

# Internetの構造変化が 新規L3アーキテクチャ導入に 与える影響の一考察

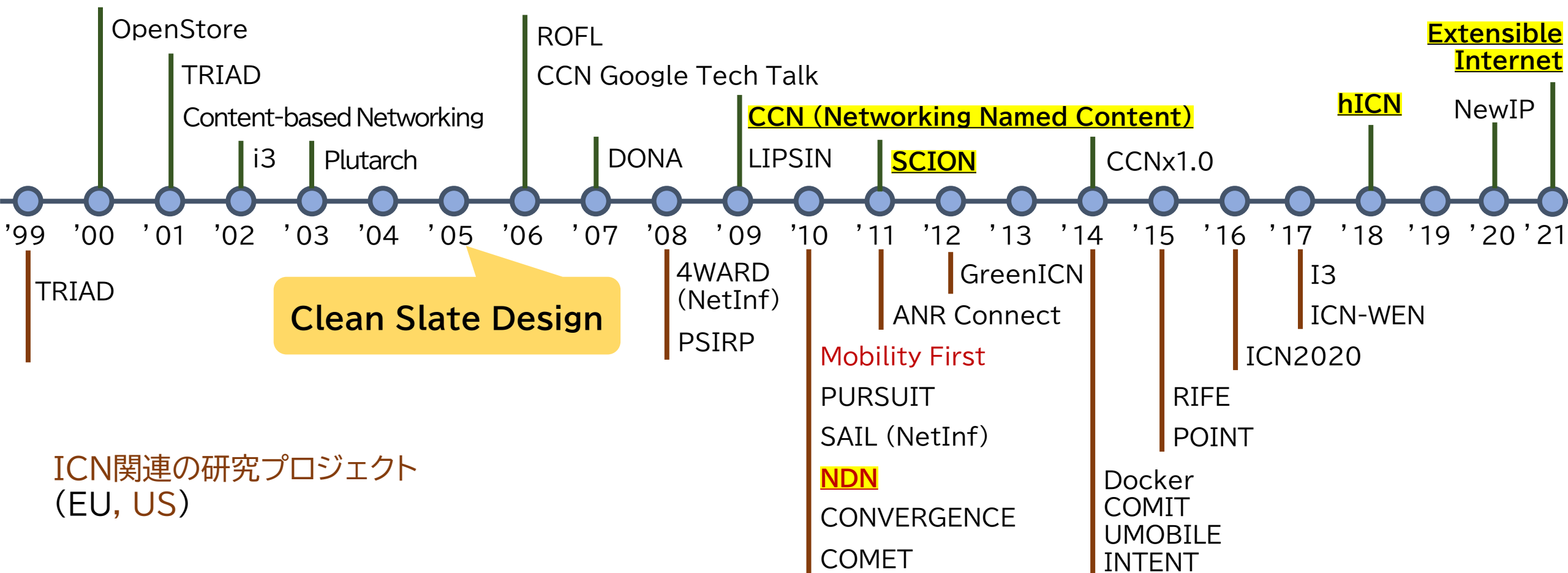
植田一暁, 田上敦士(KDDI総合研究所)

ICN研究会

# 概要

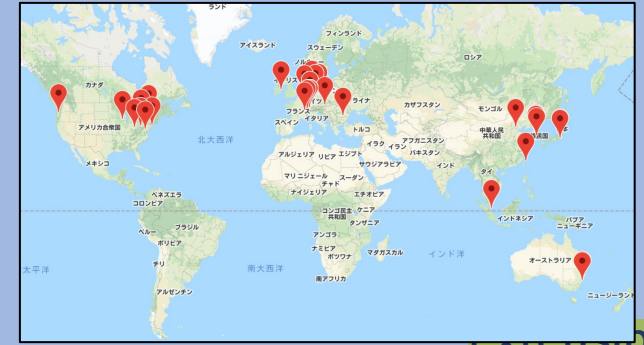
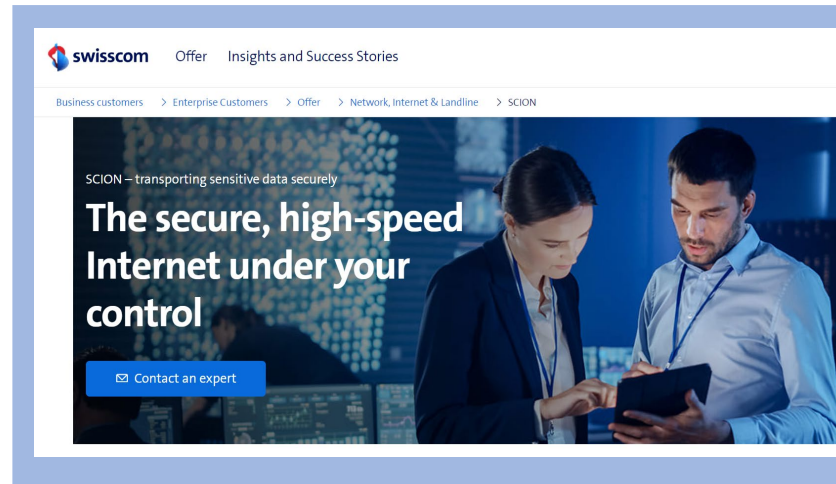
- Internetのトレンド
  - トポロジのフラット化
  - コンテンツ配信の一部事業者への集中化
- これらトレンドがInternetの進化可能性に与える影響とは？
  - 進化可能性：future Internet architectureのデプロイ可能性
- 現在のトレンドは有益なのか否か？

# Future Internet Architectures

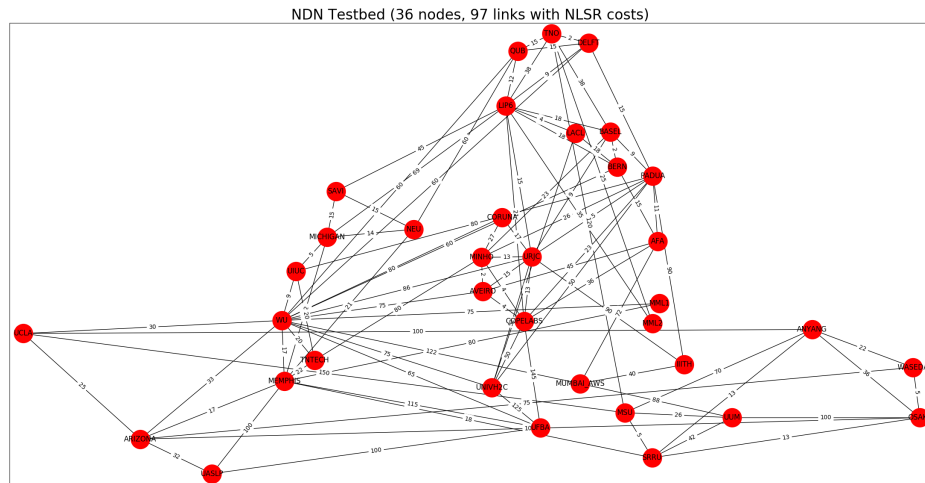
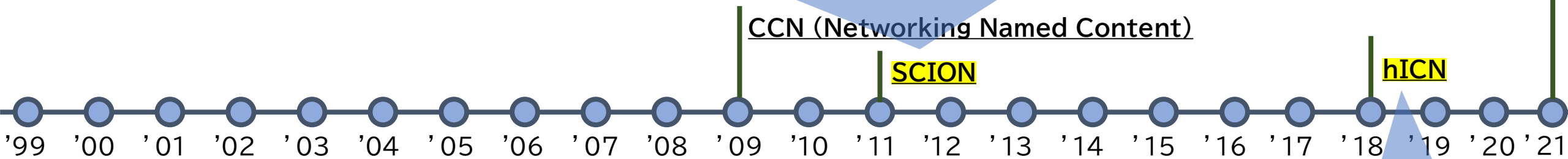


ICN関連の研究プロジェクト  
(EU, US)

# デプロイ状況



Extensible Internet



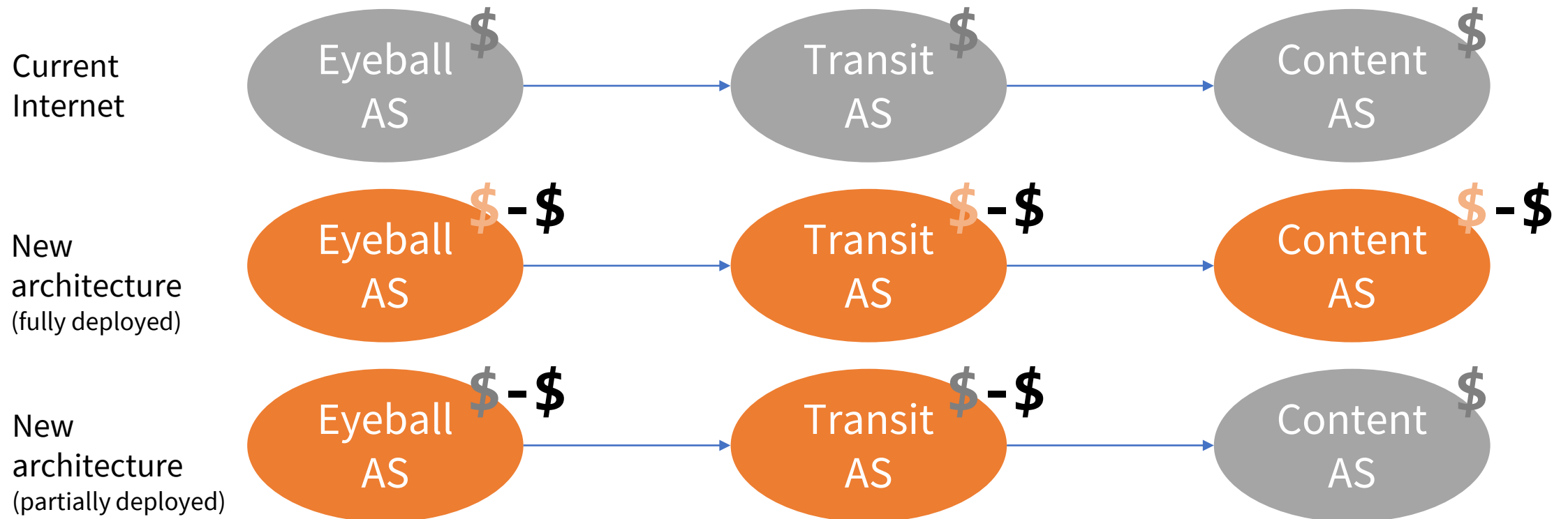
NDN

[https://www.swisscom.ch/en/business/enterprise/offer/wireline/scion.html?campID=SC\\_scion](https://www.swisscom.ch/en/business/enterprise/offer/wireline/scion.html?campID=SC_scion)  
<https://scion-architecture.net/pages/map/>  
<http://ndndemo.arl.wustl.edu/>

# 新アーキテクチャの「導入障壁」

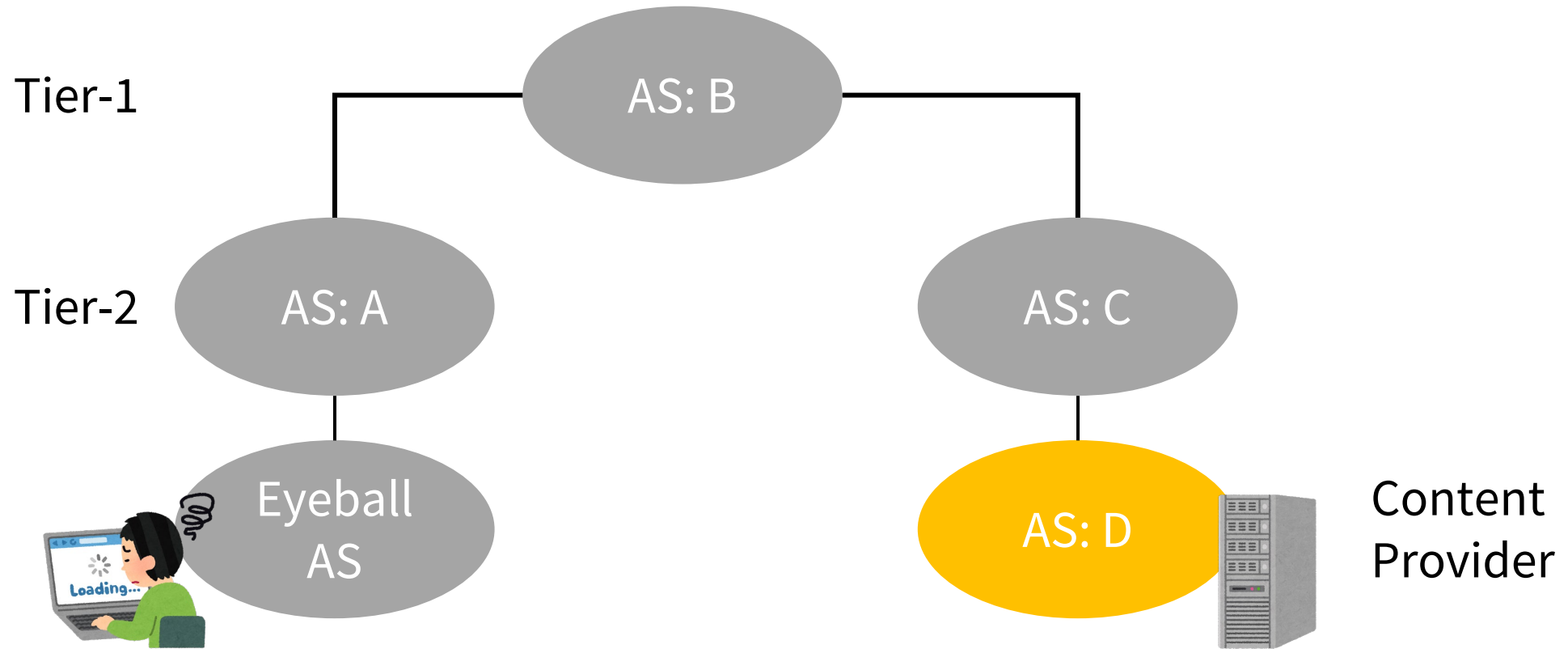
Li, Ye, et al. "Quantifying Deployability and Evolvability of Future Internet Architectures via Economic Models." *IEEE/ACM Transactions on Networking* 28.5 (2020): 1995-2008.

新L3アーキテクチャが“フルパスの参加”を要求することに起因する**経済的障壁**



Ⓢ: revenue of current Internet, Ⓢ: launch cost, Ⓢ: revenue of new arch

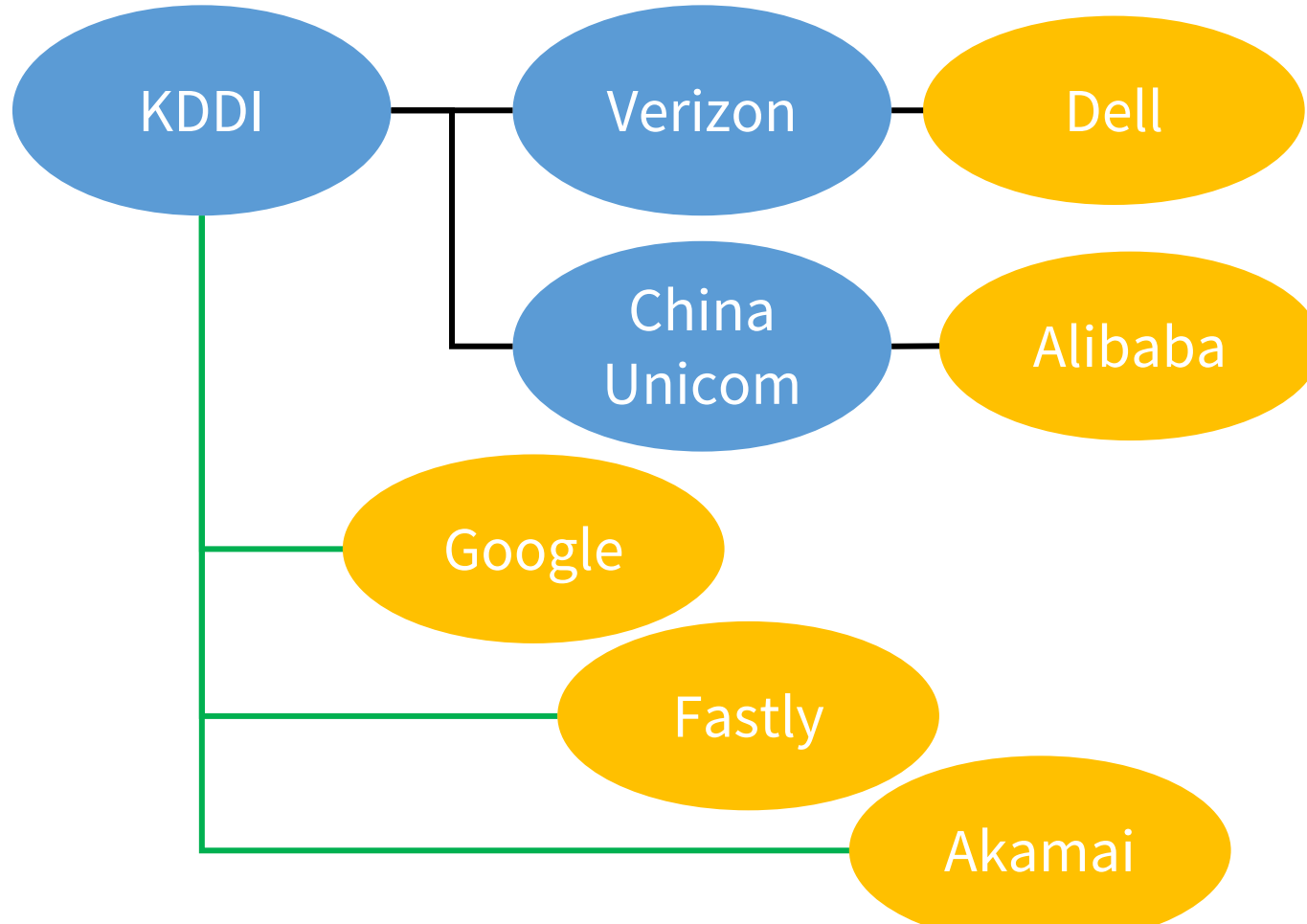
# 新アーキテクチャの「導入障壁」



新規L3：全パスの参加を要求  
E2Eパス上に複数ASが存在→導入は困難/非現実的

# トレンド1: Internetのフラット化

例: KDDI

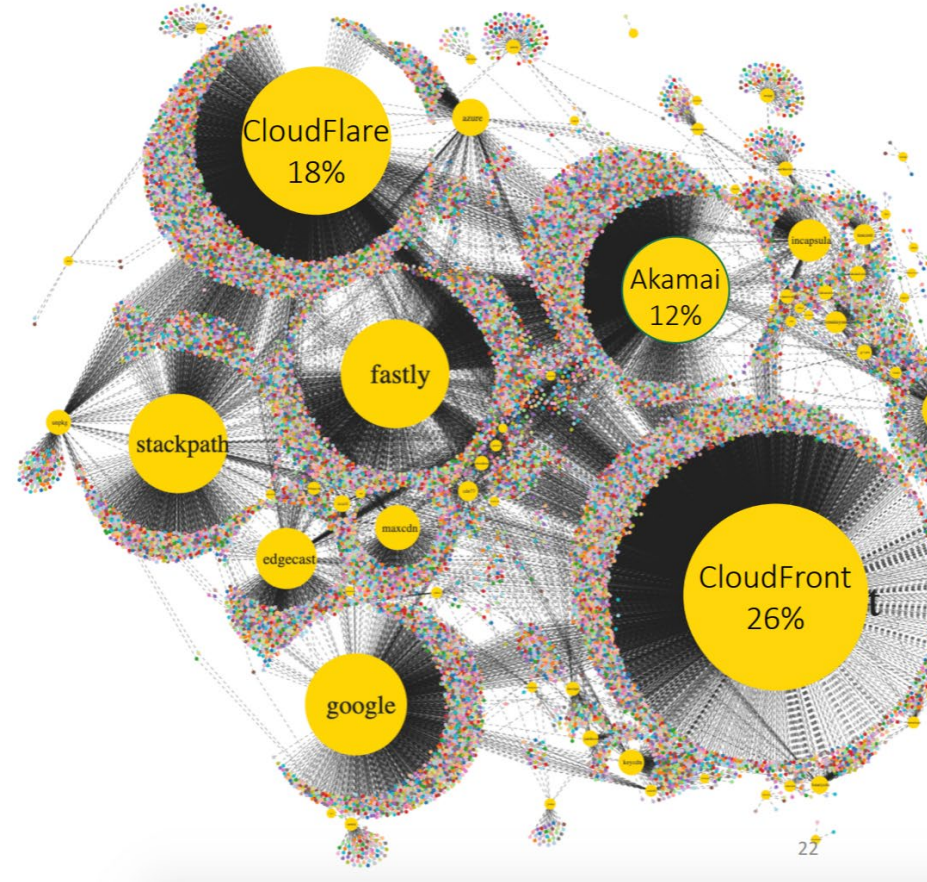


Flat化→E2Eパス上の中間AS数は0～1程度

# トレンド2: Webコンテンツ配信の集中化

Concentration of  
CDN Providers

3 (out of 86) CDN providers  
critically serve ~60% of the  
top-100K websites using CDN





# 背景まとめ/仮説

## • 背景

- Internetフラット化 = 中間AS数の減少
- コンテンツ配信集中化 = トラフィックのほとんどは一部のプロバイダ宛
- 現代のInternet = コンテンツ配信が主
- 導入障壁：E2Eパス上の中間AS数に依存する

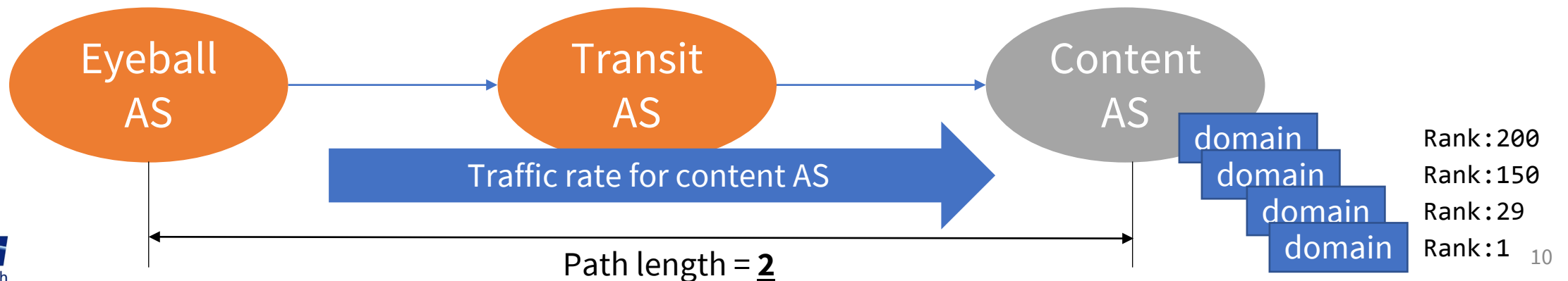
## • 仮説

- Internetフラット化&集中化 = トラフィックのほとんどはEyeball ASに直結している人気のコンテンツプロバイダ宛である
- →現代において中間AS数による導入障壁は問題ではない？

# 研究のアプローチ

## 1. フラット化と集中化の計測

- Internet topologyとコンテンツ配信の現状把握
- Metric
  1. コンテンツAS内のコロケーション数, コンテンツASへのASパス長
  2. コンテンツASへの予測トラフィック, 予測トラフィックにおけるASパス長のCDF
- 各ドメインの人気度からトラフィックの発生率を予測(Zipf's law,  $\alpha = 0.8$ )
  - $n$ 番目のドメインのアクセス率:  $q(n) \propto \frac{1}{n^\alpha}$
  - コンテンツASへのトラフィック=そのASが保持するドメインのアクセス率の総和



# 研究のアプローチ

## 2. 導入可能性の評価

- シナリオ: ASが協調して新アーキテクチャを導入していく
- Metric: 新アーキテクチャのカバレッジ
  - = 新アーキテクチャを利用可能なトラフィックの割合

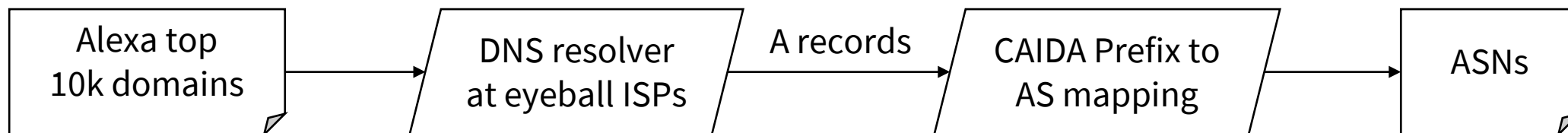
# Measurement: methodology

- DNS計測: コロケーション数 (集中化)
- Traceroute計測: ASパス長 (フラット化)
- ISP : 日本の4つのeyeball ISPを利用

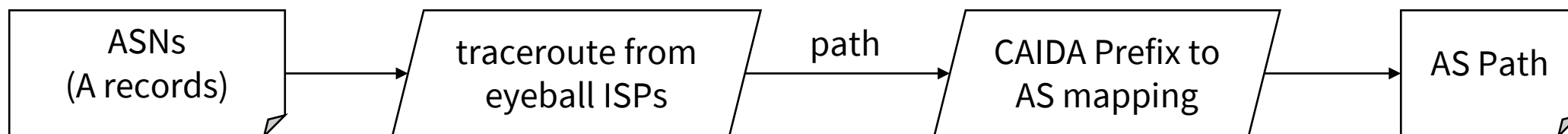
	ISP A	ISP B	ISP C	ISP D
契約者数(百万)	64	5	3	N/A
種別	MNO & Tier-2	MNO	CATV	Private

# Measurement: methodology

- DNS計測: コロケーション数 (集中化)



- Traceroute計測: ASパス長 (フラット化)

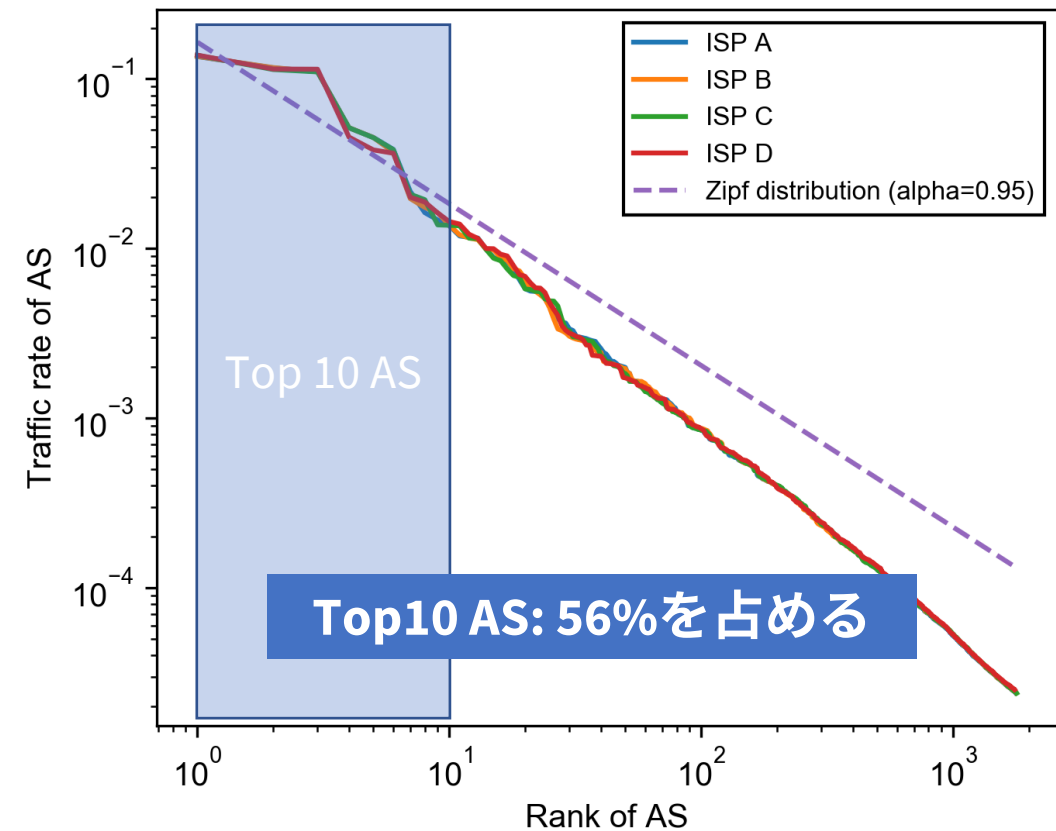
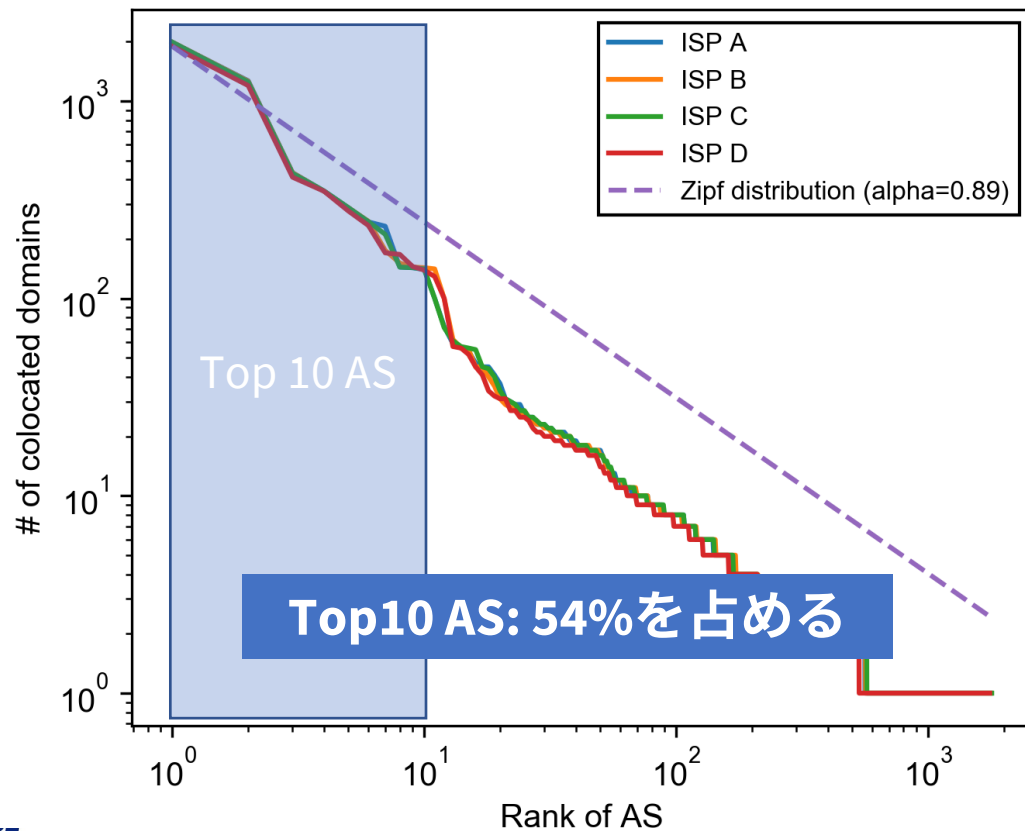


# コロケーション数の解析

※アクセス率: Zipf distribution (alpha=0.8)に従うと仮定

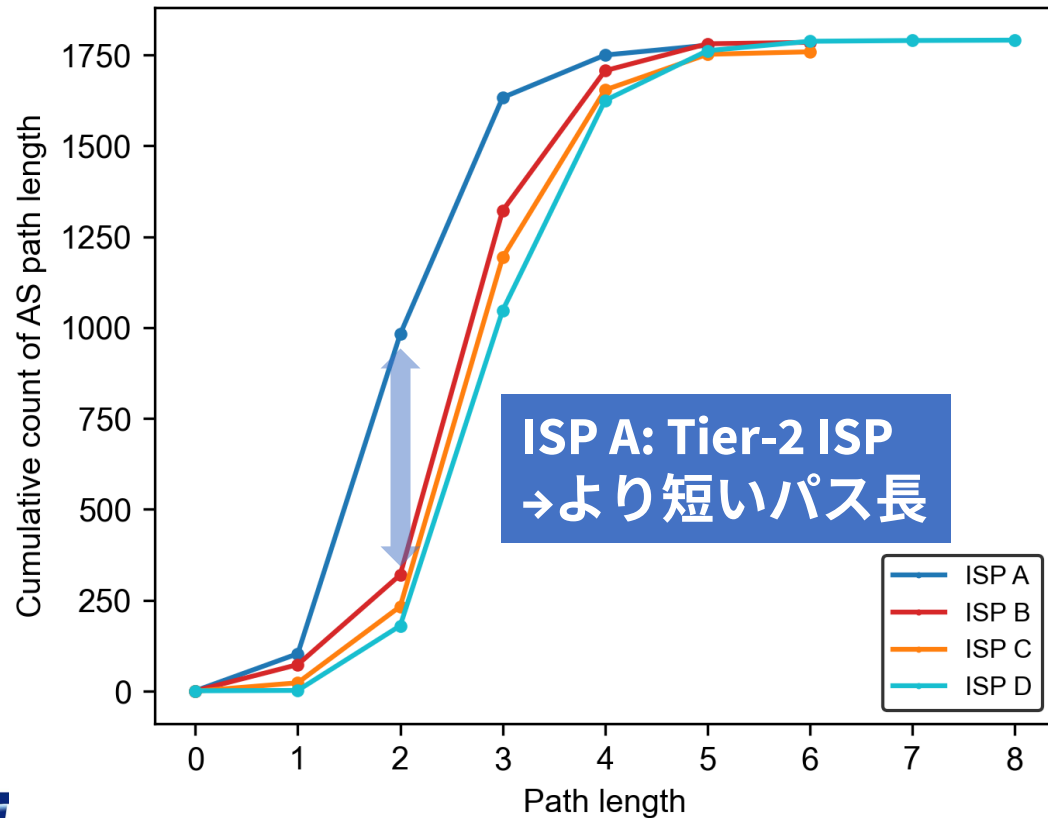
## コロケーションしているドメイン数

## ASへのトラフィック率

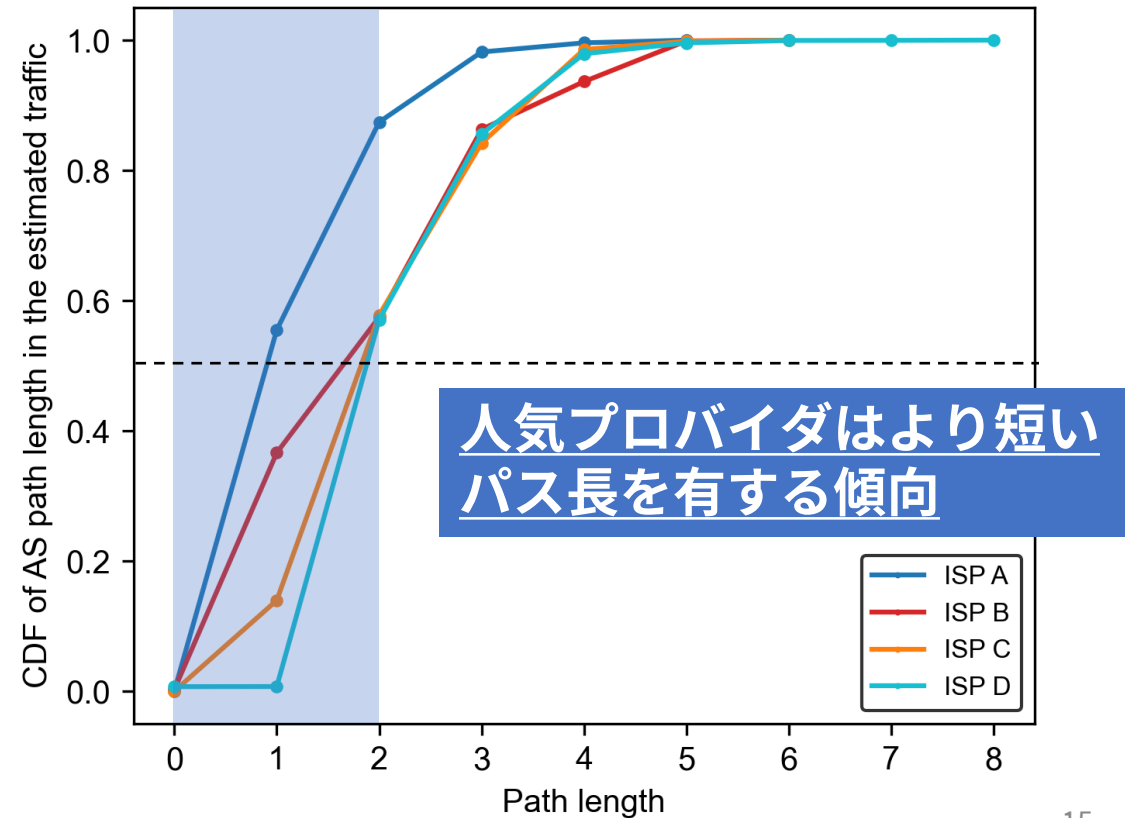


# ASパス長の解析

## ASパス長の累積カウント



## 予測トラフィックにおけるASパス長のCDF



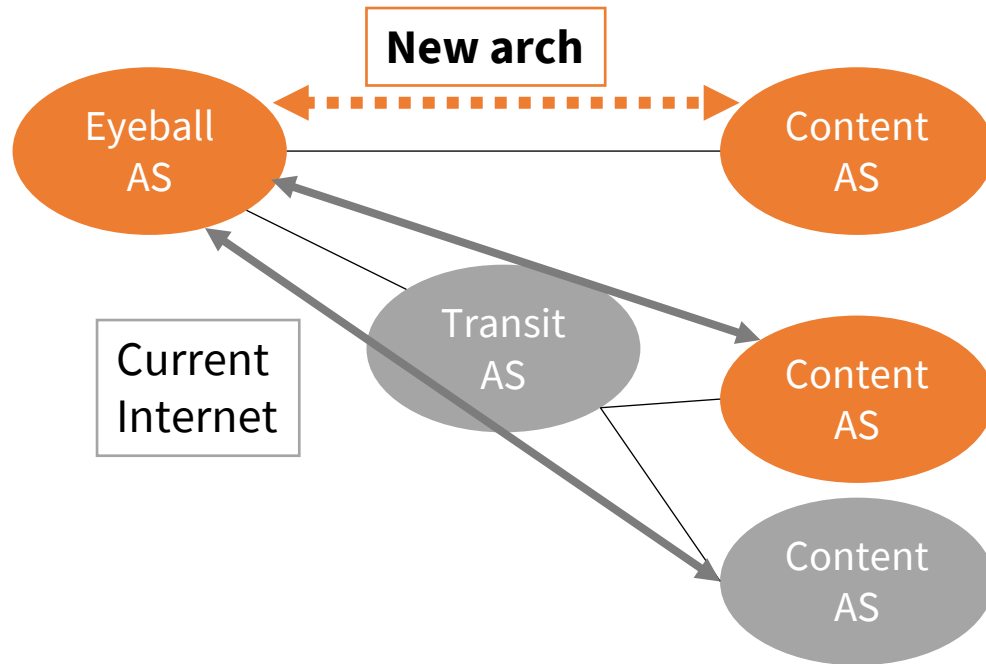
# 導入ハードル評価

- シナリオ: ASが協調して新アーキテクチャを導入
  - 仮定: ASには何らかの導入インセンティブがある
- Metric: 導入済のAS数に対する新アーキテクチャのカバレッジ
- デプロイ戦略
  1. Clean-slate
  2. Overlay-based

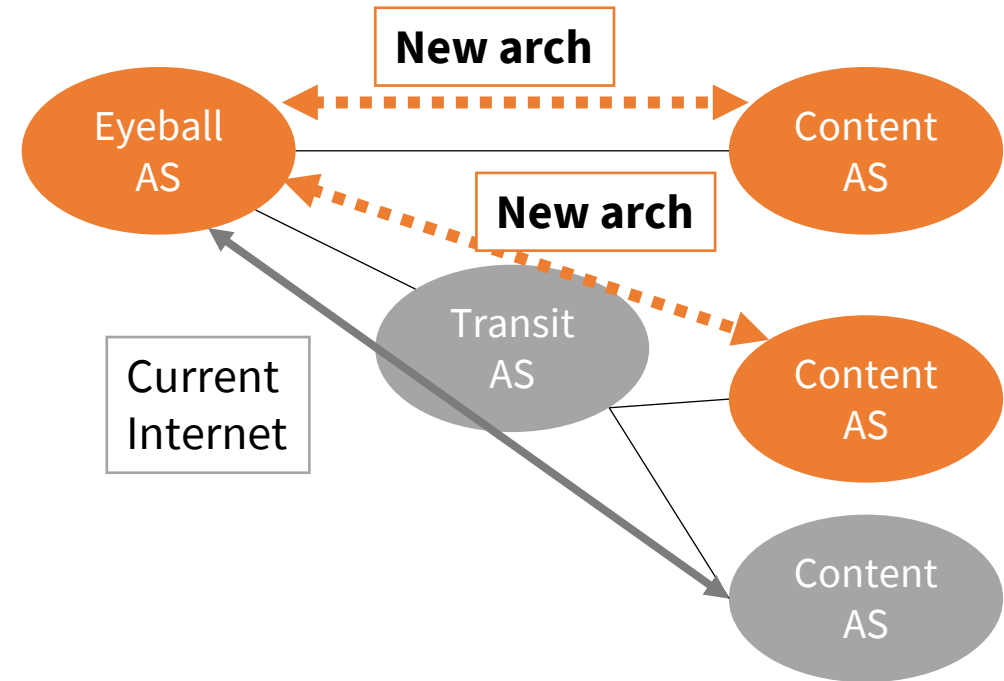


# デプロイ戦略: clean-slate and overlay

## Clean-slate

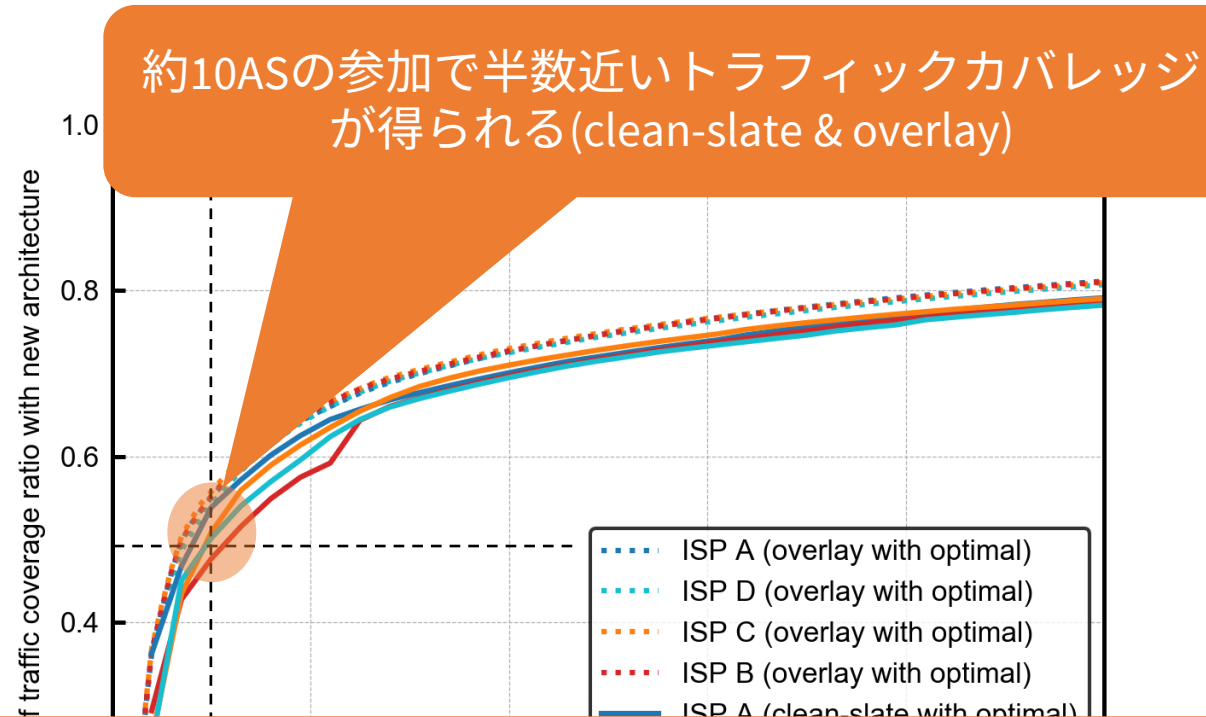


## Overlay



	Clean-slate	Overlay
Req.	フルパス導入	2ASのみ (eyeball /content)
Pros	経路上の全ASでNW内処理可能	<u>低い</u> 導入障壁
Cons	<u>高い</u> 導入障壁	NW内処理のチャンスが少ない

# 評価: 新アーキのカバレッジ



Overlay: Clean-slateより**若干高いカバレッジ**  
Clean-slate: 若干低いカバレッジだが、**より多くのNW内処理の可能性**  
→ Clean-slateでも現在のInternetでは有望な選択肢になり得る?

# 結論

- 計測結果から、トラフィックのほとんどがASパス長の少ない content AS宛となっていることが分かった
  - フラット化、集中化を確認
- シミュレーション評価から、約10ASとの連携で50%以上のトラフィックが新アーキテクチャでカバー可能
- Future topics
  - clean-slate戦略の定量的メリットの検討
  - 新アーキテクチャ導入のインセンティブの検討
  - このようなInternetにおいて有益となるアーキテクチャとは？
    - 従来語られていたIn-network cacheによるTransitトラフィック削減は無意味？
    - SCION：ASパスが少なければpath-awareの効果は薄い？



# Appendix: Top-10 Content ASes

Rank (collocations)	Name (ASN)	Collocations	Traffic rate	Rank (traffic rate)
1	Cloudflare (13335)	1982	13.56%	1
2	Amazon (16509)	1266	11.63%	2
<b>3</b>	Amazon (14618)	433	3.84%	<b>6</b>
<b>4</b>	Google (15169)	350	11.03%	<b>3</b>
5	Fastly (54113)	288	4.52%	5
<b>6</b>	Alibaba (37963)	244	5.14%	<b>4</b>
7	Akamai (16625)	232	2.18%	7
8	OVH (16276)	144	0.89%	15
9	Microsoft (8075)	143	1.63%	8
10	Hetzner (24940)	140	0.76%	18