

# 研究計画書

## 地理情報を含む地域レベルの AS トポロジに関する研究

慶應義塾大学環境情報学部

自署:

学籍番号 70343658

希望プログラム名: サイバーインフォマティクス (CI)

平成 18 年 5 月 26 日

### 概要

現在のインターネットは、広範囲にインフラストラクチャが拡大し、地球規模での情報基盤になりつつある。しかし、未だ、情報格差が多く存在しているため、世界規模の情報基盤になるための国際協調や政策提言が必要である。しかし、現在までの国政や提言では、インターネットの接続性を背景に、地域格差を無くす提言を行なっている。地球規模になりつつある今日のインターネットを調査するためには、今までの、到達性、帯域幅、通信遅延、ネットワークの安定性に加えて、地理情報を考慮した計測が不可欠である。地理情報を考慮した計測を行うことで、従来の論理トポロジでしか把握することのできなかったインターネットを、地域レベルでのトポロジ変化や発展の様子を把握できる。本研究では、地理情報を含んだ AS トポロジの研究を通して、地球規模のインターネットを捉え、重点的に強化すべきインフラストラクチャを明らかにする。

## 1 背景

今日のインターネットは、世界各地の国間を接続して、情報の交流を行なうためのインフラストラクチャの役割を担いつつある。メールや VoIP といった、様々なコミュニケーション技術の発展により、他の電話網やテレビ線といったインフラストラクチャの代わりとして利用されている。そのため、経済活動に任せたインターネットの発展によって、主要な回線の帯域幅や通信遅延といったネットワークの質は向上してきた。しかし、現在のインターネットには、OECD[1] が述べているように、国間でのインフラストラクチャの格差が未だ存在している[?]。インターネットを地球規模の情報インフラストラクチャにするためには、経済に任せた発展だけでなく、国際協調や政策によるインフラの整備が必要となる。例えば、アジア・ブロードバンド計画[?]では、アジア地域に対してのインフラストラクチャの整備を支援している。

## 2 問題意識

国間の相互接続を効率的に推進するためには、現在のネットワークの状況を明らかにして、どの場所に対して重点的に支援する必要があるか把握することが重要である。この章では、各地域に対してのインターネット普及率を測る基準と計測手法、2つの側面から検討する。

### 2.1 政策提言の背景

国際的なデジタル・ディバイドの状況[2]では、インターネット利用者数と所得層を対比することで、ICT 浸透率を知ることができる。しかし、各地域の人口比率だけを扱い、接続性の有無のみを背景にインフラストラクチャの格差を表している。

また、途上国及び新興国における国家 e 戦略の支援[3]では、途上国及び新興国におけるインフラストラクチャの

支援、ICT の浸透率の向上させるための方針を提案している。しかし、接続性の向上のみに言及している。特に、民間投資を通じて、地域的なインフラストラクチャの整備及び国際相互接続地点 (IXPs) の設置が奨励されるべきと提案している。

これらの背景は、現在のインターネットの接続性の有無のみを指摘している。特に、地域への情報インフラストラクチャの推進の前提となる情報としては、これらの情報が地理情報と対応付けされている必要がある。つまり、「接続性がある」と「インターネットを用いた活動が十分にできる」の間には隔たりが存在している。

### 2.2 既存の計測手法に対する問題点

次に、既存の計測の基準を分類して検討する。

**帯域幅** 近隣国間でのトラフィック交換を行う場合、接続回線に十分な帯域幅が必要となる。Pathchar を使うことで、回線の帯域を推測することが可能である。

**通信遅延** VoIP や Streaming などの、リアルタイムコミュニケーションは、通信遅延によって品質の良さが決まる。ping や traceroute によって RTT を計測することで知ることができる。

**接続の安定性** 情報インフラストラクチャとして成立するためには、接続の安定性が重要となる。ping や Smokeping といったツールを利用することで、遅延やパケットロスを時系列に観測することができる。

しかし、これらの基準としての計測手法は、インターネットを論理的なトポロジでしか表現できない。また、AS の数は、IP アドレスの使用数や、BGP のルート数などの「インターネット全体の規模」を計測するアプローチも取られているが、これだと「地域」という視点がかけられているため、地球規模でのインターネットを把握するためには不十分である。特に、地域への情報インフラ戦略の前提となる指標のためには、これらの情報が地理情報と対応付けされている必要がある。

Skitter[4] は CAIDA[5] プロジェクトによって運営されているグローバルなネットワークを測定するシステムである。同システムの稼動するサーバから、traceroute といったツールを利用して、計測システムから多数の測定ホストに向けてパケットを送信する。それにより、グローバルなトポロジデータを計測している。Skitter の図のようなグラフから、インターネット全体の時系列に沿った成長の推移や、AS 間のトポロジ把握が可能となる。しかし、地理情報を考慮していないため、特定の地域のネットワークの推移や、通信経路の把握はできない。

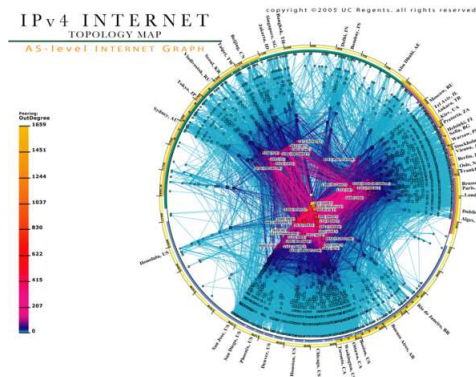


図 1: CAIDA: AS Internet graph

### 3 目的

本研究は、インターネットの地理性を考慮したトポロジを生成することで、特にアジア等の地域レベルのトポロジの現状を明らかにすることを目的とする。

地理情報を考慮したグローバルなトポロジデータを蓄積することで、その地域内のネットワークの推移を調査することや、地域間でのトラフィック交流を把握することが可能となる。また、重点的に強化すべきインフラストラクチャが明らかになる事で、各国のインターネット推進政策への指標となる。その結果、近隣国間の相互接続を効率的に推進することに繋がると考えられる。

## 4 アプローチ

本研究の具体的なアプローチとして、AS トポロジの関係性の推測手法を利用し、地理情報との対応付けを行なう。本節では、アプローチの概要を図2で示す。次に、利用するそれぞれの技術を説明し、特に現状で目的を達成できない問題点を示す。

### 4.1 AS 間の経路制御

現在、一般的な AS 間ルーティングは、Border Gateway Protocol (BGP)[?] が利用される。それにより、自 AS 内の管理ポリシーを反映してのルーティングが可能になり、AS 内のトポロジといった管理ポリシーを他の AS に公開せず、相互接続が可能となる。そのため、ISP の運用ポリシーによ

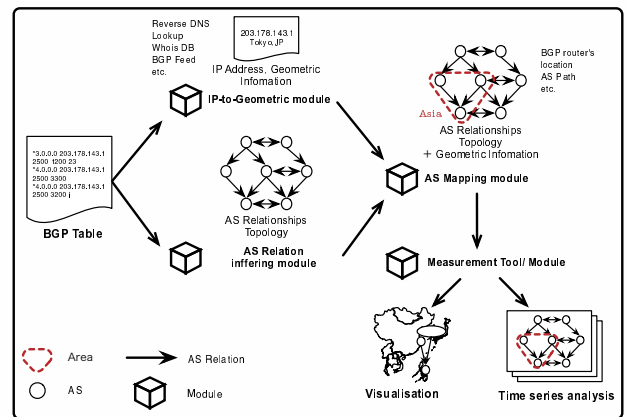


図 2: システム概要図

ては、自 AS 内の情報を開示していない可能性がある。

AS 間のトポロジは、既存の研究にあるように BGP テーブルの AS PATH や広範囲の traceroute の結果の解析により、得ることが出来る。[?] しかし、BGP は、ポリシーベースのルーティングプロトコルであって、AS 間の到達性は保障されない。例えば、図のように、ISP A と B、C と B がそれぞれ Provider と Customer の関係で接続されていたとする。AC は、B を中継して接続しているが、End-to-End の到達性や性能を推測することはできない。したがって、インターネットの構造を知るためには、AS の接続可能性だけではなく、AS 間の関係性を調査して、広域な関係性の描写をすることが重要である。

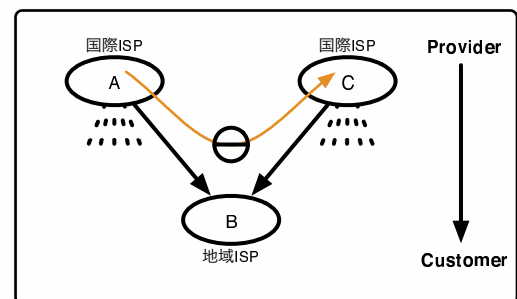


図 3: ISP A と C は B 経由で接続しているが到達性がない

### 4.2 AS 間の関係性の推測手法

本研究では、AS の関係性の推測手法 [6][7] を利用することで、地域内のトポロジ把握を行う。BGP のそれぞれの経路を、図に示したような 3 つの関係性に分類し、発見的にトポロジを推測する。

- Provider と Customer の関係 customer が金銭を支払うことで、Provider に transit を購入する
- Peering の関係自 AS と customer のトラフィックを交換する関係
- Sibling の関係AS 間で相互 transit を行なう。例えば、地方の ISP や大学機関といった、地理的な制限でより良

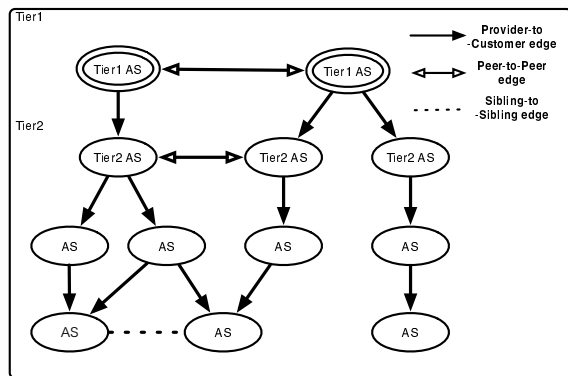


図 4: AS 間の関係性

い接続性を購入することのできない AS で利用される。

AS の関係性は、図?のように AS の関係性の特徴から推測することができる。

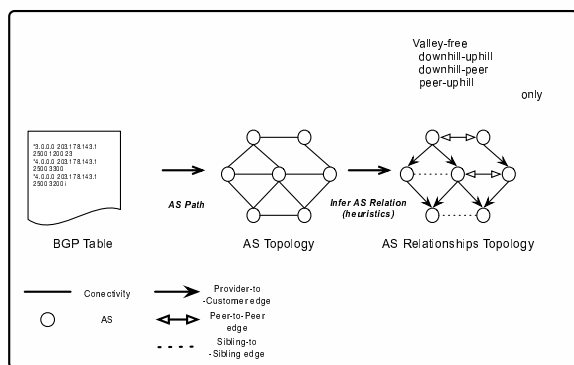


図 5: AS 間の関係性

#### 4.3 接続拠点の地理的な識別手法

IP アドレスには、その対応する機器の位置情報が含まれていない。しかし、ネットワークの特性を計測したり、開示されている情報を元に、ある程度の地理的な位置情報を推測することが可能である。ここでは、位置情報と IP アドレスの対応付けをするための手法を 4 つの手法に分類して説明する。

##### 1. Reverse DNS Lookup からの推測

DNS の Reverse Lookup から IP アドレスを持つ機器のホスト名を得ることが可能である。ネットワークオペレータが、ルータのホスト名に機器のある地理情報やトポロジー情報を付ける慣習を利用する。またそのルータ、もしくは、同じ AS 内の近隣ノードからホスト名を取得して場所を推測する。既存の研究 [8] では、実際に多地点に対しての traceroute の結果を元に、実際に対応付けされているホストの数について、評価を行なっている。また、ルータのホスト名から地理、またはトポロジー情報を推測できない場合の問題点が指摘されている。[9]

##### 2. 応答遅延計測からの推測

地理的に分けた観測地点から、該当ホストに対して ping などを使って応答遅延計測を行ない、その地理的な位置を推測する。[8] で実際に評価されている。

##### 3. BGP ルーティングテーブルからの推測

上述のような手法と BGP Prefix の情報を組み合わせて推測をする。BGP の各経路の NextHop 属性や AS PATH を利用することで、AS のドメインゲートウェイにあたるルータの情報を得ることができる。[8] で評価されている。

##### 4. Whois データベースからの推測

Whois や RADB といったものを利用して、ドメイン内の管理者が開示している情報を元に、地理情報を知ることが可能である。それらを元にデータベースを構築して検索環境を提供している GeoIP[10] や hostip.info[11] といったものがある。

## 5 研究課題

本章では、本システムを実現するための課題を述べる。

##### 1. BGP データの取得と処理

本研究を進める上で重要になことは、地域内のトポロジーの精度を向上するために、多地点への計測データを集計することである。そのためには、地域に密着して、計測機器を置くような活動が必要である。現在、WIDE プロジェクト [12] では、フルルートを持った BGP フィードの蓄積を行っている。また、CAIDA[5] や PlanetLab[13] との共同プロジェクトといった活動から広範囲のインターネットのトポロジー情報の取得が可能である。

##### 2. 情報の可視化

多地点の計測機器で得た情報に加えて、それぞれの地理的な情報を処理する必要がある。そういった、膨大な情報量を把握するためには可視化技術が必要である。本研究のもうひとつの技術課題は、地理情報を含む広域トポロジーの可視化である。地理情報を含む広域トポロジー情報をいかに効率よく縮退するかという事を考慮して、データの解析を行っていく。

## 6 これまでの研究活動

### 6.1 研究活動概要

学部 1 年次秋より慶応義塾大学村井研究室に所属し、ネットワークやプログラミングの基礎を学んだ。学部 2 年次から 3 年次にかけて、インターネットの経路制御について学び、OSPF トポロジーの視覚化や BFD プロトコルの実装を行なった。2 年次より Networld+Interop においてスタッフとして参加し、3 年次には STM のメンバーとしてネット

ワークの設計、設営の現場で働いた。また、3年次からは、wide プロジェクト内に計測機器を設置し、対外向けの BGP のフィード情報の蓄積、計測活動を行っている。

## 7 政策・メディア研究科に進学を志望する理由

本研究は、インターネットの基盤技術を積極的に利用している。そのために、今後の動向を知る上で、最先端のネットワーク環境やコンピュータ資源を有する環境が必須である。また、研究を進める上で、異なる組織の資源も利用することを考慮するために、他プロジェクトとの連携は必要不可欠である。以上の理由から、ネットワークのオペレーションに参加可能である環境、インターネットを活用した分野の実践的な経験を持つ研究指導者がいる政策・メディア研究科への進学を強く志望する。

## 参考文献

- [1] OECD. <http://www.oecd.org/>.
- [2] 国際的なデジタル・ディバイドの状況. <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp>.
- [3] ジェノヴァ行動計画提案. <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/summit/>.
- [4] CAIDA skitter. <http://www.caida.org/tools/measurement/skitter/>.
- [5] CAIDA. <http://www.caida.org/>.
- [6] Lixin Gao. On inferring autonomous system relationships in the internet. *IEEE/ACM Trans. Netw.*, 9(6):733–745, December 2001.
- [7] *Characterizing the Internet hierarchy from multiple vantage points*, volume 2, 2002.
- [8] Venkata N. Padmanabhan and Lakshminarayanan Subramanian. An investigation of geographic mapping techniques for internet hosts. In *SIGCOMM '01: Proceedings of the 2001 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications*, volume 31, pages 173–185, New York, NY, USA, October 2001. ACM Press.
- [9] Ming Zhang and Yaoping and Ruan. How dns misnaming distorts internet topology mapping.
- [10] MaxMind GeoIP. <http://www.maxmind.com/>.
- [11] hostip.info. <http://www.hostip.info/>.
- [12] WIDE Project. <http://www.wide.ad.jp/>.
- [13] PlanetLab. <http://www.planet-lab.org/>.