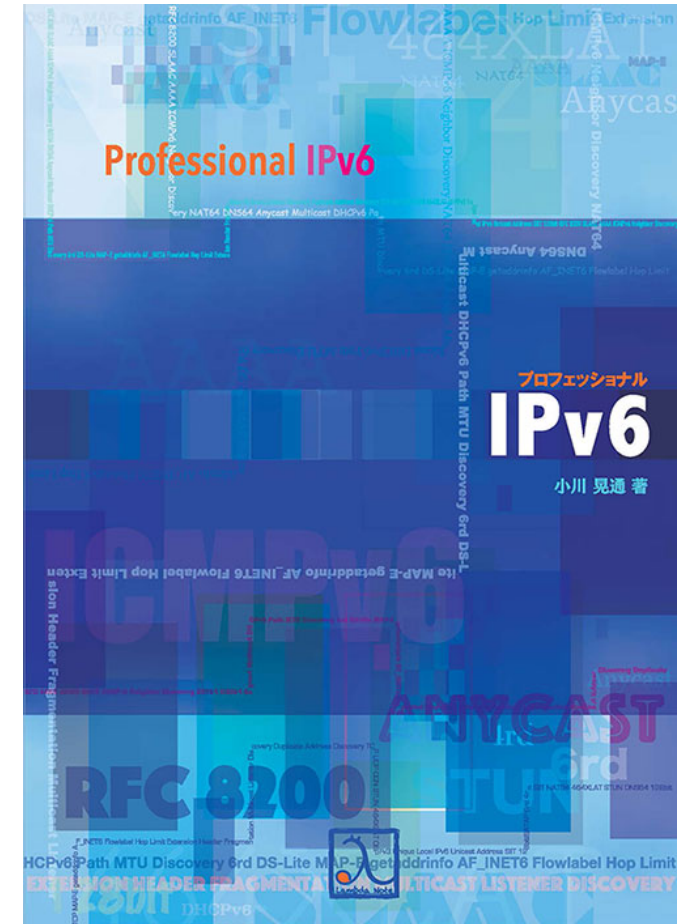


IPv6ははじめの一步

小川晃通

自己紹介：プロフェッショナルIPv6

- **電子版は無料です。**
 - 有料版(5000円)とコンテンツは一緒です。
- **456ページあります。**
- **「プロフェッショナルIPv6」で検索！**



でも、、、

- **プロフェッショナルIPv6を全部読むのは、おそらく苦痛です**
 - 既に推奨されていない技術と、なぜそれが推奨されないのかなど、非常に細かい話も含まれているため、全部読む必要がある人は、稀かも知れません
- **今回は、「これからIPv6を学ぶ人」が「最初の一歩」を踏み出すための手助けを目指します**

目次

- IPv6とIPv4のデュアルスタックの話
- IPv6基本プロトコル（ざっと）
- その他いろいろ
 - ICMPv6とNDP
 - IPv6アドレスの自動設定
 - マルチプレフィックスに関連する話
 - IPv4とIPv6の共存技術
 - IPv6とセキュリティ

IPv4とIPv6のデュアルスタック

- **実際は、IPv4とのデュアルスタックでの運用が多い**
 - IPv6だけではない
 - IPv6とIPv4との違いがポイントにも
- **IPv4とIPv6の間には直接的な互換性がない！！！！**

IPv6対応

- IPv4という既存環境に加えて、**「IPv6にも対応する」**という状況が多い
- IPv6という、IPv4とは全く異なるプロトコルにも対応する

2つだけど、ひとつ

- **インターネットは、ひとつ**
- **でも、IPv4インターネットとIPv6インターネットは、別々のネットワーク！**

- **名前空間が、ひとつ**
 - **DNSが大きな役割**
 - **IPv4とIPv6のデュアルスタックを「ひとつ」に見せている**

IPv6とIPv4のどっちを使う？

- **選ぶのはユーザ側の端末**
- **選択方法の例**
 - **Happy Eyeballs**

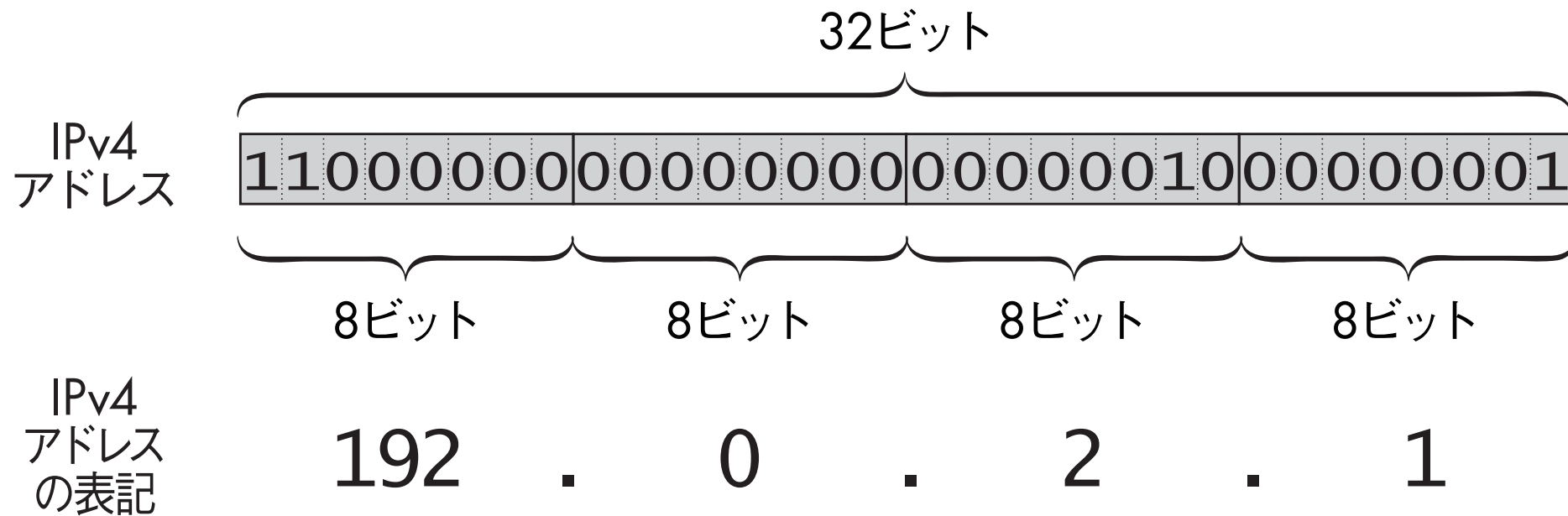
IPv6概要

IPv6の基本的なところ

- **IPアドレスが128ビット**
 - IPv4アドレスは32ビット
 - IPアドレス空間は、IPv4の2の96乗倍！
- **今回詳しくご紹介**
 - IPv6アドレスのテキスト表記など
 - IPv6ヘッダの構造
- **これらは、比較的、すんなりと勉強しやすいと思います**

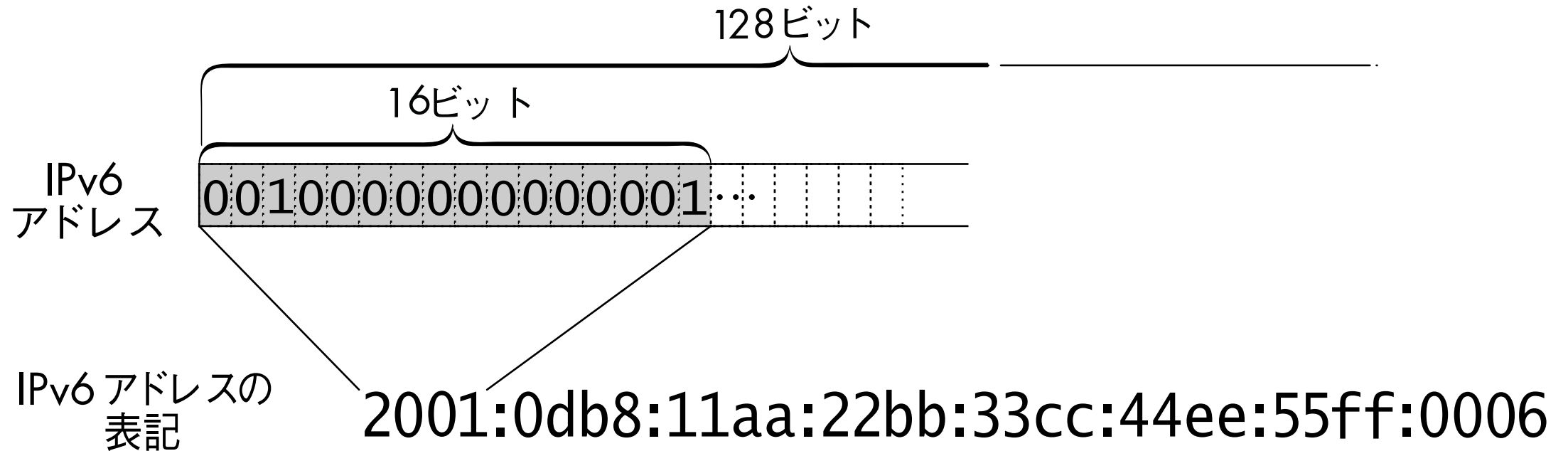
IPv6アドレスの テキスト表記

IPv4のテキスト表記： ドット付き十進表記 (dotted decimal notation)



IPv6のテキスト表記

- 16ビットごとに「:」で区切って表記
- 16進数表記



IPv6アドレステキスト表記での省略

複数の16ビットフィールドにわたって0が続く場合、「::」という表記で省略してもよい

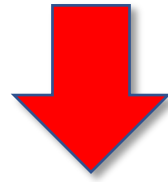
2001:0db8:0000:0000:0000:0000:55ff:0001

連続するゼロを :: で省略可能

2001: db8 :: 55ff:1

(例) localhostの場合

0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001



::1

IPv6基本仕様

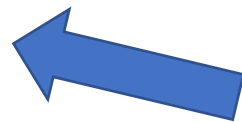
RFC 8200

RFC 8200に記載されている内容

- IPv6ヘッダフォーマット
- IPv6拡張ヘッダ

- **その他**

- パケットサイズに関して
- 上位レイヤーでのIPv6対応に関して
- セキュリティ関連 (Security Issues)
- フローラベル
- トラフィッククラス



IPv6ヘッダとIPv6拡張ヘッダが肝！

IPv4とIPv6のヘッダを比較

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		IHL		Type of Service				Total Length																							
Identification						Flags		Fragment Offset																							
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		Traffic Class				Flow Label																									
Payload Length										Next Header						Hop Limit															
Source Address																															
Destination Address																															

Versionフィールド

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version				IHL				Type of Service				Total Length																			
Identification								Flags				Fragment Offset																			
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version				Traffic Class								Flow Label																			
Payload Length												Next Header								Hop Limit											
Source Address																															
Destination Address																															

ToSとTraffic Class TTLとHop Limit

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		IHL		Type of Service				Total Length																							
Identification						Flags		Fragment Offset																							
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		Traffic Class				Flow Label																									
Payload Length												Next Header										Hop Limit									
Source Address																															
Destination Address																															

TTLとHop Limit

- **IPv4が規定されたRFC 791にあるTTLの記述**
 - TTLフィールドに指定される単位は「秒」
 - 元々のIPv4の仕様では、そのパケットが生存し続けられる「時間」を秒単位で示す
- **RFC 791 には、パケットを転送するたびに最低でも1はTTLの値を減算することを求めている**
 - 実際は秒数ではなく、ホップ数としての実装に

宛先&送信元IPアドレス

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		IHL		Type of Service				Total Length																							
Identification								Flags		Fragment Offset																					
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		Traffic Class				Flow Label																									
Payload Length												Next Header						Hop Limit													
Source Address																															
Destination Address																															

Header Checksum

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		IHL		Type of Service				Total Length																							
Identification								Flags		Fragment Offset																					
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		Traffic Class				Flow Label																									
Payload Length												Next Header						Hop Limit													
Source Address																															
Destination Address																															

IPv4フラグメンテーション関連

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		IHL		Type of Service				Total Length																							
Identification								Flags		Fragment Offset																					
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		Traffic Class					Flow Label																								
Payload Length										Next Header										Hop Limit											
Source Address																															
Destination Address																															

IPv4のIPヘッダオプション

IPv6ヘッダは40オクテットの固定長！

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		IHL		Type of Service				Total Length																							
Identification								Flags		Fragment Offset																					
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

※ IHL (Internet Header Length)

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		Traffic Class				Flow Label																									
Payload Length								Next Header				Hop Limit																			
Source Address																															
Destination Address																															

Total LengthとPayload Length

IPv6ではIPv6ヘッダを含まないペイロード長

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version	IHL	Type of Service	Total Length																												
Identification												Flags	Fragment Offset																		
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version	Traffic Class				Flow Label																										
Payload Length												Next Header						Hop Limit													
Source Address																															
Destination Address																															

IPv4のように、ヘッダサイズが可変ではない

ProtocolとNext Header

非常に大きな特徴！

IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		IHL		Type of Service				Total Length																							
Identification								Flags		Fragment Offset																					
Time to Live				Protocol				Header Checksum																							
Source Address																															
Destination Address																															
Options (可変長。32ビットの整数倍でない場合は末尾にパディング)																															

IPv6

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version		Traffic Class				Flow Label																									
Payload Length												Next Header						Hop Limit													
Source Address																															
Destination Address																															

Next Header

- IPv6仕様の設計思想を強く示している要素
- Next Headerという抽象化がIPv6の大きな特徴
- Next Headerは「次のヘッダ」である
 - TCPやUDPなどのプロトコルも「次のヘッダ」
 - IPv6拡張ヘッダも「次のヘッダ」

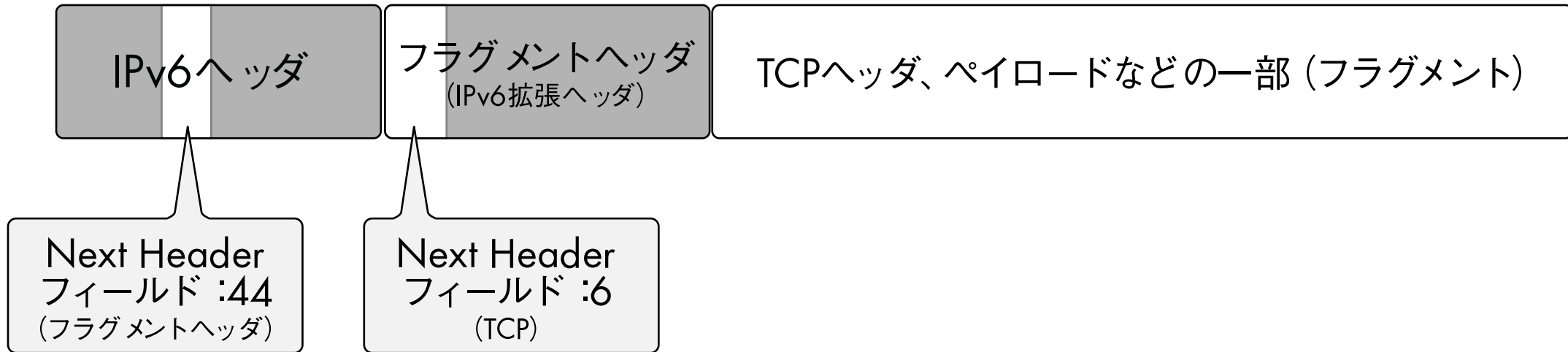
IPv6拡張ヘッダ

- **IPv6ヘッダの機能を拡張できるようにするための仕組み**
 - IPv6の大きな特徴
- **IPv6ヘッダが固定長**
 - IPv4ヘッダにあるような可変長のオプションフィールドがない
 - さまざまな機能を持たせることを実現しているのが、IPv6拡張ヘッダ
- **IPv6 パケットは0個もしくは複数個のIPv6拡張ヘッダを持てる**
 - IPv6 拡張ヘッダはIPv6パケットに必須の要素ではない
 - 1つのIPv6パケットに対して複数のIPv6拡張ヘッダを追加できる
- **IPv6拡張ヘッダの中にも、Next Headerフィールドがある**

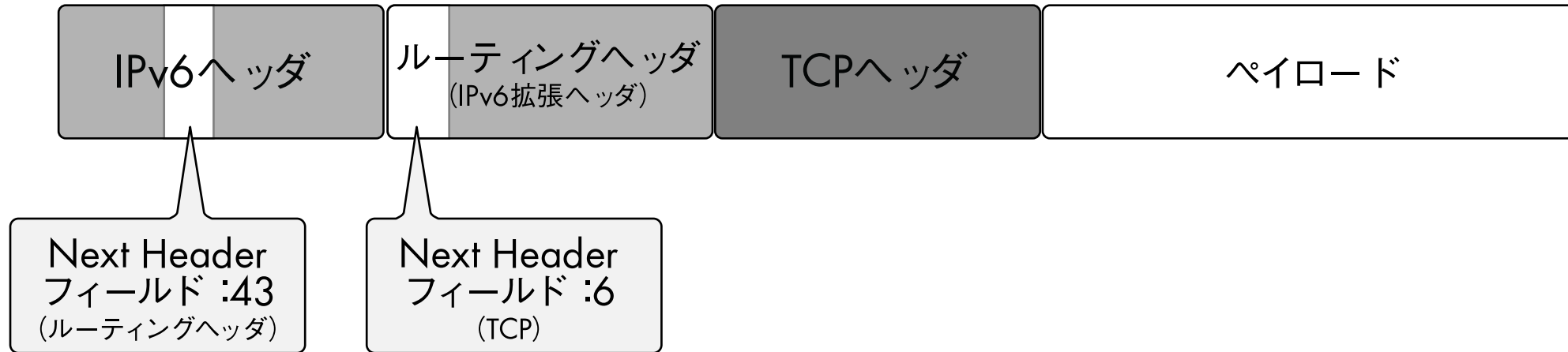
IPv6ヘッダの次がTCPの場合



IPv6ヘッダの次が フラグメントヘッダの場合



ルーティングヘッダとTCPヘッダ



その他いろいろ

ICMPv6 と NDP

- **個人的な感想として、最も厄介な部分**
- **Neighbor Discovery Protocol**
 - **素直にも思える瞬間も**
 - **IPv6アドレスの自動設定の話や、マルチプレフィックスの話が登場しはじめると難易度が急激に上昇**

IPv6アドレスの自動設定

- **IPv6アドレスの自動設定**

- SLAAC + RFC 8106(RFC 6106)
- SLAAC + ステートレスDHCPv6
- ステートフルDHCPv6

- **IPv4のDHCP と DHCPv6 は色々違う**

- **DHCPv6-PDによるネットワークプレフィックスの委任**

- **インターフェース識別子の設定方法**

- 拡張EUI-64
- RFC 7217の拡張EUI-64を使わない方式
- 一時的なIPv6アドレス

マルチプレフィックスに関連する話

- **ひとつのネットワークインターフェースに複数のIPv6アドレスを設定できる**
- **いろいろな組み合わせ**
 - **送信元IPv6アドレス選択**
 - **宛先IPv6アドレス選択**
 - **Next Hop選択**
 - **キャッシュDNSサーバ選択**

IPv4とIPv6の共存技術

- **様々なものがある**

- NAT64、DNS64、DS-Lite、6rd、464XLAT、MAP、その他色々

- **用途がそれぞれ違う**

- 全てを勉強する必要はない
- いくつかを勉強するとIPv4とIPv6の違いを理解するきっかけになる？

IPv6とセキュリティ

- IPv4にはないセキュリティホールがIPv6に存在していることも
 - **IPv6固有**のセキュリティホール
- IPv4とIPv6のどちらかの設定に抜けがあると、そこが脆弱になる場合も
- **RFC 7381**
 - IPv6はIPv4よりもセキュアというわけではない
 - 最大の脅威はセキュリティを確保しながら運用できる経験の不足
 - IPv6は新しいからIPv4よりセキュアであると信じている人もいるがそれは間違い

おまけ

おまけ：IPv6解説YouTubeもやっています！

• <https://www.youtube.com/user/geekpage>

IPv6アドレス スキャン攻撃

IPv4インターネット43億倍の
サブネット空間をスキャンできる？
広大なアドレス空間から
アクティブなIPv6アドレスを
効率的に探す方法

A man in a black t-shirt with 'FUNDAMENTALS' on it is pointing upwards with his right hand. The background is black.

IPv6入門

ややこしい
IPv6アドレスの
自動設定

A man in a black t-shirt with 'FUNDAMENTALS' on it is resting his chin on his hand, looking thoughtful. The background is blue.

IPv6アドレスの自動設定を 構成する基礎技術

RAとRS

Router Advertisement Router Solicitation

A man in a black t-shirt with 'FUNDAMENTALS' on it is smiling. The background is blue.

「インターフェース識別子」 という名称の謎と Modified EUI-64による IPv6アドレス生成

A man in a black t-shirt with 'FUNDAMENTALS' on it is smiling. The background is blue.

リンクローカルアドレス

fe80で始まる
IPv6アドレス
何で%を付ける？

A man in a black t-shirt with 'FUNDAMENTALS' on it is smiling. The background is white.

MACアドレス の再利用は、 みんなが 思っているよりも はるかに一般的

A man in a black t-shirt with 'FUNDAMENTALS' on it is making a surprised expression with his hands raised. The background is blue.