

博士論文 2021 年度

コミュニティを基盤とした  
ネットワーク運用技術の移転と発展



慶應義塾大学  
大学院メディアデザイン研究科

松崎 吉伸

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に  
博士(メディアデザイン学)授与の要件として提出した博士論文である。

松崎 吉伸

研究指導委員会：

加藤 朗 教授	(主指導教員)
大川 恵子 教授	(副指導教員)
佐藤 千尋 専任講師	(副指導教員)

論文審査委員会：

大川 恵子 教授	(主査)
砂原 秀樹 教授	(副査)
佐藤 千尋 専任講師	(副査)
後藤 滋樹 名誉教授	(副査、早稲田大学)

博士論文 2021 年度

## コミュニティを基盤とした ネットワーク運用技術の移転と発展

カテゴリ：アクションリサーチ

### 論文要旨

インターネットが様々な用途に活用されるためには、それを構成している個々のコンピュータネットワークが、利用者や他のネットワークからの期待に応えるように、適切に運用管理されている必要がある。しかし、実際のネットワーク運用では未熟な運用からサービス障害につながる事例や復旧に手間取る事例、問題が放置される事例などが散見され、運用技術の普及と向上が課題となっている。

バングラデシュではインターネット接続が急速に普及してきているものの、各通信関連事業者の能力開発が十分ではなく、ネットワークを安定的に運用するための取り組みが十分になされていなかった。その背景として、技術者の習熟不足や人材流動、硬直した運用といった課題が挙げられ、それぞれの組織単独では解決が難しい状況にあった。そのような状況の中、2013年にバングラデシュで競合企業横断型のネットワーク運用者コミュニティがbdNOGとして設立された。

本研究では、ネットワーク運用に関わる技術者コミュニティに注目し、これを基盤とすることでネットワーク運用技術の移転や発展に資するという仮説をもとに、バングラデシュのネットワーク運用者コミュニティであるbdNOGを対象として、どのような活動がネットワーク運用技術の移転や発展に資するのかを2013年から2021年までの活動を通じて考察した。

先行する技術移転事例やbdNOGの特徴を踏まえ、実践は地域の需要対応性、再利用性、拡張性、発展性を総合的に満たすことを条件とした。仮説を検討するため、会場ネットワーク構築を通じた技術移転、運用技術ワークショップの設計と実施、事例検討活動の発足を通じた技術発展基盤の構築を実践した。会場ネット

ワーク構築を通じた無線 LAN 基地局の運用技術移転では、ネットワーク構築とフィードバックを繰り返すことで効果的な運用技術の移転につながることを示された。運用技術ワークショップの設計と実施では、bdNOG でワークショップの教材が再利用され技術継承に利用されており、コミュニティを対象として運用技術を移転することで、運用技術の知見が維持継承されることがわかった。事例研究活動の発足を通じた技術発展基盤の構築では、活動を通じてネットワーク運用向上に資する様々な議論が喚起され、運用の見直しを通じて運用技術の向上が図れることがわかった。

観察やコミュニティからのフィードバックに加えて、IRR 登録データや MANRS の計測データ、他コミュニティへの貢献状況など、客観的な指標も用いて評価を行った。bdNOG での実践を通じて bdNOG コミュニティの運用技術が向上し、推奨されるネットワーク運用が広く採用されている結果が示された。さらには bdNOG コミュニティのメンバーが他のコミュニティに貢献をするようになった変化も観測された。観察や評価からもたらされる結果は、実践の有効性を示し、仮説を裏付けている。

キーワード：

ネットワーク, 運用技術, 技術移転, コミュニティ, NOG

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

松崎 吉伸

Abstract of Doctoral Dissertation of Academic Year 2021

# Community-based Transfer and Development of Network Operational Technologies

Category: Action Research

## Summary

To allow the Internet to be used for varied purposes, each of the computer networks that compose the Internet must be properly operated and managed to meet the expectations of users and other networks. However, in actual network operation, there have been instances of inexperienced operations leading to service failures, problems left unattended, unfortunately long recovery times, etc., all of which pose challenges to the spread and improvement of operational technologies.

Although Internet access has been spreading rapidly in Bangladesh, the capacity building of each telecom-related operator was insufficient; and efforts to ensure the stable operation of the network were weak. These were due to issues such as engineers' lack of proficiency, personnel churn, and overly rigid operation, all of which are difficult for an organization to solve on its own. To address this situation, a cross-company network operator community was established in Bangladesh in 2013 called bdNOG.

Based on the theory that a community of network operators will contribute to the transfer and development of network operational technologies, this study discusses what activities will contribute to that transfer and development of network operational technologies, focusing on bdNOG, a network operator community in Bangladesh, from 2013 to 2021.

Based on the above technology transfer environment and the characteristics of bdNOG, actions were designed to meet the overall requirements of the local demand for responsiveness, reusability, scalability, and development. The following actions were taken to test the hypothesis: technology transfer through building a conference venue network, the design and implementation of operational technology workshops, and the establishment of a technology development infrastructure through the creation of case study workshops. The transfer of wireless LAN base station operational technology through building a conference venue network showed that repeated network construction and feedback could lead to the effective transfer of operational technology. During the design and creation of the operational technology workshop, it was shown that the workshop became reused in bdNOG and used for technology transfer through the country. The knowledge and inheritance of operational techniques is maintained through education of operational technology within the community. In establishing a technology development infrastructure through the launch of case study activities, it was shown that various discussions contributing to the improvement of network operations were stimulated and that operational technologies could be improved through review of current operations.

In addition to observations and feedback, objective indicators such as IRR registration data, MANRS measurement data, and contributions to other communities were also used to evaluate the results. Through the practices in bdNOG, the operational technologies of the Bangladeshi Internet operators' community have been improved; and the results show that the recommended operational techniques have been widely adopted. A change in the way members of the bdNOG community began to contribute to other communities was also observed. The results from observation and evaluation show the effectiveness of the practices and support the original hypotheses.

Keywords:

Network, Operational Technology, Technology Transfer, Community, NOG

Keio University Graduate School of Media Design

Yoshinobu Matsuzaki

# 目 次

<b>第 1 章 序論</b>	<b>1</b>
1.1. インターネット運用	1
1.2. バングラデシュのインターネット事情	7
1.3. bdNOG	11
1.4. 研究課題	14
<b>第 2 章 Network Operators Group (NOG)</b>	<b>16</b>
2.1. NANOG	16
2.2. アジア太平洋地域の NOG	18
2.3. NOG の特性	21
2.4. 技術移転の観点からの NOG	23
<b>第 3 章 関連研究</b>	<b>24</b>
3.1. 技術移転	24
3.1.1 技術移転と学習	24
3.1.2 実践共同体	25
3.1.3 事件事例の調査と対応	27
3.2. インターネットの特殊性	28
3.2.1 インターネットと技術発展	28
3.2.2 協調的な運用の更新	28
3.2.3 インターネット運用と特殊性	30
3.3. 技術移転事例	30
3.3.1 APNIC	30

---

3.3.2	NSRC	31
3.3.3	WIDE camp-net	32
3.4.	運用技術の地域性と共通性	33
3.4.1	地域毎に異なる運用事例	33
3.4.2	共通的な運用規範事例 (MANRS)	35
3.5.	関連研究のまとめ	36
<b>第4章</b>	<b>研究手法</b>	<b>38</b>
4.1.	コミュニティの役割	38
4.2.	実践において考慮すべき点	39
4.3.	実践に関わる関係者の整理	41
4.4.	対象コミュニティとの関係と実践に向けた仮説	42
4.5.	bdNOGにおける学びの場の整理	44
4.6.	評価計画	45
4.6.1	IRR データを用いた評価手法	46
4.6.2	MANRS の計測データを用いた評価手法	47
4.6.3	他コミュニティへの貢献状況調査による評価手法	47
4.7.	リサーチデザイン	49
<b>第5章</b>	<b>Action1 会場ネットワーク構築を通じた技術移転</b>	<b>52</b>
5.1.	Phase1 bdNOG1 会場ネットワーク構築	54
5.1.1	Phase1 目的	56
5.1.2	Phase1 実施計画	56
5.1.3	Phase1 結果	58
5.1.4	Phase1 ネットワーク評価	59
5.1.5	Phase1 考察	59
5.2.	Phase2 bdNOG3 会場ネットワーク構築	60
5.2.1	Phase2 目的	61
5.2.2	Phase2 実施計画	62
5.2.3	Phase2 結果	64

---

5.2.4	Phase2 ネットワーク評価	65
5.2.5	Phase2 考察	67
5.3.	Phase3 bdNOG4 会場ネットワーク構築	68
5.3.1	Phase3 目的	69
5.3.2	Phase3 実施計画	70
5.3.3	Phase3 結果	71
5.3.4	Phase3 ネットワーク評価	72
5.3.5	Phase3 考察	74
5.4.	Phase4 bdNOG5 会場ネットワーク構築	75
5.4.1	Phase4 目的	76
5.4.2	Phase4 実施計画	77
5.4.3	Phase4 結果	77
5.4.4	Phase4 ネットワーク評価	78
5.4.5	Phase4 考察	79
5.5.	Action1 考察	80
<b>第6章</b>	<b>Action2 運用技術ワークショップの設計と実施</b>	<b>82</b>
6.1.	Phase1 bdNOG1 ワークショップ	84
6.1.1	Phase1 目的	84
6.1.2	Phase1 実施計画	84
6.1.3	Phase1 結果	86
6.1.4	Phase1 考察	87
6.2.	Phase2 bdNOG7 ワークショップ	88
6.2.1	Phase2 目的	88
6.2.2	Phase2 実施計画	89
6.2.3	Phase2 結果	89
6.2.4	Phase2 考察	92
6.3.	Phase3 bdNOG9 ワークショップ	93
6.3.1	Phase3 目的	93
6.3.2	Phase3 実施計画	93

---

6.3.3	Phase3 結果	96
6.3.4	Phase3 考察	97
6.4.	Action2 考察	99
<b>第7章</b>	<b>Action3 事例研究活動の発足を通じた技術発展基盤の構築</b>	<b>101</b>
7.1.	Phase1 事例研究活動の発足	103
7.1.1	Phase1 目的	103
7.1.2	Phase1 実施計画	103
7.1.3	Phase1 結果	104
7.1.4	Phase1 考察	106
7.2.	Phase2 事例研究活動の開始	107
7.2.1	Phase2 目的	107
7.2.2	Phase2 実施計画	107
7.2.3	Phase2 結果	108
7.2.4	Phase2 考察	111
7.3.	Phase3 事例研究活動の推進	112
7.3.1	Phase3 目的	112
7.3.2	Phase3 実施計画	112
7.3.3	Phase3 結果	113
7.3.4	Phase3 考察	115
7.4.	Phase4 事例研究活動の拡大	117
7.4.1	Phase4 目的	117
7.4.2	Phase4 実施計画	117
7.4.3	Phase4 結果	118
7.4.4	Phase4 考察	123
7.5.	Action3 考察	125
<b>第8章</b>	<b>評価</b>	<b>129</b>
8.1.	IRR オブジェクトの登録整備状況	129
8.1.1	IRR 登録率の算出方法	129

---

8.1.2	利用するデータセット	131
8.1.3	結果と評価	132
8.2.	MANRS への対応状況	133
8.2.1	経路フィルタ対応状況	134
8.2.2	IP アドレスの詐称防止対応状況	135
8.2.3	協調体制対応状況	136
8.2.4	IRR 登録対応状況	137
8.2.5	RPKI ROA 登録対応状況	138
8.3.	他コミュニティへの貢献状況	139
8.3.1	APRICOT への貢献	139
8.3.2	MANRS への貢献	140
8.3.3	APNIC コミュニティトレーナーとしての貢献	141
8.4.	bdNOG コミュニティメンバーへのヒアリング	142
8.4.1	A さんへのヒアリング	143
8.4.2	B さんへのヒアリング	144
8.4.3	C さんへのヒアリング	145
8.4.4	D さんへのヒアリング	147
8.4.5	E さんへのヒアリング	148
8.4.6	F さんへのヒアリング	149
8.4.7	G さんへのヒアリング	150
8.4.8	H さんへのヒアリング	151
8.4.9	I さんへのヒアリング	152
8.4.10	ヒアリングから抽出された bdNOG の活動の特徴	153
8.5.	総合評価	156
<b>第 9 章</b>	<b>結論</b>	<b>159</b>
9.1.	本研究の総括	159
9.2.	課題と提言	162
9.3.	展望と制約	165

謝辭	167
参考文献	169
付録	179
A. APRICOT . . . . .	179
B. APNIC . . . . .	179

# 目 次

1.1	AS 番号の分配推移 . . . . .	8
1.2	bdNOG ミーティングの参加者数の推移 . . . . .	13
2.1	APRICOT 参加者数の推移 . . . . .	18
2.2	APRICOT 参加者の所属する経済圏数の推移 . . . . .	20
4.1	MANRS Observatory のシステム概略図 . . . . .	48
4.2	リサーチデザイン図 . . . . .	51
5.1	会場ネットワーク構成の模式図 . . . . .	53
5.2	bdNOG1 会場ネットワーク機器配置図 . . . . .	55
5.3	bdNOG1 カンファレンスの様子 . . . . .	57
5.4	bdNOG3 会場ネットワーク機器配置図 . . . . .	61
5.5	bdNOG3 会場ネットワークの機材設置状況 . . . . .	64
5.6	bdNOG3 カンファレンスの様子 . . . . .	66
5.7	bdNOG4 会場ネットワーク機器配置図 . . . . .	69
5.8	bdNOG4 での会場ネットワーク構築の様子 . . . . .	72
5.9	bdNOG4 カンファレンスの様子 . . . . .	73
5.10	bdNOG5 会場ネットワーク機器配置図 . . . . .	76
5.11	bdNOG5 カンファレンスの様子 . . . . .	78
5.12	bdNOG5 カンファレンスのライブ中継機材 . . . . .	79
6.1	ワークショップ環境の模式図 . . . . .	83
6.2	bdNOG1 で用意された小型の無停電装置 . . . . .	86
6.3	bdNOG1 ワークショップの様子 . . . . .	87

6.4	bdNOG7 ワークショップの様子 . . . . .	90
6.5	bdNOG9 ワークショップの様子 . . . . .	96
7.1	事例研究活動の紹介ミーティングの広報用画像 . . . . .	120
7.2	事例研究活動紹介ミーティング参加者の意識調査結果 . . . . .	121
8.1	IRR 登録が完了している AS の割合の推移 . . . . .	133
8.2	経路フィルタ対応状況の推移 . . . . .	134
8.3	IP アドレスの詐称防止対応状況の推移 . . . . .	135
8.4	協調体制対応状況の推移 . . . . .	136
8.5	IRR 登録対応状況の推移 . . . . .	137
8.6	RPKI ROA 登録対応状況の推移 . . . . .	139
8.7	APNIC コミュニティトレーナーの所属分布 . . . . .	142

# 目 次

1.1	人口当たりで見る IPv4 アドレス分配状況 . . . . .	9
5.1	bdNOG1 会場ネットワーク主要機器とミーティング参加者数 . . .	55
5.2	bdNOG3 会場ネットワーク主要機器とミーティング参加者数 . . .	60
5.3	bdNOG4 会場ネットワーク主要機器とミーティング参加者数 . . .	68
5.4	bdNOG5 会場ネットワーク主要機器とミーティング参加者数 . . .	75
6.1	bdNOG1 ワークショップのスケジュール . . . . .	85
6.2	bdNOG7 ワークショップのスケジュール . . . . .	90
6.3	bdNOG9 ワークショップのスケジュール . . . . .	94
7.1	事故や障害事例の報告様式 . . . . .	108
7.2	事例研究活動の公開ミーティング参加者向け意識調査表 . . . . .	119
8.1	bdNOG コミュニティメンバーの APRICOT 貢献状況 . . . . .	140

# 第 1 章

## 序 論

### 1.1. インターネット運用

インターネットは相互に接続されたネットワークで構成されており、安定的な通信のためには関わるすべてのネットワークが適切に管理、運用されている必要がある。インターネットは Internet Engineering Task Force (IETF)<sup>1</sup> において技術の国際標準が議論策定されており、相互運用のために標準技術が広く採用されている。また、現在のインターネットは比較的少数の機器ベンダが提供している複雑な製品を、多くのネットワーク運用者が共通的に採用している状態 [1] であり、それぞれの組織はこれら製品を自組織のサービス提供を実現するために管理、運用している。

ある組織がネットワークを構築するために必要な IP アドレスを確保するには大きく二つの選択肢がある。一つ目はインターネット接続のサービスを提供する組織と契約し、その組織から IP アドレスの割り当てと接続性の提供を受けて、自組織のネットワークを構築する方法である。現在は様々な用途向けのインターネット接続を提供する通信事業者もあり、家庭や事業者、政府機関などでも多く採用されている接続手法である。二つ目はインターネットレジストリと呼ばれる、IP アドレスなどのインターネット番号資源を管理する Asia Pacific Network Information Centre (APNIC)<sup>2</sup> や Japan Network Information Center (JPNIC)<sup>3</sup> などの組織に

---

1 <https://www.ietf.org/>

2 <https://www.apnic.net/>

3 <https://www.nic.ad.jp/>

申請を行い、自組織で必要となる IP アドレスの割り振り (allocation) や割り当て (assignment) を受ける方法である。

APNIC は地域別インターネットレジストリ (RIR) の一つで、アジア太平洋地域を担当している。世界では APNIC を含め五つの RIR が運用されており、それぞれ北米地域の American Registry for Internet Numbers (ARIN)<sup>4</sup>、ヨーロッパ地域の Réseaux IP Européens Network Coordination Centre (RIPE NCC)<sup>5</sup>、中南米地域の Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry (LACNIC)<sup>6</sup>、アフリカ地域の African Network Information Center (AfrinIC)<sup>7</sup>がある。地域によっては JPNIC のような国別インターネットレジストリ (NIR) も運用されており、資源の分配要求をその地域の RIR と連携して処理している。RIR/NIR は定められた分配ポリシーの下、ネットワーク運用組織からの要求に応じて、IP アドレスの割り振り、割り当てを行っている。IP アドレスの割り振りとは、分配先の組織がその組織のネットワーク利用に用いるための IP アドレスの割り振りであり、IP アドレスの割り当てとは、分配先の組織がその割り振られた IP アドレスから実際の利用者に IP アドレスの割り当てを行い、その利用者のネットワーク利用に用いるための分配である。インターネット接続サービスを提供する組織では、必要となる IP アドレス空間が大きいと、RIR/NIR から IP アドレスの割り振りを受けてインターネット接続サービスを構築し、接続利用者や接続サービスに IP アドレスを割り当て、インターネット接続サービスを提供している場合が多い。

RIR/NIR から割り振りや割り当てを受けた IP アドレスを用いてインターネットに接続するには、それぞれの組織で独自にインターネット接続性を確保する必要がある。インターネットでは、各ネットワークが経路制御プロトコルの一つで

---

4 <https://www.arin.net/>

5 <https://www.ripe.net/>

6 <https://www.lacnic.net/>

7 <https://www.afrinic.net/>

ある BGP [2] を用いてそのネットワークを構成する IP プレフィックス<sup>8</sup>を経路情報として広報する。この情報を各ネットワークの通信機器がお互いに交換してそれぞれの通信機器で経路情報のテーブルを作成し、通信機器はこのテーブルを参照して、ある IP アドレス宛のパケットを次にどこに転送すれば良いかを判断している。つまり、RIR/NIR から割り振りや割り当てを受けた IP アドレスを用いてインターネットに接続するには、BGP で経路情報を広報する必要がある。BGP では制御の管理単位として Autonomous System (AS) [3] を用いる。AS は単一の経路制御ポリシーのもとネットワーク管理者が管理運用している IP プレフィックスのまとまりであり、各 AS には識別子として一意な AS 番号が割り当てられている。AS 番号もインターネット番号資源の一つであり、一意性担保のために RIR/NIR が管理し、必要に応じて分配を行っている。

BGP で経路広報するための方法は二つある。一つ目は既に AS として BGP を運用している組織と契約してその組織に接続し、その組織から自組織の IP プレフィックスを BGP で経路広報してもらう方法である。この場合、他ネットワークへの到達性などはすべてのその AS を運用している組織に任せ、その組織の経路制御ポリシーのもとで接続性を得ることとなる。二つ目は自組織で BGP 運用に必要な AS 番号の割り当てを受け、独自の経路制御ポリシーを設けて新たな AS として BGP の運用を開始し、自組織で独自に接続性を確保していく方法である。この場合、必要に応じて他の AS と新たに相互接続する、あるいは、既存の相互接続帯域を拡張することで、ネットワークの到達性や冗長性を自身で管理運用できる。AS を運用する際には、他の AS が提供するトランジットと呼ばれる BGP を用いたインターネット接続サービスを契約して、AS のインターネット接続性を担保するケースが多い。トランジットを提供している AS は、そのトランジットサービスを受けている AS の上流 AS とも呼ばれる。上流 AS では、顧客 AS から BGP で経路情報を受信する際に、間違った経路情報を受信しないように経路フィルタを適用する必要がある。経路フィルタの生成を自動化するために、Internet Routing Registry (IRR) [4] と呼ばれる経路制御ポリシーを登録するためのデータベースを

---

8 IP アドレスのかたまりを、192.0.2.0/24 や 2001:db8::/32 など、IP アドレスの先頭からの共通部と共通部のビット長で表す表記方法で示したもの

利用している AS もある。

IP 網で品質を担保しようとするすると輻輳が発生しないように十分な帯域を提供することが重要 [5] であり、通信傾向の把握を通じた増強を計画する必要がある。現在は利用者に素早くコンテンツを届けるための Content Distribution Network (CDN) [6] がインターネットで大きな通信量を占める状態 [7] になっているため、流量傾向も変わりつつある。各 AS では、需要やこれら他のネットワークの運用形態の変化に応じて適切にネットワークを拡張、変化させていく必要がある。

AS としてネットワークを運用しているのは、独立した経路制御ポリシーを持つ通信事業者やコンテンツ事業者、研究教育組織、巨大な企業らとなっている。前述の通り、AS は IP プレフィックスの集まりであり、その AS のネットワーク管理者の管理下にあるので、実態としては経路制御ポリシー以外にもセキュリティ実装や機器の設定状態など様々な運用ポリシーや運用状態が AS 毎に異なる場合が多い。このような面から、AS はインターネット運用の主要な管理単位の一つであると考えられ、インターネットで運用状態を計測する際のネットワークの単位としても用いられる。

インターネットでは相互運用性確保のために標準技術が多く採用されている。標準技術であっても、採用技術やその設定値、適用箇所、他の標準技術との組み合わせなどがあり、多くの運用形態がありうる。インターネットは様々な活用されていることから、ある個別用途のネットワークで動いた技術の組み合わせや設定が必ずしも他のネットワークで同様に適用可能であるとは限らない。そのため、様々な利用を前提とした運用形態や設定値の模索には意味があり、そこから得られた運用知見は現時点での最善実践 (Best Current Practice) とも呼ばれる。多くのネットワークに適用可能な運用知見を共有することで、ネットワークの様々な利活用を進め、インターネット全体の運用品質を向上させることが可能である。

運用上の課題もいくつか報告されている。例えば BGP ルータの設定ミスにより世界に影響を及ぼす事例 [8] が報告されている。ネットワーク運用者への調査によると、多くは機器設定方法の未熟な理解によって設定ミスが引き起こされていたことが判明している。ある AS が IRR に登録していた情報が間違っていたために、他の AS で間違った経路フィルタが適用されていた事例もあったと報告し

ている。BGP では、顧客 AS が広報した経路情報が上流 AS で経路フィルタされたとしてもプロトコルとして経路生成元の顧客 AS に通知する機能がなく、問題が見つかりにくい点も指摘している。問題に気がつかず、長期間放置される場合もあり、上流 AS でそのようなフィルタされた経路を検知して、経路広報元の顧客 AS に連絡するなどの連携をとればより早く問題が解決できた可能性を指摘している。この報告は運用技術向上の必要性と、AS 間の連携の必要性を示している。

適切に管理されていない大量のホストが攻撃者によって侵入され、攻撃に悪用される事例 [9] も報告されている。これら分散したホストから攻撃対象のホストに向かって大量の通信を送信することでサービス継続を不能にする Distributed Denial of Service (DDoS) 攻撃が発生している。プロトコルやシステムによっては、受け取った要求の通信量よりも多くの通信量の応答を返信する性質があることが知られている。この性質をリフレクターとして悪用した Distributed Reflection Denial of Service (DRDoS) 攻撃も報告 [10] されている。これは、攻撃者が送信元 IP アドレスを攻撃対象の IP アドレスに詐称した要求を大量のリフレクターに送信することで、リフレクターで増幅された応答が攻撃対象に届き、攻撃対象のサービス継続を妨害する攻撃である。こうした攻撃の影響を緩和するために検出や対策の提案がなされているが、それぞれに利点欠点があり、攻撃が発生しにくい状況を作ることも有効である。ネットワーク運用では、攻撃者にホストを乗っ取られないように対策すること、攻撃者に乗っ取られたホストを適切な管理のもとに戻すこと、リフレクターの数や増幅の効果を減らすこと、送信元 IP アドレスの詐称を防止することなどが対策として挙げられる。攻撃の研究者や攻撃緩和のために活動している諸団体では、脆弱な状態のホストやサービスを検出し、個別のネットワークや AS のネットワーク管理者に通知している場合がある。こうした連絡も受け取れるように、各ネットワークでは RIR/NIR に登録した連絡先情報を常に最新の情報に更新しておく必要がある。送信元 IP アドレスの詐称は RFC2827/BCP38 [11]・RFC3704/BCP84 [12] で対策が検討されており、各ネットワークで適切に機器を設定することで送信元 IP アドレスの詐称を防止する実装が可能な状態となっている。

また、IPv6 の導入 [13] や Resource Public Key Infrastructure (RPKI) [14] を

活用したネットワーク運用など、インターネットが健全に発展していくため、各ネットワーク運用者が主体的に対応を進める必要のある課題もある。IPv6の導入はIPv4アドレスの在庫枯渇問題 [15] に対応するための解決策の一つであり、ネットワークによっては機器の入れ替えや対応ソフトウェアへの更新、設定や運用の見直しが必要で、関係者の尽力により徐々に導入が進められているものである。RPKIはインターネット番号資源の分配を電子証明書で検証可能にするシステムである。これを用いれば、RIR/NIRから割り当てや割り振りを受けたIPアドレスを既存のASにBGPで経路広報を依頼する際に、その分配を電子証明書で確実に示すことができる。また、RPKIを経路制御に適用することで、より精緻な経路フィルタの運用に活用できる。

このような各ネットワークに求められる実施内容は多岐にわたる。しかし、それぞれのネットワークは独立した運用ポリシーを持ち、課題への対応状況はネットワークによって異なる。これは、前述した求められる対応や推奨される運用は強制ではなく、実施は各ネットワークの判断に任されているためである。インターネット接続サービスを提供する際の規約で一定の対策を求める場合もある。例えば、消費者向けのインターネット接続サービスでは様々な禁止事項を定め、違反した場合にはサービスの提供を停止するなどの文言がある場合がある。しかし、BGPでインターネット接続サービスを提供するトランジットサービスはAS向けのサービスであり、各ASが主体的にネットワークを管理する能力があり、そして管理していると期待されているため、そこまで踏み込んだ文言は設定されないか、あっても厳密に適用されることは稀である。

それぞれのネットワークでは隣接のネットワークとの関係やコミュニティからの情報などを基に対応する課題を優先付け、あるいは取捨選択し、対応を行っている。課題を放置するネットワークが増えると、インターネット全体の運用に支障をきたしてしまうため、協調的な運用が重要である。インターネットの変化とともにインターネット運用に関する課題が変化することや、新たな課題が見つかることがあり、今まで通りの運用では十分に対応できない場合もある。

つまり、安定的な通信環境を提供するためにはすべてのネットワークがそれぞれの運用ポリシーの下、適切に管理運用されていることはもちろん、各ネットワー

クが採用している設計や運用ポリシーが時代に応じて協調的に更新されていくことも重要である。これら、ネットワークをサービス仕様や社会的要請に応えるように稼働させる技術を本稿ではネットワーク運用技術と呼ぶ。コミュニティを基盤としてネットワーク運用技術を移転、発展させることで、各ネットワークの運用を協調的に更新し、ネットワーク運用技術向上に資することが期待できる。

## 1.2. バングラデシュのインターネット事情

バングラデシュでは政府のデジタル・バングラデシュ政策 [16] や SNS 利用者の増加 [17] を背景に、インターネット接続が急速に普及 [18] しつつある。バングラデシュでは 2021 年 10 月時点で 1995 のインターネット接続サービス事業者が営業許可 [19] を受けており、国内全域でサービスを展開する事業者のほか、特定地域でのみサービスを提供する小規模な地域事業者なども多く存在する。バングラデシュでは都市部で光ファイバや ADSL による高速なインターネット接続が利用できる環境が整ってきているが、大多数の利用者は携帯電話を利用してインターネットに接続している [20]。

1996 年にバングラデシュがインターネットに接続した当初 [21] は主にシンガポールや香港からの通信衛星を用いた接続性に依存しており、各ネットワークが国内で相互に接続していない状態であった [22]。国内通信を国内で相互に交換するため、2004 年に通信事業者の協力でバングラデシュ国内のインターネット相互接続点、Bangladesh Internet Exchange (BDIX)<sup>9</sup> が設立され、相互接続により通信コストの削減や国内通信の遅延低減が実現された。2006 年にはシンガポールからインド、紅海を経由してフランスを接続する海底ケーブルシステムである SEA-WE-ME-4 がバングラデシュに接続し、それまでと比較して安定かつ高速なインターネット接続環境を得ることができるようになった。また、これによりバングラデシュで多くのネットワークが新規に運用を開始した。2010 年からはインドと接続する陸上ケーブルが運用開始された [23] ほか、2017 年にはシンガポールからスリランカ、紅海を経由してフランスを接続する海底ケーブルシステムであ

---

9 <https://bdix.net/>

る SEA-ME-WE 5 に接続し、国外との通信に利用できるケーブルシステムの冗長性が得られた。

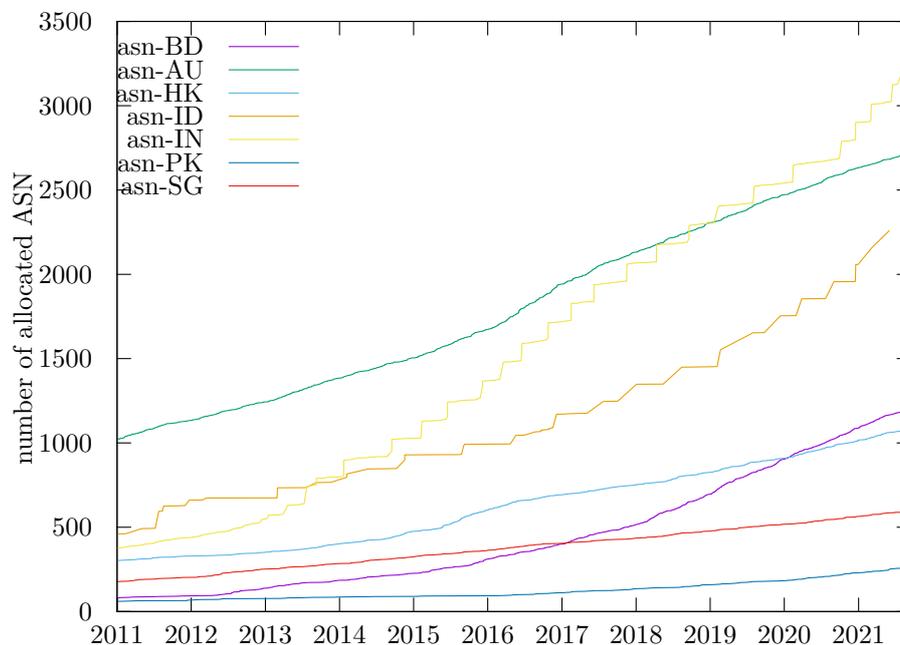


図 1.1 AS 番号の分配推移 (APNIC のデータより筆者作成)

APNIC のインターネット番号資源の分配先情報を基に各国や地域に分配された AS 番号の個数の推移をグラフ化したものを図 1.1 に示す。バングラデシュで AS 番号の割り当てを受けたネットワークは 2012 年ごろから徐々に増え始め、2018 年からはほぼ線形で堅調な伸びを示している。これは世界的な IPv4 アドレス在庫枯渇の影響が考えられる。IPv4 アドレスは 32 ビット長であり、インターネットの世界的な普及とともに分配のための在庫が枯渇してきた。IPv4 アドレスの在庫が枯渇する以前は各ネットワークの利用計画などから需要の必要性を検討し、必要量の IPv4 アドレスを分配してきた。しかし、在庫が枯渇すると各ネットワークの需要に応えられなくなることが予想され、コミュニティで IPv4 アドレスの在庫枯渇に向けた制度設計が公平性や新規参入事業者への配慮などの観点から検討された。その結果、APNIC では IPv4 アドレスの在庫が一定量を下回った段階で在庫枯渇期に入ったと認定し、それ以降の IPv4 アドレスの割り振りや割り当ては在庫

枯渇期の IPv4 アドレス分配ポリシーを適用することとした。APNIC では、2011 年 4 月に在庫枯渇期に入ったと宣言され [24]、この時点から枯渇期の IPv4 アドレス分配ポリシーが適用されている。具体的には、2021 年 11 月現在の分配ポリシーでは、新規と既存の APNIC メンバーは、それぞれ残った在庫から最大 /23 (IPv4 アドレス 512 個分) までの IPv4 アドレスの分配を受けられる。

表 1.1 人口当たりで見る IPv4 アドレス分配状況 (数値は IPv4 アドレス数/人。<https://resources.potaroo.net/iso3166/v4cc.html> のデータより抜粋して筆者作成)

国や地域	2011 年 4 月	2021 年 11 月
バングラデシュ	0.006	0.011
南アジア	0.028	0.032
日本	1.597	1.504
全世界	0.487	0.551

長期的な解決策として IPv6 への世界的な移行が求められており、関係者の尽力のもと着々と実装が進みつつあるが、IPv4 に依存したサービスはまだ多く、実際にインターネット接続サービスを提供するには IPv4 アドレスの確保が必要となってしまう。分配された IPv4 アドレス数を国や地域ごとの人口当たり数で見ると、表 1.1 の通り、2011 年 4 月時点でバングラデシュは 0.006 IPv4 アドレス数/人である。この時点の世界平均が 0.487 IPv4 アドレス数/人、南アジア地域で見ても 0.028 IPv4 アドレス数/人なので、この値が如何に小さいかがわかる。IPv4 アドレスは他の事業者からの移転によっても確保できるが、これは実際には IPv4 アドレスの売買で、調達には多額の経費が必要 [25] となる。このため、既存の通信関連事業者は十分な IPv4 アドレスを確保できない状態となった。バングラデシュには NIR は存在しないため、バングラデシュのネットワーク管理者は APNIC に申請して必要な IP アドレスを確保することとなる。しかし、受け取れる IPv4 アドレスは前述の通り、最大 /23 (IPv4 アドレス 512 個分) と少なく、規模の大きなサービスは開始できない。バングラデシュのインターネット接続事業への許認可制度の簡便さもあり、インターネット接続への需要を満たすため新規のインターネッ

ト接続サービス事業者が数多く新規に運用を開始した。インターネット接続サービス事業者から必要量の IPv4 アドレスの割り当てを受けられない企業や研究教育ネットワークも、APNIC から IPv4 アドレスの分配を受けることとなった。この様子は 2020 年に APNIC から報告 [26] されており、新規の APNIC メンバーに占めるバングラデシュの割合が最も多く、特にバングラデシュのインターネット接続サービス事業者の加盟が多いと報告している。こうした新規のインターネット接続サービス事業者や研究教育ネットワークが AS として運用を開始しているため、バングラデシュに分配された AS 番号数が増え続け、堅調な伸びを示している。ただ、2021 年 11 月時点で、バングラデシュに分配されていた IPv4 アドレス数をバングラデシュの人口当りの数で見ると、表 1.1 の通り、0.011 IPv4 アドレス数/人であり、十分だとは言えず、ネットワーク設計に一定の制限が発生する一因となっている。

このように、バングラデシュではインターネット接続への需要に応えるために次々に新規のネットワークが接続してきている。しかし、バングラデシュでのインターネット接続品質は停電やファイバ切断、輻輳、操作ミス、設定ミスなどの影響で、良いとは言えない。2007 年の研究ネットワークの接続性調査では、ジッターやパケットロス、利用可能帯域の面でバングラデシュは改善の傾向はあるもののまだ品質が良くないことが指摘されている [27]。バングラデシュの電気通信規制機関である Bangladesh Telecommunication Regulatory Commission (BTRC)<sup>10</sup> は 2018 年にバングラデシュでの“ブロードバンド”を 5Mbps 以上のインターネット接続と定義 [28] し、通信事業者が守るべきサービス品質を定め [29]、各通信事業者に報告を求めている。独自に携帯電話の通信品質調査も行っており、2019 年の調査では首都ダッカでは概ね定められた品質に達していた [30] もの、他の地域ではその基準に適合できていない通信事業者もあった [31]。

この問題の背景としては、ネットワークの運用に携わる技術者が専門技術を学ぶための教育機会が少なく、運用技術に習熟していないことが挙げられる。インターネット運用は第 1.1 節でも述べたように、標準技術を多く採用しているものの運用には様々な形態がありうる。どのような運用が推奨されているかを知るには

---

<sup>10</sup> <http://www.btrc.gov.bd/>

グローバルな視点が必要となる。筆者が本研究に携わった2013年時点では、ごく一部の技術者が国外のフォーラムに参加するなどしていたが、バングラデシュの多くの技術者にとってグローバルな視点を持つ運用情報に触れる機会が乏しかった。

バングラデシュでは運用知見の蓄積も十分ではなく、技術継承がうまく機能していない。個々の技術者が熟練しても、より良い教育機会や収入を求めて国外に移住してしまう人材流動が活発 [32] である。この背景として、バングラデシュと国外との賃金格差が挙げられる。バングラデシュ統計局の報告 [33] によると2011年の家庭当たり平均月収が11,479BDTであり、2011年6月の日本銀行報告省令レート [34] で米ドルに換算すると約157USD程度である。バングラデシュでは国外で労働して郷里の家族に送金することが外貨獲得の手段の一つとなっており、多くの労働者が国外に移住している [35]。このような人材流動による熟練技術者の国外への移住がバングラデシュ内での技術継承を困難にし、運用知見の蓄積が十分ではない一因となっている。

運用の改善するための見直しも難しい状況がある。バングラデシュの社会は権威主義的傾向があり、上司や先輩社員が設計したネットワークに改善を提案しにくい環境がある。これにより、昔から続く設計や運用の見直しが十分になされないまま問題や課題が放置され、インターネット接続サービスの品質が悪い一因となっている。

### 1.3. bdNOG

Bangladesh Network Operators Group (bdNOG)<sup>11</sup>はバングラデシュで情報通信技術に関わるコンピュータ専門家のフォーラムとして2013年に設立されたネットワーク運用者グループ (NOG) である。NOGの歴史や特性、課題に関しては第2章で詳しく述べる。bdNOGも他のNOGと同様に情報通信業界から委員を選出し有志による運営を行っている。非営利目的のネットワーク運用者コミュニティであり、情報通信技術に関わる運用者や技術者、学生などが互いに学び、知見を共有する場を提供している。

---

<sup>11</sup> <https://www.bdnog.org/>

bdNOG では bdNOG Trustee で構成される bdNOG board が最上位の意思決定機関で、年間の活動計画の承認などを行う。bdNOG Trustee には通信事業者の最高経営責任者や最高技術責任者、研究教育ネットワークに関わっている大学教授などが就任しており、特に任期は定められていない。bdNOG Trustee の存在は bdNOG の活動に一定の社会的信頼を与える効果がある。bdNOG の日常的な運営は bdNOG Executive Committee (EC) が担っており、bdNOG コミュニティ活動の運営管理に当たっている。2021 年現在の bdNOG EC のメンバーは熟練の技術者や通信事業者の役員など 13 名で構成されており、任期は 2 年だが再任を妨げていない。実際設立当初から継続して bdNOG EC メンバーとして活動を続けている構成員も 3 名程度いる。その他、ミーティング開催時にはプログラム内容を検討する bdNOG Program Committee (PC) が一時的に編成される。bdNOG PC のメンバーは bdNOG EC がコミュニティメンバーに依頼して決定するが多い。

bdNOG では日常的な交流のために、メーリングリストと SNS のグループページを開設している。メーリングリストは登録者であれば誰でも投稿できる設定ではあるが、何らかの悪用行為が認められた場合には bdNOG EC が投稿を承認制にするなどの対策を行う旨が宣言されている。メーリングリストでは機器設定の質問や著名サービスに問題が発生した場合に投稿の流量が増えているものの、日常的にはイベントのアナウンスが月に数通程度投稿される状態である。SNS のグループページも 2013 年より開設しており、2021 年 11 月時点で 6280 名が参加メンバーとなっている。SNS のグループページは bdNOG EC が管理しており、誰でも投稿できるが管理者の承認でグループページに公開される設定で運用されている。数日に一回はコミュニティメンバーからの投稿があり、比較的活発な交流を続けている。

bdNOG では年 2 回のミーティングを開催している。これまで開催されたミーティングは 1~2 日間のカンファレンスと 1~2 日間のチュートリアル、3~5 日間のワークショップで構成されている。開催回数が奇数に当たる回は首都ダッカで大規模に開催し、偶数に当たる回は地方都市で開催して、国内の様々な通信事業者の技術者がミーティングに参加できるように配慮している。ミーティングには主にバングラデシュ国内の主要な通信事業者をはじめ、多くの関連組織から技術

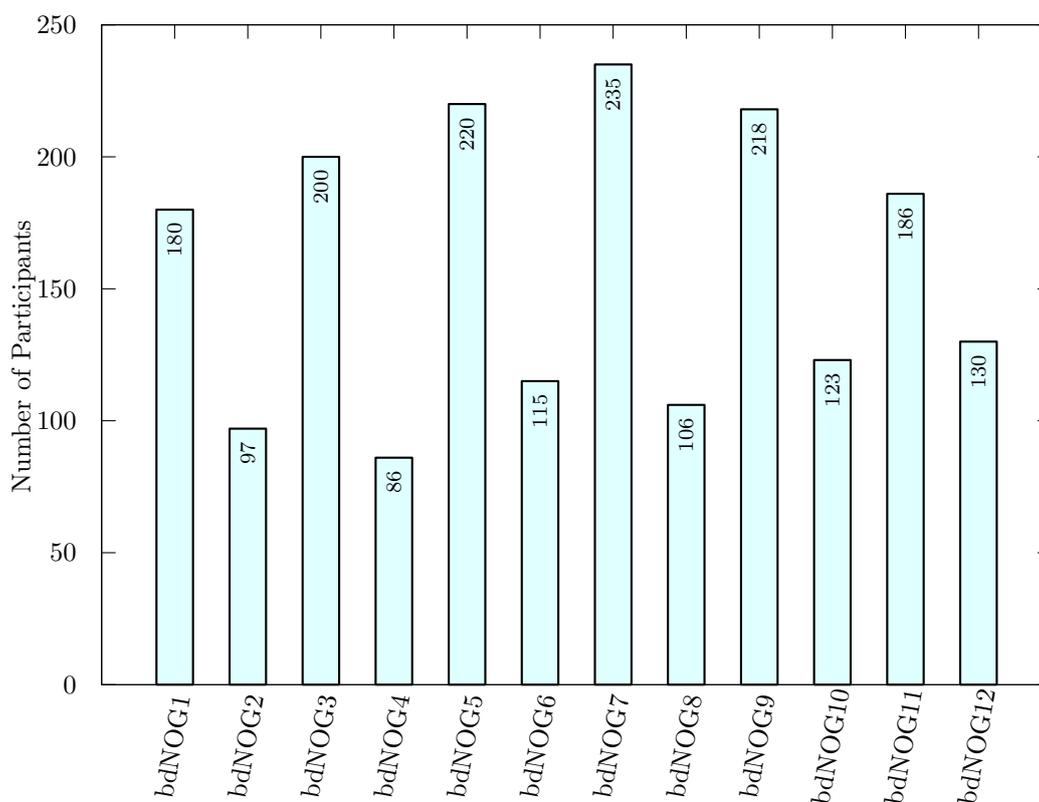


図 1.2 bdNOG ミーティングの参加者数の推移 (<https://bdnog.org/> のデータより筆者作成)

者が参加しており、図 1.2 にあるように、首都ダッカで開催する際にはカンファレンスに 200 名程度、チュートリアルとワークショップに 100 名程度が参加し、地方開催時にはその半分程度の参加者数となっている。なお、bdNOG11 は奇数回であるが首都ダッカでは開催されず、SEA-WE-ME-4 海底ケーブルシステムに Bangladesh が接続している町、コックスバザールで開催された。また、COVID-19 の影響で bdNOG12 からはオンライン開催となっている。ミーティングは Bangladesh のネットワーク運用に関わる技術者にとって良い教育機会となっており、グローバルな技術動向や推奨される運用を学ぶ機会となっている。

bdNOG は、他の NOG と同様にミーティング参加者から徴収する参加費用とミーティング開催時に募集する協賛組織からの援助によってミーティング開催費用や運

営資金を賄っている。安定的なミーティング運用のために 2015 年開催の bdNOG3 からはミーティングを Internet Service Providers Association of Bangladesh (ISPAB)<sup>12</sup> との共同開催としている。これにより、bdNOG はバングラデシュ国内の多くの通信関連事業者に参加を呼びかける体制が整い、bdNOG は国内の多くの通信関連事業者に認知されるコミュニティとなっている。

## 1.4. 研究課題

本研究では、バングラデシュのネットワーク運用技術向上を目指す。現地の通信関連事業者が抱える課題として、技術の習熟不足、運用知見の蓄積不足、硬直した運用が挙げられる。

業務に関わる専門的技術の教育機会は不足しており、常に需要がある。これはインターネットでは変化が早く、技術やサービスの進歩に応じた運用を求められることが背景として挙げられる。こうした技術の変化に対応するには、教育機会は常に必要である。また地域内の状況に応じて導入する技術や運用手法の選択を検討する必要もある。例えば、技術や運用手法の移り変わりの全世代を順に導入するのではなく、導入時点で最も適切な、多くの場合は最新の技術や運用を導入することで、世界標準の技術や運用動向に追従するためのコストを削減できる可能性がある。ただ個々の技術者には日常業務があり、長期間にわたるトレーニングには参加しにくい。できるだけ拘束時間を短くすること、設定された時間内で効率的な活動を行えることが重要である。

地域で技術継承を行うには、技術知識を資料や文章などにまとめると、繰り返し参照できるため役に立つ。ワークショップ開催では外部で作成された資料を流用しているが、これら資料には作成者が無断盗用を見つけやすくするため意図的に記述間違いを含めている場合があり、間違った知識の再生産につながってしまう場合がある。作成する技術情報は繰り返し利用されることを前提に、その正確さに十分配慮して作成する必要がある。また、暗黙知を醸成できるように、地域内で繰り返し利用できる経験学習を設計する必要もある。

---

<sup>12</sup> <https://ispab.org/>

個々の技術者が熟練しても、バングラデシュではより良い教育機会や収入を求めて国外に移住してしまう人材流動が活発で、技術継承が断絶し、運用知見が蓄積されにくい問題の一因になっている。これは個別の技術者や小規模なグループへの技術移転では地域のネットワーク運用技術向上を実現できないかもしれないことを示唆している。

バングラデシュの社会には権威主義的な傾向があり、上司や先輩社員の判断を批判しにくい環境がある。これにより、上司や先輩社員が導入したネットワーク構成や運用を異なる観点から見直す機会が乏しく、硬直した運用を招いている。こうした硬直した運用では、インターネットの技術や運用が変化するとともに最善実践との乖離が進んでしまう懸念がある。地域ではそれぞれに様々な条件が異なり、ネットワーク運用技術を独自に発展させる必要もある。ネットワーク構成や運用を見直すことは、こうしたネットワーク運用技術の発展のためにも重要で、多様な視点からの検討が行える環境が必要である。

各通信関連事業者の資源は限られており、これら課題は、それぞれ個別の通信関連事業者のみでは解決が難しい。バングラデシュでは、インターネットを含めて様々な社会基盤が整備中である。実践設計の際には電力や設備、通信といった社会基盤が不安定かもしれないことを前提に設計を行う必要がある。

本研究では、第1.3節で述べたバングラデシュのネットワーク運用者グループ、bdNOGをアクションリサーチの対象コミュニティと定義し、このコミュニティを基盤としてネットワーク運用技術を移転、発展させるためにはどのような活動が資するのかを明らかにする。

## 第 2 章

# Network Operators Group (NOG)

本研究では、バングラデシュのネットワーク運用者コミュニティである bdNOG をアクションリサーチの対象とする。bdNOG は NOG の一つであり、その成り立ちは先行する他の NOG の影響を大きく受けている。NOG はネットワーク運用者が集い、率直に意見を交わせる場を提供しており、世界中で様々な NOG が活動している。本章では NOG の歴史や特徴、技術移転との関わりを整理する。

### 2.1. NANOG

世界で最初に活動を始めた NOG は北米地域で 1994 年から活動している North American Network Operators' Group (NANOG)<sup>1</sup>である。NANOG の初期の歴史は初代 NANOG Chair を務めた Bill Norton 氏が詳しく解説している [36] [37]。NANOG の起源は米国の学術ネットワークである NSFNET の Regional-Techs ミーティングに遡る。これは NSFNET の運用に関わる技術者の会合で、NSFNET の運用を担っていた Merit 社<sup>2</sup>により、1987 年から 1994 年まで National Science Foundation (NSF)<sup>3</sup>からの資金を使って開催された。主な活動は当時米国のインターネットバックボーンであった NSFNET の運用や品質についての議論で、NSFNET

---

1 <https://www.nanog.org/>

2 <https://www.merit.edu/>

3 <https://www.nsf.gov/>

の技術者と NSFNET に接続した地域ネットワークの技術者らが参加した。その後、商用のインターネット接続サービスが普及し始め、NSF は政府資金に依らずともインターネットが発展していける段階になったと判断した。これを受けて Merit 社は Regional-Techs に代わる新たな会合として、商用ネットワークなど新たなインターネット形態を念頭に、ネットワーク運用に関わる幅広い関係者が集まり、ミーティング参加者からの参加費収入で独立採算運営できるビジネスモデルの場を検討し、1994 年に NANOG を設立した。Merit 社は NANOG の情報共有の場として web サイトを運営、日常的な交流の場としてメーリングリストの運用したほか、北米各地で年 3 回程度のミーティングを開催した。

初期の NANOG ミーティングは 2 日間のカンファレンスセッションで構成され、各ネットワークや IXP 運用者からの報告のほか、新技術、運用手法などが議論されていた。1997 年の NANOG10 ミーティングからは会期前日にチュートリアルや運用に関わるソフトウェアの実演なども行われるようになり、教育機会的要素も含んだ会合に移行していった。チュートリアルなどの活動は、より多様な参加者にミーティングに参加する理由と機会をもたらし、これら参加者による多様な交流が NANOG コミュニティの拡大と発展に寄与した。NANOG では、ミーティング期間中に特定の話題に関して関係者が集まる *birds of a feather (BoF)* と呼ばれる小規模な集会も開催し、多様な議論を行う場としても発展した。NANOG ミーティングはネットワークの相互接続交渉の場としても認知されるようになり、NANOG17 から公式プログラムの一部として相互接続に関する集会、*Peering BoF* が開催された。これは相互接続を促進する機会となり、各ネットワークの通信品質改善や接続の冗長性向上に寄与した。

NANOG では参加者の協調による活動を維持しつつも、どのように協賛企業からの支援を受けるかが課題として挙げられている。協賛各社からの支援金をミーティング開催に必要な経費に充てることで、参加者から徴収する参加費を削減あるいは据え置くことができ、より多くの参加を促すことにつながる。しかし、ミーティングで営業活動が活発になることによって徐々に NANOG ミーティングから運用者の相互学習的要素が失われ、単なる展示会に変化してしまう懸念もあった。2000 年に更新された NANOG Charter [38] では、専用のブース展示やセッション

を除き、カンファレンス発表などでの宣伝活動を禁止することが明記された。つまり、協賛各社が宣伝活動を行う場を明確に分け、参加者が発表し、ともに議論する場を宣伝活動による影響から守ることにしたと言える。この方針は他の多くの NOG にも受け継がれている。

## 2.2. アジア太平洋地域の NOG

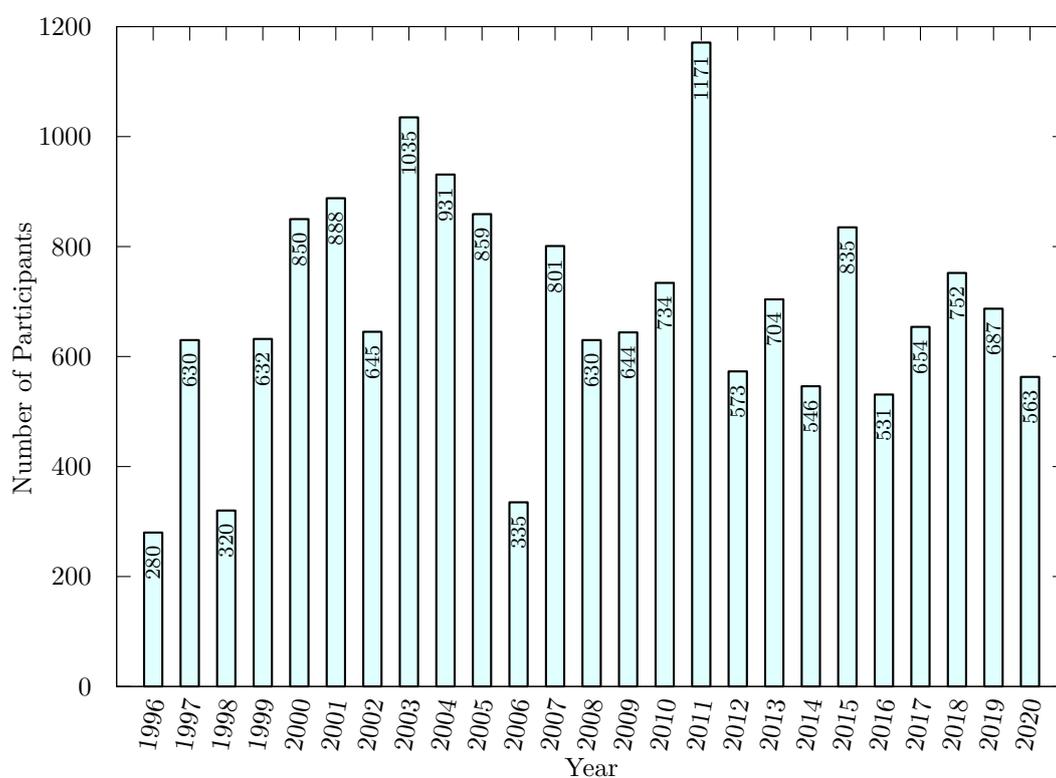


図 2.1 APRICOT 参加者数の推移 (<https://apricot.net/> のデータより筆者作成)

NANOG 設立に刺激を受け、世界各地で同様のコミュニティが発足した。アジア

太平洋地域<sup>4</sup>では当時 APNIC 事務局長であった David Conrad 氏らの主導により、1996 年に Asia Pacific Regional Internet Conference on Operational Technologies (APRICOT)<sup>5</sup>が活動を開始した。ビジネスモデルは NANOG を踏襲しており、基本的に参加者からの参加費で運営を賄うほか、協賛企業も募って協賛金を運営費に充てている。APRICOT は年一回、アジア太平洋地域のネットワーク運用者が集う場を提供している。1 週間程度の会期中にはチュートリアルやカンファレンス、BoF などのほか、APNIC や Asia Pacific Top Level Domain Association (APTLD)<sup>6</sup>、APStar<sup>7</sup>といったアジア太平洋地域の様々なインターネット関連組織の会合も行われる大きなイベントとなっている。APRICOT2000 からは経済的な理由で会合への参加が難しい個人向けに支援を行うフェロシップ制度を開始した。APRICOT2001 からはワークショップも開催されるようになり、より教育機会的要素を含んだイベントに発展した。協賛企業との関係は NANOG のモデルを踏襲しており、会期中に協賛各社のブース展示用に専用の場所を設け、そこでは宣伝活動を認める一方、カンファレンスでは宣伝活動を主眼とする発表を採用しないようプログラム委員会が注意して発表選考を行っている。開催場所によって参加者数は変動する。過去の傾向を見ると、図 2.1 にあるように概ね 600 名程度が参加している。参加者の所属する国や地域は、図 2.2 で示されるように年を追うごとに徐々に広がりを見せている。

APRICOT は地域内外の情報関連技術者が集い交流する場として成功したが、南アジア地域からは渡航費の負担など経済的な理由で参加が難しい場合もあった。そのため、APRICOT の運用に関わっていた南アジアの技術者を中心に、地域内で開催されるより参加しやすい「小規模な APRICOT」として地域内 NOG の設立が検討され、2003 年に南アジア地域を活動地域とする South Asia Network Operators

---

4 本稿でのアジア太平洋地域は APNIC がサービス提供範囲としている国や地域を指す。  
<https://www.apnic.net/about-apnic/corporate-documents/documents/corporate/apnic-service-region/>

5 <https://www.apricot.net/>

6 <https://aptld.org/>

7 <https://apstar.org/>

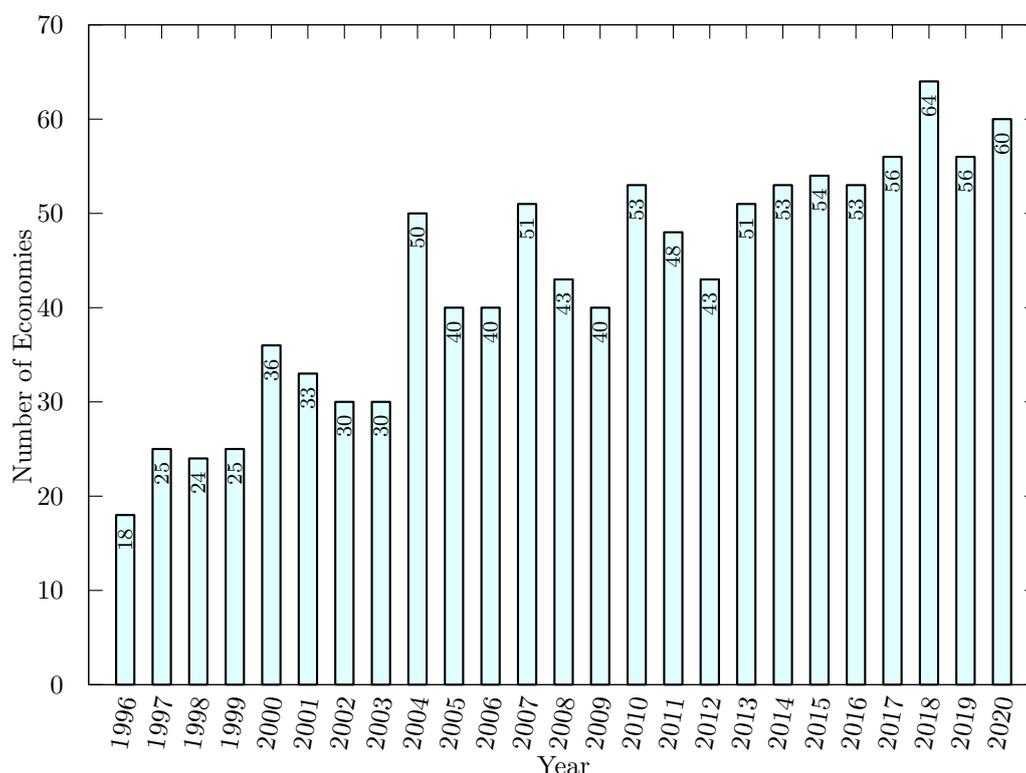


図 2.2 APRICOT 参加者の所属する経済圏数の推移 (<https://apricot.net/> のデータより筆者作成)

Group (SANOG)<sup>8</sup> が設立された。SANOG の運営は主に南アジア各国の通信事業者からの有志が担い、南アジア各国で年 2 回ミーティングが開催されている。SANOG は教育機会の提供を主要な目的にしており、これまで開催されたミーティングは 5 日間のワークショップ、1~2 日間のチュートリアル、1~2 日間のカンファレンスで構成されている。ビジネスモデルや協賛企業との関係、フェロウシップ制度やプログラムの選考などは APRICOT を参考に、同等の運用を行っている。

SANOG の活動によって南アジア地域全体での教育機会は増えたものの、自国でミーティングが開催されるのは数年に一度と頻度が低いため、それぞれの国で SANOG の運用に関わっていた技術者を中心に独自の NOG を設立する機運が高

<sup>8</sup> <https://www.sanog.org/>

まった。

2013年にバングラデシュのbdNOGが設立されたのを皮切りに、2014年にはブータンのBhutan Network Operators Group (btNOG)<sup>9</sup>、2016年にはネパールでNepal Network Operators' Group (npNOG)<sup>10</sup>、2017年にはスリランカでLanka Network Operators Group (LKNOG)<sup>11</sup>、2018年にはインドでIndian Network Operators Group (INNNOG)<sup>12</sup>が新規に活動を開始した。これらのNOGはSANOGやAPRICOTの運営モデルを参考に、使用言語や会期日程などをそれぞれの事情に合わせて運営しており、現地関係者にとってより参加しやすい環境を作っている。これら国々がSANOGの開催年に当たるときには、国別NOGのミーティングを開催しない、あるいは、SANOGと国別NOGとの併催という形でミーティングを開催することで、SANOGとの良好な連携体制を保っている。

アジア太平洋地域の他の国や地域でもAPRICOTのPhilip Smith氏やMolly Cheam氏、APNICスタッフの助力でNOGが新規に活動を開始しているほか、独自のコミュニティ形成により幾つかのNOGが新規に活動を開始している [39]。

## 2.3. NOG の特性

NOGはネットワーク運用者や技術者、専門家などで構成される緩やかなグループであり、参加者が率直に語らえる環境を提供している。明確な定義はないが、その根幹をなすのはNANOGの活動からもたらされた“NOG”という概念、つまりネットワーク運用者の協調と共助がネットワーク運用に必要な価値観を中心的なメンバーが共有し、その周辺に多様な参加者が存在しているグループだと言える。運用には協調が必要なインターネットでは、NOGを通じて各ネットワーク運用者が相互に知り合うだけでも大きな価値となりうる。各地域NOGはそれ

---

9 <https://nog.bt/>

10 <https://npnog.org.np/>

11 <https://www.lknog.lk/>

12 <https://innog.net/>

ぞれの実情に合わせて独自運用しており、運用者の交流、運用知見や技術情報の共有、運用課題の議論を活動内容とする場合が多い。

NOGによってはネットワーク運用者以外にも、製品ベンダや学校、研究開発機関、法執行機関や規制機関から活発に参加している事例もあり、NOGは多層的な広がりを持つコミュニティだと言える。これはコミュニティ参加者がそれぞれ異なる目的を持って参加している可能性を示唆しており、NOGの持つ緩やかなコミュニティ構成や開かれた環境がそれを可能にしていると言える。

NOGによく見られるポリシーとして宣伝広告の禁止がある。これは製品ベンダなどが営業活動の場としてコミュニティを利用することで、協調的な活動が徐々に失われてしまうのを避けるための指針である。具体的に何が宣伝広告に当たるかは各NOGで判断しており、内容がコミュニティに寄与すると見なされれば許容される場合が多い。NOGによってはミーティング会場内に協賛企業のブースなど、営業や宣伝活動を行える専用の場所を用意する場合もある。

国や地域ごとに新たなNOGを設立する意義は、地域の運用者が参加しやすい環境を作り、地域の運用者コミュニティに明確な形を与えることである。つまり、地域内のミーティング開催により渡航費などの経費が節減できるほか、より活発な協調的交流を促すことができる。地域によっては会議場や宿泊施設の整備状況が十分ではないため大規模なNOGは開催できないが、独自NOGの設立によって規模に応じた交流や教育機会の需要にも応えることができる。各地で地域のNOGが活動するようになり、広域のNOGは各地域NOGの参加者が集う大規模なフォーラムとしての役割も担ってきている。APRICOTではそれぞれのNOG運営者が活動状況を報告するセッションを開催しており、NOG運営者の交流の場となっている。

NOGは共通的にコミュニティ参加者が率直に語らえる環境を提供している。各NOGではそれに加えて、それぞれの地域の需要に応じて様々な要素が取り込まれつつ発展している。これはNOGが段階的発展を歩むのではなく、コミュニティからの需要に応じて変化し続ける形態だと言える。各NOGが取り込んでいる活動には運用知見や技術情報の共有、運用課題の議論、学習機会の提供、相互理解の推進、共同研究の実施、親睦会の開催などが挙げられる。

## 2.4. 技術移転の観点からの NOG

NOG は単なる任意団体であり、設立に関して制限もなく登録商標といった障壁もないので、主張さえすればいつでも独自の NOG が設立できる。NOG が設立される際、地域内の通信事業者や関連組織からの有志が中心となって設立準備し、初回ミーティングの際に大まかな方針や委員を決定して公表するが多い。現在は先行する NOG 事例も多く、強いリーダーシップさえあれば新たな NOG 設立は難しくない。また、新規の NOG 設立事例がまた他の独自 NOG 設立への機運を高める傾向にあり、アジア太平洋地域では多くの国別 NOG が新規に活動を開始している。ただし、NOG を継続するには安定した運営体制の確立が課題となる。様々な調整や手配、会計などミーティング開催に伴う雑務は多く、これらを継続的に行える体制が整わないと運営に携わっている中心的運営者の負荷が高まり、NOG の継続が困難になってしまう。実際、少数の人間に依存して辛うじて運営できている NOG もあり、コミュニティの維持が課題として挙げられる。

NOG はネットワーク運用に関わる様々な議論を行う場として活用できるが、意思決定の場ではない。そのため NOG で何らかネットワーク運用に関する課題解決を実現しようとした場合、各ネットワーク管理者の協力を呼びかけるしかなく強制力は無いため、実効性や即応性に欠ける面がある。

2020 年初頭より、COVID-19 の影響でほとんどの NOG ミーティングがオンラインでの開催となっている。オンライン開催により遠方からの参加が容易になる効果もある一方、ワークショップなどの演習を伴うコースをどのように実施するか、非公式な会話を通じた関係構築をオンラインでどのように再現するかなど課題は多い。この状況はコミュニティをどのように維持発展させていくかを含めて、NOG 関係者にとっても大きなチャレンジである。オンラインイベントを開催するための様々なソフトウェアがベンダによって開発されており、NOG 運営者も手探りで様々な可能性を模索しているところである。

## 第 3 章

# 関 連 研 究

本研究では、バングラデシュのネットワーク運用技術向上を目指し、実践を行う。実践を設計するにあたり、関連する研究と事例を調査した。本章では技術移転に関わる研究やインターネットの特殊性、先行事例を調査し、まとめる。

### 3.1. 技術移転

#### 3.1.1 技術移転と学習

技術移転の定義は一定していないが、本稿では「技術がその出自と異なる文脈において普及・獲得されること」[40]を援用する。組織内でのベストプラクティス移転を困難にさせる要因の研究[41]では、知識移転には1. 開始 (Initiation)、2. 実施 (Implementation)、3. 強化 (Ramp-up)、4. 統合 (Integration)の段階があり、それぞれに粘着性と呼ぶ知識移転の障害要因があるとした。特に知識移転を困難にする要因として、知識の暗黙性による特性、知識提供側との信頼できない関係、受け入れ側の吸収能力欠如が指摘されている。

1950年代に唱えられた経済成長の主要な要因は技術進歩率によるものとの説[42]を受け、1960年代には先進国から開発途上国に対する国際技術移転の重要性が議論されるようになった[43]。その後も技術移転は経済学的視点で多く議論されている。国際技術協力事業での技術移転報告[44]では構成要素として専門家、カウンターパート、技術の3要素と、技術移転手法で構成されるとしている。技術移転成功の要素としてカウンターパートの資質が挙げられ、できるだけ数多くの人物に会う以外に適当な方法論がないとの報告[45]もあり、コミュニティで多くの

参加者が移転に関わることで技術移転の成功につながる可能性が高まることが示唆されている。

新技術を受容する個人の資質について研究 [46] では、受け入れ側に新技術選択の自由がない状態でもたらされる新技術を受容する尺度としては抵抗感が妥当だと指摘した。その上で受容される技術の特徴として、新技術が既存技術の欠点を解決すること、新技術の欠点が少ないことを条件として挙げている。

効果的な学習のためには、文脈を失った技術情報のような形式知のみならず、実際の経験を通じた暗黙知 [47] の習得が重要であるとされている [48]。NASA の事例 [49] では熟練した技術者などが持つ、経験に基づく強力な専門知識の形態を「ディープスマート」と呼び、それが暗黙知の性質を持つことを指摘している。そのため継承が難しく、指導下での経験によって暗黙知を再生成する必要性を提唱している。これは知識の粘着性の研究とも合致した結果となっている。経験学習モデル [50] では、具体的経験、内省的観察、抽象的概念化、能動的実験の循環モデルを仮定した [51]。ここで、具体的経験で会得できるとされる個人的知識は暗黙知に該当し、抽象概念化で把握できるとされる社会的知識は形式知に該当する。このように経験が変性されることを通じて知が生成されるため、学習の発展のためには経験学習の設計が重要となる。

経験学習における他者の役割の重要性、つまり学習の社会性に関する研究も進んできており、対話などを通じて内省を実施することで個人の学習を支援できる可能性を指摘している [52]。習熟の段階を測定するには、最近接発達領域 [53] の概念が適用できる。これは、学習者が単独で達成できる領域と周囲の援助によって達成できる領域とを明らかにすることで学習者の発達段階を描写できるとしている。

### 3.1.2 実践共同体

学習を行う場を分析するには実践共同体 [54] の概念が役立つ。実践共同体とは「あるテーマに関する関心や問題、熱意などを共有し、その分野の知識や技能を、持続的な相互交流を通じて深めていく人々の集団」であり、実践を伴う NOG は実践共同体として捉えることができる。この時、NOG と参加者が所属する公式組

織の関係は「二重編み組織」、つまり実践共同体の成員が同時に公式組織にも所属している状況となる。この多重成員性により、公式組織での職務遂行で得られた知見を実践共同体での議論を通じて一般化した知識として還元し、それをさらに公式組織に持ち帰って職務遂行に役立てるという学習ループが生み出されるとされている。実践共同体がもたらす成果は様々に研究があるが、概ね合意されているのは「一定量あるいは一定の質の知識を成員間で共有できること」[55]である。

実践共同体の研究では境界横断によって知識移転や共有を助ける点も指摘されている。実践共同体間の知識や価値の伝播は仲介と表現され [56] [57]、多重成員性を持つ「ナレッジブローカー」がこのような仲介を担うとされている。社内外の異なる実践共同体に同時に参加する「ナレッジブローカー」には多様な価値観の統合や他者と関係性を結ぶ能力が必要とされ、知識の仲介が成立すると、仲介先の実践共同体が共有する知識体系が変容し、共同体の維持・向上が期待できるとされている [58]。

企業横断型の実践共同体研究も徐々に行われてきている。伏見酒造業における酒造技術者の実践共同体の事例 [59] や競合航空会社社員の実践共同体を検討した事例 [60] が挙げられる。外的脅威や知見の共有による利益共有がコミュニティ成立の主要な動機であったとしている。これら研究では競合他社との協力が自社利益を損なうかもしれないコンフリクトをどのように解消しているかの考察がなされている。酒造事業者の事例では個人間の信頼関係によりバランスをとっていると分析し、航空会社の事例ではコンフリクト軽減の要素として公益性、参加者間の緊密性、競争と協力の分離を挙げている。インターネットにおいては技術的優位性が必ずしも市場の占有率には結び付かず、運用には協調が必要で、むしろ技術協力によってインターネット全体の運用向上や価値を高めることにつながる。つまり、NOGは協力が推奨される環境であり、競争と協力がうまく分離されている。

### 3.1.3 事事故例の調査と対応

事事故例の分析から再発を防ぐ取り組みは、運用の向上に役立つ。航空業界では国際民間航空機関 (ICAO)<sup>1</sup>が航空機事故及びインシデント調査に関する標準と勧告方式を定めた第 13 附属書を発行しており、各国がこれに準拠した調査委員会を設立して運用している。事故の責任追及の恐れから関係者が詳細な情報共有を行わず、原因の特定に至らないことが懸念される。航空事故調査の事例では、第 13 附属書で、調査委員会は将来の事故やインシデントの防止が唯一の目的であるとしており、罪や責任を課すのが目的ではないとして、各国に調査委員会の調査記録を責任追及に利用しないように求めている。他にも日本の医療分野でも事故調査活動が法整備のもとで活動を開始している [61]。ここでも事故調査活動は医療事故の再発防止を目的としており、責任追及を目的にしたものではないことが明記されている。事故の分析手法には Variation Tree Analysis (VTA) [62] や Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM) [63] などがあり、原因の分析や対策立案の視点を与えている。これらは限られた時間内に漏れなく網羅的に分析を行うための視点を提供するものであり、特に事故が人命に関わるなど、影響が大きな場合に必要となる手法である。

機微な情報の取り扱いでは、コンピュータセキュリティに関するインシデントハンドリングを提供する CSIRT のチーム構築 [64] が参考になる。ここでは CSIRT のスタッフの条件として、技術的な素養よりも手順に従う姿勢や能力、様々な関係者と適切にやり取りができることが重要だとしている。機微な情報を扱う組織では、いくら技術的に素晴らしくても貧弱なコミュニケーションがチーム全体の評判を毀損してしまうとも指摘している。ネットワーク運用者から事事故例を収集して分析する際にも同様の配慮が必要である。

---

1 <https://icao.int/>

## 3.2. インターネットの特殊性

### 3.2.1 インターネットと技術発展

インターネットでは他の産業分野に比べて運用技術に関わる幾つかの特性が挙げられる。まず、関連する技術の変革速度が速い。情報通信技術の発展により扱うデータ量が増えており、これに対応するため各ネットワークでは継続的に増強を行う必要がある。サーバ機器の記憶領域や処理能力も時代に見合った製品に置き換える必要がある。基幹ネットワークでもより広帯域な回線を利用するため、機器の置き換えや増強が必要となる。利用者が接続に利用するアクセス網の技術も発展が続いており、電話回線を用いたダイヤルアップから、光回線、無線など様々な技術が導入されてきた。国や地域によっては幾つかの世代を飛び越して、新しい技術や製品のみが採用されている場合もある。

次に、広帯域かつ安定した接続性を前提としたサービスが世界的に普及してきており、世界のどこであっても同程度の品質や性能を期待されてしまう。インターネットでは接続性さえあれば世界のどんなサービスでも利用を試みることができるため、どこでも動画配信やビデオ通話など比較的広帯域を消費するアプリケーションの利用を試みることができる。狭帯域な接続性では、実質的に利用できるサービスに制限が発生し、利用者が期待するインターネット利用をかなえることができない。このため、利用者の需要に応え、サービスの価値を高めるためにも常に品質や性能を向上させる必要がある。

### 3.2.2 協調的な運用の更新

相互に接続されたネットワークは協調的に運用する必要がある。例えば、IP アドレスおよび AS 番号はインターネット運用に欠かせない番号資源であり、一意性を担保するため APNIC などのインターネットレジストリが登記 (registration) を管理している。RIR や NIR ではこの番号資源の登記情報をネットワーク運用に役立てるために公開しており、各ネットワーク運用者は自身の登録した情報を常に最新に保つよう更新することが求められている。円滑な相互接続のために連絡

先や必要なネットワーク情報を登録できる PeeringDB<sup>2</sup>も、2021 年 10 月時点で世界の 23,327 のネットワークが情報を登録するなど、利用が進んできている。

時代に応じて運用を協調的に更新していく必要もある。例えば、第 1.1 節で挙げた IPv6 導入などは世界のネットワークそれぞれが主体的に取り組むべき課題として挙げられる。インターネット運用を円滑に行うための技術やシステムも開発されている。インターネットの経路制御では、受信した BGP の経路情報の正当性を確認できるようにするため、各ネットワークの経路制御運用方針を公開できるシステムが運用を開始している。一つは、各ネットワークの経路制御方針をオブジェクトとして登録し、公開するためのデータベース、IRR である。Merit 社の運営する RADB<sup>3</sup>の利用が多いが [65]、IP アドレスの登記情報を管理している RIR や NIR が運用する IRR [66] の利用も進んできている。IRR に登録されたオブジェクトを基に BGP 経路フィルタを自動生成する運用が可能となっている。もう一つは、インターネット番号資源の分配を電子証明書で検証可能にする RPKI である。IP アドレスの分配を受けたネットワーク管理者は、RPKI の仕組みを基に IP プレフィックスとその経路生成元 AS 番号を記載した電子証明書である Route Origin Authorizations (ROAs) [67] を発行できる。他のネットワークでは ROA の情報を用いることで、BGP 経路が宣言通りに生成されたかを検証 [68] できる。

脆弱性対応などセキュリティへの対応も同様に協調的に進める必要がある。インターネットでは世界のネットワークと到達性があるため、脆弱性を放置すると攻撃対象として狙われる、あるいは、攻撃の踏み台に悪用されることもある。第 1.1 節で述べたように、世界のネットワークが共通的な製品で運用されているほか、利用者側でも同様に世界的に入手可能な大量生産された製品を利用している場合が多く、脆弱性の報告を注視し対応を進める必要がある。日常的にも適切に設定の見直しやソフトウェアの更新を進める必要があり、利用可能な技術を適宜導入して、攻撃の影響軽減に努める必要がある。例えば、送信元 IP アドレスの詐称は多くの攻撃に悪用されることが知られており、これを防ぐための手法も RFC2827/BCP38・RFC3704/BCP84 として検討されている。

---

2 <https://peeringdb.com/>

3 <https://www.radb.net/>

### 3.2.3 インターネット運用と特殊性

インターネットは相互に依存しながら運用されているため、インターネットの利活用が進むためには、採用している技術や運用が協調的に更新されていく必要がある。ある組織の運用技術優位性が必ずしも市場支配力を意味せず、品質向上のためにはすべてのネットワーク運用組織で協調的に運用技術を向上させる必要があることに注意しなければならない。

インターネットではどんな地域で構築運用されているネットワークであろうと世界基準での品質や運用の追従を求められる。一方、第3.2.1項でも述べた様に、インターネットに関連する技術の変革速度が速いという特性もある。このような特殊性から、これまで他の技術分野で培われた伝統的な技術移転モデルや移転手法が必ずしも当てはまらない。

## 3.3. 技術移転事例

### 3.3.1 APNIC

APNICにはその目的の一つに会員の技術的理解を深めるための教育機会提供があり、APNIC ミーティングや地域内 NOG ミーティングで開催されるワークショップへの講師の派遣や、要請に応じてワークショップの開催を実施している。ただし APNIC にはそれほど多くの講師要員がないので、コミュニティの技術者に講師協力を求めてワークショップを開催している。プログラム構成はその時々講師と相談して決めている場合が多い。他の講師が作成した資料を取り込んで説明資料を構成している場合もあり、時に資料に技術的間違いが含まれているといった問題もある。

APNIC の記録 [69] によると 2019 年度に 43 回の対面ワークショップを開催している。うち、24 回は NOG などのミーティングで開催されたワークショップである。内容はセキュリティ関連が 14 回、IPv6 導入関連が 12 回、経路制御関連が 10 回、DNS 関連が 2 回、SDN 関連が 2 回、そのほか運用関連が 3 回となっている

る。日程は3日間が14回、4日間が8回、5日間が16回、1日以下の日程が5回となっている。

2016年のAPNIC Survey [70]では、83%の回答者がAPNICがトレーニングを提供することが重要であると評価しており、南アジアからの回答に注目すると92%と特に顕著になる。2020年のAPNIC Survey [71]によると、トレーニングを利用した97%が平均以上の体験だったと評価をしている。オンライン演習への要望が54%程度ある一方、南アジア地域ではオンサイトでのワークショップ開催への要望が48%と根強い。南アジア地域の回答者で、トレーニング受講に至らなかった理由は“存在を知らなかった”が46%と最も高く、ついで“費用が高すぎる”が25%であった。

APNICは地域の需要に基づき、地域内の教育機会提供に寄与しているが、作成する資料の正確性について配慮が十分ではない。トレーニングを通じて地域の人材がAPNICに転職することもあり、地域のネットワーク運用技術継承の観点からは少々懸念がある。また必ずしも地域へのネットワーク運用技術の定着を主眼においたものではない。

### 3.3.2 NSRC

Network Startup Resource Center (NSRC)<sup>4</sup>は1992年に設立された非営利団体で、米国のオレゴン大学に拠点を置く。主に開発途上地域で研究教育ネットワークの構築支援を行っており、研究教育ネットワークの構築運用に必要な基盤技術のワークショップ開催、NSRCの活動を支援する企業から拠出された書籍や機器の提供なども行っている。これら基盤技術は研究教育ネットワーク以外にも有用なため、NOGなどからの依頼に応じてワークショップを開催している。ワークショップは事前にNSRCで用意したプログラムと資料があり、基本的に5日間の構成となっている。アジア太平洋地域のNOG向けにNSRCのワークショップ講師を派遣してもらうため、APRICOTは寄付によってNSRCの地域内での活動を支援している [72]。

---

4 <https://nsrc.org/>

ケニアの研究教育ネットワークである Kenya Education Network (KENET)<sup>5</sup> は、参加組織の直面する様々な課題、例えば限られた帯域、貧弱なキャンパスネットワーク、セキュリティ脅威などに対処して KENET の目的を達成するには人材開発活動が重要だとの認識から、様々なトレーニングを実施している。NSRC は演習用機材の提供や講師の派遣、演習資料の提供などで KENET の活動を支援している。

KENET の事例報告 [73] では継続的な人材開発の重要性を説いている。課題として、ワークショップを主導する講師の不足、技術者が多忙でワークショップ参加できない、トレーニングの規模を拡大できるような検討が必要、トレーニングがスタッフの離職や転職へとつながる、などを指摘している。

NSRC は主に研究教育ネットワークの構築とネットワーク運用技術向上に寄与している。技術者個人を対象とした技術移転では、その個人が転職すると技術継承の断絶が発生するため効果的な定着が望めないという課題を示している。

### 3.3.3 WIDE camp-net

Widely Integrated Distributed Environment (WIDE) プロジェクト<sup>6</sup>は 1987 年に発足した情報技術研究ネットワークで、「地球上のコンピュータやあらゆる機器を接続し、人や社会の役に立つ分散システムを構築する。そのために必要な課題と問題点を追求する」ことを理念に掲げて活動を続けている。WIDE プロジェクトでは年 2 回程度、合宿研究会を開催しており、1991 年から会場ネットワークを構築、運営している [74]。1997 年からは大規模な仮設ネットワークテストベッドの設計・構築とその運用 (camp-net) として会場ネットワークの設計、構築、運用が報告されている。合宿研究会の会場ネットワークは、参加者へのインターネット接続性提供という役割と、参加者を被験者とした実証実験ネットワークとしての役割を担っている。

WIDE camp-net の報告では主に会場ネットワークの構成と様々な技術の検証

---

5 <https://www.kenet.or.ke/>

6 <https://www.wide.ad.jp/>

実験結果が述べられているが、技術伝承や若手育成に関しても何箇所かで言及されている。2008年度の研究報告書 [75] では衛星リンクの確立に手間取り、構築担当が専門家ではなく原因究明まで時間がかかった事例が紹介されており、技術伝承やチーム内外での連携の重要性を指摘している。2011年度の研究報告書 [76] ではボードメンバーから“合宿ネットワーク運用の質の向上と育成に関し取り組み、最終的には、持続可能な育成フレームワークを検討して欲しい”との意向があり、育成を基本コンセプトの一つとしたことが報告されている。2014年度の研究報告書 [77] では知識のないメンバーが構築に携わりにくい状況や構築の知見が蓄積されていない状況を課題として挙げ、運用のテーマとして「教育」と「引き継ぎ」を掲げ、作業記録を作成したほか、勉強会も開催したと報告されている。2015年度の研究報告書 [78] では運用のテーマとして「教育」をテーマの一つとして掲げ、事前に勉強会などを開催した上で主に若い学生が合宿ネットワークの構築を担ったことが報告されている。2016年度の研究報告書 [79] では、構築経験者をアドバイザーと位置づけ、構築参加経験のない学生主体で合宿ネットワークの構築を行い、WIDEメンバーの技術力向上を目指したことが報告されている。2018年度の研究報告書 [80] では“WIDE合宿におけるネットワーク構築は、実際にネットワークを設計・運用する機会が減ってきた今日において、技術者養成としての面や実トラフィックを用いた実験の場としての役割を果たせる貴重な機会である”と指摘している。

WIDE camp-net は必ずしも技術移転を主眼においた取り組みではないが、構築メンバーが入れ替わる中で、若手の育成を試行錯誤している。また、この事例は会場ネットワークの構築運営が、技術者育成の場として貴重な機会に成り得るということを示している。

### 3.4. 運用技術の地域性と共通性

#### 3.4.1 地域毎に異なる運用事例

ネットワーク運用方法に地域性があることが報告されている [81]。この事例では世界の様々なASがBGPの経路制御にデフォルト経路を利用しているかを調査

した。デフォルト経路はすべての宛先の IP アドレスに合致する経路情報で、集約経路として用いることで経路テーブルの経路情報数を削減できる一方、インターネット上で到達性のない宛先にも合致するため、無駄なパケットを転送してしまう影響もある。世界の 75% の AS がデフォルト経路を利用していたが、日本のデータに注目すると 40% 程度の AS しかデフォルト経路を利用していないなど、運用方法に地域性があることが報告された。これはその地域の技術者がどのように運用技術を学んだかが違いとなって現れている。例えば NSRC は BGP 経路制御のワークショップコースを提供しており、ここでは上流 AS から受信する経路数を削減するためデフォルト経路を広告してもらうことを推奨している。日本においてはデフォルト経路を用いない運用技術が WIDE プロジェクトや日本ネットワーク・オペレーターズ・グループ (JANOG)<sup>7</sup>での交流や、JPNIC が提供するワークショップなどを通じて移転、継承され、標準的な運用手法として日本の各ネットワークに広く採用されたため、このような違いが現れている。

無意味なあるいは有害な運用が地域で採用される場合もある。ネパールの通信事業者では顧客から苦情があった際に、有効な対策とならないことがわかっていても、無意味に経路を変更するなどの制御を行い、顧客をなだめる事例を共有してもらった。特に小さな通信事業者ではよく知られた対応のようで、技術者はその操作に意味がないと感じつつも他の通信事業者と同様に手順として対応する状態になっているとのことであった。

パキスタンでは、顧客からの要望で細切れの経路情報を BGP でインターネットに経路広報する対応が広く採用されてしまった事例を共有してもらった。これは顧客が自身に割り当てられた IP プレフィックスをインターネット上の経路情報確認サイトで確認するという手順が広まってしまい、本来なら集約経路のみを広報しておけば十分なところ、細切れの経路情報も追加で広報する対応が多くの通信事業者採用されてしまっているとのことだった。

ここで見たように、地域で標準的な手法として根付いた運用はその地域で継続的に維持される場合があるので、地域の事情に合わせ、より良い運用手法の普及とともに既存の運用を見直す活動も重要である。

---

7 <https://www.janog.gr.jp/>

### 3.4.2 共通的な運用規範事例 (MANRS)

インターネットではネットワークの運用知見に共通性がある。これは、第 1.1 節でも見たように、IETF で標準化された技術が多く用いられていること、比較的少数のベンダが提供している製品を多くのネットワーク運用者が共通的に採用していることが要因として挙げられる。このため注意深く検討、実施されたネットワーク運用手法は現時点での最善実践として他のネットワーク運用者にも役立つ。IETF ではこうした現時点での最善実践を Best Current Practice (BCP) という分類で文章化して公開している [82]。Internet Society (ISOC)<sup>8</sup>でも同様の文章化活動を Best Current Operational Practices (BCOP) [83] として行っている。

現時点の最善実践の文書化活動や第 3.2.2 項でも見たようにネットワーク運用に関連する技術開発も進んできているが、各ネットワークでの運用更新が進まず、インターネット全体としての運用に多くの課題がある状態であった。そこで、2014 年初頭にネットワーク運用者の小規模なグループが経路制御に対する脅威と対策の議論を進め、各ネットワーク運用者に実装を推奨する実施項目を規範としてまとめた。この規範を元に、Mutually Agreed Norms for Routing Security (MANRS)<sup>9</sup> [84] が啓発活動や規範の更新活動を開始し、ISOC がその活動支援に当たっている。ネットワーク運用者向けの規範を元に活動を開始した MANRS は徐々に活動範囲を広げ、相互接続点事業者やクラウド事業者、製品ベンダ向けなどの規範も整備している。

ネットワーク運用者向けの MANRS では、以下の 4 点を各ネットワークで対応が必要な実施項目として挙げている。

#### 不正確な経路情報の流通防止

隣接に広報する経路の AS 番号や IP アドレスブロックの正確性を担保するシステムを実装する。

#### IP アドレスの詐称防止

---

8 <https://www.internetsociety.org/>

9 <https://www.manrs.org/>

送信元 IP アドレスの検証を有効にし、送信元 IP アドレスを詐称したパケットがネットワークに出入りすることを防ぐ。

#### 世界的な運用の連絡体制や協調体制を推進

他の関係者が必要時に連絡できるよう、RIR や PeeringDB に登録した連絡先情報を正確に維持する。

#### 世界規模での経路関連情報の推進

他の関係者が世界規模でルーティング情報を検証できるよう、データを提供する。

MANRS の取り組みに賛同するネットワーク運用者は各項目の実践内容を MANRS 事務局に申請すると、審査の上で MANRS 参加組織として認定される。2021 年 10 月時点で 600 のネットワークが MANRS 参加組織として登録されている。

### 3.5. 関連研究のまとめ

本研究でバングラデシュのネットワーク運用技術向上を目指して実践を設計するにあたり、関連する研究と事例を調査した。

経験から醸成される暗黙知は移転が難しい。そのため、指導下での経験学習を繰り返し、協同的学びの場を設計することで効果的な暗黙知の再生成を促すことが重要である。習熟段階の測定には最近接発達領域の概念を用い、学習者の発達段階を描写することが可能である。

個人や特定組織への技術移転では、知識移転の障害要因の一つである受け入れ側の吸収能力の問題や、人材流動から発生する組織内での技術継承の困難さを必ずしも解決できないことがわかった。コミュニティを基盤として、より多くの学習者に移転を試みる手法は有効である。

実践を伴う NOG は実践共同体として扱うことが可能で、コミュニティの成員間で一定の知識を共有できる。実践共同体ではコミュニティ間での知識移転を仲介として描写できることを用いて、NOG 間の知識移転を描写できることがわかった。

事件事例の分析から再発を防ぐ取り組みは、運用の向上に役立つ。航空事故や医療事故を調査する取り組みでは、事故の再発を防止するため責任の追及ではなく原因の追及を第一に置き、知見や対策の導出を実施している。コミュニティとして取り組む際にも同様の活動精神を最重視し、事故の関係者が事例を共有しやすい環境を目指すことが重要である。

インターネットでは世界水準のサービス品質や運用への継続的な更新を求められることから、グローバルな最善実践を継続的に学べる場を設計する必要があることがわかった。調査からは、このような学習機会への要望が高いことがうかがえ、様々な機会を学習の場と捉えて再利用や再実施が可能な経験学習を設計することが重要である。

地域で標準的な手法として根付いた運用はその地域で継続的に維持される場合があるので、地域の事情に合わせ、より良い運用手法の普及とともに既存の運用を見直す活動も重要である。

以上の関連研究に基づき、次章では本研究の研究手法を述べる。

## 第 4 章

# 研究手法

### 4.1. コミュニティの役割

第 1.4 節でも述べたように、バングラデシュの通信関連事業者はネットワーク運用技術の維持と向上に課題を抱えており、個別の通信関連事業者では解決が難しい課題となっている。そこで本研究では知識移転のモデルを拡張し、ネットワーク運用技術の移転に関して 1. 開始 (Initiation)、2. 実施 (Implementation)、3. 強化 (Ramp-up) の各段階でコミュニティが一部役割を担い、その後の通信関連事業者における 4. 統合 (Integration) が始まるまでを支援するモデルに基づいた実践を検討する。これはより具体的には以下の様なモデルである。まず、ネットワーク運用技術の移転開始時には移転を受け入れる地域の現状分析と移転する技術を選択する作業を通じ、コミュニティに必要な技術を選択する。次に、ネットワーク運用技術の移転実施時には移転の実施と定着の促進をコミュニティが担い、コミュニティが技術受容の土壌となる。そして、ネットワーク運用技術の移転強化時には課題の抽出や改善の提案をコミュニティが担い、コミュニティが知識創造の場となる。こうしてコミュニティが技術移転の一部役割を担い、通信関連事業者で移転された技術が満足いく成果をあげるまでを支援する。その後、通信関連事業者で移転された技術を自社の運用に統合し、ネットワーク運用技術の移転が完了する。

NOG は「領域」、「共同体」を要素として持つので、bdNOG のような「実践」を伴う NOG は実践共同体として捉えることができる。bdNOG はコミュニティのメンバーがそれぞれ競合する会社に所属している企業横断型実践共同体であり、研究事例の少ない形態となっている。他の研究事例では産業別の企業組合など、会

社の肩書きの下で参加する実践共同体がほとんどであるが、bdNOG の場合には通信関連業界の技術者を主な対象とするものの肩書は必要とせず、参加は個々人の判断に委ねられている点が大きく異なる。企業組合を組織型のコミュニティとするならば、bdNOG は個人型のコミュニティである。実践共同体は知識の受け皿となりうるため、コミュニティ自体をネットワーク運用技術の移転先及び発展の場として捉えることができる。

地域で必要とされるネットワーク運用技術をコミュニティに移転することで、地域の運用技術の向上が期待できる。第 3.3.2 項の事例は人材開発がスタッフの離職や転職へとつながる点も課題として指摘している。これは bdNOG にも見られる人材流動の課題で、技術者個人を対象とした技術移転では、その個人が転職すると技術継承の断絶が発生するため効果的な定着が望めないという課題を示している。こうした人材流動で技術継承が断絶する課題に対し、コミュニティが技術継承の場となることで組織単体で取り組むよりもより長期にわたる継承や技術の定着が期待できる。コミュニティには各通信関連事業者から多様な技術者が参加しているため、その知見を生かすことで多様な視点から現在の運用を見直すことができる可能性もある。

このように、コミュニティで必要となる技術を選択し、コミュニティが技術受容と知識創造の場となることで、個別の通信関連事業者のみでは難しかったネットワーク運用技術向上の課題解決につながることを期待できる。

## 4.2. 実践において考慮すべき点

ここでは第 1.4 節で述べた研究課題を解決するために、先行事例も参考に、必要となる要素を検討する。

バングラデシュでは教育機会への強い要望がある。これはネットワークを運用する上での最善実践を学ぶ機会であり、それぞれのネットワーク運用を向上させるために必要である。一方、日常業務を処理するのに多忙で長期間のトレーニングに参加しにくい点も指摘されている。第 3.3.2 項の事例ではワークショップの重要性を示す一方、技術者が多忙で参加できないという課題を示している。これは

bdNOGでも同様の状況が見られたため、拘束時間を短くすること、設定された時間内で効率的な活動を行えることが重要である。この条件を本稿では需要対応性と呼ぶ。

第3.3.1項や第3.4節で述べたように、間違った知識や無意味な運用が広がることもある。正しい知識が無いと場当たりの解決策が実装され、それが将来的な問題の温床ともなりかねない。そのため、運用技術の移転を計画する際には資料や情報が様々に再利用されることを前提に正確性にも注意しなければならない。技術情報の整備と伝達はもちろん、指導下での経験の繰り返しにより暗黙知の醸成を促すことも効果的である。これを実現するため、様々な状況を学習機会と捉え、現地で繰り返し実施できる実践を設計する必要がある。これを本稿では再利用性と呼ぶ。

個々の技術者や小さなグループ向けに技術移転しても、人材流動が多く発生する環境では技術継承が難しく組織の運用技術向上が難しいことがわかった。地域内の多くの技術者に認知され、コミュニティ内で共通の知識となることで、移転した技術が地域に定着すると期待できる。そこで、実践を設計するにはできるだけ多くの参加者が実践に関わるように設計する必要がある。本稿ではこれを拡張性と呼ぶ。

地域によっては文化、気候、法規制、社会基盤の整備状況などが異なり、ネットワーク運用技術に独自の工夫が必要になる。こうした知識創造を促進し、運用に反映するためには、多様な視点からの検討が行える環境と、導出された知見の蓄積が必要である。本稿では、これを発展性と呼ぶ。

以下に本節で検討した四つの要素をまとめる。

#### 需要対応性

移転する運用技術の選定にあたってはその将来性と必要性を考慮し、受容側の運用向上に資するように考慮しなければならない。運用現場への技術移転は比較的短期間で効率的に実施できるよう設計する。

#### 再利用性

効果的な学習のためには現地で再実施や利活用が容易なことが求められる。

正確な技術情報の整備に配慮する。また、暗黙知の醸成を促すため、指導下での経験が繰り返し実施できるよう配慮する。

#### 拡張性

コミュニティ内でネットワーク運用技術の知見が維持継承されるよう、様々な場面で運用技術向上の機会と捉え、多くのコミュニティ参加者に効率的に知識の仲介を実施できるよう考慮する。多くの参加者が経験学習に関わることにより、協同的学びが促されることも期待できる。

#### 発展性

地域に応じたネットワーク運用技術の発展を考慮する。既存の運用を多様な視点から見直し、得られた考察や知見の蓄積を実現し、地域における知識創造や新たなネットワーク運用技術の創出を促進する。

### 4.3. 実践に関わる関係者の整理

本研究では、bdNOGを対象コミュニティとして実践を行う。実践にあたってはbdNOGを実践共同体として捉え、本節では実践に関わる関係者を実践共同体の観点から整理する。

実践共同体の研究では、実践共同体間で行われる知識や価値の伝搬を仲介と表現し、ナレッジブローカーが仲介を担うとされている。そこで、あるネットワーク運用技術に習熟しているコミュニティを「熟達したコミュニティ」、そのネットワーク運用技術に習熟していないコミュニティを「熟達していないコミュニティ」と定義する。すると、熟達したコミュニティから熟達していないコミュニティへナレッジブローカーの仲介により技術移転が成功することで、熟達していないコミュニティが熟達したコミュニティに変容すると言える。これら関係者とその役割を整理すると以下の通りとなる。

#### 熟達したコミュニティ

あるネットワーク運用技術に関して経験などを通じて広範な知見を有して

いる実践共同体。ネットワーク運用技術に関する技術情報の作成や編集を担う。

#### 熟達していないコミュニティ

そのネットワーク運用技術に関してまだ習熟していない実践共同体。価値や知識の受容や維持、発展とネットワーク運用技術向上の動機付けを担う。

#### ナレッジブローカー

上記二つの実践共同体に属し、実践共同体間で知識と価値の仲介をする意思のある人。熟達していないコミュニティで講師や指導者として仲介の設計と実施を担う。

本研究では bdNOG をネットワーク運用技術に熟達していない実践共同体として捉え、他の熟達したコミュニティから知識や価値の仲介を経て、bdNOG が熟達したコミュニティに変容することを目指す。筆者は bdNOG と他の熟達したコミュニティの両方に属するナレッジブローカーとして、bdNOG への技術の仲介を担う。bdNOG が熟達したコミュニティに変容することで、bdNOG コミュニティからナレッジブローカーが生まれ、他のコミュニティへ仲介が始まることが予想される。

## 4.4. 対象コミュニティとの関係と実践に向けた仮説

本節では、実践を行う筆者の説明と、筆者とコミュニティの関わりを述べ、実践に向けた仮説を述べる。

筆者は、日本のインターネット接続サービス事業者に勤める技術者である。主な業務分野は IPv4/IPv6 の経路制御と DNS、自社のネットワーク設備を防御するためのセキュリティ技術であり、自社の CSIRT のメンバーでもある。実践を開始した 2013 年時点で 14 年以上の業務経験を有し、国内外のネットワーク運用者コミュニティで数多くのカンファレンス発表やネットワーク運用技術に関するワークショップ講師の経験を有している。

他の熟達したコミュニティとして APRICOT を考える。筆者は 2011 年から APRICOT でボードメンバーを務めているほか、ワークショップ講師やカンファレンス発表にも貢献しており、APRICOT コミュニティのメンバーだと言える。

筆者は bdNOG の運営を担う bdNOG EC メンバーらと bdNOG 発足前から交流があり、2013 年に発足した bdNOG に初回の bdNOG1 ミーティングから参加し、bdNOG コミュニティのメンバーとなっている。こうした bdNOG EC メンバーとの交流で培われた信頼関係が bdNOG コミュニティへの知識移転の困難さを軽減に寄与した。

筆者は bdNOG コミュニティのメンバーであり、本研究の実践の中で、会場ネットワーク構築の助言者、ワークショップ講師、カンファレンス発表者などの役割を担い、実質的にナレッジブローカーとして関わった。bdNOG12 ミーティングと bdNOG13 ミーティングでは bdNOG PC Chair を務めた。

本研究では bdNOG が第 4.3 節で述べた熟達したコミュニティに変容することを目指す。暗黙知の醸成のためには、指導下での経験が重要であり、経験の繰り返しと内省によって学習が進むと指摘されている。実際の利用形態に近い環境のネットワーク構築を繰り返し経験し、指導を行うことで効果的なネットワーク運用技術の移転が図れると期待できる。そこで、本研究では一つ目の仮説として以下をおく。

仮説 1 ネットワーク構築とフィードバックを繰り返すことで、運用技術の向上が図れる

人材流動が多く発生する環境では、個々の技術者に技術移転しても地域での技術継承に課題があることが指摘されている。コミュニティをネットワーク運用技術の受け皿と捉えることで、個々の技術者ネットワーク運用技術を移転するよりも長期にわたって技術継承されることが期待できる。そこで二つ目の仮説として以下をおく。

仮説 2 コミュニティを対象として運用技術を移転すれば、運用技術の知見が維持継承される

バングラデシュでは一度定められた設計や運用の見直しがなかなか行われず、硬直した運用を招いている。ネットワークに障害が発生し、技術者が対応して復旧させたとしても、その対応からの知見は個々の技術者に閉じ、時にその知見もそのまま忘れ去られてしまう状況である。コミュニティで事故事例の検討を行うことで、様々な視点からの知見をコミュニティで蓄積し、地域での運用技術向上に貢献できる可能性がある。そこで、三つ目の仮説として以下をおく。

仮説3 事故事例への対策を検討することで、運用の見直しと運用技術の向上が図れる

本研究では、以上三つの仮説をもとに実践を行い、どのような活動がネットワーク運用技術の移転と発展に資するのかを明らかにする。

## 4.5. bdNOG における学びの場の整理

bdNOG を基盤として、ネットワーク運用技術の移転と発展を実現するために実践を検討する。本節では実践を設計するにあたり、bdNOG における様々な活動を学びの場として捉え、整理する。

bdNOG のミーティング開催に際して、bdNOG は会場に臨時のインターネットアクセス環境を構築している。これは主に bdNOG ミーティング運営者やミーティング参加者向けのアクセス環境である。会場ネットワークの構築チームは、bdNOG EC から指名された現地の技術者 5~6 名で構成されている。会場ネットワークは、構築時間が短いこと、そして実際の利用者が構築した技術者自身を含め概ね関係者であり、品質や利便性の反応がすぐに得られる特徴がある。こうした会場ネットワークの構築には、小規模ながらインターネット接続サービス事業者で必要となる様々な技術要素がある。これを教育機会として捉えることで、構築に参加する技術者が構築経験のない技術要素や、習熟したいネットワーク運用技術を移転できる可能性がある。

bdNOG はバングラデシュにおける教育機会の提供を一つの活動目的にしており、bdNOG ミーティングに際して演習を伴うネットワーク技術のワークショップ

プを実施している。日程は会場や会期の都合で3～5日間程度の振れ幅があり、開催地域の需要に応じてワークショップで学べる技術要素を変化させる必要もある。各ワークショップは国外からの講師数名と、現地からの講師数名でチームを組んで実施しており、30～40名程度の受講者を想定する場合が多い。ワークショップはbdNOGコミュニティの技術者が様々な課題や運用技術、現時点での最善実践を、演習を通じて学ぶ良い機会となっている。再利用可能な形でワークショップを設計、実施することで、コミュニティ内での技術継承に資することが期待される。

バングラデシュでは、既存のネットワーク設計や運用を見直す活動が十分に行われてきていなかった。第1.1節で述べたように、世界のネットワークが標準技術に基づく共通的な製品で運用されているため、運用の知見には共通性がある。同様に事故や障害にも共通性が見られ、あるネットワークで発生した事例をもとに検討して導出された知見は他のネットワークの運用にも役立つ。バングラデシュでは障害やトラブルは個別に対応がなされ、他のネットワークで同様の問題が生じたとしても知見が生かされることは稀であった。bdNOGは目標の一つに“Conduct operational research”を掲げている。この目標に従い、bdNOGで新たに事例研究活動を発足させることで、事例研究活動がコミュニティでの技術発展基盤として活用できることが期待される。

## 4.6. 評価計画

実践の評価は、実践を通じた観察やコミュニティメンバーからの意見や感想をもとに行う。バングラデシュのネットワーク運用が他のネットワークから期待される状態になっているかを計測できる客観的評価指標として、BGP経路情報に関わるIRR登録オブジェクトの整備状況やMANRSへの対応状況を見る。bdNOGが熟達したコミュニティへ変容した際には、他のコミュニティへの貢献が活発になると期待されることから、コミュニティメンバーがナレッジブローカーとして他のコミュニティに貢献している事例を調査する。これら評価結果を総合的にまとめ、実践の評価とする。

### 4.6.1 IRR データを用いた評価手法

第3.2節でも見たように、各 AS 運用者が経路制御方針を各種のオブジェクトとして登録し、他のネットワーク運用者が利用可能にするため IRR が運用されている。IRR は NFSNET のバックボーンルータを設定するため Merit 社が運用していた Policy Routing Database (PRDB) に遡る。PRDB は NFSNET の終了とともに 1995 年に運用を終え、新たに経路情報の管理のために用いられる共通のデータベースが RADB として開発され、Merit 社によって運営された。何社かのネットワーク事業者でも同様の IRR サービスをそれぞれの顧客 AS 向けに運用し、顧客 AS から受信する BGP 経路の経路フィルタを自動生成するために用いている。

IRR サービスが様々なネットワークで経路フィルタの自動生成に利用できることから、IP アドレスや AS 番号といったインターネット番号資源の登記を管理している APNIC などの RIR や一部の NIR でも IRR サービスを開始した。これら RIR/NIR による IRR サービスはインターネット番号資源の正当な保持者のみが関連するオブジェクトを登録できるよう設計されており、他の IRR よりも登録されたオブジェクトの信頼度が高い。AS 運用者は複数の IRR にオブジェクトを登録することができる。そのため、現在は他の IRR にもオブジェクトを登録しても良いが、最低限、RIR/NIR の運用する IRR に route オブジェクトなど、経路情報の確認に密接に関わるオブジェクトを登録しておくことが推奨されている。IRR へのオブジェクト登録状況を評価することで、各 AS が現在推奨されている登録を実施しているかを示す指標になる。

APNIC では IRR のデータのほか、インターネット番号資源の分配状況を公開しており、どのインターネット番号資源がどの国や地域のネットワーク運用者に分配されたかが判別可能となっている。オレゴン大学の運営する Route Views Project<sup>1</sup> では、協力ネットワークから送信された BGP 経路情報のアーカイブを公開しており、アーカイブを参照することで過去の BGP 経路状態を見ることができる。これらデータを用いることで、APNIC IRR の route オブジェクト登録状況をその時点の BGP 経路情報と比較して評価することができる。

---

1 <http://www.routeviews.org/routeviews/>

本研究の評価では、AS 毎の BGP 経路広報を APNIC IRR に登録された route オブジェクトと比較し、IRR オブジェクト登録の網羅性を調査する。AS 番号の国や地域別別分配情報に基づき各ネットワークの所属国や所属地域を判別し、国や地域別に登録状況をまとめ、評価指標とする。

#### 4.6.2 MANRS の計測データを用いた評価手法

第 3.4.2 項で見たように、MANRS は各種ネットワーク関連事業者向けに実装を推奨する実施内容を規範としてまとめている。ネットワーク運用者向けの MANRS では、不正確な経路情報の流通防止、IP アドレスの偽装防止、世界的な運用の連絡体制や協調体制の推進、世界規模での経路関連情報の推進を対応が必要な実施項目として挙げている。2018 年ごろから MANRS で規定されている実施項目の実装状況をどのように計測して評価するかが議論された。関係者の協力により、各 AS での MANRS 対応状況を客観的に示す MANRS Observatory<sup>2</sup>が図 4.1 のシステム構成で開発され、2019 年からの計測データが公開されている。

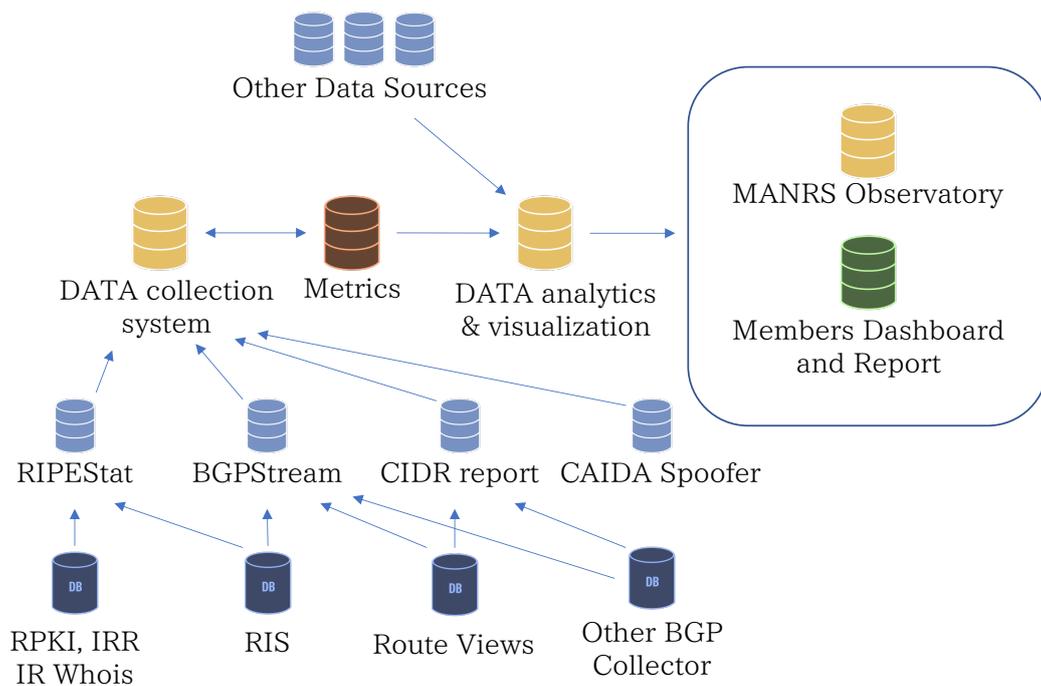
MANRS Observatory では AS 毎に経路フィルタ、IP アドレスの偽装防止、協調体制、IRR 登録、RPKI ROA 登録の各項目で実装状況を数値化して公開している。これらデータは各 AS がネットワーク運用を更新し、現在実装が推奨されている運用状況に適合しているかを示す指標となる。本研究では、MANRS Observatory の各計測項目データを国や地域別にまとめ、国や地域別の MANRS 対応状況として評価指標に用いる。

#### 4.6.3 他コミュニティへの貢献状況調査による評価手法

bdNOG が熟達したコミュニティへ変容した際には、他の NOG コミュニティなどへの貢献が活発になると期待されることから、bdNOG のコミュニティメンバーが他のコミュニティでどのような活動を行っているかを調査する。APRICOT など広域の NOG での活動や、MANRS など世界的な取り組みへの貢献も調査する。

---

<sup>2</sup> <https://observatory.manrs.org/>



ヤマハ株式会社『ネットワーク構成図 作成用アイコン』を作図に使用

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

図 4.1 MANRS Observatory のシステム概略図 (<https://observatory.manrs.org/> を基に筆者作成)

APNICでは2016年からコミュニティトレーナー制度 [85] を運営している。これはAPNICがワークショップなどの教育機会を提供する際に、講師として協力してくれるコミュニティの有志を事前に登録しておく制度である。APNICコミュニティトレーナーとして登録されるには実際のネットワーク運用経験と、ネットワークコミュニティでの活発な活動などが求められる。bdNOGコミュニティメンバーの登録状況を調査することで、bdNOGが熟達したコミュニティに変容したかを評価できる。

## 4.7. リサーチデザイン

本研究では、バングラデシュのネットワーク運用技術向上のため、どのような活動がネットワーク運用技術の移転や発展に資するのかを明らかにする。bdNOGを熟達していないコミュニティとして捉え、他の熟達したコミュニティから知識や価値の仲介を経て、bdNOGが熟達したコミュニティに変容することを目指す。bdNOGが熟達したコミュニティに変容することで、バングラデシュのネットワーク事業者が最善実践に基づいた運用を採用し、bdNOGコミュニティからナレッジブローカーが生まれて他のコミュニティへ仲介が始まることが予想される。

本研究では第4.4節で述べた以下の三つの仮説を明らかにするために、実践を行う。

仮説1 ネットワーク構築とフィードバックを繰り返すことで、運用技術の向上が図れる

仮説2 コミュニティを対象として運用技術を移転すれば、運用技術の知見が維持継承される

仮説3 事故事例への対策を検討することで、運用の見直しと運用技術の向上が図れる

実践は、第4.2節で示した実践に考慮すべき4項目、すなわち需要対応性、再利用性、拡張性、発展性を総合的に満たすように実施する。前述の仮説を明らかにするため、第4.5節で述べた学びの場を用いて、本研究では三つの実践を行う。

まず、会場ネットワーク構築を通じた技術移転を実践し、仮説1のネットワーク構築とフィードバックを繰り返すことで、運用技術の向上が図れる、を検討する。次に、運用技術ワークショップの設計と実施を実践し、仮説2のコミュニティを対象として運用技術を移転すれば、運用技術の知見が維持継承される、を検討する。最後に、事例研究活動の発足を通じた技術発展基盤の構築を実践し、仮説3の事件事例への対策を検討することで、運用の見直しと運用技術の向上が図れる、を検討する。

#### 会場ネットワーク構築を通じた技術移転

bdNOGはミーティング開催の際にミーティング会場にインターネットアクセスを関係者に提供するために5、6名の技術者でネットワークを構築している。このネットワーク構築と運用を学びの場として捉える。実際の利用形態に近い環境のネットワーク構築を指導下で繰り返し経験することで、効果的なネットワーク運用技術の移転が図れると期待できる。筆者は構築技術仲介者として構築チームへのネットワーク運用技術の移転を図る。

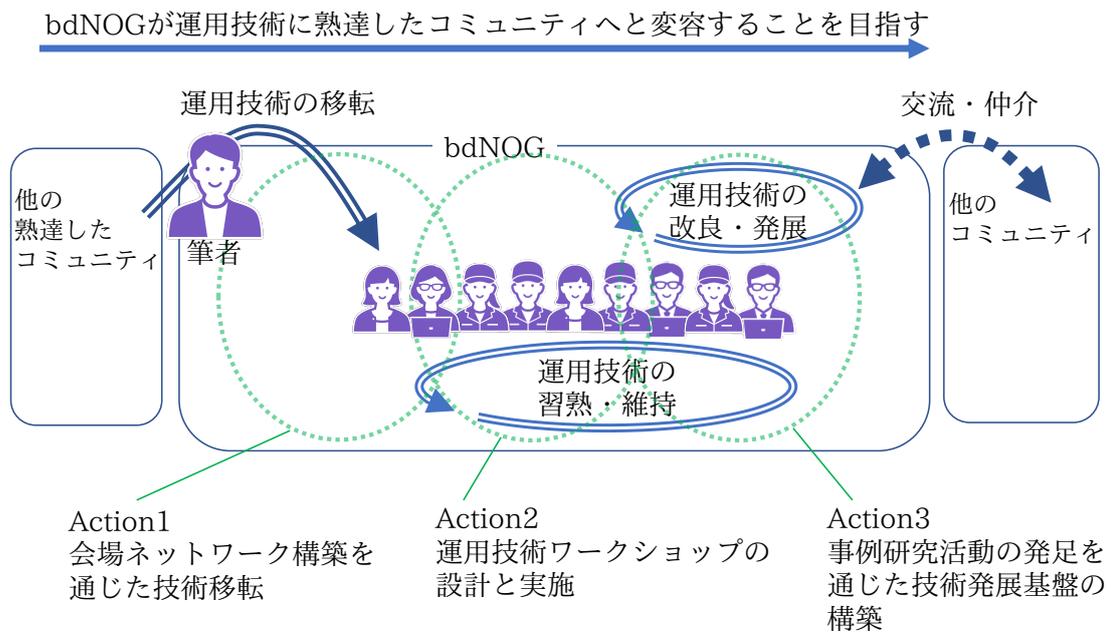
#### 運用技術ワークショップの設計と実施

bdNOGは教育機会の提供を目的の一つに掲げており、ミーティング開催時に技術コース毎に30名程度の受講者向けにワークショップを開催している。コミュニティをネットワーク運用技術の受け皿と捉え、再利用や再実施に配慮した運用技術ワークショップを設計して実施することで、個々の技術者ネットワーク運用技術を移転するよりも長期に渡って技術継承されることが期待できる。筆者は国外からのワークショップ講師として講師チームに加わり、ワークショップを主導的に実施する。

#### 事例研究活動の発足を通じた技術発展基盤の構築

コミュニティで事件事例の検討を行うことで、様々な視点からの知見をコミュニティで蓄積し、地域での運用技術向上に貢献できる可能性がある。そこでbdNOGで新たに事例研究活動を発足させることで、技術発展基盤としてbdNOGコミュニティの熟達に資することが期待できる。筆者はbdNOGに活動の提案を行い、事例研究活動に関わる一員として活動を行う。

以上をまとめ、本研究では、図4.2にあるように会場ネットワーク構築を通じた技術移転、運用技術ワークショップの設計と実施、事例検討活動を通じた技術発展基盤の構築を实践し、仮説を明らかにすることを通じて、どのような活動がネットワーク運用技術の移転や発展に資するのかを検討する。



ヤマハ株式会社『ネットワーク構成図 作成用アイコン』を作図に使用

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License.  
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

図 4.2 リサーチデザイン図

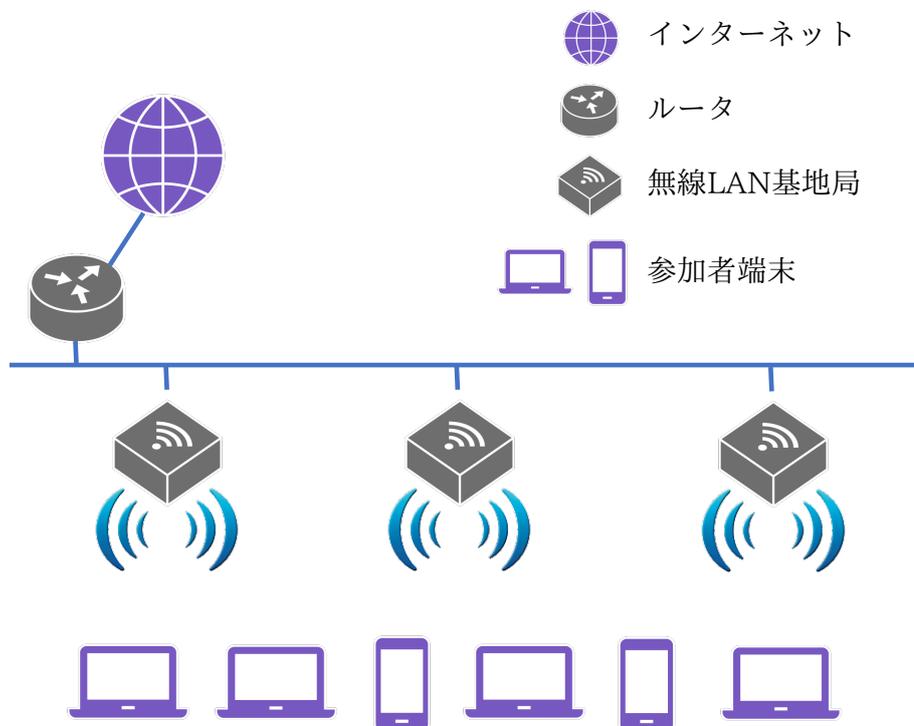
## 第 5 章

# Action1 会場ネットワーク構築を通じた技術移転

bdNOG ではカンファレンスの際に会場ネットワークを構築してカンファレンス参加者向けにインターネット接続を提供しており、筆者は 2014 年に開催された初回の bdNOG1 から環境構築の支援に助言者として携わっている。bdNOG が設立された当時は既に IEEE 802.11 [86] 規格の無線 LAN が利用可能であった。しかし、広域な無線 LAN 接続環境構築、例えば 200 名程度の利用者向けに建物内のフロア全域を提供範囲として接続性を提供するような構築技術への需要が高まりつつある一方、現地に運用経験が乏しかったため、主に需要対応性と再利用性に配慮し、会場ネットワーク構築を通じて無線 LAN 基地局の運用技術を移転することとした。

会場ネットワークの構築チームは bdNOG EC によって指名された、若手から中堅の技術者 5、6 名で構成されている。この技術者たちは各通信事業者やネットワーク運営組織で数年から 10 年程度、実務を経験しており、中には英語での会話がそれほど得意でない技術者もいた。構築チームは、ネットワーク構成の設計、会場へのインターネット回線の手配、屋内配線、機器設置、機器設定、機器運用、会期終了後には構築した機器と配線の撤収までを担う。つまり、会場に合わせて都度新たにネットワークを構築する必要があり、毎回細かな構成や設置可能場所が異なる。会場ネットワークは図 5.1 に示すように、大きくインターネット回線、ルータ、ネットワークを屋内で延伸するためのケーブルやスイッチ、無線 LAN 基地局で構成されている。カンファレンスへの参加者はそれぞれノートパソコンやスマートフォンなどの端末を、構築チームが配備したいずれかの無線 LAN 基地局

に接続し、インターネットに接続する。



ヤマハ株式会社『ネットワーク構成図 作成用アイコン』を作図に使用

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

図 5.1 会場ネットワーク構成の模式図

IEEE 802.11 規格の無線 LAN では、利用できる無線帯域は限られている。これを最大限有効に利用できるようにするため、端末の物理分布や電波を遮蔽する障害物などの状況に合わせて、無線 LAN 基地局の配置や電波チャンネル、送信電力などの設定を適切に構成する必要がある。2021 年現在は多数の無線 LAN 基地局をコントローラと呼ばれる集中管理装置を用いて運用する手法もあるが、本実践時点で調達できた無線 LAN 基地局はコントローラを用いた運用に対応しておらず、

それぞれが独立したシステムとして稼働する運用方法を採用することとなった。

調達した無線 LAN 基地局は Power over Ethernet (PoE) / IEEE 802.3af [87] の規格に対応しており、データ通信に用いるケーブルを通じて電源の供給を受けることが可能であった。PoE 給電機能を有したスイッチを用意するか、スイッチに PoE 給電機能がない場合には PoE インジェクタと呼ばれる給電装置を無線 LAN 基地局へのケーブル配線途中に挟み込むことで、一本のケーブルが通信と給電を兼ねることができる。これにより、会場内に無線 LAN 基地局を配備する際に電源用のケーブルを追加配線する必要がなくなり、機器設置場所の自由度が高まった。会場ネットワーク構築の際には、PoE に対応したスイッチ、あるいは、ケーブル配線途中にある電源アウトレットの位置に合わせて PoE インジェクタを配備して、無線 LAN 基地局への給電は全て PoE を利用した。

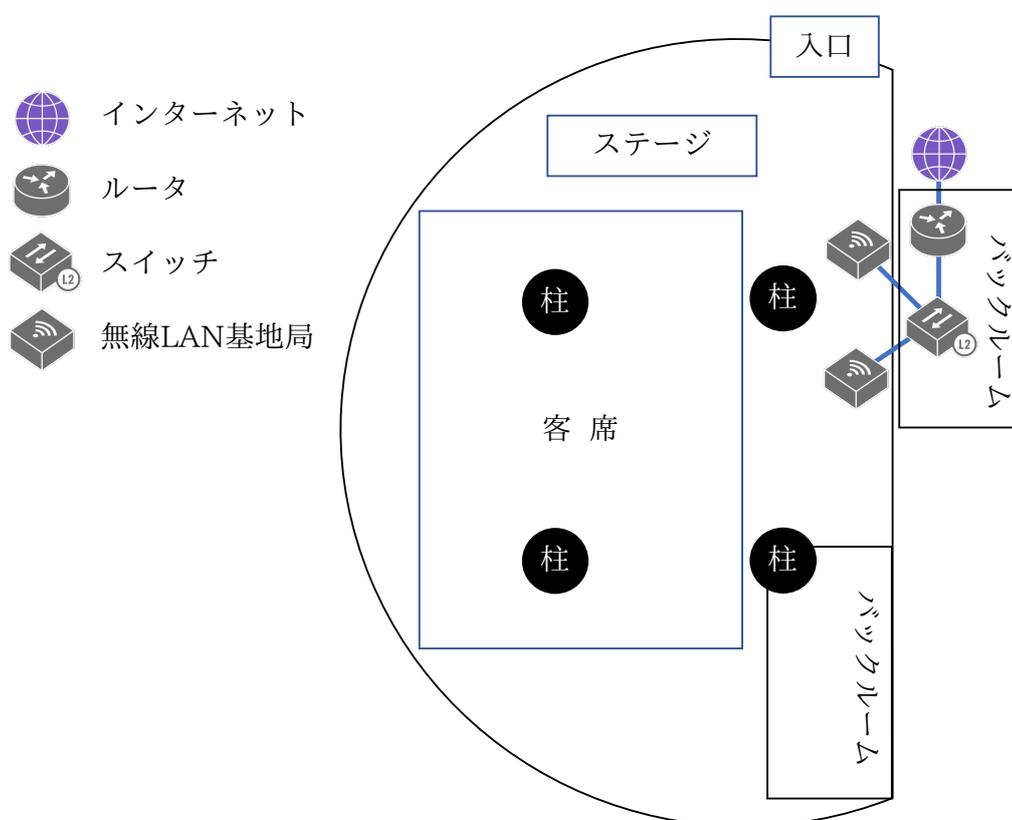
本実践では無線 LAN 基地局の運用に共通的な設計項目について重点的に解説を加えながら、半日程度の短い期間で接続環境を構築、その後会期終了までフィードバックを行いながら運用する。これにより、参加した技術者に複数の無線 LAN 基地局を協調的に動作させる運用技術が移転でき、現地の技術者のみで広域な無線 LAN 環境を自律的に構築できるようになるかを確認する。実践では特に設定の意図と効果について解説を行いながら共同で作業することで、参加した技術者の有効な知見獲得につながるように心がけた。

## 5.1. Phase1 bdNOG1 会場ネットワーク構築

bdNOG1 のカンファレンス会場で会場ネットワークを構築した。表 5.1 の通り、2 台の無線 LAN 基地局で会場無線 LAN を構成した。ミーティング参加者は 180 名であった。bdNOG として初回のカンファレンスであり、bdNOG 活動の認知度向上のために bdNOG EC らが報道各社に取材を呼びかけていた。会場内には報道関係者が入り、会議中に三脚付きビデオカメラを持って会場内を動き回るので、会場内の配線には注意が必要である。一部カンファレンス参加者のみに無線 LAN でインターネット接続性を提供することとし、図 5.2 のようなネットワークを構成した。

表 5.1 bdNOG1 会場ネットワーク主要機器とミーティング参加者数

機材名	台数
ルータ	1 台
スイッチ	1 台
無線 LAN 基地局	2 台
参加者数	180 名



ヤマハ株式会社『ネットワーク構成図 作成用アイコン』を作図に使用

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

図 5.2 bdNOG1 会場ネットワーク機器配置図 (記録を基に筆者作成)

### 5.1.1 Phase1 目的

構築チームに参加した技術者はそれぞれネットワーク運用に関する習熟度合いや得意な分野が異なることが想定されたため、実際の構築、設定状況の観察を通じて構築参加技術者の習熟段階を判断し、今後の計画立案の参考にする。また、bdNOG には会場無線 LAN アクセス網を構築するために必要な機材を選定する知見も無かったため、選定と機材調達に協力し、無線 LAN 環境を構築できる準備を整える。

### 5.1.2 Phase1 実施計画

2014 年 5 月にダッカで開催される bdNOG1 のカンファレンス向けに現地の会場ネットワーク構築チームと共に会場ネットワークを構築する。会場では参加者が屋内を移動し、手持ちの端末を会場に用意された無線 LAN 基地局に接続してインターネット接続を利用する。無線 LAN のセキュリティ技術はいくつか選択肢があるが、bdNOG は誰でも参加できるオープンな場であり、通信規制上<sup>1</sup>もインターネット接続提供の際に個別の端末利用者を認証することを求められていないため、共通の事前共有鍵を認証に使う接続方式を用いる。会場ネットワークの利用を希望する参加者は、構築チームから Service Set Identifier (SSID) と事前共有鍵を入手し、自身の端末を設定して無線 LAN 基地局に接続し、インターネットを利用するモデルである。このモデルはより広域の NOG である APRICOT でも採用しているほか、家庭用の無線 LAN 基地局に接続する際にも同様の設定を行うため、利用者にとっても混乱なく利用できる接続モデルである。

bdNOG は会場の無線 LAN 環境構築に必要な無線 LAN 基地局を所有していなかったため、必要な機材の選定と調達に協力する。無線 LAN で接続する端末をどのように無線 LAN 基地局に收容するかによって、無線 LAN 基地局に必要な性能仕様が異なってくる。一つは電波出力強度を弱く設定した比較的小規模な無線 LAN 基地局を提供スペース内に大量かつ網羅的に設置する手法で、もう一つは

---

1 国や地域によっては、通信サービスを提供する際に個別の端末利用者を識別できることが求められる場合があり、その際には共通の事前共有鍵を用いた認証のみでは不十分となる。



図 5.3 bdNOG1 カンファレンスの様子 (筆者撮影)

比較的大きめの無線 LAN 基地局を提供スペース内に分散配置する手法である。必要機材数の確保や利用しない時の機材保管の手間、会場ネットワーク構築時の配線や設定の手間などを総合的に検討した結果、比較的少ない機材数でネットワークを構築できる後者の手法を採用することとした。40 台程度の無線 LAN 端末に接続性を提供できること、多くの端末が実装していると期待できる 2.4GHz 帯の無線帯域を利用できることなどの条件から、中規模の無線 LAN 基地局を機材として選択することとした。

今回は、ミーティング開催までに確保できた 2 台の無線 LAN 基地局を用いてアクセス網を構築する。200 名近いカンファレンス参加者全員に接続性を提供するには 2 台の無線 LAN 基地局では力不足であり、1 台を会場運営の関係者用、もう 1 台を一部参加者向けのアクセス提供用に利用することとして構築を行う。

筆者は機器選定と調達のみ協力し、構築参加技術者のみで会場内の配線や、ルータの設定構築、無線 LAN 基地局の設定を実施する。事前に bdNOG EC から聞いた情報では、構築参加技術者たちは機器の設定や構築は問題なく実施できるが、無線 LAN 関連の設定はそれほど慣れていないとのことだったので、構築の様子や設定された機器の状態の観察によってそれを確認する。観察結果は、今後の運用技術移転に向けた計画立案の参考にする。

### 5.1.3 Phase1 結果

構築チームは作業を分担して構築を進めていた。物理配線やルータなどの機器設定は既に習熟しているようで、構築参加技術者のみで問題なく実施できていた。機器設定の際は設定を行っている端末を他の構築参加技術者が覗き込み、操作を確認している様子が確認できた。ルータはIPv4 アドレスやネットマスク、経路、NAPT、アクセス制御など設計した構成に必要な基礎的な項目が問題なく設定されていた。ケーブル配線では、人が踏んだりしないような箇所に敷設するなどの配慮は見られたものの、ケーブルの固定などは実施されていなかった。ルータはDHCP サーバとしても運用され、端末からの要求に従い、IPv4 アドレスとネットマスク、名前解決に必要なフルリゾルバの情報、デフォルトゲートウェイの情報など、端末が通信するのに必要な設定項目が問題なく配布できていた。手配したインターネット接続回線の都合で、接続性はIPv4 のみでの提供となった。無線LAN 基地局の設定に関してもSSID やパスワード、無線チャンネルなど無線LAN 基地局を単体として動作させる設定は構築参加技術者のみで実施できていた。ただし、無線LAN のセキュリティ技術は既に利用が推奨されていないWEP [88] であった。

会場には180名程度が参加しており、用意した2台の無線LAN 基地局の性能ではカンファレンス参加者全員に安定的な接続を提供することができないと判断し、接続性を提供する参加者を限定することとした。会場前方に無線LAN 基地局を設置し、国外からの参加者など現地でデータ通信手段を持たないであろう参加者向けに優先的に無線LAN 基地局へ接続するのに必要なSSID と事前共通鍵の情報を提供して、これら数十名程度のカンファレンス参加者に会場ネットワークを利用してもらった。会場ネットワークの利用者が持参した端末はすべて無線LAN を利用可能であり、有線による接続を求めた利用者はいなかった。接続方法は他のNOG などでも採用されている手法だったので、利用者は全員特段の助けを必要とすることなく自身の端末を設定して会場ネットワークに接続していた。利用者を限定したことにより無線LAN 基地局に接続する端末数が押さえられ、比較的良好な品質で会場ネットワークを提供できた。

#### 5.1.4 Phase1 ネットワーク評価

会場ネットワーク構築用に用意した無線 LAN 基地局は数十名程度の利用負荷には十分耐えられる性能があり、安定的なサービス提供につながった。構築チームが実施した屋内の配線や機器の設定も安定して運用できており、構築区間でのパケットロスや遅延は観測されていない。ただし無線 LAN のセキュリティ技術として採用した WEP は既に利用が推奨されていない技術であり、より強力な暗号機能を利用可能な他の技術を採用すべきだった。インターネットに接続する回線の帯域は限られており、利用者を限定しても一人当たりの帯域は潤沢とは言えない状況だった。このため他の利用者とネットワークの利用が重なるとデータのダウンロードに時間がかかったほか、通信に遅延が発生する状況だった。

会場ネットワークによるインターネット接続性提供は、バングラデシュ国外からの参加者に好評で、様々な業務や交流、現地情報の検索などに活用されているようだった。現地の参加者にはノートパソコンを持参している人も多く、参加者全員に無線 LAN が提供されていればより多くの接続要求があったと考えられる。

#### 5.1.5 Phase1 考察

無線 LAN 基地局が2台しか調達できなかったため、提供範囲が限られたほか、無線 LAN 基地局間の連携構成も実現できなかった。構築チームは会場へのインターネット接続回線を導入し、機器間を配線し、ルータに IPv4 アドレスやネットマスク、経路、NAPT、アクセス制御など設計したネットワーク構成に必要な機能を設定した。ルータには DHCP サーバが設定され、端末からの要求に従い IPv4 アドレスとネットマスク、名前解決に必要なフルリゾルバの情報、デフォルトゲートウェイの情報など、端末が通信するのに必要な設定項目が問題なく配布できていた。これら観測から、構築チームはネットワーク構築と運用に必要な基礎的な技術力を持っていると判断した。

無線 LAN 基地局の設定に関しては、無線 LAN 基地局を単体として動作させるために必要な SSID や事前共有鍵の設定は行えたものの、採用したセキュリティ技術が既に利用が推奨されていない WEP であった。これはその設定が標準的な

手法としてバングラデシュで利用されているか、設定方法を web サイトなどで検索し、たまたま探し当てた情報を参考に設定したことなどがシナリオとして想定される。これに対応するには、設定手法の見直しを通じて知識を更新し推奨される設定への移行を支援する、専門家など適切な情報にたどり着くための情報を伝えることが改善策として挙げられる。

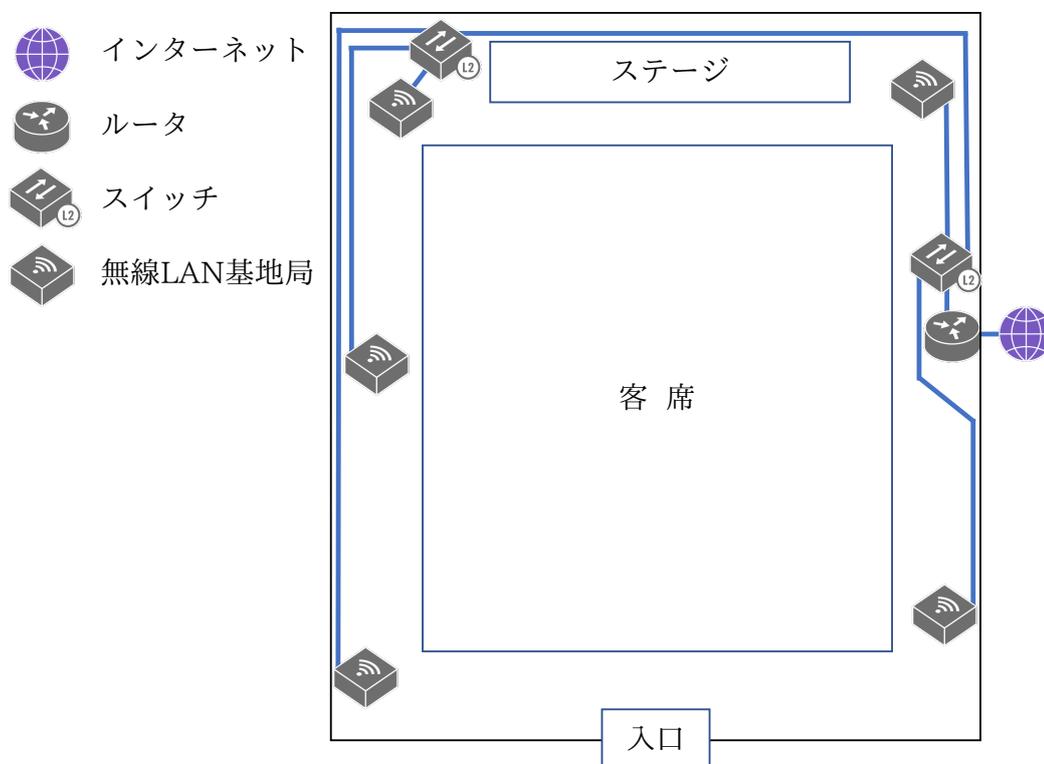
構築チームは作業を分担して構築を進めており、機器設定の際には他の習熟していない構築参加技術者が操作の様子を覗き込む様子が観測できた。これは日頃操作経験のない機器の操作方法を自主的に興味を持って学習しようとする行為であり、構築参加技術者の学習意欲の高さと会場ネットワーク構築が学習の場としても機能していることを示すものである。

## 5.2. Phase2 bdNOG3 会場ネットワーク構築

bdNOG3 のカンファレンス会場で会場ネットワークを構築した。表 5.2 の通り、5 台の無線 LAN 基地局で会場無線 LAN を構成した。ミーティング参加者は 200 名であった。電源アウトレットやインターネット接続回線の引き込み位置を考慮し、ルータやスイッチを配備した。カンファレンス参加者全員にインターネット接続性を提供するため、無線 LAN 基地局はカンファレンス会場を取り囲むように配備し、図 5.4 にあるように機器を設置してネットワークを構成した。

表 5.2 bdNOG3 会場ネットワーク主要機器とミーティング参加者数

機材名	台数
ルータ	1 台
スイッチ	2 台
無線 LAN 基地局	5 台
参加者数	200 名



ヤマハ株式会社『ネットワーク構成図 作成用アイコン』を作図に使用

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

図 5.4 bdNOG3 会場ネットワーク機器配置図 (記録を基に筆者作成)

### 5.2.1 Phase2 目的

複数の無線 LAN 基地局の複数の無線 LAN 基地局を協調的に動作させる運用技術を移転する。Phase1 (5.1) の結果を踏まえ、セキュリティ技術に関して現状で利用可能な技術の知識を移転する。セキュリティ技術の設定や複数の無線 LAN 基地局を協調動作させる構築経験を通じて構築参加技術者の知見獲得を促す。会場

内に分散配置した複数の無線 LAN 基地局を協調的に動作させることで、カンファレンス参加者全員に無線 LAN でのインターネット接続性を提供する。

### 5.2.2 Phase2 実施計画

2015 年 5 月にダッカで開催される bdNOG3 のカンファレンス向けに現地の構築チームと共に会場ネットワークを構築する。カンファレンス参加者全員に接続環境を提供するため同じ仕様の無線 LAN 基地局 3 台の追加調達に協力し、合計 5 台の無線 LAN 基地局を会場内に分散配置して無線 LAN 環境を構築する。

無線 LAN の相互接続性向上や普及を進めている業界団体の Wi-Fi Alliance<sup>2</sup> はセキュリティ技術を仕様として策定しており、これに準拠した製品に認証プログラムを提供している。Wi-Fi Alliance が策定した仕様を採用することで相互接続の問題を解消し、多くの利用者が接続可能であることが期待できる。このため、無線 LAN のセキュリティ技術は Wi-Fi Alliance が策定した Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2) を CCMP 暗号方式で採用することとする。WPA2 は WEP よりも強力な暗号機能を提供でき、実施時点で安全とされているセキュリティ技術である。インターネット接続提供の際に個別の端末利用者を認証することを求められていないため、共通の事前共有鍵を認証に使う WPA2-PSK 接続方式を用いる。採用するセキュリティ技術は Phase1 (5.1) とは異なるものの、WPA2-PSK でも利用者側での設定項目は SSID と事前共有鍵であり、ほとんどの端末実装で WEP と同様の設定手順で接続できるため、混乱なく導入できると判断した。この技術を参加技術者に概説し、必要であれば設定を指導する。

200 名程度が参加するカンファレンス会場内で無線 LAN での接続性を提供する場合、用意した無線 LAN 基地局の収容可能端末台数や電波到達範囲の制限から、複数の無線 LAN 基地局を会場内に設置する構成となる。利用者の利便のためには、利用者が一度端末に接続設定すればどの無線 LAN 基地局にも接続できるように構成することが望ましい。IEEE 802.11 規格の無線 LAN では Extended Service Set (ESS) 構成を採用して、複数の無線 LAN 基地局に同一の Extended Service

---

2 <https://www.wi-fi.org/>

Set Identifier (ESSID) を設定することで構成できる。接続する利用者は ESSID を SSID として端末に設定し、電波強度の測定などで通信状況が良いと判断できる無線 LAN 基地局を自動的に選択しながら接続を維持する。このため、ESSID を用いた構成を採用しても利用者側の設定手順に変わりはない。ESSID を用いて構成する場合、無線 LAN 基地局の有線側は同一のリンクに接続することが望ましい。これは端末が利用中に何らかの理由で異なる無線 LAN 基地局に接続し直した場合、接続先のネットワークが異なると端末の IP アドレスの変更などが発生し、通信が一時的に途絶する懸念があるためである。通信途絶が問題にならないような場合、例えば無線 LAN の提供範囲が連続しておらず、移動途中で必ず接続断が発生する場合には、同じ ESSID で無線 LAN 接続を提供する無線 LAN 基地局の有線側接続を異なるリンクに接続していても影響は少ない。今回、会議場は一つの大きな部屋なので、すべての無線 LAN 基地局を同一のリンクに接続した構成を採用することとする。無線 LAN では利用可能な無線帯域が限られており、IEEE 802.11 規格の 2.5GHz 帯では 1 から 11 まで 11 個の無線チャンネルが利用可能となっている。利用可能な無線チャンネルは相互に干渉する帯域があるため、利用可能な無線帯域を複数の無線 LAN 基地局で有効利用するには、1,6,11 の無線チャンネルのみを分散して利用することが望ましい。会場によっては電波のノイズや遮蔽物などで無線 LAN が利用する電波帯域の利用に影響を及ぼす場合があり、無線 LAN 基地局の設置場所や設定する無線チャンネルを変更する場合もある。技術を概説した上で、無線 LAN 基地局の設置場所と無線チャンネル設計の関係を机上で図示して構築参加者に説明し、実際の設定と確認作業を通じて技術移転を図る。

再近接発達領域を意識して習熟段階を観察するため、まず現地の構築参加技術者に初期の構築を行ってもらおう。その後、無線 LAN 技術の概説を行い、目標とする設計を示し、順次設定を共同で見直しするという手順で環境を構築する。見直しの際には、設定変更の後に実際に端末で接続してみるなど変更内容が体験できるよう配慮する。これは新技術導入の利点が欠点を上回るという経験の提供を意図しており、新技術導入に対する抵抗感を軽減する効果を期待している。英語が得意ではない技術者もいたため、意思疎通の際には簡単な表現を心がけ、その場でノートに図示しながら解説を加えるなど、意図が理解されるよう努める。構築



図 5.5 bdNOG3 会場ネットワーク機材の設置状況 (筆者撮影)

実施前に bdNOG EC から構築参加技術者に筆者を助言者として紹介してもらい、筆者の言動の影響強化を図る。

### 5.2.3 Phase2 結果

Phase1 (5.1) と同様に、構築チームは作業を分担して構築を進めており、物理配線やルータなどの機器設定は構築参加技術者のみで実施できていた。前回同様、機器設定の際は設定を行っている端末を他の構築参加技術者が覗き込み、操作を確認している様子が確認できた。構築状況もほぼ変わりなく、ルータは IPv4 アドレスやネットマスク、経路、NAPT、アクセス制御など設計した構成に必要な基礎的な項目が問題なく設定されていた。ケーブル配線では、人が踏んだりしないような箇所に敷設するなどの配慮は見られたものの、ケーブルの固定などは実施されていなかった。ルータは DHCP サーバとしても運用され、端末からの要求に従い、IPv4 アドレスとネットマスク、名前解決に必要なフルリゾルバの情報、デフォルトゲートウェイの情報など、端末が通信するのに必要な設定項目が問題なく配布できていた。手配したインターネット接続回線の都合で、接続性は IPv4 のみでの提供となった。

構築中に無線 LAN 基地局の配置場所について助言を求められたので、配線の都合や会場の形状を考慮して会場を取り囲むよう壁際に分散して設置するよう指示した。構築された無線 LAN 基地局の設定を見ると前回同様セキュリティ技術

として WEP を採用し、それぞれ異なる SSID が設定されていた。構築参加技術者に WEP の利用は止めて WPA2 を CCMP 暗号方式で利用することが望ましい旨を解説し、設定の解説を加えながら筆者が無線 LAN 基地局を設置変更した。設定後はそれぞれの端末で実際に設定済みの無線 LAN 基地局に接続して、手順に変わりなく接続できることを確認し、これにより安全な無線 LAN 環境を提供できることを解説した。また、ESSID と端末が自動的に近傍の無線 LAN 基地局に接続する仕組みを図示しながら概説し、設定の解説を加えながら筆者が無線 LAN 基地局を設定変更した。その後、解説用に設定変更を行った無線 LAN 基地局を参考に、構築参加技術者が他の無線 LAN 基地局を設定変更した。変更は設計通りに実施されており、問題なかった。

無線 LAN 基地局に設定されていた無線チャンネルがすべての無線 LAN 基地局で同一であったので、特段の事情がなければ無線帯域を効率よく利用するため 2.4GHz 帯では 1, 6, 11 のチャンネルを利用して分散させることなどをノートに図示しながら解説した。解説後、無線 LAN 基地局の配置図をノートに描き、机上で無線 LAN 基地局毎に無線チャンネルを割り当てた。一台の無線 LAN 基地局を筆者が設定の解説を加えながら設定変更した。その後、ノートに記載された無線チャンネル設計に従って構築参加技術者が設定変更を行い、設計通りの構成となった。

筆者が設定変更をする際は、構築参加技術者がその様子を見入るように見つめていた。英語が堪能ではない構築参加技術者には他の構築参加技術者がノートの図を示しながらベンガル語で解説を加える様子も観測できた。会期中は各無線 LAN 基地局に接続している端末数や通信状態が問題ないかを構築参加技術者と共有して運用を行った。

#### 5.2.4 Phase2 ネットワーク評価

カンファレンスに参加した 200 名程度全員に SSID と事前共有鍵を周知してインターネット接続性を提供した。会場内に分散配置した無線 LAN 基地局群には参加者が持参した端末を収容するには十分な性能があり、安定的なサービス提供につながった。これは図 5.6 でも見られるように端末を持参したのは参加者の一



図 5.6 bdNOG3 カンファレンスの様子 (筆者撮影)

部であったことや、参加者座席には一部しか電源が用意されておらず、ほとんどの利用者はバッテリーのみで端末を利用したために、会場ネットワークに接続した端末数が事実上制限されたことも影響している。利用者は会場内に適度に分散して着席していたため、会場を取り囲むように壁際に分散配置した無線 LAN 基地局群にも適度に分散して接続することとなり、安定したサービス提供につながった。

会場ネットワークの利用者が持参した端末はすべて無線 LAN を利用可能であり、有線による接続を求めた利用者はいなかった。また、利用者の端末はすべて WPA2-PSK を利用可能であり、接続設定も標準的な手法だったので、利用者は特段の助力なしに自身の端末を提供された SSID と事前共有鍵の情報を用いて設定しており、採用したセキュリティ技術は適切であった。

構築チームが実施した屋内の配線や機器の設定も安定して運用できており、無線チャンネルもなるべく分散するように構成したため、構築区間でのパケットロスや遅延は観測されていない。インターネットに接続する回線の帯域は前回より増やされたようで、比較的安定したインターネット接続状況であった。

前回同様、会場ネットワークによるインターネット接続性提供は特にバンングラデシュ国外からの参加者に好評で、様々な業務や交流、現地情報の検索などに活用されているようだった。今回は現地からの参加者も自身のノートパソコンを会場ネットワークに接続して、資料の閲覧や業務、交流などに活用されていた。

会期中はトラブルや苦情もなく、カンファレンス参加者全員にインターネット接続環境を無線 LAN で提供するという目的を果たせた。

### 5.2.5 Phase2 考察

構築参加技術者は前回同様、単独の無線 LAN 基地局を運用する際と同様に設定を行っており、無線 LAN 基地局として動作する状態にはなっていた。しかし、設定していたセキュリティ技術が既に推奨されない古い仕様だったことや、複数の無線 LAN 基地局を協調的に動作させる視点に欠けていることが観測された。WEP が既に推奨されない設定であることや、現時点では WPA2-PSK を CCMP 暗号方式で利用するのが推奨される旨を解説し、設定変更を実施した無線 LAN 基地局に端末側から実際に接続を試みることで、WEP と設定方法に大きな違いなく接続が可能であることを体験してもらった。これにより WEP よりも安全なセキュリティ技術が利用者側への負担なく導入できることを経験してもらい、新技術導入への抵抗感を軽減した。ESSID についても複数台の無線 LAN 基地局を仮想的に単一の無線 LAN 接続環境提供設備として構成できることを示し、無線 LAN 基地局の有線側接続に多少の配慮が必要なものの、利用者に伝える SSID と事前共有鍵のセットを一つにできることや設定の簡単さを体験してもらった。

無線チャンネルの構成はネットワークの利用が増えないと影響が見えにくいため構築時に問題に気が付きにくい項目であるが、無線 LAN の物理配置からある程度机上設計できる項目であることを図示しながら解説した。このような、構築時には動作するように見えても実際に利用が始まると問題が顕在化する箇所は知見が無いと気が付きにくい項目であると言え、重点的な解説が必要である。

構築参加技術者に技術や解説や設定例を示すことで他の無線 LAN 基地局を適切に設定できており、構築参加技術者は無線 LAN 基地局を協調的に動作させる運用技術を習熟することが可能な状態だと判断した。

構築を通じて筆者の助言は素直に受け入れられており、事前に bdNOG EC から紹介してもらったことや、筆者のこれまでの活動により、言動が重視される結果をもたらしている。実際、筆者が設定を変更する際には構築参加技術者は設定画面を真剣に見つめており、解説のすべてを理解しようと努力している姿勢が観測できた。このような信頼関係による知識移転の障害要因軽減や、新技術への抵抗感軽減を目的とした接続利用経験も有効に機能し、技術が円滑に移転できたと評価できる。今後、移転した技術が定着したかを確認する必要がある。

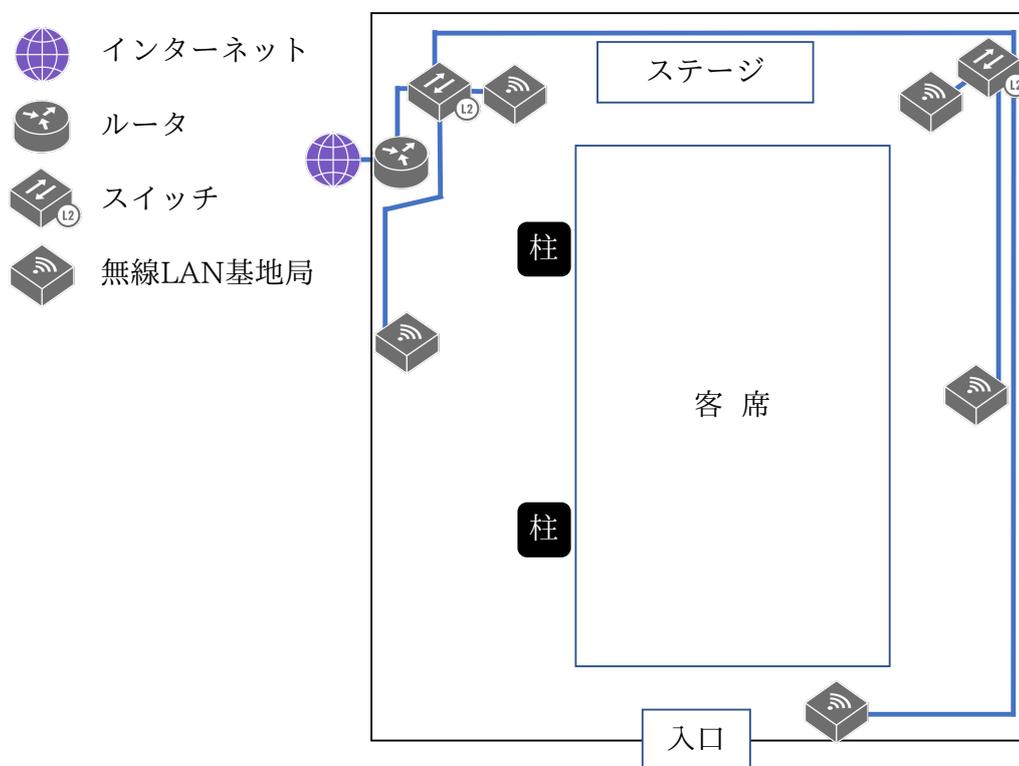
構築中には、構築参加技術者たちがノートに記載した無線チャンネルの構成図を手にしながらベンガル語で議論している場面もあり、会場ネットワーク構築が協同的学びの場として機能していることが観測できた。

### 5.3. Phase3 bdNOG4 会場ネットワーク構築

bdNOG4のカンファレンス会場で会場ネットワークを構築した。表 5.3 の通り、5 台の無線 LAN 基地局で会場無線 LAN を構成した。ミーティング参加者は 86 名であった。会場のステージ向かって左側の客席を設けていない空いた場所ではティークレイク時の飲み物や軽食が提供されるため、該当箇所での配線を減らすよう配慮した。電源アウトレットやインターネット接続回線の引き込み位置を考慮し、ルータやスイッチを配備した。カンファレンス参加者全員にインターネット接続性を提供するため、無線 LAN 基地局はカンファレンス会場を取り囲むように配備し、図 5.7 にあるように機器を設置してネットワークを構成した。

表 5.3 bdNOG4 会場ネットワーク主要機器とミーティング参加者数

機材名	台数
ルータ	1 台
スイッチ	2 台
無線 LAN 基地局	5 台
参加者数	86 名



ヤマハ株式会社『ネットワーク構成図 作成用アイコン』を作図に使用

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

図 5.7 bdNOG4 会場ネットワーク機器配置図 (記録を基に筆者作成)

### 5.3.1 Phase3 目的

複数の無線 LAN 基地局を協調的に動作させる運用技術が移転できたかを確認する。Phase2 (5.2) で移転した技術が定着したかを確認し、定着していない技術があれば、その項目や原因を調査する。定着していない技術に関しては追加の技術移転を試みる。現地の構築参加技術者のみで多数の無線 LAN 基地局を協調的

に動作させ、全参加者に無線 LAN での良好な接続性を提供できるかを確認する。

### 5.3.2 Phase3 実施計画

2015 年 11 月にスリマンガルで開催される bdNOG4 のカンファレンス向けに構築チームと共に会場ネットワークを構築する。bdNOG が所有する 5 台の無線 LAN 基地局を用いて、カンファレンス参加者全員に接続性を提供するために無線 LAN 環境を構成する。

無線 LAN の構成は Phase2 (5.2) と同じく、会場内に無線 LAN 基地局を分散配置して、ESSID を用いた構成とする。セキュリティ技術は WPA2-PSK を採用し、暗号方式には CCMP 暗号方式を用いる。

再近接発達領域を意識して習熟段階を観察するため、まず現地の構築参加技術者に初期の構築を行ってもらい、そこから順次設定を共同で確認し、必要であれば見直しするという手順で無線 LAN 環境を構築する。見直しの際には、設定変更の後に変更内容が実感できるよう配慮する。英語が得意ではない技術者もいたため、意思疎通の際には簡単な表現を心がけ、その場でノートに図示しながら解説を加えるなど、意図が理解されるよう努める。構築参加技術者は筆者を助言者として既に認知していたため、筆者の影響力強化のための対策は特に行わない。

構築参加技術者により良い通信品質を目指す運用を体験してもらうため、機器の負荷状態に応じて設定を変更し負荷の分散を制御する運用も導入する。無線 LAN 基地局には電波の送信電力を調整する設定項目があり、これを変更することで端末側が接続する無線 LAN 基地局を制御することができる。例えば、接続して来る端末が特に多い無線 LAN 基地局の電波の送信出力を弱めることで、他の無線 LAN 基地局より電波状態が劣化したように見せ、いくつかの接続端末が自動的に他の無線 LAN 基地局へと接続を変更することが期待できる。これにより、各無線 LAN 基地局で収容する端末数を分散させ、結果的に良好な通信環境を多くの端末に提供することができる。同様の変更は無線 LAN 基地局の設置場所変更でも実施できる。利用者の端末が多い場所を密に網羅するように無線 LAN 基地局を配備することで、無線 LAN 基地局一台当たりの収容端末台数を分散することができる。利用者の端末がどの無線 LAN 基地局に接続するかは、利用する位置やそれま

での接続状態、障害物などの影響があり、一定しない。各無線 LAN 基地局が収容する端末数を分散させるために、状況を見ながら無線 LAN 基地局の電波の送信出力を調整する、あるいは、必要に応じて無線 LAN 基地局の配置を見直すことで、より良い通信環境を利用者に提供できる。これは限られた台数の無線 LAN 基地局を最大限有効に利用する際に必要な運用であり、十分な台数の無線 LAN 基地局が得られるまでは有効な技術である。会期中に構築参加技術者とともに状況を見ながら設定変更や配置変更を行い、共同で効果を確認する。

### 5.3.3 Phase3 結果

Phase1 (5.1)、Phase2 (5.2) と同様に、構築チームは作業を分担して構築を進めており、物理配線やルータなどの機器設定は構築参加技術者のみで実施できていた。図 5.8 でも見られるように、機器設定の際は設定を行っている端末を他の構築参加技術者が覗き込み、操作手順や設定項目を確認している様子が確認できた。構築状況もほぼ変わりなく、ルータは IPv4 アドレスやネットマスク、経路、NAPT、アクセス制御など設計した構成に必要な基礎的な項目が問題なく設定されていた。ケーブル配線では、人が踏んだりしないような箇所に敷設するなどの配慮は見られたものの、ケーブルの固定などは実施されていなかった。ルータは DHCP サーバとしても運用され、端末からの要求に従い、IPv4 アドレスとネットマスク、名前解決に必要なフルリゾルバの情報、デフォルトゲートウェイの情報など、端末が通信するのに必要な設定項目が問題なく配布できていた。手配したインターネット接続回線の都合で、接続性は IPv4 のみでの提供となった。

無線 LAN 基地局も、設計通りセキュリティ技術に WPA2-PSK を、暗号方式に CCMP 暗号方式を用いて設定されていた。複数の無線 LAN 基地局に共通の ESSID が設定され、ESSID の構成が構築参加技術者のみによって構築できていた。ただし、近傍の無線 LAN 基地局で無線チャンネルの設定に重なりがあるなど、改善項目もあった。無線チャンネルの重なりをなるべく避けるように構成する方が良いと助言したところ、構築参加技術者のみで設計を見直し、より適切な設定に修正できた。構築参加技術者に無線 LAN 基地局が使用している無線チャンネルを調べて表示できるソフトウェアの表示結果を見せたところ、とても興味を持って見

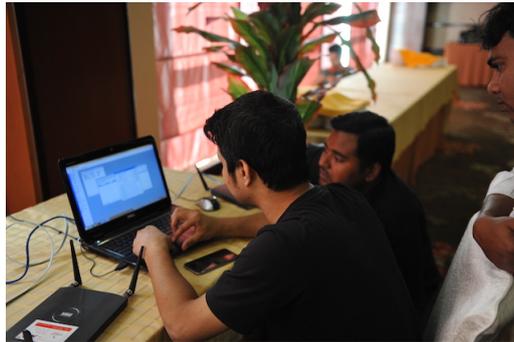


図 5.8 bdNOG4 での会場ネットワーク構築の様子 (筆者撮影)

ていた。同様のツールは各種あり、中には無料で利用できるものもあるので、有用そうなソフトウェアをいくつか構築参加技術者に伝えたところ、早速導入している様子が観測できた。

会期中には、無線 LAN 基地局の設置場所と利用者の座席配置の関係で、特定の無線 LAN 基地局に無線 LAN 端末収容数の偏りが生じることがあるため、現地技術者と共同で無線 LAN 基地局の送信出力設定を調整して負荷分散を図った。会場で提供した無線 LAN に接続する端末が少なかったため、配備した無線 LAN 基地局の能力には余力があり、無線 LAN 基地局に接続している端末を再分散させる必要はない状況であったが、技術移転のために負荷分散手順を実施した。実施の際には構築参加技術者に、この状況であれば負荷分散作業は必要ないが効果を確認するために実施するとの説明を伝えた。特に休憩後など端末が一斉に接続を試みる際に分散状況を調べ、無線 LAN 基地局の電波の送信出力を変化させ、それぞれの無線 LAN 基地局に接続している端末数が変化することを共同で確認した。この際、通信品質が劣化しないように能動的に調べる項目や設定で調整できる項目などを解説した。

#### 5.3.4 Phase3 ネットワーク評価

現地に参加した 90 名程度の参加者全員に接続情報を周知して会場ネットワークを利用してもらい、特に大きな障害はなく会場ネットワークを運用できた。今回は地方での開催回であり参加者が首都ダッカで開催するよりも少なかったことと、



図 5.9 bdNOG4 カンファレンスの様子 (筆者撮影)

図 5.9 でも見られるように端末を持参したのは参加者の一部であったことが影響し、会場ネットワークに接続した端末数が少なかった。配備した無線 LAN 基地局はこれら参加者が持参した端末を収容するのに十分な性能があった。利用者は会場内に適度に分散して着席していたため、会場を取り囲むように壁際に分散配置した無線 LAN 基地局にも適度に分散して接続することとなり、安定したサービス提供につながった。

会場ネットワークの利用者が持参した端末はすべて無線 LAN を利用可能であり、有線による接続を求めた利用者はいなかった。また、利用者の端末はすべて WPA2-PSK を利用可能であり、接続設定も標準的な手法だったので、利用者は特段の助力なしに自身の端末を提供された SSID と事前共有鍵の情報を用いて設定しており、採用したセキュリティ技術は適切であった。

構築チームが実施した屋内の配線や機器の設定も安定して運用できており、無線チャンネルの適切な分散や接続する端末数の少なさも手伝って、構築区間でのパケットロスや遅延は観測されていない。会場ネットワークを利用した参加者は自身のノートパソコンやスマートフォンで発表資料を閲覧していたほか、業務、交流などに活用していた。

会期中はトラブルや苦情もなく、カンファレンス参加者全員にインターネット接続環境を無線 LAN で提供するという目的を果たせた。

### 5.3.5 Phase3 考察

構築参加技術者は前回の構築作業を参考に、自分たちで無線 LAN 基地局の配置や設定を行い、複数の無線 LAN 基地局を協調的に用いたネットワーク構成を構築していた。技術要素別に見ると、設定の意図が分かり易い ESSID は問題なく設定できる状態になっていた。しかしこれは設定の雛形を用意して適用するだけでも対応可能な機能なので、異なる状況下でも適切に ESSID の構成を設計運用できるかは今後の確認が必要である。無線チャンネル設計に関しては、一部近傍の無線 LAN 基地局での設定に重なりがあり、改善が必要であった。無線チャンネル設計は現地の無線 LAN 基地局の設置場所構成に応じて調整が必要であり、忘れがちな項目ではあるが、簡単な助言ですぐに適切に設計を修正し、設定に反映できたため、概要は理解され習熟が進んでいると判断した。ノートに無線 LAN 基地局の設置状況を図示して無線チャンネルの衝突を解説したところ、構築参加技術者がハッと何か思い出したような表情をしていたのが印象的であった。

会議中には利用状況に応じて設定を変更し品質劣化を未然に防ぐなど、より良い品質実現に向けた高度な運用も構築参加技術者に体験してもらえた。これは、利用者から苦情を受けて調査対応するのではなく、サービス提供者側が能動的に品質の維持を行う姿勢の体験であり、より良いサービス提供を考える上では重要な経験である。品質管理のために何が指標となり、品質改善のためにどのような対応ができるかを知ること、限られた設備をより有効に利用することができるため、貴重な学習機会となった。

今回も、構築チームは作業を分担して構築を進めており、機器設定や設定確認の際には他の習熟していない構築参加技術者が操作の様子を覗き込む様子が観測できた。これは習熟していない機器の操作方法やツールの利用方法を自主的に興味を持って学習しようとする行為であり、引き続き構築参加技術者の学習意欲の高さと会場ネットワーク構築が学習の場としても機能していることを示すものである。

今回は筆者の影響強化に向けた対策は特に実施していないが、筆者の助言は素直に受け入れられていた。これまでの筆者の活動や会場ネットワークの共同構築活動を通じて言動が重視される結果をもたらしている。このような信頼関係が

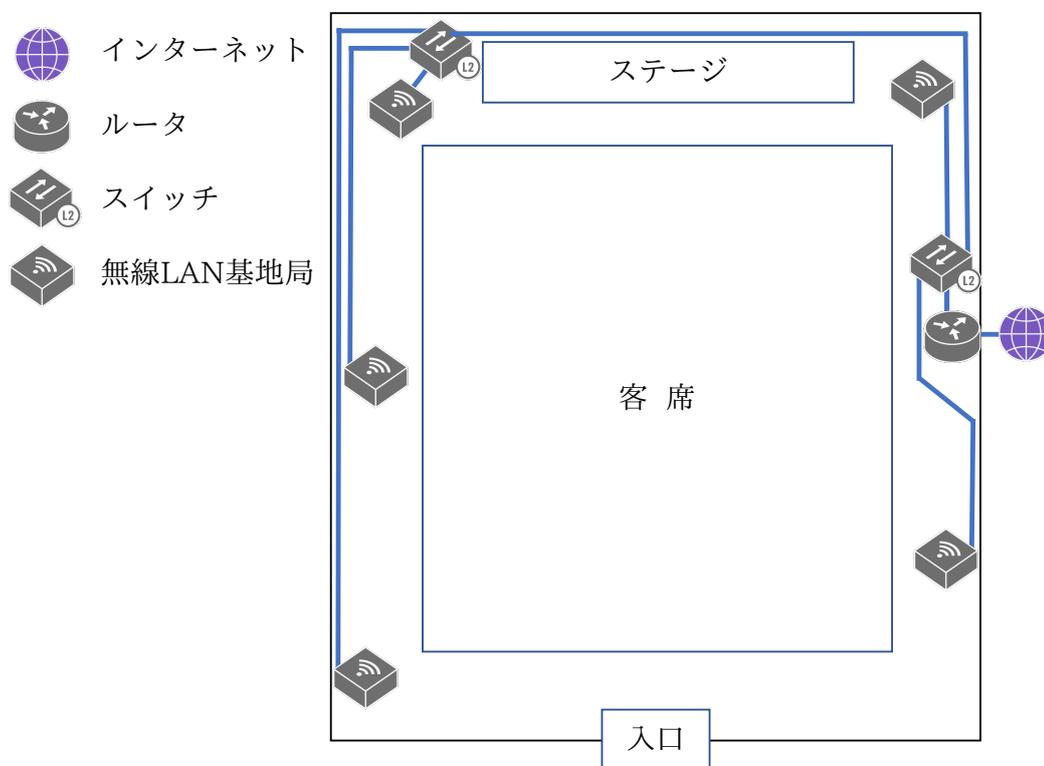
より良い品質へ向けた運用の体験などでも有効に機能し、指示が受け入れられたと評価できる。今回は構築参加技術者の習熟は進んでいると評価できるものの細かな指摘事項があったため、もう一度定着状況を確認することとする。

## 5.4. Phase4 bdNOG5 会場ネットワーク構築

bdNOG5のカンファレンス会場で会場ネットワークを構築した。表 5.4 の通り、5 台の無線 LAN 基地局で会場無線 LAN を構成した。ミーティング参加者は 220 名であった。会場は Phase2 (5.2) と同じであり、インターネット接続回線の引き込み位置や電源アウトレットの位置も変わりなかったため、Phase2 (5.2) と同様の機器配置とした。カンファレンス参加者全員にインターネット接続性を提供するため、無線 LAN 基地局はカンファレンス会場を取り囲むように配備し、図 5.10 にあるように機器を設置してネットワークを構成した。

表 5.4 bdNOG5 会場ネットワーク主要機器とミーティング参加者数

機材名	台数
ルータ	1 台
スイッチ	2 台
無線 LAN 基地局	5 台
参加者数	220 名



ヤマハ株式会社『ネットワーク構成図 作成用アイコン』を作図に使用

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

図 5.10 bdNOG5 会場ネットワーク機器配置図 (記録を基に筆者作成)

### 5.4.1 Phase4 目的

複数の無線 LAN 基地局を協調的に動作させる運用技術が移転できたかを確認する。Phase2 (5.2)、Phase3 (5.3) で移転した技術が定着したかを確認し、定着していない技術があれば、その項目や原因を調査する。定着していない技術に関しては追加の技術移転を試みる。現地の構築参加技術者のみで多数の無線 LAN 基

地局を協調的に動作させ、全参加者に無線 LAN での良好な接続性を提供できるかを確認する。

### 5.4.2 Phase4 実施計画

2016 年 4 月にダッカで開催される bdNOG5 のカンファレンス向けに構築チームと共に会場ネットワークを構築する。bdNOG が所有する 5 台の無線 LAN 基地局を用いて、カンファレンス参加者全員に接続性を提供するために無線 LAN 環境を構成する。

無線 LAN の構成は Phase2 (5.2)、Phase3 (5.3) と同じく、会場内に無線 LAN 基地局を分散配置して、ESSID を用いた構成とする。セキュリティ技術は WPA2-PSK を採用し、暗号方式には CCMP 暗号方式を用いる。

再近接発達領域を意識して習熟段階を観察するため、まず現地の構築参加技術者に初期の構築を行ってもらう。そこから順次設定を共同で確認し、必要であれば見直しするという手順で無線 LAN 環境を構築する。見直しの際には、設定変更の後に変更内容が実感できるよう配慮する。英語が得意ではない技術者もいたため、意思疎通の際には簡単な表現を心がけ、その場でノートに図示しながら解説を加えるなど、意図が理解されるよう努める。構築参加技術者は筆者を助言者として既に認知していたため、筆者の影響力強化のための特段の対策は行わない。

### 5.4.3 Phase4 結果

これまでと同様に構築チームは作業を分担して構築を進めており、機器設定の際は設定を行っている端末を他の構築参加技術者が覗き込み、操作手順や設定項目を確認している様子が確認できた。

構築状況もほぼ変わりなく、ルータは IPv4 アドレスやネットマスク、経路、NAPT、アクセス制御など設計した構成に必要な基礎的な項目が問題なく設定されていた。ケーブル配線では、人が踏んだりしないような箇所に敷設するなどの配慮は見られたものの、ケーブルの固定などは実施されていなかった。ルータは DHCP サーバとしても運用され、端末からの要求に従い、IPv4 アドレスとネット



図 5.11 bdNOG5 カンファレンスの様子 (筆者撮影)

マスク、名前解決に必要なフルリゾルバの情報、デフォルトゲートウェイの情報など、端末が通信するのに必要な設定項目が問題なく配布できていた。手配したインターネット接続回線の都合で、接続性はIPv4のみでの提供となった。

無線LAN基地局も、設計通りセキュリティ技術にWPA2-PSKをCCMP暗号方式を用いて設定されていた。複数の無線LAN基地局に共通のESSIDが設定され、ESSIDの構成が構築参加技術者のみによって構築できていた。無線チャンネルの構成も問題なく、適切に分散が設定されていた。

構築チームは用意した5台の無線LAN基地局を協調的に動作させ、問題なく会場ネットワークを運用できる状態となっていた。設定上の指摘事項もなく、用意された機材を適切に運用できていた。

#### 5.4.4 Phase4 ネットワーク評価

カンファレンスに参加した220名程度全員にSSIDと事前共有鍵を周知してインターネット接続性を提供した。会場内に分散配置した無線LAN基地局で参加者が持参した端末を収容し、利用者全員にサービス提供した。一人当たりのデバイス保持数や通信帯域需要が伸びているため、輻輳によるパケットロスや遅延が発生することもあったが、全般には特に大きな障害はなく会場ネットワークを運用できた。利用者は会場内に適度に分散して着席していたため、会場を取り囲むように壁際に分散配置した無線LAN基地局群にも適度に分散して接続すること



図 5.12 bdNOG5 カンファレンスのライブ中継機材 (筆者撮影)

となり、安定したサービス提供につながった。

会場ネットワークが安定していたため、bdNOG EC の許可の下、図 5.12 の様に筆者が携行していた 360 度全方位を一度に撮影できるカメラを用いて bdNOG5 カンファレンスの様子をインターネットでライブ中継した。構築チームもライブ中継の設備設置などに協力してもらい、自分たちが構築したネットワークが活用される様を間近で見てもらった。カンファレンス発表者の関係者で欧州からライブ中継にアクセスした人がおり、限られたデータ量で 360 度を写しているため視点移動先毎での画質は悪くなるものの、発表者や会場の様子を感じられたとの報告を受けている。この利用事例は会場ネットワークの品質の高さを示すものであり、構築チームが適切なネットワーク構築と運用を行ったために実現できた、ネットワークの活用方法だと言える。カンファレンス参加者全員にインターネット接続環境を無線 LAN で提供するという目的を果たし、ライブ中継にも耐えるネットワーク構築と運用を行えた。

#### 5.4.5 Phase4 考察

構築参加技術者はこれまでの構築作業を参考に、自分たちで無線 LAN 基地局の配置や設定を行い、複数の無線 LAN 基地局を協調的に用いたネットワーク構

成を構築していた。技術要素を見ると、ESSIDの構成も無線チャンネルの分散も適切に設計し、無線LAN基地局を設定していた。会期中に大きなネットワークトラブルはなく、用意された機材を適切に運用できていた。さらにはライブ中継など、新たな会場ネットワーク利用を許容するネットワークの構築と運用が実現できていた。以上より、構築参加技術者に運用技術が移転され、基本的なネットワーク構成で複数の無線LAN基地局を協調的に動作させることができる状態になったと判断した。

構築参加技術者は常に自主的な学習意欲を見せ、習熟していない機器の設定方法やツールの利用方法を積極的に学ぼうとしていた。このような技術移転受け入れ側の意欲は、技術移転の困難さを解消する一因となった。またライブ中継など、新たなネットワークの利用が構築チームの自負にもつながったほか、品質の良いネットワークが新たな利用を生み出す事象を体験できる機会となった。

今後も継続的に会場ネットワークを提供することを考えると、より安定した品質を担保するために機材の追加や高性能な機器への置き換えが必要であるが、設計の本質は変わることがなく、今後もこの会場ネットワーク構築を通じて得られた無線LAN基地局の運用技術が活用されることが期待できる。

## 5.5. Action1 考察

構築チームは作業を分担して構築を進めており、物理配線や機器の基本的な設定などを実施できるだけの技術力を有していた。無線LAN基地局も独力で基本的な設定を行えるものの、推奨されないセキュリティ技術を採用していたほか、複数の無線LAN基地局を協調的に動作させる構成を構築できない状況であった。これはその設定が標準的な手法としてバングラデシュで利用されているか、設定方法をwebサイトなどで検索し、たまたま探し当てた情報を参考に設定したことなどがシナリオとして想定される。これに対応するために、設定手法の見直しを通じて知識を更新し推奨される設定への移行を支援することとした。構築参加技術者に技術や解説や設定例を示すことで他の無線LAN基地局を適切に設定できしており、構築参加技術者は無線LAN基地局を協調的に動作させる運用技術を習熟

することが可能な状態だと判断した。

無線チャンネル設計や送出電力は効果が見えにくい設定であり、無線 LAN 基地局の設置場所や利用状況で変更が必要な場合があるので、適切な設計ができるようになるには繰り返し実運用体験が必要な項目だと言える。現地で図などを織り交ぜながら意図を説明して設定変更を行ったことで理解が進んだと見られ、回数を経る毎に設計構築が熟練し、Phase4 (5.4) では用意された機材を適切に運用できる状態となった。

構築実施前に bdNOG EC から構築参加技術者に筆者を助言者として紹介してもらったことや、筆者のこれまでの活動から、構築チームに対する筆者の言動の影響力が大きくなり、技術移転の困難さ軽減に役立った。構築参加技術者は常に自主的な学習意欲を見せ、習熟していない機器の設定方法やツールの利用方法を積極的に学ぼうとしていた。このような移転受け入れ側の意欲は、技術移転の困難さを解消する一因となっていた。より安全なセキュリティ技術や複数の無線 LAN 基地局が協調的に動作する ESSID 構成を採用しても利用者側での操作に違いがないことを構築中に経験したことで、新技術への抵抗感が軽減された。

構築中には、他の習熟した技術者の操作方法を注視している場面や、ノートに記載した無線チャンネルの構成図を手にしながらか構築参加技術者同士で議論している場面もあり、会場ネットワーク構築が協同的学びの場として機能していることが観測できた。会場ネットワークの運用を通じて、限られた機材環境下でもより良い通信品質の提供への挑戦や、提供サービスが新たな利用を許容する体験を提供し、無線 LAN 基地局の技術移転にとどまらない経験を提供できたと評価できる。

想定通り需要対応性は良く、実践的かつ効率的に実施できた。再利用性も良いが更なる向上のためには現地で技術情報としてまとめられると良い。5~6名程度の構築チームで実施したため拡張性には課題がある。会場ネットワークは小さなインターネット接続サービス事業者を構築するのと同程度の技術要素を適用可能なため、技術者の習熟度に応じて担当領域を割り当てることでより多くの技術者に学習機会を提供する可能性も検討できる。発展性にも課題があり、現地で発見された知見をどのように蓄積して有効活用するかなどの検討が必要である。

## 第 6 章

# Action2 運用技術ワークショップの 設計と実施

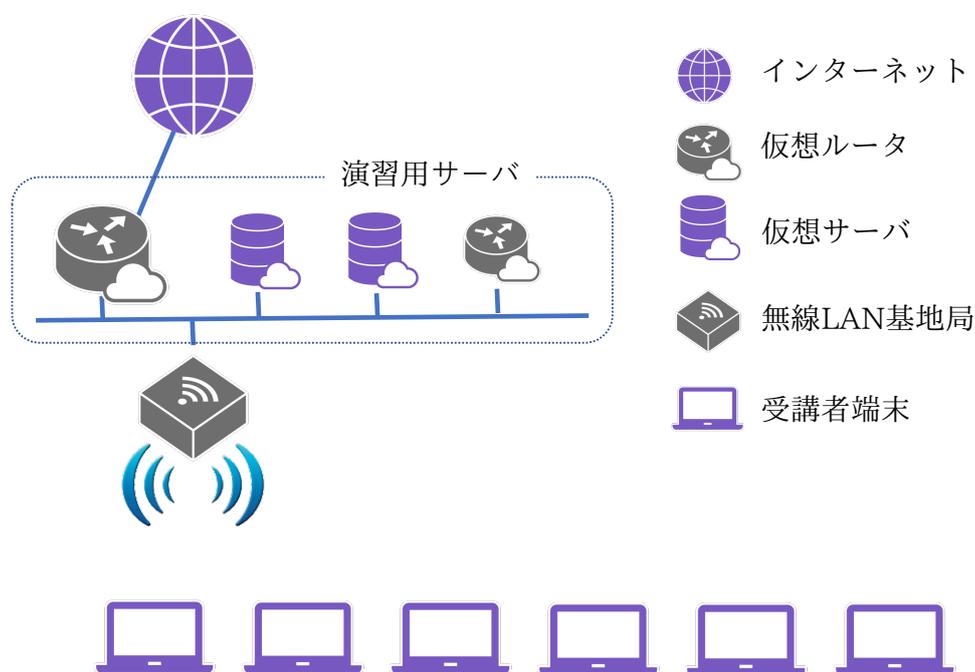
bdNOG ではミーティング開催時に 3～5 日間の運用技術ワークショップを行っており、技術コース毎に 30 名程度の受講者が参加している。筆者は bdNOG 設立当初から主にネットワークセキュリティの分野で主導的にワークショップ実施に関わっている。

受講費用はミーティング回によって異なり、カンファレンスへの参加費用や昼食、休憩時の軽食などを含んで一人当たり 10,000BDT 程度である。バングラデシュ統計局の報告によると 2011 年の家庭当たり平均月収が 11,479BDT、2016 年の家庭当たり平均月収が 15,988BDT であり、受講費用はかなり高額であるが、他のベンダなどが設定している認定資格の必要額に比べると安価で、実質的なトレーニングが受講できる利点がある。

開催する技術コースはコミュニティの需要に応じて bdNOG 運営者が決定する。bdNOG 運営者は APRICOT や SANOG を通じてワークショップを実施できる講師を知っており、技術内容に応じてワークショップ講師に開催を依頼する。bdNOG 運営者から依頼を受けた各コースの講師は技術要素と開催日程に応じた実施内容を検討し、必要であれば追加の講師や進行を補佐する技術者に協力を依頼してワークショップを実施している。現地技術者に協力を依頼する際は bdNOG 運営者を通じて候補者を探してもらい、講師陣への参加を依頼するが多い。講師は基本的にそれぞれの所属元の予算で渡航、滞在し、bdNOG 運営者から講師費用などは受け取っていない。

ワークショップ開催に必要な設備の分担は、bdNOG 運営者が会場と机椅子、プ

プロジェクター、各席の電源などの必要設備の準備と会場までのインターネット接続用の有線回線の手配を担い、各コースのワークショップ講師が演習環境を構築するために演習用サーバと無線 LAN 基地局を持ち込む場合が多い。停電の恐れがあるなど商用電源が不安定な地域では bdNOG 運営者によって小さな無停電装置が会場毎に用意される場合もある。ワークショップ講師は図 6.1 にあるように持ち込む演習用サーバ内に仮想ルータや仮想サーバなどを構築し、ワークショップ参加者に無線 LAN 基地局経由でインターネット接続を提供し、演習に必要な環境を整えている。



ヤマハ株式会社『ネットワーク構成図 作成用アイコン』を作図に使用

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

図 6.1 ワークショップ環境の模式図

受講者は主に各通信事業者から送り出されてくる若手から中堅の技術者であり、ワークショップは受講者が日々の運用に必要な技術要素を座学や演習を通じて学び、手順を確かめ、時に失敗を経験する良い学習機会となっている。受講費用は所属元の事業者が支払っている場合が多く、受講者は受講の証である修了証を所属元に提出して受講費用の支弁承認を受けているようである。

ワークショップの設計にあたっては、需要対応性と再利用性、拡張性、発展性のそれぞれに配慮した。開催期間や期待されるレベルに振れ幅があるため、需要に応じて再構成できるようセッション間の相互依存を減らしたモジュール型のプログラム構成を設計したほか、基本的に受講者全員が演習に参加できるように配慮した。各コンテンツは再利用可能なように構成するなど、コミュニティ内で自律的なワークショップ開催が実現できるように努めた。

## 6.1. Phase1 bdNOG1 ワークショップ

### 6.1.1 Phase1 目的

ワークショップの開催期間や期待されるレベルに振れ幅があるため、受講者全員が演習に参加できるように配慮しつつ、需要に応じて再構成できるようセッション間の相互依存を減らしたモジュール型のプログラム構成を持つワークショップを設計した。この設計したワークショップを実施して、その効果や課題を明らかにする。ワークショップ進行を補佐する現地講師にワークショップの進行の理解を促す。

### 6.1.2 Phase1 実施計画

2014年5月にダッカで開催されるbdNOG1で、3日間のネットワークセキュリティワークショップを実施する。ワークショップは受講者が日々の運用に必要な技術要素を座学や演習を通じて学び、手順を確かめ、時に失敗を経験する良い学習機会となっている。bdNOG1運営者によると、受講者のノートパソコン所持率が上がり、受講者に自身の端末を持参するよう求めても問題ないとのことだった。

このため受講者にはノートパソコンなど適当な端末を持参してもらい、演習は基本的にこの各受講者が持参した端末で実施することとした。様々な端末状況に対応できるように机上演習や端末での操作を組み合わせた演習内容を検討する。

講師は国外から筆者を含めて3名、現地から2名の体制とする。2名の現地講師の内訳は比較的熟練した技術者が1名と中堅の技術者1名であった。受講者は概ね英語でも意思疎通できるが母語の方がよく伝わるので、海外からの講師は英語で、現地講師はベンガル語で講義を行う。基本的に講師は会場内に常駐し、受講者と同様に他の講師の講義を受講する。現地講師に担当できそうな内容がある場合にはその箇所の講義を、難しいようであれば演習時や質疑応答時にベンガル語で参加者のサポートをお願いすることとした。

日程が短いため、ワークショップでは図 6.1 にあるようにセキュリティ概要と脅威の解説に始まり、インシデント対応、暗号技術の概説、ssh と pgp の解説と演習、ネットワーク設備の防護、DNSSEC 演習、snort、tcpdump 演習、honeypot の解説を行う。座学を中心とする一方、一日一回は各自のノートパソコンを用いての演習を伴う内容とした。DNS/DNSSEC 演習向けの環境を構築するため、小型の演習用サーバを現地に持ち込む。講義資料はワークショップの情報サイトを開設してオンライン配布することとする。

表 6.1 bdNOG1 ワークショップのスケジュール

時間割	1 日目	2 日目	3 日目
09:30 – 11:00	Introduction	Protecting Network	SNORT
11:00 – 11:30	休憩	休憩	休憩
11:30 – 13:00	CSIRT	DNS/DNSSEC	Wireshark
13:00 – 14:00	昼食	昼食	昼食
14:00 – 15:30	SSH	DNS/DNSSEC	Honeypots
15:30 – 16:00	休憩	休憩	休憩
16:00 – 18:00	PGP	DNS/DNSSEC	Honeypots



図 6.2 bdNOG1 で用意された小型の無停電装置 (筆者撮影)

### 6.1.3 Phase1 結果

受講者は 25 名で、それぞれ性能や仕様には差があるもののノートパソコンを持参して参加していた。ワークショップ期間中には停電がたびたび発生した。会場には図 6.2 のような小型の無停電装置も用意してもらったが、何らかの不具合があるのか接続した機器の電源が正常に入らないなどのトラブルがあった。

停電による通信断や帯域の不足など会場のインターネット接続性が悪く、演習に必要なソフトウェアを各自の端末にダウンロードしてもらうのに時間がかかり、演習が進められない問題が発生した。今回の演習では必要なソフトウェアさえダウンロードできればその後の演習はインターネット接続に依存せずに実施できる内容だったため、休憩時間に必要なソフトウェアをダウンロードしてもらうことで対応した。

プロジェクターの投影は図 6.3 でも見られるように、適切な投影スクリーンは用意されず前面のホワイトボードに重なるように投影されていた。多少見えづらい状況にあったが、特に苦情もなく進行した。停電により、プロジェクターの投影もたびたび停止した。講義資料はワークショップの情報サイトを開設してオンライン配布していたので、セッション開始前に参加者の端末にダウンロードしてもらうようにした。これにより停電でプロジェクターの投影が停止しても大きな問題なく座学を進行できるようになった。

受講者は通信事業者の技術者が多く、座学よりも実際に手を動かす演習に興味を持って参加していた。また、回線の利用状況を示す流量グラフを運用に活かす



図 6.3 bdNOG1 ワークショップの様子 (筆者撮影)

手法にも興味を持って聞き入っていた。なお、会場の空調は天井の扇風機のみで、止めると暑いと動かすと音がうるさく、暑さが耐えられない時には扇風機を回して講師が大きめの声で喋って対応した。

多くの受講者が受講中は真剣に受講する姿勢を見せる一方、朝のワークショップ開始時や休憩の終了後に遅刻して、セッション開始時刻が守られない事例が多かった。現地講師や bdNOG 運営者によると南アジアではよく見られる傾向だとのことだった。

受講者は英語での講義でも問題なく意思疎通が行えるが、ベンガル語でのサポートがあると演習などの場面で細かな疑問に対応する際に役立っていた。現地講師は積極的にワークショップ開催に関わり、比較的熟練した技術者が4つのセッションで主導的にワークショップを進行した。

#### 6.1.4 Phase1 考察

暑さや扇風機の騒音、停電といった学習障壁の多い環境下でも、現地参加者は真剣な態度で参加しており、学習意欲の高さを感じた。特に bdNOG で初回のワークショップであったので、これまでこのような学習機会に恵まれなかった技術者には良い刺激となった。一方で時間管理は緩やかであり、時刻通りに来場する受講者は少なく、朝や休憩時間後のセッション開始時刻は遅れることが多かった。

座学の際に、知見を積むことで高価な分析サービスを購入しなくても自分で様々なネットワークの状態分析ができ運用を向上させることができる事例を紹介した

ところ、受講者がとても興味を持って聞き入る様子が観測できた。問題意識を持ちつつも対応を検索サイトで検索するなど手探りで運用している事業者も多いため、運用技術の移転が重要である。演習は実際に操作して手順を確かめ、時に失敗を経験する良い機会となっており、受講者にとって価値ある学習機会となっていた。受講者の持参するノートパソコンには性能が低いものも多くあり、仮想環境など負荷のかかる演習環境を受講者のノートパソコン側に構築してもらうのは現実的ではないことがわかった。

セッション間の依存をなるべく減らしているため、各技術セッションでの内容は技術を一般的に利用するために必要な情報量に限定されている。すべての利用方法や細かな技術要素は網羅できていない一方、一般的な用途や考え方を伝えることに注力する内容としたため、汎用性が高く再利用が可能な構成だと評価できる。

現地講師は積極的にワークショップ進行に貢献しており、それぞれ担当できる役割を担っていた。モジュール型のワークショップ構成なので、モジュール毎に担当を分担することが可能となり、比較的熟練した技術者が4つのセッションで主導的にワークショップを進行した。現地講師は両名ともすべてのセッションを受講者と同様に受講しており、今後理解が進めばさらに追加の役割を担うことも可能である。

## 6.2. Phase2 bdNOG7 ワークショップ

### 6.2.1 Phase2 目的

Phase1 (6.1) の実施から、受講者は演習の充実を望んでいること、円滑な進行のためにはインターネット接続の不安定さへの対応が必要だということがわかった。今回はこれに対応したモジュール型のワークショップを実施し、効果と課題を明らかにする。引き続きワークショップ進行を補佐する現地講師に協力してもらい、ワークショップの進行の理解を促す。

### 6.2.2 Phase2 実施計画

2017年11月にダッカで開催されるbdNOG7で、4日間のシステム管理ワークショップを実施する。講師は国外から筆者を含めて2名、現地から3名の体制とする。3名の現地講師の内訳は比較的熟練した技術者が2名と中堅の技術者1名であった。前回に引き続き海外からの講師は英語で、現地講師はベンガル語で講義を行い、演習時には現地講師がベンガル語で参加者のサポートを担うこととする。現地講師に担当できそうな内容がある場合にはその箇所の講義を担当してもらい、演習時や質疑応答時にはベンガル語で参加者のサポートをお願いすることとした。なお、Phase1 (6.1) で協力してくれた現地講師1名は都合がつかず、もう1名は国外転職して不在となった。

受講者にはノートパソコンなど適当な端末を持参してもらい、演習は基本的にこの各受講者が持参した端末で実施する。演習は、様々な端末状況で実施できるよう、各OSで標準的に利用できるコマンドを用い、仮想化技術を活用して演習環境と内容を検討する。

Phase1 (6.1) のフィードバックでは演習への要望が多く見られたため、ワークショップは演習を多めに構成し、図6.2にあるようにネットワーク基礎からLinux演習、暗号技術基礎、ssh演習、二要素認証演習、iptables演習、DNS及びDNSSEC演習、webサーバ構築演習、メールサーバ構築演習、TLS演習、NMSとする。予期せぬ停電に対応するため、資料はオンライン配布してコース開始前に参加者の端末にダウンロードしてもらうことにする。サーバ構築演習向けの環境を構築するため、小型の演習用サーバを現地に持ち込む。また、インターネット接続が不安定になることに備えるため、演習に必要なソフトウェアは現地に持ち込んだ演習用サーバからもダウンロードできるように準備する。

### 6.2.3 Phase2 結果

受講者は35名で、それぞれ性能や仕様には差があるもののノートパソコンを持参して参加していた。会場がホテルのホワイエを間仕切りしたような環境で、並行して行われている他のワークショップからの音が聞こえるなどして、進行上の

表 6.2 bdNOG7 ワークショップのスケジュール

時間割	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目
09:30 – 11:00	Introduction	2-FA	Web system	TLS
11:00 – 11:30	休憩	休憩	休憩	休憩
11:30 – 13:00	IPv4/IPv6	iptables	Web system	NMS
13:00 – 14:00	昼食	昼食	昼食	昼食
14:00 – 15:30	Linux Basics	DNS	Mail system	DNSSEC
15:30 – 16:00	休憩	休憩	休憩	休憩
16:00 – 17:30	SSH	DNS	Mail system	DNSSEC



図 6.4 bdNOG7 ワークショップの様子 (筆者撮影)

妨げとなった。より大きな問題として、会場の制限で電源がすべての席には行き渡らなかったことが挙げられる。一部受講者はノートパソコンのバッテリー駆動のみという制限付きでの演習参加となり、ノートパソコンがバッテリー切れで利用できなくなった受講者には他の受講者の端末操作を見てもらうなどして対応した。図 6.4 でも見られるように、投影スクリーンが用意され受講者からはプロジェクターで投影された資料が比較的参照しやすい環境であった。ワークショップ中にも停電はたびたび発生し、当初は停電の度に演習や進行が止まるなどした。

講義資料はワークショップの情報サイトを開設してオンライン配布していたので、セッション開始前に参加者の端末にダウンロードしてもらうようにした。これにより停電でプロジェクターの投影が停止しても大きな問題なく座学を進行できた。演習に必要なソフトウェアは現地のサーバからダウンロードしてもらったため、インターネット接続性の悪さによる問題は軽減できた。しかしこれは受講者がソフトウェアを入手する手段としては適切ではない。正規の配布サイトから信頼できる通信手法で入手すること、あるいは入手したファイルが正規のファイルと同一であると確認することなどを指導する必要がある。OS がソフトウェアの導入管理システムを提供している場合、そのような標準の手段を用いることで、受講者に適切なソフトウェア導入手法の利用を促すこともつながる。この実践は今後、受講者にソフトウェアを信頼できる形でどのように配布するかに課題を残した。

ワークショップのプログラムに演習が豊富に用意されたことは受講者には好意的に受け止められていたものの、進行の都合で完了できない演習もあった。今回はあまりネットワーク技術に触れたことのない受講者も参加しており、導入部の基礎技術解説でも一部受講者から多くの質問が出る状況だった。

現地講師は積極的にワークショップ開催に関わり、中堅の技術者 1 名が一つのセッションで、比較的熟練した技術者 2 名が七つのセッションで主導的にワークショップを進行した。

### 6.2.4 Phase2 考察

ワークショップの内容に演習を充実したことにより、受講者の満足感は向上した。受講者の意欲を向上させることは技術移転の困難さを軽減することにもつながるため、評価できる。

停電や通信断で進行が滞り、完了できないまま時間切れとなる演習もあり、進行管理に課題が見つかった。開始時刻が守られないなど、緩やかな時間管理を許容する環境にも一因がある。

通信断や停電による進行停止は今後バングラデシュで社会基盤が整備されるに従って徐々に改善されると期待されるものの、中期的には何らかの対策が必要である。限られた通信帯域を有効に使うため必要なソフトウェアを現地のサーバやUSBメモリなどで配布することも可能だが、セキュリティ実践上そのような行為は推奨できないため、なるべくインターネット環境を模した形で参加者が通常の手順で確認しながら演習を行える形が望ましい。また受講者のコンピュータ環境は様々で、管理者権限のないWindows環境を利用している受講者もいたため、なるべく受講者の端末に追加ソフトウェアのインストールが必要ないように配慮した演習を設計する必要がある。

現地講師は積極的にワークショップ進行に貢献しており、それぞれ担当できる役割を担っていた。モジュール型のワークショップ構成なので、モジュール毎に担当を分担することが可能であり、中堅の技術者1名が一つのセッションで、比較的熟練した技術者2名が七つのセッションで主導的にワークショップを進行した。現地講師は3名ともすべてのセッションを受講者と同様に受講しており、今後理解が進めばさらに追加の役割を担うことも可能である。

現地講師からは、受講者はワークショップ受講後に発行される受講証があると転職や待遇改善交渉の際に有利になるため本来の業務と関係ないコースをとりあえず受講する場合もあること、会社組織としては業務と関わりのある技術コースを受講してもらって業務水準を上げたいのだからなかなか難しいとのことなどを共有してもらった。これはワークショップが業界内で一定の評価をされていることを示す一方、期待される技術レベルに達しないまま受講者がコースに申し込む状況を招いていることを示している。また、ワークショップ受講者とそれを送り出

す事業者の意図が異なる場合もあることを示唆している。

## 6.3. Phase3 bdNOG9 ワークショップ

### 6.3.1 Phase3 目的

Phase2 (6.2) の実施から、演習を行う環境は受講者に通常の推奨される操作で進行が可能なこと、受講者の端末に標準の機能で演習に参加できることが必要だとわかった。今回は円滑な進行に向けて演習環境を見直し、更新したモジュール型のワークショップを実施し、効果と課題を明らかにする。ワークショップ進行を補佐する現地講師に協力してもらい、ワークショップを現地講師のみでも進行できるように演習環境構築情報の共有を進める。

### 6.3.2 Phase3 実施計画

2018年8月にダッカで開催されるbdNOG9/SANOG32で、5日間のネットワークセキュリティワークショップを実施する。講師は国外から筆者を含めて2名、現地から4名の体制とする。4名の現地講師の内訳は比較的熟練した技術者が1名と中堅の技術者3名であった。なお、今回の現地講師のうち1名はPhase1 (6.1)を受講していた技術者であった。また、Phase2 (6.2)で協力してくれた現地講師は今回は全員が別のワークショップで講師を担っていた。今回はSANOGとの併催回であり、バングラデシュ国外からの受講者もいると想定されるため、ワークショップは基本的に英語で行うこととする。現地講師に担当できそうな内容がある場合にはその箇所の講義を担当してもらい、演習時や質疑応答時にベンガル語でのサポートが必要な場合には支援をお願いすることとした。

ワークショップは表6.3の通り、セキュリティ概要と脅威の解説に始まり、暗号技術基礎とハッシュ演習、pgpの演習、ネットワーク設備の防護、SSH演習、経路フィルタ演習、DNSSEC演習、firewall、VPN/TLS、SSHFP、tcpdump演習、nmap演習、snort演習、CSIRT、CVSS、MANRS演習で構成する。なお、ワークショップ2日目は金曜日で、昼食時間帯に宗教上のお祈りを行う受講者が多い

表 6.3 bdNOG9 ワークショップのスケジュール

時間割	1 日目	2 日目	3 日目
09:30 – 11:00	Introduction	Protecting Network	DNS/DNSSEC
11:00 – 11:30	休憩	休憩	休憩
11:30 – 13:00	Security	SSH	DNS/DNSSEC
13:00 – 14:00	昼食	昼食	昼食
14:00 – 15:30	Cryptography	SSH	DNS/DNSSEC
15:30 – 16:00	休憩	休憩	休憩
16:00 – 17:30	PGP	Route Filtering	KSK Rollover
時間割	4 日目	5 日目	
09:30 – 11:00	Firewall	CSIRT	
11:00 – 11:30	休憩	休憩	
11:30 – 13:00	VPN/TLS	CVSS/CVE	
13:00 – 14:00	昼食	昼食	
14:00 – 15:30	SSHFP	MANRS	
15:30 – 16:00	休憩	休憩	
16:00 – 17:30	Scanning	MANRS	

と考えられたので、昼食休憩を 30 分延長して以下午後の予定を 30 分ずつ繰り下げたスケジュールとする。MANRS 演習では既に他の演習で実施した MANRS 参加に必要な技術要素を振り返りつつ、送信元 IP アドレスの詐称を防ぐための手法について演習を行う。

Phase1 (6.1)、Phase2 (6.2) の経験を踏まえ、通信断に備えて演習が会場内で完結するように小型の演習用サーバを現地に持ち込む。演習環境では通常と異なる特殊な操作を参加者に求めることがないように、ソフトウェア導入管理システムのキャッシュ機能や DNS 名前解決環境などを仮想化技術を用いて演習サーバに整備して仮想的なインターネット接続状況を再現する。具体的には、ソフトウェア導入管理システムのキャッシュサーバを仮想環境に構築し、仮想ホストのソフトウェア導入管理システムの設定でキャッシュサーバを参照するように事前に設定しておく。キャッシュサーバには事前に必要となるソフトウェアをキャッシュしておき、仮想ホストに追加のソフトウェアを導入する演習で受講者が通常通りの手順で導入を試みると、自動的に仮想環境内のキャッシュサーバから必要なファイルが読み込まれ、ソフトウェア導入管理システムがファイルの同一性などを確認した後に導入される構成とする。DNS 名前解決は演習環境に閉じて名前解決ができるよう専用のドメイン名を用意し、演習用サーバ内に用意したすべての仮想ホストと仮想ルータのホスト名にはこのドメイン名を用いる。これら実装により、インターネット接続が切断された環境でも、参加者が通常システム操作手順で演習を進行できる環境を実現する。

受講者にはそれぞれ演習用にノートパソコンなど無線 LAN 接続が可能な端末を持参してもらおう。受講者の持参する端末環境には性能差があることが想定されるため、できる限り受講者の端末には追加のソフトウェア導入を要求せず、OS 標準の機能やソフトウェアで実施できる演習内容とする。現在の多くの OS 環境で OpenSSH クライアントが利用可能であるため、演習用サーバに構築した仮想ホストに SSH でアクセスできればほとんどの演習に参加できるよう構成する。念のため、SSH クライアントを利用できない受講者向けに Windows のリモートデスクトップ機能で接続できる仮想ホストも用意する。

無停電装置を用意して、最低限演習用サーバと受講者端末の無線 LAN アクセス



図 6.5 bdNOG9 ワークショップの様子 (筆者撮影)

が停電の影響を受けないように配慮する。また受講者全員が演習に参加できるように、受講者端末用の電源が各席に行き渡るように手配する。

### 6.3.3 Phase3 結果

SANOG との併催になったためバングラデシュ国外からも参加があり、受講者は45名となった。ワークショップ開催期間中に会場周辺で学生によるデモ活動が行われていたためワークショップの進行に影響が出た。幸い安全な公共交通を求める平和的なデモ活動であり、安全性には問題がなかったが周辺道路がデモ隊によって封鎖されたため現地から参加した多くの受講者が開始時間通りに会場に到着できなかった。これにより初日は1時間程度、2日目からは30分程度開始時刻が遅れたが、これまでも遅れて開始することはあったため大きな支障にはならなかった。

国外からの講師が当初の予定より遅れてバングラデシュに到着することがわかった。一時は会場周辺でのデモ活動を理由に来訪しないことも検討していたようだが、最終的にはワークショップ4日目にバングラデシュに到着することとなった。ワークショップのプログラムは、該当講師の担当する予定のセッションをすべて最終日にずらすことで対応した。相互依存をなるべく減らしたモジュール型のプログラム構成が意図せず役立ち、日程入れ替えにも問題なく対応できた。

多くの受講者がセッションの開始時刻には会場に戻らず遅刻する様子は常に見られた。一部受講者は時刻通りに会場に戻っていたため、開始時刻に全員が揃っ

ていなくても徐々に講義を始めることにしたところ、開始時刻が比較的守られるようになった。しかし必ず数名程度は遅れて会場に戻ってくる状態であった。

技術の詳細を紹介する一部座学では、熱心な受講者以外にはあまり興味を持って参加してもらえない状況が観測された。演習には受講者全員が意欲を持って取り組んでいた。受講者が構築した環境に問題を発生させ、そこに追加の防御手段を講じるシナリオは特に受講者の興味を喚起していた様子が観測できた。受講者があまり検討したことがない問題だったので、一部受講者からは自社の設定をすぐに見直すとのコメントをもらった。

用意した演習用環境は予定通り動作し、インターネットへの接続断が発生しても問題なく円滑な演習進行に役立った。演習用の仮想環境にソフトウェア導入管理システムのキャッシュサーバを導入したことで、受講者がソフトウェア導入の処理を待つ時間が大幅に短縮され、演習時間に余裕が生まれた。追加のソフトウェア導入には様々なリスクがあることを受講者に伝え、必要最小限のソフトウェア追加を心がけるように伝えた。ワークショップではそれぞれの OS と共に標準的に提供されている有用なソフトウェアも紹介した。例えば OpenSSH クライアントは Windows10 を含め多くの実装で標準的に利用可能であるし、ハッシュ値計算も OS に付属のツールで実現できることなども示した。受講者全員が何らかの SSH クライアントを利用できる環境であったため、念のため用意した Windows リモートデスクトップ接続による仮想ホストを利用した受講者はいなかった。

現地講師は積極的にワークショップ開催に関わっていた。モジュール型のワークショップ構成なので、モジュール毎に担当を分担することが可能であり、中堅の技術者3名が四つのセッションで、比較的熟練した技術者1名が三つのセッションで主導的にワークショップを進行した。中堅の技術者講師が担当した座学で、一部講師に用意された資料を読み上げるだけの状況が見られたので、何らか自身の体験談などを付け加えることでより説得力のある講義になることを伝えた。

### 6.3.4 Phase3 考察

通信断と停電に備えたため、期待通り円滑にワークショップを進行でき、予定していたすべてのプログラムを消化できた。一部演習には構築後に問題を発生さ

せ追加の防御策を講じる段階的構築を盛り込むことで、受講者に意欲的に課題に取り組んでもらった。これは演習を自身の課題として主体的に捉えてもらった結果である。

セッション間の依存関係をなるべく無くしたモジュール型のプログラム構成のおかげで、講師の到着が遅れるといった予期せぬ問題が発生した際にも柔軟に対応できた。時間管理も、時刻通りに開始することが分かると多くの受講者が開始時刻に間に合うよう会場に戻ってくるのが観測できたので、円滑な進行のためには強い姿勢で臨むことも必要である。経路制御における最低限の実装要件をまとめた MANRS の演習は、対応手順や必要事項が明確なので受講者に興味を持って参加してもらえた。

なるべく受講者が持参した端末環境に依存しない演習環境を構築したため、すべての受講者が演習に参加できた。演習環境をインターネット接続に依存しないよう整備した結果、演習時間に余裕が生まれ、細かな指導や追加の情報提供により時間を費やすことができるようになったことは利点として評価できる。特にワークショップ会場のインターネット接続状況が事前にわからない状況では、このような演習環境を準備しておくことが円滑かつ充実した演習の実現につながる事がわかった。

今回現地から講師として協力してくれた中堅技術者の一人は、SNS に自身の名前がワークショップの講師一覧に掲載されている画像と共に以下の内容を投稿している。

“Its an honor to be a part of SANOG... Love to contribute to the community and will do my best always... 5 years ago - i was sitting in front of Mr. Maz and learned what to and why to learn. After 5 years now - i am standing beside him and learning what to and how to teach people.. He is such an Amazing person, Thank you Yoshinobu Matsuzaki”

この投稿では、友人知人らがその技術者に祝福や賛辞の言葉を送っていた。これはコミュニティ内で役割を担うことが誇らしいことであり、その人の技術習熟度やこれまでの経験を認められた結果だと認知されているためである。このことか

ら、コミュニティのメンバーに役割を担ってもらうこと、そして web サイトなどで明示的に役割を掲示することは意欲向上に役立つことがわかった。

今回現地から講師として参加してくれた技術者たちは、その後、様々なコミュニティ活動で活躍している。具体的には、MANRS Ambassador として MANRS の世界的な普及活動への貢献、bdNOG ミーティングでのカンファレンス発表、APNIC の認定するコミュニティトレーナーへの就任など、内外のコミュニティ活動に積極的に寄与していることが観測できている。

## 6.4. Action2 考察

bdNOG のワークショップでは期間や期待される内容が異なることがあるため、需要に応じてワークショップを再構成できるように、セッション毎の依存度をなるべく無くしたモジュール型のワークショップ構成を設計した。これによりモジュール毎に担当を分担することが可能となり、中堅の技術者でも得意とする分野の講義を主導的に担当することが可能となった。モジュール型のワークショップ構成は設計通り日程や内容の変化に対応でき、講師の到着遅延といった予期せぬ問題発生時にも柔軟にプログラム編成を変更できる自由度が得られた。

演習環境をインターネット接続に依存しないよう整備した結果、円滑な進行に役立った。事前にソフトウェア導入管理システムのキャッシュサーバを仮想環境に構築し、必要なファイルをキャッシュさせておき、各演習用の仮想ホストのソフトウェア導入管理システムでこのキャッシュサーバを参照するように設定した。これにより、通信断の状況下でも演習用サーバ内に構築した仮想ホストへのソフトウェア追加が通常の操作で実現できた。この構成は副次的に受講者がソフトウェア導入の処理を待つ時間を大幅に短縮するという効果を生み出し、これまでと比べて演習時間に余裕をもたらす結果となった。演習時間に余裕が生まれたことで、細かな指導や追加の情報提供に時間を費やすことができるようになったことは追加の利点として評価できる。ワークショップ会場の諸条件がわからない状況では、このような演習環境を準備しておくことが円滑かつ充実した演習の実現につながる。

受講者の持参するノートパソコンなど端末の性能や構成に性能差があるため、端

末環境になるべく依存しないよう配慮した演習を設計した。具体的にはなるべく受講者の端末には追加のソフトウェアを導入せず、OS 標準で備わっているツールやソフトウェアを多用する設計とした。現在の多くの OS 実装で標準的に OpenSSH クライアントが利用できるため、演習用サーバに構築した仮想ホストに SSH アクセスさえできればほとんどの演習を行えるように構成した。これによりすべての受講者が持参した端末で演習に参加でき、実際に機器を操作する体験を提供できたことは評価できる。

現地講師が得意とする分野の講義を主導的に担い、演習の際には受講者を支援するなど、積極的にワークショップの進行に協力している姿勢が観測できた。現地講師の SNS 投稿事例でも見られたように、これはコミュニティ内で役割を担うことが誇らしいことであり、その人の技術習熟度やこれまでの経験を認められた結果だと認知しているためである。このようなコミュニティ活動に積極的な人物を数多く見出すことはコミュニティ内での運用技術の知見を維持継承するのに重要である。ワークショップを受講した技術者がその後講師としてコミュニティに貢献している事例や、MANRS Ambassador や APNIC コミュニティトレーナーなどより広域を対象とする取り組みへの貢献を始めた事例が観測できた。つまり、ワークショップが契機となってコミュニティのメンバーがより積極的にコミュニティでの中心的役割を担うようになったことを示していると考えられ、bdNOG のワークショップが単なる授業の場ではなく、コミュニティの発展にも寄与していること示唆している。

需要対応性は良く、実践的かつ効率的に実施できた。一回あたり 40 名程度まで対応できるため拡張性も問題ない。再利用性と発展性も良く、作成したコンテンツは内容に改変が加えられながらその後のワークショップで再利用されており、コミュニティを対象としてワークショップを構成することで、知見が現地コミュニティで発展的に維持されることがわかった。受講者は自社サービスにすぐさま適用できる技術やアプリケーションを求める傾向にあるため、技術の詳細などは一部の熱心な参加者以外にはあまり興味のない分野となっている。一方で、障害対応や危険予測のためには技術知識も重要で、そのような技術情報をどれだけ効果的に移転できるかが今後の課題である。

## 第 7 章

# Action3 事例研究活動の発足を通じた技術発展基盤の構築

bdNOG では運用技術の発展や改善活動が十分取り組まれていなかった。これにはバングラデシュの状況からいくつかの原因が考えられる。例えば、既存のネットワークやサービスは先輩社員など、権威ある人々によって設計されており、若手技術者はなかなか改善につながる声を上げにくい環境、ネットワークサービスに何らかの支障をきたした障害関連情報を直接関わった関係者だけに閉じ、他者と共有しない状況などである。このような状況を打破するには、障害の責任を追究せず、障害の原因を多方面から検討し、結果を広く共有できる活動が有効である。そこで、bdNOG でネットワーク運用に関わる事故や障害の事例研究活動を発足させ、その活動を通じて運用の見直しと運用技術の向上が図れるかを確認する。COVID-19 の感染状況を鑑み、基本的にオンラインの手段を活用した活動とする。

bdNOG では発足後に新規のコミュニティ活動を開始した前例がなかったため、関係者の理解を得つつ慎重に活動の発足を進めることとする。この実践における事例研究活動はコミュニティ活動であり、筆者の活動をコミュニティが支援する構図にならず、コミュニティがその意図と意義を理解して自ら活動し、必要に応じて筆者が支援を行うよう設計する。これは事例研究活動が関係者の日常業務や生活に与える影響を低減するための設計でもあり、活動時間や頻度については参加する関係者と相談し、過度の負荷にならぬように配慮する。

事故や障害の事例共有が、該当事例に関わった技術者や事故の発生した事業者の不利益につながらないように十分な配慮が必要である。コミュニティ活動とし

て事故や障害の事例を収集する場合には、報告者の法的な保護は望めず、継続的に活動するためにはコミュニティからの信頼を得る必要がある。これは活動に関わる関係者が活動の意義や、活動の指針を常に意識すると共に、継続的にコミュニティに発信して信頼を培っていくことが必要である。また、システムの報告者が匿名で事故や障害の事例を共有できるようにすることも可能なので、事例共有の困難さを軽減するための措置として検討する。

事例共有の促進のために、事故や障害の事例報告者に何らかのインセンティブを提供することも検討できる。bdNOG では様々な活動が有志の無報酬による支援によって支えられており、事例研究活動の報告者のみに過度のインセンティブを設計することは、他のコミュニティ活動との調和を欠く。特に共助の場として認知されていた bdNOG が、インセンティブ制度によってメンバーの認知が変容し、コミュニティのあり方まで変わってしまうことは避けなければならない。そこでインセンティブを設計する際には、他の bdNOG 活動に大きな影響を与えぬよう、注意して検討する必要がある。

事故や障害事例の分析は、網羅的な視点からの対策樹立ができるよういくつかのフレームワークが研究されている。これは事故や障害の発生が人命に関わるなど、事例の再発防止に向けた対策を一つでも多く検討することが大きな成果となる場合には有効である。今回の事例研究活動では、最終的にはそのような網羅的な分析を加えることも検討課題として検討できるが、活動初期においてはその活動精神、つまり責任の追及ではなく事故や障害の事例から知見を導くという目的を理解してもらうことを主眼とする。

収集した事例や分析結果は bdNOG コミュニティと共有する。bdNOG のコミュニティ活動であるので、まずは bdNOG のカンファレンスで活動を定期報告することを検討する。また、現在はオンラインでのミーティングを比較的簡単に開催できる環境なので、必要に応じて小規模なミーティングを開催することとする。

## 7.1. Phase1 事例研究活動の発足

### 7.1.1 Phase1 目的

bdNOG で自主的なコミュニティ活動としてネットワーク運用に関わる事故や障害事例の事例研究活動を発足させる。事例研究活動は航空事故調査委員会などの活動の精神を参考に、事故や障害の再発を防ぎコミュニティの運用技術を向上させることを主眼とし、事故や障害の責任追及は行わない。コミュニティにこの活動の大切さを伝えると共に、bdNOG 運営者や活動に参加するメンバーにこの活動精神が十分共有されるよう配慮し、関係者の理解を促す。

### 7.1.2 Phase1 実施計画

bdNOG で新たなコミュニティ活動を開始した前例がなかったため、関係者の理解を得つつ慎重に活動の発足を進めることとする。bdNOG は目標の一つに “Conduct operational research” を掲げており、活動項目の中で以下のように示している。なお、これまで bdNOG で研究活動を行った事例は無い。

“bdNOG community conduct operational research on Bangladesh Internet infrastructure & operation by adopting an advance analytical method of collecting and analyzing data, find patterns, co-relate those with Internet BCPs and RFCs. Present research report in bdNOG conference.”

事例研究活動はこの活動項目に合致するので、この枠組みで事例研究活動の発足を提案することとする。

まずはコミュニティ全体にネットワーク運用に関わる事故や障害の事例を分析することで運用技術の知見が見出せること、つまり事故や障害は学習のための貴重な事例になりうることを共有し、その上で事故や障害事例の共有と分析活動の開始を呼びかけることにする。2020年10月に bdNOG12 が開催されるため、このカンファレンス発表を利用して広くコミュニティにその活動の意義を示す。その後、必要であれば発足に向けて bdNOG に正式な活動開始の提案をする。

事例研究活動はバングラデシュのネットワーク運用技術向上のために以下の通り活動することとする。

- bdNOG コミュニティからの有志による活動であること
- bdNOG コミュニティから事例を収集すること
- 収集した事例を分析し、運用向上につながる知見を導出すること
- 分析結果を広く bdNOG コミュニティと共有すること

活動初期においては活動メンバーを 10 名以下程度に絞り、活動精神など、継続的な活動につながる要素の理解を促す。

### 7.1.3 Phase1 結果

bdNOG12 での発表は、発表応募の段階から bdNOG12 PC メンバーに高く評価してもらった。bdNOG12 PC メンバーから送付されたコメントでは、事例研究活動をコミュニティとして取り組む案や失敗事例のデータベースが絶賛され、事例研究活動に対して前向きな意見が見られた。応募した発表は評価した bdNOG12 PC メンバー全員から満点の評価を受け、bdNOG12 カンファレンスでの発表として採用された。なお、筆者は bdNOG12 PC Chair を務めているが、自身の応募の評価には加わっていない。

bdNOG12 はオンラインで開催されたため、筆者は日本からオンライン参加して発表を行った。時間の都合で質疑応答の時間は設けられなかったが、オンライン発表システムのチャット欄に参加者から興味深いなどのコメントをもらった。カンファレンスの休憩時間などを利用して参加者に意見を求めることも検討したが、bdNOG として初めてのオンライン開催で運営者側の経験が不足していたこと、bdNOG12 PC Chair としては特定の発表を特別扱いしない配慮も必要だったことなどから、実現は難しく実施しなかった。発表後、個別のメールにて、同様の発表を自分たちの NOG でも行って欲しいとの連絡があり、2020 年 10 月に開催されたモンゴルの NOG である mnNOG で発表を行った。

その後、2ヶ月程度bdNOGで特段の動きが見られなかったため、bdNOGを管理運営するbdNOG ECの一員でもあり、bdNOGの最初期から運営に関わっている技術者に連絡を取ることにした。2021年1月にSNSのメッセージ機能を使って連絡を取り、bdNOG12で発表した事例研究活動をbdNOGのコミュニティ活動として発足したいと考えている旨を伝えたところ、このような活動提案は歓迎であり、bdNOG事務局に電子メールで提案すると良いと助言してもらった。そこで同日、bdNOG事務局に前述の活動概要を記した活動発足提案を電子メールで送信したところ、すぐに、内部で活動参加者をどのように募集するかなどを検討する旨の返答が得られた。

提案後、月に1回程度、進捗をSNSのメッセージ機能を使ってbdNOG ECメンバーに問い合わせたところ緩やかに準備が進んでいる様子が伺えた。2021年2月には、全般に良いのであとは一部関係者の確認待ち、2021年3月には、bdNOG ECメンバーやいくつかの通信関連事業者と議論して既に活動が開始できる状態であり近日中に発足ミーティングを持ちたい、2021年4月には、有志でミーティングを開催して議論を開始した、とのことであった。次回ミーティングを検討中とのことであったので、次回ミーティングに参加したい旨を伝えたところ快諾してもらえた。この後、前述の相談に乗ってもらった技術者がCOVID-19に感染したこと、関係者がbdNOG13開催に向けた準備で多忙になったこと、バングラデシュがCOVID-19感染拡大を防ぐためにロックダウンしたことなどが影響し、一時進捗が停止した。

そこで2021年8月に問いかけを変え、事例研究のトライアル実施を検討していること、事例研究活動に興味ある人は検討に参加してもらえたらどうかとbdNOG ECメンバーに問い合わせしてみた。すると、筆者の知る技術者が何名か事例研究活動に興味があり、参加の意思があるとの返答があった。また、事例研究活動に賛同した有志たちは意義については理解するものの、具体的にどのように活動すれば良いかわからない状態であることを共有してもらい、活動発足を阻む原因がようやく明らかとなった。

#### 7.1.4 Phase1 考察

COVID-19の国際的な感染状況を鑑み、オンラインでの手段を活用した実践とした。感染の収まっている時期を見計らって渡航し、議論を進めることも可能であったかもしれないが、バングラデシュ到着後の自己隔離や政府による感染拡大防止措置がいつどのように発せられるかもわからない状況下では、筆者と訪問先双方の負担が大きく、オンラインを基本とした活動は妥当であった。オンラインでの手段を基本としたため、関係者の連絡はメールやSNSでのチャット機能に頼ることとなった。特にチャットではすぐに返答が得られる反面、細かな状況共有には至らないことが多く、抱えている困難さを理解するのに時間がかかる一因となってしまった。

bdNOG12向けに作成した発表資料はbdNOG12 PCメンバーに高く評価された。bdNOG12 PCメンバーの技術者たちは日常的に運用の現場で事故や障害に接しているため、発表応募へのコメントからもわかるように事例研究活動の意義がよく理解されたことを示している。bdNOG12での発表中も参加者から興味深いなどのコメントがオンライン発表システムのチャットに投稿された。質疑応答など参加者と意見交換を行いたかったが、残念ながら時間の都合や進行上の都合で叶わなかった。

コミュニティ活動として自主的な事例研究活動を発足させることに重きをおいたため、進展は遅く、1年間程度の時間がかかっている。要因としてバングラデシュでもCOVID-19の感染拡大により集会が制限されたこと、bdNOGメンバーが日常業務やbdNOG13の準備に忙殺されたことが挙げられる。一方で、発足までにコミュニティ内で議論を重ねる時間が取れたことで、活動意義について理解が深まる助けになった。

有志が既にミーティングを開催して議論を重ねていることなどから、事例研究活動の意義をコミュニティが認め、自主的な取り組みを始めたと評価できる。議論を通じて何が課題かを自主的に分析しており、今後活動開始に向けた環境整備を支援することで活動が開始できると期待できる。

## 7.2. Phase2 事例研究活動の開始

### 7.2.1 Phase2 目的

bdNOG で自主的なコミュニティ活動としてネットワーク運用に関わる事故や障害事例の事例研究活動を開始する。Phase1 (7.1) で明らかになったように、事例研究活動の意義は理解されているが、具体的な活動に向けての指針が無いため活動を開始できない状態であった。これを解決して事例研究活動を開始するため、連絡体制やガイドラインの整備、分析トライアルなど、活動開始に向けた支援を行う。事例研究活動は事故や障害の再発を防ぎコミュニティの運用技術を向上させることを主眼とし、事故や障害の責任追及は行わない。引き続き、活動に参加するメンバーにこの活動精神が十分共有されるよう配慮し、活動を開始する。

### 7.2.2 Phase2 実施計画

COVID-19 の感染状況を鑑み、引き続きオンラインの手段を活用した活動とする。活動開始に向けて有志でグループを形成し、グループ内で意思疎通できるように連絡体制を整備する。グループのメンバーは変更になることも想定されるので、連絡体制はメンバーの追加や離脱が簡単な手法を採用する。議論する内容に機微な情報は含まれないと想定できるので、議論の秘匿性や情報の暗号化、発言者の認証にそれほど配慮する必要はない。そこで電子メールやSNSなどメンバーが操作に慣れているシステムを利用する。情報共有のためにオンライン上で編集できる共有ドキュメントを作成し、メンバーが誰でも編集可能な状態にする。事例研究活動に興味を示したメンバーは全員技術者であり、電子メールやSNSを連絡に用いて活動を推進できると想定する。

事故や障害事例の報告を受付けるための様式を定め、受付方法を整備する。事例報告者への記入負担を減らし、できるだけ多様な報告を受け付けるために、報告受付の様式はCSIRTへの報告様式を参考に必須の入力箇所を減らし簡素なものとする。分析にあたって、事例の詳細と発生頻度と影響度が有用なので、これを必須項目とする。事例の詳細に関しては自由書式とする。もし報告者が何らか運

用改善に向けた取り組みを実施している場合にはそれも報告してもらうこととする。また、名前と連絡先の記入は任意とするが、電子メールなど報告手段によっては自ずと判明してしまうこともあるので、匿名での報告ができる web フォームも用意する。以上より、事故や障害事例の報告内容は表 7.1 の通り提案する。

表 7.1 事故や障害事例の報告様式

項目	内容
名前と連絡先	任意、連絡先は電子メールアドレスを想定
事例の詳細	自由書式で事例を記述
事例の発生頻度と影響度	事例の内部評価
運用改善の取り組み	任意、実施事例があれば共有してもらう

活動概要と報告様式を bdNOG コミュニティと共有し電子メール、web フォームでの事例報告受付を開始する。当初は能動的な事例共有が無いかもしれないため、bdNOG コミュニティ内で事故や障害事例の分析に使える事例がないか調査を行う。

グループのメンバーは事例分析の経験が無いと想定されるため、実際の報告事例を待つ間に何らかの事例を用意して分析のトライアルを実施こととする。トライアル事例は、バングラデシュで頻発する身近で小さな事例、経路障害など外部の記録が利用できる事例、国内の主要な通信基盤で障害が発生するなどの仮想事例などから検討する。分析手法は事例を基に想定される原因と対策をメンバーそれぞれの視点から述べることとする。トライアル事例を共有ドキュメントに掲載し、グループメンバーからの分析や改善への提案を共有ドキュメントに記入してもらう。メンバーの分析の参考とするため先に筆者がコメントを書き込み、他のチームメンバーからも参照できる状態にしておく。

### 7.2.3 Phase2 結果

bdNOG EC メンバーから事例研究活動に興味を示したコミュニティメンバー全員を宛先にした紹介の電子メールを送付してもらい、電子メールで意見交換しながら

らワーキンググループとして活動を開始した。筆者の案では Accident Investigation Team と活動と呼称していたが、グループメンバーから Incident の方が適切ではないかとの意見があった。このメンバーはコンピュータセキュリティに関わる業務に携わっているため、日常的には Incident の用語を用いていたと想定された。意図的では無い事故や災害への対策も含めて全体として運用技術を向上させることを目的としているので Accident を用いていることを説明した上で、Incident を対象として含めることに何ら問題は無いので、チームの呼称を Accident/Incident Investigation Team とすることとなった。チームメンバーと筆者は全員 SNS 上でつながりがあったため、SNS の機能を使ってグループチャットを開設し、電子メールに加えて連絡手段の一つとすることとした。SNS のグループチャットを開設してからは、電子メールに代わり SNS のグループチャットが主要な連絡手段となった。

筆者からグループメンバーに今一度、活動の目的と概要を共有し、事例分析のトライアルを提案した。事例分析トライアルに関しての反応は特に無く、事例募集を bdNOG コミュニティにどのように呼びかけるかの議論が始まり、事例提供を受けるための何らかのテンプレートと受付窓口が必要だとの結論に至った。そこで筆者がテンプレートと受付窓口の整備を支援することとした。テンプレートは設計に基づいた様式を共有したところ、特に異論なく採用された。電子メールに関してはメーリングリストを開設し、これを受付窓口とすることとした。メーリングリストは外部から誰でも投稿できるよう設定し、グループメンバー全員が投稿内容を受信できるようにした。web フォームは設計の通り、事例の詳細と発生頻度、影響度を入力必須項目とし、その他の項目を任意入力とするフォームをオンラインサービスを活用して作成した。web フォームをベンガル語で作成することも検討したが、グループメンバーから英語で問題ないとの意見があり、情報量も多く無いため英語で web フォームを作成した。事例分析トライアルに関しては特に議論されなかったため、バングラデシュでも馴染み深いと思われる通信回線の切断、ファイバーカットを例とし、筆者の知る事例に基づいて報告様式にまとめたものをトライアル事例としてグループメンバーに共有した。これにより、事例分析トライアルと、bdNOG コミュニティへ事例募集を呼びかける準備が整った。

事例分析トライアルと bdNOG コミュニティへの事例募集呼びかけをどのよう

に進めるかに関して議論したところ、並行して進めて問題ないとの結論に至った。そこで各グループメンバーに事例分析トライアルに参加するよう呼び掛けつつ、bdNOG コミュニティにも事例募集を呼びかけることにした。bdNOG は SNS に公開のグループページを開設しており、2021 年 8 月時点で 6200 名以上が参加メンバーとなっている。グループページは bdNOG 関連のイベント告知にも利用されており bdNOG コミュニティによく認知されているので、このグループページを通じて事例募集を呼びかけることとした。誰が呼びかけを投稿するかで反応が異なる可能性もあったのでグループメンバーに相談したところ、誰が投稿しても大きな違いは無いだろうとの意見だったので、2021 年 8 月 27 日に筆者がグループページに連絡窓口メールアドレスと web フォームの URL とともに募集を呼びかける投稿を行った。同日、一件の報告が web フォームを通じて行われたが、連絡先などは記載されているものの事例詳細部分の入力が“F”と 1 文字だけであり、何らかのテストだろうと思われた。念のため報告に記入されていたメールアドレスに連絡を試みたが何も返答は得られていない。

bdNOG コミュニティ内で分析に利用できる事例を探したところ、事業者ネットワークがあまり考慮なく無防備に相互接続され、たびたび大規模なネットワーク障害を引き起こしている事例が bdNOG10 で発表されていた。発表者に連絡を取って発表内容を事例研究活動のために利用したいと問い合わせたところ、快諾してもらえた。また該当の発表者からは別なミーティングで発表した事例も事例研究に使える可能性があるで紹介してもらい、こちらの発表内容も事例研究に利用することとした。なお、この発表者は発表後にバングラデシュ国外に転職していた。

トライアル分も含めると分析対象の事例は三つとなり、事例をオンラインで共有して分析を進めるようにグループメンバーに依頼した。筆者から電子メール、SNS のチャットを通じて 5 回依頼を行い、グループメンバーからは対応を行う旨の反応があるにもかかわらず、メンバーによる共有ドキュメントへの記入は行われず、分析活動は進まない状況であった。

#### 7.2.4 Phase2 考察

事例研究活動の意義を理解し活動内容に興味を持つ有志が参加の意思を表明したため、活動を開始できるように連絡手段と活動のガイドライン整備の支援を行った。連絡体制はグループのメンバーが使い慣れているシステムを用いても問題ないと判断し、電子メールとSNSの機能を用いて構築した。電子メールは活動開始初期の議論やアナウンス文面の検討に利用し、SNSのグループチャットが整備されてからは専らSNSのチャットがワーキンググループの連絡手段となった。SNSのチャット機能はモバイル端末など多様な環境で送受信できることから、主な連絡手段として利用された。使い慣れたシステムを活動の連絡手段として採用したので、何らかの特別の連絡手段を採用した場合と比較して心理的、操作的な障壁が問題とならず、議論に集中できたと評価できる。

bdNOG コミュニティからどのように事例を受け付けるかが議論となり、方針を必要としていたので、受付窓口の整備や事例報告用テンプレートの作成を行った。方針について提案を行い、確認の上で整備作業を進めた。トライアル事例を含め、筆者からの提案内容にグループメンバーから特段の意見は出でこず、筆者の進行を見守る状況にあった。これは筆者が事例研究活動の権威と認知され、疑義を挟まないようにする姿勢ができた可能性を示している。事例研究活動をコミュニティ活動として実施していく上で、より積極的な意見の吸い上げや自主的な活動体制への移行が必要である。

事例収集のためにSNSのbdNOGグループページへの投稿を通じてbdNOGコミュニティに呼びかけを行った。グループページには6200名以上が参加しており、コミュニティメンバーへの通知手段としては有効であったが、実質的な事例共有の投稿はこれまで無く、事例共有促進のために何らかの対策が必要である。bdNOGコミュニティで過去に共有された内容を事例研究活動の事例として活用する試みはいくつかの利点を含んでいることがわかった。一つはbdNOG内に蓄積された情報を再利用できることであり、もう一つはコミュニティメンバーがコミュニティへの帰属意識を新たにできることである。今回の事例では発表者は過去の発表内容を利用されることに好意的であった。また、該当の発表者は国外に転職していたが、発表内容を事例研究活動に活用されることは国を離れてもコミュ

ニティとのつながりを意識するきっかけとなった。

トライアル事例を含めると分析対象の事例は三つとなったが、グループメンバーによる共有ドキュメントへの記入は行われず、分析活動は進まない状況であった。グループメンバーによる分析結果をオンラインの共有ドキュメントに分析内容を記入する方式を採用したが、モバイル端末では記入するために専用のアプリケーションを導入しなければならないなど記入に障壁があること、事例分析の優先度が日常業務に比べて低くなかなか時間が取れないことなどが原因として挙げられる。

## 7.3. Phase3 事例研究活動の推進

### 7.3.1 Phase3 目的

bdNOG で自主的なコミュニティ活動としてネットワーク運用に関わる事故や障害の事例研究活動を推進するためグループメンバーの積極的な活動参加を促す。Phase2 (7.2) で活動が開始したものの、事故や障害の事例がなかなか集まらないこと、またグループメンバーの積極的な参加が見られないという課題を抱えていた。そこでワーキンググループ内でオンラインミーティングを行い、活動推進に向けて意識合わせとグループメンバーの主体的な参加を促す実践を行う。事例分析についてもオンラインミーティングで能動的な意見の吸い上げを実施する。

### 7.3.2 Phase3 実施計画

ワーキンググループ内で1時間程度のオンラインミーティングを実施する。bdNOG は日常的に利用できるミーティングサービスを契約していないので、オンラインミーティングに必要なミーティングサービスは筆者が用意し、日程をグループメンバーと調整した上で開催する。ミーティングサービスはグループメンバーができるだけ慣れ親しんだ環境で議論できるよう設計する。

オンラインミーティングでは、今一度活動の目的と概要をグループメンバーに共有した上で、これまでの経過を振り返る。ワーキンググループ内でChair、Co-chairの役割を設定して、できるだけ現地のメンバーに担ってもらう。これにより事例

研究活動がコミュニティ活動であることを明確にし、グループメンバーの積極的な参加を促す。

事例分析に関しては、オンラインミーティング中に専用の時間を設け、グループメンバーから口頭で知見や分析意見を述べてもらう方式を採用する。メンバーからの意見は筆者が共有ドキュメントに記載し、グループメンバー全員が参照できるようにする。より多くの知見や意見の導出を促すため、筆者は発言に感想を述べ、簡単な質問を投げかける。分析対象に似た事例があればメンバーから共有してもらう。

bdNOG コミュニティに事例収集を呼びかけるため、公開のオンラインミーティング開催をグループメンバーと検討する。bdNOG コミュニティに開かれたオンラインミーティングでは、事例研究活動の意義や活動概要について説明し、活動への意見を求め、事例の募集を呼び掛けることを検討する。開催に向けては役割を分担し、できるだけ多くのグループメンバーが開催に関われるように配慮する。

### 7.3.3 Phase3 結果

ワーキンググループで活動の今後を検討するためオンラインミーティングを行いたい旨提案したところ、メンバーから賛同が得られた。日程に関しては翌日すぐの開催であれば参加できるメンバーが多く、提案の翌日にミーティングを開催することとなった。筆者がミーティングサービスを利用して、オンラインミーティング開催を予約し、グループメンバーに参加に必要な情報を共有した。ミーティングサービスはbdNOGやSANOGのオンラインミーティングで利用されたものを採用し、できるだけ慣れ親しんだ環境で議論できるよう配慮した。これにより、2021年9月23日にワーキンググループ内のオンラインミーティングを開催したところ、急な予定で都合がつかなくなったメンバーを除き、概ね予定した通りグループメンバー6名中4名が参加した。オンラインミーティングへの参加で技術的な困難さを訴えるグループメンバーはおらず、ミーティングを通じて各メンバーの発言は明瞭に聞き取れた。

ミーティング冒頭にお互いの近況報告を行って場を和ませたあと、今一度活動の目的や概要をメンバーに共有し、これまでに集まっている事例について概説し

た。トライアル事例として設定していたファイバーカットの事例に対し、メンバーからこれは技術的な問題とは言えないと疑問が表明された。これに対し、他のメンバーから、ファイバーカットは運用上の問題であり、ネットワークの安定的な運用のためには対処しなければならない課題だとの発言があった。この発言により、先の質問者は問題を理解し、確かにファイバーカットがネットワークの運用に与える影響は大きく、財務的にも課題となるのでコミュニティとして対応が必要だとの認識を示した。

活動を進めるにあたり、ワーキンググループ内で Chair を選定しようと提案した。bdNOG の活動であるので、バングラデシュ在住の人から選ぶのが良いだろうとの意見を共有したところ、グループメンバーの賛同が得られた。グループメンバーの中で比較的活発に発言している若手の技術者に Chair 就任についての意向を聞いたところ、自分はグループメンバーの中ではまだまだ若手で Chair の大役を引き受けられないとのことだった。そこで、同じく活発に発言している経験豊富な技術者に Chair 就任を打診したところ、引き受けても良いとの回答が得られ、他に異論もなかったため、この経験豊富な技術者が事例研究活動の Chair に就任することとなった。次に Co-chair の選出を行った。これまでの経緯や議論を踏まえて、Chair 就任を固辞した若手の技術者と筆者が就任することとなった。なお、Chair は先のファイバーカット事例に関わる議論において、これが技術的な問題とは言えないと疑問を表明したメンバーであり、Co-chair に就任した若手の技術者は運用上の問題であることを指摘したメンバーである。

次に、ミーティング中に時間を設けて事例分析を実施した。ミーティング開始までに事例分析を行ってオンラインの共有ドキュメントに記載するよう依頼しておいたが、グループメンバーは誰も何も記入していない状態であった。ミーティング中にグループメンバーから少しでも多くの発言を引き出すために、冒頭で似た事例や経験についても共有してもらおうよう依頼した。各グループメンバーからの共有方法は、筆者からオンラインミーティングに参加していたメンバーを順に指名して、口頭で知見や分析内容を述べてもらう方式を採用した。すると、各事例に関して、それぞれのメンバーから様々な知見や分析、経験が口頭で共有された。各メンバーの発言に筆者が簡単な質問を行うと、それに応じてより詳細な内

容を発言する様子が観測できた。メンバーの発言内容は事例の背後にある環境要因や、類似事例の発生傾向、政府や関係団体での取り組み、設計の見直しや影響の軽減策、改善に向けた提案など多岐にわたっており、充実した分析内容となった。筆者は事例分析用に用意した共有ドキュメントをオンラインミーティングで画面共有したまま、口頭で共有された内容を記入してグループメンバーが確認できるようにした。

bdNOG コミュニティからの事例共有を促進するために、bdNOG コミュニティに呼びかけて公開のオンラインミーティングを開くことを提案したところ、グループメンバーから賛同が得られた。メンバーからの提案で、Chair がベンガル語にて事例研究活動の概要を説明することが決まった。筆者も英語で事例共有促進に向けた発表をすること、今後の活動についてbdNOG コミュニティに広く意見を求めるため公開議論の時間も設けることも決まった。bdNOG EC と協議の上、日程を決定してbdNOG コミュニティに開催を周知することとなり、グループメンバーが調整にあたることになった。

予定していた議論が終わった後に、グループメンバーと少し雑談する時間を持った。雑談ではグループメンバーから興味深い話が共有された。たびたび他の事業者から運用や技術の問題で連絡があり、相談に対応しているとのことで、中には事例分析活動で興味深い事例となりそうなものも含まれているとのことであった。相談頻度は週一回程度あるとのことで、他のメンバーからも同様に相談を受けた経験を共有してもらった。このような相談には他の運用者にも役立つ内容が含まれていることから、グループメンバーが相談を受けた際には相談者に事例共有活動へ事例共有を勧める方針を確認した。しかし、その後bdNOG コミュニティから事例共有はされていない。

#### 7.3.4 Phase3 考察

グループメンバーが操作に慣れているであろうミーティングサービスを採用したため、参加方法で戸惑うグループメンバーはいなかった。音声や映像の品質も議論を行うには十分で、問題なく議論を進められた。これはバングラデシュのネットワーク品質が向上し、国際のビデオ会議にも参加できる環境が整っていること

を示している。

ワーキンググループのChair決めでは、十分Chairとして活躍できそうな若手の技術者が諸先輩方に遠慮して就任を固辞する様子が観察された。他のメンバーもその発言に理解を示していたため、これはバングラデシュにおける社会的価値観からの姿勢である。該当の若手技術者はその発言から活動の意義を深く理解している様子が観測できたので、Co-chairに就任してもらった。一方、ミーティング中には該当の若手技術者から積極的な発言が見られており、ワーキンググループ内で上下関係や社会的立場を理由とした発言の遠慮は見られなかった。これはグループメンバー全員が従前のbdNOGミーティングを通じて交流があり、発言への心理的な障壁が解消されていたためである。

事例分析に関しては専念する時間を設けたこと、口頭で分析内容を共有してもらったこと、順に指名して発言の機会を設けたことが効果的に働き、グループメンバーから多くの知見や分析、類似経験が共有された。筆者が、発言したグループメンバーに簡単な質問を行うことで、該当メンバーからより詳細な情報や状況の説明がなされており、それぞれのグループメンバーは事例分析への意欲や能力を有していること示している。これはより精緻な分析実施の可能性も示している。グループメンバーにオンラインの共有ドキュメントへ記入を依頼するという手法には何らかの障壁があり、意見抽出のためには今回のオンラインミーティングで実施した手法が有効だとわかった。

bdNOGコミュニティとのオンラインミーティング開催では、グループメンバーが発表言語への言及や日程調整方法の検討など、積極的に立案に参加している様子が観測できた。また、どのようにすればbdNOGコミュニティに事例研究活動の意義が伝わるかが議論されていた。これは今回のミーティングを通じてグループメンバーが主体的に活動に関わってきている様子を示している。

## 7.4. Phase4 事例研究活動の拡大

### 7.4.1 Phase4 目的

bdNOG で自主的なコミュニティ活動としてネットワーク運用に関わる事故や障害の事例研究活動を推進する。Phase2 (7.2) で活動が開始したものの、事故や障害の事例がなかなか集まらない課題を抱えていた。そこでワーキンググループを実施主体として bdNOG コミュニティに開かれたオンラインミーティングを実施し、事例研究活動の意義を広く理解してもらうとともに今後の活動に向けての意見を求める。bdNOG コミュニティとのミーティングで得られた結果を参考に、ワーキンググループで今後の活動を検討する。

### 7.4.2 Phase4 実施計画

bdNOG コミュニティに開かれたオンラインミーティングの日程を決定し、開催する。ミーティングシステムは、bdNOG のコミュニティメンバーが混乱なく参加できるよう、Phase3 (7.3) と同様に bdNOG や SANOG のオンラインミーティングで使用されたのと同じミーティングシステムを採用する。

ミーティングは bdNOG コミュニティ内での理解や議論が深まるよう配慮し、筆者の発表など一部を除き、ベンガル語を基本とする。開催時間は1時間程度とし、平日で多くの参加が期待できる時間帯に開催する。司会進行はワーキンググループのメンバーが行い、Chair がベンガル語で事例研究活動の意義や活動精神について丁寧に解説する。

筆者の発表では、事例分析の結果とともに、コミュニティが活動意義を理解できるよう、現状の運用モデルの課題と期待される変化を示す。特に、問題が発生した際に個別に対応されている状況を示し、事例研究活動により知見がコミュニティで蓄積、共有されることによって、事故や障害の発生頻度の低減や影響の低減が期待できることを示す。筆者の発表時間にミーティングシステムの機能を利用してミーティング参加者に活動に関わる質問に回答してもらい、参加者の積極

的なミーティング参加を促すとともに回答結果を今後の活動の参考とすることをワーキンググループに提案する。質問項目と回答選択肢は表 7.2 の通りとする。

ミーティングでの議論や反応、設定した質問への回答結果を基に、ワーキンググループで今後の活動推進のための議論を行う。自主的な事例研究活動の運営につなげるために、ワーキンググループ内の議論ではできるだけグループメンバーからの意見を重視して今後の活動を検討する。

### 7.4.3 Phase4 結果

ワーキンググループのミーティングで bdNOG コミュニティとのオンラインミーティング開催が合意されてから、10 日間経っても日程が調整されている様子が見られなかったため、調整を担当していたグループメンバーに個別に SNS のチャットで確認を行った。この確認をきっかけに該当のメンバーは他のメンバーにミーティング開催の必要性を説くなどの積極的な活動を開始し、bdNOG EC やグループメンバーと日程を調整し、2021 年 10 月 18 日午前 11:30 からに 1 時間のオンラインミーティングを開催することを決定した。

これを受けて筆者はミーティングシステムで 100 名まで参加が可能なオンラインミーティング開催を予約し、グループメンバーに参加に必要な情報を共有した。ミーティングに何名の参加者が興味を示すか分からなかったが、できるだけ多くの参加者が開かれた環境で議論できることを優先することとした。このため、オンラインミーティングの設定は事前登録を必要とせず、参加に必要なアクセス情報を知っていれば誰でもすぐにミーティングに参加できるように設定し、参加者は誰でも自身の端末操作で自由に発言やチャット送信ができる設定とした。グループメンバーはそれぞれ発表資料の準備や周知用の文案などの準備に取り掛かった。筆者からミーティング中に参加者にミーティングシステムの機能で表 7.2 の質問を行い、意識調査を行うことを提案したところ、賛同を得られた。日程調整を担っていたグループメンバーは、図 7.1 のようなミーティング広報用の画像を作成した。この画像は SNS の bdNOG グループページでミーティングを周知する際に利用された。同様の文言で、文字だけの周知は SNS 投稿に対する反応が 21 件であったが、画像付きの周知は SNS 投稿に対する反応が 72 件と格段に反応が良かった。Chair

表 7.2 事例研究活動の公開ミーティング参加者向け意識調査表

---

1. Do you have any failure cases?
    - Oh yes, I have lots of cases!
    - Yes
    - No, never
  2. How do you deal with operational problems? (multiple choice)
    - I ask a colleague about the fix
    - I consult with experts in the bdNOG community
    - I google it (or your favorite search engine)
    - I read books and manuals
    - I'll figure it out myself
    - Other
  3. Do you think this activity is helpful?
    - Yes
    - No
  4. Would you like to see more failure cases?
    - Yes, please
    - No, not interested
    - Not sure
  5. Would you like to see more analysis and insight?
    - Yes, please
    - No, not interested
    - Not sure
-



図 7.1 事例研究活動の紹介ミーティングの広報用画像 (ワーキンググループメンバー作成)

から事例報告者へのインセンティブ設計について相談があったので、他の bdNOG 活動との釣り合いを考慮し、貢献のあった上位数名の事例報告者に bdNOG T シャツを進呈することを提案した。

bdNOG コミュニティへの周知期間は 10 日間程度と短かったものの、当日はワーキンググループメンバーを含めて瞬間最大値で 43 名が参加した。開始時刻になっても参加者が増え続けていたため、5 分程度開始時刻を遅らせたものの概ね予定通り開始した。最初に Chair が事例研究活動の成り立ちと活動精神、活動概要をベンガル語で解説した。事例報告者のうち、素晴らしい貢献があった上位 5 名に次回 bdNOG ミーティングで bdNOG T シャツが贈られることも発表された。Chair が自らの言葉で綴った発表資料の以下の文章は事例研究活動の活動精神と活動の重要性を理解していることを示すものなので、ここにそのまま引用する。

“Any bdNOG initiative is driven by the community.

The group will be an inclusive and open for the community Anyone (i.e. Engineer to CXO) can contribute here but preference is who is actively maintaining a network or infrastructure.

Every cases will be analyzed in detail.

There is no much places where we can raise the issues when we are in a trouble.

It's not a responsibility but accidents/incidents is happening to you today may be it will happen to others tomorrow.”

次に筆者が事例分析の結果とともに現状の運用モデルの課題と事例研究活動によって改善が期待できる変化を紹介した。現状では問題が発生した際に個別に対応されている状況を示し、事例研究活動により知見がコミュニティで蓄積、共有されることによって、事故や障害の発生頻度の低減や影響の低減が期待できることを図を用いて解説した。参加者に用意した意識調査に関する質問への回答を依頼したところ、23名から回答があった。意識調査結果は本研究の観点からも興味があるので図7.2に掲載する。想定通り、ほぼすべての参加者が何らかの障害事

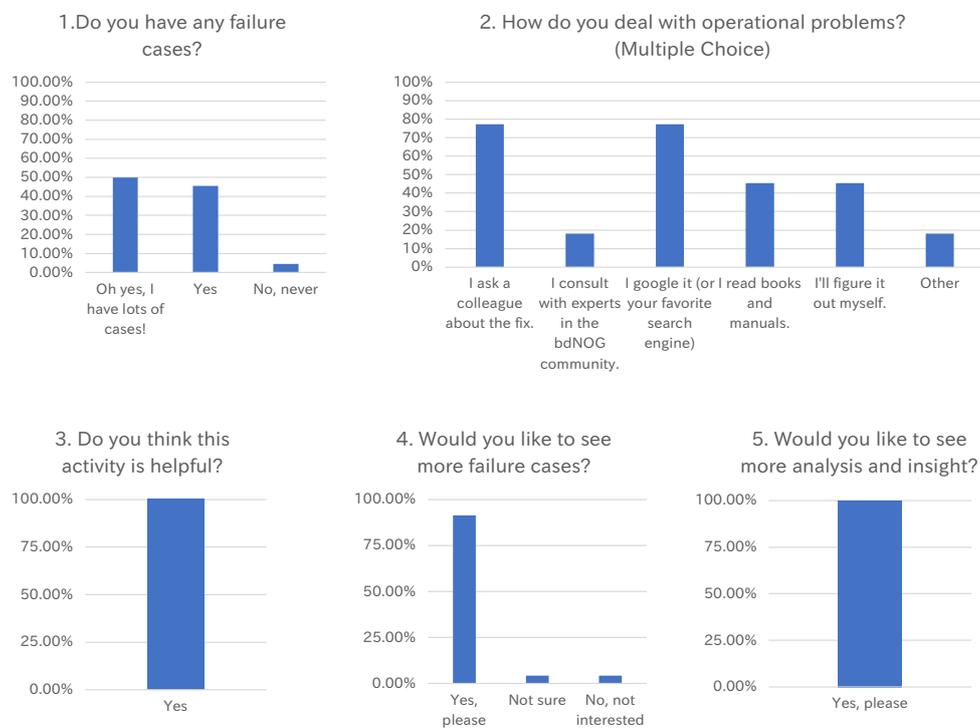


図 7.2 事例研究活動紹介ミーティング参加者の意識調査結果 (調査結果より筆者作成)

例を経験していることがわかる。運用上の問題対応にあたっては、7割強の参加者が同僚や検索エンジンを頼りにしていることがわかり、次いで書籍やマニュアル

ルを参照することや、自己解決を目指すとの回答が多かった。すべての参加者が事例研究活動を有益だと考え、より多くの分析結果や知見を参照したいと考えていることが分かった。

その後、ワーキンググループメンバーの進行のもと、参加者全員で事例研究活動に関する議論をベンガル語で行った。様々な参加者から口頭やチャットで意見が述べられ、活発な議論が行われていた。グループメンバーに議論の要点を確認したところ、活動内容に関して以下のような意見があったことが分かった。質問者が匿名でネットワーク運用に関する質問を投稿でき、業界の熟練技術者がそれに回答するようなフォーラム機能が欲しい。質問する際に機器のログ情報などを添付できるようにして欲しい。これら意見に共通して、活動を続けることで情報が蓄積できること、投稿されたデータを公開した状態にすることで検索エンジンに取り込まれ、解決方法の検索に役立つことも利点として挙げられていた。参加者からバングラデシュのネットワーク事業者が共通に抱える課題について何点か指摘があり、次回 bdNOG ミーティングにて発表を検討していることも共有された。議論は尽きない様子であったが、予定していた時間になったので司会が議論の終了を宣言し、ミーティングを終了した。

このミーティング開催後にワーキンググループのメンバーでミーティングを持ち、今後の活動に関して議論した。筆者は特段の発言をしないように努めた。グループメンバーはそれぞれ活発に今後の活動内容について発言しており、活動を活性化しようとする姿勢が観察できた。グループメンバーが様々な活動の議論をする中で、筆者に同様の活動を行っている他 NOG での取り組み状況の共有を求めた。筆者からは、これは他の NOG では取り組まれていない、恐らく世界初の事例となる先進的な活動だとの解説を行った。議論の結果、bdNOG コミュニティの事例研究活動への理解を促進するために、何か適切な事例とその分析結果の紹介動画を作成し、推進活動に使うことが決まった。そのためにグループメンバー全員で適切な事例を探すこと当面の課題とし、2週間ごとに定期的なミーティングを持つこと、追加のワーキンググループメンバーを募ること、活動報告の機会として、次の bdNOG ミーティング及び APRICOT2022 を目標とすることが確認された。

その後、Chair から個人宛に以下のメッセージが送られてきた。以下「」内は送られてきたメッセージを筆者が翻訳したものである。「実は事例研究活動の紹介ミーティングにそれほどの参加者が参加するとは思っていなかったが、今回の参加者数を見てとても勇気付けられた。より多くの ISP からワーキンググループのメンバーになってもらい、活動にみんなが関与している状態を作っていくことが重要だと感じている。ただ、コミュニティの理解を得て、事例を多く共有してもらうには時間がかかると思う。継続的かつ着実なステップが重要だ。」

#### 7.4.4 Phase4 考察

bdNOG コミュニティとのオンラインミーティング開催が決定してからは、グループメンバーの積極的な活動関与が観測できた。これは Phase3 (7.3) で見られた積極的な活動参加が継続しており、個々のメンバーの積極的な活動が他のメンバーの貢献意欲を促す循環につながった。SNS の bdNOG グループページでミーティングの周知を行う場合、適切な広報用画像を用意して周知することで文章のみの周知に比べて3倍以上の反応があり、コミュニティメンバーの注意を喚起するのに有効であることが分かった。

10日間程度の周知期間にもかかわらず、43名もの参加者に参加してもらえたことはコミュニティが事例研究活動に寄せる興味の高さを示している。これはミーティングの際の意識調査の結果からもわかるように、ほぼすべての参加者が何らかの障害事例を経験しており、困ったときの相談先が限られていること、事例研究活動による対策導出への期待があることが要因として挙げられる。

ミーティングでは参加者による活発な議論が見られた。参加者からの提案も活動精神に合致するもので、報告者の保護、共有された情報の有効活用という点で評価できる。特に投稿された情報の検索に関しては、独自の分類や検索システムを備えることなく、日常的に利用しているインターネット上の検索システムに頼る提案であり、実現可能性が高そうな提案であった。

ミーティングではバングラデシュで事業者が共通的に抱える課題についても議論がなされ、ミーティングを通じてそのような共通課題に目を向けることができ、有志が次の bdNOG ミーティングで発表する意向を示すなど、運用向上に資する

議論が喚起されたことに注目したい。これは運用を見直すという本実践の目的が、ミーティングの対話の中でも実現可能なことを示唆している。事例研究活動がミーティング参加者に新たな視点を提供し、日々のネットワーク運用の中の気づきを再認識させたことを示している。このような共通課題は事例研究活動の分析事例にもなり得るので、今後、事例を共有してもらう手段の一つとして検討できる。

bdNOG コミュニティからより多くの事故や障害の事例共有を進めるためには、事例共有活動の意義を多くのコミュニティメンバーに理解してもらう必要がある。ワーキンググループのミーティングでも一層の推進活動が必要との認識に至り、動画など bdNOG コミュニティの理解につながりやすい手法を検討して引き続き活動を続けることとなった。

ワーキンググループのミーティングでは、グループメンバーの活動推進に向けた積極的な発言が観測できている。特に bdNOG コミュニティとのオンラインミーティング後に開催したワーキンググループのミーティングでは、筆者はほぼ発言することなく、他のグループメンバーによって課題の整理と活動推進に向けた議論が自主的に行われていた。これはグループメンバーが主体的に活動に参加している姿勢を示しており、事例研究活動が自主的なコミュニティ活動として発展し始めたと言える。

ワーキンググループの Chair は、彼が発表資料に綴った文章などからもわかるように、bdNOG と事例研究活動の活動精神をよく理解しており、事例研究活動を bdNOG に実装する上で排他的ではなく多くのコミュニティメンバーが活動に関与できるよう配慮しながら活動を推進しようとする姿勢が観測できた。一方、事例研究活動が bdNOG コミュニティに受け入れないかもしれないという危惧を抱いていたようにも見受けられる。この危惧は bdNOG コミュニティとのオンラインミーティングに多くのコミュニティメンバーが参加して活動に興味を示したことである程度払拭されたことが筆者宛に送られたメッセージから推測できる。引き続き、多くのコミュニティメンバーに関わってもらいながら活動を推進する意向を示している。

今後はワーキンググループの活動を拡大しながら、事例研究活動の認知度向上と、活動を通じた Bangladesh のネットワーク運用技術向上を目指して活動を

続けていくことになっている。

## 7.5. Action3 考察

bdNOG では運用技術の発展や改善活動が十分取り組まれていなかった。これには既存の設計やサービスの改善する声を上げにくい環境、障害を関係者に閉じた環境で解決し他者と共有しない状況などが背景にある。このような状況を打破するには、障害の責任を追及せず、障害の原因を多方面から検討し、結果を広く共有できる活動が有効である。そこで、bdNOG でコミュニティ活動としてネットワーク運用に関わる事故や障害の事例研究活動を発足させ、その活動を通じて運用の見直しと運用技術の向上が図れるかを確認した。bdNOG はこれまで研究活動を行ったことはなかったが、活動目標の一つに“Conduct operational research”を掲げており、事例研究活動はこの枠組みを利用することで円滑に bdNOG EC に受け入れられた。

事例研究活動を発足させるにあたり、責任の追及ではなく事故や障害の事例から知見を導くという活動精神を理解してもらうことを主眼とした。これは活動を通じて事故や障害の責任追及が行われると、事例を隠蔽する姿勢の強化につながるほか、これまで bdNOG が築いてきたコミュニティ活動への信頼が揺らぎ bdNOG の活動自体を毀損しかねない危険性が考えられたためである。事あるたびに活動精神を共有したこと、ネットワーク運用者にはその意義が伝わりやすかったこと、bdNOG の活動目的とも合致したことなどから、活動精神の理解が進んだと見られ、活動を通じての議論や発言からも示される通り、事例研究活動の活動精神は bdNOG コミュニティに良く理解されたと評価できる。

bdNOG コミュニティとのオンラインミーティングでは、周知期間が 10 日程度と短かったにもかかわらず 43 名もの参加が得られ、bdNOG コミュニティが事例研究活動に寄せる興味の高さを示している。これはミーティングの際の意識調査の結果からもわかるように、ほぼすべての参加者が何らかの障害事例を経験しており、困ったときの相談先が限られていること、事例研究活動による対策導出への期待があることが要因である。

実践の中で活動を停滞させた課題のうち、大きなものを三つ挙げる。一つ目は、Phase1 (7.1) で活動発足に向けて有志が集まったものの具体的にどのように活動すれば良いかわからず、筆者がその状況を理解して支援を行うまで1年間程度の時間を要したことである。これは bdNOG コミュニティによる自主的な活動開始を目指した筆者が強く干渉しなかったこと、連絡手段がオンラインに限られたことにより密な意思疎通ができない状態が長く続いたことが要因として挙げられる。ある程度の期間を経過した時点で何らか具体的な活動の提案をすれば、もっと早く状況に気づけた可能性がある一方、この期間に bdNOG コミュニティの有志が活動に関して議論を重ねる時間が取れたことは前述の活動精神の理解にもつながったと評価できる。

二つ目はワーキンググループで事例分析の実施が進まなかったことである。当初はオンライン上に整備した共有ドキュメントに事例を記載し、そこに各グループメンバーが自身で分析結果や知見を書き込む手法を採用していた。グループメンバーに依頼を重ねても分析は書き込まれない状況であった。要因として共有ドキュメントへの書き込みが操作上、あるいは心理的障壁となっていたこと、日常業務の中で忙殺され時間が取れなかったことが考えられる。これを解決するため、グループメンバーとオンラインでミーティングを行い、口頭で分析結果や知見を述べてもらうことにしたところ、各メンバーから充実した内容が得られた。グループメンバーにオンラインの共有ドキュメントへ記入を依頼するという手法には何らかの障壁があり、意見抽出のためには口頭で意見を求める手法が有効であることがわかった。

三つ目は bdNOG コミュニティからの事例共有が進まないことである。匿名での事例共有にも配慮し、専用の web フォームを整備し、事例報告者へのインセンティブも設計したが、bdNOG コミュニティからの能動的な事例共有は進んでいない。bdNOG コミュニティとのオンラインミーティングではバングラデシュで事業者が共通的に抱える課題についても議論がなされ、有志が次の bdNOG ミーティングでそのような共通課題を発表する意向を示した。このような共通課題は事例研究活動の分析事例にもなり得るので、今後、事例を共有してもらう手段の一つとして検討できる。また、事例研究活動の意義を bdNOG コミュニティに理

解してもらうため、紹介動画の作成など引き続き推進活動を続けることも重要である。

今回の実践は COVID-19 の感染状況を鑑み、基本的にオンラインの手段を活用した。オンラインのツールは様々に開発が続いており各サービスやツールにはそれぞれの優位性があるかもしれないが、活動参加への障壁をなるべく低減するために、bdNOG コミュニティで広く使われ、参加メンバーが慣れ親しんでいると想定されたツールやシステムを採用した。これにより、連絡体制の構築は素早く完了するなどの利点があった。一方、事例分析の実施向けに用意した共有ドキュメントはグループメンバーに利用経験があったので導入したが、実際には活用が進まなかったため、適宜採用ツールや手段の見直しも必要である。

ワーキンググループのメンバーは実践開始当初には筆者を権威と見做し、疑義を挟むことなく提案に従って事例研究活動を見守るような姿勢が見られた。これは Phase1 (7.1) で具体的な活動開始に手間取り、Phase2 (7.2) で筆者の提案に従って連絡体制や事例報告用テンプレートを整備したことが影響している。事例研究活動がコミュニティ活動として認知され、グループメンバーの積極的な参加を促すように設計した Phase3 (7.3) 以降は徐々にグループメンバーがそれぞれの役割を担って活動しはじめる様子や、議論へ主体的に参加する様子が観測できた。Phase4 (7.4) では、筆者が特段の発言を行わなくても活動推進や活性化対策の議論が行われており、bdNOG の自主的なコミュニティ活動として事例研究活動を発足させる目的が達成できた。

需要対応性は良く、バングラデシュで多くのネットワーク事業者に関わる事例などを分析できた。多くの関係者とともに活動を実施できるため、拡張性も問題ない。再利用性と発展性も良く、バングラデシュに特有の状況やネットワーク事業者に共通的な状況に対応した知見の蓄積に資すると評価できる。

事例研究活動を通じた運用の見直しはミーティングなどを通じて徐々に活動の広がりを見せており、運用向上に資する活動である。Chair はより多くのコミュニティメンバーに関わってもらいながら活動を推進する意向を示しており、より活発な議論につながることを期待できる。今後は事例研究活動を通じて蓄積されている事例や知見が、より多くのネットワークで活用されバングラデシュの安定的

なネットワーク運用につながることを期待できる。bdNOG の事例研究活動ワーキンググループでは APRICOT などより広域の NOG で活動紹介することを目指している。モンゴルの mnNOG など、他の NOG でも事例研究活動に興味を示しており、この先進的な取り組みが他の地域での活動の参考になることが期待できる。

## 第 8 章

# 評 価

第 4.6 節で検討した評価計画に従い、実践の評価を行う。バングラデシュのネットワーク運用が他のネットワークから期待される状態になっているかを計測できる客観的評価指標として、BGP 経路情報に関わる IRR 登録オブジェクトの整備状況や MANRS への対応状況を見る。bdNOG が熟達したコミュニティへ変容した際には、他のコミュニティへの貢献が活発になると考えられることから、コミュニティメンバーがナレッジブローカーとして他のコミュニティに貢献している事例を調査する。本研究はアクションリサーチであるので、コミュニティメンバーからのフィードバックに見いだされる特徴も考察する。これら評価結果を総合的にまとめて、実践の評価とする。

### 8.1. IRR オブジェクトの登録整備状況

IRR に登録された route オブジェクトには IP プレフィックスとその BGP 経路広報元となる AS 番号が記載されている。これを実際の BGP 経路情報と突合し、ある AS が広報する BGP 経路に対応する route オブジェクトが必要十分に IRR に登録されているかを調査する。

#### 8.1.1 IRR 登録率の算出方法

BGP 経路情報は IP プレフィックスと様々なパス属性で構成されている。様々なパス属性のうち、本研究の評価では AS\_PATH 属性を用いる。BGP の経路情報から経路広報元の AS 番号を抽出するためには、BGP 経路情報に含まれる AS\_PATH

属性値を調べる。AS\_PATH 属性値には BGP 経路が生成されてから、その経路を受信した AS に到達するまでに経由したすべての AS がリストとなって含まれている。このため、AS\_PATH 属性値のリストの末尾を見ることでその経路の広報元の AS 番号を識別することができる。AS\_PATH 属性値のリストを構成する要素には単一の AS を表す AS\_SEQUENCE と複数の AS を表す AS\_SET がある。AS\_SET は複数の異なる AS で生成された経路を統合して短いプレフィックス長を持つ IP プレフィックスに集約し、これを新たな集約経路として経路広告する際に用いられる特殊な要素であり、現在は既に利用は推奨されていない [89]。しかし現在もまだ AS\_SET を含む AS\_PATH 属性値は観測されており、過去のデータを扱う上でも何らかの対応が必要となる。本研究の評価に向けた処理では、AS\_PATH 属性値のリストの末尾が AS\_SEQUENCE の場合には、AS\_SEQUENCE で示される AS 番号を該当 IP プレフィックスの経路広報元の AS 番号として扱い、AS\_PATH 属性値のリストの末尾が AS\_SET の場合には、AS\_SET に含まれる AS 番号すべてをそれぞれ該当 IP プレフィックスの経路広報元の AS 番号として扱う。

集約経路とそれに含まれる細かい経路の扱いについて議論する。集約経路に対応した route オブジェクトが登録されていた場合、集約経路で到達性が確保されるため、集約経路に含まれる細かな IP プレフィックスの BGP 経路が経路フィルタなどで破棄されたとしてもネットワークの到達性には問題が無いと考えられる。本来は BGP で経路広告するすべての経路情報に対応するよう IRR に route オブジェクトを登録すべきであるが、各ネットワークの到達性確保という観点から見るとある集約経路に対応する route オブジェクトが登録されていれば、その集約経路に含まれる細かな IP プレフィックスに対する route オブジェクトが登録されていなくても良いと考えられる。本研究の評価ではこの考え方を採用し、IRR に登録された route オブジェクトを利用して他のネットワークで経路フィルタが適用されても、ネットワークの到達性が最低限担保される状態であれば IRR への route オブジェクト登録が十分なされているとみなすこととする。

IRR に登録された route オブジェクトをすべて取り出し、route オブジェクトに記載されている経路広報元 AS 番号毎に IP プレフィックスをまとめた集合を  $IRR(AS_n)$  とする。次に BGP 経路情報を前述の通り処理し経路広報元 AS 番号

毎に IP プレフィックスをまとめた集合を  $BGP(AS_n)$  とする。任意の  $AS_n$  に対して、 $BGP(AS_n)$  が空集合ではない時、

$$BGP(AS_n) \subseteq IRR(AS_n)$$

であれば、 $AS_n$  が広報する BGP 経路はすべて IRR に route オブジェクトとして登録されていると言える。前述の集約経路に関する条件を加味して、 $BGP(AS_n) - IRR(AS_n)$  の集合から、 $BGP(AS_n)$  の各 IP プレフィックスの細かい経路に該当する IP プレフィックスを削除した集合を  $NOROUTEOBJ(AS_n)$  とする。本研究では、ある  $AS_n$  の IRR 登録率 ( $AS_n$ ) を  $BGP(AS_n)$  が空集合ではないとの条件のもと、以下のように定義する。

$$IRR \text{ 登録率}(AS_n) = \frac{|BGP(AS_n) \cap IRR(AS_n)|}{|BGP(AS_n) \cap IRR(AS_n)| + |NOROUTEOBJ(AS_n)|}$$

今回定義した IRR 登録率は個別の IP プレフィックスの大きさを問題にしておらず、登録が必要な route オブジェクト数に注目している。これは IRR への route オブジェクト登録は IP プレフィックス単位であり、ネットワーク運用者が適切に登録作業を行っているかを評価するには、登録が必要な route オブジェクト数を基にした指標が適切だからである。

### 8.1.2 利用するデータセット

APNIC からは、過去の APNIC IRR のデータを得られなかったため、アーカイブとして残っているデータや他のネットワーク運用者から提供されたデータを用いる。過去の APNIC IRR データとして 2011 年、2017 年時点のデータと、2018 年 2 月以降の日次データが得られた。これにより、本研究の実践開始前の状況が確認でき、その後の状況との比較が可能となった。

BGP 経路情報はオレゴン大学の運営する Route Views Project でアーカイブされているデータを用いる。Route Views Project では世界各地に BGP 経路収集用の機材を配備してデータを収集、蓄積しており、それぞれの観測点での BGP 経路情報がアーカイブされている。IRR 登録率の算出では BGP 経路情報から IP プ

レフィックスと広報元の AS 番号を抽出するのみであるので、どの観測点からのデータでも大きな違いはない。今回は最も古くから継続的に運用されている routeviews2.oregon-ix.net のデータを用いることとした。アーカイブデータでは概ね 2 時間毎に BGP の経路状態が保存されているため、APNIC IRR のデータ生成時刻に最も近いデータを参照して、APNIC IRR のデータと突合する BGP 経路情報として用いる。最大で 1 時間程度の時刻ズレが想定されるが、APNIC IRR のオブジェクトデータは新規に登録する時以外はあまり更新されない情報となっており、1 時間のズレは結果に大きな影響を与えないと判断した。

APNIC では過去のインターネット番号資源分配情報をアーカイブして公開している。APNIC IRR のデータ生成日時に最も近いデータを参照して、AS 番号の分配先の国や地域の判別に用いる。

### 8.1.3 結果と評価

得られた過去の APNIC IRR のデータそれぞれに対して、第 8.1.2 項で述べたデータセットを用いて AS 毎に IRR 登録率を求めた。APNIC のインターネット番号資源の分配先情報に基づき、AS 番号を国や地域毎に分類し、各国や地域で IRR 登録率が 100% になっている AS の割合がどのように推移しているかを図 8.1 として作成した。

バングラデシュの IRR 登録を完了している AS の割合は、2011 年時点では南アジア地域の平均もしくは平均より少し下程度であった。2017 年には大きな伸びを見せ、南アジアの平均を上回る状況となった。その後も IRR 登録を完了している AS の割合は上昇を続けており、小さなネットワークまで含めて運用を更新して適切に IRR 登録が推進されていると言える。南アジア地域では、SANOG が 2003 年から地域内での教育機会の提供を目的に活動を開始しているため、2011 年時点でも他の地域に比べて IRR 登録を完了している AS の割合が高くなっていることを示している。

2021 年 8 月の BGP 経路情報を見ると、バングラデシュでは 964 の AS が実際に何らかの BGP 経路を生成して広報しており、多くのネットワークが BGP 運用に参加してきている状況が見て取れる。このような状況でも IRR 登録を完了してい

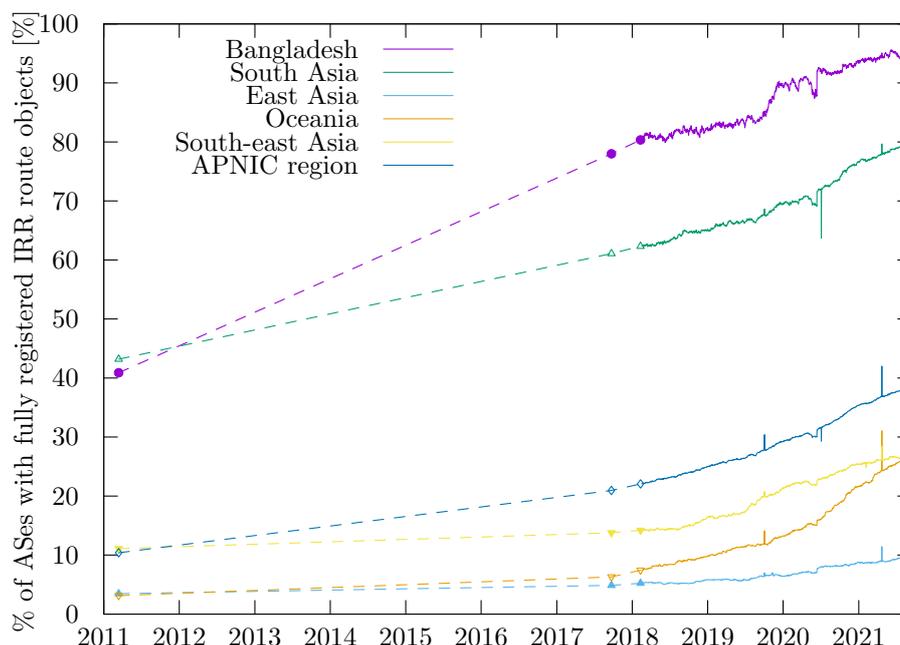


図 8.1 IRR 登録が完了している AS の割合の推移 (筆者作成)

る AS の割合が高くなり続けているということは、これら新規に参入したネットワークでも適切に IRR に route オブジェクトを登録して運用していることを示している。これはバングラデシュで IRR へのオブジェクト登録が一般的な運用として普及していることを示している。

バングラデシュで IRR 登録を完了している AS の割合は APNIC 地域はもとより南アジア地域でも突出しており、bdNOG の活発な活動がバングラデシュの各ネットワークに運用更新を促し、多くの AS で適切な IRR 登録完了に寄与したと評価できる。

## 8.2. MANRS への対応状況

MANRS Observatory では、各 AS が MANRS の提唱する実施項目を適切に実装しているかを様々なデータから算出し、データを公開している。具体的には各 AS 毎に経路フィルタ、IP アドレスの詐称防止、協調体制、IRR 登録、RPKI ROA 登

録、それぞれの項目の実装状況を 0 から 1 の実数で数値化している。対応状況の数値は 1 が完全に対応した状態を示し、数値が小さくなるにつれて対応が不完全な状態を示す。計測データは 2019 年 1 月から月次のデータが公開されている。このデータを用いて項目毎に対応が完了している AS の割合の推移を見る。MANRS Observatory の公開しているデータには AS の所属する国や地域の情報も含まれているので、これを利用して各国や地域毎に対応が完了している AS の割合がどのように推移しているかを算出した。

### 8.2.1 経路フィルタ対応状況

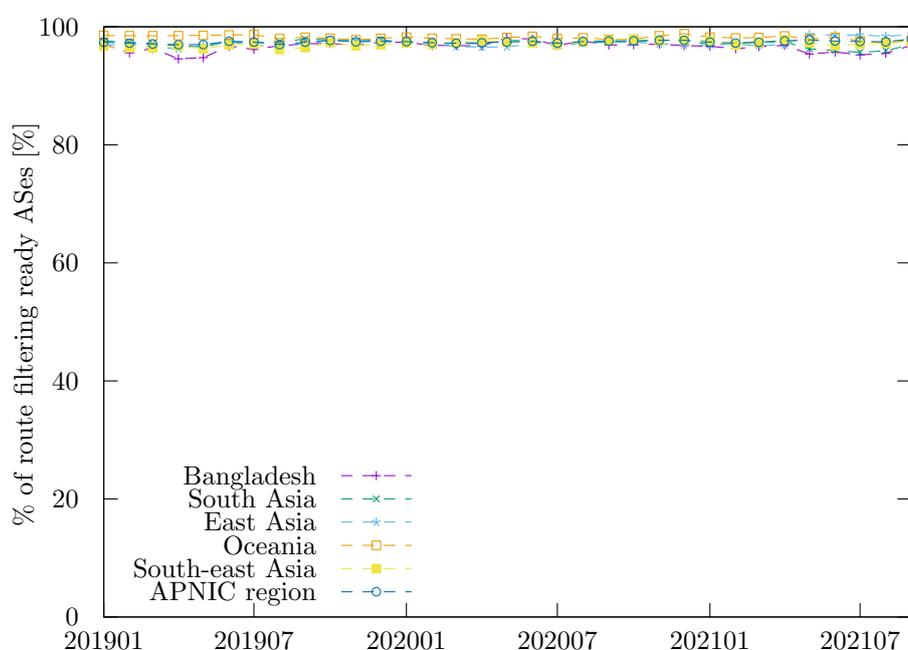


図 8.2 経路フィルタ対応状況の推移 (MANRS 計測データより筆者作成)

図 8.2 で示される経路フィルタの実装状況は国や地域別に大きな違いはなく、比較的良好的な対応状況を示している。これは不正確な経路情報の流通防止のための実装である。第 1.1 節でも見たように BGP の経路制御ではたびたび設定ミスにより他のネットワークまで影響を及ぼすような事例も発生しており、自ネットワー

クでの経路制御を守るためにも重要な実施項目である。そのため、多くのネットワークで経路フィルタの必要性が認知され、各 AS に一般的に実装される状態になっている。

### 8.2.2 IP アドレスの詐称防止対応状況

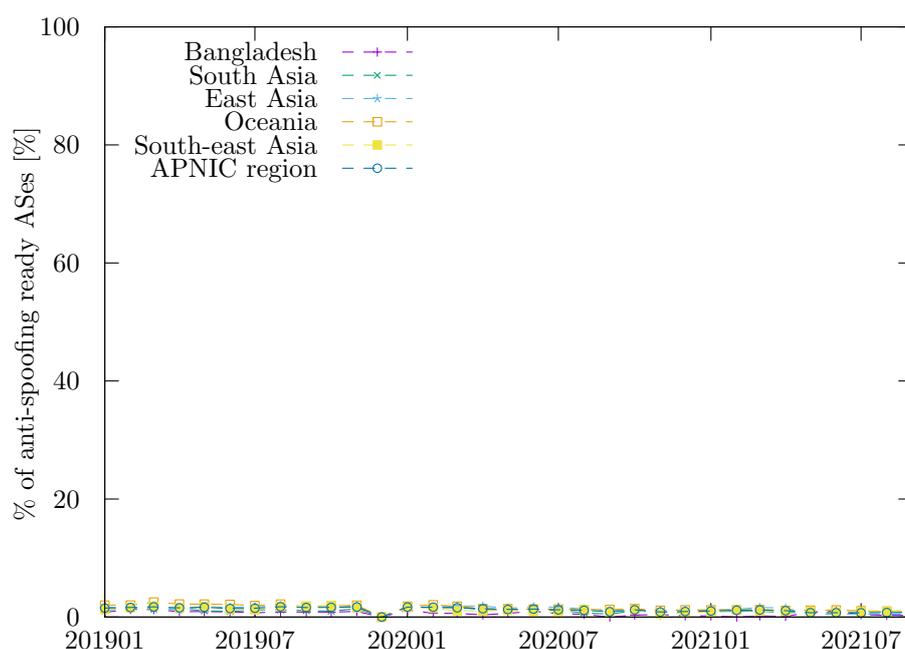


図 8.3 IP アドレス詐称防止対応状況の推移 (MANRS 計測データより筆者作成)

図 8.3 で示される IP アドレスの詐称防止対応状況も国や地域による大きな違いはなく、対応状況の数値は良くない。対応状況の数値が良くないことには二つの要因があると考えられる。一つ目は各ネットワークが IP アドレス詐称防止措置を導入する利点を説得しづらい点にある。IP アドレス詐称防止措置の実装はすぐさまそのネットワークのセキュリティ向上を意味せず、主に他のネットワークに対する攻撃手段を減らし、インターネット全体の安全性向上に資する。この点において各ネットワークで IP アドレス詐称防止措置を導入する意欲がなかなか高まらない状況が続いている。二つ目は IP アドレス詐称防止措置の実装状況を外

部から計測しづらいという性質がある。MANRS Observatory で IP アドレス詐称防止の実装状況を計測するため、図 4.1 のシステム構成図にもあるように CAIDA Spoofer<sup>1</sup>のデータを用いている。CAIDA Spoofer は主に有志からのデータ提供によって成り立っており、データが十分に得られていない AS に関しては対応状況の判定ができない。このような事情から MANRS Observatory のデータでも IP アドレス詐称防止の実装状況の計測数値が空欄になっている AS も多い。このため、この図は必ずしも各国や地域の実態を表していないことも考えられるが、IP アドレスの詐称は様々な攻撃に悪用されることが知られており、各ネットワークには IP アドレスの詐称防止措置を実装してもらうよう引き続き呼びかけていくことは重要である。

### 8.2.3 協調体制対応状況

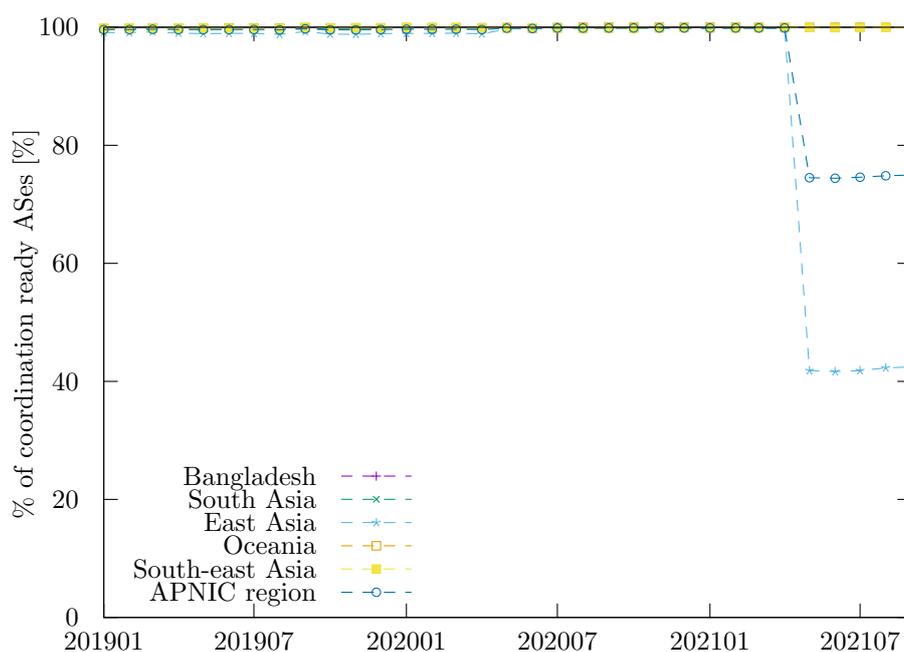


図 8.4 協調体制対応状況の推移 (MANRS 計測データより筆者作成)

1 <https://www.caida.org/projects/spoofer/>

図 8.4 で示される協調体制対応状況は国や地域による大きな違いはなく、比較的良好な対応状況を示している。協調体制対応は、世界的な運用の連絡体制や協調体制を推進する実施項目に対応している。ネットワーク運用者が相互連絡取れる状態を担保するため、IR や PeeringDB に正確な連絡先情報を登録することが求められている。グラフからは 2021 年 5 月頃から東アジア地域の数値が急激に悪化していることが見て取れる。これは中国の研究教育ネットワークである China Education and Research Network (CERNET)<sup>2</sup>が研究用途に一度に数千個の AS 番号の割り振りを受けた影響である。この影響で APNIC 地域全体の数値も悪化している。つまり実態として各 AS の整備状況が悪化したわけではなく、見かけ上数値が悪化したと言え、現状で大きな問題とは言えない。

#### 8.2.4 IRR 登録対応状況

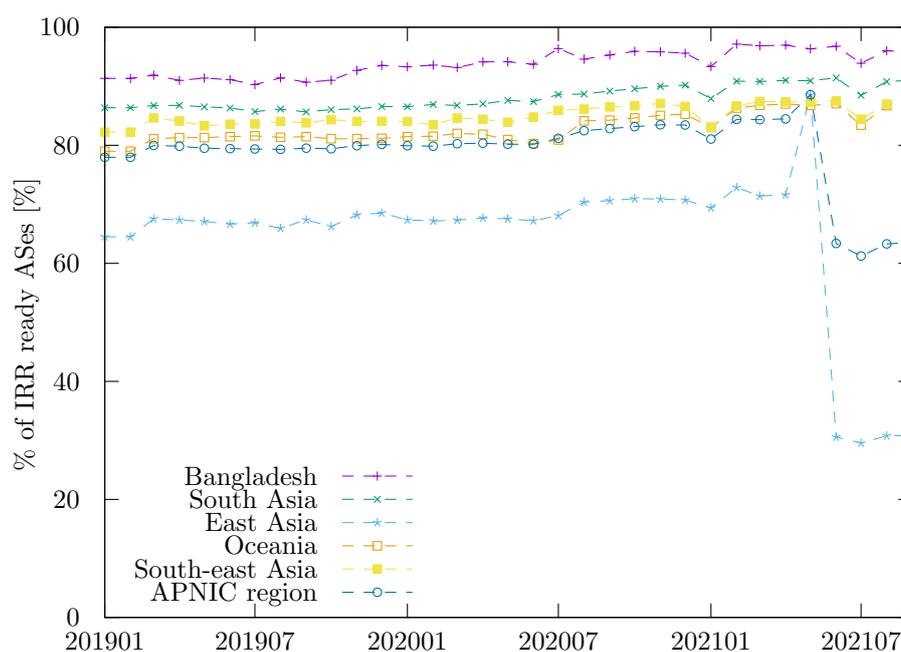


図 8.5 IRR 登録対応状況の推移 (MANRS 計測データより筆者作成)

<sup>2</sup> <https://www.edu.cn/english/>

図 8.5 で示される IRR 登録対応状況は第 8.1 節で筆者が算出した IRR オブジェクトの登録整備状況と同様にバングラデシュが他の地域に比べて良好な状態を維持し、改善を続けていることが読み取れる。IRR 登録は世界規模での経路関連情報の推進に対応する実施項目である。グラフからは 2021 年 5 月頃から東アジア地域の数値が急激に変動し、その後悪化していることが見て取れる。これは第 8.2.3 項でも触れた中国の研究教育ネットワークである CERNET が研究用途に一度に数千個の AS 番号の割り振りを受け実験を行った影響である。MANRS Observatory の計測では筆者が算出した IRR オブジェクトの登録整備状況より各地域の対応状況が良いように見える。これは MANRS では APNIC IRR 以外にも、RADB や各ネットワーク事業者が運用する IRR など、様々な IRR のデータを用いて、いずれかの IRR にオブジェクトが登録されていれば対応されていると見做して数値を算出しているためである。

### 8.2.5 RPKI ROA 登録対応状況

図 8.6 で示される RPKI ROA 登録状況は各国や地域で徐々に対応が進んできている様子が読み取れる。特にバングラデシュでは 2019 年中旬より飛躍的な数値向上が見られ、他の地域に比べて格段に良好な状態を維持し、改善を続けていることが読み取れる。RPKI ROA 登録も IRR 登録と同様に世界規模での経路関連情報の推進に対応する実施項目である。MANRS では RPKI ROA 登録は世界規模での経路関連情報の推進のより進んだ実施項目として扱われており、必須ではないものの推奨される実施項目となっている。ここでも 2021 年 5 月頃から東アジア地域の数値が急激に変動し、その後悪化していることが見て取れる。これは第 8.2.3 項、第 8.2.4 項でも触れた中国の研究教育ネットワークである CERNET が研究用途に一度に数千個の AS 番号の割り振りを受け実験を行った影響である。

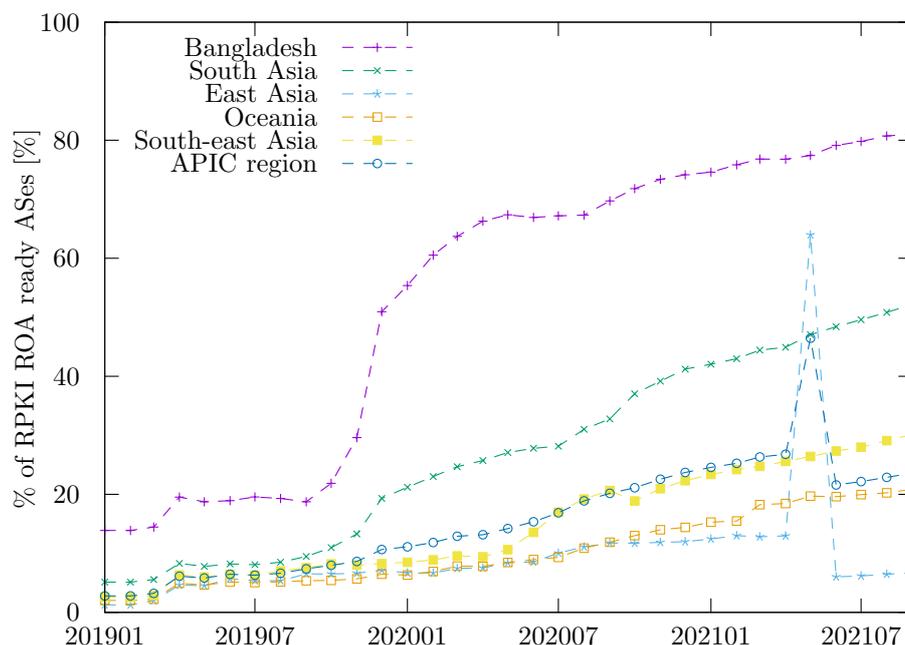


図 8.6 RPKI ROA 登録対応状況の推移 (MANRS 計測データより筆者作成)

## 8.3. 他コミュニティへの貢献状況

### 8.3.1 APRICOT への貢献

APRICOT のアーカイブページに残されている講師や発表者の情報を基に、2010 年以降講師や発表者として APRICOT に貢献した bdNOG コミュニティのメンバーの人数を表 8.1 にまとめた。なお、筆者は bdNOG のコミュニティメンバーであるが、この人数に含めていない。また、APRICOT2021 はオンライン開催であり、これまでの APRICOT と比較してセッション数が減り、ワークショップも開催せずに実施されている。

この表からは bdNOG が設立された 2013 年以降徐々に貢献人数を増やしてきたことがわかる。bdNOG コミュニティからの貢献者はほとんどが bdNOG でもワークショップ講師や発表者として開催に関わっており、自身の知見をより広域な NOG に展開している様子が示されていると言える。これは、bdNOG コミュニティからナレッジブローカーが生まれ、他のコミュニティに貢献していることを

示している。なお、APRICOT2010ではフェローシップ制度でバングラデシュから2名の参加を支援している。このうち1名はbdNOG設立から現在に至るまでbdNOG ECメンバーとしてbdNOGの発展に寄与している。APRICOT2011でワークショップ講師を担ったバングラデシュの技術者もその後、bdNOG TrusteeとしてbdNOGの設立や運営に寄与している。

表 8.1 APRICOT に講師や発表者として貢献した bdNOG コミュニティメンバー数の推移 (<https://www.apricot.net/> のデータより筆者作成)

イベント	貢献人数	補足
APRICOT2010	0名	
APRICOT2011	1名	ワークショップ講師
APRICOT2012	0名	
APRICOT2013	2名	ワークショップ講師、チュートリアル講師
APRICOT2014	3名	ワークショップ講師、チュートリアル講師、発表者
APRICOT2015	4名	ワークショップ講師、チュートリアル講師、発表者
APRICOT2016	3名	ワークショップ講師、チュートリアル講師
APRICOT2017	5名	ワークショップ講師、チュートリアル講師、発表者
APRICOT2018	8名	ワークショップ講師、チュートリアル講師、発表者
APRICOT2019	7名	ワークショップ講師、チュートリアル講師、発表者
APRICOT2020	5名	ワークショップ講師、チュートリアル講師、発表者
APRICOT2021	3名	チュートリアル講師、発表者

(APRICOT2021ではワークショップ未実施)

### 8.3.2 MANRS への貢献

MANRSの活動推進にもbdNOGコミュニティのメンバーは貢献しており、MANRSの啓発活動に寄与している。MANRSでは、2020年からMANRS参加組織の代表としてAmbassadors制度を開始したほか、MANRSの活動に寄与したいと考える若手のリーダーを募るFellow制度を発足させた。MANRS Fellowの任期は1年間

で、Virtual/Online Trainers、Researchers、Policy Analysts の三つのカテゴリーがあり、それぞれで若干名の若手を募集している。MANRS Fellow は MANRS の取り組みに新たな視点や発想、最近の研究成果を反映させるために運用されている。bdNOG コミュニティからは 2020 年の MANRS Fellow に Virtual/Online Trainers 部門で 1 名が就任している。

MANRS Ambassadors の任期は 1 年間で、MANRS Fellow と同様に Virtual/Online Trainers、Researchers、Policy Analysts の三つのカテゴリーがある。MANRS Ambassadors には MANRS 参加組織から経験豊富な技術者らが就任しており、MANRS Fellow の活動を支援するほか、MANRS の普及活動、能力開発活動を行っている。bdNOG コミュニティのメンバーは、2020 年と 2021 年に Virtual/Online Trainers 部門の MANRS Ambassadors に就任して継続的に貢献している。

MANRS は経路制御の安全性を高めるために、ネットワーク運用に共通的な規範の普及を目指しており、bdNOG コミュニティのメンバーは bdNOG の活動を通じて得られた経験をより広いコミュニティへと還元し、インターネット運用に貢献している。これは、bdNOG コミュニティのメンバーがナレッジブローカーとして、他のコミュニティに貢献していることを示している。

### 8.3.3 APNIC コミュニティトレーナーとしての貢献

APNIC では 2016 年からコミュニティトレーナー制度を運営している。これは APNIC がワークショップなどの教育機会を提供する際に講師として協力してくれるコミュニティの有志を事前に登録しておく制度である。APNIC コミュニティトレーナーとして登録されるには、実際のネットワーク運用経験とネットワークコミュニティでの活発な活動などが求められる。2021 年 11 月時点で 30 名のコミュニティトレーナーが登録されており、APNIC のコミュニティトレーナーの web サイトには現在のコミュニティトレーナーの一覧がそれぞれの所属する国や地域とともに紹介されている。これを、それぞれの所属する国や地域毎の集計した結果を図 8.7 に示す。所属する国や地域はコミュニティトレーナーの紹介に記載されている 2 文字の国名コードを利用している。実は AU に計上されている 1 名は bdNOG コミュニティメンバーであり、転職してオーストラリアに移住したために

AUとして表示されている。この1名を数えないとしてもバングラデシュ (BD) からの貢献は特筆すべき状況であり、bdNOG のコミュニティが他のコミュニティの発展に貢献しようとする姿勢が示されている。これは、bdNOG コミュニティのメンバーがナレッジブローカーとして、他のコミュニティに貢献していることを示している。なお、bdNOG コミュニティからの登録メンバー7名のうち、4名は第6章の Action2 で現地からのワークショップ講師として参加してくれていた技術者であり、ワークショップの実施がコミュニティの熟達に資するという本研究の仮説を支持する結果が示されている。

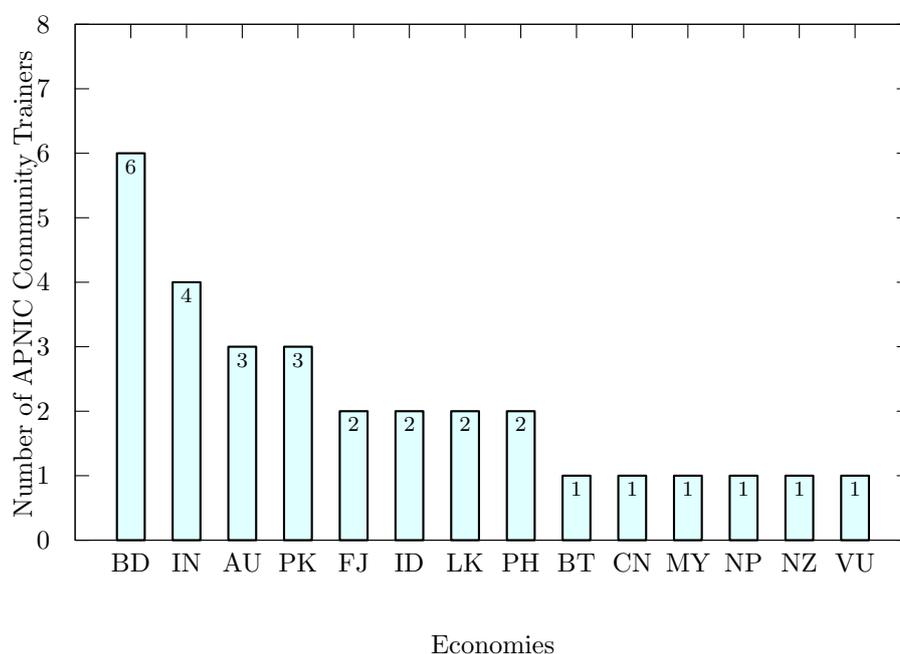


図 8.7 APNIC コミュニティトレーナーの所属分布 (<https://training.apnic.net/community-trainers/> のデータより筆者作成)

## 8.4. bdNOG コミュニティメンバーへのヒアリング

bdNOG コミュニティメンバーに、bdNOG が個人や社会に与えた影響の話を聞き、特徴を抽出する。以下、「」内はメンバーからの語りを筆者が翻訳したもので

ある。

#### 8.4.1 Aさんへのヒアリング

bdNOG 創設から bdNOG の運営に携わっている男性の技術者。大学で情報科学を学び、修士号を持つ。バングラデシュの情報技術関連事業者数社で技術者として働いたのち、通信事業者に技術者として勤務。bdNOG で主要な役割を担うほか、SANOG や BDIX の運営にも携わる。

「bdNOG の大きな役割としては、バングラデシュの技術者に現在のネットワーク運用の最善実践を伝えたことが挙げられます。バングラデシュでは、2000 程度のインターネット接続サービス事業者が運営されています。ほとんどが新規の中小の事業者です。彼らが日常的に何らかの問題を起こしていると、バングラデシュのネットワークはうまく動きません。確かに多少は何らかの問題が発生しているが、頻発はしていません。つまり、彼ら (筆者注：多くのインターネット接続サービス事業者) はみんな何らか適切に運用されているということです。bdNOG を通じて、多くの通信事業者にネットワーク運用技術が移転されたと言えます。」

彼は bdNOG の設立から携わっており、国内の通信事業者に bdNOG を認知してもらうことにも腐心していた。bdNOG では設立時に、国内の通信事業者それぞれから 2 名ずつ程度 bdNOG に定常的に参加してもらうことを当面の目標としていた。

「初期は bdNOG を知ってもらうためにマスメディアを呼んでプレスカンファレンスをやっていましたが、今ではバングラデシュのほとんどの通信事業者の知るところとなりました。メールなどでイベント開催を通知すれば、ワークショップやカンファレンスは満席となる状態です。これは、bdNOG が学習の場や何か役立つ場として、国内で重要視されているということです。」

2005 年に SANOG がバングラデシュで開催されて以来、国内の事業者から同様の教育機会への要望が寄せられ、ついには bdNOG 設立へとつながったと言う。

「SANOG が初めてバングラデシュで開催された時、政府の情報通信技術省の担当官が視察に来ました。彼は、ワークショップの講師が全員外国人だと指摘しました。その時、私は我々はまだ様々な技術を学ばなければならない、ワークショッ

プなどを実施する能力もないと答えました。bdNOG の活動を通じて、バングラデシュ人の講師も増え、今では APNIC コミュニティトレーナーとして APNIC 地域にも貢献しています。これは、大きな変化です。」

bdNOG の将来への展望を聞いたところ、以下のような話が聞けた。

「COVID-19 の影響で、物理ミーティングが開けていません。私自身もこの影響で以前ほど国内の通信事業者が抱える課題を理解できているか不安になることがあります。状況が好転すれば、以前と同じように国内の様々な地域で bdNOG を開催していきたいです。

バングラデシュでは政府の規制の問題があります。通信を規制する人々が、インターネット業界を正しく認識していないことが一因となっていると思います。こうした規制が障壁となり、海外の著名な CDN 事業者はバングラデシュに進出するのを躊躇っている状況です。bdNOG でこうした課題をオープンに議論したいです。

我々は様々な活動を通じて、バングラデシュのインターネットをより良くしていきたいです。あなたはそのガイド役の一人です。今後も活動に何か提案があればいつでも言ってください。」

彼は、bdNOG を始めバングラデシュの様々な活動に寄与しているほか、APNIC でも主要な役割を担うなど、国内外で活躍を続けている。

#### 8.4.2 Bさんへのヒアリング

バングラデシュの通信事業者に勤務する男性の技術者。バングラデシュの通信事業者に就職後、2回の転職を経て現職。bdNOG に参加し、カンファレンスで発表者も務めた。その後 bdNOG の運営にも関わるようになり、現在も bdNOG で主要な役割を担っている。

「多くの運用技術が bdNOG 経由で移転されました。今、コミュニティで活躍しているトップエンジニアの技術は、ワークショップなど bdNOG のコミュニティ活動で移転されたものです。国内の通信事業者がワークショップの内容をもとにサービスを開始した事例もあります。一般的な製品とオープンソフトウェアでサー

ビスを構成できる可能性を学び、それを事業に展開し増田。bdNOG の活動はバングラデシュにとってもインパクトがあったと言えます。」

彼は bdNOG のワークショップで講師を務めた経験もある。bdNOG で実施されたワークショップが国内で再利用されている状況も共有してもらった。

「bdNOG の他に、ISPAB でもネットワーク運用技術のワークショップを開催しています。実はこうしたワークショップは、bdNOG でワークショップ講師をした経験がある人が実施しているのです。用いられている資料やスケジュールも bdNOG のものが流用され、bdNOG の活動は最善実践の普及に貢献していると言えます。つまり、bdNOG はネットワーク運用技術のような難しい技術を短期間で伝えるための技術や手法を学ためのプラットフォームでもあるのです。」

bdNOG が彼個人に与えた影響についても語ってくれた。

「バングラデシュの通信業界の人たちは bdNOG のことをよく知ることになりました。それにつれて、自分自身のこともよく知られるようになり、bdNOG は自身の専門性を披露する場になったとも言えます。それにより、別な組織からトレーニングを提供するための講師としても呼ばれるようになりました。こうした要請には時間が取れば対応するようにしています。つまり、bdNOG によって、私はコミュニティにより受け入れられるようになったとも言えるでしょう。」

bdNOG が人を惹きつける魅力についても語ってくれた。

「バングラデシュの人達は、集まるのが好きです。みんなで一ヶ所に集まって、あれこれ話すのが好きなのだと思います。bdNOG はそのための良いプラットフォームにもなっていると言えます。業界リーダーや専門家にも会えるし、海外の主要な事業者のコンタクトを得る貴重な機会にもなっています。」

彼は APRICOT や他の NOG でカンファレンス発表するなど、地域内外で活躍している。

### 8.4.3 Cさんへのヒアリング

bdNOG 創設時から bdNOG の運営に関わっている男性の技術者。大学で経営学修士を取得後、通信事業者に就職。2回の転職を経て現在の通信事業者で技術者を務める。現在も bdNOG 運営の重要な役割を担っている。

「広域のNOGとしてSANOGやAPRICOTが挙げられるが、バングラデシュからの参加状況はよくありませんでした。バングラデシュ近郊で開催される場合には、参加者が増えるが、定常的には数名程度の限られた人が参加するのみでした。そこで、bdNOGを設立して、SANOGやAPRICOTで貢献している人達をバングラデシュに呼んでくることを考えました。bdNOGが設立されたことで、国内のコミュニティがつながる効果もありました。bdNOG設立以前は街ごとに小規模な通信事業者のコミュニティがある状態で、お互いに知らない状況だったので。初期のbdNOGが首都ダッカとコックスバザールで成功裏に開催された結果、他の地域の技術者が自分たちの街でも開催して欲しいと要請してきて、bdNOGは国内の様々な街で開催されることになりました」

彼は活動を始めるとき、APRICOTやSANOGで貢献していた技術者らに講師や発表者としてbdNOGに参加するよう援助を求めた。その時に考えたことを以下のように共有してくれた。

「bdNOGを始めようとしたとき、バングラデシュは技術的にも習熟しておらず、設備に関しても廉価な機器やとても古い機器で構成されている状態でした。単に先端技術を持ってくるだけでは、バングラデシュの役に立ちません。そこで、バングラデシュのネットワーク状況を真に理解し、バングラデシュのために適切なコンテンツを提供できる人々に声をかけました。幸い我々はあなたやPhilip氏などの指導者を得ることができ、適切な話題を選び、バングラデシュの需要を満たすことができました。そして、我々は需要に応じてワークショップの内容を拡大してきました。こうした活動で、bdNOGが必要な情報を提供する有用な場所としての認識がコミュニティ内で向上する効果がありました。」

個人的な体験や変化としては以下のような話を共有してくれた。

「bdNOGのおかげで、業界の様々な専門家と交流する機会が得られました。bdNOG開催に合わせて、APNICのスタッフも頻繁にバングラデシュを訪れるようになり、そのつながりもあって、自分はAPNICコミュニティトレーナーにも就任しました。APNICで議論されている内容が業務に関わることも理解しました。そうした会合の重要性を知ったので、時には自費で渡航してAPNICやAPRICOTに参加したこともありました。他のbdNOGのメンバーもその重要性を知り、以

前と比べて APRICOT などのミーティングに参加する人数が増えています。」

そして、彼の所属する会社が bdNOG を活用している事例も共有してくれた。NOG への参加をその個人の運用技術への熱意と捉えて、優先的に雇用していると言うのである。

「人材を募集するとき、応募者の NOG イベントへの参加状況を調べます。その人が数多くの NOG に参加しているようであれば、特別に扱うのです。と言うのも、NOG への参加実績から、その人がこうした最善実践や問題解決の手法を習得していると考えられるからです。サービスを提供する上でそうした知見は重要で、素早い問題解決につながると考えられるので、NOG の参加者を優先的に雇用するようにしています。」

COVID-19 の影響で物理ミーティングが開催できない現状にも触れ、物理ミーティングの重要性を以下のように語ってくれた。

「bdNOG で今、一番重要なのはティーブレイクやランチブレイクなど、休憩時間の交流です。こうした交流を通じて、通信事業者はお互いの構成や課題を認識したり、新たなアイデアを話し合ったりしています。コミュニティからは物理ミーティングを開催して欲しいと言う要望が数多く寄せられています。状況が改善すれば、また以前のように物理ミーティングを開催していきたいと考えていますので、あなたもぜひ参加してください。」

彼は SANOG の運営に関わったり、APRICOT でワークショップ講師や発表者を務めたり、地域内外で活躍を続けている。

#### 8.4.4 D さんへのヒアリング

bdNOG 創設時に bdNOG の運営に関わっていた男性の技術者。bdNOG の運営からは退いたが、bdNOG にはワークショップ講師やカンファレンス発表者として貢献を続けている。バングラデシュの通信事業者数社で技術者として働いたのち、海外に移住。現在はオープンソフトウェアプロジェクトへの貢献を続けている。

「bdNOG は孤立していた私を、様々なカンファレンスに参加する“カンファレンスホッパー”にし、世界中の興味深い人々と引き合わせてくれました。bdNOG に参加する前は、私は自分が携わるネットワークをあれこれいじくり回すけど、そ

こから得られた知見を誰とも何も共有しない日々を過ごしていました。私は自動化など、ネットワークをいじくり回すことがとても得意だったんです。」

彼は、bdNOG 発足前から自身で機器ベンダの資格認定を受けるなど、独自に研鑽を積み、専門知識を蓄えていた。

「bdNOG が最初にミーティングを開催しようとしていた時、私は bdNOG の運営者から要請されて、設定の自動化や経路の検証技術について発表することになりました。これがすべての始まりだったのです。それからは、ミーティングに参加して発表するために、様々な場所を回ることに夢中になりました。時には、発表をせずに、会議に参加して技術的な議論に加わるだけの時もありました。こうした活動を続けていると業界内で私の認知度が高まったようで、幸運なことに APNIC コミュニティトレーナー制度が始まった時に初代の APNIC コミュニティトレーナーになりました。そして、何度か APNIC の開催するワークショップで講師を務めました。」

彼は英語が苦手なワークショップ受講者たちの理解を促すために、ホワイトボードを駆使するなど、様々な工夫を凝らしてワークショップを実施している。

「bdNOG が無かった頃と現在を比べるとすると、実は今でも同じように自分の関わるネットワークをいじくり回しています。違う点は、以前は現時点の最善実践、つまり他のネットワークで培われた知見を知らなかったのです。こうした最善実践の知見は、自分が関わるネットワークを業界標準に適合するよう正しく、衛生的にするのに役立ちました。そして今、私は“カンファレンスホッパー”になっています。それは仕事と言うより生活スタイルですけど。」

彼は、APRICOT でもワークショップ講師やチュートリアル講師、発表者を務めるなど、地域内外で貢献を続けている。

#### 8.4.5 Eさんへのヒアリング

bdNOG 創設から bdNOG の活動に携わっている男性の技術者。大学卒業後にバングラデシュの電話会社に入社、その後、別な通信事業者に転職したのち、bdNOG 設立に関わることになる。現在も bdNOG 運営の重要な役割を担っている。

「bdNOG は私やバングラデシュのネットワーク運用者にとって灯台のような存在です。私は bdNOG の創設メンバーであり、bdNOG はその設立時から様々な運用に関する最善実践を私が明確に理解する助けとなりました。」

彼はそう語る。彼は bdNOG で様々な発表やワークショップ講師も担っている。

「bdNOG の活動を通じて、バングラデシュのコミュニティと国際的なコミュニティとの交流がより強くなりました。私やバングラデシュの技術者は、bdNOG の様々な活動を通じてインスピレーションや励ましを受けました。」

彼は MANRS の推進活動に関わり続けており、MANRS コミュニティで普及啓発に関わる重要な役割を担っている。

「bdNOG は他のバングラデシュの技術者にとってもそうであるように、私の人生に重要な役割を果たしました。bdNOG はバングラデシュでネットワーク運用の進歩と発展を担い、世界へその好例として示しています。この長い道のを私たちは短い時間で達成しました。これは、bdNOG 開催の度にとっても熱心な人々が献身的に活動してくれたお陰です。海外からの参加者の中にはその過程で指導や励ましをしてくれる人もいます。あなたもその一人です。」

彼は、APNIC コミュニティトレーナーとしても登録して地域内外で活躍している。彼の発言からは、バングラデシュが達成した高い MANRS 実践への準拠状況への自負がうかがえる。

#### 8.4.6 F さんへのヒアリング

バングラデシュの通信事業者に勤務する女性の技術者。大学卒業後にバングラデシュの通信事業者に就職し、その後、別な通信事業者に転職し、情報セキュリティを担当している。bdNOG ミーティングに頻繁に参加する bdNOG コミュニティメンバーである。bdNOG ではプログラム編成を担当する、bdNOG PC を務めたこともある。

「bdNOG を通じて、私は多くの人脈を築くことができました。また、APNIC のことを知るきっかけにもなりました。」

彼女曰く、バングラデシュでは女性が仕事をするには障壁が多く、例えば女性は情報通信分野で働くべきではないと主張する同僚もいた。仕事の募集にも“女性は

受け付けない”と太字で記載されることも珍しくないという。家族も最初は就職を喜んでくれたが、彼女が勤務で帰宅が遅くなる日が続くと、もっと女性に向けた仕事に就いた方がいいと説得し始めたとのことだった。彼女は APNIC ミーティングにフェロシップ制度を利用して参加した。この国際会議への渡航をきっかけに、家族は彼女がより専門的な仕事や役割を目指していることを理解し、次第に応援してくれるようになったとのこと。

「bdNOG にはもっとネットワークセキュリティのワークショップを開催して欲しいです。」

と彼女は言う。彼女は情報セキュリティの専門家として学び続け、社内ではロールモデルとして表彰もされている。

「bdNOG はバングラデシュ内の多くの組織が IPv6 を実装する助けとなりました。IPv6 やルーティングセキュリティ、新しい技術などの必要性をバングラデシュで広める効果があったと思います。」

彼女は APNIC コミュニティでも重要な役割を務めるようになっている。

#### 8.4.7 Gさんへのヒアリング

バングラデシュの通信事業者に勤務する女性の技術者。大学で情報科学を学び、修士号を持つ。修士号を取得後、バングラデシュの通信事業者に技術者として就職、その後別な通信事業者に2回転職した後、現在は銀行でネットワークを担当している。bdNOG にコミュニティメンバーとして参加したのち、運営にも関わることになり、現在も bdNOG 運用で重要な役割を担っている。

「bdNOG は様々な意味で私に影響していると言えるでしょう。まず、運用に関する様々なことを学びました。何を実施し、何を実施しないのか。現在の最善実施はなんなのか。そうしたことをワークショップやカンファレンスを通じて学びました。」

彼女も就職の際には、家族の同意を得るのに苦労したと言う。バングラデシュでは多くの女性が大学卒業とともに結婚して、専門的な道に進むのはとても難しいとのことだ。家族も次第に彼女の判断を尊重してくれ、就職する決断を支援してくれるようになったとのことだ。

「bdNOG では、同じ業種の多くの専門家と知り合うことができました。業界内で同じような業務に取り組む知り合いも増え、彼らが構築しているネットワーク構成への理解も深まりました。そして、そうした活動を通じて転職の機会を得ることができました。2回の転職はbdNOGのお陰です。」

2回目の転職で務めた通信事業者の役員はもっと女性がICT業界に関わるべきだとの認識を示し、彼女を管理職に登用した。それは彼女のこれまでに見せた学習意欲や活動を認められたことを示している。女性の社会進出は徐々に改善されつつあると彼女は言う。

「bdNOGは私が技術分野でのキャリアを積み重ねる勇気をくれます。実は、家族や社会制度の様々なことがあり、仕事を辞めたくなることもあるのですが、継続するための力となっています。bdNOGは私の技術知識を更新するよう後押ししてくれます。なので、bdNOGに参加する他の参加者に対してもそうであるように、bdNOGは私自身にとって大きな影響をもたらしたと言えるでしょう。」

彼女はAPNICコミュニティでも重要な役割を務めるようになっている。

#### 8.4.8 Hさんへのヒアリング

バングラデシュの情報セキュリティ会社に勤務する男性の技術者。大学卒業後にバングラデシュの通信事業者にて技術者として就職し、その後、現在の情報セキュリティ会社に転職した。bdNOGには初回から頻繁に参加しているbdNOGコミュニティメンバーである。

「bdNOGには初回から参加しています。私にとってそれは、人々が協力し、知見や経験を他者と共有できるということを考えさせるようになった、まさに目の覚めるような機会でした。私はそこから活動の情熱を得ました。そして、bdNOGを含めて多くのNOGイベントで自分の関わっているプロジェクトの発表を行ってきました。このような活動を通じて、多くの人々となつながら、彼らが対面する問題を解決し、最善実践を実装できるように支援してきました。」

彼はそう言う。bdNOGではカンファレンス発表やワークショップ講師の経験がある。APRICOTや他の国際会議でも多く発表を行っている。

「バングラデシュにとって、bdNOG は人々がアイデアを得たり、機器の活用方法を学んだりするためのプラットフォームでもあると言えます。実際、私はbdNOGの活動を通じて APNIC コミュニティトレーナーになりました。そうした意味で言うと、今の私を見てもわかるように、bdNOG は私に大いに影響しています。率直に言うと、あなたを含め bdNOG に貢献してくれた業界のリーダーたちのお陰で私はここまで来れました。」

彼は最近 APNIC コミュニティトレーナーとして登録した。

#### 8.4.9 Iさんへのヒアリング

国外で通信関連事業者勤務する男性の技術者。大学で情報通信を学び、修士号を持つ。バングラデシュで通信事業者勤務として就職、bdNOG 設立に関わった。bdNOG では設立当初から主要な役割を担い、国外に転職した現在も引き続き bdNOG で主要な役割を担っている。

「bdNOG を設立し、運営に関わったことは、私の個人的、職業的成長に影響を与えました。bdNOG は国内だけでなく、世界の業界のリーダーたちと出会い、交流できる場を提供しています。もちろん地域内には SANOG や APRICOT がありますが、常に参加できるとは限りません。同様のイベントをローカルに開催することで、ギャップを埋めてくれました。」

彼は bdNOG をきっかけに国外へ転職することになった。国外に転職した後も bdNOG での主要な役割は変わらず、積極的に運営に貢献を続けている。

「bdNOG で経験や知識を共有している参加者の多くは運用技術者です。ローカルにイベントを開催し、地元の言語で話す機会を持つことは、参加者に良い影響を与えます。バングラデシュでは、ネットワーク運用に特化したそのようなプラットフォームはありませんでした。その点で bdNOG は大きな影響があったと言えます。」

バングラデシュの高等教育では英語教材が用いられることも多く、英語で問題なく会話できる技術者も多いが、英語での表現力が弱く母国語での会話であればより活発な議論や情報共有が進む技術者もいる。

「技術者が、自らの活動を紹介したり、カンファレンスで発表したり、チュートリアルで講師をするのにも役立ちます。彼らが成長し、グローバルな NOG や会合で発表するのを見てきましたが、bdNOG なしでは容易ではなかったでしょう。bdNOG は、技術者がローカルやグローバルの専門家から業界の最善実践を学び、技術を磨く助けともなりました。」

bdNOG 設立後から、APRICOT などグローバルな NOG で発表する bdNOG コミュニティのメンバーは増えている。bdNOG が言えば練習の場となり、コミュニティメンバーが bdNOG で発表や講師の経験を積み、成長することで、他のコミュニティへの貢献につながっている。

「bdNOG の活動に携わることで、私の発表スキルやコミュニケーションスキルを向上させることもできました。bdNOG の運営に関わっている人たちは皆有志で自主的に活動しているので、調整はとても大変なのです。」

彼は今でも bdNOG で調整役として様々な bdNOG の活動に寄与している。

#### 8.4.10 ヒアリングから抽出された bdNOG の活動の特徴

本研究の観点から、ヒアリングした内容の中で特に興味深いと判断した点を特徴として以下に挙げる。

- 最善実践が広まる機会となったこと
- bdNOG が有用な場所として認知されたこと
- ワークショップ開催に向けた能力開発ができたこと
- 個人のキャリア形成に影響していること
- より広域のコミュニティにつながり、貢献するきっかけとなったこと

##### 最善実践が広まる機会となったこと

物語を語ってくれた人の多くが、bdNOG を学びの場として捉えていることがわかった。これは bdNOG の設立目的にも合致する。最善実践をキーワードとして挙げる人が多く、bdNOG によってグローバルな知見の学習の場が

バングラデシュにもたらされたと言える。そして、これら最善実践は、バングラデシュの実情に合わせた適切な技術内容の選択の甲斐もあり、実際にバングラデシュの各通信事業者に実装されたとも語れている。Aさんの話では、最善実践が普及したことから、バングラデシュではネットワークに関わる通信事業者数が伸び続けているにもかかわらず、それほど多くの障害は発生していないと評価されていた。これはIRR登録率の調査やMANRSのデータからも示されている。Eさんの話からはこうしたbdNOGによる最善実践の普及がバングラデシュの技術者の人々の自信にもつながっていることがうかがえた。

#### bdNOGが有用な場として認知されたこと

bdNOGがその活動を通じて国内で認知され、国内の多くの通信事業者の技術者が興味を持つ状態になっていると語られていた。これは、ワークショップやチュートリアル、カンファレンスで提供される技術情報がバングラデシュの技術者にとって有用であり、貴重な教育機会となったことが主な要因として挙げられる。また、bdNOGの参加を通じて他の技術者と知り合いになり、国内外の専門家や事業者と連絡が取れるようになると参加者から期待されていることも要因の一つである。この状況は技術移転の際に受容側の意欲を向上させて、効果的な技術移転につながったことも指摘できる。また、bdNOGの活動に多くの参加者が積極的に参加する状況を生み出し、第7章のAction3でミーティングを開催した時も、短い周知期間にもかかわらず43名もの参加があったことにもつながっている。こうしたbdNOGの知名度向上はbdNOGの運営に携わる人々の活動動機にもつながり、bdNOGが活動しやすくなる好循環が生まれた。

#### ワークショップ開催に向けた能力開発ができたこと

以前はワークショップ受講者であったバングラデシュの技術者によって、今は自主的なワークショップ開催ができる状態になったことが語られている。これは、ワークショップが単なる運用技術の移転に止まらず、技術移転手法の移転にも役立ったことを示している。Bさんの話では、bdNOGでワークショップ講師を担った技術者が別な機会にも講師を担っていることが語られ

ている。そこでは、bdNOG で用いられたワークショップ構成や資料がそのまま再利用されていることも語られており、コミュニティを基盤として運用技術の知識が維持継承されていることを示している。

#### 個人のキャリア形成に影響していること

bdNOG の活動が、個人の動機付けやキャリア形成に影響したことが語られている。例えば、Bさんはコミュニティ活動を通じて業界に自身の専門性が認知されたと語っている。Cさんの話では、NOG への参加を個人の熱意の表れとして捉え、採用時の指標に採用していることが語られていた。Dさんの話では、bdNOG をきっかけに技術情報を共有するようになり、様々なカンファレンスの参加を通じて人脈を築き、キャリア形成につなげている様子が語られた。Gさんの話では、bdNOG を通じて転職の機会を得たほか、専門的職業を継続する熱意を与えてくれる場として bdNOG が評価されている。Hさんの話では、bdNOG によって協調や協力に目覚め、積極的にコミュニティ活動に貢献しつつ、キャリアを形成していることが語られた。このように、bdNOG がその活動を通じてバングラデシュの技術者のキャリア形成に影響を与えていることがわかった。

#### より広域のコミュニティにつながり、貢献するきっかけとなったこと

bdNOG の活動を通じて、より広域のコミュニティや貢献が可能な分野を見出したことが語られている。特に APRICOT や APNIC を挙げる人が多い。bdNOG の活動を通じて APNIC を知り、APNIC でコミュニティトレーナーとして貢献を始めた人も多い。APRICOT では実際バングラデシュからの参加人数が増えており、APRICOT2020 では登録者数 783 名中、130 名がバングラデシュからの登録であった。これは APRICOT2020 開催地であるオーストラリアからの登録者数に次ぐ人数で、多くの人々が APRICOT を認知し、その重要性を認識する状態に変化したと言える。ワークショップ講師や発表者の他、広域のコミュニティでチェアなどの役割も担う人も増えてきている。2020 年からは APNIC コミュニティの代表である APNIC Executive Council に、バングラデシュから初の当選者を出すなど、貢献が広がっている。

## 8.5. 総合評価

本節では、本章でこれまで述べた IRR オブジェクトの登録状況や MANRS への対応状況、他コミュニティへの貢献状況、bdNOG コミュニティのメンバーから得られたフィードバックによる評価を総合的にまとめる。

IRR オブジェクトの登録状況や MANRS への対応状況、他コミュニティへの貢献状況などの客観的指標は、バングラデシュのネットワーク運用状況が他の地域に比べると良好であり、他のコミュニティへの貢献が活発になっていることを示している。bdNOG コミュニティからのフィードバックからは、bdNOG の活動が活発になることによって、コミュニティメンバーそれぞれの能力開発の他、バングラデシュの安定的なネットワーク運用につながる効果があり、社会的な影響も大きかったことが語られた。

まず、IRR オブジェクトの登録状況調査からは、バングラデシュで IRR 登録を完了している AS の割合は、2011 年時点では南アジア地域の平均よりも少し下程度であったが、2017 年には大きな伸びを見せ、南アジアの平均を大きく上回る状況となった。その後も IRR 登録を完了している AS の割合は情報を続けており、小さな AS まで含めて適切な IRR 登録が推進されている。バングラデシュで IRR 登録を完了している AS の割合は APNIC 地域はもとより、南アジア地域でも突出しており、bdNOG の活発な活動がバングラデシュの運用向上に寄与している。

次に、MANRS への対応状況調査からは、計測分野によって対応状況の違いが見られた。まず、経路フィルタ対応状況と協調体制対応状況はバングラデシュでも他の地域と同様に高い導入率が見られた。経路フィルタ対応は自社の経路制御を守るためにも重要な実施項目でもあり、多くの AS に一般的に実装されている。協調体制対応は、インターネット番号資源を維持するためや、円滑な相互接続を推進する上で重要なので、多くの AS で対応が進んでいる。次に、IRR 登録対応状況と RPKI ROA 登録対応状況では、他の地域に比べて良好な対応状況が示された。特に MANRS で先進的な取り組みとされている RPKI ROA 登録の対応状況は、他の地域に比べて格段に良い導入率が見られた。一方、IP アドレス詐称防止対応状況は、他の地域と同様に悪く、今後の運用改善が必要な項目である。つまり、バングラデシュでは、特に IRR 登録対応状況、RPKI ROA 登録対応状況で

他の地域より良い導入率を見せ、他の指標では他の地域と同様の傾向を示しており、他の地域と比較して良好な運用状態にある。

そして、他のコミュニティへの貢献では、APRICOT への貢献が bdNOG 発足後から顕著となり、毎回ワークショップ講師やチュートリアル講師、カンファレンス発表者として bdNOG コミュニティのメンバーが貢献している様子が示された。世界的な経路制御の安全性向上の取り組みである MANRS の活動推進にも bdNOG コミュニティメンバーは積極的に関与しており、その普及に尽力している。APNIC コミュニティトレーナーとしての貢献も、他の国や地域と比較して bdNOG コミュニティからの貢献が顕著である。これらは、bdNOG コミュニティのメンバーがナレッジブローカーとして、他のコミュニティに貢献していることを示している。bdNOG コミュニティが熟達して他のコミュニティに貢献している様子が示された。

bdNOG コミュニティのメンバーからのフィードバックで語られた、bdNOG が個人やバングラデシュに与えた影響の特徴として、最善実践が広まる機会となったこと、bdNOG が有用な場所として認知されたこと、ワークショップ開催に向けた能力開発ができたこと、個人のキャリア形成に影響していること、より広域のコミュニティにつながり貢献するきっかけとなったこと、の5点が挙げられる。これは、bdNOG の活動が個人の技術向上や意欲維持に寄与してキャリア形成につながったこと示すほか、bdNOG がバングラデシュで認知され、そこで共有された最善実践が実際にネットワーク事業者に実装され、バングラデシュのネットワーク運用技術を向上させたことを示している。

bdNOG の活動は技術の移転や発展に留まらず、協調や協力といったインターネット運用に必要な価値観の移転、維持にも貢献している。バングラデシュの技術者がワークショップの講師を担い、個別のネットワーク設定の相談に乗り、ミーティングでお互いのネットワーク運用方法を話している。bdNOG のこうした活動を通じて、バングラデシュの若い技術者たちが協調や協力がインターネットやネットワークの運用に重要であることを認識し、継承していく環境ができています。

第 4.1 節では、ネットワーク運用技術の移転に関して開始、実施、強化の各段階でコミュニティが一部役割を担うモデルを提案した。第 5 章の Action1 では主

に開始と実施の段階の一部をコミュニティが担った。コミュニティに必要なネットワーク運用技術を、構築の経験を繰り返すことを通じて効果的に技術移転できた。第6章の Action2 では開始と実施、強化の段階の一部をコミュニティが担った。コミュニティに必要なネットワーク運用技術を、再利用に配慮した運用技術ワークショップを通じて移転することで、コミュニティが受け皿となり地域にネットワーク運用技術を根付かせた。第7章の Action3 では、主に強化の段階の一部をコミュニティが担った。コミュニティ活動としてネットワーク運用の事例研究活動を発足させることで、運用の見直しなど知識創造活動が活性化した。

以上の評価より、bdNOG での実践を通じて bdNOG コミュニティの運用技術が向上し、推奨されるネットワーク運用がバングラデシュで広く採用されていることがわかった。また、bdNOG コミュニティのメンバーが APRICOT や MANRS、APNIC などより広域のコミュニティに貢献をするようになった変化も観測された。このことから、bdNOG の活動が活性化し、熟達したコミュニティに変容したことがわかった。

## 第 9 章

# 結 論

### 9.1. 本研究の総括

本研究では、ネットワーク運用に関わる技術者コミュニティに注目し、これを基盤とすることでネットワーク運用技術の移転や発展に資するとの仮説をもとに、バングラデシュのネットワーク運用者コミュニティである bdNOG を対象として、どのような活動がネットワーク運用技術の移転や発展に資するのかを考察した。

バングラデシュではインターネット接続が急速に普及しつつあるが、ネットワークの運用や設計に課題を抱えており、バングラデシュの通信関連事業者の運用能力は高いとは言えない状況であった。この問題に対応するには、バングラデシュのネットワーク運用技術向上を目指す必要がある。しかし、それぞれの通信関連事業者の資源も限られており、各事業者が単独で解決を目指すのは難しい状況にあった。例えば、教育機会が不足していて常に需要があるが、ネットワーク技術者はそれぞれ日常業務を抱えており長期間のトレーニングには参加しにくい。ネットワーク技術者が熟練したとしても、バングラデシュではより良い教育機会や収入を求めて国外に移住してしまう人材流動が活発であり、技術継承や知見蓄積を阻む要因となっている。権威主義的な傾向もあり、いったん導入された構成や運用を異なる観点から見直す機会が乏しく、硬直した運用を招いている。

こうした課題に対して、筆者は事業者横断型のネットワーク運用者コミュニティである bdNOG を基盤とし、これを活性化することでバングラデシュ全体のネットワーク運用技術の向上が実現できるとの考えに基づき、対応を実施することとした。bdNOG を取り巻く状況を説明するために、ネットワーク運用者のコミュニティである NOG の歴史と特性、課題を述べた。NOG はネットワーク運用に関

わる様々な議論を行う場として活用できるが、意思決定の場ではない。そのためNOGで何らかなネットワーク運用に関する課題解決を実現しようとした場合、各ネットワーク運営者に協力を呼びかけるしかなく強制力は無いため、実効性や即応性に欠ける面があることを指摘した。

関連調査では、コミュニティを基盤としたネットワーク運用技術の移転と発展を実践するにあたり、参考となる先行研究や先行事例の調査を行った。技術移転には障害要因として様々な困難さがあり、特に暗黙知を醸成するための経験を設計する重要性が指摘されていた。先行事例は教育機会への要望があることを示している一方、人材流動への対応の難しさも指摘していた。この人材流動への対応としてコミュニティに注目することが解決策として有効であると考えた。コミュニティで協同的学びの場を設計することで、個人の学習の支援や習熟の段階を測定できると言える。bdNOGのようなNOGは実践共同体として捉えられ、実践共同体のもたらす成果を適用できる。事例調査においては、責任の追求ではなく原因の追求を通じて再発防止を目的とすることの重要性が示されていた。

次に、実践を行うにあたってコミュニティの役割や考慮すべき点を整理し、実践と評価方法の設計を行った。知識移転のモデルを拡張し、コミュニティが技術移転の開始、実施、強化の各段階の役割を一部担うことでバングラデシュのネットワーク運用技術向上を支援するモデルに基づいた実践を検討した。実践にあたっては、これまで見た課題を解決するために需要対応性、再利用性、拡張性、発展性に配慮し、実践が総合的にこれらを満たすように設計することとした。ネットワーク構築とフィードバックを繰り返すことで、運用技術の向上が図れる、コミュニティを対象として運用技術を移転すれば、運用技術の知見が維持継承される、事故事例への対策を検討することで、運用の見直しと運用技術の向上が図れる、の三つの仮説を設定し、それぞれを検討するために実践を設計した。実践の評価には、実践を通じた観察やコミュニティメンバーからの意見や感想のほか、客観的指標としてIRR登録の整備状況やMANRSの計測データ、他のコミュニティへの貢献状況を用いる。これらの評価結果を総合的にまとめて実践の評価とすることとした。

仮説を検討するために、三つの実践を行った。会場ネットワーク構築を通じた

無線 LAN 基地局の運用技術移転では、ネットワーク構築とフィードバックを繰り返すことで効果的な運用技術の移転につながることを示された。運用技術ワークショップの設計と実施では、bdNOG でワークショップが再利用され技術継承に利用されており、コミュニティを対象として運用技術を移転することで、運用技術の知見が維持継承されることが示された。事例研究活動の発足を通じた技術発展基盤の構築では、活動を通じてネットワーク運用向上に資する様々な議論が喚起され、運用の見直しを通じて運用技術の向上が図れることが示唆された。これら結果は仮説を支持している。

評価では客観的指標として、IRR 登録データと MANRS の計測データを用いてバングラデシュのネットワーク運用状況評価を行った。バングラデシュで運用されている AS では、APNIC IRR への登録状況が他の地域に比べて良好で、bdNOG 活動開始後に推奨されるネットワーク運用が広まっていることが示された。MANRS の計測データからは、経路フィルタ対応、協調体制対応の指標では他の地域と同様に良好であった。IRR 登録対応、RPKI ROA 登録対応の指標では他の地域に比べて良好な値が示され、特に先進的な取り組みである RPKI ROA 登録の対応状況が顕著であった。一方、送信元 IP アドレス詐称防止対応の指標では他の地域と同様に悪く、今後の運用改善の必要性も示した。bdNOG コミュニティのメンバーが他のコミュニティへ貢献している状況を調査したところ、bdNOG での活動が始まってから貢献が増え、運用技術の移転のために貢献していることが示されていた。

bdNOG での実践を通じて bdNOG コミュニティの運用技術が向上し、推奨されるネットワーク運用が広く採用された結果が示された。さらには bdNOG コミュニティのメンバーが他のコミュニティに貢献をするようになった変化も観測された。bdNOG の活動が活性化し、熟達したコミュニティに変容したことがわかった。以上を持って総括とする。

## 9.2. 課題と提言

本研究では bdNOG を対象として実践を行った。実践を通じて得られた知見は bdNOG のみならず、ネットワーク運用技術の向上に取り組む他のコミュニティにも有用であるため、ここにまとめる。

筆者はナレッジブローカーとして、bdNOG を熟達していないコミュニティから熟達したコミュニティに変容させた。第5章の Action1 および第6章の Action2 では bdNOG コミュニティで信頼できる技術者として事前に認知されていたことが技術移転を円滑に進める効果があった。第4.2節での検討では、移転する運用技術を選定する際に、受容側の運用向上に資することを条件とした。また、第8.4節では、バングラデシュの状況を理解して適切なコンテンツを提供してくれる人が求められていたことが語られている。ナレッジブローカーとして関わるには、このような信頼関係の構築や、移転する技術をどう選定するかが重要である。

第5章の Action1 および第6章の Action2 では経験学習を繰り返し実施できる様に、コミュニティ活動の中で学習の場を見出し、再利用に配慮したワークショップを設計した。Action1 では、会場ネットワーク構築という比較的短期間で構築を行う場を学習の場と捉えて、技術移転に活用した。Action2 の Phase3 (6.3) では、仮想化技術を活用することで、現地の状況に対応したワークショップを構成した。こうした実践により、コミュニティで共有されている知識が更新され、移転したネットワーク運用技術が継承されるようになった。ネットワーク運用技術の移転のためには、コミュニティ活動の中で継続的に活用できる学習の場を設定することが重要である。

第8.4節では、当初バングラデシュにはネットワーク運用技術のワークショップを実施する能力がなく、国外の講師に頼ってワークショップを開催していたことが語られている。bdNOG の創設メンバーは SANOG や APRICOT など広域の NOG の活動を知っており、そこで知り合った技術者らを bdNOG に招き、bdNOG の活動を通じて自主的なワークショップを実施できる能力開発につなげた。また、他の NOG に参加することは他のグローバルな最善実践を学ぶ機会にもつながり、どの運用技術を移転対象とするかを検討する機会にもなる。つまり、ネットワーク運用技術の移転開始期においては、他の NOG など熟達したコミュニティにも

参加して、人間関係の構築や多様な視点に触れることが重要である。

第6章の Action2 および第7章の Action3 では現地技術者が積極的にコミュニティ活動に貢献していた。Action2 では現地講師がそれぞれの得意分野に応じて協力できるパートの講師を担っていたほか、Phase3 (6.3) で見られた現地講師の SNS 投稿事例では、役割を担うことやコミュニティへの貢献が誇らしいことだと認知されていた。Action3 の Phase3 (7.3) では、Chair などを分担することで主体的な活動参加が見られた。コミュニティ活動に積極的な人物を数多く見出すことは、コミュニティ内でネットワーク運用技術や価値観を維持継承するために重要である。役割の分担などを通じて、活動に協力できる人物を見出し、こうした人物が活躍できる環境を整備しなければならない。

バングラデシュでは人材流動などの影響で、技術継承や知見の蓄積に課題があったが、コミュニティを基盤とする技術の移転と発展を設計することでバングラデシュ全体の運用技術向上が見られた。これはコミュニティに依存するところも多くあり、開かれた緩やかなコミュニティの特性が効果的に作用していた。新規の参加者が参加しやすい、あるいは既存の参加者が意欲を持って参加し続けられる環境をどのように維持、向上させるかが課題である。

ネットワーク運用、あるいはそれを取り巻く環境が変わると、それに応じてワークショップやカンファレンスでの発表内容、コミュニティで議論されている内容も追従する必要がある。これらコンテンツの更新は参加者の興味を維持し、コミュニティの発展にも寄与する。一方、古い運用情報が残り続けると運用技術の地域性でも見たように無意味な、あるいは有害な運用技術が定着してしまうこともある。つまり、ワークショップの内容や発表内容、議論の話題も時代とともに見直しを続けていかなければならない。

NOG は参加者が率直に話し合える環境を提供している。コミュニティの規模が大きくなると、協賛企業からの申し出や一見魅力的な提案などを受けられることもあるかもしれないが、それによって活動が変わり、コミュニティが望まぬ方向に変容しないよう注意が必要である。運用者の協同的学びの場を守るためにも、お互いが尊重され、共通の課題や興味をもとに様々な意見を交わせる状態を維持しなければならない。

そこで、以下の七つを NOG を基盤としたネットワーク運用技術の移転と発展のための提言とする。

#### ナレッジブローカーとしての関わり方

円滑な技術移転のために、コミュニティから信頼できる専門家として認知されるよう継続的な活動を心がける。技術移転開始期に移転技術を選定する際には、その将来性と必要性を考慮し、受容側の運用向上に資するように考慮する。

#### 継続的な経験学習の場の設定

コミュニティを基盤としてネットワーク運用技術を移転する際には、ワークショップなど、繰り返し学習できる場を設け、地域の状況に即した経験学習を設計する。その他、コミュニティの様々な活動が学習の場として活用できないかを検討する。

#### NOG 間の協調

コミュニティ活動初期の人材不足や能力不足を補うために、他の NOG など活動している人々に助力を求めることも検討する。他の NOG の活動は参考になる箇所も多く、今後の技術移転や発展を検討する際の検討材料にもなるため、他の NOG にも参加して協調関係を構築することが望ましい。

#### 活動協力者の獲得

コミュニティ内でネットワーク運用技術や価値観を維持継承するために活動協力者を増やす。役割の分担などを通じて、コミュニティメンバーの主体的な参加を促すほか、こうした活動協力者が協力しやすい体制を構築する。

#### コミュニティの維持、発展

緩やかで開かれたコミュニティのあり方を維持し、参加や貢献のしやすい環境を維持する。特に新規参加者が様々な活動に障害なく参加できるよう、人的関係構築の手助けや積極的参加の促進などを検討する必要がある。

#### コンテンツの充実、更新

コミュニティで扱っている内容が、その地域の実情に合っているかを確認

し、見直しする機会を設ける。議論の話題提供や発表の選定などで配慮する。ワークショップの内容など、技術移転に関わる部分では古くなっている情報、あるいは間違っている情報がないか検討する機会を設ける。

#### 活動目的の堅持

NOG が提供する、参加者が率直に話し合える環境の維持に努める。お互いが尊重され、共通の課題や興味をもとに様々な意見を交わせる状態が維持できているかを確認する。新たな活動や取り組みを始める際には、それがコミュニティ活動を毀損することが無いよう配慮する。

### 9.3. 展望と制約

本研究ではコミュニティを基盤としてネットワーク運用技術の移転と発展を論じた。

この研究は将来的には他の NOG コミュニティへの展開や、技術に限らず価値観の継承など他の分野への展開も検討できる。しかし、本研究にはいくつかの制約があり、将来の展開を検討する際には、別途考慮が必要な項目がある。

#### 筆者とコミュニティの関係

筆者は bdNOG 運営者と bdNOG 発足前から交流があり、bdNOG コミュニティで信頼できる技術者として事前に認知されていた。この状態は筆者の発言の影響力を強め、技術移転や活動への助言で有効に働いた。事前に信頼関係が構築できていない場合には、別途検討が必要である。

#### 活動資金

bdNOG のワークショップ講師の多くは、筆者も含めそれぞれ所属元の予算を使って bdNOG の活動に貢献していた。資料や演習環境の整備を始め、国外への技術移転では渡航費や滞在費が高額になることも考えられ、この費用をどのように確保するかを検討する必要がある。

#### 共通課題

ネットワーク運用技術には共通性があり、世界規模で協調的に運用を更新し

ていく必要があるため、コミュニティ内の多くのメンバーを関係者として活動を推進できた。そのような共有的な課題を見出せるかを検討する必要がある。

#### 事業者間のコンフリクト解消

インターネットではネットワーク運用技術の優位性が必ずしも市場での優位性を意味せず、インターネットの価値向上のためには協調的に運用する必要がある。このため、NOGは事業者横断型のコミュニティであるが、事業者間のコンフリクトを考慮しなくても協力体制を維持できている。コンフリクトが発生する場合には解消に向けての考慮が必要である。

本研究は、バングラデシュのネットワーク運用者コミュニティであるbdNOGのメンバーと共に遂行した。bdNOGのメンバーの献身的な活動もあり、期待を上回る成果を観測することができた。バングラデシュにも課題は多く、bdNOGとして取り組みの必要な領域は数多くある。筆者はbdNOGのメンバーとして、今後も他のコミュニティメンバーと共にbdNOGで活動を続け、バングラデシュのネットワーク運用技術向上に寄与していきたい。

インターネットはすべてのネットワークが相互に依存しながら運用を行っており、インターネットの利活用を進める上でも、日本をはじめ世界の様々な国や地域のネットワークでも同様にネットワーク運用技術の向上が必要となる。この研究の成果が活用され、インターネットが更に発展していき、世界のどこでも円滑にインターネットを利活用できる世界になることを願っている。筆者もその世界の実現に寄与できるよう、今後も研究と実践を継続していく。

# 謝 辞

本研究を進めて学位論文にまとめるにあたり、主指導教員としての的確なご指導と温かい励ましやご指摘をいただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の加藤朗教授に心から感謝いたします。博士課程への進学検討時からご相談に乗っていただき、論文執筆まで多くのことをご教示いただきました。

本論文の主査を引き受けていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の大川恵子教授に心から感謝いたします。アクションリサーチとして研究をまとめるにあたり、様々な助言やご指導をいただきました。

本論文の副査を引き受けていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の砂原秀樹教授に心から感謝いたします。研究指導や論文執筆など数多くの助言をいただきました。

本論文の副査を引き受けていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の佐藤千尋専任講師に心から感謝いたします。研究の方向性や論文執筆に関して、多くの助言や励ましの言葉をいただきました。

本論文の副査として外部審査委員をお引き受けいただき、お忙しい中、論文執筆など、数多くの助言をいただきました早稲田大学の後藤滋樹名誉教授に心から感謝いたします。

本研究のきっかけとなるコミュニティ活動への取り組みや博士課程への進学を支援してくださった株式会社インターネットイニシアティブと株式会社IIJイノベーションインスティテュートの皆様に心より感謝いたします。

本研究の実践にあたり、研究への協力を快く引き受けていただいたbdNOGコミュニティの皆様に心より感謝いたします。

本研究の評価にあたり、第8.1節で用いたAPNIC IRRのアーカイブデータの提供にご協力いただいたJob Snijders氏に心より感謝いたします。

研究活動を理解し、暖かく見守ってくれた家族に心より感謝いたします。妻である奥谷泉さんの心遣いにより研究を遂行できました。博士課程進学当時は乳児であった娘の松崎楓さんも大きくなり、日々様々なご示唆をいただいています。

## 参 考 文 献

- [1] Henning Schulzrinne. Networking research - A reflection in the middle years. *Computer Communications*, Vol. 131, p. 2 - 7, Oct 2018. doi:10.1016/j.comcom.2018.07.001.
- [2] Yakov Rekhter, Susan Hares, and Tony Li. A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). RFC 4271, January 2006. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc4271.txt>, doi:10.17487/RFC4271.
- [3] John A. Hawkinson and Tony J. Bates. Guidelines for creation, selection, and registration of an Autonomous System (AS). RFC 1930, March 1996. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc1930.txt>, doi:10.17487/RFC1930.
- [4] Danny R. McPherson, Shane Amante, Eric Osterweil, Larry Blunk, and Dave Mitchell. Considerations for Internet Routing Registries (IRRs) and Routing Policy Configuration. RFC 7682, December 2015. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc7682.txt>, doi:10.17487/RFC7682.
- [5] Bauer, Steven and Clark, David D and Lehr, William. The evolution of internet congestion. TPRC, 2009.
- [6] Gang Peng. CDN: Content distribution network. *arXiv preprint cs/0411069*, 2004.
- [7] Craig Labovitz. Internet traffic 2009-2019. *Presentation at NANOG*, Vol. 76, pp. 9–12, 2019.

- [8] Ratul Mahajan, David Wetherall, and Tom Anderson. Understanding bgp misconfiguration. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Vol. 32, No. 4, pp. 3–16, 2002.
- [9] Thorsten Holz. A short visit to the bot zoo [malicious bots software]. *IEEE Security & Privacy*, Vol. 3, No. 3, pp. 76–79, 2005.
- [10] Fabrice J Ryba, Matthew Orlinski, Matthias Wählisch, Christian Rossow, and Thomas C Schmidt. Amplification and DRDoS attack defense—a survey and new perspectives. *arXiv preprint arXiv:1505.07892*, 2015.
- [11] Daniel Senie and Paul Ferguson. Network Ingress Filtering: Defeating Denial of Service Attacks which employ IP Source Address Spoofing. RFC 2827, May 2000. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc2827.txt>, doi:10.17487/RFC2827.
- [12] Fred Baker and Pekka Savola. Ingress Filtering for Multihomed Networks. RFC 3704, March 2004. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc3704.txt>, doi:10.17487/RFC3704.
- [13] 藤崎智宏. インターネットにおける IPv6 の導入に関する考察 : IPv4 からのプロトコルマイグレーションの実現. PhD thesis, 慶應義塾大学, 2014.
- [14] Geoff Huston, Robert Loomans, and George G. Michaelson. A Profile for Resource Certificate Repository Structure. RFC 6481, February 2012. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc6481.txt>, doi:10.17487/RFC6481.
- [15] Geoff Huston. The changing foundation of the internet: Confronting ipv4 address exhaustion. *The Internet Protocol Journal*, Vol. 11, No. 3, pp. 19–36, 2008.
- [16] Md Abdul Karim. Digital Bangladesh for good governance. In *Bangladesh Development Forum*, pp. 15–16, 2010.

- [17] Shameem Ahmed and Jana Diesner. Information network analysis to understand the evolution of online social networking sites in the context of India, Pakistan, and Bangladesh. *Growth*, Vol. 3, No. 3/4, pp. 1–6, 2012.
- [18] Individuals using the Internet (% of population) - Bangladesh. <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS?locations=BD>. (Accessed on 16/11/2020).
- [19] Summary of BTRC License. <http://www.btrc.gov.bd/sites/default/files/Summary%20of%20BTRC%20License.pdf>. (Accessed on 5/10/2021).
- [20] The World Factbook : BANGLADESH. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/bg.html>. (Accessed on 17/11/2020).
- [21] First Ping BD - Bangladesh on line (1996.10.11). <https://nsrc.org/db/lookup/report.php?id=890202369299:497431318&fromISO=BD>. (Accessed on 17/11/2020).
- [22] Bangladesh Internet update (October 2004). <https://nsrc.org/db/lookup/report.php?id=1098894702546:489036339&fromISO=BD>. (Accessed on 17/11/2020).
- [23] An in-depth study on the broadband infrastructure in South and West Asia. <https://www.unescap.org/resources/depth-study-broadband-infrastructure-south-and-west-asia-0>. (Accessed on 17/11/2020).
- [24] APNIC IPv4 Address Pool Reaches Final /8. <https://archive.apnic.net/news-archives/2011/final-8/>. (Accessed on 6/11/2021).
- [25] Ioana Livadariu, Ahmed Elmokashfi, and Amogh Dhamdhare. On ipv4 transfer markets: Analyzing reported transfers and inferring transfers in the wild. *Computer Communications*, Vol. 111, pp. 105–119, 2017.

- [26] APNIC Membership hits 8,000 — APNIC Blog. <https://blog.apnic.net/2020/07/15/apnic-membership-hits-8000/>. (Accessed on 6/11/2021).
- [27] S Khan, Roger Cottrell, Umar Kalim, and A Ali. Quantifying the digital divide: a scientific overview of network connectivity and grid infrastructure in south asian countries. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 119, p. 052022, 07 2008. doi:10.1088/1742-6596/119/5/052022.
- [28] Definition of Broadband. [http://www.btrc.gov.bd/sites/default/files/notice\\_files/Definition%20of%20Broadband.pdf](http://www.btrc.gov.bd/sites/default/files/notice_files/Definition%20of%20Broadband.pdf). (Accessed on 17/11/2020).
- [29] ANS Operator's QoS Regulations 2018. <http://www.btrc.gov.bd/sites/default/files/ANS%20operator%27s%20QoS%20Regulations%202018.pdf>. (Accessed on 17/11/2020).
- [30] Mobile Operators Quarity of Services (OoS) Drive Test Result of Dhaka City. [http://www.btrc.gov.bd/sites/default/files/notice\\_files/Mobile%20operators%20Quality%20of%20Services%20%28QoS%29%20Drive%20Test%20Result%20of%20Dhaka%20City.pdf](http://www.btrc.gov.bd/sites/default/files/notice_files/Mobile%20operators%20Quality%20of%20Services%20%28QoS%29%20Drive%20Test%20Result%20of%20Dhaka%20City.pdf). (Accessed on 17/11/2020).
- [31] Mobile Operators Quarity of Services (OoS) Drive Test Result of Barishal Division. [http://www.btrc.gov.bd/sites/default/files/notice\\_files/Mobile%20operators%20Qualitv%20of%20Services%20%28QoS%29%20Drive%20Test%20Result%20of%20Barishal%20Division.pdf](http://www.btrc.gov.bd/sites/default/files/notice_files/Mobile%20operators%20Qualitv%20of%20Services%20%28QoS%29%20Drive%20Test%20Result%20of%20Barishal%20Division.pdf). (Accessed on 17/11/2020).
- [32] Ahmad Bin Yamin and Farhanaz Luna. Brain drain, the consequence of globalization and future development: A study on bangladesh. *Brain*, Vol. 7, No. 6, pp. 24-28, 2016.
- [33] Bangladesh Comparative Matrix of Household Income and Expenditure Survey (2005-2016). <https://bbs.portal.gov.bd/sites/default/>

- files/files/bbs.portal.gov.bd/page/5695ab85\_1403\_483a\_afb4\_26dfd767df18/Comparative%20Matrix%20HIES\_fn1.pdf. (Accessed on 4/10/2021).
- [34] 報告省令レート（6月分）：日本銀行 Bank of Japan. [https://www.boj.or.jp/about/services/tame/tame\\_rate/syorei/hou1106.htm/](https://www.boj.or.jp/about/services/tame/tame_rate/syorei/hou1106.htm/). (Accessed on 6/11/2021).
- [35] Bureau of Manpower, Employment and Training (BMET). <http://www.old.bmet.gov.bd/BMET/statisticalDataAction>. (Accessed on 6/11/2021).
- [36] NANOG History. <https://drpeering.net/white-papers/NANOG-History.html>. (Accessed on 5/6/2021).
- [37] NANOG History (v2.0). <https://archive.nanog.org/meetings/nanog40/presentations/NANOGHistory-40.pdf>. (Accessed on 5/6/2021).
- [38] 1994 NANOG Charter. <https://www.nanog.org/about/who-we-are/charters/1994-charter/>. (Accessed on 2/6/2021).
- [39] NOGs in the ASIA PACIFIC. <https://www.apnic.net/community/support/network-operator-groups/>. (Accessed on 16/11/2020).
- [40] 井原基ほか. 企業の多国籍化と企業内技術移転: 事例研究のための分析視角. 社会科学論集, Vol. 108, pp. 41–57, 2002.
- [41] Gabriel Szulanski. Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic Management Journal*, Vol. 17, pp. 27–43, 1996. URL: <http://www.jstor.org/stable/2486989>.
- [42] Robert M Solow. A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, Vol. 70, No. 1, pp. 65–94, 1956.

- [43] 綾部誠ほか. 国際技術移転における技術受容サイドの捉え方に関する考察. 日本福祉大学経済論集, Vol. 32, pp. 201–213, 2006.
- [44] 金森秀行. 現場からの技術移転論. 農業土木学会誌, Vol. 64, No. 12, pp. 1221–1223, 1996.
- [45] 加藤進. 発展途上国を対象とした環境技術移転の方法と課題. エアロゾル研究, Vol. 21, No. 2, pp. 130–135, 2006.
- [46] 一小路武安. 新技術受容性の高い個人とは: 革新性を中心とする個人属性と個人の組織との適合性の観点から. 組織科学, Vol. 47, No. 1, pp. 53–68, 2013.
- [47] Michael Polanyi. *The tacit dimension*. University of Chicago press, 2009.
- [48] 大崎正瑠. 暗黙知を理解する. 東京経済大学人文自然科学論集, Vol. 127, pp. 21–39, 2009.
- [49] Dorothy Leonard and Walter Swap. Deep smarts. *Harvard business review*, Vol. 30, No. 2, pp. 157–169, 2005.
- [50] David A Kolb. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press, 2014.
- [51] Peter Jarvis. *Adult and continuing education: Theory and practice*. Psychology Press, 1995.
- [52] Jennifer K Harrison, Tony Lawson, and Angela Wortley. Mentoring the beginning teacher: Developing professional autonomy through critical reflection on practice. *Reflective practice*, Vol. 6, No. 3, pp. 419–441, 2005.
- [53] Lev Semenovich Vygotsky. *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press, 1980.
- [54] Etienne Wenger, Richard Arnold McDermott, and William Snyder. *Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge*. Harvard Business Press, 2002.

- [55] 松本雄一ほか. 実践共同体を扱った先行研究の検討. 商学論究, Vol. 65, No. 1, pp. 1–80, 2017.
- [56] Etienne Wenger. *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge university press, 1999.
- [57] Etienne Wenger. Key to knowledge strategy. *Knowledge and communities*. Woburn, Butterworth-Heinemann, pp. 3–21, 2000.
- [58] 石山恒貴. 企業内外の実践共同体に同時に参加するナレッジ・ブローカー (知識の仲介者) 概念の検討. *Japanese Journal of Administrative Science*, Vol. 29, No. 1, pp. 17–33, 2016.
- [59] 田崎俊之. 伏見酒造業における酒造技術者の実践コミュニティ. フォーラム現代社会学, Vol. 8, pp. 105–119, 2009.
- [60] 中西善信. 競合組織横断型実践コミュニティ : 競合航空会社社員による協力のメカニズム. 経営行動科学, Vol. 31, No. 1-2, pp. 1–16, 2019.
- [61] 医療事故調査制度について. <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000061201.html>. (Accessed on 4/10/2021).
- [62] Jacques Leplat and Jens Rasmussen. Analysis of human errors in industrial incidents and accidents for improvement of work safety. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 16, No. 2, pp. 77–88, 1984.
- [63] Erik Hollnagel. *Cognitive reliability and error analysis method (CREAM)*. Elsevier, 1998.
- [64] Molra J West-Brown, Don Stikvoort, Klaus-Peter Kossakowski, Georgia Killcrece, and Robin Ruefle. Handbook for computer security incident response teams (csirts). Technical report, CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA SOFTWARE ENGINEERING INST, 2003.

- [65] IRR・RPKI 動向調査専門チーム調査報告書. <https://www.nic.ad.jp/ja/materials/irr/report-201308.pdf>. (Accessed on 5/10/2021).
- [66] Internet Routing Registry (IRR). [https://www.apnic.net/about-apnic/whois\\_search/about/what-is-in-whois/irr/](https://www.apnic.net/about-apnic/whois_search/about/what-is-in-whois/irr/). (Accessed on 5/10/2021).
- [67] Matt Lepinski, Derrick Kong, and Stephen Kent. A Profile for Route Origin Authorizations (ROAs). RFC 6482, February 2012. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc6482.txt>, doi:10.17487/RFC6482.
- [68] Randy Bush. Origin Validation Operation Based on the Resource Public Key Infrastructure (RPKI). RFC 7115, January 2014. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc7115.txt>, doi:10.17487/RFC7115.
- [69] APNIC Past Events. <https://training.apnic.net/past-events/>. (Accessed on 21/11/2020).
- [70] 2016 APNIC Survey Report. <https://www.apnic.net/wp-content/uploads/2017/01/APNIC-2016-Survey-Report-Draft-2.pdf>. (Accessed on 22/11/2020).
- [71] 2020 APNIC Survey Report. <https://www.apnic.net/wp-content/uploads/2020/09/APNIC-2020-Survey-Report-1.pdf>. (Accessed on 21/11/2020).
- [72] APNOG Board Meetings. <https://www.apnog.org/ops/meetings.html>. (Accessed on 21/11/2020).
- [73] Maureen Wanja Njue and Kennedy Aseda. Technical capacity building at kenet. 2014. URL: <https://repository.ubuntunet.net/handle/10.20374/165>.
- [74] WIDE プロジェクトの歩み. <https://www.wide.ad.jp/About/history.html>. (Accessed on 5/10/2021).

- [75] WIDE プロジェクト 2008 年度 研究報告書. <https://www.wide.ad.jp/About/report/pdf2008/>. (Accessed on 5/10/2021).
- [76] WIDE プロジェクト 2011 年度 研究報告書. <https://www.wide.ad.jp/About/report/pdf2011/>. (Accessed on 5/10/2021).
- [77] WIDE プロジェクト 2014 年度 研究報告書. <https://www.wide.ad.jp/About/report/pdf2014/>. (Accessed on 5/10/2021).
- [78] WIDE プロジェクト 2015 年度 研究報告書. <https://www.wide.ad.jp/About/report/pdf2015/>. (Accessed on 5/10/2021).
- [79] WIDE プロジェクト 2016 年度 研究報告書. <https://www.wide.ad.jp/About/report/pdf2016/>. (Accessed on 5/10/2021).
- [80] WIDE プロジェクト 2018 年度 研究報告書. <https://www.wide.ad.jp/About/report/pdf2018/>. (Accessed on 5/10/2021).
- [81] Randy Bush, Olaf Maennel, Matthew Roughan, and Steve Uhlig. Internet optometry: Assessing the broken glasses in internet reachability. In *Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement, IMC '09*, p. 242 - 253, New York, NY, USA, 2009. Association for Computing Machinery. URL: <https://doi.org/10.1145/1644893.1644923>, doi: 10.1145/1644893.1644923.
- [82] Scott O. Bradner. The Internet Standards Process – Revision 3. RFC 2026, October 1996. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc2026.txt>, doi:10.17487/RFC2026.
- [83] Best Current Operational Practices - Efforts from the Internet Society. [https://ripe66.ripe.net/presentations/137-Jan\\_Zorz\\_ISOC-BCOP-JZ-v.3-final.pdf](https://ripe66.ripe.net/presentations/137-Jan_Zorz_ISOC-BCOP-JZ-v.3-final.pdf). (Accessed on 5/10/2021).
- [84] Keith Kirkpatrick. Fixing the internet. *Communications of the ACM*, Vol. 64, No. 8, pp. 16–17, 2021.

- [85] APNIC Community Trainers. <https://training.apnic.net/community-trainers/>. (Accessed on 5/10/2021).
- [86] IEEE 802.11, The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs. <https://www.ieee802.org/11/>. (Accessed on 15/10/2021).
- [87] IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications - Data Terminal Equipment (DTE) Power Via Media Dependent Interface (MDI). *IEEE Std 802.3af-2003 (Amendment to IEEE Std 802.3-2002, including IEEE Std 802.3ae-2002)*, pp. 1–133, 2003. doi: {10.1109/IEEESTD.2003.94284}.
- [88] IEEE Computer Society LAN MAN Standards Committee, et al. Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications. *ANSI/IEEE Std. 802.11-1999*, 1999.
- [89] Kotikalapudi Sriram and Warren "Ace" Kumari. Recommendation for Not Using AS\_SET and AS\_CONFED\_SET in BGP. RFC 6472, December 2011. URL: <https://rfc-editor.org/rfc/rfc6472.txt>, doi:10.17487/RFC6472.

# 付 録

## A. APRICOT

筆者は 2011 年からボードメンバーとして活動し、2013 年からは vice-Chair を務めている。2015 年からは APRICOT 会場ネットワークの構築を担う APRICOT Technical Committee の Chair も務めている。また、NOG 活動の発展のために NOG 運営者の交流を促すプログラムを APRICOT で実施している。

## B. APNIC

筆者は 2007 年から 2011 年まで、IPv6 に関する諸課題を議論する APNIC IPv6 SIG の Chair を務めた。2019 年からは APNIC メンバーによる選挙で選出されて、APNIC コミュニティの代表である APNIC Executive Council を務めている。