

## エンジニアリングデータの統合とその配信について

吉田 隆、伊藤 比呂行  
(ファミोटイク株式会社)  
大野 邦夫、谷田 博  
(INS エンジニアリング株式会社)

エンジニアリング環境において必須である2次元、3次元のグラフィックスデータをドキュメントと統合し、ネット配信する仕組みは欠如していた。しかしながら、急速なIT技術な進歩は、多様な情報形式(テキスト、イメージ、ビデオ、オーディオ、2次元CADデータ、3次元グラフィックス等)を個々に表現することを可能とした。しかしながら、エンジニアリング環境において必須である2次元、3次元のグラフィックスデータをドキュメントと統合し、ネット配信する仕組みは欠如していた。本論文では、多様な情報形式をユーザーに理解しやすい形式で提示する仕組みとしてXML<sup>①</sup>を利用した実現手法について述べる。この中で2次元、3次元を包括したグラフィックフォーマットを開発し、これをWeb上のアプリケーションとして統合する。XMLを利用して、関連ドキュメントファイル群との関係付けを定義付けし、XMLのタグの指定により関連ファイル群の構造化を行う。ドキュメントの複合化、関連付け等をXMLパーサの中で行うことでネットワーク対応のファイルマネージメントを可能にする。これにより、エンジニアリング環境で必要な多様な情報形式を統合して、配信することが可能となった。

## Engineering Data Visualization with XML

Takashi Yoshida      Hiroyuki Itoh  
(Famotik Co. Ltd.,)  
Kunio Ohno      Hiroshi Tanida  
(INS Engineering Co. Ltd.,)

The documentation with active document becomes popular solution in the Web.

This report shows implementation method of the 3D model based active document that could offers required engineering information dynamically, especially CAD data, for each user concerned at various process of product life cycle in the Web.

3D model based active documents accept dynamic engineering data handling for Product life cycle in the Web. This implementation executes dynamic data visualization for integrated engineering data, which could handle various kinds of data type such as 2D drawing from CAD system, 3D model data from 3D modeler, text, image, video, etc. in accordance with XML manner.

### 1. はじめに

設計製造に関わるエンジニアリングデータを扱わねばならないことに起因し、製造業においては従来から図面データの管理を必要としていた。さらに航空機のような分野においては、機体やエンジンの定期的な点検、保守作業の管理、部品の定期的な取り替え作業の確認等から、図面とドキュメント管理システムとが密に融合していた。以上のような管理を紙と人手で行うのは極めて煩雑であり、電子化し自動化することが求められていた。

以上のような背景の下で電子化したシステムの事例として、Interleaf社のDTPシステムの例が挙げられる<sup>②</sup>。このシステムは、最初の製品であるTPSが1984年に出荷された当初から、DTPシステムでありながらCADデータとの融合が図られており、各種データ形式のCAD図面をTPSの図形フォーマットで取り込むことを可能にしていた。さらに、TPSの後継システムであるInterleaf5においては、CADのアプリケーションをDTPシステムから起動し、その結果を図面としてドキュメント中に貼り付ける機能を提供した。この機能は「アクティブドキュメント」と呼ばれ、動的なプログラムと静的なドキュメントを融合させ

た新形式の電子的なメディアの先駆けとなった<sup>[2]</sup>。Interleaf5におけるアクティブドキュメントの機能は、ドキュメントの背後で常時走行するLisp言語の処理系により実現されていた。その機能はEMACSにおける $\mu$ -lispの役割に近いものである。

以上のような背景の下で、Interleafのアクティブドキュメントは、航空機業界や自動車業界で先導的に用いられたが、その特徴は、CAD図面と業務関連のドキュメントとの融合を実現させた点にある。その後、アクティブドキュメントのコンセプトは、オフィス文書の世界に進展しパソコンにおける複合ドキュメントの世界に継承され、OLEやOpenDOCの世界でも用いられるようになった。

1986年にSGMLの規格がISOにより制定されたが、製造業は、SGMLの導入に関しても他の業界に比べ積極的であった。特に先に述べた航空機業界や自動車業界は、業界関連の文書の構造に先導的にSGMLを採用し、業務の効率化と標準化を達成してきた。両業界におけるSGML化の経緯において文書型の定義(DTD)が定められ、航空機業界の場合はATA100<sup>[3]</sup>、自動車業界の場合はJ2008<sup>[4]</sup>として規格化されている。

ところで、これらの業界において、文書中に占める図面類の量は膨大なものであったが、これらは外部実体(エンティティ)の参照ファイルとして扱われてきた。これらのフォーマットは、DXF、CGMのようなベクトルデータのこともあれば、TIFFのようなイメージデータの場合もあった。

Interleaf社は、上記のドキュメントのSGML化に対処するために、Interleaf5と連携可能なSGMLシステムであるSGMLツールキットを開発した。このシステムは、SGML宣言とDTDを伴ったSGML文書をパースし、要素木として展開する。要素木に展開された文書はInterleafのDTPシステム上に表示されるだけでなく、再編集し、再度SGML文書として出力されるものであった。

このSGMLシステムは、Interleaf Lispにより構築されていたが、膨大なSGMLの仕様を実現するための仕掛けとしてはLispの処理系は不十分であったようだ。さらにこのツールキット自体が高価なことも災いしてあまり普及してはいない。所詮、SGML自体が普及しなかったので、InterleafのSGMLシステムに関しては真の実力は未知数と言った方が良いのかもしれない。

インターネットの進展と共に、製造業のみならず各種分野でSGMLデータをウェブで参照可能とする要求が生じた。それに応じて、本格的なSGML文書管理システムが開発され、要素木としてのSGMLデータをRDB、ORDB、OODBで管理するSGMLデータベースが出現した<sup>[5]</sup>。これらのシステムにおいては、SGMLビューワをウェブのプラグインとして用いる手法が採用されているが、ネットワークの通信速度が実用上の大きなネックとなっていて必ずしも普及してはいない。さらにSGMLビューワ自体も1ライセンス当たり数万円の費用が必要で、普及を妨げる原因となっている。

オーサリングを考慮せず、配信目的で文字と図形を表現するのであれば、AdobeのPDFフォーマットとAcrobatビューワを用いる方法もある。現在のウェブブラウザの枠組みで高品質なドキュメントを配信し印刷する手段としては、かなり普及しているが、静的な文書しか扱えないという欠点がある。

ウェブにおいて動的な文書を扱う試みは、プログラム言語Javaに端を発する。ウェブにおけるJava処理系の役割は、InterleafのDTPシステムにおけるLisp処理系の役割に近いものである。Javaの適用により、ウェブ上でアプリケーションを実行することが可能になり、ウェブを複合ドキュメント化する手段が提供された。さらにSGMLのサブセットとして位置づけられるXMLは、DOMやSAXというAPIを提供することにより、ウェブのアクティブドキュメント化を推進するためには極めて好都合な枠組みを提供してくれるようになった。

## 2. 本研究の位置づけ

製造業におけるSGMLベースのエンジニアリングデータをXML、HTMLの環境と統合する試みは、航空機業界<sup>[6]</sup>や自動車業界<sup>[7]</sup>で行われているが、XMLの本格的な応用と言うよりは、既存のSGMLベースのデータ環境をウェブに配信し、参照・検索するための枠組みとして用いている場合が主流である。

XMLにおけるDOMやSAXの枠組みが効果的に使われる具体的な事例としては、上記のような文書系よりはむしろ、サプライチェーン・マネジメント(SCM)や、エレクトロニック・コマース(EC)のような、受発注管理や顧客プロフィール管理と言ったデータ系に見られる。これらの例を引くまでも無く、ネットワークの中を流通する「動的な」データ管理は、い

まや IT 環境に不可欠のものとなっている。

特に大きな課題は、工業製品の企画・設計・製造から販売・アフターサービスを経て、廃棄に至るプロダクト・ライフサイクルの中を流通する動的データを一元的に最適管理することである。しかも単にメーカー1社のプロダクト・ライフサイクルをカバーするだけでなく、部品の設計・製造段階における協力会社とのリレーションや部品・原材料の調達における SCM、販売面における EC なども含めたすべてのサイクルにおいて、あらゆる動的データが安定して継承され、必要に応じて更新され、再活用されていかなければならない。

こうした工業製品に特有のプロダクト・ライフサイクルにおける動的データ管理を最適化してくれるソリューションが現在求められている。これは、先に述べた SGML 文書をウェブに配信するといった文書管理的な機能を大幅に上回るものである。

さらに構造化ドキュメントを動的に活用するための Java, などの記述言語の利用環境も整備されてきている。これらの技術要素によりドキュメント内部の記述内容が静的、動的なマルチメディア表現でありかつ自身が制御機能を持ち、サーバ、クライアントなどにおける計算機処理と結びつけることが可能なドキュメント形態として「アクティブドキュメント」<sup>[8][9]</sup>が Web における新しいドキュメント形態として再度着目されている。

本研究開発では XML の枠組みにおいて一般的な「アクティブドキュメント」に 2次元、3次元の形状の表現を加えた「モデルベースド・アクティブドキュメント」<sup>[10][11]</sup>を実現するため以下の技術要素の実装を行った。

- 全ての機能の実装を JAVA を利用し XML の枠組みで、音声、3次元画像、2次元画像を簡単に指定し Web ブラウザ上で専用のビューワ、プレイヤーを必要とせずに動作させる環境を構築する。
- XML パーサと DOM (Document Object Model)<sup>[12]</sup>API 及び SAX (Simple API for XML) を利用し、音声、3次元、2次元の各種メディアを XML のタグ記述からコントロールする機能を実装する。
- 各種メディアを定義制御するタグ記述の仕様として TVML<sup>[13][14]</sup>の外部仕様に沿ってタグに関する仕様を決定する。

- Web 上での 3次元画像記述方法として一般化してきた VRML<sup>[15]</sup>を利用するが本開発では VRML では非常にデータが大きくなってしまったため XVL (eXtented VRML with Lattice) <sup>[16]</sup>のデータローダーを開発し提供する。

### 3. モデルベースド・アクティブドキュメント

エンジニアリングドキュメントはプロダクト・ライフサイクルのさまざまな局面において、ユーザーの目的に適した形に改変し提供することが求められる。

本研究開発ではモデルベースド・アクティブドキュメントに含まれるマルチメディアデータを「ビューワ」「プレイヤー」無しに Web 上で XML の記述を利用しコンテンツを動作させるための環境を構築することで、形態がそれぞれ異なる上に錯綜している各種エンジニアリング情報を 2D、3D のモデルデータと連携させ表示するビジュアルエンジニアリング環境を実現した。

本環境を実現する為に、マルチメディアドキュメント制御機能を定義した。本機能は、XML のタグ記述により 2次元の各種図形やテキスト、ビデオ、サウンドの連携定義記述を可能とするための 2次元図形描画用の「2次元レンダリング機能」、3次元の空間に点在する各種モデル、オブジェクトや、登場キャラクターを定義し、同空間内においてのカメラ、ライト、及び登場キャラクターの動作を記述するための「3次元レンダリング機能」から構成される。

それぞれの機能間の関連は、図 1 に示す通りであり、それぞれの機能については以下に記述する。

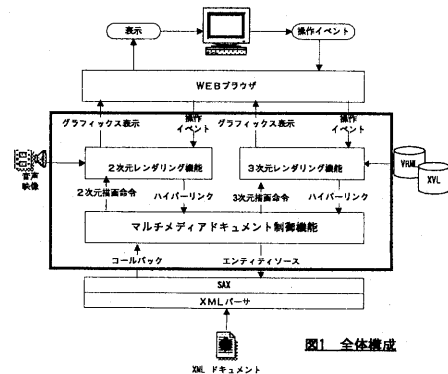


図1 全体構成

#### 4. マルチメディアドキュメント制御機能

マルチメディアドキュメント制御機能は Web ブラウザにより起動され、WWW サーバから、「XML パーサ」を含む Java ア

また本機能において、2次元記述と3次元記述を複合し、3次元キャンバスに挿入された2次元埋め込み機能上で2次元キャンバスの操作を取り扱うことが可能とした。

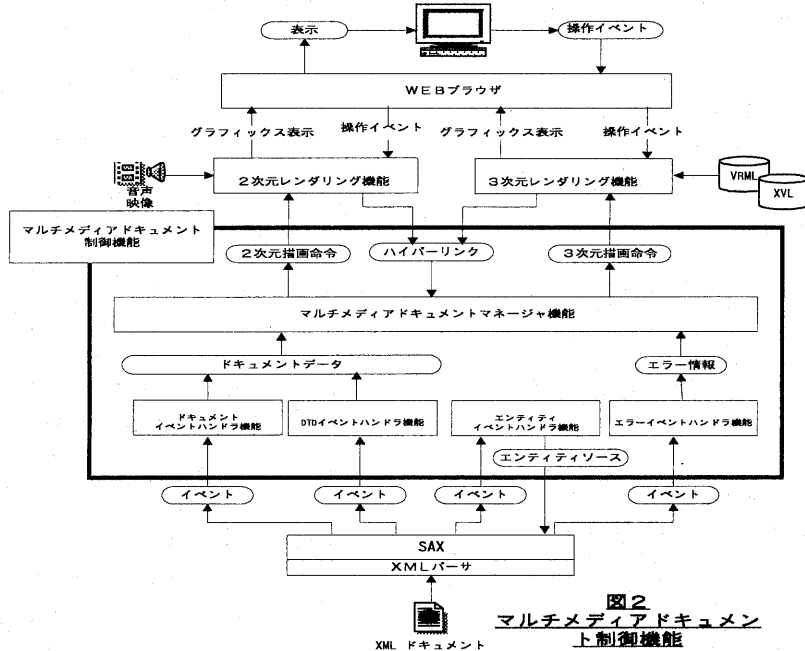


図2 マルチメディアドキュメント制御機能

プレットとしてクライアントパソコンにダウンロードされ動作し、タグとして定義された2次元図形および3次元図形の各種描画タグを解釈し2次元、3次元の図形を同一キャンバス上に複合して表示することを實現した。構築にあたっては以下の機能が必要とされる。各機能間の関連は図2のとおりである。

- 1) マルチメディアドキュメントマネージャ機能
- 2) 各種イベントハンドラ機能
  - ドキュメント DTD
  - エンティティ エラーなどを含む
- A) マルチメディアドキュメントマネージャ機能
 

本機能開発にあたっては、XMLパーサに含まれるSAXで定義される各種イベントハンドラ機能と、2次元レンダリング機能、3次元レンダリング機能との間で、ドキュメントデータ、エラー情報および操作イベントと2次元描画命令、3次元描画命令とを交換する機能を実現した。

#### 5. 2次元レンダリング

エンジニアリングデータの中でユニークな処理を要求する2次元図面などの情報をレンダリングするために、SVG<sup>[17]</sup>に準拠した2次元レンダリング機能を実現した。この機能はマルチメディアドキュメント制御機能からの2次元描画命令に従い、Webブラウザ上に描画キャンバスを生成し、2次元の画像を表示する。さらに本機能では、2次元描画命令に含まれる2次元メタデータの種別を判断し対応する2次元メタデータのタイプに対応した描画メソッド（2次元図形描画機能、音声実行機能、動画実行表示機能、イメージ表示機能、テキスト表示機能、ドキュメントリンク機能）を実行する。

2次元レンダリング機能に含まれる機能は、次に示すの8つの機能から構成され詳細機能間の関連は図3のとおりである。

- 1) 2次元キャンバス機能
- 2) 2次元図形描画機能
- 3) 音声実行機能
- 4) 動画実行表示機能
- 5) イメージ表示機能

- 6) テキスト表示機能
- 7) 2次元処理区分振り分け機能
- 8) ドキュメントリンク機能

また本機能を利用した Web ブラウザ上の表示例を図4に示す。

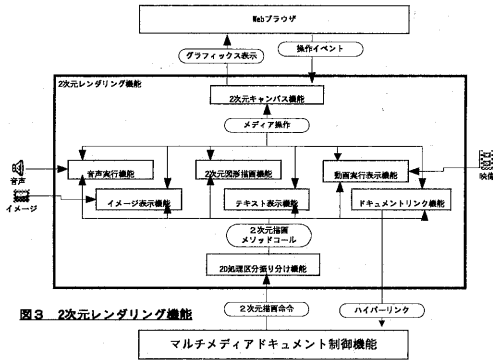


図3 2次元レンダリング機能

ル空間に SVG の記述される 2次元のキャンバスをマッピングする機構を考案することが必要となる。

現在市場で一般化している OpenGL、Direct3D、JAVA3D などのグラフィックライブラリを利用して上記の機能要件を満足することは、座標系ハンドリング等の煩雑な処理があるため非常に困難である。

そこで、3次元空間内に2次元のレンダリングを表示するためのエリアを生成し、「2次元レンダリング機能」により描画されたキャンバスを埋め込んで、「シーングラフ」に追加する機構を考案し結果、3次元の実装にあたっては JAVA を利用した独自の 3D レンダリングエンジンを開発した。

この 3D レンダリングエンジンは 3次元シーン描画のための領域として 3次元キャンバスを Web ブラウザ上に生成しグラフィックスを表示するもので、その際にシーン描画データを受け取り、物理的 2次元管面上に

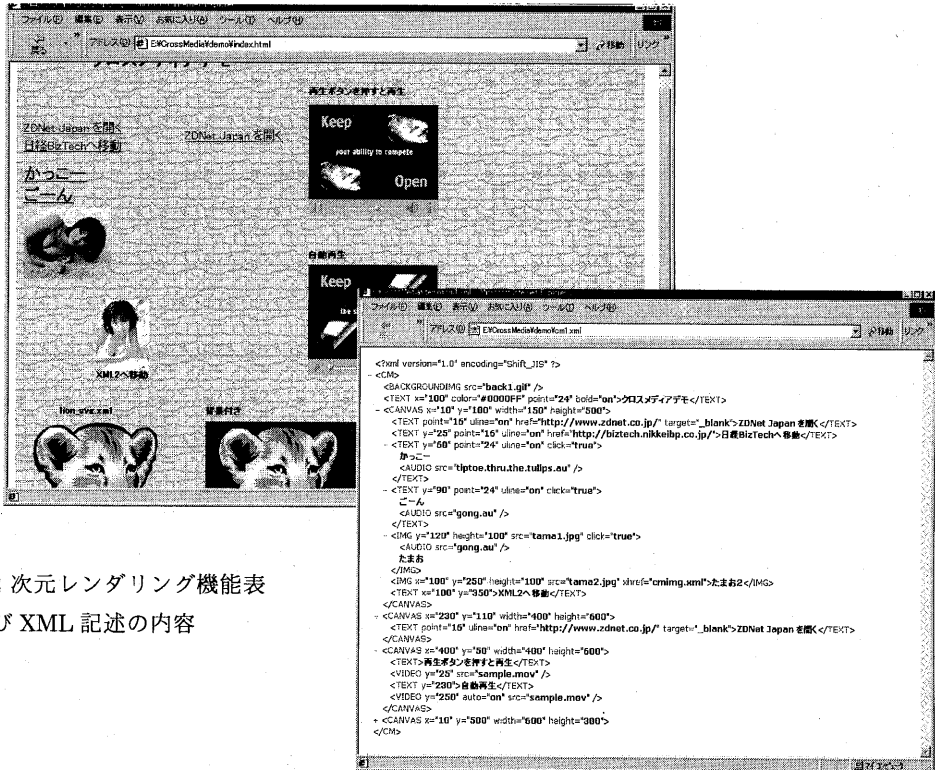


図4 2次元レンダリング機能表示例及びXML記述の内容

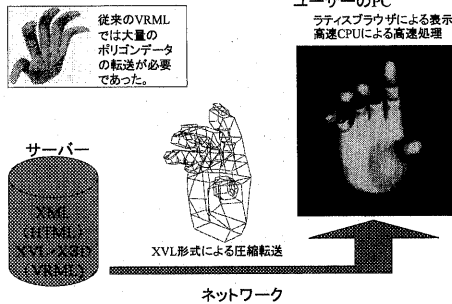
## 6. 3次元レンダリング機能

3次元CADなどから生成される3次元モデルデータをモデルベースド・アクティブドキュメントで利用するにあたって、3次元モデ

するためのマトリックス処理(3次元座標から物理的な2次元座標に変換)をした後、Webブラウザに対してグラフィックス表示を渡す、取り扱うシーン描画データとしては3次元基本要素、各種属性(カメラ、ライト、モデルのカラー、フォントスタイル、座標系、イメージテキストチャ、マテリアル、ノーマル、テキストチャ座標系、テキストチャトランスフォ

ーション、ハイパーリンク)、各種ビヘイビア(歩く、座る、立つ、お辞儀をする、見る)等を「TVML」の仕様に準拠した形式で定義をした。

さらにエンジニアリングデータとして今後の普及が期待される3次元形状データの軽



XVLを利用したネット転送の仕組み

量化して Web 上で送受信を行うためにラティス・テクノロジー社が開発した超軽量化3次元データフォーマット「XVL」をローディングし、シーン描画データを再構築するための機構を開発した。

XVL (eXtended VRML with Lattice) は VRML (Virtual Reality Modeling Language) を拡張して、高品位な曲面を表すラティスモデルによって表現する技術で、多数のポリゴンで表現する VRML に比べ 10 分の一から 200 分の一のデータ量で形状を表現することが可能である。

具体的には以下の機能を開発することが必要になった。各機能間の関連は図5のとおりである。

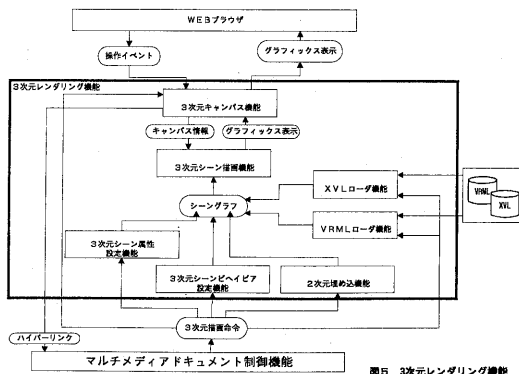


図5 3次元レンダリング機能

- 1) 3次元キャンバス機能
- 2) 3次元シーン描画機能
- 3) 3次元シーン属性設定機能
- 4) 3次元シーンビヘイビア設定機能

- 5) 2次元埋め込み機能
- 6) XVL ロード機能
- 7) VRML ロード機能

## 7. 終わりに

モデルベースド・アクティブドキュメントを利用した3Dビジュアル・エンジニアリングは、プロダクト・ライフサイクルに関わるすべての人間に対し、製品について共有すべき情報を的確に提供する。たとえば製品の機能的な特徴、設計・製造上の問題点などをすべての関係者にすばやく理解させたり、次工程への作業依頼を伝達誤差なく適正に行う。また製品についての設計思想をすべての関係者に伝えるのにも威力を発揮する。設計思想を図面から理解することは熟練したエンジニアといえども至難の業だ。ましてやマーケティングプランナー、デザイナー、生産エンジニア、サービス・セールスチームなどに対して、共通の理解や完全に統一されたイメージを持たせること、製品が抱える課題解決への積極的な参加を完璧に実現することは、従来のドキュメント表現方法では不可能に近い。

3Dビジュアル・エンジニアリングを活用することでWeb PDM、電子マニュアル、電子カタログ、サイトオフィスサポート、コラボレーションエンジニアリング環境整備等3Dデータの利用分野を広げることが可能となる。

利用分野の一例をあげれば、モデルベースド・アクティブドキュメントを利用した電子マニュアルでは、軽量化した3Dデータと各種マニュアル記述ドキュメントを統合して、3Dインタラクティブ・マニュアルを作成することが可能だ。すなわちXVLで記述された3DオブジェクトとXML構造化ドキュメントを、利用者の思い通りにWeb Top上で表示、変形、組み合わせできる。これらの3Dインタラクティブ・マニュアルはさまざまな効果をもたらすこととなる。

たとえば、マニュアル検索する場合、従来の目次検索にかわる、全く新しい自然検索を実現する。自然検索とは形状からダイレクトに情報を引き出すインタラクティブな検索手法で、検索効率は劇的に向上する。

また、動的ドキュメントの作成も実現する。状態変化を表現できるモデルベースド・アクティブドキュメントでは3次元形状の状態遷移と表現したいドキュメントを組み合わせた動的ドキュメントを、ニーズに合わせて自由に自動生成することが可能だ。特にこの技術は整備説明など、状態遷移があり複雑で、

従来の静的な表現であったドキュメントでは表現が困難な分野では非常に効果的と言える。

さらには配布メディアと利用者層の多様性も大きな特長だ。モデルベースド・アクティブドキュメントは多彩な配信を可能にするため、それだけ多くの利用者層に情報を伝えられる。

動的データの最適管理やハイスピード流通を実現し、多様なユーザーに戦略的IT環境を提供するモデルベースド・アクティブドキュメントの今後の展開が注目される。

#### 謝辞

本研究開発を行うにあたってモデルベースド・アクティブドキュメントのコンセプトに関してのご指導をいただきました東京都立大学大学院工学研究科 井越昌紀教授に感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 大石 進; "オーバービューオブ Interleaf5 Part 1", 月刊スーパーアスキー, 1992 年 10 月号 pp.87-98 (1992)
- [2] 大石 進; "オーバービューオブ Interleaf5 Part 2", 月刊スーパーアスキー, 1992 年 11 月号 pp.129-140 (1992)
- [3] <http://www.mekon.co.uk/aviation/sgmlapps.htm>
- [4] <http://www.xmlxperts.com/sae.htm>
- [5] K. Ohno, M. Bayer; "Development of SGML/XML Middleware Component", Proc. SGML/XML Europe'98, GCA, (1998)
- [6] Molly Robinson, et.al.; "Boeing Intelligent Graphics for Airplane Operations & Maintenance", Proc. XML'98, GCA, (1998)
- [7] Seiji Kamiya; "America Honda Case Study", Proc. XML'98, GCA, (1998)

- [8] 井越 昌紀:「生産革命を狙うマルチメディア技術」、精密工学会誌、Vol62, No2
- [9] 井越 昌紀:「CEO プロトコルへの期待」、CEO 協議会 12 月フォーラム資料
- [10] Masanori Igoshi, Toshitake Tateno: Manufacturing System Description by Active Document, Proceedings of 14th International Conference on Computer Aided Production Engineering, Tokyo, Sep 8-10, 1998, pp53-57
- [11] 井越 昌紀: 生産システムのためのアクティブ・ドキュメント (第2報) モデルに基づくドキュメント生成, 1999年度精密工学会春季大会講演論文集, 1999年3月, p 51
- [12] W3C.DOM.Specification.REC-DOM-Level-1-19981001
- [13] 林 正樹:「テキスト台本からの自動番組制作? TVMLの提案」1996年テレビジョン学会年次大会, S4-3, pp.589-592, (1996)
- [14] 林 正樹:「番組記述言語によるテレビ番組自動生成」第2回知能情報メディアシンポジウム, pp.137-144, (1996)
- [15] The Annotated VRML2.0 reference Manual Addison Wesley
- [16] <http://www.lattice.co.jp>
- [17] W3C.Scalable.Vector.Graphics (SVG)1.0.Specification W3C.Working Draft 30 July 1999
- [18] 大野邦夫・森卓郎:「ドキュメントをベースにしたグループ・マルチメディア」NTT 技術ジャーナル (1995)
- [19] W3C.SMIL1.0.Specification REC-smil-199806154