

# NAIST モビリティオークションにおける車両割り当ての改善

23W2104H 山本 裕太

# NAIST モビリティオークション

- 奈良先端科学技術大学院大学(NAIST)で2020年から行われている  
乗り捨て可能カーシェアリングの実証実験
- 各ユーザーは**毎週7トークン**の中から各時間帯毎に入札を行い  
**オークション方式**で利用者を決定

**目的：車両を共有資源として捉え，限られた車両台数で  
効率的に車両を分配する**

# 利用方法



- 車両獲得需要に合わせた入札金額を設定
- 一週間で7トークンまで支払可能
- オークションは20分間隔で開催
- 単位時間あたりの入札金額で落札者を決定
- 利用予定時間は最大24時間まで
- 学生は30kmの移動制限あり
- 車両利用開始後の返却時間制限特になし

## 入札画面

1. Select parking lot and estimated use time

start parking lot:

-- start parking lot --

estimated use time:

-- estimated use time --

2. Choose slot time and Select bid price.

<prev

-- now --

next>

☐ 11/12/2024, 16:00:00

3.0 NSM

☐ 11/12/2024, 16:20:00

3.0 NSM

☐ 11/12/2024, 16:40:00

利用開始駐車場

利用予定時間

利用開始時刻

入札金額

一度に複数入札可能

# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

ユーザーA

4トークン

6トークン

ユーザーB

3トークン

3トークン

ユーザーC

5トークン

ユーザーD

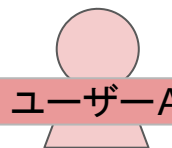
1トークン

# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

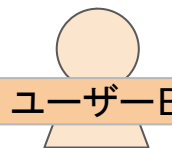
時刻



ユーザーA

4トークン

6トークン

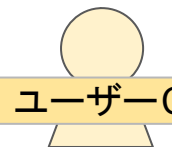


ユーザーB

落札

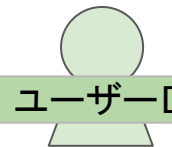
3トークン

3トークン



ユーザーC

5トークン



ユーザーD

敗北

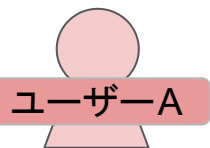
1トークン

# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

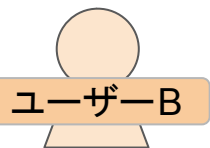
車両1台を共有

時刻



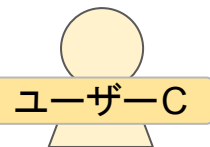
4トークン

6トークン

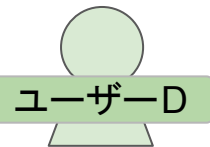


落札  
3トークン

3トークン



5トークン



敗北

1トークン

# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

ユーザーA

✕ 4トークン

6トークン

ユーザーB

落札  
3トークン

3トークン

ユーザーC

5トークン

ユーザーD

敗北

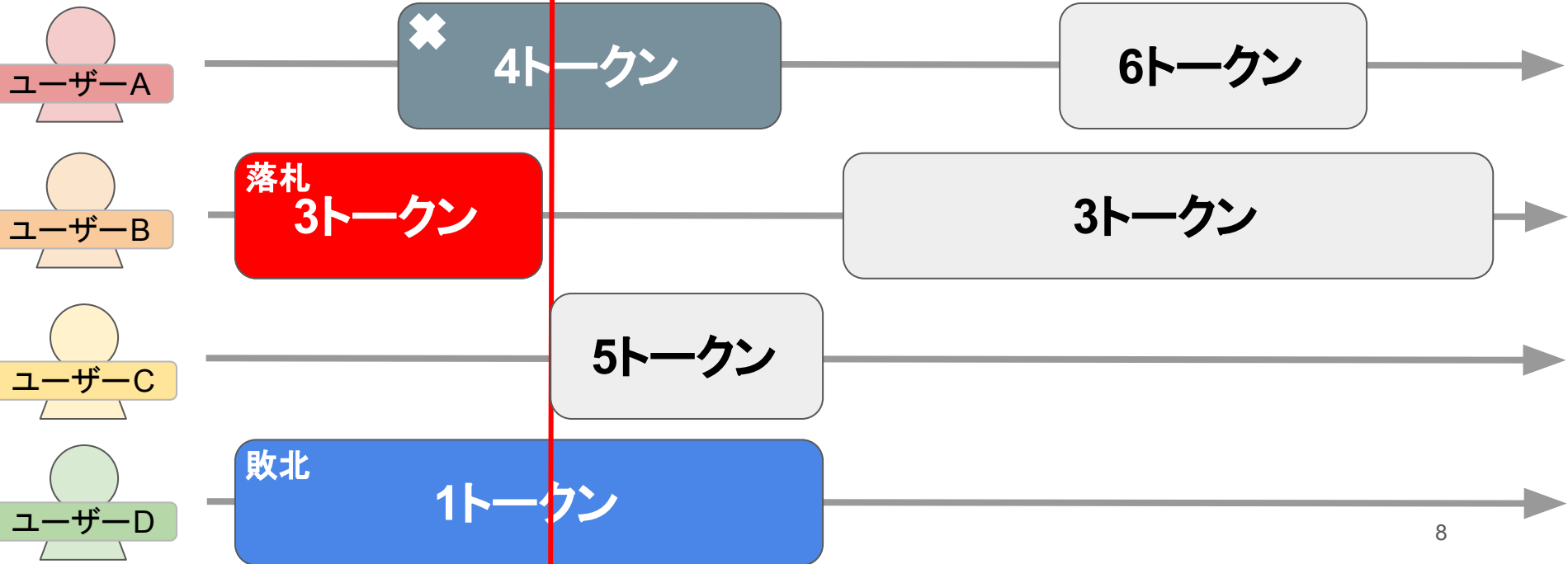
1トークン

# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻



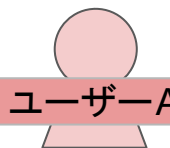


# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

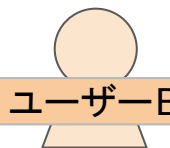
時刻



ユーザーA



6トークン



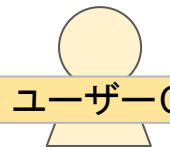
ユーザーB



落札

3トークン

3トークン

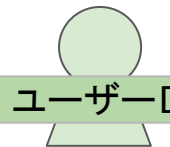


ユーザーC

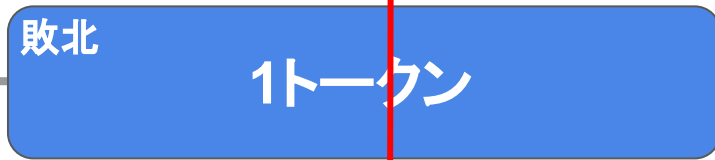


落札

5トークン



ユーザーD



敗北

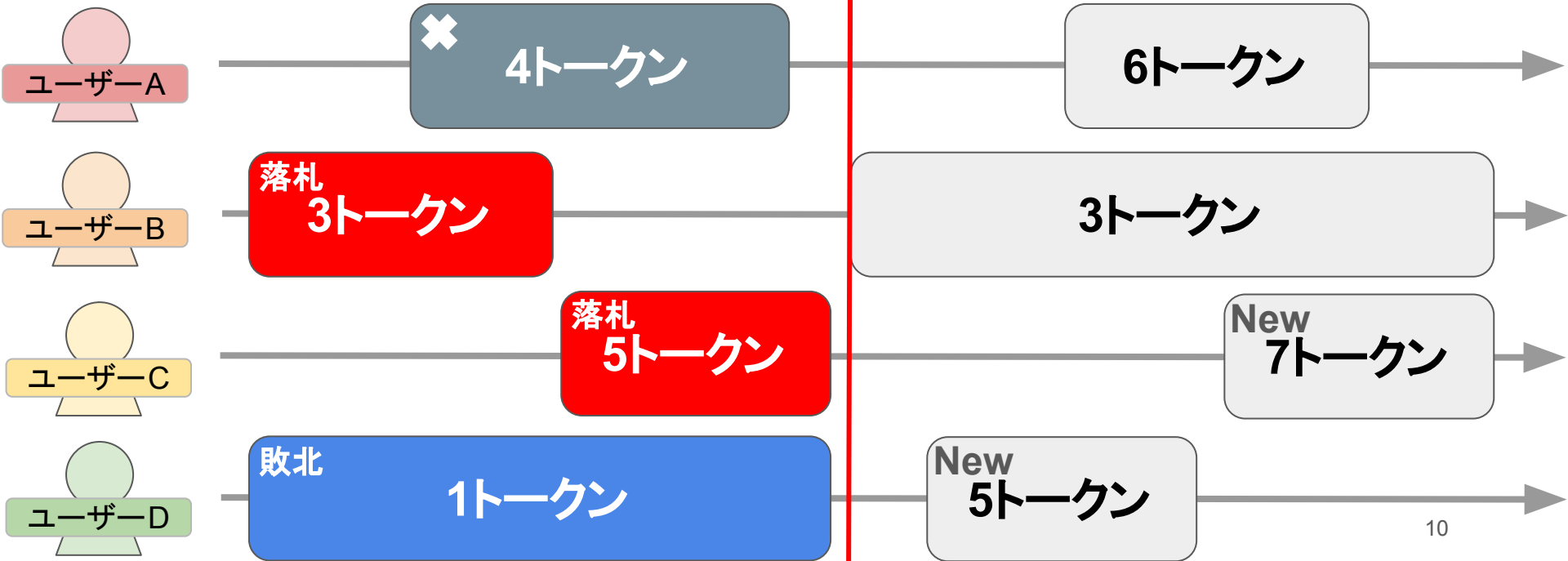
1トークン

# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

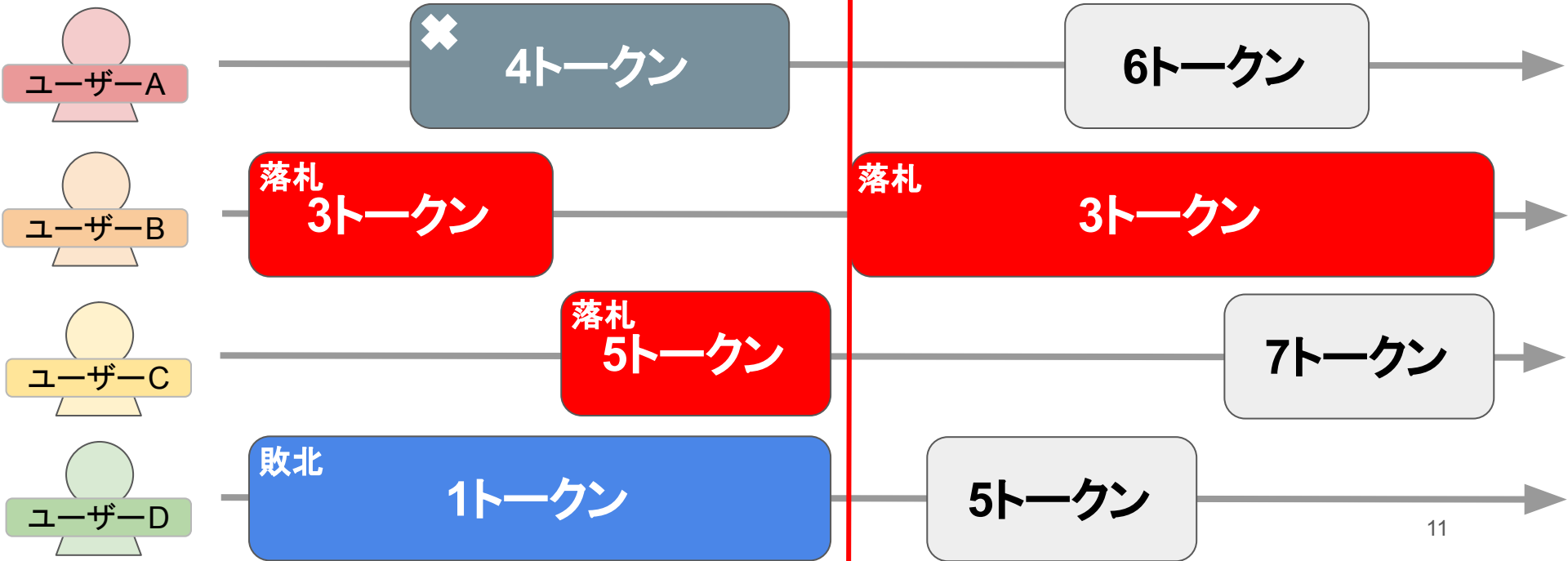


# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

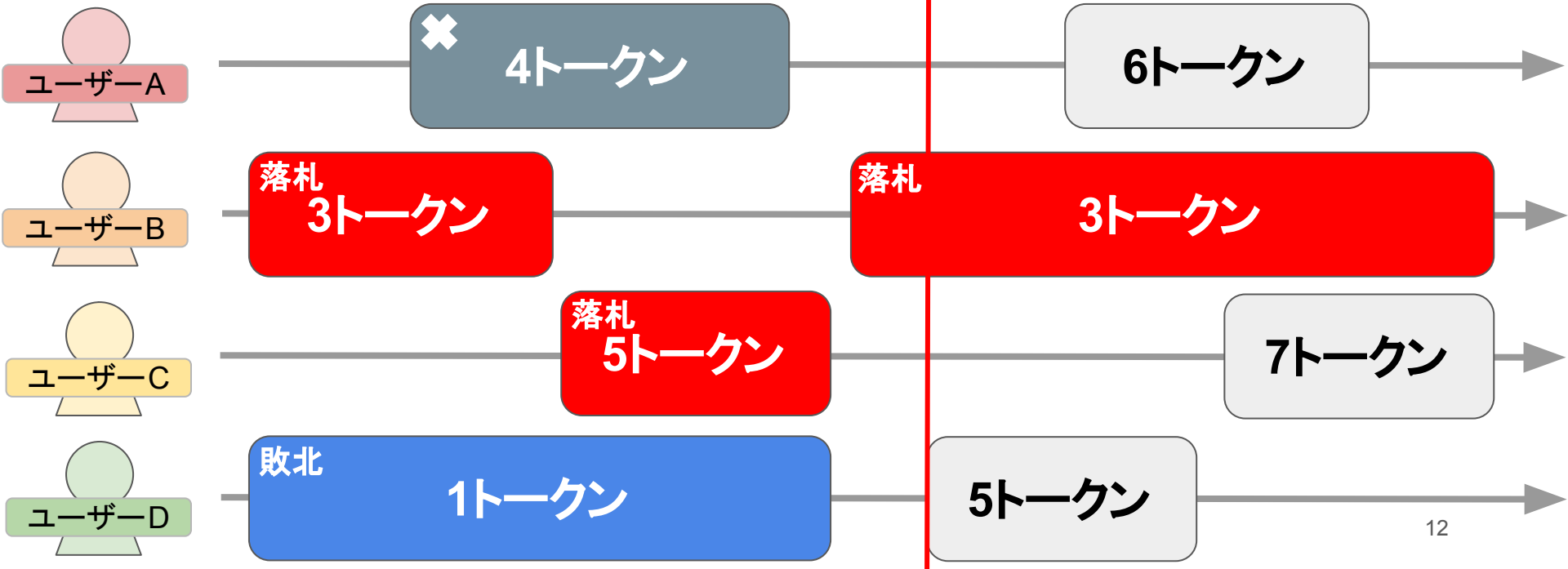


# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

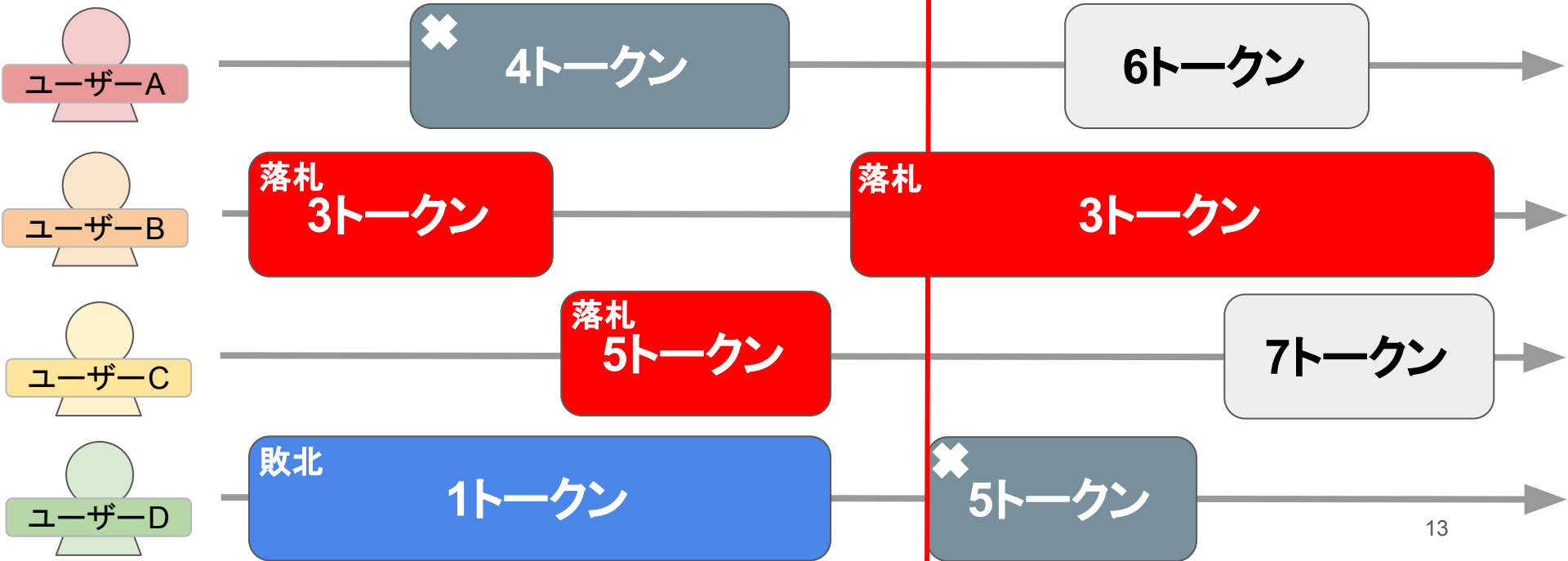


# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

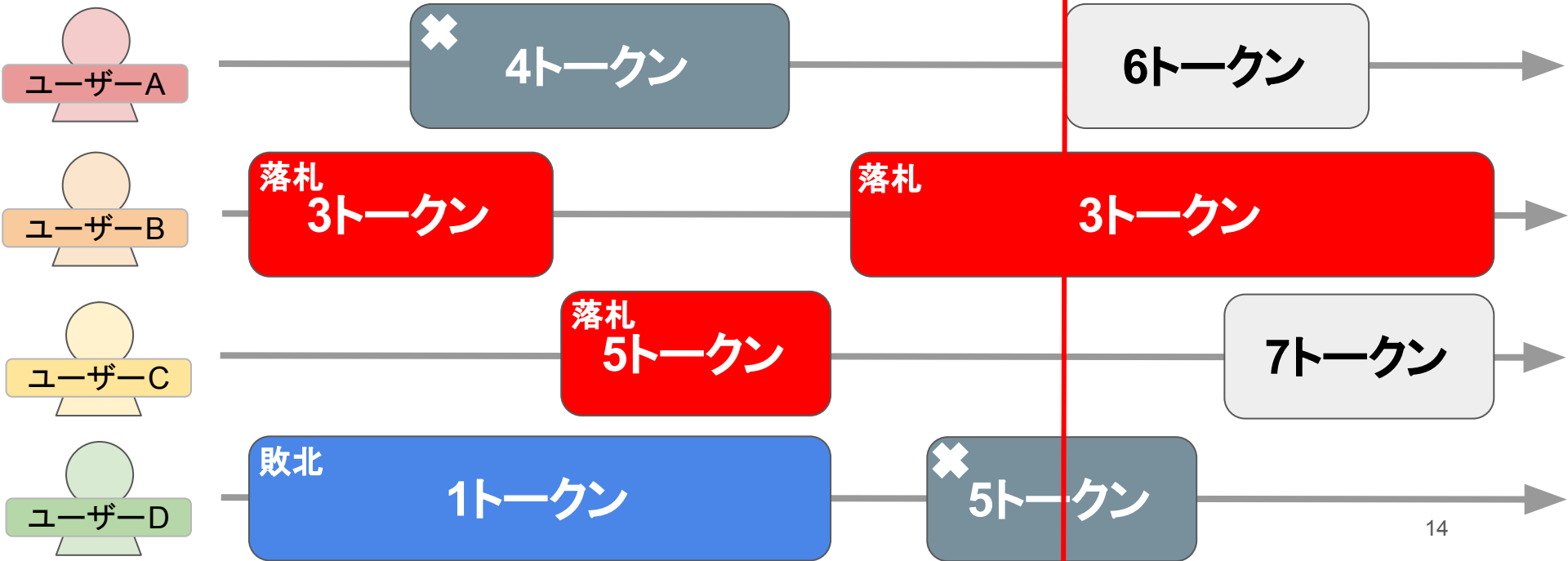


# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

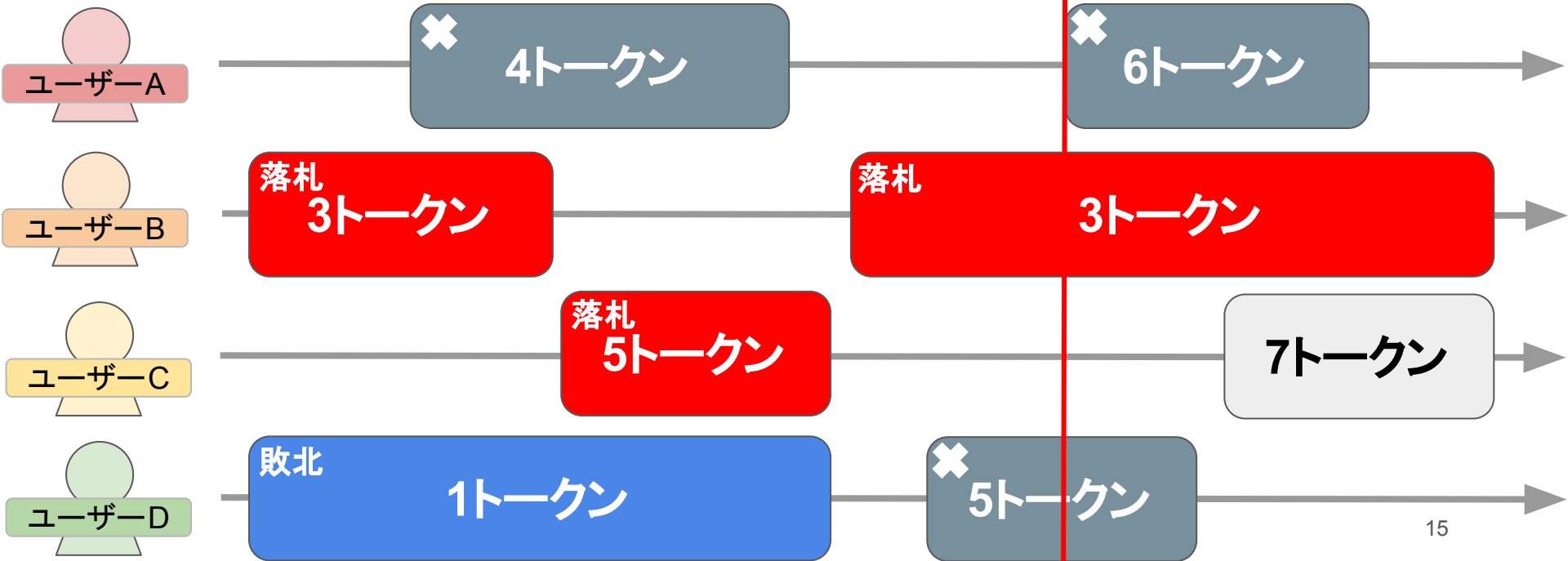


# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

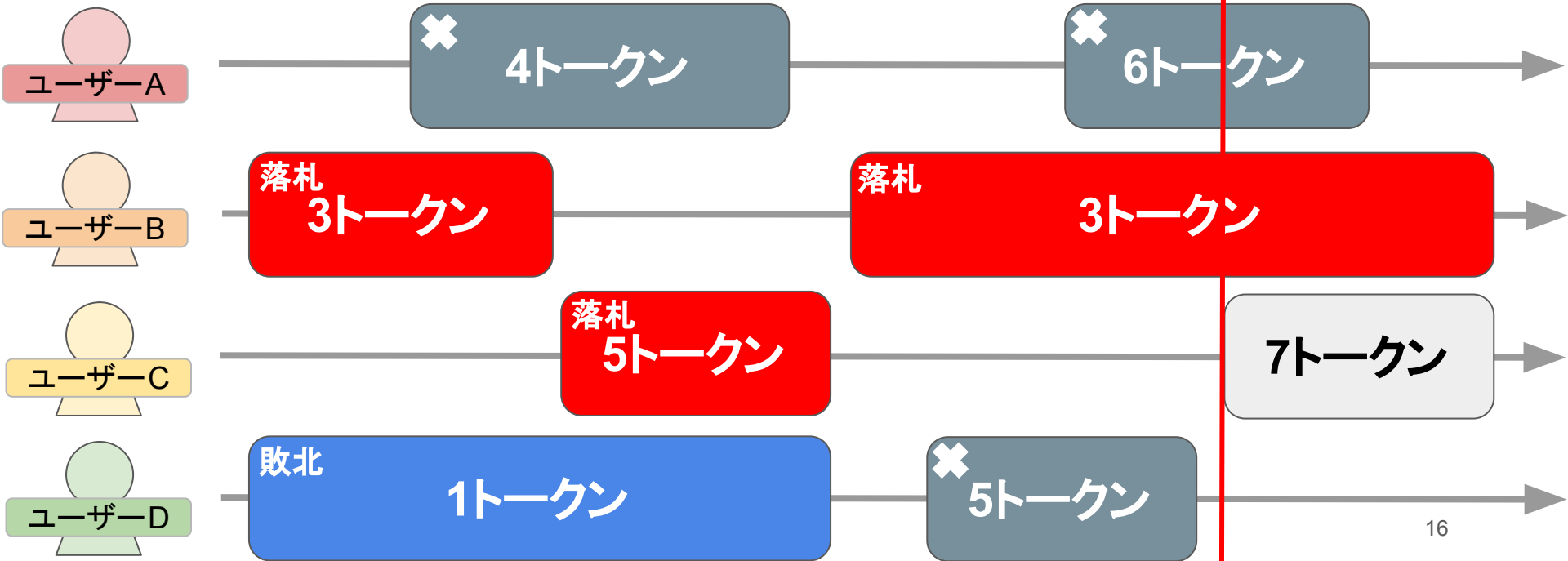


# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻



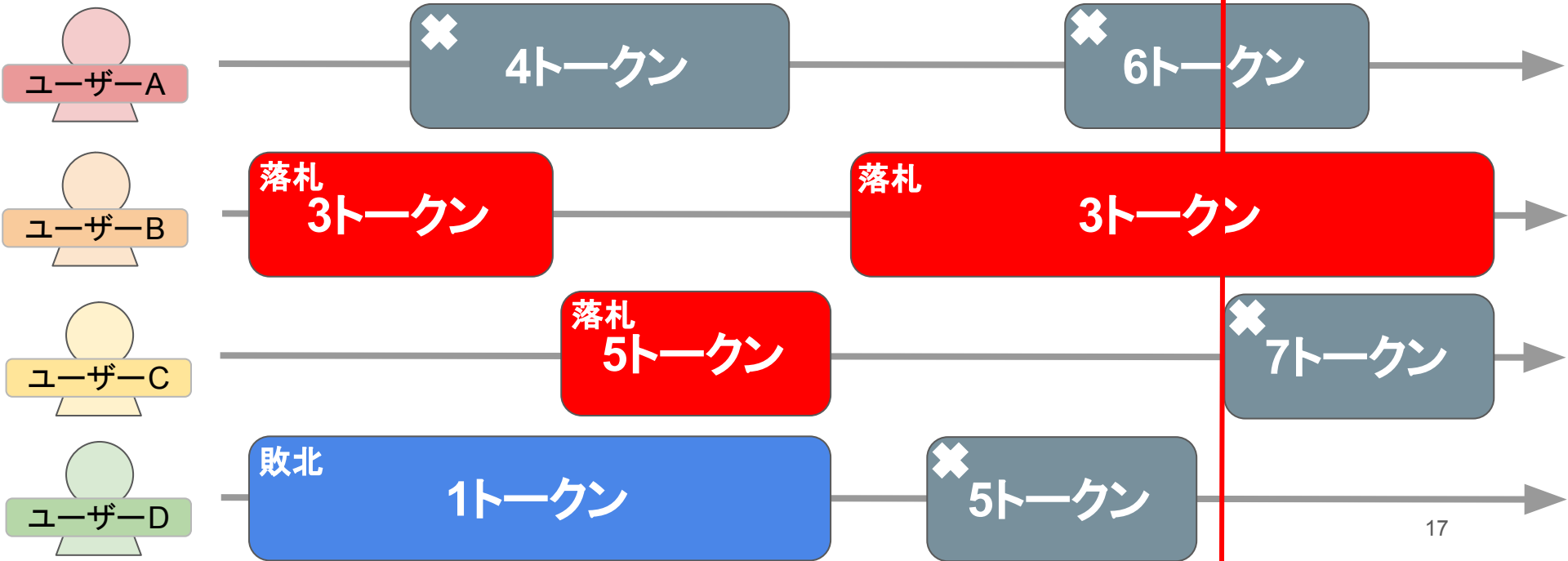


# 既存システムの車両割り当て

割り当て可能な車両が存在すれば逐次割り当てる

車両1台を共有

時刻

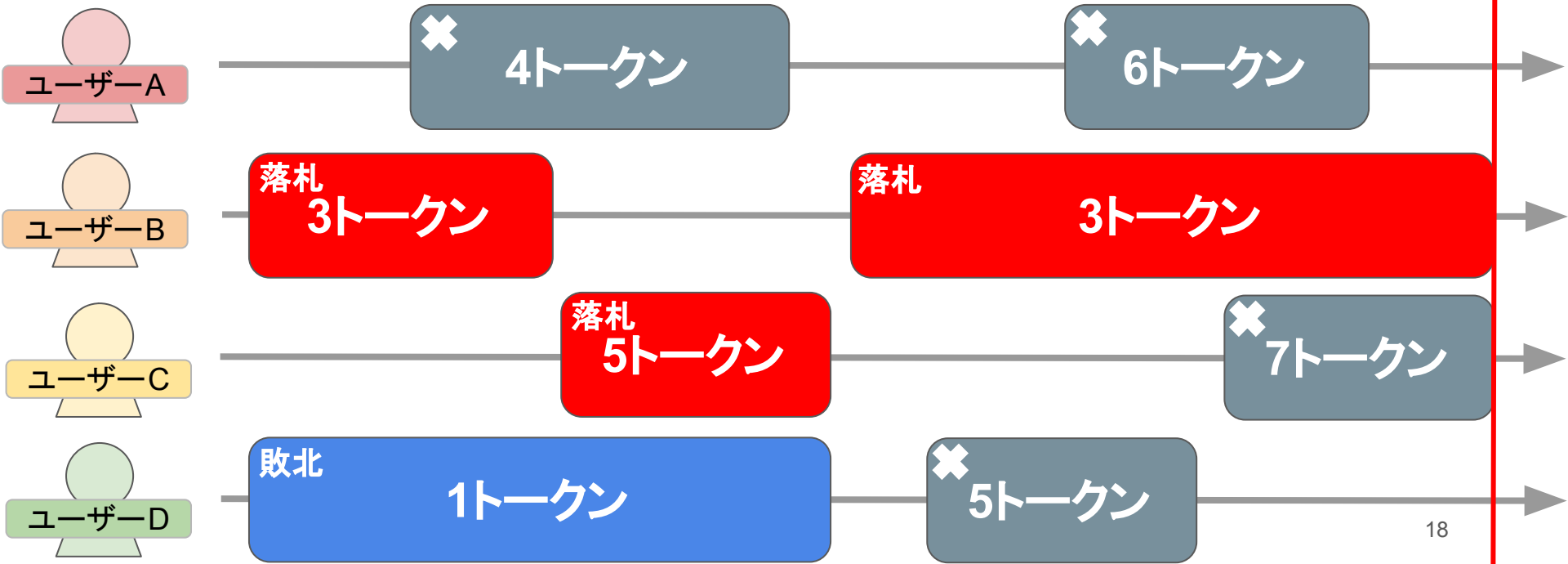


# 既存システムの車両割り当て

早いもの勝ち  
オークション

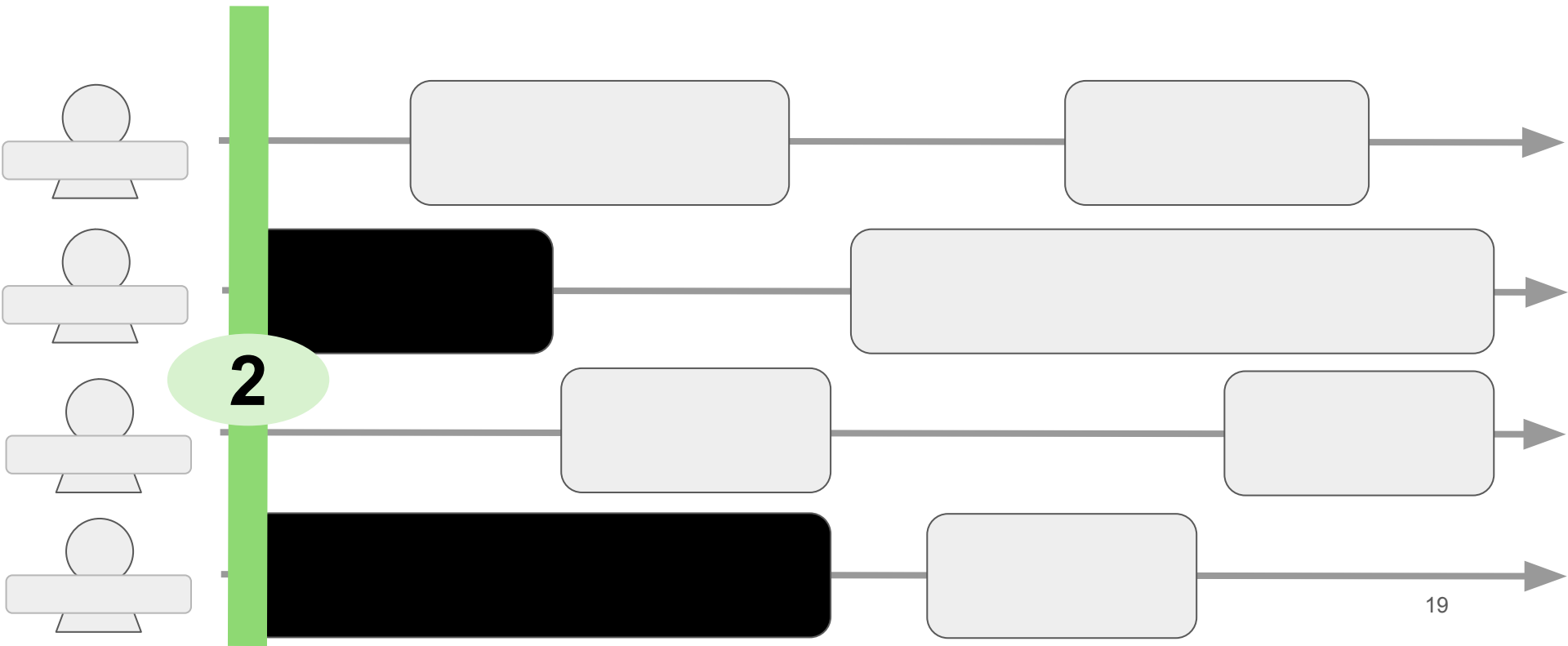
車両1台を共有

時刻



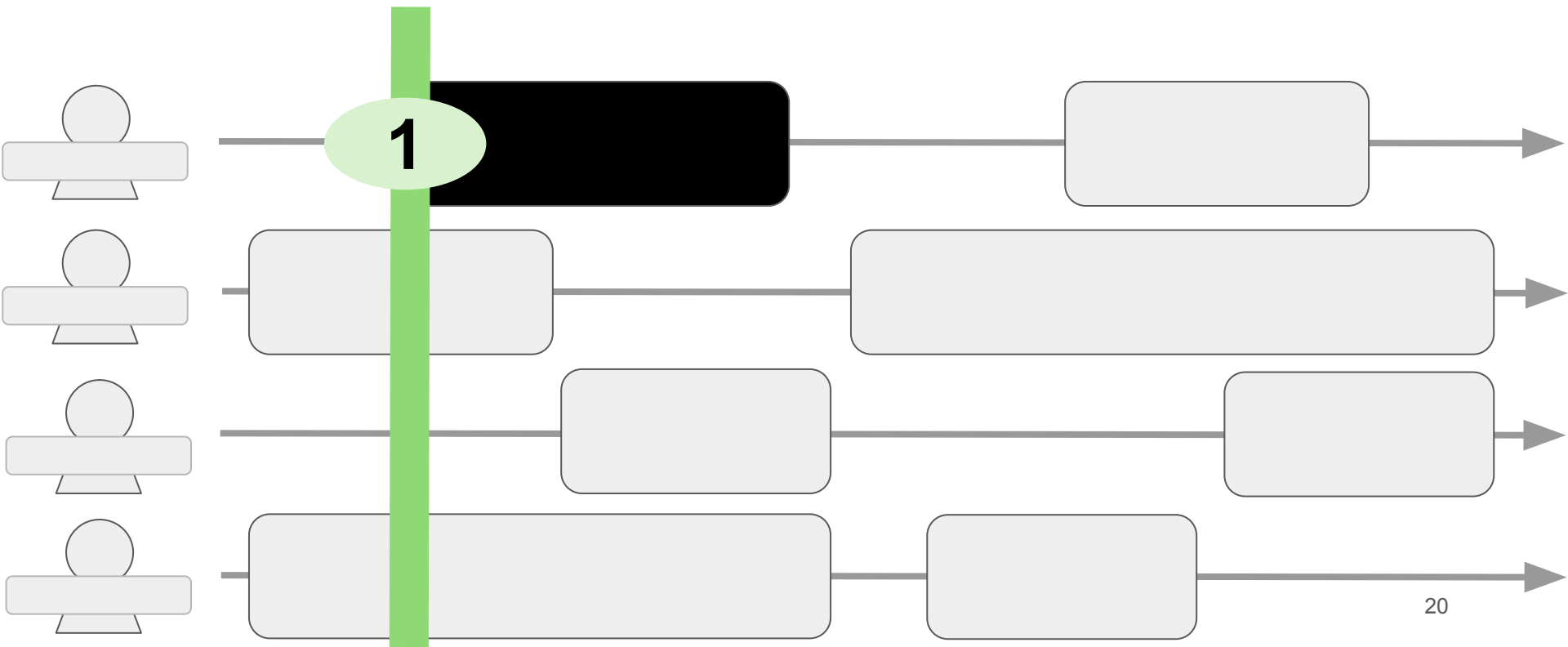
# 既存システムでの入札競争人数

入札競争の  
激しさが弱い



# 既存システムでの入札競争人数

入札競争の  
激しさが弱い



# 既存システムでの入札競争人数

20分間隔のオークションのため  
ユーザーの需要時間が一致せず  
入札競争の激しさが弱い



# 現状の課題

1. オークションアルゴリズムの課題
  - 早いもの勝ち車両割り当て
  - 入札競争が弱い
2. 利用予定時間と入札金額の課題
  - 時間によらず**分布が変わらない**  
(図1より)
  - 少ない消費トークンで**長時間利用**
3. 車両利用時間の課題
  - 一部のユーザーが利用予定時間を適切に見積らない  
(返却時間に制限が特にない)

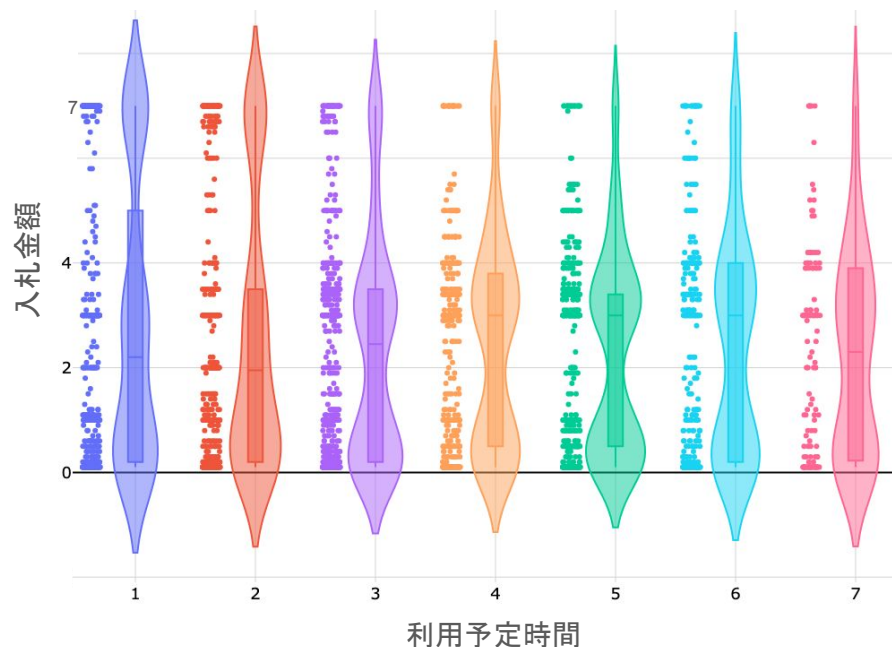
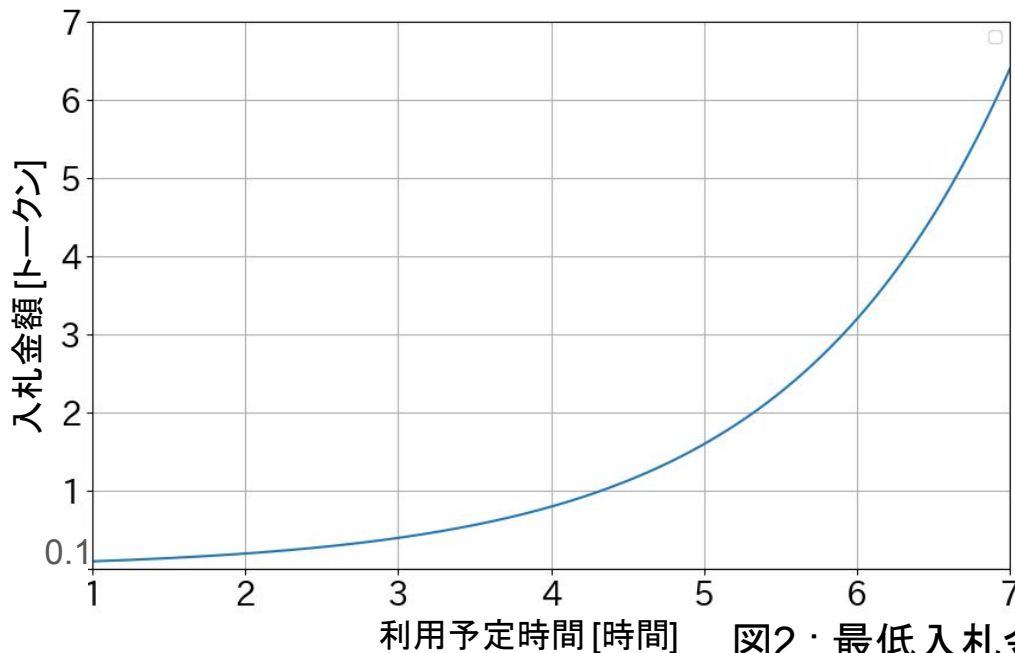


図1. 利用予定時間と入札金額の分布

# 変更1: 最低入札金額の導入

- 利用予定時間に基づく最低入札金額を超える入札以外は全て**敗北**
- 時間帯や需要にかかわらずユーザーは**一定のトークン**を消費



$$\text{最低入札金額} = 0.1 \times 2^{(t-1)}$$

tは利用予定時間

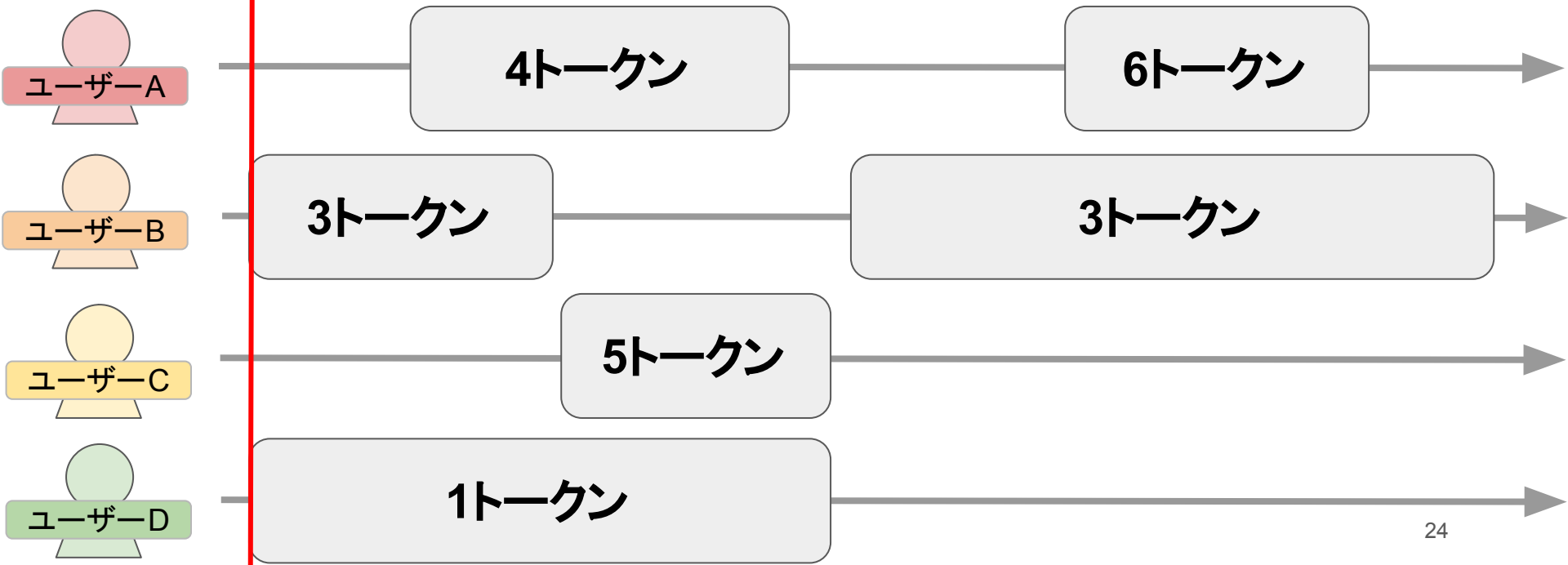
8時間以上利用予定  
の入札は全て**敗北**

図2: 最低入札金額のグラフ

## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断

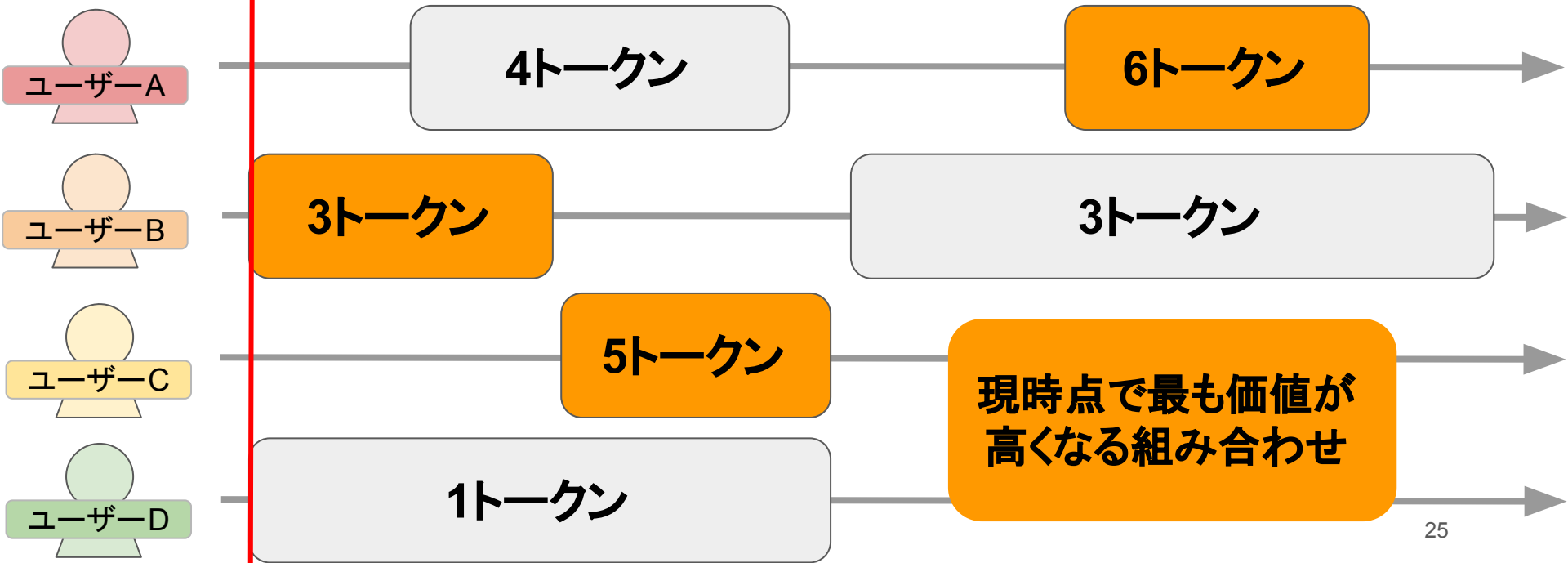




## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

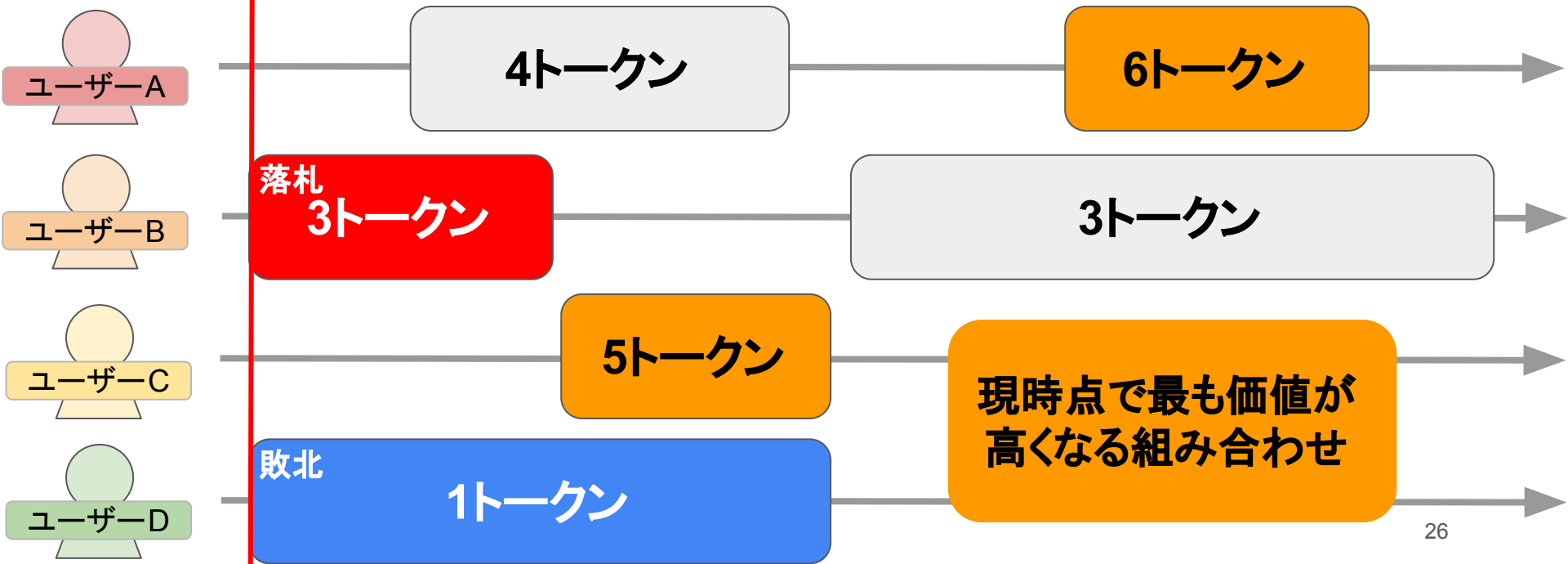
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

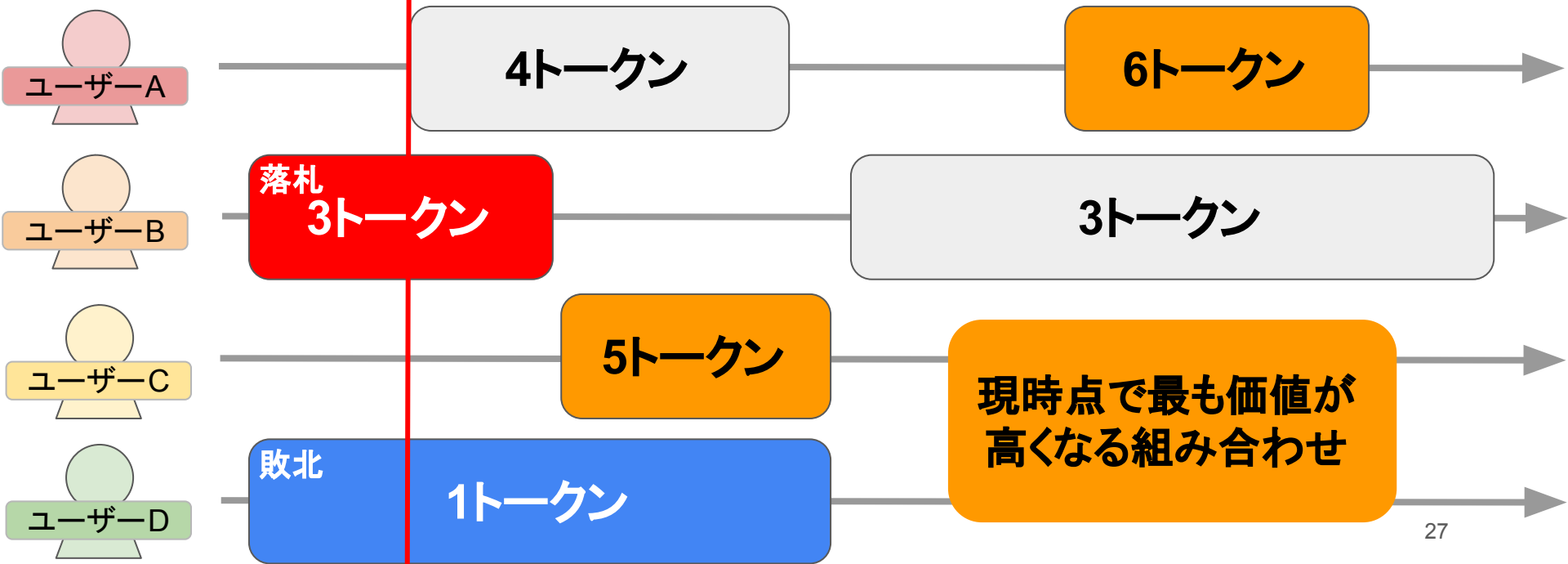
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

## 車両1台を共有

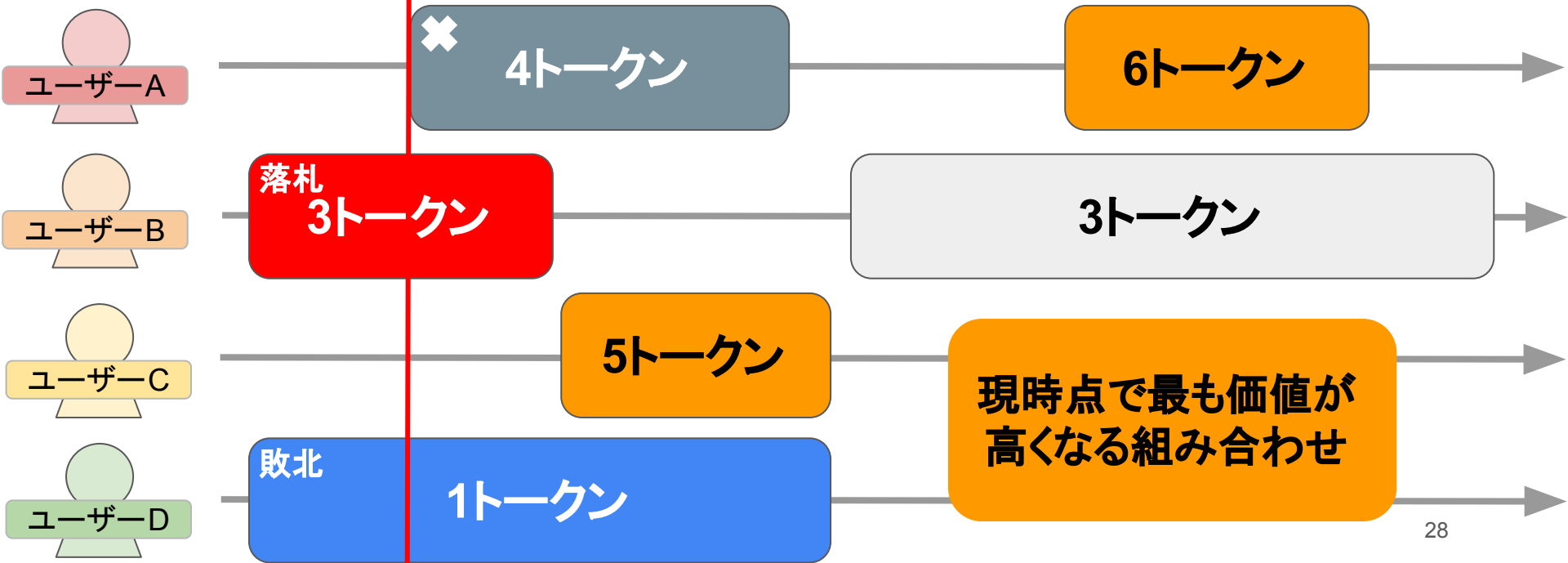
## 現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

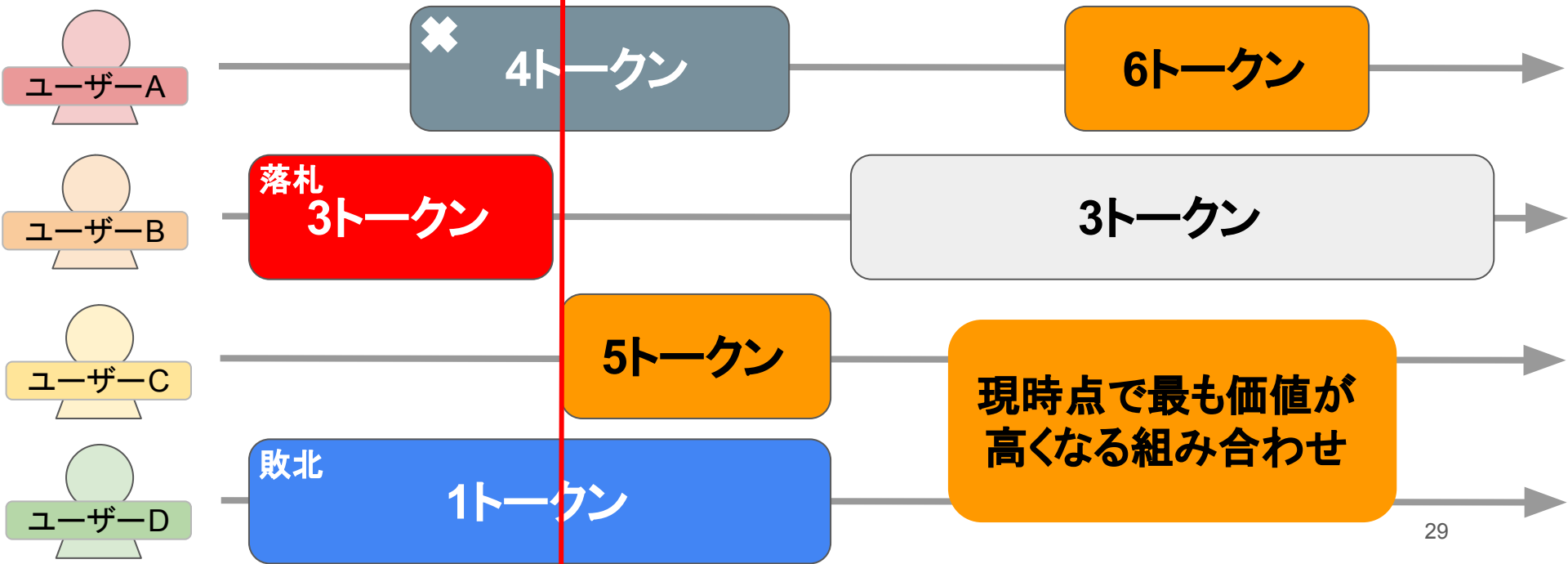
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

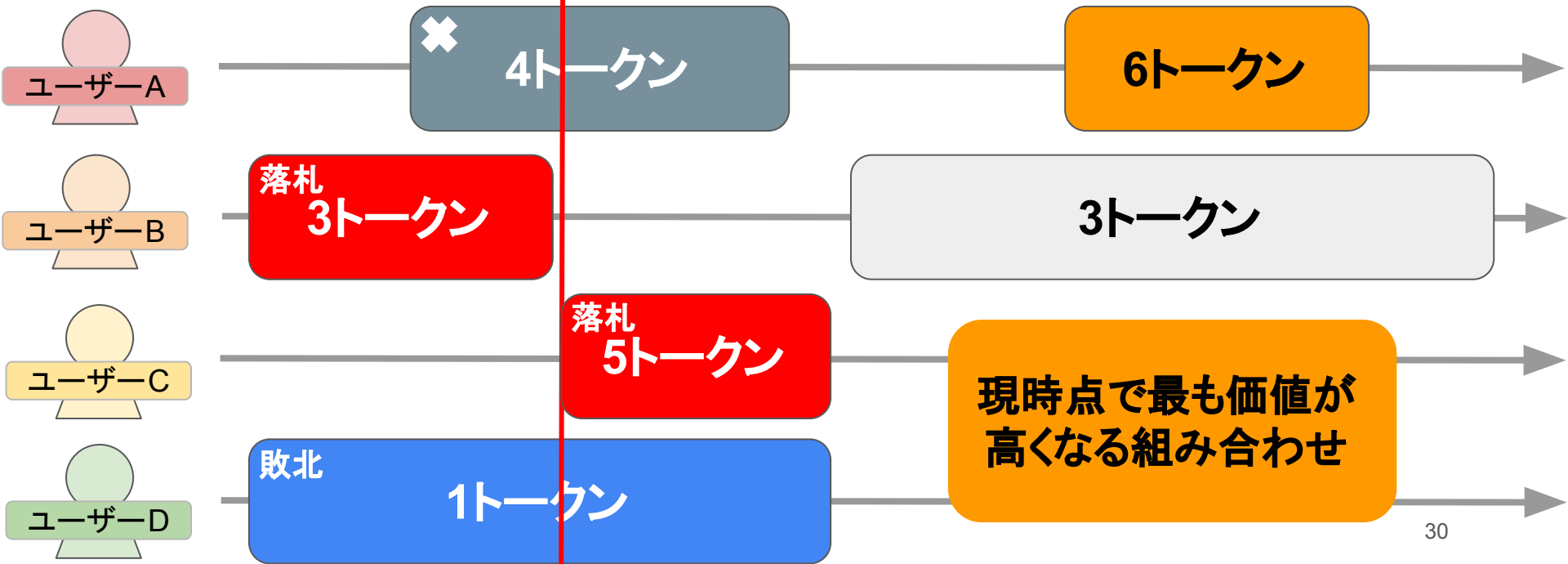
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

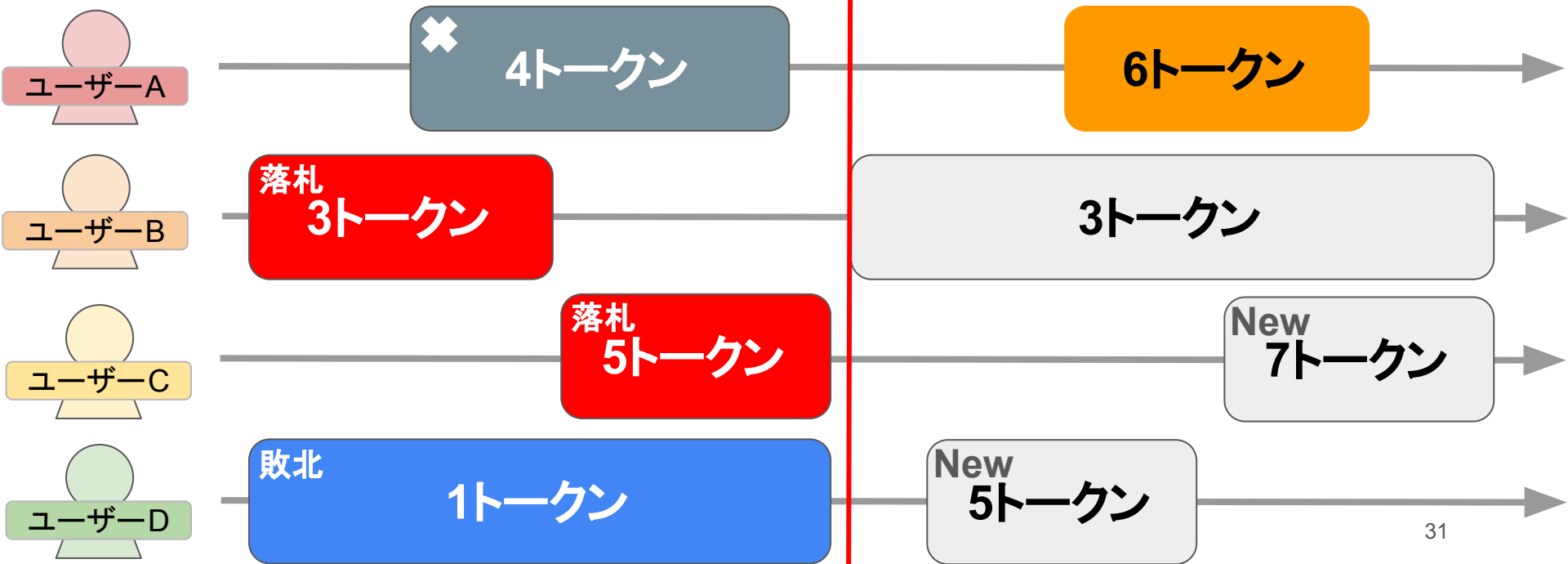
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

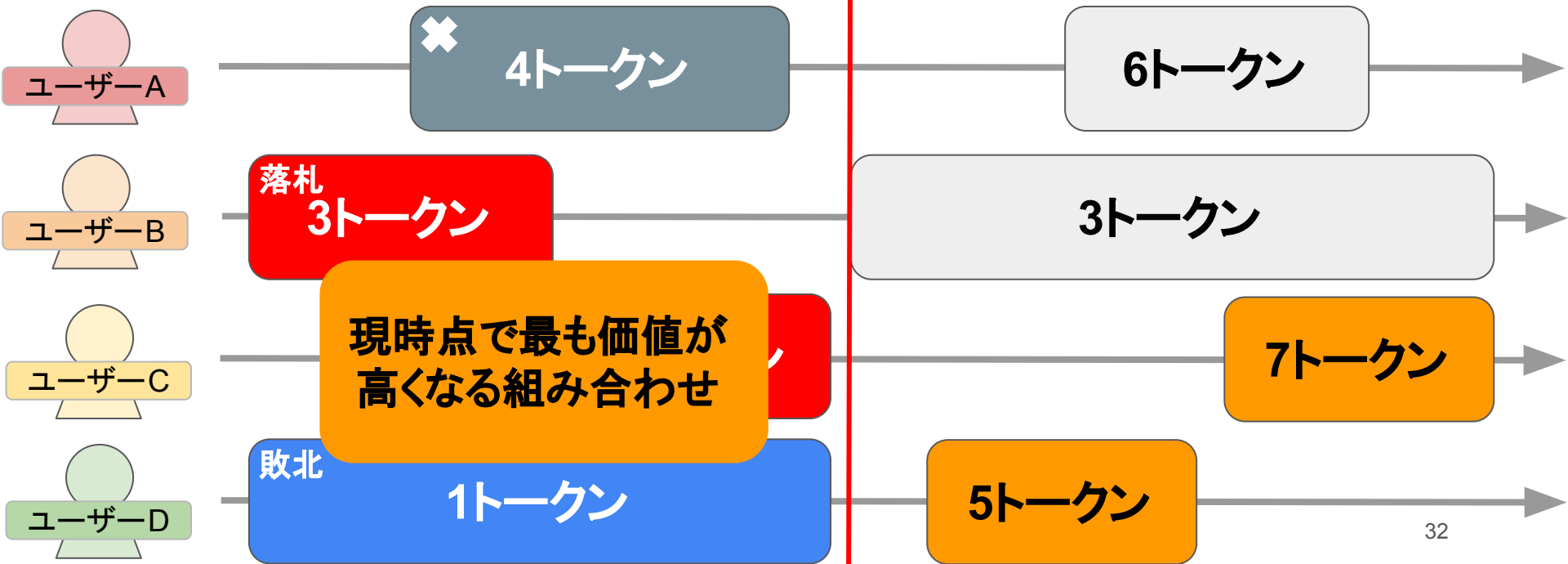
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断

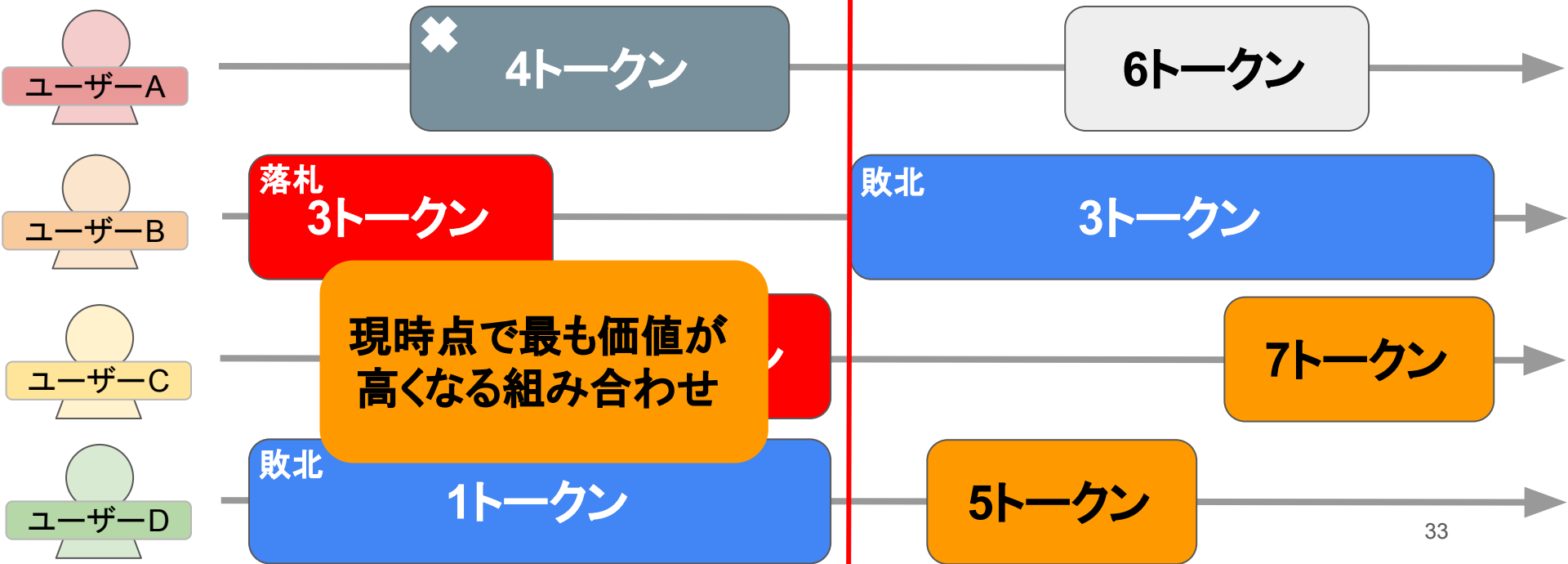




## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

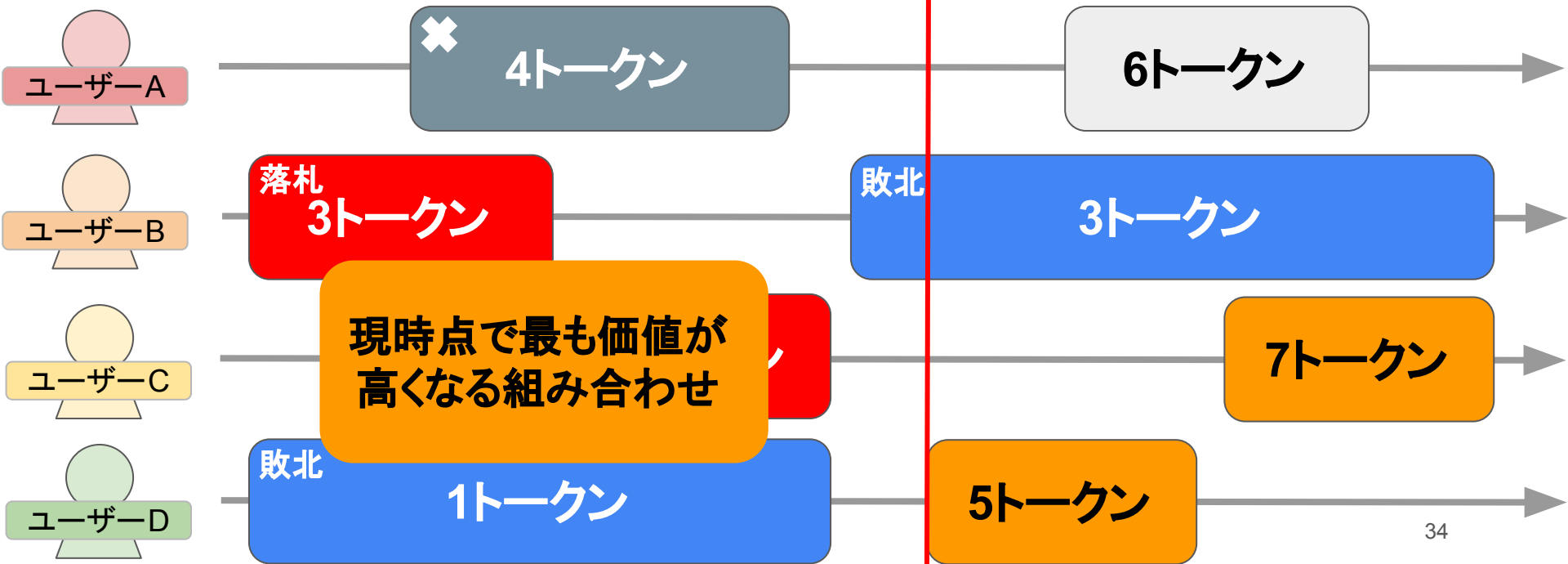
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

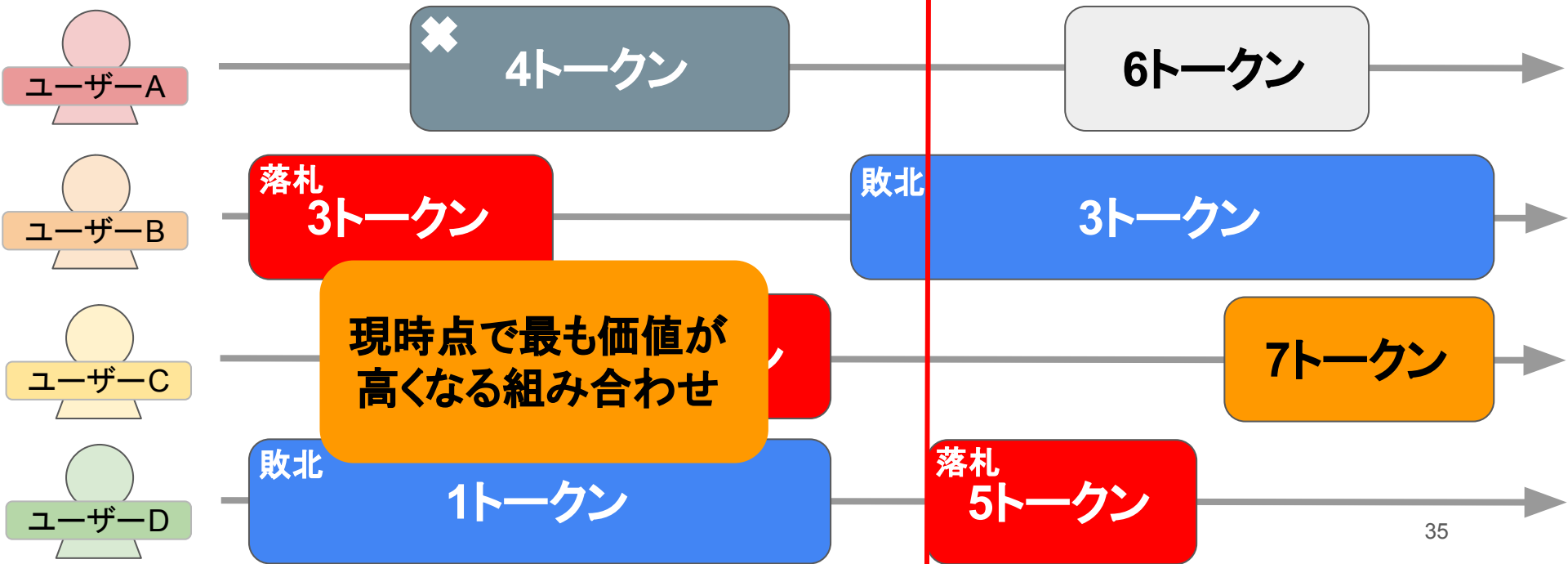
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

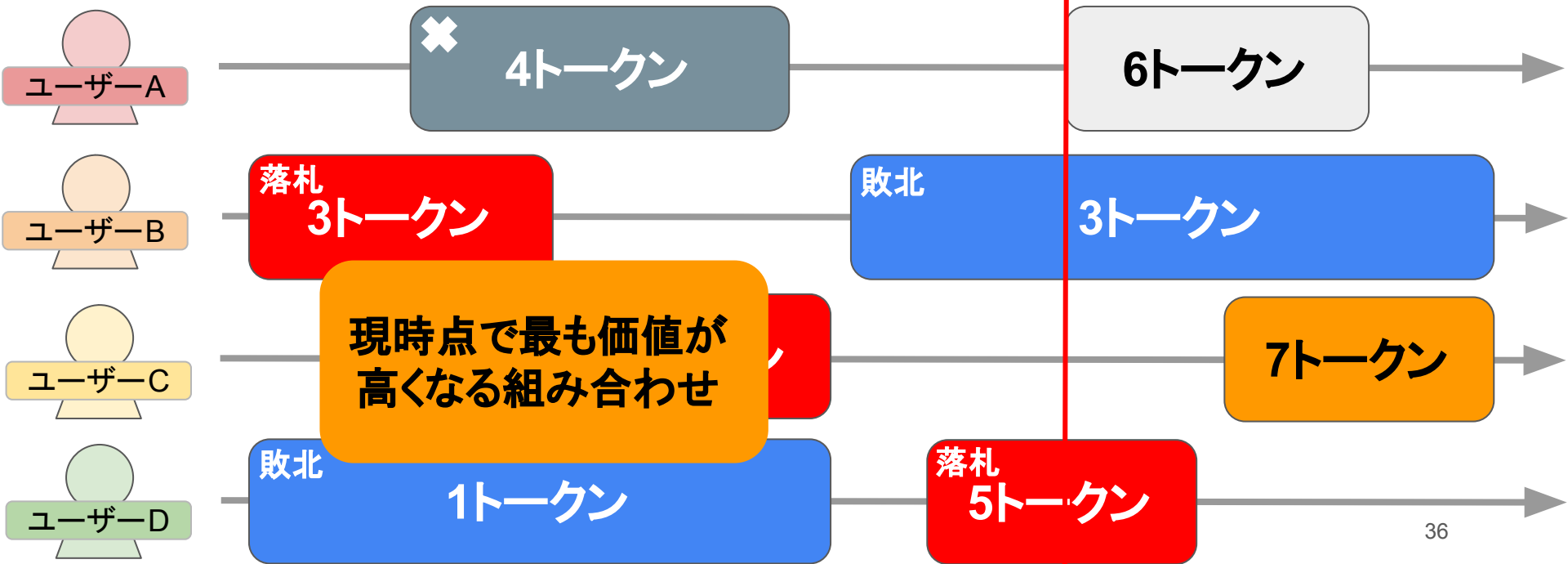
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

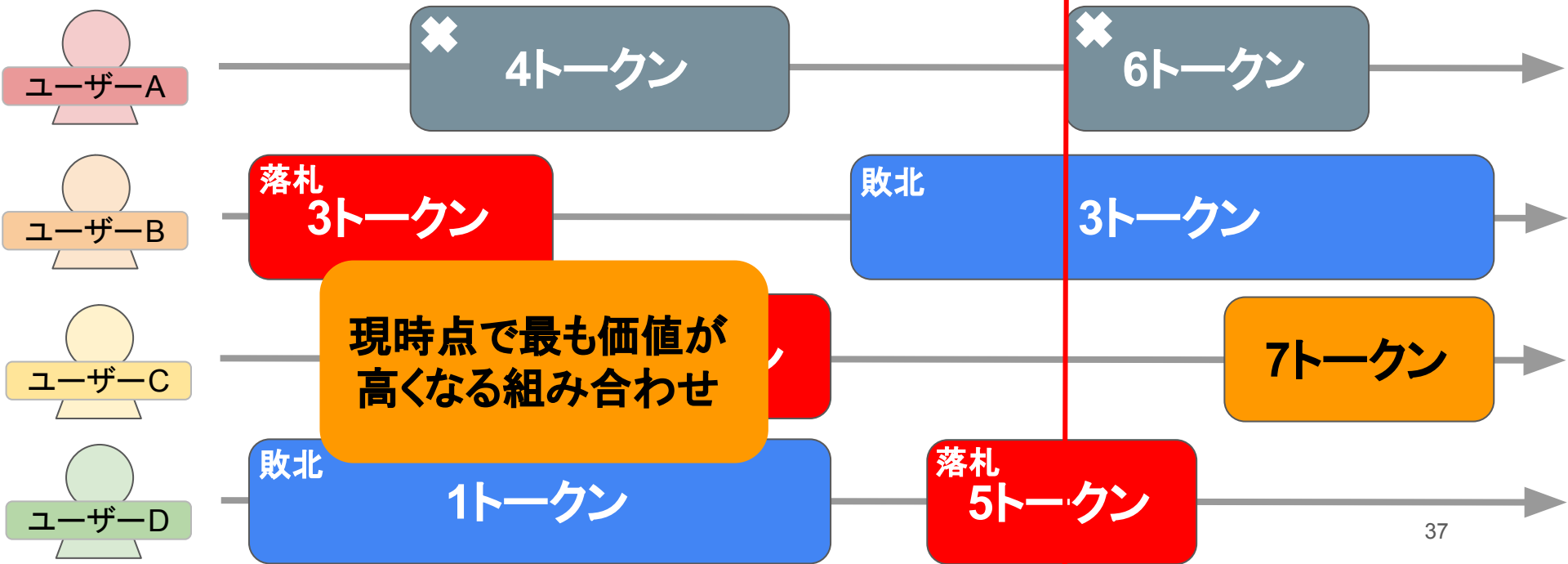
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

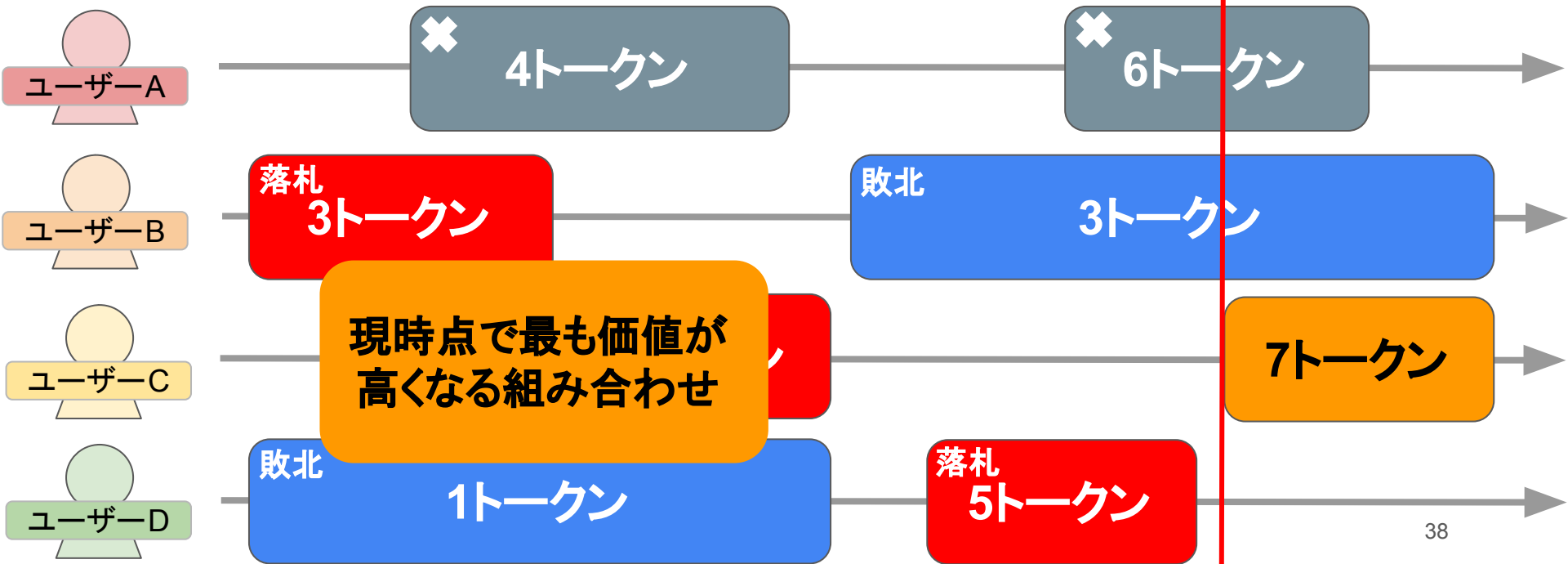
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

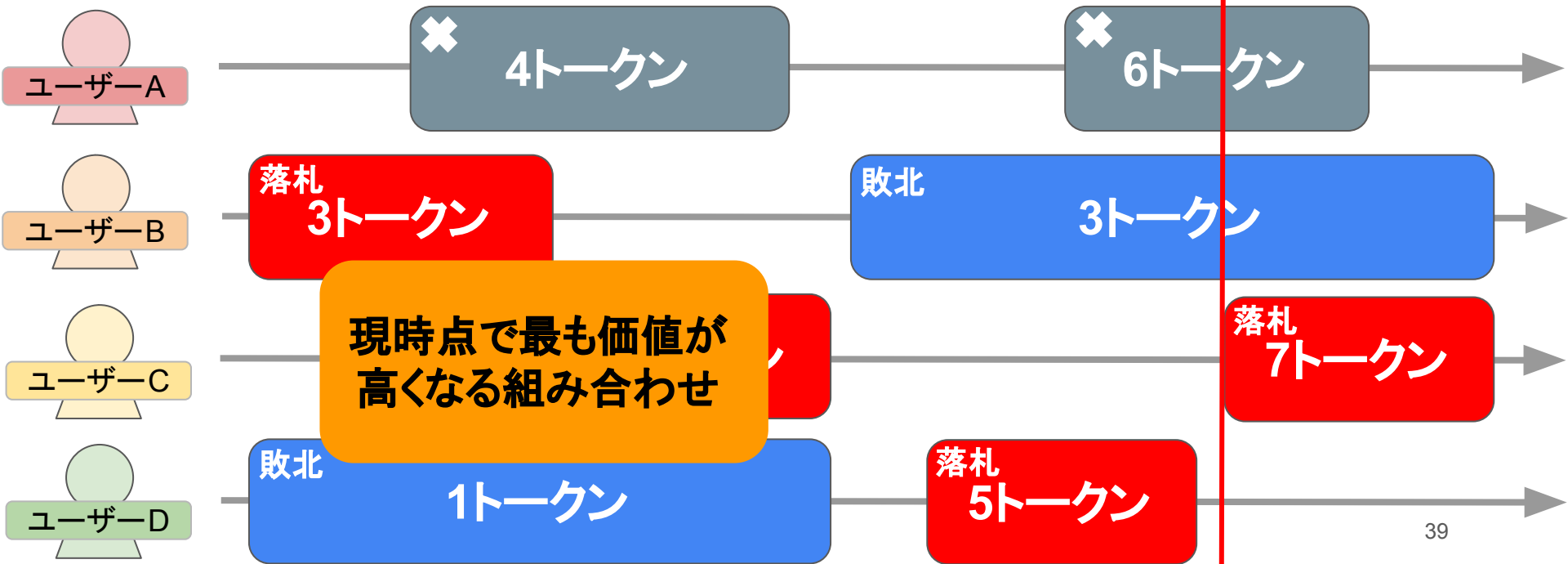
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

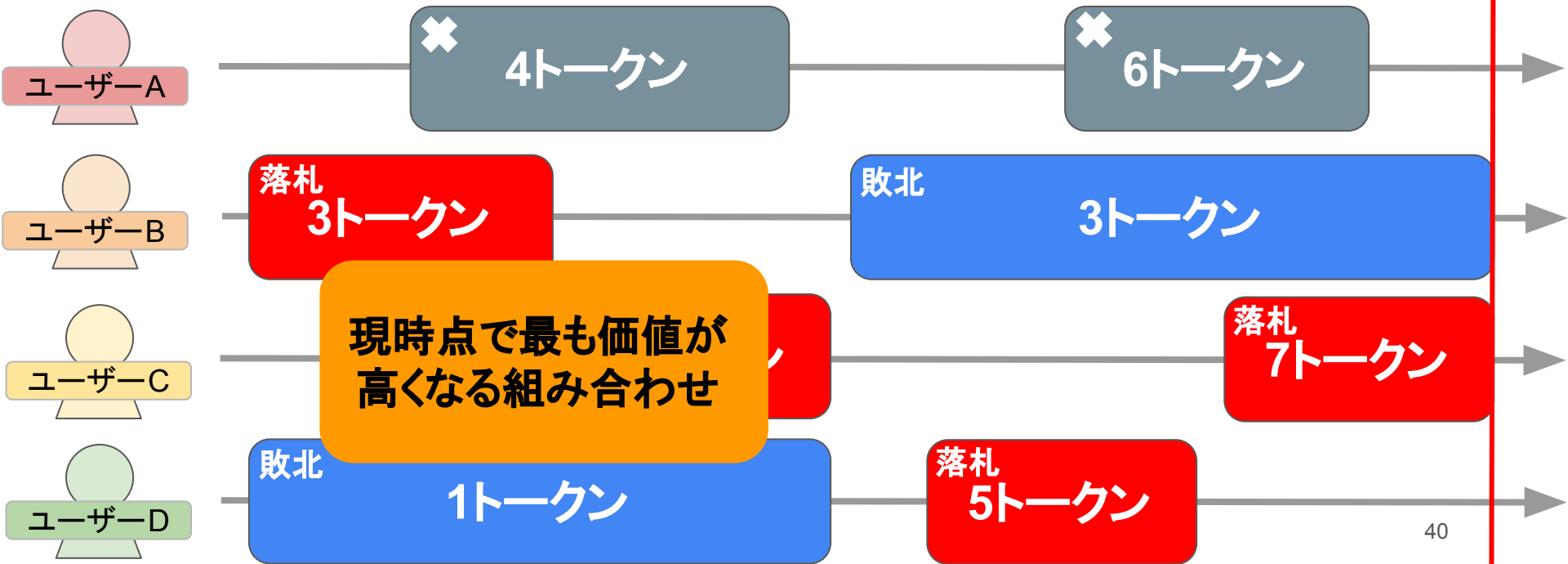
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断



## 変更2: 動的計画法を用いた車両割り当て

車両1台を共有

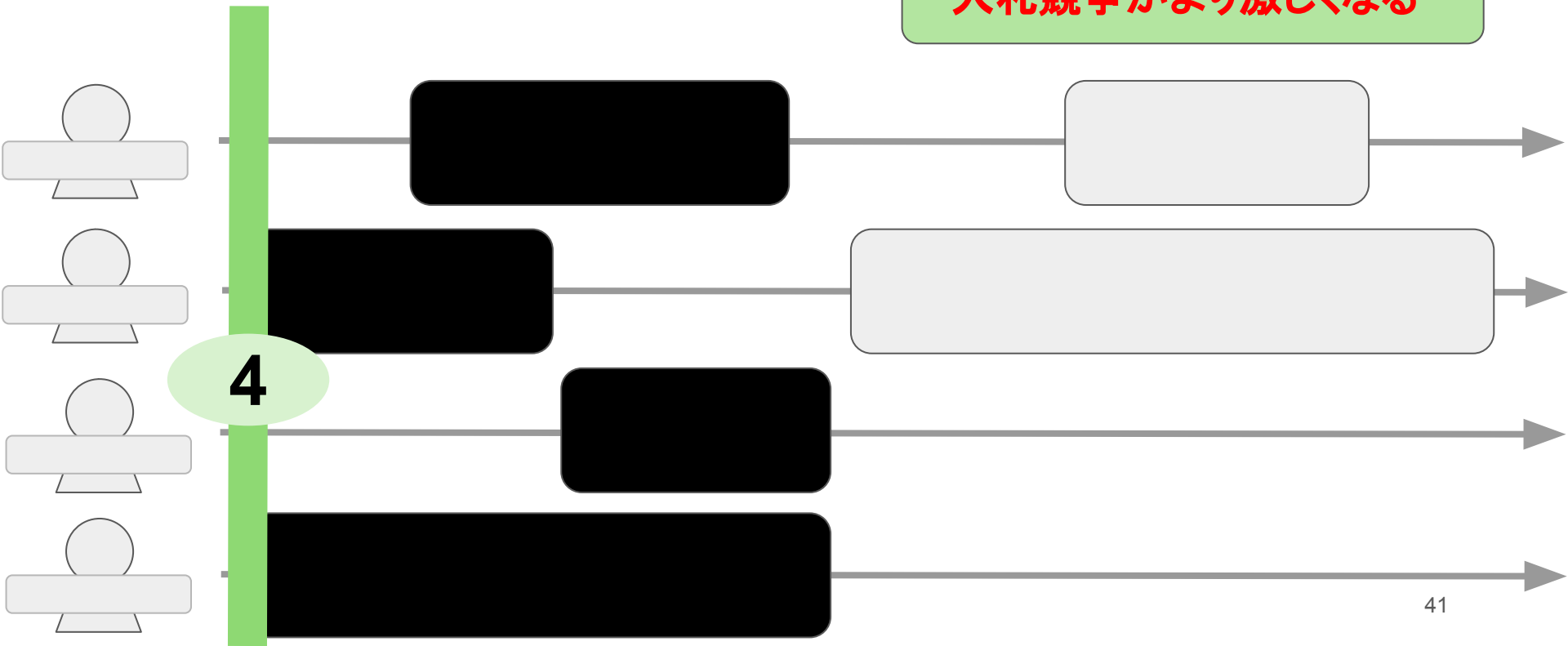
現在落札者を出した方が全体としての価値が高くなるか判断





## 変更2: 動的計画法を用いた際の入札競争人数

入札競争がより激しくなる



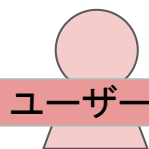
# 変更3: 返却遅延・早期返却情報を次回以降の入札へ利用

単位時間あたりの  
入札金額

$$= \frac{\text{入札金額}}{\text{利用予定時間}}$$

単位時間あたりの  
入札金額

$$= \frac{\text{入札金額}}{\text{利用予定時間} + \text{重み } W}$$



ユーザーA

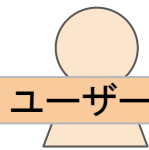
1時間早い返却

遅延なし返却

重み: -0.5時間

早い返却だと  
次回お得

重み: 過去 n回 の車両返却履歴の平均  
(nはユーザーにより異なる)



ユーザーB

5時間遅い返却

1時間遅い返却

重み: 3時間

遅い返却だと  
次回ペナルティー

# 実験概要

- 参加ユーザー: NAIST学生, 教職員, 一部近隣企業の社員
- 車両: 電気自動車 (時期により台数は異なるが1~5台)

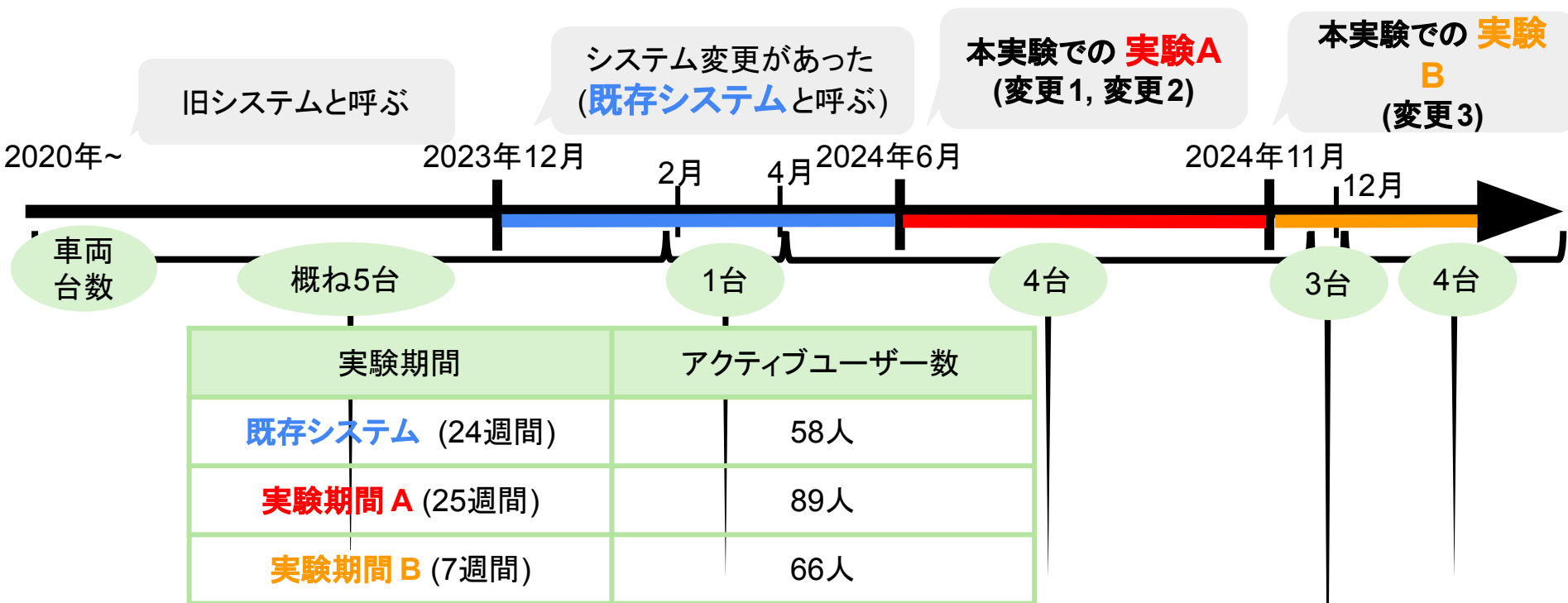


表1: 実験期間とアクティブユーザー数

# 結果1: 利用申告時間と入札金額の分布の変化

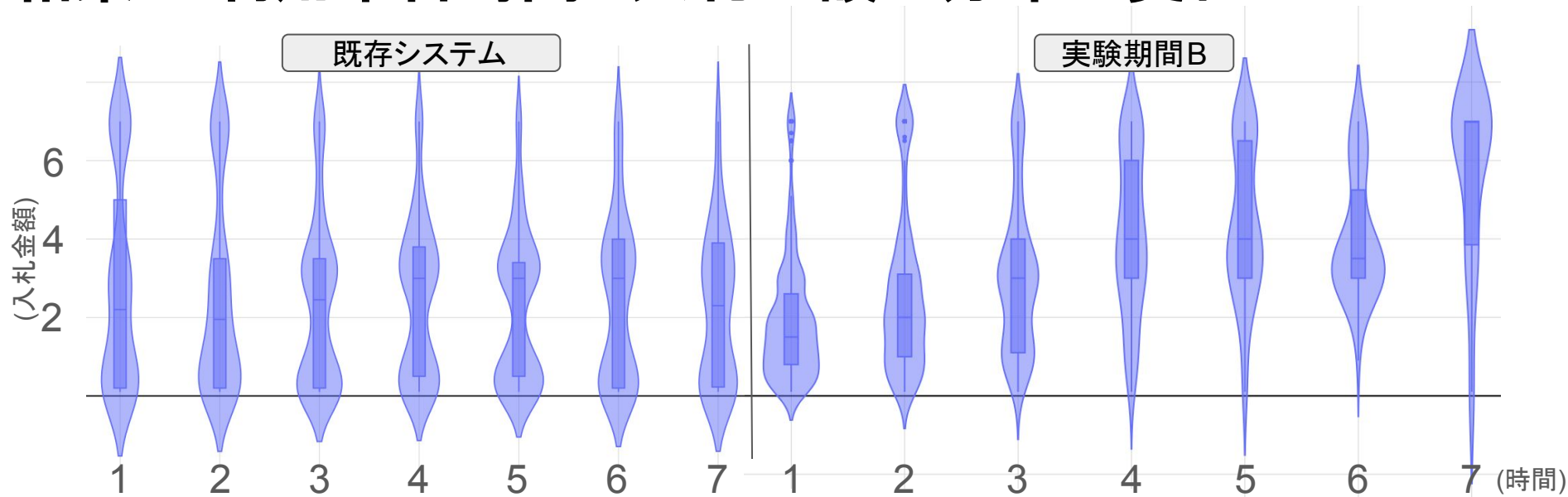


図3. 各実験期間での利用予定時間と入札金額の分布

長時間利用するにはより多くのトークンを消費するようにユーザーの行動が変化  
ユーザーの需要がより顕著に現れるようになった  
既存システムよりも需要に応じた割り当てが可能

# 結果1: 利用申告時間と入札金額の分布の変化

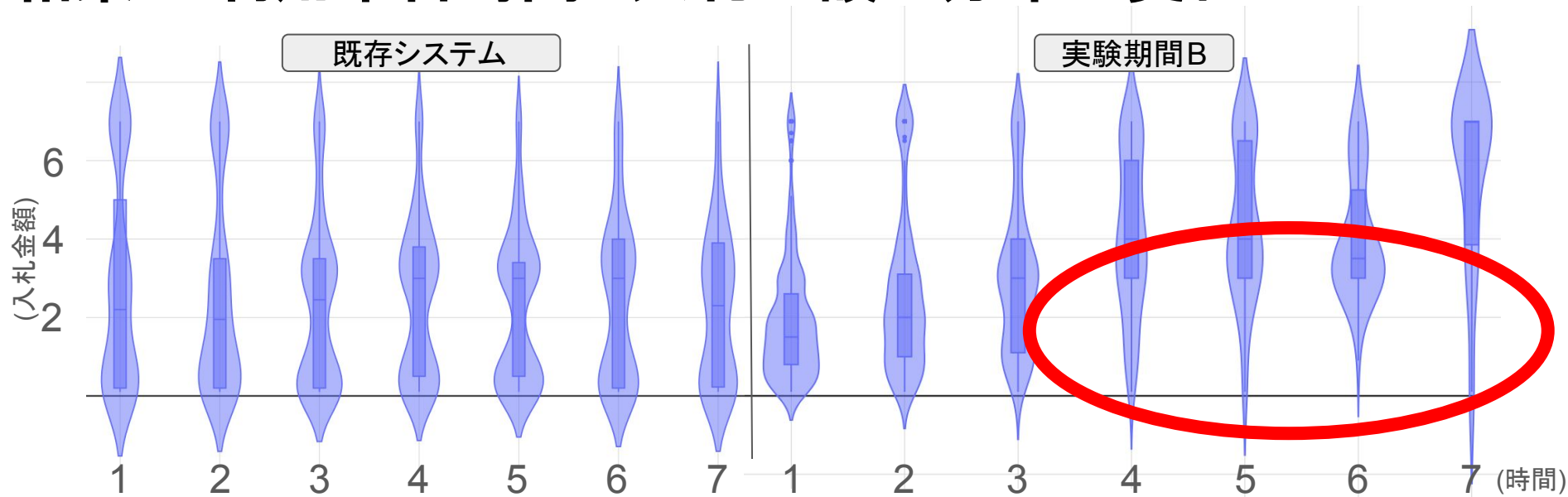
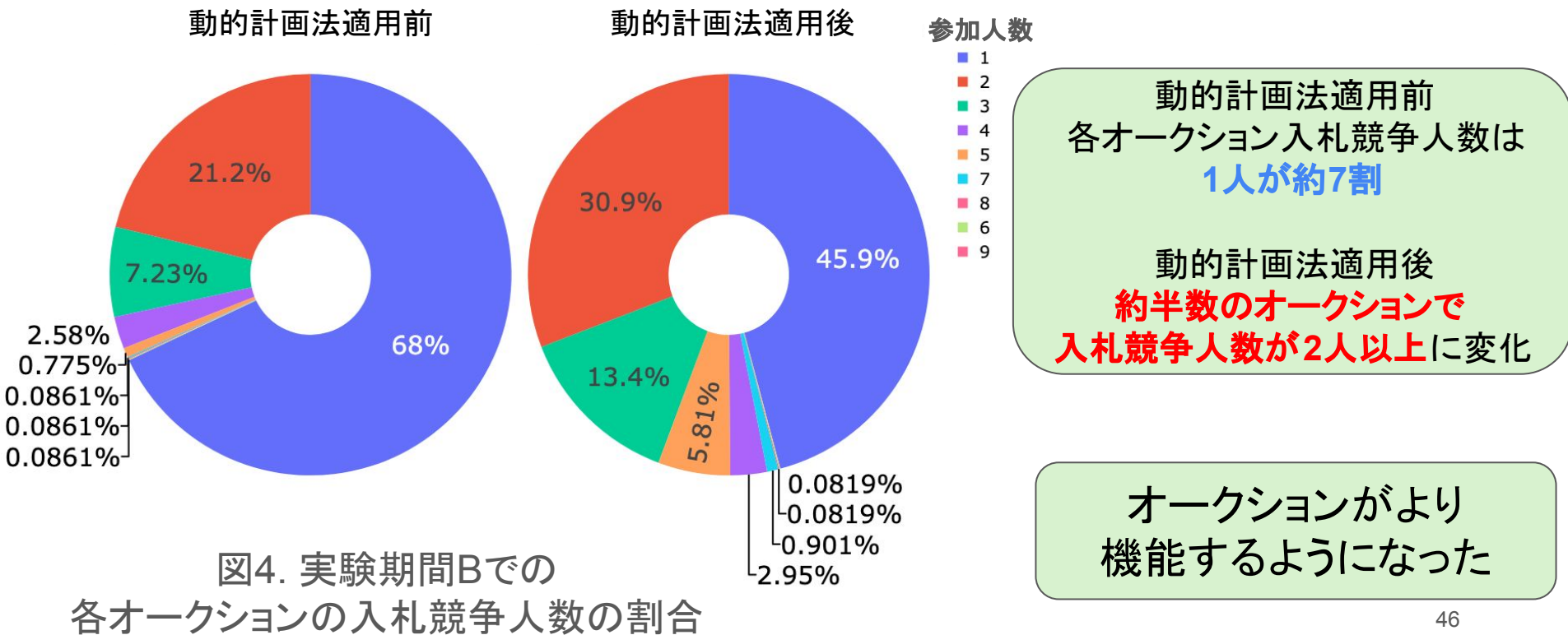


図3. 各実験期間での利用予定時間と入札金額の分布

長時間利用するにはより多くのトークンを消費するようにユーザーの行動が変化  
ユーザーの需要がより顕著に現れるようになった  
既存システムよりも需要に応じた割り当てが可能

## 結果2: 各オークションでの入札競争の激しさの変化



# 結果3-1: 車両返却時時間の変化

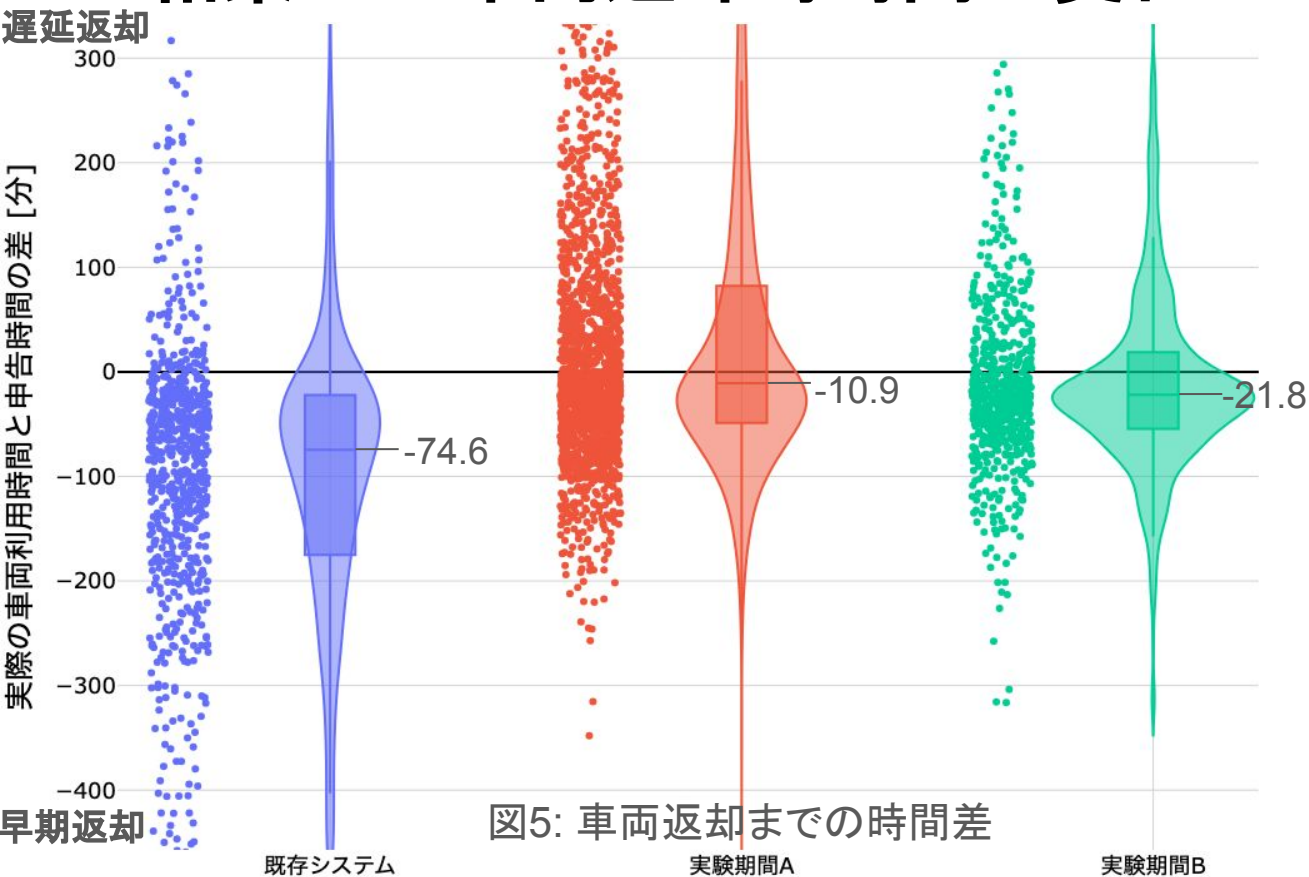
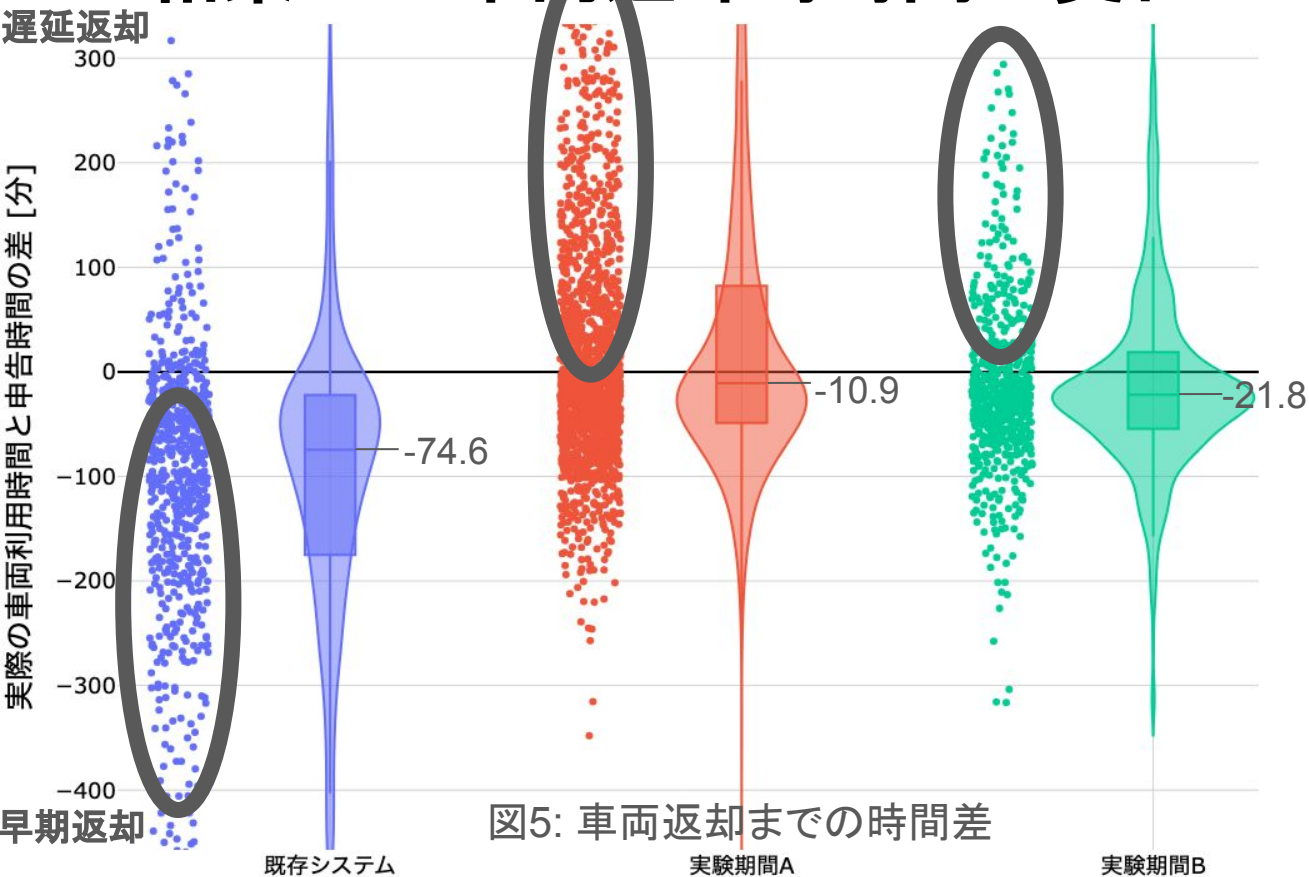


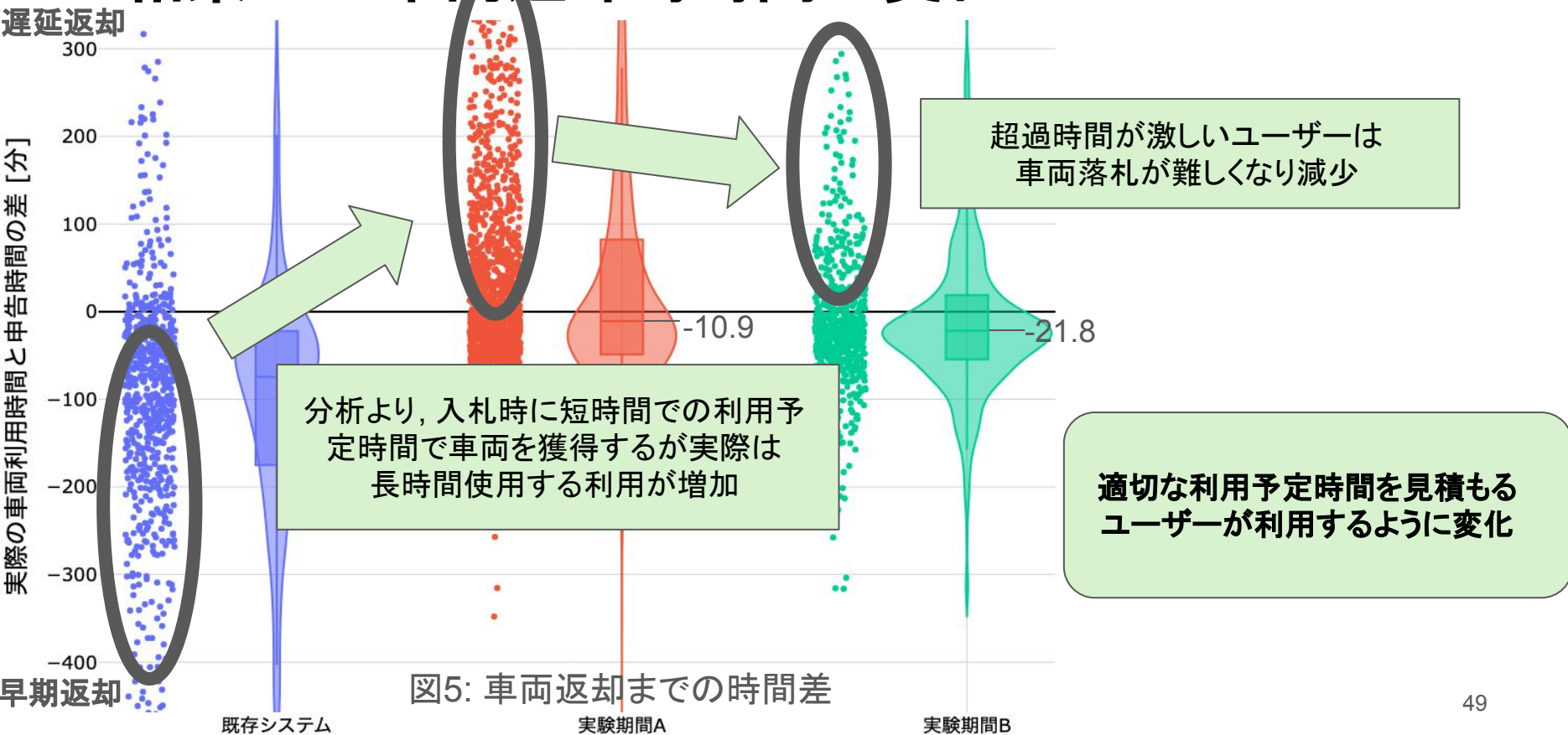
図5: 車両返却までの時間差

# 結果3-1: 車両返却時時間の変化

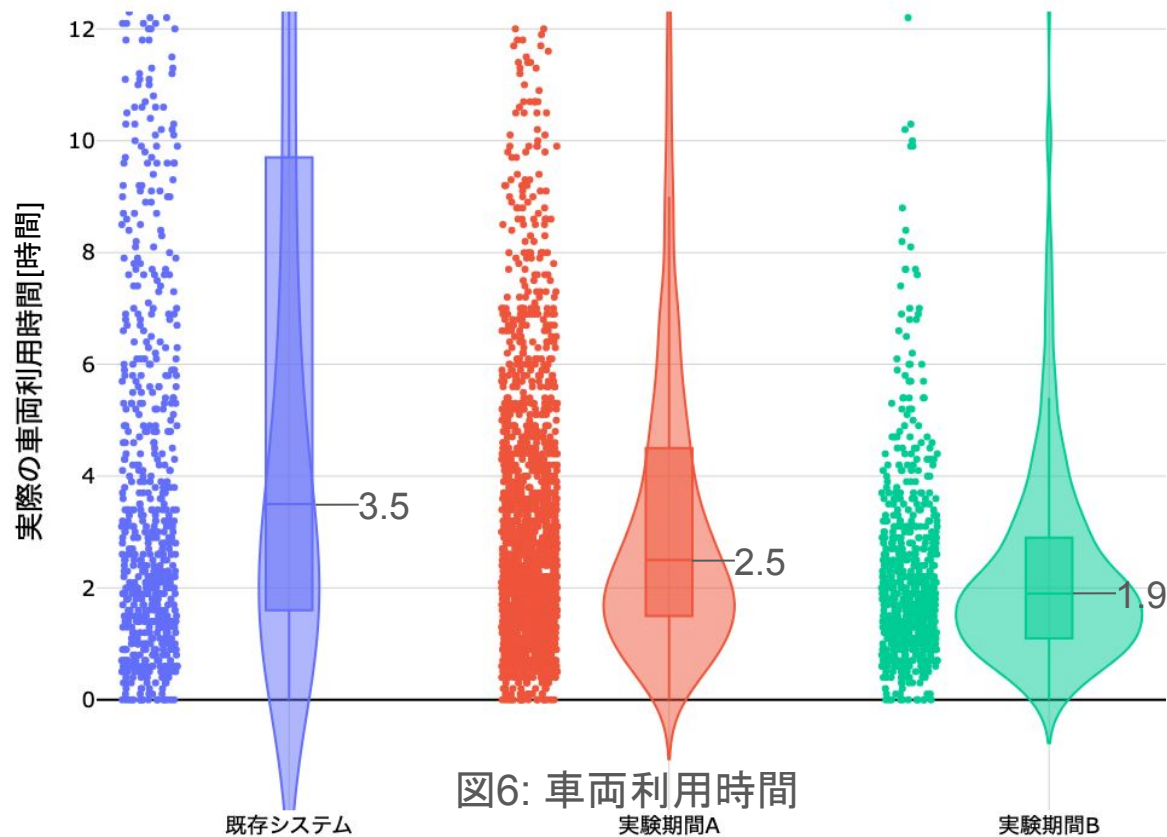




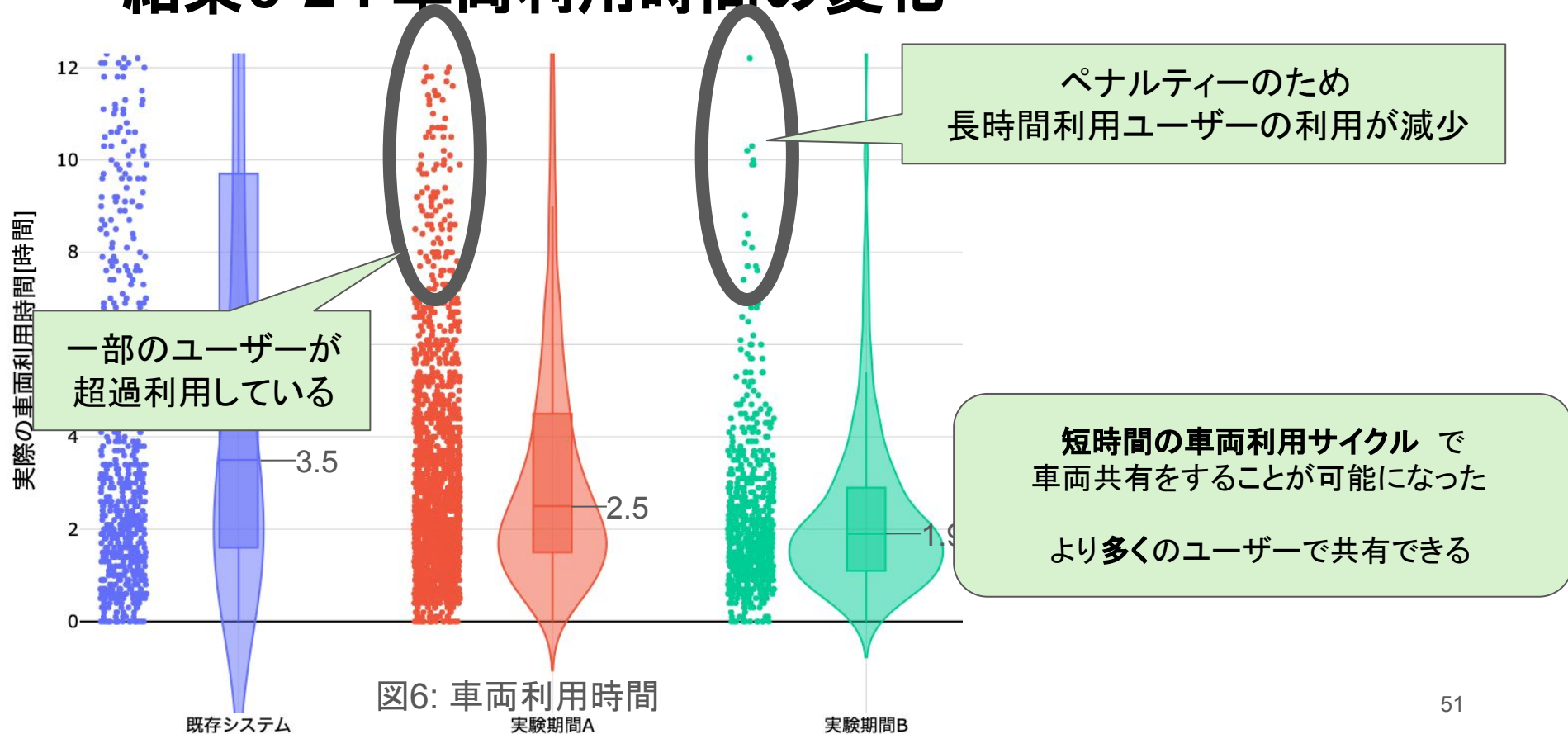
# 結果3-1: 車両返却時時間の変化



## 結果3-2：車両利用時間の変化



## 結果3-2：車両利用時間の変化



落札回数の中央値 31.5[回/週]

## 変更による効果検証 ～既存システム の車両割り当て～

単位時間あたりの入札金額[トークン]

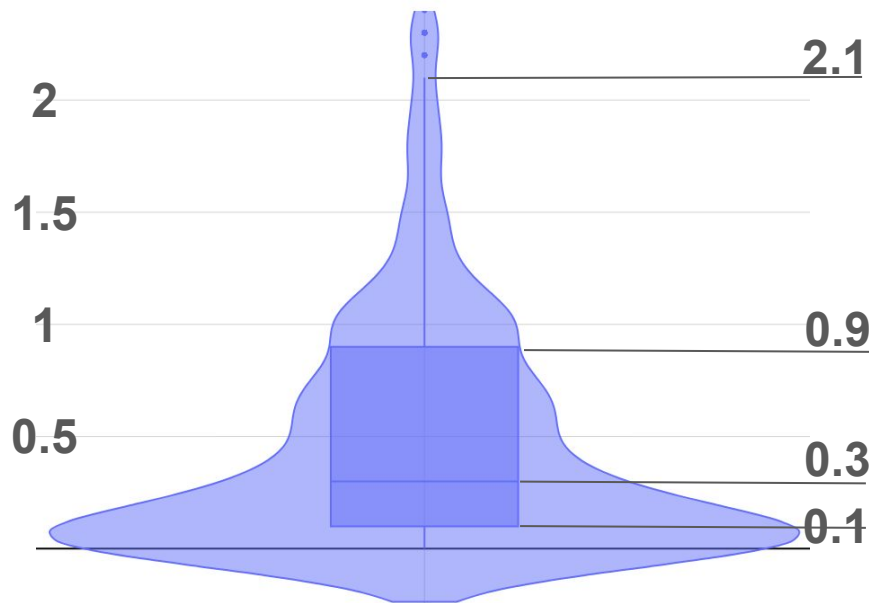


図7: 単位時間あたりの入札金額の分布

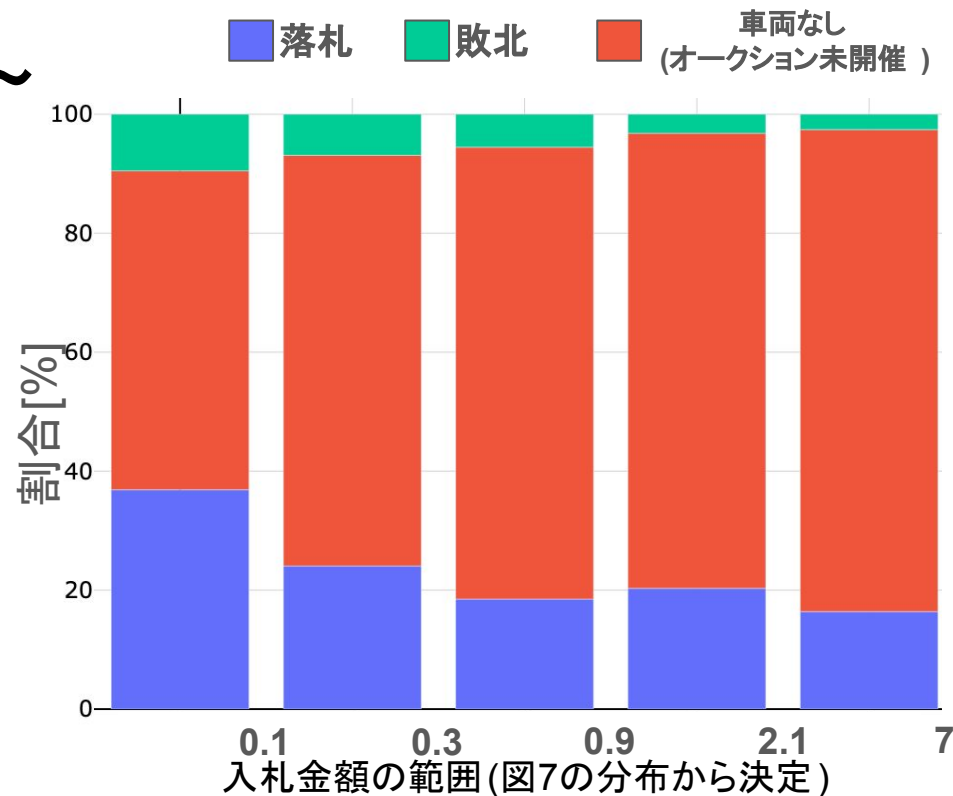


図8: 単位時間あたりの入札金額ごとの入札結果の割合

落札回数の中央値 31.5[回/週]

# 変更による効果検証 ～既存システム の車両割り当て～

単位時間あたりの入札金額[トークン]

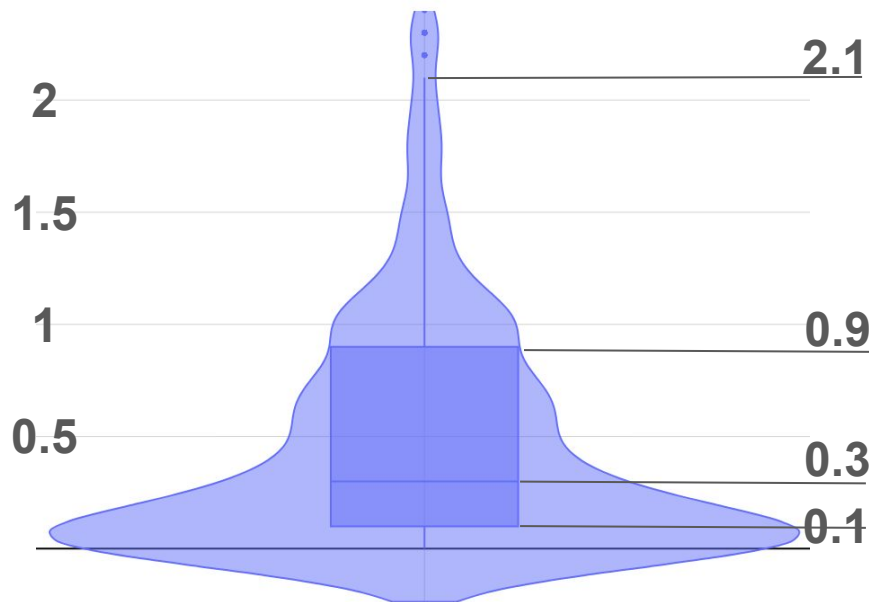


図7: 単位時間あたりの入札金額の分布

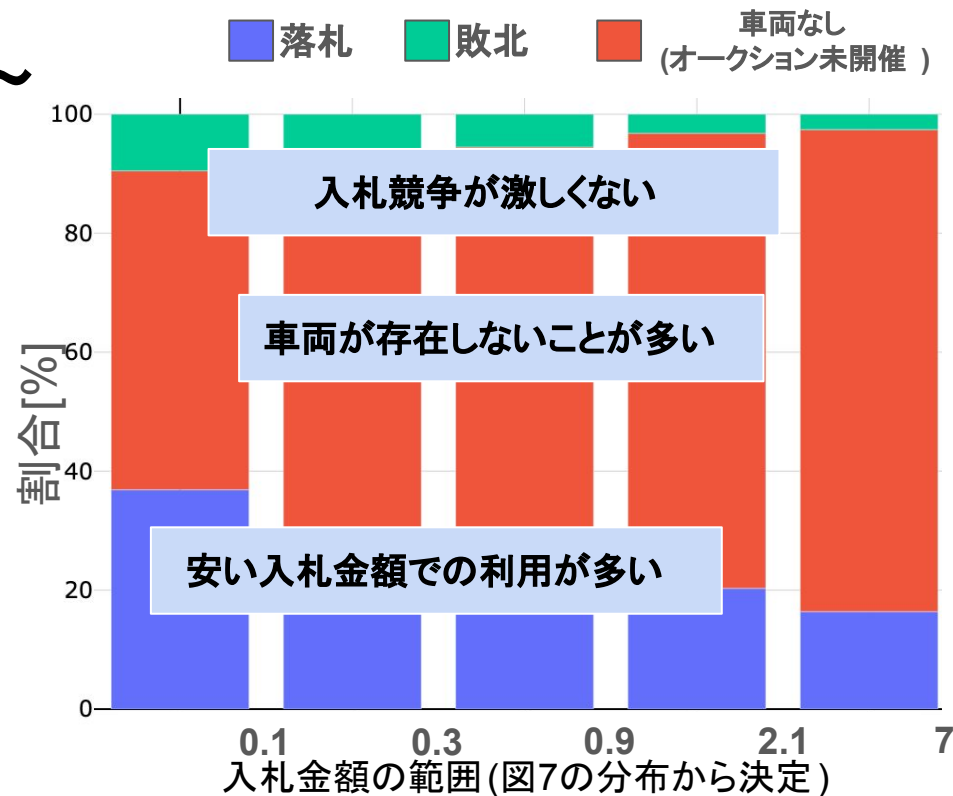


図8: 単位時間あたりの入札金額ごとの入札結果の割合

# 変更による効果検証 ～実験期間Bの車両割り当て～

落札回数の中央値 **91.5[回/週]**

落札 敗北 車両なし  
(オークション未開催)

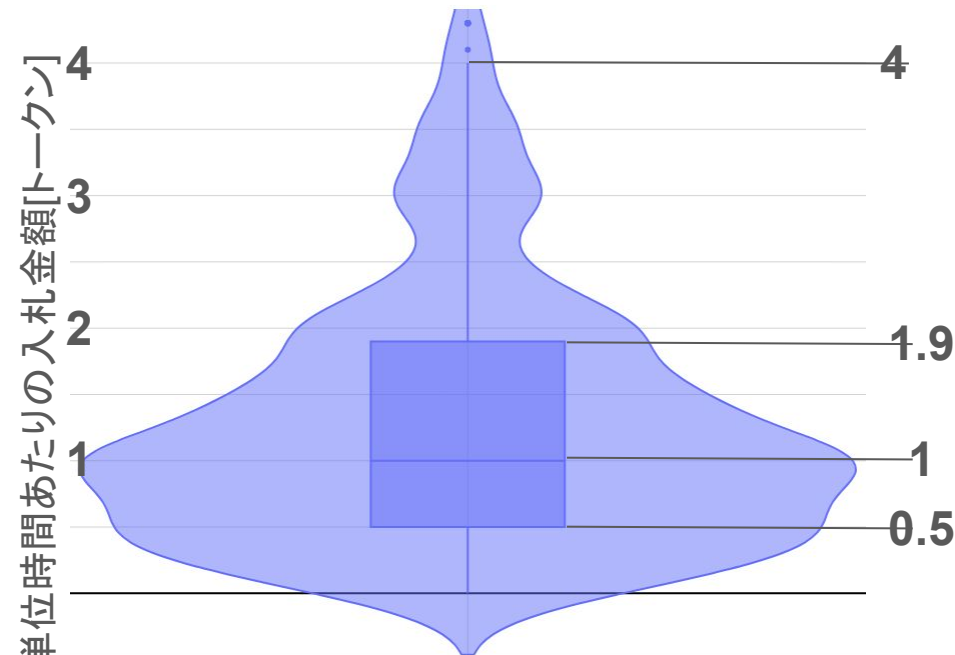
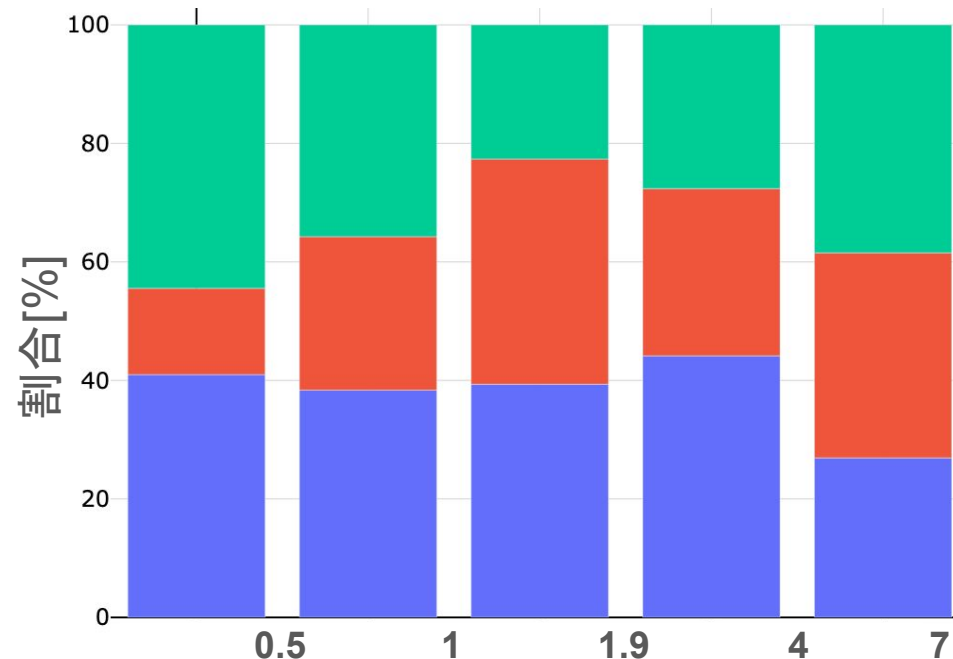


図9: 単位時間あたりの入札金額の分布



入札金額の範囲(図9の分布から決定)

図10: 単位時間あたりの入札金額ごとの入札結果の割合

落札回数の中央値 **91.5[回/週]**

# 変更による効果検証 ～実験期間Bの車両割り当て～

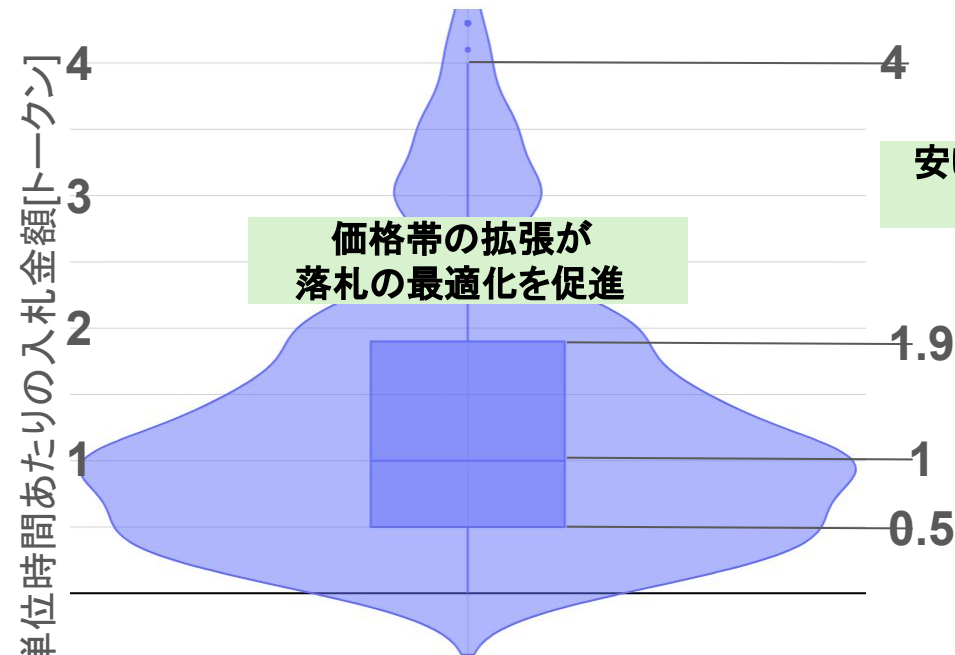


図9: 単位時間あたりの入札金額の分布

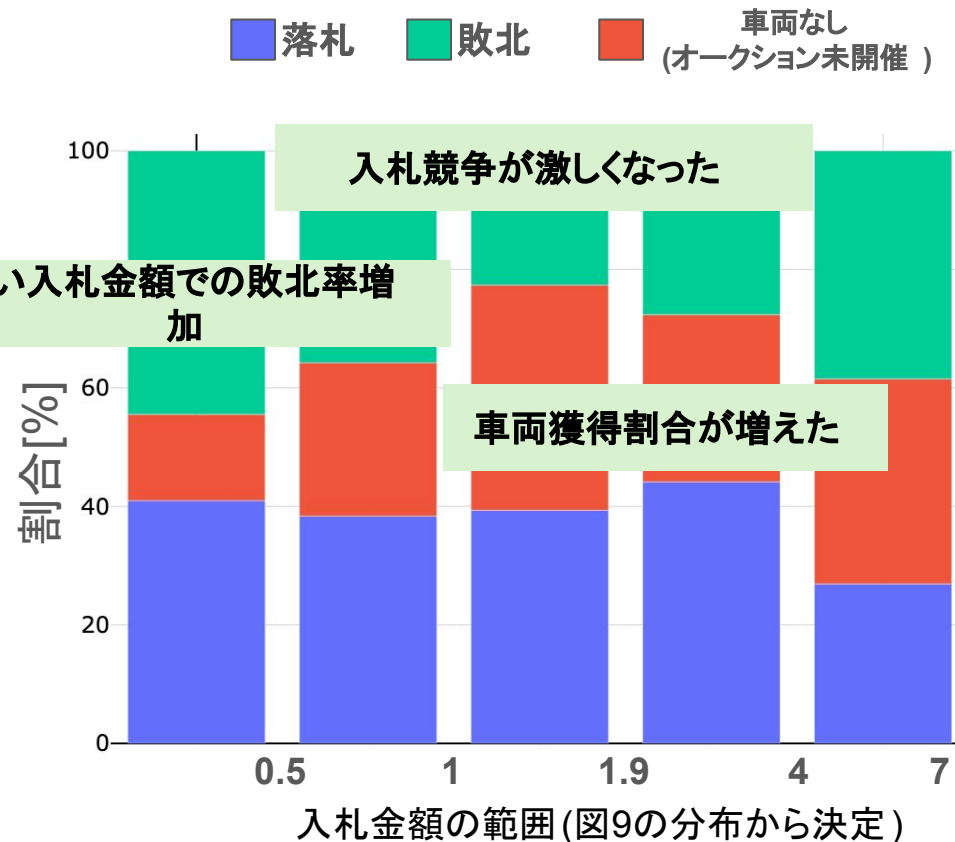


図10: 単位時間あたりの入札金額ごとの入札結果の割合

# 考察

なぜ変更がうまく働いたのか

- **ユーザーの操作性自体に変更がなかったからと推測**  
裏側での処理のみが変更  
各ユーザーの重みは公開していない  
最低入札金額に関しては導入したことも公開していない(敗北と表示)
- **大部分のユーザーに対しては変更が悪い影響を与えなかったからと推測**  
重みに関しては一部のユーザーが除外されるような変更であった



# まとめ

## オークションアルゴリズムに対して3点の変更を行なった

- 最低入札金額の導入
- 動的計画法を用いた車両割り当て
- 返却遅延・早期返却情報による重みの導入

## 結果

- 車両利用予定時間に対する入札金額の分布が変更
- 入札競争が激しくなった (約半数のオークションでの入札競争人数が 2人以上)
- 全体の車両利用時間が短縮 & 適切な利用時間を見積もる回数が増加

## 車両割り当てへの効果

- 車両落札回数が増加 (中央値 31.5 → 91.5 [回/週])
- 入札金額がより重要性を持つようになり , より公平になった

車両割り当てが改善