航空機業界における CALS 開発・適用の取組み*

上田俊彦**

Development and Tryout of Aero-CALS / Toshihiko UEDA

Key words: Boeing 777 C & C system, aero-CALS project, digital preassembly, concurrent engineering, CATIA, NCALS

1. はじめに

ボーイング 777 旅客機（以下 777 とする）の開発では米シアトルのボーイング社と日本の機体 5 社（三菱重工、川崎重工、富士重工、新明和工業、日本飛行機）とを専用回線で結び、設計データを共有して開発を行い、CALS-Like なシステムの実用面で貴重な経験をした。この経験を基に、現在、通産省の「企業間高度電子商取引推進事業」の一つとして「航空機 CALS プロジェクト」が採用され、開発・実証実験に取り組んでおり、これらの概要を CALS の事例として紹介する。

2. ボーイング 777 C & C システム

777 はボーイング社の旅客機の中では大きさと座席数で 767 と 747 ジャンボの間に位置する大型機である。この開発では日本の機体 5 社は主に胴体の構造物を分担し、約 21% のワークシェアを占める。この設計を日米で同時並行的に進めるにあたり、日米間のネットワークを作り、各社がボーイング社より提供された同一システムを利用して設計データを共有するシステム（C & C : Computer & Communication）を構築した。

* 原稿受付 平成 8 年 9 月 4 日
 ** 三菱重工(株)名古屋航空宇宙システム製作所(名古屋市港区大江町 10 番地)
 1970 年大阪府立大学工学部航空工学科卒、同年三菱重工(株)入社、名古屋航空機製作所に配属、CAD/CAM システムの導入開発に従事。

1991 年ボーイング 777 C & C システム構築に参画。現在 CALS 技術研究組合にて航空機 CALS 開発に従事

tion) を構築した。

2.1 データ交換ネットワーク

図 1 に示すように、センターコンピュータを設置して HUB とし、ボーイング社と日本の 5 社それぞれの IBM ホストコンピュータを接続した。日米間の専用回線は 128 Kbps 2 回線とし、国内の各社とは 64 Kbps の専用回線で接続した。また専用回線の両端には暗号化装置を設置した。

2.2 組立シミュレーション

図 2 に示すように、設計段階にて 3 次元 CAD システムである CATIA を用いた組立シミュレーションを実施して、部品の配置、配管、配線等の検討を行い、組立段階での部品の干渉不具合を減らし、従来実施していた原寸モックアップの製作を排除した。

図 1 ボーイング 777・データ交換ネットワーク

図2 組立シミュレーション事例

図3 ライフサイクルコスト

3. CALS-Like システムとしての評価

777 C & C システムは CALS の代表事例と言われている半面、CALS の目指すところに至っていない点も多い。

3.1 情報をデジタル化し、共有する

CALS は、あらゆる情報を標準規格を用いてペーパーレス化することを志向するが、777 では図面情報のみを 100% デジタル化し、文書のデジタル化には至らなかった（マニュアルはボーイング社で電子化された）。

全設計を CATIA で実施し、設計変更も逐一 CATIA データを修正して紙での設計変更通知をなくすことにより、CATIA データを Sole Authority とし、紙の図面は参考とした。

また、共同開発の各社が同じ CATIA（同じバージョン）を用いて設計・製作を行い、変換誤差の発生が予想される IGES や STEP の中間フォーマットは採用しなかった。ただしボーイング社とエンジンメーカーの間では STEP を用いた CAD データ交換を実施して成功したと報告されている。

3.2 企業間のネットワーク

CALS は、全世界の企業とのオープンなネットワークを志向するが、777 ではセキュリティ確保のため、共同開発企業間のみのクローズドなネットワークとした。このため、公衆回線（ISDN）やインターネットを利用せずに専用回線を用い、暗号化装置を設置して各社の IBM ホストを接続した。そしてデータ交換のみが可能で、他社のコンピュータへはアクセスできないようなネットワークとした。

3.3 コンカレントエンジニアリングの実施

図 3 に示すように、各部門が協力して同時平行的に作業を進め、設計段階で十分な検討を行うことにより、設計変

図4 Design-Build Team

更を減らせばライフサイクルでのコストの削減が期待できる。このため次のような手法が用いられた。

(1) Working Together

エアラインや共同開発会社が開発の初期から参画して要望事項を反映し、戻り作業をなくす。

(2) Design-Build Team

図 4 に示すように、設計、生産技術、治工具設計、品質保証等が一堂に会してレビューした後に図面を発行し、設計品質の作り込みを行って設計変更を減らすとともに各部門が同時平行的に作業展開を行う。

(3) C & C システムの活用

同一システムを利用することにより設計データを共有し、組立シミュレーションの実施により後工程での不具合を削減する。

4. 効果と課題

CALS-Like なシステム採用のねらいは上述したライフサイクルコストの削減にあるが、具体的には次のような効果の半面、課題も明らかになった。

4.1 開発期間の短縮

設計期間が 767 時の 40 か月に対して 777 は 27 か月であり、約 30% 短縮した。これはコンカレントエンジニアリングの成果と評価できる。

4.2 品質向上

各社の製造した構造体をボーイング社で結合したときの改修はゼロであり、精度が飛躍的に向上した。これは CAD の完全実施により CAM の適用拡大が可能となり、治工具や部品の製作精度が向上し、設計段階での組立シミュレーションの実施ともあいまって組立精度が向上したものである。

4.3 設計工数の増大

設計段階での検討を充実し、CAD データを完全に維持することは、下流工程での不具合減少の半面、ピーク時の設計工数を従来の 2 倍以上に増大させた。このため CAD 作業のプロセス改善と周辺システムの整備により設計工数の増大を抑制することが必須である。

4.4 コンピュータ資源の多用

3 次元モデリングによる CAD/CAM の実施は、従来の 2 次元 CAD/CAM の 3 倍以上のコンピュータ資源を要し、設備不足のため開発のピーク時には 2 直作業を余儀なくされた。今後の課題は、安価なワークステーション版 CAD/CAM システムの活用であり、高額な CATIA のみでなく外注先の各社が利用している多種の CAD/CAM システムを併用できる STEP の早期実用化に期待したい。

5. 航空機 CALS プロジェクト

777 の開発時にボーイング社より提供された CALS-Like なシステムは、777 開発の終了とともに同社に返却した。またボーイング社以外の航空機の開発には適用できない。このためエンジンや搭載機器メーカーも含めた我が国が開発の主体となる民需・防需の航空機開発に適用でき、過日の課題を改善できるシステムを準備しておく必要がある。

これらをふまえて、航空機 CALS プロジェクトでは次の点での開発を目標としている。

- (1) 機体メーカーのみならず広く各社が参加できるように、CALS 規格に準拠したグローバルなシステムとする。
- (2) ワークステーションと公衆回線 (ISDN) を用いたオープンなネットワークとする。
- (3) 777 では未実施の、技術文書を電子化し、ライフサイクルでの維持管理を実施するためのシステムを開発する。

図5 航空機設計作業の効率化システム

5.1 航空機設計作業の効率化技術

設計段階で組立状態のシミュレーションを効率よく実施するための支援システムを開発する。

本システムは図5に示すように組立シミュレーション機能とそれを効率化するための機能として、次の機能から成る。

(1) 組立シミュレーション機能

個々の部品の設計データをデータベースで管理し、干渉チェックの対象領域にある部品を選定のうえ干渉チェック計算を行い、その結果を画面に表示する。

(2) 標準部品ライブラリ機能

共通に使う標準部品の CAD データは、あらかじめ作成してライブラリに登録しておき、必要な都度検索して利用する。

(3) エンジン・装備品モデルの簡素化機能

エンジンや装備品の CAD データは、そのままでは組立シミュレーションに使うには詳細すぎるため、干渉チェックに必要なデータに簡素化する。

(4) 異種システム設計データの交換機能

CATIA 以外の CAD システムで作成したデータは、STEP を介して CATIA データに変換して利用する。

5.2 航空機設計データの交換技術

共同開発を行う各社がそれぞれのワークステーションで管理する設計データのインデックスを中央ワークステーションに一元管理することにより、他社の設計データが必要な場合は、中央ワークステーションに問い合わせることにより入手できるシステムを開発する。

本システムは図6に示すように、分散データの統合管理

図6 航空機設計データの交換システム

図7 航空機技術文書の電子化システム

機能として、データの内容別にそれらを管理する機能、データの送受信機能等から成る。

5.3 航空機技術文書の電子化技術

航空機の設計仕様書や取扱い説明書は、長期にわたる維持管理が要求される。しかし、現状ではワープロで作成さ

れている程度であり、紙のドキュメントを各社がそれぞれ人手により維持管理している。これらを電子化し、履歴管理等を行うシステムを開発する。

本システムは、図7に示すように技術文書の作成、SGML形式への文書の変換、履歴管理、検索機能、表示機能および対話型電子技術マニュアル(IETM)機能から成る。

6. 今後の動向

現在、CALS技術研究組合(NCALS)にて、業種別にCALSプロジェクトが進行中であり、電力、自動車、宇宙、鉄鋼、建設、航空機、電子機器、プラント、ソフトウェア、造船の各業種が開発・実証実験に取り組んでいる。これらの成果は平成9年度末には出そろう予定であり、その後この成果を基に実務への適用が開始される。

各業種別CALSは、それぞれの目標に合致した適用システムを開発するが、データの規格は共通のCALS標準(STEP, SGML等)であり、金型製作や機械加工等、業種横断の外注先の共有化等の相乗効果が期待できる。

また、海外との共同開発や下請けにあたっても、従来のようにボーイング社のような強力なリーダーシップを持つ一企業を中心とした体制から、それぞれの企業が世界標準に従った自社のシステムを活用して協業する分散統合型の共同開発が可能な時代になるであろう。CALSはこのための基準である。