

製造業のスマートファクトリー化を支援するシミュレータ“NC Virtual Simulator”

東 俊博*
Toshihiro Azuma
伊藤裕規*
Yuki Ito
小野俊郎*
Shunro Ono

Simulator "NC Virtual Simulator" to Support Manufacturing Digital Transformation

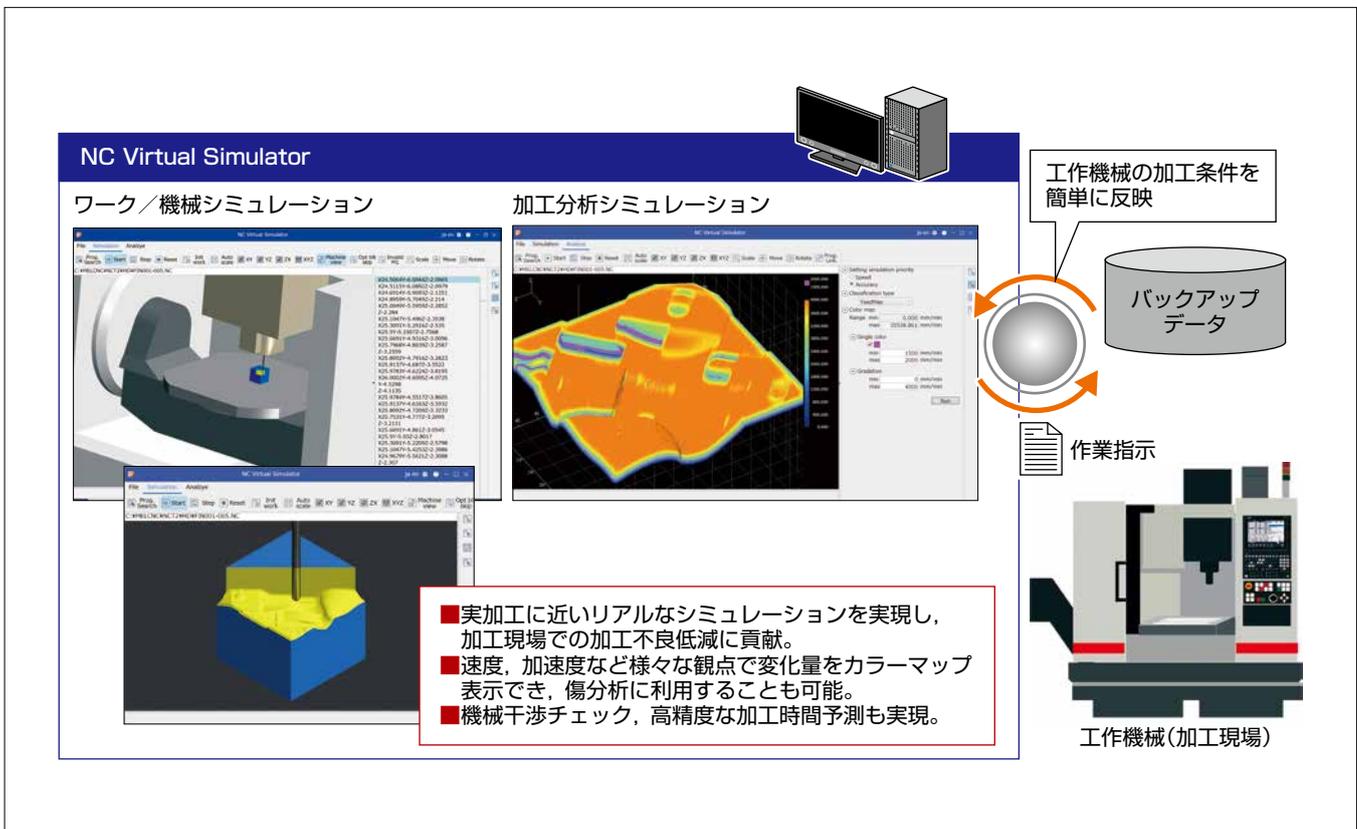
要 旨

近年の製造業の動向として、IoT(Internet of Things)やAIなどの先進技術の活用、製造工程のデジタル化やデータ連携の本格化、少子高齢化による熟練技術者不足への対応などがあり、世界規模での無人化・自動化・遠隔化が進んでいる。これを受け、三菱電機では設備設計、生産、運用保守の各プロセスをデジタル空間上でモデル化し、バリューチェーン全体の最適化を支援するデジタルツインシステムの開発に取り組んでいる。今回、その一環で、エンジニアリングチェーンでの製品設計から試作加工までのプロセスをデジタル化して作業効率・生産性の向上に貢献する高精度なシミュレータとして“NC Virtual Simulator”を開発した。

NC Virtual Simulatorでは、NC工作機械に搭載されて

いるシステムと同等のシステムをWindows^(注1)上で動作させ、さらにドライブユニットのフィードバックループをデジタル空間上で仮想的に模擬することで、シミュレーション上で実加工と同様の工具軌跡を再現している。それによって従来は試作加工の段階で見つかった加工不良などを、設計段階で事前確認可能にしている。具体的な機能としては、加工中の形状や仕上がり形状を三次元表示で確認可能なワークシミュレーション機能、機械部品同士の干渉をチェックする機械シミュレーション機能、加工不良につながる問題パスをカラーマップ表示とプログラム連携表示で可視化する加工分析シミュレーション機能などを持つ。

(注1) Windowsは、Microsoft Corp.の登録商標である。



NC Virtual Simulator

NC Virtual Simulatorは、工作機械と同じ加工条件をそのまま利用して、スムージングや加減速、サーボ応答遅れに至るCNC(Computerized Numerical Control)の動きをリアルに再現することで、工作機械を占有することなく高精度でリアルなシミュレーションをデジタル空間(パソコン)上に実現したWindowsアプリケーションである。

1. ま え が き

近年製造業でIoTやAIなど先進技術の活用が加速し、製造工程のデジタル化やデータ連携によって生産性の向上を目指す動きが本格化している。また急速に需給が変化する中で変種変量生産に対応する生産体制の構築が求められる一方、少子高齢化による熟練技術者の不足などによって加工ノウハウ等の数値化・平準化と事前検証の効率化への取り組みが要求されている。さらにコロナ禍によって工場での人的活動が制限される状況下で、世界規模で無人化・自動化・遠隔化の対応が急務になっている。

このような中、当社では設備設計、生産、運用保守の各プロセスを仮想空間上にモデル化し、バリューチェーン全体の最適化を支援するデジタルツインシステムの開発に取り組んでいる⁽¹⁾。今回、NC工作機械の動作をリアルにデジタル空間上に再現し、実際の機械と同じ条件で高精密なシミュレーションを実現するNC Virtual Simulatorを開発した。

2. NC Virtual Simulatorの目的と特長

NC Virtual Simulatorは、エンジニアリングチェーンでの製品設計から試作加工までのプロセスをよりデジタル化することで加工現場の負荷を減らし、作業効率・生産性の向上に貢献するアプリケーションである(図1)。

このシミュレータは、主に機械ユーザーの工程設計や加工プログラム作成を担う設計部門での活用を想定したWindowsアプリケーションで、設計部門と加工現場をよりスムーズに受け渡しできるように実加工環境をデジタル空間上で再現した。このシミュレータではNC工作機械と同じシステムデータ(加工条件パラメータや補正量、機能オプションなど)を使用し、位置制御だけでなく、スムージングや加減速、サーボ応答遅れに至るCNCの動きをリ

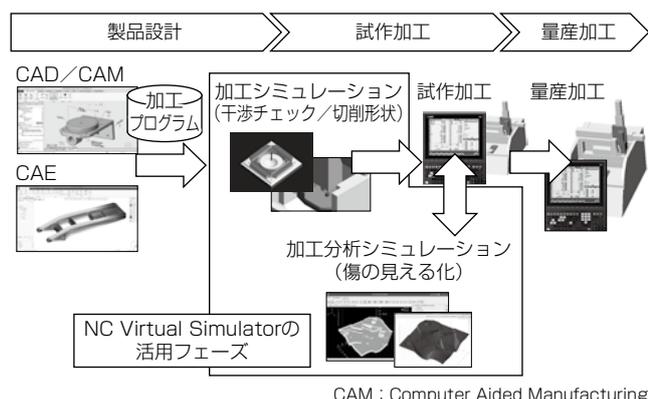


図1. NC Virtual Simulatorの活用フェーズ

アルに再現した高精密な3Dシミュレーションを実現している。これによって、試作加工でしか判明しなかった様々な加工不良がデジタル空間(パソコン)上で検出できるようになる特長を持っている。

また、既存製品であるカスタム開発サポートトレーニングアプリケーション“NC Trainer2 plus”と連携した機械モデルシミュレーションにも対応し、NC工作機械メーカーの機械設計(CADによる機械モデル設計)やラダー開発の利便性の向上に役立つアイテムとしても利用できる。

2.1 デジタル空間上でのNC工作機械動作の再現機能

NC Virtual Simulatorでは、実機CNCと同一のソフトウェアをWindows上で動作させ、ドライブユニットのフィードバックループをデジタル空間上で仮想的に模擬し、実機CNCのシステムデータと同期する機能によって、実機CNCの動作をデジタル空間上で再現している(図2)。これらの機能によって、実機CNCでの工具移動軌跡の忠実なシミュレーションが可能になるほか、実機CNCで生じるアラームなどもデジタル空間上で確認できる。

また、CAD/CAMの指令値レベルのシミュレーションでは再現できない加工不良の再現や、NCの設定ミスの検出なども事前に検出することが可能になるため、加工現場から設計部門への手戻り作業も削減され、加工現場の負荷削減にもつながる。

2.1.1 NC指令位置生成のシミュレーション

NC Virtual Simulatorは、CAD/CAMでの加工プログラムのブロックレベルでのシミュレーションとは異なり、実機CNCに搭載するCNCソフトウェアをそのまま動作させることで、加減速なども反映したNCの指令位置生成を厳密に再現したシミュレーションを可能にしている。具体的には、CNCソフトウェアが動作しているリアルタイムOSの動作をCPUの命令レベルでエミュレーションする

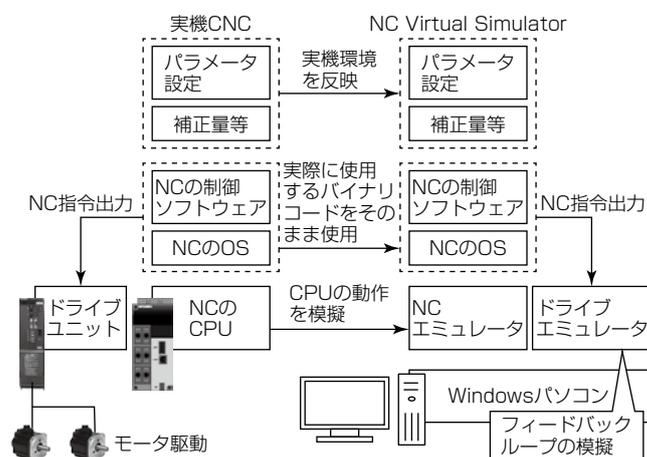


図2. デジタル空間上でのNC工作機械動作の再現

ことで、CNCソフトウェアでの定周期割り込みやタスク遷移の順序などを正確に再現している。これによって、スムージングや加減速なども含めた指令位置の生成処理をデジタル空間上で正確にシミュレーションできる。

後述の3D加工シミュレーション機能や加工分析シミュレーション機能と組み合わせることで、CAD/CAMのシミュレーションでは表現できないような加工不良も事前に検出が可能になるため、ユーザーは、従来は試作加工の結果に基づいて行っていた加工現場での微調整(加工プログラム上の微小段差の修正や加減速などのパラメータ調整など)を設計段階で実施できる。

2.1.2 ドライブ応答シミュレーション

CNCの指令位置だけではなくドライブユニットの応答遅れによる影響も加味した表面精度を再現するため、NC Virtual Simulatorではドライブユニットでのフィードバック処理をデジタル空間上で模擬する機能も備えている。ドライブユニットでのフィードバックの応答遅れも模擬することで、CNCの指令経路からのわずかな内回りなどの影響も再現できるようになる。

これによって、ユーザーの設計段階での事前検証をより確かなものとし、設計段階の後に現場で問題が発生して手戻りになることを防ぐことが可能になる。

2.1.3 NC工作機械との連携

NC Virtual Simulatorでは、実機CNCから出力したシステムデータ(加工条件パラメータや補正量、機能オプションなど)を一度に読み込んで設定を反映させることができるため、ユーザーは、手動での設定をしなくても、NC Virtual Simulatorの各種設定(加工プログラムやNCのパラメータなど)を実機CNCと同一の状態に簡単に合わせることができる。

また、ネットワークを介したNCとのデータ通信の機能も開発中であり、NC Virtual Simulator側で加工プログラムの修正やパラメータの調整などを実施した場合も、実機CNCに変更内容を反映できるため、手動で実機CNC側へ反映する場合に生じる可能性がある設定ミスや反映漏れなどの問題を解消できるようになる。

2.2 3D加工シミュレーション機能

NC Virtual Simulatorでの3D加工シミュレーション機能には、ワークの加工中の形状や仕上がり形状を三次元モデルで表示するワークシミュレーションと、機械部品の動作の表示や部品同士の干渉を検出する機械シミュレーションがある。

ワークシミュレーション(図3)では、ワークが削られて

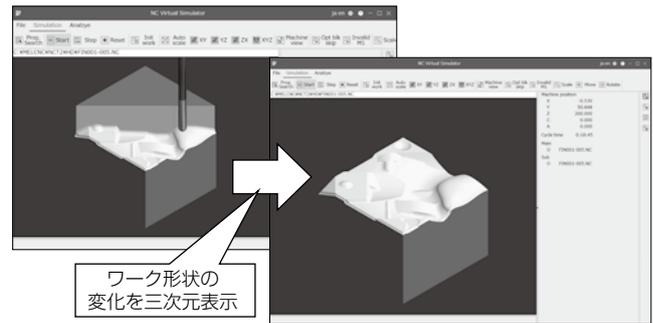


図3. ワークシミュレーション

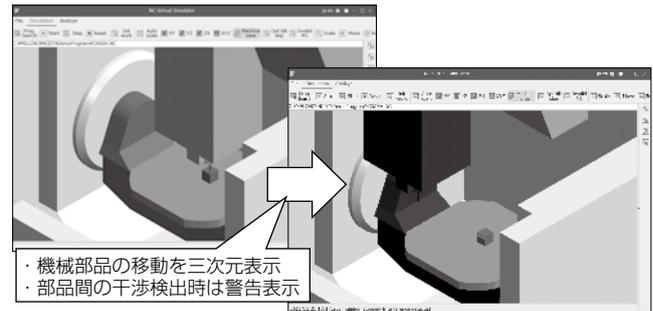


図4. 機械シミュレーション

いく様子や仕上がり形状を三次元表示で確認可能であり、工程漏れなどによる削り残しなどがいないかを確認できるほか、加工予測時間も確認できる。

機械シミュレーション(図4)では、機械部品の軸移動動作を三次元で確認できるほか、部品同士、部品と工具、工具とワーク等の機械干渉もチェックして、干渉した場合に警告停止する機能も持っている。

これらの機能によって、ユーザーは実機CNCを動作させなくても、シミュレーション上で安全かつ高速に加工プログラムの動作確認やパラメータ設定の確認・修正が可能になる。

2.3 加工分析シミュレーション機能

加工分析シミュレーション機能では、微小な線分長の単位で位置や速度、加速度等を変化量に応じて色分けするカラーマップ表示で表現し、突発的な変化量を視覚的に容易に判断できるようにしている。また、その形状パスが加工プログラムの何ブロックに対応するかも分かるように、各線分と対応するブロックとの連携表示もできる。

これによって、ユーザーは、微細な変化も容易に視覚的に判別でき、微細な加工面傷の原因分析と加工プログラムの修正などが可能になる。

2.3.1 カラーマップ表示

加工分析シミュレーション機能のカラーマップ表示(図5)では、速度や加速度などの値を256色カラーに振り分けて表示する。

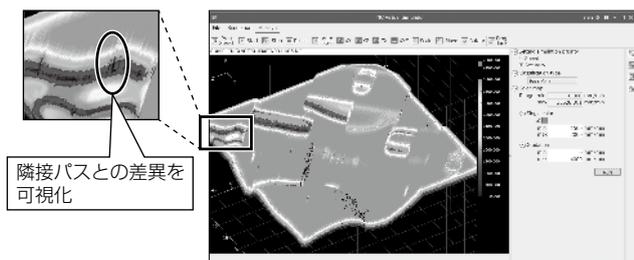


図5. カラーマップ表示

これによって、例えば、隣り合うパスの中で周囲と加速度の異なるパスなどを視覚的に容易に判別できるため、ユーザーは該当箇所の加工プログラムに問題がないか(微小な段差が含まれていないか、線分長が周囲と異ならないかなど)を確認した上での修正が可能になる。

また、特定の範囲の値の強調表示も可能であり、速度や加速度が許容外の値になっていないかを確認した上で、パラメータ設定を見直すことなども可能である。

2.3.2 プログラム連携表示

NC Virtual Simulatorでは、NCが生成する指令位置情報に加工プログラムのブロックと紐(ひも)づけるための情報を追加し、三次元表示されているパスをクリックしたときに、加工プログラムの該当するブロックの表示を可能にした(図6)。

ユーザーは2.3.1項のカラーマップ表示で見つけた問題パスについて、加工プログラムの該当箇所の確認と修正が容易に実施できる。

2.4 速度優先と精度優先の切り替え機能

NC Virtual Simulatorは、2.3節までで述べたように、実機CNCの動作を正確に再現することを特長にしているが、一方で、簡易的に素早く仕上がり形状に問題がないか(工程漏れなどによる削り残しがないか)、機械干渉が発生しないかなどを確認したいケースも存在する。

そこで、速度優先モードを選択可能にし、NCが出力す



図6. プログラム連携表示

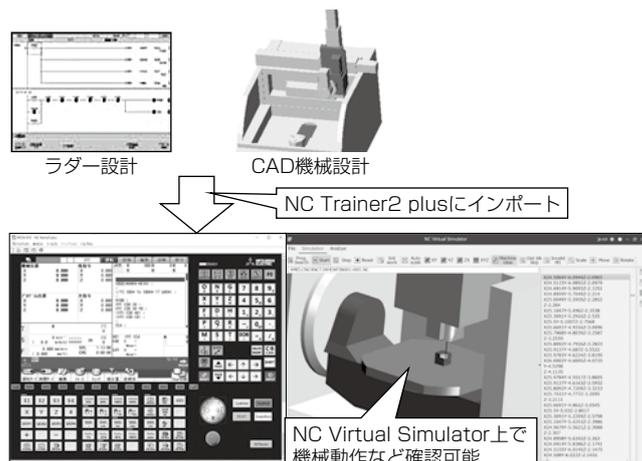


図7. NC Trainer2 plusとの連携機能

る指令位置を全て再現せず、許容範囲内で間引くなどしてシミュレーション速度を向上させることを可能にした。

この機能を使えば、最初に速度優先モードで工程漏れや機械干渉などの大きな問題を解消した後、精度優先モードで細かな加工不良を解消するといったことも可能である。

2.5 NC Trainer2 plusとの連携機能

機械操作のトレーニングや、機械メーカーのラダー回路作成やカスタム画面の開発用ツールに使用する当社既存アプリケーションNC Trainer2 plusとの連携機能も開発中である(図7)。具体的な仕組みとしては、NC Trainer2 plusの操作と連動してNC Virtual Simulatorでのシミュレーションの実行が可能である。

これによって、例えば、機械メーカーの設計者がラダーを開発する際に、NC Virtual Simulatorの機械干渉チェック機能を使いながら動作確認するといったことも可能になる。

3. む す び

デジタル空間上にNC工作機械の加工を現実に近い形で再現することで、試作加工でしか分からなかった加工不良や段取りミスを事前に見つけ、加工現場の生産性向上に寄与できるツールとして開発した“NC Virtual Simulator”の機能について述べた。今後も製造業の更なるスマートファクトリー化に貢献できるよう、様々な市場ニーズを取り込み、より一層の利用価値を提供する製品の開発を進めていく。

参考文献

- (1) 藤田智哉, ほか: FA-IT統合ソリューションによる工作機械デジタルツインの実現, 日本機械学会誌, 124, No.1231, 22~25 (2021)