

令和 4 年 4 月 27 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K11942

研究課題名(和文)NFVネットワークにおける利己的最適サービスチェイニング

研究課題名(英文)Selfish yet Optimal Service Chaining in NFV Networks

研究代表者

笹部 昌弘 (Sasabe, Masahiro)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究者番号：10379109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：近年、ネットワーク機能仮想化(NFV)技術により、多様なサービスの柔軟な展開が期待されている。NFVにより、あるネットワークサービスは一つ以上の機能の組み合わせ(サービスチェーン)として実現できる一方、サービスチェーンを利用するユーザ間でのネットワーク資源競合の解決が急務となっている。本研究では、サービスチェーンの構成問題(サービスチェイニング)と機能配置問題がともに容量制約付き最短経路ツアー問題に基づく整数線形計画に帰着されることを示すとともに、ユーザの利己的な選択の下、システム全体の最適化を実現する利己的最適制御を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で確立した利己的最適制御は、各ユーザの知覚する情報を適切に制御することで、ユーザの利己的な選択の下、システム全体の最適化を実現する新たな枠組みである。このような需要は様々な分散型システムで見られるため、NFVネットワークにおけるサービスチェイニング以外にも、例えば、道路網における経路選択など他のシステムへの応用が期待できる。

また、NFVネットワークにおけるサービスチェイニングと機能配置問題が、経路選択問題の拡張版となる、容量制約付き最短経路ツアー問題に基づく整数線形計画に帰着できることを明らかにした。このことにより、これら関連分野との相互作用による研究分野のさらなる発展が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Network functions virtualization (NFV) technologies have been expected to realize diverse services in a flexible manner. In NFV networks, a certain network service can be realized as a sequence of one or more functions (i.e., service chain). The construction problem of a service chain is called service chaining, which causes resource competition among users. In this research, we have first revealed that the service chaining and function placement can be modeled as a capacitated shortest path tour problem based integer linear program (CSPTP-based ILP) and have proposed selfish yet optimal control to realize the social optimal even under selfish decision making by each user.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：ネットワーク機能仮想化 サービスチェイニング 機能配置 利己的最適制御 容量制約付き最短経路ツアー問題 整数線形計画問題

1. 研究開始当初の背景

ネットワークサービスの多様化やセキュリティ対策に対する需要は年々増加している。通信事業者は従来、専用のネットワーク機器（アプライアンス）を導入することで、Firewall, Deep Packet Inspection (DPI), Network Address Translator (NAT), 負荷分散など様々なネットワーク機能を実現していたが、設備・運用コストの増加が大きな課題となっている。このような課題に対し、汎用サーバと仮想化技術を組み合わせることで多様なネットワークサービスに適応可能なネットワーク機能仮想化 (Network Functions Virtualization: NFV) 技術が注目されている。NFVにより、ネットワークサービスは一つ以上の VNF の組み合わせ（サービスチェーン）として実現できる（図1 上部）。さらに、ソフトウェアによる自由度の高い経路計算とハードウェアによる高速な転送処理を可能とする Software Defined Network (SDN) と NFV を組み合わせることで、様々なユーザからの要求に対して動的かつ柔軟にネットワークサービスを提供可能となる。

一方で、多数のユーザがこれらネットワーク資源（VNF サーバ、通信リンク）を共有するため、ユーザ間での競合関係をどのように解決するかが課題となる。特に、ユーザが利己的にサービスチェーンを選択したとしても、ネットワーク全体として最適な資源利用を実現可能な、利己的最適サービスチェーンニングの実現が急務である。

2. 研究の目的

サービスチェーンニングとは、サービスチェーン要求（図1 上部）に対し、物理ネットワーク上（図1 中部）でネットワークサービスの提供元から中継ノード上で所望の機能（VNF）を順次実行しながら提供先へと至る特別な通信経路（サービスパス）を求める問題であり（図1 下部）、NP 困難な最適化問題となる。特に、複数ユーザ間でのサービスチェーンニング問題はゲーム理論におけるポテンシャルゲームの一つである混雑ゲームとみなせる [1]。混雑ゲームでは、複数のユーザが一つ以上の資源を選択可能な状況の下、全ユーザの資源の選択状況により、個々のユーザのコストが決まる。既存研究 [1] では、サービスチェーンニングにおいて、個々のユーザのコスト関数を通信リンクの伝搬遅延、VNF の利用者数と利用金額で構成される線形式で定義した後、ポテンシャル関数と呼ばれる特殊な関数によりユーザ全体のコストを模擬している。その結果、ポテンシャル関数の性質から、自身のコスト減を目指す各ユーザの利己的行動がポテンシャル関数を減少させる仕組みを実現できる。ただし、ポテンシャルゲームを制御に応用する際、ユーザのコスト関数やポテンシャル関数が必ずしも個々のユーザやユーザ全体のコストを適切に反映した形になるとは限らない点が問題となる。

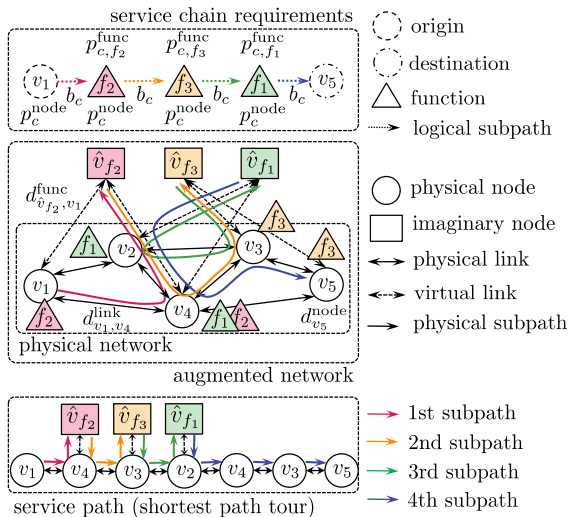


図 1: サービスチェーンニングの概要

ユーザの利己的な意思決定の下での社会最適な状況の実現は、ゲーム理論及びその工学的応用の分野における大きな課題の一つであり、ポテンシャルゲーム以外にも非協力ゲーム（シュタッケルベルグ競争、進化ゲームなど）や協力ゲーム（提携ゲームなど）の観点から様々な検討が行われている。ただしこれらの多くは、ユーザやシステムのコスト（利得）関数の構造に一定の制約が置かれている。これに対し本研究では、ユーザやシステムの本来の目的を考慮した上で（コスト関数の自由度を維持しつつ）、ネットワーク運用者がユーザの知覚するネットワーク資源の利用状況を適切に制御することで、ユーザの利己的なサービスチェーン選択の下、ネットワーク全体として最適な資源利用を実現を目指す。なお、サービスチェーンニングは経路選択問題の一種であるため、道路網における渋滞緩和など幅広い分野への応用が期待できる。

3. 研究の方法

(1) 利己的最適制御の実現

前述のように、サービスチェーンニングは経路選択問題の一種となるが、より正確には、容量制約付き最短経路ツアー問題 (Capacitated Shortest Path Tour Problem: CSPTP) に帰着される。詳細は次の (2) で述べるが、CSPTP は最短経路問題と比べて、より難しい問題となる。そこ本研究ではまず、経路選択問題に分類される、道路網における交通渋滞の課題に対し、利己的最適制御の実現可能性について検証する。

図2に利己的最適制御の概要を示す。図では、ユーザの経路選択基準（上部）とユーザが知覚する情報（中部）によって、道路網の渋滞状況（下部）がどのように変化するかを示している。具体的には、ユーザの判断基準が利己的であり（目的地への最短経路の選択）、実際の交通情報を知覚した場合、ユーザ均衡と呼ばれる状態に収束する（左上から右下への遷移）。一方、ユーザの判断基準が利他的であり（他のユーザも含む平均移動時間を最小化する経路の選択）、最適な交通情報を知覚した場合、社会最適と呼ばれる、渋滞状況が最も緩和された状態が実現される（右上から右下への遷移）。ここで、一般にユーザ均衡と社会最適は異なる状況となり、また、社会最適の場合と比較して、ユーザ均衡では渋滞の程度が著しく悪化する可能性が高い。これに対し、利己的最適制御では、利己的なユーザの価値観は維持しつつ、ユーザの知覚する情報を適切に制御することで、社会最適状態へと導くことを目指す（左上から右下への遷移）。

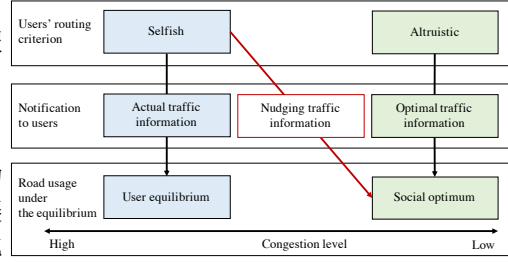


図 2: 利己的最適制御の概要

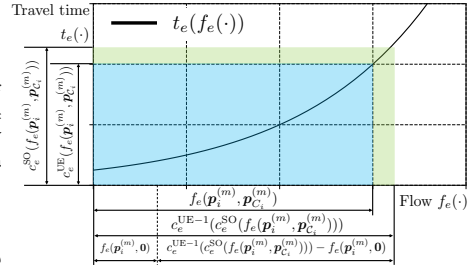


図 3: ユーザとシステム間でのコスト関数

ここで、ユーザの価値観は自身の経路に対するコスト関数としてモデル化できる [2]。なお、経路のコストはそれを構成する各道路のコスト和として定義できる。ある道路 e のコスト c_e はそれを通行するユーザ（例えば車）の量 f_e に対する関数としてモデル化できる。利己的な価値観 c_e^{UE} は、道路 e の移動時間 $t_e(f_e)$ で表現できる。一方、利他的な価値観 c_e^{SO} は、 $t_e(f_e) + f_e \frac{\partial t_e(f)}{\partial f} \Big|_{f=f_e}$ と表される。図3は、ある道路 e において、利用するユーザの量 f_e に対して、それぞれの価値観におけるコストの違いを示している。利己的な価値観では青四角の高さ、利他的な価値観では緑四角の高さに相当するコストをユーザは知覚し、後者の方が前者よりも高いことがわかる。このコスト差に対応するフロー量（緑四角と青四角の幅の差）を、ユーザが知覚する交通情報に追加することで、利己的最適制御を実現できる。

以上の利己的最適制御の有効性を実際の道路網等を用いた評価により明らかにする。

(2) サービスチェイニングの最適化

利己的最適サービスチェイニングにおける目標となる、最適なサービスチェイニングをモデル化する。(以降では、概要のみを示し、詳細については研究業績 [3, 4] を参照のこと。) まずシステムモデルは、図1に示される、サービスチェーン要求（上部）、ネットワーク（中部）、サービスパス（下部）で構成される。

C 個の新たなサービスチェーン要求 C が NFV ネットワークに到着する毎に、NFV オーケストレータと呼ばれる管理ノードがそれぞれに対応するサービスパスを確立する。ここで、要求 $c \in C$ はサービス要件 $r_c = (o_c, d_c, R_c, b_c, p_c^{\text{node}}, \{p_{c, f_{c,k}}^{\text{func}}\}_{k=1, \dots, K_c})$ を持つ。各要素は、始点、終点、 K_c 個の機能列、必要帯域、転送・機能毎に要する計算資源をそれぞれ表す。NFV ネットワークは、有向グラフ $G = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ で表される物理ネットワーク上に構築される。各ノード $i \in \mathcal{V}$ とリンク $(i, j) \in \mathcal{E}$ はそれぞれ計算容量 P_i とリンク容量 $B_{i,j}$ を持つ。なお、物理ノードは転送機能のみを持つ従来型のルータと VNF を実行可能な汎用サーバ (VNF ノード) $\mathcal{V}_{\text{VNF}} \subseteq \mathcal{V}$ で構成される。NFV ネットワークは F 個の機能 F を提供可能であるとし、各 VNF ノード $i \in \mathcal{V}_{\text{VNF}}$ は (一部) の機能 $F_i \subseteq F$ を提供できるものとする。また、各機能 $f \in F$ はそれぞれ N_f 台の VNF ノード \mathcal{N}_f により提供される。さらに、各機能 $f \in F$ に対応する架空ノード \hat{v}_f と、 \hat{v}_f と f を提供可能な VNF ノード $i \in \mathcal{N}_f$ とを結ぶ仮想リンクを G に追加した、拡張ネットワーク $G^+ = (\mathcal{V}^+, \mathcal{E}^+)$ を新たに定義する。その結果、サービスパス S_c は始点 o_c から終点 d_c へと至る、 $K_c + 1$ 本のサブパスの列 $(S_{c,1}, \dots, S_{c,K_c+1})$ で構成される。なお、 $k = 1, \dots, K_c$ 番目のサブパス S_k が、対応する k 番目の機能 $f_{c,k}$ を担う架空ノード $\hat{v}_{f_{c,k}}$ を終点として持つことで、所望の機能が順次されることを保証する。

以上のシステムモデルを基に、サービスチェイニング問題は CSPTP に基づく整数線形計画 (Integer Linear Program: ILP) $\text{ILP}_{\text{SC}}^{\text{CSPTP}}$ に帰着される。 $\text{ILP}_{\text{SC}}^{\text{CSPTP}}$ では、サービスチェーン要求 c の要件とネットワークの容量制約を満たした上で、実現されるサービスパスの遅延を最小化する問題となる。 $\text{ILP}_{\text{SC}}^{\text{CSPTP}}$ はネットワークの規模によっては CPLEX など既存のソルバで直接最適解を計算できる。ただし NP 困難となるため、計算量を抑えた手法として、 $K_c + 1$ 本のサブパス毎にダイクストラ法を逐次的に適用することで、サービスパスを構築する貪欲法 $\text{Greedy}_{\text{SC}}^{\text{CSPTP}}$ を提案する。

(3) サービスチェイニングと機能配置の同時最適化

(2) で述べたサービスチェイニングでは、NFV ネットワーク内での各機能 $f \in \mathcal{F}$ を所有する VNF ノードの数 N_f と集合 (配置) \mathcal{N}_f が事前に与えられることを仮定していた。より現実的には、サービス需要は時々刻々と変化する可能性があり、その場合には、各機能 f の個数 N_f と配置 \mathcal{N}_f を需要に応じて適切に決定する必要がある。これは機能配置問題と呼ばれ、サービスチェイニングと機能配置の同時最適化が求められる。この同時最適化は、前述の拡張ネットワークにおいて、各機能 $f \in \mathcal{F}$ の実行候補となる物理ノード集合を拡大する (例えば、全 VNF ノード \mathcal{V}_{VNF} とする) ことで、サービスチェイニングの場合と同様に扱うことができる。以降では、この整数線形計画を $\text{ILP}_{\text{SCFP}}^{\text{CSPTP}}$ 、対応する貪欲法を $\text{Greedy}_{\text{SCFP}}^{\text{CSPTP}}$ と呼ぶ。

4. 研究成果

以降では、成果の概要のみを示しており、詳細については、利己的最適制御に関しては研究業績 [5] を、サービスチェイニングと機能配置の最適化に関しては研究業績 [3, 4] を参照のこと。

(1) 利己的最適制御の評価

評価には、名古屋市東部の $4.7\text{km} \times 4.5\text{km}$ の領域における道路網を用いる。この道路網は 3,173 個の頂点と 5,013 本の辺からなる。各道路 $e \in \mathcal{E}$ における移動時間 $t_e(f_e)$ は BPR 関数 $t_e(f_e) = \underline{t}_e(1 + \alpha(f_e/c_e)^\beta)$ でモデル化する。ただし、 \underline{t}_e は道路 e の通行時間の下限であり、道路長と制限速度から算出される。 c_e は道路の容量であり、レーン数から算出される。 α, β は調整用のパラメタであり、 $\alpha = 0.15, \beta = 4$ とする。領域内における、車両の空間的分布と始点・終点の情報に関しては、人の流れデータ [6] から、同領域内における午前 8 時台の車両情報 (1,197 台分) を抽出し、用いる。

表 1 に方式毎の移動時間の平均と最大を示す。まず、ユーザ均衡と社会最適の結果に着目すると、ユーザ均衡は社会最適と比較して、平均移動時間と最大移動時間がそれぞれ 24%, 2.8% 増加している。これは、ユーザ均衡では、各ユーザが実際の交通情報を基に利己的に経路を選択することで、一部の道路にトラヒックが集中するためである。これに対し、利己的最適制御では、各ユーザの利己的な経路選択基準は維持しつつ、知覚する交通情報を適切に制御することで、社会最適と同等の移動時間を実現できていることがわかる。

表 1 は、システム全体として見た場合の利己的最適制御のよさを示しているが、個々のユーザの視点から見ると、利己的最適制御の導入により、自身の通行時間は増減する可能性がある。図 4 に、各ユーザの通行時間の増減 (利己的最適制御とユーザ均衡の下での通行時間の差) を示す。図より、利己的最適制御により、67% のユーザが平均で 1.83 分、最大で 16.17 分、移動時間を軽減できていることがわかる。一方、残りの 33% のユーザに対しては、利己的最適制御により移動時間が増加しているが、その影響は平均 0.08 分、最大 1.2 分と限定的である。以上のことから、利己的最適制御により、一部のユーザの通行時間の増加を抑えつつ、多くのユーザの移動時間を改善できることがわかる。

なお、道路を通信リンク、交差点をノードとみなし、それぞれにおける遅延を、伝搬遅延、ノードにおける機能の処理遅延としてモデル化することで、NFV ネットワークへの展開が可能となる。なお処理遅延に関しては、待ち行列システムにおける遅延モデルの活用が想定される。

(2) サービスチェイニングの最適化に関する評価

各ノード $i, j \in \mathcal{V}$ ($i \neq j$) 間に確率 0.032 で物理リンクを構築したランダムな物理ネットワークを用いる。物理ノード $i \in \mathcal{V}$ と物理リンク $(i, j) \in \mathcal{E}$ の容量をそれぞれ $P_i = 1.71, B_{i,j} = 1.14$ とする。物理リンク $(i, j) \in \mathcal{E}$ の遅延 $d_{i,j}^{\text{delay}}$ を 10 ms、物理ノード $v \in \mathcal{V}$ の転送遅延を $d_v^{\text{node}} = 1$ ms、VNF ノード $v \in \mathcal{V}_{\text{VNF}}$ における機能 f の処理遅延を $d_{v,v}^{\text{func}} = 50$ ms とする。なお数値評価には、Intel Xeon E7-8895v3 (18 コア/2.60 GHz)、2 TB メモリの計算機と、ILP の計算には CPLEX 12.8 を用いる。

図 5 に、 $C = 1, K_c = 5, F = 20$ とし、各機能 $f \in \mathcal{F}$ をそれぞれランダムに $N_f = 5$ 台の VNF ノード上に

表 1: 方式毎の移動時間

	平均	最大
ユーザ均衡	6.13	70.4
利己的最適制御	4.96	68.5
社会最適	4.93	68.5

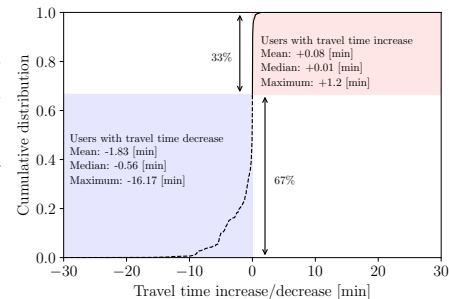


図 4: 移動時間の増減分布

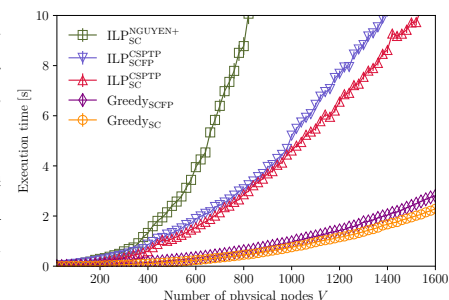


図 5: 物理ノード数と実行時間の関係

配置した場合における、物理ノード数 V と実行時間の関係を示す。図では、前述の提案手法 ILP_{SC}^{CSPTP} , $Greedy_{SC}^{CSPTP}$ に加えて、比較対象として、階層型ネットワークを用いた既存手法 $ILP_{SC}^{NGUYEN+}$ [7] の結果を示す。なお図中の、サービスチェイニングと機能配置の同時最適化に関する手法 ILP_{SCFP}^{CSPTP} , $Greedy_{SCFP}^{CSPTP}$ の結果については、次の (3) で述べる。

図より、各 ILP の実行時間は V に対して指数関数的に増加する様子が確認できる。ただし、 ILP_{SC}^{CSPTP} は $ILP_{SC}^{NGUYEN+}$ と比較して 1.22–1.90 倍のネットワークを扱うことができる。また、 $Greedy_{SC}^{CSPTP}$ は ILP_{SC}^{CSPTP} と比べて実行時間を 79.3%削減できている。

図 6 は、 $V = 200, K_c = 5, F = 6$ とした場合における、同時に処理するサービスチェーン要求数 C とサービスパス遅延との関係を示す。なお、 N_f に関しては、 ILP_{SCFP}^{CSPTP} により導出された最適な値 N_f^* を用いる。図より、 $Greedy_{SC}^{CSPTP}$ は ILP_{SC}^{CSPTP} と比較してサービスパス遅延が増加しているが、これは、サービスパスをサブパス毎に逐次的に構築しているためである。

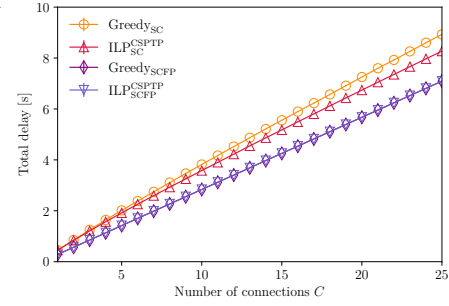


図 6: 同時処理の要求数 C とサービスパス遅延の関係

(3) サービスチェイニングと機能配置の同時最適化に関する評価

図 5, 6 では、それぞれ、サービスチェイニングと機能配置を同時に最適化する手法 ILP_{SCFP}^{CSPTP} , $Greedy_{SCFP}^{CSPTP}$ の結果も示している。図 5 より、 ILP_{SCFP}^{CSPTP} は ILP_{SC}^{CSPTP} と同様に、物理ノード数 V に対して指数関数的な実行時間の増加を示している。なお ILP_{SCFP}^{CSPTP} は、 ILP_{SC}^{CSPTP} と比較して、仮想リンクの増加による拡張ネットワークの規模の増大により、実行時間がより大きくなっていることがわかる。これに対し、 $Greedy_{SCFP}^{CSPTP}$ は $Greedy_{SC}^{CSPTP}$ とほぼ同等の実行時間を実現できている。

次に図 6 に着目する。まず、 ILP_{SCFP}^{CSPTP} は、機能の数と配置を最適化することで、 ILP_{SC}^{CSPTP} と比較してサービスパス遅延を改善できている。また、 $Greedy_{SCFP}^{CSPTP}$ では、すべての機能配置の候補を表現した拡張ネットワーク上で、逐次的にサービスパスを構築した結果、 ILP_{SC}^{CSPTP} と同等の性能を実現できている。

参考文献

- [1] S. D’Oro, L. Galluccio, S. Palazzo, and G. Schembra, “Exploiting Congestion Games to Achieve Distributed Service Chaining in NFV Networks,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 35, no. 2, pp. 407–420, 2017.
- [2] S. Lim and D. Rus, “Congestion-Aware Multi-Agent Path Planning: Distributed Algorithm and Applications,” *The Computer Journal*, vol. 57, no. 6, pp. 825–839, 2014.
- [3] M. Sasabe and T. Hara, “Shortest Path Tour Problem Based Integer Linear Programming for Service Chaining in NFV Networks,” in *Proc. of 6th IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft)*, Jun. 2020, pp. 114–121.
- [4] —, “Capacitated Shortest Path Tour Problem Based Integer Linear Programming for Service Chaining and Function Placement in NFV Networks,” *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 18, no. 1, pp. 104–117, Mar. 2021.
- [5] T. Hara, M. Sasabe, and S. Kasahara, “Selfish Yet Optimal Routing by Adjusting Perceived Traffic Information of Road Networks,” *IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 1, pp. 120–133, Sep. 2020.
- [6] Y. Sekimoto, R. Shibasaki, H. Kanasugi, T. Usui, and Y. Shimazaki, “PFlow: Reconstructing People Flow Recycling Large-Scale Social Survey Data,” *IEEE Pervasive Computing*, vol. 10, no. 4, pp. 27–35, April 2011.
- [7] T. Nguyen, A. Girard, C. Rosenberg, and S. Fdida, “Routing via Functions in Virtual Networks: The Curse of Choices,” *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 27, no. 3, pp. 1192–1205, Jun. 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hara Takanori, Sasabe Masahiro, Kasahara Shoji	4. 巻 1
2. 論文標題 Selfish Yet Optimal Routing by Adjusting Perceived Traffic Information of Road Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 120 ~ 133
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/OJITS.2020.3019935	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Sasabe Masahiro, Hara Takanori	4. 巻 18
2. 論文標題 Capacitated Shortest Path Tour Problem-Based Integer Linear Programming for Service Chaining and Function Placement in NFV Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Network and Service Management	6. 最初と最後の頁 104 ~ 117
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TNSM.2020.3044329	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Sasabe Masahiro, Hara Takanori
2. 発表標題 Shortest Path Tour Problem Based Integer Linear Programming for Service Chaining in NFV Networks
3. 学会等名 IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 馬場 柁也, 原 崇徳, 笹部 昌弘, 笠原 正治
2. 発表標題 高可用性・省電力性・冗長性を備えたNFVネットワーク実現のためのサービスチェイニング
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原 崇徳, 笹部 昌弘
2. 発表標題 容量制約付き最短経路ツアー問題に基づくサービスチェイニング ~ ラグランジュ緩和法と最短経路ツアーアルゴリズムに基づく解法 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原 崇徳, 笹部 昌弘
2. 発表標題 容量制約付き最短経路ツアーとラグランジュ緩和を用いたNFVネットワークにおけるオンラインサービスチェイニング
3. 学会等名 日本学術振興会産学協力研究委員会インターネット技術第 163 委員会meet50
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 誠也, 笹部 昌弘, 笠原 正治
2. 発表標題 ネットワークスライシングにおける低コスト・低遅延なサービスパスの実現
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hara Takanori, Sasabe Masahiro
2. 発表標題 Lagrangian Heuristics for Capacitated Shortest Path Tour Problem Based Online Service Chaining
3. 学会等名 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------