

# 複数のサブコミュニティを有する OSS コミュニティを対象としたネットワーク分析

伊原 彰紀<sup>†1</sup> 大平 雅雄<sup>†1</sup> 松本 真佑<sup>†1</sup>  
亀井 靖高<sup>†1</sup> 松本 健一<sup>†1</sup>

近年，ソフトウェアの分散開発が盛んに行われているが，地理的に分散した環境下では開発者同士の意思疎通が困難になることが少なくない．そのため，分散開発の成功事例として Open Source Software (OSS) の開発形態に関心が集まっており，OSS 開発者間のコミュニケーションを分析する研究が盛んに行われている．我々はこれまで，開発者とユーザのサブコミュニティ間の協調作業を橋渡しする人物に着目し分析を行ってきた．信頼性の高いソフトウェアを実現するためには，開発者とユーザの他にバグ報告者が重要な役割を担っていると考え，本稿では，PostgreSQL コミュニティの開発者，ユーザ，バグ報告者の 3 つのサブコミュニティに参加する人物らが他の参加者とどのようにコミュニケーションを行っているかを分析する．分析の結果，開発者，ユーザ，バグ報告者の 3 者間を橋渡しする人物らが多数の参加者と常にコミュニケーションを行うことによってサブコミュニティ間の活動が円滑に行われている傾向が見られた．

## Analysis of Network in an OSS Community with Multiple Sub Communities

AKINORI IHARA,<sup>†1</sup> OHIRA MASAO,<sup>†1</sup> SHINSUKE MATSUMOTO,<sup>†1</sup>  
YASUTAKA KAMEI<sup>†1</sup> and MATSUMOTO KEN-ICHI<sup>†1</sup>

Although distributed software development has been increasing in recent years, software developers in geographically distributed environments often encounter the difficulty in communicating each other. In order to better understand and resolve the situation, many studies have been focusing on Open Source Software (OSS) development and communications among developers in an OSS community as a form of successful distributed software development. Our previous study has analyzed people in OSS communities who help developers and users enable to collaborate with each other. In addition to developers and users, in this paper we include bug reporters as the target of analysis, because bug reporters would play an important role in building high reliability software. Especially, this paper analyzes how people simultaneously participating in all the three sub communities (developers, users and bug reporters) interact with other participants in PostgreSQL. The results of our analysis indicated that participants who arranged communications among the three sub communities in PostgreSQL communicated with many other participants and contributed to facilitate activities in the whole community.

### 1. はじめに

中国やインドにおけるオフショア開発を代表として，近年ソフトウェアの分散開発が盛んに行われている．ソフトウェアの分散開発は，主にソフトウェアの開発コスト削減を目的としているが，文化的背景の違いから開発者同士の意思疎通が困難になることが少なくな．期待していた品質が満たされていなかったり定め

られた納期に間に合わないといった事態が発生し，結果的に開発コストを増加させてしまう場合があるとの報告もあり<sup>8)</sup>，ソフトウェアの分散開発を効果的に行うための方法論が求められている．

一方，Linux や Apache を始めとする Open Source Software(OSS) は，地理的に分散した環境下において不特定多数の開発者によって開発が行われているが，商用ソフトウェアに劣らない品質と機能を備え，社会的に広く普及しているものも数多く存在する．そのため，分散開発を成功させるための要因や知見を得るために，分散開発の成功事例の一つとして OSS の開発

<sup>†1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科  
Graduate School of Information Science, Nara Institute  
of Science and Technology

形態を分析する研究が盛んに行われている<sup>3),5),6)</sup>。

Howison らは OSS コミュニティ内の開発者同士がメーリングリストのやりとりからメールの送受信関係をネットワークで表現し、そこから開発者間の社会構造を分析した結果、多くの OSS コミュニティの開発者コミュニティでは中心的な役割を担っている開発者が長期に渡って存在していることが明らかになった<sup>2)</sup>。

Raymond は自身が運営する OSS コミュニティの分析を通じて、OSS 開発の成功には開発者だけではなくユーザの存在が重要であると指摘している<sup>7)</sup>。ユーザは、OSS を利用している際に発見した問題を開発者に報告することがある。Raymond の指摘は、ユーザから開発者へのこのようなフィードバックが OSS の品質向上に繋がることを示唆するものであり、OSS 開発における開発者とユーザの協調作業の重要性を説くものである。

OSS コミュニティでは、各役割（開発者やユーザ）ごとに議論を行うためにメーリングリストや掲示板を用意することでサブコミュニティ（開発者コミュニティやユーザコミュニティ）が形成されている。

先行研究において我々は、OSS コミュニティにおける開発者とユーザのサブコミュニティそれぞれが利用するメーリングリストを対象に、参加者間のメッセージの送受信関係をネットワークモデル化し分析を行った<sup>4)</sup>。その結果、活動が活発な OSS コミュニティで複数のサブコミュニティに参加している人物は、2つのサブコミュニティに対し偏りなく交流する傾向があることを確認した。

さらに、一般的な OSS コミュニティの参加者は開発者とユーザだけではなく、コードに含まれるバグの存在を報告するバグ報告者が信頼性の高いソフトウェアを実現する上で重要な役割を担っていると考えられることから、我々は3つのサブコミュニティ（開発者コミュニティ、ユーザコミュニティ、バグ報告者コミュニティ）の間の協調作業の分析を試みた<sup>9)</sup>。ケーススタディとして PostgreSQL コミュニティの参加人数の推移に着目し分析した結果、時間の経過と共に3つのサブコミュニティの全てに参加する人物の数が増加していることがわかった。OSS コミュニティの協調作業を理解するためには、サブコミュニティ間の情報伝達の様子をより詳細に分析する必要があるが、先行研究においては OSS コミュニティ参加者がサブコミュニティ間でどのようなコミュニケーションを行っていたかについては明らかにすることができなかった。

そこで本稿は、OSS コミュニティ内のサブコミュニティ間の協調作業がどのように行われているかを詳

細に分析することを通じて、効果的な分散開発のための方法論構築へ向けた知見を得ることを目的とする。OSS コミュニティの参加者の中で、複数のサブコミュニティに参加する人物を分類し、サブコミュニティに複数参加する人物らが各サブコミュニティの参加者どのようにコミュニケーションを行っているか分析する。

本稿の構成は以下の通りである。続く2章では、関連研究について述べ本研究の立場を明らかにする。3章では、本稿で扱う OSS コミュニティの参加者間のコミュニケーションをネットワークで表したネットワークモデルについて説明する。そして、4章においてケーススタディで行う分析の方法について説明し、5章でケーススタディの事例として扱う PostgreSQL について提示を行う。6章でケーススタディの結果と考察を行い、最後に7章においてまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 関連研究

OSS コミュニティの開発形態を分析した事例が、数多く報告されている<sup>3),5)</sup>。Mockus らは、これまで OSS コミュニティでの開発について指摘されていた事柄の正しさについて、Apache コミュニティの CVS データ、バグ報告データから調査した。その結果、Apache コミュニティの4%の開発者が、88%のソースコードを追加し、66%の不具合修正を行っていることが明らかとなった。Jensen らは、OSS 開発者の役割の移り変わりなどについて、3つの OSS 開発プロジェクトを比較し、その違いについて報告を行っている。これらの研究は CVS データなどの開発データを利用して、開発事例を分析の対象としている一方、我々の研究は分散開発時の協調作業がどのように行われているかの知見を得るために OSS コミュニティの参加者が行うコミュニケーションから生成したネットワークモデルを分析の対象としている。

また我々の分析と同様に、OSS コミュニティの参加者が行うコミュニケーションをネットワークモデル化し、そのネットワークモデルの構造について分析した研究も行われている<sup>1),2)</sup>。Hossain らは、Enron 社内で用いられていた e-mail の履歴データから、テキストマイニングと中心性に基づくネットワーク分析を行い、社員間のコーディネーション能力について分析した。結果、コーディネーション能力の高い社員は、高い中心性を持つことが明らかとなった。Howison らは、バグ報告スレッドの送受信関係をネットワークモデル化し、バグ報告者と中心性との関係について分析を行った。5つのプロジェクトを扱ったケーススタ

ディにより、巨大なプロジェクトほど中心的な役割を担う開発者が長期に渡って存在していることが明らかとなった。本稿ではこれらの分析方法と同様に、オンラインコミュニケーションの履歴データから参加者同士のコミュニケーションにより生成するネットワークモデルを分析の対象とする。これらの研究は開発者のコミュニケーションのみを分析の対象としている。一方、我々の研究は開発者、ユーザ、バグ報告者で行われるコミュニケーションを分析の対象としている。

我々の先行研究として Matsumoto らは、OSS コミュニティがユーザ参加型コミュニティであると指摘する Raymond らの研究<sup>7)</sup>に着目して、2つのOSSコミュニティ(Apache, Netscape)を対象に、開発者とユーザの2つのサブコミュニティ間の協調作業を支えるであろう複数のサブコミュニティに参加する人物を分析している<sup>4)</sup>。複数のサブコミュニティに参加する人物(コーディネータ)が各サブコミュニティと交流する人数と、OSSコミュニティの活動の活発さとの関係から協調作業の実態を明らかにした。Matsumoto らの研究では、活動が活発なOSSコミュニティのコーディネータほど、2つのサブコミュニティに対して偏りなく交流する傾向にあることを確認している。本稿では、バグ報告者を分析の対象に加えることで、OSSコミュニティにおける開発者、ユーザ、バグ報告者の3者の協調作業の実態を観察する。

### 3. 準備

#### 3.1 複数のコミュニティに参加する人物

我々の先行研究<sup>4)</sup>ではOSSコミュニティにおける開発者コミュニティとユーザコミュニティの両方のサブコミュニティに参加する人物に着目し分析を行った。本稿では、図1に示すように開発者コミュニティにのみ参加する人物を  $p(dev)$ 、開発者コミュニティとユーザコミュニティに参加する人物を  $p(dev \cap user)$  のように表記し、 $p(dev)$  や  $p(dev \cap user)$  からなるグループを集合として  $P(dev)$  や  $P(dev \cap user)$  と表記する。本稿では、先行研究の2つのサブコミュニティにバグ報告者コミュニティを加えた3つのサブコミュニティに参加する人物のコミュニケーションを分析する。

分析対象のサブコミュニティを3つに拡張した結果、OSSコミュニティ参加者は図1のように分類することができる。図1に示すとおり、複数のサブコミュニティに参加する人物のグループは  $P(dev \cap user)$ 、 $P(dev \cap bug)$ 、 $P(user \cap bug)$ 、 $P(dev \cap user \cap bug)$  の4種類が存在する。特に、3つのサブコミュニティに同時に参加している  $P(dev \cap user \cap bug)$  は、OSS

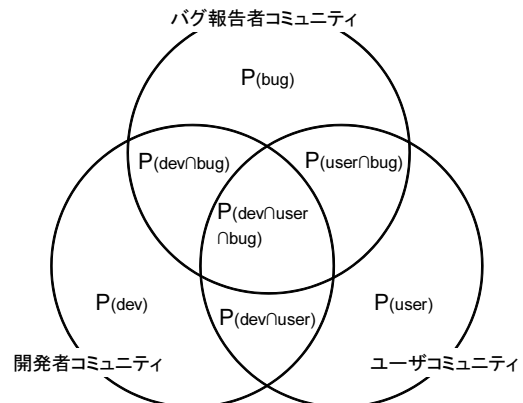


図1 3つのサブコミュニティにより分類されるグループ

コミュニティ内において活発に活動しコミュニティ全体の協調作業に貢献しているものと考えられることから、本稿では重点的に分析を行う対象とした。

#### 3.2 コミュニケーションのモデル化

分析対象のOSSコミュニティは参加人数やメッセージ数の規模が大きく、参加者間のコミュニケーションの様子を俯瞰的に捉えることが困難である。そこで本稿では、参加者間でやり取りされるメッセージの送受信関係に基づいて、参加者間のコミュニケーションをネットワークモデル化しその特徴を分析する。ネットワークモデルを用いて分析対象を単純化することで、参加者間やサブコミュニティ間のコミュニケーションについて巨視的な分析が可能となる。本稿では2種類のネットワークモデルを利用する。

- 個人間ネットワークモデル

1本のエッジを2人の参加者間でやり取りされるメッセージの送受信関係とし、1つのノードをOSSコミュニティに参加している1人の人物として定義する個人間のネットワーク。個人間ネットワークモデルから、OSSコミュニティにおける参加者のコミュニケーションを個人単位で巨視的にとらえることが可能となる。

- グループ間ネットワークモデル

1本のエッジを2つのグループ間でやりとりされるメッセージの送受信関係とし、1つのノードを1グループとしたグループ間のネットワーク。グループ間ネットワークモデルから、OSSコミュニティにおける参加者のコミュニケーションをグループ単位で巨視的にとらえることが可能になる。

### 4. 分析方法

OSSコミュニティの協調作業を理解するためには、

サブコミュニティ間の情報伝達の様子をより詳細に分析する必要がある。そこで、まず、前章で分類されたグループに基づいてグループ間ネットワークを構築し、OSS コミュニティの参加者がグループ内/間でどういったコミュニケーションを行っているのかを分析する。次に、個人間ネットワークに基づいて、ある時期における各参加者のエッジ数(次数)の大きさを比較した。最後に、1ヶ月単位で1年間、次数の大きい上位5名の移り変わりを分析した。

#### 4.1 グループ間ネットワークモデルの分析

サブコミュニティに応じてネットワークモデルがどのように異なるのかを調べるために、ある一時期のグループ内/間のネットワークモデルを分析する。具体的な分析方法として、グループ内/間のエッジ数を調べる。分析を通して、OSS コミュニティで行われるコミュニケーションによる協調作業を垣間見ることができ、複数のサブコミュニティに参加する人物が各サブコミュニティへのサポートや情報の提供、収受を円滑に行っているかを知ることが期待できる。

#### 4.2 一定期間における参加者の次数の比較

OSS コミュニティはどういった人物のコミュニケーションやサポートに支えられているのかを分析するために、一定期間における参加者の次数を比較する。参加者の次数を比較することで、先行研究で得た知見のように一部の参加者によって支えられているのか、多くの参加者によって支えられているのかを知ることができる。

#### 4.3 期間ごとの次数の大きい上位5名の移り変わり

OSS コミュニティの協調作業を支える人物らは常に同一人物とは限らない。そこで、各月の次数中心性上位5名がどのように入れ替わるのかを分析する。次数中心性の上位者の推移を知ること、OSS コミュニティの協調作業を支えるのは常に同一人物であるか否かがわかる。

## 5. ケーススタディ

本章では、PostgreSQL コミュニティにおける開発者、ユーザ、バグ報告者の3者の協調作業の実態を複数のサブコミュニティに参加する人物らの視点から分析したケーススタディについて述べる。

### 5.1 PostgreSQL

PostgreSQL は BSD ライセンスに基づき配布されているフリーの関係データベース管理システム(RDBMS)である。商用/非商用を問わず無償で利用することができ、企業システムへの採用も増えていることから、商用のRDBMSに劣らないソフトウェ

アとして広く認知されている。また、データベース管理システムであるという点から、特に高い信頼性が求められるソフトウェアであると言える。

PostgreSQL は、1986年にPOSTGRESプロジェクトとして発足し開発されてきたものが、1995年にオープンソース版(Postgres95)としてWeb上でリリースされた後、1996年終わりに名称をPostgreSQLに変更して1997年1月にver.6.0としてリリースされ現在まで開発が続いている。ver.6.0以降は、2000年5月にver.7.0、2005年1月にver.8.0がリリースされている。ver.8.0ではテスト版として2004年8月にver.8.0βがリリースされている。

### 5.2 分析対象データ

分析対象データは各コミュニティの議論の場として主に用いられるメーリングリストとする。本稿では、各メーリングリストの利用者の役割に応じてサブコミュニティを定義した。以下では各サブコミュニティの参加者が利用しているメーリングリストで主に扱われる議論内容について述べる。

#### ● 開発者コミュニティ

pgsql-hackers: PostgreSQLの開発に関する話題を取り扱うメーリングリストであり、開発中のバグや新規機能の追加についての議論が主として行われる。

pgsql-patches: PostgreSQLの開発に関する話題を取り扱うメーリングリストであり、リリース後のバグの修正や新規機能の追加についての議論が主として行われる。

#### ● ユーザコミュニティ

pgsql-general: PostgreSQLのユーザが利用するメーリングリストであり、主として導入時のトラブルやSQLのバージョン問題など、開発者を交えて議論が行われる。

#### ● バグ報告者コミュニティ

pgsql-bug: PostgreSQLのバグに関する話題を取り扱うメーリングリストであり、バグの修正についての議論などが行われる。また、報告されたバグの修正が行われた場合はpgsql-patchesへメッセージを送ることになっている。

本稿では、サブコミュニティの協調作業が必要と思われる、テスト版8.0βをリリースしてから正式版8.0をリリースする期間に着目した。正式版がリリースされるまでには、OSSのテスト版をリリースし、開発者がユーザ、バグ報告者の意見を取り入れる必要がある。これらの作業を達成するためには、サブコミュニティの協調作業が必要である。この期間のコミュニ

表 1 コミュニティの参加人数とエッジ数とメール数

サブコミュニティ	人数	エッジ数	メール数
開発者コミュニティ	292	1211	2983
ユーザコミュニティ	721	1928	2501
バグ報告者コミュニティ	235	277	498

ケーション構造を分析することで、分散開発を行っている複数のサブコミュニティを有する OSS コミュニティが成功する要因をうかがい知ることができ、ソフトウェアの分散開発が成功する要因を明らかにすることが期待できる。

## 6. 結果と考察

### 6.1 グループ間のコミュニケーション構造の分析結果

PostgreSQL コミュニティにおけるグループ間/内の送受信エッジ数について図 2 に示す。各グループの数字はグループの要素数 (人数) を表す。また各エッジの添え字は送信エッジ数と受信エッジ数を表す。表 1 は、開発者コミュニティ ( $P(dev \cap user \cap bug)$ ,  $P(dev \cap user)$ ,  $P(dev \cap bug)$ ,  $P(dev)$ ), ユーザコミュニティ ( $P(dev \cap user \cap bug)$ ,  $P(dev \cap user)$ ,  $P(user \cap bug)$ ,  $P(user)$ ), バグ報告者コミュニティ ( $P(dev \cap user \cap bug)$ ,  $P(dev \cap bug)$ ,  $P(user \cap bug)$ ,  $P(bug)$ ) のそれぞれの参加人数, エッジ数, メール数を示す。

各グループ間/内の送受信関係に着目し、サブコミュニティそれぞれ (開発者コミュニティ, ユーザコミュニティ, バグ報告者コミュニティ) と  $P(dev \cap user \cap bug)$  のグループについて分析結果と考察を以下にまとめる。

- 開発者コミュニティ

図 2 より  $P(dev \cap user \cap bug)$ ,  $P(dev \cap user)$ ,  $P(dev \cap bug)$ ,  $P(dev)$  の 2 グループ間の送受信

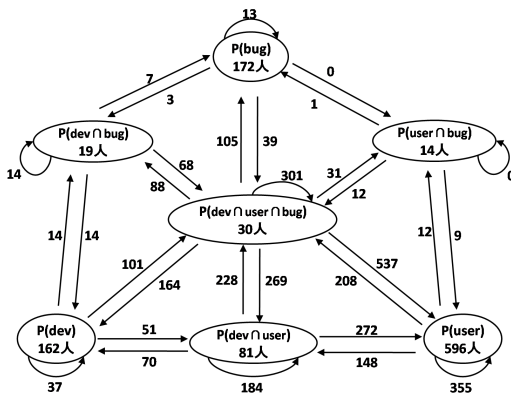


図 2 グループ間の送受信エッジ数

エッジ数は他のグループ間の送受信エッジ数と相対的に比べた時、送信エッジ数と受信エッジ数の差が少ない。さらに表 1 の開発者コミュニティの参加者数に対するエッジ数やメール数は他のサブコミュニティに比べて多い。

ここで、開発者コミュニティに参加する人物の次数を比較したものを図 3 に示す。横軸は開発者コミュニティの参加者の次数について降順に並べ、参加者に対する次数を片対数グラフにプロットした。図 3 から開発者コミュニティの参加者 292 人中 263 人 (約 90%) は PostgreSQL コミュニティの参加者とコミュニケーションを取り議論しており、10 本以上のエッジを張っている人物は 77 人 (約 26%) 存在することがわかる。

$P(dev \cap user \cap bug)$ ,  $P(dev \cap user)$ ,  $P(dev \cap bug)$ ,  $P(dev)$  におけるグループ間の送信エッジ数と受信エッジ数に差が見られないのは、ほとんどの開発者コミュニティの参加者が 1 回以上議論を行っており、グループに関係なく開発者コミュニティで活発に議論が行われていることが理由であると考えられる。

- ユーザーコミュニティ

図 2 より  $P(dev \cap user \cap bug)$  と  $P(user)$ ,  $P(dev \cap user)$  と  $P(user)$  の送信エッジ数と受信エッジ数の差を他のグループ間と相対的に比べた時、違いがあることがわかる。特に、 $P(user)$  では送信エッジ数より受信エッジ数の方が多いことがわかる。

$P(user)$  で送信エッジ数より受信エッジ数の方が多いのは  $p(dev \cap user \cap bug)$  らや  $p(dev \cap user)$  らからのサポートや情報の提供、収受が行われているからであると考えられる。

- バグ報告者コミュニティ

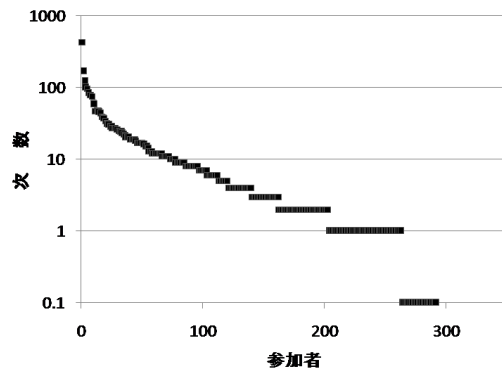


図 3 開発者コミュニティに参加する人物の次数

図 2 より  $P(bug)$  内のエッジ数が少ないことがわかる。つまり  $p(bug)$  同士のコミュニケーションがあまり行われていないということである。しかし  $P(bug)$  内のエッジ数に比べ、 $P(bug)$  と  $P(dev \cap user \cap bug)$  との送受信エッジ数は多いことがわかる。

これは一つの解釈としてバグ報告者コミュニティという性質から、バグ報告をする人物らとバグ報告を受ける人物らがいると考えられる。 $p(bug)$  の人物らは比較的バグ報告を行う役割を持ち、 $P(dev \cap user \cap bug)$  らはバグ報告を受けて、バグ報告をする人物らのサポートをする役割を持っているから送受信エッジ数に差が生じたと考えられる。

- $P(dev \cap user \cap bug)$  のグループ

図 2 より  $P(dev \cap user \cap bug)$  のグループは参加人数に対し、グループ内のエッジ数が多いことがわかる。また、 $P(dev \cap user \cap bug)$  のグループは他の各グループからの送信エッジ数よりも受信エッジ数の方が多いことがわかる。

$p(dev \cap user \cap bug)$  らは同じ  $P(dev \cap user \cap bug)$  のグループの人物同士で議論を行い、各サブコミュニティ内でも中心人物となってサポートを行うことで OSS コミュニティの協同作業を支えていると考えられる。

## 6.2 一定期間における参加者の次数の比較

PostgreSQL コミュニティに参加する人物の次数を図 4 に示す。横軸は PostgreSQL コミュニティ参加者の次数について降順に並べ、参加者に対する次数を両対数グラフにプロットした。

図 4 より、OSS コミュニティ参加者の中で他の参加者の次数に比べ高い次数をとっている人物の存在が確認できる。この人物は  $p(dev \cap user \cap bug)$  である。また、次数が 100 以上の人物は 11 人存在し、そのう

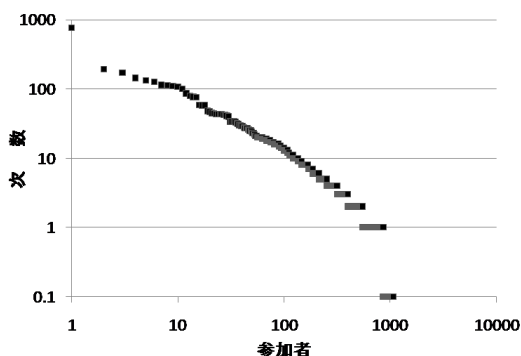


図 4 PostgreSQL コミュニティに参加する人物の次数

ち 8 人は  $P(dev \cap user \cap bug)$  の人物であることがわかった。

他の OSS コミュニティ参加者と比べて次数の大きい人物は、Apache と Netscape を分析した先行研究<sup>4)</sup>で指摘された、常に高いモチベーションとリーダーシップを有する Linus Torvalds のような人物に匹敵すると考えられる。PostgreSQL コミュニティは現在でも活発に議論され、頻繁にリリースされていることから、OSS コミュニティの発展と継続のためには Linus Torvalds のような人物の存在が重要であると考えられる。

## 6.3 期間ごとの次数の大きい上位 5 名の比較

PostgreSQL コミュニティの分析期間において各期間における次数の大きい上位 5 人の移り変わりを図 5 に示す。グラフは横軸を期間、縦軸を次数とする。

図 4 において、次数が高かった人物は図 5 において p1 にあたる。p1 は分析期間、常に最も高い次数をとっていることがわかる。また、図 5 で 2003 年の 5 番目の人物 p9 を除いて、各月の 5 人は全て  $P(dev \cap user \cap bug)$  の人物であることがわかった。

図 4 において次数の高い人物 p1 は一時期だけではなく、常に高いモチベーションを持ち、PostgreSQL コミュニティを支える人物であるということがわかり、OSS コミュニティの発展と継続のためには重要な存在であることが改めて確認できる。次数の高い人物の多くが  $p(dev \cap user \cap bug)$  であるということは、 $P(dev \cap user \cap bug)$  の人物らは PostgreSQL コミュニティで行われる多くの議論に参加し、一部ではサブコミュニティをサポートしながら複数のサブコミュニティ間で協同作業を支えていると考えられる。

## 7. おわりに

本稿では、効果的な分散開発のための方法論構築へ向けた知見を得ることを目的とし、PostgreSQL コ

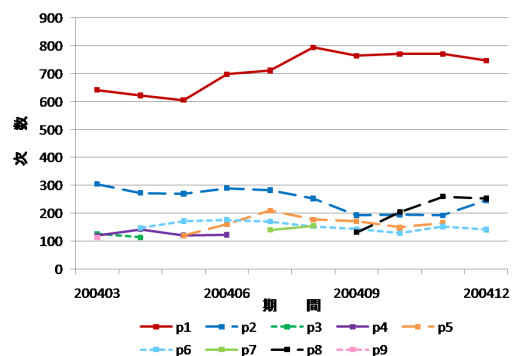


図 5 各期間における次数の大きい上位 5 名の移り変わり

コミュニティ内のサブコミュニティ間の協調作業がどのように行われているかを詳細に分析した。特に、複数のサブコミュニティに参加する人物に着目し、そういった人物が各サブコミュニティとどのようにコミュニケーションを行っているかの分析した。得られた知見を以下に示す。

- 常に多数の参加者とコミュニケーションをとっている人物の多くは3つのサブコミュニティ(開発者, ユーザ, バグ報告者)に参加している人物であり, そういった人物は継続してコミュニティに参加し続けている傾向にある。
- バグ報告者コミュニティのみに参加する人物( $p(\text{bug})$ )間ではコミュニケーションが少なく, 一方3つのサブコミュニティ(開発者, ユーザ, バグ報告者)に参加している人物とのコミュニケーションが多く行われている。
- ユーザコミュニティのみに参加する人物( $p(\text{user})$ )は複数のサブコミュニティに参加する人物への送信エッジ数よりも, 受信エッジ数の方が多い。

本稿ではメッセージの送受信関係について分析を行った。しかし, 本稿で行った分析だけでは実際に行われているメッセージの内容を確認していないため, 協調作業を行っている様子まで詳細に知ることはできない。今後はサブコミュニティ間で協調作業を支える様子をメッセージの内容から分析することを課題とし, 他のOSSコミュニティと比較することで効率的な分散開発を行うための方法を見つきたい。

謝辞 本研究の一部は, 文部科学省「次世代IT基盤構築のための研究開発」の委託に基づいて行われた。また, 本研究の一部は, 文部科学省科学研究補助費(若手B: 課題番号 20700028)による助成を受けた。

## 参 考 文 献

- 1) Hossain, L., Wu, A. and Chung, K. K.S.: Actor Centrality Correlates to Project Based Coordination, *In Proceedings of the 2006 Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'06)*, pp.363–372 (2006).
- 2) Howison, J., Inoue, K. and Crowston, K.: Social Dynamics of Free and Open Source Team Communications, *In Proceedings of the 2nd International Conference on Open Source Systems (OSS'06)*, pp.319–330 (2006).
- 3) Jensen, C. and Scacchi, W.: Role Migration and Advancement Processes in OSSD Projects: A Comparative Case Study, *In Proceedings of the 29th International Conference on Software Engineering (ICSE'07)*, pp.364–374 (2007).
- 4) Matsumoto, S., Kamei, Y., Ohira, M. and Matsumoto, K.: A Comparison Study on the Coordination between Developers and Users in Foss Communities, *Socio-Technical Congruence (STC 2008)*, No.8, pp.1–9 (2008).
- 5) Mockus, A., Fielding, R. T. and Herbsleb, J. D.: Two Case Studies of Open Source Software Development: Apache and Mozilla, *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, Vol. 11, No. 3, pp. 309–346 (2002).
- 6) Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Nishinaka, Y., Kishida, K. and Ye, Y.: Evolution Patterns of Open-Source Software Systems and Communities, *In Proceedings of the International Workshop on Principles of Software Evolution (IW-PSE'02)*, pp.76–85 (2002).
- 7) Raymond, E. S.: *The Cathedral and the Bazaar: Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary*, O'Reilly and Associates (1999).
- 8) Sakthivel, S.: Managing risk in offshore systems development., *Communications of the ACM*, No.4.
- 9) 伊原彰紀, 前島弘敬, 粕本真佑, 亀井靖高, 大平雅雄, 松本健一: 複数のサブコミュニティを有するOSSコミュニティにおけるコーディネータの分析, *グループウェアとネットワークサービスワークショップ2007*, No.11, pp.13–18 (2007).