事後更新資料
（発表後の議論による更新・追加を反映）
議論内容まとめ：<https://yukar.in/note/ckF8ns>

教科書には載っていないDNS

副題：キャッシュDNSサーバーの憂鬱

2013年7月19日

最終更新：2013年8月6日

DNS Summer Days 2013

株式会社日本レジストリサービス（JPRS）
森下 泰宏
@OrangeMorishita

講師自己紹介

- 氏名: 森下 泰宏(もりした やすひろ)
  - 1965年9月21日生まれ(47歳)男性
  - 勤務先:株式会社日本レジストリサービス
  - 肩書: 技術広報担当
- 最近の願いごと:平穏無事な7月
  - 毎年願っては裏切られています

本日の内容

- 昨年、ここでこんな話をしました
  - その中で・・・

DNS Summer Days 2012
「DNS入門」より再掲

重要な注意(1)

- このパートの「②:階層構造をたどる」で説明する「たどるサーバー(＝キャッシュDNSサーバー)」の動作は、現時点における実際のものとは一部異なっています。
- 特に、外部名／内部名のチェック、RFC 2181で定義されているリソースレコードの信頼度のチェックなど、本来必要となるいくつかの事項について、意図的に説明を省略しています。

DNS Summer Days 2012
「DNS入門」より再掲

重要な注意(2)

- その結果、RFC 1034/1035が意図したと考えられるよりシンプルな(ただし、セキュリティ上の考慮が十分ではない)動作説明となっています。
- 今回、意図的に省略した部分の動作説明については、いつか何らかの形(続編(?))で実施できたらいいなと考えています。

本日の内容

- ということで、昨年省略した「名前解決におけるキャッシュDNSサーバーの動作」について、

1.グルーと内部名・外部名
2.委任応答とreferral
3.グルーはグルー（DNSデータのランキング）
4.カミンスキー型攻撃手法

といったあたりのお話をします

事前の注意

- 本日のお話は、キャッシュDNSサーバーの動作の「ごく一部」に過ぎません
- 「キャッシュDNSサーバー山」は高くて険しいです
  - 私にもその頂は見えません（ようやく一合目ぐらい？）
- 本日のお話は、チュートリアルとしては少し難しいかもしれません（ごめんなさい）
  - 「digコマンドの出力を読める」を前提にしています
- 本日のお話で、「キャッシュDNSサーバーの憂鬱」を、みなさまに少しでも共感いただければ幸いです

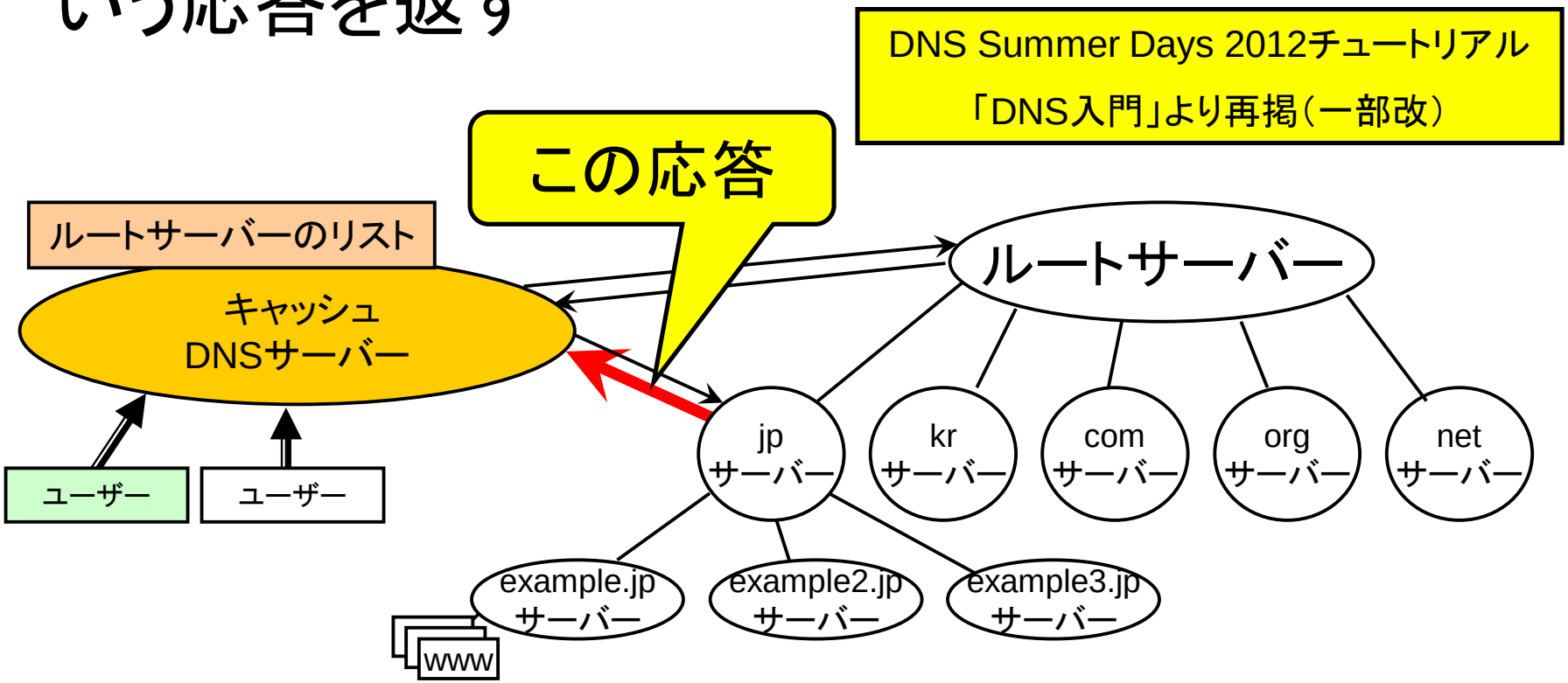
出力例に関する注意

- 本資料ではdigコマンドの出力例などにおいて実在するドメイン名の例を紹介していますが、それらは実際のものとは異なる場合があります
  - 説明に支障がない範囲で一部加工している場合があります
  - 実際の動作が原稿執筆時とは異なっている可能性があります

1.グルーと内部名・外部名

よくある説明

- jpのサーバーはルートサーバーと同様「example.jpのサーバーに委任しています」という応答を返す



「委任しています」の内容

- digコマンドで確認してみる
  - 権威DNSサーバーへの問い合わせでは必ず+norecをつける
  - 最近のdig（BIND 9.9.0以降）では+noednsをつけないと、additional sectionの数が一つ多くなるので注意
    - EDNS0のOPT疑似レコードが付加されるため
- 典型的な出力例

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.jp.         86400   IN      A       192.0.2.1
```

委任を示す応答（以下、委任応答とする）

2013年8月6日版事後更新資料で更新（ただし、～を追加）

- 権威を持たない応答で、answer sectionが空
  - 権威を持たない：flagsにaaが含まれていない
  - answer sectionが空：answer sectionの数が0
- 応答が他のサーバーへの委任であることを示す
- ただし、委任する権限を持つのは正当な委任元のみ
  - ルート/TLDレジストリの正当性は本チュートリアルの対象外

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.jp.         86400   IN      A       192.0.2.1
```

委任応答の中身

- authority sectionに委任先のNSホスト名を返す
- additional sectionに必要に応じて、NSホスト名のIPアドレスを返す

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.jp.         86400   IN      A       192.0.2.1
```

additional sectionの受け入れ可否

2013年7月25日版事後更新資料で大きく更新

- しかし、委任応答のadditional sectionにセットされるA/AAAAには、
  - 無条件に受け入れてよい場合
  - 無条件には受け入れてはいけない場合

  の二種類が存在する
- さらに「無条件には受け入れてはいけない場合」は、
  - 受け入れてもよいと判断される場合
  - 受け入れてはいけないと判断される場合

  の二種類に分類される

グルーとグルーモドキ

2013年7月25日版事後更新資料で大きく更新

- そして、本資料ではこの件について検討するため、以下の三つを定義し、以降で考察する
  - 委任応答の付加情報：委任応答のadditional sectionにセットされるA/AAAAレコード
  - グルー：委任応答の付加情報のうち、authority sectionで指定されているNSが内部名であるもの
  - グルーモドキ：委任応答の付加情報のうち、authority sectionで指定されているNSが外部名であるもの（つまり、グルーではないもの）
- 上の二つは本来の定義、下の一つはこのチュートリアル独自の定義であることに注意

問：この「委任応答の付加情報」は受け入れてよいか？

考えてみましょう

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.net.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.net.        86400   IN      A       192.0.2.1
```

答：無条件には受け入れてはいけない

- 委任先NSが外部名であった場合（つまり、付加情報がグルーモドキであった場合）、その付加情報を無条件には受け入れてはいけない
- これはなぜなのか？

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.net.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.net.        86400   IN      A       192.0.2.1
```

よくある説明（不十分：私もよくする）

- ns1.example.net→192.0.2.1という対応について、a.dns.jpは権威を持っていない
- つまり、実際には異なっているかもしれない
  - セキュリティホールとなる可能性がある
  - かつて実際に攻撃に使用された（alternic.netへの誘導）

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.net.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.net.        86400   IN      A       192.0.2.1
```

でも・・・

- 「権威を持っていない」ということ自体は、委任先が内部名である場合も同様
  - flagsにaa（権威を持つ応答）はセットされていない！
- では、内部名と外部名では何が違うのか？

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.jp.         86400   IN      A       192.0.2.1
```

そもそも内部名とは何か？

- 委任先として指定したNSの名前が、委任先のゾーンの内側の名前だった場合、内部名（in-bailiwick name）と呼ばれる
  - 親（委任元）ではなく、委任先のゾーンで考える
- 内部名の例

```
$ORIGIN jp.
@                86400 IN SOA …
example.jp.      86400 IN NS ns1.example.jp.
```

このゾーンの内側の名前

この名前が・・・

内部名についてのよくある誤解(1)

- ×委任元ゾーンの内部の名前はすべて内部名
  - 内部名かどうかは委任元のゾーンではなく、委任先のゾーンによって決まる
- 以下の例はいずれも内部名ではない
  - つまり、いずれも外部名である

```
$ORIGIN jp.
@                86400 IN SOA …
example.co.jp.   86400 IN NS ns1.example.ne.jp.
```

```
$ORIGIN jp.
@                86400 IN SOA …
example.jp.      86400 IN NS ns1.example.ne.jp.
```

事後資料で追加

内部名についてのよくある誤解(2)

- ×ルートゾーン内の委任はすべて内部名扱いになる
  - この誤解をしている人はかなり多い
  - 実際の応答がグルーモドキも返すことも理由の一つかも
- ルートゾーンであっても内部名・外部名の区別は、他のゾーンと同様(下記の例を参照)

```
$ORIGIN .
@                   86400 IN SOA …                    (内部名)
jp.                 86400 IN NS a.dns.jp.
```

```
$ORIGIN .
@                   86400 IN SOA …                    (外部名)
com.                86400 IN NS a.gtld-servers.net.
```

問：これらは内部名か外部名か？

考えてみましょう

```
    $ORIGIN jp.
    @                86400 IN SOA …
(1) example.jp.      86400 IN NS ns1.example.jp.
(2) example.jp.      86400 IN NS a.ns1.example.jp.
(3) example2.jp.     86400 IN NS ns1.example.com.
(4) example3.jp.     86400 IN NS ns1.example.jp.
(5) example.co.jp.   86400 IN NS ns1.example.co.jp.
(6) example.ne.jp.   86400 IN NS ns1.example.ad.jp.
(7) example4.jp.     86400 IN NS ns1.example.or.jp.
```

答：以下の通り

- 内部名：（1）（2）（5）
- 外部名：（3）（4）（6）（7）

```
    $ORIGIN jp.
    @                 86400 IN SOA …
(1) example.jp.       86400 IN NS ns1.example.jp.
(2) example.jp.       86400 IN NS a.ns1.example.jp.
(3) example2.jp.      86400 IN NS ns1.example.com.
(4) example3.jp.      86400 IN NS ns1.example.jp.
(5) example.co.jp.    86400 IN NS ns1.example.co.jp.
(6) example.ne.jp.    86400 IN NS ns1.example.ad.jp.
(7) example4.jp.      86400 IN NS ns1.example.or.jp.
```

無条件に受け入れてよいのは、グルーである場合のみ

- 委任先のNSが内部名であった場合（つまり、A/AAAAがグルーであった場合）、委任先のゾーンまたはその内側のゾーンが、NSとして指定された名前に対する権威を必ず持っている（はず）
- そのため、受け取った「委任応答の付加情報」を一時的に信用してゾーンをたどっていけば、いずれはその名前に対し権威を持つ（本当に信用できる）権威DNSサーバーに必ず出会える（はず）
- そのため、名前解決において無条件に受け入れてよい

グルーモドキであった場合、無条件には受け入れてはいけない

- 委任先のNSが外部名であった場合（つまり、A/AAAAがグルーモドキであった場合）、委任先でそのNSの名前に対し権威を持つ権威DNSサーバーに出会えるとは限らない
  - 偶然出会えることもある
    - 委任先がたまたまその外部名も管理していた場合
- そのため、その場合の「委任応答の付加情報」は、無条件には受け入れてはいけない
  - 受け入れてよい場合もあるが、その判定は難しい
    - これについては後述します

権威DNSサーバーの実装における、「委任応答の付加情報」を付ける条件

- 最近の権威DNSサーバー（BIND 9、NSDなど）の実装では、グルーモドキはできるだけ付けないように動作する
  - 送られても「心ある」キャッシュは捨てる
  - つまり、無駄なデータとなる
- ただし、実装によっては「その権威DNSサーバー内において他の委任応答のグルーとして登録されているA/AAAAであった場合、グルーモドキとして付ける」という動作をするので注意
  - 例えば、BIND 9はこのように動作する

実際のドメイン名における グルーとグルーモドキの例

- www.iij.ad.jp
- www.iij-ii.co.jp
- www.iij4u.or.jp

…の、それぞれのAをJP DNSサーバーに問い合わせた際の、現状におけるグルーとグルーモドキの付き方を見てみましょう

www.iij.ad.jp

- 内部名なのでグルーが付く

```
$ dig +norec +noedns www.iij.ad.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 2, ADDITIONAL: 4

;; QUESTION SECTION:
;www.iij.ad.jp.                 IN      A

;; AUTHORITY SECTION:
iij.ad.jp.              86400   IN      NS      dns0.iij.ad.jp.
iij.ad.jp.              86400   IN      NS      dns1.iij.ad.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
dns0.iij.ad.jp.         86400   IN      A       210.138.174.16
dns0.iij.ad.jp.         86400   IN      AAAA    2001:240:bb41:8002::1:16
dns1.iij.ad.jp.         86400   IN      A       210.138.175.5
dns1.iij.ad.jp.         86400   IN      AAAA    2001:240:bb4c:8000::1:5
```

www.iij-ii.co.jp

2013年8月6日版事後更新資料で更新（つかない→存在しない）

- 外部名なのでグルーは存在しない
- そして、グルーモドキもつかない（本来あるべき動作）

```
$ dig +norec +noedns www.iij-ii.co.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 2, ADDITIONAL: 0

;; QUESTION SECTION:
;www.iij-ii.co.jp.              IN      A

;; AUTHORITY SECTION:
iij-ii.co.jp.           86400   IN      NS      dns-b.iij.ad.jp.
iij-ii.co.jp.           86400   IN      NS      dns-c.iij.ad.jp.
```

www.iij4u.or.jp

2013年8月6日版事後更新資料で更新（つかない→存在しない）

- 外部名なのでグルーは存在しない
- しかし、iij.ad.jpのグルーとして登録されているため、グルーモドキが付く

```
$ dig +norec +noedns www.iij4u.or.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 2, ADDITIONAL: 4

;; QUESTION SECTION:
;www.iij4u.or.jp.                IN      A

;; AUTHORITY SECTION:
iij4u.or.jp.            86400   IN      NS      dns0.iij.ad.jp.
iij4u.or.jp.            86400   IN      NS      dns1.iij.ad.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
dns0.iij.ad.jp.         86400   IN      A       210.138.174.16
dns0.iij.ad.jp.         86400   IN      AAAA    2001:240:bb41:8002::1:16
dns1.iij.ad.jp.         86400   IN      A       210.138.175.5
dns1.iij.ad.jp.         86400   IN      AAAA    2001:240:bb4c:8000::1:5
```

この動作の理由（私の推測）

- その（委任応答として指定された）名前が内部名として扱われていることを、私（委任元の権威DNSサーバー）は知っている
- であれば、私がそれをグルーモドキとして返しても実害はないはずである（安全性を損なわない）
- そして、それを返すことにより、名前解決の効率が良くなりうる
  - 実際にそうしたケースは起こりうる

それなら、グルーモドキを付けてあげることにしましょう

余計なお世話？

- しかし、この動作はグルーと内部名・外部名に対する理解を妨げる原因となっているとも言える
- かつ、この動作（DNSプロトコルとして明確に定義されていない）に依存したNS設定が出回ることにもなり、将来の禍根となる可能性がある
  - 実装を変更した際に名前が引けなくなるなど
- つまり「余計なお世話」であるとも言える

このパートのまとめ(1/3)

- グルーとグルーモドキの定義
  - グルー(一般的な定義):
    委任応答の付加情報のうち、NSが内部名である場合に返されるもの
  - グルーモドキ(このチュートリアル独自の定義):
    委任応答の付加情報のうち、NSが外部名である場合に返されるもの
- グルーモドキは「委任応答の付加情報のうち
  グルーではないもの」と定義することもできる

このパートのまとめ(2/3)

2013年7月25日版事後更新資料で大きく更新

- 名前解決において付加情報を無条件に受け入れてよい場合は、グルーだけである
  - グルーモドキを不用意に受け入れるのは、セキュリティホールとなりうる(かつて実際に攻撃に悪用)
- ただし、実際の名前解決では数多くの実装において、一定の条件において一部のグルーモドキも受け入れるものが多い
  - 例えば、BIND 9/Unboundはそのように動作する
  - 「受け入れてもよいグルーモドキ」をどのように判定しているかは、各実装・各バージョンごとに異なっている

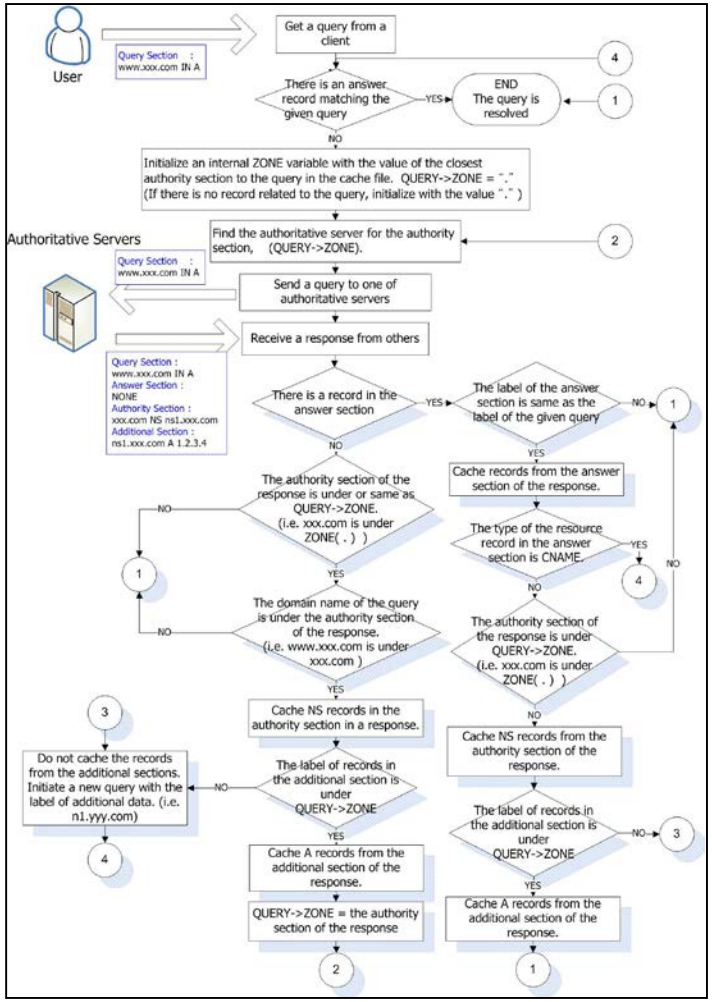
このパートのまとめ(3/3)

- 内部名の定義に注意
  - 委任先として指定したNSの名前が、委任先のゾーンの内側の名前だった場合
  - 委任元ではないので注意
  - この定義はルートゾーンにおいても同様
- グルーモドキも付ける権威DNSサーバーに注意
  - 権威DNSサーバーの実装によっては条件により、グルーに加えてグルーモドキも付けることがあるので要注意
  - 例えば、BIND 9はそのように動作する

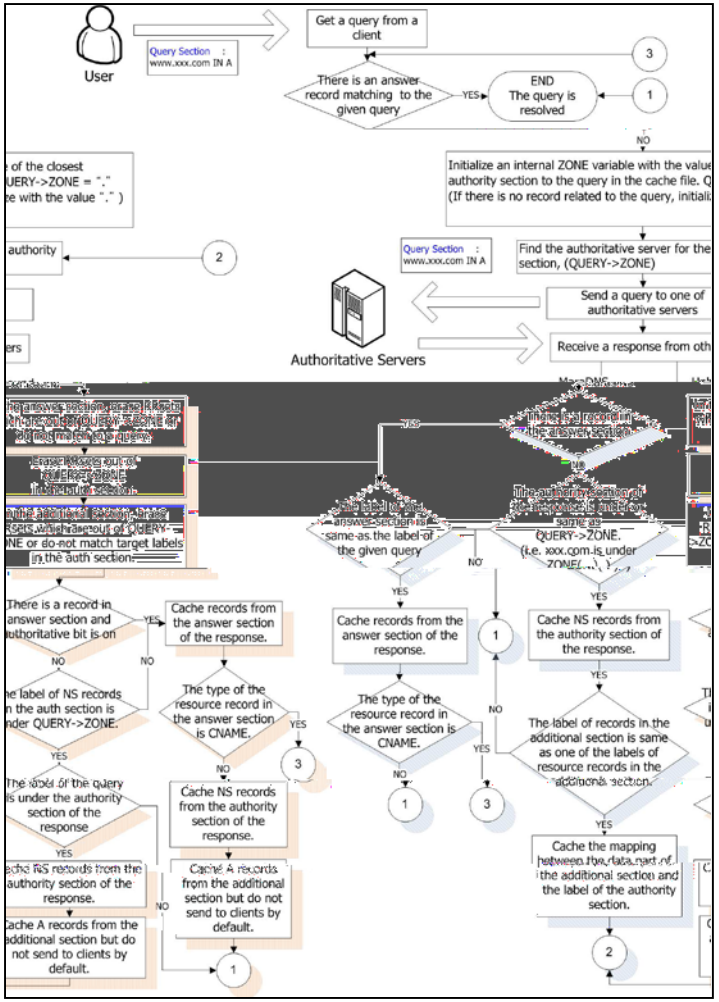
参考：Bailiwick-checking

- キャッシュDNSサーバーにおいて「受け入れてもよい付加情報」かどうかを判断するためのルール
  - つまり、グルーに加えてグルーモドキの一部も受け入れるようにするためのルール
- グルーだけを受け入れるようにすれば、このルールは必要ない
  - しかし実際には名前解決の効率化のため、多くのキャッシュDNSサーバーにおいて実装されている
  - その内容は各実装の種類・バージョンにより異なっている
- そして、このルールはDNSプロトコルとして標準化されていない

参考：BIND 9.4.1とUnbound 1.3.4/ MaraDNS 1.3.07.09のBailiwick-checking



BIND 9.4.1



MaraDNS 1.3.07.09　Unbound 1.3.4

2010年の論文 “The Hitchhiker’s Guide to DNS Cache Poisoning” より引用

2013年7月25日版事後更新資料で追加

参考：Bailiwick-checkingにおける要考察事項

- Bailiwick-checkingの処理は複雑
  - if文（流れ図中のひし形）だらけで、いかにも間違えやすそう
    - そもそも、前提となる設計が間違っているかもしれないし、
    - 実装時に間違ってしまうかもしれない
- そもそも、Bailiwick-checkingは本当に必要なのか
  - そこまでして一部のグルーモドキを受け入れることに、本当に意味があるのか？
- もし、Bailiwick-checkingを省いたらどうなるのか
  - 仮定1：グルーモドキであっても全部受け入れたら？
  - 仮定2：グルーモドキを一切受け入れなかったら？

このパートの最後に：なぜこんな面倒なことになってしまったのか

- 委任先のNSホスト名に外部名も許したため
  - つまり、DNSプロトコルの仕様上の問題
- 始めから内部名しか許していなければ、こんなことにはならなかった（はず）
- 当然、今更言っても仕方がない
- しかし、このことはきちんと書き残しておきたい
  - 同じ轍（てつ）を二度と踏まないためにも…

2.委任応答とreferral

委任応答とreferral

- referral（参照）とは
  - 問い合わせに対し他のサーバーを案内すること
- 委任応答とreferral
  - 権威DNSサーバーはreferralを用いて委任を示す
  - 例「example.jpゾーンはns1.example.jpに委任しています」

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.jp.         86400   IN      A       192.0.2.1
```

管理外のゾーンに対する問い合わせ

- その権威DNSサーバーの管理外の名前を問い合わせた場合の動作が問題となる
  - 自身または自身の委任先ではない名前
  - 例：JP DNSサーバーに対するns1.example.com
- 通常の名前解決では実施されない

「Upward referralsは有害」（Upward Referrals Considered Harmful）

- DNS-OARCが2009年に公開した文書

  Upward Referrals Considered Harmful

  <https://www.dns-oarc.net/oarc/articles/upward-referrals-considered-harmful>

- NANOG 45の発表資料

  “Upward Referrals Considered Harmful” – Peter Losher

  <http://www.nanog.org/meetings/nanog45/presentations/Wednesday/Losher_light_harmful_N45.pdf>

Upward referralsとは？（続き）

- BIND 9では再帰検索要求の受け付けを無効にしている（recursion no;）サーバーに管理外の名前を問い合わせた場合、ルートサーバーへのreferralを返す
  - BIND 8ではグルーモドキも併せて返す
- Upward referralsの例

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @とある権威DNSサーバー
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 13, ADDITIONAL: 0

;; AUTHORITY SECTION:
.                       518400  IN      NS      a.root-servers.net.
.                       518400  IN      NS      b.root-servers.net.
…
```

Upward referralsとは？（続き）

- この応答（上位ゾーンへのreferral）は、委任と同じ形をしているが、委任ではない
  - 上位ゾーンに委任する権限を持っていない
- この応答の意味（私の推測：ツンデレ風に）
  - 「これ、私が管理してないゾーンへの問い合わせね。だからほんとは無視してもいいんだから。」
  - 「でも特別に教えてあげる。あなたはルートサーバーに聞けばいいの。サーバーの一覧はこれね。」
  - 「わかった？せっかく親切に教えてあげたんだから、もうここに来ちゃだめよ。」

この応答の根拠

- RFC 1034における以下の記述が、この応答の根拠となっていると考えられる

4.3.1. Queries and responses

…

The way that the name server answers the query depends upon whether it is operating in recursive mode or not:

- The simplest mode for the server is non-recursive, since it can answer queries using only local information: the response contains an error, the answer, or a referral to some other server "closer" to the answer. （応答はエラー、応答、あるいは「より近い」サーバーへのreferralを含む）

今となっては余計なお世話

- Upward referralsを返されても、キャッシュDNSサーバーは捨てるしかない
  - 委任応答ではない
  - ルートサーバーの一覧はそもそも持っている
- かつ、DNSリフレクター攻撃の元ネタになりうる
  - “. IN NS”の問い合わせ：47バイト
  - その応答（Upward referrals）：256バイト
- 実際の攻撃例あり
  - 米国ホスティング企業ISPrime社
    - “Upward Referrals Considered Harmful”にある実例

Upward referralsを出さない設定

- BIND 9
  - additional-from-cache no;を指定、または allow-query-cache { none; };を指定
    - BIND 9はこのデータをルートヒントとして持っている
    - ルートヒントはプライミングにより入手したキャッシュデータ
  - named.rootを消しただけでは効果がないので注意
    - 内部にハードコーディングされている
  - この設定により、REFUSEDを返すようになる

```
$ dig +norec +noedns www.example.jp a @とある権威DNSサーバー
…
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: REFUSED, id: xxxxx
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 0
```

Upward referralsを出さない設定

- NSD：設定不要
  - 管理外のゾーンに対する問い合わせには、デフォルトでSERVFAILを返す
- PowerDNS：設定不要
  - デフォルトでsend-root-referral=noとなっている
  - yes（BIND 8互換）やlean（BIND 9互換）に設定可能
- djbdns：設定不要
  - 管理外のゾーンに対する問い合わせには応答しない

余談：なぜルートヒントが？

- 権威DNSサーバー専用のBIND 9のはずなのに、なぜルートヒントが必要になるのか？
- 答：NOTIFYメッセージの送信先を調べている
  - BIND 9のプライマリサーバーは、ゾーンファイルの更新時にNOTIFYメッセージをセカンダリサーバー群に送信する
- この「セカンダリサーバー群」のIPアドレスを、プライマリサーバーのBIND 9はどうやって調べているのか？

事後資料で更新(脆弱性への言及)

余談:なぜルートヒントが?(続き)

- BIND 9のプライマリサーバーはnamed.confでNOTIFYの送り先を別途指定していない場合、以下のように動作する

> ①自分が管理するゾーンのNS RRSetを調べる
> ②①から、SOAのMNAMEにあるNSを削除する
> ③②で得られた名前を必要に応じて自分で名前解決し、NOTIFYを送る

- つまり、権威DNSサーバー専用にしたはずのBIND 9が、キャッシュDNSサーバーとして動作している!
- キャッシュDNSサーバー機能にのみ存在する脆弱性の影響を受ける可能性がある

事後資料で追加

BIND 9における NOTIFYのより安全な運用

- お奨め：この機構（おせっかい）に頼らない
  - allow-transferと同様、named.confでIPアドレスを明示的に指定する
  - 外部のDNSサービスを利用する場合など、やむを得ない理由で外部名を使用する場合にも使える
  - 設定例は次ページを参照（注：そのままコピペ不可）
- 次善策：すべての権威DNSサーバーをそのゾーンの名前（≠内部名）にする
  - 名前検索が必要なのは、権威を持たない情報のみ
  - 外部名や委任先の内部名であった場合、名前検索が必要になる

事後資料で追加

BIND 9における設定例

（注：NOTIFY関連のみの抜粋のためそのままコピペ不可）

- プライマリサーバー

```
zone "example.jp" {
    ....
    // also-notifyで明示的(explicit)に指定したIPアドレスにのみNOTIFYを送る
    notify explicit;
    // NOTIFYを送るセカンダリサーバーのIPアドレス(変更されたらその都度更新)
    also-notify { 192.0.2.53; 198.51.100.53; };
};
```

- セカンダリサーバー

```
zone "example.jp" {
    ....
    // NOTIFYを送らない(指定しないと無駄なNOTIFYを送ろうとするので注意)
    // notify no;でもNOTIFYの受信には影響しない
    notify no;
};
```

3.グルーはグルー
（DNSデータのランキング）

重要なRFC：RFC 2181

- “Clarifications to the DNS Specification”
  - DNS仕様の明確化
- 5.4.1. Ranking data
  - データの出自（source）が何に由来するかによって、そのデータの信頼度（trustworthiness）が決まる
- 鍵となる要素
  - 権威を持つ応答か、持たない応答か（AAビットの有無）
  - answer、authority、additionalいずれのセクションにあったデータか（セクションの場所）
  - 権威を持つデータか、持たないデータか（応答内容）
    - CNAMEの処理に関係

RFC 2181 5.4.1. Ranking data（抜粋）

高い（most）

権威を持つ応答のanswer sectionの権威を持つデータ

権威を持つ応答のauthority sectionのデータ

権威を持たない応答のanswer sectionのデータ・
権威を持つ応答のanswer sectionの権威を持たないデータ

権威を持つ応答のadditional informationのデータ・
権威を持たない応答のauthority sectionのデータ・
権威を持たない応答のadditional informationのデータ

低い（least）

（注：原文にadditional sectionではなくadditional informationと書かれている）

ここでのポイント

2013年8月6日版事後更新資料で更新（委任応答→委任先ホスト名）

- 委任応答は「一番低い（the least）信頼度」

- 委任先ホスト名（NS）
  - 権威を持たない応答のauthority section
- グルー（A/AAAA）
  - 権威を持たない応答のadditional information

グルー自身に対する問い合わせ

- 委任応答として答える必要あり
- BIND 9やNSDでは下記のように（正しく）答える
  - BIND 8にはグルー自身に対する問い合わせに対し、「権威を持たない応答のanswer section」として答えてしまう、という問題があった

```
$ dig +norec +noedns ns1.example.jp a @a.dns.jp
…
;; flags: qr; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1
…
;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.             86400   IN      NS      ns1.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
ns1.example.jp.         86400   IN      A       192.0.2.1
```

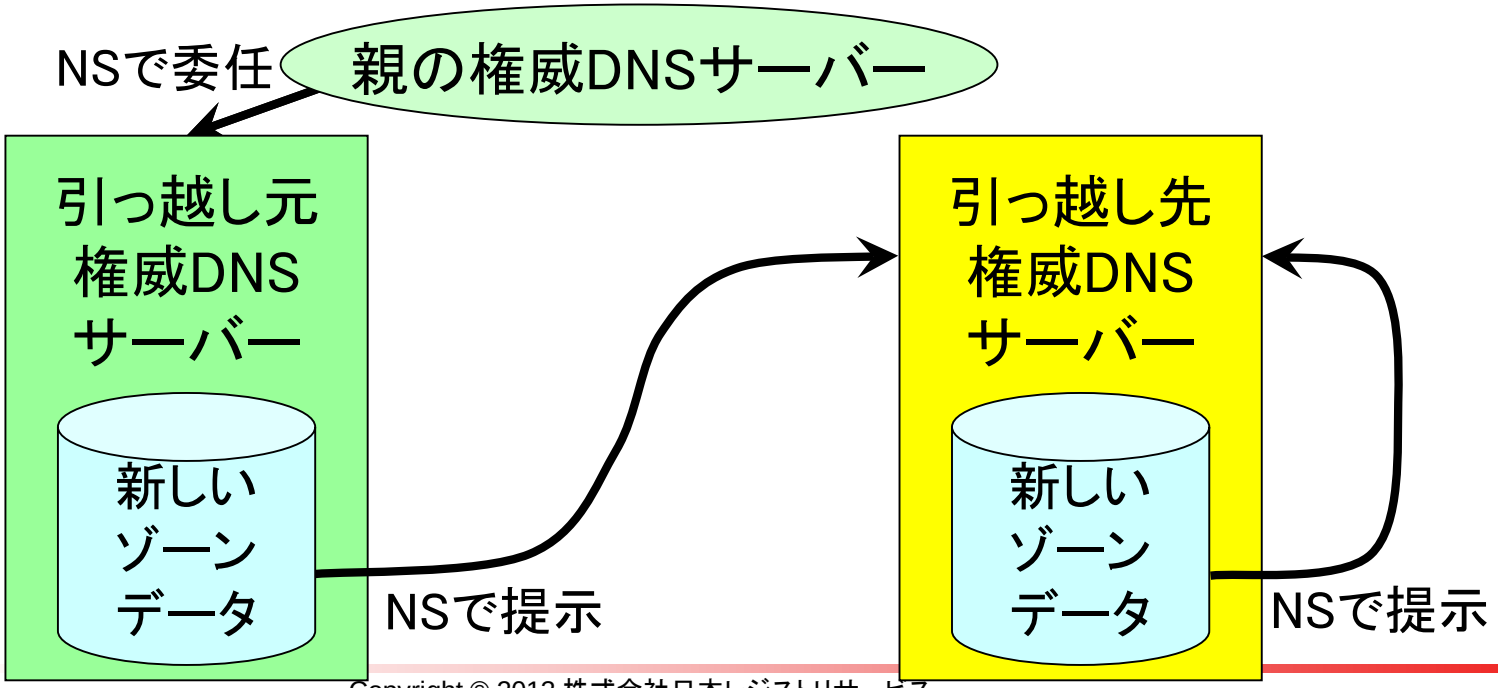
グルー自身に対する問い合わせ（続き）

2013年8月6日版事後更新資料で更新（委任応答→委任先ホスト名）

- キャッシュDNSサーバーでは権威DNSサーバーから受け取った委任先ホスト名（NS）やグルーを、あくまで委任応答やグルーとして扱わなければならない
- つまり、クライアントからの問い合わせに対し、グルーをanswer sectionに入れて答えてはならない
  - 信頼度の増加（increase）を招く
  - 通常の名前検索によってランキングがより高いデータを入手し、それを答える必要あり

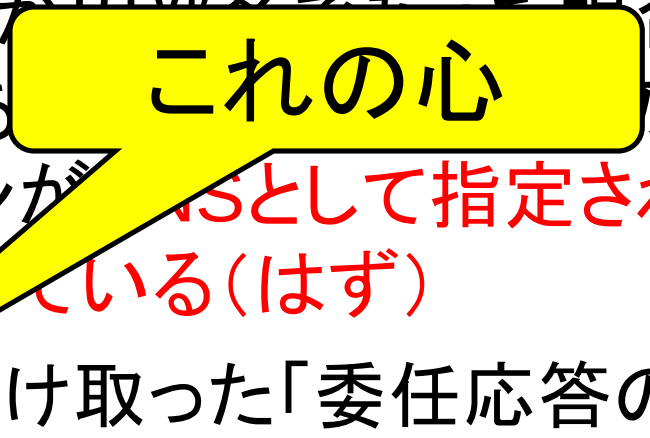
例：権威DNSサーバーの引っ越し途中

- 親のNS/グルーと子のNS/Aが異なっている
- 親のNS/グルーは名前解決の途中で一時的に使われる（べき）
  - 子のNA/Aの方が親のNS/グルーよりも信頼度が高い



再掲：内部名であった場合

- 委任先のNSが内部名であった場合（つまり、A/AAAAがグルーであ[illegible]のゾーンまたはその内側のゾーンが[illegible]NSとして指定された名前に対する権威を必ず持っている（はず）
- そのため、受け取った「委任応答の付加情報」を一時的に信用してゾーンをたどっていけば、いずれはその名前に対し権威を持つ（本当に信用できる）権威DNSサーバーに必ず出会える（はず）
- そのため、名前解決において無条件に受け入れてよい



ランキングの管理はきわめて面倒

- 注意深く実装しないと、バグや脆弱性のもとになりやすい
- 例：親のNS/グルーと子のNS/A
  - 子のNS/Aの方が親のNS/グルーよりも信頼度が上
    - 優先的に取り扱われなければならない
  - しかし、子の信頼度が高いのは子が子である間だけ
    - 信頼度が低い親のデータがなくなることで、子のデータがそもそも信用できなくなる（子が子でなくなる）
- 例：いわゆる浸透問題や幽霊ドメイン名脆弱性

そして、あの有名な脆弱性も…

4.カミンスキー型攻撃手法

カミンスキー型攻撃手法

- ダン・カミンスキー氏が2008年に指摘した攻撃手法
- しかし、カミンスキー氏が示したオリジナルの方法では、キャッシュポイズニングはできない
  - 説明は省略します（重要なことなので各自ご確認ください）
- 問題点を修正した攻撃方法がいくつか発表されている
  - 中京大学の鈴木常彦先生が実験（*1）で使われた方法
    - 以下「パターン1」「パターン2」とします
  - 「実践DNS」に記述した方法
    - 以下「パターン3」とします

（*1）BIND各バージョンへの毒入れ実験 (Kaminsky Bug の検証)
<http://www.e-ontap.com/dns/bindmatrix.html>

カミンスキー型攻撃手法（パターン1）

- 鈴木先生のWebページの方法をもとに作成

```
;; flags: qr aa; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1

;; QUESTION SECTION:
;(random).example.jp. IN     A

;; ANSWER SECTION:
(random).example.jp.     86400   IN      A       (適当なIPアドレス)

;; AUTHORITY SECTION:
(random).example.jp.     86400   IN      NS      www.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
www.example.jp.          86400   IN      A       192.0.2.234
(キャッシュさせたい偽情報)
```

カミンスキー型攻撃手法（パターン2）

- 鈴木先生のWebページの方法をもとに作成

```
;; flags: qr aa; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1

;; QUESTION SECTION:
;(random).example.jp. IN     A

;; ANSWER SECTION:
(random).example.jp.     86400   IN      A       (適当なIPアドレス)

;; AUTHORITY SECTION:
example.jp.              86400   IN      NS      www.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
www.example.jp.          86400   IN      A       192.0.2.234
(キャッシュさせたい偽情報)
```

カミンスキー型攻撃手法（パターン3）

- 「実践DNS」p.298より

```
;; flags: qr aa; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 1

;; QUESTION SECTION:
;(random).www.example.jp.  IN      A

;; ANSWER SECTION:
(random).www.example.jp.  86400   IN      A       (適当なIPアドレス)

;; AUTHORITY SECTION:
www.example.jp.           86400   IN      NS      www.example.jp.

;; ADDITIONAL SECTION:
www.example.jp.           86400   IN      A       192.0.2.234
(キャッシュさせたい偽情報)
```

それぞれの違い

- 「パターン1」と「パターン2」の違い
  - authority sectionの内容
    - パターン1: (random).example.jpゾーンのNS
    - パターン2: example.jpゾーンのNS
- 「パターン1」「パターン2」と「パターン3」の違い
  - 問い合わせ/answer sectionの内容
    - パターン1/2: (random).example.jpのA
    - パターン3: (random).www.example.jpのA
  - authority sectionの内容
    - パターン1/2:（上記参照）
    - パターン3: www.example.jpゾーンのNS

ポイント

- ランキングの定義により、「パターン1」「パターン2」の「権威を持つ応答のadditional informationのデータ」だけでは、キャッシュポイズニングは成立しない（はず）
  - 鈴木先生の実験の通り
- しかし、それが成立してしまうBIND 9が存在した
- そして、そのバグは下記により修正された

> 2786. [bug] Additional could be promoted to answer. [RT #20663]
> （[bug] Additionalがanswerに上昇する場合があり得た）

ポイント（続き）

- 「パターン3」では、
  - 権威を持つ応答のauthority sectionのデータ
  - 権威を持つ応答のadditional informationのデータ

  の双方に、www.example.jp（標的名）を指定している
- これにより、攻撃が可能となる
  - ただし、追加の工夫が必要（後述）
- ただし、この時点で通常の名前検索で得た、
  - 権威を持つ応答のanswer sectionの権威を持つデータ

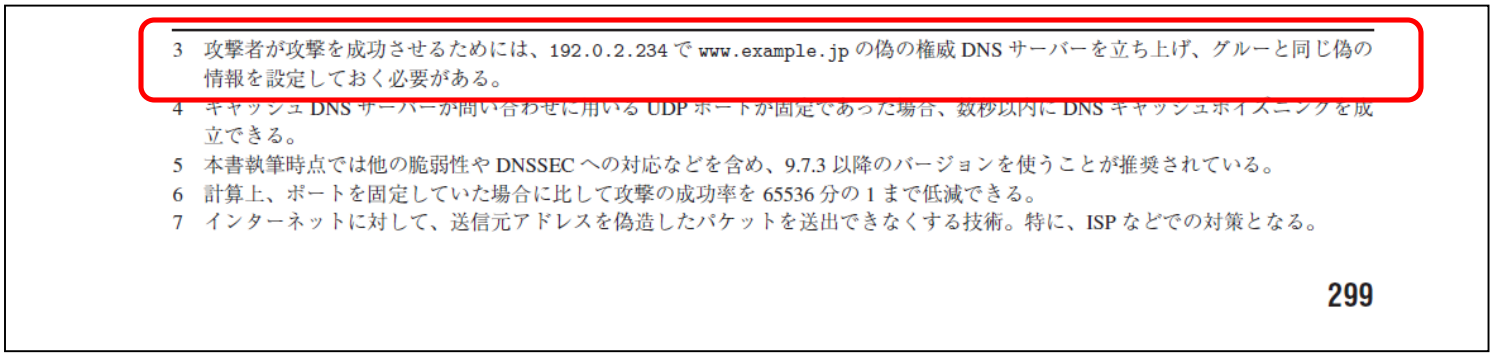
  を既にキャッシュしていた場合、攻撃は失敗する（はず）
  - このことは鈴木先生の実験でも説明されている

追加の工夫

- そして、キャッシュさせたい偽情報の、
  - 権威を持つ応答のauthority sectionのデータ
  - 権威を持つ応答のadditional informationのデータ

  をもとに、
  - 権威を持つ応答のanswer sectionの権威を持つデータ

  をキャッシュさせるための工夫が必要になる
- 「実践DNS」では脚注に記述



3 攻撃者が攻撃を成功させるためには、192.0.2.234 で www.example.jp の偽の権威 DNS サーバーを立ち上げ、グルーと同じ偽の情報を設定しておく必要がある。

4 キャッシュ DNS サーバーが問い合わせに用いる UDP ポートが固定であった場合、数秒以内に DNS キャッシュポイズニングを成立できる。

5 本書執筆時点では他の脆弱性や DNSSEC への対応などを含め、9.7.3 以降のバージョンを使うことが推奨されている。

6 計算上、ポートを固定していた場合に比して攻撃の成功率を 65536 分の 1 まで低減できる。

7 インターネットに対して、送信元アドレスを偽造したパケットを送出できなくする技術。特に、ISP などでの対策となる。

299

追加の工夫によるランキングの上昇

- 追加の工夫：偽の委任先（この例では192.0.2.234）で偽の権威DNSサーバーを立ち上げ、キャッシュさせたい偽情報と同じデータを設定しておく
- キャッシュDNSサーバーが、攻撃者が設定した偽の権威DNSサーバー上の偽情報を参照した時点で「権威を持つ応答のanswer sectionの権威を持つデータ」としてキャッシュされ、キャッシュポイズニングが成功する

セキュリティ上の理由により、
具体的な方法の紹介は省略します

5.4.1. Ranking data（再掲）

パターン3の「工夫」

高い（most）

権威を持つ応答のanswer sectionの権威を持つデータ

パターン3

権威を持つ応答のauthority sectionのデータ

権威を持たない応答のanswer sectionのデータ・
権威を持つ応答のanswer sectionの権威を持たないデータ

パターン1/2

権威を持つ応答のadditional informationのデータ・
権威を持たない応答のauthority sectionのデータ・
権威を持たない応答のadditional informationのデータ

低い（least）

事後資料で更新(最後の項目)

まとめ:カミンスキー型攻撃手法

- 手法の技術的理解とその検証が非常に面倒
  - このパートの話は難しかったと思います(ごめんなさい)
- RFC 2181を読み込まなければわからない
  - 実のところ、読み込んでもよくわからない
  - 実は私もわかっていないのかも
- かつ、実装上のバグも絡んでくる
  - 実装におけるランキングの管理はきわめて面倒
- そして、RFC 2181のランキングそのものや現存する実装が完全なものかどうかは誰にもわからない

Q&A