

バーチャルエコノミーゲーミング

出口弘
国際大学 グローバルコミュニケーションセンター
諸井孝信
埼玉大学 教養学部

本報告では、バーチャルエコノミーと呼ばれる、家計、政府、銀行、中央銀行、農家、製粉業、パン製造業、製鉄業、機械製造業の9主体からなる国民経済のモデルをマルチエージェントシステムとして扱う。このマルチエージェントシステムでは、ゲーミングシミュレーションの手法で各々の主体の意思決定活動がシミュレーションされている。ゲーミングによるマルチエージェントシステムの分析は、意思決定主体が人間であるが故に、簡単にはルールベースに作り込めないような様々な戦略を遂行するのでマルチエージェントシステムを研究する上でも極めて示唆に富んでいる。

Virtual Economy Gaming

Hiroshi Deguchi
International University of Japan, Center for Global Communications

Takanobu Moroi
Saitama University

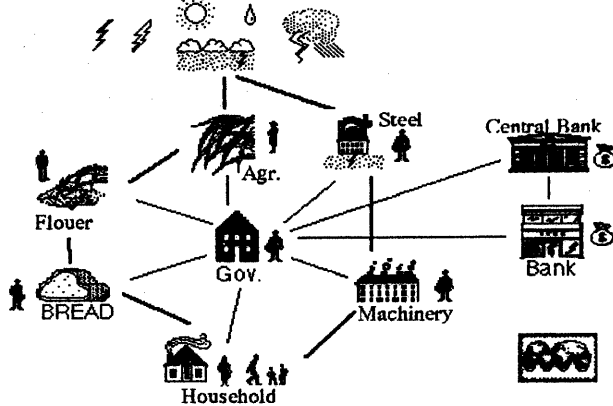
In this paper we present Virtual Economy which is a multi agent gaming simulation model for analyzing multi agent economics which is described by accounting algebra. We define the following small economy which consist of nine agent such as Agriculture ,Milling Industry ,Bread Industry (Bakery),Steel Manufacture,Machinery Industry ,Government , Household, Bank and Central Bank. In the model economy agriculture grows wheat, milling industry makes wheat flour of wheat, bread industry (bakery) makes bread from flour, steel manufacture makes steel and machinery industry makes machinery from steel. In the model we assumed that there is no materials for steel industry. Household purchases and consumes bread. A machine is purchased by each industry as an investment and used for production. A machine is also purchased by government and household. The machine which is purchased by government and household are considered as an infrastructure and a house respectively. A machine is made deprecation on according to a scenario. Population increases by a scenario. Household supplies workers to each industry and a government and household receives a wage. A government can issue national bonds. A center bank issues a bank note and fixes the official bank rate. Household or each industry deposit money in a bank. A bank lends money.

This virtual economy becomes a multi agent model of a economic system of a country. In the economy players act as decision makers of economic agents.

1. はじめに

ASNA(Algebraic System of National Account)は出口により、交換代数をベースとして定式化された国民経済の代数的システムである。これは国民経済を9主体(政府、銀行、中央銀行、農家、製鉄、製粉、パン製造、機械製造、家計)と海外部門からなるモデルであるが、これをもとに開発したマルチエージェントゲーミングシミュレーションを我々は国民会計ゲーム或いはバーチャルエコノミーと呼んでいる。

このゲーミングによる分析では海外部門を除く各々の部門が、単独、或いは数人のチームからなるプレーヤーによってプレーされる。農家は小麦を、製粉業は小麦から小麦粉を、パン製造業は小麦粉からパンを製造し、家計はパンを消費し労働力を提供する。製鉄は鉄を製造し、機械製造は機械を製造する。機械は投資として製造業と公共投資として政府、更に住宅投資として家計に購入される。中央銀行は通貨の管理を行ない、銀行は金融業務を行なう。政府は、税率をきめ税金を徴収したり補助金を交付する。ゲームで唯一の外的パラメータは人口増加であり、初期300人から年率10%で増加が仮定される。それ以外はエージェントが自律的に意思決定することでこのシステムは変化していく。このモデルでは具体的なエージェントの活動から国民経済のY,I,S,C,EX,IMといったマクロ変数や国民経済計算の諸表を求めることができる。



ゲーミングシミュレーションは、現実の人間をエージェントとして、人工的に組み立てられた現実の中でプレーをすることで、何らかのグループコミュニケーション、グループ学習を可能とするものである。このゲーミングの設計、組立については従来、ビジネスゲームであるか、或いは小集団論や社会心理学的な枠組みからの議論が中心となっている。だがゲーミングは、いわば構造化された現実の中でのコンテキスト依存のコミュニケーションを可能とする道具であり、人々が互いに異なった現実の中で生活しているときに相互の異なった現実を認識しコミュニケーションするための道具として大きな可能性を持っている。ゲーミングをデザインする際に、主体間の複雑な相互作用プロセスをシミュレーションするためのコンピュータ技術が有用なことは言うまでもない。更に従来のゲーミングの枠組みを越えて地球規模でのグループコミュニケーション環境としてゲーミングの手法が用いられるためには、人間のプレーヤーばかりでなく人工的なエージェントによるプレーヤーのモデル化が必要となるだろう。そのためには人工知能的ソフト技術、とくにDAIやマルチエージェントシステムのソフト技術が重要な役割を果たすことが期待される。

ゲーミングによる社会、経済、組織のマルチエージェントシステムの分析は、意思決定主体が人間であるが故に、簡単にはルールベースに作り込めないような様々な戦略を遂行する。それゆえに、社会、経済、組織を対象としたマルチエージェントシステムを研究する上でもゲーミングの手法は極めて示唆に富んでいる。

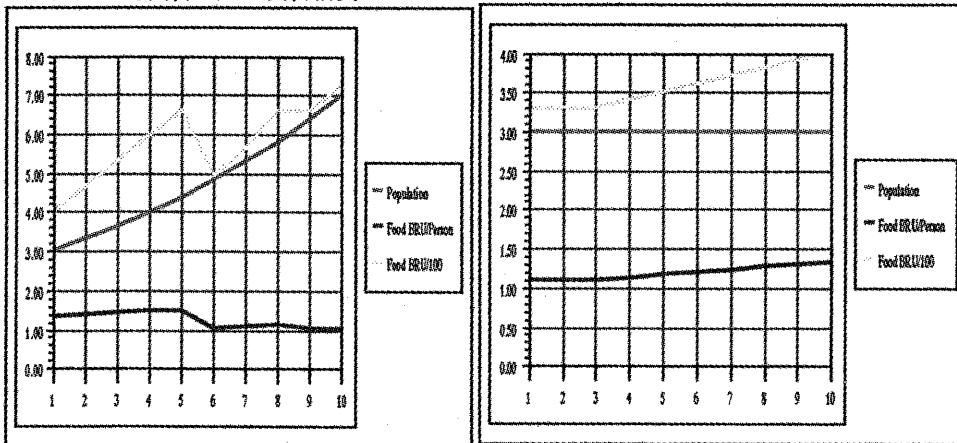
本稿では、このゲーミングシミュレーションの可能性を具体的に示すために、バーチャルエコノミーゲーミングの具体例とそこでのゲームの結果を紹介したい。

2.ゲーミングの結果

バーチャルエコノミーゲーミングの具体的プレーの方法については、文献[出口弘,1994]を参照してもらうことにして、ここでは主にゲーミングの結果をグラフを用いて示した。ここでは、4種類の異なるシナリオで国民経済のゲーミングを行なった。第1から第3は単一のプレーヤーが9部門の経済的エージェントすべてをプレーしたもので、それぞれ人工増加0、人工増加年率10%、人工増加0で生産性の継続的上昇があるという外部シナリオに基づいている[諸井孝信,1994]。それ以外の意思決定はすべてエージェントの単独の意思決定（生産など）とエージェント間の取引の形でゲームは進んでいく。シナリオ4は経済学については呼び知識の殆どない学生が9部門を各々担当してプレーしたもので人工増加年率10%のシナリオである。ゲームは各々のケースについて、会計期間で10期（4のみ9期）行なっている。

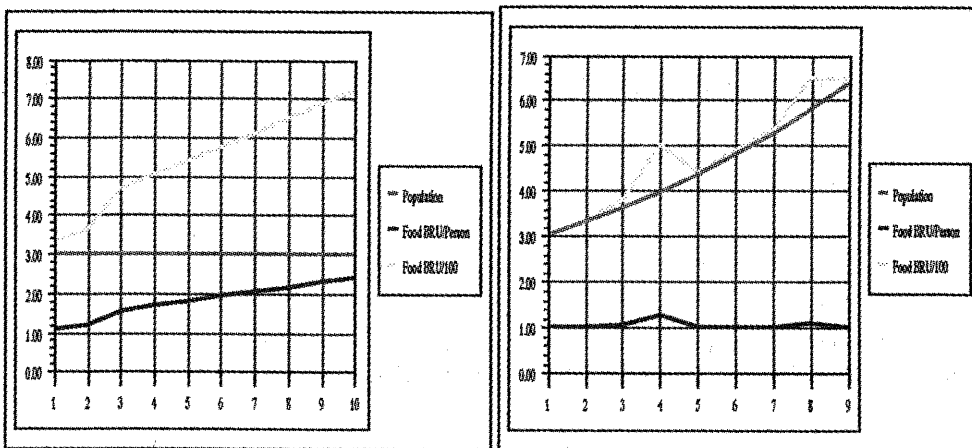
【4つのシナリオのデータを比較する】

(1)人口と食料生産、食料消費



シナリオ1 人口・食料生産と消費

シナリオ2 人口・食料生産と消費



シナリオ3 人口・食料生産と消費

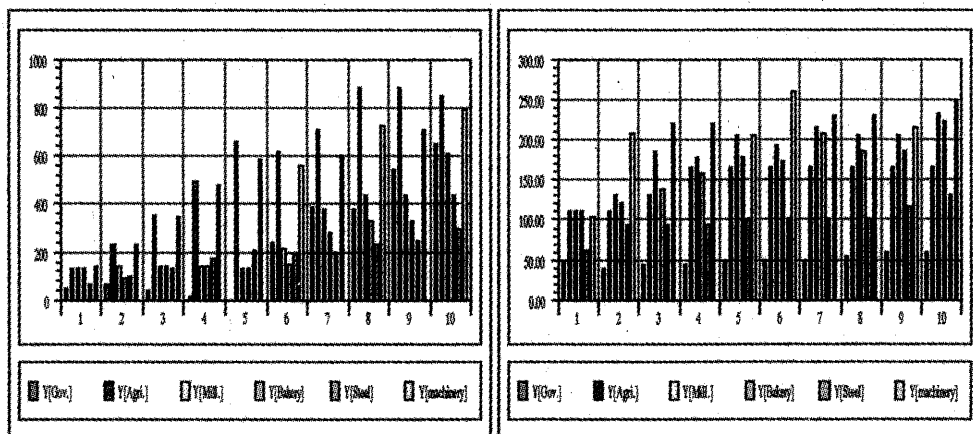
シナリオ4 人口・食料生産と消費

シナリオ1では一人当たりのパン消費が最低ラインぎりぎりだが、人口が増加しない後2者は次第に生活が豊かになってくる。特にシナリオ3は生産性の上昇の影響が顕著である。シナリオ4は経済成長に失敗し、シナリオ1より厳しい状況となっている。

(2)部門別付加価値生産

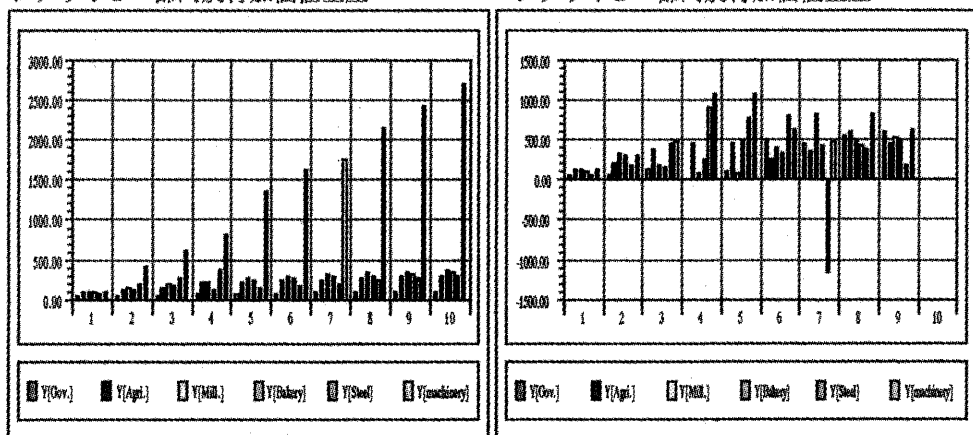
付加価値生産は人口増加によって雇用者が増加し生産が伸びることで増大する。人口停滞は付加

価値上昇を妨げる。シナリオ3では人口停滞しても、付加価値は伸びている。ただしシナリオ3の場合、機械製造業が付加価値を伸ばしている。これは、付加価値の定義が、生産されたものについてつけられたものなので、実際には在庫の状態でも名目上カウントされてしまう。機械製造業は膨大な数の在庫を出しているのである。シナリオ4の製鉄業がマイナスなのは、価格の下落で大幅な評価損を計上しているためである。



シナリオ1 部門別付加価値生産

シナリオ2 部門別付加価値生産

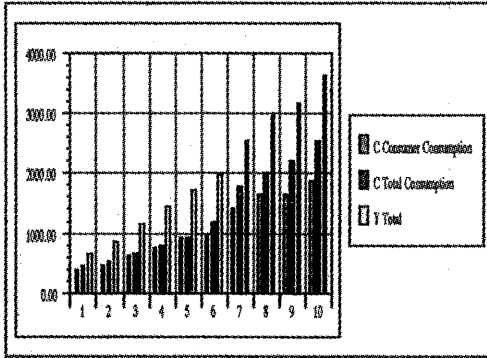


シナリオ3 部門別付加価値生産

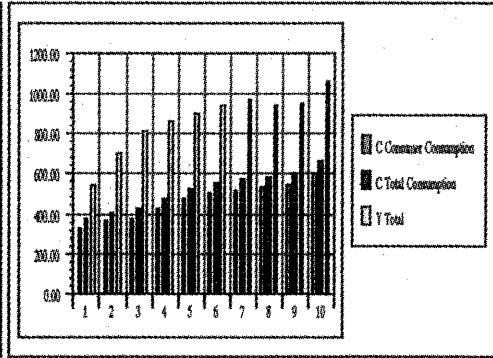
シナリオ4 部門別付加価値生産

(3) 国内総生産と消費

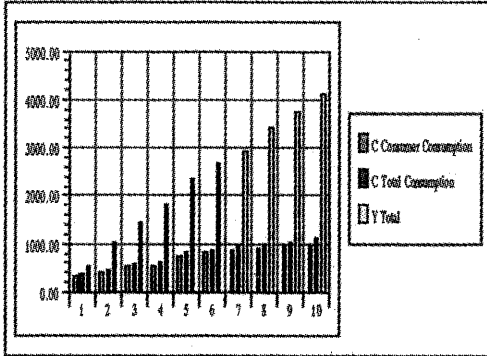
GDPの伸びは人口に大きく影響される。シナリオ2では人口停滞のためにGDPが飽和している。シナリオ3では生産性の伸びがGDPの伸びに大きく影響している。



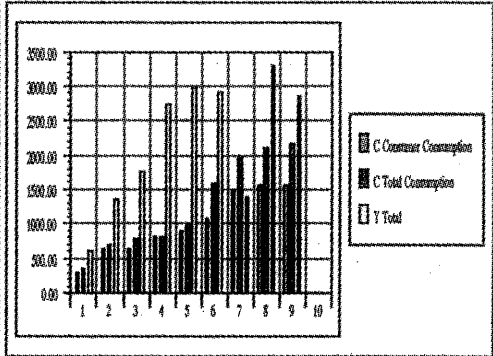
シナリオ 1 国内総生産と消費



シナリオ 2 国内総生産と消費



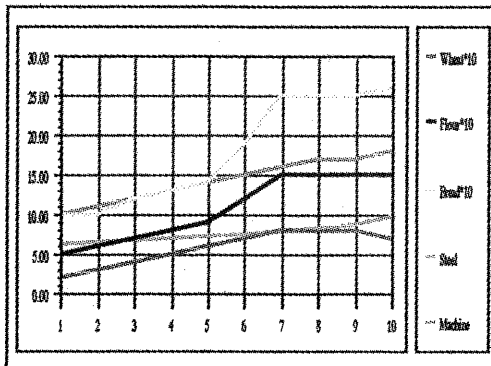
シナリオ 3 国内総生産と消費



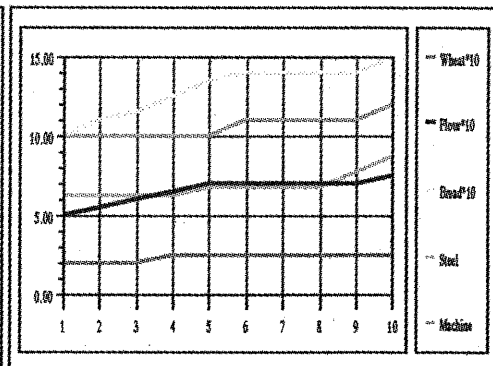
シナリオ 4 国内総生産と消費

(4) 価格変化

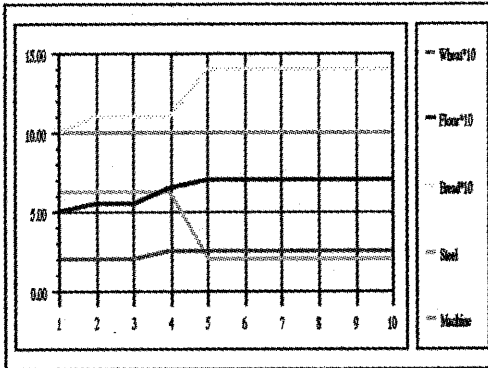
シナリオ 2 では生産向上が望まれず変化がないため安定した価格変動。シナリオ 3 では、4 期で鉄が値下げをしている。これはあまりに儲かりすぎたため、各部門均一化の意味で値下げをした。しかし、大量に購入できてしまうので、機械製造業が最在庫を積み増す結果になる。シナリオ 4 では生産財部門に不況が生じて鉄と機械の価格の大幅な下落が生じた。



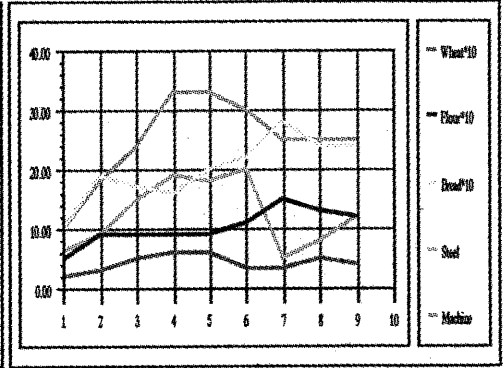
シナリオ 1 価格変化



シナリオ 2 価格変化

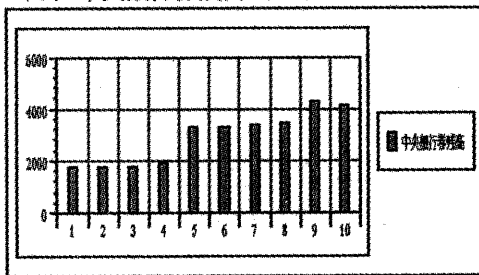


シナリオ3 価格変化

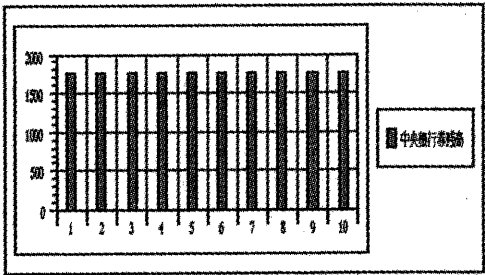


シナリオ4 価格変化

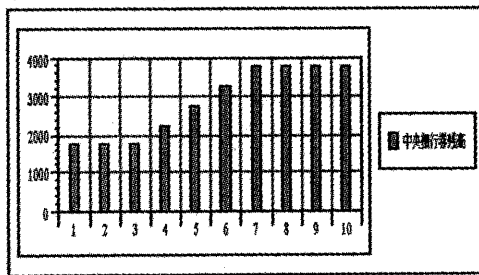
(5) 中央銀行券残高 (マネーフロー)



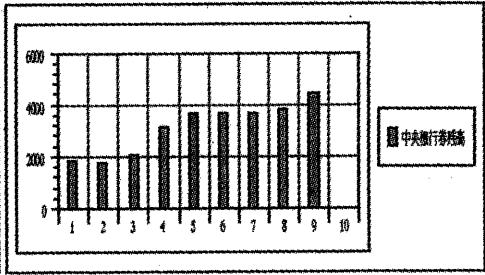
シナリオ1 中央銀行券残高



シナリオ2 中央銀行券残高



シナリオ3 中央銀行券残高

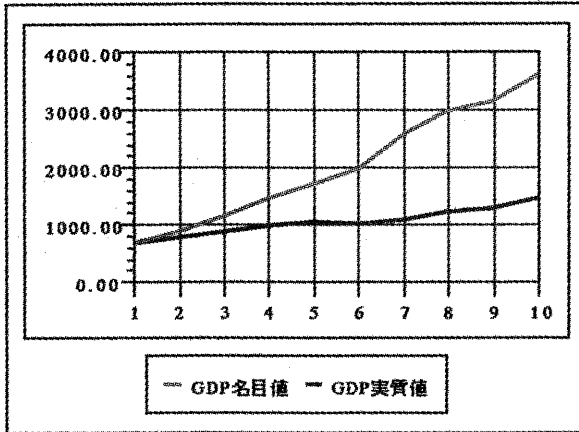


シナリオ4 中央銀行券残高

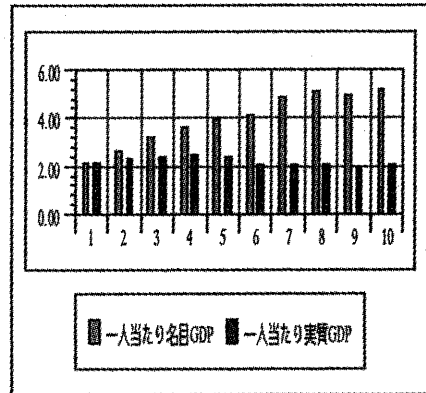
シナリオ2は生産量の増大が人口の壁で見込まれず、投資がなくマネーフローの変化は起こらない。シナリオ3は、生産性の増大のためマネーフローも伸びている。

(6) 名目と実質のGDP

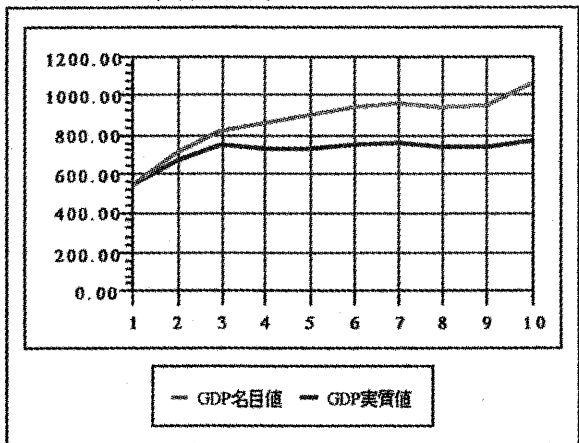
物価が上昇すれば、付加価値 (GDP) は必然的に上昇する。しかし実際にはものは作られておらず、国民総生産は上昇しても (国が、豊かになっても)、国民の一人一人が裕福 (一人に対する物の相対量) になるわけではない。そこで価格単位のGDPを名目GDP、物の量から見たGNP (GDP) を実質GNP (GDP) とし両者の違いを検証した。名目GDPから実質GDPを求めるのにパーシェ型物価指数を用いている。



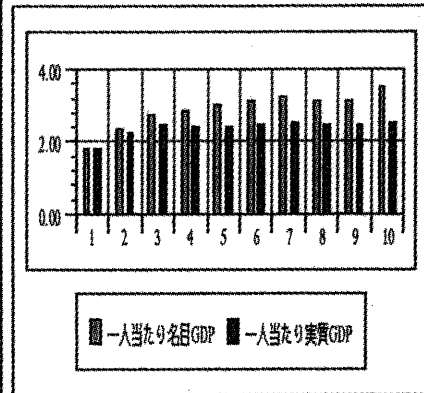
シナリオ1 名目と実質GDP



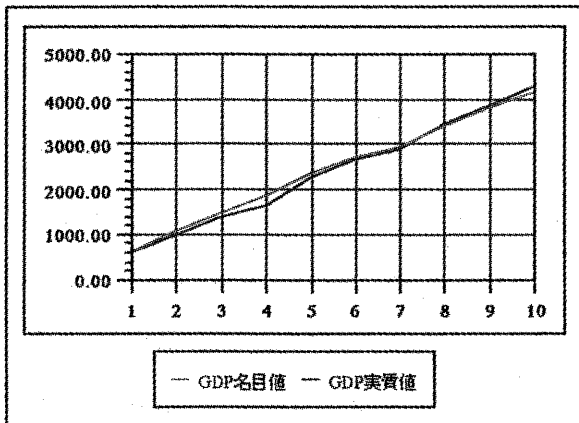
一人当たり名目と実質GDP



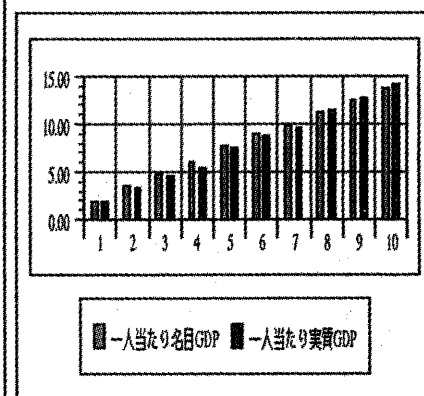
シナリオ2 名目と実質GDP



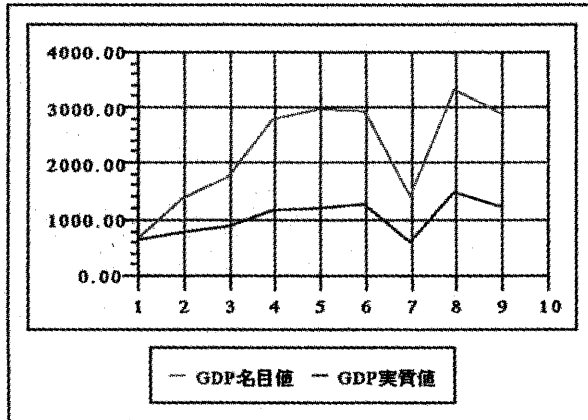
一人当たり名目と実質GDP



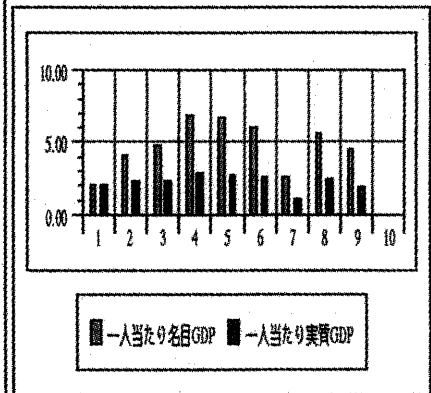
シナリオ3 名目と実質のGDP



一人当たり名目と実質のGDP



シナリオ4 名目と実質のGDP



一人当たり名目と実質のGDP

3. 結語と展望

本稿では、バーチャルエコノミーゲーミングの結果をグラフを中心として紹介した。このようにバーチャルエコノミーゲーミングでは、制度的多様性を含みマルチエージェントの多彩な活動が可能となる。しかしこのゲーミングに内包されているマルチエージェント世界の多様性を人工知能的なエージェントの活動で表現することはそれほど簡単ではない。また見通しのはっきりした作業でもない。例えば人間の場合は、様々な経路の意思決定チェーンが状況によって切り替わったり、様々なレベルの学習機構が働いている。また政府や中央銀行のように国民経済全体という上位の構造を意識して活動するエージェントと、企業部門のように原則として自身の活動の中で利益獲得を目指す、レベルの異なるエージェントが混在しているシステムである。更に、各々のエージェントの活動は、簡単に目的最適の形で表現できるものではない。企業の利益も成長に力点があるのか、短期利益か、或いは安定性かなど多くのしかも背反する目的が存在する。現在、我々は人間をエージェントとしたケースについて、幾つかのシナリオに関して、実際に行なっている意思決定活動のプロトコルの解析をおおよそ終えた所である。つぎの課題としては、比較的単純な活動パターンに関して、エージェントの活動をルールベースで具体的に作り込んでいき、バーチャルエコノミーをそれなりに動かすようなシステムを作っていきたい。そのなかで、社会、経済、組織のマルチエージェントシステムに関して様々な知見を得ていきたい。

文献

出口弘, 経済交換の数理システム論—交換代数の公理的定式化とその多元, 多主体, 多次元記述への拡張—, 福島大学商学論集, 第56巻, 第3号, PP.25-53, 1988, 出口弘, 経済交換の数理システム論2—経済主体の交換記述—, 福島大学商学論集, 第57巻, 第1号, PP.83-98, 1988, 出口弘, 経済交換の数理システム論3—国民経済場とSNA(1)—, 福島大学商学論集, 第58巻, 第2号, PP.15-32, 1989, 出口弘, 経済交換の数理システム論3—国民経済場とSNA(2)—, 福島大学商学論集, 第58巻, 第3号, PP.29-56, 1990, H.Deguchi, B.Nakano, Axiomatic Foundations of Vector Accounting and Systems Research, Vol.3, No.1, pp.31-39, 1986, Hiroshi Deguchi, Exchange Algebras and Economic Field, 数理解析研究所講究録809, pp.88-105, 京都大学数理解析研究所, 1992, 出口弘, 国民経済のマルチエージェント・システムとしてのゲーミングシミュレーション, シミュレーション&ゲーミング, 第4号, No.1, Sep., pp.112-128, 1994, 諸井孝信, 国民経済ゲームを用いたマクロ経済分析, 埼玉大学教養学部卒業論文, 1995