

2021 年度 修士論文

クラウドゲーム市場の
利益拡大のための収益配分モデル

2022.1.24

指導教員：田中 良明教授

研究指導名：情報通信ネットワーク研究

早稲田大学基幹理工学研究科情報理工・情報通信専攻

5120F080-2

三橋 正毅

目次

第1章 序論.....	1
1.1 研究背景と目的	2
1.2 本論文の構成	3
第2章 クラウドゲーム市場の概要	4
2.1 まえがき	5
2.2 クラウドゲーム市場の現状	5
2.3 クラウドゲーム市場の課題	6
2.4 収益配分の有効性	7
2.5 むすび	8
第3章 両面性市場を適用したクラウドゲーム市場の収益配分モデル.....	9
3.1 まえがき	10
3.2 両面性市場の概要と効果	10
3.3 両面性市場を適用したクラウドゲーム市場モデル	11
3.4 収益配分モデル	12
3.5 むすび	14
第4章 SIR 感染モデルを適用したユーザ行動モデル.....	15
4.1 まえがき	16
4.2 ゲームユーザの行動特徴	16
4.3 SIR 感染モデルの概要.....	16
4.4 SIR 感染モデルを適用したユーザ行動モデル.....	17
4.5 むすび.....	19
第5章 ランダムネットワークにおける市場利益分析	20
5.1 まえがき	21
5.2 ランダムネットワークの概要	21
5.3 シミュレーション概要	22
5.4 パラメータの設定	24
5.5 分析結果	25
5.6 むすび	31
第6章 スケールフリーネットワークにおける市場利益分析	32
6.1 まえがき	33
6.2 スケールフリーネットワークの概要	33
6.3 シミュレーション概要	34
6.4 パラメータの設定	34
6.5 分析結果	35
6.6 むすび	41

第7章 ネットワークトポロジーの影響の考察	42
7.1 まえがき	43
7.2 考察	43
7.3 むすび	45
第8章 結論.....	46
8.1 本論文の主たる結果	47
8.2 今後の展望	48
謝辞.....	49
参考文献.....	50
発表文献.....	52

第 1 章

序論

1.1 研究背景と目的

近年、ゲーム市場の規模は拡大を遂げているが、その中でも急激に拡大している分野がクラウドゲームである。クラウドゲームとはゲーム事業者がコンテンツをインターネット経由でストリーミング配信することで、ユーザがゲームをプレイすることができるサービスのことを指す[1]。現在のクラウドゲーム市場では、ゲーム事業者がISP(Internet Service Provider)のネットワークを利用してユーザにゲームコンテンツを提供しているが、現状の市場モデルだとゲームユーザが増加すれば、ゲーム事業者とそれに直接接続するISP(上位ISP)は収益を伸ばすことができるが、ゲーム事業者と直接接続しないISP(下位ISP)の料金体系が定額制のため、ゲームユーザが増加してもISPの契約者数が増えるわけではないため、下位ISPは売上を伸ばすことはできない。そればかりか、ゲームユーザが増えればISPは、多くのユーザが高いネットワーク品質でゲームを行えるようにネットワーク容量を拡大するための投資を行う必要がある。つまりゲームユーザが増えると、下位ISPは売上が変わらないまま投資額が増えるため、利益が減少していくのである。もし下位ISPが利益を得られないままだと、下位ISPはネットワークへの投資を抑えてしまうため、ユーザがゲームをプレイする上でのネットワーク品質にも影響し、最終的にゲームユーザ数の減少、クラウドゲーム市場全体の縮小に繋がる可能性もある。したがって下位ISPの利益が減少していくということは、ゲームコンテンツを提供するゲーム事業者にとっても大きな問題であるといえる。

この下位ISPの問題は、コンテンツ配信市場においても議論されているが、先行研究においてコンテンツ事業者がISPに収益を配分することでこの問題を解決できる可能性を示唆している。そこで本稿ではこの問題を解決するために、ゲーム事業者から下位ISPに収益の一部を配分するクラウドゲームの市場モデルを提案する。収益配分モデルを提案することで、ゲームユーザが増えても下位ISPの利益が減少せず、クラウドゲーム市場全体が拡大することをシミュレーションによって明確にする。

1.2 本論文の構成

本稿は全8章で構成される。第1章が序論。第2章から第7章までが本論。第8章が結論という構成である。

第1章では、研究背景と目的、また本論文の構成に関して述べる。また、本節も第1章に含まれる。

第2章では、クラウドゲーム市場の現状と課題、また先行研究に触れ収益配分の有効性について述べる。

第3章では、構築した収益配分モデルについて述べる。また収益配分モデルを構築するにあたって両面性市場モデルをクラウドゲーム市場に適用している。第3章では両面性市場の概要と効果、適用理由についても述べる。

第4章では、構築したユーザ行動モデルについて述べる。ユーザ行動モデルを構築するにあたってSIR感染モデルをゲームユーザの行動に適用している。第4章ではSIR感染モデルの概要から適用理由についても述べる。

第5章と第6章では、シミュレーション結果について述べる。第5章では人々の繋がりをランダムネットワークによってモデル化した場合の市場利益分析をシミュレーションによって明らかにする。第6章では人々の繋がりをスケールフリーネットワークによってモデル化した場合の市場利益分析をシミュレーションによって明らかにする。

第7章ではネットワークトポロジーの影響の考察と題して、人々の繋がりがランダムネットワークの場合とスケールフリーネットワークの場合、結果にどのような影響を与えるのかについて考察を述べる。

第8章では、結論として、本論文で得られた結果をまとめる。また、本研究における今後の展望についても述べる。

最後に、本論文内の約束事を説明する。

- ・章，節は次の順序で大項目から小項目へと推移する。

例：第1章， 1.1

- ・式，図，表は，節単位で通し番号がつけられている。

例：式(1.1)，図1.1，表1.1

参考文献は，文章中及び文章の末尾に文献番号で示されている。

第 2 章

クラウドゲーム市場の概要

2.1 まえがき

本章では2.2節にクラウドゲーム市場の現状としてクラウドゲームの仕組みを説明し、その後現在のクラウドゲーム市場の基本的なモデルを示す。また2.3節に現状のクラウドゲーム市場モデルにおける課題点を挙げ、2.4節にはその課題を解決するための提案として参考にした先行研究の収益配分モデルについて触れる。

2.2 クラウドゲーム市場の現状

近年、スマートフォンやタブレットなどで気軽に遊べるゲームアプリの普及を軸に、ゲーム市場は直近10年間に於いて、国内市場規模が2倍以上に拡大するなど、大きな変化を遂げている最中である[2]。ゲーム市場の中でも大きく成長を遂げている分野はクラウドゲームである。国内のクラウドゲームの市場規模は2020年で15.3億円であったが、2024年には137.6億円にも達すると予測されている[2]。クラウドゲームとはゲーム事業者がコンテンツをインターネット経由でストリーミング配信することで、ユーザがゲームをプレイすることができるサービスのことを指す。これは一般的なオンラインゲームと似ている部分も多いが、大きく異なる部分が存在する。それはゲームデータのほぼすべての演算処理をゲームサーバ側で行うという点である。従来のオンラインゲームでは、ゲームサーバ側では主に数値やコマンドといった最低限の処理を行い、ユーザ側で映像処理などの処理を行っている[3]。そのためユーザがゲームをより高品質で楽しむためには用意する端末もハイスペックなものが必要であった。それに比べてクラウドゲームの場合は、映像の処理も含めてゲームサーバ側で行い、ユーザ側はストリーミング配信されたゲーム画面を映し出すだけなので、ユーザは高価でハイスペックな端末は必要なく、ゲームを楽しむことができる。そのためユーザは低コストでゲームを楽しむことができるため、クラウドゲームは人気が出てきている。図2.1.1にクラウドゲームの仕組みを示す。

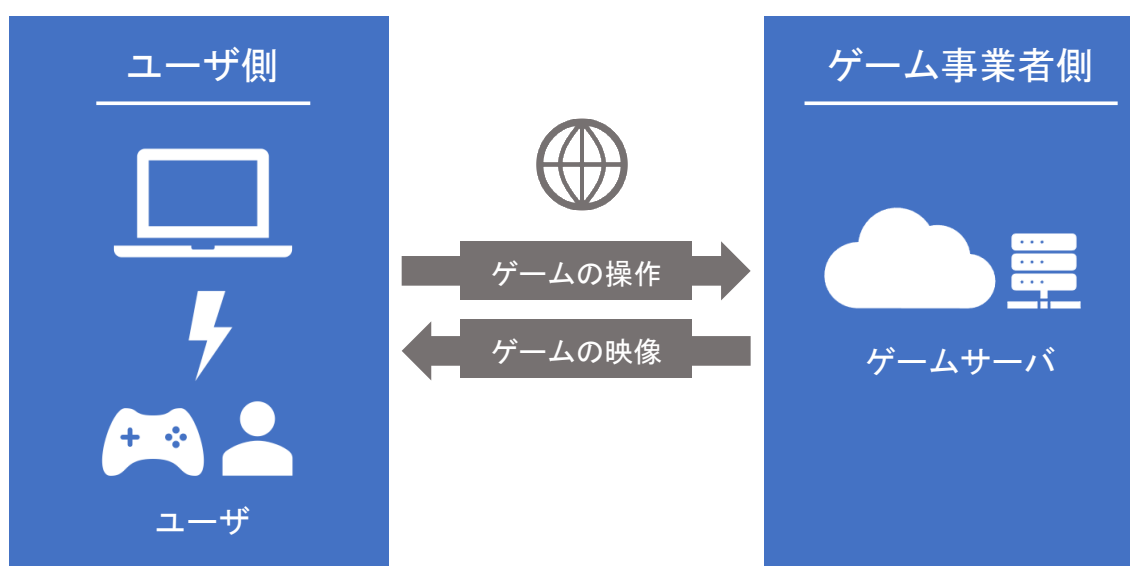


図 2.1 クラウドゲームの仕組み ([4]を参照に著者が作成)

また第1章でも述べた通り、現在のクラウドゲーム市場では、ゲーム事業者がISPのネットワークを利用してユーザーにゲームコンテンツを提供している。図2.2に基本的なクラウドゲーム市場のモデルについて示す。

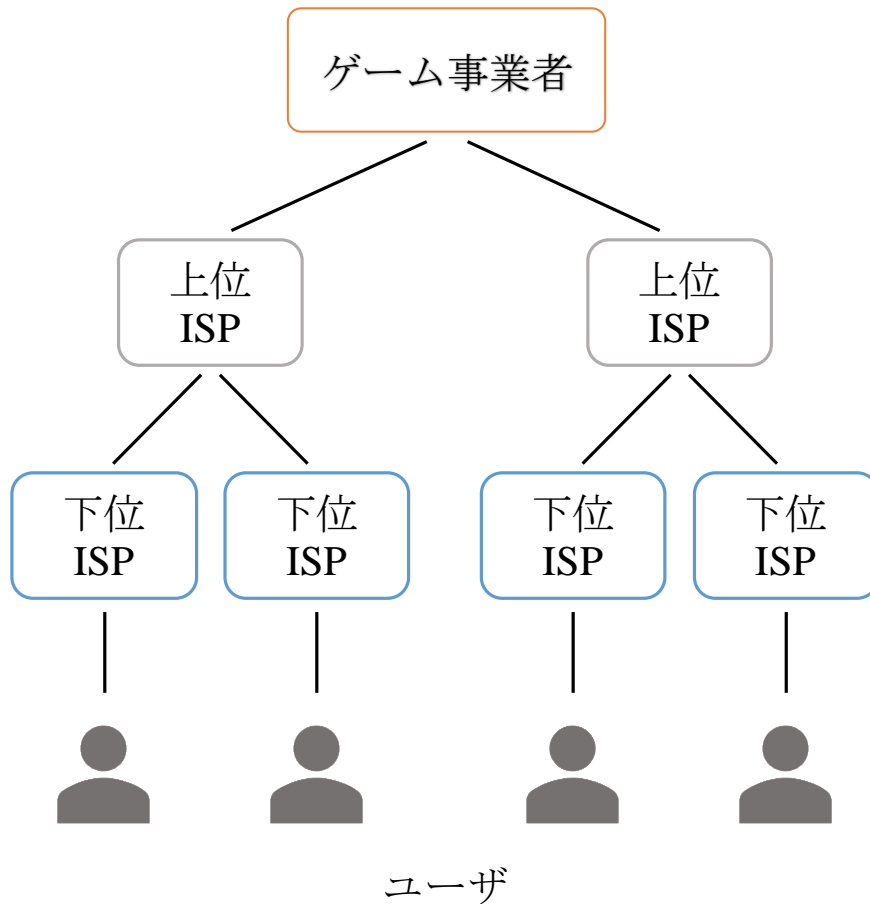


図2.2 基本的なクラウドゲーム市場モデル

先ほど述べた通り、クラウドゲームはユーザーが高価でハイスペックな端末が不要なため、新規ユーザーの参加コストが低い。そのためユーザー数は増えやすいが、高速なインターネット回線が必要なクラウドゲームにおいてはISPの役割は非常に大きい。ネットワークの品質が低ければ、本来面白いゲームコンテンツでも楽しむことができないからだ。クラウドゲームを面白いと感じなくなったユーザーは次第にゲームをやめていく。したがってネットワークの品質の低下はユーザー数の減少に直結すると考えられる。

2.3 クラウドゲーム市場の課題

図 2.2 のクラウドゲーム市場モデルの中で、本稿で課題として挙げるのは下位 ISP の部分である。クラウドゲーム市場における下位 ISP とはゲーム事業者と直接接続しない ISP のことを指す。先ほども述べた通り、クラウドゲームは参加コストの低いゲーム分野のため今後もユーザ数は増えていくと考えられる。しかしゲームユーザ数が増えても ISP の契約者数が増えるわけではないため、ISP の売上は変わらない。そればかりかゲームユーザが増えれば ISP は、多くのユーザが高いネットワーク品質でゲームを行えるようにネットワーク容量を拡大するための投資を行う必要がある。つまりゲームユーザが増えると、下位 ISP は売上が変わらないまま投資額が増えるため、利益が減少していく。もし下位 ISP が利益を得られないままだと、下位 ISP はネットワークへの投資を抑えてしまうため、ユーザがゲームをプレイする上でのネットワーク品質にも影響し、最終的にゲームユーザ数の減少、クラウドゲーム市場全体の縮小に繋がる可能性もある。つまり下位 ISP の継続的な利益確保がクラウドゲーム市場全体の拡大には重要であると考えられる。それに対してゲーム事業者と直接接続する上位 ISP はゲーム事業者からのアクセス料金を得られるため、下位 ISP のようにユーザの増加に伴い利益が大きく減少していくということは考えにくい。

本稿では下位 ISP の獲得利益の減少をクラウドゲーム市場の課題として焦点を当てる。

2.4 収益配分の有効性

2.3 節で挙げた下位 ISP の問題は、コンテンツ配信市場においても議論されている。コンテンツ配信市場とは、コンテンツプロバイダが ISP のネットワークを通じてユーザにコンテンツを提供する市場のことを指す[5]。提供するコンテンツの代表例として動画コンテンツが存在する。この場合のコンテンツプロバイダとは、Amazon プライムビデオを提供する Amazon や YouTube を提供する Google などが挙げられる[6]。ビジネスモデルの形としてはコンテンツ配信市場とクラウドゲーム市場は非常によく類似している。2つの市場どちらも両面性市場として捉えることのできる市場である。本研究を行うにあたって参考にした先行研究がある。先行研究ではコンテンツ配信市場におけるこの下位 ISP の問題を解決するために、コンテンツプロバイダから下位 ISP への収益配分を提案している[7]。コンテンツプロバイダが下位 ISP に収益の一部を配分することで、下位 ISP はネットワークへの投資を制御する必要がなくなる。そうすると高いネットワークの品質が確保されるため、ユーザが離脱することが少なくなり、結果的にユーザ数が増え市場拡大に繋がるという考え方である。実際に先行研究では、収益配分によって下位 ISP は利益を継続的に確保することができるようになり、コンテンツ配信市場全体の利益も伸ばすことができることを示している。この先行研究における収益配分の考え方を本研究に採用し、クラウドゲーム市場における下位 ISP の問題を収益配分が解決できるかどうか検討していく。

また、コンテンツ配信市場を研究対象にしている先行研究の考え方を本研究にも採用できる理由は、コンテンツ配信市場もクラウドゲーム市場も同じ両面性市場として捉えることができるためである。両面性市場については第 3 章で詳しく説明する。

2.5 むすび

本章ではまずクラウドゲーム市場の現状として、ネットワーク品質の低下がユーザ数の減少に直結することを述べ、ISPの役割の大きさについて明確にした。その上で現在のクラウドゲーム市場では下位ISPは、ユーザが増えるほど利益を確保できないことを示し、これをクラウドゲーム市場の課題として焦点を当てることを示した。最後に先行研究におけるコンテンツ配信市場での収益配分の考え方を紹介し、収益配分が下位ISPの問題を解決する可能性を示した。

第 3 章

両面性市場を適用したクラウドゲーム市場の 収益配分モデル

3.1 まえがき

本章では、前章にて説明したクラウドゲーム市場の課題を解決するための収益配分モデルを構築する。前章で収益配分モデルがコンテンツ配信市場だけでなくクラウドゲーム市場でも有効であると考えた理由として、コンテンツ配信市場もクラウドゲーム市場もどちらも両面性市場として捉えることができると述べた。まず3.2節にて、両面性市場の概要について説明する。続いて3.3節にて両面性市場を適用したクラウドゲーム市場モデルの構築を行う。また構築したモデルの中に収益配分の実行を反映した収益配分モデルを構築し、利益計算を行うための計算モデルを述べる。

3.2 両面性市場の概要と効果

前章で触れた通り、先行研究にて研究対象であったコンテンツ配信市場と本研究の対象であるクラウドゲーム市場はどちらも両面性市場とみなすことができる。両面性市場とは売り手、買い手といった市場内に異なったタイプのグループが存在し、相手の存在なしでは成立せず相互に補完しあっている市場のことを指す[8]。またその市場内には異なるグループを結びつけるプラットフォームと呼ばれる役割が存在し、グループ同士はプラットフォームを介して売買などの取引を行う。よって両面性市場ではプラットフォームがかなり重要な役割を担っている。図3.1に両面性市場の基本モデルを表す。

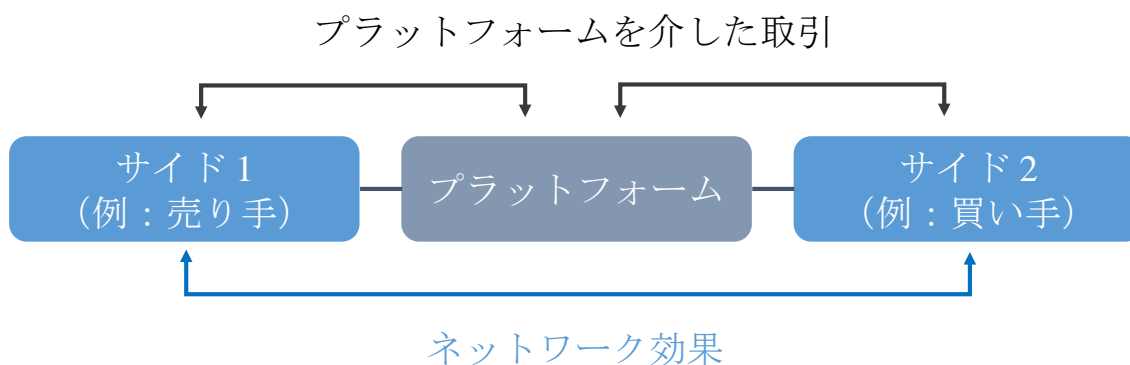


図 3.1 両面性市場の基本モデル ([8]を参照に著者が作成)

次に両面性市場の効果を述べる。両面性市場の最大の特徴はネットワーク効果である。ネットワーク効果とはサービスのユーザ数が増えるにつれてそのサービス価値が高まるという効果を指す[9]。またサービス価値が高まると、ユーザ数も増えるため、ユーザ数の増加とサービス価値の向上が循環的に行われ、結果的に市場全体で大きな利益を得ることに繋がる。このネットワーク効果は、市場での取引が活性化することによって増大する。

説明した通り、両面性市場ではプラットフォームと呼ばれる買い手と売り手の取引を

仲介する存在がいる。買い手、売り手にとってプラットフォームが存在する一番のメリットとは売買の取引が容易かつ円滑になることである。よって、プラットフォームが存在する両面性市場では、市場内での取引が活性化しやすい。したがって、両面性市場ではネットワーク効果の増大というものが大きく期待できるのである。

3.3 両面性市場を適用したクラウドゲーム市場モデル

3.2 節では両面性市場の概要と、両面性市場がもたらす効果を説明した。本節ではクラウドゲーム市場が両面性市場として適用できる理由と、両面性市場を適用したときのクラウドゲーム市場モデルについて述べる。

両面性市場には買い手、売り手という異なるグループの他にプラットフォームと呼ばれる仲介者が存在する。クラウドゲーム市場では、売り手はゲームコンテンツを提供するゲーム事業者、買い手はそのゲームコンテンツに対して料金を支払いゲームを行うゲームユーザとみなすことができる。またクラウドゲーム市場ではこのプラットフォームが ISP である。なぜならゲームユーザは ISP という仲介者のネットワークを通じなければ、ゲームコンテンツを遊べないため、ISP が存在しなければこの市場は成り立たないからである。よってクラウドゲーム市場とは、ISP という仲介者を介して、ゲームユーザとゲーム事業者がゲームコンテンツの売買取引を行っている両面性市場としてみなすことができるのである。

また 2.3 節で述べた通り、ISP の中でもゲーム事業者と直接接続する上位 ISP は、ゲーム事業者からアクセス料金を得ることができる。よって本来プラットフォームとして分類される上位 ISP もゲーム事業者の一部として捉え、図 3.2 に両面性市場を適用したときのクラウドゲーム市場モデルを表す。

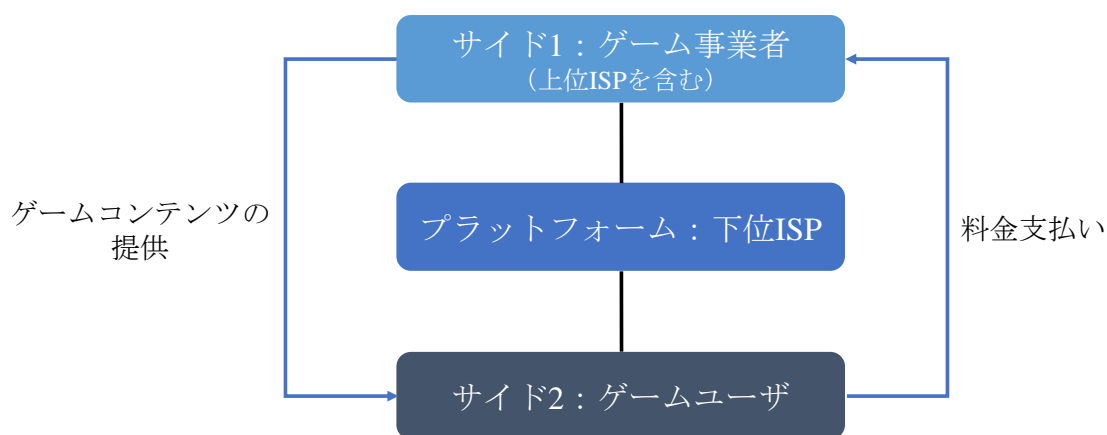


図 3.2 両面性市場を適用したときのクラウドゲーム市場モデル
([7]を参照に著者が作成)

図 3.2 のように本研究における両面性市場を適用したときのクラウドゲーム市場では、売り手をゲーム事業者（上位 ISP を含む）、買い手をゲームユーザ、プラットフォームを下位 ISP とする。次節ではこのモデルの中で収益配分を行う場合のモデル、収益配分モデルを構築する。

3.4 収益配分モデル

2.3 節で述べたゲームユーザ増加によって下位 ISP の獲得利益が減少するというクラウドゲーム市場の課題を解決するため、図 3.2 におけるゲーム事業者から下位 ISP への収益配分を考える。この収益配分によってユーザの増加に合わせ、下位 ISP がネットワーク容量の拡大に投資し続けても、下位 ISP が継続的に利益を確保でき、かつ市場全体の獲得利益も向上することを期待する。図 3.3 に収益配分モデルを示す。

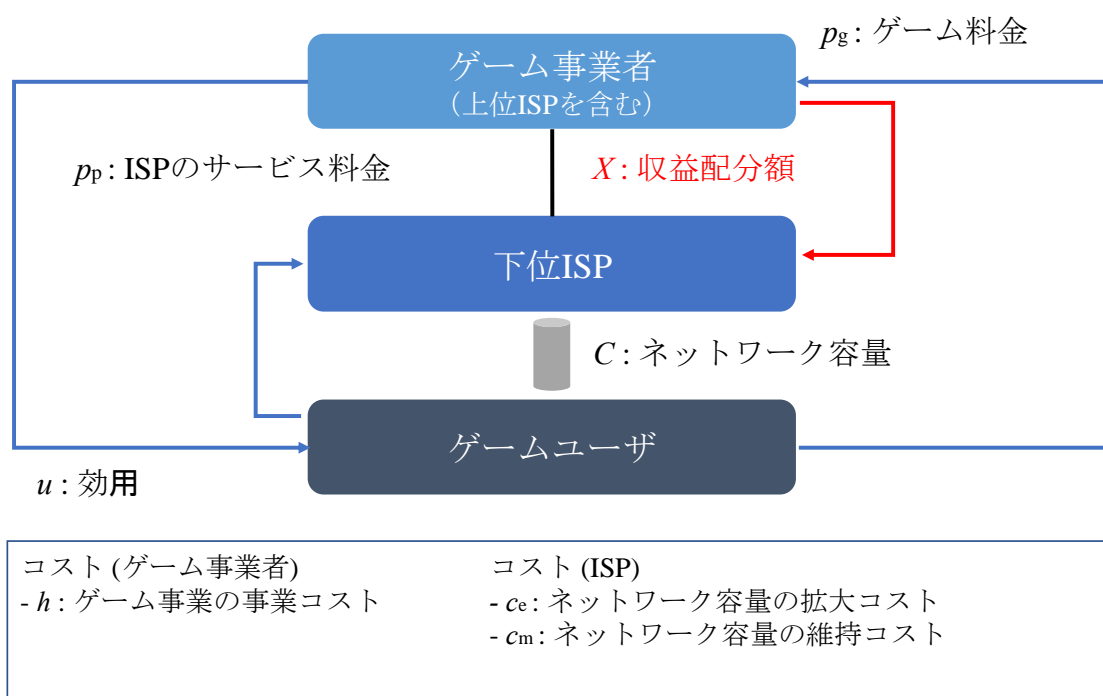


図 3.3 クラウドゲーム市場における収益配分モデル

図 3.3 より、ゲーム事業者が下位 ISP に収益の一部を配分したときのゲームユーザ、ゲーム事業者、ISP の獲得利益の計算式を下記に記載する。この計算に使用されるパラメータおよび、得られる数値はすべて 1 ヶ月単位のものである。

1. ゲームユーザ

1 人のゲームユーザがクラウドゲームをすることでゲーム事業者から得られる効用を u とおく。この u はゲームをプレイする上での下位 ISP が保有するネットワーク品質に対する満足度である。また下位 ISP のサービスを使用するために 1 人のゲームユーザが支払う料金を p_p で表し、ゲーム事業者を支払うクラウドゲームの料金を p_g で表す。ゲームユーザの総数を n とするとユーザ全体が得る利得は式(3.1)で展開できる。

$$s = n\{u - (p_p + p_g)\} \quad (3.1)$$

2. ゲーム事業者

一方、ゲーム事業者がゲーム事業を継続するためのコストをユーザ 1 人あたり h とし、ゲーム事業者が ISP に配分する収益配分額を X とおくと、ゲーム事業者の総利益 S は、次の式(3.2)で表すことができる。

$$S = n(p_g - h) - X \quad (3.2)$$

3. 下位 ISP

下位 ISP の保有するネットワーク容量 C を維持するために下位 ISP が負担するコストを c_m 、ネットワーク容量を拡大するためのコストを c_e とおくと、ISP の総利益 V は次の式(3.3)で展開できる。

$$V = p_p n + X - (c_m + c_e) \quad (3.3)$$

4. 合計

式(3.1)～式(3.3)よりゲームユーザ、ゲーム事業者、下位 ISP の合計利益 W を式(3.4)に示す。

$$W = s + S + V = un - (hn + c_m + c_e) \quad (3.4)$$

式(3.1)～式(3.4)にゲーム事業者から下位 ISP へ収益配分を行った場合のゲームユーザ、ゲーム事業者、下位 ISP、3 者合計の 1 ヶ月あたりの獲得利益の計算式を示した。シミュレーション上でこの計算式に基づき、獲得利益の計算を行い収益配分がクラウドゲーム市場に有効かどうかを調査する。

3.5 むすび

本章ではまず、3.2 節にて両面性市場の概要と両面性市場のもたらす効果について説明した。その上で本研究の研究対象であるクラウドゲーム市場が両面性市場として適用できる理由と、両面性市場モデルを適用した場合のクラウドゲーム市場モデルを 3.3 節にて説明した。また 3.4 節では、クラウドゲーム市場における収益配分モデルを提案し、ゲーム事業者から下位 ISP に収益配分を行う場合の獲得利益の計算式（1 ヶ月単位）について説明した。

第 4 章

SIR 感染モデルを適用したユーザ行動モデル

4.1 まえがき

本章では第3章で構築した収益配分モデルに基づき、シミュレーションで利益計算を行うため、ゲームユーザの行動モデルを構築する。ゲームユーザの行動モデルは SIR 感染モデルを適用することでモデル化する。まず 4.2 節にてゲームユーザの行動特徴を述べる。4.3 節では SIR 感染モデルの概要について説明し、4.4 節ではクラウドゲームのユーザの行動モデルに SIR 感染モデルが適用できる理由を述べた上で、SIR 感染モデルを適用した場合のゲームユーザの行動モデルを構築し、説明する。

4.2 ゲームユーザの行動特徴

第3章にてクラウドゲーム市場とコンテンツ配信市場はどちらも両面性市場モデルを適用でき、ビジネスモデルの形として非常によく類似していると述べたが、ユーザの行動としては大きく異なる点がある。クラウドゲームのユーザはチャットなどで互いにコミュニケーションを取り合い、自分が面白いと感じているゲームコンテンツを紹介することが多いということである。消費者庁によると、ユーザがゲームを始めるきっかけのうち、友人から勧められたから、もしくは SNS 等を通じて知人から勧められたからという理由が 37.6%を占めた[10]。近年 SNS の普及に伴い、近しい友人だけでなく SNS 上の知人からもゲームコンテンツを紹介することが増えてきているため、他人から勧められてゲームを始めるということが増えてきていると考えられる。本稿ではこの”他人から勧められてゲームを始めるようになる”という行動に焦点を当て、ゲームユーザの行動モデルを構築する。

第3章で示したネットワーク効果により、サービスのユーザ数が増えると、そのサービスの価値が高まりサービス価値の向上は新たなユーザの増加を引き起こすため、このようなゲームユーザの行動はクラウドゲーム市場の利益に大きく反映される。

このゲームユーザの特徴を反映させるべく本稿では、ゲームユーザの行動モデルに SIR 感染モデルを適用する。

4.3 SIR 感染モデルの概要

SIR(Susceptible, Infectious, Recovered)感染モデルとは、感染者が非感染者に一定の確率で感染し、一定の確率で回復することを示す感染症の数理モデルである[11]。この SIR 感染モデルは COVID-19 などの感染ウイルスの流行プロセスを説明しており、時間の経過によって感染者の数や回復者の数などがどのような変化を起こすのか調査するためのモデルとして知られている。図 4.1 に SIR 感染モデルの概要図を示す。

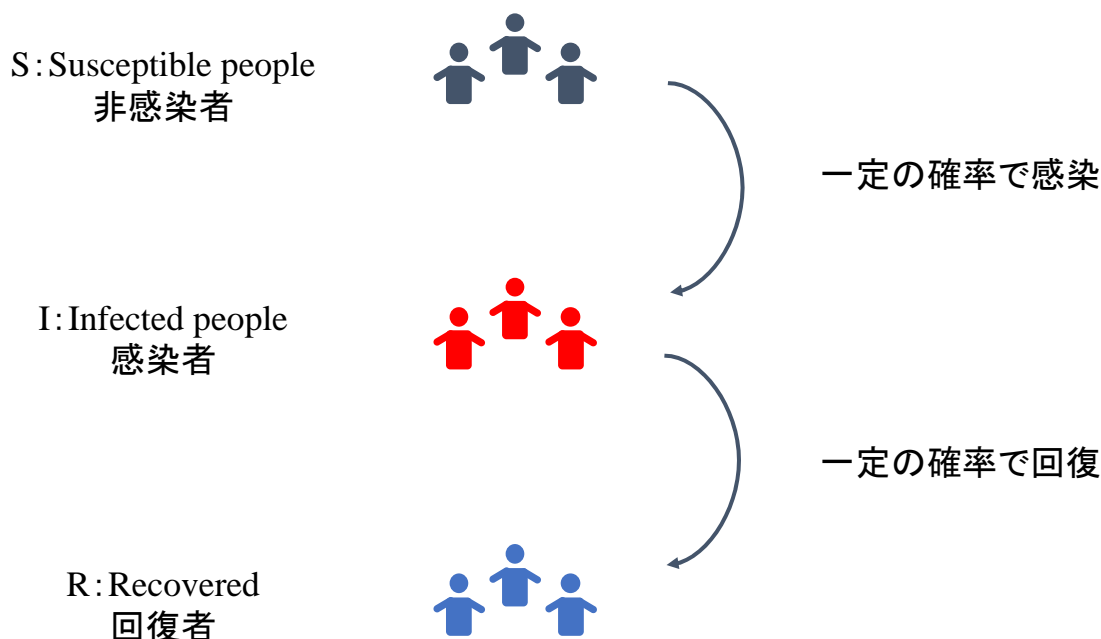


図 4.1 SIR 感染モデルの概要図

SIR 感染モデルは、ある人が別の人との接触などにより感染し、いずれ免疫の獲得などにより回復することをベースに考えられている。この考え方はコミュニケーションなどをきっかけに、ある人が別の人から紹介されたゲームを始めるようになり、いずれ飽きなどによってゲームをやめていくことになるという、前節で説明したゲームユーザの行動と類似している。よって本稿ではこの SIR 感染モデルをクラウドゲームのユーザ行動モデルに適用することを考える。

4.4 SIR 感染モデルを適用したユーザ行動モデル

SIR 感染モデルをゲームユーザの行動モデルに適用し、ユーザ行動モデルを構築するため、図 4.1 で示した SIR 感染モデルにおける”感染”や”回復”といった状態の変化をゲームユーザの行動に当てはめていく。まず SIR 感染モデルにおける”感染”はクラウドゲームのユーザ行動モデルでは”ゲームへの参加”と当てはめることができる。つまり SIR 感染モデルにおける”感染者”はゲームユーザの行動モデルでは”参加ユーザ”，”非感染者”は”非参加ユーザ”と置き換えることができる。また SIR 感染モデルにおける”回復”はゲームユーザの行動モデルでは”ゲームからの離脱”と当てはめることができる。した

がって SIR 感染モデルにおける”回復者”はゲームユーザの行動モデルでは”離脱者”と置き換えることができる。図 4.2 に SIR 感染モデルを適用したときのゲームユーザの状態遷移を表す。

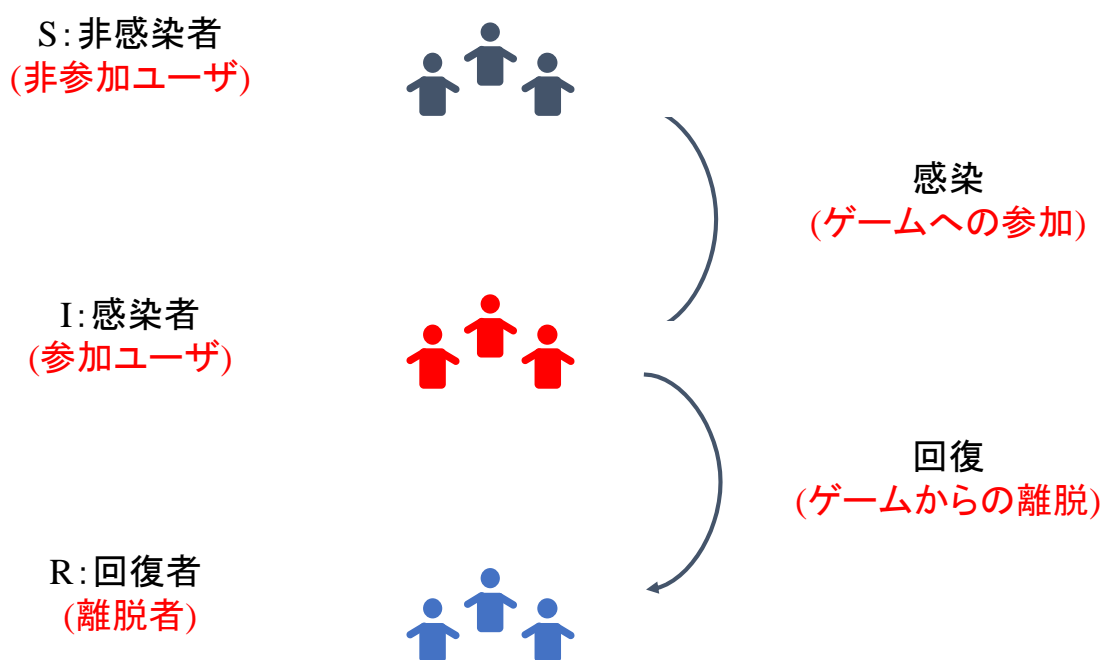


図 4.2 SIR 感染モデルを適用したときのゲームユーザの状態遷移

図 4.2 に基づき、ユーザの”ゲームへの参加”と”ゲームからの離脱”に関する条件式を以下に示す。まず”ゲームへの参加”について説明する。ゲームユーザの参加は確率で制御することにする。本稿ではこの確率を SIR 感染モデルに倣って感染率と呼ぶことにする。非参加ユーザは参加ユーザと接触し、この感染率で感染した場合のみ参加ユーザに状態が遷移する。第 3 章の通り、ゲームユーザの総数（現在参加しているユーザ数）を n とおく。感染率を σ 、感染によって増える新規ユーザ数を m とおくと、新規ユーザ数を求める式は式(4.1)で算出できる。

$$m = \sigma n \quad (4.1)$$

次に”ゲームからの離脱”について説明する。ゲームユーザの離脱は、確率ではなく得られる効用の低下によって決定するものとする。この効用は第 3 章で説明した通り、下位 ISP の保有するネットワーク品質に対する満足度である。もし確率で離脱するユーザを決定すると、下位 ISP のネットワーク品質に満足しているユーザが離脱者となり、満

足していないユーザが離脱せず、ゲームユーザとして残り続けるという事象が起きてしまう可能性が存在する。よってゲームからの離脱は確率ではなく、得られる効用が低下したときに起こるものとする。離脱の条件式を構築するため、ゲームユーザ 1 人が得る利得の計算式を示す。現在参加しているゲームユーザ n 人のうち個人 $i(=1,2,\dots,n)$ が得る利益を s_i とする。ゲームユーザ全体の利得を算出する式(3.1)により、 s_i は以下の式(4.2)で示すことができる。

$$s_i = u - (p_p + p_g) \quad (4.2)$$

利得が負になったとき、ユーザはゲームをし続ける理由がなくなるため、ユーザ個人 i がゲームからの離脱を決定するのは、効用 u が低下し s_i が負になるときとする。

式(4.1)と式(4.2)に示した参加条件式と離脱条件式によってゲームユーザのゲームへの参加から離脱までの行動モデルを構築する。構築した行動モデルに基づいた行動をシミュレーション上でユーザに行わせることで、ゲームユーザ、ゲーム事業者、下位 ISP の利益計算を行う。

4.5 むすび

本章ではまず 4.2 節にてゲームユーザは互いにゲームコンテンツを紹介し合うというゲームユーザの行動特徴について説明し、この行動特徴がゲームユーザ数やクラウドゲーム市場の利益に大きく反映されていることを示した。次に 4.3 節ではこの行動特徴を本研究のユーザ行動モデルに反映させるため、SIR 感染モデルを適用することを踏まえた上で SIR 感染モデルという感染症数理モデルの概要について説明した。また 4.4 節ではゲームユーザの”ゲームへの参加”と”ゲームからの離脱”という行動を SIR 感染モデルにおける”感染”と”回復”に当てはめ、SIR 感染モデルを適用したゲームユーザの行動モデルを構築した。

第 5 章

ランダムネットワークにおける市場利益分析

5.1 まえがき

本章ではクラウドゲーム市場の利益分析を行い、収益配分がクラウドゲーム市場の課題を解決できるか調査するため、シミュレーションを行っていく。第4章で構築したユーザ行動モデルに基づき仮想空間上で人を行動させたときに、構築した収益配分モデルを利用してクラウドゲーム市場の利益分析を行う。本章では、仮想空間上で生成する人同士の接続形態をランダムネットワークとする。まず5.2節ではランダムネットワークの概要について説明する。次に5.3節では構築したシミュレーションについて説明する。また5.4節では第3章で示した利益計算のために用いるパラメータの設定を行う。最後に5.5節に設定したパラメータ数値のもと、シミュレーションを行ったときの分析結果について述べる。

5.2 ランダムネットワークの概要

本稿では仮想空間上で人を生成し、第4章で構築したクラウドゲームへの参加から離脱までのユーザ行動モデルに基づき行動させる。図4.2の通り、ユーザ行動モデルにはSIR感染モデルを適用しているため、ある人（非参加ユーザ）がクラウドゲームに参加するかどうかは、その人が参加ユーザと繋がりがあるかどうかによって依存する。もし繋がりがあれば感染率 σ にて参加ユーザとなる。よってシミュレーション上では生成する人同士の繋がりネットワークを表現する必要がある。本章では人同士の接続形態にランダムネットワークを用いる。

ランダムネットワークとは、すべてのノードが一定の確率でランダムにリンクで結ばれるネットワークのことを指す[12]。あるノードが別のノードとリンクで結ばれるかどうかは確率に依存しランダムである。またこの確率はどのノードも同じなため、すべてのノードはほぼ同等数のリンクを所有することになる。図5.1には本稿で用いるシミュレーション環境にて、実際に構築したランダムネットワークを示す。ノード数は20個とした。

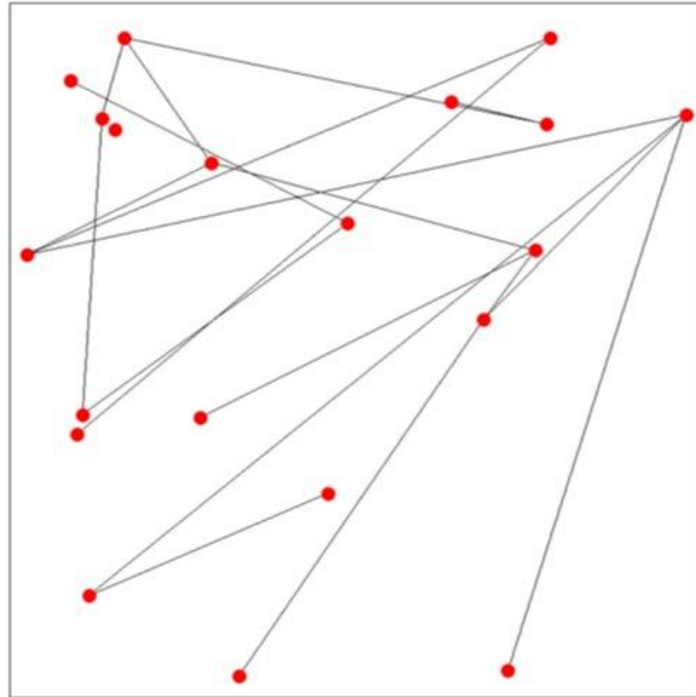


図 5.1 シミュレーションで構築したランダムネットワーク（ノード数：20）

5.3 シミュレーション概要

本稿では `artisoc` というマルチエージェントシミュレーションソフトを用いてシミュレーションを行った。`arisoc` では自律的に行動する人（エージェント）の行動ルールや人同士の相互作用を定義し、コンピュータの中に人工的な社会を構築することで分析することができる[13].

このシミュレーションではまず 10000 人の人をコンピュータの仮想空間上で生成した。初期設定として 10000 人のうち 1000 人をクラウドゲームを契約している人（参加ユーザ）、9000 人をクラウドゲームを契約していない人（非参加ユーザ）とする。本章では図 5.1 に示したように、ユーザの接続形態はランダムネットワークで表現する。本稿では、ゲームユーザが SIR 感染モデルに従って行動した場合の ISP と市場全体の利益の推移を調べることができるシミュレーションを構築する。以下にユーザと下位 ISP、ゲーム事業者の行動を述べる。

1. 非参加ユーザの行動

まずクラウドゲームを契約していない非参加ユーザのシミュレーション上での行動を示す。非参加ユーザは参加ユーザとリンクしている場合、式(4.1)に従って、感染率 σ で参加ユーザへと状態が遷移する。この感染率 σ は、参加ユーザの数に比例する。感染率が参加ユーザの数に依存して変化すると設定したのは、サービス利用者が増えるほどサービス価値が高まるというネットワーク効果をシミュレーションに反映させるためである。サービス価値が高まると今度はそのサービスのユーザ数の増加を促進させるという循環が起きるため、感染率 σ はユーザ数が増加するほど比例して向上していくと考えてよい。

2. 参加ユーザの行動

次にクラウドゲームを契約している参加ユーザについてのシミュレーション上での行動を述べる。参加ユーザは1日に最大1回クラウドゲームをプレイする。参加ユーザが1日に1回ゲームを行う確率を ρ とする。この確率 ρ でゲームをプレイすることを決めたゲームユーザは、ゲーム事業者が提供するゲームコンテンツをプレイするときに、下位 ISP のネットワークの品質を体験することになる。もしネットワーク品質が悪い場合、効用 u が低下する。第4章で示した通り、この効用 u が低下し、式(4.2)に示したユーザの利得が負になったときそのユーザはクラウドゲームを解約し離脱することになる。本稿では、離脱者になった人の状態は変化せず、もう一度参加ユーザに戻ることはないとする。

次に参加ユーザの効用 u の低下する条件について説明する。先ほど説明した通り、効用 u が低下するユーザは参加ユーザのうち、確率 ρ でゲームをプレイしたユーザのみであり、体感したネットワーク品質が悪いと感じたときである。このユーザをアクティブユーザと呼ぶことにする。参加ユーザ全体の数は n であるため、アクティブユーザの数は ρn と求められる。1人のアクティブユーザがゲームをプレイしているときに単位時間あたりに利用する平均帯域幅を D とすると、アクティブユーザ全員が単位時間あたりに利用する平均帯域幅 B は式(5.3.1)で展開される。

$$B = \rho n D \quad (5.3.1)$$

このシミュレーションでは、アクティブユーザ全体の利用する帯域幅 B が下位 ISP の保有するネットワーク容量 C を超えたとき、下位 ISP は全体の帯域幅 B をネットワーク容量 C と同等の数値になるまで1人のアクティブユーザが利用する帯域幅 D を縮小させる。つまり帯域幅 B がネットワーク容量 C を超えたとき、ユーザ1人が利用する帯域幅 D の数値が低下するため、アクティブユーザは”ネットワーク品質が悪い”と感じることになる。よってアクティブユーザ全体の利用する帯域幅 B が

ネットワーク容量 C を超えたときアクティブユーザの効用 u は低下する。この効用 u の低下の程度の割合は、1人あたりの帯域幅 D の低下の程度の割合と同等とする。上記の参加ユーザの行動は1日に1度起こるものとする。

3. 下位 ISP の行動

次に下位 ISP の行動について述べる。下位 ISP は毎月（30日に1度）、参加ユーザ数が前月より増えたとき、ネットワーク容量 C の向上を行うこととする。これは出来るだけ参加ユーザ数が増えても多くの参加ユーザに高いネットワーク品質でゲームをプレイしてもらうことで、離脱者の増加を防ぐためである。またネットワーク容量 C の向上させる分は、前月より増加したユーザ数に、ユーザ1人あたりが使用する帯域幅 D を掛けた分である。またこのときにかかる下位 ISP のネットワーク容量の拡大コストは、式(3.3)の通り c_e である。また下位 ISP は毎月ネットワークのメンテナンスも行うこととする。このネットワークの維持にかかるコストは、同じく式(3.3)の通り c_m である。

4. ゲーム事業者の行動

最後にゲーム事業者の行動について述べる。ゲーム事業者は参加ユーザ数が前月より増加した場合、毎月収益の一部を ISP に配分する。ISP はこの収益配分額を、ネットワーク容量 C を拡大させるためのコストとして使用することができる。

5.4 パラメータ設定

本稿ではシミュレーション期間を750日間としてシミュレーションを行った。利益計算に用いるパラメータや、ネットワーク容量、帯域幅のパラメータの設定に関して表5.1に示す。ゲーム料金 p_g と ISP のサービス利用料金 p_p を1000に設定し、効用 u の初期設定は、2000~2500の間でゲームユーザごとにランダムに与えることにする。5.3節で示した通り、この効用 u はネットワークの品質の低下に伴って初期条件として設定した数値から低下する。また1日にクラウドゲームをプレイする確率 ρ は、0%から100%の間でゲームユーザごとにランダムに設定する。また、ゲーム事業者の事業コスト h は、ゲーム利用料金 p_g の40%に設定する。さらに、ネットワーク容量 C の拡大コスト c_e は、ISP のサービス利用料金 p_p の30%が1人あたりにかかるコストとして設定し、ネットワーク容量の維持コスト c_m は p_p の10%を1人あたりにかかるコストとして設定する。また簡略化のためにゲームユーザ1人あたりが単位時間に使用する平均帯域幅 D は1に設定する。

表 5.1 パラメータの設定

パラメータ	数値
p_g [円]	1000
p_p [円]	1000
u [円] (初期設定)	2000~2500 (ユーザによってランダム)
ρ	0~1 (ユーザによってランダム)
σ (初期設定)	0.1
D [ビット/秒]	1
h [円]	400
C [ビット/秒] (初期設定)	600
c_e [円]	(1ヶ月あたりのユーザ増加数) $\times p_p \times 0.3$
c_m [円]	$C \times p_p \times 0.1$
X [円]	c_e

5.5 分析結果

5.3節で記した非参加ユーザ, 参加ユーザ, 下位ISP, ゲーム事業者のシミュレーション上での行動を実際に arisoc に組み込み, 表 5.1 に示したパラメータ設定のもとシミュレーションを行う. 750日間のシミュレーションを行い, 収益配分を行わない場合と行う場合の参加ユーザ数の推移や市場が獲得する利益の分析を行った. まず図 5.2 に参加ユーザ数の推移について表す. 収益配分を行わない場合のユーザ数の推移を青破線で示し, 収益配分を行う場合のユーザ数の推移を赤実線で示す.

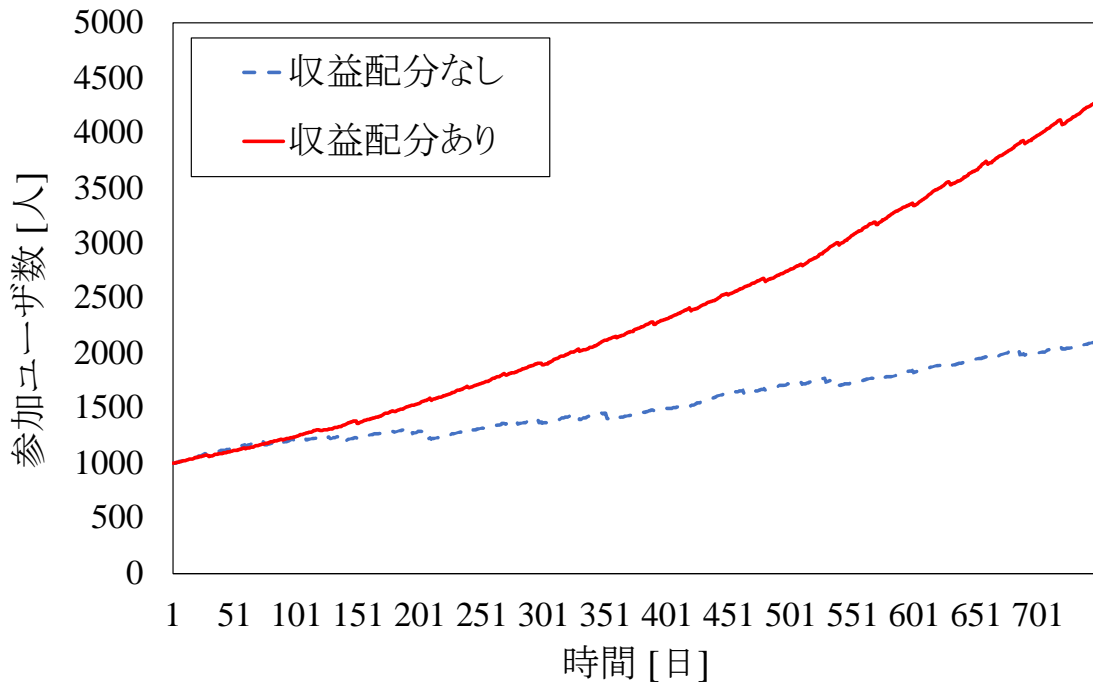


図 5.2 参加ユーザ数の推移 (ランダムネットワーク)

図 5.2 の通り、収益配分を行わない場合の参加ユーザ数の推移は初期設定の 1000 人から 750 日間で約 2000 人まで増加したのに対し、収益配分を行う場合は収益配分を行わない場合の 2 倍以上である 4000 人以上に達した。また参加ユーザ数の差はシミュレーション開始から約 100 日間はほぼ無かったが、100 日後からは大きく差が出るようになった。これはゲーム事業者が下位 ISP に収益配分を行うことで、参加ユーザ数の増加に合わせて下位 ISP がネットワーク容量の拡大を推進することができるようになり、多くの参加ユーザが高品質なネットワーク環境でクラウドゲームを遊ぶことができ、離脱者の数が収益配分を行わない場合と比べて少なくなったためと考察できる。離脱者の数が少なくなると参加ユーザ数は増えるため感染率が増加し、より参加ユーザの増加が進むのである。これは両面性市場モデルの特徴である、サービスの利用者が増加するとサービス価値が向上し、サービス価値の向上がサービスの利用者を増加させるというネットワーク効果が大きく発揮されたとみなすことができる。反対に収益配分を行わない場合は、シミュレーション開始から約 100 日間は参加ユーザの増加のスピードに対してネットワーク容量の拡大が間に合っていたが、100 日後からは間に合わなくなり、ネットワーク品質に不満を持つ参加ユーザが増加し、効用 u を下げたため、多くが離脱したものと考えられる。したがって図 5.2 より収益配分を行うことによってクラウドゲームの参加ユーザ数が大きく増加することが分かる。

今度は獲得利益について分析する。まずゲームユーザ全体の獲得する利得について分

析を行う。ゲームユーザ全体の利得を求める式は式(3.1)である。図 5.3 に収益配分を行わない場合と行う場合のユーザ全体の獲得する利得の推移について示す。収益配分を行わない場合のユーザ全体の利得の推移を青破線で示し、収益配分を行う場合のユーザ数の利得の推移を赤実線で示す。

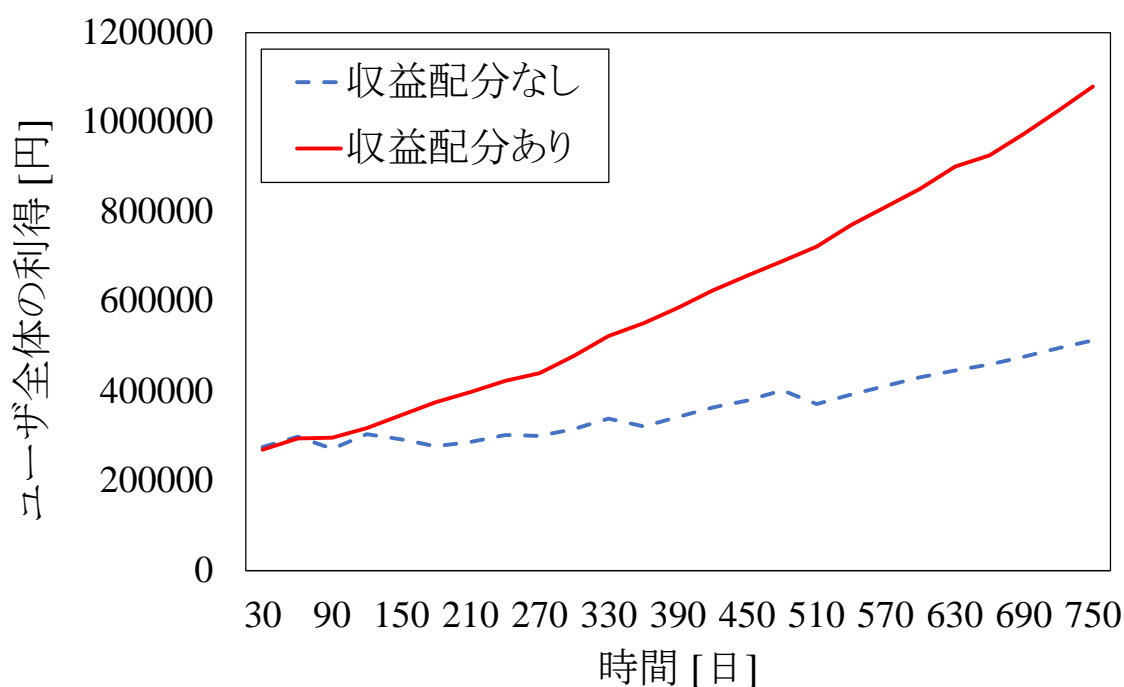


図 5.3 ユーザ全体の獲得利得の推移 (ランダムネットワーク)

図 5.3 の通り、収益配分を行わない場合のユーザ全体の利得はシミュレーション開始直後の約 25 万円から 750 日間で約 50 万円と約 2 倍へ増加した。それに対し収益配分を行う場合のユーザ全体の利得はシミュレーション開始直後の約 25 万円から 100 万円以上と 4 倍以上になった。当たり前なことだが参加ユーザ数とユーザ全体の獲得する利得の推移はほぼ同じ動きをする。図 5.2 の収益配分を行わない場合の参加ユーザ数の増加は 750 日間で約 2 倍、収益配分を行う場合は 4 倍以上と、図 5.2 と図 5.3 の推移は連動していることが読み取れる。図 5.3 により、収益配分によってユーザ全体の利得が増加していることが分かる。

次に下位 ISP の獲得利益について分析する。第 2 章に述べた通り、本稿で挙げたクラウドゲーム市場の課題は、ユーザ数が増加するほど下位 ISP の獲得利益が減少するということである。この問題が収益配分によって解決できるのかについて分析する。下位 ISP

の獲得利益を求める式は式(3.3)である。図 5.4 に下位 ISP の獲得利益の推移について示す。獲得利益の計算は 30 日に 1 度のみ行うため、数値の算出はシミュレーション開始から 30 日後から始まる。また収益配分を行わない場合の下位 ISP の獲得利益の推移を青破線で示し、収益配分を行う場合の獲得利益の推移を赤実線で示す。

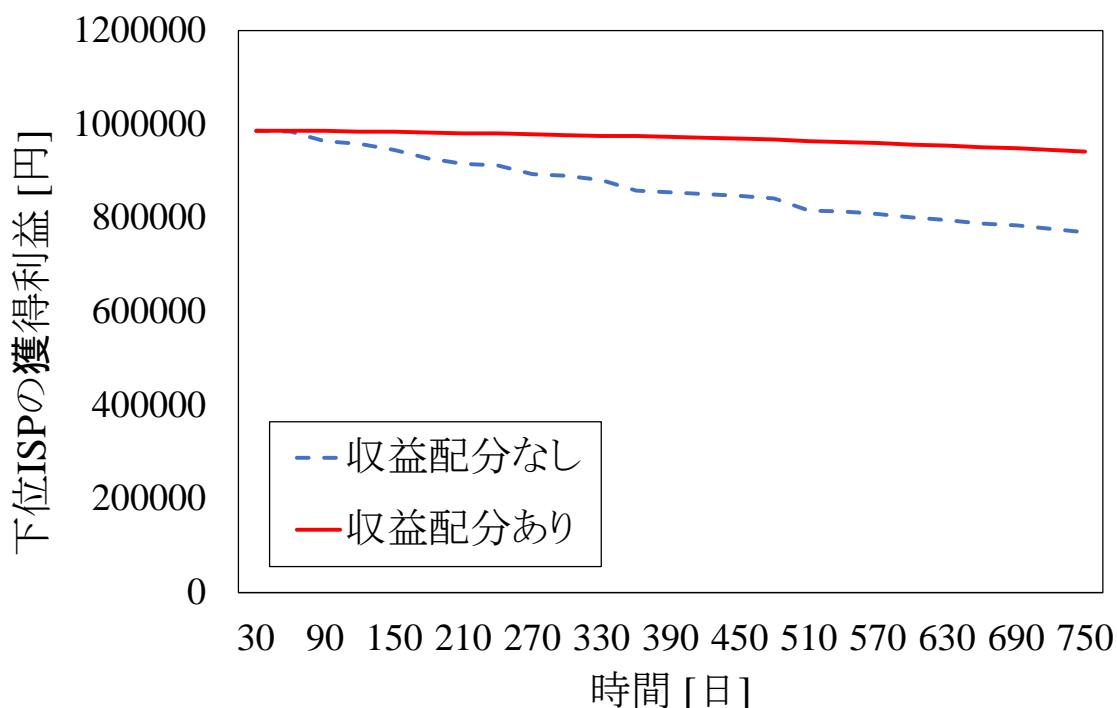


図 5.4 下位 ISP の獲得利益の推移 (ランダムネットワーク)

図 5.4 に示した通り、収益配分を行わない場合は下位 ISP の獲得利益がシミュレーション開始から 30 日後の約 100 万円から 750 日後には 80 万円以下まで減少した。それに対し収益配分を行う場合は、30 日後の約 100 万円から 750 日後までほとんど変化しなかった。つまり収益配分を行うことで下位 ISP の獲得利益を維持できることが分かる。図 5.2 より収益配分を行う場合、参加ユーザ数は 750 日間で約 4 倍に増加することが分かっている。下位 ISP はユーザ増加に合わせ、ネットワーク容量の拡大を行うため拡大コストが大きくなるはずだが、これをゲーム事業者からの収益配分によって賄っている。したがって収益配分を行うことで、“ユーザ増加に伴い下位 ISP の獲得利益が減少する”というクラウドゲーム市場の課題は解決される可能性が高いといえる。

ここでゲーム事業者に話を移す。図 5.2 により収益配分によってゲーム事業者とクラ

ウドゲームを契約する参加ユーザ数は大きく増加することが分かる。そのためゲーム事業者の収入も増加するはずである。また図 5.4 によりゲーム事業者が下位 ISP に収益を配分することで下位 ISP の獲得利益を維持できることが分かる。単純に考えればゲーム事業者はその分利益を減らしていることになる。よってこの時点ではゲーム事業者にとって収益配分がメリットのあるものか不明である。よって図 5.5 にゲーム事業者の獲得利益の推移を示し、分析を行う。ゲーム事業者の獲得利益を求める式は式(3.2)である。収益配分を行わない場合のゲーム事業者の獲得利益の推移を青破線で示し、収益配分を行う場合の獲得利益の推移を赤実線で示す。

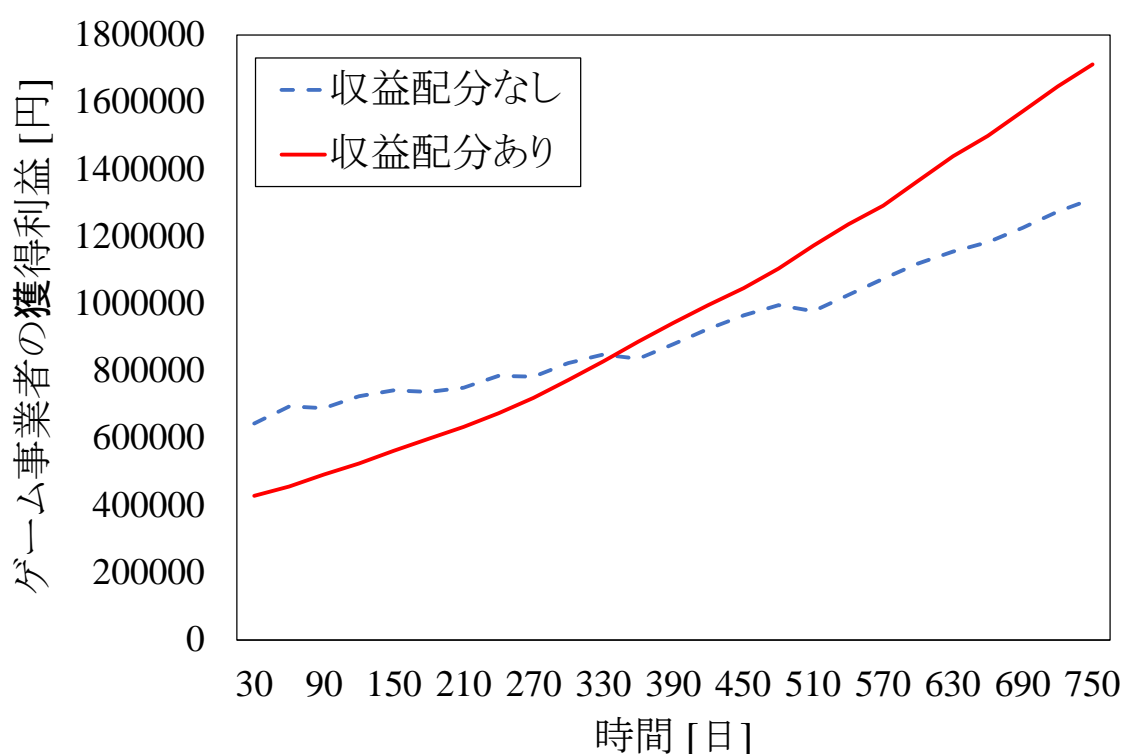


図 5.5 ゲーム事業者の獲得利益の推移（ランダムネットワーク）

図 5.5 も図 5.4 と同様に獲得利益の算出はシミュレーション開始から 30 日後から始まる。図 5.5 よりシミュレーション開始から 330 日付近までは収益配分を行わない場合の方がゲーム事業者の獲得利益が多かったが、約 330 日後に収益配分を行う場合の獲得利益が逆転した。その後は収益配分を行う場合のゲーム事業者の獲得利益が、収益配分を行わない場合より大きく増加した。

シミュレーション開始直後の収益配分を行わない場合のゲーム事業者の獲得利益は約 60 万円だった。それに対し収益配分を行う場合は、約 40 万円を記録した。この時点で収益配分を行う場合の方が獲得利益が低いのは前述の通り、下位 ISP への収益配分によって利益が減少するためである。その後、下位 ISP がネットワーク容量の拡大に投資

することでゲームユーザが高品質なネットワーク環境にてゲームを行えるようになるため、参加ユーザ数が増加しゲーム事業者の収入も増加していく。収益配分を行うことによる参加ユーザ数の増加が著しいため、ゲーム事業者の収入も大きく増加し、ついにはシミュレーション開始から 330 日後に、ゲーム事業者の獲得利益は収益配分を行う場合の方が大きくなる。またその後の獲得利益の増加量を比べても、ゲーム事業者は多少の利益を収益配分によって失ってもその分大きな利益をユーザから得ることができるのである。したがって収益配分は下位 ISP だけでなくゲーム事業者にとっても大きなメリットになる可能性が高い。

最後にゲームユーザ、下位 ISP、ゲーム事業者の合計利益についての分析を行う。この 3 者合計の獲得利益を求める式は式(3.4)である。図 5.6 に 3 者合計の獲得利益の推移を示す。収益配分を行わない場合の 3 者合計の獲得利益の推移を青破線で示し、収益配分を行う場合の獲得利益の推移を赤実線で示す。

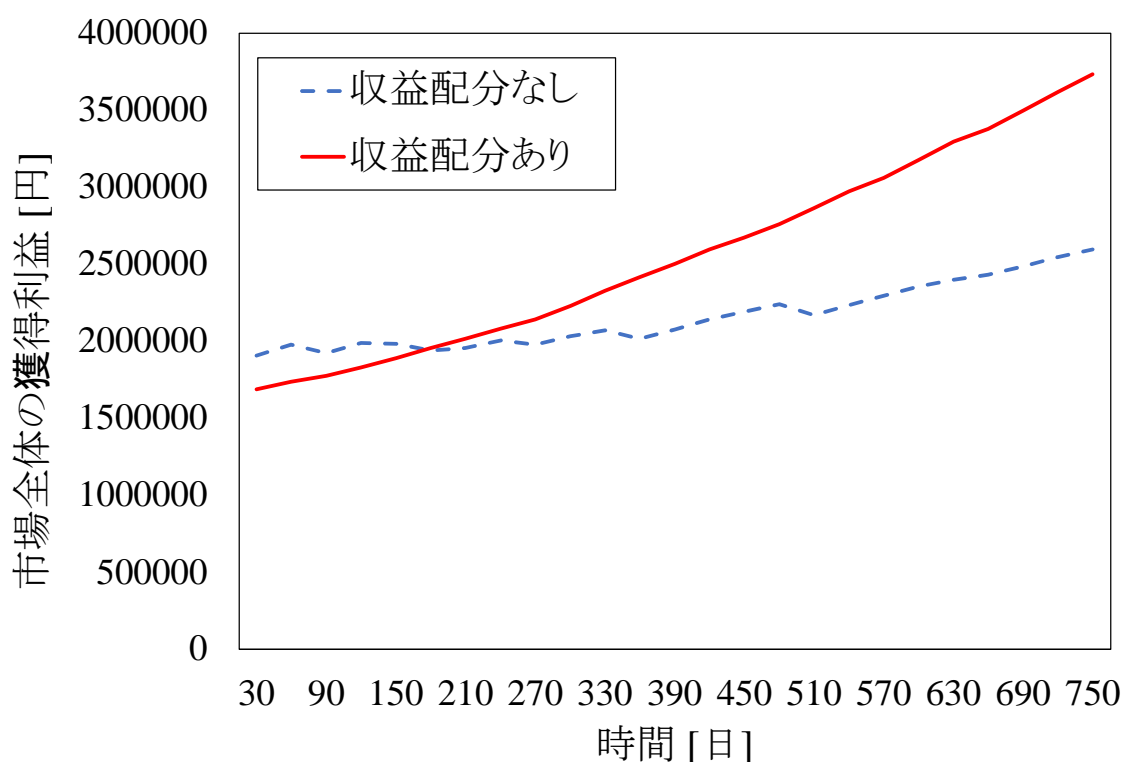


図 5.6 市場全体の獲得利益の推移 (ランダムネットワーク)

図 5.6 の通り、収益配分を行う場合の方が市場合計の利益は大きく向上することが分かる。シミュレーション開始から 750 日後の獲得利益が、収益配分を行わない場合が約 250 万円だったのに対し、収益配分を行った場合は 350 万円以上となった。ゲーム事業者が下位 ISP へ収益を配分し、そのお金を下位 ISP がネットワーク容量の拡大コストに費やすため、シミュレーション開始から約 180 日後までは収益配分を行わない場合の方が市場合計の利益が高いが、図 5.2 のように参加ユーザ数の差が大きく離れて以降は、収益配分を行った場合の市場合計の利益が大きく拡大していくことが分かる。

図 5.2～図 5.6 より、収益配分を行うことでクラウドゲームを契約する参加ユーザ数

は増加し、ゲーム事業者、市場全体の獲得利益を増加させることを明確にした。また第2章で述べたクラウドゲーム市場の課題であった、下位 ISP の獲得利益も収益分配によって維持できることをシミュレーションによって明らかにすることができた。

5.6 むすび

本章ではまず 5.2 節にて、シミュレーションでユーザの接続形態に利用するランダムネットワークという考え方について概要を述べた。次に 5.3 節では本章で行うシミュレーションの概要として、クラウドゲームを契約していない非参加ユーザ、契約している参加ユーザ、下位 ISP、ゲーム事業者の行動を示した。また 5.4 節では第3章で示した計算モデルに用いるパラメータの数値設定について言及した。最後に 5.5 節ではランダムネットワークで人の接続形態を表現したときの市場の獲得利益の分析を行った。具体的には収益分配を行う場合と行わない場合の参加ユーザ数の推移、ユーザの利得、下位 ISP の獲得利益、ゲーム事業者の獲得利益、市場全体の獲得利益を比較し分析し、収益分配によってクラウドゲーム市場の課題である下位 ISP の獲得利益の維持や市場全体の獲得利益の増加を期待できることを明らかにした。

第 6 章

スケールフリーネットワークにおける 市場利益分析

6.1 まえがき

第5章ではユーザの接続形態をランダムネットワークにて表現し、クラウドゲーム市場の利益分析を行うためシミュレーションを行った。その結果、収益配分によって下位ISPの利益を維持することができ、クラウドゲーム市場全体の利益を向上させることを明らかにした。本章ではユーザの接続形態をスケールフリーネットワークに変更し、同様のシミュレーションを行う。第4章に示した通り本稿では、ユーザ行動モデルにSIR感染モデルを適用しているため、ユーザ数の増え方には感染モデルが大きく影響する。よって様々なユーザの接続形態にて同様のシミュレーションを行い、違いを観察することが重要と考える。

まず5.2節ではスケールフリーネットワークの概要について説明する。次に5.3節では構築したシミュレーションについて説明する。また5.4節では第3章で示した利益計算のために用いるパラメータの設定を行う。最後に5.5節に設定したパラメータ数値のもと、シミュレーションを行ったときの分析結果について述べる。

6.2 スケールフリーネットワークの概要

本章でのシミュレーションでは第5章と異なり、人同士の接続形態にスケールフリーネットワークを用いる。スケールフリーネットワークとはリンクが一部のノードに極度に集中しているネットワークのことを指す[14]。すべてのノードがほぼ同等数のリンクを所有するランダムネットワークとは異なり、スケールフリーネットワークは一部のノードが多数のリンクを持っているのに対し、一部のノードはわずかのリンクしか所有していないネットワークである。本稿ではノードは人として捉えるため、スケールフリーネットワークの考え方は人によって友人の多さが大きく異なるというネットワークという意味を持つ。

図6.1には本稿で用いるシミュレーション環境にて、実際に構築したスケールフリーネットワークを示す。ノード数は20個とした。

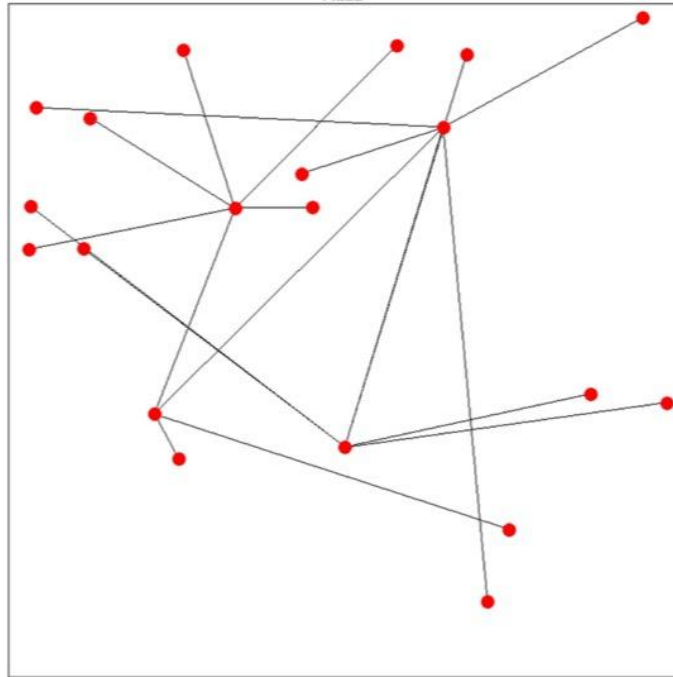


図 6.1 シミュレーションで構築したスケールフリーネットワーク（ノード数：20）

6.3 シミュレーション概要

第 5 章と同様にスケールフリーネットワーク の場合も **artisoc** というマルチエージェントシミュレーションソフトを用いてシミュレーションを行った。

仮想空間上での人の生成の仕方も第 5 章と同様である。まず 10000 人の人をコンピュータの仮想空間上で生成し、初期設定として 11000 人をクラウドゲームを契約している人（参加ユーザ）、9000 人をクラウドゲームを契約していない人（非参加ユーザ）とする。ユーザの接続形態はスケールフリーネットワークで表現し、ゲームユーザが **SIR** 感染モデルに従って行動した場合の **ISP** と市場全体の利益の推移を調べることができる第 5 章と同様のシミュレーションを構築する。また本章でのユーザと下位 **ISP**、ゲーム事業者の行動は 5.3 節の 1.~4.と同様のため、ここでは省略する。

6.4 パラメータ設定

本稿ではシミュレーション期間を第 5 章と同様に 750 日間としてシミュレーションを行った。また利益計算に用いるパラメータや、ネットワーク容量、帯域幅のパラメータの設定についても 5.4 節と同様であるため、再掲になるがパラメータの設定に関して表 6.1 に示す。

表 6.1 パラメータの設定

パラメータ	数値
p_g [円]	1000
p_p [円]	1000
u [円] (初期設定)	2000~2500 (ユーザによってランダム)
ρ	0~1 (ユーザによってランダム)
σ (初期設定)	0.1
D [ビット/秒]	1
h [円]	400
C [ビット/秒] (初期設定)	600
c_e [円]	(1ヶ月あたりのユーザ増加数) $\times p_p \times 0.3$
c_m [円]	$C \times p_p \times 0.1$
X [円]	c_e

6.5 分析結果

6.3節で記した（実際には5.3節で記した）非参加ユーザ，参加ユーザ，下位ISP，ゲーム事業者のシミュレーション上での行動を実際に arisoc に組み込み，表 6.1 に示したパラメータ設定のもとシミュレーションを行う．750 日間のシミュレーションを行い，収益配分を行わない場合と行う場合の参加ユーザ数の推移や市場が獲得する利益の分析を行った．まず図 6.2 に参加ユーザ数の推移について表す．収益配分を行わない場合のユーザ数の推移を青破線で示し，収益配分を行う場合のユーザ数の推移を赤実線で示す．

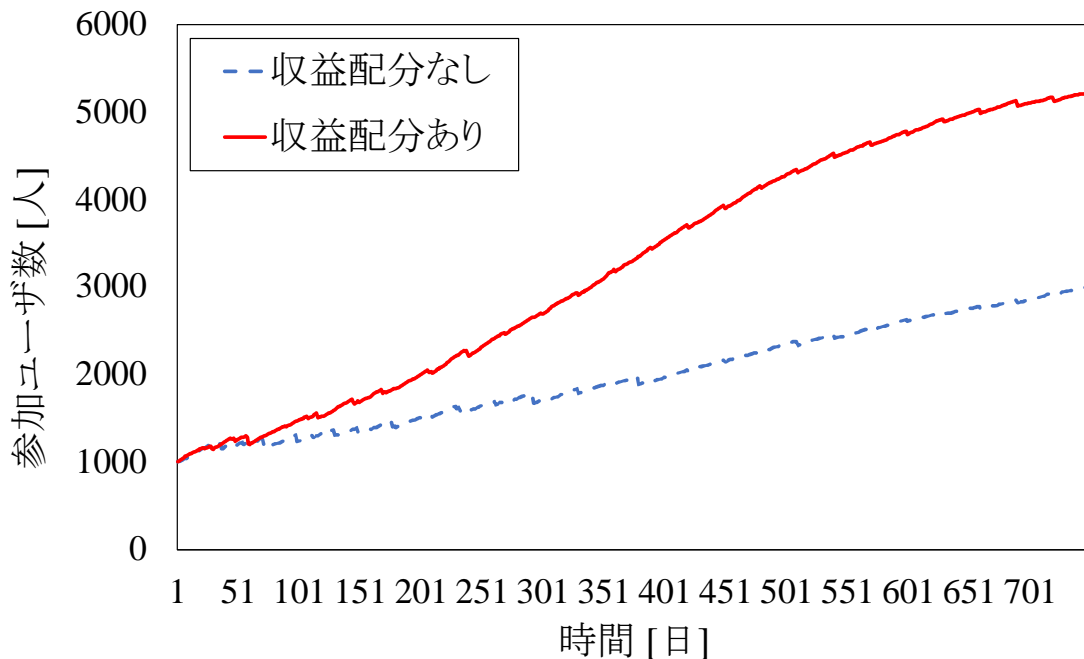


図 6.2 参加ユーザ数の推移（スケールフリーネットワーク）

図 6.2 の通り，収益配分を行わない場合の参加ユーザ数の推移は初期設定の 1000 人から 750 日間で約 3000 人まで増加したのに対し，収益配分を行う場合は約 5000 人に達した．また参加ユーザ数の差はシミュレーション開始から約 50 日間はほぼ無かったが，50 日後からは大きく差が出るようになった．これはランダムネットワークの場合と同様に，ゲーム事業者が下位 ISP に収益配分を行うことで，下位 ISP がネットワーク容量の拡大を推進することができるようになり，離脱者の数が収益配分を行わない場合と比べて少なくなり参加ユーザ数が増加したためであると考察できる．ネットワーク効果が発揮され，参加ユーザ数の増加と感染率の向上が循環的に発生しているのが分かる．

また収益配分を行う場合の参加ユーザ数はシミュレーション開始から 500 日で 1000 人から約 4000 人へと大きく増加しているのに対し，500 日後から 750 日後までは約 1000 人しか伸びておらず増加のスピードが落ち着いているのが分かる．これは多くのリンクを所有しているユーザがシミュレーション開始直後から多くの人を感染させたのち，次第に所有するリンク数の少ない人同士の感染に留まるためである．スケールフリーネットワークではリンクの所有数がユーザによって大きく異なるという特徴があるため，このような結果が得られたと考えられる．

今度は獲得利益について分析する．まずゲームユーザ全体の獲得する利得について分析を行う．図 6.3 に収益配分を行わない場合と行う場合のユーザ全体の獲得する利得の推移について示す．収益配分を行わない場合のユーザ全体の利得の推移を青破線で示し，

収益分配を行う場合のユーザ数の利得の推移を赤実線で示す。

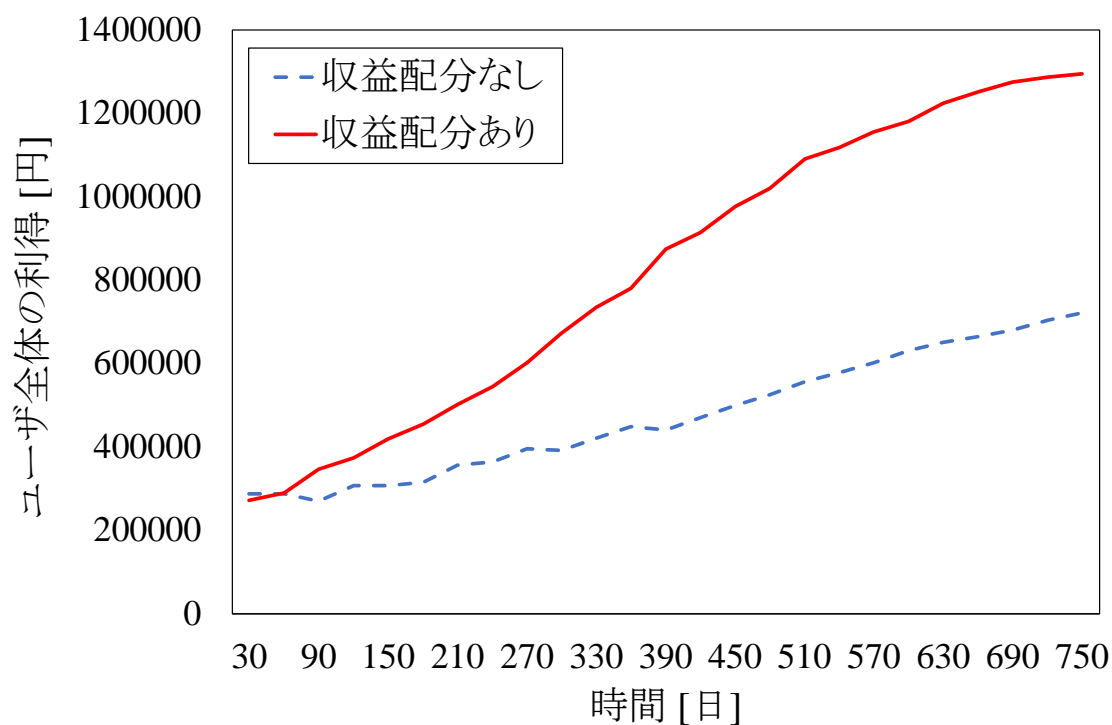


図 6.3 ユーザ全体の獲得利得の推移（スケールフリーネットワーク）

図 6.3 の通り、収益分配を行わない場合のユーザ全体の利得がシミュレーション開始直後の約 25 万円から 750 日間で約 60 万円へ増加したのに対し収益分配を行う場合のユーザ全体の利得は約 25 万円から約 130 万円へ増加した。収益分配によって参加ユーザ数が大きく伸びているため、それに連動しユーザ全体の利得が増加していることが分かる。

次に下位 ISP の獲得利益について分析する。ユーザの接続形態がランダムネットワークの場合は収益分配を行うことで下位 ISP の獲得利益を維持でき、クラウドゲーム市場の課題を解決できる可能性を示した。ここではユーザの接続形態がスケールフリーネットワークの場合でも同様に、収益分配によって下位 ISP の獲得利益を維持できるようになるのかについて分析する。図 6.4 に下位 ISP の獲得利益の推移について示す。また収益分配を行わない場合の下位 ISP の獲得利益の推移を青破線で示し、収益分配を行う場合の獲得利益の推移を赤実線で示す。

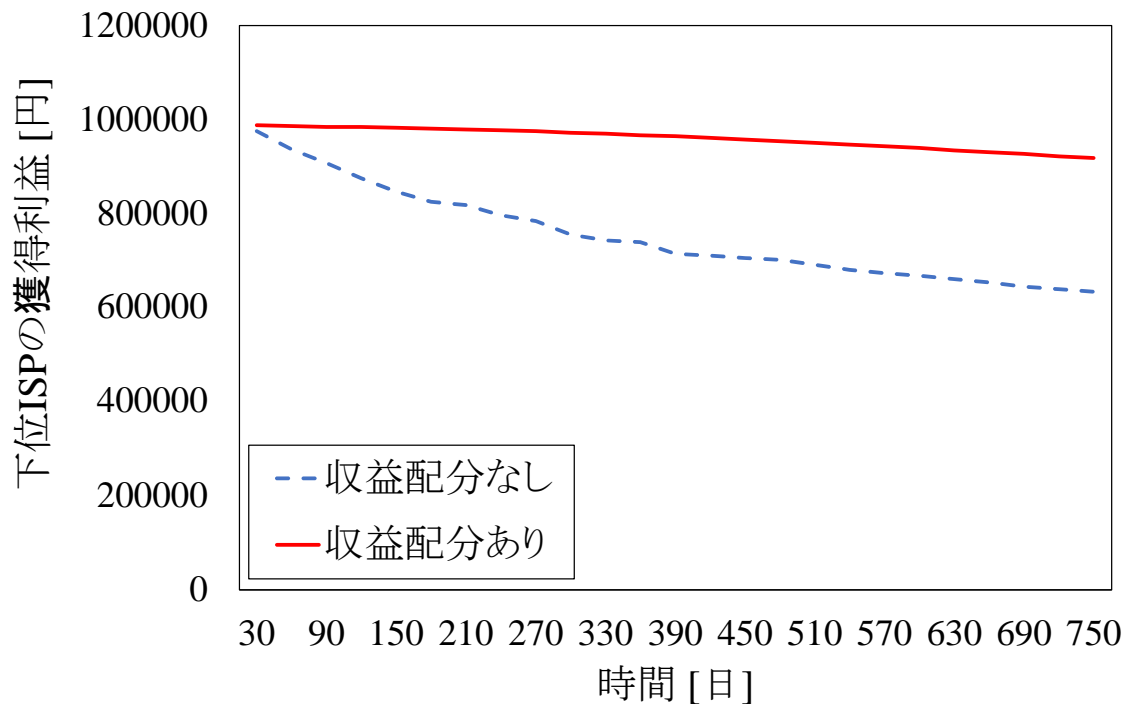


図 6.4 下位 ISP の獲得利益の推移 (スケールフリーネットワーク)

図 6.4 に示した通り，収益配分を行わない場合は下位 ISP の獲得利益がシミュレーション開始から 30 日後の約 100 万円から 750 日後には約 70 万円まで減少した．それに対し収益配分を行う場合は，30 日後の約 100 万円から 750 日後までほとんど変化しなかった．つまりスケールフリーネットワークの場合でも，ランダムネットワークの場合と変わらず収益配分を行うことで，下位 ISP の獲得利益を維持できることが分かる．図 6.2 のようにスケールフリーネットワークの場合，参加ユーザ数が急激に増加しているため，下位 ISP はネットワーク容量の拡大投資をランダムネットワークの場合より推進していかないといけなくなるが，収益配分されたお金を投資に利用できるため，獲得利益を維持したまま参加ユーザ数の急激な拡大にも対応できる．したがってユーザの接続形態がスケールフリーネットワーク場合でも，収益配分を行うことで”ユーザ増加に伴い下位 ISP の獲得利益が減少する”というクラウドゲーム市場の課題は解決される可能性が高いといえる．

次にゲーム事業者の獲得利益について分析する．ランダムネットワークの場合では収益配分によってゲーム事業者の利益も増加させるため，収益配分がゲーム事業者にとってもメリットがあることが分かったが，スケールフリーネットワークの場合も同様の議論を行う．図 6.5 にゲーム事業者の獲得利益の推移を示す．収益配分を行わない場合のゲーム事業者の獲得利益の推移を青破線で示し，収益配分を行う場合の獲得利益の推移を赤実線で示す．

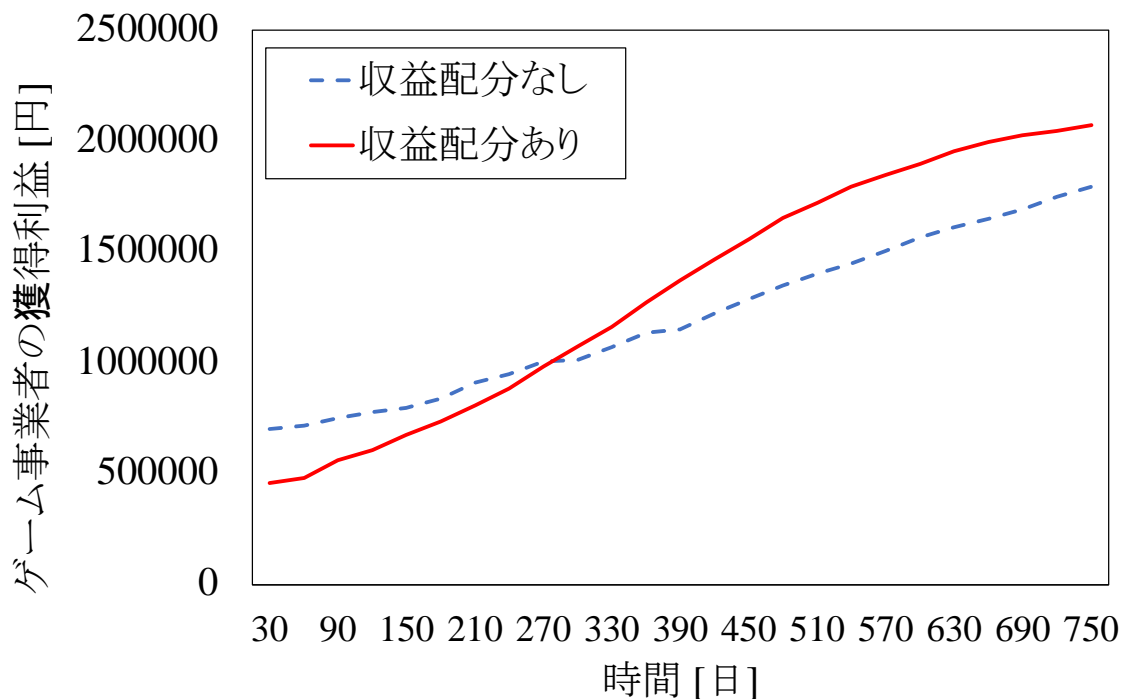


図 6.5 ゲーム事業者の獲得利益の推移 (スケールフリーネットワーク)

図 6.5 よりシミュレーション開始から約 270 日までは収益配分を行わない場合の方がゲーム事業者の獲得利益が多かったが、約 270 日後に収益配分を行う場合の獲得利益が逆転した。その後は収益配分を行う場合のゲーム事業者の獲得利益が、収益配分を行わない場合より大きく増加した。つまり収益配分を行うことで参加ユーザ数が大きく増加するため、下位 ISP への収益配分による利益減少分を上回る収入をゲームユーザから得ていることが分かる。したがってスケールフリーネットワークの場合でも、収益配分は下位 ISP だけでなくゲーム事業者にとっても大きなメリットになる可能性が高い。

またスケールフリーネットワークの場合は参加ユーザ数がシミュレーション開始直後に急激に伸び、いずれ増加が留まるため、ゲーム事業者の利益の増加の仕方もそれに準じている。図 5.5 と比べると、ランダムネットワークの場合ではゲーム事業者の利益がほぼ一定のスピードで伸びているのに対し、スケールフリーネットワークの場合では約 500 日で 3 倍になり、その後は利益増加のスピードは緩やかである。

最後にゲームユーザ、下位 ISP、ゲーム事業者の合計利益についての分析を行う。図 6.6 に 3 者合計の獲得利益の推移を示す。収益配分を行わない場合の 3 者合計の獲得利益の推移を青破線で示し、収益配分を行う場合の獲得利益の推移を赤実線で示す。

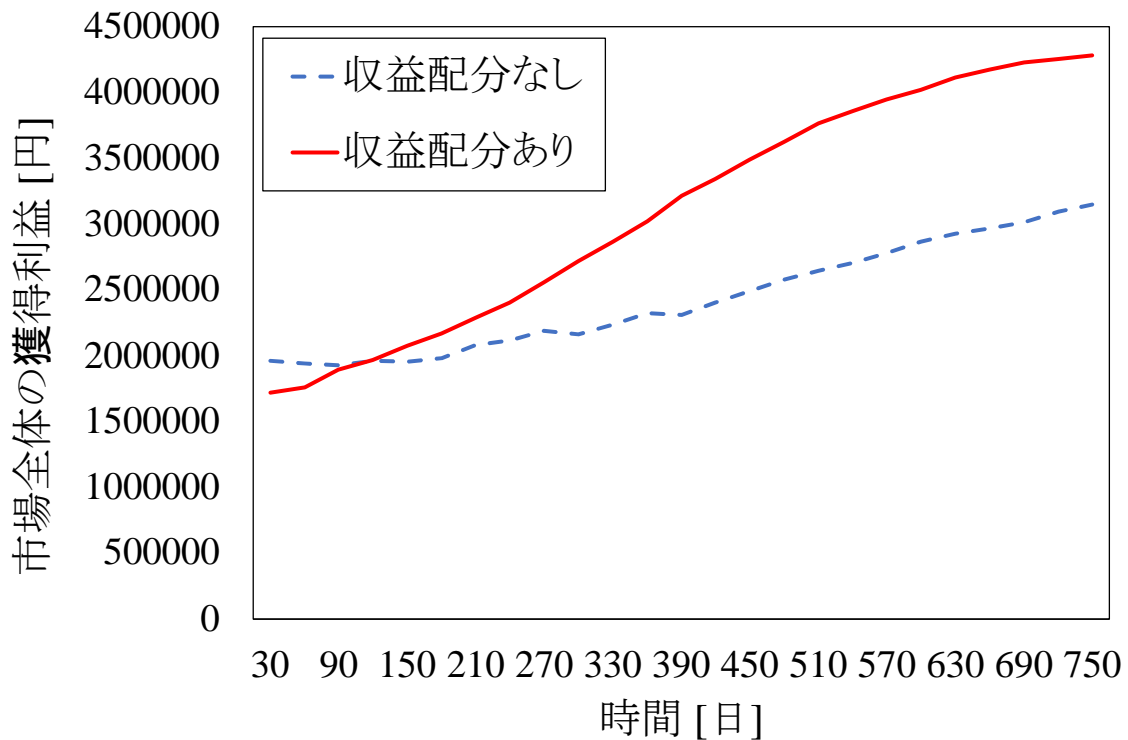


図 6.6 市場全体の獲得利益の推移（スケールフリーネットワーク）

図 6.6 の通り，収益配分を行う場合の方が市場合計の利益は大きく向上することが分かる．シミュレーション開始から 750 日後の獲得利益が，収益配分を行わない場合が約 300 万円だったのに対し，収益配分を行った場合は 400 万円以上となった．ランダムネットワークの場合と同様にゲーム事業者が下位 ISP へ収益を配分し，そのお金を下位 ISP がネットワーク容量の拡大投資に費やすため，シミュレーション開始から約 120 日後までは収益配分を行わない場合の方が市場合計の利益が高いが，図 6.2 のように参加ユーザ数の差が大きく離れて以降は，収益配分を行った場合の市場合計の利益が大きく拡大していくことが分かる．

図 6.2～図 6.6 より，ユーザの接続形態がスケールフリーネットワークの場合でも収益配分を行うことで，クラウドゲームを契約する参加ユーザ数は増加し，ゲーム事業者，市場全体の獲得利益を増加させることを明確にした．また第 2 章で述べたクラウドゲーム市場の課題であった，下位 ISP の獲得利益も収益配分によって維持できることをシミュレーションによって明らかにすることができた．

6.6 むすび

本章ではまず 6.2 節にて，シミュレーションでユーザの接続形態に利用するスケールフリーネットワークという考え方について概要を述べた．次に 6.3 節では本章で行うシミュレーションの概要として，クラウドゲームを契約していない非参加ユーザ，契約している参加ユーザ，下位 ISP，ゲーム事業者の行動を示した．また 6.4 節では利益計算などに用いるパラメータの数値設定について言及した．最後に 6.5 節ではスケールフリーネットワークで人の接続形態を表現したときの市場の獲得利益の分析を行った．シミュレーションの結果，第 5 章と同様にスケールフリーネットワークの場合でも下位 ISP の獲得利益の維持や市場全体の獲得利益の増加を期待できることを明らかにした．

第 7 章

ネットワークトポロジーの影響の考察

7.1 まえがき

第5章ではユーザの接続形態をランダムネットワークで、第6章ではスケールフリーネットワークでそれぞれ表現し、シミュレーションによってクラウドゲーム市場の参加ユーザ数の推移と市場の獲得利益の推移について分析した。本章ではユーザ数に着目し、ランダムネットワークの場合とスケールフリーネットワークの場合での参加ユーザ数の推移の変化について比較検討する。

7.2 考察

5.2 節で述べたようにランダムネットワークとはすべてのノードが一定の確率でランダムにリンクで結ばれるネットワークのことを指し、どのノードもほぼ同等数のリンクを所有する。それに対し、スケールフリーネットワークとは6.2 節で述べたように、リンクが一部のノードに極度に集中しているネットワークのことを指す。本稿ではノードを人として捉えるため、ランダムネットワークはすべてのユーザがほぼ同じ数の友人を所有するネットワーク、スケールフリーネットワークはユーザによって友人の多さが異なるネットワークを意味する。本稿ではユーザの参加から離脱までの行動モデルにSIR 感染モデルを利用しているため、それぞれのネットワークでユーザの接続形態を表現した場合、参加ユーザ数に大きな違いが生まれる。シミュレーションによって得られた参加ユーザ数の推移の分析結果から、ランダムネットワークとスケールフリーネットワークの参加ユーザ数の変化について図7.1 に示す。それぞれの数値は図5.2 と図6.2 の収益配分ありの数値から抽出している。

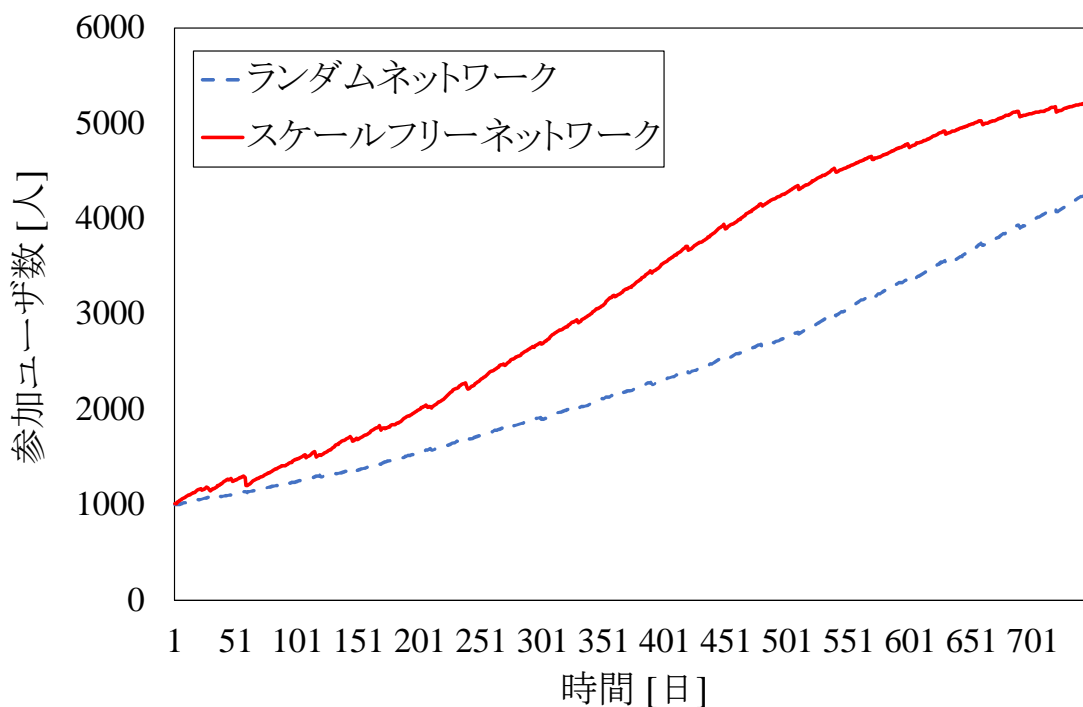


図 7.1 ユーザの接続形態による参加ユーザ数の推移の変化

図 7.1 よりランダムネットワークでは、ユーザ数の増え方の速度がほぼ一定であることが分かる。これはどのユーザもほぼ同数のリンクをもっているためである。それに対しスケールフリーネットワークでは、シミュレーション開始からすぐにユーザ数が急激に増大してランダムネットワークの参加ユーザ数を大きく上回り、後に増加スピードが落ち着いていることが分かる。これは多くのリンクを所有しているユーザがシミュレーション開始後すぐに多くの非参加ユーザを感染させた後、次第に所有するリンク数の少ない人同士の感染に留まるためである。本稿ではシミュレーション期間を 750 日間として設定したが、もし期間を伸ばしたらランダムネットワークの場合は参加ユーザ数が同じ速度で増加し続け、スケールフリーネットワークの場合は増加が止まるため、ランダムネットワークの場合の参加ユーザ数が逆転すると考えられる。

現実では、ユーザ全員がほぼ同等数の友人を所有しているとは考えにくく、ユーザによって友人の数が異なる考えるほうが自然である。またクラウドゲームを契約するユーザの数が毎日同じ速度で増加することも現実では考えにくい。よって本稿のシミュレーションではスケールフリーネットワークにて得られた結果の方が、精度が高いものと考えられる。

7.3 結論

本章では第 5 章と第 6 章で行ったシミュレーションによって得られた参加ユーザ数の推移の結果から、ネットワークトポロジーの影響の考察を行った。7.2 節ではスケールフリーネットワークの場合はシミュレーション開始してすぐに参加ユーザ数が大きく増加しランダムネットワークの参加ユーザ数に差をつけることが分かった。しかしスケールフリーネットワークの場合は次第に増加の速度が落ち着き、一定の速度で増え続けるランダムネットワークの場合の参加ユーザ数と差を縮める結果となりことが分かった。本稿で SIR 感染モデルをユーザ行動モデルに適用する中で、参加ユーザ数の増え方にユーザの接続形態が大きく影響することを図 7.1 より確認できた。

第 8 章

結論

8.1 本論文の主たる結果

本研究ではクラウドゲーム市場において”ゲームユーザが増えるほど下位 ISP の獲得利益が減少していく”という課題に焦点を当て、収益配分を行うことでその問題を解決できるか調査するため、シミュレーションを行い市場の獲得利益の分析を行った。以下に、本論文において展開した内容の論点を集約する。

1. 両面性市場モデルを適用したクラウドゲーム市場において、収益配分モデルの構築
第 3 章 両面性市場を適用したクラウドゲーム市場の収益配分モデルでは、ネットワーク効果を期待できる両面性市場モデルをクラウドゲーム市場に適用し、さらにその市場モデルにおいてゲーム事業者から下位 ISP への収益配分モデルを提案した。またゲーム事業者から下位 ISP に収益配分を行う場合の獲得利益の計算モデルを構築した。
2. SIR 感染モデルを適用しユーザ行動モデルの構築
第 4 章 SIR 感染モデルを適用したユーザ行動モデルでは、シミュレーションで動かすユーザの行動モデルを構築した。ユーザ同士のコミュニケーションによってゲームを新たに始めるというゲームユーザの行動特徴からこのユーザの行動には SIR 感染モデルという感染症の数理モデルを適用した。SIR 感染モデルにおける”感染”を”ゲームへの参加”，”回復”を”ゲームからの離脱”と捉えることでゲームユーザの行動を明確化した。
3. シミュレーションの実行によるクラウドゲーム市場の獲得利益の分析
第 5 章 ランダムネットワークにおける市場利益分析と第 6 章 スケールフリーネットワークにおける市場利益分析では、第 4 章で構築したユーザ行動モデルに加え、シミュレーション上での下位 ISP、ゲーム事業者の行動を構築しシミュレーションを行った。SIR 感染モデルをユーザ行動モデルに適用しているため、ユーザの増え方にユーザの接続形態が大きく影響すると考え、シミュレーションはランダムネットワークとスケールフリーネットワークの 2 種類で行った。シミュレーションによって収益配分を行う場合の方が、下位 ISP はネットワーク容量の拡大により投資を行うことができるためユーザ数は増加し、ゲーム事業者、市場全体の獲得利益も増えることを明確にできた。また下位 ISP はネットワークに対する投資を収益配分されたお金から賄えるため、利益を減らすことなく事業を継続できることが分かった。よって本稿においてクラウドゲーム市場の課題として挙げた”ゲームユーザが増えるほど下位 ISP の獲得利益が減少していく”という課題を収益配分が解決する可能性を示し、また市場全体の獲得利益も向上することを明確にできた。

8.2 今後の展望

今後の課題としては、次の点が挙げられる。以下に今後の課題における詳細を述べる。

1. ユーザ行動モデルの詳細化

本研究では、ユーザは一度クラウドゲームを解約して離脱した人はもう一度クラウドゲームを契約する参加ユーザに戻ることはないようにユーザ行動モデルを構築した。しかし、現実では一度やめたユーザがリピーターとしてもう一度そのゲームを契約するということが十分にあり得る。よって今後の課題として実際のゲームユーザの行動特徴をさらに調査し、離脱者のリピーターも含めユーザ行動モデルをより詳細に構築していくことでシミュレーションの精度の向上を図ることが挙げられる。

2. 別のネットワークトポロジーにおけるシミュレーション分析

本稿ではユーザの接続形態をランダムネットワークとスケールフリーネットワークの2種類でしかシミュレーションを行っていない。しかしネットワークトポロジーには何種類も種類があり、ユーザの接続形態を考える上でシミュレーションによって調査すべきものもまだ存在する。よって今後の課題としてシミュレーションの精度を上げていくため、複数のネットワークにおいてユーザの接続形態を表現しシミュレーションを行い、どの考え方で研究を進めるべきか精査することが挙げられる。

謝辞

本研究を行う中で沢山の方々から御指導，御協力を賜りました。
まず研究に関する数々の御指導をしてくださった指導教員の田中良明先生に感謝申し上げます。

またゼミを通して多くの御指導をいただいたうえ，お忙しい中，原稿の添削をしていただいた朝日大学経営学部経営学科教授の矢守恭子先生にお礼申し上げます。加えて矢守先生には，研究テーマを決めるときから様々なアドバイスをいただき，大変感謝しております。

ゼミを通して沢山のアドバイスをしていただいた芝浦工業大学システム理工学部電子情報システム学科教授の三好匠先生に感謝申し上げます。

多くの御指摘や御指導，また ICETC 発表練習の際，多くのアドバイスをしてくださった電気通信大学大学院情報理工学研究科准教授の山本嶺先生に感謝致します。

研究に詰まったとき，親身に相談に乗っていただいた芝浦工業大学システム理工学部電子情報システム学科准教授の山崎託先生に感謝致します。

ICETC の原稿に関して英語の添削をしてくださった茨城大学工学部機械システム工学科助教の張成先生に感謝致します。

研究を一緒にする中で様々な相談に付き合っていただいた上に，丁寧な添削をしていただいた諸先輩方にお礼申し上げます。

また同期・後輩には研究に関する相談はもちろん，研究外でも仲良くしてくださりありがとうございました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- [1] NVIDIA, ”クラウドゲーミングとは,” 参照 January 2022, URL:
<https://blogs.nvidia.co.jp/2021/03/08/what-is-cloud-gaming/>
- [2] 角川アスキー総合研究所, ファミ通ゲーム白書 2021, 参照 January 2022.
- [3] TheDice 編集部, ”クラウドゲームの仕組みから見えてくるメリットとデメリット,” 参照 January 2022, URL:
<https://thedice.com/cloudgame-merit-demerit/>
- [4] ソフトバンク, ”【調査】端末に関係なく本格的なゲームが楽しめる「クラウドゲーミング」事情,” 参照 January 2022, URL:
https://www.softbank.jp/sbnews/entry/20191018_01
- [5] 富士通, ”コンテンツ配信サービスとは,” 参照 January 2022, URL:
<https://www.fujitsu.com/jp/services/infrastructure/network/digital/concept/>
- [6] 総務省, 情報通信白書, ”第1部 特集 IoT・ビッグデータ・AI～ネットワークとデータが創造する新たな価値～,” 参照 January 2020, URL:
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc122220.html>
- [7] 海野大, ”両面性市場におけるプラットフォーム戦略における研究,” 電子学会論文誌, Vol.131, No.4, pp.918～925 (2011) .
- [8] 江副憲昭, ”両面性市場と競争政策,” 西南大学経済学論集, Vol.43, No.4, pp.1～23 (2009) .
- [9] 富士通, ”プラットフォームビジネス : デジタルマーケティング コラム,” 参照 January 2022, URL:
<https://www.fujitsu.com/jp/solutions/business-technology/intelligent-data-services/digitalmarketing/column/column016.html>
- [10] 消費者庁, ”スマホゲームに関するアンケート結果,” 参照 January 2022, URL:
https://www.cao.go.jp/consumer/iinkai/2016/228/doc/20160712_shiryu2.pdf
- [11] 日本内科学会, ”感染症の数理モデルと対策,” 参照 January 2022, URL:
https://www.naika.or.jp/jsim_wp/wp-content/uploads/2020/11/nichinaishi-109-11-article_4.pdf
- [12] 早稲田大学 高等研究所, ”ネットワークの性質によって変わる協力的行動の起こりやすさ,” 参照 January 2022, URL:
<https://www.waseda.jp/inst/wias/news/2015/06/20/355/>
- [13] 構造計画研究所, ”artisoc4,” 参照 January 2022, URL:
<https://mas.kke.co.jp/artisoc4/>
- [14] ジェイ・エム・アール生活研究所, ”マーケティング用語集 スケールフリーネットワーク,” 参照 January 2022, URL:

<https://www.jmrlsi.co.jp/knowledge/yougo/my06/my0624.html>

発表文献

- <1> 三橋正毅, 矢守恭子, 張成, 田中良明, “クラウドゲーム市場への両面性市場の適用と収益配分モデル,” 電子情報通信学会東京支部学生会第 26 回研究発表会, March 2021. Copyright©2021 IEICE
- <2> 三橋正毅, 矢守恭子, 張成, 田中良明, “SIR 感染モデルによるクラウドゲーム市場ユーザ行動分析,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, September 2021. Copyright©2021 IEICE
- <3> M.Mitsubishi, K.Yamori, C.Zhang, and Y.Tanaka, “A revenue sharing model for profit improvement in two-sided cloud gaming market”, ICETC 2021, Online, Virtual Conference, Paper no.P3-12, 4 pages, Dec. 2021. Copyright©2021 IEICE
- <4> 三橋正毅, 矢守恭子, 張成, 田中良明, “スケールフリーネットワークにおけるクラウドゲーム市場のユーザ数分析,” 電子情報通信学会東京支部学生会第 27 回研究発表会 Copyright©2022 IEICE 発表予定

本修士論文の内容は上記発表文献に基づいている.