
植物生産過程の EDI 化に関する研究

(14560220)

平成 14 年度～平成 16 年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書

平成 17 年 3 月

研究代表者 星 岳 彦
(東海大学開発工学部助教授)

は し が き

植物生産に役に立つ様々な情報処理の応用技術が今日では各所で研究開発されている。しかし、その研究の活発さと比較して、生産現場に広く普及しているものは極めて少ないのが現状である。この理由のひとつとして、研究や現場で扱う植物生産に関する情報の規格化がなされていないことがある。情報の形式や意味づけが、製品メーカー、生産者、研究機関でばらばらであれば、たとえ有益なコンピュータプログラムが開発されても、形式変換に多大な労力を要したり、得られる結果の精度や解釈がばらついたりする問題点が大きくなり、情報技術の実用化・普及への大きな障害になる。

国際競争力を持つ高品質な植物生産を低コスト・省力的に実施するためには、その情報化は急務である。そこで、本研究では、植物生産用アプリケーションプログラムの標準データ入力形式としたり、研究者・生産者等の相互の情報交換を容易にしたりする目的で、情報化の障壁になっている植物生産情報の規格化と統合化を試みた。インターネットとも親和性の高いXMLを用いた本方式によれば、植物生産に関するほとんどすべての種類の情報をたった一つの電子ファイルで記述することが可能になる。つまり、ある場所のある1作の植物生産に関する全記録が一つのファイルのやり取りで完了する。この技術を応用することによって、遠隔栽培支援システム、生産カルテ、食品トレーサビリティシステムの生産履歴システムなどへの応用が期待できる。

この方式は、一つのファイルの中に、記録されている情報の意味まで記述している。本方式用に開発されたコンピュータプログラムは、動作の開始時に、使用する本方式のファイル名を一つだけ指定するだけで、動作に必要な情報をそのファイルの中から自動的に見つけ出すことが可能になる。このことによって、たとえコンピュータの使用に不慣れな利用者であっても、簡単に結果を得ることが可能になるし、本方式に適合した一種類のコンピュータプログラムが、特別な改訂を必要とせずに、各種の現場でそのまま使用できるようになるだろう。

本研究は、いわば、植物生産情報化の基盤整備を行うもので、画期的なコンピュータプログラム開発研究などと比べると、その成果もわかりにくく地味な内容である。このような研究であるにもかかわらず、その価値を認めていただき科学研究費による支援を得たことについて深く感謝するものである。その結果、本研究でBIX-pp(ビックス・ピー・ピー)という上述の画期的な規格を提案することができた。ぜひ、植物生産情報の記録形式として利用・活用していただきたい。本冊子の末尾にもサンプルデータやアプリケーションプログラムを収録したCD-ROMを添付しているほか、WWWによる最新情報の公開も行っている。本研究が、植物生産の情報化の促進に役立ち、農業がより魅力的な産業になる一助となれば幸いである。

研究組織

研究代表者：星 岳彦（東海大学開発工学部助教授）

交付決定額(配分額)

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合 計
平成 14 年度	1,900	0	1,900
平成 15 年度	400	0	400
平成 16 年度	500	0	500
	2,800	0	2,800

研究発表

(1)学会誌等

星 岳彦・林 泰正・横井真悟・長谷川智行・古在豊樹、自律分散制御に基づく環境制御システム、植物工場学会誌、14(3)、157-164、2002

星 岳彦・鈴木隆文・梅田 篤・布施順也・筒井宏明、過去の日平均データを用いたバラ切花生産に影響する主要因の探索と位相事例ベースモデリングを用いた生産量予測、植物工場学会誌、15(1)、2003

星 岳彦・鈴木隆文・塩沢栄地・亀岡孝治、EDI のための植物生産における XML 情報交換規格の提案、農業情報研究、12(4)、327-336、2003

鈴木隆文・星 岳彦・渡辺 勉、日生産量に影響する主要因子とその期間の探索を行うソフトウェアの開発、農業情報研究、12(4)、307-314、2003

T. Hoshi, Y. Hayashi, E. Shiozawa, H. Uchino, T. Suzuki, A Decentralized Control and Data Processing System Using Internet Technology for Greenhouse Environment Management, Proc. of International Workshop on Environmental Control and Structural Design for Protected Cultivation, 93-100, 2004

星 岳彦、塩沢 栄地、鈴木 隆文、植物生産のための統合化情報交換形式(BIX-pp)のアプリケーションプログラムによる有用性評価(印刷中)、植物環境工学、17(3)、2005

(2)口頭発表

鈴木 隆文、星 岳彦、収穫量に影響を及ぼす要因と期間の解析ツールの試作、農業環境工学関連 4 学会 2002 合同大会、2002 年 8 月 8 日

鈴木隆文、長谷川淳一、星 岳彦、渡辺 勉、社会的・人為的要因がトマト日生産量の変動に及ぼす影響、農業環境工学関連 5 学会 2003 合同大会、2003 年 9 月 9 日

星 岳彦、鈴木 隆文、XML による植物栽培情報の EDI 化、農業環境工学関連 5 学会 2003 合同大会、2003 年 9 月 10 日

塩沢栄地、星 岳彦、植物生産情報を統合処理・表示する BIX-pp 用プログラムの開発、農業環境工学関連 4 学会 2004 合同大会、2004 年 9 月 8 日

星 岳彦、塩沢栄地、植物生産情報の統合化規格 BIX-pp 改良版の策定、農業環境工学関連 4 学会 2004 合同大会、2004 年 9 月 8 日

(3)出版物

なし。

研究成果による工業所有権の出願・取得状況

なし。

< 目 次 >

1.緒言-----	3
2.BIX-pp の策定	
2.1 採用規格-----	5
2.2 植物生産を表現するための BIX-pp の設計思想-----	7
2.3 version 2 への改訂	
(1) 生産植物の複数記述-----	10
(2) 多次元ベクトル値-----	11
(3) 信用情報の付加-----	11
(4) XML Schema の規格定義記述の検証-----	14
2.4 規格の記述例-----	14
3.規格の検証	
3.1 植物生産データの記述による検証-----	24
3.2 サンプルアプリケーションプログラムの開発による検証	
(1)Windows 版生産情報ビューワー(BIX-pp version 1 用)-----	25
(2) Windows 版画像ビューワー(BIX-pp version 1 用)-----	25
(3) Windows 版環境データービューワー(BIX-pp version 1 用)-----	26
(4) Windows 版イベントビューワー(BIX-pp version 1 用)-----	27
(5) Java 版生産情報ビューワー(BIX-pp version 1 用)-----	28
(6) Java 版画像ビューワー(BIX-pp version 2 用)の動作画面-----	29
(7) Java 版環境データービューワー(BIX-pp version 2 用)-----	30
(8) Java 版イベントビューワー(BIX-pp version 2 用)-----	31
(9) Windows 版プロパティエディタ(BIX-pp version 2 用)-----	32
(10) Windows 版レコードコンバータ(BIX-pp version 2 用)-----	33
(11) BixComposite(BIX-pp version 2 用)-----	34
(12) BIX-pp 版探索ツール(BIX-pp version 1 用)-----	36
3.3 まとめ-----	37
4.謝辞-----	38
5.引用文献-----	39

6.付録

6.1 主要発表論文の別刷

(1) 農業情報研究、12(4)、327-336、2003 -----	41
(2) Proc. of International Workshop on Environmental Control and Structural Design for Protected Cultivation, 93-100, 2004 -----	50
(3) 農業環境工学関連 5 学会 2003 合同大会講演要旨、p.281、2003 -----	58
(4) 農業環境工学関連 4 学会 2004 合同大会講演要旨、p.133、2004 -----	59
(5) 農業環境工学関連 4 学会 2004 合同大会、p.141、2004 -----	60

6.2 BIX-pp version 2.0 の仕様

(1) XML Schema 1.1 による定義(最新版 version 2.1) -----	61
(2) 具体的記述方法(英語版)-----	67

6.3 BIX-pp 利用情報

(1) 付属 CD-ROM の使用法-----	75
(2) WWW でのアクセス法 -----	76

1.緒言

植物生産に関する情報を収集し、これを以降の生産に役立てることは、高度な植物生産を実現するために大切である。この目的で、様々なシステムを用いて、植物の生産に関する各種の情報が積極的に収集・記録されている(深津・平藤, 2003, 菅原, 2003 など)。植物生産に関する情報には、品種・作付情報、生産施設情報、環境計測・制御情報、生産者情報、栽培管理・作業情報、画像・音声情報、成育・品質計測情報、生産量・出荷情報など、さまざまな種類がある。記録された情報の活用を図り、アプリケーションプログラムの開発を促進するためには、まず、情報の記録形式の規格化・標準化が必要である。一例として、施設園芸の環境計測制御システム情報の規格化(星ら, 1999)や、気象情報のミドルウェアによる標準化(Laurenson et al. 2001)などの研究が行われてきた。

植物生産の情報化が進み、たとえば、モデルベースによる生育シミュレーション(後藤ら 2001)、位相事例ベースモデリングを使った収穫量予測モデル(Hoshi et al. 2000)など、多種多様な生産支援アプリケーションプログラムが開発されるようになってきた。これらのプログラムでは、環境や気象を記録した情報だけでなく、品種、作付、栽培管理、植物生育など、植物生産に関係する各種の情報を横断的に処理する必要性が高くなっている。しかし、前述した各種情報の記録形式は、現在のところ相互にばらばらで統一性がなく、加えて、多くの場合、別々の場所やファイルに分離して記録されている。後日、過去の植物生産の情報を総合的に解析しようとする、個々の記録やファイルの形式変換やつき合せなど、多くの作業が必要で煩雑になることが多い。このままでは、植物生産に関する情報を統合して処理するアプリケーションプログラム開発を困難にし、また、過去の植物生産を事例ベースやデータベースに記録する場合にも支障が大きくなってしまう(図 1)。加えて、植物生産情報の解析においては、単一種類の情報の使用だけでなく、むしろ、植物成育と収穫量、病虫害の発生と環境条件など、いくつかの種類 of 情報を組み合わせて使用することが新たな知見の発見につながり、記録された情報の活用に結び付く。

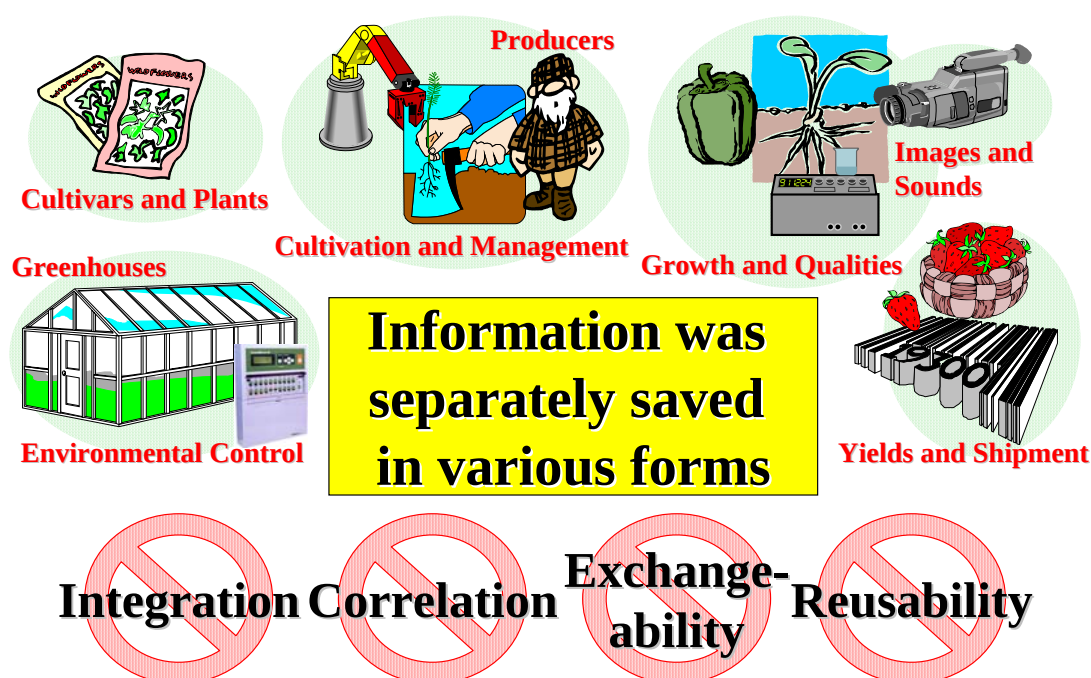


図 1 植物生産情報の問題点

植物生産の情報化を進めるために、あるひとつの植物生産に関係するすべての情報を標準的な書式に統一して単一化し、電子的に交換する EDI (Electronic Data Interchange) 化(例えば、Kimberley 1991)を検討した。我々は、記録された植物生産に関する各種情報の活用を促進し、より高度な植物生産システムの構築に資するため、一作の植物生産に関する情報全てを統合化するための形式(BIX-pp: Bio-Information Exchange for Plant Production)を提案した(星ら, 2003、<http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/bix-pp/>、BIX-pp Home、2004 年 12 月 7 日参照)。さらに、BIX-pp に対応した 12 種類のアプリケーションプログラムを試作し、規格の検証を行うとともに、その性能を評価した。

これらの結果、さらに検討が加えられて、BIX-pp の規格に、いくつかの修正と追加が行われて(星・塩沢、2004)、BIX-pp 第 2 版(BIX-pp version 2)として、実用化可能なレベルに到達したと考える。そこで、規格を公開し、標準規格としての可能性を検証してもらい、幅広い分野での利用を検討してもらう目的で、本報告書や WWW を通じて正確な規格定義や作成アプリケーションプログラムを公開した。

2.BIX-pp の策定

2.1 採用規格

EDI 化のための書式として、インターネットの Web サービス(Newcomer, 2002)をはじめとする電子商取引等で急速な普及が進んでいる XML (eXtensible Markup Language の略、Consortium World Wide Web(W3C) 2000)を採用した(図 2)。生物に関する計測データの情報交換形式として、やはり XML の使用を提唱している BIX (Bio-Information eXchange の略、Kameoka *et al.* 2001) の考え方と同じ方向を示しているため、本規格を植物生産のための BIX のサブセットと位置づけ、BIX-pp (BIX for Plant Production) と命名した。BIX-pp で表現すべき情報の種類を整理し、DTD (Document Type Definition) よりも詳細な定義が可能なスキーマ言語である XML Schema 1.1 (Walsley 2001) (図 3)を用いて記述することで定義した(BIX-pp version 2 の定義は「6.2 (1) XML Schema 1.1 による定義」を参照)。そして、この定義を、URI (Uniform Resource Identifier) による一意な名前空間(ネームスペース)として、<http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema> で表現した。

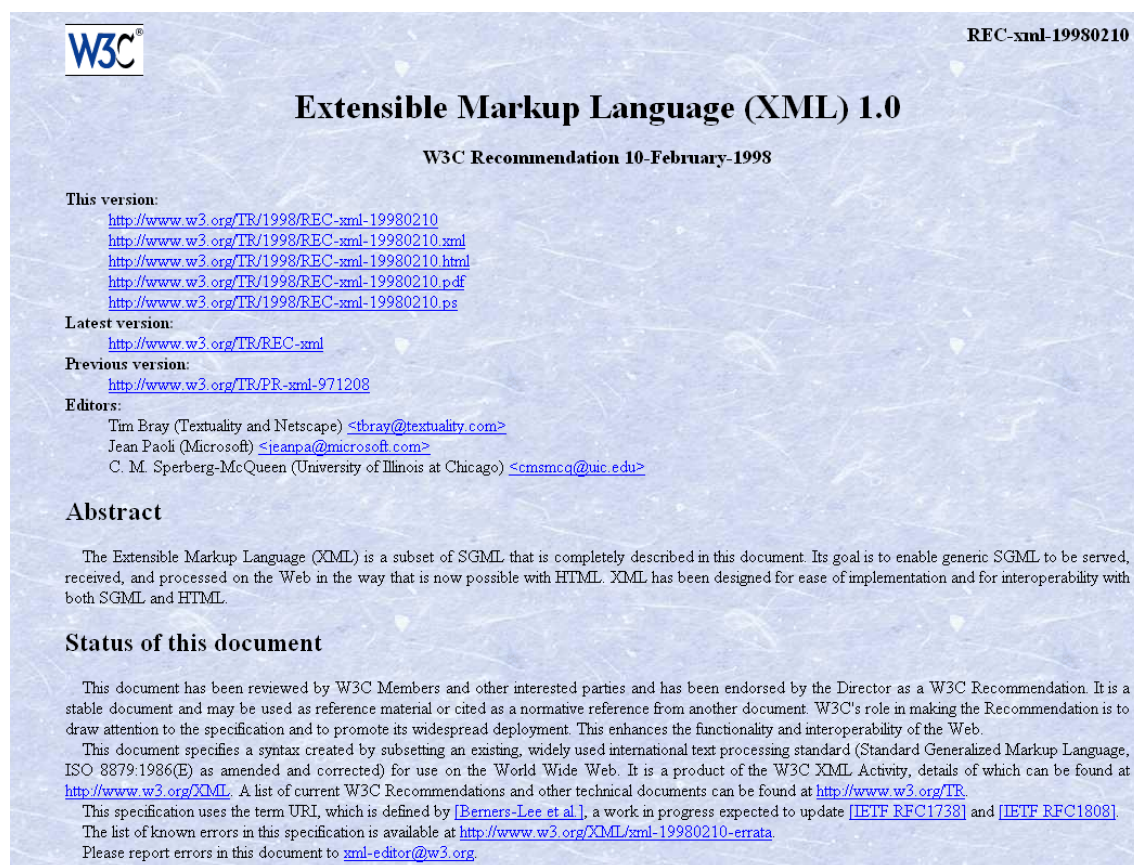


図 2 XML 定義の WWW ページ冒頭
(W3C®, 1998, <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>)



XML Schema

[Tools](#) · [Usage](#) · [Resources](#) · [Specifications and Development](#)

XML Schemas express shared vocabularies and allow machines to carry out rules made by people. They provide a means for defining the structure, content and semantics of XML documents. The [XML Activity Statement](#) explains the W3C's work on this topic in more detail. XML Schema was approved as a W3C Recommendation on 2 May 2001; see [reference list](#) for pointers.

See also: Robin Cover's [index of XML Schema materials](#).

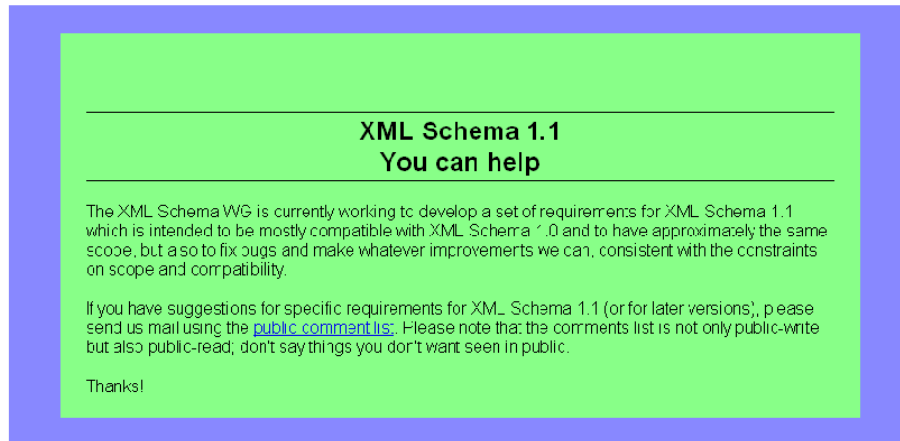


図 3 XML Schema 1.1 についての WWW ページ冒頭
(W3C®, 2001、<http://www.w3.org/XML/Schema>)

2.2 植物生産を表現するための BIX-pp の設計思想

前節で述べたとおり、BIX-pp において、記録されるすべての植物生産情報は XML を用いて表現されたひとつのファイルになる。この BIX-pp ファイルを標準規格として、対応する各種アプリケーションプログラムで情報処理を行う。つまり、BIX-pp ファイルで植物生産情報の形式が規格化され、その規格化された形式で読み込むアプリケーションプログラムの開発は、あるひとつの目的であれば、ただ 1 種だけ用意すれば良いことになる。これまでのように、各種生産施設向け、各種作物向けなど、各所まちまちの規格に一つ一つ対応した多数の版を用意する必要がなくなるので、プログラム開発コストが低減し、様々な植物生産現場でのプログラムの利用機会が増加する(図 4)。

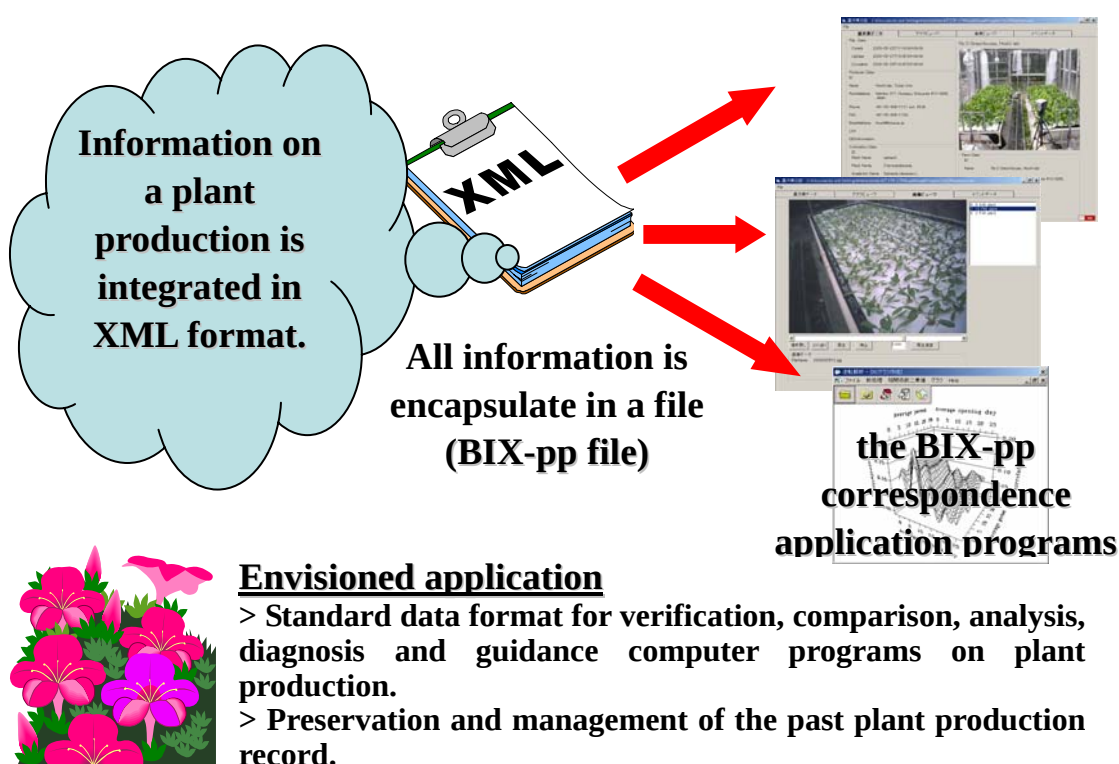


図 4 BIX-pp の概要

時間の経過とともに変化する植物生産情報を情報メディア(媒体)に表現し、利用するためには、媒体中での個々の情報の相対的位置関係が明確に規定できるインデックスが必要である。一定間隔で連続的に得られる情報である環境計測値などの場合は、ひとつ目のインデックスが気温や積算日射量などの項目であり、ふたつ目のインデックスが計測時刻の時系列である。二次元のインデックスを媒体の物理的な位置で示すには、それぞれのインデックスを行と列にした表に展開して表現するのが一般的である。したがって CSV(Comma Separated Values)形式などの表計算ソ

ソフトウェアで取り扱う形式で表現される場合が多い。この方式の欠点は、最も間隔の短い項目にあわせて時刻の分解能を設定しなければならないことである。播種や収穫など一回しか発生しないような作業情報や、生産者による写真撮影や病虫害発生など不定期に発生する情報を、この形式に統一化して扱うと、処理全体の負荷が大きくなり、固定長の場合は媒体の無駄スペースが極めて大きくなるなど、非効率である。

今回の規格化の目的は、多種多様な情報の統合である。この目的では、一項目の時系列情報トレンドを求めるためよりは、むしろ、ある時点での複数項目のそれぞれの情報を複合させたり、対比させたりするために規格で表現された情報を使うことが想定される。この目的においては、ひとつの項目の情報がいついつに得られているかという検索機能よりは、ある時に、何と何の項目の情報が得られているかの検索機能を優先した方が良い。そこで、媒体の物理的位置を示すインデックスに項目を使わずに、生産開始日からの相対日数(日数以下の単位は小数で表現)の時系列だけを使用し、XML タグを使った一次元の媒体上の表現にした。この表現方式はまた、一回限りや不定期に発生する情報を効率的に扱えた。この仕組みの記述原理を図 5 に示した。

BIX-pp version 1 で記述できる情報の種類は、文字、数値、イベント、画像、音声とした。ひとつの BIX-pp は、1 回の植物生産の情報を表現することにした。そして、1 回の植物生産を通じて変わらない、品種、生産者、生産施設などの情報を属性情報として区分した。それらは、XML のタグで、生産者情報(Producer)、生産施設情報(Farm)、栽培情報(Cultivation)に分類して定義した。そして、時間の経過とともに変化する情報は、時系列情報として区分した。前述したとおり、項目の媒体の位置を示す物理的インデックスはないので、項目を検索するための論理的インデックスを、時系列情報定義(RecordDefinition)タグの中に定義することにし、実際の情報は、時系列情報(RecordSet)タグの中に記録するようにした。

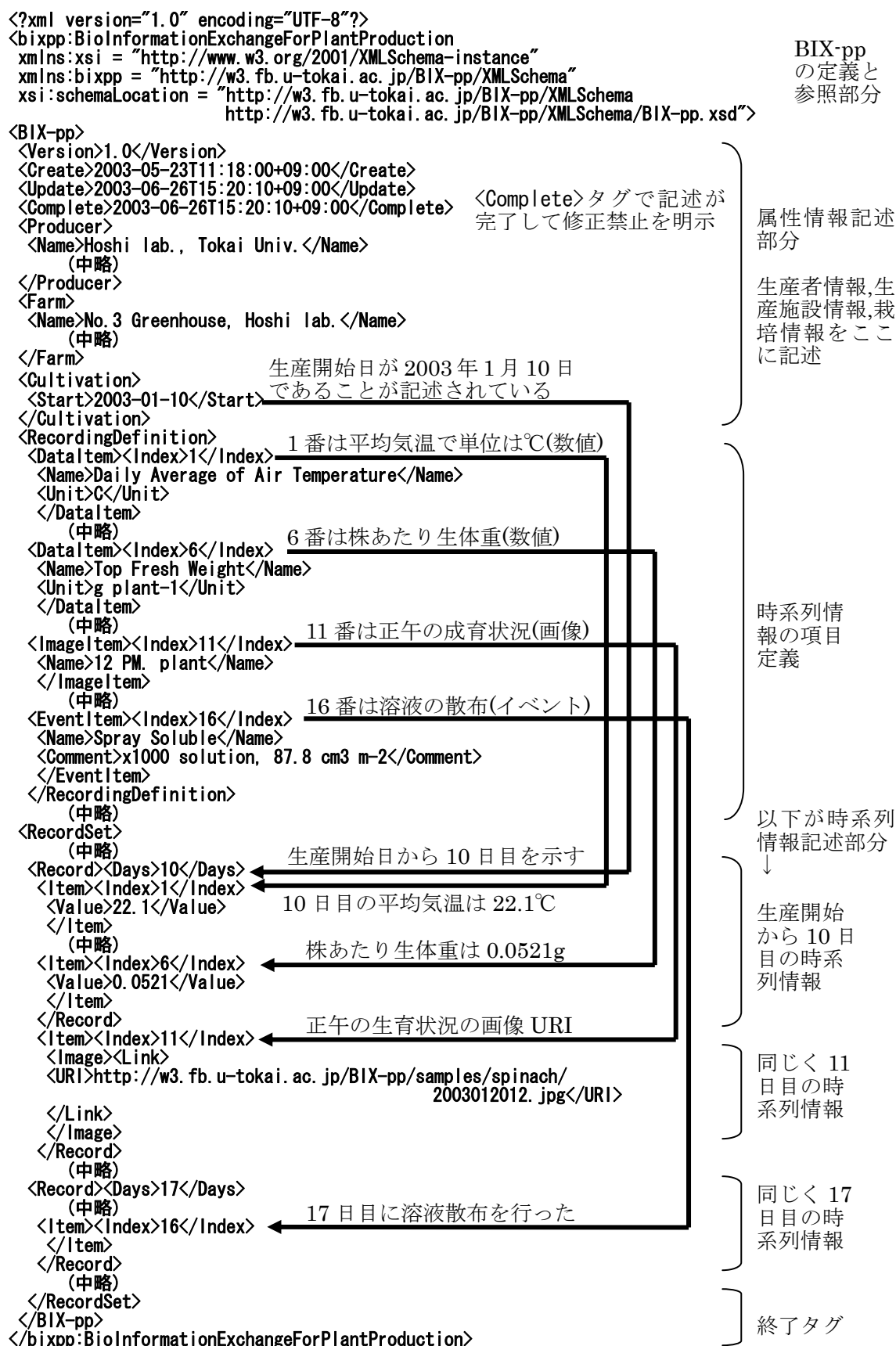


図 5 BIX-pp による植物生産情報の記述原理(version 1 の例のため一部古い部分がある)

2.3 version 2 への改訂

2003 年に BIX-pp version 1 を提案してから約 1 年が経過し、いくつかの意見が寄せられた。また、食品のトレーサビリティ確保システムにおける生産履歴情報の入力形式として BIX-pp を使用できるという提案も寄せられた。そこで、これらの意見を取り入れて、BIX-pp の規格の改訂を行った。

次の 4 点について検討し、BIX-pp version 2 として改訂作業を行った。

(1) 生産植物の複数記述

ひとつの BIX-pp ファイルには、生産者に関する情報、生産施設・圃場に関する情報、生産植物に関する情報を各 1 組ずつしか記述できなかった。しかし、花卉の生産などの場合では、花色の異なる複数の品種を 1 作で生産することがあり、品種が異なるだけの理由で、複数の BIX-pp ファイルを作成しなくてはならないのは使い勝手が悪い。そこで、複数の生産植物に関する情報を記述できるように、XML Schema の規格定義を修正した。具体的には、XML Schema の”maxOccurs=“unbounded””属性を用いて、生産植物の複数記述を可能にした(図 6)。

```
<Cultivation>
  <Plant>
    <Name>キンギョソウ</Name>
    <Family>ゴマノハグサ</Family>
    <AcademicName>Antirrhinum majus L.</AcademicName>
    <Cultivar>F1カリヨンピンク</Cultivar>
    <Origin>タキイ種苗</Origin>
  </Plant>
  <NumberOfPlant>2000</NumberOfPlant>
  <PlantingType>288穴セル苗</PlantingType>
</Cultivation>
<Cultivation>
  <Plant>
    <Name>キンギョソウ</Name>
    <Family>ゴマノハグサ</Family>
    <AcademicName>Antirrhinum majus L.</AcademicName>
    <Cultivar>F1カリヨンホワイト</Cultivar>
    <Origin>タキイ種苗</Origin>
  </Plant>
  <NumberOfPlant>1000</NumberOfPlant>
  <PlantingType>288穴セル苗</PlantingType>
</Cultivation>
```

図 6 ひとつの BIX-pp ファイルに 2 品種を記述した例
(キンギョソウの花色の違う 2 品種の記述例)

(2) 多次元ベクトル値

時系列データでは、スカラー値だけしか記述できなかった。気温や生体重などの記述には十分であるが、これを多次元のベクトル値が記述できるように改訂することによって、ある時点の葉面の反射スペクトル、群落における各個体の成育データなどの経時変化を記録できるようにした。これについては、“VectorItem”および“Vector”タグを設けて、内容の定義とデータの記述を可能にした(図 7)

定義							
<code><VectorItem></code>							
<code><Index>0</Index></code>							
<code><Name>成育調査</Name></code>							
<code><NumberOfDimension>2</NumberOfDimension></code>							
<code><DimensionalDescription>生体重(g)</DimensionalDescription></code>							
<code><DimensionalDescription>葉面積(dm²)</DimensionalDescription></code>							
<code></VectorItem></code>							
		個体	1	2	3	4	5
記述		生体重	10.8	12.5	11.8	9.9	12.3
<code><Item></code>		葉面積	204	305	251	208	310
<code><Index>0</Index></code>							
<code><Vector></code>							
<code><NumberOfItem>5</NumberOfItem></code>							
<code><Set>10.8 12.5 11.8 9.9 12.3</Set></code>							
<code><Set>204 305 251 208 310</Set></code>							
<code></Vector></code>							
<code></Item></code>							

図 7 5 個体の生体重と葉面積のベクトルによる記述例

(3) 信用情報の付加

生産履歴情報として扱うと、農薬散布回数などの記述が、取引価格や収益に、また、生産物の安全性や信用に、大きな影響を与える。そこで、記述情報の正当性の評価が重要になる。盗聴、なりすまし、改ざん、しらばくれ、というセキュリティ上の問題点に対処するために、適する暗号化および署名方式について検討した。盗聴となりすましには、BIX-pp ファイルを HTTPS サーバの SSL プロトコルにより交換することで、暗号化と X.509 証明書による認証が実現し、解決可能であった。一方、改ざんとしらばくれには、W3C 勧告の XML-Signature Syntax and Processing (RFC3275)に準拠した電子署名で対応した。規格を実装した IBM XSS4J(90 日間無償、\$1000)の XML-Signature Implementation を用いて、BIX-pp ファイルに署名し(図 8、図 9)、その効果を確認した。BIX-pp ファイルの作成者は X.509 証明書で正当性が認証でき、また、署名後に内容変更すると改変が検出できた(図 10)。

- XML文書正規化(XML Canonicalization)
- ダイジェスト値の計算(SHA-1ハッシュ関数)
- 署名(ディジタル署名標準(DSS))

```
c:\sig>keytool -list -v -alias hoshi -storepass ??????
```

別名: hoshi

作成日: 2004/09/01

エントリのタイプ: keyEntry

証明連鎖の長さ: 1

証明書[1]:

所有者: CN=Takehiko Hoshi, OU=Hoshi lab., O=Tokai university, L=Numazu, ST=Shizuoka, C=JP

実行者: CN=Takehiko Hoshi, OU=Hoshi lab., O=Tokai university, L=Numazu, ST=Shizuoka, C=JP

シリアル番号: 41359e2d

有効日: Wed Sep 01 19:02:21 JST 2004 有効期限: Tue Nov 30 19:02:21 JST 2004

証明書のフィンガープリント:

MD5: 20:3C:7B:DD:A7:CE:6A:19:58:59:58:6A:7C:76:3A:3E

SHA1: 10:27:C6:B6:7B:0B:78:05:F4:6C:B3:97:EB:01:62:65:DF:E3:3C:5B

図 8 XML-Signature Syntax and Processing の電子署名プロセスと署名処理例

```
<Signature xmlns="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#">
  <SignedInfo>
    <CanonicalizationMethod Algorithm="http://www.w3.org/TR/2001/REC-xml-c14n-20010315"/>
    <SignatureMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#dsa-sha1"/>
    <Reference URI="file:./spinach.xml">
      <DigestMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#sha1"/>
      <DigestValue>jBsBVtzfp523Yp8bZjyWTKm2xmM=</DigestValue>
    </Reference>
  </SignedInfo>
  <SignatureValue>
    jgT7CTiZxN4Ue4ZcuAqWQzrINXJRwrLmubrIAM23TRPLnhYhegVnA==
  </SignatureValue>
  <KeyInfo>
    <KeyValue>
      <DSAKeyValue>
中略      </DSAKeyValue>
    </KeyValue>
    <X509Data>
      <X509IssuerSerial>
中略      <X509IssuerName>CN=Takehiko Hoshi,OU=Hoshi lab.,O=Tokai university,L=Numazu,ST=Shizuoka,C=JP</X509IssuerName>
      <X509SerialNumber>1087798066</X509SerialNumber>
      </X509IssuerSerial>
      <X509SubjectName>CN=Takehiko Hoshi,OU=Hoshi lab.,O=Tokai university,L=Numazu,ST=Shizuoka,C=JP</X509SubjectName>
    </X509Data>
    <X509Certificate>
中略      MIIDKGCauYCBEDWezlwCwYHkoZljgEAWAMHoxCzAJBgNVBAYTAkpQMREwDwYDVQQIEWhTaGl6
中略      2mKYS56nxFB8QsU001o=
      </X509Certificate>
    </X509Data>
  </KeyInfo>
</Signature>
```

図 9 ホウレンソウ生産の BIX-pp ファイルへの電子署名例



図 10 署名正当性と改ざん検出の実験結果

(4) XML Schema の規格定義記述の検証

XML Schema による BIX-pp の規格の記述について、version 1 の提案時点では、低価格で利用できる検証用ツールが入手不能だった。しかし、ValidateXML1.0 という DTD または XML Schema に従って XML 文書の妥当性(validation)を検証し、さらに、名前空間と、属性値や要素の内容を確認できるツールが最近使用できるようになったので、BIX-pp 規格に基づいた XML 文書を作成し、その妥当性を確認することによって、逆に XML Schema による規格定義記述を検証した。

ValidateXML1.0 の検証の結果、BIX-pp version 1 の XML Schema による規格定義には、十数か所の誤りが指摘された。これらを修正し、version 2 では作成した XML 文書の妥当性を検証できた(図 11)。

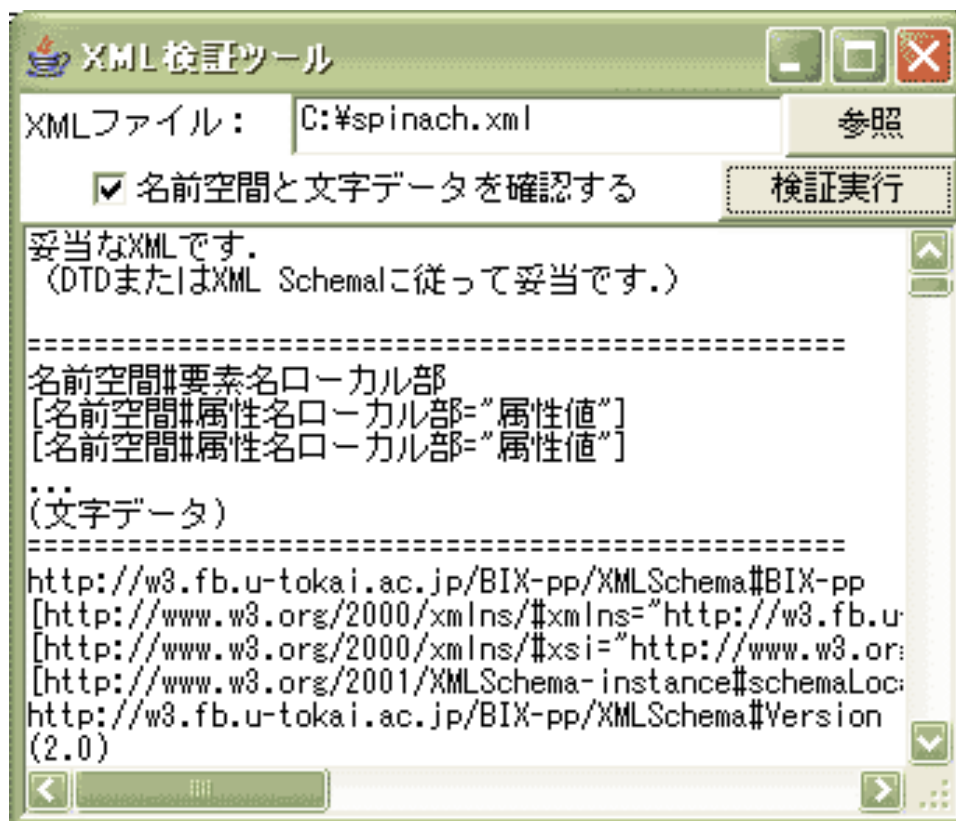


図 11 BIX-pp 記述定義の検証例

2.4 規格の記述例

XML-Schema の記述だけで各 XML タグを具体的に記述する方法を理解することは困難である。そこで、架空の植物生産情報を BIX-pp で記述したコメントつき例を、以下に例示する。<!-- から --> の部分が解説 (注釈) をあらわす。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

```
<!-- BIX-pp は Bio-Information eXchange for Plant Production の略です -->
```

```
<!-- この例は BIX-pp 形式ファイルの version 2.0 用のものです -->
```

```
<!-- この例は、どのように植物生産情報を BIX-pp で記述するのか説明します -->
```

```
<!-- Takehiko Hoshi (hoshi@tokai.ac.jp) によって 2004. 10. 05 に作成 -->
```

```
<!-- 以下は BIX-pp のお決まりの記述ですので、そのまま書いてください -->
```

```
<BIX-pp xmlns = "http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema"
```

```
xmlns:xsi = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation = "http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema
http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema/BIX-pp.xsd">
```

<!-- 版の番号を書きます (この version は 2.0 です) -->

```
<Version>2.0</Version>
```

<!-- *** 以下の部分は、この植物生産の属性情報を記述します *** -->

<!-- ファイルの日時情報はここです -->

<!-- ファイルを作成した日時 -->

```
<Create>2003-05-23T11:18:00+09:00</Create>
```

<!-- 最後に修正した日時 -->

```
<Update>2003-06-26T15:20:10+09:00</Update>
```

<!-- 完成した日付、これはオプションです -->

<!-- もし、このタグがあると、このファイルの内容を変更したり書き加えたりできなくなります -->

```
<Complete>2003-06-26T15:20:10+09:00</Complete>
```

<!-- このセクションは生産者の情報を記述します -->

```
<Producer>
```

<!-- 生産者 ID、これはオプションです -->

```
<ID>A12345</ID>
```

```
<Name>John Smith</Name>
```

```
<PostAddress>Fuji 1-1, Geisha-cho, Tokyo 123-4567, Japan</PostAddress>
```

```
<Phone>+81-123-456-7890</Phone>
```

<!-- FAX から Comment までのタグはオプションです -->

```
<FAX>+81-123-456-0987</FAX>
```

```
<EmailAddress>producer@aaa.bbb.jp</EmailAddress>
```

```
<Link>
```

<!-- Name タグは Link タグの中ではオプションです -->

```
<Name>My home page</Name>
```

```
<URI>http://www.aaa.bbb.jp/home.htm</URI>
```

```
</Link>
```

```
<GISinformation>
```

<!-- 緯度、北は正の値、南は負の値で、単位は度です。 -->

```

<Latitude>+35.1234</Latitude>
<!-- 経度、東は正の値、西は負の値で、単位は度です。 -->
<Longitude>+135.1234</Longitude>
<!-- 高度の単位は m です -->
<Altitude>+5.3</Altitude>
</GISinformation>
<!-- Image タグは生産者の顔写真などに使います -->
<Image>
  <!-- フォーマットは Link, Hex, and Base64 の 3 タイプから選べます -->
  <!-- 今回は Link タイプです -->
  <Link>
    <Name>My picture</Name>
    <URI>producer.jpg</URI>
  </Link>
</Image>
<!-- Sound タグは生産者の声などを入れることができます -->
<Sound>
  <!-- フォーマットは Link, Hex, and Base64 の 3 タイプから選べます -->
  <!-- 今回は Link タイプです -->
  <Link>
    <Name>My message</Name>
    <URI>talk.wav</URI>
  </Link>
</Sound>
<!-- Comment タグは生産者の記述などを入れます -->
<Comment>This is a message.</Comment>
</Producer>

<!-- ここからは、圃場・施設の記述です。 -->
<Farm>
  <!-- 圃場 Id、オプションです -->
  <ID>JF1001</ID>
  <Name>John Farm</Name>
  <PostAddress>Sumou 11, Geisha-cho, Tokyo 123-4567, Japan</PostAddress>
  <Phone>+81-123-456-1111</Phone>
  <!-- 単位は m2 です -->

```

```

<Area>10456.5</Area>
<!-- FAX から Comment タグは、オプションです -->
<FAX>+81-123-456-2222</FAX>
<EmailAddress>farm@aaa.bbb.jp</EmailAddress>
<Link>
  <!-- Link タグのなかでは、Name タグはオプションです -->
  <Name>My Farm</Name>
  <URI>http://www.aaa.bbb.jp/farm.htm</URI>
</Link>
<GISinformation>
  <!-- 緯度、北は正の値、南は負の値で、単位は度です。 -->
  <Latitude>+36.9876</Latitude>
  <!-- 経度、東は正の値、西は負の値で、単位は度です。 -->
  <Longitude>+136.9876</Longitude>
  <!-- 高度の単位は m です -->
  <Altitude>+250.5</Altitude>
</GISinformation>
<!-- Image タグは圃場の写真などに使います -->
<Image>
  <!--フォーマットは Link, Hex, and Base64 の 3 タイプから選べます -->
  <!-- 今回は Hex タイプです。-->
  <HexHeader>
    <Name>Rose Farm</Name>
    <RecordFormat>jpg</RecordFormat>
    <Hex>
      FFD8FFE000104A46494600010101004800480000FFDB004300100B0C0E0C0A100E0D0E1211101318
      中略
      6D1A2468082324B0C9CE4D145152DBB927FFD9
    </Hex>
  </HexHeader>
</Image>
<!-- Comment タグは、圃場や施設の説明の記述に使います -->
<Comment>This is a message.</Comment>
</Farm>

<!-- 生産する植物について以下のセクションに記述します -->

```

<!-- 一作の植物生産で複数の品種などを生産する場合には、 -->

<!-- Cultivation タグを複数にすることが可能です -->

<Cultivation>

<!-- 以下の部分は各生産植物の記述です -->

<Plant>

<!-- 植物 ID は、JF コードなどを使用できます。オプションです。 -->

<ID>JF15244</ID>

<Name>rose</Name>

<!-- Family から Comment タグは、オプションです。 -->

<Family>Rosaceae</Family>

<AcademicName>Rosa x hybrida</AcademicName>

<Cultivar>Pink</Cultivar>

<Origin>Hogehoge Nursery Co.</Origin>

<!-- Link タグは、この植物を作出した種苗会社などのページリンクに使用します -->

<Link>

<Name>Hogehoge Nursery Co. Home Page</Name>

<URI>http://www.hogehoge.co.jp/index.htm</URI>

</Link>

<!-- Image タグは、植物の写真などに使います。 -->

<Image>

<!-- フォーマットは Link, Hex, and Base64 の 3 タイプから選べます -->

<!--今回は Base64 タイプです -->

<Base64Header>

<Name>Pink rose</Name>

<RecordFormat>jpg</RecordFormat>

<Base64>

/9j/4AAQSkZJRgABAQEASABIAAD/2wBDABALDA4MChAODQ4SERATGCgaGBYWGDEjJR0o0jM9PdkszODdA

中略

kZq7Mga3fI6qQaKK4n8RS2MUWONtGiRoCCMksMnOTRRRUtu5J//Z

</Base64>

</Base64Header>

</Image>

<!-- Comment タグは、植物の記述に用います -->

<Comment>This is a message.</Comment>

</Plant>

<!-- 生産植物個体数を記述します -->

<NumberOfPlant>640</NumberOfPlant>

<!-- 生産開始の形態(種子から、1 年生苗からなど)を記述します -->

<PlantingType>Seed</PlantingType>

<!-- Link から Comment タグは、オプションです -->

<Link>

<!-- Link タグの中では Name タグはオプションです -->

<Name>Specifications of this cultivation</Name>

<URI>http://www.aaa.bbb.jp/spec.htm</URI>

</Link>

<!-- Image タグは植物生産の様子などの画像を記録します。 -->

<Image>

<!-- フォーマットは Link, Hex, and Base64 の 3 タイプから選べます -->

<!-- 今回は Link タイプです -->

<Link>

<Name>Cultivating room</Name>

<URI>greenhouse.jpg</URI>

</Link>

</Image>

<!-- Commen タグは、生産の記述に使用します-->

<Comment>Cut-flower production using hydroponics</Comment>

</Cultivation>

<!-- 生産開始日付を記述します -->

<!-- この日付がすべての情報整理の起点になります。重要です -->

<Start>2003-01-10</Start>

<!-- *** この植物生産の属性情報の記述はここまでです *** -->

<!-- *** この部分は生産に関する時系列データの記述です *** -->

<!-- すべての記録項目は、この RecordingDefinition で記述されていなくてはなりません -->

<!-- それぞれの項目はここで定義されるインデックス番号で管理されます -->

<RecordingDefinition>

<!-- RecordingDefinition では5種類の情報を定義できます -->

<!-- DataItem タグは、一個の数値を扱えます -->

<DataItem>

<!-- Index:1 には、日平均気温を割り当てました -->

<Index>1</Index>

<Name>Daily Average of Air Temperature</Name>

<Unit>C</Unit>

</DataItem>

<!-- VectorItem タグは多次元の数値を扱えます -->

<VectorItem>

<Index>2</Index>

<Name>Growth measurement</Name>

<!-- この例では二次元の数値を扱います -->

<NumberOfDimension>2</NumberOfDimension>

<DimensionalDescription>

<Name>Number of shoot per plant</Name>

<Unit></Unit>

</DimensionalDescription>

<DimensionalDescription>

<Name>Height of plant</Name>

<Unit>cm</Unit>

</DimensionalDescription>

</VectorItem>

<!-- ImageItem タグは画像情報を扱えます -->

<!-- たとえば、ネットワークカメラから得られた生育画像など -->

<ImageItem>

<Index>10</Index>

<Name>Plant growth image</Name>

</ImageItem>

<!-- SoundItem タグは音声情報を扱います -->

<SoundItem>

<Index>15</Index>

<Name>Producer's voice comment</Name>

</SoundItem>

<!-- EventItem タグは、何かの事象が発生したかどうか(論理値)を扱います。 -->

<EventItem>

<Index>20</Index>

<Name>Harvest day</Name>

</EventItem>

</RecordingDefinition>

<!-- 記録データの定義はここまでです -->

<!-- 実際の時系列データが以下に記述されます -->

<RecordSet>

<!-- 同じ時点で得られた情報は、同じ Record タグの中に記述します -->

<!-- 紙面の都合でかなりの部分を省略します -->

<Record>

<!-- Start タグで記述された日付からの相対日数です -->

<!-- もし必要ならば、実数による記述も認められています -->

<Days>129</Days>

<Item>

<!-- このセクションは生産開始 129 日目の室内日平均気温が 22.5 C -->

<!--であることを記述しています -->

<Index>1</Index>

<Value>22.5</Value>

</Item>

<Item>

<!-- このセクションは、今日が収穫日であることを示しています -->

<Index>20</Index>

</Item>
</Record>

<Record>
 <Days>130</Days>
 <Item>
 <Index>1</Index>
 <Value>19.9</Value>
 </Item>
</Record>

<Record>
 <Days>131</Days>
 <Item>
 <Index>1</Index>
 <Value>21.3</Value>
 </Item>
 <Item>
 <Index>20</Index>
 </Item>
 <Item>
 <!-- このセクションは 131 日目の生育画像を示しています -->
 <Index>10</Index>
 <Image>
 <Link>
 <URI>http://aaa.bbb.jp/plant/photo131.jpg</URI>
 </Link>
 </Image>
 </Item>
 <Item>
 <!-- このセクションは生産者の声を記録しています -->
 <Index>15</Index>
 <Sound>
 <Link>
 <URI>http://aaa.bbb.jp/voice/comment131.wav</URI>
 </Link>

</Sound>

</Item>

</Record>

<Record>

<Days>132</Days>

<Item>

<Index>1</Index>

<Value>20.1</Value>

</Item>

<Item>

<!-- このセクションは生育記録を記述しています -->

<Index>2</Index>

<Vector>

<!-- これは 5 組のデータを持つ二次元データです -->

<NumberOfItem>5</NumberOfItem>

<!-- 個体ごとのシュート本数 -->

<Set>3 5 3 1 4</Set>

<!-- 個体ごとの草丈 (cm) -->

<Set>151.1 144.5 129.9 160.8 173.0</Set>

</Vector>

</Item>

</Record>

<!-- 以下は短くするために省略 -->

</RecordSet>

<!-- *** 時系列情報の記述終了 *** -->

</BIX-pp>

<!-- 決まり文句で始まったタグを閉じて終了 -->

3.規格の検証

3.1 植物生産データの記述による検証

定義した BIX-pp の規格に従い、実際の植物生産情報を手作業で BIX-pp 化し、サンプル BIX-pp ファイルを作成した。供試したのは、東海大学で実施したホウレンソウ養液栽培一作分の植物生産情報で、生産者、品種、生産施設、栽培管理作業、環境計測、生育調査、生育画像の各データが含まれていた。

また、大規模な BIX-pp データを効率的に多数作成するために、データ変換用アプリケーションプログラムをさらに開発した(後述)。それらを使用して、サラダナ養液栽培 1 作の約 40 日分の生産データ、および、大規模トマト生産施設の 2000 年から 2001 年にかけての長段取り 1 作約 270 日分(鈴木・星., 2003)の生産情報を BIX-pp ファイルに変換した。これら複数のデータソースを用いて、さらに詳細な規格の検証を行った。

手作業によるホウレンソウ養液栽培のサンプル BIX-pp ファイルの作成を行った結果、属性情報と時系列情報とに分ける点と、時系列情報を生産開始日からの相対日数で配置する点の BIX-pp 規格の特徴が良く機能し、26.1kB の XML ファイルで表現できた。表現した時系列情報は生産期間 42 日分の 9 種の数値情報、3 種の画像情報、5 種のイベント情報であった。

ホウレンソウ養液栽培のサンプル BIX-pp データは、手作業で作成したため、それほど大きな情報量にすることはできなかった。このため、十分な規格の検証ができていない。そこで、既存の植物生産情報を BIX-pp データに変換するために、植物生産情報に多い表計算ソフトウェアの CSV 形式から BIX-pp データに変換するレコードコンバータ、および、植物生産の属性情報(品種や生産施設など)を BIX-pp で記述するためのプロパティエディタのアプリケーションプログラム 2 種を開発した。これらの変換・記述用アプリケーションプログラムを用いて、サラダナ養液栽培 1 作の約 40 日分の生産データ、および、大規模トマト契約生産施設の 1 作約 270 日分の生産データを BIX-pp データに変換できた。これらの BIX-pp のファイルサイズは、それぞれ、48.5kB と、668.5kB になった。

策定した BIX-pp の仕様に基づいて、これらの植物生産情報を、サンプル BIX-pp ファイルに問題なく作成できた。BIX-pp の記述コードは Unicode (UTF-8)を用いたので、日本語や英語などの記述言語が変わっても同じプログラムで処理や表示が可能なが確かめられた。このように BIX-pp を用いるとローカライズも容易になり、国際的な規格として使う場合にも優位性が高い。また、これらのサンプル BIX-pp データはインターネットの HTTP サーバや FTP サーバを介して、異なったパソコンで情報交換可能なことも確認した。これらのサンプル BIX-pp ファイルのうち、ホウレンソウ養液栽培およびサラダナ養液栽培の分については、添付の CD-ROM および WWW から取得可能にした。

3.2 サンプルアプリケーションプログラムの開発による検証

BIX-pp の性能を検証するために、全部で 12 種の BIX-pp 対応アプリケーションプログラムを開発した。これらのプログラムで作成したサンプル BIX-pp ファイルを実行させた。

(1) Windows 版生産情報ビューワー(BIX-pp version 1 用)

BIX-pp の属性情報を読み取り、生産者、生産施設、品種、栽培方法などの生産情報を表示できる。MS C#.Net で開発された。生産施設の画像とともに、生産者、栽培施設、栽培の各情報が数値および文字で表示できた(図 12)。

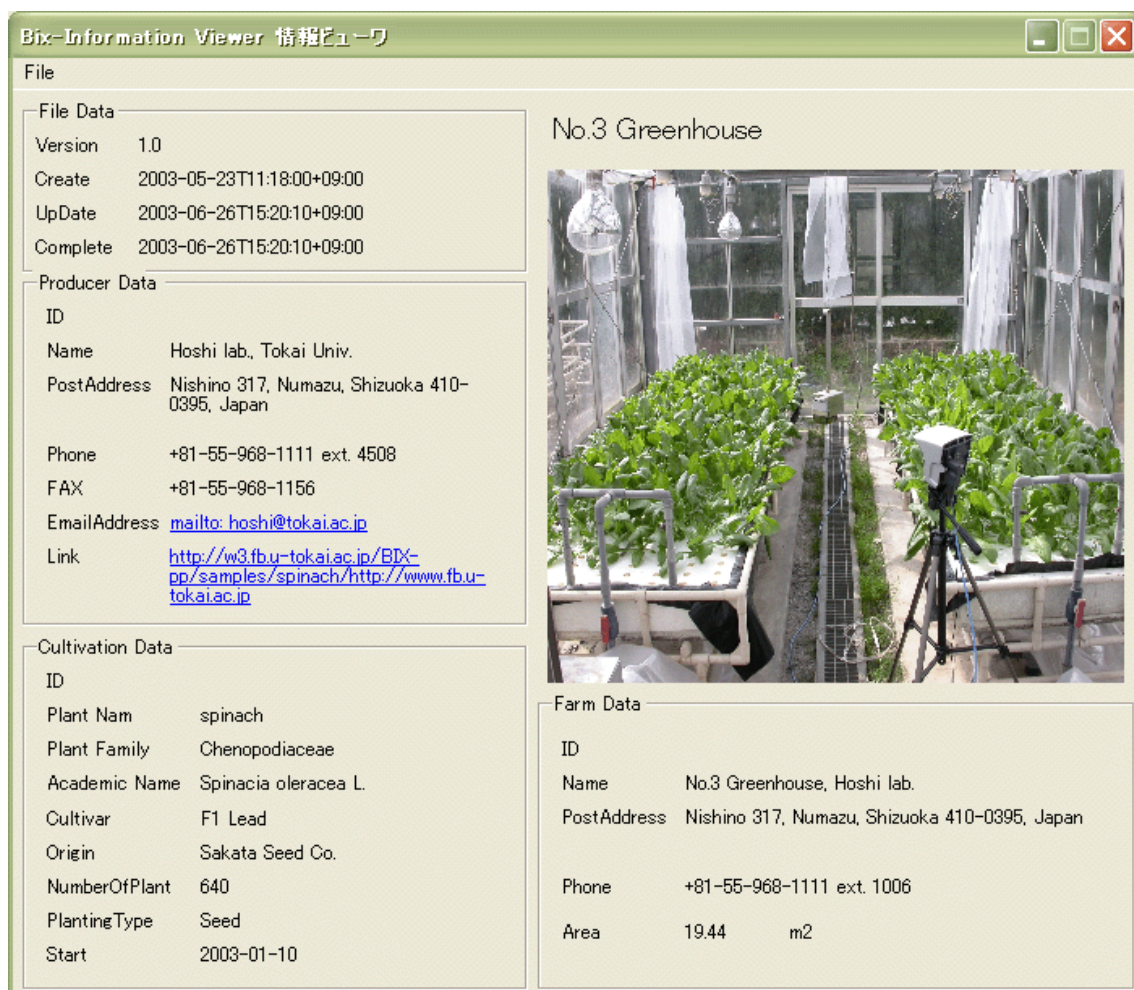


図 12 Windows 版生産情報ビューワー(BIX-pp version 1 用)の動作画面

(2) Windows 版画像ビューワー(BIX-pp version 1 用)

BIX-pp に記録されている画像を見るプログラムである。連続生育画像ならば動画のよ

うに再生可能である。MS C#.Net で開発された。動画ファイルの表示アプリケーションプログラムとほぼ同様に、サンプル BIX-pp データに記録されている画像を 5 frame s⁻¹ 程度のコマ送りの動画としてスムーズに表示することができた(図 13)。

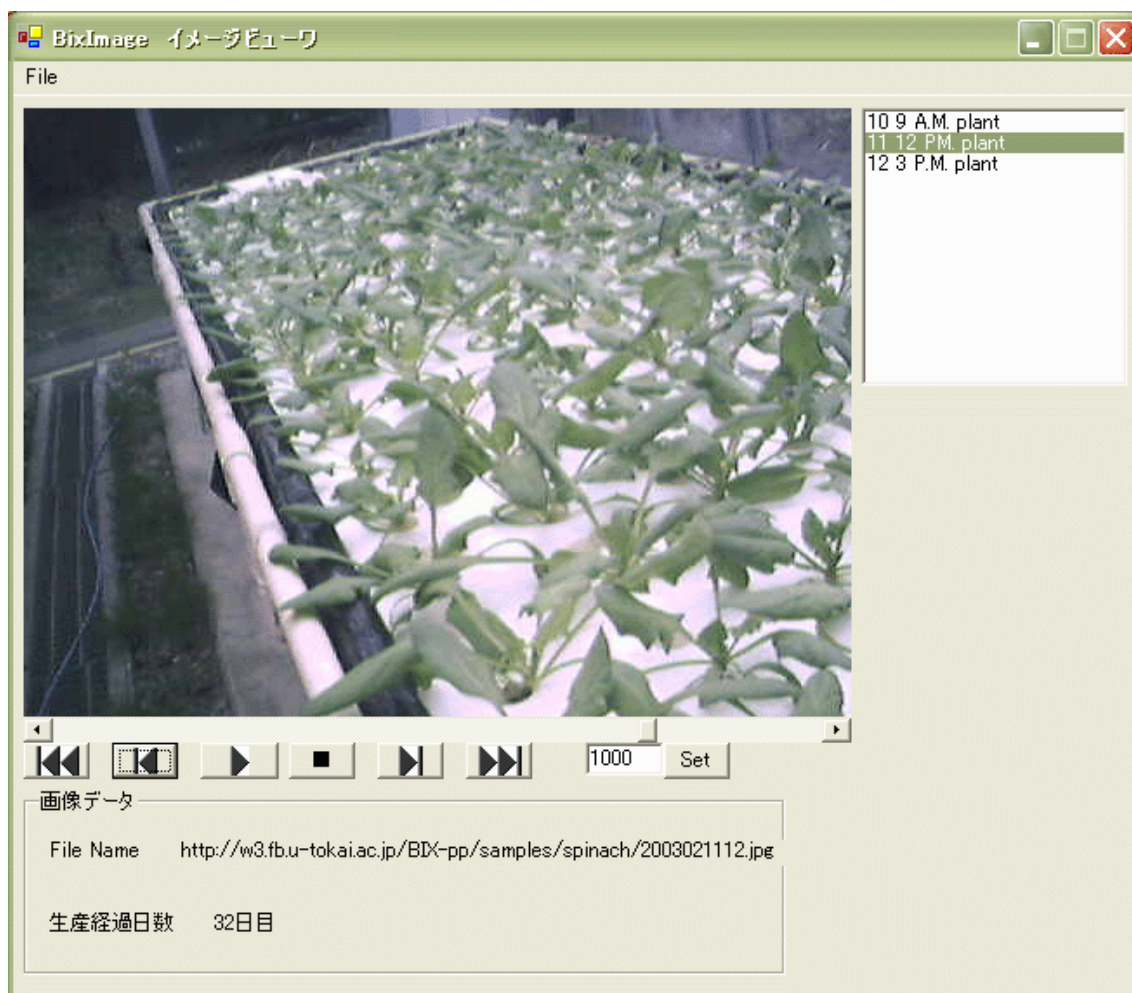


図 13 Windows 版画像ビューワー(BIX-pp version 1 用)の動作画面

(3) Windows 版環境データビューワー(BIX-pp version 1 用)

記録されている環境計測データや生育計測データをグラフで見ることができる。MS C#.Net で開発された。図 14 は環境データビューワーの動作画面である。日平均気温などの環境計測情報、生体重などの生育情報をトレンドグラフとして表示することができた。項目の物理的インデックス機能を制限した規格のため、この種のアプリケーションプログラムでの実行速度の低下が心配されたが、サンプル BIX-pp データ程度の容量であれば、ほぼ瞬時に表示することができた。

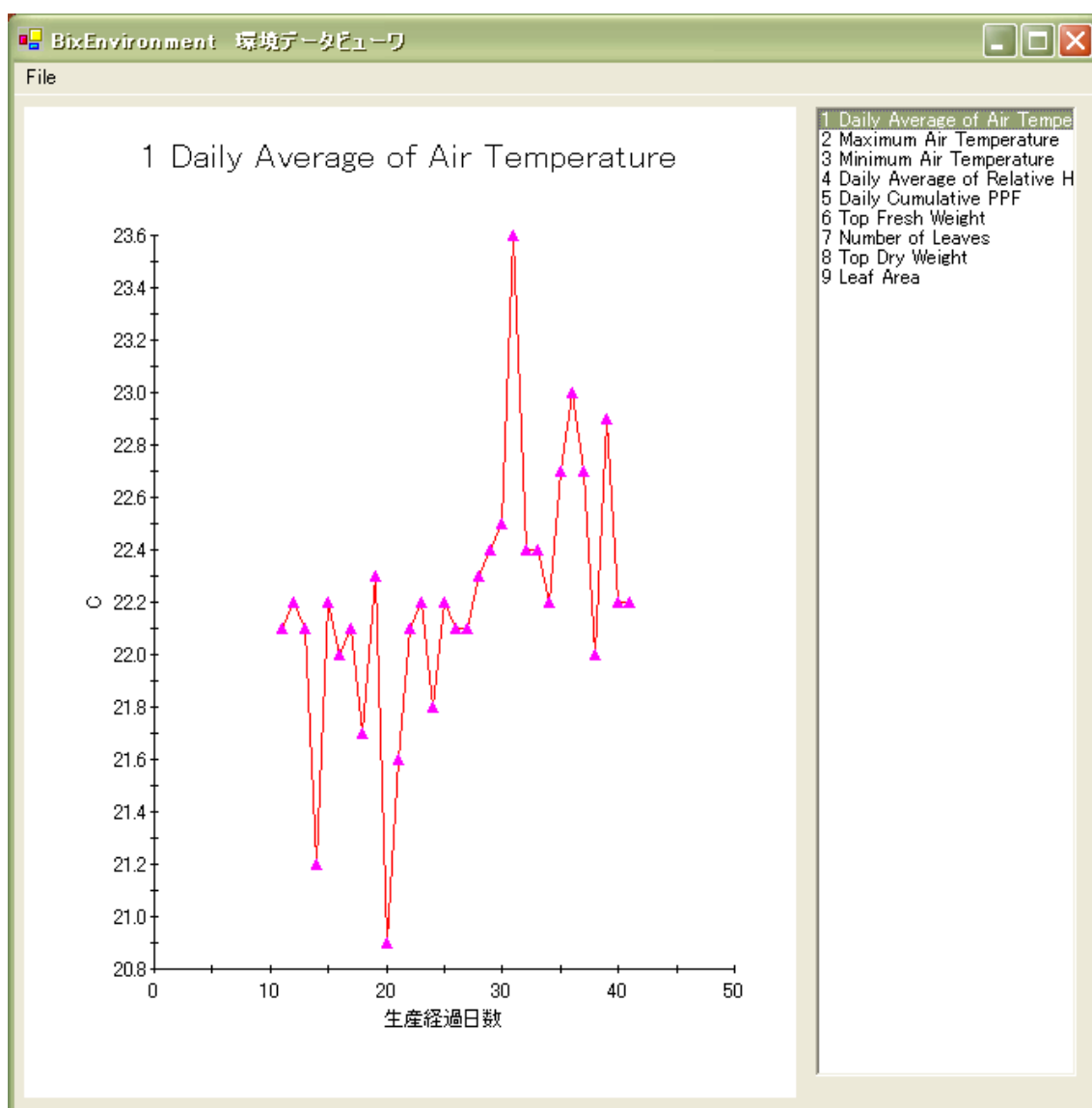


図 14 Windows 版環境データビューワ(BIX-pp version 1 用)の動作画面

(4) Windows 版イベントビューワ(BIX-pp version 1 用)

記録されている作業や出来事を一覧するためのプログラム。MS C#.Net で開発された。今回の生産を作型図に類似した形式で表現できた(図 15)。このアプリケーションプログラムは、生産者のための生産記録表示用としても使用できる。

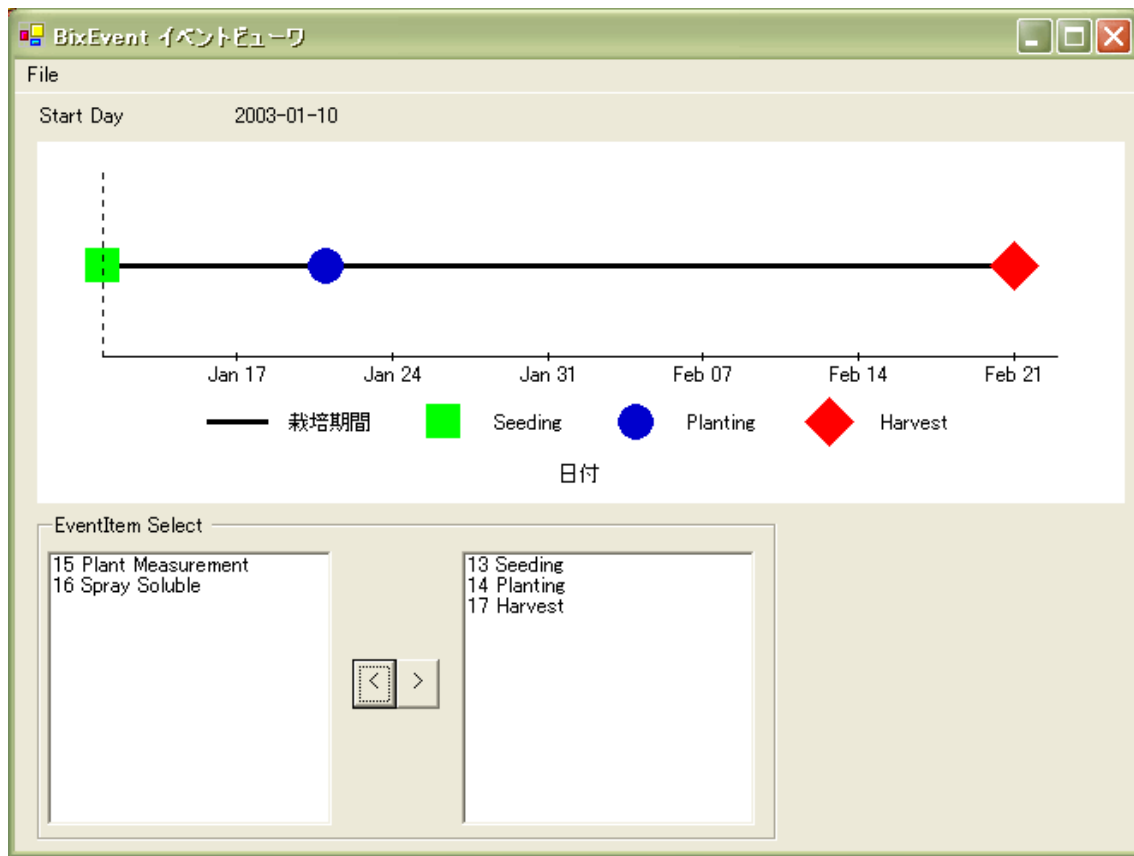


図 15 Windows 版イベントビューワ(BIX-pp version 1 用)の動作画面

(5) Java 版生産情報ビューワ(BIX-pp version 1 用)

BIX-pp の属性情報を読み取り、生産者、生産施設、品種、栽培方法などの生産情報を表示できる。Eclipse で開発された。Windows 版生産情報ビューワと同様の機能が、Java 言語を用いても実験できることが確かめられた(図 16)。



図 16 Java 版生産情報ビューワー(BIX-pp version 1 用)の動作画面

(6) Java 版画像ビューワー(BIX-pp version 2 用)の動作画面

Eclipse で開発された。Windows 版画像ビューワー(BIX-pp version 1 用)と同等の機能が実現できた。画像の動画表示も Windows 版と同程度以上の速度であった(図 17)。



図 17 Java 版画像ビューワー(BIX-pp version 2 用)の動作画面

(7) Java 版環境データビューワー(BIX-pp version 2 用)

Eclipse で開発された。Windows 版環境データビューワー(BIX-pp version 1 用)と同等の機能が実現できた (図 18)。グラフ表示にフリーソフトウェアの JfreeChart を使用したが、無償にもかかわらず極めて表示性能が良かった。

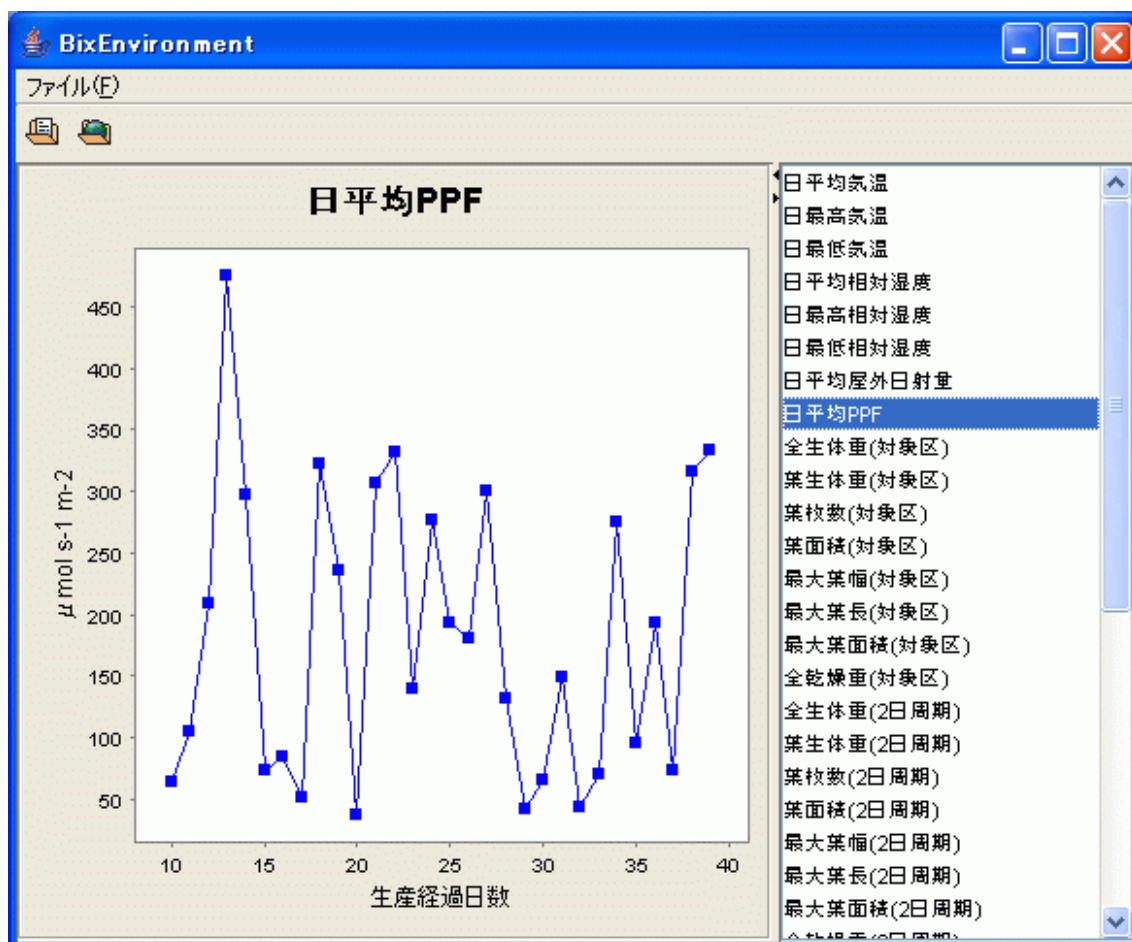


図 18 Java 版環境データビューワー(BIX-pp version 2 用)の動作画面

(8) Java 版イベントビューワー(BIX-pp version 2 用)

Eclipse で開発された。Windows 版データビューワー(BIX-pp version 1 用)と同等の機能が実現できた (図 19)。



図 19 Java 版イベントビューワー(BIX-pp version2 用)の動作画面

(9) Windows 版プロパティエディタ(BIX-pp version 2 用)

生産者、生産施設、品種、栽培方法などの生産情報を編集するために開発した。XML の知識がなくても、フォームに入力するだけで、BIX-pp 形式の生産情報オブジェクトが作成できる(図 20)。MS VB.Net で開発された。ただし、version 2 で追加された複数植物の記述の仕様には対応していない。

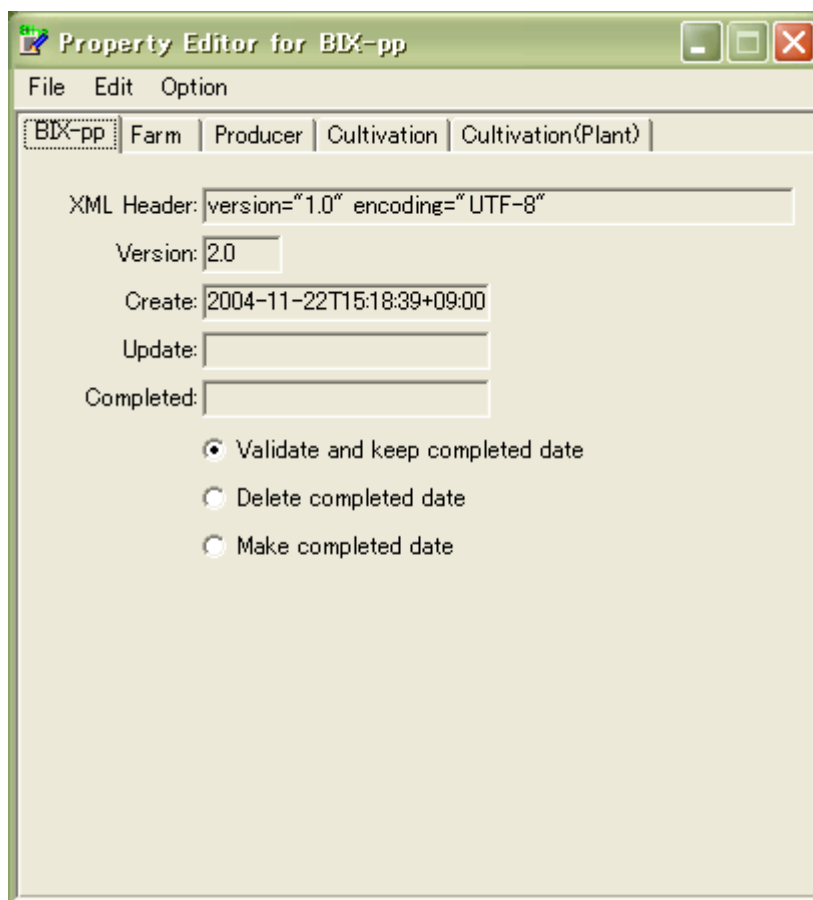


図 20 Windows 版プロパティエディタ(BIX-pp version 2 用)の動作画面

(10) Windows 版レコードコンバータ(BIX-pp version 2 用)

CSV(カンマ区切り形式)で記述された環境計測データ、生育計測データ、画像データ、音声データ、作業データを BIX-pp 形式に変換するためのプログラム。また、BIX-pp 形式を CSV 形式にも変換できる。ただし、version 2 で追加された Vector タグには対応していない。MS VB.Net で開発された。

植物生産に関連する時系列の情報は表形式で表現されることが多く、そのため、表形式情報の事実上の標準規格である CSV 形式が植物生産情報の表現形式として幅広く使用されている(Ninomiya and Yamakura, 2004)。BIX-pp 形式の普及のためには、CSV 形式との相互変換を可能にすることが不可欠である。図 21 に、レコードコンバータの動作画面と大規模トマト生産施設の生産情報を CSV 形式に変換して Microsoft Excel 2000 で表示させた例を示した。このアプリケーションプログラムによって、過去に CSV 形式で記録された植物生産情報を BIX-pp ファイルに容易に変換できるようになった。レコードコンバータの実行ファイルの大きさは 40kB であった。

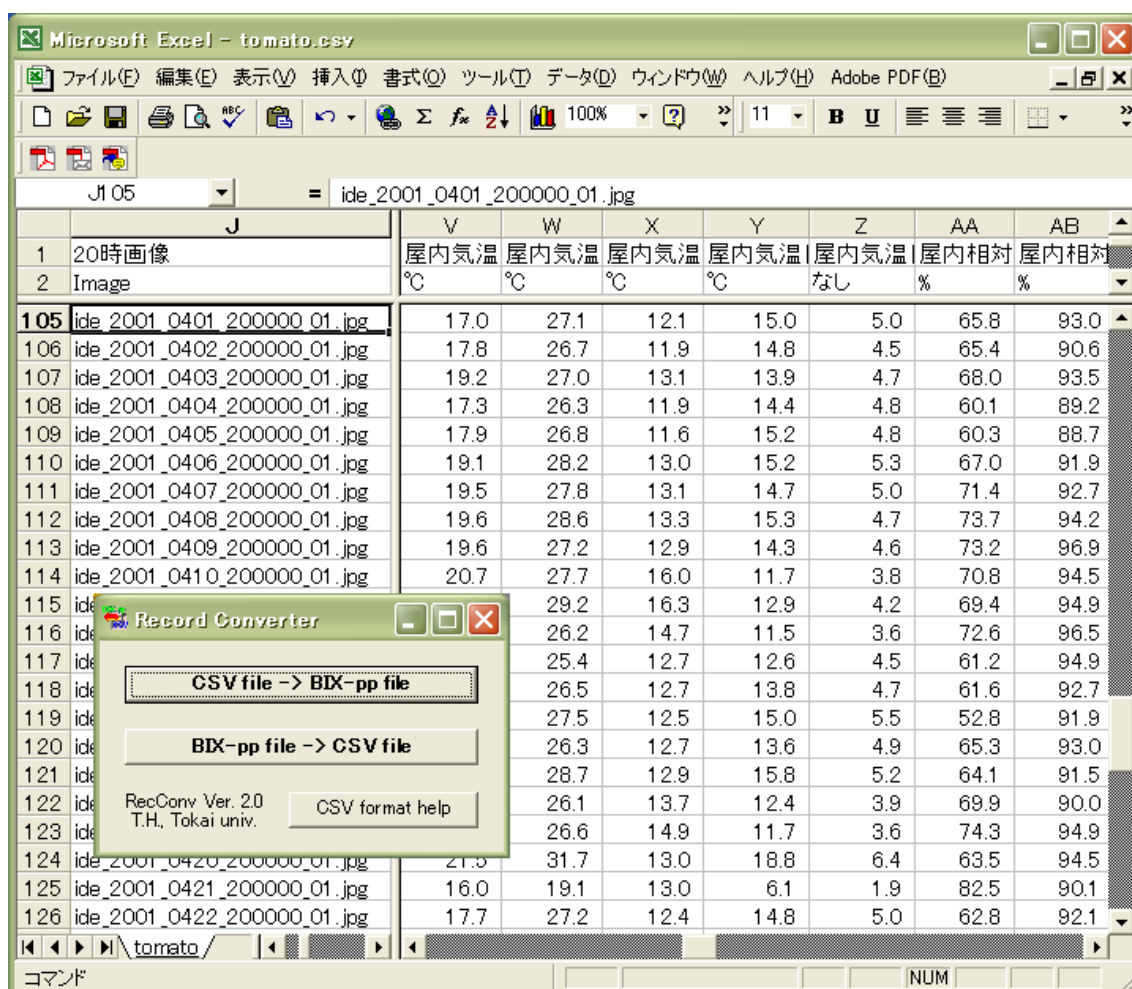


図 21 Windows 版レコードコンバータ(BIX-pp version 2 用)の動作画面

(11) BixComposite(BIX-pp version 2 用)

記録されている画像データ、環境計測データ、生育計測データ、作業データ等を、一度に表示することができる。各データに日付をキーに関連付けて閲覧し、画像を動画のように再生できる。Java 2 SDK, Standard Edition ver 1.4.2_04 を、開発に使用した。また、XML を Java クラスにバインドするために Castor 0.9.5.3 を、グラフ表示を行うために JFreeChart 0.9.18、JCommon 0.9.3 を、XML の解析に Xerces2 Java Parser 2.6.2 を、クラスライブラリとして使用した。

開発した BixComposite は、285kB の実行形式 JAR(Java Archive)ファイルで、必要なクラスライブラリを含めると計 4.5MB になった。サラダナ養液栽培の BIX-pp ファイルを読み込ませた状態の動作画面を Fig.1 に示した。図 22 では、サラダナの成育画像、屋内日積算日射量の経日変化グラフ、植え付けや成育調査などの管理作業日、そして、グラフに垂直線で示される播種後 29 日目

の各環境計測値の表が、それぞれ、統合して表示できた。記録されている各種の情報を、日時をキーにして関連付けて統合的に再生する機能を重視して設計したので、図 22 の記号(d)および(e)の任意の点のクリックや、(c)のスライドバーの操作だけで、表示されている全ての情報表示が、指定した日時に切り替え可能であった。また、図 22 の記号(b)の再生ボタンをクリックすると、日時が一定スピードで進み、画像が動画表示され、再生時点を示すグラフの垂直線も移動するようにした。これらの機能によって、BIX-pp ファイルを用いるだけで過去の生産を臨場感高く、しかも、自在にコンピュータで再現できた。画像を見て植物の成育に異常を感じた場合、その日の環境計測情報や栽培作業情報などを即座に確認できた。さらに、必要な時点で図 22(a)の画像をクリックすると、図 23 に示した画像が別ウィンドウにスナップショット表示されるようにした。図 23 では、播種後 34 日目にサラダナの萎れた状態が画像に記録されていた。BIX-pp に記録されている各種情報から BixComposite を使って原因を調べた結果、その前 5 日間ほど天候の悪い状態が続き、急に晴天になったため、太陽光利用で成育しているサラダナが急激な環境変化ストレスを受けたことを容易に読み取ることができた。例えば、図 22 に示されている屋内日積算日射量グラフの変化がそれを良く示していた。

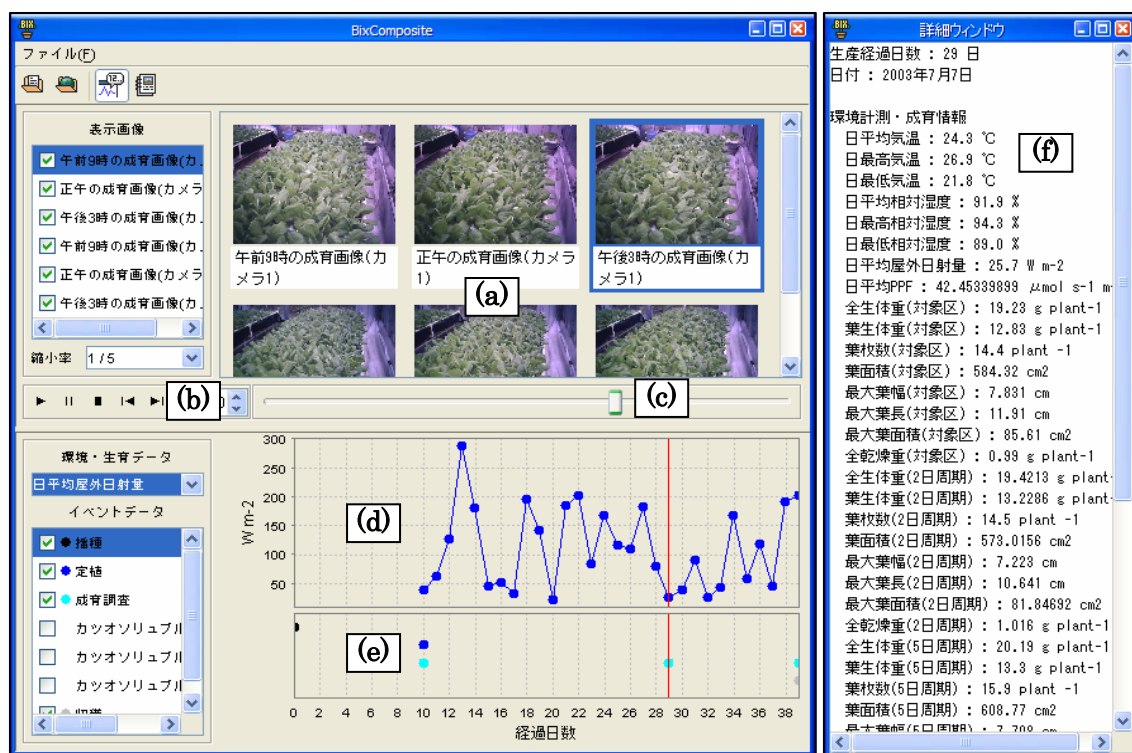


図 22 BixComposite(BIX-pp version 2 用)の動作画面例

(a)指定した日時の任意の画像を表示する領域 (b)動画操作ボタン類 (c)日時を指定するスライドバー(d)任意の環境・成育計測情報を時系列に沿って表すグラフ (e)任意の生産管理作業情報を時系列に沿って表すグラフ (f)指定した日時の環境・成育計測情報、生産管理作業情報の詳細を全て表示するウィンドウ



図 23 二つの日時の画像で成育の様子を比較した例
図では生産開始から 17 日目と 34 日目のサラダナの画像を比較

(12) BIX-pp 版探索ツール(BIX-pp version 1 用)

開発した BIX-pp 版探索ツールの実行ファイルの大きさは 1.01MB になった。大規模トマト生産施設における、解析や生産量予測モデルの構築に必要なデータ入力、単一の BIX-pp ファイルだけで可能なことが確かめられた。環境制御システムからの環境計測データ、共同選果場などからの生産量、作業日誌などの労働時間の各種データをつき合わせ、形式を統一して探索ツールに入力する、従来の前処理の労力が軽減した。BIX-pp 版探索ツールによって出力された生産量モデルの予測結果の例を図 24 に示した。

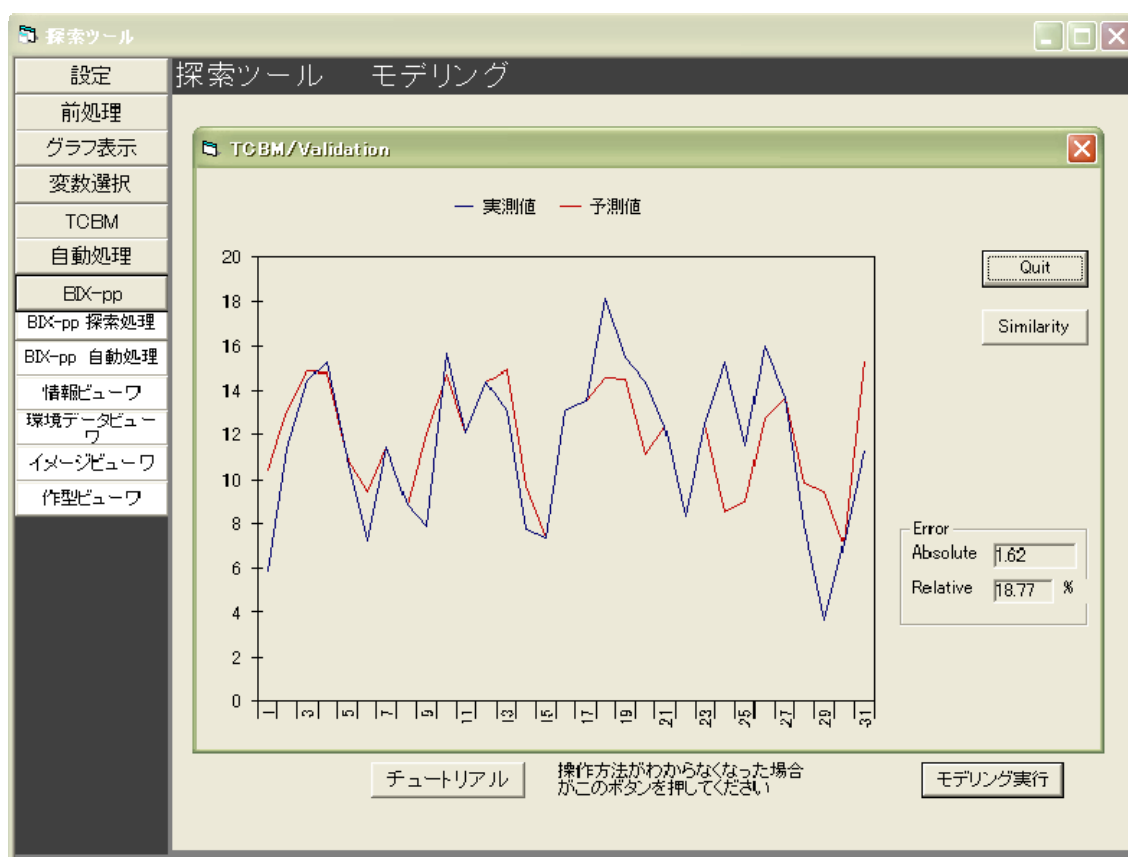


図 24 BIX-pp 版探索ツール(BIX-pp version 1 用)の動作画面

3.3 まとめ

BIX-pp は、XML によるタグにより、記録されている情報の構造や意味付けが定義されており、それらを持たない CSV 形式などで必要なアプリケーションプログラム実行時の記録情報の意味付け作業などは不要である。前述したとおり、異なった目的を持つ数種のアプリケーションプログラムが、単一の BIX-pp ファイルからの情報入力によって動作可能なことが確かめられた。すなわち、植物生産情報が、BIX-pp で標準化されれば、対応した植物生産用アプリケーションプログラムで実行のための情報入力作業が半自動的に実行できる。このことは、処理するアプリケーションプログラムの種類や目的に合わせて 1 作の植物生産情報の記録を編集する煩雑な作業が不要になることを意味する。大きな手間なく、各種のアプリケーションプログラムで処理できるようになれば、多大な労力とコストを払って記録された植物生産情報の活用が一層進むと考える。

また、一つのファイルでその植物生産に関する全ての情報を統合できたことは、過去の 1 作の生産を情報カプセル化(オブジェクト化)できることを示す。これは、植物生産に関する様々な情報の応用場面の展開を示唆する。例えば、生産者に対する生産指導で、相談する植物生産の内容を、まるでカルテを見るようにコンサルタントが知ることができれば、指導の正確性と効率を高める

ことができる。このようなシステムは、ヨーロッパやアメリカの大規模施設園芸において既に始められている。例えば、トマト養液施設生産環境制御設定の支援システム (<http://www.oardc.ohio-state.edu/hydroponics/DecisionAnalysis/InteractiveModel.htm>、The Hydroponic Tomato Decision Support Algorithm, 2004 年 12 月 14 日参照)(Short et al., 2004) や、トマト生産温室の環境や画像のライブ中継 (<http://ag.arizona.edu/CEAC/tomlive/index.htm>、Tomato Live, 2004 年 12 月 14 日参照)(Giacomelli, 2004) などがある。日本においても、一定の生産物特性を要求する大規模な契約栽培のネットワークが広まりつつあるが、その生産情報の記録形式として BIX-pp は有用であると考え。現状では、気象計測値や画像など、情報の種類ごとの統合化は進められている。しかし、植物生産で情報を活用する目的では、生産対象である 1 作の植物に関連した統合の方法が望ましいのではないかと。例えば、モデルベースシステムや新しい植物生産モデルが開発されている (Goto et al., 2003, Iwata et al., 2004) が、それらのモデルはその植物生産に関する多様な情報の入力が必要とするようになっている。このような場面においても、単一の BIX-pp ファイルを用意だけで各種のモデルを使用可能になると考える。より単純な用途としては、ふたつの BIX-pp ファイルを比較するアプリケーションプログラムを開発すれば、お互いの植物生産方法の違いを指摘することがかなりの程度可能になると考える。

近年話題になっている食品のトレーザビリティシステム(たとえば、亀岡、2002)、農産物電子流通システム(たとえば、杉山、2001)などにおいても、生産履歴情報源として BIX-pp の利用は有効である。この目的に使用するためには、セキュリティ機能を強化することが必要である。この点についても、基礎的な検討は既に終えた。「盗聴」と「なりすまし」には、BIX-pp ファイルを HTTPS サーバの SSL プロトコルにより交換することで、暗号化と X.509 証明書による認証が実現でき、「改ざん」と「しらばくれ」には、W3C 勧告の XML-Signature Syntax and Processing (RFC3275) に準拠した電子署名で対応できることが確かめられた。

一部の農水省系の研究機関においてデータベース化する植物生産の情報記録標準規格として、BIX-pp 採用の検討が進められている。今回の報告で言及した、BIX-pp ファイル、および、アプリケーションプログラムの大部分は、前述の URL で公開されており、入手可能である。BIX-pp の利用が記録された植物生産情報の有効活用につながることを期待している。

4. 謝辞

BIX に関して、三重大学理事・副学長亀岡孝治博士および BIX 研究グループから、多くの有益な示唆をいただいた。研究の実施については、研究室の卒業研究生、ならびに、大学院生の協力によるところが大きかった。特に、大学院修士課程学生であった鈴木 隆文氏、同在学中の塩沢 栄地氏には、多くのアプリケーションプログラムを精力的に開発し、研究の遂行に大きな力を発揮した。ここに記して謝意を述べる。また、大規模トマト生産施設の生産情報収集に関しては、株式会社山武の渡辺 勉氏ほかのご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

5.引用文献

- Consortium World Wide Web, 2000. Extensible Markup Language Xml 1.0 Specifications, Iuniverse.Com, 1-164.
- 深津時広・平藤雅之, 2003. 圃場モニタリングのためのフィールドサーバーの開発. 農業情報研究, 12(1): 1-12.
- Giacomelli, G. A., 2004. Working towards CEA-based horticultural crop production systems in North America: Automation, culture, and environment challenges, Proc. of International Workshop on Environmental Control and Structural Design for Protected Cultivation. Suwon, Korea, 128-140.
- 後藤英司・日阪 彰・蔵田憲次, 2001. WWW を利用した植物生育シミュレーション実行システムの開発、農業環境工学関連4学会 2001 年合同大会講演要旨集, 178.
- Goto, E., Otsuka, I., Kurata, K., 2003. Application of common gateway interface to execute a plant growth model simulation on the World Wide Web. J. Agric. Meteorol. 59(2): 111-115.
- 星 岳彦・布施順也・渡辺 勉ら, 1999. 温室環境の遠隔制御・計測・解析用ソフトウェアの開発促進を目的とした環境計測制御システムにおける標準操作規約、植物工場学会誌、11(3): 157-164.
- Hoshi, T., Sasaki, T., Tsutsui H., Watanabe, T., Tagawa, F., 2000 A daily harvest prediction model of cherry tomatoes by mining from past averaging data and using topological case-based modeling, Computers and electronics in agriculture, 29: 149-160.
- 星 岳彦・鈴木隆文・塩沢栄地・亀岡孝治, 2003. EDI のための植物生産における XML 情報交換規格の提案. 農業情報研究, 12(4): 327-336.
- 星 岳彦・塩沢栄地, 2004. 植物生産履歴情報の統合化規格 BIX-pp 改良版の策定, 農業工学関連 4 学会 2004 年合同大会講演要旨, C409: 141.
- Iwata, H., Miwa, T., Ninomiya, S., 2004. HyDRAS: Hyper-dimensional regression analysis service on the Internet. Proc. of 2004 AFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture, Bangkok, Thai, 403-408.
- Kameoka, T., M. Harada, A. Hashimoto, *et al.*, 2001. Accurate sensing of bioinformation by optical method with multiband spectra and its structured data handling, Proceedings of 6th International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable production Engineering, Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Potsdam, 549-554.
- 亀岡孝治, 2002. 農産物のトレーサビリティと情報システムBIX、農業および園芸, 78(1): 147-152.
- Kimberley, P., 1991. Electronic Data Interchange: A Review of the Current Status of Electronic Data Interchange Throughout the World and an Introduction to the Services (The McGraw-Hill Series on Computer Communications), McGraw Hill, 1-224.

- Laurenson, M. R., Otuka, A., and Ninomiya, S., 2001. Developing agricultural models using MetBroker mediation software, *J. Agric. Meteorol.* 58: 1-9.
- Newcomer, E., 2002. Understanding Web Services: XML, WSDL, SOAP, and UDDI, Addison Wesley Professional, 1-368.
- Ninomiya, S., Yamakura, A., 2004. Spreadsheet-based distribution data sharing for agricultural experimental data. *Proc. of 2004 AFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture*, Bangkok, Thai, 428-432.
- Short, T. H., Ting, P. P., Hansen, R. C., Brugger, M. J., 2004. Applications of digital imaging, precision fertigation, CFD modeling, and decision support for controlled environment plant production systems. *Proc. of International Workshop on Environmental Control and Structural Design for Protected Cultivation*. Suwon, Korea, 101-108.
- 菅原幸治, 2003. 携帯電話を活用した農業情報システム. *農業および園芸*, 78(1): 189-194.
- 杉山純一, 2001. 農産物流通におけるネット認証システム(VIPS)の開発、*システム農学*, 17(2): 102-109.
- 鈴木隆文・星岳彦, 2003. 日生産量に影響する主要因子とその機関の探索を行うソフトウェアの開発. *農業情報研究*, 12(4): 307-314.
- Walmsley, P., 2001. Definitive XML Schema, Prentice Hall PTR, 1-560.
- Weiser, M., 1993. Some computer science issues in ubiquitous computing, *Communications of the ACM*, 36(7): 75-84.

6.付録

6.1 発表論文別刷

(1)農業情報研究、12(4)、327-336、2003

農業情報研究12(4)、2003.327-336

原著論文

EDI のための植物生産における XML 情報交換規格の提案

星 岳彦¹⁾・鈴木隆文¹⁾・塩沢栄地¹⁾・亀岡孝治²⁾

¹⁾東海大学開発工学部生物工学科 〒410-0395 静岡県沼津市西野 317

²⁾三重大学生物資源学部資源循環学科 〒514-8507 三重県津市上浜町 1515

要旨

植物生産の情報化を進めるために、あるひとつの植物生産に関係するすべての情報を XML 形式に統一してひとつにまとめ、電子的に交換する EDI 化を検討し、規格化案の策定を行った。そして、東海大学で実施したホウレンソウ養液栽培・作分の植物生産情報のサンプル BIX-pp データを作成し、4 種の BIX-pp 対応アプリケーションプログラムを試作し、規格の検証を行った結果、当初の目的を達成することができた。また、植物生産情報に多い表計算ソフトウェアの CSV 形式から BIX-pp データに変換するレコードコンバータ、および、植物生産の属性情報(品種や生産施設など)を BIX-pp で記述するためのプロパティエディタのアプリケーションプログラム2種も開発した。BIX-pp の標準規格としての可能性を検証してもらい、幅広い分野での利用を検討してもらう目的で、サンプル BIX-pp データおよび BIX-pp 対応アプリケーションプログラムの実行ファイル等の最新情報をインターネットで公開した。

キーワード

事例ベース、生産解析、生産記録、データベース、トレーサビリティ、BIX

緒言

植物生産に関する情報には、品種・作付情報、生産施設情報、環境計測・制御情報、生産者情報、栽培管理・作業情報、画像・音声情報、成育・品質計測情報、生産量・出荷情報など、さまざまな種類がある。記録された情報の活用を図り、アプリケーションプログラムの開発を促進するためには、まず、情報の記録形式の規格化・標準化が必要である。一例として、施設園芸の環境計測制御システム情報の規格化(星ら 1999)や、気象情報のミドルウェアによる標準化(Laurenson *et al.* 2001)などの研究が行われてきた。

植物生産の情報化が進み、たとえば、モデルベースによる生育シミュレーション(後藤ら 2001)、位相事例ベースモデリングを使った収穫量予測モデル(Hoshi *et al.* 2000)など、多種多様な生産支援アプリケーションプログラムが開発されるようになってきた。これらのプログラムでは、環境や気象を記録した情報だけでなく、品種、作付、栽培管理、植物生育など、植物生産に

関係する各種の情報を横断的に処理する必要性が高くなっている。しかし、前述した各種情報の記録形式は、現在のところ相互にばらばらで統一性がなく、加えて、多くの場合、別々の場所やファイルに分離して記録されている。このままでは、植物生産に関する情報を統合して処理するアプリケーションプログラム開発を困難にし、また、過去の植物生産を事例ベースやデータベースに記録する場合にも支障が大きくなってしまう。

そこで、植物生産の情報化を進めるために、あるひとつの植物生産に関係するすべての情報を標準的な書式に統一して単一化し、電子的に交換する EDI (Electronic Data Interchange) 化(例えば、Kimberley 1991)を検討し、規格化案を策定した。そして4種類のアプリケーションプログラムを試作し規格の検証を行った結果、当初の目的を達成することができた。そこで、規格を公開し、標準規格としての可能性を検証してもらい、幅広い分野での利用を検討してもらう目的で、本論文で提案を行った。

EDI のための植物生産における XML 情報交換規格の提案

材料および方法

EDI 化のための書式として、インターネットを初めとする電子商取引等で急速な普及が進んでいる XML (eXtensible Markup Language の略, Consortium World Wide Web 2000)を採用した。生物に関する計測データの情報交換形式として、やはり XML の使用を提唱している BIX (Bio-Information eXchange の略, Kameoka *et al.* 2001)の考え方と同じ方向を示しているため、本規格を植物生産のための BIX のサブセットと位置づけ、BIX-pp (BIX for Plant Production)と命名した。BIX-pp で表現すべき情報の種類を整理し、DTD (Document Type Definition) よりも詳細な定義が可能なスキーマ言語である XML Schema 1.1 (Walsley 2001) を用いて記述することで定義した。そして、この定義を、URI (Uniform Resource Identifier) による一意な名前空間(ネームスペース)として、<http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XML.Schema> で表現した。

続いて、定義した BIX-pp の規格に従い、実際の植物生産情報を手作業で BIX-pp 化し、サンプル BIX-pp データを作成した。供試したのは、東海大学で実施したホウレンソウ養液栽培一作物分の植物生産情報で、生産者、品種、生産施設、栽培管理作業、環境計測、生育調査、生育画像の各データが含まれていた。そして、従来と変わらない情報表示等が可能かどうか検証するために4種の BIX-pp 対応アプリケーションプログラムを試作した。アプリケーションプログラムの開発には、Microsoft Visual Basic 6.0 および .Net (7.0) を使用した。試作したアプリケーションプログラムにサンプル BIX-pp データを適用して BIX-pp の規格を検証した。

多数の BIX-pp データを効率的に作成するために、データ変換用アプリケーションプログラム2種をさらに作成した。それらを使用して、サラダナ養液栽培1作の約40日分の生産データ、および、大規模トマト契約生産施設の1作約270日分の生産データを BIX-pp データに変換した。これら複数のデータソースを用いて、さらに詳細な規格の検証を行った。

結果および考察

BIX-pp規格

時間の経過とともに変化する植物生産情報を情報メディア(媒体)に表現し、利用するためには、媒体中での個々の情報の相対的位置関係が明確に規定できるインデックスが必要である。一定間隔で連続的に得られる情報である環境計測値などの場合は、ひとつ目のインデックスが気温や積算日射量などの項目であり、ふたつ目のインデックスが計測時刻の時系列である。二次元のインデックスを媒体の物理的な位置で示すには、それぞれのインデックスを行と列にした表に展開して表現するのが一般的である。したがって CSV(Comma Separated Values)形式などの表計算ソフトウェアで取り扱う形式で表現される場合が多い。この方式の欠点は、最も間隔の短い項目にあわせて時刻の分解能を設定しなければならないことである。播種や収穫など一回しか発生しないような作業情報や、生産者による写真撮影や病虫害発生など不定期に発生する情報を、この形式に統一化して扱うと、処理全体の負荷が大きくなり、固定長の場合は媒体の無駄スペースが極めて大きくなるなど、非効率である。

今回の規格化の目的は、多種多様な情報の統合である。この目的では、一項目の時系列情報トレンドを求めるためよりは、むしろ、ある時点での複数項目のそれぞれの情報を複合させたり、対比させたりするために規格で表現された情報を使うことが想定される。この目的においては、ひとつの項目の情報がいついつに得られているかという検索機能よりは、ある時に、何と何の項目の情報が得られているかの検索機能を優先した方がよい。そこで、媒体の物理的位置を示すインデックスに項目を使わずに、生産開始日からの相対日数(日数以下の単位は小数で表現)の時系列だけを使用し、XML タグを使った二次元の媒体上の表現にした。この表現方式はまた、一回限りや不定期に発生する情報を効率的に扱えた。この仕組みの概要を図1に示した。

現在提案している BIX-pp version 1.0 で記述できる情報の種類は、文字、数値、イベント、画像、

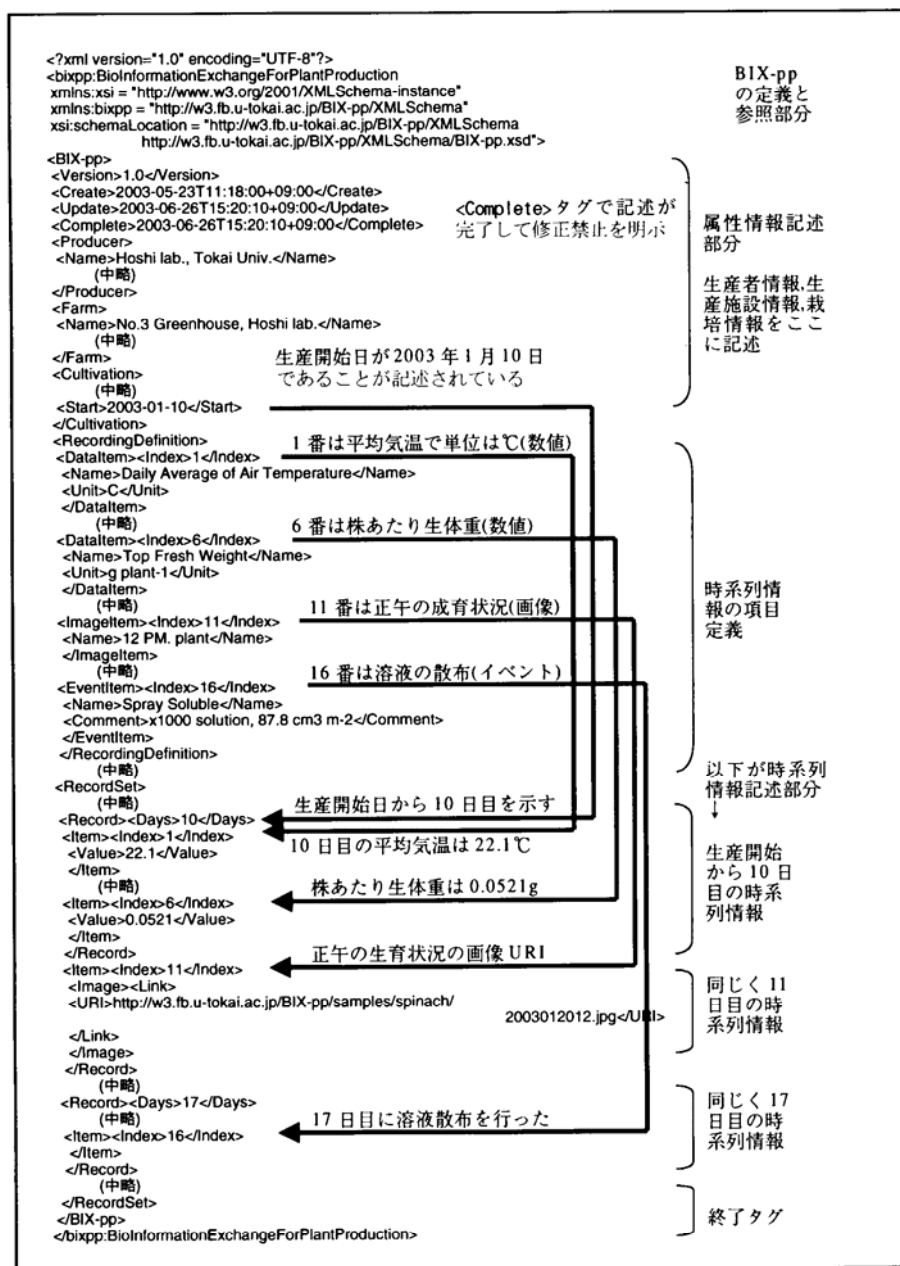


図1 BIX-ppにおける植物生産情報の記述サンプル

EDI のための植物生産における XML 情報交換規格の提案

音声とした。ひとつの BIX-pp は、1 回の植物生産の情報を表現することにした。そして、1 回の植物生産を通じて変わらない、品種、生産者、生産施設などの情報を属性情報として区分した。それらは、XML のタグで、生産者情報(Producer)、生産施設情報(Farm)、栽培情報(Cultivation)に分類して定義した。そして、時間の経過とともに変化する情報は、時系列情報として区分した。前述したとおり、項目の媒体の位置を示す物理的インデックスはないので、項目を検索するための論理的インデックスを、時系列情報定義(RecordDefinition)タグの中に定義することにし、実際の情報は、時系列情報(RecordSet)タグの中に記録するようにした。以上に基づいた BIX-pp version 1.0 の XML Schema 1.1 による定義は、付録に記載した。また、タグ使用のサンプルは図 1

に示した。

規格の検証

手作業によるハウレンソウ養液栽培のサンプル BIX-pp データの作成を行った結果、属性情報と時系列情報とに分ける点と、時系列情報を生産開始日からの相対日数で配置する点の BIX-pp 規格の特徴が良く機能し、26.1kB の XML ファイルで表現できた。表現した時系列情報は生産期間 42 日分の 9 種の数値情報、3 種の画像情報、5 種のイベント情報であった。

続いて、サンプル BIX-pp データでも、従来と変わらない情報表示等が可能かどうか確認するために、4 種の BIX-pp 対応アプリケーションプログラムを試作した。動作画面例を図 2 から図 5 に示した。図 2 は、属性情報を表示する情報

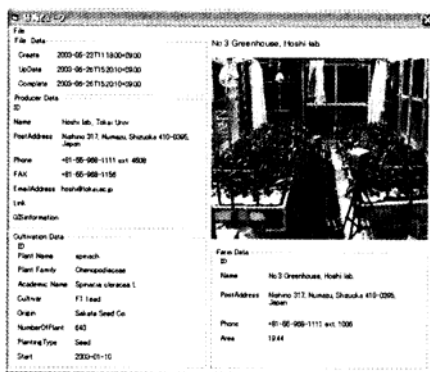


図2 情報ビューの動作画面例

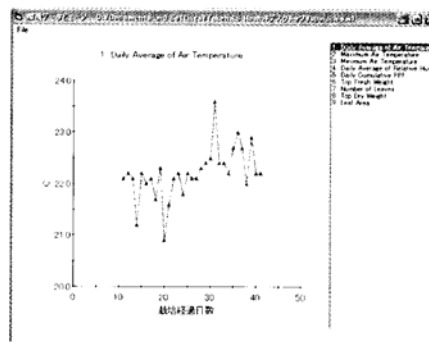


図3 環境データビューの動作画面例



図4 イメージビューの動作画面例

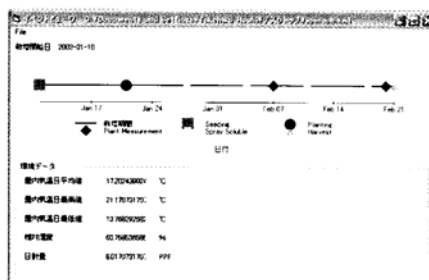


図5 イベントビューの動作画面例

農業情報研究12(4),2003.327-336

ビューワの動作画面である。生産施設の画像とともに、生産者、栽培施設、栽培の各情報が数値および文字で表示できた。図3は、時系列情報のトレンド表示を行う環境データビューワの動作画面である。日平均気温などの環境計測情報、生体重などの生育情報をトレンドグラフとして表示することができた。項目の物理的インデックス機能を制限した規格のため、この種のアプリケーションプログラムでの実行速度の低下が心配されたが、サンプル BIX-pp データ程度の容量であれば、ほぼ瞬時に表示することができた。図4は、画像情報を表示するイメージビューワの動作画面である。動画ファイルの表示アプリケーションプログラムとほぼ同様に、サンプル BIX-pp データに記録されている画像を 5 frame/s¹ 程度のコマ送りの動画としてスムーズに表示することができた。図5は、イベント情報を表示するためのイベントビューワの動作画面である。今回の生産を造型図に類似した形式で表現できた。このアプリケーションプログラムは、生産者のための生産記録表示用としても使用できる。BIX-pp の記述コードは Unicode (UTF-8) を用いたので、日本語や英語などの記述言語が変わっても同じプログラムで処理や表示が可能ながことが確かめられた。このように BIX-pp を用いるとローカライズも容易になり、国際的な規格として使う場合にも優位性が高い。

ハウレンソウ養液栽培のサンプル BIX-pp データは、手作業で作成したため、それほど大きな情報量にすることはできなかった。このため、十分な規格の検証ができていない。そこで、既存の植物生産情報を BIX-pp データに変換するために、植物生産情報に多い表計算ソフトウェアの CSV 形式から BIX-pp データに変換するレコードコンバータ、および、植物生産の属性情報(品種や生産施設など)を BIX-pp で記述するためのプロパティエディタのアプリケーションプログラム2種を開発した。これらの変換・記述用アプリケーションプログラムを用いて、サラダナ養液栽培1作の約40日分の生産データ、および、大規模トマト契約生産施設の1作約270日分の生産データを BIX-pp データに変換できた。さらに、ハウレンソウ養液栽培の場合と同様に、イメージビューワなどの各種アプリケーションプログラムが使用

可能であることを確かめた。これらの BIX-pp のファイルサイズは、それぞれ、48.5kB と、668.5kB になった。また、これらのサンプル BIX-pp データはインターネットの HTTP サーバや FTP サーバを介して、異なったパソコンで情報交換可能なことも確認した。

最近話題になっている、加工、流通、小売、消費における農産物のトレーサビリティシステム(例えば、杉山, 2001; 亀岡, 2002)においては、植物生産過程の情報をいかに収集・規格化するかが問題になっている。生産過程の全ての情報が規格化されて記述されている BIX-pp とそのアプリケーションソフトウェアを生産過程オブジェクトとしてトレーサビリティシステムで扱えるようにすれば、規格化の問題が解決できる。そして、生産施設において BIX-pp 形式で生産情報を収集するシステムが確立されれば、改めてトレーサビリティシステムで生産情報を収集する必要もなくなる。また、規格の基本技術は XML であるため、SOAP などの Web サービス技術(Newcomer 2002)などとも親和性が高く、植物生産システムが今後ユビキタスコンピューティング(Weiser 1993)化された場合のシステム内の分散的な情報交換規格としても有望である。

今後の展望

BIX-pp の標準規格としての可能性を検証してもらい、幅広い分野での利用を検討してもらう目的で、サンプル BIX-pp データおよび試作 BIX-pp 対応アプリケーションプログラムの実行ファイル等の最新情報を <http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp> で公開した。今後の改良点としては、生産ノウハウ保護のための暗号化、行列情報の記録形式の追加、URI のベース情報タグの追加などを検討している。利用者の意見を反映させ、より実用的な規格に改良するとともに、将来的にはオープンソースとして自由な参入・開発を可能にしていきたい。

本研究は、日本学術振興会の科学研究費補助金、基盤研究(C)(2)植物生産過程の EDI 化に関する研究(課題番号:14560220)の支援を受けて実施された。

EDI のための植物生産における XML 情報交換規格の提案

付録

XML Schema 1.1によるBIX-pp version 1.0の XML文書定義

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!-- Definition the BIX-pp schema (DTD) by XML schema 1.1 -->
<!-- BIX-pp is Bio-Information eXchange for Plant Production -->
<!-- Version 1.0 2003.5.22 Takehiko Hoshi (hoshi@tokai.ac.jp) -->
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  targetNamespace="http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/
XMLSchema"
  xmlns:bixpp="http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema">
  <!-- single elements -->
  <xsd:element name="Name" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="PostAddress" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Phone" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="FAX" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="EmailAddress" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Comment" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Area" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="NumberOfPlant" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Type" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Hex" type="xsd:hexBinary"/>
  <xsd:element name="Base64" type="xsd:base64Binary"/>
  <xsd:element name="AcademicName" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Family" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Origin" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="PlantingType" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Cultivar" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="ID" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Index" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Date" type="xsd:date"/>
  <xsd:element name="Time" type="xsd:time"/>
  <xsd:element name="Latitude" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Longitude" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Altitude" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Days" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Description" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Value" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Unit" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Version" type="xsd:float"/>
  <xsd:element name="Start" type="xsd:date"/>

  <!-- complex sub elements -->
  <xsd:element name="Link">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element ref="bixpp:Name" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        <xsd:element name="URI" type="xsd:anyURI"/>
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
```

```
<xsd:element name="Image">
  <xsd:complexType>
    <xsd:choice>
      <xsd:element ref="bixpp:Link"/>
      <xsd:element name="ImageHex">
        <xsd:complexType>
          <xsd:sequence>
            <xsd:element ref="bixpp:Type" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Hex"/>
          </xsd:sequence>
        </xsd:complexType>
      </xsd:element>
      <xsd:element name="ImageBase64">
        <xsd:complexType>
          <xsd:sequence>
            <xsd:element ref="bixpp:Type" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Base64"/>
          </xsd:sequence>
        </xsd:complexType>
      </xsd:element>
    </xsd:choice>
  </xsd:element>

  <xsd:element name="Sound">
    <xsd:complexType>
      <xsd:choice>
        <xsd:element ref="bixpp:Link"/>
        <xsd:element name="SoundHex">
          <xsd:complexType>
            <xsd:sequence>
              <xsd:element ref="bixpp:Type" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
              <xsd:element ref="bixpp:Hex"/>
            </xsd:sequence>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
        <xsd:element name="SoundBase64">
          <xsd:complexType>
            <xsd:sequence>
              <xsd:element ref="bixpp:Type" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
              <xsd:element ref="bixpp:Base64"/>
            </xsd:sequence>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
      </xsd:choice>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>

  <xsd:element name="GISinformation">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element ref="bixpp:Latitude"/>
        <xsd:element ref="bixpp:Longitude"/>
        <xsd:element ref="bixpp:Altitude"/>
      </xsd:sequence>
```

農業情報研究12(4),2003.327-336

```

</xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Plant">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:ID" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Family" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:AcademicName" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Cultivar" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Origin" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Link" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<!-- complex primally elements -->
<xsd:element name="Producer">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:ID" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:PostAddress"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Phone"/>
      <xsd:element ref="bixpp:FAX" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:EmailAddress" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Link" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:GISinformation" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Sound" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Farm">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:ID" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:PostAddress"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Phone"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Area"/>
      <xsd:element ref="bixpp:FAX" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:EmailAddress" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Link" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:GISinformation" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Cultivation">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:ID" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Plant"/>
      <xsd:element ref="bixpp:NumberOfPlant"/>
      <xsd:element ref="bixpp:PlantingType"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Start"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Link" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="RecordDefinition">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="DataItem" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded">
        <xsd:complexType>
          <xsd:sequence>
            <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Unit"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
          </xsd:sequence>
        </xsd:complexType>
      </xsd:element>
      <xsd:element name="ImageItem" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded">
        <xsd:complexType>
          <xsd:sequence>
            <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
          </xsd:sequence>
        </xsd:complexType>
      </xsd:element>
      <xsd:element name="SoundItem" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded">
        <xsd:complexType>
          <xsd:sequence>
            <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
          </xsd:sequence>
        </xsd:complexType>
      </xsd:element>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

```

333

EDI のための植物生産における XML 情報交換規格の提案

```

</xsd:complexType>
</xsd:element>
<xsd:element name="EventItem" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded">
<xsd:complexType>
<xsd:sequence>
<xsd:element ref="bixpp:Index"/>
<xsd:element ref="bixpp:Name"/>
<xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>

<!-- root object -->
<xsd:element name="BIX-pp">
<xsd:complexType>
<xsd:sequence>
<xsd:element ref="bixpp:Version"/>
<xsd:element name="Create" type="xsd:dateTime"/>
<xsd:element name="Update" type="xsd:dateTime"/>
<xsd:element name="Complete" type="xsd:dateTime" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
<xsd:element ref="bixpp:Producer"/>
<xsd:element ref="bixpp:Farm"/>
<xsd:element ref="bixpp:Cultivation"/>
<xsd:element ref="bixpp:RecordingDefinition" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
<xsd:element name="RecordSet" minOccurs="0" maxOccurs="1">
<xsd:complexType>
<xsd:sequence>
<xsd:element name="Record" minOccurs="1"
maxOccurs="unbounded">
<xsd:complexType>
<xsd:sequence>
<xsd:element ref="bixpp:days"/>
<xsd:element name="Item" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded">
<xsd:complexType>
<xsd:sequence>
<xsd:element ref="bixpp:Index"/>
<xsd:element ref="bixpp:Value" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
<xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
<xsd:element ref="bixpp:Sound" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>

```

```

</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>
</xsd:schema>

```

引用文献

- Consortium World Wide Web (2000) Extensible Markup Language Xml 1.0 Specifications, Iuniverse.Com, 1-164.
- 後藤英司・日阪 彰・蔵田憲次 (2001) WWW を利用した植物生育シミュレーション実行システムの開発, 農業環境工学関連4学会2001年合同大会講演要旨集, 178.
- 星 岳彦・布施順也・渡辺 勉ら (1999) 温室環境の遠隔制御・計測・解析用ソフトウェアの開発促進を目的とした環境計測制御システムにおける標準操作規約, 植物工場学会誌, 11(3): 157-164.
- Hoshi, T., T. Sasaki, H. Tsutsui, *et al.* (2000) A daily harvest prediction model of cherry tomatoes by mining from past averaging data and using topological case-based modeling, Computers and electronics in agriculture, 29: 149-160.
- Kameoka, T., M. Harada, A. Hashimoto, *et al.* (2001) Accurate sensing of bioinformation by optical method with multiband spectra and its structured data handling, Proceedings of 6th International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable production Engineering, Institut fur Agrartechnik Bornim e.V., Potsdam, 549-554.
- 亀岡孝治 (2002) 農産物のトレーサビリティと情報システムBIX, 農業および園芸, 78(1): 147-152.
- Kimberley, P. (1991) Electronic Data Interchange: A Review of the Current Status of Electronic Data Interchange Throughout the World and an Introduction to the Services (The McGraw-Hill Series on Computer Communications), McGraw Hill, 1-224.
- Laurenson, M.R., A. Otuka and S. Ninomiya (2001) Developing agricultural models using MetBroker mediation software, J. Agric. Meteorol. 58: 1-9.
- Newcomer, E. (2002) Understanding Web Services: XML, WSDL, SOAP, and UDDI, Addison Wesley Professional, 1-368.
- 杉山純一 (2001) 農産物流通におけるネット認証システム(VIPS)の開発, システム農学, 17(2): 102-109.
- Walmsley, P. (2001) Definitive XML Schema, Prentice Hall PTR, 1-560.
- Weiser, M. (1993) Some computer science issues in ubiquitous computing, Communications of the ACM, 36(7): 75-84.

受付日 2003 年 7 月 25 日

受理日 2003 年 11 月 17 日

Proposed XML-based Plant Production Information Exchange Standard for EDI

Takehiko Hoshi¹⁾, Takafumi Suzuki¹⁾, Eichi Shiozawa¹⁾
and Takaharu Kameoka²⁾

¹⁾*Department of Biological Science and Technology, School of High-Technology for Human
Welfare, Tokai University Nishino 317, Numazu, Shizuoka 410-0395, Japan*

²⁾*Department of Sustainable Resource Science, Faculty of Bioresources, Mie University
Kamihama-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan*

Summary

To advance the computerization of plant production, all information related to a plant production was unified as a standard XML document. The proposed standard was named BIX-pp. To evaluate it, a set of information related to hydroponics spinach production in one Tokai University greenhouse was converted into sample BIX-pp data, and four kinds of BIX-pp correspondence application programs were made. Evaluation results confirmed that BIX-pp is capable of unifying all plant production information. Moreover, two application programs were developed and tested: a record converter, for converting CSV files

into BIX-pp format; and a property editor, for editing the attribute information (cultivar, greenhouse, grower etc.) on plant production. To confirm the potential of BIX-pp, and to encourage its use by many people in more fields, the entire contents of the proposal were made available to the public at <http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp>.

Keywords

BIX, Casc-base, Database, Production analysis,
Production record and Traceability

(2) Proc. of International Workshop on Environmental Control and Structural Design for Protected Cultivation, 93-100, 2004

A Decentralized Control and Data Processing System Using Internet Technology for Greenhouse Environment Management

Takehiko Hoshi,¹ Yasumasa Hayashi,² Eichi Shiozawa,¹ Hiromi Uchino,¹ Takafumi Suzuki¹

¹Department of Biological Science and Technology, School of High Technology for Human Welfare, Tokai University, ²NI-Systems, Inc., Japan

Phone : +81-55-968-1111 FAX : +81-55-968-1156 E-mail : hoshi@tokai.ac.jp

Abstract

A decentralized control and data processing system using Internet technology was developed and tested for greenhouse environment management. Low-cost microcomputer boards were built into the environment control apparatus (heating and cooling, air temperature sensors, etc.). Established Internet protocols linked each apparatus together. The system was fully implemented for less than half the cost of a conventional computer automated system, and has so far proven to have a lower failure rate. Its design makes possible incremental upgrades according to evolving greenhouse specifications. We propose an XML encapsulation format called BIX-pp (Bio-information Exchange for Plant Production). BIX-pp integrates plant growth information, plant images, management and operation records, environmental, climate control and other data. BIX-pp information can be easily exchanged over the Internet, and should prove useful in plant production software applications.

Keywords: climate control, decentralized autonomous system, electronic data exchange, ubiquitous computing, XML

1. Introduction

Japanese greenhouse area reached about 530 km² in 1999 (Japanese Greenhouse Horticulture Association, 1999). To date, however, computerized environmental control systems are operational in only about one percent of the total greenhouse area. What accounts for this low adoption rate after 20 years of development? A major reason is that per-greenhouse floor area is comparatively small in Japan, making the cost of a conventional automated system high relative to the initial investment. This, coupled with the slow pace of software application development, has decreased the utility of replacing mechanical environment controls with automated controls.

Studies on decentralized environmental controls in transplant production systems have been underway for several years (Hoshi *et al.*, 1999 and 2002). The culmination of this research was the development of a low cost, highly efficient, decentralized protected horticulture control system using ubiquitous computer technologies and standardized Internet protocols (Weiser, 1993).

Plant production technology includes many fields, such as plant physiology, soil fertilizer science, cultivation science, civil engineering, architecture, agricultural machinery, robotics, control engineering, application metrology, economics, logistics, and human engineering. A wide range of information on many fields must be analyzed when automating the production process. Traditionally, this data has been managed and recorded separately, and has not been unified (Fig. 1).

A set of plant production data, including environmental measurement and control records, were integrated into an XML (eXtensible Markup Language) format with the goal of streamlining and enhancing plant production management software.

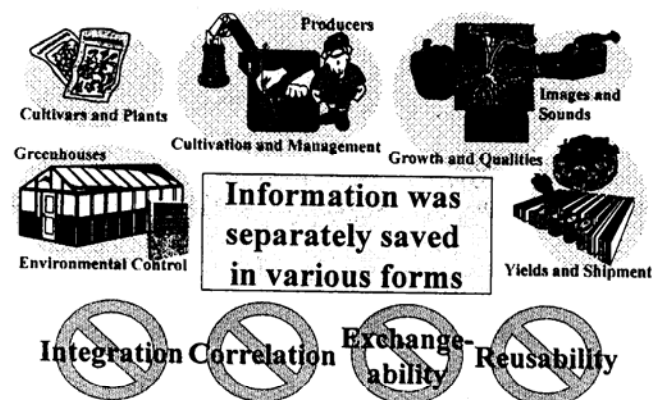


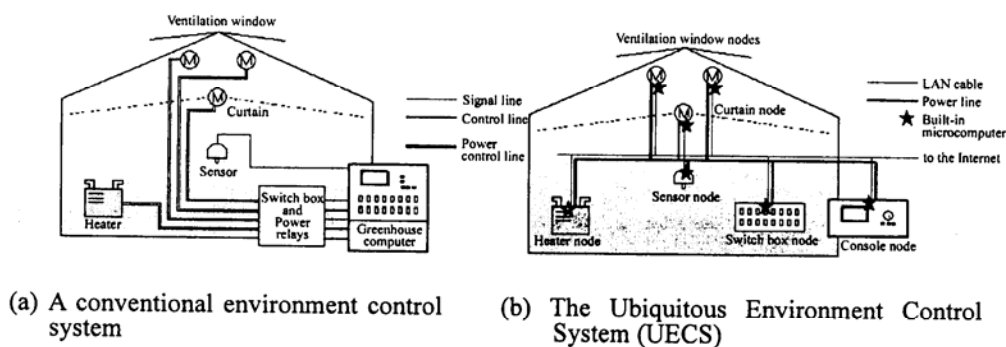
Fig. 1. The information-processing problem in plant production.

2. Systems and Methods

2-1. The Ubiquitous Environment Control System

In conventional automated environment control systems, a single computer handles all environmental measurements and controls (Fig. 2 (a)). Each environment control apparatus (heating and cooling, air temperature sensors, etc.) is wired separately for power and signal processing. If the number of apparatuses is increased, or their control methods made more complex, the time and labor required to develop and test the software will increase as well. Consequently, the initial cost of conventional automated systems can become prohibitive, making their adoption by small-scale greenhouses difficult.

Our approach begins with a low-cost microcomputer built into each environment control apparatus. The apparatus working with the microcomputer was called node. The nodes are connected using standard networking hardware and communication protocols (Fig. 2 (b)). Because we are using generic, off-the-shelf technology, we have termed it a "Ubiquitous Environment Control System" (UECS). By simplifying greenhouse wiring, and decentralizing command and control, UECS makes it easier to integrate each node with the application software.



(a) A conventional environment control system

(b) The Ubiquitous Environment Control System (UECS)

Fig. 2. Schematic diagrams for conventional and developed environmental control systems.

An H8/3069F (Renesas Technology Corporation) minicomputer (20 MHz 16-bit CPU, 512 KB ROM, 16 KB RAM) was chosen for the node controller. The H8/3069F includes a 10-bit, 8 channel ADC, an 8-bit, 2 channel DAC, and a 79-bit I/O port. An NE2000-compatible RTL8019AS network controller (Realtek Semiconductor Corporation) connected the nodes via Ethernet (IEEE 802.3) cable. The cost of a single UECS "node engine" was approximately \$50 US (Fig. 3). The network protocols used were TCP/IP and UDP/IP. An air temperature sensor node, a simple console node, and a ventilation window node were developed to test the performance of the UECS.

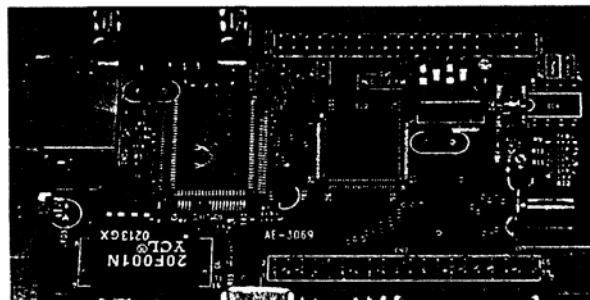
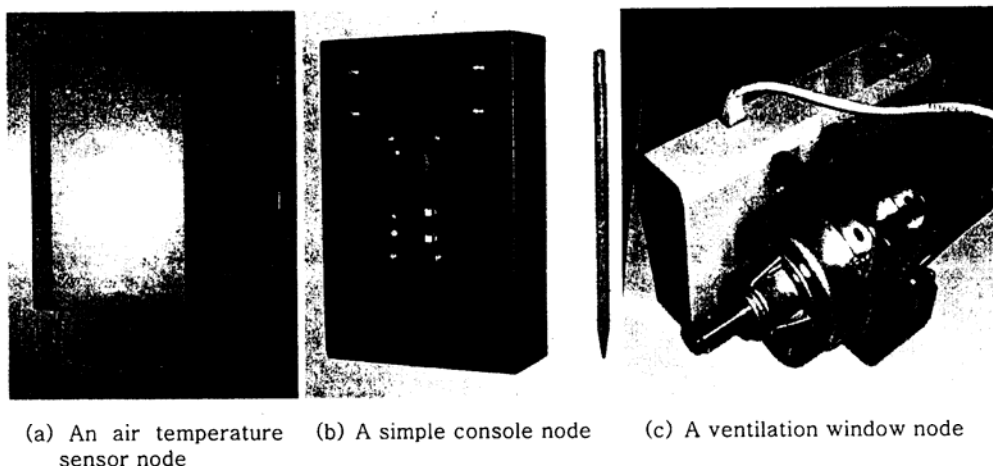


Fig. 3. The built-in microcomputer board (node engine) used in each node of the Ubiquitous Environment Control System (UECS).



(a) An air temperature sensor node (b) A simple console node (c) A ventilation window node

Fig. 4. Nodes used in the experimental trials.

2-2. Bio-Information Exchange for Plant Production

XML was adopted as an EDI (Electronic Data Interchange) format for encapsulating a set of plant production information. We regard it as a subset of the BIX (Bio-Information eXchange, Kameoka *et al.*, 2001) for plant production, and have termed it BIX-pp. BIX-pp is divided primary into property data and time-series data. The time-series data is further classified into numeric, event, image and sound data. The BIX-pp uses XML Schema 1.1 (Walmsley, 2001), a schema language for XML design (Hoshi *et al.*, 2003). The URI

(Uniform Resource Identifier) for this definition as the name space is posted at "http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema".

To test the BIX-pp, we developed twelve experimental application programs. An array of plant-producing information was described in the BIX-pp, which was then uploaded to the server computer. The application programs were run on the client computer, and the information was downloaded from the server. This experiment aimed to confirm that distributing a rich variety of plant production data was possible using the BIX-pp format.

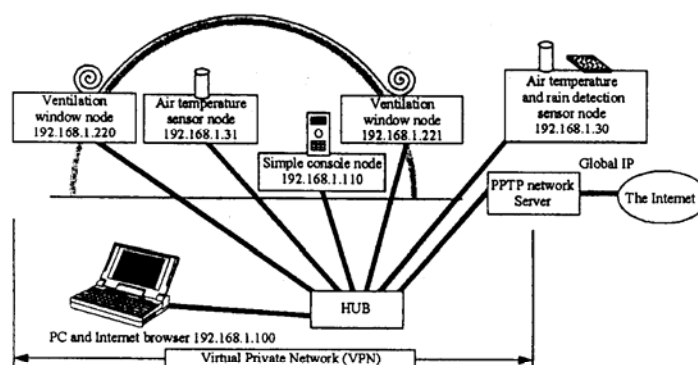


Fig. 5. UECS node installation in the test greenhouse.

```
<?xml version="1.0" ?>
<!DOCTYPE sensor (View Source for full doctype...)>
<sensor>
  <answer>
    <description>
      <address>192.168.1.31</address>
      <name>inside air temperature</name>
      <Index>0</Index>
    </description>
    <present>
      <value>23.5</value>
      <unit>C</unit>
    </present>
  </answer>
</sensor>
```

Fig. 6. Sample XML data from an air temperature sensor node.

3. Results and Discussions

3-1. UECS

The test nodes are shown in Fig. 4. Each node was assigned a private IP address and then installed in the test greenhouse (Fig. 5). Data was exchanged with the nodes in XML format (Fig. 6). Based on measurements taken by the air temperature sensor node and set-points

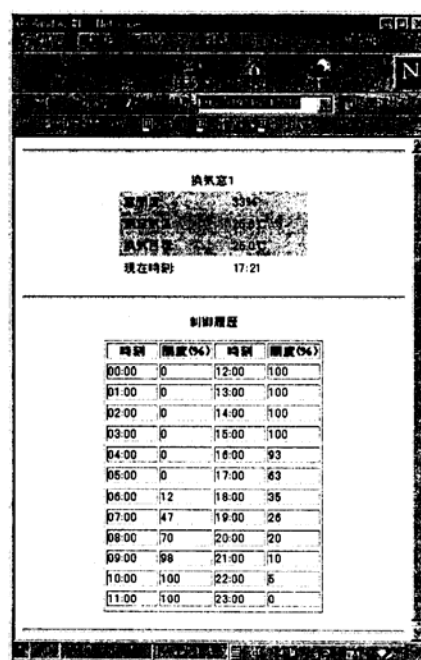


Fig. 7. Monitoring of a ventilation window node via Internet browser.

taken by the simple console node, each ventilation window node autonomously opened and closed in order to maintain inside air temperature. Configuring and monitoring each node was possible using an ordinary Internet browser, such as Microsoft Internet Explorer (Fig. 7). Proprietary software is not required to manage the UECS system.

Taking the cost of environmental control I/O interfaces into account, it is estimated that the manufacturing costs for each node would add from \$100 US to \$200 US to the cost of each apparatus. Preliminary calculations suggest that where a conventional control computer system would require an initial cost of approximately \$20,000 US, a greenhouse UECS could be deployed for less than half that amount, or around \$9,000 US.

The basic UECS concept has been submitted for patent (Japan Patent Office, 2004-34464). We anticipate financial support for the project from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Commercial production should begin by 2006.

3-2. BIX-pp

Plant producing data relevant to the hydroponics of leaf lettuces, spinaches and tomatoes were expressed in BIX-pp format for test purposes. Information on environmental measurements and controls, plant growth, plant images, working time and specifications of the production was then integrated into a single data format. The spinach-producing BIX-pp data is shown in Fig. 8.

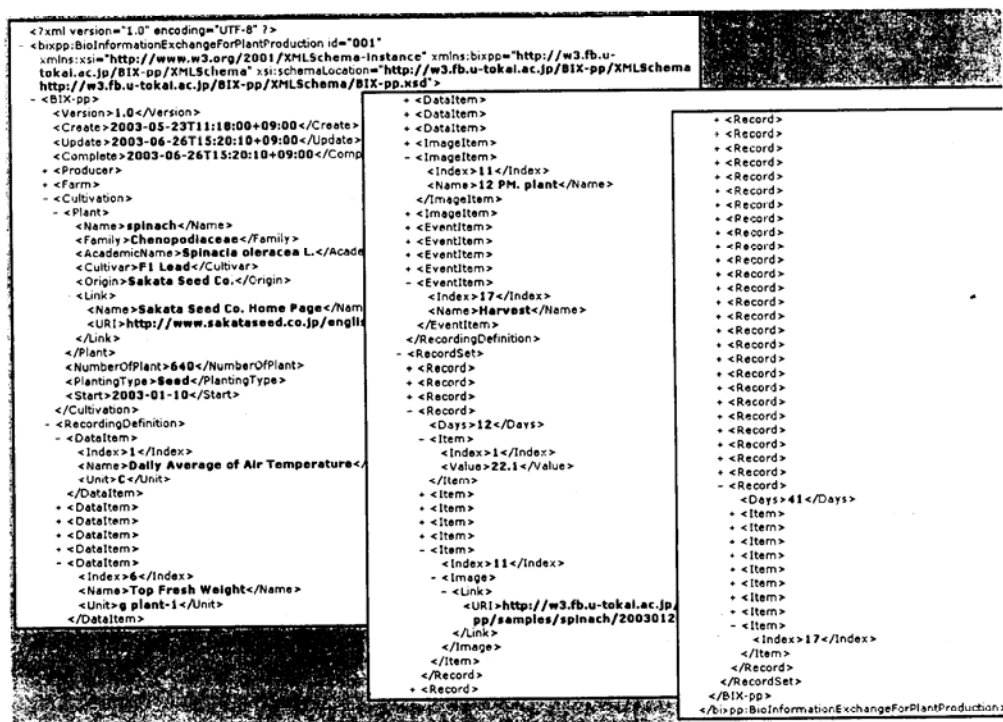


Fig. 8. A sample of spinach-producing information as expressed in the BIX-pp (a part).

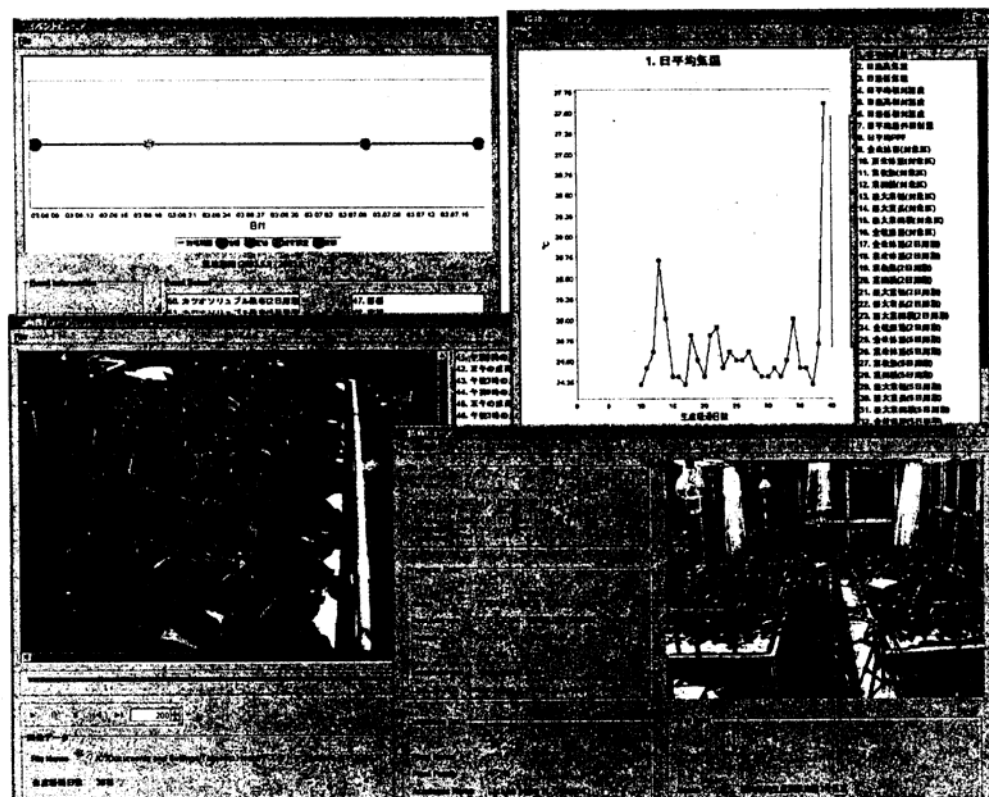


Fig. 9. Screen captures of four application programs loading the same BIX-pp sample file.

Fig. 9 illustrates the BIX-pp data as used by four different application programs. Plant-growth animations, air temperature trend graphs, production schedules and production specifications can be rendered from a single BIX-pp file. Fig. 10 is a screen capture of a production analysis based on the data mining and the TCBM (Topological Case-Based Modeling) technique (Hoshi *et al.*; 2000, Suzuki *et al.*, 2003).

The 3D-graph illustrates the effect of inside air temperature on daily tomato production. Generating the graph required a wide range of information, from environmental measurements to daily production and working hours. Yet the application program was able to generate it from a single BIX-pp file. We believe that adopting the BIX-pp as a standard data format would enhance the usefulness of plant production and management software application programs. The National Research Institute of Agricultural Engineering has initiated a project that adopts the BIX-pp as standard information exchange format in new systems development.

4. Conclusions

Using Internet and "ubiquitous computing" technology, a highly efficient greenhouse environment control system was developed with a low initial cost. The BIX-pp XML format promises to unify and encapsulate data related to plant production, and enable plant

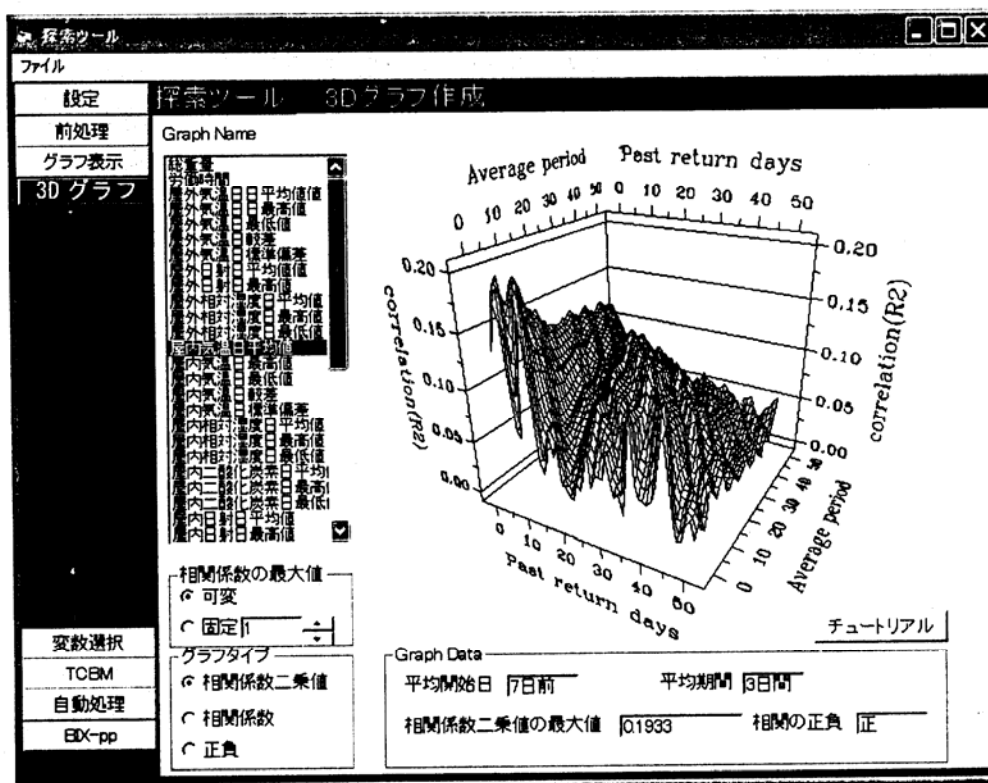


Fig. 10. A screen capture of a tomato fruit production analysis using the BIX-pp format.

production management software
applications to process and remotely analyze
horticultural

information over the Internet. These systems could play a major role in the further computerization and automation of protected horticulture installations. This research was carried out by grants-in-aid for scientific research ((C)(2) 14560220) from the Japan Society for the Promotion of Science.

References

- 1) T. Hoshi, Y. Hayashi, 1999: Support systems for large-scale transplant production. Proceedings of the Korea-Japan Joint Symposium on Transplant Production in Horticultural Plants, Chunbuk National University, pp. 61-79.
- 2) T. Hoshi, T. Sasaki, H. Tsutsui, T. Watanabe, F. Tagawa, 2000: A daily harvest prediction model of cherry tomatoes by mining from past averaging data and using topological case-based modeling. Computer and Electronics in Agriculture, 29, 149-160.
- 3) T. Hoshi, Y. Hayashi, S. Yokoi, T. Hasegawa, T. Kozai, 2002: An environmental control system based on the decentralized autonomous control (in Japanese with an English abstract), Journal of Society of High Technology in Agriculture, 14(3), 157-164.

- 4) T. Hoshi, T. Suzuki, E. Shiozawa, T. Kameoka, 2003: Proposed XML-based plant producing information exchange standard for EDI (in Japanese with an English abstract). *Agricultural Information Research*, 12(4), 327-336.
- 5) Japanese Greenhouse Horticulture Association, 1999: Report of installation of greenhouse for horticulture (in Japanese). pp. 79-101.
- 6) T. Kameoka, M. Harada, A. Hashimoto, *et al.*, 2001: Accurate sensing of bioinformation by optical method with multiband spectra and its structured data handling, *Proceedings of 6th International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable production Engineering*, Institut für Agrartechnik Bornim eV, Potsdam, pp. 549-554.
- 7) T. Suzuki, T. Hoshi, T. Watanabe, 2003: Development of computer program for identifying main factors influencing daily greenhouse production (in Japanese with an English abstract). *Agricultural Information Research*, 12(4), 307-314.
- 8) P. Walmsley, 2001: *Definitive XML Schema*, Prentice Hall PTR.
- 9) M. Weiser, 1993: Some computer science issues in ubiquitous computing, *Communications of the ACM*, 36(7), 75-84.

(3)農業環境工学関連 5 学会 2003 合同大会講演要旨、p.281、2003

E515

農業環境工学関連 5 学会2003年合同大会

XML による植物栽培情報の EDI 化

○星 岳彦・鈴木 隆文(東海大開発工)

[はじめに]植物栽培に関する情報には、品種・作付情報、生産施設情報、環境計測・制御情報、生産者情報、栽培管理・作業情報、画像・音声情報、成育・品質計測情報、生産量・出荷情報など、さまざまな種類がある。植物の生産過程の情報化やトレーサビリティ向上のためには、これら多種多様な情報を分野横断的に処理していかなければならない。しかし、これらの情報の記録形式は様々であり、加えて、別々の場所やファイルとして記録されており、そのような活用を困難にしている。そこで、植物生産の情報化を進めるために、植物栽培情報を標準的な書式に統一して、電子的に交換する EDI (Electronic Data Interchange) 化の検討を行い、標準規格としての提案を行う。

[材料および方法]EDI 化のための書式として、インターネットを初めとする電子商取引等で急速な普及が進んでいる XML (eXtensible Markup Language) を採用した。生物情報交換の形式として、やはり XML の使用を提唱している BIX (Bio-Information eXchange, Kameoka *et al.*, 2001) の考え方と同じ方向を示しているため、本 EDI 化規格を植物生産のための BIX とし、BIX-pp と名づけた。BIX-pp で表現すべき情報の種類を整理し、XML の詳細な DTD (Document Type Definition) 記法である XML Schema 1.1 (W3C, 2001 (<http://www.w3.org/XML/Schema>)) を用いて記述することによって定義した。これを一意の URI (Uniform Resource Identifier) による名前空間 (ネームスペース) として、<http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema> で表現した。定義した BIX-pp の規格に従い、実際の植物生産情報を手作業で BIX-pp 化した。その情報を使用して、いくつかの BIX-pp 対応アプリケーションソフトウェアを開発し、BIX-pp の規格を検証し、有用性を評価した。アプリケーションソフトウェアの開発には、Microsoft Visual Basic 6.0 と .Net を使用した。

[結果および考察]現在提案している BIX-pp version 1.0 では、植物生産に関する情報を、生産者情報 (Producer)、生産施設情報 (Farm)、栽培情報 (Cultivation)、時系列情報定義 (RecordDefinition)、時系列情報 (RecordSet) に分類して記述することにした。記述できる情報の種類は、文字、単位付数値、イベント、画像、音声とした。ほとんどの情報は、生産開始日を 0 とした相対日数で配置することによって、うまく表現できた。BIX-pp の XML Schema 1.1 による記述の一部を図 1 に示した。続いて、ハウレンソウの養液栽培による植物生産情報を BIX-pp で表現した。そして、その情報を扱うためのアプリケーションソフトウェアとして、イメージビューワ (図 2)、データビューワ、イベントビューワ (図 3)、情報ビューワを試作した。BIX-pp を使うと、生産時の植物生育を動画にしたり、生産時の環境データをトレンドグラフにしたり、作業記録を作型図のように表記することが、一つの BIX-pp ファイル名を指定するだけで容易に行えた。BIX-pp の記述コードに Unicode を用いると、日本語や英語などの記述言語が変わっても一種類のソフトウェアで全て処理や表示が可能なることも確かめられた。表計算形式の植物生産データが多いことから、CSV (Comma Separated Values) 形式から、BIX-pp に変換するアプリケーションソフトウェア、および、植物生産の諸元情報 (品種や生産施設など) を BIX-pp で記述するための編集用アプリケーションソフトウェアの開発も行った。これらによって、すでにある植物生産情報も、それほど人手をかけずに BIX-pp に変換可能になった。これらのソフトウェアは、現在 Microsoft Windows 用だけであるが、より多くの OS で動作可能な Java 版の開発にも着手したい。BIX-pp 規格文書や開発したアプリケーションソフトウェアは、<http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/bix-pp/> で公開しており、ここから最新情報を入手することが可能である。今後は、規格への参入者を募り、より実用的な規格に改良していきたいと考える。本研究は、日本学術振興会の科学研究費補助金、基盤研究 (C) (2) 植物生産過程の EDI 化に関する研究 (課題番号: 14560220) の支援を受けて実施された。

[引用文献] Kameoka, T. *et al.*, 2001: Accurate sensing of bioinformation by optical method with multiband spectra and its structured data handling. Proceedings of 6th International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable production Engineering, Institut fur Agrartechnik Bornim e.V., Potsdam, pp. 549-554

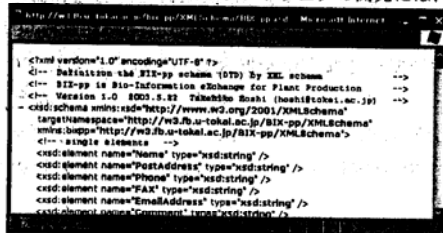


図 1 BIX-pp の XML Schema 1.1 による記述の一部

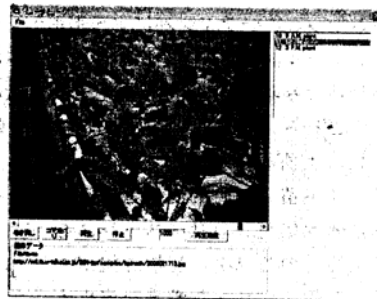


図 2 イメージビューワの動作例

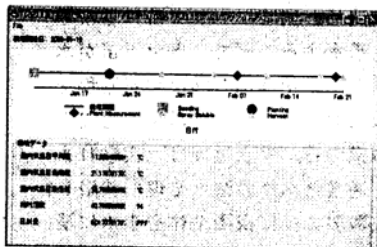


図 3 イベントビューワの動作例

(4)農業環境工学関連 4 学会 2004 合同大会講演要旨、p.133、2004

農業環境工学関連 4 学会2004年合同大会

C401

植物生産情報を統合処理・表示するBIX-pp用プログラムの開発

塩沢 栄地(東海大院開発工)・星 岳彦(東海大開発工)

[はじめに] 植物生産情報を交換するための規格であるBIX-pp(星ほか, 2003)を提案した。BIX-ppファイルには、画像、環境、栽培管理作業など、一作の植物生産を網羅する情報が規格化されて記録されている。そこで、ビデオテープに記録した動画をビデオデッキで任意に再生できるのと同様の機能を持つ、過去の植物生産の再生ソフトウェア(以下BixCompositeと呼ぶ)を開発した。ここでは、BixCompositeの開発結果と動作試験の結果を報告する。

[方法] 時系列で記録されている各種の情報を、日時をキーに関連付けて再生する機能を有するソフトウェアとして、BixCompositeを設計した。Java 2 SDK, Standard Edition ver 1.4.2_04を、開発に使用した。また、XMLをJavaクラスにバインドするためにCastor 0.9.5.3を、グラフ表示を行うためにJFreeChart 0.9.18、JCommon 0.9.3を、XMLの解析にXerces2 Java Parser 2.6.2を、クラスライブラリとして使用した。そして、Windows XPで動作するコンピュータで動作試験した。

(1) サラダナ養液栽培(40日間)、(2) ホウレンソウ養液栽培(42日間)、(3) トマトのハウス長段取り生産(261日間)、の3種類の実際の植物生産をBIX-pp形式で記録したファイルを、動作試験のために使用した。

[結果及び考察] 開発したBixCompositeは、285kBの実行形式JARファイルになった。必要なクラスライブラリを合計すると、約4.5MBのディスクスペースを要した。Windows系のOSでのみ動作確認したが、Java VMをコンピュータにインストールすれば、MacOS、unix系のOSを搭載した各種コンピュータにおいても、Java言語だけで開発されたBixCompositeは当然動作可能であると考えられる。動作試験の結果、画像・環境・生育計測、生産管理作業の各情報を、BIX-ppファイルから読み込んで処理できた(図1)。グラフ中(図1(d)及び(e))の任意の点のクリックや、スライドバー(図1(c))の操作で、各表示を、指定した日時のものに切り替え可能にした。また、

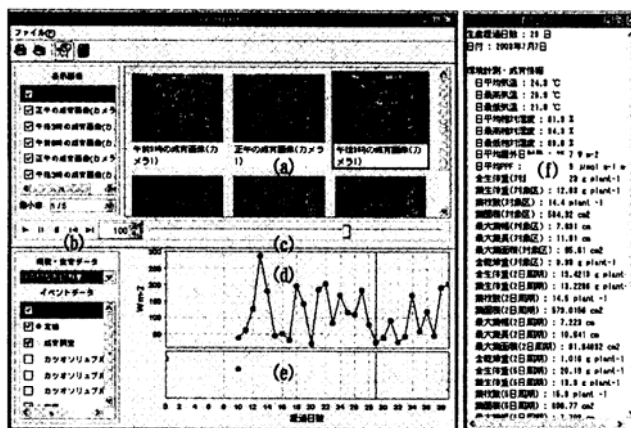


図1 BixCompositeの動作画面例

(a) 指定した日時の任意の画像を表示する領域 (b) 動画操作ボタン類 (c) 日時を指定するスライドバー (d) 任意の環境・生育計測情報を時系列に沿って表すグラフ (e) 任意の生産管理作業情報を時系列に沿って表すグラフ (f) 指定した日時の環境・生育計測情報、生産管理作業情報の詳細を全て表示するウィンドウ

図1(b)の再生ボタンをクリックすると、日時が一定スピードで進み、画像が動画表示され、再生時点を示すグラフの赤色垂直線も移動するようにした。これらの機能によって、過去の生産を臨場感高く再生でき、画像を見て植物の育成に異常を感じた場合、その日の環境計測情報や栽培作業情報などを即座に確認できた。さらに、その画像のクリックで、画像が別ウィンドウにスナップショット表示されるようにしたので、異なった日時の生育の様子を比較できるようになった(図2)。BixCompositeは、BIX-ppで記録した植物生産をパソコンに再現し、生産者が過去の生産を詳細に検証したり、各種の情報を関連させて調べたりすることを可能にした。また、BIX-ppの持つ、インターネットとの親和性の高さや、規格化できるという特徴を利用することによって、インターネットを通じて各所に記録されている、異なる生産施設における植物生産情報を、同じソフトウェアで処理したり比較したりすることも可能にした。今後も各種のソフトウェア開発を通じて、BIX-ppの有用性を高めたいと考える。

[引用文献] 星ほか, 2003: EDIのための植物生産におけるXML情報交換規格の提案, 農業情報研究, 12(4), 327-336.

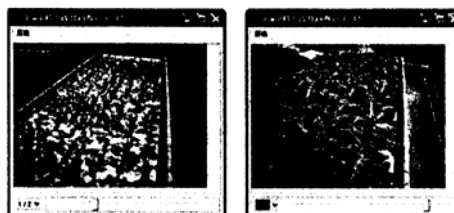


図2 二つの日時の画像で生育の様子を比較した例
注) 図では生産開始から17日目と34日目のサラダナの画像を比較

(5) 農業環境工学関連 4 学会 2004 合同大会、p.141、2004

農業環境工学関連 4 学会 2004 年合同大会

C409

植物生産履歴情報の統合化規格 BIX-pp 改良版の策定

○星 岳彦(東海大開発工)・塩沢 栄地(東海大院開発工)

[はじめに] 植物生産に関する生物情報交換規格(BIX-pp version 1.0、星ほか、2003)を提案した。これは、一作の植物生産に関する全ての情報(生産者、施設、生産植物、管理作業、環境、植物生育など)をひとつの XML 形式ファイルに統合し、規格化された記録形式によって、生産解析、意思決定支援、生産記録などのアプリケーションプログラムでの効率的な利用を図ることを目的としている。規格といくつかの対応アプリケーションプログラムを公開(<http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/bix-pp/index-j.htm>)してから約 1 年が経過し、いくつかの意見が寄せられた。また、食品のトレーサビリティ確保システムにおける生産履歴情報の入力形式として BIX-pp を使用できるという提案も寄せられた。そこで、これらの意見を取り入れて、BIX-pp の規格を改訂したことについて報告する。

[改訂規格の概要] 規格は、次の 4 点について検討し、BIX-pp version 2.0 として改訂作業を行った。(1) 生産植物の複数記述: ひとつの BIX-pp ファイルには、生産者に関する情報、生産施設・圃場に関する情報、生産植物に関する情報を各 1 組ずつしか記述できなかった。しかし、花卉の生産などの場合では、花色の異なる複数の品種を 1 作で生産することがあり、品種が異なるだけの理由で、複数の BIX-pp ファイルを作成しなくてはならないのは使い勝手が悪い。そこで、複数の生産植物に関する情報を記述できるように、XML Schema の規格定義を修正した。(2) 多次元ベクトル値: 時系列データでは、スカラー値だけしか記述できなかった。気温や生体重量などの記述には十分であるが、これを多次元のベクトル値が記述できるように改訂することによって、ある時点の葉面の反射スペクトル、群落における各個体の成育データなどの経時変化を記録できるようにした。(3) 信用情報の付加: 生産履歴情報として扱うと、農業散布回数などの記述が、取引価格や収益に、また、生産物の安全性や信用に、大きな影響を与える。そこで、記述情報の正当性の評価が重要になる。盗聴、なりすまし、改ざん、しらばくれ、というセキュリティ上の問題点に対処するために、適する暗号化および署名方式について検討した。(4) XML Schema の規格定義記述の検証: XML Schema による BIX-pp の規格の記述について、version 1.0 の提案時点では、低価格で使用できる検証用ツールが入手不能だった。しかし、ValidateXML1.0 という DTD または XML Schema に従って XML 文書の妥当性(validation)を検証し、さらに、名前空間と、属性値や要素の内容を確認できるツールが最近使用できるようになったので、BIX-pp 規格に基づいた XML 文書を作成し、その妥当性を確認することによって、逆に XML Schema による規格定義記述を検証した。

[結果および考察] (1)XML Schema の"maxOccurs="unbounded""属性を用いて、生産植物の複数記述を可能にした。(2)"VectorItem"および"Vector"タグを設けて、内容の定義とデータの記述を可能にした。(3)盗聴となりすましには、BIX-pp ファイルを HTTPS サーバの SSL プロトコルにより交換することで、暗号化と X.509 証明書による認証が実現し、解決可能であった。一方、改ざんとしらばくれには、W3C 勧告の XML-Signature Syntax and Processing (RFC3275)に準拠した電子署名で対応した。規格を実装した IBM XSS4J(90 日間無償、\$1000)の XML-Signature Implementation を用いて、BIX-pp ファイルに署名し、その効果を確認した。BIX-pp ファイルの作成者は X.509 証明書で正当性が認証でき、また、署名後に内容変更すると改変が検出できた(図 1)。(4)ValidateXML1.0 の検証の結果、BIX-pp version 1.0 の XML Schema による規格定義には、十数か所の誤りが指摘された。これらを修正し、version 2.0 では作成した XML 文書の妥当性を検証できた(図 2)。最新の BIX-pp 規格は上述の URI にて公開されている。今回の改訂で、BIX-pp をトレーサビリティシステムの生産履歴情報の入力形式として利用できる性能を備えることができた。今後は、本規格に興味を持つ組織と共同して、アプリケーションプログラムの開発を行いたい。

[引用文献]星ほか、2003: EDI のための植物生産における XML 情報交換規格の提案、農業情報研究、12(4)、327-336。



(a) 電子署名が正当な場合



(b) 改ざんがあった場合



(c) にせの署名の場合

図 1 電子署名の結果例



図 2 ホウレンソウ生産の BIX-pp ファイルの妥当性検証例

6.2 BIX-pp version 2.0 の仕様

(1) XML Schema 1.1 による定義(最新版 version 2.1)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<!-- Definition the BIX-pp schema (DTD) by XML schema -->
<!-- BIX-pp is Bio-Information eXchange for Plant Production -->
<!-- Version 2.1 2005.3.16 Takehiko Hoshi (hoshi@tokai.ac.jp) -->

<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  targetNamespace="http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema"
  xmlns:bixpp="http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema">

  <!-- commonly single elements -->

  <xsd:element name="AcademicName" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Altitude" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Area" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Base64" type="xsd:base64Binary"/>
  <xsd:element name="Comment" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Complete" type="xsd:dateTime"/>
  <xsd:element name="Create" type="xsd:dateTime"/>
  <xsd:element name="Cultivar" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Days" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="EmailAddress" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Family" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="FAX" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Hex" type="xsd:hexBinary"/>
  <xsd:element name="ID" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Index" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Latitude" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Longitude" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Name" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="NumberOfDimension" type="xsd:integer"/>
  <xsd:element name="NumberOfItem" type="xsd:integer"/>
  <xsd:element name="NumberOfPlant" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Origin" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Phone" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="PlantingType" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="PostAddress" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="RecordFormat" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Set" type="bixpp:listOfDouble"/>
  <xsd:element name="Start" type="xsd:date"/>
  <xsd:element name="Unit" type="xsd:string"/>
  <xsd:element name="Update" type="xsd:dateTime"/>
  <xsd:element name="URI" type="xsd:anyURI"/>
  <xsd:element name="Value" type="xsd:double"/>
  <xsd:element name="Version" type="bixpp:versionNo"/>

  <!-- type definition -->

  <xsd:simpleType name="versionNo">
    <xsd:restriction base="xsd:float">
      <xsd:minInclusive value="2.0"/>
      <xsd:maxInclusive value="2.9"/>
    </xsd:restriction>
  </xsd:simpleType>
```

```

<xsd:simpleType name="listOfDouble">
  <xsd:list itemType="xsd:double"/>
</xsd:simpleType>

<!-- complex sub elements -->

<xsd:element name="Link">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Name" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:URI"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="DimensionalDescription">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Unit"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Vector">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:NumberOfItem"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Set" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="HexHeader">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Name" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:RecordFormat"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Hex"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Base64Header">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Name" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:RecordFormat"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Base64"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Image">
  <xsd:complexType>
    <xsd:choice>
      <xsd:element ref="bixpp:Link"/>
      <xsd:element ref="bixpp:HexHeader"/>
    </xsd:choice>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

```

```

        <xsd:element ref="bixpp:Base64Header"/>
    </xsd:choice>
</xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Sound">
    <xsd:complexType>
        <xsd:choice>
            <xsd:element ref="bixpp:Link"/>
            <xsd:element ref="bixpp:HexHeader"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Base64Header"/>
        </xsd:choice>
    </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="GISinformation">
    <xsd:complexType>
        <xsd:sequence>
            <xsd:element ref="bixpp:Latitude"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Longitude"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Altitude"/>
        </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Plant">
    <xsd:complexType>
        <xsd:sequence>
            <xsd:element ref="bixpp:ID" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Family" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:AcademicName" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Cultivar" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Origin" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Link" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
</xsd:element>

<!-- complex primally elements -->

<xsd:element name="Producer">
    <xsd:complexType>
        <xsd:sequence>
            <xsd:element ref="bixpp:ID" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
            <xsd:element ref="bixpp:PostAddress"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Phone"/>
            <xsd:element ref="bixpp:FAX" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:EmailAddress" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Link" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:GISinformation" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Sound" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
        </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>

```

```

</xsd:element>

<xsd:element name="Farm">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:ID" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:PostAddress"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Phone"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Area"/>
      <xsd:element ref="bixpp:FAX" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:EmailAddress" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Link" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:GISinformation" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Cultivation">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:ID" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Plant"/>
      <xsd:element ref="bixpp:NumberOfPlant"/>
      <xsd:element ref="bixpp:PlantingType"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Link" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Image" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="DataItem">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Unit"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="VectorItem">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:NumberOfDimension"/>
      <xsd:element ref="bixpp:DimensionalDescription" minOccurs="1"
maxOccurs="unbounded"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="ImageItem">

```

```

<xsd:complexType>
  <xsd:sequence>
    <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
    <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
    <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="SoundItem">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="EventItem">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Name"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Comment" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="RecordingDefinition">
  <xsd:complexType>
    <xsd:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
      <xsd:element ref="bixpp:DataItem"/>
      <xsd:element ref="bixpp:VectorItem"/>
      <xsd:element ref="bixpp:ImageItem"/>
      <xsd:element ref="bixpp:SoundItem"/>
      <xsd:element ref="bixpp:EventItem"/>
    </xsd:choice>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Item">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Index"/>
      <xsd:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
        <xsd:element ref="bixpp:Value"/>
        <xsd:element ref="bixpp:Vector"/>
        <xsd:element ref="bixpp:Image"/>
        <xsd:element ref="bixpp:Sound"/>
      </xsd:choice>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="Record">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Days"/>

```



```

    <xsd:element ref="bixpp:Item" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>

<xsd:element name="RecordSet">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Record" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

<!-- root object -->

<xsd:element name="BIX-pp">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="bixpp:Version"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Create"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Update"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Complete" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Producer"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Farm"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Cultivation" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
      <xsd:element ref="bixpp:Start"/>
      <xsd:element ref="bixpp:RecordingDefinition" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="bixpp:RecordSet" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>

</xsd:schema>

```

(2) 具体的記述方法(英文)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<!-- BIX-pp is Bio-Information eXchange for Plant Production -->
<!-- An example of the BIX-pp format file for version 2.0 -->
<!-- This sample file helps how to describe your plant production record. -->
<!-- Produced by Takehiko Hoshi (hoshi@tokai.ac.jp) 2004.10.05 -->

<!-- This is an usual format of the header tag of BIX-pp. -->
<!-- You should place the idiom as it is. -->
<BIX-pp xmlns = "http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema"
  xmlns:xsi = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation = "http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema
  http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/BIX-pp/XMLSchema/BIX-pp.xsd">

  <!-- Dscribe the version number (This version is 2.0). -->
  <Version>2.0</Version>

  <!-- *** This part shows attributes on this plant production *** -->

  <!-- Time stamps of the file are placed these tags. -->
  <!-- The date of the file creation. -->
  <Create>2003-05-23T11:18:00+09:00</Create>
  <!-- The latest date of the file updated. -->
  <Update>2003-06-26T15:20:10+09:00</Update>
  <!-- The date of the file complted. The Complete tag is optional. -->
  <!-- If you placed the complete tag, do not change contents of the file. -->
  <Complete>2003-06-26T15:20:10+09:00</Complete>

  <!-- Producer's specifications are described in this section. -->
  <Producer>
    <!-- ID code (optional) -->
    <ID>A12345</ID>
    <Name>John Smith</Name>
    <PostAddress>Fuji 1-1, Geisha-cho, Tokyo 123-4567, Japan</PostAddress>
    <Phone>+81-123-456-7890</Phone>
    <!-- Tags from FAX to Comment are optional. -->
    <FAX>+81-123-456-0987</FAX>
    <EmailAddress>producer@aaa.bbb.jp</EmailAddress>
    <Link>
      <!-- Name tag is optional in the Link tag. -->
      <Name>My home page</Name>
      <URI>http://www.aaa.bbb.jp/home.htm</URI>
    </Link>
    <GISinformation>
      <!-- North is plus, and South is minus. Unit: degree -->
      <Latitude>+35.1234</Latitude>
      <!-- East is plus, and West is minus. Unit: degree -->
      <Longitude>+135.1234</Longitude>
      <!-- Unit: meter -->
      <Altitude>+5.3</Altitude>
    </GISinformation>
    <!-- The Image tag is used for producer's face picture etc. -->
    <Image>
      <!-- You can choose a format in three types, Link, Hex, and Base64. -->
      <!-- In this case, the Link type is used. -->
      <Link>
```


C7C8C9CAD2D3D4D5D6D7D8D9DAE1E2E3E4E5E6E7E8E9EAF1F2F3F4F5F6F7F8F9FAFFC4001F010003
01010101010101010101000000000000102030405060708090A0BFFC400B511000201020404030407
05040400010277000102031104052131061241510761711322328108144291A1B1C109233352F015
6272D10A162434E125F11718191A262728292A35363738393A434445464748494A53545556575859
5A636465666768696A737475767778797A82838485868788898A92939495969798999AA2A3A4A5A6
A7A8A9AAB2B3B4B5B6B7B8B9BAC2C3C4C5C6C7C8C9CAD2D3D4D5D6D7D8D9DAE2E3E4E5E6E7E8E9EA
F2F3F4F5F6F7F8F9FAFFDA000C03010002110311003F0075C5C4FACDD2A9DE91E3800E2A95C58CD6
5202482011819A92D5E5B2BC2A599E30701AAE6A3750C90B045C9C75EF5E773352B14EE5B99F4E82
C565798895801B43715560B271B1A19096639C93902B99683736F93713D813902BA7D20CB3F9508F
BB100588ED57C8DFC20AECDC847361DB781F789E84D5D482258586D007278AAD2380401D074F5
353A30742A46430C119C56FF0054BAD1EA5B868719797662BB90412B82AC4021AB46DFC4A51511B3
C0E4B55C97C3562ECD243E646E72705B2A7F3AE72EF4E9E1BEF21D0E49E081C1A2742CB521A68DB8
352D4753674876A4638DFDEAB5DE997C0E66265039DDDEB574C8069F60EE417DBC0B1C9ACCD4BC42
D2C2C968A46460B1ED58C534F4426B42A457E2DE230C2A3703C9239AB307882EA174538653C6076A
C7B0B6BA99A49A342C4F070339ABFF00D957B6D10BA9E221791B4F5A7271BD8123467F114AB26048
07B515CE5C33194E460FA1145354A22B9D510BB47CA31D3A5453D924E98C6C27804573EBAB5E4ACB
1A11B98800015D9CF18302444F2AA0161D6A21869C93771A4D9C75CDACEB71159052F348E02B0E86
BB2B6B68F4FB410A727AB31EA4FAD50D3AD2686EA4B8BA749368DB130183CF5AB8F28624935DF461
C91D773684592CD1A0507792C46700528708B9270076F5A81E5552A5B9E053AE549382DCF6AD0DB9
6D6B962198B16CF193D29D2C2973B43AE4A9C839C1159D14A41E390A7E6F6A7ADDF94B27CDF3062A
2AB46B5349524D686904541B3680A3A015933E95119D884408C09E0608AB36D3166E7939E49AB529
06324E07BFA5454A6A70B239A5068E69AFE4D0AE5515004273823AD4F27894DF4B145E580A5866B2
B5B7BDBDD47C9940CC5C020706B2D8B42DCB6181EA2B83D95F7DCC5BE874BAA2DB35E12368C81C51
5CBB49248DB8BB13F5A29AA33EE2BA26D35D61D4EDA56195590122BBC94706BCE5588E7D0E6BD0CB
EFB58DBD541AEEA5B0459197021EBC82462AB1908527D69F862E500C961902A9C8C5655423077004
5393D0EEA5668998C9A9C70750A413F8568DC90324F5AAC102EA4660325940E3B54B34887827247
6152932EA34EC44712C6509DA4F7AA774B26E41146CE01392064E6AFC7284390AB8F719A592E495E
7803B0AA69344C6A34EC910DB33445438C3B7217B8A75D4E5AE444A4E14006AB4726D924B990E067
0829B1C8C4BC84FCCDD8E52B2267A999AE5EA2DFC46DDC3488A564FF000AC4BAB8F3262EDC64E6BA
5D4B4E4FECEB674401E2CB838E4FAE6B99B8DB32A98D72E3A815CD51353BB38DAB00B90470848A29C
8A1570700D14B989B109385FAF4AEFADA50FA6DB382398D4FE95E7C0E783D2B774BD55EDE24B2940
C124C6C7A8F6ADA13517A8E27470381303EC4547776E5DD645EAA413EF55A39C8607BE6B45255750
4720D6A9A9686EA4E3A959A7278CE07A5377E6A796D925E4655BD45577B5997A6187B1E6A649A345
24C5DFEF51C8FB8905B0A0658FA52086763811B7D7A0AB50D8AA856B860C41CED1D3F1F5A49365F3
46288ADAD9A722595488C0F910FF0033524D122DD461400A46768E99A9A7BC48C63238ED544CE5A5
F30F61803D2A9F2A464E572FDF2249632441C02CA4735C0DDCE2DE5780AF965495651D4FE3DEB5B5
9D6DEDA68D106E24E581F4F4AC7D4641A9DC24A8863C20524F7ACE6D48C2562117057803228A5F24
8C0EB8A2B1B222E8DC4D6F4D59D4AD90001FBDB46454FA91B4B9D97B6D221DA4065E84573915ACB2
9C85DA3D5B8156A3F2A03C0791FA124617F2AC9D24B61A563406A2D149E5CC9BB07EFA1CE6B422BB
05728F8CFE1582276518440BF41CD0373365DBF339AA52691A2958E923BD955B9391529D45C0E154
7BF5AC01308A3E0E00EE7BD2AEA20A65D187A11C8356AAC8134D9D34574AA85D9C73D4D53B9D4D43
610924F402A8C41E6895D08DAC320F5A963B658DB71C963D49AB7564D591690E42ECDBE43927A0F4
A65C4CB144CEC70AA09A91CED5E2B0759BBDDCC2DD0E40E5E92BF5149D910DC6DBA74B861C9EA2819
DC00E051676CF3C2C436369C0155EE0DC40C54AF1EA29D9B307AB2D9F2C1C13456619493F31E68A3
958136E6EE4934E124AAA487603B734D51B8F352FOCB8EDD050D0AE345DCC08CBE474C119A94DD30
518619EF85C556718C8FCA999278A8B5CAB93C970CC7241247726AD6FF002EC573C939354110BB2A
8EA4E2AD5C91911A9E1462892BD9022C58EA125BAB04C14273B4F38AB9FDAED83BA207DC362B0CE5
082A7047EB5247382327E4C1C024F06869A1A9346ABEB10340CE377983A21FF3D2B099D9D99D8E49
249352CF1956DE06013C8F4A84A92A40E08ED56ACODDCBD6B7D0C10052496CE702A796591ED8BF92
C4B70A36E4D37C3FA68B89FCD95328BD8D75721486167DA30A09C62B3955B3B2125D4E01E09831DD
1383FEED156EEB51B89E7690BE33D001C515A5E40449D09CD48A68A2992F71920E7351F46C514524
3E84F68079D9F4048A8CB169DC9A28A9FB43E8364273F8D24E01F2D7B119A28AA5B88B36E3744E8D
C851C66A939FDE934514BAB19DA68C8ABA721031919ABB3206B77C8EAA41A28AE27F114B63145B43
6D1A2468082324B0C9CE4D145152DBB927FFD9

</Hex>

</HexHeader>

</Image>

<!-- The Comment tag is used for farm descriptions etc. -->

<Comment>This is a message.</Comment>

</Farm>

<!-- Specifications of the produced plants are described here. -->
 <!-- The plural number of Cultivation tag is available, -->
 <!-- if you cultivate plural cultivars in a set of production. -->
 <Cultivation>

<!-- The part shows specifications of cultivated plant. -->

<Plant>

<!-- Plant ID, for example JF code etc. (optional) -->

<ID>JF15244</ID>

<Name>rose</Name>

<!-- Tags from Family to Comment are optional. -->

<Family>Rosaceae</Family>

<AcademicName>Rosa x hybrida</AcademicName>

<Cultivar>Pink</Cultivar>

<Origin>Hogehoge Nursery Co.</Origin>

<!-- The Link tag is used for web pages of the nursery etc. -->

<Link>

<Name>Hogehoge Nursery Co. Home Page</Name>

<URI>http://www.hogehoge.co.jp/index.htm</URI>

</Link>

<!-- The Image tag is used for picture of the plant etc. -->

<Image>

<!-- You can choose a format in three types, Link, Hex, and Base64. -->

<!-- In this case, the Base64 type is used. -->

<Base64Header>

<Name>Pink rose</Name>

<RecordFormat>jpg</RecordFormat>

<Base64>

/9j/4AAQSkZJRgABAQEASABIAAD/2wBDABALDA4MChAODQ4SERATGCgaGBYWGDEjJR0o0jM9PDkzODdA
 SFxOQERXRTc4UG1RV19iZ2hnPk1xeXBkeFxlZ2P/2wBDARESEhgVGC8aGi9jQjhhCY2NjY2NjY2NjY2Nj
 Y2NjY2NjY2NjY2NjY2NjY2NjY2NjY2NjY2NjY2NjY2NjY2P/wAARCABkAGQDASIAAhEBAxEB/8QAHw
 HwAAQABQBAQEBAQEAAAAAAAAAAAECAwQFBgcICQoL/8QAtRAAAgEDAwIEAwUFBAQAAAF9AQIDAAQRBRIh
 MUEGE1FhByJxFDKBkaEII0KxwRVS0fAkM2JyggkKFhcYGRolJicoKSo0NTY3ODk6Q0RFRkdISUpTVFVW
 V1hZWmNkZWZnaGlqc3R1dnd4eXqDhIWGh4iJipKTlJWWl5iZmqKjpKWmp6ipqrKztLW2t7i5usLDxMXG
 x8jJytLT1NXW19jZ2uHi4+T15ufo6erx8vP09fb3+Pn6/8QAHwEAAwEBAQEBAQEBAQAAAAAAAAECAwQF
 BgcICQoL/8QAtREAAgECBAQDBAcFBAQAAQJ3AAECAxEEBSExBhJBUQdhcRMiMoEIFEKRobHBCSMzUvAV
 YnLRChYkNOEl8RcYGRomYygpKjU2Nzg5OkNERUZHSElKU1RVVldYWVpjZGVmZ2hpanN0dXZ3eHl6goOE
 hYaHiImKkpOUlZaXmJmaoqOkpaanqKmqsR00tba3uLm6wsPExcbHyMnK0tPUlDbX2Nna4uPk5ebn60nq
 8vP09fb3+Pn6/9oADAMBAAIRAxEAPwB1xcT6zdKp3PhjgA4qlcWM1lICSCARgZqS1eWyyvCpZnJBwGq5q
 N1DJCwRcnHXvXnczUrF05bmfT0LFZXMlIYAbQ3FVYLXsaGQlmoCk5ArmWg3Nvk3E9gTkCunOgyz+VCP
 uxAFiO1XyN/CCuzUgshHNh23gfeJ6E1dSCJYWG0Acniq0jgEAdB09TU6MHQqRkMMEZxW/wBUtHqW4aH
 GX12YruQQSuCrEAhQ0bfXKUEbPA5LVcl8NWLs0kPmRucnBbKn865y706eG+8h00SeCBwaJOLLUhp024
 NS1HU2dIdqRjJf3qtd6ZfA5mJlA53d61dMgGn2DuQX28sByazNS8QtLCyWikZGCx7VjFNPRCaOKkV+Le
 IwwqNwPJl5qzB4guoXRThlPGB2rHsLa6maSaNCxPBwM5q/8A2Ve20Qup4iF5G09acnG9gSNGfxFKsmBI
 B7UVzlwzGU5GD6EUU1SiK51RC7R8ox06VFPZJ0mMbCeARXPrq15Kyx0RuYgAAV2c8YMCRE8qoBYdaiGG
 nJN3Gk2cdc2s63EVkFLzS0ArDoa7K2to9PtBCnJ6sx6k+tUN0tJobqS4unStANsTAYPPWrjyhiSTXfRh
 yR13NoRZLNguHeSxGcAUocIuScAdvWoHlVSpbngU65Uk4Lc9q0NuW1rlIGYsWzXk9KdLClztDrkqcg5
 wRWdFKQeOQp+b2p63f1LJ83zBioqtGtTSVJNaGkEVBS2gK0gFZM+1RGdiEQIwJ4GCKs20xZueTnkmrUp
 BjJOB7+1RUpqcL15pQa0aa/k0K5VFQBCC4I61PJ41N9LFF5YC1hmsrW3vb3UfJlAzFwCBway2LQty2GB
 6iud2V99zFvodLq12zXhI2jIHFFcu0kkjbi7E/WimQM+4rom011h1021YZVZASK7yUcGvOVYjn00a9DL
 77WNvQa7qWwRZGXAh68gkYqsZCFJ9afhi5QDJYZAqnIxWVUIwdwBFOT0061ZomZJjQccHUKQT+FaNyQ
 Mk9arBAupGYDJZQ001SzSiEcckdhUpMuo07ERxLGuJ2k96p3SybkeUBoAtkgZ0avxyhDkKuPcZpZLk1e
 eA0wqmKOTGo07JENSzRFQ4w7che4p110WuREpOFABqTHJtkkuZDgZwgpsejEvIT8zd6FKyJnqZmuXqLf
 xG3cNIi1ZP8ACsS6uPmMltxk5rpdS05P7LZ0QB4suDjk+ua5m42zKpJXLjqBXNUTU7s42rALkEcISKKc
 ihVwcAOuYmxCTHfr0rvraUPpts4I5jU/pXnwOeDOrd0vVXt4kspQMEKxseo9q2hNReo4nRwOBMD7EVH
 d25d1kXqpBPvVaOchge+a0U1V1BHINapqWhup00pWacnjOB6U3fmp5bZJeRlW9RVd7WZemGHseamSaNF

```

JMXf71HI+4kFsKBlj6UghnY4EbfXoKtQ2KqFa4YMqC7R0/H1pJN180YoitrZpyJZVIjA+RD/ADNSTRI
t1GFACKZ2jpmpp7xIxjI47VRM5aXzD2GAPSqfKkZOVy/fIk1jJEHALKRzXA3c4t5XgK+WVJV1HU/j3rW1
nW3tpoQObiTlgtOrH1GQancJKiGPCBST3r0bUjCViEXBXgDIopfJIwOuKKXsiLo3ElvTVnUrZAAH720
ZFT6kbS52XttIh2kBl6EVzkVrLKchdo9W4FWo/KgPAeR+hJGF/KsnSS2G1Y0BqLRSeXMm7B++hzmtCK7
BXXPjP4VgidlGEQL9BzQNzN12/M5qlJpGily6S091VuTkVKdRcDhVHv1rAEwi j40A0570q6iCmXRh6Ec
glaqyBNNnTRXSqhdnHPU1TudTUNhCST0AqjEHmiV0I2sMg9a1jtljbcc1j1Jq3Vk1ZFpDkLs2+Q5J6D0
plxMsUT0xwqgmph01eKwdZu9zC3Q5A5ekr9RSdkQ3G26dLhhyeoGdwA4FFnbPPCxDY2nAFV7g3EDFSv
HqKdmzB6stnywcE0VmGUK/MeaK0VgTbm7kk04SSqpIdg03NNUbjzUvDLjt0FDQrjRdzAjL5HTBGalN0w
UYYZ74XFVnGMj8qZkniotc5PJcMxyQSR3Jq1v8ALsVzyTk1QRC7Ko6k4q1ckZEanhRiiSvZAixY6hJb
qwTBQn0084q5/a7Y06IH3DYrDOUIKnBH61JHOCMn5MHAJPBoaaGpNGq+sQNAzjd5g6If89KwmdnZnY5J
JJNSzx1W3gYBPI9KhKkqQOC01WrA3cvWt9DBAFJJb0cCp5ZZHti/ksS3CjBk03w/pouJ/N1TKL2NdXIU
hhZ9owoJxis5VbOyEl10AeCYMd0Tg/7tFW7rUbiedpC+M9ABxRW15ARJ0JzUimiimS9xkg5zUfRsUUUk
PoT2gHnZ9ASKjLFp3JooqftD6DZCc/jSTgHy17EZooqluIs243R0jchRxmqtN96TRRS6sZ2mjIq6chAx
kZq7Mga3fI6qQaKK4n8RS2MUW0NtGiRoCCMksMnOTRRRUtu5J//Z
</Base64>
</Base64Header>
</Image>
<!-- The Comment tag is used for plant descriptions etc. -->
<Comment>This is a message.</Comment>
</Plant>

<!-- Number of planting plant in this production. -->
<NumberOfPlant>640</NumberOfPlant>
<!-- Stage of the starting cultivation. -->
<PlantingType>Seed</PlantingType>

<!-- Tags from Link to Comment are optional. -->
<Link>
  <!-- Name tag is optional in the Link tag. -->
  <Name>Specifications of this cultivation</Name>
  <URI>http://www.aaa.bbb.jp/spec.htm</URI>
</Link>
<!-- The Image tag is used for the picture of cultivation etc. -->
<Image>
  <!-- You can choose a format in three types, Link, Hex, and Base64. -->
  <!-- In this case, the Link type is used. -->
  <Link>
    <Name>Cultivating room</Name>
    <URI>greenhouse.jpg</URI>
  </Link>
</Image>
<!-- The Comment tag is used for cultivating description etc. -->
<Comment>Cut-flower production using hydroponics</Comment>
</Cultivation>

<!-- The date of starting production is described. -->
<!-- It becomes the benchmark of all description using relative day. -->
<Start>2003-01-10</Start>

<!-- *** End of part of attributes on this plant production *** -->

<!-- *** This part shows sequential records on this plant production *** -->

<!-- All of the record items were defined in The RecordingDefinition -->
<!-- Each item changes into the Index code. -->
<RecordingDefinition>

  <!-- We have five kind of tags in the RecordingDefinition. -->

```

```

<!-- DataItem tag is used for describing single numeric value. -->
<DataItem>
  <!-- Index:1 is assigned the Daily Average of Air Temperature record. -->
  <Index>1</Index>
  <Name>Daily Average of Air Temperature</Name>
  <Unit>C</Unit>
</DataItem>

<!-- VectorItem tag is used for Multi-dimensional numeric value. -->
<VectorItem>
  <Index>2</Index>
  <Name>Growth measurement</Name>
  <!-- In this case, a 2-D record set are defined. -->
  <NumberOfDimension>2</NumberOfDimension>
  <DimensionalDescription>
    <Name>Number of shoot per plant</Name>
    <Unit></Unit>
  </DimensionalDescription>
  <DimensionalDescription>
    <Name>Height of plant</Name>
    <Unit>cm</Unit>
  </DimensionalDescription>
</VectorItem>

<!-- ImageItem tag is used for image record -->
<!-- such as obtaining network camera. -->
<ImageItem>
  <Index>10</Index>
  <Name>Plant growth image</Name>
</ImageItem>

<!-- SoundItem tag is used for sound record. -->
<SoundItem>
  <Index>15</Index>
  <Name>Producer's voice comment</Name>
</SoundItem>

<!-- EventItem tag is used for indicating the event occurred. -->
<EventItem>
  <Index>20</Index>
  <Name>Harvest day</Name>
</EventItem>

</RecordingDefinition>
<!-- End of definition of record items. -->

<!-- Sequential data is located below. -->
<RecordSet>

  <!-- A set of data that was recorded on the same time is located -->
  <!-- in the same Record tag. -->

  <!-- Omitted some lines to be shorten. -->

  <Record>
    <!-- Relative day from the date in the Start tag. -->
    <!-- Floating value is also allowed if you need. -->
    <Days>129</Days>
    <Item>

```



```

<!-- The section shows that Daily Average of Air Temperature is 22.5 C. -->
<Index>1</Index>
<Value>22.5</Value>
</Item>
<Item>
<!-- The section shows that Today is Harvest day. -->
<Index>20</Index>
</Item>
</Record>

<Record>
<Days>130</Days>
<Item>
<Index>1</Index>
<Value>19.9</Value>
</Item>
</Record>

<Record>
<Days>131</Days>
<Item>
<Index>1</Index>
<Value>21.3</Value>
</Item>
<Item>
<Index>20</Index>
</Item>
<Item>
<!-- The section shows Plant growth image on 131 days. -->
<Index>10</Index>
<Image>
<Link>
<URI>http://aaa.bbb.jp/plant/photo131.jpg</URI>
</Link>
</Image>
</Item>
<Item>
<!-- The section shows Producer's voice comment. -->
<Index>15</Index>
<Sound>
<Link>
<URI>http://aaa.bbb.jp/voice/comment131.wav</URI>
</Link>
</Sound>
</Item>
</Record>

<Record>
<Days>132</Days>
<Item>
<Index>1</Index>
<Value>20.1</Value>
</Item>
<Item>
<!-- The section shows Growth measurement values. -->
<Index>2</Index>
<Vector>
<!-- There are five sets of 2-D values. -->
<NumberOfItem>5</NumberOfItem>

```

```

    <!-- Number of shoot per plant. -->
    <Set>3 5 3 1 4</Set>
    <!-- Height of plant (cm). -->
    <Set>151.1 144.5 129.9 160.8 173.0</Set>
  </Vector>
</Item>
</Record>

<!-- Omitted some lines to be shorten. -->

</RecordSet>
<!-- *** End of the part of sequential records *** -->

</BIX-pp>
<!-- End of the idiom tag. -->

```

6.3 BIX-pp 利用情報

(1) 付属 CD-ROM の使用法



本報告書の最終ページにある、上の写真に示した CD-ROM を取り出し、Windows パソコンの光メディアドライブに入れる。ほとんどの場合、自動実行され、下の写真に示した WWW ページが表示される。「報告書」をクリックすると、電子化した報告書を閲覧できる。また、「WWW」をクリックすると、インターネットに接続する必要なしに、収録した WWW のページを閲覧できる。ただし、WWW は、2005 年 4 月 20 日時点の内容である。



(2) WWW でのアクセス法

BIX-pp の最新情報と各種プログラムやデータは、下記の WWW ページに接続して入手可能である。インターネットブラウザを用いて、<http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/bix-pp/>にアクセスする。

