

# トラブルシューティング演習を可能とする ネットワーク演習支援システムの開発

東雲美幸<sup>†</sup> 吉原和明<sup>‡§</sup> 井口信和<sup>‡§</sup>

近畿大学工学部情報学科<sup>†</sup> 近畿大学情報学部情報学科<sup>‡</sup> 近畿大学情報学研究所<sup>§</sup>

## 1. 序論

総務省の調査によると 2022 年における人口に対するネットワークの利用率は 84.9%と高水準である。<sup>1)</sup> それに対し、ネットワーク技術者は不足しており養成が急務となっている。<sup>2)</sup> ネットワーク技術者には、ネットワークの設計・構築能力に加え、ネットワーク障害への対応能力の修得が求められる。障害対応能力の修得には実践的な経験を提供するハンズオン型のトラブルシューティング演習が有効であるが、トラブルシューティング演習の実施にはいくつかの問題点が挙げられる。トラブルシューティング演習を実施するには複数台の高価なネットワーク機器が必要となる。また、ネットワーク構築や障害生成に関する作業は予め手作業で実施する必要があり、この作業に時間を要することから、演習環境を準備する指導者の負担となる。

そこで、本研究では、学習者のネットワーク障害対応能力の向上支援を目的とした、障害を自動生成することでトラブルシューティング演習環境を即座に提供可能な仮想ネットワークを用いた演習支援システム(以下、本システム)を開発する。本システムは、当研究室で開発してきた IP ネットワーク構築演習支援システム<sup>3)</sup>に障害自動生成機能を新たに開発することで、トラブルシューティング演習環境を即座に提供可能としている。また、障害復旧判定機能も実装することで演習結果が確認可能となる。本システムにより、実機での演習に比べて低コストで時間や場所を選ばず障害に柔軟に対応する能力の修得が可能となる。

## 2. 関連研究

本システムの関連研究として、立岩らの研究<sup>4)</sup>がある。この研究では、障害のある仮想的なネットワークを学習者に提供することを目的とする。このシステムは、指導者が予め定義した障害定義ファイルを参考に障害のあるネットワークをシミュレートする。それに対して本システムでは指導者の定義なしでシステムがネットワーク障害を自動生成し、障害のあるネットワークをエミュレートする。障害がランダムに生成されるため、学習者はトラブルの原因を自力で突き止める必要があり、これによってネットワークの状態を把握し柔軟に障害に対応する能力が得られる。

Development of hands-on network exercise support system enabling troubleshooting exercises

<sup>†</sup>Miyuki SHINONOME, Department of Informatics, Faculty of Science and Engineering, Kindai University

<sup>‡</sup> § Kazuaki YOSHIHARA and Nobukazu IGUCHI, Department of Informatics, Faculty of Informatics, Kindai University, Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

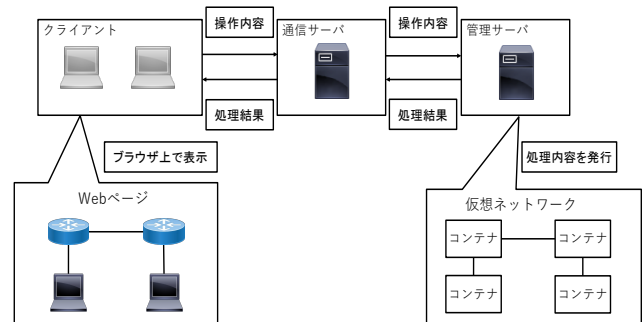


図 1 システム構成図

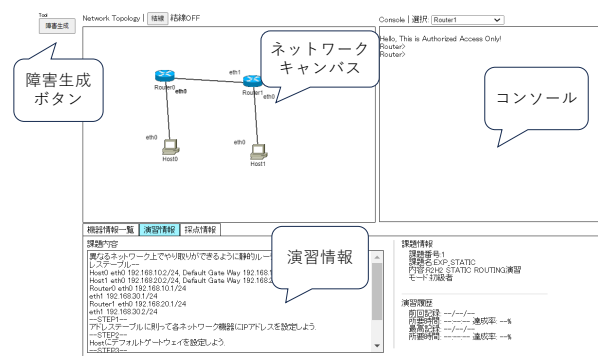


図 2 Web ページ上のシステム画面

## 3. 研究内容

本システムの構成を図 1 に示す。本システムは管理サーバ、通信サーバ、及びクライアントで構成される。管理サーバはコンテナ技術の管理基盤である Docker を用いてコンテナを作成し、それを仮想ネットワーク機器(以下、仮想機器)として動作させることで仮想ネットワークを構築する。通信サーバは管理サーバとクライアント間の通信を仲介する。クライアントには図 2 に示すような Web ページ上の GUI が提供され、画面右側にあるコンソールを用いて仮想機器に対して設定が可能となる。画面下部にある演習情報では、演習内容が確認でき、学習者はこの演習情報を参照してネットワーク構築演習とトラブルシューティング演習を実施する。

### 3.1. 障害自動生成機能

本機能は、設定が正しく施され正常に動作しているネットワークに対して、ランダムに機器を選択し、誤った設定を自動で上書きすることでネットワーク障害を生成する機能である。本機能で対象とするネットワーク障害

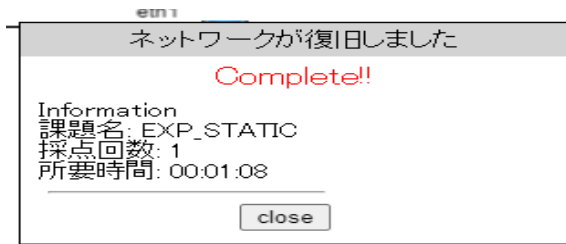


図 3 障害復旧判定機能の結果画面

の原因は、設定ミスによるものとし、障害項目を以下の9つとした。

1. インターフェースの IP アドレス
  2. インターフェースの shutdown
  3. スタティックルートの宛先ネットワーク
  4. スタティックルートのネクストホップアドレス
  5. RIP を有効化するネットワーク
  6. OSPF を有効化するネットワーク
  7. OSPF の指定するエリア ID
  8. ホストの IP アドレス
  9. ホストのデフォルトゲートウェイ
- 1~7についてはルータに関する障害で、8~9はホストPCに関する障害である。この9つの障害項目の中からシステムがランダムに障害を選択し自動生成する。

演習の流れとしては、まず学習者が通常のネットワークの構築演習を実施し、構築を完了させる。構築完了後に、クライアントの GUI 上にある障害自動生成ボタンを操作することで、設定が正しく施されたネットワークに対し、本機能が動作し、システムが障害を自動生成する。以上の流れにより、学習者はトラブルシューティング演習の実施が可能となる。

### 3.2. 障害復旧判定機能

本機能は、ネットワークの復旧の状態を判定する機能である。学習者がトラブルシューティング演習を実施し、復旧作業をしたネットワークが、課題の要求通りに疎通が可能であることを確認することで復旧を判定する。学習者はトラブルシューティング演習時に、ネットワークの復旧作業が完了したと判断したタイミングで本機能を使用する。本機能を使用すると、システムによって ping コマンドが発行され、疎通が確認できると、図 3 に示したように「ネットワークが復旧しました」と表示される。

## 4. 実験

本システムが正常に動作し円滑に演習可能なことを確認するため、動作確認実験と性能評価実験を実施した。

### 4.1. 動作確認実験

動作確認実験は、開発した機能が正常に動作することの確認を目的として実施した。障害自動生成機能については、始めに、構築済みのネットワークに対して、3.1章で挙げた障害項目について、それぞれ指定した障害が正しく生成されるかを全ての項目について検証した。次に、障害項目の中から、障害をランダムに自動生成するように設定し、本機能を使用した時にランダムに障害が生成されているかを検証した。動作確認実験により、本機能が目的通りに動作し障害をランダムに自動生成可能なことが確認できた。

表 1 障害生成にかかった時間の平均 1(秒)

項目番号	1	2	3	4
本システム	4.2	2.5	3.3	3.3
手作業	45.7	12.8	42.3	45.4

表 2 障害生成にかかった時間の平均 2(秒)

項目番号	5	6	7	8	9
本システム	3.3	3.3	3.2	2.6	1.3
手作業	24.1	37.4	40.6	30.6	20.7

障害復旧判定機能については、本機能により復旧したと判定されたネットワークにおいて、ping コマンドを用いて機器間の疎通確認を手作業で行い、正しく判定されていたかを検証した。同様に、復旧していないと判定された場合も、ping コマンドを用いて疎通確認をし、判定が正しかったかを検証した。動作確認実験により、本機能が障害の復旧を正しく判定可能なことが確認できた。

### 4.2. 性能評価実験

性能評価実験は、本システムにおけるトラブルシューティング演習が速やかに実施可能か確認することを目的とする。構築済みのネットワークを対象に、3.1章で挙げた9つの障害に関して本システムを使用し、各項目について障害を5回生成した場合と、実機を用いて5人の情報系の大学生・大学院生が手作業で機器に障害を生成した場合で、それぞれ障害生成完了までにかかった時間を計測し平均時間を比較した。計測結果を表1、表2に示す。各項目番号におけるシステムと手作業の結果を比較すると、本システムの方が約10~40秒早く障害を生成可能であることがわかった。したがって、本システムを利用することで手作業よりも早くトラブルシューティング演習環境の提供が可能であることが確認できた。

## 5. 結論

本研究では、障害の自動生成が可能な仮想ネットワークを用いた演習支援システムを開発した。本システムを用いることで、トラブルシューティング演習環境の準備といった指導者の負担を軽減し、低コストで時間や場所を選ばず演習が簡便に実施可能となる。本システムの利用によって、ネットワーク技術者に求められる障害対応能力の向上の支援が期待できる。

## 参考文献

- 1) 総務省:令和5年 情報通信に関する現状報告の概要, 入手先< <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/html/nd24b120.html> >(参照 2023年12月25日).
- 2) 総務省:令和3年 情報通信白書のポイント, 入手先< <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd104300.html> >(参照 2023年12月15日).
- 3) 菅家 悠希, 井口 信和: Docker コンテナを用いた Layer 2 演習に対応可能な IP ネットワーク構築演習支援システムの開発, 第84回全国大会講演論文集, pp.773-774(2022).
- 4) 立岩 佑一郎, 安田 孝美, 横井 茂樹: 仮想環境ソフトウェアに基づく Linux ネットワークトラブルシューティング実習環境提供システムの開発, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育(CE), pp.37-44(2007).