraulic Excavators Using 1DCAE

新谷 規  
Tadashi Shintani  
齋藤 芳明  
Yoshiaki Saito  
桐谷 友輔  
Yusuke Kiritani  
大澤 貞幸  
Sadayuki Ozawa  
大林 薫  
Kaoru Obayashi

建設機械に求められる要求は年々高度になってきており、システムは大規模化・複雑化の一途をたどっている。システムの大規模化・複雑化への対応としてコマツでは、車両開発にモデルベース開発を適用することで大規模化・複雑化したシステムにおいても効率的な開発を目指している。本稿では、1DCAEを用いた油圧ショベルの性能開発への適用例を紹介するとともに、建機シミュレータなど更なる1DCAEの活用例についても報告する。

The requirements for construction machinery are becoming more sophisticated year by year, and the systems are becoming larger and more complex. Komatsu is aiming for efficient development even in large and complicated systems by applying model-based development to vehicle performance development. This paper reports an application example of using 1DCAE for the performance development of a hydraulic excavator, and also introduces examples of further utilization of 1DCAE such as a simulator.

*Key Words:* MBD, 1DCAE, 油圧ショベル, モデル, 性能, シミュレーション, シミュレータ

## 1. はじめに

自動車産業は、電動化・自動化などのCASE（※1）といわれる大きな変革に直面している。高機能化・複雑化が進む自動車開発の徹底的な効率化が不可欠となっており、開発・性能評価のプロセスをバーチャルシミュレーションで行うMBD（モデルベース開発）の取り組みの重要性が拡大している<sup>[1]</sup>。MBDは組み込み系システム開発において、モデルをベースとしたシミュレーション機能を活用することで開発期間の短縮とソフトの品質向上を期待する手法であり、そこから適用範囲を拡大してシステム全体の開発への適用がなされるようになってきた。コマツにおいても自動車産業と同じく組み込み系システム開発からMBDがはじまり、現在では、車両開発の上流工程の構想設計段階で車両の性能開発の実現性をバーチャルで行うことで開発の効率化、品質向上を図るべく社内で推進している。

かつて、現在ほどシステムが大規模化・複雑化していない頃は机上検討で十分な開発が可能であったが、システムの規模が大きくなり複雑化した現在では十分な事前検討が単純な机上検討だけでは困難になり、実機ではじめて課題に気づくことが多くなってきている。そこでコマツでは車両の性能開発においても図1に示すMBDプロセスを適用し、バーチャル環境での課題の洗い出しと対策を十分に行ってから実際のモノづくりをする取り組みを開始した。

本稿では、続く2章において1DCAEを用いた油圧ショベルの性能開発へモデルベース開発を適用した事例を紹介する。3章ではAGX Dynamicsを用いた掘削シミュレーション、官能評価、人間が搭乗できるシミュレータおよび更なる活用について紹介する。

（※1）：CASE: Connected, Autonomous, Shared & Service, Electric

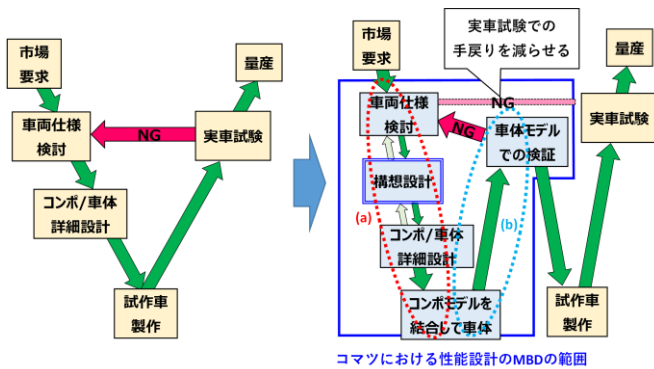


図1 コマツにおけるMBDプロセス

## 2. 1DCAEによる性能開発

1DCAEとは、製品設計において構造を設計する前に対象とする製品の機能を評価解析できるようにすることで、製品開発の上流段階で製品の適正設計を可能にする設計手法である<sup>[2]</sup>。本章では、事例を示しながら、コマツで実施している1DCAEを活用したMBDプロセスの考え方を示す。

### 2.1 性能開発でのMBDプロセス

性能開発におけるMBDの目的は、**図1**の青枠部分のプロセスを採用し、1DCAEモデル（以下、モデルとする）を活用して試作車による性能評価（以下、性能試験とする）前に十分な検討を実施することで、製品の生まれの品質を向上させることである。コマツにおけるMBDプロセスは2つのフェーズから構成される。

#### (1) 構想フェーズ（**図1(a)**部）

市場要求から車両仕様を決定し、それを達成するためのコンポーネント（以下、コンポとする）に対する機能割り当てやコンポ開発部門への要求仕様のまとめを実施する。

#### (2) 検証フェーズ（**図1(b)**部）

コンポ開発部門が行った詳細設計の結果（コンポの性能特性値）をモデルにフィードバックし、構想フェーズにて想定した車両仕様の実現可能性を評価する。実現可能であれば試作車を使用した性能試験のフェーズに進み、実現できない場合、コンポの再設計や、車両仕様の見直しを実施する。

### 2.2 構想フェーズにおける考え方

構想フェーズでは「車両として実現すべき要件」をモデル化する。例えば、車両開発部門として、「レバー操作に応じた速度  $V_{cyl}$  [m/s] でシリンダを動かしたい」という要件があったとする。このとき、各コンポ間で**図2**のような情報伝達を行うシステムを考え、モデルを構築する。

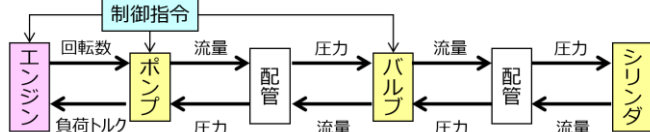


図2 各コンポ間の情報伝達イメージ図

シリンダ駆動側の受圧面積が  $A_{cyl}$  [m<sup>2</sup>] であるとき、シリンダを要求する速度で動かすのに必要な流量  $Q_{cyl}$  [m<sup>3</sup>/s] は式 (1) で求められる。

$$Q_{cyl} = A_{cyl} V_{cyl} \quad (1)$$

また、 $Q_{cyl}$  [m<sup>3</sup>/s] をバルブ通過流量と考えると、式 (2) のように記述でき、レバー操作量  $K_{lever}$  [%] とバルブ出入口の差圧  $\Delta P_{vlv}$  [Pa] によって決まる**図3**の特性を持つ。

$$Q_{cyl} = f(K_{lever}, \Delta P_{vlv}) \quad (2)$$

ここで、ポンプ圧を  $P_p$  [Pa]、シリンダ負荷圧を  $P_{cyl,mi}$  [Pa]、ポンプとバルブをつなぐ配管の圧力損失を  $\Delta P_{ph}$  [Pa]、バルブとシリンダをつなぐ配管の圧力損失を  $\Delta P_{ch}$  [Pa] とすると、 $\Delta P_{vlv}$  [Pa] は式 (3) と記述できる。

$$\Delta P_{vlv} = (P_p - \Delta P_{ph}) - (P_{cyl,mi} + \Delta P_{ch}) \quad (3)$$

$P_{cyl,mi}$  [Pa]、 $\Delta P_{ph}$  [Pa]、 $\Delta P_{ch}$  [Pa] は作業機の姿勢や、車両に組み込まれる油圧配管の特性（容積や弾性）により決定されるため、ハード変更をせずに制御可能なのは  $P_p$  [Pa] のみである。つまり、シリンダを既存ハードにて要求した速度で動かすためには、以下の二点について仕様を明確にする必要がある。

- ・ ポンプ圧力の制御方法の決定
- ・ レバー操作量に応じた流量特性の決定

上述の考え方に基づき、構想フェーズでは、車両開発部門はモデルを用いて車両仕様に応じた検討を実施し、コンポに機能を割り当てる。

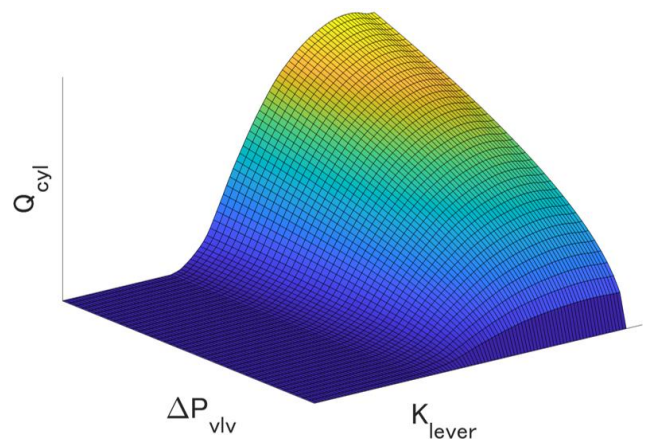


図3 流量特性

### 2.3 検証フェーズにおける考え方

検証フェーズでは、モデルを使って「実現可能な性能を評価」する。コンポ開発部門は自部門の制約条件を考慮してコンポを設計し、車両開発部門からの要求仕様の実現可能性をフィードバックする。車両開発部門は、そのフィードバックをモデルパラメータに反映させ、構想フェーズで決定した目標車両仕様を達成しているか評価する。評価結果が要求仕様を達成していれば、試作車での性能試験フェーズに移行し、要求仕様が未達であればコンポ開発部門に再設計を依頼するか、車両仕様の見直しや、コンポへの機能割り当ての変更を行い、システム全体での仕様目標達成を図る。

### 2.4 MBDの効果

従来の性能開発は性能試験での合否判定に依存しており、多水準の部品を準備し、性能試験に合格するまで部品交換を繰り返すという方法のため、多大な工数と費用を要していた。また、試験工数や計測機器の保有数の制限により、現行機から大きな設計変更を行った箇所のみで計測を限定してきた。そのため不具合が発生した際、推定原因箇所のデータが取得できないことが多く、状況把握が不十分となり、簡易的な机上検討のみで効果を推定した対策しか行えていなかった。したがって、横にらみによる前例踏襲型の設計変更を行うことが多く、安全余裕を十分に確保した対策となるため過剰品質となる傾向があり、製品のコスト上昇の要因の一つとなっていた。今後、油圧ショベルに求められる機能は高度化し、システムはよりいっそう複雑化することが想定され、評価項目は膨大になることが懸念される。そのため、将来的には現状の試作車の性能試験ベースでの性能開発では、コスト面でも品質面でも車両仕様を成立させることが困難である。

一方、MBDでは車両一台分のコンポが一つのモデル上でつながり、性能に関係する物理量の時系列変化を確認できる。これらのデータを設計の評価や不具合の原因特定に活用することで、性能試験の工数や水準部品のコストを低減できる。油圧ショベル開発へのMBD適用検討結果を一例として以下に概説する。まず、構築した車両の機能モデルを図4に示す。このモデルは、制御、バルブやポンプなどの油圧機器、作業機機構、旋回機構についてはMATLAB/Simulink、エンジンはGT-SUITEにより作成し、作業機操作や旋回操作の機能評価が可能なモデルとなっている。このモデルを用いて車両挙動を評価し、モデルパラメータからコンポへの要求仕様を決定する。

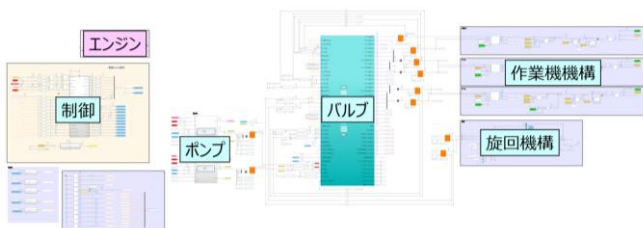


図4 車両モデル

ここでは、旋回反転防止機能の設計を例に説明する。油圧ショベルの旋回停止時には慣性の影響により揺れ戻し現象が発生する(図5)。揺れ戻し量の大小が操作性や乗り心地に影響を及ぼすため、揺れ戻しの抑制が機能の目的であり、そのための反転防止構造を油圧機器内に組み込む必要がある。性能試験ベースで当該機能の設計を行うには、いくつかの水準品を用意し、部品交換と計測を繰り返し、そのなかで最も良いものを採用するといった、コストも工数もかかるプロセスを経る必要があった。それに対し、MBDにおいては、モデル上で当該機能の有無や特性値を書き換えるだけで即時に挙動の違いを時系列データとして確認することができる。

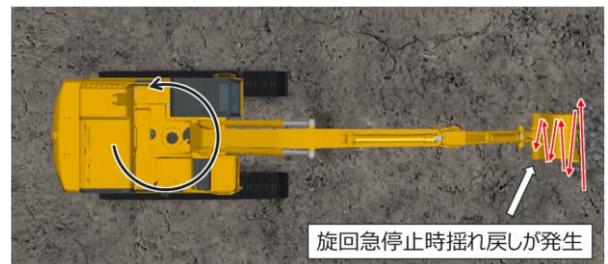


図5 旋回揺れ戻し現象

図6に旋回反転防止機能の有無による旋回挙動の結果比較図を示す。揺れ戻し量(バケット刃先移動量)の違いが表現できており、当該機能の有効性を実機レスで確認することができた。

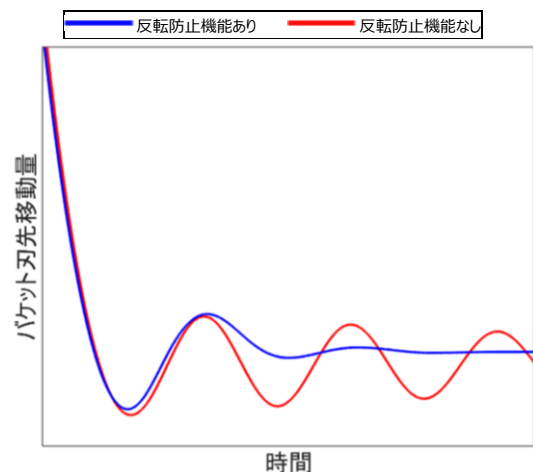


図6 シミュレーション結果比較

## 2.5 モデル精度

作業機操作と旋回操作のシミュレーションと比較検証用の実機試験の結果比較を図7に示す。

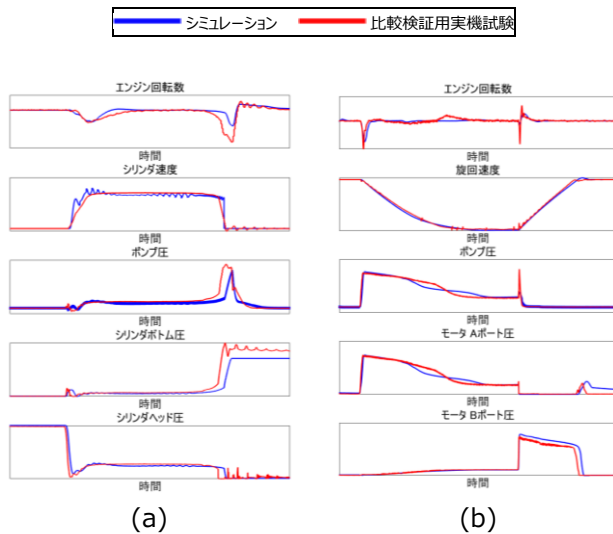


図7 シミュレーションと実機試験のデータ比較

図7(a)は作業機の単独操作、図7(b)は旋回の単独操作の比較結果である。図7(a)、図7(b)ともに、エンジン回転数、アクチュエータ速度、ポンプ圧力、アクチュエータポート圧力のシミュレーション結果と比較検証用の実機試験のデータはよく一致し、本モデルは設計検討に十分な精度を有しているといえる。

## 3. 1DCAEモデルの活用事例

2章ではモデルを用いた車両性能設計について述べた。3章では、モデルの更なる活用例として、3.1では掘削シミュレーション、3.2では官能シミュレーションを述べるとともに、3.3では官能MBD用に構築したシミュレータの展開事例を紹介する。油圧ショベルにおいて、掘削性能および官能性能は、現場での生産性、ひいては製品価値に直結することから重点性能の一つといえる（ここで、官能性能とは建機オペレータが、搭乗している建機に対して抱く感覚的評価結果に基づく特性を指す）。一方で、掘削性能や官能性能に関する確固たる設計手法は確立されておらず、これまでの開発で培った経験則に基づく調整的な設計や、性能試験をベースとした調整的な作り込みがなされている現状がある。このような属人的、対処療法的な対応は開発効率化を進める上での課題であり、本課題を解決すべく、前章の1DCAEを活用した環境構築に取り組んでいる。我々が検討しているプロセスは、掘削性能および官能性能に関する車両仕様を構想設計段階で明らかにしたのち、1DCAEを活用して各コンボ仕様へと反映する段階的な検討プロセスである。

## 3.1 掘削シミュレーション

油圧ショベルには、掘削中の負荷変動による作業機速度の著しい変動や作業機の停止がなく、スムーズな作業性が求められる。この要件を満足させるためには、土壌負荷に負けない掘削力、安定して掘削できる重量バランス、効率的なバケット形状やリンク構造といった各種項目が適切に設計されている必要がある。しかし、土壌特性の影響まで十分に含めた机上検討は現状では行っていない。これまでコマツではDEM（Discrete Element Method）を使用した掘削シミュレーションが行われてきたが、一般的にDEMは計算精度が高い反面、計算時間を要し、構想段階のように多くのアイデアを試行錯誤するために繰り返しのシミュレーションを要する場面には適していない。そこで掘削性能を高める車両仕様を構想段階で検討し、各コンボ仕様へとブレークダウンできる仕組みづくりが必要であった。

本稿では、土壌再現用モジュールを有する物理エンジンAGX Dynamics<sup>[3]</sup>（以下、AGX DynamicsおよびAGXモジュールを含めてAGXとする）を使用し、掘削シミュレーションを実施した。AGXの土壌モデルは、土質力学に基づく静力学モデルと、粉体力学・マルチボディダイナミクスに基づく動力学モデルとに大別でき、静力学モデルに外力が作用し許容値を超えた範囲が動力学モデルへと切り替わる。計算コストの高い動力学モデルの範囲を必要最小限に留めることで、汎用のDEMモデルと比較して計算速度が速く、モデル規模には依存するものの、リアルタイム計算も可能である点がAGXを使用するメリットである。また土壌モデルは、密度、粘度、摩擦係数、ヤング率など力学的性質に影響を及ぼすパラメータを多数有しており、パラメータの組み合わせによってさまざまな土質を表現できる。

車体モデルは3D CADデータから形状を読み込み、リンク、シリングなどの拘束条件を設定する（図8）。車体構成要素の重量重心・慣性情報には対象車両の仕様値を入力する。以上によって、対象車両の機構および重量バランスを表現する。

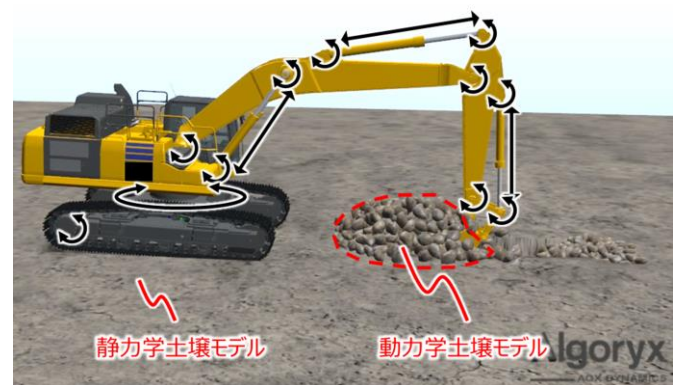


図8 土壌および車体モデル

車体モデルはシリンダや旋回・走行モータといった各種アクチュエータの伸縮・回転動作に応じて運動する。シミュレーションモデルのオペレータ入力（操作量）には、時系列データを設定することができる。そのため、現場での計測データを入力とした評価にも使うことが可能である。操作量は各アクチュエータの目標変位量または目標駆動力へと変換されたのち、各アクチュエータへ作用し、車体機構の拘束条件、重量・慣性、土壌反力に基づいて計算が行われる。以上がシミュレーションモデルの概要である。

ここからは平地での掘削作業を例としたシミュレーション結果を紹介する。掘削中の車体負荷変動を比較検討するために、硬さが異なる2つ土壌パラメータを準備し、2つの水準間での車体負荷の差異を確認した。車体負荷の指標としてはアームシリンダ負荷を時系列で取得した。なお、オペレータの操作入力は時系列での操作量を設定し、シーケンス的に入力しているため、2つの土壌パラメータの水準間の操作量は同一としている。シミュレーション結果を図9に示す。

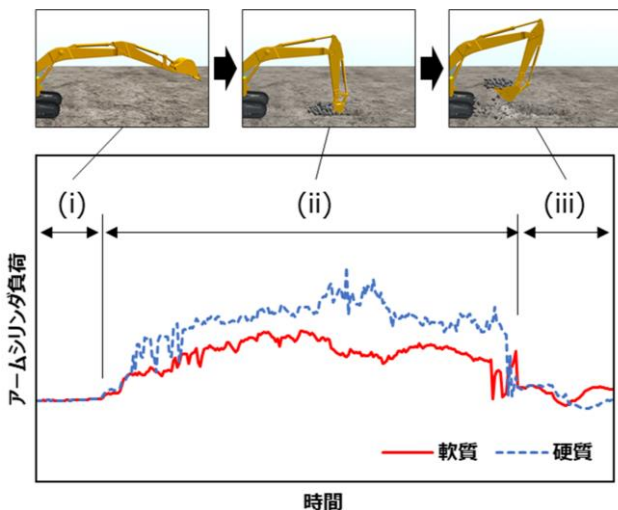


図9 アームシリンダ負荷の時系列データ

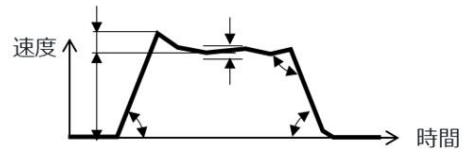
図9は土壌とバケットの接触状況に応じて、時系列波形を(i)～(iii)の3状態に分割して検討した。シミュレーション開始直後は作業機の最大リーチ付近かつバケットが土壌に接触する以前であり、シリンダ負荷は比較的低い値で推移する(図9(i))。バケット刃先の貫入後、土壌の変形を伴う区間では土壌反力を受けてアームシリンダ負荷は高くなる(図9(ii))。地面からバケット刃先が抜ける過程でシリンダ負荷が低下しながら、バケット内土壌を持ち上げる動作へ移行する(図9(iii))。このように、土壌との相互作用によって車体負荷が刻々と変化する過程をシミュレーション結果から確認できた。続いて土質水準間の違いに着目すると、硬質な土壌では掘削時のシリンダ負荷は軟質な土壌と比べ相対的に高い値で推移しており、土質によってシリンダ負荷が変化する様子も確認できた。

本章の冒頭で述べたように、本シミュレーションを活用して掘削時の車体負荷を再現することで、土壌特性に応じた車両仕様を決定することができる。そして、達成すべき車両仕様に基づき、1DCAEを活用しながら各コンポの仕様検討を行うステップで車両の掘削性を設計していくことができる。

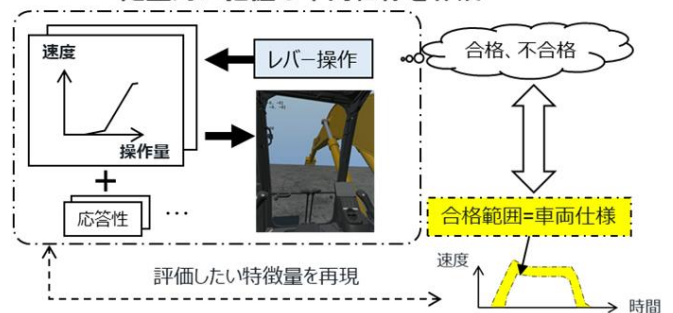
### 3.2 官能シミュレーション

続いて官能シミュレーションについて説明する。官能性能の一例として、オペレータが感じる操作性の良し悪しがある。操作性の具体例として作業機の色速度感をあげると、作業機の色速度感は定量的な作業機速度評価とは異なり、これまで感覚的に評価されてきた。このような感覚的な要素を定量的な設計基準・評価基準へとブレークダウンするプロセスは、机上での官能性能開発を実現するうえで最も重要と考えている。我々の考える官能性能の設計ステップを図10に示す。

#### Step1) 官能評価結果に影響する特徴量の特定



#### Step2) 官能評価結果と特徴量の関係性を定量的に把握し車両仕様を作成



#### Step3) 車両仕様に基づき各コンポ機能へ割当

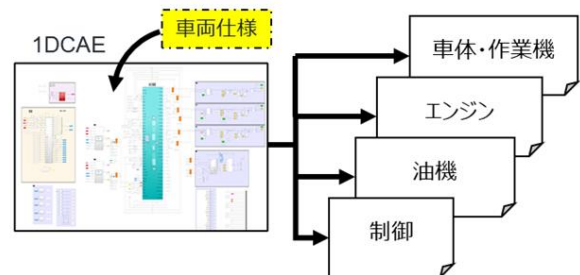


図10 官能性能の設計ステップ

図10のうち官能評価結果と特徴量の関係性を明らかにするためには、特徴量を変数とした評価実験を行う必要がある。この時、特徴量の種類と大きさの組み合わせによって実験水準が膨大にあること、検証したい特徴量を実機で再現するためにはハード面・ソフト面の細かなチューニングが必要であること、全く同じ性能の車両で実験を行ったとしても評価員によって評価結果が異なることから、膨大な実験数を必要とし、実機での評価実験は時間的に現実的ではない。

本稿では、オペレータが感じる速度感をバーチャルで体感できるように構築した、リアルタイムシミュレータについて述べる。シミュレータを用いれば特徴量を変更することが容易であり、実機では技術面や安全面の制約によって実現困難な性能も評価できるため、車両のあるべき姿を検討するうえでも有用な手段である。実機に搭乗した感覚を再現するために、シミュレータにはリアルタイム性と視覚的リアリティが求められる。ここではAGXのリアルタイム性に着目し、シミュレータの物理計算部分はAGXを用いた。更に、よりリアルな映像を再現するために、ゲームエンジンとして使用されるUnity上でAGXを動作させた。映像は市販のVRゴーグルやモニターへと投影した。なお、モニターへ投影した場合にはオペレータのアイポイントは固定となる。操作系インターフェースには、ジョイスティックやVRゴーグルに付属するバーチャルレバーを使用した。シミュレータ構成を図11に、シミュレータ搭乗イメージとしてオペレータ目線の映像を図12に示す。

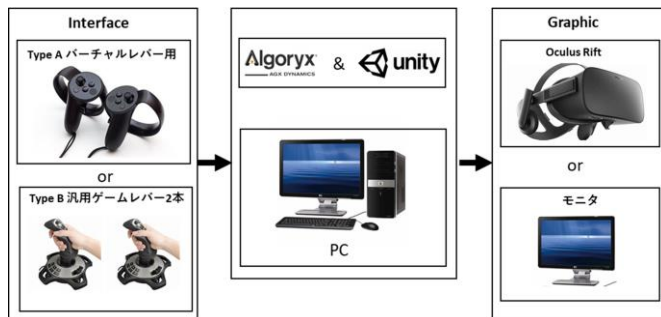


図11 シミュレータ構成



図12 シミュレータ座席からの映像例

シミュレータ搭乗員は、操作系インターフェースを介して作業機操作や旋回、走行といった基本動作を実施しながら、リアルタイムに映し出される映像を認識する。前述のとおり、操作量に対する定常速度や加速性、遅れや無駄時間といった特徴量を容易に変更できるため、シミュレータ環境を任意に変化させて官能評価実験を行うことができる。評価実験から車両仕様を決定したのち、1DCAEを用いて車両仕様に基づいたコンポの仕様検討を行うことが可能になる。

### 3.3 シミュレータの活用展開事例

官能評価用に構築を進めているシミュレータは、前項でも述べたとおり、Unity上でAGX Dynamicsによるシミュレーションを動作させており、掘削、旋回、走行といった油圧ショベルの基本操作はシミュレーション可能となっている。本油圧ショベルのシミュレータについて、設計用途を広げることを目的として官能評価以外の設計への適用を検討し、(1)夜間視界性評価、(2)キャブのモック評価、(3)ア라운드ビュー画像の生成、(4)人検知ロジックの机上検討の4項目について適用可能であることを確認した。本適用事例について、以下に概説する。

#### 3.3.1 夜間視界性評価

Unity上では外部環境の変更を容易に行うことができ、夜間や夕暮れのような視界性が悪くなる環境も再現することができる。本機能により夜間の環境を再現することで、車載されている夜間作業用のライトの設計検討が可能になる。

Unity上の車両モデルに対して、実際の車体における搭載位置と同じ位置に同じ特性のライトを設置し、夜間の環境をVR空間に再現した(図13)。シミュレーション実行中にライトの数を変更し、その影響を確認することが可能となっており、ライトの設置位置や特性も容易に変更できる。夜間の環境下で作業をしながらライトの位置や個数などのライトの効果を評価できるため夜間視界性評価に有効である。



図13 夜間視界性評価のシミュレーション例

### 3.3.2 キャブのモック評価

VR用のHMD (Head Mounted Display) として使用しているOculus Rift CV1に付属されているOculus touchを使用することで、VR空間上に実際の手の位置を反映させることができる。バーチャル上に反映した手（以下、バーチャルハンドとする）とレバーの接触を設定すれば、バーチャルハンドでレバーを握り、作業機操作することができる（図14）。図14の赤線で囲った部分がバーチャルハンドである。更に、バーチャルハンドとキャブ内の各部品との接触を設定すれば、各部品の配置検討も可能となる。実際の部品が無い状態でもキャブ内の設計検討が可能になるという点で、実物の組み立て後の手戻りを減らすことができ設計の効率化に効果的なシミュレータの活用用途である。

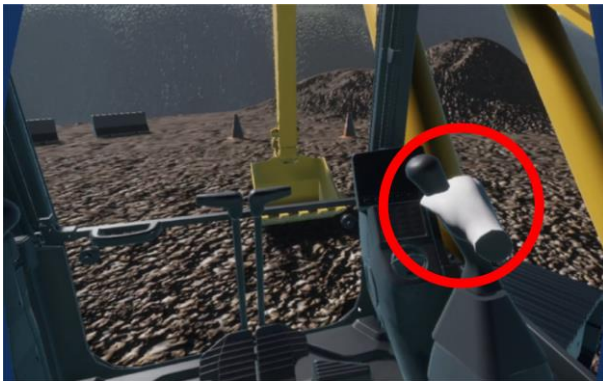


図14 バーチャルハンドによるレバー操作

### 3.3.3 アラウンドビュー画像の生成

KomVision人検知衝突軽減システムでは、車載カメラの映像から人の接近を検知して衝突を回避するシステムである。車両の周囲の状況や人の位置はキャブ内のモニタに表示される。表示される画像は、車載カメラの画像から合成したアラウンドビュー画像となっている。このアラウンドビュー画像の生成に着目し、バーチャル上でもアラウンドビュー画像の生成を実施した。方法としては、UnityとMATLAB/Simulinkを連携させ、Unityで車載カメラの画像を取得し、MATLAB/Simulinkを用いて画像をアラウンドビュー画像に合成した。UnityとMATLAB/Simulink間の通信はTCP/IP通信を使用した（図15）。Unity上でカメラ位置や向き、画角を容易に変更することができるため、アラウンドビュー画像生成を目的としたカメラの設置検討をバーチャルでも実施可能である。

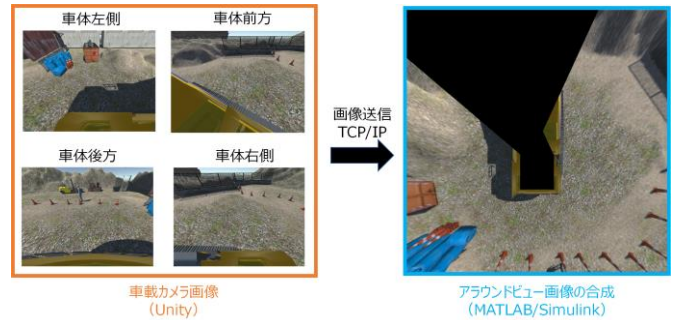


図15 アラウンドビュー画像の合成

### 3.3.4 人検知ロジックの机上検討

3.3.3でも言及したとおり、建設機械においても人を検出して衝突を回避するシステムが搭載されつつある。そこで、人検知等のロジックの検討に対しても本シミュレータの活用を検討した。本検討においても前項のアラウンドビューと同様にUnityとMATLAB/Simulinkを連携させ、Unityで取得したカメラ画像に対してMATLAB/Simulinkで設計した人検知システムを実行した。UnityからMATLAB/Simulinkへの画像の送信には、TCP/IP通信を用いた。その結果、図16のとおり、Unityで取得したカメラ画像に出現した人のモデルが青い枠で囲われており、問題なく人として検知できていることを確認した。



図16 人検知ロジックの確認

本シミュレータを活用することで、実機を用いた試験では事故の恐れがあり人を歩かせることができないような危険なエリアにも人を配置することができるため、より安全な人検知システムの機能検討が可能となる。

#### 4. おわりに

今後の性能開発においては、競合他社に先んじてお客さまの望む機能を実現していかなければ厳しい競争社会を生き残っていくのは難しくなると見込まれる。早期に機能を実現するためにはMBDを活用したバーチャルでのモノづくりが今後ますます必須になってくることは間違いない。特に簡単に実機評価をすることができない月面建機などではMBDを使わなければ開発すること自体極めて困難であり、MBDがもっとも活躍するミッションの一つといえる。コマツが目指すMBDの最終ゴールは試作車レスのフルバーチャル開発である。そこに到達するためにまだまだクリアしなければならない課題が山積みであるが、地道に知見を積み上げて達成していきたい。

#### 参考文献

- 【1】 経済産業省, “ものづくり白書2020年度版”, 2020年
- 【2】 大富浩一, “1DCAEによるモノづくりの革新”, 東芝レビュー, 2012年, Vol.67 No.7, p.7-10
- 【3】 Algoryx社ホームページ,  
<https://www.algoryx.se/>, 2022年1月14日

#### 筆者紹介



Tadashi Shintani

新谷 規 1998年, コマツ入社.

開発本部 デジタルイノベーション開発センタ所属



Yoshiaki Saito

齋藤 芳明 2001年, コマツ入社.

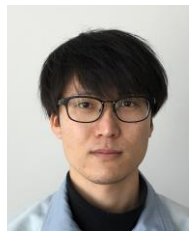
開発本部 デジタルイノベーション開発センタ所属



Yusuke Kiritani

桐谷 友輔 2013年, コマツ入社.

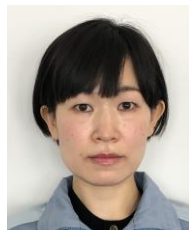
開発本部 デジタルイノベーション開発センタ所属



Sadayuki Ozawa

大澤 貞幸 2015年, コマツ入社.

開発本部 デジタルイノベーション開発センタ所属



Kaoru Obayashi

大林 薫 2013年, コマツ入社.

開発本部 デジタルイノベーション開発センタ所属

#### 【筆者からひと言】

MBDは車両性能の高性能化への開発対応に必要な不可欠な開発技術といえるが、高度なスキルと多くの経験を必要とすることがMBD推進プロジェクトの活動を通して感じられた。コマツでは開発改革の一環として高いスキルを有するスペシャリストの育成にも力を入れつつあり、今後は、MBDについても社内だけでなく社外でも認められるレベルのスペシャリストを育成していきたい。