

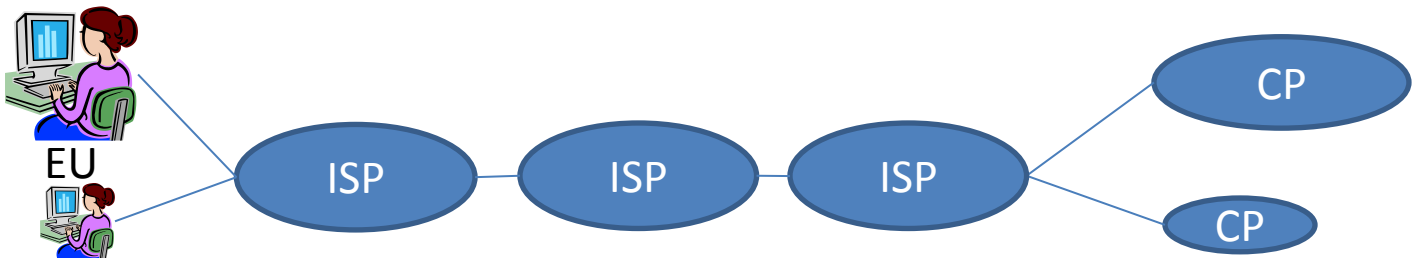
仕組みを考えよう(後半) -課金メカニズムについて-

2012/1/19

NTTサービスインテグレーション基盤研究所
石橋圭介, 高橋洋介

課金メカニズム

- 課金に関する問題は二つ
 - どのタイプのユーザにどのように課金すべきか?(EU/CP $\leftrightarrow$ ISP課金)
 - ヘビーユーザ,
 - コンテンツプロバイダ(CP), エンドユーザ(EU)
 - 収益をどのように分配するか?(ISP間課金)
- 課金における指標も二つ
 - 効率性: EU, CP, ISPの余剰の和は最大化されているか?
 - 余剰: 効用(うれしさ)・収入－費用・課金額
 - 公平性: EU, CP, ISP間で余剰分配は適切か?



EU/CP $\Leftrightarrow$ ISP課金

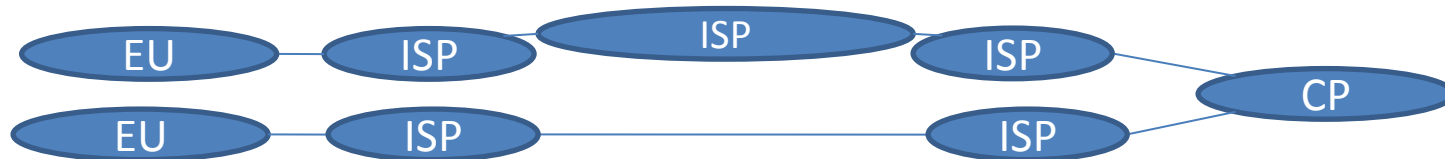
- コンテンツトラヒック配信事業者としてのISP $\Rightarrow$ two-sided marketとしてとらえることができる
- Two-sided Market: 二つ以上の異なる種類の顧客を対象にするプラットフォーム [Rochet]
 - 例: クレジットカード発行会社(カード利用者 $\Leftrightarrow$ 店舗), 検索事業者(広告主 $\Leftrightarrow$ エンドユーザ)
- 特徴:
 - 片方の顧客の需要拡大がもう片方の顧客の需要拡大につながる
 - 双方の外部性, 価格弾力性を考慮して, 双方価格, および課金方法を決める必要がある.
 - 例: クレジットカード: 定額課金 $\rightarrow$ 利用者, 従量課金 $\rightarrow$ 店舗
- ISPの課金設定方法にTwo-sided market理論を適用
 - [Musacchio]: ユーザの価格弾力性, CPの広告収益, 競合ISP数をパラメータとして, 総余剰を最大化するEU/CP課金額を計算



- [Rochet] Jean-Charles Rochet, Jean Tirole, “Two-Sided Markets: An Overview”
- [Musacchio] Musacchio, John; Schwartz, Galina; and Walrand, Jean “A Two-Sided Market Analysis of Provider Investment Incentives with an Application to the Net-Neutrality Issue”

ISP間課金

- 現状のISP間課金：主に当該ISP間のトラフィック量ベース
 - トランジット-カスタマ, 有料ピアリング, 無料ピアリング
 - ⇒ISP間のトラフィック量と収益・費用が比例しないので, 適切な収益・費用分配になっていない可能性
- 費用対効果を考慮したISP間課金方式研究
 - 当該ISP間の費用対効果
 - 収益ベース[Dhamdhere] :ピアリングによるトランジット費削減効果を分配
 - 費用ベース[Valancius] :トラフィック転送にかかるコストに基づくトランジット課金
 - End-end(コンテンツプロバイダからエンドユーザまで)間の費用対効果
 - 貢献度ベース[Ma]: コンテンツ転送に関わるプロバイダ間で, その貢献度合いに(シャープレイ値)応じてEU, CP双方からの収益を分配



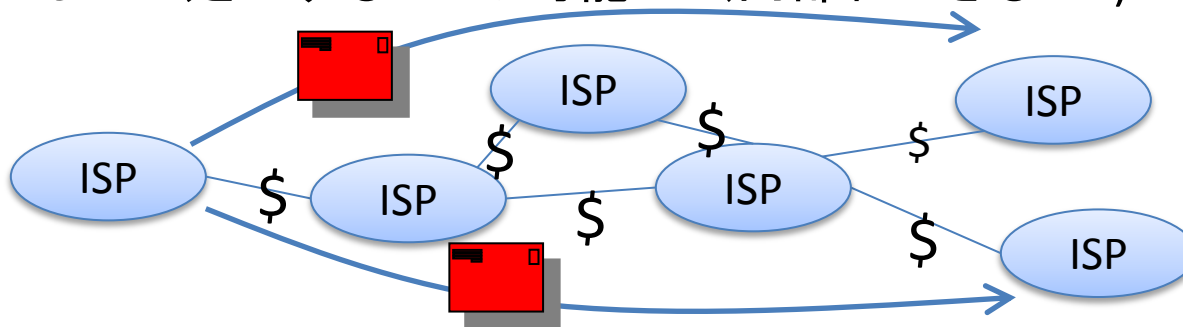
- [Dhamdhere] A. Dhamdhere, C. Dovrolis, and P. Francois, "A Value-based Framework for Internet Peering Agreements", NANOG49
- [Valancius] Valancius, V. et.al., "How Many Tiers? Pricing in the Internet Transit Market", NANOG53
- [Ma] R. T. B. Ma, et.al. "Interconnecting Eyeball to Content: A Shapley Value Perspective on ISP Peering and Settlement, NetEcon 2008.

課金メカニズムによる全体最適化

- 直接接続していないISPに対する影響(費用)はISP間課金に反映されない
 - End-endでの費用対効果が反映されていない
- インターネット全体に悪影響をもたらす行為が発生しうる
 - スпам送信, DDoS攻撃, 大量経路広告[Kwong]

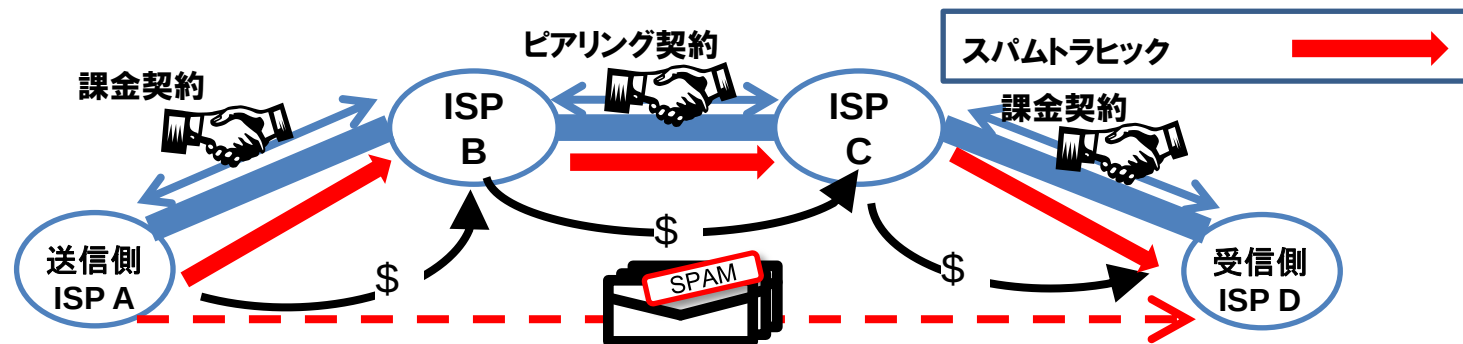
⇒共有地の悲劇, 負の外部性

- モラル, 評判である程度の是正は可能だが(OP25B, 経路フィルタリング), 評判を気にしないプレーヤー(rogue ISP)の存在に対して脆弱.
- 規制による是正は強制力があるが, できれば自助努力(市場)で解決した方が効率的
- 課金によって是正することは可能か?(内部化できるか?)



ISP間課金によるスパム削減

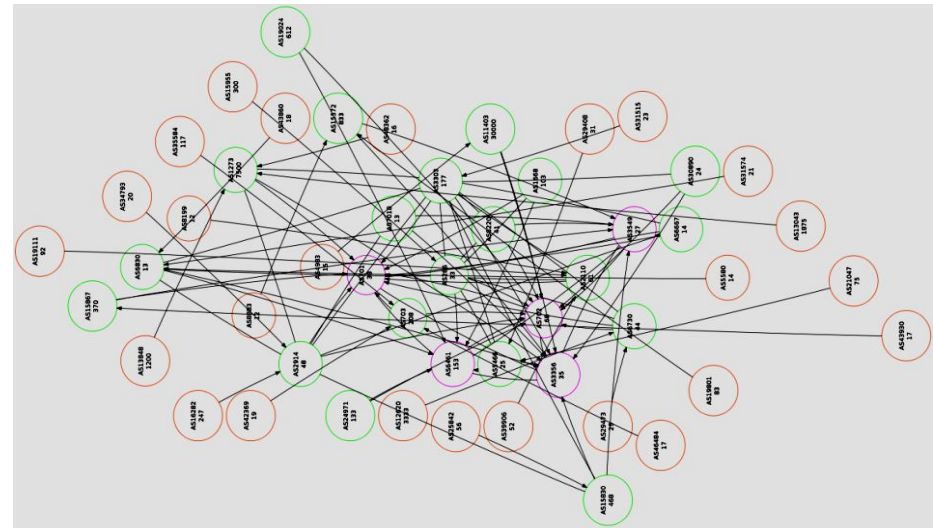
- スパム: 負の効用を持つトラフィック⇒効用ベースで考えれば, ペナルティ課金を課するのが適切
 - 既存の転送トラフィック量ベースのトランジット課金に, スパムトラフィック量に応じペナルティ分を上乗せ or 割引
 - スパムを発信側規制するインセンティブが発生⇒発信側規制方式が自発的に導入されうる
- 素朴な疑問:
 - このような課金制度がそもそも自発的に導入されうるのか?
 - 課金制度によって(コストがかかる)発信側規制が導入されるのか?
⇒シミュレーションで評価[高橋]



- [高橋] 高橋洋介,他, ``アウトバウンド制御導入のインセンティブ問題を解決する料金メカニズム," 信学技報, IN2011-17

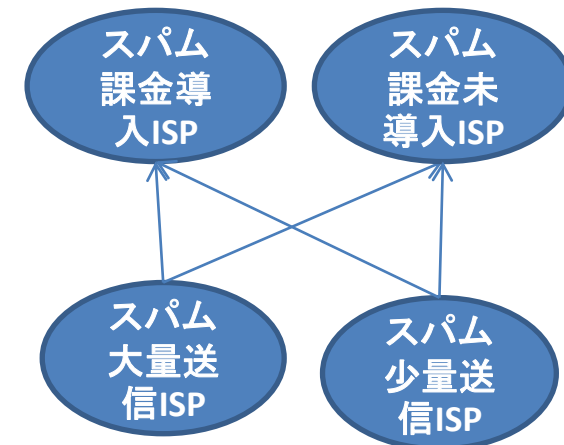
シミュレーションモデル

- ISPをエージェントとしたマルチエージェントシミュレーションを実行
- ISP モデル: CAIDA の ISP 間接続関係のデータを利用
 - グラフサンプリングによって 50 個の ISP をサンプリング
 - 全 ISP を規模に応じて Tier-1, Tier-2, Edge に分類
 - ISP間階層モデル (プロバイダ, カスタマ, ピア)
 - トランジット料金モデル (プロバイダ-カスタマ間)
- トラフィックモデル: ISP 毎のユーザ数の推計値を利用して重力モデルで生成
 - ISP 間の正規トラフィック
 - ISP 間のスパムトラフィック



シミュレーションモデル(2/2)

- アクションモデル: ISP は最も自己の利得が高くなる行動を取る
 - 上位プロバイダ: スпам課金メカニズム導入・解除
 - 下位プロバイダ: トランジット/ピアリング接続関係の変更
 - 全プロバイダ: アウトバウンド制御導入(スパム停止)・解除(スパム送信)
- 利得モデル: 各 ISP は以下の収入および支払いを行う
 - ISP 間の支払い (系全体としては差し引きゼロ)
 - トランジット料金収入/支払い
 - スпам課金収入/支払い
 - ISP 外への支払い (系全体としてマイナス)
 - アウトバウンド制御コスト
 - スパム受信による被害コスト



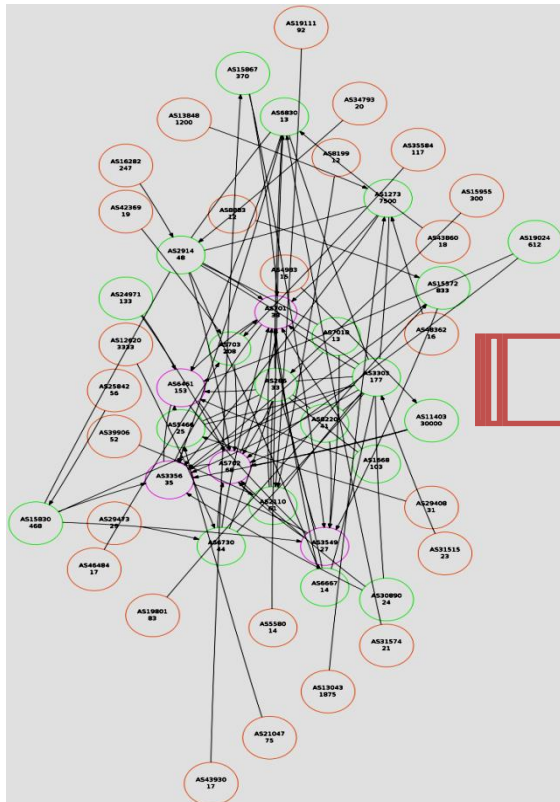
提案の課金制度の効果

= スпам送信数削減によって系全体にもたらす利益

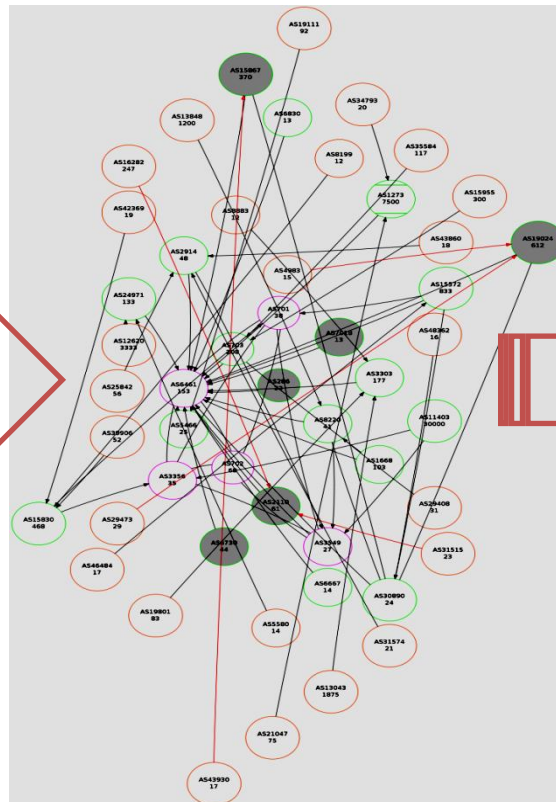
シミュレーション結果(1/5)

課金メカニズム普及過程

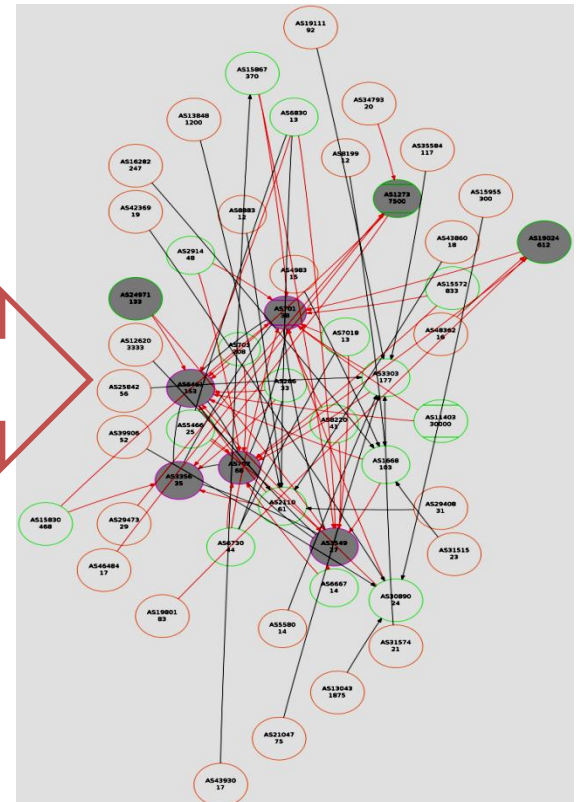
- 上位プロバイダが課金メカニズムを導入することにより下位プロバイダが課金メカニズムを導入する



Step=0 (初期状態)



Step=20



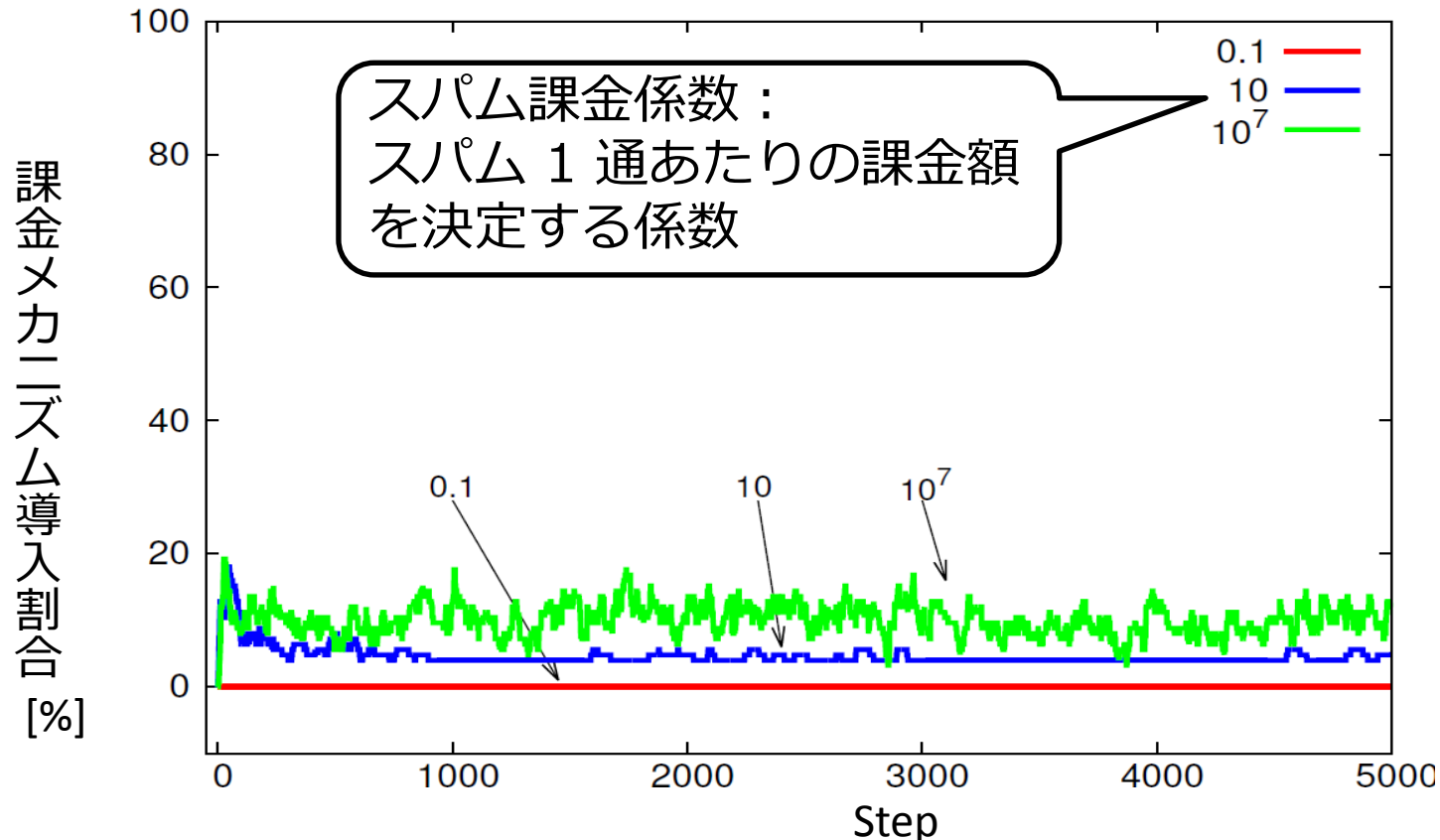
Step=1000

○ 課金制度未導入 ISP
● 課金制度導入 ISP

シミュレーション結果(2/5)

課金メカニズムを導入したISP数の推移

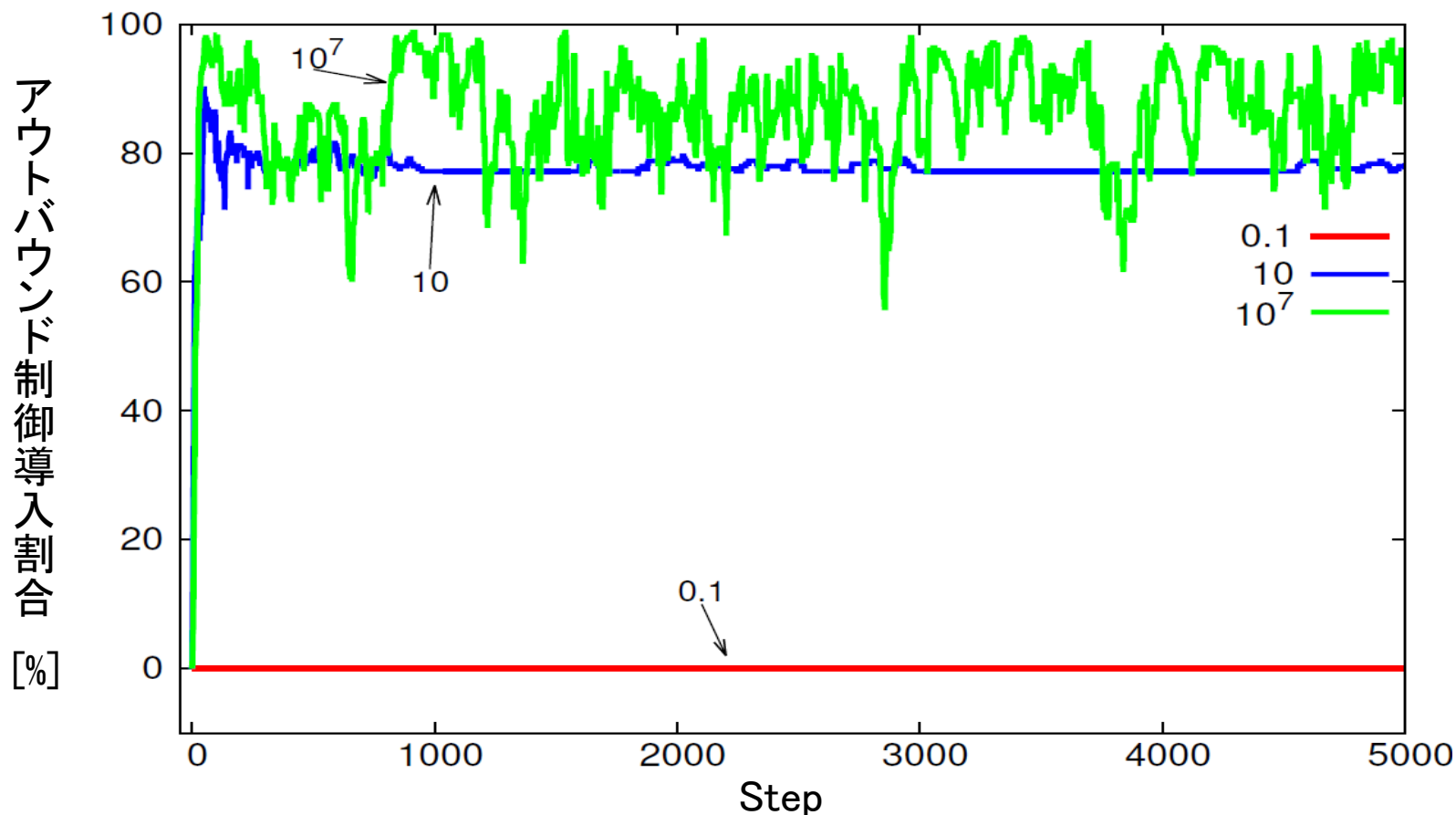
- 個々のISPが利己的に行動しても、課金メカニズムは普及する
- 課金係数(スパム被害額に対する課金額の比)が大きいほど課金メカニズムの普及率が高い。



シミュレーション結果 (3/5)

アウトバウンド制御を導入したISP数の推移

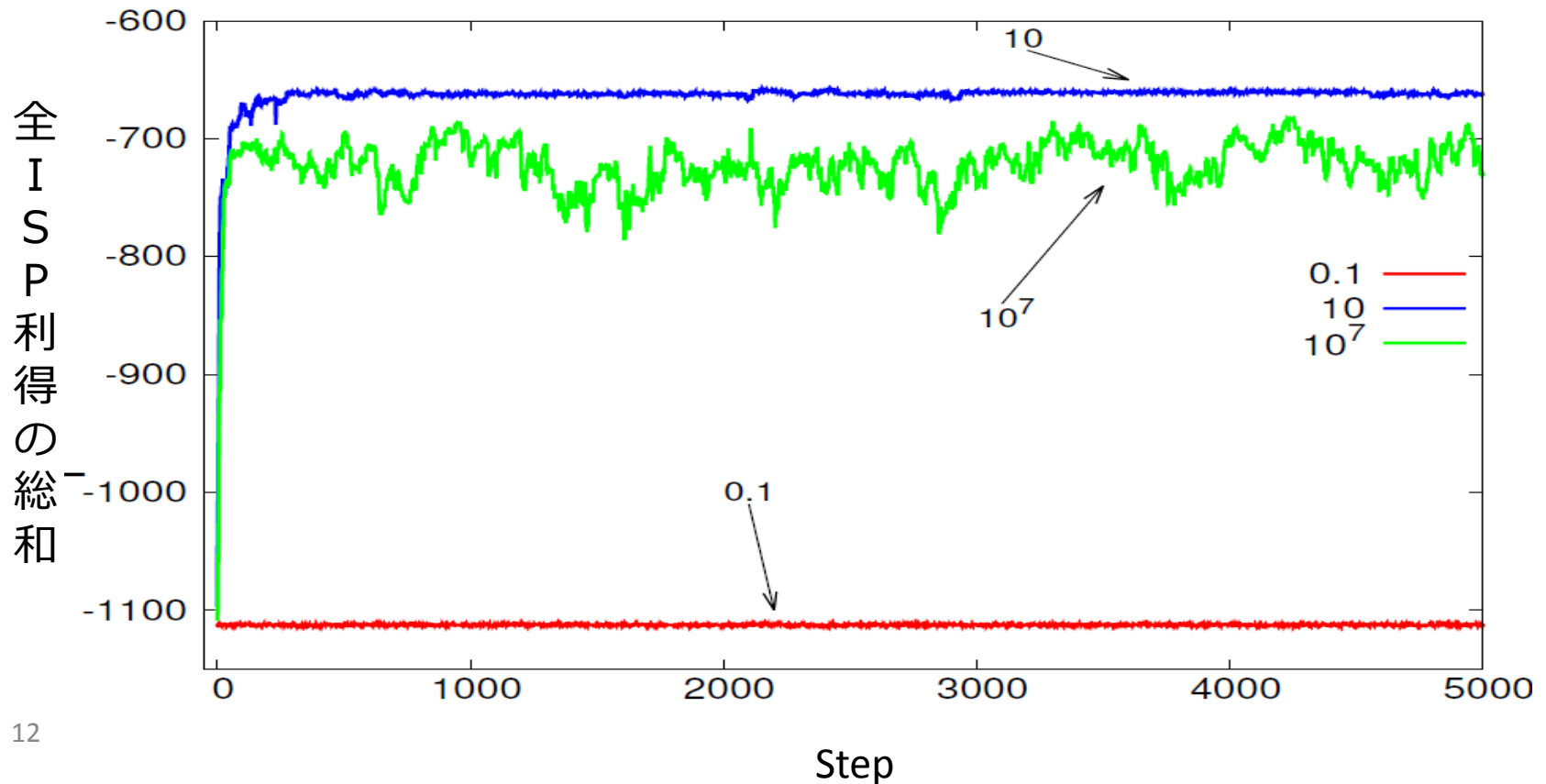
- 課金メカニズムの普及に伴い, アウトバウンド制御も普及する
- 課金係数が高いほどアウトバウンド制御の普及率が高い.



シミュレーション結果(4/5)

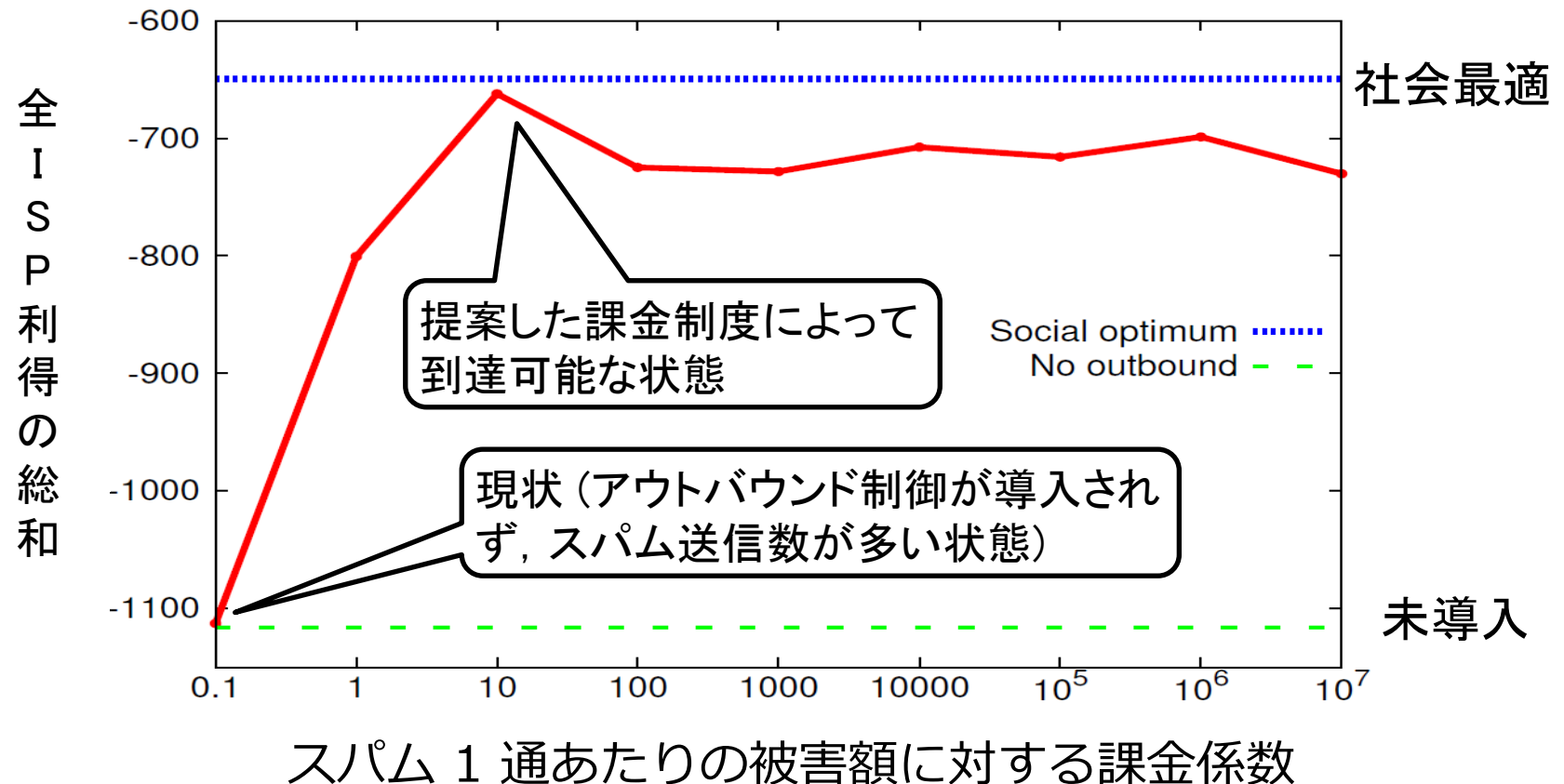
全 ISP の総利得

- 課金メカニズムの自発的普及に伴って、アウトバウンド制御の普及が進み、その結果スパムの総数が減少し、総利得が向上
- 課金係数が 10 の時に最も高い総利得を示す
→ 課金係数には最適値が存在する



シミュレーション結果(5/5)

- 課金制度によってスパムの総数が減少し、その結果、全 ISP の総利得が上昇
- 課金係数が高すぎると総利得は減少 ⇒ 最適な課金係数が存在



まとめ

- 課金制度はインターネット参加プレイヤーの最適化(効率性, 公平性)を達成するためのキー
- うまく使えば, インターネット全体最適化にも適用可
 - BGP経路課金による経路表増大抑制など[Guerin]
- 研究としてもホットな領域. ただし,
 - 実条件(効用・費用)での評価が困難であるため, 評価結果の信頼性に課題. より現実に即した条件での評価が必要.
 - 実際は必ずしも自己利得最大化で行動するわけではないので, モデル化の再検討が必要

- [Kwong] K.-W. Kwong and R. Guerin, "Controlling the Growth of Internet Routing Tables Through Market Mechanisms." Proc. ACM ReArch 2010 Workshop, Philadelphia, PA, November 2010.

ご清聴ありがとうございました

アンケートにご協力ください

<https://www.surveymonkey.com/s/janog29-shikumi>