

금융의 물리학: 예측할 수 없는 것을 예측하기

최 제 영

물리학이 자연과학의 한 분야이지만 물리학자의 연구는 자연현상에 국한되지 않는다. 최근 물리학자들이 사회와 경제 현상에 대하여 활발히 연구하고 있다. 웨더롤은 2007년 8월 6일에 시작된 금융 위기에 대한 기사에서 물리학자들과 수학자들이 월스트리트의 주역이 되었고 금융위기를 야기했다는 주장을 보고 그 진상을 알기 위하여 조사를 시작하여 책을 집필하게 되었다.^[1] 그는 확률론과 물리학의 개념을 이용하여 금융시장을 이해하기 위하여 노력하고 이 이해를 바탕으로 금융 시장에서 돈을 버는 물리학자들을 소개한다.

증권시장에서 주가의 변화를 예측할 수 있다면 큰 부자가 될 수 있을 것이다. 알베르트 아인슈타인이 무작위 행보(random walk)를 이용하여 브라운 운동을 설명하기 5년 전인 1900년에 루이 바舍利에는 박사 학위 논문에서 주가가 무작위 행보를 하며 어떤 값에서 시작하여 일정한 시간이 지난 뒤의 주가에 대한 확률 분포는 정규 분포라고 주장했다. 예측 가능한 호재와 악재에 대한 정보는 이미 주가에 반영되어 있으므로 주가가 무작위적이라는 바舍利의 주장은 효율적 시장 가설의 초보적인 형태이며 65년 뒤에야 재발견되었다. 바舍利에는 이를 이용하여 파생상품의 일종인 옵션의 공정한 가격을 결정하는 방법을 알아내었지만 이를 활용하는 방법은 제시하지 않았다.

모리 오즈번은 주가가 음수가 될 수

없다는 점과 자극과 감각 사이의 로그 관계가 있다는 베버-페히너 법칙을 반영하여 주식의 수익률이 정규분포를 이루며 주가 자체는 로그 정규 분포를 이룬다고 주장했다. 시장이 완전히 무작위적이면 주가의 변화를 예측하는 것은 불가능하며 주식 투자자의 평균 수익은 0이다. 후에 오즈번은 각 순간에 주가가 상승할 확률과 하락할 확률이 똑같지 않음을 인식했지만 확실하게 이익을 얻는 방법은 없다고 확신했다. 오즈번은 전문가들의 구매 패턴을 보고 전문가들이 생각하는 유망 종목을 식별하여 자동으로 작동하는 트레이딩 프로그램을 제안하기도 했다.

프랙털 기하의 고안자로 유명한 브누아 망델브로는 목화 가격, 주식, 채권 등의 분포를 조사한 후에 주식의 수익률이 정규 분포보다는 꼬리가 두꺼워서 레비-안정 분포($1 < \alpha < 2$)를 따른다고 주장했다. 레비-안정 분포의 매개변수 $\alpha = 2$ 인 경우는 정규 분포에 해당하고, $1 < \alpha < 2$ 인 경우에는 분산이 무한대이다. 망델브로의 주장이 옳아서 주식 시장이 거칠게 무작위적이라면 대부분의 통계학적 도구를 사용할 수 없다는 의미이지만 그 후 50여 년에 걸친 연구에서 레비-안정 분포가 적용되지 않는다는 결론이 받아들여지고 있다.

블랙잭 등의 도박이나 투자에서 들어오는 정보가 충분하지 않아 자신이 이길 확률이 100%는 아닌 상황이라면 가진 돈 전부를 걸 때 이기면 돈을 따지만, 지면 빈털터리가 되므로 가진 돈의 일부를 걸어야 한다. 이길 확률이 p , 질 확률이 $q = 1 - p$, 배당률이 $b:1$ 인 게임을 계속할 때 장기적으로 돈을 불리기 위한 켈리 기준은 가진 돈에 대한 거는 돈의

비율의 최적 조건이 $\frac{pb-q}{b}$ 라는 것이다.

이 값이 0이면 돈을 걸면 안 되고 음수이면 지는 쪽에 돈을 걸어야 한다. 존 켈리 주니어는 클로드 섀넌의 정보이론을 적용하여 이 기준에 따라 돈을 걸면 돈의 증가율의 가능한 최대값은 비트 단위로 정보가 들어오는 속도와 같음을 보였다.^[2]

에드워드 소프는 미국 육군의 연구팀이 블랙잭 게임의 가능한 경우의 수를 모두 분석하여 구해낸 최적의 전략을 변형하여 카드 카운팅과 결합하면 딜러보다 유리한지를 판단할 수 있다는 것을 MIT의 컴퓨터 IBM 704를 써서 증명했다. 블랙잭에서 (자신이 지는 쪽에 돈을 걸 수가 없고) 딜러를 이길 경우에 배당률은 1:1이므로 $p > 0.5$ 일 때, 다만 자신이 가진 카드의 숫자들의 합이 21인 경우에는 3:2이므로 $p > 0.4$ 일 때 돈을 걸 수 있다. 소프와 동료는 켈리 기준을 적용하여 카지노에서 30여 시간 만에 1만 달러를 2만 1000달러로 불릴 수 있었다. 워런 버핏이나 빌 그로스와 같은 성공적인 투자자들이 켈리 기준을 사용한다는 주장이 있다.^[3]

소프는 또한 룰렛 게임에서 돈을 따기 위하여 담뱃갑 크기의 착용형 장비를 새년과 함께 제작했다. 룰렛의 베팅이 종료되기 전까지 공의 움직임의 속도를 측정하고 38개의 가능한 결과 중의 하나에 공이 멈출지를 결정하지는 못하지만 4개 또는 5개로 이루어진 여덟 구역 중의 어느 곳에 공이 멈춰 설지를 예측하고 켈리 기준에 따라 어느 숫자에 얼마를 걸어야 할지를 결정하는 방식이었다. 소프는 라스베이거스에서 이 기계가 의도하는 대로 작동함을 확인했다. 소프는 이 경험을

저자약력

최제영 교수는 서울대학교 물리학과를 졸업(이학사)하고 서울대학교 물리학과에서 이학박사 학위를 받은 후, 현재 영동대학교 스마트IT학과 교수로 재직 중이다. (jychoi@yd.ac.kr)

바탕으로 주식 시장에 도전하였다. 오즈번의 주장을 반영하여 주식 옵션의 일종인 워런트의 실제 가치를 계산하고 캘리 기준에 따라 워런트를 공매도하는 동시에 (주가가 올라 발생하는 손실을 상쇄시키기 위하여) 기초 주식을 일정 수만큼 매수하여 주가가 극적으로 변하지 않는 한 항상 수익을 올릴 수 있는 방법(델타 헤징)을 발견하여 연간 20%의 수익률을 지속적으로 올릴 수 있었다.

합리적 선택을 하고자 할 때 위험이 담당하는 역할을 추상적인 방법으로 기술하는 자본 자산 결정 모형을 접하게 된 피셔 블랙은 오즈번의 연구 결과를 결합하여 마이런 솔스와 함께 시간에 따른 옵션 가격의 변화를 추정하는 편미분 방정식(블랙-솔스 방정식)을 도출하고 풀었다. 블랙은 이를 이용하면 소프의 델타 헤징과 비슷하게 주식과 옵션을 결합하여 위험이 전혀 없도록 투자 포트폴리오를 구성하는 것(동태적 헤징)이 가능하다고 주장했고 이후 공개 옵션 시장인 시카고옵션거래소 등이 개설되어 옵션 거래가 활발해졌다. 물리학 분야의 일자리가 줄어드는 상황에서 블랙을 포함한 많은 물리학자들이 월 스트리트에 진출하여 옵션을 포함한 다양한 파생상품을 개발하기 시작했다. 그러나 1987년 10월 19일 검은 월요일의 주가 대폭락을 맞이하여 무작위 행보 모형이나 블랙-솔스 모형에 대한 의심이 확산되었다. 하루에 다우존스지수가 23%나 하락한 것은 무작위 행보 모형으로 설명할 수 없다. 그러나 오코너 앤 어소시에이츠 사는 블랙-솔스 모형의 가정이 완벽하지 않음을 간파하고 블랙-솔스 모형을 수정하여 활용하였고 1987년 주가 대폭락에서 살아남았다. 블랙도 블랙-솔스 방정식을 유도하는 과정에서 오류가 있을 수 있음을 인식하고 있었다. 이는 금융 모형이 완벽하지 않으며 결함을 찾아서 개선하는 과

정이 반복되어야 함을 시사한다.

제임스 도인 파머와 노먼 패커드는 각각 대학원생, 대학생일 때 소프의 카드 카운팅 방법을 사용해보기도 하고 룰렛을 이길 수 있는 착용형 장비를 만들어 라스베이거스에서 돈을 댔다. 그들은 룰렛의 운동을 예측하는 미분 방정식을 연구하다가 카오스 현상을 발견하고 이 분야에서 박사 학위를 받았다. 그들은 샌터페이연구소에서 복잡계 및 카오스와 관련된 학제간 연구를 하다가 금융 분야에 발을 들여 놓게 되고 프리딕션컴퍼니사를 설립하였다. 유전알고리즘을 활용하여 주가 변화 속에서 패턴을 찾아 블랙박스 모형을 만들고 통계적 차이 거래와 같은 전략을 자동으로 수행하는 알고리즘 트레이딩을 개발하여 큰 성공을 거두었다. 블랙-솔스 모형과 달리 블랙박스 모형은 이론적 뒷받침이 없고 통계적으로 검증을 받아야 한다. 패턴을 찾아낸 투자가가 이를 이용하여 투자하는 행동이 금융 시장을 무작위적이고 효율적 시장으로 만드는데 기여한다고 할 수 있다.

파열 현상을 연구하던 디디에 소르네트는 자기 조직화의 예로서 합성 섬유 케블라의 파열, 노동조합의 대규모 파업, 큰 지진 등에서 발생하는 로그 주기 패턴을 이용하여 사건이 언제 일어날지를 예측할 수 있다고 주장했다. 소르네트는 1997년 10월 말에 주식시장이 붕괴할 가능성을 예측하여 풋 옵션(미래의 어느 시점에 주식을 팔 권리)을 사들였고 실제로 다우 지수가 1997년 10월 27일에 554포인트나 하락하여 400%의 수익을 얻었다. 그는 2000년 4월, 2008년 9월의 주가 대폭락도 예측했다.

2008년의 시장 붕괴가 금융계에서 활동하는 물리학자들과 그들이 만든 모형 때문이라는 비판이 집중하였고 탈레브는 금융 시장이 너무 거칠어서 예측이 전혀 불가능하다고 주장했다.^[4] 그러나 웨더를

은 시장 붕괴가 오히려 금융계가 물리학자들의 새로운 기술을 받아들이지 않았기 때문이었다고 주장한다. 곧 이론과 관련된 천-사이먼스 형식으로 유명한 제임스 사이먼스가 설립한 르네상스테크놀로지사는 금융전문가를 채용하지 않으며 대표 펀드인 메달리온 펀드는 10년 동안에 2478.6%라는 수익률을 기록했고 2008년에 경제 위기 속에서 80%의 수익률을 기록했다.

경제 현상을 분석하는 방법으로서 경제 행위의 주체인 개인이나 기관으로 이루어진 행위자들로 시뮬네이션(simulation)을 하여 거시적 현상을 분석하려는 행위자 기반 모형이 최근에 시도되고 있다. 각 행위자들이 접근할 수 있는 정보가 제한되어 있고 정보 처리능력도 한계가 있는 상황을 고려하고 학습, 적응, 무리짓기 효과 등을 반영할 수 있어서 복잡계로서의 경제계에 대한 통계적 연구방법의 대안으로서 역할을 할 것으로 기대된다.^[5]

참고문헌

- [1] James Owen Weatherall, *The physics of Wall Street: a brief history of predicting the unpredictable* (Houghton Mifflin Harcourt, 2013) [제임스 오언 웨더를 저, 이충호 역, 돈의 물리학 (비즈니스맵, 2014)].
- [2] William Poundstone, *Fortune's Formula: The Untold Story of the Scientific Betting System That Beat the Casinos and Wall Street* (Hill and Wang, 2006) [윌리엄 파운드스톤 저, 김현구 역, 머니 사이언스 (동녘사이언스, 2006)].
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Kelly_criterion.
- [4] Nassim Nicholas Taleb, *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable* (Random House, 2007) [나심 니콜라스 탈레브 저, 차익중 역, 블랙스완 (동녘사이언스, 2008)].
- [5] C. Schinckus, *Quantitative Finance* 12, 1189 (2012).