마음은 어떻게 뇌에서 생겨나는가?

제1강
제럴드 에델만의『신경과학과 마음의 세계』(1992)
: 마음은 어떻게 뇌에서 생겨나는가? Ⅰ

강사: 조광제

뇌는 어떻게 작동하는가?

1. 에델만

제럴드 에델만Gerald M. Edelman,1929-2014은 1972년에 면역체계 연구로 노벨 생리학·의학상을 수상한 생물학자입니다. 그런데 한편으로 그가 집중적으로 연구한 분야가 뇌 과학을 바탕으로 한 의식이론입니다. 그의 책 『신경과학과 마음의 세계, *Bright, Air, Brilliant Fire*』는 1992년에 출판되었습니다. 그런데 그는 1978년에 그의 이론인 '신경 다윈주의Neural Darwinism'를 개발하여 이를 담은 책 『정신적인 두뇌 *The Mindful Brain*』을 출판했고, 1988년에 갓 태어난 아이의 두뇌가 지니고 있는 본래의 신경 연결망이 어떻게 태아가 발달하는 동안 확립되는가를 다룬 『위상생물학 *Topobiology*』을 출간했고, 또 1990년에 의식에 관한 그의 이론을 확장해서 펼친 『기억되는 현재*The Remembered Present*』를 출간했습니다. 그런 뒤, 오늘 우리가 살피고자 하는 책을 출간한 것입니다. 이들 책들은 모두 다 두뇌와 의식 내지는 마음의 문제를 중심으로 저술된 것임을 알 수 있습니다.

2. 이 책의 기본 의도

에델만은 이 책을 쓴 목표를 다음과 같이 밝힙니다.

> 마음을 갖는다는 것, 안다는 것, 의식한다는 것은 무엇을 의미하는가? 누구나 한번쯤은 이 문제에 대해서 생각해 보았겠지만, 최근까지 과학자들은 그것을 과학의 문제로 다루려 하지 않았던 것이 사실이다. 그러나 이제 상황이 달라지고 있다. 신경과학neuroscience의 대두 때문이다. 뇌에 관한 지식들이 폭발적인 속도로 축적되기 시작했다. 우리가 어떻게 보고 듣고 느끼는지에 대해서 과학적으로 설명할 수 있게 되었다. 우주에서 가장 복잡한 대상의 비밀이 벗겨지기 시작한 것이다. (…) 나의 전반적인 목표는 마음을 이해하는 것이 과학적으로 가능함을 입증하는 일이다.(21쪽)

의식에 관한 과학을 펼쳐 보이겠다는 것, 그것이 신경과학의 폭발적인 발달로 가능

해졌다는 것, 그리고 그의 목표는 마음이 무엇인가를 과학적으로 알 수 있다는 것을 입증하는 것이라고 말하고 있습니다.

그동안 의식은 철학이나 심리학의 핵심 주제였습니다. 예컨대 현상학을 처음으로 만든 후설Edmund Husserl,1859-1938은 그 수많은 저술들을 통해 처음부터 끝까지 의식의 정체를 밝히고자 한 것이라 할 수 있고, 자신을 처음으로 심리학자라고 불렀고 심리학을 독립 분과로 정착시킨 심리학의 선구자인 분트Wilhelm Wundt,1832-1920는 심리학을 "직접적인 주관적 실재를 통해 전반적인 경험"을 검토하여 그것을 구성하는 요소들 간의 관계를 지배하는 법칙을 찾는 것이라 여겼습니다. 여기에서 "직접적인 주관적 실재"는 오로지 각자의 내적인 관찰 즉 내성introspection에 의해서만 기술될 수 있는 것이었습니다. 분트 나름으로 심리학을 생리학적인 기반 위에 세우고자 했으나, 직접적인 주관적 실재에 대한 내성을 바탕으로 하지 않을 수 없는 그에게서 의식이 어떻게 작동하는가를 기술하고 설명할 수 있다고 할지라도 의식이 어떻게 두뇌에서 생겨나는가를 설명할 수는 없었습니다.

『마음의 사회*The Society of Mind*』(조광제 옮김, 새로운 현재, 2019)의 저자 마빈 민스키Marvin Minsky,1927-2016는 마음을 갖지 않는 것을 바탕으로 마음을 설명해야지 그렇지 않고 마음을 가진 것으로써 마음을 설명하는 것은 순환논리에 불과하다고 해서 전혀 마음에 관한 과학이 될 수도 없고 마음에 관한 제대로 된 설명일 수도 없다고 말합니다.(이 책, 12쪽 참조) 에델만이 마음을 과학적으로 이해한다고 할 때 그 말의 의미는 이러한 민스키의 생각과 거의 같다 할 것입니다. 그런데 에델만은 이 책을 저술하면서 자신이 취하는 근본 입장을 다음과 같이 말합니다.

> 현대과학에서 물질은 과정이라는 말로 재인식되어 왔다. 그러나 마음을 물질의 특별한 형태로 이해하지는 않았다. 마음은 물질의 특별한 배열에 따른, 특별한 종류의 절차라는 것이 내가 이 책에서 취한 근본 입장이다.(24쪽)

대단히 중요한 주장이 들어 있습니다. "마음은 물질의 특별한 배열에 따른, 특별한 종류의 과정이다."라는 것입니다. 여기에서 물질은 당연히 두뇌를 이루는 뉴런들을 지칭하는 것으로 보아야 할 것이고 특별한 배열은 뉴런들끼리의 연결 방식을 지칭하는 것으로 보아야 할 것입니다. 문제는 마음을 "특별한 과정"으로 본다는 것입니다. 이는 방금 말한 민스키의 입장과 동일합니다. 민스키는 "각각의 마음은 더 작은 많은 절차들로 만들어진다."(위 책, 10쪽)라고 말하기 때문입니다. 이는 데카르트René Descartes,1596-1630가 정신을 실체라고 한 것이나 고대인 또는 현대의 특정 종교 신봉자들이 영혼이 저 세상에 간다고 여기면서 믿는 영혼의 실체성을 전적으로 거부하고 그런 믿음의 근거 없음을 드러냄으로써 아예 파기하는 것으로 연결됩니다. 마음을 물질적인 기능적 작용의 절차(또는 과정, process)로 본다는 것은 어쩌면 흔히 우리가 마음이 두뇌에서 발생한다고 여기는 것을 더욱 세련되게 말한 것이라 할 것입니다.

3. 두뇌의 기본 구조와 작동방식

결국에는 우리의 두뇌가 문제가 됩니다. 에델만의 우리의 두뇌를 구성하는 뉴런 즉 신경세포가 서로 어떻게 연결되는가를 다음과 같이 간략하게 말합니다.

> 각 신경세포는 시냅스synapse라는 곳에서 다른 신경세포와 연결된다. 그런데 여기서 놀라운 사실은 — 대뇌피질에만 10억의 100배만큼의 시냅스가 있다는 것이다. 만약 당신이 그 연결점(또는 시냅스)의 수를 1초에 한 개씩 센다면, 시작한 지 약 3200만 년 후에 마칠 수 있다. 이 특별한 구조에서 연결점의 수가 얼마나 많은가를 느끼게 하는 또 다른 방법은, 큰 성냥대가리 한 개만한 뇌 부위에 약 10억 개의 시냅스가 들어 있다고 생각해 보는 것이다. 나는 다만 연결점만을 세는 것만을 이야기했다. 만약 연결점들이 얼마나 다양하게 연결되는가를 고려한다면, 그 수는 초천문학적이다. $0^{000,000}$정도다.(전체 우주 안에는 10^{80}정도의 양전하를 띤 입자가 존재한다.)(37-8쪽)

그야말로 신비 중의 신비라 하지 않을 수 없고 기겁을 할 정도로 막대한 세계임을 알 수 있습니다. 이와 관련해 우리로서는 생물 세계의 놀라운 위력에 대해 감탄을 금할 수가 없게 됩니다. 애초 수정란이 만들어졌을 때 그 세포핵 속 염색체들에 들어있는 유전자들이 들어있을 것입니다. 그 수정란 세포가 외부로부터 즉 엄마의 자궁으로부터 영양분을 비롯한 다양한 화학적 작용을 받아들여 개체적인 발생 과정을 거치면서 이토록 어마어마한 두뇌를 구성하다니 정말이지 어떻게 된 노릇이란 말인가, 하고서 감탄하면서 의문을 던지게 되는 것입니다.

그리고 진화의 과정을 역으로 거슬러 올라가 보면, 처음에는 신경계인 두뇌를 만들어낼 수 있는 유전자 구조가 없었을 것인데, 어떻게 진화의 과정을 거치면서 이렇게 복잡한 인간 두뇌를 만들어낼 수 있는 유전자 구조체계를 형성할 수 있었을까, 하고서 그 장구한 계통 발생의 신비에 대해 감탄하면서 의문을 던지게 됩니다.

아무튼 이렇게 신비한 계통 발생과 개체 발생의 과정을 거쳐 형성되는 우리 인간 두뇌는 기본적으로 어떻게 작동하는 걸까요? 에델만은 이렇게 말합니다.

> 지각신경 변환기sensory transducer라는 특수한 뉴런에 의해 뇌는 바깥세계로 연결되는데, 그 변환기는 감각기관을 만들며 입력을 뇌에 제공한다. 뇌의 출력은 뉴런에 의해 근육과 분비선에 연결된다. 더불어 뇌의 부분들은 다른 부분들로부터 입력을 받고, 외부 세계로부터의 개입 없이 다른 부분들에 출력을 준다. 뇌는 다른 어느 것보다 그 자신과 더욱 관계하고 있다고 말할 수 있을 것이다.(39쪽)

두뇌가 몸의 감각기관들로부터 전기화학적인 입력을 받아들이고, 그것들을 재구성해서 근육을 비롯한 각종 몸의 장치들에게 출력을 내보냄으로써 몸을 다각적으로 움직이게 한다는 것은 우리가 대체로 알고 있는 내용입니다. 중요한 것은 여기 마지막 문장 “뇌는 다른 어느 것보다 그 자신과 더욱 관계한다.”라는 것입니다. 입력을 받은

뇌의 부분만 그것들 나름으로 정보를 주고받는 것이 아니라, 그 외의 부분들과도 정보를 주고받고, 그뿐만 아니라 외부세계로부터 오는 입력과 상관없이 그 자체로 서로 연결되어 수시로 정보를 주고받는다는 것입니다.

그런데 그렇게 두뇌가 자율적인 방식으로 작동하면서 일구어내는 것들은 무엇이며 또 그것들이 어떻게 작동하는가를 알아야 하겠습니다. 에델만의 이야기를 들어봅니다.

> 한 조각의 뇌 조직은 정교한 조직망으로서, 3차원적 공간과 시간에서 전기 화학 신호에 반응한다. 뇌 조직은 역동적인 패턴을 방출하며, 그러한 패턴을 받아들이고 그에 반응한다. 이런 패턴들은 서로에 영향을 끼치며 다른 신경 접속들을 통해 신체의 다른 기관들의 움직임, 즉 심장이나 신장, 허파, 근육과 선腺 등에도 영향을 미친다. 뇌는 최고의 통제자이며, 율동적인 패턴들은 우리가 숨을 쉬며 피를 펌프질하고 음식물을 소화시키고 또 몸을 움직이는 방식에 변화를 준다.(44쪽)

"뇌 조직은 역동적인 패턴을 방출하며, 그러한 패턴을 받아들이고 그에 반응한다."라는 말이 너무나 중요합니다. 뉴런들이 연결되어 서로 작동함으로써 부분마다 또는 부분들의 결합에 따라 각종 패턴들이 방출되고 그 패턴들을 서로 주고받으면서 거기에 반응한다는 것입니다. 말하자면, 뉴런들이 원자적으로 작동하는 것이 아니라 서로의 연결망이 갖는 특정한 패턴들에 따라 작동한다는 것입니다. 그래서 그 여러 다양한 패턴들에 따라 두뇌가 작동함으로써 몸의 기관들이 각기 다양한 방식으로 움직인다는 것입니다. 아무튼 '패턴 조성과 패턴에 따른 작용'이라는 점을 염두에 두어야 하겠습니다. 그렇다면, 이러한 패턴은 한 번 만들어지면 고정된 구조적 장치처럼 작동하는 걸까요? 만약 그렇게 된다면, 두뇌는 새로운 패턴을 요구하는 외부 세계의 압력에 대해 제대로 효율적으로 작동하지 못할 것입니다.

> 어떤 척도로 보면 뇌는 마치 거대한 전기 조직망처럼 보이지만, 아주 미세한 척도에서 살펴보면 그 어떤 자연적 혹은 인공적인 조직망과도 다른 방식으로 연결되고 배열된다. 발생과정 중의 세포 운동과 갈수록 늘어가는 뉴런의 확장과 연결에 의해 뇌의 조직망이 만들어진다. 뇌는 자가 조직적self-organizing의 한 예다. 발생과정 중에 있는 이 시스템과 그리고 발생을 마친 후 미세한 분지分枝ramification를 자세히 살펴보면 정확히 부분 부분을 잇는 배선(마치 전기 장치에서의 배선 같은)이 없다는 사실을 발견할 수 있다. 변이variation가 너무나 대단하다.(48쪽)

그렇다면 두뇌를 형성하는 뉴런들이 서로 어떻게 연결되기에 이렇게 다양한 패턴들을 만들어 작용할 수 있을까요? 에델만은 여기에서 두뇌 속 뉴런들의 연결은 외부 세계에서 볼 수 있는 그 어떤 조직망과도, 예를 들어 자연 속의 물질적인 조직망이나 사회를 이루는 온갖 복잡한 입체적인 조직망과도 다르다고 말하고 있습니다. 두뇌의 조직적인 시스템은 항상 새롭게 만들어지고 있는 시스템인데, 중요한 것은 뉴런들 간의 연결이 말하자면 시냅스 방식으로 이루어지기 때문에 언제든지 새로운 방식으로 서로 연결될 수 있다는 것입니다. 이에 "변이가 너무나 대단하다."라고 말하는 것입니

다. 이를 통상 두뇌가 가소성可塑性plasticity이 엄청나게 높다고 말합니다.

4. 인간 두뇌와 인공두뇌

이제 흔히 A.I. 운운하면서 컴퓨터에 의거한 인공두뇌를 말하기도 하는데, 그러한 컴퓨터-디지털적인 인공두뇌와 실제 우리의 두뇌가 어떻게 같고 다른가가 궁금해집니다. 이에 관해, 에델만은 이렇게 말합니다.

> 컴퓨터나 물질 입자, 원자, 사유실체, 유령 등에는 없으나 뇌에만 특유한 것은 그것이 진화적인 형태라는 사실이다. 이 형태는 원자에서 근육에 이르기까지 여러 가지 단계에 걸쳐 상호 작용한다. 뇌의 연결 구조의 정교함과 그 수가 많은 것은 특별하다. 앞뒤로 '의미를 전해 주는' 지도들은 대규모로 평행이며 정확할 뿐만 아니라 통계적인 특성을 가지고 있다. 더욱이 마음을 이루는 물질은 항상 그 자체와 상호 작용한다.(54쪽)

> 우리에겐 여전히 필요한 게 남아 있다. 도대체 형태가 어떻게 만들어졌으며, 또 진화를 거치면서 어떻게 변화되었는지를 설명해 줄 수 있는 이론이다. / 도대체 왜 그러한가? 형태, 즉 세포나 조직, 기관 그리고 나아가서는 어느 개체 동물의 전체 모양이야말로 행동에 대한 가장 광범위하고 동시에 유일한 증거이기 때문이다. 이 같은 결론을 뒷받침해 줄 증거는 전체에 해당하는 것과 부분에 해당하는 것을 막론하고 충분히 많다. 날기 위해서는 날개가 있어야 하듯 생각하기 위해서는 뇌가 필요하다.(82쪽)

"두뇌의 특유성은 진화적인 형태를 띠고 있다는 것이다."라는 말로 압축될 수 있을 것입니다. 그리고 진화 과정에서 어떻게든 생각을 할 필요를 몸이 제 스스로의 행동에서 파악하게 되고, 그런 이유 때문에 "날기 위해서 날개가 있어야 하듯 생각하기 위해 뇌가 있어야 했던" 것이라고 말하고 있습니다. 그러니까 이러한 진화적인 형태가 그저 두뇌에만 있는 것이 아니라 두뇌와 항상 다각적으로 연결되어 작동하는 몸의 뭇 다른 기관들 역시 진화적인 형태를 띠고서 작동한다는 것이겠습니다.

여기에서 어려운 개념이 하나 나오는데 "지도map"라는 개념입니다. 저 앞에서 말한 패턴과 유사하면서도 그 뜻이 다소 다른 것 같습니다. 패턴이 두뇌 작용의 근본적인 방식이라면, 지도는 두뇌 속 뉴런들 간의 시냅스적인 연결의 모습이라 여기면 될 것 같습니다. 그러한 지도의 형성 역시 진화의 산물이겠습니다.

그런데 "패턴"이나 "지도"와 엇비슷한 맥락으로 들먹이는 또 하나의 개념이 있습니다. "배열"입니다.

> 뇌의 화학적, 전기적인 역학은 전기회사의 활동을 닮기보다는, 정글 속에서의 소리와 빛의 패턴, 또 움직임과 성장 패턴을 더 닮았다. 이 역학은 특수한 화학작용에서 나온다. 그 화학작용의 변경이나 해부학적 기초의 파괴는 무의식을 돋우는 데서 죽음에 이르기까지의 일시적 혹은 영구적인 정신적인 변화를 초래할 수도 있다.(54쪽)

> 정신적 과정을 만들어 내는 것은 뇌를 구성하고 있는 생화학 물질들의 실제적 구성이 아니라 바로 이런 물질들의 역동적인 배열 그 자체이며, 바로 그 점이 본질적이다. 계속 문제되는 것은 역동적인 형태다.(55쪽)

흔히 신경전달물질이라고 말하는, 두뇌에서 생성되는 화학적인 물질들은 엄청나게 많습니다. 뉴런들이 연결되어 패턴을 이루고 또 그 패턴들이 계속해서 새롭게 변경되고 성장하기도 하고 약화되기도 하면서 움직이는 그 역학이 주로 신경전달물질들의 화학작용에 의해 이루어진다는 것이 놀랍긴 합니다. 하지만, 뉴런들 간의 연결에 따른 작용은 기본적으로 이온화된 화학물질들의 힘에 의해 이루어진다는 것을 생각하면 그다지 놀라운 것은 아닙니다.

중요한 사실은 그러한 생화학 물질들의 변경과 변화에 의거한 역동적인 배열들에 의해 정신적인 과정이 이루어지고 또 정신적인 변화가 일어난다고 것입니다. 물론 우리로서는 어떻게 해서 그렇게 생화학 물질들의 영역에서 정신적인 영역의 일들이 생겨나는가 하는 것이겠습니다. 나로서는 에델만이 과연 이를 어떻게 설명할 것인가에 온통 관심을 끌어 모으고 있습니다. 이는 워낙 이 책의 핵심에 해당되기 때문에 좀 더 기다려 보아야 할 것입니다. 그런데 에델만은 우선 이렇게 말합니다.

> 만일 순전한 생화학적 맹신이 빗나간 것이라면, 실제로는 선험적으로 존재하지 않는 뇌의 소프트웨어를 인정하면서도 소프트웨어가 어떤 구조에서 작동하는지는 중요하지 않다고 여기는 것은 맹신이다. 뇌의 작동과 관계된 소프트웨어 같은 것은 존재하지 않으며, 또한 전적으로 중요한 것은 뇌의 형태라는 사실을 실제 증거가 강력하게 나타내 보이고 있기 때문이다.(55쪽) ― 원숭이와 인간을 구분시킬 수 있는 어떤 생화학적 물질이란 있을 수 없을 것이다.(84쪽)

인간의 두뇌가 생화학적인 물질들에 의해 역동적으로 작동한다 할지라도 그 작동이 생화학적인 물질들이 어떤 것들인가 하는 것에 의존하는 것이 아니라 그런 물질들이 작동하는 모체라 할 수 있는 뇌의 구조적인 형태에 의존한다는 것을 말하고 있습니다.

다소 의아하게 여겨지는 것은 뇌에는 소프트웨어와 같은 것이 없다는 주장입니다. 소프트웨어는 비가시적인 명령 체계입니다. 그렇다면, 두뇌의 작동을 제어하는 명령 체계를 두뇌 스스로 따로 만들지 않는 셈입니다. 하지만, 우리로서는 두뇌가 결코 아무렇게나 작동하지 않는다는 것을 직관적으로도 알 수 있고, 그렇다면 일정한 규칙에 의해 작동한다고 생각할 수밖에 없고 그 규칙이 진화적인 과정을 통해 형성되었건 아니면 두뇌 자체가 개체적으로 여러모로 작동하다보니 어떻게 작동하는 것이 가장 효과적인가를 통해 형성되었건 간에, 두뇌가 자신의 작용들을 제 스스로 파악하여 제 스스로에게서 그런 규칙들을 담은 시스템을 만들어낸다고 할 수 있어야 할 것 같습니다. 그런데 에델만은 마치 그러한 두뇌 작용에 작동하는 규칙들의 시스템이 없다고 말하는 것 같습니다.

5. 다윈의 프로그램

그렇다면, 두뇌는 과연 어떻게 작동한다고 말할까요? 그는 이렇게 말합니다.

> 특정 세포의 특정한 장소에서의 움직임과 소멸은 철저히 통계상의 문제일 뿐만 아니라, 세포의 실제 위치는 유전자 내부의 암호에 의해 미리 지정될 수 없다.(97쪽)

> 우린 최소한 뇌가 어떻게 진화되었는지에 대해 연구해야만 한다. 우리의 임무는 다윈의 프로그램을 완성시키는 것이다. / 다윈의 프로그램을 완성시키기 위해 불완전하나마 노력을 기울이다 보면, 시작부터 일련의 흥미롭고 불가해한 발견들이 계속될 것이다. 우리는 뇌의 발생이 대단히 역동적이고 또한 통계적이라는 사실을 알고 있다. 발생학적인 분석에 의하면, 유전자가 뇌의 복잡다단한 해부학적 구조를 통제하는 방식은 후성적 상호작용을 통해 이뤄진다. 즉 특정한 발생적 사건들은 다른 것들이 일어나기 전에 일어나야만 한다는 것이다. 어떤 접합 분자들은 세포가 집단을 이루는 것과 세포의 이동을 통제하지만 미리 규정된, 혹은 미리 배열된 유형에 의해 하나하나에 통제를 가하지는 않는다. 그리고 세포의 이동과 소멸은 어느 정도 확률적이어서 개별 세포 수준에서는 그 결과를 예측할 수 없다. 이같이 통계적인 과정들을 통해 뇌 하나 하나에는 컴퓨터와는 달리 개별성이 부여된다.(110쪽)

"어떤 접합 분자들"이 등장합니다. 이것들이 뉴런들이 집단을 이루는 데 관여하고 또 뉴런들의 이동을 통제한다고 말합니다. 그런데 중요한 것은 이 접합 분자들이 "미리 규정된, 혹은 미리 배열된 유형에 의해 하나하나 통제하는 것이 아니라" "어느 정도 확률적인 방식으로" 통제한다는 것입니다. 그래서 무슨 말인지 정확하게 알 수 없으나 "이같이 통계적인 과정들을 통해 각자의 뇌에 컴퓨터와는 다른 개별성이 부여된다."라고 말하고 있습니다.

이보다 더 어려운 개념은 에델만이 자신의 뇌 이론을 규정하는 "다윈이 프로그램"입니다. 그는 이 인용문보다 훨씬 앞서서 이렇게 말합니다.

> 다윈은 정확한 유전 메커니즘을 파악하지는 못했지만 그 원칙만큼은 제대로 이해하고 있었다. 예를 들면 특정 동물의 감정 표현과 인간의 감정 표현 사이에는 표현형에서의 유사성이 있음을 간파하고 있었다. 자연선택이 모든 감정 표현을 직접 선택할 필요가 없다는 사실 또한 인식하고 있었다. 이 같은 생각은 사고와 행동에 대해서도 적용된다.(…) / 다윈의 접근 방식에는 인간 마음의 진화론적 기원을 이해하기 위해 반드시 알아야만 하는 것들에 대한 이해가 포함되어 있었다. 나는 이것을 바로 다윈의 프로그램이라 부르고자 한다. 우리는 (유전의 메커니즘은 차치하고) 행동의 기초가 되는 형태가 진화의 역사에서 어떻게 생겨났으며, 그리고 행동 그 자체가 자연선택을 어떻게 변경시키는가 하는 것 등을 이해해야만 한다. 나는 이를 다윈의 프로그램이라 명명했는데,(…) / 이 프로그램을 완성시키기 위해 도대체 어떤 것들이 필요할까? 우선 유전이 행동에 어떤 영향을 미치는가를 분석해야 하고, 반대로 행동이 유전에 어

떤 영향을 미치는가도 분석해야만 한다.(74-5쪽)

이야기가 복잡합니다. 핵심 개념은 “형태”인 것 같습니다. 진화 과정을 통해 행동의 형태(쉽게는 행동의 기본 패턴이라 할 수 있을 것 같습니다만)가 어떻게 생겨났는가를 특히 유전자들과 유전자들의 배열에 관련해서 설명하는 것이 대단히 유리하다고 말하려고 하는 것 같습니다.

아닌 게 아니라 우리는 각자가 뭔가 조금씩 다른 형태로 행동을 하는 것 같은데, 예를 들어 부자지간에 다른 사람들과 달리 걷는 품새를 비롯해 여러 행동에서 비슷한 형태들을 확인하기도 하는데, 그 행동들의 형태가 과연 타고난 유전자들에 미리 기록되어 있는 지시에 따른 표현형인지, 아니면 유전자와 무관하게 경험을 통해 학습된 것인지 궁금하게 여깁니다. 하지만, 크게 보아 침팬지들의 행동 형태와 인간들의 행동 형태를 비교할 경우, 우리는 그 형태의 차이가 유전자들에 의한 것임을 인정하지 않을 수 없습니다.

이 두 경우 모두를 염두에 둔 것 같은데, 에델만은 유전이 행동의 형태에 영향을 미치기도 하고, 행동의 형태가 향후 유전에 영향을 미치기도 한다고 말하는 것 같습니다. 이른바 다윈 프로그램은 유전자에 의거한 몸 기관의 각종 패턴적인 형태의 형성과 유전자와 무관하게 형성되는 몸 기관의 각종 패턴적인 형태의 형성을 동시에 사유할 수 있는 것을 핵심 내용을 삼는 것 같습니다. 그래서 다음과 같이 대단히 전문적인 내용을 말합니다.

형태규제분자morphoregulatory molecule라고 불리는 분자들이 있는데, 이 분자들은 세포의 결합과 움직임을 통제한다. 이 단백질들은 특정한 유전자 조합에 의해 배胚의 특정한 장소에 지정된다. 그 단백질들의 주 임무는 세포로 하여금 다른 세포와 결합케 하거나, 아니면 상피에 세포를 연결시켜 주는 것이다. 형태규제분자는 크게 세 무리로 나뉘는데, 우선 세포들을 직접 연결시켜 주는 세포결합분자(CAMs)라는 게 있다. 또 기질결합분자(SAMs)라는 게 있는데, 이것들은 세포들을 간접적으로 연결시켜 세포들이 자유롭게 이동할 수 있는 근거가 되는 행렬을 만들어 준다. 마지막으로 세포결합분자에 의해 묶인 세포들을 상피판에 연결시키는 세포접합분자(CJMs)를 꼽을 수 있다.(97쪽)

우리로서는 “형태규제분자”들이 있는데, 이 단백질 분자들이 유전자 조합에 의해 배의 특정한 장소에 지정되어 자리를 잡는다는 것입니다. 그렇다고 해서 이 단백질 분자들의 활동마저 유전자 조합의 명령에 따라 일관되게 이루어지는 것은 아닐 것입니다. 특히 두뇌에서 뉴런들을 시냅스 방식으로 연결시켜 일정하게 형태를 갖추게끔 하는 유전자적인 명령 체계는 존재하지 않는 것입니다. 뉴런들의 연결 형태를 “회로” 즉 ‘신경회로’라 부르면서 이렇게 말합니다.

뇌의 회로는 우리가 지금까지 보아 온 그 어떤 회로와도 다르다. 뉴런은 나무같이 생긴 수지상 배열을 가지고 있는데, 이것들은 다양한 방식으로 겹쳐지고 또 가지를 뻗

> 어 간다. 뉴런의 신호 체계는 컴퓨터나 전화 교환기의 체계와는 사뭇 다르다. 그것은 상호작용적인 사건들을 뒤죽박죽 모아 놓은 것처럼 생겼다. 그러나 그런데도 뇌는 신호를 변경시키기 위해 주어진 영역에 자동적으로 적응해 나가는 지도와 회로를 만든다. 뇌에는 통제자 없이 상호 작용을 하는 복합적이 지도가 있지만 지각적 장면에 대해 통일성과 응집성을 부여해 준다.(110-111쪽)

두뇌 속에는 너무나 다양한 회로들이 있을 것입니다. 그리고 회로들 간에도 당연히 연결이 이루어질 것입니다. 중요한 것은 이 회로들 중 특별히 다른 회로들을 지배하고 통제하는 중앙집권적인 회로가 따로 없다는 사실입니다. 그야말로 흥미로운 사실은 그런데도 우리가 지각을 하거나 그 지각의 환경 속에서 행동을 할 때 매 순간 이어지는 통일성과 지속성을 형성하고 경험한다는 사실입니다. 심지어 "나는 나다."라는 식으로 마치 통일된 하나의 마음 내지는 자아가 있는 것처럼 여긴다는 사실입니다.

아무튼 에델만은 이러한 두뇌의 작용을 설명하기 위해 다음과 같이 아주 어렵게 여겨지는 "체성선택계"라는 개념을 사용합니다.

> 환경과 생명체 사이에는 개체군을 변화시켜 적응을 증가시키는 식의 분명한 정보 교환은 이뤄지지 않는다. 진화는 지령에 의해서가 아니라 선택에 의해서 진행된다. 진화에는 궁극적 원인이나 목적은 존재하지 않으며, 전체 과정을 이끄는 목표가 없으며, 그것에 대한 반응들은 개별 경우마다 사후에 생겨난다. (…) 놀라운 것은 장기간에 걸쳐 개체군에 대한 선택에 의해 진행되는 진화를 통해 개체 내부의 선택계가 만들어진다는 사실이다. 하나의 신체 안에서 생명 주기 동안 작용하는 그러한 선택계들을 체성선택계somatic selective system라 부른다. 따라서 진화적 선택계는 체성선택계를 선택하는 것이다.(116-7쪽)

장구한 진화의 계통 발생적인 관점에서 보면, 환경과 생명체 사이에 상호 선택적인 관계가 이루어지고 그 결과 몸에 그러한 선택적인 시스템 즉 선택계가 정착된다는 것입니다. 이를 일컬어 에델만은 "체성선택계"라 부릅니다. 중요한 것은 이러한 진화 과정의 선택 시스템이 결국 몸에 두뇌라고 하는 "체성선택계"를 만들어 놓았다는 사실입니다. 그런데 묘한 것은 에델만이 마치 두뇌가 선택적인 진화의 과정을 압축해 놓은 것처럼 작동한다고 말하는 것 같다는 사실입니다.

> 다양성은 선택계 이전에 이미 존재하며, 특수성은 사후의 선택 결과로 생기는 까닭에 우리는 더 이상 머릿속의 정보 처리 장치가 끝없이 퇴행하는 문제에 직면하지 않아도 되었던 것이다. 이 주장을 적절하게 옹호하기 위해 나는 선택 원칙을 좇는 뇌 기능설을 서술하겠다. 진화와 발생이 어떻게 뇌의 체성선택계를 만들어내는지를 보여주는 게 관건이다.(124쪽)

여기에서 "선택 원칙을 좇는 뇌 기능설"을 특별히 유념해야 할 것입니다. 여기에서 말하는 "머릿속의 정보 처리 장치가 끝없이 퇴행하는 문제"는 두뇌에 감각기로부터

각종 정보의 입력들이 주어지면 그 입력들을 끌어 모아 종합하고 해석해서 출력을 방출하는 두뇌 속의 중심 지대가 있어야 하는 것 아닌가, 하는 생각이 지닌 난점입니다. 만약 그런 두뇌 속의 중심 지대가 있다고 하면, 그 중심 지대 역시 그 속으로 들어온 정보의 입력들을 종합해서 해석해서 원초적인 출력을 방출하는 더 작은 중심 지대를 지녀야 할 것 아닌가, 하는 생각을 거부할 수 없게 됩니다. 그래서 굳이 이러한 생각을 유지하려고 하면, 계속해서 더 작은 중심 지대를 설정해야 하는 무한 퇴행의 난관에 빠져들어 아무런 설명이 될 수 없다는 것입니다. 이를 간략하게 일컬어 "호문큘로서의 역설"이라고 합니다. '호문큘로스homunculus'는 르네상스 시대의 신비주의자인 파라켈수스Philippus Paracelsus,1493-1541가 맨 먼저 지어내어 말한 '소형인간'을 말합니다. '인간 속의 두뇌 → 두뇌 속의 소형인간 → 그 소형인간의 두뇌 → 그 소형 인간의 두뇌 속의 더 작은 소형인간 → .....' 등으로 계속해서 나간다는 것입니다. 이 같은 '소형인간의 무한퇴행'의 문제를 지닌 것이 두뇌 속에 중앙처리장치가 있어 거기에서 자아나 단일한 하나의 마음이 생겨난다고 여기는 입장입니다.

이를 벗어날 수 있는 것으로서 에델만이 제시한 이론이 바로 "선택 원칙을 좇는 뇌 기능설"이라는 것입니다. 말하자면, 경우에 따라 계속해서 새로운 형태들을 만들어 재배열해 나가는 방식을 선택해서 작동하는 것이 두뇌라는 것, 즉 두뇌는 수평적으로 열려있는 방식으로 작동한다는 것입니다.

6. 뉴런 집단 선택설

자신의 이러한 "선택 원칙을 좇는 뇌 기능설"을 바탕으로 언어와 기억 및 의식의 발생을 설명하고자 에델만이 조성한 이론이 "뉴런 집단선택설"입니다. 이에 관한 에델만의 이야기를 들어봅시다.

> 신체가 생장과 경험에 따라 변하는 동안 뇌기능이 어떤 식으로 신체 기능에 눈금이 맞춰지는지를 제시해야 하며, 뇌의 지도가 어떻게 생겼으며 또 어떻게 기능하는지, 즉 왜 그 지도가 변화하며, 다양한 지도들은 어떻게 통합된 반응을 보일 수 있는지를 설명해야 한다. 그리고 그것들은 어떻게 언어가 없어도 지각 반응의 일반화에 도달하게 하는지를 설명해야만 한다. 결국 그런 이론은 어떻게 언어 그 자체가 생기는지를 설명할 필요가 있다. 그리고 마지막으로 그 이론은 지각 범주화와 개념 범주화의 다양한 형태, 그리고 기억과 의식의 다양한 형태들이 진화과정 동안 어떻게 생기는지를 설명해야만 한다. (…) 이런 문제들을 설명하기 위해 내가 제안한 이론이 바로 뉴런 집단 선택설theory of neuronal group selection(TNGS)이다.(128쪽)

"뉴런 집단 선택설"이 과연 구체적으로 어떤 것인지 당장 알 수는 없지만, 대단한 야심에 의거한 이론임을 알 수 있습니다. 이를 통해, 뇌와 신체 간의 체계적인 형태적 대응의 발생, 이에 생겨나는 뇌 지도들의 발생과 그것들 간의 통합적인 반응의 가능성, 신체의 행동과 결부되어 생겨나는 지각 반응의 일반화, 언어 자체의 발생, 기억

과 의식의 다양한 형태들의 진화적인 발생 등을 설명할 수 있다고 자신하는 것처럼 보이기 때문입니다. 아무튼 이 인용문을 통해 "TNGS"의 과제를 알 수 있습니다.

> TNGS의 기본 전제는 행위의 기본이 재입력에 의해 일어나는 뉴런 집단 간의 상호 연결의 복잡한 양식에 대한 선택적 조정이라는 사실이다. 물론 재입력이 생리학과 심리학을 연결시켜 주는 아주 중요한 단초다. (…) TNGS에 의하면 개별 뉴런이 아니라 뉴런 집단이라 불리는 긴밀히 연결된 세포 집합이 선택의 단위다.(132쪽)

두뇌에서 무슨 일이 어떻게 일어나는지 알 수 없지만, 그에 따라 결과적으로 행위가 일어난다는 것만큼은 분명합니다. 그런데 그때 두뇌 속에서 일어나는 일은 기본적으로 개개 뉴런의 단위가 아니라 뉴런 집단을 기본 단위로 해서 이루어진다는 것입니다. 그리고 그때 뉴런 집단들 간에 "재입력"이라는 상호재귀적인 순환작용이 일어나는데, 그러한 뉴런 집단들 간의 작용 방식이 선택되어(선택하는 주체를 굳이 말해야 한다면, 그것은 두뇌 자체가 될 것인데) 행위를 일으키는 역할을 한다는 것입니다. 그러니까 "뉴런 집단 선택"은 두뇌 속에서 매 순간 순간 일어난다고 해야 할 것입니다. 우리는 단 한 순간도 빠짐없이 새로운 행위를 계속해 나가기 때문입니다. 그렇다면, 그런 뉴런 집단의 선택을 어떻게 일어나는지가 문제가 됩니다. 에델만은 이렇게 말합니다.

> 어떤 개별 뉴런도 격리된 채 선택되지는 않으며, 어떤 개별 뉴런에서도 뉴런 집단에서 나타나는 속성을 찾아볼 수는 없다. 이런 강제들은 뉴런들 간의 상호 연관 밀도로부터 생겨나고, 또한 그런 강제들 때문에 어떤 단일 뉴런도 선택 단위로 작용할 수 없다.(135쪽) * 집단들은 크기에서 다르고(대개 50에서 1만 개의 뉴런에 이른다) 실제 연결에 있어서 다른데, 그것은 집단이 발견되는 영역의 국지적 뉴런 구조에 의해 결정된다.(그림 9-3, 135쪽)

여러 뉴런 집단들이 연관되어 서로 간에 재입력에 의한 상호작용이 일어날 것인데, 그때 어느 연결 대목이 가장 밀도가 높은가에 따라 그 뉴런 집단들 간의 방식이 선택된다는 것입니다. 그런데 집단들의 크기를 제시하고 있는 것으로 보아, 이 "뉴런 집단"이란 개념은 설명을 위한 가설이 아니라 뇌 해부학적인 실재를 지칭하는 것으로 보입니다. 그런데 어렵게도 이런 이야기를 합니다.

> 인식에 관한 학문들(진화와 면역, 그리고 뇌 과학)에 있어 놀라운 점은 진화 과정 중의 자연선택이 완전히 다른 두 개의 인식 가능한 체성선택계를 [즉, 면역계와 두뇌를] 만들어 낸다는 사실이다. 만약 우리가 이런 사실을 인정한다면 뉴런 집단 선택들로 이뤄진 작은 고리 하나가 같은 종의 다른 개체들 내에 다양한 표현형적 행위를 만들어내게 된다고 말하게 된다.(148쪽)

우선 인식에 관한 학문들로 진화론, 면역학 그리고 뇌 과학을 거론한다는 것이 벌

써 이채롭습니다. 기존의 철학적이거나 심리학적인 인식론은 근본에서부터 무시하고 있는 것입니다.

면역계와 두뇌를 진화 과정에 의해 만들어진 체성선택계로 본다는 것은 이해하기에 그다지 어려운 것은 아닌 것 같습니다. 하지만 “이를 인정한다면” 하고서 그 귀결로 이야기하는 내용이 이해하기에 다소 어렵습니다. “뉴런 집단 선택”은 각자의 두뇌에서 일어나는 일이었습니다. 그렇게 해서 “선택된 뉴런 집단들 간의 연결 고리”를 생각하는 것도 이해됩니다.

그런데 그 “연결 고리 하나”가 “같은 종의 다른 개체들 내에” 예컨대 우리 인간들 각자에게 있어서 “다양한 표현형적인 행위를 만들어낸다”고 하는 이야기가 이해하기 어렵습니다. 각각의 개체에게서 그 개체의 상황에 따라 여러 다양한 행위들로 표현된다고 하는지, 아니면 개체에게서 일어나는 다양한 행위들을 묶어 일반화해서 보아 그 일반적인 행위의 형태가 개체들마다 다르게 표현되도록 한다는 것인지가 애매한 것입니다. 우리로서는 둘 다에 해당된다고 할 수 있을 것 같습니다.

* 오늘은 이 정도로 하고, 미리 예고해 드린 강의계획서를 위반한 셈이 되는데, 다음 시간에도 에델만의 이 책을 살펴봐야 하겠습니다. 감사합니다.