

設備制御ソフトウェア開発の効率を向上させる 実機レス デバッグシステムの適用

Virtual Debugging System for Manufacturing Equipment Control Software Development

宮内 孝 小林 大介 藤田 和明

■ MIYAUCHI Takashi ■ KOBAYASHI Daisuke ■ FUJITA Kazuaki

従来、製造設備の制御ソフトウェア (SW) のデバッグ作業は、実機のハードウェア (HW) を使用して行っていた。東芝は、実機HWが完成する前にデバッグ作業が行えるよう、実機HWを仮想化してHWなしでデバッグできるシステム (以下、実機レス デバッグシステムと呼ぶ) を開発した。製造設備の制御SW開発にこのシステムを導入して、開発の効率向上や期間短縮を進めている。

構築したシステムは、HWを仮想化するSWの構成を柔軟にすることで、様々な装置に適用でき、多くの設備で効率よく活用することができる。製造設備の開発で、制御SWの実機でのデバッグ期間を約60%短縮させ、また、開発効率を約15%向上させるなど、効果を上げている。

The debugging of manufacturing equipment control software has conventionally been performed using actual equipment.

Going a step further, Toshiba has developed a virtual debugging system and applied it to the development of manufacturing equipment control software using virtual hardware prior to completion of the actual manufacturing equipment hardware. Moreover, we have advanced this system by adding a verification simulator in order to develop manufacturing equipment more rapidly and efficiently. The newly developed virtual debugging system has a flexible configuration of virtual hardware so that the system can be applied to various types of manufacturing equipment. We have already applied the system to our manufacturing equipment and confirmed that it can reduce the time required for software verification by 60%.

1 まえがき

製造業は、新製品の提供、既存製品の高機能化、及び製品価格の低減を常に求められている。これらに応えるためには、新しい生産技術を開発し、早期に実用化していくことが重要である。このような背景から、東芝グループでは、製造設備への研究開発した生産技術の早期導入を図っている。

新製品を市場に投入する際の製品開発と製造設備開発の関係を図1に示す。製品開発フェーズでは、市場の要求に基づいて製品企画を行い、設計及び試作、検証の後に製造設備を

導入し量産を開始する。製品を計画どおり市場投入するためには、製造設備の開発を製品の開発スケジュールに同期させることが必要となる。多くの製品で開発サイクルの短縮が進められており、製造設備の開発期間の短縮が必須となっている。

製造設備の開発工程の一つに、機構や電装などの実機のハードウェア (HW) が完成してから、制御ソフトウェア (SW) をインストールして、動作確認を行う実機デバッグという検証工程がある。今回東芝は、シミュレータを活用することで、実機デバッグ工程の期間短縮と効率向上を行った。ここでは、取組みの概要と成果について述べる。

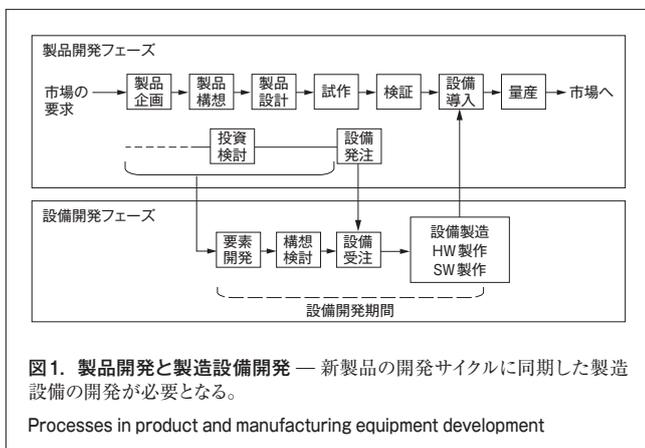


図1. 製品開発と製造設備開発 — 新製品の開発サイクルに同期した製造設備の開発が必要となる。

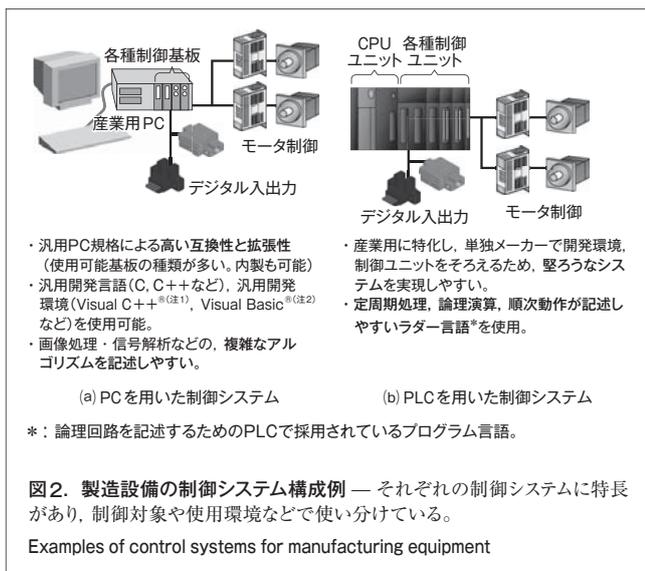
Processes in product and manufacturing equipment development

2 制御システムとSW開発

2.1 制御システムの概要

製造設備の制御システムには、製造台数や必要とされる機能、また、使用環境などにより様々な形態がある。産業用パソコン (PC) をコントローラに用いた例を図2(a)に示す。耐環境性を考慮したPCにモータ制御、デジタル入出力、アナログ入出力、及び画像処理などの基板を組み込むことによって、HWの制御を行う。PCのアーキテクチャを用いているため、互換性が高く、開発環境もC++などの汎用言語を用いることができる。

また、PLC (Programmable Logic Controller) を用いた例を図2(b)に示す。PLCは、リレー回路をSWによって表現する



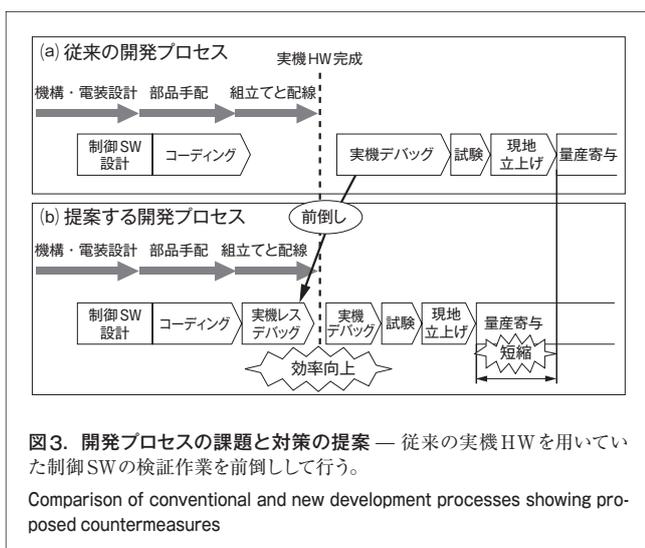
もので、製造設備などのメカトロニクス機器の制御を対象に作られている。

これらの制御システムにはそれぞれ特長があり、制御対象や使用環境などで使い分けている。

2.2 開発プロセスの課題

従来の制御SWの開発プロセスを図3(a)に示す。機構や電装のHWを設計した後、部品手配、組立て、及び配線を行い実機HWが完成する。次に、事前にコーディングしておいた制御SWを完成したHWに搭載して、実機デバッグ作業を行う。具体的には、HWの不具合修正や調整、制御SWを用いたHWの動作確認、制御SWの修正作業などである。

このような開発プロセスを行っているのは、製造設備などのメカトロニクス機器の制御SWが機構及び電装のHWを制御



(注1)、(注2) Visual C ++, Visual Basicは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。

表1. 現状の開発プロセスの課題と影響

Problems in conventional development process

| No. | 内容 | 影響 | |
|-----|-----------------------------|----|----|
| | | 期間 | 効率 |
| 1 | 実機がないと、SWの機能確認ができない。 | 大 | |
| 2 | つどデバッグができないので、SWの不具合が複雑化する。 | | 大 |
| 3 | 実機で問題が出たときに、HWとSWの切り分けが難しい。 | 中 | 中 |
| 4 | 機構調整、配線変更時に、デバッグが中断する。 | 小 | |
| 5 | 目視できない箇所の動作確認が難しい。 | 小 | 小 |
| 6 | 干渉確認時に、機構破損のおそれがある。 | 小 | 小 |

することを目的に作られており、制御対象がないと動作を含む機能検証ができないためである。実機HWを用いてデバッグ作業を行う開発プロセスの課題を、表1に示す。実機HWの完成までSWの機能確認ができないことほかに、問題が発生したときにSWとHWの切り分けが難しいなどの課題がある。

図3(b)のように、実機HWが完成する前に、制御SWの機能確認を行うためには、HWを仮想化して、実機レスでデバッグする仕組みを構築する必要がある。

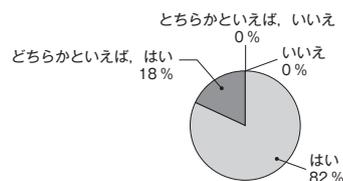
これを実現するため、当社は実機レス デバッグシステムを開発した。その導入時の課題とシステムの構成について、以下に述べる。

3 実機レス デバッグシステム

3.1 導入時の課題

実機レス デバッグシステムの開発と導入を進めるにあたり、制御SWを開発している技術者にアンケート調査を行った結果を図4に示す。この結果から、実機レス デバッグシステムの

質問1：実機レス デバッグシステムを活用したいですか。



質問2：活用に不安がありますか。あるとすれば、どんな不安ですか。(複数回答あり)

| 項目 | 回答(%) |
|--|-------|
| 不安はない | 0.00 |
| 実機レス デバッグシステムを使うための準備や、スキル(能力)習得がたいへんではないか | 29.41 |
| 様々な規模、種類の装置に対応するのは無理ではないか | 35.29 |
| 実機レス デバッグシステムでデバッグしたSWが実機でそのまま使えるか | 41.18 |
| 実機レス デバッグシステムの環境構築をするのに時間がかかるのではないか | 29.41 |
| 実機レス デバッグシステムを使うための時間がむだではないか | 0.00 |
| 実機でできることを、実機レス デバッグシステムで行うことはむだではないか | 0.00 |
| その他 | 0.00 |

図4. SW開発者へのアンケート結果 — シミュレータの活用に前向きであるが、不安も多い。

Results of questionnaire to software engineers regarding virtual debugging system

活用に対しては積極的であるが、準備に費やす時間や、様々な設備開発への適用に対して不安を持っていることが明らかになった。これを解決するために、以下の方針に基づいて開発を進めた。

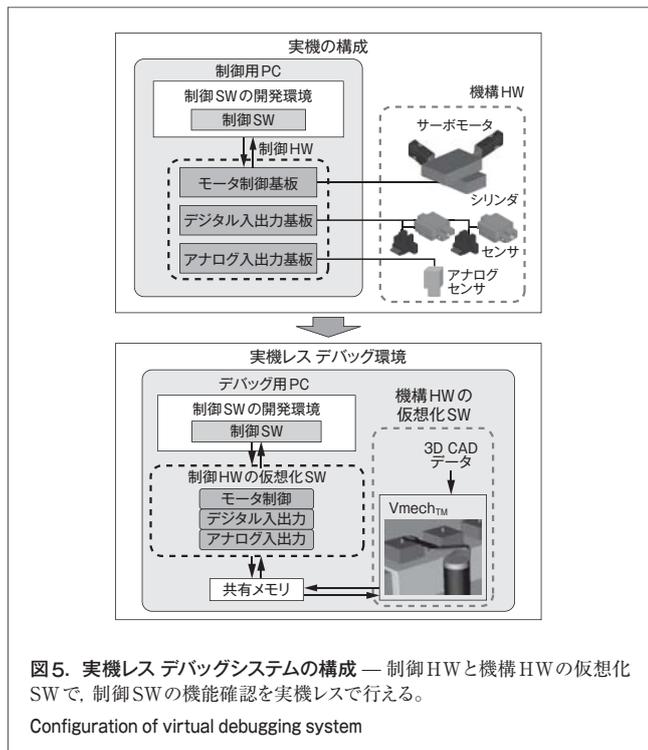
- (1) 導入に伴う制御システムやSWの開発環境の変更は最小限にする。
- (2) 制御SWを実機レス デバッグシステムに適用するためのソースコード変更は最小限にする。
- (3) 様々な構成の設備に柔軟に対応できるものとする。
- (4) 試験的に適用して効果を確認した後に、実用化する。

3.2 システムの構成

前述の方針に基づいて実機レス デバッグシステムを開発した。PCを用いた制御システムを対象とした構成を図5に示す。また、シミュレータ使用時の画面イメージを図6に示す。開発システムは、制御HWと機構HWの仮想化SWから成り、それぞれについて以下に述べる。

3.2.1 制御HWの仮想化 図5に示した構成は、制御SWの開発環境を変更せずに、最終的に実機に搭載するSWと同じもので動作確認ができる。制御HWを仮想化するにあたり、制御基板ごとにSWをモジュール化して開発した。これにより、異なる構成の設備に対しても、モジュール化したSWの組合せを替えることで対応できる。これと同時に、使用する制御基板の標準化を行うことで、モジュール化の効果を高めた。

3.2.2 機構HWの仮想化 機構設計で作成される3次元(3D)CADデータを活用するために、(株)インターデザイン・テクノロジーが開発した仮想メカトロニクスシミュレータ

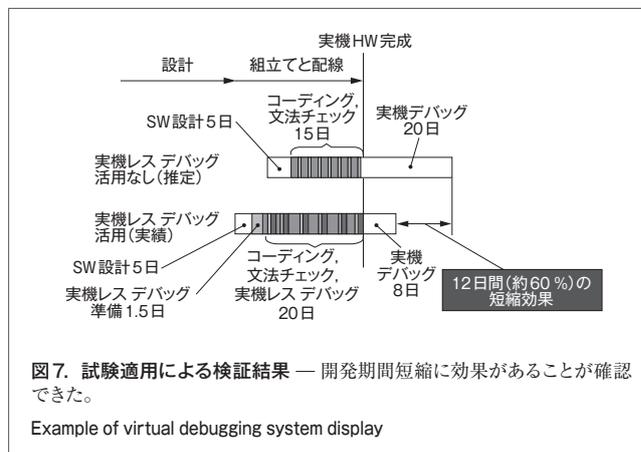


Vmech™を適用した。このシミュレータは3D CADデータから仮想的な機構モデルを作成するものであり、回転軸やスライド軸などの機構要素を定義することで、画面上で動作確認ができる。更に、干渉解析機能で、衝突などの発生を試験することもできる。

3.2.3 動作の説明 制御HWと機構HWの仮想化SWは、図5に示すように共有メモリを介して通信する。例えば実機において、制御SWから制御基板に命令が送られ、それに基づいて機構HWが動作する場合について述べる。実機レス デバッグシステムでは、制御SWから制御HWの仮想化SWに命令が送られ、それに基づいてVmech™の3Dイメージが動作する。

3.3 効果の確認

開発したシステムを試験的に適用し、開発期間短縮と効率向上の二つの効果について検証した。開発期間の検証結果を図7に示す。実機レスでデバッグを行うための準備期間に



1.5日を費やしたが、実機レス デバッグシステムの活用により、全体で実機デバッグ期間が約12日間（約60%）短縮できた。また、制御SWの開発効率も約15%向上することができた。これは、表1の項目2、3に示した問題の複雑化を抑制できたことが大きな理由と推測される。

4 適用状況

実機レス デバッグシステムの現在の適用状況を表2に示す。11台の設備の開発に適用し、実機HW完成前にデバッグした日数と、実機HWを用いてデバッグした日数を集計した。3章で述べたように、制御HWの仮想化SWを様々な装置に適用できるよう柔軟な構成にしたことで、多くの機種への適用をスムーズに進めることができた。

結果としては、デバッグ工数の約45%を実機HWの完成前に行うことができた。この値は実績値であるが、現在までの事

例では、設備の制御SWとシミュレータ開発を並列して実施した場合や、実機レス デバッグシステムの操作方法に不慣れである場合、開発スケジュールの関係で実機レスでデバッグする期間が確保できなかった場合などがあり、実機レス デバッグシステムの潜在的な実力としては低く表れていると考えている。このような状況を改善することによって、70～80%は実機レスでデバッグできると推測している。

またこの効果以外に、図8に示すような教育用の仮想設備を準備して、制御SW開発の初心者への教育に活用するなど使用方法の拡大も進んでいる。

5 あとがき

製造設備の制御SW開発に、実機レス デバッグシステムを適用し、期間短縮と効率向上効果を確認した。既に、開発現場での活用が始まっている。また、ここでは、PCを用いた制御システムの場合を中心に述べたが、同様の手法で、PLCに対応したシステムを、Vmech™のオプション機能として、(株)インターデザイン・テクノロジーと共同で製品化した。

今後は、更に多くの製造設備へ適用してシステムを改善するとともに、構想設計などの上流工程への用途を拡大していく。

文 献

- (1) 本橋聖一, ほか. シミュレーションを活用したメカトロニクス制御ソフトウェアの設計革新. 東芝レビュー. 62, 9, 2007, p.34-37.
- (2) 吉田充伸, ほか. 制御系ファームウェア試験のための実機レス シミュレーション技術. 東芝レビュー. 63, 8, 2008, p.40-43.

表2. 実機レス デバッグシステムの適用状況

Status of application of virtual debugging system to manufacturing equipment

| 装置名 | 全体 デバッグ工数 (人日) | 実機レス デバッグ工数 (人日) | 実機 デバッグ日数 (人日) | 実機レス デバッグ率 (%) |
|---------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 塗布実験装置 | 20 | 7 | 13 | 35 |
| 画像評価装置 | 28 | 14 | 14 | 50 |
| 実装検査装置 (搬送系) | 14 | 10 | 4 | 71 |
| レーザ加工装置 | ステージ制御ユニット | 16 | 8 | 50 |
| | レーザ制御ユニット | 7 | 6 | 86 |
| 実装装置 | 34 | 15 | 19 | 44 |
| 実装検査装置 (検査ユニット改造の際に適用) | 6 | 3 | 3 | 50 |
| レーザ加工装置 | 15 | 5 | 10 | 33 |
| 貼(はり)合せ装置 | 36 | 20 | 16 | 56 |
| 小型部品搬送装置 | 38 | 8 | 30 | 20 |
| 組立て装置 | 38 | 10 | 28 | 26 |
| レーザ照射装置 | 52 | 32 | 20 | 62 |
| 平均 | 25.3 | 11.5 | 13.8 | 45 |



図8. 実機レス デバッグシステムの教育への活用 — 初心者が安全かつ、効率的に制御SWの学習をすることができる。

Application of virtual debugging system to training program for beginners



宮内 孝 MIYAUCHI Takashi

生産技術センター メカトロニクス開発センターグループ長。
メカトロ要素技術及び製造設備の開発に従事。
Mechatronics Development Center



小林 大介 KOBAYASHI Daisuke

生産技術センター メカトロニクス開発センター研究主務。
メカトロ要素技術及び製造設備の開発に従事。
Mechatronics Development Center



藤田 和明 FUJITA Kazuaki

東芝ITコントロールシステム(株) エンジニアリング事業部
エンジニアリングソリューション部主務。製造設備の開発及び
メカトロ機器シミュレータの開発・評価に従事。
Toshiba IT & Control Systems Corp.