

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：32707

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23530340

研究課題名(和文) 技術革新と希少な公共資源の配分政策～無線周波数及び空域を例に～

研究課題名(英文) Technological Innovation and Allocation Policy of Scare Public Resources: Radio Spectrum and Airspace

研究代表者

湧口 清隆 (YUGUCHI, Kiyotaka)

相模女子大学・人間社会学部・教授

研究者番号：00386898

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、無線通信及び航空管制分野を具体例に挙げて、希少な公共資源の利用技術において技術革新が生じた場合に、政府の資源配分制度はどのように変化したのか、あるいは変化するべきなのかを、公共経済学のアプローチから考察した。公共資源の管理のために政府に費用が発生することに着目し、資源配分方法と利用料(課金制度)との関係、各国における現行の利用料体系の背景にある思想、資源利用技術の物理的・経済的特徴、技術の変化と配分制度の変遷を明らかにした。そのうえで、資源利用者による費用負担、「ただ乗り」問題回避などの観点から、技術変化に伴って望ましい制度のあり方を論じた。

研究成果の概要(英文)：This study concerns appropriate allocation policies of scarce public resources when innovations arise in resource usage technologies and related markets. Here I focus on the wireless communications (i.e. radio spectrum) and the air traffic control (i.e. airspace). I analyzed transition of the policies with the public economic approach. I recognized that costs accrue in the governments from their resource management, and made clear the relationship between the resource allocation and users' charges and the background of the actual charging systems in each countries and areas, as well as physical and economic characteristics of the technologies. I also reviewed the history of technological innovations and allocation policies. Finally, I argued the appropriate schemes for spectrum and airspace management for governments, which are reflected by the technological changes, from the viewpoint of the beneficiary-pay principle and mitigation of the free rider problem.

研究分野：公共経済学

キーワード：経済政策 制度論 航空管制 空域 電気通信 無線周波数 周波数共用 ドローン

1. 研究開始当初の背景

(1) 2000年代に入り、移動通信や航空機の利用者が急増し、移動通信事業者や航空事業者の数が規模が拡大するなかで、事業者にとって必要不可欠な公共資源である電波や空港発着枠、空域の希少性が高まり、その配分・割当て方法をめぐる政策議論が活発に展開されるようになった。

(2) 従来は、先着順や比較審査方式により、これらの希少な公共資源が割り当てられてきたが、電波の場合にはオークションによる割当てや事業者間での二次取引、空港発着枠の場合には、事業者どうしの発着枠交換など、経済的なメカニズムが利用されるようになってきた。わが国では、このような経済的なメカニズムは導入されていないが、諸外国ではこのような経済的なメカニズムが主流となっている。

(3) これらの制度変化とその背景にある技術革新や市場の変化とをしっかりと結びつけることにより、その時代に合致した希少な公共資源の配分政策を提案できるのではないと考えた。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、無線通信及び航空管制分野を具体例として挙げて、希少な公共資源の利用技術において技術革新が生じる場合に、政府の資源配分制度はどのように変化するか、あるいは変化すべきなのかを、公共経済学のアプローチから考察することを目的としている。

(2) 公共資源の管理のために政府に費用が発生することに着目し、資源配分方法と利用料(課金制度)との関係、各国における現行の利用料体系の背景にある思想、資源利用技術の物理的・経済的特徴、技術の変化と配分制度の変遷を明らかにする。そのうえで、資源利用者による費用負担、「ただ乗り」問題回避などの観点から、技術変化に伴って望ましい制度はどうあるべきかを論ずる。

3. 研究の方法

(1) 無線周波数及び空域について、現行の資源配分制度が現行技術のどのような特徴を踏まえて構築されたものかを明らかにするために、主要国・地域の周波数割当制度、電波利用料制度、航空管制システム及び航空機への課金制度に関する情報を関係機関のウェブサイト、IATA発行のCDデータベース及びヒアリングにより入手した。それをもとに、課金体系及びその変遷を分析し、割当制度と料金制度との関係性を明らかにした。

(2) (1)の結果を踏まえ、資源利用技術の物理的・経済的特徴と資源配分制度との関係性を分析した。近年導入された新技術(無線通

信ではUWB、キャリア・アグリゲーション技術、コグニティブ無線など、航空管制ではR-NAVなど)の物理的・経済的特徴を把握し、現行の資源配分制度を適用した場合の問題点を明確化するとともに、望ましい資源配分制度を検討した。これら一連の分析及び検討を通じて、技術転換期の制度設計のあり方及び技術革新が希少な公共資源の配分制度に及ぼす影響を考察した。

(3) 分析にあたり参考とした方法として、電波の経済学の祖とされるR. Coase(1974)の「経済学のなかの燈台」(Lighthouse in Economics, *Journal of Law & Economics*, 17(2), pp.357-376)が挙げられる。R. Coaseは、経済学の中で純粋公共財として扱われる灯台の運営制度を分析し、英国では利用者課金制度によって運営されていたこと、帆船から蒸気船・ディーゼル船に変わり、沿岸航行から沖合航行が可能になるなかでどのように制度が変化してきたのかを明らかにした。そのうえで、灯台の運営費用が一般財源によって賄われる場合と受益者負担制度のもとで賄われる場合の功罪を比較検討した。

4. 研究成果

(1) 1980年代以降、世界各国で通信・放送の民営化や自由化が進められるなかで、事業者数が急増した。かつては先着順や比較審査方式により周波数を割り当てていたが、申請者数の増大に伴う事務処理量の増加や訴訟リスクを回避する観点から1989年のニュージーランドを皮切りに、1990年代にはオーストラリア、米国など、2000年代に入ると英国、ドイツなど欧州各国やアジア各国で周波数の割当てにオークションが導入された。また、オークションの導入が遅れたフランスなどでは、周波数の経済的価値を勘案した電波利用料制度が1990年代には導入されたほか、1998年には英国が同様のスペクトラム・プライシングを導入、周波数オークション採用後も公共分野の電波利用料の課金制度「AIP」(Administrative Incentive Pricing)として継続している。わが国でも1993年に導入された電波利用料の算定方法が2005年に抜本的に見直され、純粋な行政手数料から電波利用の効率化を促すインセンティブを内包する料金制度に変化した。

(2) 従来、無線周波数の技術的、経済的に効率的な利用は、チャンネルあたりの帯域幅を如何に狭くし、各チャンネルに如何に大量の情報を載せるのかという狭帯域化の技術によってなされると考えられてきた。しかし、21世紀に入ると、UWB(Ultra Wide Band)技術、キャリア・アグリゲーション技術などの技術が登場し、大量の情報を広帯域に拡散して瞬時に送る技術が電波利用の効率化を促すと考えられるようになった(広帯域化)。さらに、コグニティブ無線、ソフトウェア無線な

どの技術が登場し、空いている周波数を探知し、アンテナなどの物理的な装置を取り換えることなく、ソフトウェアを用い、その周波数で通信することが可能になった。

(3) 狭帯域化にかわり広帯域化が進められることにより、電波利用形態は従来の狭帯域の排他的利用から、広帯域の共用に変化しつつある。そのため、狭帯域化を前提とした周波数オークションのような周波数の割当て、課金制度から、ISMバンド(2.4GHz帯、5GHz帯など)に代表される免許不要の共用型の周波数配分・割当てに変化する兆しがある。一方で、免許制度を前提とした排他的利用では、周波数の混雑や通信の品質を免許人がコントロールすることが容易であったが、免許不要の共用型では通信の品質、とくにセキュリティ面も含めた品質のコントロールが難しく、如何に免許制度と周波数共用を並立させるのが、大きな課題となっており、制度設計の研究が政策的にも学術的にも目下重要になっている。

(4) 航空管制費用を回収するための航空機への課金制度は、ICAOにより、航空管制にかかる費用を総体として回収するとともに、1機あたりの料金は事業者の料金負担能力を勘案して設定されるようにいまなお定められている。その結果、1機あたりの航空管制費用や空域占用費用は機材の大きさにはほとんど依存しないものの、航空機への課金額は多くの国で最大離陸重量に応じた額(比例的もしくは0.5前後の乗数的増加額)となっている。また、国や地域によっては、管制圏内の飛行距離ではなく路線長に応じた額となっている場合もある。現行の課金制度は概ね5種類に分けられる。1機あたりの定額制、管制圏内を飛行する距離を変数とするタイプ、重量と管制圏内の飛行距離を変数とするタイプ(EUROCONTROL型、COCESNA型、その他)、重量と路線長を変数とするタイプ(ASECNA型)、その他である。

(5) 航空機への課金制度の変遷に注目すると、1980年代からの航空自由化、2000年前後からのLCCの登場、普及による航空機の急増という航空輸送市場の変化の影響も受けているが、それ以上に、1970年代に普及したジャンボ・ジェット機の影響が大きいと考えられる。ジャンボ・ジェット機の登場により、航空機の座席数(すなわち最大離陸重量)に大きな幅が生ずるとともに、航続距離の増加に伴う路線長の幅も拡大した。その結果、とくに重量と路線長を変数とするタイプ(ASECNA型)で、料金に大きな変化が生じた。このタイプでは、近年さらに、国内線、国際線の別のほか、ASECNA加盟国の別で、料金単価を変えるなど、料金の細分化が進んでいる。加盟国(旧フランス植民地)の経済発展や地域経済の構造変化などを反映して、航空ネット

ワークに変化が生じたことが背景にあると考えられる。

(6) 現在、衛星からの位置情報を用いた新航法R-NAV(Area Navigation)が導入されつつある。従来はDME/VORなどの航行援助施設を結んで設定された航空路に従って航行する必要があった航空機が、R-NAVにより直線的な経路を選択できるようになった。また、信頼性の向上に伴い航空機間の距離を縮めることが可能となり、空域の効率的な利用につながっている。一方で、この新航法を利用するためには機上に高価な機器を設置しなければならないほか、操縦士の訓練も必要となることから、航空会社は1機あたり数億円程度の費用を要する。直行に伴う燃費削減効果が大きくない限り、空域の混雑緩和に役立つ新航法へ投資を行わず、小型機を多数用いて多頻度運航を行う方が有利になりかねない危険性がある。このような「ただ乗り」行為を避けさせ、新航法導入のインセンティブを与えるためには航空機への課金制度による後押しも必要であろう。実際、洋上管制距離が長いと思われる国では1機あたりの定額制が採用されている。

(7) 以上のような無線周波数、空域の利用の変化及び資源の割当て方法、課金制度の変化を表1に整理した。技術的過渡期においては、旧技術から新技術への移行を円滑に進めるために、希少な公共資源の割当てや利用料などの制度設計にあたり、新技術導入を促すインセンティブを含めることが重要である。周波数共用を促すように、共用の結果、電波利用ができない可能性を考慮して、オプション価値ぶんを割り引いた電波利用料の設定を行う、R-NAV導入を促すために、R-NAV導入機と非導入機に分けて航空機への課金額を算定するとともに、導入機に対しては機材の大きさにかかわらず定額制を採用するなどの工夫が求められる。

		旧来の技術	新技術
無線周波数	技術	狭帯域化	広帯域化(UWBなど)
	制度	・排他的利用 ・周波数免許 ・周波数オークション	・周波数共用 ・免許不要
空域	技術	NAVAIDs方式(航行援助施設)	R-NAV方式(衛星)
	制度	・航空路管制	・空域管制

表1 無線周波数、空域の技術革新と制度

(8) 無線周波数、空域双方の利用にかかわる制度設計の問題として無人飛行機(ドローン)はユニークなテーマである。今回の研究成果を応用して、適切な制度設計のあり方を提案していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

Kiyotaka YUGUCHI、 「Theoretical Analysis of Mobile Operators' Spectrum Strategies」、『Communications & Strategies』、査読あり、No.90 (2nd quarter 2013)、2013年、pp.63-76。

湧口清隆、「『経済学の中の燈台』の現代政策上の意義～わが国の電波利用料制度をめぐって～」、『相模女子大学紀要』、査読なし、76C、2013年、pp.67-77。

〔学会発表〕(計 9件)

湧口清隆、「技術革新と希少な公共資源の配分政策の変化～無人飛行機を例に～」、『情報通信学会』、2015年6月21日、青山学院大学(東京都・渋谷区)。

Kiyotaka YUGUCHI、「Spectrum Planning and Management in Japan」、『台湾通信学会・21世紀財団』、2014年8月21日、台北(台湾)。

Kiyotaka YUGUCHI、「Typology of Air traffic Control Charges and Efficient Use of Airspace」、『Air Transport Research Society』、2014年7月19日、Bordeaux(France)。

Kiyotaka YUGUCHI、「Technological Evolution and Transition of Charging Systems in the Air Traffic Control」、『Air Transport Research Society』、2013年6月27日、Bergamo(Italy)。

Kiyotaka YUGUCHI、「Option Value of Future Spectrum Use」、『International Telecommunications Society 6th Africa Asia Australia Regional Conference』、2013年8月5日、Perth(Australia)。

湧口清隆、「第5世代(5G)移動通信技術の登場と電波監理政策の方向性」、『情報通信学会』、2013年6月23日、情報通信学会、東洋大学(東京都・文京区)。

Kiyotaka YUGUCHI、「Effect of a Spectrum Auction on Mobile Operators' Choices of Technology」、『International Telecommunications Society 19th Biennial Conference』、2012年11月20日、Bangkok(Thailand)。

Kiyotaka YUGUCHI、「How to Evaluate the Analog Television Spectrum?」、『International Telecommunications Society 5th Africa Asia Australia Regional Conference』、2011年11月15日、Perth(Australia)。

Kiyotaka YUGUCHI、「An Analytical Model for Spectrum Allocation Policy」、『International Telecommunications Society 2011 Asia Pacific Regional Conference』、2011年6月28日、台北(台湾)。

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

湧口 清隆 (YUGUCHI, Kiyotaka)
相模女子大学・人間社会学部・教授
研究者番号：00386898