

# Ryu SDN Framework

## ——オープンソースのSDN基盤ソフトウェア

本稿では、NTT研究所発のオープンソースソフトウェア「Ryu SDN Framework」の概要と普及に向けた取り組みを紹介し、Ryu SDN FrameworkはSDN (Software Defined Networking) を便利に簡単に組み上げるためのツールやライブラリを提供する基盤ソフトウェアです。オープンソースである強みを活かし、業界に先駆けて最新のOpenFlow仕様に対応することで、SDNアプリケーションの開発者や、ネットワーク機器の開発者、ネットワークサービスの保守者など、さまざまな方々に利用されています。

くぼ るい ふじた ともり  
久保 類 / 藤田 智成  
あがわ ゆうじ すずき ひかる  
阿川 雄資 / 鈴木 光

NTTソフトウェアイノベーションセンタ

### SDNアプリケーション

サーバ仮想化技術やクラウドコンピューティングの登場により、これらを支えるネットワークでは、従来にない適応性や拡張性、柔軟性が求められています。その課題を解決するためのアプローチとして、ソフトウェアによりネットワークの構成や機能をプログラミングできるSDN (Software Defined Networking) が注目されています<sup>(1)</sup>。

ネットワークを構成する機能は、データ転送を担うデータプレーンと、その制御を担うコントロールプレーンとに分けて考えることができます。従来のアプローチでは、両プレーンが個々のネットワーク機器の中で密に結合され、複数のネットワーク機器で1つのネットワークを構成するためには、コントロールプレーンどうしで相互の連携が必要でした。

一方SDNのアプローチでは、データプレーンとコントロールプレーンの間にAPI (Application Programming Interface) を規定することで、両者の独立性を保って分離します。このAPIを利用して、目的や用途に応じたプログラムを開発することで、従来よ

りも自由度の高いデータプレーンの制御が可能になります。このようなAPIを利用するプログラムをSDNアプリケーションと呼びます。

### Ryu SDN Framework

Ryu SDN Framework (Ryu) は、SDNアプリケーションの開発に必要なライブラリやツールを提供するフレームワークです(図1, 2)。データプレーンを制御するための基本機能や、SDNアプリケーションで共通的

に必要な機能を提供することで、開発をより容易にします。次に、Ryuの特徴的な機能について紹介します。

#### ■OpenFlowコントローラ機能

OpenFlowとは、ONF (Open Networking Foundation) にて策定されている、コントロールプレーンとデータプレーン間のAPI仕様です。SDNのアプローチを実現するための、もっとも主要なAPI仕様として広く注目を集めています。仕様に準拠したデータプレーンをOpenFlowスイッチ、同じ



図1 Ryu SDN Frameworkの概要

くコントロールプレーンをOpenFlowコントローラと呼び、これらを利用することでSDNアプリケーションを実現できます。

RyuはOpenFlowコントローラの機能を持っており、Ryuを利用することで、OpenFlowスイッチを使ったSDNアプリケーションの開発が容易になります。OpenFlowのAPI仕様には、策定時期ごとにいくつかのバージョンが存在しますが、RyuはほかのOpenFlowコントローラと比べ、さまざまなバージョン (1.0, 1.2, 1.3, 1.4) に対応していますので、より多くのOpenFlowスイッチを利用することができます。

2013年の秋にリリースされた最新バージョン1.4の機能について図3に示します。

- ① Bundle機能：OpenFlowスイッチに設定したい複数の命令を、束ねて同時に設定する機能です。従来のバージョンでは、OpenFlowスイッチに複数の命令を同時に設定する場合、個々の命令ごとの設定成否の確認などアプリケーション側に必要な実装をする必要がありました。このBundle機能を使うことで、複数の命令を束ねて同時に設定できるようになり、開発が容易になります。
- ② Eviction機能：OpenFlowスイッチに、メモリ容量が溢れたときの処理を委ねる機能です。スイッチが設定を保持するためのメモリ容量は機種ごとに差異があります。従来のバージョンでは、メモリ溢れが起きないように、アプリケーション側で機種ごとに必要な実装をする必要がありました。Eviction機能を使うことで、アプリケーションから設定さ

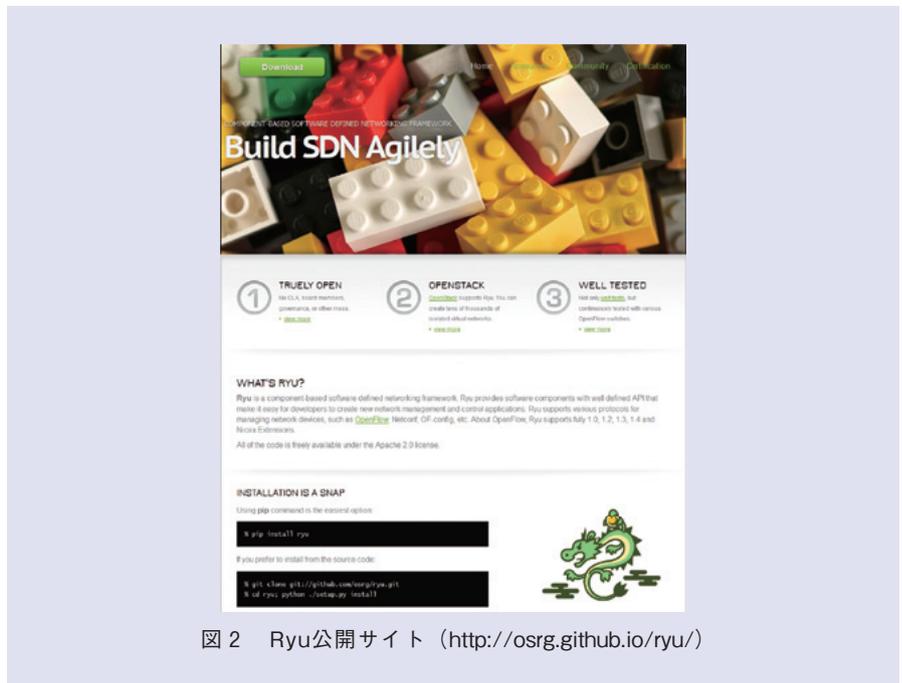


図2 Ryu公開サイト (<http://osrg.github.io/ryu/>)

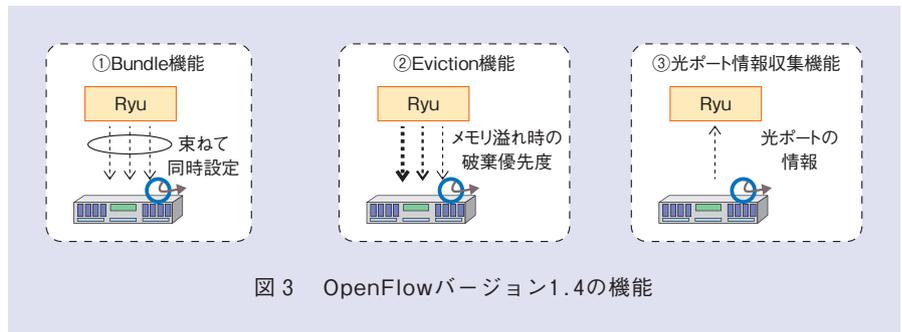


図3 OpenFlowバージョン1.4の機能

れる優先度に基づき、スイッチが破棄する命令を自動で選択しますので、アプリケーションの開発が容易になります。

- ③ 光ポート情報収集機能：OpenFlowスイッチもほかのネットワーク機器と同様に、10 Gbit/sや40 Gbit/sのような広帯域の光ポートを持った製品がリリースされています。信号の波長や強さのような光ポート固有の情報は、従来のバージョンでは取得できず、OpenFlow仕様とは別に機種固有の機能で取得する必要がありました。光ポート情報収集機能に対応したOpenFlowスイッチで

は、通常のイーサポートと同様に光ポート固有の情報も取得できるようになり、アプリケーションの開発においては機種固有の実装を削減できます。

### ■既存ネットワーク機器との連携機能

既存ネットワークにおいて、すべてのネットワーク機器を一度で新たなOpenFlowスイッチに置き換えるのは困難でした。OpenFlowスイッチは既存のネットワーク機器と同様に、さまざまな種類のデータを転送することが可能です。そのため、既存のネットワーク機器とOpenFlowスイッチが混在するネットワークをつくることも可

能です。例えば、既存のネットワークの増設時や設定管理が複雑な機器などを対象に、部分的・段階的にSDNのアプローチでOpenFlowスイッチを導入していくのが現実的かもしれません。Ryuでは、このような既存のネットワークの中に、OpenFlowスイッチを導入していくための機能を持っています。

#### (1) 管理情報取得

既存のネットワークにおいても、Network Management Systemや監視システムなどを通して、SNMP、NetFlow、sFlowなどに対応したネットワーク機器から、流量やリンク状態などさまざまな情報を収集し、一元的に管理していることが多いと思います。OpenFlowスイッチに関する同様の情報も、OpenFlowコントローラの機能で収集することができます。Ryuでは、OpenFlowスイッチと従来のネットワーク機器を混在させる場合に、管理システムが二系統でできまわらないように、従来のネットワーク機器からも情報を収集する機能を持っています。Ryuを使い管理システムを開発することで、OpenFlowスイッチに限らずさまざまなネットワーク機器の情報を収集・一元管理することができます。また、すでにあるシステムを母体とする場合には、既存のシステムから、RyuのOpenFlowコントローラの機能呼び出すことで、OpenFlowスイッチも含めた情報を収集・一元管理することも可能です。

#### (2) 設定投入

ネットワーク機器のポートや帯域の設定変更など、設定投入を自動化するプロビジョニングツールを利用するユーザもいますが、従来のネットワーク機器では、このような設定投入手順の共通化を目指して、NETCONF

(Network Configuration Protocol) という仕様が実装されています。ONFにおいても、OpenFlow仕様で網羅しない領域の設定投入手順を共通化する目的で、OF-CONFIG (OpenFlow Management and Configuration Protocol) という仕様の策定が進められています。Ryuは、OF-CONFIG仕様に対応したスイッチの設定管理をする機能に加え、NETCONF仕様にも対応していますので、OpenFlowスイッチと既存のネットワーク機器の設定変更を一元的に行うようなプロビジョニングツールを開発することもできます。また、既存のプロビジョニングツールから、RyuのOF-CONFIGの機能呼び出すことも可能です。

#### (3) 経路情報交換

既存のネットワーク機器では、全体を1つのネットワークとして連携して動作させるために、BGP (Border Gateway Protocol) という仕様に基づいた経路情報交換がよく使われています。例えば、離れた拠点にあるネットワーク機器どうしで、ともに持つ経路情報の同期を取り合うことで、データを効率的に転送できるようにしています。RyuはBGP仕様に対応していますので、例えば、既存のネットワーク機器どうしで交換されている経路の情報を受信しOpenFlowスイッチへ伝搬したり、また、OpenFlowスイッチ側で行われた経路情報の変更を、Ryuを介して既存のネットワーク機器に伝搬させることが可能になります。これにより、OpenFlowスイッチと既存のネットワークを混在させる場合に、経路の情報を従来と同様の仕組みで同期することができ、OpenFlowスイッチを導入する障壁を低減することができます。

## ■サンプルアプリケーション

Ryuは、主にSDNアプリケーションの開発を容易にするツールやライブラリで構成されていますが、Ryuを利用した開発の参考となる簡易なサンプルアプリケーションも同梱しています。例えば、多くの方になじみのあるようなファイアウォールやルータを実現するアプリケーションや、ネットワークを構築する際によく利用されるリンクアグリゲーションやスパニングツリーなどの機能を実現するアプリケーションなどが含まれています。

## 普及拡大に向けた取り組み

NTT研究所ではRyuの開発のみならず、その普及拡大を目指しさまざまな活動に取り組んでいます。多くの方にRyuに触れてもらうことで、さまざまなフィードバックを得ながら、さらにより良いものを開発していくことで、SDN/OpenFlowの業界全体の発展に貢献できると考えています。

## ■OSS開発

Ryuはオープンソースのソフトウェアです。ソースコードが公開されており、Apacheライセンスに基づきどなたでも自由にダウンロード・利用することができます<sup>(2)</sup>。皆様の製品に組み込み販売することも可能ですし、実際にRyuを組み込んだ商用製品も発売されています<sup>(3)</sup>。2012年の公開以来、スイッチベンダ、ネットワーク事業者、SIer、学術関係者などさまざまな方に参加いただきながら、活発に開発を行っています。

## ■OpenFlow仕様の普及

OpenFlow仕様では、必ずしもすべての機能が必須と定義されておらず、スイッチごとに対応機能に差異があります。また、OpenFlow仕様に準拠していても特定の条件を満たさないと動

Ryu Certification

- ovsnetdev
- Configuration

	OK	ERROR
Action	30	26
(Required)	(0)	(0)
(Optional)	(27)	(26)
set_field	71	99
(Optional)	(71)	(99)
Match	437	265
(Required)	(108)	(0)
(Optional)	(329)	(265)
Total	538	290
(Required)	(113)	(0)
(Optional)	(425)	(290)

Action	Required	IPv4	IPv6	ARP
OUTPUT	x	OK	OK	OK
PUSH_VLAN	-	OK	OK	OK
PUSH_MPLS	-	OK	ERROR	ERROR
PUSH_PBB	-	ERROR	ERROR	ERROR
PUSH_VLAN(multiple)	-	ERROR	ERROR	ERROR
POP_VLAN	-	OK	OK	OK
COPY_TTL_OUT	-	ERROR	ERROR	
COPY_TTL_IN	-	ERROR	ERROR	
SET_MPLS_TTL	-	OK	OK	OK
DEC_MPLS_TTL	-	OK	OK	OK
PUSH_MPLS(multiple)	-	OK	OK	OK
POP_MPLS	-	OK	OK	OK
PUSH_PBB(multiple)	-	ERROR	ERROR	ERROR
POP_PBB	-	ERROR	ERROR	ERROR

Required ether vlan mpls pbb

図4 OpenFlowスイッチの試験結果 (<http://osrg.github.io/ryu/certification.html>)

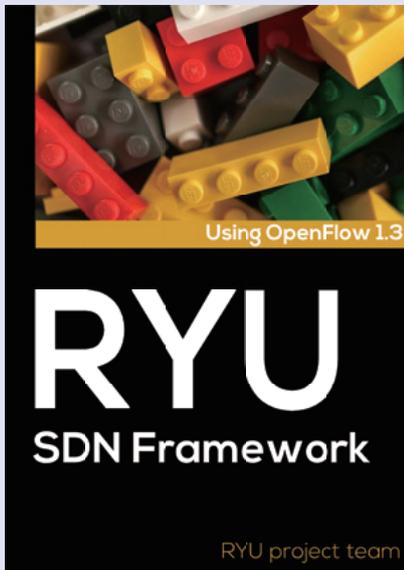


図5 Ryuの電子書籍 (<http://osrg.github.io/ryu/resources.html#books>)

作しない場合や、OpenFlow仕様自体に曖昧な箇所があるなど、現状ではスイッチごとに個別の開発が必要な場合があります。

私たちはRyuのOpenFlowコントローラ機能の仕様準拠度の高さを活かし、OpenFlowスイッチの仕様準拠度を確保するツールを開発しています。

また、本ツールを利用し、さまざまなOpenFlowスイッチとの接続試験を行い、Ryuのサイトで結果を公開しています<sup>(4)</sup>(図4)。SDNアプリケーションの開発をする際に、公開の結果をご覧いただくことで、さまざまなOpenFlowスイッチの基本的な特性を把握できます。

また、本ツールはRyuに同梱しており、スイッチ開発者の方にも多く利用されています。スイッチ開発時から本ツールを利用してもらうことで、仕様準拠度のより高い製品の開発や、製品の品質管理などに役立っています。

### ■ドキュメント・書籍

Ryuをオープンソースとして公開した直後は、ドキュメントが少ないとご意見をいただくことがありましたが、少しずつ充実を図り、現状ではその成果をまとめ、電子書籍の形態で配布もしています(図5)。ソフトウェアと同様に、書籍もオープンに開発をしていますので、ご興味のある方は、ぜひお手元の端末などでご覧ください。

### ■参考文献

- (1) 中島：“SDN/OpenFlowの標準化動向,” NTT技術ジャーナル, Vol.24, No.12, pp.52-54, 2012.
- (2) <http://osrg.github.io/ryu/>
- (3) [http://osrg.github.io/ryu-book/ja/html/introduction\\_example.html](http://osrg.github.io/ryu-book/ja/html/introduction_example.html)
- (4) <http://osrg.github.io/ryu/certification.html>



(左から) 久保 類/ 藤田 智成/  
阿川 雄資/ 鈴木 光

Ryuは、Linuxコマンドを操作したり、簡単なプログラミングの経験がある方であれば、ご利用いただけます。Ryuのサイトでは仮想マシンイメージも公開していますので、ぜひ開発にもご参加ください。

### ◆問い合わせ先

NTTソフトウェアイノベーションセンター  
 第四推進プロジェクト  
 TEL 0422-59-2822  
 FAX 0422-59-3145  
 E-mail ine-d@lab.ntt.co.jp