

バーチャルリアリティを使った組立の生産性検討の効率化

Increasing of Efficiency in Examination of Productivity in Assembly with Virtual Reality Software

三井 竜 樹
Tatsuki Mitsui

大型プレスは受注生産のため、現地据付作業が、客先の条件により大きく影響を受ける。事前に、検討して最適手順にて据付をすることが、最短製作リードタイムおよび最小コストにつながるため、最重要課題の一つである。ビジュアルに問題点を把握して最適手順を見出すための、手段のひとつとして開発された、ワシントン州立大学のバーチャルアセンブリアプリケーションVADE (Virtual Assembly Design Environment)をベースとして、大物部品のクレーン搬送を伴う組立・分解作業のシミュレーション可能なツールの開発をワシントン州立大学と共同研究したので本稿で紹介する。

Since large-sized presses are manufactured to order, the field assembly work is largely affected by the condition of each customer's site. Accordingly, we try to examine the optimum assembly procedure in advance, if possible. Setting of the optimum assembly procedure is one of the most important subjects for shortening of the manufacturing lead time and reducing cost. As a means to grasp problems visually to find out the optimum procedure, Washington State University developed virtual assembly application software named VADE (Virtual Assembly Design Environment). I developed and studied a tool for the simulation of crane work, assembly, and disassembly of large-sized parts on the basis of the VADE software in cooperation with Washington State University. I will introduce this tool in this paper.

Key words: Virtual Reality Software, Large-sized Press, Virtual Assembly Design Environment

1. はじめに

近年、産機事業本部では、大型プレスの製造リードタイム低減およびコスト低減の要求が年々と厳しいものとなり、事業本部全体のプロジェクト活動としてリードタイム低減とコスト低減を図ってきた。プレス全体の製造工程を大きく分けると、営業・受注・設計・製作(サブアッセン)・現地据付(全体アッセン)・検収となり、各担当部門が目標を掲げて改善活動を推進してきた。その結果、各部門の改善の成果の積み上げで、全体としてリードタイムおよびコストが低減された。これらの改善活動で、もっとも改善が難しい工程であったのが、現地据付工程であり、今後も改善活動を継続していかなければいけない。難しい理由は、据付条件が客先の建屋・場所および装置(天井クレーンなど)の使用条件により大きく左右されるため、個別に据付シミュレーションが必要となり固有技術が必要だからである。そのために、限られた技術者が多大の工数をかけて検討する必要がある。継続的に、改善活動を進めて効果を出していくためには、誰にでも簡単に問題点がビジュアルにわかり改善方策を見出せるしくみを構築していかなければなら

ない。バーチャルアセンブリを活用してバーチャル空間上で実際の組立手順をシミュレーションすることができれば、従来の紙を使用した固有技術の有する古典的な方法と比べて、誰にでもわかる精度の高い結果を得ることができる。調査した結果、ワシントン州立大学で開発されたVADE (Virtual Assembly Design Environment)のコンセプトが、本目的に合致することがわかったので、大物部品のクレーンを使用した組立シミュレーションツールの開発を目的として、共同研究をスタートさせた。このたび、ベースとなる部分の開発が完了されたので、本論文で報告する。

2. VADE の概要

VADE (Virtual Assembly Design Environment) は、ワシントン州立大学(米)と NIST(米) (National Institute Standard and Technology)によって共同開発されたアプリケーションで、概要は以下のとおりである。

オペレータはヘッドマウントディスプレイ(以降HMD 図1)を装着して右手にひずみゲージを内蔵したサイバークロブ(図2)を装着する。位置検出のための電磁波を検出するセンサが頭部と右手首部に装着されて、シミュレーション実行時にその情報がリアルタイムに取得される。HMDを装着したオペレータにはあらかじめ設定されたバーチャル空間が立体的に表示される。オペレータはバーチャル空間を自由に移動し、バーチャルハンドを操作することができる。シミュレーションに必要なモデルはあらかじめ3D-CAD上で作成されてVADEで使用できるファイル形式に変換されたあと、それをバーチャルハンドでピックアップして組み立てることができる。(図3)

このような特徴を生かしてVADEは組立のシミュレーションを通してバーチャル空間での仮想トレーニングや組立性の検討を行うために開発されたもので、組立性の検討結果を開発部門へフィードバックすることが最終目的である。(図4)



図3 VADE操作場面

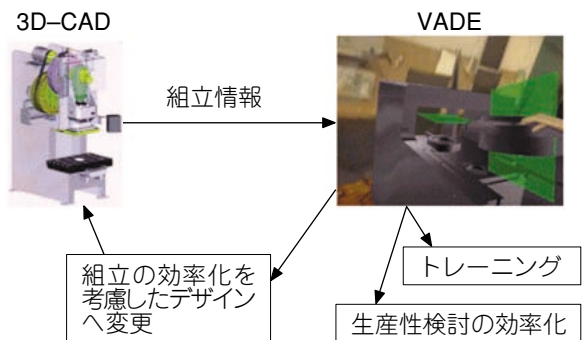


図4 VADE活用ダイアグラム



図1 ヘッドマウントディスプレイ



図2 サイバークロブ

主要な機能は以下のとおりである。

- ① オペレータが部品をピックアップするとCAD上で設定した部品の整合条件がビジュアルに表示され、どのように部品どうしの面を合わせて組み立てるべきなのかを見ることができる。(図5)

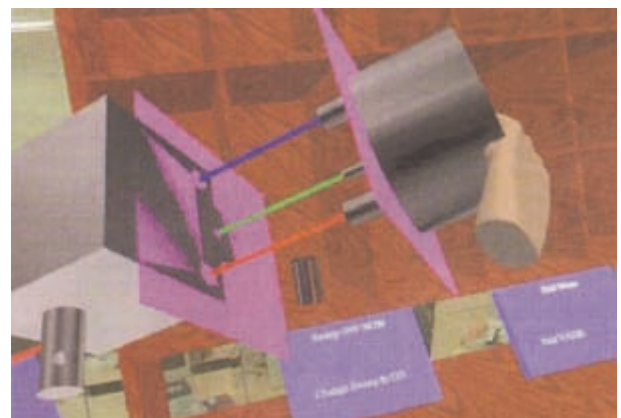


図5 整合条件の表示

CADで設定した1つの面と3本の軸の整合条件が表示されている

- ② 干渉チェック機能があり、部品どうし・部品と工場建屋・部品と治工具などといったパターンで干渉状態を見ることができる。
- ③ 部品搬送の軌跡を表示させることができる。(図6)
- ④ シミュレーション中に部品の寸法を変更して形状変更させて、組立性の検討を行うことができる。また、変更後の形状を3Dモデルに反映させることができるので、生産性の問題点を解決したモデルに修正することができる。

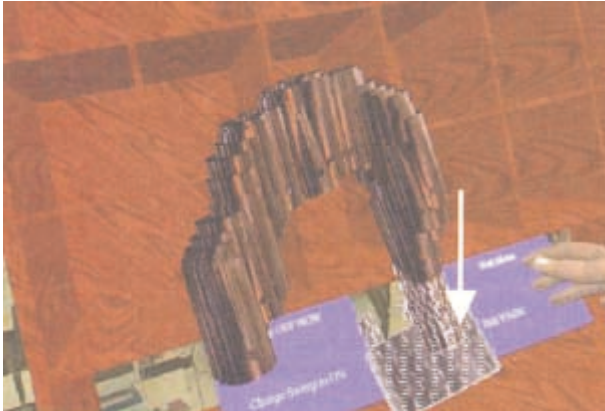


図6 搬送軌跡と干渉チェック

シャフトの搬送軌跡が表示されていると同時にシャフトがブロックに干渉時にメッシュ状にハイライトされている

3. VADE に要求される新たな機能

共同研究発足時に既存の大型プレスのモデルを用いて試験的にVADEを活用して、必要な機能の特定を進めた。以下がその時に挙げられた機能上の課題点である。

- ① 部品単体どうしでの組み立ては可能だが、サブアセンブリどうしの組み立てをすることができない。
- ② 3D-CAD 上でつくられたモデルツリーが、組み立ての手順と合致せず、VADE上でそれを適正な組立手順に変更することができないため、組立シミュレーションができない。
- ③ 治具や、クレーンを使用した搬送などの動的なシミュレーションができない。
- ④ 検出装置の領域が限られており、大空間でのシミュレーションができない。
- ⑤ シミュレーションを実施している様子を第3者の視点から見て問題点を把握することができない。(タイムスタディで作業内容を観察する状況を想定)

上記の課題から出発してVADEのレベルアップを図り、以下のような機能を追加することがリストアップされた。

- ① 適正な組立手順でシミュレーションすることができること。
- ② クレーン・治具機能を追加して、大物部品のクレーンを使用したシミュレーションが可能なこと。

- ③ オペレータの視点移動範囲の制限をなくすこと。
- ④ 遠隔地から、自由な視点でシミュレーションの状態を見ることができること。

3.1 機能アップ項目の概要

前述の要求に対して、すべてではないが、いくつか要求を満足する機能が追加された。

- ① 外付けのシステムにより、モデルツリー、すなわちシーケンスを自由に変更することが可能となった。
- ② クレーン機能と押しボタン操作盤が追加されて、クレーン搬送シミュレーションが可能となった。
- ③ クレーン搬送中の部品のバーチャルハンドによるハンドリングが可能となった。(例えば吊られている部品を押して、向いている方向を変えること)

これにより、天井クレーンを使用した搬送・組立シミュレーションのための最低限の機能を有するようになった。

3.2 機能アップ項目

(1) モデルツリー変更ツールの開発

モデルツリー変更ツールが開発され、組立手順に組み替えられたシーケンスをVADEに取り込むことが可能となった。通常、構造ツリーは、製造側の意図されたシーケンスどおりとなっていることはなく、むしろ、設計として管理しやすい同系統の機能を有する部品どうしのまとまりとして構成されることが多い。したがって、設計BOMと製造BOMは、元来一致するというはありえない。機能アップ前のVADE(以降BASE-VADEと呼ぶ)には、この問題に対する思想がなく、モデルツリーの最初の部品がベースとなる部品となり、それに残りの部品が順次組みつけられていくという仕様になっていた。さらに、BASE-VADEは、サブアッセン品を組み付けるという仕様がなく、単品を、順次組み立てていくことしかできなかった。このようなケースは通常は非常にまれで、かならず事前にサブアッセンされた部品を組みつけていくことが一般的である。共同研究の最初の課題は、これらの問題点を解決して生産技術者の意図するシーケンスでのシミュレーションを可能とさせることであった。

開発の結果、以下の事項が可能となった。

- ① ユーザは、モデルツリーを組立手順を考慮したシーケンスに自由に変更することが可能となった。組立手順上最初に現れる部品をツリーの一番上位に変更することで、ユーザは最初にその部品をシミュレーションの開始時に見ることができるようになった。必要な部品をモデルツリー上で順番に設定していくことにより、組み付け順番まで指定することができるようになった。
- ② ユーザは、サブアッセン部品を自由に設定することができるようになり、サブアッセンどうしの組立シミュレーションが可能となった。

(2) クレーン機能

追加されたクレーン機能により以下の事項が可能になった。

① ユーザによる3D-CADでのクレーン形状変更とVADEへのデータ変換

客先の条件により、クレーン形状は様々であるため、シミュレーションを実施するためには、都度、モデルが必要となる。詳細モデルを3D-CADで作成して、その情報をVADEにとりこむことが可能となった。

② クレーンの自由度設定

クレーンは図7のように実際のクレーンと同様に、Bridge, Trolley, Hook という構成に分けて東西南北の方向へのクレーン本体の移動ならびに上下によるフックの移動が可能とした。さらに、図8のようにフックそのものは自由に地面に対して垂直の軸の回りを自由に回転することも可能とした。

③ クレーン移動速度の設定

クレーンごとの仕様によって決まっているクレーンおよびフックの移動速度を設定を可能とした。

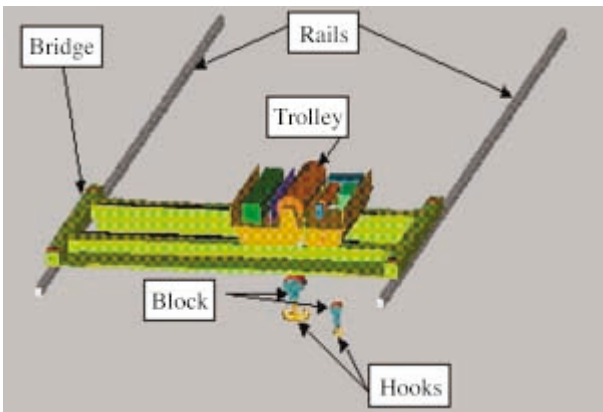


図7 クレーンモデル

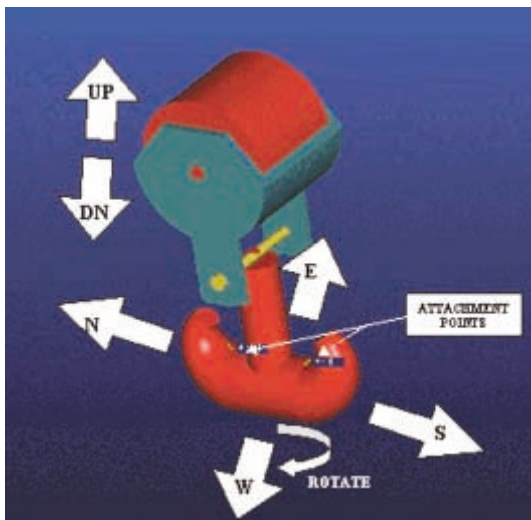


図8 クレーンフック

④ クレーン移動制限

クレーン走行時にリミットを設定してそれを超えて移動するということができない設定を可能とした。この設定がないと、いつまでも、クレーンは移動し続けてしまい、工場の外へ出てしまうことになる。

⑤ 吊り支点の設定

吊りフック上のどこで部品が吊られているのか設定できるようにした。吊られた部品はその支点に対して動的な運動(振り子運動)をする。

(3) 押しボタン操作盤

追加されたクレーン機能を活用するためには、クレーンを操作させることが必要である。実際の組立現場でオペレータはクレーンに吊り下げられているペンダント操作盤や無線による操作盤を活用して、クレーンを操作させている。ここでは、実際にクレーンに吊り下げるということは不可能なため無線による操作盤を模したものを作成することとした。

オペレータは腰回りのベルトに装着された押しボタン盤を左手で操作して、クレーンの移動もしくは、オペレータの視点の移動を行う。図9にあるように8つの押しボタンと2つのトグルスイッチで構成されている。4つのボタンは東西南北の移動のためであり、押しつづけている限り移動の指示を出すことができる。残りの4つのボタンは上下方向の指示を出すことができる。トグルスイッチのうちの1つは、クレーン移動モードとオペレータ視点移動モードの切り替えスイッチで、もうひとつは、クレーン・オペレータを問わず、その移動速度の速さを2段階に切り替えることができるためのものである。

オペレータ自身の視点の移動を制御できるようになり、より広い範囲のバーチャル空間を利用することが可能となった。従来は、バーチャル空間内を移動する場合オペレータ自身が実際に動いてバーチャル空間内の位置関係を

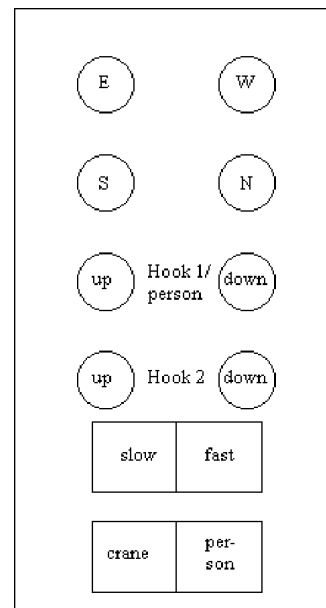


図9 操作盤レイアウト

変更する方法しかなかった。オペレータの位置検出装置の検出可能範囲が2~3mの範囲であり、それ以上の範囲に対しては移動することができなかった。それに対して、オペレータの視点を移動することでオペレータ自身は動くことなく自由にバーチャル空間を移動することができるようになった。バーチャル空間上の移動範囲も、望めば数百メートルの移動も可能となり、制限がなくなった。

(4) 吊られた部品の動的運動とバーチャルハンドによるハンドリング

組み立ての作業現場で、吊られている部品を手で押して向いている方向を変えることは日常行われており、シミュレーションを実施する場合においても必要となる。これを実現するために、まず、吊られた部品の重力を考慮した動的シミュレーションが必要である。言い換えれば、吊られた部品がクレーンフック上の支点を中心として振り子運動することが必要である。それが実現されれば、後は手で押す力を外力として加えることができるようにすれば、部品の動きを制御することができる。クレーンフック上の支点と部品の重心および質量・慣性モーメント情報があれば物体の振り子運動を記述することができる。質量・慣性モーメント情報は最初にCADから得て、物体の位置情報はVADE上でリアルタイムに得ることとした。非常に簡単な形状のものを除き振り子運動の一般解を得ることができないので、ここでは、4th order Runge-Kuttaの数値解析手法を用いて数値計算により物体の位置・速度を都度得る方式を採用した。(図10)

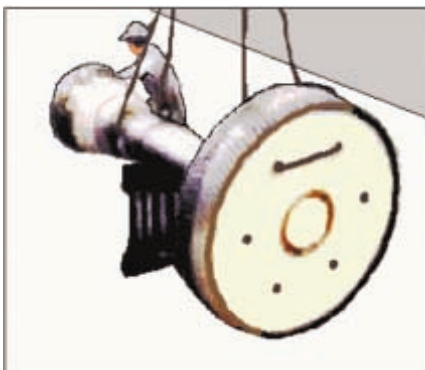


図10 作業実例(クレーンによる搬送)

上記の運動を表現することができたあとに、BASE-VADEの基本機能のひとつである干渉チェック機能を活用してバーチャルハンドが物体に接したときに部品を押しているというイベントを発生させて、その時に発生する物体を押す力を数値化して外力として付加させることとした。押す力については、オペレータが自分の手を伸ばしても空を切るだけなので、バーチャルハンドの速度・加速度と、押している姿勢と手の動きの方向を考慮した計算式から算出するようにした。この計算式によって算出される以上の力は加えられることはないの、現実に近い状態を再現できるようになった。これにより、非常に重い部品を軽々と

回してしまうという現実離れたシミュレーションを実行してしまうというのを避けることができた。また、オペレータが手を引いているのに接触しているというだけで力が加えられ逆に引き寄せてしまうということも避けることができた。図11が実際にシミュレーションをしている状況である。オペレータはHMDを通してバーチャル空間上のクレーンに吊られている部品をバーチャルハンドで押している(左後方のテレビ画面がその状態を映し出している)。

上記の一連の機能アップされた結果、プレス部品をクレーンで搬送して組み立てることができるようになった。図12は、プレス部品をクレーンで搬送しているシミュレーションのスナップショットである。実際の組立現場の写真を活用して(テキストチャマッピング)、バーチャル空間のリアリズムを向上しているの、オペレータは現実に近い環境でのシミュレーションを実行することができる。

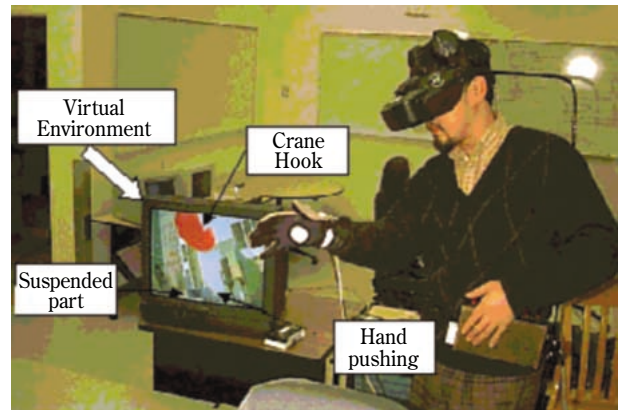


図11 VADEシミュレーション

オペレータがバーチャルハンドで、吊られた部品を押して向きを変えている

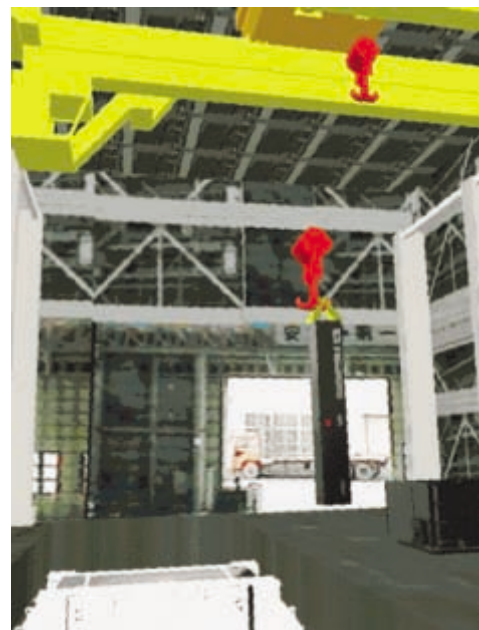


図12 VADEによる搬送シミュレーション

4. バーチャルアセンブリの有効性

このようなバーチャルアセンブリの目指すべき姿は、トータルのリードタイムおよびコスト低減である。3D化されたモデルを活用していかに事前に問題点を把握して現場で起こりうるであろう問題点を未然に防いでいくのか、また、よりよい手順を考案していくのか求められる姿である。従来の生産性検討は2次元の紙ベースの方法であり、時間がかかり、またかけただけの十分な情報を得ることができないまま、ベテランの生産技術者の経験と勘にたよるといった傾向が強い。主要なチェック項目に対しては時間をかけて問題点を事前に見つけ出して解決したとしても、さらに細かいレベルとなると活用できる情報がないがためにおろそかになったり、最悪の場合まったく検討することができないといった状況に陥る。

VADEのようなバーチャルアセンブリツールを使った生産性検討のあり方は、ビジュアルで誰にでもわかり、しかも的確に問題点を見つけ出すというところを狙っている。事前に問題点がありそうな所に特化したシミュレーションを実施して、目でみて判断して、その場で必要であればモデルの形状を修正して問題点を解決することが可能なので、効率的でしかも的確な改善活動が可能である。

5. まとめ

BASE-VADEに機能アップを図り、クレーンを使用した大物部品(特に大型プレス)の組立・分解のシミュレーションができるようになった。設計BOMから製造BOMへの変更の対応と、クレーン搬送と吊られた部品のバーチャルハンドによるハンドリングを可能にして、実際と同じような組立シミュレーションが可能となった。これにより、最低限の必要な機能を有したので、今後は実際の運用を通して一層のレベルアップを図っていくべきである。

筆者紹介



Tatsuki Mitsui

みつ い たつ き

三井 竜 樹 1988年、コマツ入社。
現在、産機事業本部管理購買部所属。

【筆者からひと言】

バーチャルリアリティは、今まで見えにくかった部分が見えるようにして、誰にでも生産性検討することができるための有効な手段のひとつです。仮想空間の中でシミュレーションをして現実に発生すると思われる問題点を事前に見つけ出して、開発段階で事前に改善してしまえば、トータルのリードタイム・コスト低減に大きく貢献するはずですが、しかしながら、すべての現実の事象をバーチャル空間に織り込むことは不可能であり、その中でいかに機能を絞り込みながらも、目的とする問題点を的確に把握し解決策を考案できるようなシステムを構築するかが、技術者としての腕の見せどころかと思います。それをめざして、今後も継続的に改善活動に従事していきたいと思います。