

建設エンジニアリング情報標準化とXML 応用

萩原 賢一（はぎわら けんいち）

川上 一美（かわかみ ひとみ）

山本 隆彦（やまもと たかひこ）

① まえがき

e-Japan 構想に基づいて国土交通省が推進している CALS/EC (Continuous Acquisition and Life-cycle Support/Electronic Commerce: 公共事業支援統合情報システム) は、公共事業の計画・設計・入札から工事・維持管理に至る全プロセスの情報を電子化・共有し、開発期間短縮、コスト削減、品質向上などを図るものである。2003 年度から国土交通省全直轄事業、2010 年度までに自治体を含むすべての公共事業への導入を目標とした地方展開アクションプログラム (図1) が設定されている。

フェーズ1 (1996 ~ 1998 年度) で電子データ標準化の研究や試行を行い、フェーズ2 (1999 ~ 2001 年度) で電子入札や電子納品など標準電子データの運用を部分的に開始した。

システム構築の観点からは、CALS/EC は発注者 (G: Government) 側システムにとどまらず、受注者 (B: Business) 側システムを必要とする。すなわち、公共事業にかかわる国・自治体をはじめ、国内 60 万の建設関連企

業が参加して電子情報を交換共有する G to B to B システムである。地方展開アクションプログラムの設定に伴い、発注者側・受注者側ともに対応システムの整備に着手し始めた。

CALS/EC システムの機能として、一般に電子入札・電子納品の部分が注目されがちである。しかし、CALS/EC の目標を達成するためには、積算内訳書や図面の電子化だけでは不十分である。建設現場のさまざまなエンジニアリング情報の標準化を進めて、エンジニアリング業務の抜本的な構造改革につなげる活動が必要である。

本稿では、富士電機が電子自治体や道路事業関連の CALS/EC 対応システム開発、および自社の CALS/EC 対応体制整備を通じて得た知見に基づき、建設エンジニアリング業務構造改革の基礎となる情報の標準化、および XML (eXtensible Markup Language) Schema (XML スキーマ) を応用した実装について紹介する。

② 情報の標準化とXML

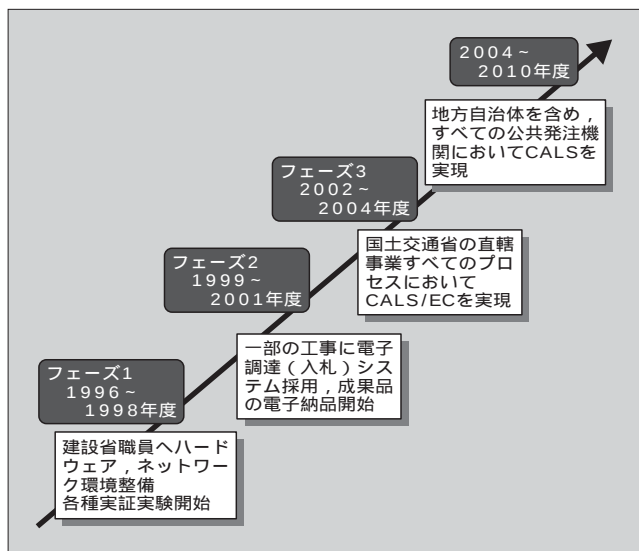
2.1 CALS/EC と情報標準化

業務構造改革に継続して取り組んでいくためには、業務プロセスの間で授受されるエンジニアリング情報をオープンな形で標準化することが重要である。

インターネット時代には、社内や特定の取引先との間だけで取引規約を策定することはふさわしくない。ISO (International Organization for Standardization) などの国際標準や業界標準などの公開された規約を取り入れたオープンな標準化とすべきである。オープンであることにより、関係者はパソコンなどの機器を自由に組み合わせて安価にシステムを構築・拡張することができる。

公共事業で開発される施設のライフサイクルは、一般に 20 年以上の長期にわたる。IT が進歩するスピードに比べれば、余りにも長期といえよう。これまで、アプリケーションプログラムが「バージョンアップ」され、それまで蓄積されたデータが使えなくなることがしばしばあった。その都度データを入力し直すこともあった。

図1 CALS/EC 地方展開アクションプログラム



萩原 賢一

コンピュータ言語処理、知識情報処理、CALS/EC システム、XML/UML 応用などの研究開発に従事。現在、電機システムカンパニー社内 CALS プロジェクトゼネラルマネージャー。



川上 一美

水力発電設備の設計、道路関連設備の技術企画に従事。現在、電機システムカンパニー情報システム本部社会システム事業部担当部長。



山本 隆彦

XML を活用した建設 CALS/EC 向けソリューション開発に従事。現在、富士電機総設(株)西情報システム支社システム部課長。日本建築学会会員、情報知識学会会員。

「標準化」に基づいてIT投資を進めていくことで、長期にわたってエンジニアリング情報を使い続けることが可能となり、投資の無駄を防ぐことができる。これからは、エンジニアリング情報などのコンテンツが標準化され、多様なアプリケーションプログラムがその周辺に開発される時代になる。

すなわち、CALS/ECは、建設エンジニアリング情報に国家レベルで標準化の筋を通すことにより建設業務構造改革を促すものであるということが出来る。

2.2 XMLの概要

コンテンツの標準化を進めるうえで、重要な役割を演ずるのがXML(図2)である。

XML1.0の仕様は、1998年2月にW3C(World Wide Web Consortium:インターネット技術の標準化団体)の勧告として公開された。

XMLは、その親となるSGML(Standard Generalized Markup Language)と同様、文書の自動処理を容易にするために情報の構成や中身を説明するデータ記述言語の規格である。SGMLとの違いは、XMLは文書およびそのデータ記述情報をインターネットで容易に交換できるよう軽量化された点にある。XMLは、HTML(Hyper Text Markup Language)に代表されるインターネットでのデータ配信技術とSGMLの文書データ記述方式が融合したもので、電子データをインターネットで効率よく交換・共有するための規格である。

XMLは、次のような特徴を持っている。

- (1) 任意の電子データ(例えば、伝票、帳票、完成図書など)の構成を「タグ」と呼ばれるマークを使って表現できる。項目を二次元の表に限らず任意の階層構造にグループ化して記述できる。
- (2) 「タグ」はあらかじめ規定されているもののほかに、利用者が自由に設定することが可能であり、それぞれのタグに対して特定の意味づけができる。
- (3) タグに特定の意味づけができることにより、電子データの構成が明確になるとともに、コンピュータで電子データの作成・検索・抽出・改訂が容易に行える。
- (4) 電子データの構成はDTD(Document Type Definition)

tion)やXMLスキーマなどの言語を用いて記述し、標準化することができる。

これらの特徴を生かすことにより、エンジニアリング情報を「標準化」するための規約を文書として明示し共有することができる。さらにコンピュータを使って、個々のエンジニアリング情報が標準規約に基づいて作成されているか精査することができ、また多数の発注者や受注者の間でおのおのが使用するアプリケーションプログラムにかかわらずエンジニアリング情報を交換・共有することができるようになる。オープンな情報標準化を進めるうえで、XML技術は不可欠なものである。

2.3 XMLスキーマ

エンジニアリング情報の標準化規約は、業務構造改革の過程で重要な成果品の一つになる。情報の標準化規約を具体的に記述するには、上記のようにDTDやXMLスキーマを用いる。XMLスキーマは、W3Cによって2001年に策定された新しい言語である。

当初は、XMLのデータ構成定義のためにDTDが使用されていたが、主にマニュアルなどのドキュメントを対象としていた。エンジニアリング情報などのデータ構成を定義しようとするするとDTDの機能では不十分であるため、XMLスキーマが生まれた。

XMLスキーマの主な特徴を以下に記す。従来から使われてきたDTDに比べて数々の改善がなされている。

- (1) 数値、日付などさまざまなデータ型を持つ。このため、電子データが標準規約に合致しているかの検証をコンピュータに任せることができる。また、データの識別性が増すので、積算や受発注などのアプリケーションプログラムを効率よく開発することができる。
- (2) 「名前空間」をサポートする。異なるXMLスキーマで定義された複数のXML情報標準を取り込んで扱うことができるようになる。
- (3) XMLスキーマの表記方法がXML文書と同じである。このため習得しやすい。

③ 建設ITにおけるXMLの応用事例

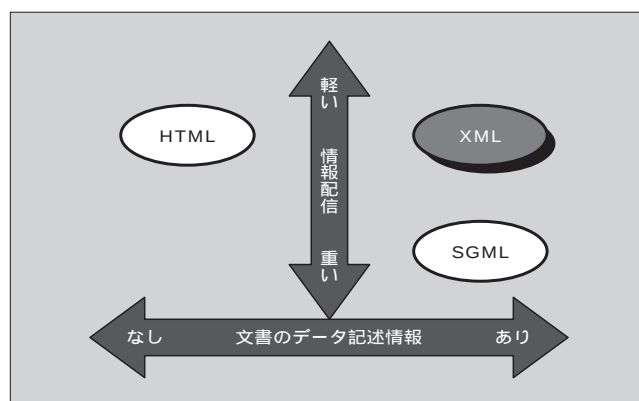
3.1 CALS/EC標準

国土交通省は、CALS/ECに関連して以下のようなエンジニアリング情報の標準化と運用を進めている。

- (1) 地質調査資料整理要領(案)
- (2) CAD(Computer Aided Design)製図基準(案)
- (3) 工事完成図書の電子納品要領(案)
- (4) デジタル写真管理情報基準(案)
- (5) 土木設計業務などの電子納品要領(案)
- (6) 電子納品運用ガイドライン(案)
- (7) 現場における電子納品に関する事前協議ガイドライン(案)

例えば、土木工事の工事写真を電子データで提出する際の基準として、デジタル写真管理情報基準(案)を制定

図2 XMLの位置づけ



し、1999 年 8 月から運用を開始した。電子媒体の種類、デジタル写真に対する要求品質、管理ファイルの仕様とファイル形式などが定められている。

標準化対象項目のうち XML がかわっているものを表 1 に示す。表の中で下線を付した部分が、XML 化されている。

公共事業の受注者側は、建設プロジェクトにおける電子成果品とその管理情報（インデックス）を一つの文書として電子化し納品する。発注者側は、この管理情報を調達物件（施工物件）の維持管理データベースシステムに入力して工事完成図書を活用する。XML 管理情報は、電子成果品の中身を分類するための荷札に相当し、異なるデータベースシステム間でのデータの移動（受注者から発注者への提出）に際して使用される（図 3）。

今後、XML 管理情報を付与した成果品の電子化は、写真（JPEG：Joint Photographic Experts Group）だけでなく、発注図（CAD）、工事打合せ簿（文書）、施工計画書（文書）、完成図（CAD）などへも順次適用されていく。電子成果品の管理情報の XML 化は、CALS/EC での XML 利用の第一歩である。

3.2 文書のインデックス

富士電機では、受注者側の業務プロセス分析を通して、XML 化できるエンジニアリング情報とその業務の抽出を行った。ここでは、文書のインデックスおよび変更履歴としての XML 応用について述べる。

受注者側では、案件にかかわるさまざまな情報が分散して保存されている。営業情報（発注者名、登録コード、契約情報など）、エンジニアリング情報（CAD データ、画像データ、アプリケーションデータなど）、ナレッジ（さまざまな当該業務にかかわる営業メモや業務遂行上のメモなど）が管理されている。

表 1 XML 化される CALS/EC 標準化対象項目

標準化の対象項目	内 容
入 札 契 約 情 報	電子調達システムの開発 ○ 契約および入札関連仕様の標準化 ○ 運用ルール策定の策定 ○ 適合性試験の実施 ○ 電子認証システムとの調整
設 計 業 務 情 報	電子納品要領の策定 ○ 属性情報（管理項目） ○ フォルダ構成とファイル仕様 ○ 提出電子媒体 ボーリング柱状図作成要領の策定
設 計 業 務 情 報 施 工 業 務 情 報	デジタル写真管理基準の策定 ○ 属性情報（管理項目） ○ フォルダ構成とファイル仕様 ○ 提出電子媒体
施 工 業 務 情 報	電子納品要領の策定 ○ 属性情報（管理項目） ○ フォルダ構成とファイル仕様 ○ 提出電子媒体
CAD データ交換	ISO/STEP 準拠の二次元 CAD 形状 データ交換基準の開発 ○ 図形データフォーマット ○ ラスタデータ交換仕様

これらの情報に頻繁に登録・削除・復元したり、あるデータベースから情報を取り出して別のシステムで利用することもある。

生産性向上の視点から情報管理を考えると、以下のような要望があり、その解決策として、業務案件単位に、必要なエンジニアリング情報を一つの XML 文書の形でまとめる方法で対応した。

(1) 業務案件ごとに必要な情報を整理したい。

XML は任意の電子データの構成を「タグ」を使って表現し、それぞれのタグに対して特定の意味づけができるので、情報を管理するのに優れている。

(2) いつでも復元可能な形で情報を長期保存したい。

XML はテキスト形式で管理されるため復元が簡単であり、特定のアプリケーションソフトウェアに依存しないため長期間の保存にも有効である。

(3) 異なるシステム間で情報を交換したい。

XML は電子データの構成を DTD や XML スキーマで規定するため、異なるシステム間で情報の意味を正しく交換するのに有効である。

図 3 で説明した電子納品管理の考え方を分散したエンジニアリング情報管理に適用したものである。

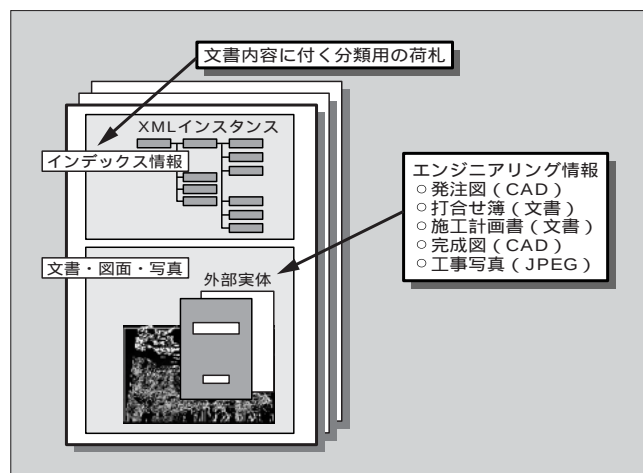
3.3 文書の変更履歴

建設現場でグループウェアなどのコミュニケーションシステムを使えば、工事途上の承認行為や関係者間のやりとりはすべて処理でき、紙は不要となる。ただし、工事が終われば、グループウェアの運用は停止される。システム上で行ってきた承認行為の記録の保存は従来問題となっていた。グループウェア独自のデータベース形式で長期間保存することはできない。

そこで、グループウェアに登録された履歴情報をグループウェアがなくても閲覧できるように XML 化しておけば、そこで生まれた知的資産を保存し活用することができる。XML を利用しないと、紙または PDF（Portable Document Format）などに改めて印刷する必要がある。

また、XML 化しておけば簡単なプログラムで必要な履

図 3 XML インデックス情報



歴情報を抽出して表示することも可能になる。

④ 道路事業でのXML 応用事例

道路事業における業務プロセスを整理しながらエンジニアリング情報の標準化を進めている事例を紹介する。現在、富士電機も参画して、道路エンジニアリング情報の標準規約を国内初の試みとしてXML スキーマを使って作成している。エンジニアリング文書やそのインデックスをXML 化することは、従来から行われている。今回の作業は、単なる文書から道路構造モデルに踏み込んでXML 化しているという点で画期的な試みである。標準モデルの周辺にさまざまなアプリケーションが開発され利用されることが期待されている。

本活動の目的は、以下に記すように道路事業の各段階における効率的なエンジニアリング情報の交換を実現することである。

- (1) 上流プロセスで発生し下流プロセスで必要となるすべてのデータ項目をXML で表記して保存し、情報を交換・連携・共有・再利用する。
- (2) CAD 化された形状の情報に加えて、設計値・数量などの図形以外の情報を含めた統合的なデータを作成し交換・蓄積する。
- (3) データ入力の効率化や入力データの欠落を防ぐ。
- (4) データ収集および作成において精度を向上させる。
- (5) 既存のCAD やGIS (Geographical Information System) に関する仕様やモデルと整合させる。
- (6) 道路事業の維持管理プロセスに必要なすべてのデータを保存する保全データベースや工事管理支援システムと連携させる。

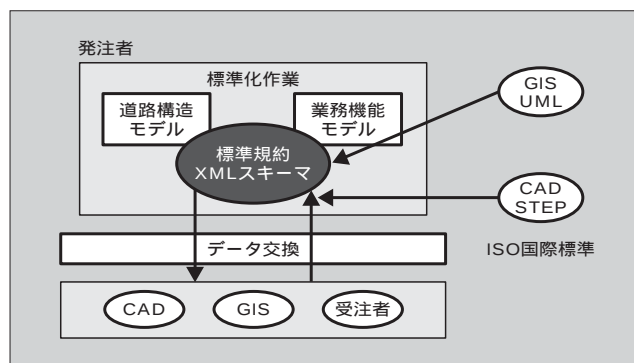
作業は、「業務機能モデル」の作成、「道路構造モデル」の作成、モデルに基づく「データ交換仕様」の策定という手順で進められている(図4)。

業務機能モデルは、道路事業の業務プロセスとそれらの間で流通する文書を明示したモデルである。

道路構造モデルは、道路事業に関するエンジニアリング情報のモデルである。上記の業務機能モデルと照らし合わせて、情報項目の過不足を確認しながら作成する。モデルを分かりやすく表現し、なおかつコンピュータで処理しやすくするためにUML (Unified Modeling Language) という手法を使って表記している。

データ交換の標準規約は、上記の道路構造モデルに基づ

図4 データ交換仕様標準化の狙い



きXML スキーマの形式で記述したものである。

オープンな標準策定という観点からは、維持管理や道路GISへのデータ交換を考慮してISOに準拠することになっている。座標表現、位置参照、基本幾何形状要素などの表現は、ISOの空間スキーマを採用し、今回の作業では独自に定義していない。道路事業分野に特化した部分のみをXML スキーマを使って定義している。

今後は、設計や工事の業務分析を反映して道路構造モデルを精査・修正し、XML スキーマを改良するとともに、道路事業のサンプルデータを用いた実証実験によって実用の検証を行う予定である。

⑤ あとがき

CALS/ECの本格的な運用を目前にして、建設分野でもIT (Information Technology) 投資が進むであろう。その際、本稿で述べたエンジニアリング情報の標準化と業務構造改革をセットにして、ネットワークを活用した電子取引やナレッジマネジメントを導入すれば、事業のスピードアップと生産性向上の効果を最大限に引き出すことが可能となる。

参考文献

- (1) 国土交通省 CALS/EC ホームページ . <http://www.mlit.go.jp/tec/cals/> .
- (2) W3C (World Wide Web Consortium) ホームページ . <http://www.w3.org/> .
- (3) XML 情報 . <http://www.w3.org/XML/> .
- (4) XML Schema 情報 . [http://www.w3.org/XML/Sche](http://www.w3.org/XML/Schema) ma .

解説 燃料電池 (Fuel Cell)

1. リン酸形燃料電池 (PAFC)

電解質であるリン酸水溶液を含んだマトリックスの両側に燃料極（アノード）と空気極（カソード）を配置し、燃料である水素（通常は都市ガスなどの炭化水素を触媒の存在下で水蒸気と反応させた改質ガスを利用）と酸素（空気中の酸素）を供給する。改質ガス中の水素は白金触媒上で水素イオンとなり電子を放出する。水素イオンは電解質中を空気極まで拡散していき、白金触媒上で酸素と反応して水となる。両電極を導線でつなぐことで電子が流れ、外部に電力を取り出せる。

燃料電池は燃料（主に水素）の酸化反応をアノード反応とカソード反応の二つの電気化学反応に分けて行っている。このため、アノード、カソード両極は電子導電性が高く、電気抵抗が小さい、イオン導電性が高く、電子導電性が低い電解質と両極が接触し、電解質中を電荷がイオンによって輸送される、水素、酸素は両極に供給され、電極触媒（固体）、水素または酸素（気体）、電解質（液体）の三相が接触するいわゆる三相界面で反応が起こる、水素と酸素の直接接触が起こらないなどの条件が必要であり、これらを満足させる電極構造として開発されたのがガス拡散電極である。

単電池（セル）の出力電圧は無負荷状態で 1V 程度であり、電流密度を上げて通常 0.6 ~ 0.7 V/セルを定格点として設計される。無負荷電圧と実際の電圧との差は熱エネルギーとして放出され、定格点での熱電比は約 1 : 1 となり、電池本体の発電効率は 50 % となる。この電池本体の発電効率は、電池面積によらないので、燃料電池は本質的に小容量でも効率が高いことになる。実用出力を得るためには、単セルを数十枚から数百枚

2. 固体高分子形燃料電池 (PEFC)

燃料電池の発電部（セル）は、燃料から電子を奪い水素イオンを生成するアノード（燃料極）と水素イオンと酸素と電子で水を生成するカソード（空気極）、およびその間の電子絶縁性があり水素イオンを通過させる電解質層で構成されている。電解質層としてイオン交換膜を使用した燃料電池が固体高分子形燃料電池（PEFC：Polymer Electrolyte Fuel Cell）である。

固体分子形燃料電池の特徴は次のとおりである。

- ① イオン交換膜使用→出力密度が高い
- ② 運転温度が低い→材料選定に有利
→室温から発電可能

燃料は用途によって、水素、都市ガスやメタノールから生成させた水素、およびメタノールである。上記の特徴から、固体高分子形燃料電池は自動車用、家庭

直列に積層して積層電池（スタック）として用いる。ちなみにリン酸形燃料電池（PAFC：Phosphoric Acid Fuel Cell）では単セルを積み重ねる構造、固体高分子形燃料電池では単セルを横にバインドする構造を採用している。

（関連論文：285 ~ 287 ページ）

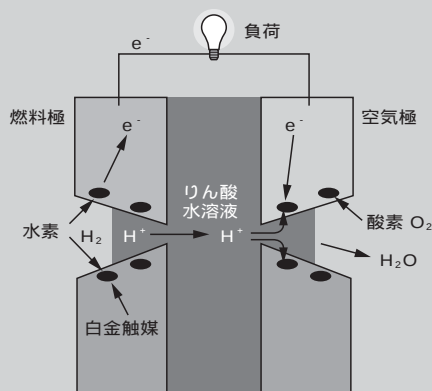


図1 リン酸形燃料電池の発電原理

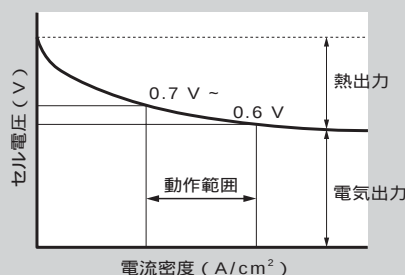


図2 燃料電池 I-V 特性の概念

や業務用コージェネレーション装置、二次電池代替の携帯機器用電源として開発が加速されている。

（関連論文：291 ~ 294 ページ）

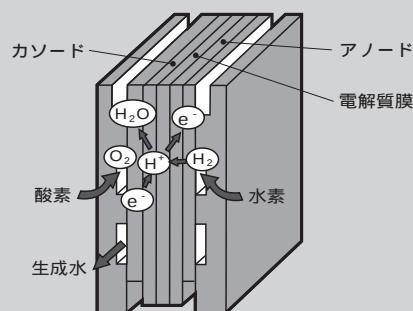


図3 固体高分子形燃料電池のセルの模式図



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。