

# メカニズムデザインの基本的考え方について

## はじめに

本年のノーベル経済学賞はメカニズムデザインの研究によりハーヴィッツ、マスキン、マイヤーソンの3氏が受賞した。メカニズムデザインは、オークション、公共財供給、最適規制、そして契約理論の諸モデル等、多くの応用分析の基礎に位置づけられる、現代経済学における重要な研究分野である。本稿ではメカニズムデザインについて幾つかの基本的考え方を説明する。

## 1. 基本的アイデア

メカニズムデザインは、利己的な経済主体がプレイするゲームを通じて資源配分等に係る望ましい「結果（アウトカム）」を実現するために、適切なゲームのデザインを分析する研究分野である<sup>1</sup>。当初は、計画経済との比較を含む市場メカニズムの評価といった大きな問題意識を背景に、一般均衡理論においては経済主体のインセンティブの概念が欠けていたことを明確に認識した上で、ゲーム理論的な枠組みの中で市場メカニズムによる資源配分の最適性が分析された。この過程で、インセンティブを考慮した上でも、市場メカニズムはむしろ優れた性質を有していることが明らかになった<sup>2</sup>。現在では、比較的少数のメンバー間の適切な資源配分に係る、望ましい性質を持つ均衡を誘導するゲームの設計に関心が移っている。

具体的には、ゲームを設計する principal（文脈によっては social planner）とゲームをプレイする

複数の agent を想定する。principal は、agent が有する私的情報<sup>3</sup> ( $\theta \in \Theta$ ) に依存する、あるアウトカム ( $A$ ) の実現、すなわち、ある関数（社会選択関数と呼ばれる） $F: \theta \rightarrow A$  の値の実現を望む。しかしながら、仮定より  $\theta$  は agent の私的情報であるため、principal は直接的に  $F(\theta)$  を計算し遂行することはできない。従って、principal は間接的に  $F(\theta)$  を遂行するために、次のようなメッセージゲームを設計する。

- principal はメッセージ集合 ( $M$ ) とアウトカム関数 ( $h$ ) を提示する
- agent は与えられたメッセージ集合の中からあるメッセージ ( $m$ ) を申告する
- principal は agent のメッセージに依存して、 $h: m \rightarrow A$  の値を実現する

ある agent は、他の agent の行動を考慮に入れながら、私的情報である  $\theta$  に基づき自分の効用を最大化するような  $m$  を選択するため、メッセージ選択は  $m(\theta)$  という関数になる。よって、principal の問題は、 $h(m(\theta)) = F(\theta)$  を遂行するような、メッセージ集合  $M$  とアウトカム関数  $h$  とを適切に設計することである。なお、両者の組合せ  $\langle M, h \rangle$  をメカニズムと呼ぶ。

## Revelation Principle

ここまでの考察の範囲では、メッセージ集合は何ら限定されていないため非常に膨大なものになり、どのようなメッセージゲームが適切であるかを検討する事は困難である。しかしながら、次の定理が存

<sup>1</sup> これはゲーム理論が、ある所与のゲームについて、結果を分析・予測することとは対照的である。

<sup>2</sup> 具体例としては Schmeidler (1980)。従って、メカニズムについて市場との対比を強調し過ぎるのはややミスリーディングである。

<sup>3</sup> 不完備情報ゲームにおけるタイプと同様である。以下、文脈に応じてタイプと呼ぶ。

在する。

*Revelation Principle* :  $F(\theta)$  はあるメカニズム  $\langle M, h \rangle$  によって遂行可能だとする。そうすれば、 $F(\theta)$  は  $\langle \Theta, F \rangle$  によっても同様に実施可能であり、かつ、均衡においては各 agent は真の  $\theta$  を申告する<sup>4</sup>。

すなわち、社会選択関数  $F$  が間接的にあるメッセージ  $m$  を申告するメカニズムによって遂行可能であれば、必ず、直接的に  $\theta$  を申告するメカニズムによっても遂行可能であり、しかも、均衡においては、各 agent は真のタイプを申告する。この定理は極めて単純であるが、状況を劇的に改善する。一般性を損なわずに、①メッセージ集合を  $\Theta$  に限定し (direct)、②均衡において真のタイプが申告されるような (truthful) ゲームだけを考えることを可能とする。

## Incentive Compatibility

メッセージ集合が  $\Theta$  であるメカニズムにおいて、メッセージゲームの均衡として真の  $\theta$  が申告される場合、 $F$  は incentive compatible とされる。すなわち、ある社会選択関数の遂行に際して適切なインセンティブが備わっているかどうかは、direct なメカニズムにおいて truthful な均衡が存在するかによって判断することが可能である。このことはインセンティブの問題設定を著しく容易化し、応用モデルの定式化は単純に Incentive Compatibility 制約条件を加えることにより可能になった。

## 2. 遂行概念

メッセージゲームでどのような均衡概念を採用するかによってメカニズムの遂行概念も相違する。伝統的には大きく分けて以下の3つの遂行概念が検討されてきた。なお、それぞれの遂行概念において Revelation Principle が成立するため、それぞれの均衡概念において、direct かつ truthful な均衡を考えればよい。

### (1) 支配戦略遂行

支配戦略遂行においては、社会選択関数  $F$  は支配戦略均衡において incentive compatible である。すなわち、ある agent は、他の agent がどのような申告をするかにかかわらず、常に真のタイプを申告することが支配戦略となっている。これは強い条件であり一般的には遂行不可能であるが<sup>5</sup>、agent の効用関数を準線形に制限することによってポジティブな結果が得られている。例えば、公共財供給におけるグローブメカニズムやオークションにおけるセカンドプライスオークション等が具体的な応用としてあげられる<sup>6</sup>。

### (2) ベイズ遂行

agent 間にも情報非対称性が存在し、各 agent がそれぞれ私的情報を有しているとする。このような状況では、メッセージゲームにおける均衡概念としてベイジアンナッシュ均衡を採用することが自然

<sup>4</sup> 直観は以下のとおり。関数  $m(\theta)$  の計算はプログラム化されており、agent はその計算と principal への申告とをある第三者に委任するとする。そうするとメカニズム  $\langle M, h \rangle$  をプレイするにあたり、agent は  $\theta$  の値を第三者に伝えるだけでよい。しかし、もしこの  $\langle M, h \rangle$  が  $F$  を遂行可能であれば、第三者への委託部分を取込んだ直接メカニズムを考え、agent は以前と同様に  $\theta$  だけを申告することによって  $F$  を遂行可能な筈である。

<sup>5</sup> 唯一遂行可能なのは  $F$  が常に特定の agent にとって望ましいアウトカムを遂行するような特殊な場合である。

<sup>6</sup> これらのメカニズムが機能する直観的理由は、それぞれの agent にとって、申告するタイプは財の allocation (公共財供給や財の移転) だけに影響し、金銭的な transfer に対しては中立的なため、虚偽の申告を行う誘引が存在しないことである。

である。バイズ遂行においては、社会選択関数  $F$  はベイジアンナッシュ均衡において incentive compatible である。すなわち、メッセージゲームにおいて、ある agent は、(1)他の agent のタイプを期待値として推測し、(2)他の agent が均衡値である真のタイプを申告すると仮定した場合、自分も均衡値である真のタイプを申告することにより効用を最大化している。このような均衡は存在する。また、効用関数に多少の制約を加えること等により<sup>7</sup>、均衡解を特徴付けることが可能となる。

#### ・情報非対称性モデルの基礎

バイズ遂行は、均衡解の特徴付けを通じて、情報非対称性に係る多くの応用モデルの基礎となっており、この意味ではメカニズムデザインの中で最も重要なモデルである。実際、逆選択、オークション、最適規制等の諸モデルはいずれもバイズ遂行の直截的な応用であり<sup>8</sup>、1章で論じた Incentive Compatibility 制約条件下における principal の最大化問題として定式化されている。

### (3) ナッシュ遂行

principal と agent 間には情報非対称性は存在するものの、agent 間の情報は対称的で、各 agent は他の agent のタイプを知っているとす。このような状況では、メッセージゲームにおける均衡概念としてナッシュ均衡を採用することが自然である。ナッシュ遂行においては、社会選択関数  $F$  はナッシュ均衡において incentive compatible である。すなわち、メッセージゲームにおいて、ある agent は、他の agent が均衡値を申告すると仮定した場

合、自分も均衡値を申告することにより効用を最大化している。

#### ・複数均衡性

均衡は多数存在する。従って、問題は均衡の有無ではなく、複数均衡の中から望ましい均衡が実現するかどうかである。このため、望ましくない均衡を排除するためのリファインメントの研究がナッシュ遂行の課題の一つとなっている<sup>9</sup>。

#### ・不完備契約モデルの基礎

不完備契約モデルの理論的基礎はナッシュ遂行に求められる<sup>10</sup>。しかし、逆選択モデルがバイズ遂行の直截的応用であるのと異なり、ナッシュ遂行と種々の応用としての不完備契約モデルとの関連付けは明確ではない。なお、不完備契約モデルの多くは次章の再交渉とも深く関連している。

## 3. 最近の研究の展開

前章までの諸理論の発展として、再交渉、結託、agent 間のタイプ相関性等の研究が行われている。特に、再交渉は不完備契約モデルの発展に依然として重要であると考えられている。結託は現実的問題としての要請があるに加え、“side-contract”を明示的に導入したモデルの研究が進展している<sup>11</sup>。

また、従来のモデルとは異なる方向への展開も見られる。例えば、従来、agent のタイプは外生的に与えられたものとして仮定されていた。しかし、現実には、例えばオークションで入札前にリサーチが行われるように、agent のタイプは必ずしも外生的ではない。従って、最近では、事前の段階における各 agent による観察不可能な投資を導入すること

<sup>7</sup> agent の効用関数においてタイプについて線形とする。また各 agent のタイプは無相関とする。

<sup>8</sup> 逆選択モデル、最適規制等は、agent が一人だけの場合に相当する。

<sup>9</sup> 代表例は、展開形のゲームに拡張しサブゲームパーフェクト均衡を考えることである (Moore and Repullo (1988))。

<sup>10</sup> “observable but unverifiable” という不完備契約の枠組みは、agent 間では情報対称であるが agent-principal 間では情報非対称であることと同義であると解釈できる。

<sup>11</sup> Laffont and Martimort (1997) が最初にモデル化した。

により、タイプを内生化する試みもなされている<sup>12</sup>。

#### 4. 結論

- メカニズムデザインは、情報非対称性が存在する状況において、適切にゲームをデザインすることによって、経済主体がゲームをプレイすることを通じて、望ましいアウトカムを実現しようとする。
- Revelation Principle を通じて経済主体のインセンティブを制約条件として明示化するとともに、ゲームの均衡解に対応した種々の遂行概念が分析されている。
- 理論的結果は逆選択モデル等の多くの応用モデルに適用されており、情報非対称性モデルの基礎として位置づけられる。
- 現実的観点からも有意義なモデルの精緻化が続けられており、今後も応用への進展が期待される。

#### 参考文献：

- Bergmann, D. and J. Valimaki (2002): "Information Acquisition and Efficient Mechanism Design," *Economcetrica*, 70, 1007-1034.
- Laffont, J.J. and D. Martimort (1997): "Collusion under Asymmetric Information," *Economcetrica*, 65, 875-911.
- Moore, J. and R. Repullo (1988): "Subgame Perfect Implementation," *Economcetrica*, 56, 1191-1220.
- Schmeidler, D. (1980): "Walrasian Analysis via Strategic Outcome Functions," *Econometrica*, 48, 1585-1594.

(日本経済研究所 経済調査部長 小田圭一郎)

<sup>12</sup> 例えば Bergmann and Valimaki (2002)。