

국제운임지수와 원유가격의 의존관계 분석

김부권* · 김동윤** · 최기홍***

Analysis of dependency structure between international freight rate index and crude oil price

Kim, Bu-Kwon · Kim, Dong-Yoon · Choi, Ki-Hong

Abstract

Crude oil is a resource that is being used as a raw material in major industries, representing the price of the raw material market. It is also an important element that affects the shipping market in terms of fuel costs for freight vessels. As a result, crude oil and freight rates are closely related. Therefore, from January 2009 to June 2019, this study analyzed the dependency structure between oil price (WTI) and freight rates (BDI, BCI, BPI, BSI, and BHI) using daily data. The main results are summarized as follows. First, according to the copula results, survival Gumbel copula in WTI-BDI, Clayton copula in WTI-BCI, Survival Joe copula in WTI-BPI, Joe copula in WTI-BSI, and survival Gumbel copula in WTI-BHI were selected as the best-fitted model. Second, looking at Kendall's tau correlation, there is a positive correlation between BDI and oil price. Furthermore, freight rate index (BCI, BPI, BSI) and oil price show positive dependencies. In particular, the strongest dependence was found in BCI and oil price returns. However, BHI and oil price show a negative dependency. Third, looking at the tail-dependency structure, a pair between oil price and BDI, BCI showed a lower tail-dependency. The pair between oil price and BSI showed the upper tail-dependency.

Key words: Baltic dry Index, Index ship, Oil price, Copula model

▷ 논문접수: 2019. 11. 22. ▷ 심사완료: 2019. 12. 17. ▷ 게재확정: 2019. 12. 27.

* 부산대학교 경제학부 석사과정, 제1저자, kimbk8824@pusan.ac.kr

** 부산대학교 무역학부, 강사, 공동저자, ace9618@gmail.com

*** 부산대학교 경제통상연구원, 연수연구원, 교신저자, stoltz@nate.com

I. 서론

발틱운임지수(Baltic Dry Index)는 1985년부터 영국의 발틱 해운거래소(Baltic Exchange)에서 발표하는 지수로 선형별 지수를 가중평균해 구한 종합운임지수이다. BDI 지수는 2018년 2월 이전에는 BCI(Baltic capesize index), BPI(Baltic panamax index), BSI(Baltic supramax index), BHI(Baltic handysize index) 4개 지수를 이용하여 BDI 산정하였으나, 2018년 2월 이후에는 BCI(Baltic capesize index), BPI(Baltic panamax index), BSI(Baltic supramax index) 3개 지수를 이용하여 BDI를 산정하고 있다. BDI는 원자재에 대한 세계 수요와 해운업계의 경기상황 및 무역 활동을 보여주는 주요 지수 중 하나로 실물 부문을 반영하는 지수로써 활용되고 있다. 예를 들어, BDI는 2005년~2007년 중국의 원자재 수입 급증으로 인해 큰 폭으로 상승하였지만, 이후 금융위기의 여파로 인해 원자재 수요가 폭락하면서 큰 폭으로 하락하였다. 즉, BDI는 원자재 수요의 증·감에 따라 영향을 받는 것을 알 수 있다. 그러나 BDI는 제한된 회원사를 중심으로 거래가 이루어지고 있기 때문에 투기세력의 접근이 다소 어려운 시장이다.

원유는 산업에서 주원료로 활용되고 있는 자원으로 원자재 시장 가격 전반을 대변해주고, 해운시장에서는 선박 연료로 운임 산정에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 특히, 해상운송을 위한 연료로써 선박 연료인 벙커유 가격 변동은 국제운임지수 변동에 주요한 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라, 유가의 변동은 원자재 수요에 영향을 미쳐 해운시장의 운임지수에 영향을 주고, 벙커유 가격 변동에도 영향을 미쳐 해운시장의 운임지수에 영향을 미치게 된다(Zhang, 2018). 따라서 유가 변동은 해운시장의 운임지수와 밀접한 관계가 있다고 볼 수 있다.

따라서 원자재를 대표하는 원유의 성격을 고려했을 때 해운시장의 움직임을 나타내는 BDI와 어떠한 관계를 갖는지 파악할 필요가 있다. 그러나 BDI의 경우 각 운임지수의 가중평균으로 계산되는 지수이기 때문에 해운시장의 평균적인 움직임만을 파악할 수 있기 때문에 본 연구에서는 선형별 운임지수를 함께 고려하여 분석한다. 선형별 운임지수는 선박의 무게와 항로에 따라 BCI(180,000 DWT 이상), BPI(82,500 DWT 이상), BSI(58,328 DWT 이상), BHI(28,000 DWT 이상)로 분류된다. 이러한 선형별 운임지수는 운송하는 물품이 다양한데, BCI의 경우 석탄, 철강과 같은 원자재를 운반하고, BPI, BSI는 시멘트, 광물 등을 운반하고 BHI는 주로 곡물을 운반한다. 따라서 운반되는 물품의 수요에 따라 각각의 운임지수가 달라질 수 있다. 이러한 성격에 따라 유가의 변화에 따른 선형별 운임지수의 변화를 함께 파악하고자 한다.

기존 연구들에서도 유가와 국제 운임지수 간의 관계를 파악하는 연구들이 다수 존재하는데, 기존 연구들의 분석방법은 선형관계를 가정하고 있어서 정확한 관계를 파악하기 어렵다. 특히, 기존연구에 이용된 방법론은 평균적인 움직임을 파악하는데 유용할 수 있지만 미·중 무역전쟁, 한·일 무역전쟁과 같은 극단적인 사건(extrem event)을 반영하기 어려운 한계가 존재한다. 따라서 본 연구에서는 copula 모형을 이용하여 국제운임지수(BDI, BCI, BSI, BHI)와 유가 변화율의 의존구조(dependence structure)를 분석한다. Copula 모형을 이용하는 경우 평균적인 움직임과 더불어 극단적인 사건이 발생할 때 운임지수와 유가의 관계가 어떠한 관계가 갖는지 설명할 수 있으며, 꼬리 의존성(tail dependence)을 통해 부정적인 사건이 발생할 때 나타나는 의존성과 긍정적인 사건이 발생할 때 의존성을 파악하는 것이 가능하다.

따라서 본 연구는 국내의 연구에서 거의 활용되고 있지 못하는 copula 모형을 적용하여 국제운임지수와 유가 변화율 사이의 관계에 대한 새로운 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 다음과 같이 구성된다. II절에서는 선행연구를 검토하고, III절에서는 분석에 이용될 자료 및 분석방법을 설명한다. IV절에서는 실증 분석결과를 제시하고 마지막 V절에서는 실증분석 결과로부터 도출된 결론을 요약하고 시사점을 제시한다.

II. 선행연구

국제운임지수와 유가 변화율 간의 관계를 분석한 연구는 다수 존재한다. 특히, 원유시장과 해양 건화물 지수(dry index), 탱커 지수(tanker index) 및 선박 운송(liner shipping) 시장에 대한 변동성 영향뿐만 아니라 정보 전이효과와 동적 상관관계에 대해 많은 연구가 존재한다(Wang, Meng, and Liu, 2013; Notteboom and Vernimmen, 2009; Alexandridis et al., 2017; Yin et al., 2017; Poulakidas and Joutz, 2009; Chen et al., 2017).

Alizadeh and Nomikos(2004)는 유조선 화물운송률, 원유 현물가격, WTI 선물가격을 이용하여 원유 선물시장과 유조선 화물시장 사이의 인과관계를 분석했다. 분석결과 미국의 운임과 유가는 장기적인 관계가 존재한다는 결과를 도출했다.

Notteboom and Vernimmen(2009)도 운임지수는 유가 변화율에 대해 유의미한 반응을 보이는 것을 확인하였다. Shi et al.(2013)는 SVAR 모형을 이용해 유가 충격을 공급 충격과 비공급충격(non-supply shock)으로 구분하여 국제운임지수의 충격반응을 분석하였는데, 분석결과 공급충격은 국제운임에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 비공급 충격은 다양한 충격반응을 보이는 것으로 나타났

다. 특히, 해운회사의 수송비용에 부정적 영향을 미치고 이에 따라 운임지수에도 부정적 영향을 미치는 결과를 보고하였다. Sariannidis et al.(2015)는 GJR-GARCH모형을 이용해 BDI지수와 유가 변화율 사이의 정보 전이효과를 분석하였다. 분석결과 유가 변화율이 BDI의 변동성에 음(-)의 전이효과가 있는 것을 확인하였다.

그러나 해외의 연구에 비해 국내 연구에서 국제운임지수와 원유시장 사이의 인과관계 및 상관관계를 분석한 연구들은 많지 않다(모수원, 2005; 정상국·김성기, 2011; 김현석·장명희, 2013; 최기홍·김동윤, 2018; 김현석, 2018). 정상국·김성기(2011)는 VAR과 VECM 모형을 이용하여 국제운임지수(BDI, BCI, BPI)와 원유시장 사이의 관계를 분석하였다. 분석결과 국제유가의 충격이 BCI에 양(+)의 효과를, BPI의 경우 음(-)의 효과를, BDI의 경우 (+)의 효과를 갖는 결과를 제시하였다. 김현석·장명희(2013)는 국제운임지수와 벙커유 가격으로 비대칭 공적분 모형을 이용하여 분석하였다. 분석결과 비대칭 모형을 고려하는 경우에만 장기균형관계가 나타났으며, BDI가 벙커유 가격에 영향을 미친다는 결과를 보고하였다. 최기홍·김동윤(2018)은 VAR모형, 그랜저 인과검정, DCC모형을 이용하여 국제운임지수(BDI)와 원유시장(WTI, Brent, Dubai) 사이의 관계를 분석하였다. 분석결과 유가 변화율과 유가 변동성 모두 국제운임지수(BDI) 변화율에 인과관계가 있는 것으로 나타났으며, 유가 변화율과 변동성이 국제운임지수(BDI)의 변화율만 영향을 미치는 것으로 나타났다. 변동성 전이효과와 경우 VAR의 결과와 달리 국제운임지수의 변동성이 유가 변동성에 영향을 미치는 결과를 보고하였다.

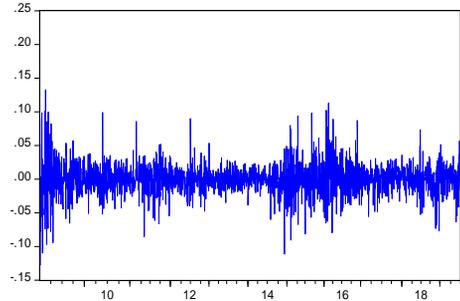
그러나 기존연구에서는 원유시장과 대표적인 국제운임지수인 BDI와 관계를 주로 분석하였다. 그러나 BDI는 선형별 국제운임지수(BCI, BPI, BSI,

BHI)를 가중평균해 평균적인 관계만 분석하는 한계가 존재하며 주로 선형관계와 정규분포를 가정하여 분석하였는데, 국제운임지수와 유가 변화율의 경우 변동이 심한 특징을 가지고 있기 때문에 선형관계와 정규분포 가정으로 분석하는데 한계가 존재한다. 따라서 기존연구들과 달리 본 연구는 다음과 같은 차별점이 있다. 대표적인 국제운임지수인 BDI와 선형별로 구성된 국제운임지수인 BCI, BPI, BSI, BHI, 대표적인 유종인 WTI 현물가격을 이용하여 선형관계와 정규분포 가정으로부터 자유로운 copula 모형으로 국제운임지수 변화율과 유가변화율 사이의 의존구조를 분석하고자 한다.

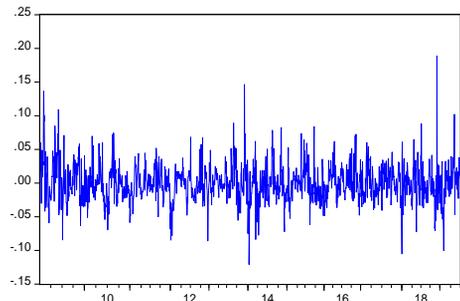
III. 자료 및 분석 방법

1. 자료

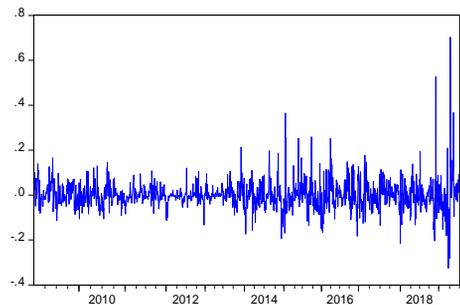
본 연구는 2009년 1월부터 2019년 6월까지의 일별자료를 이용하여 원유와 국제운임지수 간의 의존구조를 분석한다. 원유는 대표적인 유종인 서부텍사스유(WTI)의 일별 현물가격을 이용했고, 해운시장의 상황을 나타내는 변수로 국제운임지수를 이용하였다. 국제운임지수는 대표적인 지수인 BDI와 선형에 따라 BCI, BPI, BSI, BHI로 구분되는데, 이러한 지수들도 일별 자료를 이용하였다. 분석기간은 2009년 1월부터 2019년 6월까지 선정하였다.



WTI



BDI



BCI

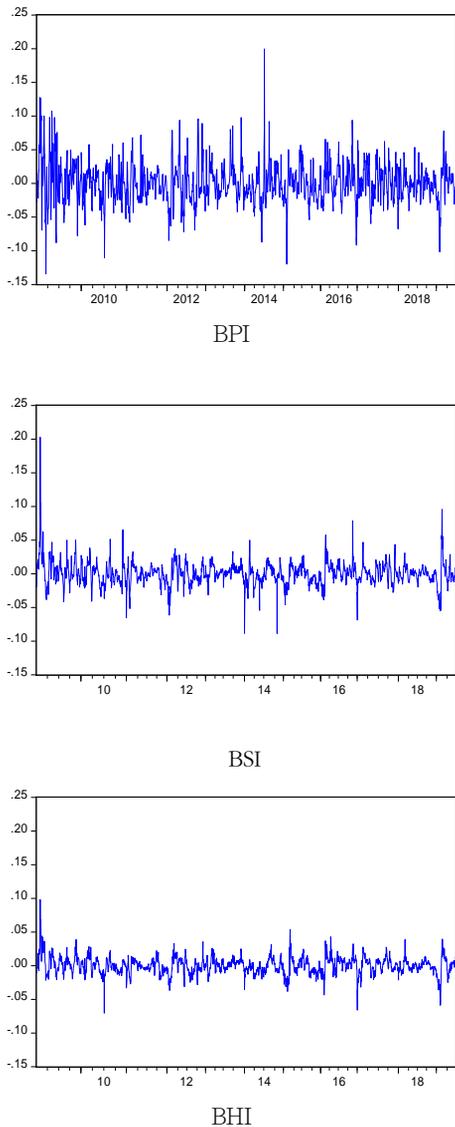


그림 1. 유가변화율과 운임지수 변화율 추이

BDI와 선형별 지수(BCI, BPI, BSI, BHI), 유가 변화율에 대한 기초통계량은 <표 1>에 나타나 있다. 유가 변화율과 BDI와 선형별 지수 변화율의 평균은 비슷하지만, 표준편차는 상대적으로 유가 변화율보다 운임지수들이 높은 것으로 나타났다. 특히,

BCI 지수가 다른 변수에 비해 표준편차가 가장 크게 나타나 변동이 심한 특징을 갖는 것을 확인할 수 있다. 이는 BCI의 경우에 선박 비중은 높지 않지만, 선형별 지수중에서 원자재 수요를 반영하고 가장 많은 물동량을 차지하고 있기 때문이다.

왜도, 첨도, J-B 검정 결과에 따르면 분석에 이용된 모든 변수들이 분포가 정규분포 하지 않는 것으로 나타났다. <그림 1>은 BDI와 선형별 지수와 유가 변화율의 추이를 볼 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 유가 변화율이 가장 변동이 심한 것으로 나타나지만, 상대적으로 변동의 크기는 국제운임지수가 유가 변화율에 비해 더 큰 것을 확인할 수 있다. 또한 본 연구에서는 분석자료의 안정성 여부를 위해 ADF(augment Dickey Fuller)와 PP(Phillip Perron) 검정을 실시하였는데 검정 결과는 <표 1>에서 확인 할 수 있으며, 각 변수들이 통계적으로 유의한 것으로 나타나 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각함에 따라 단위근이 없는 안정적인 변수로 나타났다.

2. 분석방법

일반적으로 국제운임지수와 유가 간의 의존관계를 분석하는 기존의 방법론은 선형적인 관계를 가정하는 경우가 많다. 그러나 최근 금융위기 이후로 Brexit, 양적 완화(quantitative easing), 세일오일 및 셰일가스의 개발, 미·중 무역전쟁과 같이 국제운임지수와 유가에 영향을 미칠 수 있는 극단적인 사건(extreme event)이 다수 발생하고 있다. 이러한 상황을 고려했을 때, 선형적인 관계를 가정하게 되면 극단치로 인해 국제운임지수와 유가의 의존성을 정확하게 분석하는데 어려움이 있다.

그러나 copula 모형은 자료의 특성에 관계없이 두꺼운꼬리(fat-tail), 비대칭 관계, 비선형

표 1. 기초통계량 및 단위근 검정 결과

Panel A : 기초통계량						
	WTI	BDI	BCI	BPI	BSI	BHI
평균	0.0002	0.0000	-0.0005	0.0004	0.0002	0.0002
최대값	0.1330	0.1884	0.7027	0.1995	0.2028	0.0981
최소값	-0.1274	-0.1207	-0.3260	-0.1345	-0.0886	-0.0704
표준편차	0.0230	0.0254	0.0570	0.0279	0.0165	0.0123
왜도	0.1072	0.5447	1.6318	0.4642	1.3173	0.3094
첨도	6.8292	6.7531	20.6583	6.1051	18.8057	7.8638
J-B	1331.7400 (0.0000)	1382.8180 (0.0000)	29196.6400 (0.0000)	951.0343 (0.0000)	23247.5500 (0.0000)	2176.6080 (0.0000)
Q(15)	23.372. (0.0770)	1966.6... (0.0000)	1026.3... (0.0000)	2823.7... (0.0000)	5037.0... (0.0000)	6483.9... (0.0000)
ARCH(10)	29.9874... (0.0000)	36.1077... (0.0000)	19.9026... (0.0000)	90.1253... (0.0000)	83.4845... (0.0000)	137.6801... (0.0000)
관측치	2173	2173	2173	2173	2173	2173

Panel B : 단위근 검정 결과				
	ADF 검정		PP 검정	
	상수항	상수항, 추세항	상수항	상수항, 추세항
WTI	-48.6242... (0.0001)	-48.6136... (0.0000)	-48.5975... (0.0001)	-48.5873... (0.0000)
BDI	-9.3409... (0.0000)	-9.3288... (0.0000)	-19.8809... (0.0000)	-19.8877... (0.0000)
BCI	-11.0119... (0.0000)	-11.0110... (0.0000)	-23.5882... (0.0000)	-23.5864... (0.0000)
BPI	-13.8097... (0.0000)	-13.8184... (0.0000)	-10.6609... (0.0000)	-10.6528... (0.0000)
BSI	-12.7037... (0.0000)	-12.7411... (0.0000)	-14.1965... (0.0000)	-14.2419... (0.0000)
BHI	-10.4874... (0.0000)	-10.4692... (0.0000)	-13.8292... (0.0000)	-13.8669... (0.0000)

주: 1. ()는 P-값을 나타냄.
 2. *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각함을 의미함.

관계를 모형화하는데 유용한 분석방법이다(Aloui et al, 2016). 특히, copula 함수는 변수 간의 의존구조에 대한 모든 정보를 포함하고 있으며, 의존구조의 특성과 극단적인 사건을 의미하는 꼬리 의존구조를 모두 고려할 수 있다.

Copula 모형은 한계분포와 결합분포로 두 가지 부분으로 나눌 수 있다. 먼저 한계분포는 AR(2)-GARCH(1,1) 모형을 이용하여 추출한다. 다음으로 한계분포를 이용한 결합분포를 다양한 copula 모형을 추정한다. 그리고 각 조합에 대해 추정된 다양한 copula 모형을 AIC 기준을 이용해 최적 모형을 선정해 국제운임지수와 유가 사이의 의존구조에 대해 설명한다.

1) Copula 모형

Sklar(1959)에 의해 개발된 Copula 모형은 확률변수 간에 의존구조를 파악하기 위한 방법론으로, 2차원의 결합 분포함수를 2개의 한계분포와 2차원의 copula로 분해해 주는 것이다. 다시 말해, 한계분포를 다변량 분포로 결합할 수 있는 모형이다(Patton, 2009)

본 연구에서는 최적의 의존구조를 포착하기 위해 Gaussian copula, Student's t copula, Clayton copula, survival Clayton copula, Gumbel copula, survival Gumbel copula, Frank copula, Joe copula, survival Joe copula를 다양한 copula 모형을 적용하였다. <표 2>에는 각 copula 모형의 분포함수형태, copula 모수, 왼쪽 꼬리, 오른쪽 꼬리 의존성이 제시되어 있다.

copula 모형은 분포의 모양에 따라 Elliptical copula¹⁾, Archimedean copula²⁾로 구분할 수 있다.

1) Elliptical copula는 분포의 모양이 타원형으로 Gaussian copula, student's t copula를 의미한다.

2) Archimedean copula는 Clayton copula, Gumbel

특히, Archimedean copula는 모수의 값이 항상 양정부호(positive definite)를 가지기 때문에 음의 값을 갖는 경우 회전된 copula(rotated-copula)를 이용해야 한다(Brechmann and Schepsmeier, 2011). 회전된 copula는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$C_{90^\circ}^{-+}(u, v) = u - c(1 - u, v), \quad (\text{식1})$$

$$C_{180^\circ}^{-}(u, v) = u + v - 1 + c(1 - u, 1 - v), (\text{식2})$$

$$C_{270^\circ}^{+-}(u, v) = u - c(u, 1 - v). \quad (\text{식3})$$

위의 식 (1), (2), (3)에서 $C_{90^\circ}^{-+}$, $C_{180^\circ}^{-}$, $C_{270^\circ}^{+-}$ 는 각각 90° , 180° , 270° 로 회전된(rotated) copula 확률밀도함수를 의미하고, +,-는 각 균등분포 확률변수의 부호를 의미한다. 본 연구에서는 회전된 copula를 적용한 copula 모형은 Clayton copula, Gumbel copula, Joe copula 모형이다.

IV. 실증분석 결과

본 절에서는 다음과 같이 구성되어있다. 먼저 유가변화율과 다양한 운임지수의 한계분포 추정에 대해 설명하고 copula 추정결과를 제시한다. 그리고 copula 모형의 추정결과를 이용해 연구결과를 논의한다. 본 연구에 이용될 자료의 특징으로 첨도가 매우 높고, 정규분포에서 벗어나 있다. 따라서 이러한 특징을 반영하기 위해 본 연구에서는 Skewd Student's t 분포를 가정하여 한계분포를 추정하고자 한다. <표 3>은 유가변화율과 국제운임지수(BDI, BDI, BPI, BSI, BHI)에 대한 AR(2)-GARCH(1,1)의 추정결과이다.

copula, Frank copula, Joe copula를 의미한다.

표 2. 다양한 copula 모형의 분포와 특징

copula 종류	분포함수	범위	왼쪽 꼬리	오른쪽 꼬리
Gaussian	$C_N(u, v; \rho) = \Phi_\rho(\Phi^{-1}(u), \Phi^{-1}(v))$	$\rho \in (-1, 1)$	×	×
student's t	$C_{T,V}(u, v; \rho, V) = T_{\rho, V}(T^{-1}(u), T^{-1}(v))$	$\rho \in (-1, 1)$	$2^{-2\nu_{n+1}} \left(\frac{-\sqrt{n+1} \sqrt{1-\rho}}{\sqrt{1+\rho}} \right)$	$2^{-2\nu_{n+1}} \left(\frac{-\sqrt{n+1} \sqrt{1-\rho}}{\sqrt{1+\rho}} \right)$
Clayton	$C_C(u, v; \psi, \theta) = (u^\theta + v^\theta - 1)^{\frac{1}{\theta}}$	$\theta \in [0, +\infty)$	$2^{-1/\theta}$	×
Gumbel	$C_G(u, v; \psi, \theta) = \exp(-[(-\ln u)^\theta + (-\ln v)^\theta]^{\frac{1}{\theta}})$	$\theta \in [1, +\infty)$	×	$2 - 2^{-1/\theta}$
Frank	$C_F(u, v; \psi, \theta) = -\frac{1}{\theta} \ln \left(1 + \frac{(e^{\theta u} - 1)(e^{\theta v} - 1)}{e^\theta - 1} \right)$	$\theta \in [-\infty, +\infty)$	×	×
Joe	$C_J(u, v; \psi, \theta) = 1 - [(1-u)^\theta + (1-v)^\theta - (1-u)^\theta(1-v)^\theta]^{1/\theta}$	$\theta \in [1, +\infty)$	×	$2 - 2^{-1/\theta}$

주: 1. u, v는 균등한계분포를 의미하고, Φ^{-1} 는 표준정규분포의 역함수를 의미하고, T^{-1} 는 student's t분포의역함수를 의미함.
 2. ρ 는 상관계수를 의미하고, θ 는 분포의 모양을 결정해주는 copula 모수를 의미함.

표 3. GARCH 모형 추정 결과

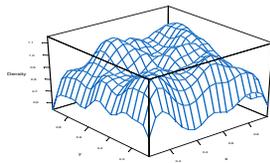
	평균방정식			분산방정식				
	μ	AR(1)	AR(2)	ω	α	β	skewness	shape
WTI	0.0000 (0.9211)	-0.0188 (0.3801)	0.0123 (0.5635)	0.0000 (0.3609)	0.0581*** (0.0025)	0.9350*** (0.0000)	0.9057*** (0.0000)	6.1247*** (0.0000)
BDI	0.0000 (0.9346)	0.8303*** (0.0000)	-0.1191*** (0.0000)	0.0000*** (0.0003)	0.2941*** (0.0000)	0.6859*** (0.0000)	1.0783*** (0.0000)	3.6386*** (0.0000)
BCI	-0.0015 (0.2708)	0.7337*** (0.0000)	-0.1477*** (0.0000)	0.0001*** (0.0018)	0.2681*** (0.0000)	0.7309*** (0.0000)	1.0831*** (0.0000)	3.9051*** (0.0000)
BPI	-0.0018 (0.1987)	1.1137*** (0.0000)	-0.2750*** (0.0000)	0.0000*** (0.0009)	0.4109*** (0.0000)	0.5439*** (0.0000)	1.0303*** (0.0000)	3.2925*** (0.0000)
BSI	-0.0013 (0.2221)	0.8911*** (0.0000)	-0.0203 (0.3615)	0.0000*** (0.0000)	0.4773*** (0.0000)	0.4006*** (0.0000)	1.0511*** (0.0000)	2.9570*** (0.0000)
BHI	-0.0012 (0.1679)	0.7413*** (0.0000)	0.1290*** (0.0000)	0.0000*** (0.0000)	0.2180*** (0.0000)	0.6954*** (0.0000)	0.9938*** (0.0000)	3.3973*** (0.0000)

주: 1. *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각함을 의미함.

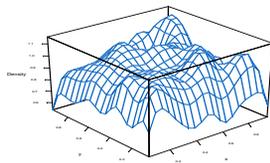
모든 변수의 추정결과들에서 α 와 β 는 유의한 것으로 나타났다.

그러므로 단·장기 지속성이 존재하고 있다. 그리고 $\alpha + \beta$ 가 거의 1에 가깝기 때문에 변동성 지

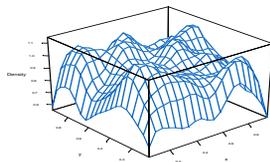
속성이 크다는 것을 알 수 있다. <표 3>의 추정된 모형으로부터 한계분포를 추출하여 copula 모형을 추정한다.



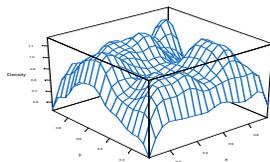
WTI-BDI



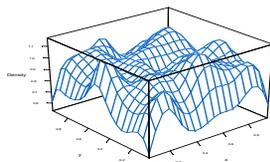
WTI-BCI



WTI-BPI



WTI-BSI



WTI-BHI

그림 2. 유가변화율과 국제운임지수 조합

<그림 2>는 GARCH 모형으로부터 추출한 한계 분포인 유가변화율과 운임지수 변화율의 결합분포를 3차원 그래프로 확인할 수 있다. 각 변수들 사이에는 약한 의존성이 존재하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 의존구조를 포착하기 위해 Gaussian copula, Student's t copula, Clayton copula, survival Clayton copula, Gumbel copula, survival Gumbel copula, Frank copula, Joe copula, survival Joe copula를 이용하였다. 이러한 다양한 copula 중에서 유가변화율과 국제운임지수 조합에서 적합한 copula 모형을 AIC 기준으로 선택하였다. 각 조합마다 선택된 copula 모형의 결과는 <표 4>와 <표 5>에 제시되어 있다. WTI-BDI에서는 survival Gumbel copula, WTI-BCI는 Clayton copula, WTI-BPI는 Survival Joe copula, WTI-BSI는 Joe copula, WTI-BHI는 survival Gumbel copula가 가장 적합한 copula 모형으로 선정되었다. Copula 모수값을 보면 WTI-BHI와의 관계만을 제외하고 모두 양(+의 값)으로 나타났다. Copula 모형의 모수값은 서로 다른 범위의 값을 가지고 있기 때문에 모형별로 의존성 정도를 비교하기 위해서 모수를 변환하여 생성된 Kendall's tau 값을 비교해야 한다. AIC 기준으로 선정된 copula 모수로 추정된 Kendall's tau 값을 보면, WTI-BDI는 0.0166, WTI-BCI는 0.0232, WTI-BPI는 0.0082, WTI-BSI는 0.0201, WTI-BHI는 -0.0207로 나타났다. WTI-BPI와 WTI-BHI 조합을 제외하고 대표적인 국제운임지수인 BDI와 유가변화율 간의 의존성보다 선형별 국제운임지수의 경우가 더 높은 의존성을 갖는 것으로 나타났다. 선형별 국제운임지수와 유가변화율 조합의 경우, WTI-BCI 조합에서 가장 큰 의존성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

표 4. 최적의 copula 추정 결과

	WTI-BDI	WTI-BCI	WTI-BPI	WTI-BSI	WTI-BHI
copula 모형	Survival Gumbel	Clayton	Survival Joe	Joe	Survival Gumbel
parameter	$\theta = 1.0200$ (0.0115)	$\theta = 0.0474$ (0.0235)	$\theta = 1.0100$ (0.0152)	$\theta = 1.0400$ (0.0164)	$\theta = -1.0200$ (0.0121)
Kendall's tau	0.0166	0.0232	0.0082	0.0201	-0.0207
AIC	-0.99	-2.56	0.99	-4.64	-1.59
LL	1.49	2.28	0.505	3.32	1.8

주: 1. 각 조합에서 최적의 copula 모형은 AIC 정보기준으로 선택된 copula 모형임.
 2. ρ 는 상관계수를 의미하고, θ 는 분포의 모양을 결정해주는 copula 계수를 의미함.

표 5. 유가변화율과 꼬리의존성

copula 모형	꼬리의존구조	WTI-BDI	WTI-BCI	WTI-BPI	WTI-BSI	WTI-BHI
Survival Gumbel	Lower	0.0228				
	Upper	0.0000				
Clayton	Lower		4.52e-07			
	Upper		0.0000			
Survival Joe	Lower			0.0194		
	Upper			0.0000		
Joe	Lower				0.0000	
	Upper				0.0469	
Survival Gumbel	Lower					0.0000
	Upper					0.0000

주 : 각 조합에서 AIC 정보기준으로 선택된 최적의 copula 모형으로 나타난 꼬리의존 구조를 의미함

BCI는 철광석, 석탄 등을 운송하는 대형선박(180,000 DWT 이상)의 운임지수이기 때문에 대표적인 에너지 원자재인 원유와 높은 의존성을 가지는 것으로 판단할 수 있다. 또한 BPI, BSI는 주로 시멘트, 곡물, 광물을 운송하는 선박의 운임지수인데, 항구의 형성상 항구를 이용할 수 있는 선박이 제한적이기 때문에 BSI(58,328 DWT)가 BPI(82,500

DWT)보다 선박의 규모가 작고 입출항이 조금 더 자유롭기 때문에 BSI가 유가변화율과 더 큰 의존성을 가지는 것으로 유추해볼 수 있다.

그리고, BHI(28,000 DWT 이상)는 다른 운임지수처럼 벌크화물(Bulk Cargo)을 운송에 사용되지만 음의 의존성을 가지는 것으로 나타났는데, 이는 일반적으로 원자재의 급증한 수요를 충족하기 위해

규모가 대형선박을 더 선호하게 되고 상대적으로 규모가 소형인 선박의 이용을 줄여 비용을 절감하려는 이유인 것으로 판단된다.

다음으로 추정된 copula 모수를 기반으로 꼬리 의존성은 유가변화율과 BDI, 유가변화율과 선형별 국제운임지수(BCI, BPI, BSI, BHI)의 관계에서 극단적인 사건에 대해 잠재적인 비대칭성 혹은 대칭성을 파악할 수 있다(Sukcharoen et al., 2014). WTI-BDI 경우 왼쪽 꼬리의존성계수가 0.0228로 나타나 긍정적인 사건(good news)이나 급격한 수요 증가가 발생하는 경우 관계가 없지만 부정적인 사건(bad news)이나 불황이 발생하는 경우에 같은 움직임을 보이는 비대칭 관계를 갖는 것으로 나타났다. 다시 말해, 대표적인 국제운임지수인 BDI와 유가변화율의 경우 부정적인 극단사건이 발생하게 되면 서로 간의 관계가 더 강해진다는 것을 의미한다.

선형별 운임지수와 유가변화율의 꼬리의존성을 살펴보면, WTI-BCI 경우 왼쪽 꼬리의존성계수가 나타났지만, $4.52e-07$ 로 0과 다르지 않으므로 부정적인 사건(bad news)과 긍정적인 사건(good news) 혹은 수요 변화(수요증가, 수요감소)에 대해서 어떠한 관계도 가지지 않는 것으로 나타났다. WTI-BPI 경우도 왼쪽 꼬리의존성계수가 0.0194로 나타나 부정적인 사건(bad news)이나 급격한 수요 감소가 발생하는 경우에만 같은 움직임을 보이는 비대칭 관계를 갖는 것을 확인할 수 있다. WTI-BSI 경우는 다른 조합들과 다르게 오른쪽 꼬리의존성계수가 0.0469로 나타나 긍정적인 사건(bad news)이나 급격한 수요증가가 발생하는 경우에만 같은 움직임을 보이는 비대칭 관계를 갖는 것으로 나타났다. 마지막으로 WTI-BHI의 경우에는 오른쪽, 왼쪽 꼬리의존성계수가 모두 0으로 나타나 극단적인 사건(bad news, good news)이나 수요 변화(수요증가, 수요

감소)에 대해서 유가변화율과 BHI가 어떠한 관계도 갖지 않는 것으로 나타났다.

선형별 국제운임지수(WTI-BCI, WTI-BPI, WTI-BSI, WTI-BHI)와 유가변화율의 꼬리 의존구조는 선형별 국제운임지수가 선박의 무게와 선박비중, 물동량의 차이로 인해서 서로 다른 결과가 도출될 수 있다는 것을 보여준다. 선형별 국제운임지수와 유가변화율 사이의 꼬리 의존구조는 주로 왼쪽 꼬리 의존구조가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, WTI-BSI 경우에 다른 선형별 국제운임지수와 달리 급격한 수요 증가 혹은 긍정적인 사건이 발생하는 경우에 WTI-BSI가 함께 상승하는 오른쪽 꼬리 의존성이 있는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 다른 선형별 국제 운임지수에 비해 BSI는 항로가 중국과 연결되어 있는 경우가 다수 존재하기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 중국이나 개발도상국들의 경우 다른 국가들 보다 에너지 및 원자재 수요가 상대적으로 크기 때문에 함께 움직이는 현상이 나타나는 것으로 볼 수 있다.

V. 결론

본 연구는 copula 모형을 이용해서 국제운임지수와 유가변화율 사이의 의존구조를 분석하였는데, 이에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, copula 모형 추정결과들을 보면, WTI-BDI에서는 survival Gumbel copula, WTI-BCI는 Clayton copula, WTI-BPI는 Survival Joe copula, WTI-BSI는 Joe copula, WTI-BHI는 survival Gumbel copula가 가장 적합한 copula 모형으로 선정되었다.

Copula 모수로부터 추정된 Kendall's tau를 살펴보면 다음과 같다. BDI와 유가변화율 조합에서는 양(+)의 의존성이 있는 것으로 나타났다. 이는 BDI

는 26개 다른 경로와 다양한 제품의 가격을 하나의 평균가격으로 측정된 지수이기 때문에 평균적으로는 원유변화율의 증가(감소)가 BDI 증가(감소)로 이어질 수 있다는 것을 의미한다. 또한 선형별 국제운임지수(BCI, BPI, BSI, BHI)와 유가변화율의 조합에서는 BHI와 유가변화율 조합을 제외하고 모두 양(+)의 의존성을 가지는 것으로 나타났다. 특히, BCI와 유가변화율 조합에서 가장 강한 의존성이 나타났는데, BCI는 주로 원자재를 운송하기 때문에 대표적인 에너지 원자재인 원유와 높은 의존성을 가진다고 볼 수 있다. BHI와 유가변화율은 다른 조합들과 달리 음(-)의 관계를 가지는 것으로 나타났는데, 이는 원자재의 급증한 수요를 충족하기 위해 규모가 소형선박을 빈번히 또는 다수 이용하는 것보다 비교적 큰 규모의 선박을 이용하는 것이 비용 절감 효과가 크기 때문에 급격한 수요 증가가 발생한 경우 비교적 대형 선박을 선호하는 경향을 반영한 것으로 보인다.

마지막으로 국제운임지수와 유가변화율 사이의 꼬리 의존성을 살펴보면 다음과 같다. 대표적인 국제운임지수인 BDI와 유가변화율의 경우 왼쪽 꼬리 의존성을 가지기 때문에, 부정적인 극단사건이 발생하게 되면 서로 간의 관계가 더 강해진다는 것으로 나타났다. 선형별 국제운임지수와 유가변화율의 조합의 경우, 대다수는 왼쪽 꼬리 의존성을 가지는 것으로 나타났지만, BSI와 유가변화율의 조합에서만 오른쪽 꼬리 의존구조를 가지는 것으로 나타났다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 다른 선형별 국제 운임지수에 비해 BSI는 중국으로 연결되는 항로가 다수 존재하기 때문인 것으로 판단된다. 이는 중국이나 개발도상국의 원자재에 대한 급격한 수요 증가가 발생하는 경우에 다른 국가들 보다 에너지 및 원자재 수요가 상대적으로 크기 때문에 함께 움직이는 현상이 나타나는 것으로 유추해 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 연구와 유사하게 국제운임지수와 유가변화율 간에 양(+)의 의존성이 존재하는 것으로 나타났으며 선형별 운임지수와 유가변화율 간에는 양(+)의 의존성도 존재하지만 음(-)의 의존성도 존재하고 있다는 것을 파악하였다(정상국·김성기, 2011; Notteboom and Vernimmen, 2009). 그러나 기존연구들이 포착하지 못하는 꼬리 의존구조로부터 시장 침체기나 급격한 수요감소 등 시장 상황이 극단적으로 나빠지는 상황의 경우 국제운임지수와 유가변화율 간에는 의존성이 더 강해질 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 급격한 수요감소나 시장침체기가 있을 때 의존성이 더 강해지므로 정책입안자나 시장참여자들은 급격히 변화하는 상황을 대처할 수 있는 방안을 반드시 모색하고 선형별 치밀한 전략이 필요할 것으로 판단된다. 본 연구는 유가와 국제운임지수의 관계를 파악하는 기존의 연구방법의 한계로부터 유연한 copula 모형을 통해 의존구조를 분석한다는 점에서 의의가 있다. 특히, 기존의 연구에서 분석할 수 있는 전체적인 상관관계와 더불어 꼬리 의존구조를 파악할 수 있기 때문에 원유시장과 해운시장의 위험관리(risk management) 차원에서 중요한 관계를 파악했다는 점에서 의의가 있다. 그러나 본 연구에서 고려한 Copula 모형은 정적(static) copula 모형으로 시간가변(time-varying)에 따라 원유시장과 해운운임시장의 구조를 정확히 파악하지 못한다는 단점이 존재한다. 이러한 점을 고려해 후속연구에서는 정적 copula와 시간가변적 copula 모형을 동시에 반영하여 의존구조를 분석하는 것도 새로운 의미를 도출할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김현석(2018). 원자재가격과 건화물선 운임지수의 비대칭 구조 분석. 『한국항만경제학회지』, 제34권 제4호, 181-190.
- 김현석 · 장명희(2013). 병커가격과 건화물선 지수 (Baltic Dry-bulk Index) 간의 비대칭 장기균형 분석. 『한국항만경제학회지』, 제29권 제2호, 63-79.
- 모수원(2005). 발틱 건화물운임지수의 변동성과 뉴스충격. 『한국항만경제학회지』, 제21권 제2호, 65-79.
- 정상국 · 김성기(2011). 국제유가의 변화가 건화물선 운임에 미치는 영향과 건화물선 운임간의 상관관계에 관한 연구. 『한국항만경제학회지』, 제27권 제2호, 217-240.
- 최기홍 · 김동윤(2018). 발틱 운임지수와 원유시장 간의 상호관련성. 『한국항만경제학회지』, 제34권 제4호, 125-139.
- Alexandridis, G., S. Sahoo, and I. Visvikis(2017). Economic information transmissions and liquidity between shipping markets: New evidence from freight derivatives, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 98, 82-104.
- Alizadeh, A., and N. Nomikos(2004). A Markov regime switching approach for hedging stock indices, *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 24(7), 649-674.
- Aloui, R., R. Gupta, and S. M. Miller(2016). Uncertainty and crude oil returns, *Energy Economics*, 55, 92-100.
- Brechmann, E., and U. Schepsmeier(2011). "Dependence modeling with C-and D-vine copulas: The R-package CDVine. Preprint (<http://www-m4.ma.tum.de/Papers/index.html>), 99, 106-164.
- Chen, F., Y. Miao, K. Tian, X. Ding, and T. Li (2017). Multifractal cross-correlations between crude oil and tanker freight rate, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 474, 344-354.
- Notteboom, T. E., and B. Vernimmen(2009). The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping, *Journal of Transport Geography*, 17(5), 325-337.
- Patton, A. J.(2009). Copula-based models for financial time series, In *Handbook of financial time series* (pp. 767-785). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Poulakidas, A., and F. Joutz(2009). Exploring the link between oil prices and tanker rates, *Maritime Policy & Management*, 36(3), 215-233.
- Sariannidis, N., G. Galyfianakis, and E. Drimbetas (2015). The effect of financial and macroeconomic factors on the oil market, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(4), 1084-1091.
- Shi, W., Z. Yang, and K. X. Li, (2013), The impact of crude oil price on the tanker market, *Maritime Policy & Management*, 40(4), 309-322.
- Sklar, M.(1959). Fonctions de repartition an dimensions et leurs marges. *Publ. inst. statist. univ. Paris*, 8, 229-231.
- Sukcharoen, K., T. Zohrabyan, D. Leatham, and X. Wu(2014). Interdependence of oil prices and stock market indices: A copula approach, *Energy Economics*, 44, 331-339.
- Wang, S., Q. Meng, and Z. Liu(2013). Bunker consumption optimization methods in shipping: A critical review and extensions, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 53, 49-62.
- Yin, J., M. Luo, and L. Fan(2017). Dynamics and interactions between spot and forward freights in the dry bulk shipping market, *Maritime Policy & Management*, 44(2), 271-288.
- Zhang, Y. (2018). Investigating dependencies among oil price and tanker market variables by copula-based multivariate models, *Energy*, 161, 435-446.

국제 운임지수와 원유가격의 의존관계 분석

김부권 · 김동윤 · 최기홍

국문요약

원유는 주요 산업에서 주원료로 활용되고 있는 자원으로 원자재 시장 가격 전반을 대변해주고, 해운 시장에서는 선박 연료로 운임 산정에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 이에 따라 원유와 국제 운임지수는 밀접한 관련이 존재한다.

따라서 본 연구는 2009년 1월부터 2019년 6월까지 현물유가(WTI)와 국제운임지수(BDI, BCI, BPI, BSI, BHI)의 일별 자료를 이용하여 유가와 국제운임지수의 의존관계를 분석하였다. 주요 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, copula 추정결과를 보면, WTI-BDI에서는 survival Gumbel copula, WTI-BCI는 Clayton copula, WTI-BPI는 Survival Joe copula, WTI-BSI는 Joe copula, WTI-BHI는 survival Gumbel copula가 가장 적합한 copula 모형으로 선정되었다. 둘째, Kendall's tau를 살펴보면 다음과 같다. BDI와 유가 변화율 조합에서 양(+)의 상관관계가 나타났다. 또한 선형별 국제운임지수(BCI, BPI, BSI, BHI)와 유가 변화율의 조합에서는 BHI와 유가변화율 조합을 제외하고 모두 양(+)의 의존성을 가지는 것으로 나타났다. 특히, BCI와 유가변화율 조합에서 가장 강한 의존성이 나타났다. 셋째, 꼬리 의존성을 살펴보면 유가변화율과 BDI, BCI는 왼쪽 꼬리 의존성이 나타나지만, 유가변화율과 BSI는 오른쪽 꼬리 의존성이 나타났다.

주제어: 발틱운임지수, 선형별 운임지수, 원유가격, Copula 모형,