

(技術資料)

開発プロセス変革：リードタイム半減に向けた取り組み

Revolution of Development Process: Approach for Halving Lead Time



小島賢太*1
Kenta KOJIMA



宍戸義昭*2
Yoshiaki SHISHIDO

Kobelco Construction Machinery Co., Ltd. established a new organization to meet the globalization of the market. The role of this organization is to take care of all development processes, from the primary step of development to the beginning of mass production at all of its factories. Much higher quality and a greater output were required to achieve this role with limited manpower, so the company has made studious efforts to transform the development process and has made progress in this innovation by adopting three methods, i.e., "front loading", "concurrent engineering" and a "testing process," with the aim of reducing the amount of reworking that occurred in the conventional process. These efforts have resulted in a development lead time that is 40% to 50% shorter than that of the conventional processes. This paper introduces examples of specific activities such as the application of 3D CAD, the prior inspection system for the production process and the development of a bench test facility.

まえがき = 従来、日欧米が主体だったショベル事業は2008年を境に新興国の需要が増えグローバル化し始めた(図1)。コベルコ建機(株) (以下、当社という)の生産も2009年から海外の生産台数が日本の生産台数を上回った(図2)。この時期から、今後の日本の生産は1万台前後で推移すると想定し、グローバル化したエリアへ新工場を建設し地産地消の生産を進めてきた。

さらに、商品開発とものづくりをグローバルに行う体制の構築が必要と考え、2012年にグローバルエンジニアリングセンター(以下、GECという)を設立した。GECは、全世界の拠点に横串を通し、全体最適化を行う組織である。商品開発、ものづくり、およびサプライチェーンの司令塔として、開発初期段階から工場量産立ち上げまでの全開発プロセスを受け持つ役割を担う(図3)。

また、2012年12月にはCNH Global N.V.とのグローバルアライアンスを解消した。このため、欧米などのエリアへ独自で事業展開するにあたり、各エリア仕様のショ

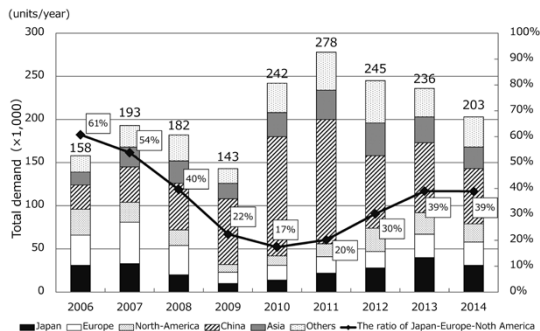


図1 重機ショベル総需の変化
Fig.1 Transition of global aggregate demand of excavator

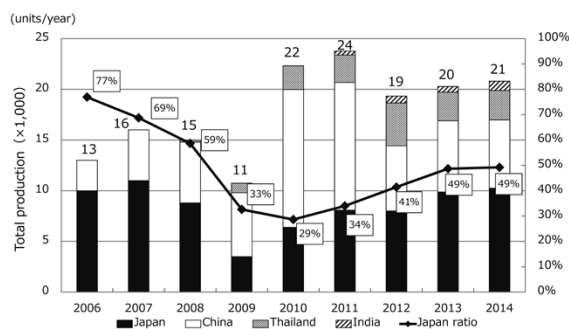


図2 コベルコ建機の拠点別生産台数の変化
Fig.2 Transition of the production at each production base of Kobelco Construction Machinery Co., Ltd

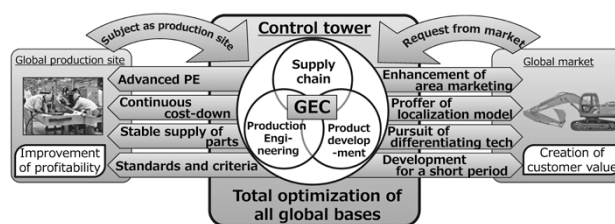


図3 グローバルエンジニアリングセンター
Fig.3 Global engineering center

ベルを早期に品ぞろえすることが必要となった。

こうした状況のなか当社は、2013年~2015年の中期計画で次の目標を掲げた。

- (1) 開発モデル数の倍増
- (2) 最大市場への新モデルの先行導入
- (3) 高付加価値メニューの内作化推進

限られたマンパワーでこれらのハードルの高い目標を実現するためには、開発の量と質をバランス良く向上させることが必要と考え、準備として開発プロセス変革の

*1 コベルコ建機(株) グローバルエンジニアリングセンター GEC 企画部 *2 コベルコ建機(株) グローバルエンジニアリングセンター ものづくり推進部

さまざまな取り組みを開始した。本稿では、開発プロセスの新しい取り組み事例を紹介する。

1. 開発プロセス変革の概要

従来の開発プロセスでは、基本計画、詳細設計、試作組立、試験、生産準備、先行量産、量産の各工程において、手戻りによる設計変更が繰り返し発生し、開発リードタイム（以下、LTという）短縮の大きな壁となっていた。この手戻りの撲滅を狙い、フロントローディング、コンカレントエンジニアリング、および試験プロセス変革の三つの切り口で開発プロセス変革の取り組みを進めた（図4）。

1.1 フロントローディング

1.1.1 3次元CAD活用

当社は2000年から3次元CADの導入を開始し、2011年には全ての機種／仕様で3次元設計を実現した。3次元CADの機能を生かし、部品同士の干渉確認のほか、油圧ホースや溶接ビードなど図面では分かり難い部分の確認精度が大幅に向上した。また、重量や重心位置の算出など従来膨大な時間を要した計算作業が瞬時に正確にでき、設計スピードも格段に向上した。さらに、複雑な形状や曲面形状を駆使した高度な設計作業が可能となり、商品力の高いショベルの開発も可能となった。

また、CADで作成した3次元モデルを中心とした業務の仕組みを構築することにより、モデルの持つ情報を後工程でも永続的に活用できる環境も整えた（図5）。すなわち、3次元モデルをメンテナンスすることによって図面や部品構成情報が自動生成され、後工程のスピードが格段に速くなった。また、この仕組みによって流用設計も容易になり、設計工数短縮にもつながった。

1.1.2 デザインレビュー

デザインレビューでは、視覚的に分かりやすい3次元

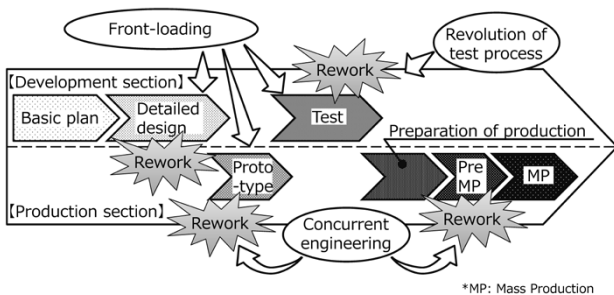


図4 開発プロセス変革前の状況

Fig. 4 Status before revolution of development process

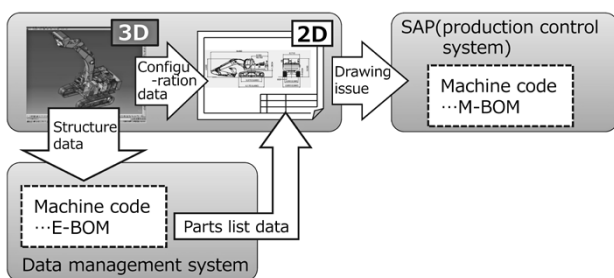


図5 3次元CADの有効活用

Fig. 5 Effective utilization of 3D CAD

形状を大きなスクリーンやモニタ画面に映しながら議論できる環境を整えた（図6）。全員がリアルな形状を見て議論できるためデザインレビューの質が上がり、設計品質の向上や課題解決のスピードアップにつながった。現在もこのようなエリアが多数確保され、質の高いデザインレビューが日々実施されている。

1.1.3 解析技術

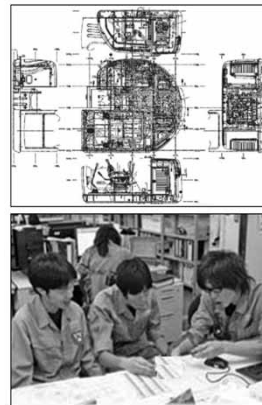
3次元モデルを活用した独自の解析技術も数多く確立した。3次元データをそのまま解析データとして活用できるため、机上検証作業が手軽に短時間で繰り返しでき設計品質が向上した。なかでも、運転席保護構造を対象とした強度解析手法の確立（図7）は大きな成果が出た取り組みの一つである。従来は試作品を製作して実際に破壊試験を繰り返していたが、汎用の解析ソフトをベースに拘束条件や材料物性を合わせ込むことによって破壊状態をほぼ再現できる解析技術を確立した。これにより、運転席の開発における実試験回数が1/3に削減、開発費用や開発LTは半減した。

ほかにも、さまざまな部品を対象とした独自の解析技術を確立し、開発初期の設計仕上がり度を高めることによって試作機組立や試験での手戻りを大幅に削減した（図8）。

1.2 コンカレントエンジニアリング

従来は、量産出図後に生産準備を開始していたため、設備改造などに必要な期間を生産準備LTとして確保していた。また、初めてラインを流す先行量産時にライン生産に関わる問題が発見されるなどの大きな手戻りも発生していた（図9）。そこで今回、開発の基本計画段階から生産準備に取り掛かるコンカレントエンジニアリ

Before: 2D drawings planning



After: 3D models planning

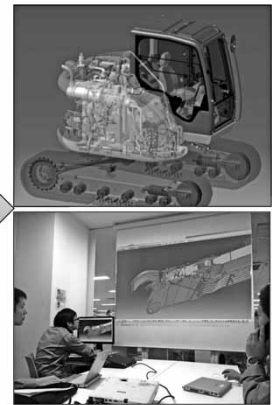
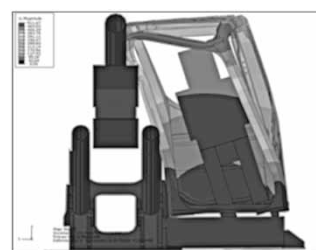


図6 デザインレビューの進化

Fig. 6 Advance in design review



Analysis



Test

図7 3Dモデルによる解析技術

Fig. 7 Analysis technology by 3D models

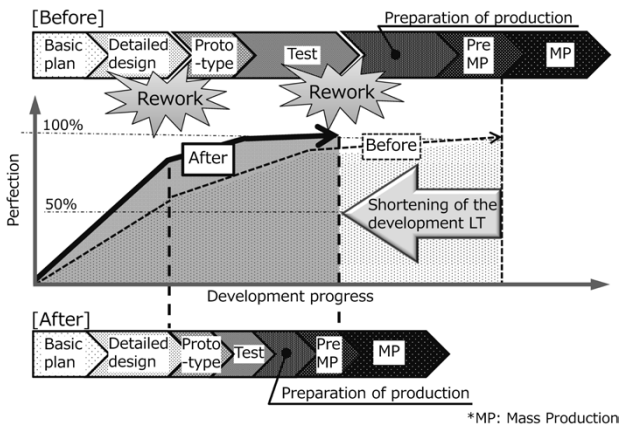


図8 解析技術の向上
Fig. 8 Improvement of analysis technology

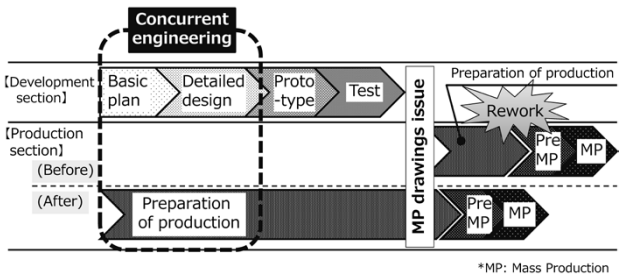


図9 開発と生産準備のコンカレント化
Fig. 9 Concurrent engineering of development and preparation of production

グに取り組んだ。

1.2.1 ものづくり要件

まず、各ライン設備の制約（許容重量や許容寸法など）、作業者が使用する基本工具、および現行機種での潜在的な課題を「ものづくり要件」として開発着手時に整理し、設計者へ正式にインプットした。同様に、調達部の調達戦略（サプライヤ競合環境構築など）を考慮した「調達要件」、および品質保証部から潜在不具合などの現場情報を整理した「品証要件」をインプットした。設計者は、この要件を最初から考慮して基本計画や詳細設計を行う取り組みを実施した。

1.2.2 仮想試作検証

つぎに、3次元データをそのまま用いて、生産部門の担当者が仮想空間内で製品を組み立てる「仮想組立検証」を導入した（図10）。組み立ての様子が現物と同様に見える、生産面の課題がしっかり抽出できる。さらに設計者は、この検証結果も踏まえて詳細設計を進める。

この「仮想組立検証」と上述の「ものづくり要件」を開発プロセスの必須ゲートに設定し、試作組立や先行量産時に判明する手戻りの削減につなげた。

また、「仮想組立検証」は実際に組立現場で働いていた作業者がCADを操作しながら進めることから、これまで暗黙知だった組立ノウハウが検証確認項目という形で形式知化できる。さらに、その検証確認項目を「ものづくり要件」に加えることにより、今後は、設計者自身が形式知化できた組立ノウハウを考慮して設計できるようになる。また生産部門の担当者は、さらに生産性を高めるための詳細検証に注力することができると考えている。

1.2.3 作業手順書

三つ目の取り組みとして、従来、量産出荷後に作成していた「作業手順書」を「仮想組立検証」時点である程度作成し、それを試作組立で検証することによって手順書の精度を高めるプロセスも導入した。その結果、量産出荷とほぼ同時に精度の高い手順書を発行でき、生産準備の工数やLT短縮につながった。

これらコンカレントエンジニアリングの取り組みにより、重機ショベルの最新開発機では先行量産時の手戻り件数が前モデル比で1/3減少し、大きな成果を出した。

1.3 試験プロセス変革

試験プロセスは、試作機を用いてショベルの各種性能や耐久評価を行うプロセスであり、開発プロセスのなかでも多くの時間を要する。従来は2～3台の試作機で多くの試験を実施していたため、手戻りが発生すると後の試験に大きな影響が出ていた（図11）。今回は、試作機の完成度向上と要素評価への移行により、試験プロセスの工数削減やLT短縮に取り組んだ。

1.3.1 試作機の完成度向上

ショベルは大きな音と振動を発するため実機を用いた試験場所が限られる。従来、問題発生時には設計者が遠く離れた試験場へ出向いて対応していたため、大変非効率であるうえに後工程の試験に大きな影響を与えていた。そこで、試作組立場の併設施設として、基本性能を評価できる試験場「EVaSCA (Engineering Validity Self-Check Area)」をGEC設立時に建設した。試作機の組立後すぐに基本性能を評価し、早期に完成度を高めることができる。また、「EVaSCA」評価が合格するまで本格試験に移行しないゲートも設けた。この結果、本格試験工程の乱れがなくなりスムーズに試験が進むようになった。

1.3.2 要素評価への移行

（株）神戸製鋼所技術開発本部の協力のもと、従来は試作

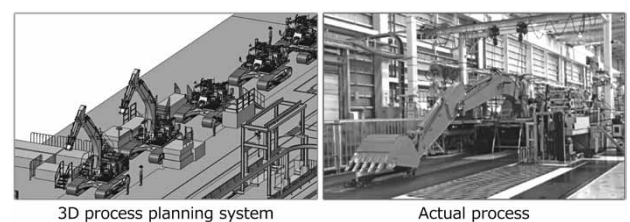


図10 仮想組立検証の導入
Fig.10 Introduction of verification system for virtual assembling

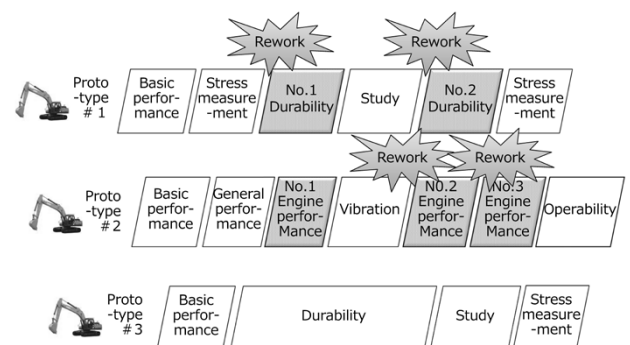


図11 従来の試験プロセス
Fig.11 Conventional examination processes

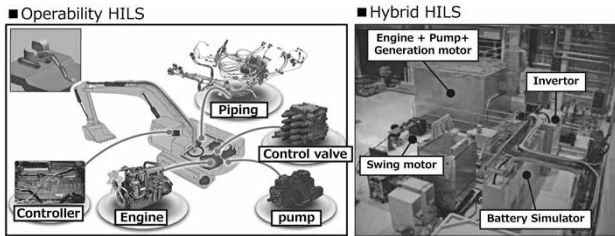


図12 HILS (Hardware In the Loop Simulation)
Fig.12 HILS (Hardware In the Loop Simulation)

機に依存していた性能評価をベンチ設備で評価する手法を開発してきた。以下にいくつか事例を紹介する。

①操作性 HILS (Hardware In the Loop Simulation)

従来、試作機で作り込んでいたショベルの操作性をシミュレーションで作り込む技術である。各コンポーネントをベンチ設備上で組み合わせ、システム全体としてのマッチング評価を可能にした(図12左)。試作機で生じるばらつきがベンチ化によって排除でき、高い再現性で定量的な評価が可能となる。試作機を造る前に制御システムを開発し、基本ロジック評価まで完了できるため、試作機では細かいチューニングのみとなった。

②ハイブリッドHILS¹⁾

当社独自のハイブリッドシステムの開発にもHILS技術を活用した(図12右)。これにより、ハイブリッド固有部品の評価技術を獲得するとともに、実働負荷条件での検証を効率的に進めることができた。この技術は将来、アクチュエータの電動化にも活用できると考える。

③動力 HILS

実機負荷を想定したエンジンの評価技術である。エンジンのさまざまな挙動の評価が試作機を使用せずに可能となった。また、燃費性能の事前検証も可能となり、当社ショベルの特長でもある高燃費性能を支える燃費技術の向上にも貢献した。

このように、「EVaSCA」評価のプロセスや要素評価技術の導入により、完成度の高い試作機によって本格試験を行うことができるようになった。さらに、要素評価も並行して進められるため、重機ショベルの最新開発機では試験期間が半減した。

1.4 プロセスゲート管理

プロセスゲート管理の仕組みも構築した。開発プロセスの各工程において厳格なゲートを設け、各ゲートの審査項目や主管部署を明確にしたプロジェクト管理表を作成した。このプロジェクト管理表を運用することによって中途半端な状態で次工程に進むことがなくなり、後工程での大きな手戻りを防ぐことができるようになると思われる。

2. 開発プロセス変革の効果

このように、さまざまな工程でのプロセス変革を行い、従来の開発LTよりも短く、かつ、限られた開発要

員で大きなアウトプットを出すことが可能となるプロセスを構築できた。

以下に具体的な効果の事例を紹介する。

①開発LT短縮

従来プロセス比で4～5割の短縮を実現できた。

- ・重機ショベル最新モデル：-50%
- ・ミニショベル最新モデル：-39%

②製品仕様数の増加

お客様が真に望む商品をタイムリーに供給可能となった。

- ・年間平均仕様数(2013～2015年)：2010～2012年比で約1.7倍

③戦略的な先行要素開発

次世代の商品開発や要素技術獲得が継続的に実施できるようになってきた。

- ・ハイブリッドショベル²⁾：2016年上市済
- ・内製走行モータ搭載ショベル：2016年上市済

④部門間ネットワーク強化

今回の活動を通じ、部門間や工場間の垣根を越えたネットワークが強化された。

3. 今後の取り組み

開発プロセス変革のさらなる進化として、今後はより開発工数削減に着目し、解析技術や要素評価技術などの精度の向上、設計ナビ、および設計コネクタという新たな仕組みを構築すると同時に、さらなる3次元ツールの活用を進めていく。

また、生産プロセスの変革では、今回取り組んだ仮想組立検証の深化として新規の生産ライン計画に3次元検証を導入していく。組立性評価はもちろん、工程間のつながりや人の動線、さらには安全にも着目した検討を目指す。事前に精度の高い確認を行い、いわゆる「改善」が織り込まれた形で生産性の高いラインを立ち上げることができると考える。

むすび=近年、IoTやビッグデータ、AIが製造業に大きな変化をもたらし、ものやサービスが大きく変化すると言われており、当社が今回取り組んだプロセス変革は、設計開発における高付加価値化や期間短縮の取り組みになっている。

引き続き、開発プロセスの変革はさらなる進化を目指し、さらに、ものの生産性向上を目指した生産プロセスの変革にも取り組んでいきたいと考えている。さらに、IT機能を搭載したショベルやIoTを活用した新しいビジネスモデルの構築にチャレンジしていく所存である。

参考文献

- 1) 佐伯誠司. 建設機械施工. 2017, Vol.69, No.1, p.35-38.
- 2) 佐伯誠司ほか. 建設施工と建設機械シンポジウム 論文集・梗概集. 2016, p.167-168.