

インスティテューショナル・デザイン

郡山 幸雄

集団的意思決定機関を対象にした制度設計をインスティテューショナル・デザインと呼ぶ。本稿では、複数の集団によって構成される社会における議席割当の問題を紹介する。公共性が高い意思決定機関に特有の性質は何か、制度設計の際の原則とは何か、データを適切に使用するために注意すべき点は何か、という問題について具体例を通して考えることを目的とする。

キーワード：集団的意思決定、制度設計、割当 (apportionment) 問題、無知のヴェール

1. インスティテューショナル・デザインとは

私的情報をもつ複数の個人に対して定義された社会選択関数 (social choice function) を遂行 (implement) するためにメッセージ空間とそこから社会選択への関数を用意するという分析手法を提示することで、メカニズム・デザインは大きな成功を収めてきた [1, 2]。その成功要因の一つは、応用範囲の広さだろう。

社会としてめざす目標が明確に定義されている場合であったとしても、私的情報を外部から直接観察できないために社会選択のルールを設定することが難しくなる場面は多い。このとき、社会選択関数という名前がついてはいるものの、目標が文学的な意味で「社会的」である必要はない。たとえばそれが効率性の向上に公平性や平等性を加味した共同体の目標に限らず、私的企業がめざす利益の最大化であったとしても、同じ枠組みを用いて分析することで遂行に共通する性質を理解することができる。中でも、オークションやマッチングを用いたマーケット・デザインが理論的にも実践的にも多岐にわたる場面で重要な成功を収めているのは、メカニズム・デザインという枠組みの汎用性の証左ともいえる [3-6]。

ここでは、公共性のある決定機関に特有の制度設計分析、インスティテューショナル・デザインに注目する。メカニズム・デザインの枠組みで考えると、公共性の高い社会決定におけるさまざまな機関 (institution) や、そこにおける集団的意思決定のルールは、まさしくメカニズムの一例とみなすことができる。各市民の心の中を覗いて本当の選好を外部から観察することが

できなくても、投票や意見 (= メッセージ) の集約を通して集団的決定をするという構造が、メカニズム・デザインの枠組みそのものにぴったりあてはまる。

本稿では、公共性が高い意思決定機関に特有の性質は何か、制度設計の際の原則とは何か、データを適切に使用するために注意すべき点は何か、これらの問題について具体例を通して考えていきたいと思う。

2. 具体例

集団的意思決定機関を対象にした制度設計をインスティテューショナル・デザイン (institutional design) と呼ぶ。政治的意思決定には国、地方、市町村などの規模の違いがあるが、それぞれの規模において、代表者を選ぶ際に望まれる性質が同一とは限らない。さらに国際機関、連邦制度、国際条約など大きな組織を対象した場合、強制執行力の違いなどから適切なメカニズムの性質も異なるだろう。このため、条約、法律、憲法に何を明記するか、どのようなルールを定めるかがインスティテューショナル・デザインの分析対象となる。特に憲法に何を書くか、国にどのような制限を課すべきかというのは共同体と個人の関係の根幹をなす問題であり、インスティテューショナル・デザインが重要な貢献を果たしうる分野である。

より具体的には、どのような投票制度を用いるのか、誰が投票権をもつのか、直接投票か間接投票か、間接の場合は一院制か二院制か、議席数はどう配分するか、選挙区の大きさは、比例代表の割合はどう定めるか、といった問題を扱うことができる。さらに議会においては、各議員がどのような市民の意見を代表するかという問題に加えて、政党による制限が問題となることもある。たとえば党議拘束は多くの国の多くの政党において実際に用いられている制度だが、なぜ党派はそのような誘因をもつのか、またその誘因によって社会決定がどのような性質をもつのか。一方、大学など教

こおりやま ゆきお

CREST, École Polytechnique, IP Paris
5 Avenue Henry Le Chatelier, 91120 Palaiseau Cedex,
France
yukio.koriyama@polytechnique.edu

育機関における部門間の決定、あるいは民間企業における部門内外の決定も、機関 (institution) のデザインと見ることができる。どのような決定権を組織のどの部分に集中させるか、あるいは分散させるか。それぞれの例で、起こりうる問題点、望ましいとすべき性質 (たとえば効率性、公平性)、設計の障害となりうる要因、歴史的背景、人々のバイアス、納得感、など多くの要素が異なる。したがって、以上のような問題を考える際に、共通の分析ツールを用いて多くの問題に共通する性質を理解し、そのうえで各問題へ個別の適用を調整することが必要になる。

では、どのような理論が使えるだろうか。メカニズム・デザインではメッセージ空間と決定関数を定めることによってベイジアン・ゲームが設定されるので、当然ながら非協力ゲーム理論が役立つ場面が多い。中でもインスティテューショナル・デザインでは、投票理論の知見がよく用いられる。ある特定の意思決定の性質ではなく、そのルールの下で行われる多くの決定の性質を調べたいとき、投票ルール設計は機関そのものの設計とみなすことができるからだ。また、各集団や個人の意見を反映させるために複数の意思決定者が集まって提携する場面も自然に考えられるので、協力ゲームの理論が役立つ分野でもある。とくに提携形成や、単純ゲーム、Shapley 値などの概念が有用である。OR の手法が活躍する分野である。

これらの有用性が見えやすい例として、複数の集団によって構成される社会における集団的意思決定を以下で詳しく見てみよう。

3. 議席数割当 (apportionment) の問題

社会が複数の小集団によって構成される場合を考える。各個人は社会の一員であると同時に集団の一員でもあるので、社会決定をする場合には社会全体の構成員としての意見集約と、集団の構成員としての意見集約の間に対立構造が生じる場合がある。とくに異なる集団間で人数などの異質性が高いときには、集団間の公平性や決定の効率性をいかに担保するかという問題が生じる。そのような場合、各集団に異なるウェイトを割り当て、ウェイト付けをした票数集約によって公平性と効率性の釣合を目指すことが多い。では、具体的にどのようなウェイトを割り当てるべきか。それを割当 (apportionment) 問題という。

たとえば、欧州議会で 705 の議席数を 27 の加盟国に割り当てる問題を考えよう。人口最多のドイツと最少のマルタではおよそ 160 倍もの差があるので、単純

に同じ議席数を割り当てる平等主義的 (egalitarian) 割当は公平性に欠けると考えられる。

歴史的に、議席数の割当は加盟国の間で締結される条約によって定められてきた。加盟国が増えるたびに議席数は増やされ、2001 年のニース条約、2007 年のリスボン条約などによって改正された。条約の起草段階においては、政治的な配慮や歴史的な要素を加味するため、各国から集まった担当者間で昼夜を徹して喧々諤々の議論が行われた [7]。

この問題に学知はどのような知見を提供してきたか。ここでは議会における議席数の割当を論じているので、賛成または反対の二択投票を考えよう。

まず、社会にとって「望ましい」割当とは何かを定義しなければならない。最初の例として、各加盟国における個人の投票が最終決定を左右する確率を用いるとする。これを専門用語で pivotal な確率という。pivot とは、蝶番の軸のように物事を中心にあって結果 (ドアの開閉) を左右するような存在を指す。ここではその人の投票によって最終的な集計結果が左右される状況に相当する。大人数の投票の場合この確率はとても小さいが、正の値をとる。この値を、大国あるいは小国にかかわらずすべての個人間で平等にすることで公平性を担保する場合を考えよう。

3.1 Penrose の平方根割当

2004 年、ポーランドのヤギェロン (Jagiellonian) 大学の研究者たちによって「ヤギェロンの妥協」と呼ばれる方法が提案された [8]。ここでは議席を各集団の人口の平方根に比例して割り当てる (整数問題はいったん横に置いて、小数も許すとしよう)。

平方根を使う理由は至って単純だ。手始めに、各加盟国内での個人の pivot 確率を測るために以下の二つの仮定をおく。(i) 個人は賛成と反対に等確率で投票する、(ii) 異なる個人の投票は独立な事象である。このような特殊な確率分布は、事前的な情報をあえて完全に排除したもので特に分析の対象に値するので、公平な文化 (IC=impartial culture) という特別な名前が与えられている。

ICのもとでは、各個人が加盟国内で pivotal になる確率は漸的に人口の平方根に反比例することを簡単に示すことができる。人口 (単純のため奇数とする) が $n = 2m + 1$ 人のとき、賛成と反対がちょうど m 人ずつになる確率は、Wallis 積を用いて漸的に

$$\Pr[\text{tie}_n] = \left(\frac{1}{2}\right)^{2m} \frac{(2m)!}{(m!)^2} \simeq \frac{1}{\sqrt{\pi m}} \simeq \frac{\sqrt{2/\pi}}{\sqrt{n}}$$

と書ける。したがって、異なる加盟国内の任意の二個人をとってきたとき、公平性の基準として彼らの投票が pivotal になる確率を漸近的に等しくするためには議席数を平方根に比例させればよいことになる。これは純粋に統計的な性質に基づく事実で、歴史は古く Penrose によって 1946 年に提唱された [9]。

一方、「望ましい」割当の基準として各個人の意見が最終決定に反映される頻度を数えることもできる。与えられた議席割当のもとで複数の議題が扱われることを表すために、各個人の賛成あるいは反対意見は各議題ごとにある同時確率分布に従うとしよう。上記の IC 分布はその特殊例だ。実現された意見に基づいて最終決定がされたとき、それがその個人の意見と一致すれば（賛成と可決、反対と否決）その投票者にとっての成功と呼ぶことにする。逆に一致しない場合（賛成と否決、反対と可決）を失敗と呼ぶ。成功の場合は個人の意見がきちんと集団的決定に反映されたとみなせるので、成功の数をできるだけ多くするような議席割当を「望ましい」と定義することができる。成功頻度の分布を考え、特に社会全体における成功回数の総和の期待値を最大化するような目標を、**功利主義的 (utilitarian) 規準**と呼ぶ。

IC のもとでは、平方根割当が功利主義的にも最適だと示すことができる [10]。IC のような高度に対称性を満たすような分布のもとでは、成功頻度に基づいた功利主義的最大化問題と pivot 確率に基づいた平等主義的問題はコインの表裏のような関係になっているのだ。功利主義と平等主義という対立するように見える概念が同じ最適解を導くのは、一見不思議に思われるかもしれない。

この一致が偶然でないことは OR の研究成果を用いて理解することができる。各国間の投票力を比較する指標としては、pivot 確率をもとにした Banzhaf-Penrose 指標に加えて、成功頻度を用いた Rae 指標、提携形成の順序を考慮にいった Shapley-Shubik 指標などが提示されている。漸近的な場合に限らず、各国の投票力の指標に関する研究は十分に確立された研究分野になっていて、OR および協力ゲーム理論の手法が頻繁に用いられている [10–12]。そのうち古典的結果の一つとして、Rae 指標と Banzhaf-Penrose 指標がアファイン変換の関係にあることを用いれば、上で示した二通りの平方根割当の最適性が IC のもとでは同じ原理に基づくという解釈を与えることができる。

3.2 IC の特殊性

では、これで問題は解決だろうか。話はそこまで単

純ではない。

IC は非常に特殊な例だ。大国と小国の意見集約を比較する場合、それぞれの集約の特性を記述する要素として賛成意見総数の分布を考えることができる。IC では個人の意見の分布が対称かつ独立なので、総数の分散は個人の意見の分散の総和になる。そのため分散は人口に比例し、標準偏差は人口の平方根に比例する。一方、IC からほんの少しでも外れて、わずかに非 0 の共分散があったとしよう。このとき、漸近的には総数の標準偏差は平方根ではなく、人口そのものに比例する。これを見るために、個人の意見 x_i が 1（賛成）または 0（反対）の値を等確率にとる確率分布に従うとしよう。賛成意見の総数を $X = \sum_{i=1}^n x_i$ とする。簡単のために共分散 $\text{cov}(x_i, x_j) = \varepsilon$ は一定としよう。確率変数 X の分散は

$$\begin{aligned} \text{var}(X) &= \sum_{i=1}^n \text{var}(x_i) + 2 \sum_{i < j} \text{cov}(x_i, x_j) \\ &= \frac{n}{4} + n(n-1)\varepsilon \end{aligned}$$

となる。漸近的に X の標準偏差が \sqrt{n} に比例するのは $\varepsilon = 0$ に限る。したがって、平方根割当は IC という特殊な仮定に依拠するナイフエッジな例だといえる。

一般に IC を満たさない同時分布に対してどのような議席割当が望ましいかを考えるためには、IC の仮定に依存しないモデルを用いる必要がある。

3.3 逆進的割当の原則

経済学が分析対象とする多くの分野において、限界効用逓減の法則が成り立つことが知られている。1 個目のりんごに比べて、100 個食べたあとの 101 個目のりんごはそこまで美味しくないと、という性質を表すときに使われる概念だ。

この概念を割当問題に適用してみるとどうなるだろうか。

まず人口に比例して議席数を割り当てたとする。人口が多い国と少ない国を比べると、前者の市民の意見が最終決定に反映される可能性は高い。複数の議決が行われる場合、平均的には市民の意見が反映される頻度も、前者の方が高い。投票結果に関する市民の選好が限界効用の逓減を示すのであれば、大国の市民（すでに多くのりんごを食べている）よりも小国の市民の意見をより反映させるほうが、社会厚生は増加する。したがって、人口比例と比べて小国により多くの議席を割り当てることで社会厚生を大きくできる。

このような直感を定式化してみよう [13]。S 個の国から成る社会を考える（EU の議席割当であれば $S = 27$ 、

米国の選挙人団であれば $S = 51$). 各 $s = 1, \dots, S$ に対して人口を n_s , 割り当てられた議席数を w_s とする. このとき最適な議席割当 $w = (w_s)_{s=1}^S$ を求める問題は, 何らかの形で w に依存する社会厚生 $U(w)$ に意味のある定義を与えることができれば, 人口配分 $n = (n_s)_{s=1}^S$ が与えられたもとで $U(w)$ を最大化する w を求める問題と書ける. 特に w_s/n_s が定数のとき, w を比例割当と呼ぶ. また以下が成り立つとき逆進的割当と呼ぶ:

$$n_s < n_{s'} \Rightarrow w_s \leq w_{s'} \quad \text{かつ} \quad \frac{w_s}{n_s} > \frac{w_{s'}}{n_{s'}}.$$

人口が大きくなると議席数は増えるが, 一人あたりの議席数は減るという原則を示す.

社会厚生 $U(w)$ にはいくつかの定義がありえるが, ここでは業界スタンダードの確率的モデルを用いよう. 議席割当 w のもとで複数の議題 $t = 1, \dots, T$ が扱われるとする. 各議題 t において, 個人 i の選好 $X_i^t \in \{0, 1\}$ は確率変数とする. 国 s 内の投票 (X_i^t) $_{i=1}^{n_s}$ の実現値に応じて, w_s 人のそれぞれの議員が賛成 (1) または反対 (0) に投票するとする. このとき, 勝者総取りの方法 (欧州評議会あるいは米国選挙人団方式) と, 国内の投票結果に比例して配分する方法 (欧州議会方式) の二通りを考えることができる. いずれの場合もすべての国の賛成票を集計して, 特定の閾値を超えたときに可決 ($d^t = 1$) とする.

ここで注意したいのは, 国 s 内のすべての投票 (X_i^t) $_{i=1}^{n_s}$ の確率分布に IC を要求しないことだ. 何らかの議題 t が与えられたとき, 各国の有権者は利害関係や価値観を共有することが十分ありえるので, (X_i^t) $_{i=1}^{n_s}$ の同時分布は異なる個人 i, j の間で正の相関関係をもっているとしても不思議ではない. むしろ, 逆に完全に独立な選好をもっている例はかなり特殊といえる. ただし, 異なる個人 i, j 間の不平等な扱いを避けるために, 分布は同国内の個人で対称で相関の程度も対称と仮定する.

このとき, 各国 s に属する個人の成功頻度 p_s は, 議席割当の関数として $p_s(w) = \Pr[X_i^t = d^t(w)]$ と書ける. 個人の効用を, T 個の議題のうち成功の回数 k の非減少関数として $u(k)$ で表す. 限界効用の逓減は u の差分が非増加であると表せる. すると, 個人の期待効用は

$$\mathbb{E}(u) = \sum_{k=0}^T \binom{T}{k} p_s^k (1-p_s)^{T-k} u(k)$$

となる. これを成功頻度 p_s の関数と見て $\psi(p_s)$ と書くと, $\psi' > 0, \psi'' < 0$ を満たす. 最終的に, 社会厚生

$U(w) = \sum_s n_s \psi(p_s(w))$ を最大化する w を探す.

以下の定理が成り立つ [13].

定理 1. $p^* = (p_1^*, \dots, p_S^*)$ を最適割当における成功頻度とする. 最適割当における議席数は $w_s^* = n_s \psi'(p_s^*)$ を満たす.

定理の証明には, 単純ゲームを拡張して引き分けの際に確率的に勝者を決めるゲームを考え, その空間での最適解が常に議席割当を用いたルールで書ける (これは自明ではない) ことを用いる. 解は一意とは限らないが, すべての解において定理の等式が成り立つ. 定理より, 最適解において w_s^*/n_s は ψ' に等しく, 後者は減少関数なので以下の系が得られる (人口の多い国にはより大きい w_s が割り当てられるので, p_s が非減少となることに注意).

系 1. 最適解は逆進的割当になる.

逆進的割当の原則はどこから来るのか. この定理が明らかにするのは, それが ψ の凹性によることだ. 明らかにそれは u の凹性に由来する. すなわち, 限界効用の逓減が逆進的割当に rationale (理論的根拠) を与えることを定理は示す.

この結果は, 少数派意見尊重の原則と合うものだ. 小国や地方に住む市民の意見は最終決定に反映される確率が低い. したがって, 大国や都市部の市民と比べて「成功」というりんごをそこまでたくさん食べていない. そのため, 社会全体の効用を最大化するためには, 比例よりも多めに小国に議席を割り当てることが望ましいといえる.

3.4 ケンブリッジの妥協

議席割当の問題に関しては, とくに欧州では少数意見が尊重される逆進的割当が使われている場面が多い. 上述のとおり, EU において人口の最大比はドイツとマルタの間の約 160 倍だ. 欧州議会においてブレグジット以降の最新の数字では, ドイツには 96 議席, マルタには 6 議席が割り当てられている. 議席数の比は 16 倍なので, 一市民あたりの議席数では約 10 倍もの格差がある計算になる. また連邦国家であるドイツの上院では各州に 3 から 6 の表決権が与えられるが, 人口の最大比は約 26 倍なので, 一市民あたりの票数には約 13 倍もの格差があることになる. かなりの逆進性といえる.

それでも, この格差を問題視して「一票の格差」を

なくすべきだと考える人は少ない。その理由を歴史的背景に探ることができる。欧州では二度の大戦を通して、小国が大国に蹂躪される機会が多かった。戦後の欧州を再建するにあたり、欧州連合をはじめ国家や州間の共同体運営を成功させる鍵は、いかに大国（や州）に力を与えずにないかにあるということ、欧州市民は苦い経験を通して文字どおり身にしみて理解しているように見える。

少数派尊重の議論には、真新しさはない。むしろ、最適配分において効率性と平等性のバランスをどう取るかという問題は経済学の最も古典的な問題の一つである。ミルやロールズをもち出すまでもなく、功利主義的な目標と平等主義的な目標の間でいかに妥協点を見いだすかという構造は典型的なもので、制度設計においても例外ではない。

ただ難しいのは、いくら少数派を尊重するための機関を設計しようと考えても、文学的表現だけを用いては具体的な議論を進めるのが困難な場合があることだ。感情的な意見やイデオロギーに支配された不毛な議論から、建設的な結果は生まれにくい。

そこで、数学的な事実に基づいた議論を行うことが有用になる。限界効用逓減の法則から逆進的割当を導くことの一番の意義は、議席割当問題に原則的な指針を与えたことといえそうだ。

欧州議会については、2011年にケンブリッジ大学に欧州各国から数学者、政治経済学者らが集まりケンブリッジの妥協と呼ばれる提案を行った[14]。その肝となるのは、定数プラス人口比例という割当だ。後に設けられた上限に関するルールも含めると、この提案は x 軸に人口、 y 軸に議席数という座標を用いて、最初に正の y 切片、そこから正の傾きをもつ線分、最後に水平な直線という三つの区分から成るグラフとして表せる。このグラフ上の点を右に動くと原点からの傾きは単調減少になるので、この割当は明らかに逆進性を満たす。

この提案が妥協と呼ばれる意味を考えると面白い。最初の y 切片は、正の定数を各国に割り当てたものとみなすことができる。その後は上限に達するまで議席を人口に比例して割り当てる。前者が各国間の平等性、後者が各市民間の平等性に相当すると解釈できる。この提案は両者のバランスを組み合わせた妥協案というわけだ¹。

この提案は欧州議会憲法委員会のレポートにまとめられ[15]、それまで条約の締結ごとに昼夜を徹して担

当事務官の間で行われていたアドホックな交渉に指針を示すものとして使われることとなった。ブレグジットの際には、この原則に基づき一部で逆進性を満たしていなかった割当が改善されるのに役立った[16]。

4. おわりに

本稿では、複数の集団によって構成される社会における割当問題を紹介することを通して、インスティテューショナル・デザインの一例を見た。社会選択関数によって表現された共同体の目標を達成するために、メッセージ空間とそこからの関数を上手に設計するというメカニズム・デザインの構造が、集団的意思決定のために望ましい性質をもった機関(institution)の特徴を理解するという目的にぴったりあてはまる様子が伝われば幸いである。

最後に、公共性の高い機関設計の問題を扱う際の独特の注意点について述べておきたい。マッチングとオークションに代表されるマーケット・デザインの成功の裏には、データに基づき高度に精密な設計を行うことで、問題を工学的にとらえて解決策を導出するという手法が大いに役立っている。高度に数学的な手法を用いることで、設計の細部にいたるまで微調整(ファイン・チューン)することが可能になる。さらに大量のデータを用いた分析手法が発達するにつれて、機械学習や深層学習を用いた方法でデータを基にした制度設計がすすめば、選挙や議会などの面倒な制度に頼らずとも「最適な」決定をしてくれる機関の構築が可能だと期待がもてるかもしれない。

ただ、公共性の高い制度設計においては、データに頼りすぎることは危険だと私は考える。たとえばBarberà and Jackson[17]は上で紹介した割当問題に先駆的な結果を導いた名論文だが、その中心となる定理は、割り当てるウェイトは選好の絶対値の強さに比例すべきと主張する。本稿と同様に選好は確率変数で表され、その分布は共通知識と仮定される。平たく言うと、社会決定によってより深刻な影響を受けそうな集団の意見を尊重すべき、というメッセージだ。共通知識と仮定されている分布が正しいものであれば、問題はない。

しかし、選好は外部から観察できない。この観察不可能性は構造的な問題をはらんでいて、多数の市民がもつ複雑な選好に関する不確定性を分布まで含めて「正しく」予測するのは非常に難しいと考えられる。大量のデータを用いることで正確な分布に近い情報が得られるという期待はあまりに楽観的なように思える。

仮に、上記文献[17]の結果に基づき大量のデータを

¹ ただし両方の平等性目標を組み合わせることによって、どちらも達成できていないことには注意する必要がある。

活用して議決権を割り当てるアルゴリズムがあったとしよう。ある集団がより多い議決権を得るためには、選好の絶対値が本当に大きくなってよい。大きいとアルゴリズムに信じさせることができれば十分だ。現状で世界にあふれるデータの偏向度合いと人工知能のレベルを考えると、したたかな戦略をもつ集団に欺かれることがないと誰もが信頼できるアルゴリズムを得るためには、まだまだ超えなければならぬ壁がいくつもあるように思える。

この構造的な問題に対し、ロールズの無知のヴェールが役立つと私は考える。確率分布の微細な知識に依存して制度をファイン・チューンするのではなく、そのような知識に依存しない部分にこそ、より本質的な構造が隠れている。そう考えると、公共性が高い社会決定にまつわる機関を設計する場合、あえて細部は無視するべきである。人の選好に関する細かな知識やデータをいったん忘れて、無知のヴェールの裏から見ることによって「のみ」明らかにできる原則があるのではないかと考えている。

選挙や議会を通して、てんやわんやの議論をして社会決定をしていくのには時間がかかるし、面倒くさい。データ分析に丸投げすることでバラ色の未来が待っているかもしれないが、これまで集団的意思決定はパレート改善の達成を阻害するさまざまな要因を目撃してきた。議論を通してゆっくり決定していくという面倒な過程を経ることでしか守れない価値があるのではないか。

ちなみに、この原稿執筆中にストックホルムにおいて「ゲーム理論の100年」と題するノーベル・シンポジウムが開催された。これは1921年12月にフランス科学アカデミーで発表されたBorelの論文[18]の100周年を記念したものだ。そこで数学、経済学、コンピュータ・サイエンス、政治学、生物学、歴史など九つのセッションにおいてゲーム理論のこれまでの100年を振り返り今後の展望が議論された。そのうちの一つは「経済学とインスティテューショナル・デザイン」と題されたものだった。インスティテューショナル・デザインが100年のゲーム理論の歴史の中で重要な役割を占めてきただけでなく、これからも重要な分野であり続けることは論を俟たないといえるだろう。

謝辞 この研究はANR-11-IDEX-0003 / Labex Ecodeck/ANR-11-LABX-0047の助成を部分的に受けて行われました。

参考文献

- [1] L. Hurwicz and S. Reiter, *Designing Economic Mechanisms*, Cambridge University Press, 2006.
- [2] Royal Swedish Academy of Sciences, Scientific background on Mechanism Design Theory, <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/advanced-economic-sciences2007.pdf> (2022年1月5日閲覧)
- [3] Royal Swedish Academy of Sciences, Scientific background on Stable Allocations and the Practice of Market Design, <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/advanced-economicsciences2012.pdf> (2022年1月5日閲覧)
- [4] A. E. Roth, *Who Gets What—and Why: The New Economics of Matchmaking and Market Design*, Houghton Mifflin Harcourt, 2015. (櫻井祐子訳, 『マッチメイキングとマーケットデザインの経済学』, 日本経済新聞出版, 2018.)
- [5] 川越敏司, 『基礎から学ぶマーケット・デザイン』, 有斐閣, 2021.
- [6] 坂井豊貴, 『マーケットデザイン—最先端の実用的な経済学—』, 筑摩書房, 2013.
- [7] K. Zyczkowski and M. A. Cichocki, *Institutional Design and Voting Power in the European Union*, Taylor & Francis, 2016.
- [8] K. Zyczkowski and W. Slomczynski, “Voting in the European Union: The square root system of Penrose and a critical point,” *arXiv*, arXiv:cond-mat/0405396, 2014.
- [9] L. S. Penrose, “The elementary statistics of majority voting,” *Journal of the Royal Statistical Society*, **109**, pp. 53–57, 1946.
- [10] A. Laruelle and F. Valenciano, *Voting and Collective Decision-Making*, Cambridge University Press, 2008.
- [11] D. S. Felsenthal and M. Machover, *The Measurement of Voting Power: Theory and Practice, Problems and Paradoxes*, Edward Elgar, 1998.
- [12] T. Matsui and Y. Matsui, “A survey of algorithms for calculating power indices of weighted majority games,” *Journal of Operations Research Society of Japan*, **43**, pp. 71–86, 2000.
- [13] Y. Koriyama, J.-F. Laslier, A. Macé and R. Treibich, “Optimal apportionment,” *Journal of Political Economy*, **121**, pp. 584–608, 2013.
- [14] G. R. Grimmett, “European apportionment via the Cambridge Compromise,” *Mathematical Social Sciences*, **63**, pp. 68–73, 2012.
- [15] G. R. Grimmett, The allocation between the EU Member States of the seats in the European Parliament, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2011/432760/IPOL-AFCO_NT\(2011\)432760_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2011/432760/IPOL-AFCO_NT(2011)432760_EN.pdf) (2022年1月5日閲覧)
- [16] L. F. M. Besselink, K. Swider and B. Michel, The impact of the UK’s withdrawal on the institutional set-up and political dynamics within the EU, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/621914/IPOL_STU\(2019\)621914_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/621914/IPOL_STU(2019)621914_EN.pdf) (2022年1月5日閲覧)
- [17] S. Barberà and M. O. Jackson “On the weights of nations: Assigning voting weights in a heterogeneous union,” *Journal of Political Economy*, **114**, pp. 317–339, 2006.
- [18] E. Borel, “La théorie du jeu et les équations intégrales à noyau symétrique,” *Académie des Sciences*, 1921.