暗号アルゴリズムの2010年問題

今回は、2010年4月から6月に発生したインシデントに関する報告とともに、暗号アルゴリズムの2010年問題の動向、DDoS攻撃によるbackscatterの観測、脆弱性情報の流通に関する動向を取り上げます。

1.1 はじめに

このレポートは、インターネットの安定運用のためにIIJ自身が取得した一般情報、インシデントの観測情報、サービスに関連する情報、協力関係にある企業や団体から得た情報を元に、IIJが対応したインシデントについてまとめたものです。今回のレポートで対象とする2010年4月から6月までの期間では、以前のレポートでも取り上げたGumblar類似のインシデントが継続した一方で、ブログシステム等を直接攻撃してコンテンツを改ざんし、マルウェア感染に誘導する事件も発生しています。脆弱性に関しても、Webブラウザに関するものが相次いで発見されています。このほかのインシデントとしては、特定の国や特定の企業を対象とした標的型攻撃が行われました。このように、インターネットでは依然として多くのインシデントが発生する状況が続いています。

1.2 インシデントサマリー

ここでは、2010年4月から6月までの期間にIIJが取り扱ったインシデントと、その対応を示します。この期間に取り扱ったインシデントの分布を図-1に示します*1。

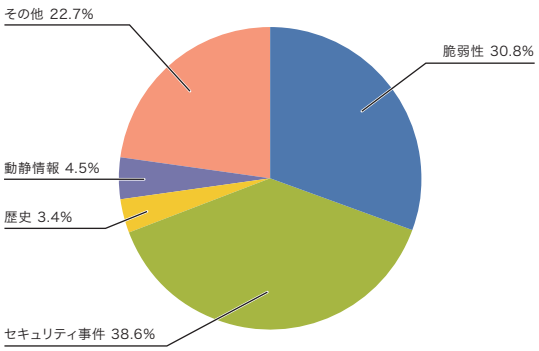


図-1　カテゴリ別比率（2010年4月～6月）

＊1　このレポートでは取り扱ったインシデントを、脆弱性、動静情報、歴史、セキュリティ事件、その他の5種類に分類している。
脆弱性：インターネットやユーザの環境でよく利用されているネットワーク機器やサーバ機器、ソフトウェア等の脆弱性への対応を示す。
動静情報：要人による国際会議や、国際紛争に起因する攻撃等、国内外の情勢や国際的なイベントに関連するインシデントへの対応を示す。
歴史：歴史上の記念日等で、過去に史実に関連して攻撃が発生した日における注意・警戒、インシデントの検知、対策等の作業を示す。
セキュリティ事件：ワーム等のマルウェアの活性化や、特定サイトへのDDoS攻撃等、突発的に発生したインシデントとその対応を示す。
その他：イベントによるトラフィック集中等、直接セキュリティに関わるものではないインシデントや、セキュリティ関係情報を示す。

■ 脆弱性

今回対象とした期間では、マイクロソフト社のInternet Explorer[*2]、アドビ社のAdobe ReaderとAcrobat[*3][*4]、Flash Player[*5]、Shockwave Player[*6]、製品のアップデートに利用されているAdobe Download Manager[*7]、オラクル社の Java Deployment Toolkit[*8]等、Webブラウザ自体と、そのプラグインに関する脆弱性が数多く発見され、修正されています。また、OSに関しても、Windows XPとWindows Server 2003 の脆弱性[*9]が修正され、Mac OS Xでも複数の脆弱性[*10][*11]が修正されています。アプリケーションでは、ジャストシステム社の一太郎の脆弱性[*12]が修正されています。これらの脆弱性のうちいくつかは、対策が公開される前に悪用が確認されました。

■ 動静情報

IIJは、国際情勢や時事に関連する各種動静情報にも注意を払っています。今回対象とした期間では、6月から開催されたサッカーワールドカップ等に注目しましたが、関連する攻撃は検出されませんでした。

■ 歴史

この期間には、過去に歴史的背景によるDDoS攻撃やホームページの改ざん事件が発生したことがあります。このため、各種の動静情報に注意を払いましたが、IIJの設備やIIJのお客様のネットワーク上では直接関連する攻撃は検出されませんでした。

■ セキュリティ事件

動静情報に結びつかない突発的なインシデントとしては、ベトナムのユーザを対象とした標的型攻撃[*13]で構築されたボットネットが発見されました[*14]。また、インドの政府機関や企業等、複数の対象を監視しているとされるスパイ・ネットに関する報告[*15]が発表されました。

マルウェアの活動では、昨年からのGumblarに類似した事件が継続して発生し、感染した端末に導入されるPushdoと呼ばれるボット型マルウェアによる目的不明なSSLの通信の増加が確認されています[*16]。さらに、米国のホスティングサービス[*17] [*18]を利用しているブ

＊2　マイクロソフト セキュリティ情報MS10-035-緊急Internet Explorer用の累積的なセキュリティ更新プログラム（982381）（http://www.microsoft.com/japan/technet/security/bulletin/ms10-035.mspx）。
＊3　Adobe ReaderおよびAcrobat用セキュリティアップデート公開 APSB10-09（http://www.adobe.com/jp/support/security/bulletins/apsb10-09.html）。
＊4　Adobe ReaderおよびAcrobat用セキュリティアップデート公開 APSB10-15（http://www.adobe.com/jp/support/security/bulletins/apsb10-15.html）。
＊5　Adobe Flash Player用セキュリティアップデート公開 APSB10-14（http://www.adobe.com/jp/support/security/bulletins/apsb10-14.html）。
＊6　Shockwave Player用セキュリティアップデート公開 APSB10-12（http://www.adobe.com/jp/support/security/bulletins/apsb10-12.html）。
＊7　Security updates available for Adobe Reader and Acrobat APSB10-02（http://www.adobe.com/support/security/bulletins/apsb10-02.html）。
＊8　Oracle Corporation、JavaTM SE 6 アップデートリリースノート（http://java.sun.com/javase/ja/6/webnotes/6u20.html）。
＊9　マイクロソフト セキュリティ アドバイザリ（2219475）Windowsのヘルプとサポート センターの脆弱性により、リモートでコードが実行される（http://www.microsoft.com/japan/technet/security/advisory/2219475.mspx）。なお、本稿執筆時点では マイクロソフト セキュリティ情報 MS10-042 -緊急 ヘルプとサポート センターの脆弱性により、リモートでコードが実行される（2229593）（http://www.microsoft.com/japan/technet/security/bulletin/ms10-042.mspx）、にて修正されている。
＊10　セキュリティアップデート 2010-003のセキュリティコンテンツについて（http://support.apple.com/kb/HT4131?viewlocale=ja_JP）。
＊11　セキュリティアップデート2010-004 ／ Mac OS X v10.6.4 のセキュリティコンテンツについて（http://support.apple.com/kb/HT4188?viewlocale=ja_JP）。
＊12　JVN#98467259 一太郎シリーズにおける任意のコードが実行される脆弱性（http://jvn.jp/jp/JVN98467259/）。
＊13　標的型攻撃に関しては、本レポートの Vol.7「1.4.2 標的型攻撃とOperation Aurora」でも解説している（http://www.iij.ad.jp/development/iir/pdf/iir_vol07.pdf）。この種の攻撃には技術的な対応策がなく、ユーザ教育等の長期的な対策が必要となるため、Advanced Persistent Threat（APT）と呼ばれることもある。
＊14　詳細については次のトレンドマイクロ社のBlogに詳しい。ベトナムへの標的型攻撃か。正規ソフトウェアやドライバの更新を促す不正プログラム（http://blog.trendmicro.co.jp/archives/3396）。
＊15　詳細については次のShadowserver Foundationの発表を参照のこと（http://www.shadowserver.org/wiki/pmwiki.php/Calendar/20100406）。日本語で参照できる情報としては、エフセキュアブログがある。Shadows in the Cloud（http://blog.f-secure.jp/archives/50386788.html）。
＊16　JPCERT/CC Alert 2010-04-28：いわゆるGumblarウイルスによってダウンロードされるDDoS攻撃を行うマルウエアに関する注意喚起（https://www.jpcert.or.jp/at/2010/at100011.txt）。また日本シーサート協議会では、このボットネットによる通信について観測とまとめを行っている（http://www.nca.gr.jp/2010/pushdo-ssl-ddos/）。
＊17　Network SolutionsのBlogでは、WordPressの脆弱性についてユーザに注意を呼び掛けている。Alert: WordPress Blog & Network Solutions（http://blog.networksolutions.com/2010/alert-wordpress-blog-network-solutions/）。
＊18　Go DaddyのBlogでは、コンテンツ改ざんについてユーザに注意を呼び掛けている。What's Up with Go Daddy, WordPress, PHP Exploits and Malware?（http://community.godaddy.com/godaddy/whats-up-with-go-daddy-wordpress-php-exploits-and-malware/）。

ログサイトでWordPress[*19]等への攻撃が活発となり、多数のコンテンツが改ざんされて不正な別のWebサイトに誘導され、マルウェアに感染させられる事件が発生しました[*20]。

また、日本国内で発生した巧妙な文面による標的型攻撃メールについて、JPCERT/CCから注意喚起[*21]が行われました。標的型攻撃については、IPAからその特徴と対策方法をまとめた報告[*22]が公開されています。

■ その他

その他のセキュリティに関係する動向としては、日本でも準備が進められているDNSSECの導入[*23]に向けて、DNSの最上位階層であるルートゾーンに署名を導入するためのTCRの選定[*24]が行われました(署名は2010年7月に実施)。また、クラウド・コンピューティングに関するセキュリティを検討する団体、CLOUD SECURITY ALLIANCE (CSA) JAPAN CHAPTER (日本クラウドセキュリティアライアンス[*25])の設立に向けたシンポジウムが開催されました。

1.3 インシデントサーベイ

IIJでは、インターネット上で発生するインシデントのうち、インフラストラクチャ全体に影響を与える可能性があるインシデントに注目し、継続的な調査研究と対処を行っています。ここでは、そのうちDDoS攻撃、ネットワーク上のマルウェアの感染活動、Webサーバに対するSQLインジェクション攻撃の実態について、その調査と分析の結果を示します。

1.3.1 DDoS攻撃

現在、一般の企業のサーバに対するDDoS攻撃が、日常的に発生するようになっています。DDoS攻撃の内容は、状況により多岐にわたりますが、一般には、脆弱性等の高度な知識を利用した攻撃ではなく、多量の通信を発生させて通信回線を埋めたり、サーバの処理を過負荷にしたりすることで、サービスの妨害を狙ったものになっています。図-2に、2010年4月から6月の期間にIIJ DDoS対策サービスで取り扱ったDDoS攻撃の状況を示します。

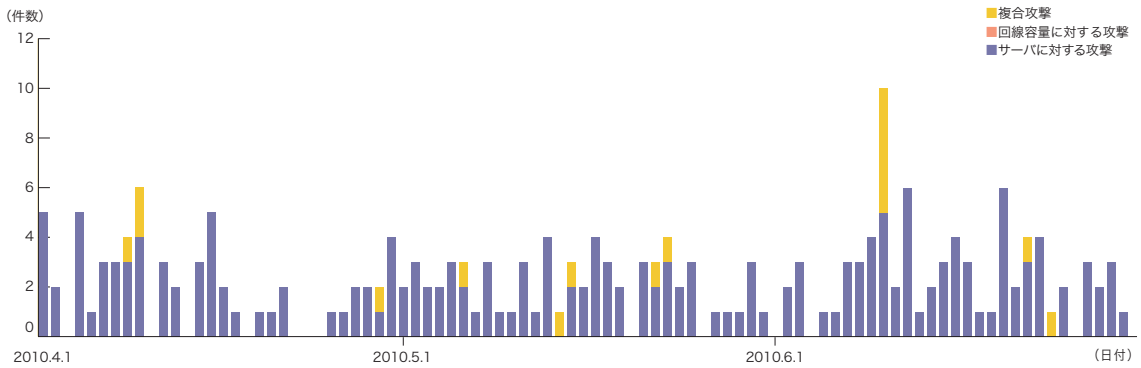


図-2 DDoS攻撃の発生件数

＊19 WordPressはオープンソースのブログソフトウェア(http://wordpress.org/)。
＊20 詳細については、例えば次のトレンドマイクロ社のBlogに詳しい。WordPress Blogs Suffer from a Mass Compromise (http://blog.trendmicro.com/wordpress-blogs-suffer-mass-compromise/)。
＊21 JPCERT/CC (一般社団法人JPCERTコーディネーションセンター)による、JPCERT/CC Alert 2010-06-01社内PCのマルウエア感染調査を騙るマルウエア添付メールに関する注意喚起 (http://www.jpcert.or.jp/at/2010/at100013.txt)
＊22 IPA (独立行政法人情報処理推進機構) による、実例から分かる標的型攻撃メールの「違和感に気付くポイント」と「違和感に気付いた後の対策ポイント」～「脆弱性を狙った脅威の分析と対策について　Vol.3」の公開～(http://www.ipa.go.jp/about/press/20100602.html)。
＊23 DNSSECに関する日本国内での動向については、次のJPRSによるDNSSEC関連情報(http://jprs.jp/dnssec/)に詳しい。
＊24 TCR (Trusted Community Representatives)はルートDNSサーバに使用する鍵を生成・更新権限を持つ人。2010年7月に実施されるルートゾーンへの署名導入に伴い、2010年6月に選任された(http://www.root-dnssec.org/tcr/selection-2010/)。
＊25 CLOUD SECURITY ALLIANCE JAPAN CHAPTER (http://www.cloudsecurityalliance.jp/)。

ここでは、IIJ DDoS対策サービスの基準で攻撃と判定した通信異常の件数を示しています。IIJでは、ここに示す以外のDDoS攻撃にも対処していますが、正確な攻撃の実態を把握することが困難なため、この集計からは除外しています。

DDoS攻撃には多くの攻撃手法が存在します。また、攻撃対象となった環境の規模（回線容量やサーバの性能）によって、その影響度合が異なります。図-2では、DDoS攻撃全体を、回線容量に対する攻撃[*26]、サーバに対する攻撃[*27]、複合攻撃（1つの攻撃対象に対し、同時に数種類の攻撃を行うもの）の3つに分類しています。

この3ヵ月間でIIJは、205件のDDoS攻撃に対処しました。1日あたりの対処件数は2.25件で、平均発生件数は前回のレポート期間のものと大きく変わっていません。DDoS攻撃全体に占める割合は、回線容量に対する攻撃が0%、サーバに対する攻撃が92%、複合攻撃が8%でした。

今回の対象期間で観測された最も大規模な攻撃はサーバに対する攻撃に分類したもので、約4万ppsのパケットによって160Mbpsの通信量を発生させたものでした。また、攻撃の継続時間は、全体の92%が攻撃開始から30分未満で終了し、8%が30分以上24時間未満の範囲に分布しています。今回の期間中では24時間以上継続する攻撃は見られませんでした。

攻撃元の分布としては、多くの場合、国内、国外を問わず非常に多くのIPアドレスが観測されています。これは、IPスプーフィング[*28]の利用や、DDoS攻撃を行うための手法としてのボットネット[*29]の利用によるものと考えられます。

＊26 攻撃対象に対し、本来不必要な大きなサイズのIPパケットやその断片を大量に送りつけることで、攻撃対象の接続回線の容量を圧迫する攻撃。UDPパケットを利用した場合にはUDP floodと呼ばれ、ICMPパケットを利用した場合にはICMP floodと呼ばれる。

＊27 TCP SYN floodやTCP connection flood、HTTP GET flood攻撃等。TCP SYN flood攻撃は、TCP接続の開始の呼を示すSYNパケットを大量に送付することで、攻撃対象に大量の接続の準備をさせ、対象の処理能力やメモリ等を無駄に利用させる。TCP Connection flood攻撃は、実際に大量のTCP接続を確立させる。HTTP GET flood攻撃は、Webサーバに対しTCP接続を確立したのち、HTTPのプロトコルコマンドGETを大量に送付することで、同様に攻撃対象の処理能力やメモリを無駄に消費させる。

＊28 発信元IPアドレスの詐称。他人からの攻撃に見せかけたり、多人数からの攻撃に見せかけたりするために、攻撃パケットの送出時に、攻撃者が実際に利用しているIPアドレス以外のアドレスを付与した攻撃パケットを作成、発信すること。

＊29 ボットとは、感染後に外部のC&Cサーバからの命令を受けて攻撃を実行するマルウェアの一種。ボットが多数集まって構成されたネットワークをボットネットと呼ぶ。

1.3.2 マルウェアの活動

ここでは、IIJが実施しているマルウェアの活動観測プロジェクトMITF[*30]による観測結果を示します。MITFでは、一般利用者と同様にインターネットに接続したハニーポット[*31]を利用して、インターネットから到着する通信を観測しています。そのほとんどがマルウェアによる無作為に宛先を選んだ通信か、攻撃先を見つけるための探索の試みであると考えられます。

■ 無作為通信の状況

2010年4月から6月の期間中に、ハニーポットに到着した通信の総量（到着パケット数）の推移を図-3に、その発信元IPアドレスの国別分類を図-4にそれぞれ示します。MITFでは、数多くのハニーポットを用いて観測を行っていますが、ここでは1台あたりの平均をとり、到着したパケットの種類（上位10種類）ごとに推移を示しています。

ハニーポットに到着した通信の多くは、マイクロソフト社のOSで利用されているTCPポートに対する探索行為でした。また、前回の集計期間と同様に、シマンテックのクライアントソフトウエアが利用する2967/TCP、SSHで利用する22/TCPに対する探索行為が観測されています。一方で、25162/TCP、10263/TCP、15636/TCP等、一般的なアプリケーションで利用されていない目的不明の通信も観測されました。

発信元の国別分類を見ると、中国の21.1 %、日本国内の19.4%、台湾の7.0%が比較的大きな割合を占めています。

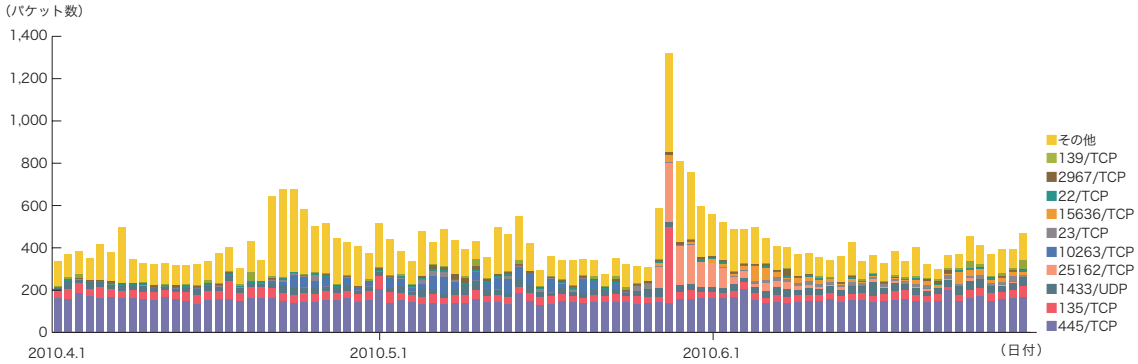


図-3　ハニーポットに到着した通信の推移（日別・宛先ポート別・一台あたり）

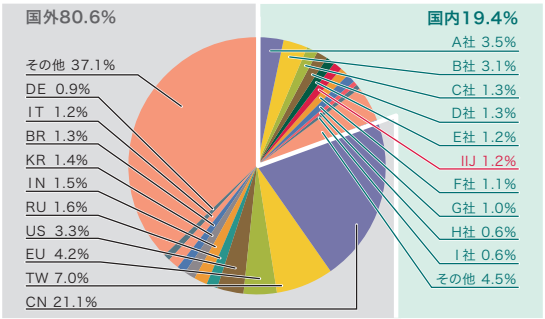


図-4　発信元の分布（国別分類、全期間）

＊30 Malware Investigation Task Forceの略。MITFは2007年5月から開始した活動で、ハニーポットを用いてネットワーク上でマルウェアの活動の観測を行い、マルウェアの流行状況を把握し、対策のための技術情報を集め、対策につなげる試み。より詳しくは、本レポートの Vol.7「1.4.3 マルウェア対策活動MITF」を参照のこと（http://www.iij.ad.jp/development/iir/pdf/iir_vol07.pdf）。

＊31 脆弱性のエミュレーション等の手法で、攻撃を受けつけて被害に遭ったふりをし、攻撃者の行為やマルウェアの活動目的を記録する装置。

■ ネットワーク上でのマルウェアの活動

同じ期間中でのマルウェアの取得検体数の推移を図-5に、マルウェアの検体取得元の分布を図-6にそれぞれ示します。図-5では、1日あたりに取得した検体[*32]の総数を総取得検体数、検体の種類をハッシュ値[*33]で分類したものをユニーク検体数として示しています。

期間中での1日あたりの平均値は、総取得検体数が378、ユニーク検体数が32です。前回の集計期間での平均値が総取得検体数で479、ユニーク検体数で37でした。今回は、総取得検体数、ユニーク検体数ともに、前回より減少傾向が見られました。

検体取得元の分布では、日本国内が49.6%、国外が50.4%でした。このうちIIJのユーザ同士のマルウェア感染活動は0.1%で、前回の観測期間に続いて低い値を示しています。なお、台湾が28.9%と前回に引き続き多くの割合を占めていますが、これは台湾においてSdbotとその亜種の活動が活発になっているためと考えられます。

MITFでは、マルウェアの解析環境を用意し、取得した検体について独自の解析を行っています。この結果、この期間に取得した検体は、ワーム型16.8%、ボット型73.3%、ダウンローダ型9.9%となりました。また、この解析により、27個のボットネットC&Cサーバ[*34]と4個のマルウェア配布サイトの存在を確認しています。マルウェア配布サイトの検出数の減少は、取得した検体にダウンローダ型の検体が減少したことと、従来見られていた複数の配布サイトにアクセスする検体が減少したことによります。

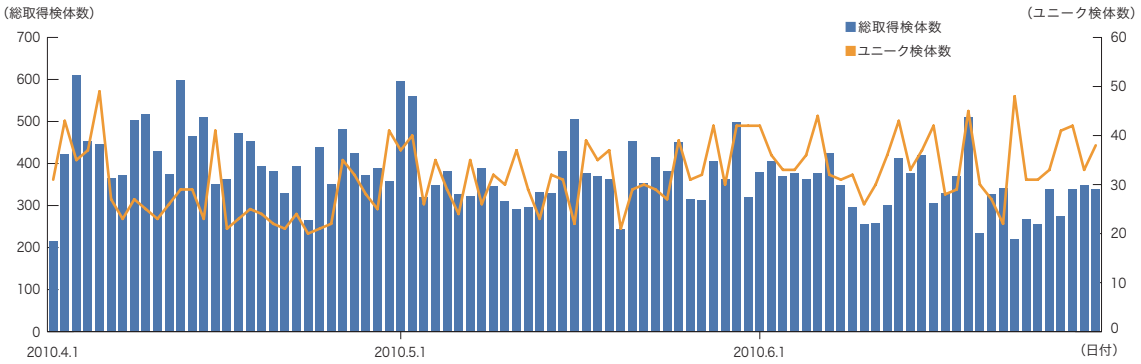


図-5　取得検体数の推移(総数、ユニーク検体数)

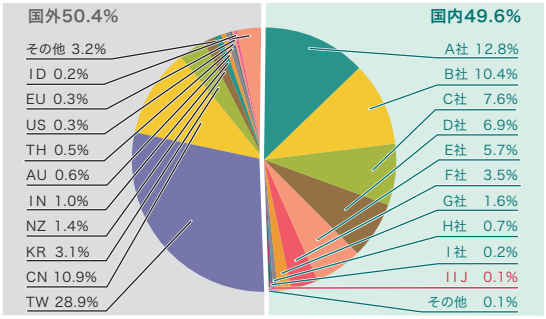


図-6　検体取得元の分布(国別分類、全期間)

＊32 ここでは、ハニーポット等で取得したマルウェアを指す。

＊33 様々な入力に対して一定長の出力をする一方向性関数(ハッシュ関数)を用いて得られた値。ハッシュ関数は異なる入力に対しては可能な限り異なる出力を得られるよう設計されている。難読化やパディング等により、同じマルウェアでも異なるハッシュ値を持つ検体を簡単に作成できてしまうため、ハッシュ値で検体の一意性を保証することはできないが、MITFではこの事実を考慮したうえで指標として採用している。

＊34 Command & Controlサーバの略。多数のボットで構成されたボットネットに指令を与えるサーバ。

1.3.3 SQLインジェクション攻撃

IIJでは、Webサーバに対する攻撃のうち、SQLインジェクション攻撃*35について継続して調査を行っています。SQLインジェクション攻撃は、過去にもたびたび流行し話題となった攻撃です。SQLインジェクション攻撃には、データを盗むための試み、データベースサーバに過負荷を起こすための試み、コンテンツ書き換えの試みの3つがあることが分かっています。

2010年4月から6月までに検知した、Webサーバに対するSQLインジェクション攻撃の推移を図-7に、攻撃の発信元の分布を図-8にそれぞれ示します。これらは、IIJマネージドIPSサービスのシグネチャによる攻撃の検出結果をまとめたものです。

発信元の分布では、日本31.3%、中国24.7%、米国11.8%となり、以下その他の国々が続いています。

今回、Webサーバに対するSQLインジェクション攻撃の発生状況に大幅な増加が見られました。これは、主に中国や米国等の海外から、特定少数のWebサーバに対する攻撃が増加したためです。国内からの攻撃に関しては前回と同様の状況でした。

ここまでに示したとおり、各種の攻撃はそれぞれ適切に検出され、サービス上の対応が行われています。しかし、攻撃の試みは継続しているため、引き続き注意が必要な状況です。

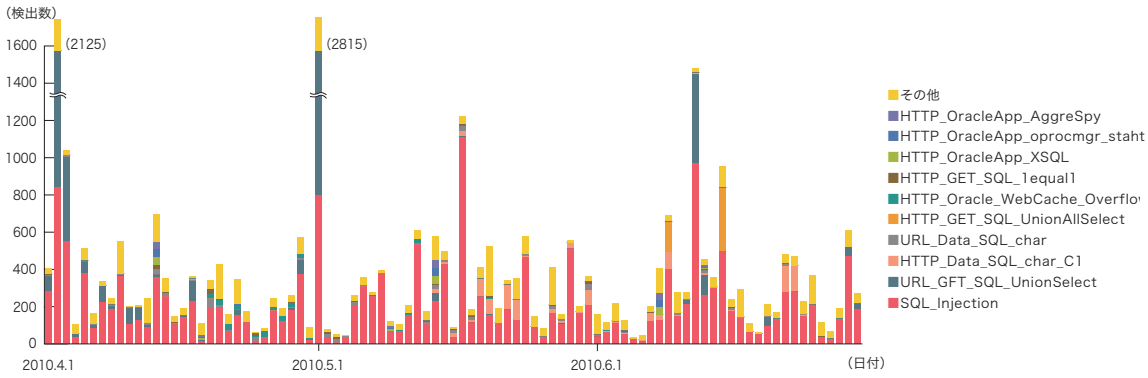


図-7　SQLインジェクション攻撃の推移（日別、攻撃種類別）

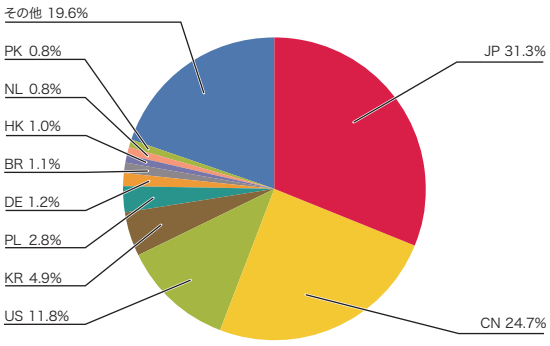


図-8　SQLインジェクション攻撃の発信元の分布（国別分類、全期間）

＊35 Webサーバに対するアクセスを通じて、SQLコマンドを発行し、その背後にいるデータベースを操作する攻撃。データベースの内容を権限なく閲覧、改ざんすることにより、機密情報の入手やWebコンテンツの書き換えを行う。

1.4 フォーカスリサーチ

インターネット上で発生するインシデントは、その種類や規模が時々刻々と変化しています。このため、IIJでは、流行したインシデントについて独自の調査や解析を行うことで対策につなげています。ここでは、この期間に実施した調査のうち、暗号アルゴリズムの2010年問題の動向、DDoS攻撃によるbackscatterの観測、脆弱性情報の流通動向を取り上げます。

1.4.1 暗号アルゴリズムの2010年問題の動向

米国国立標準技術研究所(NIST)[*36]による次世代暗号アルゴリズムへの移行宣言[*37]を皮切りに、さまざまな場面において暗号アルゴリズムの2010年問題が無視できない状況になっています。発端は、CRYPTO2004でのJouxやWangらによる複数の暗号学的ハッシュ関数への攻撃[*38]に関する発表でした。この発表を受け、NISTから2010年までに米国政府におけるSHA-1の利用を中止するとのコメントが出されたことで、この期限が暗号アルゴリズムの2010年問題として広く知られるようになりました[*39]。その後、SHA-1以外の暗号アルゴリズムの移行スケジュールについても詳細化され、今後いくつかのアルゴリズムが使えなくなることが示されています(NIST's Policy on Hash Functions[*40]、およびSP800-57[*41])。ここでは、NISTがなぜ暗号アルゴリズムを移行する判断を下したのか、またこの移行が及ぼす影響について解説します。

■ 暗号アルゴリズムの危殆化

暗号アルゴリズムについて、設計当初想定したよりも低いコストで「セキュリティ上の性質」が危うくなる状況を「危殆化(きたいか)」と呼びます[*42]。ここでのセキュリティ上の性質とは、共通鍵暗号と公開鍵暗号においては、秘密鍵を持つ場合のみ平文を復号できる性質であり、平文と暗号文のペアや公開鍵から、秘密鍵の推定が困難である性質を指します。ハッシュ関数においては、一方向性(ハッシュ後のデータから元データを見つけることが困難である性質)と衝突困難性(ハッシュ後のデータが同じになるような2つの異なる元データを見つけることが困難である性質)がこれにあたります。

危殆化の要因の1つとしては、CPU処理能力の増大に伴う解析能力の向上が考えられます。処理能力の増大は、攻撃者側の立場で考えると、それまでと同じコストで解読に利用できる計算能力が向上することを意味します。実際に、最近では高性能なハードウェアが安価に入手できるようになっています。例えば、中間者CA証明書偽造問題でのMD5コリジョン探索には、クラスタ化したプレイステーション3が用いられました[*43]。また、ハードウェアを準備せずに計算能力を時間単位で購入できるクラウドサービスも簡単に利用できるようになる等、ほとんど初期コストをかけずに膨大な計算能力を容易に手に入れられる環境が整いつつあります。

一方で、暗号解読研究の進展が危殆化を招くケースもあります。このような場合の厄介な点は、利用中の暗号アルゴリズムについて、ある日突然、急激に危殆化が進行することです。このための対策として、数学的バックグラウンドの異なる複数のアルゴリズムの利用が考えられます。実際に、SSL/TLSが搭載されたWebブラウザには、複数のアルゴリズムが搭載され、利用者が選択できるような実装もあります[*44]。

■ 安全性低下の表現

暗号アルゴリズムの危殆化がどの程度進行しているかを把握するための指標として、「nビット安全性」という

＊36 国立標準技術研究所 National Institute of Standards and Technology(http://www.nist.gov/)。アメリカ合衆国商務省配下の組織で暗号政策の中心的機関である。
＊37 NIST Brief Comments on Recent Cryptanalytic Attacks on Secure Hashing Functions and the Continued Security Provided by SHA-1、2004年8月25日(http://csrc.nist.gov/groups/ST/toolkit/documents/shs/hash_standards_comments.pdf)。
＊38 CRYPTREC Report 2004の2.1.3.3節に詳しい。(http://www2.nict.go.jp/y/y213/cryptrec_publicity/c04_wat_final.pdf)。
＊39 宇根、神田、暗号アルゴリズムにおける2010年問題について、日本銀行金融研究所ディスカッション・ペーパー 2005-J-22(http://www.imes.boj.or.jp/japanese/jdps/2005/05-J-22.pdf)。
＊40 NIST's Policy on Hash Functions、2006年3月15日(http://csrc.nist.gov/groups/ST/hash/policy.html)。
＊41 NIST Special Publication 800-57 Recommendation for Key Management - Part 1: General(http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-57/sp800-57-Part1-revised2_Mar08-2007.pdf)。
＊42 IPA、暗号の危殆化に関する調査報告書(http://www.ipa.go.jp/security/fy16/reports/crypt_compromize/documents/crypt_compromize.pdf)。
＊43 MD5 considered harmful today(http://www.win.tue.nl/hashclash/rogue-ca/)。
＊44 Webブラウザ Opera(http://jp.opera.com/)では、[詳細設定]-[セキュリティ]-[セキュリティプロトコル]-[詳細]からセキュア通信に利用するアルゴリズムを一覧・選択することができる。

概念を利用します。暗号アルゴリズムの攻撃*45に2^n（2のn乗）の計算量が必要なとき、当該アルゴリズムの強度を「nビット安全性」を持つと表記します。つまり、特定の暗号アルゴリズムについて、そのアルゴリズムの「セキュリティ上の性質」を危うくするために必要となる実際の計算量で、危殆化の状況を表現します。共通鍵暗号においては、全数探索する際の鍵空間の大きさで2^n（nは共通鍵ビット長）、ハッシュ関数の例としては、一方向性で2^n、衝突困難性で$2^{(n/2)}$（nは出力ビット長）が攻撃に必要な計算量の理論値となります。

危殆化の要因として2番目に示した暗号解読研究の進展により、本来持つはずの安全性が低下した暗号アルゴリズムとしては、例えばTriple DESがあります。2-key Triple DES、3-key Triple DESはそれぞれ鍵長が112ビットと168ビットです。このため、nビット安全性の理論値は112ビットと168ビットになります。しかし、暗号解読研究の結果、現時点ではそれぞれ80ビットと112ビットまで危殆化が進んでいます（先述のSP800-57等）。またハッシュ関数の例としては、出力長が128ビットのMD5は一方向性として123.4ビット安全性（理論値：128ビット安全性）*46、出力長が160ビットのSHA-1は衝突困難性として63ビット安全性（理論値：80ビット安全性）*47まで低下しています。

また、公開鍵暗号についてもnビット安全性で表現する方法が試みられ、鍵長に応じた対応付けがなされています。例えば、RSA暗号については、1999年にはLenstraらによる評価*48が、翌2000年にRSAラボラトリによる評価*49が発表されました。この2つの評価には差異がありましたが、2004年のLenstraらによる再評価*50、2007年のNISTによる評価（前述のSP800-57）と、最新版が2010年に発行されたECRYPT2*51による評価*52等では、中間的で妥当であると考えられる数値が示されました。例えば、共通鍵暗号の80ビット安全性に対応するRSA暗号の鍵長は、1329（Lenstra）、1024（NIST）、1248（ECRYPT2）となっています（表-1）。逆の見方をすると、RSA-1024は、NISTの評価では80ビット安全性と等価ですが、ECRYPT2では73ビット安全性しか持たないと評価されています。

一方で楕円曲線暗号については、NISTとECRYPT2の両報告ともに、鍵長nビットの場合にn/2ビット安全性を持つと評価され、差異はありませんでした。しかし、2010年1月の富士通による評価*53では、表-2に示すようにNISTらに比べ少し強いと評価されています。

表-1　RSA暗号における等価安全性の評価比較

nビット安全性	Lenstra (1999)	RSA Lab (2000)	Lenstra (2004)	NIST (2007)	ECRYPT2 (2010)	FUJITSU (2010)
56		430			640	
64	682		640		816	850
80	1513	760	1329	1024	1248	1219
112	4509		3154	2048	2432	2206
128	6669	1620	4440	3072	3248	2832
192				7680	7936	6281
256				15360	15424	11393

表-2　楕円曲線暗号における等価安全性の評価比較

nビット安全性	NIST,ECRYPT2	FUJITSU
64	128	122
80	160	152
112	224	214
128	256	245
192	384	371
256	512	497

＊45 共通鍵暗号方式における一般的な攻撃には、候補となる共通鍵をひとつひとつ試して鍵を同定する全数探索攻撃がある。一方で、ある暗号アルゴリズムに特有の構造に欠陥が見つかっている場合には、全数探索攻撃よりも計算量の少なくて済む効率的な攻撃が用いられる。公開鍵暗号においては安全性の根拠となる数学的困難性に依存する。例えばRSAの場合、合成数の素因数分解ができれば秘密鍵が求められるため、効率のよい素因数分解方法が攻撃として用いられる。

＊46 Yu Sasaki、Kazumaro Aoki、Finding Preimages in Full MD5 Faster Than Exhaustive Search, EUROCRYPT2009（http://www.springerlink.com/content/d7pm142n58853467/）。

＊47 RSA Laboratories、SHA1 Collisions can be Found in 2^63 Operations（http://www.rsa.com/rsalabs/node.asp?id=2927）。

＊48 Arjen K. Lenstra, Eric R. Verheul、Selecting Cryptographic Key Sizes（http://www.win.tue.nl/~klenstra/key.pdf）。

＊49 A Cost-Based Security Analysis of Symmetric and Asymmetric Key Lengths, RSA Laboratories' Bulletin #13（http://www.rsa.com/rsalabs/node.asp?id=2088）。

＊50 Arjen K. Lenstra, Key Lengths（Contribution to The Handbook of Information Security）（http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.90.213）。

＊51 European Network of Excellence in Cryptology II。暗号に関する2008年8月から2012年7月までのリサーチプロジェクトであり、EU欧州委員会におけるFP7（Seventh Framework Programme）と呼ばれる計画のうち情報通信技術（ICT）にカテゴライズされたプロジェクトのひとつである（http://cordis.europa.eu/fp7/ict/）。

＊52 ECRYPT II yearly report on algorithms and keysizes（2009-2010）, EU FP7, ICT-2007-216676（http://www.ecrypt.eu.org/documents/D.SPA.13.pdf）。

＊53 富士通研究所、楕円曲線暗号とRSA暗号の安全性比較（http://jp.fujitsu.com/group/labs/techinfo/technote/crypto/cryptanalysis.html）。

この危弱化の指標では、nを大きくすることが安全性を向上させることになります。つまり、共通鍵暗号や公開鍵暗号では鍵長を長くすることで、ハッシュ関数では出力ビット長を長くすることで、大きなnを確保できます。ただし、一般的には、鍵長や出力ビット長を長くすることは暗号処理にかかる時間が大きくなる傾向となるため、計算処理の負荷や利用者の利便性を考慮した上で、利用するアルゴリズムと鍵長を選択する必要があります。

■ アルゴリズム移行の考え方

前項で解説した評価結果を用いることで、アルゴリズムと鍵長等の条件を決めれば、nビット安全性を知ることができます。では、nビット安全性の「n」としてどの程度の値を持つべきなのでしょうか。ここでは、各国の考え方と移行スケジュールを紹介します。

まず、米国政府の移行スケジュールを紹介します。先に紹介したNISTによるSP800-57のTable 4では、推奨されるアルゴリズムと鍵長の組み合わせがいくつか示されています。2007年に公開されたこの表によると、2010年末までに80ビット安全性を持つアルゴリズムから、112ビット安全性を持つアルゴリズムに移行することが分かります。具体的にはRSA-1024やSHA-1の利用を中止し、2011年からはRSA-2048やSHA-2ファミリ[*54]へ全面移行するスケジュールが示されました。さらに、2030年末までには、最低128ビット安全性を確保することが推奨されていて、Triple DESの利用を中止し、AESへ完全移行する予定です。

2010年前半まではこのスケジュールに基づいて準備が進められてきましたが、2010年6月にNISTは新しいSP800-131のドラフトを発行しました[*55]。このドラフトでは2007年に策定されたSP800-57 に比べ、移行に関するスケジュールがより明確になっています。2010年末に完全移行するのではなく、3年(2-key Triple DESのみ5年)の猶予期間が設けられ、2013年までは“Deprecated”という状態での利用が可能になる見込みです。この状態は利用者がリスクを許容する時のみ使用可能であることを示しています。

次に、欧州各国での動きを紹介します。2003年にNESSIE[*56]プロジェクトによって、推奨暗号アルゴリズムリスト[*57]が制定されています。ここでは、鍵長における注意が楕円曲線暗号のみ言及されていますが、時間的な制約等については触れられていません。

ドイツのBSI (Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik 、Federal Office for Information Security)による移行方針[*58]では、ハッシュ関数の移行は次のようなものになっています。理論値として80ビット安全性を持つSHA-1及びRIPEMD-160は2010年で利用を推奨されなくなり、2015年までの(証明書検証のためだけの利用に制限する)猶予期間を設けた後、2016年からは理論値として128ビット安全性を持つSHA-256以降のSHA-2ファミリの推奨に切り替わります。また、RSAについては、2010年までは1728ビット、2011年以降は1976ビット以上の鍵長が推奨されます。

フランスのFNISA (French Network and Information Security Agency)による移行方針[*59]では、2010年から2020年までは共通鍵暗号、ハッシュ関数は100ビット安全性を持つアルゴリズム、またRSA-2048が利用可能であり、2020年以降は128ビット安全性を持つアルゴリズム及びRSA-4096へ移行することが推奨されています。

＊54 SHA-224/256/384/512をまとめてSHA-2ファミリと呼ぶ。アルゴリズム名に付随の数値はそれぞれダイジェストの出力ビット長を意味している。現在、さらに次世代のハッシュ関数であるSHA-3のコンペティションをNISTが開催している。NIST、Cryptographic Hash Algorithm Competition (http://csrc.nist.gov/groups/ST/hash/sha-3/)。現在Round2のフェーズに14種類のアルゴリズムが候補として残っており、2012年2Qを目処に決定される見込みである。

＊55 Second Draft Special Publication 800-131, Recommendation for the Transitioning of Cryptographic Algorithms and Key Lengths (http://csrc.nist.gov/publications/drafts/800-131/draft-sp800-131_spd-june2010.pdf)。本稿の執筆時点では、2回目のパブリックコメントが終了したところであり、このドラフトに記載されているスケジュールどおりに移行しない可能性もある点に注意。

＊56 New European Schemes for Signatures, Integrity and Encryption。EU (http://cordis.europa.eu/ist/)のファンドで2000年から2003年まで行われていた暗号アルゴリズムの評価プロジェクト。

＊57 NESSIE、Portfolio of recommended cryptographic primitives(https://www.cosic.esat.kuleuven.be/nessie/deliverables/decision-final.pdf)。

＊58 Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen Veröffentlicht am 04. Februar 2010 im Bundesanzeiger Nr. 19, Seite 426 (http://www.bundesnetzagentur.de/cae/servlet/contentblob/148572/publicationFile/3994/2010AlgoKatpdf.pdf)。

＊59 Mécanismes cryptographiques. Règles et recommandations concernant le choix et le dimensionnement des mécanismes cryptographiques (http://www.ssi.gouv.fr/IMG/pdf/RGS_B_1.pdf)。

日本では、2003年2月にCRYPTREC*60による電子政府推奨暗号リスト*61が発表されました。このリストの付随情報として、共通鍵暗号やハッシュ関数としては128ビット安全性を持つアルゴリズムが推奨されています。公開鍵暗号の推奨鍵長については、2つのガイドブック*62*63に記載されていますが、移行スケジュールについては記載されていません。

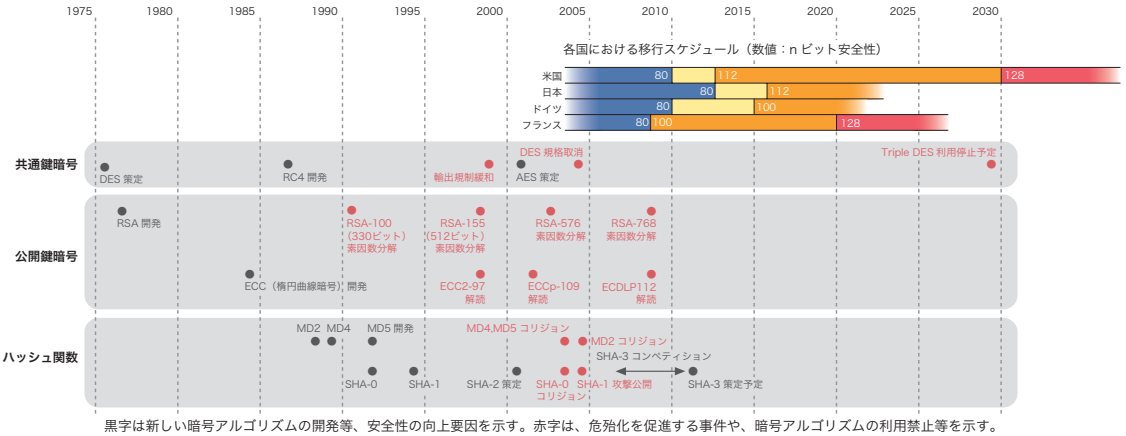
また、現在日本国内では、内閣官房情報セキュリティセンター（NISC）が政府機関の情報システムで使用する暗号アルゴリズムに関する各省庁間の取りまとめを行っています。SHA-1（積極的には推奨してはいないものの2002年度版電子政府推奨暗号リストに掲載されている）とRSA1024の移行に関する指針*64が、情報セキュリティ政策会議第17回会合（2008年4月22日）で承認され、同第20回会合（2009年2月3日）で検討状況が公表されました*65。政府機関の情報システムで使用される暗号アルゴリズムとして、2014年度にSHA-256及びRSA-2048の利用が始まり、3年間の猶予期間を経て2017年度にSHA-1及びRSA-1024の利用が中止される見込みです。3年の猶予期間は、公開鍵証明書の有効期限に依存するため、5年になるとも考えられます。

米国やフランスでは2段階（100から112ビット安全性を確保する中期的計画と128ビット安全性と確保する長期的計画）の移行が行われていますが、現在日本で立案されている計画は、前者の範囲であり、128ビット安全性確保等、より高度な安全性確保に向けた計画は今後立案されるものと考えられます。

ここで、過去の代表的な暗号アルゴリズムの危殆化状況と、以上の各国の動きをまとめて図-9に示します。

■ 暗号アルゴリズムの2010年問題の影響と対策

NISTの方針に端を発した暗号アルゴリズムの2010年問題では、当初2010年末までに完全移行されると考えられていました。しかし、現状ではNISTのSP800-131のドラフトで示されるように、2010年末までに突発的な移行問題が発生しないことが明らかになってきています。一方で、公開鍵認証基盤をビジネスとする認証機関を中心に早めの対策が進められ、今年に入ってから各PKIベンダから2010年問題に対処するとのアナウン



黒字は新しい暗号アルゴリズムの開発等、安全性の向上要因を示す。赤字は、危殆化を促進する事件や、暗号アルゴリズムの利用禁止等を示す。

図-9　暗号アルゴリズム移行スケジュール

＊60 CRYPTREC: Cryptography Research and Evaluation Committees（http://www.cryptrec.go.jp/）。電子政府推奨暗号の安全性を評価・監視し暗号モジュール評価基準等の策定を検討するプロジェクト。総務省及び経済産業省が共同で運営を行っている。
＊61 電子政府推奨暗号リスト（http://www.cryptrec.go.jp/list.html）。
＊62 CRYPTREC、電子政府推奨暗号の利用方法に関するガイドブック（http://www.cryptrec.go.jp/report/c07_guide_final_v3.pdf）。
＊63 CRYPTREC、2008年度版リストガイド（電子署名）（http://www.cryptrec.go.jp/report/c08_listguide2008_signature_v7.pdf）。
＊64 政府機関の情報システムにおいて使用されている暗号アルゴリズムSHA-1及びRSA1024に係る移行指針（http://www.nisc.go.jp/active/general/pdf/crypto_pl.pdf）。
＊65「政府機関の情報システムにおいて使用している暗号アルゴリズムSHA-1及びRSA1024に係る移行指針」に基づく検討状況について（http://www.nisc.go.jp/conference/seisaku/dai20/pdf/20siryou0502.pdf）。

スが行われています[*66][*67]。特にEV証明書[*68]は、危殆化を考慮した発行ガイドラインがCA/Browser Forum[*69]によって策定され、有効期限が2011年以降になる公開鍵証明書ではRSA-1024が利用できず、RSA-2048に制限されます。また、ハッシュ関数は、SHA-256以降のアルゴリズムが推奨され、SHA-2ファミリがほとんどのWebブラウザに搭載されるまでの期間のみSHA-1の利用が認められています（正確な期間は明確化されていません）。

暗号アルゴリズムの2010年問題の影響は、PKIや公開鍵証明書以外にも及んでいます。SSL/TLS、S/MIME、DNSSEC等のプロトコルに関しては、NISTによって詳細な設定情報の推奨値が示されています[*70]。また、タイムスタンプや長期保存署名といったタイムビジネスにおいても、SHA-2及びRSA-2048への移行を目指した検討が行われています[*71]。

暗号アルゴリズムの2010年問題への対応を考えてみましょう。暗号アルゴリズムはそれぞれで互換性がないため、アルゴリズム自体を交換することで移行を実施する必要があります。移行は、次の2つのフェーズに分けることができます。1つ目は、Webブラウザやソフトウェア等をアップデートすることで新しい暗号アルゴリズムを搭載する段階です。しかし、Internet Explorerバージョン6の利用中止の取り組み[*72]等が示すように、一般的にエンドユーザに対して更新を強要することは困難です。特にPCよりも携帯電話やゲーム機器での移行が難しいとの指摘もあります[*73]。

2つ目のフェーズは、危殆化したアルゴリズムを捨てるという段階です。NISTの“Deprecated”という考え方に見られるように、利用者が安全性の低い暗号アルゴリズムを使用するときには、そのリスクを理解した上で利用する必要があるでしょう。このリスクの例として、バージョンの古いWebブラウザで、利用者の設定によって危殆化したアルゴリズムを使った接続が行われるケースがあることが報告されています[*74]。また、携帯端末等においては、RSA-2048が利用できない端末もあり、コスト負担や機会損失を恐れてサーバ側で安全性の低い証明書の排除が躊躇されることも考えられます。

■ まとめ

これまで示してきたように、暗号アルゴリズムは時間の経過とともに危殆化し、その安全性が低下していきます。これは今回紹介した2010年問題に限らず、過去にも（例えば56bitDES等で）起こってきたことですし、また今後も継続的に発生するものです。したがって、暗号アルゴリズムとその実装を利用するときには、利用する時点で安全性が十分に確保されているものであることを見極めて利用する必要があります。

日本国内においては、現在CRYPTRECにより、電子政府推奨暗号リストの改訂が検討されています[*75]。これは、現行の2002年度版リスト[*76]の改訂であり、政府調達等に影響します。次の2013年度版リストに、鍵長に関する制約が記載されるのか、次に発表されるであろうNISCの移行指針との整合性があるか等、今後の動向に注意を払っていく必要があります。

＊66 ベリサイン サーバIDおよびコードサイニング証明書製品における公開鍵長などの仕様変更について（続報）（https://www.verisign.co.jp/ssl/about/20100128b.html）。
＊67 セコムトラストシステムズ、暗号アルゴリズムの2010年問題に伴うセコムパスポートforWeb SR2.0（RSA鍵長）に関する重要なお知らせ（http://www.secomtrust.net/service/ninsyo/algorithm2010.html）。
＊68 EV SSL証明書:Extended Validation SSL Certificate。ブラウザでSSL/TLSサイトを閲覧した際にURL入力欄がグリーンになるような仕掛けがなされており、これまでのSSLサーバ証明書の発行基準よりも厳しい審査が行われるためより安全なサイトとしてユーザに認識されることが想定されている。
＊69 CA/Browser Forum(http://www.cabforum.org/)、Guidelines For The Issuance And Management Of Extended Validation Certificates（http://www.cabforum.org/Guidelines_v1_2.pdf）。Appendix A "Minimum Cryptographic Algorithm and Key Sizes"に2010年を境にした推奨アルゴリズム、鍵長が記載されている。
＊70 NIST Special Publication 800-57 Recommendation for Key Management - Part 3: Application-Specific Key Management Guidance（http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-57/sp800-57_PART3_key-management_Dec2009.pdf）
＊71 タイムビジネス認定センター、デジタル署名を利用するTSA及びTA業務に対する暗号アルゴリズム移行への検討開始のお知らせ（http://www.dekyo.or.jp/tb/data/100708.pdf）。
＊72 内閣官房情報セキュリティセンター、旧型ブラウザから新型ブラウザへの移行に係る取組について（http://www.nisc.go.jp/press/pdf/browser_transition_press.pdf）。
＊73 松本、宇根、SSL証明書における暗号アルゴリズム移行の現状と今後の対応、日本銀行金融研究所ディスカッション・ペーパー 2010-J-11（http://www.imes.boj.or.jp/japanese/jdps/2010/10-J-11.pdf）。
＊74 神田、TLS/SSLの暗号利用に関する現状と課題、Internet Week 2009（http://www.nic.ad.jp/ja/materials/iw/2009/proceedings/h9/iw2009-h9-04.pdf）。
＊75 電子政府推奨暗号リスト改訂のための暗号技術公募（2009年度）の書類受付開始（http://www.cryptrec.go.jp/topics/cryptrec_20091001_application_open.html）。
＊76 各府省の情報システム調達における暗号の利用方針、平成１５年２月２８日（http://cryptrec.go.jp/images/cryptrec_02.pdf）。

1.4.2 DDoS攻撃によるbackscatterの観測

インターネットに接続しているホストには、本来到着するはずのない不要なパケットが到着することがあります。これらのうち通信開始を試みるパケットは、マルウェアや攻撃ツール等が適当な攻撃先を探すために送信してきたパケットだと考えられ、その現状はこれまでも本レポートの「1.3.2 マルウェアの活動」に無作為通信の状況として示してきました。しかし、観測される不要パケットには、通信開始を試みるものだけではなく、プロトコル仕様上は応答に分類されるべきパケットが突発的に到着することもしばしばみられます。こうした唐突に到着する応答パケットは、インターネット上のどこかのホストがDDoS攻撃を受けて副次的に発生した「backscatterパケット」の可能性があります。ここでは、backscatterパケット発生の仕組みと、DDoS攻撃観測への応用について解説します。

■ backscatter発生の仕組み

「1.3.1 DDoS攻撃」でも示しているように、一般的なDDoS攻撃では対象のホストに向けて多量のパケットが送りつけられます。攻撃対象となったホストは、TCP/IPの仕様に基づいて、受信したパケットに応じた応答パケットを送り返します（表-3）。このとき、元となる攻撃パケットが発信元IPアドレスをランダムに詐称（IPスプーフィング）していると、応答パケットは本来の発信元ではなく、詐称されたIPアドレスに向けて送り返されることになります。これがDDoS攻撃に伴って発生する、backscatterと呼ばれる現象です。backscatterパケット発生の様子を図-10に示します。

このbackscatter発生の現象を利用して、インターネット上でのDDoS攻撃を間接的に推定する、「backscatter解析」と呼ばれる技術があります[*77]。観測ホストをインターネットに接続し、到着したbackscatterパケットを得た時、その発信元IPアドレスはDDoS攻撃を受けていると推測されるサーバのIPアドレスになります。この手法による観測報告は、これまでにも数多く公開されています[*78]。また、いくつかの仮定の元で確率論的計算を行うことで、backscatterパケットの到着頻度から元の攻撃トラフィックの規模（単位時間あたりのパケット数等）を見積もる試みも行われています。

表-3　主要な受信パケットとTCP/IPの仕様で定められた応答

受信パケット	応答パケット
TCP SYN	TCP SYN/ACK （サービスしているポートの場合）
TCP SYN	TCP RST （サービスしていないポートの場合）
TCP DATA	TCP RST
TCP RST	応答なし
ICMP Echo Request	ICMP Echo Reply
UDP	上位プロトコルに依存 （サービスしているポートの場合）
UDP	ICMP Port Unreachable （サービスしていないポートの場合）

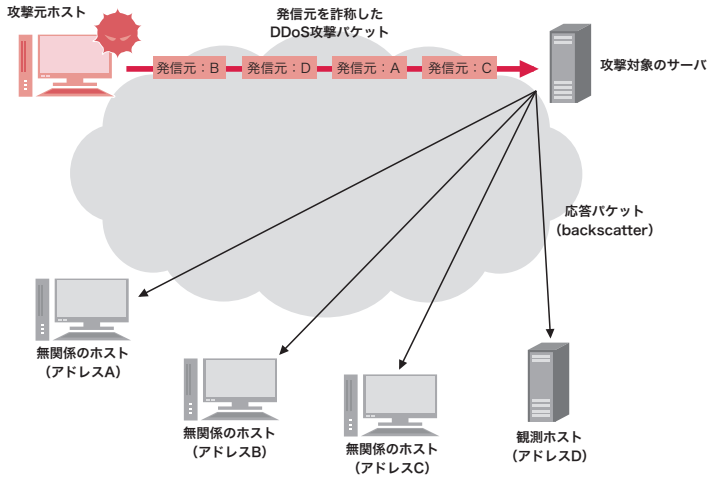


図-10 DDoS backscatterの発生

＊77 古くは2001年開催のUSENIX Security Symposiumで発表された次の研究がある。David Moore, Geoffrey M. Voelker, Stefan Savage, "Inferring Internet Denial-of-Service Activity" (http://www.usenix.org/events/sec01/moore.html)。

＊78 例えば、警察庁が公開している情報技術解析の年報にはbackscatter解析による分析報告がある。情報技術解析平成21年報（http://www.npa.go.jp/cyberpolice/detect/pdf/H21_nempo.pdf）、および別冊資料（http://www.npa.go.jp/cyberpolice/detect/pdf/H21_betsu.pdf）。

■ MITFでのbackscatter観測

IIJが実施しているMITFのハニーポットでも、backscatterと考えられるパケットが観測されています。ここでは2010年7月の観測結果を紹介します。

この1ヶ月間に観測されたbackscatterのパケット数について、発信元アドレスの国別分類による推移を図-11に、全期間での国別分布を図-12に、発信元ポートで分類した場合の推移を図-13に、全期間でのポート別分布を図-14にそれぞれ示します。全期間を通じた1日あたりの平均では4,611パケットが検出されました。

国別分類では中国の51.8%、米国の24.9%が大きな割合を占めており、これらの国々のホストがIIJのIPアドレスを詐称した攻撃を多く受けていることがわかります。ただし、攻撃パケットのIPアドレス詐称が完全にランダムなものではない可能性もあり、このデータだけからでは単純に攻撃量の大小は比較できないことに注意してください。また、ポート別分類ではWebサービスで利用される80/TCPが57.6%を占め、数多く観測されました。80/TCP以外には、FTPが利用する21/TCPのように良く知られたポートも散見されますが、オンラインゲームで利用されるポートや、用途不明のポートも検出されています。これらのポートからのbackscatterパケットは、そのほとんどが中国を発信元としています。

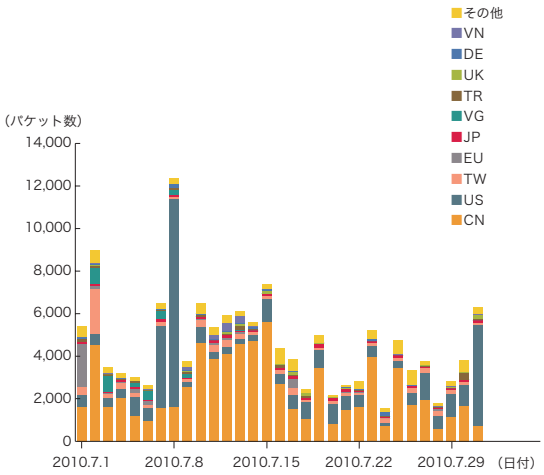


図-11 発信元の国別分類によるbackscatterパケット数の推移

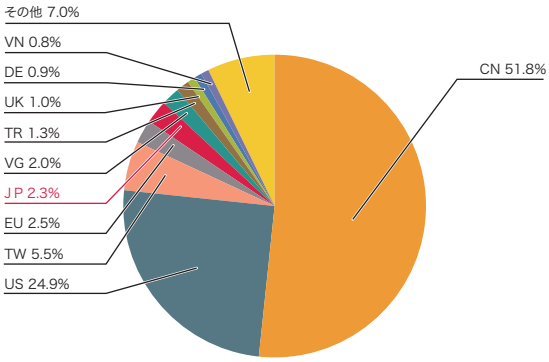


図-12 全期間での国別分布

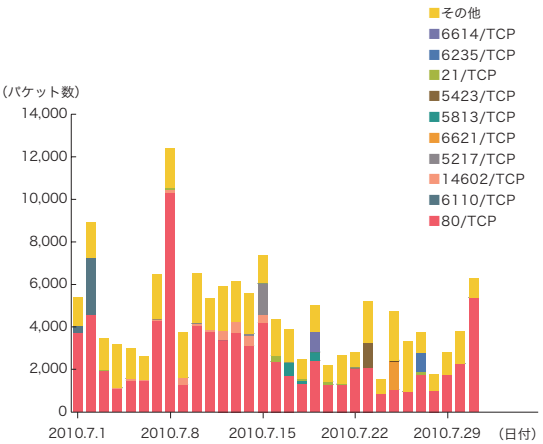


図-13 発信元ポート別分類によるbackscatterパケット数の推移

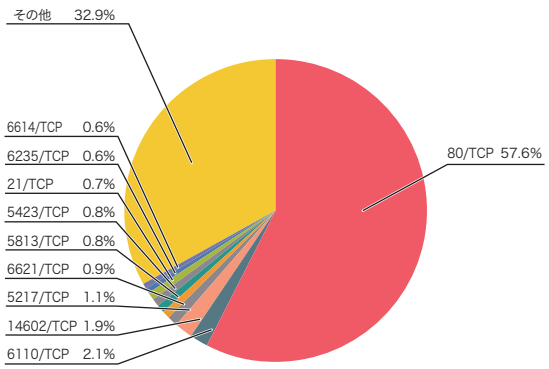


図-14 全期間でのポート別分布

次に、Webサービスの80/TCPを発信元ポートに持つbackscatterパケットを抽出し、件数の多い発信元アドレスについて分析した図を示します(図-15)。特に多数のbackscatterパケットが観測された事例としては、7日から8日にかけて、米国のWebホスティング事業者のIPアドレスから合計12,901パケットが観測されました。このIPアドレスでは複数のWebサイトがホスティングされていますが、いずれも中国語のコンテンツを配信するサイトであることが確認されています。つまり、IPアドレスは米国であっても、中国企業が攻撃対象になっていたものと考えられます。10日から16日にかけては、中国のIPアドレスから合計13,408パケットが観測されました。

この他にも、7月1日にはカナダ企業のIPアドレスから、翌2日には台湾のIPアドレスから、また2日から6日にかけて英領バージン諸島のIPアドレスからbackscatterパケットが観測されています。16日から23日にかけては先述とは別の米国Webホスティング事業者のIPアドレスからのbackscatterパケットが観測されました。このアドレスも複数企業のWebサイトをホスティングしており、そのほとんどがトルコ語のコンテンツを持つサイトでした。

このようにWebサービスに関しては、様々な国々の、主に企業のサイトが攻撃対象になっていることが観測されています。

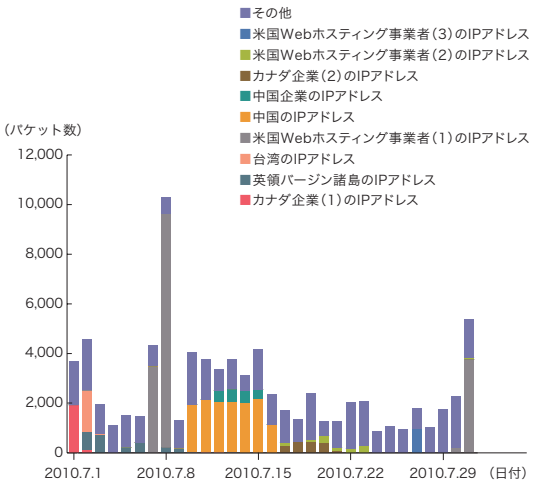


図-15 ポート80/TCPからのbackscatterパケット

■ backscatter観測の限界と位置づけ

以上に示したようにbackscatter解析は、DDoS攻撃の観測に応用できます。しかし、この手法で検知できるものは、DDoS攻撃の中でも一部の種類に限られます(図-16)。例えば、HTTP GET FloodのようなIPアドレスを詐称しない(しにくい)攻撃ではbackscatterは発生しません。また、TCP RST等の応答が必要ないパケットを使った攻撃でもbackscatterは発生しません。攻撃対象となっているサーバが高負荷な状態であったり、設定によって応答パケットをほとんど返さなかったりすることも考えられます。

また、backscatterパケットを観測しても、攻撃の対策に必要な詳細情報を得ることはできません。例えば、backscatterはIPアドレスが詐称された結果として発生するため、本来の攻撃元を知ることはできません。さらに、ごく限られたケースを除いて、攻撃の通信量(総帯域等)を推測することもできません。

backscatterから間接的にDDoS攻撃を観測する手法にはこうした限界があり、直接観測を代替するものではありません。しかし、外部のネットワークで発生したDDoS攻撃を、それに介在することなく、第三者として検知したり観測したりできるメリットがあり、直接観測等の情報を補完することができます。このように、DDoS攻撃に関する情報を多く集めることで、日本国内で発生するDDoS攻撃の検出や対策に役立てることができると考えています。

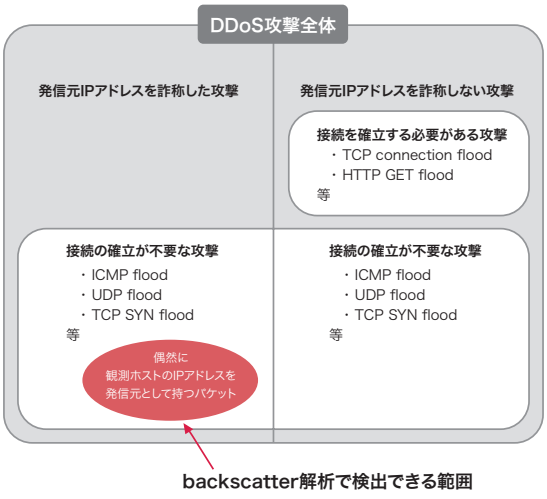


図-16 backscatter解析で検出できるDDoS攻撃の範囲

1.4.3 脆弱性情報の流通動向

インターネットに接続する、すべてのソフトウェアやハードウェアには、何らかの形で脆弱性が存在しています。悪用されるとセキュリティ上の脅威となる脆弱性には、プログラムのバグ等の実装上の問題だけでなく、インターネットの利用方法の変化に伴って発生する処理能力の限界等、外的要因の状況によって発現するものも考えられます。システムを運用する立場では、脆弱性を早期に把握し適切に対処することが、システムのセキュリティを維持する上で重要な作業になります。しかし、脆弱性に関する情報は、広く周知する[*79]必要がある反面、その情報自体が悪用される可能性を持つため、取り扱いには十分に注意する必要もあります。ここでは、脆弱性の発見からベンダへの通知、対策の作成、公開までの流れを円滑に実現するための活動と、利用者が脆弱性情報の重要度を評価するための基準について紹介します。

■ JVNと情報セキュリティ早期警戒パートナーシップ

脆弱性対策を行う立場から参考になる情報として、脆弱性に関する情報を集約し開示する試みであるVulnerability Notes Database (US-CERT VN) [*80]や、脆弱性を示す固有の番号で辞書的に利用できるCommon Vulnerabilities and Exposures (CVE)[*81]等があります。ただし、これらは、すべて英語による情報であり、また、日本国内の製品に関する情報が少ないという問題がありました。

日本語ワードプロセッサやパーソナルルータ等、日本国内で利用される製品に関する脆弱性とその修正情報を集約し、より多くの国内の利用者に参照してもらうためには日本語で情報発信を行う必要があります。このために、2003年2月にJPCERT/CCのプロジェクトJapan Vulnerability Notes (JVN)[*82]が公開されました。

続いて、2004年4月のIPAにおける研究会[*83]での検討結果等を受け、2004年7月には経済産業省告示二百三十五号[*84]に基づき、製品開発者に対する脆弱性情報の流通体制である、情報セキュリティ早期警戒パートナーシップ[*85]が構築されました。

このパートナーシップでは、経済産業省告示二百三十六号によりIPAを脆弱性情報の受付機関、JPCERT/CCを製品開発者との間の調整機関に指定しています。この2つの組織が連携し、脆弱性情報に対して、報告者の保護や製品開発者間での公開日の調整等を行いながら、最終的に製品ごとに対策情報を取りまとめて公開するまでの処理が実施されます。現在JVNは、このパートナーシップにおいて、製品開発者が公開する情報を集約する場としての役割を担い、JPCERT/CCとIPAによって共同運用されています。また、2007年4月には、このパートナーシップで取り扱う脆弱性情報に加えて、一般の脆弱性情報や脆弱性に対する脅威評価、対策の情報をまとめたJVN iPedia[*86]も公開されました。

これらの活動は、日本国内における製品の脆弱性情報の流通を実現させたことだけではなく、国や公的機関が主導的な役割を発揮した脆弱性対策の先進的な事例であることや、日本固有の情報を英語に翻訳して発信し、日本の状況を広く世界に伝えている点が国際的に高く評価されています。

＊79 公開の場で脆弱性情報の共有や議論を行う場としては、例えばbugtraq (http://www.securityfocus.com/archive/1)や、full-disclosure (http://lists.grok.org.uk/full-disclosure-charter.html)等がある。

＊80 CERT/CCのVulnerability Notes Database。後にUS-CERT Vulnerability Notes Database (http://www.kb.cert.org/vuls/)となった。IIJもルータ製品SEIL(http://www.seil.jp/)に関する情報提供を行っている。

＊81 Common Vulnerabilities and Exposures,CVE (http://cve.mitre.org/)。特定の脆弱性に対し脆弱性の一意性を示すCVE-IDを付与することで、類似の脆弱性との違いを示す。CVEは米国MITRE社が運営しているが、CVE番号の採番組織CNA(CVE Numbering Authority)は複数あり、日本では2010年6月にJPCERT/CCがCNAとして認定された(http://www.jpcert.or.jp/press/2010/PR20100624_cna.pdf)。

＊82 Japan Vulnerability Notes(http://jvn.jp/)。当初はJPCERT/CCのプロジェクトとして公開されたが、現在はJPCERT/CCとIPAの共同運営となっている。

＊83 IPA「情報システム等の脆弱性情報の取り扱いに関する研究会」報告書 (http://www.ipa.go.jp/about/press/20040406.html)。

＊84 ソフトウェア等脆弱性関連情報取り扱い基準（平成16年経済産業省告示第235号）(http://www.meti.go.jp/policy/netsecurity/law_guidelines.htm)。

＊85 経済産業省、「情報セキュリティ早期警戒パートナーシップ」の運用開始について(http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/press/0005399/)（http://www.ipa.go.jp/security/vuln/report/）(http://www.jpcert.or.jp/vh/)。IIJは、このパートナーシップの運用開始時より、製品開発者として参加している。

＊86 JVNiPedia (http://jvndb.jvn.jp/)。

今日利用できるその他の脆弱性情報には、米国標準技術研究所（NIST）による米国政府向けの標準脆弱性データベースNVD[*87]、非営利団体であるOpen Security Foundation を中心としたセキュリティコミュニティによって維持されているOSVDB[*88]や、セキュリティ専門企業によるデータベース[*89]等があります。

■ 脆弱性情報の評価

現在では、ソフトウェアや製品のベンダにより、脆弱性対策パッチやファームウェアを自動的に配布する試みが実施されています。しかし、このようなパッチやファームウェアには、脆弱性の修正だけではなく、機能の追加等が同梱されていることもあり、脆弱性だけを修正するつもりで適用しても、設定インターフェースや従来の機能に変更が加えられたりすることがあります。また、日本の多くの企業で見られるような独自の作り込みが行われたアプリケーションを利用しているときには、動作検証を行う作業と、そのための時間が必要になります。さらに、パッチの適用時に再起動を要する場合には、継続運用が要求されるシステムにおいては修正のタイミングを調整する必要もあります。

そこで、脆弱性情報を受け取る立場でも脆弱性に関する情報の詳細を検討し、脆弱性の対策となるパッチを導入するかどうかや、そのタイミングを決定する必要がでてきます。このためには、脆弱性の攻撃の容易さや、脆弱性の影響の深刻さ、システムへ影響の度合い等を考慮した脅威評価を行う必要があります。ベンダから脆弱性の脅威の情報を提供し、利用者の環境に合わせた判断を補助するための指標として利用できるのがCVSS（Common Vulnerability Scoring System）[*90]です。

CVSSでは、脆弱性の脅威評価基準を、基本評価基準、現状評価基準、環境評価基準の3つに分類しています。

基本評価基準では、その脆弱性の悪用のしやすさに関する情報と、悪用されたときのセキュリティのCIA（Confidentiality、Integrity、Availability）への影響を評価します。現状評価基準では、現時点でその脆弱性の悪用されやすさの基準として、攻撃コードの存在の有無、パッチなどの対策の有無、脆弱性情報の信憑性について表現します。最後の環境評価基準では、利用環境のなかで、この脆弱性を攻撃されたときに二次被害が発生する可能性があるかどうか、その脆弱性を持つシステムがどの程度の数存在するかどうか、対象システムのCIAに対するセキュリティ要求度合いについて評価します。

多くの場合、基本評価基準と現状評価基準は、製品ベンダやセキュリティベンダから提供されますが、環境評価基準には利用者が自分の環境にあわせて設定する項目があります。それぞれの評価項目について評価した段階で、最終的にある計算式で脅威評価を行います[*91]。この評価は、対策パッチのリリースや、脆弱性を悪用するコードの出現等の状況の変化に応じて、何度でも再計算することができ、利用者が現時点での脅威を適切に知ることができるようになっています。

利用者が脅威評価の参考にできる基準としては、CVSSの他にも、JVNに掲載された情報に対するJPCERT/CCによる独自評価[*92]等があります。また、マイクロソフト社のマイクロソフト悪用可能性指標（Microsoft Exploitability Index）[*93]は、悪用事例やそ

＊87 National Vulnerability Database（http://nvd.nist.gov/）。
＊88 The Open Source Vulnerability Database（http://osvdb.org/）。
＊89 例えば米国のIBM ISSのThreat List（http://www.iss.net/threats/ThreatList.php）や、デンマークのSecunia（http://secunia.com/）等。フランスのVUPEN security（http://www.vupen.com/english/）のように非公開脆弱性情報を顧客に提供するサービスもある。
＊90 CVSSはFIRSTのCVSS-SIG（http://www.first.org/cvss/）で策定され運用が行われている。現在利用されているCVSS2.0の各評価項目に設定される値については次の資料を参照のこと。A Complete Guide to the Common Vulnerability Scoring System Version 2.0（http://www.first.org/cvss/cvss-guide.html）。日本語での情報はIPAの次の文章に詳しい。共通脆弱性評価システムCVSS（http://www.ipa.go.jp/security/vuln/CVSS.html）。ただし、この文章では各項目の設定値も日本語にしているので、実際にCVSSの評価を行うときにはFIRSTのガイドとともに参考にした方が良い。
＊91 CVSSの計算を自動化する仕組みとしては、例えばIPAによるCVSS 計算機（http://jvndb.jvn.jp/cvss/ja.html）がある。
＊92 JPCERT/CCでは、脆弱性情報の脅威をその悪用の状況に応じて、攻撃経路、認証レベル、攻撃成立に必要なユーザの関与、攻撃の難易度にわけて独自の評価を与えている（http://jvn.jp/nav/jvnhelp.html）。
＊93 マイクロソフト悪用可能性指標では、対象とする脆弱性の悪用について、実証コードや悪用コードの有無実際の悪用事例等をもとにした、3段階の評価を提供している（安定した悪用コードの可能性、不安定な悪用コードの可能性、機能する見込みのない悪用コード）。悪用可能性指標の詳細については次の説明を参照のこと（http://www.microsoft.com/japan/technet/security/bulletin/cc998259.mspx）。

の流行状況等を加味した値となっています。さらに、SANS ISC のISC rating[*94]のように、パッチの内訳や利用の方法に基づいた情報も提供されるようになってきました。

■ まとめ

ここでは、脆弱性情報を円滑に流通させるための日本の活動と、利用者がその情報を評価するために有用な基準について紹介しました。

脆弱性情報の取り扱いについては、脆弱性情報に対価を払って購入しようとする動き[*95]や、脆弱性対策情報の流通や、対策そのものの自動化を推進するSCAP[*96]導入の動き等があり、利用者の立場での脆弱性情報の取り扱いに、今後大きく影響する可能性があります。これらの関連する動きについては、また次の機会にご紹介したいと思います。

1.5 おわりに

このレポートは、IIJが対応を行ったインシデントについてまとめたものです。今回は特定の事件に関するものではなく、インシデント対応に必要な準備として、暗号アルゴリズムの2010年問題に対する各国の状況、DDoS攻撃の観測手法としてのbackscatter解析と、最後に脆弱性情報の流通動向についてまとめました。

IIJでは、このレポートのようにインシデントとその対応について明らかにし公開していくことで、インターネット利用の危険な側面を伝えるように努力しています。このような側面についてご理解いただき、必要な対策を講じた上で、安全かつ安心してインターネットを利用できるように努力を継続してまいります。

執筆者:
齋藤 衛（さいとう まもる）
IIJ サービス本部 セキュリティ情報統括室 室長。法人向けセキュリティサービス開発等に従事の後、2001年よりIIJグループの緊急対応チームIIJ-SECTの代表として活動し、CSIRTの国際団体であるFIRSTに加盟。Telecom-ISAC Japan、日本シーサート協議会、日本セキュリティオペレーション事業者協議会、Webで感染するマルウェア対策コミュニティ等、複数の団体の運営委員を務める。IIJ-SECTの活動は、国内外の関係組織との連携活動を評価され、平成21年度情報化月間記念式典にて、「経済産業省商務情報政策局長表彰（情報セキュリティ促進部門）」を受賞した。

土屋 博英（1.2 インシデントサマリ）
土屋 博英 鈴木 博志（1.3 インシデントサーベイ）
須賀 祐治（1.4.1 暗号アルゴリズムの2010年問題）
永尾 禎啓（1.4.2 DDoS攻撃による backscatterの観測）
齋藤 衛（1.4.3 脆弱性情報の流通動向）
IIJ サービス本部 セキュリティ情報統括室

協力:
加藤 雅彦 吉川 弘晃 鈴木 博志　IIJ サービス本部 セキュリティ情報統括室

＊94 ISC ratingでは、マイクロソフト社のパッチに対して、特定のパッチに含まれる修正の一覧や、対応するKBやexploitの有無、悪用可能性指標を整理するとともに、利用形態がクライアントかサーバかによって攻撃の可能性を評価し、Less Urgent, Important, Critical, PATCH NOW の4段階の独自の評価を提供している。例えば、2010年6月の定例パッチについては（http://isc.sans.edu/diary.html?storyid=8929）、2010年7月の定例パッチについては（http://isc.sans.edu/diary.html?storyid=9166）を参照のこと。

＊95 GoogleのOpenSource Project The Chromium Projectでは、脆弱性情報の提供者に $500を支払うとしている（http://blog.chromium.org/2010/01/encouraging-more-chromium-security.html）。またHP TippingPoint社の主催する Zero Day Initiative では、脆弱性情報提供者に報償を与えるとしている（http://www.zerodayinitiative.com/about/benefits/）。

＊96 Security Content Automation Protocol。米国国立標準技術研究所（NIST）によって定められた、米国政府内関係組織でセキュリティ対策の標準化と自動化を行うための情報交換フォーマットとプロトコル群。本稿で紹介したCVEやCVSSはその構成要素となっている。また、IPAの提供するJVN iPediaでは、SCAPの構成要素を利用し、日本国内におけるSCAPの先進的実装となっている。