

ICN普及のためのシャープレイ値を用いたISP間の調整金システム

立命館大学大学院 情報理工学研究科*
立命館大学 情報理工学部**
伊藤 昶基* 上山 憲昭**

ICN

- インターネットの主流サービスはコンテンツ配信

- 大容量，低遅延のコンテンツ需要の増加

- ネットワークはホスト名ベース

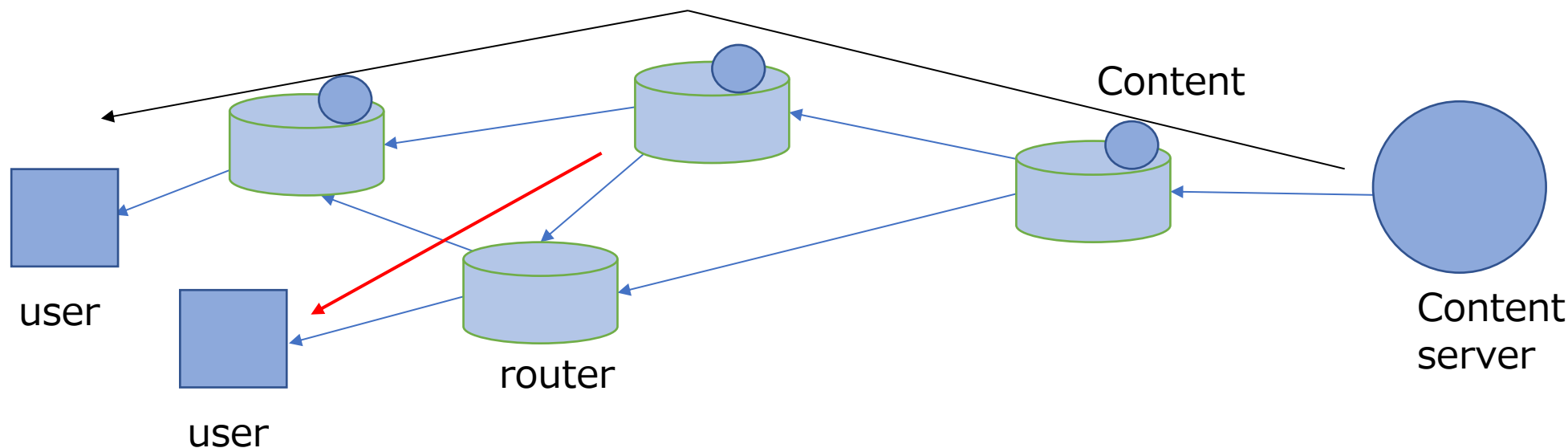
- 名前解決のオーバーヘッドが発生

⇒

- ICN（ Information-Centric Networking ） が広く検討

- コンテンツ名主体でルーティング

- 各ルータがコンテンツをキャッシュ



ISP間の接続形態

■ISP(Internet Service Provider)

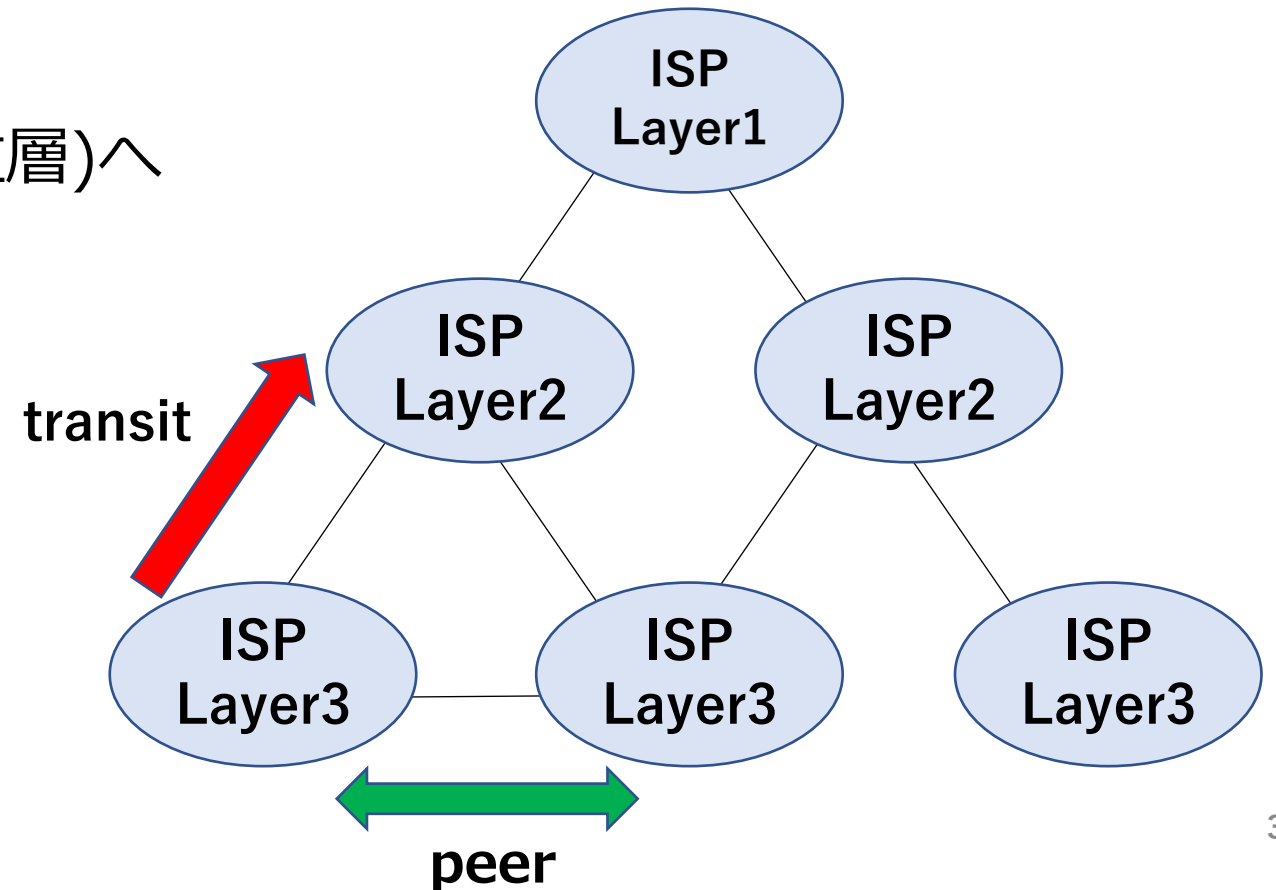
- ネットワークへの接続を提供する事業者
- インターネット全体への接続性を確保するため、相互に接続

■トランジット接続

- 顧客(下位層)からプロバイダ(上位層)へ
- トラフィック量に応じて支払い

■ピアリング接続

- 同階層で料金の支払い無し



ISP間の接続形態

■ISP (Internet Service Provider)

- ネットワークへの接続を提供する事業者
- インターネット全体への接続性を確保するため、相互に接続

■トランジット接続

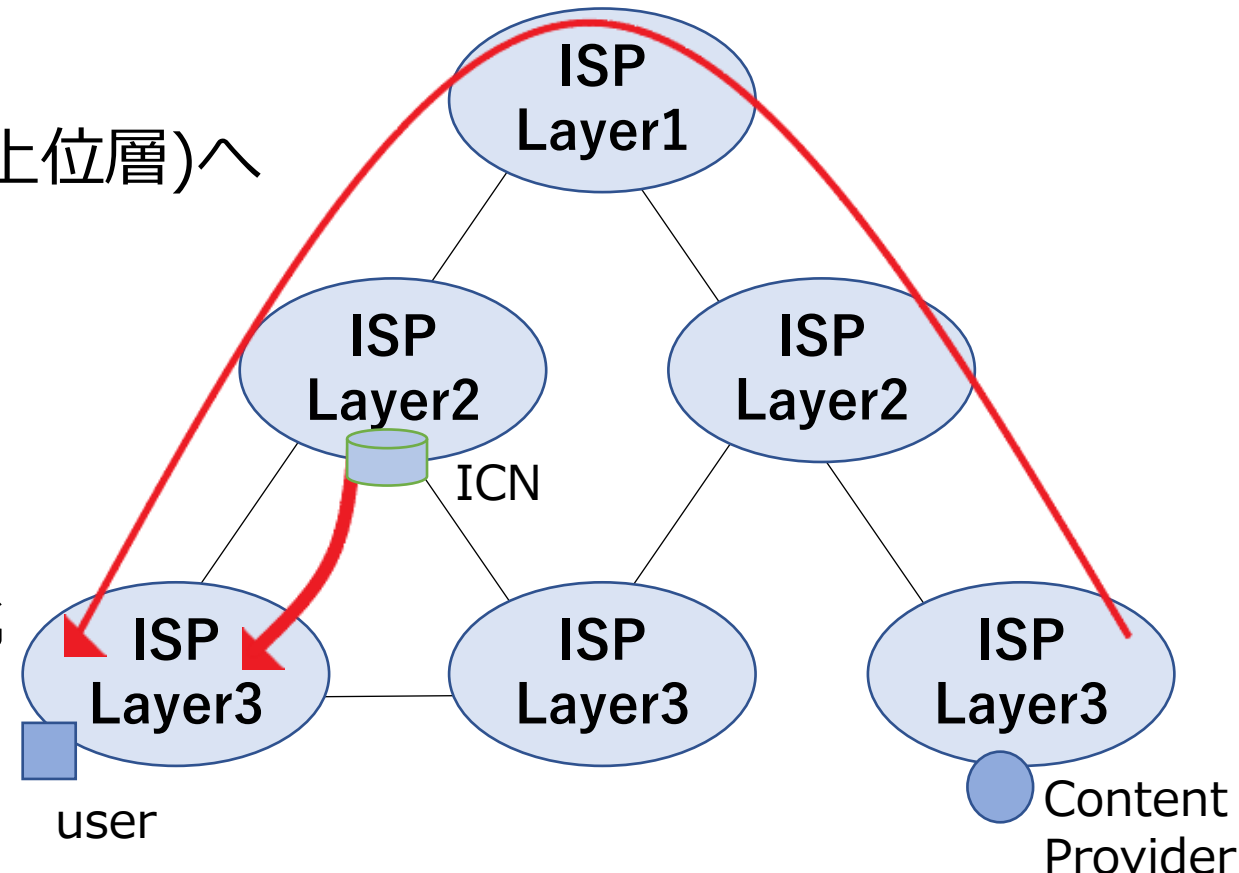
- カスタマー(下位層)からプロバイダ(上位層)へ
- トラフィック量に応じて支払い

■ピアリング接続

- 同階層で料金の支払い無し

■ICN導入でISP間のトラフィックが変化

- ICNの導入はISPの収益に影響

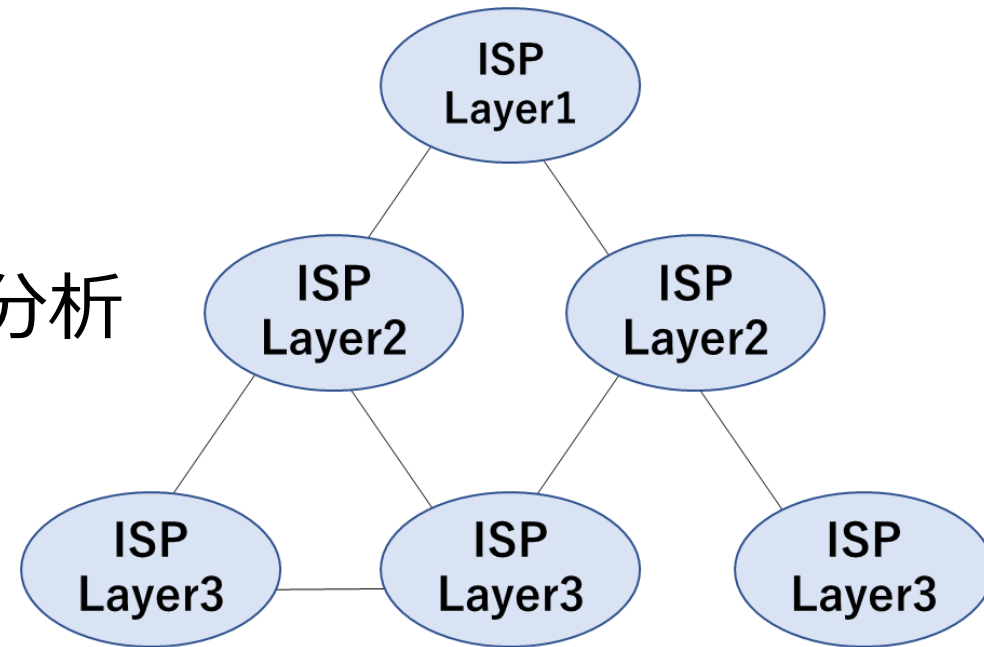


研究の背景

- ICN（ Information-Centric Networking ）が広く検討
 - コンテンツ名主体でルーティング
 - 各ルータがコンテンツをキャッシュ
- ICN導入で各ISPの収益が変動
- ICN導入判断は各ISPが独立して判断
 - 利益の減少する見込みのあるISPはICN導入しない
- ICN普及促進の方法を検討する必要あり

これまでの研究

- 3階層ツリー型トポロジを想定
- ICN普及時の各ISPの利益に与える影響の分析



- 各ISPの収益に与える影響

レイヤ1	レイヤ2	レイヤ3
減少	増加	増加

- ICN普及促進にはインセンティブが必要

[1] N. Kamiyama, Analyzing impact of introducing CCN on profit of ISPs, IEEE Trans. Netw. Service Manag., vol. 12, no. 2, pp. 176-187, Jun. 2015.

[2] 辻香菜, 上山憲昭, “ICN の普及程度が ISP の利益に与える影響の分析”, 信学会 2020 ソ大会, B-11-9, 2020 年 9 月

[3] 伊藤 証基, 上山憲昭, “ICN 普及促進のためのナッシュ交渉解を用いた ISP 間の調整金システム”, IA 研究会, IA2023-79, 2024 年 3 月

本研究の目的

- ICN普及のためのインセンティブ付与方法の検討
 - 協力ゲームとしてみたて、収益の分配方法とその特徴の分析
- これまでに、2者間でのナッシュ交渉解を分析
 - 伊藤 枉基, 上山 憲昭, “ICN普及促進のためのナッシュ交渉解を用いたISP間の調整金システム”, 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ (IA) 研究会, IA2023-79, 沖縄, 2024年3月
- 新たにシャープレイ値による分配を検討
 - ICN導入による貢献度を分配に反映することを目指す

ネットワークのモデル化

■ ISP間トポロジ

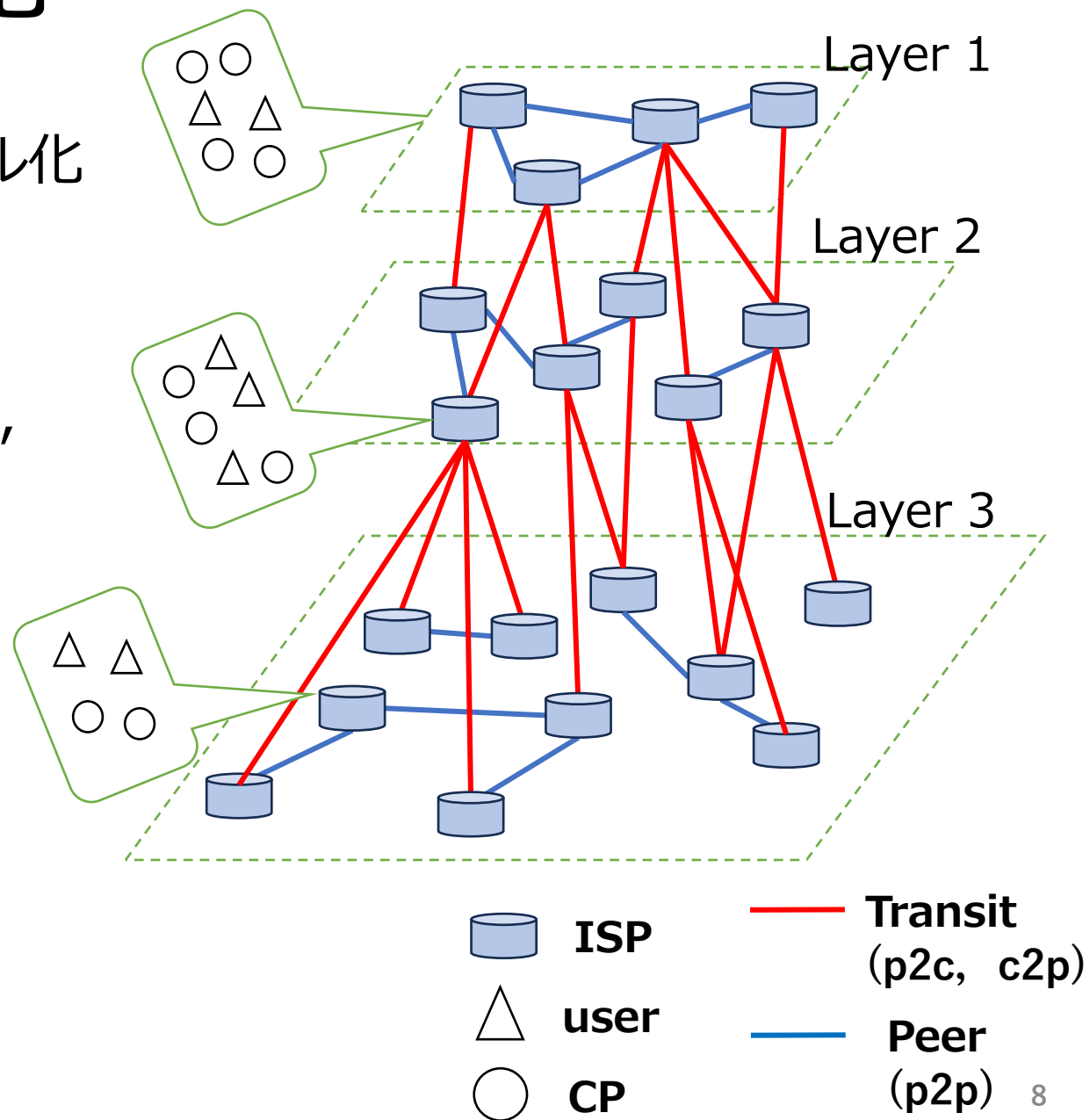
■ CAIDAの公開 2 データを使用しモデル化

■ 3階層を想定

■ ISP間のリンクは均一に確率で存在

■ 各レイヤのISPは比率で均一にユーザ、CPを収容

ISP数	レイヤ1	レイヤ2	レイヤ3	
	49	2123	2565	
ISP間の 平均リンク数	レイヤ	p2c	c2p	p2p
	1	440.41	0.00	3.27
	2	10.14	10.16	5.72
	3	0.00	8.40	0.46
収容ユーザ (CP)比率	レイヤ1	レイヤ2	レイヤ3	
	0.460	0.426	0.114	



ISPの収益

■収益(R) = トランジット費(T) + アクセス費(A)

■トランジット費

- ISP間でトラフィック量に応じて授受
 - キャッシュにより変化

■アクセス費

- 自ISP収容ユーザからのアクセス費
 - 配信遅延時間低減によるユーザのエンゲージメント向上で増加

■ユーザ支払い感応度(S)

- 配信遅延時間 = 経路ホップ数
- 1ホップ減少でユーザからの収益は S %上昇

協力ゲーム

- トランジット費：一方の利益が一方の損失になるゼロサム

- アクセス費：市場への新たな資金の流入

⇒

- 協力(=ICN導入)でより大きな収益Rに

 - 協力ゲームでみて収益の分配を考える

 - シャーププレイ値

- プレイヤー N：各レイヤ($\{1,2,3\}$)

- 提携 S：Nの部分集合、 ICNを導入するレイヤ

- 特性関数 $v(S)$ ：提携Sにおける利得

 - $v(i, j) = \Delta R_i + \Delta R_j$

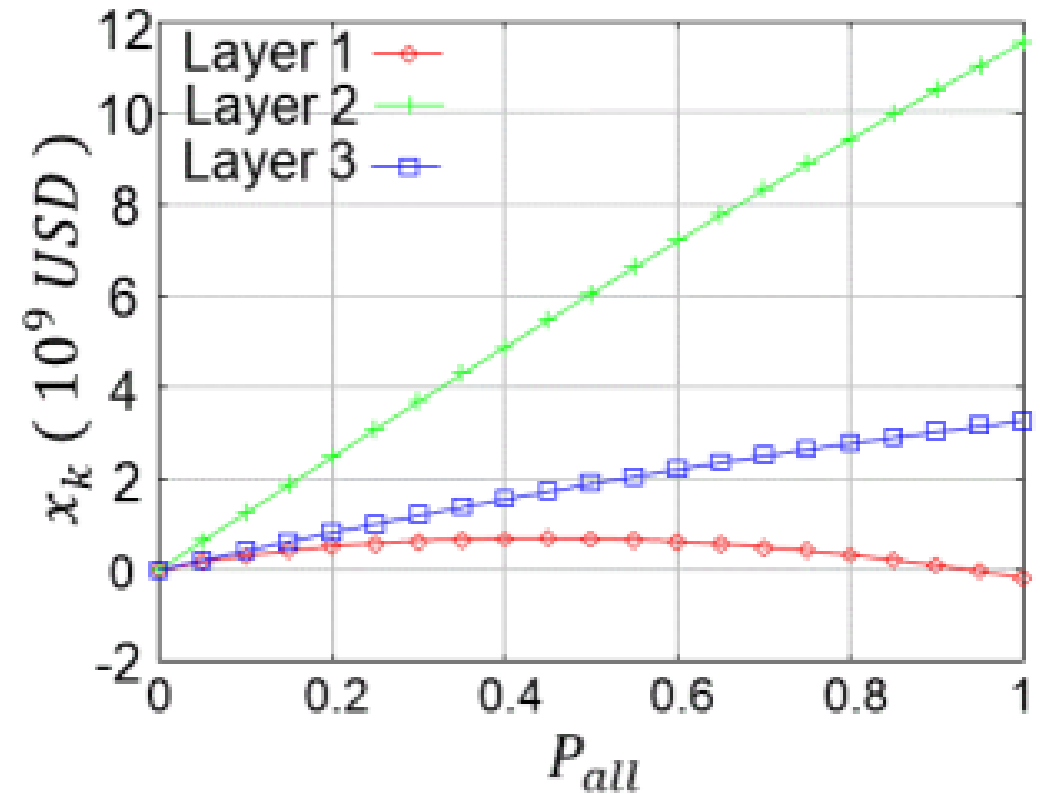
シャープレイ値

- 提携に対する各プレイヤーの貢献度に応じて分配する合意案
- 新たに提携に加わった(ICNを導入した)プレイヤーが
どれだけ収益増加に貢献したかを表す限界貢献度の平均をとり
各プレイヤーの分配 x_k を導出
- 各提携への参加は一樣な確率
- 提携への参加の順列を考慮し平均をとる

$$\blacksquare x_k = \frac{2\{v(1,2,3)-v(i,j)\}+v(i,k)-v(i)+v(j,k)-v(j)+2v(k)}{6}$$

結果：シャープレイ値

- レイヤkの分配 x_k
 - シャープレイ値の解
- レイヤ2が最も大きい分配量
 - 提携参加時の利得の増加比
- 一部 $x_1 > 0$, icn普及可能性は要検討



結果：調整金の収受量

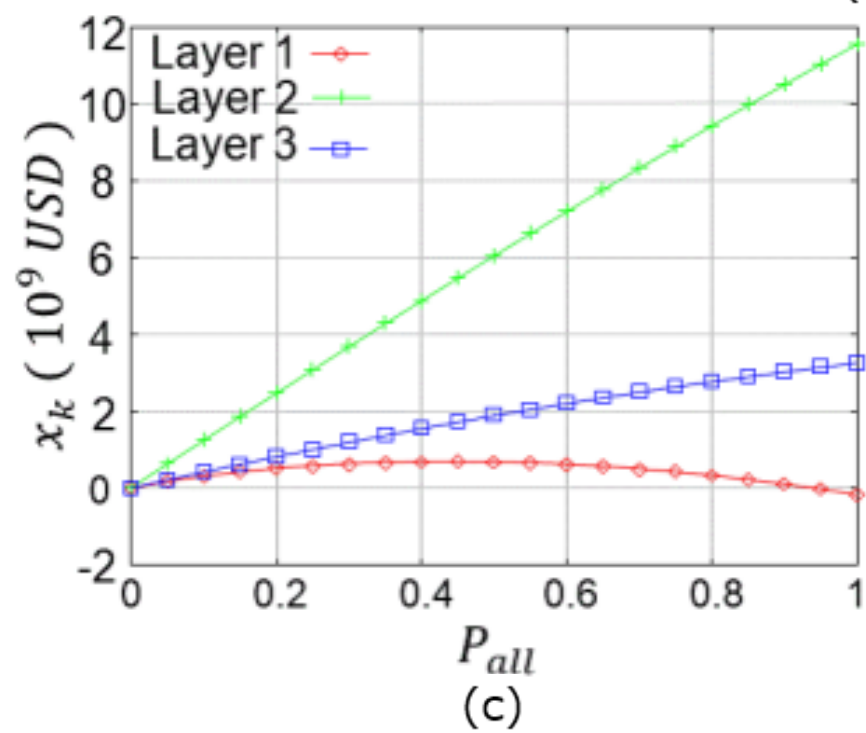
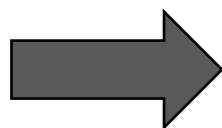
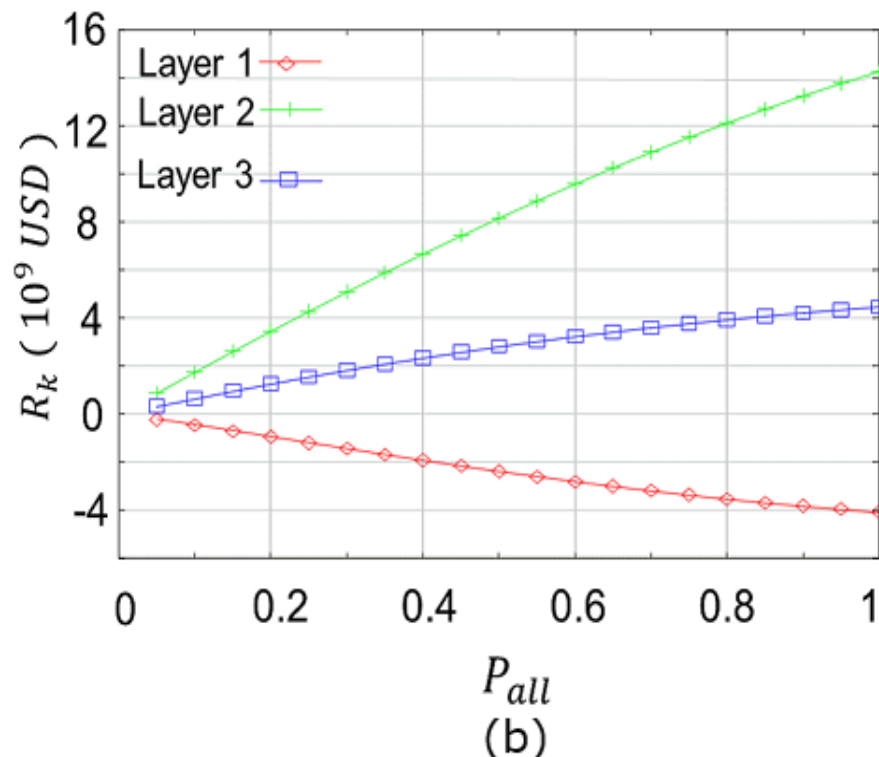
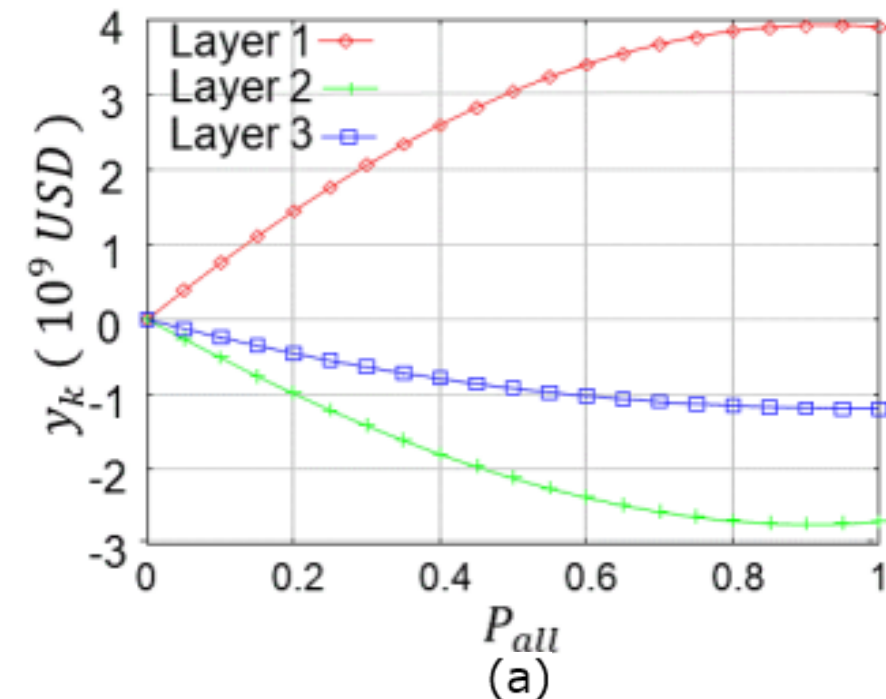
■ (a) 分配 x_k にするために受け取る調整金 y_k

■ 分配を行わない時との差

■ (b) 分配無しの元の収益変化量

■ (c) レイヤkの分配 x_k

■ シャープレイ値



まとめ

- ICN普及のためのインセンティブ付与方法の検討
 - 協力ゲームとしてみたと、シャーププレイ値を用いて、収益の分配とその特徴を分析
 - レイヤ1が受け取る形
 - 完全な普及は要検討
- 今後の方針
 - 合理的で安定した分配であるのか検証
 - 各提携の不満を導出
 - ICN普及可能性の分析
 - シミュレーション条件の変更
 - 実トポロジにおいても適応可能か