

DEA-Malmquist Indexに基づく中国新疆における経済発展効率と 物流機能充実の相関性研究

薛 雨陽*

1. 背景説明
2. 先行研究と作業仮説
3. 分析方法
4. 実証分析
5. 結論

1. 背景説明

中国新疆ウイグル自治区（以下、新疆と略す）は中国の北西部の辺境地域にあり、北にロシア、モンゴル、西に中央アジア諸国、南にアフガニスタン、パキスタン、インドと繋がる。

新疆は、地理条件制限のため、経済活動の範囲は砂漠周辺のオアシスと降水が相対的に豊富な山脈で囲まれた地域に限定されており、経済発展の中心地もそこに集中している。「天山北坂経済圏」¹はその代表的な例の一つである。一言すれば、個々のオアシス都市と山中の水資源が豊富な都市・町が新疆経済を構成する中核的な空間である。これらの都市・町は高速道路や鉄道によって繋がり、相互に安定的な経済関係を作っており、そして、長い間の発展の結果、高速道路と鉄道の輸送ルートは相互に連結して初期的な物流ネットワークが形成された。都市の中には、規模が相対的に大きいものは地方の中心都市に発展し、周辺地域の貨物を集める物流センターの役割を負うようになっている。例えば、新疆の区都であるウルムチ市はその役割を持っている。そこで、次の2つの問題が生まれる。

①輸送距離は長過ぎて輸送コストが高い。

②各地域の産業は砂漠や山脈などに分断され、企業団地によるコンバイン効果²が弱い。

* 岡山大学大学院社会文化科学研究科博士後期課程

¹ 天山北坂経済圏は新疆ジュンガル盆地（Jungar Basin）の南部辺縁地域、天山北坂地域に分布しているウルムチ市、石河子市、コラマイ市を中心とする狭くて長い都市圏である。2015年の天山北坂経済圏は新疆面積の7.43%、人口の22.88%、GDPの50.7%を占め、一人当たりのGDPは新疆の他地域の2倍である。同時に天山北坂経済圏は新疆の工業、商業、物流業、エネルギー業など産業の集中地でもある。

Gong Xiaojun, Shen Yajie (2017) 'Research on the Industry Development of Urban Agglomeration of Tianshan Mountains' Northern Slope under the Belt and Road Initiative', *CONTEMPORARY ECONOMIC MANAGEMENT*, Vol. 39, No. 11, 79-84.

² 一般的に言うと、企業団地によるコンバイン効果は主に2つの部分に分けられる。①多数の企業が特定の場所に集まって団地を形成すれば、エネルギー、土地、水、交通など公共サービス利用のコストが企業数量の増加とともに下がる。②川上と川下の企業の集中は生産効率の向上をもたらすことができる。

この2つの問題は物流機能・活動とそのインフラの状況と密接に関連したもので、交通条件が新疆の経済発展を左右する主要な要因の1つと考えることができる。過去約70年の歴史はまさに新疆の交通機能の発展の歴史であり、この70年間のいずれの時期であっても交通条件の改善が課題であり続けた。

2010年代の新変化、すなわち2013年の中国「一带一路」提唱の重要な一環として、新疆が持つ中国と中央アジアを結ぶ際の窓口としての役割が再び強調されることになった。以前の政策と違って「一带一路」は新疆の内部交通条件を改善することを強調するだけでなく、外部との繋がりを強化するという意図が前面に出てきている。新疆自身の経済基盤は弱くて市場の規模も小さく、交通条件の改善による経済発展は外部の経済活動との連結なしには考えられない。そのため、外部の経済活動と連結する通路、つまり物流機能の充実と交通インフラの建設は経済発展のための前提条件となる。そして、新疆の交通機能と経済発展の間に関係性があることは直感的に分かりやすいが、問題なのはそれを実態的に分析する方法である。新疆の交通機能と経済発展の間の関係性を論理的、実証的に明らかにすることが本論文の第1の目的である。

一方で、交通インフラと地方経済発展の連携関係を分析する時、通常、プラスの相関性の仮説を設定する傾向があるが、交通条件の改善が地方経済に必ず利益をもたらすとは言えない。新疆の現状を考えれば、自然気候の厳しさによって人口と都市の規模が限られるため、経済発展の初期条件は不十分である。交通インフラ建設の最終目的は一つの地域市場をより大きな市場と繋げることであり、それは労働力、物、資本など具体的な生産要素が移動することで示される。しかし、市場経済システムでは一般的に生産要素は経済活動が活発な地域に集中するため、経済活動が相対的に弱い地域が活発な地域と結び付けば、経済活動が弱い地域がますますその生産要素を吸い取られる可能性がある。つまり、マイナスの「ストロー効果」(Straw Effect)が顕在化し、結果、インフラの整備は逆に後進地域の貧困を一層進めてしまう状況に陥る恐れがある。そして、経済活動が弱い地域だけでなく、交通インフラの沿線地域もこのような問題が存在しており、何も残されない「ただの通路」になってしまう可能性がある。新疆における交通インフラと現地経済を研究する時、この発展の罫も考える必要がある。つまり交通ノードである大都市の視点だけでなく、周辺地域の視点からの分析も同様に重要なのである。このように本論文のもう一つの目的は新疆における交通インフラと経済発展の関係を評価しながら、物流ネットワーク構築の今後を予測することにある。

この2つの目的を実現するため、現在新疆の12個都市・地域を対象にして、これらの経済データを利用し、交通条件の改善がもたらした経済への影響とその変化の過程を分析する必要がある。

2. 先行研究と作業仮説

日本においてはDEA-Malmquist Indexが効率性を評価できる分析方法として社会研究の分野でよ

く使われている。吉野大介、藤原章正（2011）³は環境施策の対都市交通システムのエネルギー効率性に与える影響を、保永展利（2013）⁴は中山間地農業における農村ビジネスの成長性を、山城健悟、小笠原悠、日原勝也（2020）⁵は日本空港の効率性を、荒谷太郎、轟朝幸（2011）⁶は都市間公共交通モビリティの時系列変化の要因を別々にDEA-Malmquist Indexを用いて計算して分析した。

中国においてもDEA-Malmquist Indexを使った研究が広範に存在している。DEA-Malmquist Indexの分析方法を用い、FU Sen（2020）⁷は中国寧夏回族自治区の製造業の生産効率を、FAN Decheng、GU Xiaomei（2021）⁸は中国のハイテクノロジー産業の技術革新の重要な要因を、ZHOU Linrong、WEI Guangxing、ZHANG Xin、LIU Yingxia、GUAN Xiaoxi（2020）⁹は中国貴州省遵義市とその周辺地域の茶産業の生産効率を、YAN Zhaohui、HUANG Min、LI Guanxiang et al.（2020）¹⁰は中国における不同規模の養鶏業のコストと利潤を別々に効率の要因を分解して分析した。

経済後進地域を発展させるためには、インフラ施設、特に交通インフラ施設を整備する必要があるが、「交通インフラは地方経済の発展の前提」というイメージの中に常に罣が存在している。建設された物流ネットワークはあたかも人体の血管のように広範囲に広がり、その中の輸送幹線ルートが大動脈あるいは大静脈、支線ルートが動脈あるいは静脈、各町までに延ばすルートが毛細血管に当たる。しかし、前述したように、このような毛細血管は幹線の養分を地方に輸送するものではなく、逆に地方から地元経済機能を主要都市に吸い上げる可能性がある。交通インフラと地方経済の関係进行分析の際、このマイナス効果を客観的に整理する必要がある。

ある地域の経済を評価する場合、その時代背景という要因も重要である。時代背景によって全く別の結論が出てくる可能性があるため、本論文は時期を設定して分析を行う。

周知のように、1978年に中国はそれまでの鎖国政策から改革開放へと大転換した。そして改革開放政策の初期においては東から西へ、沿海から内陸への順番で段階的に開放が推進された。そのた

³ 吉野大介、藤原章正（2011）「環境施策が都市交通システムのエネルギー効率性に与える影響の分析—DEA（データ包絡分析）とMalmquist指数によるアプローチ」、『運輸政策研究』、Vol.14、No.2、14-25ページ。

⁴ 保永展利（2013）「中山間地農業における農村ビジネスの成長性分析—Malmquist生産性指数の計測による分析」、『地域学研究』、Vol.43、No.3、357-372ページ。

⁵ 山城健悟、小笠原悠、日原勝也（2020）「日本の空港における効率性分析—包絡分析法を用いて」、『交通学研究』、第63巻、39-46ページ。

⁶ 荒谷太郎、轟朝幸（2011）「マルムキスト指数を用いた都市間公共交通モビリティの時系列変化の要因分析」、『土木学会論文集D3（土木計画学）』、Vol.67、No.5、I_939-I_945ページ。

⁷ FU Sen(2020) 'Analysis and Research on Total Factor Productivity of Ningxia Manufacturing Based on DEA-Malmquist Index Method', *Science Technology and Industry*, Vol.20, No.12, 1-7.

⁸ FAN Decheng, GU Xiaomei(2021) 'An Analysis of the Key Influencing Factors of Technological Innovation Efficiency in High-tech Industries: An Empirical Study Based on the DEA-Malmquist and Bayesian Model Averaging approach', *Science Research Management*, Vol.42, No.8, 226-234.

⁹ ZHOU Linrong, WEI Guangxing, ZHANG Xin, LIU Yingxia, GUAN Xiaoxi (2020) 'Study on Tea Production Efficiency of Zunyi County Based on DEA-BCC Model and DEA-Malmquist Index Model', *Journal of Tea Communication*, Vol.47, No.4, 675-682.

¹⁰ YAN Zhaohui, HUANG Min, LI Guanxiang et al. (2020) 'Analysis of the Cost-benefit and Total Factor Productivity of Different Scale Broiler Breeding in China Based on DEA-Malmquist Index Method', *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, Vol.48, No.24, 225-229,233.

め新疆のような西の内陸奥深い後進地域は、東の経済改革の効果が波及するのが非常に遅かった。特に東部の「四個現代化」建設に支援が集中されたため、新疆に対する経済発展政策は長い間、エネルギーなどの生産要素の輸出の確保に限定され、この状況は1980年代末まで持続した。新疆自身の発展が本格的に問題視されたのが1991年ソ連解体以後のことである。ソ連の解体により、欧亚大陸中心地の市場と貿易は再び開放され、東から西にさらに進出することも可能になり、新疆はその結節点として地理的な優位性を持つようになった。しかし、新疆の経済後進性が現地の経済活動に影響を与え続けたし、そうした中で統計データの収集も遅れた。1978年から11年後の1989年に新疆は初めて統計年鑑を発行したが、経済改革の深化とともに、経済統計の標準がその都度変化しており、4年後の1993年に現行標準に切り替えられた。

1990年代の半ばから幾つかの大型交通インフラ建設プロジェクトが相次いで始まり、それらは新疆の交通機能の後進性を一定程度改善した。そして、2000年代に入った後、中央政府の発展政策は東の沿岸部から西に重点を移行させ「西部大開発」が打ち出された。「西気東輸」プロジェクト¹¹はこの時期の代表的なインフラ工事政策である¹²。しかし、中国の西と東の長期的な発展不均衡の累積は深刻であり、特に西部の辺境地域にある新疆の教育、工業、インフラ、貿易などの分野で東より全面的に遅れた状況を短期間で改善することは簡単ではない。これまでの東側先進地域から「対口援疆」¹³支援建設のような「輸血型援助」は一時的に経済の発展を向上させるが、やはり持続性に乏しい。

そうした中、2010年代に転機が現れた。2010年の中央政府「新疆工作座談会」¹⁴の開催をきっかけにして、新疆の後進性の状況が緩和される兆しが見られるようになった。簡単にまとめれば、

¹¹ 「西気東輸」プロジェクト (Project of Natural Gas Transmission from West to East China) は中国西部の天然ガスを東部に輸送するパイプラインを建設する国家インフラ整備計画として、「西部大開発」の代表的なプロジェクトである。この計画は2000年に通過され、2002年から正式に始まった。第一期の工事は2004年に完工した。このルートは西の新疆タリム盆地 (Tarim Basin) から東の上海までの約4200kmパイプラインを整備し、沿線地域の約4億人の生活を改善した。第二期の工事は2008年から始まって2012年に完工した。このルートは新疆ホルコスから発端し、15個省区市を経由し、最終に香港に繋がった。第三期の工事は第一期と第二期の工事の補充として、2012年から始まり、2014年に西部のパイプラインが完工され、他のルートの建設が順調に推進されている。

¹² 中国国家能源局 (National Energy Administration of People's Republic of China) ホームページ (<http://www.nea.gov.cn>:最終アクセス日2021年12月6日) の資料を参照する。

¹³ 「対口援疆」は1997年から現在までに続いている中央政府や先進地域の支援新疆建設発展の一連優遇政策の総称である。「一対一」はその政策の最大特徴である。具体的に言うと、一つの省は一つの新疆地方発展の責任を負い、2010年の支援を例とすれば、河南省はハミ地域、上海市・深圳市・山東省・広東省はカシュガル地域、安徽省・北京市・天津市はホタン地域を支援するなど様々な支援組合がある。支援は人材育成、先進の技術や管理方法の導入、直接の資金援助、インフラ整備など広い分野を含む。

他には、1984年に通過された「中華人民共和國民族区域自治法」 (LAW OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA ON REGIONAL NATIONAL AUTONOMY) によって中国における対少数民族地域への支援は法律で固定された。「中華人民共和國民族区域自治法」の第六章を参照する。

¹⁴ 完全な名称は「中央新疆工作座談会」である。第1回は2010年5月に、第2回は2014年5月に、第3回は2020年9月に中国北京で開催した過去政策の成果と経験を検討し、そして、次の時期の新疆発展戦略を定める指導性会議である。

「新疆工作座談会」はただの単なる「西部大開発」政策の延伸ではなく、当初の政策に基づいてさらに2010-2020年における新疆の「躍進的な発展」を企画するものである。その中に新疆現地住民の生活状況を改善することを主要目標として掲げており、特に交通インフラの整備、輸送能力の向上、公共交通サービスの改善は目標実現の重要な項目として位置付けられ、一連の大型交通建設プロジェクトやインフラ投資もパッケージでスケジュールに挙げられた。そして、この座談会の意義は新疆と東部地域の発展格差を縮小することにあるため、これまで新疆の経済発展を阻止する主要な要因であった交通面での整備の遅れが優先的に解決されるべき問題として重視された。この会議をきっかけにして、新疆の発展に関する議論の中心は徐々に交通条件の改善や物流機能の充実に移っていく。

その直後の2013年、「一帯一路」提唱はさらに新疆が陸上シルクロードの重要な窓口の役割を担うことを明示し、新疆の交通機能を早急に充実させることが必要と認識されていることを示す事例の1つである。「新疆工作座談会」と「一帯一路」は、2010年代における新疆交通インフラ高速発展プロジェクトを企画しながら、高速鉄道、高速道路、空港、物流団地、さらに国境貿易地域の現代化建設も同じ時期に推進されている。2010年代に新しく打ち出された一連のインフラ建設と開発計画は以前とは異なり、現地にもたらす経済効果が問題の中心に据えられた。

一方で、新疆のインフラ整備と物流産業は外部の輸送需要に対応するだけでなく、内部の輸送需要が近年、徐々に強くなっているため、新疆内部の経済の活性化は交通条件の改善を推進するもう一つの重要な原因となりつつある。新疆の産業構造は、第一次産業と第三次産業の割合は依然として高く、そして、この2つの産業も輸送条件に大きく制限される産業でもある。例えば、新疆の「昼熱夜寒」の自然環境は糖分が高くて甘い果物を育て、ハミ瓜、クルラ梨、ホタン柰榴などがその代表的な特産品である。かつては物流条件が不備であったため、新疆の果物は輸送しにくくて販売できる市場が近接地に限定され、したがってその規模は相対的に小さかった。同時に、果物は腐りやすく、型崩れしやすいため、輸送方式だけでなく、品質管理が徹底されている近代的な物流管理技術への要求も高い。このようにインフラ整備と交通条件の改善は新疆の地元経済発展にとっても必要である。新疆の乳製品と肉製品の輸送も同じような需要が存在している。現在、電子商取引の発展によって人々の買い物の習慣は変化しており、インターネットでの注文が便利である一方で、物流活動・機能の質と量と効率性の問題が極めて重要になっている。観光業も新疆の第三次産業の重要な構成部分として交通条件の改善に対するニーズがある。新疆は砂漠、ゴビ、草原、オアシス、高原山脈、高原湖、森林、氷山など多様な自然環境に恵まれており、豊富な自然の観光資産を持っている。そして、新疆は古代から現代までの陸上シルクロード貿易のノードとしての繁栄の歴史があり、東西南北の文明がここに集まって多様な文化遺産が残され、豊富な観光資産が存在する。しかし、これらの観光地は幅広い範囲に分散配置しており、移動時間がかかる。そして、それぞれの観光地は遠くて交通条件も良くないため、活用されておらず、観光客の数も少ない。

つまり、地方経済の開発の角度から見ると、インフラの整備は新疆観光業発展にとっても必要である。

これらをまとめれば、新疆におけるインフラ整備と物流産業の発展の目的は外部との繋がりを強化するだけでなく、地元の経済構造の内部から生まれる需要に対応するという意義もある。次に、以上の点に基づいて本論文では以下の作業仮説を挙げる。

2010-2019年の10年間、新疆のインフラ投資と物流機能の充実は効率的で現地の経済発展を促進した。

この作業仮説を以下で検証する。

3. 分析方法

Malmquist IndexはMalmquistが1953年に提出された生産力変化を表す指数である。Malmquist Indexは他の分析方法と一緒に使って生産の効率性を評価し、この方法はこれまで広範な分野で利用されている。そして、DEA (Data Envelopment Analysis、データ包絡分析) に基づくMalmquist 生産率指数は分析対象 (Decision Making Units: DMU) の生産力変化を測る有効な方法として利用することが多い。従来のDEAは静態分析であるため、1年間の効率変化しか反映しない。そこでMalmquist生産率指数を導入してDEA-Malmquist Indexを作れば前の年と次の年の効率動態変化を測ることができる。すなわち、DEA-Malmquist Indexの指数の内容は従来のDEAより豊富、詳細になる。このMalmquist Indexは技術効率の変化 (effch) と技術フロンティアの変化 (techch) の2つの部分を組み合わせ、これらは技術効率を表す重要な指数である。次に、それに基づくDEA-Malmquist Indexを詳しく説明する。

まずDMUは n 個が存在すると仮定し、同時に各DMUは m 個入力変数 $x_i (i=1, \dots, m)$ と s 個出力変数 $y_r (r=1, \dots, s)$ が存在していると仮定する。そして、時期 t と時期 $t+1$ の生産関数は同じだと仮定する。Malmquist Indexの計算は2つ単独時期の数値と2つ混合時期の数値を測る必要があるため、 $\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)$ はDEAモデルの計算による時期 t の効率を、 $\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})$ はDEAモデルの計算による時期 $t+1$ の効率を別々に設定する。これより2つ単独時期の数値を得る。同様に $\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})$ と $\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)$ は別々に2つ混合時期の数値を別々に設定する。続いて生産効率の変化 M_o は公式1のように書ける。¹⁵

$$M_o = \left[\frac{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1}) \theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t) \theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} = tfpch \text{ (公式1)}$$

¹⁵ Wade D. Cook, Joe Zhu (著) 森田浩 (訳) (2014) 『データ包絡分析法』株式会社ITSC静岡学術出版事業部。
計算の結果は分かりやすくさせるため、筆者が第10章の内容に基づいて期間 t と期間 $t+1$ の効率の相対位置を相互に交換した。

そして、公式を変換すれば、公式1は公式2のように変える。公式1より公式2は生産効率の変化を表すだけでなく、技術効率の変化と効率フロンティアの移動も表示できる。

$$M_o = \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)} \left[\frac{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \frac{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = tfpch \quad (\text{公式2})$$

次に、公式2に組み合わせる各部分の具体的な意義を説明する。

tfpch：全要素生産性変化、 $tfpch = techch * effch = techch (sech * pech)$ (Färe et al., 1994)¹⁶、非有形生産要因（技術進歩、組織改革、専門化程度、生産革新、管理方法革新など）はもたらす経済成長のことを指す。すなわち、tfpchは産出増長率が有形生産要因（資本、土地、労働力など）を超える投入増長の部分である。これによって、新疆におけるインフラ投資と物流産業発展の経済効果を測ることができる。 $M_o > 1$ は生産効率増加、 $M_o = 1$ は生産効率不変、 $M_o < 1$ は生産効率減少。

$$techch = \frac{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)} \quad (\text{公式3})$$

techch：技術革新率、効率フロンティアの移動を表す指数である。新たな技術・発明・創造・知識の対経済活動への向上程度に対応する。 $techch > 1$ 技術革新効率増加、 $techch = 1$ 技術革新効率不変、 $techch < 1$ 技術革新効率減少。

$$effch = \left[\frac{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \frac{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{公式4})$$

effch：技術効率変化、固定投入条件の真実産出と最大産出の比である。 $effch > 1$ 技術効率増加、 $effch = 1$ 技術効率不変、 $effch < 1$ 技術効率減少。

$$pech = \frac{\theta_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{\theta_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \quad (\text{公式5})$$

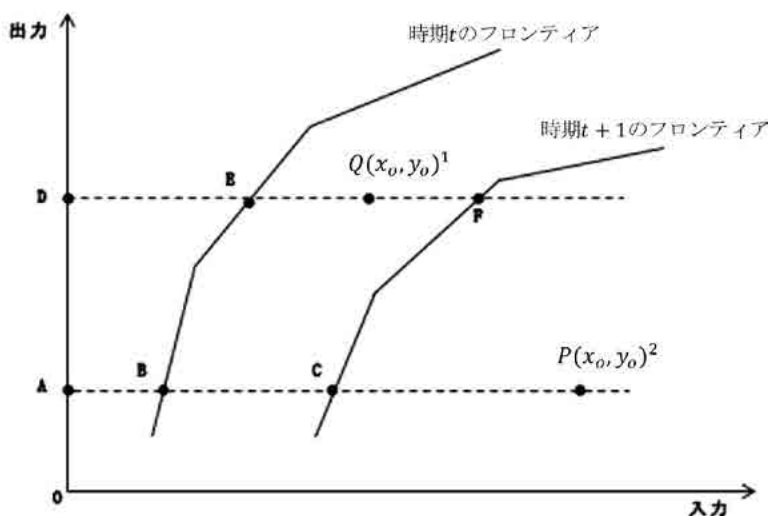
pech：純技術効率変化、技術応用の効果を評価する指数である。 $pech > 1$ 純技術効率増加、 $pech = 1$ 純技術効率不変、 $pech < 1$ 純技術効率減少。

$$sech = \frac{\theta_o^t(x_o^t, y_o^t)}{\theta_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \quad (\text{公式6})$$

¹⁶ Rolf Färe, Shawna Grosskopf, Mary Norris, Zhongyang Zhang (1994) 'Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries', *THE AMERICAN ECONOMIC REVIEW*, Vol. 84, No. 1, 66-83.

$sech$: 規模効率の変化程度、資源配置効率である。 $sech > 1$ 規模効率増加、 $sech = 1$ 規模効率不変、 $sech < 1$ 規模効率減少。

図1 DEA-Malmquist Index効率の変化



出所：『データ包絡分析法』第10章の内容にもとづいて筆者が修正して作成。

$$M_o = \left[\frac{AC}{AP} / \frac{DE}{DQ} \right] \left[\frac{AB/AP}{AC/AP} \cdot \frac{DE/DQ}{DF/DQ} \right]^{\frac{1}{2}} = techch \cdot effch = techch(sech \cdot pech) \quad (\text{公式7})$$

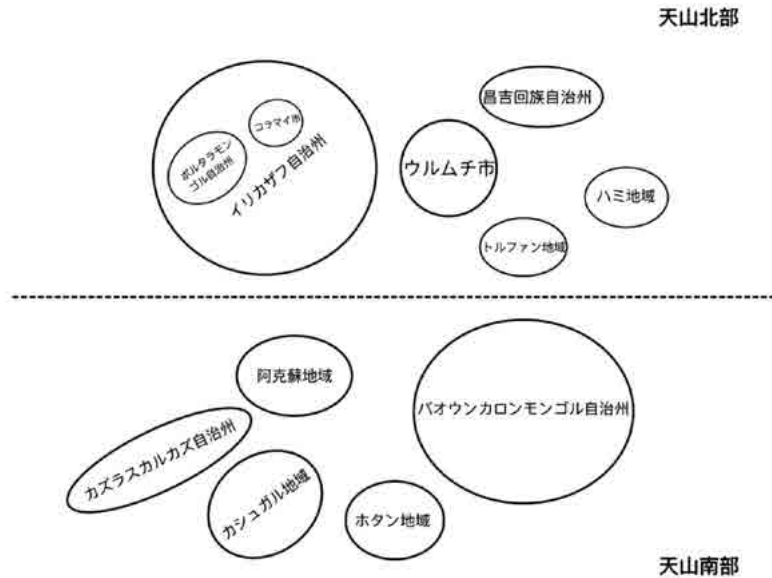
図1と公式7はDEA-Malmquist Index技術効率変化の幾何学の表示である。2つの効率フロンティアは別々に2つ時期のDEA効率のCRSとVRS有効フロンティアを表している。点QとPは別々に t と $t+1$ 時期における x_o 投入と y_o 産出のDEA効率点である。これらの対 t と $t+1$ 時期のフロンティアの距離は効率計算の依拠であり、2つ時期のDEA効率の変化がMalmquist Indexの分析対象である。さらに数学変換を行って各効率を詳しく分解できる。

これからDEA-Malmquist Indexを利用して新疆における2010-2019年インフラと物流の投入産出効率値を計算する。

4. 実証分析

新疆においては12個の行政区画があり、そのため、本研究はそれら12個の都市・地域（地域、民族自治州、都市）を分析対象として選択する。それらの12個の地州市は新疆の天山南北に分布し、各地域の経済、交通、工業の中心であり、当該地域の発展程度を表すことができる。まずは、この12個の都市・地域を見ながら1978年改革開放後の新疆交通発展の過程を簡単にまとめる。

図2 中国新疆12個都市・地域の位置



出所：筆者作成。

図2では新疆12個地市州の相対的地理位置を示している。以下、イリカザフ自治州はイリ州を、ボルタラモンゴル自治州はボ州を、バオウンカロンモンゴル自治州はバ州を、カズラスカルカズ自治州はカ州と略称することとする。真中の点線は天山山脈、それを分水嶺にして新疆は大体に南北2つ部分に分けられる。長い間を経て、新疆では既に幾つかの「核-周辺」のシステムが形成していた。①天山北部は核、天山南部は周辺、②ウルムチ市は核、イリ州など地方は周辺、③イリ州は核、コラマイ市など地方は周辺のような「大中小」三層の経済圏区が存在している。

北部のウルムチ市を中心とする「天山北坂経済ベルト」は新疆の工業中心地である。工業の発展を支えるため、「天山北坂経済ベルト」とその周辺地域の交通整備は相対的に早く、インフラの整備と改造プロジェクトが1980年代の半ばから始まった。1985年にウルムチ市と八一鋼鉄公司¹⁷の輸送ルートで中国西北部の最初の一級道路 (First Grade Highway) ¹⁸が建設された。それに続いて1990-2010年代末までの約30年の間には、新疆北部の交通条件が様々なインフラ建設の計画によって改善されてきた。

それに対して、新疆南部の発展は相対的に遅れた。各種の経済活動と改革政策も北部より遅く、

¹⁷ 完全な名称は「宝鋼集団新疆八一鋼鉄有限公司」である。前身の「新疆八一鋼鉄集団有限責任公司」は1951年に成立した新疆現地の経済建設を支援する大型国有企業であり、2007年に宝鋼集団に30億元で再編成されて後者の子会社になった。

¹⁸ 1980年代の中国道路質量体系において質量ともに一番良い道路である。経済発展と建設標準の変化とともに、その後、一級道路の質量より高い「高速道路」が現れた。

特に交通インフラの建設が長い間、停滞している。そのため、新疆南部は経済の基礎は弱く、核になれる地域がほとんどない。しかし、阿克蘇地域、バ州の州府のクルラ市¹⁹のような天山北部に近いところや、新疆南部の歴史文化名都のカシュガル地域が機能的には弱い核として位置づけることも可能である。インフラ整備状況については、新疆南部に整備された最初の鉄道が1984年に完工した「トルファン-クルラ」鉄道である。それから長い停滞期を経て15年後の1999年12月に「クルラ-阿克蘇-カシュガル」鉄道が開通した。これらの事例は新疆南部の交通インフラ整備の遅さを示す好例である。

一般的な認識によるとインフラ整備の程度はある地域の経済発展レベルを表すとされる。その理由は近代的な農業、工業、サービス業が経営できる前提条件がインフラ施設の整備だからである。特に、新疆のような交通機能の整備・集積が相対的に遅れている地域にとって、インフラ整備だけでなく交通輸送ネットワークの構築がより重要となる。この点については1978年の中国改革開放初期に認識されていた。これはインフラ整備が新疆経済発展の優先事項である主な原因となった。

1978-2019年における40年間の新疆現代交通の発展は、10年間毎に概ね4つの時期に分られる。

1978-1988年：これは新疆交通発展の初期である。この10年間に中央政府は新疆の道路建設に4.7億元を投資し、G315茫崖-ホタン、天山独庫公路、G216北屯-大黄山、G312昌吉-呼図壁などの道路インフラ整備工事が完工された。1988年までに、新疆の道路の長さは25406kmに達し、1978年より1.93倍に増加し、基本的な現代交通の輸送能力を持ったが、発展の程度は依然として低い段階にあった。

1988-1998年：これは新疆交通機能が急速に発展した時期である。この時期に中国中央と新疆地方の政府は双方とも新疆の道路建設を強く重視するようになった。同時に、インフラ建設資金はそれまでの政府単一投資からそれ以外の経済主体からの投資を含むものへと多元化した。経済改革の効果が新疆の政策に徐々に影響していることがこの例からわかる。そして、1992年に第一次「烏魯木齊（ウルムチ）対外経済貿易洽談会」の開催により貿易が物流インフラ施設、物流サービスに対する需要を拡大させることが注目されるようになった。この10年間、新疆交通建設の総投資は80億元に達し、そのうち約70億元が国家投資である。すなわち、政府は依然として新疆インフラ整備を支える主な担い手である。インフラ建設、特に後進地域のインフラ建設は、初期の資金投入量が膨大であり、そして、資金の回収周期も長い。後進地域の経済発展は相対的に遅いため、債務が累積する傾向にあることから、元利を返済することがさらに難しくなる。故に、民間資本はこのようなインフラプロジェクトに一般には投資をしない。このことから新疆におけるインフラ建設の費用の大部分は政府が負担するケースが一般的である。ただしこれらの政府投資の結果、G312星星峡-トルファン、G314トクソン-榆樹溝、巴楚-莎車公路など道路インフラプロジェクトが相次いで完工さ

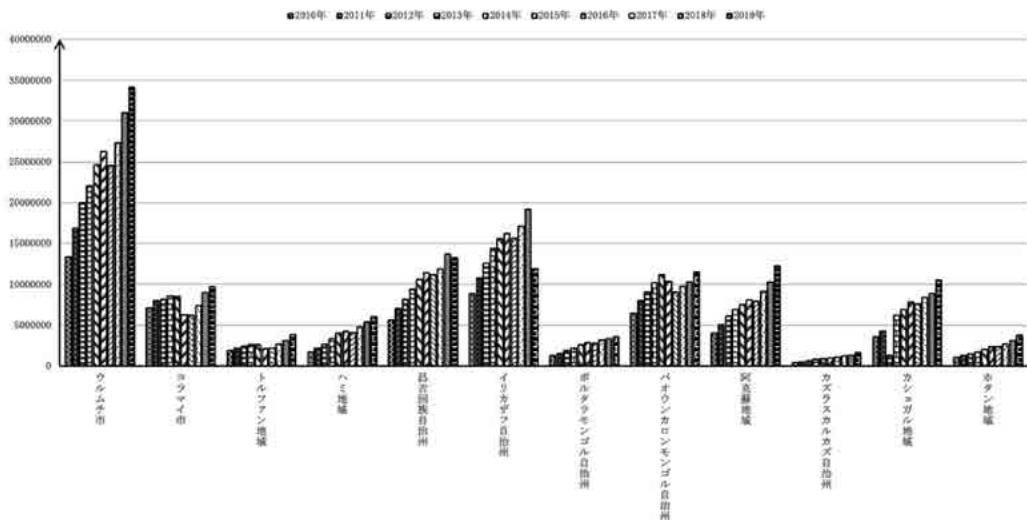
¹⁹ クルラはバオウンカロンモンゴル自治州の首府、新疆中部、天山南坂の重要な都市である。

れた。同時に、トルファン-ウルムチ-大黄山高速道路、ウルムチ-奎屯高速道路の建設も相次いで始まった。1998年の頃、新疆の道路の長さは32762kmに達し、1988年より1.29倍に増加した。

1998-2008年：2008年は中国改革開放の30年目であり、新疆のインフラ建設事業は改革開放の成果の一つとして特別な意義を持つため、この10年間の新疆のインフラ整備は以前よりも加速した。この時期に新疆の交通建設総投資は576億元まで増加し、これは1988-1998年投資総量の7.2倍に相当する。そしてこの時期の投資構成は、国家投資が200億元までに減少し、その割合が半分以下となった。小草湖-和碩、和碩-クルラ、奎屯-セリム湖、クルラ-庫車、カシュガル-ホタンなどの高速道路と一級道路が建設され、道路の長さも14.52万kmを上回り、新疆道路交通の全体状況は大きく改善した。

2010-2019年：2011年に新疆の「第十二個五年計画」が公表された。その中に道路交通インフラ建設の分野で「五横七縦」²⁰の発展戦略が打ち出された。そして、2013年に提唱された「一帯一路」政策に従い、新疆は中国の中央アジア、ロシア、ヨーロッパに進出する陸上交通センターとして建設する目標が明確にされた。これ以降、新疆の交通インフラ建設は新たな時期に突入した。

図3 2010-2019年新疆12個地州市における地域総生産 単位：万元



出所：筆者はXINJIANG STATISTICAL YEARBOOK各年度版により作成。

図3は2010-2019年新疆12個地州市の地域総生産を示している。全体的に見て、全ての地域総生産の成長趨勢は右肩上がりになっており、この10年間に新疆経済は成長していることが確認できる。このように2010-2019年の10年間は新疆の経済発展は基本的に安定した成長を見せていた。これを

²⁰ 新疆を横断する5つと縦断する7つの高速道路を指し、それらによって中央アジアと中国内陸省に繋がる。

前提として次の定量分析に入ることができる。

本論文の分析時期である2010-2019年の間に様々な重要な改革と変化が生じた。2010年の「新疆工作座談会」、2013年の「一帯一路」などはその代表的な事例である。一般的な認識はインフラの整備は原材料、労働力、資本などの移動を支え、経済と社会発展の前提条件であるため、交通条件はある地域の発展程度を評価する重要な要因である。

そして、2010年代における新疆の発展は、人々の生活水準を向上させ、2015年までに一人当たりGDPは全国平均水準を目標とし、2020年までに基本的に絶対貧困を消除して「全面小康社会」の建設を完成することを基本とするものであった²¹。その一步は長期間にわたって新疆の発展を制限してきたインフラ整備と物流機能充実の不足問題を解決することである。2020年代に入った現在までも、新疆のインフラ整備と物流機能の充実が続いている。しかし、新疆の交通条件改善による対中国内地地域や新疆内部各地域間の繋がりの強化が経済活動にもたらす影響をどのように評価するのがより大切な問題点である。前述したように、これは本論文の実証分析の目的である。

そこでインフラ整備と物流機能の充実をもたらした変化を表すため、本論文は新疆12個主要都市・地域の経済と社会発展状況を表すことができる統計データを選択し、以下のように示している。

表1 DEA-Malmquist Index分析の入出力変数	
入力変数 X_i	出力変数 Y_i
X_1 : 交通輸送、倉庫及び郵便業固定資産投資 (万元) X_2 : 交通輸送、倉庫及び郵便業従業員数 (人)	Y_1 : 労働者平均収入 (元/人) Y_2 : 建物平均売価 (住宅・商業) (元/㎡) Y_3 : 工業総産出額 (万元)

表1は別々に入力変数 X_i と出力変数 Y_i を表している。以下に選択の理由を説明する。

X_1 : 交通輸送、倉庫及び郵便業固定資産投資 (万元)、これはインフラと物流の固定資産への直接投資、投入の基本要因である。

X_2 : 交通輸送、倉庫及び郵便業従業員数 (人)、これはインフラ施設と物流産業を正常に管理・運営するための労働力の投入である。

Y_1 : 労働者平均収入 (元/人)、現地住民の生活レベルの変化がわかるデータである。

Y_2 : 建物平均売価 (住宅・商業) (元/㎡)、不動産価額の変化は現地経済の景気程度を評価できる。

Y_3 : 工業総産出額 (万元)、インフラ整備と物流機能の充実の最終の目的は工業の発展を促進することである。即ち、工業総産出額の変化はインフラや物流の対現地経済の影響を直接に表す。

次に、新疆の2010-2019年のデータを使ってDEA Malmquist-Indexの計算を行う。計算の結果は次

²¹ 2010年5月の第1回「中央新疆工作座談会」。

のように示している。

表2 2010-2019年時間順次による新疆12地域全要素生産性構造変化					
年分	effch	techch	pech	sech	tfpch
2010-2011年	0.975	1.135	1.007	0.968	1.107
2011-2012年	1.286	0.937	1.450	0.887	1.206
2012-2013年	1.282	1.027	0.885	1.450	1.317
2013-2014年	0.772	0.703	0.905	0.853	0.542
2014-2015年	1.073	0.736	1.054	1.018	0.790
2015-2016年	1.069	1.703	1.056	1.013	1.821
2016-2017年	0.934	0.630	1.007	0.928	0.589
2017-2018年	1.224	1.007	1.021	1.200	1.233
2018-2019年	1.170	0.870	1.114	1.051	1.018
平均値	1.074	0.932	1.045	1.028	1.001

表2はDEA-Malmquist Index計算の結果を示したものである。この計算結果によると、新疆は2010-2013年の間に全要素生産性、つまり投入と産出の効率性が年々増加し、その後の2013-2015年の間に一時的に下がり、直後の2015-2016年の1年間にさらに82.1%の効率性が向上した。これは交通条件の改善が新疆に新たな生産技術、管理方法をもたらして経済発展の効率性を大幅に向上させた結果だと考えられる。実際の発展状況について、2010年の第1回「中央新疆工作座談会」は「第十二個五年規画」（2011-2015）の対新疆の投資が「第十一個五年規画」（2006-2010）より2倍にして2万億元までに達する発展方針を打ち出した。特に、インフラ整備とインフラ投資による新疆交通条件の改善は現地一人当たりGDPを向上させる方法として中央政府が重視すると強調された²²。他には、東部の先進省市からの経済や技術などの援助計画も数多く見られた。計算の結果から見ると、2010年代前半の時期に中央政府や東部の先進省市からの支援は新疆の生産効率を大幅に増加させ、経済環境が好転した主な要因となったことが検証された。

そして、下降した2016-2017年を経て、2017-2019年に投入と産出効率の平衡を徐々に取り戻した。2016-2017年の効率低下の原因は前時期の過剰な投入量や産出不足と関連し、特に技術革新の減速が最大の問題である。実際の発展状況については、2016年の時に新疆は供給過剰の問題がすでに現れた。特に、鉄鋼、セメント、石炭産業など工業生産に緊密に関連する物の供給過剰は大きな赤字をもたらした。例えば、2016年末まで、新疆のセメント企業は109個があり、1億トンの供給能力を持つが、2016年の実際産出は約4100万トンしかなく、産出率が僅か41%だけである²³。2015年に新疆鉄鋼業の供給能力は2470万トンがあるが、実際の産出は1000万トンさえにも達しておらず、

²² 2010年5月の第1回「中央新疆工作座談会」。

²³ 「新疆布局水泥行業轉型升級化解產能過剩」（http://www.gov.cn/xinwen/2017-04/04/content_5183358.htm：最終アクセス日2021年12月7日）

産出率は40%までに低下し、同時期の全国平均水準の70%と比べて極端に低い²⁴。この状況に対応するため、2016年から新疆の発展政策は供給過剰の緩和に転換され、特に生産停止、債務超過、連年赤字の「僵尸企業」への政府補助金など保護政策を停止して処置した²⁵。そして、セメント²⁶と鉄鋼業²⁷も別々に産業構造調整、供給削減などの解決策が打ち出された。全体から見ると、新疆におけるインフラ投資と物流産業の発展は現地経済にもたらす効果が増減の波はあるものの見られるようになっており、周期性の特徴を持つ。これは中央政府政策の変化や投資ブームによる市場緩和の双方の共同作用の結果だと考えられる。

そして、2010-2019年のeffchの平均変化率は1.074であるので、新疆12地域のインフラ投資と物流産業の発展は効率的であると評価できる。一方で、2013-2014年effchの僅か0.772でしかないのは当該時期のpechの0.905とsechの0.853が双方、重なった結果である。つまり、技術応用効率の低下と投入資源の浪費が最大の問題点である。また同時期techchの低下は技術非効率の問題を表している。これによって、科学技術の適用不足と管理方法の遅れなどは2013-2014年新疆経済社会の発展を制約した主な要因であることがわかる。同様の問題は2014-2015年と2016-2017年の2つ時期にまた発生していた。具体的に分析すると2014-2015年の技術革新の遅れは同時期の非効率性の主な原因である。技術革新と技術応用の主体は人、即ち新疆における技術革新の遅れと資源の浪費の2つ問題の主要原因は人材の不足である。2012年までに新疆の科学技術者は6万人しかなく、直接に科学技術革新の活動を務める人は170人にも足りなかった。そして、新疆の経済発展と直接に関連する工程科学技術者と農業科学技術者の割合は僅か20.05%だけである。一方で、新疆の人材流失も非常に厳しい。1990-2010年代の20年間に新疆の人材流失は20万人に達し、その中には高技術人材は約10万人を占め、流出量は流入量の6倍である²⁸。この影響は2010年代後半まで続いている。2016-2017年については技術革新の不足以外に、資源浪費の問題も同時に存在した。

tfpchが非常に高い2015-2016年においてtechchが1.703に達しており、これは10年間の最大値である。つまり、新たな技術と管理方法の革新は当時の経済社会が大きく発展した主要な原因に当たり、交通条件の改善が現地に多くの発展の契機をもたらしたことを推測させる。2015年に「大衆創新、万衆創業」²⁹の影響を受け、それから2年間の時にウルムチ市は30個以上のCreative Spaceを

²⁴ 「*ST八鋼: 疆内産能過剩嚴重致業績巨虧」 (http://vip.stock.finance.sina.com.cn/q/go.php/vReport_Show/kind/company/rptid/3185154/index.phtml : 最終アクセス日2021年12月7日)

²⁵ 「新疆將重點清理“僵尸企業” 化解産能過剩問題」 (<http://www.ocn.com.cn/chanye/201601/auktj09164830.shtml> : 最終アクセス日2021年12月8日)

²⁶ 「新疆出臺水泥行業增效益方案 2017年退出産能500萬噸」 (<https://news.cnstock.com/news/bwxx-201611-3958795.htm> : 最終アクセス日2021年12月8日)

²⁷ 「新疆鋼鐵行業現狀與未來」 (https://www.sohu.com/a/231270340_611250 : 最終アクセス日2021年12月8日)

²⁸ 「新疆人材不足成科技創新短板」 (<https://roll.sohu.com/20131030/n389214335.shtml> : 最終アクセス日2021年12月8日)

²⁹ 中国総理李克強は2014年9月に世界経済フォーラム (World Economic Forum, WEF) で提出された。目的は中国の技術革新意識と能力を喚起することにある。その後、2018年9月に中国国務院は「国務院關於推動創新創業高質量發展打造“双创”升級版的意見」を公表し、これは2014年の「大衆創新、万衆創業」の進級だと考えられる。

設置し、約100個の科学革新企業を育て、「Creative Space-Incubator-Accelerator-Industrial Park」の技術革新の発展チェーンが基本的に形成された³⁰。この科学発展を促進する政策は新疆の tfpchが増加する主要因だと考えられる。しかし、その直後の2016-2017年にはtechchが急に落ちてしまった。その原因は政策の変化、投資ブームの後退、現地の科学革新力不足などにあったと思われる。

他には、2012-2013年と2017-2018年のsechが別々に1.450と1.200である。即ち、この2つ時期の経済社会の発展は資源配置の高効率に連関し、交通条件の改善は当時の経済発展を促進したと評価できる。そして、2011-2012年のpechは1.450であるため、技術応用の高効率が当時の経済発展を牽引したことが評価できる。これは2010年に中央政府が対新疆の新たな支援政策を実施した効果だと考えられる。

総体的に、techch以外の全ての指数は1より大きいため、投入と産出の角度からまとめれば、2010-2019年の10年間は新疆の技術革新不足が現地経済発展の課題である。あるいは、インフラと物流への投入による現地の科学技術の発展が進まなかった。外部からの技術、資本、人材の不足や内部の技術開発、人材育成の不備がその根本的な原因であると考えられる。

2010-2019年におけるインフラの投資と物流産業の発展は新疆の交通輸送効率を大きく向上させたと評価できる。しかし、資源配置の効率は増加した一方、新疆の技術革新効率は低い。そして、新疆現地経済の発展は、技術主導型産業のような資本集約型産業を育成しにくく、労働集約型産業を主体とする粗放型経済の特徴が依然として強い。資源配置効率の向上は一定程度で粗放型経済の弊害を緩和できるが、長期の視点から見ると、技術革新をもたらす仕組みを取り込まなければ経済発展は長期に停滞してしまう恐れが存在する。

5. 結論

本論文はDEA-Malmquist Indexの方法で新疆における2010-2019年のインフラ投資や物流機能の充実による現地経済への影響を評価してみた。これから計算の結果に基づいて前に挙げられている作業仮説を検討する。

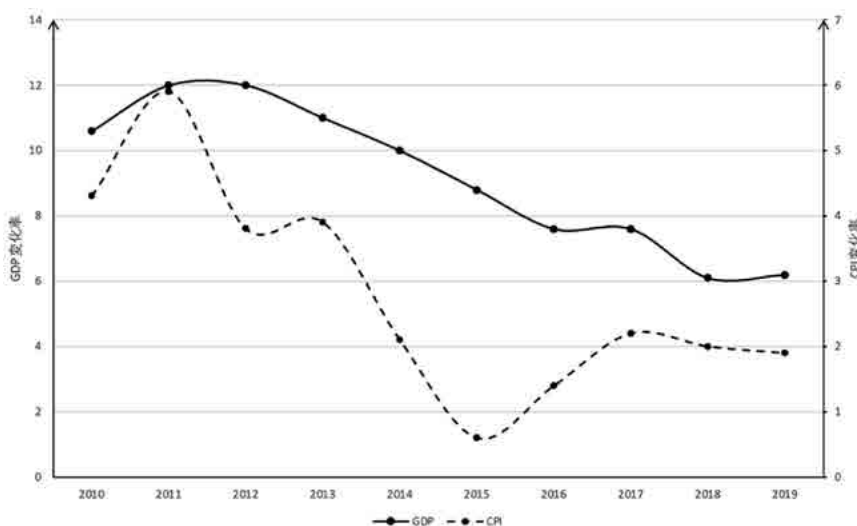
2010-2019年の10年間、新疆のインフラ投資と物流機能の充実は効率的で現地の経済発展を促進した。

表2の示すように、2010-2019年の10年間は新疆の経済発展が周期性を保ちながら進展する特徴があり、全体的に上昇している。より細かく見ると、新疆のインフラ投資と物流機能の充実は生産効率、技術応用効率、資源配置効率の向上を促進した一方で、技術革新への波及効果は弱い。つま

³⁰ 「圍繞總目標 新疆再出發 | 烏魯木齊高新區, 科技創新走出新路子」 (<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1577967581573544741&wfr=spider&for=pc>: 最終アクセス日2021年12月8日)

り、新疆経済が農牧業から工業への過渡期にあり、技術革新による産業構造の高度化は現在の重要な課題ではないと考えられる。そして、一次産業から工業への過渡期の経済にとっては、資源配置効率あるいはトラック輸送の速度、高速道路の長さ、鉄道駅の数、物流団地の規模など基本インフラの作用が相対的に大きい。しかし、2010-2019年の10年間、インフラ投資と物流機能の充実は新疆経済の発展に役に立ったが、新疆経済はその経済基盤の弱さに縛られており、その効果が非常に限定的である。

図4 2010-2019年新疆地域総生産（GDP）と消費者物価指数（CPI）の変化率 単位：％



出所：筆者はXINJIANG STATISTICAL YEARBOOK各年度版により作成。

図4は2010-2019年における10年間新疆の地域総生産（Gross Domestic Product, GDP）と消費者物価指数（Consumer Price Index, CPI）の変化を表している。GDPはある地域の一定期間内のあらゆる生産物やサービスの付加価値を示し、経済活動の成果を評価できる重要な指標である。そして、CPIは一定時期内に消費者が実際に購入する生活消費品とサービスの価格の変動を表す指数であり、経済環境の変化が現実の生活を影響する程度も評価できる。同時に、CPIはインフレーションやデフレーションの程度を反映できる。一般的に言うと、安定的な成長を前提として、先進地域の年平均CPIは3%上下、発展途上地域の年平均CPIは2%上下に変動している。そのため、GDPとCPIを組み合わせれば、ある地域の一定時期内における経済発展の実質状況を分析できるようになる。

図4から見ると、2010-2019年の10年間には新疆のGDP増加率が2010-2012年の3年間に12%の最高値に達した後、段々に右肩下がってきて最終に年間6%上下まで止まった。前に挙げたように、2010年から中央政府の対新疆の援助は増加し、これは2010-2012年GDP高速増長の直接に関連している。

2013年を分水嶺にしてそれからGDPの増加率は下がっているが、実際の数値が高位に維持している。つまり、2010年代における新疆の経済は高速の成長を果たしたことが評価できる。外部からの支援はその高速の成長を支える重要な要因である。

一方で、経済成長の裏側、即ちマイナス面の影響を見るため、CPIを導入する。GDPの変動はインフレーションやデフレーションの2つ状況をもたらすことができる。その故に、GDPの高速成長は必ず良いことと言えず、例えば経済過熱や物価上昇などマイナスの影響も生じる恐れが存在する。結果、インフレーションの下で、高い経済成長のボーナスと高い物価を相殺してしまって人々の実際の生活水準が改善できない。そのため、CPIを導入する分析は経済発展の実相をより客観的に見ることができる。図4の示すように、2010-2019年新疆におけるCPIの変動は基本的にGDPと一致し、まず最高値に達した後すぐに下がってきた。2011年は重要な転換点である。その年にGDPとCPIは共に最高値に達し、即ち高経済成長と高生活費用の状況であり、この状況は一般的に政府が積極的な経済刺激政策を出した後に出る。本論文で繰り返しているように、2010年から中央政府の援助計画はこの状況と直接に関連している。この状況を続ければ、新疆の経済社会が「大きな発展を果たした」と評価することはできない。しかし、その直後の2013年に新疆のCPI増加率は3.9%以下に下がり、さらに2015年に0.6%までの最低値を下回った。2016年からCPIは徐々に上昇して2%上下までに維持した。同時に、どの年分であっても、全てのGDP増加率はCPI増加率を大幅に超えている。即ち、新疆における2013-2019年の間は高経済成長、低生活費用の理想的な「成長黄金期」にある。経済と社会は高速に成長するとともに人々の収入も増え、物価は低く、マクロ経済は好循環を示していた。

DEA-Malmquist Indexの分析はこの「成長黄金期」を背景として行い、経済成長は対現実生活にプラスの影響を与えたため、それに基づいた計算と分析が一定の参考価値がある。特に挙げたいのは、生産効率は大幅に上昇し、技術、管理方式の革新活動は多い2015-2016年の2年間、同時にGDPは高速成長とCPIは谷底に下がった期間でもあった。つまり、インフラ投資と物流機能の充実は新疆の経済社会発展に必要なものをもたらし、現地経済の状況を変える重要な要因である。そして、外部からの支援は依然に新疆経済を牽引する主な要因であるが、これは新疆経済の基盤が形成するための不可欠なものである。一方で、様々な原因に制限されるため、産業の革新より基本的な工業生産能力と高効率の部品調達能力の構築は、将来長い時期にまた新疆経済発展のテーマだと考えられる。

参考文献

1. *LAW OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA ON REGIONAL NATIONAL AUTONOMY* 第六章参照。
2. *XINJIANG STATISTICAL YEARBOOK* 各年度版参照。
3. 荒谷太郎、轟朝幸 (2011) 「マルムキスト指数を用いた都市間公共交通モビリティの時系列

- 変化の要因分析」、『土木学会論文集D3（土木計画学）』、Vol. 67、No. 5、I_939-I_945ページ。
4. 藤田昌久、ポール・クルーグマン、アンソニー・J・ベナブルズ（著）小出博之（訳）（2000）『空間経済学—都市・地域・国際貿易の新しい分析』東洋経済新報社。
 5. 藤田昌久、ジャック・F・ティス（著）徳永澄憲、太田充（訳）（2017）『集積の経済学—都市、産業立地、グローバル化』東洋経済新報社。
 6. 魏権齡（2006）『数据包絡分析（DEA）』科学出版社。
 7. 保永展利（2013）「中山間地農業における農村ビジネスの成長性分析—Malmquist生産性指数の計測による分析」、『地域学研究』、Vol. 43、No. 3、357-372ページ。
 8. Wade D. Cook、Joe Zhu（著）森田浩（訳）（2014）『データ包絡分析法』株式会社ITSC静岡学術出版事業部。
 9. 吉野大介、藤原章正（2011）「環境施策が都市交通システムのエネルギー効率性に与える影響の分析—DEA（データ包絡分析）とMalmquist指数によるアプローチ」、『運輸政策研究』、Vol. 14、No. 2、14-25ページ。
 10. 山城健悟、小笠原悠、日原勝也（2020）「日本の空港における効率性分析—包絡分析法を用いて」、『交通学研究』、第63巻、39-46ページ。
 11. FAN Decheng, GU Xiaomei（2021）‘An Analysis of the Key Influencing Factors of Technological Innovation Efficiency in High-tech Industries: An Empirical Study Based on the DEA-Malmquist and Bayesian Model Averaging approach’, *Science Research Management*, Vol. 42, No. 8, 226-234.
 12. FU Sen（2020）‘Analysis and Research on Total Factor Productivity of Ningxia Manufacturing Based on DEA-Malmquist Index Method’, *Science Technology and Industry*, Vol. 20, No. 12, 1-7.
 13. Gong Xiaojun, Shen Yajie（2017）‘Research on the Industry Development of Urban Agglomeration of Tianshan Mountains’ Northern Slope under the Belt and Road Initiative’, *CONTEMPORARY ECONOMIC MANAGEMENT*, Vol. 39, No. 11, 79-84.
 14. Rolf Färe, Shawna Grosskopf, Mary Norris, Zhongyang Zhang（1994）‘Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries’, *THE AMERICAN ECONOMIC REVIEW*, Vol. 84, No. 1, 66-83.
 15. YAN Zhaohui, HUANG Min, LI Guanxiang et al.（2020）‘Analysis of the Cost-benefit and Total Factor Productivity of Different Scale Broiler Breeding in China Based on DEA-Malmquist Index Method’, *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, Vol. 48, No. 24, 225-229, 233.

16. ZHOU Linrong, WEI Guangxing, ZHANG Xin, LIU Yingxia, GUAN Xiaoxi (2020) ‘Study on Tea Production Efficiency of Zunyi County Based on DEA-BCC Model and DEA-Malmquist Index Model’, *Journal of Tea Communication*, Vol.47, No.4, 675-682.
17. 中国国家能源局 (National Energy Administration of People’s Republic of China) ホームページ (<http://www.nea.gov.cn>:最終アクセス日2021年12月6日)
18. 「新疆交通30年」 (http://www.cnr.cn/2008zt/ggkf/xing/200810/t20081010_505119876.html : 最終アクセス日2021年10月5日)
19. 「新疆布局水泥行業轉型升級化解產能過剩」 (http://www.gov.cn/xinwen/2017-04/04/content_5183358.htm : 最終アクセス日2021年12月7日)
20. 「*ST八鋼:疆内產能過剩嚴重致業績巨虧」 (http://vip.stock.finance.sina.com.cn/q/go.php/vReport_Show/kind/company/rptid/3185154/index.phtml : 最終アクセス日2021年12月7日)
21. 「新疆將重點清理“僵尸企業”化解產能過剩問題」 (<http://www.ocn.com.cn/chanye/201601/auktj09164830.shtml> : 最終アクセス日2021年12月8日)
22. 「新疆出台水泥行業增效益方案 2017年退出產能500万吨」 (<https://news.cnstock.com/news/bwxx-201611-3958795.htm> : 最終アクセス日2021年12月8日)
23. 「新疆鋼鉄行業現狀与未来」 (https://www.sohu.com/a/231270340_611250:最終アクセス日2021年12月8日)
24. 「新疆人材不足成科技創新短板」 (<https://roll.sohu.com/20131030/n389214335.shtml> : 最終アクセス日2021年12月8日)
25. 「圍繞總目標 新疆再出發 | 烏魯木齊高新區, 科技創新走出新路子」 (<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1577967581573544741&wfr=spider&for=pc> : 最終アクセス日2021年12月8日)