Network Diagrams of WIDE Backbone

遠峰隆史 (tomine@wide.ad.jp)
近藤賢郎 (latte@wide.ad.jp)
豊田安信 (yas-nyan@sfc.wide.ad.jp)
澤田開杜 (sabaniki@sfc.wide.ad.jp)
石原匠 (takuan@sfc.wide.ad.jp)
垣内正年 (masato@itc.naist.jp)
宇多仁 (zin@jaist.ac.jp)　小林和真 (kazu-k@is.naist.jp)
松本智 (matsumoto@tsukuba.wide.ad.jp)
関口亞聖 (asei@tsukuba.wide.ad.jp)
柳澤舜太郎 (yana@inl.ics.keio.ac.jp)
関谷勇司 (sekiya@wide.ad.jp)　中村遼 (upa@wide.ad.jp)
山本成一 (yama@wide.ad.jp)

2024 年 1 月 31 日

本ドキュメントでは、2023 年の WIDE backbone と各 NOC の現状について述べる。

1　はじめに

WIDE バックボーンネットワークは我が国の各地に拠点（NOC, Network Operation Center）を持つ広大なレイヤ 2 およびレイヤ 3 ネットワークである．WIDE バックボーンネットワークは各接続組織の対外接続ネットワークとして活用されるだけではなく，インターネットの新技術を開発している研究者，開発者らの新技術の運用実験の場としても頻繁に活用されている．

WIDE バックボーンネットワークの運用は Two ワーキンググループに参加する各 NOC の運用者による定常的な運用に支えられている．2023 年の Two ワーキンググループの活動報告として，WIDE バックボーンネットワークの運用報告を行う．最後に今後の WIDE バックボーン運用についての展望を述べる．

2　WIDE バックボーンの運用

本節では，WIDE バックボーンの各拠点での 2021 年 1 月 1 日から 2021 年 12 月 31 日までの運用報告と 2020 年 1 月 31 日現在の WIDE バックボーンのネットワーク構成を報告する．図 1 は 2023 年 12 月 31 日現在の WIDE バックボーンの概略図である．

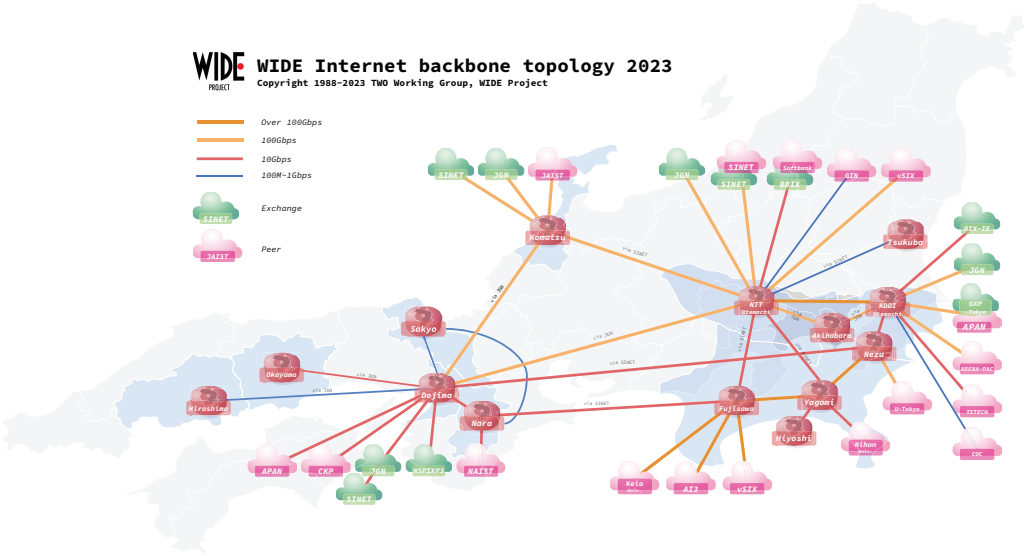


図 1: WIDE バックボーントポロジ

2.1　本年度の活動方針

例年と同様に本年も主に 100Gbps, 10Gbps 回線に基づいて WIDE-BB を運用した．2021 年 12 月から漸次的に計画実施してきた NTT 大手町拠点の本館ビルから別館ビルへの移転作業では，2022 年末までに大部分の機材の移設を終えていたが，本館ビルに一部の回線とその収容機材が残置されていた．このため，本年はそれらの回線の別館への収容替えを実施した後に不要な機材を破棄して，本館からの完全撤退を実施した．本館から別館への一連の移設に当たっては，ただ単に機材を移設するのではなく WIDE-BB の高速化と将来を見据えた対応を行ったため，結果的に NTT 大手町拠点のリファクタリングとなった．その成果を元に本年は KDDI 大手町拠点のリファクタリングも併せて実施した．NTT 大手町拠点 / KDDI 大手町拠点のリファクタリングについては，第 2.2 節にて詳説する．

対外接続の点では，RPKI 技術に関する研究開発を実施するために，2023 年 7 月に NTT 大手町拠点において BBIX との 10Gbps 回線による接続が追加された．この接続では，BBIX 東京拠点に接続する各社と対等ピアの関係で経路交換するとともに，BBIX よりトランジット経路の提供を受けている．従来より WIDE-BB

におけるトランジット回線の冗長化が課題となっていたが，今回の接続追加によって結果的にその課題解消に資することとなった．また BBIX への接続に際して AS-SET など BGP による経路広告ポリシの整理を実施した．

NTT 大手町拠点の移設の結果，WIDE-BB と国内 / 国際 REN (Research and Education Network) との接続拠点が従来から変更されたものもある．加えて，上記の通り BBIX との接続の追加もあったことから，現在 WIDE-BB が NTT 大手町拠点と KDDI 大手町拠点を介して接続する主要ネットワーク / IX を今一度整理すると以下となる．

- NTT 大手町拠点: GIN, BBIX, SINET
- KDDI 大手町拠点: DIX-IE, JGN, APAN-JP, GXP-Tokyo, ARENA-PAC

2.2 NTT 大手町拠点 / KDDI 大手町拠点のリファクタリング

2.2.1 リファクタリングに至った経緯と方針

第 2.1 節に記載した通り，NTT 大手町拠点の本館から別館への移設は 1 年以上の期間をかけて実施された．移設前の本館における NTT 大手町拠点では，管理者や詳細不明な IA サーバやルータ機器が多数残置されていたり，縦横無尽で無理のあるラック間・対外接続回線の引き回しが行われていた．このため，移設にあたって破棄可能な資産の区別や現用の接続回線の確認のために数多くの現地調査や打合せを要する結果となった．加えて，NTT 大手町拠点に限らず WIDE-BB を構成する他拠点を含め同様の状況がみられることもあり，本件を契機として，WIDE-BB の運用コストも押し上げている現況を再認識するに至った．

以上の事情から，NTT 大手町拠点の別館への移設にあたっては，機器の設置や回線の引き回しにあたってラック毎の役割を明確化するソフト面のポリシ制定に加え，それらのポリシの履行を容易とするためパッチシステムなどのハード面の拡充が行われた．別館の NTT 大手町拠点には 5 つのラックが配備されているが，それらの主な役割はそれぞれランディング (接続収容) 用，DIX-IE/PIX-IE 用，WIDE-BB 用，国際接続用，研究プロジェクト用に分割した．さらに，ラック間の配線や対外回線の収容に用いるためのパッチシステムを各ラックにも配備した．このことにより，別館への移設を契機に NTT 大手町拠点リファクタリングされ，対外回線や各ラックの利用状況が明確化して定常的な運用コストの低減に資するだけでなく，新規に TWO ワーキンググループに加入した者が WIDE-BB の運用や実験に参加する際の障壁の低下も見込まれる状況となった．

NTT 大手町拠点のリファクタリングに続いて，本年には KDDI 拠点のリファクタリングも随時実施された．NTT 大手町拠点と同様に，リファクタリングにあたってはラック毎の役割を明確化するソフト面のポリシ制定とハード面の拡充が実施された．ハード面の拡充にあたっては，上記で述べたラック間のパッチシス

テム導入といったユーティリティ向上だけでなく，NTT 大手町拠点 = KDDI 大手町拠点間接続の高速化を目的に DWDM 導入までが実施された．この結果両拠点間の帯域の総容量は現在 1.6 Tbps に到達するまでに至っている．

2.2.2 具体的なリファクタリング内容

2021 年末の NTT 大手町拠点の移設開始以降本年までに両拠点で実施されたリファクタリング項目としては以下が挙げられる．

- インフラの高速化への対応（SMF 化, LC 化）
- MPO パッチシステムによる構造化配線の導入
- ロジスティックスの効率化（UTP, Fibre, 電源コードの先行準備）
- ラックの集約と役割の明確化
- MX480 導入による 100GbE 機器の増強
- KDDI 大手町拠点 = NTT 大手町拠点間接続における DWDM 導入
- ネットワーク管理用サーバ・インフラの強化

2.3 筑波

筑波 NOC は筑波大学内に設置されており、パブリックミラーサービスの提供や筑波大学内の実験ネットワークとの接続を行っている。

筑波 NOC は SINET L2 接続サービスを利用して NTT 大手町 NOC (notemachi) と接続しており、現在接続の 10Gbps 化を進めている。2023 年 12 月 31 日時点で筑波 NOC から SINET L2 接続サービスまでの経路の 10Gbps 化が完了している。今後は筑波 NOC 内の設備の 10 Gbps 対応や NTT 大手町 NOC 側の設定の確認などを行う予定である。

パブリックミラーサービスには、1 日当たり概ね 150 〜 200 万件のリクエストが発生している。2021 年にサーバー機器を更新し、同時にミラー同期管理方式や機器監視方式の変更を行った。現在はミラー同期管理方式として systemd を用いた同期スケジュール管理を、機器監視方式として Zabbix を採用している。

- (2023/10/22-23, 28-29) 電気設備の法定点検実施による一時停止
- (2023/12/21) SINET L2 接続サービスまでの 10Gbps 経路を追加
- (2023/12/27) SINET L2 接続サービスまでの既存の 1Gbps 経路を廃止

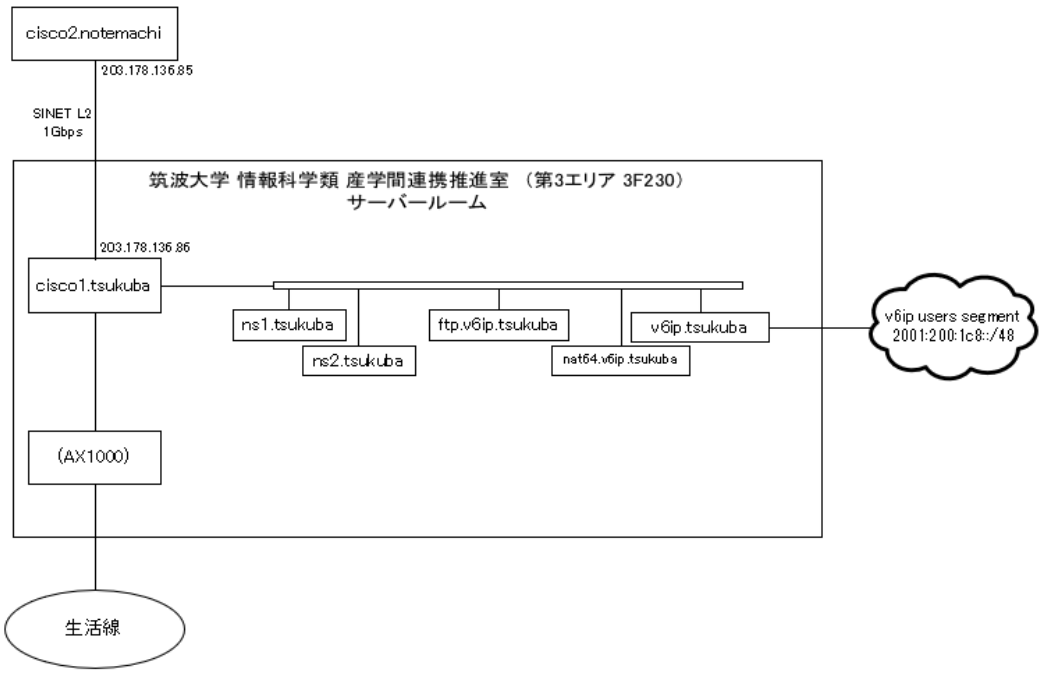


図 2: 筑波 NOC トポロジ

2.4 根津

根津 NOC は，WIDE 関東地区の重要な接続拠点として，東京大学や東芝等との接続を行っている．また WIDE クラウドの拠点としても重要な機器が設置されている．2021 年は根津 NOC の設置されている東京大学情報基盤センターの耐震改修工事に伴い今までの本館から別館に NOC を移設した。またこの作業に伴い、コアルータを MLXe4 から Juniper Networks の MX204 にリプレースした。

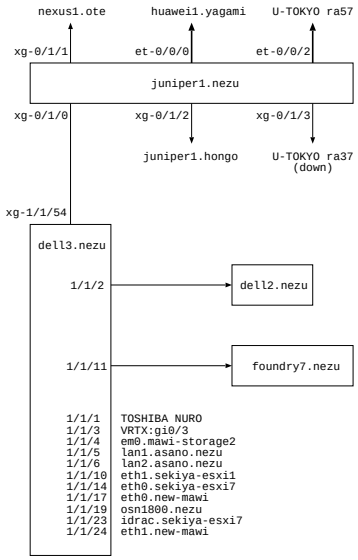


図 3: 根津 NOC

2.5 NTT 大手町

NTT 大手町 NOC(notemachi) は，1999 年終りから稼働した NOC で，現在，関西方面，北陸方面への L2 網，JGN-X ，APAN-JP の接続拠点として重要な立場にある．また，日本のインターネットトラフィック交換の 1 拠点として，DIX-IE を設置し ISP および学術研究 NW を収容している．

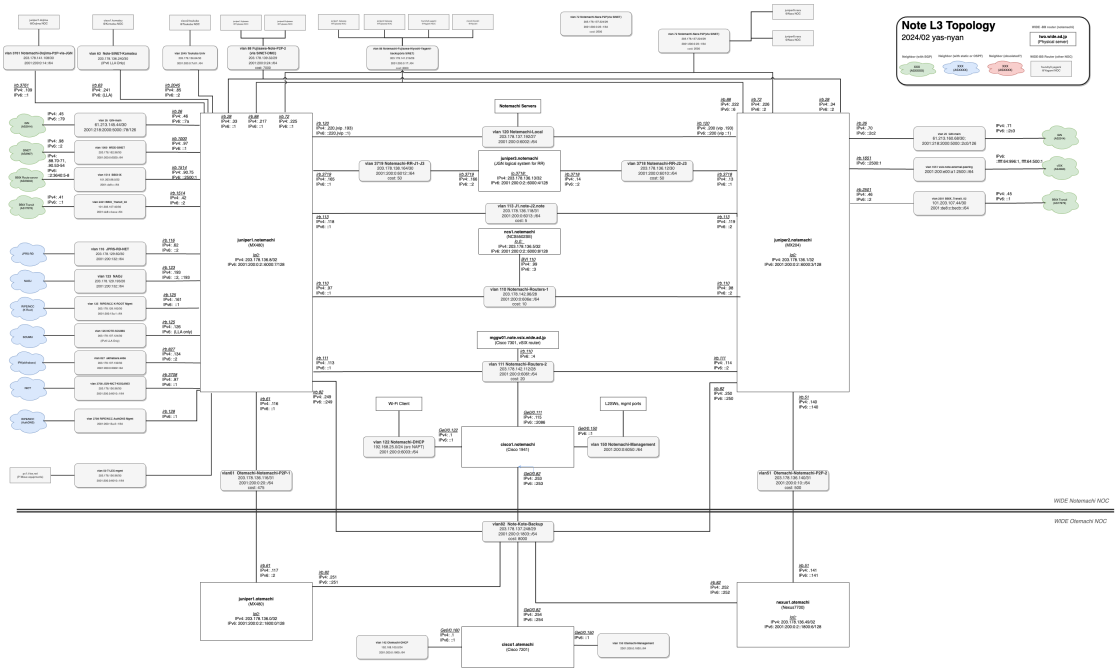


図 4: NTT 大手町 NOC

2.6 KDDI 大手町

KDDI 大手町 NOC は WIDE バックボーンの中でも中核を担う重要な NOC となっており，外部組織接続が最も多い NOC となっている．10GbE によるバックボーンが導入され，NTT 大手町 NOC との連携がより強まり，WIDE から DIX-IE への接続拠点となっている．

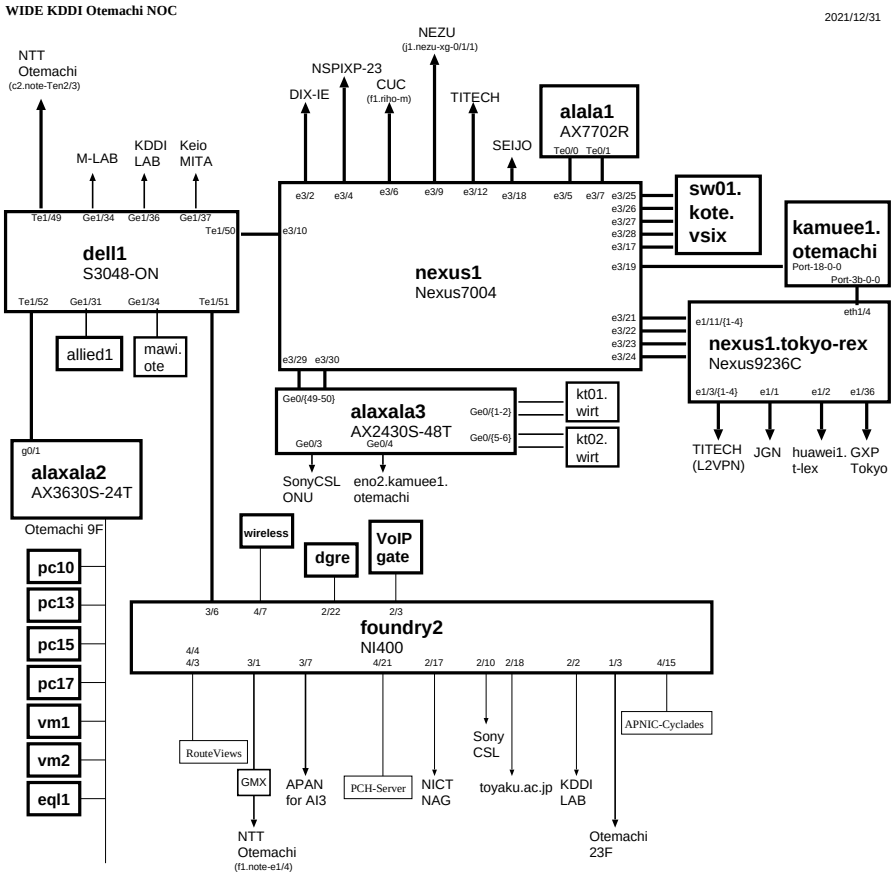


図 5: KDDI 大手町 NOC

2.7 矢上

矢上 NOC は慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス構内にあり，同大学理工学部とデジタルメディアコンテンツ統合研究センターおよび周辺の研究組織を収容している．慶應義塾との間の BGP 接続の点では，藤沢 NOC における接続のバックアップピアとしての機能を担う．また WIRT (WIDE CSIRT) によるネットワークトラフィック計測とその異常検知に関わる基盤の運用も担っている．

- (2023/8/19) UPS の蓄電池交換
- (2023/8/20) 矢上キャンパス法定停電対応

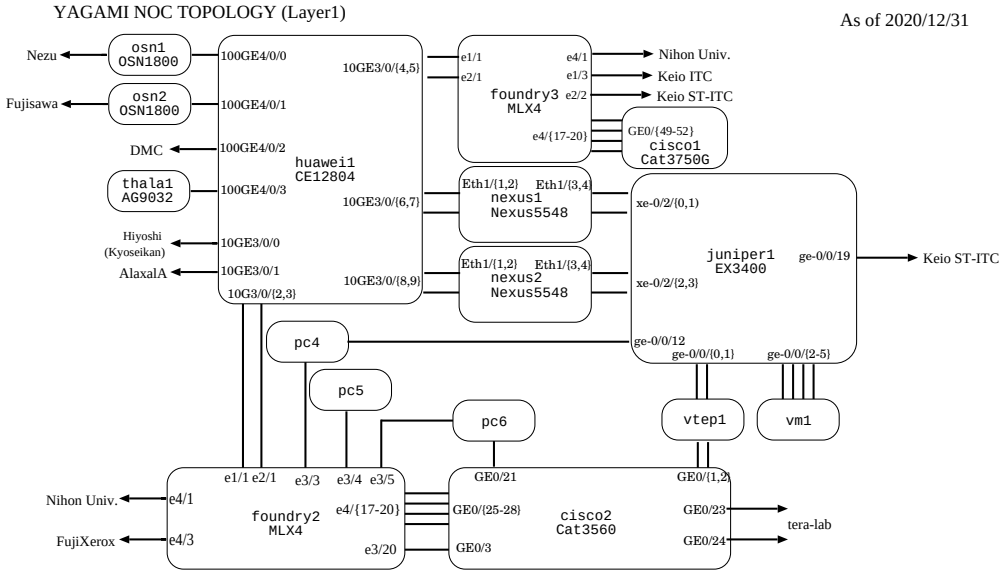
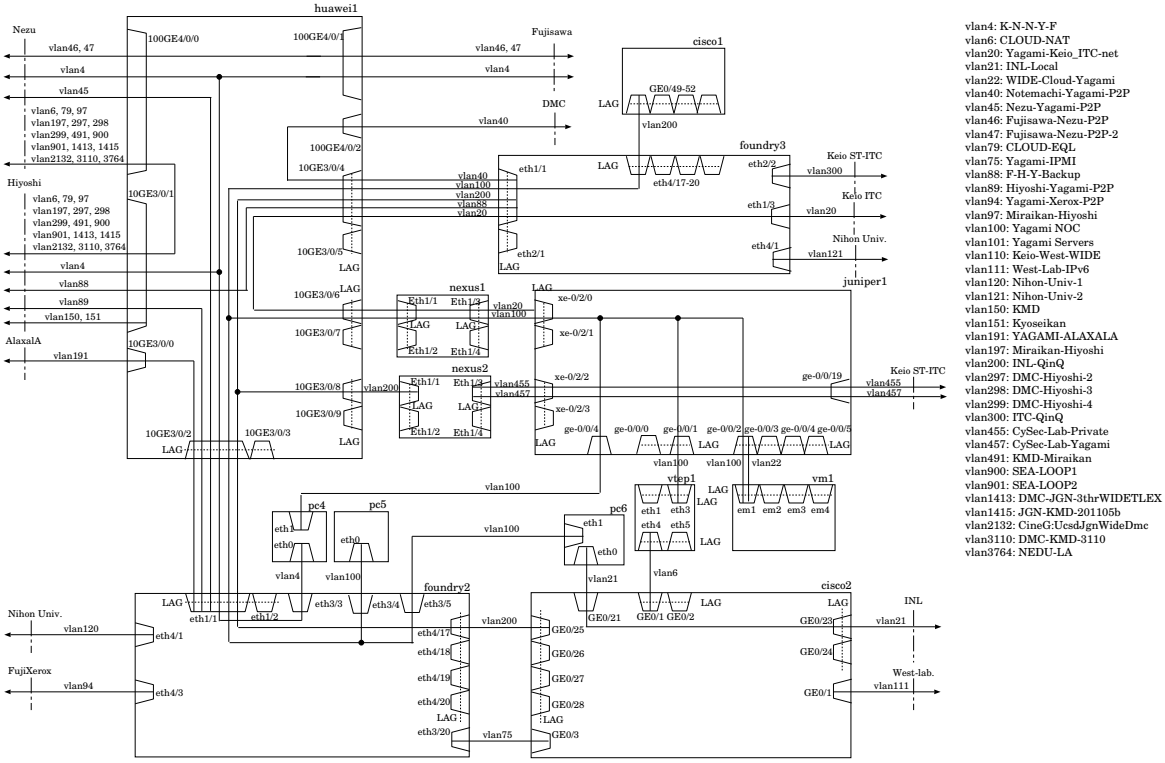


図 6: 矢上 NOC Layer-1 トポロジ.



vlan4: K-N-N-Y-F
vlan6: CLOUD-NAT
vlan20: Yagami-Keio_ITC-net
vlan21: INL-Local
vlan22: WIDE-Cloud-Yagami
vlan40: Notemachi-Yagami-P2P
vlan45: Nezu-Yagami-P2P
vlan46: Fujisawa-Nezu-P2P
vlan47: Fujisawa-Nezu-P2P-2
vlan79: CLOUD-EQL
vlan75: Yagami-IPMI
vlan88: F-H-Y-Backup
vlan89: Hiyoshi-Yagami-P2P
vlan94: Yagami-Xerox-P2P
vlan97: Miraikan-Hiyoshi
vlan100: Yagami-NOC
vlan101: Yagami Servers
vlan110: Keio-West-WIDE
vlan111: West-Lab-IPv6
vlan120: Nihon-Univ-1
vlan121: Nihon-Univ-2
vlan150: KMD
vlan151: Kyoseikan
vlan191: YAGAMI-ALAXALA
vlan197: Miraikan-Hiyoshi
vlan200: INL-QinQ
vlan297: DMC-Hiyoshi-2
vlan298: DMC-Hiyoshi-3
vlan299: DMC-Hiyoshi-4
vlan300: ITC-QinQ
vlan455: CySec-Lab-Private
vlan457: CySec-Lab-Yagami
vlan491: KMD-Miraikan
vlan900: SEA-LOOP1
vlan901: SEA-LOOP2
vlan1413: DMC-JGN-3thrWIDETLEX
vlan1415: JGN-KMD-201105b
vlan2132: CineG:UcsdJgnWideDmc
vlan3110: DMC-KMD-3110
vlan3764: NEDU-LA

図 7: 矢上 NOC Layer-2 トポロジ.

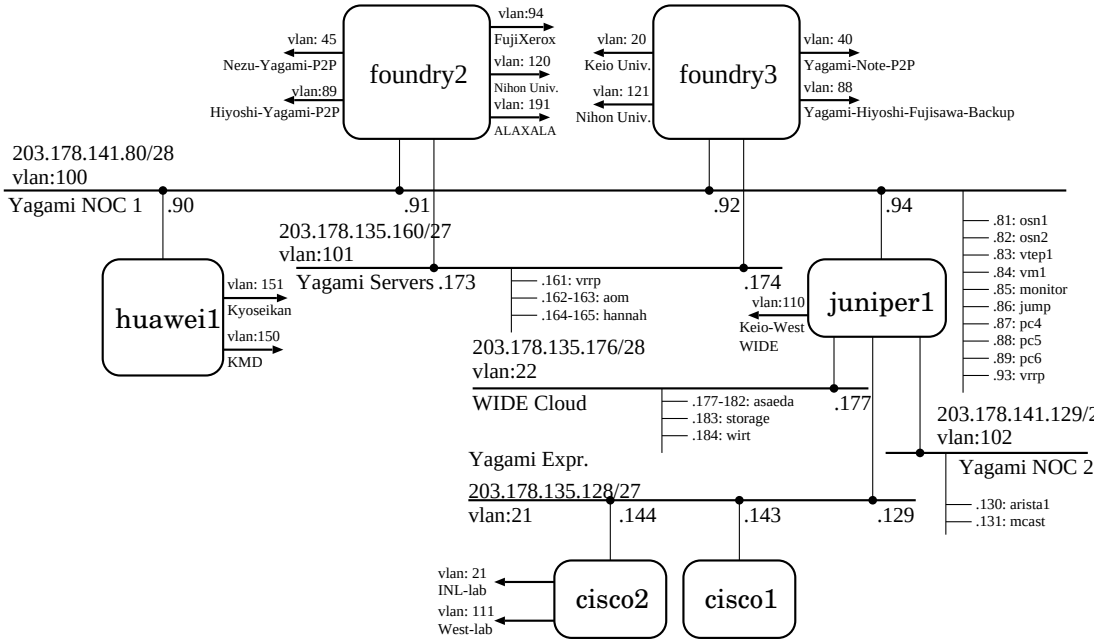


図 8: 矢上 NOC Layer-3 トポロジ.

2.8 藤沢

藤沢 NOC は慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスデルタ館内に所在し，慶應義塾大学や同・村井研究室の他、周辺の WIDE 内の研究プロジェクトとの相互接続を行っている．また W3C や AI3 のような外部研究組織へののインターネット疎通性提供や，ccTLD 及び ccSLD 権威サーバの運用も担う．

本年度は下記のように，新規に WIDE 内の他プロジェクトとの接続を開始したほか，トポロジーを一新し，よりフレキシブルで強力な実験・開発環境の整備に努めた．

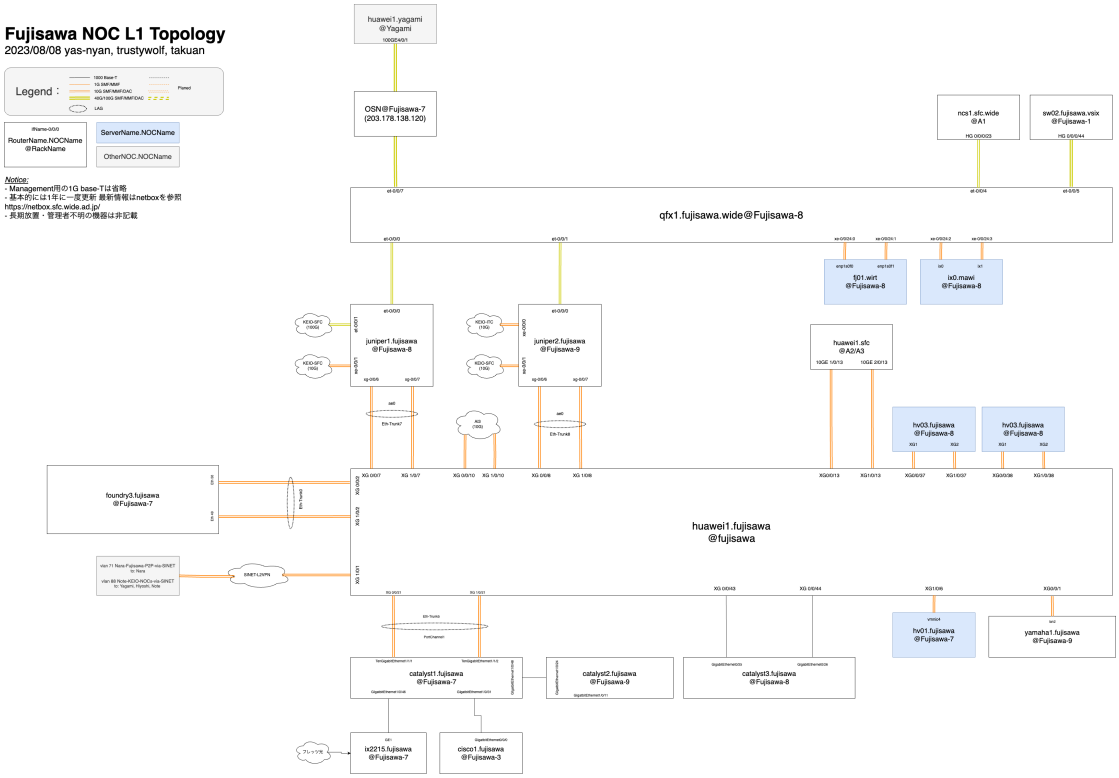


図 9: 藤沢 NOC Layer-1 トポロジ図

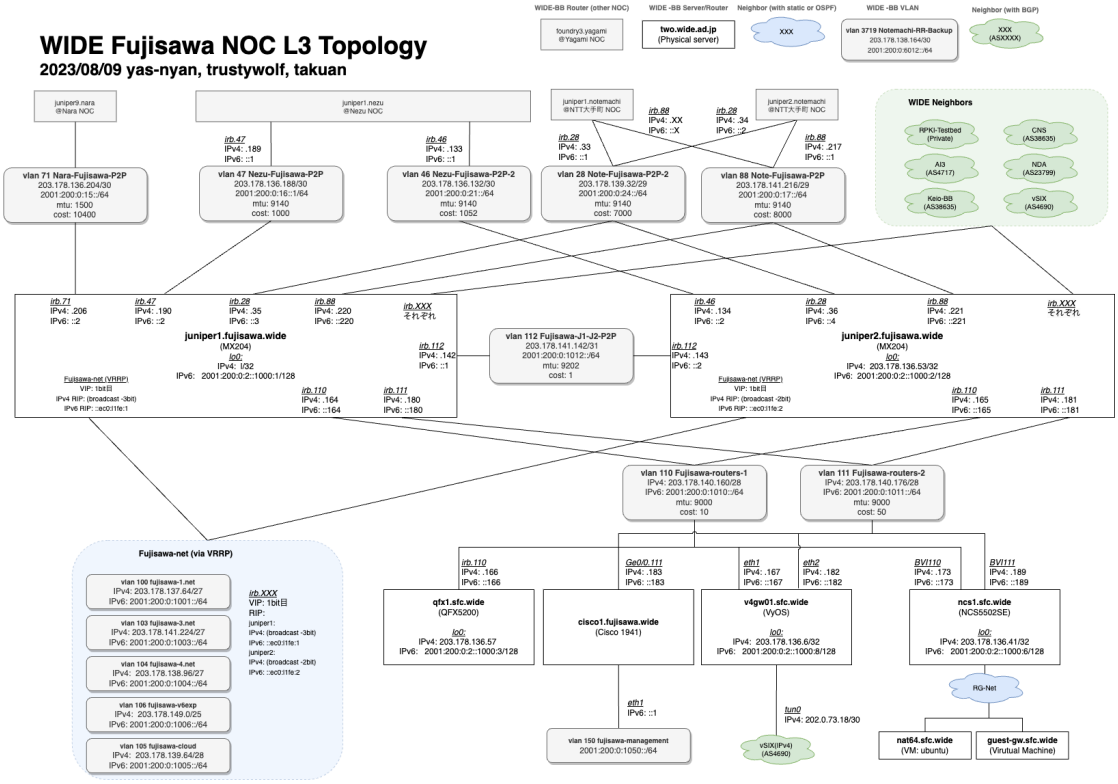


図 10: 藤沢 NOC Layer-3 トポロジ図

2.9 小松

小松 NOC は北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST / 石川県能美市) 内に設置された NOC であり、同大学、NICT 北陸 StarBED 技術センター (通称: StarBED) 等への接続を収容している。NOC 間接続として関東および関西方面に対し複数のリンクを持ち、東阪間リンク障害時の迂回経路としての役割も担っている。

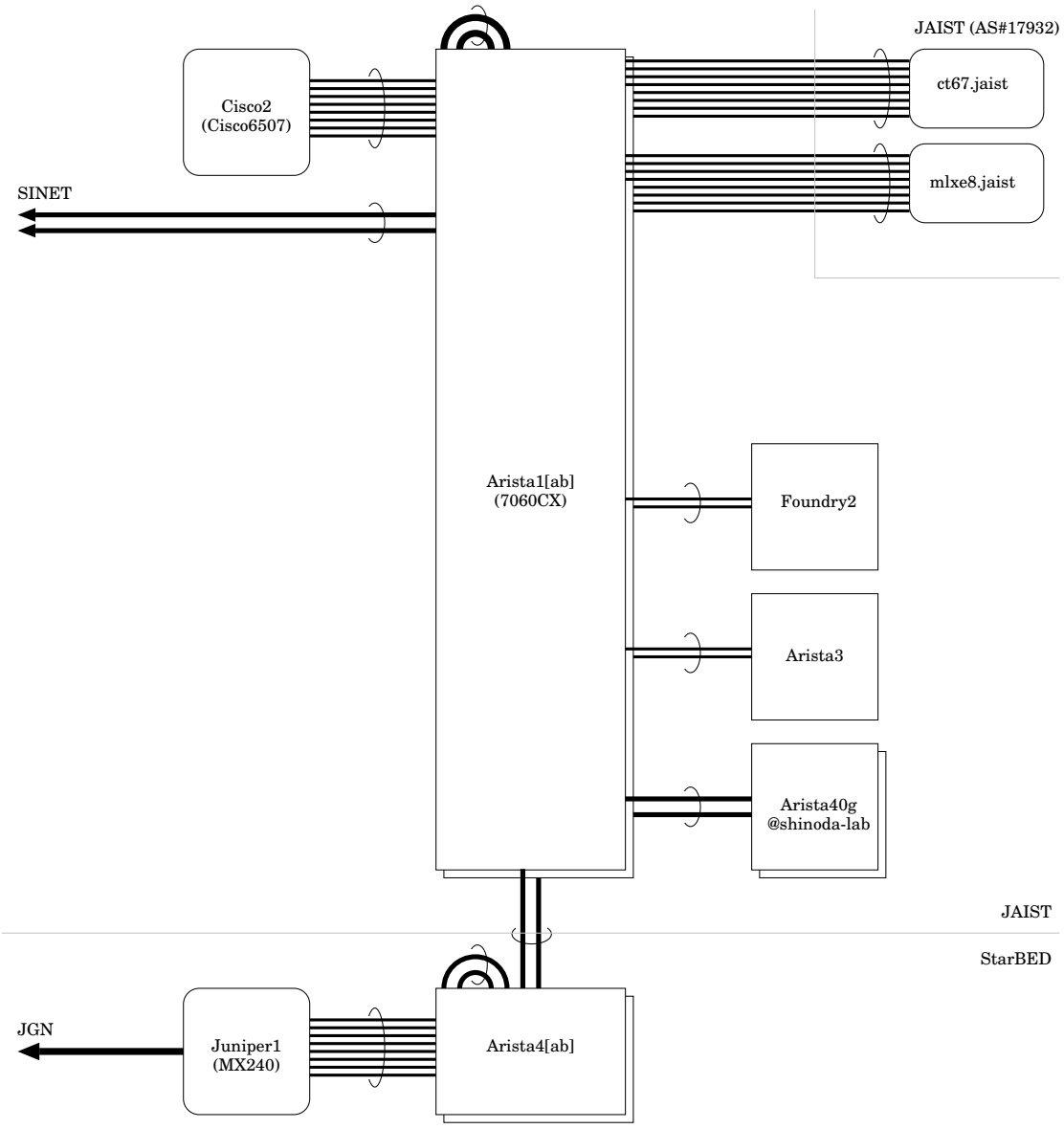


図 11: 小松 NOC

2.10 堂島

堂島 NOC は，WIDE プロジェクトのネットワークにおける西日本のコア拠点となっている．NTT テレパーク堂島第 1 ビルと第 3 ビルに拠点を構え，NTT 大手町 NOC とともに 10 Gigabit Ethernet バックボーンの 1 点を担ったり，大阪における学術 IX (NSPIXP3) 拠点を担ったりしている NOC である．また，第 3 ビル内において JGN や SINET とも接続し，西日本方面の多数の NOC とリーフサイトを収容している．ルーティングポイントの `cisco2.dojima` から `juniper1.dojima`, `crs1-1.dojima` への移行を進めている．

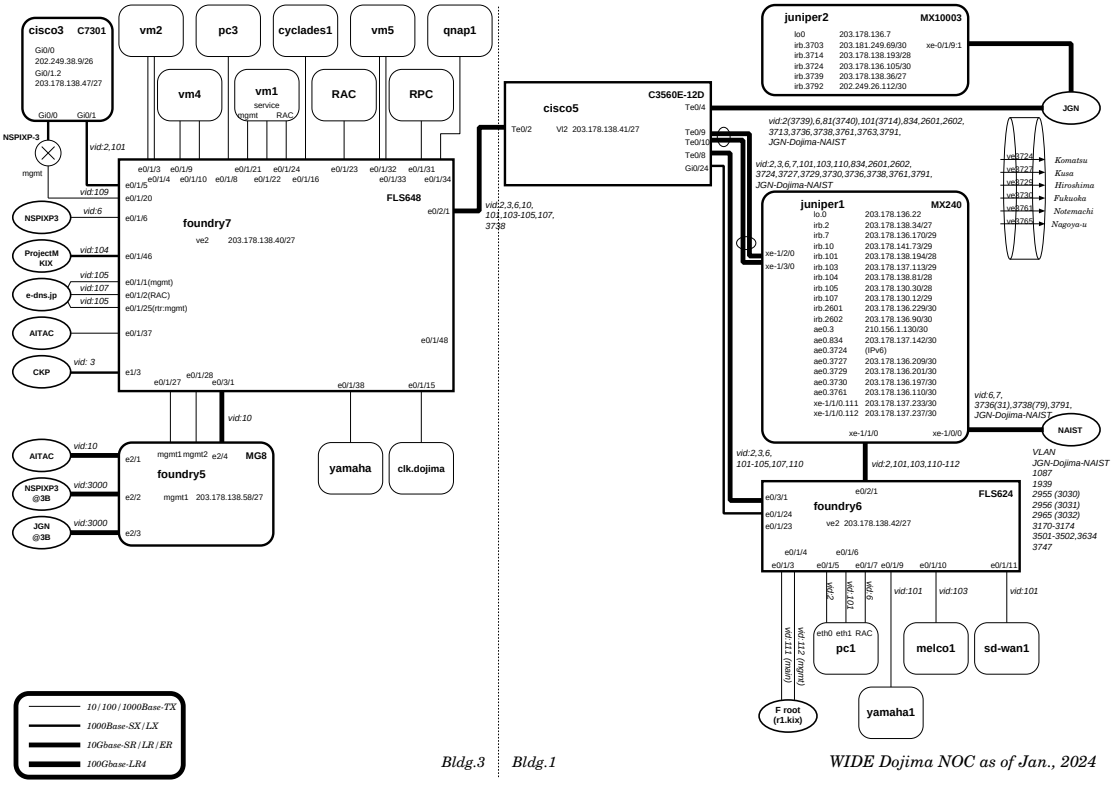


図 12: 堂島 NOC トポロジ

2.11 奈良

奈良 NOC は奈良先端科学技術大学院大学内にあり，大学および NOC 周辺の研究組織を収容するとともに AI3 と接続している．また，Debian JP 等の公式ミラーを始めとする 10 以上のミラーを提供する FTP ミラー (`ftp.nara.wide.ad.jp`) をサービスしている．

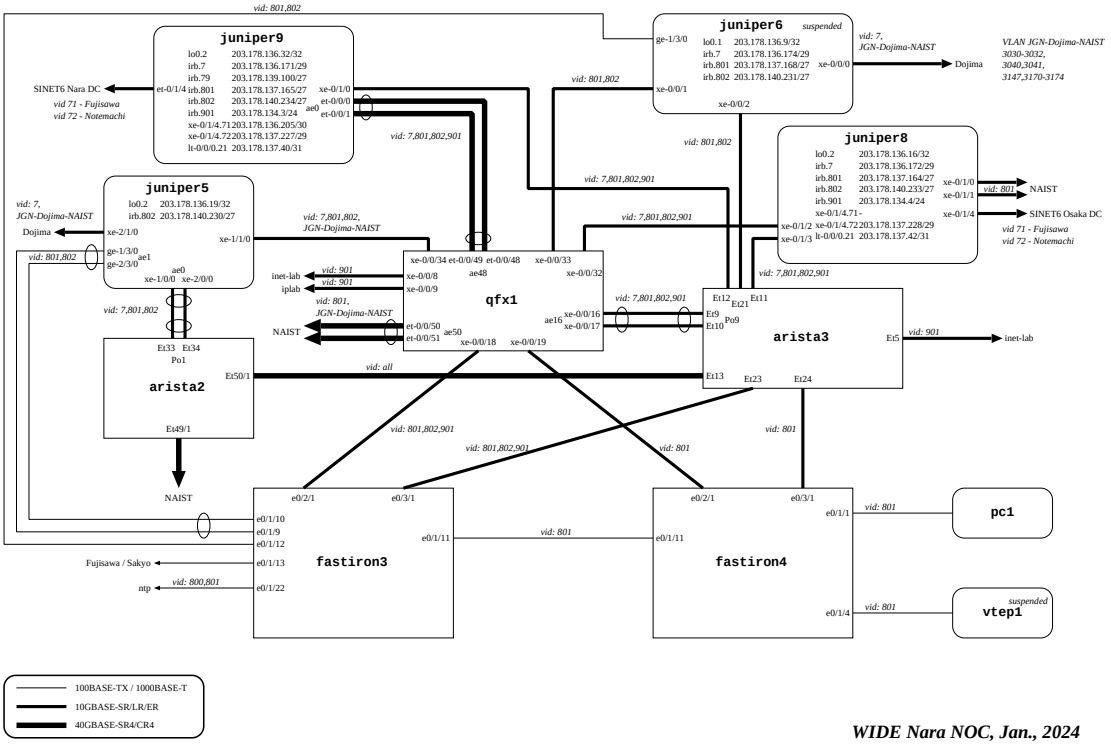


図 13: 奈良 NOC トポロジ

2.12 左京

左京 NOC は京都およびその周辺に存在する組織に対する接続拠点であり京都大学に設置されている.

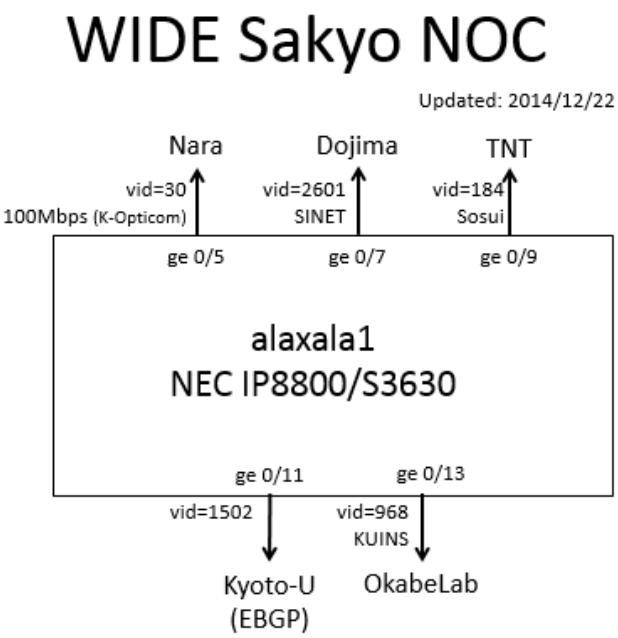


図 14: 左京 NOC

2.13 岡山

OKIX NOC は岡山情報ハイウェイ OKIX NOC 内にあり，岡山情報ハイウェイを経由して相互に接続しているプロジェクト参加機関 (美星スペースガードセンター，倉敷市等) を収容している．

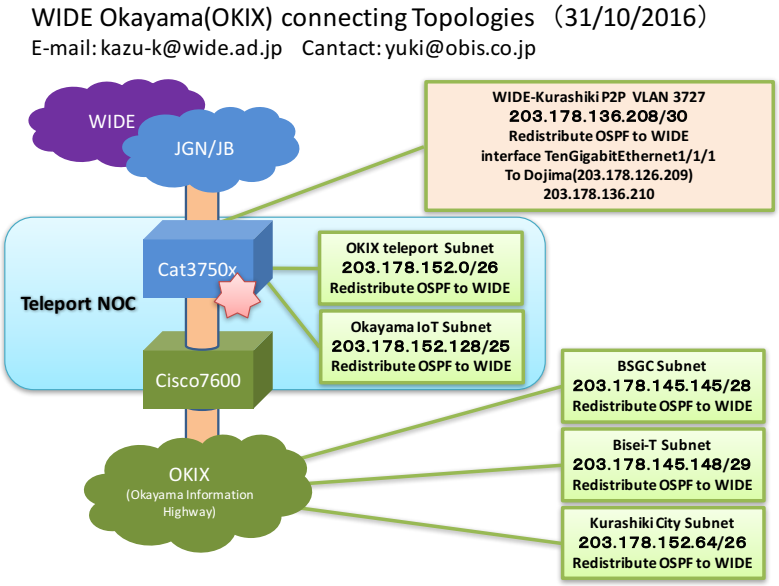


図 15: 岡山 NOC

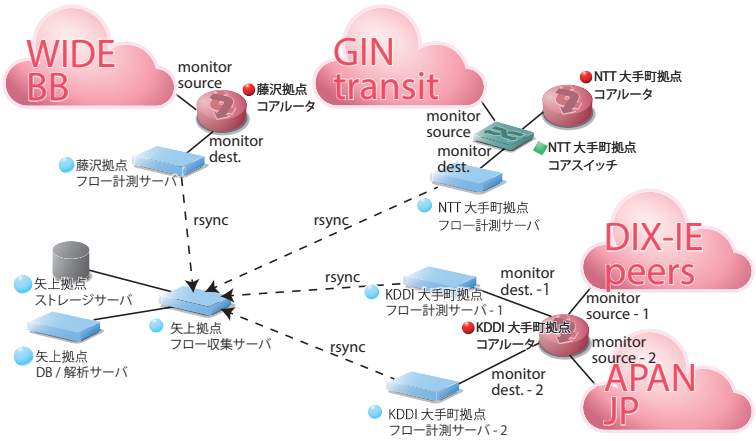


図 16: WIDE TWS の構成概要.

3 WIRT の活動

WIRT (WIDE Incident Response Team) は TWO ワーキンググループに所属する一部メンバにより構成された組織内 CSIRT であり，WIDE-BB における情報セキュリティインシデントの発生から収束までの対応を管理すると同時に，関連する技術の研究開発を実施する．組織外の CSIRT 間の連携の点では，日本シーサート協議会 (NCA) や学術系シーサート交流ネットワーク等を中心に，インシデント事例分析や脆弱性情報の共有を進めている．NCA においては 2020 年 4 月より WIRT は幹事会員となり，学術系ネットワークの運用者の立場から積極的に情報発信を実施している．

3.1 WIRT によるトラフィック情報収集

WIRT では WIDE-BB 内のフロー情報の収集基盤の構築を進めており，NTT 大手町拠点，KDDI 大手町拠点を中心に計測用サーバを設置して，トランジットリンク，DIX-IE 経由の国内商用 ISP とのピアリンク，国内 / 国際 REN とのピアリンクなど，WIDE-BB における主要な対外接続のフロー情報を計測している．これらのサーバ機器ではフロー情報を 1:1 サンプリングで NetFlow v9 フォーマットにて出力し，WIRT 内で運用される SIEM 基盤である (*WIDE TWS*) に集約される．WIDE TWS はフロー情報の他に，経路情報，ダークネット観測情報，境界管理情報などの OSINT 情報，商用の脅威インテリジェンス情報など脅威検知に有用な情報が順次取り込まれる．WIDE TWS にはルールベースと振る舞いベースの異常検知エンジン [1] が実装されており，上記で取り込まれた情報を用いることで WIDE-BB における準リアルタイムな (現在時刻から約 15 分の遅延を含む) 異常検知を実施している．

図 16 には WIDE TWS の構成の概要を示す．NTT 大手町拠点，KDDI 大手町拠点，藤沢拠点に設置されたフロー情報収集サーバからはフロー情報が 5 分毎の間隔で矢上拠点に設置された WIDE TWS にまで配送される．WIDE TWS は RDBMS (PostgreSQL) に基づいて構成される．

3.2 本年度の主要な活動実績

本年に WIRT が検知の上で対応を実施した主な事案は以下の通りである．

- 2023 年 4 月: WIDE-BB 内からの NTP リフレクション相当の通信検知・対応
- 2023 年 5 月: WIDE-BB スタブ組織から多国籍宛の大規模スキャニング活動検知・対応
- 2023 年 10 月: WIDE-BB 内から多国籍宛の大量の SMTP 相当の通信検知・対応
- 2023 年 11 月: WIDE-BB スタブ組織からの SNMP リフレクション相当の通信検知・対応

この他にも，境界管理情報を用いた WIDE-BB 内の脆弱性管理やダークネット観測情報を用いた異常検知を随時実施した．また，2023 年 5 月に開催された NCA のインシデント事例分析ワーキングループでは WIRT が実施する WIDE-BB におけるセキュリティ運用について発表した．

また WIRT ではインターネットバックボーン環境における効率的な異常検知およびアトリビューション技術の研究開発に取り組む．昨年度に引き続いて，BGP 経路情報に基づいたフロー情報の集約に基づいたトラフィックの異常検知機構である GAMPAL[2] の研究開発を実施し，今年度は汎化性能の向上と異常検知機構のリアルタイム化 [1] に注力した．またフロー情報で観測されたトラフィックの振る舞いに対して主に OSINT 活動で収集される情報を付与してアトリビューションする仕組みの研究開発への取り組みを開始した．

WIDE TWS で収集するフロー情報に関しては，2023 年 5 月に SINET とのピアリンク，2023 年 8 月に BBIX とのピアリンクに対する計測をそれぞれ追加した．従来より WIDE TWS における振る舞いベースの異常検知エンジンとして GAMPAL の研究開発を実施していたが，異常検知精度の向上や学習時間の削減を主な目的として GAMPALv2[3] の研究開発を継続実施している．それと同時に，暗号化トラフィックを含んだトラフィックを対象としたトラフィック分類手法である OLIViS[4] の研究開発も行っており，WIDE TWS への機能追加を今後実施する．

4　おわりに

本年は，例年通り WIDE-BB の安定した運用を実施するとともに，NTT 大手町拠点と KDDI 大手町拠点のリファクタリングを推進した．また WIRT による SIEM 基盤である WIDE TWS の整備が進み，WIDE-BB 内のセキュリティ環境の改善が進んだ．

今後は WIDE-BB の西日本の期間拠点である堂島拠点のリファクタリングを進める予定である．また，BBIX との接続が追加されたことで複数のトランジットからインターネットフルルートを受信する環境となったことから，主要拠点全体で一貫した経路制御が可能となるよう WIDE-BB の再構成を推進する．また WIRT では，フロー情報の収集基盤の構築を堂島拠点においても進めるとともに，インターネットバックボーンにおける異常検知技術やサービス単位でのトラフィックのアトリビューション技術の研究開発を実施する予定である．

参考文献

[1] T. Wakui, T. Kondo, and F. Teraoka. GAMPAL: An Anomaly Detection Mechanism for Internet Backbone Traffic by Flow Size Prediction with LSTM-RNN. *Annals of Telecommunications*, Vol. 77, pp. 437–454, 2022.

[2] T. Wakui, T. Kondo, and F. Teraoka. GAMPAL: Anomaly Detection for Internet Backbone Traffic by Flow Prediction with LSTM-RNN. In *Proc. of IFIP MLN '19*, 2019.

[3] 和久井拓, 寺岡文男, 近藤賢郎. インターネットトラフィック汎用異常検知手法 GAMPAL における流量予測と異常検知精度の改良. 信学技報, 第 123 巻, pp. 33–40, 2023.

[4] Y. Tamura, F. Teraoka, and T. Kondo. OLIViS: An OSINT-Based Lightweight Method for Identifying Video Services in Backbone ISPs. In *Proc. of IEEE NOMS '24*, 2024.

5　CopyRight