

# 繼起的 數理計劃과 產業動學

安 忠 榮

繼起的 數理計劃은 행태적 요소를 고려하면서 국부적이고 근사적이며 계기적으로 연계화된 準最適化의 續發的 體系의 경제동학모형이다. 데이와 그의 동료들에 의하여 정형화된 RP는 철강, 석탄, 석유경제, 농업 및 지역계획에서 기술변화와 성장 및 쇠퇴를 묘사하고 분석하는 데 널리 활용되어 왔다. RP는 適應經濟學의 한 이론모형으로 스페티형의 不均衡經濟動學의 파라다임 속에서도 그 특성을 찾아볼 수 있다. 희소한 資源과 代替性이 있는 技術體系 아래서는 고전학파의 제한된 합리성으로 설명될 수 없는 總體的 不均衡體系가 항상 존재할 수 있다. 특히 기술진보가 급격하고 다양하게 일어나는 尖端技術社會의 產業成衰는 '창조적 지성'을 통한 이론만으로 설명될 수 있는 소지가 더욱 확대되고 있다. 급격한 산업변화를 경험하고 있으며 산업조정이 필요한 우리의 경우는 더욱 그러하다.

## 1. 序 言

본고에서 논의하는 繼起的 數理計劃(RP: recursive programming)<sup>(1)</sup>은 행태적 요소를 고려하면서 局部的이고 近似的이며 繼起的으로 연계화된 準最適化(suboptimization)의 續發的 體系로서 하나의 경제동학(economic dynamics) 모형이다. RP는 일단의 제약조건 아래서 계기적으로 목적함수를 최적화하여 가는 동학체계의 틀 속에서 정의하고 구조적 변화가 부단히 일어나고 있는 산업변화를 계량화하는 모형으로 데이와 그의 동료들에 의하여 제시되었다 [Day(1963a, 1963b, 1967, 1975, 1982, 1986), Day and Kennedy(1975), Day and Nelson(1973), Day and Singh(1977), Day and Shaffer(1985)]. 한편 RP의 이론과 모형은 철강, 농업, 석유경제, 석탄산업들의 기술변화와 成長 및 衰退를 묘사하고 분석하는 데 널리 활용되어 왔다 [(Tsao and Day(1971), Singh(1972), Abe(1973), Nelson(1973), Ahn and Singh(1978), Singh and Ahn(1978)].

본고의 기본적 목적은 適應經濟學(adaptive economics)<sup>(2)</sup>의 하나의 이론모형으로서 RP를

(1) recursive programming을 저자는 繼起的 數理計劃法으로 번역하였다. '繼起的'이라는 어휘는 動學的(dynamic)이라는 의미에 逐次的(step by step)이라는 뜻이 내포되어 있다고 볼 수 있다.

(2) 適應型 行動(adaptive behavior)은 경제상황의 변화에 반응을 (효율적이든 비효율적이든 상관 없이) 나타내는 行態를 말한다. 현재의 경제행동이 앞으로 예상되는 경제여건에 기초를 두고

소개하고 스펙터형의 不均衡經濟動學(disequilibrium economic dynamics) 파라다임 속에서 그 특성을 보는 데 있다. 그리고 產業變動이 급격하게 일어나고 있는 신흥공업국에서 한산업의 성장과 衰殘의 역사를 설명할 때 본모형의 유용성을 제시하는 데 있다.

## 2. 繼起的 數理計劃體系的 構成要素

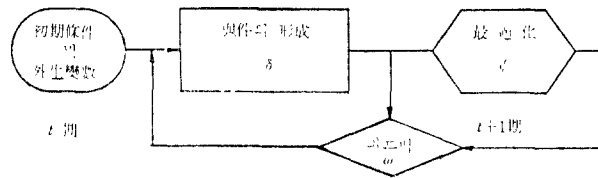
테이에 의하여 제시된 RP는 하나의 경제활동주체(예컨대 기업과 가계)가 시간의 흐름과 함께 意思決定環境이 변화되어 갈 때 환경변화에 시시각각으로 적응하여 가는 사실에 착안하고 있다.

경제주체가 동태적 의사결정을 하여 갈 때 最適化의 原理(optimization principle) 속에 완전히 포함할 수 없는 요인들을 繼起的 피드백(recursive feedback)을 통하여 각 시점에서 일어나는 의사결정을 連繫化시켜 나간다. RP는 의사결정의 전기간을 일관된 準則에 따라 최적화하여 가는 일관적 동태모형, 예컨대 動態計劃(dynamic programming)과는 구별된다. 경제여건의 변화에 따르는 적응의 새로운 행동준칙을 RP는 피드백을 통하여 부단히 의사결정과정에 반영한다.

경제주체들의 의사결정을 위에서 서술한 맥락에서 파악할 때 RP는 사실상 不均衡體系이거나 단기적이며 잠정적 균형의 시각에서 경제행동이 실제로 어떻게 작동되고 있는가를 설명하는 모형이다. 따라서 명시적 最適化의 準則과 함께 適應行動原理(adaptive behavioral principle)를 반드시 내포하고 있다.

〈그림 1〉에서 나타난 바와 같이 RP를 수학적 관점에서 설명하면 最適化操作子(optimizing operator), 與件形成操作子(data operator), 피드백 操作子(feedback operator)로 구성되어 있다.

최적화조작자는 경제주체가 추구하는 목적함수와 그것이 직면하는 제약조건들이 상호 어



〈그림 1〉 繼起的 數理計劃의 시스템 圖解

일어나며 앞으로 예상되는 경제여건은 현재 및 과거의 정보에 의하여 결정될 때 미래를 준비하는 경제행동도 적응형 행동이라고 볼 수 있다.

떻게 연관되어 있는가를 설명하여 준다. 여건형성조작자는 목적함수에 포함될 與件(data)들이 현재의 의사결정체계에 어떻게 연계되어 있는가를 설명한다. 한편 피드백 조작자는 前期의 의사결정체계가 現期の 의사결정에 어떻게 연계되고 있는가를 나타내고 있다. 따라서 초기상태가 주어지면 여건형성조작자에 의하여 데이터가 형성되고 最適化問題가 정식화되며 차기의 最適化가 피드백을 통하여 이루어진다. 이러한 형태로 나타난 최적화의 시계열체계 속에서 今期の 최적화 파라미터는 과거의 最適化 파라미터와 最適解에 영향을 받게 된다.

數理計劃法(mathematical programming)의 모든 형태에서 볼 수 있듯이 정태적 관점에서 평가한 계기적 수리계획법은 의사결정의 기준인 目的函數, 각 활동의 투입—산출구조를 나타내는 技術 메트릭스, 그리고 右側變數(right hand side variables)의 3요소로서 구성되어 있다. 주어진 시점에서 수리계획으로 나타난 정학적 체계가 장기에 걸친 計劃視野(planning horizon)에서 동태화되어 갈 때, 계기적 수리계획법은 매 시점에 나타나는 靜學模型 안의 매개변수들과 前期의 매개변수들 사이에 逐次的 聯關關係가 성립하는 續發的 最適化體系(sequential optimizing system)로 정의할 수 있다. 동태분석방법으로서 繼起的 數理計劃法은 데이에 의하여 그 논리적 완성을 본 후, 지역개발, 철강업, 석탄업, 原綿業, 석유정제업 등의 성장과 최간의 역사를 실증적으로 再生<sup>(3)</sup>하여 개발에 동원되었던 각종 정책수단들의 효과를 분석할 수 있음은 물론, 미래에 대한 성장의 방향을 예측하는 데 많이 사용되고 있다. 계기적 수리계획체계의 골격은 다음과 같은 차례로 설명될 수 있다.

數理計劃의 基本模型은 주어진 시점에서 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$(2.1) \quad \pi_t^* = \max_{X_t} \pi[C_t, X_t],$$

$$(2.2) \quad \text{s.t. } F[A_t, X_t] \leq B_t,$$

$$(2.3) \quad X_t \geq 0.$$

$X_t (= [X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}])$  : 行벡터로서  $t$ 기의 의사결정변수 혹은 활동수

준으로 모형의 내생변수

$\pi_t^*$  :  $t$ 기에 있어서 최적화된 목적함수의 값

$\pi$  : 목적함수 혹은 payoff함수

$C_t (= [C_{1t}, C_{2t}, \dots, C_{nt}])$  : 行벡터로서 목적함수  $\pi$  내의 각 활동수준의 계

수인  $n$ 개의 모개변수로서 각 활동의 payoff를 표시하며 주로 시장에

(3) 실증적 분석은 규범적 분석(normative analysis)과 구별된다. 數理計劃法의 규범적 측면은 繼起的 數理計劃法에서는 行態主義的 定式化에 의하여 극복되고 있다. 따라서 본질적으로 계기적 수리계획법은 행동주의적 접근법이며, 따라서 규범성은 강조하는 동태계획법과는 상이하다.

서 투입물과 산출물의 기술로 표시

$F$ : 投入—產出構造를 나타내는 가격 매트릭스합수

$$A_t \left( = \begin{pmatrix} a_{1jt} \\ a_{2jt} \\ \vdots \\ a_{mjt} \end{pmatrix} \right) : m\text{개의 技術 行벡타로 구성된 技術 매트릭스}$$

$B_t (= [b_{1t}, b_{2t}, \dots, b_{mt}])$ 는 단일 列벡타로서 자본, 노동, 토지 등의 고정

및 準固定設備와 가변생산요소 등  $t$ 기에 존재하는 자원의 가용량.

위의 식 (2.1), (2.2), (2.3)은 수리계획의 基本問題이므로 이들 체계를 雙對問題(dual problem)로 표시할 수 있다. 상대문제의 의사결정변수들을 行벡타  $Y = [Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{mt}]$ 라 표시하면 상대문제로 표시된 數理計劃은 다음과 같다.

$$(2.4) \quad \rho_i^* = \min_{Y_i} \rho [B_i', Y_i],$$

$$(2.5) \quad \text{s.t. } F' [A_i', Y_i] \geq C_i',$$

$$(2.6) \quad Y_i \geq 0.$$

방정식 (2.4), (2.5)에서  $B_i'$ ,  $F'$ ,  $A_i'$ 는 基本問題의 行과 列이 倒置된 것을 나타낸다. 그리고 雙對問題의 해인  $Y_i^*$ 의 한 요소(element)로서  $y_{it}^* = \partial \pi_i^* / \partial b_{it}$ 의 관계가 성립하여 기본문제와 상대문제는 동일한 현상을 상이한 각도에서 파악한 것에 불과하며 상대문제의 해는 가용자원의 잠재가격(shadow price)이 되는 것이다. 基本問題의 경우와 마찬가지로 雙對問題의 解도 역시 매 계획기간의 의사결정환경에서 사전적으로 최적화된 수치이다.

만약 주어진 시점  $t$ 기에 있어서 이러한 수리계획의 모개변수들이  $(t-1)$ 기의 基本 및 雙對問題의 最適值에 영향을 받게 되면  $t$ 기의 모개변수들은 前期의 최적치들의 함수가 되는 것이다. 前期의 수리계획의 최적치들이 現期 수리계획의 모개변수에 영향을 미칠 때 상이한 두 시점상의 數理計劃問題는 피드백에 의하여 연계된다. 이러한 함수계수가 형성되면  $(t-i)$ 기까지의 흘리간 과거의 수리계획과  $t$ 기의 수리계획 사이에는 계기적 관계가 성립하게 된다.

前期에 이미 집행된 의사결정의 결과가 現期の 계획에 영향을 미친다는 논리가 繼起的 數理計劃法의 본질적 속성이다. 前期에 이미 취해진 경제행위의 결과가 現期の 의사결정에 미치는 논리는 마샬의 준지대이론, 쿠루노의 복점이론, 그리고 에지켈의 거미집理論에서도 그 고전적 유형을 찾아 볼 수 있다. 前期와 現期 두 시점 사이의 수리계획법이 피드백함수에 의한 이러한 연결은 레온티에프의 動學世界에도 잘 나타나고 있다.<sup>(4)</sup> 레온티에프의 성장모형은 다음의 두 가지 가정조건에 근거를 두고 있다. 첫째로 현재의 可用資源은 미래의

(4) 레온티에프의 경제성장론의 계기적 접근은 Leontief(1958) 참조.

富를 창조하는 집념에 의하여 저축 혹은 투자에 활용될 수도 있고 현재의 消費에서 얻을 수 있는 심리적 만족감의 충족에 사용될 수도 있다. 이 양자가 다뤄한다는 것은 한편에서는 經濟成長을 촉진시킬 수도 있으며 다른 일면에서는 경제성장을 둔화시킬 수도 있다. 둘째로 소비와 저축에 관한 의사결정은 주위환경의 각종 사정에 따라 좌우될 뿐만 아니라 近視眼的 合理性(myopic rationality)에 기초를 두고 있다. 따라서 레온티에프는 경제성장의 長期的 計劃視野 전반에 걸친 총체적 효율(global efficiency)을 추구하는 것이 현실적으로 불가능하다고 보았다. 따라서 경제계획을 수립함에 있어서 끊임없이 변동하는 주변환경의 정보를 입수하면서 短期에 적용하는 意思決定을 연동적으로 수립하여 갈 때는 적어도 短期에서의 局部的 效率(local efficiency)은 보장된다고 주장하였다. 이러한 사상은 미래의 기술조건에 대한 완전한 지식을 진계로 성장의 전체과정을 통해 最適時間經路를 추구하고서 總體的 效率를 추구하는 Optimum Control이론이나 黃金律(golden rule)과는 일연히 구별되는 것이다.

레온티에프는 長期的 計劃視野 전체에 걸친 단 한 번의 거대한 의사결정은 전체적 균형도 불가능케 하고 부분적 균형도 불가능케 한다고 하였다. 왜냐 하면 전 計劃視野에 걸쳐 완전한 事前知識을 갖는다는 것은 불가능하기 때문이다. 일정한 거리를 수평적으로 둔 채 뒤에서 주인을 쫓아가는 현명한 개(犬)의 질주방향은 事後的으로는 最適的인 것이 되지 못하였지만 始點에서 終點까지 주인을 모른다는 개의 입장에서서는 주어진 순간에 질주방향을 결정하고 또 다시 주인을 위치를 확인한 후 다시 질주방향을 설정하는 繼起的 彈道가 局部的 均衡을 가능케 한다는 이치와 같다. 계기적 피드백이 수리계획의 기본모형에 등장될 수 있는 것은 目的函數<sup>(5)</sup>, 제약함수의 技術 메트릭스, 그리고 右側變數이다. 이들 모두는 前期에 이루어진 의사결정의 基本最適值( $X_{t-1}^*$ ), 雙對最適值( $Y_{t-1}^*$ ), 모형 외부에서  $t$ 기에 주어지는 외생변수  $V_t$  등의 함수로 다음과 같이 표시된다.

$$(2.7) \quad C_t = G[X_{t-1}^*, Y_{t-1}^*, \dots, X_{t-s}^*, Y_{t-s}^*, V_t],$$

$$(2.8) \quad A_t = H[X_{t-1}^*, Y_{t-1}^*, \dots, X_{t-s}^*, Y_{t-s}^*, V_t],$$

$$(2.9) \quad B_t = L[X_{t-1}^*, Y_{t-1}^*, \dots, X_{t-s}^*, Y_{t-s}^*, V_t],$$

式 (2.7)~(2.9)까지는 시점  $t$ 의 數理計劃의 문제를  $s$ 기까지의 過去意思決定에 영향을 받는 繼起的 피드백 함수로써 연계하여 다음과 같은  $s$ 次的 繼起的 數理計劃體系를 완성시키게 된다.

(5) 목적함수에서 現期的 payoff 係數는 前期 산출량의 함수로 정립할 수 있다. 예를 들면 거미집이론에서 공급량과 前期 가격 파라메터 사이에 존재하는 逆函數關係를 규명하여 전개될 수 있다.

$$(2.10) \quad \pi_t^* = \max_{x_t} [G(X_{t-1}^*, Y_{t-1}^*, \dots, X_{t-s}^*, Y_{t-s}^*, V_t) X_t],$$

$$\text{s.t. } F[H(X_{t-1}^*, Y_{t-1}^*, \dots, X_{t-s}^*, Y_{t-s}^*, V_t), X_t] \\ \leq L[X_{t-1}^*, Y_{t-1}^*, \dots, X_{t-s}^*, Y_{t-s}^*, V_t], \\ X_t \geq 0.$$

현실적으로 繼起的 피드백의 본리는 기업이 보유하고 있는 자본의 貯量에서 쉽게 파악할 수 있다. 자본의 貯量은 시간이 흘러감에 따라 補填投資가 일어나지 않는다면 감가상각에 의하여 그 자본의 貯量은 계속 감소하게 될 것이다. 따라서 現期の 資本貯量은 前期의 貯量과 감가상각률에 의하여 정칙화될 수 있다. 한편 특정 자본재에 대한 설비의 擴張投資가 일어난다면 後期の 投資行動은 자본의 貯량을 증대시켜 다음 기의 可用資源量을 늘리주는 계기적 피드백이 성립하게 된다.

RP는 繼起的 피드백에 의하여 동태화되고 행태적 피드백에 의하여 실존하는 대로 현상을 파악하는 실증적 분석도구의 힘을 가지게 된다. 헨더슨(J.M. Henderson)과 테이에 의하여 행태적 피드백은 이론적 완성을 보았다.<sup>(6)</sup>

행태적 피드백은 伸縮性制約(flexibility constraints)과 適應 및 擴散制約(adjustment and adoption constraints)으로 나누어 고찰할 수 있다. 신축성제약이라 함은 주어진 시점에서 어떤 의사결정변수가 취할 수 있는 최적해의 범위(예컨대,  $t$ 기의 특정 상품의 실제생산량)는 ‘伸縮性範圍’ 안에서 결정된다는 이론으로 그 범위는 前期의 最適決定量(예컨대  $t-1$ 기의 특정 상품의 실제생산량)을 중심으로 어떤 상한점과 하한점 사이에 존재한다는 것이다. 이것을 수식으로 표시하면 다음과 같이 표현된다.

$$(2.11) \quad (1 - \beta) X_{i,t-1}^* < X_{i,t}^* < (1 + \hat{\beta}) X_{i,t-1}^*.$$

단,  $\beta > 0, \hat{\beta} > 0.$

위의 式에서  $\beta$ 와  $\hat{\beta}$ 는 신축성제약 下限 및 上限係數라고 칭한다.

式 (2.11)은 인간의 行態에는 관행에 집착하려는 습관성이나 위험부담을 감소하려는 조심스러운 태도 때문에 화학섬유의 수익성이 면직물제품보다 아무리 우수하더라도 일시에 면직물제품 생산을 포기하고 화학섬유로 전향하지 않는다는 기업의 행동을 그대로 반영한다고 볼 수 있다.<sup>(7)</sup>

(6) 行態의 피드백을 미국의 면화적부면적 시계열에 적용한 伸縮性概念은 Henderson(1959)에 의하여 정립되고 Day(1963)에 의하여 발전되었다.

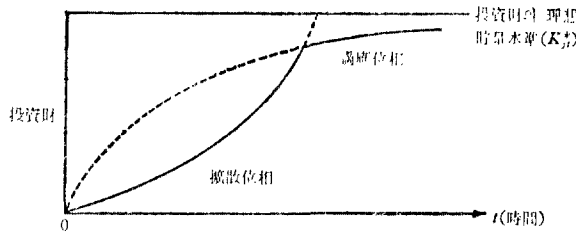
(7) 伸縮性制約을 신경하지 않을 경우, 만약 화학섬유의 수익성이 면직물보다 당해 연도에 높게 나타난 것으로 전망되면, 행태의 인간성 여부를 불문하고, 모든 生産體系가 화학섬유로 전환되는

투자에 대한 의사결정은 기업의 戰略計劃 수립에서 가장 중요한 부분일 것이다. 투자활동에 필요한 재원을 자본시장을 통한 外部調達에 의존하든 기업내부의 法人貯蓄에 의존하든, 기업과 산업의 성장과 쇠퇴에 가장 중요한 열쇠를 쥐고 있는 것이 투자활동이다.

投資의 크기가 결정되는 반경은 신속적 가속도원리에 기초를 두고 있는 적응제약과 함께 확산제약 등의 행태적 요인에 의하여 실명될 수 있다. 미래에 소요될 설비의 크기가 불확실하고, 현재의 기술체계보다 우수한 기술이 보급될 때 발생할 수 있는 위험성 때문에 기업은 단기적 투자의 기대이윤만을 근거로 設備와 施設을 확장하지 않는다. 따라서 적응제약은 어떤 資本財가 현재 시점에서 이상적이라고 평가되는 수준에 도달하기 위하여 기업이 투자하려는 최대의 수량으로서 매기별 투자수준에 대한 상한선을 설정하는 역할을 한다.

한편 擴散制約은 새로운 자본재를 기업의 생산활동에 설치하여 응용하는 데 소요되는 時間과 熟知의 과정 때문에 신규투자에 대한 일종의 저항이 존재한다는 논리에 근거를 두고 있다. 擴散制約은 주어진 자본재에 대한 투자는 前期의 자본량수준에 비례하는 형태로 정형화될 수 있다. 즉, 熟知의 과정은 생산활동을 통하여 일어나는 자본재와의 '접촉'을 통하여 달성되고 '자본재와의 접촉'의 기회는 결국 現存資本量에 의하여 결정된다는 발상이다.

擴散制約은 새로운 생산방법, 생산력을 증가시킬 수 있는 새로운 생산요소의 출현 등 新技術의 채택을 나타내는 투자로 하여금 <그림 2>에서처럼 궁극적으로 S字型的 시간경로를 밝게 만든다.



<그림 2> 投資財의 擴散經路

S자형의 시간경로는 式 (2.12)로 표시할 수 있다.

$$(2.12) \quad I_{jt} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} \gamma K_{j,t-1} \\ \alpha (K_{j,t}^* - K_{j,t-1}) \end{array} \right.$$

最適解로 나타낼 수 있다. 그러나 이러한 all or nothing의 解로써 短期的 適應을 하는 인간의 행동은 사실상 그렇게 흔하지 않다. 따라서 伸縮性制約은 차의적 성격이 어느 정도 있긴 하지만 현실세계의 경험을 설명하는 데 그 係數의 계량적 추정을 거쳐 유효하게 활용될 수 있다.

$I_{jt}$  :  $t$ 년도의  $j$ 번째 투자재의 投資量

$K_{jt}^*$  :  $t$ 년도에 있어서 자본저량의 이상적 수준

$K_{jt,t-1}$  :  $t-1$ 년도에 있어서 자본저량의 실제수준

$\gamma, \alpha$  : 확산 및 적응계수

〈그림 2〉에서 나타난 바와 같이 신투자재의 확산경로는 擴散位相(adooption phase)과 適應位相(adjustment phase)의 합성으로 이루어진다. 즉, 新投資財의 貯量은 어떠한 이상적 수준인 永久貯量水準에 이르기까지는 新投資에 대한 정보수집과 인식의 과정 때문에 초기에 투자활동은 급속히 증대하여 〈그림 2〉의 擴散位相의 시간경로를 따른다. 그러나 新投資財의 貯량이 永久貯量 수준에 접근할수록 신투자자는 감소하며 〈그림 2〉의 適應位相을 벗어나고 이루어진다는 행태적 측면의 制約條件으로 모형 속에서는 행태적 피드백을 통하여 고려되는 것이다. 이러한 실례를 우리는 成長産業의 投資 配分에서 흔히 찾아볼 수 있다.

RP가 가지는 또 하나의 특징은 最適化基準의 구체적 설정이라 할 수 있다. 소비자에게는 효용의 극대화, 생산자에게는 이윤의 극대화가 最適化基準임을 경제이론에서는 명시하고 있다. 그러나 이러한 단일기준에서 행동하는 경우보다는 복수의 最適化基準을 설정하고 어떠한 우선순위에 임각하여 諸基準들을 차례로 만족시켜 가는 행동을 관찰할 수 있다. 예를 들어 생산과 소비의 주체를 동시에 겸하고 있는 prosumer로서 農家의 경우를 보자. 企業農이 아닌 prosumer로서 농가들은 행동목표의 우선순위를 다음과 같이 설정할 수 있을 것이다.

- (1) 自家消費用 糧穀의 확보
- (2) 현재의 현금소비와 미래의 소비를 비교하는 時間選好에 관한 걱정
- (3) 안전제일원칙에 임각한 위험의 배제
- (4) 단기의 現金收入의 극대화

이러한 多目的 行動準則들을 계기적 이제척범에서는 모두가 차례대로 고려되고 있다.<sup>(6)</sup> 자가소비를 위한 최소한의 식량자원의 확보는 각 작물의 환동수준이 반드시 어떠한 크기 이상이 되어야 한다는 것으로 右側變數에 제약을 가하고 현재소비와 미래소비에 대한 時間選好는 현금을 現期の 생산요소 구입에 활용하거나 저축으로 사용할 수 있도록 저축활동을 고려함으로써 가능하게 되는 것이다. 그리고 안전제일원칙에 따르는 위험의 배제는 伸縮性 制約이나 擴散制約에서처럼 現期の 의사결정은 관행으로부터 급격한 파행을 싫어하는 안전지역을 설정함으로써 고려되는 것이다. 마지막으로 短期現金收入의 극대화는 목적함수의

- (8) 多目標 目的函數의 우선순위 배열에 관한 이론은 Debreu(1959)에 의하여 정리되었다.



$C_i$  벡터 속에 포함되어 있다. 따라서 이상 네 가지의 最適化基準이 RP에서는 동시에 고려되는 것이다.

위에서 논의한 繼起的 피드백과 行態的 피드백의 연계로 동학화된 繼起的 數理計劃法은 초기조건에서  $t$ 기 수리계획의 解를 구하고 여기서 얻은  $t$ 기의 基本 및 雙對問題의 最適解와 새로운 외생변수들을 고려하여 피드백 함수를 결정한다. 여기서  $(t+1)$ 기의 모든 매개변수가 결정되므로  $(t+1)$ 기의 수리계획문제를 재작성할 수 있으며 따라서  $(t+1)$ 기의 最適解를 구할 수 있다. 이러한 방법으로 새로운 환경의 변수가 外生變數로서 수집되는 한 수리계획문제는 계속하여 정립될 수 있는 것이다. 지금까지의 繼起的 數理計劃法의 이론적 특성을 요약하면, (1) 의사결정은 이미 집행된 조치에 영향을 받고, (2) 의사결정은 성장이나 개발에 소요되는 진 과정의 최적화보다는 훨씬 짧은 計劃視野를 염두에 두며, (3) 行態的 피드백과 多目的 行動準則을 고려하고, (4) 매 계획시점마다 환경이나 여건의 변화를 반영하면서 의사결정의 문제를 재작성하여 가는 실증적이고 連動的 動學模型임을 알 수 있다.

### 3. RP의 不均衡動學과 課題

RP가 지니고 있는 중요한 장점은 모형 자체가 하나의 局面에서 다른 하나의 국면으로의 변화를 내생적으로 결정할 수 있다는 점이다. 즉, 모형 외부의 外生的 要因에 의해 局面이 변화되고 통제를 받는 것이 아니라 모형의 특성으로서 局面變化와 이동이 계기적으로 연결된 수리계획의 最適化函數에 의하여 스스로 일어날 수 있다는 점이다. 어느 주어진 시점에서 數理計劃의 解는 어떠한 제약조건이 그 '資源의 限界性'까지 사용되고 어느 제약조건이 사용되지 않는가를 결정하는 문제와, 어느 의사결정변수가 正의 값이나 零의 값을 지니게 될 것인가를 결정하는 문제이다. 주어진 일정기간 동안 이러한 해는 결국 일단의 定差方程式을 결정하고 이들 정차방정식은 새로운 시점에서 기본문제, 쌍대문제를 설정하고 양 문제의 解가 시간의 흐름에 따라 어떻게 변화되는가를 설명하여 준다.

RP모형을 통하여 외부의 충격이 없이도 기존의 생산질서가 무너지고 새로운 생산체제로 局面轉換(phase switching)이 內生的으로 일어날 수 있음을 보여 줄 수 있다 [Day and Cigno (1978), Benhabib and Day(1981)]. 천연연료와 에너지를 결합하여 상품을 생산하는 기존의 생산체제가 가용자원의 한계에 직면할 때 생산요소 가격체계의 변화와 함께 생산조직은 새로운 局面으로 전환되며 이에 수반하여 사회적 제도의 변화까지도 일어나게 된다. 다시

말하여 주어진 하나의 생산체제가 붕괴되고 새로운 생산체제가 등장하게 된다.

RP는 定常狀態(stationary state)가 경제활동에 존재함을 부인한다. 만약 정상상태가 존재한다 하더라도 그것은 어디까지나 국지적으로 안정적(locally stable)일 뿐이다. 따라서 경제적 불균형<sup>(9)</sup> 체제가 경제동학의 특징이며 이는 사실상 경제의 운행을 뒷받침하고 있는 속성인 것이다.

슈케터는 그의 經濟發展理論에서 경쟁적 균형이 파괴되는 과정과 그 원인에 초점을 맞추었다. 예컨대 기업가가 새로운 상품의 생산을 시도하거나 생산공정의 변화를 불러일으키고, 은행이 신용창조를 통하여 기업가에 대한 대출에 영향력을 행사하는 것 등에서 경쟁적 균형은 파괴된다. 테이는 슈케터의 불균형체계가 경제행동에 있어서 적응형 요인과 균형관계를 내포하고 있으며 만약 '企業家'가 존재하지 않는다면 적응형 요인과 균형은 安定的일 것이라는 것을 보여주고 있다 [Day(1986)]. 진자를 사이몬(Simon)은 제한된 합리성(bounded rationality)이라고 지칭하였다.

合理的 期待理論으로는 왜 경제가 그렇게 움직이고 있는가를 충분히 설명할 수 없다는 논리를 適應經濟理論은 깔고 있다. 적응경제행동은 경제의 어떤 주체나 조직이 통제할 수 있는 변수들의 일부분에 의하여 영향을 받으며 비교적 단순하고, 반복적이며 근사적 형태로 진행된다. RP모형에서 前期의 最適解에 영향을 받으면서 現期の 解가 신속적 반응영역 안에서 결정될 뿐만 아니라 그 영역 속에서는 局部的 合理性이 적용될수 있다는 것을 이미 설명하였다. 伸縮性係數로서 현재의 선택영역을 제시하고 있는 RP모형에서 適應型 經濟行動은 구체적으로 계량화되었다.

1933년 미국에서 일어난 전국적 금융공황의 사례에서 보듯이 경제운행에는 국부적 불균형은 물론 총체적 불균형도 경험적으로 언제든지 존재하여 왔다. 특히 技術體系의 변혁과 기업가의 역할에서 슈케터는 기존균형의 전면적 붕괴를 제시하였다. 실고전학파나 전통적 적응경제이론으로는 설명이 불가능한 경제운행을 보기도 한다. 아마도 創造的 知性으로 총체적 불균형을 설명하려는 노력이 앞으로 필요할 것이다.

#### 4. 結 言

우리는 희소한 資源과 代替性이 있는 技術體系 아래서는 고전학파의 제한된 합리성만으

(9) 競爭의 均衡은 경제주체별 最適化가 실현되며 경제주체 사이에 인관된 상호관계가 존재하는 상황이며 經濟的 不均衡은 이들 두 가지 요인중 어느 하나가 성립하지 않는 상황이라고 볼 수 있다.

로 설명할 수 없는 국부적 불균형과 때로는 총체적 불균형체계가 존재함을 서술하였고 이를 適應型 行態模型으로 설명하려는 것이 RP의 기본정신이었음을 설명하였다.

분권화된 시장조직 속에서 다양한 기술선택과 자원의 희소성이 있을 때 經濟的 不均衡은 예외적 현상이 아니라 常例化된 현상으로 나타나고 있다.

슈메터의 創造的 破壞(creative destruction)도 경제변동의 근본을 불균형의 동학세계에서 파악한 개념이다. Day(1991) 의하여 전개된 '經濟成長의 混沌과 進化理論'에서 사회간접 자본과 인구요인은 단순한 불균형에서 混沌(chaos)의 상황을 제기하고 있음을 보여주고 있다.

우리나라에서처럼 기존의 생산질서가 소멸되고 새로운 기술체계나 제도개혁을 통하여 산업변화가 일어나고 있으며 부단히 산업조정이 필요한 경험적 상황도 그리 흔하지 않을 것이다. 산업발전을 다양한 기술체계와 자원의 희소성 속에서 정립된 動學世界에서 조명하는 노력은 산업정책의 올바른 선택을 위해서도 반드시 필요하게 되었다.

미국에서 일본으로 일본에서 한국으로 이동된 철강산업의 效率移動에서도 산업변화의 불균형 측면을 우리는 세계적 차원에서도 간파할 수 있다. 특히 2000년대를 향한 尖端技術社會는 산업변화의 불균형의 연속을 그려 갈 것이다. 국지적 불균형이 아니라 총체적 불균형 상황까지도 포괄될 수 있는 產業動學理論의 개발이 현실적으로 필요한 시점에 이르고 있다. RP는 그러한 목적을 위하여 하나의 시도는 될 수 있을 것이다. 合理性의 公準 패러다임을 넘어서 더욱 안전한 산업동학이론과 응용을 위하여 우리는 '創造的 知性'을 동원할 시점에 이르고 있다.

中央大學校 經濟學科 教授  
156-756 서울 동작구 흑석동  
전화 : (02)810-2376  
팩시 : (02)812-9718

## 參 考 文 獻

- Abe, M.A. (1973): "Dynamic, Microeconomic Models of Production, Investment, and Technological Change of the U.S. and Japanese Iron and Steel Industries," in G. Judge and T. Takayama (eds.), *Studies in Economic Planning over Space and Time*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Ahn, C. Y. (1976): "A Dynamic Decomposition Model of Regional Economic Development: A Resursive Programming Approach," *Journal of Economic Development*, 1, 1, Chung-Ang

- University, Korea.
- Ahn, C. Y., and I.J. Singh(1978): "Comparative Dynamics and Policy Analysis: Agricultural Development in Southern Brazil to 1985," in R.H. Day(ed.), *Modelling Economic Change: The Recursive Programming Approach*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Benhabib, J., and R.H. Day (1981): "Rational Choice and Erratic Behavior," *Review of Economic Studies*, 48.
- Charnes, A., and W.W. Cooper(1959): "Constrained Programming," *Management Science*, 6, New York.
- Cigno, A.(1971): "Production and Investment Response to Changing Market Conditions, Technical Know-How, and Government Policies: A Vintage Model of the Agricultural Sector," *Review of Economic Studies*, 38.
- Cyert, H., and M. March(1969): *The Behavioral Theory of the Firm*, New York, Prentice Hall.
- Day, R.H.(1963a): *Recursive Programming and Production Response*, North-Holland Publishing Co.
- \_\_\_\_\_ (1963b): "On Aggregating Linear Programming Model of Production," *Journal of Farm Economics*, 45. 4.
- \_\_\_\_\_ (1967): "The Economics of Technological Change and the Demise of the Sharecropper," *The American Economic Review*, 57.
- \_\_\_\_\_ (1968): "A Note on the Dynamics of Cost Competition within an Industry," *Oxford Economic Papers*, 20.
- \_\_\_\_\_ (1969): "Flexible Utility and Myopic Expectations in Economic Growth," *Oxford Economic Papers*, 21.
- \_\_\_\_\_ (1974): "On System Dynamics," *Behavioral Science*, 19.
- \_\_\_\_\_ (1975): "Adaptive Processes and Economic Theory," in R.H. Day and T. Groves (eds.), *Adaptive Economic Models*, New York, Academic Press.
- \_\_\_\_\_ (1982): "Irregular Growth Cycles," *American Economic Review*, 72, June.
- \_\_\_\_\_ (1984): "Disequilibrium Economic Dynamics: A Post-Schumpeterian Contribution," *Journal of Economic Behavior and Organization*, 5.
- \_\_\_\_\_ (1986): "Disequilibrium Economic Dynamics: A Post-Schumpeterian." in R.H. Day and G. Eliasson(ed.), *The Dynamics of Market Economies*, North-Holland.
- \_\_\_\_\_ (1991): "Chaos and Evolution in Economic Growth," *Journal of Economic Development*, 16. 2.
- Day, R.H., and A. Cigno eds. (1978): *Modelling Economic Change: The Recursive Programming Approach*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Day, R.H., and G. Eliasson ed. (1986): *The Dynamics of Market Economies*, North Holland.
- Day, R.H., S. Horley, and K.R. Smith(1974): "Myopic Optimizing and Rule of Thumb in a Micro-Model of Industrial Growth," *American Economic Review*, 64.

- Day, R.H., and P.E. Kennedy (1970): "Recursive Decision Systems: An Existence Analysis," *Econometrica*, 38.
- \_\_\_\_\_ (1970): "On a Dynamic Location Model of Production," *Journal of Regional Science*, 10.
- Day, R.H., and J.R. Nelson (1973): "A Class of Dynamic Models for Describing and Projecting Industrial Development," *Journal of Econometrics*, 1.
- Day, R.H., and I.J. Singh (1977): *Economic Development as an Adaptive Process*, New York, Cambridge University Press.
- Day, R.H., and E.H. Tinney (1969): "Cycles, Phases and Growth in a Generalized Cobweb Theory," *Economic Journal*, 79.
- Day, R.H., and W. Shaffer (1985): "Keynesian Chaos," *Journal of Macroeconomics*, 7, 3.
- Debreu, G. (1959): *Theory of Value: An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*, Cowles Foundation, New York, John Wiley & Sons Inc.
- de Haen, H. (1971): *Dynamisches Regional Modell des Produktion Und Investition für die Landwirtschaft*, Hannover, Alfred Stroth Verlag.
- Fan, Yiu-Kwan, and R.H. Day (1978): "Economic Development and Migration," in R.H. Day and A. Cigno (eds.), *Modelling Economic Change: The Recursive Programming Approach*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Hayami, Yujiro, and V.W. Ruttan (1971): *Agricultural Development: An International Perspective*, The Johns Hopkins Press.
- Henderson, J.M. (1959): "The Utilization of Agricultural Land: The Theoretical and Empirical Inquiry," *The Review of Economics and Statistics*, 41.
- Hicks, J. (1948): *Value and Capital*, New York, Oxford University Press.
- Hopper, D.W. (1965): "Allocation Efficiency in Traditional Indian Agriculture," *Journal of Farm Economics*, 47.
- Heidhues, T. (1966): "A Recursive Programming Model Farm Growth in Northern Germany," *Journal of Farm Economics*, 48.
- Kingma, O.T. (1978): "A Recursive Stochastic Programming Model of Farm Growth," in R. H. Day and A. Cigno (eds.), *Modelling Economic Change: The Recursive Programming Approach*, Amsterdam, North Holland Publishing Co.
- Koopmans, T.C. (1951): *Activity Analysis of Production and Allocation*, New York, John Wiley & Sons Inc.
- Krishna, R. (1963): "Farm Supply Response in India-Pakistan: A Case Study of the Punjab Region," *The Economic Journal*, 73.
- Lasdon, L. (1970): *Optimization Theory for Large Systems*, New York, The Macmillan Co.
- Leontief, W.W. (1958): "Theoretical Note on Time-Preference, Productivity of Capital, Stagnation and Economic Growth," *American Economic Review*, 48.
- \_\_\_\_\_ (1966): "Delayed Adjustment of Supply and Partial Equilibrium," trans. by C. Tas-

- kier, in *Essays in Economic Theories and Theorizing*, London, Oxford Economic Press.
- \_\_\_\_\_ (1969): "Time Preference and Economic Growth: Reply," *American Economic Review*, 59.
- Lindsay, M.A. (1978): "A Simulation Model of the Development of Petroleum Refining Capacity," in R.H. Day and A. Cigno(eds.), *Modelling Economic Change: The Recursive Programming Approach*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Mudahar, M.S., and R.H. Day (1978): "A Generalized Cobweb Model for an Agricultural Sector," in R.H. Day and A. Cigno(eds.), *Modelling Economic Change: The Recursive Programming Approach*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Nelson, J.P. (1973): "An Interregional Recursive Programming Model of Production, Investment, and Technological Change," *Journal of Regional Science*, 11.
- Roy, A.D. (1952): "Safety First and the Holding of Assets," *Econometrica*, 20.
- Schultz, T.W. (1964): *Transforming Traditional Agriculture*, New Haven, Yale University Press
- Shackle, G.L.S. (1958): *Time in Economics*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Singh, I.J. (1972): "The Transformation of Traditional Agriculture: A Case Study of the Punjab, India," *American Journal of Agricultural Economics*, 58.
- Singh, I.J., and C. Y. Ahn (1978): "A Dynamic Multi-Commodity Model of the Agricultural Sector: A Regional Application in Brazil," *European Economic Review*, 11.
- Tabb, W..K (1967): "A Recursive Programming Model of Resource Allocation and Technological Change in the U.S. Bituminous Coal Industry," unpublished Ph.D. Dissertation, Madison, University of Wisconsin.
- Theil, H. (1967): *Economics and Information Theory*, Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- Tinney, E.H. (1967): "Analysis and Simulation of Dynamic Microeconomic Model," unpublished Ph.D. Dissertation, Madison, University of Wisconsin.
- Tsao, O.S., and R.H. Day (1971): "A Process Analysis Model of the U.S. Steel Industry," *Management Science*, 17.