

油圧ショベルのシミュレーションをFPGA 技術でリアルタイム評価を可能に！

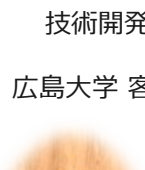


広島本社 @コベルコ建機株式会社

コベルコ建機株式会社



技術開発本部
本部長
広島大学 客員教授
山下 耕治 様



技術開発本部 戦略技術開発部
部長
広島大学 客員准教授 博士(工学)
小岩井 一茂 様



技術開発本部 戦略技術開発部
新分野戦略推進グループ
シニアマネージャー
南條 孝夫 様

◆ご担当業務を教えてください

我々は建設機械の油圧ショベルの先行開発として、遠隔操作や自動運転、オペレータのアシスト操作などの研究開発を行っております。弊社では「誰でも働ける現場への変革」をテーマとして、「人」を中心とした働き方を提案できるように遠隔操作や自動運転に取り組み、人が活躍できる建設現場の実現を目指しています。遠隔操作、自動運転、アシスト操作等の先進技術獲得は、2015年から広島大学等の協業パートナー様と共同で研究や開発を進めています。共同研究や共同開発では、MBDの推進やシミュレーションを用いた研究開発を推進しています。過去、弊社ではシミュレーションを用いた開発で2008年には油圧ショベルの8型モデルで、従来比20%省エネルギーの機械を発表しました。現在では制御系も組み合わせたシミュレーション開発に取り組み製品開発を加速させています。

◆業務の課題について教えてください

MBDやシミュレーションを活用した開発を推進するにあたり、ある程度汎用性のあるツールで開発したいと思い、MATLAB/Simulinkベースでの環境構築を進めました。MATLAB/Simulinkによるシミュレーションでは、油圧回路と機構と電子制御を統合したシミュレーション環境を構築して研究開発への活用を進めたのですが、リアルタイム性の壁に当たりました。具体的には、20t級油圧ショベルの1サイクル掘削作業18秒程度のシミュレーションを丸1日かかっていました。リアルタイムの壁は非常に高く、ここを埋める手段が当時はありませんでした。シミュレーシ

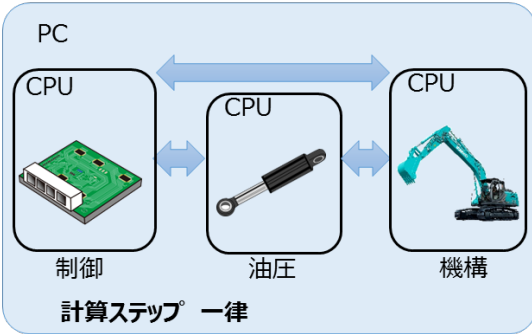
ン結果が次の日に算出される様では開発に時間がかかり、開発リードタイム短縮の開発効率向上には効果がありません。また、「人」を中心とした研究開発では、機械から人にどうアシストするか、システムと機械がどう連携していくかを評価する時に、人の操作に対して機械を模したシミュレーションの応答は必ずリアルタイムでないと評価が成り立ちません。特に広島大学との研究連携では「人」との協調技術を推進していましたが、研究開始当初は8型モデルで使用したシミュレーション環境をリアルタイム性を確保したまま大学に設置することができませんでした。そのため、大学のシーズ技術実装は実機でしか評価することができず、実機のある場所に行って評価し、評価結果を持って大学に戻りデータを分析して、分析結果を基に実装ソフトウェアを修正して、再度実機で計測したデータで確認すると非常に時間がかかることが課題でした。さらに、大学連携での研究開発推進に対する課題として、実機でしか評価ができない環境では、共同研究に関わる先生や学生さん自身が実際に操作して評価してもらえない課題もありました。そのため、研究開発推進のためにリアルタイム性を持ったシミュレーション技術が必要でした。



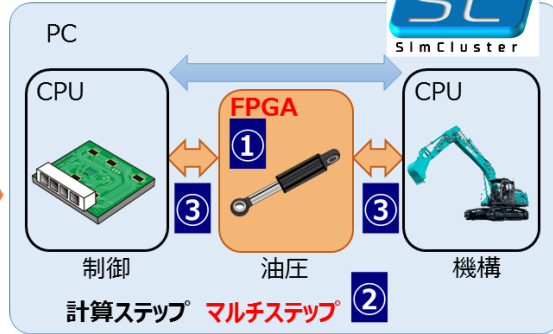
SK210LC-11(欧州向け機) @コベルコ建機株式会社

2時間以上かかっていたシミュレーションを リアルタイム以上のスピードで実現

Before



After



- ①モデルのFPGA化
- ②マルチステップ連成
- ③CPU-FPGA間の高速通信

◆課題解決するための要件をお聞かせください

人のアシストをするには、リアルタイムでシミュレーションを回さないと評価ができないので、リアルタイムで回ることが1つ大きな要件です。特に我々が扱っている油圧ショベルの機構系シミュレーションは、油圧回路部が非線形で非常に重たく、機構系と油圧回路がリアルタイムで同じタイミングに動く必要がありました。

◆TTDC を選んでいただいた理由を 教えていただけますか

計測自動制御学会 制御部門マルチシンポジウム (MSCS) で、シミュレーション開発に有効なものを調査していた中で、TTDCさんを見つけ「リアルタイムシミュレーションやれます」と紹介されたのが最初です。リアルタイム性を確保したシミュレーションの構築開始時は、システムとして成立するかどうかは分からない状態でしたが、部分的な確認から、徐々に拡張させ色々な課題をTTDCさんと一緒に議論して解決しながら、我々が目指すところに到達出来そうだと思うのでTTDCさんを選びました。また、技術的には弊社の油圧ショベルに搭載されている油圧システムを理解して頂いたところは大きいと思っています。TTDCさんにとって初めてで難易度の高い技術に対して誠実に向き合い、中身を理解してもらい一緒に進められたことが非常に良かったです。

◆採用した効果をお聞かせください

次のモデルに搭載する新しい機能の評価はかなり進んでいます。シミュレーションを回して、実機テストで直ぐに確認ができますので、格段に評価が早くなりました。シミュレーションがリアルタイムに動作しますので、実機に近い評価が出来、シミュレーションを行う価値を感じます。また、大学連携で共同研究が始まり、実機を使って理論検証を行っていたころは、担当者が理論を先生から習って、理解して、プログラムに起こして、実機に実装して試験をすると、少なくとも1週間ぐらいの時間がかかっていました。1週間で1個トライができる状態です。失敗したら、また1週間かかるという状況でした。それが今では理論を習うところ、作るところまでは同じですが、モデ

ルに起こして事前リアルタイムシミュレーションで検証を行い、実装内容次第では1度に幾つかのモデルを作って、1回の検証で実機検証を数トライするので、研究成果の確認は大幅に速くなっています。また、機能の先行開発では、今までは実機が出来るまでの数ヶ月間は待ち状態でしたが、今では待たずに並行して机上シミュレーションが出来ます。そのため、実機を改造して、試験場に持ち込むと、次の日にはテストが行えるケースもあります。さらに、リアルタイムで何パターンも事前評価を実施済みの状況に出来、モデルベースを使った先行開発としてフロントローディングができています。精度としては完全に一致してはおりませんが、定性的な動きとして概ね合っています。全体挙動的なところでは再現出来ており、相対評価で良い方向に向かっていることは分かります。

◆今後の予定を教えてください

シミュレーションやMBDを活用して、研究開発から商品開発まで開発効率を向上させて行くと共に、仕様変更等が簡単になるなどのシミュレーションの利便性を上げることやクラウド等の仮想空間の活用で開発を促進していきたいと思っています。また、リアルタイムシミュレーションを活かして、人の操作や感性など「人」を中心とした研究開発にもつなげて、共同研究に関わる先生や学生さんにも積極的に参画いただけるような開発環境を構築していきたいと考えています。



後列左から 南條様、山下様、小岩井様
前列左から 四方(TTDC)、仙田(TTDC)