

# 서킷 브레이커의 사전적 효과에 대한 연구 : 주가지수 선물을 이용한 한국시장의 실증분석

금융공학 프로그램 김형환 (20249132)

## Introduction 연구 배경

- 서킷 브레이커(CB, Circuit Breakers)란?

- 주가 급락으로 인한 충격을 완화시키기 위한 가격안정화 제도 중 하나
- 주가지수가 일정 수준 이하로 하락하는 경우 거래를 일시적으로 중단(Trading halt)
- 1987년 미국에서 최초로 도입된 이후, 우리나라는 1998년 도입하여 현재까지 운영

- 서킷 브레이커 제도의 효과?

- 냉각기간을 부여하여 증시 안정 vs. 거래중단으로 효율성, 유동성 저해

⇒ 서킷 브레이커의 사전적 효과를 분석함으로써 제도의 효용성을 제고해보고, 시장 안정화를 위한 제도가 오히려 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 가능성 제시

# Introduction 서킷 브레이커 제도 및 발동 이력

표 1.1: 서킷 브레이커 제도 이력

도입일	발동기준	선물시장 연계
<b>패널 A. 한국시장</b>		
1998-12-07(유가) 2001-10-15(코스닥)	코스피, 코스닥 지수가 전일 종가 대비 10% 이상 하락하여 1분간 지속되는 경우 발동, 20분간 거래중단 및 재개 시 10분간 단일가 진행.	코스피200, 코스닥(스타지수)선물이 전일 종가 대비 각 5%, 6% 이상 하락하고 괴리율이 3% 이상이 1분간 지속되는 경우 발동, 5분간 거래중단 및 재개 시에는 10분간 단일가 진행.
2015-06-15	코스피, 코스닥 지수가 전일 종가 대비 8%, 15%, 20% 이상 하락하여 1분간 지속되는 경우 발동, 각 단계별로 20분간 거래중단 및 재개 시 10분간 단일가 진행, 3단계 발동 시 당일 거래 종료.	코스피200, 코스닥150선물에 전일 종가 대비 8%, 15%, 20%의 단계별 가격제한 적용, 각 하한가 도달 5분 이후 다음 단계로 가격제한 확대 적용. 주식시장 CB 발동 시 선물시장 거래도 중단되고 재개 시 다음 단계로 가격제한 확대 적용.
<b>패널 B. 미국시장</b>		
1988-10	다우지수가 전일 대비 250pt 하락하는 경우 1시간 동안 거래중단 및 400pt 하락하는 경우 2시간 동안 거래 중단	-
1998-04	하락 기준점을 10%, 20%, 30%로 변경, 거래중단 시간은 각 1시간, 2시간, 당일 종결로 변경	-
2013-04-08	S&P500 지수가 전일 종가 대비 7%, 13%, 20% 이상 하락하여 1분간 지속되는 경우 발동, 각 단계별로 15분간 거래중단, 3단계 발동 시 당일 거래 종료.	S&P500 선물에 전일 3:59:30-4:00:00의 VWAP 대비 7%, 13%, 20%의 단계별 가격제한 적용. 주식시장 CB 발동 및 재개 시 다음 단계로 가격제한 확대 적용.

표 1.2: 역대 서킷 브레이커 발동 이력

발동일	발동시장	발동시각	발동 사유 / 주요 사건
2000-04-17	Kospi	09:05	미국 증시 하락, 닷컴버블 붕괴
2000-09-18	Kospi	13:02	미국 증시 하락, 닷컴버블 붕괴
2001-09-12	Kospi	12:05	미국 911테러로 인한 여파
2006-01-23	Kosdaq	14:23	미국 증시 하락, 테마주 급락
2007-08-16	Kosdaq	13:21	서브프라임 위기 확산
2008-10-23	Kosdaq	13:08	글로벌 금융위기
2008-10-24	Kosdaq	13:18	글로벌 금융위기
2011-08-08	Kosdaq	13:10	미국 신용등급 하락
2011-08-09	Kosdaq	10:41	미국 신용등급 하락
2016-02-12	Kosdaq	11:55	일본 증시 폭락, 남북관계 악화 등
2020-03-13	Kospi/Kosdaq	10:43/09:04	코로나19 팬데믹으로 인한 급락
2020-03-19	Kospi/Kosdaq	12:05	코로나19 팬데믹으로 인한 급락
2024-08-05	Kospi/Kosdaq	14:14/13:56	미국발 경기 침체, 중동발 전쟁 리스크 등

# Introduction 서킷 브레이커 발동 사례

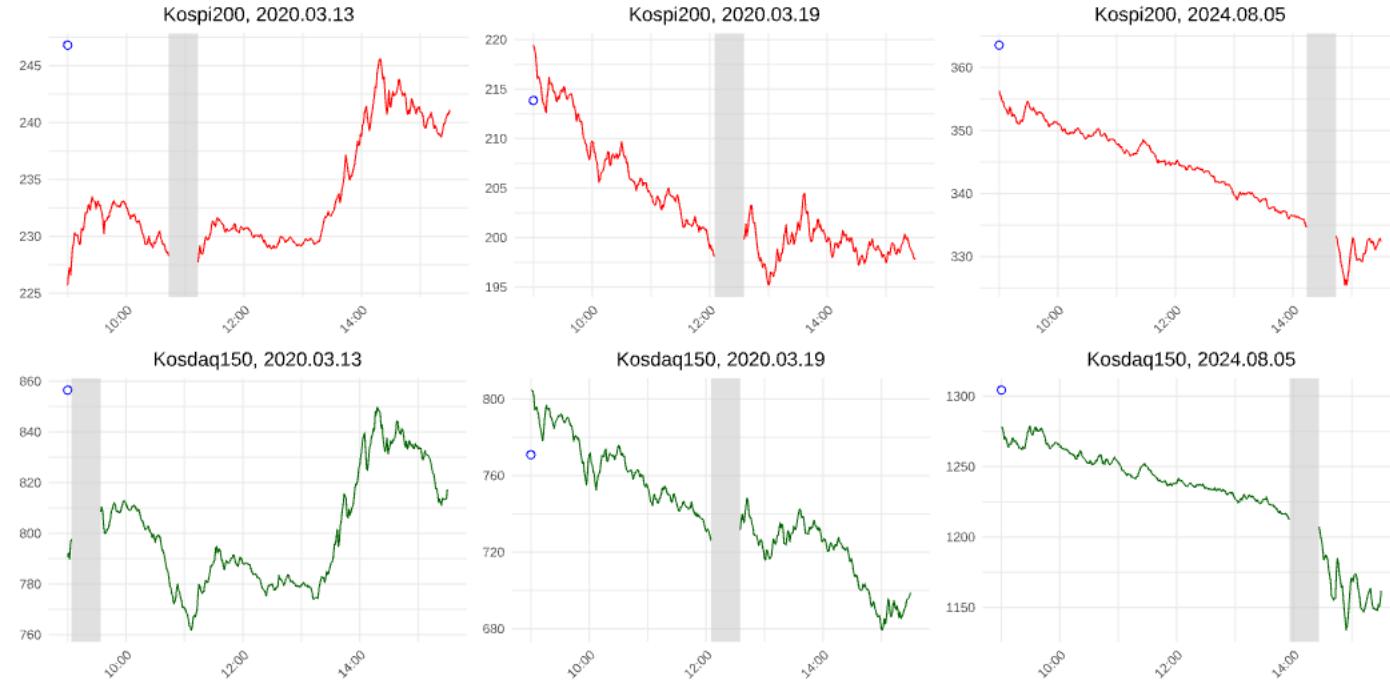


그림 1.1: 2020년 및 2024년의 1단계 서킷 브레이커 발동 예시. 이 그림은 2020년 및 2024년에 있었던 6차례의 1단계 서킷 브레이커 발동 사례 및 일중 선물가격의 변동을 나타낸다. 파란 점은 전일 종가, 빨간 선은 코스피200선물, 초록 선은 코스닥150선물, 회식 음영은 1단계 서킷 브레이커 발동으로 20분간 거래가 중단되는 것을 각각 나타낸다.

# Literature Review 선행 연구

표 1.4: 서킷 브레이커 및 관련 제도에 대한 국내 주요 선행 연구

구 분	주요 내용
<b>패널 A. 서킷 브레이커 연구</b>	
오세경 등(2012)	1988년 - 2010년의 서킷 브레이커의 사후적 효과를 분석한 연구로, 서킷 브레이커 발동 이후 변동성이 완화되는 효과가 있으나, 유동성이 증가하는 영향도 존재하여 중단으로 인해 거래장애가 존재함을 확인.
<b>패널 B. 기타 연구</b>	
최우석, 이상빈(2003)	한국 주식의 1994년 5-7월 체결정보를 이용하여 Subrahmanyam(1994)의 자석효과가 가격제한 제도에서 나타남을 실증적으로 보임.
Du et al.(2009)	개별주식의 가격제한폭에 자석효과가 존재하는지를 한국시장의 호가 및 체결정보를 이용하여 분석한 연구로, 가격제한폭 도달 직전 거래량, 변동성, 시장가호가 비율이 급증함을 통해 한국시장에서 가격제한폭의 자석효과가 실증적으로 존재함을 보임.
엄경식 등(2015)	개별주식에 적용되는 변동성완화장치(VI)의 도입 후 3개월간 발동사례를 2 단계 횡단면 분석. 가격안정화효과는 존재하지만 발동 직전 주가의 변동성 확대로 가격발견효과는 제한적임을 보임.
이우백, 박종원 (2016)	한국의 단기과열완화장치 제도를 통해 개별종목의 거래중단 제도의 실효성을 분석. 발동 예고의 정보효과 및 발동 기간의 변동성 완화 효과 모두 유의하지 않아 제도의 본질적 기능이 잘 작동하지 않음.
박병직(2023)	변동성완화장치(VI)의 도입 전후 5년간의 비교를 통해 효과를 분석한 연구로, 변동성 완화장치 발동 이후 변동성과 호가스프레드는 감소하는 효과가 있으나 가격발견이 지연되는 부작용 확인.

표 1.3: 서킷 브레이커 및 관련 제도에 대한 해외 주요 선행 연구

구 분	주요 내용
<b>패널 A. 서킷 브레이커 연구</b>	
Santoni & Liu (1993)	서킷 브레이커의 효용성을 분석한 최초의 연구로, 발동 직후 변동성이 단기적으로 완화되는 효과는 있으나, 발동 직전 변동성을 증가시키는 역효과가 발생하였음. 또한, 제도가 시장 전체의 변동성을 감소시키지는 못해 전반적으로 효과가 불충분.
Subrahmanyam(1994)	서킷 브레이커의 사전적(ex-ante) 효과에 대한 모델을 최초로 제시하였으며, 서킷 브레이커가 존재할 때 거래중단 가능성은 인지한 투자자의 행태 변화로 인해 임계점 균방에서 변동성과 거래량이 증가하고, 따라서 서킷 브레이커 발동을 촉진시키는 자석효과(magnet effect) 발생
Subrahmanyam(1997)	서킷 브레이커 등 거래중단의 사전적 효과에 대해 정보기반거래자(Informed trader)를 중심으로 분석. 거래중단을 예상한 정보기반거래자의 거래축소로 시장품질이 악화되어 거래비용이 상승하는 등 부작용 가능성 서킷 브레이커가 존재하는 경우의 가격이 발동 확률에 기반한 SDE에 따라 결정된다고 가정함으로써, 일반방정식(General Circuit Breaker Equation)을 제시. 이를 통해 자석효과가 존재함을 이론적으로 제시하고, CB의 임계점이 가격 뿐만아니라 변동성을 고려해야한다고 제안.
Lera et al.(2019/2024)	Subrahmanyam(1994)의 모형 및 Hsieh et al.(2009)이 제시한 로지스틱 회귀모형을 이용하여 중국시장에서 서킷 브레이커의 자석효과가 존재하는지 분석. 선행 연구결과와 달리 자석효과 및 변동성 상승은 나타나지 않았으나 가격점프 발생이 유의미하게 증가하는 것을 확인.
Jian et al.(2020)	자산가치에 대한 기대가 상이한 투자를 기반으로 기간 간 균형모델을 제시. 서킷 브레이커의 존재로 인해 전반적인 가격 수준이 낮아지고, 임계점 균방에서 변동성, 웨도, 기대수익률이 증가하는 등 시장역학을 바꾸는 것을 보임. 미국 주가지수선물을 이용해 실증분석을 수행하여 모델의 주요 함의가 실제로 나타나는 것을 확인.
Chen et al.(2024)	Subrahmanyam(1994)이 제시한 자석효과를 분석하기 위한 로지스틱 회귀모형을 제시하고, 대만 주식시장의 가격제한폭에서 자석효과가 존재함을 보임. 또한, 정보기반거래자의 비중이 높을수록 자석효과 강도가 약해진다는 증거를 제시
<b>패널 B. 기타 연구</b>	
Hsieh et al.(2009)	Subrahmanyam(1994)이 제시한 자석효과를 분석하기 위한 로지스틱 회귀모형을 제시하고, 대만 주식시장의 가격제한폭에서 자석효과가 존재함을 보임. 또한, 정보기반거래자의 비중이 높을수록 자석효과 강도가 약해진다는 증거를 제시

Chen et al.(2024). “The dark side of circuit breakers.” *The Journal of Finance*

- 서킷 브레이커 존재하는 경우( $S_t$ ), 존재하지 않는 경우( $\hat{S}_t$ )의 주가에 대한 균형모형 제시
  - 2개의 자산(주식, 채권), 주가에 대한 상이한 기대를 가진 2명의 투자자(지속성장, 장기평균회귀) 가정
- 모형을 통해, 서킷 브레이커 하에서 시장 역학의 변화, 자석효과의 존재, 투자자 후생의 변화를 설명
  - $S_t, \hat{S}_t$  비교를 통해 서킷 브레이커는 주가 하락, 변동성 확대, 음의 왜도 등의 시장 역학을 변화시킴
  - CB 임계점에 다가갈수록, 변동성이 보다 큰 폭으로 확대되면서 CB 발동확률이 증가 → 자석효과 존재
  - 이로 인해 전체적인 후생(특히, 위험회피거래자)은 감소하나, 투기거래자(비합리적)가 많은 경우 오히려 증가(순기능)
- 미국 S&P500선물 데이터를 통해, 모형의 주요 함의가 미국 시장에 나타나는 것을 실증 분석
  - 2013.04 – 2020.12 기간의 CME E-mini S&P500 futures의 CB와 연동된 3단계 가격제한폭을 활용

Jian et al. (2020). “Intraday price jumps, market liquidity, and the magnet effect of circuit breakers.”  
*International Review of Economics and Finance*

- 중국 주가지수선물(CSI300, CSI500, SSE50)을 이용하여 서킷 브레이커의 효과를 실증 분석
  - 서킷 브레이커 도입 전후(2015.12.18 – 2016.01.07)를 대상으로, 전·후 비교(event study) 및 자석효과 분석
- (전·후 비교) 서킷 브레이커 도입으로 시장이 안정화되지 않았음
  - 변동성 증가, 가격점프 위험 증가, 스프레드 및 시장잡음 증가되어 전반적인 시장의 변동성이 상승
- (자석효과) 임계점이 가까워질수록 가격점프 발생확률이 증가 → 자석효과 존재 가능성
  - Hsieh et al(2009)의 로짓모형(Logit model)을 활용하여 로지스틱 회귀분석 실시
  - 가격하락확률 및 변동성 상승은 유의미하지 않았으나, 가격점프 발생확률은 유의미하게 증가

Hsieh et al.(2009). The magnet effect of price limits: A logit approach. *Journal of Empirical Finance*

- Subrahmanyam(1994)의 자석효과를 검증하기 위해 로지스틱 회귀모형을 제시
  - 가격이 임계점에 가까워질수록 조건부 가격하락확률이 상승한다면, 자석효과가 존재
  - 시차, 유동성, 변동성, 불균형도 등 다양한 외부요인 통제를 위해 변수 설계
  - 대만 주식시장의 2000년 1년간 고빈도 데이터(tick)을 이용하여 가격제한폭으로 인한 자석효과가 존재함을 제시
- 자석효과는 거래 제약요인이 클 수록, 정보기반거래자(Informed trader)가 적을수록 확대
  - 거래를 중단시키지 않는 가격제한폭이 아닌, 서킷 브레이커 등 거래를 중단시키는 경우 자석효과의 강도가 확대
  - 자석효과의 강도(y) 및 정보기반거래비중(x)를 변수로 사용한 회귀분석에서, 하한가 모형의 음(-)의 유의미한 영향 확인

## I. 시장역학 가설 : 가격이 서킷 브레이커 임계점에 가까워질수록, 시장 역학의 변화가 나타난다.

- 변동성이 확대되고, 임계점 근방에서 보다 확대된다.
- 왜도는 음(−)의 값을 가지고, 절대값이 증가한다. 그러나 임계점 근방에서 절대값이 감소한다.
- 기대수익률은 증가하고, 임계점 근방에서 증가폭이 확대된다.
- 거래량은 증가하는 경향을 가진다.

→ Chen et al.(2024) 모형 기반

## II. 자석효과 가설 : 그 결과, 서킷 브레이커의 발동 확률이 증가하는 자석효과가 존재한다.

- 가격이 임계점에 가까워질수록, 조건부 가격하락확률이 증가한다.
- 가격이 임계점에 가까워질수록, 조건부 가격점프 확률이 증가한다. → Jian et al.(2020), Heish et al.(2009) 기반

- 분석 기간 : 2016.08.02 ~ 2025.05.30 (8년 10개월)
  - 서킷 브레이커의 제도 개편(2015.06.15) 및 거래시간 30분 연장(2016.08.02) 이후로 설정
- 분석 대상 : 코스피200선물 및 코스닥150선물 체결(가격·거래량·최우선호가 등) 정보
  - 최근월물(최종거래일에 한하여 차근월물) 및 접속거래 대상
  - 체결정보를 초단위 거래량가중평균가격(VWAP) 및 거래량, 평균최우선호가로 가공하여 사용
  - 거래시간 보정(연초개장일, 수능일), 이벤트 보정(CB발동, 단계별가격제한 발동), 만기일 보정 등 적용
  - 출처 : 한국거래소 정보데이터시스템

# Data & Variables 주요 변수 소개

표 1.4: 주요 변수 및 산출 방법

변수 명	산출방법
<b>패널 A. Chen et al.(2024) 모형 검증</b>	
CB임계점과 거리(%)	$DTCB_t = \frac{P_t^{min} - (1-\alpha_t)\bar{P}_t^{close}}{\bar{P}_t^{close}}$
실현 변동성 (%)	$RV_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_{t,i}^2$
이중척도 변동성 (%)	$TSRV_{t,5s} = \frac{\frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 RV^{(k)} - \frac{11}{60} RV}{1-11/60}$ where $RV^{(k)} = \sum_{t=1}^{11} (\ln \frac{P_{5t-k}}{P_{5(t-1)-k}})^2$
실현 왜도	$RDSkew_t = \sum_{i=1}^N r_{t,i}^3 / (\sum_{i=1}^N r_{t,i}^2)^{3/2}$
기대수익률	$E[r_{t+1}] = \ln \frac{P_{t+1}}{P_t}$
비정상 거래량	$Abnormal\ volume_t = \frac{Volume_t}{Average\ volume\ past\ 6.5\ hours} - 1$
레버리지 효과	$Lev_t = \frac{Average\ price\ past\ 60\ minutes}{Average\ price\ past\ 21\ days}, QLev_t = (Lev_t - 1)^2$

## 패널 B. 분단위 자료 기반 자석효과 검증

CB임계점과 거리(%) 및 기대수익률은 위와 동일

거래량	$Volume_t = \sum_{i=1}^N Volume_{t,i}$
이변량 변동성	$BPV_t = \frac{N}{N-2} \frac{\pi}{2} \sum_{i=2}^N  r_{t,i-1}   r_{t,i} $
호가심도	$Depth_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Bid\ depth_{t,i} + Ask\ depth_{t,i})$
호가불균형도	$OI_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Bid\ depth_{t,i} - Ask\ depth_{t,i}) / Depth_t$
호가스프레드	$Spread_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Best\ ask_{t,i} - Best\ bid_{t,i})$
시장잡음	$Noise_t = \frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=2}^N (P_{t,i} - P_{t,i-1})^2$
가격하락여부	$Y = P(D(Return_t < 0) = 1   X)$
가격점프여부	$Y = P(D(jump\ occur_t) = 1   X), Gumbel\ test\ \mathcal{L}_t = \frac{r_t}{BPV_t}$

## 패널 C. 거래단위 자료 기반 자석효과 검증

거래간격	$\Delta T_k = (k-1)$ 번째 체결과 $k$ 번째 체결 사이의 시차(초 단위)
거래량	$V_{k-l} = (k-l)$ 번째 체결의 로그거래규모(가격, 거래량, 거래승수의 곱)
CB임계점과 거리(틱)	$DIST_{k-1} = (k-1)$ 번째 체결가격과 CB임계가격의 차이(틱 단위)
가격근접지표	$IDIST_{k-1}^m = DIST_{k-1} \leq m$ 틱 이내인 경우 1, 이외는 0
호가스프레드	$ISSPREAD_{k-1} = (k-1)$ 체결 직후의 호가 스프레드(틱 단위)
매수호가지표	$IBID_{k-1} = (k-1)$ 번째 체결 직후 매수호가가 존재하면 1, 이외는 0
매도호가지표	$IASK_{k-1} = (k-1)$ 번째 체결 직후 매도호가가 존재하면 1, 이외는 0
체결방향지표	$IBS_{k-l} = (k-l)$ 번째 체결가격이 직전의 midprice 보다 높으면 1, 낮으면 -1
레버리지효과	$(k-1)$ 번째 체결 직전 1분간 평균가격을 이용해 산출한 $Lev_{k-1}, QLev_{k-1}$

# Data & Variables 주요 변수의 요약 통계량

표 1.1: 코스피200선물 주요 변수 요약통계량

수익률 : 일 단위로 정규화된 선물 가격의 1분 단위 로그수익률, 변동성 : 일 단위로 정규화된 선물 가격의 1분 단위 이중척도(5초) 실현변동성, 왜도 : 초 단위 선물 수익률을 기반으로 계산된 1분 단위 실현 왜도, 비정상 거래량 : 과거 6.5시간 동안의 분 단위 평균 거래량으로 정규화한 1분 거래량에서 1을 차감한 값, DTCB : (1분 간의 선물 저가 - CB 발동 임계가격) / 선물 기준가격, Lev : 지난 21일 동안의 VWAP으로 정규화한 지난 1시간 동안의 VWAP, QLev : (Lev-1)의 제곱, 표본기간 : 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수 : 757,310.

변수명	평균	표준편차	최소값	1사분위수	중간값	3사분위수	최대값
수익률 (%)	-0.023	16.965	-561.878	-7.179	0.000	7.171	481.341
변동성 (%)	0.709	0.446	0.000	0.470	0.623	0.837	15.571
왜도	-0.001	0.928	-6.782	-0.384	0.000	0.381	6.325
비정상 거래량	0.043	1.095	-0.999	-0.583	-0.263	0.282	36.075
DTCB (%)	8.007	0.982	0.014	7.505	8.027	8.533	15.849
Lev	1.002	0.029	0.754	0.987	1.003	1.019	1.168

표 1.3: 코스피200선물 주요 변수 간 상관계수행렬

	왜도	수익률 (%)	비정상 거래량	DTCB (%)	Lev	QLev
변동성 (%)	0.0034	-0.0022	0.4968	-0.0883	-0.2408	0.4533
왜도		-0.0240	0.0022	0.0116	0.0020	0.0003
수익률 (%)			-0.0018	0.0011	0.0017	-0.0030
비정상 거래량				-0.0671	-0.0082	0.0002
DTCB (%)					0.2373	-0.0145
Lev						-0.2573

표 1.2: 코스닥150선물 주요 변수 요약통계량

수익률 : 일 단위로 정규화된 선물 가격의 1분 단위 로그수익률, 변동성 : 일 단위로 정규화된 선물 가격의 1분 단위 이중척도(5초) 실현변동성, 왜도 : 초 단위 선물 수익률을 기반으로 계산된 1분 단위 실현 왜도, 비정상 거래량 : 과거 6.5시간 동안의 분 단위 평균 거래량으로 정규화한 1분 거래량에서 1을 차감한 값, DTCB : (1분 간의 선물 저가 - CB 발동 임계가격) / 선물 기준가격, Lev : 지난 21일 동안의 VWAP으로 정규화한 지난 1시간 동안의 VWAP, QLev : (Lev-1)의 제곱, 표본기간 : 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수 : 724,160.

변수명	평균	표준편차	최소값	1사분위수	중간값	3사분위수	최대값
수익률 (%)	-0.054	27.854	-1033.035	-12.716	0.000	12.499	870.709
변동성 (%)	1.095	0.780	0.000	0.624	0.929	1.369	52.310
왜도	-0.001	0.915	-5.441	-0.658	0.000	0.654	5.488
비정상 거래량	0.006	1.252	-0.996	-0.687	-0.383	0.217	49.502
DTCB (%)	8.015	1.389	0.012	7.225	8.003	8.793	20.371
Lev	1.001	0.043	0.768	0.972	1.003	1.029	1.189

표 1.4: 코스닥150선물 주요 변수 간 상관계수행렬

	왜도	수익률 (%)	비정상 거래량	DTCB (%)	Lev	QLev
변동성 (%)	0.0121	-0.0004	0.4168	-0.0674	-0.1947	0.2965
왜도		-0.0073	0.0070	0.0210	0.0068	0.0043
Ret_min_lead				-0.0001	0.0043	0.0018
수익률 (%)					-0.0614	-0.0020
DTCB (%)						0.2127
Lev						0.0104

$$y_{d,m,t} = \sum_i \beta_i \times 1_{\{DTCB \in Bin_i\}} + a_d + b_m + c Lev_t + d QLev_t + \varepsilon_{dmt}$$

- $y_{d,m,t}$  :  $TSRV_{t,5s}$ ,  $RDSkew_t$ ,  $E[r_{t+1}]$ ,  $Abnormal\ Volume_t$
- $Bin_i$  :  $(0\%, 0.5\%]$ ,  $(0.5\%, 1\%]$ ,  $\dots$ ,  $(14\%, 15\%)$
- $a_d$  : 연+월+일의 고정효과
- $b_m$  : 시+분의 고정효과

- (Regression 1) DTCB의 단계별 수준에 따라 시장 역학의 추세를 분석

- 종속변수 : 이중척도 변동성, 실현 왜도, 기대수익률, 비정상거래량
- 독립변수 : 서킷 브레이커 임계점과의 거리에 따른 더미변수 ( $\sim 0.5\%$ ,  $\sim 1\%$ ,  $\dots$ ,  $\sim 15\%$ )
- 통제변수 : 일자별 고정효과, 장중 계절효과(Hong & Wang(2000)), 레버리지효과(Lev, QLev)

# 시장역학 가설 DTCB에 따른 주요 변수 변화 (코스피)

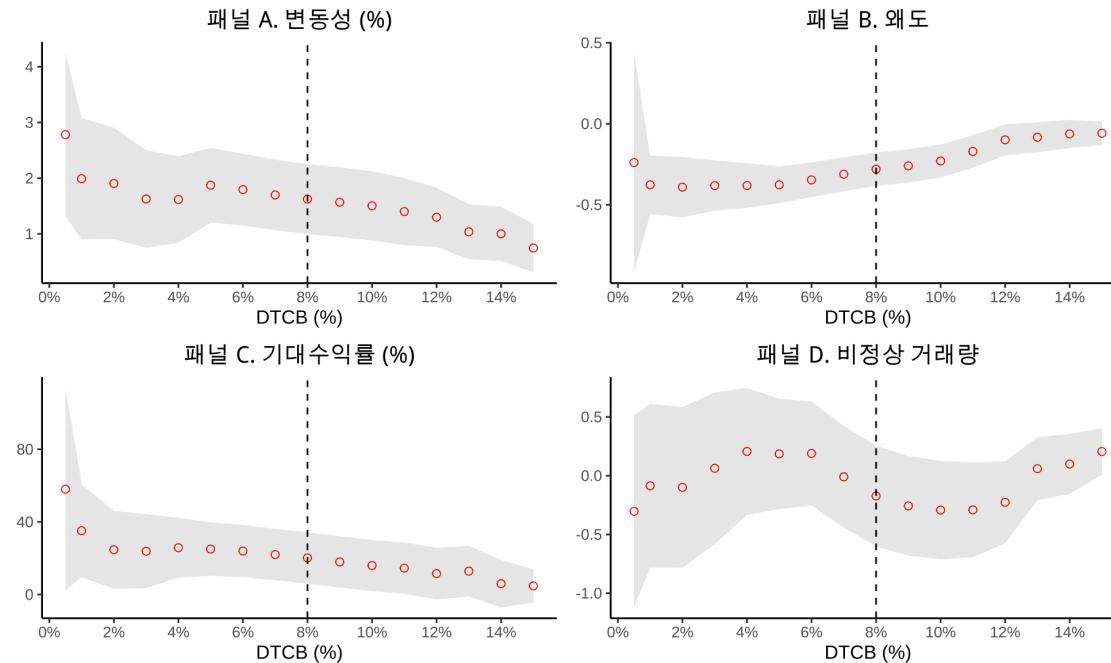


그림 1.1: 코스피200선물 주요 변수 회귀계수의 구간별 산점도. 이 그림은 앞선 회귀식에서 추정된 변동성(이중척도 실현변동성), 왜도, 기대수익률, 비정상 거래량에 대한 회귀계수( $\beta$ )를 구간별로 나타낸 것이다. 구간은  $Bin_{0.5} = (0\%, 0.5\%]$ ,  $Bin_1 = (0.5\%, 1\%]$ ,  $Bin_i = ((i-1)\%, i\%]$  ( $i = 2, \dots, 14$ )로 정의된다. 빨간색 점은 추정된  $\beta$ 를, 회색 영역은  $\beta$ 를 중심으로 한  $\pm 1.96$  표준편차 범위를 의미한다.

- **(변동성)** DTCB 감소에 따라 증가 추세
  - CB 발동에 가까울수록 기울기 상승
- **(왜도)** 음(-)의 값 및 DTCB 감소에 따라 하락
  - CB 발동에 가까워지면서 상승 반전
- **(기대수익률)** DTCB 감소에 따라 증가 추세
  - CB 발동에 가까울수록 기울기 상승
- **(비정상거래량)** 상승 및 하락의 비선형 추세
  - CB 발동에 가까울수록 하락 추세

# 시장역학 가설 DTCB에 따른 주요 변수 변화 (코스닥)

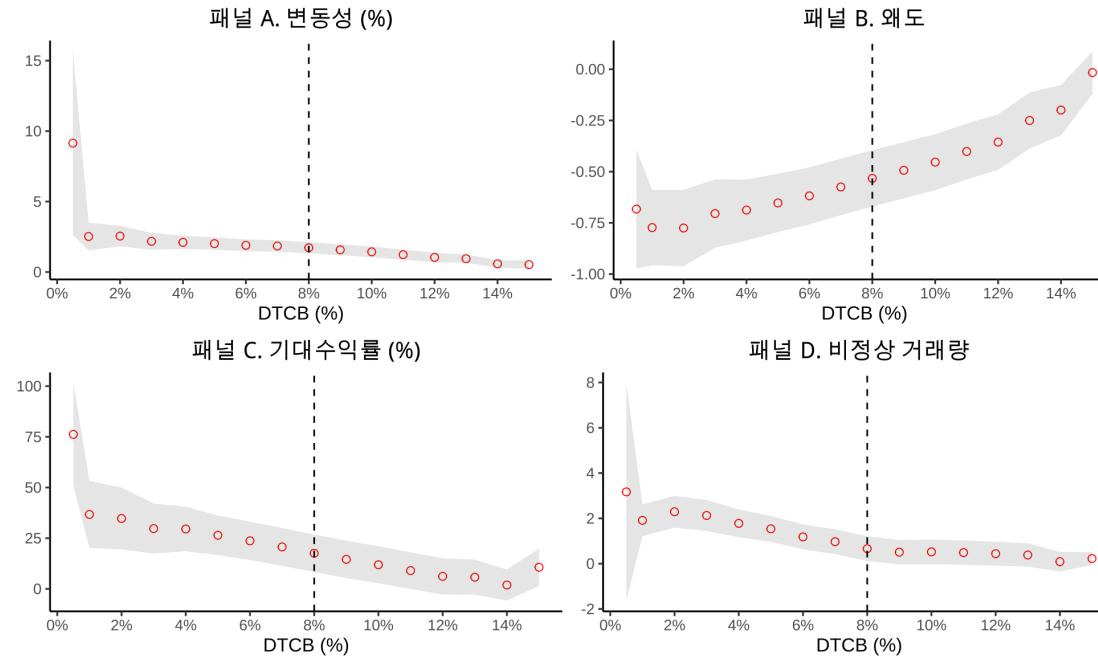


그림 1.2: 코스닥150선물 주요 변수 회귀계수의 구간별 산점도. 이 그림은 앞선 회귀식에서 추정된 변동성(이중척도 실현변동성), 왜도, 기대수익률, 비정상 거래량에 대한 회귀계수( $\beta$ )를 구간별로 나타낸 것이다. 구간은  $Bin_{0.5} = (0\%, 0.5\%]$ ,  $Bin_1 = (0.5\%, 1\%]$ ,  $Bin_i = ((i-1)\%, i\%]$  ( $i = 2, \dots, 14$ )로 정의된다. 빨간색 점은 추정된  $\beta$ 를, 회색 영역은  $\beta$ 를 중심으로 한  $\pm 1.96$  표준편차 범위를 의미한다.

- **(변동성)** DTCB 감소에 따라 증가 추세
  - CB 발동에 가까울수록 기울기 상승
- **(왜도)** 음(-)의 값 및 DTCB 감소에 따라 하락
  - CB 발동에 가까워지면서 상승 반전
- **(기대수익률)** DTCB 감소에 따라 증가 추세
  - CB 발동에 가까울수록 기울기 상승
- **(비정상거래량)** DTCB 감소에 따라 상승 추세
  - CB 발동에 가까울수록 기울기 상승

$$y_{d,m,t} = \beta \cdot DTCB_t + \gamma \cdot \min(DTCB_t - 1\%, 0) + a_d + b_m + c \cdot Lev_t + d \cdot QLev_t + Y'_t \delta + \varepsilon_{dmt}$$

- $y_{d,m,t}$  :  $TSRV_{t,5s}$ ,  $RDSkew_t$ ,  $E[r_{t+1}]$ ,  $Abnormal\ Volume_t$
- $a_d$  : 연+월+일의 고정효과
- $b_m$  : 시+분의 고정효과
- $Y'_t \delta$  :  $y$ 별 시차변수로, AIC가 최소화되도록 p값(0.50)을 추정하여 반영

- (Regression 2) DTCB와 시장 역학 간 추세의 통계적 유의성 분석

- 종속변수 : 이중척도 변동성, 실현 왜도, 기대수익률, 비정상거래량
- 독립변수 : 서킷 브레이커 임계점과의 거리(%) 및 거리가 1% 미만일 때의 근접효과 변수
- 통제변수 : 일자별 고정효과, 장중 계절효과(Hong & Wang(2000)), 레버리지효과(Lev, QLev), 종속변수의 자기상관성(1~50)

# 시장역학 가설 통계적 유의성 분석 결과 - 코스피

표 1.12: 코스피200선물 주요 변수 회귀분석 결과

이 표는 회귀식  $y_{d,m,t} = \beta \times DTCB_t + \gamma \times \min(DTCB_t - 1\%, 0) + a_d + b_m + cLev_t + dQLev_t + Y_t^\delta + \epsilon_{d,m,t}$ 의 결과이다. 여기서  $y_{d,m,t}$ 는 일  $d$ , 분  $m$ , 시간  $t$ 에서의 변동성, 왜도, 기대수익률, 비정상 거래량을 의미한다.  $DTCB_t$ 는 CB 발동 임계가격과의 거리,  $Lev_t$ 는 단기-장기 평균 선물가격 비율,  $QLev_t = (Lev_t - 1)^2$ 로 정의된다. 팔호는 OLS 표준오차, 대팔호는 Newey-West (29 lag) 표준오차를 나타낸다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 743,416. \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , + $p < 0.1$ .

	변동성			왜도			기대수익률			비정상 거래량		
Lev	0.476 (0.092)*** [0.231]*	5.864 (0.122)*** [0.659]***	5.797 (0.122)*** [0.643]***	-7.788 (0.314)*** [0.292]***	-14.213 (0.424)*** [0.688]***	-14.399 (0.426)*** [0.640]***	-3.827 (0.062)*** [0.121]***	-1.144 (0.084)*** [0.318]***	-1.193 (0.085)*** [0.312]***	0.663 (0.258)* [0.476]	8.534 (0.342)*** [0.958]***	8.710 (0.343)*** [0.945]***
QLev	-0.143 (0.759)	6.431 (0.763)***	6.287 (0.763)***	-17.351 (2.581)***	-24.847 (2.601)***	-25.134 (2.602)***	-2.529 (0.506)***	0.586 (0.510)	0.491 (0.510)	0.884 (2.142)	10.197 (2.157)***	10.548 (2.158)***
DTCB (Distance to CB)	-8.732 [5.531]	-8.607		10.094 [2.338]***	10.404		-4.110 [2.641]	-4.025		-12.632 [2.628]	-12.948	
min(DTCB - 1%, 0)		(0.129)*** [0.984]***	(0.130)*** [0.963]***		(0.447)*** [0.853]***	(0.453)*** [0.767]***		(0.088)*** [0.441]***	(0.090)*** [0.435]***		(0.361)*** [1.219]***	(0.365)*** [1.200]***
$r_t$				-38.088 (6.116)*** [39.477]		-100.109 (22.829)***			-25.246 (4.085)***		97.429 (17.304)*** [22.246]***	
자기상관 통제	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
일·시 고정효과	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Adjusted $R^2$	0.685	0.687	0.687	0.006	0.007	0.007	0.007	0.010	0.010	0.579	0.580	0.580

# 시장역학 가설 통계적 유의성 분석 결과 - 코스닥

표 1.11: 코스닥150선물 주요 변수 회귀분석 결과

이 표는 회귀식  $y_{d,m,t} = \beta \times DTCB_t + \gamma \times \min(DTCB_t - 1\%, 0) + a_d + b_m + cLev_t + dQLev_t + Y'_t\delta + \epsilon_{d,m,t}$ 의 결과이다. 여기서  $y_{d,m,t}$ 는 일  $d$ , 분  $m$ , 시간  $t$ 에서의 변동성, 왜도, 기대수익률, 비정상 거래량을 의미한다.  $DTCB_t$ 는 CB 발동 임계가격과의 거리,  $Lev_t$ 는 단기-장기 평균 선물가격 비율,  $QLev_t = (Lev_t - 1)^2$ 로 정의된다. 펠호는 OLS 표준오차, 대팔호는 Newey-West (29 lag) 표준오차를 나타낸다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 645,914. \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , + $p < 0.1$ .

	변동성				왜도				기대수익률				비정상 거래량			
Lev	0.104 (0.121) [0.281]	10.993 (0.179)*** [0.733]***	10.785 (0.180)*** [0.663]***	-5.514 (0.217)*** [0.223]***	-11.779 (0.327)*** [0.391]***	-11.823 (0.327)*** [0.387]***	-3.770 (0.066)*** [0.119]***	0.046 (0.099) [0.236]	0.022 (0.100) [0.238]	-0.101 (0.243) [0.440]	12.852 (0.363)*** [0.932]***	12.794 (0.364)*** [0.891]***				
QLev	5.837 (0.985)*** [4.059]	7.222 (0.980)*** [4.061]+	8.114 (0.981)*** [3.850]*	-6.315 (1.794)*** [1.902]***	-7.181 (1.793)*** [2.152]***	-7.017 (1.796)*** [2.139]**	-1.304 (0.544)* [1.632]	-0.795 (0.543) [1.688]	-0.706 (0.544) [1.696]	4.377 (2.018)* [3.349]	6.082 (2.015)** [3.849]	6.304 (2.018)** [3.863]				
DTCB (Distance to CB)		-15.209 (0.186)*** [0.843]***	-14.930 (0.187)*** [0.754]***		8.640 (0.337)*** [0.378]***	8.698 (0.339)*** [0.373]***		-5.226 (0.102)*** [0.253]***	-5.195 (0.103)*** [0.255]***		-18.004 (0.376)*** [0.951]***	-17.927 (0.377)*** [0.885]***				
min(DTCB - 1%, 0)			-273.513 (16.702)*** [159.896]+			-54.497 (30.030)+			-29.380 (9.039)** [23.378]*			-72.491 (33.541)* [15.523]+				
$r_t$								-0.009 (0.001)*** [0.003]**	-0.006 (0.001)*** [0.003]+	-0.006 (0.001)*** [0.003]+						
자기상관 통제	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
일·시 고정효과	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Adjusted $R^2$	0.603	0.607	0.607	0.006	0.007	0.007	0.006	0.009	0.009	0.009	0.338	0.340	0.340			

- (코스피) 시장 역학의 변화가 유의미하게 나타나며, 임계점 균방의 변화는 왜도에서만 유의

- (변동성) DTCB 감소에 따라 상승( $1\% \downarrow \rightarrow 0.09\% \uparrow$ )하였으나, 임계점 균방(1% 미만)의 기울기는 유의하지 않았음
- (왜도) 음(-)의 값 및 DTCB 감소에 따라 하락, 임계점 균방(2% 미만)에서 증가로 추세 반전 ( $\alpha=0.05$ )
- (기대수익률) DTCB 감소에 따라 상승( $1\% \downarrow \rightarrow 0.04\% \uparrow$ )하였고, 임계점 균방(1% 미만)의 기울기는 유의하지 않았음
- (비정상거래량) DTCB 감소에 따라 상승하나, 임계점 균방(1% 미만)에서 감소로 추세 반전( $\alpha < 0.01$ )

- (코스닥) 시장 역학의 변화가 유의미하게 나타나며, 임계점 균방의 변화도 유의하였음

- (변동성) DTCB 감소에 따라 상승( $1\% \downarrow \rightarrow 0.15\% \uparrow$ )하였으며, 임계점 균방(1% 미만)에서 확대( $1\% \downarrow \rightarrow 2.88\% \uparrow, \alpha=0.1$ )
- (왜도) 음(-)의 값 및 DTCB 감소에 따라 하락하였고, 임계점 균방(1% 미만)에서 증가로 추세 반전( $\alpha=0.05$ )
- (기대수익률) DTCB 감소에 따라 상승( $1\% \downarrow \rightarrow 0.04\% \uparrow$ ), 임계점 균방(1% 미만)에서 확대( $1\% \downarrow \rightarrow 0.35\% \uparrow, \alpha=0.1$ )
- (비정상거래량) DTCB 감소에 따라 상승하나, 임계점 균방(1% 미만)의 기울기는 유의하지 않았음.

- DTCB와 시장 역학 간 분석에서 코스피-코스닥 간의 차이를 알아보고자 추가 분석 설계
  - (주요 차이) 변동성, 기대수익률의 상승 폭이 CB 임계점 근방에서 확대되는 현상은 코스닥에서만 나타났음
  - (예상 원인) 개인투자자 등 시장참여자의 구성, 시장규모 및 거래비용 등 전반적인 유동성 등
- 유동성이 부족한 경우, 거래비용(스프레드 및 시장충격)이 증가하여 가격변동성 확대 가능성
  - 특히, 상대적으로 유동성이 부족한 코스닥 시장에서 주가 급락(CB 임계점 근접)에 따라 유동성이 고갈되어 영향 확대 예상
- 호가심도, 호가스프레드 등 시장품질(Market Quality)과 DTCB의 관계 분석
  - (시장품질변수) 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음
  - (분석방법) 통계량 비교, 앞선 회귀분석에 종속변수로 시장품질변수를 사용하여 DTCB 감소에 따른 추세 분석

# 시장역학 가설 시장품질이 미치는 영향(Extended Analysis)

표 1.5: 코스피200선물 시장품질 변수 요약통계량

호가심도 : 초단위 최우선호가 매수·매도 호가잔량 합계의 1분 단위 평균, 호가스프레드 : 초단위 최우선 매도 호가가격과 최우선 매수 호가가격의 차이의 1분 단위 평균, 호가불균형도 : 초단위 최우선 매도 호가잔량과 최우선 매도 호가잔량의 차이를 호가심도로 나눈 값의 1분 단위 평균, 시장잡음 : 초단위 가격 차이의 제곱의 1분 단위 평균을 2로 나눈 값, 표본기간 : 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수 : 757,310.

변수명	평균	표준편차	최소값	1사분위수	중간값	3사분위수	최대값
호가심도	150.590	64.883	9.334	104.077	144.309	188.040	1013.642
호가스프레드	0.052	0.030	0.050	0.050	0.051	0.053	19.603
호가불균형도	0.000	0.166	-0.885	-0.095	0.000	0.095	0.928
시장잡음	0.146	0.111	0.000	0.100	0.137	0.178	48.302

표 1.6: 코스닥150선물 시장품질 변수 요약통계량

호가심도 : 초단위 최우선호가 매수·매도 호가잔량 합계의 1분 단위 평균, 호가스프레드 : 초단위 최우선 매도 호가가격과 최우선 매수 호가가격의 차이의 1분 단위 평균, 호가불균형도 : 초단위 최우선 매도 호가잔량과 최우선 매도 호가잔량의 차이를 호가심도로 나눈 값의 1분 단위 평균, 시장잡음 : 초단위 가격 차이의 제곱의 1분 단위 평균을 2로 나눈 값, 표본기간 : 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수 : 724,160.

변수명	평균	표준편차	최소값	1사분위수	중간값	3사분위수	최대값
호가심도	11.134	9.694	2.000	6.348	8.481	12.437	1226.447
호가스프레드	0.260	0.150	0.1	0.187	0.223	0.283	48.838
호가불균형도	0.002	0.219	-1.000	-0.104	-0.001	0.104	1.000
시장잡음	8.179	97.861	0.000	2.820	4.838	8.327	57722.600

표 1.7: 코스피200 시장품질 변수 간 상관관계

	호가스프레드	호가불균형도	시장잡음	변동성	왜도	수익률	비정상 거래량	DTCB	Lev	QLev
호가심도	-0.0384	0.0106	-0.2207	-0.3726	0.0020	0.0028	-0.0731	0.0705	0.1487	-0.1881
호가스프레드		0.0010	0.0341	0.0244	-0.0001	-0.0002	0.0033	-0.0140	-0.0143	0.0312
호가불균형도			-0.0016	0.0024	-0.0064	0.0022	0.0033	0.0226	-0.0031	0.0021
시장잡음				0.5447	0.0052	0.0050	0.1947	-0.0367	-0.0780	0.2426

표 1.8: 코스닥150 시장품질 변수 간 상관관계

	호가스프레드	호가불균형도	시장잡음	변동성	왜도	수익률	비정상 거래량	DTCB	Lev	QLev
호가심도	-0.0143	0.0623	0.0167	-0.0743	0.0069	-0.0001	0.1749	0.0330	0.0672	0.0264
호가스프레드		0.0124	0.0740	0.0147	-0.0026	0.0009	0.0073	-0.0216	-0.0006	0.0009
호가불균형도			-0.0012	-0.0213	0.0790	-0.0019	-0.0121	0.0334	0.0107	0.0038
시장잡음				0.1995	-0.0006	0.0090	0.0381	-0.0058	0.0029	0.0228

# 시장역학 가설 시장품질이 미치는 영향(Extended Analysis)

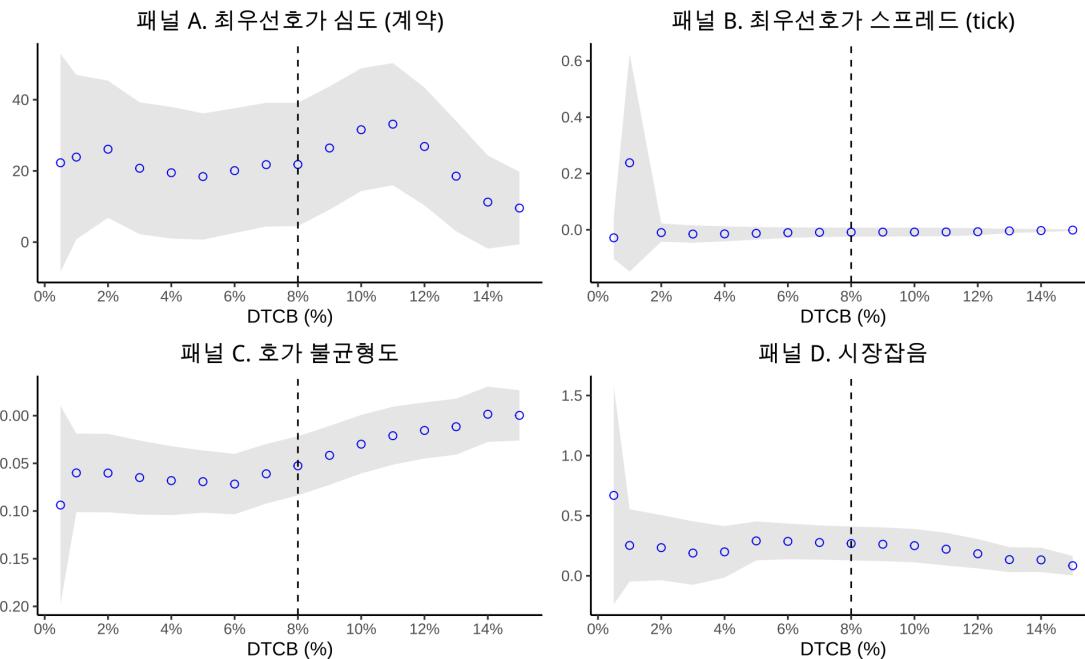


그림 1.6: 코스피200선물 시장품질 변수 회귀계수의 구간별 산점도. 이 그림은 앞선 회귀식에서 추정된 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음에 대한 회귀계수( $\beta$ )를 구간별로 나타낸 것이다. 구간은  $Bin_{0.5} = (0\%, 0.5\%]$ ,  $Bin_1 = (0.5\%, 1\%]$ ,  $Bin_i = ((i-1)\%, i\%]$  ( $i = 2, \dots, 14$ )로 정의된다. 파란색 점은 추정된  $\beta$ 를, 회색 영역은  $\beta$ 를 중심으로 한  $\pm 1.96$  표준편차 범위를 의미한다.

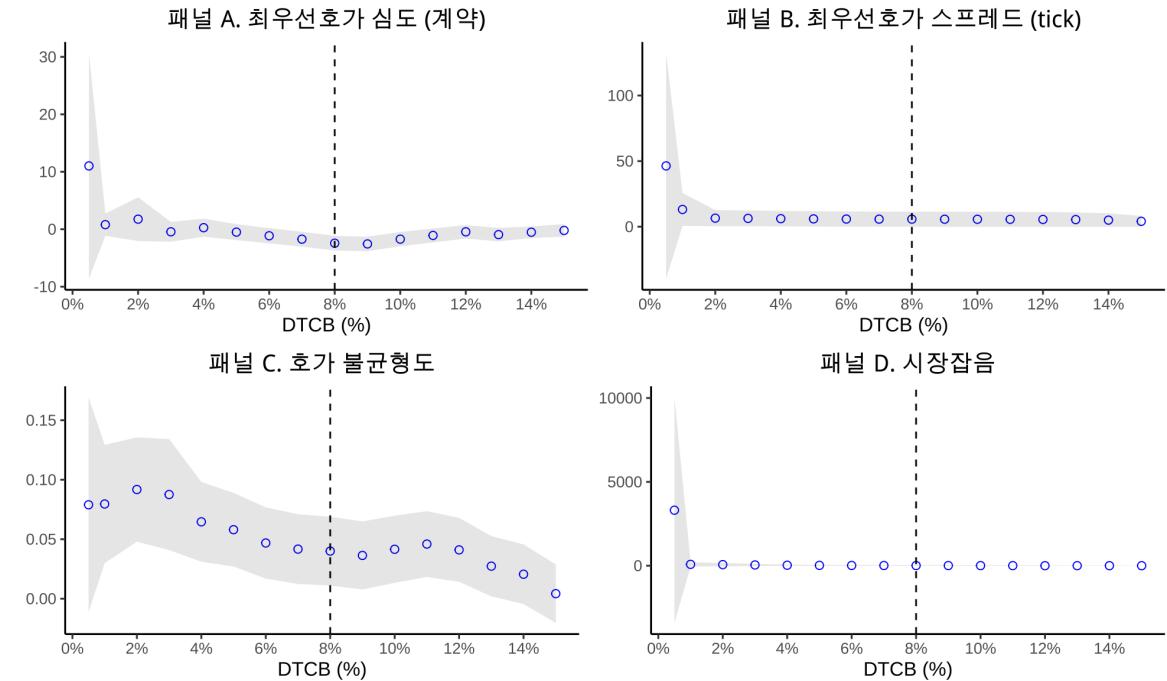


그림 1.7: 코스닥150선물 시장품질 변수 회귀계수의 구간별 산점도. 이 그림은 앞선 회귀식에서 추정된 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음에 대한 회귀계수( $\beta$ )를 구간별로 나타낸 것이다. 구간은  $Bin_{0.5} = (0\%, 0.5\%]$ ,  $Bin_1 = (0.5\%, 1\%]$ ,  $Bin_i = ((i-1)\%, i\%]$  ( $i = 2, \dots, 14$ )로 정의된다. 파란색 점은 추정된  $\beta$ 를, 회색 영역은  $\beta$ 를 중심으로 한  $\pm 1.96$  표준편차 범위를 의미한다.

# 시장역학 가설 시장품질이 미치는 영향(Extended Analysis)

표 1.13: 코스피200선물 시장품질 변수 회귀분석 결과

이 표는 회귀식  $y_{d,m,t} = \beta \times DTCB_t + \gamma \times \min(DTCB_t - 1\%, 0) + a_d + b_m + cLev_t + dQLev_t + Y'_t \delta + \epsilon_{d,m,t}$ 의 결과이다. 여기서  $y_{d,m,t}$ 는 일  $d$ , 분  $m$ , 시간  $t$ 에서의 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음을 의미한다. 괄호는 OLS 표준오차, 대괄호는 Newey-West (29 lag) 표준오차를 나타낸다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 750,330. \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , + $p < 0.1$ .

	호가심도			호가스프레드			호가불균형도			시장잡음		
Lev	77.044 (8.900)*** [9.996]***	-32.330 (11.725)** [16.538]+	-36.358 (11.774)** [15.595]*	-0.022 (0.011)* [0.039]	0.089 (0.015)*** [0.091]	0.045 (0.015)** [0.083]	-0.345 (0.058)*** [0.043]***	-1.170 (0.077)*** [0.084]***	-1.186 (0.077)*** [0.081]***	0.167 (0.034)*** [0.132]	0.885 (0.046)*** [0.358]*	0.833 (0.046)*** [0.332]*
QLev	9.396 (73.176) [82.628]	-120.449 (73.725) [103.394]	-128.436 (73.755)+ [101.690]	-1.055 (0.092)*** [1.767]	-0.923 (0.093)*** [1.705]	-1.014 (0.093)*** [1.704]	-0.766 (0.480) [0.264]**	-1.742 (0.484)*** [0.436]***	-1.773 (0.484)*** [0.427]***	2.168 (0.286)*** [3.751]	3.036 (0.288)*** [3.575]	2.933 (0.288)*** [3.553]
DTCB (Distance to CB)	176.716 (12.335)*** [19.791]***	183.903 (12.483)*** [18.157]***		-0.179 (0.016)*** [0.129]	-0.100 (0.016)*** [0.096]		1.321 (0.081)*** [0.107]***	1.349 (0.082)*** [0.101]***		-1.152 (0.048)*** [0.441]**		-1.059 (0.049)*** [0.400]**
min(DTCB - 1%, 0)		-2221.961 (591.352)*** [1182.636]+			-24.574 (0.747)*** [20.965]			-8.777 (3.883)* [5.989]			-29.024 (2.304)*** [33.982]	
자기상관 통제	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
일·시 고정효과	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Adjusted R <sup>2</sup>	0.861	0.861	0.861	0.005	0.005	0.007	0.071	0.071	0.071	0.276	0.277	0.277

# 시장역학 가설 시장품질이 미치는 영향(Extended Analysis)

표 1.14: 코스닥150선물 시장품질 변수 회귀분석 결과

이 표는 회귀식  $y_{d,m,t} = \beta \times DTCB_t + \gamma \times \min(DTCB_t - 1\%, 0) + a_d + b_m + cLev_t + dQLev_t + Y_t' \delta + \epsilon_{d,m,t}$ 의 결과이다. 여기서  $y_{d,m,t}$ 는 일  $d$ , 분  $m$ , 시간  $t$ 에서의 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음을 의미한다. 괄호는 OLS 표준오차, 대괄호는 Newey-West (29 lag) 표준오차를 나타낸다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 719,312. \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , + $p < 0.1$ .

	호가심도		호가스프레드		호가불균형도		시장잡음	
Lev	9.323 (1.807)*** [1.900]***	10.247 (2.705)*** [2.720]***	9.089 (2.713)*** [2.628]***	0.061 (0.615) [1.505]	7.059 (0.921)*** [4.274]+	2.190 (0.921)* [2.762]	0.660 (0.048)*** [0.040]***	0.860 (0.072)*** [0.058]***
QLev	13.995 (15.037) [14.945]	14.115 (15.040) [14.903]	18.599 (15.059) [15.561]	-9.780 (5.123)+ [20.126]	-8.874 (5.123)+ [19.949]	9.910 (5.111)+ [24.111]	0.617 (0.402) [0.301]*	0.643 (0.402) [0.303]*
DTBCB (Distance to CB)	-1.281 (2.792) [3.226]	0.261 (2.804) [3.083]		-9.702 (0.951)*** [5.671]+	-3.236 (0.952)*** [2.596]		-0.277 (0.075)*** [0.059]***	-0.275 (0.075)*** [0.059]***
$\min(DTCB - 1\%, 0)$		-1467.102 (250.387)*** [1236.214]			-6168.001 (85.085)*** [5625.753]			-1.520 (6.688) [5.668]
자기상관 통제	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
일·시 고정효과	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Adjusted $R^2$	0.368	0.368	0.368	0.469	0.469	0.473	0.130	0.130
							0.055	0.055
							0.075	

- (통계량 비교) 유동성, 스프레드, 잡음 등 전반적인 시장품질은 코스피 시장이 우위
    - (호가심도) 코스피 평균 150계약 및 코스닥 평균 11계약으로, 10배 이상 유동성 공급의 차이 존재
    - (호가스프레드) 코스피 평균 0.052pt(1.04틱) 및 코스닥 평균 0.26pt(2.6틱)으로, 약 2.5배의 스프레드 비용 차이
    - (호가불균형도) 두 시장에서 큰 불균형도는 없었으나, 평균적으로 코스피는 매도우위, 코스닥은 매수우위 존재
    - (시장잡음) 가격에서 나타나는 시장잡음은 코스닥에서 매우 크게 관측
  - (DTCB 추세) DTCB 감소에 따른 시장품질의 악화는 코스닥 시장에서 보다 유의미
    - (코스피) (1) 호가심도 감소( $1\% \downarrow \rightarrow 1.8$ 계약 $\downarrow$ ) , (2) 호가불균형 심화(매도방향), (3) 시장잡음 상승 ( $1\% \downarrow \rightarrow 0.01 \uparrow$ )
    - (코스닥) (1) 호가스프레드 증가( $1\% \downarrow \rightarrow 1$ 틱 $\uparrow$ ) , (2) 호가불균형 심화(매수방향), (3) 시장잡음 상승( $1\% \downarrow \rightarrow 2.93 \uparrow$ )
- ✓ 직접적인 인과를 밝히기는 어려우나, (1) 전반적인 시장품질과 (2) DTCB 감소에 따른 시장품질 악화가 시장 역학의 변화를 확대(e.g. 코스닥 시장에서의 변동성 급상승)시키는 원인일 가능성

- Chen et al. (2024)의 서킷 브레이커 모형을 한국의 주가지수선물 데이터를 이용하여 실증분석한 결과, 전반적으로 모형을 지지하며, 따라서 **서킷 브레이커가 시장 역학을 변화시키는 것으로 나타났음.**
  - 가격이 서킷 브레이커 임계점에 다가갈수록 변동성 확대, 음의 왜도 심화, 기대수익률 상승, 거래량 상승이 유의미하게 관측
  - 임계점 근방(1%)에서의 강화 효과는 코스피 시장은 왜도, 코스닥 시장은 변동성, 왜도, 기대수익률에서 유의미하게 관측
  - 전반적인 시장 역학 변화의 강도는 코스닥 시장에서 강하게 나타났음
- 변동성 등 시장 역학 변화의 정도는 시장참여자의 구성, 유동성 수준 등 다양한 요인에 기인할 것으로 추정되며, **시장 품질의 낮을수록 변동성 등의 시장 역학 변화가 확대될 가능성.**
  - 임계점 근방(1%)에서 시장 역학의 변화가 확대되는 코스닥에서, 전반적인 유동성이 낮고 DTCB 감소에 따라 스프레드 등의 시장 품질이 악화되는 특징을 관측하였음

$$P(D(Return_t < 0) = 1 | X) = F\left(\beta_0 + \beta_1 Distance_{t-1} + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^2 \beta_{i,j} Control_{i,t-j}\right)$$

- $Control_{i,t}$  :  $r_t$ , 거래량 $_t$ , 변동성 $_t$ , 호가심도 $_t$ , 호가불균형도 $_t$ , 스프레드 $_t$ , 시장잡음 $_t$
- $F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$

- (Logit model 1) 현재 DTCB의 수준이 미래의 가격하락확률에 영향을 미치는지 분석
  - 종속변수 : 가격하락여부 더미변수(가격하락시 1, 보합 및 상승시 0)
  - 독립변수 : 서킷 브레이커 임계점과의 거리(%)
  - 통제변수 : 거래량, 변동성(이변량), 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음 및 그 변수들의 직전 값(시차=1분)

# 자석효과 가설 조건부 가격하락 확률

표 1.18: 로지스틱 회귀분석 결과(하락확률)

이 표는 회귀식  $P(D(Return_t < 0) = 1|X) = F(\beta_0 + \beta_1 DTCB_{t-1} + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^2 \beta_{i,j} Control_{i,t-j})$ 의 결과이다. 여기서  $F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ 이며, 통제변수( $Control_{i,j}$ )는 수익률, 변동성(Bi-power volatility), 거래량, 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음을 의미한다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 코스피200선물 728,287 및 코스닥150선물 674,597. \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , +  $p < 0.1$ .

	코스피200선물		코스닥150선물	
	회귀계수	P-value	회귀계수	P-value
<b>패널 A : 추정 결과</b>				
$DTCB_{t-1}$	-2.189***	(0.241)	-2.689***	(0.172)
$r_{t-1}$	0.004***	(0.000)	0.002***	(0.000)
$r_{t-2}$	0.001***	(0.000)	0.000***	(0.000)
거래량 $_{t-1}$	0.000***	(0.000)	0.000***	(0.000)
거래량 $_{t-2}$	0.000***	(0.000)	0.000***	(0.000)
변동성 $_{t-1}$	-0.192	(0.435)	-0.003	(0.060)
변동성 $_{t-2}$	-0.548	(0.430)	-0.063	(0.043)
호가심도 $_{t-1}$	-0.001***	(0.000)	-0.002***	(0.000)
호가심도 $_{t-2}$	-0.001***	(0.000)	-0.002***	(0.000)
미결제약정 $_{t-1}$	-0.027+	(0.015)	0.034*	(0.014)
미결제약정 $_{t-2}$	0.015	(0.015)	-0.043**	(0.014)
스프레드 $_{t-1}$	-0.109	(0.159)	0.000	(0.002)
스프레드 $_{t-2}$	4.796***	(1.052)	-0.001	(0.002)
시장잡음 $_{t-1}$	-0.025	(0.030)	0.000	(0.000)
시장잡음 $_{t-2}$	-0.086*	(0.036)	0.000	(0.000)
<b>패널 B : 모형 정확도</b>				
Pseudo $R^2$	0.006		0.011	
민감도	0.599		0.567	
특이도	0.483		0.466	

- (Logit1) 두 시장 모두 가격하락확률 증가
  - 두 시장 모두 DTCB 감소에 따라 가격의 조건부 하락확률이 증가 → 자석효과 지지
  - 상대적인 강도는 코스닥 시장이 우위

$$P(D(\text{Jump occur}_t) = 1 | X) = F\left(\beta_0 + \beta_1 \text{Distance}_{t-1} + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^2 \beta_{i,j} \text{Control}_{i,t-j}\right)$$

- $\text{Control}_{i,t}$  :  $r_t$ , 거래량 $_t$ , 변동성 $_t$ , 호가심도 $_t$ , 호가불균형도 $_t$ , 스프레드 $_t$ , 시장잡음 $_t$
- $F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$
- $\text{Jump occur}_t$  : Lee & Mykland (2008)의 방법론에 따라 매 분마다 실시한 점프검정 결과

Since  $\frac{|\mathcal{L}_t| - C_t}{S_t} \rightarrow \xi$ , Jump occur in time (t) when  $|\mathcal{L}_t| > G^{-1}(\alpha)S_t + C_t$

- $\xi \sim \text{Standard Gumbel Distribution}$
- $\mathcal{L}_t = \frac{c \times r_t}{\sqrt{BPV_t}}$ ,  $C_t = \frac{(2\log n_t)^{1/2}}{c} - \frac{\log \pi + \log(\log n_t)}{2c(2\log n_t)^{1/2}}$ ,  $S_t = \frac{1}{c(2\log n_t)^{1/2}}$
- $n_t$  : 분 단위 시점 t에서 초 단위 관측치의 갯수(1-60)
- $G(\cdot)$  : Standard Gumbel Distribution의 누적분포함수( $e^{-e^{-x}}$ )

- (Logit model 2) 현재 DTCB의 수준이 미래의 가격점프 발생 확률에 영향을 미치는지 분석
  - 종속변수 : 가격점프 발생 여부 더미변수(가격점프 통계량이 Gumbel test를 기각하는 경우 1, 기각하지 못하는 경우 0)
  - 독립변수 : 서킷 브레이커 임계점과의 거리(%)
  - 통제변수 : 거래량, 변동성(이변량), 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음 및 그 변수들의 직전 값(시차=1분)

# 자석효과 가설 조건부 가격점프 발생 확률

표 1.20: 로지스틱 회귀분석 결과(가격점프확률)

이 표는 회귀식  $P(D(\text{Jump occur}_t) = 1|X) = F(\beta_0 + \beta_1 DTCB_{t-1} + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^2 \beta_{i,j} \text{Control}_{i,t-j})$ 의 결과이다. 여기서  $F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ 이며, 통제변수( $\text{Control}_{i,j}$ )는 수익률, 변동성(Bi-power volatility), 거래량, 호가심도, 호가스프레드, 호가불균형도, 시장잡음을 의미한다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 코스피200선물 728,287 및 코스닥150선물 674,597. \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , + $p < 0.1$ .

	코스피200선물		코스닥150선물	
	회귀계수	P-value	회귀계수	P-value
<b>패널 A : 추정 결과</b>				
$DTCB_{t-1}$	-1.488	(1.595)	-3.508***	(0.927)
$r_{t-1}$	-0.001**	(0.000)	-0.001**	(0.000)
$r_{t-2}$	-0.001+	(0.001)	-0.001+	(0.000)
거래량 $_{t-1}$	0.002***	(0.000)	0.002***	(0.000)
거래량 $_{t-2}$	-0.001***	(0.000)	-0.001***	(0.000)
변동성 $_{t-1}$	-5.587***	(1.045)	-0.436***	(0.123)
변동성 $_{t-2}$	-0.124	(1.043)	-0.281+	(0.159)
호가심도 $_{t-1}$	0.004***	(0.001)	0.000	(0.001)
호가심도 $_{t-2}$	-0.008***	(0.001)	0.007***	(0.001)
호가불균형도 $_{t-1}$	0.182	(0.175)	0.144	(0.094)
호가불균형도 $_{t-2}$	-0.152	(0.163)	0.031	(0.091)
스프레드 $_{t-1}$	-130.624***	(12.800)	0.007	(0.006)
스프레드 $_{t-2}$	100.570***	(8.669)	0.029*	(0.013)
시장잡음 $_{t-1}$	0.374***	(0.105)	0.004***	(0.000)
시장잡음 $_{t-2}$	0.130	(0.082)	0.001***	(0.000)
<b>패널 B : 모형 정확도</b>				
Pseudo $R^2$	0.339		0.163	
민감도	0.397		0.160	
특이도	0.994		0.995	

- (Logit2) 코스닥 시장에서만 유의 (코스피) 확률 증가가 유의하지 않지만, 가격점프 기준 완화시 유의하게 확률 증가 (코스닥) DTCB 감소에 따라 가격의 점프 발생 확률이 증가 → 자석효과 지지

$$P(D(Return_t < 0) = 1 \mid X_t) = F(X'_t B)$$

$$\begin{aligned} - X'_t B = & \beta_0 + \beta_1 \Delta T_t + \beta_2 V_{t-1} + \beta_3 V_{t-2} + \beta_4 V_{t-3} + \beta_5 DIST_{t-1} + \beta_6 IDIST_{t-1}^m DIST_{t-1} \\ & + \beta_7 ISPREAD_{t-1} + \beta_8 IBID_{t-1} + \beta_9 IASK_{t-1} + \beta_{10} IBS_{t-1} + \beta_{11} IBS_{t-2} + \beta_{12} IBS_{t-3} \\ & + \beta_{13} V_{t-1} IBS_{t-1} + \beta_{14} V_{t-2} IBS_{t-2} + \beta_{15} V_{t-3} IBS_{t-3} + \beta_{16} Lev_{t-1} + \beta_{17} QLev_{t-1} \end{aligned}$$

$$- F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

- (Logit model 3) 현재 DTCB의 수준이 미래의 가격하락확률에 영향을 미치는지 체결단위로 분석
  - 종속변수 : 가격하락여부 더미변수(다음 체결가격하락시 1, 보합 및 상승시 0)
  - 독립변수 : 서킷 브레이커 임계점과의 거리(tick) 및 거리가 일정 기준(2-100tick) 이하일 때의 근접효과 변수
  - 통제변수 : 체결간 시차, 로그거래규모, 호가스프레드, 매수-매도호가지표, 체결방향지표, 레버리지효과 및 시차(1-3)

# 자석효과 가설 조건부 가격하락 확률('20.3월, tick data)

표 1.20: 로지스틱 회귀분석 결과(Tick data)

이 표는 회귀식  $\log\left(\frac{P(Y_k=1|X_k)}{1-P(Y_k=1|X_k)}\right) = \beta_0 + \beta_1\Delta T_k + \beta_2V_{k-1} + \beta_3V_{k-2} + \beta_4V_{k-3} + \beta_5DIST_{k-1} + \beta_6IDIST_{k-1}^m \times DIST_{k-1} + \beta_7ISPREAD_{k-1} + \beta_8IBID_{k-1} + \beta_9IASK_{k-1} + \beta_{10}IBS_{k-1} + \beta_{11}IBS_{k-2} + \beta_{12}IBS_{k-3} + \beta_{13}V_{k-1} \times IBS_{k-1} + \beta_{14}V_{k-2} \times IBS_{k-2} + \beta_{15}V_{k-3} \times IBS_{k-3} + \beta_{16}Lev_{k-1} + \beta_{17}QLev_{k-2}$ .의 결과를 나타낸다. 표본기간: 2020/03/02 - 2020/03/31, 전체 관측치 수: 코스피200선물 5,996,338 및 코스닥150선물 1,106,636. \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , + $p < 0.1$ .

m	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_5 + \beta_6$	변환 오즈비( $\beta_5 + \beta_6$ )
<b>패널 A : 코스피200 선물</b>				
2	-0.000***	-0.271	-0.000	0.035
3	-0.000***	-0.117	-0.000	0.035
4	-0.000***	-0.024	-0.000	0.035
5	-0.000***	0.041	-0.000	0.035
6	-0.000***	-0.056	-0.000	0.035
7	-0.000***	-0.084*	-0.084	8.813
8	-0.000***	-0.035	-0.000	0.035
9	-0.000***	-0.048*	-0.048	0.035
10	-0.000***	-0.050**	-0.051	5.194
15	-0.000***	-0.014+	-0.000	1.458
30	-0.000***	-0.003+	-0.000	0.337
50	-0.000***	0.000	-0.000	0.002
100	-0.000***	0.001***	0.000	-0.032

패널 A : 코스닥150 선물

2	0.000***	-0.190***	-0.190	20.936
3	0.000***	-0.192***	-0.192	21.157
4	0.000***	-0.188***	-0.188	20.687
5	0.000***	-0.178***	-0.178	19.442
6	0.000***	-0.178***	-0.178	19.413
7	0.000***	-0.156***	-0.156	16.921
8	0.000***	-0.142***	-0.142	15.208
9	0.000***	-0.132***	-0.132	14.048
10	0.000***	-0.113***	-0.113	11.945
15	0.000***	-0.055***	-0.055	5.679
30	0.000***	-0.022***	-0.022	2.199
50	0.000***	-0.013***	-0.013	1.303
100	0.000***	-0.002***	-0.002	0.198

- (Logit3) 팬데믹 시기('20.3) 체결정보 분석 결과,
  - (코스피) 일부 구간에서 확률 상승이 유의
  - (코스닥) 전 구간 유의, 추세 관측 → 자석효과 지지

- 자석효과 분석에서 코스피-코스닥 간의 차이를 알아보고자 추가 분석 설계
  - (주요 차이) 가격점프 및 체결정보('20.3월) 기반 분석은 코스닥에서만 유의미하게 자석효과를 지지
  - (예상 원인) 전반적인 유동성, DTBC 감소에 따른 변동성 변화의 차이(코스닥↑↑), 시장참여자의 구성 등
- 선행 연구에 따르면 정보기반거래의 비중이 높을수록, 자석효과는 약해지는 경향
  - Subrahmanyam(1997), Kim&Sweeney (2001) : 거래중단(가격제한) 규칙 하, 정보기반 거래자는 전략적으로 거래를 자연
  - Hsieh et al.(2009) : 따라서, 정보기반거래의 비중이 높으면 가격하락이 가속화되는 자석효과의 강도가 약해질 것
- 정보기반거래의 비중이 자석효과의 강도에 영향을 미치는지 확인
  - (정보기반거래지표) Easley et al. (2002)의 연도별 정보기반거래 비중(PIN, Probability of Informed trading)을 추정 및 활용
  - (분석방법) Jian et al. (2020)의 조건부 가격하락 확률 모형의 회귀계수를 연도별로 추정하여 PIN과 비교

# 자석효과 가설 정보기반거래(Informed trade)가 미치는 영향(Extended Analysis)



$$PIN(\hat{\theta}) = \frac{\alpha \mu}{\alpha \mu + \epsilon_b + \epsilon_s}, \text{ where } \hat{\theta} = \arg \max_{\theta} \prod_{t=1}^T L_t(\theta)$$

-  $\alpha$  : 정보가 발생할 확률

-  $\delta$  : 정보가 악재일 확률

-  $\mu$  : 정보거래자가 유발하는 평균 거래건수

$$- L_t(\theta) = (1 - \alpha) f(B_t; \epsilon_b) f(S_t; \epsilon_s) + \alpha(1 - \delta) f(B_t; \mu + \epsilon_b) f(S_t; \epsilon_s) + \alpha \delta f(B_t; \epsilon_b) f(S_t; \mu + \epsilon_s)$$

$$- f(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

-  $\epsilon_b$  : 비정보거래자의 매수호가가 유발하는 평균 거래건수

-  $\epsilon_s$  : 비정보거래자의 매수호가가 유발하는 평균 거래건수

-  $B_t$  :  $t$ 일의 매수주도 거래건수

-  $S_t$  :  $t$ 일의 매도주도 거래건수

표 1.23: 연도별 정보기반거래비중 및 자석효과강도 비교

이 표는 2019년부터 2023년까지 정보기반거래비중과 자석효과강도를 나타낸다. 정보기반거래비중은 선물 최근월물 및 차근월물의 일별 매수주도거래건수 및 매도주도거래건수를 이용하여 연도별로 추정한 PIN이며, 자석효과강도는 회귀식  $P(D(Return_t < 0) = 1 | X) = F(\beta_0 + \beta_1 DTCB_{t-1} + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^2 \beta_{i,j} Control_{i,t-j})$ 을 이용하여 연도별로 추정한  $\beta_1$ 의 음의 값이다. 통계 계산시,  $\beta_1$ 이 유의하지 않은 경우 0으로 처리하였다. \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , +  $p < 0.1$ .

	코스피200선물		코스닥150선물	
	PIN	$\beta_1$	PIN	$\beta_1$
<b>패널 A : 연도별 추정 결과</b>				
2019년	7.18%	4.60***	9.90%	1.95**
2020년	7.80%	1.44**	11.98%	1.62***
2021년	9.49%	0.89	8.16%	2.44***
2022년	8.61%	0.57	11.67%	1.20**
2023년	6.10%	3.30***	9.17%	3.42***
<b>패널 B : 요약통계량</b>				
평균	7.84%	1.87	10.17%	2.13
표준편차	1.30%	2.04	1.63%	0.85
상관계수(피어슨, 스피어만)	-0.83	-0.87	-0.75	-0.80

- **(정보기반거래비중)** 연도별 평균 PIN은 코스피 약 7.8%, 코스닥 약 10.2%로 나타남

- 유동성이 부족한 코스닥의 정보위험이 상대적으로 큰 것을 의미

- **(자석효과)** 연도별 회귀계수(Logit1)는 코스피 약 1.87, 코스닥 약 2.13으로 나타남

- 평균적으로 코스닥에서 자석효과가 강하게 나타났으며, 코스피는 2021~2022년 자석효과가 유의미하지 않았음

✓ 단순 비교이나, 음(약 -0.8)의 상관관계는 정보기반거래 비중이 높을 수록 자석효과 강도가 낮아지는 것을 시사

✓ 그러나, 코스피-코스닥 간의 차이를 설명하지는 못했음

- 로지스틱 모형(Jian et al. (2020), Hsieh et al. (2009)) 및 한국 주가지수선물을 이용하여 서킷 브레이커가 자석효과를 유발하는지 분석한 결과, 전반적으로 자석효과의 존재를 지지하는 것으로 나타났음.
  - 코스피, 코스닥 시장 모두 가격이 임계점에 가까워지면서 가격의 하락확률이 상승하였음
  - 그러나, 가격점프 발생 확률 및 체결정보 기반의 가격 하락확률은 코스닥 시장에서만 유의 → 코스닥에서 자석효과 강도↑
- 자석효과 강도는 유동성 및 변동성 수준, 시장참여자 구성 등 다양한 요인에 기인할 것으로 추정되며, 동일한 조건에서 정보기반거래의 비중이 높을수록 자석효과가 약해질 가능성.
  - 시장 간의 차이를 설명하지는 못했으나, 동일 시장 내에서 정보기반거래비중(PIN)과 자석효과의 강도가 높은 음(약 -0.8)의 상관관계를 가지는 현상을 관측하였음

- 주가지수선물을 통한 분석 결과, 우리나라에 서킷 브레이커로 인한 사전적 효과 존재
  - 서킷 브레이커는 변동성 상승, 음(-)의 왜도, 주가 수준 하락 등 시장 역학을 변화시키며, 그 영향은 가격이 CB 임계점에 가까울수록 확대되고, 시장 품질이 낮은 코스닥 시장에서 보다 구체적으로 나타남
  - 가격이 CB 임계점에 가까울수록 하락이 가속화되는 자석효과의 존재도 확인하였으며, 특히 코스닥 시장에서 강하게 나타나 전반적으로 일관되는 분석 결과가 나타남
  - 사전적 효과는 다양한 구조적 요인에 기인하며, 특히 시장품질과 정보기반거래비중이 낮을 수록 강도가 심화될 가능성
- 시장 안정화를 위한 제도가 오히려 안정성과 효율성을 저해할 가능성 제시
  - 이러한 사전적 효과는 가격안정화, 정보비대칭 완화 등의 본래 제도의 목적 달성을 저해할 우려
  - 기존 제도에 내재된 잠재적 부작용을 재검토할 필요가 있으며, “CB 임계점 접근 → 시장 역학 변화 → 가격 하방 압력 강화 → CB 발동확률 상승”의 자석효과 경로와 시장별 구조적 특징을 고려하여 향후 제도 설계 필요

- 주가지수선물을 이용한 간접적인 분석으로, 전체 제도의 효과의 일부만 분석
  - 주가지수가 CB 임계점에 다가갈수록 지수구성종목에서 나타나는 종합적인 효과를 간접 분석
  - 지수와 선물의 과리율로 인해 CB 임계점 관측에 일부 오차 가능성 (코스피 ↔ 코스피200, 가격과리 등)
- 서킷 브레이커의 사후적(ex-post) 효과는 분석하지 않아 **제도의 순효용 및 개선방향 부재**
  - 거래 중단으로 인한 가격안정화 효과 및 정보비대칭 해소 등 긍정적인 효과를 측정할 수 있다면, 종합적으로 제도의 효용성 및 개선방향 검토 가능
- 서킷 브레이커의 **사전적 효과의 결정요인에 대한 분석 필요**
  - 일부 결정요인(시장품질, 정보기반거래 등) 분석을 진행하였으나, 부정적 효과와 단순 비교에 그쳤음

# Reference

- [1] 박병직, 변동성완화장치의 유동성 등 시장품질 영향에 관한 분석, 한국과학기술원 대학원 경영대학  
금융공학프로그램 석사학위논문, 2023.
- [2] 엄경식, 라성채, 박종호, 안일찬, KRX 종목별 변동성완화장치의 특징과 가격안정화 및 가격발견 효과  
: 동적 가격변동범위를 중심으로, 증권학회지, 제44권, 제5호, pp. 1065–1090, 2015.
- [3] 오세경, 문선주, 이석원, 손판도, Circuit Breaker 제도가 한국 주식시장 변동성과 유동성에 미치는  
영향에 관한 연구, 산업경제연구, 제25권, 제2호, pp. 1005-1033, 2012.
- [4] 이우백, 박종원, 개별종목의 매매거래 중단제도의 효과 분석: 한국거래소 단기과열완화장치의 사례,  
금융안정연구, 제17권, 제2호, pp. 73–111, 2016.
- [5] D. Amaya, P. Christoffersen, K. Jacobs, and A. Vasquez, Does Realized Skewness Predict the Cross-  
Section of Equity Returns?, *Journal of Financial Economics*, 2015.
- [6] H. Chen, A. Petukhov, J. Wang, and H. Xing, The Dark Side of Circuit Breakers, *The Journal of  
Finance*, Vol. 79, No. 2, pp. 1405–1455, 2024.
- [7] D. Y. Du, Q. Liu, and S. G. Rhee, An Analysis of the Magnet Effect under Price Limits, *International  
Review of Finance*, Vol. 9, Nos. 1–2, pp. 83–110, 2009.
- [8] D. Easley, S. Hvidkjaer, and M. O’Hara, Is Information Risk a Determinant of Asset Returns?, *The  
Journal of Finance*, Vol. 57, No. 5, pp. 2185–2221, 2002.
- [9] P.-H. Hsieh, Y. H. Kim, and J. J. Yang, The Magnet Effect of Price Limits: A Logit Approach,  
*Journal of Empirical Finance*, Vol. 16, pp. 830–837, 2009.
- [10] Z. Jian, Z. Zhu, J. Zhou, and S. Wu, Intraday Price Jumps, Market Liquidity, and the Magnet Effect  
of Circuit Breakers, *International Review of Economics and Finance*, Vol. 70, pp. 168–186, 2020.
- [11] S. C. Lera, D. Sornette, and F. Ulmann, Price Dynamics with Circuit Breakers, *Quantitative Fi-  
nance*, Vol. 24, No. 12, pp. 1711–1724, 2024.
- [12] S. S. Lee and P. A. Mykland, Jumps in Financial Markets: A New Nonparametric Test and Jump  
Dynamics, *The Review of Financial Studies*, Vol. 21, No. 6, pp. 2535–2563, 2008.
- [13] I. M. Sifat and A. Mohamad, A Survey on the Magnet Effect of Circuit Breakers in Financial  
Markets, *International Review of Economics and Finance*, Vol. 69, pp. 138–151, 2020.
- [14] G. J. Santoni and T. Liu, Circuit Breakers and Stock Market Volatility, *The Journal of Futures  
Markets*, Vol. 13, No. 3, pp. 261–277, 1993.
- [15] A. Subrahmanyam, Circuit Breakers and Market Volatility: A Theoretical Perspective, *The Journal  
of Finance*, Vol. 49, No. 1, pp. 237–254, 1994.
- [16] A. Subrahmanyam, The Ex Ante Effects of Trade Halting Rules on Informed Trading Strategies  
and Market Liquidity, *Review of Financial Economics*, Vol. 6, No. 1, pp. 1–14, 1997.

## Appendix A. Chen et al.(2024) 서킷 브레이커 모형

- 주가(배당, 표준 GBM)에 대한 상이한 기대를 가진 투자자 A, B

$$dD_t = \mu D_t dt + \sigma D_t dZ_t, \quad D_0 = 1,$$

- 투자자 A: 배당에 대한 객관적 기대,  $\mu^A = \mu$
- 투자자 B: 배당에 대한 상이한 기대,  $\mu_t^B = \mu + \delta_t \quad d\delta_t = -\kappa(\delta_t - \bar{\delta})dt + \nu dZ_t$

- 균형 가격은 투자자 A, B의 기대주가를 보유비중에 대해 조화평균

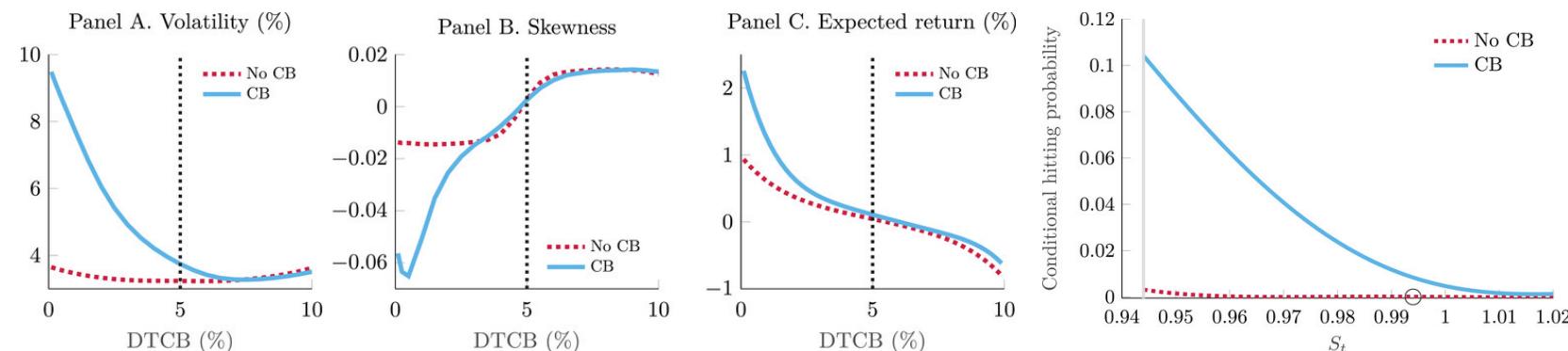
$$\widehat{S}_t = \left( \widehat{\omega}_t^A \frac{1}{\widehat{S}_t^A} + \widehat{\omega}_t^B \frac{1}{\widehat{S}_t^B} \right)^{-1}.$$

- CB 존재시( $\tau < T$ ), 조기 종료로 A(낙관적)의 청산가격이  $\tau$ 시점의 B에 의해 결정  $\rightarrow$  균형가격 하락

$$S_t = \left( \omega_t^A \mathbb{E}_t [\mathbb{E}_{\tau \wedge T}^B [D_T^{-1}]] + (1 - \omega_t^A) \mathbb{E}_t^B [D_T^{-1}] \right)^{-1}, \quad S_t < \widehat{S}_t \quad \text{when } \delta_t = \delta < 0$$

## Appendix A. Chen et al.(2024) 서킷 브레이커 모형

- 서킷 브레이커가 존재하는 경우 주가가 CB 임계점에 가까워질수록,
  1. 균형가격이 B(비관적, 투기적)에 의해 결정 → 주가변동성 확대
  2. 변동성 확대로 하방 위험이 확대되지만 하한선 존재 → 왜도는 감소하다가 임계점 근방에서 상승 반전
  3. 균형가격 하락 효과가 커지나, 이는 본질적인 가치 하락이 아님 → 기대수익률 증가
  4. A(낙관적)는 보유 주식을 조기청산(모형에서 다루진 않으나, 직관적으로) → 거래량 증가
  5. 주가 변동성 확대에 따라 서킷 브레이커의 발동 확률 상승 → 자석효과 존재



## Appendix B. 임계점 2% 근방 결과 (코스피)

표 1.10: 코스피200선물 주요 변수 회귀분석 결과 (임계점 2% 근방)

이 표는 회귀식  $y_{d,m,t} = \beta \times DTCB_t + \gamma \times \min(DTCB_t - 2\%, 0) + ad + bm + cLevt + dQLevt + Y'_t \delta + \epsilon_{d,m,t}$ 의 결과이다. 여기서  $y_{d,m,t}$ 는 일  $d$ , 분  $m$ , 시간  $t$ 에서의 변동성,  $\omega_d$ , 기대수익률, 비정상 거래량을 의미한다.  $DTCB_t$ 는 CB 발동 임계가격과의 거리,  $Levt$ 는 단기-장기 평균 선물가격 비율,  $QLevt = (Levt - 1)^2$ 로 정의된다. 팔호는 OLS 표준오차, 대팔호는 Newey-West (29 lag) 표준오차를 나타낸다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 743,416. \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , +  $p < 0.1$ .

	변동성			왜도			기대수익률			비정상 거래량				
Lev	0.476	5.864	5.944	-7.788	-14.213	-14.596	-3.827	-1.144	-1.086	0.663	8.534	9.003		
	(0.092)***	(0.122)***	(0.123)***	(0.314)***	(0.424)***	(0.429)***	(0.062)***	(0.084)***	(0.085)***	(0.258)*	(0.342)***	(0.346)***		
	[0.231]*	[0.659]***	[0.638]***	[0.292]***	[0.688]***	[0.613]***	[0.121]***	[0.318]***	[0.294]***	[0.476]	[0.958]***	[0.923]***		
QLev	-0.143	6.431	6.643	-17.351	-24.847	-25.750	-2.529	0.586	0.728	0.884	10.197	11.412		
	(0.759)	(0.763)***	(0.764)***	(2.581)***	(2.601)***	(2.606)***	(0.506)***	(0.510)	(0.511)	(2.142)	(2.157)***	(2.161)***		
	[5.531]	[5.723]	[5.795]	[2.338]***	[3.736]***	[3.652]***	[2.641]	[2.628]	[2.645]	[3.364]	[4.853]*	[4.689]*		
DTCB (Distance to CB)	-8.732	-8.876			10.094	10.737			-4.110	-4.209		-12.632	-13.467	
		(0.129)***	(0.132)***		(0.447)***	(0.462)***		(0.088)***	(0.091)***		(0.361)***	(0.371)***		
		[0.984]***	[0.944]***		[0.853]***	[0.714]***		[0.441]***	[0.398]***		[1.219]***	[1.153]***		
min(DTCB - 2%, 0)		8.195				-37.050				5.389		47.576		
		(1.785)				(6.633)				(1.193)***		(5.053)***		
		[11.138]				[15.075]*				[7.470]		[9.630]***		
$r_t$							-0.031	-0.028	-0.028					
							(0.001)***	(0.001)***	(0.001)***					
							[0.003]***	[0.003]***	[0.003]***					
자기상관 통제	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
일·시 고정효과	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Adjusted $R^2$	0.685	0.687	0.687	0.006	0.007	0.007	0.007	0.010	0.010	0.579	0.580	0.580		

# Appendix B. 임계점 2% 균방 결과 (코스닥)

표 1.12: 코스닥150선물 주요 변수 회귀분석 결과 (임계점 2% 균방)

이 표는 회귀식  $y_{d,m,t} = \beta \times DTCB_t + \gamma \times \min(DTCB_t - 2\%, 0) + a_d + b_m + cLev_t + dQLev_t + Y'_d\delta + \epsilon_{d,m,t}$ 의 결과이다. 여기서  $y_{d,m,t}$ 는 일  $d$ , 분  $m$ , 시간  $t$ 에서의 변동성, 왜도, 기대수익률, 비정상 거래량을 의미한다.  $DTCB_t$ 는 CB 발동 임계가격과의 거리,  $Lev_t$ 는 단기-장기 평균 선물가격 비율,  $QLev_t = (Lev_t - 1)^2$ 로 정의된다. 팔호는 OLS 표준오차, 대팔호는 Newey-West (29 lag) 표준오차를 나타낸다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 645,914. \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , + $p < 0.1$ .

	변동성				왜도				기대수익률				비정상 거래량			
Lev	0.104 (0.121) [0.281]	10.993 (0.179)*** [0.733]***	10.945 (0.179)*** [0.704]***	-5.514 (0.217)*** [0.223]***	-11.779 (0.327)*** [0.391]***	-11.798 (0.327)*** [0.388]***	-3.770 (0.066)*** [0.119]***	0.046 (0.099) [0.236]	0.040 (0.099) [0.238]	-0.101 (0.243) [0.440]	12.852 (0.363)*** [0.932]***	12.847 (0.363)*** [0.913]***				
QLev	5.837 (0.985)*** [4.059]	7.222 (0.980)*** [4.061]+	7.562 (0.981)*** [3.938]+	-6.315 (1.794)*** [1.902]***	-7.181 (1.793)*** [2.152]***	-7.064 (1.795)*** [2.141]***	-1.304 (0.544)* [1.632]	-0.795 (0.543) [1.688]	-0.761 (0.544) [1.693]	4.377 (2.018)* [3.349]	6.082 (2.015)** [3.849]	6.111 (2.017)** [3.829]				
DTCB (Distance to CB)		-15.209 (0.186)*** [0.843]***	-15.083 (0.187)*** [0.787]***		8.640 (0.337)*** [0.378]***		8.687 (0.339)*** [0.374]***		-5.226 (0.102)*** [0.253]***		-5.213 (0.103)*** [0.256]***		-18.004 (0.376)*** [0.951]***		-17.993 (0.377)*** [0.901]***	
min(DTCB - 2%, 0)			-31.246 (4.079)***			-10.945 (7.542)			-3.094 (2.256)				-2.590 (8.370)			
			[31.099]			[7.286]			[5.122]				[41.175]			
$r_t$								-0.009 (0.001)*** [0.003]**	-0.006 (0.001)*** [0.003]+	-0.006 (0.001)*** [0.003]+						
자기상관 통제	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
일·시 고정효과	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Adjusted $R^2$	0.603	0.607	0.607	0.006	0.007	0.007	0.006	0.009	0.009	0.338	0.340	0.340				

# Appendix C 가격점프검정(Gumbel Test) 유의수준 10% 하 결과



표 1.21: 로지스틱 회귀분석 결과(가격점프확률, 점프식별 유의수준 10%)

이 표는 회귀식  $P(D|Jump occur_{t,\alpha=0.1}) = 1|X) = F(\beta_0 + \beta_1 DTCB_{t-1} + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^2 \beta_{i,j} Control_{i,t-j})$ 의 결과이다.  
여기서  $F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ 이며, 통제변수( $Control_{i,j}$ )는 수익률, 변동성(Bi-power volatility), 거래량, 호가심도, 호가스프레드,  
호가불균형도, 시장잡음을 의미한다. 표본기간: 2016/08/02 - 2025/05/30, 전체 관측치 수: 코스피200선물 728,287 및  
코스닥150선물 674,597. \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , + $p < 0.1$ .

	코스피200선물		코스닥150선물	
	회귀계수	P-value	회귀계수	P-value
<b>패널 A : 추정 결과</b>				
$DTCB_{t-1}$	-3.451*	(1.346)	-4.827***	(0.759)
$r_{t-1}$	-0.001**	(0.000)	-0.000+	(0.000)
$r_{t-2}$	-0.001+	(0.000)	-0.001*	(0.000)
거래량 $_{t-1}$	0.002***	(0.000)	0.002***	(0.000)
거래량 $_{t-2}$	-0.001***	(0.000)	-0.001***	(0.000)
변동성 $_{t-1}$	-7.657***	(1.134)	-0.806***	(0.141)
변동성 $_{t-2}$	0.358	(1.036)	-0.284*	(0.131)
호가심도 $_{t-1}$	0.003***	(0.001)	0.001	(0.001)
호가심도 $_{t-2}$	-0.007***	(0.001)	0.009***	(0.001)
호가불균형도 $_{t-1}$	0.093	(0.140)	0.086	(0.074)
호가불균형도 $_{t-2}$	-0.094	(0.131)	0.059	(0.071)
스프레드 $_{t-1}$	-113.214***	(10.495)	0.006	(0.005)
스프레드 $_{t-2}$	88.433***	(7.487)	-0.002	(0.004)
시장잡음 $_{t-1}$	0.655***	(0.150)	0.006***	(0.000)
시장잡음 $_{t-2}$	0.130	(0.091)	0.001**	(0.000)
<b>패널 B : 모형 정확도</b>				
Pseudo $R^2$	0.313		0.140	
민감도	0.341		0.160	
특이도	0.994		0.993	

- 가격점프 발생의 기각역을 넓게 설정( $\alpha=0.1$ )하면, 코스피200선물에서도 자석효과를 지지
- 상대적으로 적은 가격변동도 가격점프로 인정하는 경우, DTCB 감소에 따라 가격점프 발생 확률 증가

## Appendix D. Robustness

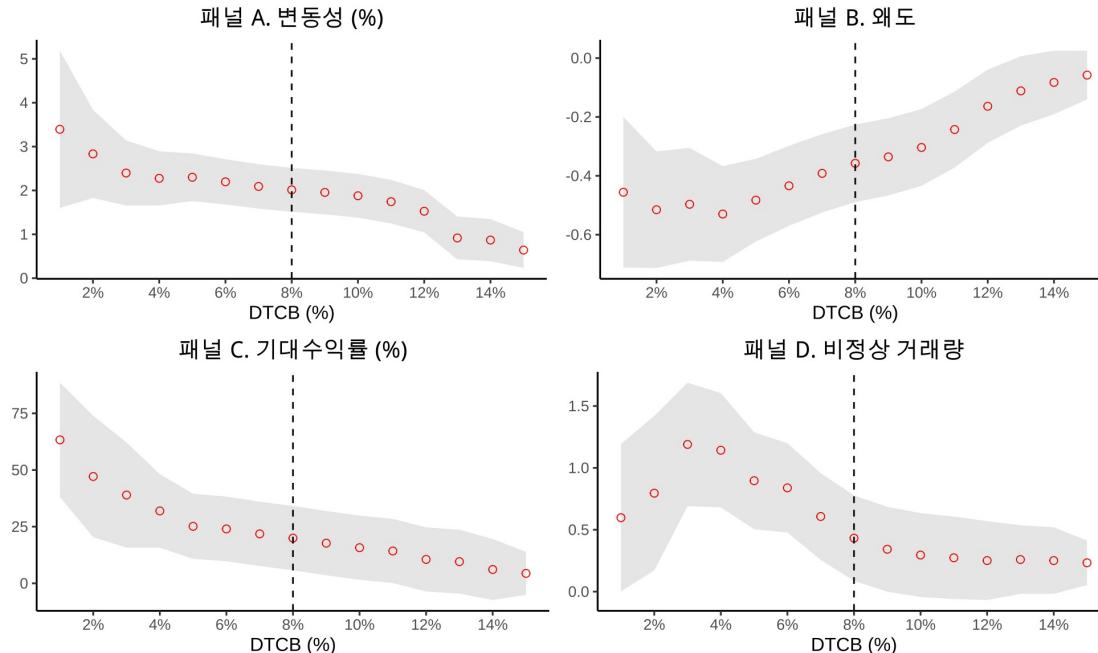


그림 1.3: CB 발동일을 제외한 코스피200선물 주요 변수 회귀계수의 구간별 산점도. 이 그림은 앞선 회귀식에서 서킷 브레이커 발동일(3거래일)을 제외하고 추정된 변동성(이중척도 실현변동성), 왜도, 기대수익률, 비정상 거래량에 대한 회귀계수( $\beta$ )를 구간별로 나타낸 것이다. 구간은  $Bin_i = ((i-1)\%, i\%]$  ( $i = 1, \dots, 14$ )로 정의된다. 빨간색 점은 추정된  $\beta$ 를, 회색 영역은  $\beta$ 를 중심으로 한  $\pm 1.96$  표준편차 범위를 의미한다.

- DTCB가 2% 미만인 전체 306건의 표본 중, 181개의 표본이 CB 발동일(3거래일)에 분포
  - CB 발동일의 특징이 전체 결과를 좌우할 수 있음
- 분석의 강건성을 위해, 해당일을 제외하더라도 일치하는 결과가 나타나는지 분석
  - 기존과 일치하는 결과 확인

## Appendix D. Robustness

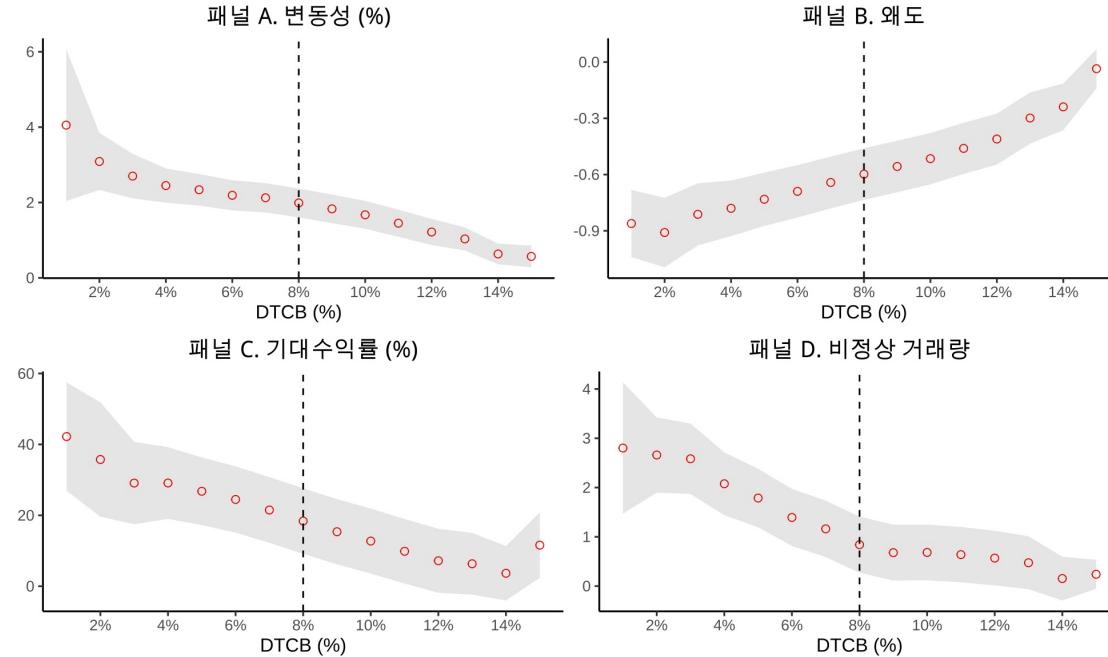


그림 1.4: CB 발동일을 제외한 코스닥150선물 주요 변수 회귀계수의 구간별 산점도. 이 그림은 앞선 회귀식에서 서킷 브레이커 발동일(3거래일)을 제외하고 추정된 변동성(이중척도 실현변동성), 왜도, 기대수익률, 비정상 거래량에 대한 회귀계수( $\beta$ )를 구간별로 나타낸 것이다. 구간은  $Bin_i = ((i-1)\%, i\%]$  ( $i = 1, \dots, 14$ )로 정의된다. 빨간색 점은 추정된  $\beta$ 를, 회색 영역은  $\beta$ 를 중심으로 한  $\pm 1.96$  표준편차 범위를 의미한다.

- DTCB가 2% 미만인 전체 295건의 표본 중, 44개의 표본이 CB 발동일(3거래일)에 분포
  - CB 발동일의 특징이 과도하게 반영될 수 있음
- 분석의 강건성을 위해, 해당일을 제외하더라도 일치하는 결과가 나타나는지 분석
  - 기존과 일치하는 결과 확인

## Appendix D. Robustness

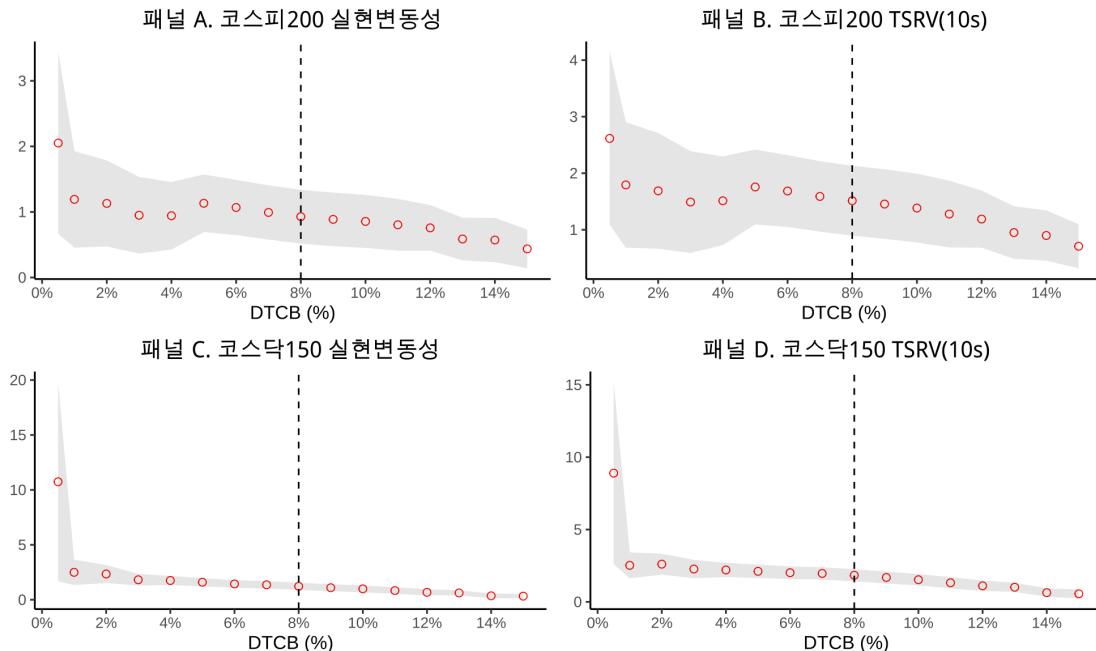


그림 1.5: 다른 변동성 지표에 대한 회귀계수의 구간별 산점도. 이 그림은 앞선 회귀식에서 변동성 지표를 실현변동성 및 10초 단위의 이중척도 실현변동성으로 변경하였을 때의 추정한 회귀계수( $\beta$ )를 구간별로 나타낸 것이다. 구간은  $Bin_{0.5} = (0\%, 0.5\%]$ ,  $Bin_1 = (0.5\%, 1\%]$ ,  $Bin_i = ((i-1)\%, i\%]$  ( $i = 2, \dots, 14$ )로 정의된다. 빨간색 점은 추정된  $\beta$ 를, 회색 영역은  $\beta$ 를 중심으로 한  $\pm 1.96$  표준편차 범위를 의미한다.

- 주요 변수인 변동성을 다른 지표로 사용하더라도, DTCB와 일치하는 결과가 나타나는지 확인
  - 이중척도 실현변동성(10초) 및 실현변동성 사용
- 다른 변동성 지표를 사용하더라도, 기존 분석과 동일한 결과를 확인
  - 코스피, 코스닥 모두 일치하는 결과 확인