

自動車用ワイヤーハーネス設計支援用 古河デジタルアセンブリシステムの開発

Development of Furukawa Digital Assembly System in Support of Wire Harness Design for Automobiles

浅井 和久*
Kazuhisa Asai

尾畑 裕貴*
Yuuki Obata

内記 綾子*²
Ayako Naiki

佐々木 義高*²
Yoshitaka Sasaki

松田 裕*³
Yutaka Matsuda

寺澤 和志*³
Kazushi Terasawa

概要 ワイヤーハーネス設計を支援する古河DAシステムを開発した (HITシステム&FDAシステム)。本システムは顧客自動車メーカーの3D-CAD情報を有効活用し、既存ワイヤーハーネス製造設計システムに迅速に繋げることで設計工数や試作回数、生産準備工数の大幅な削減が見込まれる。主な機能としては、応力解析技術を適用した製造盤 (ASSY盤／治具盤：以後製造盤とのみ表記) 上の分歧方向・部品取り付け方向の自動決定機能、製造盤の大きさに合わせたレイアウト支援機能、製造盤の成立性検証機能、作業性検証機能、ワイヤーハーネス製造ラインの生産性検証 (工程設計) 機能並びにワイヤーハーネス製品の車両装着状態の形状算出機能を有している。

1. はじめに

自動車業界では、10年以上前から3D-CADを用いた3次元設計が確立している。自動車の主要な部品の一つであるワイヤーハーネスも自動車メーカーにおける設計の初期段階において、3次元の車両空間の中でラフな形状が決定される。しかしながらワイヤーハーネスは、比較的フレキシブルな性質を持つことから、平面形態で製造されており、自動車メーカーにおけるワイヤーハーネスの設計も2D-CADを用いた2次元設計図が作成されていた。

ところが、最近の傾向として各自動車メーカーは市場ニーズに迅速に応えるために、車両開発期間の短縮を目指し、サプライヤに対して協力、即ち設計の早期検証を強く要求している。

これを受けて、1998年より3D-CADデータを用いた応力解析をワイヤーハーネス設計業務の一部に適用することによりワイヤーハーネス設計の効率化、高度化を図ってきた。後述するHITシステム3D⇒2D変換がこれにあたる。

現在のHITシステムは、3D⇒2D変換機能に加え、ワイヤーハーネス製品の車両装着形状を算出する2D⇒3D変換機能を持ち、ワイヤーハーネスの製造時と車両装着時の形態を検証することができる。

一方、製造過程の検証を目的とし、製造盤の成立性や製造作業、工程設計を検証するFDAシステムを開発した。

HITシステムと、ワイヤーハーネスの製造設計システムである製造設計CADシステム、FDAシステムの連携により、一連のワイヤーハーネス設計においてシミュレーション技術を駆使して設計を支援／早期検証する仕組みを構築した。この一連の仕組みをDAサークル (図1) と呼び、システム全体を古河DAシステムと呼ぶ。本システムの詳細を以下に記す。

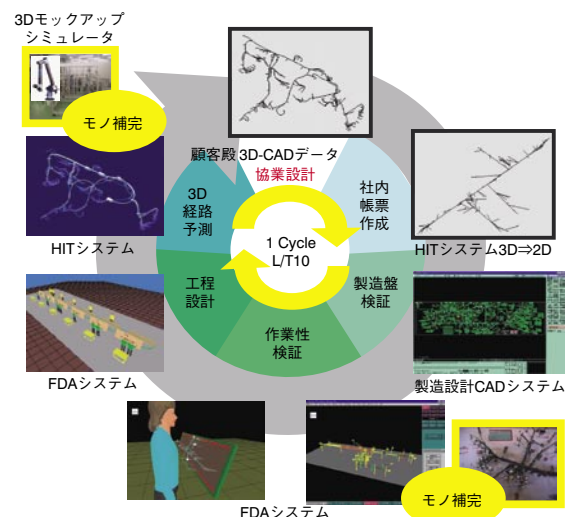


図1 DAサークル
DA circle

* 古河オートモーティブパーツ株式会社

*² 古河インフォメーションテクノロジー株式会社

*³ 自動車部品事業部

2. 古河DAシステム

古河DAシステムは、HITシステム、製造設計CADシステム、FDAシステムにより構成されている。

HITシステムとは Harness Information Translate System の略称である。ワイヤーハーネスの製品使用時の形態 (3D形状) と製品製造時の形態 (2D形状) との間を、製造要件 (3D⇒2D変換、製造盤設計図 (ASSY図) レイアウト支援) やワイヤーハーネスの車両への固定条件 (2D⇒3D変換) の下で、形状を変換すると共に、曲げやねじれの応力分布を算出する。

製造設計CADシステムでは、製造盤の詳細設計と共に、見積や製造に必要な情報を出力する帳票展開機能を持つ。

FDAシステムとは Furukawa Digital Assembly System の略称であり、製造盤と製造作業、及び工程設計をシミュレートする。

以下にワイヤーハーネスの設計手順の概要を記す。

- (1) 設計者は、まずHITシステム「3D⇒2D変換」を用い、3D-CADで設計された立体的なワイヤーハーネス形状を平面形状に展開する。
- (2) HITシステム「製造盤設計図 (ASSY図) レイアウト支援」を用い、ワイヤーハーネス形状を製造盤上にラフにレイアウトする。
- (3) 「製造設計CADシステム」により製造盤の詳細設計を行う。
- (4) FDAシステム「製造盤成立性検証」により、製造盤のモデルを自動作成し、その製作可能性、並びに盤上でのワイヤーハーネス組立作業性について検証を行う。
- (5) FDAシステム「作業性検証」により、人間モデルを使った製造作業シミュレーションを行う。
- (6) FDAシステム「工程設計検証」により、最適な工程設計を行う。
- (7) HITシステム「2D⇒3D変換」を用い、平面状のワイヤーハーネス製品を車両装着時 (製品使用時) の立体形状に復元し、顧客自動車メーカーの設計形状と比較検証を行う。

FDAシステムの「製造盤成立性検証」や「作業性検証」、またHITシステムの「2D⇒3D変換」の過程で問題が発覚した場合は「製造設計CADシステム」に戻り、製造盤設計の見直しを行う。

以上の一連の作業により、ワイヤーハーネスの製造可能性、車両成立性の両面からワイヤーハーネス設計が検証される。

以下にHIT、FDA両システムの機能について述べる。

2.1 HITシステム3D⇒2D変換

ワイヤーハーネスの立体形状 (3D) を梁モデルとして取り扱い、応力最小条件下で有限要素法を適用して平面形状 (2D) に展開する。本システムにより、分岐の倒し方向と部品取り付け角度算出の自動化を実現した。

2.2 HITシステムASSY図レイアウト支援

3D⇒2D変換結果や、顧客自動車メーカーの2次元設計データを基に、製造要件を容れ、実際にワイヤーハーネスを製造する盤上にハーネスをレイアウトする。

全製造要件をシステムに取り込めているわけではないため、設計者による確認・編集が必要であるが、CADを使用しない

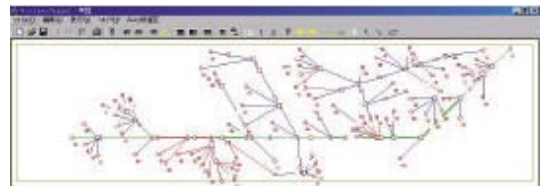


図2 製造盤設計図 (ASSY図) レイアウト支援実施例
Layout assistance for ASSY diagram on production board



図3 2D⇒3D変換 (重ね表示)
2D-to-3D translation (Superimposed image)

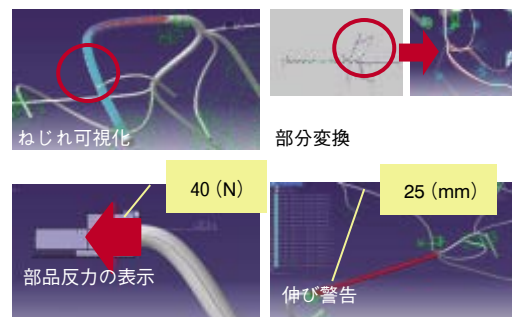


図4 2D⇒3D変換 (評価機能表示)
2D-to-3D translation (Evaluation function displayed)

ライトな環境でレイアウトが実施可能である。

図2にレイアウト例を示す。

2.3 HITシステム2D⇒3D変換

3D⇒2D変換と同様、ワイヤーハーネスの製造時の形状 (2D) を梁モデルとして取り扱い、ワイヤーハーネスを車両に固定する部品の位置と方向を拘束条件として有限要素法を適用し、車両に装着した形状を算出する。

図3は2D⇒3D変換による復元結果を顧客自動車メーカーにおける設計時のハーネス中心線 (青線) と重ね表示したものである。

また、精度向上機能として顧客自動車メーカーに対して単純に組み付け形状の提示だけではなく、プラスαの情報 (評価機能) を表示することで顧客自動車メーカーに対して変換結果をよりリアルに提示できる。

図4に示すねじれの可視化、固定部品反力表示、伸び量表示変換を実施する。

2.4 FDAシステム製造盤成立性検証

FDAシステムは、3次元モデルを利用することでこれまで製造過程でしか抽出できなかった問題について前倒しを実現させるシステムである。本システムは米国DELMIA社製3次元シミュレーションシステム ENVISION[†]をカスタマイズした。

製造盤成立性検証機能では、「製造設計CADシステム」により作成された製造盤設計情報を基に3次元の製造盤モデルを自動作成し、干渉チェックを行うことにより、製造盤が実際に製造可能かどうかについて検証する。

また、ワイヤーハーネスの製造においては、仕様の異なるワイヤーハーネス製品を同じ製造盤を用いて製造することもあるため、治工具等を機能的に動かしてみても干渉チェックを行い、製造盤が予定されているすべての製品製造に対応可能であることを検証する。

ワイヤーハーネスの製造過程で治工具を動かす場合も、同様である。

図5は、製造盤成立性検証例である。

2.5 FDAシステム作業性検証

FDAシステム作業性検証機能では、製造盤上におけるワイヤーハーネスの各製造工程に対して、ENVISION / Ergonomicsの人間モデルを使い、作業性検証を行う。

実際にワイヤーハーネス製造に従事している作業者の体格に合わせた人間モデルに製造作業をシミュレートさせることにより、作業スペースの詳細検討や作業姿勢の負荷についての検証が可能である。

図6は、テープ巻き作業の検証例である。

2.6 FDAシステム工程設計検証

FDAシステム工程設計検証は、米国DELMIA社製3次元ファクトリーシミュレーションシステム QUEST[†]をカスタマイズしてENVISIONと連動することにより工程設計検証を行う。

製造盤成立性検証、製造盤上における作業性検証を完了したモデルを活用して、開発段階でどんなライン構成で製造するのが最適か、ライン作業に問題はないか、タクトタイムは妥当かといったワイヤーハーネス製造ラインの最適構築・問題点抽出について検証する。

図7は、工程設計検証の検証例である。

3. 効果

本システムでの実運用例はまだ少なく、本格的な効果の算出は今後であるが、現在のところ、各機能の開発により以下の効果を見込んでいる。

- (1) HITシステム「3D⇒2D変換」と「製造盤設計図(ASSY図)レイアウト支援」による効果
「3D⇒2D変換」と「製造盤設計図(ASSY図)レイアウト支援」両機能の開発により、製造盤設計図(ASSY図)作成工数を70%削減できる見込みである。
- (2) FDAシステム「製造盤成立性検証」による効果
従来、製造盤を試作し、実際にワイヤーハーネスを製造して初めて発見できた治具干渉や作業スペース不足等

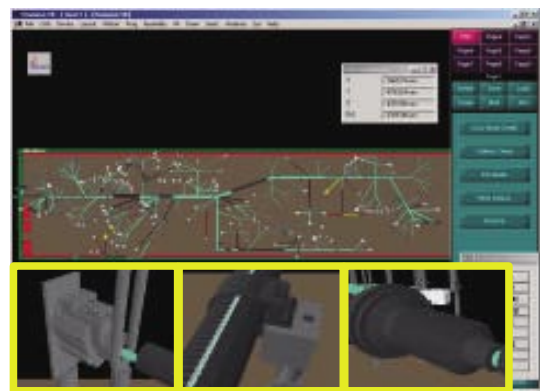


図5 FDAシステムの製造盤成立性検証例
Consistency verification for production board based on FDA system

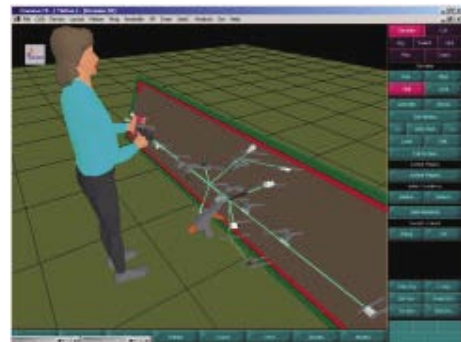


図6 FDAシステムの作業性検証例
Workability verification based on FDA system

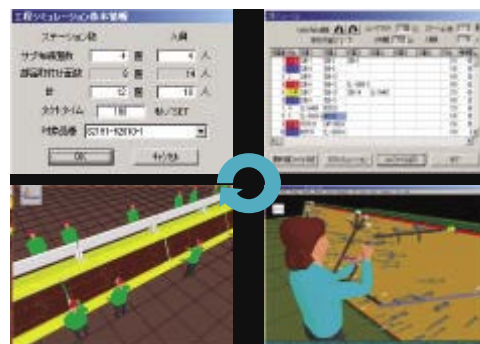


図7 FDAシステムの工程設計検証例
Process design verification based on FDA system

の製造盤の不具合が、「FDAシステム」の製造盤成立性検証機能により、製造盤を試作しなくとも発見できるようになった効果は大きい。

- (3) FDAシステム「作業性検証」による効果

(2)と同様に、試作しなくとも詳細な作業スペースや作業負荷の検討が可能になった。

この他、製造手順をビジュアルに表現できるため、作業習熟までのロスの軽減効果も見込まれる。

- (4) FDAシステム「工程設計検証」による効果

生産ライン全体の生産性(工程設計)については、(2)と同様にハーネスを製造しなくてもワイヤーハーネス製造ラインの最適構築・問題点抽出支援が可能となった。また、(3)

[†] ENVISION, QUESTは米国DELMIA社の登録商標です

同様作業教示用としても活用することが可能となり作業習熟までの期間短縮が見込まれる。

(5) HITシステム「2D⇒3D変換」による効果

車両組み付け検証のために、従来は試作したワイヤーハーネスを、実際の車両もしくは車両模擬装置に組み付ける必要があった。ワイヤーハーネスの試作だけでなく、車両への試行組み付けには多くのコストがかかり、顧客自動車メーカーも試作回数の削減に意欲を見せている。

本システムは古河社内のみでなく、顧客自動車メーカーの試作回数削減の動向にも対応可能である。

4. 今後の取り組みについて

今後、実稼動を重ねることによりデータを蓄積し、より効果的なシステムとなるようチューンアップが必要である。

本システムの課題としては、以下がある。

- ・2D⇒3D変換精度の向上
- ・製造盤上でのレイアウトの影響の追跡
- ・製造シミュレーション精度の向上
- ・製造シミュレーション対象の拡大
- ・顧客自動車メーカーの新CADシステムへの対応
- ・自動化の推進
- ・設計／製造ノウハウの取り込み等

これらの課題解決を顧客自動車メーカーのCADシステムの再構築への対応と併せて取り組んでいく予定である。

参考文献

- 1) トヨタの生産技術部門, 3次元モデルをフル活用, 日経デジタル・エンジニアリング, 1999-11
- 2) トヨタ自動車が「CATIA V5」導入を決定／トヨタ生産方式の追求はIT活用も同じ, 日経デジタルエンジニアリング, 2002-5
- 3) 日本デルミアユーザーカンファレンス2000,
<http://nde.nikkeibp.co.jp/emc/pdf/pdf04.pdf>
- 4) 自動車ワイヤーハーネス設計を支援する古河DAシステムの開発, 古河インフォメーション・テクノロジー株式会社15周年記念 技術論文集