

学校教育用ファイアウォールに関する教員の意識調査と 階層的情報通信用ポリシー

伊藤陽介*, 三好弘晃**

近年、学校教育における情報システムの重要性が益々高まり、コンピュータ室などの特別教室内のみに限られていた情報システムが、全校的に導入されつつある。児童・生徒が自由に情報端末を利用できる環境が整うことから、インターネットや学校内ネットワークとの接続方法に対して教育的な配慮を施す必要がある。本研究では、既に学校に導入されている情報システムの現状調査を行い、その結果に基づいて学校教育用ファイアウォール(SFW)を中心として構成される学校教育用情報ネットワークシステム(EduNet)を提案する。さらに、SFWの構築方法を示し、新たに階層的な情報通信用ポリシーの概念を示す。EduNetに対する学校教員の意識調査結果から、その有用性とSFWの階層的な情報通信用ポリシーの意義が明らかとなった。

〔キーワード：学校教育、情報システム、ファイアウォール、情報通信用ポリシー〕

I. はじめに

総合的な学習の時間における調べ学習、技術・家庭科(技術分野)の「情報とコンピュータ」に関する学習内容の充実、並びに、高等学校における教科「情報」の導入とともに、学校教育における情報システムの重要性が益々高まっている。また、ミレニアム・プロジェクト¹⁾の進展とともに、コンピュータ室などの特別教室内のみに限られていた情報システムが、全校的に導入されつつある。

児童・生徒が自由に情報端末を利用できる環境が整うことから、インターネットなどの外部ネットワークとの接続方法に対して教育的な配慮を施し、不正アクセス対策を講じる必要が高まっている。そのため、教育内容に応じて教室や学年などの単位で適切に通信内容を制御可能な情報システムの活用が期待されている。他方、複雑化する情報システムを運用管理する担当教員の労力の低減も求められている²⁾。

以上の点から、本研究では、学校に導入されている情報システムの現状調査を行い、その結果に基づいて、安全性を考慮した学校教育用ファイアウォール(SFW)を含む学校教育用情報ネットワークシステムを提案する。さらに、SFWとそれに適用される階層的な情報通信用ポリシーの概念を示し、学校教員に対する意識を調査する。

II. 学校教育用情報システムに関する現状調査

学校教育に利用されている情報システムの現状と問題

点を把握するため、Web ページをインターネットに公開し、情報ネットワークを効果的に教育利用していると推測される初等・中等教育機関を対象として、電子メール方式による調査を実施した。

表1 学校教育用情報システムに対する調査項目

番号	質問項目	内 容
1	学校の基本情報	・設立者、所在地、校種 ・児童・生徒数、教職員数
2	インターネット	・接続の有無と方法
3	学校教育用情報システム	・利用可能な場所 ・コンピュータ数 ・情報コンセント数 ・無線 LAN ・稼動状況
4	ファイルの共有	・児童・生徒用と教職員用の区別
5	不正アクセス対策	・児童・生徒用と教職員用ネットワーク間の不正アクセス対策 ・インターネットからの不正アクセスの経験と業務への影響 ・児童・生徒のインターネットへの不正アクセスの経験と学校での対応 ・児童・生徒の不適切なインターネット掲示板の利用経験
6	ファイアウォール	・インターネットと学校教育用情報システム間での必要性和設置状況 ・学校教育用情報システムにおいて児童・生徒用と教職員用ネットワーク間での必要性和設置状況 ・ファイアウォールの構築と情報通信用ポリシーの設定 ・現状の情報通信用ポリシーに対する意識

* 鳴門教育大学 生活・健康系(技術)教育講座

** 鳴門教育大学大学院 学校教育研究科 教科・領域教育専攻 生活・健康系コース(技術)第2学年

2.1 調査内容

学校教育に導入されている情報システムの現状を調査するため「情報システムの規模」、「ネットワークの安全性」、「不正アクセス」などに関する質問項目を含んだ調査様式を作成した(表1)。まず、追跡調査の容易性を考慮して、四国地方に所在する初等・中等学校のWebページを閲覧し、管理者の電子メールアドレスを収集した³⁾。そのうちインターネットに接続している420校を抽出した。平成15年7月に前記調査様式を含んだ電子メールを送信し、有効回答と判断された返信メールを統計処理した⁴⁾。

2.2 調査結果

調査様式を含んだ電子メールを556件送信し、そのうち有効回答を得られたメールの回答率は、小学校13%、中学校2%、高等学校11%であった。中学校における回答率が、他の学校種と比較して、著しく低い結果となった。この要因として、中学校教員が校務などで多忙であること、及び、中学校の情報システムの運用管理に対する意識の低いことが考えられる。

小学校において児童が利用するコンピュータの設置台数は、1クラスの最大児童数の半分以上確保され、総児童数に応じて20の倍数だけ設置されている。中学校においては、最低20台確保され、総生徒数に応じて20の倍数台設置されている。高等学校では、最低40台確保さ

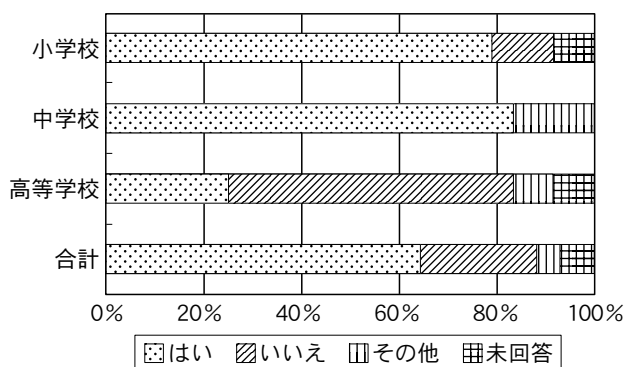


図1 児童・生徒用と教職員用ファイルを区別して共有

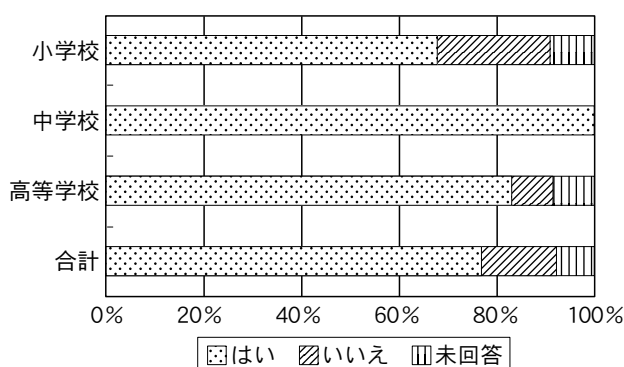


図2 児童・生徒用と教職員用ネットワーク間の不正アクセス対策

れ、40の倍数台設置されている。このように、初等・中等教育機関におけるコンピュータの設置台数は、充実したものとなっている。

表1の質問項目「ファイルの共有」に関する現状をまとめたものを図1に示す。全体の66%の学校において、児童・生徒用コンピュータから教職員用ファイルを開覧可能という結果が得られた。とくに、教員が教室に常駐することの多い小学校では、86%の学校においてファイル共有が行われている。

図2は「不正アクセス対策」に関する調査結果の一部を示している。全体の約80%の学校において、児童・生徒用と教職員用ネットワーク間に不正アクセス対策を施している。その手法はパスワードによる保護が多いと推測される。

ファイアウォール(FW)は、安全性を保持するために重要となる情報機器である。ここでは、表1の「ファイ

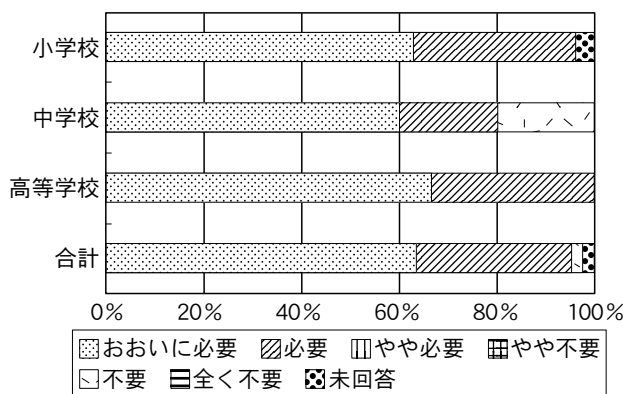


図3 インターネットと学校教育用情報システム間におけるFWの必要性

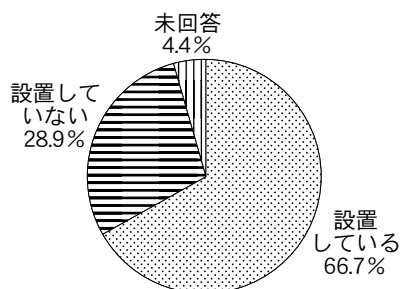


図4 インターネットと学校教育用情報システム間におけるFWの設置状況

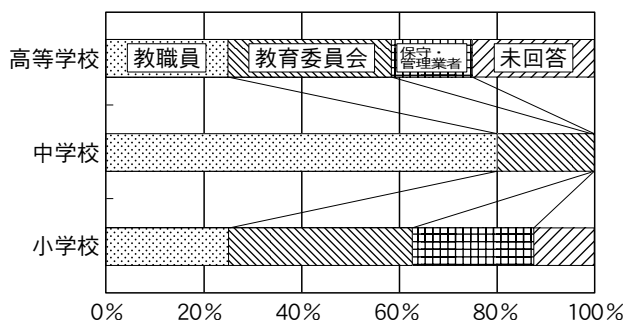


図5 FWの管理者

ヤウォール」に関する現状調査の一部として、インターネットと学校教育用情報システム間に設置するFWの必要性、設置状況、管理方法に関する結果を、それぞれ、図3～図5に示す。

図3に示すように、全体の97%の学校においてFWが必要であると考えている。さらに、児童・生徒用と教職員用ネットワーク間にもFWが必要と回答した学校は86%にのぼる。このように、不正アクセス対策と安全性を高めるための情報機器としてFWに対する期待は高い。図4は、設置されているFWの状況をまとめたものであり、既に66%の学校においてFWを設置している。FWを適切に運用管理するためにはネットワークに関する専門的な知識をもち、恒常的に維持管理できなければならない。そのため、全体の32%の学校においてFWの運用管理を教職員が行わず教育委員会や外部の業者に委託している(図5)。

2.3 考察

学校教育用情報システムに関する現状調査の全体的な結果から、現状の情報システムは一部安全性を保持しているが、学校教員が主体的に運用管理するという側面では問題もあることが明らかとなった。

III. 学校教育用ファイアウォール

3.1 学校教育用情報ネットワークシステム

一般に、安全性を考慮した情報システムでは、外部、DMZ (DeMilitarized Zone) 及び、内部ネットワークに区分

し、三つのネットワーク・インターフェース(NIF)を持つ3ウェイ型FWを用いる⁵⁾。図6に示すように、3ウェイ型FWとFWを2段に構成し教職員用と児童・生徒用ネットワークに分割する情報システムが、既に提案されている⁶⁾。

本研究では、FWの台数が増加すると管理が複雑になること、並びに、II節で述べた現状調査の結果に基づき、学校教育用情報ネットワークシステム(EduNet)を提案する。EduNetは、情報通信用ポリシーを個別に設定・変更可能なようにネットワーク・セグメントの数量に等しいNIFを備える1台のネットワーク管理用情報機器において、通信パケットを集中的に管理することを特徴とする(図7)。

3.2 学校教育用ファイアウォールの提案

EduNetには、ネットワーク・セグメント毎に異なる情報通信用ポリシーを設定・変更可能なネットワーク管理用情報機器を中心部に必要とする。従来からレイヤ3スイッチ(L3-SW)を用いて、情報システムを複数のネットワーク単位に分割し運用する手法が用いられてきた。しかし、L3-SWに情報通信用ポリシーを設定する場合、独自のコマンド体系に基づく操作を必要とし、教員が容易に設定・変更できないという問題点があった。そのため、本研究では、EduNetにおけるネットワーク管理用情報機器として、GUIにより情報通信用ポリシーを設計・開発可能であり、セグメント毎に教員が動的に情報通信用ポリシーの変更が可能となる学校教育用ファイアウォール(SFW)を新たに導入する。

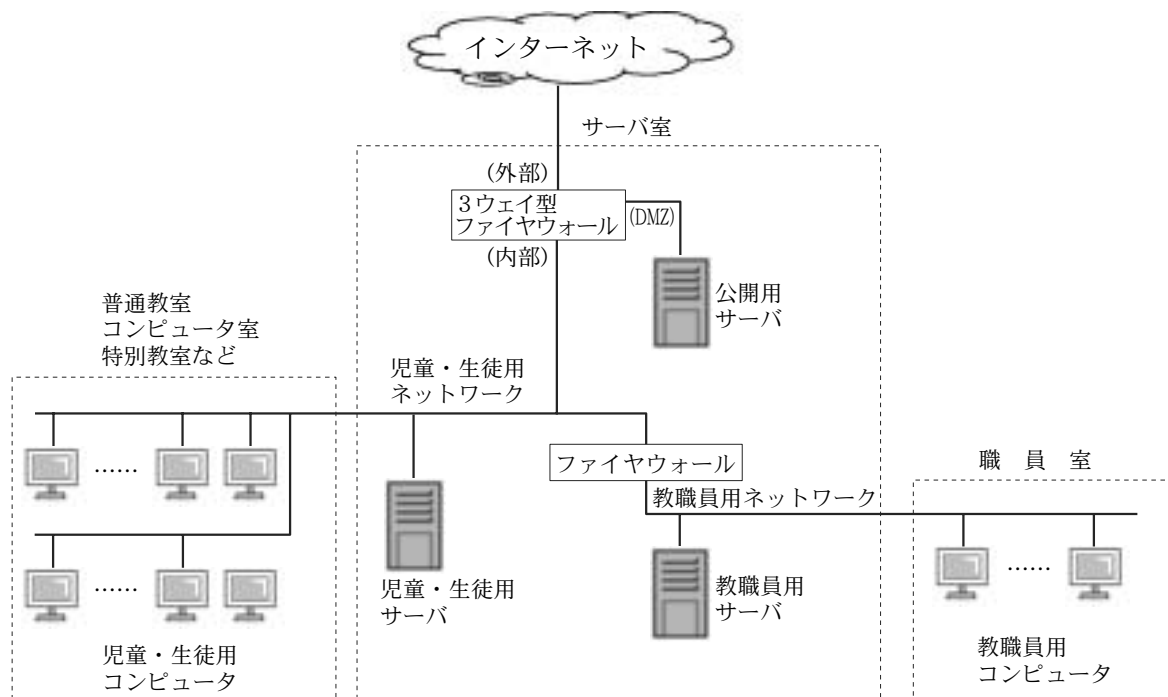


図6 2段構成のFWによる学校用情報システム構築例

3.3 SFW の構築

SFW を構築するための要件として (1)8 個以上の NIF を制御可能 (2)堅牢かつ安全性の高い OS (3)高機能な情報通信用ポリシーを設定・確認可能 (4)情報通信用ポリシーを GUI を利用して開発・変更可能、がある。これらの要件を満たすハードウェアとして、一般に普及している PCI 拡張バスをもつ PC/AT 互換機に 8 ポート以上の NIF を備えたコンピュータを利用する。NIF には、100Base-T 以上に対応する高速データ通信可能なネットワークカード (NIC) を用いる。PCI 拡張バスが限られている場合は、4 ポートが 1 枚の NIC に収められた Planex 社製 FXP-4 TX などを利用する。CPU の処理能力とメモリ、ハードディスクなどは、使用する OS、及び、アプリケーション・ソフトウェアに必要とされる仕様に合わせる。

SFW を構築するために利用するソフトウェアは、学校教育における経済的な状況を考慮して、すべて無償で提供されているものとする。要件(1)と(2)を満たしている OS として、RedHat Linux 9.0 (<http://www.rehdat.com/>) を選定し、同(3)から Netfilter (<http://www.netfilter.org/>) と Webmin (<http://www.webmin.com/>) を利用する。Netfilter は、Linux 用ディストリビューションに標準的に含まれるファイアウォール用ソフトウェアであり、iptables コマンドを利用して情報通信用ポリシーを設定する。Webmin は、http プロトコルを利用した Linux 用システム管理ツールであり、Web 閲覧用ソフトウェアを利用して、クライアントからシステムを管理できる。Netfilter に関する設定管理は、CGI スクリプトからなる管理モジュールを追加すること

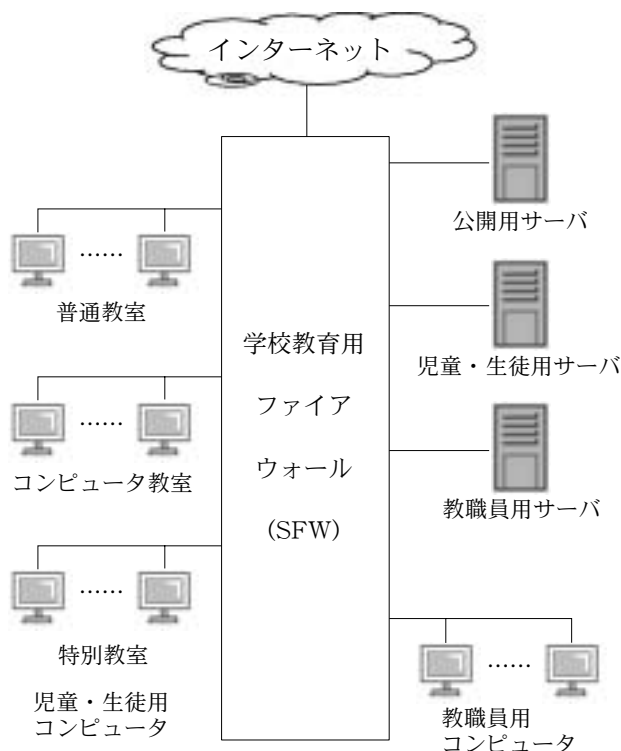


図7 EduNet の構築例

によって実現できる。

要件(4)を満たすソフトウェアは、ネットワーク、NIF、ホスト、サービス、特殊パケットなどをオブジェクトとして GUI により情報通信用ポリシーを開発・変更できる Firewall Builder (FB, <http://www.fwbuilder.org/>) を用いる。FB は、オブジェクト指向で情報通信用ポリシーを編集するための「ポリシー・エディッタ」と、オブジェクトの集合として構築されたポリシーを Netfilter 用の iptables コマンドに展開する「ポリシー・コンパイラ」を提供する。SFW を対象とする情報通信用ポリシー開発の手順を図 8 に示す。設計されたポリシーを FB を使って作成し、iptables コマンドを含むシェル・スクリプトを介して Netfilter に情報通信用ポリシーを適用する。その後、SFW は適用されたポリシーに従って、NIF のパケットを制御する。設定状態とパケット制御情報の確認は、Webmin を使って Web 閲覧ソフトウェアによって行う。

FB を使って実際に情報通信用ポリシーを作成した例を図 9 に示す。FB では標準的でよく利用されるオブジェクトが事前に定義されているため、効率よくルールを作成できる (図 9(a))。FB の GUI 環境は、図 9(b)に示すように「ツリー部」と「オブジェクト部」からなり、「ツリー部」ではオブジェクトが階層的に表示される。「オブジェクト部」には、編集対象となるオブジェクトの内容が表示され、各オブジェクトのアイコンをドラッグ・アンド・ドロップすることによって編集できる。また、複数のオブジェクトをまとめて、一つのグループ・オブジェクトとして取り扱うことも可能である。例えば、図 9(c)に示すように不正なフラグをもつ TCP パケットを示すオブジェクト“BAD FLAGS”は、対応するフラグの検査条件を持つ複数のオブジェクトへのエイリアスの集合で表現される。TCP パケットのフラグを検査条件をもつオブジェクトを作成する場合、検査対象となるフラグと

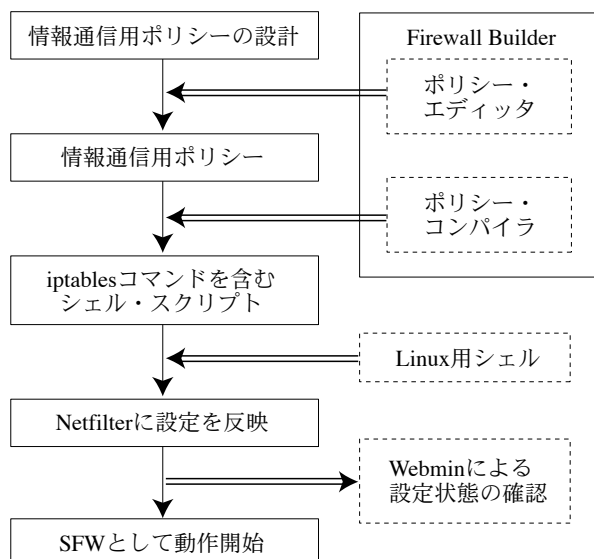


図8 SFW を対象とする情報通信用ポリシー開発の手順

対応する値にチェック印をつける(図9(d))。図9(e)に示すようにFWの情報通信用ポリシーは、NIF毎に設定でき、複数のルールから構成される。ルール毎に送信元、送信先、サービス、許諾、通過、オプションを設定し、通信制御する。図10は、ポリシー・コンパイラによって生成されたシェル・スクリプトを実行して、Netfilterに情

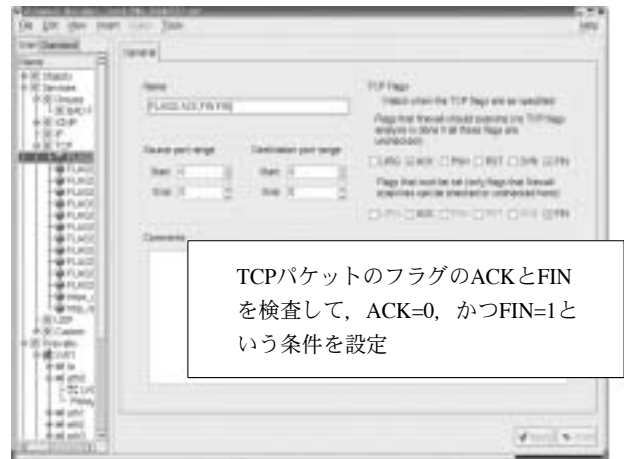
報通信用ポリシーを適用し、その状態を Web 閲覧用ソフトウェアで確認した例である。Netfilter のチェーンに対して、ルールが設定されていることがわかる。

3.4 階層的な情報通信用ポリシー

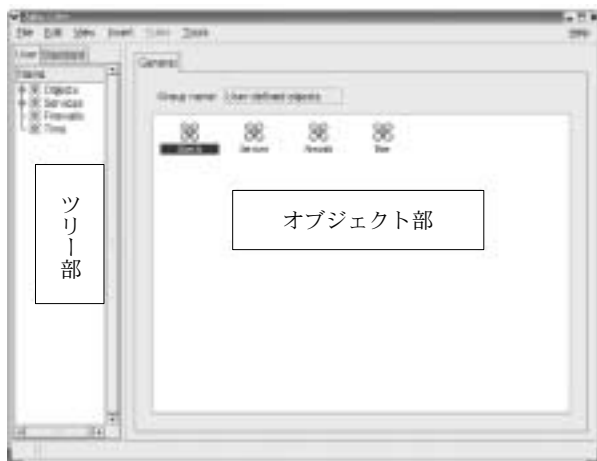
SFW の情報通信用ポリシーは、図11に示す階層構造



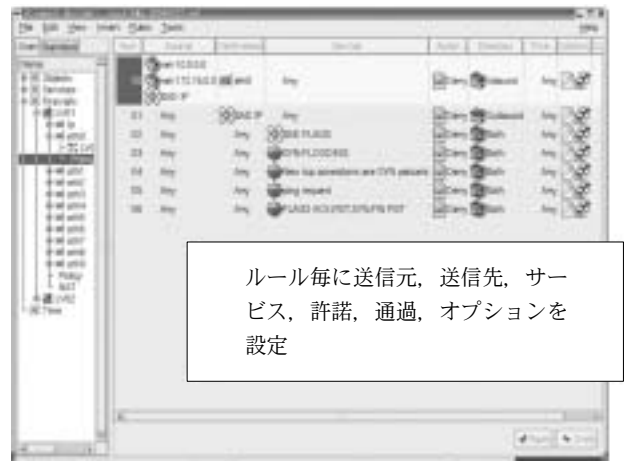
(a) 事前に定義されているオブジェクト



(d) オブジェクトの詳細設定

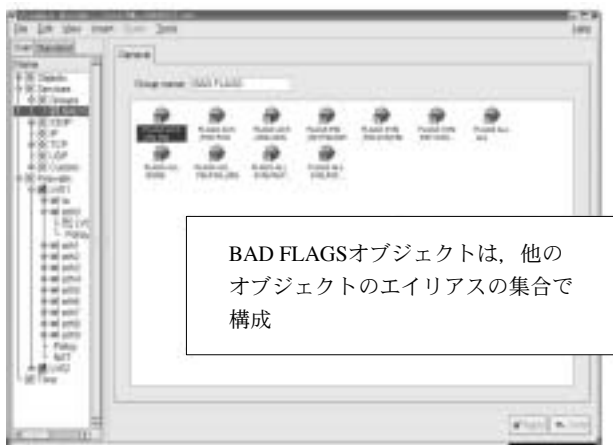


(b) GUI 環境の構成



(e) 情報通信用ポリシーを構成するルール設定

図9 FBによる情報通信用ポリシーの作成



(c) グループ・オブジェクト



図10 Webminによる情報通信用ポリシーの確認

とする。基本情報通信用ポリシーは、不正なアクセスに対する異常パケットの排除やネットワークアドレス変換などを示し、システム管理の専門家が開発し設定する。これより上位の情報通信用ポリシーは、システム管理を担当する教員が設定する。学校教育用情報通信用ポリシーは、学校教育に共通して利用されるサービスの登録や有害情報の排除などのルールを含む。授業 $\alpha \sim \omega$ の学習活動に必要とされる内容を含む情報通信用ポリシーは、一般教員が選択的に変更可能とする。この情報通信用ポリシーには、当該学習活動で利用する Web アドレスや遠隔授業に対応するサービスなどが登録される。あらかじめ管理担当教員によって準備された複数のシェル・スクリプトを選択的に実行することによって一般教員が授業内容に応じて情報通信用ポリシーを容易に変更できる⁷⁾。

IV. EduNet に対する教員の意識調査

提案された EduNet の学校教育における有用性について調査するため、情報システムを利用し管理することの多い教員を想定して調査様式を作成し、意見聴取を行った。

4.1 調査内容

調査項目には、EduNet の構成図、動的に変更可能な情報通信用ポリシー、運用管理者の選定方法などを含めている（表 2）。調査は平成 16 年 8 月に徳島県内の中学校技術・家庭科教員 13 名を対象として実施した⁸⁾。

4.2 調査結果

調査票を教員に配布し、即時回答方式をとったため、有効回答率は 92%であった。全学校において学校教育用情報ネットワークは、インターネットに接続されている。ダイヤルアップルータなどによる直接接続は 36%，パソコンやサーバー用コンピュータで構築された FW を導入している学校が 46%あった。このように、直接接続から

FW などを介し安全性を考慮した接続方法に移行している。また、教職員用ネットワークと児童・生徒用ネットワークを接続するような全校的な情報システムの導入に対して、55%の教員が情報通信の安全性が保持できるならば可能としたいと回答している。

表 2 の質問項目「情報通信用ポリシー」では、普通教室やコンピュータ教室などの単位で教員が動的に情報通信用ポリシーを変更する必要性について調査した。その結果、図 12 に示すように、情報通信用ポリシーを変更する必要があると肯定的に回答した割合は 45%となり、SFW のもつ情報通信用ポリシーの変更機能の有効活用が示唆された。

さらに、インターネットへの接続の許可、閲覧できる Web ページの制限などを授業内容に適した情報通信用ポリシーに変更する必要性について調査した。その結果、調査対象とした教員の 55%が「あまり異なる設定での運用は必要ない」と回答し、また、45%が「できれば異なる設定での運用を避けたい」と考えている。この調査結果は、SFW の有する階層的な情報通信用ポリシーで提供する最上位の部分について必要性が高くないことを示している。しかし、授業内容によって異なる情報通信用ポリシーを適用するという事例は、現在ほとんど報告されていないことを考慮すると、まったく否定的な意見がな

表 2 EduNet に対する調査項目

番号	質問項目	内 容
1	学校の基本情報	・校種 ・児童・生徒数、教職員数
2	インターネット	・接続方法
3	情報通信用ポリシー	・教室単位で教員が動的に変更する必要性 ・授業内容に応じて変更する必要性
4	SFW の運用管理	・情報通信用ポリシーの管理担当者 ・情報通信用ポリシーの変更担当者
5	情報コンセント	・児童・生徒用と教職員用に分離

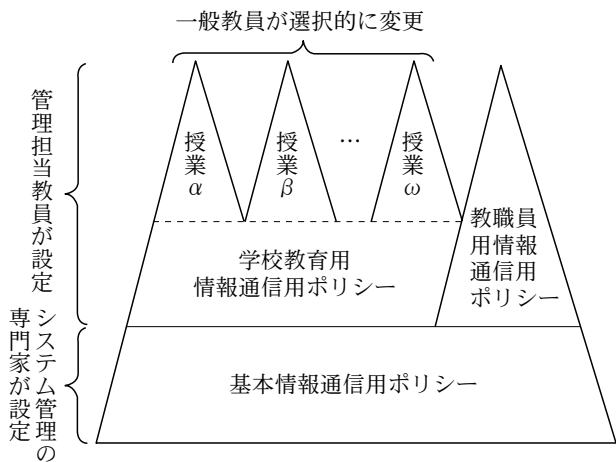


図 11 SFW の階層的な情報通信用ポリシー

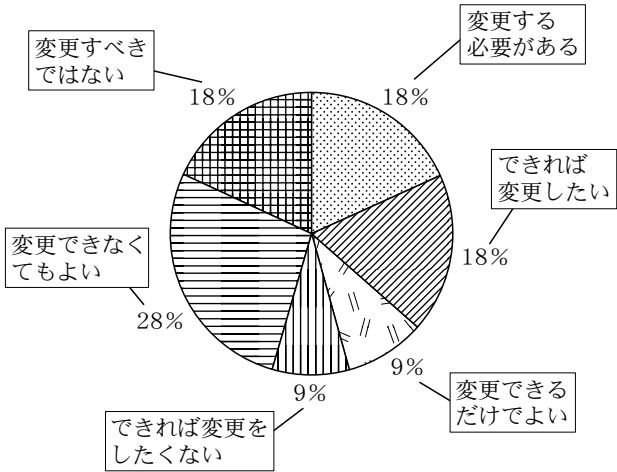


図 12 教室ごとに教員が動的に情報通信用ポリシーを変更する必要性

いことから、授業内容に応じた情報通信用ポリシーを容易に設定できるような情報システムがあれば利用すると期待できる。

表2の質問項目「SFWの運用管理」では、情報通信用ポリシーを管理し変更を担当する者について調査した。EduNet内のネットワーク・セグメントとして「学校内用サーバ（児童・生徒用と教職員用サーバ）」、「公開用サーバ」、「普通教室」、「コンピュータ室」、「特別教室」、「職員室」及び、情報通信用ポリシー用のルールとして「経路制御用」、「安全性保持用」に対して、各対象項目毎に教員が希望する管理担当者と変更担当者をまとめた（表3）。この結果より、58%の回答者が、EduNetの情報通信用ポリシーを管理・変更する担当者は、校務分掌として管理を担当している教員が実施すべきと考えている。

また、普通教室の情報通信用ポリシーの管理を一般教員が実施すべきという意見が18%あり、SFWで提案する階層的な情報通信用ポリシーについて、一部認識が高まっている。特別教室の情報通信用ポリシーにおいては、主として該当する特別教室を利用する一般教員が管理すると、27%が回答している。この理由として、特別教室には、LL教室や理科室、技術室、調理室などがあり、各教室に設置している情報システムは固有のものであり、その教室全体を管理している教員が主体的に適切な情報通信用ポリシーを設定する必要性の高いことがあげられる。

専門性が高いと考えられる情報通信用ポリシー用ルー

表3 情報通信用ポリシーの管理担当者と変更担当者(%)

対象項目	担当者	教 育 委員会	外部業 者委託	管理担 当教員	一 般 教 員	無回答
学校内用サーバ	管理	18	0	82	0	0
	変更	18	0	73	0	9
公開用サーバ	管理	18	9	73	0	0
	変更	18	0	73	0	9
普通教室	管理	0	18	64	18	0
	変更	0	18	73	0	9
コンピュータ室	管理	9	9	82	0	0
	変更	9	9	64	9	9
特別教室	管理	9	9	55	27	0
	変更	9	9	64	9	9
職員室	管理	9	18	73	0	0
	変更	9	18	64	0	9
経路制御用ルール	管理	18	45	36	0	0
	変更	18	45	27	0	9
安全性保持用ルール	管理	55	36	9	0	0
	変更	36	36	18	0	9
小 計	管理	17	18	59	6	0
	変更	15	17	57	2	9
合 計		16	18	58	4	5

ルの設定と変更について、教育委員会または外部業者への委託を希望する回答者は、72%となり、図11で示したように基本情報通信用ポリシーと学校教育用情報通信用ポリシーを階層的に分離し、それぞれについて管理者が異なるように設計したSFWの有効性が明らかとされた。

4.3 考 察

EduNetに対する教員の意識調査を実施した結果、中核となるSFWの階層的な情報通信用ポリシーで提供される授業内容や学年毎に設定・変更できる情報通信制御機能が、学校教育に対して普及する可能性の高いことがわかった。

V. ま と め

本研究では、学校教育用情報ネットワークの現状調査に基づいて、EduNetを提案し、その意義について調査した。その結果、情報技術の進展とともにEduNetの有用性が高まることが明らかとなり、EduNetの中核となるSFWを構築し、階層的な情報通信用ポリシーの概念を示した。

今後、SFWに適用すべき基本情報通信用ポリシー、学校教育用情報通信用ポリシーの具体的な事例を作成するとともに、SFWの情報通信パケットの処理能力について調査する必要がある。

参 考 文 献

- 1) ミレニアム・プロジェクト（新しい千年紀プロジェクト）の基本的な枠組みと構築方針について、内角総理大臣決定、<http://www.kantei.go.jp/jp/mille/991222millpro.pdf>, 1999年.
- 2) 熊代 徹, 岡野和真, 関 和久, 藤本義博: 学校におけるネットワーク整備の現状と問題点に関する考察, 平成14年度所員研究成果（共同研究）, 岡山県情報教育センター, http://www.jyose.pref.okayama.jp/tyosa_kenkyu/kenkyu/2002/kumasiro.pdf, 2003年.
- 3) 越桐國雄: インターネットと教育, <http://okumudeia.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/educ/>
- 4) 三好弘晃, 伊藤陽介: 学校教育用情報ネットワークシステムの現状と課題, 日本産業技術教育学会第19回四国支部大会講演要旨集, p.16, 2003年.
- 5) B. McCarty, 中川和夫訳: Red Hat Linux Firewalls, ソフトバンクパブリッシング, pp.119-138, 2003年.
- 6) 伊藤陽介, 菊地 章, 曾根直人, 藤村裕一, 島宗理, 佐々木真理: 学校教育用情報システム管理のための研修コースの開発, 日本産業技術教育学会誌, 第46

巻, 4号, pp.201-209, 2004年.

7) 三好弘晃, 伊藤陽介: 学校教育用ファイアウォールの構築と GUI による運用ポリシーの開発, 日本産業技術教育学会第 47 回全国大会講演要旨集, p.85, 2004 年.

8) 三好弘晃: 安全性を考慮した学校教育用情報ネットワークシステムの構築に関する研究, 鳴門教育大学修士論文, 2005 年.