

平成 24 年度

学士学位論文

EPUBCFI を用いたデジタル教科書 ビューアの開発

Development of digital textbook viewer with
EPUBCFI

1130296 安楽 優樹

指導教員 妻鳥 貴彦

2013 年 3 月 1 日

高知工科大学 情報学群

要 旨

EPUBCFI を用いたデジタル教科書ビューアの開発

安楽 優樹

近年，伝送容量の大きい携帯電話やスレート PC の普及により，それらで閲覧することのできる電子書籍への注目が集まっている．学校教育でも，ICT(Information and Communication Technology) の活用が推進され，デジタル教科書を利用した授業が一部の学校で実施されている．デジタル教科書とは，電子書籍に学校教科書用の機能を付加したものであり，任意箇所拡大縮小ができ，動画や音声を用いることができることから，児童・生徒の能力や特性への対応ができるとされている．また現在，教員は双方向性のある授業を展開するために児童・生徒の授業態度や発言などで理解度や興味，関心を得て授業に反映させているが，それらの双方向性のある授業にデジタル教科書を活用することが検討されている．その双方向性のある授業への対応を考えた研究として，「デジタル教科書への書き込みを共有するビューアの開発」がある．この研究では，参照箇所にタグを用いて下線やメモを書き込み，それらの書き込みを共有できるデジタル教科書ビューアを開発している．また，対象とするデジタル教科書のファイルフォーマットとして EPUB3.0 を用いていた．

しかし，タグの埋め込み箇所の参照形式が独自の方法であるため，異なるビューア間での埋め込み箇所の情報共有が容易でない事が挙げられる．この問題は，EPUBCFI という EPUB 内部へのリンク方法を定める仕様を利用することで解決できると考える．そこで，本研究では EPUBCFI 仕様に準じた位置情報 (CFI) を利用したデジタル教科書ビューアを開発する．

キーワード 電子書籍，デジタル教科書，EPUB，EPUBCFI

Abstract

Development of digital textbook viewer with EPUBCFI

Yuuki ANRAKU

In recent years, attention to the e-book has gathered because spread of Mobile phone with large transmission capacity and slate PC. Class using digital textbooks have been performed of some schools because use of ICT(Information and Communication Technology) is being promoted of school education. Digital textbook is the e-book add function for shool textbooks can respond to the capabilities and characteristics of students and it is possible to have any scaling point, using video and audio. Currently, teachers have to reflect on the lessons gained interest and level of understanding, interest in such remarks attitude and teaching of students in order to expand the class is a two - way communication, a bi-directional they also taking advantage of digital textbooks in classes has been investigated. There is "the development of the viewer to share the writing to digital textbooks", as studies have considered the response to the class that is two - way communication. In this study, we have developed a viewer digital textbooks and notes can be written using the tag to underline referencing, can share their writing. Also, I was using as a file format for digital textbooks EPUB3.0 of interest.

However, since the format of the reference point of the tag is embedded its own way, it places the embedded information sharing between different viewer it is not easy, and the like. This problem can be solved by the use of a EPUBCFI is the specification determines how link into the EPUB. In this study, we developed a viewer that uses digital textbooks (CFI) location information according to specification EPUBCFI.

key words e-book, Digital textbook, EPUB, EPUBCFI

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	研究背景	2
2.1	電子書籍の普及	2
2.2	デジタル教科書の普及	3
2.3	先行研究	3
2.4	研究の目的	3
第 3 章	EPUB と EPUBCFI	5
3.1	EPUB フォーマット	5
3.1.1	EPUB3.0 関連仕様	5
	EPUB Publications 3.0	5
	EPUB Content Documents 3.0	6
	EPUB Media Overlays 3.0	6
	EPUB Canonical Fragment Identifier Specification	6
	EPUB Fixed-Layout Document	6
	EPUB 3 Structural Semantics Vocabulary	6
	EPUB 3 Changes from EPUB 2.0.1	7
3.1.2	ファイル構造	7
	mimetype	7
	META-INF/	7
	container.xml	8
	rights.xml	8
	Package Document	8

目次

	Style Sheets	8
	Navigation Documents	9
	Content Documents	9
3.1.3	文書レイアウト	10
3.2	主な電子書籍フォーマット	11
3.2.1	PDF(Portable Document Format)	11
3.2.2	XMDF(ever-eXtending Mobile Document Format)	11
3.2.3	AZW	12
	Kindle	12
3.3	EPUBCFI	13
3.3.1	EPUBCFI の概要	13
3.3.2	EPUBCFI の構文	13
3.3.3	EPUBCFI の処理	13
	子ノードへのステップ参照	14
	XML ID アサーション	15
	ステップ間接指定 (!)	15
第 4 章	EPUBCFI に対応したデジタル教科書ビューア的设计	16
4.1	Readium	16
4.2	EPUBCFI 機能	17
4.2.1	EPUBCFI 機能の概要	17
4.2.2	EPUBCFI の生成	17
4.2.3	EPUBCFI の解析	17
第 5 章	デジタル教科書ビューアの開発	18
5.1	デジタル教科書ビューアの概要	18
5.1.1	しおり機能	19

目次

5.1.2	書き込み機能	19
	下線の書き込み機能	19
	メモの書き込み機能	20
5.2	EPUBCFI 機能の実装	20
第 6 章	おわりに	22
	謝辞	23
	参考文献	24

目次

3.1	mimetype の内容	7
3.2	META-INF/container.xml の記述例	8
3.3	Package Document の記述例	9
3.4	Navigation Document の記述例	10
3.5	EPUB3.0 パッケージのファイル構造	10
3.6	EPUBCFI 構文 (EBNF 記法)	14
5.1	EPUB 解凍から表示までの流れ	18
5.2	書き込み情報の生成と保存	21

第 1 章

はじめに

現在，学校教育では ICT 利用が推進され，デジタル教科書を利用した授業が一部の学校で実施されている．デジタル教科書とは，情報端末やデジタル機器に表示される電子書籍コンテンツに相当するものであり，法令上は教科書とは別の教材に位置付けられている．実際には，紙の教科書にあるような文章や図が情報端末に表示され，その表示に複雑な装飾を施せたり，任意箇所の拡大や縮小などができる．

先行研究に，双方向性のある授業への対応として，デジタル教科書への書き込みを共有するビューアの開発がある．この研究では，デジタル教科書のファイルフォーマットとして EPUB が用いられている．その EPUB 内の HTML コンテンツ等にタグを追加する事で，文字への下線引きやメモ書きを可能にしている．しかし，タグの埋め込み箇所の参照形式が独自の方法であるため，埋め込み箇所の情報共有が容易でないことがわかった．最新の EPUB3.0 の関連仕様に，EPUB 内部へのリンク方法を定める EPUBCFI が策定された．EPUBCFI は，共通に理解できる構文を用意することで，クロスプラットフォームの相互運用性を実現することを目的としている．

そこで本研究では，EPUBCFI 仕様に準じた位置情報 (CFI) を利用したデジタル教科書ビューアを開発する．

第 2 章

研究背景

2.1 電子書籍の普及

電子書籍とは電子機器で閲覧する書籍であり、閲覧には専用端末や携帯電話、PC が必要である。電子書籍は、近年、伝送容量の大きい携帯電話やスマートフォン、スレート PC が普及し、電子書籍を閲覧できる環境が整ったことで利用者が増加した。電子書籍には、ビューワが組み込まれた PC などで電子書籍のみで閲覧できるアプリケーション型、インターネットから専用端末や携帯電話、PC などのビューワに適合した電子書籍をダウンロードするダウンロード型、Web を閲覧するのと同様に閲覧できるブラウジング型がある。そのため、電子書籍を利用するには機器やビューワなどの閲覧環境や電子書籍の形式に配慮しなくてはならないが、アメリカ Amazon 社の電子書籍関連サービス Kindle では、一度購入した電子書籍を様々な機器で閲覧することができ、その利便性が近年のアメリカでの市場拡大へつながったとされている。最近では日本語の縦書きを実現できるフォーマットが策定される等、汎用性も高くなってきている。また、アメリカではアメリカ出版社協会 (Association of American Publishers) の集計により、2011 年に紙媒体の書籍の売り上げを電子書籍が上回ったという結果が出ていた。

しかし、2012 年 12 月末に発表された PewInternet の調査によれば、過去 12ヶ月の調査で 16 歳以上のアメリカ人の 23 %は電子書籍を購入したことがあり、印刷された本を読んでいる 16 歳以上のアメリカ人は 72 %から 67 %に低下したといった結果が出ている。これは、ここ数年の急激な普及から劇的に鈍化しており、電子書籍の売上成長率もそれに合わせて落ちてきている。

2.2 デジタル教科書の普及

学校教育用に様々な機能を付加した電子書籍はデジタル教科書と呼ばれている。このデジタル教科書は、情報端末やデジタル機器に提示されるコンテンツに相当する物であり、法令上は教科書とは別の教材に位置付けられている。教育の情報化推進により、紙媒体の教科書ではなくデジタル教科書を利用した授業が一部学校で実施されている。総務省は、学校現場における ICT の活用を推進する「フューチャースクール推進事業」にて、2020 年度までにデジタル教科書を普及達成させることを目標としている。デジタル教科書では、紙媒体の教科書と比較して複雑な装飾を施すことができ、また動画や音声などのメディアを用いることができる。それらにより、分かりやすさや楽しさといった視覚的効果の他に情報の共有や反復学習の容易性などから、今後は双方向性のある授業への活用が検討されている。

2.3 先行研究

デジタル教科書への書き込みを共有するビューアの開発

この研究は、デジタル教科書の双方向性のある授業への対応として、下線やメモを書き込め、それらの書き込みを共有できるデジタル教科書ビューアの開発を行っている。開発されたデジタル教科書ビューアは、Android OS 上で Java を用いて開発され、レンダリングエンジンには WebKit を用いている。ビューアの機能としては、本に挟むしおりの役割を果たすしおり機能、任意の文字列に下線を引く下線の書き込み機能、任意の文字列にメモを書き込むメモの書き込み機能、また、書き込まれた下線とメモの共有を行う共有機能がある。

2.4 研究の目的

一斉授業では、紙媒体の教科書は教員や児童・生徒がそれぞれ使用する重要な教材であり、教員は教科書の内容をもとに授業を展開し、児童・生徒も教科書を確認しながら授業を受ける。その教科書には、教員の指示や児童・生徒が各自で要点をまとめたり考え方を記録するために下線やメモを書き込む場合がある。それらの書き込みは、児童・生徒が自宅学習など

2.4 研究の目的

の教員不在の学習活動においても、各自で学習できるようにするためのものである。

現在のデジタル教科書は、光村図書出版株式会社の出版している小学校国語のデジタル教科書では、プロジェクタや電子黒板などを用いて表示し、デジタル教科書のコンテンツ内のアニメーションにより筆順の確認ができたり、教員用 PC や電子黒板による下線や文字の書き込みなどができるようになっている。東京書籍株式会社のデジタル教科書も同様に、動画などアニメーションを含むコンテンツがあり、下線や文字の書き込みができるようになっている。また、これらのデジタル教科書では児童・生徒に情報端末が配布されている場合は、その端末でもプロジェクタや電子黒板と同様にデジタル教科書の閲覧や機能を利用することができる。これらのことから、現在のデジタル教科書では閲覧のみではなく書き込みもできるようになっており、紙媒体の教科書の代替として利用することができるといえる。しかし、要点をまとめたり考え方を記録するための書き込みは、紙媒体の教科書と同様で各端末に保持されるのみである。

以上から、双方向性のある授業への対応として、デジタル教科書へ下線やメモが書き込み、また、それらの書き込みを共有できるデジタル教科書ビューアを開発する研究が行われていたが、書き込みの位置情報が独自のものであった。

そのため、各ビューアが共通に理解できる位置情報としてとして EPUBCFI の構文を用いた参照機能のあるデジタル教科書ビューアの開発を行う。

第 3 章

EPUB と EPUBCFI

3.1 EPUB フォーマット

EPUB とは、IDPF(International Digital Publishing Forum) によって制定された電子書籍のフォーマットである。EPUB 形式の電子書籍は、W3C(World Wide Web Consortium) が策定している HTML(HyperText Markup Language) や XML(Extensible Markup Language) といったマークアップ言語とスタイルシートの CSS(Cascading Style Sheets) で記述され、動画などのメディアも用いることができる。2011 年 10 月の改定で策定された EPUB3.0 が最新の規格であり、EPUB 3.0 では JavaScript を活用した動的な電子書籍を作成することも可能となっている。また、現在策定中の CSS3 にも対応しており、それにより日本語の縦書きやルビなどの表現も可能となった。EPUB には著作権を保護するための DRM(Digital Rights Management) を付加することができ、アメリカの Apple 社や Google 社などによる電子書籍に関するサービスでは、独自の DRM を付加した EPUB フォーマットが使用されている。

3.1.1 EPUB3.0 関連仕様

EPUB Publications 3.0

EPUB Publications 3.0 は、出版物のメタデータ、出版物に含まれるリソース、表示されるリソースの順番を Package Document に定義する仕様である。主に.opf ファイル内の metadata, manifest, spine 要素に含まれるそれぞれ dc:, item, itemref 要素を扱う。

3.1 EPUB フォーマット

EPUB Content Documents 3.0

EPUB Content Documents 3.0 は、EPUB Publications のコンテキスト内で使用するための HTML5, SVG, CSS のプロファイルを定義する。

EPUB Media Overlays 3.0

EPUB Media Overlays 3.0 は、EPUB Content Document と同期する音声表現用に、SMIL（同期マルチメディア統合言語）、Package Document, EPUB Style Sheet, および EPUB Content Document の使用方法を定義している。

EPUB Canonical Fragment Identifier Specification

EPUB Canonical Fragment Identifier (epubcfi) は、フラグメント識別子を使って EPUB Publication の任意のコンテンツを参照する標準方式を定めている。

EPUB Fixed-Layout Document

EPUB 3 Fixed-Layout Documents は、EPUB 3 固定レイアウトを表現するためのメタデータ要素を定義する仕様である。また固定レイアウトの時の XHTML, SVG, 画像のレンダリング寸法を表現する方法も定義している。

EPUB 3 Structural Semantics Vocabulary

EPUB 3 Structural Semantics Vocabulary は、出版物のコンテンツ内にセマンティック性を付与する epub:type 属性の値について定義している。

3.1 EPUB フォーマット

EPUB 3 Changes from EPUB 2.0.1


EPUB 3 Changes from EPUB 2.0.1, EPUB 3 は、XML と Web 標準に基いて、デジタル出版物の交換と配信形式である EPUB の第三の主要な版を定義している。この仕様書は、以前にリリースされた EPUB 2.0.1 から EPUB 3 での変更点について有益な方法で説明している。

3.1.2 ファイル構造

EPUB フォーマットは、マークアップ言語や CSS などのファイルやメディアなどを圧縮して、拡張子を「.epub」に変更したものである。EPUB3.0 のパッケージに含まれるファイルやディレクトリは以下のとおりである。

mimetype

必須ファイルであり、ファイル名やパッケージ内での配置は仕様書で規定されている。圧縮された EPUB フォーマットの電子書籍であることを示す application/epub+zip を記述している。mimetype ファイルの記述を図 3.1 に示す。



```
application/epub+zip
```

図 3.1 mimetype の内容

META-INF/

必須ディレクトリであり、ディレクトリ名やパッケージ内での配置は仕様書で規定されている。container.xml を含まなくてはならず、その他に暗号化情報や著作権管理のファイルを含むことができる。

3.1 EPUB フォーマット

container.xml

必須ファイルであり、ファイル名やパッケージ内での配置は仕様書で規定されている。必須ファイルではあるがパッケージ内での配置が任意箇所となっているパッケージドキュメントのパスを記述している。container.xml ファイルの記述例を図 3.2 に示す。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<container xmlns="urn:oasis:names:tc:opendocument:xmlns:container" version="1.0">
  <rootfiles>
    <rootfile full-path="OPS/package.opf" media-type="application/oebps-package+xml"/>
  </rootfiles>
</container>
```

Package Document のパス

図 3.2 META-INF/container.xml の記述例

rights.xml

META-INF ディレクトリのオプションファイルである。DRM を付加する場合はこのファイルに記述する。

Package Document

必須ファイルであり、パッケージ内の書籍情報や各ファイルのパス、書籍の読み順を xml で記述している。必須要素として、書籍の情報を記述する metadata、構成ファイルを記述する manifest、書籍の読み順を記述する spine が必要である。パッケージドキュメントの記述例を図 3.3 に示す。

Style Sheets

コンテンツドキュメントのレイアウトを CSS で記述している。

3.1 EPUB フォーマット

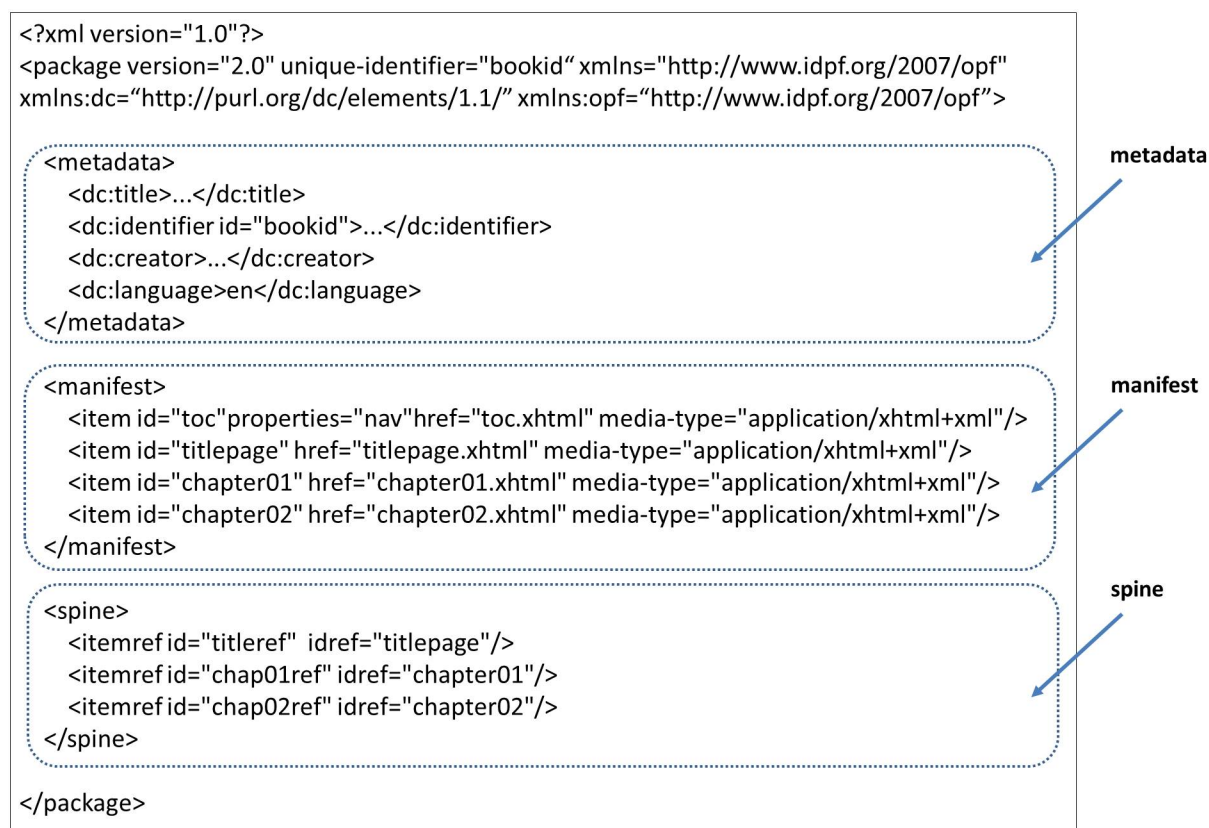


図 3.3 Package Document の記述例

Navigation Documents

任意のファイルであり、書籍の目次を XHTML(Extensible HyperText Markup Language) で記述している。ナビゲーションドキュメントの記述例を図 3.4 に示す。

Content Documents

書籍の本文をマークアップ言語で記述している。これらのファイルで EPUB3.0 パッケージは構成されている。また、動画や画像のメディアファイルなどを含めることができる。圧縮する際のファイル構造も仕様書で定められている。EPUB3.0 の仕様書で定められているファイル構造を図 3.5 に示す。

3.1 EPUB フォーマット

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!DOCTYPE html>
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xmlns:epub="http://www.idpf.org/2007/ops" xml:lang="ja">
<head>
<link rel="stylesheet" href="styles/nav_style.css" type="text/css"/>
<title>...</title>
</head>

<body>
<nav epub:type="toc">
<h1>目次</h1>
<ol>
<li><a href="text/000.xhtml">目次項目</a></li>
.....
</ol>
</nav>
</body>

</html>
```

図 3.4 Navigation Document の記述例

3.1.3 文書レイアウト

文書レイアウトは電子書籍フォーマット毎に異なり、リフロー型レイアウトと固定レイアウト型がある。EPUB は、文書のレイアウトが固定されていないリフロー型レイアウトの

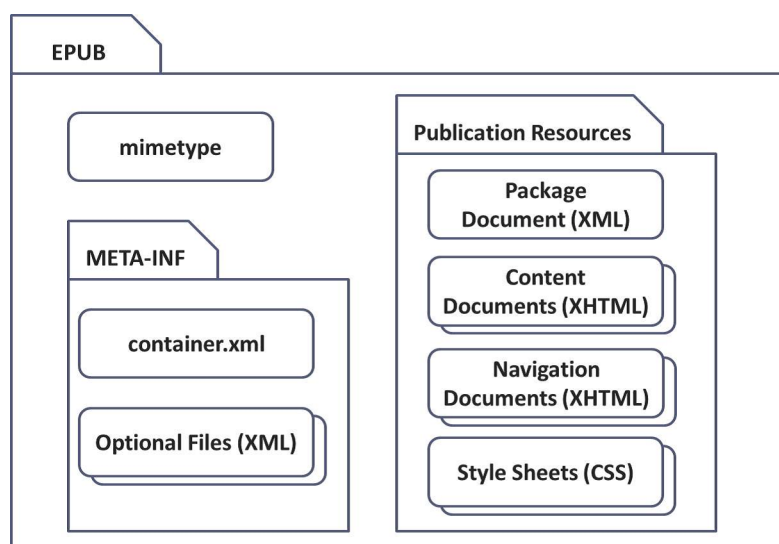


図 3.5 EPUB3.0 パッケージのファイル構造

3.2 主な電子書籍フォーマット

電子書籍フォーマットである。そのため、デバイスの表示領域や表示サイズの変更に応じて、行数や 1 行の文字数が変化し、一方向に読み進めていくことができる。リフロー型ではないレイアウトを固定レイアウト型と呼ぶ。固定レイアウト型の電子書籍フォーマットでは、文書や画像などに関係なく任意の箇所を中心に拡大縮小するため、表示領域に表示内容が収まらない場合もある。

3.2 主な電子書籍フォーマット

3.2.1 PDF(Portable Document Format)

PDF とは、Adobe 社が提唱している国際標準化機構によって標準化されている電子文書フォーマットである。PDF は印刷物と同じレイアウトの電子ドキュメントを作成することができ、無償で提供されている Adobe Reader など閲覧用のソフトウェアがインストールされているコンピュータすべてで元のレイアウトのまま表示することができる。また、無償で提供されている電子書籍の閲覧用ソフトウェア Adobe Digital Editions では、PDF を電子書籍として閲覧することもできる。PDF は仕様が公開されているため、PDF を作成するソフトウェアや他のフォーマットのファイルを PDF へ変換することのできるツールが数多くあるが、仕様が複雑なため PDF で用いることができるすべての機能を利用できるものは少ない。PDF を作成、変換する際により多くの機能を利用できるツールとして、Adobe 社より Adobe Acrobat が有償で提供されている。

3.2.2 XMDF(ever-eXtending Mobile Document Format)

電子書籍のフォーマットにシャープ株式会社の提唱している XMDF がある。XMDF は、閲覧のための専用端末が普及した点や日本語の縦書きや読み仮名などに対応している点などから、ソニー株式会社や凸版印刷株式会社などの企業でこのフォーマットを用いて電子書籍に関するサービスを展開している。現在は専用端末での閲覧のみではなく、電子辞書や携帯電話などでも閲覧可能となっている。2010 年度には一般社団法人日本電子書籍出版社協会

3.2 主な電子書籍フォーマット

が推進する「電子書籍交換フォーマット標準化プロジェクト」によってフォーマットの一部分が公開されたが、公開されたのは本文の記述に関する仕様のみであり、フォーマットすべての仕様は公開されていない。すべての仕様を公開する動きもあるが、現在、XMDF を用いて電子書籍を出版する場合はシャープ株式会社との契約が必要となる。

3.2.3 AZW

Amazon 社が採用している電子ブック Kindle 専用の電子書籍フォーマット。フランスの Mobipocket 社が開発した MOBI をベースに作られており、拡張子は .azw となる。端末に合った表示が可能なリフロー型レイアウトが採用されている。また、AZW への変換ツールが公開されているため比較的簡単に AZW への変換が可能である。

Kindle

Kindle とは、Amazon 社が販売する電子書籍リーダー、ならびに、コンテンツ配信をはじめとする各種サービスのことである。2007 年 11 月に初めて発売された。単に Kindle と言った場合、多くは電子書籍ビューアの専用端末を指すが、その他にスマートフォン向けのアプリや、多用途のタブレット型端末などがある。アプリケーションストア Kindle Store を指している場合もある。Kindle Store を通じて、電子書籍などのコンテンツが購入できるようになっており、データは PC などを経由せずに直接ダウンロード可能で、購入済のコンテンツはいつでも再ダウンロードできるようになっている。そのお手軽な購入から閲覧までの利便性の高さから、アメリカでの大きな市場拡大に繋がった。

3.3 EPUBCFI

3.3.1 EPUBCFI の概要

EPUBCFI(EPUB Canonical Fragment Identifier) は, EPUB3.0 の関連仕様で, フラグメント識別子を使って EPUB 内の任意のコンテンツを参照する標準方式を定めている.

Web はハイパーリンクの概念が効果的であるが, EPUB は内部へリンクする標準化された方法がなかったため, ハイパーリンクの恩恵を得ることができなかった. その理由から, 個々の電子書籍リーダーは独自の方法で開発・実装しているため, 共通に理解できる構文がなくてはクロスプラットフォームの相互運用性を実現できなかった. EPUBCFI は, EPUB 内の参照位置あるいは参照範囲を一意に特定できる構造参照を定義し, この状況の改善を目的としている.

3.3.2 EPUBCFI の構文

EPUBCFI の例を挙げる.

$$epubcfi(/6/4[ch01]!/4/6/3:3) \quad (3.1)$$

ハッシュ直後に続く `epubcfi` は, このフラグメント識別子が EPUBCFI の定義するスキームに従っていることを示しており, 括弧で囲まれている文字列は EPUB コンテンツ内の位置を参照するのに使われる構文になる. 次に EPUBCFI の構文について記した図 3.6 を挙げる.

3.3.3 EPUBCFI の処理

EPUBCFI の処理は, EPUB 内にある Package Document のルートノードから開始される.

3.3 EPUBCFI

fragment	= "epubcfi" , (path range) , ")" ;
path	= step , local_path ;
range	= path , " , " , local_path , " , " , local_path ;
local_path	= { step "!" } , [termstep] ;
step	= "/" , integer , ["[" , assertion , "]"] ;
termstep	= terminus , ["[" , assertion , "]"] ;
terminus	= (":" , integer) ("@" , number , ":" , number) ("~" , number) ("~" , number , "@" , number , ":" , number) ;
number	= (digit-non-zero , { digit } , ["." , { digit } , digit-non-zero]) (zero , "." , { digit } , digit-non-zero) ;
integer	= zero (digit-non-zero , { digit }) ;
assertion	= [csv] , { parameter } ;
parameter	= ":" , value-no-space , "=" , csv ;
csv	= value , { "," , value } ;
value	= string-escaped-special-chars ;
value-no-space	= value - ([value] , space , [value]) ;
special-chars	= circumflex square-brackets parentheses comma semicolon equal ;
escaped-special-chars	= (circumflex , circumflex) (circumflex , square-brackets) (circumflex , parentheses) (circumflex , comma) (circumflex , semicolon) (circumflex , equal) ;
character-escaped-special	= (character - special-chars) escaped-special-chars ;
string-escaped-special-chars	= character-escaped-special , { character-escaped-special } ;
string	= character , { character } ;
digit	= zero digit-non-zero ;
digit-non-zero	= "1" "2" "3" "4" "5" "6" "7" "8" "9" ;
zero	= "0" ;
space	= " " ;
circumflex	= "^" ;
double-quote	= "\"" ;
square-brackets	= "[" "]" ;
parentheses	= "(" ")" ;
comma	= "," ;
semicolon	= ";" ;
equal	= "=" ;
character	= ? Unicode 文字 ? ;

図 3.6 EPUBCFI 構文 (EBNF 記法)

子ノードへのステップ参照

斜線 (/) とそれに続く整数のステップは次のような方法で 1 つ、または複数の子ノードを参照する。それぞれの要素は正の偶数のインデックスが割り当てられる。最初の要素のインデックスは 2 が割り当てられる。最初の要素の前や、要素の間、最後の要素の後ろに位置するそれぞれの非要素ノードは、その位置に応じて奇数のインデックスが与えられる。テキストノード以外の非要素ノードは通常無視される。このインデックス方法は、XML パーサーが行う空白テキストノード、CDATA セクション、および実体参照の処理にノード識別が影響を受けないようにする。EPUB CFI は、CFI の先頭のステップは斜線 (/) とそれに続く偶数の番号で始まらなければならない。CFI がたどる Package Document は、Publication の META-INF/container.xml ファイル内で指定されていなければならない。

3.3 EPUBCFI

XML ID アサーション

EPUB CFI が、ID を含んだ要素を参照する場合、該当するパスのステップは、角括弧で囲んだその ID を含めなければならない。

ステップ間接指定 (!)

先頭が感嘆符 (!) のステップは、参照を追従せねばならず、新しいターゲットノードから始まる次のステップが適用されて続くことを示す。Package Document の spine 内の itemref に対しては、参照は manifest 内で該当する item 要素の href 属性によって定義される。

第 4 章

EPUBCFI に対応したデジタル教科書ビューア的设计

今回の EPUBCFI 機能には、電子書籍ビューアである Radium で既に開発されている EPUBCFI を解析・生成することができるプログラムを使用して、EPUBCFI を利用した機能の開発を行う。なお、Radium では、EPUBCFI の解析・生成が行えるプログラムは開発しているが、それを利用している機能はない。

4.1 Radium

Radium とは、ウェブブラウザである Google Chrome 上で EPUB3.0 コンテンツを閲覧可能にするオープンソースのアプリケーションである。Radium は、オープンソースの HTML レンダリングエンジンである Webkit を用いており、米国の電子書籍規格標準化団体である IDPF(International Digital Publishing Forum) が中心となって開発を行っている。Radium には、大きく分けて電子書籍の管理画面と閲覧画面が用意されている。起動することで管理画面が表示され、EPUB コンテンツの追加や選択、削除等が行える。閲覧画面においては様々な機能が用意されており、背景色と文字色の選択、文字のサイズ選択、全画面表示、マージン(余白)の選択等が挙げられる。

4.2 EPUBCFI 機能

4.2.1 EPUBCFI 機能の概要

EPUBCFI 機能とは、EPUBCFI を生成・解析することができる機能の事を指す。この機能は、参照された位置情報の保存を必要とする他の機能に実装することで利用することができるようにする。

4.2.2 EPUBCFI の生成

EPUBCFI の生成は、処理が大きく 2 つに分かれており、1 つは Package Document 部分の参照情報、もう 1 つは Content Document 部分の参照情報の EPUBCFI 化に分かれる。Package Document 部分においては、Package Document と、参照している Content Document の IDREF の要素が必要となる。Content Document 部分においては、CFI の参照箇所が含まれているテキストノードと、テキストノードのオフセット (参照箇所までの距離) の要素が必要となる。

4.2.3 EPUBCFI の解析

EPUBCFI で定められた構文に従い、特定の箇所を参照している CFI の解析を行う。EPUBCFI の解析には、CFI, Package Document, Content Document の 3 つの要素が必要となる。CFI は言うまでもないが、Package Document と Content Document は、CFI の参照情報部分に含まれる感嘆符までの文字列が Package Document 部分の参照、感嘆符以下の文字列が Content Document 部分の参照になるため必要になる。

第 5 章

デジタル教科書ビューアの開発

5.1 デジタル教科書ビューアの概要

本研究で使用するデジタル教科書ビューアを紹介をする。使用するデジタル教科書ビューアは、Android OS 上で Java を用いて開発され、レンダリングエンジンには WebKit を用いている。WebKit とは、多くの Web ブラウザで採用されている Apple 社が中心となって開発しているオープンソースの HTML レンダリングエンジンである。はじめに、EPUB 形式の電子書籍は圧縮されているため、電子書籍を選択するとパッケージを解凍し、構成ファイルを開覧できるようにしている。そして、EPUB3.0 で定められている必須ファイルやファイル構造により、読み順の先頭になっているファイルから WebKit で解析して表示できるようにしている。解凍してから表示に必要なファイルのパスを取得するまでの手順を図 5.1 に示す。

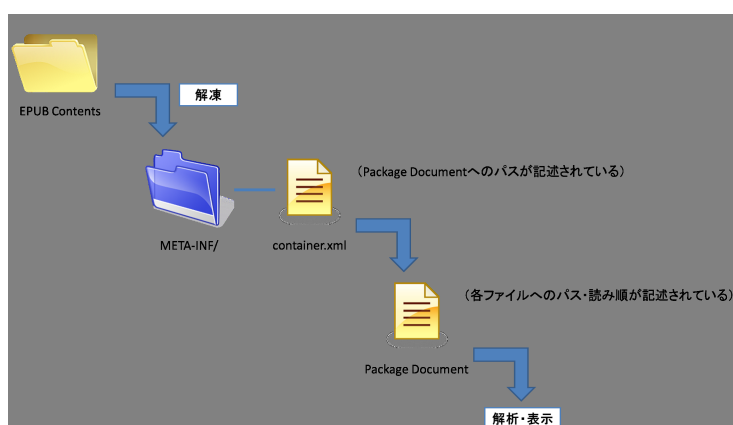


図 5.1 EPUB 解凍から表示までの流れ

5.1 デジタル教科書ビューアの概要

5.1.1 しおり機能

しおり機能を使うと、ページの左上に印を表示し、同時にナビゲーションドキュメントが存在する電子書籍の場合は該当ページの表示にも印を表示される。しおり機能は、メニューから「しおり」を選択すると、表示しているページのファイルに HTML のタグを挿入して、ページの左上にしおりを表す印を表示する。また、同時にナビゲーションドキュメントにも、しおりを挿入したページの箇所にタグを挿入して印を表示する。ナビゲーションドキュメントへのタグの挿入には、表示しているファイルを特定する必要があるため、表示しているファイルのパスを取得し、ナビゲーションドキュメントのハイパーリンクと一致する記述を検索し、一致する記述にタグを挿入して表示するようにした。挿入したしおりを除去するには、しおりを挿入しているページでメニューの「しおり」を再び選択することで、表示しているページのファイルとナビゲーションドキュメントからタグを除去して表示を消す

5.1.2 書き込み機能

書き込み機能として、下線とメモを書き込める機能を実装している。デジタル教科書への書き込みは、EPUB 形式はリフロー型レイアウトの電子書籍フォーマットであるため、座標で保持するのではなく、表示しているマークアップ言語で記述されているファイルに HTML タグを挿入することで実現した。書き込み位置の取得には、文字列を選択してクリップボードへ格納する OS の機能を利用した。文字列をクリップボードに格納して書き込み機能を選択すると、表示しているファイルから一致する文字列を検索する。ファイルから一致する文字列が見つかったら、その文字列の前後に選択した書き込み機能に該当するタグを挿入し、元のファイルに上書き保存するようにした。

下線の書き込み機能

下線の書き込み機能では、下線を記入する文字列に実線の下線を表示できるようにした。下線を引く場合は、下線を引きたい箇所を選択・コピーし、文字列をクリップボードへ格納

5.2 EPUBCFI 機能の実装

する。そして、メニューから「下線を引く」を選択することで下線が引かれる。下線の表示は、本文中に HTML のアンダーラインタグを埋め込み表示する。

メモの書き込み機能

メモの書き込み機能では、メモを記入する箇所の文字列に破線と通し番号を表示し、入力したメモの内容は通し番号で参照できるようにした。メモを記入する場合も同様に、メモを記入したい箇所を選択・コピーし、文字列をクリップボードへ格納する。そして、メニューから「メモを書く」を選択するとメモの入力画面が表示され、メモを入力すると破線と通し番号が表示される。破線と通し番号は、本文中に HTML の破線のアンダーラインタグと通し番号を埋め込み表示する。入力されたメモは、「メモの確認」ボタンを押すと一覧で表示され本文の通し番号と参照できる。

5.2 EPUBCFI 機能の実装

EPUBCFI 機能の実装箇所は、下線の書き込み機能とメモの書き込み機能の 2 箇所ある。どちらも文字列に下線を書き込む形で、参照している文字列の位置を特定している。まず、参照された文字列の始点と終点の 2 ヶ所を EPUBCFI の仕様に準じた情報に変換する。変換後、それぞれの EPUB コンテンツ毎に用意するテキストファイルに情報を保存する。情報が書き込まれたテキストファイルの例として、図 5.2 を挙げる。

5.2 EPUBCFI 機能の実装

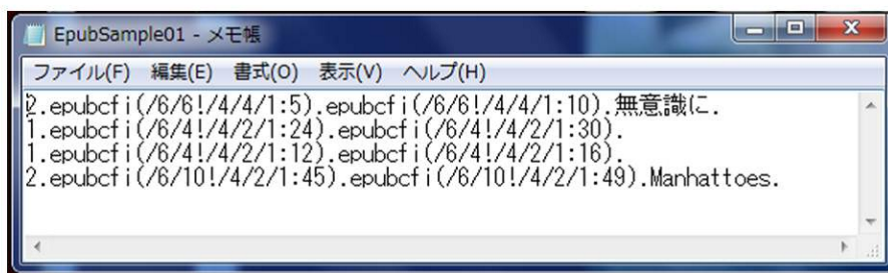
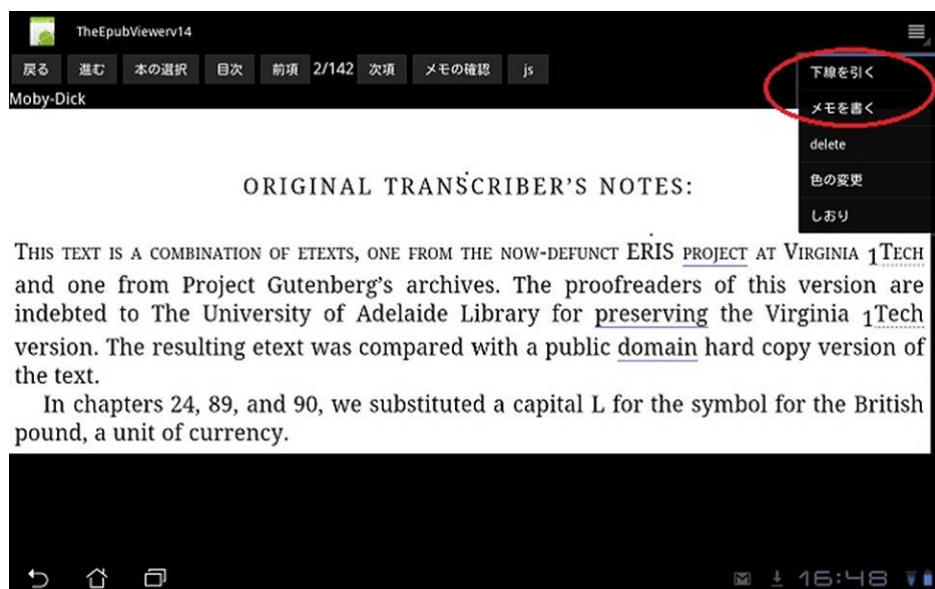


図 5.2 書き込み情報の生成と保存

第 6 章

おわりに

本研究では，EPUBCFI 仕様に準じた位置情報 (CFI) を利用したデジタル教科書ビューアを開発した．参考にした先行研究のデジタル教科書ビューアにある書き込み機能では，書き込み位置の取得は EPUB フォーマットがリフロー型レイアウトのため，座標ではなく本文中の文字列を使用していた．しかし，その位置情報が独自のものであったため，本研究では各ビューアが共通に理解できる構文として EPUBCFI を用いた位置情報の改変を行った．今後の課題として，ユーザインタフェースの改善と評価や，書き込み方の違いによる効果（自由技術と CFI 利用）の検証が挙げられる．最終的には，紙の教科書と同等の扱いやすさを持ち，書き込みの共有など，より双方向性のある授業の展開に対応したデジタル教科書ビューアの開発を目指す．

謝辞

本研究の遂行において、多大なるご指導を賜りました高知工科大学情報学群，妻鳥貴彦講師に心より深くお礼申し上げます。また，ご多忙な中，本研究の副査をお引き受けいただきました高知工科大学情報学群，吉田真一講師，植田和憲講師に心よりお礼申し上げます。そして，本研究の遂行において様々なご協力していただきました，共に勉学に励んできた仲間である本研究室学部4回生山中祐亮氏，田中亜璃紗氏，篠原寛之氏，西野正員氏に心より感謝いたします。本研究の遂行において様々なご協力していただきました本研究室学部3回生大野平冴夏氏，川崎智太氏，桐村龍太郎氏，巽翔太郎氏，蓼原奈緒氏，野口紗衣氏，濱田康平氏に心より感謝いたします。最後に，私の4年前の決意に無条件で応援してくださり，大学生活を支えてくださった家族に心より深く感謝いたします。

参考文献

- [1] ”デジタル教科書への書き込みを共有するビューアの開発”, 伊藤 俊之
- [2] ”EPUB Canonical Fragment Identifier (epubcfi) Specification”,
<http://idpf.org/epub/linking/cfi/epub-cfi.html>
- [3] ”readium/EPUBCFI • GitHub”,
<https://github.com/readium/EPUBCFI>