

## 視覚的なネットワーク学習のためのシステム 構築方法の検討

孫荻<sup>†</sup> 孫一<sup>†</sup> 柏木治美<sup>††</sup> 大月一弘<sup>†</sup>

本研究では、ネットワーク技術に対するハンズオン学習を支援するシステムの構築方法を検討する。ネット情報を視覚的な表示にすることで、理論知識の学習と実践操作を結び付ける。学習者または指導者は「学習内容」、「学習者の知識レベル」、「学習の角度」の三つの要素を選ぶことで、学習者に適合する学習図が出せる。また、学習図に表示させる表示内容をパーツ化し、さらに、パーツの組み合わせ方をパターン化することで、学習画面ごとに表示用データファイルを条件制御式で用意する手間を省けるようにした。

### A design of WBT system with visualizing network status for networking education

Di Sun<sup>†</sup> Yi Sun<sup>†</sup> Harumi Kashiwagi<sup>†</sup> Katsuhiro Ohtsuki<sup>†</sup>

We consider the design of the system which supports the hands-on learning in network technology. Practice is connected with theory knowledge by making net information into a figure. In this system, a student or a supervisor can take out the figure which is easy to be understood by choosing three elements: the contents of study; a student's knowledge level; and the angle of study. Each figure can be created easily using predefined components. It can save further time and effort on preparing the data file for a figure instead of making condition control for every figure.

## 1. はじめに

ネットワーク技術の学習において、様々な学習方法が報告されている<sup>[1]</sup>。その内、実践学習を重視する学習方法としてハンズオン学習がある。この方法は機器操作知識の習得に偏ってしまい、理論の理解が疎かになったり、機器に依存した知識しか習得できない危険性が指摘されている<sup>[2]</sup>。

ハンズオンベースの学習で、理論の学習も狙う学習ツールとして、SMD(State Model Diagram)が提唱されている<sup>[3]</sup>。この方法は、ネットワーク図面に書き込むネットワーク情報の項目数がかかなりの量になるため、教授者側の説明の技量が必要であるほか、ある程度知識を持つ学習者でないと学習が困難であるという問題がある。

そこで、本研究では、同モデルの概念を取り入れ、ネットワーク技術の初心者にとっても理解可能となる視覚的学習システムの設計を行う。構築する学習システムは、実際のネットワークに接続されており、利用者が実ネットワーク上でネットワークコマンドを実行した際に得られるネットワーク情報を学習画面上のネットワーク図に表示する。同システムで表示する学習画面は学習者の知識レベルや学習したい内容などに応じて、学習しやすい内容が表示できるように、多様な画面を備えている。

## 2. 学習しやすいネットワーク図

### 2.1 学習しやすいネットワーク図の構成

ここでは、まず、理解しやすいネットワーク図の表示内容について検討し、初心者にもわかりやすい図を表示するためには、次の3つの要素を考慮することが重要であると考えた。一つ目は学習内容に合った学習図を出す。学習内容によって学習図の構造や表示項目、強調ポイントを変更できれば、一目で学習するポイントが分かるようになる。二つ目は学習者の知識レベルに合った図を出す。学習者の知識レベルによって、学習する知識の量をコントロール出来れば、学習者が理解しやすくなる。三つ目は、一つの学習内容に対して様々な角度から学習できるようにする。ネットワーク知識の学習において情報の量は多く、片方の角度では理解に不足があり、一遍に全部の知識を学習者に理解させるのも難しい。学習内容をさらに個別学習内容に分解し、学習する知識の量をコントロールすることで、個々の個別学習内容は理解しやすくなり、個別学習内容を全部理解できれば学習内容も理解しやすくなる。そのような学習をするために、情報を見る様々な角度を用意する必要がある。また、様々な角度から見るこ

<sup>†</sup>神戸大学大学院 国際文化学研究科  
Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University

<sup>††</sup>神戸大学国際コミュニケーションセンター  
School of Languages & Communication, Kobe University

とで、学習内容に対する理解も深まる。

なお、表示内容の表示方法について、より良い視覚的学習ができるように、

- 情報をレイヤごとに記述することで、常に学習者にレイヤ構造を意識させる。
- 現時点の学習に重要な情報を目立つように表示する。
- マシンの枠に記述する情報を分類して分かりやすく表示する。

とした<sup>[4]</sup>。

## 2.2 学習しやすいネットワーク図の例

ここで、例を通じて我々が考える学習しやすいネットワーク図を説明する。

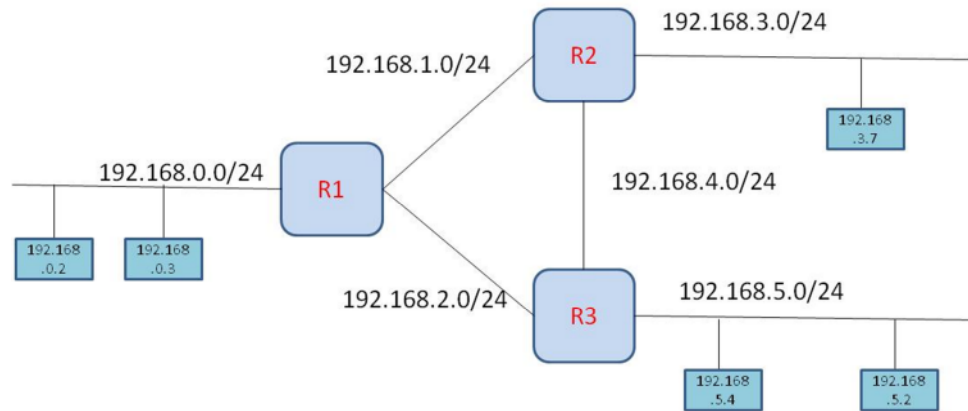


図 1 学習目的が「サブネットについての学習」の場合の学習用ネットワーク図

- 学習内容に沿った図を表示する

図 1 は「サブネットについての学習」という学習内容に対して出す図で、図 2 と図 3 は「情報伝達の仕組みについての学習」という学習内容に対して出す図である。「情報伝達の仕組みについての学習」が学習内容の場合、情報伝達に使う IP、物理アドレスを明記する必要がある、情報伝達の順番に沿ってそれらのアドレスの変化を学習者に分からせる必要がある。故に、図 2 と図 3 はネットワーク構造だけではなく、情報伝達の場合に重要な機器の詳細情報を拡大して表示し、情報伝達に使う ARP テーブルを記述している。また、諸情報の中に情報伝達に使われたアドレスを赤で表示している。情報伝達に使われるアドレスの変化を学習者に分からせるために、各ネットワークの packets のヘッダー部分の発信元と宛先アドレスも明確にしている。

図 1 の場合、目的は「サブネットについての学習」なので、各ネットワークのアドレスとマシンの IP アドレスが重要で、マシンとネットワークの帰属関係を明確にする

必要もある。そのため、図 1 はネットワークアドレスとマシンの IP アドレスを明記し、学習者にサブネットの区切りを分からせようとしている。

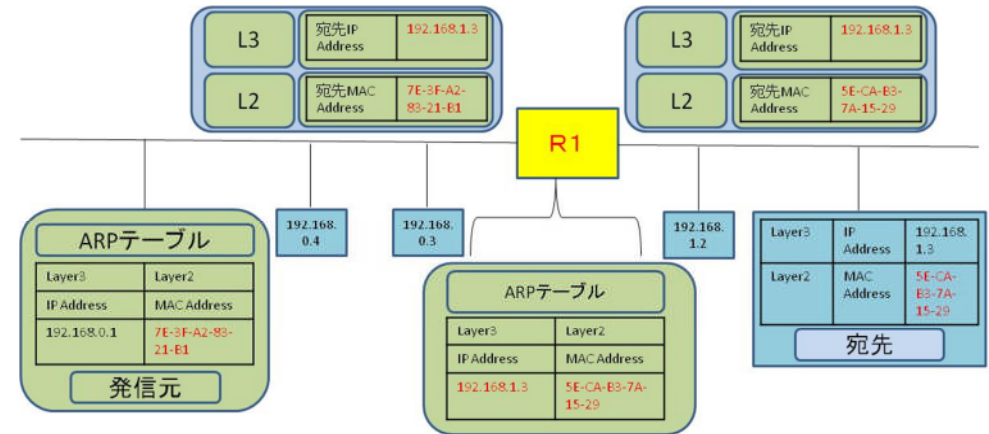


図 2 「情報伝達の仕組みについての学習」という学習目的に対して初心者にとっての相応しい学習用ネットワーク図

- 学習者の知識レベルに応じた内容を出す

学習者の技術レベルに応じて、理解が困難なコンテンツを削ることが、学習上有効であることが示されている<sup>[5]</sup>。

前述したように、図 2、図 3 ともに「情報伝達の仕組みについての学習」を学習内容としたものである。中でも、図 2 は初心者向けの学習図で、図 3 は上級者向けの学習図となっている。初心者向けの図 2 では、「情報伝達の仕組みについての学習」の学習内容に対して、理解するに必要最低限の学習内容しか出していない。発信元マシンとルータの ARP テーブルは表示されたが、使われるマシンのアドレス(IP アドレスと物理アドレス)だけが入っている。また、パケットのヘッダー部分の表示については、宛先マシンのアドレスのみが表示されている。この際は、外側のネットワークに情報を送る時、デフォルトルータはどんな役割を果たしているか、各ネットワークにおいて宛先マシンのアドレスがどう変わったかを理解できれば、初心者にとっては十分だと考えている。

上級者の場合では、より多くの知識ポイントを学習させたい。故に、表示する ARP テーブルの中に、使われているかに関わらずすべての情報が入っている。それは、上級者は多量な情報の中で、必要な情報を見つけ出す能力を備えるべきだと考えている

ためである。また、ルータに関する情報もネットワークインタフェース別に表示されていて、上級の学習者にルータについての知識をより深く分かってもらいたい。ほかにも、パケットのヘッダー部分の表示については、宛先のアドレスだけではなく、発信機のアドレスも記述されていて、上級者に宛先のアドレス変化だけではなく、発信機のアドレス変化も分かってもらいたい。図3を見ながら学習するとこれらの内容の理解にも役立つと考える。しかしながら、初心者には図3を表示した場合、どのような意味を持つのかを判断するのが難しい。

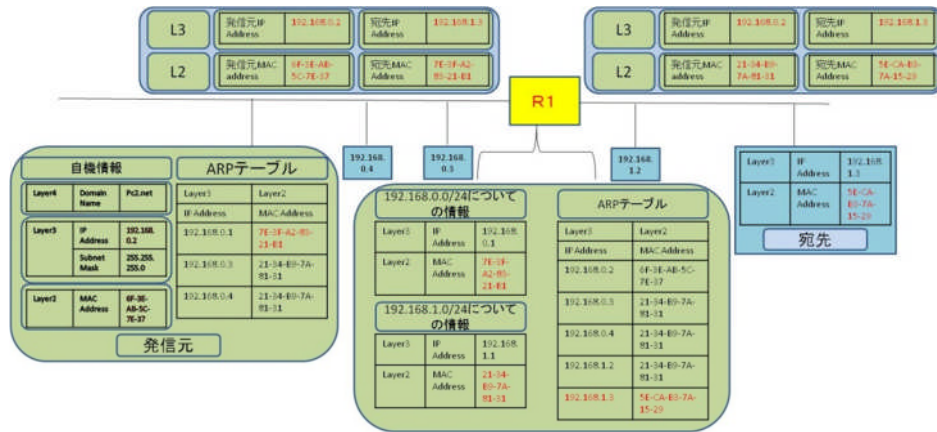


図3 「情報伝達の仕組みについての学習」という学習内容に対して上級者にとっての相応しい学習用ネットワーク図

- 様々な角度から学習する

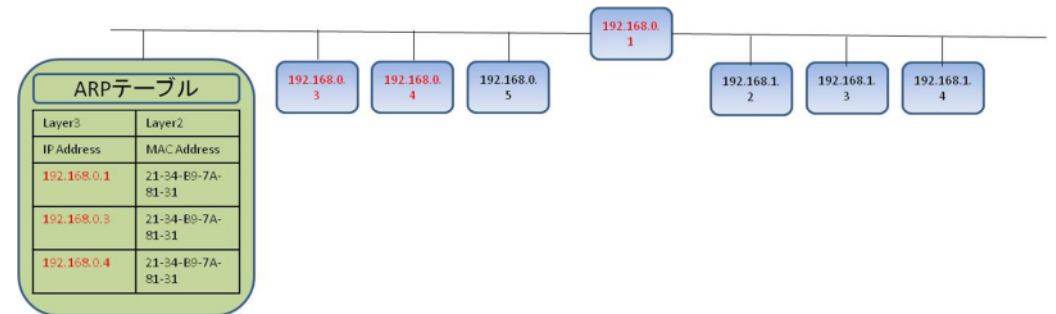


図4 「ARPについての学習」という学習内容に対して、視点が「ネットワーク全情報視点」の時に相応しい学習用ネットワーク図

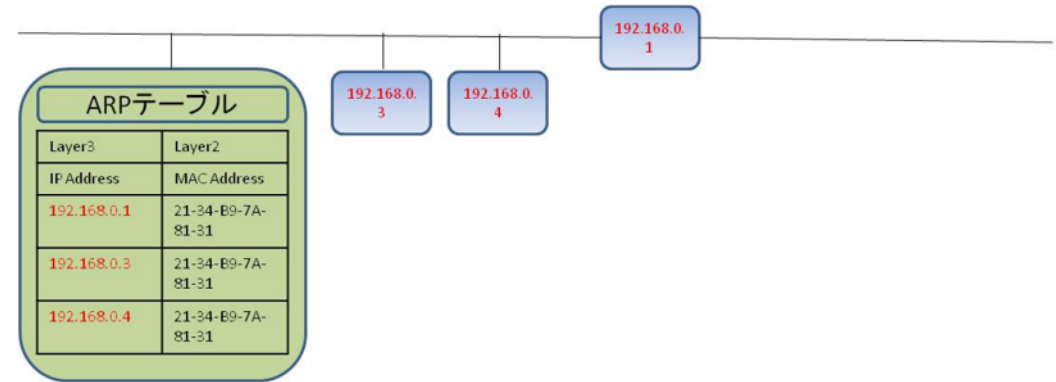


図5 「ARPについての学習」という学習内容に対して、視点が「ユーザマシン視点」の時に相応しい学習用ネットワーク図

図4と図5は別の角度から同じ学習目的を学習する例である。以下では、情報を見る角度のことを視点と呼ぶ。図4、図5ともに「ARPについての学習」を学習内容にしているが、図4は「ネットワーク全情報視点」で、図5は「ユーザマシン視点」の時の学習図である。赤になっているアドレスはユーザマシンのARPテーブルに含まれるアドレスである。「ネットワーク全情報視点」から、学習者は自分のマシンのARPテーブルが全情報においてどれぐらいの情報をカバーしているかを理解できる。「ユーザマシン視点」に切り替わると、「ユーザマシン」が把握しているネットワークだけが表示されるようになる。図4、図5を切り替えて表示することにより、ルータの外側

にあるマシンは認識できていないことが分か、サブネット内においても、すべてのマシンの存在を認識していないことが容易に理解できると考える。

### 3. システム設計

#### 3.1 システムの概要

上で述べている要素の組み合わせによって、柔軟性のある学習画面を使う学習法を手書きで画面を作り実現するのは煩雑な仕事であり、毎回違う学習内容を学習者に勉強させたい時用意しなければなりませんので、用意の手間は非常に面倒である。

しかし、これらの要素を含む学習ツールをコンピュータソフトで実現するのは比較的簡単で、ソフトができた次第毎回学習用図を用意する手間も省けられる。それだけではなく、コマンドを学習する時すぐに CLI コマンドを叩いてその効果を試せるので、単純なテキスト学習よりはわかりやすい。拡張性のいいシステム構造を設計できれば、新しい学習要件も簡単に添付できる。

そのため、我々はこの学習法をコンピュータソフトとして実現し、その学習効果を試したいと考えている。

#### 3.2 システムの構成

本システムは主にデータ取得機構、学習シーン生成機構、表示内容作成機構の三つから構成されている。データ取得機構は学習者に出す学習画面の中に、使用されるネットワークに関する情報を収集、整理する機構である。学習シーン生成機構、表示内容作成機構は取得されたデータを処理し、画面上に表示するまでの役割を果たす。

新しい学習要件を簡単に添付できる拡張性のあるシステムを作るために、データ処理部分を学習シーン生成機構と表示内容作成機構の二つに分けた。学習シーン生成機構は前に述べた三要素を含んだユーザの入力を基に、どんなものをどういった形で画面に表示するのかを決め、決めた表示内容と表示形式を表示用 XML ファイルとして保存する。表示内容作成機構は表示用 XML ファイルに基づいて、実際に表示画面を描く。こういった構造を使う最も大きなメリットは表示データ作成の機能と表示させる機能を分離させることで、表示内容作成機構の中身を知らずとも表示データの形に沿ったものを作り、表示用 XML ファイルに入れれば、画面上に表示できることである。これで、新しい学習要件を入れることも簡単な作業になれる。

ここで XML 形式のファイルを表示用データファイルとして使っているのは、主に二つの理由がある。一つは XML ファイルの文脈の中に、タグという使用者が定義できる概念があって、タグのネームを見てその中身はどういったものなのかがある程度わかるので、新しい要素を取り入れる場合やそのファイルをメンテナンスする場合の

負担が少なくなる。もう一つの理由は、XML ファイルはツリー構造で、ネットワークの構造もツリー構造に簡単に変えられるので、XML ファイルでネットワークの構造記述することが簡単である。

#### 3.3 システムの流れ

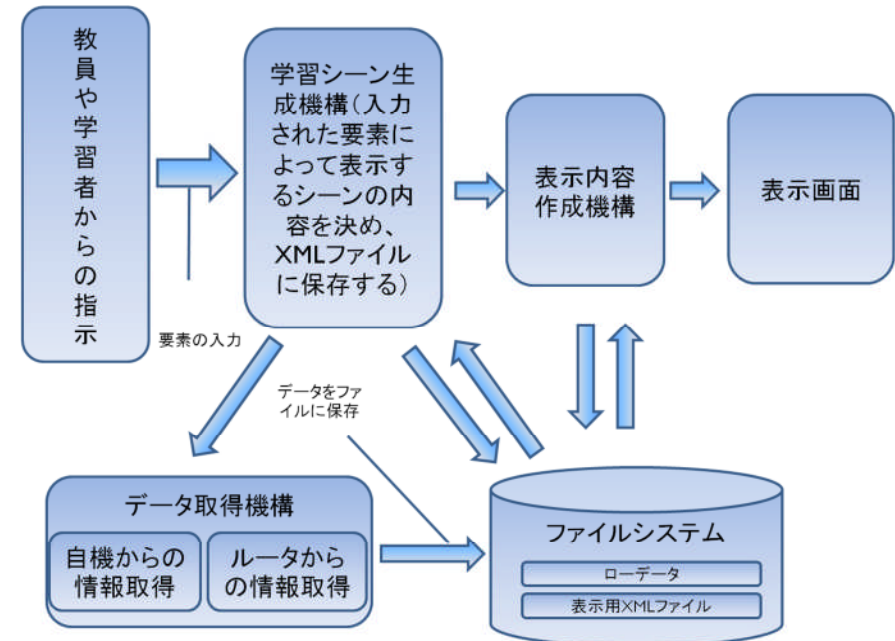


図 6 システムの概要図

図 6 はこのシステムの構造を説明する図である。このシステムは大きくデータ取得機構、学習シーン生成機構、画面作成機構の三つに分けられる。システムの流れとしては、まず教員や学習者から指示（上で述べた 3 要素を含んだ入力）を受け、指示によってデータ取得する必要があるれば、データ取得機構がデータを取得、整理し、ファイルシステムの中に保存する。また、学習シーン生成機構は入力された要素によって、学習者に出すシーンの内容の構造を決め、それと併せてファイルシステムの中の全情報から今回表示用のデータを取り出し、表示用 XML ファイルを生成する。画面作成機構は生成された表示用 XML ファイルに沿って、実際に学習者に出す画面を作る。

## 4. 各機構の詳細説明

### 4.1 データ取得機構

データ取得機構は学習者に出す学習画面の中に、使用されるネットワークに関する情報を収集、整理する機構である。情報収集の機能は自機からの情報取得とルータからの情報取得の2部分から構成されている。

- 自機からの情報取得

自機からの情報取得はコマンドの実行結果にテキスト処理をかけて、得たものである。表1はコマンド及び各コマンドから取得する情報のリストである。

表 1 自機から取得する情報の種類

コマンド名	取得する情報
Ipconfig -all	自機の IP アドレス、物理アドレス、サブネットマスク、デフォルトゲートウェイの IP アドレス、DHCP サーバの IP アドレス、DNS サーバの IP アドレス。
Arp -a	自機が“知っている”マシン（自機以外）の IP アドレスとマックアドレスのペア。
nslookup	上記コマンドから得られた IP アドレスが分かるマシンのドメインネーム。

- ルータからの情報取得

ルータからの情報取得も自機の情報取得と同じように、コマンドの実行結果にテキスト処理をかけて得られる。しかし、ルータでコマンドを実行するには、ログインし、

適切なコマンドモードに切り替わる必要がある。本システムは telnet を通じてルータと通信し、情報を取得している。ルータから情報を取得する場合使うコマンドはルータの機種に依存する。表2は CISCO1812J ルータを使う場合、情報を得るコマンドリストの例である。

表 2 ルータから取得する情報の種類

コマンド名	取得する情報
Show arp	ルータが“知っている”マシンの IP アドレスとマックアドレスのペア。
Show ip route	RIP をルーティングプロトコルとして使っている場合、その RIP テーブルをゲット。

- ローデータの整理

上述したコマンドから得られた情報はそれぞれのテキストファイルとして保存する。保存する情報には、データの取得時間、所属レイヤ、ネットワークの区切りなどのメタデータを付けている。また、後の表示用 XML ファイルの生成がスムーズにできるよう、ファイルの情報を整理し、一つ纏まった形の XML ファイルにする。取得されたデータの中、サブネット内部のマシンは直結ルータの属性として XML ファイルの中に記載されている。また、メタデータとして、「Time」、「Layer」などのタグは設けられている。

### 4.2 学習シーン生成機構

学習シーン生成機構は3章で述べた3要素を含んだ入力パラメータによって、今の学習者に相応しい学習シーンの内容の構造を決め、それと併せてファイルシステムの中の全情報から今回表示用のデータを取り出し、表示用 XML ファイルの生成までの役割を果たす機構である。

- 三つの要素に対応する入力パラメータ

2.1 で述べた学習しやすいネットワーク図を決める三要素に沿って、図を作るために、入力パラメータの設定が必要である。



表 3 三つの要素に対応する入力パラメータ

三つのパラメータ	三つの要素
学習目的	学習内容に合った学習図を出す
学習者の知識レベル	学習者の知識レベルに合った図を出す
視点	一つの学習内容に対して様々な角度から学習できるようにする

表 4 入力パラメータの種類

学習目的	学習者の知識レベル	視点
一般的なネットワーク概念の学習	初心者	ネットワーク全情報視点
コマンド学習	上級者	ユーザパソコン視点
情報伝達の仕組みの学習		ルータ視点 (ルータ別)
RIP についての学習		

三つの要素を入力させる必要はあるが、入力パラメータとして設ける場合、理解しやすさが必要である。ここで、表 3 のような三要素に対応するパラメータを用意し、それを通じて入力の設定を行っている。表 4 において、学習目的にはさらに細かなサブ入力パラメータを準備しており、学習目的を選択すると、その目的に対するサブ入力パラメータの一覧が表示される。

● 表示用 XML の作り方

仮に学習目的のサブパラメータは合計  $i$  種類あり、学習者の知識レベルは  $j$  種類あり、視点は  $k$  種類ある場合。三つの要素の組み合わせによって生成できる学習図のパターンは大よそ  $i \times j \times k$  種類ある (一部の組み合わせに適合する学習図がない場合がある)。学習図に対応する表示用 XML ファイルのパターンも同じ数ある。それらを全部条件式で制御して作るのはあまりにも煩雑な作業である。また、新しい学習要件を入れるときは不便である。

上述問題に対して、出てくる学習図のパターンを分類し、モデル化することで、表示用 XML ファイルの生成はかなり容易になれると思われる。

具体的に、ネットワーク図の構成パターンと学習図に出現するデバイス詳細情報図のパターンを分類する。分類の結果から、あらかじめパーツ (パターンに対応する XML タグ集を作る関数) を用意する。実際に表示用 XML ファイルを生成する場合は、まず入力された三つの要素によって各ネットワーク図のパターンを指定し、大体のデバイスの詳細情報のパターンと表示エレメントは決められる。それから、特別な表示を適用するノード (デバイスや線をクリックする時出てくるパケット詳細情報) に対応する表示パーツを選んで、必要なパラメータを渡す。最後に細かい表示エレメントの設定をして、表示用 XML ファイルの内容は確定され、表示用 XML ファイルは生成される。図 7 は要素の入力から、画面の生成までの詳細プロセスを表した図である。完成されたファイルの中には、「Title」、「DefaultOpen」、「InformationBlock」など表示様式を設定するタグは多数入れられている。

XMLファイル生成のプロセス

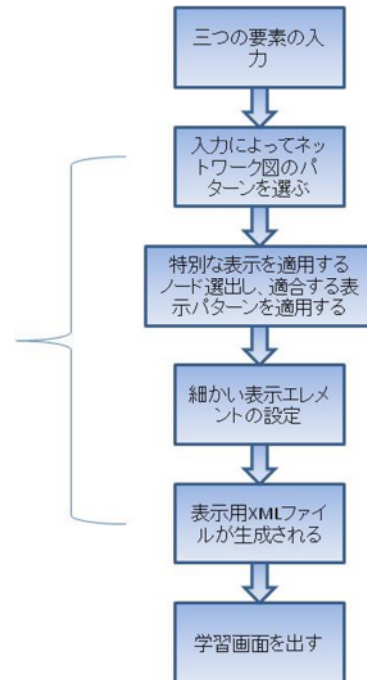


図 7 表示用 XML ファイルの生成プロセス

表 5 ネットワーク図のパターン

学習目的	学習者の知識レベル	ネットワーク図のパターン
一般的なネットワーク概念の学習	初心者	パターンA
	上級者	パターンB
コマンド学習	初心者	パターンA
	上級者	パターンB
情報伝達の仕組みの学習	初心者	パターンA
	上級者	パターンB
RIP についての学習	初心者	
	上級者	パターンC

表 6 表示用パーツ

表示パーツ
基本情報 (IP Address, サブネットマスク, ドメインネーム, 物理アドレス)
コマンド情報 (ARP, nslookup)
ヘッダー情報 (宛先部分)
RIP テーブル

表 5 と表 6 は表示用 XML ファイル生成用のパーツである。表 7 は図 1, 2, 3 を生成するための入力パラメータ及びそれぞれの表示用ファイルを生成するためのネットワーク図のパターンの表である。

表 7 図 1 から図 5 に対応する入力パラメータとネットワーク図パターン

図	学習目的	学習者の知識レベル	視点	ネットワーク図のパターン
図 1	サブネットについての学習	上級者	ネットワーク全情報視点	パターンC
図 2	情報伝達の仕組みの学習	初心者	ネットワーク全情報視点	パターンA
図 3	情報伝達の仕組みの学習	上級者	ネットワーク全情報視点	パターンB
図 4	コマンド学習 (ARP)	初心者	ネットワーク全情報視点	パターンA
図 5	コマンド学習 (ARP)	初心者	ユーザマシン視点	パターンA

#### 4.3 画面作成機構

画面作成機構は学習シーン生成機構で生成された表示用 XML ファイルを元に、実際に学習者に表示する画面の生成を担当する機構である。今回は特に言及しない。

## 5. 結論

本研究では、SMD モデルの概念を取り入れ、ネットワーク技術の初心者にとっても理解可能でありかつ、独習が可能となる視覚的学習システムの設計を行った。

本研究は、まず、理解しやすいネットワーク図について検討し、初心者にもわかりやすい図を表示するための、3つの重要な要素を考慮した。次に、現在の学習に適したネットワーク図を指定することが容易になるように、学習目的、学習者の知識レベル、視点の3種類のパラメータを指定する方法を考案した。

システム設計においては、将来的に学習内容の追加、表示パターンの追加などにも対応できることも考慮して、情報処理部分を学習シーン生成機構と表示内容作成機構の二つに分けることである。

学習画面作成者が画面を作成する際に、それぞれの画面を簡単に作成できるようにするために、学習図に表示させる表示内容をパーツ化し、さらに、パーツの組み合わせ方をパターン化した。これにより学習画面作成者は、表示パターンを指定するだけで、新しい学習画面を作成することができる。

本研究は考案した手法に基づいた学習画面作成のプロトタイプシステムの作成に至ったが、同システムで作成される画面が学習にどの程度効果があるかについては、今後さらに研究を進める必要がある。

本研究の一部は、科学研究費基盤研究(C) 課題番号 22500921 による。

### 参考文献

- [1]Kurose, J., et al. ACM SIGCOMM Workshop on Computer Networking: Curriculum Designs and Educational Changes. In ACM SIGCOMM Workshop on Computer Networking. 2002.
- [2]Maj, S.P. and J. Dharukeshwari, Vendor Based Network Engineering Education - An International Comparison. World Transactions on Engineering and Technology Education, 2003. 2:
- [3] Maj, S. P., Kohli, G., et al., "State Models for Internetworking Technologies," IEEE Frontiers in Education,2004.
- [4] 孫萩, 須藤克彦, 孫一, 大月一弘“様々な学習内容に対応できるネットワーク学習システムの設計”, 教育システム情報学会研究報告 24(6), 20-25, 2010-03.
- [5]孫一,宗智浩,大月一弘,“グラフを用いた分析による一般情報教育用教科書の内容比較”, 教育システム情報学会誌, 教育システム情報学会, 26・1, 2009.05, ページ: 111-118