

制度設計・経済性の観点からのコグニティブ無線

湧口 清隆^{†a)}

Cognitive Radio from Regulatory Design and Economic View Points

Kiyotaka YUGUCHI^{†a)}

あらまし コグニティブ無線は自律的に、広帯域の中から空き周波数を認知して、その周波数に合わせて送信を行うことから、免許制度によらず分権的な電波利用を行えるシステムとして評価されている。しかし、電波監理政策上、免許人に有害な干渉を与える危険性があることから、免許制度と並存する形でコグニティブ無線の導入が積極的に展開されることは短期的に期待できない。また、広帯域への対応の結果、機器の製造費用が上がることも想定される。とはいえ、他の無線通信サービスや無線通信技術の変化に伴い、共用型の電波利用が増える傾向にあることから、中長期的にはコグニティブ無線が導入されやすい制度的、経済的環境が整えられると考えられる。

キーワード コグニティブ無線、電波監理政策、免許、周波数共用

1. ま え が き

電波監理政策をめぐる議論は世界的に何度か活発化した時期がある。現在も活発期に位置づけられるが、今回の波は 2000 年ごろに始まり、あと数年は続きそんな勢いである。

その前の波は 1980 年代後半から 90 年代前半に世界的に見られたもので、電気通信・放送分野の規制緩和に伴う国営企業の民営化や新規参入などにより、移動通信や放送用の周波数が足りなくなるのではないかと、その結果、規制緩和の効果が薄められるのではないかと懸念から生じたものである。1989 年に世界で初めてニュージーランドでオークションによる周波数割当制度が導入されたほか、1981 年に抽選制が採用された米国でも 1993 年には周波数オークションを導入する決定を行わざるを得なくなった。詳細については、[1] や [2] を参照されたい。いずれにしても経済的な要因が主な契機となった電波監理制度の見直しであった。

それに対し、2000 年ごろに始まる今回の波は、主として無線通信分野の技術革新によるものである。UWB に代表されるスペクトル拡散技術や、今回のテーマで

あるコグニティブ無線やソフトウェア無線 (SDR) に関する技術の急激な進歩に伴う電波監理制度の見直しという側面を備えている。この見直しには、伝統的な電波監理制度のもとで発展してきた技術と新たな技術との間の競争・競合という経済政策、産業政策的な意味も包含している。そればかりか、電波監理をめぐる国際的な組織体制にも大きな影響を及ぼしている。極めて専門的になるために世間では大きな問題として扱われていないが、それは更に経済政策をめぐる二つの対立する大きな理論的枠組みの関係にも影響を及ぼすものである。

本論文では、制度設計・経済性の観点からコグニティブ無線を分析する。2. では、議論を明確化する観点から、SDR と混同しやすいコグニティブ無線の定義を明確にする。3. ~ 5. では、電波資源の物理的特性と経済学的特性を結び付けながら、コグニティブ無線の電波監理制度上の位置づけ、評価などを考察する。6. では、経済理論の観点からコグニティブ無線を位置づけ、7. では全体の総括としてコグニティブ無線に対する将来展望を述べる。

2. コグニティブ無線

コグニティブ無線の電波監理政策上の特徴を引き出すために、SDR としばしば混同されがちなコグニティブ無線を、英国で出版された電波監理政策に関する初

[†] 相模女子大学人間社会学部社会マネジメント学科、相模原市
Department of Societal Management, Sagami Women's University, 2-1-1 Bunkyo, Sagami-hara-shi, 228-8533 Japan
a) E-mail: k-yuguchi@star.sagami-wu.ac.jp

の包括的文献に基づき、最初に明確に定義したい。

コグニティブ無線は、「周囲の環境を『認識する』機器で、広帯域にわたり伝送を監視し、現在未使用に見える周波数域を感知する。コグニティブ無線は賢明にも、適切な変調や符号化方法を用いて、その伝送を、空いていると判断した電波の特性に合わせてことができ、また、この電波がその所有者によって使われるときには検知して、他の帯域に移動することができる。重要な点は、コグニティブ無線は、基地局からのいかなる集権的な管理がなくとも無線周波数への最適なアクセスを決定できる点である」[3]。

それに対し、「SDR は厳密には、その運用全体がソフトウェアによって決定される機器である。純粋な意味で、これは、アンテナによって捕そくされた広帯域信号がアナログ-デジタル変換器によってデジタル化され、この時点以降、すべての信号処理がソフトウェアを用いて行われることを示唆している。SDR は、アナログ-デジタル変換に先立って無線周波数のごく一部分を選択し変換するためにフィルタやミキサを用いる現行の無線とは根本的に異なっている。(中略) SDR を兼ね備えることにより、コグニティブ無線の実現はより容易になる。そのため、むしろ混同的にこれらの用語が互換的に使われるのである」[3]。

つまり、コグニティブ無線は、① 広帯域の中から空いている周波数を感知し、② 自らの伝送特性をその周波数に合わせて伝送する。③ いったん、この周波数の所有者が伝送を始めるときには、それを感知し、別の周波数に移動する。④ そのため、集権的な電波監理がなくとも、分権的に混信なく通信可能だという特徴を有しているといえる。そして、このような柔軟な伝送を可能とする技術が SDR である。これら四つの特徴は、集権的管理を特徴としてきた従来の厳密な電波監理制度に対し、規制のほとんどない新しい「ライト・タッチな」分権的監理制度の提案に結び付いてくる。

伝統的な電波監理制度のもとでも、コグニティブ無線に複数の周波数帯が割り当てられ、自由に周波数を選択して伝送できれば、コグニティブ無線の機能の何がしかは活用されることになろう。実際、DECT と称されるコードレス電話は典型例である。しかし、これでは本来のコグニティブ無線にはならない。コグニティブ無線が本領を発揮するためには、広帯域の無線周波数が分配される必要があるし、専用帯ではなく、既存の電波利用者との共用の形で分配を受けなければならない。言い換えると、近い将来、他の電波利用者

と共用の形で広帯域にわたる周波数の分配を受けられるか否かが、コグニティブ無線の将来を決定するかぎとなる。果たして、そのような電波監理制度が導入されるのであろうか。これが本論文のテーマとなる。

3. 電波監理制度の大原則

自由に電波を発射させると干渉により混信が生ずるおそれがある。したがって、有害な干渉のない電波利用環境を実現するためには、電波の物理的性質を踏まえて、電波の発射を制限しなければならない。これが電波監理制度の大原則である。他方、1950 年に制定された我が国の「電波法」の第 1 条にも見られるように、電波監理者(である国)には、「電波の公平かつ能率的な利用を確保することによって、公共の福祉を増進すること」が求められており、電波利用を希望する者に対し、国や民間という主体のいかにかわらず、欠格事項の存在を別とすれば原則として拒否することなく、公平に電波の発射を認めなければならない。このため、電波資源の許す限り、電波利用希望者には順次、無線周波数を割り当ててきた。

しかし、技術革新と無線通信サービスの多様化に伴い、特定の周波数帯を中心に電波資源が枯渇する中で、電波利用者に効率的な電波利用を促す一方、競願時には電波利用者を選択しなければならなくなってきた。そこで、免許人(電波利用者)に割り当てる帯域幅を狭め、地域を限定し、利用する周波数帯も含む必要な技術的条件を規定し、免許を付与してきた。更に、必要に応じて、再免許の際に免許人に周波数の移行を求め、それでもすべての電波利用希望者を収容しきれない場合には、「能率的な利用」の観点から、割り当てた電波資源を最も有効に活用しそうな希望者を選択して免許を付与した。このような仕組みが伝統的な電波監理制度の本質である。

この過程の中で、電波利用者の選択方法に国による違いが現れる。我が国のような比較審査方式か、1980 年代の米国のような抽選制か、欧米諸国で多く採用されている周波数オークションや市場取引かなどの多様性が見られる。この違いの背景分析は比較制度分析が得意とするものであるが、大ざっぱにとらえるならば、各国の歴史、文化、政治、経済、社会などの発展経路の違いに根ざしている。国民の「衡平」観、すなわち平等の意識やバランス感覚、更に財政事情や産業構造などが反映される。「公共の福祉」として、電波利用の結果達成される経済的便益ないしは受益の総体を意

識するのか、受益者数を意識するのか、所得の再分配に注目するのか、その際に、経済学の理論的側面を重視するのか、実態を重視するのかによって、設計される制度に違いが生ずる。

いずれにしても重要な点は、免許制度を柱とする伝統的な電波監理制度のもとでは、免許人は免許条件内で排他的な利用権を有しており、電波監理者によって受発信双方における有害な干渉から守られているのである。利用権の中には利用可能性も含まれており、放送のように免許期間中ほとんど切れることなく電波を発射し続ける場合のみならず、普段は使われないもののいったん災害が起こればすぐに確実に使えるように周波数を確保しておかなければならない防災無線のような場合も含まれる。そのため、利用可能性を重視すると、実際に電波が利用される時間はごくわずかなため、電波資源の非能率的な利用とみなされてしまう。利用権のもう一つの観点として、ある無線通信サービスに対して免許を付与するために、免許間に周波数、空間（地域、利用方向など）の両面で緩衝帯（ガードバンド、ガードエリア）を設けなければならないという側面がある。当然、この緩衝帯では当該サービスは提供されない。しかし、別のサービスについては、この緩衝帯で十分に電波利用が可能だという場合が出てくる。そのため、当該サービスの利用権を重視すると、この緩衝帯は能率的な利用に不可欠な空白域となるが、別のサービスからは電波資源の非能率的な利用とみなされてしまう。電波資源が逼迫する中で、この時間的、周波数的、空間的なすき間をどのように埋めるのが大問題となる。

4. すき間利用のための二つの方法

電波利用において時間的、周波数的、空間的なすき間を埋めるための方法は、大別すると2種類考えられる。一つは制度的方法であり、もう一つはコグニティブ無線及びUWBに代表される技術的方法である。

現行の免許制度では、多くの場合、免許には利用する周波数や地域が技術的方法とともに規定されているにすぎない。その結果、異なる運用システムをもつ複数の電波利用者が免許期間内で時間を区切った利用を行うことは困難である。また、緩衝帯を小さくする観点から、同一サービス、同一システムには同一地域において同一周波数帯を分配する傾向があることから、同一周波数帯を異なるサービスが共用するケースは少ない。

そこで、免許人にいったん周波数を割り当てた後、免許人が自らの免許条件内で、自分自身及び他の免許人に干渉を与えない範囲で第三者に電波の利用を認めさせる制度が、欧米の一部の国で導入され始めている。いわゆる「周波数取引」若しくは「周波数の2次利用」で、最初の免許人を「1次利用者」、最初の免許人から利用を認められた利用者を「2次利用者」と呼ぶ。「1次利用者」に免許対象の周波数帯の管理者の役割を担わせることで、免許を時間的、周波数的、空間的に細分化させる制度である。この制度の実際の運用にあたってはいくつかの形態が存在しており、有害な干渉が生じた場合の責任を「1次利用者」、「2次利用者」どちらに負わせるのか、免許期間をどのように設定するのかなどにより、類型化することが可能である。イベント期間だけ、あるいは当該地域で公衆通信ネットワークが構築されるまで、第三者に周波数を利用させる場合が典型例として想定されている。

それに対し、技術的方法としてコグニティブ無線及びUWBが挙げられる。

UWBの場合には、同時に同一地域で同一周波数を他の利用者（免許人）が利用することを前提として、免許人の利用においてはノイズとされるレベルで通信を行う。そのため、「アンダレイ」と呼ばれる。免許人にとっては許容されるノイズの範囲内なので、たとえUWBと免許人の無線通信が重なっても双方において混信は生じないとされている。しかし、複数のUWB利用者が同時に利用する場合、エネルギーが増幅し、ノイズの範囲を超え、有害な干渉を発生させることが危惧されているほか、免許人の利用する機器の性能が向上して、ノイズレベルを下げることでできた場合、従来はノイズの範囲内とされたUWBによる利用が有害な干渉を与えることになることから、免許人の機器選択、技術選択に制約を与えるという批判があり、多くの国はUWBの全面的な導入に対して慎重な姿勢を崩さない。

他方、コグニティブ無線の場合は、免許人に割り当てられている電波資源の範囲内で、瞬間的に、周波数的及び空間的に空いている資源を割り出して通信し、免許人が利用し始める際には免許人に資源を明け渡すという意味で、「オーバレイ」的に周波数を共用する技術である。制度的なすき間利用と同じような運用形態であるが、制度的共用の場合は免許人が何らかの物理的方法で「1次利用者」と「2次利用者」の利用調整を行わなければならないのに対し、コグニティブ無

線の場合は、「2次利用者」となるコグニティブ無線側が自動的に利用調整を行う点で分権的なシステムである。仮に、このようなシステムを制度的に行うためには、電力などエネルギー取引のように、絶えずスポット市場で送信権、利用権を売買し、それを確実に履行させなければならなくなることから、極めて非効率である。そのため、経済学的には、コグニティブ無線は周波数の市場取引に変わる効率的な方法とみなされる傾向にある。しかも、免許人（「1次利用者」）が存在しない場合のコグニティブ無線の利用は、機器同士が自動的に利用調整を行うことになるので、手間と費用のかかる免許付と手続きを回避でき、極めて優れたシステムだと考えられている。

5. コグニティブ無線に対する危惧と電波監理政策への反映

しかし、コグニティブ無線に対しては、電波監理政策の現場で様々な危惧が指摘されている。この指摘は現行の免許制度との並存の観点から挙げられるものと、免許制度のいかにかわらず挙げられるものに分類される。

英国情報通信庁（Ofcom）の調査開発部門トップである W. Webb 教授は、コグニティブ無線に対し、2. の④の特徴から軍事的に戦場での通信に大いに役立つほか、①及び②の特徴からパーソナル通信に利用可能な周波数の「実効」量を劇的に拡大する点を評価する一方で、現行の免許制度との並存の観点から、「隠れ端末問題（hidden terminal problem）」を危惧している[4]。同じ基地局を共有する2台の移動端末が建物や山を挟んで使われる場合、片方の端末が基地局と通信しているにもかかわらず、この端末に対して建物の陰や山陰にあたる場所では、コグニティブ無線は、移動端末は未使用と判断してしまい、使用中の端末と同じ周波数を用いて通信を始めてしまう可能性がある。そのため、コグニティブ無線が有害な干渉の発生源となると指摘する。この問題を回避する手段として、基地局からどの周波数が空いているのかを通知するビーコンを設置したり、放送のチャンネル間の空白域（white space）のように確実にその周波数が使われないところでコグニティブ無線を使用したりする方法を挙げる。免許局と並存するためには、コグニティブ無線側だけではなく、免許局側にも様々な負担を強いることから、現在の免許制度に基づく電波利用環境のもとでコグニティブ無線を大々的に展開することは技

術経済的に難しいと判断している。

また、英国を中心とする欧州の電波監理政策に大きな影響を与えている M. Cave 教授のグループは、「隠れ端末問題」に加え、2. に挙げる①及び③の特徴と関連して、電波が利用調査で観察される結果よりもかなり密に使われていること、及び、通信の確実性を求める利用者も存在していることから、現在の電波環境におけるコグニティブ無線の利用に疑問を呈している[3]。波長が極めて短い場合や指向性アンテナを利用する場合、山陰、建物の陰から発信されている場合など、利用状況を測定するための機器では感知されていない無線通信も多数存在することから、「低度利用」と呼ばれるほど電波が利用されていないことはなく、結果的に時間及び場所によっては空いている周波数が少なくなっており、コグニティブ無線が空き周波数を十分に見つけられない可能性を示唆している。

免許制度との並存とかわる「隠れ端末問題」、免許制度のいかにかわらず挙げられる電波資源の逼迫問題及び通信の確実性問題に加え、後者の範疇として更にいくつかの問題を指摘することができよう。

- コグニティブ無線は、広帯域に対応できるようにするために、機器が複雑化し、故障や製造費用の高騰につながりかねないこと
- 広帯域の中から空き周波数を探索するために、特定の周波数（帯）の空きを確認する場合に比べ、より多くの探索時間を要する可能性が高いこと
- 仮に SDR により電波の発射をコントロールするとしても、幅広い選択肢の中から対応するために、発射までにより多くの時間を要する可能性が高いこと
- 2. に挙げた③の特徴と関連して、ある帯域の排他的利用権を有する免許人がその周波数を利用する際に、コグニティブ無線は他の周波数に移行することになっているにせよ、コグニティブ無線がこの周波数を利用している最中に、本来の優先的利用者である免許人がその周波数に初めてアクセスする場合には、免許人は瞬間的にその周波数を使えない可能性が高いこと
- 通信の相手方がどこにいるのかわからない状況の中では、低電力で長距離伝送が可能で、より低い周波数帯の利用が経済的であることから、利用周波数帯に関して幅広い選択肢をもつにせよ、特定の周波数（帯）の利用に集中する可能性があること

- 優先的に通信を行う必要のある者を抽出して、電波利用の優先権を与えることができないこと

加えて、海外の電波監理政策の実務家の間からは、将来の電波資源の需給関係に疑問の声が上がっている。地上アナログテレビジョン放送用周波数の開放による電波資源の供給増加が見込まれる上、移動通信において携帯電話の利用から無線 LAN 系のデータ通信の利用へと需要がシフトする中で周波数不足は解消する傾向にあること、そのような状況下で高い利用費用をかけてコグニティブ無線を利用するメリットがあるのかという点を指摘する [4]。

以上の点を考慮すると、既存の免許制度と並存しながらコグニティブ無線を利用することには様々な課題が残されており、今後 5 年から 10 年という期間のうちに、コグニティブ無線が世界的に普及することは期待しにくいといえよう。しかし、このことはコグニティブ無線が全く導入されないということは意味していない。例えば、米国の例が示すように、放送サービスや公共安全サービスの空白域において導入を目指すなど、限定的、実験的導入が中心となろう。いくつかの技術開発事例が FCC 公共安全ホームランドセキュリティ局 (<http://www.fcc.gov/pshs/techtopics/>) のウェブページで紹介されている。今後、従来型の周波数専用型のサービスから、ベストエフォート型の共用型サービスに転換するにつれ、コグニティブ無線が導入しやすい環境が生み出されてくる。この観点から、上述の課題に対しうまく対処できる技術開発も含め、引き続きコグニティブ無線の研究開発が続けられる必要があるだろう。

6. コグニティブ無線の経済理論上の示唆

半世紀にわたり、欧米のスペクトルエコノミストは、「市場の失敗」を根拠とする政府による電波の集権的監理に対し、オークションや取引など市場メカニズムを活用した電波監理の必要性を主張し、政策形成に影響を与えてきた。しかし、コグニティブ無線の導入は、経済理論的に再び政府による集権的な電波監理の必要性を求めることになるかもしれない。この章では、経済理論の観点からコグニティブ無線が電波監理政策にもたらす意味を検討する。

無線通信サービスの種類や事業者が増加するにつれ、希少な公共資源である無線周波数をどのように各サービスへ分配し、利用希望者に割り当てるのかという点が問題とされてきた。希少な資源の効率的配分問題は

近代経済学の得意とするテーマであり、あらゆるミクロ経済学の教科書に記されているように、市場に全くひずみがない状況、すなわち完全競争市場においては「価格 = 限界費用」となる生産量が選択される。しかし、電波資源をとらえる場合には、その物理的性質上、完全競争市場を前提とすることはできない。

電波の物理的性質、すなわち干渉、回折、反射に伴う有害な干渉は、特に意図しない混信の場合、与干渉者、被干渉者双方において外部性問題（当事者の意思決定領域の範囲外で費用を発生させる問題）や不確実性をもたらす。また、いったん発射された電波は、発信者に追加的費用を発生させることなく不特定多数の者によって受信され得るので、経済学的に非排除性（対価を支払わない利用者を排除できない性質）と非競合性（追加的な費用をかけずに複数の利用者が共同消費できる性質）によって定義づけられる「公共財」的性格を有する。一般的に、財の供給に外部性、規模の経済性、公共財的属性、不確実性または情報の非対称性が存在するときには完全競争市場は実現せず、いわゆる「市場の失敗」が生ずる。そのため、「市場の失敗」を制度的に補正し完全競争市場に近づける目的で、政府が財の供給に対し課税、補助金給付、規制などの形で介入する。それが政府による電波監理の経済学的な根拠となる。このような介入は、約 1 世紀前にピグーが『厚生経済学』（各経済主体の経済効率性のみならず、社会全体に実現される富の大きさや分配を論ずる経済学の一分野）という大著を著して以来の伝統となっている。電波監理政策では伝統的に、電波利用者に金銭的負担を求める経済的規制よりも直接的に電波の発射をコントロールする物理的規制が採用されてきた。

他方で、政府による規制などの政策は、情報収集、市場参加者へのインセンティブ付与などの面で市場メカニズムに比べ劣るとされる。過剰な規制によって事業者の市場参入が阻止されたり、参入意欲が削がれたり、いわゆる「政府の失敗」が生ずることが知られている。そのため、最大限、市場メカニズムを活用し、政府の介入を極力抑えようという動きが 1980 年代から世界的に展開してきた。それが、国营企業の民営化や規制緩和で、国营通信企業の民営化、情報通信産業への多数の新規事業者の参入などに現れている。電波監理政策においても同様で、1989 年に世界初の周波数オークションが実施され、周波数割当の世界にも規制緩和の波が及んでいる。

電波監理の世界では、伝統的に各国政府が唯一の資源供給者となることに加え、免許競願時に比較審査によって免許人が選定されるという直接的規制がとられることが多かったため、1950年代以降、米国を中心に「政府の失敗」に対する批判が展開されてきた[2]。有名な批判は、後にノーベル経済学賞を受賞するコースの「FCC」と題する論文[5]とそれを一般化した「社会的費用の問題」[6]である。両論文では、外部性問題への「ピグー的補正」、すなわち当事者の認識していない費用・便益を政府が課税・補助金給付により認識させ、財の需給量を社会的最適水準に誘導する方法を当然のごとく採用することを主張するピグーや彼に続く多くの経済学者を批判している。コースは、様々な制度・仕組みを採用するときの直接的費用及び潜在的費用（合計を「取引費用」と呼ぶ）の違いとその結果として社会的に実現される成果物の違いに着目し、市場メカニズム、政府による統制メカニズムなど代替的方法の中から最小の「取引費用」となる制度を選択すべきだと主張する。しばしば「取引費用」がない場合のみが引用されるが、これが有名な「コースの定理」の本質（取引費用が存在しない場合には、制度のいかにかわらず社会的に実現される富の大きさは同じだが、取引費用が存在する場合には、採用される制度により、実現される富の大きさは異なる）である。この考え方に沿って、電波資源の政府の規制による割当ではなく市場メカニズムを用いた割当制度が評価され、1980年代後半以降、欧米各国で周波数オークション、周波数取引などが政策的に導入されてきた。コースは「法と経済学」や比較制度分析の第一人者であるが、電波の経済学、スペクトルエコノミクスにおいても第一人者となっている。

周波数の割当に市場メカニズムを採用するためには、市場で取引される対象が明確でなければならない。そのために、「無線周波数権、電波権（Spectrum Rights）」と呼ばれる財産権を定義する必要がある。1990年代を通じて、「無線周波数権」の明確化が模索されてきた。これは所有権ではないが、排他的な利用権である。それゆえ、ベストエフォート型の共用型電波利用とは本質的に相いれない。逆に伝統的な免許制度とは、割当方法が規制によるか市場によるかの違いがあるものの、確実かつ排他的な利用が認められるという点で共通性が高い。電波の経済学では、従来型の専用型技術に基づき、半世紀以上にわたってピグー批判と市場メカニズムの導入が主張されてきたことから、

共用型電波利用に対して十分な理論的、実践的研究が進んでいない。

共用型の電波利用においては、規格外の機器の利用による有害な干渉や、特定周波数帯または周波数全体に対する利用の集中に伴う混雑が大きな問題となる。これらは外部性問題である。特に混雑については、各利用者は混雑の被害者であると同時に他の利用者に対する混雑の原因者であるという意味で、利用者相互間で外部費用を発生させる特徴がある。混雑現象に対しては、混雑税、混雑料金を課金する方法が特に自動車交通において1920年代から主張されてきた。いわゆる「ピグー的補正」（ピグー税）である。ピグー的補正では、混雑自体から社会全体が受ける費用を社会的限界費用と定義し、各利用者が認識する私的限界費用との差を課税するという仕組みをとるため、混雑は抑制されるものの、完全には解消されない。自動車と異なり、電波利用の場合、電波の発射を完全に監視することが難しいことから課税も難しいという側面もあることに加え、混雑時の利用が先着順で分かりやすい自動車と異なり、現在の共用型技術では確率的に通信が成功するという技術的特徴を有することから、課税に対する効果や理解が得られにくいことが予想される。

コグニティブ無線のように広帯域に対応可能な機器の場合、混雑が生ずるときにはすべての帯域で同程度の混雑が発生する危険性がある。それに対し、機器や規格ごとに利用する帯域が異なる場合には、人気のある機器や規格が利用する帯域は混雑し、そうではない帯域は混雑しないという非一様な電波利用が生ずる。その結果、未混雑帯域で新たな機器や規格の開発が進み、混雑帯域が時間とともにシフトして、全体として混雑が一様になる可能性がある。しかし、絶えざる技術開発を前提とすれば、このような一様な均衡状態は一般的に安定的とはいえないことから、帯域ごとに混雑の濃淡が現れ、機器や規格の新陳代謝が進むことが期待できる。これは、ティブーの「足による投票」（人々は移動可能という大前提のもと、地方自治体が公共サービスの提供と税率設定を競い合うとき、人々は条件のより良い自治体に移住しようとするが、特定の自治体に人口集中が生ずることにより居住環境が悪化することから、他の自治体にも人口が流出し、結果的に各自治体は最適規模の人口を実現するという主張）[7]に基づく考え方である。経済理論的には、ティブーの「足による投票」は、地方自治体同士の競争と最適規模の実現という元々の問題に対しては非現実的

と考えられているが、電波利用においてはタイプの挙げる詳細な前提条件は必ずしも非現実的とはいえな部分もあり、検討に値するだろう [8]。

7. む す び

コグニティブ無線は、技術的にユニークな特徴を多数兼ね備えており、将来性の期待されている技術である。電波利用形態を「コマンド&コントロール・モデル」、「排他的利用モデル」及び「コモンズ（共有地）モデル」と3類型化した米国の通信規制機関 FCC の報告書 [9] でも、新しい電波利用モデルとして「コモンズ・モデル」が評価され、コグニティブ無線は個別免許不要の分権的な電波利用形態として囑望されている。

しかし、今日の免許を中心とする電波利用制度の中では、コグニティブ無線が伝統的な無線サービスと並存することに対し、「隠れ端末問題」への対応や新たな電波監理方法導入の必要性など、技術的見地から方法的、経済学的見地からも大きな課題がある。そのため、現時点でコグニティブ無線が大々的に展開することは想定しがたい。とはいえ、無線サービスに対する需要やその需要を充足するために用いられる技術や機器が変化していく中で、10年後、20年後という中長期的な展望においては、制度的にも経済的にもコグニティブ無線が導入されやすい環境が整ってきていると予想される。それゆえ、そのときに向けて今日から技術開発を着実に進めていかなければならないだろう。

謝辞 ソサイエティ大会で報告の機会を与えて下さいました高田潤一先生、三瓶政一先生をはじめとする諸先生方、本論文に適切なコメントを下さいました匿名の校閲者及び編集委員の皆様方に感謝します。なお、本論文は文部科学省の科学研究費補助金「若手研究」(B) 17730191 による研究成果の一部である。

文 献

- [1] 鬼木 甫, 電波資源のエコノミクス—米国の周波数オークション, 現代図書, 2002.
- [2] 湧口清隆, “変革期にある欧州の電波政策とその背景—英国の政策形成過程を中心に,” EU の公共政策, 和気洋子, 伊藤規子 (編著), 第 5 章, 慶應義塾大学出版会, 2006.
- [3] M. Cave, C. Doyle, and W. Webb, *Essentials of Modern Spectrum Management*, Cambridge University Press, 2007.
- [4] W. Webb, *Wireless Communications: The Future*, John Wiley & Sons, 2007.
- [5] R.H. Coase, “The federal communications commission,” *J. Law & Economics*, vol.2, no.1, pp.1-40, 1959.

- [6] R.H. Coase, “The problem of social cost,” *J. Law and Economics*, vol.3, pp.1-44, Oct. 1960. 宮澤健一, 後藤晃, 藤垣芳文 (訳), “社会的費用の問題,” 企業・市場・法, 第 5 章, 東洋経済新報社, 1992.
- [7] C. Tiebout, “A pure theory of local expenditures,” *J. Political Economy*, vol.64, pp.416-424, 1956.
- [8] 湧口清隆, “免許不要の電波利用 ~ 『コモンズ』の利用をめぐる一考察 ~,” 相模女子大学紀要, 68 A, pp.55-66, 2005.
- [9] FCC Spectrum Policy Task Force, *Spectrum Policy Task Force Report*, FCC, 2002.

(平成 20 年 4 月 25 日受付, 6 月 22 日再受付)



湧口 清隆

1995 一橋大・商卒, 2000 同大大学院商学研究科了, 2001 に一橋大学にて「博士(工学)」取得。国際通信経済研究所研究員, 九州大学大学院比較社会文化研究院客員助教などを経て, 2004 から相模女子大学学芸学部専任講師, 2007 から同准教授, 2008 から人間社会学部准教授, 社会マネジメント学科長。