

2009年2月5日

## 博士学位申請論文審査報告書

早稲田大学大学院  
経済学研究科 永田 良 殿

主査 船木由喜彦（早稲田大学政治経済学術院教授 理学博士(東京工業大学)）

副査 荻沼隆（早稲田大学政治経済学術院教授）

副査 武藤滋夫（東京工業大学大学院理工学研究科教授 Ph.D(コーネル大学)）

学位申請者 上條良夫（経済学研究科博士後期課程5年 研究指導 船木由喜彦）

学位申請論文 **Dividing Cooperative Surplus :Axiomatic and Non-cooperative Approaches**

審査委員は上記の学位申請論文について、申請者に対する口頭試問（2009年1月27日）を実施し、予備審査に基づく修正要求への対応等を含めて慎重に審査した結果、下記の評価に基づき、同論文が博士学位にふさわしいと判定し、ここに報告する。

### 記

#### 1. 本論文の概要と構成

本論文では協力ゲームにおける代表的な解の一つであるシャープレイ値を拡張した解概念について、さまざまな特徴づけを行うことを目的としている。協力ゲームの解は、主体間の協力により得られた成果(経済余剰)を分配するルールであり、たとえば企業を例にとれば、企業内部における従業員と経営者との利益分配、複数企業により実施される共同プロジェクトにおける成果の利益分配や費用分担の問題に応用することが可能である。本論文はこのような協力ゲームの解の性質を明らかにし、その特徴づけを行う研究と位置づけることができる。

本論文の特徴は、協力ゲームの解を協力構造のある協力ゲーム（a cooperative game with a cooperation structure）に拡張し、そこにおいて解の性質を考察することである。協力構造のある協力ゲームには、プレイヤーの集合をグループに分割すること（提携構造）によって表現されるケースと、その上さらに垂直的構造（社会階層構造）を持つものとして拡張されたケースの両ケースが含まれている。後者は、新しい枠組みであり、企業内にグループが形成され、それと同時に階層的構造が生じているモデルと捉えることができる。

解を特徴づけるために、本論文では、二つの方法が用いられている。そのうち一つは、解を根源的な性質へと分解していき、その性質を満たすものがその解に限ることを示すことによって特徴づけを行う公理的な接近方法である。もう一つの方法は、解の与える利得分配を導くような、合理的主体による交渉プロセスを考案することである。すなわち、そのような利得分配を非協力ゲームのサブゲーム完全均衡として実現するメカニズムを設計

することである。このとき、非協力ゲームメカニズムによって解の特徴づけを行うことから、解の非協力的な接近、あるいは解の非協力ゲームによる遂行とよんでいる。これら二つの方法が本論文の第 1 部 (Part I) と第 2 部 (Part II) に対応している。

第 1 部は第 2 章、第 3 章、第 4 章から構成されている。第 2 章では、シャープレイ値を含む多くの協力ゲームの解を特徴づける新たな公理である *Balanced Cycle Contributions Property (BCC)* を導入し、その性質が議論されている。第 3 章、第 4 章では、提携構造のある協力ゲームにおける、新しい解概念である *Shapley-egalitarian solution, collective value* が定義される。この二つの解概念は、シャープレイ値の提携構造のある協力ゲームへの自然な拡張となっている。

第 2 部は、第 5 章、第 6 章、第 7 章から構成されている。第 5 章では *Perez-Castrillo and Wettstein (2001)* により考案されたシャープレイ値の非協力ゲーム遂行である *bidding* メカニズムを修正し、準線形な効用関数を持つ主体からなる経済における集団的選択モデルに適用される。第 6 章では、社会階層構造のある協力ゲームを導入し、そのゲームのクラスにおいて *bidding* メカニズムによる解の非協力ゲーム遂行問題を分析している。第 7 章では、第 3 章、第 4 章で導入された提携構造のある協力ゲームに対する新しい解の非協力ゲーム遂行メカニズムが提示されている。

これらの研究成果は内外の学会で報告され、その内容は、査読つき学術誌に論文として、投稿中か、修正要求に基づいて修正中か、あるいはすでに受理されている。たとえば、第 6 章の内容は、

Yoshio Kamijo, "Implementation of weighed values in hierarchical and horizontal cooperation structures," *Mathematical Social Sciences* 56, 2008, pp336-349,

として、海外の学術雑誌に掲載された。また、第 6 章の内容の一部分、提携構造のあるゲームに対応する部分は、

上條良夫, 「Owen の coalitional value の遂行」, 早稲田大学経済学研究, 第 65 号, 2007, 21-39 頁、

として公表されている。第 7 章は部分的に、

Yoshio Kamijo, "Implementation of the Shapley value of games with coalition structures," *The Waseda Journal of Political Science and Economics* 363, 2006, pp105-125,

の内容を拡張したものである。さらに、第 3 章に相当する部分は *International Game Theory Review* への掲載が認められている。

本論文の構成は以下の通りである。

## 1 Introduction and overview

### 1.1 Introduction to this thesis

### 1.2 Overview of Part I

### 1.3 Overview of Part II

### 1.4 Preliminary

#### 1.4.1 A cooperative game and the Shapley value

#### 1.4.2 A cooperative game with a coalition structure and the coalitional value

#### 1.4.3 Non-symmetric generalization of the Shapley value and the coalitional value

## **I: Axiomatic approach**

### **2 Axiomatization of values by BCC**

- 2.1 Introduction
- 2.2 Balanced contributions property
- 2.3 Balanced cycle contributions property
- 2.4 Axiomatization of the Shapley value
- 2.5 Axiomatization of the egalitarian value
- 2.6 Weighted balanced cycle contributions property
- 2.7 Concluding remarks

### **3 The Shapley-egalitarian solution**

- 3.1 Introduction
- 3.2 Results
- 3.3 Remarks
  - 3.3.1 Comparison with the Owen's coalitional value
  - 3.3.2 Random arrival interpretation
  - 3.3.3 Restricted communication

### **4 The collective value**

- 4.1 Introduction
- 4.2 The collective value
- 4.3 Interpretations of the value and coalition structures
  - 4.3.1 A value on C-communication restricted situation
  - 4.3.2 An endogenous interpretation of a coalition structure
- 4.4 A potential function for games with coalition structures
- 4.5 Axiomatic characterizations
  - 4.5.1 Collective balanced contributions
  - 4.5.2 Additivity
- 4.6 Concluding remarks

## **II: Non-cooperative approach**

### **5 Bidding for social alternatives**

- 5.1 Introduction
- 5.2 Bidding mechanism
- 5.3 Modified bidding mechanism
- 5.4 Applications and extensions
  - 5.4.1 Weighted bidding game
  - 5.4.2 Applications to implementing cooperative solutions
- 5.5 Conclusion

## 6 Implementation of values in games with SS

### 6.1 Introduction

### 6.2 Preliminary

### 6.3 Games with social structure

### 6.4 Bidding game

### 6.5 Social bidding mechanism

### 6.6 Concluding remarks

## 7 Implementation of two step values

### 7.1 Introduction

### 7.2 Bargaining model with a coalition structure

### 7.3 Proofs of the results

## 8 Conclusion and further topics

## 2. 本論文の内容と学術的貢献

本論文の目的は、シャープレイ値とその修正概念である新しい解を協力構造のある協力ゲーム (a cooperative game with a cooperation structure) において提示し、その特徴づけを行うことである。解を特徴づける方法として、公理的な接近と非協力ゲームによる解の遂行の二つの接近方法が用いられている。

この論文は、序章に当たる第1章のほか、2部に分かれており、第1部である第2章、第3章、第4章では、いくつかの協力ゲームの解(シャープレイ値とその類似概念)の公理的特徴づけを行い、第2部である第5章、第6章、第7章では、それらの解の非協力ゲームによる遂行を論じている。両者は連関しており、扱っている検討課題も豊富であり、分量的にも内容的にも学位論文として十分であると判断される。また、いずれの内容もオリジナリティに富み、査読つき雑誌に受理されるに値する内容と考えられる。以下では章ごとにその内容と学術的貢献について述べる。

第1章では、本論文の目的と構成が述べられ、各章の位置づけと概要が与えられている。さらに、協力ゲーム (TU ゲーム) の定式化、シャープレイ値の定義、提携構造のあるゲームの定式化、そのゲームのクラスにおける既存の有名な解であるオーウェン値の定義、さらに、重みつきシャープレイ値を含む非対称解の定義などが紹介されている。

第1部、第2章では、シャープレイ値の新しい公理化が提示される。シャープレイ値を公理化する一つの著名な性質として **Balanced Contributions Property (BC)** が知られている。これはプレイヤーたちがゲームに参加する場合、あるプレイヤー  $i$  の参加が他のプレイヤー  $j$  に与える影響と、プレイヤー  $j$  の参加がプレイヤー  $i$  に与える影響の均衡条件であり、この性質がすべてのプレイヤーのペア  $\{i, j\}$  の間で成立することを要請している。本章ではこの性質を弱めた **Balanced Cycle Contributions Property (BCC)** という公理が提示される。BCC はこのようなプレイヤーの参加による影響の連鎖を考え、その影響の合計が

均衡することを要請している。BC と効率性を満足する解がシャープレイ値だけであるのに対し、BCC と効率性を満足するような協力ゲームの解は無数に存在している。したがって BC の要求を BCC へと弱めることによりシャープレイ値以外の多数の協力ゲームの解も統一的に公理化できる可能性がある。実際、この章では BCC と効率性に追加的な公理を加えることにより、シャープレイ値、均等解などが公理化できることを示している。さらに、この公理をプレイヤーの非対称性を考慮したものとして書き直すことにより、重みつきシャープレイ値などの非対称解の公理化も分析している。

この章の貢献は、今まで考察されたことのない全く新しい性質である BCC 条件を発見し、それをを用いてシャープレイ値、均等解の新しい公理化を提示したことである。多数の協力ゲームの解が効率性と BCC 公理を満たすことから、それぞれの解の特徴はさらに付加された条件の差に帰着させることができる。それを比較することにより、解の間の本質的な差異を整理して分析することが可能となる。現に、シャープレイ値、均等解の差はある特殊なプレイヤーの持つ値を表す弱い条件の差として明確に提示されている。

第3章では、シャープレイ値を提携構造のある協力ゲームへ拡張した新たな解が提示され、その公理的特徴づけが行われている。提携構造はプレイヤーを外生的に集団に分割し、プレイヤー間の関係をより明示的に表現したものである。このとき、提携構造による制限を考慮し、提携構造のない協力ゲームで用いられた公理を提携構造のある協力ゲームでの公理として捉えなおす必要がある。ここでは、プレイヤーの対称性と、無力なプレイヤー（ナルプレイヤー）の取り扱いに関する二つの公理に注目し、提携構造という制限の下で再吟味している。第一に、プレイヤーの対称性に関して、「同等な能力を有するものは同等に扱われるべき」（対称性公理）という条件を「提携構造における集団内において同等な能力を有するものは集団内で同等に扱われるべき」というように定式化しなおしている。これにより従来の公理よりも強い結果を導くことになる。第二に、ナルプレイヤーに関する公理を変更し、提携構造における集団内では無力であっても、集団自体の貢献がある場合、その無力なプレイヤーもなんらかの利得を受け取る可能性を許容した。これは従来の公理より弱い結果を導くことになる。これら二つの公理を従来の他の公理（効率性、加法性、集団間の対称性）と併せて課すことにより、新たな解が一意に定まることが示されている。

この解による提携値の分配は次のように考えることができる。まず、提携構造に属する各集団が集団間で配分額を決定する「提携間の分配問題」と、各集団に割り当てられた配分額を集団内で分配する「提携内の分配問題」に分けることができる。提携間での配分額の算定には、まずシャープレイ値を用い、提携が他の提携と協力することにより獲得した追加余剰分を集団内のメンバーに均等分配し、それに加えて、集団が獲得した割当額はシャープレイ値を用いて集団内に分配を行っている。この章ではこのようにして定義される解を **Shapley-egalitarian solution** と名づけ、その解の基本的性質を考察している。

この章の貢献は次のような点である。まず、はじめに、提携構造のないゲームにおける対称性公理、ナルプレイヤー公理を提携構造のあるゲームに適用する際、すでに先行研究で行われているオーウェン値を導く方法と異なる方法で適用することにより、新たな解を導き、公理化できた点である。それはオーウェン値と類似しているが決定的に異なるいくつかの望ましい性質を持っており興味深い。たとえば、ゲームにおいて無力なプレイヤーはシャープレイ値やオーウェン値では、いかなる利得も受け取ることができないが、

Shapley-egalitarian solution では利得を受け取ることができる場合がある。さらに、これらの公理的な考察を行うことにより、集団間の交渉と集団内の交渉の関連性について従来の研究より深い分析と洞察を与えることが可能となった。

第4章では、Shapley-egalitarian solution と類似しているが、それと異なり、より提携の交渉力を重視した提携構造のある協力ゲームの解が分析されている。この章で考案される解の異なる点は、「提携間の分配問題」にシャープレイ値を適用するのではなく、重みつきシャープレイ値を用いる点である。すなわち、提携間の交渉では各提携のサイズの相違を考慮し、それを反映させた重みつきシャープレイ値を用いるように修正している。この修正により、より大きなグループは交渉力が大きいという現実在即した解となる。なお、ここで定義された解は collective value とよばれている。さらにこの collective value は、Shapley-egalitarian solution の満足しなかった様々な好ましい性質を持つことが示されている。例えば、提携構造をコミュニケーション制約として捉える Myerson 流の解釈と collective value は整合的であることが示される。さらに collective value の加法性を用いた公理化と BC の拡張による公理化が示される。シャープレイ値の研究における重要な関連概念であるポテンシャルの修正概念も定義されて議論されている。

この章の貢献は次のような点である。提携構造のあるゲームにおける提携間の交渉による分配をシャープレイ値から提携のメンバーに依存した重みつきシャープレイ値に変更するという小さな変更により、新しい解概念を提示し、それが提携の交渉力を反映する望ましい解となることは、現在まで全く試みられなかった新しい分析であり、重みつきシャープレイ値をこのような形で分析に結びつけることができたことは興味深い。しかも、その重みが単に外生的に与えられているわけではなく、集団のメンバー数という理解しやすい値で与えられている点も新しい。この考察により、単なる所与の交渉力として解釈されていた重みつきシャープレイ値の重みに、より妥当な解釈を与えるモデルを提示することができたと考えられる。

第2部、第5章では、本論文の第2部を通して分析される非協力的接近の根幹となる非協力ゲームの一般的性質が議論される。このゲームは Perez-Castrillo and Wettstein (2001) により提示された bidding メカニズムを一般化したものである。彼らの bidding メカニズムでは、各プレイヤーはまず、自分が提案者となるために、他の人に支払ってもよい額を表明する。各人の支払総額から受取総額を引いたもの（純支払額）を気前の良さの尺度とし、この額が最も高かったものが表明額を支払い、提案者となり、全員の利得分配案を提案する。提案者以外は一人ずつ、その提案を受諾するか否かを決めていき、全員が受諾するとその提案が実行される。一人でも拒否すると、提案者を除いたあらかじめ定まったゲーム（一般には部分ゲーム）において同じことが繰り返される。本章では、このゲームを準線形な効用関数を持つ主体からなる経済における集団的選択モデルに適用したメカニズムを構築する。さらに、それにより、社会的に望ましい選択肢および、望ましい利得分配を実現することが示されている。同時に、そのメカニズムがサブゲーム完全均衡を有するための必要十分条件が明らかにされる。この条件は、協力ゲームの設定ではしばしば暗黙のうちに成立している条件であり、bidding メカニズムの応用の範囲を理解するのに役立つ条件である。

この章の貢献は次のような点である。まず、従来の **bidding** メカニズムを社会的選択肢の集団的選択問題へ適応し、その文脈で望ましい選択肢と利得分配を実現するメカニズムを構築したことである。これにより、いままで協力ゲームに限られていた適用範囲を超えて幅広い問題に、このメカニズムを適用する可能性が開けた。次に、この拡張された **bidding** メカニズムがうまく機能するための必要十分条件も提示している。このメカニズムを、協力ゲームに適用することにより、第3章、第4章で議論したいくつかの協力ゲームの解が非協力ゲームによって遂行されることが示された。

第6章では、**bidding** メカニズムを社会階層構造のある協力ゲームへと応用している。この社会階層構造のあるゲームのクラスとは、社会における優先度を表す垂直的協力構造（階層的なプレイヤー集合分割）と水平的協力構造（階層的なプレイヤー集合分割の再分割）の両方を許す、より一般化されたゲームのクラスである。このクラスにおいて一般に定義された重みつき解の概念は、シャープレイ値、重みつきシャープレイ値、オーウェン値、重みつきオーウェン値を特殊ケースとして含むようなものである。この章で新たに提案されたメカニズムでは、提案者の提案が拒否された後の交渉で、提案者を出したグループのメンバーが次の提案者となる権利をそのまま保持する。そのため、提案に関するグループ間のある種の優先度が存在する。これは階層的なプレイヤー集合分割に対応する。このようなメカニズムが、それぞれの一般化された重みつきの解概念を、ゲームの特性関数がゼロ単調性を満足するという条件の下で、非協力ゲームによって遂行することが示されている。この結果は、既存研究（Vidal-Puga and Bergantinos 2003, Vidal-Puga 2005）よりも遂行に必要な条件が弱まっている。

この章の貢献の一つは社会階層構造と水平的協力構造を含んだ拡張モデルにおいて非協力ゲームの遂行を分析したことである。このように枠組みを一般化することにより、シャープレイ値、重みつきシャープレイ値、階層構造のある重みつきシャープレイ値、オーウェン値、重みつきオーウェン値など多数の解の非協力ゲームによる特徴づけを統一的行うことができた。同時に、このメカニズムでは、非協力ゲームで解を遂行するために必要な条件が緩和されている。すなわち、メカニズムの適応可能な領域が広がっている。さらに、このような考察を行うことにより、オーウェン値の新たな意味付けを階層構造の説明によって行うことが可能になる。

第7章では、第3章、第4章で提示された **Shapley-egalitarian solution** と **collective value** を遂行するような二つの非協力ゲームメカニズムが提示される。二つのメカニズムの差異は、第1ステージの提案者になるための支払額の表明において、プレイヤーの属する提携サイズを **bidding** ゲームの重みとして反映するか否かという点である。そのような提携のサイズを反映するメカニズムが **Shapley-egalitarian solution** を、反映しないものが **collective value** を遂行することが証明されている。この二つのメカニズムに共通する特徴は、第3ステージにおいて、提案者の提案があるプレイヤーに拒否された際に、提案者の属する提携が他の残りの提携から分離する点である。拒否された後の交渉では、拒否された提案者の提携は、その提携のメンバーだけで **Perez-Castrillo and Wettstein** のオリジナルな **bidding** メカニズムを行う。その一方で、残りの提携は同じ手順での交渉を継続する。

この章の貢献は、Shapley-egalitarian solution と collective value を類似の非協力ゲームで遂行するメカニズムを提示したことであり、それらのメカニズムの差異は大きくない。プレイヤーの属する提携のサイズを支払額に反映させない自然なメカニズムが、提携のサイズを重みとして提携間の交渉を考慮した collective value を遂行することは非常に興味深い。これにより、2つの解の違いに対する洞察をより深めることができたと考えられる。

第8章では各章の内容を総括するとともに、残された課題への展望などが説明されている。

### 3. 予備審査における修正要求への対応

各章について、以下のような改善・修正を要求し、対応がなされた。

第1章で望まれる改善は2点あった。まず、引用文献などの基本情報の再度の点検を要請したが、その結果、 $\alpha$ -Egalitarian Shapley value の参照文献として van den Brink, Funaki and Ju (2007) が追加された。また、本博士学位申請論文の第3章に対応する論文が修正期間中に *International Game Theory Review* への掲載が受理されることとなったので、この情報についても改められた。本論文の内容と企業理論、産業組織論などとの関わりについては、企業活動と利益の分配問題についてイントロダクションの冒頭に説明が加えられた。さらに、提携構造のあるゲームや協力構造のあるゲームを導入する意義に関しては、協力構造が主体の分配額に与える影響を明らかにできる点の説明がイントロダクションに加えられ、同時に、そのような協力構造における分配額を明らかにすることが協力構造の形成問題を考察する上で不可欠であることも言及された。

第2章で望まれる改善は3点あった。まず、BCC条件の意味づけについては、新たな解釈として以下のような説明が加えられた。まず、論文にある  $i$  の  $j$  に対する貢献度を  $i$  の  $j$  に対する要求  $c(i, j)$  として再定義した。さらに  $i$  の  $j$  に対する超過要求  $e(i, j)$  を  $c(i, j) - c(j, i)$  によって定義した。この定義によると、Balanced Contributions (BC) は超過要求が任意の  $i, j$  についてゼロとなる条件と同値である。さらに、BCC は、そのような超過要求がゼロという条件を任意の二人について要求するのではなく、社会に属する構成員の全員の総和に対して成立することを要求するものである。このように、超過要求の総和がゼロであるという条件を与えることにより、BCC に対する新たな説得的な説明が付け加えられた。次に、シャープレイ値、均等解以外の解に対する追加的な公理による詳細な説明を求めた点であるが、そのようないくつかの解の性質については、表 2-3 にまとめられ、その発展の可能性が Concluding remarks において言及された。プレイヤーがゲームから退出することの他のプレイヤーへの影響をもとに NPO、PPO などの公理が論文では考察されており、それを拡張した性質もさらなる検討に値するが、新たに大幅な議論展開が必要となるために、論文ではその可能性の考察にとどめたが、この点は審査委員によって了承された。ただ一つの解に限らず、ある解のクラスについて成り立つような包括条件の研究の展望については、ナルプレイヤーの退出が他のプレイヤーの配分額に与える影響に注目するというアプローチが有望であることを言及し、さらに、新たに加えた第8章でも再び説明された。



第3章で望まれる改善は2点あった。Communication restricted game の解釈については、労働組合と経営者との間の利益分配に対する交渉問題の例をあげ、労働組合が全員一丸となつてのみ経営者との交渉に応じるようなケースが考察された。さらに、Shapley-egalitarian solution により労働組合側の対応方法がどのように各労働者の分配額に影響を与えるかの説明が加えられた。次に、オーウェン値との比較の要求であるが、Null Player と Coalitional Null Player の間の論理的な強弱関係、Restricted Equal Treatment と Internal Equity との間の強弱関係を単に言及するだけでなく、そこから理解される Owen value と Shapley-Egalitarian solution との特徴的な差異について説明が加えられた。

第4章で望まれる改善は2点あった。第3章との関連性については、修正要求のとおり、定義の重複している点は削除し、その上で、並行的な議論が可能などころでは collective value と Shapley-Egalitarian solution それぞれについての結果が並列して配置された。これにより両者の関係はより明確になった。また第3章での Shapley-Egalitarian solution の公理化の際に採用された公理と collective value を公理化する公理の比較もなされている。この比較により collective value の含意についてもより明確になった。

第5章で望まれる改善は、遂行メカニズムの本質にもかかわる議論の要求であった。ここで提示したメカニズムを人々は実際に理解し、理論通りに行動するのか否かの議論、また遂行問題の意義についての議論が求められた。これらについては、まず、「合理的」な主体が望ましい配分に到達できるような非協力ゲームとして表現される「メカニズム」を考案し、これによりプレイヤーの情報について不十分な情報しか有していない制度設計者に対して望ましい配分を履行することを保障するものである、という説明が第1章と第5章に加えられた。さらに良いメカニズムとは、幅広い定義域で成立し、すべての合理的に予想される結果において望ましい配分が達成され、さらに期待値ではなく実現値で望ましい配分額を達成するものである、という説明が加えられた。ここで注意すべきことは、遂行問題の研究それ自体が、ゲーム理論の想定するようなプレイヤーの合理性に依存したものである点である。しかしながら、実際の人間の合理性についての議論は論文では十分に触れられていない。そこで、このような問題について著者が十分に認識していることを確認するための質疑を行った。審査委員はこの確認により、論文における遂行問題の意義の議論は十分であるものと判断した。

第6章で望まれる改善は3点あった。社会階層構造の導入の意義の説明要求に対して、社会階層構造の一例として企業内の労働者の組織構造についての言及が加えられた。ただし、数学的には垂直的構造と水平的構造の積構造を導入せずとも、単に同列も許した提携の優先度の記述でこの構造は表現できると考えられる点については口頭で確認し、審査委員はその説明を了承した。次に、提案者を決めるための支払額と受取額の差である純支払額の計算に対し、重みをつけて計算をしているが、その重みがどのように解釈できるかの説明要求に対して、イントロダクションに重みの解釈が付け加えられた。さらに、オーウェン値の新たな意味付けの階層構造による解釈が6.5節の最後に言及された。また、そこにおいて Kamijo (2007) の引用も加えられた。

第7章で望まれる改善としては、第6章の遂行メカニズムと比較を行い、その差を議論することにより **collective value** の望ましさについて追加的な説明を与えることであった。そこで、論文中のいくつかの誤解を生じやすい点を整理し、メカニズムの差異を明確化し、さらに、**Theorem 7.2** 以降に説明を加えることにより、**collective value** がより自然なメカニズムにより遂行されることが説明された。本章は予備審査時の論文の最終章であったものであるが、論文の内容を最終的に結論づける位置づけになっていなかったため、そのための第8章が新たに加えられた。

最後に、本論文の全体に関する改善点として挙げられた点に対する対応について述べる。まず、本論文全体に多くの新しい記号や類似概念が散見するので、記号の網羅的なリストを作成し、本文前に添付することがなされた。論文の最後には、論文全体の総括と今後の研究課題を示す必要があるとの指摘に対応し、最終章である第8章を加え、この論文で何が明らかになったのか、そして今後に残された研究課題は何かを整理された。また、NTU ゲームへの拡張などの細かい拡張可能性については、口頭で確認された。なお、一覧表としてまとめられた修正すべき細かい誤植等については、すべて修正された。

以上