
PDF規格化の動向

印刷関連(TC130)を中心として

松木 眞(Makoto Matsuki)

コンサルタント

画像電子学会フェロー

ISO TC130 WG2 エキスパート、TC130国内委員会 元委員

(株)プロバリュー テクニカルインストラクター

元 (株)NTTクオリス(現NTT印刷株)技術センター所長

mmatsuki.701@spice.ocn.ne.jp

お話をさせていただく背景

なぜ今:

- 小林徳滋編著「PDFインフラストラクチャー解説」のPOD出版
 - PDFを理解していただくための基本となる本
- PDF2.0 (ISO 32000 Part 2)が本年から来年にかけて出版予定
 - 2008年に検討の始められ、ほぼ最終版となった2012年に透明再現の問題で一旦キャンセルされ、再スタートとなった
- それをベースとするPDF/A、X等の規格化が予定されている
 - PDF/X: 紙への印刷からPODや、電子出版の方向性

なぜ私が:

- PDF/Xや関連の規格化に国内外で継続的に参加
 - 透明の問題はPDF/Xが発端
 - 国内: 平成元年(1988)?~2015 CMYK SCIDから
 - 国際: 2006年~ TIFF/IT, PDF/X, RGB Workflow
- 元は印刷屋で、その前は通信屋(カラーFAX)
- 知識はどうしても印刷に偏る



ISO 12640-1:1997

PostScriptとPDF(Portable Document Format)

■ 印刷出力用、ドキュメント記述用のフォーマット

- デバイス独立なフォーマットとしてAdobe社が開発

■ PS(PostScript):

- 紙への印刷を目的に開発、画面表示でのナビゲーション、注釈等への対応は非標準
- プログラム言語(ループや分枝が可能)
- コマンド名が長い(人間が読める)
- 適用領域が広く、利用目的ごとの仕様があいまい、各社で異なる解釈
 - PSプリンタ記述(PPD)が必要
 - 各社ごとのほぼクローズドなシステム
- Apple LaserWriter等に使用 ⇔ DTP
- 印刷業界では一時主流に

PSでの符号化例

```
/box      % boxを定義
{ newpath
  0 0 moveto
  0 1 lineto
  1 1 lineto
  1 0 lineto
  closepath
} def
gsave
72 72 scale % スケール変更
box fill   % box塗りつぶし
2 2 translate % (2,2)へ移動
box fill   % box塗りつぶし
grestore
```

コマンド

パラメータ

PostScriptとPDF(Portable Document Format)

■ PDF(Portable Document Format):

- PSをベースに画面表示でのナビゲーション、注釈等にも対応したデータ交換用フォーマットとして開発
- PSと同じイメージ記述モデル、透明機能をPDF1.4から追加
- プログラム機能が無く、短いコマンドで、記述が明確
- ページの概念(サイズの記述等)が明確
- オブジェクトのツリー構造と参照テーブル
- ISOでの規格化を通して、印刷やアーカイブの主流に

PDFでの符号化例

コマンド(modify transformation matrix)

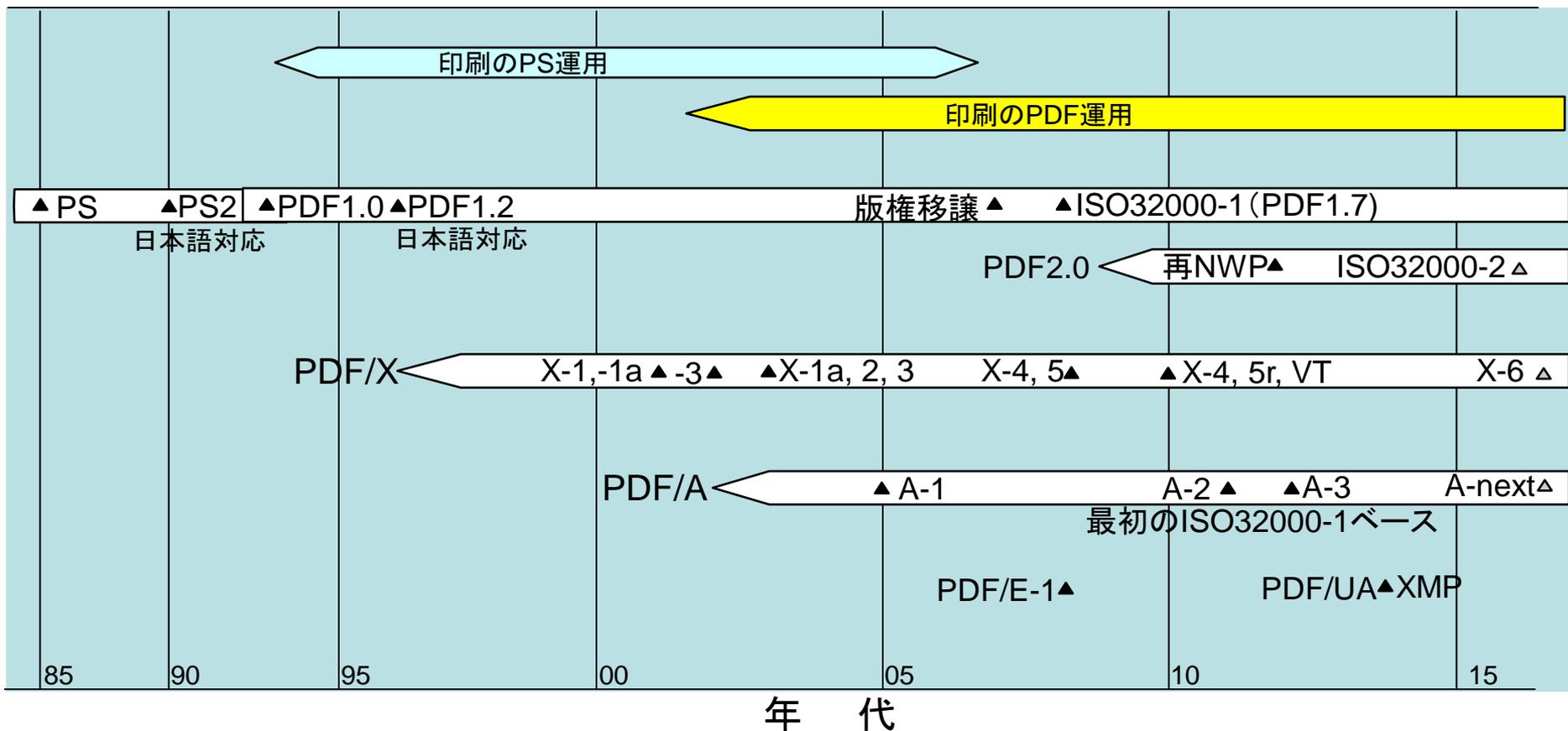
```
q          % Save graphics state
  1 0 0 1 100 200 cm  % Translate
  0.7071 0.7071 -0.7071 0.7071 0 0 cm  % Rotate
  150 0 0 80 0 0 cm  % Scale
/Image1 Do % Paint image
Q          % Restore graphics state
```

パラメータ

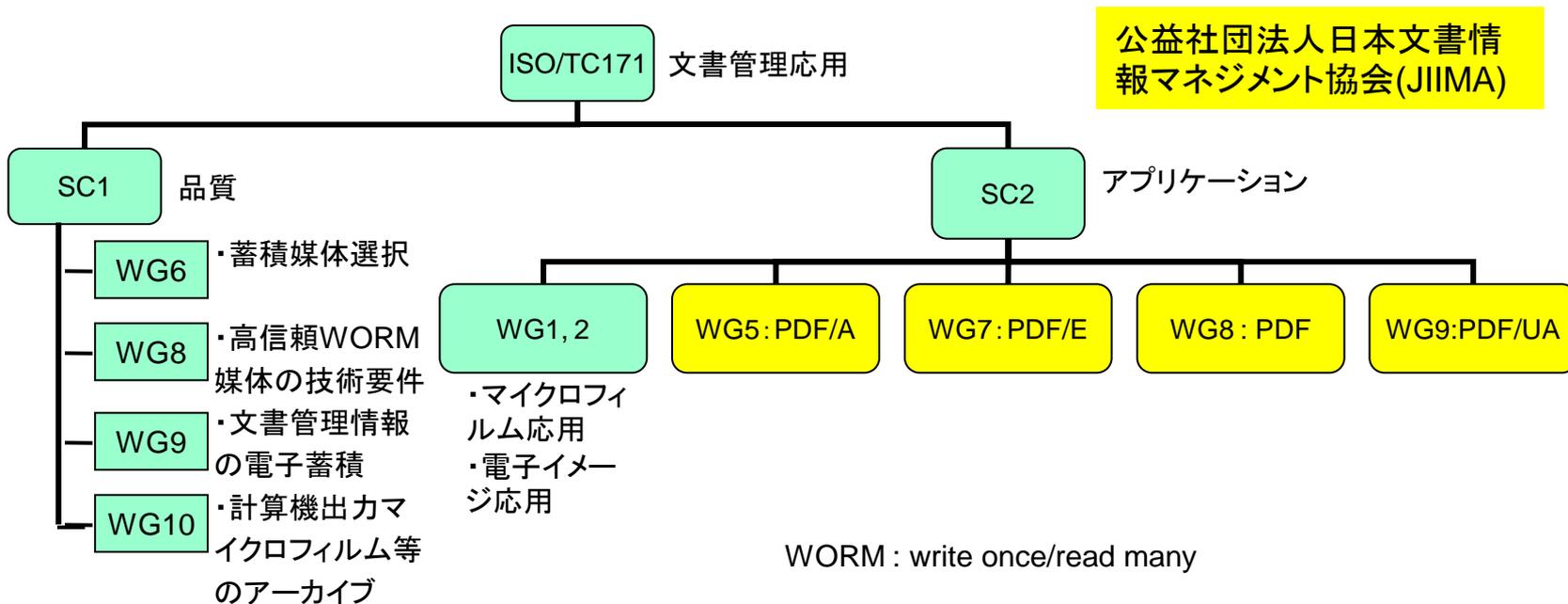
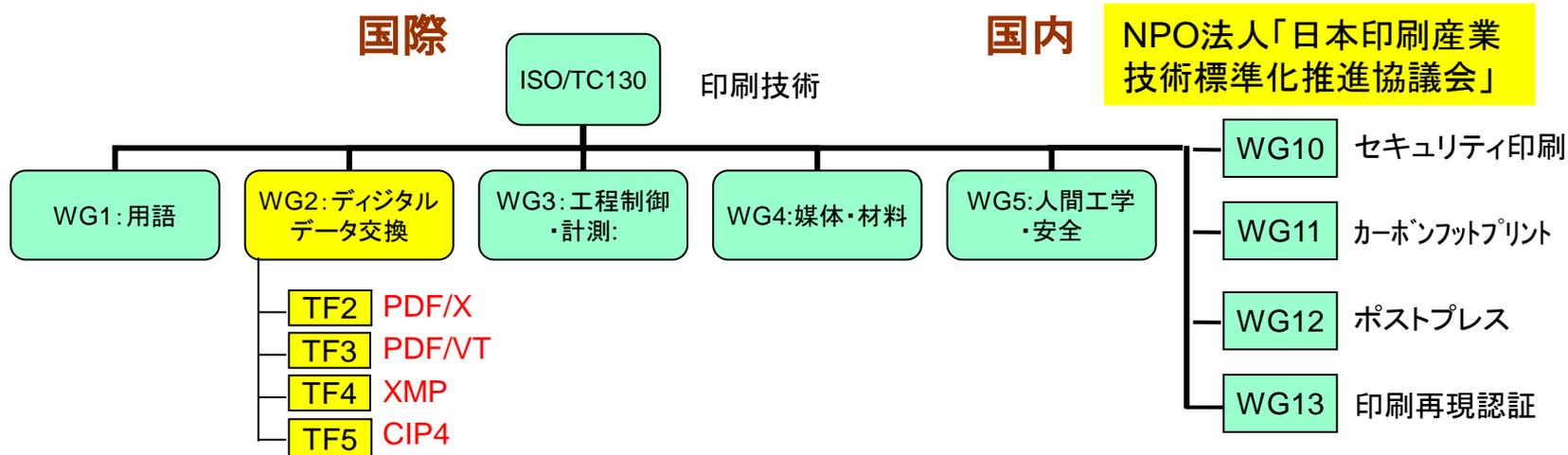
$$a\ b\ c\ d\ e\ f\ cm \Rightarrow \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

PDF関連標準化の大まかな流れ

- 1985年のPS、1993年のPDFから、2001年のPDF/X、2008年のISO32000-1の標準化を通してPDFの利用が進んでいる。



PDF関連の標準化体制



▲ PS	▲ PS2	▲ PDF1.0	▲ PDF1.2	版權移譲 ▲	▲ ISO32000-1 (PDF1.7)
	日本語対応		日本語対応		PDF2.0 ◀ 再NWP ▲ ISO32000-2 ▲
		PDF/X	X-1, -1a ▲ -3 ▲	▲ X-1a, 2, 3	X-4, 5 ▲ ▲ X-4, 5修正, VT X-6 ▲
			PDF/A	▲ A-1	A-2 ▲ ▲ A-3 A-next ▲
85	90	95	00	05 PDF/E-1 ▲	10 PDF/UA ▲ XMP 15

- 1985年：アドビ社がPostScript Level 1を発表
 - Apple社のLaserWriter、Linotype社のイメージセッターに使用
- 1990年：PostScript Level 2 日本語やカラー化に対応
- 1993年：アドビ社がPDF1.0、Acrobat 1を発表
- 1996年：PDF1.2で日本語に対応、PostScript 3発表

このころ米国ANSI CGATS SC6で、PDFを用いた広告データ交換の標準化が始まる
 タイム社：DIRECT2TIME

- 1998年：PDF1.2ベースのPDF/X-1がISO TC130(印刷技術)の正式課題に
 - フォントセットでのエンベッドが必須で、日本はフォントの外部参照を可能とするX-2に期待

DIRECT2TIMEとOnline作成サービス

direct2time.com

DIRECT2TIME | ADVERTISING SPECIFICATIONS | PRINT | ONLINE | TABLETS | MOBILE | Time Inc.

COASTAL LIVING
COOKING LIGHT
DEPARTURES
ENTERTAINMENT WEEKLY
ESSENCE

FOOD&WINE
FORTUNE
GOLF MAGAZINE
HEALTH
INSTYLE
MONEY

PEOPLE
PEOPLE EN ESPAÑOL
PRINT PROGRAMMATIC
REAL SIMPLE
SPORTS ILLUSTRATED
SI KIDS

SOUTHERN LIVING
STYLEWATCH
SUNSET
THIS OLD HOUSE

TIME
TIME ASIA
TIME EMEA / BRITISH ISLES
TIME SOUTH PACIFIC
TRAVEL+LEISURE

Print this Page | Home

Welcome | Industry Links | Virtual Proofing Guide | Ad Portal Guide

Welcome
About Direct2Time
News & Events

WELCOME

ABOUT DIRECT2TIME
Time Inc.'s Direct2Time website is the primary source of advertising specifications for Time Inc. magazines as well as general publishing related information.
If you are visiting Direct2Time as an advertiser and require magazine specifications, contact information and other related information, please select a title from the above list.

WHERE TO BUILD PDF/X FILES ONLINE

The sites listed below provide services to build PDF files online.

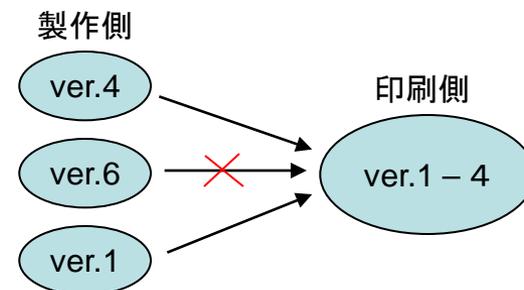
 RR DONNELLEY adfixer.com	 quickcut Leaders in Digital Delivery	 CertiFyle™
 magSend	 PDFchecker.com I'll take you there!	

TC130におけるPDF/X標準化のねらい

- 明確な仕様による安定な交換
- 安定な入稿と責任境界点の明確化
- WindowsとMacの壁の打開



- 製作側のアップグレードに追いつかない印刷側の状況の打開
- 一定品質以上のPDFデータの供給



■ 開発されたフォーマット

- フォントのエンベッドと機能制限による安定な交換
 - 部分エンベッドで日本語等にも対応
- 完全交換(1ファイルで完結) PDF/X-1, -1a
- 部分交換(一部を外部参照) PDF/X-2
 - 当初はフォントの外部参照も考慮されたがエンベッド必須に。

▲ PS	▲ PS2	▲ PDF1.0	▲ PDF1.2	版權移讓 ▲	▲ ISO32000-1 (PDF1.7)
	日本語対応		日本語対応		PDF2.0 ◀ 再NWP ▲ ISO32000-2 ▲
		PDF/X ◀	X-1, -1a ▲ -3 ▲	▲ X-1a, 2, 3	X-4, 5 ▲ ▲ X-4, 5修正, VT X-6 ▲
			PDF/A ◀	▲ A-1	A-2 ▲ ▲ A-3 A-next ▲
85	90	95	00	05	PDF/E-1 ▲ 10 PDF/UA ▲ XMP 15

- 1999年：PDF1.3が発表される。
 - 使用している漢字フォントだけを部分エンベッド可能に
CMYK以外の色空間にも対応したX-3を含め、規格化が進められる。
- 2001-2002年 PDF 1.3ベース、完全交換でX-1, -1a, -3を標準化
 - PDF/X-1, 1a(2001), -3(2002) ISO 15930-1:2001, -3:2002
 - PDF/X-2は標準化されたがこのバージョンでは出版されず。
 - 米国AIIMでPDF/XをベースにPDF/Aのプロジェクトを開始
- 2003年：PDF1.4に対応した2003バージョンの標準化
 - PDF/X-2での参照を可能とするmetadataを追加
 - 改定版に従来のISO番号 (ISO15930-1等) を付与すると従来版を参照出来なくなるので、出版直前にpart番号を -4、-5、-6へ変更。

■ 完全交換 (Complete exchange)

- 最終印刷物を出力するのに必要なすべての情報を一つのファイルに含んだ交換
- PDF1.4ベース (出カインテントをPDFでサポート)
- フォントはエンベッド
- 各種機能の制限、明確化による交換の安定化
 - OPI参照、Action、Java Script等の禁止、圧縮方法の制限
 - OPI参照はPDFX-1 (ISO 15930-1:2001)では許可、ただしエンベッド
 - Pageサイズ記述 (Bounding box等)の明確化、
 - 印刷条件をプロファイル等で記述 (OutputIntentの使用)
- 色空間の制限
 - PDF/X-1a (ISO 15930-4:2003) CMYK、特色
 - PDF/X-3 (ISO 15930-6:2003) **Color Managed** された
RGB、CMYK Data

PDF/X-2(ISO 15930-5:2003)の特徴

■ 部分交換(Partial exchange)

- PDF/X-1a、-3をベースに最終印刷物を出力するのに必要なページや画像データの一部を外部参照可能とした交換
- PDF1.4ベース
- 当初、OPIによる画像の外部参照やフォントの外部参照を可能とし、フォント関係の複雑な日本の本命と考えていた。しかし、安定な交換を可能とするため、フォントはエンベッド、OPIは禁止、参照可能なファイルをPDF/X-1a、-3に制限しmetadataでチェックする。

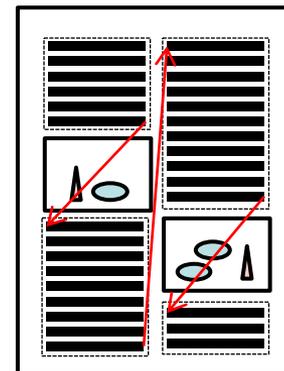
■ 何に使われる？

- PDF/X-1a、-3で作られた広告、記事等を面付けした印刷データ？

■ 規格から削除

- PDF/X-2では実利用例が少なくPDF/X-5で代替可能として2010サンクトガレン会合で決定し、2011.5に削除

- PDF/Xの規格化、普及をベースに、PDF文書の長期保存をねらいに、米国AIIM (Association for Information and Image Management) で2002年に検討を開始。
 - 長期に渡る視覚的外観の維持 (PDF/X類似)
 - フォントの埋め込みとカラー再現の保証
 - 外部参照、暗号化、透明の禁止、圧縮方法の制限等
 - 意味や論理構造の埋め込み
 - 各文字へのUnicode値の対応
 - タグによる論理構造の埋め込み
 - ツリー構造とタグにより文書の続きや論理構造を記述
 - 印刷用では表示される位置が正しければ良く、論理構造は不要
 - XMPメタデータの埋め込み



▲ PS	▲ PS2	▲ PDF1.0	▲ PDF1.2	著作権移譲	▲ ISO32000-1 (PDF1.7)
	日本語対応		日本語対応		PDF2.0 ◀ 再NWP ▲ ISO32000-2 ▲
		PDF/X ◀	X-1, -1a ▲ -3 ▲	▲ X-1a, 2, 3	X-4, 5 ▲ ▲ X-4, 5修正, VT X-6 ▲
			PDF/A ◀	▲ A-1	A-2 ▲ ▲ A-3 A-next ▲
85	90	95	00	05 PDF/E-1 ▲	10 PDF/UA ▲ XMP 15

- 2003年: TC171 (文書管理) でPDF/Aの標準化を開始
- 2004年: ANSI CGATS でX-4, -5の検討を開始
 - PDF/X-4はX-1a, -3を統合した後継、完全交換
 - PDF/X-5はX-2の後継とし、外部参照範囲を拡大(フォント、プロファイル、イメージ等)
 - PDF最新バージョン(1.5)への対応 (規格時は1.6を参照)
 - 透明機能、レイア機能、JPEG2000、ICC ver.4等への対応
- 2005年: PDF/A-1を標準化(PDF 1.4ベース)
 - PDF/A-1a bにタグによる論理構造埋め込み、Unicode対応
 - PDF/A-1b 長期にわたる再現の保証
 - Output Intentによる色再現の保証
 - フォントの埋め込み
 - XMPメタデータの埋め込み

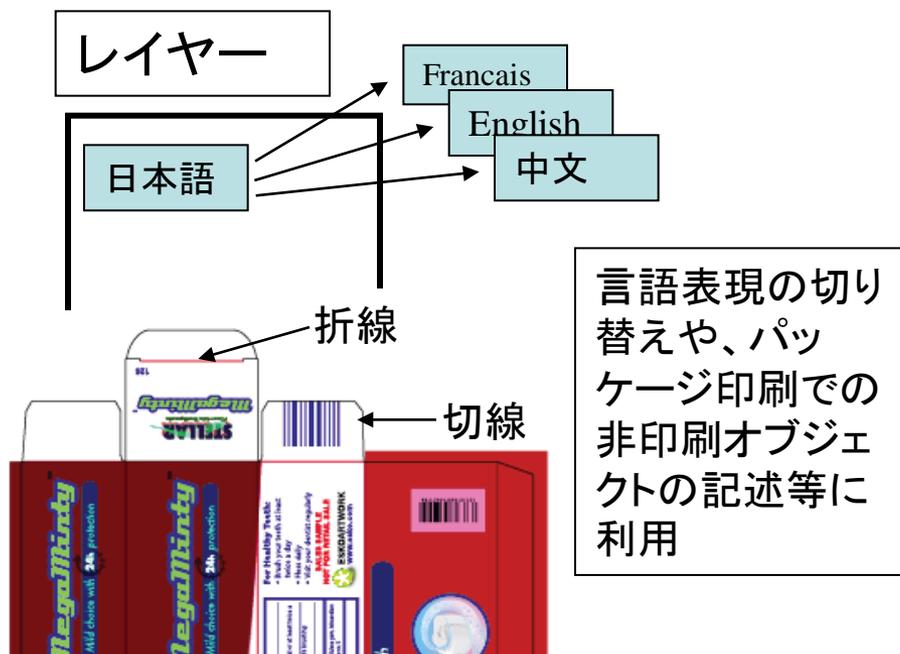
PDF/X-4, -5で導入される透明、レイヤー機能など

- **透明**機能はPDF1.4で導入され、Illustrator, Photoshop等では使われているが、PDF/Xには導入されてこなかった。
- PDF1.5で導入されたレイヤー(Optional Content)を言語表現の切り替え等で使用することが検討され、パッケージ印刷における非印刷オブジェクトへの対応にも拡張された。

透明 (半分透けた表現等)



ドロップシャドーなどの半透明な表現に使用。
X-1a等では分割してラスターライズが行われ、文字解像度の低下、継ぎ目の発生等があった。



言語表現の切り替えや、パッケージ印刷での非印刷オブジェクトの記述等に利用

▲ PS	▲ PS2	▲ PDF1.0	▲ PDF1.2	版權移讓 ▲	▲ ISO32000-1 (PDF1.7)
	日本語対応		日本語対応		PDF2.0 ◀ 再NWP ▲ ISO32000-2 ▲
		PDF/X ◀	X-1, -1a ▲ -3 ▲	▲ X-1a, 2, 3	X-4, 5 ▲
					▲ X-4, 5修正, VT
			PDF/A ◀	▲ A-1	A-2 ▲ ▲ A-3
					A-next ▲
85	90	95	00	05 PDF/E-1 ▲	10 PDF/UA ▲ XMP 15

■ 2007年：1月 Adobe社とAIIMから版權委讓のアナウンス

- PDF1.7 をISO 化するため、版權をAdobe 社からAIIM へ移讓
 - PDF/XやPDF/Aの普及により、ベースとなるPDFのISO標準化が求められ、Adobe社としても管理が負担となっていた
- これによりPDF/X、/AなどがISO標準上で構成可能となる
- ISOの雛型に合わせ、ベンダー中立となる様、実装に関する部分の削除など修正が行われ、加速手続きによりISO 32000-1として規格化が進められた。

▲ PS	▲ PS2	▲ PDF1.0	▲ PDF1.2	版權移讓	▲ ISO32000-1 (PDF1.7)
	日本語対応		日本語対応		PDF2.0
		PDF/X	X-1, -1a ▲ -3 ▲	▲ X-1a, 2, 3	X-4, 5 ▲
					再NWP ▲
					ISO32000-2 ▲
					▲ X-4, 5修正, VT
					X-6 ▲
			PDF/A	▲ A-1	A-2 ▲
					▲ A-3
					A-next ▲
85	90	95	00	05	PDF/E-1 ▲
					10 PDF/UA ▲ XMP
					15

■ 2008年：

- エンジニアリング用のPDF/E-1 (ISO24517-1:2008) がPDF1.6ベースで標準化
 - PDF/X-4, -5をPDF 1.6ベースで標準化
 - X-4: Complete exchange、X-1a, X-3の後継
 - X-4p: ICCプロファイルを外部参照
 - X-5g: グラフィックスを外部参照
 - X-5n: N色カラーのICCプロファイルを外部参照
 - X-5pg: ICCプロファイルとグラフィックスを外部参照
- 改良点：[透明機能](#)、レイヤー、JPEG2000、ICC(v4)対応
- ISO 32000-1:2008 (PDF1.7)を標準化
 - 引き続いて、PDF/X、/A等の要求項目を入れ、より記述を明確化することをねらいにISO 32000-2 (PDF2.0)の検討を開始。

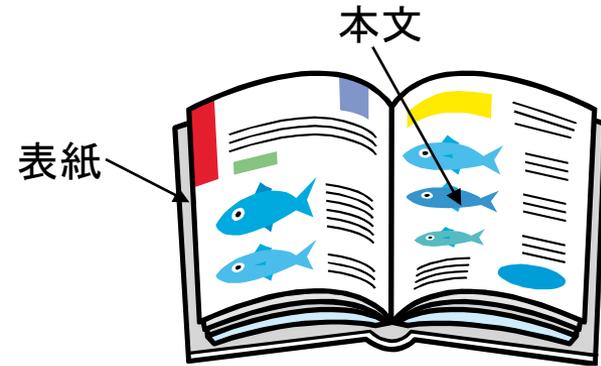
PDF2.0 (ISO 32000-2)の開発目的

- 仕様の明確化
- PDF/X, /A等からの要求による機能追加、拡張
 - フォーム機能XFA(XML Forms Architecture) の拡張
 - 3Dオブジェクトの高圧縮符号化, 地図データや縮尺への対応
 - Flash等によるナビゲーション
 - アノテーションの高度化、バーコード対応
 - タグや構造の強化(-UA)、MathML、ライン番号、編集記号等
 - DPart(-VT)、ページレベル出カインテント, 黒点補正(-X)
 - リーダーの要求事項やビューアの表示設定の拡張
 - オーバープリントのシミュレーション
 - 特色インクの重ね順序や特性記述(CxFによる分光特性等)(-X)
 - 暗号化と電子署名の強化(PAdES) (-A)
 - Acrobat 9からの各種機能
- 当初予定は2012年始めの出版

ページレベル出カインテント、黒点補正 (PDF/Xよりの要望)

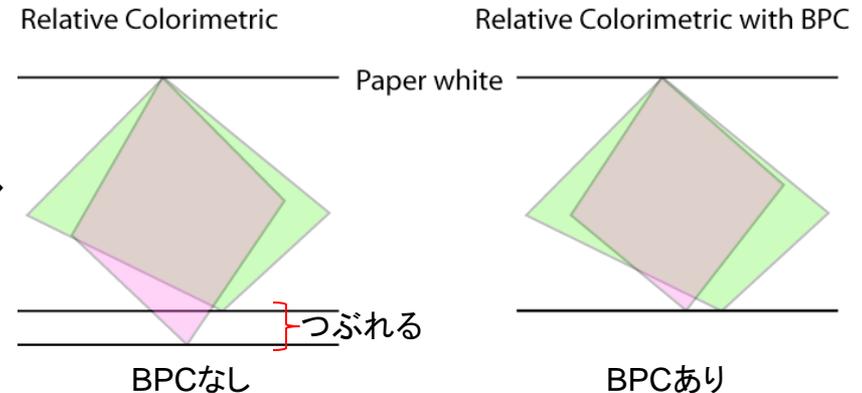
■ ページレベル出カインテント

- 一冊の本は本文や表紙などで構成され、使用される用紙により再現特性が異なる場合がある。ページレベルで出カインテントを変えられれば対応可能である。



■ 黒点補正 (BPC)

- 色域の異なる色空間間の変換で、シャド一部の再現を確保するため、Bk点をほぼ同じレベルにマッピングする。
- Photoshopでは実装済



髪の毛の再現に注目

ISONewspaper

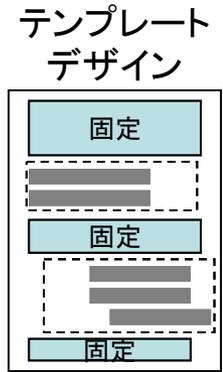
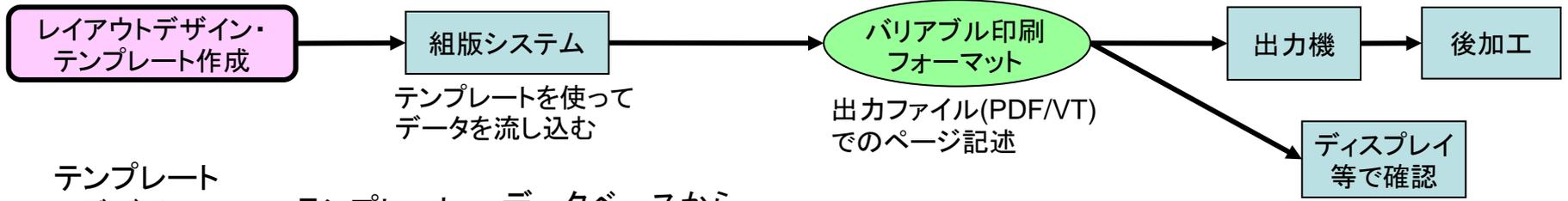


▲PS	▲PS2	▲PDF1.0	▲PDF1.2	版權移讓 ▲	▲ISO32000-1 (PDF1.7)
日本語対応	日本語対応			PDF2.0	再NWP ▲ ISO32000-2 ▲
		PDF/X	X-1, -1a ▲ -3 ▲	▲X-1a, 2, 3	X-4, 5 ▲
					▲X-4, 5修正, VT
			PDF/A	▲A-1	A-2 ▲ ▲A-3 A-next ▲
85	90	95	00	05 PDF/E-1 ▲	10 PDF/UA ▲ XMP 15

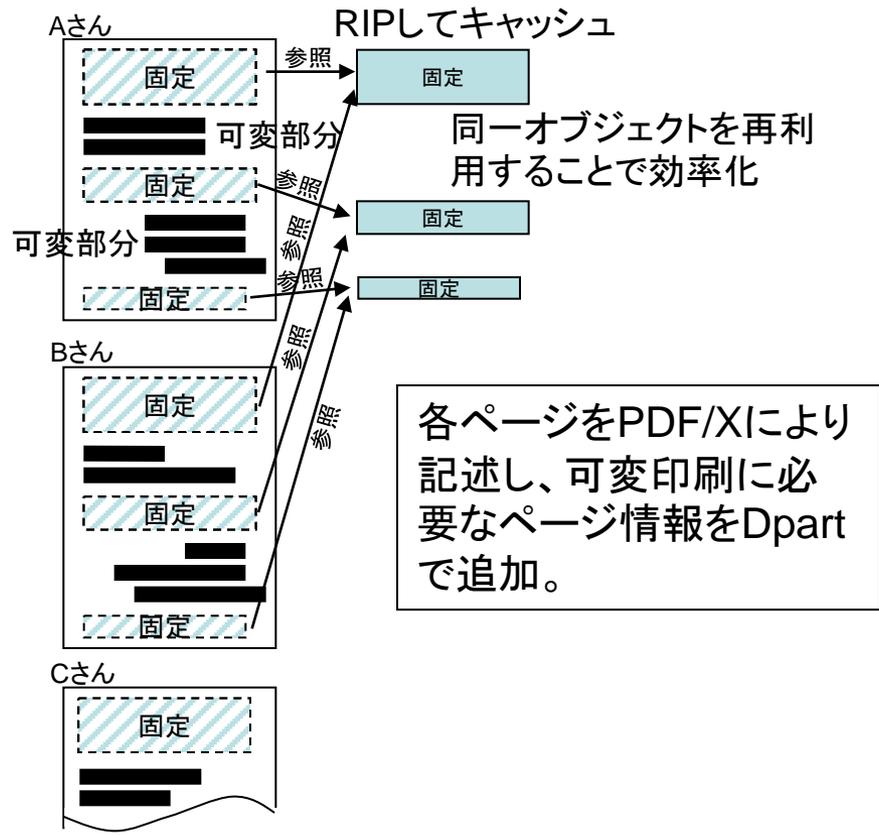
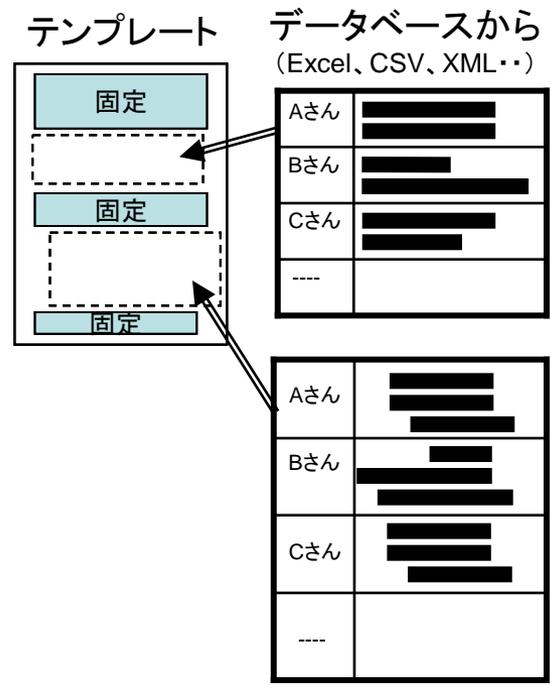
■ 2010年:

- PDF/X-4, -5のマイナーな修正(2008年版と入換え)
 - フォント、メタデータ、アノテーション関係のマイナーな修正
 - パッケージ印刷用にレイヤー(Optional Content)の制限緩和
 - 従来グループでしか切り替えられなかったのを、個別に管理可能に
 - パッケージの切線、折線、抜き線、寸法情報等をレイヤーで記述
- PDF/X-4, -5を使用してバリアブル印刷データを記述するPDF/VT-1,2 (ISO 16612-2:2010)を規格化
 - バリアブルデータをページ列に展開し、PDF/X-4,5で記述
 - 各ページは固定部と可変部に分け、固定部は一度RIPしたものをキャッシュして再利用することで効率化
 - レコード(宛先等の個人に対応するデータ(ページ)のかたまり)情報のデータ構造をDPartにより構造記述

PDF/VTにおける自動組版、出力の流れ



どの様に配置し、
領域を確保する
かをデザイン



▲ PS	▲ PS2	▲ PDF1.0	▲ PDF1.2	著作権移譲 ▲	▲ ISO32000-1 (PDF1.7)
	日本語対応		日本語対応		PDF2.0 ◀ 再NWP ▲ ISO32000-2 ▲
		PDF/X ◀	X-1, -1a ▲ -3 ▲	▲ X-1a, 2, 3	X-4, 5 ▲ ▲ X-4, 5修正, VT
			PDF/A ◀	▲ A-1	A-2 ▲ ▲ A-3
85	90	95	00	05 PDF/E-1 ▲	10 PDF/UA ▲ XMP 15

■ 2011年:

- PDF/A-2 (ISO 19005-2:2011)を規格化
 - ISO32000-1をベースとする最初の規格
 - 準拠レベル: a(All)、b(Basic)とu(Unicode対応)
 - 圧縮、透明、レイヤーの機能追加や、タグ、電子署名の改良
 - PDF/A-1, A-2ファイルに限り埋め込み(添付)が可能に

■ 2012年:

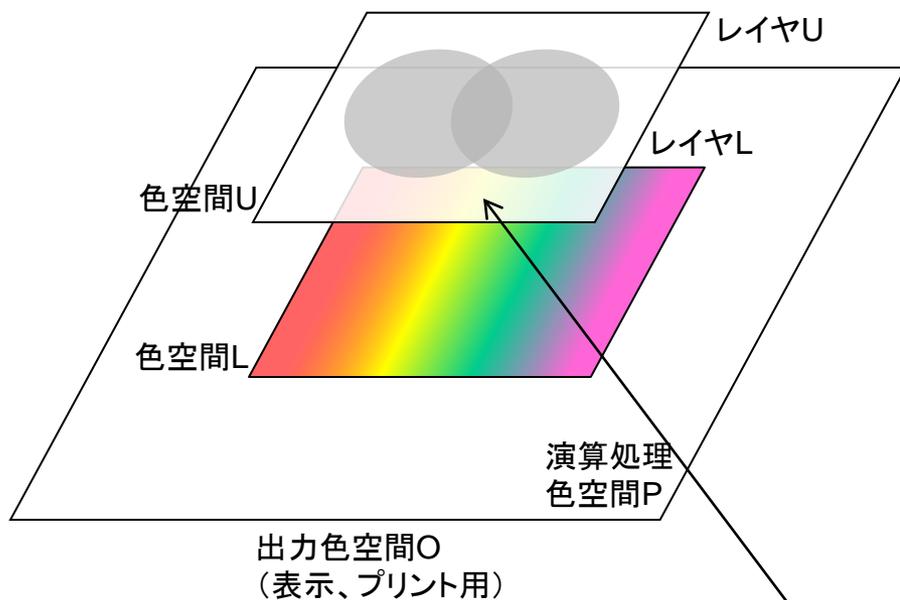
- PDF/A-3 (ISO 19005-3:2012)を規格化

ソース、データ、補足、代替、不定

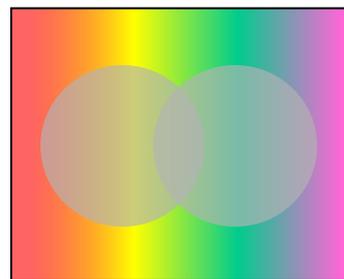
 - 埋め込み可能なファイルを拡張し、本文との関係をキーで表示
 - 他のファイルフォーマットのコンテナとしての役割
- PDF2.0のプロジェクトが一旦キャンセル
 - 透明処理で問題が発覚し、規格草案(DIS)まで進んでいたが、一旦キャンセルされ、再度委員会草案(CD)から開始

透明処理と色空間

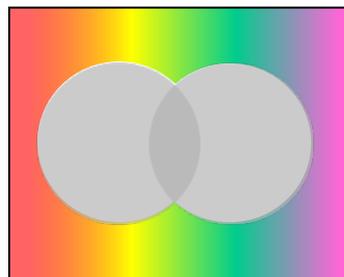
空間U、Lが処理空間Pと異なる場合は、一旦Pへ変換してから演算。



ディスプレイで見るのが前提のPDFではRGB、PDF/Xではプリント出力のCMYK



半透明のグレーの円を積み重ねた例



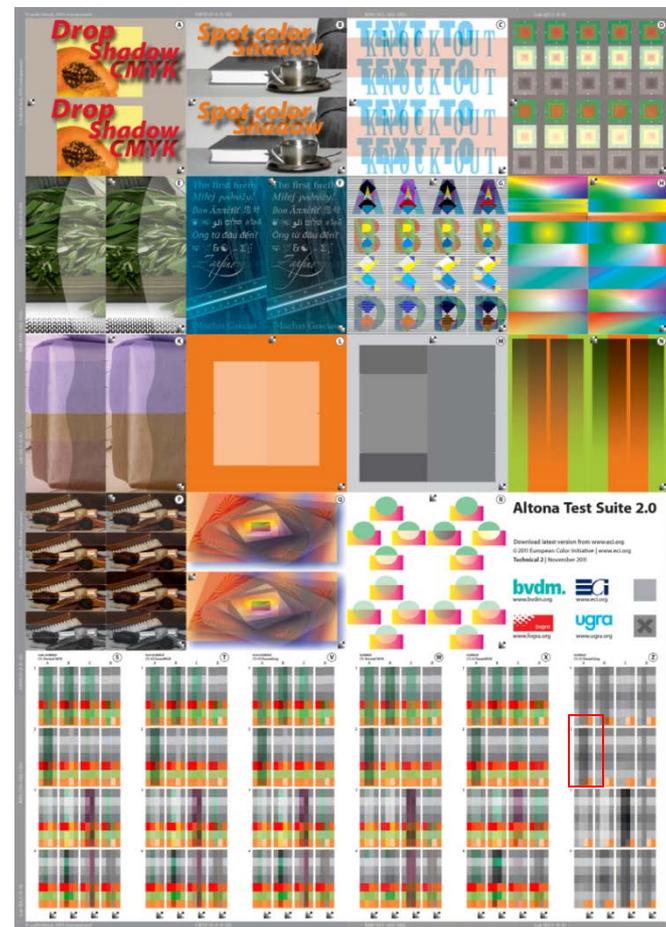
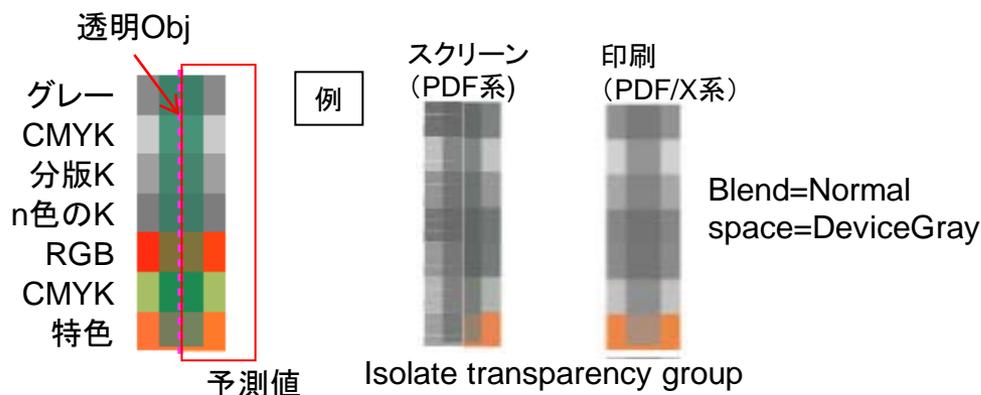
円どうしは半透明を積み重ね、背景とは通常の重ねで処理

この他各種の演算が可能

レイヤUのオブジェクトグループに出力色空間と同じ空間の不透明オブジェクトを分離して配置した場合はどう処理する？

PDF2.0 (ISO 32000-2)の透明問題

- PDF/X-4への適合性確認用として2011年にEuropean Color Initiative (ECI)が開発したAltona Test Suite v2でPDFの透明処理の問題が2012年に発覚
- PDFでは”必要な場合は色変換を行って演算する”としているが、必要な場合が不明確である。



Altona Test Suite v2

PDF2.0 (ISO 32000-2)の透明問題

2012～2013年:

- 一端キャンセルされ、再度「委員会原案」(CD)から検討を開始
- 透明については、再現の齟齬を無くすため、つねに透明イメージングモデルを用いて処理する方向
- 他のリファイメントも進行中
- 2016年始めに3rd DIS投票、FDISを経て2016末～17年に出版予定

2016～17年

- PDF2.0の規格化をベースにPDF/X、PDF/Aの最新版の規格化が進行の予定。
 - PDF/Xの場合、PDF/X-6
 - PDF/Aの場合、現状PDF/A-next
 - PDF/Eの場合、PDF/E-2

▲ PS	▲ PS2	▲ PDF1.0	▲ PDF1.2	著作権移譲 ▲	▲ ISO32000-1 (PDF1.7)
	日本語対応		日本語対応		PDF2.0 ◀ 再NWP ▲ ISO32000-2 ▲
		PDF/X ◀	X-1, -1a ▲ -3 ▲	▲ X-1a, 2, 3	X-4, 5 ▲ ▲ X-4, 5修正, VT X-6 ▲
			PDF/A ◀	▲ A-1	A-2 ▲ ▲ A-3 A-next ▲
85	90	95	00	05 PDF/E-1 ▲	10 PDF/UA ▲ XMP 15

その他関連課題での規格化状況

■ PDF/UA-1 (ISO14289:2014)

- ISO32000-1ベース アクセシビリティの要求事項

■ XMP (ISO16684-1:2012, -2:2014) Extensible metadata platform

- PDF等で使われるメタデータ記述
- Adobe社がPDFと同様著作権を委譲してISO化(part 1)
- アプリケーションへの応用は担当の各TCで(TC42(写真)、TC130)
- part 2 : RELAX NGによるXMPの記述

■ PDF/VCR (ISO CD16613-1) Variable content replacement

- PDFを用いた差し込み印刷型のバリアブル印刷
- フォントセットでのエンベッドが必要(PDF/Xの開発初期と同じ課題)

PDF/X-6の方向性

■ PDF2.0ベースのPDF/X

- PDF/X-4に以下を追加
 - BPC、ページレベル出カインテント、特色のCxf記述(分光特性)
 - アノテーション、アクションの制限緩和
 - 電子署名
- n色 ICCプロファイルのエンベッド(New!)
 - n色印刷のパッケージでは有効
- 印刷とディスプレイの両方を指向
 - 高解像度ディスプレイの発達
 - ディ스플레이はディスプレイを生かして
 - 印刷と表示に2種つくることの問題
 - 従来のPDF/Xの概念に反する？
 - 混乱を招かない識別名が必要



Original Adobe RGB Image



Converted to US Web Coated SWOP v2

■ PDF/A-next

- PDF2.0ベース
- 長期署名でPAdESを使用し、プロファイルとしてはTC154で検討している ISO CD 14533-3 を利用する方向
- JavaScriptの利用についてはPDF/Eからの要請を受けて制限を緩和する方向。3D表現等で必要になると思われる。

■ PDF/E-2

- PDF2.0ベース
- JavaScriptの利用制限の緩和
- PDF/A-nextと整合性

■ PDF/Core : PDF2.0の後継仕様

- 検索性の発展、再利用を目的に以下で拡張を行う方向で検討を開始
 - ①検索、②格納、③リフロー、④コンテンツ抽出、⑤データ抽出

むすび

- 「PDFインフラストラクチャ解説」の出版に合わせ、ISOでのPDF規格化の歴史、動向についてまとめさせていただいた。
- PDFの利用分野は広く、十分に網羅しきれていないが、発展の経過や、動向把握の一助となれば幸いです。

ご清聴ありがとうございます。