

ゲーム理論で見るソフトウェア経済学の考え方

一橋大学 大学院経済学研究科 教授

岡田 章

1. ゲーム理論とは

最近、新聞やインターネットなど多くのメディアでゲーム理論という名前を見かけた方も多いのではないでしょうか？また、書店の経済学や経営学のコーナーの書棚には、ゲーム理論の入門書や戦略的思考法というタイトルをつけたビジネス書も数多く置かれていて、これらの書物を実際に読んだ方もいらっしゃると思います。

ゲーム理論は、現在、経済学の最先端で最も注目されている理論の一つで、これまでにすでにゲーム理論の研究者が二度、ノーベル経済学賞を受賞しています。また、ゲーム理論は、経済学の分野だけでなく、経営学や政治学、心理学などの人文社会学、さらに生物学や工学、コンピュータサイエンスなどの分野でも精力的に研究されていて、21世紀に予想される科学の新しい総合化に大きな役割を果たすと期待されています。この論文では、ゲーム理論の歴史とその基本的な考え方を紹介し、ソフトウェア経済学にゲーム理論が大変に有効であることを説明したいと思います。

ゲーム理論は経済学の最先端の理論であると述べましたが、誕生からすでに60年以上の年月が経過しています。ゲーム理論は、20世紀の大数学者のジョン・フォン・ノイマンと経済学者のオスカー・モルゲンシュテルンが1944年に大著『ゲームの理論と経済行動』をプリンストン大学出版局から出版することによって誕生しました。フォン・ノイマンはアインシュタインと並ぶ20世紀の天才的数学者の一人で、ゲーム理論以外にも、数学、量子力学、経済学、工学、

情報科学などの多彩な分野で輝かしい業績を残しています。情報科学の分野では、現在のコンピュータの基礎理論を確立した一人です。現在、私たちが使っているコンピュータを「ノイマン型コンピュータ」と呼ぶこともありますので、読者の方にもフォン・ノイマンの名前はなじみの深いものと思います。

相互に依存する状況を分析する数学的理論

ゲーム理論とは、簡単に言えば、社会や経済のように複数の意思決定者が相互に依存する状況を分析する数学的理論です。社会には、個人、企業、組織、国家などのさまざまな意思決定者（ゲーム理論では、プレイヤーと呼びます）が存在して、それらの意思決定や行動は複雑に関連しています。社会におけるプレイヤーの行動は他のプレイヤーの行動に影響を受けたり影響を及ぼすという意味で相互に依存しています。ゲーム理論は、このように複数のプレイヤーの相互に依存する意思決定を数学を用いて分析する理論です。

ゲーム理論を始めたフォン・ノイマンとモルゲンシュテルンの目標は、社会におけるプレイヤーの合理的行動の数学原理を発見し、その一般的な特性を導くことでした。その後、二人の研究はプリンストン大学の数学科の大学院生であったジョン・ナッシュによって発展され、ナッシュはゲームの均衡理論を確立しました。ナッシュが定式化した均衡概念は、現在、ナッシュ均衡点と呼ばれていて、ゲーム理論の最も重要な概念になっています。ナッシュの生涯を描いた映画「ビューティフルマインド」が2002年に公開されアカデミー賞を受賞しましたので、ご覧になった方も多いと思います。ナッシュの理論は、さらにドイツのボン大学のラインハルト・ゼルテンとアメリカのカリフォルニア大学バークリー校のジョン・ハーサニによってそれぞれダイナミックなゲームと情報不完備ゲーム

Text by Akira Okada

東京工業大学理学部卒業。同大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。理学博士。東京工業大学理学部助手、埼玉大学政策科学研究科助教授、京都大学経済研究所助教授、教授を経て現在に至る。

専門分野は、ゲーム理論と経済学への応用、非協力ゲーム理論、情報と意思決定、交渉理論、グループ形成理論、集団行動、地球温暖化問題、ゲーム実験などの研究を行っている。

(不確実性に関してプレイヤーが異なる情報を保有するゲーム)に拡張され、現代のゲーム理論の基礎を作っています。ナッシュ、ゼルテン、ハーサニは、これらの業績に対して1994年にノーベル経済学賞を受賞しました。

情報、不確実性、戦略的行動とゲーム理論

ゲーム理論は、経済学の分野に科学的アプローチを導入し、価格理論などの伝統的な経済学の理論に厳密な数学的基礎を与えましたが、1980年代以降は、ゲーム理論の応用が急速に発展し、情報、不確実性、戦略的行動などの経済学の新しい問題がゲーム理論を用いて次々と研究されるようになりました。その中の一つに、「企業や国家などのように互いに競争し利害が対立するプレイヤーの間で協力は可能であるか」という競争と協力の問題があります。これは、経済学だけにとどまらず、経営学、政治学、社会学、生物学などの広範囲な学問分野でも重要な問題です。

また、理論的な関心だけでなく、現実のビジネス社会や国際社会のさまざまな利害対立や紛争、さらに環境問題を解決するうえでも大変重要です。利害の対立を解消しどのようにして協力を実現するかを分析するための理論としてゲーム理論は大変有効です。利害の対立と協力の問題にゲーム理論を応用した研究に対して、イスラエルのヘブライ大学のロバート・オーマンとアメリカのメリーランド大学のトーマス・シェリングは2005年にノーベル経済学賞を受賞しました。

2. なぜゲーム理論が

ソフトウェア経済学の役に立つか

以上、簡単にゲーム理論の歴史を説明してきましたが、次に、なぜゲーム理論がソフトウェア経済学に役に立つかを説明します。ソフトウェア経済学の目的は、ソフトウェアに関わるさまざまな社会的および経済的活動を説明する統一原理を構築することです。ソフトウェアは、自動車などの通常のモノ（経済学の用語では、財といいます）とは異なる固有の性質をもっています。例えば、ソフトウェアに関わる経済活動としては、通常のモノと同じように、設計、生産、保守、供給、需要、販売、契約、利用な

どのさまざまなプロセスがありますが、ソフトウェアがモノと異なる大きな点は、ソフトウェアは人間の知的活動の成果であるということです。したがって、ソフトウェアの経済活動の中心は、通常のモノと違って人間であり、複数の人間の意思決定がソフトウェアの設計、生産から販売に至る過程で本質的に関わることとなります。

また、インターネットの急速な発展、普及によって、現代社会のグローバル化と情報化は私たちの予想を超えて進んでいます。その結果、個人、企業、国家などのプレイヤーの相互依存関係はますます複雑で緊密なものとなり、ソフトウェアの社会的役割は今後ますます大きくなると予想されます。ソフトウェアの社会的、経済的な活動には、不確実性、情報、プレイヤーの相互依存的な意思決定が大きく関係し、ソフトウェア経済学の分析にゲーム理論の考え方は大変有効であると言えます。以下では、簡単なゲームの例を使ってこのことを説明しましょう。

3. ゲームの例：標準OSの普及

簡単なゲームのモデル

簡単なゲームのモデルを用いて、ゲーム理論の考え方の一端を説明します。コンピュータのOSとしてウィンドウズ (Win) とマッキントッシュ (Mac) があります。どちらのOSが社会に普及していくかは、ソフトウェア技術者の方には大きな関心事だと思えます。これは、経済学では、技術スタンダードの選択問題といえます。古くは、ビデオのVHS方式とベータ方式の選択問題がありました。

コンピュータのOSの選択問題を事例として、簡単なゲームのモデルを作ってみましょう。二人のプレイヤー1と2がウィンドウズ (Win) とマッキントッシュ (Mac) のどちらのOSを採用するかを選択に直面しているとします。ここで、プレイヤーは、個人、企業、官庁などコンピュータの利用者であるとします。ゲーム理論では、プレイヤーがもつ選択肢のことを、行動または戦略といいます。プレイヤーは一つのOSを選択することによって、経済的利潤を含むさまざまな恩恵を受けます。これらをまとめて数値化したものを、プレイヤーの利得といい

ます。

OSの選択に関するプレイヤーの戦略と利得の関係を、表1で表します。表1でプレイヤー1は行を選択し、プレイヤー2は列を選択します。表の各セルの中の左の数字がプレイヤー1の利得であり、右の数字がプレイヤー2の利得です。表1で重要な点は、プレイヤーの利得は自分自身の戦略だけでなく、相手プレイヤーの戦略にも依存することです。実際に、コンピュータのOSの選択問題では、それぞれのOSの機能や使いやすさばかりでなく、仕事仲間や友人などと同じOSかどうか、OSの評価に大きな影響をもちます。表1では、便宜上、相手と違うOSを選択する場合の利得をゼロとしています。相手と同じOSを選択するときのみ、プレイヤーは正の利得を得るのですが、その大きさはOSによって異なります。表1では、マッキントッシュを選択する方が利得は大きいとしています。コンピュータの専門家にはマッキントッシュをウィンドウズより高く評価する人が多いようですので、これを考慮しています。

		プレイヤー2	
		Win	Mac
プレイヤー1	Win	1, 1	0, 0
	Mac	0, 0	3, 3

表1 OSの選択問題

コンピュータのOSの選択の例では、他のプレイヤーが同じOSを使えば使うほど、プレイヤーにとってのOSの価値は高くなります。このようなとき、プレイヤー（または、その行動）は、戦略的相補関係にあるといいます。ソフトウェア経済学では、この戦略的相補関係の解明が重要な研究テーマの一つになります。

これで、ゲームのモデルが完成しました。ゲーム理論では、物理学などの自然科学の学問と同様に、現実の研究対象を数学を用いてモデル化することから研究が始まります。では、次の問題は、プレイヤーの合理的な戦略とは何かということです。二人のプレイヤーが同じOSを選択する戦略の組み合わせ、[Win, Win]と[Mac, Mac]をみてください。

この戦略の組み合わせから、一人のプレイヤーだけがOSを変更すると、そのプレイヤー（相手プレイヤーもそうですが）の利得は正の値からゼロに下がってしまいます。すなわち、二つの戦略の組み合わせから一人だけプレイヤーが戦略を変更してもプレイヤーの利得は増加せず、プレイヤーにとって戦略を変更することは望ましくありません。このような戦略の組み合わせを、ナッシュ均衡点といいます。ナッシュ均衡点は、プレイヤーの戦略選択の落ち着く先を示す概念です。

コンピュータのOSの選択ゲームには、それぞれのOSに対応して二つのナッシュ均衡点があります。プレイヤーは、他のプレイヤーがどんなOSを選択するかを予想して自分のOSを選択する必要があります。事情は、相手プレイヤーにとっても同じで、プレイヤーはお互いの戦略を予想して、自分の戦略を決定しなければなりません。このように、自分のことだけでなく相手のことも考慮して意思決定することを、戦略的意思決定といいます。ゲーム理論が、しばしば「戦略的意思決定の科学」と呼ばれる理由がここにあります。

家族や同じ職場の仕事仲間であれば、一緒に相談してOSを選択することもできますが、情報化社会では、不特定多数のコンピュータがネットワークで結ばれていて、相手のプレイヤーと相談して戦略を決めることは、事実上、不可能です。このような場合は、プレイヤーは他のプレイヤーとは独立に戦略を選択しなければなりません。このようなゲームを、非協力ゲームといいます（非協力といっても、日常生活で使うような仲が悪いとか、けんかをしているという意味ではありません）。

どのような社会的なプロセスを経て、ゲームのナッシュ均衡点を実現されるか、また、ナッシュ均衡点が複数ある場合、どのナッシュ均衡点を実現されるかという問題は、大変難解で、研究のフロンティアでは精力的にこの問題が研究されています。その中の有力な理論の一つが、進化ゲーム理論です。次に、進化ゲーム理論の基本的な考え方を説明しましょう。

進化ゲーム理論

いま、社会でウィンドウズのOSを使ってい

る人の割合を p ($0 < p < 1$) とし、マッキントッシュのOSを使っている人の割合を $1-p$ としましょう。将来、あなたがどのような人と一緒に仕事をするようになるかはランダムに決まるとしましょう。このとき、あなたの同僚がウィンドウズのOSを使っている確率は p であり、マッキントッシュのOSを使っている確率は $1-p$ になります。したがって、あなたがウィンドウズのOSを選択するときの期待利得（期待利得といいます）は、表1から、 $1 \times p + 0 \times (1-p) = p$ となります。また、マッキントッシュのOSを選択するときの期待利得は、 $0 \times p + 3 \times (1-p) = 3 - 3p$ となります。それぞれのOSを選択するときの期待利得は、他の人々がどんなOSを使っているかに依存します。

図1は、その関係を示しています。図1から、ウィンドウズのOSを使っている人の比率が $3/4$ 以下のときは、マッキントッシュを選択したときの方がウィンドウズを選択したときより大きいことがわかります。逆に、ウィンドウズのOSを使っている人の比率が $3/4$ 以上のときは、ウィンドウズを選択したときの方がマッキントッシュを選択したときより大きくなります。

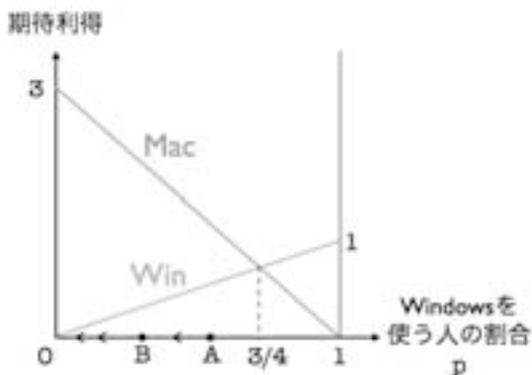


図1 標準OSの進化プロセス

このことをいいかえれば、ウィンドウズのOSを使っている人の割合が $3/4$ 以下の社会では、マッキントッシュを使う人の方がウィンドウズを使う人よりも社会により適応しているということです。進化ゲーム理論では、生物学の進化論の基本的な考え方を取り入れて、より環境に適応するプレイヤーの比率が増加するとします。このことは、社会の全員が一度にOSを変更す

ることはなくても、人々は徐々に身近な人々の様子を観察して適応度の高いOSに変更することを意味しています。私自身も同僚が多く使っているOSのほうが職場では何かと便利なので、OSを変更した経験があります。

このように、もし社会の初期状態が図1のA点であれば、状態はA点からB点に変化します。B点でも、マッキントッシュを使う人の期待利得の方が大きいので、さらに状態は左に移動し、最終的に状態は原点に収束します。これは、表1のナッシュ均衡点のうち、[Mac, Mac]の組み合わせに対応します。すなわち、もし社会の初期状態がA点であるならば、人々の選択のダイナミックな進化のプロセスの結果、ナッシュ均衡点 [Mac, Mac] が実現し、標準OSはマッキントッシュになります。同じ理由から、もし初期状態においてウィンドウズのOSを使っている人の比率が $3/4$ 以上であるならば、ナッシュ均衡点 [Win, Win] が実現し、標準OSはウィンドウズになります。

進化ゲーム理論の分析は、どのOSが標準になるかはOSの技術的な優劣だけでなく、OSが普及する社会プロセスの初期状態、すなわち歴史にも依存することを私たちに教えています。この性質は、進化の歴史依存性と呼ばれています。

4. もっとゲーム理論を使う： ソフトウェア開発のリスクシェアリング

もう一つ、ゲーム理論の分析を紹介しましょう。ソフトウェアをとりまく社会、経済環境には多くの不確実性が存在するため、ソフトウェアの開発や資産評価には通常のモノ以上にリスクが大きな要因となります。そのため、ソフトウェア経済学では、リスクや情報を分析することが必要になり、ゲーム理論はそのための基礎理論を提供します。この節では、ソフトウェア開発のリスクシェアリングの例を用いて、リスクの問題がゲーム理論を用いてどのように分析されるかを説明しましょう。

いま、コンピュータ企業A社があるシステムを官庁に納入する契約を1000万円で請け負ったとしましょう。A社はこのシステムの開発をソフトウェア企業のB社に下請けさせるとします。システムの開発費用は、さまざまな不確定要因

のため、契約時には確定できません。システム開発費用の見積もり評価もソフトウェア経済学の大きな研究課題ですが、ここでは、議論を簡単にするため、業界でスタンダードな見積もり手法が確立していて、発注側のコンピュータ企業A社と受注側のソフトウェア企業のB社とともに、システム開発費用は確率1/2で300万円か、または、確率1/2で500万円になると推定しているとします。

費用の期待値は、 $1/2 \times 300 + 1/2 \times 500 = 400$ 万円ですので、下請け契約として、ソフトウェア企業のB社は期待費用400万円に一定のマージン(例えば、200万円)を加えた600万円でシステム開発を請け負う契約を考えてみましょう。この契約は、請け負い価格は費用に関して一定ですので、固定価格契約です。コンピュータ企業A社の利益は、 $1000 - 600 = 400$ 万円となります。一方、受注側のソフトウェア企業B社の利益は、確率1/2で $600 - 300 = 300$ 万円か、または確率1/2で $600 - 500 = 100$ 万円になります。固定価格契約では、コンピュータ企業A社は確実に400万円の利益が得られるのに対して、ソフトウェア企業B社の利益はリスクを含んだものとなっています。ソフトウェア企業B社が、システム開発のリスクを負担する契約です。

発注側と受注側のどちらがリスクを負担するかは、ソフトウェア開発のようなリスクのある契約では大変に重要な問題であり、価格交渉と同じくリスクの負担をめぐる発注側と受注側の間で利害が対立する可能性があります。しかし、ゲーム理論の考えでは、価格交渉とリスク負担をめぐる交渉には、大きな違いがあります。価格交渉では、値下げによって一方が得をするとき、他方は必ず損をするという関係です(ゲーム理論では、このような状況をゼロサムゲームといいます)。しかし、リスク負担をめぐる交渉では、リスクに対する双方の選好(または態度)の違いをうまく利用することによって、双方が納得する契約を考えることができます(このような状況をノンゼロサムゲームといいます)。以下で、このことを説明しましょう。

リスクに対する態度

ゲーム理論や経済学では、意思決定者のリスクに対する態度を次のようなテストで判定しま

す。いま、次の二つの選択対象のうちどちらを選択するかを意思決定者に尋ねます。

- 選択対象1：「確実に50万円もらえる」
- 選択対象2：「確率1/2で100万円もらえるが、確率1/2で何ももらえない」

選択対象2の金額の期待値は、 $1/2 \times 100 + 1/2 \times 0 = 50$ 万円で、選択対象1と同じであることに注意してください。もし意思決定者が選択対象1を好むとき、意思決定者はリスク回避型といいます。これに対して、選択対象2を好むとき、意思決定者はリスク選好型といいます。また、もし選択対象1と選択対象2を同じ程度に好むとき、リスク中立型といいます。読者の皆さんは、どちらのタイプでしょうか？

このようなリスクに対するタイプの違いは、金額に対する意思決定者のもつ効用関数の形状の違いによって、表現することができます。例えば、リスク回避型の意思決定者は、金額 x 万円に対して、上に凸な効用関数、例えば、 $u(x) = \sqrt{x}$ をもちます。その理由は、図2のグラフをみてください。図2で、選択対象1を選んだときの効用 $u(50) = \sqrt{50}$ はA点で示されます。選択対象1を選んだときの期待効用 $1/2 \times 10 + 1/2 \times 0 = 5$ はB点で示されます。A点の効用値の方がB点の効用値より大きくなっています。すなわち、リスク回避型の意思決定者は選択対象1を選択します。同じように考えれば、リスク選好型の効用関数は、 $u(x) = x^2$ のような下に凸な関数で、リスク中立型の効用関数は、 $u(x) = x$ の線形関数

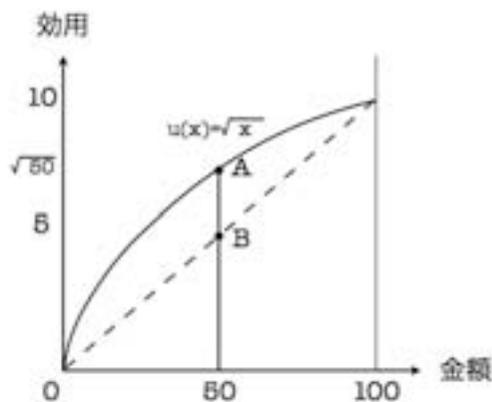


図2 リスク回避型の効用関数

であることがわかりになると思います。詳しくは、ゲーム理論や経済学のテキストを参照してください。

再び、コンピュータ企業A社とソフトウェア企業B社の下請け契約の例を考えましょう。先ほどの固定契約では、システム開発の請負い価格は不確実な開発費用に関して一定で600万円でした。コンピュータ企業A社は、確実に400万円の利益を得ますが、受注側のソフトウェア企業B社の利益は、「確率1/2で300万円か、確率1/2で100万円」というリスクのあるものでした。いま、コンピュータ企業A社の資金は豊富で少しのリスクがあっても経営には問題ないものとしましょう。すなわち、コンピュータ企業A社はリスク中立型とします。一方、ソフトウェア企業B社はベンチャー企業で資金は少なく、リスクがあるより確実に利益を得たいと考えているとします。ソフトウェア企業B社はリスク回避型です。

いま、固定価格契約ではなく、システム開発の請負い価格が不確実な開発費用に関して変動する次のような変動価格契約を考えます。請負い価格は、システムの開発費用が300万円のときは500万円、開発費用が500万円のときは700万円とします。このような変動価格契約の下では、ソフトウェア企業B社の利益は確実に200万円となり、コンピュータ企業A社の利益は、「確率1/2で500万円か、確率1/2で300万円」というリスクのあるものに変化します。固定価格契約でソフトウェア企業B社が負担していたリスクが、変動価格契約では、コンピュータ企業A社が負担することになります。

双方の企業にとって、固定価格契約と変動価格契約のどちらが望ましいでしょうか？どちらの契約でも企業の期待利益は同じであることに注意してください。リスク回避型のソフトウェア企業B社にとっては、固定価格契約の下での「確率1/2で300万円か、確率1/2で100万円」というリスクのある利益より、変動価格契約の下で確実に200万円の利益を得る方が望ましいものです。一方、リスク中立型のコンピュータ企業A社は、固定価格契約でも変動価格契約でも期待利益は400万円と同じですから、どちらも望ましいものです。この例では、コンピュータ企業A社はリスク中立型としましたが、少々のリスク

があっても官庁のシステムを受注したいと考えるリスク選好型であれば、コンピュータ企業A社にとっても変動価格契約の方が望ましくなります。

以上の分析によって、発注側のコンピュータ企業A社も受注側のソフトウェア企業B社も双方が納得して固定価格契約よりも変動価格契約に合意することがわかります。リスクの負担を変更することによってプロジェクトに参加する全員にとって望ましい状態を作ることが、リスクシェアリングの基本的な考えです。リスクシェアリングは、アジャイルプロセスやモジュール化の大きな要素です。

非対称情報ゲーム

この節では、リスクの問題に対するゲーム理論による分析の一端を紹介しました。変動価格契約の例では、システム開発費用が300万円になるか500万円になるかは、事後的には発注側と受注側がともに知ることのできる公開情報であることを暗黙に前提としていました。さらに、もし契約が不履行になった場合は、裁判所などの公的機関に訴えることができるためには、開発費用が第三者に立証可能な情報であることが必要です。

しかし、海外の企業との契約などでは、システム開発費用は受注側だけが知りうる情報（ゲーム理論では、このような情報を私的情報といいます）であったり、立証不可能な情報であることが多いと思います。このような状況を、一般に、非対称情報ゲームといいます。非対称情報ゲームの理論は大変に難解ですが、その一般理論はハーサニ（1994年ノーベル経済学賞受賞）によって確立され、現在、非対称情報の経済学、契約理論、組織とインセンティブの経済学などの分野で多くの研究が行われています。

5. エンジニアマインドとゲームマインド

エンジニアマインドとゲームマインド

本誌の読者には、コンピュータ関係の技術者の方が多くと思います。モノやシステムの設計や生産に携わっているエンジニアの方にとって大切なことは、定められたプロジェクトを遂行するためには、なにが最適であるかを発見しそ

れを実現することだと思います。このような最適性を追求するマインドが、エンジニアマインドです。

ゲーム理論的思考法とは、自分のことだけでなく相手の存在も考えるということです。自分の行動を選択するときには、もし「自分が相手だったらこうするだろう」と相手の行動を予想することが必要です。このように、他のプレイヤーの存在を考えることのできるマインドを、私は、ゲームマインドと呼んでいます。ゲーム的状况では、複数のプレイヤーが最適性を追求します。ゲーム理論は、そのようなプレイヤーが選択する戦略の落ち着く先であるゲームの均衡点を考えます。標準OSの選択ゲームの例で説明しましたように、ソフトウェア経済学では、ビジネス社会一般がそうであるように、エンジニアマインドとゲームマインドをとともにもつことが重要になります。

ゲーム理論の主な他の理論

この論文では、ゲーム理論の基礎的事項として、ナッシュ均衡点（非協力ゲーム理論）、進化ゲーム理論、期待効用理論、リスクシェアリングを説明しました。最後に、ゲーム理論の主な他の理論を簡単に紹介します。

- **ダイナミックゲーム(展開形ゲーム)の理論：**
プレイヤーの意思決定が時間の経過とともに行われるゲームを扱う理論で、ゲームツリーのモデルを用いて分析します。ゼルテン（1994年ノーベル経済学賞受賞）はナッシュ均衡点の理論をダイナミックゲームに拡張し、完全均衡点の理論を確立しました。
- **繰り返しゲームの理論：**
繰り返しゲームは、ダイナミックゲームの特別なもので、同じゲームがプレイヤーによって何度も繰り返されるゲームです。繰り返しゲームの理論の基本定理はフォーク定理と呼ばれ、競争するプレイヤーの間で自発的に協力が成立する可能性が、ナッシュ均衡点や完全均衡点の理論を用いて明らかにされています。繰り返しゲームの理論は、オーマン（2005年ノーベル経済学賞受賞）によって始められました。
- **情報不完備ゲームの理論：**
情報不完備ゲームとは、プレイヤーがそれぞ

れ私的情報をもつゲームです。ハーサニ（1994年ノーベル経済学賞受賞）はナッシュ均衡点の理論を情報不完備ゲームに拡張し、ベイジアン均衡点の理論を確立しました。情報不完備ゲームの理論によって、産業組織論、非対称情報の経済学、契約理論、組織とインセンティブの経済学などの分野が大きく発展しました。

- **交渉理論：**
価格交渉、賃金交渉、費用分担など、社会や経済におけるさまざまな交渉問題を統一的に扱う理論で、ナッシュによって現代の交渉理論が確立しました。ナッシュが提唱したナッシュ交渉解は交渉理論の代表的な解概念です。ナッシュ均衡点とナッシュ交渉解の数学理論を確立したことが、ナッシュのゲーム理論における最大の貢献です。
- **協力ゲームの理論：**
プレイヤーの提携形成と利得分配を分析する理論です。フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンによって始められました。協力ゲームの理論は、市場均衡の理論、多人数交渉問題、グループ形成、費用負担や社会選択理論、投票理論など多くの経済分析に応用されています。ナッシュは、ナッシュ均衡点の理論を用いて、非協力ゲーム理論と協力ゲーム理論を統一するゲームの一般理論を構築することを提唱し、その研究プログラムはナッシュ・プログラムと呼ばれています。
- **行動ゲーム理論（実験ゲーム理論）：**
ゲーム実験の手法を用いて、ゲーム理論の理論予測を実際の人々の行動データによって検証し、その乖離を人間の心理的感情、認知、推論メカニズムに基づいて研究する分野です。過去、20年間に急速に発展した分野で、経済学、ゲーム理論、社会心理学、認知科学、脳科学、情報科学、物理学などの広範囲な学問分野で精力的に研究が進んでいます。

参考文献

- **ゲーム理論とその応用についてわかりやすく書いている書物：**
梶井厚志「戦略的思考の技術—ゲーム理論を実践する」中公新書、2002年。
鈴木光男「新ゲーム理論」勁草書房、1994年。

鈴木光男「ゲーム理論の世界」勁草書房、1999年。

J. マクミラン「経営戦略のゲーム理論—交渉・契約・入札の戦略分析」伊藤秀史、林田修(訳)、有斐閣、1995年。

B・J・ネイルパフ、A・M・ブランデンバーガー「ゲーム理論で勝つ経営—競争と協調のコペティション戦略」嶋津祐一(訳)、日経ビジネス人文庫、2003年。

武藤滋夫「ゲーム理論入門」日経文庫—経済学入門シリーズ、日本経済新聞社、2001年。

渡辺隆裕「図解雑学 ゲーム理論」ナツメ社、2004年。

● **ゲーム理論を本格的に勉強するためのテキスト：**

岡田章「ゲーム理論」有斐閣、1996年。

● **ゲーム理論の最先端の研究を紹介する論文集：**

今井晴雄・岡田章(編)「ゲーム理論の新展開」勁草書房、2002年。

今井晴雄・岡田章(編)「ゲーム理論の応用」勁草書房、2005年。