

# 初学者向けネットワーク構築演習のためのヒント生成システムの評価

立岩 佑一郎<sup>†</sup> 高橋 直久<sup>‡</sup>

名古屋工業大学<sup>†‡</sup>

## 1. はじめに

ネットワーク構築演習では「ネットワークが繋がらない／繋がってしまう」と躓く学習者が多い。誤り特定のために ping や traceroute が用いられるが、誤りの潜在範囲をノード単位までしか絞り込めない。ノードには設定項目が多数存在するため、誤りの項目を特定しづらい。

このため、次のような特徴を持つヒント生成システムを開発した[1]。特徴 1) 通信時の操作ログを記録できるノードを用いて、学習者のネットワーク設定での操作ログを生成する。特徴 2) 演習問題から正解操作条件を導出する。特徴 3) 操作ログと正解操作条件を比較し、その差分をもとにヒントを生成する。

また、これ以前から仮想マシンを用いたネットワーク（以降、VMN と呼ぶ）によるネットワーク構築演習システム LiNeS[2]を開発してきた。

今回、これら二つのシステムを連携させることで、演習中に学習者のネットワーク設定へのヒントを表示できるようにし、生成されたヒントの評価を行った。

## 2. 演習問題

演習問題では、図 1 の例題のように、通信属性、到達性要件、トポロジーを指定する。ここで、通信属性は、(通信プロトコル, 宛先 IP アドレス, 宛先ポート番号, メッセージ, 送信元ノード ID, 送信元ポート番号)の六つ組であり、例題では、例えば、(ICMP, 192.168.4.1, 指定なし (任意の値), ICMP エコー要求通知, svr1, 指定なし)である。到達性要件は、通信属性のメッセージ M を送信したときに、M または M のコピー M' が滞在するノードと、終端ノードでの M または M' に対する最後の操作からなる。前者はノード ID を節とし、滞在の順序関係を枝とする木で、例題中の svr1→shb1→rtr1→shb2→rtr2→shb3→rtr4→shb4→svr2 のように示し、後者は svr2 と svr1 での受信のことである。

## 3. システム概要

提案システムでは、図 2 のように、受講者は、LiNeS を用いて演習問題の指定に沿って VMN を構

下図のネットワークトポロジーにおいて、通信プロトコルを ICMP, 宛先 IP アドレスを 192.168.4.1, とした通信で、ICMP エコー要求通知が svr1→shb1→rtr1→shb2→rtr2→shb3→rtr4→shb4→svr2, その応答が svr2→shb4→rtr4→shb3→rtr3→shb2→rtr1→shb1→svr1 と伝播するようにネットワークを修正せよ。

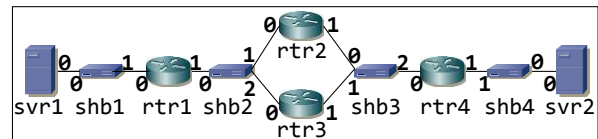


図 1: 演習問題 (トラブルシューティング)

築する。実行操作導出機能は、VMN の動作の一部をシミュレートして、各ノードにおいて、指定メッセージを送出したときに実行される、到達性要件に影響する操作の実行履歴（操作ログという）を収集する。操作ログは、操作の名前と入出力値を節とし、各操作の実行順序関係を枝とする木（実行操作木と呼ぶ）で表現される。また、正解操作導出機能は、到達性要件を満たすように各ノードで実行すべき操作の集合とその実行順序（正解操作条件という）を求めて、各操作の名前と実行順序を表す木（正解操作木と呼ぶ）を生成する。

学習者がヒントを要求すると、ヒント生成機能は、上記 2 つの機能の出力を比較・分析して、ヒントとなる文章（ヒントメッセージ）を生成し、実行操作木と正解操作木とともに提示する。

## 4. プロトタイプシステム

図 1 は、トラブルシューティングの演習問題で、ネットワークは rtr4 の IP アドレスと rtr4 の経路, svr2 の IP アドレスが誤っている。図 3 は、LiNeS により学習者に提供される VMN 編集画面で、図 2 のネットワークに基づいた VMN である。図中①がトポロジー編集ウィンドウ、②が svr2 の仮想コンソールウィンドウである。

図 4 は、図 1 の演習問題と図 2 のネットワー

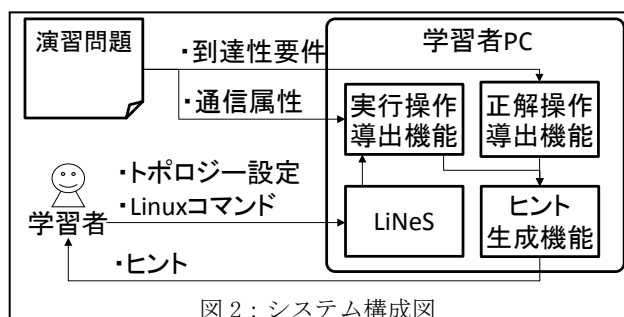


図 2: システム構成図

Evaluation of a system for generating hints on network construction exercises for beginners

<sup>†</sup>Yuichiro Tateiwa · Nagoya Institute of Technology

<sup>‡</sup>Naohisa Takahashi · Nagoya Institute of Technology

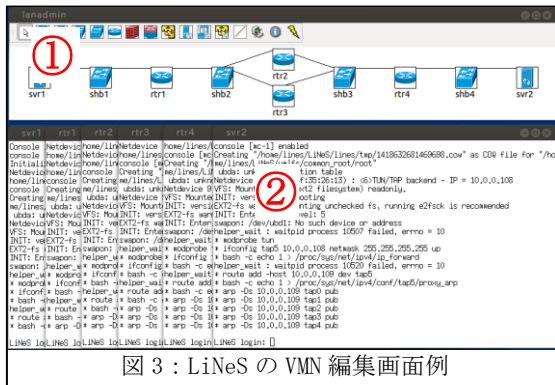


図3: LiNeSのVMN編集画面例

ク設定に対するヒントである。図中③が正解操作木、④が実行操作木、⑤がヒントメッセージの表示欄である。2つの操作木表示から、「受信データの宛先IPと受信ノードのIPとを照合@rtr4」の次の操作の相違、および、ヒントメッセージからrtr4のIPアドレス設定に誤りがあることを読み取れる。

### 5. 評価実験

ヒントの有効性を評価する評価実験を下記の手順にて行った。被験者は本学情報工学科4年生9名で、8ヶ月程度前にネットワーク構築演習をLiNeSにより経験済みである。誤り特定の機会を確実に発生させるため、トラブルシューティングの演習問題(図1)も用意した。

- 手順1) ネットワーク構築法を思い出し、システムの使い方を学ぶために、練習問題を解く。
- 手順2) LiNeSとヒント生成システムを使い、演習問題(ネットワークを最初から構築)を解く。
- 手順3) LiNeSとヒント生成システムを使い、演習問題(トラブルシューティング)を解く。
- 手順4) 評価アンケートに答える。

評価アンケートは5段階評価(1: そう思わない~5: そう思う)と自由記述により構成される。各質問の評価点の平均値と、帰無仮説を「評点は3と差が無い」としたウィルコクソンの符号順位検定の両側検定のp値を表1に示す。

有意水準を5%とすると、誤り特定に対して、実行操作木はQ2から有効であったと言え、正解操作木はQ1から有効であったと言えないが、Q3から両者共に必要であることがわかった。Q4か

表1: システム評価結果

質問	評価点	p 値
Q1. 正解操作木は誤り特定に役立ちましたか?	3.78	0.086
Q2. 実行操作木は誤り特定に役立ちましたか?	4.33	0.012
Q3. 操作木の並列表示は誤り特定に役立ちましたか?	4.33	0.019
Q4. ヒントメッセージは誤り特定に役立ちましたか?	3.89	0.056
Q5. システムは ping より誤り特定に役立ちましたか?	4.33	0.018
Q6. システムは traceroute より誤り特定に役立ちましたか?	4.33	0.012

らヒントメッセージは有効であったとは言えないことがわかった。また、Q5とQ6からシステムの提示するヒントはpingとtracerouteより誤り特定に有効であったと言えることがわかった。

自由記述では、「ヒントメッセージの内容を理解できないことがあった。」という被験者と、「ヒントメッセージは誤りの可能性を具体的に示してくれるので助かった。」という被験者がおり、表現を改めることでヒントメッセージが有効になる可能性が示唆された。

### 6. おわりに

本稿では、ヒント生成システムの評価実験を述べた。実験結果より、システムはpingやtracerouteより答案の誤り特定に有効であることがわかった。しかし、ヒントメッセージは理解しづらく、その有効性を確認できなかった。今後の課題は、ヒントメッセージを改善すること、および実際の演習における利用頻度、躓いた学習者への有効性を計測することである。

### 謝辞

本研究はJSPS科研費23500084および25750082、公益財団法人立松財団の助成を受けたものです。

### 参考文献

- [1] 立岩佑一郎, 高橋直久, “初学者向けネットワーク構築演習のためのヒント生成システム”, 信学技法, Vol. 114, No. 305, pp. 43-48, 2014.
- [2] 立岩佑一郎, 高橋直久, “仮想マシンを用いたネットワーク構築演習における正解トレースに基づく答案評価システムの提案”, DICOM02014, pp. 1264-1270, 2014.

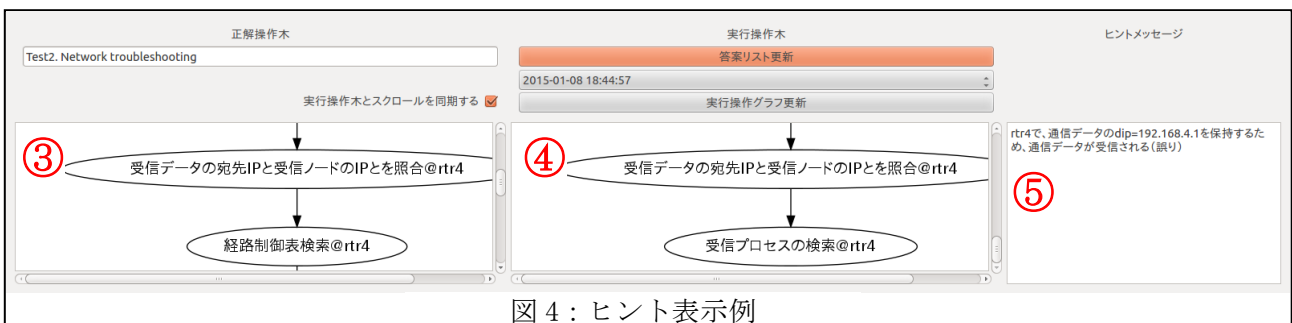


図4: ヒント表示例