

意思決定主体および実現可能な状態の増減に関する パレート効率性の保存についての数理的分析

Mathematical analysis on preservation of Pareto efficiency with respect to
increase/decrease in decision makers and feasible states

猪原健弘*¹

Takehiro INOHARA

*¹ 東京工業大学 Tokyo Institute of Technology

要旨 本発表では「社会的に望ましい状態」を表現するために社会科学分野で広く用いられているパレート効率性の概念を取り上げ、意思決定主体および実現可能な社会の状態の増減に関する社会の状態のパレート効率性の保存についての数理的な知見を与える。4種類のパレート効率性の概念の数理的な表現を確認した上で、パレート効率性の保存の成立についての命題、あるいは、保存の不成立についての例を与える。特に、意思決定主体の増加に関するパレート効率性の保存についての命題により、社会の一部である意思決定主体の部分集団にとっての「社会的に望ましい状態」が、社会全体にとっての「社会的に望ましい状態」でもあることが示唆される。

キーワード: パレート効率性、意思決定主体の増減、実現可能な社会の状態の増減、社会的に望ましい状態

Abstract In this presentation, dealing with the concept of Pareto efficiency, which is widely used in the research fields in social sciences in order to express socially desirable states, we see some mathematical findings on preservation of Pareto efficiency of a state with respect to increase/decrease in decision makers and feasible social states. Mathematical expressions of four types of Pareto efficiency are examined, and proofs of some propositions on preservation of Pareto efficiency and examples on non-preservation of Pareto efficiency are provided. In particular, we have an insight, from a proposition on non-preservation of Pareto efficiency with respect to increase in decision makers, that a socially desirable state for a subgroup of decision makers in a society is also a socially desirable state for the whole society.

Keywords: Pareto efficiency; Increase/decrease in decision makers; Increase/decrease in feasible social states; Socially desirable states

1 はじめに

本発表では、意思決定主体および実現可能な社会の状態（以下、社会の状態）の増減に関して、4種類のパレート効率性が保存するかどうかについての知見を与える。主たる知見として次の2つを命題や例を用いて示す。(1) 4種類のうち2種類のパレート効率性は意思決定主体の「増加」に関しては保存する。しかし「減少」に関しては保存するとは限らない。残りの2種類のパレート効率性は「増加」に関しても「減少」に関しても保存するとは限らない。(2) 4種類のパレート効率性はいずれも社会の状態の「減少」に関しては保存する。しかし「増加」に関しては保存するとは限らない。また、パレート効率性が保存するとは限らない社会の状態の「増加」に関して、4種類のパレート効率性のいずれについても、社会の状態の増加の前にパレート効率的であった社会の状態が、社会の状態の増加の後にパレート効率的でなくなった場合には、その状態のパレート改善にあたる社会の状態が、増加した社会の状態の中に存在すること（いいかえれば、社会の状態

の増加の前にパレート効率的であった社会の状態について、その状態のパレート改善にあたる社会の状態が増加した社会の状態の中に存在しない場合には、その状態は社会の状態が増加した後もパレート効率的であり続けること）を命題によって証明する。これらにより、社会の中での意思決定や合意形成の場においてパレート効率性の概念が「社会的に望ましい状態」を表現するために用いられている場合、その場に新しい意思決定主体が加わることや新しい社会の状態が提案されることによって、ある状態の社会的な望ましさが損なわれることはないこと、あるいは、ある状態の社会的な望ましさが損なわれる場合には別の社会的に望ましい状態が新たに生み出されていることを確認し、意思決定や合意形成の場を運営する者は、新しい意思決定主体が加わることや新しい社会の状態が提案されることに積極的であるべきであることを示す。

パレート効率性の概念は「社会的に望ましい状態」を表現するために社会科学分野で広く用いられている。実際 Inohara [1]、および、猪原 [2: 第4章] は、ミク

*¹ 東京工業大学リベラルアーツ研究教育院、〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-W9-38
Email: inohara.t.aa@m.titech.ac.jp

ロ経済学、マクロ経済学、効用理論、投票理論、社会的選択理論、経営経済学、厚生経済学などにおけるパレート効率性の数理的な定義に3種類の本質的に異なるものが存在することを示し、これらをE効率性、U効率性、wU効率性と呼び、また4つ目のパレート効率性であるUMEP効率性の数理的な定義を与え、さらにこれら4種類のパレート効率性の間の関係についての命題に数理的な証明を与えている(Inohara [1: Fig.3]、および、猪原 [2: 図 4.3 (141 ページ)] を参照)。

パレート効率性は、意思決定主体全体の集合、社会の状態全体の集合、および、各意思決定主体が社会の状態に対して持つ選好という3つの要素が与えられると、社会の状態全体の集合の中から「社会的に望ましい状態」を選び出す概念である。そして、与えられる3つの要素の変化は通常は想定されない。与えられた意思決定主体の集合、社会の状態の集合、主体の選好に関して、「(与えられた社会の状態の集合の中の)どの社会の状態が社会的に望ましいか」という問いに答えを与えるための概念である。一方、現実の意思決定や合意形成の場では、意思決定主体の増減や入れ替わり、新たな社会の状態の提案や創出、あるいは、消滅がしばしば起こりうる。そして、意思決定主体の集合や社会の状態の集合に変化があった場合、社会的に望ましい状態が変化するかどうかは明らかになっていない。そこで本発表では、意思決定主体および社会の状態の増減に関するパレート効率性の保存を分析した結果を示し、その結果から、意思決定や合意形成の場を運営する者が留意すべきこととして、意思決定主体や社会の状態が増加することに積極的であるべきである、という示唆を得る。

本稿の以下の部分は次のように構成されている。2節では先行研究に基づいて4種類のパレート効率性の数理的定義とそれらの間の関係についての命題を与える。また、各パレート効率性の定義に関する「改善」の定義を与える。3節では、意思決定主体および社会の状態の増減に関するパレート効率性の保存についての命題とその証明、あるいは、保存の不成立についての例を与える。4節は、3節で得られた命題の解釈と、そこから得られる示唆を示す。5節では本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2 パレート効率性の定義

本節では、先行研究である Inohara [1]、および、猪原 [2: 第 4 章] に基づき、4種類のパレート効率性 (E効率性、U効率性、UMEP効率性、wU効率性) の数理的定義とそれらの間の関係についての命題を簡潔に

与える。また、各パレート効率性の定義に関する「改善」の定義を与える。

まず、パレート効率性の定義に必要な「意思決定主体全体の集合」、「社会の状態全体の集合」、および、「各意思決定主体が社会の状態に対して持つ選好」という3つの要素が、それぞれ N 、 C 、 $(\succsim_i)_{i \in N}$ として与えられているとする。ただし、 N の要素 i と C の要素 c と c' に対して、 $c \succsim_i c'$ は「主体 i が c を c' 以上に好んでいる」ことを表す。また、 $c \succ_i c'$ は「主体 i が c を c' より好んでいる」ことを表し、 $[c \succsim_i c' \text{ かつ } c' \succsim_i c \text{ ではない}]$ が成立していることとして定義される。さらに、 $c \sim_i c'$ は「主体 i が c を c' と同程度に好んでいる」ことを表し、 $[(c \succsim_i c') \text{ かつ } (c' \succsim_i c)]$ が成立していることとして定義される。さらに本稿では \succsim_i は、反射性 (C のどの要素 c に対しても $c \succsim_i c$ である) と推移性 (C のどの要素 c, c', c'' に対しても、もし $[c \succsim_i c' \text{ かつ } c' \succsim_i c'']$ ならば $c \succsim_i c''$ である) を満たすものとする。

以下が、E効率性、U効率性、UMEP効率性、wU効率性の定義である。ただし、 $\forall, \exists, \rightarrow, \neg, \wedge$ は、それぞれ、「どの〜に対しても」、「少なくともひとつの〜に対して」、「ならば」、「〜ではない」、「かつ」を表し、 $x \in X$ は「 x は X の要素である」を意味する。

定義 1 (U 効率性) C の要素 c が U 効率的であるとは、

$$\forall c' \in C, ((\exists i \in N, c' \succ_i c) \rightarrow (\exists j \in N, c \succ_j c'))$$

であるときをいう。これは、

$$\neg(\exists c' \in C, ((\forall i \in N, \neg(c \succ_i c')) \wedge (\exists j \in N, c' \succ_j c)))$$

であることと論理的に同値である。□

定義 2 (E 効率性) C の要素 c が E 効率的であるとは、

$$\neg(\exists c' \in C, ((\forall i \in N, c' \succsim_i c) \wedge (\exists j \in N, c' \succ_j c)))$$

または

$$\neg(\exists c' \in C, ((\forall i \in N, c' \succsim_i c) \wedge (\exists j \in N, \neg(c \succ_j c'))))$$

であるときをいう。これは、

$$\forall c' \in C, ((\exists i \in N, c' \succ_i c) \rightarrow (\exists j \in N, \neg(c' \succ_j c)))$$

であることと論理的に同値である。□

定義 3 (UMEP 効率性) C の要素 c が UMEP 効率的であるとは、

$$\forall c' \in C, (\exists i \in N, c \succsim_i c')$$

であるときをいう。これは、

$$\neg(\exists c' \in C, (\forall i \in N, \neg(c \succsim_i c')))$$

であることと論理的に同値である。□

定義 4 (wE 効率性) C の要素 c が wE 効率的であるとは、

$$\neg(\exists c' \in C, (\forall i \in N, c' \succ_i c))$$

であるときをいう。これは、

$$\forall c' \in C, (\exists i \in N, \neg(c' \succ_i c))$$

であることと論理的に同値である。□

これら 4 種類のパレート効率性の間には一般に次のような関係がある。(1) UMEP ならば wE である。(2) U ならば E である。(3) E ならば wE である。また、選好が完備 (C のどの要素 c と c' に対しても $[c \succsim_i c'$ または $c' \succsim_i c]$ である) であれば、(1)、(2)、(3) に加えて次が成立する。(4) U ならば UMEP である。(5) U と E が同値である。(6) UMEP と wE が同値である。そして、選好が反対称的 (C のどの要素 c と c' に対しても、もし $[c \succ c'$ かつ $c' \succ c]$ ならば $c = c'$ である) であれば、(1)、(2)、(3) に加えて次が成立する。(7) UMEP ならば U である。(8) E と wE が同値である。さらに、選好が完備かつ反対称的であれば 4 種類すべてが同値である。これらの関係は、Inohara [1: Fig.3]、および、猪原 [2: 図 4.3 (141 ページ)] にまとめられている。

各パレート効率性の定義に関する「改善」の定義は次の通りである。

定義 5 (改善) C の要素 c と c' に対して、 c' が c の U 効率性、E 効率性、UMEP 効率性、そして、wE 効率性に関する改善であるとは、それぞれ、

$$(\forall i \in N, \neg(c \succ_i c')) \wedge (\exists j \in N, c' \succ_j c),$$

$$(\forall i \in N, c' \succsim_i c) \wedge (\exists j \in N, \neg(c \succsim_j c')),$$

$$(\forall i \in N, \neg(c \succsim_i c')), \text{ そして}$$

$$(\forall i \in N, c' \succ_i c)$$

が成立することを指す。□

改善がこのように定義されると、 C の要素 c がパレート効率的であることは、そのパレート効率性に関する c の改善が存在しないこととして定義されていることがわかる。

3 パレート効率性の保存

本節では、意思決定主体および社会の状態の増減に関するパレート効率性の保存の成立についての命題とその証明、あるいは、保存の不成立についての例を与える。意思決定主体の集合 N 、社会の状態の集合 C 、意思決定主体の選好 $(\succsim_i)_{i \in N}$ が与えられているものとする。

まず UMEP 効率性と wE 効率性についての、意思決定主体の増加に関する効率性の保存に関しては、次の命題が成立する。

命題 1 (意思決定主体の増加に関する効率性の保存)

M が N の部分集合であるとし、 C の要素 c のパレート効率性を、意思決定主体の集合が N である場合と M である場合とで考える。UMEP 効率性と wE 効率性について、意思決定主体の集合が M である場合に c が効率的ならば、 c は意思決定主体の集合が N である場合にも効率的である。□

(証明) 意思決定主体の集合が M である場合に c が UMEP 効率的であるとする、 $\forall c' \in C, (\exists i \in M, c \succsim_i c')$ が成立する。 M が N の部分集合であることから、 $\forall c' \in C, (\exists i \in N, c \succsim_i c')$ であり、これは、意思決定主体の集合が N である場合に c が UMEP 効率的であることを意味する。

同様に意思決定主体の集合が M である場合に c が wE 効率的であるとする、 $\forall c' \in C, (\exists i \in M, \neg(c' \succ_i c))$ が成立する。 M が N の部分集合であることから、 $\forall c' \in C, (\exists i \in N, \neg(c' \succ_i c))$ であり、これは、意思決定主体の集合が N である場合に c が wE 効率的であることを意味する。■

命題 1 の逆は必ずしも成立しない。例えば、 $N = \{1, 2, 3\}$ 、 $M = \{1, 2\}$ 、 $C = \{①, ②\}$ 、および、 $① \succ_1 ②$; $① \succ_2 ②$; $② \succ_3 ①$ とすると、意思決定主体の集合が M である場合には、 $① \succsim_1 ①$ かつ $① \succsim_1 ②$ であることから $①$ は UMEP 効率的であり、 $\neg(② \succsim_1 ①)$ かつ $\neg(② \succsim_2 ①)$ であることから $②$ は UMEP 効率的ではない。一方、意思決定主体の集合が N である場合には、 $① \succsim_1 ①$ かつ $① \succsim_1 ②$ であることから $①$ は UMEP 効率的であり、 $② \succ_3 ①$ かつ $② \succ_3 ②$ であることから $②$ は UMEP 効率的である。つまり $②$ は、意思決定主体の集合が N である場合には UMEP 効率的であるが、意思決定主体の集合が M である場合には UMEP 効率的ではない。

2 節で紹介した、4 種類のパレート効率性の間に成立する「選好が完備かつ反対称的であれば 4 種類すべて

が同値である」という関係を用いれば、上記の例の②は、意思決定主体の集合が N である場合には U 効率的、かつ、E 効率的、かつ、wE 効率的であるが、意思決定主体の集合が M である場合には U 効率的でも E 効率的でも wE 効率的でもないことがわかる。

U 効率的性と E 効率的性については、命題 1 に相当する命題も成立するとは限らない。例えば、 $N = \{1, 2, 3\}$ 、 $M = \{1, 2\}$ 、 $C = \{①, ②\}$ 、および、 $① \sim_1 ②$ ； $① \succ_2 ②$ ； $① \succ_3 ②$ とする。意思決定主体の集合が M である場合、どの $i \in M$ 、どの $c' \in C$ に対しても、 $\neg(c' \succ_i ①)$ かつ $\neg(c' \succ_i ②)$ が成立するので、①と②の両方が U 効率的、かつ、E 効率的である。しかし、意思決定主体の集合が N である場合、どの $i \in N$ 、どの $c' \in C$ に対しても、 $\neg(c' \succ_i ①)$ が成立するので①は U 効率的、かつ、E 効率的であるが、②は U 効率的でも E 効率的でもない。それは、U 効率的性については、 $① \succ_3 ②$ 、 $\neg(② \succ_1 ①)$ 、 $\neg(② \succ_2 ①)$ 、 $\neg(② \succ_3 ①)$ であり、E 効率的性については、 $① \succ_3 ②$ 、 $① \succ_1 ②$ 、 $① \succ_2 ②$ 、 $① \succ_3 ②$ であるからである。つまり②は、意思決定主体の集合が M である場合には E 効率的かつ U 効率的であるが、意思決定主体の集合が N である場合には E 効率的でも U 効率的でもない。なおこの例では、意思決定主体の集合が M である場合も意思決定主体の集合が N である場合も、①と②の両方が UMEP 効率的、かつ、wE 効率的である。このことは、意思決定主体の集合が M である場合に①と②の両方が U 効率的、かつ、E 効率的であること、選好が完備であること、そして 2 節で紹介した、4 種類のパレート効率的性の間に成立する関係の (1) と (4)、および、命題 1 を用いることで確認できる。

意思決定主体の減少と効率性の非保存について、UMEP 効率的性と wE 効率的性に関しては、次の命題が成立する。

命題 2 (主体の減少、効率性の非保存、改善の不一致)

M が N の部分集合であるとし、 C の要素 c の UMEP 効率的性と wE 効率的性を考える。意思決定主体の集合が N である場合には c が効率的であるが、意思決定主体の集合が M である場合には c が効率的ではないとする。このとき、 C の要素 c' で、意思決定主体の集合が M である場合には c' は c の改善 (定義 5) であるが、意思決定主体の集合が N には属するが M には属さない意思決定主体の集合である場合には c' は c の改善ではない、というものが存在する。 □

(証明) まず UMEP 効率的性について考える。意思決定主体の集合が M である場合には c が効率的ではないので、 $\exists c' \in C, (\forall i \in M, \neg(c \succ_i c'))$ である。この c'

は意思決定主体の集合が M である場合の c の改善である。意思決定主体の集合が N である場合には c が効率的なので、 $\forall c' \in C, (\exists i \in N, c \succ_i c')$ が成立し、特に上記の c' に対して $\exists i \in N, c \succ_i c'$ が成立することがわかる。 c' に対しては $\forall i \in M, \neg(c \succ_i c')$ が成立することをあわせて考えると $\exists i \in N \setminus M, c \succ_i c'$ となり、これは $\neg(\forall i \in N \setminus M, \neg(c \succ_i c'))$ と変形できる。このことは、意思決定主体の集合が N には属するが M には属さない意思決定主体の集合 (つまり、 $N \setminus M$) である場合、 c' は c の改善ではないことを意味する。

wE 効率的性についても UMEP 効率的性の場合と同様に考えることができる。意思決定主体の集合が M である場合には c が効率的ではないので、 $\exists c' \in C, (\forall i \in M, c' \succ_i c)$ である。この c' は意思決定主体の集合が M である場合の c の改善である。意思決定主体の集合が N である場合には c が効率的なので、 $\forall c' \in C, (\exists i \in N, \neg(c' \succ_i c))$ が成立し、特に上記の c' に対して $\exists i \in N, \neg(c' \succ_i c)$ が成立することがわかる。 c' に対しては $\forall i \in M, c' \succ_i c$ が成立することをあわせて考えると $\exists i \in N \setminus M, \neg(c' \succ_i c)$ となり、これは $\neg(\forall i \in N \setminus M, c' \succ_i c)$ と変形できる。このことは、意思決定主体の集合が N には属するが M には属さない意思決定主体の集合 (つまり、 $N \setminus M$) である場合、 c' は c の改善ではないことを意味する。 ■

社会の状態の減少に関する効率性の保存については、次の命題が 4 種類すべての効率性の概念に対して成立する。

命題 3 (社会の状態の減少に関する効率性の保存)

D が C の部分集合であるとし、 D の要素 c のパレート効率的性を、社会の状態の集合が C である場合と D である場合とで考える。社会の状態の集合が C である場合に c が効率的ならば、 c は社会の状態の集合が D である場合にも効率的である。これは、定義 1 から定義 4 のどの効率性の概念についても成立する。 □

(証明) 社会の状態の集合が C である場合に c が効率的であるとする、どの効率性の概念においても $[\forall c' \in C, (P)]$ が成立する。ここで P は i, j, c, c' についての命題である。 D が C の部分集合なので、 $[\forall c' \in D, (P)]$ が成立することになり、これは社会の状態の集合が D である場合に c が効率的であることを意味する。 ■

命題 3 の逆は必ずしも成立しない。例えば、 $N = \{1, 2\}$ 、 $C = \{①, ②, ③\}$ 、 $D = \{①, ②\}$ 、および、 $③ \succ_1 ② \succ_1 ①$ ； $③ \succ_2 ① \succ_2 ②$ とすると、定義 1 から定

義4のどの効率性概念についても、社会の状態の集合が D である場合には①と②だけが効率的であり、社会の状態の集合が C である場合には③だけが効率的である。つまりある状態が、社会の状態の集合が D である場合に効率的だとしても、社会の状態の集合が C である場合には効率的であるとは限らない。

社会の状態の増加に関する効率性の非保存については、4種類すべての効率性の概念に対して次の命題が成立する。

命題4 (状態の増加、効率性の非保存、改善の存在)

D が C の部分集合であるとし、社会の状態の集合が D である場合には c が効率的であるが、社会の状態の集合が C である場合には c が効率的ではないとする。このとき、 C の要素ではあるが D の要素ではない c' で、 c の改善(定義5)になっているものが存在する。これは、定義1から定義4のどの効率性の概念についても成立する。□

(証明) c は、社会の状態の集合が C である場合には効率的ではないので、 C の中の要素 c' で c の改善(定義5)であるようなものが存在する。もし c' が D の要素である場合、 c は社会の状態の集合が D である場合に効率的ではないことになる。これは「社会の状態の集合が D である場合には c が効率的である」という仮定に反するので、 c' は C の要素ではあるが D の要素ではないことになる。この議論は4種類のどの効率性概念に対しても成立する。■

命題4は、次のようにいえることができる。

D が C の部分集合であるとし、社会の状態の集合が D である場合に c が効率的であるとす。そして、 C の要素ではあるが D の要素ではない c' で、 c の改善になっているものが存在しないならば、 c は、社会の状態の集合が C である場合にも効率的である。

4 命題の解釈

本節では、前節で得られた命題の解釈と、そこから得られる示唆を述べる。

命題1は、意思決定主体の増加に関する効率性の保存についての命題である。つまり、ある社会の状態が意思決定主体の小さな集合において効率的であれば、その集合を包含している意思決定主体の大きな集合においてもその社会の状態は効率的である、ということ

を意味している。ただし、この命題が一般的に成り立つのは効率性の概念として UMEP 効率性か wE 効率性が用いられている場合である。しかし、4種類の効率性の間に成立する関係(8)より、主体の選好が反対称的であれば、E 効率性と wE 効率性が同値であるので、命題1と同等のことが E 効率性に対しても成立することになる。また、主体の選好が完備かつ反対称的ならば、4種類の効率性の概念はすべて同値であるので、特に U 効率性についても命題1と同等のことが成立する。

意思決定や合意形成の場では、意思決定主体の集合が一定程度話し合いや検討を進めた後に、その場に新たな意思決定主体が加わることがあり得る。命題1は、上記の条件の下では、新たな意思決定主体が加わる前に効率的であった社会の状態は、意思決定主体が加わった後も効率的であり続けるということの意味するので、もし新たな意思決定主体が加わる前の話し合いや検討の中で効率的な社会の状態が見つかった場合には、その社会の状態は新たな意思決定主体が加わった後の話し合いや検討においても効率的な社会の状態として生かすことができることがわかる。したがって、意思決定や合意形成の場を運営する者は、意思決定主体が増加することに積極的であるべきであるといえる。

命題1の逆が必ずしも成り立たないことから、意思決定主体の減少に関しては社会の状態の効率性が保存するとは限らないことがわかる。効率性の概念として UMEP 効率性か wE 効率性が用いられている場合に関して、意思決定主体の減少と効率性の非保存について述べている命題2からは、意思決定主体の減少後の意思決定主体の集合と減少した意思決定主体の集合の間の改善の不一致に関する次のような示唆が得られる。つまり、意思決定主体の減少に関して効率性が保存されない場合には、意思決定主体の減少後の意思決定主体の集合にとって改善である社会の状態が、減少した意思決定主体の集合にとって改善でない、という改善の不一致が生じているということである。これにより、意思決定主体が減少した場合、減少した意思決定主体に不利益が生じない限りにおいては、意思決定主体が減少する前の意思決定主体の集合にとっての効率的な社会の状態に固執することなく、意思決定主体の減少後の意思決定主体の集合にとっての効率的な社会の状態を追求すべきである。そうすることで、意思決定主体の減少後の意思決定主体の集合にとって改善である社会の状態が効率的な社会の状態となり得る、という示唆が得られる。

社会の状態の減少に関する効率性の保存についての命題3は、社会の状態の集合が減少した後のある社会の状態が、社会の状態の集合が減少する前に効率的で

あれば、社会の状態の集合が減少した後も効率的であることを意味している。このことから、意思決定や合意形成の場において効率的ではない社会の状態を検討対象から除外していったとしても社会の状態の効率性は損なわれない、したがって必要に応じて、効率的ではない社会の状態を除外して検討対象を絞っていくことができることを示唆している。

命題3の逆が必ずしも成り立たないことから、社会の状態の増加に関しては社会の状態の効率性が保存するとは限らないことがわかる。4種類のどの効率性の概念についても成立する命題4は、社会の状態の増加に関する効率性の非保存、および、増加した社会の状態の中に改善が存在することについて述べていて、次のような解釈や示唆を与えてくれる。つまり、ある社会の状態が、社会の状態の集合が増加する前は効率的であったが、社会の状態の集合が増加した後は効率的でなくなった場合、その社会の状態の改善にあたる社会の状態が増加した社会の状態の中に存在するので、意思決定や合意形成の場において新しい社会の状態の提案や創出があった場合には、仮に元の社会の状態が効率的でなくなったとしても、新たに提案された、あるいは、創出された社会の状態の中に元の社会の状態の改善にあたる社会の状態が存在しており、社会の状態はより効率的な方向に向かっている。したがって、意思決定や合意形成の場を運営する者は、社会の状態が増加することに積極的であるべきである、ということが示唆される。

5 おわりに

本節では、本稿のまとめと結論、および、今後の課題を示す。

本発表の成果は、4つの命題といくつかの例を通じて、意思決定主体、および、社会の状態の増減に関する効率性の保存・非保存についての数理的な知見を与えたことにある。また、意思決定や合意形成の場を運営する者に対する示唆として次の4点を得たことも本発表の貢献である。つまり、(1) 意思決定主体の増加に積極的であるべきである(命題1)。(2) 意思決定主体が減少した場合、減少した意思決定主体に不利益が生じない限りにおいては、意思決定主体の減少後の意思決定主体の集合にとって効率的な社会の状態を追求すべきである(命題2)。(3) 効率的でない社会の状態の検討対象からの除外は必要に応じて行ってよい(命題3)。(4) 社会の状態の増加に積極的であるべきである(命題4)。

今後の課題として、意思決定主体や社会の状態の増

減についての動的なモデルの構築、特に、新たな社会の状態の提案や創出のモデルの構築(Asa et al [3])、および、その基礎となる、主体の選好の間の隔たりの数値化が考えられる。また、本発表の内容と既存の合意形成の数値モデル(猪原[4:5章]、猪原[5]、Inohara[6])についての研究の接続も取り組むべき課題である。

謝辞

本研究は東京工業大学と日立製作所 研究開発グループ 基礎研究センター 日立京大ラボの間の共同研究の成果である。

参考文献

- [1] T. Inohara, Similarities, differences, and preservation of efficiencies, with application to attitude analysis, within the Graph Model for Conflict Resolution, *European Journal of Operational Research*, Volume 306, Issue 3, 2023, 1 May 2023, Pages 1330-1348.
- [2] 猪原健弘、入門 GMCR、勁草書房, 288 pp., 2023年8月.
- [3] Asa, Y., Kato, T., Mine, R. (2023). Composite Consensus-Building Process: Permissible Meeting Analysis and Compromise Choice Exploration. In: Maemura, Y., Horita, M., Fang, L., Zaraté, P. (eds) *Group Decision and Negotiation in the Era of Multimodal Interactions*. GDN 2023. *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol 478. Springer, Cham. (https://doi.org/10.1007/978-3-031-33780-2_7)
- [4] 猪原健弘(編著), 合意形成学, 勁草書房, 282 pp., 2011年3月.
- [5] 猪原健弘, 「合意形成の数値-表現と課題」(Mathematical Approach to Consensus Building: Representation and Challenges), 特集「合意形成」, 感性工学, 日本感性工学学会, 第12巻, 1号 (Vol.12, No.1), pp.275-279, Aug. 2013 (2013年8月).
- [6] Inohara, T. (2022). A Model of Consensus and Consensus Building Within the Framework of Committees with Permissible Ranges of Decision Makers. In: Kijima, K., Iijima, J., Sato, R., Deguchi, H., Nakano, B. (eds) *Systems Research II. Translational Systems Sciences*, Vol.27. Springer, Singapore. Chapter 11, pp.213-226. (https://doi.org/10.1007/978-981-16-9941-2_11)