

## 動的環境における相対利得の合理性の検証

鈴木一敏

## はじめに

1980年代から90年代にかけて、国際公共財である自由貿易体制が維持されうるかという問題が、国際関係論の中心的な論題となった。グリエコは、協力体制が維持されると考えるネオリベラリストと、それに懐疑的なネオリアリストが、異なる国家像を前提として議論を組み立てていたことを指摘した<sup>1</sup>。そして、国家は他国との相対的な利益の差を重視する(相対利得)ものであるのに、ネオリベラリストは国家が自国の利益だけを考え行動する(絶対利得)ことを暗黙のうちに前提としており、協力の可能性を過大に評価していると批判した。これに対して、ネオリベラリストは、囚人のジレンマ以外のゲーム状況の場合や、国家の数が多い場合には、相対利得が協力を阻害する程度は限られることなどを示し、ネオリアリストの批判に反論した<sup>2</sup>。

しかし、この論争における議論は、両陣営とも、本来リアリズムが想定していた相対利得を完全に捉えていない。そもそもリアリストは、国家が相対利得に関心を持つ根拠として、相手国の相対的成長が将来の自国の安全や利益を脅かす可能性を挙げている。つまり、現時点の結果が、将来の国力・利得構造に影響するからこそ、相対利得が重要となるのである。ところが、これらの議論の多くは、利得構造を一定とした2×2ゲームの枠内で行われているため、累積的な利得が与える経路依存的な影響を捉えられていない。したがって、仮に相対利得が協力を阻む範囲が狭いことが示されたとしても、本来リアリズムが想定する環境下での検証が行われていないとの反論を許しうる。これらの論争に続く形で、通商問題のモデルに戦争のリスクを織り込む形で(国家が「銃とバター」のどちらに資源を振り分けるタイプのモデルによって)相対利得の影響が検証されたが<sup>3</sup>、ここでも利得の累積的な影響は十分に検証されていない<sup>4</sup>。

---

\*\*\*未定稿 2010/12/11\*\*\*

<sup>1</sup> Joseph Grieco, *Cooperation among Nations*, Cornell University Press, 1990.

<sup>2</sup> たとえば、Duncan Snidal, "Relative gains and pattern of international cooperation", *American Political Science Review* 85, 1991.

<sup>3</sup> James Morrow, "When do 'relative gains' impede trade?", *Journal of Conflict Resolution* 41: 12-37, 1997.

<sup>4</sup> Frank Grundig, "Patterns of International Cooperation and the Explanatory Power of Relative Gains: An Analysis of Cooperation on Global Climate Change, Ozone Depletion, and International Trade", *International Studies Quarterly* 50:4, 781-801, 2006.

また、このような安全保障上の不安だけを相対利得の源とする議論は、限定的にすぎる危険がある。たとえば、航空機、ハイテク、ソフトウェアなど、規模の経済性、学習効果、研究開発の重要性が高い産業においては、戦略的通商政策が妥当するとされる<sup>5</sup>。このような産業においては、企業は生き残りのために競争相手よりも多くのシェアを獲得しようとする傾向がある。こうした産業に関する通商政策・産業政策の決定においては、安全保障上の心配がなくても他国産業との相対的な利得が重要となるだろう。あるいはより一般的に、自国の市場規模が経済交渉における発言力に繋がるのであれば、両国に異なる経済成長をもたらすような貿易自由化交渉においても、相対利得への関心が頭をもたげるかも知れない。つまり、安全保障上の不安を無視して経済問題だけに着目しても、現在の相対的な利得の差が将来のゲームを経路依存的に規定する状況は考慮すべきである。

さて、国際関係論における既存の研究は、プレイヤーが相対利得を持つ場合に協力が阻害される程度を示すという点で重要な成果を上げてきたが、どのような条件下で相対利得そのものが「合理的」となるのかについては必ずしも明らかとなっていない。国際関係論に限らず社会科学の多くのモデルは、絶対利得を暗黙のうちに前提として組み立てられるが、これは適切なのだろうか。それを判断するためには、究極的には、個々の対象について現実のプレイヤーの行動を経験主義的に分析することが必要であろう。しかし、それより簡便な方法として、どのような条件下で相対利得が「合理的」となるのかを特定しておけば、1つの目安とすることができる。そこで本稿では、現時点での利得が、対戦者の過去の累積スコアによって変動するように「囚人のジレンマ」モデルを拡張し、その中で、相対利得を考慮するエージェントが高いスコアを上げる条件を探る。

## モデル

空間上に配置されたエージェントが、隣接するエージェントと「囚人のジレンマ」の対戦を100回1セットとして繰り返す。基礎となる利得は、 $T=4$ 、 $R=3$ 、 $P=2$ 、 $S=1$ である(表1)。各エージェントは、表2に示した戦略のうちいずれかを、ランダムに与えられている。ここまでは、他の「囚人のジレンマ」の基本的なモデルと同様である。

本稿のモデルの特徴は、以下の二点である。

第一に、対戦相手と自らの、過去のスコアの差によって、現在の利得が変化する。対戦している2エージェントについて、過去のスコアが世界全体のスコアに占めるシェアが計算され、その差分に応じて元々の利得( $T=4$ 、 $R=3$ 、 $P=2$ 、 $S=1$ )にプラスマイナス0.5の範囲内で利得が加算あるいは減算される。そして、その利得に応じて各自のスコアが増加する

---

<sup>5</sup> Paul Krugman ed. *Strategic Trade Policy and the New International Economics*, MIT Press, 1986; Helen Milner and David Yoffie, "Between Free Trade and Protectionism: Strategic Trade Policy and a Theory of Corporate Trade Demands", *International Organization* 43: 239-272, 1989.

こととした。

シェアの差による利得の変化の仕方には、様々な場合が考えられる。「囚人のジレンマ」は「 $T > R > P > S$ 」かつ「 $2R > T + S$ 」と定義されるが、利得を好ましい順位としてではなく絶対値を持つ値と考えると、その範囲内でも、 $T$ 、 $R$ 、 $P$ 、 $S$ それぞれについて、過去のスコアが高い場合に利得が増す場合と、逆に低い場合に利得が増す場合を考えなければならない。たとえば、通商分野においては、規模の経済性や財の多様性を確保するために貿易に頼る割合が高くなる小国の方が、大国と比べて高い利得を得るという可能性もある。この場合には、これまでのスコアが低い方が、相手が協力した際の利得( $T$ 、 $R$ )が高くなるように設定する必要があるだろう。

さらに、このような変化は「囚人のジレンマ」の利得構造を超えた形でおこることも考えられる。たとえば、コニーベアは、同規模の2カ国による関税交渉ゲームでは「囚人のジレンマ」を想定できるが、大国と小国を考えたときには、大国が $T > R > S > P$ 、小国が $R > T > S > P$ といった形に利得構造が変化すると指摘している<sup>6</sup>。

しかし、このような網羅的な検証を行うと複雑かつ範囲が膨大となるため、本稿は、手始めとして検証の範囲を「囚人のジレンマ」に限定し、相対利得が最も妥当すると考えられる条件から検証を始める。そして、相対利得を持つことが合理的となる場合があることを確認したうえで、その優位性がどのようなときに失われるのか、あるいは、予想に反して強まるのかを順次確認してゆくこととした。なお、相対利得が最も妥当すると考えられる条件としては、 $T$ 、 $R$ 、 $P$ 、 $S$ 全てについて、全体におけるシェアの大きいエージェントがより高い利得を、シェアの小さなエージェントがより低い利得を得る場合を考えた。

このゲームにおける利得の計算方法は、以下の通りである。基本的な利得は、前述したとおり $T=4$ 、 $R=3$ 、 $P=2$ 、 $S=1$ である。ただしエージェントは1ゲーム毎に、現在までのスコア世界シェアの差分に比例してプラスマイナス1/2未満のプレミアムを加味した利得を受け、自らのスコアを成長させる。たとえば、2エージェントの世界で、過去のスコアが40のエージェントXと10のエージェントYが対戦し両者がCを選択した場合、Xは $3 + (0.8-0.2)/2 = 3.3\%$ 、Yは $3 + (0.2-0.8)/2 = 2.7\%$ 、それぞれ自らのスコアを増大させることとする。したがって、利得の値の範囲は、 $4.5 > T > 3.5 > R > 2.5 > P > 1.5 > S > 0.5$ となり、各エージェントにとって囚人のジレンマの状況(「 $T > R > P > S$ 」かつ「 $2R > T+S$ 」)は変化しない。

本稿のモデルの第二の特徴は、各エージェントは絶対利得あるいは相対利得という利得関心を持たせたことである。絶対利得を持つエージェントは、自らの持つ戦略に基づいてのみ判断を行う。相対利得を持つエージェントも絶対利得を持つエージェントと同じく、基本的には自らの持つ戦略に基づいて判断を行うが、協力した際に相手と自分が得る利得を計算し、相手の利得の方が大きい場合には、その大きさに比例して確率的に非協力を選

---

<sup>6</sup> John Conybeare, "Public Goods, Prisoner's Dilemmas and the International Political Economy", *International Studies Quarterly* 28: 5-22, 1984.

ぶこととした<sup>7</sup>。したがって、相対利得を持つエージェントは、絶対利得を持つエージェントであれば C を選択する場面のうち一部で D を選択するという点のみにおいて行動ルールが異なる。たとえば、あるエージェントが「全て C を出す」という戦略(allC)を取っていた場合、基本的には C を出すが、相対的な利得差が大きいときには例外的に D を選択する。あるエージェントが「全て D を出す」という戦略(allD)を取っている場合には、相対利得であっても絶対利得であっても行動に変化はない。

## 実験

実験はまず、相対利得が最も有利と思われる 2 者間ゲームにおいて、片方のエージェントが相対利得、片方が絶対利得を持つ状態から検証を開始した。ほぼ同じ初期値からゲームを開始し<sup>8</sup>、いずれかのエージェントが他のエージェントのシェアの合計の 2 倍(全体の 2/3)を上回った点で優勢勝ちと判定し、試行を終了した。

すると、1000 回の試行のうち、628 回で相対利得を持つエージェントが勝ったのに対して、絶対利得を持つエージェントが勝ったのは 219 回であった。残りの 153 回は、100 回×100 セットのゲームでも決着が付かなかった。2 者間のゲームにおいては、相対利得を持つエージェントは絶対利得を持つエージェントの 3 倍近い確率で圧倒的な優勢に立つことが分かった。また、戦略別の成績を見てみると、絶対利得を持つプレイヤーは、自らが allD あるいは Friedman の戦略を採っているとき以外、勝利した例はほぼ皆無である。

次に、行為者数の増加の影響を検証するため、エージェントの数が 4 つおよび 9 つの環境を作成した。これらのエージェントは円を描くように並べられており、各エージェントが両隣のエージェントと対戦を行う。そして、絶対利得の世界に相対利得に基づくエージェントが突如出現した場合に優位性を持ちうるのかを検証するため、うち 1 つのエージェントだけが相対利得を持つように設定した。また、エージェントの数が増えると、1 つのエージェントが同時に対戦する相手の数が増えることも想定しなければならない。そこで、エージェント数が 9 の場合には、エージェントを円形ではなく 3×3 のループした平面上に並べて、ノイマン近傍(上下左右の 4 つ)、ムーア近傍(上下左右と斜めの 8 つ)の相手とゲームを行う条件での実験も行った。つまり、エージェント数、そして、各エージェントが一度に対戦する相手の数について徐々に拡張していった。実験は、100 回の繰り返しゲームを

---

<sup>7</sup> 今回のゲームでは結果的に自分よりシェアが大きい相手には協力しないという行動をとる。相対利得のあり方については、他にも、自分と力が近付いている相手だけに発揮する、異なる集団アイデンティティを持つ相手だけに発揮する、など異なる形があり得るが、今回は最も単純な形を採用した。

<sup>8</sup> 初期スコアが全く同じ場合、戦略によっては 2 者間の差が全くつかないので、初期値に対して±0.5%未満の一律乱数によるばらつきを与えている。

1 セットとし、それを 50 セットで 1 回の試行とし、これを各 1000 回行った。

結果をまとめたのが、表 3 である。まず、全体の結果についてみてみよう。相対利得を持つエージェントが優位に立つ事例は、全体でみると、エージェント数が増加したり、各エージェントが対戦するエージェントの数が増えたりすることによって、急速に減少する。表 4 に示した値は、絶対利得を持つ 1 つのエージェントが全世界の 2/3 の優位を獲得した数を 1 としたときに、相対利得を持つエージェントが同様の優位を獲得した割合を示している。2 者間のゲームにおいては相対利得の優位性が大きかったが、エージェント数が増えるに従って優位性が失われることが分かる。

次に、相対利得と戦略の組み合わせが、成績に与える影響の変化について見てみよう(表 3、グラフ 1)。まず、TFT やその亜種である TFTT は、エージェント数が 9 に増えたときには成績が悪化したが、同じエージェント数 9 であれば、1 つのエージェントが同時に対戦する相手の数が  $2 \rightarrow 4 \rightarrow 8$  と増えるに従って、スコアが回復している。したがって、TFT が基調となっているような世界では、仮に全体のエージェント数が増えても、同時に対戦する数も同様に増えていけば、相対利得の優位性はそれほど失われないことが分かる。ただし、同じ TFT の亜種であっても、Tullock や Joss のようなずる賢いタイプ、そして Davis や Friedman のように寛容でないタイプは、エージェント数が増加すると、たとえ交流数の増加があっても、成績は悪いままであった。

Random や cTFT(TFT の逆の手を出す戦略)といったある種デタラメな戦略は、2 者ゲームの際には一定程度勝ち残ることができていた。しかし、エージェント数や各エージェントが対戦する相手の数が増えると、こうした戦略が優勢になることはほぼなくなる。

次に、絶対利得を持っているエージェントを見ると、相対利得の場合と手が変わらない allD と、初期に相手に裏切られた場合にそれに近い反応となる Friedman が、1 対 1 の場合に強いこと、そして TFT と TFTT が比較的成績が良いことが目立っている。

以上の実験は、相対利得を持つエージェントが 1 つだけという条件下で行ってきた。今度は逆に、相対利得を持つエージェントが多数を占める世界に絶対利得を持つエージェントが 1 つ出現した場合に、相対利得がどの程度の優位性を持つのかを検証した。その結果をまとめたのが、表 5、表 6 およびグラフ 2 である。全体的な傾向はほぼ変化しなかった。エージェント数の増加と共に相対利得の優位性は失われていくものの、同時対戦者数が増えれば TFT や TFTT を相対利得と組み合わせた際の成績はそれほど悪化しないことが読み取れる。

## 結論と含意

本稿は、相対利得に有利と思われる動的な環境を整え、相対利得を持つプレイヤーの優位性(相対利得を持つことの合理性)を検証した。その結果、相対利得が明らかに優位となる

条件は、かなり限定されていることが分かった。特にプレイヤー数が増加すると、相対利得を持つことの合理性が著しく減少することが、リアリストの想定するような動的な環境下で、相対利得に有利になると思われる条件の下で、示された。

ただし、いくつか注意を要する点もある。第一に、相対利得の優位性はプレイヤー数の増加によって減少するが、これは、相対利得を持つことで著しく成績が悪化するということを意味しない。その世界において優位に立つことを勝利条件とすれば、プレイヤー数が多いときでさえ、絶対利得が明らかに有利とまでは言えない。

第二に、交流の在り方と戦略の組み合わせによっては、プレイヤー数が増加した状態でも、相対利得が優位性を持つ可能性がある。特に TFT を基調とした戦略が採られ、全体のプレイヤー数だけでなく同時に交流する相手の数も増加する場合には、相対利得が僅かながら優位となった。したがって、たとえば、TFT により FTA を基調とした自由貿易網が広がり、かつ、グローバリゼーションによって参加者数と交流相手が増加する状況では、相対利得が優位性を持つかも知れない。ただしこの点に関しては、今回の実験では、利得関心ごとの戦略の組み合わせの数に対して試行回数が限られているので、今後再検証が必要であろう。

第三に、今回想定した相対利得は、自分よりも期待利得が高い相手に対して一律に協力を拒むという、非常に単純なものであるという点である。相対利得を持つプレイヤーが協力を拒み相互非協力の状況を生むと、絶対利得を持つプレイヤーだけが密集する場合よりもスコアの絶対値は低くなる。しかし、力が近付いている相手だけに対して相対利得を持つなど、相対利得を選択的に発揮する場合には、相対利得の優位性がより高まる可能性がある。この点に関しても、より包括的な検証が必要である。

最後に、ネオリベラリストが当初提起したような 2 者間の繰り返し「囚人のジレンマ」モデルにおいては、現在の利得が将来の利得に与える影響の方向性次第では、相対利得がかなりの優位性を持つ点に留意すべきである。2 大国間での競争や、生産国が限られる産品における戦略的通商政策、多数の国家が少数の陣営を形成して対立する状況等をモデル化する際には、相対利得を想定する必要を検証すべきであることが実験から示唆された。現実の国際関係には、実質的にプレイヤー数が減少するのと同様の効果が予見される状況も存在する。たとえば、本稿のモデルのスコアに当たるもの(たとえば工業製品の販売シェア、経済規模)の格差が非常に大きく、小国の成長が外部的な要因(国土、人口、教育水準、文化慣習等)によって制限されているケース、FTA のように小国相手に協力することの利益が大国を相手にする場合と比べて著しく小さくなるケースなどが挙げられる。このような時には、たとえ見かけ上のプレイヤー数が多くても、相対利得を考慮に入れる必要性を再検討すべきであろう。

表・グラフ

表 1 基本的な利得構造

		Column	
		Cooperate	Defect
Row	Cooperate	R, R (3, 3)	S, T (1, 4)
	Defect	T, S (4, 1)	P, P (2, 2)

表 2 エージェントの戦略

戦略名	内容
Random	1/2 の確率で C または D を選ぶ。
allD	全て D を選ぶ。
allC	全て C を選ぶ。
TFT	初回は C、その後は前回の相手の手をまねる
TFTT	初回は C、相手が 2 連続で D を出したら一度 C を選ぶ。
cTFT	初回は D、その後は前回の相手の手の逆を選ぶ。
Friedman	初回は C、相手が D を選んだらその後全て D。
Davis	最初の 10 回は C、その間相手が D を選ばなければ全て C。
Joss	初回は C、前回相手が D なら D、C ならば 90% の確率で C。
Tullock	最初の 10 回は C、その間相手が D を選んだ確率より 10% 高い確率で D。

表3 結果(相対利得を持つエージェント数1)

		ring; rel 1, abs 1	ring; rel 1, abs 3	ring; rel 1, abs 8	Neumann; rel 1, abs 8	Moore; rel 1, abs 8
relative	Tullock	79	30	10	4	1
	TFTT	40	46	17	24	41
	TFT	76	52	17	27	67
	tTFT	58	13	2	1	0
	Random	50	15	0	2	3
	Joss	39	25	17	12	3
	Friedman	83	27	2	3	1
	Davis	80	30	20	21	2
	allD	76	15	3	2	1
	allC	47	29	14	14	0
	TOTAL	628	282	102	110	119
absolute (/agt)	Tullock	0	21.0	6.6	4.4	0.5
	TFTT	0	39.3	25.3	31.6	39.5
	TFT	7	46.3	23.4	32.5	55.4
	tTFT	0	6.0	1.5	1.0	0.0
	Random	0	13.0	2.6	2.3	2.0
	Joss	0	21.7	16.8	9.6	1.4
	Friedman	86	29.7	3.8	1.8	1.9
	Davis	0	29.0	17.9	17.3	7.4
	allD	126	19.7	2.5	1.5	0.9
	allC	0	9.7	12.0	8.5	0.0
	TOTAL	219	235.3	112.3	110.4	108.9
tie		153	12	0	7	10

表4 相対利得を持つエージェントの優位性(相対利得を持つエージェント数1)

Ring 2	Ring 4	Ring 9	Neuman 9	Moore 9
2.86758	1.1983	0.908686	0.9966025	1.092997



グラフ1 相対利得を持つエージェントの戦略ごとの勝利回数(相対利得を持つエージェント数1)

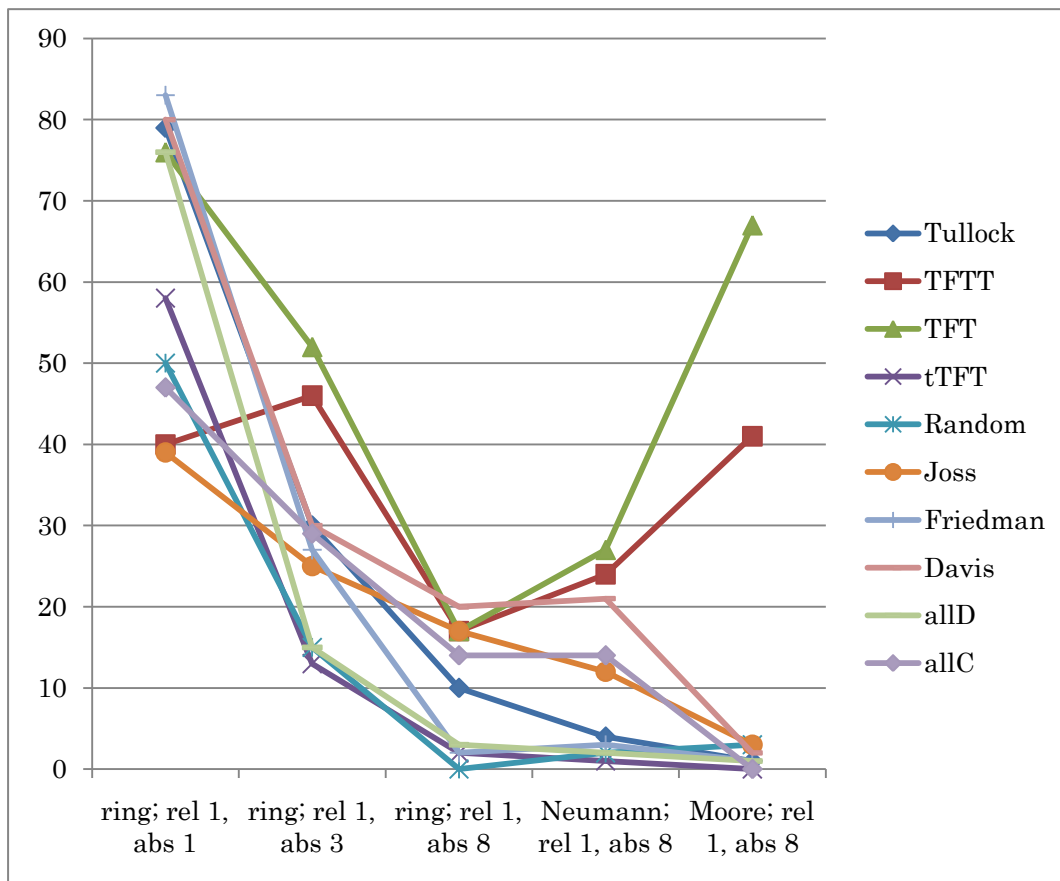


表 5 結果(絶対利得を持つエージェント数 1)

		ring; rel 1, abs 1	ring; rel 3, abs 1	ring; rel 8, abs 1	Neumann; rel 8, abs 1	Moore; rel 8, abs 1
relative (/agt)	Tullock	79.0	11.3	0.9	0.9	1.1
	TFTT	40.0	52.7	25.1	34.3	30.9
	TFT	76.0	61.7	33.8	42.4	53.0
	tTFT	58.0	4.0	0.0	0.0	0.0
	Random	50.0	6.7	0.1	0.0	0.0
	Joss	39.0	12.7	2.6	0.0	0.0
	Friedman	83.0	26.3	12.6	10.1	3.6
	Davis	80.0	22.0	6.5	8.0	4.6
	allD	76.0	33.3	19.4	12.1	6.9
	allC	47.0	5.7	1.4	0.0	0.0
	TOTAL	628.0	236.3	102.4	107.8	100.1
absolute	Tullock	0	9	1	2	2
	TFTT	0	59	34	19	12
	TFT	7	62	48	34	33
	tTFT	0	0	0	0	0
	Random	0	0	0	0	0
	Joss	0	0	0	0	0
	Friedman	86	44	15	8	4
	Davis	0	8	1	1	1
	allD	126	46	17	20	11
	allC	0	0	0	0	0
	TOTAL	219	228	116	84	63
tie	153	63	65	54	136	

表 6 相対利得を取るエージェントの優位性 (絶対利得を持つエージェント数 1)

Ring 2	Ring 4	Ring 9	Neuman 9	Moore 9
2.86758	1.03655	0.882543	1.2827381	1.589286

グラフ 2 相対利得を持つエージェント 1 つあたりの戦略ごとの勝利回数(絶対利得を持つエージェント数 1)

