

周波数オークションのスタンダードと デメリットへの対応

佐野 隆司

横浜国立大学大学院国際社会科学研究院

新たな携帯電話用周波数の割当方式に関する検討会 第3回

2021年11月30日

1. なぜオークションをするのか
2. 周波数オークションのスタンダード
 - 同時競り上げオークション
 - 組み合わせ時計オークション
3. 「オークションのデメリット」に対する対応
 - 独占や事業者間格差に対する懸念
 - 落札額の高騰
 - 利用者料金への転嫁

 - 総合評価方式（スコアリングオークション）の検討

1. なぜオークションをするのか

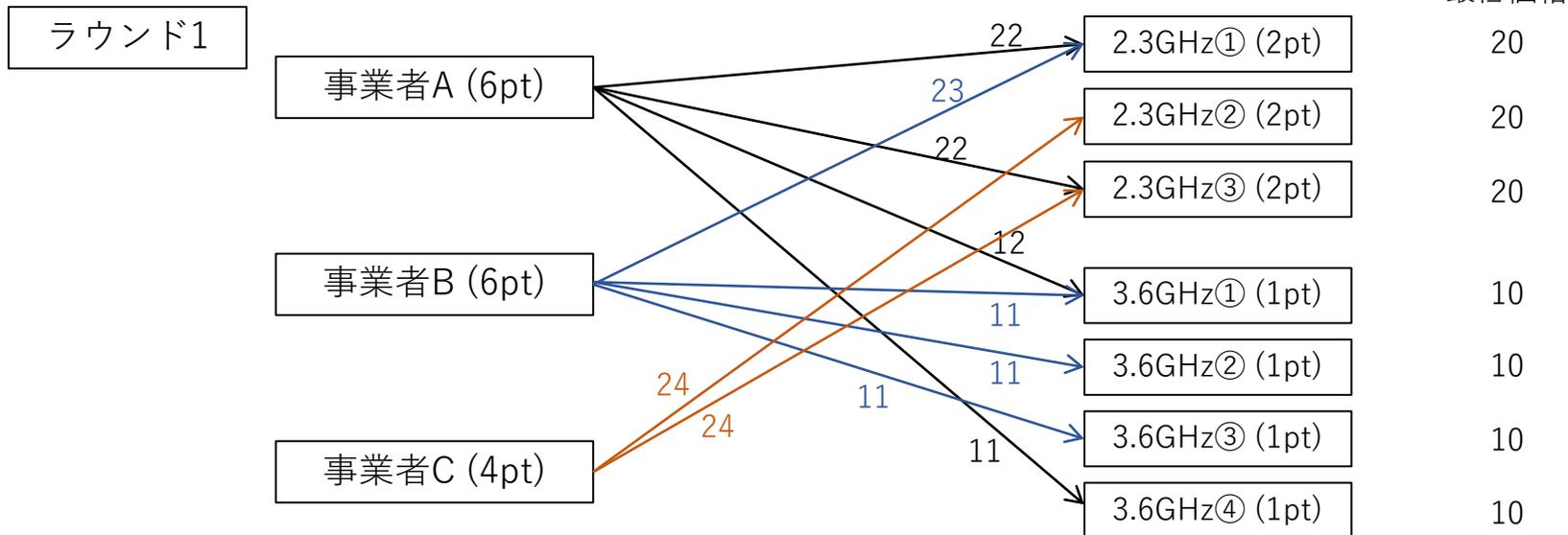
- 行政は、どのような割当が社会的に望ましいか（＝各事業者が周波数をどれだけ有効に活用し、価値を生み出せるのか）について十分な情報を持たない
- オークションは、各事業者が生み出せる価値を正しく引き出し、望ましい割当を実現できる（唯一の）仕組み
 - Green and Laffont (1977), Holmstrom (1979) (2016年ノーベル経済学賞)
 - 比較審査方式
 - 望ましい割当のために必要な情報を収集できない
 - 公平性透明性に対する疑問
 - 非効率的な投資が行われる可能性
 - 素朴な市場メカニズムでは解決できない
 - 米国のくじ引き制の失敗：素朴な市場メカニズムや「コースの定理」への期待
 - 取引費用や情報の非対称性があると、市場メカニズムは正しく機能しない
- 「オークション」なら何でも効率的な割当を実現できるわけではない
 - 1990年ニュージーランドの大失敗
 - 「マーケットデザイン (2012年、2020年ノーベル経済学賞)」の誕生と発展

2. 周波数オークションのスタンダード

- その国、その時の事情に合わせた精緻な制度設計が重要
 - 免許オークションが市場環境や消費者余剰を含めた社会余剰の観点からどの程度望ましいかについて、頑健な理論は無い（たとえば Jehiel-Moldovanu, 2006）
 - 事業者の情報を上手く引き出すための「スタンダード」はある
 - 一般に複数免許を割り当て
 - 事業者は複数免許を獲得可能
1. 同時競り上げオークション（Simultaneous Multiple-Round Auction; SMRA）
 - Paul Milgrom & Robert Wilson（2020年ノーベル経済学賞）, Preston McAfee
 - 1993年米国で採用、2000年前後の3Gオークションの主流
 2. 組み合わせ時計オークション（Combinatorial Clock Auction; CCA）
 - Ausubel-Cramton-Milgrom (2006), Ausubel-Baranov (2017), etc.
 - 4Gオークション以降欧州などを中心に採用（Mochon-Saez, 2017）
- 実際にはルールを部分的に変更したり、両者のハイブリッドのようなルールもある

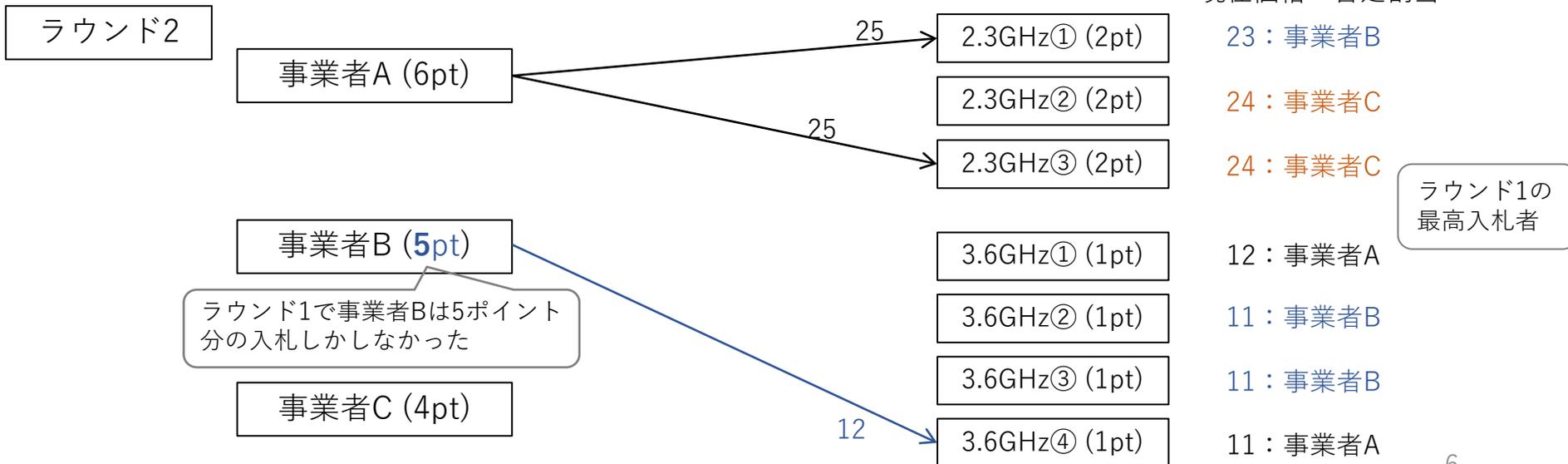
2.1. 同時競り上げオークション

- 各周波数について、「競り上げオークション」を同時開始
- 全てのオークションは同時終了
 - 途中である周波数に対する新しい入札が無くなったとしても、別の周波数に対する入札が続いている限り、いつでも再び入札可能
- 行動ルール：競り上げの途中で、入札する周波数の数を増やしてはならない
 - 事前の保証金等により、入札者ごとに総入札ポイントの初期値が決まる
 - 正確には、帯域幅・品質に応じて個々の周波数に「入札ポイント」が定められており、入札者は各ラウンドで入札する周波数の総入札ポイントを増やすことはできない
- 途中で入札取り消しが可能
 - ペナルティとして、取り消した入札額と落札額の差額を支払う



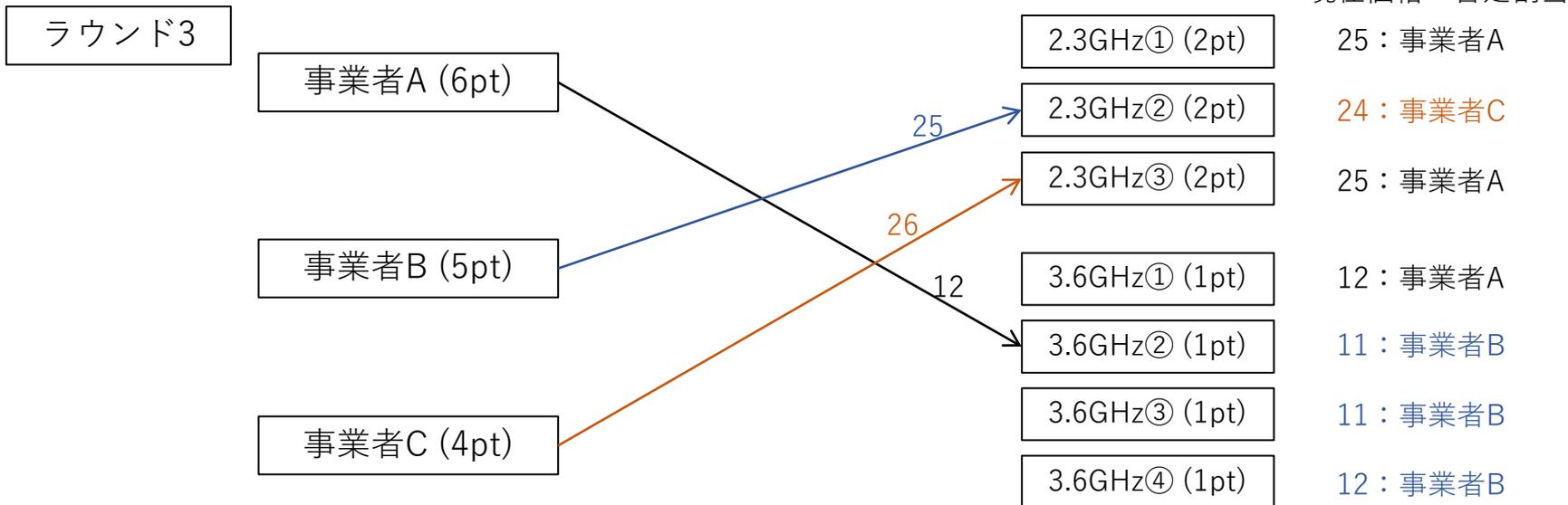
2.1. 同時競り上げオークション

- 各周波数について、「競り上げオークション」を同時開始
- 全てのオークションは同時終了
 - 途中である周波数に対する新しい入札が無くなったとしても、別の周波数に対する入札が続いている限り、いつでも再び入札可能
- 行動ルール：競り上げの途中で、入札する周波数の数を増やしてはならない
 - 事前の保証金等により、入札者ごとに総入札ポイントの初期値が決まる
 - 正確には、帯域幅・品質に応じて個々の周波数に「入札ポイント」が定められており、入札者は各ラウンドで入札する周波数の総入札ポイントを増やすことはできない
- 途中で入札取り消しが可能
 - ペナルティとして、取り消した入札額と落札額の差額を支払う



2.1. 同時競り上げオークション

- 各周波数について、「競り上げオークション」を同時開始
- 全てのオークションは同時終了
 - 途中である周波数に対する新しい入札が無くなったとしても、別の周波数に対する入札が続いている限り、いつでも再び入札可能
- 行動ルール：競り上げの途中で、入札する周波数の数を増やしてはならない
 - 事前の保証金等により、入札者ごとに総入札ポイントの初期値が決まる
 - 正確には、帯域幅・品質に応じて個々の周波数に「入札ポイント」が定められており、入札者は各ラウンドで入札する周波数の総入札ポイントを増やすことはできない
- 途中で入札取り消しが可能
 - ペナルティとして、取り消した入札額と落札額の差額を支払う



同時競り上げオークションの設計意図

- 競り上げ（多段階）方式
 - 事業者自身にも周波数の価値が不確実であるとき（共通価値）、落札額が周波数の真の価値を上回ってしまうことがある（**勝者の呪い**）
 - 競り上げ方式は、価格の推移を観察することで事業者間での「相場感」の形成を促し、勝者の呪いを軽減する効果がある（**価格発見機能**）
- 同時開始・同時終了
 - 価格裁定（一物一価法則）が機能し、代替財（例：コーヒーと紅茶、品質の近い周波数）には同程度の価格がつく
 - ← 順番にオークションにかけると、価格メカニズムは上手く働かない
- 行動ルール
 - 積極的な入札行動の促進
 - 入札の遅延（様子見）や、終了間際の狙い撃ち（sniping）を防止
- 入札取り消し
 - 露出問題：補完財（シナジー効果、例：右足の靴と左足の靴）を買い揃えられなかった場合の救済

理論的なメリット・デメリット

メリット

- 周波数が全て代替財（コーヒーと紅茶）であり、入札者が正直に（非戦略的に）行動するならば、SMRAは「市場価格」に収束し、効率的な割当を実現する
 - Milgrom (2000), Gul-Stacchetti (2000)

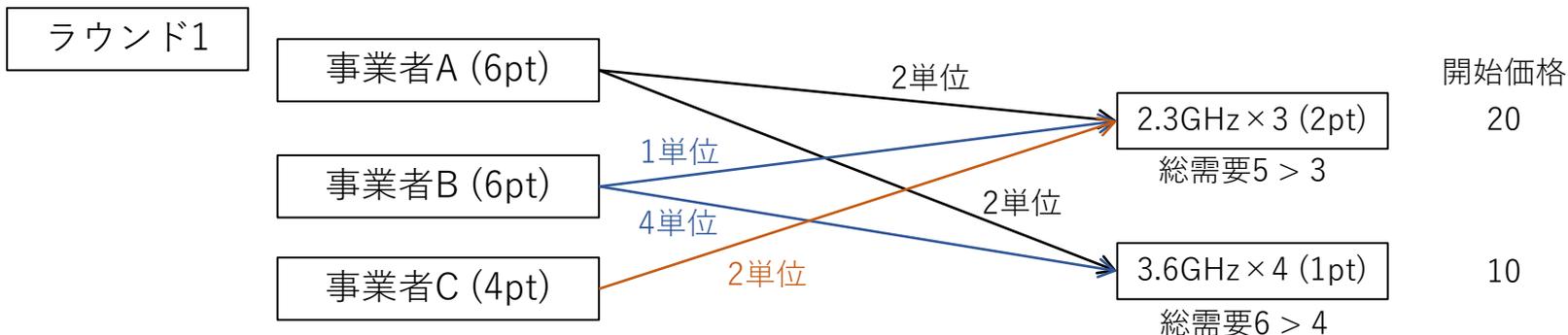
デメリット

- 補完財（シナジー効果）があると、露出問題が生じる
 - 両足の靴を買い揃えるためには、各足の靴に対して、それ単体の価値よりも高い入札を出さなければならない
 - 地域免許間のシナジー、帯域幅が増大することのシナジーなど
- 入札者は戦略的に入札するインセンティブがある
 - 需要削減：本来よりも少なめに入札して価格上昇を避ける（Ausubel-Cramton-Pycia-Rostek-Weretka, 2014）
 - 談合に脆弱：個別入札者の情報が多く、協調の維持が簡単（Cramton-Schwartz, 2000; Brusco-Lopomo, 2002; Grimm-Riedel-Wolfstetter, 2003）

➡ 組み合わせ時計オークションはこれらのデメリットに対応

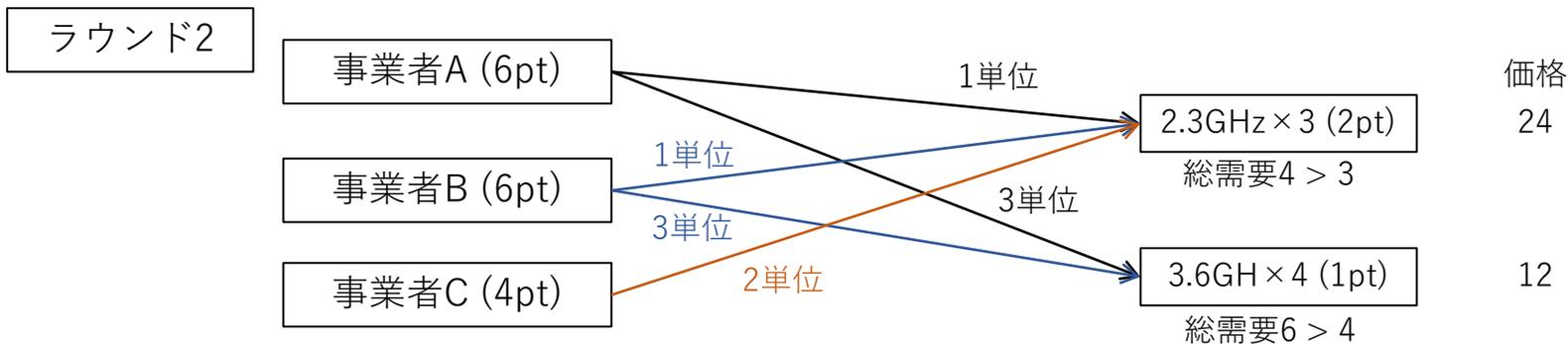
2.2. 組み合わせ時計オークション

- 準備
 - 周波数の「同質化」：同じ帯域の周波数は同質財として扱う
- 第1段階-1：時計オークション
 - 競り人（売り手）が周波数1単位あたり価格を提示
 - 入札者は、需要量を申告
 - 各周波数帯域について、需要 > 供給である周波数の価格を上げる。需要 ≤ 供給となった周波数の価格は据え置く
 - 全ての帯域について需要 ≤ 供給になったとき終了
 - 行動ルール：SMRAと同様の行動ルールを適用（他のヴァリエーションもある）



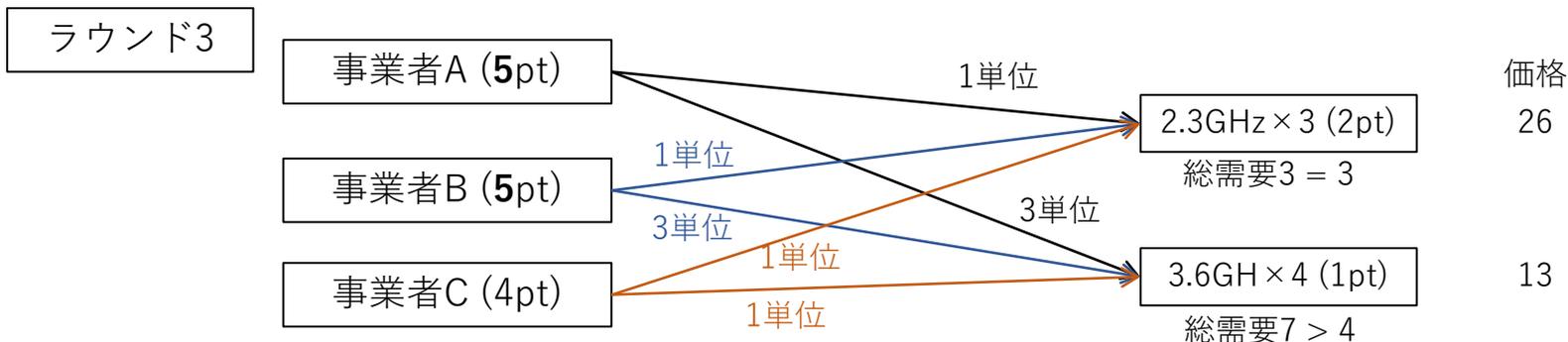
2.2. 組み合わせ時計オークション

- 準備
 - 周波数の「同質化」：同じ帯域の周波数は同質財として扱う
- 第1段階-1：時計オークション
 - 競り人（売り手）が周波数1単位あたり価格を提示
 - 入札者は、需要量を申告
 - 各周波数帯域について、需要 > 供給である周波数の価格を上げる。需要 ≤ 供給となった周波数の価格は据え置く
 - 全ての帯域について需要 ≤ 供給になったとき終了
 - 行動ルール：SMRAと同様の行動ルールを適用（他のヴァリエーションもある）



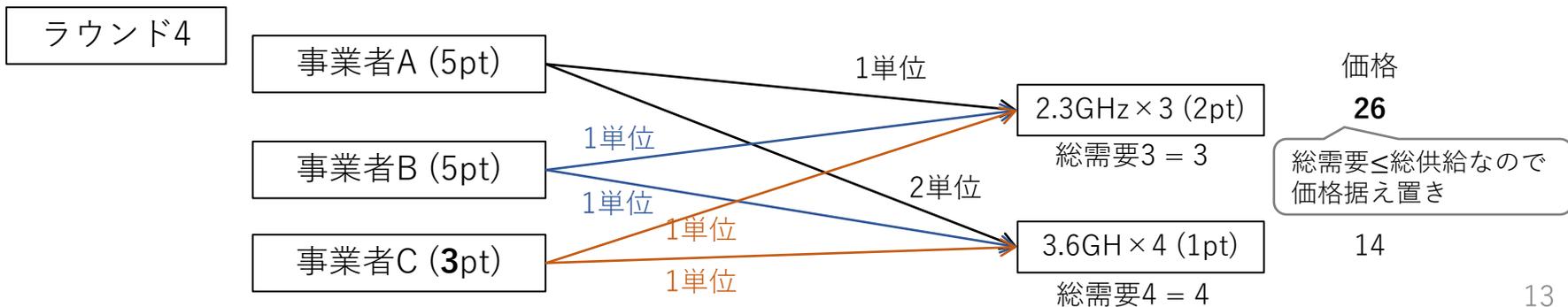
2.2. 組み合わせ時計オークション

- 準備
 - 周波数の「同質化」：同じ帯域の周波数は同質財として扱う
- 第1段階-1：時計オークション
 - 競り人（売り手）が周波数1単位あたり価格を提示
 - 入札者は、需要量を申告
 - 各周波数帯域について、需要 > 供給である周波数の価格を上げる。需要 ≤ 供給となった周波数の価格は据え置く
 - 全ての帯域について需要 ≤ 供給になったとき終了
 - 行動ルール：SMRAと同様の行動ルールを適用（他のヴァリエーションもある）



2.2. 組み合わせ時計オークション

- 準備
 - 周波数の「同質化」：同じ帯域の周波数は同質財として扱う
- 第1段階-1：時計オークション
 - 競り人（売り手）が周波数1単位あたり価格を提示
 - 入札者は、需要量を申告
 - 各周波数帯域について、需要 > 供給である周波数の価格を上げる。需要 ≤ 供給となった周波数の価格は据え置く
 - 全ての帯域について需要 ≤ 供給になったとき終了
 - 行動ルール：SMRAと同様の行動ルールを適用（他のヴァリエーションもある）



2.2. 組み合わせ時計オークション

- 準備
 - 周波数の「同質化」：同じ帯域の周波数は同質財として扱う
- 第1段階-1：時計オークション
 - 競り人（売り手）が周波数1単位当たり価格を提示
 - 入札者は、需要量を申告
 - 各周波数帯域について、需要 > 供給である周波数の価格を上げる。需要 ≤ 供給となった周波数の価格は据え置く
 - 全ての帯域について需要 ≤ 供給になったとき終了
 - 行動ルール：SMRAと同様の行動ルールを適用（他のヴァリエーションもある）
- 第1段階-2：（封印）追加入札
 - 入札者は、任意の周波数パッケージに対して、追加入札
 - 行動ルール（Relative cap）：時計オークションでの入札行動に応じて、追加入札できる金額に条件
 - 時計オークション、追加入札の全ての入札額の下で、総価値が最大となる周波数配分量を決定
 - **2位価格方式**：各入札者の支払額は、Vickrey価格（またはVickery-nearestコア選択価格）とする。
（=その周波数を落札するために必要であった最低金額 ≤ 入札額）

事業者A

例

- $2.3\text{GHz} \times 1 + 3.6\text{GHz} \times 2$ に 60 ($\geq 26 \times 1 + 14 \times 2$)
- $2.3\text{GHz} \times 1 + 3.6\text{GHz} \times 3$ に 72 ($\geq 60, \leq 60 + 14 \times 1$)
- $2.3\text{GHz} \times 1 + 3.6\text{GHz} \times 4$ に 80 ($\geq 72, \leq 72 + 12 \times 1$)

行動ルールによる制約

2.2. 組み合わせ時計オークション

- 準備
 - 周波数の「同質化」：同じ帯域の周波数は同質財として扱う
- 第1段階－1：時計オークション
 - 競り人（売り手）が周波数1単位当たり価格を提示
 - 入札者は、需要量を申告
 - 各周波数帯域について、需要 > 供給である周波数の価格を上げる。需要 \leq 供給となった周波数の価格は据え置く
 - 全ての帯域について需要 \leq 供給になったとき終了
 - 行動ルール：SMRAと同様の行動ルールを適用（他のヴァリエーションもある）
- 第1段階－2：（封印）追加入札
 - 入札者は、任意の周波数パッケージに対して、追加入札
 - 行動ルール（Relative cap）：時計オークションでの入札行動に応じて、追加入札できる金額に条件
 - 時計オークション、追加入札の全ての入札額の下で、総価値が最大となる周波数配分量を決定
 - **2位価格方式**：各入札者の支払額は、Vickrey価格（またはVickery-nearestコア選択価格）とする。
（＝その周波数を落札するために必要であった最低金額 \leq 入札額）
- 第2段階：割り当て
 - 第1段階での落札者は、具体的に希望する周波数帯域に入札する（封印入札）
 - 第2段階の全ての入札額の下で、総価値が最大となる割り当てを決定
 - 2位価格方式

組み合わせ時計オークションの設計意図

- 同時競り上げオークションの利点を維持
 - 競り上げ（多段階）方式による価格発見機能
 - 同質化により、品質の近い周波数には同じ価格がつく
 - 行動ルールによる積極的な入札の促進、戦略的行動の抑止
- パッケージ入札の導入
 - 補完財の露出問題を解消
- 戦略的入札行動の抑止
 - **二位価格方式**により、需要削減のインセンティブを解消
 - William Vickrey (1996年ノーベル経済学賞)

理論的なメリット・デメリット

メリット

- 入札者が正直に（非戦略的に）行動するならば、CCAは一定の競争的な価格をつけ、効率的な割当を実現する
 - Ausubel-Milgrom (2002)
- 入札者の戦略的入札インセンティブは少ない
 - 反論：Levin-Skrzypacz (2016), Sano (2012)など
- SMRAに比べ、最低落札価格や周波数キャップの複雑な条件付けが可能

デメリット

- ルールが複雑
 - 競り上げと封印入札のハイブリッド方式
- 組み合わせ問題
 - オークションの規模によっては、最適割当のための計算量が膨大
 - 導入にあたっては計算科学の専門家の協力も不可欠
- “Missing bids（入札忘れ）”による非効率性・低価格の可能性
 - 追加入札で「出すべき入札」を出さない
 - 入札を補助するような仕組み・UIがあるとよい

3. 「デメリット」への対応

3.1. 独占・事業者間格差への対応

- Cramton-Kwerel-Rosston-Skrzypacz (2011)など

1. 周波数キャップ

- 獲得できる周波数に上限を設定
- 多くの国で採用
- Aggregate cap: 既存事業者の総獲得数に対して上限 (≒ 取り置き)

2. 取り置き (set aside)

- 新規・優遇事業者向けに一部の周波数を取り置き
- 諸外国で採用実績有り

3. 割引 (入札クレジット)

- 新規・優遇事業者は落札額からx%を割引
- 米国の小規模事業者・マイノリティ企業への優遇などの事例

4. 新規事業者の入札参加要件やカバレッジ義務などの緩和

- 落札した新規事業者が十分なサービスを提供できないまま破産するなどの事例

※ 既存の後発事業者や中小事業者を「新規」と同等あるいは「準新規」的に扱う可能性もありうる

3.1. 独占・事業者間格差への対応

1. 周波数キャップ

- キャップの課し方にはヴァリエーション有り
 - 配分済免許を含めた総割当量に対する上限
 - 帯域（低、中、高など）ごとに分けてそれぞれに上限

メリット

- 周波数の集中（独占）防止
- 新規・優遇事業者は多くの周波数に入札可能
- オークションルールへの影響小

デメリット

- 効率性を下げる（本当は周波数を集中させた方が良い場合）
- （落札額に負の影響）

2. 取り置き（set aside）

- Aggregate capはCCAでは実装が可能。取り置きと同様の効果（2014年カナダ）
 - どの周波数帯域を新規事業者に割り当てるかがオークション内で決まる

メリット

- 新規事業者が参入しやすい

デメリット

- 効率性を下げる
- 新規事業者が参入しない可能性
 - 2010年オランダ、2011年ベルギー
← 2段階オークションで対応可能（2013年オーストリア）
- 非効率な事業者が参入する可能性
 - 2008年カナダ？（Hyndman-Parmeter, 2015）
← 一定の厳格な事前審査

3.1. 独占・事業者間格差への対応

3. 割引（入札クレジット）

メリット

- 非効率な事業者が落札しない
 - 理論・実証的には取り置きよりも効率性・収入両面で望ましいことが示唆される（Athey-Coey-Levin, 2013）

デメリット

- 効率性を下げる
- 最適な割引率の算定が困難
- 既存事業者によるcheating
 - ダミー事業者の参入（2015年米国Dishの事例）
 - オークション後の売却、合併の可能性
← 割引に限らず、取り置きや比較審査方式でも可能性有り

- 諸外国での採用実績は有るが、「良い効果があったとは評価しがたい（Cramton, 2013）」
- CCAならば、最低落札価格の免除（割引）なども可能かもしれない

3.2. 落札額の高騰による悪影響への対応

- 「高騰」とは何か？
 - 行政・国民は周波数の価値がどれだけの価値を生むのか、正しい情報を持っていないので、落札額の高い／安いは判断できない
 - 行政が周波数の価値を知っているならば、オークションなどする必要は無い
 - 行政・国民の予想よりも高い落札額だったのならば、周波数の価値が高いことが分かり、行政・納税者として喜ぶべき
 - 事業者は周波数から得られる期待利潤を踏まえて入札しているので、事業者にとって**不当に**価格が高騰することなどあり得ない
- 勝者の呪い？
 - 事業者自身も周波数の価値がよく分からない場合、入札額・落札額が事後的に判明する真の価値よりも過大になってしまうおそれがある
 - 20年以上の諸外国の実績があり、近年のオークション落札額は比較的安定
 - オークション後の悪影響を懸念するほどの不確実性があるとは考えにくい
- 標準的な理論では、オークションの支払額は sunk cost なので事後の活動には影響を与えない
 - とはいえ免許に対する支払額が事後の設備投資等に悪影響が出るようなモデリングは可能

3.2. 落札額の高騰による悪影響への対応

考えられる対応策

- 十分な周波数免許の供給
- カバレッジ条件、ルーラルエリアへの投資等を条件付け
 - 「高騰」しても、必要なインフラ整備を実行
- CCAを使う
 - 実験研究によると、CCAはSMRAよりも「高騰しない」
 - Bichler-Shabalin-Wolf (2013), Bichler-Goeree-Mayer-Shabalin (2014)
 - 「二位価格方式」によって、通常は落札額<入札額
 - “Missing bids”に起因する可能性があるため、効率性を同時に下げる可能性

意図的に落札額を下げる制度設計 = 効率性を下げる制度設計
と考えるべき (Muto-Shirata-Yamashita, 2020)

3.3. 利用者料金への転嫁

- 標準的な理論では、オークション支払額はサックコストなので利用者料金には転嫁されない
- 実証的にも、周波数オークションが利用者料金に転嫁されたことを示す明確なエビデンスはなさそう
- オークションよりも、市場の競争環境が重要
 - これまでオークションを実施してこなかった我が国の携帯電話料金が「高かった」のは何故？

3.4. 総合評価方式

- 特定基地局開設料制度
 - 公共調達でしばしば用いられる「総合評価方式」のスピリット
 - 例：道路工事の品質（資材、工期、安全性、etc.） q と価格 p による総合得点 $S(q,p)$ によって落札者を決める
- 特定基地局開設料制度の問題点
 - 価格が数ある比較審査項目のごく一部にすぎない場合は、それ以外の点数評価があいまいな項目の影響が大きすぎ、価格競争が働かない（比較審査方式のデメリットがそのまま維持されている）
 - 封印入札形式となるため、複数ラウンド形式の「価格発見機能」が作用しない
 - 複数免許や、帯域ごとの品質差などに対応しておらず、一般には使えない
- 周波数オークションに総合評価方式を導入するとしたら
 - 事前審査（入札前スクリーニング）で品質評価し、その得点に応じて落札額を割引
 - 競り上げ形式を前提とすると、技術点はオークションの前に公開せざるを得ない（？）
 - 評価項目および得点基準が相当に客観的・透明・簡素である必要
 - 品質点をどの程度の割引に対応させるかの決定は極めて重要かつ難易度の高い作業
 - ルールの複雑性が増す
 - 「一定の条件にコミットする場合は落札額の $x\%$ を割引」程度なら可能（？）

まとめ

- オークションは周波数が生み出せる価値情報を正しく引き出し、望ましい割当を実現するための仕組み
- 確かに望ましい割当を実現するためには精緻な制度設計が必要
- 独占・事業者間格差拡大防止の観点からは、まず周波数キャップ、次いで取り置きが候補
- 価格高騰によるインフラ整備への悪影響や利用者料金への転嫁はそれほど案ずる必要はない
 - カバレッジ条件、インフラ整備へのコミットメント等
- 総合評価方式の導入する場合、客観的で透明かつ簡素な品質評価とすべき

参考文献

- Ausubel, L., and Baranov, O. “A practical guide to the combinatorial clock auction,” *Econ. J* (2017)
- Athey, S., Coey, D., and Levin, J. “Set-asides and subsidies in auctions,” *Amer. Econ. J.: Microecon.* (2013)
- Ausubel, L., Cramton, P., Milgrom, P., “The clock-proxy auction: a practical combinatorial auction design,” In: Cramton, P., Shoham, Y., Steinberg, R., (eds.) *Combinatorial Auctions*, MIT Press (2006)
- Ausubel, L., Cramton, P., Pycia, M., Rostek, M., Weretka, M., “Demand reduction and inefficiency in multi-unit auctions,” *Rev. Econ. Stud.* (2014)
- Ausubel, ., Milgrom, P., “Ascending auctions with package bidding,” *Frontier Theor. Econ.* (2002)
- Bichler, M., Goeree, J., Mayer, S., Shabalin, P., “Spectrum auction design: simple auctions for complex sales,” *Telecomm. Policy* (2014)
- Bichler, M., Shabalin, P., Wolf, J., “Do core-selecting combinatorial clock auctions always lead to high efficiency? An experimental analysis of spectrum auction designs,” *Exper. Econ.* (2013)
- Brusco, S., Lopomo, G., Collusion via signaling in simultaneous ascending bid auctions with heterogeneous objects, with and without complementarities,” *Rev. Econ. Stud.* (2002)
- Cramton, P. “Spectrum auction design,” *Rev. Ind. Organ.* (2013)
- Cramton, P., Kwerel, E., Rosston, G., and Skrzypacz, A. “Using spectrum auctions to enhance competition in wireless services,” *J Law & Econ.* (2011)
- Cramton, P., Schwartz, J., “Collusive bidding: lessons from the FCC spectrum auctions,” *J Regul. Econ.* (2000)
- Green, J., Laffont, J-J., “Characterization of satisfactory mechanisms for the revelation of preferences for public goods,” *Econometrica* (1977)

参考文献

- Grimm, V., Riedel, F., Wolfstetter, E., “Low price equilibrium in multi-unit auctions: the GSM spectrum auction in Germany,” *Int. J Ind. Organ.* (2003)
- Gul, F., Stacchetti, E., “The English auction with differentiated commodities,” *J Econ Theory* (2000)
- Holmstrom, B., “Groves schemes on restricted domains,” *Econometrica* (1979)
- Hyndman, K., Parmeter, C.F., “Efficiency or competition? A structural econometric analysis of Canada’s AWS auction and the set-aside provision,” *Prod. Oper. Manage.* (2015)
- Jehiel, P., Moldovanu, B., “Allocative and informational externalities in auctions and related mechanisms,” In: Blundell, R., Newey, W.K., Persson, T., (eds.) *Advances in Economics and Econometrics Vol. I: Theory and Applications*, Cambridge University Press (2006)
- Levin, J., Skrzypacz, A., “Properties of the combinatorial clock auction,” *Amer. Econ. Rev.* (2016)
- Milgrom, P., “Putting auction theory to work: the simultaneous ascending auction,” *J Polit. Economy* (2000)
- Mochon, A., and Saez, Y., “A review of radio spectrum combinatorial clock auctions,” *Telecomm. Policy* (2017)
- Muto, N., Shirata, Y., Yamashita, T., “Revenue-capped efficient auctions,” *J Europ. Econ. Assoc.* (2020)
- Sano, R., “Non-bidding equilibrium in an ascending core-selecting auction,” *Games Econ. Behav.* (2012)