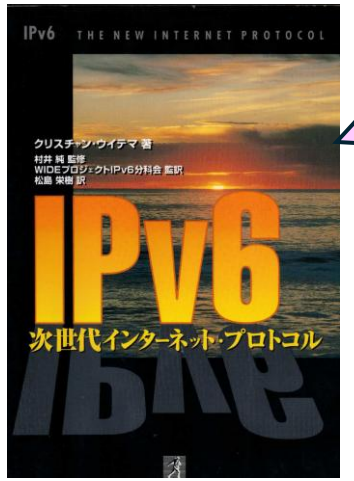
見落とされがちなネットワーク監視 ～ IPv6見てますか?

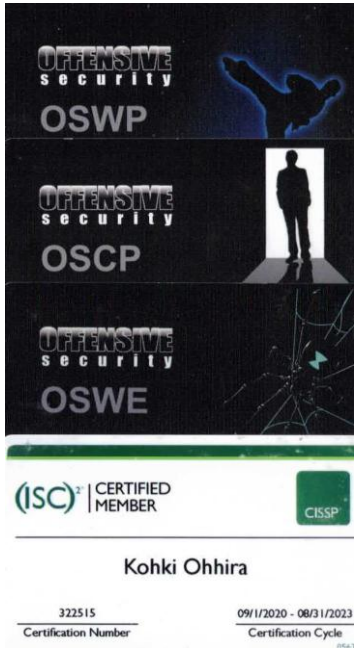
デジタル庁 大平浩貴 ／ 東京科学大学 北口善明

自己紹介（大平）

- 現在デジ庁に所属
  - **今回の発表は個人によるものであり、所属組織とは無関係です。**
- IAjapan IPv6ディプロイメント委員
  - IPv6の存在を初めて知ったのはこちらの本から
- スキル：セキュリティ屋（Red Team）
  - サイバー攻撃技術を専門
  - レッドチーム立ち上げ
  - レッドチームスキルの習得や活用
  - OSWE/ OSCP/ OSWP/ CISSP



初めて読んだ
v6本



お願い

- 悪用すれば犯罪になる
  - 学習はみんなの安全を守るために行う（侵入を目的としない）
  - 確認は自身の閉鎖ネットワークの中で、会社では経営者の許可を得て行う
  - 許可を得ていない他ネットワークに対しては決して行わない

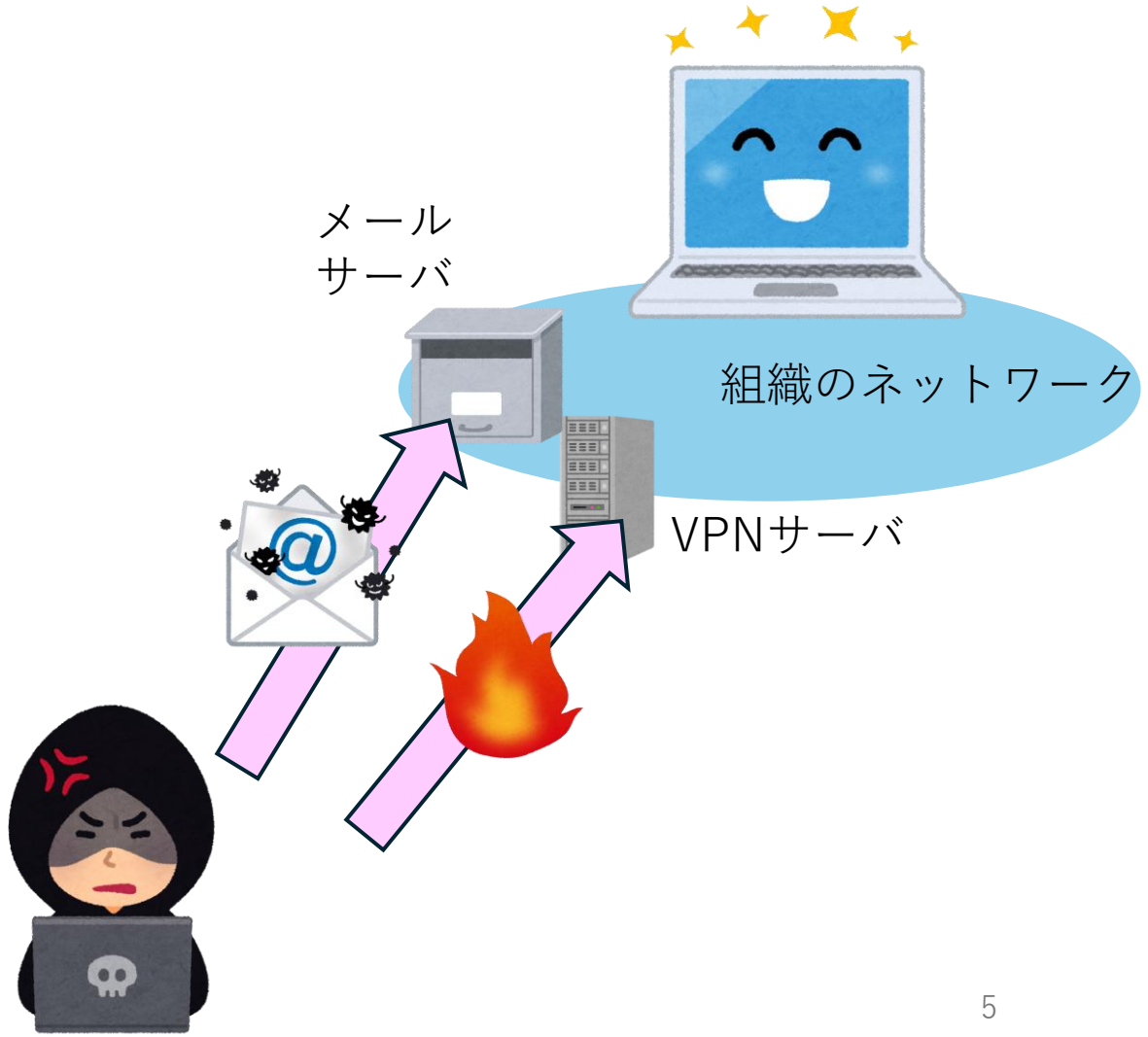
今日、焦点をあてること

IPv6を監視するために
IPv6を理解しよう

サイバー攻撃を監視するために
サイバー攻撃を理解しよう

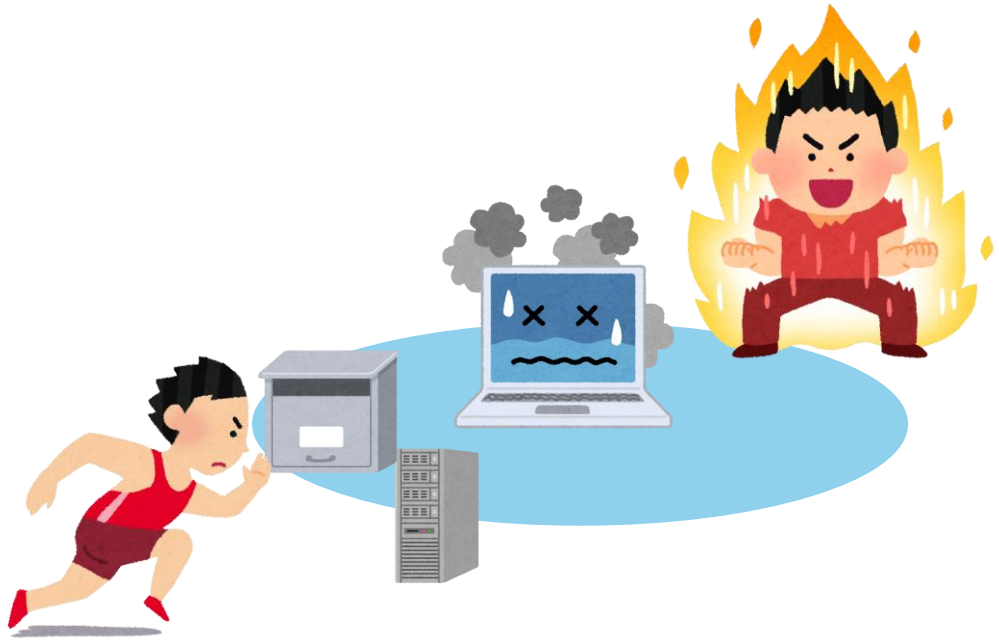
前提

- 企業等の組織ネットワーク
  - 境界防御のモデルで説明してまいります



サイバー攻撃の情報を自習するテクニック

今日、焦点をあてる侵入



今回焦点をあてるサイバー侵入
1. 外部から内部に侵入して
2. イントラネット内で感染拡大

2つの方法を紹介

- IPAによる今年の１０大脅威を使って学習する

- MITRE ATT&CKを使って学習する

外部から組織内に侵入する活動を2025年の10大脅威からピックアップ

順位	組織向け脅威	初選出年	10大脅威での取扱
1	ランサム攻撃による被害	2016年	10年連続10回目
2	サプライチェーンや委託先を狙った攻撃	2019年	7年連続7回目
3	システムの脆弱性を突いた攻撃	2016年	5年連続8回目
4	内部不正による情報漏えい等	2016年	10年連続10回目
5	機密情報等を狙った標的型攻撃	2016年	10年連続10回目
6	リモートワーク等の環境や仕組みを狙った攻撃	2021年	5年連続5回目
7	地政学的リスクに起因するサイバー攻撃	2025年	初選出
8	分散型サービス妨害攻撃（DDoS攻撃）	2016年	5年ぶり6回目
9	ビジネスメール詐欺	2018年	8年連続8回目
10	不注意による情報漏えい等	2016年	7年連続8回目

https://www.ipa.go.jp/security/10threats/10threats2025.html

イントラネット内で感染拡大する脅威を2025年の10大脅威からピックアップ

順位	組織向け脅威	初選出年	10大脅威での取扱
1	ランサム攻撃による被害	2016年	10年連続10回目
2	サプライチェーンや委託先を狙った攻撃	2019年	7年連続7回目
3	システムの脆弱性を突いた攻撃	2016年	5年連続8回目
4	内部不正による情報漏えい等	2016年	10年連続10回目
5	機密情報等を狙った標的型攻撃	2016年	10年連続10回目
6	リモートワーク等の環境や仕組みを狙った攻撃	2021年	5年連続5回目
7	地政学的リスクに起因するサイバー攻撃	2025年	初選出
8	分散型サービス妨害攻撃（DDoS攻撃）	2016年	5年ぶり6回目
9	ビジネスメール詐欺	2018年	8年連続8回目
10	不注意による情報漏えい等	2016年	7年連続8回目

https://www.ipa.go.jp/security/10threats/10threats2025.html

2つの方法を紹介

- IPAによる今年の１０大脅威を使って学習する

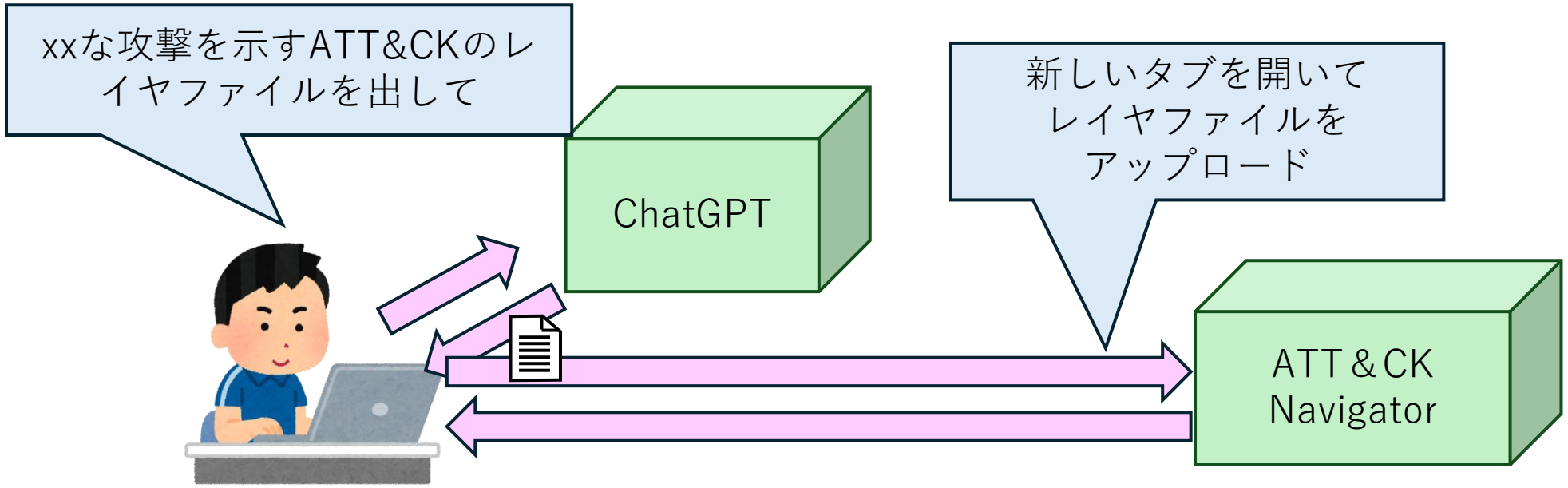
- MITRE ATT&CKを使って学習する

MITRE ATT&CK ってなぁに？

- MITREとは
  - 米国政府から資金提供されている非営利団体
  - 国家・自治体・重要プロジェクト（航空・宇宙・教育等）の安全を扱う
  - 脆弱性を識別するCVEを管理する

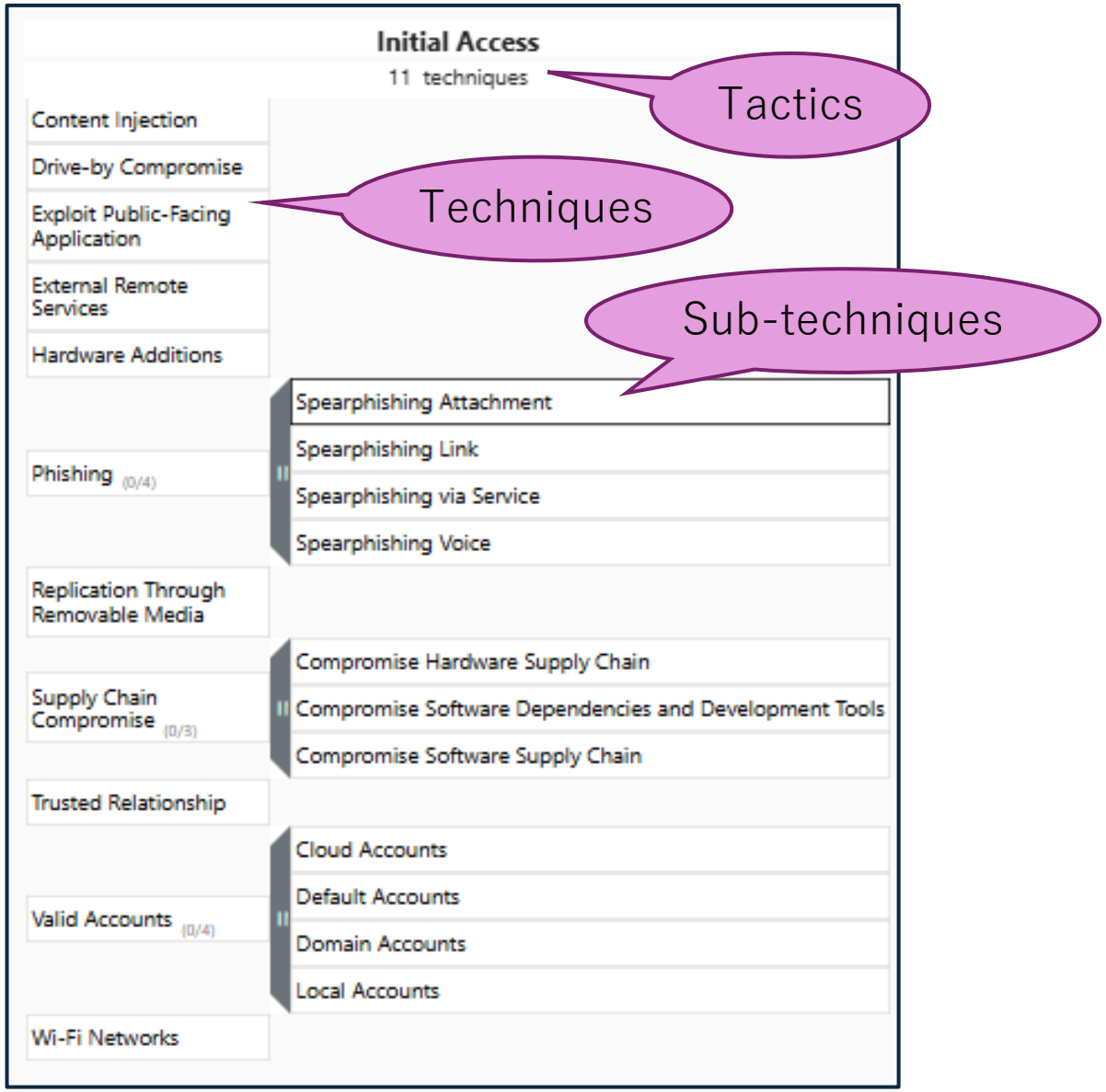
- MITRE がサイバー攻撃を体系化＆解説したのがATT&CK

ATT＆CKを用いた学習の流れ



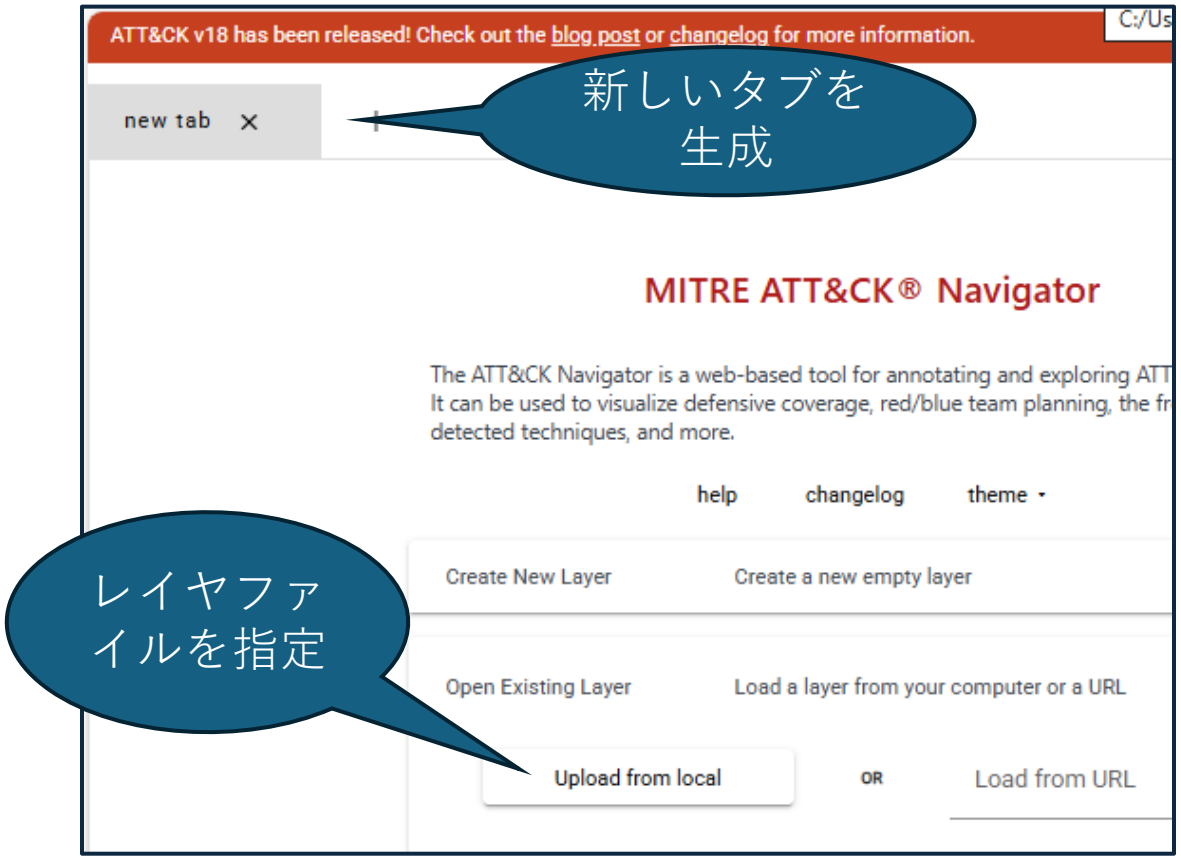
1. LLMなどで「xxな攻撃を示すATT&CKのレイヤファイルを出して」と依頼
2. それをATT＆CK Navigatorの「新しいタブ＋アップロード」から送信する
3. ATT＆CK Navigator の特定の攻撃が着色されて一目でわかる

Attack Navigator と各項目について



- ATT&CK Navigator
  - https://mitre-attack.github.io/attack-navigator/
- 階層構造
  - 第1層：Tactics（戦術）
  - 第2層：Techniques（技術）
  - 第3層：Sub-techniques（部分の技術）
- （Sub-）Techniquesを[右クリック]→[View technique]
  - 攻撃の解説

ATT&CK Navigator にレイヤファイルを投入

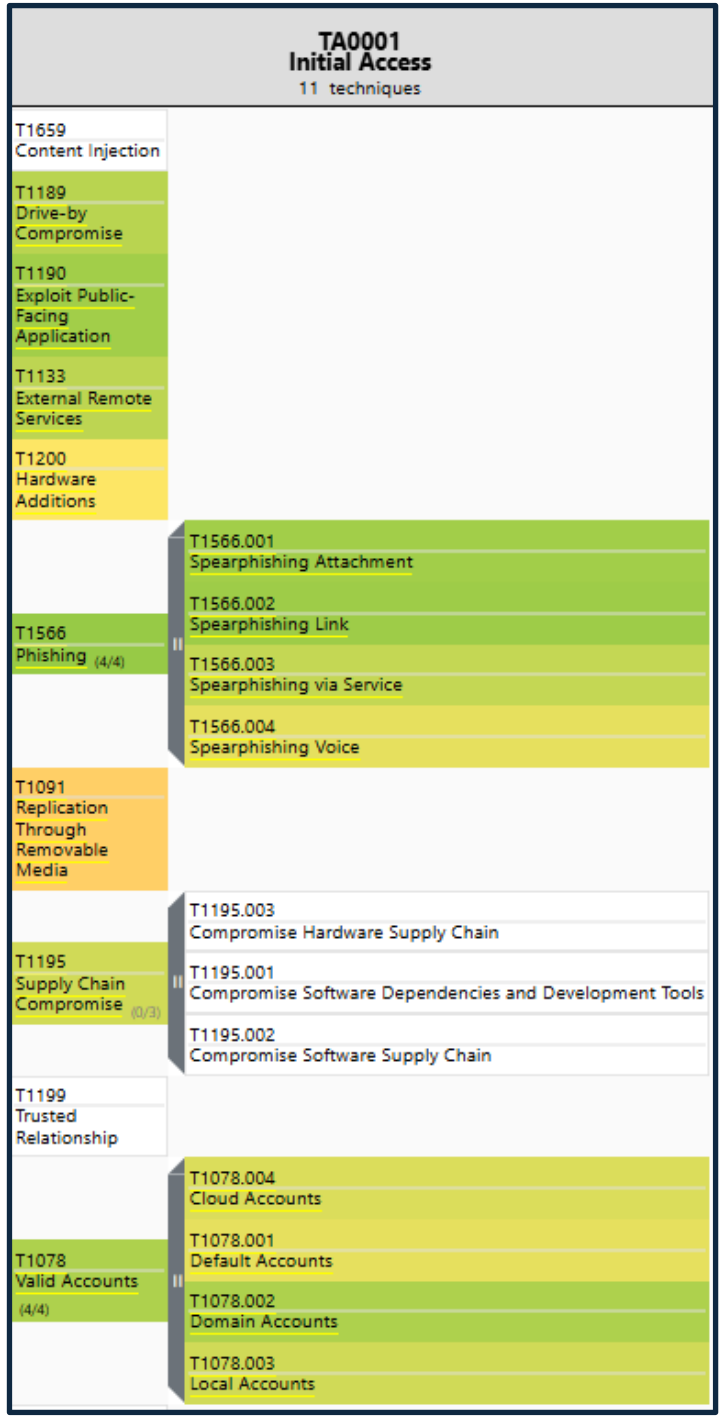


- レイヤファイルを投入すると、特定の攻撃を着色できる
- 今回のレイヤファイルは２つ
  - 外部から侵入する攻撃
  - 内部で感染拡大する攻撃
- 新しいタブを生成して
- そのレイヤファイルを、[Upload from local]から流し込む

外部から初期侵入する脅威をピックアップ

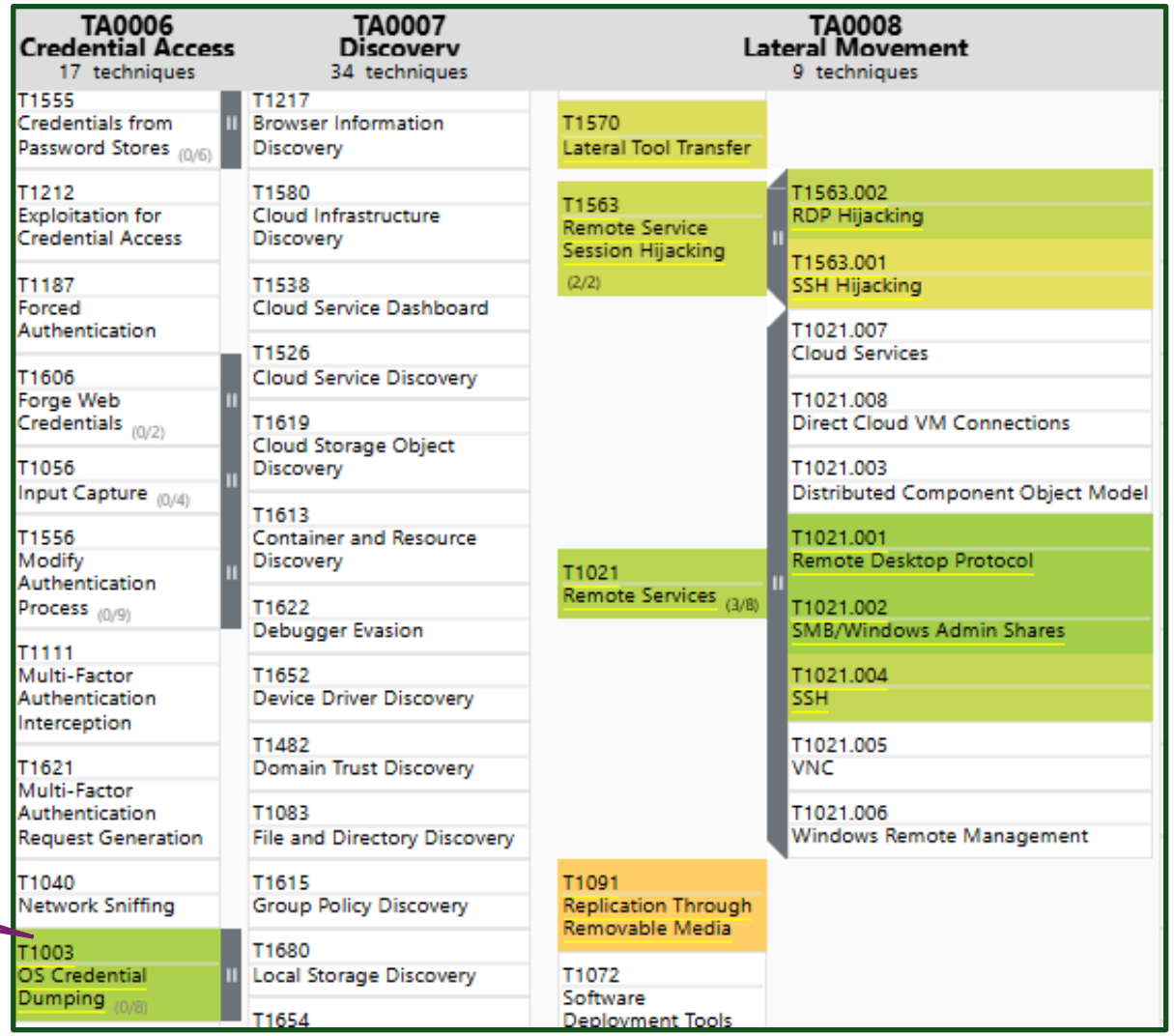
- 右図のように初期侵入にかかわるものをスコア付きで記載
  - 濃い緑(Score 90)～橙色（Score 40）

- もっと制限すればもっと実用的に
  - 例１：VPNルータの脆弱性を用いた初期侵入
  - 例２：メールを用いた初期侵入



イントラ内で感染拡大する脅威をピックアップ

- Lateral Movement に関連するアクセスは[TA0008 Lateral Movement]に含まれる
- それ以外にも関連するものもある



OS Credential の奪取

外部から侵入と内部で感染拡大の基本

外部から内部に侵入される基本スタイル

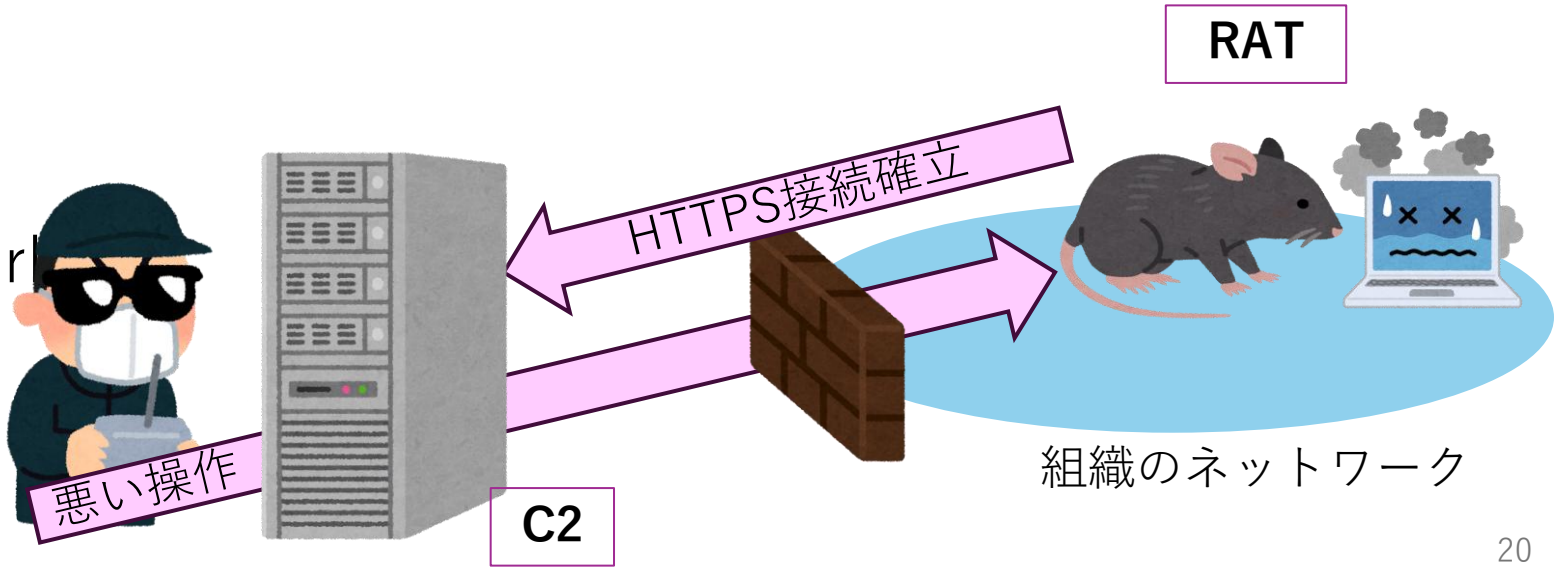
うちにはFirewallがあるから
外部から内部にアクセスできないよ

- 攻撃者が使用する**C２とRAT**がFirewallを超えてしまう

名称	接続	役割
C2 (Command & Control)	サーバー (レスポンダ)	主にインターネット上にあり、RATに対して指示を送る
RAT (Remote Administration Tools)	クライアント (イニシエータ)	侵入先コンピュータ上で動き、C2と通信して命令を受け、攻撃行動をとる **遠隔操作ウィルス**とも呼ばれる

外部から構内網に侵入される流れ

- 侵入と遠隔制御の例
  1. RATをメールの添付ファイルとして送り付ける
  2. 被害者が添付ファイルを実行してしまう
  3. RATからC2にアクセスする（httpsアクセス・DNSアクセスなど）
  4. C2は折り返しでRATに対して動作指示を送る。
- RAT/C2の例
  - Cobalt Strike
  - Metasploit Framework



組織網内部で感染拡大ってどういうこと？

- 組織内には貴重な情報がある
  - サーバアクセスのBookmark
  - 最近使ったファイル
  - リモートへのシンボリックリンク
  - VPNのクレデンシャル
  - ADのクレデンシャル
  - 業務統合パッケージのクレデンシャル
  - 内作Webアプリのクレデンシャル
- 感染範囲を広げる
  - 昇格
  - ラテラルムーブメント
  - ピボッティング
- 攻撃者にとっての利益を得ていく
- 対策としては、EPP、EDR、SIEM、脅威ハンティングなどを用いる

北口先生へハンドオーバー

21分

3、侵入の実例

検証1
LAN内ホストの発見法

[LAN内ホスト発見]IPv6スキャンの難しさと克服

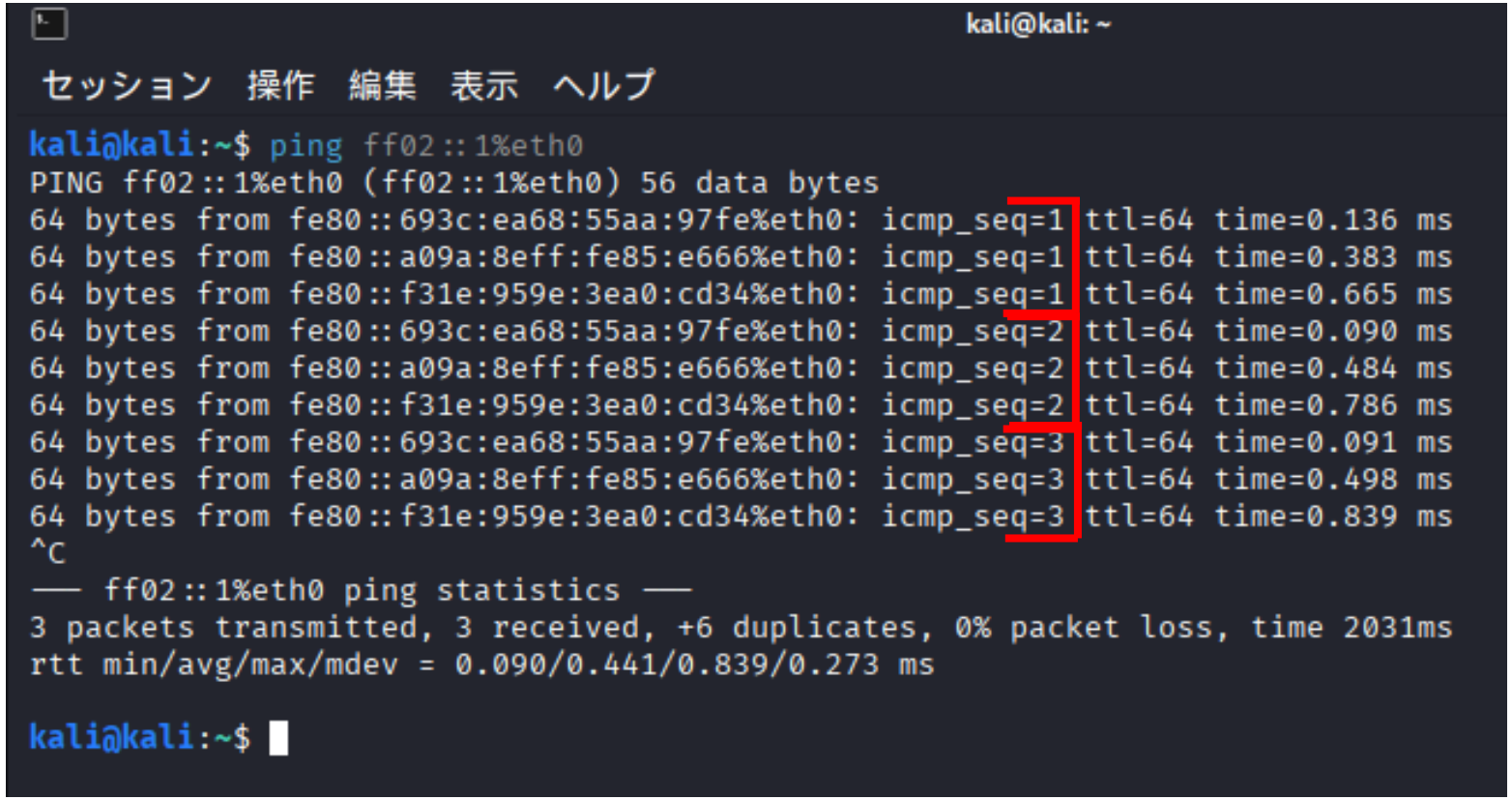
- IPv4のLAN検索
  - 例：192.168.222.0/24、1～254まで254回試行すればよい。
- IPv6のLAN検索
  - 例：/64のネットワークで、::～::ffff:ffff:ffff:ffffまで、≒1.8×10^19
    1アドレスを1秒で確認すると、5800億年かかる

- テクニック：RFC7707を読もう
  - 背景知識：アドレスの振られ方： 4.1節（4.1.1～4.1.5）
  - 基本検索法：4.2節～4.6節
  - 応用検索法（さらに思考を広げた検索法）：5.1節～5.11節
  - 全部のまとめ：6章

[近隣ホスト発見] pingで見よう

- pingをLANのオールノードマルチキャストに送る

ping ff02::1% I/F名

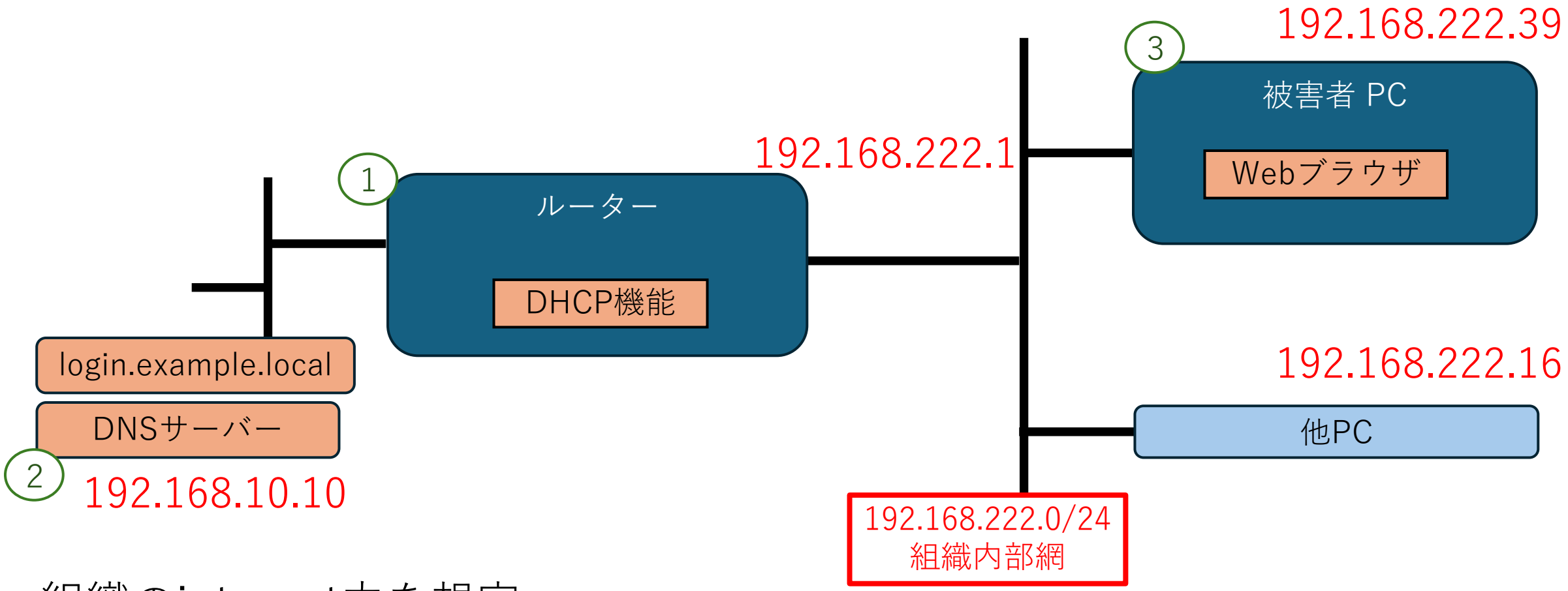


さらに検索

- ホストを発見したら、すぐに ip n (neighbor の略であり、arp やndpのテーブルを参照) する
- 新しいprefixでRAを配布する
  - IPv6のアドレス設定されるが、その際に DADが走行してIPv6アドレスが判明する
- その他の発見法
  - ペリフェラルなどのサービス発見プロトコル
    - mDNS、ssdp、WSD、SLP を使うなど
  - nmap
    - IPv4の単純なポートスキャンだけでなく、アプリバージョンやscriptを用いた高度検索もできる

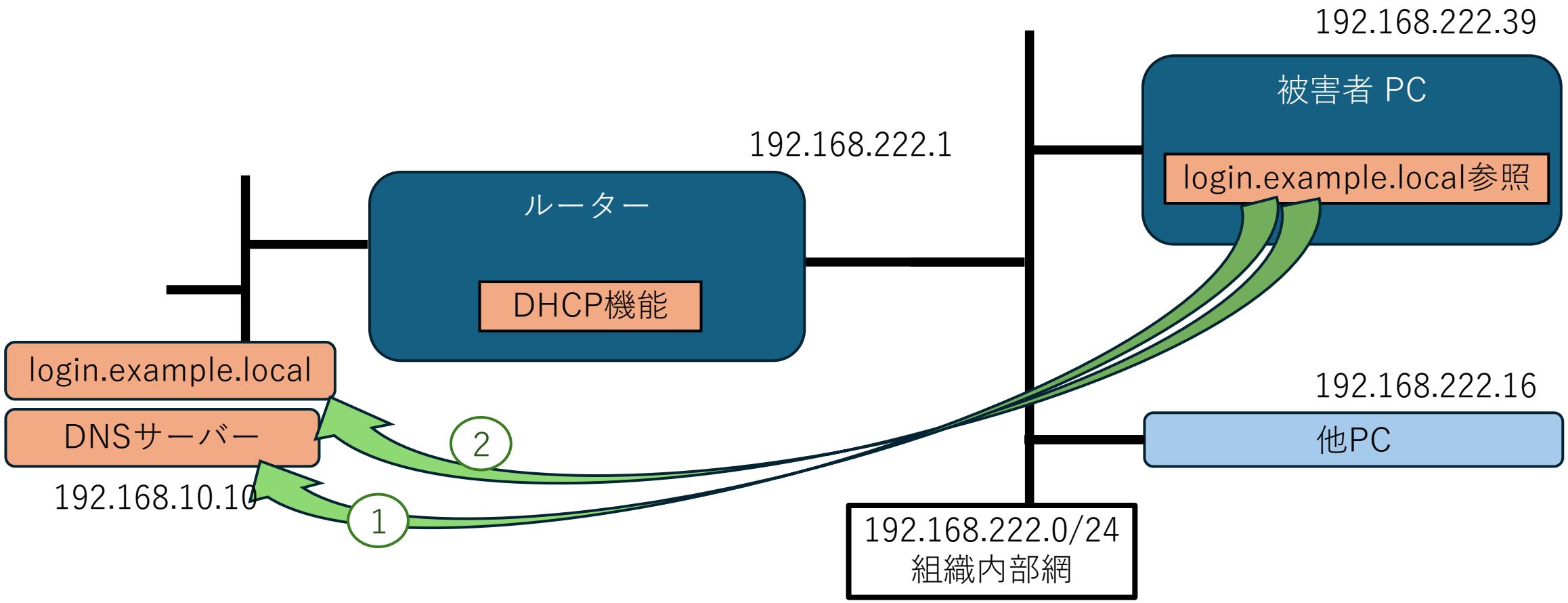
検証２
社内Webサービスの乗っ取り
（偽サーバの設置）

[乗っ取りデモ] IPv4のみを扱うネットワーク



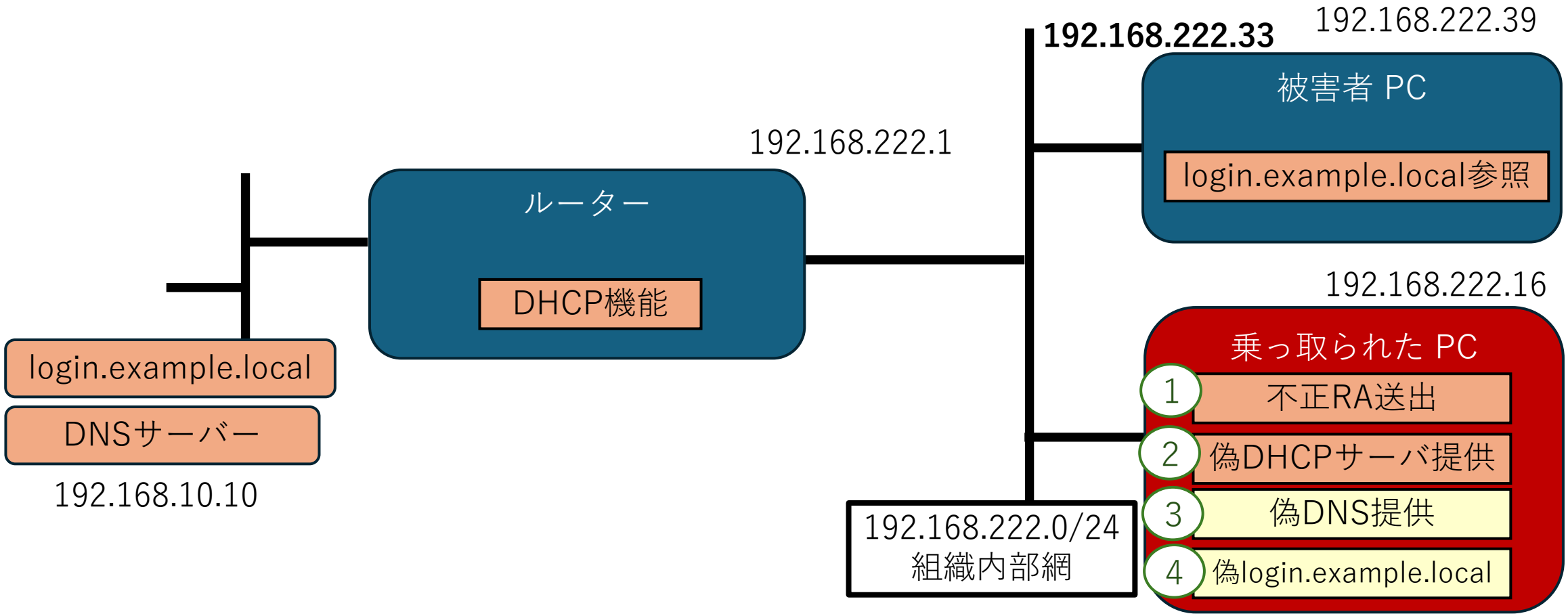
- 組織のintranet内を想定
  - ルーター
  - 社内サーバ（Web・DNS）
  - 被害者となるユーザーのPC

[乗っ取りデモ] IPv4のみを扱うネットワーク



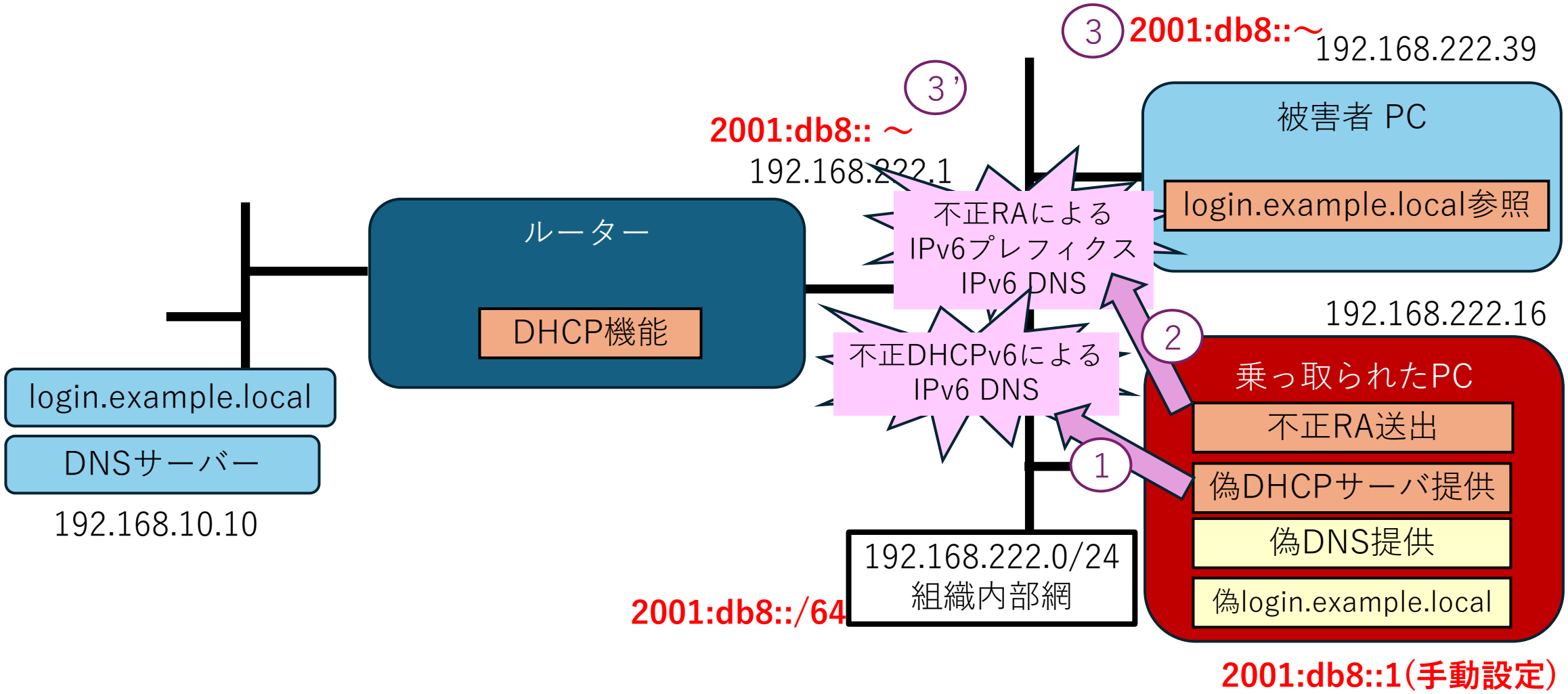
- ユーザーはlogin.example.localを参照

[乗っ取りデモ] IPv4のみを扱うネットワーク



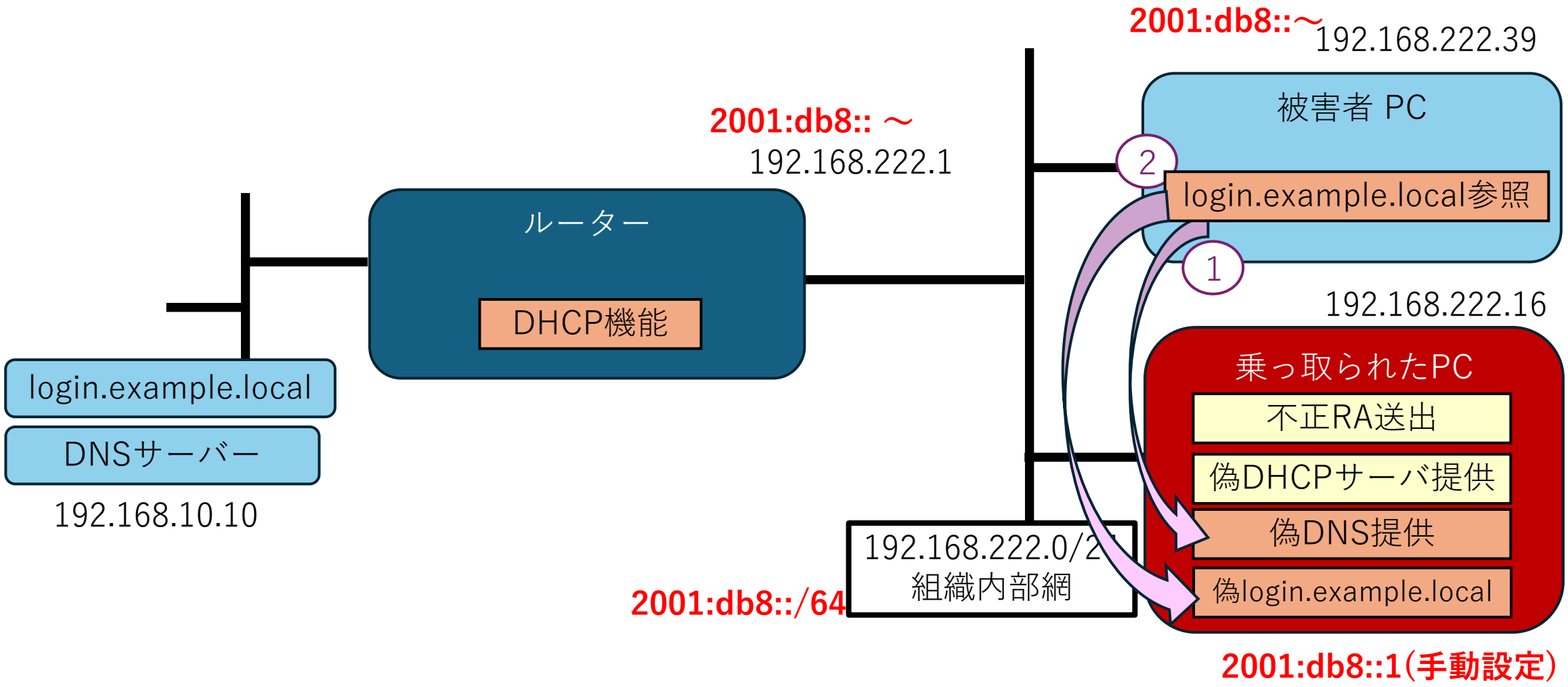
- 近傍のPCが乗っ取られて、1～4の不正サービスを開始

[乗っ取りデモ] 攻撃者がうその情報を流し込む様子



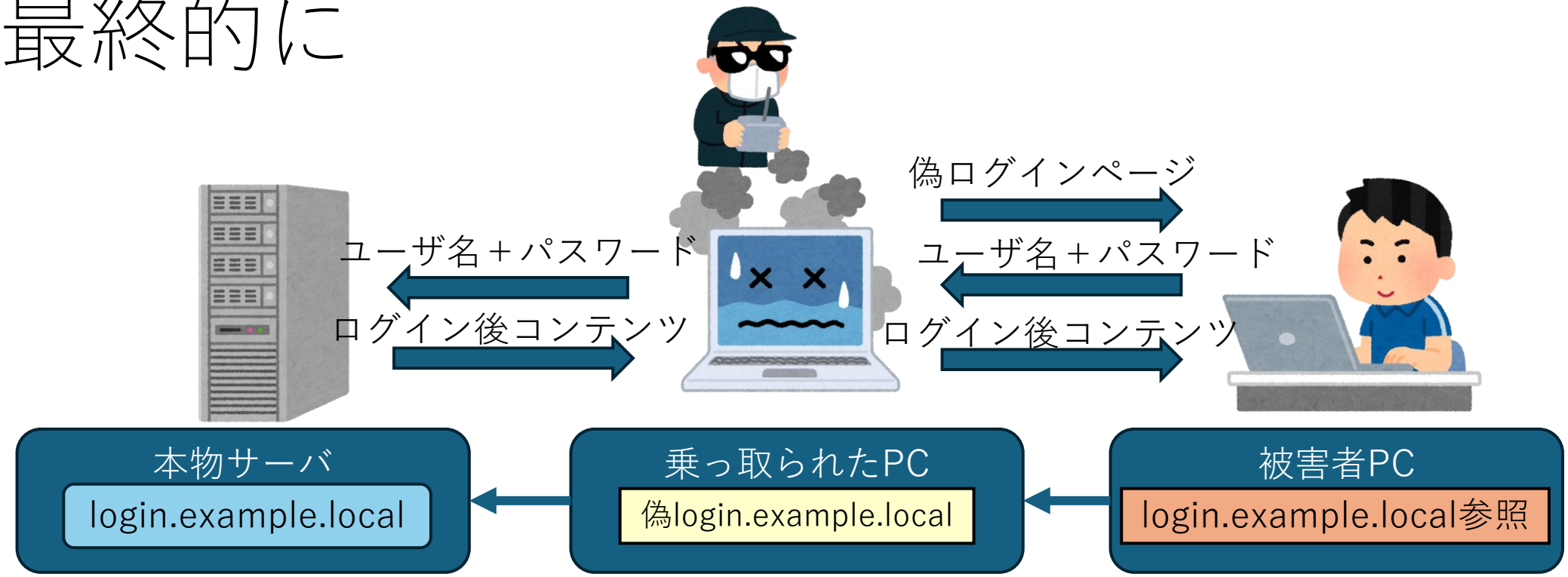
- 乗っ取られたPCによってLAN内に
  不正なIPv6設定が行われる

[乗っ取りデモ] うそのサーバーに誘導された様子



- 社内Webサーバのlogin.example.local（192.168.10.10）を見ようとしても、偽物（2001:db8::1）を見てしまう

最終的に



- MITMいけるぜ
  - クレデンシャル窃取
- The Internet上のはTLS（https）を使っているが、内部Webサーバーでは平文（http）のケースが案外多い

[乗っ取りデモ]
DNS設定の変化

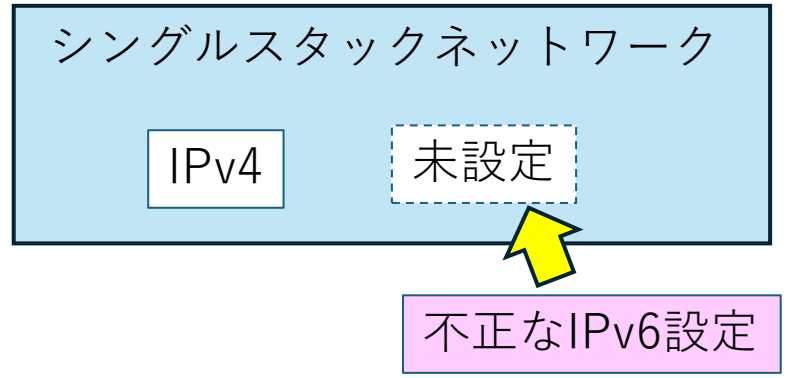
```
イーサネット アダプター イーサネット 3:

   接続固有の DNS サフィックス . . . . .: example.local
   説明. . . . . .: vmxnet3 イーサネット アダプ
   物理アドレス. . . . . .: 00-0C-29-B5-F2-A5
   DHCP 有効 . . . . . .: はい
   自動構成有効. . . . . .: はい
   リンクローカル IPv6 アドレス. . . .: fe80::d24c:6423:272a:c911%1
   IPv4 アドレス . . . . . .: 192.168.222.39(優先)
   サブネット マスク . . . . . .: 255.255.255.0
   リース取得. . . . . .: 2025年11月7日 18:59:41
   リースの有効期限. . . . . .: 2025年11月8日 16:15:19
   デフォルト ゲートウェイ . . . . . .: 192.168.222.1
   DHCP サーバー . . . . . .: 192.168.222.1
   DHCPv6 IAID . . . . . .: 419433513
   DHCPv6 クライアント DUID. . . . . .: 00-01-00-01-30-72-B7-C3-20-
   DNS サーバー. . . . . .: 192.168.10.10
   NetBIOS over TCP/IP . . . . . .: 有効
PS C:\Users\tester>
```

```
   自動構成有効. . . . . .: はい
   IPv6 アドレス . . . . . .: 2001:db8::3(優先)
   リース取得. . . . . .: 2025年11月8日 11:46:42
   リースの有効期限. . . . . .: 2025年11月8日 11:47:19
   IPv6 アドレス . . . . . .: 2001:db8::b16c:cad0:223f:a7ce
   リンクローカル IPv6 アドレス. . . .: fe80::d24c:6423:272a:c911%12(
   IPv4 アドレス . . . . . .: 192.168.222.39(優先)
   サブネット マスク . . . . . .: 255.255.255.0
   リース取得. . . . . .: 2025年11月7日 18:59:41
   リースの有効期限. . . . . .: 2025年11月8日 11:54:30
   デフォルト ゲートウェイ . . . . . .: fe80::d6cc:3ec:1afe:8aaa%12
                                         192.168.222.1
   DHCP サーバー . . . . . .: 192.168.222.1
   DHCPv6 IAID . . . . . .: 419433513
   DHCPv6 クライアント DUID. . . . . .: 00-01-00-01-30-72-B7-C3-20-7B-
   DNS サーバー. . . . . .: 2001:db8::1
                                         192.168.10.10
                                         2001:db8::1
   NetBIOS over TCP/IP . . . . . .: 有効
   接続固有の DNS サフィックス検索の一覧:
                                         www.example.com
                                         example.com

PS C:\Users\tester> nslookup login.example.local
サーバー:  UnKnown
Address:  2001:db8::1

名前:    login.example.local
Address:  2001:db8::1

PS C:\Users\tester>
```

４、対策

今回の問題を許した原因は？

- 原因
  - ネットワーク設計
    - IPv4のことしか考えていなかった
  - 各端末
    - IPv6に対応していた
  - 悪者がIPv6を配布した
    - みんな騙された
- では対策は？



問題と対策案

問題	対策案
IPv6が勝手に配布されてしまった	不正にIPv6を配布できないようにする
	IPv6を無効にする
使用中のIPv4よりも 未使用のIPv6を優先してしまった	IPv4の優先順位を上げる

使っていないIPv6機能を無効にする

- メリット
  - 今回のIPv6起因問題は確実に解決

- デメリット
  - Microsoft社はIPv6停止を非推奨
    - https://learn.microsoft.com/en-us/troubleshoot/windows-server/networking/configure-ipv6-in-windows#summary
    - 過去、Windows 1809 で不具合が出た例も
  - MS社が否定している行為をエンタープライズで許容できる？
  - モバイル端末や他OSにもIPv6を使わないことを強制できる？

IPv4の優先度を上げる

- IPv4を優先する
  - netsh interface ipv6 show **prefixpolicies** で見られる（Windows）
- メリット
  - 不正なIPv6よりも正しいIPv4を優先する
  - 将来IPv6を使うようになっても通信できないことはない
- デメリット
  - 通常のデュアルスタックの挙動と異なる
    - 問題を生じうる
  - モバイル端末や他OSでもIPv6の優先度を下げる管理ができる？

問題と対策案

問題	対策案
IPv6が勝手に配布されてしまった	不正なIPv6配布をできないようにする
	IPv6を無効にする
使用中のIPv4よりも未使用のIPv6を優先してしまった	IPv4の優先順位を上げる

歴史的な、不正RAや不正DHCPv6の抑制

- PKIベースの証明書認証を用いた根治療法

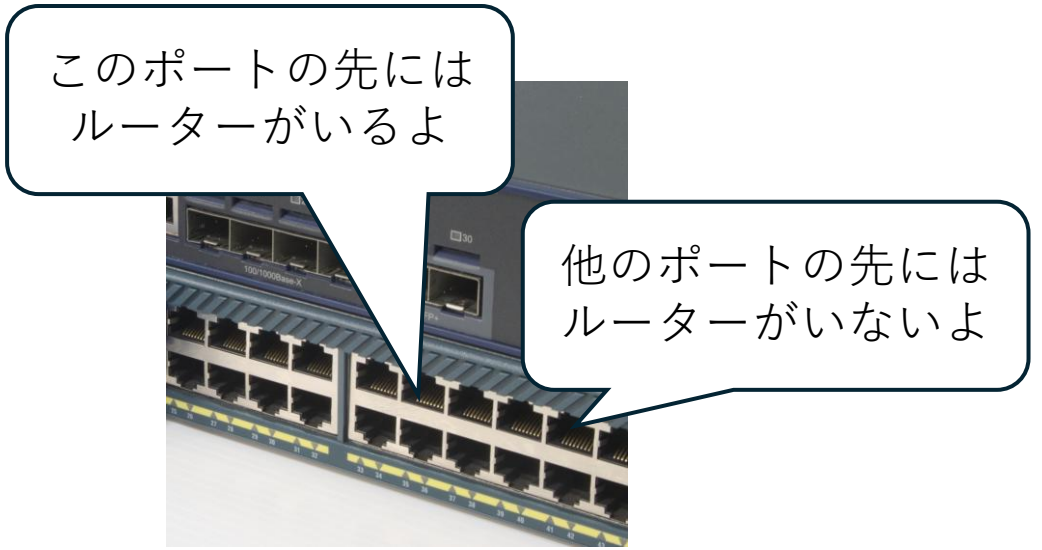
- SEND
  - SEcure Neighbor Discovery RFC3971

- seDHCPv6
  - Secure DHCPv6（2017年2月Updateのid21が最終）
  - https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-dhc-sedhcpv6/

- 一般化はしていない
  - LANでの証明書取り扱いは手間がかかって難しい

現在ある不正なIPv6配布対策

- **RA-Guard、DHCPv6-Shield**
  - L2スイッチの機能
  - 前もって下記を設定
    - RAを流すルータが**接続された**ポート
    - RAを流すルータが**いないはずの**ポート
    - DHCPv6サーバが**接続された**ポート
    - DHCPv6サーバが**いないはずの**ポート



- **いないはずのポートからDHCPv6応答やRAが来たらブロック！**

RA-Guard は rfc6105, 7113, 6104にて記述
DHCPv6-Guardは rfc7610にて記述

NDPの観測

- NDPプロトコルの監視
  - Palo Alto Networks社の商品例
    - Enable NDP Monitoring
    - https://docs.paloaltonetworks.com/ngfw/networking/configure-interfaces/layer-3-interfaces/enable-ndp-monitoring
  - RA-Guard のロギング機能を用いる
  - tcpdump でRS/RAを取得する（下記）

```
sudo tcpdump -i eth0 'icmp6 and (icmp6[0] == 135 or icmp6[0] == 136)' -n |
        logger -t "RA_CAPTURE" -p local0.info
```

Chat GPTより

検知、脅威ハンティングとして

- 侵入検知の情報源
- アノマリーな様相の検知
  - 聞いたことのないプレフィックス
  - 聞いたことのないルーター
  - 聞いたことのないMACアドレスによるRouter Advertisement
  - 適切な量を逸脱するICMP Echoなど、各種パケット

- 従来の主な観測値（例：認証失敗の多発など）に組み合わせると有用

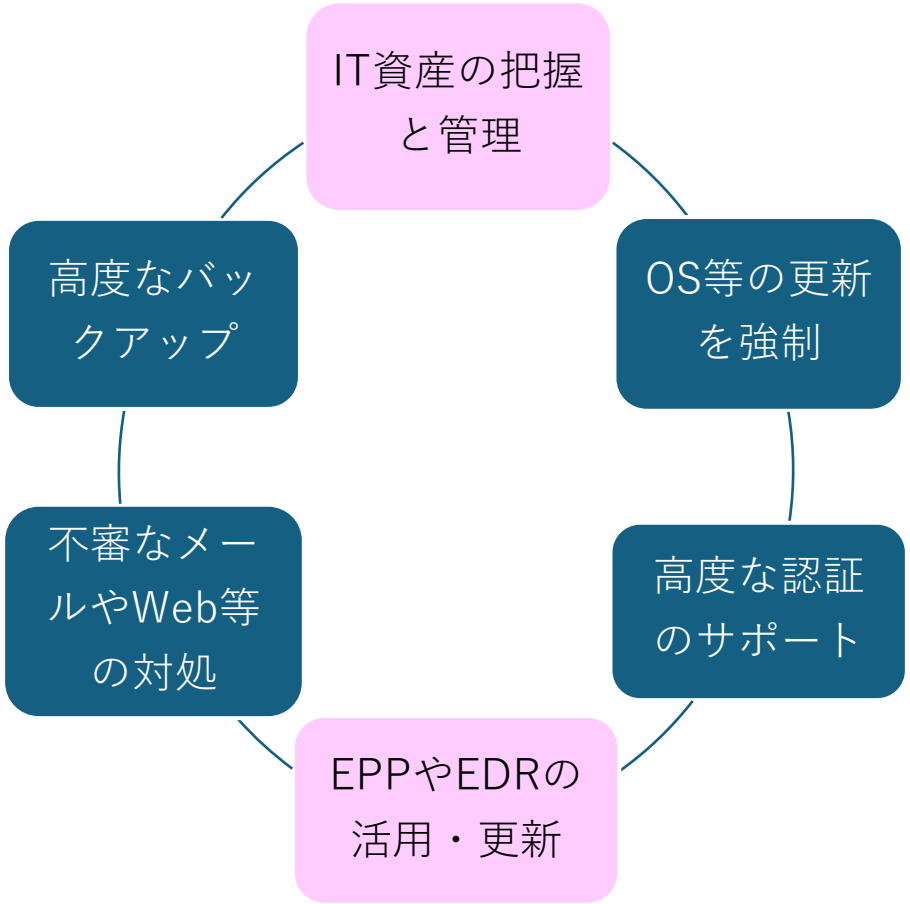
観測の一例で、到達性がアヤシイ時

- DoS攻撃にも留意しましょう
  - 戦争・紛争開始の合図かも
  - DoSが国内で同時多発した際の対応シナリオを用意するなど

- どうやって見る？
  - https://downdetector.jp/
  - https://health.aws.amazon.com/
  - https://azure.status.microsoft/ja-jp/status
  - https://status.cloud.google.com/

サイバーハイジーンと連携することも

- LAN内監視をサイバーハイジーンの体制に組み込む
  - 資産の発見・管理
  - エンドの防御とRS/RA、NDP、リダイレクトの監視など



まとめ

- 正常な通信が何かを知ろう
- 攻撃者が何をするか知ろう
- 目的
  - 監視によって攻撃を早期発見する
  - どうやって侵入されたかが後からわかる
- 自分の組織のために
  - 防御と攻撃の両方を知った方々は、教導隊（アグレッサー）となるように

ありがとうございました