

# VCG メカニズムを用いた周波数オークションと比較審査方式の比較

1190522 羽多野 凌

高知工科大学経済マネジメント学群

## 1. 概要

周波数を効率的に配分することができるかとされている周波数オークションを VCG メカニズムという特殊な支払金額の決定方法の下、従来日本が採用してきた比較審査方式と実験で比較、検証した。その結果、VCG メカニズムを用いた周波数オークションでの実験が比較審査方式での実験より高い効率性を達成することができた。

## 2. 背景

インターネットやテレビ、携帯電話といった電波を用いるサービスには周波数が付随する。周波数は異なる電波が交わることを防ぐため、周波数帯域や地域によって分けられており、それぞれの周波数を用いて事業を行いたい場合、周波数免許が必要となる。政府がその周波数免許を利用したい事業者に割り当てる際に周波数オークションが用いられることがある。オークションを用いることで、免許を購入する側である事業者は免許を手に入れることができ、効用が最大となる。免許を販売する側である政府は一番多くの金額を出す事業者に免許を売ることができる。事業者が出す金額の大きさは自身がどのくらい免許を欲しいと思っているのかを示すものとなるため、一番多くの金額を出す事業者に免許を売るとは政府にとっても効用が最大となる。これより、免許を購入する側である事業者と免許を販売する側である政府の両方の効用が最大となっている。したがって、周波数オークションは効率的な配分を実現しているといえる。しかし、現在の日本では効率的な配分が実現できる周波数オークションを用いておらず、政府が主観的に技術力や事業内容を考慮し、免許を配分する比較審査方式を用いている。そこで、私は周波数オークションと比較審査方式を比較し、検証することで、比較審査方式を用いることによる効率性の低下を示したいと思い、研究を進めることにした。

## 3. 参考文献

本研究では松島(2012)「4G 周波数オークション・ジャパン設計案」をもとに実験を行う。その内容について説明する。文献では 4G 携帯電話向けの周波数利用のため、3.4GHz から 3.6GHz までの 200MHz を事業者に割り当てることを想定し

ている。200MHz を 1 ロット 20MHz に分け、1 ロットの利用権を 1 免許とする。各ロットには TDD(Time-Division-Duplex、時間分割複信)と FDD(Frequency-Division-Duplex、周波数分割複信)の 2 つの通信技術を使うことができ、技術的な理由により、FDD は上り(発信)と下り(受信)の 2 ロットをペアとして利用しなければならない。上りのロットと下りのロットはそれぞれ一つのブロックとし、ブロック間には 40MHz (2 ロット) 以上の間隔を空ける必要があり、ブロックの間にあるロットは TDD 用に利用される。これより、FDD に利用できるロットの数は最大 8、TDD に最低 2 ロットが利用されることになる。

以上のような設定の下で、10 免許をどのように割り当てるかが周波数オークションの課題であった。免許の配分を特定の事業者に集中させないということを前提にすると、高い収益が見込める事業者に免許を割り当てることはよりよいサービスが消費者に提供されることを意味し、効率的な配分が実現していると考えられる。したがって、政府は高い収益を見込める事業者に免許を割り当てることのできるようなオークションルールを考えることが必要となる。そこで、効率的な配分を実現するため、個々の免許の価値だけでなく、免許を複数組み合わせさせた「パッケージ」の価値を申告させるというルールを設定した。このルールをパッケージオークションという。

## 4. 研究内容

経済学者の間で VCG メカニズムという特殊な支払金額の決定方法をパッケージオークションに用いることが注目されている。VCG メカニズムとは落札者がオークションに参加することで他の参加者に生じた損失の合計額を支払うというものである。本研究ではこの VCG メカニズムを用いた周波数オークションと比較審査方式を実験で比較する。

まず、VCG メカニズムを用いた周波数オークションは比較審査方式より効率的な配分を実現できるという仮説を立てた。この仮説をもとに 2 つの方法を実験で比較する。実験により、VCG メカニズムを用いた周波数オークションが優位であると判断された場合、政府は VCG メカニズムを用いた周波数オークションを行う方が効率的な配分を実現できると考えら

れる。反対に、比較審査方式が優位であると判断された場合、仮説とは異なる結果にはなるが、周波数オークションより効率的な配分を実現できているため、従来通り比較審査方式を用いても問題はないと考えられる。

## 5. 研究方法

### 5.1 謝金報酬の設定

まず、2つの実験の被験者には共通して、参加報酬 800 円を支払う。この 800 円に被験者自身が獲得した報酬を足したものが最終的な報酬となる。また、VCG メカニズムを用いた周波数オークションの実験は 3 の倍数、比較審査方式の実験は 4 の倍数の人数で行うため、それぞれの倍数以外の人数の被験者が集まった場合、人数を設定した倍数になるよう調整する。この調整により、実験に参加することができなくなった被験者には参加報酬 500 円を支払う。

### 5.2 実験説明 (VCG メカニズム)

ここからは VCG メカニズムを用いた周波数オークションの実験について説明する。初めに被験者を 3 人 1 組のグループに分ける。同じグループとなった 3 人に A と B という商品をオークションで競い合ってもらおう。これら 2 種類の商品は同時に入札にかける。したがって、A だけや B だけを獲得できる可能性もあり、A と B 両方を獲得できる可能性もある。以下より、A と B 両方のことを AB と表記する。

次に、被験者に A、B、AB をそれぞれどのくらい欲しいと感じているかを表す数値を知らせる。この数値を本研究では真の評価額と称する。真の評価額は 1 回の意思決定が終了するごとに変更される。また、真の評価額は被験者それぞれ異なるものであり、自分の真の評価額が他の被験者に知らされることはない。

真の評価額を確認した被験者は PC 上に A、B、AB の評価額を申告する。この評価額は真の評価額をそのまま申告しても良いし、別の数値を申告してもかまわないとする。ただし、申告する数値は 0 以上かつ真の評価額以下の数字（整数）とする。また、被験者には VCG メカニズムのもとでは、「自分の真の評価額を正直に申告することが入札者にとって最も得をする方法である」ことを伝えておく。以上のことを踏まえた上で申告された評価額から PC 上のプログラムで効率的な配分を決定する。また、効率的な配分が複数ある場合、プログラムにより、ランダムに決定することとする。



図1 評価額を申告する画面 (VCG メカニズム)

次に、支払額の決定を行う。支払額の決定は VCG メカニズムを用いる。

最後に、獲得したポイントの計算を行う。商品を落札できた場合、獲得ポイントは落札した商品の真の評価額から支払額を引いた数値とする。また、商品を落札できなかった場合、獲得ポイントは 0 とする。



図2 結果画面 (VCG メカニズム)

以上で、1 回の意思決定が終了となり、この意思決定を 18 回繰り返す。この実験で被験者が受け取る報酬は 18 回分の獲得ポイントの合計×200 (円) とする。

### 5.3 実験説明 (比較審査方式)

続いて、比較審査方式の実験について説明する。まず、被験者を 4 人 1 組のグループに分ける。同じグループとなった 4 人に A と B の 2 種類の商品を比較審査方式で競い合ってもらおう。グループ内の 4 人のうち、1 人を主催者の役とし、残り 3 人を応募者の役とする。

先の実験と同様に、被験者にそれぞれの商品の組み合わせに対する真の評価額を知らせ、A と B を同時に競い合ってもらおう。被験者の真の評価額はそれぞれ異なるもので、他の被験者に知らされることはない。

真の評価額を確認した被験者は PC 上に A、B、AB の評価額を申告する。この評価額は真の評価額をそのまま申告しても良いし、別の数値を申告してもかまわないとする。ただし、

申告する数値は0以上かつ真の評価額以下の数字（整数）とする。

図3 評価額を申告する画面（比較審査方式）

次に、応募者3人から申告された評価額を主催者に知らせる。主催者は申告された評価額を確認し、どの応募者にどの商品を割り当てるかを決める。主催者には割り当て方に正解はないことを伝え、主催者自身が最も良いと思う割り当てを決めてもらう。

図4 商品の割り当て画面

最後に、獲得したポイントの計算を行う。商品を獲得できた場合、獲得ポイントは獲得した商品の真の評価額とする。商品を獲得できなかった場合、獲得ポイントは0とする。

図5 結果画面（比較審査方式）

以上で、1回意思決定が終了となり、この意思決定を18回繰り返す。この実験で応募者が受け取る報酬は18回分の獲得

ポイントの合計×50（円）とする。また、主催者が受け取る報酬は定額の1000円で、参加報酬と合わせ1800円とする。

## 5.4 真の評価額の設定

真の評価額を3つのパターンに分けて設定する。

まず、被験者全員が正直に評価額を申告した時、AとBを別々に割り当てた方が効率的であるパターンでの設定は以下の通りとなる。このパターンを以下よりパターン1と表記する。○回目は意思決定の回数、X、Y、Zは被験者を表している。

1回目	7回目	13回目	A	B	AB
X	Z	Y	0	3	3
Y	X	Z	4	0	4
Z	Y	X	0	0	5

①

4回目	10回目	16回目	A	B	AB
X	Z	Y	0	2	4
Y	X	Z	1	3	5
Z	Y	X	4	1	5

②

①の場合、1行目の被験者がB、2行目の被験者がAを獲得することにより、 $3+4=7$ で最大となり、AとBを別々に割り当てた方が効率的であることが分かる。

②の場合、2行目の被験者がB、3行目の被験者がAを獲得することにより、 $3+4=7$ で最大となり、AとBを別々に割り当てた方が効率的であることが分かる。

次に、被験者全員が正直に評価額を申告した時、ABを割り当てた方が効率的であるパターンでの設定は以下の通りとなる。このパターンを以下よりパターン2と表記する。

2回目	8回目	14回目	A	B	AB
X	Z	Y	0	0	6
Y	X	Z	2	2	4
Z	Y	X	3	3	3

③

5回目	11回目	17回目	A	B	AB
X	Z	Y	2	2	3
Y	X	Z	2	2	6
Z	Y	X	2	2	5

④

③の場合、1行目の被験者がABを獲得することにより、6で最大となり、ABを割り当てた方が効率的であることが分かる。

④の場合、2行目の被験者がABを獲得することにより、6で最大となり、ABを割り当てた方が効率的であることが分かる。

最後に、被験者全員が正直に評価額を申告した時、AとBを別々に割り当てても、ABを割り当てても効率的であるパターンは以下の通りとなる。このパターンを以下よりパターン3と表記する。

3回目	9回目	15回目	A	B	AB
X	Z	Y	3	3	3
Y	X	Z	1	1	4
Z	Y	X	3	1	6

⑤

6回目	12回目	18回目	A	B	AB
X	Z	Y	2	1	3
Y	X	Z	1	4	5
Z	Y	X	1	1	6

⑥

⑤の場合、1行目の被験者がB、3行目の被験者がAを獲得することにより、 $3+3=6$ となる。また、3行目の被験者がABを獲得することにより、6となる。したがって、AとBを別々に割り当てても、ABを割り当てても効率的であることが分かる。

⑥の場合、1行目の被験者がA、2行目の被験者がBを獲得することにより、 $2+4=6$ となる。また、3行目の被験者がABを獲得することにより、6となる。したがって、AとBを別々に割り当てても、ABを割り当てても効率的であることが分かる。

## 6. 研究結果

### 6.1 パターン別平均効率性比較

VCGメカニズムを用いた周波数オークションでの実験には21人が参加し、3人1組のグループが7つ構成された。その結果、効率的な配分を達成したのは全7グループの18回意思決定の合計126回のうち、119回だった。パターン別の効率的な配分を達成した回数はパターン1で37回、パターン2で40回、パターン3で42回だった。効率的な配分の効率性を1とすると、それぞれのパターン別の平均効率性はパ

ターン1で0.972789116、パターン2で0.992063492、パターン3で1となった。

比較審査方式での実験には24人が参加し、4人1組のグループが6つ構成された。その結果、効率的な配分を達成したのは全6グループの18回意思決定の合計108回のうち、76回だった。パターン別の効率的な配分を達成した回数はパターン1で21回、パターン2で29回、パターン3で26回だった。パターン別の平均効率性はパターン1で0.892857143、パターン2で0.962962963、パターン3で0.907407407となった。以下は両実験のパターン別の平均効率性を比較したグラフである。

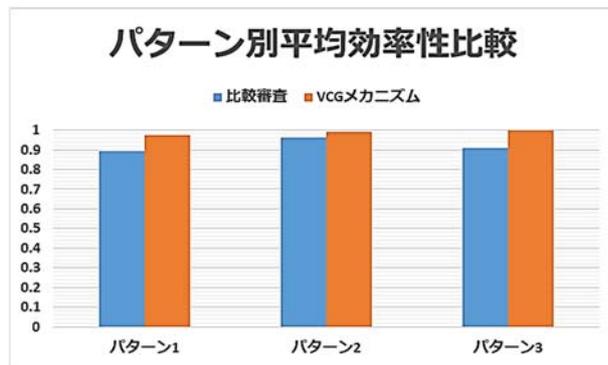


図6 パターン別平均効率性比較

このグラフからどのパターンでもVCGメカニズムを用いた周波数オークションの実験の方が比較審査方式の実験より高い平均効率性を達成したことがわかる。

### 6.2 回数別平均効率性比較



図7 回数別平均効率性比較

図7のグラフは意思決定の回数別の平均効率性を比較したものである。このグラフからもVCGメカニズムを用いた周波数オークションの実験の平均効率性が比較審査方式の実験の平均効率性を上回った回数が増えており、高い効率性を達成していることがわかる。

### 6.3 正直申告率比較

VCG メカニズムを用いた周波数オークションの実験では全評価額申告数 378 のうち、正直に真の評価額が申告された数は 265 だった。正直に真の評価額が申告された数を正直申告数、正直申告数が全評価額申告数に占める割合を正直申告率と定義すると、パターン別の正直申告数はパターン 1 で 90、パターン 2 で 98、パターン 3 で 77 だった。また、パターン別の正直申告率はパターン 1 で 0.714285714、パターン 2 で 0.777777778、パターン 3 で 0.611111111 となり、実験全体では 0.701058201 だった。比較審査方式の実験では全評価額申告数 324 のうち、正直申告数は 148 だった。パターン別の正直申告数はパターン 1 で 57、パターン 2 で 54、パターン 3 で 37 だった。また、パターン別の正直申告率はパターン 1 で 0.527777778、パターン 2 で 0.5、パターン 3 で 0.342592593 となり、実験全体では 0.456790123 だった。以下は両実験のパターン別の正直申告率を比較したグラフである。

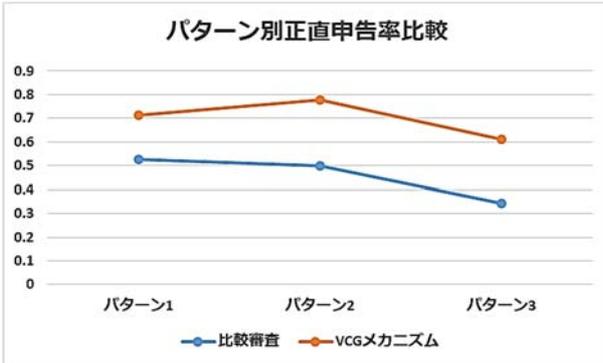


図 8 パターン別正直申告率比較

このグラフから明らかなとおり、どのパターンでも VCG メカニズムを用いた周波数オークションの実験での正直申告率が比較審査方式の実験での正直申告率より高いことがわかる。

## 7. 考察

6.1 と 6.2 から VCG メカニズムを用いた周波数オークションの実験が比較審査方式の実験より高い効率性を示したことがわかり、VCG メカニズムを用いた周波数オークションは比較審査方式より効率的な配分が実現できるという仮説通りの結果が得られた。これより、政府は審査の基準が曖昧な比較審査方式を周波数の配分方法として使い続けるべきではないことは明らかである。

また、VCG メカニズムの特徴である「自分の真の評価額を正直に申告することが最も得をする方法である」ということを前もって被験者に伝えたことで、VCG メカニズムを用いた周波数オークションの実験での正直申告率が比較審査方式の実験での正直申告率を上回ったと考えられる。このことが VCG

メカニズムを用いた周波数オークションが高い効率性を達成することができた要因であると思う。

今後修正すべき点としては 6.3 の VCG メカニズムを用いた周波数オークションの実験での正直申告率が「自分の真の評価額を正直に申告することが最も得をする方法である」ことを全被験者に伝えたにも関わらず、実験全体で 0.701058201 だったことが挙げられる。この正直申告率が上がれば、より高い効率性を達成できるはずである。したがって、VCG メカニズムの特徴をより詳しく、かつ強調して被験者に伝えることが必要であると感じた。

## 参考文献

松島(2012)「4G 周波数オークション・ジャパン設計案」