
ITコンピタンス ジャーナル

Vol.7 2008/6

我が国の通信ネットワークの現状と動向		
	岩上卓哉	----- 1
インターネットにおける脅威：第Ⅱ部	奥村悌二	---- 13
第3部：組込みソフトウェア設計開発に関する提言		
－最終章：とある試み－	小尾優三	----- 27
<ニュースクリップ> マイクロソフト/ ヤフー買収を断念 他		----- 41
技術解説：Web技術とWebアプリケーション		
	澤井 斌	---- 42
ITCLの活動と年間スケジュール 他		----- 54

我が国の通信ネットワークの現状と動向

本法人会員 岩上 卓哉

我が国においては、1985年4月に日本電信電話公社が日本電信電話（株）（略称NTT）として民営化され、同時に通信の自由化が始まった。その後のNTT再編成を経て、現在では多くの企業が通信市場に参入し競争を展開している。一方、この23年間の情報通信技術の発展は著しく、通信ネットワークで運ばれる情報信号の中身として通信自由化以前は電話音声为主体であったものが、いまやIP（Internet Protocol）データ（IPデータ化された電話音声を含む）にとって代われつつある。更に、通信ネットワークの形態が有線のみから有線、無線、固定、移動と多様化し、それぞれのブロードバンド化が進んでいる。今後はこれら異なる形態の通信ネットワーク同士の融合や、現在は区別されている通信と放送の融合も進むと見られる。このような我が国の通信ネットワークの現状と今後の動向について以下に解説する。

1. 通信サービスの動向

図1は平成13年以降の各年度末（19年度は1Q末と2Q末のみ）における我が国の固定電話およびISDNの加入者数を示す。加入者のピークは平成9年度（1997年年度）末の合計62,816千加入であり、以降一貫して減少を続けている。

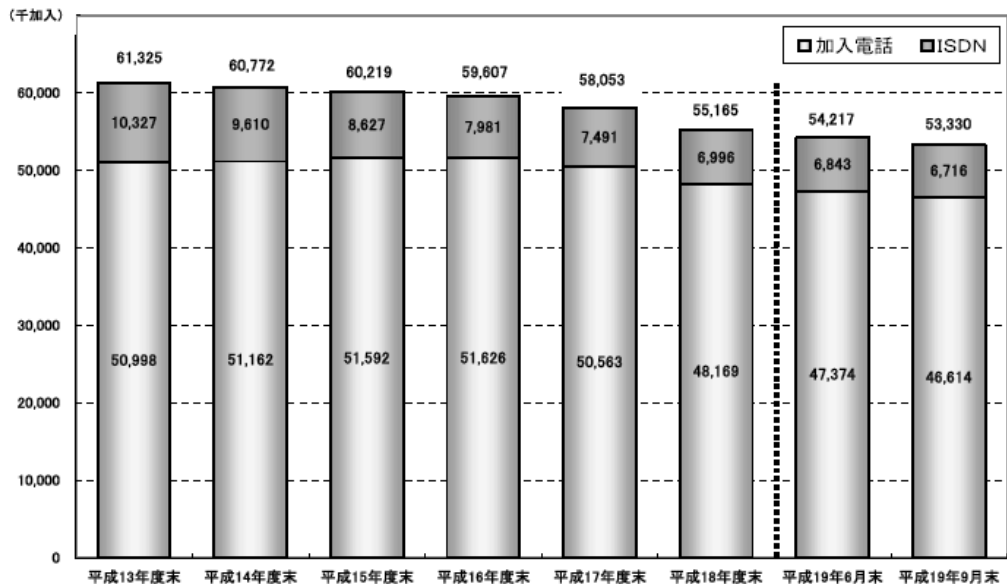


図1 固定電話およびISDNの加入契約数の推移

[出典：総務省報道発表 平成19年12月7日 資料]

これとは対照的に、IP 電話（OAB～J 番号および 050 番号）の利用者数は、図 2 に示すように、従来型固定電話の減少を打ち消す形で増加している。

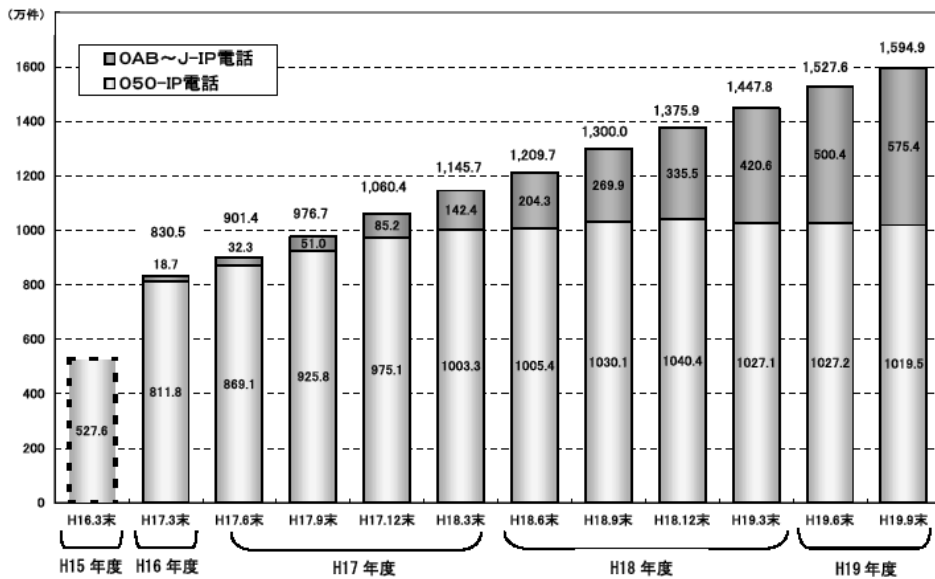


図 2 IP 電話の利用者数

[出典：総務省報道発表 平成 19 年 12 月 7 日 資料]

一方、我が国のインターネットを流通する IP トラフィックの規模は、図 3 に示すように 2007 年 11 月には約 800Gbps 相当と急増している。これは主として YouTube や Gyaο などの無料動画配信サービスへのアクセスや、Winny などの P2P ファイル交換ソフトによる動画ファイル交換の急増によるものと分析されており、世界で日本が最初に経験する事態となっている。

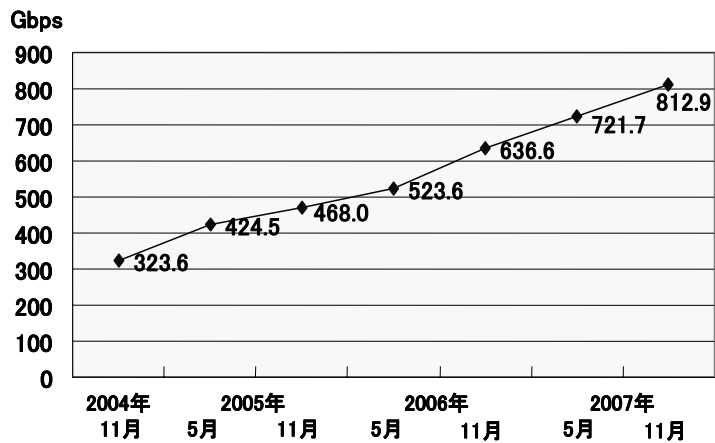


図 3 わが国のインターネットトラフィックの推移 (平均)

[出典：総務省報道発表 平成 20 年 2 月 21 日 資料]

2. 基幹伝送ネットワークの現状と動向

前節で述べた IP 電話やインターネットによる IP トラフィックの急増に対し、現在の通信ネットワークの通信容量は果たして十分なのであろうか？この疑問に対し、少なくとも、全国規模の基幹伝送ネットワークの中核となる光ファイバ長距離中継伝送路に関しては、今後の需要増を見越しても十分対応が可能と見られている。すなわち、図4は長距離通信会社3社の光ファイバ長距離中継伝送路の2000年時点における敷設状況であるが、既にこの時点で光ファイバ長距離中継伝送路の整備はほぼ完了していることがわかる。そしてこれ以降の通信需要増に対しては、中継伝送装置の速度向上（現時点で40Gbpsまで商用化済み）と高密度波長多重方式（Dense Wavelength Division Multiplexing：DWDM、現時点で160波多重まで商用化済み）の併用により、適宜対応することが可能となっている。

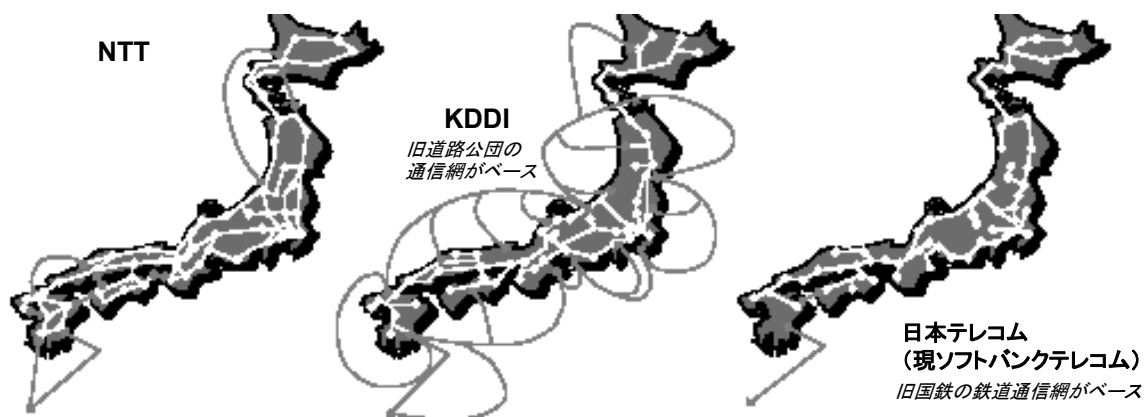


図4 わが国の光ファイバ長距離中継伝送路（2000年時点）

[出典：http://ocw.kyoto-u.ac.jp/jp/gs_engineering/course01/pdf/electrical_electronic_08.pdf]

1波長あたりの伝送速度が10～40Gbpsと高速のDWDM方式による光伝送装置として、ネットワークの柔軟性と信頼性を向上させるために遠隔地点から任意波長信号の分岐・挿入を制御できるROADM (Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer) 装置が用いられるようになってきた。図5に、40Gbps/波、最大80波のDWDMが可能なROADM装置の例として、NECのSpectralWave DW4200シリーズの外観を示す。



図5 NECのSpectralWave DW4200シリーズ

3. 固定アクセスネットワークの現状と動向

旧来の固定電話ネットワークでは、個々の加入者の電話回線はメタリックペアケーブルにより電話局の加入者線交換機に接続されている。電話局と各加入者の間を結ぶネットワークをアクセスネットワークという。加入者線交換機に接続された複数の電話信号は、加入者線交換機およびその上位の中継交換機において集線・交換された後、多重化され、基幹伝送ネットワークにより対向する遠隔地に運ばれる。

IP 電話、IP データ、インターネットなどの IP 情報を運ぶ IP 通信ネットワークは、この加入者線交換機と中継交換機をエッジルータとコアルータにそれぞれ置き換える形で実現され、エッジルータと各加入者を結ぶネットワークが、IP ネットワークにおけるアクセスネットワークとなる。固定電話時代のアクセスネットワークは単に各加入者と電話局を結ぶメタリックペアケーブル群にすぎなかったが、IP 通信ネットワークにおいては、ブロードバンドのアクセスネットワークを実現するため、既存の電話線を電話信号と共用する DSL (Digital Subscriber Line) 方式、加入者宅まで光ファイバを新設する FTTH (Fiber To The Home) 方式、テレビ放送配信用の CATV (Common Antenna TV) を利用する方式、無線 (FWA : Fixed Wireless Access) 方式など、種々の方式がある。

図 6 は我が国のブロードバンド・アクセスネットワークの加入者数 (四半期ベース)

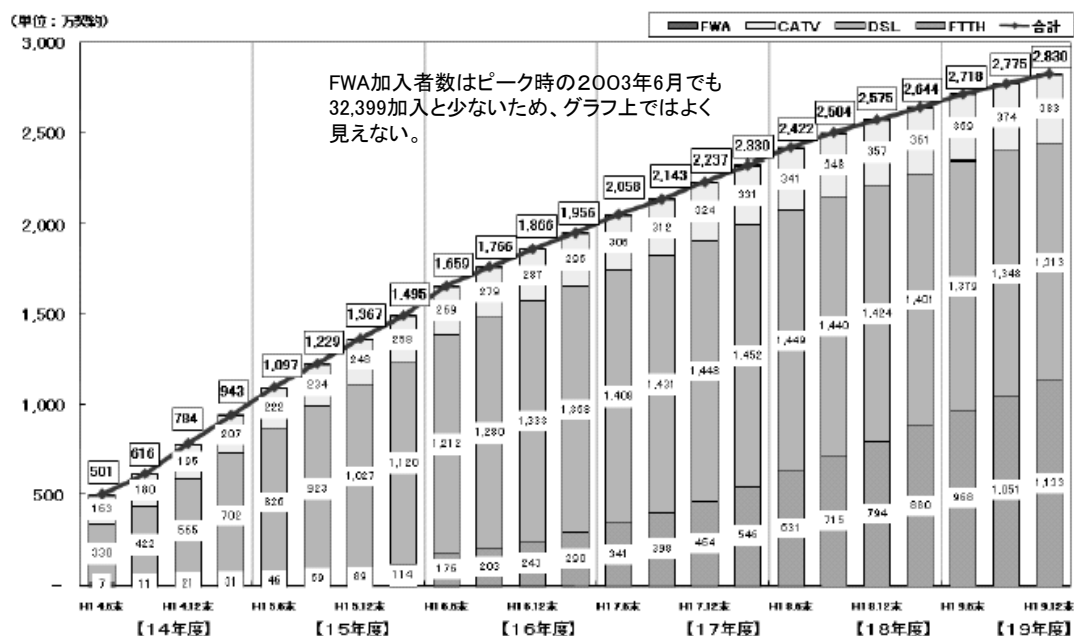


図 6 我が国のブロードバンド・アクセスネットワークの加入者数の推移

[出典： 総務省報道発表 平成 20 年 3 月 18 日 資料]

の推移を表わす。2007年（平成19年）12月末時点におけるFTTH、DSL、CATV、FWAの合計で2,830万加入に達していることがわかる。内訳を見ると、DSLは既存メタリックペアを利用できるため最も普及が早かったが、2006年3月末の1,452万加入をピークとして、現在は減少に転じている。FTTHは双方向最大100Mbpsと最も高速であり、事業者間の料金競争が進んだこともあって2003年頃より急激に加入者数が増加し、2007年12月末時点には1,133万加入に達した。このうち約70%のシェアを有するNTTは、2010年度末におけるFTTH加入者数を2,000万まで増やすことを目標としている。

総務省が2008年3月18日に公表した「日本のICT（情報通信技術）インフラに関する国際比較評価レポート」では、我が国のICTインフラとしてのブロードバンド環境が、ブロードバンド通信速度、ブロードバンド料金、光ファイバ比率の3点で現在世界第1位だがブロードバンド環境の普及度の点では他の先進諸国と比べ劣ると指摘されている。適正な競争を通じてブロードバンド環境を更に普及させるため、総務省の情報通信審議会は、NTTが圧倒的シェアを持つ光ファイバ加入者回線を他事業者に貸し出す際の接続料金を検討しているが、2008年1月にNTTが申請した接続料金の値下げが不十分であるとして、同3月27日、更なる値下げをNTTに要請した（図7参照）。NTTはこの要請に沿い4月24日に再申請した（NTT東の場合4,610円）。

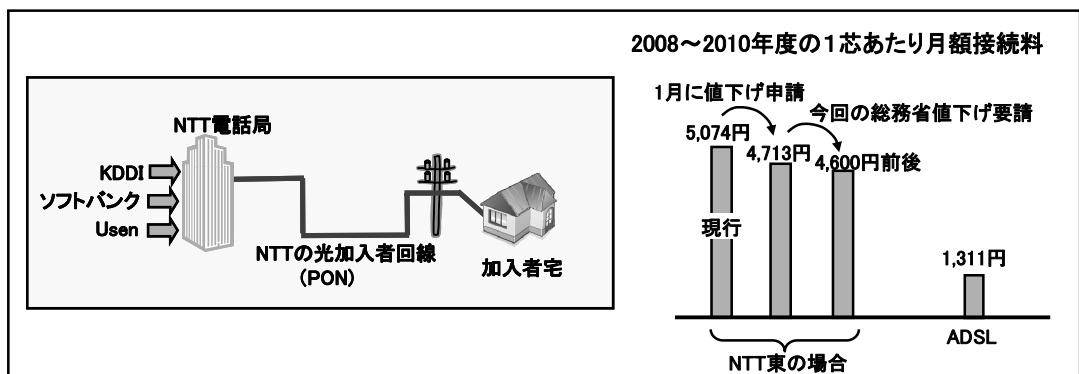


図7 情報通信審議会によるNTT光ファイバ加入者線接続料金追加値下げ要請
[出典：2008年3月28日付 日本経済新聞]

4. モバイルネットワークの現状と動向

我が国の携帯電話サービスは1979年にアナログ方式によって開始され（第1世代方式、以後1G方式と略記）、1993年にデジタル方式（2G方式）、1998年にその高速化（2.5G方式）、2001年にCDMA（Code Division Multiple Access）技術によるITU-R（International Telecommunication Union Radiocommunications Sector）標準の3G方式（IMT-2000方式）、2003年にその高速化（3.5G方式）と、技術の進展に伴い新方式によるサービスが次々と導入されてきた。また我が国では携帯電話サービスとは別に、コードレス電話技

術を発展させた PHS (Personal Handy-phone System) によるモバイル通信サービスが 1995 年に始められている。PHS と携帯電話を合わせたモバイル通信サービスの加入者数は順調に増加し 2006 年度末には 1 億加入を超えるに至ったが、現在は図 8 に示すようにほぼ飽和状態に達したと見られている。

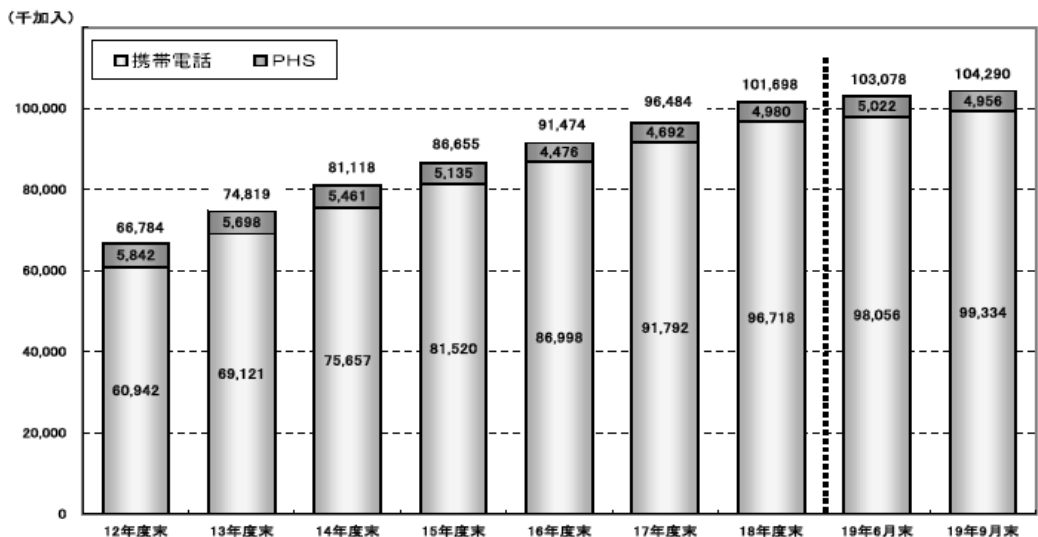


図 8 携帯電話加入者数の推移 [出典：総務省報道発表 平成 19 年 12 月 7 日資料]

図 9 は 2007 年 12 月末現在の携帯電話サービス加入者数を方式別、事業者別に示すも

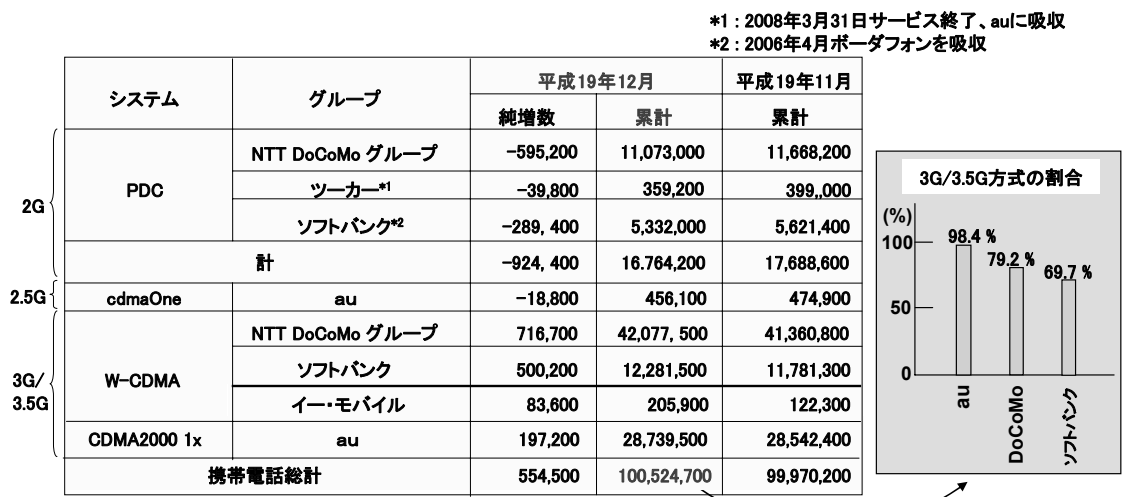


図 9 方式・事業者別の携帯電話加入者数 (2007 年 12 月末現在)

[出典：電気通信事業者協会]

のであり、この時点で携帯電話総計が1億加入を超えたことがわかる。NTT DoCoMo とソフトバンクを中心に2G、2.5G 端末がまだ相当数稼動しているものの、携帯電話3社とも既に約70%以上の加入者が3G 端末（3.5G 端末を含む）を使用しており、特にKDDI（au）の加入者はほぼ100%近くが3G以上の端末を使用している。この3G（以上）携帯端末の使用比率の高さにおいて、日本は世界で韓国に次ぎ第2位である。

現在稼動中の携帯電話システムにおいては、IMT-2000 標準に準拠した3G、3.5G システムであっても、その電話交換方式はATM（Asynchronous Transfer Mode）交換機による時分割交換方式であり、IP 電話交換方式ではない。ITU-R では次世代の携帯電話システム（4G システム）として、オール IP 化を前提とする下り/上り最大1Gbps/300Mbpsの方式（IMT-Advanced）の標準化を検討しているが、このシステムの普及は2015年頃からと見られており、携帯電話各社は4Gに至るまでの中間解（3.9Gともいわれる）を検討している。NTT DoCoMo などが提唱する「Super 3G」（一般的には3G LTE [Long Term Evolution]という）、KDDI（au）などが提唱する「Enhanced CDMA2000」などであり、2009～2010年に導入が始まると見られている。KDDIは特に、携帯電話ネットワークと、固定アクセスネットワークのADSLやFTTH、更に無線LANや無線MAN（後述）などとの融合を図る「ウルトラ3G」ネットワーク計画の中核として、「Enhanced CDMA2000」方式を採用していく計画である。

現在全国規模で携帯電話サービス（PHSを除く）を提供しているのはNTT DoCoMo、KDDI（au）、ソフトバンクモバイルおよび2007年3月に新規参入したイー・モバイルの4社であるが、最近、これら既存の携帯電話会社から回線を借りて独自のモバイル通信サービスをする会社（MVNO：Mobile Virtual Network Operator）が、続々とサービスを始めている（表1参照）。欧米の携帯電話市場では既にMVNOのシェアが5～10%となってい

MVNO名	サービス名	回線提供会社	主なサービス	サービス開始時期
ニフティ	@nifty Mobile	イー・モバイル	最大3.6Mbpsのデータ通信専用サービス	2007年12月13日
NECビッグロブ	BIGLOBE高速モバイル	イー・モバイル	最大3.6Mbpsのデータ通信専用サービス	2007年12月13日
IIJ	IIJモバイル	NTTドコモ	最大3.6Mbpsのデータ通信専用サービス	2008年1月21日
ソネットエンタテインメント	bitWarp(EM)	イー・モバイル	最大7.2Mbpsのデータ通信専用サービス	2008年2月末
日本通信 ^{*1}	ConnectMail	NTTドコモ	ドコモの携帯を使いモード・メールの代わりにアップルのメール・サービスを利用。	2008年2月1日
ウォルト・ディズニー・ジャパン	ディズニー・モバイル	ソフトバンクモバイル	専用の音声端末。キャラクターとブランドを生かしたサービス	2008年3月1日

表1 日本のMVNO

[出典：日経Communications 2008.2.15号]

*1：2008年7月～9月期をメドに、「050」番号によるIP携帯電話サービスを開始する、と発表。[出典：2008.04.21付 日経新聞]

るが、我が国でこれら MVNO が成功するには、既存の携帯電話会社に対して如何にサービスの差別化ができるかが鍵になるう。

5. ブロードバンド無線アクセスネットワークの現状と動向

パソコンなどの IP 機器をインターネットにブロードバンドで接続する手段として DSL や FTTH などのブロードバンド固定アクセスネットワークが使用されるが、無線 LAN (Local Area Network) 技術を用いたブロードバンド無線アクセスネットワーク (公衆無線 LAN) も同じ目的に使用されている。我が国における公衆無線 LAN サービスは現在 21 事業者が提供しており、2007 年 12 月末時点の加入契約数は、総務省の統計によれば、合計で 6,722,525 加入に達している。

無線 LAN 技術の国際標準化は米国電気電子学会 IEEE (Institute of Electric and Electronic Engineering) の 802 委員会で検討されており、現在は IEEE 802.11a/b/g の 3 つの規格が標準化済みで広く使用されている。また最新規格として IEEE 802.11n の標準化がほぼ完了し、2007 年には対応製品の出荷も始まった。IEEE 802.11n では MIMO (Multi-Input Multi-Output)、チャンネル・ボンディング、フレーム・アグリゲーション、OFDM (Orthogonal Frequency Division Modulation) などの新技術を採用し、最大 600Mbps (40MHz 帯域を使用時) の高速通信を実現する。既存技術の IEEE 802.11a/b/g に比べての IEEE 802.11n の特長を図 10 に示す。

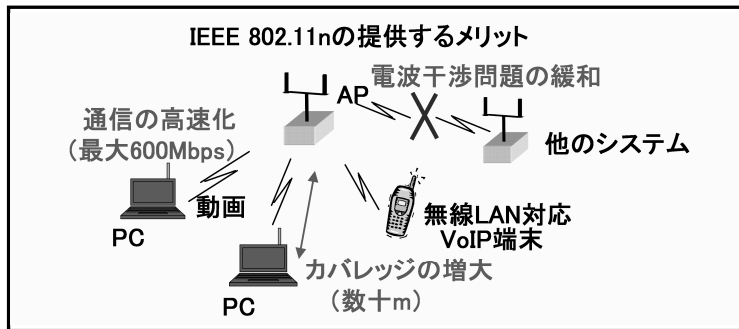


図 10 IEEE 802.11n 方式のメリット

ノート PC 等の IP 端末が無線 LAN アクセスネットワークに接続できるエリアは、最新の IEEE802.11n を用いてさえ、無線 LAN アクセスポイント (Access Point : AP、携帯電話ネットワークにおける基地局に相当する) から高々数十 m の範囲であるため、広いエリアで端末が使えるためには、多くの AP によって複数のエリアをカバーする必要がある。また携帯電話と異なり、無線 LAN では高速で移動しながら端末を使用することもできない。このような無線 LAN の限界を打破するものとして、無線 MAN (Metropolitan Area Network) が注目されている。

無線 MAN は BWA (Broadband Wireless Access) と呼ばれ、DSL、FTTH、CATV などのブロードバンド固定アクセスネットワークの無線版とも称される。BWA を実現する技術の候補として、表 2 に示すような幾つかの方式が提案されている。これらのうち、既に国際標準化済みの IEEE802.16e-2005 方式はモバイル WiMAX 方式とも呼ばれ、時速 120Km 程度の高速移動に対応できる。なお時速 250Km 程度と更に高速の移動に対応できる 2 つの方式 (IEEE802.20 MBTDD-Wideband および IEEE802.20 MBFDD) も、IEEE により標準化されている。

<ul style="list-style-type: none"> ▪ WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access); IEEE 802.16-2004、IEEE 802.16e-2005 ▪ iBurst; IEEE 802.20 MBTDD*1-625kMC (京セラが推進) ▪ IEEE 802.20 MBTDD-Wideband (Qualcomm が推進) ▪ Flash-OFDM (Flash Orthogonal FDM); IEEE 802.20 MBFDD*2 (Qualcomm が推進) ▪ 次世代 PHS (ウィルコムが推進) 	<p>* 1: Mobile Broadband Time Division Duplex * 2: Mobile Broadband Frequency Division Duplex</p>
--	---

表 2 BWA 方式の候補

総務省は 2.5GHz 帯の 2 つの 30MHz 帯域を、BWA 全国サービス用の無線周波数として割り当てる方針で 2006 年 12 月に公聴会を開いたが、2007 年 12 月 21 日、参入を希望した 14 社・団体の中から、モバイル WiMAX を使用する KDDI 陣営 (社名「ワイヤレスブロードバンド企画」) と、次世代 PHS を使用するウィルコムの 2 社に免許を与えることを発表した。免許を獲得した 2 社の事業計画を表 3 に示す。なお海外諸国のモバイル WiMAX による BWA 事業の展開状況としては、韓国が 2006 年にサービスを開始しているほか、米国、台湾などで 2008 年中にサービスが始まる見込みである。

社名	ワイヤレスブロードバンド企画 (KDDI、京セラ、インテル、JR東日本、大和証券グループ本社、三菱東京UFJ銀行)	ウィルコム
サービス開始時期	2009年2月末	2009年4月
月額料金	3,200円程度	3,000~4,000円
人口カバー率*1	93%	91%
契約数*1	500万件	240万件
売上高*1	1,243億円	1,488億円
設備投資額*1	累計1,323億円	累計1,113億円

* 1: 2012年度末見込み

[出典: 日経新聞 2007.12.22]

表 3 BWA サービス免許を与えられた 2 社の事業計画

6. NGN のトライアル結果と今後の動向

NGN (Next Generation Network) は、データと音声・動画を統合したマルチメディア通信サービスを提供する IP ネットワークであり、その仕様は 2006 年に ITU-T (ITU

Telecommunication Standardization Sector) により Release 1 として標準化された。NGN では IP マルチメディア通信サービスの制御に SIP (Session Initiation Protocol) を核とする通信方式 IMS (IP Multimedia Subsystem) を用い、広帯域かつ QoS 制御可能な種々のトランスポート機能を利用する。NGN のサービス制御機能とトランスポート機能は、互いに独立な層として提供される (図 11 参照)。

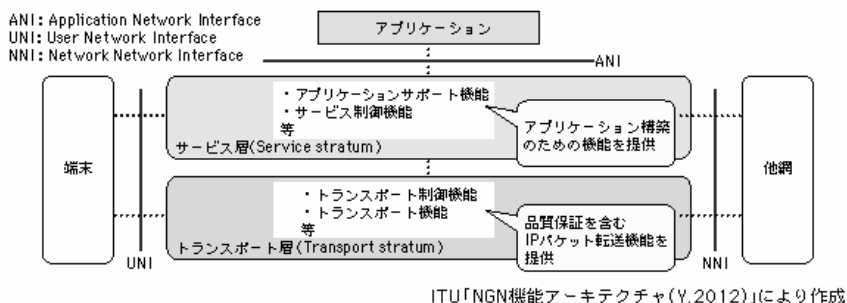


図 11 NGN のアーキテクチャ [出典：総務省平成 19 年版情報通信白書]

ITU-T で NGN が検討されてきた世界的な背景には、通信自由化以降の事業者間競争によるサービス料金の低下、携帯電話や安価な IP 電話の普及による固定電話加入者数の減少 (図 1 参照)、設備投資の負担増大、保守・管理コストの増大などにより収益が低下する傾向にあるため、既存の固定電話事業者はこれに対応する必要性に迫られていることがある。

NGN は、通信インフラの IP 一元化によるコストの低減効果に加え、1 つの通信端末で固定系と移動系双方のアクセス回線を必要に応じて使い分ける FMC 機能、サービスの要求に応じてダイナミックに QoS を変更する機能、回線 (接続端末) ごとの認証により高度のセキュリティを保障する機能、ユーザの状態や位置などのプレゼンス情報を管理する機能など、豊富な機能を提供できる。これらの機能を用いることにより、単なる IP 電話交換サービスに留まらず、高品質 IP 映像配信、高品質 IP テレビ会議、高品質 IP 音声会議、SaaS (Software as a Service)、IP モバイルセントレックス、SAN (Storage Area Network)、IP コンタクトセンター、オンデマンド VPN などの高度なサービスを効率良く実現できる。

世界で初めて商用に供された NGN ネットワークとして、英国の British Telecom (BT) が 2006 年 11 月にサービスを開始した「21 Century Network (21CN)」が知られているが、英国では FTTH の普及度が低く、また BT 自身は携帯電話事業を持たないため FMC (Fixed Mobile Convergence) への展開が困難、などの理由で、NGN 本来の能力を生かしきれていない。このため 21CN の加入者数は伸び悩んでおり、BT は当初既存電話交換網の 50% を 2008 年中に 21CN に置き換える計画だったが、現在はこの目標を同 15% に引き下げて

いる。

我が国では、NTT 東西地域会社が 2006 年 10 月から約 1 年間かけて NGN の商用フィールド・トライアルを行った。トライアルには 18 社・30 サービスが参加し、ネットワーク接続性、エンドーエンド・アプリケーションの機能およびサービス性の確認が行なわれた。表 4 に参加サービスによる NGN 機能の利用状況を示す。

[インターフェース・機能の利用者数]

機能		インタラクティブ(ユニキャスト)通信機能	マルチキャスト通信機能	ISP接続機能(PPPoE接続機能)	イーサ接続機能	(参考)インターフェース利用社数
開示インターフェース						
次世代IP	SNI利用	10社	9社	-	-	12社
	UNI利用	14社	9社	6社	-	16社
次世代イーサ	UNI利用	-	-	-	4社	4社

SNI : Service Network Interface

[品質クラスの利用者数]

	最優先クラス	高優先クラス	優先クラス	ベストエフォートクラス	(参考)品質クラス利用社数
次世代IP SNI/UNI利用	10社	12社	9社	9社	16社

表 4 NTT 東西地域会社による NGN フィールド・トライアル結果

[出典：次世代ネットワークのフィールド・トライアル実施報告書(2007年10月)]

フィールド・トライアルは大きなトラブルも無く所期の目的を達成して無事終了したが、あくまでもトライアルであるため、商用化時のサービス価格やサービス展開計画、他事業者との間の接続料金ルールや相互接続点数・位置の考え方などは、この間、明らかにされないままだった。しかし 2008 年 2 月 27 日に至って NTT 東西地域会社は料金を含む NGN 商用サービスの全容を明らかにし、その後 3 月 27 日に総務省情報通信審議会の認可を得て、3 月 31 日から商用サービスを開始した。商用 NGN で提供されるサービスの展開計画を図 12 に示す。

3 月 31 日のスタート時点における商用 NGN のサービス内容は、図 12 に示すように、個人向け高品質 IP 電話や企業向け県間イーサネットなどの新サービスもあるものの、基本的には既存の地域 IP 網 (NTT 東西地域会社の電話局間を結ぶ IP バックボーンネットワーク) と既存のブロードバンド・アクセス網 (FTTH や ADSL) により既に提供されているサービスと同等であり価格も変わらない。このため、既存の個人・企業ユーザの NGN への移行が本格化し地域 IP 網の NGN への吸収が進むのは、サービスエリアが全国規模に拡大し、1GbpsFTTH (2008 夏)、オンデマンド VPN や SaaS (2009 春) など、NGN ならではのサービスが開始される 2008 年後半以降になると見られる。NTT の NGN にとっては、提

供するサービスの充実度に加え、2010年に始まるNTT再々編論議や「放送と通信の融合*1」の論議の行方も、その発展を左右する鍵となろう。 *1: 本誌 Vol.6 2007/12 <トピックス>放送と通信の融合(澤井 斌 氏)参照。

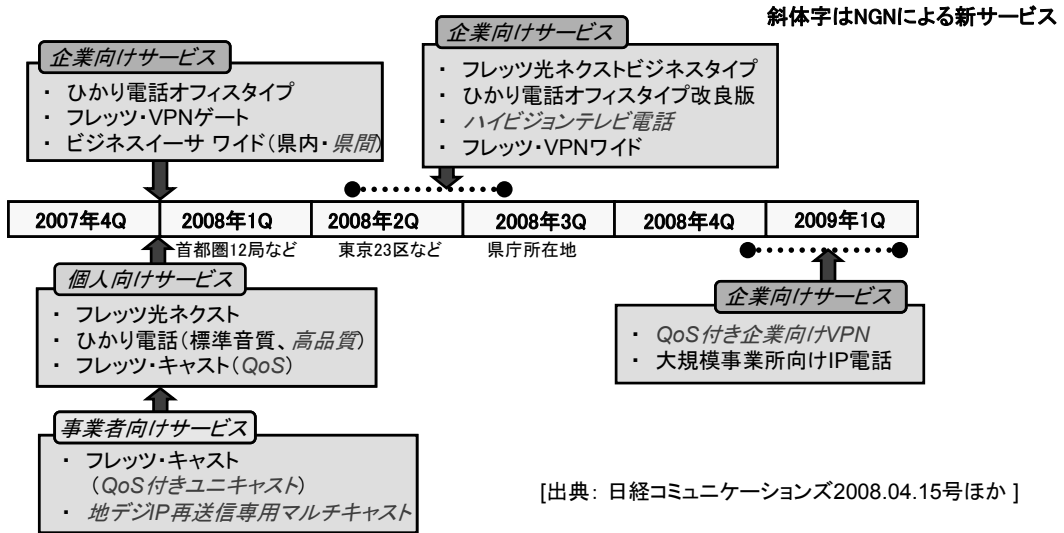


図 12 NTT 東西の商用 NGN サービス展開計画

終わりに

以上述べてきたように我が国の通信インフラは世界的に見て最先端レベルにあり、我が国の産業競争力の基盤として今後も一層整備されていくことが期待される。

<岩上 卓哉氏のプロフィール> 本誌「創刊号」p. 36「編集委員紹介」の項参照

インターネットにおける脅威：第Ⅱ部

本法人会員 奥村 悌二

第Ⅰ部では古典的なウイルス、スパイウェア、アドウェア、ボット攻撃、スパイ攻撃などの様々な脅威を個々に概観しました。

ウイルス、ワーム、トロイの木馬など従来型の脅威は社会を騒がす破壊的な行為が目的でしたが、フィッシング、ボット、スパイなどの新しい脅威は侵入技術、ステルス技術、偽装技術の組み合わせで実装されており、まだOSに修正パッチがない脆弱性をつけてコンピュータに侵入し、ウイルス対策ソフトの検出を逃れ、心理作戦により利用者を欺いて金銭を搾取しようとしています。

第Ⅱ部ではウイルスやマリシャスコード（参考2）の「発生・侵入」、「増殖・感染」、「隠蔽」等のメカニズム、人間の心の弱い面をつく心理作戦、そしてステルス技術等最新のウイルスが実装する高度な技術について解説します。

第Ⅱ部 ウイルスのメカニズムと心理作戦

1. 脆弱性

脆弱性には通信手順（プロトコル）の実装方法の不備、ソフトウェア仕様に対する考慮不足、基本設計に関する問題など様々な種類があり、ウイルスはこれらの欠陥について「攻撃」や「侵入」を行います。なお、以下で解説する脆弱性の中にはWindows Vistaではすでに改善されている項目があることに留意をお願いします。

1.1 圧縮・伸張ソフトの仕様考慮不足

Winnyを狙った「Antinny」は圧縮・解凍ツールが持つ「圧縮されたファイルが格納されたフォルダと異なるフォルダに解凍される」という脆弱性について、ウイルスをWindowsのスタートフォルダに解凍しますので、この状態でWindowsを起動すると、利用者はまったく気が付かずに感染してしまいます。このウイルスに感染すると、PC内のファイルがプライベート領域にあっても勝手にファイル共有に変更し、結果として無差別にプライベートファイルを外部に流出させてしまいます。

1.2 バッファオーバーラン

バッファオーバーランは様々なプログラムに共通に存在する代表的なセキュリティホールです。プログラムは外部からデータ受信するため「バッファ」と呼ぶメモリを確保しています。外部よりバッファサイズを超えたデータが送られてきた場合「バッファサイズを拡張する」、「バッファを越えた部分は捨てる」等、適切に処理すれば問題は起こりませんが、中には適切な処置が出来ずバッファを越えたデータ部分を溢れさせてしまい正規のプログラムコードを破損してしまう不良プログラムがあります。ハッカーはこ

の脆弱性について、オーバフローデータとして自分自身のコードを送り込み、正規のプログラムコードが指定しているジャンプ先を自分のコードに置き換えるよううまくオーバフローデータを調整し、正規プログラムの実行権を奪って自分のコードを実行させます。

MSBlaster はリモートプロシージャコール(RPC)と呼ばれているサービスに存在するバッファオーバーランを利用して、IP を生成しながらセキュリティホールが修正されていないPCのリモートシェルを起動し、FTPによりワーム本体を送信して実行指示を出します。実行指示を受けたPCはシステム日時をチェックし特定条件が一致すればDos攻撃を開始します。

MSBlaster 攻撃は、修正されていないセキュリティホールがあればインターネットに接続しているだけで侵入即感染となり、感染すると直ぐに感染活動を開始するのでねずみ算式に増殖する大変感染力が強い攻撃です。

1.3 Windows OSの脆弱性

OSの本来の仕様であってもマリシヤスコードが利用する脆弱性が存在しています。多くのマリシヤスコードはこの脆弱性を追求しており、逆にこの脆弱性を克服すればかなりのマリシヤスコードをブロックできると推察します。

(1) レジストリ操作

レジストリはWindows OSやアプリケーションの基本情報、設定、拡張子との関連付け情報等が記述されている内部データベースです。レジストリ情報の設定・更新・削除は、通常OSやアプリケーションソフトウェアによって自動的に行われますが、ルート権限があれば重要な特定のレジストリへの書き込みや特定操作を可能としています。このためルート権限に昇格させ、自らのマリシヤスコードを実行できるようレジストリキー情報を書き換え、オリジナルなプロセスを生成すれば、マリシヤスコードを実行する事が出来ます。

(2) APIフック機能

アプリケーションソフトウェアに機能追加やカスタマイズする目的でユーザ指定のコールをフックチェーンに挿入しランタイムに実行できるAPIがサポートされています。マリシヤスコードは自分のエントリをひそかに挿入し正規処理の中に不正処理を割り込ませます。例えばキーストローク監視するためのAPIを、キーストロークを盗む目的のキーロガーが悪用しています。

カーネルモードでのコード実行もシステムデバイスドライバーやウイルス対策ソフトには認められており、カーネルアドレス空間でカーネル特権にて動作できます。マリシヤスコードのルートキット(第II部4.3)はこれを悪用し様々なAPIにフックをかけることが出来るようになります。

(3) ファイアウォール

Windows XPのファイアウォールは外部からの通信に対して監視・防御していますが、内部からの通信に対しては無監視です。ポットやトロイの木馬は内部からの通信に対す

る無監視についてバックドアを設置して外部と通信します。

バックドアには大きく分けて受動型と能動型があります。受動型のバックドアは、あるポートを開いて外部からの接続を待ち受けるタイプで自分からは通信しないので発見されにくいという利点があるものの、LAN 環境では外部からのアクセスがファイアウォールでブロックされてしまいます。

これに対して、動作しているパソコンから外部へ通信する能動型は、内部トラフィック監視を行っていないファイアウォールをすり抜けて通信出来るので、現在は能動型が主流となっています。

(4) hosts ファイル

hosts ファイルは IP アドレスと対応するドメイン名の一覧表で、接続要求があった場合 DNS (Domain Name Server) より先に hosts ファイルを検索します。このため hosts ファイルを書き換えることで、信頼できる外部の DNS を参照することなく hosts ファイルに書き込まれた IP アドレスが参照されフィッシング攻撃などで悪用されています。またセキュリティベンダーサイトやソフトベンダーの正規のアップデートサイトへのアクセスを妨害する目的で正規の IP アドレスを不正な IP アドレスに書き換え、ウイルス対策ソフトによるウイルス検出やプログラム更新を妨害しようとします。

(5) ActiveX コントロール

ActiveX コントロールは Internet Explorer の機能を拡張するために、プログラムをリモートからダウンロードし Web ブラウザ上で動作させるための部品です。Java と目的は同じですがプログラム言語の Java とは違ってネイティブコードで実装され、Internet Explorer を利用したネットワークサービスを実現する API 群です。Web サイトを閲覧する楽しみが飛躍的に増加しますし利便性も格段に向上しますが、ローカル資源やハードウェアアクセスなどが可能となるため、セキュリティ上の問題が指摘されています。

ActiveX コントロールそのものが脆弱という訳ではないのですが、Web アプリケーションで利用する Java や JavaScript と比較すると ActiveX は群を抜いて危険なネットワーク技術で、ActiveX を有効とすればその PC は脆弱となります。Microsoft update など ActiveX が必要なサイト以外にアクセスする時は無効としておくべきです。

2. ウイルスの侵入プロセス

ウイルスやマリシャスコードは主にメール、ファイル共有、Web アクセス、を経路して侵入してきます。

2.1 メール

現在ウイルス侵入方法で一番多いのはメール経由です。不特定の個人を攻撃するスパムメールと標的を定めた組織の個人を攻撃する Targeted Mail があります。

(1) スпамメール

スパムメールとは一方的に送られてくる迷惑メールで、大部分のスパムメールは株や投資などの金融情報、健康食品商品広告、ソフトウェアやコンピュータ関連製品広告な

ど、その中身を真に受けなければ実害はないのですが、中にはスパイウェア、フィッシング、詐欺など悪意あるサイトに誘導する目的のスパムメールがあります。

セキュリティ対策ソフト大手のシマンテックは2007年7月度全世界メール総流通量の平均66%、ピークでは80%がスパムであると報告しています。また90日間流通したスパムメール内容を分類すると、フィッシングが4%、詐欺が9%、アダルトが5%だそうです。2004年にはスパムメールによる被害額は米企業だけで100億ドル（生産性の損失、トラブル対処に要した追加機器やソフトウェア、人的資源を含む）を超え社会問題となっています。スパムメールを抑止できない以下のような原因が多く存在し、現在は決定的な対策が無い状況です。

- ①アドレスハーベストアタックといって、自動生成したメールアドレスを送付してエラーが返ってくるかどうか判断する手法により、有効なメールアドレスリストをスパマーに販売している。
- ②SMTP（メール送信プロトコル）は認証機能がなくドメイン詐称を許しているため真の送信元を突き止める事が出来ずスパムメール送信を抑止できない。
- ③スパムフィルターが利用者への配信を防止するので、フィルターをすり抜けることができる画像、PDF、EXCEL添付ファイル付きのスパムメール（第Ⅱ部4.4）が増加している。
- ④技術的なバックグラウンドがなくても低コストで大量配信することができるので少しのヒット率でも利益が十分出せる。
- ⑤スパムメールを特定のPCから送信させると目立ってしまい規制されるので、ボットネットを利用して分散配信し、真の送信先を特定できないようにしている。

(2) Targeted Mail

スパイ型攻撃では特定の企業や組織を目標にしたメール（Targeted Mail）により攻撃が行われます。攻撃者は事前に組織を調査し、業務や組織に関係ありそうな内容のメールを送付してくるので、スパムフィルターでは判定できず、内容を人が読んで判断せざるを得なくなります。

① 件名・本文の工夫

警察庁サイバー犯罪対策課課長の坂明氏は、警察や防衛庁を標的としたメール攻撃が増加しており、警察には「不祥事への対応について」、防衛庁には「次期防衛計画」等その組織が興味を持ちやすそうな件名で本文もクリックを誘う内容、と報告している。

② 文書ファイル形式の偽装

オフィス・ソフトの脆弱性を突く「文書ファイル」（第Ⅰ部1.3）を攻撃ファイルとして使うケースが増加しており、「実行形式ファイル以外なら大丈夫」と考える利用者の心理について、安易に開いてしまう可能性が高くなる。

2.2 ファイル共有

「Winny」は画期的なファイル共有ソフトですが、セキュリティリスクも高く、利用者は

それを知って利用する必要があります。「Winny」利用により PC の脆弱性が増加する要因は次の通りです。

- ① 匿名性が高いため悪意あるファイルが多数アップロードされている。
- ② 「キー」の一部で検索できる方法があり、人気あるファイルの名前とまぎらわしい名前をつけた悪意あるファイルが、検索でヒットする場合がある。
- ③ 検索でヒットすると P2P 接続により自動的にダウンロードされるモードがあるため、ダウンロードされたファイルを開ける前に、個別に安全性を確認する必要がある。
- ④ バッファオーバーランなどのセキュリティホールが発見されても、著作権法違反幫助の容疑で起訴され有罪判決を受けた開発者は上告中であり、ソフトフィックスできないため、脅威が直撃する可能性がある。

2.3 Web アクセス

Tim O'Reilly 氏が Web2.0 を提唱して以来、Wiki、インスタントメッセージング、ソーシャルネットワーキングなど Web 上の新しいコミュニケーション手段にもとづく新製品開発は、開発速度が重視されセキュリティ問題に注意が及ばず多くの脆弱性を含んでいると推測（参考7）されます。ここでは2つの Web 攻撃例をとりあげましたが、今後 Web アプリケーションへの攻撃が増加すると予想されています。

(1) ダイレクトアクション

通常のウイルスは何らかの方法でユーザが実行しない限り感染しませんが (Word や Excel など特定アプリに依存するマクロウイルスは例外)、ダイレクトアクション型ウイルスは、Web サイトを閲覧するだけ、もしくは HTML メールを表示しただけで感染します。ダイレクトアクション機能は MIME (参考3) Type で指定されたファイル进行处理するアプリケーションを実行する機能ですが、ダイレクトアクション型ウイルスは、ある MIME Type のアプリケーションが見つからなかった場合、IE はそのファイルの拡張子からアプリケーションを選択してしまうというセキュリティホールを巧みにつけた大変危険なウイルスです。

(2) クロスサイトスクリプト

今日のウェブサイトには閲覧してきた人を楽しませようと動画を表示する動的サイトがあります。このような動的サイトには静的サイトにはないクロスサイトスクリプト (XSS) と呼ぶ脅威が存在しています。動的サイトはスクリプト言語を用いてプログラムしているのですが、「入力データを出力ページのどこかの箇所にそのまま表示するが、入力チェックは行っていない」という欠陥アプリケーションが世の中には存在しています。ハッカーはこのような欠陥サイトを標的サイトとして利用します。XSS とは「利用者が悪意あるスクリプトで記述されているサイトを閲覧すると、別の標的サイトに悪意あるスクリプトがクロスして渡され、最終的に利用者のブラウザにもどって悪意あるスクリプトが実行される」といういささか入り組んだ攻撃方法です。スクリプトが実行されるとそのページ内のリソースにアクセスできるので、標的サイトを閲覧している利用者の

クッキーを盗み出すことができ、クッキー内容が漏洩する被害が発生します。

2.4 Nimda の感染経路

古典的なウイルスのモデルとなった Nimda は 4 つの感染経路を利用して爆発的に増殖しました。

- (1) セキュリティの弱い IIS サーバ (URL の入力処理に関するバッファオーバーラン) をランダムに検索しサーバに侵入します。
- (2) IIS サーバに侵入した Nimda は HTML ファイルを改ざんしファイル末尾に Nimda の本体を実行する JavaScript 命令を追加します。この結果改ざんされた Web ページを閲覧するだけで Nimda に感染するダイレクトアクションと言う極めて危険な機能です。
- (3) Nimda に感染した PC はアドレス帳に保存されているメールアドレスに、Nimda 本体を実行する JavaScript 命令を追加したファイル付の HTML メールを自前の SMTP により配布します。このため利用者のメールソフトの送信ログには記録されず、自分の PC が送信していることに気が付きません。このウイルスメールを受信するとスクリプト言語でコード化されているため、Web と同様プレビューするだけでダイレクトアクションにより感染します。
- (4) Nimda が侵入すると新たな感染活動を行うとともに、レジストリを改変し自身を上書きしたファイルを大量に作成し、このファイルを開くだけでなくサムネイル表示するだけで Nimda に感染し、その PC は事実上使用できなくなります。

3. 偽装工作と心理作戦

いかにウイルス技術が向上しても、攻撃者にとって心理作戦と偽装工作は重要です。凶悪なウイルスやマリシャスコードも表面は本物に見せかける偽装を施し、善良なメールやサイトを装っています。

3.1 心理作戦を利用したメール

ウイルスの大半はウイルスを忍ばせた添付ファイル付きの電子メールから侵入してきます。受取人が怪しまないように人間の心理的な隙をついて受信ファイルを開く工夫を「ソーシャル・エンジニアリング」と呼び、単純ではあるが成功率の高い攻撃方法です。

(1) 差出人の詐称

送信先メールアドレスを感染した PC のアドレス帳から取得し宛先、差出人を PC 所有者のアドレスとする工夫を施し、受信人に「知人からのメール」と油断させ、ウイルス付きファイルを開かせるようにします。

(2) 件名と拡張子の偽装

「Love Letter」と名前が付けられ、人間心理を利用して全世界 1500 万台以上のシステムをクラッシュさせ、被害 100 億ドルとも言われたウイルス事件が 2005 年 5 月 3 日発生しました。件名は「I Love You」、添付ファイルは「LOVE-LETTER-FOR YOU.txt.vbs」と名づけられ、本文内容は「kindly check the attached LOVELETTER COMing from me」となっているメールです。添付ファイルを開くと Outlook のセキュリティホールを利用しア

ドレス帳からアドレスを採取して、同一内容のメールを次々に送信し被害範囲を拡大させました。知人からラブレターをもらえばファイルを開いてしまうのが人情で人間心理を巧みに利用しています。冷静に添付ファイルを見て危険な2重拡張子となっていることに注意できれば良かったのですが。

この事件は当局、ソフトベンダー、ウイルス作成者に大きな影響を与えました。

- ① 100億ドルもの被害を与えたサイバー犯罪にも関わらず容疑者は不起訴処分となり、各国でサイバー犯罪の法整備が急速にすすむことになった。
- ② OUTLOOKのセキュリティホールは以前から指摘されていたにもかかわらず放置していたMicrosoft(MS)が事件発生後直に(5月15日)修正パッチをリリースし、世論の非難を浴びたMSはソフト保守も重視せざるをえなくなった。
- ③ このウイルスはVBS(Visual Basic Script)を利用して作成されたワームであり比較的簡単に亜種ウイルスを作れるため、ウイルス作成の敷居を一気に引き下げ、いわゆるスクリプトキッズが出現した。

3.2 Webサイトへの誘導

普段は怪しげなサイトを閲覧しない人でも、罠が仕掛けてあるWebページに誘導されてしまうことがあります。例えば一連の会話の流れが進行している掲示板で、次々と投稿されたスレッドをたどっていき、関心を誘うような文章がつけられているリンクがあると、用心深い人でもついついクリックしてしまいがちです。悪意あるWebページにはActiveXコントロールやスクリプトを使った罠がしかけてあり、コンピュータの環境によってはクリックするだけでウイルスに感染してしまいます。

3.3 実行ファイルの偽装

攻撃ファイルは通常実行形式ファイルであり正体不明の実行型のファイルをユーザは開かぬよう注意していますが、実行ファイルであることを気付かれないよう、文書ファイルのアイコンに偽装されています。文書ファイルだと思って利用者がダブルクリックすると、攻撃ファイルはダミーの文書ファイルを生成するとともに、オフィス・ソフトを起動してそのファイルを表示させると同時に、自分自身(実行形式ファイル)を削除して痕跡を消してしまいます。バックグラウンドで攻撃プログラムが動作しているため、ユーザには通常のドキュメント・ファイルを開いたと同じように見えてしまいます。

3.4 デマウイルスの心理作戦

騒動を起こすために人為的に流されたウイルスのデマ情報を「デマウイルス」といいます。コンピュータウイルスは不正なプログラムコードを使って被害者のパソコンにダメージを与えますが、デマウイルスは、例えばMicrosoft社やセキュリティ会社からのメールをかたって、巧妙な文章により被害者を不安にさせてシステムに損傷を与えようとします。人は何かを信じてしまうと続く事項は疑わないという弱い側面があり、そこを巧みにつけてくる訳です。

「JDBGMGR.EXE」というデマウイルスの本文は次のような内容です。

このウイルスは Norton や McAfee のシステムでは消せません。
ウイルスはダメージを与えるシステムに、作動前 14 日間留まります。
ウイルスは最近私からのメールが来た、来ないにかかわらず自動的に
メッセージとアドレス帳に登録されているアドレスに送られます。
以下の通りに削除して下さい。

1. スタートから始めて、検索を選択して下さい。そこからファイルやフォルダを選択します。
2. 名前のところに jdbgmgr.exe と書いてください。
3. 探す場所が C: drive になっていることを確認します。
4. 検索開始 をクリックして下さい。
5. そのウイルスは名前が jdbgmgr.exe の小さなクマのアイコンです。絶対に開けないで下さい。
6. そのアイコンを右クリックして、削除して下さい。
7. ゴミ箱を空にして下さい。

「JDBGMR.EXE」というファイルは Microsoft Virtual Machine (VM) で使用するモジュール名であり、コンピュータ内に存在して当然のファイルです。そのため、ファイル名で検索すると検出されるのでデマの内容に信憑性が感じられ、さらにはその前、直接的に「JDBGMR.EXE」を狙ったワーム「WORM_RECOVERY.A」も確認されており、いっそう不安感が駆り立てられます。このメール内容を信じて「JDBGMR.EXE」を削除すると Microsoft の VM が損傷し Java 言語が実行できなくなります。

4. 進化するウイルス技術

今日のウイルスは長期間活動するために探知されない技術、探知されても駆逐されない技術、ソフトベンダーがセキュリティホールを修正する前の無防備なユーザへの速攻攻撃等、高度な技術が開発されています。新しいウイルスが出現すると改良された亜種ウイルスが短期間に次々に出現します。また有効な技術や方法が開発されると多くのマリシャスコードが取り込んでより強力なマリシャスコードに進化していきます。これは不正コード開発を職業としたハッカーたちが既存の犯罪組織の経済援助に支えられてアングラソフトコミュニティを形成している様子をうかがわせます。

4.1 ポリモーフィック型ウイルス

ポリモーフィック型ウイルスは (a) ウイルス本体部分、(b) ウイルス本体を暗号化/復号化する部分で構成されています。ポリモーフィック型ウイルスに感染したファイルが実行されると、まずウイルス本体が復号されて実行され、その後ランダムに選択された暗号鍵で再び暗号化されます。異なる鍵で暗号化されるので、ウイルス本体のパターンは実行されるたびに変化することになり文字列を単純にスキャンするだけのアンチウイルスソフトからの検出を逃れる事が出来ます。特定の標的に的を絞るマリシャスコードは、アンチウイルスベンダーがウイルス定義ファイルを開発するための検体入手で

きず、防御が困難となります。

目立たずに感染し長期活動を目的とするマリシャスコードはポリモーフィック型を搭載する傾向にあります。1991年にブルガリアのDark Avengerが「ミューテーションエンジン」を開発・発表した後、様々な「ミューテーションエンジン」が開発され入手可能となっているため今後もポリモーフィック型ウイルスによる脅威が続くと予想されています。

4.2 メタモーフィック型ウイルス

ポリモーフィック型ウイルスの本体は変化せず暗号化によって外見が変化しますが、メタモーフィック型ウイルスは実行されるたびに自分自身を書き換えてしまいます。2000年中ごろに出現した「Ghost」および「Smash」というメタモーフィック型ウイルスは、ウイルス本体をいくつかのブロックに分割し、実行されるたびにブロックの順番を入れ替えて本体を変化させます。単にブロックを入れ替えてジャンプ・コードを挿入するだけなので、ウイルスが実行されたときの挙動は変わりませんが、パターン・マッチング手法で検出することは難しくなると言われています。

以来、メタモーフィック型ウイルスの開発が進められ、「Metaphor (Etap)」ウイルスは、コード内のある命令を複数の命令で実現するように変更した後、その命令の順番をランダムに入れ替えます。ウイルスの挙動は同じでも、コード自身は異なったものになるため、パターン・マッチングでは検出できなくなります。

しかし、メカニズムが複雑すぎるために変化の途中で壊れてしまうケースが多く、大きな被害をもたらしたメタモーフィック型ウイルスは存在しないといわれていますが、完成度が上がってくれば、壊れることなく感染を広げ続けるメタモーフィック型ウイルスが出現する可能性があり、究極のウイルスとなります。

4.3 ルートキット

本来、ルートキットは管理者がシステムの運用現場で正当な目的のためにプロセスやアプリケーションの実行を隠すためのツールの名称でしたが、攻撃者はルートキットが持つ強力な権限（システム上のあらゆる操作を自由に行なえる）に目を付けたのです。ルートキットを利用すればマリシャスコードは自身の隠ぺい、ログ改ざんによる不正侵入の隠ぺい、バックドアの配置、他の攻撃ツールのダウンロードなど、さまざまな不正操作が可能となります。

自身の存在を隠ぺいするとは、自身のファイルや収納ディレクトリ、レジストリキーの隠ぺいを意味します。こうなると、Windowsではエクスプローラからファイルやフォルダが見えない状態になります。自身の活動を隠ぺいすると、タスクマネージャのプロセス一覧に表示されない状態になります。このような隠ぺい工作は、カーネルモードのドライバとして設置できればシステムの深いレベルで動作して、正規のプロセスのためのメモリ領域に悪意のあるコードを挿入し、OSが用意しているAPIをフックすることにより可能となります。ルートキットはシステムがどのように動作しているのかを理解し、システムの正規の動作の中に自身の活動を隠す高度な技術ですが、入手可能なオー

ブソースが存在しており、中身を理解していなくとも使用できるためマリシャスコードでの利用が拡散しています(参考4)。またOSの奥深く特権モードでマリシャスコードが動作すると、検出が困難、除去も困難となるため深刻な脅威となっています(参考5)。

4.4 検出・除去回避技術

(1) ランタイムパッカー

ランタイムパッカーは実行形式のファイルを圧縮されたままでも実行可能な状態で圧縮するプログラムです。圧縮形式を特定できない限りアドウェアやスパイウェアの識別が困難で、さらに実行時にメモリ展開されるまでは全く分からなくすることもできるため、マリシャスコードに悪用されています。

(2) watchdog プロセス

watchdog プロセスは、正副 2 個のプロセスを使用し、除去処理からプログラムを守るために互いのプロセスを監視させます。そして、正のプロセスが停止した場合には、副のプロセスを自動的に再起動させます。

(3) ISearch

ISearch はカーネルモードの API をフックし、ユーザがファイルまたは関連するレジストリキーを削除しようとする際には、アクセスが拒否された旨を伝えるメッセージを返し、自身のファイルが削除されるのを阻止します。

(4) 検出環境回避

特別な対策をせずウイルスに感染しやすい環境にしてウイルスをおびき寄せ検体を取り出す環境をハニーポットといいます。ハニーポットは VM (Virtual Machine) 環境下に設定される場合があります、自分自身の検出を回避しようとするウイルスは VM 環境が設定されている PC であれば感染活動を行わないで終了します。同様に自身の振舞を分析されてしまうデバッグモードが設定されていればやはり感染活動せずに終了します。

(5) スпамフィルター回避

テキストメールであればスパムフィルターに確実に捕捉されるようなキーワードが含まれた内容を、HTML メールによってスパムフィルターをすり抜けるフィッシング詐欺メールが出現しました。

「Earthlink client information confirmation」と題されたメールは、人にはテキストメールのように見えますが、実は表を使って複数のセルに文字列を分割して入れ、表組みの罫線は非表示にした HTML メールで、文字の途中にタグが挿入されているのでスパム判定が難しくなるわけです。最近金融機関は「HTML メールは危険」としてテキストメールを利用するようになりましたが、この点でも人を油断させようとする意図が見受けられます。

また AT&T をかたったフィッシングメールは、人には見えないように背景色と同じ文字列が大量に挿入された HTML メールでした。スパムフィルターがそれらの文字列を拾って、スパム判定を誤ってしまうことを狙っているのです。

4.5 ゼロデイ攻撃 (Zero-day Attack)

ゼロデイ攻撃とは、新しいセキュリティホール情報が公開された後セキュリティパッチが配布される前に(参考6)、そのセキュリティホールに対して行われる攻撃のことです。さらには、以前のバージョンに潜在していたセキュリティホールが最新バージョンに引き継がれている場合、公表前に攻撃される場合もゼロデイ攻撃といいます。この攻撃が特定企業を狙ったスパイ攻撃で使用されると、狙われた企業側は防御できず侵入を許してしまうので、秘密兵器となります。

シマンテックインターネットセキュリティ脅威レポートは 2006 年上半期に 2249 件(2005 年下半期の 18%増)の脆弱性を新たに報告しており、内 80%は容易に 익스プロイドコード(公表される前にその脆弱性を追求したコード)が出来ると推定しました。そして「その期間に観測された 익스プロイドコードの約 58% は、脆弱性が公表されてから 6 日以内に出現し、そのうち 25% は 1 日未満、33% は 1 ~ 6 日以内に出現した」と発表しています。

脆弱性の 익스プロイドコードが短期間に開発されれば、ユーザが危険にさらされる期間が発生し、その間脆弱性の影響を受けるアプリケーションが実行されているコンピュータやシステムは、被害を受けやすい状態のままになってしまいます。危険にさらされる平均期間は 2005 年上半期平均 60 日間、2005 年下半期平均 50 日間、2006 年上半期 28 日間とシマンテックは発表しています。ソフトベンダーも年々努力し、パッチの開発時間は大幅に短縮されているものの、それでもなお、危険にさらされる期間が存在しています。

2006 年 5 月 19 日に報告された Microsoft Word 2003 のパッチがリリースされていない脆弱性について、「Trojan. Mdropper. H」と呼ばれるトロイの木馬プログラムが特定企業を攻撃した例があります。「Trojan. Mdropper. H」により仕掛けられた「Backdoor. Ginwui」と呼ばれるバックドアは、さらなる攻撃を実行するための追加ファイルをダウンロードしたり攻撃者からの制御コマンドを受信したりするために、ポートリスニングを行って待機するものでした。

ソフトベンダーは既存ソフトの保守を行いながら、ソフト開発を進めており新たな脆弱性やセキュリティホールも作り込んでいるわけで、脆弱性は減りそうになく(参考7)、ここを抑え込まない限りハッカーにとって有利な状況であり、インターネットの影の部分はなくなりそうにありません。

あとがき

携帯電話が世界に普及し、デジタル放送、IP 電話、などデジタル化とネットワーク化が進む現代では、インターネットとコンピュータは中枢機能となり便利になる一方、国家や市民生活への脅威はますます増しているように思えます。将来、中枢機能を直撃する脅威が発生し社会が混乱する事態となるかもしれません。

組織化された犯罪者による、国民生活に影響をおよぼすサイバー攻撃、インフラ、金銭犯罪まで様々な脅威に対抗し、健全な社会活動や信頼出来る企業活動をこれからも発展させるにはどうすべきでしょうか？ インターネットは皆がプレーヤーです。HWベンダー、ソフトベンダー、ISP、セキュリティベンダー、オープンソフトコミュニティ、研究所、学校、企業、政府、そして我々利用者は、全世界共通の財産であるインターネットに対して、それぞれ果たすべき責任と義務があるかと思えます。その責任義務をはたしてこそ、不当な利得を計ろうとする犯罪者を排除することができ、インターネットによる繁栄を享受できると信じます。

参考1 ネットエージェントは「Winnyの製作者が有罪判決を受け利用者は一時減少したが、2007年のゴールデンウィークのピーク時、2006年4月の観測開始以降最大値となる56万台のノードがWinnyネットワークに接続している」と発表しました。

参考2 悪意あるコードの意味でスパイウェア、アドウェア、トロイの木馬、ルートキットなどを総称でマルウェアとも呼びます

参考3 MIME (Multipurpose Internet Mail Extension)は様々なフォーマット(書式)を扱えるようにする規格で、MIMEが登場する以前のメールはテキストメールと言い件名や本文にASCII以外のコードは使用できず、非英語圏では地域内での約束として独自の文字コードを採用しましたが、件名に日本語は使用できない、国際間では英語以外使用できないなどの制約があり大層不便でした。MIMEは、様々なデータ型を指定できるように再定義し、動画・画像・音声といったバイナリデータをASCII文字列に変換する方法、ファイル種別を見分ける方法、複数の異なるデータ型を格納し入れ子に構造化出来るようになりました。HTMLメールはメール形式ですが内容はWebと同じ言語(HTML)で記述されておりメールソフトが受信するとIEを利用してMIMEにより記述されたデータを可視化しています。画像が表示され音楽が自動的に流れ出すHTMLメールを受け取る事がありますが、これはMIMEを実装したメールソフトのダイレクトアクション機能によるものです。

参考4 McAfee Avert labsのResearch ScientistであるAditya Kapoor氏はいくつかの有名サイトから収集したオープンソースのrootkit 24パッケージとMcAfee Avert labsが収集した既知のマリシャスコードを比較し、どれほどオープンソースが拡散しているか調査した結果、半数のrootkitが、マリシャスコードとして拡散していると発表しています。

参考5 MicrosoftのセキュリティプログラムマネージャであるMike dnseglio氏は2006年4月のInfoSec World Conferenceで「rootkitや高度のスパイウェアプログラムに対処するには、システムを一から再構築し直すしかありません。オペレーティングシステムを再インストールする以外に修復の方法はない場合も考えられます。」と発言し大勢の参加者を驚かせました。

参考6 脆弱性公開に関するプロセスは2004年Organization for Safety(OIS)が設立され、セキュリティ研究者や組織を対象としたガイドラインを定めました。そのガイ

ドラインで関係者は修正がリリースされるまで脆弱性の存在を秘密にしておくことが求められていますが、オープンソースを推進しているオープンソースコミュニティではあらゆる研究結果を共有（フルディスクローズ）することがインターネット発展のために良いとされており、脆弱性も即座に公開すべきと考えている研究者がいます。

参考7 シマンテック インターネットセキュリティ脅威レポートは、2006 年下半期 2526 件（2006 年上半期 12%増）の脆弱性を記録し、内 4%が高リスク 69%が中リスク、脆弱性全体の 66%が Web アプリケーションに関係し、脆弱性全体の 74%が悪用容易と判定され内 94%がリモートでの悪用可能な脆弱性と、報告しています。

参考文献

《書籍》

ウイルスの原理と対策 発行 ソフトバンクパブリッシング株式会社

著者 一瀬小夜 星澤俊夫

プロなら知っておきたいセキュリティ技術 発行 株式会社アスキー

コンピュータウイルスはどう動くのか 発行 工学社 著者 御池鮎樹

《ホワイトペーパー、論文》

シマンテック マンスリースパムメールレポート 2007 年 8 月

シマンテック インターネットセキュリティ脅威レポート 2006 年 7 月～2006 年 12 月の傾向

シマンテック 今日の手強いセキュリティ脅威への対処

Mimi Hoang, Group Product Manager Symantec Security Response

シマンテック マリシャスコードが Windows Vista に与える影響

Orlando Padilla Symantec Advanced Threat Research

トレンドマイクロ トrendマイクロ・ベストプラクティス・シリーズ

ボットネットの脅威とソリューション：フィッシング

SOPHOS スパムエコノミー：スパマーとウイルス作成者の共謀

SOPHOS 2007 年第 1 四半期情報分析レポート

McAfee ボットネットの撲滅 ケン・ベイラー クリス・ブラウン

McAfee SAGE 第 2 巻 セキュリティの今後

McAfee ルートキットパート 2 技法入門 Aditya Kapaar Ahmed Sallam

McAfee オープンソースの利点とその代償

Internet Security Systems 2006 年度第四半期 SOC 情報分析レポート

仮想インターネットを用いたボットネット挙動解析システムの評価

NTT コミュニケーション株式会社 須藤年明 富士原圭

IPA 情報処理推進機構 2006 年度第 2 回

情報セキュリティに関する新たな脅威に対する意識調査報告書

《参考になるサイト》

国内セキュリティ関係機関

- サイバークリーンセンター <https://www.ccc.go.jp/index.html>
JPA 情報処理推進機構 <http://www.ipa.go.jp/security/>
Telecom-ISAC Japan <https://www.telecom-isac.jp/>
- 《セキュリティ会社》
- トレンドマイクロ <http://jp.trendmicro.com/jp/home/>
シマンテック <http://www.symantec.com/ja/jp/index.jsp>
McAfee <http://www.mcafee.com/japan/default.asp>
- 《脆弱性に関して》
- Japan Vulnerability Notes <http://jvn.jp/index.html>
セキュリティホール&ウイルス <http://itpro.nikkeibp.co.jp/securityhole/index.html>
- 《Web・クライアント攻撃に関して》
- Web サーバへの攻撃を見抜く
<http://www.atmarkit.co.jp/fsecurity/reasai/handling01/handling01.html>
- 《スパイウェアに関して》
- 急速に広まるスパイウェア
<http://www.atmarkit.co.jp/fsecurity/special/86antisp/antisp02.html>
Spyware Gide <http://www.shareedge.com/spywareguide/index.php>
- 《フィッシング攻撃に関して》
- フィッシング詐欺(ATPG 紹介)
<http://easyfox.homelinux.org/Security/Security22.html>
- 《スパイ攻撃に関して》
- IT プロ
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20060922/248805/>
- 《Winny に関して》
- IT Media エンタープライズ
<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/special/0603/winny/>
- 《その他》
- CNET Japan <http://japan.cnet.com/news/sec/>

<奥村 悌二氏のプロフィール> 本誌「第6号」p.20 を参照のこと

第3部 組込みソフトウェア設計開発に関する提言

—最終章：とある試み—

本法人会員／小尾 優三

◆はじめに：

本稿では組込みソフトウェアの設計開発についてふれてみたい。私はこの分野をいまだかつて実体験したことがない。しかしながら、私が長い間経験してきた「OSの設計開発」に相通じることも多いにちがいないという思いもあり、組込みソフトウェアの設計開発における原理原則論とその方法論にたどりつくことができればという思いだけが先行していると言える。その結果、若い技術者に対する一助となれば幸甚というものである。組込みソフトウェアの特徴は物理的な諸現象を計測することと計測された情報によって物理的装置を制御することにある。しかも、これらのことはリアルタイムに処理されなければならない、その応答性と信頼性が重要な命題であると思われる。そして、組込みソフトウェアによる製品自体には常に経年変化による故障や物理的な障害が発生する可能性を内包しており、そのための適切な対処がなされるべくそれなりに設計されていなければならない。また、この製品が出荷されると、市場競争力を持続するために自ら陳腐化することも必要とされ、後継機種的设计開発に腐心することが求められる。そのような背景を認識した上で「その当初から、いかに設計されているべきであるか」ということが問いかけてられていると思う。いわゆる「Well-Designed」という言い方がある。そこでは、市場原理に基づく経済性を見越した機能設計および構造設計のあり方が問われているのである。

現在では熱・圧力・流量・温度・湿度(露点温度)・傾き・速度・加速度・捻れなどの計測は安価で優れた性能のセンサーが各種製品化されており、組込みソフトウェアを応用した製品はいわゆるセンサー・ベースのシステムであるとも言える。そして、組込みソフトウェアを応用した製品の設計開発には投入可能な初期費用におのずと限度があり、またかつ、その費用を回収することのリスクも高い。しかも、製品化後のメンテナンスのために、さらなる追加費用が発生するはずである。このような前提条件下で「Well-Designed」な製品を開発するためには製品開発のフェージング(段階化)という考え方が必須となり、初期投資時点と最終投資時点における製品イメージをある種の設計思想とも言えるものに表わし、その実現時期をロードマップの形にして明確にすることが望まれる。このことが第一義的にもとめられる設計開発における原則である。すなわち、設計者はその設計思想とどのような製品がいつの時期に実現されるかということロードマップで示し、その各フェーズにおける製品の位置づけを文書化すべきである。そして、その設計レビュー時においては機能設計に加えて、構造設計の必要十分性を論議すべきであり、その製品が持つ拡張性と外延性を掘り起こしていくことも大切にしてゆかなければならない。そこでは原理原則論が不可欠なのである。

◆組込みソフトウェアの設計における原理原則論：

組込みソフトの本質的特性はその開発において前例や事例を期待できず、規範や模範をもとめることができないことにある。これまで私が体験してきたOSの設計開発においてはIBM社などのOSの存在があった。そのために、その方向性や具備すべき基本的な概念と諸機能についてはかなり明確であったと言える。従って、仕様を明確にするという「スペック化」についてはさほど支障をきたすことがなかった。つまり、この種の設計開発においては高度なテクニカルライティング能力が要求されるのであるが、モデル化された目標の存在が大きな意味を持っていたのである。それとは逆に、この点が組込みソフトウェアの設計における高い障壁になっているのである。この「モデリング」ということも基本的な原理原則論であろうと思われる。それ故に、市場に受け入れられる製品を設計開発するために、幾度もの試作が繰り返えされているのである。このような前提条件をふまえ、もし仮に、私が組込みソフトウェアの応用製品を設計するかレビューする立場になったならば、つぎのような基本的な考え方でことに当たるつもりである。

- (1) モジュール化：プロジェクト管理の重要な単位であり、各モジュールが分担すべき機能を明確にし、それぞれの関連性と相互のインタフェース条件を図示することで、実現すべき全体の機能および構造を概念的に設計する手法である。また、各モジュールはその入力条件と出力条件を明確にしておかなければならない。そして、再利用性／部品化可能性／機能的共通性が考慮されて設計されるべきであり、その定義においては「Open/Closed」「Begin/End」「Call/Return」「Star/Stop」「Input/Output」と言ったように閉じられていなければならない。つまり、境界条件が満足されていなければならない。
- (2) レイヤー化：物理的機能層から論理的機能層へとモジュール群間の階層関係を明確にすることである。より上位のレイヤーはその適用目的に応じた別な機能モジュール群に切り替えて実装可能でなければならない。
- (3) 状態の定義とその遷移：状態を明確に定義し、それらの状態はどのようなイベントの生起によって遷移するかを定義すること。つまり、状態遷移のトリガー条件を明確にすること。
- (4) 正常処理系と異常処理系との区分け：各モジュールはその実行結果において必ずコード化された情報をもって呼出し側に知らせなくてはならない。この情報はリターンコードと呼ばれることが一般的である。設計時にはこのリターンコードを各モジュール固有に付与することが重要であり、「リターンコードの付与基準」としてその規則を明文化しておかなければならない。さらに言えば、リターンコードによってそのモジュールが正常に終了したか否かが明確に切分けられるものでなければならない。システムの障害に対してはその波及範囲の極小化とその復旧に必要とされる代替リソースを考慮しておかなければならない。
- (5) 品質評価の仕掛けのビルトイン化：組込みソフトウェアを開発する上で大きな問題は品質をどのような方法で保証するかが課題。設計時からその手法を仕組む必

要がある。

◆とある試み：

第1部では「私のゴルフスイング理論とソフトウェア考」と題してゴルフスイングにおけるその原理原則にふれている。原理原則を考察しないかぎり、その方法論を習慣化できないという点でソフトウェアの設計開発と極めて共通性があるからである。しかも、原理原則論だけではスイングのあり方をいい尽くすことができず、それらをどのような方式で実現するかという方法論なしにスイングの実体は表現しえないのである。

そこで、この稿では私の考えである「方法論」にふれることとしたい。そして、「**原理原則論**」とあわせて、「**ゴルフスイングの解析システム**」を想定し、そこに組み込まれるべきソフトウェアをどのように設計すべきかについて考察してみたい。

- (1) 状態の定義と計測情報の同期化：このシステムにとって最も重要なことは解析すべきスイングの状態を定義し、その状態において各センサーからの計測値を同期化することである。第一部ではスイングにおけるチェックポイントとも言える7つの状態「A-モジュール」「I-モジュール」「B-モジュール」「L-モジュール」「Li-モジュール」「Bi-モジュール」「F-モジュール」を定義しているが、このシステムではこれらの状態を使用し、その状態における計測値をタイマー情報で同期化する。各ゴルファーのスイングにとって、上記の状態をどの時点のものとするかが問題となるが、ある短いサイクルで計測しておき、該当する状態を検索する方法が妥当であろう。
- (2) スイングの解析方法：解析の主眼は上記の7つの状態においてグリップのどの部分にどの程度の圧力と捻れが計測されているかであり、両足のつま先とかかたにおいても同様である。このことに、加えて、どの時点で初動負荷がかけられているかも計測されるべきである。このシステムを製品化する前に、スイングの良し悪しが判断できるように、いろいろなスイングの計測値を実験で採取する必要がある。さらに、その上で、改善されるべきポイントがゴルファーに指摘されるべきである。
- (3) 解析結果の表現方法とフェージング：どのような表現方法で解析結果をゴルファーに提示するかによってこの製品が市場で受け入れられるか否かが決まる。すなわち、このシステムにとってはゴルファーのスイングにどのような「フォルト」があり、その結果としてのショットとの因果関係を明確にできるかどうかという説明能力が問われている。つまり、解析結果の表現方法には説得力が求められているのである。そのために、少なくとも、「トライアル(試作/試供)版」と「正式版」という2段階の開発が必要であろう。トライアル(試作/試供)版は「画像解析なしのシステム」であり、正式版は「画像解析ありのシステム」である。なぜなら、画像解析ソフトウェアの開発量が大きく、センサーからの計測情報と同期化することが難しい課題となるからである。

◆ゴルフスイング解析システム：

このシステムは下記の方法論で述べられているスイングのあり方を「両足のつま先とかかと」および「グリップ」で生じる「圧力」「捻れ」「速度(加速度/源速度)」をセンサーで計測して、スイングの実体を明らかにするものである。私のゴルフスイング理論では「大きな筋肉」をスイングの主役にすることが基調になっている。逆の言い方をすれば、その結果として「手先」と「足先」は極めて受動的であり、スイングの良し悪しを微妙に感じているところであり、かつ、外見に表れないところでもある。つまり、超高速度カメラによる映像を画像分析する方法には限界があり、そのために、「両足のつま先とかかと」および「グリップ」にセンサーを装着することを考えたのである。ただし、後述されている「首のつけ根からグリップにつながった仮想的紐」の張力をどのように計測するかという問題がある。実際に見えるわけではないので超高速度カメラの画像解析では認知できず、また、センサーによる計測も不可能であろうから、このシステムの課題として残さざるをえない。このシステムでは下記のようなセンサーの存在を仮定しているが、ゴルファーの身体に苦痛を与えず、また、計測情報を無線で送信できるかということ、なおかつ、それらへの電源供給をどうするかというハードウェア上の技術的問題が解決されなければならない。さらに、各センサーの計測情報をリアルタイムでどのように同期化するかというシステム上の大きな課題もある。これらの中で電源の問題はNECの研究所が開発途上にあるプラスチック素材を利用したやわらかい布状の電池で解決できそうであり、ベルトを電池化することとする。

- (1) 本システムの概要(設計概念)：セットアップからスイングを通じて、ゴルファーの各関節がどのように働いているかをリアルタイムに計測/解析し、それに加えて、超高速度カメラによる映像を画像解析して、スイング終了後にリアルタイムで知らせるシステム。できることならば、スイング分析の結果を音声で知らせたいが、さらに難しくなるので、初期バージョンでは図示による情報にとどめる。通常、ゴルフスイングではいいショットとそうでないショットとがばらつくので、スイングの問題点が克服されているかという履歴を保存管理できるようにも設計されていなければならない。つまり、ゴルファーのスイングが改善の方向に向かっているのか、あるいは、崩れている方向にあるのかが分かるように図解されるものでなければならない。
- (2) 外部条件としてのセンサー技術：首のつけ根からグリップにつながった仮想的紐をどのようにセンスするかが課題であるが、それ以外のことはほとんど認知が可能。ただし、センサーの情報をどのような方法で取得し、解析の結果をどのような手段でゴルファーに知らせるかが技術的課題。とにかく、各センサーの情報はゴルファーのベルトの背部に装着している処理装置に無線技術で送信。カメラの映像とセンサーによる計測情報との同期はタイマー情報でマッチング。
 - (a) つま先およびかかとのセンサー：これは靴底の敷き皮に圧力センサーと捻れ

センサーを埋込むことで技術的に可能

- (b) インパクトの祖形の崩れを認知できるセンサー：両肩／両肘／両手首の部分に捻れセンサーと速度センサーが埋込まれた特殊なウェアで可能
 - (c) グリップのセンサー：特殊な手袋の各指の関節部分に圧力センサーと捻れセンサーを埋込むことで可能
- (3) 必要とされるその他の技術：各関節と頭と臀部の状態およびクラブヘッドの状態を認知することができる画像解析技術が要請される、また、クラブヘッドがボールに与えたインパクトの瞬間を解析するために、1000フレーム／秒上の超高速高精度カメラによる撮影技術も重要な要件である。
- (4) 本組込みソフトウェアの基盤： μ ITRONをベースに32ビットのアドレス空間を持ちうる高速CPU、タイマー制御(ミリ秒以下の精度)、並列制御
- (5) 経済的価値：当初はゴルフ練習場に設置するシステム。最終的には個人の練習場でも利用可能になるように、超高価な超高速カメラなしでも、デジカメ・ベースの製品に最適化。この時点では量産効果からその普及範囲が広がり、先行者利益が期待できる。しかし、やがて追従する企業も多くなり、より使いやすく、費用対効果が高い製品の開発が必要となる。デジタル・カメラは今後急速に高度化され、かつ、大衆化が進む。特に、中高年の女性ゴルファーがさらに急増するので、その市場に向けたこの種の製品は待望されるにちがいない。

◆本「ゴルフスイング解析システム」で想定しているゴルフスイングの方法論：

第1部で述べている原理原則論だけではスイングのあり方をいっくすことができず、それらをどのような方式で実現するかという方法論なしにスイングの実体を表現しえない。ここからは上記の原理原則論に則ったスイングをするために、いくつかの方法論を展開したい。そのイメージは「逆Cモデル」と「X字モデル」をイメージした捻じり込みが不可欠であり、「逆N字モデル」の重心移動なしに成立しがたい。そして、その根本は「インパクトの祖形」を崩さずしていかにスイングするかということに集約できる。これから展開する三つの方法論「扇モデル理論」「天秤棒モデル理論」「けん玉モデル理論」とヨーヨー・モデル理論に加えて、それらの方法論を実践するために必要とされる「セットアップのあり方」について述べることで締めくくりたい。なぜなら、原理原則論も方法論もその成立条件が「セットアップのあり方」に完全に依存しており、セットアップには明確な目的意識が必要不可欠である。そして、その目的意識がスイングの原理原則に対して正しく働きかけるのでなければならない。

そこで、方法論を展開する前に、前述の原理原則論に対する認識を今一度さらに深掘し、方法論の基底となる「つま先による軸起こし」という所作についてふれておきたい。そもそも、X字モデルはその交点(鼠頭骨)で互いにその頂点で接する二つの三角形からなっているとみなすことができる。すなわち、その上部である逆三角形は「インパクトの祖形」そのものであり、下部は鼠頭骨と左右の足のつま先からなる三角形とみなすことができる。前者は上半身による捻転作動部であり、後者は捻転と上半身の重心を支え

る受け皿のように働かせるべきであり、ここでは「スイングの受け皿」と略称したい。スイングの開始に伴い「静」から「動」へとその状態が遷移する。すなわち、A-モジュールからI-モジュールへの状態遷移であり、そのあり方がスイングの質を決定づけるのである。特にここで強調されなければならないことは「スイングの受け皿」の原型を崩さずに、その頂点で接する「インパクトの祖形」を捻転されなければならないということである。しかしながら、この原則は守りがたい。犯しやすい代表的なフォルトは「テークバック開始時に左の膝を内側に折ってしまうこと」と「ダウンスイング開始時に右の膝を内側に折ってしまうこと」である。このフォルトは不十分な飛距離に悩んでいるアマチュアゴルファーの大多数に見られる悪癖である。その逆のことが「スイングの受け皿」の原型を崩さないということである。いわゆる「がに股に構えろ」という表現で喧伝されていることなのである。インパクトゾーンにおけるスイングで「スイングの受け皿」の原型を崩さずに、上半身の重心を右に移すために、つぎのように「つま先による軸起こし」という所作が極めて有効に機能するのである。

- (i) X字モデルにおいて、左肩と右足の拇指丘とが結ばれた線(「テークバックの捻転軸」と略称)を意識。
- (ii) そのとき、その線上にあるX字モデルの交点(鼠頭骨)に位置づけられているグリップエンド(左手の小指と薬指)が十分にカップング(第一部「ゴルフスイングとソフトウェア考」参照)されていることを確認。
- (iii) 左肩を右足の拇指丘のところまで移動させることで、傾いていた状態の「テークバックの捻転軸」は垂直な捻転軸(軸起こし)となり、水平なボディターンが可能になることを意識。
- (iv) このときにおいてもスイングという動作はなされていない。上記の左肩の移動は能動的な動きではなく、右足の拇指丘を内側に捻り込むことによって、左肩が引き寄せられることでスイングが開始される。このことで「つま先による軸起こし」という所作が完了。
- (v) この時点でA-モジュールからI-モジュールへと状態遷移しているが、「インパクトの祖形」および「スイングの受け皿」いずれもその原型をとどめたままの状態。

ここで重要なことはグリップエンドがアドレス時の高さのまま、インパクトゾーンの右端に位置づけられていなければならないことである。また、また、頭部が右に移動させられているために、Xモデルの交点(鼠頭骨)を支点にして、臀部が左後方にバンピングされていなければならない。このことは「ヤジロベエの原理」と呼びたいところである。この「つま先による軸起こし」という所作はこれからふれる三つの方法論「扇モデル理論」「天秤棒モデル理論」「けん玉モデル理論とヨーヨー・モデル理論」が同時進行的に実行されることで、その真価が発揮されることを強調しておきたい。

(1) 扇モデル理論：この方法論の考え方を概括すると、上記の「つま先による軸起こし」が前提になっているが、ボールにアドレスしたときのクラブヘッドを中心に、地動説的に上体を扇状にターンさせるイメージである。前述のことと重複するが、その所作は次のようなこととなる。

- (a) 原理原則論における「X字モデル」の捻転軸を想定し、その交点である鼠頭骨(実際にはグリップ)を支点にして、X字の下部に相当する下半身を扇のように広げる(「がに股の構え」)。テークバックの開始と同時に左股関節を左後方にひき(バンピング)、左の膝をブロック。
- (b) さらに、X字の上部に相当する両肩を扇のように広げる(「つま先による軸起こし」)。
- (c) 両手の拇指丘を支点にしてグリップを扇のように広げる。
- (d) 左肩および左腕をそのままにとどめ、クラブシャフトから右肩をひき離す。
- (e) X字の交点であるグリップをクラブヘッドよりも先行させて、かつ、A-モジュールの高さのままグリップをI-モジュールに状態を遷移させ、クラブフェースのネック部を支点にして上半身をラウンドさせる。
- (f) つまり、そのクラブヘッドを中心にして重心が自然に移動させられること(地動説的に旋回させて左後方に重心を移動させること)でクラブフェースのオープン性は保持されるのである。
- (g) 左グリップはカップングされ、右グリップはコッキングされる。この扇モデル理論はグリップおよび鼠頭骨がその(扇の)要となっているイメージであり、そのことによって「インパクトの祖形」が保持されるのである。つまり、最も大切なことは「インパクトの祖形」が保持されることであることを重ねて強調しておきたい。

ここまでがテークバックの初動スイングである。その逆のスイング、すなわち、インパクトゾーンにおけるスイングではつぎのようになる。ボールにインパクトを与えるときには扇を閉じるイメージとなり、クラブヘッドがアドレスしていた位置にいたるまで(インパクトの直前まで)クラブフェースの向きがオープンのままに保たれ、インパクトではクラブフェースの向きが瞬発的にスクエアな状態にもどされるスイングをイメージしている。この打法の特徴は「クラブのネックを要とする扇を想定したとき、インパクトの直前までクラブフェースを開いたままにしておき、インパクト直後においてもオープンなままにしておくがためにクラブヘッドのネックをはねあげ、クラブフェースでボールをスライスしながらフェースに乗せる打法」であるとも言える。つまり、クラブフェースをスクウェアにしてそのまま横に振りぬくのではなく、クラブフェースをオープンにしたまま、インパクトのタイミングで上体を瞬時的にターンさせ、クラブフェースをスクウェアな状態に戻すのである。クラブフェースのターン軸はクラブシャフトであり、この軸をボディターンの軸に同化させるイメージなのである。インパクトでの意

識は「ボールを打つ」というのではなく、落下してくるクラブヘッドを上半身で跳ね上げるイメージであり、インパクトの瞬間はI-モジュールであって、A-モジュールではない。すなわち、A-モジュールはフォロースルーの一部なのである。そのことによって、両肩の回転と同期して「クラブフェースでボールの芯に捻れのインパクトを与える」のである。つまり、ゴルフクラブの構造がそのように設計されているので、このことが「クラブフェースをオープンしたままボールを打つ」という表現になっているのである。このときに留意されるべき極めて重要なことがある。それはいわゆる「頭を残す」ということである。頭はかなり重い。その頭の重みに対してX字モデルの交点で均衡させる役割を果たさせるのがテークバックにおけるバンピング(臀部の突き出し)であり、下半身の重み(特に、臀部)で均衡させるのである。テークバックにおいては左膝にその重みを乗せている臀部と右膝に乗っている頭の重みとを鼠頭骨(グリップエンド)でバランスさせているイメージである。そして、インパクトにおいてはこの頭が‘おもし’となって右サイドでの扇を閉じる支点になるのである。

そもそも、ゴルフスイングの理論は英語の「Hinging」というところの「関節の蝶番化」であると言い切れそうである。つまり、ゴルフスイングは各関節で接合されたそれぞれの身体部やゴルフクラブが蝶番でつりさげられているかのように軸回転させることで成り立っている。それぞれの回転軸の上からスイングを俯瞰するならば、平面的な動きはドアの開閉に似ていることから「ドアモデル理論」とも言えるのである。ここでさらに強調しておきたいことは肘を支点にした前腕部と小指側を支点にした手首とが鞭打ち(Whipping)のように使われることによって、クラブフェースが扇のようにスクウェアに戻されるのであり、その結果としてクラブヘッドのネックにためられた捻れがインパクト時に解放されることでギア効果を生みだし、ヘッドスピードに相乗しながら、きわめて強いインパクトがボールに与えられるのである。

- (2) 天秤棒モデル理論：首のつけ根からグリップへと仮想的な紐がぶらさがっているかのような意識を働かせることが第一義的に必要とされる。このような表現では適確性を欠いており、むしろ、首のつけ根からは右手の人差し指(トリガーフィンガー)と仮想的な紐が繋がっているイメージである。そして、クラブシャフトの先端にとりついているクラブヘッドと実質的グリップエンド(左の小指と薬指によるグリップ)とは右手のトリガーフィンガーを支点としてバランスが保たれている。つまり、クラブシャフトを天秤棒にみたてたとき、仮想的な紐でぶらさがっている右手のトリガーフィンガーはクラブシャフトの先端につけられた「クラブヘッドの重み」とこの重みに対抗する「グリップエンドによる‘おもし’」とをバランスさせる支点となっているイメージである。まさに、天秤棒のイメージであり、この考え方を「天秤棒モデル理論」と呼びたい。また、この考え方は「グリップが本来どのような役割を果たすべきか」というグリップのあり方をも示唆しているのである。そして、天秤棒の両端である仮想的クラブヘッドの重みとグ

リップエンドによる‘おもし’との均衡点を首のつけ根からの仮想的な紐で背中の方へ引き気味にしなが、ボールとアイ・コンタクトすることが重要なのである。このバランス感覚を持ちつづけることは適度なリズムとテンポでスイングするために極めて重要なことである。この理論の究極的な目的意識は天秤棒であるシャフトが地面からあまり離れないところで(右腕をだらしと下げた低い位置で)、かつ、シャフトが地面と平行な状態でバランスしていることである。つまり、この状態こそがBーモジュールであり、「天秤棒モデル理論」はIーモジュール/Bーモジュール間インタースに位置づけられ、「扇モデル理論」と連結されるべきである。

やがて始まるであろう切返しに向けた垂直な運動系のスイングはリップエンドによる‘おもし’を増すこと(カップリング)で天秤棒(シャフト)の先端にあるクラブヘッドを持ちあげることにより、両肩によるさらなる捻転でLーモジュールへと向かい、切返されたシャフトがふたたび水平な状態で均衡した天秤棒となり(B iーモジュール)、両肩の反転でこの天秤棒役のクラブシャフトは水平な状態でインパクトゾーンを旋回しながらインパクトに向けた垂直な運動系へとつながることとなるのである。

天秤棒モデル理論を構成する要素はすでにふれてきたように「クラブヘッドの重み」「天秤棒役としてのクラブシャフト」「クラブヘッドの重みに対して適度な均衡を保つための‘おもし’の役を果たすリップエンド」「天秤棒の均衡を支える右手のトリガーフィンガー」「天秤棒の均衡を感じている首のつけ根」である。さらにつけ加えるとすれば、均衡状態にある天秤棒全体の重みを下支えするために「両肘の蝶番化」と「首のつけ根」が欠かせない。クラブヘッドの重みに対してトリガーフィンガーを支点にしてリップエンド側を加重/抜重することで、天秤棒であるシャフト(つまりはクラブヘッド)を上下に操作可能であり、同様に、前後左右の操作も可能である。しかも、これらの操作はその支点となっているグリップの高さを変えることなしに可能であることが特筆すべきことである。天秤棒モデル理論ではこのことを十分に活用してスイングの単純化を実現している。テークバックで両肩をまわそうとするとき、リップエンドを徐々にインサイドへとテークバックさせることによって、クラブヘッドはアウトサイドへと向きが補正され、クラブヘッドが過剰にインサイドに向かうことを抑止させるのである。なお、ここで最も大切なことは両肩によるX字モデルの捻転でリップエンドに‘おもし’の役を果たさせるべきであり、手先による操作をしてはいけないということである。天秤棒モデル理論は両手のグリップの中で両肩の捻転とカップリングを凝縮させることなのである。逆C字モデルのイメージも上記のように天秤棒を操作することで実行されるべきなのである。

- (3) けん玉モデル理論とヨーヨー・モデル理論：この二つのモデル理論は切返しおよびその前後のスイングに関する考え方であり、上記の扇モデル理論と天秤棒モデル理論を実践した直後に実現されるべき方法である。けん玉モデル理論をイメー

ジとして概括すると、つぎのようになる。すなわち、グリップを「けん」の側とし、クラブヘッドを「玉」とし、その両者を結びとめている「糸」に相当するのがクラブシャフトであるとする。そのとき、グリップ「けん」のほぼ真下にあるクラブヘッド「玉」を旋回させ、グリップ「けん」の真上に位置づける方法がBーモジュールからLーモジュールを経て切返しにいたるスイングのイメージである。ゴルフスイングは首のつけ根を支点とした振り子運動であるからにはインパクトの祖形が保たれている必要があり、少なくともBーモジュールにおいてまでは崩れないように上体を捻転しなければならぬ。そのためにはグリップに振り子運動させるのであり、グリップをクラブヘッドに先行させる意識が必要である。このことはまだふれていなかった重要な原理原則である。テークバックの開始直後の重要性については再三ふれてきたが、少なくともインパクトゾーンにおいてはグリップが「クラブヘッドに先行していなければならない」ということである。この原則論に則ったスイングとその結果において切返しのあるべき状態にいたる方法論を「けん玉モデル理論」と呼びたい。

アドレス時(Aーモジュール)において、グリップとクラブヘッドとの高低差はグリップの方がクラブヘッドより相対的に最も高い位置にある。Bーモジュールにおいては同じ高さであり、また、Lーモジュールにおいてはその相関位置関係は完全に逆転してクラブヘッドの方がグリップより最も高い位置になっていなければならない。AーモジュールからIーモジュールおよびBーモジュールへは扇モデル理論と天秤棒モデル理論でクラブヘッドをグリップと同じ高さへ容易に位置づけることができるが、BーモジュールからLーモジュールにいたらしめるモジュール間インタフェースに相当するのがけん玉モデル理論の本質である。つまり、Lーモジュールはトップオブスイングへの入り口に相当し、クラブシャフトが垂直に立った状態となり、クラブヘッド「玉」の垂直な重みを左のグリップエンド「けん」で受けている。この状態に至る直前の過程ではクラブヘッドの重みが消えかかる一瞬の間を体感することになり、このようなフィーリングがけん玉モデル理論の本質を内包していると思うのである。クラブヘッド「玉」がグリップ「けん」にすんと載っているイメージである。この時点から右肘でクラブを上げていくことによってトップオブスイングが迎えられるのである。バックスイングからダウンスイングへとクラブを切返す重要なタイミングをつくりだしているのがトップオブスイングでもあり、このトップオブスイングを形成させるテンポとタイミングを言い表す適当な表現方法がないので「けん玉モデル理論」と呼びたく思った理由なのである。この理論はゴルフスイングのレベルを究極的に格づけするという点で極めて重要なことなのである。このように形成されたトップオブスイングでは両肩がボールの打球目標ラインに対してスクエア（直角）に捻転されていなければならない。そして、このときにおいては右肘がたたまれ、両腕の逆三角形は崩されている。

ここからは「切返し」後のダウンスイングにおける重要な方法論「ヨーヨー・

モデル理論」についてふれたい。ダウンスイングの初動時に「左のつま先による軸起し」による初動負荷がかけられ、それと同時に右肘のたたみを解放することによって両腕を正常(インパクトの祖形)に戻し、そのままの状態でグリップエンドを支点としたダウンスイングがなされ、B iーモジュールにおいてインパクトを迎えるのである。インパクトゾーンでは両肩の回転によって鞭で引かれるかのように、クラブヘッドがグリップより遅れた動きとなる。左手グリップエンド(小指と薬指)を通じて左肩からの軽い圧力を感じ、右手グリップ(トリガーフィンガー)はその圧力に抵抗する側として下支えしていなければならない。この両サイドには「アクセル役とそのカウンターパートとしての制動役とをそれぞれ作動させる」という同時性が常に要求されるのである。その結果として、この両サイドの同時性がスイングをゆったりとさせることとなるのである。このことに関わりあっている要素は「両肩」と「両肘」と「グリップ」であり、これらでつくられるはずの逆三角形(インパクトの祖形)のあり方がスイングを決定づけるのである。そして、この逆三角形の底辺の中間に位置する「首のつけ根」をいかにしてスイングの中心支点として働かせるかということが極めて重要な課題なのである。セットアップの時点から正しい「インパクトの祖形」を形成するためには両肘の内側を胸の前で上向きにしておかなければならない。しかしながら、緊張して力んだときに犯しやすいフォルトはセットアップにおいて親指側にグリップを閉じてしまいがちであり、その結果として両肘の内側も閉じられてしまうことである。このフォルトは扇モデル理論および天秤棒理論を完全に否定するもので、その後のスイングを台無しにしてしまうと言ってもいいのである。グリップはむしろ小指側をその要にして開かれるべきであり、その結果として両肘の内側を胸の前で上向きにしてセットアップされるべきなのである。言い方を変えると、正しい「インパクトの祖形」とは上記のような両肘とグリップのあり方に完全依存しており、スイングは終始逆三角形である「インパクトの祖形」をもってなされるべきものという心得が必要なのである。ボディターンは水平な円運動にしか寄与しないのであり、「インパクトの祖形」は肘から先のグリップとさらにその先にあるクラブをして垂直な円運動だけに寄与させるべきである。そして、この垂直な運動が生み出すクラブヘッドの遠心力に対して、まるで「砲丸投げ」の支点のように、「首のつけ根」を支点にした求心力が働いていなければならないのである。クラブヘッドは打球の目標方向の反対側に落下させるべきであり、その落下に対抗して「首のつけ根」を支点にした求心力が要求される。ダウンスイングにおいて肘を支点としてクラブ(厳密に表現すると右グリップ)を打球の目標方向と反対側に落とすという垂直な運動に対して、左肩と「首のつけ根」がクラブ((厳密に表現すると左グリップ))を引きあげると意識が必要であり、垂直な運動の基点となるように働かせることが要求されるのである。比喩的な表現をかりるならば、このイメージは「あのヨーヨーのように、地面に向かって投げると同時的に糸を引きあげる」のに酷似しており、そのことから「ヨーヨー・モデル理論」と言いたい。こ

の理論はダウンスイングにおいてL-モジュールからB-モジュールへと状態遷移させ、なおかつ、「寸止め」によってB-モジュールからI-モジュールへと状態遷移させ、再びF-モジュールへとグリップエンドを引きあげるためのモジュール間インタフェースであるとも言える。ゴルフスイングにおいてはボディターンによってのみ横への円運動が生まれるのであり、腕を横に振るといった感覚は一切捨て去るべきことである。このときこそ、そのスイングは最高レベルの完成度に至ると言えるのである。

これらの方法論を実現させるためには、セットアップのあり方が大前提条件として関わってくる。すでに引用しているニック・ファルド著「ゴルフ 勝利の公式」という本でも「ゴルフスイングを開始するためのセットアップとしての姿勢は水泳選手がスタート台からプールに飛び込む前の体勢に似ている」と表現していたことが思い出される。この本を読んだ時点ではそのことにあまり気をとめていなかったが、今ではその重要性が認識できるようになった。逆に言えば、このことを認識していなかったことが不安定なスイングとなる主な原因になっていたのである。セットアップに際して必要とさせる基本的な考えはこれからなされるであろうスイングに対して明確な目的意識を持つことである。その意識はすでにふれてきた「クラブフェースのオープン性」「クラブヘッドの重み」「X字モデルの捻転軸」「逆N字モデルの重心移動」「逆C字モデルのインパクト」という原理原則論を意識しなくてはならない。そもそも、ゴルフスイングの要諦は「ゴルフヘッドをして真上にあげしめ、その真下にあるはずのボールのところへクラブヘッドをその重みに従って落下させることによって、ボールにインパクトを与えること」である。それと同時に、「ボディターンという水平面に対する捻転を地動説に従って同時に進行させることでボールに強いインパクトを与えること」でもある。それが故に、実際のクラブヘッドは斜めの円運動軌道(スイングプレーン)となる。いずれにしろ、クラブヘッドが円軌道を描くからにはその遠心力に対抗(均衡)させるために求心力が必要とされる。そして、その求心力を働かせる原点がX字モデルの交点「鼠頭骨」に位置づけられているべきグリップエンドであり、しかも、グリップエンドがX字モデルの上部に相当するインパクトの祖形の頂点であるという事実を十分に意識されなければならない。従って、セットアップにおける基本的な要件は「グリップのあり方」とX字モデルの上部に相当する「重心の受け皿」をしっかりさせるための「両足の指先によるふんばり」であり、すべての関節を蝶番化することである。すなわち、首のつけ根からの仮想的な紐で天秤棒を均衡した状態に支えるべく、背筋の軽い緊張感とリラックスされた左手グリップ、そして右手のトリガーフィンガーでクラブヘッドの重みを下支えする感覚が必要とされるのである。

◆私のセットアップ手順

そこで、私にとってのセットアップ手順は次のように考えている。

- (1) アライメントの要領：

ここで「アライメント」とは「ある方向に対して一斉に整列させることであり、この場合は「両足のつま先」「両腰」「両肩」を打球の目標方向に対して平行に整えることである。

- (a) ボールからすこし離れたところに立つ。
- (b) 上体をリラックスして、両足をそろえたまま両腰と両肩を水平にして整体。
- (c) クラブヘッドの重みを垂直に感じられるまでクラブをつり上げ、
- (d) 左の上腕部が胸の側面から離れないように軽くつけたままゆっくりとクラブをつり下げる。
- (e) そのままの姿勢を保ちながら
打球の目標方向に「両足のつま先・両膝・両腰・両肩」をアラインメント
- (f) 上体だけで左右にゆったりと軽く素振りして、
クラブヘッドが左右対称な振り子運動になっていることを確認

(2) グリップ：

天秤棒モデル理論を特に意識。手の指関節をいかに使うかが問われるのである。さらに、扇モデル理論を意識し、グリップエンドを要にしてチューリップのように開けるイメージをもつことが重要。

- (a) ボールのところにクラブヘッドをそっとおき、
クラブフェースをスクエアにアライメント。
- (b) 右手のトリガーフィンガーでクラブのグリップ部を下からそっと支え、
クラブヘッドの重みを感じている。
- (c) 左手の小指と薬指でグリップ部上端を軽く握り、
右手のトリガーフィンガーを支点にして
クラブヘッドの重みに均衡する程度にカップリング。
- (d) このとき、グリップエンドを通じて
左肩と右足のつま先とがリンクされていることを感じている。
- (e) 左手の親指と右手の生命線を重ねて
クラブのグリップ部の真上で平行にあてがい、
他の指先の上にクラブのグリップ部をのせるかのように軽く握る

(3) スタンス：

- (a) つま先加重によるやや前傾姿勢とするべきである。
- (b) 天秤棒モデルを意識してその支点となっているはずの右手のトリガーフィンガーを首のつけ根によって仮想的紐でひきとめているイメージ。なお、この仮想的紐は頭部の重みと臀部の重みを「ヤジロベエ」のように均衡させているイメージ。
- (c) またなおかつ、X字モデルを意識し、両肩と両足のつま先とをリンクさせ、
X字の交点にグリップを位置づける。
- (d) この時点では両腕がだらりとぶらさがり、いわゆる「ハンドダウン」の状態。

- (e) 重ねて強調することになるが、最終的には顎をひきつけた状態で「クラブヘッド」と「グリップエンド」「頭部」と「臀部」がX字モデルの交点でバランスしていることをはっきりと意識していなければならない。

セットアップの重要性については言い尽くせないように思う。上記のセットアップ手順の他に、私が留意していることはグリップエンドを押しこむこと(左手の小指と薬指を右手の小指の拇指丘の下に押し込み、右手はそれに対抗すること)でグリップが正しく「カップリング」かつ「コッキング」されると同時に、首のつけ根で天秤棒の全体を支える引揚げ力がグリップエンドの押しつけ力とバランスしている感覚を大切にしているのである。つまり、すべての自然界のバランスが「作用／反作用」というバランスで成立しているように、ゴルフスイングにおける「アクセルと制動」という原理原則は絶対的な意味を持っていると言わざるを得ない。そして、上記の「首のつけ根で天秤棒の全体を支える引揚げ力がグリップエンドの押しつけ力とバランスしている」という感覚はテークバックの開始と同時にクラブヘッドが天秤棒モデルの効用によってインサイドに向かうことを防ぎ、逆Cモデルのスイングが実現されるのである。逆Cモデルのスイングは「クラブフェースのオープン性」という極めて重要な原理原則を体現させてくれる方法論であるとも言える。特に、フォロースルーにおいてもクラブフェースのオープン性が保持できていなければならないと言ふべきであり、そのときはじめて、逆Cモデルのスイングが実現できているとも言えるのである。ほとんどすべての原理原則に従ったスイングを実現できたと言ふだけでも、「クラブフェースのオープン性」を実現できなければ、大局的には「原理原則からはずれている」と言わざるを得ない。そのことから、「逆Cモデルのスイング」が究極的なスイングであるといっても過言ではないであろう。実のところ、私のゴルフスイングにおけるフォルトは「逆Cモデルのスイング」を忘れてしまうことなのである・・・。

◆結び:

組込みソフトウェアの設計開発における原理原則論と言えるものになりえたかどうかはあまり自信が持てない。しかも、ゴルフスイングの解析システムを設計開発するという試みには実現可能性が疑問視されるだろう。ただ、私が夢みた「とある試み」に過ぎないが、組込みソフトウェアの設計開発に限らず、原理原則論の重要性は今後も議論されるべきであり、そのことに思いを馳せるべきと考える。また、ここで言えることはゴルフスイングの方法論にもふれることができたことで「私のゴルフスイング理論」が完結されたということである。ゴルフ愛好家のソフトウェア技術者にとっては読むに値するものと自負しているところである。

<小尾 優三氏のプロフィール> 本誌「第5号」p.22を参照のこと

<ニュースクリップ>

<マイクロソフト/ヤフー買収を断念> 朝日 2008.5.5 他 — 米マイクロソフトは3日、米ヤフーへの買収提案を取り下げると発表した。買収額を引き上げて合意を迫ったが、買収額のさらなる上積みを求められて折り合わず、3ヶ月に及ぶ攻防はひとまず終わった。マイクロソフトは、片やEUからOS関連情報の非公開問題に関連し独禁法違反で訴えられ、他方でネット広告の出遅れからネットワーク事業においてもグーグルに大きく水をあけられており、ヤフー買収提案は同社の強い危機感の反映とされる（日経 2008.2.23 他）。ヤフーに対しては別に水面下で1年半以上も前から、「メディア王」ルパート・マードック氏率いるニュース社から事業統合の話があったと言われ、インターネットを巡る再編の動きはなお予断を許さない状況にある。

<東芝、HD-DVD撤退を発表> 朝日 2008.2.20 他 — 東芝は19日、次世代DVD規格の「HD-DVD」について、レコーダーなどの対応する関連機器の開発、生産を停止すると正式に発表した。最初の製品発表からわずか2年足らずでの決断である。これにより規格争いは、ソニーや松下電器産業などが推進する「ブルーレイ・ディスク（BD）」に統一されることになった。以前から東芝の劣勢が伝えられていたが、米映画業界の中でも長年の朋友だった米タイム・ワーナー傘下のワーナー・ブラザーズの離反、そして直接的には米小売り最大手のウォルマートによる販売のBDへの一本化決定が今回の発表に大きな影響を与えたとされる。

<iPodにも著作権料> 朝日 2008.5.6 — 文化庁は、iPodなどの携帯音楽プレーヤーと、テレビ番組を録画するハードディスク内臓型レコーダーに「著作権料」の一種を課金する制度改正の骨子案をまとめた。8日の文化審議会に提案する。

<新東京タワー2011年度完成予定> 朝日 2008.2.9 他 — 新東京タワーはこの夏にも着工される。在京の放送事業者がプロジェクトをスタートさせたのは約4年前。2006年3月に建設予定地として複数の候補の中から墨田区押上地区が選ばれた。新タワーの事業主体は東武鉄道。新タワーの高さは610メートルと現在の東京タワーの2倍近くに達する。

<中国のネット人口、2億人を突破> 日経 2008.1.18 — 中国インターネット情報センターは17日、同国のネット利用者が2007年12月末時点で前年同期比53.3%増の2億1千万人に達したと発表した。規模では米国に続く世界第二位で、今年の早い時期に中国がトップになる見通しという。ただ、人口普及率では同5.5ポイント増の16.0%とまだ低く、約7割の米国や日本との格差は大きい。

<ネットで大量の映像データ/NEC、海外6社と開発> 日経 2008.2.14 — NECは米マイクロソフトや米ヒューレット・パカード、米サン・マイクロシステムズ、ストレージ大手の米EMC、ソフトウェア大手の米オラクルおよび米BEAシステムズのIT大手6社と映像管理システムの開発と販売で提携する。各社の技術を合わせて、映像データを世界各地に同時配信できるシステムや映像視聴者の顧客や課金を一元的に管理できるシステムを共同開発、今夏以降、順次市場投入する。//

技術解説： Web技術とWebアプリケーション

本法人会員／理事 澤井 斌

はじめに

Web (World Wide Web) 技術は、1989年、欧州合同素粒子原子核研究機構 (CERN) の Tim Berners-Lee 氏によって発案され、翌年の11月に行われた実証実験を通じて世に注目されることとなった。1993～94年にかけて、使い勝手の良いブラウザ (= 閲覧ソフト ; Mozaic や Netscape Navigator など) が開発されると、折からスタートしたインターネットの商用化の波に乗って、Webの利用は瞬く間に世界中に広がった。以来、10数年の年月が経過し、今や世界のWeb人口は10億人に達すると言われる。一方、米ハイテク出版 O'Reilly Media 社の社長である Tim O'Reilly 氏によって2004年に提唱されて広まったWeb 2.0という言葉は、技術的に厳密なソフトウェア管理のバージョン概念ではないが、「Webの利用形態がそれ以前と比べて大きく変わったことを捉えたもの」として多くの人々に受け入れられてきた。

本稿では、広範な変化を伴って発展してきたWeb技術について、その流れを整理し、アプリケーション (応用) との関連で現在最もホットな部分を含めて解説する。読者諸氏の中には既にWebアプリケーションの開発を通じて技術内容に通じておられる方もあろうが、Webを頻繁に利用する人でもその裏側にある技術については不案内だというケースが少なくないと想像されるので、本稿では、高度な専門性をできるだけ排除し、基本技術の全体像を捉えることにしたい。

1. Web技術の中で発案時から変わっていない部分

ご存知のように「Web」の意味はもともと「蜘蛛の巣」のことである。Webの利用者はインターネット上にある任意のWebサーバにアクセスし、登録されているWebページをダウンロードして手元のコンピュータ上で閲覧する。

Webサーバ自身はブラウザに対して受動的であり、閲覧者がアクションを取らないかぎりWebページのダウンロードは生じない。しかも、各ダウンロードはその前後のダウンロードとは独立であり、ダウンロードごとにWeb通信は完結する。新しいWebページを閲覧したい場合には該当するアクセス先を別途指定しても良いわけであるが、Webの最も特徴的なことは、そうしたアクセス先を改めてキーインする代わりに、文章中に張られた「リンク」をクリックするだけで別のアクセス先に飛ぶことができるようになっている点である。

良く知られているように、「リンク」をベースにしたこの概念は「テキスト」の集合の上に「テキストを超えた世界を作り出す」という意味で「ハイパーテキスト (Hyper-Text)」

と呼ばれる。ハイパーテキストの概念自体はWeb以前からあり、アップルコンピュータなど一部のコンピュータで利用が始まっていた。Webの斬新さはその概念をインターネット上に展開できるようにしたことであった。リンクを辿って次々と新しいページにアクセスして閲覧することができる。「Web」とは世界中に張った「リンク」があたかも「蜘蛛の巣」に見えるということから命名された。

変わらない部分とは（1）Webページの表現や「リンク」の埋め込みを記述するマークアップ言語HTML（Hyper-Text Markup Language）、（2）インターネット上でWebページをユニークに特定するアドレス手段URL（Uniform Resource Locator；現在はサーバの所在やパス名に関係なくリソースを特定できるように拡張された概念のURI：Uniform Resource Identifierも利用される）、および（3）Webページのサーバへの要求やダウンロードを行うための通信プロトコルHTTP（Hyper-Text Transfer Protocol）、の3つである。

Webページは当初、文字中心の文章を表示するだけであったが、程なく、表（テーブル）を定義したり、絵や図、写真を張り付けることができよう改良された。

ダウンロードされるWebページは<html>・・・</html>で書かれたテキスト形式のファイル（htmlドキュメント）であり、拡張子として[.html]あるいは[.htm]が使われる。ハイパーテキストの通信プロトコルとしてhttp://www.xxx.com/././index.htmlのようにURLを指定すると、これを受信したWebサーバはサーバ内に登録されているindex.htmlを探し出してブラウザ側に送信する。Webページ上に貼り付けられる絵や写真のファイルもWebページの後に続けて送り出される。アクセスしたいファイルが閲覧者の手元のパソコンの中にある場合はfile:///C:/.../document.html（この場合“C:/”はWindowsのCディレクトリ）のように指定すれば良く、自分のパソコンもまたインターネット上のサーバのひとつであることが分かる。「リンク」指定はhtmlドキュメントの中でLinkAのようにマークアップする。Webページ上では<>とその中身は表示されず、<a.>とで挟まれた文字部分がLinkAのようにアンダーライン付きで表示される。

2. インタラクティブなWebページ開発のためのCGI

「静的」なWebページに変化や動きを与えて「動的」にする方法には大きく分けて2通りのアプローチがある。一つはサーバ側での機能追加であり、もう一つはブラウザ側での機能追加である。ブラウザ側の話は後で述べるとして、ここではサーバ側のCGI（Common Gateway Interface）機能について触れる。

Webサーバ上に登録されたファイルは、アクセス禁止にしないかぎり、運用中にその内容を修正したり差し替えたりすることが出来ないの、そのままではアクセスし直

しても常に同じ内容が表示される。このため、時々刻々変化するデータやチャートをブラウザ上で見たいといった要求に対しては、サーバ側でWeb ページの内容をダウンロードの度ごとに変更できる形にしなければならない。このような要求に対して用意されたものがCGIであり、ブラウザ発祥の地であるイリノイ大学NC SA (National Center for Supercomputing Applications) が1993年に定義・実装して以来、広く使われてきた。改良された最新版はVer-1.1 (IETF/Oct. 2004/rfc3875) である。

ご存知の方も多いと思われるが、簡単にCGIの原理を解説する。CGIはひと言で言えば、Webサーバの要求を受けてhtmlドキュメントを作成するアプリケーションである。使用するソフトウェア言語はどんな言語であっても基本的には問題はないが、コンパイルが必要な言語の場合はコンパイル済みの実行型ファイルでなければならない。テキスト形式で記述できるスクリプト言語の場合はインタープリタ環境があれば即実行できるので、コンパイルの必要がない分だけアプリケーション開発がやり易くなる。CGIでは通常、Webサーバから受け取る文字列(ストリング)を処理する必要があり、ストリング処理に適したスクリプト言語であるPerlなどが広く使われてきた。

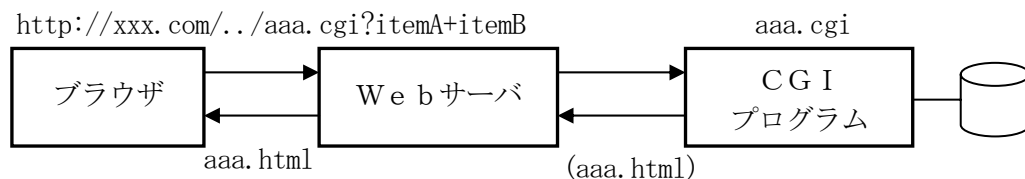


図1. ブラウザからCGIを呼び出す処理の流れ

CGIは図1に示すように、ブラウザから閲覧者が、例えばhttp://www.xxx.com/./aaa.cgiのようにURLを指定すると、このアドレスを受け取ったWebサーバは拡張子(.cgi)を見て、要求をcgiプログラムaaa.cgiに渡す。cgiプログラムは通常のプログラム同様、必要に応じて外部データベースからデータを取り込み、演算処理や判断処理をした後、htmlドキュメント(図のaaa.html)を作成して、Webサーバにボタンを戻す。Webサーバはhtmlドキュメントをブラウザに送るという仕組みである。

処理の過程でcgiプログラムがパラメータを必要とする場合、例えばitemAとitemBの内容を見たいという要求に対しては、ブラウザ側からhttp://www.xxx.com/./aaa.cgi?itemA+itemBのように<?>マークの後にパラメータを追加してアドレスする。パラメータを併記する記号として<+>の代わりに<&>が使われることもある。Webサーバはパラメータ部分を所定の場所に保存するので、cgiプログラムはこれを取り出して処理することになる。

cgiプログラムの出力は図2のように最初の1行にcontent-type: text/htmlを書き、1行あけてhtmlドキュメントを続ける形にすることが規定されている簡単なものであ

る。これによりWebサーバは空白行以下の部分をhtmlドキュメントとして認識する。

プログラム自体はC/C++あるいはJavaなどの高レベル言語で開発することができるが、先にも述べたように、ソースコードは一度コンパイルして実行できる状態にして登録しなければならない。実行時のトラブルを避けるためにも、コンパイルはWebサーバ上、あるいはそれと同等の環境で行う必要がある。

```
Content-type: text/html
—1行の空白行—
<html>
...
</html>
```

図2. cgiプログラムの出力

コンパイルの面倒を避けるため高レベルの言語の代わりにテキストベースのスクリプト言語を用いることが多い。しかも、閲覧者から届くデータ（例えば上述の例のような文字列itemA+itemB）はWebサーバからそのままの形でCGI側に渡されるので、cgiプログラムではPerlやPythonなど、文字列の処理に適したスクリプト言語が利用される。スクリプト言語の指定はcgiプログラムの中で記述する。

CGIにより応用プログラムを自由に組み込むことができるようになり、広範な利用分野が広がった。例えば「あなたはこのページのn番目の訪問者です」という計数表示などは当初から多く利用されてきた。CGIはとりわけ、データベースを介して既存の汎用コンピュータと連携を取る分野で注目を浴び、基幹システムのデータをパソコンから利用するなど、いわゆる「Webコンピューティング」の時代の引き金となった。しかし、より便利な使い方を実現するため、なお、以下に述べるブラウザ側の機能強化や「クッキー」機能の導入が必要であった。

3. ブラウザ側の機能強化

○ Webページへの入力とCGIへのデータアップロード

閲覧者の側からCGIに届けるデータをブラウザ上で入力するため、Webページのマークアップ機能に「フォーム<form.>...</form>」機能が追加された。「フォーム」ではWebページ上に文字を入力する「入力窓」を表示したり、入力したデータを転送する「転送ボタン」を設定したり、また閲覧者からは見えないが、データの転送先CGIのアドレスを開発時にWebページの中に埋め込んだりすることが出来る。

フォームの記述例：

```
<html>...
<form action="aaa.cgi"> ... ①入力データの転送先を指定
<input maxlength=1024 value=" "> ... ②長さ1024バイト分の「入力窓」を表示
<input type=submit value="送信"> ... ③「送信」ボタンの表示
</form>
...</html>
```

書き込み用の「入力窓」は複数あっても良く、それらの窓に入力されたデータは上述のようにURLの後に<?>マークを介して追加され、「転送ボタン」をクリックすると同時に送出される。この機能追加によりキーワード検索や事務局メール機能、掲示板へのアップロードなど様々な応用が開くことになった。

○ ブラウザが実行するスクリプト言語

CGIはサーバ側の処理内容を拡大させるものとなったが、スクリプト言語をWebページの中に埋め込んでブラウザ側に送り、ブラウザ側で実行させる工夫も進められた。

今日、ブラウザ側で最も広く使われているスクリプト言語は Javascript である。Javascript はブラウザ開発会社のネットスケープが開発して同社のブラウザである“Navigator”に実装した Livescript が前身と言われるが、程なく Javascript に改名された。背後にオブジェクト指向言語である Java の開発およびその推進を進めていたサンマイクロシステム社の強い働きかけがあったとされる。名前は似ているが Java 言語とは全く関係がないことも良く知られている。Javascript はその後、マイクロソフトのブラウザにも搭載され、広く普及するところとなった。

マークアップとして<script language=“javascript”>... </script>のようにサンドイッチにし、間の...部分にスクリプトを書き込む。スクリプト部分はWebページの画面上では表示されないが、インタプリタ環境のもとで実行され、表示に動きを与えたり、「フォーム」データの入力不備や記入漏れのチェックなど、データのアップロードに先立つ事前処理を施すことが出来る。ネットスケープに対してマイクロソフトはVBscript (VBはホームページ作成ツールである Visual Basic に因む)を開発し普及に努めたので、Javascript とVBscript の両者が良く用いられてきた。いずれも高位プログラム言語のレベルに達しない素朴な言語ではあったが、習得が容易であり、有用な言語として発展してきた。

なお、スクリプト言語ではないが Java の Applet をWebページに組み込むことにより動的なWebページを表現する方法もある。Applet は Java 言語で書かれたプログラムをコンパイルしたもので、絵図や写真と同様にWebページに貼り付けることができ、Java のインタプリタ環境があれば表示される。Webページに動きを与える方法は他にも、GIFアニメーションやフラッシュなどの方法があるが本稿の主題からはずれるので説明を省略する。

4. セッション管理に利用される「httpクッキー」

Webプロトコル (http) のもとでは、Webページのダウンロードごとにジョブが完結するため、サーバ側では過去の状態 (state) を保持することができない。この特徴はステートレス (stateless) と呼ばれ、利点としてインターネット上に、安定な、複数

のコンピュータ利用環境を実現するための優れた出発点になっている。

ところが、IDやパスワード管理を前提とする会員だけに許されるアプリケーションやインターネットバンキングのようなアプリケーションでは、ログイン後、いくつかの作業を連続して実行したい要求が生じる。このような要求に応えるため、ユーザを認識したり、ユーザ側の連続作業を確認するための手段として「httpクッキー (Cookie)」が考案された (1994年, rfc2965)。

「httpクッキー」は通常略して単に「クッキー」と呼ばれる。小さいながらもアプリケーションに役立つものとの趣意であろう。クッキーはcgiプログラムによって焼かれ (名称、複数のキーワード、パス名、有効期限などが付与され)、Webページのダウンロード時にhttpヘッダーに挿入されてブラウザ側に渡される。ブラウザはこのクッキーを受け取って自分のパソコン環境に蓄える。

クッキーの利用形態は二通りあり、ひとつはブラウザ側で有効期限の範囲で保存し、将来、同じcgiプログラムにアクセスする際に、パス名 (URL) が合うクッキーを取りだしてhttpプロトコルに載せてサーバ側に送るものである。他の一つは連続作業、つまりセッション維持のためのもので、この場合はセッションの終了時に保存されていたクッキーは消滅する。いずれの利用形態であっても、サーバ側はブラウザ側から送り返してもらったクッキーを受け取ってユーザ確認を行うことになる。

クッキーの内容は通常cgiプログラムによって設定されるが、ブラウザ側のスクリプト機能で作成して利用することもできる。この場合、例えばWebページのサイドバーや入力キーの状態など、ブラウザ側の状態もクッキーに焼き込むことが可能になる。クッキーをどちらで焼くにせよ、セキュリティ対策への十分な配慮が必要になる。クッキー機能は今日、ほとんど全てのブラウザに組み込まれている。

5. CGIに代わるPHPやRoR

CGIは上述のように、Webページの内容を変更したり、外部データベースを通じて基幹システムとの連携をはかるのに極めて重要な役割を果たすものとなった。しかし、CGIではプログラムを見ただけでどのようなWebページができるのか正確に理解するのが難しい。

そこで、ブラウザ側で実行されるスクリプト言語とは異なるスクリプト言語を用いて、必要な指示をマークアップによりhtmlドキュメント内に埋め込んでおき、サーバ側でダウンロードの直前に実行し、必要なデータを書き込んでから送出するようにすれば、CGIと同様な機能が実現できるはずだということになった。

このような動きのきっかけを作ったのは1995年にRasmus Lerdorfによって公開されたPHPツール群 (Personal Home Page Tools) である。これらのツール群は掲示板やカウンタ、ゲストブックなどのユーティリティ作成用として便利であり、オープンな利用が出来ることもあって、Webアプリケーション開発者の間で人気上昇した。各ツールはスクリプト言語のPerlで記述されており、Webページのhtmlドキュメントの中に組み込んで、サーバ内の環境で実行させながらWebページを作成することができた。

PHPは間もなく単なるツール群としての性格からWebページの作成処理をするプリプロセッサとして生まれ変わって登場する。同じPHPの呼称を使うが、こちらのPHPはPHP Hypertext Pre-processorの略である。新しいPHPの頭のPは、従来のPersonal Home Page (PHP)を意味し、PHPが入れ子になっている。PHPの処理概念は図3のようになる。ユーザがブラウザでhttp://../abc.phpのようにファイルを指定すると、Webサーバは指定されたファイルが従来型のWebページでないと判断し、PHP (インタプリタ) にバトンを渡し、このファイルを実行させる。実行結果はhtmlドキュメントとしてWebサーバに戻され、ブラウザにダウンロードされる。

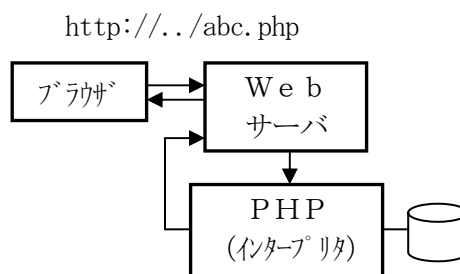


図3. PHP処理のイメージ

PHPのファイルは普通のhtmlドキュメントの中にPHP処理に対応する部分を<?PHP ... ?>のようにマークアップする形を取り、間の...の部分にスクリプトを挿入する。スクリプトの実行により外部データの取り込みやデータに対する処理を行ったり、ドキュメント内への記述を行ったりすることが出来る。詳細は省くとして、スクリプトにより変数として例えば\$countに値を設定しておけば、スクリプトのecho命令を使って<?PHP echo “訪問者数は\$countです” ?>のように記述すると、変数部分である\$countに外部データを埋め込むことが出来る。htmlドキュメントにブラウザ側で用いるスクリプトが書かれていてもPHP環境では実行されないので問題は生じない。

PHPは逐次機能強化され、Ver. 4 (2000/5 release) ではセッション管理機能もサポートされた。結果として、Web 2.0の特徴とされるSNS (Social Networking Service または ~ Site) やブログ関連機能などがPHPベースで盛んに開発されるようになった。現在Ver. 5がリリースされ、PerlベースのCGIよりもはるかに高速で動作するようになっている。さらに、Web対応のサービスではPHPで利用できるAPI (Application Programming Interface) が増えつつあり、アプリケーション開発が一段と多様

化してきた。

PHPよりもより高度な作業が行えるということで最近注目されつつあるRonR (“Ruby on Rails”)について以下に触れよう。

RonRの先頭にある“Ruby”というのは日本の松本行弘氏が開発して1995年に公表したオブジェクト指向のスクリプト言語のことである。この言語はLispやPerl、Smalltalkを起源に持つと言われ、現在、ほとんどのサーバ環境でオープンに利用できるようになっているが、最近まで、とりわけ国外ではあまり注目されていなかった。

ところが、デンマーク生まれのD. H. Hanssonが米国に移って2004年に発表した“Rails”というWeb開発フレームワークがこの分野の生産性を大幅に向上できるコンセプトであるとして業界賞を受けたことから、その開発言語として使われた“Ruby”に急速に注目が集まることになった。

D. H. Hanssonは米国はシカゴにある“37signals”社という会社のパートナーとしてBasecampと呼ばれるプロジェクト管理用ソフトの開発に携わった¹。当初、会社はPHPベースでの開発を依頼したが、彼はむしろ学生時代に、あるカンファレンスで知ったRubyに惹かれ、その可能性に賭けて開発を進めたとされる。Basecampの開発後、その中の基本コードを取り出して別のプロジェクト(Tada-lists)に適用するとともに、このコードを“Ruby on Rails”と名付けて公開した。

オブジェクト指向であることと“Rails”の開発フレームワークがベースにあることを除けば、“Ruby on Rails”(略してRonR)の基本的な処理の流れはPHPにそっくりである。ブラウザからURL指定で“Ruby”の埋め込まれたWebページ(.html.erb)のあるディレクトリを指定すると、これを受け取ったWebサーバは通常のWebページのディレクトリではないと判断して、ボタンをRails”のプリプロセッサ(デフォルトルート)に渡す。関連するオブジェクト指向による動的なファイルが作成された後、最終的に“Ruby”スクリプトで要求されたデータが組込まれたWebページ(.html)が生成され、Webサーバを通じてブラウザ側にダウンロードされる。

6. ブラウザ機能の更なる強化：非同期インタラクティブモードAjax

ブラウザのインタラクティブな使い勝手を向上させるため、過去10年以上にわたって様々な試みが行われてきた。ここでそれらを網羅的に説明するつもりはないが、インタラクティブなデータの流れに着目して見た構造的な変化を、文献2を参考にして図示すると図4のようになる。

図において(a)はブラウザとWebサーバ(CGIやPHPなどの実行環境を含む)

との間の基本的な関係である。Tim Berners-Lee の初期のものから、前節に述べた段階までに付加された機能をカバーしており、ダウンロードが行われる度にブラウザ画面が全て入れ替わる。

(b) はブラウザに新たに「フレーム」機能が追加された段階でのイメージである。「フレーム」機能はWeb ページをメインフレーム部分とサブフレーム部分に分け、メインフレームのメニューから選択した内容をサブフレームに表示させるものである。メインフレームの表示が保存されたままブラウザ画面の一部が変更される。

(c) はブラウザ内にスクリプト処理をベースにした中間層を設け、ユーザとこの中間層との間だけで処理できるような部分と、Web サーバ側の処理とが結びついて初めて処理が完結する部分とを設けるものである。この中間層はAsync 層（非同期層）と呼ばれ、ユーザの操作とサーバ側とのやり取りが完全に同期しなくても作業が進むようにするために考案された。

このようなAsync 層のニーズは例えば地図情報の利用などで発生した。地図情報は特定の地域に限ったとしても膨大なデータベースである。そこで、ダウンロードする情報量を抑えるために解像度と表示エリアを制限する。ユーザは先ずダウンロードされた情報の範囲で解像度を変えて閲覧したり、目的とする部分が表示部分の外側にある場合には、上下左右あるいは斜めに移動させて再表示することになる。データがすでにブラウザ側に存在する範囲であれば、移動表示の処理をブラウザ内のスクリプト処理により行う。データが不足する場合はサーバ側への新たなダウンロード要求となる。

最近急速に関心を集めているキーワードである Ajax とはこの(c)のAsync 層に対応する技術である。Ajax という呼称はAsynchronous Javascript + XML を省略したものとされ、2005年の半ば頃から使われるようになった。ブラウザ側のスクリプト処理に Javascript を用い、ブラウザとサーバとの間でXMLHttpRequest オブジェクトのメソッドによりデータの授受を行う。メソッドと言うのはXMLHttpRequest.open()やXMLLHttp

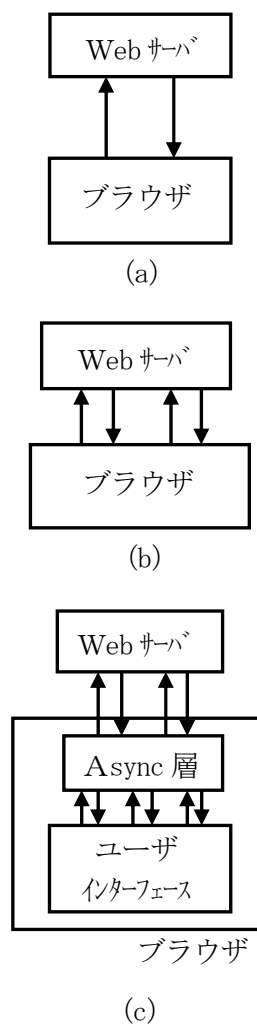


図4. ブラウザ機能強化の変遷

Request.send()などのオブジェクト指向言語で扱う一種の関数だと考えれば良い。Javascript を用いてこれらのメソッドを実行し、http を利用してサーバ側にある所定の実行ファイル（URLで指定）を呼び出し、XML データの交換や関連する処理を行う。

XMLHttpRequest はもともとマイクロソフトが同社のブラウザに実装したHttpRequest に原点がある。少し補足しておこう。マイクロソフトは従来より同社のWindows 内のアプリケーション間でオブジェクト連携をとるOLE (Object Linking and Embedding) という技術を利用していたが、これをネットワーク環境に拡大 (OLEをActiveX コントロールと改称) し、HttpRequest というオブジェクト命令を同社のブラウザ (インターネットエクスプローラ Ver. 5) に実装し、センター側のアクセスもWebサーバに限らずメールサーバやFTP (ファイル転送) サーバに拡大した。以来、他社のブラウザもこのHttpRequest と同様な機能をXMLHttpRequest として実装するようになった。

XMLHttpRequest のもとで交換されるデータはXML で記述されていなければならないというものでもないが、XML のドキュメント管理体系 (DOM : Document Object Model) を利用すると情報交換がより高度になる。周知のように、XML ベースのドキュメントはスタイルシート (標準的にはCSS : Cascading Style Sheet ; 説明省略) と組み合わせることによりWeb ページが表現でき、スタイルシートを取り替えれば同じXML ドキュメントから異なるWeb ページが作成できる。

ブラウザ側に既に表示されているWeb ページに関するXML データがあれば、交換されるデータは修正に必要な部分のデータだけとなり、インターネット上の通信効率が向上する。この場合、ブラウザはDHTML機能 (Javascript + CSS) により必要な修正を施してWeb ページを再現する。

Ajax という言葉が本当に適切かどうかは議論があるところとされる²。実際、非同期 (Async) モードは絶対的なものではなく、同期モードも指定により利用できる。また、XML の部分も、利用しているのはXML ドキュメントのデータモデル (DOM) であり、ブラウザとサーバ間は従来のhttp 通信を利用しているに過ぎない。さらに、Ajax のJavascript 自体も絶対的なものではなく、サーバとのインタフェースが同じであれば、他のスクリプト言語でも差支えない原理である。実際、マイクロソフト自身が推奨していたVBScript ベースのAsync 層も可能なわけであるが、そうしたAsync 層はAjax の人気の前に普及する機会を失った。なお、上述のマイクロソフトのオブジェクト連携ではブラウザから個人のパソコン内のファイルを操作することができるため、セキュリティ上の問題が生じた。Ajax の環境自体はマイクロソフトのオブジェクト連携とは別物ではあるが、アプリケーション開発に当たってはセキュリティへの十分な配慮が必要なことは言うまでもない。

7. WebサービスのAPI

Webによる検索サービスは適切なキーワードを入れることによって、インターネット上にある情報を収集・分析し、リスト表示してくれるので、調べ物をしたいときに非常に便利で、筆者もサービス開始の初期の頃から良く使ってきた。

良く知られているように、グーグルは何十万台というサーバを投入し、インターネット上にある、ありとあらゆる情報を日夜収集し、検索のための巨大なデータベースを構築している。Webページに頻繁にあらわれるキーワードを分析し、関連するWebページをキャッシュ情報として保存する。さらに、キーワードをベースに、適切に張られたリンク情報から辿って、人気のあるWebページのランキングを作り、ランキングのリストに従って検索ユーザにフィードバックする。

キーワード検索は商品の購入にも役立つ。インターネット上の書籍販売で有名なアマゾン・ドット・コム (Amazon.com) は早い時期から同社のホームページで本の在庫を検索表示するサービスを始めた。ユーザが買いたい本があれば買い物籠に入れて注文する仕組みを含んでいる。この場合の検索は在庫データベースの検索であり、グーグルのキーワード検索とは異なる。アマゾン・ドット・コムはさらに2002年、この書籍販売サービス機能をAWS (Amazon Web Service) とよばれるAPIの形で公開した。このAPIには2通りあり、ひとつはSOAP/WSDL形式³のものと通常のHTTPメソッド形式 (httpを用いて参照/追加/更新/削除の基本機能でインタフェースを取るもの; 技術用語ではRestfulなインタフェースと呼ばれる) とがある。簡単な契約手続きを踏めば、誰でもアマゾン・ドット・コムの検索表示を自分のWebページにはめ込むことができる。結果として、書籍販売の店舗機能がインターネット上に拡散し書籍の売上増につながった。この成功が他の電子商取引のプロバイダに影響を与えたことは言うまでもない。

アマゾン・ドット・コムに次いでグーグルが2005年2月「Google Maps」のAPIを公開したが、これはWeb上にホームページを持つ企業などがその所在地に関する問い合わせに地図を付けたいと思っていたニーズとマッチし、大変な人気になった。インタフェースはAjaxである。グーグルは既述の検索サービスについても検索窓をWebページに張り付ける簡単なAPIを2004年以来公開 (開発者キーの取得が必要) してきたが、徐々に機能強化し、現在はSOAP/WSDL形式のGoogle SOAP Search APIとGoogle Ajax Search APIの2つを提供している。また、ヤフーはネットオークションのサービスで充実した内容を提供してきたが、これもAPIを公開した。APIの公開は他にも天気予報や株価情報など図やチャートの表示を伴う分野に広がっている。

サービスの競争力の原点とも言うべきAPIが、なぜこのように相次いで公開されるようになったのであろうか? APIの利用では、そのAPIのサービスプロバイダの名

前やマークを表示することが義務付けられるので、APIがWebページ上に置かれるだけで宣伝になる。アマゾン・ドット・コムのように直接、商品の売り上げ増に結びつく場合もあるであろう。また、サービスプロバイダの中には広告収入を重視ところもあろう。企業ユーザの側も、キーワード検索により自分の会社のWebページが上位に入れば、頻繁なアクセスを生み、宣伝費を多く払っても元がとれると考えられる。グーグルにとって「検索エンジン」と「キーワード広告」の組み合わせは重要な収入源となった（検索エンジンを巡る業界競争については文献⁴に詳しい）。検索エンジンのAPIを公開すれば、その利用が一層拡大し、広告事業から見た価値が増大する。ただ、グーグルは検索エンジンのAPIに関して新しい開発者キーの発行を見合わせていると伝えられ（2006年12月）、APIを巡る戦略は簡単ではなさそうである。

スクリプトからの利用はサーバ側では従来から使われているCGI/PerlベースのものやPHPインタプリタによるものがある。ブラウザからインタフェースを取らせる場合にはJavascriptベース、とりわけAjaxベースが主流になりつつある。また、PHPに代わって、上で述べたオブジェクト指向スクリプト言語であるRubyを用いてアプリケーションを開発するケースもこれから増えてくると想像される。

APIの提供が増えるに従い、APIで開示される機能を組み合わせて、より魅力的なWebページをつくる「マッシュアップ」が盛んになりつつある。また、Web利用の中でも急速に発展してきたブログ（Blog/Web-log）関連の技術として、Webページに情報が書き込まれたことをユーザ側に通知するRSSフィード機能や、書き込みを逆に辿るトラックバックの機能などのユーティリティが整備され、Webアプリケーションの一層の多様化が進みつつある。

おわりに

以上、Web関連技術の流れや最近の動向を解説したが、一層の詳細については専門書やインターネット上の解説が多々あるので、それらを参考にして補っていただければ幸いである。

文献：

- (1) http://my.safaribooksonline.com/9780596529864/where_did_rails_come_from
- (2) Scott Raymonds 著、牧野聡訳：“Ajax on Rails”、オライリー、初版2007.7.19
- (3) 澤井：「Webサービス（2）、（3）」本誌「第4号」、「5号」
- (4) ジェフ・ルート、佐々木俊尚「検索エンジン戦争」(株)アスペクト、2005.8.5

<澤井 斌氏のプロフィール> 本誌「創刊号」p.35「役員紹介」の項参照

◆ ITコンピタンス研究所の活動と年間スケジュール

2007年

- 9月 独立行政法人情報処理推進機構（IPA）の啓発資料「リモートアクセス環境におけるセキュリティ」の執筆。IPAのホームページ上に掲載されています。
- 10月 第2回ITCLセミナー開催
「日本のソフトウェア産業の課題と今後の方向」と題して、会員による講演と外部有識者を交えたパネル討論を実施。
- 12月 機関誌「第6号」発行
- 〃 第10回理事会開催

2008年

- 2月 独立行政法人情報処理推進機構（IPA）の啓発資料「リモートアクセス環境におけるセキュリティ」の製本化を実施。会員及び関係者に配付。
- 5月 第11回理事会開催
- 〃 第3回総会開催
- 6月 機関誌「第7号」発行予定
- 7月 第3回ITCLセミナー開催予定
「ITプロジェクト管理」（仮称）と題して、組込みソフト対応、要員のグローバル化、開発対象の変化などを踏まえた議論の場にしたいと考えています。
- 12月 第12回理事会開催予定
- 〃 機関誌「第8号」発行予定

（記：磯 秋義）

《編集委員の異動》

本会の推進会員で編集委員の渡辺紀久男氏におかれては2008年3月末で本会を退会されましたので、同日付けで編集委員を解嘱と致しました。ここに同氏のこれまでのご支援に感謝の意を表します。どうも御苦勞様でした。（編集委員一同）

編集後記

米サブプライムローン問題に端を発した世界金融業界の混乱、米国消費経済の縮小、原油の高騰、バイオ代替燃料へのシフトによる穀物の高騰、ドル安・円高 ... 日本国内でも相次ぐ日常品の値上げ。未曾有の災害となっているミャンマーのサイクロンや中国四川省大地震での数万人に及ぶ死者、その数倍から数十倍に達すると言われる負傷者の数。一方、今年は北京五輪、そして地球温暖化対策を話し合う洞爺湖サミットの年。人類が力を合わせることの大切さを痛感させられる毎日です。今号の執筆はいずれも大部なものとなりましたが、それぞれに執筆者の熱意が伝わってくる内容です。会員諸兄におかれては、是非ご高覧のほどよろしくお願い申し上げます。（編集長 澤井 斌）



ITコンピタンスジャーナル Vol.7 発行 2008年6月10日

編集・発行：特定非営利活動法人 ITコンピタンス研究所

〒108-0073 東京都港区三田3-11-36

三田日東ダイビル 5F

(非売品) 本誌の内容を許可なく複写・転用することを禁じます