

DNS完全解説

の仕組み

第8回 DNSをIPv6に対応させる

馬場達也

前回は、DNSメッセージの送信元の認証と通信路上でのメッセージの改ざんの検出を行う、TSIGおよびSIG(0)について解説した。今回は、IPv6ネットワークを構築する際に必要不可欠となる、DNSのIPv6対応について解説する。



IPv6環境で 重要性を増すDNS

現在のIPv4で使用されているアドレスの長さは32ビットであるが、IPv6では、その4倍の128ビットの長さのアドレスを使用する。このIPv6アドレスは、次のように、128ビットのアドレスを16ビットずつ8つのフィールドに分け、その間を「:」で区切り、16進数で表記する。

```
fec0:0000:0000:0002:0206:5bff:fec7:b6a5
```

ただし、各フィールド内の最初の「0」は省略することができる。また、0だけから成るフィールドが連続している場合は、1回だけ「::」で置き換えることができる。このルールを適用すると、上記のIPv6アドレスは以下のように簡潔に表現できる。

```
fec0::2:206:5bff:fec7:b6a5
```

しかし、実際にIPv6アドレスを手で入力してアクセスするのは、IPv4の場合以上に困難である。このため、IPv6環境ではDNSの役割がさらに重要となってくる。

IPv6環境では、DNSに2つの機能が要求される。1つは、名前解決要求に対して、ネームサーバがIPv6アドレスを返却できることである。この機能は、DNSのリソースレコードの1つである「AAAA（「クワドエー」と読む）レコード」を使用することによって可能となる。クライアントは、DNSに対して従来のIPv4アドレス用のAレコードの代わりにAAAAレコードを問い合わせることで、アクセス先ホストのIPv6アドレスを得ることができるのである。

もう1つは、IPv6を使用したDNS問い合わせに対

して、ネームサーバがIPv6を使用してこたえられることである。DNSにAAAAレコードを問い合わせる際には、クライアントはネームサーバに対してIPv4を使用して問い合わせてもかまわないため、必ずしもネームサーバ自身がIPv6に対応している必要はない。しかし、IPv6環境に本格的に移行するのであれば、DNSの問い合わせでもIPv6を使用する必要性が出てくるため、ネームサーバがIPv6を使用したDNS問い合わせを処理できるようにする必要がある。



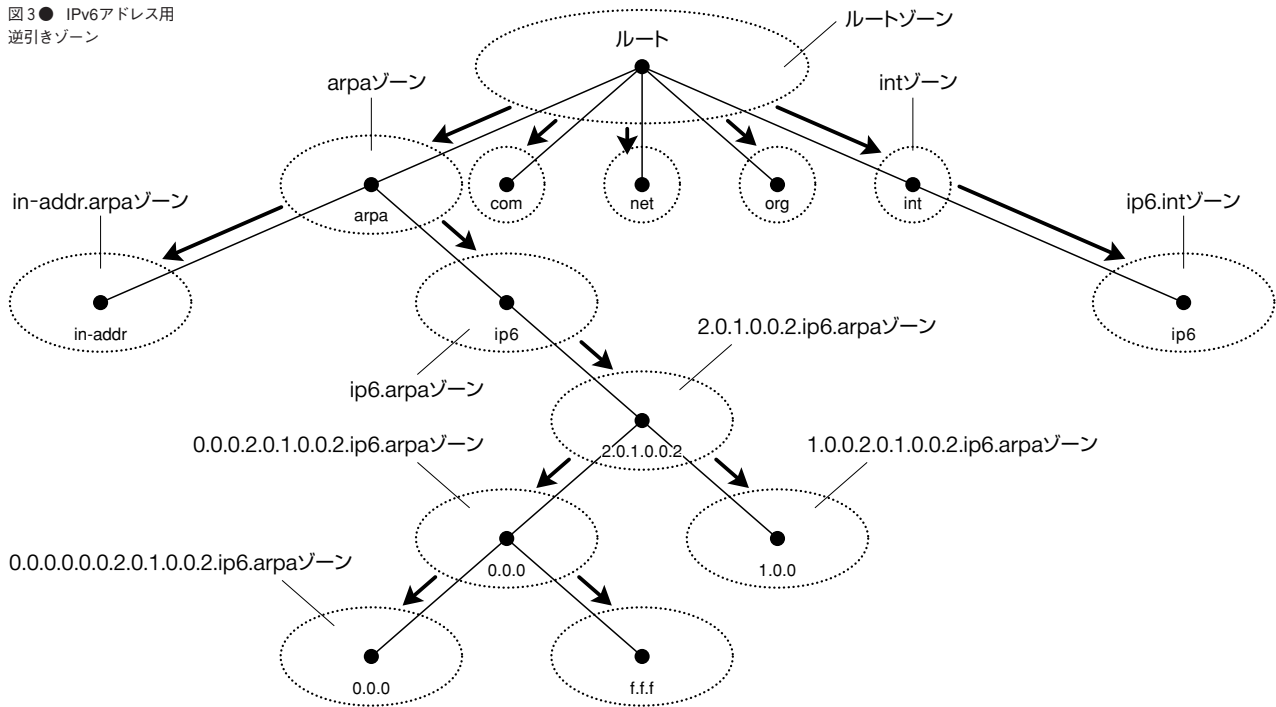
IPv6アドレスを記述する AAAAリソースレコード

AAAAレコードは、ホスト名に対応するIPv6アドレスを記述するためのリソースレコードであり、RFC 1886で定義されている。AAAAレコードは、従来のIPv4アドレスを記述するためのAレコードと比較して、IPv4アドレスの代わりにIPv6アドレスを記述する点だけが異なる。「AAAA」というレコードの名称は、128ビットのIPv6アドレスが32ビットのIPv4アドレスの4倍の長さであることから、従来のIPv4アドレスを記述するAレコードの「A」を4つ並べたものからきている。AAAAレコードの書式は以下のようになっている。

```
<owner> <ttl> <class> AAAA <IPv6address>
```

<owner>には、ホスト名（正規名）を記述し、<ttl>には、このリソースレコードのキャッシュの有効期間を秒単位で記述する。<ttl>が省略された場合には、直前の\$TTLでセットされたデフォルトの有効期間がセットされる。<class>には、ネットワーククラスを記述する。インターネットでは「IN」と記述し、実際にはこれ以外には使用されていない。<class>が

図3 ● IPv6アドレス用
逆引きゾーン



APNICに委任している(図3)。そして、APNICはIPv6アドレスのブロック「2001:200::/35」をWIDEプロジェクトに割り当てているが、APNICは、同時にこのアドレスに対する逆引きゾーンである「0.0.0.2.0.1.0.0.2.ip6.arpaゾーン」および「1.0.0.2.0.1.0.0.2.ip6.arpaゾーン」の管理をWIDEプロジェクトに委任している。さらにWIDEプロジェクトは、ほかの組織にIPv6アドレスのブロックを割り当てており、そのアドレスに対する逆引きゾーンの管理をその組織に委任している。

ちなみに、RFC 1886では、逆引き用ドメインとして「ip6.int」ドメインを使用するように記述されていたが、RFC 3152で「ip6.arpa」ドメインを使用するように変更された。このため、RFC 1886の仕様を修正する作業が現在進められている。

なお、IPv6アドレスの逆引き用に、RFC 2672およびRFC 2673でDNSNAMEレコードとバイナリラベルの仕様が提案されたが、こちらも複雑すぎるという理由で現在では利用しないことになっている。

name → address 相手先もIPv6に対応していれば IPv6を使用したDNS問い合わせが可能

これまでで説明した、AAAAレコードとip6.arpaドメインを使用したPTRレコードの問い合わせにより、IPv6アドレスの正引きと逆引きができるようになる。そこで、次にIPv6を使用したDNSの問い合わせについて

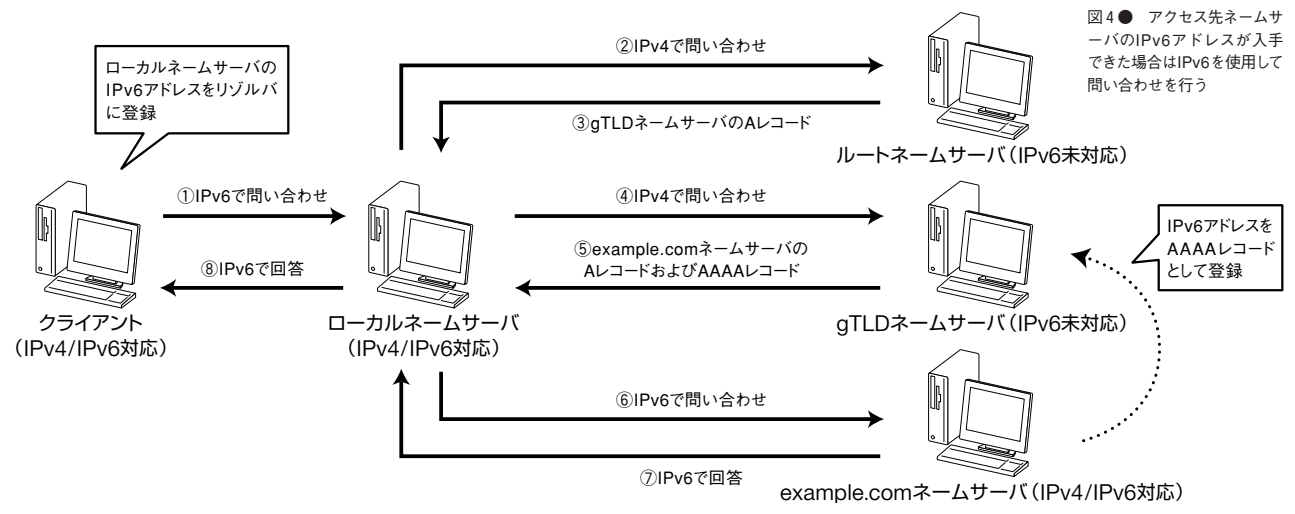
説明する。基本的に、IPv6に対応したホストはアクセス先ホストのIPv6アドレスをDNSで問い合わせ、IPv6アドレスが入手できれば、そのホストはIPv6に対応していると判断し、IPv6を使用してアクセスを行おうとする。ネームサーバの場合も同様で、問い合わせ先ネームサーバのIPv6アドレスが入手できれば、そのネームサーバはIPv6に対応していると判断し、IPv6を使用してDNSの問い合わせを行おうとする。

それでは、クライアントがexample.comゾーンのレコードを問い合わせる場合を例に、IPv6を使用したDNS問い合わせを説明しよう。まず、クライアントからローカルネームサーバに対してIPv6を使用して問い合わせを行うには、クライアントとローカルネームサーバの両方がIPv6に対応しており、さらに、クライアントのリゾルバにローカルネームサーバのIPv6アドレスを登録しておく必要がある。例えば、IPv6に対応したUnix系OSの場合は、リスト2のように「/etc/resolv.conf」ファイルにローカルネームサーバのIPv6アドレスを設定しておくことで、ローカルネームサーバに対して、IPv6を使用してDNS問い合わせを行うようになる(図4-①)。

クライアントから問い合わせを受けたIPv6対応ローカルネームサーバは、自身で問い合わせ対象のレコードをキャッシュとして保持していなければ、次にルートネームサーバに対して問い合わせを行う。しかし、現在13台あるルートネームサーバのいずれもIPv6を使用

```
$ cat /etc/resolv.conf
search example.com
domain example.com
nameserver fec0:0:0:2::10 ← 最初に問い合わせるローカルネームサーバのIPv6アドレス
nameserver fec0:0:0:2::11 ← 次に問い合わせるローカルネームサーバのIPv6アドレス
```

リスト2 ● 「/etc/resolv.conf」ファイルの記述例



した問い合わせには対応しておらず、ローカルネームサーバの持つルートキャッシュファイルには、各ルートネームサーバのIPv4アドレスしか記述されていない。

そこで、ローカルネームサーバはルートネームサーバに対してIPv4で問い合わせを行う(図4-②)。すると、ルートネームサーバは、comゾーンを管理するgTLD (generic Top Level Domain) ネームサーバのAレコードを返却する(図4-③)。ローカルネームサーバは、gTLDネームサーバのIPv4アドレスしか入手できなかったため、gTLDサーバのうちの1台に対してIPv4を使用して問い合わせを行う(図4-④)。ここで、もしexample.comゾーンを管理するネームサーバがIPv6を使用したDNS問い合わせに対応しており、そのIPv6アドレスをAAAAレコードとしてgTLDネームサーバが管理するcomゾーンに登録していた場合には、gTLDネームサーバは、ローカルネームサーバに対してexample.comネームサーバのAレコードとAAAAレコードの両方を返却する(図4-⑤)。ローカルネームサーバは、example.comネームサーバのIPv4アドレスとIPv6アドレスの両方を入手できたので、次に、IPv6を使用してexample.comネームサーバに問い合わせを行う(図4-⑥)。すると、example.comネームサーバは、IPv6を使用して目的のレコードを返却するので(図4-⑦)、ローカルネームサーバは、クライアントにその結果をIPv6を使用して返却する(図4-⑧)。

仮に、IPv4にしか対応していないローカルネームサーバが次に問い合わせを行うネームサーバのAレコードとAAAAレコードの両方を取得した場合には、AAAAレコードの内容を無視して、Aレコードに記述されたIPv4アドレスを使用してアクセスを行う。

name BIND 9を address IPv6対応ネームサーバに

それでは、BIND 9をIPv6に対応させるための設定を紹介しよう。BIND 9でIPv6を使用したDNS問い合わせを受信できるようにするためには、まず、ネームサーバとなるマシンがあらかじめIPv6に対応している必要がある。そして、BINDの設定ファイルである「/etc/named.conf」のoptionsステートメントで「listen-on-v6 { any; };」と記述しておく(リスト3-①)。また、IPv6アドレスの逆引きができるように、各セグメントに対するIPv6アドレス用の逆引きゾーン(リスト3-②、③)と、IPv6ループバックアドレス用の逆引きゾーン(リスト3-④、⑤)の設定を追加する。ここで、リスト3では、逆引きゾーンとして「ip6.arpa」のほかに「ip6.int」も登録している。これは、最近までは、IPv6の逆引き用ドメインとして、「ip6.arpa」ではなく「ip6.int」を使用していたという経緯があるため、アプリケーションの中には、「ip6.int」を使用して逆引

リスト 3 ● 「/etc/named.conf」 ファイルの記述例

```
$ cat /etc/named.conf
//オプション設定
options {
    directory "/var/named/";
    listen-on-v6 { any; }; ← ①この行を追加する
};
//ルートネームサーバの設定
zone "." {
    type hint;
    file "named.ca";
};
//正引きゾーンの設定
zone "example.com" {
    type master;
    file "example.com.zone";
};
//IPv4アドレス用逆引きゾーンの設定
zone "2.168.192.in-addr.arpa" {
    type master;
    file "2.168.192.in-addr.arpa.zone";
};
//IPv6アドレス用逆引きゾーンの設定 (ip6.arpa) ← ②
zone "2.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.c.e.f.ip6.arpa" {
    type master;
    file "2.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.c.e.f.ip6.arpa.zone";
};
//IPv6アドレス用逆引きゾーンの設定 (ip6.int) ← ③
zone "2.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.c.e.f.ip6.int" {
    type master;
    file "2.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.c.e.f.ip6.int.zone";
};
//ループバック用正引きゾーンの設定
zone "localhost" {
    type master;
    file "localhost.zone";
};
//IPv4ループバックアドレス用逆引きゾーンの設定
zone "0.0.127.in-addr.arpa" {
    type master;
    file "0.0.127.in-addr.arpa.zone";
};
//IPv6ループバックアドレス用逆引きゾーンの設定 (ip6.arpa) ← ④
zone "0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.ip6.arpa" {
    type master;
```