

第三世代携帯電話の普及における規制とネットワーク効果の分析¹

代表研究者 黒田 敏 史 東京経済大学 経済学部 専任講師
 共同研究者 Baquero Maria 京都大学 経済学研究科 博士課程

1 はじめに

携帯電話の周波数配分を如何なる方法で行うかについて、長く議論が行われてきた。オークションによる周波数配分は近年の経済理論の成果を活用したものであり、周波数をより効率的に利用する事業者に資源を配分し、電波という希少な資源の価格を適切に設定することによって政府に多大な収入をもたらしてきたとされる。他方、周波数オークション導入にあたって、電波利用料の高騰により事業者が投資を控えたり、周波数価格が長期にわたって消費者に転嫁され、料金が高くなることと懸念されることがある。英国の第三世代(3G)携帯電話の周波数オークションの設計者らは Binmore and Klemperer (2002)においてそのような懸念を理論的に否定、もしくは補完的な制度により緩和可能であるとし、周波数配分においてオークションを用いることが好ましいとしている。Park, Lee and Choi (2011)は 21 の OECD 加盟国のクロスセクションデータを用い、オークション実施国と比較審査国には料金や市場集中度、投資のタイミングに有意な差が見られず、オークションには市場成果を悪化させるような働きは無いとしている。

他方、近年のオークション理論の研究では、Janssen and Karamychev (2009)はオークションをリスク回避度の異なる事業者が存在する場合に採用すると、周波数配分後の市場競争においてより高い戦略変数が選ばれることから、戦略変数が価格の場合には料金が高くなることを指摘している。また、Hazlett and Munoz (2009)は携帯電話による余剰は市場の競争の程度や周波数供給量によって強く影響を受けることを明らかにし、政府がオークションによる周波数収入を増やすために周波数配分量を絞り、その結果として料金が高くなり、消費者余剰が低下する可能性を指摘している。

日本では 3G 導入時のオークション導入は見送られたものの、2010 年より再びオークション導入が検討され、総務省「グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース：ワイヤレスブロードバンド実現のための周波数検討ワーキンググループ」の議論のとりまとめでは、「落札額の高騰を招く可能性があり、サービスの高度化の遅れ、ユーザ負担の増加を引き起こす懸念があるため、慎重な議論が必要」、「資金力のある事業者が落札する可能性が高く、新規参入による競争促進と整合性がない」、「オークション落札額は、最終的にはサービス提供料金に反映されることから、国民の十分の理解を得るべき」等の懸念が挙げられている。これらの懸念は理論的根拠が弱いにも関わらず根強く主張されているが、市場成果の分析を通じてこれらの懸念が示されたことはない。

本論文では、オークションによる周波数配分方式が市場成果に与える影響が理論のみでは十分に予見できないこと、既存の研究が有意な検証結果をもたらしていないことから、3G の周波数配分方式にオークションを採用した国と、比較審査を採用した国における市場成果を複数の政策効果の分析手法によって比較することを通じ、オークションが市場成果にどのような影響を与えたかを検証を行った。検証の結果、周波数配分にオークションを用いた国では、3G 携帯電話の普及率、携帯電話に占める 3G の割合、携帯電話の普及率、が低下していることが明らかになった。

本論文は五つの節からなり、2 節では周波数配分における事例の紹介と先行研究を紹介し、3 節では推定方法と推定に用いたデータを紹介し、4 節では推定結果を示し、5 節では結論を述べる。

2 周波数配分方式

携帯電話の周波数配分へのオークション導入は 1993~4 年に米国の Personal Communications Service

¹ ITS にて Gary Madden、京都大学セミナーにて依田高典、栗山浩一、日本経済学会にて鈴木彩子、小田切宏之、長岡貞男らより有益な助言を受けた事に感謝する。

(PCS) 帯周波数の配分にさかのぼることができる²。米国で周波数配分を行う権限を持つ FCC はオークションの導入以前には比較審査方式を用いてきた。比較審査方式では周波数配分を行う権限を持つ帰省当局が、事業者に周波数利用計画を提出させ、その計画を評価することによって無償で周波数利用権を与えていた。しかし、この方式では無償の周波数を入手することにより転売益を得ようとする者が偽の事業計画を提出する可能性があり、入念な審査が必要であった。1982年にはFCCは周波数配分を比較審査で行う作業量がFCCの事務処理能力を超えていたため、くじ引きによって周波数の配分を行うこととした。その結果、くじ引きには320,000以上の歯科医、法律家、会計士等の複雑な応募様式を正しく記述することができる法的な知識のある者が応募をし、マサチューセッツ州ケープコッドで幸運なくじを引いた応募者は、その権利を10ヶ月後にサウスベルへ4150万ドルで売却している。政府がくじで配分した周波数の価値総額は、おおよそ4億6千万ドルと見積もられている。また、周波数の利用範囲を小さな地域に限定したため、携帯電話会社が地域間で分断され、全国的な移動通信網の導入が遅れることとなった。

米国議会は1993年に携帯電話の周波数の「効率的で集中的な利用」を促進するため、オークションの採用を決定した。ここでの「効率」について、ゴア副大統領(当時)は、「周波数を最も高く評価する人の手に免許を渡す」ことが効率的な配分であるとし、公平性や特別な地域の事情など効率性以外の政策目標への配慮として、周波数を各目的に即した利用条件を付けたブロックに分割して販売することで、複数の政策目標を達成する仕組みとなっている。

1993-4年にPCS周波数帯を対象として行われた周波数オークションにはVickrey(1976)の提案する複数回同時競り上げオークション³が導入された。FCCは周波数をA~Fまでのブロックに分割し、A,Bブロックは51の地域免許に、C~Fブロックは493の地域免許とされた。このオークションが良く機能するためには売り出される複数の免許が代替財でなければならない。FCCは免許間の補完性を無くすために免許の境界を過疎地域に設定したが、実際には連続したエリアを入手している事業者が多く、Ausubel, Cramton, McAfee and McMillan(1997)やMoreton and Spiller(1998)は入札額の回帰結果から、免許間に補完性があつたことを指摘している。また、Fox and Bajari(2009)はこのオークションには共謀解が存在し、地域ごとに異なる均衡がプレイされたことや、免許間の補完性の存在により、Cブロックをより広範な地域をカバーする免許とした方が効率的な配分をもたらしたことを示している。

欧州で周波数オークションの導入が検討されたのは、2000年前後における第三代携帯電話の周波数配分である。第三代携帯電話は当時のインターネットブームの後押しもあり、高速なデータ通信により新たな価値を生み出すこと、International Telecommunication Union (ITU)によって国際標準技術と世界共通の利用周波数帯が設定されたことから、3Gでは世界市場が統合されること等が期待され、その周波数配分には大きな注目が集まった。Cave and Valletti(2000)は情報通信技術のビジョナリストとして高名なニコラス・ネグロポンティ氏がオークションによる高いライセンス料金は消費者に転嫁され、設備投資を遅らせ、インターネット技術に対して将来に渡って持続不可能な課税を課すことになるだろうと批判したことに対して、経済理論によればオークションの落札額はサンクコストであり、その後の市場行動は将来の収入を見越して行われることから、そのような懸念は無いことを論じている。また、Binmore and Klemperer(2002)は、周波数獲得費用を支払うことによって信用制約から投資が遅くなる可能性があることを認めつつ、信用制約によって実現されない価値のある様々な投資がある中で、何故携帯電話の周波数のみが安価な価格で引き渡されるべきなのかと疑問を投じている。

一方、Gruber(2007)は事業者にはライセンス料を高額化させることで持続可能な企業数を減らし、より非競争的な市場を作る誘因があり、サービスの開始が遅れるのではないかと仮説から、欧州17ヶ国のライセンスを利用したサービスの開始時期を分析したところ、オークションは有意な影響を与えていないが、ライセンス数が増加するとサービスの開始が早まることを示している。

欧州の3Gライセンスは財の間の補完性を避けるため、全国をカバーする免許を複数の事業者に割り当てるよう設計されている。しかし、同時期に複数の国でオークションが実施されており、複数の国で事業を展開しようとする事業者にとってある国の免許と他の国の免許が補完財となっていた可能性がある。また、

² PCS帯とは電波周波数帯のうち1850-1910MHzと1930-1990MHzを指している。

³複数回同時競り上げオークション(Simultaneous Ascending Auction)とは、オークションにかけられた複数の財に対して、各ラウンド毎に入札が行われるオークションである。各ラウンドにおいて入札者は同時に関心のある任意の財に対して封印入札を行い、入札の後にそのラウンドにおける新たな入札者と入札額、並びに次のラウンドにおける最小入札額が開示される。全ての財に対して新たな入札が行われなくなった時点でオークションは終了となり、その時点における最高入札者が落札者となる。

UMTS FORUM(2001)によると、各国の3Gオークションの落札額がGDPに占める割合は、一位はイギリスの0.256%、二位はドイツは0.218%、三位のイタリアは0.096%と一位、二位と三位の間に大きな差がある。最も低かったスイスは0.006%であり、40倍以上の差がある。オークションが実施された時期の違いはちょうどITバブルの崩壊を挟んでいるため、価格差はITバブルの崩壊の影響であるとされることもあるが、スイスでオークションが実施されたのは2000年であり、ドイツよりも早い。また、株価の低下の後に実施されたイタリアとデンマーク(0.032%)の間には3倍の差があり、イギリスとドイツの差よりも大きい。この差の主要因が株式市場の影響とするのは難しい。Brusco and Lopomo (2002)は、周波数オークションでは補完性の有無にかかわらず入札者らが評価額よりも低い入札を行い、低い価格で周波数を分け合う暗黙の共謀が成立するような均衡戦略が存在することを示している。国の間の落札額のばらつきは、各国の経済事情による差のみならず、地域ごとに異なる均衡がプレイされた可能性や、補完性による非効率的な周波数の配分が行われた可能性を示唆していると考えられる。

FCCは事務処理能力の観点から比較審査を実行不可能とし、くじ引きやオークションのような制度の導入を行ったが、必ずしも全ての規制当局にとって比較審査が実行不可能な方式というわけではない。日本、中国などの東アジアの国において3G周波数の配分は比較審査方式によって行われてきた。また、欧州でもフィンランド、ポルトガル、スペイン、スウェーデン等の国々は比較審査によって3G周波数の配分を行っている。また、フランスや韓国は比較審査であっても高額なライセンス料金を課しており、フランス、韓国それぞれGDP比0.042%、0.041%が3G周波数の獲得に対して課されている。

比較審査方式を採用する国では、実際に事業を展開する事業者には免許を配分するため、周波数獲得後の事業展開について何らかの付帯条項が課されることが多い。日本では周波数獲得後経年に応じて一定以上の人口カバー率を実現することが義務づけられている。また、2000年の3Gの周波数配分では応募可能な事業者を既存の2Gに限定し、また事業者数を下回るライセンス数を設定することで、審査に参加する事業者が自発的に合併し、免許数と事業者数が一致するよう促したとされている。2005年の新規事業者向け周波数ライセンス付与では、事前に免許獲得を希望する事業者の数と合わせた数のライセンスが設定された。実質的な審査は2007年のBWA(Broadband wireless access)向け周波数配分において初めて実施された⁴。BWA向け周波数は2つのブロックに分割され、二つは全国免許、一つは市町村毎の地域免許とされた。2つの全国免許に対して、4つの応募があり、事業計画、基地局設置能力、事業展開に必要な技術、資金調達能力等の審査結果に基づいて、UQコミュニケーションズ、並びにウィルコムが免許を獲得することとなった。しかし、資金調達において既存事業からの収入によって投資を行うとの計画が、最も高い資金調達能力であると評価されたウィルコムは2010年に会社更生法を申請し、その後比較審査にて免許を獲得できなかったソフトバンクがウィルコムを救済し、BWA向け周波数を利用する権利を入手することとなった。また、市町村毎に設定された地域免許は現在約1700の市町村において、2010年末時点で免許が利用されているのは41件に留まっており、数多くの免許が利用されないままとなっている。メカニズム・デザインの研究において用いられる資源配分の効率性の必要条件には、配分された資源の再配分をする誘因を持たないこと、利用希望者がいるにも関わらず利用されていない資源が存在しないこと、等が用いられる。これらの基準によって日本の比較審査を評価すると、応募者の提出した計画が実行可能かどうかを評価する規制当局の能力の欠如や、周波数再配分の誘因が存在することなどから、日本の比較審査が効率的な資源配分を実現していない可能性は高い。

個々の事例に関する観察や先行研究では、比較審査、オークションのいずれも必ずしも効率的な配分をしているとは言いがたく、配分メカニズム間の優劣は明かでは無い。この事実は、周波数割当のメカニズムに関する一層の理論研究が求められるのみならず、資源配分メカニズムの評価において、配分後の市場成果を用いた評価が重要であることも意味する。次節では、異なる周波数配分方式を用いた各国のデータに基づいて、オークションと比較審査が市場成果にどのような違いをもたらしたかを評価するための、データと統計的手法について述べる。

3 データと推定方法

周波数配分方式が事後の市場成果に与える影響を分析するため、我々は周波数配分にオークションを採用

⁴ 2005年の周波数配分では、3つの新規参入事業者に対して周波数が配分されたが、このうち実際に獲得した周波数を利用して参入を行ったのは1社のみであり、周波数を得た2社のうち1社は既存企業を買収したため、1社は事業展開のための資金を調達でなかったため、それぞれ免許を返上している。

することが市場成果に与える影響を、政策効果を求める近年の統計的手法を用いて分析することとした。政策効果の分析手法は近年急速に発展を遂げており、回帰分析を用いたパラメトリックな方法や、様々なノンパラメトリックな手法が開発されている。Imbens and Wooldridge(2009)は複数の推定手法を組み合わせた手法を実践的な手法として推奨しており、本論文もパラメトリックな回帰分析と、ノンパラメトリックな Propensity score Weighting を組み合わせた手法である Double Robustness と、Matching method における不完全なマッチによるバイアスを回帰によって修正した Matching and Regression を用いてオークション導入が市場成果に与えた影響を分析する。

3-1 分析に用いたデータ

本論文で分析に用いた市場成果のデータは、Wireless Intelligence 社のデータベースである。同データベースには 1996 年第 2 四半期以降の 225 ヶ国の 940 事業者における、四半期毎の技術毎の加入者数、実行料金⁵、投資額 (CAPEX)、利潤 (EBITDA) 等を収録している。また、周波数配分方法に関しては、ITU, 3G Newsroom.com, Madden (2009)、Dotecon 社の Spectrum Awards Database、各国の規制当局の資料などから収拾を行った。表 1 に分析に用いた国と周波数配分年度を記した⁶。

表 1 データに含まれる国と、その周波数配分方式、年度

Year	Auction	Beauty Contest	year	Auction	Beauty Contest
1999		Finland	2002		Luxembourg
2000	Austria	Ireland	2003		Malaysia
	Germany	Japan			Slovakia
	Italy	Korea, South	2004		Bahrain
	Netherlands	Norway			Estonia
	Poland	Portugal	2005		Indonesia
	Switzerland	Spain			Saudi Arabia
	United Kingdom	Sweden	2006		Hungary
2001	Belgium	France			
	Canada		2007	Argentina	Philippines
	Czech Republic			Bulgaria	
	Denmark			Latvia	
	Greece			Egypt	
	Hong Kong			Georgia	
	Israel			Macau	
	Singapore			Brazil	Russian
	Slovenia			Nigeria	
	United States				

これらから得たデータより、市場成果として一国の 3G 普及率、携帯電話利用者に占める第三世代携帯電話の割合 (3G シェア)、携帯電話料金⁷、3G 事業者数、人口一人当たり企業利潤、人口一人当たり投資、3G 周波数供給量、携帯電話普及率、携帯電話市場のハーフィンダール・ハーシュマン指数 (HHI)、3G 携帯電話市場の HHI (3GHHI) を用いることとした。

3-2 因果の特定戦略

ランダムな政策割当が行われていない場合に政策の効果を明らかにするためには、政策の割当が行われ易

⁵携帯電話の通話料金は時間帯や通話相手先などで異なるほか、非線形料金体系が採用されていることが多く、集計データから限界的な通話に帯する価格を復元することは困難である。そこで、各社の通信収入を、発信通話分数で除した事で得られた平均的な 1 分当たりの料金を実効料金としている。

⁶ 3G 向けの周波数を配分されずとも、2G 向けの周波数を用いて 3G の技術を利用したサービスを提供した事業者も存在する。このような事業者の存在した国においても、3G 向けの周波数として周波数が配分された年度を周波数配分年度とし、それ以降の市場成果を分析する事とした。

⁷各事業者の料金をシェアでウエイトした加重平均を一国の料金とした。

いタイプが存在することによって生じるセレクション・バイアスと、政策の効果を識別することが必要となる。オークションが採用されるメカニズムについて明らかであれば、当該メカニズムを組み込んだ構造方程式を推定すればよい。しかし、セレクションのメカニズムが明らかではない場合にはこのようなアプローチを取ることは出来ない。そこで、我々は潜在的な帰結アプローチと呼ばれる手法を用いる。本アプローチでは、3Gにおける周波数配分をオークションにするか、比較審査にするかについて影響を与えられようとする要因をコントロール変数として用い、コントロール変数によってセレクションバイアスを取り除く。潜在的な帰結アプローチにおいてはコントロール変数の選択が重要な問題となるが、本論文では国際比較データにおいてデータの欠損値が存在しないことを優先し、周波数配分方式が明らかになった全サンプルにて利用可能であり、かつ市場成果や周波数配分方式の決定に影響しそうな各種変数をコントロール変数として用いた。利用したコントロール変数は、社会人口学的変数として人口、人口密度、一人当たりGDP(2000年米ドル換算)、World Bankの分類による高所得国ダミー、Alesina et al. (2003)による言語分断率を用いた。また、情報通信に関わる変数として2G普及率、2G事業者数、固定電話普及率、独立規制当局ダミー、GSM採用国ダミー、cdmaOne採用国ダミーを用いた。その他、トレンドを考慮して周波数配分後の経過(四半期)を用いた。表2は利用したコントロール変数、周波数価格対GDP比、市場成果の記述統計を配分方式毎に記したものである。

3-3 潜在的成果アプローチに基づく計量経済モデル

周波数配分方式の違いが市場成果に与えた影響を推定するにあたって、本論文ではある国*i*が3Gの周波数配分にオークションを利用したか否かを変数 W_i で表し、オークションを利用した場合に $W_i=1$ 、比較審査を利用した場合に $W_i=0$ とする。このとき、潜在的な成果アプローチでは市場成果 Y_i は、

$$Y_i = Y_i(W_i) = Y_i(0)(1 - W_i) + Y_i(1)W_i \quad (1)$$

と表される。このときの政策が市場成果に与えた効果 τ_i を $\tau_i = Y_i(1) - Y_i(0)$ とする。政策の採用や市場成果に関わる外生変数のベクトルを X_i と置くと、 X_i の元での条件付き独立 $W_i \perp (Y_i(0), Y_i(1)) \mid X_i$ が成立しており、 W_i が $Y_j (j \neq i)$ に影響を与えない場合であれば、様々な政策効果の分析手法を用いて政策の効果を得ることができる。本論文ではRobins and Rotnitzky (1995)によるDouble Robustness (DR)と、Abadie et al (2001)によるBias Corrected Matching Estimatorを用いる。

表2 説明変数、被説明変数の記述統計

変数名	標本数	平均	オークション国		
			標準偏差	最小	最大
人口(百万人)	676	39.4865	66.8805	0.5131	311.6660
人口密度(人/km ²)	676	883.8615	2596.1930	2.6000	18658.8000
一人当たりGDP(2000 US thousand \$)	676	28.4128	16.7296	1.3302	94.4021
高所得国ダミー	676	0.8047	0.3967	0.0000	1.0000
言語分断率	676	0.2781	0.2058	0.0237	0.8503
2G普及率(%)	676	0.8461	0.2521	0.1731	1.4893
2G企業数(社)	676	4.5030	2.4230	1.0000	17.0000
電話普及率(%)	676	44.9491	15.2054	0.8648	74.4762
独立規制当局	676	0.8521	0.3553	0.0000	1.0000
GSM採用国ダミー	676	0.3195	0.4666	0.0000	1.0000
cdmaOne採用国ダミー	676	0.0104	0.1013	0.0000	1.0000
配分後経過(四半期)	676	14.4763	8.6558	1.0000	32.0000
周波数価格対GDP比	412	0.0761	0.0787	0.0060	0.2560

変数名	標本数	平均	比較審査国		
			標準偏差	最小	最大
人口(百万人)	440	32.6896	44.5258	0.4532	219.2103
人口密度(人/km ²)	440	179.3918	229.0430	8.7000	1080.2000
一人当たりGDP(2000 US thousand \$)	440	26.7853	20.7077	1.1866	113.7940
高所得国ダミー	440	0.7909	0.4071	0.0000	1.0000
言語分断率	440	0.2340	0.2364	0.0021	0.8360
2G普及率(%)	440	0.8281	0.2712	0.1380	1.5170
2G企業数(社)	440	3.5568	1.3538	2.0000	12.0000
電話普及率(%)	440	40.5186	14.7987	4.1713	63.7731
独立規制当局	440	0.8273	0.3784	0.0000	1.0000
GSM採用国ダミー	440	0.3977	0.4900	0.0000	1.0000
cdmaOne採用国ダミー	440	0.0750	0.2637	0.0000	1.0000
配分後経過(四半期)	440	13.6273	8.8838	1.0000	36.0000
周波数価格対GDP比	280	0.0185	0.0219	0.0000	0.0590

変数名	標本数	平均	オークション国		
			標準偏差	最小	最大
3G普及率(%)	676	0.0970	0.1302	0.0000	0.6532
3Gシェア(%)	676	0.0958	0.1259	0.0000	0.5351
料金(Histric US\$)	299	0.1483	0.0877	0.0084	0.8635
企業数(社)	676	2.4926	2.2294	0.0000	10.0000
利潤/人口(Current US \$/人)	384	29.6433	17.1106	1.3721	82.5867
投資/人口(Current US \$/人)	388	7.8073	5.2237	0.4220	41.2244
周波数供給量(MHz)	200	111.4000	36.9984	60.0000	175.0000
携帯電話普及率(%)	676	0.9431	0.2819	0.1731	1.6928
HHI	676	3490.0780	1024.0880	1333.3340	10000.0000
3GHHI	504	5951.7920	2511.6150	2033.5470	10000.0000

変数名	標本数	平均	比較審査国		
			標準偏差	最小	最大
3G普及率(%)	440	0.1161	0.1612	0.0000	0.5834
3Gシェア(%)	440	0.1188	0.1776	0.0000	0.7018
料金(Histric US\$)	193	0.1829	0.0911	0.0160	0.4167
企業数(社)	440	2.0591	1.5761	0.0000	5.0000
利潤/人口(Current US \$/人)	265	31.6690	15.7338	1.2229	76.6664
投資/人口(Current US \$/人)	249	10.1704	7.4555	0.6320	44.8407
周波数供給量(MHz)	140	112.2857	36.6854	60.0000	175.0000
携帯電話普及率(%)	440	0.9442	0.2692	0.1400	1.8734
HHI	440	4041.7490	745.6143	2392.2940	8718.6690
3GHHI	317	5489.2530	2345.0040	2595.2680	10000.0000

DRはRegression methodsとPropensity score Weightingを組み合わせた手法である。Propensity scoreとは、ある標本が政策を受ける確率を観察可能な変数によって推定した値である。DRでは、何らかの方法によって推定したPropensity Score $p(\mathbf{X}_i, \hat{\gamma})$ を用いて

$$\min_{\alpha_0, \beta_0} \sum_{i:W_i=0} \frac{(Y_i - \alpha_0 - \beta'_0(X_i - \bar{X}))^2}{p(X_i, \hat{\gamma})}, \min_{\alpha_1, \beta_1} \sum_{i:W_i=1} \frac{(Y_i - \alpha_1 - \beta'_1(X_i - \bar{X}))^2}{1 - p(X_i, \hat{\gamma})} \quad (2)$$

を推定することで、政策効果を $\hat{\tau}_{double} = \hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_0$ として得ることができる。DRは、Propensity score か、regression のいずれか一方の定式化が正しければ一致性を得ることができ、定式化が共に正しければ一方のみを用いた推定よりも効率的な推定量となるという性質を有している。

Bias Corrected Matching EstimatorはMatching methodsが小標本の時に持つバイアスをRegression

によって軽減する手法である。Matching methods では、ある標本 i の市場成果と、 i と近いコントロール変数の値を持つが、**treatment** において異なる扱いを受けた M 個の標本からなる集合 $J_M(i)$ の市場成果の平均値の差を政策効果として取り扱うアプローチである。標本の距離はコントロール変数 \mathbf{X}_i の要素の差の絶対値を一定の加重で評価したものとなり、本論文では各要素の分散の逆数をウェイトとした。

Bias Corrected Matching Estimator はコントロール変数 \mathbf{X}_i の元での条件付きの市場成果を $\mu_w(x) = E[Y(w) | \mathbf{X} = \mathbf{x}]$ とおき、 $K_M(i)$ を i が他の標本 j のマッチの集合 $J_M(j)$ に含まれる回数として、当該の条件付きの市場成果を線形に近似した、

$$(\hat{\beta}_{w0}, \hat{\beta}_{w1}) = \arg \min \sum_{i: W_i = w} K_M(i) (Y_i - \beta_{w0} - \beta_{w1}' \mathbf{X}_i)^2 \quad (3)$$

の推定を行う。これによって得た条件付きの市場成果の推定値 $\hat{\mu}_w(x) = \hat{\beta}_{w0} + \hat{\beta}_{w1}' \mathbf{x}$ を用いて、潜在的な成果は、

$$\hat{Y}_i(0) = \begin{cases} Y_i & \text{if } W_i = 0 \\ \frac{1}{M} \sum_{j \in J_M(i)} (Y_j + \hat{\mu}_0(\mathbf{X}_i) - \hat{\mu}_0(\mathbf{X}_j)) & \text{if } W_i = 1 \end{cases} \quad (4)$$

$$\hat{Y}_i(1) = \begin{cases} \frac{1}{M} \sum_{j \in J_M(i)} (Y_j + \hat{\mu}_1(\mathbf{X}_i) - \hat{\mu}_1(\mathbf{X}_j)) & \text{if } W_i = 0 \\ Y_i & \text{if } W_i = 1 \end{cases} \quad (5)$$

と表され、政策の効果は $\hat{\tau}_M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{Y}_i(1) - \hat{Y}_i(0))$ として得ることができる。

我々がこれら 2 つの手法を用いるのは、それぞれの手法は漸近的に一致性を持っているが、小標本においてしばしば異なる推定結果をもたらすため、信頼できる結果を得るためには複数の手法の間で安定的な結果が得られることが求められると考えたからである。次節では推定結果について検討を行う。

4 推定結果

4-1 基本モデル

まず、ベンチマークとしてオークション実施国ダミーとコントロール変数からなる線形モデルを OLS, Fixed Effects⁸, GMM の 3 つの Regression methods によって推定した。表 3 は得られたオークション実施国ダミーの推定結果である⁹。GMM における内生変数はオークション実施ダミーであり、操作変数に周波数配分年初のコントロール変数の値を用いた¹⁰。推定結果より、オークション導入国では 3G 普及率、3G シェア、周波数供給量、携帯電話普及率は有意に低い。3G 企業数、利潤、投資については一貫して負であるが、一部有意では無い。料金、HHI、3GHHI に関しては、符号が一致しない。

表 4 は Double Robustness(DR)の推定結果である。周波数配分方式にオークションを採用する確率について、周波数配分以降のコントロール変数が影響を与えると考えerことは不自然であることから、周波数配分前年のコントロール変数を用いて Propensity Score の推定を行ったモデルの推定も行った。いずれのコントロール変数を用いた場合でも、オークション採用国では 3G 普及率、3G シェア、3G 事業者数、投資、携帯

⁸ 周波数供給量は時間で変動しないので、固定効果モデルによる推定は行っていない。

⁹ *は 5%水準での有意を表す。

¹⁰ オークションの導入に関する内生性のテストを行ったところ、外生性仮説は棄却されなかった。

電話普及率、HHI が有意に低くなっている。また、3GHHI は符号が正であり、周波数配分年所の値を用いたモデルで有意である。料金、利潤は有意では無く、周波数供給量は符号が一致しない。

表 3 Regression Methods の推定結果

モデル	OLS		Fixed Effects		GMM	
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差
3G普及率	-0.0387*	0.0079	-0.1385*	0.0168	-0.3956 *	0.0800
3Gシェア	-0.0448*	0.0076	-0.1078*	0.0149	-0.3048 *	0.0681
料金	-0.0025	0.0071	0.0157	0.0242	-0.0034	0.0155
3G企業数	-0.1317	0.0901	-0.2175	0.2390	-2.1086 *	0.6308
利潤/人口	-3.4981*	1.3668	-1.8025	4.1273	-19.1885 *	4.6559
投資/人口	-2.0541*	0.4929	-3.1902	1.8442	-5.1218 *	1.9657
周波数供給量	-33.1960*	3.0396			-43.8564 *	2.1853
携帯電話普及率	-0.0387*	0.0079	-0.1385*	0.0168	-0.3956 *	0.0800
HHI	-203.9673*	48.0379	278.0095*	78.6060	-2199.2590 *	284.1956
3GHHI	1018.4080*	172.2360	-2138.4230*	601.5599	4450.2500 *	1214.0990

表 4 Double Robustness の推定結果

	基本モデル		Propensity Score一定モデル	
	Pseudo R 平均	0.1494 標準誤差	Pseudo R 平均	0.1507 標準誤差
3G普及率	-0.1624 *	0.0178	-0.1568 *	0.0175
3Gシェア	-0.1812 *	0.0194	-0.1754 *	0.0192
料金	0.0034	0.0081	-0.0006	0.0138
3G企業数	-0.3706 *	0.1121	-0.3984 *	0.0825
利潤/人口	1.8688	1.2641	1.8232	1.2105
投資/人口	-3.7487 *	0.7961	-4.0658 *	0.7290
周波数供給量	63.3606 *	17.7510	-101.4934 *	14.4257
携帯電話普及率	-0.1624 *	0.0178	-0.1568 *	0.0175
HHI	-833.6494 *	106.0380	-792.3814 *	105.1211
3GHHI	231.0757	268.5838	201.5353 *	195.6669

表 5 は Matching methods の推定結果である。3G 普及率、3G シェア、料金、投資、携帯電話普及率、HHI は有意に低く、3GHHI は有意に高い。3G 事業者数、利潤、周波数供給量は符号が一貫しない。

表 5 Matching with Regression の推定結果

number of match	4		6		8		10	
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差
3G普及率	-0.1326*	0.0256	-0.1369*	0.0252	-0.1372*	0.0246	-0.1372*	0.0245
3Gシェア	-0.1587*	0.0308	-0.1592*	0.0294	-0.1586*	0.0285	-0.1574*	0.0280
料金	-0.1227*	0.0506	-0.1200*	0.0483	-0.1251*	0.0490	-0.1281*	0.0498
3G企業数	-0.5013*	0.1319	-0.5589*	0.1317	-0.5750*	0.1324	0.0622	0.0928
利潤/人口	4.4100*	2.0498	4.1497*	2.0025	4.0242*	1.9879	-5.1498*	1.3235
投資/人口	-2.7562*	0.7416	-2.6800*	0.7851	-2.3442*	0.7641	-2.4206*	0.7694
周波数供給量	8.6963	24.0695	8.2862	22.7061	7.8104	21.4776	-41.5002	27.8703
携帯電話普及率	-0.1326*	0.0256	-0.1369*	0.0252	-0.1372*	0.0246	-0.1372*	0.0245
HHI	-974.0013*	192.8372	-929.9487*	184.1130	-918.0926*	181.7480	-890.7629*	174.4636
3GHHI	861.2598*	215.3415	763.0597*	206.4126	764.4208*	208.9470	837.7305*	212.2477

これらの結果をまとめると、Regression・DR・Matchingそれぞれの手法で一貫してオークション実施国では3G普及率、3Gシェアが有意に低いとの結果が得られた。また、投資は一部有意では無いものの、負符号で一貫している。本結果はオークション実施国では3Gの普及率が低いことを示しているが、既存の理論研究による洞察から得られる変数間の整合性は得られていない。

4-2 周波数価格と市場成果

次に、オークションにおいて周波数価格の高騰が市場成果の悪化をもたらすとする見解について検討するため、周波数価格とオークションダミーを共に入れた線型モデルの推定を行った。表 6 は周波数価格を含んだモデルの OLS による全てのパラメータの推定結果である。

分析の結果、周波数価格を考慮した場合も、オークションダミーは 3G 普及率、3G シェア、投資、携帯電話普及率において一貫して負で有意である。また、周波数価格と料金の間で一貫した結果は得られず、サンクコストとなる周波数価格が料金に転嫁されることは無いとする経済理論の洞察と整合的である。周波数価格は普及や料金などに一貫した影響を与えておらず、落札額が高騰したことが市場成果を悪化させた訳では無く、何らかのオークション導入に伴う影響が市場成果を悪化させたと考えられるが、良く機能するオークションが落札価格を通じずに市場成果の悪化を生み出したと考えることは困難であり、オークションメカニズムが良く機能していなかった可能性が示唆される。周波数供給量はオークションが一貫して負で有意な影響を持っていると同時に、周波数価格も負で有意である。

先行研究との関連で、Hazlett and Munoz (2009)の指摘するオークションでは政府が収入を増やすために周波数供給数を絞ったことで市場成果が悪化した可能性は今後のさらなる検討に値する。また、周波数価格と料金間に安定的な関係は得られず、Janssen and Karamychev (2009)の指摘するようなりスク回避度を通じた事業者のセレクションにより価格が上昇し、普及率が低下したと結論づけることは困難である。しかし、国が違えば戦略変数が異なる可能性があり、事業者のセレクションを通じた影響の検証のためには競争の形態を明らかにした上で周波数価格と料金の関係を分析することが必要であろう。周波数価格についてのデータが得られた国は少なく、推定結果の信頼性は十分とは言えないこと、周波数供給量は配分後の変数の合理的な予見に基づくよりも、配分前に観察された状態に依存して決められたと考えることもできることから、周波数供給量の決定メカニズムについて、さらなる検討が必要である。

オークションダミー以外のパラメータについてみると、オークションが 3G 普及率に与える影響は平均で 4.9%と推定されているが、GSM ダミーは 12.5%、cdmaOne ダミーは 11.0%の影響を持っており、2G 技術ダミーの係数が大きい。これら広く普及した技術の採用が 3G の普及に大きな影響を与えたことは、これら旧世代の技術のネットワーク効果により、3G への移行が遅れたことを示唆する。

5 結論

本研究では 3G の免許配分においてオークションと比較審査を用いた国における市場成果の比較を多種の分析手法を用いて行った。オークションに関する政策効果の分析ではオークションにより普及率が低下するとの結果が安定的に得られており、何らかのメカニズムによりオークションが新技術の普及を妨げる可能性が存在する。しかし、従来の周波数オークションに関する理論研究では本論文で得られた 3G 普及率、3G シェア、投資の減少が生じるメカニズムについて十分な説明を与えることが出来ない。一つの仮説としては、オークションではメカニズムが周波数に適切な価格を与えたが、比較審査では適切な価格を発見することが出来ず、しばしば周波数の価値よりも低い価格で周波数が譲渡され、比較審査では純資産の増加をもたらしたことが金融市場の不完全性を通じて企業の投資に影響を与えたことが考えられる。さらに、この影響は短期的な影響に留まらず、一時的に 3G の投資が行われなかったことが、ネットワーク効果を通じて動学的な影響を与えたと考えることが出来よう。今後は、詳細な料金のデータを用いて価格に与えた影響を明らかにすることや、携帯電話技術におけるネットワーク効果の影響を踏まえた動学的な普及への影響の分析を行うことが求められよう。

表 6 周波数価格対 GDP 比率を含めた OLS の推定結果

OLS	3G普及率		3Gシェア		料金		3G企業数		人口当たり利潤	
	標本数	692	標本数	692	標本数	368	標本数	692	標本数	445
	R-squared	0.4034	R-squared	0.484	R-squared	0.6713	R-squared	0.4556	R-squared	0.317
	β	標準誤差	β	標準誤差	β	標準誤差	β	標準誤差	β	標準誤差
3Gオークション	-0.0509	0.0129	-0.0537	0.0122	0.0122	-0.0236	-0.3224	0.1372	-4.1377	1.7845
周波数価格	-0.0472	0.1119	-0.0843	0.1057	0.1057	0.1557	-0.3810	1.1898	-9.9998	15.5717
2G普及率	-0.2496	0.0311	-0.3792	0.0294	0.0294	0.1744	1.5047	0.3304	24.8156	5.1960
人口	0.0010	0.0003	0.0010	0.0002	0.0002	0.0002	0.0198	0.0027	0.0030	0.0372
人口密度	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	-0.0008	0.0006
一人当たりGDP	0.0021	0.0004	0.0019	0.0004	0.0004	-0.0006	0.0276	0.0046	0.4438	0.0782
電話普及率	-0.0025	0.0005	-0.0019	0.0005	0.0005	0.0020	-0.0475	0.0058	0.0157	0.0838
言語分断率	0.0364	0.0382	0.0073	0.0361	0.0361	0.1290	1.3832	0.4058	-3.8583	5.7111
携帯電話企業数	0.0168	0.0071	0.0182	0.0067	0.0067	-0.0506	0.6605	0.0751	-4.3979	1.0580
独立規制当局	0.0586	0.0238	0.0516	0.0224	0.0224	-0.0987	0.9131	0.2526	7.3965	3.1617
高所得国ダミー	-0.0433	0.0450	-0.0441	0.0426	0.0426	0.0398	-0.4535	0.4788	0.8082	7.5716
GSMダミー	-0.1245	0.0120	-0.1091	0.0113	0.0113	-0.0103	-1.1888	0.1272	0.7940	1.8241
cdmaOneダミー	-0.1085	0.0266	-0.0775	0.0251	0.0251	0.0942	0.1184	0.2826	20.4310	4.0708
定数項	.3402206	.0642913	0.4287	0.0607	0.0607	0.1712	-0.7929	0.6835	8.9378	9.7403

OLS	人口当たり投資		周波数供給量		携帯電話普及率		HHI		3GHHI	
	標本数	440	標本数	312	標本数	692	標本数	692	標本数	470
	R-squared	0.3837	R-squared	0.731	R-squared	0.6884	R-squared	0.6029	R-squared	0.2531
	β	標準誤差	β	標準誤差	β	標準誤差	β	標準誤差	β	標準誤差
3Gオークション	-2.1469	0.6534	-26.2436	3.6015	-0.0509	0.0129	-244.1816	54.4667	634.1066	280.6554
周波数価格	4.2952	5.6050	-409.7085	94.6389	-0.0472	0.1119	3136.4540	472.1816	7445.3400	2439.9650
2G普及率	-1.6622	1.9327	34.8048	8.9705	0.7504	0.0311	-1120.2980	131.1081	-903.2009	615.4599
人口	0.0187	0.0132	-0.1836	0.0980	0.0010	0.0003	-14.9641	1.0652	-24.3695	5.5552
人口密度	-0.0004	0.0002	-0.1283	0.0116	0.0000	0.0000	-0.1389	0.0173	-0.4497	0.0893
一人当たりGDP	0.0756	0.0295	0.6223	0.1186	0.0021	0.0004	14.4886	1.8180	-11.0262	8.3052
電話普及率	0.0338	0.0319	-0.1957	0.1674	-0.0025	0.0005	-3.4349	2.3028	44.6891	11.9306
言語分断率	-1.6910	2.1116	26.0129	10.4639	0.0364	0.0382	369.9938	161.0661	1752.2450	780.2403
2G企業数	-0.2853	0.4040	-14.8669	1.9025	0.0168	0.0071	-504.5856	29.8038	-351.3250	143.2431
独立規制当局	-2.9308	1.1795	2.7290	7.8780	0.0586	0.0238	-549.3640	100.2551	-2102.3740	582.9240
高所得国ダミー	3.8575	2.3287			-0.0433	0.0450	465.3551	190.0315	-291.4523	991.8008
GSMダミー	-0.2560	0.6871	-8.0210	4.2500	-0.1245	0.0120	217.4535	50.4623	1050.4060	264.3027
cdmaOneダミー	6.3550	1.3405	-3.1853	5.7759	-0.1085	0.0266	539.4537	112.1597	1956.0990	530.6408
定数項	7.1530	3.2402	178.6647	16.8234	0.3402	0.0643	6599.8790	271.2586	7600.5010	1358.4820

【参考文献】

- Abadie, A., Drukker, D., Leber, H., & Imbens, G. (2001), Implementing Matching Estimators for Average Treatment Effects in Stata, *Stata Journal*, 1(1), 1-18.
- Alesina, A., Devleeschauwer, A., Easterly, W., Kurlat, S., and Wacziarg, R. (2003). Fractionalization. *Journal of Economic Growth* 8 (1): 155-194.
- Ausubel, L. I. (1997). Synergies in Wireless Telephony: Evidence from the Broadband PCS Auctions. *Journal of Economics and Management Strategy*, 6(3), 497-527.
- Binmore, K., & Klemperer, P. (2002). The Biggest Auction Ever: The Sale of the British 3G Telecom Licenses. *Economic Journal*, 112(478), C74-96.
- Brusco, S., & Lopomo, G. (2002). Collusion via Signalling in Simultaneous Ascending Bid Auctions with Heterogeneous Objects, with and without Complementarities. *Review of Economic Studies*, 69(2), 407-436.
- Cave, M., & Valletti, T. (2000). Are Spectrum Auctions Ruining Our Grandchildren's Future?. *Info*, 2(4), 347-350.
- Fox, J. & Bajari, P. (2009). Measuring the Efficiency of an FCC Spectrum Auction, University of Minnesota working paper.
- Gruber, H. (2007). 3G Mobile Telecommunications Licenses in Europe: A Critical Review. *Info*, 9(6), 35-44.
- Hastings, J. S., Kane, T. J., Staiger, D. O., & Weinstein, J. M. (2007). The Effect of Randomized School Admissions on Voter Participation. *Journal of Public Economics*, 91(5-6), 915-937.
- Hazlett and Munoz (2009), 'A Welfare Analysis of Spectrum Allocation Policies', *RAND Journal of Economics* 40, 424-54
- Imbens, G., & Wooldridge, J. (2009). Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. *Journal of Economic Literature*, 47(1), 5-86.
- Janssen, M., & Karamychev, V. (2009). Auctions, Aftermarket Competition, and Risk Attitudes. *International Journal of Industrial Organization*, 27(2), 274-285.
- Madden, G. (2009) Generalizing US Spectrum Experience, Australian Competition and Consumer Commission 2009 Regulatory Conference 'Regulation of Infrastructure in a Time of Transition'
- Milgrom, P. (2004). *Putting auction theory to work*. Churchill Lectures in Economics.
- Moreton, P. S., & Spiller, P. T. (1998). What's in the Air: Interlicense Synergies in the Federal Communications Commission's Broadband Personal Communication Service Spectrum Auctions. *Journal of Law and Economics*, 41(2), 677-716.
- Park, M, Lee, S & Choi, Y. (2011) Does spectrum auctioning harm consumers? Lessons from 3G licensing, *Information Economics and Policy*, 23(1), 118-126.
- Robins, J. M., & Rotnitzky, A. (1995). Semiparametric Efficiency in Multivariate Regression Models with Missing Data. *Journal of the American Statistical Association*, 90(429), 122-129.
- Suzuki, A. (2009). Market Foreclosure and Vertical Merger: A Case Study of the Vertical Merger between Turner Broadcasting and Time Warner. *International Journal of Industrial Organization*, 27(4), 532-543.
- Vickrey, W. (1976). Auctions markets and optimum allocations. in (Y. Amihud, ed.) *Bidding and Auctioning for Procurement and Allocation. Studies in Game Theory and Mathematical Economics*, New York: New York University Press. pp. 13-20.
- UMTS FORUM, (2001). Licensing costs for 3G licenses. <http://www.umts-forum.org/>
- World Bank Development Data Group, (2008). "World Development Indicators", USA: <http://www.worldbank.org/data>
- World Bank Development Data Group, (2008). "Worldwide Governance Indicators", USA: <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.asp>

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Evaluating the impact of the biggest auction	日本経済学会 2011 年春季大会	2011 年 5 月 21 日
3G オークションの政策効果に関する分析	第 28 回情報通信学会大会	2011 年 7 月 2 日