

# キャンパスネットワークにおける VLAN 設定の冪等性の担保に関する一検討 A Discussion on Ensurance of Idempotency of VLAN Configurations in Campus Networks

大森 幹之<sup>1)</sup>

Motoyuki Ohmori

## 1 はじめに

キャンパスネットワークでは、ネットワークを論理的に分離するために、現在でも VLAN (Virtual Local Area Network) が使われることがある。VLAN は 1998 年に標準化され、現在ではいわゆる枯れた技術と言える [1]。しかし、手動での VLAN 設定では、遅延や誤り、不要な設定の残存などが発生し得る。それらの課題を解決するために、設定の自動化も提案されている [2, 3, 4]。しかし、VLAN 設定の冪等性 (Idempotency) の必要性とその担保については十分に議論されているとは言えない。

そこで、本稿では、キャンパスネットワークにおいて、VLAN 設定における冪等性について考察する。そして、冪等性の担保について議論する。

## 2 冪等性と VLAN 設定における必要性

冪等性とは、数学で導入された概念で、同じ演算を複数回繰り返しても結果が変わらない性質を意味する。計算機科学においては、一連の処理を何度繰り返したとしても、結果が変わらない性質を意味する。これにより、障害などによって処理が中断することがあり得る環境であっても、処理を再試行することによって、最終的に同一の結果が得られる。インターネットでもパケット損失は完全には防げない。そのため、処理に関して冪等性は重要な意味を持つ。

キャンパスネットワークにおける VLAN 設定に関しても冪等性を担保することは重要である。VLAN 設定を投入する対象であるスイッチへの接続が設定中に途切れることは発生し得るからである。また、スイッチによっては、他の処理を実行中には設定を投入できないものもある。このようなスイッチでは、設定の投入に失敗することもあり得る。上記の様に設定に失敗した場合、設定投入の再試行が必要だが、再試行によって結果が変わる場合にはループといった通信障害を招きかねない。そのため、VLAN 設定においては冪等性が必要であり、その担保も重要である。

## 3 VLAN 設定の冪等性

本稿では、VLAN 設定の冪等性を以下で定義することとする。

1. 再試行しても同じ設定が得られる。
2. 全ての設定を削除してから、新しい設定を投入しても、同じ設定が得られる (不要な設定が残らない)。

1 は計算機科学における一般的な冪等性と同一である。

一方、2 は不要な設定を排除し通信障害を防止するために、本稿で独自に定義するものである。スイッチによっては、不要な VLAN の設定が残っていると、収容できる VLAN 数を超え、通信障害が発生する可能性があるからである。

1) 鳥取大学 情報戦略機構 Organization for Information Strategy and Management, Tottori University.

## 4 VLAN 設定

本節では、VLAN 設定について述べる。まず、本稿では、キャンパスネットワークにおける VLAN 設定では以下が与えられるものとする。

1. 始点となるスイッチとポート、動作モード
2. 終点となるスイッチとポート、動作モード

そして、スイッチ上の VLAN の設定には、大きく分けて以下があるものとする。

1. VLAN の定義
2. ポートの動作モードの指定
3. ポートへの VLAN の追加
4. ポートからの VLAN の削除

1 は、VLAN 上のパケットを転送するために必要な定義である。2 は、スイッチ上の特定ポートで VLAN をタグ有りもしくは無しで送信または受信するかを指定するものである。本設定を変更することにより、VLAN の追加・削除に必要なコマンドも変化することに注意されたい。3 は、VLAN 上のパケットを送受信するポートを追加するための設定である。本設定により、以前設定されていた別の VLAN の定義が不要になり、削除が必要な場合があり得ることに注意されたい。

## 5 スイッチでの冪等性

本節では、1つのスイッチ内での VLAN 設定の冪等性とその担保について述べる。スイッチを設定反映方式に応じてコミット型と即時型に分類し、それぞれの場合について述べる。

### 5.1 コミット型

全ての設定を投入後に、コミットによって設定を反映させるのがコミット型である。コミット型のスイッチでの冪等性の担保は比較的容易である。以下の手順で設定を投入することにより、3節で定義した2つの条件を満たせる。

1. 全ての設定を削除する。
2. 必要な設定を投入し直す。

特に、設定の投入により不要となる設定の削除に留意する必要はない。

その一方で、設定に必要な要素を別途記憶しておく必要はある。設定に必要な要素については、NetBox<sup>1)</sup>によりスイッチの機種に依らない形で VLAN を設定するポートを記憶することで実現可能である。加えて、NetBox 上の設定とスイッチ上の設定の差異の有無の定期的な検査が必要と考えられる。

### 5.2 即時型

設定のためにコマンドを投入する度に、そのコマンドが即座に反映されるのが即時型である。コミット型とは異なり、不要な設定が残る余地がある。そのため、1つ

1) <https://github.com/netbox-community/netbox>

のコマンド毎に以下を繰り返す必要がある。

1. コマンドを投入する。
2. 不要となった設定 (VLAN の定義) の有無を確認し、有れば削除する。

不要となる設定を検知するために、VLAN の定義との依存関係を検査する仕組みが必要となる。また、コミット型と同様、即時型でも NetBox によって設定を管理する場合には、両者の設定の差異の有無の定期的な検査が必要である。

## 6 キャンパスネットワーク全体での冪等性

前節で 1 つのスイッチ内での冪等性について論じた。しかし、1 つのスイッチ内だけでなく、キャンパスネットワーク全体として、VLAN 設定の冪等性を別途担保する必要がある。不要な VLAN な設定が残存していると、ループといった障害を招くからである。

そのため、キャンパスネットワーク全体としての VLAN 設定を保持しておき、全てのスイッチに設定を反映できるまで繰り返すが必要になる。これには、前節にも挙げた様に、NetBox によりスイッチの機種に依らない VLAN 設定を保持しておくことで達成できると考えられる。また、定期的にスイッチと NetBox とでの設定の差異を検知することで、キャンパスネットワーク全体での VLAN 設定の冪等性を担保できると考えられる。

## 7 考察

### 7.1 VLAN に付随する設定

本稿では、VLAN 設定そのものについてのみ論じた。しかし、VLAN に付随した設定も存在し得る。例えば、STP (Spanning Tree Protocol) を VLAN 毎に動作させている場合に、root となるスイッチを固定するために、優先度を設定したい場合があり得る。この様に VLAN に付随した設定は、VLAN の定義が追加・削除される際に同時に追加・削除される必要がある。このことから、VLAN に付随する設定を関連付ける必要があると考えられる。

### 7.2 異なるスイッチへの対応

キャンパスネットワークは一度に全体を入れ替えられないこともある。また、少しずつ拡張されることもあり、拡張される時期に依って、異なる機種が導入されることもある。そのため、異なるメーカーや機種のスイッチにも対応できた方が良い。実際に、著者の所属である鳥取大学のキャンパスネットワークでは、複数の異なるメーカーで構成されている。異なるスイッチに対応するた

めの一手法としては、NetBox 上で保持している VLAN の情報を元に、Batfish [5, 6] を用いて、当該スイッチ用の設定を生成することが考えられる。

## 7.3 異なるキャンパスネットワークへの対応

異なる大学のキャンパスネットワークでは、VLAN 設定に関する方針やネットワーク構成が異なることがある [7]。そのため、VLAN 設定において冪等性を担保するために、対象とする設定が異なることがある。異なるキャンパスネットワークに対応するためには、キャンパスネットワーク毎に VLAN 設定の範囲を定義し、冪等性を担保する必要があると考えられる。

## 8 おわりに

本稿では、キャンパスネットワークにおける VLAN 設定の冪等性の担保について論じた。実装と評価は今後の課題である。

### 謝辞

この研究は 2024 年度国立情報学研究所公募型共同研究 (24S0202) の助成を受けている。

### 参考文献

- [1] IEEE Std. 802.1Q-1998: *Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks*, The IEEE Standards Association (1998).
- [2] 近堂徹, 田島浩一, 岸場清悟, 岩田則和, 相原玲二: 自動構成機能を有する大規模キャンパスネットワーク管理システムの実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 3, pp. 998-1007 (2016).
- [3] 北口善明, 金勇, 友石正彦: OSS を活用したキャンパスネットワークの構成管理システム (2022).
- [4] 北口善明, 金勇, 友石正彦: キャンパスネットワーク運用自動化に向けた構成管理システムの実装と評価 (2023).
- [5] Fogel, A., Fung, S., Pedrosa, L., Walraed-Sullivan, M., Govindan, R., Mahajan, R. and Millstein, T.: A General Approach to Network Configuration Analysis, *12th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 15)*, Oakland, CA, USENIX Association, pp. 469-483 (online), <https://www.usenix.org/conference/nsdi15/technical-sessions/presentation/fogel> (2015).
- [6] Brown, M., Fogel, A., Halperin, D., Heorhiadi, V., Mahajan, R. and Millstein, T.: Lessons from the evolution of the Batfish configuration analysis tool, *Proceedings of the ACM SIGCOMM 2023 Conference*, ACM SIGCOMM '23, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 122-135 (online), DOI: 10.1145/3603269.3604866 (2023).
- [7] 大森幹之, 北口善明: 異なるキャンパスネットワークにおける VLAN 設定手順の共通要素の抽出と自動化の一検討 (2024).