

国際貿易とコミュニケーション・ネットワーク形成

米崎克彦*

Abstract

本稿の目的は、コミュニケーション・ネットワークを構築することによって、収穫逓増となる部門が存在する世界で、どのようなネットワークが形成され、そのネットワークの存在が経済厚生にどのような影響を与えているのかを検討することである。特に、コミュニケーション・ネットワークの形成について、ゲーム理論をベースとしたネットワーク形成モデルを応用し、国々がどのようなコミュニケーション・ネットワークの構造を選択し、そのネットワーク構造が貿易関係国の経済厚生にどのような影響をもたらすかを分析した。モデルは、それぞれの国がリンク形成の意思決定をする。その結果形成されたネットワークを介して中間財貿易をおこない最終財を生産し、貿易をする。導かれた結論は、コミュニケーション・ネットワークの構造が、ネットワークを構築することによって収穫逓増となる財に対する社会全体の選好に依存することなく、単一ですべての国々がリンクを張る完備グラフ型となるということである。ただし、このネットワークの存在は、社会全体の収穫逓増となる財に対する選好が非常に高くなる場合を除き、社会全体の経済厚生を最大にすることはない。

*同志社大学大学院経済学研究科後期課程E-mail: eed1102@mail3.doshisha.ac.jp

1. はじめに

IT革命と呼ばれる 1990 年代以降の情報通信技術革新は、人々のコミュニケーション手段に大きな影響を与えた。これらのコミュニケーション手段の変化やネットワークの存在は、経済環境において、新たな機会を生み出し大きな変化を与えている。経済学においても、このような影響を多くの分野で“ネットワーク”というキーワードを利用して、モデル分析がなされている¹。国際貿易の分野において、コミュニケーションの存在やその費用、Internetなどのコミュニケーション・ネットワークの影響を検討した理論的な文献には Harris(1995)(1998)やKikuchi(2002)(2003)などがあげられる。Harrisは、貿易に関するコミュニケーションの特徴²を、輸送という概念と比較して以下のようにまとめている³。1. コミュニケーションに関する取引費用は固定費的性格をもつ。2. コミュニケーションは準公共財的性質をもつネットワークを通じて供給される。そして、技術進歩は取引量の増大ではなく、取引不可能であったサービスが取引可能となる。3. 消費に対するネットワーク外部性の存在である。その上で、Harrisは、世界に単一の情報ネットワークが存在する場合、どのような貿易パターンが成立するのかについて検討している。さらにHarrisは、コミュニケーションの特徴の 2.で上げた取引不可能であったサービスが取引可能となるというような性質に注目し、コミュニケーション・ネットワークの存在によって、空間的制約を越えて可能となるサービスの取引を“仮想的移動(Virtual Mobility)”と呼び、この移動性による生産要素市場への効果を分析している。Kikuchi(2002)は、Harrisの研究を基礎にし、国または地域に特殊的なコミュニケーション・ネットワークが存在し、その存在がどのように貿易パターン(比較優位構造)に影響するのかを検討している。またKikuchi(2003)においては、ネットワークの国際的相互接続可能性が、貿易パターンや貿易利益にどのように影響を与えるのかが検討されている。

本稿は、Kikuchi(2003)において指摘されている、コミュニケーション・ネットワークの形成について、ゲーム理論をベースとしたネットワーク形成モデル⁴を応用し、国々がどのようなコミュニケーション・ネットワークの構造を選択し、そのネットワーク構造が貿易関係国の経済厚生にどのような影響を与えるのかを検討する。モデルは、それぞれの国がリンクを張

¹ この分析の先行分野は産業組織論である。たとえばShy(1996)(2001)を参照。

² 菊池(2001)も参照

³ Harrisは時間と空間という概念の相違に注目している。Melvin(1990)参照

⁴ Jackson and Wolinsky(1996)を参照。ネットワーク形成モデルを国際貿易の分野に応用した文献としては、Furusawa and Konishi(2002)、Goyal and Joshi(1999)などがある。

る意思決定をする。その結果形成されたネットワークを介して中間財貿易をして最終財を生産、貿易をおこなう。導かれる結論は、コミュニケーション・ネットワークは、単一ですべての国々がリンクを張る完備グラフ型ネットワークとなる。しかし、このネットワークでは、社会全体の経済厚生に対して望ましくない可能性が存在する。

以下、2章では、経済環境を描く貿易モデルを Kikuchi(2003)を中心に紹介する。3章では、2章の貿易モデルを基礎として、コミュニケーション・ネットワークの構造・形成に焦点をあてたモデルを構築する。ネットワーク形成モデルを利用して、どのようなコミュニケーション・ネットワークが形成され、そのネットワークの存在が、経済厚生に対しどのように影響を与えるのかを検討する。4章は、結語である。

2. 貿易モデル

本章では Kikuchi(2003)を中心に、貿易モデルを紹介する。

2.1 モデル

世界全体に M 国が存在する多数国モデルである。各国は、2種類の最終消費財（ X 財、 Y 財）を完全競争市場の下で生産している。各国の生産要素は、 L 単位の労働のみである。 Y 財は労働を生産要素とし、収穫一定の技術で生産される。以下 Y 財をニュメールとする。他方、 X 財は差別化された中間財のみを生産要素とし、収穫一定の技術で生産される財である。この中間財は、独占的競争市場の下で生産している。ここで重要な仮定として、中間財生産においてネットワークを介してコミュニケーションをすることを必要とする、という点である。たとえば、ネットワークを介してのみ提供されるサービスの存在を仮定する。以下ではこの財をネットワーク財と呼ぶ。そして X 財の生産関数と単位費用関数は次のようになる。

$$\text{生産関数： } X = \left(\sum_{k=1}^n x_k^\rho \right)^{1/\rho}, 0 < \rho < 1 \text{ } ^{56}$$

⁵ パラメータ ρ の役割は、差別化財を特徴化させるものである。

- ・ $\rho \rightarrow 1 (\sigma \rightarrow \infty)$: 異なるブランドが完全代替になる。
- ・ $\rho > 0 (\sigma > 1)$: 同質財と差別化財の弾力性はここでは 1 である。もし $\rho < 0 (\sigma < 1)$ であると、ある特定差別化財と同質化財との代替関係が、特定差別化財とその他の差別化財との代替関係を上回り、差別化財をグループ化する必要性がなくなる。

⁶ この定式化により、ネットワーク財の生産性が、中間財の種類が拡大するにつれて向上するモデルになる。すべてのネットワーク財が同じ数量ずつ生産のために投入されるとする ($x_i = x$)。そのとき総投入量 $M = nx$ となるので、ネットワーク財の平均生産性は、 $\frac{X}{M} = n^\rho$ である。平均生産性は、 n と

$$\text{単位費用関数： } C = \left(\sum_{k=1}^n p_k^{\frac{\rho}{\rho-1}} \right)^{\frac{(\rho-1)}{\rho}}$$

n は利用可能なネットワーク財の種類, x_k はネットワーク財 k の量, p_k はネットワーク財 k の価格である. 代替の弾力性は $\sigma \equiv 1/(1-\rho) > 1$ ⁷ とする.

ネットワーク財の生産企業は, 生産をするには $\alpha + \beta x_k$ の労働力が必要となると仮定する. α は, ネットワーク接続・維持費用であり⁸, β は財 x_k を生産するための限界労働量を表す. 単純化のために本稿を通じて, x 財を対称として扱う.

各国それぞれの消費者は, 同じ選好をもつとする. そのため代表的消費者を考えることができ, 代表的消費者の効用関数は以下ようになる.

$$u = X^\lambda Y^{1-\lambda}$$

2.2 閉鎖経済均衡と貿易均衡

ここでは, 閉鎖経済均衡値と貿易均衡値を求め, 先行研究が求めた結果をまとめる.

Autarky Equilibrium

はじめに供給側から検討する. 労働賃金率を ω とし, ネットワーク財に対する生産の仮定から, 各企業の費用関数は, $\omega(\alpha + \beta x)$ となり, 利潤最大の条件より, 次の価格決定式が導かれる.

$$p = \frac{\sigma}{\sigma-1} \beta \omega$$

一般性を失わないので, $\beta = (\sigma-1)/\sigma$ を仮定する. したがって, $p = \omega$ となる. またこのモデルは, 参入・退出が自由で, 独占利潤がゼロになるまで参入が続く. これより均衡生産量 \bar{x} を求めることができる.

$$\bar{x} = \alpha \sigma$$

ともに上昇する.

⁷ ここで代替の弾力性を $\sigma > 1$ と仮定するのは, ある特定のネットワーク財が最終財生産に絶対に必要不可欠なものではないことを意味するためである.

⁸ この仮定が表現していることは, 1. コミュニケーション・サービスの提供に際しての収穫一定, 2. コミュニケーション・サービスについての価格設定が平均費用ベースでなされていることを意味している.

閉鎖均衡において、 $P=C$ の関係が成り立つ⁹。よって、

$$P=C=n^{1/(1-\sigma)} = (\alpha\sigma)^{1/\sigma} X^{1/\sigma}$$

となり、 X について解けば、労働制約より、 X 財の最大生産量と費用が決定される。

$$\bar{X}=L^{1/(\sigma-1)}(\alpha\sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

$$\underline{C}=(L/\alpha\sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

需要サイドについては、代表的消費者が、コブ・ダグラス型選好のもつという仮定より需給均衡条件として次の式が導かれる。

$$P\bar{X} = \lambda L$$

以上より、閉鎖経済均衡値を求めることができる。閉鎖経済下での財の種類は、 $n^A = \lambda L / \alpha\sigma$ となり、均衡価格および X 財の生産量は、次のようになる¹⁰。

$$P^A = (\lambda L / \alpha\sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

$$X^A = (\lambda L)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha\sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

Trading Equilibrium

世界において、 $m(m < M)$ 国が、それぞれの国のコミュニケーション・ネットワークを相互に接続していると想定する。これらの国々をネットワーク連結国と呼ぶ。(以下では「連結国」とする。)他方、 $M-m$ 国は、自国のコミュニケーション・ネットワークを他国と接続していないとする。これらの国々をネットワーク非連結国と呼ぶ。(以下では「非連結国」とする。)

貿易均衡は、 X 財への世界全体の支出シェア(選好度)と相互に接続されたコミュニケーション・ネットワークの規模の関係に依存し、以下では2つのケースが存在する。

1. $\lambda \leq m/M$

このケースでは、連結国の X 財の生産力が世界全体の X 財の需要量を超えている。そのため、連結国が両財を生産する。これに対して非連結国は、 Y 財に特化する。連結国が X 財を輸出し、 Y 財を輸入するという貿易パターンをとる。($\lambda = m/M$ であるときは、連結国が X 財に特化、非連結国が Y 財に特化というパターンになる。) 貿易均衡における価格と生産量は次

⁹ ネットワーク財の国際的取引が存在しない場合、すべての財・サービスを国内で供給することになる。これにより X 財の価格が、その費用と等しくなることを表している。他方、 Y 財が国内で生産されているので、 $p = w = 1$ が成立する。

¹⁰ 添字のAは閉鎖経済均衡を表す。

のようになる¹¹.

$$P^T = (\lambda ML / \alpha \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$
$$X^T = (\lambda ML)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

2. $\lambda > m/M$

このケースでは、連結国のX財の生産力が世界全体のX財の需要量を下回る。したがって、連結国がX財に特化、非連結国がY財に特化というパターンとなる。このケースでは、それぞれの国々がX財生産かY財生産に完全特化するため、均衡のもとで、賃金率が変化する。連結国の賃金率は、Balance-of-Payment条件である $\omega^m (1-\lambda)mL = (M-m)\lambda L$ ¹²にしたがう。

よって、貿易均衡における価格と生産量は次のようになる。

$$P^T = (mL / \alpha \sigma)^{1/(1-\sigma)} \frac{(M-m)\lambda}{m(1-\lambda)}$$
$$X^T = (mL)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

となる。

ここで求められた閉鎖経済均衡及び貿易均衡から、比較優位構造について次の命題が成立する。

命題 2-1

連結国が、X財の比較優位をもつ。

これは、連結国が非連結国に対して X 財に関して優位な費用構造をもち、単純なプロセスを検討することにより求められる。

また貿易の利益の分配も、X 財に対する支出シェア（選好度）とネットワークの規模に依存する。X 財に対する支出シェアより十分にネットワークの規模が大きい場合、すべての国において Y 財を生産することから、賃金率が均等化し各国が等しく利益を得る。支出シェアに対してネットワークの規模が小さい場合、連結国がX財の生産に特化し、非連結国がY財の生産に特化する。このため賃金率が乖離し、非連結国が損失を被る可能性が発生する。これらの結果をまとめると次の命題となる。

¹¹ 添え字のTは貿易均衡を表す。

¹² 添え字のmは連結国を表す。

命題 2-2

もし、 $\lambda \leq \frac{m}{M}$ であるならば、すべての国は、貿易から利益を得る。

もし、 $\lambda > \frac{m}{M}$ であるならば、非連結国は、貿易より不利益を被る。

さらにここで、連結国とネットワークの規模について検討する。実質所得を $w^m = \omega^m / (P^T)^\lambda$ とする。全微分することによって、次の式が求められる¹³。

$$\frac{d \ln w^m}{d \ln m} = (1-\lambda) \frac{M}{M-m} + \frac{\lambda}{\sigma-1}$$

この式の右辺第 1 項は、貿易からの損失という負の効果を表す。また、右辺第二項は、X 財の生産性の増加から正の効果を表す。

(第一項) = (第二項) が成立する条件は

$$\frac{m}{M} = 1 - \frac{(1-\lambda)(\sigma-1)}{\lambda}$$

となる。したがって、次の命題が求められる。

命題 2-3

非連結国が新たにネットワークに接続すれば、この変化より利益を得る。しかし、ネットワーク国では $\frac{m}{M} < 1 - \frac{(1-\lambda)(\sigma-1)}{\lambda}$, $\left(1 - \frac{(1-\lambda)(\sigma-1)}{\lambda} > 0 \right)$ が満たされない限り、不利益を被る。

本章では、貿易モデルを紹介し、コミュニケーション・ネットワークが存在した場合の貿易のパターンや利益などについて、検討された。ただし、ネットワークの構造については、所与として扱っている。次節では、コミュニケーション・ネットワークの形成を明示的に考慮したモデルを分析する。

¹³ ここでは、m を連続変数とみなして分析している。連続変数型の貿易モデルについては Kikuchi(2005) を参照。

3. ネットワーク形成モデル

本章では、前章の貿易モデルを基礎として、コミュニケーション・ネットワークの形成に焦点を当てるモデルを構築し、分析する。モデルの構造は、それぞれの国がすべての国々と一対一な関係においてネットワークを形成するか否かを決定する。その結果形成されたコミュニケーション・ネットワークを利用して、財の生産をし、貿易をする。

3.1 ネットワーク形成モデル

Players

プレイヤーはグラフ(*graph*)上の点(*vertex*)または節点(*node*)と呼ばれる要素である。プレイヤー集合を $V = \{1, \dots, M\}$ で表す¹⁴。

Networks

ネットワークは、グラフ $g = (V, E)$ で表現する。集合 V は、グラフ上の点(*Vertex*)の集合であり、プレイヤーの集合を表現する¹⁵。集合 E とは、辺(*edge*)またはリンク(*link*)と呼ばれる要素の非順序な対のすべてのリストからなる。

g を任意のグラフとする。 V 上のすべての可能なグラフの集合を $\{g \mid g \subseteq g^V\}$ とする。またここでは節点が入れ替わったとしても、グラフの形が変化しなければ同じグラフと見なす。この性質をユニーク・ネットワーク (*unique network*) と呼ぶ。

リンク $\{i, j\}$ とはプレイヤー i と j のみを含んでいる V の部分集合である¹⁶。 $ij \in g$ は g において ij が存在すること、 $ij \notin g$ は、 g において ij が存在しないことを表す。 $g + ij$ は現在の g に ij を加えることであり、 $g - ij$ は現在の g から ij を消去することである ($g + ij = g \cup \{i, j\}$, $g - ij = g \setminus \{i, j\}$)。ネットワーク上のプレイヤー同士が、リンクを張るためには双方のプレイヤーの合意が必要である。ただし、リンクの切断に関しては一方的にできるとする。

¹⁴ $n \geq 3$ とする。

¹⁵ ここでのグラフは、無向グラフ(non-direct graph)である。

¹⁶ 以下では g はネットワーク(グラフ)、 i (or j) は任意のプレイヤー(点)、 ij は任意のリンクを意味する。

Cost function

以下のようなネットワーク財の費用関数を想定する。もし自国でネットワーク財を生産しなければならないならば自国内のネットワークが必要となり、他国とネットワーク財貿易をおこなわなくてもネットワーク財を生産するためには α_0 というネットワーク費用を払わなければならない。さらに m 国と新たなネットワークを構築した場合、それぞれの企業は α_m という費用を要する。この費用関数 α は増加関数であるが、限界的には逡減すると仮定する。これは、費用が接続費用と維持費用の両方を含んでいるからである。ネットワークを形成している国数が多くなれば多くなるほど接続費用の分は大きくなる。しかし維持費用はリンクが増えれば増えるほど、効率的に維持できるようになるので、リンク1つあたりの維持費用は下がるとする。この仮定は、Kikuchi(2003)などの貿易モデルとは異なる想定である。Kikuchiモデルでは、経済社会には、自然独占となっているようなネットワークを供給する企業が各国に存在し、その各国のネットワークの接続に関しては、費用はかからないものとしている。しかし、本稿では、各国のネットワーク接続にも費用がかかるとする。¹⁷

Utility function from networks

プレイヤー i の g から得られる効用は $U_i : G \rightarrow \mathbb{R}_+$ で表す。貿易モデルより

$$\begin{aligned} U_i &= u_i(X_i(g), Y_i(g)) = X_i^\lambda \Big|_g \\ &= \frac{(\lambda mL)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}}{m} \end{aligned}$$

以下 U_i を $u_i(g)$ と表現する。また、 g における ij からの限界効用を $\Delta u_i^{ij}(g) = u_i(g) - u_i(g \setminus \{i, j\})$ と表す。貿易モデルより、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \Delta u_i^{ij}(g) &= u_i(g) - u_i(g - ij) = \Delta_i X = X_i^\lambda \Big|_g - X_i^\lambda \Big|_{g-ij} \\ &= \frac{(\lambda mL)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}}{m} - \frac{(\lambda(m-1)L)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-2} \sigma)^{1/(1-\sigma)}}{m-1} \end{aligned}$$

Stability

すべてのプレイヤーが現在のネットワーク上の状況から変化するインセンティブをもたない状態であるとき、ネットワークが安定しているという。本稿では Jackson and Wolinsky

¹⁷ インターネットなどのネットワークを利用した合意形成に関して、Bailey(1996)を参照。

の Pair-wise Stability を利用する.

定義 Pair-wise Stability

ネットワークが以下どちらかの条件をみたすとき,相互安定性を満たされる.

- (a) for $\forall ij \in g$,
 $u_i(g) \geq u_i(g - ij)$ and $u_j(g) \geq u_j(g - ij)$
- (b) for $\forall ij \notin g$
if $u_i(g + ij) > u_i(g)$ then $u_j(g + ij) < u_j(g)$

具体的には,ネットワークが安定性を満たしているとき g から任意の ij を取り去っても, i と j の両者にとって決して現在よりも利得が増えない.また g に任意の ij を加えたとき, i にとっての利得が増えたとしても, j にとっては利得が増えない状態である.また, (b)の条件は, i が ij を張ることを強く選好し,かつ j にとって ij を張ることが無差別であるなら, i と j がリンクを張ることを表わしている.

3.2 Result : Communication Network Formation and Economic Welfare

ここでは,どのようなコミュニケーション・ネットワークが安定的となるかを分析して安定的なネットワークと社会厚生との関係を考察する.さらに4カ国モデルを利用して詳細な分析をする.

3.2.1 コミュニケーション・ネットワーク形成

各国が他の国々とリンクを張るか否かは X 財の生産能力の変化や財の種類の変化による効用の変化と,費用の変化による負効用の変化とを比較して決定する.

これより,ネットワーク形成に関して次の命題が得られる.

命題 3-1

コミュニケーション・ネットワークは完備グラフ型ネットワークとなる.

<Proof>

安定性の定義より,(a)か(b)のどちらかの条件を満たす場合,ネットワークは安定的とな

る.ここでは(a)の条件を見る.条件(a)は,プレイヤー*i*と*j*双方にそのリンクを切断するインセンティブをもたないという条件である.

新しいネットワーク形成によって変化する効用は次のようになる.

$$\begin{aligned} \Delta u_i^{ij}(g) &= u_i(g) - u_i(g - ij) = \Delta_i X = X_i^\lambda \Big|_g - X_i^\lambda \Big|_{g-ij} \\ &= \frac{(\lambda mL)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}}{m} - \frac{(\lambda(m-1)L)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-2} \sigma)^{1/(1-\sigma)}}{m-1} \end{aligned} \quad (1)$$

右辺第一項は,新たに*ij*が張られたときの*i*のX財の生産能力を表している.右辺第1項の分子の前半部分がネットワーク形成によるX財の生産量の拡大を表し,後半部分が費用増加における生産量に対するマイナスの効果を表している.第2項は,*ij*を張らない場合の*i*のX財の生産能力を表す. $\sigma > 1$ の仮定より,(1)式は,正の値となる.補題2より,コミュニケーション・ネットワークは,完備グラフ型ネットワークとなる.(Q.E.D.)

それぞれの国が,リンクを張る機会をもった他国とリンクを張るインセンティブをもち,また同時に,リンクを切断するインセンティブをもたない.したがって,完備型グラフのネットワークが形成される.

3.2.2 経済厚生

前節で求められたネットワークは世界全体の経済厚生に対して,いかなる影響を与えるであろうか.まず初めにネットワークの形状を固定して,X財の生産能力を比較する.(表1)

社会全体のX財の生産能力は,完備型のネットワークが一番高い.しかし,技術水準などの対称性の仮定より,ネットワーク財(産業内)貿易はなされているが,最終財の貿易は存在しない.(空型ネットワークも最終財の貿易は存在しない)対して空型以外の非連結グラフ型ネットワークにおいては,最終財の貿易が存在し特化の利益が存在する.

表1. X財の生産能力比較

空型	$S^0(X) = M(\lambda L)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_0 \sigma)^{1/(1-\sigma)}$
非連結	$S^D(X) = (\lambda ML)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)} \leq (mL)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}$
完備型	$S^C(X) = (\lambda ML)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{M-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}$

Disconnected-graph type Network and Trading Equilibrium

ネットワークの形状が、非連結グラフ型の場合において、貿易均衡はどのようになるのか。以下の2ケースが考えられる。

1. $\lambda \leq m/M$

このケースでは、コミュニケーション・ネットワーク形成国のX財の生産力が世界全体のX財の需要量を超えている。そのため、ネットワークを形成している国が両財を生産、残りの国がY財に特化というパターンをとり、ネットワーク国がX財を輸出し、それに対しY財を輸入するという貿易パターンをとる。（ $\lambda = m/M$ のケースは、ネットワークを形成している国がX財に特化、残りの国がY財に特化というパターンになる。）したがって、貿易均衡における価格と生産量は次のようになる。

$$P^T = (\lambda ML / \alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$
$$X^T = (\lambda ML)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

2. $\lambda > m/M$

このケースでは、コミュニケーション・ネットワーク形成国のX財の生産力が世界全体のX財の需要量を下回る。したがって、ネットワークを形成している国がX財に特化、残りの国がY財に特化というパターンとなる。よって、貿易均衡における価格と生産量は次のようになる。

$$P^T = (mL / \alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)} \frac{(M-m)\lambda}{m(1-\lambda)}$$
$$X^T = (mL)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{m-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

Trading Equilibrium v.s. 'BIG' Autarky Equilibrium

上で求めた貿易均衡と、完備型グラフのネットワークでの均衡値を比較する。完備グラフ型ネットワークのもとで生産されるX財の価格と生産量は次のようになる。

$$P^C = (\lambda ML / \alpha_{M-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$
$$X^C = (\lambda ML)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_{M-1} \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

したがって、 $\lambda \leq m/M$ のケースでは、 $\alpha_{m-1} < \alpha_{M-1}$ より $P^T < P^C$ 及び $X^T > X^C$ となる。対し

て $\lambda > m/M$ のケースでは, $P^T > P^C$ 及び $X^T < X^C$ となる.そこで,以下の補題および命題が導かれる.

補題 1.

1. $\lambda > m/M$ のケースでは,完備型ネットワークの存在は経済厚生に正の効果をもたらす.
2. $m/M \geq \lambda$ のケースでは,完備型ネットワークの存在は経済厚生に負の効果をもたらす.

命題 3-2

安定性をみたまコミュニケーション・ネットワークの存在は, X 財の社会的選好が高くない限り ($\lambda > m/M$),社会全体の経済厚生を最大にしない

3.3 Example : 4 カ国モデル

点は国を表し,リンクはネットワーク財の貿易関係の有無を表現する.コミュニケーション・ネットワークの構造は,(図1)の6タイプの可能性がある.

タイプ1のネットワークは,それぞれの国がネットワーク財を貿易しないケースを表現している.タイプ2のネットワークは,2国がコミュニケーション・ネットワークを構築し財を生産,残りの国が単独で財を生産し,最終財の貿易をするケースである.

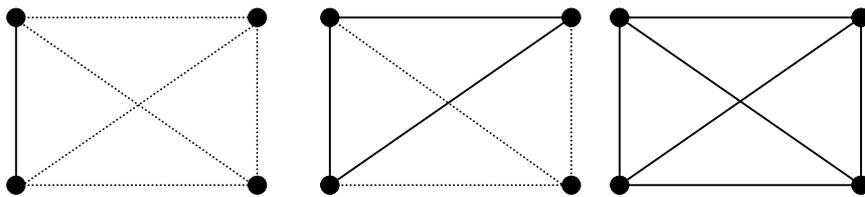
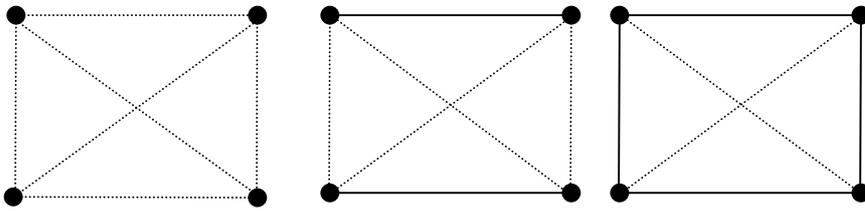
このケースにおいて,以下2種類のパターンが存在する.

- 1 : コミュニケーション・ネットワークを形成している国が両財を生産,残りの国が Y 財に特化
- 2 : コミュニケーション・ネットワークを形成している国が X 財に特化,残りの国が Y 財に特化

タイプ3のネットワークのケースは,2国づつコミュニケーション・ネットワークを形成し,ネットワーク財貿易をするが,ネットワーク自体が対称的で最終財の貿易をしない.

タイプ4のネットワークでは,3国がコミュニケーション・ネットワークを構築し財を生産,残りの国が単独で財を生産し,最終財の貿易をする.貿易パターンは,タイプ2のケースと同様である.

Type.1 : $g_1 = (4,0)$ Type.3 : $g_3 = (4,2)$ Type.5 : $g_4 = (4,4)$



Type.2 : $g_2 = (4,1)$ Type.4 : $g_4 = (4,3)$ Type.6 : $g_6 = (4,6)$

(図1) $V=4$ のときのネットワーク構造

タイプ5のネットワークのケースは、すべての国が一つのネットワークを形成しているが、ネットワーク内ですべての国とリンクを張るのではなく、2国ずつリンクを張っている。

タイプ6のネットワークのケースは、すべての国が他のすべての国とネットワーク財の貿易の関係を結ぶケースである。

それぞれの国は、どのようなリンクを張ることを望み、結果どのようなネットワークが形成されるのか。

系1.

コミュニケーション・ネットワークは、完備グラフ型ネットワークとなる。

< proof >

命題1から明らかであるが、具体的に検討する。

リンクを張らない場合

$$S^0(X) = (\lambda L)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_0 \sigma)^{1/(1-\sigma)}$$

リンクを1つ張る場合

$$S^1(X) = \frac{(2\lambda L)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_1 \sigma)^{1/(1-\sigma)}}{2}$$

リンクを2つ張る場合

$$S^2(X) = \frac{(3\lambda L)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_2 \sigma)^{1/(1-\sigma)}}{3}$$

他のすべての国とリンクを張る場合

$$S^3(X) = \frac{(4\lambda L)^{\sigma/(\sigma-1)} (\alpha_3 \sigma)^{1/(1-\sigma)}}{4}$$

$\sigma > 1$ の仮定より, $S^3(X) > S^2(X) > S^1(X) > S^0(X)$ となり, すべてのプレイヤーは, 他のすべてのプレイヤーとリンクを張るインセンティブをもつ. したがって, 完備グラフ型ネットワークが形成される. (Q.E.D)

以上で求められたネットワークは社会的な効率性についていかなる影響を与えるだろうか. これについては以下の系が導かれる.

系 2.

$\frac{3}{4} \geq \lambda$ の場合, 安定性を満たすネットワークは経済厚生を最大にしない.

系 2 の証明の代わりに, $\sigma = 2$ と仮定し, $\lambda = \frac{4}{5}, \frac{3}{4}, \frac{1}{2}$ の 3 ケースについて具体的に検討する.

$\lambda = \frac{4}{5}$ の場合, 各タイプのネットワークの X 財の生産量と価格は,

$$\text{タイプ 1 : } X^1 = \frac{32}{25} L^2 / \alpha_0, P^1 = 5\alpha_0 / 2L$$

$$\text{タイプ 2 : } X^2 = 2L^2 / \alpha_1, P^2 = 4\alpha_1 / L$$

$$\text{タイプ 3 : } X^3 = \frac{64}{25} L^2 / \alpha_1, P^3 = 5\alpha_1 / 4L$$

$$\text{タイプ 4 : } X^4 = 9L^2 / 2\alpha_2, P^4 = 8\alpha_2 / 9L$$

$$\text{タイプ 5 : } X^5 = \frac{96}{25} L^2 / \alpha_2, P^5 = 5\alpha_2 / 6L$$

$$\text{タイプ 6 : } X^6 = \frac{128}{25} L^2 / \alpha_3, P^6 = 5\alpha_3 / 8L$$

$\lambda = \frac{3}{4}$ の場合, 各タイプのネットワークの X 財の生産量と価格は,

$$\text{タイプ 1 : } X^1 = \frac{9}{8} L^2 / \alpha_0, P^1 = 8\alpha_0 / 3L$$

$$\text{タイプ 2 : } X^2 = 2L^2 / \alpha_1, P^2 = 3\alpha_1 / L$$

$$\text{タイプ 3 : } X^3 = \frac{9}{4} L^2 / \alpha_1, P^3 = 4\alpha_1 / 3L$$

$$\text{タイプ 4 : } X^4 = 9L^2 / 2\alpha_2, P^4 = 2\alpha_2 / 3L$$

$$\text{タイプ5 : } X^5 = \frac{27}{8}L^2 / \alpha_2, P^5 = 8\alpha_2 / 9L$$

$$\text{タイプ6 : } X^6 = 9L^2 / 2\alpha_3, P^6 = 2\alpha_3 / 3L$$

$\lambda = \frac{1}{2}$ の場合,各タイプのネットワークの X 財の生産量と価格は,

$$\text{タイプ1 : } X^1 = L^2 / 2\alpha_0, P^1 = 4\alpha_0 / L$$

$$\text{タイプ2 : } X^2 = 2L^2 / \alpha_1, P^2 = \alpha_1 / L$$

$$\text{タイプ3 : } X^3 = L^2 / \alpha_1, P^3 = 2\alpha_1 / L$$

$$\text{タイプ4 : } X^4 = 2L^2 / \alpha_2, P^4 = \alpha_2 / L$$

$$\text{タイプ5 : } X^5 = \frac{3}{2}L^2 / \alpha_2, P^5 = 4\alpha_2 / 3L$$

$$\text{タイプ6 : } X^6 = 2L^2 / \alpha_3, P^6 = \alpha_3 / L$$

最終財の貿易は,タイプ2とタイプ4のネットワークにおいて存在する.よって, $\lambda \leq \frac{3}{4}$ の場合では,X 財の生産をネットワーク形成国に集中することで,特化の利点が働き,完備型のネットワークに対して,最終財貿易の存在する非連結型ネットワークのほうが,経済厚生が高くなる.特に $\lambda = \frac{3}{4}$ の場合,タイプ4が, $\lambda = \frac{1}{2}$ の場合,タイプ2のネットワークが,X財の生産をネットワーク形成国,Y 財を非ネットワーク形成国と完全特化の状態となる.そのために,経済厚生は一番高くなる.X 財に対する選好レベルにかかわらず各国レベルにおいては,リンクを張る利点があり,完備型のネットワークが形成されるが, $3/4 \geq \lambda$ の場合では社会全体の経済厚生を最大にしない.

4. 結語

本稿では,コミュニケーション・ネットワークを構築することによって,収穫逓増となる部門が存在する世界で,どのようなネットワークが形成され,そのネットワークの存在が経済厚生にどのような影響を与えているのか検討した.本稿の結論では,X 財に対する社会全体の選好に依存することなく,コミュニケーション・ネットワークの構造は,完備グラフ型となる.ただし,このネットワークの存在は,社会全体の X 財に対する選好が高くない限り,経済厚生を最大にしないことも導いた.

ただし,本稿では,ネットワークの形成と経済厚生という側面に分析の焦点をあてているため,Kikuchi(2003)で検討されている,あるネットワーク構造における比較優位や貿易の利益の分析や中西・菊地(2003)論文での,ネットワークの形成過程と比較優位や貿易の利益との関係などについては今後の課題としたい.

補論

補題 2 . 任意の ij について, ネットワークは

1. $\Delta u^{ij}(g) > 0$ の場合, 完備グラフ型ネットワークとなる.
2. $\Delta u^{ij}(g) < 0$ の場合, 空グラフ型ネットワークとなる.

<Proof>

- 1 . $\Delta u^{ij}(g) > 0$ より, 出会うすべてのプレイヤーがリンクを張ることを望む. プレイヤー i と j は出会い, もし互いに直接リンクを張っていないのであれば, リンクを張ることにより, $\Delta u^{ij}(g)$ をそれぞれ得る. これより, 新たなリンクが発生する. 同様な理由より, もしプレイヤーが直接リンクを切断すると利得が必ず減る. それゆえ, 切断されるリンクは存在しない. よって, ネットワークは完備型となる.
- 2 . $\Delta u^{ij}(g) < 0$ とする. ある 2 人のプレイヤー i と j は出会い, リンクを張る機会をもたせよう. もしリンクを張ると, それぞれのプレイヤーは $\Delta u^{ij}(g)$ の利得を受け取る. よってプレイヤーは, リンクを張ることを拒む. 同様に任意のプレイヤーに対し同様の理由よりリンクは張られない. 結局出会うすべてのプレイヤーがリンクを張ることを望まない. このことより安定性をみたらネットワークは空型グラフとなる. (Q.E.D)

参考文献

- [1] Bailey,J.P. (1996) "**Economics and Internet Interconnection Agreement,**" *The Journal of Electronic Publishing*. Vol. 2.
<http://www.press.umich.edu/jep/works/BailEconAg.html>
- [2] Furusawa,T. and H.. Konishi(2002) "**Free Trade Networks,**" Boston College Working Papers 548.
- [3] Goyal,S. and . Joshi(1999) "**Bilateralism and Free Trade,**" forthcoming
International Economic Review.
- [4]Harris,R.G.(1995)"**Trade and Communication Cost,**" *Canadian Journal of Economics* Vol.28. S46-S75.
- [5]Harris,R.G.(1998)"**The Internet as the GPT: Factor Market Implications,**" in Helpman,E(ed.) *General Purpose Technologies and Economic Growth*, Cambridge: The MIT Press.
- [6] Jackson,M.O. and A. Wolinsky, (1996) "**A Strategic Model of Social and Economic Network,**" *Journal of Economic Theory*71, 44-74.
- [7] 菊地徹(2001) 『収穫逓増と不完全競争の貿易理論』勁草書房
- [8] Kikuchi,T.(2002)"**Country-Specific Communications Networks and International Trade in a Model of Monopolistic Competition,**" *Japanese Economic Review* Vol.53.167-176.
- [9]Kikuchi,T.(2003)"**Interconnectivity of Communications Networks and International Trade,**" *Canadian Journal of Economics* Vol.36. 155-167
- [10]Kikuchi,T.(2005)"**On the Enlargement of Interconnected Communications Networks in the World Economy,**" *The Quarterly Review of Economics and Finance* Vol.45.18-27
- [11] 松山公紀(1994) 「独占的競争の一般均衡モデル」 岩井克人・伊藤元重(編) 『現代の経済理論』東京大学出版会 , 103-137
- [12] Markusen, J.R (1989) "**Trade in Producer Services and in Other Specialized Intermediate Input,**" *The American Economic Review* Vol.79,No.1 85-95.
- [13]Melvin,J.R (1990)"**Time and Space in Economic Analysis,**" *Canadian Journal of Economics* Vol.23. 725-747.

[14]中西訓嗣・菊地徹(2003)「ネットワーク統合の継続的拡大と国際貿易」『国民経済雑誌』
(神戸大学) 187(1), 13-25.

[15]Yonezaki,K.(2005) "International Trade and Communication Network Formation"
mimeo.