

World Wide Webの起源と発展

小 松 香 爾

はじめに

WWWの出現以前は、専門知識は大学や企業の図書室に蓄えられていた。一般人向けのニュースは、マスメディアによって収集され、広告と共に伝達されていた。1990年初頭、WWW (World Wide Web) サービスがインターネット上に出現した。インターネットの高速化とWWWの技術的な発達に伴い、情報の蓄積と伝達が、量的にも質的にも大きく変化した。

現在も、図書室やマスメディアはなくなっていない。しかし、CGM (Consumer Generated Media) によって、パソコンやケータイを使用して、個人が簡単に情報を発信できる仕組みが整えられつつある。CGMはWWWサービスの一種であり、個人から発せられた情報はインターネットを流れる。WWWの理念の一つとして、「世界中の誰もがアクセスできること」がある。従って、CGMのコンテンツは、世界中に影響を与える。さらに、近年は、モバイル端末からのWWWへのアクセスが可能になった。特に携帯電話からのアクセスの低価格化と高速化は、社会に対する影響が大きかった。CGMは、多方面へ多大な影響を与えるようになった。個人の生活スタイルの変化は、「ネット通販市場の拡大」、「図書館利用率の低下」、「TV視聴率の低下」などに現れている。

CGMの技術的な発達や一般人への浸透により、WWWに蓄積される情報は急激に増加した。2008年8月の時点、稼働中のサーバは、全世界で7千万台強存在する。インターネットでアクセスできるページ数は、推定400億ページ以上とされている。しかし、情報が増加すればするほど、良い情報を得られるというわけではない。例えば、ストックされた新聞のページ数が多くなれば多くなるほど、目的の記事を探すのは困難になる。情報は、すばやく検索できてこそ価値がある。WWWが多くの人々に使用され、現実世界に影響を及ぼすようになったのは、検索サイトの出現と技術革新によるところが大きい。WWWのほぼ全てのWebページは、検索エンジンによってインデキシングされ、検索可能な状態にされる。現在、80%以上の人々が、検索サイトを起点に、PCからインターネットにアクセスすると言われている。

検索サイト、CGMの出現と発達、モバイル端末からのアクセスの低価格化と高速化により、WWWは、一般人へ浸透していった。また、一般人のWWW利用が進むとともに、企業の宣伝広報戦略は、ネット重視の方向に進んでいった。本論文では、WWWの起源と発展をまとめる。

1. WWWの起源

WWWは、コンピュータネットワーク上の参照システムといえる。様々な情報が関連付けられ、利用者は、情報の断片をクリックすることで、より詳しい情報や類似性のある情報を得ることができる。参照という仕組み自体は、新しいアイデアではない。書籍でいえば、本文中のページ参照および、巻末の索引に相当する。しかし、書籍には欠点がある。書籍を多く集めたときに、まず、目的の書籍を探す必要がある。特に、他の書籍のページを参照する場合には、書籍検索の高速性が求められる。大量の書籍を迅速に検索できる状態にする為に、図書館学という学問が生まれた。その図書館の分類、検索方法を批判したのが、バニバー・ブッシュである。

1-1 記憶の拡大構想

バニバー・ブッシュは、機械的に情報の関連付けを行う構想を、Memexとして発表した。Memexは「MEMory Extender」の省略語であり、日本では、「記憶の拡大構想」あるいは「情報検索システム構想」と呼称されてきた。バニバー・ブッシュは、Memexを「人間が全ての蔵書、記録、通信の内容を収納しておく装置で、素早く柔軟に参照できるような機械」と定義した¹¹⁾。

後の計算機科学者に大きな影響を与えた"As We May Think"は、1945年7月に発表された。同年5月のドイツ降伏直後に相当する。米国首脳陣は、当時、科学技術力が戦局を決めると認識していた。そして、大統領であるフランクリン・ルーズベルトにより、徹底した軍産複合体制が敷かれていた。第一次世界大戦後に、科学技術の戦争における重要性、および、軍産学の連携体制の重要性を大統領に説いたのが、バニバー・ブッシュである。そして、複合体制の中核となるよう、政府直属の機関として科学研究開発局が設立された。バニバー・ブッシュは科学研究開発局の局長であると共に、ルーズベルト大統領の事実上の軍事顧問あり、多額の軍事予算を拠出させた。科学研究開発局には、米国中の科学者が集まり、科学技術の軍事応用が研究



図1 人間の記憶の拡張
出典 LIFE Vol19, No11

された。その代表例が、マンハッタンプロジェクト、いわゆる原子爆弾計画である。

バニバー・ブッシュは、各プロジェクトの総指揮をとっており、膨大な資料を、効率的に分類、整理する必要に迫られていた。しかし、人間の記憶には限界があり、全ての資料間の関連性を記憶することはできない。通常、研究資料は図書館に保存する。図書館式の分類法は、タイトルや著者名をアルファベット順に並べて整理するというものである。バニバー・ブッシュは、"As We May Think"で、図書館の分類方法は、資料の内容の関連性を考慮していないため、効率的な検索が出来ないという批判をした。ブッシュが提案したのは、より人間の脳に近い検索システム、いわゆる連想型検索である。その後、"As We May Think"は、LIFE誌に、アーティストの図解が加えられて再掲された。図1から、Memexの目標は、人間の視覚情報を、機械に蓄えることであることがわかる⁽¹⁾。

1-2 Memexの仕組み

Memexは、人間が記憶するように文書を保存し、人間が思い出すように文書を検索する装置である。それは、資料を撮影するためのカメラと、撮影した画像を保存しておくマイクロフィルム、フィルムを投影するスクリーンから構成される。(図2)さらに、Memex同士をネットワークでつなぐことも想定されていた。画像を保存するためのマイクロフィルムは、マイクロフィッシュと呼ばれる平面状のフィルムである(図3)マイクロフィッシュは、ランダムアクセスが可能である。また、Memexでは、スクリーンの特定の部分を指示することで、関連した資料を表示することが想定されていた。これは、現在のWebのリンクに相当する。Memexでは、資料を画像として保存するだけでなく、図4のように、ペンで補足的な情報を登録する機能も考慮されていた。さらに、ペンで書き込んだ内容を、別のマイクロフィッシュに記録し、スクリ

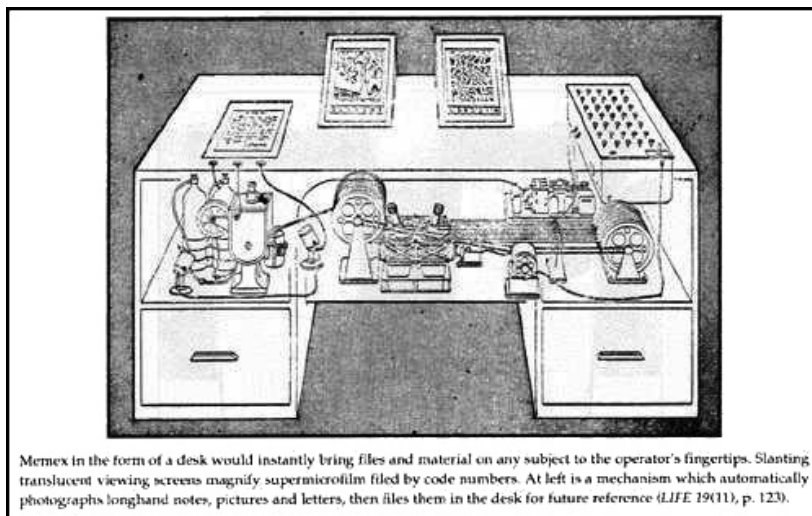


図2 Memexの設計図

出典 LIFE Vol19, No11

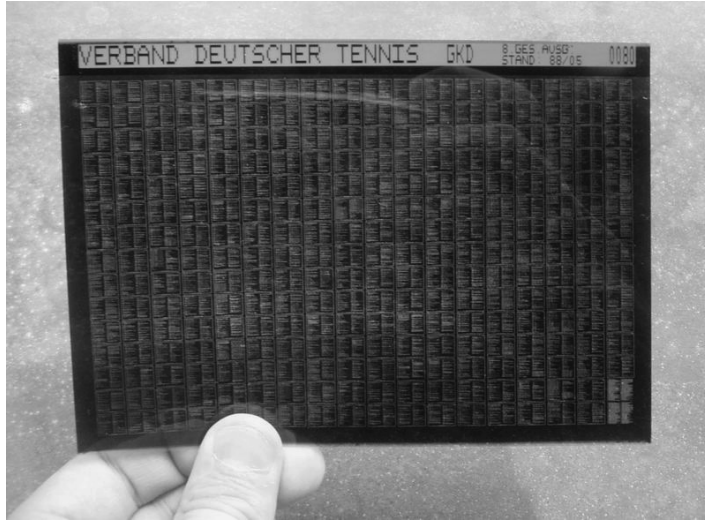
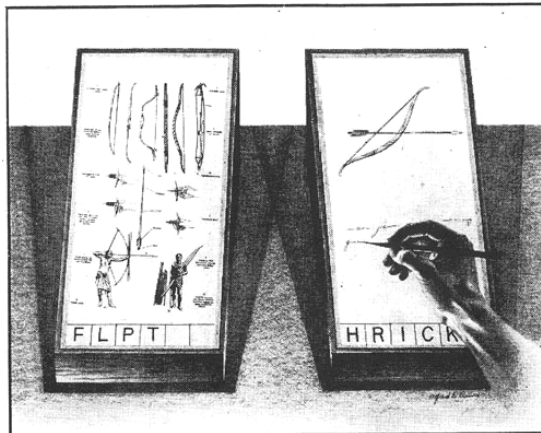


図3 マイクロフィッシュ
出典 Wikipedia <http://ja.wikipedia.org/wiki/>

ーンを重ねて投影することも想定されていた。

ブッシュが目指したのは、文書情報の効率的な分類と検索である。しかし、文書は、画像として保存されるので、現在のWWWとは異なる⁽²⁾。WWWでは、画像、動画、音声なども扱えるが、文書は文字データの集合、いわゆるテキストとして保存される。

バニバー・ブッシュは、大戦後に科学者が研究すべき課題を提示するため"As We May Think"を発表した。しかし、当時の計算機は、弾道計算や暗号解読のための数値演算をするた



Memex in use is shown here. On one transparent screen the operator of the future writes notes and commentary dealing with reference material which is projected on the screen at left. Insertion of the proper code symbols at the bottom of right-hand screen will tie the new item to the earlier one after notes are photographed on supermicrofilm (*LIFE* 19(11), p. 124).

図4 Memexへの新規情報の登録
出典 LIFE Vol19, No11

めの装置であり、ブッシュも、他の研究者も、コンピュータでMemexが実現可能であるとは考えなかった。マイクロフィルムによる原始的な記録方法ではMemexを実現したとしても、実用には耐えられない。先進性と重要性にも関わらず、長らく構想の状態に留まっていたのは、実現する装置がなかったからである。

2. Memexの実現とGUIの誕生

今日の、WWWで、Webページを表示するビットマップディスプレイ、およびページをスクロールさせたり、ページ内のリンクをクリックしたりするマウスは、必要不可欠なものである。1951年には、世界初の商用コンピュータ「UNIVAC 1」が発売されていた。アメリカ合衆国統計局が、資金を負担して開発された装置であった。コンピュータは、大戦後も、依然、数値計算を行うための装置であった。使用者のリアルタイムな操作をコンピュータが受け付けられさえすれば、Memexは実現可能であると考えたのが、ダグラス・エンゲルバートである。

2-1 NLS

コンピュータを使って、Memex、あるいはMemexに似た装置を実現しようとしたのが、ダグラス・エンゲルバートである。エンゲルバートの目標は、コンピュータを、人間の思考を援助する装置にすることであった。1964年、エンゲルバートの研究は、後に多数のインターネット関連の技術を産んだARPA (Advanced Research Projects Agency) から100万ドルの援助金を得た。エンゲルバートの開発したシステムは「NLS (oN Line System)」と名付けられた⁽³⁾。

2-2 GUIの誕生

エンゲルバートは、NLSを実現するにあたり、コンピュータのユーザインターフェースを改善することからはじめた⁽⁴⁾。エンゲルバートは、出力にCRTディスプレイを採用した。光の点の集まりで、文字を表示することを考案したのである。入力には、既にタイプライターで使われていたキーボードを採用した。Memexの入力はペンであったが、ペンで入力すると情報は画像情報として保存される。情報を整理、検索する際、画像よりテキストの方が扱いやすい。さらに、エンゲルバートは、文章を編集するために、位置を指示する装置を開発した。この装置は、箱の裏に、縦方向・横方向の動きを検知する車輪が、箱の上には、3つのボタンが装着されていた。(図5)装置は「Mouse」と名付けられた。マウスは、今日でも、キーボードと共に、ユーザインターフェースの中核を担う装置である。

2-3 Memexの実現

CRTディスプレイ、キーボード、マウスというGUI (Graphical User Interface) 用の装置が開発された後、論文制作アプリケーションが試作された。これは世界最初のワードプロセッサであった。論文制作アプリケーションでは、制作された論文、および論文内の各段落に通し番号が付けられていた。この通し番号を参照することにより、論文間の関連付けが実現された。

NLS上のアプリケーションはワードプロセッサだけではない。画面を2つのウィンドウに分割し、通信回線で結ばれた別のコンピュータの画面を表示するアプリケーションも実装された。



図5 NLSのマウス

出典 Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/>

これは、現在、インターネット上で実現されているチャットや電子会議に相当する。さらに、ネットワーク上の他のコンピュータに、電子的な手紙を送ることもできた。これも、現在のEメールに相当する。ダグラス・エンゲルバートの功績は、Memexの実現にとどまらず、Memexを実現するための先進的な装置、GUI、アプリケーションの開発したことにあり⁽⁵⁾。NLSがなければ、後のXanadu、HyperCard、WWWといったハイパーテキストシステムは誕生しなかった。

3. ハイパーテキストの概念

NLSにより、Memex構想は実現された。NLSには、情報を整理し、関連付けて保存するための機能が実装されていた。しかし、NLSの関連付けとは異なる文書間の関連付けの方法が、テッド・ネルソンによって考案された

3-1 Xanadu構想

テッド・ネルソンは、1974年に自費出版された「Computer Lib^[3]」(図6)で、ハイパーテキストという単語、およびその概念を発表した⁽⁶⁾。ハイパーテキストは、従来の文書を超えた文書である。ハイパーテキストは、「論文、資料、書籍は、全て連続的であるにも関わらず、元になる人間の思考は非連続的である」という思想から誕生した。

テッド・ネルソンは、ハイパーテキストシステムとしてXanadu構想を提案した。Xanaduに保存される文書は、ハイパーリンクが張られたハイパーテキストである。Xanaduのハイパーリンクは図7のような相互参照であることに加え、ページへのリンクではなく、ページのある一部分へのリンクである^[4]。これは一方的にページ全体へリンクを作る、現在のWWWのリンクとは根本的に異なる。さらに、図8のように、リンク先の内容を、リンク元のページに取り込んで引用表示する「トランスクルージョン」という仕組みも存在する。Xanaduのリンクは現在のWWWのリンクに比べて強力である。その強力さは、文書の保存ポリシーによって保証されて

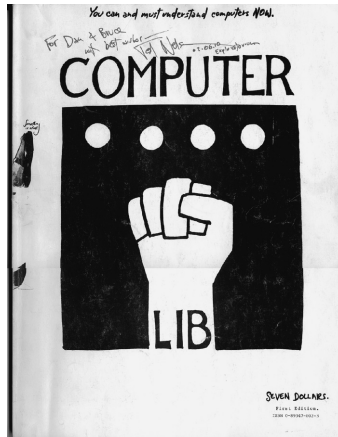


図6 コンピュータ・リブ

出典 <http://www.digibarn.com/collections/books/computer-lib>

いる。Xanaduでは、ハイパーテキストは集中管理されたサーバに保存される。サーバに保存されたテキストは、永久に保存されることが保証される。保存されたテキストは、著者であっても変更できない。変更は、文書のバージョンアップを行うことによるのみ行える。この「一カ所で集中管理、テキストの変更不可」というポリシーは、現在のWWWのポリシーとは対局のものである。しかし、相互参照でかつ単語単位のリンク、トランスクルージョンを実現するためには必要なポリシーである。リンク先が変更されると、トランスクルージョンの際に、文脈の一貫性が保たれなくなるからである。また、リンク先の文書が削除された場合、トランスクルージョン自体が不可能になる。表1に、XanaduとWWWの違いをまとめる。

表1

	Xanadu	WWW
リンク元	ページの一部	ページの一部
リンク先	ページの一部	ページ全体
参照方式	相互参照	一方向の参照
トランスクルージョン	あり	なし
ネット上のサーバの数	一つ	多数
リンクの位置	サーバ内	サーバ内とサーバ間
著作権管理	あり	なし
バージョン管理	あり	なし
課金	あり	なし

3-2 電子出版システムとしてのXanadu

現在のWWWでは、ページの著作権の問題が頻繁に生じている。Xanaduでは、著作権が厳重

に管理される。ブラウザからデータをコピーすることは出来ず、また、ユーザがページを閲覧する度に、著作権者に代金が支払われる。さらに、著作権者が、他の文書の一部をトランスクルージョンしている場合には、その文書の著作者にも、自動的に代金が支払われる。このように、Xanaduは、個人が世界に向けて出版するためのプラットフォームとして考案された。⁽⁷⁾

現在、文書を出版する際、他の文書の一部をコピーすれば著作権違反になる。Xanaduを用いて出版すれば、引用部分は相互リンクを使って、トランスクルージョンすればよい。トランスクルージョンはリンクであり、コピーではない。したがって、著作権違反には相当しない。著作権者に許可を取らずに引用できるという点で、Xanaduは画期的な出版システムであるといえる。

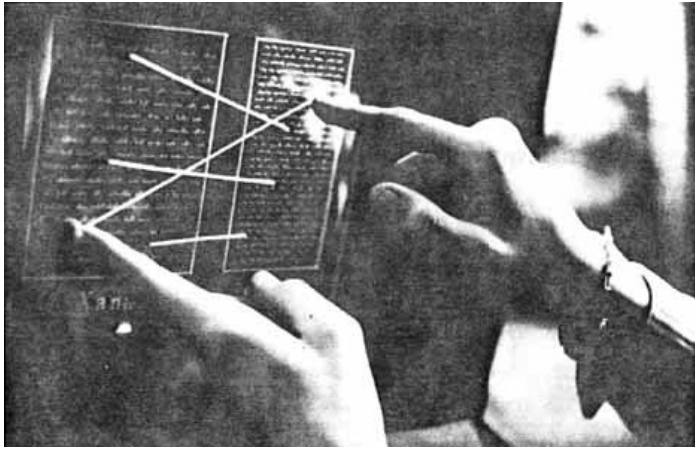


図7 Xanaduのハイパーリンク

出典 Ted Nelson, "Xanalogical Structure, Needed Now More than Ever: Parallel Documents, Deep Links to Content, Deep Versioning and Deep Re-Use", ACM Computing Surveys (4es), 1999.

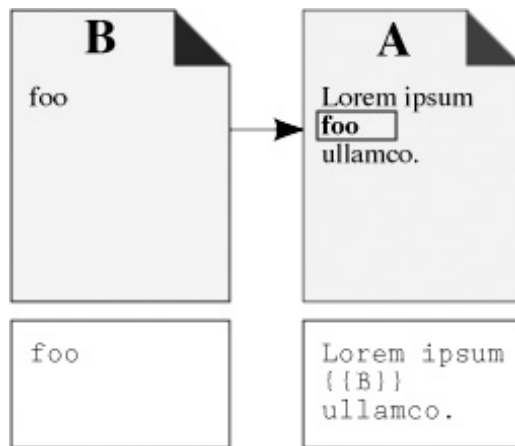


図8 トランスクルージョン

出典 Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/>

Xanaduは、リンクの強力さ、バージョン管理、著作権保護の仕組みにより、システムは複雑で実現は困難である。また、文書を保存するサーバを誰が管理するのかという点も問題である。Xanaduプロジェクトは紆余曲折を経て、現在も開発中である⁽⁸⁾。Xanaduの一部の機能は、HES (Hypertext Editing System) として実装された。(図9) HESのユーザインターフェースは、NLSとも、現在のWWWとも異なり、電子ペンを使用したものであった⁽⁹⁾。



図9 Hypertext Editing System
出典 Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wik>

4. インターネット上の文書共有システム

インターネットの歴史は、世間一般で考えられているほど短くはない。また、インターネットはWWWと混同されることが多い。WWWは、あくまでインターネット上のアプリケーションの一つにすぎない。WWWが登場する以前は、インターネットは、研究者や学生によって使用されていた。インターネット上のアプリケーションは、Eメール、ファイル転送、ネットニュース、チャットなどがあった。現在、これら全てのアプリケーションが、WWW上の同等のWebアプリケーションに置き換えられている⁽¹¹⁾。現在、一般人が、インターネットをWWW以外で使用するのは、3次元グラフィックスレンダリングが行われるネットゲーム、Skypeに代表されるIP電話、Winnyに代表されるP2Pのファイル交換である。WWWでは、文書情報の共有、企業や商品の宣伝、特定および不特定多数とのコミュニケーションが行われている。現在、WWWは、携帯端末の普及もあり、パーソナルコンピュータのOSより重要なプラットフォームになった。

4-1 WWWの誕生

WWWシステムの根幹をなすURI、HTML、HTTPはティム・バーナーズ＝リーによって考案された。世界初のWebブラウザ(図10)とWebサーバもUNIXOS上に実装された。当初、WWWはCERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) のローカルネットワーク上で、

異なるコンピュータ、異なるOS間で文書を共有することを目指して、設計された。1991年、世界初のWebサイトがインターネット上に公開された。

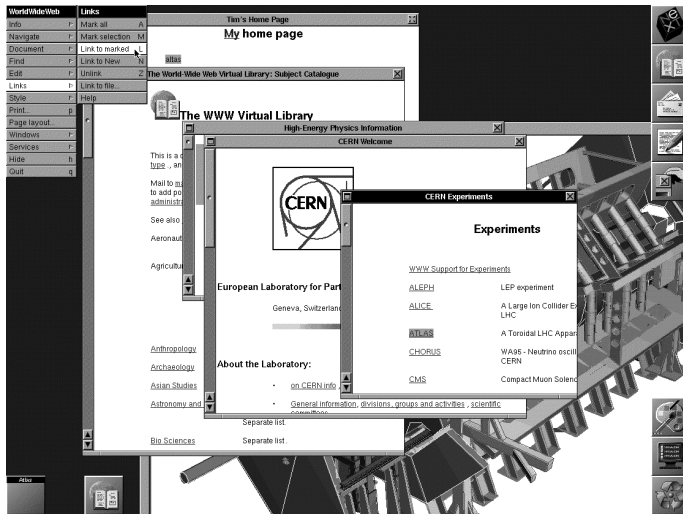


図10 世界初のWebブラウザ
出典 W3C <http://www.w3.org>

ティム・バーナーズ＝リーは、WWWの着想は「Hyper Card」にあったと発言している。Hyper Cardは、Macintoshに標準で搭載されていた商用ハイパーテキストアプリケーションである。Hyper Cardをベースに、百科事典、データベース、ゲームなど様々なアプリケーションがMacintosh用に作られていた。ティム・バーナーズ＝リーは、HTML（Hyper Text Markup Language）という、ページ記述言語を開発した。HTMLは、ISOで定められていたSGML（Standard Generalized Markup Language）というマークアップ言語のサブセットである。SGML

```
<!DOCTYPE motd [ <!ELEMENT
<motd>
<!-- created: 2003-12-12 -->
<sentence>Do not throw
out the <keep>baby</>
with the
<refuse>dirty</>,
<refuse>stinky</>,
<refuse>bathwater</>.
</>
<!-- finish this later-->
</motd>
```

SGML

図11 SGMLで記述された文書
出典 Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/>

はテキストで記述され、どのようなマシン、OSでも可読性がある。(図11)

ティム・バーナーズ＝リーは、SGMLの可読性に着目し、コンピュータやOSの種類に依存しない文書共有システムをインターネット上に実現した。情報を発信するサーバと情報を受け取るクライアント間のやりとりは、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) によって行われる。このHTTPは、FTP、SMTP、POPなどと同様に、アプリケーション層に存在する。アプリケーション層に存在するプロトコルは、ローカルネットワークの種類を問わない。したがって、異なるネットワーク環境にあるコンピュータ間でも、パケット交換が可能である。また、パケット通信は、原理的には、サーバ1台につき、クライアントが何台あってもよい⁽¹²⁾。したがって、WWWは、通信だけではなく、放送の能力も持つ。

4-2 WWWの発展

ティム・バーナーズ＝リーは、Webブラウザ、Webサーバの公開に際し、一切の知的所有権、および特許を取得しなかった。関連特許の不在がWWWの発展を促進したのは間違いない。後にマーク・アンドリーセンによって、画像を表示できる「Mosaic」というブラウザが開発され、企業によるWWWの商用利用が加速した。企業が、自社および商品の宣伝用ページをインターネットで公開するようになったのである。Mosaicによって、WWWはマルチメディアのプラットフォームになった。また、1995年に発売されたWindows95に「Internet Explorer」が標準で添付されたことで、WWWの一般人への普及は決定的になった。公開鍵暗号系のブラウザ、Webサーバへの実装により、WWWを用いた商取引が行われるようになった。商取引は、BtoC、いわゆる通販だけでなく、BtoB、いわゆる企業間電子商取引もWWW上で行われるようになった。2000年以降は、Google社が、Web上で動作する優れたアプリケーション群を作りWebブラウザをアプリケーション用プラットフォームとすること成功にした。現在、デファクトスタンダードとして、パソコン市場を独占してきたマイクロソフトのOSやOfficeの存在意義は急速に薄れつつある。

WWWが普及した理由は、知的所有権、特許がなかったこと、HTMLが単純な言語であったこと、インターネットの商用利用が始まったことなど、いくつか考えられる。だが、Xanaduとの決定的な違いは、分散環境を想定したことである。HTMLで記述されたHTML文書は、サーバに保存され公開される。そのサーバは、インターネットにつながっていれば、物理的にはどこにあっても良い。URIという仕組みで全てのページは一意に特定される。この性質はインターネットのオープンな環境とマッチし、Webサーバの数は増加した。Xanaduとの違いは、記述言語の単純さにもある。HTML自体はSGMLを簡略化した言語で、覚えるべき事項が少ない。したがって、暫定的にでもサイトを公開することが容易である。近年は、ブログやSNSなど、CGM (Consumer Generated Media) が登場した。CGMには、全くHTMLの知識がない人でも、簡単にコンテンツの作成、更新ができる仕組みがある。SNSは、会員制であるため、ログインしなければページを見ることができない。グーグルのクローラもページに到達することができないため、検索にもかからない。WWWには、このように、表層に現れない「Deep

Web」と呼ばれるページが多数ある。現在、Deep Webを含めると、現在インターネット上に公開されているページ数は1000億ページを超えるといわれている。

5. 文書共有システムとインターネットの歴史

WWWは突然発生したものではない。インターネットというインフラがあったからこそ、サーバを分散したり、ネットワーク越しのリンクを実現することができた。本節では、WWWが一般人に使用されるようになるまでの歴史を年表としてまとめる。

BC2000年	エジプトでパピルスが使用され始める
1450年	Johannes Gutenbergが、活版印刷技術を実用化
1945年	第二次世界大戦終結
1945年	バニバー・ブッシュが、「Memex (MEMory EXtender)」を発表
1957年	ソ連によるスプートニク号の打ち上げ成功
1958年	高等研究計画局「ARPA (Advanced Research Projects Agency)」が国防総省内に設立される
1961年	レオナルド・クラインロックが、パケット交換の仕組みを発表
1968年	ダグラス・エンゲルバート、マウスを実装した「NLS」を実演
1969年	パケット交換ネットワーク「ARPANET」が誕生
1971年	マイケル・ハートが、書物を電子化する「Project Gutenberg」を開始
1971年	テッドネルソンが、「Literary Machines」で「HyperText」の概念を発表
1973年	ゼロックス社パロ・アルト研究所が、LANの規格「Ethernet」を発表
1979年	IBM社のチャールズ・ゴールドファーブが、GML (Generalized Markup Language) を発表
1983年	ARPANETのパケット交換方式が「TCP/IP」に切り替わる
1983年	ARPANETから軍事部門のネットワークが「MILNET」として分離
1986年	インターネット技術の標準化を行う組織、IEIF (Internet Engineering Task Force) が発足
1986年	SGML (Standard Generalized Markup Language) がISO (International Organization for Standardization) で標準規格化
1987年	ビル・アトキンソンが、ハイパーテキスト商用ソフト「HyperCard」を開発
1987年	UUNETが、商用ISPとしてのサービスを開始
1989年	ティム・バーナーズ＝リーがCERN (Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire) で、Webシステムの構想を公開
1990年	ワールドコム社が、一般向けダイヤルアップインターネット接続サービスを開始

1990年	ティム・バーナーズ＝リーが、CERN内部でWebサーバとWebブラウザの運用を開始
1990年	ARPANETが終了
1991年	ティム・バーナーズ＝リーが、Webサーバ「httpd」をインターネットで運営開始、Webブラウザ「WorldWideWeb」を公開
1993年	マーク・アンドリーセンが画像を表示できるWebブラウザ「Mosaic」を開発
1994年	NCSA (National Center for Supercomputing Applications) が、CGI (Common Gateway Interface) の機能を持った「NCSA HTTPd」を公開
1994年	ティム・バーナーズ＝リーが、「W3C (World Wide Web Consortium)」を設立
1995年	NSFネットが終了、インターネット接続が完全に商業化
1995年	ジェリー・ヤン、デビッド・ファイロがヤフー社を設立
1995年	マイクロソフト社が、Webブラウザを標準で搭載した「Windows95」を発売

6. まとめ

現在、WWWは、ネットワーク上の文書共有システムとして、デファクトスタンダードとなった。本論分では、その起源である記憶の拡大構想、および構想を実現したNLSを論じた。また、同じハイパーテキストシステムであるXanaduとWWWの違いを明確にした。Xanadu構想は、現在、研究者の間でも忘れ去られた感がある。しかし、トランスクルージョンの仕組みは強力であり、将来的に、電子出版システムとして、WWWをプラットフォームとして実現される可能性がある。

参考文献

- [1] Vanneber Bush, “As We May Think”, The Atlantic Monthly, Vol. 176, No.1, pp. 101-108, 1945.
- [2] Vanneber Bush, “Artist’s conception of the Memex”, LIFE, Vol.19, No.11, pp.112-124, 1945.
- [3] Ted Nelson, “Compuer Lib”, 1974.
- [4] Ted Nelson, “Xanalogical Structure, Needed Now More than Ever: Parallel Documents, Deep Links to Content, Deep Versioning and Deep Re-Use”. ACM Computing Surveys (4es), 1999.

(注)

- (1) この種の研究は、現在では「Lifelog」と呼ばれている。今日のLifelogの研究では、デバイスとして、携帯端末の位置情報と画像、動画撮影機能が、インフラとしてインターネットが使用されることが多い
- (2) 当時の計算機は軍事用であり、扱われるのは数値データのみであった。文書を計算機で扱うことは考えられていなかった
- (3) 後に、オーギュメントと改名された
- (4) 当時のコンピュータの入出力はパンチカードと紙テープであり、人間が対話的に操作することが想定された設計ではなかった。原始的なユーザインターフェースでは、Memexは実現不可能である

- (5) エンゲルバートはNLSの伝説的なデモンストレーションを行い、デモンストレーションの父とも呼ばれている。そのデモを見たスティーブ・ジョブズが、後にApple社を設立し、GUI搭載コンピュータApple IIを発売した
- (6) コンピュータ・リブという題名には、「従来の書物に押し込められていた人間の思考を、狭い枠組みから解放する」という意味が込められていると推測される。Xanaduの実現のためにコンピュータの力が必要だったことは間違いない。
- (7) 文書共有システムとして考案されたWWWとは、目標レベルから異なる
- (8) しかし、XanaduのサブセットともいえるWWWがこれだけ普及した後では、Xanaduは、WWWの一部分として、実現される可能性しかないと思われる。
- (9) テッド・ネルソンが、Memexの影響を大きく受けていたことの表れだと推測される
- (10) インターネットがWWWと同じものであるという誤解は、WWWが1995年から2000年にかけて、一般人に急速に普及したことから生じている
- (11) Eメールは、Outlookなどのデスクトップアプリケーションが使用されるケースが多いが、Gmailなど便利で確実に安全なWebメールシステムが登場して、状況は変わりつつある
- (12) 実際には、通信速度が落ちるため、クライアントが増えると実用に絶えられなくなる。Yahooなどアクセスの多いポータルサイトは、一つのアドレスにつき、何台もサーバを割り当て、アクセスを振り分ける