

# 2003年度 CAIDA との共同研究報告

長 健二郎

01/31/2004

## 1 はじめに

本稿では、2003年度のCAIDAとの共同研究について報告する。CAIDAとWIDEは従来から関係をもっていたが、2003年度から正式に計測に関する包括的な共同研究を行なっている。

その一貫として、2003年3月と11月に2度のワークショップを行ない、また、CAIDAのHuffaker氏を2カ月間日本に招いた。

## 2 第1回 CAIDA/WIDE Measurement Workshop

第1回ワークショップは2003年3月21日にCAIDAの本拠地であるカリフォルニア州立大学サンディエゴ校で行なった。参加者は、WIDEから9名、CAIDAから9名、ISCから1名の計19名。直前にイラク戦争が勃発したため、参加できなかったWIDEメンバーが6名いた。

前半は自己紹介を兼ねて、各参加者が自分の研究を紹介した。

- Brad Huffaker (CAIDA): skitter プロジェクトと、そのディスタンスメトリックス。PAMで発表予定のDNSルートサーバーの配置解析についての報告。
- Nevil Brownlee (CAIDA): NeTraMetによるDNSルートとgTLDサーバーのRTTのパスシブ計測と、webで公開している結果のグラフについて。
- Andre Broido (CAIDA): RFC1918 アドレスの漏洩に関して、AS112 に来る dynamic update を解析した結果を報告した。
- Duane Wessels (CAIDA/Measurement Factory): F-root のパケットトレース解析を行ない、ルートに来るクエリのうち正規のものは2%に過ぎないという報告を行なった。また、実験室環境でのBINDの挙動解析について説明があった。
- Jun Murai (WIDE): WIDE プロジェクトの活動概要を説明。
- Yoichi Shinoda (WIDE): Starbed プロジェクトの説明。
- Suguru Yamaguchi (WIDE): AI3 プロジェクトと関連する活動についての説明。
- Hiroshi Esaki (WIDE): WIDEに関連するテストベッド・ネットワークについて。
- Hideki Sunahara (WIDE): Internet CAR に関連する研究プロジェクトの紹介。
- Osamu Nakamura (WIDE): NSPIXP の紹介。
- Akira Kato (WIDE): M ルートサーバーの運用と、NSPIXP6 について。
- Kenjiro Cho (WIDE): WIDE トラフィックリポジトリ、aguri (aggregatoin based traffic profiler)、DNS のサーバ選択アルゴリズム解析に関する報告。

- Yuji Sekiya (WIDE): rootprobe というアクティブ計測ツールを用いたルートおよび gTLD サーバーの応答時間解析についての報告。
- Joao Damas (Internet Software Consortium): ISC から参加。F ルートの anycast 展開について報告があった。
- kc claffy (CAIDA): CAIDA における計測活動の概要について説明があった。

午後のセッションでは、今後の共同研究に関して議論を行なった。共同研究の候補として、DNS 応答時間計測に関するアクティブとパッシブな手法の比較、地理的分布を表すサンプルとして特徴的な ccTLD サーバーの抽出、AS112 のログ解析、BGP anycast の効果の評価方法などが議論された。

### 3 第2回 CAIDA/WIDE Measurement Workshop

第2回ワークショップは2003年11月7日に南カリフォルニア大学 ISI で行なった。参加者は、WIDE から12名、CAIDA から8名、ワイカト大学から2名、RIPE、NLNET、ISI から各1名の計25名。

前回は自己紹介的な発表が中心であったが、今回は具体的な共同研究項目を中心に、3つのセッションを行なった。

#### 1. DNS の計測とモデリング

- Yuji Sekiya (WIDE): DNS 応答時間計測に関するアクティブとパッシブな手法の比較のため、WIDE 内に NeTraMet を設置した報告がされた。
- Nevil Brownlee (CAIDA): NeTraMet データの自動収集と web を使ったデータ表示について。
- Henk Uijterwaal (RIPE): RIPE NCC で行なっている DNS のモニタリング手法についての説明。

- Kazunori Fujiwara (WIDE): ICANN CNNP test に基づいた DNS サーバのモニタリングに関する提案と問題点の提示。
- Duane Wessels (CAIDA): 実験室環境でネームサーバの挙動解析を行なう手法の説明。
- Yasuhiro Morishita (WIDE): OpenBlocks を使って複数のバージョンのネームサーバを動作させて、評価を行なう実験の紹介。
- Marina Fomenkov (CAIDA): ローカル DNS レゾルバの挙動解析をパケットトレースから行なう手法についての報告。

応答時間計測の手法の比較や、実験室環境でのネームサーバの挙動解析に関して、いろいろ互いに協力できる部分があることが確認され、共同して進める事になった。

#### 2. IPv6 計測

- Matthew Luckie (WAND): 彼の書いた scamper というトポロジ取得のためのツールと、それを利用した IPv6 トポロジの解析についての報告。
- Kenjiro Cho (WIDE): デュアルスタックホストに対して、IPv6 と IPv4 のパスの比較を行なう手法と試験データの紹介。
- Bradley Huffaker (CAIDA): IPv4 と IPv6 のトポロジ計測に関して、現状の技術的問題点の報告。

今後とも、CAIDA、WIDE、Waikato が協力して、IPv6 のトポロジに関する計測を行なっていく事が合意された。

#### 3. BGP 計測

- Kengo Nagahashi (WIDE): Starbed を使った BGP シミュレーションの計画と、簡単なトポロジによる評価実験の報告。
- Patrick Verkaik (CAIDA): Atoms による BGP 情報の集約に関する報告。

今後、Atoms の評価を Starbed 上で行なう可能性について議論された。

## 4 夏期共同研究

CAIDA の Bradley Huffaker 氏を 7、8 月の 2 カ月間 WIDE に招いて共同研究を行なった。ここでは、その間に行なった研究について報告する。

### 4.1 IP landscape of the digital divide

図 1 は、国、大陸別の IPv4 と IPv6 の AS 数、プリフィックス数、アドレス数比較をグラフにしたものである。これらのデータは、オレゴン大学の RouteViews プロジェクトが提供する BGP データを解析したものである。アドレスブロックがどの国に属するかは、CAIDA の NetGeo ツールを用いて調べた。ここでは、BGP でアナウンスされた同一プリフィクスないのアドレスは全て同一国内に存在するものとして扱っている。また、CIA ファクトブックから得られた人口、GDP とも対比することによって、IP アドレス分配に関するデジタルデバイドを示している。

人口と GDP の配分を見ると、北米とヨーロッパを中心とした先進国が人口に対して大きな GDP を持ち、良く知られるように富の配分に格差があることを示している。

インターネットのアドレス空間の配分は、実は GDP よりはるかに大きな格差がある。ネットワークのインフラへ投資するためには経済力が欠かせないのは事実だが、US が圧倒的に大きな IPv4 アドレス空間を持つのは、それよりも歴史的な理由による。つまり、ARPAnet および初期のインターネットの開発は米国政府による財源で行なわれたため、初期のインターネットのインフラやそのためのアドレス割り当ては、米国の関連組織間で排他的に行なわれていた影響が残っている。

IPv6 に関しては、先進国間では IPv4 より公平な配分となっていることが分かる。しかしながら、IPv6 の採用はまだ発展途上国に十分浸透していないため、

現状では、先進国と発展途上国間の格差は IPv6 の方が大きい結果となっている。ただし、IPv4 はアドレス空間の枯渇から事態の改善が望めないのに対し、IPv6 のアドレス空間は広大なので、普及に出遅れた国でも将来アドレスを取得するのに不利はなく、IPv6 の浸透に伴いより公平な分配へと移行すると予想できる。

図 2 は IPv4 と IPv6 の国別アドレス分配を、経済学で富の分配の公平性を示すために使われるロレンツ曲線にしたものを示す。ここでは、人口に対する資源の累積配分を資源のサイズ順に国をソートしてプロットしている。もし、資源が公平に分配されていれば、 $y = x$  の直線になり、この直線から離れるにしたがって不公平が強まる。

この図からも、IPv6 アドレスの配分が、全体として IPv4 より公平性に欠ける結果となっている。我々は、この図を使って今後の変化を観測することで、インターネット上のデジタルデバイドを示すひとつの指標を与えることができると考えている。また、ここでは国ごとの比較を行なったが、同様の手法で、国内の地域間のデジタルデバイドを示すことや、さらに職業別グループによる比較などにも応用が考えられる。

### 4.2 A view into the IPv6 AS-level topology

図 3 は、WIDE からみた IPv6 の AS レベルのトポロジを示している。測定は、2003 年 6 月 6 日に行なった。

まず、オレゴン大学の RouteViews プロジェクトが公開している BGP テーブルから広告されているプリフィックス毎にひとつの IPv6 アドレスを選び、計 4,173 の IPv6 アドレスをターゲットとして抽出した。次に、多数の IPv4/IPv6 ターゲットに対する traceroute を効率よく実行する scamper ツールですべてのターゲットへのフォワーディングパスを測定した。最後にパス上のアドレスを BGP テーブルのオリジン AS と最長マッチングする AS 番号に変換

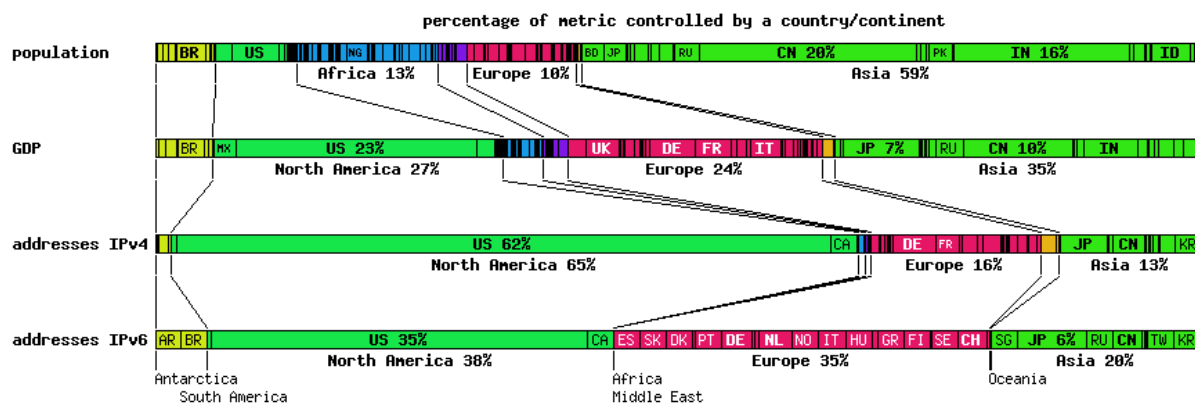


図 1: BGP データからみた IP アドレスの分配状況

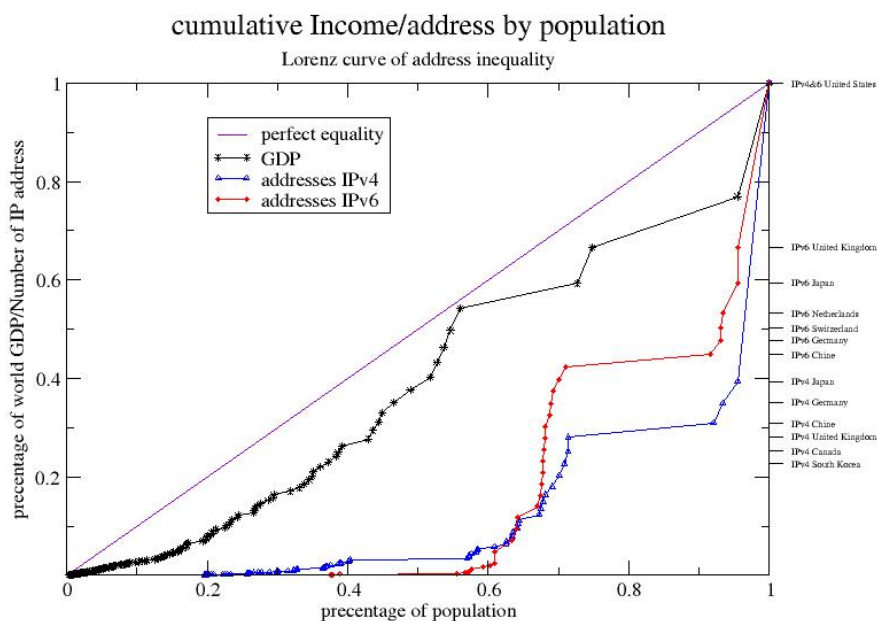


図 2: ロレンツ曲線による IP アドレス分配

して、さらに集約しグラフ化を行なっている。AS は地域ごとに分類しているが、Verio、IIJ、GBLX など多国間にまたがる AS に関しては、本社の所在地をもとに分類を行なっている。フォワーディングパ

スのトポロジは、たとえ同一 AS 内であっても、異なる地点から測定すれば大きく異なる可能性がある。したがって、図 3 は、正確には WIDE(AS2500) 内のある地点から観測されたものに過ぎず、WIDE の

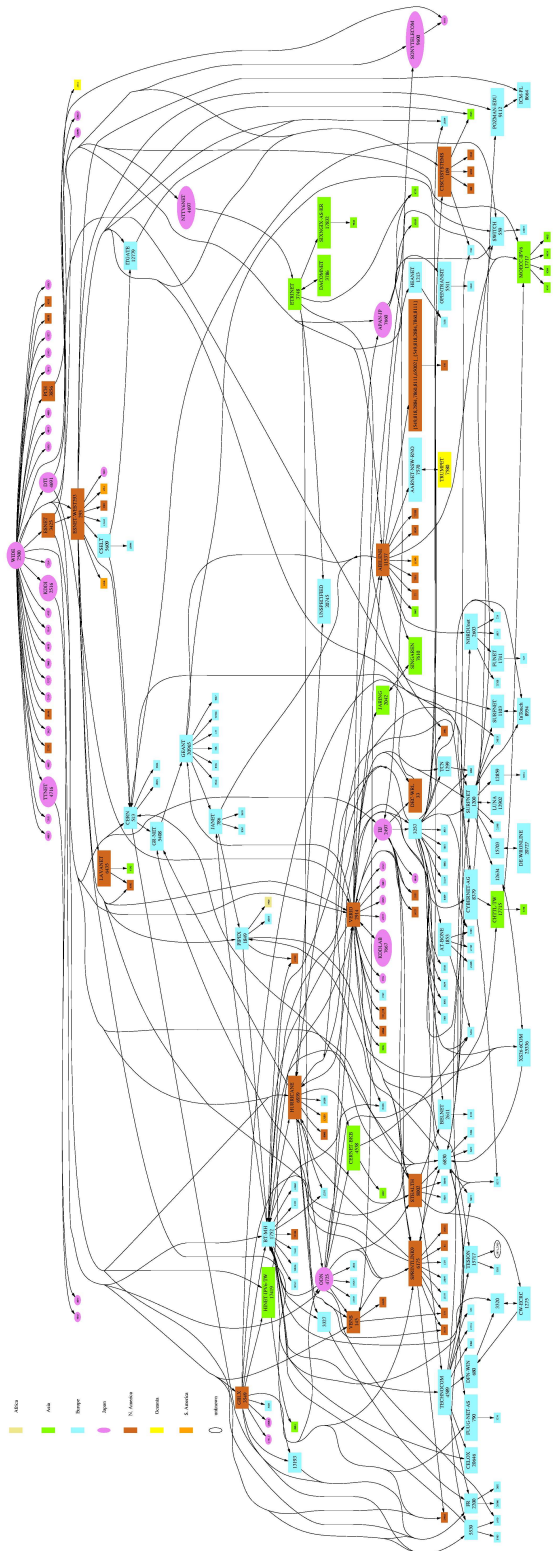


図 3: WIDE から見た IPv6 の AS レベルのトポロジ

持つ全てのピアリングが表されているわけではない。ピアリングが存在しても、観測地点からターゲットへのパスに含まれていないために、グラフに現れてこない場合もある。したがって、図3は、IPv6全体のAS間トポロジではなく、あくまでも測定地点から観測可能なAS間のピアリングを示している。

## 5 今後の予定

2004年度も CAIDA との共同研究を継続する予定である。共同研究の主なテーマとして、DNS 計測、IPv6 トポロジ計測、BGP の解析などが挙げられる。昨年同様、ワークショップの開催や、人材交換を行っていく。また、IPv6 トポロジ計測に絡んで、ワイカト大学も共同研究に加わる事になっている。

## Copyright Notice

Copyright (C) WIDE Project (2004). All Rights Reserved.