

クラウド市場における供給企業のインセンティブとライセンス戦略

代表研究者 春日 教 測 甲南大学 経済学部 教授
共同研究者 藤 澤 千栄子 甲南大学 経済学部 非常勤講師

1 はじめに

本調査研究では、近年市場成長が大きいクラウド・コンピューティング市場に焦点を当て、理論モデルを用い、供給側が販売よりもレンタルを選択する誘因と、企業戦略の重要な要素の一つであるライセンス契約の在り方に関する分析を行うことを目的とする。

クラウドの導入により、従来自社のコンピューター上で処理していた作業を、外部事業者（ベンダー）を介して他のコンピューター能力を利用できるようになる。具体的には、レンタル形式でクラウドの普及が進めば、需要側のユーザー企業にとって、システム導入時に初期費用として必要な固定費が変動費に転化するため、当該市場に参入する SMEs (Small and Medium Sized Enterprises) の初期投資費用が低下し、新規参入を促す効果が期待できる。またレンタルを採用すれば、外部委託となり、機器管理のための教育費および人件費等が大幅に削減できる。

本研究の最大の特徴は、このような需要サイドの影響にとどまらず、耐久財企業の理論モデルを援用し、供給者であるベンダーがどのような場合に販売ではなくレンタルを選択するのか、を分析するところにある。耐久財企業の理論によれば、複占市場において通常販売が選択されることが報告されているが、供給企業の側からもレンタル提供にインセンティブがないと、持続的な市場の維持は望めない。本研究では、どのような場合にベンダーがレンタルを選択するのか、特にライセンス契約の仕方について種々のケースで分析し、現在のようにレンタル形式で普及が進んできた背景について考察する。

以下ではまず、クラウド市場における主要サプライヤーの発展経緯と近年の動向について確認しつつ、論点を明確化する。第3節では先行研究についてサーベイし、以上の2節を踏まえて第4,5節で我々の分析モデルを提示する。具体的には、第4節で最適なライセンシング戦略を確立するためのベンチマークとして非ライセンシング・ゲームを検討した後、第5節で売上高比例ライセンス契約の下で両企業にとっての最適な選択、固定部分も考慮した二部契約のライセンシングについてモデルを拡張し、各状況での社会的余剰について議論する。ただし紙幅の都合から詳細な式展開は論文本体を参照してもらうこととし、本報告では分析の方針と結果のみを記すこととする。最後に第6節で結論を述べる。

2 クラウド市場の発展経緯と近年の動向

インターネットの普及による PC のコモディティ化とネットワークの高性能化により、クラウド・コンピューティングが誕生しその市場は近年急速に成長してきた。クラウドはサーバーやルーターの集合体から構成される雲状の図として描かれ、サーバー側はその技術革新と Web 上での多様なサービスの展開を加速し、利用者はサーバー構成に関わらずサービスを利用可能なため、ネット活用の仕方を大きく変えてきた。丸山(2009)は、このようなクラウドの可能性の扉を最初に開いたのはグーグルだと述べている。グーグルは、インターネットクラウド上のシステムをインフラとしてコモディティ化したマシンで構築し、スケールアウト（サーバー台数を増やしシステム全体の処理能力を高める）戦略でインターネットクラウド上にある膨大な情報を効率的に検索することを可能にし、「全世界の情報を組織し、アクセス可能にする」ことを可能にした、と言う。その中心にあるのが、「Web スケール」という特質であり、施設・設備を持たない利用者がサービスを利用出来るためには、クラウド事業者による多数のサーバーからなる巨大なインフラ提供が不可欠な状況をもたらした、とされている。

クラウドの「Web スケール」ビジネスの展開モデルは、Private Cloud (販売)、Community Cloud、Public Cloud (レンタル)、Hybrid Cloud があるが、現在クラウド市場の中心は Public Cloud であり、IaaS (Infrastructure as a Service)、PaaS (Platform as a Service)、SaaS (Software as a Service) の3形態がある。Synergy Research Group は2019年、クラウド市場の成長について、Public Cloud のIaaS と PaaS が大部分を占め、特に PaaS の成長率が最も高く 50%に及んでおり、積極的な投資を行っていた主要プレーヤ

ーはアマゾンとマイクロソフトだと報告していた。

アマゾンは、世界最初の有料パブリック・クラウドサービス Amazon Web Service (AWS) を、販売ではなく利用分の支払い (= レンタル) という形で 2006 年に提供開始したが、余剰サーバーを持つ全ての企業が有料クラウドの商用サービス提供出来るわけではなく、計画的な拡張可能性を保持しておく必要がある。その能力を持った マイクロソフトも、クラウド市場での売上を中心に据えるという明確な経営判断のもと、2008 年に大規模クラウドデータセンターを構築し、主として企業向けにソフトと組み合わせた”Microsoft Azure”で市場参入した。IaaS 中心のアマゾン AWS とは異なり、クラウド OS として登場した Azure は、クラウド上の任意のサービス管理がハードウェア構成を含め自動化されている PaaS であった。

このクラウド利用のレンタル選択の評価は、IT ビジネスの主戦場である企業用クラウドの分野で明らかだ。新興のスタートアップ企業や SME (中小企業) が AWS や Azure をレンタル利用すれば初期投資額を抑えることが可能で、クラウド市場の需要が拡大してきた。しかし長期的に考えると、企業のレンタル費用は販売 (= 買取り) に比べ割高になる可能性が高く、レンタル方式が常に望ましいとは言えない可能性もある。

クラウド・サービスの提供事業者にとっては、インフラ設備の点からレンタル方式の方が販売方式に比べ効率的であるならば、巨大インフラ投資を抑えることができる点でレンタルは都合が良い方法になる。では、クラウド事業者がレンタルを選択するのは、販売とレンタルの投資効率に差があるからなのか？ そうならば、参入者で多くのクラウド関連のライセンスを持つマイクロソフトのような企業は、アマゾンのような既存企業に対しどのような戦略を取るのか？ 一つの事例として、マイクロソフト社は 2008 年、携帯電話でワイヤレスプッシュメールなどの同期ができる Exchange ActiveSync というソフトのライセンス拡大を発表した。このような特許を幅広く利用可能にする戦略は、クラウド・サービスの提供戦略上もマイクロソフトにとって有利に働く可能性が高い。消費者が財 (クラウド・サービス) の評価を下す際には高い拡張性、管理能力にだけでなく、同期レベルも重要な要素の一つとなる。例えばアマゾンが、同期化が外部性によってクラウド・サービスの評価を高め利用者増をもたらすと考えるならば、マイクロソフト社とのライセンス契約は必須に違いない。その場合、ライセンス契約はクラウド事業者の選択方法に影響を与えるのだろうか？ また、社会的余剰はそれによって向上するのか、低下するのだろうか？

クラウド・コンピューティングの急速な発展がもたらした効果については多くの研究があるが、クラウド分野の研究傾向を調べた Senyo et al. (2018) は需要側の影響に着目した研究が多いと指摘している。他方、Choudhary et al. (2009) のように、ソフトウェア・ベンダーの供給戦略に関する研究も多く、伝統的な耐久財企業の供給戦略を研究した Bulow (1982) 等を参照しつつソフトウェア・ベンダーを耐久財企業の供給戦略として分析した研究も多くある。ただし残念ながら、両者を結び付けたクラウド提供事業者の供給戦略に関する研究はほぼ見当たらないため、本研究では供給側の観点から、ライセンスや投資が企業の販売かレンタルかの選択にどのような影響を与えるのか、そのような選択がプロバイダーや顧客にとってどのようなメリットがあるのかを検証することとした。

3 先行研究

Keung and Kwork (2012), Sohaib et al. (2019) 等は、クラウド・サービスがレンタル方式によって中小企業の投資を最小化する状況を調査した。クラウド提供者の投資とレンタル/販売選択に関する研究は見当たらなかったが、ソフトウェアのレンタル・販売の選択に関しては、Balasubramanian et al. (2015)、Choudhary et al. (2009)、Jia et al. (2018) 等がソフトウェア・ベンダーの有料化・販売の戦略を調査しており、Ojala (2012)、Zhang et al. (2020) 等はソフトウェア提供者にとってクラウド競争におけるレンタル方式が戦略的なツールであることを示している。伝統的な耐久財研究では、Bulow (1982) が標準的な耐久財企業の戦略を研究し、独占企業にとってレンタルは販売よりも優れていることを定式化しており、Chien and Chu (2008) は、ネットワーク効果の下では耐久財を販売するほうが良いことを示している。Bucovetsky and Chilton (1986) は、耐久財の独占企業の販売選択の動機を示した。Utaka (2011)、Waldman (1993)、Choi (1994) は、耐久財アップグレードのタイミングと互換性のないアプリ等のアップグレードについて検討している。また企業のライセンシング戦略については、San Martín and Saracho (2010)、Fan et al. (2018)、Hsu et al. (2019) が、複占市場における単位当たりのロイヤルティか売上高ロイヤルティかの選択について分析している。

以上を踏まえ、本研究では、耐久財企業であるプロバイダーが販売よりもレンタルを選択する状況につい

て、外部性と投資条件を考慮したライセンス契約を使った理論モデルで分析することとする。分析方法はForos (2004)を参考に5段階ゲームとなっており、複占市場での2期間モデルでクールノー競争を行うときの供給戦略を分析することとする。クールノー競争を行う理由としては、データセンターのキャパシティに上限があると考えられるためである。さらにデータセンターのキャパシティは、販売の場合区分所有者としてある程度の占有化が行われるので、販売を選択する場合のクラウド事業者の投資費用はレンタルに比べ大きいと考えられ、レンタルの投資効率は販売よりも高いと仮定した。現実をみるとクラウド市場は寡占状態であるが、複占モデルによってもその特徴を十分抽出できると考えられる。

4 理論モデル

本稿では2企業からなる複占市場の競争を考える。企業1は、クラウド・サービス提供に十分な大規模インフラを持つ既存企業であり、企業1の投資はスケラビリティとデータ管理能力の点で(例: EC2/S2)、参入企業2の投資に対抗できるものとする。参入企業2は、Microsoft Azureのようなクラウド・サービスを提供する企業で、大規模データセンターを建設しクラウド市場へ参入する。後発の企業2が持つ強みは、Exchange ActiveSyncのように、ユーザーに付加価値や利便性を与える特許を有していることであり、当該特許はクラウド・コンピューティング自体への需要を高めると想定する。一方、企業1はそのような特許を有していないものの、企業2とライセンス契約を結ぶことで消費者に追加的に高い利便性を提供できる。

分析に使う5段階のゲームは、以下のような構造になっている。我々は後ろ向き帰納法(Backward Induction)を用いて、企業の最適な選択を導き出す。

第1期

- 第1段階: 両企業はクラウド・サービス提供のための投資水準 e を選択する。
- 第2段階: 企業2は企業1にライセンス契約を提示する。
- 第3段階: 企業1は企業2の申し出を受け入れるか拒否するかを決定する。
企業1が申し出を拒否した場合、ライセンスなしと同様の状況になる。
企業1が申し出を受け入れた場合、両企業は同等の付加価値を持つ財を提供する。
- 第4段階: 両企業は販売またはレンタルを決定し、同時に財を提供する。

第2期

- 第5段階: 第1期の結果を受けて、両企業は同時に財を提供する。

4-1 需要サイド

需要関数は線形の2期間モデルを仮定する。消費者は1単位の需要を持ち、購入した財の将来価格を予測出来るという意味で「合理的」と仮定する。企業と消費者には時間選好率はなく、財は、耐久性やアップグレードの影響を避けるため時間の経過とともに減価しないとする。したがって、両期間の財 i ($i=1,2$)は同一である(即ち、第2期では現行の財 i と中古の財 i は完全に代替品である)。また δ を消費者の基本的な支払許容額とし、これをある期間の財 i の評価とする。ここで異質な消費者が連続していると想定し、 δ は消費者ごとに異なり、密度1で $-\infty$ と a ($a>0$)の間に一様分布していると仮定する。Foros (2004)にない、全ての消費者が市場に参入したときの端点解を避けるために、 δ の値を負の範囲までに限定している。 e (>0)は投資による拡張性とデータ管理能力を示し、消費者に追加的な利便性を提供するもので、消費者にとっては同一の評価とする。 e は、同期レベルのような、外部性による使い勝手の良さに基づく需要側の評価を示すパラメータ b_i と関連している。ここでは $b_i \in (0,1)$ と仮定する。ライセンスがない場合、タイプ δ 消費者のある期間における財1の支払許容額は $\delta + b_1e$ 、財2の支払許容額は $\delta + b_2e$ となる。 $b_1 = b_2$ であれば、消費者の付加価値は同一となる。ここでは「財2」を生産する企業が特許を持っているので、 $b_2 > b_1$ と仮定する。したがって、財2の方が顧客の支払許容額が大きい。両企業が財を販売している場合、消費者は第1期と第2期のどちらに購入するかを検討し、どちらの方が消費者にとって財 i の価値が高いかを判断する。消費者は、第1期に財1を購入すると、第2期の終わりまで財1を保有している。これは、 $2(\delta + b_1e) - p_{11} > 2(\delta + b_2e) - p_{12}$ と $2(\delta + b_1e) - p_{11} > \delta + b_1e - \hat{p}_{21} > 0$ で表される。なお、 p_{1i} は第1期に財 i につけられた価格、 \hat{p}_{21} は第2期の財 i の予想価格を表している。タイプ δ の消費者が価格 p_{12} で財2を購入した場合、 $\delta + b_2e - p_{12} + \hat{p}_{22} > \delta + b_1e - p_{11} + \hat{p}_{21} > 0$ となる。 $\delta + b_1e - p_{11} + \hat{p}_{21} < 0$ or $\delta + b_2e - p_{12} + \hat{p}_{22} < 0$ であれば、消費者は財 i を購入しない。

$$p_{11} - b_1e - \hat{p}_{21} = p_{12} - b_2e - \hat{p}_{22} = P_1. \quad (1)$$

(1)式は、両企業が共に活動して外部性が存在する場合に成立する。 P_1 は、第1期の限界的消費者の財への支払許容額を表す。 $\delta \geq P_1$ は、2期分の支払い許容額を持つタイプ δ の消費者が市場に参入することを意味する。一様分布を仮定しているため、両企業の第1期の総供給量は、 $z_1 (= q_{11} + q_{12})$ である。 q_{1i} は第1期の財 i の需要であり、 $q_{1i} > 0$ である。 $a_1 = a + b_1 e$, $a_2 = a + b_2 e$ とすると、(1)式より、第1期の逆需要関数は次の(2)式となる。

$$p_{1i} = a_i - q_{11} - q_{12} + \hat{p}_{2i} \quad i = 1, 2 \quad (2)$$

ここで、 p_{2i} は第2期における財 i の販売価格を表している。 $p_{21} - b_1 e = p_{22} - b_2 e = P_2$, P_2 は第2期の財に対する消費者の限界的支払許容額を表している。従って、一様分布を仮定すれば、第2期に財を需要する消費者が存在するので、 $a - z_1 \geq P_2$ の支払い許容額(留保価格)を持つ消費者が市場に参入する。彼らは、 $z_2 = q_{21} + q_{22}$ ($q_{2i} > 0$)の需要を生み出すことになる。ここで、 q_{2i} は第2期の財 i の需要を表している。両社が $Q = z_1 + z_2$ を供給するとき、各期の価格は $z_1 = a - P_1$ と $z_2 = a - z_1 - P_2$ が成立しなければならない。したがって、第2期の逆需要関数は次の(3)式となる。

$$p_{2i} = a_i - q_{11} - q_{12} - q_{2i} - q_{2j} \quad (3)$$

両企業がレンタルを選択した場合、消費者はその期間の終わりにデータセンターを占有しない。このような場合、 $p_{1i} - b_i e = p_{2i} - b_i e = P_i$ から、期間 $t (= 1, 2)$ に直面する企業 $i (= 1, 2)$ の逆需要関数は、次のような(4)式になる。

$$p_{ti} = a + b_i e - q_{ti} - q_{tj} \quad (4)$$

4-2 供給サイド

両企業は、それぞれ財の生産能力に制約があるため、クールノー競争をする。このもとで両企業は、消費者の需要を考慮して、販売するかレンタルするかを決め、両期間の利益を最大化するために5段階のゲームを行う。両企業が販売を選択する場合、企業 i は、次のような第1期の最大化問題に直面する。

$$\max \Pi_1 = q_{11} \cdot p_{11} + \hat{q}_{21} \cdot \hat{p}_{21} - e^2 f / 2 \quad \text{および} \quad (5)$$

$$\max \Pi_2 = q_{12} \cdot p_{12} + \hat{q}_{22} \cdot \hat{p}_{22} - e^2 f. \quad (6)$$

\hat{q}_{2i} は1期の $q_{11} + q_{12}$ のもとでの期待価格 \hat{p}_{2i} での需要を示している。 fe^2 は企業2の投資、企業1は既にある程度の投資を行っているから、 $e^2 f / 2$ とする。一般性を損なわないように、 $f = 1$ とおく。両企業がレンタルを選択した場合、企業2の投資効率を g とおく。 $0 < g \leq 1$ であるが、企業1の投資効率は同じとする。さらに、企業1は、企業2が選択するレベル e に常に対応しているものとする。

したがって、両方の企業が販売を選択した場合、企業 j の q_{2j} と $q_{11} + q_{12}$ に対して、企業 i の第2期の最大化問題は次の(7)式となる

$$\max \pi_{2i} = q_{2i} \cdot p_{2i} = q_{2i} (a_i - q_{11} - q_{12} - q_{2i} - q_{2j}) \quad (7)$$

両企業がレンタルを選択した場合、企業 i の第2期の最大化問題は次の(8)式となる。

$$\max \pi_{2i} = q_{2i} \cdot p_{2i} = q_{2i} (a_i - q_{2i} - q_{2j}). \quad (8)$$

4-3 両企業がライセンス契約を結ばない場合の分析

投資効率を $\hat{g} \equiv_{\text{def}} \{g: \Pi_2^{\text{rent}}(b_1, b_2, 1) = \Pi_2^{\text{rent}}(b_1, b_2, g)\}$ とする。企業2は、企業1が販売すると予想したとき、もし $\hat{g} \leq g \leq 1$ ならば、 $\Pi_2^{\text{rent}} < \Pi_2^{\text{sell}}$ となるので、企業2は販売を選択する。 $g < \hat{g}$ ならば、 $\Pi_2^{\text{sell}} \leq \Pi_2^{\text{rent}}$ なので、企業2はレンタルを選択する。

投資水準 e の選択はどうか。 $\hat{g} < g \leq 1$ のとき、両方の企業が販売を選択しているため、2階条件を満たす最大化の条件 $\partial \Pi_2^{\text{rent}} / \partial e = 0$ から、企業2が選択する e は $e_1(b_1, b_2, 1)$ となる。その場合、企業1も $e_1(b_1, b_2, 1)$ を選択する。 $g < \hat{g}$ のとき、企業2はレンタルを選択し、2階条件を満たす最大化条件 $\partial \Pi_2^{\text{rent}} / \partial e = 0$ から、

企業 2 が選択する e は $e_2(b_1, b_2, 1)$ となる。 $e_1(b_1, b_2, 1) < e_2(b_1, b_2, 1)$ である。 そうならば、企業 1 も $e_2(b_1, b_2, 1)$ を選択する。 この分析結果から得た命題は、命題 1 として次のようになる。

命題 1: $\bar{g} \leq g \leq 1$ のとき、両企業は $e_1(b_1, b_2, 1)$ を選択し、両企業は販売を選択する。

$g < \bar{g}$ のとき、両企業は $e_2(b_1, b_2, 1)$ を選択する。 企業 1 は販売を、企業 2 はレンタルを選択する。

この命題 1 は、 $\bar{g} \leq g \leq 1$ の場合、レンタルの投資効率は販売の投資効率とほぼ同じレベルであるため、両企業は市場シェアをめぐって激しい競争をすることになる。 しかし $g < \bar{g}$ の場合、レンタル投資効率 e は販売の投資効率よりも高いので、企業 2 は高いで高い価格を設定するためにレンタルを選択するというものである (表 1 参照)。

5 モデルの拡張

5-1 売上高ライセンス契約についての分析

売上高ライセンス契約では、企業 2 が、ライセンシーの売上高にロイヤリティ $s \in (0,1)$ を課すライセンス契約を結ぶ。 両財の追加的評価は利用者にとって同じとなるので、パラメータ $(b_1, b_2) = (b, b)$ とする。 消費者評価が増加することから $b > b_2$ と仮定する。 契約は、企業 2 が企業 1 の利益を保証するので、企業 1 はどちらを選択することが自らにとって最適になるだろうか？ 企業 2 が販売を選択する場合、ロイヤリティ条件を $\bar{s} \equiv_{\text{def}} \{s: \Pi_1^{\text{lar}*}(b, e, g) = \Pi_1^{\text{ls}*}(b, e, 1)\}$ とする。 また企業 2 がレンタルを選択した場合のロイヤリティ条件を、 $\underline{s} \equiv_{\text{def}} \{s: \Pi_1^{\text{lar}*}(b, e, 1) = \Pi_1^{\text{lr}*}(b, e, g)\}$ とする。 $s < \bar{s}$ または $s < \underline{s}$ の場合、ロイヤリティが低いので、企業 1 は市場で高いシェアを獲得しようと販売を選択する。 $s > \bar{s}$ または $s > \underline{s}$ の場合、ロイヤリティ s が高いので、企業 1 は価格の下落を抑えようとレンタルを選択する。 したがって、企業 1 の選択はロイヤリティ s の大きさに依存して決まる。

企業 2 にとって最適なライセンス契約は、企業 1 がレンタルを選択した場合である。 この場合、企業 2 は高いライセンス収入を得ることができる。 $\bar{g} < g \leq 1$ のとき、企業 2 が企業 1 の販売を予測するならば、企業 2 はより大きな市場シェアを得るために販売を選択する。 したがって、企業 2 が設定するロイヤリティは、 $s_1 \equiv_{\text{def}} \{s: \Pi_1^{\text{ls}*}(b, e, s) = \Pi_1^{\text{ms}*}(b_1, b_2, e)\}$ である。 これは $s_1 > \bar{s}$ を意味するので、企業 1 は販売を選択しない。 企業 2 が企業 1 のレンタルを予想し、企業 2 がより高い収益を得るために販売を選択した場合、企業 2 が選択するロイヤリティは、 $s_2 \equiv_{\text{def}} \{s: \Pi_1^{\text{lar}*}(b, e, s) = \Pi_1^{\text{ms}*}(b_1, b_2, e)\}$ である。 これは、 $s_2 < \underline{s}$ なので、企業 1 はレンタルを選択しない。 $g < \bar{g}$ の場合に、企業 2 が企業 1 のレンタルを予想し、企業 2 がレンタルを選択するならば、企業 2 が選択するロイヤリティは $s_3 \equiv_{\text{def}} \{s: \Pi_1^{\text{lr}*}(b, e, s) = \Pi_1^{\text{ms}*}(b_1, b_2, e)\}$ である。 これは、 $s_3 < \underline{s}$ を示すので、企業 1 はレンタルを選択しない。 企業 2 が企業 1 の販売を予測した場合、企業 2 はより高い価格を維持するためにレンタルを選択するならば、ロイヤリティは、 $s_4 \equiv_{\text{def}} \{s: \Pi_1^{\text{lar}*}(b, e, s) = \Pi_1^{\text{ms}*}(b_1, b_2, e)\}$ となる。 これは、 $s_4 < \bar{s}$ なので、企業 1 は販売を選択する。

5-2 投資レベル e の決定

$g < \bar{g}$ ならば、ロイヤリティ s_4 のライセンス契約では、企業 1 が販売を選択し、企業 2 がレンタルを選択する。 この場合に企業 2 が選択する e の 2 階条件を満たす最大化条件 $\partial \Pi_2^{\text{lar}}(s_2) / \partial e = 0$ から、企業 2 が選択する e は、 $e_3(b, s_2, g)$ となる。 企業 1 も e_3 を選択する。 従って、売上高ロイヤリティ契約の分析から得た命題は、次命題 2 として表される。

命題 2: $\bar{g} < g \leq 1$ のとき、企業 2 はロイヤリティ・ライセンス契約を提供しない。 $g < \bar{g}$ のとき、両企業は $e_3(b, s_2, g)$ を選択し、企業 2 は企業 1 とロイヤリティ s_4 で契約を行う。

この命題 2 は、レンタルの投資効率が販売の投資効率と同じであれば、企業 2 はライセンスで追加の収益

を得ることができない。レンタルの投資効率が販売の投資効率よりも高い場合、企業 2 は企業 1 に低いロイヤリティでのライセンスを供与し収益を増加させるが、企業 2 が提供できるロイヤリティ s は低いので、企業 1 の販売選択は変わらない。

5-3 二部契約(F, s)の分析

ここで考える二部契約 (F, s) は、固定料 F は事前に先行して決定される。企業 2 の利益は売上高ロイヤリティ s が高くなるに従い単調増加する。一方、 s が高くなるに従い総供給は減少する。企業 2 が選択するロイヤリティ s を、次の条件、 $\bar{s} \equiv_{\text{def}} \{s: \Pi_1^{\text{tar}}(b_1, b_2, e) = \Pi_1^{\text{tar}}(b, e, s)\}$ とする。この条件でのロイヤリティは $\bar{s} > \underline{s}$ と $\bar{s} > \underline{s}$ を示すので、企業 1 の選択は企業 2 の選択にかかわらず、レンタル選択となる。この場合、ロイヤリティ契約だけでは企業 1 の売上高を補償できないので、企業 2 は企業 1 の逸失利益を固定料金 F で補償する。この結果、企業 1 は契約を受け入れ、レンタルを選択することになる。企業 2 が企業 1 のレンタルを予想する場合、企業 2 の選択は投資効率に依存して決まる。ここで、投資効率を $\bar{g} \equiv_{\text{def}} \{g: \Pi_2^{\text{tar}}(b_1, b_2, 1) = \Pi_2^{\text{tar}}(b_1, b_2, g)\}$ とする。企業 2 は、投資効率が $\bar{g} < g \leq 1$ ならば、販売を選択する。このとき企業 2 が提示する固定料金は、 $\bar{F} \equiv \Pi_1^{\text{tar}}(\bar{s}) - \Pi_1^{\text{tar}}$ となる。企業 2 の利益は、 $\Pi_2^{\text{tar}} < \Pi_2^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s})$ となり、企業 1 の利益は、 $\Pi_1^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}) = \Pi_1^{\text{tar}}$ となる。上付き文字の tar と tas は、二部契約のもとで、企業 1 のレンタルと企業 2 の販売選択を表している。投資効率が $g \leq \bar{g}$ ならば、企業 2 はレンタルを選択する。企業 2 が提供する固定料金は、 $\bar{F} \equiv \Pi_1^{\text{tar}}(\bar{s}) - \Pi_1^{\text{tar}}$ である。企業 2 の利益は、 $\Pi_2^{\text{tar}}(s_2) < \Pi_2^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s})$ で、企業 1 の利益は、 $\Pi_1^{\text{tar}} = \Pi_1^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s})$ である。tr は二部契約で両企業のレンタル選択を表している。

投資効率が $\bar{g} < g \leq 1$ のとき、企業 2 の 2 階条件を満たす $\partial \Pi_2^{\text{tar}}(b, e, g, \bar{s}) / \partial e = 0$ から、 e は、 $e_4(b, \bar{s}, g)$ である。これは、 $e_1(b, s_2, g) < e_4(b, \bar{s}, g)$ を示している。投資効率が $g < \bar{g}$ のとき、2 階条件 $\partial \Pi_2^{\text{tar}}(b, e, g, \bar{s}) / \partial e = 0$ を満たす e は、 $e_5(b, \bar{s}, g)$ である。これは、 $e_3(b, s_2, g) < e_5(b, \bar{s}, g)$ を示している。よって、つぎの命題 3 が導出できる。

命題 3: 二部契約では $\bar{g} < g \leq 1$ の場合、両企業は $e_4(b, \bar{s}, g)$ を選択し、企業 2 は企業 1 に (\bar{F}, \bar{s}) を提示する。企業 1 はレンタルを選択、企業 2 は販売を選択する。 $g < \bar{g}$ の場合、両企業は $e_5(b, \bar{s}, g)$ を選択し、企業 2 は企業 1 に (\bar{F}, \bar{s}) を提示し、両企業はレンタルを選択する。

この命題 3 は、企業 2 が固定料金 F で企業 1 の利益を補償するならば、企業 2 は高いロイヤリティ s を伴う二部契約(F, s)でライセンス契約を結ぶことが出来ることを示している。その場合、企業 1 は常にレンタルを選択し、 $\bar{g} < g \leq 1$ であれば、企業 2 は販売で収益を上げることができる。 $g < \bar{g}$ の場合、企業 2 は高価格維持のためレンタルを選択するというように、2 部契約はライセンサーにより高い収益を提供することを示している。

5-4 企業が選択する利便性（投資水準） e とそのもとでの利益の比較

ライセンス契約をしない場合には、投資効率が $g = 1$, $b_1 = 0.6$, $b_2 = 0.65$ の場合 $\bar{e} = 0.592$, $e_1 = 0.137$ となり、企業の利益は、 $\Pi_2^{\text{tar}}(e_1) = 0.189$ と $\Pi_1^{\text{tar}}(e_1) = 0.197$ となる。投資効率を $g = 0.8$ とすると、 $e_2 = 0.171$, $\Pi_2^{\text{tar}}(e_2) = 0.191$ と $\Pi_1^{\text{tar}}(e_2) = 0.263$ となる。しかし二部契約では、投資効率が $g = 1$, $b = 0.8$ の場合、企業 2 は $e_4 = 0.422$ で $\bar{s} = 0.580$ を選択し、両企業の利益はそれぞれ、 $\Pi_2^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_4) = 0.404$ と $\Pi_1^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_4) = 0.167$ である。投資効率が $g = 0.8$ の場合、ロイヤリティ契約では $e_3 = 0.39$, $s_4 = 0.24$ で、両企業の利益はそれぞれ、 $\Pi_2^{\text{tar}}(s_2, e_3) = 0.258$ と $\Pi_1^{\text{tar}}(e_3) = 0.266$ となる。二部契約では、企業 2 は $e_5 = 0.576$ と $\bar{s} = 0.609$ を選択し、両企業の利益はそれぞれ、 $\Pi_2^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_5) = 0.371$ と $\Pi_1^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_5) = 0.236$ である。二部契約は、企業 2 が選択する” e ”で利益を最も高くする。総利益を比較すると、 $\Pi_2^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_3) + \Pi_1^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_3) < \Pi_2^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_4) + \Pi_1^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_4) < \Pi_2^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_5) + \Pi_1^{\text{tar}}(\bar{F}, \bar{s}, e_5)$ となるので、両企業がレンタルを選択す

る場合、企業が異なる選択をした場合よりも総利益は高くなる。

5-5 社会的余剰の比較

需要関数が線形であることから、ライセンス契約なしの場合、双方の企業が販売を選択する消費者余剰は $CS^s = ((a + b_1e - p_{11} + \hat{p}_{21})q_{11} + (a + b_1e - p_{21})(q_{11} + q_{21}))/2 + ((a + b_2e - p_{12} + \hat{p}_{22})q_{12} + (a + b_2e - p_{22})(q_{12} + q_{22}))/2$ である。消費者余剰 CS は、 $g=1$ 、 $b_1=0.6$ 、 $b_2=0.65$ 、 $b=0.8$ のとき、 $CS^r < CS^{ns}$ となる。社会的余剰 TS は、 $TS^{ns} (= CS^{ns} + \Pi_2^{ns} + \Pi_1^{ns}) < TS^{ta} (= CS^{tar+tas} + \Pi_2^{tas} + \Pi_1^{tar})$ となる。 $g=0.8$ のとき、消費者余剰 CS は、 $CS^{la} < CS^{ra} < CS^{na}$ 、社会的余剰 TS は、 $TS^{na} (= CS^{na} + \Pi_2^{nar} + \Pi_1^{nas}) < TS^{la} (= CS^{lar+las} + \Pi_2^{lar} + \Pi_1^{las}) < TS^{ra} (= CS^{ra} + \Pi_2^{rar} + \Pi_1^{ras})$ となる。 TS^{ra} と TS^{ra} を比較すれば、社会的余剰が最も高いのは TS^{ra} ある。従って、二部契約で企業がレンタルを選択すると、消費者の利便性となる投資水準 e は最も高くなるが、消費者余剰 CS は、ライセンス契約が結ばれないときより下がる (表 2 参照)。

6 まとめ

本研究では、販売やレンタルといった耐久財企業の供給戦略を分析した。その結果、もしレンタルの投資効率が販売の投資効率よりも高い場合には、両企業は 2 部契約を結び、ともにレンタルを選択する。この状況では、企業は常に新しい技術を革新し、消費者に最高の利便性である投資水準 e を提供する。しかし、ライセンス契約のもとでのレンタルは、高価格で財・サービス量を減少させるので、総余剰は、企業が異なる選択をする非対称な状況よりも低くなる。実際、クラウド市場におけるレンタルと販売の投資水準の違いは明確で、販売の場合データ設備の能力は区分所有者によって制限されるのに対し、レンタルの場合には販売ほど設備能力は制限されない。本稿のような二部契約の具体例を直接観察することはできないが、類似のシステムとして、インターネットを通じてキャッシュバックを顧客が受け取るシステムを挙げることができる。

我々が通信分野に限らず、他の産業でも今後の技術開発の発展や拡大に求めるものは、社会的余剰をより多く享受できることである。しかしその技術開発がもたらす追加的な余剰は、生産者余剰と消費者余剰にどのように配分されるのか。またその配分は、その後の更なる発展にも影響を与えるのではないか。今後の分析では、望ましい分配システムがどのように構築されるのかという分析も必要だろう。同時に、以上の考察が、今後の情報通信分野での高い技術的発展とそれによる社会厚生の上昇を検討する政府施策の参考となれば幸いである。

表 1：複占競争の均衡値 (4 ケース)

ライセンス契約無しの場合				
企業 i (企業 j)	q_{1i}	p_{1i}	q_{2i}	p_{2i}
販売 (販売)	$(10a+e(21b_i-11b_j))/32$	$(2a+e(5b_i-3b_j))/4$	$(2a+e(9b_i-7b_j))/16$	$(2a+e(9b_i-7b_j))/16$
販売 (レンタル)	$11(a+e(2b_i-b_j))/35$	$4(a+e(2b_i-b_j))/7$	$8(a+e(2b_i-b_j))/35$	$8(a+e(2b_i-b_j))/35$
レンタル (販売)	$(12a+e(23b_i-11b_j))/35$	$(12a+e(23b_i-11b_j))/35$	$(8a+e(27b_i-19b_j))/35$	$(8a+e(27b_i-19b_j))/35$
レンタル (レンタル)	$(a+e(2b_i-b_j))/3$	$(a+e(2b_i-b_j))/3$	$(a+e(2b_i-b_j))/3$	$(a+e(2b_i-b_j))/3$
	$\Pi_1^{ns} = (44a^2 - 44ae(3b_1 - 5b_2) + e^2(115b_1^2 - 362b_1b_2 + 291b_2^2))/256 - e^2/2$	$\Pi_1^{nas} = 284(a + e(2b_1 - b_2))^2/1225 - e^2/2$	$\Pi_1^{nar} = 2(104a^2 + 4ae(123b_1 - 71b_2) + e^2(629b_1^2 - 766b_1b_2 + 241b_2^2))/1225 - e^2/2$	$\Pi_1^{ra} = 2(a + e(2b_1 - b_2))^2/9 - e^2/2$
	$\Pi_2^{ns} = (44a^2 - 44ae(5b_1 - 3b_2) + e^2(291b_1^2 - 362b_1b_2 + 115b_2^2))/256 - e^2f$	$\Pi_2^{nar} = 2(104a^2 + 4ae(123b_2 - 71b_1) + e^2(629b_1^2 - 766b_1b_2 + 241b_2^2))/1225 - e^2g$	$\Pi_2^{nas} = 284(a + e(2b_2 - b_1))^2/1225 - e^2f$	$\Pi_2^{ra} = 2(a + e(2b_2 - b_1))^2/9 - e^2g$

$\hat{e} \equiv_{\text{def}} \{e: \Pi_2^{nas}(b_1, b_2, 1) \geq 0\}$ は企業 2 の正の利潤条件を示している。したがって企業 2 の市場での財の提供条件は $0 < e \leq \hat{e}$ である。

表 2：モデル拡張後の複占競争の均衡値 (4 ケース)

比例的	ライセンス契約有り			
企業 1	q_{11}	p_{11}	q_{21}	p_{21}
販売 (販売)	$(a+be)(5-s)(2-s)/D_1$	$(a+be)(4-s)^2/D_1$	$(a+be)(4-s)/D_1$	$(a+be)(4-s)/D_1$
販売 (レンタル)	$(a+be)(11-8s+8s^2)/D_2$	$(a+be)(20-11s+s^2)/D_2$	$(a+be)(8-5s+s^2)/D_2$	$(a+be)(8-5s+s^2)/D_2$
レンタル (販売)	$(a+be)(12-7s+s^2)/D_2$	$(a+be)(12-7s+s^2)/D_2$	$2(a+be)(4-s)/D_2$	$2(a+be)(4-s)/D_2$
レンタル (レンタル)	$(a+be)/(3-s)$	$(a+be)/(3-s)$	$(a+e)/(3-s)$	$(a+e)/(3-s)$
企業 2	q_{12}	p_{12}	q_{22}	p_{22}
販売(レンタル)	$(a+be)(11-6s+s^2)(1-s)/D_2$	$(a+be)(20-9s+s^2)/D_2$	$2(a+be)(4-s)(1-s)D_2$	$2(a+be)(4-s)/D_1$
レンタル (レンタル)	$(a+be)(1-s)/(3-s)$	$(a+be)/(3-s)$	$(a+be)(1-s)/(3-s)$	$(a+be)/(3-s)$
	$\Pi_1^{ls} = (a+be)^2(4-s)^2(1-s) \times (11-(7-s)s)/(D_1)^2 - e^2/2$	$\Pi_1^{lss} = (a+be)^2(1-s) \times (284-361s+160s^2-29s^3+2s^4)/(D_2)^2 - e^2/2$	$\Pi_1^{lsr} = (a+be)^2(1-s) \times (4-s)(13-6s+s^2)/(D_2)^2 - e^2/2$	$\Pi_1^{lr} = 2(a+be)^2 \times (1-s)/(3-s)^2 - e^2/2$
	$\Pi_1^{rs} = (a+be)^2(4-s)^2 \times (11-(7-s)s)/(D_1)^2 - e^2$	$\Pi_1^{lrs} = (a+be)^2(2-s) \times (104-16s-29s^2+10s^3-s^4)/(D_2)^2 - e^2g$	$\Pi_1^{lrs} = (a+be)^2 \times (4-s)(71-64s+19s^2-2s^3)/(D_2)^2 - e^2$	$\Pi_1^{lr} = 2(a+be)^2 / (3-s)^2 - e^2g$

$$D_1 = 32 - 31s + 10s^2 - s^3, D_2 = 35 - 31s + 9s^2 - s^3$$

【参考文献】

- Balasubramanian, Sridhar, Shantanu Bhattacharya and Vish V. Krishnan (2015) Pricing information goods: A Strategic Analysis of the Selling and Pay-per-Use Mechanisms. *Marketing Science* 34(2), 218-234.
- Bucovetsky, Sam and John Chilton (1986) Concurrent Renting and Selling in a Durable-Goods Monopoly under Threat of Entry. *RAND Journal of Economics* 17(2), 261-275.
- Bulow, Jeremy I. (1982) Durable-Goods Monopolists. *Journal of Political Economy* 90(2), 314-332.
- Chien, Hung-Ken and C. Y. Cyrus Chu (2008) Sale or Lease? Durable-Goods Monopoly with Network Effects. *Marketing Science* 27(6), 1012-1019.
- Choi, Jay Pil (1994) Network Externality, Compatibility Choice, and Planned Obsolescence. *Journal of Industrial Economics* 42(2), 167-182.
- Choudhary, Vidyanand, Karem Tomak and Alok Chaturvedi (2009) Economic Benefits of Renting Software. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce* 8(4), 277-305.
- Fan, Cuihong, Byoung Heon Jun and Elmar G. Wolfstetter (2018) Per Unit vs. Ad Valorem Royalty Licensing. *Economic Letters* 170, 71-75.
- Føros, Øystein (2004) Strategic Investments with Spillovers, Vertical Integration and Foreclosure in the Broadband Access Market. *International Journal of Industrial Organization* 22(1), 1-24.
- Hsu, Judy, Longhua Liu, Henry X. Wang and Chenhang Zeng (2019) Ad Valorem versus Per-Unit Royalty Licensing in a Cournot Duopoly Model. *The Manchester School* 87(6), 890-901.
- Jia, Kunhao, Xiuwu Liao and Juan Feng (2018) Selling or Leasing? Dynamic Pricing of Software with Upgrades. *European Journal of Operational Research* 266(3), 1044-1061.
- Keung, Jacky and Fanny Kwok (2012) Cloud Deployment Model Selection Assessment for SMEs: Renting or Buying a Cloud. Utility and Cloud Computing (UCC), *2012 IEEE Fifth International Conference on IEEE*, 21-28.
- Mell, Peter and Tim Grance (2011) *The NIST Definition of Cloud Computing*, (URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>).
- Ojala, Arto (2012) Software Renting in the Era of Cloud Computing. Cloud Computing (CLOUD), *2012 IEEE 5th International Conference on IEEE*, 662-669.

- San Martín, Marta and Ana I. Saracho (2010) Royalty Licensing. *Economic Letters* 107(2), 284-287.
- Senyo, Prince K., Erasmus Addae and Ricard Boateng (2018) Cloud Computing Research: A Review of Research Themes, Frameworks, Methods and Future Research Directions. *International Journal of Information Management* 38(1), 128-139.
- Sohaib, Osama, Mohsen Naderpour, Walayat Hussain and Luis Martinez (2019) Cloud Computing Model Selection for E-commerce Enterprises using a New 2-Tuple Fuzzy linguistic Decision-Making Method. *Computers & Industrial Engineering* 132, 47-58.
- Utaka, Atsuo (2011) The Timing of Upgrades. *Japanese Economic Review* 62(1), 116-125.
- Waldman, Michael (1993) A New Perspective on Planned Obsolescence. *Quarterly Journal of Economics* 108(1), 273-283.
- Xue, Minggao and Lili Su (2011) Licensing to a Durable-Goods Duopoly in Patent Litigation. *Economic Modelling*, 28(3), 1186-1194.
- Zan Zhang, Zan, Guofang Nan and Yong Tan (2020) Cloud Services vs. On-Premises Software: Competition under Security Risk and Product Customization. *Information Systems Research* 31(3).

丸山不二夫 (2009) 「雲の世界の向こうをつかむ クラウドの技術」アスキー・メディアワークス.

〈 発 表 資 料 〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Understanding Why Cloud Providers Prefer Renting to Selling: A Supply-Side Perspective	International Telecommunications Society, 23rd Biennial Conference	2021年6月, Gothenburg, Sweden (Online, 予定)
Understanding Why Cloud Providers Prefer Renting to Selling: A Supply-Side Perspective	47th Annual Conference of European Association for Research in Industrial Economics	2021年8月, Bergen, Norway (Online, 予定)