

ゲーム理論を用いた遅延時間に基づくクラウドレットの負荷分散法

芝浦工業大学

横田侑紀, 宮田純子



●背景と目的

- 背景
 - ・クラウドコンピューティングの普及
 - ➡ 遅延削減を目的としたエッジコンピューティングへの関心の高まり[1]
 - ・**クラウドレット**を利用した低遅延でのオフローディング
 - ☆ Local Area Network内のルータなどに設置するエッジサーバ
 - ➡ 遅延に敏感なモバイルアプリケーションに有効

● 問題点

- 規模が小さく, 処理能力に限界がある
 - ➡ どのサーバでジョブをどれだけ処理するかに注目する必要あり

● 既存手法[2]

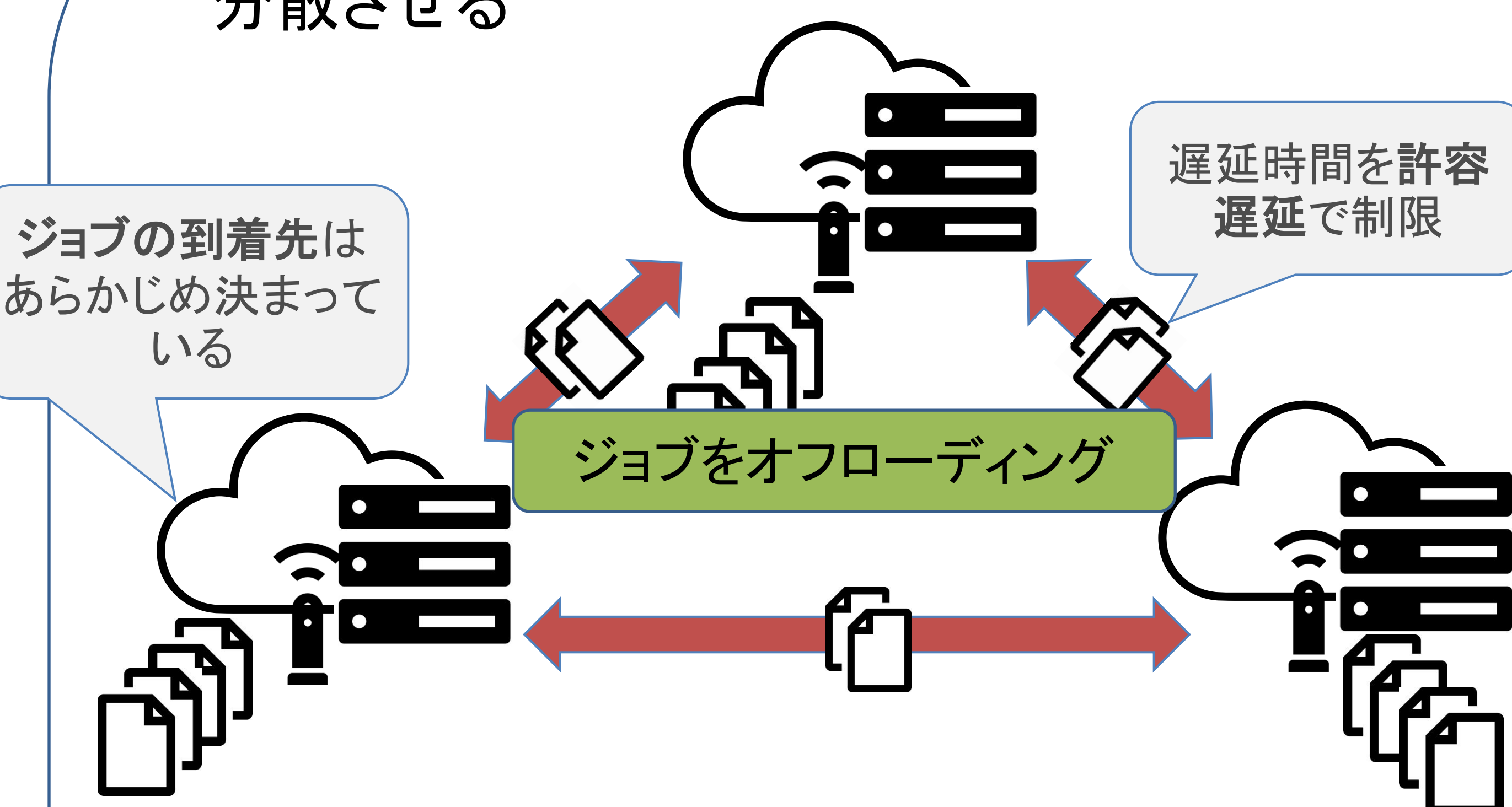
- 各ジョブの割合が許容遅延を満たす中でジョブのオフローディングを行い, 各クラウドレットが最もジョブを処理できるような割合をゲーム理論により決定

● 目的

クラウドレット同士の合理的な判断によって, 許容遅延を満たしつつ各クラウドレットで処理するジョブの割合を分散させる

●提案法

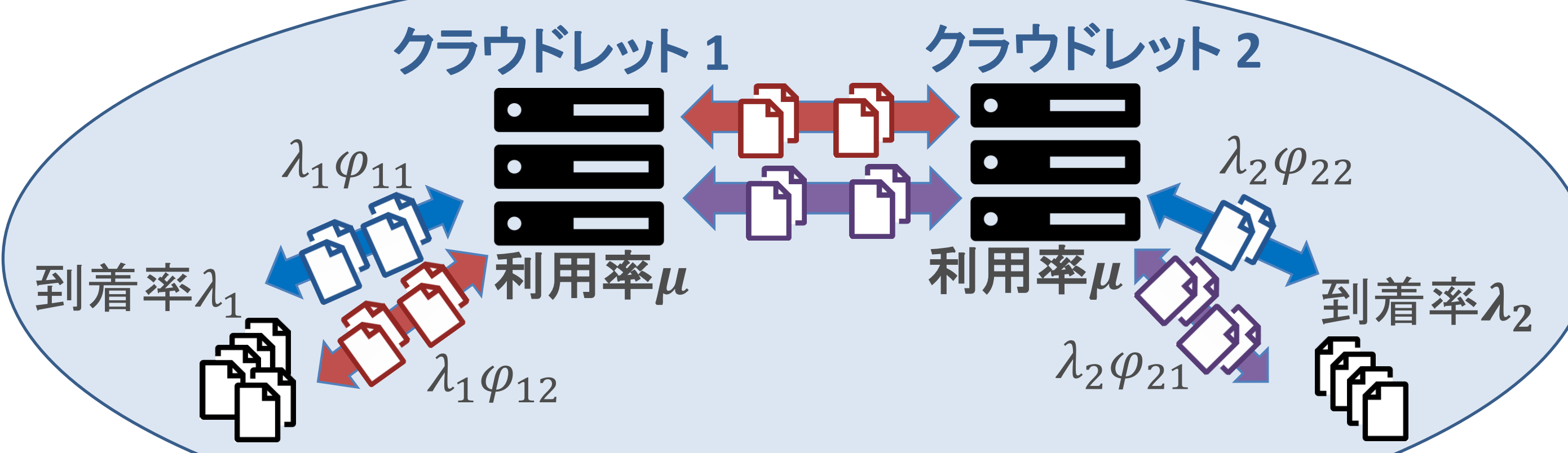
- クラウドレット間で通信を行い, 到着したジョブを分散させる



- ジョブの到着先が決まったうえで, 他のクラウドレットへオフロードするジョブを割合で表現
 - ➡ 待ち行列理論で各クラウドレットのオフロード割合の遅延時間をそれぞれ計算
- オフロード割合ごとのジョブが許容遅延をどれだけ満たすことができるかがクラウドレットの 利得
 - ➡ 非協力ゲーム理論でモデル化, 各クラウドレットが最大限許容遅延を満たせるような, 最適オフロード割合を導出

●モデル化

- 2つのサーバをM/M/1待ち行列モデルでモデル化



リトルの公式を用いて遅延時間を導出し, 利得関数を定義

$$U_1 = - \left\{ \left(\frac{1}{\mu - \lambda_1 \varphi_{11} - \lambda_2 \varphi_{21}} - D_{11} \right) + \left(\frac{1}{\mu - \lambda_2 \varphi_{22} - \lambda_1 \varphi_{12}} + d_{12} - D_{12} \right) \right\}$$
$$U_2 = - \left\{ \left(\frac{1}{\mu - \lambda_2 \varphi_{22} - \lambda_1 \varphi_{12}} - D_{22} \right) + \left(\frac{1}{\mu - \lambda_1 \varphi_{11} - \lambda_2 \varphi_{21}} + d_{21} - D_{21} \right) \right\}$$

λ_1, λ_2 : 到着率 μ : 処理率 d_{ij} : クラウドレット間のRTT

$\varphi_{11}, \varphi_{12}, \varphi_{21}, \varphi_{22}$: オフロード割合 D_{ij} : 許容遅延時間

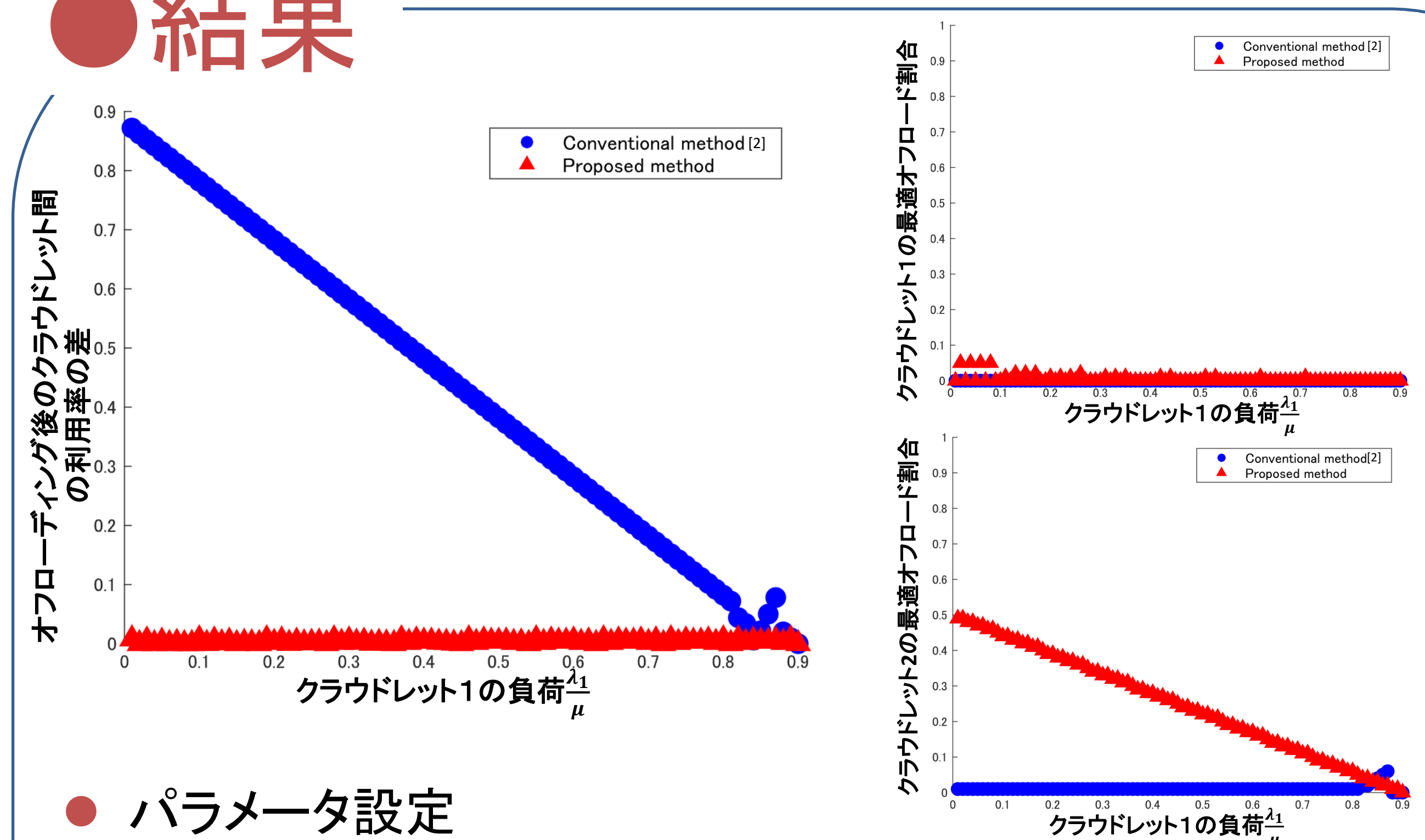
- 各クラウドレットをプレイヤー, お互いにオフロードする割合 φ を戦略とした非協力ゲーム理論

$$\Gamma = (2, \{\varphi_i: U_i \geq U_i^0\}_{i \in 2}, \{U_i\}_{i \in 2})$$

U_i^0 : 全くオフロードしないときのクラウドレット i の利得

U は上に凸なので, $\nabla U = 0$ となるような最適処理割合 φ^* を求める

●結果



● パラメータ設定

- ・ 処理率 $\mu = 10000 \text{ jobs/s}$

として, 平均到着率 λ_1 を変化させたときの各最適処理割合 φ^* によるオフローディング後のクラウドレット間の利用率の差に注目

- すべてのクラウドレットが許容遅延を満足に満たすことができる妥協解が負荷を分散させることがわかった

●まとめと今後の課題

● まとめ

- ・ ゲーム理論を用いて許容遅延を満足に満たすことができる解が2つのクラウドレット間では負荷を分散させる結果となった

● 今後の課題

- ・ 複数のクラウドレット間でのオフローディング

●参考文献

[1] E. Wong, M. Pubudini Imali Dias, and L. Ruan, "Predictive resource allocation for tactile internet capable passive optical lans," Journal of Lightwave Technology, vol. 35, no. 13, pp. 2629–2641, 2017.

[2] S. Mondal, G. Das, and E. Wong, "A game-theoretic approach for non-cooperative load balancing among competing cloudlets," IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 1, pp. 226–241, 2020.