

## 행정학·정책학 연구에 있어서 복잡성 이론과 행위자 기반 모형의 활용성에 관한 연구

김 유 심\* · 이 민 창\*\*

〈目 次〉

- I. 서언
- II. 복잡성 이론과 주요가정
- III. 복잡성 이론의 방법론적 모형으로써 행위자 기반 모형
- IV. 사회현상에의 적용을 위한 이론적·방법론적 합의
- V. 행정학·정책학 연구에의 활용성
- VI. 결어

〈요약〉

현재 사회과학의 이론적·방법론적 틀로서 복잡성 이론에 대한 논의는 관련 개념의 복잡함에서 기인하는 혼란의 해소와 개념의 조작적 정의를 가능하게 해주는 방법의 개발이라는 두 가지 과제를 안고 있다. 본 논문은 복잡성 이론의 발전에 기여해 온 제반 연구를 하나의 틀 안에서 설명함으로써 이러한 혼란의 해소에 기여하고, 복잡성 이론의 방법론적 모형인 행위자 기반 모형(Agent-Based Models)을 소개함으로써 방법론 개발에 일조하고자 한다. 또한 이를 통해 복잡성 이론과 행위자 기반 모형이 갖는 행정학·정책학 연구에 있어서의 합의 및 활용가능성을 살펴본다.

【주제어: 복잡성 이론, 행위자 기반 모형, 시뮬레이션】

### I. 서언

현실세계는 ‘복잡’하다. 그러한 현실을 설명·해석·예측·처방하고자 하는 사회

\* 오하이오 주립대학 행정대학원 박사 후 연구원, 제1저자(yushim.kim@gmail.com)

\*\* 조선대 행정복지학부 교수, 교신저자(savio@chosun.ac.kr)

과학은 다양한 가정과 접근방법을 통해 주요 변수들 간의 인과관계를 선형적으로 모형화 함으로써 단순화 해왔다. 이러한 시도는 사회현상이 발생하고 변화·발전하는데 직접적 영향을 미치는 환경의 변화와 이에 대한 행위자들의 적응행위 및 집합적 행동의 결과 등을 설명하는 데 큰 한계를 보인다. 본 논문은 최근 발전하고 있는 복잡성 이론과 그 방법론적 모형인 행위자 기반 모형의 소개를 통해 행정학·정책학 연구에 있어서 그 활용성을 살펴보고자 한다.

현실세계에서 발생하는 다양한 현상들이 이를 설명하려는 이론적 기반과 항상 일치하는 것은 아니다. 단순화된 가정에 근거한 분석과 처방에 입각한 정책이 의도했던 목표를 달성하지 못하고 전혀 의도하지 않은 결과를 양산하는 현상을 손쉽게 발견할 수 있다.<sup>1)</sup> 다음 세 가지 사례는 이러한 현상을 잘 보여준다.

"개구리가 끈적끈적한 혀를 개발해 파리를 잡는 능력을 향상시킨다면, 파리는 미끄러운 다리를 개발함으로써 이에 대응한다"(Bak, 1999: 123).

이스라엘의 몇몇 보육원시설은 학부모들이 마감시간을 지키지 않아 보육원교사들이 정규시간 이후에도 근무해야 하는 문제를 해결하기 위해 시범적으로 벌금을 부과하는 규정을 시행하였다. 이 규정의 영향 평가에 참여한 연구팀은 기존의 '억제가설'(Deterrence Hypothesis)에 따라 벌금의 도입이 규정 시간에 늦는 부모들의 행위에 영향을 미쳐 그 수를 감소시킬 것으로 예상했다. 그러나 실제로 제도가 도입되었을 때 규정시간에 늦는 학부모들의 수는 오히려 증가하였으며 심지어 이 제도를 철회하고 난 후에도 증가된 학부모의 수는 원상태로 줄어들지 않았음을 발견하였다(Gneezy & Rustichini, 2000: 1-17).

정유회사 셀(Shell)은 단편적으로 운영되던 기획시스템을 종결하기 위해 1967년 통합기획시스템(Unified Planning Machinery, UPM)을 도입하였다. UPM은 모든 관리자들이 따라야 할 업무절차와 최신의 재무예측 시스템을 포함하고 있었으며 매년 기업의 활동과 투자결정을 돋도록 설계되었다. UPM은 안정적 환경 하에서 미래의 활동과 투자결정을 돋는 데는 유용했으나 환경이 급변하여 미래에 대한 예측이 절실히 필요한 순간마다 예측에 실패하는 치명적 약점이 있었다. 예를 들어, UPM은 1970년대 오일가격의 급격한 상승과 1980년대 중반 오일 가격의 하락을 예측하는데 실패하였으

1) 비정규직 보호를 위한 정책이 오히려 비정규직 근무자들의 고용을 불안하게 만드는 현상, 최저임금을 보장하겠다는 의도와는 달리 최저 임금이 임금 가이드라인으로 변질되는 현상, 소비자안전을 위한 수입 안전규제가 왜곡되어 오히려 소비자 안전을 위협하는 새로운 품목이 개발되어 수입되는 현상 등 우리가 목격하는 많은 행정현상 혹은 정책현상은 이러한 주장을 뒷받침하는 좋은 예라고 하겠다.

며 1980년대와 1990년대 정유 산업의 재구조화를 예측하는데도 실패했다(de Geus, 1987: 41-44).

이와 같은 세가지 사례는 각각 다른 각도에서 단순적·선형적 세계관에 입각하여 자연 및 사회현상을 예측하고 설명하는 일이 어렵다는 사실을 상기시켜 준다. 동시에 개인과 사회가 직면하는 현실의 복잡성을 이해하기 위해 일시적·선형적 방법을 이용해 접근할 경우 심각한 한계에 직면할 수 있음을 알려주는 좋은 예이다. 이는 정부와 관련된 사회적 상호작용의 원리와 인과관계를 밝히려 노력해 온 행정학·정책학 연구에도 시사하는 바가 크다. 그 동안의 행정학·정책학 연구가 행정·정책 현상의 이해를 돋는데 기여해 왔음에도 불구하고 복잡한 행정·정책 현상을 적확하게 설명하는 데 많은 한계를 노정해 온 것도 사실이다.

본 논문은 변화 발전하는 복잡한 사회현상을 이해하는데 있어서 선형적 인과 관계 규명의 한계를 인식하고 그 대안을 모색해 온 복잡성 이론이 행정 및 정책이슈의 개념화에 실질적으로 공헌할 수 있음을 주장함과 동시에 복잡한 정책 문제의 이해를 돋는 모형화 기법을 소개함으로써 향후 한국 행정학·정책학 연구에의 활용가능성을 모색해 보고자 한다.

## II. 복잡성 이론과 주요가정

### 1. 복잡성의 개념

일반적으로 복잡성(complexity)은 단순성(simplicity)의 상대개념으로 사용된다. 그러나 복잡성 이론과 관련한 학문적 논의에 있어 단순성에 상응하는 개념으로는 영어의 복잡함(complicatedness)이 적당한 반면, 복잡성은 독립성(independent)에 상응하는 개념으로 이해된다. Rescher(1998: 8)는 "복잡성은 우연, 임의성, 혹은 법칙을 통해 설명할 수 있는 규칙성이 부재하는 정도에 따라서 결정된다"고 정의한 바 있다. Holland & Miller(1991)는 복잡체계(complex systems)를 정의하면서 그 특징으로 (1) 상호작용하는 행위자들의 네트워크로 구성된다는 점, (2) 행위자들의 미시적 행동으로부터 역동적이며 집합적인 거시 행위가 형성된다는 점, (3) 그러한 집합적 행위가 행위자의 개별적 행동에 대한 자세한 지식 없이도 묘사될 수 있다는 점 등을 들었다. 체제의 관점에서 볼 때 복잡한 체제 (complicated systems)는 환원주의를 통해 단순화가 가능한 반면, 복잡체계는 부분 뿐만 아니라 전체에 대한 이해를 동시에 요구하기 때문에 환원주의에 의존할 경우 제대로 이해하기 어렵다는 중요한 차이점이 있다.<sup>2)</sup>

복잡성은 질서(order)와 혼돈(chaos)이라는 두 개의 상반된 상태를 통해 정의 할 수 있는데 여기서의 혼돈은 우연과 임의성이 만연하여 일정한 종류의 규칙을 통해 설명하기 힘든 상태를 의미한다. 기존의 복잡성 연구는 복잡성이 ‘혼돈의 가장자리’(at the edge of chaos)에 존재한다고 주장해왔다(Waldrop, 1992). 이는 복잡성 그리고 복잡성과 관련된 제반현상들이 질서와 혼돈의 사이에 존재함을 의미한다. 실제로 복잡성의 다양한 발현이 자연 및 사회현상 속에서 규명되고 연구되어 왔는데 <그림 1>은 이러한 개념들을 질서와 혼돈의 틀 안에서 정리한 것이다.

<그림 1> ‘질서와 혼돈’의 틀로 본 복잡성<sup>3)</sup>

질서	복잡성		혼돈
결정론(Determinism)	혼돈의 가장자리(Edge of Chaos)	임의성(Randomness)	
가역성(Reversibility)	창발(Emergence)	불가역성(Irreversibility)	
확실성(Certainty)	확률(Probability)	불확실성(Uncertainty)	
Universe	프랙탈 차원(Fractal Dimension)	Multiverse	
환원론(Reductionism)	창발주의(Emergentism)	전체론(Holism)	
Regular Network	Small World Network	Random Network	
합리성(Rationality)	제한적 합리성(Bounded Rationality)	무지(Ignorance)	

## 2. 복잡성 이론의 범주

최근 들어 복잡성 이론에 대한 학문전반의 관심이 증대된 것은 사실이나 그 뿐만 아니라 보다 깊고 광범위하다(François, 1999; Goldstein, 1999). 복잡성 이론의 발전에 기여해온 학문은 현대 과학의 거의 모든 학문분과를 포괄한다고 해도 과

- 2) 이러한 구분은 자의적으로 보일 수도 있으나 복잡성이라는 개념을 통해 설명하고자 하는 현상에 대한 가정이나 연구대상이 전통적 시각과 다르다는 점을 보여주는데 유용하다. 본 논문에서는 ‘단순한 체계’에 상응하는 ‘복잡한 체계’(complicated systems)와 ‘독립 체계’에 상응하는 ‘복잡체계’(complex systems)를 구분하여 사용한다.
- 3) 이 그림에 정리된 개념들 중 결정론이나 가역성과 같이 일반적으로 사용되는 개념 외의 몇몇은 개별적 저작으로부터 발췌되었다. 예를 들면, Small World Network는 Watts & Strogatz(1998)의 논문으로 부터, 프랙탈은 Mandelbroth(1977)의 저작에서 발췌한 개념들이다. 질서와 혼돈의 틀을 통한 이러한 개념의 구분은 완전히 상호배타적이거나 각각의 틀 안에 나열된 개념들이 반드시 동일선상에서 이해됨을 의미하지는 않는다.

언이 아니다. 따라서 복잡성과 관련된 논의들은 복잡한 사회현상만큼 복잡한 방식으로 이루어져 왔는데 이러한 복잡성을 일정한 범주 안에서 설명하고자 하는 시도가 있어 왔다.

예를 들어 Rescher(1998)는 복잡성을 존재론적 양식, 인식론적 양식, 기능적 복잡성의 범주로, Manson(2001)은 알고리드믹 복잡성(Algorithmic Complexity), 결정론적 복잡성(Deterministic Complexity), 집합적 복잡성(Aggregate Complexity)으로 구분한 바 있다. 여기서는 Manson이 제안한 복잡성 범주와 그 내용을 살펴보고 이러한 범주를 제안한 배경이 된 것으로 보이는<sup>4)</sup> ‘창발’의 수학적 기원을 되짚은 Goldstein(1999)의 그림을 분석하여 복잡성 이론의 학문적 시작과 발전과정을 살펴본다.

- 알고리드믹 복잡성은 수학의 복잡성 이론과 정보이론에서 논의되는 복잡성을 포함한다.<sup>5)</sup> Manson은 알고리드믹 복잡성의 경우 인간의 경험이나 의미의 영역에 속하는 사회현상들을 설명하는데 한계가 있다고 본다.
- 결정론적 복잡성은 기존의 카오스 이론이나 수학의 국면이론(Catastrophe Theory)에 의해 제시된 개념에 기초해 복잡성에 접근한다. 결정론적 복잡성은 비선형성(nonlinearity), 환류(feedback), 초기조건의 민감성(sensitivity to initial conditions), 분기(bifurcation), 수학적 끌개(attractor) 등을 복잡체제의 특질로 파악한다.<sup>6)</sup> 이러한 이론적 틀을 행정학 연구에 활용한 사례로 Kiel(1994)을 들 수 있다.
- 집합적 복잡성은 전체에 대한 이해에 중점을 두고 체제를 구성하는 요소들 사이의 상호작용으로부터 생성되는 시너지에 연구의 초점을 둔다. 요소들 사이의 관계, 내부구조와 환경의 상호작용, 학습, 창발 등을 연구한다.

4) Manson의 복잡성 범주가 Goldstein의 논의를 배경으로 한 것처럼 보인다고 전술한 이유는 Manson의 참고문헌에 Goldstein의 논문이 명시되어 있지 않으나 그 설명이 분명 맥을 같이하고 있기 때문에 ‘배경이 된 것으로 보이는’이라고 표현하였다. 또한 Rescher의 범주와 Manson의 범주에 큰 차이가 없고 오히려 Manson의 범주가 좀더 간명하기 때문에 여기서는 Manson의 범주를 소개한다.

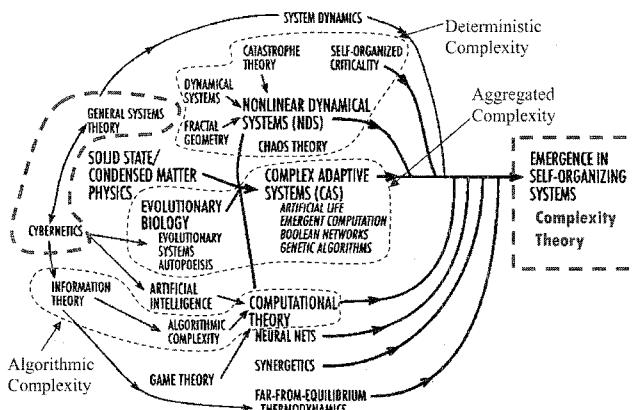
5) 자원배분과 관련한 가능한 모든 경우의 수라든지 네트워크 상에서 지름길 찾기 등은 수학적으로 매우 어려운 문제인데 알고리드믹 복잡성은 이러한 수학문제를 푸는데 소요되는 노력을 계산하는 방식으로 복잡성을 정의한다. 정보이론은 복잡성이라는 개념을 체제의 행동을 재현할 수 있는 가장 간단한 계산 알고리듬으로 규정하는데 체제의 관점으로 접근할 수 있는 많은 자연 및 사회 현상을 설명하는데 활용되어 왔다 (Manson, 2001).

6) 이러한 개념에 대한 자세한 소개는 최창현(2000)을 참고하기 바란다.

변화와 진화에 역점을 둔 자기조직화(self-organization) 혹은 임의성과 정지 상태 사이에서 균형을 잡는 복잡체계의 능력을 지칭하는 자기조직화의 임계점(self-organized criticality)<sup>7)</sup> 등과 같은 개념에 대한 연구와 응용 또한 집합적 복잡성의 예에 해당한다. 행정학 연구를 위한 이러한 이론적 틀의 활용 사례는 Stacey(1992, 1996)에서 찾을 수 있다.

Goldstein(1999)을 재인용한 <그림 2>는 복잡성 이론의 발전과정을 잘 보여주고 있는데<sup>8)</sup> 복잡성 이론이 Bertalanffy(1968)의 일반체제이론과 Weiner(1948)와 Ashby(1957, 1960)를 시발점으로 하는 사이버네틱스로부터 기원하고 있음을 보여준다. 동시에, 이러한 두 개의 주요 이론이 이후 수학·과학이론으로 분기 발전하면서 복잡성 이론의 수학적 토대를 제공했음을 알려준다. Manson의 범주는 이러한 이론의 성격에 따라 복잡성 연구를 세 개의 그룹으로 묶은 것이라 하겠다.

<그림 2> 복잡성 이론의 기원과 발전



주: 이 그림은 Goldstein(1999: 55)을 재인용하였는데 굵은 실선으로 표시된 부분은 복잡성 이론의 시작과 현재를 보여주며 가는 실선으로 표시된 부분은 Manson(2001)의 범주가 포함하는 이론들을 저자의 판단에 따라 묶어본 것이다.

7) 자기조직화 과정의 임계점에 대한 연구는 Bak, Tang, & Wiesenfeld(1988)과 Bak(1991, 1996)을 참조하기 바란다.

8) 국내의 연구들에서 복잡성에 대한 소개는 산발적이었던 것으로 볼 수 있다. 노화준(1998)의 연구에서는 복잡성의 기본개념을 활용해 행정문화를 설명하려는 시도를 하였으나 방법론적 차원의 시뮬레이션 기법을 활용한 것은 아니었고, 정명호·장승권(1998)에서도 이와 유사한 접근을 통해 자기 조직적 질서에 대한 설명을 시도하였다. 이후 고길곤(2000a)이 시스템 다이나믹스의 관점에서 CA의 개념과 모델링 툴을 소개하였다. 시스템다이나믹스 분야에서는 이후 문태훈(2002a, 2002b)의 연구 등을 통해 모델링 기법을 활용한 사례연구가 진행되고 있다.

### 3. 주요가정

#### 1) 방향성에 대한 가정(Oder out of chaos)

대부분의 연구는 자연 혹은 사회현상에 대한 암묵적 혹은 명시적 가정으로부터 출발하기 때문에 연구자가 어떤 방식으로 현상을 이해하는가는 중요한 문제이다. 예를 들어, 현상의 본질은 질서에 기반하고 있는가? 혹은 임의성과 확률에 기반하고 있는가? 등과 같은 질문에 대한 연구자의 시각은 연구의 방향, 결과, 그리고 함의를 논의하는데 결정적 역할을 한다.

만약 현상의 본질이 질서에 기반한다고 이해할 경우 연구자는 표면적으로 복잡해 보이는 현실의 밀바탕에 존재하는 질서를 찾는데 연구의 목적을 둘 것이다. 그러므로 연구자는 법칙의 발견, 현상의 단순화, 정치한 과학지식의 축적을 통해 질문의 답을 찾고자 한다. 그에 반해 연구자가 임의성과 확률을 현상의 본질로 간주할 경우 질서 그 자체에 대한 관심은 상대적으로 줄어들고 ‘어떻게 그와 같은 현상이 임의성으로부터 등장하는가?’와 같은 과정에 관심을 갖는다. 따라서 연구자는 주로 ‘어떤 규칙이 우리가 목격하는 현상의 형성과정을 통제하는가?’와 같은 질문을 하게 된다. 전자가 전통적 연구가 기반하고 있는 현상에 대한 가정이라면, 후자는 최근 발전하고 있는 복잡성 이론이 취하는 자세이다. 다시 말해 복잡성 이론은 현상의 본질과 그 본질이 발현되는 방향성에 있어서 전통적 연구와는 다른 가정에서 출발한다(Prigogine & Stengers, 1984).

#### 2) 분석대상에 대한 가정(Elements and Interaction)

복잡성은 분석단위를 부분, 요소, 기관 등과 같은 실체적 개념 뿐만 아니라 상호작용 또는 상호의존성과 같은 관계적 개념을 포함한다는 점에서 연구대상에 대한 포괄적 시각을 보여준다(Manson & O’Sullivan, 2006). 상호작용과 상호의존성은 정당한 분석의 단위일 뿐만 아니라 복잡성을 지닌 체제와 그 체제가 보여주는 행동을 이해하는데 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들면 설탕을 구성하는 화학적 성분에는 단맛을 내는 요소가 포함되어 있지 않지만 그 화학적 성분이 결합하여 단맛을 만들어 낸다. 이 경우 화학적 성분에 대한 분석만으로는 설탕이 만들어내는 단맛을 설명할 수 없다. 따라서 설탕의 단맛을 온전히 이해하기 위해서는 성분의 결합양식에 대한 고찰을 필요로 한다. 한편 복잡성 이론은 복잡한 현실을 이해하는데 있어서 인간이 지닌 인지 능력의 한계를 인정한다는 점에서 제한된 인식론을 보여 왔다(Morçöl, 2002). 따라서 복잡성 이론의 경우 전통적 연구방법론에 비추어 비교적 광범위한 존재론(ontology)을 보여주나 동시에 제한된 인식론(epistemology)에 기반하고 있음을 알 수 있다.

### 3) 시너지에 대한 가정(Synergism)

흔히 전체가 부분의 합과 다른 경우(일반적으로 더 클 때) ‘시너지’라는 용어를 사용한다. 모든 현상이 결정론적으로 이해되고 가역성(可逆性)이 존재한다면 시너지라는 개념이 사용될 여지는 적다. 그러나 시너지 효과가 빈번히 발생하는 경우 환원주의적 접근은 연구방법론으로써 한계를 지닌다. 복잡성과 복잡체계를 이해하는데 있어 주요개념으로 논의되는 ‘창발’은 이러한 시너지의 기능으로 생겨난다(Holland, 1998; Goldstein, 1999; Manson, 2001). 현재까지 창발은 두가지 현상을 일컫는 개념으로 사용되어 왔다. 하나는 ‘과정’과 ‘유형’을 연결해주는 개념으로 사용되는 경우이다. 그러나 창발의 주요한 특성이 체제 안에 존재하는 부분에 대한 지식만으로는 예측되거나 예견될 수 없다는 점에서 놀라움(surprise), 새로움(novelty), 혹은 연구자가 예견하지 못한 어떤 것을 일컫는 용어로 사용되기도 한다(Stacey et al., 2000). 이러한 창발은 모든 현상 속에 존재하는 연결성에 대한 이해의 부족으로 인해 생겨나는 마음의 상태(a frame of mine)를 표현한 것이기도 하다(Manson & O’Sullivan, 2006).

## III. 복잡성 이론의 방법론적 모형으로써 행위자 기반 모형

무엇보다도 복잡성 이론이 논의하는 기초 개념 혹은 복잡적응체계(Complex Adaptive Systems)의 특질은 조작적 정의에 어려움이 있다. 따라서 연구자들은 다양한 시뮬레이션 기법을 통해 이러한 개념의 조작적 정의를 시도하고 있다. 예를 들면, 공간이 중요한 역할을 담당하는 도시공학분야에서 널리 활용되어온 Cellular Automata(CA)는 시간과 공간이 불연속적 시스템을 수학적으로 구현하기 위해 사용되는 기법이다. CA의 개발 및 발전사는 Sarkar(2000)에 의해 잘 정리되어 있고, CA에 기반한 시스템의 이해는 고길곤(2000b)에 의해 한국에 소개되기도 했다. 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, GA)은 상속(inheritance), 변이(mutation), 선택(selection), 교접(crossover) 등과 같은 진화생물학의 개념을 차용한 탐색 알고리즘이다. GA는 최적화문제의 해결책을 찾기 위해 0과 1과 같은 기호열을 이용해 각 세대마다 기호열로 표시된 개체를 평가하고 그 중 일부가 현재 그룹에서 선택되고 변이나 교접을 통한 수정과정을 거침으로써 최적의 대안으로 진화해 나가도록 모형화하는 시뮬레이션 기법이다.<sup>9)</sup> 본 논문에서는 이들 외에 최근 사회과학계의 관심을 받고 있는 ‘행위자 기반 모형’(Agent-Based

9) GA의 기본개념은 Holland(1995, 1998)에 소개되었고 최창현(1999)에서 언급된 바 있다. Bennett, Xiao, & Armstrong(2004)은 GA를 활용하여 정책의 공간적 결과를 살펴본 바 있다.

Models)<sup>10)</sup>을 소개하고자 한다.

### 1. 행위자 기반 모형

행위자 기반 모형은 Computational social science<sup>11)</sup> 알려진 학문적 전통 안에서 발전하고 있는 시뮬레이션 기법을 지칭한다. 문헌에 따라 복잡성 모형(Complexity Models), 계산 모형(Computational Models), 행위자 기반 모형(Agent-based Models)과 같은 다양한 이름으로 소개되고 있는데 이들은 근본적으로 서로 다른 개념이 아니며 특별한 차이도 없다. 복잡성 이론은 복잡성 모형의 개발을 통해 발전해 왔다고 해도 과언이 아니며(Manson & O'Sullivan, 2006), 계산 모형 또한 명시적으로 수학공식을 통해 변수들 사이의 관계를 프로그래밍하거나 컴퓨터의 상징체계를 이용해 관계를 프로그래밍한다는 점에서 행위자 기반 모형과 다르지 않다(Edmond, 2001).

행위자 기반 모형이 1960년대의 거시시뮬레이션 모형이나 1970년대의 미시시뮬레이션 모형과 같은 전통적인 사회과학 시뮬레이션기법과 다른 점은 시뮬레이션안의 행위자들이 직접적·자율적으로 환경과 상호작용하며 환경에 따라 적응적 행동을 보이도록 모형화 된다는 점이다(Marcy & Willer, 2002).<sup>12)</sup> 무엇보다도 행위자 기반 모형은 행위자의 비선형적·미시적 행위를 통해 창발되는 거시유형을 관찰함으로써 미시단위와 거시단위 사이에 존재하는 이론적 연결점에 관심을 보인다(Bankes, 2002).

행위자 기반 모형은 ‘행위자’(Agent)와 그들 사이의 관계를 규정하는 ‘행동규칙’(Action Rule 또는 Interaction Rule)으로 구성된다. 행위자는 시뮬레이션이 바탕을 둔 행위의 기본 단위이며 연구자가 관심을 갖는 복잡체계의 구성요소와

- 
- 10) 행위자 기반 모형이 주로 Object-Oriented Programming 언어를 통해 실현되기 때문에 간혹 ‘개체지향적 모형’으로 명명되기도 하는데 이는 올바른 용례라고 보기 어렵다. 사회과학에서 ‘개체’(independent entity)는 ‘행위자’(Agent)가 의미하는 변화하는 환경에 적용하는 상황구속적이며 동시에 자율적인 의사결정 주체와는 다른 개념이다. 따라서 본 논문은 Agent-Based Models을 행위자 기반 모형으로 번역할 것을 제안한다. 행위자 기반 모형을 철학적으로 접근한 글로는 Henrickson & McKelvey(2002)를 들 수 있다.
  - 11) 사이버네틱스에 연원한 정보처리이론에 기반하여 인간의 행위와 ‘문제해결’에 접근한 Newell & Simon(1972)과 Simon(1996)의 저작이 이러한 전통의 기반을 이루고 있다.
  - 12) March & Willer(2002)는 행위자 기반 모형을 제3세대 시뮬레이션기법으로 이해한다. 제1세대가 1960년대의 거시시뮬레이션기법으로 거시현상의 예측을 위해 거시수준의 변수를 규정하는 다수의 방정식을 이용했다면 제2세대는 1970년대의 미시시뮬레이션기법으로 거시현상의 예측을 위한 분석의 단위로 개인과 관련된 미시적 변수를 이용했다. 그러나 미시시뮬레이션기법은 행위자가 직접적으로 환경에 따라 적응하고 주어진 여건에 따라 결정을 내리는 행위자 기반 모형과는 차이가 있다.

이들 간의 상호의존성을 정의함으로써 규정된다. 현재까지 많은 종류의 행위자들이 모형화 되어 왔는데 그 예로는 인간, 조직, 로봇, 컴퓨터, 물건, 개념, 혹은 개미와 같은 동물군에 이르기까지 다양하다. 행위자 기반 모형에서는 환경(environment) 자체가 하나의 행위자로 정의되기도 한다. 두드러진 특징은 행위자들이 서로 상이하며(heterogeneous) 자율적인(autonomous) 의사결정권을 갖고<sup>13)</sup> 주어진 환경에 따라 합리적·적응적·임의적으로 행동한다는 점이다. 행위과정 속에서 행위자의 학습이 이루어지고, 이전 학습은 이후의 행동에 영향을 미치기도 한다(Bonabeau, 2002).

행동규칙은 복잡체계에 존재하는 행위자들 사이의 상호작용에 대한 가정을 보여준다. 다시 말해 행동규칙은 행위자들이 어떤 방식으로 상호작용할 것인가를 나타낸다. 행위자 기반 모형의 장점은 이러한 행동규칙을 연구자가 다양한 이론에 기초하여 정의하고 실험할 수 있도록 해줌으로써 복잡한 사회현상의 저변에 존재하는 다양한 규칙과 그 규칙으로부터 생겨나는 결과를 탐구하도록 도와준다는데 있다.

현재 사회과학 연구자들은 행위자 기반 모형을 세 가지 정도의 용도로 활용하고 있다(Axtell, 2000). 하나는 전통적 오퍼레이션 리서치 연구기법과 같이 사회과정을 설명하는 방정식을 수립하는 방법인데 이러한 방정식은 명백한 해결책이 있는 경우이다. 다른 하나는 수학공식을 정립할 수는 있으나 완전히 풀기 어려운 경우이다. 이런 경우 행위자 기반 모형은 모수(parameter)나 가정에 따른 결과의 변화를 조사하는데 이용된다. 마지막으로 행위자 기반 모형은 수학공식을 활용하는 것이 가능하지 않거나 유익하지 않은 경우에 활용된다. 행위자 기반 모형을 이용한 창발현상의 연구는 그 좋은 예라고 하겠다.

## 2. 행위자 기반 모형을 이용한 연구사례

복잡한 사회현상을 이해하기 위한 행위자 기반 모형의 응용 또한 다양한 분야에서 지속적으로 이루어지고 있는 추세이다. 행위자 기반 모형의 활용 사례들은 창발의 모형화(Holland, 1998), 불연속 사건의 모형화(Bak, 1991, 1996), 익숙한 가정들에 대한 도전(Resnick, 1994), 가상의 실험실로의 활용(Casti, 1997) 등

13) Franklin & Graesser(1996)는 자율적 행위자(autonomous agent)란 환경의 한 부분으로 주변 환경을 끊임없이 조사하고 그에 맞춰 행동하며 자신의 목적을 추구하는 과정에서 미래에 영향을 미치기도 하는 체계로 정의한 바 있다. 행위자 기반 모형에서 정의되는 행위자는 컴퓨터를 통해 만들어진 인위적 사회 안에서 연구자가 설정한 특성과 규칙에 따라 자율적인 의사결정을 내리는 인위적 상징체이다. 행위자 기반 모형이 변수들간의 관계를 정의하는 방식이 아닌 ‘변수’와 ‘행동규칙’을 통해 행위자들 사이의 관계를 정의한다는 점에서 전통적 연구방법과 다르다고 주장되기도 한다(Gilbert & Troitzsch, 1999).

을 들 수 있다. 한국에서는 조직학 연구에 있어서 복잡성 이론의 적용가능성에 대한 논의가 이루어진 바 있다(최창현, 1999, 2000). 사실 복잡성 이론은 조직현상 뿐만 아니라 다른 사회문제에도 활용가능하고 실제로 행위자 기반 모형을 통해 중요한 사회문제에 대한 적용이 이루어지고 있는 추세이다. 여기서는 이들 가운데 행정학·정책학이 관심을 갖는 사회문제를 이해하기 위해 행위자 기반 모형을 활용한 세가지 사례들을 예시하고자 한다.

행위자 기반 모형과 관련하여 가장 빈번하게 인용되는 연구는 게임이론을 통해 갈등과 협동에 대한 이해를 도운 공헌으로 2005년 노벨 경제학상을 수상한 Thomas Schelling의 분리 모형(Segregation Model)을 들 수 있다. Schelling의 모형(1978)은 간단한 행동규칙에 기초해 자기조직화가 가능한 다이나믹 시스템의 예를 개념적으로 보여준 최초의 연구라고 할 수 있다. 일정한 지역 안에 두 가지 색깔을 가지고 임의적으로 형성된 행위자들이 일정한 규칙에 따라 행동하도록 시뮬레이션 하는 경우 행위자 각각의 의도와 관계없이 장기적으로는 지역적 분리를 보여주는 균형점에 도달한다는 것이 분리모형의 핵심이다. 이때 사용되는 행동규칙은 ‘각각의 행위자들이 주변을 조사하고 같은 색깔을 지닌 행위자들이 일정한 수 이하일 때 다른 장소로 이동한다’와 같이 간략한 것들이다. 이런 종류의 연구에 있어서 행위자 기반 모형은 연구자의 이론적 아이디어를 시뮬레이션을 통해 직접 실험해 볼 수 있도록 도와주는 역할을 한다.

두 번째 예로는 전통적인 연구방법을 통해 접근하기 힘든 개념의 모형화를 위해 행위자 기반 모형을 활용하는 경우를 들 수 있다. 대표적으로 ‘사회적 영향’(social influence)이나 ‘네트워크’와 같은 개념은 조직적 정의가 어렵고 전통적 방법으로는 이러한 개념이 내포한 기본적 역동성을 탐구하는데 있어서 많은 제약이 있다. 최근의 연구들은 행위자 기반 모형의 활용을 통해 조직화에 어려움이 있는 개념과 행위들을 모형화하고 있다. 예를 들어 HIV 보균자와 비보균자들 사이의 접촉을 통한 AIDS의 전이 및 확산과정에 대한 공중보건 분야의 연구들은 행위자 기반 모형 활용의 좋은 사례라고 하겠다.

마지막으로 행위자 기반 모형의 활용가능성이 적극적으로 모색되고 있는 분야로 범죄관련 연구를 들 수 있다. 범죄자와 환경의 상호작용을 통해 범죄발생의 문제에 접근하는 일군의 학자들은 개인의 범죄행위가 많은 환경변수들에 의해 영향을 받고 특히 시간과 공간이라는 환경적 요인에 의해서 설명된다고 주장한다(Cohen & Felson, 1979 Felson, 1987; Felson, 1994). 범죄에 대한 이러한 접근은 위의 예와 마찬가지로 기존의 연구방법론을 통해 범죄행위를 이해하는데 한계가 있다. 따라서 최근에는 범죄와 관련된 연구에 있어서 개인과 환경의 상호작용 속에서 발생하는 범죄의 시간적·공간적 유형을 이해하기 위해 행위자 기반 모형이 이용되기 시작했다(Groff, 2007; Kim, 2007).

### 3. 행위자 기반 모형의 개발을 돋는 툴킷

행위자 기반 모형의 개발을 도와주는 툴킷은 기술의 발전과 함께 급격히 증가해왔다. Swarm,<sup>14)</sup> Ascape,<sup>15)</sup> NetLogo,<sup>16)</sup> RePast,<sup>17)</sup> MASON<sup>18)</sup> 등은 그 좋은 예라고 하겠다. 최근들어 개발되고 있는 대부분의 행위자 기반 모형은 C++나 Java 와 같은 객체지향적 프로그래밍(Object-Oriented Programming)에 기반하고 있다. 객체지향적 프로그래밍이 보여주는 프로그래밍 언어로서의 유연성이 행위자 기반 모형의 기본 가정을 충실히 실행할 수 있도록 도와주기 때문이다. Axelrod (2003)는 초보자들이 행위자 기반 모형의 개발을 위해 프로그래밍을 배우고자 할 때 자바 프로그래밍 언어를 선택할 것을 권장한다. 여기서는 이러한 툴킷 가운데 오픈 소스 코드(Open Source Code) 방침에 따라 운영되는 두 가지 시뮬레이션 툴킷을 간략히 소개함으로써 이후 행위자 기반 모형을 이용한 연구의 촉진에 기여하고자 한다.

MASON<sup>19)</sup>은 조지 메이슨(George Mason)대학에서 개발하여 배포하고 있는 행위자 기반 시뮬레이션 툴킷이다. MASON은 자바언어에 기반하여 설계되었기 때문에 컴퓨터 운영체제에 관계없이 자바프로그래밍 환경이 조성된 곳이면 행위자 기반 모형의 개발과 실행이 가능할 뿐만 아니라 풍부한 시뮬레이션의 예를 소스 코드와 함께 제공하여 연구자들을 돋고 있다(Luke et al., 2004 Balan et al., 2003). RePast<sup>20)</sup>는 행위자 기반 모형을 이용하는 사회과학자들에 의해서 활용되고 있는 대중적 툴킷이다. RePast는 시카고대학과 Argonne National Laboratory에 의해서 개발되었으며 비영리조직인 RePast Organization for Architecture and Design (ROAD)에 의해서 운영되고 있다.

14) [http://www.swarm.org/wiki/Main\\_Page](http://www.swarm.org/wiki/Main_Page)

15) 행위자 기반 모형의 개발을 위한 플랫폼과 방법에 대한 논의는 Gilbert & Banks (2002)를 참조하기 바란다. 이러한 플랫폼 가운데 하나인 ASCAPE의 활용은 Inchiosa & Parker(2002)와 Epstein & Axtell(1996) 등에서 찾아볼 수 있다.

16) <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

17) 사회현상을 설명하기 위한 연구에 RePast가 활용된 사례들은 North, Collier, & Vos (2006)에 의해 잘 정리되어 있다. RePast 역시 오픈 소스 코드로 운영되며 웹사이트를 통해 자료를 제공하고 있다. <http://repast.sourceforge.net/>

18) MASON을 활용한 기존의 연구와 MASON을 이용한 행위자 기반 모형의 개발에 관련된 자료는 조지 메이슨 대학의 웹사이트에서 제공되고 있다. <http://www.cs.gmu.edu/~ec-lab/projects/mason/>

19) MASON은 Multi-Agent Simulator Of Neighborhoods... or Networks... or something...의 약자이다.

20) Repast는 The Recursive Porous Agent Simulation Toolkit의 약자이다.

## IV. 사회현상에의 적용을 위한 이론적·방법론적 함의

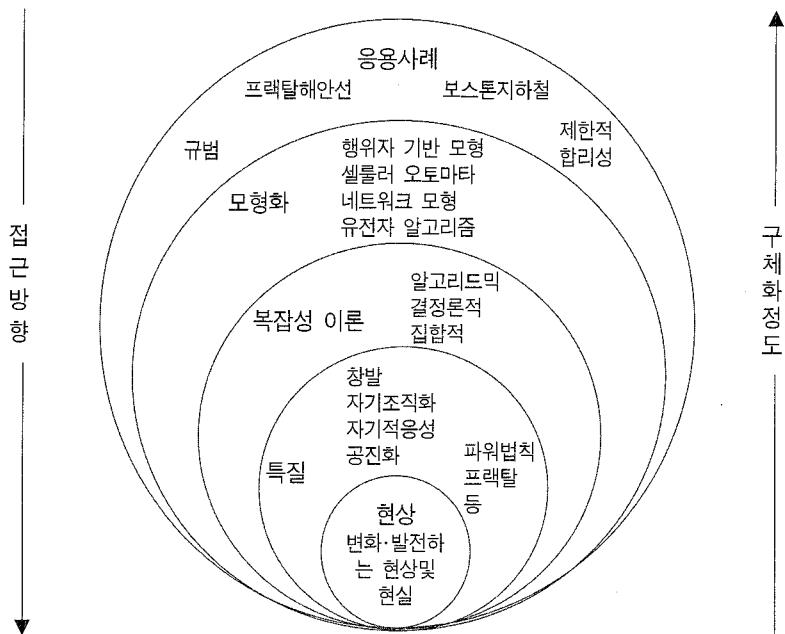
### 1. 복잡성 이론의 범위와 체계에 대한 이해

이상의 복잡성 이론과 관련된 논의를 고찰한 결과를 정리하면 <그림 3>과 같다. 복잡성과 관련된 논의들을 이해하기 위해서는 무엇보다도 복잡성 이론이 취하는 체계론적 관점과 연구대상에 대한 이해가 선행되어야 한다. 기존의 전통적 연구들이 연구의 대상을 독립적·고정적·가역적 현상으로 이해·정의했다면, 복잡성 이론은 끊임없이 변화하는 현상을 이해하는데 관심을 갖는다는 중요한 차이점이 있다. 이러한 차이점은 연구자로 하여 현상을 기술하기 위한 개념, 이론, 모형에 있어서 새로운 시각을 탐색하도록 이끌어왔는데 이러한 사실을 고려하지 않고는 복잡성 이론의 의미를 제대로 이해하기 어렵다.

다시 말해 연구대상을 독립적·고정적·가역적으로 이해한 채 복잡성 이론을 단순히 기존이론의 연장선상에서 이해하고자 하는 시도는 체계적·유동적·비가역적 현상을 주된 연구의 대상으로 하는 복잡성 이론에 대한 이해를 저해할 뿐만 아니라 동시에 오해의 소지를 불러일으킬 수 있다. 현재까지 논의되어온 복잡성에 관한 개념이나 이론, 모형, 활용은 이와 같은 연구대상에 대한 새로운 이해에 기초하여 볼 때 그 의미를 제대로 파악할 수 있다고 하겠다.

<그림 3>에 제시된 개념들의 중심에는 복잡성 이론이 관심을 갖는 ‘끊임없이 변화하는 현상’이 자리 잡고 있다. 이러한 현상을 설명하는 일은 창의적인 개념의 개발을 필요로 했고 그에 따라 이러한 현상 속에서 발견되는 특질들을 기술하는 창발, 공진화, 프랙탈, 자기조직화 등과 같은 개념들이 논의되어 왔다. 개념의 개발은 이론의 발전을 가져왔고 앞에서 논의된 바와 같이 다양한 종류의 복잡성 이론으로 발전했는데 본 논문에서는 Manson의 범주를 통해 이를 설명하였다. 이러한 이론을 가시적으로 연구할 수 있도록 도와주는 모형화 기법들로는 행위자 기반 모형, 셀룰러 오토마타(CA), 네트워크 모형(Small world network), 유전자알고리즘(GA) 등이 있다. 마지막으로 복잡성 이론과 모형은 다양한 학문 분야에서 응용되어 왔는데 그 예로 프랙탈 개념을 이용한 해안선의 연구, Axelrod(1997b)의 규범의 창발에 대한 연구, Latora & Marchiori(2002)의 보스톤 지하철에 대한 Small world network의 개념과 기법의 활용, Rubinstein(1998)의 ‘제한된 합리성’(bounded rationality)의 모형화 등을 들 수 있다.

<그림 3> 복잡성관련 연구의 틀



주: 이 그림은 다양한 각도에서 논의되어온 복잡성 관련 개념, 이론, 방법, 응용 사례 등을 저자가 정리한 것이다. 복잡성 이론은 끊임없이 변화하는 현상을 설명하는데 관심이 있고, 이러한 현상을 기술하기 위해 다양한 개념과 그러한 개념의 조작적 정의를 위한 모형화 기법을 개발해 왔으며 이러한 모형이 각기 다른 학문분야의 다양한 사례에 활용되어 왔음을 보여준다.

<그림 3>의 개념틀은 복잡성 이론을 공부함에 있어서 연구자가 관심을 갖는 주제가 광범위한 복잡성 이론의 체계 가운데 어느 부분에 해당하는가를 먼저 이해하고, 다른 부분과의 연관성 속에서 이해할 필요가 있다는 점을 보여준다. 또한 복잡성 이론의 각기 다른 수준에서 논의되는 내용들이 가질 수 있는 차이, 한계, 문제점을 개별적 수준에서, 동시에 전체적인 맥락 안에서 이해할 필요가 있다는 점을 시사한다. 이러한 노력은 복잡성 이론이 보여 온 이론적 혼란을 완화시켜주는데 기여할 것으로 본다.

## 2. 현상과 모형의 적합성에 대한 이해

복잡성 이론과 행위자 기반 모형의 발전은 사회현상과 그 사회현상을 설명·

이해·예측하기 위해 개발되어 온 기존의 모형에 대한 성찰을 촉구한다. 무엇보다도 연구자가 관심을 갖는 체제와 이를 설명하기 위한 모형의 적합성 여부에 주의를 기울일 필요가 있다.

Ackoff(1999)은 네가지 체제와 이를 설명하기 위한 모형을 ‘부분과 전체’의 틀 안에서 ‘목적성(Purposefulness)’이라는 기준을 통해 제시한 바 있다. 행정학·정책학이 관심을 갖는 사회체제는 부분과 전체가 일정한 목적성을 갖는다는 점에서 다른 체제와 다르다. 이러한 사회체제 일부를 설명하기 위해 결정론적 모형을 사용할 경우 부분에 대한 이해는 향상될지 모르나 전체에 대한 이해는 감소되는 결과를 가져올 수도 있다. 무엇보다도 Ackoff의 틀이 행정학·정책학 연구에 시사하는 바는 연구자가 사회체제를 연구의 대상으로 선택할 때 체제론적 관점에서 ‘부분과 전체’ 각각의 목적성을 담보할 수 있는 모형을 개발할 필요가 있다는 점이다. 현재로써는 행위자 기반 모형이 이러한 점에 가장 가까이 근접해 있다고 하겠다.

〈표 1〉 체제의 종류와 모형

체제 혹은 모형	부분	전체	예
결정론적 (Deterministic)	목적 없음	목적 없음	기계, 식물
유기체적 (Animated)	목적 없음	목적 있음	동물, 인간
사회 (Social)	목적 있음	목적 있음	기업, 대학
생태 (Ecological)	목적 있음	목적 없음	지구, 생태계

주: Ackoff (1999: 28)은 ‘부분과 전체’라는 틀 안에서 목적성을 통해 각기 다른 체제를 비교·설명하였다. 마지막 칼럼의 예는 저자에 의해 덧붙여졌다.

복잡성 이론이 그러하듯이 행위자 기반 모형은 현재도 계속적으로 발전하고 있으며 행위자 기반 모형의 활용가능성 및 문제점에 대한 논의들도 활발하게 진행되고 있다. 특히 행정학·정책학과 같이 복잡한 사회문제를 다루는 학문의 영역에서 행위자 기반 모형이 가진 방법론적 유연성에 대한 고찰은 향후 학계의 많은 관심을 필요로 한다.

## V. 행정학·정책학 연구에의 활용성

### 1. 행정학·정책학 연구에 있어서의 유용성

행위자 기반 모형은 행정 및 정책 현상에 대한 연구를 수행함에 있어서 하나

의 유용한 분석기법으로 활용될 수 있다. 행정학과 정책학의 연구영역에서 규범적 연구를 제외하면 의사결정에 참여하는 행위자의 인식에 대한 연구, 의사결정 과정이나 의사결정의 결과에 대한 연구가 대부분을 이룬다고 해도 과언이 아니다. 행위자 기반 모형이 행위자에 대한 다양한 조건을 프로그래밍 하여 가상공간에서 실험해 볼 수 있도록 도와줄 수 있다는 점에 비추어 볼 때, 이런 접근법이 행위자의 동기 및 행위 유형의 분석, 정책 혹은 행정행위의 결과에 대한 설명과 예측에 유용하게 활용될 수 있음을 알 수 있다. 여기서는 구체적으로 행정학·정책학 분야의 기존 연구 가운데 행위자 기반 모형의 활용을 통해 연구의 향상을 꾀할 수 있을 것으로 판단되는 두가지 사례를 살펴봄으로써 행위자 기반 모형의 활용가능성을 논의하고자 한다.

첫째, 행정학 분야의 경우 제도의 도입과 조직 내 행위자들의 변화, 조직의 진화과정 등에 관한 연구에 행위자 기반 모형이 활용될 수 있다. 예를 들어, 김귀영(2007)은 팀제의 도입에 따른 조직루틴의 변화를 연구하면서 기존의 계량적 연구방법이 지닌 한계를 지적하고 조직구성원들의 해석과정과 비공식 관행을 살펴보기 위해 심층면접 방법을 활용하였다. 이 연구의 방법론적 문제의식은 현상의 선형적 인과관계를 밝히는 기존의 통계분석을 통해서는 팀제로 인해 변화된 조직구성원간의 관계가 조직구성원에게 주는 의미와 이에 따라 달라지는 조직구성원의 행동을 분석하는데 한계가 있다는 점이다. 행위자 기반 모형은 조직루틴과 같이 일면 정형화 되어 있는 것으로 보이면서도 공유된 인식의 틀과 과거의 조직 행위 유형에 따른 의사결정의 제약성이 존재하는 복잡한 구조를 모형화하고 분석하는 데 활용될 수 있다. 행위자 기반 모형을 활용할 경우 김귀영의 연구가 밝히고자 했던 조직루틴의 보이지 않는 정형성을 복잡조직체계안에서 가시화하고 조직의 행위유형을 결정하는 과정에 대한 이론적 연구를 수행할 수 있을 것으로 보인다.<sup>21)</sup>

둘째, 정책분야의 연구주제 가운데 정책갈등과 협력에 대한 연구, 규제의 유형과 규제 행위자의 상호작용에 관한 연구, 정책의사결정체제와 행태분석, 정책 행위자의 순응과 불응, 협상전략과 정책결정 구조 등 다양한 분야에서 활용이 가능하다. 예를 들어, 님비현상을 설명하는 기존의 연구들은 개별 행위자들의 행위 유인구조에 대한 고려를 배제한 채 개념정의나 유형분류 그리고 통계적 분석방법을 활용한 선형적 요인분석, 정책적 처방적 수단에 관한연구에 초점을 맞추고 있다. 이민창(2005)은 님비현상이 정치적 경제적 사회적으로 복잡하게

21) 이외에도 행정 연구의 제 분야 가운데 거버넌스나 네트워크의 역동적 형성 및 진화 과정에 관한 연구와 같이 새로운 이론의 정립과 설명력 있는 연구방법론의 개발이 필요한 분야에 폭넓은 응용가능성을 갖고 있다. 본 논문은 이론적 측면의 소개와 응용범위를 정리하여 제시하는 것이 목적이므로 여기서는 하나의 사례만을 소개 하였다.

얽힌 상호작용의 구조와 행위자의 이해관계가 얹힌 문제이며 이런 문제를 재산권 및 거래비용과 같은 합리적 선택이론의 분석개념을 활용하여 설명할 수 있음을 주장한 바 있다. 그러나 이 연구는 질적 분석 및 문헌 분석과 같은 연구방법을 활용하였음에도 불구하고 행위자들의 상호작용과정과 의사결정과정 및 결과를 기술하는데 그침으로써 상대적으로 평면적인 분석결과를 제시한 한계가 있다. 행위자 기반 모형은 님비현상의 유발에 연관된 다양한 이질적 행위자들의 주요변수와 상호의존성을 하나의 정책체계 안에서 포괄적으로 모형화하고 이들 사이의 상호작용에 대한 이론적 가설들을 실험해 봄으로써 보다 효과적으로 님비현상을 설명할 수 있을 것으로 기대된다.

정리하면, 행위자 기반 모형은 행정학과 정책학이 관심을 갖는 많은 주제들 가운데 복잡한 행정현상의 이면에 존재하는 메커니즘에 대한 가설의 설정, 그러한 메커니즘으로부터 등장하는 거시적 유형에 대한 이해, 혹은 정책결정의 결과 예측에 관심 있는 연구에 폭넓게 응용될 수 있다.<sup>22)</sup> 기타 행위자 기반 모형이 활용 가능한 연구 분야는 향후 이론적 접목과정을 통해 제시될 것으로 기대된다.

## 2. 고려사항

마지막으로 행정·정책 문제에 대한 행위자 기반 모형의 적절한 활용을 위해 네가지 고려사항을 되짚어 보고자 한다. 첫째, 행위자 기본 모형은 앞서 언급한

22) 예를 들면, 행위자 기반 모형은 가상공간에서 다양한 정책대안을 실험해 볼 수 있도록 도와줄 수 있으며 조직내에서 의사결정자들의 정책결정을 위한 의사소통의 틀로 활용될 수 있다. 현재 새로운 정책의 도입과 효과의 예측을 위해 빈번하게 활용되는 모의사업(pilot programs)의 경우 정치적 혹은 행정적 제약 때문에 다양한 정책대안을 같은 정책대상자를 대상으로 하여 반복적으로 실험하거나 혹은 오랜 기간 동안 주의 깊에 관찰하기 어렵다는 약점이 있다. 뿐만 아니라 인간을 연구대상으로 하는 정책연구의 경우 도덕성(ethic) 혹은 기밀성(confidentiality)과 관련한 비판으로부터 자유롭지 못하다. 만약 행정학·정책학이 관심을 갖는 복잡한 사회 및 정책문제를 가상의 실험실에서 환경에 따라 자율적으로 의사결정을 수행하는 행위자들을 대상으로 연구할 수 있다면 현재 모의사업이 갖고 있는 이와 같은 문제점의 일부를 완화할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 행위자 기반 모형은 조직 내 정책결정을 위한 효과적인 의사소통의 틀로 활용될 수 있다. Senge(1990)는 조직 안에서 새로운 제안들이 잘 이루어지지 않는 이유가 의사결정자들이 ‘어떻게 세상이 작동하는가’ 혹은 ‘어떻게 생각하고 행동해야 하는가’에 대해 개별적으로 가지고 있는 내적 가정들과 충돌하기 때문이라고 주장한바 있다. 행위자 기반 모형은 연구자나 정책결정자들이 그들이 가진 내적 가정이나 심적 모형(mental models)을 가시적으로 가상공간에서 구현하고 실험해 볼 수 있도록 도와줌으로써 정책결정과정에서 서로 다른 가정과 현실인식을 가진 조직 내 구성원의 의사소통을 촉진시킬 수 있다. 이는 학문의 발전과 축적된 지식을 통해 정부기관 혹은 정책관련 담당자들의 의사결정을 돋고자 하는 행정학과 정책학의 학문적 목적에 부합하는 일이라고 하겠다.

장점에도 불구하고, 행위자를 통해 나타내고자 하는 사회현상의 기본 단위인 개인이나 조직의 성찰(Reflectivity), 의사소통 시 의미의 함축성(Nuance) 등과 같은 고유한 특성까지는 모형화하지 못한다는 지적이 있다(Manson, 2001; Dooley, 2005). 이는 컴퓨터가 인간의 인지과정을 비슷한 수준에서 재현해낼 수 있는가 (Dreyfus, 1972 Casti, 1997)와 같은 어려운 질문에 대한 답을 찾는 것과 다르지 않다.

둘째, 복잡성 이론의 방법론적 모형으로서 행위자 기반 모형은 현상의 시·공간적 특성을 살펴보는데 유용한 도구이다. 하지만 일정한 형태의 시·공간적 유형이 창발하는 과정의 모형화는 등종국성(Equifinality) 문제로 부터 자유롭지 못하다는 비판을 받는다(Rubinstein, 1998; Manson, 2001; Oreskes et al., 1994). 다시 말해 유사하거나 같은 종류의 유형이 전혀 다른 과정을 통해 재현될 때 한 유형이 일정한 과정을 통해 형성된다고 단정하기 어렵다는 문제가 있다.

셋째, 시뮬레이션 모형의 검증 문제는 현재까지 행위자 기반 모형에 대한 주요 비판점 가운데 하나이고 이에 대한 논의도 다각도로 이루어지고 있다 (Axelrod, 1997a Gross & Strand, 2000; Oreskes et al., 1994). 예를 들면, 컴퓨터 프로그래밍을 통해 사회현상을 모형화 할 경우 이에 대한 검증은 가능한가? 시뮬레이션 과정에서 등장하는 창발은 실제로 시뮬레이션이 모형화한 현실세계에서 발견되는 것인가 아니면 단순히 모형화 과정에서 생겨난 오류의 결과인가? 혹은 사회현상에 대한 모형을 검증한다는 것이 과연 가능한 일인가? 등과 같이 다양한 각도에서 논의해 볼 여지를 남겨두고 있다.

마지막으로 복잡성이론과 행위자 기반 모형이 발전해 온 학문적 전통에 대한 이해가 요구된다. 이 이론과 모형은 하나의 학문분야에서 성립 발전한 것이 아니라 복잡한 사회문제의 이해를 위해 학제적 연구에 관심을 보여 온 학자들에 의해 개발되어온 특징이 있다. 이들은 복잡한 사회문제를 연구하는데 있어서 하나의 학문분야에서 발전된 이론을 통해 접근하는데 한계가 있다는 점을 인지하고 다양한 전문가들로 구성된 팀을 통해 연구를 진행하고 있다. 다시 말해, 복잡성 이론과 행위자 기반 모형을 이용한 의미 있는 연구 결과를 도출해 내기 위해서는 사회문제에 대한 학제적 연구의 필요성을 인지하고 다양한 학문분야의 전문가들이 공동연구를 수행할 수 있도록 장려하는 문화의 정립이 필요하다고 하겠다.

## VI. 결 어

본 논문에서는 복잡성 이론을 둘러싼 다양한 논의와 복잡성 이론의 방법론적

모형인 행위자 기반 모형을 고찰하고, 이들이 행정학·정책학 연구에 시사하는 이론적·방법론적 함의와 활용가능성을 살펴보았다. 먼저 복잡성 이론을 둘러싼 많은 논의들이 사실은 하나의 틀 안에서 각기 다른 수준에 따라 정리될 수 있음을 보여줌으로써 복잡성 이론에 대한 이해를 돋고자 하였다. 다음으로 행위자 기반 모형의 특성, 행위자 기반 모형을 이용한 연구 사례, 행위자 기반 모형의 개발을 도와주는 툴킷을 소개함으로써 이러한 모형에 관심 있는 연구자들에게 유용한 정보를 제공하고자 하였다. 무엇보다도 이를 통해 복잡성 이론과 행위자 기반 모형이 다양한 각도에서 행정학·정책학 연구에 기여할 수 있음을 강조하고자 하였다. 향후 복잡성이론에 관한 연구는 학제적 측면에서 복잡성 개념의 연구와 방법론적 적용에 관한 활발한 학술적 논의가 이루어져야함을 역설하였다.

학문의 역할 가운데 하나는 복잡한 현상을 간명하게 설명할 수 있는 방법을 찾아 이러한 현상의 이해를 돋는데 있다. 단순한 현상을 복잡한 이론을 통해 설명하거나 복잡한 현상을 복잡한 이론을 통해 설명하는 것은 설명 그 자체로는 의미가 있을지 모르나 학문 발전에 대한 기여의 측면에서 그 의미가 크지 않다고 하겠다. 현재까지의 복잡성 이론을 통한 사회문제의 분석이 갖는 가장 큰 문제점은 복잡한 현상을 복잡한 개념과 복잡한 이론을 통해 설명함으로써 현상의 이해를 돋기보다 혼란을 조장한 면이 없지 않다는데 있다.

본 연구는 복잡성 이론에 대한 논의가 과편화되고 학문분야에 따라 개별적으로 이루어져 상충되는 개념을 양산하거나 혼용에 따른 논리적 충돌을 유발해온 점을 직시하고 각기 다른 수준에서 논의된 연구들을 간단한 학문적 틀 안에서 정리함으로써 복잡성연구에 관심 있는 학자들의 이해를 돋고자 하였다. 또한 복잡성 이론이 관념적 설명에 치우친 담론의 영역 안에 머물 수밖에 없었던 한계를 인지하고, 이를 극복하기 위해 최근에 발전하고 있는 행위자 기반 모형을 소개함으로써 관념적 논의가 현실적 차원에서 논의될 수 있음을 보여주고자 하였다. 특히 행위자 기반 모형은 프로그래밍 언어의 활용에 있어서 훨씬 자유로운 학문 후속세대들의 행정학과 정책학 연구에 대한 관심을 촉진시킬 수 있는 좋은 방법론적 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- 김귀영. (2007). "팀제 도입에 따른 조직루틴의 변화에 관한 연구" 「한국행정학보」 41(1)
- 고길곤. (2000). "복잡적응시스템을 위한 개체 지향 시뮬레이션 기법의 검토: Cellular

- Automata를 이용한 3개체의 Lotka-Volterra 모델링을 중심으로". 「한국 시스템다이나믹스 연구」. 창간호.
- \_\_\_\_\_. (2000). "시스템적 사고에 기반한 사회 시스템의 이해와 응용: Cellular Automata를 이용한 협력모형을 중심으로". 「한국 시스템다이나믹스 연구」. 창간호.
- 노화준. (1998). "한국행정문화의 진화에 대한 복잡성 과학적 해석: 관치경제·금융을 중심으로". 「한국행정학보」. 32(4).
- 문태훈. (2002). "시스템다이나믹스의 발전과 방법론적 위상". 「한국 시스템다이나믹스 연구」. 3(1).
- \_\_\_\_\_. (2002). "시스템다이나믹스의 발전과 방법론적 위상". 「한국시스템다이나믹스 연구」. 3(1)
- 이민창. (2005). "정책갈등현상의 제도론적 해석: NIMBY 사례를 중심으로". 「한국정책학회보」. 14(1).
- 정명호·장승권. (1998). "복잡성 이론과 조직학습: 자기조직적 질서와 발현적 학습의 모색". 「인사·조직연구」. 6(2).
- 최창현. (1999). "복잡성 이론의 조직관리적 적용가능성 탐색". 「한국행정학보」. 33(4).
- \_\_\_\_\_. (2000). "복잡사회체제의 모형화 및 시뮬레이션". 「한국행정학보」. 34(3).
- Ackoff, R.L. (1999). *Ackoff's best: his classic writings on management*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Ashby, R. (1957). *An introduction to cybernetics*. London: Chapman & Hall Ltd.
- \_\_\_\_\_. (1960). *Design for a brain: the origin of adaptive behavior*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Axelrod, R. (1984). *The evolution of cooperation*. NY: Basic Books.
- \_\_\_\_\_. (1997a). "Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences," In R. Conte, R. Hegselmann, & P. Terno (Eds.), *Simulating Social Phenomena* (pp. 21-40). Berlin: Springer.
- \_\_\_\_\_. (1997b). *The complexity of cooperation: agent-based models of competition and collaboration*. Princeton: Princeton Studies in Complexity.
- \_\_\_\_\_. (2003). "Advancing the art of simulation in the social science". *Japanese Journal for Management Information System*, 12(3).
- Axtell, R. (2000). "Why agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences," Center on Social and Economic Dynamics.
- \_\_\_\_\_. (1991). "Catastrophes and Self-Organized Criticality," *Computers in physics*. 430-433.
- \_\_\_\_\_. (1996). *How nature works*. New York: Copernicus.

- \_\_\_\_\_. Tang C., & Wiesenfeld, K. (1988). "Self-organized criticality," *Physical Review A*, 38, 364-374.
- Balan, G. C., Cioffi-Revilla, C., Luke, S., Panait, L., & Paus, S. (2003). "MASON: A JavaMulti-Agent Simulation Library," *Proceedings of the Agent 2003 Conference*. <http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>.
- Bankes, S. C. (2002). "Tools and techniques for developing policies for complex and uncertain systems," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 7263-7266.
- Bennett, D.A., Xiao, N., & Armstrong, M.P. (2004). "Exploring the geographical consequences of public policies using evolutionary algorithms," *Annals of the Association of American Geographers*, 94(4), 827-847.
- Bertalanffy, L. v. (1968). *General system theory*. New York: George Braziller.
- Bonabeau, E. (2002). "Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 7280-7287.
- Casti, J. L. (1997). *Would-be worlds: how simulation is changing the frontiers of science*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Cohen, L. E., & Felson, M. (1979). "Social change and crime rate trends: A routine activity approach," *American Sociological Review*, 44(4), 588-608.
- Dooley, K. J. (2004). "Complexity science models of organizational change and innovation," In M. S. Poole, & A. H. Van de Ven. *Handbook of organizational change and innovation* (pp. 354-373). New York: Oxford University Press.
- Dreyfus, H. L. (1972). *What computers can't do: A critique of artificial reason*. New York: Harper & Row.
- Edmonds, B. (2001). "The use of models – making MABS more informative," In S. Moss & P. Davidsson (Eds.), *Multi-agent-based simulation* (pp. 15-32). Berlin: Springer.
- Epstein, J. M., & Axtell, R. (1996). *Growing artificial societies: social science from the bottom up*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press.
- Felson, M. (1987). "Routine activities and crime prevention in the developing metropolis," *Criminology*, 25(4), 911-931.
- \_\_\_\_\_. (1994). *Crime and everyday life: Impact and implications for society*. Thousand Oaks, CA: Pine Forge Press.
- François, C. (1999). "Systemics and Cybernetics in a historical perspective." *System*

- Research and Behavioral Science*, 16, 203-219.
- Franklin, S., & Graesser, A. (1997). "Is it an agent or just a program? a taxonomy for autonomous agents," In J. P. Muller, M. J. Wooldridge, & N. R. Jennings (Eds.), *Intelligent Agents III: Agent Theories, Architecture and Languages* (pp. 21-35). Berlin: Springer.
- de Geus, A. (1987). *The living company*. Boston: Harvard Business School Press.
- Gilbert, N., & Banks, S. (2002). "Platforms and methods for agent-based modeling," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 7197-7198.
- \_\_\_\_\_. & Troitzsch, K. G. (1999). *Simulation for the social scientist*. Open University Press.
- Gneezy, U., & Rustichini, A. (2000). "A fine is a price," *The Journal of Legal Studies*, 29(1), 1-17.
- Goldstein, J. (1999). "Emergence as a construct: history and issues," *Emergence: complexity and organization*, 1(1), 49-72.
- Groff, E. (2007). "Simulating street robbery to inform policy and prevention," *The Ninth Crime Mapping Research Conference*. Pittsburgh, PA. March 28-31.
- Gross, D., & Strand, R. (2000). "Can agent-based models assist decision on large-scale practical problems? A philosophical analysis," *Complexity*, 5(6), 26-33.
- Henrickson, L. & Mckelvey, B. (2002). "Foundations of "new" social science: institutional legitimacy from philosophy, complexity science, postmodernism, and agent-based modeling," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 7288-7295.
- Holland, J. H. (1995). *Hidden order: how adaptation builds complexity*. Cambridge: Perseus Books.
- \_\_\_\_\_. (1998). *Emergence: from chaos to order*. Cambridge: Addison-Wesley.
- \_\_\_\_\_. & Miller, J. H. (1991). "Artificial adaptive agents in economic theory," *Learning and Adaptive Economic Behavior*, 81(2).
- Inchiosa, M.E., & Parker, M.T. (2002). "Overcoming design and development challenges in agent-based modeling using ASCAPE," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 7304-7308.
- Kiel, L. D. (1994). *Managing Chaos and Complexity in Government*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

- Kim Y. (2007). "Dynamic spatial models of fraudulent behavior: Combining GIS and ABM," *The Ninth Crime Mapping Research Conference*. Pittsburgh, PA. March 28-31.
- Latora, V., & Marchiori, M. (2002). "Is the Boston subway a small-world network?" *Physica A*, 314, 109-113.
- Luke, S., Cioffi-Revilla, C., Panait, L., & Sullivan, K. (2004). "MASON: A New Multi-Agent Simulation Toolkit," *Proceedings of the 2004 SwarmFest Workshop*. <http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>.
- Mandelbrot, B. B. (1977). *The fractal geometry of nature*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Manson, S.M. (2001). "Simplifying complexity: a review of complexity theory," *Geoforum*, 32, 405-414.
- Manson, S.M., & O'Sullivan, D. (2006). "Complexity theory in the study of space and place," *Environment and Planning A*, 38, 677-692.
- Marcy, M. W., & Willer, R. (2002). "From factors to actors: computational sociology and agent-based modeling," *Annual Review of Sociology*, 28, 143-166.
- Morçöl, G. (2002). *A new mind for policy analysis: toward a post-newtonian and postpositivist epistemology and methodology*. Westport, CT: Praeger Publishers.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- North, M.J., Collier, N.T., & Vos, J.R., (2006). "Experiences creating three implementations of the Repast agent modeling toolkit," *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, 16(1), 1-25.
- Oreskes, N., Shrader-Frechette, K., & Belitz, K. (1994). "Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences," *Science*, 263(5147), 641-646.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1984). *Order out of chaos*. New York: Bantam Books.
- Rescher, N. (1998). *Complexity: a philosophical overview*. New Brunswick, NJ: Transaction Publishers.
- Resnick, M. (1994). *Turtles, termites, and traffic jams*. Cambridge: The MIT Press.
- Rubinstein, A. (1998). *Modeling bounded rationality*. Cambridge: The MIT Press.
- Sarkar, P. (2000). "A brief history of cellular automata," *ACM computing surveys*, 32(1), 80-107.

- Schelling, T. C. (1978). *Micromotives and macrobehavior*. New York: W.W.Norton & Company.
- Senge, P. (1990). *The fifth discipline: The art & practice of the learning organization*. New York: Currency Doubleday.
- Simon, H.A. (1996). *The science of the artificial* (3<sup>rd</sup> eds.). Cambridge: The MIT Press.
- Stacey, R. D. (1992). *Managing the unknowable: strategic boundaries between order and chaos in organizations*. San Francisco: Jossey-Bass.
- \_\_\_\_\_. (1996). *Complexity and creativity in organizations*. CA: Berrett-Koehler Publishers, Inc.
- Stacey, R. D., Griffin, D., & Shaw, P. (2000). *Complexity and management: fad or radical challenge to systems thinking?* New York: Routledge.
- Waldrop, M. M. (1992). *Complexity: the emerging science at the edge of order and chaos*. New York: Touchstone.
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). "Collective dynamics of 'small-world' networks," *Nature*, 393, 440-442.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge: The MIT press.

## Abstract

# Agent-Based Models as a Modeling Tool for Complex Adaptive Policy and Managerial Problems

Yushim Kim · Minchang Lee

This paper discusses complexity theory and agent-based models as modeling tools for complex adaptive policy and managerial problems. We have long known that public policy problems are wicked and complex. However, we have not had good practical approaches for modeling this complexity. Most models assume away the complexity inherent in any human or social system. In an effort to overcome many of the shortcomings of standard approaches, we review complexity theory and explore the use of agent-based models in the context of public policy and management.

【Key words: Complexity Theory, Agent-Based Models, Social Simulation】