



AH18054 鈴木 祐陽  
 指導教員 楽 奕平  
 指導教員 岩倉 成志

## 1. 背景と目的

近年、欧州では欧州単一市場の形成を目的とした鉄道産業の自由化が段階的に行われている。各国の旧国鉄企業では輸送を取り仕切る運営団体と線路保守やインフラの維持管理を行う団体へ上下分離され、他国からの事業参入による市場の競争を促し運営の効率化が図られている。しかし、上下分離後における課題として企業の運営方針が異なっている点が挙げられる。フランスやドイツの旧国鉄会社では同一会社の傘下で異なる子会社として輸送事業とインフラ管理を運営するグループ体制を取っており、他方で、スウェーデンなどでは上下が完全に独立した組織による運営が行われている[1]。前者のグループ型による運営方針は新規事業者のオープンアクセスのしづらさや輸送事業者間の競争制限的なインセンティブが働くと批難されている[2]。また、欧州委員会が推進している後者の完全分離型は規定区間における線路使用料の設定問題など上下間の連携不振に陥りやすい点が指摘されている。上下分離についての実証的な政策は進んでいるが一概にどちらの分離形式が良いと言えず、現状についての分析と評価が求められている。以上より本研究では包絡分析法 (Data Envelopment Analysis ; DEA)を用いて完全分離型とグループ型の鉄道事業の旅客運営に関する効率性の検証と分析を行い、外部性要因を考察することを目的とする。

## 2. 欧州鉄道市場の把握

### 2. 1. 対象データについて

EU 諸国の旧国鉄企業の内、2018 年を基準としたデータ取得が可能かつ、年間 3000 万人以上の人員輸送を行っている企業 9 社を分析対象とした上で、旅客輸送に用いられる車両数、従業員数、列車キロ、輸送人数、輸送人キロ[3]、旅客収益[4]、線路長[5]の統計データを取得した。

### 2. 2. 上下分離体制の把握

各企業が提供している年次会計報告書やホームページを元に完全分離型とグループ型の二つに上下分離の形式を分類し、下記表 1、表 2 に示す。

表 1 完全分離型

	企業名	上部組織	下部組織
スペイン	RENFE	RENFE Operadora	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
スウェーデン	SJ	SJ	Trafikverket
チェコ共和	CD	CD	Správa železnic
デンマーク	DSB	DSB	Banedanmark
オランダ	NS	NS Reizigers	NS Railinfrast
ノルウェー	NSB	VygruppenAS	Bane NOR

表 2 グループ型

	企業名	上部組織	下部組織
オーストリア	OBB	OBB-PersonenverkehrAG	OBB-InfrastrukturAG
ドイツ	DB AG	DB Bahn	DB Netze
フランス	SNCF	SNCF Mobilités Woya	SNCF Réseau
イタリア	FS	Trenitalia	Rete Ferroviaria Italiana

### 3. 分析手法について

本研究では生産プロセスと消費プロセスの二段階の Division に分けて DEA での評価を行うネットワーク DEA(NDEA)を用いる。基本となる DEA(CRS)の分析方法では下記の分数計画問題における制約条件下の主問題を解くことで、複数の投入項目に対する産出項目の比率尺度の最適値を算出し効率性を検討する。比較対象となる事業体を意思決定主体(Decision Making Units ; DMU)と呼ぶ。

$$\theta_p = \frac{\sum_{j=1}^n u_j y_{jp}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ip}} \rightarrow \max$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^n u_j y_{jp}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ip}} \leq 1 (k = 1, 2, \dots, l) \\ v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \\ u_1, u_2, \dots, u_n \geq 0 \end{cases}$$

上記のDMU<sub>p</sub>の最適なウェイト解(u\*, v\*)を求め、θ\* = 1かつ分数計画問題に対する双対問題のスラック変数が

$$s_{xi} = - \sum_{k=1}^l x_{ik} \lambda_k + \theta x_{ip} = 0$$

$$s_{yj} = \sum_{k=1}^l y_{jk} \lambda_k - y_{jp} = 0$$

の両方を満たすとき、効率的な DMU と見なすことが出来る[6]。上記の CRS モデルでは規模の経済性から収穫一定を前提に考えているが、モデルの派生として収穫可変を考慮する VRS モデルがある。生産プロセスに当たる技術(コスト)効率性の評価では入力項目として旅客車両数、従業員数、線路長を設定し、出力項目に列車キロを用い、投入した生産資源に対するサービス産出の効率性を表す。消費プロセスに当たるサービス有効性の入力項目には列車キロ、出力項目に輸送人数、輸送人キロ、旅客収益を用い、産出したサービスに対するサービス消費の有効性を表す。

#### 4. 分析結果

##### 4. 1. NDEA の結果

DEA のモデルについて、規模の経済性を把握するため、CRS モデルと VRS モデルのスコア比率を確認する。技術(コスト)効率性において DB AG が 0.675、サービス有効性において NSB が 0.546、SJ が 0.541 と他の DMU と比べて低い値を示しており、規模の経済性の影響が顕著に伺える。よって本研究では VRS モデルを採用する。図 1 に NDEA の結果を示す。

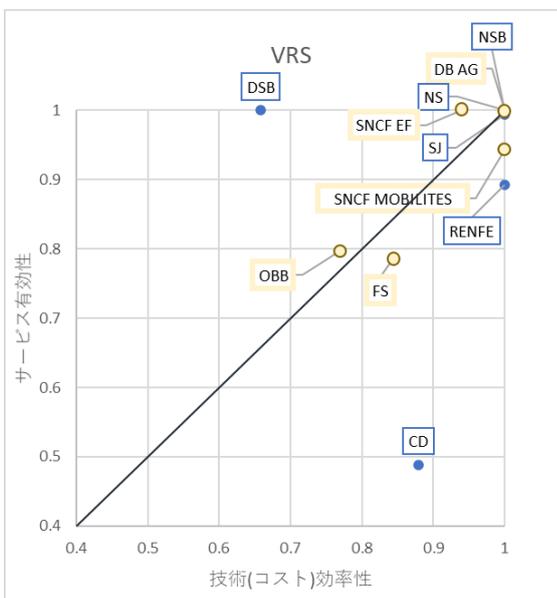


図 1 VRS モデルによる NDEA 結果

##### 4. 2. 外部性要因

DEA では評価が行えない技術(コスト)効率性とサービス有効性の外部性要因について考慮を行うためトビットモデルを用いた。回帰結果を表 3、表 4 に示す。技術(コスト)効率性の変数に国の鉄道市場の大きさを表す指標として、他企業を含む国全体での総旅客キロを用いる。サービス有効性の変数は、国民の鉄道利用頻度を表す指標として鉄道の総旅客キロと道路輸送を

含む旅客キロ全体の内に占める比率と、輸送市場のイコールフティングを表す指標として、平均自動車保有台数を用いる。共通の変数として上下分離体制についてグループ型を 1 としてダミー変数を組み込む。

表 3 技術(コスト)効率性のトビットモデル

技術(コスト)効率性			
変数	係数	標準誤差	p値
分離体制	-0.3114	0.174	0.073
総旅客キロ	0.1743	0.088	0.048
Pseudo R-squ	0.596		
LL-Ratio	4.0		
LLR p-value	0.137		

表 4 サービス有効性のトビットモデル

サービス有効性			
変数	係数	標準誤差	p値
分離体制	0.3259	0.191	0.087
旅客キロ比	-0.1583	0.088	0.070
自動車保有台数	-0.1997	0.093	0.033
Pseudo R-squ	0.683		
LL-Ratio	4.9		
LLR p-value	0.182		

#### 5. 考察

NDEA の結果からはグループ型の方が完全分離型と比較して相対曲線上の近くに分布しており、財の生産と消費の均衡が保たれていると伺える。考えられる理由として、グループ型の長所である上下一体的な運営が行われていると推測される[2]。トビットモデルの結果からは全ての変数において p 値は有意 10% 以内に納まり、分離体制との関連性も確認ができた。技術効率性では完全分離型のほうが、サービス有効性に関してはグループ型の方が良いスコアが算出されると分った。外部性要因に関しては、予想した示唆に従う結果を示し、技術(コスト)有効性と鉄道市場の大きさ、サービス有効性とイコールフティングとの関連性があると考えられる。

#### 6. まとめ

本研究では NDEA を用いて、欧州鉄道市場における上下分離の観点踏まえた旅客輸送事業の評価を行った。今後、各 DMU を取り巻く事象や他の外部性要因をより詳細に詮索・考慮することでモデルを明確に示すことが出来る。

#### 参考文献

- [1] 黒崎文雄：鉄道の上下分離に関する分析，交通学研究，2009
- [2] 江尻良：鉄道事業の上下分離とコーディネーション問題，2009
- [3] Railis UIC Statistics : <https://uic-stats.uic.org/login/>, 2021
- [4] OECD.stat : <https://stats.oecd.org/Index.aspx#>, 2021
- [5] UNECE : <https://w3.unece.org/PXWeb/en>, 2021
- [6] 中井達：政策評価 費用便益分析から包絡分析法まで，ミネルヴァ書店，2005