# DNSの「明日のカタチ」について考える

## ～ランチのおともにDNS～

2021年11月19日

Internet Week 2021 ランチタイムウェビナー

株式会社日本レジストリサービス（JPRS）

森下 泰宏・芳野 光

# オンラインでも「ランチのおともにDNS」！

- ランチセミナーは昨年に続き、**オンライン開催**となりました
- 今年も残念ながらランチをご提供できませんが、
  DNSのお話に耳を傾けつつ、**それぞれのランチタイム**を
  お楽しみいただければ幸いです！

# 参加者プレゼント

- 本ウェビナーのお申込み時にご希望いただいた方に、JPRSから**参加者プレゼント**をお送りしております！

＜内容＞

  - JPRSオリジナルグッズ
  - JPRSオリジナルデザインのものも**ちょっと入った**、お菓子セット

# 講師自己紹介

- 森下 泰宏（もりした やすひろ）
  - 所属：JPRS 技術広報担当・技術研修センター
  - 主な業務内容：技術広報活動全般・社内外の人材育成
  - 一言：**JPRSのランチセミナーは今年で15回目です！**

- 芳野 光（よしの ひかる）
  - 所属：JPRS システム部
  - 主な業務内容： JPRSの各種サービスの維持管理・運用・改善
  - 一言：**お菓子になるのは初体験です！**

# 本日の内容

1. 誕生当時のDNSとその進化のカタチ（話者：芳野）
2. 今日のDNSのカタチ（話者：森下）
3. 明日のDNSのカタチとは（話者：森下）

注：本資料で紹介するRFCはそれぞれの初版であり、新版がリリースされている場合があります

# 1. 誕生当時のDNSとその進化のカタチ

# このパートの内容

- 誕生当時のDNSとその進化のカタチについて、プロトコル・実装・運用の観点から振り返る
  - 誕生当時のDNSのカタチ
  - DNSの進化のカタチ
  - まとめ：誕生当時のDNSとその進化のカタチ

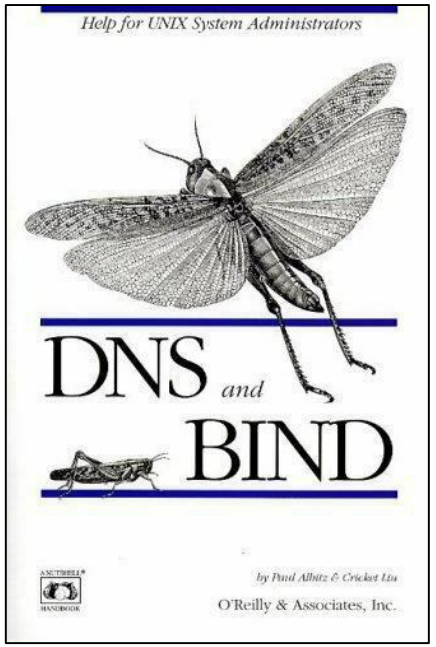

DNSが誕生した1983年に発売
（画像引用元：Wikipedia）

# 誕生当時のDNSのカタチ（プロトコル）

- **設計思想**
  - 動かすことが優先、悪意の存在を想定せず
- **データ形式**
  - 1セッションでやりとりされる問い合わせ・応答は1セット
  - 通信のやりとりは平文
- **問い合わせ方法**
  - 最初はUDPで、切り詰めを検出した後にTCPで再問い合わせ
  - 名前解決の際、クライアントから受け取った内容をそのまま問い合わせ
- **UDPメッセージサイズ最大値**
  - 問い合わせ・応答が1パケットに収まるよう、512バイトに制限

# 誕生当時のDNSのカタチ（実装）

- 最初に広まった実装：**BIND**（1985年）
  - 当初、オープンソースのDNSソフトウェアはほぼBINDのみ
    - BINDの動作・運用上の制限が、DNSの仕様・運用にも影響
  - リゾルバーライブラリ（libresolv）が付属
    - 最初期は各自が明示的にリンク
    - 後に標準Cライブラリ（libc）に組み込み



# 誕生当時のDNSのカタチ（運用）

- **目標**：HOSTS.TXTによる集中管理の置き換え
- **権威DNSサーバー間の同期**：30分～1時間ごと
  - ゾーンの管理者がSOAレコードで設定
- **更新間隔**：TLDレジストリでは1日に1～2回程度
- **普及のポイント**：メール配送への利用
  - sendmailがMXレコードによるメール配送を標準サポートしたことで、DNSの普及が進んだ

# DNSの進化のカタチ

- インターネットの急速な普及に対応する形で進化
  - **プロトコル**：足りない機能の追加、新たなニーズへの対応
  - **実装**：実装の多様化
  - **運用**：信頼性・利便性の向上

# DNSの進化のカタチ（プロトコル）
# 足りない機能の追加（1/2）

- **AAAAレコード・ip6.int**（RFC 1886：1995年）
  - IPv6サポート（正引き・逆引き）追加
- **ip6.arpa**（RFC 3152：2001年）
  - IPv6サポート（逆引き）ゾーンの変更
- **差分ゾーン転送**（RFC 1995：1996年）
  - ゾーン転送の効率化

# DNSの進化のカタチ（プロトコル）
# 足りない機能の追加（2/2）

- **DNS NOTIFY**（RFC 1996：1996年）
  - 権威DNSサーバー間の同期時間の短縮
- **ネガティブキャッシュ**（RFC 2308：1998年）
  - 不在応答をキャッシュし、名前解決の効率を向上
    - RFCの発行前から開発・実装

# DNSの進化のカタチ（プロトコル）
# 新たなニーズへの対応

- **Dynamic Update**（RFC 2136：1997年）
  - クライアントからの動的更新に対応
- **SRVレコード**（RFC 2782：2000年）
  - サービスの登録・サービスの検索に対応
- **国際化ドメイン名**（RFC 3490～3492：2003年）
  - 非英語圏の利用者のニーズに対応
- **DNS64**（RFC 6147：2011年）
  - IPv6の普及促進に対応

# DNSの進化のカタチ（実装）
# 実装の多様化

- **djbdns**（1999年）
  - 後の実装で主流になった設計をいち早く採用
    - 権威DNSサーバーとフルリゾルバーのプロセス分離
    - シンプルで小さい権威DNSサーバー
    - フルリゾルバーにおけるソースポートランダマイゼーション、など
- その後、さまざまなDNSソフトウェアが公開
  - **PowerDNS**（1999年、2002年にオープンソース化）
  - **NSD**（2002年）・**Unbound**（2008年）
  - **Knot DNS**（2011年）・**Knot Resolver**（2016年）

# DNSの進化のカタチ（運用）
# 信頼性・利便性の向上（1/2）

- **IP Anycast**の適用
  - 負荷分散、冗長化、応答時間の短縮
  - 攻撃の局所化・効果抑制
- **IPv6トランスポート**への対応
  - IPv6でDNSサービスを提供

# DNSの進化のカタチ（運用）
# 信頼性・利便性の向上（2/2）

- **AAAAレコード**の登録・取り次ぎ
  - レジストリ・レジストラにおけるIPv6サポート
- **レジストリにおける更新間隔の短縮**
  - ドメイン名の利便性向上
    - .com/.net：2004年
    - .jp：2006年

JP DNSの更新間隔短縮の実施について
<https://jprs.jp/whatsnew/notice/before2011/200604-dns.html>

# まとめ：誕生当時のDNSとその進化のカタチ

- **軽量、かつシンプルなプロトコル**として誕生
- **インターネットの普及と共に進化**
- **プロトコル・実装・運用**の進化を経て、今日のDNSに
  - プロトコル：**機能の追加・新たなニーズ**への対応
  - 実装：BINDの時代から、**多様な実装**の時代に
  - 運用：**信頼性・利便性の向上**

# 2. 今日のDNSのカタチ

# このパートの内容

- DNSが今日を迎えるまでに起こった変化の内容と、それらの理由について解説する
  - 今日のDNSのカタチ
  - DNSに起こった変化
  - 変化の理由
  - まとめ：今日のDNSのカタチ

# 再掲：誕生当時のDNSのカタチ（プロトコル）

- **設計思想**
  - 動かすことが優先、悪意の存在を想定せず
- **データ形式**
  - 1セッションでやりとりされる問い合わせ・応答は1セット
  - 通信のやりとりは平文
- **問い合わせ方法**
  - 最初はUDPで、切り詰めを検出した後にTCPで再問い合わせ
  - 名前解決の際、クライアントから受け取った内容をそのまま問い合わせ
- **UDPメッセージサイズ最大値**
  - 問い合わせ・応答が1パケットに収まるよう、512バイトに制限

# 今日のDNSのカタチ（プロトコル）

- **設計思想**
  - **悪意の存在を想定、対策を追加**
- **データ形式**
  - TCP接続において、**複数の問い合わせ・応答のやりとりが可能に**
  - スタブリゾルバー⇔フルリゾルバー間の**通信を暗号化**
- **問い合わせ方法**
  - **最初からTCPで問い合わせ可能に**
  - 名前解決の際、**クライアントから受け取った内容を最小化**
- **UDPメッセージサイズ最大値**
  - 512バイトよりも**大きなサイズに拡大可能に**

# DNSに起こった変化（基本プロトコルの変更）

- **DNS Transport over TCP**（RFC 7766：2016年）
  - 最初からTCPで問い合わせ可能に
  - DNS over TLS・DNS over HTTPSの前提
- **edns-tcp-keepalive**（RFC 7828：2016年）
  - 1セッションで複数の問い合わせ・応答をやりとり可能に
- **EDNS0**（RFC 2671：2000年）
  - UDPメッセージサイズ最大値の拡大
  - DNSに機能拡張のための仕組みを提供

# DNSに起こった変化
# （DNS以外のサービスとの連携）

- **SPF**（RFC 4408：2006年）
  **DKIM**（RFC 4871：2007年）
  **DMARC**（RFC 7489：2015年）
  - 電子メールサービスとの連携
- **CAAレコード**（RFC 6844：2013年）
  - 証明書発行サービスとの連携
- **EDNS Client Subnet**（RFC 7871：2016年）
  - CDNサービスとの連携

# DNSに起こった変化（セキュリティ機能の追加（1/2））

- **DNSSEC**（RFC 4033～4035：2005年）
  - 公開鍵暗号技術を用いた署名を付加し、DNS応答の偽装を防止
  - ルートゾーンは2010年、.jpは2011年にDNSSECを導入

JPRSがJPドメイン名サービスにDNSSECを導入
<https://jprs.co.jp/press/2011/110117.html>

- **DNSクッキー**（RFC 7873：2016年）
  - DNSメッセージに小さなデータを付加し、通信相手を相互に認証

# DNSに起こった変化（セキュリティ機能の追加（2/2））

- **応答レートの制限（DNS RRL）**（2012年～）
  - 設定した条件により、権威DNSサーバー・フルリゾルバーからの応答レートを制限
  - DNSリフレクター攻撃の効果抑制
- **問い合わせレートの制限**（2014年～）
  - 設定した条件により、フルリゾルバーから権威DNSサーバーへの問い合わせレートを制限
  - ランダムサブドメイン攻撃の効果抑制

# DNSに起こった変化（プライバシー機能の追加）

- **DNS over TLS**（RFC 7858：2016年）
  **DNS over HTTPS**（RFC 8484：2018年）
  - スタブリゾルバー⇔フルリゾルバー間のDNS通信の暗号化
- **QNAME minimisation**（RFC 7816：2016年）
  - 権威DNSサーバーへの問い合わせ内容の最小化（秘匿）

# DNSに起こった変化（利用者のアクセス抑制）

- **DNS Response Policy Zones（DNS RPZ）**（2010年）
  - ポリシーにより、クライアントに返すDNS応答の内容を制御
  - DNSファイアウォールに利用可能
- **DNSファイアウォール**（2010年代～）
  - DNSを用いたアクセス制御（フィルタリング・ブロッキング）
  - 問い合わせの内容をチェックし、利用者のアクセスを抑制

# DNSに起こった変化（外部DNSサービスの登場）

- **パブリックDNSサービス**
  （Google Public DNS：2009年）
  - インターネット利用者に、**名前解決サービス**を提供
- **マネージドDNSサービス**
  （Cloudflare：2009年、Amazon Route 53：2010年）
  - ドメイン名登録者・管理者に、**ゾーン管理サービス**を提供

# ここまでに出て来た変化の項目

- 基本プロトコルの変更
- DNS以外のサービスとの連携
- セキュリティ機能の追加
- プライバシー機能の追加
- 利用者のアクセス抑制
- 外部DNSサービスの登場

それらの変化の理由は？

# 変化の理由（基本プロトコルの変更）

- **インターネットの変化に対応したい**
  - インターネット自身の変化に伴い、DNSに対する要求事項も変化
- 変化に対応するさまざまな仕組みを作りやすくするため、**プロトコル上の制限を緩和**

# 変化の理由（DNS以外のサービスとの連携）

- **DNSが提供する機能を、DNS以外のサービスでも利用したい**
- サービスの例
  - 電子メールサービス
  - サーバー証明書サービス
  - CDNサービス

# 変化の理由（セキュリティ・プライバシー）

- **セキュリティ・プライバシーに関する機能を追加したい**
  - 誕生当時、悪意の存在を想定していなかった
    - RFC 1034・1035には「security」「privacy」という単語はない
- 誕生当時のDNSにはなかった機能を、**後付けで追加**
- 後付けで追加したことで、以下の特徴を持つものが多い
  - 複雑なプロトコル仕様
  - 大がかりな実装
  - 体力を要する運用

# 変化の理由（利用者のアクセス抑制）

- **望まない相手には、接続させないようにしたい**
  - 本来は接続するために使うDNSを、**接続させないために使う**
- 接続させないようにするための機能を、後付けで追加

# 変化の理由（外部DNSサービスの登場）

- **サービス利用者とサービス提供者のニーズの一致**
  - 高機能・高性能・安定・安全なサービスの利用・提供
    - なぜ、パブリックDNSサービスは無償で提供されるのか？
- **DNS運用コストの増加**
  - DNSの多機能化
  - DNS運用に要求されるサービスレベルの高まり

# まとめ：今日のDNSのカタチ

- **インターネットの変化**を受け、**DNSのカタチも変化**
  - **みんなの期待に応える**（他のサービスとの連携）
  - **付け入られる隙をなくす**（セキュリティ・プライバシーへの対応）
  - **望まない相手には接続させない**（フィルタリング・ブロッキング）
  - **色々なことを高品質にこなす**（外部DNSサービス）

**「大人として振る舞う」**ことを要求されるようになった

| 「**DNSはもう限界**」と言われつつ[*1]、**20年以上が経過**した |
| --- |
| [*1] The DNS Today - Are we Overloading the Saddlebags on an Old Horse? – IETF 49 <https://www.ietf.org/proceedings/49/slides/PLENARY-3/sld001.htm> |

# 3. 明日のDNSのカタチとは

# このパートの内容

- 起こりつつある変化から今後起こりうる変化の兆しを捉え、明日のDNSのカタチについて考える
  - 起こりつつある変化
  - 今後起こりうる変化の兆し
  - 未来のDNSに望むこと
  - おわりに：明日のDNSのカタチとは

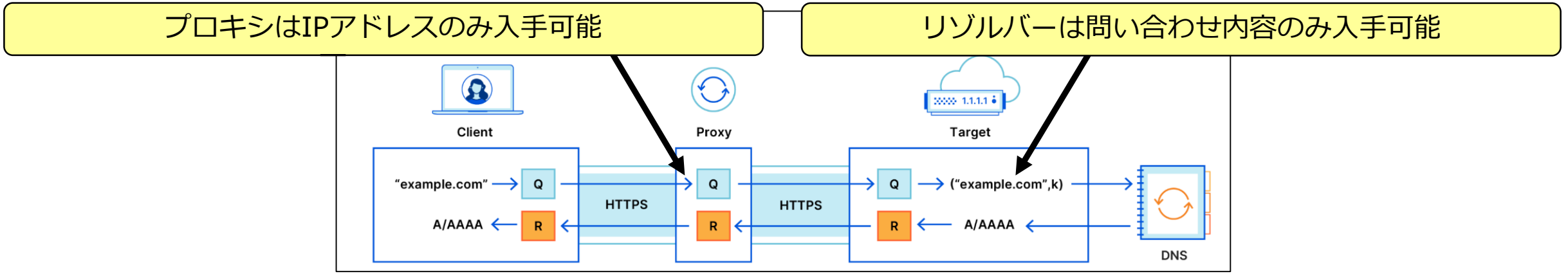
# 起こりつつある変化（HTTPSレコード）

- **HTTPSサービスに特化**した、**新しいリソースレコード**
- **HTTPSに関するさまざまなニーズを一度に実現**
  - ゾーン頂点の別名・Webサーバーの優先度設定・HTTPS接続情報の提供
- Chrome・Firefox・Safariは**既に実装済み**
  - Safariは**デフォルトで有効**

本日のDNS DAYで、アカマイ・テクノロジーズの松本陽一氏から
「HTTPSリソースレコードへの期待」の発表あり

# 起こりつつある変化（Oblivious DoH）

- **利用者のプライバシーを保護するための仕組み**
- IPアドレスとDNS問い合わせ内容を、**同時に入手されないようにする**
  - クライアントとリゾルバーの間にプロキシを追加
  - クライアントとリゾルバーがエンドツーエンドでデータを暗号化・復号
- Appleが**iCloud Private Relay**で採用




図の引用元：<https://blog.cloudflare.com/oblivious-dns/>

# 変化の理由

- HTTPSレコード・Oblivious DoHはいずれも、**インターネットのサービス形態・利用形態の変化**への対応と言える
  - HTTPSレコード：サービス形態の変化
  - Oblivious DoH：利用形態の変化
- 今後起こるであろう変化も、インターネットのサービス形態・利用形態の変化が鍵になると考えられる

インターネットに今後起こり得る変化は何か？

# 今後起こり得る変化の兆し

- 変化のヒント（キーワード）
  - 例：一対一の通信→一対多の通信→**多対多の通信**
  - 例：**移動体通信**の更なる強化（5G・6G）
- それらに伴う、**名前空間の位置づけ**の変化
  - 例：**情報指向ネットワーク（ICN）**
    - ユーザーはサーバーではなく、コンテンツ名を指定してコンテンツ取得を行う[*1]

[*1]情報指向ネットワークがもたらす可能性と研究課題
<https://www.nict.go.jp/publication/shuppan/kihou-journal/houkoku-vol61no2/K2015N-06-01.pdf>

利用者が直接にはDNSを使わなくなる未来もあり得る

# 利用者が直接にはDNSを使わなくなる未来

- 利用者が直接にはDNSを使わなくなるのであれば、
  「**覚えやすく使いやすい名前を提供する**」という、DNSのそもそもの目的が変わってくる可能性がある
- 目的の変化に対応した**新しいネーミングサービス**が開発され、広まるかも知れない
  - **TCPに対するQUIC**のような形
  - **ルーティングサービスとの連携**も
    - CDNサービスとの連携やHTTPSレコードは、その方向性の一つと言える

# 未来のDNSに望むこと

- 新しいネーミングサービスがもし開発されるとしたら、DNSのこれらの問題が解決されてほしい
  - **データの更新に冷たい**：データを更新したら、能動的に伝えたい
  - **運用ミスに冷たい**：うっかり公開したデータを取り消せてほしい
  - **切り替えがルーズ**：「いつ切り替わります」とはっきり言いたい

いずれも、私が30年以上悩んできた問題
（他にもいろいろあるけど、特に何とかしたい）

# おわりに：明日のDNSのカタチとは

- **明日のDNSは、まだDNS**であろう
  - 「もう限界」と言われつつ、20年以上が経過
- しかし、今後**インターネットのサービス形態・利用形態の変化に対応した新しいネーミングサービス**が開発され、利用者はそれを使うようになるかもしれない
- 利用者が直接使わなくなったとしても、**インターネットを支える基盤技術**としての、DNSの重要性は変わらない

**明日の、そして未来のインターネットを支えるため、一緒に頑張っていきましょう**

# 最後までご視聴いただき
# ありがとうございました！

<https://jprs.jp/tech/>

@JPRS_official

JPRSofficial