

21世紀を数年後に控え、設計技術は、大きな変革の時期にきている。従来の“まず試作して実験で試行錯誤する”設計開発手法から、仮想試作による設計手法への転換が求められている。一方ツール環境に眼を転じると、コンピュータハードウェア、インターネット/イントラネットに代表されるネットワーク技術、三次元CADの飛躍的な性能向上によって、仮想試作や情報共有が実現できるようになってきた。“コンカレントエンジニアリングの実現”と“メカトロ製品開発に対応したメカ/エレキ/ファーム統合設計環境の実現”，および“試作半減による製品開発期間の短縮”を目的として統合設計環境を開発、実際の機器の仮想試作を実現した。

With the 21st century approaching, design methods are required to change from the conventional method of repeated prototyping by trial and error to virtual prototyping. The realization of virtual prototyping has become possible due to the great advances made in network technologies such as the Internet and intranets as well as in three-dimensional CAD systems.

We have developed an integrated engineering system in order to realize a concurrent engineering and collaborative design environment between electronic engineers and mechanical engineers, and to reduce product time to market.

1 まえがき

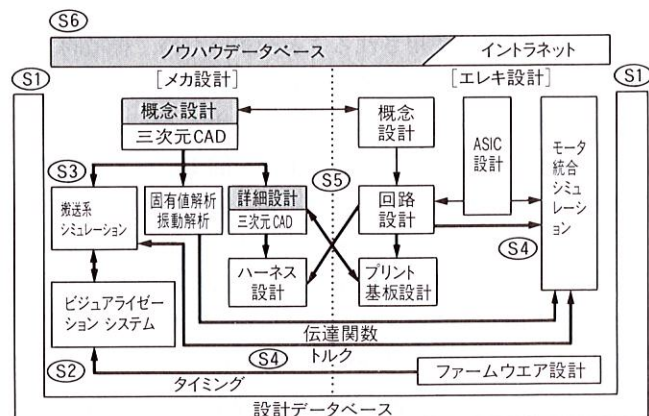
メカトロ製品は、メカニクス（メカ）、エレクトロニクス（エレキ）およびファームウェア（ファーム）間の機能の連携により成り立っている。エレキ分野では、回路シミュレーションやVHDL (Very high speed IC Hardware Description Language) などの高位言語による設計の効率化が一般的になりつつある。一方、メカ分野においても、近年の三次元CADとシミュレーションツールの連携による仮想試作によって、試作回数の低減ができるようになってきた。しかしながら、これらの手法やツール間の連携が十分でなく、メカ、エレキ、ファームが連携した仮想試作環境が必要となる。そこで、実際の製品の仮想試作の実現を目的とした相互に連携する設計環境を開発した。

同時に、コンカレントエンジニアリング実現のためには、相互の情報共有が重要なキーポイントとなるので、イントラネットを利用した情報共有システムを構築した。ここでは、仮想試作とコンカレントエンジニアリングを実現するために開発した統合メカトロシミュレーションシステムの概要および特長となる機能について説明する。

2 システムの概要

統合メカトロシミュレーションシステムは、次の六つのサブシステムから構築されている（図1）。

- (1) 設計データベースシステム⁽¹⁾ 設計にかかわる成



S1: 設計データベースシステム S4: メカ/エレキ統合シミュレーションシステム
S2: ビジュアル化システム S5: メカ/エレキ統合設計システム
S3: 搬送系シミュレーションシステム S6: ノウハウデータベースシステム

図1. 統合メカトロシミュレーションシステム メカ/エレキ/ファーム設計を連携した仮想試作と、設計データベースとノウハウデータベースによる情報共有とが実現できる構成となっている。

Configuration of fully integrated engineering system

果物を統合して管理する。

- (2) メカ/エレキ統合設計システム メカCADとエレキCADとを連携させ、協調してハーネス設計を行う。
- (3) メカ/エレキ統合シミュレーションシステム メカ要素とエレキ要素とを取り入れたシミュレーションを行う。
- (4) ノウハウデータベースシステム 設計ノウハウの共有と継承を行う。

(5) ビジュアルライゼーションシステム⁽¹⁾ 機器の動作をコンピュータ上で実現する。

(6) 搬送系シミュレーション 金融機器や複写機などの媒体を搬送する機構のシミュレーションを行う。

ここでは、“メカ/エレクトリック統合設計システム”“メカ/エレクトリック統合シミュレーション”および“ノウハウデータベースシステム”について述べる。“設計データベースシステム”および“ビジュアルライゼーションシステム”は、既報文献(1)を参照されたい。

3 メカ/エレクトリック統合シミュレーション

このシステムでは、統合シミュレーションを電気系のアナログ/デジタル混在型のシミュレータまたは制御系のシミュレータ上で実行し、そのモデルの中に制御対象としての機械系の動的な負荷特性のモデルを組み込む構成とした。メカトロ製品では、モータなどのアクチュエータやセンサがメカとエレクトリックとの間の変換器となる。ここでは、モータを中心とした統合シミュレーションと、機械系の振動特性を取り入れた統合シミュレーションについて説明する。

3.1 モータ統合シミュレーション

メカトロ機器の駆動源はモータが主流である。性能の限界に近い条件下で使用されることが多いため、機械的な負荷とモータ駆動回路との要素を取り入れた、モータを中心とした機器の挙動をシミュレーションすることはきわめて有効である。券集積機構への適用例を図2に示す。集積用羽根車は、搬送機構の下流に位置し、搬送された券をスパイラル上に形成された羽の間に挟み込み、下部に位置する集積箱に券を落下させ集積する。搬送機構には券の搬送される間隔を検知するセンサが設けられており、センサの検知信号により羽の間の最適位置に券を挟み込むように羽根車を駆動するモータの回転速度を制御する。券の集積速度が上がるにつれ、羽根車の速度追従性が難しくなってくる。

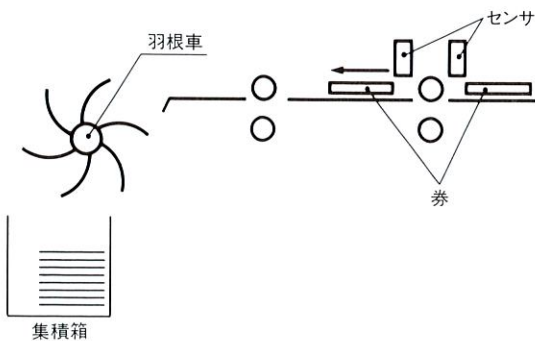


図2. 券集積機構 羽根車を利用した券集積機構で、羽根間隔30度の内、集積に適した角度6.3度の中に券を集積するように速度制御を行っている。

Sheet collecting mechanism

図3にシミュレーション結果を示す。券の搬送間隔に対応してモータの速度が追従していることがわかる。このシミュレーションには、機械的な負荷とモータ駆動回路の要素が組み入れられており、モータの追従性の限界を試作前に把握することができた。

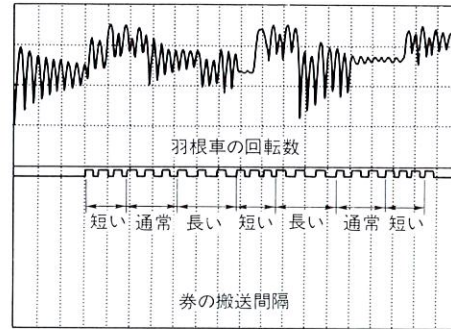


図3. モータ統合シミュレーションの結果 券の搬送間隔に対応して羽根車の速度が追従していることを示す。

Results of motor behavior simulation

3.2 振動特性を取り入れた統合シミュレーション

位置決め機構では、メカ系の駆動特性を含めたサーボ系の特性の把握が重要である。光ディスク装置のピックアップの設計への適用例を示す(図4)。まず、三次元CADモデルから有限要素法(FEM)のメッシュモデルを生成し、振動(固有値)解析を行う。次に、入力(節点荷重)および出力部位を指定する。アクチュエータの特性も考慮する場合は、磁気回路の磁場解析を行い、その結果得られる駆動力を機械系への入力(節点荷重)とする。振動解析の結果(固有周波数、固有モード、モード質量およびモード減衰比)から、機械系の入出力間の振動特性の伝達関数が算出され、等価な状態方程式に変換される。この結果は、周波数特性とし

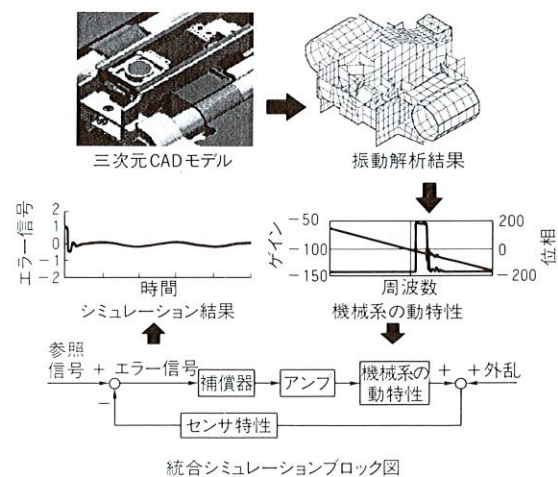


図4. 振動特性を取り入れた統合シミュレーション アクチュエータで駆動される機械系の動特性が、三次元CADモデルから解析(ここでは磁場および振動解析)を行って抽出され、電気系の特性と合わせてシミュレーションされる。

Integrated system simulation

て図示されるとともに、直接シミュレータに組み込み可能な形式で出力される。図4に示したシミュレーション結果で、周波数特性では、剛体的に運動するモードと若干の高次の振動モードが見られるが、実測結果とよく一致した。また、外乱に対して安定して目標トラック位置を捕捉(そく)していることがわかった。

このシステムを適用することで、ピックアップの駆動特性の予測から性能の評価や制御方法の検討が、容易に行えるようになった。

4 メカ/エレキ統合設計システム

プリント基板やモータ、センサを接続するハーネスは、メカ設計とエレキ設計の接点にもかかわらず、設計の工程の中で後回しとされ、実際の機器で試行錯誤的に経路決定し、その長さを測定してハーネス図を作成していた。そこで、エレキ接続情報を取り入れ三次元 CAD 上でハーネス設計が可能となるシステムを開発した(図5)。

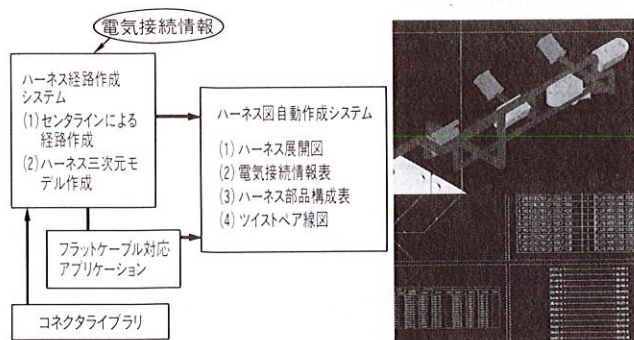


図5. メカ/エレキ統合設計システム 電気情報を取り込み三次元CAD上でハーネス設計ができ、その結果を基にハーネス図を自動的に作成できる。

Configuration of collaborative design system between mechanical and electronic engineers for harness design

このシステムは、ハーネス経路作成システムとハーネス図自動作成システムとから成る。ハーネス経路作成システムは、プリント基板のコネクタ間のピンの接続情報を三次元CADに取り入れ、設計された経路に対して、ハーネスの集合した太さを反映したハーネスの三次元モデルを作成する。これにより周囲の機器の中で、ハーネス経路が確保されているかをコンピュータ上で確認できるようになった。ハーネス図自動作成システムは、ハーネスの三次元モデルから、“分岐を含むハーネスの長さを示す展開図”“電気接続情報を示す表”“ハーネスを構成している部品構成表”、“ノイズ除去のためにハーネスをより線にするかを示すツイストペア線図”を自動的に作成する。これにより、作業の大幅な効率化が可能になった。

5 ノウハウデータベース

近年、急速に普及しているインターネット技術は、情報共有の有効なツールである。これを利用し設計ルールデータベースをイントラネット上に構築した(図6)。これは、パソコン/ワークステーション両方の環境で利用が可能であり、CAD/CAEを用いて設計しながら、その場で設計標準、各種規格および設計ノウハウ集を参照でき、更新されたデータも迅速に入手できるようになった。さらに、文書保管スペースや紙資源消費量の削減を図ることができた。

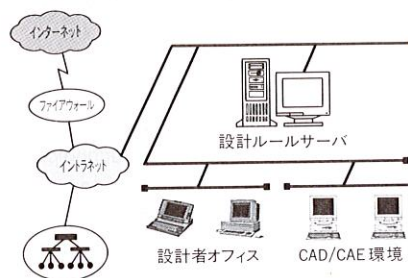


図6. イントラネット上に構築したノウハウデータベースシステム 設計ルールをイントラネット上からCAD/CAE端末とオフィスの机上パソコンから利用可能。社外へのセキュリティはファイアウォールで実施している。
Structure of knowledge database system constructed on intranet

6 あとがき

統合メカトロ シミュレーションシステムは、従来のメカ、エレキ、ソフト単独のシミュレーションでは実現しなかった実際の機器の仮想試作を実現した。加えて、コンカレントエンジニアリングのキーである情報共有環境を提供した。今後はさらに、製品開発の全体から設計環境をとらえ、設計者のニーズにタイムリな対応ができるよう努力を続けていきたい。

文献

- (1) 山本節雄, 他: Product Modelによるファインメカ統合設計システム, 東芝レビュー, 51, 7, pp.35-38 (1996)



中村 元 Hajime Nakamura

柳町工場 技術管理部主任。
CAEシステムの開発に従事。画像電子学会, 日本機械学会会員。
Yanagicho Works



岸本 功 Isao Kishimoto

生産技術研究所 小形モータ開発センター主任研究員。
小形モータの研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。
Manufacturing Engineering Research Center



黒岩 正 Tadashi Kuroiwa

研究開発センター 機械・エネルギー研究所研究主務。
CAEの研究開発に従事。日本機械学会, 日本ロボット学会, 計測自動制御学会会員。
Energy & Mechanical Research Labs.