環太平洋産業連関分析学会
第 35 回（2024 年度）全国大会

ノン・サーベイ法の課題と今後の展開

Challenges and future development of non-survey methods

内田 瑞生[1]

1. はじめに

ある地域・期間における産業間等での財・サービスの流れを 1 つの行列にまとめた産業連関表は，地域の経済構造や地域政策による経済波及効果を分析するための基礎資料として活用されている．特に，少子化や東京一極集中に伴う地方での人口減少や地方創生の推進を背景に，市町村等を対象とする地域産業連関表の活用ニーズが高まっている．しかし，継続的に産業連関表を作成する市町村は限られており，今後，作業負担の軽減等に取り組む必要がある（兵法・菊池（2021））．

産業連関表の作成手法には，特別調査に基づくサーベイ法，既存統計のみを用いるノン・サーベイ法，これらの中間にあたるセミ・サーベイ法（ハイブリッド法）の 3 種類がある．3 つの手法のうちで最も高い精度を期待できるのはサーベイ法であるが，サーベイ法は投入調査や移輸出入調査といった大規模な特別調査を必要とするため，作表に多大な費用・時間を要するという課題がある．そのため，市町村産業連関表を作成する場合には，ノン・サーベイ法またはセミ・サーベイ法のいずれかを用いるのが一般的である．

ノン・サーベイ法およびセミ・サーベイ法は，特別調査の全てまたは一部を既存統計に基づく推計に置き換えることで費用・時間の削減を可能とする手法である．特に，ノン・サーベイ法は，文字通り特別調査を一切必要としないため，サーベイ法と比べて大幅な費用・時間削減が可能となるが，推計誤差が生じやすいという課題を有する．こうしたノン・サーベイ法の課題に対処するため，特別調査を部分的に用いて精度の高さと費用・時間削減の両立を図るのがセミ・サーベイ法である．しかし，セミ・サーベイ法は，ノン・サーベイ法を土台とした手法であるため，セミ・サーベイ法の精度は，ノン・サーベイ法の精度に依存する（Lahr (1993)）．したがって，市町村等を対象とする地域産業連関表の精度向上を図る上で，ノン・サーベイ法に関する研究蓄積は重要な意義をもつと考えられる．

また，近年，菅（2019）や菅・井手・居城・渡部・猪田・須原（2023）等，ノン・サーベイ法により全国の市区町村産業連関表を作成する取組みが進められている（兵法・菊池（2021））．こうしたノン・サーベイ法の多地域への展開は，経済構造の地域間比較や地域間連携等を進める上で有効であると考えられる．しかし，既存統計のみでは地域産業連関表の作成において最も重要な要素（石川（2016））である地域間交易の把握が困難であり，菅（2019）では，ノン・サーベイ法の精度の低さを理由に移出入が推計対象外となっている．こうした状況は，今後，地域産業連関表の活用上の障壁にもなりうるため，地域間交易の精度向上は，ノン・サーベイ法の最重要課題といえる．

[1] 八千代エンジニヤリング株式会社（mz-uchida@yachiyo-eng.co.jp）

ノン・サーベイ法の代表的手法であるLQ（location quotient，特化係数）法は，国内外において最も多くの適用事例を有する．一方で，LQ法は，本来，海外で一般的な非競争移輸入型表への適用を想定した手法であり，後述するように，日本で一般的な競争移輸入型表に適用すると移輸入が二重計上されるという理論的な齟齬が生じる可能性がある．しかし，国内では，こうした問題提起が十分になされないまま，長らくLQ法が用いられてきた経緯がある．

また，LQ法の実務上の課題として，列方向・行方向の域内生産額（CT，control totals）を整合させるバランス調整がある．LQ法では，通常，移輸入額の推計後にバランス調整の一環として移出額が決定されるが，この際，移出額の推計値が負になる場合があり，他の部門を含めた事後的なバランス調整が必要になることがある．こうしたバランス調整によって，各部門の推計誤差が移輸出入額に蓄積される可能性がある．こうしたバランス調整が引き起こす問題は，LQ法に限らず，他の多くのノン・サーベイ法に共通する問題であるため，今後，議論を深めていく必要があると考えられる．

そこで，本報告では，こうしたノン・サーベイ法の実務上の課題解消に向けて，理論的および実践的な立場の両面から議論することを目的とする．まず，第2章において，ノン・サーベイ法における移輸入の扱いおよびバランス調整に関する課題と改善策を取り上げる．次に，第3章において，発展的手法を取り上げた上で，ノン・サーベイ法の現在の到達点および今後の課題について議論する．

2.　ノン・サーベイ法における移輸入の扱い・バランス調整に関する課題と改善策

2.1. ノン・サーベイ法の推計の流れの概要

ノン・サーベイ法では，通常，推計対象となる地域を含む基準地域の産業連関表（例：対象市町村の属する都道府県表．以下，基準表）を用いて推計が行われる．これは，基準地域に含まれる全地域の域内生産額等の合計金額が基準表より明らかであるため，従業者数等の何らかの既存統計による按分が容易であるためである．具体的には，域内生産額・中間投入額・粗付加価値額・域内最終需要額・基準地域外との移輸出入額は，何らかの指標に基づく按分により推計可能である．

一方で，基準地域内での地域間交易に伴う移出入額は，基準表において域内需要として扱われるため，按分により推計することができない．地域間交易を把握することは経済波及効果の域外への漏れを把握することを意味するため，地域産業連関表の作成において最も重要な要素（石川（2016））であるが，同時に，ノン・サーベイ法において最も精度を確保しづらい要素となっている．そのため，移出入調査等の特別調査により作成された基準表（例：都道府県や国の産業連関表）が複数，入手可能な場合には，なるべく詳細な地域を対象とした基準表を選択することが望ましいと考えられる．これは，たとえば，国の産業連関表は，都道府県間交易を把握できない一方で，都道府県産業連関表では，これらの交易が反映されているため，市町村産業連関表を作成する上で重要な地域特性が含まれていると考えられるためである．

以上を踏まえて，ノン・サーベイ法では，通常，表 1 に示すように，比較的，精度を確保しやすい按分による推計を行ったのちに，精度の確保が難しい基準地域内での移出入額が推計される（土井・浅利・中野（2019））．ただし，以下では，単に輸出入および移出入と記載する場合，それぞれ，基準地域外での移輸出入および基準地域内での移出入を指す．

一般的な推計手順では，まず，①で産業別従業者数・製造品出荷額等により域内生産額（CT）を按分する．次に，②では，①で推計した CT に基準表の投入係数を乗じることで中間投入額および粗付加価値額を推計する．これは，基準地域内の全地域の生産技術が同等であるという仮定に基づく処理であり，地域別 CT に基づく按分と同等の処理である．さらに，③では，人口・地方財政状況調査データ等により域内最終需要額を按分する．また，④では，CT に基準表の移輸出率を乗じることで基準地域外への移輸出額を推計し，さらに，②・③を集計した域内需要額に基準表の移輸入係数を乗じることで基準地域外からの移輸入額を推計する．これは，それぞれ，地域別 CT および域内需要額に基づく按分と同等の処理である．

以上の①～④の推計手順はいずれも按分により推計でき，多くのノン・サーベイ法において，おおよそ手順は共通している．一方で，按分により推計できない⑤基準地域内での移出入額の推計については，これまで様々な推計手法が提案されており，そのなかで最も広く用いられてきた手法が，LQ 法である．

2.2. LQ 法の概要

LQ（location quotient，特化係数）法は，産業集積度の指標である特化係数が高いほど移輸入依存度が低くなるという法則に基づくノン・サーベイ法であり，多くの国内事例を有する（たとえば，朝日（2004），長谷川・安髙（2009），藤本（2000））．しかし，LQ 法は，海外で一般的な非競争移輸入型表に適した手法であり，日本で一般的な競争移輸入型表には適していないと指摘されている（Kronenberg (2012)）．

表 1　一般的なノン・サーベイ法の推計手順（競争移輸入型産業連関表の例）

需要 / 供給		中間需要			域内最終需要			輸出	移出	輸入	移入	生産額
		1	⋯	s	1	⋯	t					
中間投入	1	x_{11}	⋯	x_{1s}	f_{11}	⋯	f_{1t}	e_1	u_1	$-m_1$	$-n_1$	x_1
	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	s	x_{s1}	⋯	x_{ss}	f_{s1}	⋯	f_{st}	e_s	u_s	$-m_s$	$-n_s$	x_s
粗付加価値		v_1	⋯	v_s	←②		↑③	↑④	↑⑤	↑④	↑⑤	↑①
域内生産額		x_1	⋯	x_s	←①							

① 域内生産額（CT）の按分
② 中間投入額・粗付加価値額の按分
③ 域内最終需要額の按分
④ 基準地域外での移輸出入額の按分
⑤ 基準地域内での移出入額の推計

非競争移輸入型表とは，表 2 のような表形式であり，日本で一般的な表 1 のような競争移輸入型表とは移輸入額の計上方法が異なる（環太平洋産業連関分析学会（2010））．そのため，非競争移輸入型表と競争移輸入型表では，投入係数（input coefficients）および最終需要購入係数（final demand purchase coefficients）の解釈が異なることに注意が必要である．非競争移輸入型表では，投入係数a_{ij}^rおよび最終需要購入係数c_{ik}^rが式(1)で表され，これらは域外からの移輸入分を含まないため，それぞれ，地域内投入係数（regional input coefficients），地域内最終需要購入係数（regional final demand purchase coefficients）と呼ばれる．一方で，競争移輸入型表では，投入係数a_{ij}および最終需要購入係数c_{ij}が式(2)で表され，移輸入分を含んだ値となっている．

$$a_{ij}^r = \frac{x_{ij}^r}{x_j}, \qquad c_{ik}^r = \frac{f_{ik}^r}{f_k} \tag{1}$$

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} = \frac{x_{ij}^r + x_{ij}^m}{x_j}, \qquad c_{ik} = \frac{f_{ik}}{f_k} = \frac{f_{ik}^r + f_{ik}^m}{f_k} \tag{2}$$

日本で一般的な競争移輸入型表では，輸入を内生化した（開放型）逆行列係数の算出時，$\left[I - \left(I - \widehat{M}\right)A\right]^{-1}$のように投入係数から移輸入分を除去する処理が必要となるが，非競争移輸入型表では，こうした処理は不要であり，地域内投入係数を直接用いて，$[I - A^r]^{-1}$のように算出される．そのため，非競争移輸入型表を対象としたノン・サーベイ法では，産業連関表全体を推計する代わりに，単に経済波及効果分析等に有用な地域内投入係数のみを推計する場合も多い．

国内では，LQ 法は，主に自給率や移輸入額を推計するために用いられてきたが，これらは直接的な推計対象ではなく，LQ 法についても，本来，地域内投入係数が直接の推計対象となる．具体的には，LQ 法では，式(3)に示す基準地域の投入係数A_{ij}^rに対する地域内投入係数a_{ij}^rの比γ_{ij}に基づき，地域内投入係数が推計される．

$$a_{ij}^r = \gamma_{ij} A_{ij}^r \tag{3}$$

表 2　非競争移輸入型産業連関表の例

供給＼需要		中間需要			域内最終需要			輸出	生産額
		1	⋯	s	1	⋯	t		
中間投入	1	x_{11}^r	⋯	x_{1s}^r	f_{11}^r	⋯	f_{1t}^r	e_1	x_1
	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
	s	x_{s1}^r	⋯	x_{ss}^r	f_{s1}^r	⋯	f_{st}^r	e_s	x_s
輸入	1	x_{11}^m	⋯	x_{1s}^m	f_{11}^m	⋯	f_{1t}^m		
	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋱	⋮		
	s	x_{s1}^m	⋯	x_{ss}^m	f_{s1}^m	⋯	f_{st}^m		
粗付加価値		v_1	⋯	v_s					
生産額		x_1	⋯	x_s					

LQ法では，通常，式(3)の基準地域の投入係数に対する比γ_{ij}が式(4)に示す特化係数LQ_{ij}に対する打ち切りによって推計される．こうした単純な打ち切りが用いられるのは，LQ法では，基準地域の投入係数が，対象地域における技術的投入係数（technical input coefficients，基準地域内での移輸入分を含む）と同等であると仮定されることが多く，地域間交易によって投入係数が目減りすることはあってもその逆は生じ得ないためである．こうした単純な打ち切り等がもたらす機械的な利便性は，国内外でLQ法が広く用いられる要因の一つになったと考えられるが，理論的根拠に乏しいといった批判も古くからなされてきた（Round (1983)）．

$$\gamma_{ij} = \min\left(1, \mathrm{LQ}_{ij}\right) = \begin{cases} \mathrm{LQ}_{ij}, & \text{if } \mathrm{LQ}_{ij} < 1 \\ 1, & \text{if } \mathrm{LQ}_{ij} \geq 1 \end{cases} \tag{4}$$

LQ法のなかで最も単純かつ広く用いられる手法として，SLQ（simple location quotient）法があり，単に，LQ法と呼ぶ場合には，このSLQ法を指すことも多い．SLQ法では，特化係数が，式(5)に示す基準地域の域内生産額X_iの構成比に対する対象地域の域内生産額x_iの構成比の比で与えられる．LQ法では，行部門i・列部門j別に特化係数LQ_{ij}が設定されることもあるが，SLQ法では，行部門i別に特化係数SLQ_iが設定されるという特徴を有する．

$$\mathrm{SLQ}_i = \frac{x_i / \sum_{i=1}^{s} x_i}{X_i / \sum_{i=1}^{s} X_i} \tag{5}$$

2.3. 移輸入の扱いに関する課題と改善策

前節では，LQ法が，非競争移輸入型表への適用を想定した手法であることについて述べたが，本節では，LQ法を競争移輸入型表に適用する際に，移輸入が二重計上されるといった理論的な齟齬が生じうることについて述べる．

非競争移輸入型表および競争移輸入型表に対するLQ法の適用イメージを図1に示す．非競争移輸入型表にLQ法を適用した場合，基準表の投入係数A_{ij}^rには，基準地域外からの移輸入分は含まれないため，比γ_{ij}により基準地域内からの移入分を除去することで，地域内投入係数a_{ij}^rが算出される．一方で，競争移輸入型表にLQ法を適用した場合には，基準表の投入係数A_{ij}に基準地域外からの移輸入分が含まれるため，比γ_{ij}を用いて基準地域内からの移入分を除去することは困難であり，灰色で塗りつぶされた部分の移輸入が二重計上となる恐れがある．

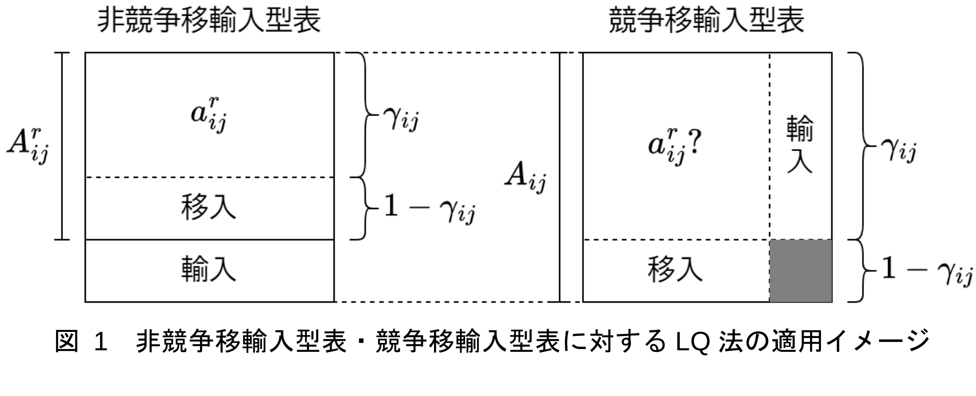

図1　非競争移輸入型表・競争移輸入型表に対するLQ法の適用イメージ

極端な例として，中間投入額が全て基準地域外からの移輸入によって賄われている場合を考える．この場合，非競争移輸入型表では，基準表の投入係数が，$A_{ij}^r = 0$となる．そのため，地域内投入係数は，$a_{ij}^r = \gamma_{ij}A_{ij}^r = 0$となり，基準地域内からの移入は発生しない（$A_{ij}^r - a_{ij}^r = 0$）．

一方で，競争移輸入型表では，全てを移輸入で賄っている場合においても，基準表の投入係数は，$A_{ij} \geq 0$となるため，基準地域内からの移入が発生しうる（$A_{ij} - a_{ij}^r = (1 - \gamma_{ij})A_{ij} \geq 0$）．すなわち，競争移輸入型表に素朴に LQ 法を適用すると，基準地域外からの移輸入分の一部を基準地域内からの移入分と見なすといった二重計上が生じる恐れがある．

こうした移輸入の扱いの違いに起因して，LQ 法の国内事例では，移輸入係数の推計に少なくとも 3 種類の方法が用いられている（内田・杉本・高森（2022））．以下では，行部門i別に比$\gamma_{ij} = \min(1, \mathrm{SLQ}_i)$が設定される SLQ 法を例に，これらの方法を紹介する．

素朴な方法（$A_{ij}^r = A_{ij}$かつ$C_{ij}^r = C_{ij}$と見なす方法）で競争移輸入型表に SLQ 法を適用すると，地域内投入係数a_{ij}^rおよび地域内最終需要購入係数c_{ik}^rは式(6)となり，基準地域内からの移入分に基づく移入係数は式(7)となる．この値を移輸入係数$\widehat{m}_i$と見なすのが，1 つ目の方法である．この方法では，移輸入の二重計上は生じないが，基準地域外からの移輸入額が無視されるため，基準地域外での地域間交易に関する情報が適切に反映されないという問題がある．

$$\begin{cases} a_{ij}^r = \gamma_{ij}A_{ij} = [1 - \min(1, \mathrm{SLQ}_i)]A_{ij} \\ c_{ik}^r = \gamma_{ik}C_{ik} = [1 - \min(1, \mathrm{SLQ}_i)]C_{ik} \end{cases} \tag{6}$$

$$\widehat{m}_i = 1 - \min(1, \mathrm{SLQ}_i) \tag{7}$$

2 つ目の方法は，1 つ目の方法に基準地域外からの移輸入分を加味したものであり，移輸入係数$\widehat{m}_i$は，式(8)のように基準地域外からの移輸入分に基づく移輸入係数$\widehat{M}_i$を加えた値となる．この方法では，基準地域外での地域間交易に関する情報が反映される一方で，移輸入の二重計上が生じるという問題が生じる．具体的には，特化係数SLQ_iが$\widehat{M}_i$より小さい場合（$\mathrm{SLQ}_i < \widehat{M}_i \leq 1$）に，移輸入係数$\widehat{m}_i$が 1 より大きくなってしまう．

$$\widehat{m}_i = 1 - \min(1, \mathrm{SLQ}_i) + \widehat{M}_i \tag{8}$$

3 つ目の方法は，藤本（2000）で用いられているものであり，事前に，非競争移輸入型表への変換を行う．非競争移輸入型表への変換は，本来，移輸入表等を用いて行うことが望ましいが，そうしたデータが入手できない場合には，基準地域外からの移輸入分に基づく移輸入係数$\widehat{M}_i$を用いて推計される．具体的には，中間投入額・域内最終需要額に，行部門別に割合$\widehat{M}_i$を乗じて，行部門・列部門別に基準地域外からの移輸入額を分離する．これにより，SLQ 法における地域内投入係数a_{ij}^rおよび地域内最終需要購入係数c_{ij}^rが式(9)で得られ，移輸入係数$\widehat{m}_i$は式(10)となる．式(10)の移輸入係数$\widehat{m}_i$は，基準地域外での地域間交易に関する情報が反映され，さらに，移輸入の二重計上が生じない（$\widehat{m}_i \leq 1$が保証される）ため，上記の 2 つの方法よりも優れている．

$$\begin{cases} a_{ij}^r = \gamma_{ij}A_{ij}^r = \min(1, \mathrm{SLQ}_i)\left(1 - \widehat{M}_i\right)A_{ij} \\ c_{ij}^r = \gamma_{ik}C_{ik}^r = [1 - \min(1, \mathrm{SLQ}_i)]\left(1 - \widehat{M}_i\right)C_{ik} \end{cases} \tag{9}$$

$$\widehat{m}_i = 1 - \min(1, \mathrm{SLQ}_i)\left(1 - \widehat{M}_i\right) \tag{10}$$

以上を踏まえると，SLQ 法をはじめとする LQ 法を競争移輸入型表に適用する際には，図 2 のような流れで推計を行うのが望ましいと考えられる．

LQ 法の適用前では，基準地域内への移出額Uと基準地域内からの移入額$-N$が未知であるが，まず，①で，非競争移輸入型表に変換し，基準地域外からの移輸入分を内生部門・域内最終需要部門から分離する．さらに，②で，特化係数により行部門i・列部門j別に基準地域内からの移入額を推計する．その後，③で，移輸入額を行部門別に集計・控除し，競争移輸入型表に再変換することで，移入額$-N$が推計される．最後に，④で，行方向のバランス（$AX+F+U+E-N-M=X$）を満たすように基準地域内への移出額Uを定めれば，地域産業連関表が完成する．

この際，中間投入額AXや域内最終需要額Fが LQ 法の適用前後で変化しないことに注意が必要である．これは，競争移輸入型表の中間投入額・域内最終需要額には移輸入分が含まれており，新たに，移入分を控除しても，移輸入分を含む金額は変わらないためである．

前節では，LQ 法の普及の理由として機械的な利便性を挙げたが，表形式の変換等が必要となる図 2 の推計手順は必ずしも単純なものとはいえない．さらに，LQ 法では，移出額の推計値が負になる可能性があるため，しばしば事後的なバランス調整が必要になるという課題を有する．

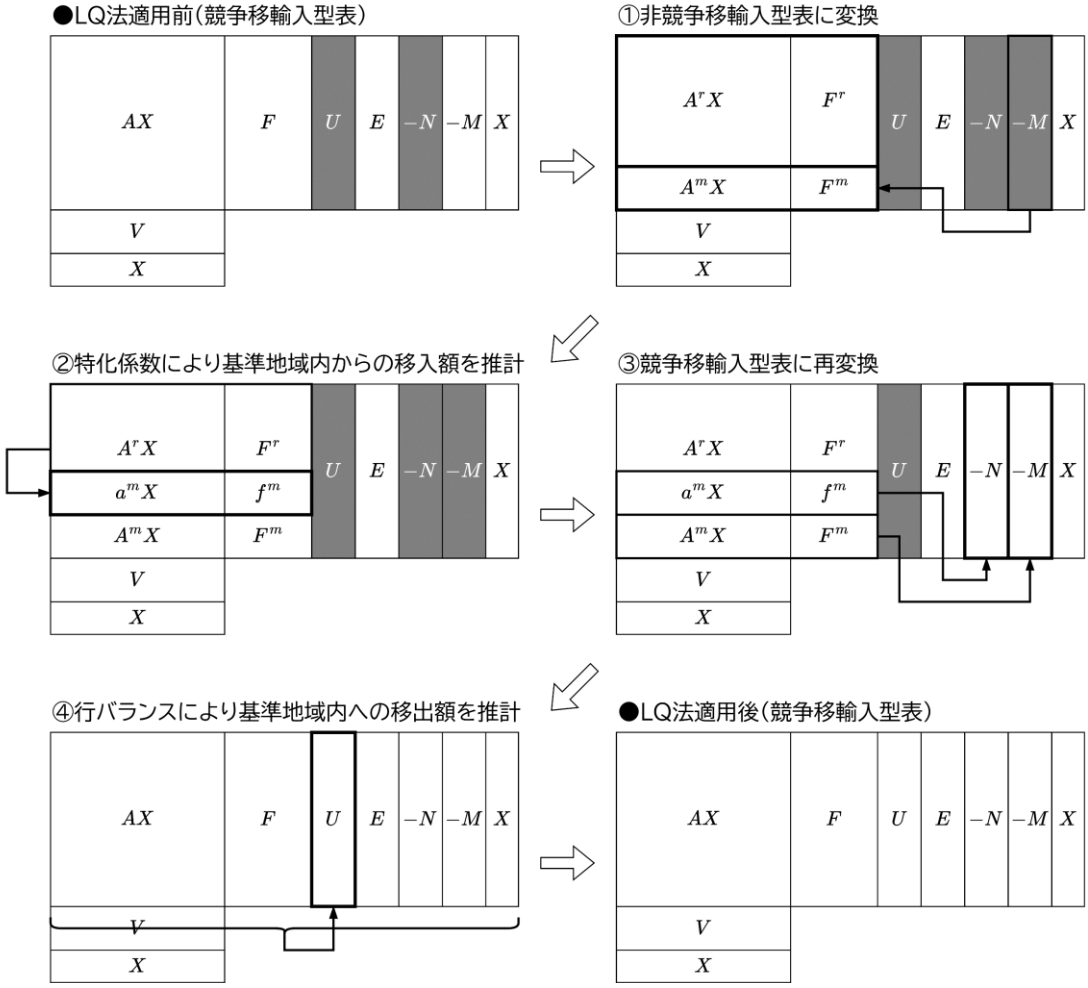

図 2　競争移輸入型表における望ましい LQ 法の推計手順の例

2.4. バランス調整に関する課題と改善策

産業連関表の性質上，行方向と列方向のそれぞれの合計である域内生産額（CT）を一致させなければならず，バランス調整は，そうした条件を満たすための処理のことを指す．特に，LQ 法では，通常，行バランスに基づいて移出額が推計されるため，こうした処理もバランス調整の一種と見なすことができる．しかし，LQ 法では，しばしば移出額の推計値が負の値になることが問題となる．これを模式的に表したのが，図 3 である．

LQ 法では，表 1 の⑤基準地域内での移出入額の推計において，基準地域内における移出入額が未知数として扱われるが，これらの差は①～④において既に決まっており，商品バランス（commodity balance）と呼ばれている．具体的には，域内需要額$d_i = \sum_{j=1}^{s} x_{ij} + \sum_{k=1}^{t} f_{ik}$のもとで，産業連関表の行バランスは，式(11)となる．そのため，商品バランスb_iが式(12)で与えられ，この値は①～④で推計された域内生産額・域内需要額・基準地域外での移輸出入額によって決定される．したがって，商品バランスは，移出入額を推計する際の制約条件となる．しかし，LQ 法のでは，図 3 に示すように，商品バランスが負である（$b_i < 0$）にもかかわらず移入額の推計値が過小となった場合に負の移出が生じる可能性がある．

$$d_i + u_i + e_i - n_i - m_i = x_i \tag{11}$$

$$b_i = u_i - n_i = (x_i - e_i) - (d_i - m_i) \tag{12}$$

LQ 法において，こうした不整合が生じるのは，推計時に商品バランスが制約条件として考慮されないためである．しかし，LQ 法が非競争移輸入型表への適用を想定した手法であることを考えれば，こうした性質は自然なものであるといえる．なぜならば，一般的な非競争移輸入型表では，競争移輸入型表と違い，商品バランスの算出が容易ではなく，また，前述の通り，LQ 法は，産業連関表全体の推計に主眼を置いた手法ではないためである．

ノン・サーベイ法の代表的手法には，LQ 法の他に CB（commodity balance）法があるが，CB 法は，文字通り商品バランスに着目した手法であり，競争移輸入型表に適した手法であるとされている（Kronenberg (2012)）．CB 法は，商品バランスを所与とした上で，図 3 に示す交差輸送（cross-hauling）の推計により，間接的に移出入額を推計する手法であると捉えることができる．

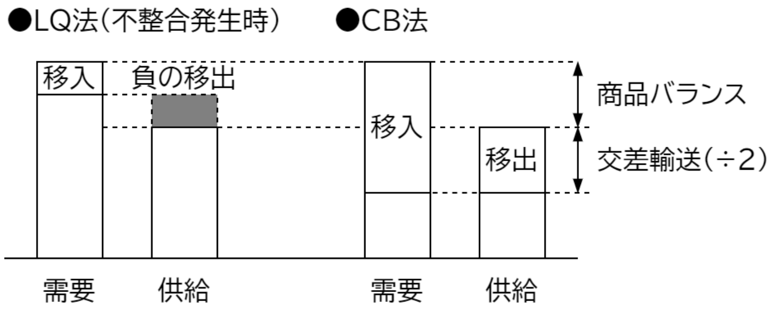

図 3　LQ 法における負の移出の発生および CB 法のイメージ

交差輸送とは，同一の財・サービスにおいて移輸入と移輸出が同時に発生することを指し，定量的には，Kronenberg (2009) によって，式(13)のように定義されている．これは，移出入額の小さい方を交差輸送と見なした上で，これらの金額を合計したものとなっており，図 3 より明らかなように，交差輸送q_iと商品バランスb_iが推計できれば，間接的に移出入額が推計可能である．具体的には，移出入額は，式(14)によって算出され，これらは，自動的に式(12)を満たす．

$$q_i = 2\min(u_i, n_i) = u_i + n_i - |b_i| \tag{13}$$

$$\begin{cases} u_i = \dfrac{q_i}{2} + \max(0, b_i) = \dfrac{q_i + |b_i| + b_i}{2}, \\ n_i = \dfrac{q_i}{2} + \max(0, -b_i) = \dfrac{q_i + |b_i| - b_i}{2} \end{cases} \tag{14}$$

LQ 法では，負の移出が生じた場合に移入額を増加させたり域内需要額を減少させたりする等の変則的なバランス調整が必要となるが，CB 法では，こうした変則的なバランス調整は発生しづらいことがわかる．また，CB 法は，交差輸送q_iさえ推計できれば，LQ 法のような複雑な処理が不要であるという利点があり，図 4 のような単純な手順で競争移輸入型表を推計できる．

一方で，LQ 法や CB 法を含む多くのノン・サーベイ法は，推計対象の違い等はあるものの，商品バランスを所与とすることに起因する根本的な問題を共有していると考えられる．それは，商品バランスに，域内生産額・中間投入額・最終需要額等の推計誤差が蓄積し，式(14)等を介して移出入額の精度に悪影響を及ぼすというものである．そのため，ノン・サーベイ法の精度向上のためには，移出入額の精度だけでなく，上流の推計における誤差をいかに小さくするかが重要になると考えられる．しかし，各部門等の推計誤差が移出入額や経済波及効果等にどの程度，影響するかについては十分に検証が進んでいない．また，建設・公務部門のように，通常，移輸出入が発生しない部門では，本来，商品バランスb_iはゼロに一致するはずであるが，推計値がゼロに一致することはほとんどなく，いずれの手法を用いても何らかの方法でのバランス調整が必要となることが多い．

バランス調整では，最終需要等の修正や RAS 法等の機械的な手法等を適用することが想定されるが，妥当性の高いバランス調整手法が確立されているとは言えず，しばしば作業のブラックボックス化が生じていると考えられる．こうした作業のブラックボックス化は，作業の再現性や信頼性の観点から問題となる可能性がある．

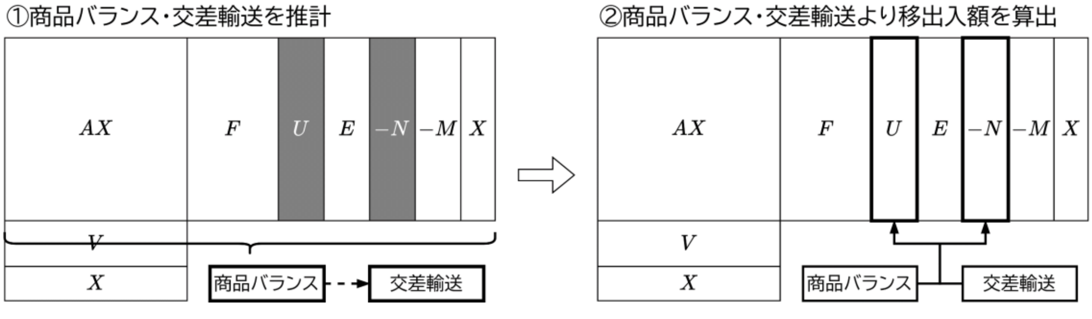

図 4　競争移輸入型表における CB 法の推計手順の例

3. ノン・サーベイ法の現在の到達点・今後の課題

3.1. ノン・サーベイ法の発展的手法

1) LQ 法の発展的手法：CILQ 法・FLQ 法

ノン・サーベイ法では交差輸送の精度確保が重要とされるが，SLQ 法では，交差輸送が過小評価されるという問題が指摘されている．これを模式的に表したのが，図 5 である．SLQ 法では，行部門i別に特化係数SLQ_iが設定されるため，$\mathrm{SLQ}_i \geq 1$の場合，行全体で移入が生じない（$\gamma_{ij} = 1$）．これは，SLQ 法では，特化係数の高い産業の交差輸送が一切生じないことを意味する．しかし，交差輸送の発生は一般的な現象であるため，たとえ移出志向的であっても交差輸送が一切発生しないという仮定は適切ではないと考えられる．

こうした，SLQ 法における交差輸送の過小評価を解消可能な手法として，CILQ（cross-industry LQ）法や FLQ 法が提案されている（Schaffer & Chu (1969)，Flegg, Webber & Elliott (1995)，Flegg & Webber (1997)）. CILQ 法の特化係数CILQ_{ij}は，式(15)で算出され，列部門jの産業集積度（SLQ_j）が高いほど，その産業の投入量を自地域で賄うことが難しくなる（特化係数が減少する）性質を表した指標であると解釈されている．さらに，FLQ 法の特化係数FLQ_{ij}は，式(16)で算出され，CILQ 法を土台に，地域の規模が小さいほど移入依存的であるという性質を組み込んだものとされている．式(16)のパラメータδは，こうした地域の規模と移入依存度の関係を表すパラメータであり，$0 \leq \delta < 1$の区間のなかで推定される．現在，FLQ 法は，LQ 法のなかで最も高精度な手法の一つとされ，AFLQ 法（Flegg & Webber (2000)）・SFLQ 法（Kowalewksi (2015)）・2DLQ 法（Pereira-López, Carrascal-Incera & Fernández-Fernández (2020)）等の様々な手法に拡張されている．

$$\mathrm{CILQ}_{ij} = \begin{cases} \mathrm{SLQ}_i, & \text{if } i = j \\ \dfrac{\mathrm{SLQ}_i}{\mathrm{SLQ}_j}, & \text{if } i \neq j \end{cases} \tag{15}$$

$$\mathrm{FLQ}_{ij} = \left[\log_2\left(1 + \frac{\sum_{i=1}^{s} x_i}{\sum_{i=1}^{s} X_i}\right)\right]^{\delta} \mathrm{CILQ}_{ij} \tag{16}$$

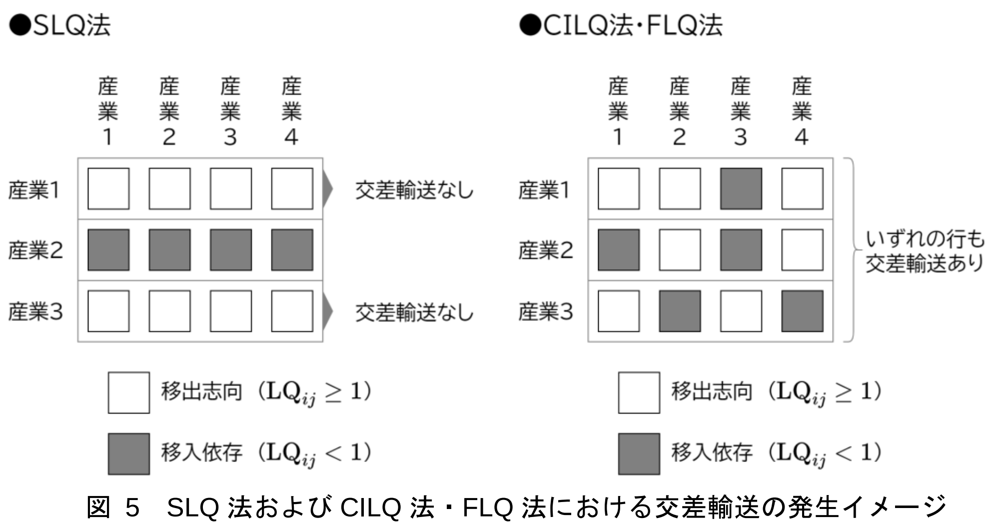

図 5　SLQ 法および CILQ 法・FLQ 法における交差輸送の発生イメージ

CILQ 法・FLQ 法では，SLQ 法と異なり，行部門i・列部門j別に特化係数が設定される．そのため，多くの場合，図 5 のように，同一の行部門i内に移出志向的な部門と移入依存的な部門が混在することとなる．したがって，SLQ 法のように，特化係数の高い産業において交差輸送が一切発生しないという状況は生じづらい．以上より，CILQ 法・FLQ 法では，間接的にではあるが，SLQ 法の交差輸送の過小評価が解消可能であることがわかる[2].

しかし，CILQ 法や FLQ 法で新たに導入された列部門jの産業集積度（SLQ_j）や地域の規模といった変数の持つ説明力等については，これまで十分に統計的な検証は行われておらず，多くの研究が手法間の精度比較に終始しているのが現状である．特に，内田（2023）では，地域の規模を考慮した通常の FLQ 法および地域の規模を無視した（一定値とした）FLQ 法における移輸入係数の精度比較を行い，これらの精度の差がわずかであることを示した．したがって，FLQ 法の精度向上は，これまで考えられてきたパラメータδによる地域の規模の考慮による効果よりも，交差輸送の調整による効果が強いことが示唆されている．

FLQ 法やその拡張手法には，こうした手法の根本に関わる批判に加えて，パラメータ移転可能性に関する課題もある．特に，SFLQ（industry-specific FLQ）法では，地域の規模が移入依存度に与える影響を産業別に考慮するため，列部門jにパラメータδ_jが設定され，パラメータ数が非常に多くなる可能性がある[3]．また，2DLQ（bidimensional LQ）法においても，2 つのハイパーパラメータが用いられている．しかし，こうしたパラメータを他の部門分類や地域に転用してもよいかは，必ずしも明らかになっていない．

さらに，これらの LQ 法を競争移輸入型表に適用する際に生じる問題として，精度検証自体が困難であることが挙げられる．競争移輸入型表では，検証用データから地域内投入係数a_{ij}^rを算出することができないため，代わりに移輸入係数$\hat{m}_i$等により検証を行う必要がある．そのため，競争移輸入型表では，非競争移輸入型表と異なり，推計誤差がどの列部門において生じたかといった詳細な検証がそもそも困難である．さらに，CILQ 法や FLQ 法等では，特化係数が内生部門（産業部門間）に対してのみ設定され，域内最終需要部門に対しては設定されない．そのため，これらの手法を用いて産業連関表全体を推計する際，域内最終需要部門については，SLQ_iを用いるといった変則的な対応が必要となるという問題が生じる．

一方，CB 法を競争移輸入型表に適用する際には，検証用データから交差輸送を容易に算出することができるため，移輸入係数に変換するといった複雑な処理は不要であり，CB 法は，LQ 法よりも精度検証に適した手法であるといえる．そこで，次項では，交差輸送を考慮可能な CB 法の発展的手法である CHARM を取り上げる．

---

[2] SLQ 法における交差輸送の過小評価は，式(4)の単純な打ち切りを用いたことに起因するが，こうした打ち切り自体に対する批判は少ない．しかし，その結果として，SLQ 法よりも複雑な特化係数が開発されてきた経緯を踏まえれば，たとえばロジット（logit）関数を用いる等の修正が却って LQ 法の機械的な利便性を高める可能性も考えられる．

[3] 第 34 回（2024 年度）全国大会の論文（内田（2023））では，SFLQ 法について，行部門i別にパラメータδ_iが設定されると誤った記述および分析結果が掲載されていた．その後に実施した他のデータセットを用いた分析では，SFLQ 法についても，当該論文と同様の結果が得られているが，内田（2023）における SFLQ 法に関する記述については上記の通り訂正し，分析結果については行部門i別にパラメータδ_iを設定した FLQ 法における参考値とさせていただきたい．

2)　CB 法の発展的手法：CHARM

最も単純な CB 法は，商品バランスが正のとき移出のみ，負のとき移入のみが発生すると見なすものである（Schaffer & Chu (1969)）．これは，式(14)において交差輸送q_iをゼロとすることに相当するため，SLQ 法と同様に交差輸送の過小評価を引き起こす．そのため，Kronenberg（2009）は，交差輸送を考慮した CB 法である CHARM（cross-hauling adjusted regionalization method）を提案した．さらに，Többen & Kronenberg（2015）は，CHARM において，通常，産業連関表に計上されない再輸出（re-export）が発生する課題を指摘し，再輸出の非発生を制約条件に組み込んだ修正 CHARM を提案した．

修正 CHARM は，地域間産業連関表への展開を意図した手法であり，図 6 のように，地域内および地域間のそれぞれに対して再輸出の非発生条件が課される．地域内での再輸出の非発生条件は，移出および移入が，それぞれ，当該地域の供給（$x_i - e_i$）および需要（$d_i - m_i$）を超えてはならないという条件であり，式(17)で表される．さらに，地域間での再輸出の非発生条件は，ある地域の移出が供給先となるその他の地域の需要を超えてはならず，移入が供給元となるその他の地域の供給を超えてはならないという条件であり，式(18)で表される．ただし，$T = X_i - E_i = D_i - M_i$は地域間交易の合計額である）．したがって，交差輸送の上限値$\bar{q}_i$は，式(19)となり，この値は表 1 のノン・サーベイ法の推計手順の①～④で決定される．

$$\frac{q_i}{2} \le \min(x_i - e_i, d_i - m_i) \tag{17}$$

$$\frac{q_i}{2} \le \min\big(T - (d_i - m_i), T - (x_i - e_i)\big) \tag{18}$$

$$\bar{q}_i = \min\big(x_i - e_i, d_i - m_i, T - (d_i - m_i), T - (x_i - e_i)\big) \tag{19}$$

以上より，交差輸送の上限値$\bar{q}_i$に対する交差輸送q_iの比$\hat{q}_i$がわかれば，交差輸送q_iが推計可能であることがわかる．修正 CHARM では，基準表における交差輸送の上限値$\bar{Q}_i = \min(X_i, D_i)$に対する交差輸送$Q_i = \min(E_i, M_i)$の比が基準地域と基準地域内の各地域において同等であると仮定して，式(20)により，交差輸送q_iが推計される．

$$q_i = \hat{q}_i \bar{q}_i, \qquad \text{where } \hat{q}_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}_i} = \frac{\min(E_i, M_i)}{\min(X_i, D_i)} \tag{20}$$

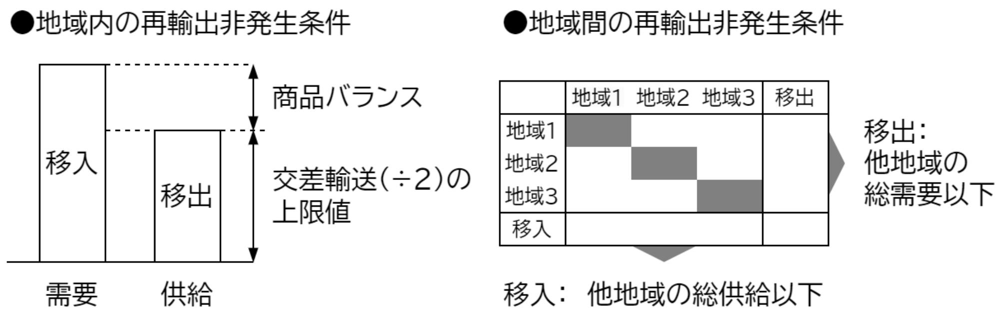

図 6　地域内・地域間における再輸出の非発生条件

その後，式(14)により移出入額が推計されるが，これらの方法で推計された移出入額は，地域内外において再輸出が発生しないことを保証するため，修正CHARMは，地域内表を地域間表に展開する上で有効な手法となる．

一方で，修正CHARMは，FLQ法等と同様にパラメータ移転可能性に関する課題を有すると考えられる．また，修正CHARMでは，交差輸送の上限値$\bar{q}_i$に対する比$\hat{q}_i$が基準地域内外で同等であると仮定されるが，こうした仮定の妥当性は明らかではなく，基準地域内外での交差輸送の発生状況が大きく異なると想定される場合には，交差輸送が正確に推計されない可能性がある．

3) その他の代表的なノン・サーベイ法

次に，LQ法およびCB法以外のノン・サーベイ法のうち，国内において使われることの多いEMALEX法および生産・需要シェア法を簡単に取り上げる．

まず，EMALEX（estimation method assuming linearity between E and X）法は，浅利・土井（2016）によって提案された手法であり，製造業において，産業i別の域内生産額x_iと移輸出額$u_i + e_i$が比例関係となる線形性を利用するものである．具体的には，都道府県産業連関表等に対する回帰分析により，対象地域の製造業の合計移輸出額または比例定数にあたる移輸出係数を推定することで，製造業の各産業の移輸出額を推計する．EMALEX法は，LQ法とは対照的に，先に移輸出額を決定し，その後，バランス調整により移輸入額が推計される．

EMALEX法では，移輸出額に対する回帰分析が用いられるため，LQ法と比べて精度検証に適した手法であるといえる．一方で，商品バランスの制約に基づく手法ではないため，LQ法における負の移出の問題と同様に，負の移入（$n_i < 0$）が生じる可能性がある．また，製造業において，域内生産額と移輸出額に線形性が表れる理由は明らかになっておらず，理論的な裏付けが十分ではないことも課題として挙げられる（土井ら（2019））．

次に，生産･需要シェア法は，小長谷･前川（2012）によって提案された手法であり，武田（2019）によって名付けられた．生産・需要シェア法では，行部門i・列部門j別に中間投入および中間需要が，それぞれ，$s_i X_{ij}$および$s_j X_{ij}$で与えられ（ただし，$s_i = x_i / X_i$），中間投入が中間需要を上回る場合はその分が移出となり，下回る場合にはその分が移入となる．

ところで，中間投入および中間需要は，基準表の投入係数投入係数A_{ij}および配分係数（産出係数）B_{ij}を用いれば，式(21)のように表せる．そのため，生産・需要シェア法では，暗に，基準表の配分係数が地域内外で等しいという仮定のもとで，供給額が推計されていると捉えられる．しかし，配分係数は，投入係数と比べて安定的であるとは考えづらく，こうした仮定は現実的でない可能性がある．

$$\begin{cases} s_i X_{ij} = \dfrac{x_i}{X_i} B_{ij} X_i = B_{ij} x_i \\ s_j X_{ij} = \dfrac{x_j}{X_j} A_{ij} X_j = A_{ij} x_j \end{cases} \tag{21}$$

3.2. ノン・サーベイ法の今後の課題

LQ 法は，これまで国内で広く用いられてきたが，競争移輸入型表への適用時，移輸入の二重計上や負の移出が発生するという課題を有しており，これらの課題を解消するためには，複雑な推計手順や事後的なバランス調整を用いる必要があることがわかった．一方で，CB 法は，競争移輸入型表でも容易に算出可能な商品バランスに着目した手法であり，LQ 法の持つ課題の多くを解消することができる．そのため，日本で一般的な競争移輸入型表では，CB 法をはじめとする商品バランス制約に基づく手法が適しているといえる．

一方で，CB 法で用いられる交差輸送の定量化手法については，十分な理論的な裏付けがなされていない．本来，交差輸送は，財の異質性やプロダクト・ミックス等によって生じていると考えられるが，CB 法における交差輸送は，こうした現象に着目したものというより，あくまで実務上の便宜を図ったものであるという側面が強いと考えられる．今後，地域・産業別の交差輸送の発生状況等に関する統計分析や，財の異質性，プロダクト・ミックス等を踏まえた交差輸送の理論的な裏付け等を進める必要がある．

また，ノン・サーベイ法におけるバランス調整については，課題が山積している．今後，地域間交易の精度を向上するためには，交差輸送だけではなく，商品バランスの精度を高める必要があるが，これまで商品バランスの精度向上に着目した研究は少ない．そのため，まずは，域内生産額・中間投入額・最終需要額等の各箇所での推計誤差の定量化や精度改善に取り組むことが重要であると考えられる．具体的には，移輸出入が発生しない部門等の商品バランスの真値が把握可能な部門について，精度検証等を進めることが想定される．また，RAS 法のような機械的なバランス調整手法では，各部門の推計誤差が考慮されず，一律の割合で金額調整がなされるといった問題がある．そのため，推計誤差の高い部門において調整幅を大きくするといった統計的なバランス調整手法の構築が求められる．

4.　おわりに

本報告では，ノン・サーベイ法の実務上の課題解消に向けて，まず，代表的なノン・サーベイ法である LQ 法や CB 法を対象に，日本で一般的な競争移輸入型表に適用する上での課題および改善策について議論した．次に，LQ 法と CB 法の発展的手法やその他の代表的なノン・サーベイ法を取り上げた上で，CB 法をはじめとする商品バランス制約に基づく手法が国内での展開に適していると結論付けた．

一方, 交差輸送の推計やバランス調整には, 多くの課題が残されている. ノン・サーベイ法は, セミ・サーベイ法の精度のベースラインを定める役割を持つため，相互に研究を進める必要がある．ノン・サーベイ法の精度検証が進むことで，セミ・サーベイ法において，目標精度の達成に必要となる移出入調査等の調査対象・規模の設定が可能となることが期待される．

また，ノン・サーベイ法では，バランス調整等においてしばしば煩雑な処理が必要となるが，作業の再現性確保・ブラックボックス化の回避は研究推進上，非常に重要であると考えられる．そのため，今後，積極的な研究データ・プログラム等のオープン化が進むことを期待したい．

5. 参考文献

朝日幸代（2004）「平成 7 年名古屋市産業連関表の作成の試み」『産業連関』第 12 巻第 1 号，pp.16‐24.

浅利一郎・土居英二（2016）「地域間産業連関分析の理論と実際」日本評論社.

石川良文（2016）「日本の地域産業連関表作成の現状と課題」『産業連関』第 23 巻第 1‐2 号，pp.3‐17.

内田瑞生・杉本達哉・高森秀司（2022）「日本の地域内産業連関表推計に適した LQ 法による推計フローの確立」第 66 回土木計画学研究発表会・講演集.

内田瑞生（2023）「ノンサーベイ法の精度向上のための都道府県産業連関表の移出入に関する相関分析」環太平洋産業連関分析学会 2023 年度全国大会報告論文.

環太平洋産業連関分析学会（2010）「産業連関分析ハンドブック」宍戸駿太郎監修，東洋経済新報社.

小長谷一之・前川知史（2012）「経済効果入門」日本評論社.

菅幹雄（2019）「全市区町村産業連関表（平成 23 年表）の推計」『研究所報』No.51，pp.1-24

菅幹雄・井手健太・居城琢・渡部凌斗・猪田尚希・須原菜摘（2023）「平成 27 年（2015 年）全市区町村産業連関表の推計」『研究所報』No.57，pp.1-26.

武田健太（2019）「地域産業連関表の拡張に関する理 論と実証」熊本学園大学大学院経済学研究科博士論文.

土井英二・浅利一郎・中野親徳（2019）「はじめよう地域産業連関分析［改訂版］基礎編 Excel で初歩から実践まで」日本評論社.

長谷川良二・安髙優司（2009）「福知山市接続産業連関表の作成の試み」『産業連関』第 17 巻第 3 号，pp.74-86.

藤本髙志（2000）「山村地域における観光の経済効果の計測」『農林業問題研究』第 36 巻第 3 号，pp.124–33.

兵法彩・菊池康紀（2021）「市町村産業連関表の作成・応用実態に基づく作表フローの構築」『日本 LCA 学会誌』，第 17 巻第 3 号，pp.174-192.

Flegg, A. T., Webber, C. D. & Elliott, M. V. (1995). “On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input–Output Tables.” Regional Studies, Vol.29, No.6, pp.547–61.

Flegg, A. T. & Webber C. D. (1997). “On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input‐Output Tables: Reply.” Regional Studies, Vol.31, No.8, pp.795‐805.

Flegg, A. T. & Webber C. D. (2000). “Regional Size, Regional Specialization and the FLQ Formula.” Regional Studies, Vol.34, No.6, pp.563–69.

Kowalewksi, J. (2015). “Regionalization of National Input–Output Tables: Empirical Evidence on the Use of the FLQ Formula.” Regional Studies, Vol.49, No.2, pp.240–50.

Kronenberg, T. (2009). “Construction of Regional Input-Output Tables Using Nonsurvey Methods: The Role of Cross-Hauling.”, *International Regional Science Review*, Vol.32, No.1, pp.40–64.

Kronenberg, T. (2012). “Regional Input-Output Models and the Treatment of Imports in the European System of Accounts (ESA).” Jahrbuch Für Regionalwissenschaft, Vol.32, No.2, pp.175–91.

Lahr, M. L. (1993). “A Review of the Literature Supporting the Hybrid Approach to Constructing Regional Input–Output Models.” Economic Systems Research, Vol.5, No.3, pp.277–93.

Pereira-López, X., Carrascal-Incera, A. Fernández-Fernández, M. (2020). “A Bidimensional Reformulation of Location Quotients for Generating Input–Output Tables.” Spatial Economic Analysis, Vol.15, No.4, pp.476–93.

Round, J. I. (1983). “Nonsurvey Techniques: A Critical Review of the Theory and the Evidence.” International Regional Science Review, Vol.8, No.3, pp.189–212.

Schaffer, W. A. & Chu, K. (1969). “Nonsurvey Techniques for Constructing Regional Interindustry Models.” Papers in Regional Science: The Journal of the Regional Science Association International, Vol.23, No.1, pp.83–101.

Többen, J. & Kronenberg, T. (2015). “CONSTRUCTION OF MULTI-REGIONAL INPUT-OUTPUT TABLES USING THE CHARM METHOD.”, *Economic Systems Research*, Vol.27, No.4, pp.487-507.