

한국 기업의 채찍효과에 대한 고찰: 코스피 상장 기업을 중심으로

서승범
연세대학교 경영학과 조교수

박승재
연세대학교 경영학과 부교수

A Study of the Bullwhip Effect Across Korean Firms: Evidence from KOSPI-Listed Firms

Seung-Bum Soh^a, Seung-Jae Park^b

^a School of Business, Yonsei University, South Korea

^b School of Business, Yonsei University, South Korea

Received 31 August 2022, Revised 21 September 2022, Accepted 28 September 2022

Abstract

Purpose - We study whether the bullwhip effect is prevalent among Korean firms and how the characteristics of it differ from the ones in other countries.

Design/methodology/approach - We obtained quarterly financial and operational information on KOSPI-listed firms in manufacturing, wholesale, and retail industries from 2013 to 2019. We explore the variation of the bullwhip effect across firms and validate hypotheses.

Findings - First, we find that for the KOSPI-listed firms, the bullwhip effect is more prevalent compared with the production smoothing. We provide additional findings by using sub-samples of manufacturing firms, wholesaling and retailing firms, big-sized firms, small- and medium-sized firms, domestic-sales intensive firms, and export intensive firms. Second, we show that in general, the bullwhip effect of Korean firms increases with the days in inventory or the demand seasonality ratio. However, the persistence of demand shock does not affect the bullwhip effect of Korean firms.

Research implications or Originality - We compare our results with those in other studies that use information on the U.S. and Chinese firms. Our findings show that factors explaining the bullwhip effect across Korean firms have similarities and differences compared with firms in the U.S. and Chinese firms.

Keywords: Bullwhip Effect, KOSPI-Listed Firms, Production Smoothing, Supply Chain Management

JEL Classifications: M11, M16

I. 서론

채찍효과는 공급사슬 단계에서 소비자에 더 가까운 공급사슬 하류 기업보다 생산자에 더 가까운 공급사슬 상류 기업에서 수요 혹은 주문의 변동성이 더 크게 관찰되는 현상을 말한다. 채찍효과는 재고와 생산의 변동성을 증가시키고, 제품 품질을 낮추며, 공급사슬 전체 비용을 증가시킨다. 펌퍼스(Pampers) 기저귀를

^a First Author, E-mail: sbsoh@yonsei.ac.kr

^b Corresponding Author, E-mail: seung.park@yonsei.ac.kr

© 2022 The Institute of Management and Economy Research, All rights reserved.

판매하는 다국적 기업 피앤지(P&G)이 해당 현상을 기저귀 공급사슬에서 발견하면서 채찍 효과는 널리 알려지게 되었다 (Lee, Padmanabhan and Whang, 1997b). 기저귀의 최종 수요는 출산율과 밀접히 관련되어 있기 때문에 어느 정도의 변동성은 가지고 있다. 그렇지만 월마트 같은 소매상이 피앤지로 주문하는 양의 변동성은 출산율이 가진 변동성보다 크게 나타났다. 또한, 피앤지의 경우 소매상에게서 받은 주문에 근거하여 물건을 생산하고 필요한 원재료를 공급사에 주문한다. 이때 피앤지가 공급사에게 주문하는 양의 변동성은 소매상이 피앤지에 주문하는 양의 변동성보다도 더 크게 관찰되었다. 즉, 공급사슬의 하류보다 상류에 가까울수록 주문의 변동성이 증가하고, 개별 기업 내에서 보아도 고객사 수요의 변동성보다 공급사에 주문하는 양의 변동성이 더 크게 관찰되었다.

채찍효과 연구의 초석이 되는 Lee, Padmanabhan and Whang(1997a)에서는 채찍효과의 원인을 총 네 가지로 제시하였다. 이는 수요정보처리 과정에서의 정보 왜곡(demand signaling), 일괄주문(order batching), 가격변동(fluctuating prices), 배급게임(shortage game)으로, 해당 연구에서는 각각의 원인을 줄이기 위한 방안도 제시하였다. 그중에서도 공급사슬 내에서의 정보 공유는 채찍효과를 줄이기 위해 특히 중요한 것으로 널리 알려져 있다(Chen, 2003). 특히, 고객사와의 활발할 수요 정보 공유는 수요와 주문 사이에 높은 수준의 동기화를 가능하게 하여 채찍효과를 효과적으로 줄일 수 있다고 알려져 있다.

Lee, Padmanabhan and Whang(1997a)의 연구를 바탕으로 많은 연구들이 수리적 모형, 2차 자료 분석, 행태적 분석 등 다양한 방법론을 사용하여 채찍효과에 대해 분석하였다. Chen et al.(2000)은 하나의 제조업체와 하나의 소매업체로 구성된 수리적 공급사슬 모형을 고려했고, 수요 정보공유는 채찍효과를 줄일 수 있다고 보였다. Cachon, Randall and Schmidt(2007)은 미국 산업별 자료를 이용해서 채찍효과에 대한 2차 자료 분석 연구를 할 수 있는 토대를 마련하였고, Shan et al.(2017)은 중국 상장기업 자료를 이용해서 기업 수준에서의 채찍효과를 분석했다. 행태적 분석을 사용한 채찍효과 연구는 Croson and Donohue(2003)이 초석을 마련하였는데 이 분야에서는 주로 피실험자에게 비어게임(Sterman, 1992) 등을 수행하게 하는 것으로 연구가 이루어졌다. 채찍효과에 대한 선행연구는 Wang and Disney(2016)에 자세히 정리되어 있다.

국내 논문의 경우, 허문구(2020)와 같이 다양한 유형의 공급사슬관리 활동의 효과를 탐구하는 연구가 존재하며 특히 채찍효과에 대해 이루어진 여러 연구가 있다 (조가원 외, 2005; 백시현, 2008; 임희택, 강경식, 2017). 그렇지만 대부분의 연구가 특정 산업 혹은 특정 요인이 채찍효과에 어떤 영향을 미치는지 다루고 있다. 예를 들어, 대형할인마트의 채찍효과에 대해 다루거나(백시현, 2008), 정보시스템이 채찍효과에 미치는 영향을 탐구하였다(임희택, 강경식, 2017).

채찍효과가 나타나는 이유가 무엇이고 이를 어떻게 관리해야 할지를 파악하는 것은 공급사슬을 효율적으로 관리하기 위해 필수적으로 이루어져야 하는 활동이므로, 채찍효과는 학부 경영학과 및 경영전문대학원에서 개설되는 운영관리와 공급사슬관리 수업에서 항상 다루어지는 매우 중요한 주제이다. 채찍효과에 대한 이해를 높일 수 있는 비어게임 또한 수업에서 널리 행해지고 있다. 이런 중요성에도 불구하고, 외국기업에 대비한 국내기업 내 채찍효과에 대한 분석은 미비한 실정이다. 이에, 본 연구에서는 미국 산업별 데이터를 사용한 Cachon, Randall and Schmidt(2007)과 중국 상장기업 데이터를 사용한 Shan et al.(2017)의 연구를 바탕으로 한국 코스피 상장기업에서 채찍효과가 일어나는 양상을 알아보고, 이를 미국 및 중국 기업의 채찍효과와 비교했다. 추가로, 본 연구에서는 대상 기업을 제조기업과 도소매기업, 대기업과 중소기업, 그리고 수출중심기업과 내수중심기업으로 분류하여 채찍 효과가 각 집단에서 어떻게 다르게 일어나는지 비교하였다.

분석을 통해서 국내기업의 채찍효과 발생 분포는 미국 및 중국 기업의 채찍효과의 발생 분포와 다른 것을 확인할 수 있다. 채찍효과의 변동성을 설명하는 요소 또한 나라별로 다를 수 있음을 보였다. 이를 통해 국내 기업의 채찍효과를 더 효과적으로 관리하기 위해서는 외국 기업을 대상으로 한 연구 뿐만 아니라 국내 기업이 가지고 있는 특징까지 파악한 연구가 필요함을 알 수 있다. 더 나아가, 기업의 특성별로 구분된 표본을 통한 분석은, 해당 특성을 가진 기업의 경영에 있어 시사점을 제공할 뿐만 아니라, 국내 학부 및 경영전문대학원 수업 자료로 유용하게 쓰일 것으로 기대한다.

II. 코스피 상장기업의 채찍효과 분포

1. 채찍효과 측정

채찍효과는 고객사의 수요에 대한 변동성 대비 공급사에 대한 주문량의 변동성으로 측정되며, 주문 변동성이 수요 변동성보다 크면 채찍효과가 발생한다고 가정한다(Lee, Padmanabhan and Whang, 1997a). 즉 다음 비율이 1보다 크다면 채찍효과가 발생한 것이다.

$$\text{채찍효과비율} = \frac{V[\text{주문}]}{V[\text{수요}]} \quad (1)$$

수식(1)에서 V 는 분산을 의미한다.

하지만, 수요와 주문에 대한 직접적인 정보는 얻기 매우 힘들다. 그러므로 기존 연구와 마찬가지로 '수요'는 '매출원가'로, '주문'은 '매출원가'와 '재고' 변동의 합으로 계산되는 '생산'으로 추정하였다(Cachon, Randall and Schmidt, 2007; Shan et al. 2014). 또한, 자료의 추세를 제거하기 위해 매출원가와 생산을 자연로그를 취한 후 1차 차분했다. 즉, 다음과 같이 기업 i 의 기간 t 의 채찍효과비율 $_{i,t}$ 를 측정하였다.

$$\text{채찍효과비율}_{i,t} = \frac{V[\ln \text{생산}_{i,t} - \ln \text{생산}_{i,t-1}]}{V[\ln \text{매출원가}_{i,t} - \ln \text{매출원가}_{i,t-1}]} \quad (2)$$

수식(2)에서 \ln 은 자연로그를 나타내며, 매출원가 $_{i,t}$ 는 기업 i 의 기간 t 에서의 매출원가를 의미한다. 또한, 생산 $_{i,t}$ (= 매출원가 $_{i,t}$ + 재고 $_{i,t}$ - 재고 $_{i,t-1}$)는 기업 i 의 기간 t 에서의 생산을 나타내며, 재고 $_{i,t}$ 는 기업 i 의 기간 t 에서의 기말재고를 의미한다.

2. 채찍효과와 생산평활화

1) 표본 설명

코스피 상장 기업의 채찍효과비율을 추정하기 위해서 TS2000 데이터베이스에서 해당 정보를 추출하였으며, 변동성 측정을 위해 연도별 자료가 아닌 분기별 자료를 사용했다. 채찍효과는 재고 및 생산에 관련된 현상이므로, 선행 연구와 마찬가지로 제조기업 및 도소매기업으로 분석하는 기업의 범위를 제한했다(Cachon, Randall and Schmidt, 2007). 채찍효과를 추정하기 위한 변수뿐만 아니라, III절의 가설검정에서 필요한 변수에서 결측치가 생길 수 있는 가능성도 고려하여, 최종적으로 삼성전자, 현대차, LG전자를 포함한 총 298개의 코스피 상장 제조기업 및 도소매기업을 분석에 사용하였다.

2) 분석 결과

먼저 수식(2)를 통해 계산된 기업별 채찍효과비율을 통해 코스피 상장 제조기업 및 도소매기업이 실제로 채찍효과를 겪고 있는지, 아니면 채찍효과와 반대되는 개념인 생산평활화가 더 일반적으로 나타나는지 살펴보았다. Shan et al.(2017)과 마찬가지로 채찍효과비율이 1보다 큰 경우에는 채찍효과가 발생했다고 보았으며, 해당 비율이 1보다 작은 경우에는 생산평활화가 나타났다고 보았다. 분석 결과는 <Table 1>에 정리되어 있다. 열(1)에는 제조기업을 대상으로, 열(2)에는 도소매기업을 대상으로, 열(3)에는 두 가지 기업을 모두 대상으로 하여, 채찍효과비율이 1보다 유의하게 높은 기업의 비율과 1보다 유의하게 낮은

기업의 숫자 및 비율이 소개로 나와있다. 열(3)에서 전체 기업 중에서 채찍효과가 나타난 기업의 비율은 58.1%로 이는 미국 기업 자료를 이용한 Bray and Mendelson(2012)에서의 65%와 중국 기업 자료를 이용한 Shan et al. (2014)에서의 67%보다 낮은 비율이다. 국내 상장기업에서는 미국 및 중국 상장기업에 비해서 전반적으로 채찍효과비율이 낮고, 이는 한국 기업이 상대적으로 수요와 공급을 잘 일치시키고 있다는 것을 보여준다.

좀 더 심층적인 분석을 위해, 채찍효과가 유의하게 존재하는지에 대한 등분산 검정을 실시했다. 등분산 검정에서 귀무 가설은 수요의 분산과 생산의 분산이 같다고 설정하고, 생산의 분산이 수요의 분산 대비 유의하게 크면 채찍효과가 존재한다는 대립 가설을 채택하고, 반대로 생산의 분산이 수요의 분산 대비 유의하게 작으면 생산평활화가 존재한다는 대립 가설을 채택한다. <Table 1>의 열(1)에 따르면, 유의수준 0.2에서 각각 25.5%와 13.4%에 해당하는 기업들은 채찍효과와 생산평활화를 보여주었다. 즉, 생산평활화에 비해서 채찍효과가 더 일반적으로 발생하는 현상임을 알 수 있다.

Table 1. 전체 및 산업별 표본에서 채찍효과 및 생산평활화 분석

	유의수준	제조기업 기업수 (%) (1)	도소매기업 기업수 (%) (2)	제조기업 및 도소매기업 기업수 (%) (3)
채찍효과 (비율 > 1)	p < 0.05	34 (13.0%)	11 (30.6%)	45 (15.1%)
	p < 0.1	13 (5.0%)	3 (8.3%)	16 (5.4%)
	p < 0.2	14 (5.3%)	1 (2.8%)	15 (5.0%)
	소계	142 (54.2%)	31 (86.1%)	173 (58.1%)
생산평활화 (비율 < 1)	p < 0.05	19 (7.3%)	1 (2.8%)	20 (6.7%)
	p < 0.1	7 (2.7%)	1 (2.8%)	8 (2.7%)
	p < 0.2	11 (4.2%)	1 (2.8%)	12 (4.0%)
	소계	120 (45.8%)	5 (13.9%)	125 (41.9%)
총합		262 (100%)	36 (100%)	298 (100%)

열(1)과 열(2)에서는 채찍효과의 분포가 기업의 특성에 따라 어떻게 달라지는지 살펴보았다. 첫째, 수리적 모형을 이용한 대부분의 연구에서 제조기업의 채찍효과는 도소매기업의 채찍효과보다 더 큰 것으로 나타났다 (Lee, Padmanabhan and Whang 1997a). 하지만, 실제 자료를 통한 분석에서는 제조기업에서의 채찍효과가 도소매기업보다 항상 크지는 않았다. 예를 들어, Cachon, Randall and Schmidt(2007)에서는 도소매기업의 채찍효과가 제조기업보다 더 큰 것으로 나타났다. 이렇게 기존 연구에서는 두 종류 기업의 채찍효과에 대해 상충하는 의견이 존재한다. 본 연구에서는 코스피 상장사에서 해당 현상이 어떻게 나타나는지 살펴보기로 한다.

제조기업과 도소매기업을 분류하기 위하여 한국표준산업분류 중 대분류(2자리)를 이용하였다. 수리적 모형에서 일반적으로 나타나는 결과와는 달리 도소매기업에서 채찍효과가 더 많이 관찰되었고 이는 Cachon, Randall and Schmidt(2007)에서 보여준 결과와 유사한 것이다. 예를 들어, 각각 23.3%의 제조기업과 41.7%의 도소매기업이 유의수준 0.2에서 유의하게 채찍효과를 나타내었다.

둘째, 기업의 크기에 따라 채찍효과의 분포가 달라지는지 살펴보았다. 대기업의 경우 중소기업에 비해 채찍효과가 낮게 나타날 것으로 예상하는데 그 이유는 일반적으로 대기업이 중소기업에 비해 효율적으로 운영되고 있다고 보기 때문이다. 본 연구에서는 TS2000에서 제공하는 기업분류를 사용하였으며, 대기업으로 분류된 기업을 제외한 나머지 기업은 모두 중소기업으로 분류하였다. 해당 결과는 <Table 2>의 열 (1)과 열(2)에 제시되었다. 비록 대기업의 64.1%와 중소기업의 55.9%에 해당하는 기업의 채찍효과 비율이 1보다 컸지만, 유의수준 0.2하에서는 대기업과 중소기업 중 각각 28.2% 및 24.5%에 해당하는 기업이 채찍효과를 보인다. 이는 채찍효과의 분포가 기업의 크기에 따라 거의 영향을 받지 않는다는 것을 보여주며, 코스피 상장사 기업에서는 채찍효과의 발생 빈도는 기업의 크기와 관계없다는 것을 알 수 있다.

Table 2. 기업의 크기 및 판매 형태에 따른 채찍효과 및 생산평활화 분석

	유의수준	대기업 기업수 (%) (1)	중소기업 기업수 (%) (2)	내수중심기업 기업수 (%) (3)	수출중심기업 기업수 (%) (4)
채찍효과 (비율 > 1)	p < 0.05	11 (14.1%)	34 (15.5%)	14 (21.2%)	6 (12.2%)
	p < 0.1	5 (6.4%)	11 (5.0%)	2 (3.0%)	2 (4.1%)
	p < 0.2	6 (7.7%)	9 (4.1%)	2 (3.0%)	2 (4.1%)
	소계	50 (64.1%)	123 (55.9%)	34 (51.5%)	28 (57.1%)
생산평활화 (비율 < 1)	p < 0.05	2 (2.6%)	18 (8.2%)	5 (7.6%)	3 (6.1%)
	p < 0.1	1 (1.3%)	7 (3.2%)	2 (3.0%)	2 (4.1%)
	p < 0.2	2 (2.6%)	10 (4.5%)	3 (4.5%)	3 (6.1%)
	소계	28 (35.9%)	97 (44.1%)	32 (48.5%)	21 (42.9%)
총합		78 (100%)	220 (100%)	66 (100%)	49 (100%)

셋째, 채찍효과는 리드타임(제품 주문 후 인도에 걸리는 시간)이 길수록 커진다는 사실이 널리 알려져 있다(Chen et al, 2000). 그 이유는 리드타임이 길어지면 수요 및 주문정보가 왜곡된 것을 수정하기가 힘들어지기 때문이다. 일반적으로 무역에 대한 의존도가 높아질수록 리드타임이 길어지므로, 기업의 채찍효과는 역시 커질 것으로 예상할 수 있다. 이에, 본 연구에서는 TS2000 데이터베이스에서 제공된 정보를 이용하여, 수출중심기업과 내수중심기업의 채찍효과비율을 비교하였다. 기업별 판매에서 수출이 차지하는 비중을 구하고, 해당 비중이 중앙값보다 크다면 수출중심기업으로, 아니면 내수중심기업으로 분류하였다. 해당 결과는 <Table 2>의 열 (3)과 열(4)에 제시되었으며 수출액 변수를 보고하지 않은 기업으로 인하여 타 분석에 비해 표본 수가 작아졌다. 분석 결과, 내수중심기업과 수출중심기업의 경우, 예상과 다르게 수출중심기업에서 채찍효과가 오히려 덜 나타난 것을 관찰할 수 있다. 채찍효과 비율이 1보다 큰 기업의 비율은 수출중심기업에서는 57.1%이고 내수중심기업에서는 51.5%로 수출중심기업에서 더 크게 나타났다. 그러나 유의수준 0.2 하에서는 27.3%의 내수중심기업과 20.4%의 수출중심기업에서 채찍효과가 존재했다. 이런 현상의 이유로 채찍효과의 발생에는 고객사와의 리드타임보다 공급사와의 리드타임이 더 큰 영향을 주는 것을 들 수 있다 (Lee, Padmanabhan and Whang, 1997b). 공급사와의 리드타임이 긴 경우 안전재고를 높게 유지해야 할 필요가 증가하면서 주문의 변동성이 커지는 채찍효과가 일어나지만, 고객사와의 긴 리드타임은 주류 고객사의 채찍효과를 높게 되고 해당 기업의 채찍효과에는 직접적인 영향을 주지는 않는다고 판단할 수 있다.

Table 3. 기업 분류별 평균 차이 검정

	제조기업 (1)	도소매기업 (2)	대기업 (3)	중소기업 (4)	내수중심기업 (5)	수출중심기업 (6)
채찍효과 비율 평균	1.384	2.078	1.520	1.449	1.680	1.274
기업수	262	36	78	220	66	49
t 통계량		-2.821		0.507		1.824
p-value		0.007		0.613		0.071

지금까지의 결과를 요약하면 다음과 같다. 코스피 상장 제조기업 및 도소매기업에서 생산평활화보다 채찍효과가 전반적으로 더 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 또한, 제조기업에서보다 도소매기업에서, 수출중심기업에서보다 내수중심기업에서 채찍효과가 더 자주 일어났으며, 대기업과 중소기업 사이에서는 큰 차이가 발견되지 않았다. 이는 흔히 기대할 수 있는 것과는 반대되는 결론으로, 해당 결론들을 뒷받침하기 위한 추가 검정을 실시하였다. 두 집단 사이에서 채찍효과가 나타나는 기업의 비율이 동일한 지에 대한 검정을 실시하였으며 결과는 <Table 3>에 나타나 있다. <Table 1>과 <Table 2>에서 관찰할 수 있는 것과 마찬가지로 제조기업에서의 채찍효과비율 발생 빈도와 도소매기업에서의 채찍효과비율 발생 빈도는 유의수준 0.1 하에서 차이가 있고,

내수중심기업의 채찍효과 발생 빈도와 수출중심기업의 채찍효과 발생 빈도 역시 같은 유의수준에서 차이가 있다. 한편, 대기업과 중소기업 간 비교에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

III. 코스피 상장기업의 채찍효과 변동 원인

1. 가설 설정

본 연구에서는 Cachon, Randall and Schmidt(2007)과 Shan et al.(2014)의 연구를 바탕으로 채찍효과와 관련된 세 가지 가설을 설정하고 이를 코스피 상장기업에 대상으로 검증한다. 해당 가설은 다음과 같다.

먼저, 재고일수(inventory days)와 채찍효과와 상관관계에 대해 알아본다. 일반적으로 재고일수가 크다는 것은 재고관리를 포함하여 운영관리가 높은 수준으로 이루어지고 있지 않다는 것을 방증할 수 있으며 해당 기업은 채찍효과 역시 효율적으로 관리하지 못할 가능성이 크다. 또한, 재고가 기업에 머무르는 시간이 길면 수요 정보가 왜곡될 가능성이 커진다 (Shan et al., 2014). 그러므로 낮은 운영관리의 효율성과 높은 수요 정보의 왜곡은 채찍효과를 증폭시킬 것이므로, 재고일수와 채찍효과는 정(+)의 관계를 나타낼 것이다.

H1. 재고일수가 높을수록 채찍효과는 높을 것이다.

다음으로, Cachon, Randall and Schmidt(2007)과 Shan et al.(2014)은 수요의 계절성과 채찍효과와의 관계에 주목했다. 일반적으로 수요의 변동성이 커지면 채찍효과는 더 크게 나타난다. 하지만, 수요의 변동 중 대부분이 예측 가능하다면 수요 정보의 왜곡은 거의 나타나지 않고, 채찍효과 또한 미미하게 발생할 것이다. 두 기업의 수요가 같은 수준의 변동성을 가지고 있다고 하더라도 한 기업 수요의 계절성이 더 높다면 예측가능성 역시 더 높다고 볼 수 있고, 해당 기업에서는 채찍효과보다 생산평형화가 발생할 가능성이 더 커진다. 예를 들어, 여름에는 수요가 낮고 겨울에는 수요가 매우 높은 수프 제조업체의 경우, 비록 수요의 변동은 크지만, 대부분의 변동은 계절성으로 인해 발생하기 때문에 예측하기가 쉽다. 수프 업체가 겨울에는 수요가 커지고 여름에는 낮아진다는 것을 미리 예측하여 적절하게 생산 수준을 조절하고 재고 비축을 한다면 채찍효과는 덜 발생하고 생산평형화는 자주 발생시킬 수 있을 것이다. 그러므로 계절성과 채찍효과는 부(-)의 관계를 나타낼 것으로 예상된다.

H2. 계절성이 높을수록 채찍효과는 낮을 것이다.

마지막으로 예상치 못한 수요의 지속 정도와 채찍효과 발생 정도가 어떤 관계를 가지고 있는지 살펴본다. 예상치 못한 수요가 발생하더라도 짧은 시간 안에 원래의 수요 수준으로 돌아온다면, 수요 정보는 덜 왜곡될 것이다. 그러나 예상치 못한 수요가 길게 지속된다면, 수요 정보의 왜곡 정도는 심해질 것이며, 이는 채찍효과를 증가시킬 것이다. Lee, Padmanabhan and Whang(1997a)은 기본적인 자기회귀 (autoregressive, AR) 모형인 AR(1)을 고려하였다. 해당 논문의 정리 1에서 자기회귀 계수가 증가할수록 채찍효과는 증가한다고 보았다. Cachon, Randall and Schmidt(2007)과 Shan et al.(2014)은 자기회귀 계수가 증가할수록 채찍효과가 증가한다는 가설을 각각 미국과 중국 자료를 통해 검증해 보았다. Shan et al.(2014)은 자기회귀 계수와 채찍효과가 양의 관계라고 보였으나, Cachon, Randall and Schmidt (2007)에서는 이 관계가 일반적으로는 지지가 되지 않았다. 본 연구에서는 미국과 중국 데이터에서는 상충되는 것으로 나오는 관계가 한국 기업을 대상으로는 어떤 결과가 나오는지 살펴보기로 한다. 즉, 예상치 못한 수요의 지속성을 나타내는 자기회귀 계수와 채찍효과가 정(+)의 관계를 나타내는지 검증한다.

H3. 예상치 못한 수요 변동의 지속성이 높을수록 채찍효과는 높을 것이다.

2. 변수 설명

다음과 같은 변수들을 가설 검증에서 사용한다.

1) 종속변수

수식(2)에서 설명한 채적효과비율_{*i*}을 회귀분석의 종속변수로 사용한다.

2) 독립변수

회귀분석의 독립변수는 선행 연구에서 가장 널리 사용되는 방법을 사용하여 추정했다 (Cachon, Randall and Schmidt, 2007; Shan et al. 2014). 먼저, 재고일수는 재고 평균을 매출원가로 나누었다. 즉, 기업 *i*의 기간 *t*에서의 재고일수_{*i,t*}는 다음과 같이 측정하고 기간에 대해 평균한다.

$$\text{재고일수}_{i,t} = \frac{(\text{재고}_{i,t} + \text{재고}_{i,t-1})/2}{(\text{매출원가}_{i,t} \times 4)} \times 365 \quad (3)$$

위의 식에서 재고_{*i,t*}는 기업 *i*의 기간 *t*에서의 기말재고를 의미한다.

수요의 계절성은 수요의 추정치인 매출원가를 사용하여 다음과 같이 비율로 추정한다. 즉, 기업 *i*의 계절성비율_{*i*}는 다음과 같다.

$$\text{계절성비율}_i = \frac{V[\text{매출원가}_{i,t}] - V[\text{계절성 제거한 매출원가}_{i,t}]}{V[\text{매출원가}_{i,t}]} \quad (4)$$

계절성 제거한 매출원가_{*i,t*}는 각 기업의 매출원가_{*i,t*}를 분기별 더미변수로 회귀분석하고 여기서 도출된 잔차로 추정한다.

예상치 못한 수요 변동의 지속성은 AR(1) 모형의 자기상관계수_{*i*}로 추정한다. 이때, 시계열 변수로는 계절성 제거한 매출원가_{*i,t*}를 사용하여 자기상관계수_{*i*}를 추정한다.

3) 통제변수

종속변수에 영향을 줄 수 있는 통제변수를 고려했다. 본 연구에서는 기업의 크기, 매출총이익, 매출채권일수, 종업원 수를 사용한다. 먼저, 기업의 크기를 측정하기 위해서, 기업 *i*의 매출액_{*i,t*}를 구한 후 주어진 기간에 대해 평균하였다. 기업 *i*의 매출총이익률_{*i*}을 구하기 위해서 (매출액_{*i,t*} - 매출원가_{*i,t*})에 (매출원가_{*i,t*})를 나눈 뒤 기간에 대해 평균을 구했다. 기업 *i*의 매출채권일수_{*i*}는 수식(3)에서 재고_{*i,t*}를 매출채권_{*i,t*}로 변경해서 기간 *t*에서의 매출채권일수_{*i,t*}를 구한 후 주어진 기간에 대해 평균하였다. 기업 *i*의 종업원수_{*i*}는 기간별 종업원 수를 추출한 후 주어진 기간에 대해 평균하였다. 통제변수 중 매출액_{*i*}, 재고일수_{*i*}, 매출채권일수_{*i*}, 종업원수_{*i*}는 자연로그를 취하여 분석한다. <Table 4>는 주요 변수의 기술 통계를 보여준다.

Table 4. 기술통계

변수명	설명	평균	표준편차	최소값	중간값	최대값
채찍효과비율	채찍효과 비율 (bullwhip effect ratio)	1.47	1.15	0.08	1.10	7.00
재고일수 (logged)	재고일수 (days in inventory)	4.12	0.67	1.71	4.11	6.16
계절성비율	계절성 비율 (seasonality ratio)	0.17	0.19	0.00	0.10	0.97
자기상관계수	자기상관계수 (autoregressive coefficient)	0.71	0.23	-0.12	0.77	0.98
매출액 (logged)	매출액 (sales)	18.98	1.63	15.57	18.78	24.77
매출총이익률	매출총이익률 (gross margin ratio)	0.20	0.14	-0.02	0.16	0.82
매출채권일수 (logged)	매출채권일수 (days accounts payable)	3.57	0.62	0.81	3.66	6.25
종업원수 (logged)	종업원수 (number of employees)	6.42	1.50	1.07	6.25	11.51

3. 분석 방법

II의 분석과 동일한 기업의 자료를 사용하여 가설검정을 실시하였다. 즉, 총 298개의 코스피 상장 제조기업 및 도소매기업에 대한 데이터를 사용하였다. 본 가설 검정에서는 횡단면 자료 분석(cross-sectional data analysis)을 사용하였으며, 회귀식은 다음과 같다.

$$\text{채찍효과비율}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{재고일수}_i + \beta_2 \text{계절성비율}_i + \beta_3 \text{자기상관계수}_i + \alpha' \text{통제변수}_i + \epsilon_i \quad (5)$$

위의 식에서 ϵ_i 는 잔차를 의미한다. 모든 횡단면 분석에서는 산업별 고정효과(industry fixed effect)와 군집표준오차(clustered standard errors)를 고려한다.

4. 가설검정 결과

〈Table 5〉는 기본적인 가설 검정을 통해 도출된 회귀계수들을 보여주고 있다. 열(3)에 따르면 코스피 상장 제조기업 및 도소매기업에서는 재고일수가 높을수록 혹은 계절성비율이 낮을수록 채찍효과비율이 높아지는 것을 알 수 있다. 그러나 자기상관계수는 채찍효과비율에 유의한 영향을 주지 않았다. 즉, 가설 1과 가설 2는 지지 되지만, 가설 3은 지지 되지 않는다. 해당 결과는 재고운영이 효율적이며 수요의 변동에서 예측가능한 부분이 클수록 채찍효과는 덜 발생하며, 예상치 못한 수요변동의 지속성은 채찍효과에 영향을 미치지 않는 것을 보여준다. 이는 해당 요인들이 채찍효과에 영향을 미치는 양상이 중국 기업보다는 미국 기업에 더 가깝다는 것을 보여준다. Shan et al.(2014)에서는 본 연구의 모든 가설이 지지되었고, Cachon, Randall and Schmidt (2007)에서는 가설 2는 지지가 되고 가설 3은 지지가 되지 않았다. 가설 1은 Cachon, Randall and Schmidt (2007)에서는 다루지 않았다.

〈Table 5〉의 열(1)와 열(2)는 각각 제조기업과 도소매기업에 대한 가설검정 결과를 보여준다. 제조기업의 경우 전체 기업과 같은 결과를 보여주었다. 이는 전체 기업의 88%에 해당하는 기업이 제조기업이기 때문으로 판단된다. 반면, 도소매기업의 경우 가설 1은 지지가 되지만 나머지 두 가설은 지지가 되지 않았다. 제조기업과 달리 도소매기업 데이터에서 계절성비율은 채찍효과를 유의하게 설명하지 못했다. 제조기업의 경우 높은 계절성에 대응하기 위해 생산을 조절할 수 있는 여지가 더 많으나 도소매기업의 경우 그러지 못한 것으로 분석된다. 이 부분은 제조기업과 도소매기업을 더 세분하여 각 기업의 어떤 특성이 계절성 대응 능력에 어떤 영향을 주는지 추가적인 분석을 시도할 필요가 있다.

Table 5. 기본 가설 검정

	제조기업 대상 회귀계수 (1)	도소매기업 대상 회귀계수 (2)	제조기업 및 도소매기업 대상 회귀계수 (3)
재고일수 (H1)	0.413*** (0.118)	0.890** (0.427)	0.494*** (0.119)
계절성비율 (H2)	-1.814*** (0.340)	-2.697 (2.092)	-1.905*** (0.365)
자기상관계수 (H3)	-0.074 (0.279)	0.036 (1.636)	-0.051 (0.279)
매출액	0.001 (0.070)	0.023 (0.255)	0.016 (0.065)
매출총이익률	0.040 (0.695)	-1.178 (2.777)	-0.169 (0.650)
매출채권일수	-0.224** (0.113)	0.374 (0.462)	-0.128 (0.107)
종업원수	-0.030 (0.070)	-0.052 (0.182)	-0.051 (0.066)
상수	1.951 (1.207)	-1.841 (4.462)	1.155 (1.196)
산업고정효과 관측치 수	Yes 262	Yes 36	Yes 298

Notes: 1. Clustered standard errors are included.
2. p: ***<0.01, **<0.05 and *<0.10.

마지막으로 기업 분류에 따른 추가분석을 실시하여 회귀계수들을 도출했으며 해당 결과는 <Table 6>에 있다. 먼저 열(1)과 열(2)에 나와 있듯이, 가설 1은 대기업과 중소기업 표본에서 공통으로 지지가 되었다. 그러나, 가설 2는 중소기업 표본에서, 가설 3은 대기업 표본에서 각각 지지가 되는 것으로 나타났다. 그 이유는 중소기업의 경우, 상대적으로 규모가 작기 때문에, 높은 계절성 하에서 비용을 더 적게 발생시키는 생산평활화 전략을 더욱 적극적으로 추구할 수 있는 것으로 보이며 이는 가설 2와 일치한다. 반면, 대기업의 경우 큰 규모로 인해서 수요 변동의 관성이 상대적으로 더 크게 나타나며, 이는 가설 3의 지지로 나타나게 되었다. 즉, 대기업과 중소기업에 따라 채적효과 변동 요인이 달라질 수 있음을 보여준다.

Table 6. 기업 분류에 따른 추가 분석

	대기업 대상 회귀계수 (1)	중소기업 대상 회귀계수 (2)	내수중심기업 대상 회귀계수 (3)	수출중심기업 대상 회귀계수 (4)
재고일수 (H1)	0.710*** (0.228)	0.492*** (0.139)	1.014*** (0.216)	0.216 (0.390)
계절성비율 (H2)	-1.527 (1.009)	-2.336*** (0.422)	-2.549*** (0.877)	-1.865*** (0.602)
자기상관계수 (H3)	0.877* (0.505)	-0.090 (0.331)	-1.120 (1.290)	0.762 (0.450)
매출액	-0.073 (0.153)	-0.030 (0.099)	0.210 (0.246)	0.059 (0.161)
매출총이익	-1.274 (0.860)	0.956 (1.007)	0.003 (1.828)	0.423 (3.194)
매출채권일수	-0.089 (0.177)	-0.143 (0.133)	-0.988*** (0.284)	-0.011 (0.251)
종업원수	0.076 (0.104)	-0.116 (0.086)	-0.496** (0.199)	-0.091 (0.149)
상수	-0.523 (3.214)	2.515 (1.913)	2.916 (5.094)	-1.208 (2.739)
산업고정효과 관측치 수	Yes 78	Yes 220	Yes 66	Yes 49

Notes: 1. Clustered standard errors are included.
2. p: ***<0.01, **<0.05 and *<0.10.

(Table 6)의 열(3)과 열(4)는 각각 내수중심기업과 수출중심기업의 가설검정 결과를 보여준다. 내수중심기업의 경우 전체 기업에 대한 가설검정 결과와 동일하게 결과가 나왔다. 즉, 가설 3을 제외한 나머지 가설은 지지되었다. 수출중심 기업의 경우 가설 2만 지지되며 가설 1은 지지되지 않았다. 대부분의 수출중심기업의 효율적인 재고관리로 인해서 해당 요소는 채찍효과 변동을 설명하기에 유의하지 않다고 판단된다.

IV. 결론

본 연구는 코스피 상장기업을 대상으로 채찍효과를 살펴보았다. 먼저 채찍효과가 어떻게 분포되는지 살펴보고, 그 후 채찍효과와 설명 요인에 대해 가설 검정을 실시했다.

코스피 상장기업 중 제조기업 및 도소매기업은 전반적으로 생산평활화에 비해 채찍효과 비율이 높게 나타났다. 미국과 중국 기업과 비교하여 채찍효과비율이 낮게 나타나기 때문에 한국 기업이 상대적으로 운영 효율성이 높은 것으로 판단할 수 있다. 흔히 예상할 수 있는 것과 다르게, 도소매기업이 제조기업보다, 내수중심기업이 수출중심기업보다 채찍효과가 더 크게 나타났지만, 기업의 크기에 따른 채찍효과와 크기 차이는 발견되지 않았다.

코스피 상장기업의 경우, 일반적으로 재고일수가 높거나 수요 계절성이 낮은 경우 채찍효과는 높게 나타났다. 그러나 예상치 못한 수요 변동의 지속성은 채찍효과와 변동에 유의하게 설명하지 못했다. 추가로 도소매기업의 채찍효과는 제조기업과 비교해서 수요계절성에 영향을 받지 않았고, 대기기업의 채찍효과는 다른 기업에 비해서 예상치 못한 수요 변동의 지속성에 유의하게 영향을 받았다. 또한, 수출중심기업의 채찍효과는 내수중심기업과 비교해서 재고일수에 영향을 받지 않았다.

본 연구의 결과를 통해 한국 기업에서 채찍효과가 나타나는 양상이 미국 및 중국 기업과 공통점도 있지만 상당한 차이점이 있는 것을 파악할 수 있다. 이를 통해 국내 기업에서 공급사슬관리를 통해 채찍효과를 대응할 때 단순히 해외 사례만을 적용하는 것이 아니라 국내 기업의 특성을 추가적으로 파악하여 적용해야 함을 알 수 있다. 추가적으로 한국 기업의 어떤 특성이 미국 및 중국 기업과 다르고 이것이 어떻게 채찍효과가 발생하는 양상에 차이를 주는지 향후 연구가 필요할 것이다.

References

- 김평일, 조수연, 이영혜, 김남석, 백승현 (2015), "주문생산 제조환경에서 공급사슬 운영을 위한 채찍효과 측정지표", *한국 SCM 학회지*, 15(2), 63-78.
- 백시현 (2008), "황소채찍효과와 발주크기: 대형할인마트에서의 황소채찍효과", *산업공학 (IE interfaces)*, 21(2), 161-169.
- 임희택, 강경식 (2017), "SCM 을 위한 정보시스템의 확산이 채찍효과에 미치는 영향에 관한 연구", *대한안전경영과학회지*, 19(1), 169-179.
- 허문구 (2020), "양면적 공급사슬관리 활동과 경쟁우위", *아태비즈니스연구*, 11(3), 107-122.
- Bray, R. L. and H. Mendelson (2012), "Information transmission and the bullwhip effect: An empirical investigation", *Management Science*, 58(5), 860-875.
- Cachon, G. P., T. Randall and G. M. Schmidt (2007), "In search of the bullwhip effect", *Manufacturing & Service Operations Management*, 9(4), 457-479.
- Chen, F. (2003), "Information sharing and supply chain coordination", *Handbooks in operations research and management science*, 11, 341-421.
- Chen, F., Z. Drezner, J. K. Ryan and D. Simchi-Levi (2000), "Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information", *Management science*, 46(3), 436-443.

- Crosan, R. and K. Donohue (2003), "Impact of POS data sharing on supply chain management: An experimental study", *Production and Operations Management*, 12(1), 1-11.
- Lee, H. L., V. Padmanabhan and S. Whang (1997a), "Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect", *Management science*, 43(4), 546-558.
- Lee, H. L., V. Padmanabhan and S. Whang (1997b), "The bullwhip effect in supply chains", *Sloan Management Review*, 38, 93-102.
- Shan, J., S. Yang, S. Yang and J. Zhang (2014), "An empirical study of the bullwhip effect in China", *Production and Operations Management*, 23(4), 537-551.
- Sterman, J. D. (1992), "Teaching takes off", *OR/MS Today*, 35(3), 40-44.
- Wang, X. and S. M. Disney (2016), "The bullwhip effect: Progress, trends and directions", *European Journal of Operational Research*, 250(3), 691-701.