

高精度部品の設計～製造コラボレーション開発の実現

Collaborative Development of High Precision Parts: from Design to Manufacturing

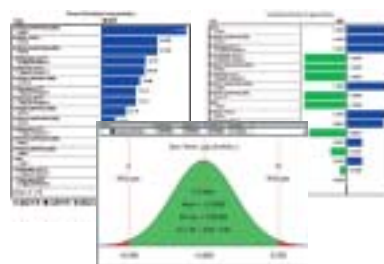
生	長	浩	一	Koichi Ikinaga
金	田	喜	隆	Yoshitaka Kaneda
黒	田	永	利	Nagatoshi Kuroda
角	中	明	大	Akihiro Kadonaka
立	田	次	郎	Jiro Tatsuta
山	川	隆	史	Takashi Yamakawa



デジタル・
モックアップ



全員設計



公差解析

要 旨

近年、3D-CAD (3-Dimensional - Computer Aided Design) を使った設計が急速に広まりつつあり、一部試作レスで製品化を実現した事例を見聞きする機会が増えてきた。製造業では次々に魅力的な新製品を市場投入することで生き残りをかけているが、その実現のキーは「短期開発」である。

そのために3Dで設計し、そのデータをものづくりの場面まで徹底的に使い切ること、および工程の上流/下流という意識を捨て、製品設計に手を加えることができる者全員が設計者であるという考え方で、製品設計と工程設計、およびそこから導き出される製造設備や治具類を同時進行で開発していくことによって、短期開発が実現する。

そこで当社では、CA-DR (Computer Aided - Design Review) 活動を企画し、光ピックアップやCDチェンジャデッキなどの設計に適用することで「全員設計」を実現した。

本稿ではこの活動の詳細を報告する。

Abstract

The use of 3-D CAD(3-Dimensional-Computer Aided Design) has spread rapidly in recent years, in some cases allowing products to be developed without making a prototype. Survival in the manufacturing business depends on bringing a succession of attractive products to market quickly, something that can only be realized if products are developed in as short a period of time as possible. In order to achieve a shorter development cycle, design is performed in 3D, the resultant data is utilized until the actual production as much as possible, vertical hierarchical thinking is discarded, the idea that all personnel who have a hand in the product design are designers themselves is adopted, and development is expedited by simultaneously proceeding with product design, process design, and the development of manufacturing facilities and jigs which are derived from the aforementioned practices.

At FUJITSU TEN, collaborative design has been realized through the application of CA-DR (Computer Aided-Design Review) to the design of optical pick-ups, CD changer decks, etc. This report contains a detailed explanation of the practices described above.

1

はじめに

近年、製造業において三次元CAD（3D-CAD）による設計効率化の効果が認識され、機器の導入が積極的に行われてきている。当社でも10年ほど前から3D-CADを導入してきたが、当初は設計用としては用いず、解析専用として使用していた。

数年前に設計部門の一部で3D-CADを使用した設計を試行したが、当時は開発初期から製造までの連携がほとんどできておらず、設計者に対し3D-CADは2D-CADのような“曖昧な表現”ができ無いことから、“時間がかかるだけ”との印象を与えてしまった。

そこで、3D-CADの真の効果を理解してもらうために、技術情報システム部を中心に開発期間の短縮、品質向上等を目的とした機構設計業務の改革活動である、CA-DR（Computer Aided Design Review）活動を開始した。

CA-DRとは、狭義にはバーチャルなデザインレビューであり、広義には、フロントローディング（設計上流での品質確保）やCAEを含むコラボレーション活動全体を指す。

この活動で、製品開発の初期から製造まで3D-CADのデータを基に連携を図り、仕事のやり方を変えることで大幅な品質向上、開発期間の短縮が可能となった。

ここでは当社でのCA-DR活動と、それを支えるDMU（Digital Mock-Up）、そしてCAEの中でも光ピックアップやCDデッキなどの精密部品で効果が出ている公差解析の事例を紹介する。

2

CADR活動

2.1 活動のねらい

CA-DR活動では、3D-CADの「わかりやすさ」というメリットを活かし、早期に問題点抽出、設計への織込みを行う。

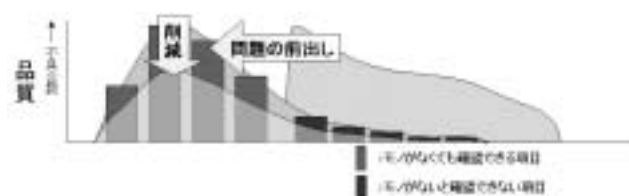


図-1 フロントローディング
Fig.1 Front Loading

具体的には試作品を作る前から、生産/製造技術、調達などの後工程の部門と設計が、DMUモデルを共有し、製造部門や納入メーカのものづくりに関する意見を取込み、製品をその場で仕上げていく。

いわゆる、3D-CADを活用した“全員設計”である。

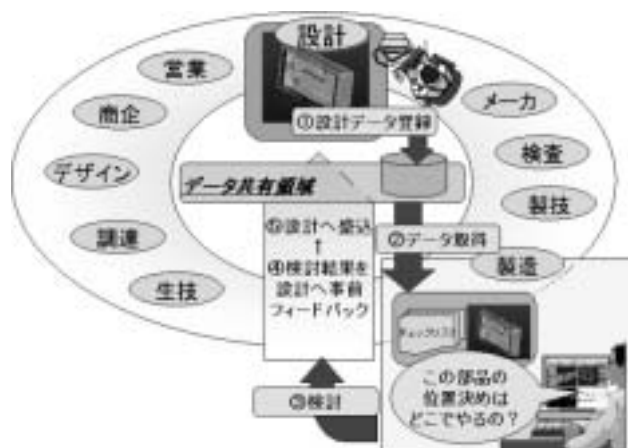


図-2 全員設計
Fig.2 Collaborative Design

実現の為に、DMUを利用したDR（Design Review）やPR（Product Review）をできるだけ多く実施し、そこで抽出された問題をCAEで潰し込む必要がある。

しかし、従来の2D-CAD図面を利用していたシリアルな業務フローではDMUモデルを共有できるタイミングが遅く手戻り工数も大きくなり、十分な検証時間が確保できない。

そこでDMUを活かし、早期に様々な角度から設計を評価できる“全員設計”が可能な業務スタイルへの変革を行う必要があった。

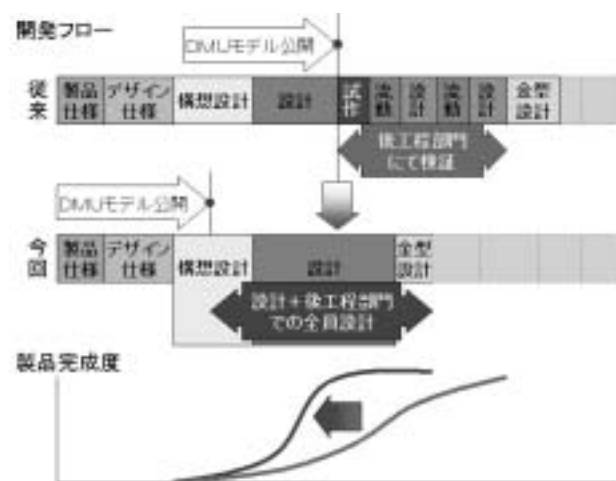


図-3 業務フロー
Fig.3 Business Operation Flow

2.2 具体的実施事項

3D-CADデータを活かせる業務スタイルへの変換の為、まず設計・関連部門への意識改革を行った。

具体的には、過去の製品設計における不具合について要因調査を実施し、CA-DRを行う事により不具合の早期発見が十分見込める事を証明した。

今回調査を行った機種では63%の不具合項目が事前に抽出可能であったことが判明した。（次項図-4）

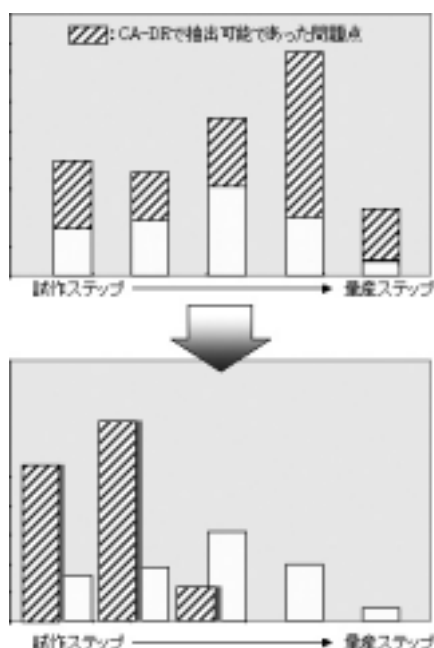


図-4 不具合要因の調査結果
Fig.4 Defect Cause Investigation Results

また、CA-DR活動を効率よく行う為、下記の環境整備を実施した。

- ・DMUの3D画像を映し出す為のプロジェクト、パソコンを設置したDRルームの整備
- ・設計途中の3Dデータをイントラネット上で共有できる仕組みの開発
- ・DMUを使ったDRで作成されたコメント付きイメージをイントラネット上で共有するシステムの開発



図-5 DR結果共有システム
Fig.5 DR Result Sharing System

このような下準備を行った上で、DMUモデルを利用し設計構想段階からDR/PRを数多く行う事により、設計のミスや不具合点を指摘する事が多かった従来型のDR/PRから、設計への提案を行い、よりよいものを作ろうとする“全員設計”スタイルのDR/PRへ変革できた。



図-6 DMUを活用したDR風景 (写真)
Fig.6 DR Scenery (Photograph) Taken using DMU

次章では、このCA-DR活動を行った具体的事例を紹介する。

3

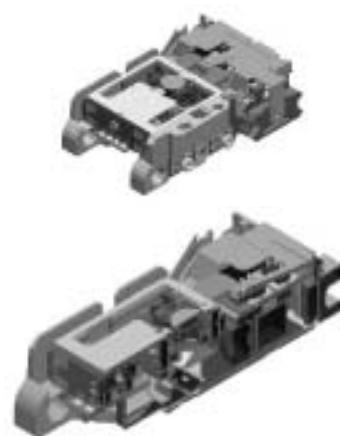
DMUの活用

前章で述べたように、設計の効率化を図るため、効果的なツールを活用し、短期開発に向けてのCA-DR活動を構築してきた。ここでは、オーディオ製品のキーパーツである「光ピックアップ」の開発に取り組んだ活動事例について紹介する。

3.1 DMUを用いた全員設計

従来、設計構想段階のDR場面では、紙図面が主流であった。図面から製品構造を理解するには、設計要件が必要となる。特に光ピックアップのような「微細部品」で構成されている製品では、部品レベルに分解すると、構造を把握するのに多大な時間を費やしてしまい、意図する検討事項や、他部門にわたる提案事項の内容が乏しくなる。

このため、試作品の完成度が低くなり、結果的には試作を繰り返すといった事態を招いてしまう。



DMUツール:VPS (Virtual Product Simulator) 富士通製

図-7 光ピックアップDMU
Fig.7 Optical Pickup DMU

今回の活動では、製品開発を進める中で、全て3D-CAD設計を行い、さらに3D-CADデータを基にDMUを作成した。

図-7のように、一目で部品形状や、組付け状態まで、細部にわたって製品構造を把握することができる。

DMUの活用により、設計の初期段階から、設計、製造技術、製造部門など、多岐にわたる技術視点をもったメンバー全員によるDRにより、試作前に多くの改善を実施することができた。

また、DMUをイントラネットで共有化できるため、関連部門は、常に設計者から最新のDMUの確認が行える。

同時に、各部門からDMUに直接コメントや提案事項の書き込みが行え、問題点の早期抽出に大きな効果をあげている。

このように試作段階から全員設計で取り組む事により、不具合が大幅に減少し、設計品質を高めることができた。

3.2 製品・治具の同時設計

従来、組立治具の設計は、製品の機構設計が完了してから着手していた。このため、治具として必要な、基準面や位置決め箇所の確保が難しくなり、治具の構造が複雑になる。また、設計期間が長くなり、製作期間を含めると完成までには時間がかかり、製品開発に影響を及ぼしてしまう。

光ピックアップの組立は、微細部品の組立治具で製品の仕様・品質が大きく左右されるため、基準面、位置決め箇所の検討は特に重要である。

今回大幅な開発期間短縮を実現するために、当社で製品設計と連携した治具の3D-CAD設計を行った事例を紹介する。(図-8)

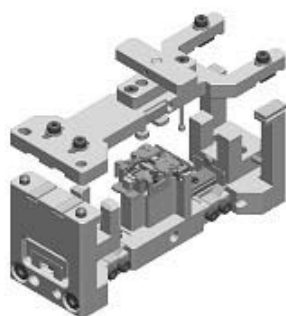


図-8 組立治具DMU
Fig.8 Assembling JIG

モデル作成時に設計部門と基準面などの仕様決めを行い、生産技術部門が設計データを基に治具の同時設計を進めた。

また、作業性の評価についても同様にDMUを活用した。作業者モデルのDMUを(手・工具等)作成し、実際の作業を想定した治具の検証を実施した。(図-9)

これにより、試作レスで組立治具の検証を行い、治具の設計着手を前出して、製品開発期間の短縮を図った。



図-9 作業モデルDMU
Fig.9 Task Model DMU

3.3 製品・工程の同時設計

DMUは、部品単位で構成されている。

部品は全て3D-CAD設計を行っているため、DMUツールでは、部品レベルで組立性の検証が行える。

当社では、3D-CAD設計を最大限に生かすため、部品に対して組立検証および、工程設計を行った。(図-10)

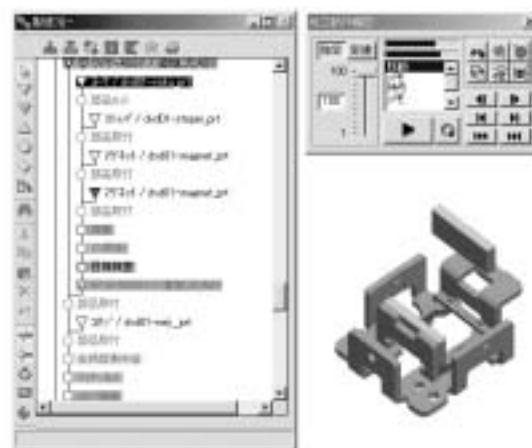


図-10 光ピックアップ工程フロー
Fig.10 Optical Pick Up Process Flow

製品をユニット単位に分解し、ユニットを構成している部品について組立順序を検討する。次に、部品の寸法形状、組立動作・方向、締結方法などの定義を行う。これにより、部品に対しての作業工数や組立性の総合評価ができる。

組立順序は自由に変更できるため、モデル上で繰り返し検討することが可能となり、製品設計と工程設計の同時設計ができるよう工夫した。また、工程毎に必要な治具・設備や検査内容が明確になり、製品機能のモレを無くすことができた。

先程高感度だった治具寸法は、公差で十分に管理されていることが分かる。

c. 工程能力

工程能力は、ワイヤ挿入穴位置ずれの分布を示し、不良率や部品の干渉量が予測できた。

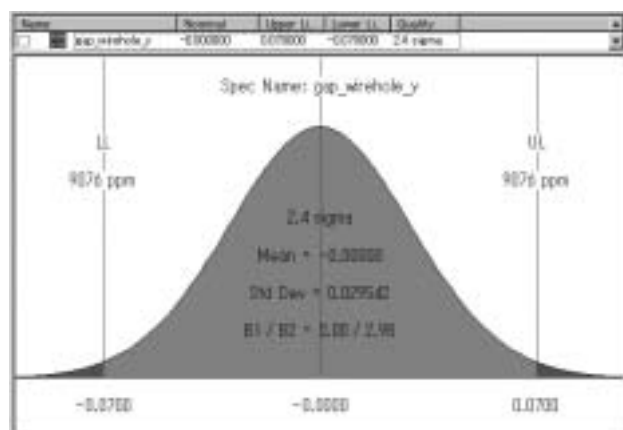


図-14 工程能力
Fig.14 Process Capability

以上3つの公差解析の結果を用いて、

- ・現状の公差設定で妥当か？
- ・工程能力の向上に効果的な箇所はどこか？
- ・過剰に精度が高い箇所はどこか？

について、現物レスで予測することが出来、製品および治具の抑え所を、製品設計・治具設計にフィードバックすることが可能となった。

4.3 解析結果を左右するジョイント設定

公差解析は他の解析と同様に、部品間のジョイント設定（接触定義）を行わねばならない。図-15は、アクチュエータユニットのジョイント設定を示す。

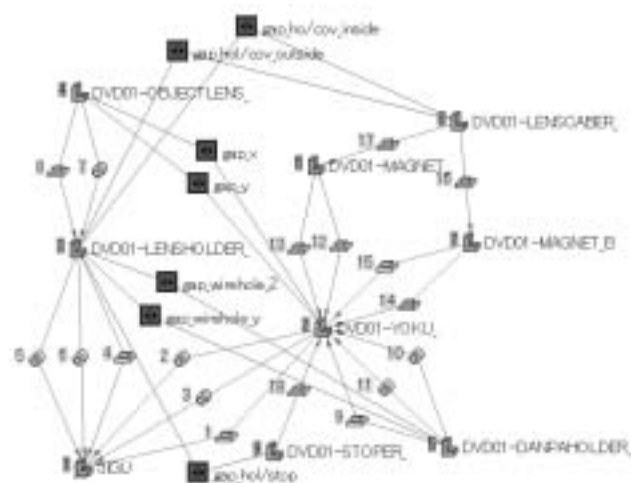


図-15 ジョイント設定
Fig.15 Joint Settings

ジョイント設定は、部品の6自由度（XYZの並進と回転）の拘束を行うが、その設定によっては、部品間でのばらつきの伝達が全く異なり、誤った答えを導き出してしまう。

例えば図-16に示すレンズホルダは、治具の保持面（平面：①）とピン（円筒面：②）で、位置と姿勢が決まる。

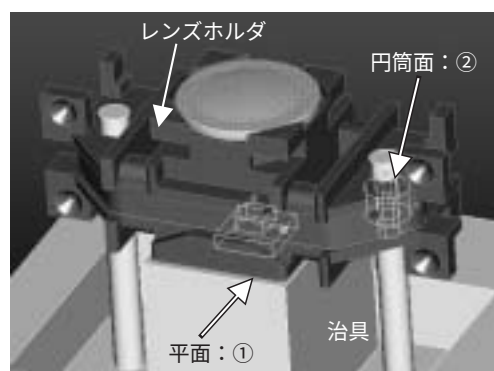


図-16 治具に取り付けられたレンズホルダ
Fig.16 Jig-mounted Lens Holders

ジョイント設定は、図-17・18のように、平面側で回転の自由度を拘束する場合と、円筒面側で拘束する場合が考えられる。公差解析システム上は、どちらの設定でも計算される。

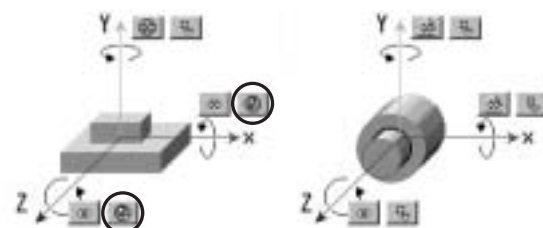


図-17 平面側で拘束（正しい設定）
Fig.17 Constrained on Horizontal Surface (Correct Settings)

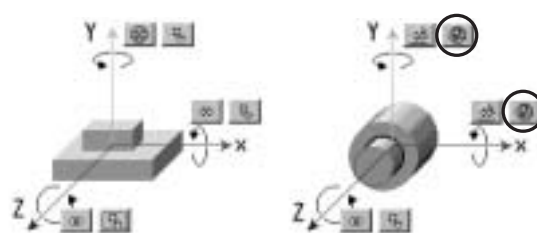


図-18 円筒面側で拘束（誤った設定）
Fig.18 Constrained on Cylindrical Surface (Incorrect Settings)

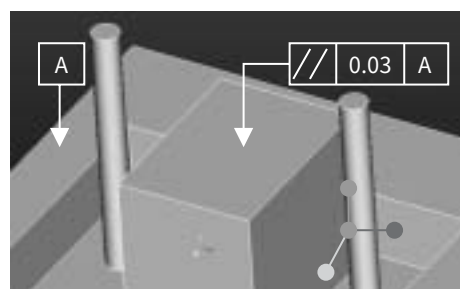


図-19 治具保持面の図面規定
Fig.19 Jig Retained Surface Drawing Standards

しかしここでは図-19のように、治具保持面に平面度が規定されていることから、治具設計者の意図は、保持面の平面に添う形で姿勢(X軸、Z軸回転)を決めたいということが読み取れる。そうすると、自ずと図-17の設定が正しいことが分かる。

しかし、これを誤って、図-18のようにすると、レンズホルダの穴とピンの円筒面で姿勢が決まる事になり、保持面の角度ばらつきの影響率は算出されず、ピンの角度ばらつきの影響率が算出されてしまう。

このように設定の良否の判断はCAEには不可能で、どうしても人に依存する。

当社では、CA-DR活動のコンセプトである“全員設計”を基に、設計・生産技術・情報システムの3者が一体となって取り組む事で、正しい判断を行っている。

5

効果

DMU, CAEを新しい業務スタイルで活用する事により、Q, C, Dそれぞれに効果が得られた。

以下は「光ピックアップ」開発での効果である。

a.設計部門での効果

- Q:部品製作上問題点の抽出モレ低減&製作ミス低減
- C:ミス低減による効果：修正コスト削減(試作品3台分)
- D:公差解析, 早期検証により部品改善工数1.5ヶ月削減

b.治具設計での効果

- Q:検図精度向上でのケアレスミス“0”(部品干渉なし)
- C:設計変更対応削減による治具コスト▲53%(試作段階)
- D:治具設計：着手約6ヶ月前だし

6

おわりに

以上、CA-DR活動のなかで各種ツールを活用し、全員設計により、「設計品質向上と製品の開発期間短縮」を実現した内容を述べた。

本活動を通して、

- ・設計部門だけが設計者ではない。対象物に何らかの形で手を加えることが出来る者全員が設計者である。
- ・ツールを揃えただけでは設計手法は変えられない。ということをも、身をもって知った。

この意識変革と仕事の仕方の変革こそが、「設計品質向上&短期開発」を実現したと考える。

現在,CA-DR活動による設計を実施した事例として、光ピックアップの他に、CDチェンジャデッキなどに適用している。

今後更に水平展開し、2004年にはデッキ部品のみならず、すべての機構製品に適用する計画である。

参考文献

- ・日経デジタル・エンジニアリング 2002. 8月号

筆者紹介



生長 浩一
(いきなが こういち)

1993年入社。以来、樹脂成形・抵抗溶接等工法開発業務に従事。現在、生産本部生産技術開発部在籍。



金田 喜隆
(かねだ よしたか)

1982年入社。以来、オーディオ製品の組立要素技術開発に従事。現在、生産本部生産技術開発部在籍。



黒田 永利
(くろだ ながとし)

1992年入社。以来、3DCAD推進業務に従事。現在、開発本部技術情報システム部在籍。



角中 明大
(かどなか あきひろ)

2002年入社。以来、CAE業務に従事。現在、開発本部技術情報システム部在籍。



立田 次郎
(たつた じろう)

1977年入社。以来、移动通信システムの設計に従事。1996年より技術情報関連業務担当。現在、開発本部技術情報システム部チームリーダー。



山川 隆史
(やまかわ たかし)

1981年入社。以来、オーディオ製品の自動検査システムの開発に従事。現在、生産本部生産技術開発部チームリーダー。