

## 11 付録

本ガイドラインの付録資料を以下に示す。

- ・ 【付録 1】課題管理表
- ・ 【付録 2】IPv6 対応コストチェック表
- ・ 【付録 3】IPv6 対応チェックシート

【付録1】 課題管理表：中小企業A

| No | 発生タイミング      | 区分          | 課題  | 原因   | 対応  |
|----|--------------|-------------|---|--|---|
| 1  | 設計           | 機器/サービス仕様問題 | 現行メールサービス(WebARENA)だけでなく実証試験用に導入予定のOCNメールもIPv6未対応である。   | 機器/サービス仕様のため。<br>OCNメールについては、IPv4 over IPv6オプションを利用すればIPv6通信でもメール可能であるが、当環境ではIPv4とIPv6の回線ルートを分離しているため、利用できない。  | 現行メールサービス(WebARENA)を継続利用し、IPv4優先/IPv6優先PCからWebARENA(IPv6未対応MTA)が使えるかという検証観点とした。   |
| 2  | 設計           | 機器/サービス仕様問題 | 現行運用管理ソフト(LAPLINK)がIPv6未対応である。  | 機器/サービス仕様のため。<br>LAN内のリモート接続はIPv6対応であるが、インターネットを超えたりリモート接続はIPv6未対応である。   | IPv6通信時、フォールバックしてIPv4通信でリモート接続できるかという検証観点とした。(No17と関連)  |
| 3  | 設計           | 機器/サービス仕様問題 | 利用しているIaaS環境(IDCサービス)がIPv6未対応である。   | 機器/サービス仕様のため。  | IPv4優先/IPv6優先PCからIDCサービスが使えるかという検証観点とした。  |
| 4  | ネットワークレベルの検証 | 構築時のTips    | PPPoEのIPv6回線を利用する際に、プロバイダより提供されるPPPoE認証情報がIPv4用のみのケースがあるため、注意が必要である。  | プロバイダ(OCN)から提供されたPPPoE認証情報がIPv4用だけであったため、IPv6での認証が許可されず、通信ができない状況が発生。  | プロバイダ(OCN)のFAQサイトよりIPv6用のPPPoE認証情報が公開されていたため、そちらを設定することでIPv6通信が問題なくできることを確認した。<br><br>【参考】<br>当環境ではIPv6用のみ設定する。パスワードはどちらも共通。<br>(IPv4用 PPPoE) xxxx@one.ocn.ne.jp<br>(IPv6用 PPPoE) xxxx@ipv6.ocn.ne.jp   |
| 5  | ネットワークレベルの検証 | 機器/サービス仕様問題 | IPv6シングルスタックの状態だと、一部のサイトしかアクセスできない。<br>①Bing, Google, YouTube : アクセス可能<br>②Microsoftアカウントページ: アクセス不可<br>③MicrosoftTeams : ログイン不可<br>④その他一般的なサイト : アクセス不可<br><br>【補足】<br>通信ルートを明確にするため、構築途中に一時的にIPv6ルータだけの状態で(IPv6シングルスタック環境で)試験を行った結果である。 | サイトサーバがIPv6未対応のため。<br>②について、nslookupを実行したところIPv6には対応していないと推測される。<br>③について、nslookupを実行するとIPv6応答あり、パケット解析でも通信は行われているようだが、バックエンド側のどこかで対応していないと推測される。<br>当環境ではIPv6用のPPPoE設定のため、IPv6シングルスタックに対応されたサーバ以外はアクセスできない。   | MicrosoftについてはIPv6通信できると期待していたが、IPv6対応が不十分であった。但し、IPv6未対応のサイトへのアクセスはフォールバックされ、IPv4で問題なく接続されることを確認した。尚、フォールバックによるレスポンス劣化は顕在化されなかった。(詳細はNo14を参照)  |
| 6  | ネットワークレベルの検証 | 機器/サービス仕様問題 | DHCPv6(IPv6)だけ稼働させることができない。<br><br>【補足】<br>当環境設計の方針として<br>①現行環境への変更は極力行わない<br>②IPv6シングルスタック実現に向けてIPv4を撤去しやすうにIPv4とIPv6の回線ルートを分離する<br>としたが、DHCPサーバについては方針に従うことができない。   | 機器/サービス仕様のため。<br>既存RTX830ルータ上にDHCP(IPv4)が稼働しており、新規RTX830ルータ上にDCHPv6(IPv6)だけ稼働させる予定であったが、DHCPv6(IPv6)だけ稼働させることができず、新規RTX830ルータ上でDHCP(IPv4)が優先される。同一サブネット内に2台のDHCP(IPv4)が稼働する状態となった。   | 既存RTX830ルータ上のDHCP(IPv4)の設定を削除し、新規RTX830ルータ上でDHCP(IPv4)を稼働させた。   |
| 7  | ネットワークレベルの検証 | 構築時のTips    | Linuxサーバにおいて、/etc/resolv.confのnameserverにてDNSサーバをリンクローカルアドレスで設定する際はゾーンインデックスの表記により、正しく設定が反映されないケースがあるため、注意が必要である。   | Linuxのファイルサーバよりミラーサイトへのアクセス時、DNSの名前解決ができない事象が発生。<br>ファイルサーバには、IPv4アドレスおよびDNS/デフォルトゲートウェイ先として既存ルータ(IPv4)が設定されている。デュアルスタック環境にするため、IPv6アドレスおよびDNS/デフォルトゲートウェイ先として新規ルータ(IPv6)をnmtuiコマンドで追加した。NetworkManagerによって/etc/resolv.confのnameserverの記載が、fe80::XXXX%eno1の書式で更新された。しかし、ゾーンインデックスとして名前を使えない機器であると推測する。 | /etc/resolv.confを修正した。<br>(修正前)IPv6リンクローカルアドレス(fe80::XXXX%eno1)<br>(修正後)IPv6リンクローカルアドレス(fe80::XXXX%2)<br><br>【補足】<br>ルータのDNS中継機能を利用しているため、ルータを指定している。当事象は支社のみで発生し、本社のファイルサーバはユニークローカルアドレスで指定しているため、当事象は発生していない。   |
| 8  | ネットワークレベルの検証 | 機器/サービス仕様問題 | IPv6アドレスのみ設定した複合機のネットワークプリンタを追加するため、プリンタドライバのインストーラからデバイス検索した結果、検出されない。   | 機器/サービス仕様のため。<br>カスタムセットアップで標準TCPIPプリンターポートの追加ウィザードから手動追加すると印刷可能である。また、試しに複合機にIPv4アドレスを追加設定し、検索するとIPv4デバイスとしてのみ認識される。<br><br>【補足】<br>サポートに確認した結果、IPv6アドレスのみでも検索可能という回答であった。事象を報告しても明確な回答は得られなかったため、機器仕様上IPv6アドレスのみでは検索できないと判断する。   | 複合機にIPv4アドレスも設定し、デュアルスタックとして利用する。   |
| 9  | ネットワークレベルの検証 | 機器/サービス仕様問題 | IPv6アドレスのみ設定した複合機のスキャンおよび端末転送機能を利用するため、ホスト検索したところ、何も表示されなかった。   | 機器/サービス仕様のため。<br>試しに複合機にIPv4アドレスを追加設定し、送信先ホスト名を検索し登録しておく、IPv4設定を無効化した後も、正常にスキャンできる。<br><br>【補足】<br>サポートに確認した結果、IPv6アドレスのみでも検索可能という回答であった。事象を報告しても明確な回答は得られなかったため、機器仕様上IPv6アドレスのみでは検索できないと判断する。手動でIPアドレスを指定して検索する機能があるため、検索方法(IPv6アドレスの表記方法、No10/No11参考)をヒアリングしたが、回答は得られなかった。                           | 複合機にIPv4アドレスも設定し、デュアルスタックとして利用する。   |
| 10 | ネットワークレベルの検証 | 構築時のTips    | Windows端末より、IPv6アドレス指定でファイルサーバにアクセスする場合、エクスプローラーパス (UNCパス) において、IPv6アドレスの記述を指定フォーマットへ置き換える必要がある。  | IPv6の場合、以下のようにアドレスを指定する必要がある。<br>%%<IPv6アドレス ("を"に置き換える)>.ipv6-literal.net<br>(例)%%fde9-c477-6a1b-2--11.ipv6-literal.net   | 左記の形式でパスを記述することで、接続できることを確認した。<br><br>【補足】<br>従来からresolverにアドレス変換を任せようシステム実装が望ましいが、IPv6の場合はよりそのような実装が望ましくなる。  |
| 11 | ネットワークレベルの検証 | 構築時のTips    | IPv6アドレス指定でhttp接続する場合、URLにおいて、IPv6アドレスの記述を指定フォーマットで記述する必要がある。   | IPアドレス部を[]で囲う必要がある。<br>(例)http://[2400:406a:2f0f:6b00:9e32:ceff:fe00:7e7d]:8000/   | 左記の形式でURLを記述することで、接続できることを確認した。<br><br>【補足】<br>従来からresolverにアドレス変換を任せようシステム実装が望ましいが、IPv6の場合はそのような実装が一層望ましくなる。   |
| 12 | ネットワークレベルの検証 | 構築時のTips    | サーバにULAを手動設定すると、GUAも手動設定する必要がある。しかしISPから割り当てられるGUAはプレフィックス部が変わる可能性があり、手動設定できない。<br><br>【補足】<br>有料でISPから割り当てられるGUAを固定化することは可能である。  | ファイルサーバのULAを手動設定しているため。<br><br>【補足】<br>ファイルサーバ間でインターネットVPN通信を行う必要があるため、ファイルサーバにULAが必要である。  | ULAの設定もDHCPv6とする。<br><br>【補足】<br>内部向け専用サーバならGUAを設定しない選択肢もある。  |
| 13 | ネットワークレベルの検証 | 構築時のTips    | IPv6環境にて2拠点間(本社と支社)のインターネットVPN接続を行う場合、IKEのフェーズ1における方式の違いにより、VPN接続ができないケースがあるため、注意が必要である。  | VPN接続のIKEのフェーズ1には方式が2つある。<br>①アグレッシブモード<br>接続先を認証するためのID情報としてグローバルIPアドレスを使用しない。<br>②メインモード<br>接続先を認証するためのID情報としてグローバルIPアドレスを使用する。<br><br>現行(IPv4)と同じ①の方式でVPN接続したが、当方式はIPv6未対応と推測される。   | IPv6側のVPN接続は②の方式を採用することでVPN接続が問題なくできた。<br>メインモードでは両端のグローバルIPアドレスが固定である必要がある。デバイスのインターフェース識別子は固定の認識だが、ISPから割り当てられるプレフィックスは変わる可能性がある。変更によってFQDN指定かつDDNS設定を行った。<br><br>【補足】<br>サポートに確認した結果、IPsecパラメーターを一致させれば、アグレッシブモードでも接続は可能であった。しかしメインモードの方がセキュアなため、実証試験は②の方式とした。 |

【付録1】 課題管理表：中小企業A

| No | 発生タイミング             | 区分               | 課題   | 原因  | 対応  |
|----|---------------------|------------------|--|---|---|
| 14 | ネットワークレベルの検証        | 性能劣化なし(ポジティブな結果) | (ポジティブな結果だが)インターネット上のコンテンツ利用でフォールバックによる性能劣化が顕在化しない。<br><b>【補足】</b><br>IPv4 over IPv6等トンネル化は行わず、IPv4とIPv6のルータおよび回線を独立させているため、IPv6優先PCからIPv6未対応サービス(WebARENAやMicrosoftアカウント等)にアクセスした場合、フォールバックにより迂回距離が長くなり、一定の性能劣化が顕在化すると想定していた。     | DNSの名前解決でIPv6アドレスが正常取得できない場合、IPv6でTCP接続を試すことはなく、それ以降の通信はIPv4アドレスで行っている。TCPコネクション等の上位層でのフォールバックは発生しないため、性能劣化は顕在化しない(あるいは限定的)と推測される。  | 特になし。   |
| 15 | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 機器/サービス仕様問題      | IPv6アドレスでサーバとFTP転送できない。<br><b>【補足】</b><br>FTPにはセッション制御用のコントロールコネクション(ポート21)及びデータ転送用のデータコネクション(ポート20)がある。Windows標準のFTPはパッシブモードではなくアクティブモードである。そのため、データコネクションはサーバからクライアントに対して行われる。逆にクライアントからサーバに対して行われるのは、パッシブモードである。                | 機器/サービス仕様のためと推測される。<br>当該環境ではSEPをインストールしている。FWの設定を変更(ポート穴あけ)しても、コントロールコネクション確立は可能だが、データコネクション確立は不可能である。SEPをアンインストールし、Windows10標準のDefenderの設定を同様に変更すると、両コネクション確立が可能である。そのため、FTPアクティブモードに対するSEPの機器仕様と判断する。<br><b>【補足】</b><br>従来のFTPはIPv6未対応のため、IPv6対応コマンドとして「EPRT/EPSV」がある。FTPサーバのFTP拡張のチェック有無が上記コマンド制御に関わると推測したが、FTP拡張のチェックなしで、IPv6アドレスを利用できた。 | パッシブモードを利用可能なフリーソフトFFFTPをインストールし、FTPの代替とする。<br>パッシブモードの場合、SEPの同FW設定(ポート穴あけ)で両コネクション確立が可能である。<br><b>【補足】</b><br>データコネクションがサーバからクライアントに対して行われるのは、セキュリティ上芳しくないとも考えることもある。そのため、今回はDefender採用ではなく、上記対応とした。 |
| 16 | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 機器/サービス仕様問題      | A社開発アプリケーションにおいて、APサーバからDBサーバへの接続にIPv6アドレスを指定できない。   | 機器/サービス仕様のため。<br><b>【補足】</b><br>サポートに確認した結果、version11もIPv6アドレス対応しているという回答であった。実証結果としては接続不可、versionを13にアップデートすると接続可能であることより、機器のversion問題と判断する。   | PSQLのversionを11から13にアップデートすると接続可能である。<br>(指定方法は¥¥[IPv6アドレス].ipv6-literal.net)   |
| 17 | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 性能劣化なし(ポジティブな結果) | (ポジティブな結果だが)現行運用管理ソフト(LAPLINK)利用でフォールバックによる性能劣化が顕在化しない。<br><b>【補足】</b><br>マニュアル上、LAPLINKの中継サーバ(インターコムサーバ)がIPv6未対応である。IPv4 over IPv6等トンネル化は行わず、IPv4とIPv6のルータおよび回線を独立させているため、IPv6通信はインターコムサーバに接続できずフォールバックすると想定していた。                 | DNSの名前解決でIPv6アドレスが正常取得できない場合、IPv6でTCP接続を試すことはなく、それ以降の通信はIPv4アドレスで行っている。TCPコネクション等の上位層でのフォールバックは発生しないため、性能劣化は顕在化しない(あるいは限定的)と推測される。  | 特になし。   |
| 18 | WAN越しアプリケーションレベルの検証 | 性能劣化なし(ポジティブな結果) | (ポジティブな結果だが)さくらクラウドのRDP接続において、フォールバックによる性能劣化が顕在化しない。<br><b>【補足】</b><br>No14/No17はDNS名前解決でIPv6アドレスを取得できなかった場合の挙動のため、IPv6アドレスを取得できるかつコンテンツはIPv6未対応の状況を強制的に作り出す。さくらクラウドにIPv6アドレスを設定した後、IPv6を無効化する。設定したIPv6アドレスをAAAAレコードとしてDNSに登録してみた。 | DNSの名前解決でIPv6アドレスを取得できた場合、IPv6とIPv4両方でTCP接続を試みており、IPv4通信で接続できた時点で、IPv6通信をキャンセル(RST)していた。そのため、フォールバックは発生していない。   | 特になし。   |

【付録1】 課題管理表：中小企業B

| No | 発生タイミング             | 区分          | 課題  | 原因  | 対応   |
|----|---------------------|-------------|---|---|--|
| 1  | ネットワークレベルの検証        | 機器/サービス仕様問題 | <p>実証試験にてネットワークカメラを導入したが、市販されているネットワークカメラはIPv6に対応している機器が少ない。</p> <p>実証試験では以下のネットワークカメラを導入したが、いずれもIPv6未対応であった。(サポートへ確認済)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・I/Oデータ TS-NA220</li> <li>・I/Oデータ TS-NA220W</li> <li>・ATOM ATOMCam</li> <li>・マスプロ WHC7M3/10M3</li> </ul> | 機器/サービス仕様のため。   | <p>&lt;I/Oデータ&gt;<br/>ネットワークカメラの録画データをIPv6対応のNASへ転送し、IPv6でデータ参照が可能か検証するシナリオとした。</p> <p>&lt;ATOM/マスプロ&gt;<br/>IPv4/IPv6混在環境で正常にIPv4で動画録音及び参照が可能かという検証観点とした。</p>   |
| 2  | ネットワークレベルの検証        | 機器/サービス仕様問題 | 既存無線ルータ(BUFFALO WSR-2533DHP3-BK)のゲストアクセス機能がIPv6対応していない。   | 機器/サービス仕様のため。   | ゲスト用Wi-Fi接続はIPv4/IPv6混在環境で正常にIPv4で通信可能かという検証観点とした。   |
| 3  | ネットワークレベルの検証        | 機器/サービス仕様問題 | <p>外部のグループウェアサービス(サイボウズ)がIPv6未対応であるため、IPv6アドレスによるアクセス制限が対応していない。(サポートへ確認済)</p> <p>※IPアドレス制限：<br/>接続元のIPアドレスを使ってアクセスを制限する機能。<br/>サイボウズへのアクセスを自社オフィスのIPアドレスだけに許可し、それ以外からのアクセスを遮断するといった設定が可能。</p>  | 機器/サービス仕様のため。   | 既存環境ではIPv4の固定グローバルアドレスをアクセス制限の接続元アドレスに指定していたため、IPv6回線を選定する際にIPoE+固定IPv4サービスに対応したプロバイダを選定し、従来通りIPv4の固定アドレスでのアクセス制限を継続できるようにした。  |
| 4  | ネットワークレベルの検証        | 構築時のTips    | FW装置のセキュリティルールはIPv4と同等のポリシーで設定することが推奨されるが、IPv6独自のプロトコルの中にはフィルタすべきでない通信が存在するため、注意が必要である。   | FW装置におけるIPv6側のセキュリティルールに考慮漏れがあったため。IPv4のセキュリティルールでは内部ネットワークよりFW装置に対して不要な通信を遮断する設定がされている。本件ではIPv6側にその遮断設定が適用されていなかった。  | 内部ネットワークよりFW装置に対して不要な通信を遮断するという既存ポリシーに従い、IPv6側のセキュリティルール追加を行った。IPv6通信が行われる実証用VLANからFW装置に対して全ての通信を遮断する方針とした。しかし、IPv6独自のプロトコルであるICMPv6はRFC4890で紹介されている通り、通常のシーケンスを確立するために必須のやりとりが行われるため、遮断すべきでない通信が含まれていることを確認した。そのため、IPv6側においては通信影響を考慮し、ICMPv6は通信許可する設定とした。 |
| 5  | ネットワークレベルの検証        | 構築時のTips    | FW装置においてルータ広告を設定する際は広告先をLANインターフェースIDではなく、VLANIDを明示的に指定するケースがあるため、注意が必要である。   | ルータ広告を有効にしているFW装置(YAMAHA FWX120)においてルータ広告設定に不備があったため、実証環境のNAS(I/Oデータ HDL2-AAAX16)へIPv6グローバルアドレスが割り当てられない事象が発生した。複数ポートで構成される同一LANインターフェースをLAN分割(基幹用VLAN/実証用VLAN)する場合はルータ広告の設定コマンドにおいて明示的に対象VLANIDを指定する必要がある。広告先をLANインターフェースIDである「lan1」と設定した結果、対象VLANは実証用VLANであったが、より若番のVLANIDである基幹用VLANに自動的に変換されて設定が反映された。 | ルータ広告の設定において広告先を「lan1」から実証用VLANIDへ明示的に変更した結果、NASへIPv6グローバルアドレスが正常に割り当てられた事を確認。   |
| 6  | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 機器/サービス仕様問題 | NAS(I/Oデータ HDL2-AAAX16)のリモート接続用アプリケーション(Remote Link Files)がIPv6に対応していない。  | 機器/サービス仕様のため。   | NASへのリモート接続はIPv4/IPv6混在環境で正常にIPv4で通信可能かという検証観点とした。   |
| 7  | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 機器/サービス仕様問題 | <p>実証試験にてセンサー内蔵温度計を導入したがIPv6未対応であった。</p> <p>実証試験では以下のセンサー内蔵温度計を導入したが、いずれもIPv6未対応であった。(サポートへ確認済)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・T&amp;D RTR-500BW(親機)</li> <li>・T&amp;D RTR-500BL(子機)</li> <li>・クラウドサービス(おんどり Web Storage)</li> </ul>                           | 機器/サービス仕様のため。   | センサー内蔵温度計はIPv4/IPv6混在環境で正常にIPv4でデータ収集可能かという検証観点とした。  |
| 8  | WAN越しアプリケーションレベルの検証 | 機器/サービス仕様問題 | 動画配信用のレンタルサーバのサービス(GMO Conoha)において管理コンソール(ConohaVPS)への接続がIPv6に対応していない。  | 機器/サービス仕様のため。   | 管理コンソールの操作はIPv4/IPv6混在環境で正常にIPv4で動作可能かという検証観点とした。  |
| 9  | WAN越しアプリケーションレベルの検証 | 構築時のTips    | <p>外部サービス利用時にサービス事業者より複数のIPv6アドレスが提供された際には全てのアドレスが正常に応答するとは限らないため、ドメイン登録でAAAAレコードを設定する際はアドレスへの疎通性を事前に確認し、誤って無効なIPv6アドレスをDNS登録してしまわないよう注意が必要である。</p>   | <p>動画配信サーバにおけるDNS設定の不備により、動画配信サーバにて公開するサイトへ接続した際にタイムアウトが発生する事象が発生。</p> <p>※レンタルサーバ事業者より複数のIPv6アドレスが払い出され、全てのアドレスがサーバとして利用可能である認識だったが、実際にはメインアドレス以外はping応答しない無効アドレスであった。DNSのAAAAレコードに無効アドレスを含め全てのIPv6アドレスを登録していたため、メインアドレスに接続されるまでに、複数の無効アドレスに対して順番に接続試行とタイムアウトを繰り返していた事が原因と考えられる。</p>                     | <p>動画配信サーバのDNS設定(AAAAレコード)を以下の通り修正し、正常に接続できる事を確認。</p> <p>&lt;修正前&gt;<br/>CanohaVPS側でIPv6アドレスが複数(約12個)洗い出されるが、全IPv6アドレスをDNSのAAAAレコードへ追加</p> <p>&lt;修正後&gt;<br/>CanohaVPS側のDNSのAAAAレコードにメインとなるIPv6アドレスのみ追加</p>   |

【付録1】 課題管理表：中小企業C

| No | 発生タイミング             | 区分          | 課題   | 原因   | 対応  |
|----|---------------------|-------------|--|--|---|
| 1  | 機器/サービスにおける選定       | 機器/サービス仕様問題 | 検証用の業務アプリケーション（環境将軍）クラウド版のバックボーン側がIPv6対応していない。   | 機器/サービス仕様のため。  | IPv6に対応した環境将軍のオンプレ版を使用して検証する方針とした。  |
| 2  | 機器/サービスにおける選定       | 機器/サービス仕様問題 | VPNプライオにおけるインターネット接続は、VPNルータ（CPE）同士で接続される閉域網ではIPoE接続となるが、インターネット接続する場合はCPEからPPPoEセッションをバイパスさせるため、IPv6対応していない。  | 機器/サービス仕様のため。  | 実験用ルータ（RTX830）の機能で拠点間のIPv6にてVPN通信環境を構築する方針とした。  |
| 3  | ネットワークレベルの検証        | 機器/サービス仕様問題 | 無線アクセスポイント(Meraki GR60)をブリッジモードにて利用した場合、メッシュ構成ではIPv6のトラフィックを透過することがサポートされない。   | 機器/サービス仕様のため。<br>AXISのネットワークカメラ（M1045-LW）を無線アクセスポイント(Meraki GR60)に無線接続し、動画保存先としてNASのIPv6アドレスを指定したが、NASが検出されない事象が発生。<br>AXISカメラを他のアクセスポイント（Meraki HW30）や有線で接続した場合、IPv6アドレスでNASの接続が可能となったこと、GR60にPCを無線接続し、NASに接続しようとした場合も、NASへの接続が不可であったことからMeraki GR60が原因と考えられる。<br>サポートよりGR60はメッシュ構成を利用している場合、IPv6のトラフィックを通すことはサポートされないと回答受領。<br>※実証試験ではGR60 3台のメッシュ構成のため、条件に該当。 | ネットワークカメラの無線アクセスポイントをMeraki HW30に変更し、録画機能の正常性をIPv6にて確認する方針とした。  |
| 4  | ネットワークレベルの検証        | 構築時のTips    | Brother製の複合機において、プリンタドライバでのセットアップを行う際、TCP/IPポートの作成時にデバイスの検出エラー（デバイスが見つからない）状態になる。サポートの案内に従い、手順を進めることにより、ポートの作成が行え、印刷も可能であるケースがあるため、セットアップのエラー時にはサポートへ仕様にて即しているか確認が必要である。 | 機器仕様により、TCP/IPポートの作成時にユニークローカルアドレスを使用した場合、デバイスの検出エラー（デバイスが見つからない）状態になる事象が発生。<br>※リンクローカルアドレスでは検出可能。  | サポートの回答に従い、TCP/IPポートの作成時にデバイスの検出エラー（デバイスが見つからない）状態になるが、手順を継続することにより、ポートの作成が行えることを確認した。  |
| 5  | ネットワークレベルの検証        | 構築時のTips    | 社内DNSサーバを運用している環境においては、ルータ側の設定を変更し、RAで配布されるDNSサーバのアドレスに対し、パブリックDNSに加えて、社内DNSサーバのIPv6アドレスを直接指定する設定が必要である。   | 本社環境においてはDNSサーバがActive Directoryサーバを兼用しており、Active Directory環境下でIPv6を適用後、ドメインコントローラへの新規登録が不可になる事象が発生。   | ルータのDNSサーバ設定に以下の設定を追加し、ドメインコントローラへの名前解決が可能となり、ドメインコントローラへ新規登録が可能となることを確認した。<br>【ルータのDNS参照設定】<br>1.IPv4/v6のPublic DNSサーバ（ルータ側自動取得）<br>2.IPv4のLocal DNSサーバ（ADサーバのIPv4アドレス）<br>3.IPv6のLocal DNSサーバ（ADサーバのIPv6 ULA） |
| 6  | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 構築時のTips    | IPv6の利用が可能であるLTEネットワークにおいて、接続エリアによってはまだIPv6は利用できず、IPv4接続となることがあるため、注意が必要である。   | 環境将軍用のタブレット端末にて動作検証時に、IPv6アドレスが検出されない事象が発生。  | 接続方式をLTEより拠点外でのWi-Fi接続に切り替える方針とし、環境将軍へのIPv6接続が可能であることを確認した。   |
| 7  | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 構築時のTips    | 業務アプリケーションを利用するにあたり、クラウドサービスと自社サーバを連携する必要がある際に、サービス仕様上、サービス事業者側のサーバ接続設定を明示的にIPv6アドレスに変更依頼をするケースがあるため、注意が必要である。   | モバイル環境より環境将軍を利用する際の通信フローとして、モバイル端末からクラウドのWebサーバを経由し、社内のDBサーバへ接続される。<br>モバイル端末→クラウドのWebサーバへの通信はIPv6で接続されるが、Webサーバ→DBサーバへの通信がIPv4での接続になる事象が発生。   | サービス事業者へ依頼し、クラウドのWebサーバにおけるDB接続先設定を明示的にIPv6アドレスに変更することで、IPv6でDBサーバと接続できることを確認した。  |
| 8  | WAN越しアプリケーションレベルの検証 | 機器/サービス仕様問題 | Merakiのクラウドサービスにおいてカメラのライブ参照、録画参照に関するサービスがIPv6未対応である。<br>IPv6でアクセスし、管理画面上のデータがIPv6で受信される状態であっても、カメラのライブ配信、録画参照時のデータがIPv4で転送される。  | 機器/サービス仕様のため。  | クラウド録画サービスにおける映像参照についてはデュアルスタック環境においてIPv4で正常に動作可能か検証する観点とした。  |
| 9  | WAN越しアプリケーションレベルの検証 | 構築時のTips    | MerakiのアクセスポイントをIPv6環境で使用するには、アクセスポイントの設定をデフォルト設定の「NAT」モードから「ブリッジ」モードに変更する必要がある。   | Merakiの無線アクセスポイント（MR30-HW、GR-60）に接続した無線クライアント機器（PC、NWカメラ等）の通信が「NAT」モードではIPv4に制限される事象が発生。   | アクセスポイントの設定を「ブリッジ」モードに変更することで、IPv6での通信が可能となったことを確認した。   |

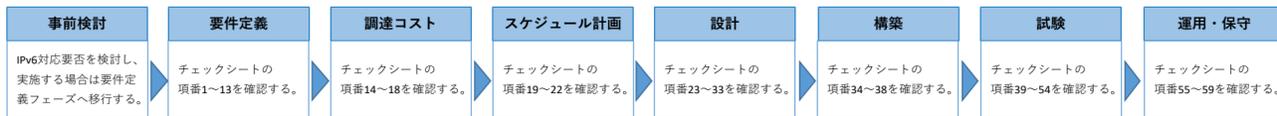
【付録1】 課題管理表：大学A

| No | 発生タイミング             | 区分          | 課題   | 原因   | 対応  |
|----|---------------------|-------------|--|--|---|
| 1  | ネットワークレベルの検証        | 機器/サービス仕様問題 | 複合機にてグローバルユニキャストアドレス(GUA)ではプリンタの状態取得を行うことができない。  | 機器/サービス仕様のため。  | ネットワークトレースの結果、複合機はIPv6通信においてリンクローカルアドレスを使用する仕様であることがわかった。そのため、リンクローカルアドレスで複合機を登録し、検証した結果、IPv6でプリンタの状態取得ができることを確認した。   |
| 2  | ネットワークレベルの検証        | 構築時のTips    | IPv6アドレスは表記が長く、省略表記が混在することからルーティング設定においてプレフィックスの設定誤りが発生しやすいため注意が必要である。   | 実証用FW装置にて学内ネットワーク向けIPv6ルーティング設定不備により、実証用FW装置切替後、IPv6通信で実証用WEBサーバから外部へ疎通できない事象が発生。  | 実証用FW装置のIPv6ルーティング設定を以下のように修正し、疎通確認が問題なくできる事を確認。<br><修正前><br>ipv6 route 2001:xxxx:xxxx::/64 2001:xxxx:xxxx:6050::1<br><修正後><br>ipv6 route 2001:xxxx:xxxx:6051::/64 2001:xxxx:xxxx:6050::1<br>ipv6 route 2001:xxxx:xxxx:6052::/64 2001:xxxx:xxxx:6050::1 |
| 3  | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 構築時のTips    | IPv4と異なり、IPv6アドレスはhostsファイルにて特殊な記載を行うため、IPアドレスの記載誤りが発生しやすいため注意が必要である。  | hostsファイルのIPv6アドレスの記述形式の不備により、実証用学内WEBサーバへアクセス時にhostsファイルに記載したホスト名で接続した際に名前解決に失敗する事象が発生。   | hostsファイルの対象IPv6アドレスの表記を [IPv6アドレス] の形式に修正することで名前解決ができる事を確認。  |
| 4  | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 構築時のTips    | デュアルスタックにおいてIPv4/IPv6それぞれで異なる仕様のDNSサーバを指定すると名前解決に失敗することがあるため注意が必要である。  | Windows端末におけるDNS設定の不備により、IPv4優先のWindows端末より実証用WEBサイトへ接続し、ハイパーリンク経由で学内サーバのページへアクセスした際に、ページが表示されない事象が発生。<br>※IPv4側には学内DNSを指定し、IPv6側にはパブリックDNSを指定していた。<br>Windowsの仕様により、IPv4優先においてもDNSはIPv6で通信されていた。IPv6ではパブリックDNSに対してクエリを行うため、学内の名前解決ができず、否定応答を受け取っていた。否定応答を受け取ったWindows端末はそれ以降、DNSクエリを行わない動作となっていた。IPv4側でDNSクエリが行われないため、名前解決できず、ページが表示できなかったと考える。 | IPv6側で否定応答を避けるため、パブリックDNSの設定を削除し、hostsファイルによる名前解決へ切り替えた結果、学内サーバのページへアクセスできることを確認した。   |
| 5  | LAN内アプリケーションレベルの検証  | 構築時のTips    | WEBコンテンツの実証を行う場合、DNSクライアントやブラウザのキャッシュが残っていると、キャッシュに残った内容で名前解決やWEB表示が行われる場合があるため、実証試験実施前にクリアするよう注意する必要がある。            | 実証用PCのDNSキャッシュ及びブラウザの一時ファイルが残存していたためと考える。No.4に起因し、IPv6アドレスでのパブリックDNSへの名前解決において否定応答を受信した場合、以降のブラウザセッションが継続されない事が想定される。しかし、以降のブラウザセッションが継続されているケースがあった。ネットワークトレースの結果より、DNSキャッシュに格納されている学内WEBサーバのIPアドレスを使用して、以降のブラウザセッションを継続していることが想定される。   | 実証用PCからWEBコンテンツ閲覧の実証試験を行う場合、以下の操作を行い、本来の動作を行うことを確認した。<br>・DNSキャッシュの消去<br>・ブラウザの一時ファイルの削除  |
| 6  | WAN越しアプリケーションレベルの検証 | 機器/サービス仕様問題 | Microsoftアカウント認証がIPv6に対応していない。   | マイクロソフトオンラインサービスへのログイン認証は仕様上、IPv6対応していないためと考える。  | デュアルスタック環境で検証していたため、マイクロソフトオンラインサービスへのログイン認証はIPv4で行った。認証成功後、「office.com」へリダイレクトされたが、「office.com」はAAAAレコードが登録されていたため、Exchange OnlineはIPv6で通信が行われていることを確認した。  |
| 7  | 運用性/保守性に関する検証       | 構築時のTips    | Windows機器でIPv6アドレスの自動構成を行うと、ランダムに生成された一時（匿名）アドレスを使用して通信を行おうとするため、固定IPv6アドレスで運用したい場合や端末のIPv6アドレスの特定が難しくなるため、注意が必要である。 | 実証用のWindows機器でIPv6アドレスの自動構成が有効になっている環境では、ルータから送信されたRA(Router Advertisement)を受信すると、固定で設定したIPv6アドレスの他に自動構成されたIPv6アドレスと一時（匿名）IPv6アドレスが割り当てられる動作となる。<br>また、Windows端末ではIPv6アドレスのインターフェースID(後半64ビット)にEUI-64形式ではなくランダムな値を割り当てる仕様である。  | Windows端末側にてIPv6アドレスの自動構成の無効化や一時IPv6アドレスの無効化を実施することで一時アドレスの割り当てを回避できることを確認した。   |



# 【付録3】IPv6対応チェックシート

## ■IPv6対応の全体工程



## ■チェックシート

| 工程              | 項番 | チェック内容  | チェック欄                    |
|-----------------|----|---|--------------------------|
| <b>要件定義</b>     |    |   |                          |
|                 | 1  | IPv6対応はシングルスタックまたはデュアルスタックのどちらの方式で移行するか確定しましたか。                     | <input type="checkbox"/> |
|                 | 2  | ネットワーク構成図や機器一覧表等を活用し、現行環境の整理ができていますか。                               | <input type="checkbox"/> |
|                 | 3  | IPv6移行の作業範囲(回線や機器、サービス等)を明確化しましたか。                                  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 4  | 回線のIPv6対応可否をプロバイダへ確認しましたか。  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 5  | (回線切替を行う場合) IPv6に対応した回線選定は完了していますか。                                 | <input type="checkbox"/> |
|                 | 6  | (学術機関の場合) 現行の学術情報ネットワーク(SINET)との接続がIPv6対応しているか確認しましたか。              | <input type="checkbox"/> |
|                 | 7  | 現行機器のIPv6対応可否をベンダー等へ確認しましたか。  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 8  | (現行機器がIPv6に対応していない場合) 機器更改する際の機種選定は完了していますか。                        | <input type="checkbox"/> |
|                 | 9  | 導入機器の接続構成がIPv6で利用可能であるかベンダー等へ確認しましたか。(例: メッシュ構成など)                  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 10 | 業務アプリケーション(オンプレミス版またはクラウド版)のIPv6対応可否をサポート窓口等へ確認しましたか。               | <input type="checkbox"/> |
|                 | 11 | 外部サービスのIPv6対応可否をサポート窓口等へ確認しましたか。                                    | <input type="checkbox"/> |
|                 | 12 | 外部サービス等でIPアドレスによるアクセス制限を利用している場合、IPv6アドレスによる制限が可能であることを確認しましたか。     | <input type="checkbox"/> |
|                 | 13 | 運用監視システム(監視ツールやバックアップシステム等)のIPv6対応可否をサポート窓口等へ確認しましたか。               | <input type="checkbox"/> |
| <b>調達コスト</b>    |    |   |                          |
|                 | 14 | IPv6対応に係る調達対象に抜け漏れがないか確認しましたか。                                      | <input type="checkbox"/> |
|                 | 15 | IPv6対応に必要なコストを算出できているか確認しましたか。                                      | <input type="checkbox"/> |
|                 | 16 | IPv6対応において現行運用の維持等の観点からオプションサービスの利用要否を確認しましたか。                      | <input type="checkbox"/> |
|                 | 17 | (オプションサービスを利用する場合) オプション利用に伴うコストを確認しましたか。                           | <input type="checkbox"/> |
|                 | 18 | IPv6対応に係るコストの総額が組織の予算に沿っているか確認しましたか。                                | <input type="checkbox"/> |
| <b>スケジュール計画</b> |    |   |                          |
|                 | 19 | IPv6移行の全体スケジュールは実現可能な計画となっているか確認しましたか。                              | <input type="checkbox"/> |
|                 | 20 | 不測の事態を考慮し、各作業工程に余裕を持った作業期間を設定しているか確認しましたか。                          | <input type="checkbox"/> |
|                 | 21 | スケジュールが遅延した際のリカバリプランを検討しましたか。                                       | <input type="checkbox"/> |
|                 | 22 | 回線や機器等の調達に係るリードタイムを確認しましたか。   | <input type="checkbox"/> |
| <b>設計</b>       |    |   |                          |
|                 | 23 | IPv6に関する知見を有するメンバーが体制に含まれていますか。                                     | <input type="checkbox"/> |
|                 | 24 | 自組織に必要なサブネット数を確認し、IPv6のプレフィックス設計ができていますか。                           | <input type="checkbox"/> |
|                 | 25 | ネットワーク機器やサーバ、端末等に対するIPv6アドレスの割り当て方式(DHCPまたは固定)は確定しましたか。             | <input type="checkbox"/> |
|                 | 26 | IPv6のルーティング方式として静的ルーティングまたは動的ルーティングのどちらとするか確認しましたか。                 | <input type="checkbox"/> |
|                 | 27 | (動的ルーティングの場合) IPv6対応のルーティングプロトコルの選定及び経路制御の設計は完了しましたか。               | <input type="checkbox"/> |
|                 | 28 | 拠点間VPN接続を実施する際はIPsecによる接続設計は完了しましたか。                                | <input type="checkbox"/> |
|                 | 29 | ファイアウォール等による通信制御はIPv4と同等のセキュリティルールが保たれることを確認しましたか。                  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 30 | 現行セキュリティ製品がIPv6通信に対して、IPv4と同等のセキュリティ機能が適用されることを確認しましたか。             | <input type="checkbox"/> |
|                 | 31 | IPv6対応機器ごとにセットアップに必要なパラメータ設計が完了しましたか。                               | <input type="checkbox"/> |
|                 | 32 | 移行作業の作業日は調整できましたか。  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 33 | 移行作業に向けて作業スケジュールや作業手順書、チェックリストの作成は完了しましたか。                          | <input type="checkbox"/> |
| <b>構築</b>       |    |   |                          |
|                 | 34 | IPv6対応機器のコンフィグレーションについてプレフィックス情報等に不備がないか確認しましたか。                    | <input type="checkbox"/> |
|                 | 35 | IPv6対応機器のセットアップは正常に完了しましたか。   | <input type="checkbox"/> |
|                 | 36 | IPv6対応機器の設置・起動は正常に行えていますか。  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 37 | 機器間をケーブル接続した際に正常にリンクアップしていますか。                                      | <input type="checkbox"/> |
|                 | 38 | IPv6対応による変更点等について運用保守担当者への引き継ぎを実施しましたか。                             | <input type="checkbox"/> |
| <b>試験</b>       |    |   |                          |
|                 | 39 | IPv6対応機器へIPv6通信で正常に疎通確認ができていますか。                                    | <input type="checkbox"/> |
|                 | 40 | デュアルスタックの場合、IPv4通信で対象機器へ正常に疎通確認ができていますか。                            | <input type="checkbox"/> |
|                 | 41 | IPv4/IPv6通信が設計通りの通信フローとなっているか確認しましたか。                               | <input type="checkbox"/> |
|                 | 42 | 一般業務(インターネット利用やOA機器(メーカ提供のセットアップツールも含む)の利用等)がIPv6通信で正常に行えるか確認しましたか。 | <input type="checkbox"/> |
|                 | 43 | IPv6対応前と比べて通信速度が低下していないか確認しましたか。                                    | <input type="checkbox"/> |
|                 | 44 | デュアルスタックの場合、IPv4通信で一般業務が正常に行えるか確認しましたか。                             | <input type="checkbox"/> |
|                 | 45 | 業務アプリケーションがIPv6通信で正常に利用可能か確認しましたか。                                  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 46 | デュアルスタックの場合、IPv4通信で業務アプリケーションが正常に利用可能か確認しましたか。                      | <input type="checkbox"/> |
|                 | 47 | 外部サービスがIPv6通信で正常に利用可能か確認しましたか。                                      | <input type="checkbox"/> |
|                 | 48 | デュアルスタックの場合、IPv4通信で外部サービスが正常に利用可能か確認しましたか。                          | <input type="checkbox"/> |
|                 | 49 | IPv6対応機器がIPv6通信でNTPサーバと正常に時刻同期できるか確認しましたか。                          | <input type="checkbox"/> |
|                 | 50 | デュアルスタックの場合、IPv4通信でNTPサーバと正常に時刻同期できるか確認しましたか。                       | <input type="checkbox"/> |
|                 | 51 | 運用監視システムにおいてIPv6通信で機器やサービスの稼働状況を監視できるか確認しましたか。                      | <input type="checkbox"/> |
|                 | 52 | デュアルスタックの場合、IPv4通信で機器やサービスの稼働状況を監視できるか確認しましたか。                      | <input type="checkbox"/> |
|                 | 53 | IPv6通信でデータのバックアップが正常に行えるか確認しましたか。                                   | <input type="checkbox"/> |
|                 | 54 | デュアルスタックの場合、IPv4通信でデータのバックアップが正常に行えるか確認しましたか。                       | <input type="checkbox"/> |
| <b>運用・保守</b>    |    |   |                          |
|                 | 55 | 機器やサービスのインシデント発生時において、IPv4と同等に対応ができるよう体制が整備されているか確認しましたか。           | <input type="checkbox"/> |
|                 | 56 | ネットワーク構成図やIPアドレス管理表等のドキュメントにIPv6アドレスの情報が反映されていることを確認しましたか。          | <input type="checkbox"/> |
|                 | 57 | IPv4と同等にIPv6アドレスに対してリモート接続が可能であることを確認しましたか。                         | <input type="checkbox"/> |
|                 | 58 | 運用作業手順書や保守マニュアルにIPv6アドレスに対する手順の更新がされていることを確認しましたか。                  | <input type="checkbox"/> |
|                 | 59 | 運用保守における自動化ツールがIPv6対応しているか確認しましたか。                                  | <input type="checkbox"/> |