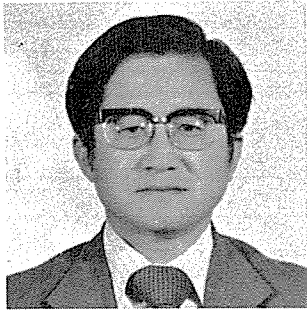


不確定性原理



金貞欽

(高麗大教授·物理學)

經濟豫測은 天氣豫報와 닮은 점이 있다. 어제의 예보가 전연 맞지 않아도 내일의 예보를 내릴 때는 한마디도 어제에 관해서는 言及함이없이 내일 이야기를 해도 좋다는 점이다.

이것이 보통의 自然科學의 세계였다면 엉터리라고 비난을 받게 되어 있다. 科學世界에서는 어느 專門家가 작년에 어떤 발표를 하고, 다음 해에 작년것과는 상치되는 결과를 얻었을 때는 반드시 『前年度는 어디서 무엇에 관해 이런 발표를 했다. 그런데 그 후 1년간 연구를 계속했던 바 이리이러한 점이 잘못되어 있었다. 그래서 그 점을 고쳤던 바 이리이러한 결과가 되었다』라고 수정토록 되어 있다. 이런 과정을 만약 省略한다면 科學의 世界에서는 그 발표자는 國際의스케일로 말살되고 만다.

맞지 않는 經濟豫測

왜 최근의 經濟豫測은 잘 맞지 않게 되었는가? 또 經濟理論에 바탕을 둔 政府政策이 옛날처럼 威力을 발휘하지 못하게 됐는가? 왜 케인즈經濟學의 時代는 지났으며 不確實性的의 時代, 그리고 단전의 時代가 왔다고 소리 높여 떠들고 있는가?

그 原因에는 여러가지가 있겠지만 그 中에도 두가지 커다란 原因이 있다고 볼 수 있겠다. 하나는 經濟活動의 확대에 따른 새 디멘전(dimension) 또는 變數의 등장이고, 또 하나는 國民經濟가 國家레벨에서 個人레벨로 移行하는데 따

른 不確定性的의 요소가 늘었기 때문이다.

周知하는 바와 같이 經濟活動에서건 自然現象에서건 활동의 度 또는 에너지 값이 늘어나면 항상 새로운 局面, 새로운 現象이 새롭게 나타나게 되어 있다. 예컨대 月給이 5萬원인 大學生(집에서 父母님들로부터 받는 돈)의 經濟生活은 밑바닥을 맴돌고 있으므로 그들이 먹는 점심이라야 겨우 짜장면이나 라면 또는 기껏해야 설렁탕이고, 그들이 마시는 술이라야 겨우 막걸리 또는 소주이다. 그러나 그들이 卒業을 하고 會社에 취직하여 어느덧 中堅幹部가 되어 50萬원의 月給을 받게되면 그들의 점심은 공복을 채운다는 단순한 요망외에 「體面」이라던가 「맛」이란 요소가 加味된다. 5萬원 時代에는 생각지도 못했던 새로운 變數가 점심이나 술의 종류를 고를 때 영향을 미치게 되는 것이다.

한 걸음 더 나아가 月給이 500만원이 되는 大財閥의 社長이 되면 저녁술을 마실 때 「體面」이나 「맛」외에 「文化的 香氣」라든가 「취미의 高尚度」를 나타내는 새로운 요소, 새로운 變數가 추가된다. 따라서 그들이 알코올變數로 보면 국산 위스키나 브랜드와 하나도 다를 바 없는 「시바스 리갈」이나 「나폴레옹 고약」을 왜 찾는지 밑바닥 人生의 立場에서는 전혀 이해가 가지 않는다. 또 꼭 같이 정확한 時刻를 알려주는 데도 한개에 1천만원이나 3천만원씩이나 하는 「필립 파텍」이나 「피아제」란 이름의 時計가 그들 社會에서 왜 날개 돋히듯 팔리는지 일반사람의 經濟常識으로서 이해가 잘 안간다.

케인즈理論의 終焉

꼭 같은 현상이 현재 經濟界에도 나타나고 있다. 예컨대 世界를 휩쓴 이른바 石油波動이 그것이다. 所謂 需給論, 예컨대 需給·供給·金融이란 團式만으로는 석유파동의 경제변동은 전연 예측할 수가 없다. 需要D(Demand)와 供給S(Supply)라는 두 變數만을 쓰는 在來의 經濟理論으로는 석유파동의 설명은 물론이거니와 스태그플레이션도 설명이 불가능하다. 사실 景氣가 부진해지면 물가가 내려가는 것이 과거의 經濟團式이었다. 그런데 그렇지가 않고 經濟는 계속 不況을 계속하면서 물가는 예측하는 것과는 달리 치솟아 올라만 간다. 무엇인가 새로운 變數가 작용하고 있었던 것이다. 예컨대 「價値觀」 「삶의 보람」 「資源」 「環境」 등등의 새로운 변수가 經濟理論을 좌우하기에 이르른 것이다. 數學的으로 말하면 需要D와 供給S라는 두 獨立變數로만 形成되었던 2次元의 經濟理論이 그 한계에 도달하여 이제 D와 S 외에 「價値觀」 「삶의 보람」 「資源」 「環境」 등등의 새로운 변수를 수반하는 5次元, 6次元 등등 高次元의 經濟學으로 탈바꿈하게 된 것이다. 이런 高次元의 空間을 수학에서는 「힐버트(Hilbert)空間」이라 하는데, 이제 世界經濟는 단순한 2次元時代(케인즈理論)를 지나 高次元時代로 탈바꿈하게 된 것이다.

사실 지금까지의 經濟學에서는 技術革新·生産性向上·勞動力의 多少 등이 供給(生産·製造·販賣)을 결정하는 主要 因子로 言及되었고, 또 需要面에서는 家計消費(個人消費), 設備投資, 公共財政融資, 輸出, 住宅需要 등등이 그 主要 因子로서 인식되어 왔었다.

지금까지의 經濟學에서는 需要와 供給이라는 두 변수를 어떻게 하면 平衡을 맞게 하는가, 즉 需給의 均衡點을 찾는 것이 그 기본이었다.

그래서 케인즈理論의 基本公式은 供給過剩으로 생기는 需要減退의 결과 생기는 景氣後退를 人爲的으로 조정하기 위해 需要라는 項目속에 「政府에 의한 마케트」를 추가한데 있다. 個人消費는 개인의 자유의사에 의해 결정되므로 예측

도 할 수 없고 콘트롤도 할 수 없는데 반해서, 政府에 의한 마케트는 콘트롤이 100% 든고 豫測도 100%가 가능하다는 것이었다. 이렇게 需要項에 政府에 의해 完全콘트롤이 가능한 有效 需要項을 추가함으로써 需要·供給의 2次元시스템을 操作可能한 시스템으로 만들었던 것이다. 그래서 케인즈理論은 과거 20~30년 동안 가장 획기적인 理論으로서 그 실력을 발휘했던 것이다.

그러나 이제 世界經濟의 규모가 커지고 그에 따라 需要와 供給이라는 두 變數만으로는 콘트롤이 불가능한 수준에까지 다다르게 되자 경제활동은 新局面을 맞이하게 된 것이다.

그리고 또 케인즈理論에 의하면 100% 예측이 가능하고, 100% 콘트롤이 가능했던 公共投資의 效力이 점차 그 영향력을 감퇴시켜 왔던 것이다.

不確定性的의 登場

그것은 世界經濟가 이제 國家콘트롤이 가능했던 경제수준에서 國家콘트롤이 듣지 않는 個人經濟의 활동비율이 커지는 경제수준으로 성장하였기 때문이다.

예컨대 현재 先進國에서는 國家全體에서의 돈의 흐름中 個人소비·가계소비의 部分의 율이 공공시설투자나 기업수준의 소비보다 커지고 있다. 그리하여 미국의 경우 國家經濟속에서의 個人소비·가계소비의 비율은 70%, 일본의 경우는 61%나 된다 한다. 따라서 미국의 경우 케인즈理論에 따른 有效 需要를 늘리더라도 그것은 오직 30%에만 영향을 미칠뿐 나머지 70%인 個人소비·가계소비에는 전연 영향을 미칠 수 없다는 것이다.

앞서도 말한 바와 같이 個人消費는 국가의 콘트롤에서 벗어나 있어 來日의 日氣만큼이나 變動無雙하다. 그래서 전연 예측이 불가능하다. 다시 말해 個人的 경제활동이나 소비활동은 原子나 分子의 행동과도 같아 不確定度가 매우 크다는 것이다. 따라서 이제 經濟學에도 原子나 分子世界에서만 성립했던 하이젠베르크의 不確

定性 原理가 導入되지 않을 수 없게 된 것이다.

波動現象으로 壁의 原子의 틈새를 통해 새어나가는 볼

科學의 世界에서는 뉴튼力學이 빠대가 되어 있는 19세기말까지의 物理學을 古典物理學, 그 이후 20세기에 들어와 새로 발진된 原子物理學 分野를 量子物理 또는 現代物理라 한다.

이 두 물리학의 주요 차이점은 古典物理學에서는 『같은 原因이 있으면 같은 結果가 確定的으로 이루어진다』라고 단언을 내리는데 반해 量子物理에서는 『그 結果가 어떻게 되는지는 확실치 않다』라는 매우 회의적인 태도를 취한데 있다.

예컨대 『볼이 壁에 부딪치면 되 튕겨나온다』라고 뉴튼의 古典物理學은 단언을 서슴치 않는다. 그러나 하이젠베르크派의 量子論에 의하면 『되 튕겨 나오는 確率이다』라는 것이다. 『되 튕겨 나오지 않고 壁을 빠져나가 저쪽으로 새어나가는 確率도 0은 아니다』라는 것이다. 그런 엉터리같은 이야기와 어데 있느냐고 할지 모르지만, 그렇게 엉터리라고 생각하는 자체가 벌써 뉴튼式의 古典物理學의 思想이었던 것이다.

사실 볼은 여러 原子로부터 되어 있다. 그래서 현미경으로 확대해서 보면 이 볼은 點狀의 原子로 되어 있고, 그 原子와 原子사이에는 틈새가 수없이 많이 있게 된다.

壁도 마찬가지로 原子이다. 初高性能의 현미경으로 확대해 본다면 壁도 粒子의 집합체로서 原子와 原子사이에는 빈틈이 많이 있다.

그러나 볼을 形成하고 있는 粒子의 집단이 壁을 구성하고 있는 原子들의 틈새사이를 슬쩍 빠져나가기만 한다면 볼은 壁을 뚫고 저쪽으로 갈 수도 있다. 그러면서도 壁에는 아무런 구멍도 남기지 않은 채 말이다. 이것이 하이젠베르크式의 생각인 것이다. 전문적인 술어를 쓰면 볼은 그 파동의 성격으로 인해 壁의 原子틈새사이를 새어나간다는 것이다.

물론 이 확률은 매우 작다. 어느 한 사람이 일생 볼을 壁에 부딪혀보았댜자 볼이 빠져나갈

수는 없겠지만 子孫代代 몇代 몇億代를 두고 實驗해 보면 언젠가는 우연하게 빠져나갈 수도 있다는 것이다.

觀測自體가 대상에 영향을 미치는 原子世界

또 뉴튼物理學의 특징의 하나는 관측이 대상에 아무런 영향도 미치지 않는다는 命題도 있다. 즉, 뉴튼을 위시해서 옛날 물리학자들은 관측과 무한한 자연대상이 존재하고 있다고 믿고 있었다. 예컨대 이 방안의 책상은 그것을 우리들이 보건말건 관계없이 그 자체만으로 존재하며, 또 우리들 한 사람 한 사람이 그 책상을 보았다고 해서 그 책상의 위치나 운동량 또는 모양이 바뀐다고는 생각조차 하지 않는다.

그러나 정말 그럴까? 확실히 책상 같으면 우리가 그것을 보건(관측하건) 말건 별 변화가 없겠지만 인간과 인간의 여러 접촉에서는 관측이 상대방에 큰 영향을 줄 때가 많다. 예컨대 짝사랑만 했던 상대가 어느날 여러분을 보고 방긋 웃는다면 여러분의 가슴은 터질 것만 같이 떨지도 모른다. 또 선보려 간 두 사람은 눈이 마주칠 때마다 당황해진다. 명백히 관측이 대상에 영향을 끼치는 것이다. 그래서 외국에서는 여론 조사 할 때 너무 예쁜 아가씨를 조사원으로 내보내지 않는다 한다. 가령 어느 미인 조사원이 한주일에 몇 번 목욕을 하는가, 몇 번 이를 닦는가 하는 통계조사를 묻는다면 그 답은 지나치게 높은 율로 나타날 것이 틀림없다. 그것은 사람의 심리작용이 포함되어 있으니 그렇겠지 해서는 안된다. 가령 여러분이 벼룩의 체온을 잴려면 어찌 될까. 거리에서 파는 체온계를 벼룩에 갖다 댈다면 온도계는 아무런 변화를 일으키지 않고 오히려 벼룩의 체온이 온도계의 온도와 같아지게 될 것이다. 극단의 예로서 소금과 얼음을 섞은 寒劑에 담갔던 온도계를 벼룩의 체온을 재려고 벼룩의 몸에 갖다 접촉시킨다면 벼룩은 얼어 죽을 것이다. 반대로 펄펄 끓는 물에 담갔던 온도계를 벼룩에 접촉시킨다면 벼룩은 고온에 타 죽을 것이다.

물론 이것은 지나친 예일지는 모르나 대상이 일상 생활 세계가 아니고 원자나 분자나 하는 미소한 세계라면 이러한 일은 충분히 있을 만하다. 물론 과학적으로 미리 온도계의 질량, 현재온도 등을 정밀히 재어 둔다면 계산에 의하여 베틀과 접촉할 때 어떤 변화가 일어날 것인가를 예측할 수 있고, 이 예측에 의하여 베틀의 본래의 체온을 잴 수 있지 않느냐 할지도 모른다. 그럴 듯하다. 사실 베틀 같으면 어느 정도 이것은 가능하다. 그것은 베틀이 아무리 작다 해야 mm 정도의 크기이기 때문이다. 그러나 분자나 원자처럼 작은 대상이 되면 이런 예측은 전연 불가능하게 된다. 다른 말로 말하면 원자나 분자와 같은 대상은 관측의 영향을 특특히 받으며, 관측의 결과 어떻게 되리란 것은 미리 예측할 수는 없다는 것이다. 물리학자가 원자세계와 같은 미소관계에 관해 연구한 결과에 의하면 관측과 독립한 대상은 있을 수 없다는 것이다. 즉, 관측과 무관한 대상은 있을 수 없으며 대상은 반드시 관측의 결과로서 미리 예견할 수는 없는 擾亂을 받게 된다는 것이다. 이 요란에 관해서는 어떤 한계가 있는데 물리학자들은 그것을

$$\Delta q \Delta p \geq h$$

라 표시하고, 이 수식의 내용을 不確定性原理라 부른다. 단 위의 식에서 h 는 Planck 상수라 불리는 상수로서 그 값은

$$h=6.625 \times 10^{-27} \text{erg} \cdot \text{sec}$$

라는 매우 작은 값을 갖는다.

不確定性原理가 앞으로의 經濟·社會 開發의 指針

이 不確定性原理가 이제 경제세계에 등장해야만 된다는 것이다. 개인소비의 비율이 높아 지는데 따라 國家全體의 경제는 개인의 消費行動이 중심이 된다. 그 개인의 행동은 전혀 예측할 수가 없을 뿐만 아니라 관측에 대해서 예민해지기도 한다. 단, 관측이란 國家施策 이라든가 여론 조사 따위를 말한다.

특히 自由民主主義體制下에서는 그렇다. 自由民主主義下의 경제활동에서는 量子物理나 原子分子世界에서와 같이 개인 수준(原子水準)의 自由가 완전히 인정되어 있으므로 하이젠 베르크의 不確定性原理가 성립한다는 것이다. 따라서 이러한 體制下에서는 經濟나 社會現象에 대해 「確定性」 또는 「斷定的」인 결론을 내릴 수 없고 다만 확률이 크든가, 그렇게 될 확률이 0이 아니라는가라는 표현이 알맞게 되는 것이다.

社會主義的 全體主義의 경우라면 社會를 개인의 集合體라고는 보지 않고, 社會全體는 剛體, 團體라 보기 때문에 행동의 예측은 古典物理學에서와 같이 확정적이다.

그래서 요즘의 自由主義國에서 처럼 경제예측이 잘 맞지 않는 이유는 科學이 뉴튼의 古典力學, 古典物理學에서 하이젠베르크의 量子物理로 탈바꿈했듯이 社會속의 「個人」이라는 原子的 需要의 영향력이 커졌기 때문이다.

그래서 바야흐로 世上은 不確定性的의 時代가 되어가고 있고, 個人의 경제활동이 차지하는 비율이 커져가는데 따라 經濟나 社會現象에는 더욱더 많은 不確定性的의 요소가 늘어가게 된다. 그뿐만 아니라 경제활동이라는 社會學的에너지가 높아지는데 따라 옛날에는 모습을 들어내지 않았던 여러 새 변수, 예컨대 價値觀·環境(公害 등)·資源 등등이 모습을 나타내 그 하나 하나가 經濟的 또는 社會的 現象에 커다란 영향을 미치고 있다.

그리고 또 이러한 不確定的의 요소가 있으므로 해서 새로운 商品, 새로운 비지니스, 새로운 건설에의 도전도 가능한 것이다. 만약 뉴튼力學에서 처럼 이 世上이 미리 확정적으로 그 結果나 未來가 정해져 있다면 이 世上은 너무도 단조롭고 변화도 없어 살맛이 없을 것이다.

개인의 수준에서의 自由로운 행동과 의사와 욕구가 있음으로써 需要는 流動하고 새로운 것이 튀어나오는 것이다. 따라서 앞으로의 世界에서의 商品開發이나 비지니스 또는 福祉社會建設, 先進祖國의 창조 등등에는 항상 不確定性原理를 명백히 인식하고 그 기초위에 세움으로써 비로소 가능해질 것이다.

科學技術處 선정 核心據點기술

科學技術處는 핵심거점 기술로 9개분야 100개전략 부문에서 모두 635개 기술을 도출한 바 있다. 本誌는 지난호(제16권 4호)에 이어 「에너지·자원이용」 분야와 「건설·환경·플랜트엔지니어링」 등 나머지 2개분야의 핵심거점 기술을 소개한다.

에너지·資源이용

◇ 에너지 절약·합리적 이용 기술

▲열다소비기기의 효율향상 ▲주거용 연탄 연소시스템개발 ▲건물에너지 절약기술 ▲폐열회수이용기술 ▲전기에너지 효율적 이용기술 ▲폐자원의 에너지화 기술

◇ 핵연료 기술

▲가공기술 ▲사용연료 처리및 재활용 기술 ▲설계및관리기술 ▲실증실험 ▲핵연료및 재료물질개발 ▲조사후 시험 ▲조사, 시험시설 설계기술

◇ 자원활용 극대화 기술

▲부가가치 향상기술 ▲전력자원 제련기술 ▲해외자원 개발기술 ▲사장자원 활용 ▲산업부산물 활용기술

◇ 대체에너지 이용기술

▲석탄이용기술 ▲가스이용기술 ▲태양에너지 이용기술 ▲소수력 이용 확대기술 ▲농·임산자원의 에너지화

◇ 원자력안전성 확보

▲방사성 폐기물처리 처분기술 ▲안전성 분석평가및 검사기술 ▲환경오염 방지기술 ▲안전심사및 검사 ▲비상사고 대책 ▲안전기술 기준 ▲시험검사기술 ▲품질공인 검사체계기술 ▲부지선정 기준

◇ 효율적자원개발기술

▲기계화 채탄기술 ▲공해방지 및 광산환경 보존기술 ▲광산 심부개발기술 ▲광산재해예방및 작업환경 개선연구

◇ 정밀자원 탐사기술

▲대륙붕 석유탐사기술 ▲심부부존 전략자원 탐사기술 ▲항공탐사기술 ▲해저광물자원 탐사기술

◇ 해양환경조사·보존

▲적조및 오염 모니터링 개발 ▲Remote Sensing 이용 기술 ▲Buoy System이용기술

◇ 해양생물 자원개발·이용 기술

▲자원배양 및 어장조성기술 ▲어구 및 어법기술 ▲해양생물자원 가공기술 ▲해양목장시스템기술 ▲미, 저이용 자원개발기술

◇ 심해저자원개발

▲망간단괴 제련기술 ▲심해저자원 채광기술 ▲심해저자원 탐사기술

建設·환경·플랜트 엔지니어링

◇ Plant Engineering기술 국산화

▲주요 기자재의 구매및 조달관리를 위한 기술 ▲대형 플랜트의 설계기술 국산화 ▲기술자료, 계약및 공사진도관리를 위한기술 ▲일정계획, 공사비적산 및 원가관리를 위한 기술 ▲운영유지 보수 및 자원관리를 위한기술 ▲화학공정의 전산화기술 ▲표준단위 조작기기의 전산기이용 설계기술

◇ 수질종합관리기술

▲상·하수처리 기기및 재료 국산화 ▲폐수관리 기술개발 ▲특정오염 물질제거 ▲공업단지 수질관리 종합연구 ▲에너지절약형처

리기술 ▲Monitoring ▲용수절감 및 폐수재이용 ▲분뇨처리및 재활용기술 ▲슬러지관리 ▲수질 Modeling 기초연구 ▲농어촌환경개선 ▲유해물질관리

◇ 신공법·건설자재 기술개발

▲에너지절약형 기자재개발 ▲Prefabrication공법 ▲건설장비의 자동화및 다용도형장비 ▲터널신공법 ▲수중공법 ▲기초지반처리 공법

◇ 건설설계기술 전산화

▲원자력발전소의 토목, 건축, 시설 내진설계 ▲설계전문가및 건설 Project 실적의 Data Base 구축 ▲교통시설및 토목설계 ▲설계도면, 시방서작성자동화 ▲해양구조물 설계 ▲초고층및특수구조물의 설계 ▲특수장대교설계

◇ 시공관리 기술향상

▲건설자동차를 위한 표준공정 Data Base 구축 ▲해외시장의 자재장비가격의 정보시스템화 ▲건설, 원가관리업무의 전산화 ▲일정, 노무관리 업무의 전산화 ▲자재, 장비관리업무의 전산화

◇ 대기오염·소음관리기술

▲대도시권 대기오염절감 ▲모니터링기술 ▲특정대기오염물 제거기술 ▲작업장의 환경개선 ▲대기질 Modeling 기초연구 ▲공업단지 대기관리 종합연구 ▲차음 시설개발

◇ 고품 폐기물처리·에너지회수기술

▲폐기물의 재생개발연구 ▲고형폐기물 수거체계 ▲유해폐기물의 관리 ▲물질, 에너지회수형 Total System ▲처리 Pilot Plant ▲처리 Prototype설계

◇ 주택산업

▲표준모듈에 의한 설계기술 ▲주택양산화기술 ▲주택단지 시공 건설기술 ▲주택저렴화방안을 위한 자재개발