

【所員論考】

顧客からみたコンテナターミナルの定量的評価 ー AHP（階層分析法）を用いた評価の試みー*

アジア成長研究所上級研究員 田村 一軌

要旨

筆者らは、これまでも主に北部九州の港湾を対象として、顧客視点に立った港湾の競争力指標に関する研究を行ってきたが、定性的な評価指標の定量化、および定量的指標と定性的指標とからなる総合指標の構築に課題を残していた。そこで本研究では、門司港と博多港のコンテナターミナルを対象として、荷主企業・物流企業といった港湾の「顧客」の立場から、港湾の定量的な評価を試みた。具体的には、物流や港湾の実務担当者など港湾の知識をもつ専門家へのアンケート調査を実施し、階層分析法を用いることで、定性的な評価指標についても定量的に評価すること、定量的および定性的なものを両方含む複数の指標からなる総合指標の構築とそれによる港湾評価を試みた。その結果、コンテナターミナルの評価ウェイトは個人によってばらつくものの、いくつかのグループに分類できる可能性があることが明らかとなった。また、回答者の評価ウェイトを平均した結果から港湾評価項目ごとの評価ウェイトを比較すると、「アクセス距離・接続性」「港湾での所要時間」が重要視されていることがわかった。

1. はじめに

1.1 背景と目的

近年、オランダのロッテルダム港やドイツのハンブルグ港など世界をリードする港湾では、AI（Artificial Intelligence：人工知能）やIoT（Internet of Things：モノのインターネット）などの主に情報通信技術の革新を背景として、物流の自動化、トレーサビリティの向上、最適輸送ルート の提案など、物流の高付加価値化によって顧客サービスを向上させることで近隣港との競争に打ち勝とうとしている。すなわち、「（情報も含めた）完全シームレス物流」もしくは「スマート物流」が志向されているが、ここで重要なことは、これらの取り組みが港湾の使い勝手をよくするという、顧客サービスの向上を目指した施策であると同時に、国の重要施策として取り組まれて

* 本稿は2018年度AGI研究プロジェクト「港湾の顧客視点からの定量的評価手法に関する研究」報告書の一部に加筆修正したものである。

いることである。EU の港湾はかつては閉鎖的だと言われていたが、自動化・IoT を駆使することで、EU 統合による共通化・標準化のメリットおよび高付加価値化の影響を広域に展開することに成功したといえる。その背景には、港湾を中心とする物流があらゆる産業を下支えしており、この競争力を強化することが国家の競争力の源泉となるという認識がある。

アジアでは韓国の釜山港、台湾の高雄港などがこの動きに追随している。日本でも、ようやく近年になって、物流 KPI (Key Performance Indicator) などを活用した顧客重視の港湾競争力強化が重要視されつつあり、国土交通省による「港湾の中長期政策『PORT 2030』」では、顧客を重視した港湾競争力の強化や情報システムの拡充がうたわれている。

ところで港湾の「顧客」としては、船社・物流企业・荷主企業などを想定することが一般的であろう。そのような顧客の視点から港湾を評価する手法として代表的なものは、顧客である荷主企業の港湾選択行動モデルの構築および分析を通して、荷主企業の物流における効用関数を推定する方法である。これは大雑把に言えば、港湾の取扱貨物量を輸送費用や所要時間などの定量指標で説明する統計モデルを作成し、推計されたモデルを通して、荷主がどのような指標を評価して輸送ルートを選択しているか理解しようとするものである。この手法の課題の 1 つは、荷主の港湾選択に大きな影響を与えている指標のうち、定量的なデータ取得が困難な指標をどのようにモデルに組み込むかということである。そのような指標の代表的な例としては、上で述べた情報通信技術の港湾における代表例である「貨物情報システム」に対する顧客の評価（使い勝手のよさなど）を挙げることができるだろう。その他にも「貨物の輸送品質」「融通が効くかどうか」「リスク要因」などいくつかの指標が考えられる。

ここまで述べてきた観点から、筆者らはこれまでに、主に北部九州の港湾を対象として「顧客からみた港湾の競争力」に関する研究を行ってきたが、そこでは、評価指標の列挙および指標ごとの評価にとどまっていた（藤原、田村、2017 など）。特に、いくつかの指標については筆者らの主観に基づく定性的な評価にとどまっていたこと、さらに複数の指標を用いた総合的指標の構築ができなかったことが大きな研究課題であった。そこで本稿では、門司港と博多港のコンテナターミナルを対象として、物流企业や荷主企業といった港湾の「顧客」の立場から、港湾の定量的評価を行い、さらに総合指標化による評価を試みる。評価の手法としては、AHP (Analytic Hierarchy Process: 階層分析法) を用いる。

1.2 階層評価法 (AHP) とは何か

階層評価法 (AHP) とは、1970 年代に応用数学者であるトマス・サーティー (Thomas L. Saaty) が提唱した考え方である (Saaty, 1980)。AHP は「階層化意思決定法」とも呼ばれる手法で、複数の評価基準があるなかで、「多数の代替案の中からの選択」「複数の要素へのリソースの配分」「複数の要素の評価や順位づけ」などの「意思決定問題」のためのツールである (日本オペレーションズ・リサーチ学会 OR 事典編集委員会, 2008)。AHP を使ってそれらの問題を解決するには、まず問題の要素を、[最終目標][評価基準][代替案] の関係から整理し、階層構造を作り上げる。そして、最終目標からみて評価基準間の一対比較を行い、評価基準の重要さの程度

を求め、次に、各評価基準からみた各代替案間の一対比較を行い、代替案の評価値を求める。その後、最終目標からみた各代替案の総合評価値を算出する（木下，大屋，2007）。この方法の重要な特徴は、問題の分析において、主観的な価値判断をシステマティックに取り扱うことができることである。すなわち AHP は、評価者が持つ定性的な評価基準についても定量的に取り扱うことを可能とする手法であるといえる。

本研究では、これをコンテナターミナルの評価に適用することで、これまでの課題であった定性的指標の定量化、および港湾評価の総合指標の構築を行う。

2. 先行研究の整理と評価指標の抽出

2.1 港湾の競争力の定義に関する既存研究

港湾物流における港湾選択の要因は、費用と時間および品質で説明されることが多い。例えば港湾物流の解説書である港湾空間高度化環境研究センター（2010）では、利用港湾の決定要因として「輸送の効率性（コスト低廉性）」「迅速性」「正確性（品質の確保）」を挙げている。これらの要素についての定式化は難しいとしながらも、イメージする簡易的なモデルとして以下の式を提示している：

$$\text{発地から目的地までの貨物輸送の評価} = \alpha \times \text{コスト} + \beta \times \text{時間} + \gamma \times \text{品質} + \theta。$$

ここで、 α 、 β 、 γ は評価者（荷主企業）の評価によるパラメータであり、 θ は評価者（荷主企業）がその貨物が持つ特異な要素がある場合に考慮するパラメータであると説明している。また、この式の左辺に「発地から目的地まで」と書かれている点にも注意する必要がある。つまり、荷主はあくまでも輸送全体を評価するのであって、途中の経由地点の 1 つに過ぎない港湾を単独で取り上げて比較評価するわけではない。もちろん、利用する港湾によって費用や時間、品質が大きく異なるのであれば、この式を用いて港湾評価を行うことが可能かもしれない。しかしながら、特に国内の港湾を考えた時には、港湾を利用することの（港湾へのアクセス費用を除いた）費用はそれほど差がないため、港湾の評価にとって、費用や経費は重要な要素ではあるものの、このような顧客の評価関数推計だけでは、港湾を評価することは難しいと考えられる。そこで以下では、港湾の競争力を規定する要因として、費用と時間以外の要素に着目している既存研究をいくつか挙げる。

津守（2011）は、コンテナ港湾の競争力の規定因として、物流ネットワーク、港湾物流体制、産業集積の 3 つを挙げている。物流ネットワークとは、海運航路の種類および頻度、航路間の接続機能、陸上および航空物流ネットワークの充実度とアクセスの利便性である。港湾物流体制は、港湾の岸壁延長や水深、ヤード面積、貨物情報システムなどのハード要因と、船内荷役や沿岸荷役などの迅速・安全な作業体制の確保などのソフト要因からなる。産業集積は、港湾後背地の産業集積状況である。そして、これらの 3 つの競争力要因のうち最も重要なものは後背地の産業集積であるとしている。

手塚（2015）は、港湾の競争力の評価指標はその評価目的に依存するとしながらも、港湾評価の一般的な指標の例として、直接関連指標として港湾インフラの状況、港湾管理・運営の状況、ターミナルの運営状況、港湾の状況の4つを、間接関連指標として地理的条件、後背圏の社会経済状況の2つを例示している。このうち港湾管理・運営の状況は港湾管理者による企業誘致あるいは物流ハブ育成への取り組みなど、ターミナル運営の状況は貨物のスムーズな流れや情報サービス、料金水準など、港湾の状況には取扱貨物量とその内容、寄港航路などをそれぞれ含んでいる。

港湾事業評価手法に関する研究会編（2011）は、港湾整備事業の費用対効果分析を行う方法の解説書である。このなかで「国際海上コンテナターミナル整備プロジェクト」による利用者への主な効果、つまり利用者からみた港湾利用のメリットの例として、「輸送コストの削減」「輸送の信頼性の向上」「港内の安全性向上」を挙げている。「輸送コストの削減」の具体例としては、港湾整備事業によって、輸送ルートの変更、船舶の大型化、滞船の解消、非効率な二次輸送の解消、荷役作業・岸壁利用の効率化が見込まれるとしている。また「輸送の信頼性の向上」の具体例としては、トランシップの回避による貨物損傷の回避、ターミナルの老朽化対策による安定的な海上輸送の確保を挙げている。さらにターミナルの整備により、港内船舶の輻輳^{ふくそう}が解消されるなどして港内の安全性が向上するとしている。

表1 本研究で用いるコンテナターミナルの評価指標

項目	説明	例
①アクセス距離・接続性	港湾までのアクセス距離や、航空・鉄道など他モードとの接続の良さ。	・ 港湾の立地、港湾までの距離 ・ 国際輸送と国内輸送の接続 ・ 航空・鉄道・高速 IC など他モードとの接続
②港湾費用・料金	港湾利用にかかる金銭的な費用。	・ 荷役費用 ・ 港湾施設利用料、タグ・パイロット料金 ・ インセンティブ（金銭的補助）
③港湾での所要時間	貨物輸送にかかる時間のうち、港湾にかかる部分。	・ ゲートインからゲートアウトまでの時間 ・ 通関にかかる時間 ・ ゲート前混雑による時間増
④港湾の利用可能性	港湾をいつでも（1年中あるいは1日中）利用できるかどうか。	・ 航路の豊富さ ・ 1日のうちのゲートオープン時間 ・ 日・祝日における利用のしやすさ ・ 夜間における利用のしやすさ
⑤輸送品質・リスク	港湾サービスのうち、貨物の輸送に関わる部分の品質、自然災害や気象条件などによるリスク。	・ 事故や荷痛みの発生頻度・程度 ・ 台風や高潮、地震など自然災害のリスク ・ 波浪や濃霧など気象リスク
⑥貨物情報システム	国際海上コンテナ輸送に関わる各種情報システムの利用しやすさ。	・ 情報システムの操作性、使い勝手 ・ RFID や ETC など無線通信技術の利用 ・ （外国港を含む）他港との情報連携
⑦港湾設備	港湾のハードウェアの性能および規模。	・ コンテナ取扱能力・バース・クレーン数 ・ ヤードの広さ、オフドックの有無 ・ 空コンテナの取り回し

（出所）筆者作成

最後に、筆者らの研究では、顧客から選ばれるための港湾の競争力を評価する指標として、貨物量、税関・港湾システム、物流ネットワーク、港湾自動化、24 時間オープン、ゲートイン・アウト時間、労働組合との関係、港湾停止日数、荷役費用などの項目を挙げている（藤原，田村，2017 など）。

2.2 コンテナターミナルの評価項目

前節で列挙した港湾評価項目を整理し、本研究では表 1 に示す 7 項目を採用することとした。

なお、AHP を用いて港湾の評価を行った先行研究として、秋田・小谷（2009）がある。この研究では、荷主企業を対象としたアンケート調査結果をもとに、荷主の国際海上コンテナ貨物の海上輸送経路に対する評価を行っているが、評価指標としては、費用（国内輸送費、海上輸送費、港湾費）と時間（速達性と定時性）のみを対象としている。本研究では、表 1 に示す通り、費用と時間を含む様々な評価基準について分析の対象としている点が異なっている。

3. AHP によるコンテナターミナル評価

3.1 専門家アンケート調査の実施

AHP による港湾評価を行うために、物流の実務に携わる専門家を対象とした郵送アンケート調査を実施した。調査対象者（アンケート調査票送付先）の選定にあたっては、門司港および博多港の主観的評価が可能だと思われる、北部九州地域を中心とした地域で活動している港湾物流業務に携わる物流企業および荷主企業をリストアップした。調査の概要は、表 2 の通りである。

調査では、港湾を評価する項目として、表 1 に示した 7 つの指標を用いた。回答者は、これらの 7 項目についての重要度の一対比較（どちらの指標がどのくらい重要かについての 7 段階評価）を 21 問、7 つの評価指標それぞれについての門司港と博多港の相対評価（どちらの港湾がどれだけ優れているかについての 7 段階評価）を 7 問に加えて、個人属性に関する選択式の設問 7 問に答える必要がある。特に 7 つの指標の一対比較について、矛盾なく回答することは回答者にとってかなりの負担となることが予想されたが、実際に何人かの回答者からそのような感想が寄せられた。そのような回答への負荷がかかる調査であったにも関わらず、本調査にご協力いただいた回答者の方々に、この場を借りて深くお礼を申し上げたい。

さて、AHP において「回答者による一対比較が首尾一貫しているかどうか」を判定する尺度と

表 2 アンケート調査の概要

項目	内容
実施時期	2019 年 2 月 1 日～15 日
調査方法	郵送配布，郵送回収
発送数	200 通
回収数	64 通（回収率 32%）
設問数	単一回答（選択式）：35 問，自由回答（記述式）：1 問

（出所）筆者作成

して、整合度（CI：Consistency Index）が用いられる。例えば、A, B, C という 3 つの評価基準があるとき、それらの一対比較を行った際に、A よりも B が重要（以降 $A \ll B$ と表す）かつ $B \ll C$ と回答したならば、 $A \ll C$ と回答することが期待される。すべての回答についてこのような関係が成り立つ場合に回答が「整合的である」というが、実際の回答においては、項目数が増えるほど、すべての回答が整合的であることが期待できなくなる。CI は、回答者による回答がどの程度「整合的」な回答に近いかを表す指標であり、計算により導出できる。また、ランダム（デタラメ）な回答を行った場合の CI（ランダム整合度）の期待値と回答による CI との比である整合比（CR：Consistency Ratio）が整合性の判定に用いられることも多い。CR はその定義から、デタラメな回答の CR は 1 に近い値となり、回答が完全に整合的な場合には 0 となる。本研究では整合比を採用し、CR が 0.15 以下となった回答を、一対比較に整合性がある回答であるとみなし、

表 3 評価指標ウェイトの推定結果

ID	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	0.197	0.066	0.057	0.197	0.238	0.149	0.095
2	0.092	0.099	0.321	0.093	0.178	0.108	0.108
3	0.110	0.137	0.110	0.097	0.329	0.110	0.110
4	0.206	0.059	0.190	0.094	0.377	0.032	0.041
5	0.210	0.062	0.147	0.329	0.128	0.060	0.064
6	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
7	0.105	0.156	0.286	0.127	0.130	0.105	0.091
8	0.376	0.262	0.090	0.060	0.078	0.067	0.067
9	0.097	0.135	0.135	0.162	0.116	0.135	0.219
10	0.430	0.037	0.160	0.157	0.037	0.084	0.094
11	0.170	0.074	0.335	0.104	0.144	0.089	0.083
12	0.338	0.211	0.068	0.062	0.138	0.083	0.100
13	0.027	0.317	0.099	0.172	0.227	0.025	0.133
14	0.208	0.039	0.060	0.110	0.099	0.352	0.132
15	0.284	0.166	0.192	0.166	0.064	0.064	0.064
16	0.184	0.049	0.131	0.085	0.338	0.123	0.090
17	0.077	0.169	0.167	0.056	0.243	0.077	0.211
18	0.078	0.130	0.182	0.261	0.147	0.111	0.091
19	0.110	0.142	0.370	0.088	0.143	0.079	0.067
20	0.036	0.271	0.136	0.085	0.235	0.154	0.083
21	0.421	0.081	0.189	0.044	0.162	0.062	0.041
22	0.059	0.038	0.287	0.231	0.068	0.110	0.207
23	0.077	0.077	0.112	0.077	0.175	0.280	0.201
24	0.109	0.046	0.331	0.106	0.066	0.066	0.275
25	0.290	0.025	0.084	0.355	0.139	0.053	0.053
平均	0.177	0.120	0.175	0.138	0.166	0.109	0.115
S.D.	0.118	0.080	0.094	0.082	0.089	0.072	0.062

(出所) 筆者作成

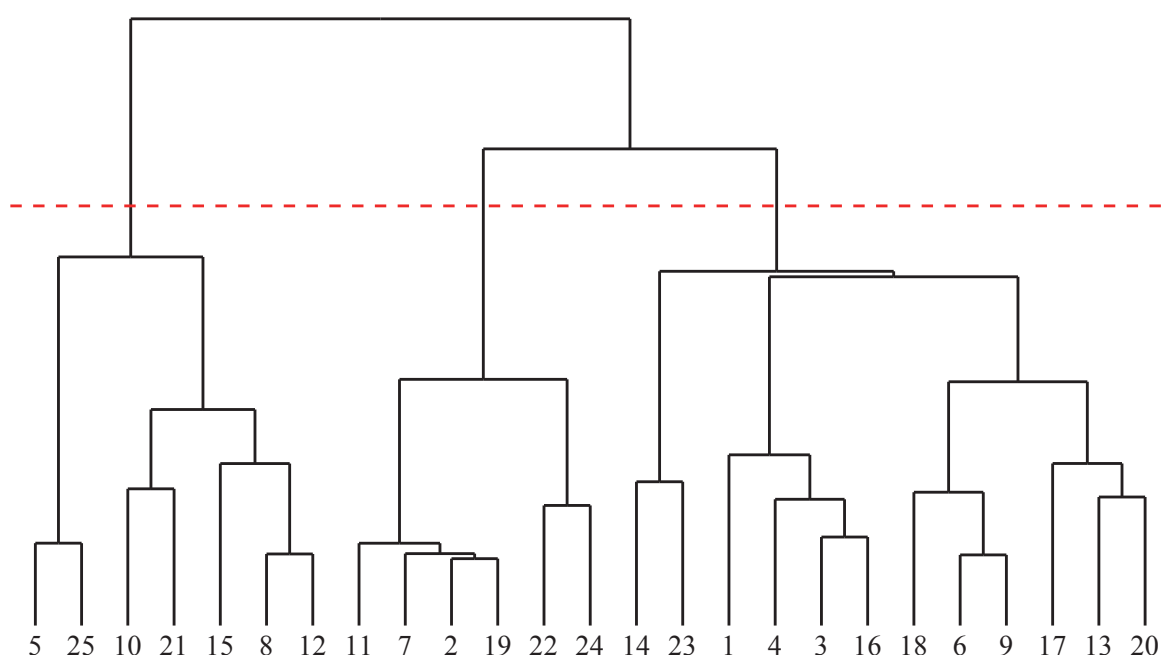
その基準を満たした回答のみを分析に用いることにした。また、分析結果の信頼性向上の観点から、自由回答を除く全ての設問に回答していること、個人属性に関する回答において、業務で門司港と博多港の両港を年1回以上利用していると回答した調査票のみを分析対象として利用することとした。これらの操作を通して、得られた64通の回答のうち、上記の全ての基準を満たす回答として抽出された25通を、今回の分析対象として利用することにした。

3.2 評価指標のウェイト推計と総合評価値の算出

AHPでは、回答者の一対比較による回答結果をもとに、評価指標のウェイトを推計する。なお、分析には青木（2009）による統計パッケージR用の計算スクリプトを用いた。

さて、前節で絞り込んだ25人の回答をもとに、評価指標のウェイトを推計した結果を表3に示す。表からもわかるように、各回答者ごとに項目①～⑦のウェイトを全て足しあげると1になっている。すなわち、この表の数値が、回答者それぞれの港湾評価における各評価指標の重要度が占める割合（相対的な重要度）を示している。なお、表の最左列は、便宜上それぞれの回答に割り振ったID（1～25までの数字）である。また、表の最下部には、25人の評価者による評価ウェイトの平均値と標準偏差（S.D.）を追記している。表3を見ると、回答者によって港湾の評価軸が異なっていることがわかる。例えば、平均ウェイトが最も大きい「①アクセス距離・接続性」と最も小さい「⑥貨物情報システム」とでは、平均値でみておよそ1.6倍の差がある。また、標準偏差をみると、評価指標によって評価ウェイトのばらつき具合に差があることもわかる。

図1 評価ウェイトのクラスター分析結果（デンドログラム）



（出所）筆者作成

そこで次に、25 人の回答者を、その評価指標ベクトルによっていくつかのグループに分類する。図 1 は、25 人の評価ウェイトを用いてクラスター分析（ウォード法）を行った結果のデンドログラムである。クラスター分析では、比較的「似た」データを次々とグループに集約していくが、この図では、図の下の方で繋がっている回答者ほど、その評価軸の類似度が高いことを示している。例えば「ID 8」と「ID 12」は図の下方で繋がっているが、実際に表 3 を見ると、ID 8 と ID 12 の評価ウェイトの数字が近いことが確認できる。

さて、図 1 の結果をもとに、回答者を評価ウェイトによって分類する。ここでは、図中の赤破線で示した基準でグルーピングを分解することによって、全回答者を 3 つのグループ（クラスター）に分割した。図 2～4 は、それぞれのクラスターごとの評価ウェイトをレーダーチャートに表したものである。

図 2 は、クラスター 1 の評価ウェイトを図示したものである。このクラスターの回答者に共通する特徴として、①の「アクセス距離・接続性」の評価ウェイトが高いことが見て取れる。その

図 2 評価ウェイト（クラスター1）

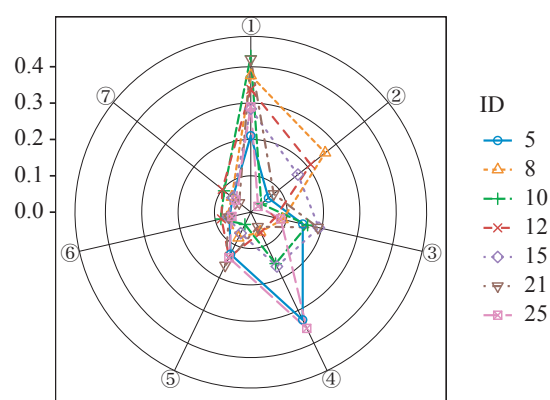
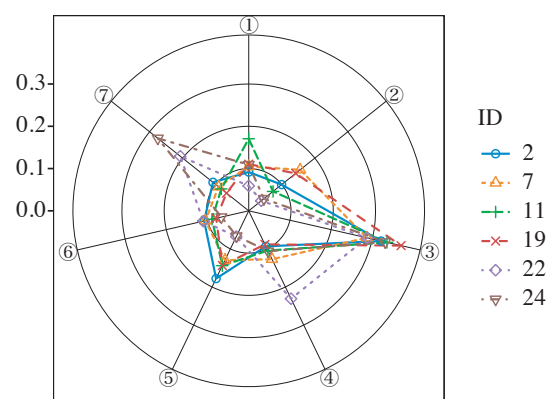


図 3 評価ウェイト（クラスター2）



（出所）筆者作成（以下図 5 まで同じ）

図 4 評価ウェイト（クラスター3）

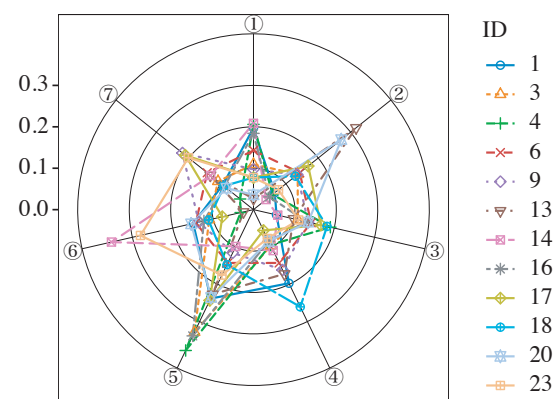
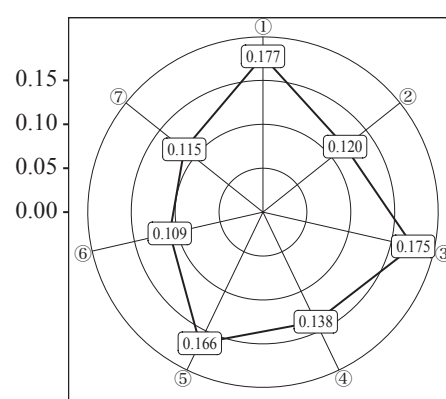


図 5 評価ウェイトの回答者平均



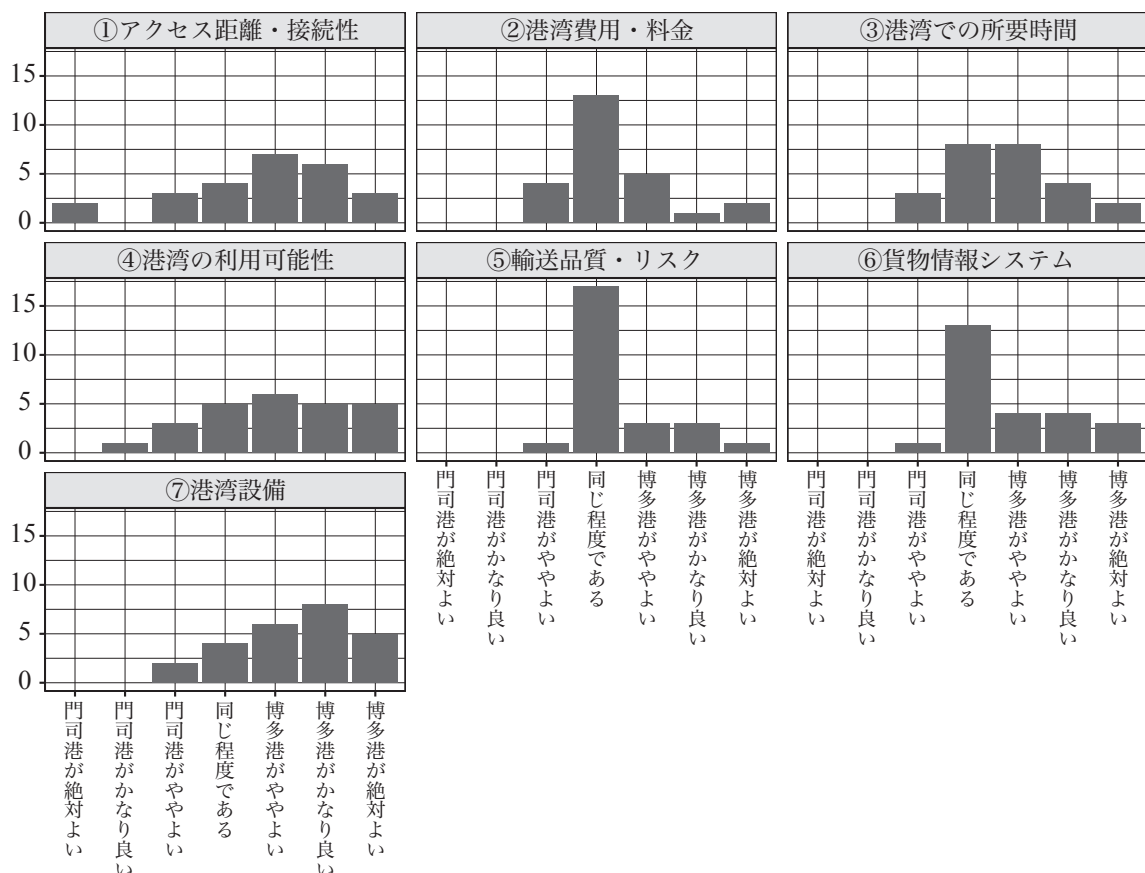
他には②の「港湾費用・料金」や④の「港湾の利用可能性」を重要視している回答者がこのクラスターには多い。

図3は、クラスター2の評価ウェイトを図示したものである。このクラスターの特徴は、一見してわかるように、③の「港湾での所要時間」をかなり重要視していることである。図2と図3を見比べると、回答者によって評価項目ごとのウェイトがかなり異なることがわかる。

図4は、クラスター3の評価ウェイトを図示したものである。このクラスターには、⑤の「輸送品質・リスク」あるいは②の「港湾費用・料金」の評価がかなり高い回答者が集まっている。また、⑥の「貨物情報システム」を重要視している回答者も数は少ないながらも見られる。

これまで見てきたように、回答者によって港湾を評価する際の評価項目ごとのウェイトはかなりバラついていることが判明した。また、今回の評価においては、あくまでも港湾にかかる費用のみを念頭に調査票を設計したため、海上輸送費や陸上輸送費は含まれておらず、陸上費用は①の「アクセス距離・接続性」で代替されている可能性がある。それらの事実は、割り引いて考える必要があるものの、今回の調査のように「港湾」での費用や時間に着目した場合には、一般的な港湾選択の指標である「費用+時間+ α 」という評価軸の設定は必ずしも適切ではないという

図6 回答者の港湾評価結果



(出所) 筆者作成

可能性が示唆されたことは指摘しておきたい。

参考までに、全回答者のウェイトを平均した場合の結果を図5に示す。今回の調査から得られた平均値としては、①の「アクセス距離・接続性」や③の「港湾での所要時間」が相対的には重要視される傾向にある。

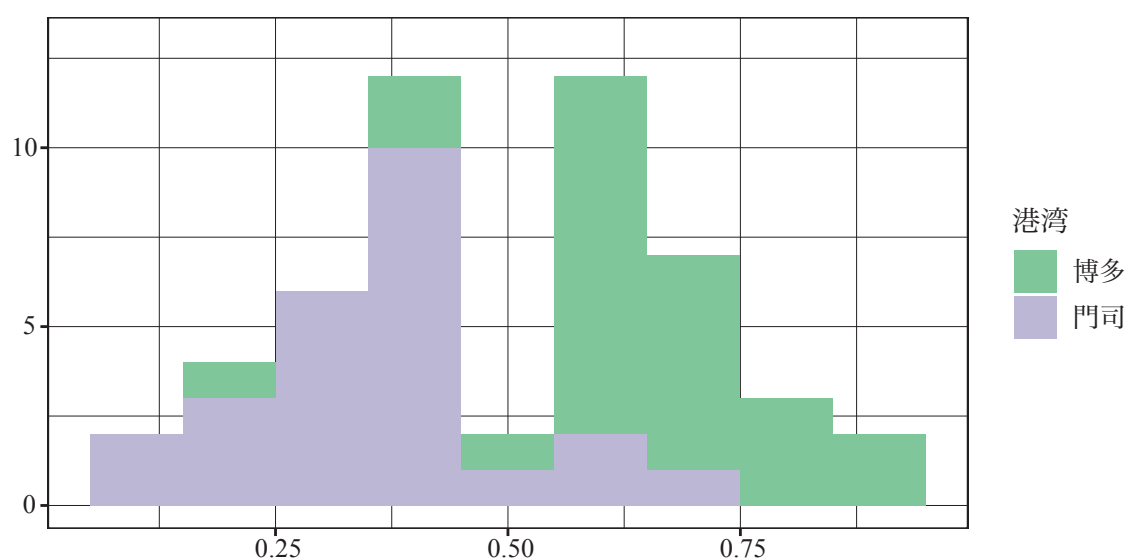
最後に、算出した回答者の各指標の評価ウェイトに、回答者の各港湾に対する各指標の評価値を掛け、全てを足し上げることで港湾の評価結果が得られる。回答者の各港湾に対する7つの評価項目における評価結果の分布は、図6に示す通りである。これをみると、②港湾費用・料金、⑤輸送品質・リスク、⑥貨物情報システムでは、両港湾の相対評価として同じ程度であるという回答が多くなっていることを除けば、いずれの指標についても、全体的に門司港よりも博多港の評価が高い回答が得られていることがわかる。

表3の評価項目のウェイトと、図6の評価項目ごとの港湾評価の積の和として得られる、最終的なそれぞれの港湾の評価値の分布を図7に示す。コンテナターミナルの総合評価としては、明らかに門司港と博多港とで差があることが見て取れる。門司港はコンテナ貨物の取扱量で博多港に大きく水をあけられているが、その背景の1つとして、物流企業や荷主企業などの顧客からみた門司港の評価が、博多港に比べて低いことが考えられる。今回の調査結果は、その差を定量的に明らかにしたといえる。

4. おわりに

本稿では、物流や港湾の実務担当者など港湾の知識をもつ専門家へのアンケート調査を実施し、AHPを用いることで、定性的な評価指標についても定量的に評価すること、定量的および定性的

図7 回答者の港湾評価結果



(出所) 筆者作成

なものを両方含む複数の指標からなる総合指標の構築とそれによる港湾評価を試みた。その結果、コンテナターミナルの評価ウェイトは個人によってばらつくものの、いくつかのグループに分類できる可能性があることがわかった。また、回答者の評価ウェイトを平均した結果から港湾評価項目ごとの評価ウェイトを比較すると、「アクセス距離・接続性」「港湾での所要時間」が相対的に重要視されていることがわかった。同時にそれらの項目において、門司港と博多港とを比較すると、博多港の評価が相対的に高く、それらの結果として総合評価は博多港が門司港を上回る結果が得られた。

本研究によって重要度が高いとされた評価項目のなかには、航路の豊かさや港湾への物理的なアクセス距離などは一朝一夕に改善することは難しく、政策変数にはなりにくいものも入っている。したがって今回の調査から得られた示唆としては、「他の輸送モードとの連携強化」「港湾混雑の解消」を、門司港が早急に取り組むべき最優先課題として提案したい。

謝辞

本研究の遂行にあたっては、アジア成長研究所前客員研究員の藤原利久氏の協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- Saaty, T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- 青木繁伸 (2009) 「AHP (Analytic Hierarchy Process)」『R による統計処理』(<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/AHP.html>, 2019 年 3 月 22 日閲覧)
- 秋田直也, 小谷通泰 (2009) 「荷主による国際海上コンテナ貨物の海上輸送経路の選択行動に関する分析」『土木計画学研究・論文集』第 26 巻, pp. 679~687 (<https://doi.org/10.2208/journalip.26.679>)
- 木下栄蔵, 大屋隆生 (2007) 『戦略的意思決定法 AHP』シリーズ<オペレーションズ・リサーチ> 1, 朝倉書店
- 港湾空間高度化環境研究センター (2010) 『港湾の利用振興ハンドブック』
- 港湾事業評価手法に関する研究会編 (2011) 『港湾投資の評価に関する解説書』みなと総合研究財団
- 津守貴之 (2011) 「日本のコンテナ港湾の競争力再考」『岡山大学経済学会雑誌』第 42 巻, 第 4 号, pp. 41~62 (<http://ousar.lib.okayama-u.ac.jp/44388>)
- 手塚広一郎 (2015) 「港湾の競争力とその評価体系」川崎芳一・寺田一薫・手塚広一郎編著『コンテナ港湾の運営と競争』第 5 章, pp. 119~146, 成山堂書店
- 日本オペレーションズ・リサーチ学会 OR 事典編集委員会 (2008) 「AHP」『OR 事典 Wiki』(<http://www.orsj.or.jp/~wiki/wiki/index.php/AHP>, 2019 年 3 月 22 日閲覧)
- 藤原利久, 田村一軌 (2017) 「港湾における世界のスマート物流と北九州港への提言」『東アジアへの視点』第 28 巻, 第 1 号, pp. 24~44 (http://shiten.agi.or.jp/shiten/201706/shiten201706_24_44.pdf)