

IIJR

Internet
Infrastructure
Review

Dec.2022

Vol. 57

定期観測レポート

IIJインフラから見た インターネットの傾向～2022年

フォーカス・リサーチ(1)

IIJの新バックボーンネットワーク「VX」

フォーカス・リサーチ(2)

社内情報分析基盤「illumino」

IIJ

Internet Initiative Japan

Internet Infrastructure Review

December 2022 Vol.57

エグゼクティブサマリ	3
1. 定期観測レポート	4
Theme 01 BGP・経路数	4
Theme 02 DNSクエリ解析	6
Theme 03 IPv6	8
Theme 04 モバイル 3G、LTEの状況	12
2. フォーカス・リサーチ(1)	16
2.1 はじめに	16
2.2 IJバックボーンを振り返る	16
2.3 VXのコンセプトとVXコントローラの導入	18
2.4 VXでのネットワーク監視	21
2.5 おわりに	23
3. フォーカス・リサーチ(2)	24
3.1 はじめに	24
3.2 illuminoの紹介	24
3.2.1 社内情報分析基盤「illumino」について	24
3.2.2 データ分析とは	25
3.3 課題と解決策	28
3.3.1 大量データの保存・管理と可視化	28
3.3.2 システム/サービス間のデータ共有	29
3.3.3 機械学習	31
3.4 まとめ	33
Information	34

エグゼクティブサマリ

「IIR Vol.57」は2022年最後の発行となります。本年の我が国のICT業界における大きなトピックの1つとして、ICT事業者のサービス停止によって社会活動に大きな影響が出たことが挙げられます。旧来の電気通信事業者だけでなく、クラウドサービス事業者のサービス停止もテレビのニュースで取り上げられました。これは我が国に限ったことでなく、韓国においても利用者の多いスマートフォンアプリの障害で社会生活の広い範囲に影響が出たことが報じられています。

ICT事業者がサービス品質の向上に取り組むべきことは言うまでもありません。日本の移動通信においては、非常時における移動通信事業者間のローミングに関する議論が活発になっています。利用者が代替手段を用意するなど自衛策を講じるだけでなく、提供者である事業者側でも障害時には相互にバックアップしてサービスを継続すべきという考え方によるものです。

移動通信業界では、世界的にも効率性の追求のために設備供用が進んでおり、従来の設備構築によるエリア拡大競争という考え方から徐々に変化し、非常時におけるローミングも、設備構築が競争領域から協調領域に入りつつあると捉えることもできます。

インターネットの出現から、電気通信事業は大きな変化に晒されています。国際的なクラウドサービス事業者も含めて、新しいICT業界の秩序や考え方が議論・整理されるなか、基盤となる移動通信事業の枠組みが別の観点から問われていることの現れであろうと注視しています。

「IIR」は、IJで研究・開発している幅広い技術を紹介しており、日々のサービス運用から得られる各種データをまとめた「定期観測レポート」と、特定テーマを掘り下げた「フォーカス・リサーチ」から構成されます。

1章の「定期観測レポート」は、IJインフラから見たインターネットの傾向の2022年版です。インターネット上のIPv4及びIPv6経路数、利用者に提供しているフルリゾルバから得られるDNSのクエリの解析、IPv6及びモバイルのトラフィックを分析しました。インターネットは常に変化しており、変化のなかにいると見過ごしがちな絶対量や全体に占める割合などのデータを継続的に分析することで、多くの知見が得られると考え、定期的に定点観測しているものです。今年も興味深い結果が出ていますので、ぜひご覧ください。

2章の「フォーカス・リサーチ(1)」では、IJの新しいバックボーンネットワークである「VX」を紹介しています。VXは本年リリースした新サービスで利用するために構築したもので、SDN、自動化、API連携などの機能を実装しています。その開発の背景や実装を説明するうえで、今までのバックボーンネットワークの歴史についても触れています。創業以来、IJの事業基盤であるバックボーンネットワークに対する考え方も知っていただける内容になっています。

3章の「フォーカス・リサーチ(2)」では、社内で構築した情報分析基盤「illumino」を紹介しています。我々が運用するサービスシステムからは膨大なデータが生成されています。それらのデータを集約・分析し、お客様にとっても、我々自身にとっても有益な価値を創出する取り組みを進めています。データの集約・分析により、どのようなことが可能になるのか、どのようなことを実現しようとしているのか、その事例や効果を含めて解説しています。

IJは、このような活動を通してインターネットの安定性を維持しながら、日々、改善・発展させていく努力を行っています。今後も企業活動のインフラとして最大限にご活用いただけるよう、様々なサービスやソリューションを提供し続けてまいります。



島上 純一 (しまがみ じゅんいち)

IJ 常務取締役 CTO。インターネットに魅かれて、1996年9月にIJ入社。IJが主導したアジア域内ネットワークA-BoneやIJのバックボーンネットワークの設計、構築に従事した後、IJのネットワークサービスを統括。2015年よりCTOとしてネットワーク、クラウド、セキュリティなど技術全般を統括。2017年4月にテレコムサービス協会MVNO委員会の委員長に就任、2021年6月より同協会の副会長に就任。

IIJインフラから見たインターネットの傾向 ～2022年

インターネットサービスを提供するIIJは、国内でも有数規模のネットワーク・サーバインフラを運用しています。ここでは、その運用によって得られた情報から、この1年間のインターネットの動向について報告します。特に、BGP経路、DNSクエリ解析、IPv6、モバイルの各視点から変化の傾向を分析しました。

Theme 01

BGP・経路数

最初に、IIJ網から他組織に広報している「IPv4フルルート」の情報(表-1)及び「IPv4フルルート」に含まれるunique IPv4アドレス数の情報(表-3)を確認します。

経路の年間増加数は再び+5万を超え総数は90万超に達しました。一方で経路の増加数には2018年をピークに減少の傾向

も観測される(図-1)ため来年の結果が今から気になるところです。なおunique IPv4アドレス数は全体では3200万弱の増加(一昨年の約2倍)でしたが、昨年の大量増加の要因であったAS749広報経路の影響を除去すると逆に約116万の減少という結果になっています。

次に「IPv6フルルート」の情報(表-2)及び「IPv6フルルート」に含まれるuniqueIPv6/64ブロック数の情報(表-3)を確認します。

経路総数は15万超に達しましたが、増加数は昨年の50%強(約2.3万経路)にとどまりました。一方でunique/64ブロックの増加数は昨年の約3.4倍(714.6億ブロック)となりました。これはプレフィクス長の短い(/20～/31)経路の数が大きく増加した影響と考えられ、規模の大きいネットワーク組織

表-1 「IPv4フルルート」に含まれるプレフィクス長ごとの経路数の推移

年月	/8	/9	/10	/11	/12	/13	/14	/15	/16	/17	/18	/19	/20	/21	/22	/23	/24	total
2013年9月	16	11	30	93	250	480	903	1613	12748	6652	10971	22588	32202	34900	48915	42440	244822	459634
2014年9月	16	12	30	90	261	500	983	1702	13009	7013	11659	24527	35175	37560	54065	47372	268660	502634
2015年9月	18	13	36	96	261	500	999	1731	12863	7190	12317	25485	35904	38572	60900	52904	301381	551170
2016年9月	16	13	36	101	267	515	1050	1767	13106	7782	12917	25229	38459	40066	67270	58965	335884	603443
2017年9月	15	13	36	104	284	552	1047	1861	13391	7619	13385	24672	38704	41630	78779	64549	367474	654115
2018年9月	14	11	36	99	292	567	1094	1891	13325	7906	13771	25307	39408	45578	88476	72030	400488	710293
2019年9月	10	11	37	98	288	573	1142	1914	13243	7999	13730	25531	40128	47248	95983	77581	438926	764442
2020年9月	9	11	39	100	286	576	1172	1932	13438	8251	14003	25800	40821	49108	101799	84773	473899	816017
2021年9月	16	13	41	101	303	589	1191	2007	13408	8231	13934	25276	41915	50664	106763	91436	497703	853591
2022年9月	16	13	39	101	298	592	1208	2064	13502	8292	13909	25051	43972	52203	109071	96909	536520	903760

表-2 「IPv6フルルート」に含まれるプレフィクス長ごとの経路数の推移

年月	/16-/28	/29	/30-/31	/32	/33-/39	/40	/41-/43	/44	/45-/47	/48	total
2013年9月	117	256	92	5249	1067	660	119	474	266	5442	13742
2014年9月	134	481	133	6025	1447	825	248	709	592	7949	18543
2015年9月	142	771	168	6846	1808	1150	386	990	648	10570	23479
2016年9月	153	1294	216	8110	3092	1445	371	1492	1006	14291	31470
2017年9月	158	1757	256	9089	3588	2117	580	1999	1983	18347	39874
2018年9月	168	2279	328	10897	4828	2940	906	4015	2270	24616	53247
2019年9月	192	2671	606	12664	6914	3870	1566	4590	4165	34224	71462
2020年9月	205	3164	641	14520	9063	4815	2663	5501	4562	45160	90294
2021年9月	223	3628	705	20650	13050	10233	4170	11545	5204	61024	130432
2022年9月	298	4247	895	21926	15147	12509	4108	13840	6994	73244	153208

(移動体通信事業者など)におけるIPv6導入がより進んだのではないかと推測されます。なおuniqueブロック数の加算に寄与する、より短いプレフィクス長の情報がない経路が増加分に占める割合は45.2%でした。

最後に「IPv4/IPv6フルルート」広報元AS(Origin AS)数を確認します(表-4)。なおこの1年の間にAPNICに4094、LACNICに1024の32-bit only AS番号が追加割り振りされています。

16-bit AS番号Origin ASの減少数及び32-bit only AS番号Origin ASの増加数は共に昨年より減少しました。特に後者は昨年の4割に届かず、その結果32-bit only ASがOrigin AS全体に占める割合も49.0%にとどまっています。またIPv6経路を広報するAS("IPv6-enabled")も数は増加したものの、その増加率は過去10年で初めて10%を下回りました。比較的变化の小さい年であったと言えますが、この傾向が継続するか、または今般のコロナ禍による経済活動縮小の一時的影響であるのか、来年も注目したいと思います。

表-3 「IPv4フルルート」に含まれる unique IPv4アドレス総数及び「IPv6フルルート」に含まれる unique IPv6 /64ブロック総数の推移

年月	IPv4 アドレス数	IPv6 /64ブロック数
2013年9月	2,638,256,384	20,653,282,947
2014年9月	2,705,751,040	62,266,023,358
2015年9月	2,791,345,920	31,850,122,325
2016年9月	2,824,538,880	26,432,856,889
2017年9月	2,852,547,328	64,637,990,711
2018年9月	2,855,087,616	258,467,083,995
2019年9月	2,834,175,488	343,997,218,383
2020年9月	2,850,284,544	439,850,692,844
2021年9月	3,036,707,072	461,117,856,035
2022年9月	3,068,374,784	532,578,391,219

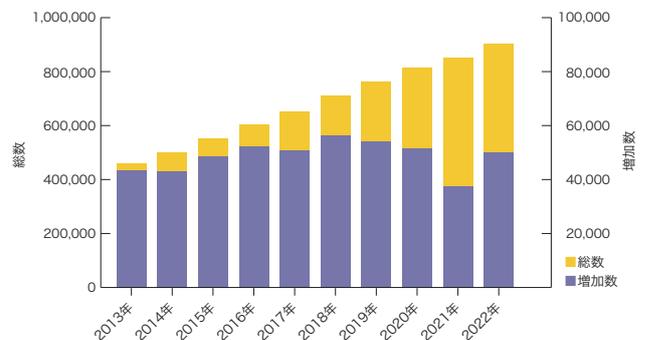


表-4 「IPv4/IPv6フルルート」の広報元AS数の推移

AS番号	16-bit(1~64495)					32-bit only(131072~419999999)				
	IPv4+IPv6	IPv4のみ	IPv6のみ	total	(IPv6-enabled)	IPv4+IPv6	IPv4のみ	IPv6のみ	total	(IPv6-enabled)
2013年9月	6579	34108	131	40818	(16.4%)	496	3390	28	3914	(13.4%)
2014年9月	7405	34555	128	42088	(17.9%)	868	4749	55	5672	(16.3%)
2015年9月	8228	34544	137	42909	(19.5%)	1424	6801	78	8303	(18.1%)
2016年9月	9116	33555	158	42829	(21.7%)	2406	9391	146	11943	(21.4%)
2017年9月	9603	32731	181	42515	(23.0%)	3214	12379	207	15800	(21.7%)
2018年9月	10199	31960	176	42335	(24.5%)	4379	14874	308	19561	(24.0%)
2019年9月	10642	31164	206	42012	(25.8%)	5790	17409	432	23631	(26.3%)
2020年9月	11107	30374	229	41710	(27.2%)	7653	19668	574	27895	(29.5%)
2021年9月	11465	29219	302	40986	(28.7%)	9514	21108	5242	35864	(41.1%)
2022年9月	11613	28398	369	40380	(29.7%)	10816	22211	5764	38791	(42.7%)

DNSクエリ解析

IJでは利用者がDNSの名前解決を利用できるようフルリゾルバを提供しています。ここでは名前解決の状況を解説し、IJで2022年10月5日に行ったフルリゾルバの1日分の観測データから、主にコンシューマサービス向けに提供しているサーバのデータに基づいて分析と考察を行います。

フルリゾルバは利用者端末からのDNS問い合わせに応じて名前解決機能を提供します。具体的には、名前を解決するためrootと呼ばれる最上位のゾーン情報を提供する権威ネームサーバのIPアドレスを手がかりとして、問い合わせを行い、適宜権威ネームサーバをたどって必要なレコードを探します。フルリゾルバで毎回反復問い合わせを行っているため、負荷や遅延の影響が問題となるため、得られた情報はしばらくキャッシュしておいて再び同じ問い合わせを受けた場合にはそのキャッシュから応答しています。最近はこの他にも家庭用ルータやファイアウォールなど、通信経路上の機器にもDNS関連の機能が実装されており、DNS問い合わせの中継や制御ポリシーの適用に関わっている場合があります。また、Webブラウザなど一部のアプリケーションでは独自の名前解決機能を実装している場合があり、OSの設定とは異なるポリシーで名前解決を行っている場合もあります。

ISPは接続種別に応じたPPPやDHCP、RA、PCOなどの通知手段を利用してフルリゾルバのIPアドレスを利用者に伝え、利用者端末が名前解決用のフルリゾルバを自動設定できるようにしています。ISPは複数のフルリゾルバを利用者に伝えられる他、利用者は自身でOSやWebブラウザなどの設定を変更して利用するフルリゾルバを指定、追加することもできます。端末

に複数のフルリゾルバが設定されている場合、どれを利用するかは端末の実装やアプリケーションに依存するため、フルリゾルバ側では利用者が総量としてどの程度の問い合わせを行っているか分かりません。このため、フルリゾルバでは問い合わせ動向を注視しながら、常に処理能力に余裕を持たせた運用を心がける必要があります。

IJが提供するフルリゾルバの観測データを見てみると、利用者の利用傾向を示すように時間帯によって問い合わせ量が変動し、朝4時25分ごろに問い合わせ元のIPアドレス当たり最小の0.13query/sec、夜22時頃にピークを迎えて0.34query/sec程度になっています。昨年に比べると最小となる深夜帯は+0.01ポイントの伸びとそれほど大きな変化はありませんが、ピークの夜間帯は+0.04ポイント程度伸びています。昨年に比べると伸び率は多少鈍化したように見えますが、引き続き増加傾向が続いています。問い合わせ傾向を通信に使われたIPv4とIPv6のIPプロトコル別に見てみると、昨年とほぼ同様の傾向が見られ、IPv4を通信に使った問い合わせが全体の約59%、IPv6が約41%となっています。

近年の特徴的な傾向として、朝方の毎正時などキリの良い時刻に一時的に問い合わせが増加しています。問い合わせ元数も同時に増えていきますし、特に朝6時、朝7時に顕著に傾向が見られるため、利用者の端末でタスクをスケジュールしたり、目覚まし機能などで端末が起動することに伴う機械的なアクセスが原因ではないかと推測しています。その他、毎正時の14秒前と9秒前の問い合わせも増加しています。これは昨年も見られた傾向で、毎正時に増加する問い合わせ量では急な増加後、緩やかに問い合わせ量が減っていくのに比べて、毎正時前の増加では急な増加の直後にそれまでの問い合わせ量程度に戻っています。つまり多くの端末が綺麗に同期して問い合わせを行って

いることから、何かすぐに完了する軽量のタスクが実行されているのではないかと推測しています。例えば接続確認や時刻同期など基本的なタスクを本格的なスリープ解除前に終わらせるような機構があり、これに利用されている問い合わせが影響していると予想しています。

問い合わせレコードタイプに注目すると、ホスト名に対応するIPv4アドレスを問い合わせるAレコードとIPv6アドレスを問い合わせるAAAAレコードが全体の約8割を占めています。AとAAAAの問い合わせ傾向は通信に利用されるIPプロトコルで違いが見られ、IPv6での問い合わせではより多くのAAAAレコード問い合わせが見られます。IPv4での問い合わせでは、全体の60%程度がAレコード問い合わせ、20%程度がAAAAレコード問い合わせです(図-2)。一方IPv6での問い合わせでは、全体の40%程度がAレコード問い合わせ、36%程度がAAAAレコード問い合わせとAAAAレコード問い合わせの比率が高まっています(図-3)。昨年と比べるとIPv4、IPv6共に4ポイント程度Aレコードの問い合わせが減少しています。

一昨年から観測され始めたHTTPSタイプのDNS問い合わせがIPv4で15%、IPv6で21%程度を占めており、昨年と比べると

IPv4で+4ポイント、IPv6では+3ポイントと順調な伸びを示しています。一方、IPv4、IPv6共にSRVレコードの問い合わせ比率が減少し、今回からはその他に合算されています。

その他、IPv6では0.12%とまだ全体に対する比率は少ないながらも新しいSVCBレコードの問い合わせが増えてきています。これは、Discovery of Designated Resolvers(DDR)という、クライアントが暗号化に対応したフルリゾルバを検出するための新しいプロトコル提案が影響している可能性があります。この提案では、クライアントは暗号化に対応していないリゾルバを利用する場合、まず最初に_dns.resolver.arpa.のSVCBレコードを問い合わせることとしています。リゾルバがこの問い合わせに必要な情報を含めて応答することで、クライアントにDNS-over-HTTPS(DoH)やDNS-over-TLS(DoT)、DNS-over-QUIC(DoQ)といった暗号化に対応したリゾルバの情報を通知することができます。IPv6に対応したクライアントはソフトウェアのアップデート対象となっている新しめの実装が多く、このような新しい仕様に対応した問い合わせが増えていると推測しています。

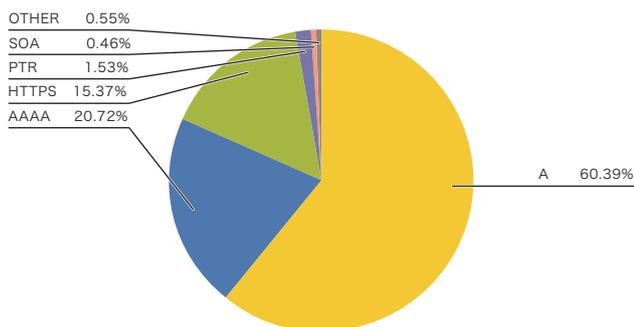


図-2 クライアントからのIPv4による問い合わせ

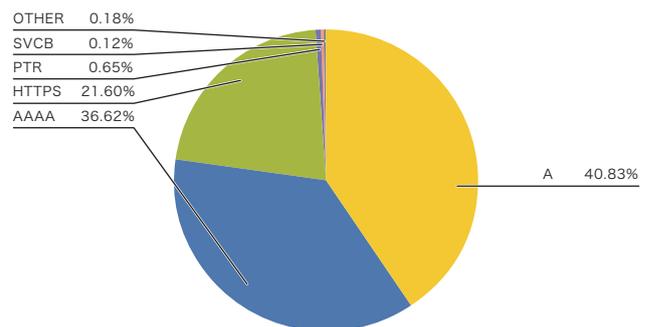


図-3 クライアントからのIPv6による問い合わせ

IPv6

今回もIJJバックボーンのIPv6トラフィック量、送信元AS、主なプロトコルについて見ていきます。また、2019年の本レポートのVol.45 (<https://www.ijj.ad.jp/dev/report/iir/045.html>)で紹介した、モバイル端末OS別のIPv6接続状況について、3年ぶりに調査したいと思います。

■ トラフィック

IJJのコアPOP(東京3カ所、大阪2カ所、名古屋2カ所)のバックボーンルータで計測したトラフィックを図-4に示します。集計

期間は2022年1月1日から9月30日までの9ヵ月間です。

2022年はIPv6もIPv4も総じてトラフィックは横ばいとなりました。これまではIPv4でも数%、IPv6の場合は十数%の伸びを示していたので、横ばいとなるのはかなり珍しいように思います。ここ数年を振り返ると、2020年はコロナ影響による若干の停滞、2021年は反動による大きな増加となっていたため、今年は目立った傾向が出ていない状況なのかもしれません。

昨年同様に仕事初めの2022年1月4日を1とした推移をグラフ化したものが図-5となります。IPv6、IPv4共に横ばいというより若干の減少が見て取れます。

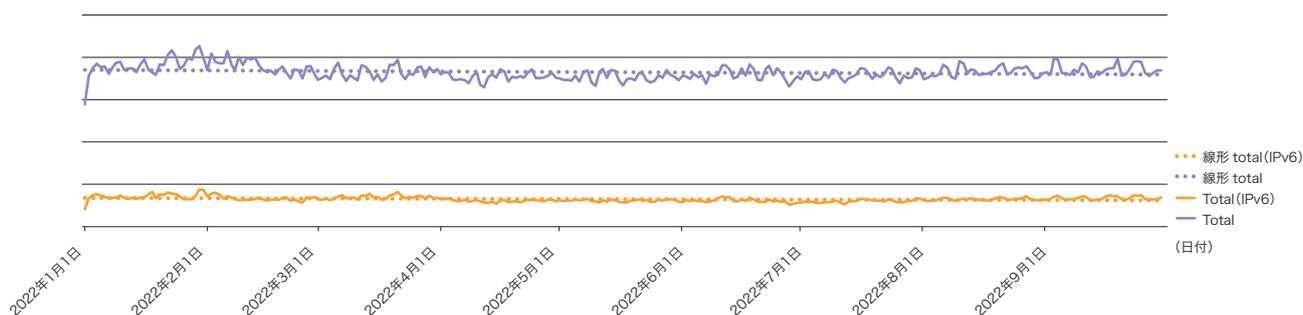


図-4 IJJコアPOPのバックボーンルータで計測したトラフィック

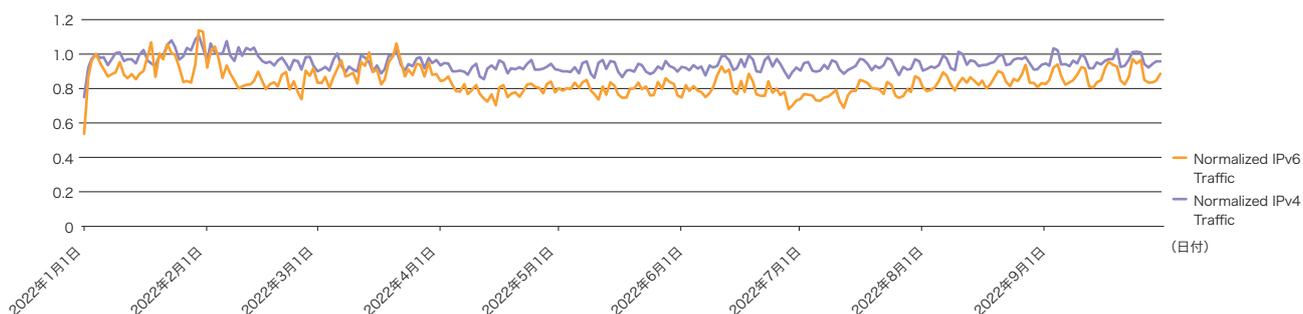


図-5 1月4日のトラフィックを1としたときの変動状況

次に、トラフィック全体に占めるIPv6の比率を図-6に示します。年初は22%を超えることもありましたが、概ね16%から20%の間で推移しており、9ヵ月間の平均は17.8%となりました。

5年前からのIPv6比率の推移を表-5にまとめます。

■ 送信元組織(BGP AS)

次に2022年1月1日から2022年9月30日までの、IPv6とIPv4の平均トラフィック送信元組織(BGP AS番号)の上位を図-7と図-8に示します。

前回の本レポートVol.53 (<https://www.ij.ad.jp/dev/report/iir/053.html>)で、日本の大手コンテンツ事業者であるA社がIPv6トラフィックの2位になったことを報告しましたが、今年はその事業者が占有率8.8%で1位となりました。2位は昨年まで連続して1位だったB社で7.9%、3位は昨年同様米国大手CDN事業者のC社で3.6%となっています。また、日本の大手コンテンツ事業者であるG社も1.7%+0.6%（事業別にASを複数所有している）で上位に食い込んできており、徐々に日本のコンテンツ事業者もIPv6への対応を進めていることがうかがえます。

表-5 IPv6比率の推移

	2017年 IIR Vol.37	2018年 IIR Vol.41	2019年 IIR Vol.45	2020年 IIR Vol.49	2021年IIR Vol.53	2022年IIR Vol.57
IPv6比率	4%	6%	10%	10%	16%	17.8%

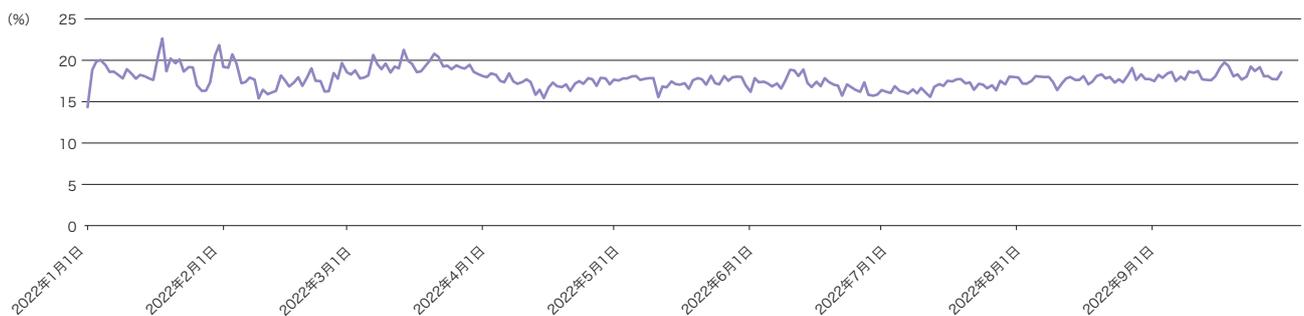


図-6 トラフィック全体に占めるIPv6の比率

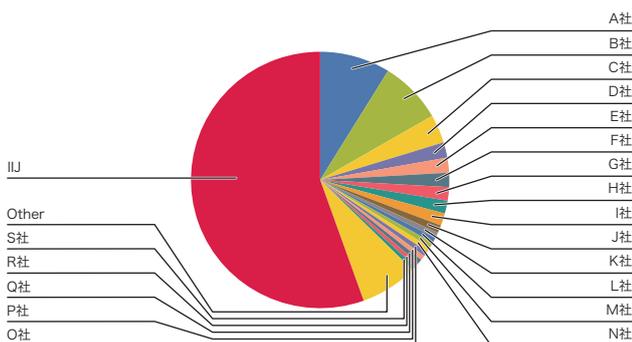


図-7 IPv6の平均トラフィック送信元組織(BGP AS番号)

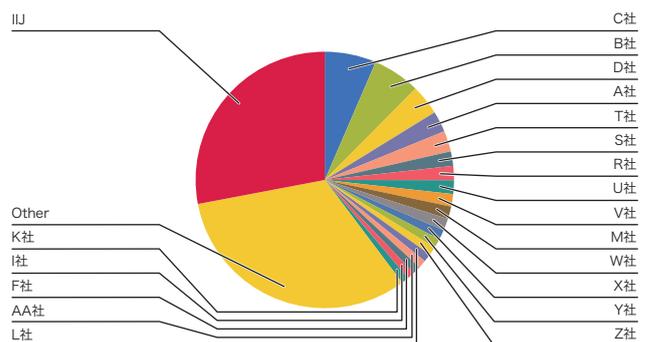


図-8 IPv4の平均トラフィック送信元組織(BGP AS番号)

■ 利用プロトコル

IPv6トラフィックのProtocol番号(Next-Header)と送信元ポート番号で解析したグラフを図-9に、IPv4トラフィックのProtocol番号と送信元ポート番号のグラフを図-10に示します。期間は2022年10月3日(月)から10月9日(日)までの1週間です。

IPv6では、昨年3位だったESP(IPSec)が5位に後退し、昨年5位だったUDP4500(NAT Traversal IPSec)が3位となり、逆転した形となりました。IPv6でNATは基本的には使いませんが、NAT-Tのポートを使うのは実装を共通化する意図があるのでしょうか。なお、土日昼間はIPv6トラフィックも平日と比べ伸びていますが、ESPやUDP4500はかなり減っており、主にリモートワークなどの業務に利用されていることが想像できます。

IPv4は昨年とほぼ変わらない傾向のようです。面白いことに、IPv4は平日より休日の方がトラフィックが若干減っているように見えますが、反対にIPv6は増えているように見えます。これは企業ネットワークよりも個人宅の方がIPv6利用率が高いと言えるのでしょうか？現時点では確かなエビデンスがないので想像でしかありませんが、機会があれば調査してみたいと思います。

■ モバイル端末OSの違いによるIPv6接続状況

2019年の本レポートVol.45(<https://www.iiij.ad.jp/dev/report/iir/045.html>)の中で、個人向けモバイルサービス(IJmioモバイルサービス)の接続でIPv6有効・無効のそれぞれについて、モバイルOSによる違いがあるかの調査結果を紹介しました。当時IJmioモバイル全体でIPv6有効:無効が48:52で、半数弱の接続でIPv6が有効になっていました。

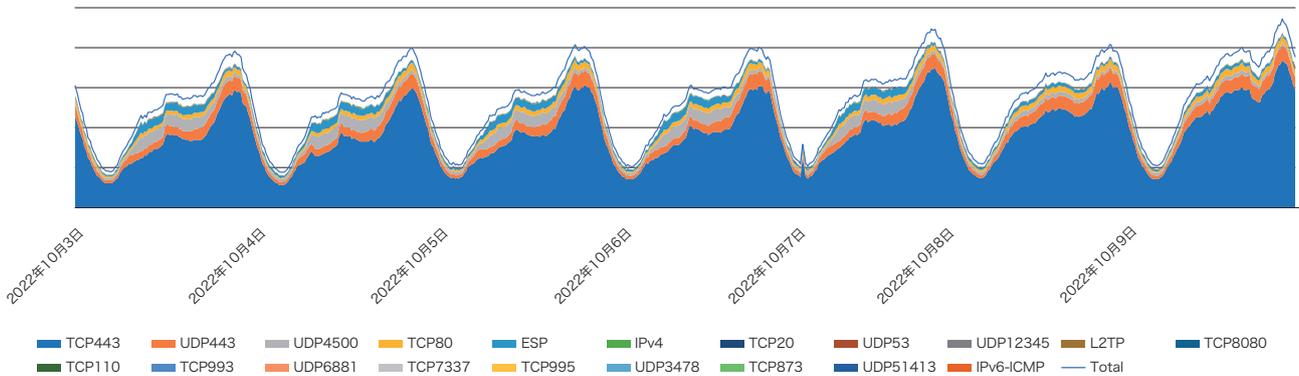


図-9 IPv6トラフィックの送信元ポート解析

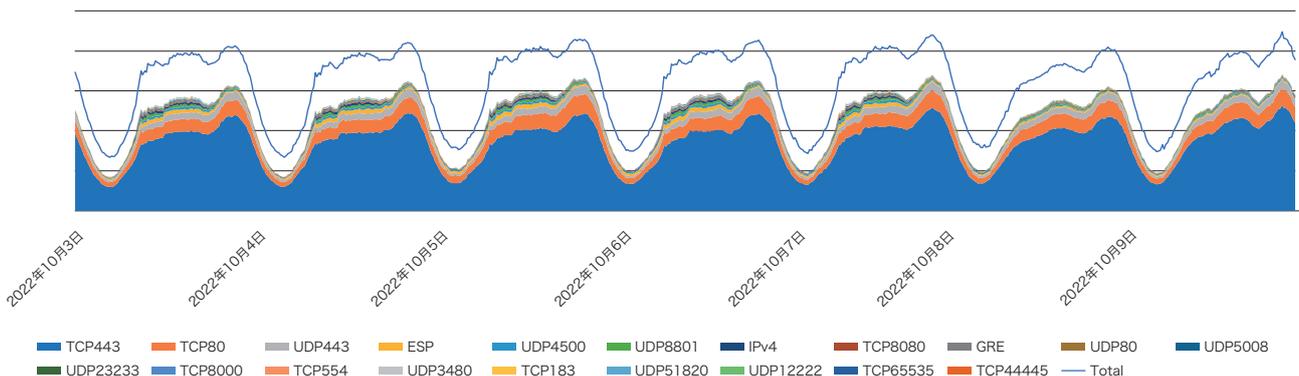


図-10 IPv4トラフィックの送信元ポート解析

今回は2022年10月17日(月)の10:30頃のデータを元に、接続状況と端末のOSを調査してみます。

まずIPv6が有効化されている接続の割合は図-11のとおり、IPv6有効な接続が過半数(56.3%)となりました。また、グラフは掲示していませんがトラフィック比率については、7(IPv4):3(IPv6)となりました(平日18時頃の比較的トラフィックの多い時間帯)。接続数・トラフィック共にIPv6が大きく伸びたと言えるのではないのでしょうか。

次にモバイルOS別のIPv6接続状況を見てみます。図-12の円グラフは、IJJmioモバイルサービスに接続していた端末の種類をIMEIの一部(TAC:先頭8桁)から、GSMAのデータベースの情報と突合して、Apple iOS (iPhoneやiPad)、Android、その他(モバイルルータやドングルなど)の3種類に分類し、IPv6接続状況を調査したものです。

iOSの接続のうち85.7%はIPv6有効となっており、かなり高い比率でIPv6が有効になっています。ただ、3年前の調査時は90.8%がIPv6有効だったので、有効率は低下しています。

Androidは21.7%がIPv6有効でした。3年前の調査時はAndroidのIPv6有効率は14.08%だったので、7.6ポイントほど増加しています。ただ、iOSに比べIPv6有効率に大きな差がある状況は変わっていません。

その他(Wi-FiルータやUSBドングル、IoT機器など)は、25%がIPv6有効になっていました。Wi-FiルータでもIPv6対応端末が

増えているのか、AndroidよりもIPv6有効化率が高いのは意外でした。ただ、接続端末のほとんどがスマートフォンまたはタブレットとなっているため、その他に分類される端末数は圧倒的に少量となっています。

■ まとめ

今回もIJJバックボーンコアのトラフィック、送信元AS、プロトコルについて紹介しました。トラフィック量は年初から横ばいもしくは微減といった状況でしたが、IPv6の利用率は1年前より増加し、過去6年で最高となりました。送信元ASは日本のコンテンツ事業者のIPv6トラフィックが伸張していることが確認できました。プロトコルは大きな変化はなく、IPv6、IPv4共に、引き続きWeb系プロトコルが中心で、次点で主にVPN系のプロトコルが使われている状況となっていました。

また、モバイル端末OS別のIPv6接続状況についても紹介しました。モバイルサービスにおいては、全体の半数以上の端末がIPv6有効となっており、トラフィックも3割程度がIPv6となっていました。OS別に見ると、3年前と同様、Apple iOSは8割以上の端末でIPv6が有効なのに対し、Androidは8割がIPv6無効といった状況は変わりませんが、AndroidのIPv6接続率は増加していました。

引き続き様々な角度からIPv6の状況を観察しつつ、何か新しい発見がありましたら紹介したいと思います。

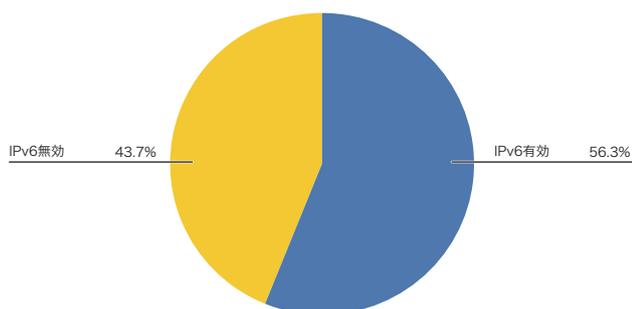


図-11 IPv6が有効化されている接続の割合

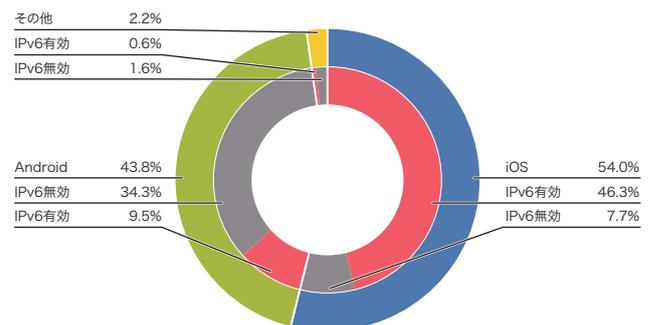


図-12 IPv6が有効になっている端末のOS

Theme 04

モバイル 3G、LTEの状況

ここ数年間、モバイルのトラフィック傾向はコロナ禍の影響を受けた状況となっていました。中でもここ1年間のトラフィック状況をまとめてみます。対象期間は2021年10月1日から2022年9月30日です。

まず、NTTドコモが2026年3月末で3G通信サービスを終了することになっていますので、現状3Gトラフィックはどのような状況にあるか報告します。

全体トラフィックにおける3G (図-13)の割合は下記のとおりです。コンシューマ向けサービスにおいては平均で全体トラフィックの0.05%程度しか3G通信はなく、ほぼゼロに近い状況になっています。法人向けサービスにおいて平均で6.4%

が3G通信として使われている状況です。傾向を見ると、2022年4月ごろまでは微減という状況で大きな変動なく推移していますが、2022年5月以降になると減少傾向が加速しているように見えます。

次は法人向けサービスにおけるトラフィック状況とセッション数状況を見てみます。2021年10月1日を基準日としたときの法人向けサービスのトラフィック量(図-14)とセッション数(図-15)に関する傾向をグラフにしたものです。

トラフィック量に関してですが、LTEのトラフィック量に関しては徐々に増加する傾向が年間を通じて続いているようですが、2022年6月以降は増加傾向が少しだけ加速しているように見えます。また、3Gのトラフィック量に関しては前述のとおり、2022年4月までは微減という状況でしたが、2022年5月以降は減少傾向が加速している状況です。

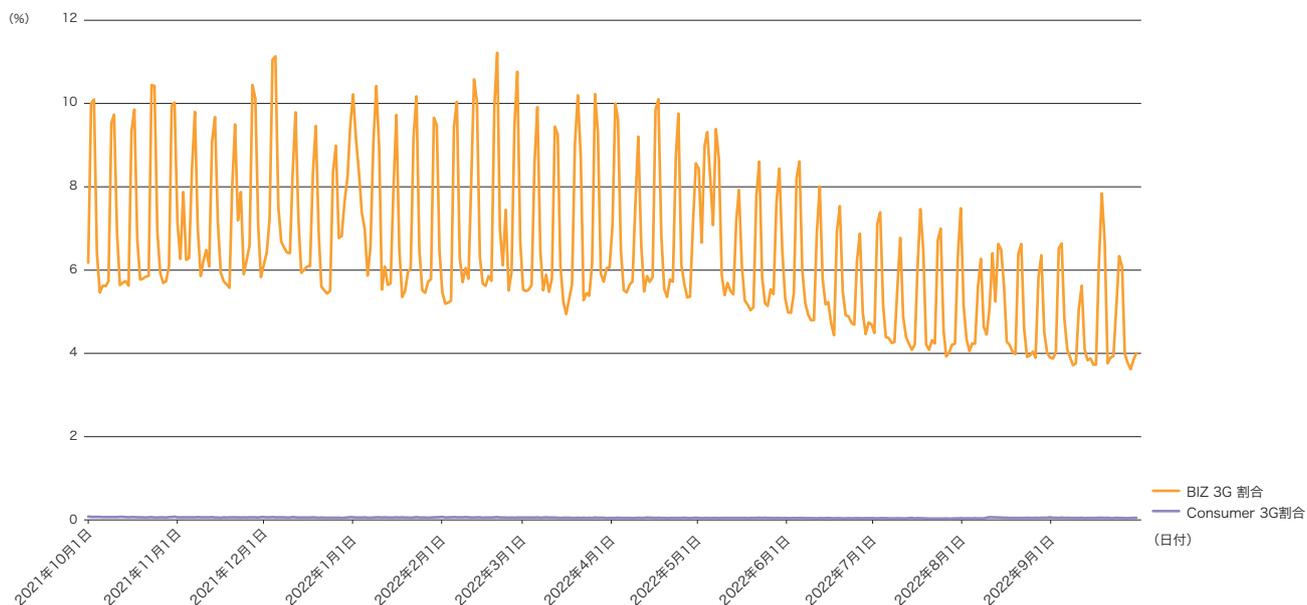


図-13 全体トラフィックにおける3G通信の割合

セッション数を見てみると、LTEのセッション数に関してはトラフィック量と同様に徐々に増加している傾向が年間通じて続いている状況ですが、2022年7月以降に増加傾向が少しだけ加速しているように見えます。また、3Gのセッション数に関しては、2021年12月までは基準日である2021年10月1日とほぼ同等な状況でしたが、2022年に入り断続的に減少傾向が続いています。

法人向けサービスにおいてはトラフィック傾向がお客様の3GからLTEへの移行計画の進捗に左右されることになります。モバイル設備担当としては、終了が見えている3G通信が減り、LTE通信が増加していくのは喜ばしいことですので、引き続き安定的な設備を提供しながら3G通信の減少を見守りたいと思っています。

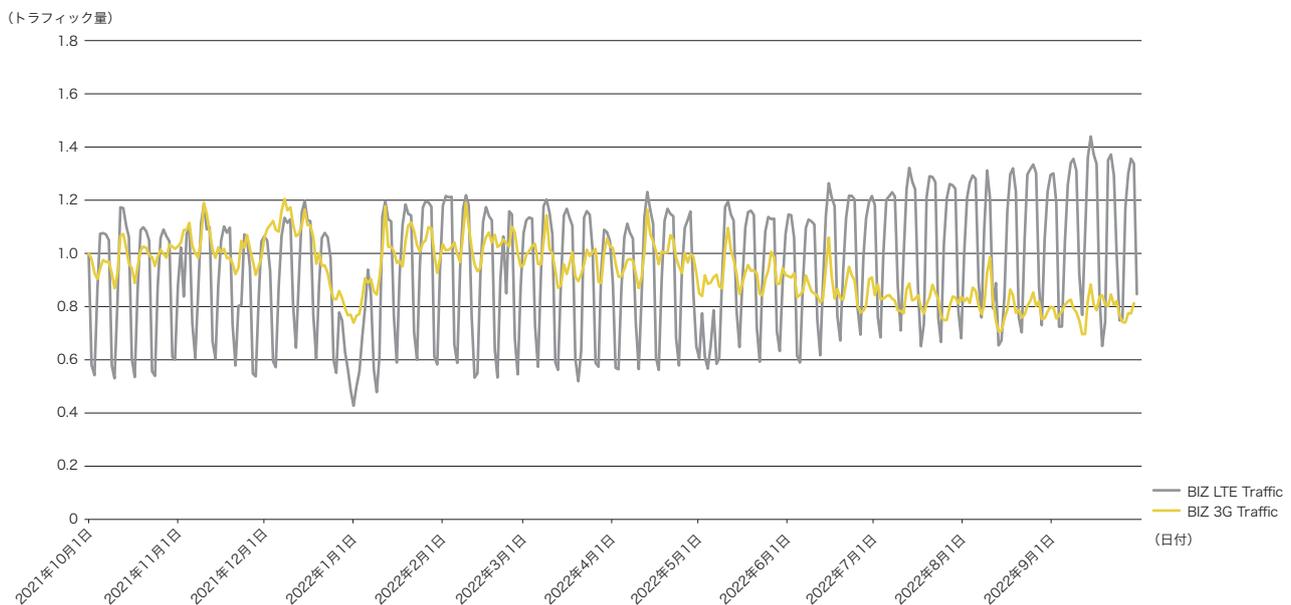


図-14 法人向けサービストラフィック量傾向

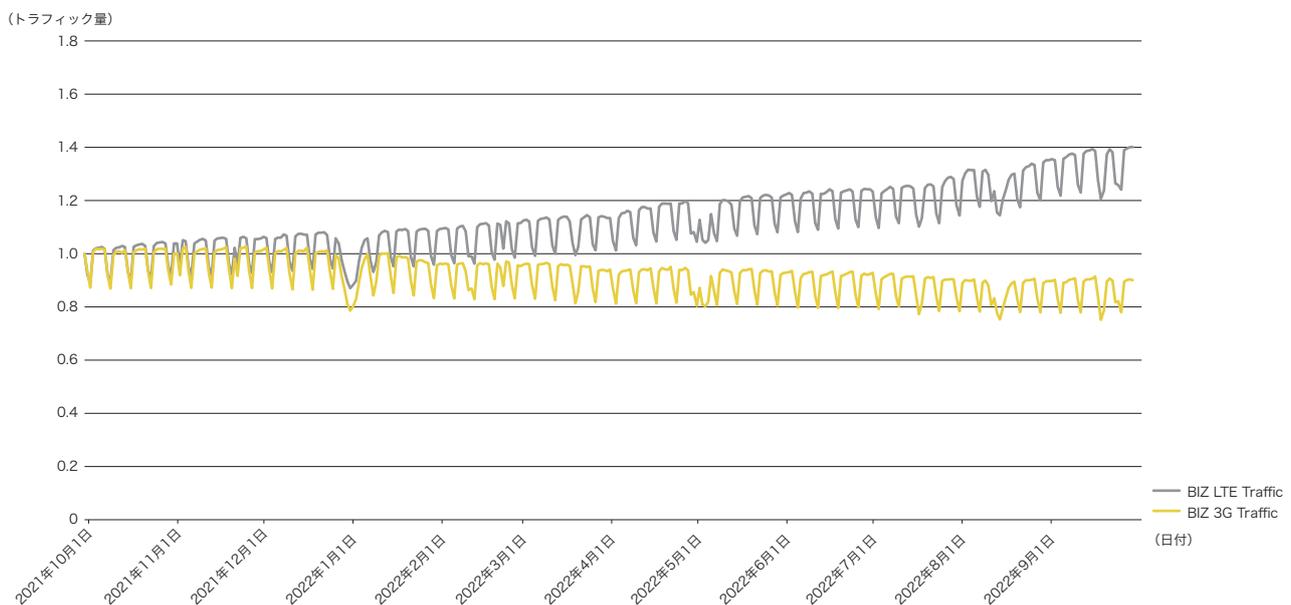


図-15 法人向けサービスセッション数傾向

次は、コンシューマ向けサービスにおけるトラフィック状況とセッション数状況を見てみます。2021年10月1日を基準日としたときのコンシューマ向けサービスのトラフィック量(図-16)とセッション数(図-17)に関する傾向をグラフにしたものになります。

トラフィック量に関して言えば、東京都においてまん延防止等重点措置が発令中だった2022年2月下旬まではLTE通信はほぼ横ばいとなっていました。3月以降は右肩上がりで増加し、基準日から1.4倍程度のトラフィック量に増えています。特に8月上旬からはトラフィック量が一段多くなるような形

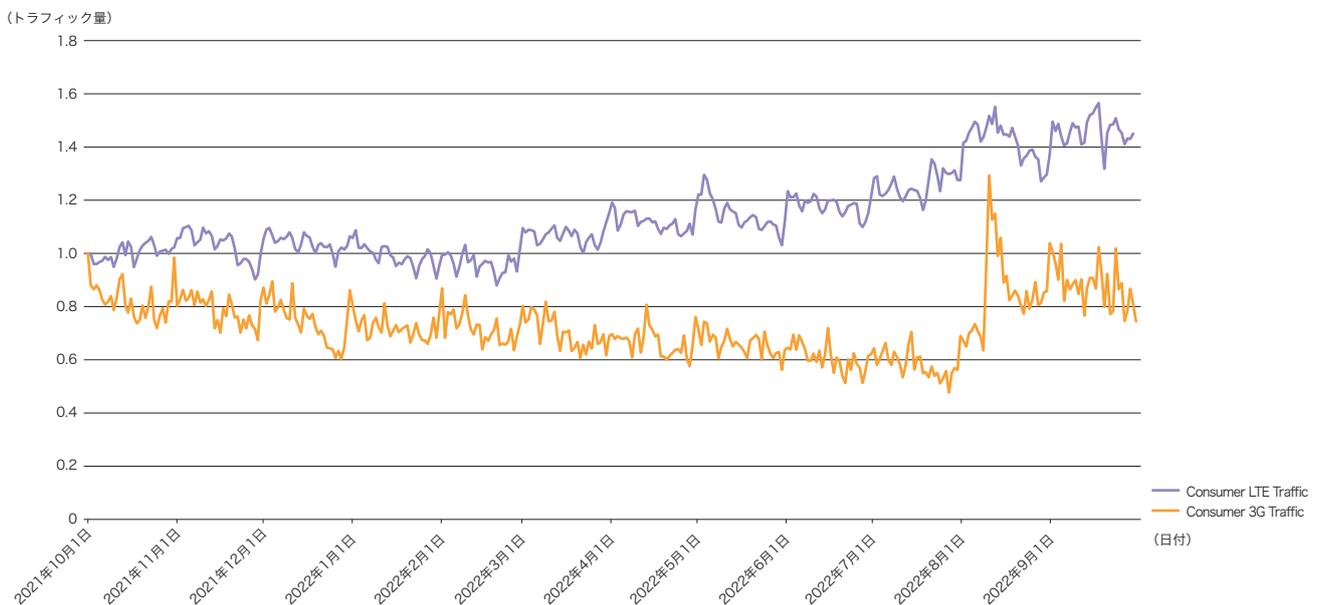


図-16 コンシューマ向けサービストラフィック量傾向

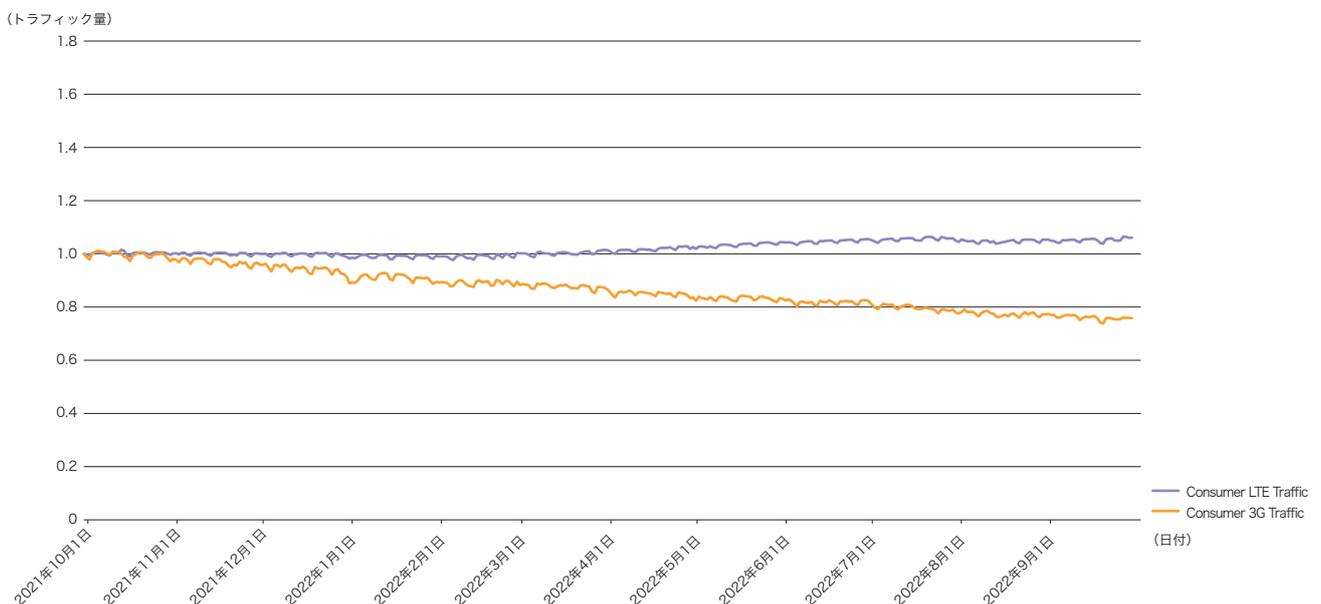


図-17 コンシューマ向けサービスセッション数傾向

になっていますが、こちらは設備増強の効果が表れたためになります。また、3Gのトラフィックに関しては右肩下がりですぐに減少していたものの、LTE同様に8月上旬に急増しています。理由はLTEと同様に設備増強の効果が表れたためと考えられます。3Gトラフィックに関しては大幅に効果が出ているように見えますが、前述の3Gの割合について説明したとおり、コンシューマ向けサービスにおいて、3G通信はLTE通信に比較するとほぼゼロの状態であるため、少しの効果でも大きな効果があったように見えている状況になっています。

一方セッション数を見てみると、LTEのセッション数に関しては年間を通してほぼ横ばいの微増という状況でした。また

3Gのセッション数に関しては年間を通して右肩下がりの減少傾向になっています。

コンシューマ向けサービスの通信に関してはほぼLTE通信となっていますが、セッション数が変わらないもののトラフィックが1年間で基準日の1.4倍程度に増加している状況になっています。すなわち、1セッション辺りのトラフィック量が単純に増えている状況になります。スマートフォンで行えることが増えれば増えるほど1セッション辺りのトラフィック量が増える傾向にあると思いますので、設備の観点からすればいろいろと難しい課題ではありますが、対策を考えていきたいと思っています。

執筆者:

1.BGP・経路数

倉橋 智彦 (くらはし ともひこ)

IJ 基盤エンジニアリング本部 運用技術部 技術開発課

2.DNSクエリ解析

松崎 吉伸 (まつざき よしのぶ)

IJ 基盤エンジニアリング本部 運用技術部 技術開発課

3.IPv6

佐々木 泰介 (ささき たいすけ)

IJ 基盤エンジニアリング本部 モバイル技術部

4.モバイル 3G、LTEの状況

齋藤 毅 (さいとう つよし)

IJ 基盤エンジニアリング本部 モバイル技術部 副部長

ここまではIJの拠点間で発生するインターネットトラフィックを如何に効率よく安定的に通信できるかを考えたネットワークでしたが、第3世代のバックボーンネットワークは個別のサービス設備間の連携に視点を向けました。そして2010年代中盤に第3世代のバックボーンネットワークとしてサービス基盤提供を開始したのがMATRIX(社内呼称:マトリックス)です。MATRIXのコンセプトはマルチポイントをつなぐ広域なプライベートネットワークの提供で、これまで独立して存在したサービス設備用のネットワークとの相互連携を簡単に行うことです。WARPは仮想レイヤー2接続を提供するためのネットワークでしたが、MATRIXは異なるレイヤー3ネットワーク間を閉域網で接続するいわゆるレイヤー3VPNのネットワーク基盤です。MATRIXが誕生する前は、異なるレイヤー3ネットワークを相互接続するためには、個別に用意した閉域網を利用する以外は各設備でグローバルIPアドレスが必要で、各サービス設備間のネットワーク接続には第1世代のIPバックボーン経由で通信することが一般的でした。個別に閉域網を構築するためにも複数のWARP回線を用意したり、インターネットVPNのためにPEルータを個別で経由させるなど、どうしてもひと手間かかることが課題でした。そこでレイヤー3VPNの独立したネットワーク基盤をバックボーンネットワークとして

用意することにより、サービス設備担当者側では閉域網を特に意識せず、必要なネットワーク間の相互接続を容易にできるようになりました。今でこそクラウド全盛期であるため当たり前となりつつありますが、異なるプライベートネットワークやインターネットを経由しないプライベートネットワークは社会的ニーズが非常に高いものです。MATRIXがサービス設備間のネットワークを柔軟に接続することで各サービス設備間でのネットワーク連携が強化され、IJの提供サービスもより柔軟なものとなりました。そして現在でもIJのクラウドサービス「GIO」や各種パブリッククラウドとの閉域接続サービスのネットワーク基盤としてサービスの拡大に寄与し、多くのお客様へ高品質な閉域網サービスを提供しています。

2.3 VXのコンセプトとVXコントローラの導入

少々長くIJバックボーンネットワークを世代ごとに振り返ってきました。このように、IJバックボーンネットワークはそのときの必要性や課題解決のために進化してきました。そしてVXも、IJバックボーンネットワークのこれまでの課題の改善や世の中のICTサービスで要求されているサービスコンセプトの実現を目指して導入を進めてきました。IJのお客様にお

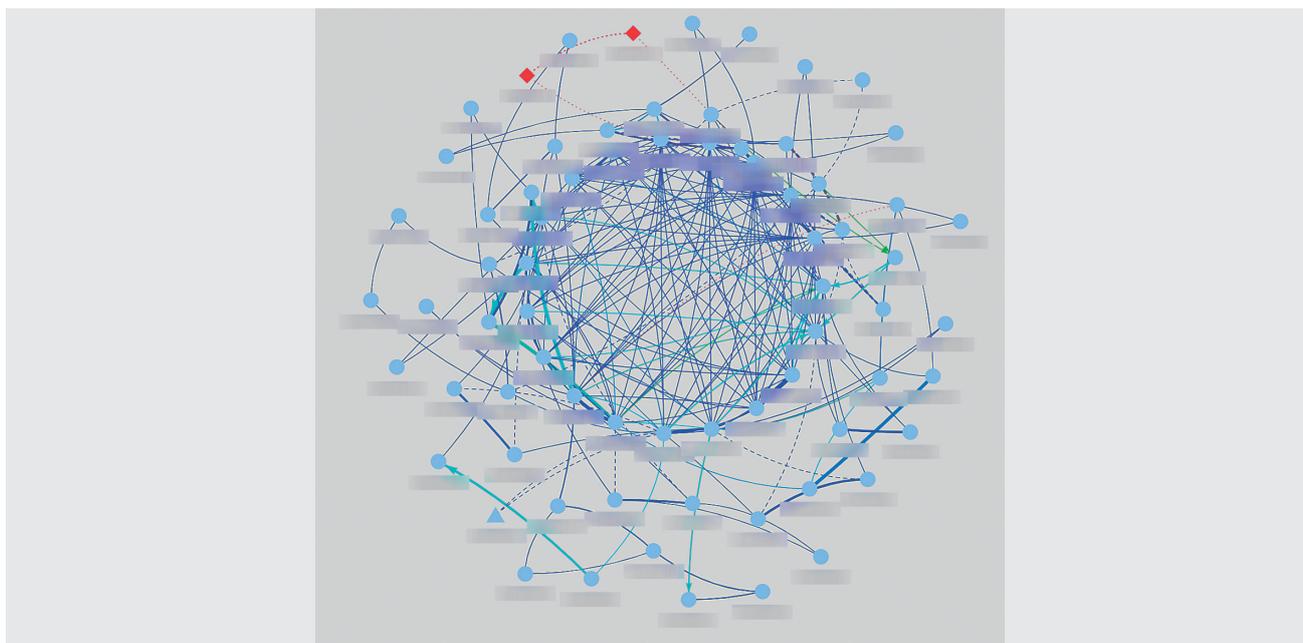


図-3 2022年現在のIPバックボーンの論理構成
※中心でメッシュ上になっている箇所をWARPのレイヤー2VPNで実現しています。

いても業務でのクラウド利用が進み、また2020年からの新型コロナウイルスの感染拡大の影響によって更にクラウド利用が加速しました。このような状況下では業務系システムクラウドのトラフィック量が急激に増加していくことになり、より広帯域なネットワーク帯域が要求されます。更に必要な帯域やクラウドリソースの確保においても、利用者が利用したいときに利用したい分だけフレキシブルにそれらを利用できる柔軟なサービスが求められており、IIJのサービスとしても必要な要素です。しかしながらMATRIXではネットワークの安定性やセキュリティといった要素はサービス基盤として提供できていましたが、お客様からいただく広帯域化に対する要望にどうしても増速スピードが追いつかなかったり、お客様のデリバリ作業を人手によるマニュアル作業で対応するという運用スタイルのためIIJ内部の運用負荷が高まったりと、ネットワーク基盤として改善すべき課題がありました。昨今のパブリッククラウドではネットワークは抽象化され、クラウド機能の一部としてユーザが物理的な仕組みを意識せずにネットワークを自由に利用できますし、コントロールパネルから自身に必要なインスタンスを立ち上げその瞬間にクラウドリソースを利用できるなど、ユーザのスピード感にマッチした提供形態が一般化してきています。そこでよりお客様の求めるサービスをIIJで提供できるようにするために、第4世代のバックボーンネットワークとしてVXを検討しました。

VXの狙いはIIJが様々なサービスをお客様へ素早く柔軟に提供するためのネットワーク基盤を実現することです。先に述べたように、広帯域で安定的なネットワークはもちろんのこと、IIJサービスをNFVとしてお客様に提供する際にもサービス設備からの需要に応えられるネットワーク基盤として検討しました。VXのコンセプトを実現するためにIIJバックボーンネットワークとして初めてネットワークコントローラを使ったSDNでの制御を導入しました。昨今のSDNはオープンソースを活用して一からすべて組み上げて実現することもできますが、VXの構築にあたっては普段から密に連携しているベンダーのソリューションを最大限活用する方法を選択しました。VXの初期基盤にはシスコシステムズ合同会社のデータセン

ター向けSDNソリューションであるCisco ACI(Application Centric Infrastructure)を採用しています。Cisco ACIはネットワークノードにNexusシリーズのレイヤー3スイッチを利用し、SDNコントローラであるAPIC(Application Policy Infrastructure Controller)から各ネットワーク構成をコントロールすることにより簡単にネットワークファブリックを構築することができます。もともとはデータセンター内のサーバネットワークとして一般的なReaf/Spine構成のIP-Closネットワークを簡単に実現するためのソリューションとしての位置づけですが、IIJではデータセンター内の利用にとどまらず、複数の拠点間でユーザを終端するPOP、NFVのサーバ基盤、そして外部パブリッククラウド間を相互接続するネットワークとしてカスタマイズしながら利用しています。

SDNの導入によりバックボーンネットワーク運用では、CLIによるルータへのオペレーションが主な手段であった頃から、SDNのコントローラを介したネットワーク設定の投入やネットワーク全体の状況把握などコントローラを中心とした運用手法へと変換しました。SDNコントローラを導入して最も変わったことはAPIによるネットワーク制御が可能となったことです。Cisco ACI内部の設定もネットワークエンジニアだけではなくアプリケーションエンジニアでも利用できるように論理設定が抽象化され扱いやすい構造となっているのですが、それでも利用者に直接触ってもらうためには敷居が高いものでした。そこでVXではCisco ACIのAPIを利用して、利用者が扱いやすいモデルに更に自分たちでACIの設定からモデルを定義してシンプルな構成に見えるように構造を抽象化しました。利用者側ではVXの最低限の接続要素やパラメータだけで必要な拠点間を接続できるようなサービス提供形態としました。抽象化して構造をシンプルにしたことでVXと各IIJサービス設備をAPI連携させることも考えやすくなり、VXをNFVの基盤ネットワークとしてIIJサービス設備で有効利用しやすくなったと思っています。VXでは、VXコントローラ(少々紛らわしいのですが)という呼称で、APIインタフェースを用意しています。今まではバックボーンネットワークの運用者がお客様やサービス設備を接続するための設定を行ってきましたが、API

を開放することによりVXの利用者がオンデマンドに設定を投入することができるようにしています。人手をなるべく介さずにネットワークインフラが利用できることで、利用開始までのタイムラグを短くしたり、IJサービスでよりNFV的にサービスを検討、展開することが容易になったと思っています。実際にはVXもAPIインタフェースも既に利用は開始されており、SHBのサービス提供はネットワーク基盤としてVXを利用しています。SHBで用意したコントロールパネルのバックエンドAPIサーバとVXコントローラがAPI連携することで、お客様がオンデマンドにIJバックボーンネットワーク上でネットワーク制御を実現できる環境を提供し、IJ内部サービスデリバリーを自動することにも成功しています。

なお図-4はVXコントローラのGUI操作画面イメージのサンプルです。コンフィグを投入するというよりも必要なパラメータをGUIの設定画面に従い、ポチポチと入力していけばエンドエンドが作成できます。APIインタフェースも用意されているためGUIと同様の設定をAPI経由で行うことも可能です。

VXが柔軟で広帯域を提供できるNFV基盤となるためには、ネットワークの拡大・拡張がしやすいということも必要な要素

として挙げられます。広帯域化の要素はCisco Nexusの高密度広帯域のポート構成を最大限に利用しています。もともとのMATRIXもキャリア向けの高性能ルータを使ってネットワークを構築していましたが、高性能ルータはどうしてもポート密度が少なかったり、ポート単価が高くなったりと有意義なポート増強を妨げる側面もありました。その点Nexusはレイヤー3スイッチであり、インターネットフルルートを前提としないIPファブリックを構成することに特化したネットワーク機器です。ネットワークの利用用途を絞ったことにより今までのIJバックボーンルータで採用してきたキャリア向け高性能ルータとは求められる要件が異なり、より安価に広帯域な通信容量を確保することに一役買っています。そして、VXへの接続を容易にするためにスケールされたネットワークとしてVXとの接続ポイントを拡大することが必要です。上記のように機能を絞ったことにより、ネットワーク拡張によるイニシャルコストをある程度削減することに成功しています。ネットワークをより広げやすくしたことでIJにおいてもサービス設備の展開がしやすくなり、多くのお客様がVXへ接続しやすくなるでしょう。ネットワークの拡大は柔軟なNFV基盤としては昨今MEC (Multi-access Edge Computing) に代表されるようにユーザにより近い箇所でトラフィックを交換するという考え方に

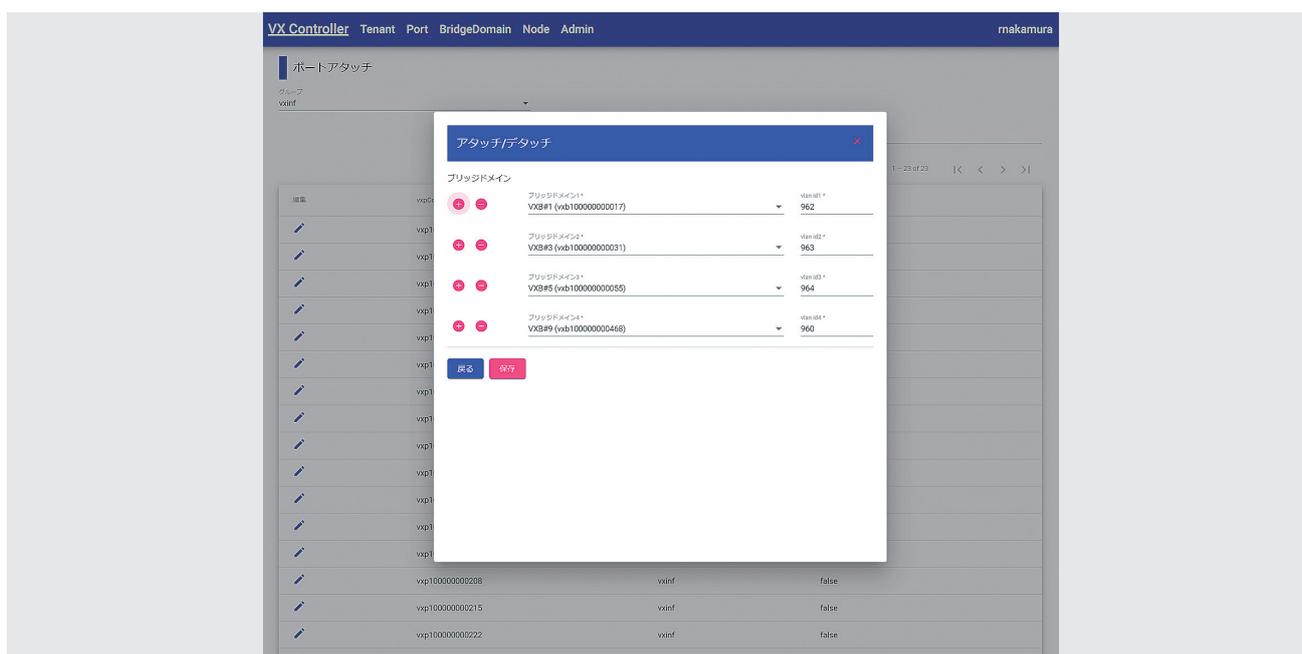


図-4 VXコントローラのGUI操作画面イメージ

も合っていると思います。MECを実現するためにもルータやスイッチ、ファイアウォールなどの機能がよりユーザに近い箇所に必要となりますが、VXとNFV基盤をセットでお客様に近い場所にIIJがサービス展開することで実現可能となります。物理的な拡張だけではなく、NFV基盤として各サービス設備の論理的な収容もしやすくなっています。VXを基盤として利用する各サービス設備をテナントという形で論理的に分けてサービス提供を行います。ネットワーク的な分離だけでなくサービス設備ごとに操作できる範囲を限定することで複数のサービスを仮想的に収容することができます。そのため1つのテナントでの影響を他のサービスに波及させることもありませんし、VXの利用者からみれば自身のサービス設備に関することをVXで意識するだけで良くなります。前項で述べたAPIの制御も保有テナントに限定されるため想定外の接続先に接続されるようなリスクもありませんので、VXの提供者としてもコントロールを渡しやすくなります。

簡単にVXの全体イメージを提示します(図-5)。階層としては3段階になっており、先に紹介したSNDコントローラ/VXコントローラで基盤全体をコントロールする層、各データセンター

間の接続を行う層、各DC内でのPOP/NFV基盤/パブリッククラウドを収容するLeaf/Spineのファブリックネットワークと分かれています。各ノードも冗長構成を基本としており、単一障害ではサービス提供へ影響が出ない設計となっています。特にSDNコントローラはスタンバイ1台を含めた6台構成をそれぞれ3つのデータセンターに配備しています。安定稼働のためには最低3台が同時に稼働する必要があり、1つのデータセンターが利用不可となったとしても絶対にサービス提供が滞らないような設計となっています。また収容拠点が増えたり、収容するサービスが増えた場合はSpine/Leafの構成をスケールアウトしていきます。必要最低限の機器でVXの接続点を拡張することができるため、サービス展開がしやすくなりました。

2.4 VXでのネットワーク監視

VXでのNFV基盤利用が加速すると設備の監視や利用状況のモニタリングも重要となります。今までのバックボーンネットワーク機器はICMP echoによる死活監視、SNMPによる情報取得やトラップ受信による監視が一般的でしたが、VXではそれらに加えてmetricsを利用したネットワーク状況のモニタリングや情報の可視化の有効化と利用者目線でネットワーク

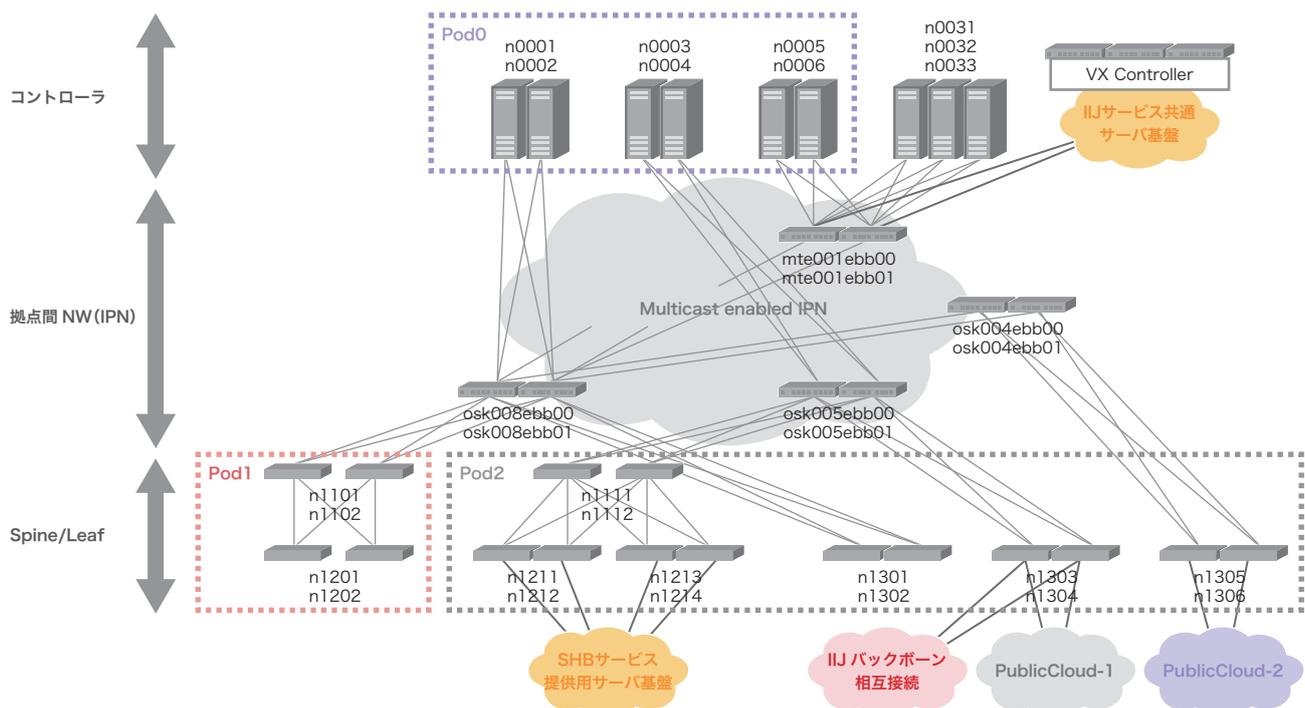


図-5 VX構成図

品質を監視できる仕組みを導入しました。metricsの取得と保管については昨今広く利用され始めているオープンソースのPrometheusを利用しています。Cisco ACIもmetrics取得のための監視エージェントに対応しており、簡単に時系列データを取得することができました。また監視エージェントで取得できないデータについても、特定のデータフォーマットで時系列データを作成することでデータを簡単に取り込めるexporterもPrometheusで用意されているため、様々なデータをPrometheus上で扱うことが可能です。集めたmetricsはオープンソースの可視化ツールであるGrafanaを用いてDashboard形式でデータを可視化してネットワークの正常性確認が簡単に行えるようになっており、モニタリング結果が特定のしきい値を下回ったりすればアラートとして検出、通知できるように社内の監視システムと連携を行っています。モニタリングは機器の正常性やエラーだけではなく、ネットワークの帯域利用状況や接続可能インタフェースなどのサービスキャパシティ情報も可視化データとして取り込んでおり、キャパシティ確認の自動化を行えるような取り組みもPrometheus+Grafana利用で実現しています。

図-6は実際に利用しているVXのモニタリング用Dashboardのイメージサンプルです。各リソースやアラート状況を網羅的に

確認できるようになっています。ネットワーク機器が正常なときは慣例的に緑色で表され、異常が発生すればオレンジ/赤色で示されることが多くあります。

IJがお客様へ提供しているネットワークの状況を利用者と同等の環境で把握することは難しいと感じています。バックボーンネットワークを構成するルータやスイッチなどのサービス提供用機器の監視を行うことはできますが、IJ設備の監視だけではどうしても検出できず気づけないこともあります。実際に利用しているお客様が異変を検出しIJへ問い合わせることにより障害が発覚するケースも残念ながら稀に起こってしまいます。いわゆるサイレント障害と呼ばれるもので、機器のアラームやログでは異常発生がないものの、お客様は通信ができない状態となってしまうことです。サイレント障害は我々ネットワークエンジニアがサービス提供をする上で長年の課題です。サイレント障害を如何にお客様より早く検出してサービス提供可能状態へ復旧するためにできることはないかと方法を模索してきました。VXはNFV基盤として多くのサービス設備間を柔軟に接続することを想定していますので、サイレント障害による影響が大きくなると考えています。そのためVXでは基盤利用者とできる限り同じ条件で通信状況をモニタリングができる仕組みを監視として導入しました。VXの各

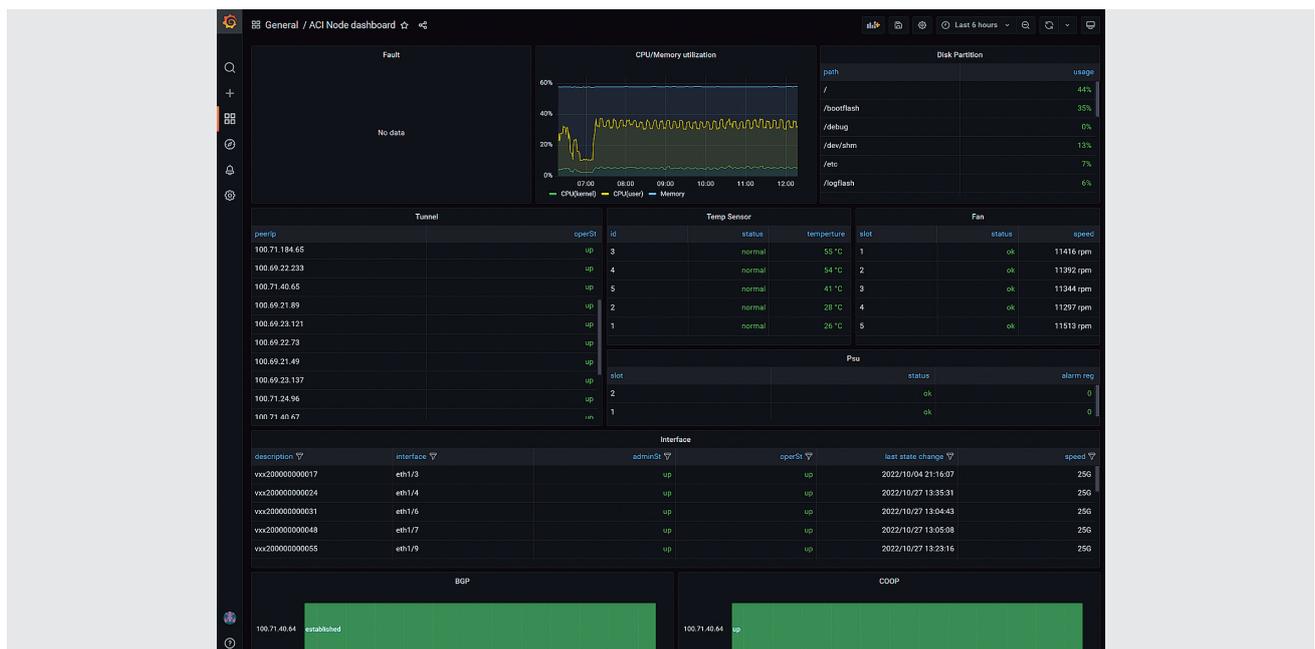


図-6 VXモニタリング用Dashboardイメージ

サービスエッジは品質監視用のサーバにすべて接続しており、各サーバ間でVXサービスエッジを介した通信が問題なくできているかを監視しています。基盤利用者と同じ目線で通信状況を把握できるため、万が一通信品質の悪化があればサービス設備の監視でアラート検出がなくとも何かしらのトラブルが発生しているということが確認できます。全サービスノード間の通信状況を監視するための手法を後付で構築することは、ネットワークが大きくなればなるほど手間や時間がかかるものです。VXでは設計当初から基盤利用者目線の監視の導入を並行して検討してきましたので、基盤提供開始に合わせてスムーズに始めることができました。

図-7はユーザ目線の監視のモニタリング画面です。時系列で各ノード間の通信状況が視覚的に分かるようになっていました。画面上で赤色になっている箇所は実際にネットワークのメンテナンスを行った時間帯であり、一部通信に影響が出たことがわかります。また、特定のしきい値を下回った場合アラートがオペレーションセンターへ通知されます。

2.5 おわりに

今回はIJの基盤ネットワークであるバックボーンネットワークを世代ごとに振り返りながら新たにリリースしたVXの取り組み、コンセプトを紹介しました。1つ重要なことを最後に述べると、今までIJは第1世代から第4世代まで複数のバックボーンネットワーク基盤を構築してきましたが、新しい世代のネットワークを作ったからといって前世代のネットワークを廃止・統合することはありません。それぞれのネットワークが最適な役割や機能を持ち、各バックボーンネットワークを相互に利用しながら全体最適を取っていくことを考えています。そして今ではどのネットワークもIJのサービス提供において欠かせないネットワーク基盤となりました。新しく提供を始めたVXも前世代のバックボーンネットワークを置き換えるものではなく、様々なネットワークやNFV基盤、各種クラウドサービスを連携させる新たなバックボーンネットワークとして最大限活用し、お客様へ価値あるIJサービスを提供してまいりますのでどうぞよろしく願いいたします。



図-7 VXサービスエッジ間の監視モニタリング画面



執筆者：
蓬田 裕一（よもぎだ ゆういち）

IJ 基盤エンジニアリング本部 ネットワーク技術部 ネットワーク技術1課。

AS2497の中の人。ちょっと前までJPNAPでIXサービス運営に関わる。今はIJバックボーンネットワークとピアリングコーディネータをやってます。

社内情報分析基盤「illumino」

3.1 はじめに

ITを活用した業務が日々拡大する中、情報量が加速度的に増えているのは多くの方が実感されていることでしょう。情報量に合わせて、管理するサーバやネットワーク機器とアプリケーションも増加していきます。それが、本来扱いたいデータ量以上に管理すべきデータ量が加速度的に増えていく要因となっています。

管理すべきデータ量が増えるに従って効率良くデータを扱うための工夫が重要になってきます。保存効率の向上、データの保全性、分析の容易性、分析の速度向上、データセキュリティの確保など、データを保存し管理する上で考慮すべき項目は多く、これまでの多くのプロジェクトでは保存・保全のみ、あるいは限定的に運用に必須な一部を利用するにとどまっていました。また、利用したいデータは構造化されたものだけでなく、テキストログのような構造化されていないものも多く分析の手間になっています。更には、アプリケーションアーキテクチャは重厚長大なものからマイクロサービスによる正規化と分散化が進んでおり、高度な分析手法が必要不可欠となってきました。

データ管理と高度な活用ができるシステムを共通基盤として利用できれば、本来取り組むべきサービスやシステムの価値向上に注力できるだけでなく、これまで実現できなかったデータ活用による新たな価値創出につながるはずです。これを実現するシステムが「情報分析基盤『illumino』(イルミノ)」です。

本稿では、「情報分析基盤『illumino』」の機能と、これまで解決した課題と方法について紹介します。

3.2 illuminoの紹介

3.2.1 社内情報分析基盤「illumino」について

■ 課題

IJでは多くのシステムが稼働しており、その数は年々増加し規模も大きくなっています。各システムで生成されるデータの管理は、これまではそれぞれのシステムごとに必要十分な施策がなされていました。プロジェクトによっては高度なデータ分析を実装し進化しているものがある一方で、コストや工数の課題から「必要十分」なままで運用されているサービスも多くあります。十分に活用されていないデータは、そのシステムの潜在的価値だけでなく、会社全体としての価値を秘めている可能性もあります。

近年はデータを活用するソリューションの進化が急速に進み、「大量のデータを効率的に管理」し「高度な分析」を実現することが以前に比べて容易となっていますが、各システムでそれぞれに導入する場合は、必要になるコストと管理・分析のノウハウが分散するという課題が生じていました。

■ 解決方法

そこでこれらの課題を解決するために、データの管理と分析を「低コスト」で「容易」に導入できるような共通プラットフォームを構築しました。それが「情報分析基盤『illumino』」です。データ分析に必要な「データ保存」と「分析ツール」、それらに必要な「システムの運用」と「専任のエンジニアによる導入支援」をサービスとして提供するソリューションです。

このソリューションは社内のプロジェクトであれば誰でも利用できます。サービスとして提供されているため、利用申請を行えば最短で即日利用することができます。

改めてメリットを整理します。

- ・ データ保存
大容量データを安全に低コストで保存することができます。
- ・ 分析ツール
高度なツールが利用できます。
- ・ システム運用
利用者側プロジェクトで負担する必要がありません。
- ・ 導入支援
専任のエンジニア/データサイエンティストによる支援があります。

現在は多くの社内システムが「illumino」を利用しており、データ分析と活用が進んできました。

3.2.2 データ分析とは

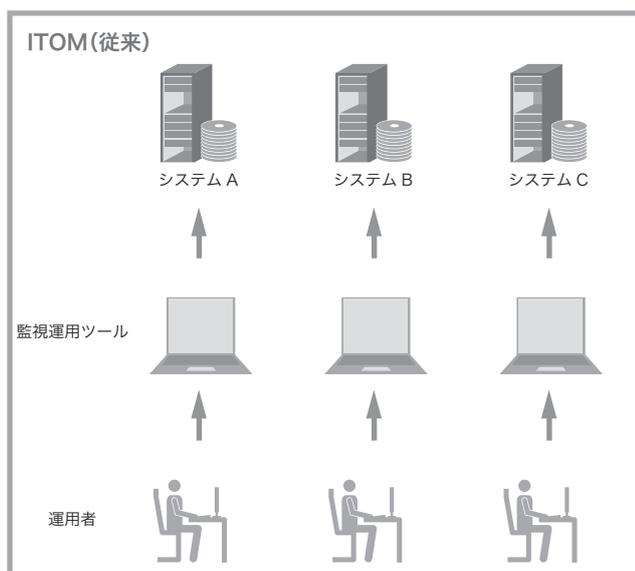
■ ITOAとは

日々の活動でITへの依存度が高まっていることは多くの方が実感されているでしょう。依存度が高まるにつれて、システムの安定稼働は高いレベルで求められるようになりました。一方でシステムの数が増加し、それらで構成するサービスは複雑化・

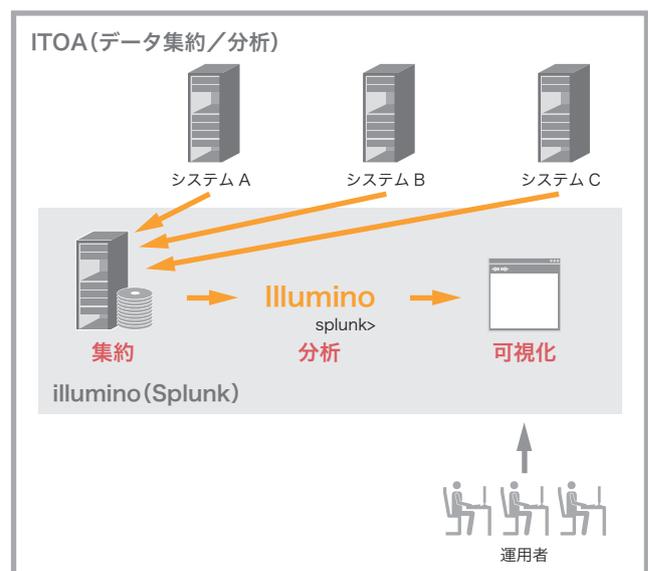
大型化しています。システムやサービスが進化し続ける中、IT運用も当然変わらなければなりません。求められる高い安定稼働を実現するためには、従来のIT運用 ITOM(IT Operation Management) から、ITOA(IT Operation Analytics) への変革が求められています。

仮に「あるサービスで障害が発生した」としましょう。従来のIT運用では、それぞれのシステムでそれぞれに管理されたデータを調査し、関連する部門に調査協力を依頼、以降は解決するまでこの繰り返し、というシーンがしばしばありました。サービスの複雑化・大型化により、利用者が認知もしくは監視ツールなどが検知した障害発生システムが直接の原因ではないケースが当然多くなり、更には関連するシステム=被疑となるシステムは増えることとなります。

ITOAとは、その名のとおりITの運用を「分析(Analytics)」することによって解決する手段です。大量のデータに対して「効率良く集約」「高速検索」「高度な分析ロジック」を実現することで、障害発生時には検知したエラーから関連するデータ(ログ)を自動的に検出し、迅速に原因にたどり着けるようになります。更には様々なデータ分析を試みることで、潜在課題や新たなニーズを予測することもできるでしょう。



それぞれのシステムでデータは管理



データを集約し分析/可視化
統合された運用が可能

図-1 ITOAの運用イメージ

■ Splunk概要

ITOAを実現するためには「データ集約」「高速検索」「高度な分析」が重要となります。多くのITOA関連ソリューションがリリースされていますが、IIJではSplunk社の「Splunk Enterprise」を採用しました。

Splunk Enterpriseを採用した理由は以下のとおりです。

1. 社内での利用実績があったこと
一部のプロジェクトで利用実績があり、高いレベルのスキルセットがあったこと
2. エンタープライズグレードの利用実績
Splunkはワールドワイドに大規模・大容量での利用実績があり、IIJ共通プラットフォームとしての利用を想定した場合でも十分なパフォーマンスが得られること
3. システム構成の柔軟性
データ投入側システムとの接続性やセキュリティを考慮し、社内IaaSへの構築が望まれていたこと。一方でSplunk Cloud PlatformやSplunk ObservabilityなどSaaS利用も想定し、柔軟な連携ができること

■ データ集約

一言でデータと言ってもその形式は様々で、求める結果を得るためにはいくつかのプロセスを経なければならないことがほとんどです。一般的なデータ活用アプリケーションは、求める結果を想定し扱いやすいように事前に構造化する必要がありました。

データ活用・分析を進めていくと、その過程で新たな課題に気がついたり別のアプローチが必要になるといったシーンはよくあることです。このようなケースでは「事前に構造化した

データが逆に扱いにくい」あるいは「そもそも構造が適さない＝不十分なデータとなっている」ことがあり、ときには改めて構造化からやり直さなければなりません。

更に過去に遡って分析を行う必要に迫られたときを想定してみましょう。元となるデータは保存効率のためにアーカイブされていることが多く、容易に扱える状態とは限りません。仮に扱える状態だったとしてもその処理はデータ量に比例して難易度が高くなるでしょう。

データを前処理し構造化することでデータ量を減らしたり検索速度を上げることができるので、特定の目的であれば十分にメリットがあります。しかしながら、前処理にかかる手間を省けて、データ量に対するストレージコストが抑えられ、なおかつ検索速度を高速にできるとなればどうでしょうか。

Splunkは、データを加工せずに非構造のまま保存し高速に検索できることが大きなメリットです。利用者はデータの型を問わず未加工のまま投入します。投入する仕組みは、Splunk専用の転送ツール(forwarder)で容易に設定できたり、fluentdなどの一般的な転送ツールと連携したり、多くの手段が用意されています。

データ活用の要件を詰める前に、まずは保存管理を目的としてilluminoにデータを投入するだけでも十分なメリットが得られるでしょう。多くのデータが集まれば、それらを組み合わせることで新たな価値が見出せる＝データを集約すること自体に価値が生まれる、と言っても過言ではないでしょう。

■ 高速検索 インフラでの工夫

illumino(splunk)に取り込まれたデータは高速に検索できるように様々な工夫がなされます。無秩序=ランダムに保存したデータでは、潤沢に高速なストレージとCPU・メモリがあっても検索時間はデータ量に比例しますし、サーバ費用も大きくなってしまいます。

重要なキーワードは「時系列」です。多くのデータは発生した時間が記録されています。illumino(splunk)では、常に時系列順にデータがソートされます。

必要とされる検索は、比較的直近のデータが対象となるケースが多いことが統計上、分かっています。直近のデータは高速なSSDストレージに、時間が経過したデータは単価の安いオブジェクトストレージに保存されます。オブジェクトストレージに保存されたデータが検索の対象になっても、illumino(splunk)ではシームレスに結果を返すので、利用者がストレージライフサイクルを意識する必要はありません。オブジェクトストレージに配置されたデータの検索はやや低速になりますが、illumino運営チームでオブジェクトストレージの稼働状況を監視し最適な配置となるようなチューニングを実施しています。

検索用のサーバに潤沢なCPUとメモリを搭載した高性能サーバを並列に構築しています。構造化されていないデータを処理するために、検索内容によっては多くのCPUとメモリでの計算能力が必要になることもありますが、十分に実用に耐えるレスポンスを維持しています。単一のシステム(サービス)ではコストがかかるため準備できるサーバの性能には限界がありますが、共通インフラとすることでコストを按分することができますので、潤沢なインフラを利用することができます。Splunk

の強みと、共通インフラ化によるコストメリットを活かし、利用者ごとに負担すべきコストを抑えつつ高速検索を実現するための工夫です。

■ 高速検索 Splunkの高度な利用

ある程度のデータ量と検索内容であれば、特別な工夫をせずともSplunk製品とillumino環境の強力な検索性能で十分なレスポンスは実現できています。しかしながら、基盤インフラなどの数千~数万台規模で時間当たりのデータ量が膨大なものを対象としたり、複雑な検索条件での処理が必要になると、効率的とは言えないケースも出てきます。

このようなケースでは、Splunkに取り込んだデータを取り込み時または任意のタイミングで、一部を構造化することもできます。この場合も未加工のオリジナルデータを保存するので、分析の柔軟性が失われることはありません。構造化データを保持するために追加でストレージを消費しますが、オリジナルデータへの参照ポイントのような方式を採るため比較的少ないストレージ消費増で実現できます。

構造化のようなデータの前処理は、従来の方式ではデータ管理者のような特権ユーザによる対応がしばしば必要になりますが、Splunkでは利用者自身で設定できることも大きなメリットです。要件分析と並行して利用者自身でチャレンジできると、より早く目的のアウトプットにたどり着くことができるのは明らかでしょう。

このようなSplunkの機能を活用するにはある程度Splunkに関するスキルが必要です。そこでIJでは専任のチームによるサポートを確立し利用プロジェクトの学習コストを抑える工夫もなされています。

■ 可視化

大容量のデータを高速に検索できるだけでなく、その結果を利用者が意味のあるデータとして認識できる表現にすることも重要です。データの「可視化」です。

抽出したデータは、表(テーブル)のような形式でまずは出力されることが多いでしょう。Splunkでは、テーブルデータを様々な種類のグラフなどに容易に変換できる「視覚エフェクト」が用意されています。

シンプルな折れ線グラフや棒グラフはもちろん、数十種類のエフェクトが容易なGUI操作で利用できます。可視化した検索は定期的に行うことでレポートとして作成したり、ダッシュボードを作成して1画面で表現することもできます。

■ 分析言語

データの検索と分析はSplunk独自のシンプルで強力な言語「SPL: Search Processing Language」を利用します。データソースを指定して、任意の条件でフィルターをかけるところはRDBのSQLに似ていますが、強力なのはその後続く「分析」機能です。SPLは「|」(パイプ)でコマンドをつなげて、いわゆるワンライナーとして記述するプログラム言語です。検索により抽出されたデータを「|」でコマンドに渡すだけで分析ができます。

例えば、時系列で件数を数えたい場合は、検索結果の後に「| timechart count」と書くだけです。Webサーバのログで時系列ごとにHTTPステータスごとの件数を出したい場合は「| timechart count by status」とします。直感的でシンプルなので誰でもすぐに使えるようになります。

3.3 課題と解決策

ここまで、illuminoプロジェクトとその内部システムのSplunkについて紹介してきました。この節では、実際にilluminoを利用している事例について、課題と解決方法を紹介します。

3.3.1 大量データの保存・管理と可視化

■ 課題

IIJ社内では多くのシステムが稼働しており、それらのネットワークとサーバインフラは特別な理由がない限り共通のシステムを利用しています。いわゆる「社内IaaS」です。システムは数千台のサーバとネットワーク機器で構成され、これまでは各種ログとメトリック情報を専用のシステムで集約していました。

このインフラの歴史は比較的長く、ログとメトリック情報はシンプルな可視化ツールで参照はできるものの、更なる活用や分析は実現できていませんでした。インフラ規模が大きいためデータ量も多く、保存管理のためのコスト改善も課題となっていました。

■ データ保存・管理の改善

初めのステップとして、illuminoにこれらのデータを投入することから着手しました。これまでもfluentdなどでデータの集約は行っていました。illuminoに投入するデータは構造化が不要でfluentdから直接投入ができるため、転送先にilluminoを追加設定するだけで対応することができます。容易な設定追加のみでコスト改善が実現できました。

■ データ活用

従来のシステムでは、データを参照するには専用のシステムのWebページから規定の形式でグラフ化されたデータを見るか、担当部門にデータ抽出を依頼する必要がありました。

illuminoに登録されたデータは、権限があるユーザであれば自身で検索ができるようになっています。従来システムと同等のグラフは数行のSQLで参照できますし、オリジナルデータをそのまま保存しているので期間や分類など自由に設定して参照できるようになりました。

社内IaaSを利用するシステムは多種多様で、ログやメトリックデータの分析の重要性もそれぞれ違ってきます。データの変化に厳格なものもあれば比較的寛容なものもあり、厳格なものの中でも、CPU負荷が重要な指標になるシステムもあれば、ディスクのIO負荷状況が重要となるシステムもあります。シンプルな分析と可視化は共通のレポートやダッシュボードで提供しつつ、各システムで独自に重要な指標に着目したレポートやダッシュボードを作成し、それぞれの運用に合わせた分析と可視化を実現しているプロジェクトもあります。

更に、社内IaaSを利用している各システム側のログを投入し、それらのデータを分析・可視化したものに社内IaaSのデータを連携させ、各システムとインフラ利用状況の関連を可視化している例もあります。システムの利用とインフラ負荷の状況を統合して可視化することで運用精度が向上しています。

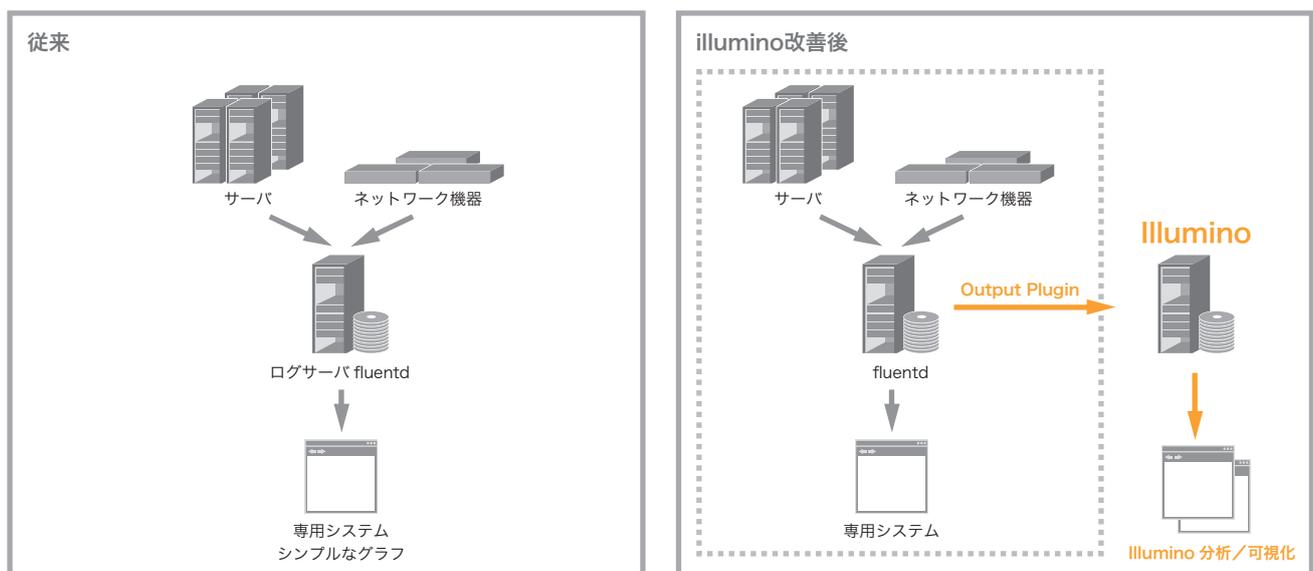
3.3.2 システム/サービス間のデータ共有

■ 課題

IJのサービスをご利用いただいているお客様や社内システムを利用しているチームでは、いくつかのシステムを組み合わせで利用しているケースが多くあります。サーバとネットワークのようなパーツを組み合わせたり、業務アプリとセキュリティサービスのような組み合わせもあります。システムの運用はそれぞれの担当チームで行っているため、管理されているデータの連携はできていませんでした。障害が発生したり利用状況分析などで調査・分析を行う場合、利用しているシステムのデータを横断的に調べる必要がありますが、担当チームの連携に手間と時間がかかっていました。

■ データ集約と共有

illuminoは、共有システムであることと非構造化データを扱えることから、様々なシステムからデータを集約することができます。システム単体でのデータ分析だけでも十分なメリットはありますが、いくつかのシステムやサービスを連携して利用している場合は更に大きなメリットがあります。



既存システムの改修は Output Plugin 設定のみ
自由な検索と高度な可視化が可能

図-2 illumio導入によるデータ活用イメージ

例えば、業務アプリケーションとセキュリティサービスを組み合わせて利用している場合を考えてみましょう。業務アプリケーションの画面にエラーが表示されたとします。利用者は、表示されたエラー内容、アカウント名、発生時間などを報告してくれたとします。運用担当者は報告内容を元に、ログなどを確認して原因の特定を始めます。業務アプリケーションに原因があった場合は比較的シンプルです。ログなどから原因を示すエラーを見つければ、次の対応ステップに進むことができるでしょう。

原因が業務アプリケーションにあるのではなくセキュリティサービスにあった場合はどうなるでしょう。業務アプリケーションのログにはエラーは出ていたとしてもセキュリティサービスに原因があることを示唆するにとどまったり、そもそもエラーが出ていないケースもあるかもしれません。このような場合、次のステップはセキュリティサービス側の調査を行うこととなります。各担当チームの連携はスムーズに行

われるように業務設計されていますが、チーム間の連携がシステム化されていない場合はある程度の時間と手間がかかってしまいます。

illuminoにデータが集約されることにより、データを関連付けて検索・分析を行うことができます。前述の例の場合、調査の起点となる業務アプリケーションの調査と連携して、セキュリティサービスの調査を行うことができるようになります。

業務設計に合わせて複数システムを連携させた運用ツールを作成することで、調査にかかる時間と手間を大幅に削減することができます。

■ データのセキュリティ

データの集約と共有は大きなメリットがある一方で、データセキュリティは慎重に考慮せねばなりません。有用なデータにはしばしばセンシティブなデータが含まれます。それぞれのシス

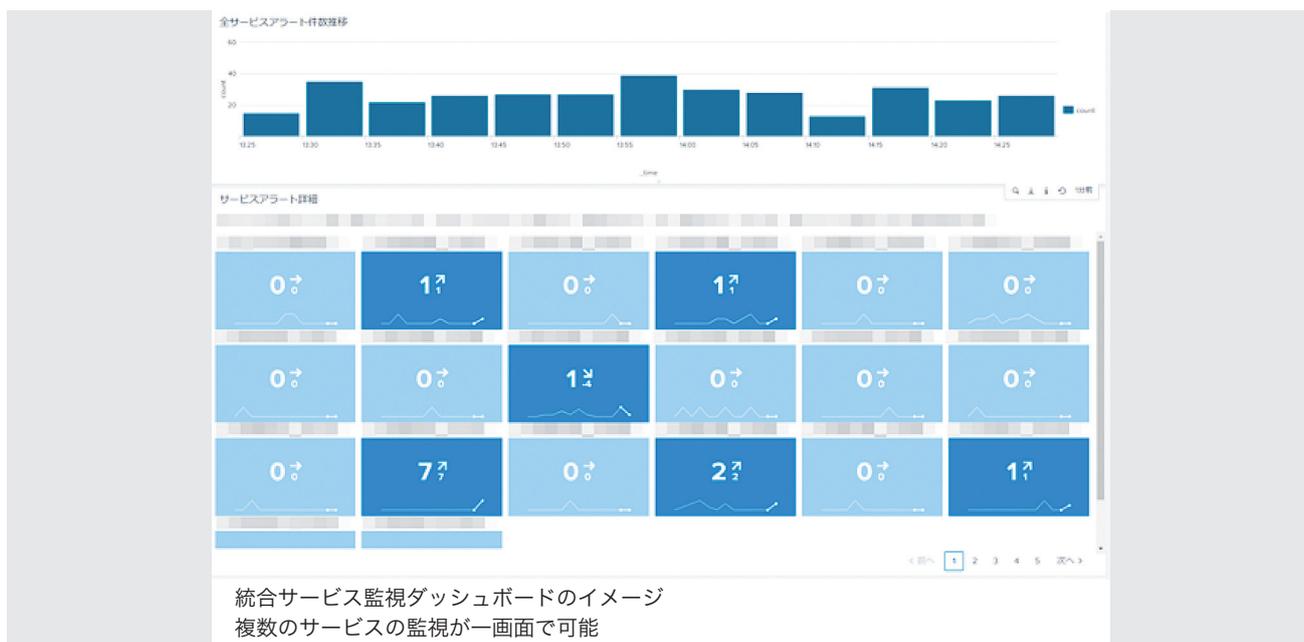


図-3 統合サービス監視ダッシュボードのイメージ

テムでデータセキュリティを精査し、共有システムに投入するデータの内容と、それを公開し共用する範囲を管理することが重要です。

illuminoではセキュアな社内専用インフラ基盤にシステムを構成することによるデータ保護と、データの参照権限を詳細に設定することで、高度なデータセキュリティを実現しています。

権限管理の運用は高いレベルの品質が求められるため、負荷が高くコストもかかりますが、ルールベースでの権限管理のため利用者のニーズに合わせた柔軟な対応とスマートな運用ができています。

3.3.3 機械学習

■ 課題

大量のデータを活用価値のあるデータに変換する手法の1つに機械学習があります。昨今では機械学習のノウハウは比較的容

易に入手できるようになり、具体的な事例やソリューションも提供されているため、IJ社内でもニーズが高まっています。しかしながら、大量データを処理するインフラの準備やデータ操作にかかる手間のハードルは高く、ニーズの高まりに十分に対応できてはいませんでした。

■ 機械学習とは

「機械学習」とは、オリジナルデータからパターンを抽出し予測や分析を行う手法です。大量かつ複雑なデータを統計学的に検証された手法で分析することで、運用者自身で仮説設定・設計・実装をするルールベースでは難しかったパターンを抽出することができます。抽出したパターンを利用する主なユースケースには異常検知や予測、分類があります。

Splunkの大きなメリットの1つに機械学習との高い親和性があります。大量のデータを集約し高速に検索や分析ができるシステムだからこそ実現できます(図-4)。

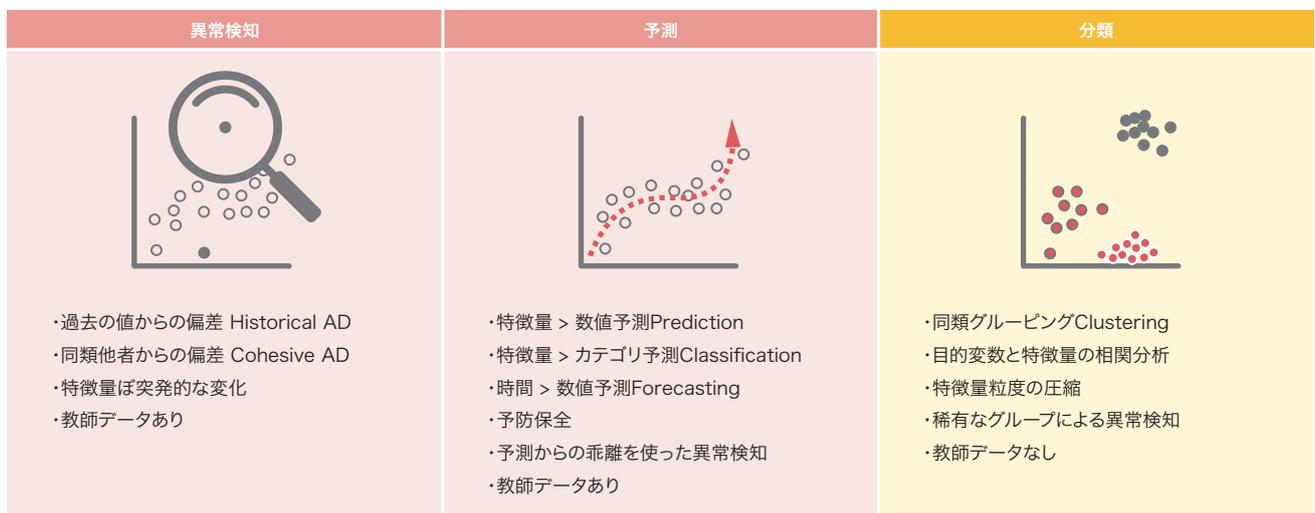


図-4 機械学習による異常検知・予測・分類

■ 機械学習の基本

機械学習のロジック自体はillumino(Splunk)独自の機能ではありません。実際に、Splunkで提供されている機械学習の主要なロジックは、pythonで実装されているオープンソースで実装されています。

極論すればpythonの基礎と機械学習OSSの知識があれば、illuminoがなくても機械学習の実現はできます。しかしながら、illumino(Splunk)を介することで、様々なメリットがあります。

■ illuminoで機械学習を利用できるメリット

機械学習を行うためには、まずは学習元となるデータを用意する必要があります。学習元データはデータの精度が検出品質に大きく関わってきます。

機械学習に適した学習元データを作成するステップには次のようなものがあります。

- ・ データ抽出=大量のオリジナルデータから適切な学習元データを抽出
- ・ クレンジング=データに混入するノイズや欠損などを修正・補完
- ・ データ変換=正規化によりデータのスケールを合わせる

これらの前処理を、illumino(Splunk)では検索言語SPLで行います。どのように抽出・修正・補完・正規化するかの中身は利用者が判断する必要がありますが、判断後の処理はSPLで容易に記述することができます。作成した学習元データは、illuminoの機能でグラフ化などの可視化ができるので精度の評価にも役立ちます。

学習元データを作成した後は、機械学習ロジックに投入し「モデル化」を行います。この機械学習ロジックへの投入もSPLで記述します。SPLを記述する方法だけでなく、GUIからもロジック投入と精度評価を行うこともできます。GUIでの精度評価は、学習元データの分布をグラフで表示したり、閾値パラ

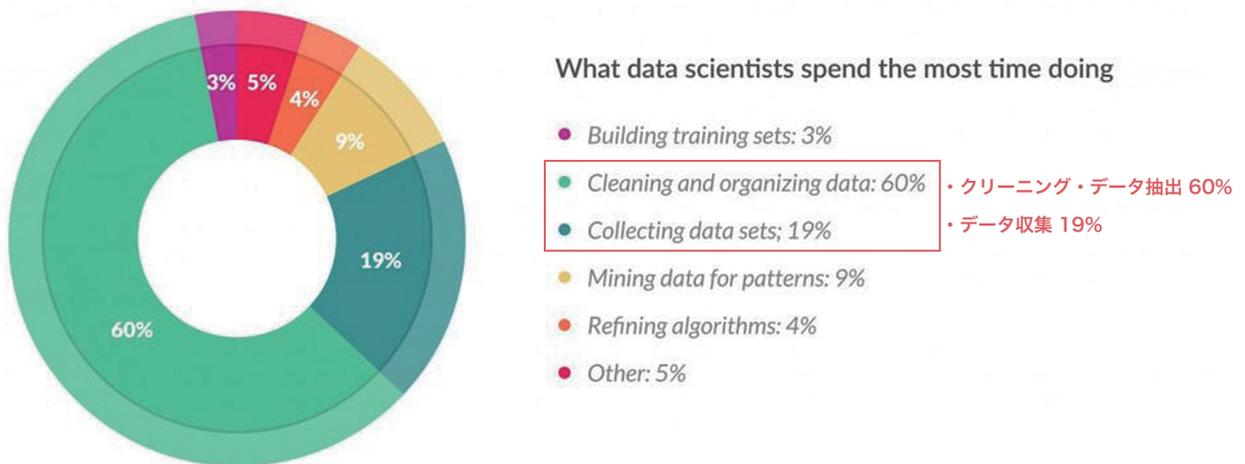


図-5 機械学習における各処理に占める時間*1

*1 Cleaning "Big Data: Most Time-Consuming, Least Enjoyable Data Science Task, Survey Says" Forbes Mar 23,2016(<https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/03/23/data-preparation-most-time-consuming-least-enjoyable-data-science-task-survey-says/>)。

メータをスライダーで変更して変化を見るなど、視覚的に確認することができます。これらの前処理は、機械学習の工程のうち約8割を占めるというデータがあります(図-5)。illuminoを利用すると前処理の手間を大幅に削減できます。

モデルを作成した後は、検証対象データに対しての評価を行います。評価もSPLで記述することができ、結果を監視アラートに発報したり、グラフなどに容易に可視化することができます。機械学習のすべてのステップをilluminoで実現できるため導入の敷居が大幅に下がりました。

■ 機械学習を利用した例

IIJ社内で利用している例として「異常トラフィック検出」を紹介します。

あるシステムでは、正常性確認の1つとしてネットワークトラフィックを監視しています。従来は特定の上限下限値を固定値として監視設定するにとどまっていた。このシステムはビジネスユーザ向けのため、平日日中と夜間、休日でトラフィックの傾向が大きく違うことが分かっています。全断に至るような障害ではないものの、通常のトラフィックとは明らかに異なる傾向が観測されることがあり、一部機器の不良や外部要因による異常で特定のユーザに障害が起きているケースが懸念さ

れていました。特に比較的低トラフィックとなる夜間や休日など、固定の閾値設定では検出が困難でした。

このようなケースに対応するために、機械学習により過去のデータを分析し確率密度分布(DensityFunction)を利用した閾値設定を実装しました。正常に稼働している過去のデータを用意し機械学習で処理をすることで、統計学的視点で「稀である上下限值」を算出することができます。「稀である上下限值」を閾値にしてトラフィックデータを監視し、閾値超えを検出した際は詳細調査を行うことで、これまで認知できていなかった事象を把握できるようになります。

幸いなことに、機械学習による監視を実装してから障害は発生していませんが、仮に障害が発生した場合は正確かつ早期に対応ができるようになりました。

3.4 まとめ

本稿ではIIJ社内でのデータ活用の課題とilluminoプロジェクトによる解決、実際の活用事例と効果を紹介しました。

データ活用のニーズは今後も高まることは確実です。illuminoプロジェクトでは、より多くのシステム・サービスでの利用を推進し、サービスの向上に努めてまいります。

執筆者:

工藤 隆久(くどう たかひさ)

IIJ ネットワーク本部 プラットフォーム開発部 アナリティクス&マネジメントシステム開発課。

2008年にIIJに入社。illuminoプロジェクトの企画・運営に従事。illuminoシステム管理者。Splunkの社内エバンジェリストとして活動。

Information

IIJ 技術情報発信コンテンツの紹介

■ ITエンジニア向け動画チャンネル「IIJ Techチャンネル」を開設

IIJ Techチャンネルでは、これまでIIJが毎年行ってきた「IIJ Technical WEEK」などエンジニア向けイベントの講演、先進技術動向の解説、社内向けの研修動画や突然発生するサイバー攻撃やセキュリティ事故、ネットワーク障害などに関する時事ネタ解説など、IIJが持つさまざまなジャンル・レベルの技術情報を順次公開していく予定です。本チャンネルは、YouTubeからどなたでも無料でご覧いただけます。

チャンネル開設第一弾のコンテンツとして、IIJ社内で行っている社員による新人エンジニア向け研修の動画を公開いたしました。



IIJ Techチャンネル:

(<https://www.youtube.com/playlist?list=PLTKODctBx8g8JgiuY6DZiryJZTwPEdk4K>)



■ 新人エンジニア向け研修「IIJ Bootcamp」

IIJ Techチャンネルのコンテンツ第一弾として、IIJ社員が講師となり、配属直後の技術職新入社員を対象に毎年実施しているハンズオン研修「IIJ Bootcamp」の中から、初心者ITエンジニアのスキルアップに有用な6つの基礎講座(Overview)を公開いたしました。

[新人研修 IIJ Bootcamp公開動画一覧]

サーバアプリケーションOverview

「Webアプリケーション」と呼ばれるシステムがどうやって動いているのかについて、主にバックエンド(Webサーバ付近)の仕組みを解説します。Perl/CGIからJava、PHP、Rails、更にNode.jsやgoといったモダンな環境まで、その実行環境であるクラウドとあわせて説明します。

HTTPを理解する

インターネットで最も使われているプロトコル「HTTP」について、HTTP/0.9～HTTP/3の変遷をたどります。プロトコルとはどのように定義されているのか、インターネットの変化に合わせてどのように変化してきたかを紹介します。

データベース Overview

データベースとは何のためにあるのか? 現代におけるデータベースの課題と、近年登場した新しいデータベースについて解説します。RDBMS・SQLデータベース、非SQLデータベースについての概要を紹介します。

DevOps Overview

商用サービスを動かすためのインフラに何が求められるか。インフラの自動化 IaC (Infrastructure as Code) や、CI/CDと呼ばれる開発～リリース(アップデート)の自動化について。なぜKubernetesのような仕組みが必要になったのかをお話します。

監視 Overview

商用サービスを運用する上で欠かせないシステムの「監視」。なぜ監視を行なうのか、監視を行なう際にどういったデータを取得すべきなのかについて紹介します。

フロントエンド Overview

ブラウザの中でJavaScriptが動くことで何が起るのか。DOMを操作することの意味や、それを使ったアプリケーションの仕組みについて解説します。

■ IJ Engineers Blog 最新トピック

開発・運用の現場エンジニアが執筆するIJ公式ブログ「IJ Engineers Blog」では、今年で6回目となる「IJ 2022 TECHアドベントカレンダー」を開催中です。

最新のコアな技術情報からゆるく柔らかい社内ネタまで、様々な技術記事を12月1日から24日のクリスマスイブまで毎日公開していきますので、ぜひご覧ください。



IJ Engineers Blog:
IJ 2022 TECHアドベントカレンダー
(<https://eng-blog.ij.ad.jp/adventcalendar2022>)



■ IJ 公式Twitterアカウント@IJ_ITS

なお、各媒体の記事公開やイベント開催情報は、IJ公式Twitterアカウント@IJ_ITSでお知らせしています。ご興味のある方はぜひフォローしてください。

@IJ_ITS https://twitter.com/IJ_ITS



各種ブログを更新した際には、以下のTwitter/Facebookアカウントにてお知らせを投稿しています。気になる情報がありましたら、ぜひこちらもフォローしてみてください。

【Twitter】

- @IJSECT
IJのセキュリティコーディネーションチームによる調査報告
- @IJ_doumae
IJエンジニアの堂前が興味のある技術ネタについてつぶやきます
- @SEIL_SMF
IJが開発するルータ「SEIL(ザイル)」の情報やファームウェアの更新のお知らせなど
- @IJGIO
IJ GIOの最新情報やイベント・セミナーの情報
- @IJ_PR
プレスリリース、イベント情報

【Facebook】

- IJ公式ファンページ
(<https://www.facebook.com/IJPR>)
IJの公式ファンページです。プレスリリースやお知らせ、技術・開発情報、イベント・セミナー情報など、IJに関する様々な情報をお届けします。
- SEIL公式ファンページ
(<https://www.facebook.com/SEIL.jp>)
IJ独自開発ルータ「SEIL(ザイル)」の公式ファンページです。SEILに関連する最新情報や活用法、便利な設定方法、開発秘話などをお届けします。



Internet Initiative Japan

株式会社インターネットイニシアティブ(IIJ)について

IIJは、1992年、インターネットの研究開発活動に関わっていた技術者が中心となり、日本でインターネットを本格的に普及させようという構想を持って設立されました。

現在は、国内最大級のインターネットバックボーンを運用し、インターネットの基盤を担うと共に、官公庁や金融機関をはじめとしたハイエンドのビジネスユーザに、インターネット接続やシステムインテグレーション、アウトソーシングサービスなど、高品質なシステム環境をトータルに提供しています。

また、サービス開発やインターネットバックボーンの運用を通して蓄積した知見を積極的に発信し、社会基盤としてのインターネットの発展に尽力しています。

本書の著作権は、当社に帰属し、日本の著作権法及び国際条約により保護されています。本書の一部あるいは全部について、著作権者からの許諾を得ずに、いかなる方法においても無断で複製、翻案、公衆送信等することは禁じられています。当社は、本書の内容につき細心の注意を払っていますが、本書に記載されている情報の正確性、有用性につき保証するものではありません。

本冊子の情報は2022年12月時点のものです。

©Internet Initiative Japan Inc. All rights reserved.
IIJ-MKTG019-0057

株式会社インターネットイニシアティブ

〒102-0071 東京都千代田区富士見2-10-2 飯田橋グラン・ブルーム
E-mail: info@ij.ad.jp URL: <https://www.ij.ad.jp>