

新シルクロードの部分的輸送インフラ改善と 陸上輸送競争力

呉 逸 良

要約

本稿は新シルクロードの輸送インフラ整備の長さとユーラシア陸上輸送競争力との関係を理論的に分析した。本稿は呉（2018, 2020）の孤島モデルを利用し、陸上輸送ルートの輸送条件が均一である前提を緩め、非均一の状況へと拡張して分析を行った。本稿の分析は、新シルクロードの輸送インフラ整備が沿岸地域に偏りかつ長さが過小の場合に、陸上輸送競争力増強の効果が無いことを明らかにした。

キーワード：一帯一路, シルクロード, 陸上輸送競争力

1. はじめに

新シルクロードの輸送競争力と中央アジアの経済発展について、Wu（2015）と呉（2018, 2020）において¹⁾、ユーラシア大陸を孤島と見立て、孤島を横断する陸上輸送ルートを新シルクロードと見なしたモデルを構築して、一連の分析を行った。Wu（2015）は陸上輸送と海上輸送との競合関係を、独自の陸上輸送競争力を表す指標を考案した。呉（2018）はその陸上輸送競争力が、陸上輸送ルート上の中央地点と沿岸地点の立地優位性の格差に与える影響を分析した。呉（2020）はその分析を1種類の財から多種類の財へと拡張分析した。その一連の研究は、孤島外の市場規模が十分大きい場合に、陸上輸送競争力の増強は中央地点の立地優位性が沿岸地点を勝る効果をもたらす、ということを示した²⁾。

新シルクロードの現状を見ると、中国政府の「一帯一路」提唱（The Belt and Road Initiative, 以下略：BRI）は、輸送インフラ整備を通じて着々と進められる。このような進展のなかで、過剰債務リスクなどの問題が指摘されているが³⁾、輸送インフラ整備の効果及

1) Wu (2015), "Measuring the Transportation Competitiveness of the New Silk Road", *Rebirth of the Silk Road and a New Era for Eurasia*, Yachiyo Shuppan, 75-94.

2) 孤島外の市場規模がない若しくは非常に小さい場合、中央地点は陸上輸送競争力の強弱に関係せず常に沿岸地点よりも立地優位性を持つ。

3) この問題は最初に Brahma Chellaney によって提起され、議論を起こした。本稿はこの議論に立ち入らないが、関心がある方は Brahma Chellaney (2017) "China's Debt-Trap Diplomacy", *Monthly Archivers*, January 25, (<https://chellaney.net/2017/01/>) や、これに異論をする Lee Jones and Shahar Hameiri (2020), "Debunking the Myth of 'Debt-trap Diplomacy' How Recipient Countries Shape China's Belt and Road Initiative", *Research Paper* (<https://www.chathamhouse.org/publication/debunking-myth-debt-trapdiplomacy-jones-hameiri>) などを参照されたい。

び将来に対する期待については否むことができない。Bird *et al.* (2020) の実証研究の結果では、BRI が中央アジアの国々及び地域の経済発展の促進力となることを示した⁴⁾。また、世界銀行が 2019 年に発表した報告書は、BRI の交通インフラ整備が十分実現されれば、沿線の輸送時間は最大 12% 短縮可能で、沿線経済体の対外貿易は 2.8~9.7% ほど増加し、世界貿易は 1.7~6.2% ほど増加することによって、沿線経済体の一人当たりの実質収入は 1.2~3.4% ほど増加し、世界全体の実質収入は 0.7~2.9% ほど増加すると示した。しかし、新シルクロードのインフラ整備の効果について、必ずしもこのような楽観的な評価を得られるとは限らない。

2000 年前後に、中国政府は西部大開発のために、新シルクロードの中国国内の連雲港=新疆間の部分を幾度もスピードアップのインフラ整備を行った。この効果について、Xu (2016) の実証分析では、中国内陸地とカザフスタンとの貿易が増加したが、新疆の立地優位性は必ずしも向上したとは言えない、という結果が見られた。

なぜこのような相反した結果が見られるのか。Xu (2016)⁵⁾ の分析結果は直感的な予想に反している面があるが、その理由については言及していない。本稿は新シルクロードの輸送インフラ改善の長さに焦点に当て、その謎解きを試みる。

本稿は Wu (2015) と呉 (2018) のモデルを拡張し、陸上輸送ルートの沿岸から一部区間の輸送条件がインフラ整備によって改善された場合に、陸上輸送競争力に与える影響を分析する。このモデルは陸上輸送ルート上の輸送条件が非均一的であることを想定している点が拡張した部分である。

次の第 2 章は、まず Wu (2015) と呉 (2018, 2020) の孤島モデルの基本的な枠組を紹介する。第 3 章は、新シルクロードの東端に位置する中国側の鉄道インフラ整備が先行して進んだ現実を分析するために、陸上輸送ルートの東端沿岸から一部区間が他より輸送時間・輸送費用が低いと仮定し、その区間の長さが陸上輸送競争力に与える影響を分析する。最後の第 4 章は全体をまとめ、結果からのインプリケーションを解釈し、今後の課題などを言及する。

本稿の結論の一部として、陸上輸送インフラの改善は沿岸地域の一部に偏りかつ長さが過小の場合に、陸上輸送競争力を増強する効果がないことを明らかにした。これは新シルクロードに巡る一連の実証研究の結果を解釈することができよう。従って、「一带一路」の戦略は中国国内のみでの陸上輸送インフラ整備を通しては実現困難であり、より広範な国際協

4) Julia Bird, Mathilde Lebrand and Anthony J. Venables "The Belt and Road Initiative Reshaping Economic Geography in Central Asia?" *Journal of Development Economics*, Volume 144, May 2020, 102441. 及び The World Bank "Belt and Road Economics: Opportunities and Risks of Transport Corridors" Publication, June 18, 2019 を参照されたい。

5) Xu Hangtian (2016), "Domestic railroad infrastructure and exports: Evidence from the Silk Route", *China Economic Review*, Vol.41, pp.129-147.

力の下で、国境を越えた長距離の陸上輸送インフラ整備が重要であろう。

2. 孤島モデルの枠組

この章では、まず Wu (2015) のモデルの枠組を説明する上で、呉 (2018, 2020) の分析を紹介する。

図1のように、孤島の東西両端 A1 と A2 地点に結ぶ唯一の陸上輸送ルートが存在し、長さ L とする。A1 と A2 の間の任意の2地点間の輸送について、2つの経路は選択可能である。1つは陸上輸送で直接に輸送する経路である。もう1つは、まず最寄りの沿岸地点まで陸上輸送し、そこから海上輸送を利用して反対側の沿岸地点まで上陸し、最後に目的地点まで陸上輸送で運ぶ、という複合輸送する経路である。どの経路を選択するかは、それぞれの経路に必要な輸送費用と輸送時間で評価する総合輸送コストの大きさによって判断される。総合輸送コストが低い経路が選択されるとする。

陸上輸送と海上輸送に関する輸送費用と輸送時間のパラメーターは次のように仮定されている。

A1 と A2 の間の海上輸送費用 $= c_{sea}$, (但し, $c_{sea} > 0$) ;

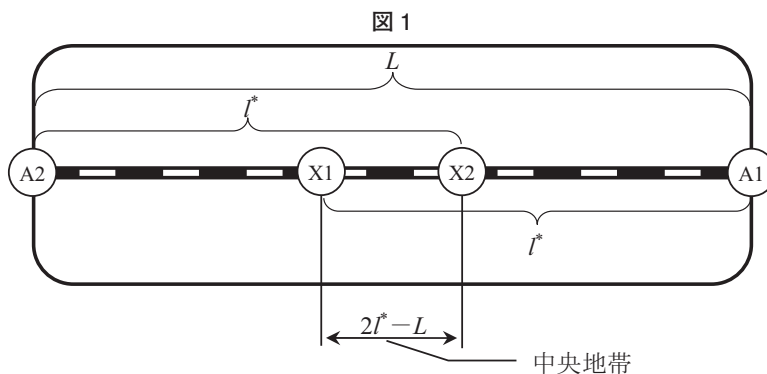
A1 と A2 の間の海上輸送時間 $= t_{sea}$, (但し, $t_{sea} > 0$) ;

単位距離の陸上輸送費用 $= \alpha$, (但し, $\alpha > 0$) ;

単位距離の陸上輸送時間 $= \beta$, (但し, $\beta > 0$) .

また、総合輸送コストを T で表す。輸送費用 c と輸送時間 t の組合せについて、その総合輸送コスト $T(c, t) = t + c\gamma$ と仮定する (但し, $\gamma > 0$) . γ は c と t の限界代替率を表すパラメーターである。 γ が大きいほど、輸送費用 c のほうが負担をより大きく感じる。 γ が小さいほど、輸送時間 t のほうが負担をより大きく感じる。

以上の仮定の下で、A1 と A2 の間の任意の2地点間の輸送距離 l に対して、陸上輸送で直接に輸送するならば、総合輸送コストは $\beta l + \alpha l \gamma$ となり、 l の増加関数となる。複合輸送するならば、総合輸送コストは $\beta(L-l) + t_{sea} + [\alpha(L-l) + c_{sea}] \gamma$ となり、 l の減少関数となる。 ($L-l$)



出所：Wu (2015)

は複合輸送に必要な陸上輸送距離である。どの経路を選択するかは l の長さによって決定される。 l の長さが下記の式

$$l^* = \frac{L}{2} + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{2(\beta + \alpha\gamma)} \quad (1)$$

に等しいときに、両経路の総合輸送コストは等しくなる。結局、 $l < l^*$ ならば、陸上輸送で直接に輸送する経路を選択することになる。 $l > l^*$ ならば、複合輸送する経路を選択することになる。

この l^* は Wu (2015) が言う「陸上輸送限界距離」である。この l^* の大きさから、陸上輸送競争力の状況を把握することができる。 l^* の拡大は陸上輸送競争力の向上を意味する。陸上輸送競争力を測る指標として利用することができる。 l^* の大きさは、陸上輸送条件と海上輸送条件を表すパラメーター α , β , c_{sea} と t_{sea} 及び、輸送依頼者の価値判断を表すパラメーター γ の大きさによって決定される。

そして、各パラメーターはゼロより大きいので、式 (1) から $l^* > L/2$ は分かる。そうすると、図 1 のように、東西両沿岸地点から l^* 離れた X1 と X2 地点に挟まれる区間は必ず存在する。この空間は Wu (2015) が言う「中央地帯」である。中央地帯内のどの地点でも陸上輸送ルート上の任意の地点との間の距離が l^* より小さいので、その間の輸送について、複合輸送は必ず利用されない。これは非中央地帯と異なる特徴である。中央地帯の長さは $2l^* - L$ であるので、 l^* の増加関数である。従って、中央地帯の長さをも陸上輸送競争力を測る指標として利用することができる。特に、陸上輸送状況が非均一の場合に、中央地帯の長さを陸上輸送競争力の指標として利用したほうが便利である。中央地帯の拡大は、陸上輸送競争力の向上を意味する。

更に、新シルクロードの現状として、ユーラシア東西両端の輸送に関して、輸送費用は海上輸送のほうが低く、輸送時間は陸上輸送のほうが短いので、 $\beta / \alpha < t_{sea} / c_{sea}$ と仮定する。また、 $L \geq l^*$ は現実的であるので、 $L/2 < l^* \leq L$ と仮定する。つまり、 $t_{sea} + c_{sea}\gamma \leq (\beta + \alpha\gamma)L$ である。

これらの条件の下で、各パラメーターの変化が l^* に与える影響については、 $\frac{\partial l^*}{\partial c_{sea}} > 0$,

$$\frac{\partial l^*}{\partial t_{sea}} > 0, \quad \frac{\partial l^*}{\partial \alpha} < 0, \quad \frac{\partial l^*}{\partial \beta} < 0, \quad \frac{\partial l^*}{\partial \gamma} < 0 \text{ である}^6).$$

上記のモデルの枠組の下で、呉 (2018, 2020) は、陸上輸送ルート上の中央地点と沿岸地点の輸送面における立地優位性について議論した。また、陸上輸送競争力の変化はそれらの地点の立地優位性に与える影響を分析した。その結果、陸上輸送ルート以外の市場規模の大きさによって、陸上輸送競争力増強の効果は異なることが明らかにした。(1) 陸上輸送ルー

6) $\frac{\partial l^*}{\partial \gamma} = \frac{c_{sea}}{2\alpha(\beta/\alpha + \gamma)} \left(1 - \frac{t_{sea}/c_{sea} + \gamma}{\beta/\alpha + \gamma} \right)$, 右辺大括弧内の分数の値が 1 より大きいので、微分の値はマイナスとなる。

ト以外の市場規模が存在しない、あるいは過少の場合、陸上輸送ルート上の中央地点は常に立地優位性を持つ。(2) 陸上輸送ルート以外の市場規模が十分大きい場合、陸上輸送ルート上の中央地点の立地優位性を持たせるために、陸上輸送競争力の増強は効果がある。

しかし、呉 (2018, 2020) の分析は陸上輸送ルート上のすべての区間の輸送条件が均一である前提を暗黙している。これは陸上輸送競争力と立地優位性の関係を理解するためには、便宜な設定であるが、現実の新シルクロード沿線の事情に合わない。特に中国側が鉄道インフラ整備を先行して進んでいることによる影響を分析するには、陸上輸送ルート上のすべての区間の輸送条件が均一である前提は障害となる。本稿は、この前提を緩め、中国側が鉄道インフラ整備を先行した場合に、陸上輸送競争力に与える影響を考察することを念頭に置いている。

3. 陸上輸送ルートの一部区間の条件改善と陸上輸送競争力

本稿は呉 (2018, 2020) のモデルを次のように拡張する。陸上輸送のインフラ整備前は、陸上輸送ルート上の輸送条件は均一で、各パラメーター前節と同じであるとする。陸上輸送のインフラ整備によって、 $A1$ から長さ μL の区間の輸送状況が改善されたとする。改善された区間の単位距離の輸送費用を α_a とし、単位距離の輸送時間を β_a とする。非改善区間の単位距離の輸送費用を α とし、単位距離の輸送時間を β とする。但し、 $0 < \mu \leq 1$, $c_{sea} \leq \alpha_a L < \alpha L$, $0 < \beta_a < \beta$ である。更にはその輸送条件の改善が有限である現実を考慮して、 $T(c_{sea}, t_{sea}) \leq T(\alpha_a L, \beta_a L) < T(\alpha L, \beta L)$ かつ $\beta_a / \alpha_a < t_{sea} / c_{sea}$ とする。これによって、陸上輸送ルート上の輸送条件は非均一になり、陸上輸送限界距離は発送地によって異なるし、また μL の長さにも依存する。更にここで陸上輸送インフラ整備前後の輸送条件改善の度合を表す指標として、以下3つを定義する。

$$\omega = \frac{\beta_a + \alpha_a \gamma}{\beta + \alpha \gamma}, \quad \omega_\beta = \frac{\beta - \beta_a}{\beta + \alpha \gamma}, \quad \omega_\alpha = \frac{(\alpha - \alpha_a) \gamma}{\beta + \alpha \gamma}. \quad (2)$$

ω は陸上輸送の総合的改善度であり、同じ陸上輸送距離に対して改善後の総合輸送コストが元の何割になるかを表している。 ω_β はその費用改善度であり、同じ陸上輸送距離に対して改善後の削減費用が元の総合輸送コストに占める割合を表している。 ω_α はその時間改善度であり、同じ陸上輸送距離に対して改善後の削減時間が元の総合輸送コストに占める割合を表している。 ω は小さいほど総合的改善効果が大きい。 ω_β と ω_α は大きいほど費用改善効果と時間改善効果が大きい。また定義から、 $1 - \omega = \omega_\beta + \omega_\alpha$ であることは容易に分かる。

以上の設定の下で、陸上輸送ルートの改善区間の長さが陸上輸送競争力に与える影響を分析する。しかし、陸上輸送ルート上の輸送条件が非均一のため、呉 (2018, 2020) のように単一の陸上輸送限界距離で全体の陸上輸送競争力を表すことができなくなる。このため、本稿は中央地帯の長さを陸上輸送競争力の指標とする。

1. μ の大きさと中央地帯の大きさの関係

中央地帯の長さを計算するために、まず、A1 地点から測った陸上輸送限界距離 l_{A1}^* を計算する。その結果は μL の長さにも依存するが、下記の通りとなる⁷⁾。

$$(a) \quad l_{A1}^* > \mu L \text{ の場合} : l_{A1}^* = l^* + (1 - \omega) \frac{L}{2} \mu$$

$$(b) \quad l_{A1}^* = \mu L \text{ の場合} : \mu = \mu_{A1}^{**} = \frac{2}{1 + \omega} \frac{l^*}{L};$$

$$l_{A1}^* = l_{A1}^{**} = \frac{2l^*}{1 + \omega}$$

$$(c) \quad l_{A1}^* < \mu L \text{ の場合} : l_{A1}^* = \frac{l^*}{\omega} - \left(\frac{1 - \omega}{\omega} \right) \frac{L}{2} \mu.$$

次に、A2 地点から測った陸上輸送限界距離 l_{A2}^* を計算する。その結果も μL の長さにも依存するが、下記の通りとなる。

$$(d) \quad L - l_{A2}^* > \mu L \text{ の場合} : l_{A2}^* = l^* - (1 - \omega) \frac{L}{2} \mu$$

$$(e) \quad L - l_{A2}^* = \mu L \text{ の場合} : \mu = \mu_{A2}^{**} = \frac{2}{1 + \omega} \left(1 - \frac{l^*}{L} \right);$$

$$l_{A2}^* = l_{A2}^{**} = \frac{2l^*}{1 + \omega} - \frac{1 - \omega}{1 + \omega} L = L - \frac{2}{1 + \omega} (L - l^*)$$

$$(f) \quad L - l_{A2}^* < \mu L \text{ の場合} : l_{A2}^* = \frac{l^*}{\omega} - \left(\frac{1 - \omega}{\omega} \right) L + \left(\frac{1 - \omega}{\omega} \right) \frac{L}{2} \mu.$$

そして、中央地帯の長さは $l_{A1}^* + l_{A2}^* - L$ に等しい。更に、 $\mu = 1$ の場合に陸上輸送ルートの全域が改善され、その単位距離の輸送時間と費用はそれぞれ β_a と α_a となり、陸上輸送の限界距離 l_a^* については

$$(g) \quad \mu = 1 \text{ の場合} : l_{A1}^* = l_{A2}^* = l_a^* = \frac{l^*}{\omega} - \left(\frac{1 - \omega}{\omega} \right) \frac{L}{2}$$

となる。その時、中央地帯の長さは $(2l^* - L)/\omega$ となる。そして、 $l^* > L/2$ および $\omega < 1$ なので、 $\mu_{A1}^{**} > 1/2$ および $\mu_{A2}^{**} < \mu_{A1}^{**}$ のも簡単に証明できる⁸⁾。従って、 $\omega \geq 3 - 4l^*/L$ ならば、 $\mu_{A2}^{**} \leq 1/2 < \mu_{A1}^{**}$ であり、 $\omega < 3 - 4l^*/L$ ならば、 $1/2 < \mu_{A2}^{**} < \mu_{A1}^{**}$ であることが分かる。

最後に、陸上輸送の改善効果が有限であるという現実を考慮して、 $l_a^* \leq L$ という制約をし

7) 付録参照。

8) 証明： $\mu_{A1}^{**} = \frac{2}{1 + \omega} \frac{l^*}{L} > \frac{2}{1 + \omega} \frac{L/2}{L} = \frac{2}{1 + \omega} > \frac{1}{2}$ $\mu_{A1}^{**} - \mu_{A2}^{**} = \frac{2}{1 + \omega} \frac{l^*}{L} - \frac{2}{1 + \omega} \left(1 - \frac{l^*}{L} \right) = \frac{2}{1 + \omega} \left(\frac{2l^*}{L} - 1 \right) > 0$
(証明終了)。

ておく。そうすると、 ω の大きさは $\frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{(\beta + \alpha\gamma)L} \leq \omega < 1$ に制約される。以上から、その他の条件が一定の下で、 l_{A1}^* および l_{A2}^* と μ の関係を図2で示してまとめる。

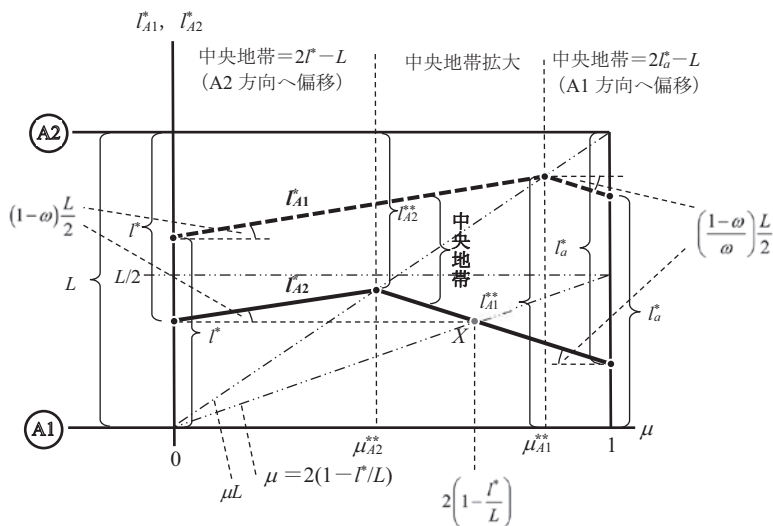
図2の横軸は μ の大きさを測っている。縦軸は l_{A1}^* と l_{A2}^* の長さを測っている。縦軸の下端と上端はそれぞれA1とA2地点を表し、両端の距離は L である。 l_{A1}^* の長さはA1端から上へ測り、 l_{A2}^* の長さはA2端から下へ測る。 l_{A1}^* と l_{A2}^* の間の垂直幅は中央地帯の長さである。

図2の太い点線は l_{A1}^* と μ の関係を示している。太い実線は l_{A2}^* と μ の関係を示している。まず、 l_{A1}^* と l_{A2}^* の動きを見よう。 $\mu=0$ の時に、 $l_{A1}^* = l_{A2}^* = l^*$ である。 l_{A1}^* は μ の増加につれて最初は増加し、 μ が μ_{A1}^{**} を超えると逆に減少していく。 $\mu=1$ の時に、 $l_{A1}^* = l_a^*$ となる。 l_{A2}^* は μ の増加につれて最初は減少し、 μ が μ_{A2}^{**} を超えると逆に増加していく。 $\mu=1$ の時に、 $l_{A2}^* = l_a^*$ となる。そして、 l_{A1}^* の最大値および l_{A2}^* の最小値になった時に、 $l_{A1}^* = \mu_{A1}^{**}L$ あるいは $l_{A2}^* = \mu_{A2}^{**}L$ であるため、それらの座標点は必ず対角の斜線上にある。この対角の斜線はA1軸から測った μL の長さで、陸上インフラ改善区間の長さを表している。

次に、 μ を区別けて見よう。そのために、 μ_{A1}^{**} と μ_{A2}^{**} はどれが大きいかを知る必要がある。 $1/2 < l^* \leq L$ なので、 $\mu_{A2}^{**} < \mu_{A1}^{**}$ は容易に分かる。

- (1) $0 < \mu \leq \mu_{A2}^{**}$ の場合、 l_{A1}^* と μ の関係は上記の(a)の式に示されたように l_{A1}^* が μ の増加関数である。 l_{A2}^* と μ の関係は上記の(d)の式に示されたように l_{A2}^* が μ の減少関数である。 l_{A2}^* の限界減少と l_{A1}^* の限界増加が等しいので、 μ の増加につれて中央地帯は $(2l^* - L)$ の長さを維持するままA2地点の方向へ偏移する。
- (2) $\mu_{A2}^{**} < \mu \leq \mu_{A1}^{**}$ の場合、 l_{A1}^* は引続き上記の(a)の式のように μ の増加関数である。 l_{A2}^* と μ の関係は上記の(f)の式に示されたように l_{A2}^* が μ の増加関数に転じた。中央地

図2



帯の長さは $\left(\frac{\omega+1}{\omega}\right)l^* - \frac{L}{\omega} + \left(\frac{1-\omega^2}{\omega}\right)\frac{L}{2}\mu$ に等しく、 μ の増加関数となる。 $\mu = \mu_{A1}^{**}$ の時に、中央地帯は $(2l^*-L)/\omega$ まで拡大する。この場合に陸上輸送競争力は確実に増強していることを意味する。

- (3) $\mu_{A1}^{**} < \mu \leq 1$ の場合、 l_{A1}^* と μ の関係は上記の(c)の式に示されたように l_{A1}^* が μ の減少関数である。 l_{A2}^* は引続き上記の(f)の式のように μ の増加関数である。 l_{A1}^* の限界減少と l_{A2}^* の限界増加が等しいので、 μ の増加につれて中央地帯は $(2l^*-L)/\omega$ の長さを維持するままA2地点の方向へ偏移する。 $\mu=1$ の時に、 $l_{A1}^* = l_{A2}^* = l_a$ になる。

最後に、図2のX点に注目したい。ここから分かるように $\mu=2(1-l^*/L)$ のときに、 l_{A2}^* の長さはちょうど l^* に等しい。つまり、このX点は ω に依存せず、 l^* のみに依存する。 $\mu=2(1-l^*/L)$ を表す斜線上に位置する特別な点である(但し、 $\mu=2(1-l^*/L)$ を表す斜線の l^* はA2軸から測ったものである)。この l^* の大きさによって、X点は斜線に沿って移動する。 l^* の大きさが所与されれば、X点が斜線における位置も決定される。このことを把握する上で、以下 l^* と ω の大きさが中央地帯の拡大に与える影響を見てみる。

2. l^* と ω の大きさが中央地帯の拡大に与える影響

上記の図2で示したように、 μ_{A2}^{**} と μ_{A1}^{**} の大きさはそれぞれ中央地帯の拡大開始と拡大終了時の μ の大きさを表している。そして l^* と ω が μ_{A2}^{**} に与える影響を整理すると、

$$\frac{\partial \mu_{A2}^{**}}{\partial l^*} = -\frac{2}{(1+\omega)L} < 0, \quad \frac{\partial \mu_{A2}^{**}}{\partial \omega} = -\frac{2}{(1+\omega)^2} \left(1 - \frac{l^*}{L}\right) < 0$$

である。その他の条件が一定の下で、 l^* (あるいは ω)が大きいほど μ_{A2}^{**} は小さくなり、つまり、陸上輸送状況改善前の陸上輸送競争力が強いほど(あるいは陸上輸送状況改善後の総合改善度が弱いほど)、中央地帯の拡大開始に必要な陸上輸送状況改善区間は短くなる。また、 l^* と ω が μ_{A1}^{**} に与える影響を整理すると、

$$\frac{\partial \mu_{A1}^{**}}{\partial l^*} = -\frac{2}{(1+\omega)L} < 0, \quad \frac{\partial \mu_{A1}^{**}}{\partial \omega} = -\frac{2}{(1+\omega)^2} \frac{l^*}{L} < 0;$$

である。その他の条件が一定の下で、 l^* が大きいほど μ_{A1}^{**} は大きくなり、 ω が大きいほど μ_{A1}^{**} は小さくなる。つまり、陸上輸送状況改善前の陸上輸送競争力が強いほど、中央地帯の拡大終了に必要な陸上輸送状況改善区間は長くなる。陸上輸送状況改善後の総合改善度が弱いほど、中央地帯の拡大終了に必要な陸上輸送状況改善区間は短くなる。

ω が μ_{A1}^{**} と l_{A1}^{**} に与える影響を更に見ていくと次の命題1が言える。

命題1: $l_a^* \leq L$ になるような輸送インフラの改善を行えば、 $\mu_{A1}^{**} \leq 1, l_{A1}^{**} \leq L$ である。

そして、 $l_a^* = L$ の場合のみ、 $\mu_{A1}^{**} = 1, l_{A1}^{**} = L$ である。

証明: l_a^* の定義式から、 $\frac{l^*}{\omega} + \left(1 - \frac{1}{\omega}\right)\frac{L}{2} \leq L$ を置くと、 $\omega \geq \frac{2l^*}{L} - 1$ であることが分か

る. それをそれぞれ μ_{A1}^{**} と l_{A1}^{**} の定義式に代入すると,

$$\mu_{A1}^{**} = \frac{2}{1+\omega} \frac{l^*}{L} \leq \frac{2}{1+\frac{2l^*}{L}-1} \frac{l^*}{L} = 1,$$

$$l_{A1}^{**} = \frac{2l^*}{1+\omega} \leq \frac{2l^*}{1+\frac{2l^*}{L}-1} = L$$

を得る. (証明終了)

命題 1 から次のことが読み取れる. もし陸上輸送状況改善後の総合改善度が最も高ければ ($\omega = 2l^*/L - 1$ ならば), l_{A1}^{**} が μ の増加につれて拡大していくことは, $\mu = 1$ になるまで続く. そして, l_{A1}^{**} は L になるまで拡大し, 短縮現象が現れない. もし, $\omega < 2l^*/L - 1$ ならば, l_{A1}^{**} の最大値は L より小さい. l_{A1}^{**} の短縮の現象は必ず現れる.

以上の考察を深めるために, 数値例を用いて確認していきたい. 図 3(a) と (b) はそれぞれ $l^* = 3L/4$ と $l^* = 2L/3$ のケースを示している. $3L/4 > 2L/3$ である. $l^* = 3L/4$ のケースでは (図 3(a) 参照), $\omega = 1/2$ の場合に (太い実線で表す), $l_a^* = L$, $\mu_{A1}^{**} = 1$, $l_{A1}^{**} = L$, $\mu_{A2}^{**} = 1/3$, $l_{A2}^{**} = 2L/3$ である. $\omega = 2/3$ の場合に (太い点線で表す), $l_a^* = 7L/8$, $\mu_{A1}^{**} = 9/10$, $l_{A1}^{**} = 9L/10$, $\mu_{A2}^{**} = 3/10$, $l_{A2}^{**} = 3L/10$ である.

$l^* = 2L/3$ のケースでは (図 3(b) 参照), $\omega = 1/3$ の場合に (太い実線で表す), $l_a^* = L$, $\mu_{A1}^{**} = 1$, $l_{A1}^{**} = L$, $\mu_{A2}^{**} = 1/2$, $l_{A2}^{**} = L/2$ である. $\omega = 2/3$ の場合に (太い点線で表す), $l_a^* = 3L/4$, $\mu_{A1}^{**} = 4/5$, $l_{A1}^{**} = 4L/5$, $\mu_{A2}^{**} = 2/5$, $l_{A2}^{**} = 2L/5$ である.

上記の数値例から 2 つのことが確認されていた. 1 つ目は, その他の条件が一定の下で, ω が小さいほど, l_a^* は大きくなるが, 中央地帯を拡大するために必要インフラ整備の区間は

図 3 (a) $l^* = 3L/4$ のケース

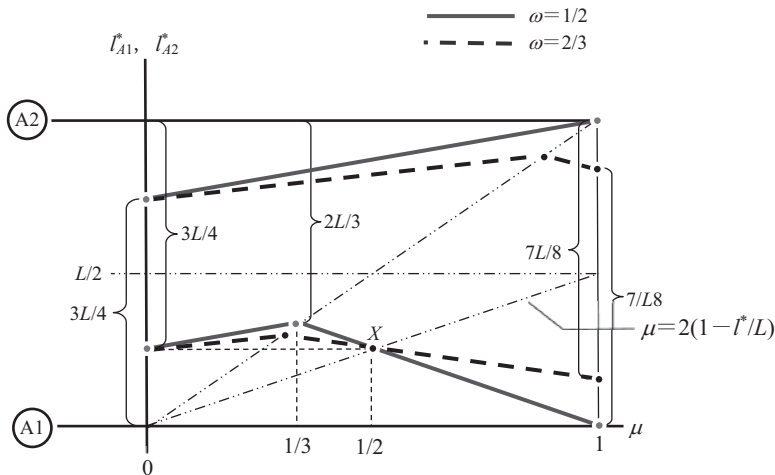
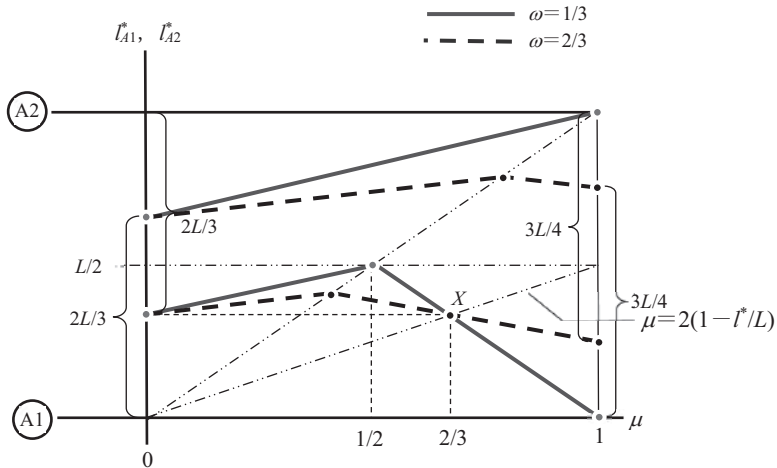


図3 (b) $l^* = 2L/3$ のケース



より長くなることである。このことは、陸上輸送競争力を強化するために、より先進的なインフラ整備を行う場合に、整備区間をより長くしなければならないことを意味する。2つ目は、その他の条件が一定の下で、 l^* が小さいほど、中央地帯を拡大するために必要インフラ整備の区間はより長くなることである。このことは、既存陸上輸送状況の技術水準が低いほど、陸上輸送競争力を強化するためのインフラ整備区間をより長くしなければならないことを意味する。

最後に、上述したX点と命題1のことを再度説明し、図3で確認しよう。 l^* が所与されれば、X点が $\mu = 2(1 - l^*/L)$ を表す斜線における位置が決定される。異なる大きさの ω に対応する様々な l_{A2}^{**} 線はX点で交わる。また、命題1から分かるように、 $l_a^* = L$ のインフラ改善を行う場合に、 l_{A1}^{**} は μ の増加につれ拡大し続け短縮しなくなる。 $\mu = 1$ の時に $l_{A1}^{**} = L$ となる。また、 l_{A1}^{**} と l_{A2}^{**} の拡大・短縮転換点は必ず μL の表す対角線上にある。

4. おわりに

本稿は呉（2018, 2020）の孤島モデルを利用し、陸上輸送ルート of 輸送条件が均一である前提を緩め、非均一 of 状況を分析することができるようにした。そこで本稿は陸上輸送インフラが沿岸地点から改善される場合に、その整備区間の長さ and 陸上輸送競争力との関係を分析した。陸上輸送競争力を表す指標は呉（2018, 2020）が定義した中央地帯の長さを用いている。分析の結果、ある沿岸地点からの陸上輸送インフラ改善による中央地帯の拡大はその改善区間を一定の長さ（前節の $\mu_{A2}^{**}L$ ）以上にしなければならない。また、この μ_{A2}^{**} の大きさは改善区間の輸送状況向上の程度（前節の ω ）と関係し、改善区間の輸送状況の向上度が大きいほど、中央地帯を拡大するために改善区間をより長くしなければならない、ということ を明らかになった。

ある沿岸地点からの陸上輸送インフラ改善はすぐに中央地帯の拡大に直結しない理由は、

改善区間が短い場合に、改善区間の沿岸地点の陸上輸送限界距離が拡大するが、非改善区間の対岸から遠方への輸送は低コストの改善区間を活用するために、却って海路からの迂回ルートを利用しがちになる。結局、非改善区間沿岸地点からの陸上輸送限界距離が短縮し、改善区間沿岸地点からの陸上輸送限界距離の拡大分を打消してしまうからである。

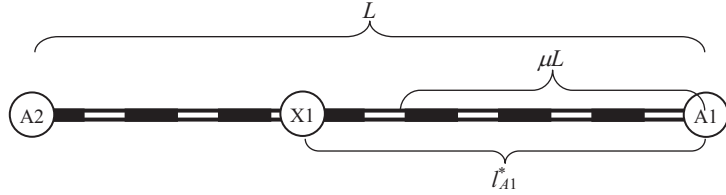
ユーラシア大陸東西の物流を担う陸上輸送の主要ルートの1つである新シルクロードを総観すると、経済活動の規模分布の特徴は両端の沿岸地域が高く、中央アジアを中心とする中央地域のほうが低い。20世紀後半、東端の中国は沿岸地域の対外開放によって急速な経済成長を見せたが、中西部との経済格差は拡大してしまった。中国政府はこの対策の1つとして新シルクロード東端の連雲港から新疆までの鉄道インフラ改善を行い、2000年前後に幾度もスピードアップを実施した。しかし、その効果は期待されたほど高いものではなかった。Xu (2016) の実証研究によれば、2000年の中国の連雲港＝新疆の間の鉄道路線のスピードアップは新疆地域の輸出（特に中央アジアの輸出）促進効果はあるが、立地優位性の向上は認められなかった。2015年以降、中国政府の「一帯一路」提唱が実施されることによって、新シルクロードの輸送インフラ整備と改善措置は中国国内のみならずその全域に及ぶようになり、その効果も少しずつ現れるようになった。Bird *et al.* (2019) は BRI が中央アジアの国々及び地域の経済発展の促進力となる、という実証研究の結果を示した。新シルクロードをめぐるそれらの変化、特に2000年前後における中国国内に限られた鉄道路線のスピードアップが期待されたほどの効果を齎されていなかったことは、スピードアップ政策の方向が間違ったものではなく、むしろその整備区間の長さが十分ではないことは問題であろう。2015年以降の「一帯一路」提唱は、陸上輸送インフラ改善を中国国内に留まるものではなく、国際協力の下でのより長距離にすることを目標としている。この意味では、「一帯一路」提唱は、ユーラシア大陸の中央に位置するランドロックの国々と地域の経済発展にとって期待できる政策であろう。

本稿のモデル分析では、沿岸から陸上輸送インフラ改善の距離と陸上輸送競争力との関係を明らかにした。しかし、陸上輸送競争力がどれほど増強すればよいか、また、そのために最適な陸上輸送インフラ改善がどのように決めればよいか、といった議論は紙幅の制約で別紙に譲ることにする。

付 録

1. A1 からの陸上輸送限界距離

(a) $l_{A1}^* > \mu L$ の場合 :

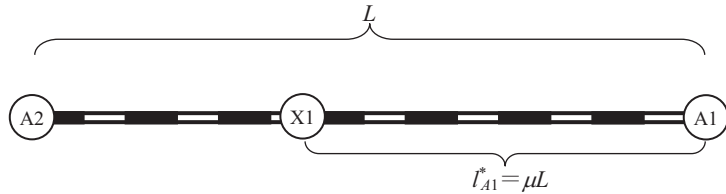


A1～X1 間の陸上直接輸送の時の総合輸送コスト = $(\beta_a + \alpha_a \gamma) \mu L = (\beta + \alpha \gamma) (l_{A1}^* - \mu L)$,

A1～X1 間の複合輸送の時の総合輸送コスト = $(\beta + \alpha \gamma) (L - l_{A1}^*) + (t_{sea} + c_{sea} \gamma)$ なので,

$$\begin{aligned}
 (\beta_a + \alpha_a \gamma) \mu L + (\beta + \alpha \gamma) (l_{A1}^* - \mu L) &= (\beta + \alpha \gamma) (L - l_{A1}^*) + (t_{sea} + c_{sea} \gamma) \\
 (\beta_a + \alpha_a \gamma) \mu L + (\beta + \alpha \gamma) l_{A1}^* - (\beta + \alpha \gamma) \mu L &= (\beta + \alpha \gamma) L - (\beta + \alpha \gamma) l_{A1}^* + (t_{sea} + c_{sea} \gamma) \\
 \frac{(\beta_a + \alpha_a \gamma) \mu L}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} + \frac{(\beta + \alpha \gamma) l_{A1}^*}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} - \frac{(\beta + \alpha \gamma) \mu L}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} &= \frac{(\beta + \alpha \gamma) L}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} - \frac{(\beta + \alpha \gamma) l_{A1}^*}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} + \frac{t_{sea} + c_{sea} \gamma}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} \\
 \omega + \frac{l_{A1}^*}{\mu L} - 1 &= \frac{1}{\mu} - \frac{l_{A1}^*}{\mu L} + \frac{t_{sea} + c_{sea} \gamma}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} \\
 \frac{\omega \mu L}{2} + \frac{l_{A1}^*}{2} - \frac{\mu L}{2} &= \frac{L}{2} - \frac{l_{A1}^*}{2} + \frac{t_{sea} + c_{sea} \gamma}{2(\beta + \alpha \gamma)} \\
 l_{A1}^* &= l_{A1}^* - \frac{\omega \mu L}{2} + \frac{\mu L}{2} = l_{A1}^* - (\omega - 1) \frac{\mu L}{2}
 \end{aligned}$$

(b) $l_{A1}^* = \mu L$ の場合 :



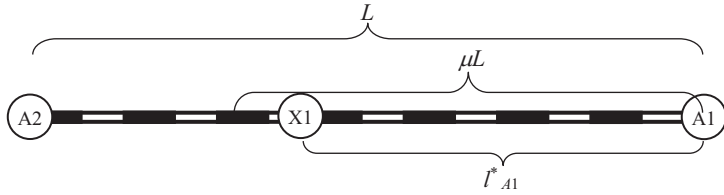
A1～X1 間の陸上直接輸送の時の総合輸送コスト = $(\beta_a + \alpha_a \gamma) \mu L$,

A1～X1 間の複合輸送の時の総合輸送コスト = $(\beta + \alpha \gamma) (L - \mu L) + (t_{sea} + c_{sea} \gamma)$ なので,

$$\begin{aligned}
 (\beta_a + \alpha_a \gamma) \mu L &= (\beta + \alpha \gamma) (L - \mu L) + (t_{sea} + c_{sea} \gamma) \\
 (\beta_a + \alpha_a \gamma) \mu L &= (\beta + \alpha \gamma) L - (\beta + \alpha \gamma) \mu L + (t_{sea} + c_{sea} \gamma) \\
 \frac{(\beta_a + \alpha_a \gamma) \mu L}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} &= \frac{(\beta + \alpha \gamma) L}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} - \frac{(\beta + \alpha \gamma) \mu L}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} + \frac{t_{sea} + c_{sea} \gamma}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L} \\
 \omega &= \frac{1}{\mu} - 1 + \frac{t_{sea} + c_{sea} \gamma}{(\beta + \alpha \gamma) \mu L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\omega\mu L}{2} &= \frac{L}{2} - \frac{\mu L}{2} + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{2(\beta + \alpha\gamma)} \\ \frac{\omega\mu L}{2} + \frac{\mu L}{2} &= l^* \\ (\omega + 1) \frac{\mu L}{2} &= l^* \\ \mu &= \frac{2l^*}{(\omega + 1)L} \\ \therefore l_{A1}^* = \mu L &= \frac{2l^*}{\omega + 1}\end{aligned}$$

(c) $l_{A1}^* > \mu L$ の場合 :



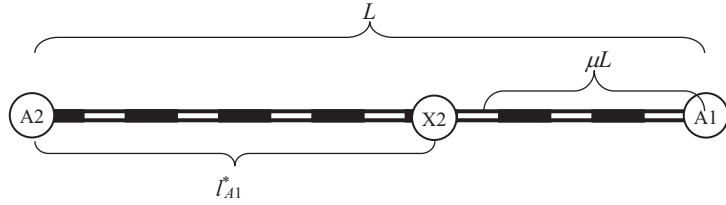
A1～X1 間の陸上直接輸送の時の総合輸送コスト = $(\beta_a + \alpha_a\gamma) l_{A1}^*$,

A1～X1 間の複合輸送の時の総合輸送コスト =

$$\begin{aligned}(\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L) + (\beta_a + \alpha_a\gamma)(\mu L - l_{A1}^*) + (t_{sea} + c_{sea}\gamma) \text{ なるので,} \\ (\beta_a + \alpha_a\gamma) l_{A1}^* &= (\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L) + (\beta_a + \alpha_a\gamma)(\mu L - l_{A1}^*) + (t_{sea} + c_{sea}\gamma) \\ \frac{(\beta_a + \alpha_a\gamma) l_{A1}^*}{\beta + \alpha\gamma} &= \frac{(\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L)}{\beta + \alpha\gamma} + \frac{(\beta_a + \alpha_a\gamma)(\mu L - l_{A1}^*)}{\beta + \alpha\gamma} + \frac{(t_{sea} + c_{sea}\gamma)}{\beta + \alpha\gamma} \\ \omega l_{A1}^* &= (L - \mu L) + \omega(\mu L - l_{A1}^*) + \frac{(t_{sea} + c_{sea}\gamma)}{\beta + \alpha\gamma} \\ 2\omega l_{A1}^* &= L + \frac{(t_{sea} + c_{sea}\gamma)}{\beta + \alpha\gamma} - (1 - \omega)\mu L \\ l_{A1}^* &= \frac{1}{\omega} \left(\frac{L}{2} + \frac{(t_{sea} + c_{sea}\gamma)}{2(\beta + \alpha\gamma)} \right) - \left(\frac{1 - \omega}{\omega} \right) \frac{\mu L}{2} \\ l_{A1}^* &= \frac{l^*}{\omega} - \left(\frac{1 - \omega}{\omega} \right) \frac{\mu L}{2}\end{aligned}$$

2. A2 からの陸上輸送限界距離

(d) $L - l_{A2}^* > \mu L$ の場合 :



A2～X2 間の陸上直接輸送の時の総合輸送コスト $= (\beta + \alpha\gamma)l_{A1}^*$,

A2～X2 間の複合輸送の時の総合輸送コスト =

$$(\beta_a + \alpha_a\gamma)\mu L + (\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L - l_{A1}^*) + (t_{sea} + c_{sea}\gamma) \text{ なるので,}$$

$$(\beta + \alpha\gamma)l_{A1}^* = (\beta_a + \alpha_a\gamma)\mu L + (\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L - l_{A1}^*) + (t_{sea} + c_{sea}\gamma)$$

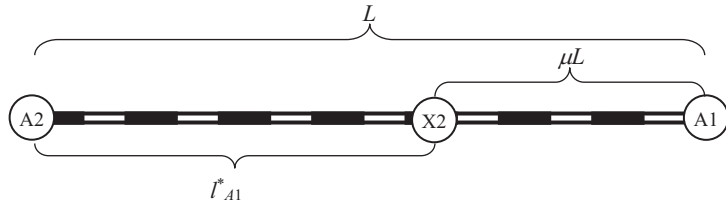
$$l_{A1}^* = \frac{\beta_a + \alpha_a\gamma}{\beta + \alpha\gamma}\mu L + (L - \mu L - l_{A1}^*) + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma}$$

$$2l_{A1}^* = -(1 - \omega)\mu L + L + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma}$$

$$l_{A1}^* = -(1 - \omega)\frac{\mu L}{2} + \left(\frac{L}{2} + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{2(\beta + \alpha\gamma)}\right)$$

$$l_{A1}^* = l^* - (1 - \omega)\frac{\mu L}{2}$$

(e) $L - l_{A2}^* = \mu L$ の場合 :



A2～X2 間の陸上直接輸送の時の総合輸送コスト $= (\beta + \alpha\gamma)l_{A2}^* = (\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L)$,

A2～X2 間の複合輸送の時の総合輸送コスト $= (\beta_a + \alpha_a\gamma)\mu L + (t_{sea} + c_{sea}\gamma)$ なるので,

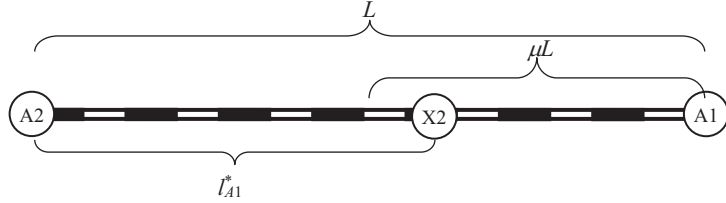
$$(\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L) = (\beta_a + \alpha_a\gamma)\mu L + (t_{sea} + c_{sea}\gamma)$$

$$L - \mu L = \frac{\beta_a + \alpha_a\gamma}{\beta + \alpha\gamma}\mu L + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma}$$

$$L - \mu L = \omega\mu L + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma}$$

$$\begin{aligned}\omega\mu L + \mu L &= 2L - L - \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma} \\ (\omega + 1)\mu L &= 2L - 2\left(\frac{L}{2} + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{2(\beta + \alpha\gamma)}\right) \\ \mu &= \frac{2}{\omega + 1} - \frac{2l^*}{(\omega + 1)L} \\ \mu &= \mu_{A2}^{**} = \frac{2}{1 + \omega} \left(1 - \frac{l^*}{L}\right) \\ \therefore l_{A2}^* &= L - \mu_{A2}^{**}L \\ l_{A2}^* &= L - \frac{2}{\omega + 1}(L - l^*)\end{aligned}$$

(f) $L - l_{A2}^* < \mu L$ の場合 :



A2～X2 間の陸上直接輸送の時の総合輸送コスト = $(\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L) + (\beta_a + \alpha_a\gamma)(l_{A2}^* + \mu L - L)$,

A2～X2 間の複合輸送の時の総合輸送コスト = $(\beta_a + \alpha_a\gamma)(L - l_{A1}^*) + (t_{sea} + c_{sea}\gamma)$ なので,

$$(\beta + \alpha\gamma)(L - \mu L) + (\beta_a + \alpha_a\gamma)(l_{A2}^* + \mu L - L) = (\beta_a + \alpha_a\gamma)(L - l_{A1}^*) + (t_{sea} + c_{sea}\gamma)$$

$$(L - \mu L) + \frac{\beta_a + \alpha_a\gamma}{\beta + \alpha\gamma}(l_{A2}^* + \mu L - L) = \frac{\beta_a + \alpha_a\gamma}{\beta + \alpha\gamma}(L - l_{A1}^*) + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma}$$

$$\omega(l_{A2}^* + \mu L - L) = \omega(L - l_{A1}^*) - (L - \mu L) + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma}$$

$$2\omega l_{A2}^* = \omega L + \omega(L - \mu L) - (L - \mu L) + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma}$$

$$2\omega l_{A2}^* = (1 - \omega)\mu L - 2L(1 - \omega) + \left(L + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{\beta + \alpha\gamma}\right)$$

$$l_{A2}^* = \left(\frac{1 - \omega}{\omega}\right)\frac{\mu L}{2} - \left(\frac{1 - \omega}{\omega}\right)L + \frac{1}{\omega}\left(\frac{L}{2} + \frac{t_{sea} + c_{sea}\gamma}{2(\beta + \alpha\gamma)}\right)$$

$$l_{A2}^* = \frac{l^*}{\omega} - \left(\frac{1 - \omega}{\omega}\right)L + \left(\frac{1 - \omega}{\omega}\right)\frac{\mu L}{2}$$

参考文献

- 呉逸良 (2018) 「新シルクロードの輸送競争力とユーラシア中央地域の立地優位性」『経済集志』日本大学経済学研究所, 第 88 卷, 第 1 号, 53-69.
- 呉逸良 (2020) 「新シルクロードの輸送面における立地優位性」『経済集志』日本大学経済学研究所, 第 89 卷, 第 3 号, 51-61.
- Julia Bird, Mathilde Lebrand and Anthony J. Venables (2020), "The Belt and Road Initiative Reshaping Economic Geography in Central Asia?", *Journal of Development Economics*, Volume 144, 102441.
- The World Bank "Belt and Road Economics: Opportunities and Risks of Transport Corridors" Publication, June 18, 2019.
- Wu Yiliang (2015), "Measuring the Transportation Competitiveness of the New Silk Road", *Rebirth of the Silk Road and a New Era for Eurasia*, Yachiyo Shuppan, 75-94.
- Xu Hangtian (2016), "Domestic railroad infrastructure and exports: Evidence from the Silk Route", *China Economic Review*, Vol.41, pp.129-147.