creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

이학석사 학위논문

물리적 계산 개별화에 대한 비의미론적 접근 옹호

2023 년 2 월

서울대학교 대학원

과학사 및 과학철학 협동과정

도 경 보

물리적 계산 개별화에 대한 비의미론적 접근 옹호

지도 교수 천 현 득

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2023 년 2 월

서울대학교 대학원

과학사 및 과학철학 협동과정

도 경 보

도경보의 이학석사 학위논문을 인준함

2023 년 2 월

위 원 장 _____ 한 성 일 _____ (인)

부위원장 _____ 천 현 득 _____ (인)

위 원 _____ 정 동 욱 _____ (인)

초 록

본 논문은 인지과학에서의 계산 개념과 표상적 내용의 관계에 대한 논쟁을 다룬다. 수용된 견해인 의미론적 접근에 따르면 계산을 개별화하기 위해 표상적 내용이 필요하다. 섀그리어는 물리적 상태를 그룹화하는 방식에 따라 한 시스템에서 여러 다른 계산이 도출되는 계산 다수성 현상을 지적하고, 이로부터 시스템의 내재적 속성만으로는 계산을 개별화할 수 없으며 표상적 내용이 필요하다고 주장했다. 피치니니는 넓은 기능에 의해 계산이 표상적 내용 없이도 개별화됨을 보임으로써 계산 개별화를 위해 표상적 내용이 필요하지 않다는 비의미론적 접근을 주장했다. 이에 대해 섀그리어는 넓은 기능 개별화 방식은 실패하지만 표상적 내용에 의거한 개별화 방식은 성공하는 예시를 들어 반박했다.

나는 이러한 계산 개별화에 관한 논쟁에 대해 두 가지를 주장한다. 먼저 비의미론적 접근에 대한 섀그리어의 반박은 실패한다. 섀그리어의 반박은 예시를 통해 넓은 기능에 의거한 계산 개별화 방식이 계산 개별화의 필요조건(함수적 관계 조건)을 위배함을 지적한 것이다. 하지만 표상적 내용에 의거한 개별화 방식의 경우에도 함수적 관계조건을 위배할 가능성이 존재하기 때문에, 비의미론적 개별화 방식이 실패한다면 같은 이유에서 의미론적 개별화 방식도 실패한다.

다음으로 나는 계산 개별화에 대한 설명주의를 바탕으로 비의미론적 접근을 옹호한다. 설명주의에 따르면, 시스템이 가지는 오토마타 중 피설명항 과제에 가장 설명적으로 유관한 것이 시스템이 구현하는 계산이다. 설명주의는 계산 개별화 문제에서 피설명항 과제를 주어진 것으로 설정해야 한다는 함축을 가진다. 설명주의에 의해 명료화된 의미론 논쟁은 주어진 피설명항과 최선의 설명적 관계를 맺는 오토마톤을 집어내기 위해 의미론적 요소가 필요한지 묻는다. 이에 대해 나는 시스템이 구현하는 오토마타의 집합이 유한 개의 원소를 가진다는 점과, 각 오토마타의 피설명항 과제에 대한 설명적 유관성의 비교가 의미론적 요소의 도입없이 가능하다는 점을 근거로 비의미론적 접근을 옹호한다.

주요어 : 계산주의, 계산, 인지, 표상, 개별화, 구현, 외재주의, 계산적 설명, 메커니즘적 설명, 피치니니, 섀그리어

학 번 : 2019-29701

목 차

1. 도입 ····· 1
2. 계산 개별화 문제 ·····4
2.1 계산 개별화의 세부 문제····· 4
2.2 동기 및 요구사항·····6
3. 의미론적 관점과 비의미론적 관점····· 9
3.1 의미론적 관점과 비의미론적 관점·····9
3.2 의미론적 관점 옹호 논변 – 계산 다수성 논변·····14
3.3 비의미론적 관점의 반박 I – 내재주의적 비의미론적 관점 ·····19
3.4 비의미론적 관점의 반박 II – 외재주의적 비의미론적 관점·····26
3.5 의미론 논쟁 분석 ·····30
4. 섀그리어의 반박과 그에 대한 비판 ····· 35
4.1 섀그리어의 반박 ·····35
4.2 계산 개별화를 위한 필요조건 ····· 40
4.3 섀그리어의 반박에 대한 비판 ····· 45
5. 계산 개별화에 관한 의미론 논쟁 재고 ····· 55
5.1 계산 개별화에 관한 설명주의 ·····55
5.2 무엇에 대한, 어떤 종류의 설명인가? ·····62
5.3 설명주의에 의한 의미론 논쟁 재고 ····· 68
6. 결론 ····· 79

참고문헌 ····· 81
Abstract ····· 86

표 목차

[표 1] 두 개의 입력과 두 개의 출력을 가지는 물리적 시스템 ····· 15
[표 2] 2.5-5V 를 0-2.5V 와 그룹화한 경우 ·····16
[표 3] 2.5-5V 를 5-10V 와 그룹화한 경우 ·····16
[표 4] 시스템 D1·····24
[표 5] 시스템 D2·····24
[표 6] 두 시스템의 기능적 프로파일·····24
[표 7] 넓은 기능(운동출력)에 의한 계산 개별화 ····· 28, 37
[표 8] 물리값으로 특징지은 물리적 시스템 ····· 36
[표 9] 기호화한 물리값으로 특징지은 물리적 시스템····· 36
[표 10] 넓은 기능(운동 출력)에 의거해 그룹화할 수 없는 경우 ···37, 41, 46
[표 11] 함수적 관계 조건을 위배하는 예시 ····· 40
[표 12] 자유도 3 이상을 허용할 때 함수적 관계 조건을 위배하는 예시 ···43
[표 13] 함수적 관계 조건에 의거한 넓은 기능 개별화 거부·····46
[표 14] 의미론적 속성에 의해 계산이 개별화되는 경우·····47
[표 15] 의미론적 속성에 의해 그룹화를 할 수 없는 경우 (자유도 3 이상을 허용하는 경우 개별화 완료) ····· 48
[표 16] 의미론적 속성에 의거했을 때 함수적 관계 조건을 위배하는 경우 ··· 48
[표 17] 비의미론적 속성에 의거한 계산 개별화는 실패하고, 의미론적 속성에 의거한 계산 개별화는 성공하는 경우 ····· 50
[표 18] 비의미론적 속성에 의거한 계산 개별화는 성공하고, 의미론적 속성에 의거한 계산 개별화는 실패하는 경우 ····· 50
[표 19] 포함 시스템이 수행하는 과제 ····· 71

그림 목차

[그림 1] 중복값 정리 ····· 37
[그림 2] 설명주의에 기반한 계산 개별화 사례 - 메커니즘의 구조 ····· 70
[그림 3] 포함 시스템의 각 구성요소의 물리적 상태의 전이관계 ····· 72
[그림 4] 오토마타 a1 : 'L'과 'M'을 그룹화한 경우 ····· 73
[그림 5] 오토마타 a2 : 'M'과 'H'을 그룹화한 경우 ····· 74

1. 도입

현대 인지과학은 신경 시스템을 일종의 계산 장치로 묘사한다. 신경 시스템은 계산적으로 기술된 여러 종류의 인지 과제들을 처리한다. 예를 들어 마(Marr)는 그의 유명한 저작인 “Vision”(Marr, 1982)에서 계산 개념을 사용하여 우리가 시각 체계를 통해 경계를 감지(edge detection)하는 것이 어떻게 가능한지 보여준다. 마에 따르면, 망막은 그것에 맺힌 이미지에 대해 LoG(Laplacian of Gaussian)[1]를 계산함으로써 경계를 감지한다.

망막은 실제로 LoG 계산을 수행하여 경계를 감지하는 계산 장치인가? 일견 그렇다고 생각할 수 있지만 쉽게 답하기 어려운 물음이다. 왜냐하면 망막이 실제로 LoG 계산을 하는 것이 아니라, 경계 감지 과정을 LoG에 의해 계산적으로 모델링한 것에 지나지 않을 수 있기 때문이다.

여기서 시스템이 실제로 계산을 수행하는 것과 어떤 과정에 대한 계산적 모델링(computational modelling)을 구분했다. 둘의 차이를 분명히 하기 위해 다음 예시를 생각해보자. 먼저 행성들은 비교적 일정한 궤도를 따라 태양 주위를 공전하며, 이때의 공전궤도는 수학적 방정식으로 기술될 수 있다. 그렇다면 행성은 일정한 궤도를 따라 움직이기 위해 공전궤도를 계산하는 계산 장치인가? 우리의 직관은 그렇지 않다고 할 것이다. 또다른 예시로 기후학자들은 날씨를 예측하기 위해 계산적 모델링을 사용한다. 이때 물리적 계산이 수행되는 것으로 보아야 하는가? 마찬가지로

---

[1] LoG 는 2 차원 이미지 세기 배열(I(x, y))을 입력받고, 배열의 (x, y)지점 세기의 등방적 변화율을 출력하는 계산으로 다음과 같이 식으로 나타낼 수 있다.

$$\nabla^2 G(x,y) = \left(\frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4}\right) e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

그렇지 않다고 하는 것이 자연스러워 보인다. 반면, 지금 내 앞에 놓여있는 노트북은 물리적 계산을 수행하고 있다. 노트북 내부의 CPU는 원하는 정보를 저장장치에서 읽어와, 처리하고, 처리한 결과를 다시 저장하며, 요청 시 모니터에 결과를 출력한다. 이러한 일련의 과정들이 모여 계산을 구성한다. 즉 노트북 내부에서 일어나고 있는 전기적(물리적인) 신호들의 전이(transition)는 내가 원하는 과제들을 수행하고 그 결과를 모니터에 출력한다. 노트북이 물리적 계산을 한다는 사실은 비교적 분명해 보인다. 즉 어떤 것은 계산을 하고, 어떤 것은 계산하지 않는다.

문제는 주어진 시스템이 계산 장치인지 판단하는 것이 쉽지 않은 경우가 존재한다는 점이다. 두뇌는 그것이 계산적인지 판단하기 어려운 대표적인 경우로 오늘날까지도 이에 대해 논쟁 중이다. 뿐만 아니라 행성의 공전궤도나 날씨예측과 같이 판단이 비교적 분명해보이는 경우라도 왜 그러한 판단을 내렸는지에 대해 명확히 답하기가 어렵다. 이렇게 주어진 물리적 시스템(혹은 물리적 과정이나 물리적 상태)이 계산적인지 판단하는 문제를 계산 개별화(computational individuation) 문제라고 한다. 좀 더 일반적인 차원에서 계산 개별화 문제는 계산이 개별화되는 조건을 찾는 문제로 정의될 수 있다.

결국 두뇌가 계산 장치인지 묻는 것은 두뇌에 대해 계산 개별화 문제를 제기하는 것이다. 두뇌에 대한 계산 개별화 문제를 해결하는 것이 왜 어려운가? 두뇌가 매우 복잡한 시스템이기 때문에 그것이 계산을 하는지에 대해서는 많은 경험연구가 필요하기 때문일 것이다. 하지만 경험연구보다 선행되어야 할 것은 계산 개념을 확립하는 작업이다. 어떤 물리적 시스템이 주어졌을 때 그것이 계산을 수행하는 계산장치라고 말하기 위해서는 계산이 무엇인지에 대해 답할 수 있어야 한다. 합의된 계산 개념이 존재하지 않는다면, 수많은 경험연구가 수행된다 하더라도 두뇌가 계산 장치인지에 대해 답할 수 없을 것이다. 즉, 두뇌가 계산장치인지 판단하는 것이 어려운 보다 근본적인 이유는 합의된 계산 개념이 존재하지 않기 때문이다.

특히 계산 개별화 문제의 맥락에서 계산 개념과 관련한 중요한 쟁점은 계산이 의미론적 속성을 포함하는지 여부이다. 인지과학자 대부분이 인지가 계산이라는 계산주의(computationalism)를 견지하고, 또 표상적 내용을 인지와 관련해 중요한

역할을 하는 것으로 여겨왔기 때문에 계산이 본질적으로 의미론적 속성을 포함한다고 자연스럽게 가정해왔다. 만약 가정된 것처럼 계산이 본질적으로 의미론적 속성을 포함한다면, 계산을 개별화하기 위해서는 의미론적 속성을 도입해야 할 것이다. 섀그리어(Shagrir, 2001)는 계산 다수성 논변을 제시하여 계산을 개별화를 하기 위해 의미론적 속성이 필요하다는 의미론적 접근(the semantic view)을 수용된 견해로 확립하였다. 이에 대항하여 피치니니(Piccinini, 2008)는 의미론적 요소의 도입없이 계산을 개별화할 수 있다는 비의미론적 접근(the non-semantic view)을 주장한다. 이렇게 의미론적 접근과 비의미론적 접근 사이의 논쟁을 계산 개별화에 대한 의미론 논쟁이라고 한다.

본 논문의 목표는 계산 개별화에 대한 의미론 논쟁을 명료화하고, 명료화된 논쟁의 틀 위에서 비의미론적 접근을 옹호하는 것이다. 이를 위해 각 장에서 다음 작업을 한다. 먼저 2장에서는 예비작업으로서 계산 개별화가 어떤 세부 문제로 구분되는지 살펴본 후 계산 개별화 문제의 동기와 요구사항을 살펴본다. 3장에서는 의미론 논쟁을 둘러싼 상반된 입장인 의미론적 접근과 비의미론적 접근이 무엇인지 살펴본 뒤, 의미론적 접근에 대한 지배 논변(master argument)으로 간주되는 섀그리어의 계산 다수성 논변과 이에 대한 비의미론자의 대응을 중심으로 의미론 논쟁이 어떻게 진행되어 왔는지 살펴본다. 이후 의미론 논쟁에 대한 나의 분석을 제시한다. 다음 4장에서 의미론적 접근에 대항하는 가장 영향력 있는 입장인 피치니니의 넓은 기능 개별화에 대한 섀그리어의 반박을 검토하고 비판한다. 이에 앞서 비판의 수단으로 사용하는 계산 개별화를 위한 필요조건(함수적 관계 조건)을 제시한다. 마지막 5장에서는 계산 개별화에 대한 설명주의를 제시하고 이를 토대로 의미론 논쟁을 명료화한 뒤, 명료화된 의미론 논쟁의 틀에서 비의미론적 접근을 옹호한다. 이 과정에서 설명주의가 요구하는 설명이 무엇에 대한 설명인지, 또 어떤 종류의 설명인지에 답함으로써 설명주의를 구체화한다.

2. 계산 개별화 문제

2.1 계산 개별화의 세부 문제

계산 개별화 문제는 두 가지 세부 문제로 구분될 수 있다.[2] 첫번째 문제는 주어진 물리적 대상이 계산적인지 판단하는 구현 문제(computational implementation)이고, 두 번째 문제는 주어진 물리적 시스템이 수행하는 계산이 어떤 계산인지 판단하는 구분 문제(computational taxonomy)다.

구현 문제에서 물리적 대상은 물리적 시스템, 물리적 과정(process), 물리적 상태를 포함한다. 물리적 시스템은 물리적 상태들을 가지고, 이 상태들의 전이(transition)가 물리적 과정을 구성한다. 구현 문제는 이 물리적 대상이 계산적인지 판단하는 문제이다. 물리적 시스템이 계산적인지의 여부는 그것의 일부 물리적 상태와 그 상태들로 이루어진 과정이 계산적인지에 따라 결정된다.

구분 문제는 시스템이 수행하는 계산이 어떤 계산인지 판단하는 문제다. 구분 문제는 주어진 두 계산이 서로 계산적으로 동일한지 판단하는 맥락에서 자주 다뤄지기 때문에 계산 동일성 문제(computational identity)라고도 불린다. 이를테면 주판을 통해 '1+1'을 계산한 것과 공학용 계산기를 통해 '1+1'을 계산한 것을 계산적으로 동일한 것으로 볼 수 있다.[3] 본 논문에서는 시스템이 수행하는 계산이 어떤 계산인지

---

[2] 계산 개별화 문제를 다루는 여러 문헌에서 두 문제를 구분하지 않고 구현 문제로 뭉뚱그려 용어를 사용한다. 본 논문에서는 보다 엄밀한 개념 분석을 위해 두 문제를 구분한다.

[3] 계산 개념을 어떤 수준에서 정의하느냐에 따라 다른 계산으로 볼 여지가 있다. 수학적 수준에서 두 시스템의 작동은 '1+1'로 동일하다고 할 수 있지만, 논리적 수준에서는 '1+1'을 처리하는 계산적 상태들의 전이관계가 상이한 경우 다른 계산이라고 할 수 있다. 나아가 물리적 수준에서 다른 물리적 상태(주판의 주판알, 공학용 계산기의 전기적 신호)를 사용한다는 점에서 다른

판단하는 문제가 주어진 두 계산의 동일성을 판단하는 문제에 선행하는 보다 근본적인 문제로 보고 구분 문제라는 용어를 사용한다.

분석적으로 이해했을 때, 구현 문제는 구분 문제에 선행한다. 구분 문제는 이미 계산적이라고 판단된(계산 구현) 물리적 과정(혹은 물리적 시스템이나 물리적 상태)에 대해 그것이 어떤 계산인지 판단하는 문제다. 왜냐하면 계산적이지 않은 두 대상에 대해서는 어떤 계산인지 판단하는 것이 무의미하기 때문이다. 하지만 구현 문제는 구분 문제와 독립적으로 해결되기 어려운 문제다. 구현 문제는 구분 문제를 경유함으로써 해결된다. 구분 문제를 통해 주어진 시스템이 수행하는 계산이 무엇인지 판단함으로써 그 시스템 혹은 시스템의 특정 물리적 과정이 계산적인지 판단할 수 있다.[4] 따라서 본 논문에서는 특별한 언급이 없는 이상 계산 개별화 문제라고 할 때 계산 구분 문제를 의미한다. 구분 문제를 해결함으로써 주어진 시스템 A가 a라는 계산을 수행한다고 할 때, 시스템 A가 계산 a를 구현한다고 한다.

여기서 한 가지 강조할 것은 계산 개별화 문제는 주어진 시스템이 *실제로* 특정 계산을 구현하는지를 판단하는 문제라는 것이다. 이를테면 어떤 물리적 과정을 계산적으로 모델링할 수 있다는 이유만으로 그것이 계산 구현이라고 판단하지 않는다. 그 이유는 계산 개별화 문제의 동기가 계산주의를 위한 개념적 작업이라는 점과 관련이 있다. 다음 2.2절에서 계산 개별화 문제의 동기와 요구사항을 살펴본다.

계산으로 볼 수도 있다. 여기서는 구분 문제를 직관적으로 이해하기 위한 목적으로 주판과 공학용 계산기의 '1+1'을 동일한 계산으로 간주했다. 이후 논문에서는 관련 문헌에서 대다수의 논자들이 합의하고 있는 것처럼 논리적 수준을 계산이 정의되는 수준으로 간주한다.

[4] 피치니니(Piccinini, 2015)가 제시한 메커니즘적 접근법(the mechanistic account)에 따르면, 주어진 시스템이 어떤 계산을 한다고 말하려면, 그 (잠재) 계산이 시스템의 목적론적 기능이어야 한다. 즉, 계산을 개별화하려면 구분한 (잠재) 계산이 목적론적 기능인지 판단하는 과정이 추가적으로 필요하다. 계산 개념에 목적론적 기능 여부가 포함되는지에 대해 추가적인 논의가 필요하나 본 논문의 범위를 넘는다. 이 논문에서는 구분 문제를 해결하여 얻은 계산이 시스템이 구현하는 계산이라고 가정한다. 이러한 가정은 논의의 초점을 의미론 논쟁에 국한시키기 위해 필요하다. 의미론 논쟁에 참여한 대부분의 논자들이 이 가정 위에서 문제를 설정하고 있다.

2.2 동기 및 요구사항

계산 개별화 문제가 제기된 동기는 크게 세 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 물리적 계산의 본성을 이해하기 위함이다. '물리적 대상이 계산을 수행한다.'고 할 때 그것은 무슨 의미인가? 계산 개별화 문제를 해결함으로써 이러한 물음에 답할 수 있다.

둘째, 인지에 대한 계산주의(the computational theory of mind 혹은 computationalism) 논쟁을 위한 개념을 정립하기 위함이다. 계산주의에 따르면, 인지는 계산이고 인지적 역량은 계산적으로 설명된다. 관련 분야의 과학자들은 '계산주의'라는 용어를 잘 사용하지 않지만 두뇌가 컴퓨터인지 판단하는 문제에 대해 지대한 관심을 가지고 있으며 오늘날까지 논쟁 중이다. 이들은 주로 두뇌가 계산을 한다는 경험적 증거가 있는지에 대해 논쟁한다. 문제는 물리적 계산이 무엇인지에 대한 합의가 없기 때문에 논쟁이 소모적일 수 있다는 것이다. 계산주의 논쟁을 해결하기 위해서는 물리적 계산이 무엇인지에 답하는 것이 선행되어야 한다. 이러한 이유로 본 논문에서 다루고자 하는 계산은 계산주의와 관련한 것에 국한한다.

셋째, 계산 개별화 문제는 인지과학에서의 계산적 설명의 개념과 그것이 가진 설명력의 원천을 해명하는 출발점이기 때문이다. 인지과학의 주요 설명방식은 피설명항 인지역량을 계산에 의거하여 설명하는 것이다. 계산에 의거한다는 고유한 특징을 가지는 계산적 설명이 구체적으로 무엇인지 분석하고, 그러한 설명이 정말로 설명력을 가지는지, 가진다면 그 설명력의 원천이 무엇인지를 밝히는 작업에 대해 많은 철학자들이 관심을 가져왔다. 계산적 설명에 관한 여러 물음들을 해결하기 위해 물리적 계산이 무엇인지에 답하는 것이 선행되어야 할 것이다.

이제 계산 개별화 문제에 대한 이론의 요구사항에 대해 살펴보자. 첫째, 계산 개별화 이론은 범계산주의를 거부할 이론적 자원을 제공해야 한다. (무제한적) 범계산주의(pancomputationalism)에 따르면, 모든 물리적 대상은 모든 종류의 계산을 수행한다. 계산 개별화에 대한 이론은 이러한 반직관적인 귀결을 배제해야

한다. 범계산주의에 따르면 모든 대상이 모든 종류의 계산을 수행할 수 있기 때문에, 계산에 의거한 설명(계산적 설명)이 사소해진다.(Searle, 1992)

둘째, 외연적 적절성을 만족해야 한다. 다시 말해, 범례를 포섭하고 대표적인 반례를 배제해야 한다. 이를테면 계산 개별화 이론은 행성의 운동과 같이 직관적으로 계산하지 않는 대상을 배제해야 하고 개인용 컴퓨터와 같은 대표적인 계산 장치를 포함해야 한다.

셋째, 오계산을 설명할 수 있어야 한다. 계산 개별화에 대한 이론은 어떤 계산이 규범적인지 판단할 이론적 자원을 제공하고, 그러한 규범적 계산에 근거하여 오계산을 판단할 수 있어야 한다.

넷째, 계산은 설명력을 가져야 한다. 주어진 맥락에서 개별화된 계산은 피설명항 과제(tasks)에 대해 설명력을 가져야 한다. 주어진 피설명항 과제를 설명하지 못하는 계산은 시스템이 구현하는 계산으로 볼 수 없다. 이러한 요구사항의 기저에 계산 개념에 대한 특정 입장이 전제된 것으로 생각할 수 있다. 이 입장에 따르면, 계산은 시스템이 어떤 과제를 하기 위해 수행되는 것으로, 목적없는 계산은 없다.[5] 인공물 계산 장치의 경우, 설계자가 어떤 과제를 수행할 의도를 가지고 모든 계산을 설계한다는 점은 자명하다. 자연물의 경우에도, 시스템이 계산을 한다면 그 계산은 시스템의 생존확률을 높이는(그렇기 때문에 진화나 학습에 의해 선택된) 특정 과제를 수행하기 위한 것으로 자연스럽게 생각될 수 있다. 이 입장을 받아들인다면, 계산이 피설명항 과제에 대해 설명력을 가져야함을 받아들일 수 있을 것이다. 한편, 목적론적 기능에 의해 계산을 특징짓는 입장을 따르지 않더라도, 계산이 설명력을 가져야 한다는 점을 요구사항으로서 받아들일 이유가 있다. 계산의 설명력이 여러 잠재 계산 중 특정 잠재 계산을 시스템이 구현하는 계산으로서 선택할 유일한 근거이기 때문이다.[6]

---

[5] 피치니니(Piccinini, 2015)의 메커니즘적 접근법은 계산 개념을 목적론적 기능에 의해 특징짓는 대표적인 입장이다.

[6] 5 장에서 제안될 설명주의는 이러한 직관을 발전시킨 것이다.

이때 요구되는 설명은 어떤 종류의 설명인가? 계산 개별화와 관련하여 요구되는 설명은 계산의 실재성을 담보할 수 있는 종류의 설명이어야 한다. 계산 개별화 문제에서 계산의 실재성이 확보되지 않는다면, 계산주의는 존재론적으로 진지한 입장이 될 수 없기 때문이다. 개별화된 계산이 *실제로* 수행하는 계산일 때만 계산주의는 존재론적으로 진지한 논제로 이해될 수 있다. 계산의 실재성을 담보하는 설명이 어떤 종류의 설명인지에 대해서는 5 장에서 자세히 살펴본다.

다음 3 장에서는 본격적으로 계산 개별화 문제에 관한 가장 중요한 논쟁인 의미론 논쟁을 살펴본다. 의미론 논쟁을 둘러싼 상반된 두 입장이 무엇인지 분명히 하고, 각 입장에 대한 옹호 논변과 그에 대한 반박을 살펴본다.

3. 의미론적 접근과 비의미론적 접근

3.1 의미론적 접근과 비의미론적 접근

3.1절에서는 계산 개별화에 대한 의미론적 접근(the semantic view)과 비의미론적 접근(the non-semantic view)이 주장하는 바가 무엇인지를 구체적으로 살펴본다. 먼저 의미론적 접근을 살펴보자. 의미론적 접근의 핵심 주장은 계산 개별화를 하기 위해 표상적 내용이 필요하다는 것이다. 계산에 대한 의미론적 접근은 계산 개별화에 대한 수용된 견해로서, "표상 없는 계산은 없다.(No computation without representation)"(Fodor, 1981, p.180)[7]는 포더의 슬로건으로 익히 알려져 있다. 의미론적 접근은 좀 더 엄밀한 방식으로 다음과 같이 정의될 수 있다.

(SV) (물리적) 계산은 본질적으로 표상적 내용을 포함한다.

SV에 따르면, 어떤 물리적 과정이나 상태가 계산적이라고 하기 위해서는 그 물리적 과정이나 상태가 표상적 내용을 가져야 한다. 일반적으로 추상적 계산이 규칙(rule)에 따른 기호(symbol) 조작으로 정의된다는 점을 고려했을 때, 의미론적 접근은 표상적 내용을 본질적으로 가지는 기호를 규칙에 따라 조작하는 것을 물리적 계산으로 규정한다.[8] 예를 들어 SV에 따르면, 시각 시스템이 특정 물리적 과정을 통해 주위

---

[7] "표상 없는 계산은 없다."라는 포더의 주장은 계산 동역학(dynamics)에 대한 의미론적 접근이 아니라, 계산 개별화에 대한 의미론적 접근을 주장하는 것으로 이해되어야 한다.

[8] 여기서 '규칙에 따른 기호 조작'이라는 정의는 계산에 대한 고전적인 정의로, 좀 더 구체화될 여지가 있다. 이를테면 물리적 계산 개념의 경우 '기호'는 물리적 대상에 기반을 둔다는 점에서 운반자(vehicles)라고 규정되며, 또 피치니니(Piccinini, 2015)에 따르면 이 운반자는 매체독립적

환경의 경계(edge)를 계산한다면, 해당 물리적 과정에 포함된 물리적 상태는 주위 환경에 있는 대상들을 표상적 내용으로 가질 것이다.

SV는 계산 개별화에 대한 주장으로 이해된다. SV가 참이라면, 계산은 본질적으로 표상적 내용을 가지기 때문에 계산을 개별화하기 위해서는 계산이 가지는 표상적 내용에 항상 의거해야 한다. 즉, 표상적 내용은 계산 개별화를 위한 필요조건이다. 한편, 표상적 내용은 계산 개별화의 충분 조건이 아니다. 어떤 물리적 과정 혹은 상태가 표상적 내용을 가진다고 해서 언제나 계산적인 것은 아니다. 물리적 과정이 가지는 표상적 내용에 더해 비의미론적 요소를 함께 고려함으로써 계산 개별화가 이루어질 수도 있다. SV는 계산 개별화에 비의미론적 요소가 도입되는 것을 거부하지 않는다. SV는 계산 개별화를 위해 비의미론적 요소가 도입되는 경우이든 아니든, 계산 개별화를 하려면 표상적 내용이 항상 필요하다는 주장이다.

의미론적 접근은 표상적 내용의 유형을 제약하지 않는다.(Sprevak, 2010, p. 261) 계산 시스템(혹은 과정이나 상태)이 어떤 대상 혹은 속성에 대한(about) 것이기만 하다면, 계산 시스템(혹은 과정이나 상태)은 표상적 내용을 가진다. 계산 시스템이 가지는 표상적 내용은 시스템 내부의 것일 수도 있고, 외부의 것일 수도 있고, 구체적(concrete)인 것일 수도 있고, 추상적인 것일 수도 있고, 심지어 구문론적(syntactic)일 수도 있다.(Sprevak, 2010)

SV는 다음 주장들과 구분되어야 한다. 첫째, 모든 의미론적 속성이 계산 개별화에 영향을 미친다는 주장과 구분되어야 한다. SV는 모든 의미론적 속성이 계산 개별화에 영향을 미친다고 주장하지 않는다. 섀그리어(Shagrir 2001)는 물리적 상태의 그룹화를 다르게 하는 특정 의미론적 속성에 국한하여 계산 개별화가 의미론적 속성에 영향을 받는다고 주장한다. 둘째, 오직 의미론적 속성만이 계산 개별화에 영향을 미친다는 주장과 구분되어야 한다. SV는 비의미론적 속성이 계산 개별화에 영향을 미친다는

(medium-independent)이다. 계산 개념을 완성하기 위해 추가적인 규정을 수용하는 문제를 논의할 필요가 있지만 이러한 작업은 본 논문의 범위를 넘는다. 계산이 표상적 내용을 본질적으로 가지는지를 다루는 현재의 맥락에서 이해를 돕기 위해 이같은 고전적인 규정을 출발점으로 삼았다.

사실과 양립가능할 뿐만 아니라, 실제로 의미론자들은 계산 개별화를 하는 대부분의 경우 비의미론적 속성이 함께 고려된다고 말한다. 의미론적 접근이 말하는 것은 비의미론적 속성만으로는 계산 개별화를 할 수 없고, 비의미론적 속성이 고려되는 경우에도 의미론적 속성이 계산 개별화를 하기 위해 항상 필요하다는 주장이다. 즉 의미론적 속성없이는 계산을 개별화할 수 없다.

마지막으로, 계산 개별화에 대한 의미론적 접근은 계산 동역학(dynamics)에 대한 의미론적 접근과 구별되어야 한다.(Piccinini, 2008; Rescorla, 2012; Shagrir, 2020; Sprevak, 2010) 계산 개별화에 대한 의미론적 접근은 물리적 시스템(혹은 과정이나 상태)이 계산적인지 판단하기 위해 표상적 내용이 필요하다는 주장인데 반해, 계산 동역학에 대한 의미론적 접근은 계산적 전이(transition)가 표상적 내용에 민감하다는 주장이다. 계산 개별화에 대한 입장들과 달리, 계산 동역학에 대한 입장들은 주어진 과정 혹은 상태가 특정한 계산적 과정 혹은 계산적 상태임을 전제한 후에 그것이 어떤 종류의 속성에 의해 변화하는지를 다룬다. 동역학에 대한 의미론적 입장은 의미론적 속성에 의해 계산적 과정 혹은 계산적 상태가 변화한다는 입장이다. 계산 개별화에 대한 의미론적 입장으로부터 계산 동역학에 대한 의미론적 입장이 따라나온다는 입장도 존재하지만(Dietrich, 1989), 관련한 대부분의 논자들은 두 논제를 별개로 간주한다.(Shagrir, 2020) 이를테면, 포더는 “표상 없는 계산은 없다.”라고 주장하며 계산 개별화에 대한 의미론적 관점을 옹호했지만, 계산적 전이에 인과적 효력을 갖는 것은 표상의 형식적 속성이라고 주장하며 계산 동역학에 대해서는 비의미론적 관점을 옹호했다.(Fodor, 1980) 반면, 레스콜라[9](Rescorla, 2012)는 계산 개별화에 대해서는 비의미론적 관점을 취하면서, 계산 동역학에 대해서는 의미론적 관점을 취한다. 이 논문에서 별도의 언급이 없는 한, 의미론적 접근 혹은 비의미론적 접근은 계산 개별화에 대한 입장이다.

비의미론적 접근은 계산 개별화에 의미론적 요소가 필요하지 않다는 입장이다.

---

[9] 레스콜라(Rescorla, 2013)는 몇몇 경우에 대해서는 계산 개별화가 의미론적 요소를 필요로 하고, 다른 경우에 대해서는 그렇지 않다고 말한다. 즉, 엄밀히 말해 그는 의미론적 접근과 비의미론적 접근을 모두 거부하고 있는 셈이다.

비의미론적 접근의 옹호자들은 다음의 이유에서 의미론적 접근을 거부할 동기를 찾는다. 첫째, 이들은 계산 개별화에 표상적 내용을 도입하는 경우 계산에 대한 이론의 객관성을 담보할 수 없다고 주장한다. 왜냐하면 합의된 내용 귀속에 대한 객관적인 이론이 없기 때문이다. 스프레박(Sprevak, 2010)의 표현을 빌리자면 표상적 내용에 대한 호소는 "신비롭다(spooky)." 이러한 지적은 그 자체만으로 의미론적 접근에 대한 거부를 정당화하지는 못하지만, 적어도 다른 조건이 모두 동일할 때 '신비로운' 개념인 표상을 포함하는 이론에 비해 표상을 포함하지 않는 이론을 선호할 이유를 제공한다.

비의미론자들이 의미론적 접근을 거부하려는 두번째 동기는, 비의미론적인 계산 개념 및 계산적 설명이 존재하기 때문이다.(Piccinini, 2015, p.47) 특히 계산 개념을 처음 도입한 계산 이론이나 컴퓨터 과학과 같은 분야에서는 계산 개념을 사용할 때 표상을 도입하지 않았다. 하지만 최초의 계산 이론이나 컴퓨터 과학에서 사용되는 계산 개념이 표상을 도입할 필요가 없는 것은 고려하는 계산 시스템이 추상적 대상이거나 인공물이기 때문이다. 이러한 계산 시스템에서 계산은 설계자의 의도에 의해 규정된다. 하지만 자연물 계산 시스템이 존재한다고 가정했을 때, 그 시스템은 진화나 학습 메커니즘에 의해 계산 기능을 획득한 것이기 때문에 인공물 계산 시스템과 본질적인 차이를 가진다. 현재 논의는 계산주의에서의 계산에 대한 것이다. 계산주의의 맥락에서 고려하는 시스템은 인간의 신경계와 같은 자연물 인지 시스템이다. 따라서 인공물 시스템의 계산이 비의미론적으로 정의된다고 하더라도 그러한 사실로부터 자연물 시스템에서 계산이 비의미론적으로 정의된다고 할 수 없다. 피치니니(Piccinini, 2004)는 비의미론적 계산 개념 및 계산적 설명이 존재한다는 이유로 정보적 및 목적론적 의미론(informational or Teleological Semantics, 이하 ITS)을 거부한다. ITS에 따르면, 내용은 심적 상태와 그것이 표상하는 것 사이의 인과적 관계 혹은 정보적 관계의 조합으로 환원될 수 있다. 다시 말해, 어떤 상태가 대상 X와 적절한 인과적 혹은 정보적 관계에 놓여있는 경우, 그 상태는 X를 표상한다. 피치니니는 노트북과 같은 일상적인 계산적 인공물들의 계산이 그러한 관계없이도 규정될 수 있음을 지적하지만, 이러한 비판은 계산주의의

맥락에서 유효하지 않다.

세번째 동기는, 의미론적 속성에 의거한 계산 개별화가 비의미론적 개별화를 전제하기 때문이다. (Piccinini, 2004) 기능적 역할 의미론(Functional Role Semantic, 이하 FRS)에 따르면, 의미론적 내용은 시스템의 내적 표상, 입력, 출력 사이의 기능적 관계로 환원된다. 간단히 말해, 내용은 기능적 관계이다. "만약 계산적 시스템이 가지는 내용에 대해 FRS를 적용한다면, 의미론적 내용을 발생시키는 기능적 관계는 계산적 관계이다. 그러므로 의미론적 내용을 발생시키는 기능적 관계는 계산적이다." (Piccinini, 2015, p. 33) 여기서 계산에 대한 의미론적 접근을 전제한다면 개념적 순환이 발생한다. 왜냐하면 의미론적 내용이 기능적 관계로 환원된다고 할 때 이 기능적 관계는 계산적인데, 의미론적 접근에 따르면 계산은 의미론적 속성을 본질적으로 가지기 때문이다. 이러한 순환의 고리를 끊는 방법은 비의미론적 접근을 취하고 계산을 비의미론적으로 개별화하는 것이다. 이러한 피치니니의 지적은 특정 의미이론에 기반한 비판으로 부분적으로 유효하다. 하지만 ITS와 같이 기능적 관계에 의거하지 않는 다른 의미 이론의 가능성을 고려한다면 피치니니의 비판은 힘을 잃을 것이다. 종합하자면, 비의미론적 접근을 옹호할 동기 그 자체로는 의미론적 접근의 거부 및 비의미론적 접근에 대한 옹호를 정당화할 수 없다. 하지만 '신비로운' 개념인 표상에 의거하지 않는다는 점에서 다른 조건이 모두 동일하다면 의미론적 접근보다 비의미론적 접근을 선호할 이유가 있다.

3.2 의미론적 접근 옹호 논변 - 계산 다수성 논변

이제 섀그리어(Shagrir, 2001, 2020)가 제시한 계산 다수성 논변을 살펴보자. 계산 다수성 논변은 의미론적 접근을 옹호하는 지배 논변(master argument)으로 의미론적 접근이 수용된 견해로 확립되는데 결정적인 역할을 했다. 계산 다수성 논변에서 섀그리어는 오토마타(잠재 계산) 다수성 현상[10]을 지적하고 이로부터 의미론적 접근을 이끌어낸다.

오토마타 다수성 현상은 물리적 상태를 그룹화하는 방식에 따라 하나의 물리적 시스템이 여러 종류의 오토마타를 가지는 현상이다. 섀그리어는 계산 다수성 현상을 보이기 위해 세 가지 종류의 물리적 값을 가지는 물리적 시스템 P를 상정한다. 섀그리어가 상정한 P는 0-2.5V, 2.5-5V, 5-10V의 값을 물리적 입출력값으로 가지며, 특정 물리값을 입력받아 특정 물리값을 출력한다.([표 1]) 여기서 물리적 시스템이 특정 물리적 값을 가진다는 것은 시스템이 가지는 물리적 상태가 특정 물리적 값에서 안정화된다는 것을 말한다.(Piccinini, 2007a) 예를 들어, P가 5-10V의 값을 가진다는 것은, P가 안정적으로 5-10V의 값을 유지한다는 것을 의미한다. [표 1]과 관련해 주의해야 할 점은 [표 1]에 나타난 물리적 입출력값 사이의 전이 관계가 계산을 나타내는 것이 아니라는 점이다. 계산은 계산적 상태 간의 관계에 대한 것인데, [표 1]은 물리적 상태의 전이(transition)관계(혹은 함수적 관계)를 나타낸 것에 불과하기 때문이다. 물리적 상태는 그자체로 계산적 상태가 아니다.

---

[10] 이 논문에서 나는 섀그리어가 사용한 계산 다수성이라는 표현 대신에 오토마타 다수성이라는 표현을 사용한다. 오토마타는 잠재 계산으로 실제 시스템이 수행하는 계산과 구분하기 위한 개념이다. 오토마타 다수성 현상이 의미하는 것은 시스템이 여러 잠재 계산(오토마타)을 가진다는 것이다. 이는 시스템이 실제로 여러 계산을 수행한다는 주장과는 구분되어야 할 주장이다. 섀그리어를 포함하여 의미론 논쟁과 관련한 논자들 대다수가 계산 다수성 논변을 다룰 때 잠재 계산(오토마타)과 계산을 개념적으로 구분하고, 시스템이 여러 잠재 계산을 가진다는 입장을 견지한다. 이러한 구분을 명확히 하기 위해 논문에서 오토마타라는 표현을 사용한다.

섀그리어는 [표 1]로 주어진 물리적 시스템 P가 어떤 계산을 수행하는지 결정하는 문제를 제시한다. [표 1]에 나타난 물리 시스템 P는 0-2.5V, 2.5-5V, 5-10V 세 종류의 물리값을 가지고, 두 개의 물리값을 입력받아 두 개의 물리값을 출력한다. 이제 두 가지 유형의 물리 입출력값을 하나로 묶는(그룹화) 경우를 생각해보자. 예를 들어 0-2.5V와 2.5-5V를 하나로 묶어 0-5V에 기호 '0'을 할당하고, 나머지 입력값인 5-10 V에 '1'을 할당하는 경우, P는 아래 [표 2]와 같이 AND게이트와 XOR게이트로 구성된다. 한편, 다른 방식으로 물리 입출력값을 그룹화할 수도 있다. 0-2.5V에 기호 '0'을, 2.5-5V와 5-10V를 묶은 2.5-10V에 '1'을 할당하는 경우, P는 아래 [표 3]과 같이 두 개의 OR게이트로 구성된다. 이렇게 P는 그것이 가지는 물리 입출력값을 그룹화하는 방식에 따라 여러 종류의 계산을 구현하는 것처럼 보인다. 다시 말해, 2.5-5V를 0-2.5V와 5-10V 중 어떤 것과 그룹화 하는지에 따라 P는 AND게이트와 XOR게이트로 구성되거나 2개의 OR게이트로 구성된다.[11] 이렇게 주어진 물리적 시스템의 입출력값을 그룹화하는 방식에 따라 동일한 물리 시스템이 수행하는 계산이 달라진다. 이러한 현상을 오토마타 다수성 현상이라고 한다.

Input a	Input b	Gate a output	Gate b output
0–2.5V	0–2.5V	0–2.5V	0–2.5V
0–2.5V	2.5–5V	2.5–5V	2.5–5V
0–2.5V	5–10V	2.5–5V	5–10V
2.5–5V	0–2.5V	2.5–5V	2.5–5V
2.5–5V	2.5–5V	2.5–5V	2.5–5V
2.5–5V	5–10V	2.5–5V	5–10V
5–10V	0–2.5V	2.5–5V	5–10V
5–10V	2.5–5V	2.5–5V	5–10V
5–10V	5–10V	5–10V	2.5–5V

[표 1] 두 개의 입력과 두 개의 출력을 가지는 물리적 시스템 (Dewhurst, 2018a, p.106)

[11] 만약 그룹화를 하지 않는 경우까지 포함한다면 P는 최소 3가지의 계산을 구현하고 있는 셈이다.

Input a	Input b	AND	XOR
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	0	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

[표 2] 2.5-5V를 0-2.5V와 그룹화한 경우
(Dewhurst, 2018a, p.107)

Input a	Input b	OR	OR
0	0	0	0
0	1	1	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

[표 3] 2.5-5V를 5-10V와 그룹화한 경우
(Dewhurst, 2018a, p.107)

어떤 그룹화 방식이 옳은 그룹화 방식인가? 오토마타 다수성 현상에 직면했을 때 물리적 입출력값의 종류나 이들간의 전이관계와 같은 내재적인 물리적 속성은 아무런 역할을 하지 못한다. 다시 말해, 물리적 시스템의 내재적인 물리적 속성만으로는 계산을 개별화할 수 없다. 계산을 개별화하기 위해서는 내재적인 물리적 속성에 더해 외재적인 속성이 고려되어야 한다.

섀그리어는 오토마타 다수성 현상을 해결하는 외재적인 속성으로 표상적 내용을 제시한다. 그는 각 물리적 상태값이 가지는 표상적 내용에 호소함으로써 옳은 그룹화를 할 수 있다고 말한다. 이를테면 물리값 0-2.5V와 2.5-5V이 동일한 내용을 가지고 5-10V가 다른 내용을 가진다면 0-2.5V와 2.5-5V를 동일한 그룹으로 묶고, 반대로 2.5-5V가 5-10V가 동일한 내용을 가지고 0-2.5V가 다른 내용을 가진다면 2.5-5V와 5-10V를 동일한 그룹으로 묶는다. 이때 각 물리적 상태가 가지는 내용은 어떻게 결정되는가? 섀그리어는 자신의 논변이 특정한 내용 귀속 이론을 전제하지 않으며 다양한 이론과 양립할 수 있다고 말하면서, 여기서는 물리적 입출력값이 대상과 상관적 관계를 가진다면 물리적 입출력값이 대상을 표상하는 것으로 간주한다.

이해를 위해 섀그리어가 제시한 다음과 같은 예시를 살펴보자.(Shagrir, 2020) 앞서 살펴본 P가 과일 감지기라고 가정해보자. P는 그룹화 방식에 따라 AND게이트 및 XOR게이트로 구성되거나, 두 개의 OR게이트로 구성될 것이다.

이때 P에 사과를 감지시키는 경우, P는 0-2.5V 또는 2.5-5V을 출력하는 반면, 오렌지를 감지시키는 경우 5-10V를 출력한다고 하자. 즉 P의 출력값 0-2.5V 및 2.5-5V는 사과와, 5-10V는 오렌지와 상관관계를 가진다. 대상과의 상관관계를 통해 내용을 귀속하는 경우, 0-2.5V와 2.5-5V는 동일하게 사과 내용을 가지며 5-10V는 오렌지 내용을 가진다고 볼 수 있다. 여기서 합당한 그룹화 방식은 동일한 내용을 가지는 0-2.5V와 2.5-5V를 하나로 묶는 것이다. 만약 2.5-5V와 5-10V가 동일한 내용을 가지고, 0-2.5V가 다른 내용을 가진다면, 2.5-5V와 5-10V를 하나로 묶는 것이 합당한 그룹화 방식일 것이다. 이상의 예시에서 섀그리어는 물리적 상태가 가지는 표상적 내용에 의거해 물리적 상태를 그룹화함으로써 계산을 개별화할 수 있음을 보였다.

지금까지의 논의를 정리하면 다음과 같다. 오토마타 다수성 현상으로 인해 시스템에 내재적인 물리적 속성만으로는 계산을 개별화할 수 없다. 계산을 개별화하기 위해서는 외재적인 속성이 필요하다. 표상적 내용에 호소함으로써 주어진 물리 시스템의 옳은 그룹화 방식을 결정할 수 있다. 이로부터 섀그리어는 계산 개별화를 위해 의미론적 속성(표상적 내용)이 필요하다는 의미론적 접근을 이끌어낸다. 지금까지의 내용을 바탕으로 섀그리어가 정식화한 계산 다수성 논변을 정리해보자.

[섀그리어의 계산 다수성 논변]

(1) 물리적 시스템은 동시에 여러 다른 오토마타 S1, S2, S3, … 을 구현할 수 있다.

(2) 물리적 시스템의 계산 구분(computational taxonomy)은 어떤 맥락에서는 Si로, 다른 맥락에서는 Sj로 고려(take into account)될 수 있다.

(3) 주어진 맥락에서 계산 구분에 의해 어떤 오토마타가 고려되는지를 <u>결정하는 제약</u>이 있어야 한다. (1과 2로부터)

(4) 이 제약은 (적어도 부분적으로는) 의미론적 특징(feature)이다. 즉, 물리적 시스템에 속한 상태들의 내용이다.

(결론) 따라서 물리적 시스템의 계산 구분은 의미론적 속성에 영향을 받는다.

전제 (1)과 (2)는 오토마타 다수성 현상에 대한 것이다. 전제 (3)은 전제

(1)과 (2)로부터 따라나온다. 전제 (3)에서 '결정하는 제약'은 외재적인 속성을 의미한다. 즉 시스템에 내재적인 물리적 속성만으로는 계산을 개별화할 수 없고 외재적인 속성이 필요하다는 주장과 대응한다. 전제 (4)는 물리적 상태가 가지는 표상적 내용에 의거해 올바른 그룹화를 결정하고 계산을 개별화한 것에 대응한다. 섀그리어는 과일 감지기 예시를 통해 표상적 내용을 통해 계산을 개별화할 수 있음을 보였다. 섀그리어는 전제 (1), (2), (3), (4)를 통해 의미론적 접근에 해당하는 결론을 이끌어낸다.

다음 3.3절과 3.4절에서 계산 다수성 논변에 대한 비의미론자들의 기존 대응을 살펴본다. 이들의 대응은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 내재주의적 대응이고, 두 번째는 외재주의적 대응이다. 계산적 상태에 대한 내재주의에 따르면, 시스템의 계산적 상태는 시스템의 내재적인(intrinsic) 물리적 속성에 수반한다. 즉 시스템의 내재적인 물리적 속성이 동일하면 계산적 상태도 동일하다.(Egan, 1992) 내재주의적 대응은 간단히 말해 시스템의 물리적 속성만으로도 시스템이 수행하는 계산이 무엇인지 결정할 수 있기 때문에 계산 개별화를 위해 표상적 내용이 요구되지 않는다고 주장하는 것이다. 한편 외재주의는 내재주의를 거부한다. 시스템의 계산적 상태는 그것의 내재적인 물리적 속성에 수반하지 않으며, 시스템의 물리적 속성이 동일한 경우에도 계산적 상태는 다를 수 있다. 계산적 상태를 결정하기 위해서는 외재적인 속성을 도입해야 한다.

혹자는 외재주의가 의미론적 접근을 함축한다고 생각할 수 있다. 그러나 일부 외재주의적 대응에 따르면 이는 사실이 아니다. 왜냐하면 비의미론적이지만 외재적인 요소를 통해 계산 개별화를 할 수 있기 때문이다. 의미론적 접근은 외재주의를 함축하지만 그 역은 성립하지 않는다. 계산 다수성 논변에 대한 외재주의적 대응은 비의미론적이지만 외재적인 요소를 통해 옳은 그룹화 방식을 알 수 있기 때문에 계산 개별화를 하기 위해 표상적 내용이 필요하지 않다는 주장이다. 먼저 3.3절에서 내재주의적 대응(Dewhurst, 2018a; Coelho Mollo, 2018)과 외재주의적 대응(Piccinini, 2008)을 비판적으로 검토한 뒤, 3.4절에서 피치니니(Piccinini, 2008)의 외재주의적 대응을 살펴본다.

3.3 비의미론적 관점의 반박 I – 내재주의적 대응

3.3절에서는 계산 다수성 논증에 대한 비의미론 접근의 내재주의적 대응을 비판적으로 검토한다. 내재주의에 따르면, 계산은 시스템의 내재적인 물리적 속성에 의해 개별화된다. 듀허스트(Dewhurst, 2018a)와 코엘로 몰로(Coelho Mollo, 2018)는 내재주의적 입장을 옹호하며, 주어진 시스템의 인과적 관계를 통해 계산을 개별화함으로써 계산 다수성 논변을 거부할 수 있다고 주장한다.

듀허스트와 코엘로 몰로의 내재주의적 대응은 메커니즘적 이론틀 위에서 계산을 특징지으려 한다.[12] 듀허스트와 코엘로 몰로의 대응을 구체적으로 살펴보기 전에 메커니즘이 무엇인지 간략히 살펴보자. 메커니즘 이론틀은 최근 과학철학에서 활발히 논의되고 있는 주제로, 현대과학에서 빈번히 사용되는 메커니즘의 개념을 포착하고자 한다. 메커니즘 이론틀의 옹호자들은 법칙에 기반한 기존 과학적 설명을 거부하고, 그 대안으로 메커니즘을 통해 현상을 세계의 인과적 구조에 위치시킴으로써 설명하려는 동기를 가진다. 다음과 같이 지금까지 메커니즘에 대한 여러 가지 분석이 제시되었다.

---

[12] 메커니즘적 이론틀 위에서 계산을 특징지으려 한다는 점에서 피치니니가 제시한 계산 개념인 메커니즘적 접근의 일종으로 간주될 수 있다. 하지만 이들이 메커니즘적 이론틀을 받아들인다고 해서 피치니니(Piccinini, 2015)의 메커니즘적 접근을 그대로 받아들이는 것은 아니다. 듀허스트(Dewhurst, 2018a, 2018b), 코엘로 몰로(Coelho Mollo, 2018, 2019, 2020), 피치니니(Piccinini, 2015)가 제시한 각각의 이론은 내재주의(혹은 외재주의)를 수용하는지를 포함해서 몇 가지 측면에서 중요한 차이를 보인다. 이를테면, 듀허스트(Dewhurst, 2018b)는 피치니니(Piccinini, 2007) 및 코엘로 몰로(Coelho Mollo, 2018, 2020)가 목적론적 기능을 통해 계산을 특징짓는 것을 거부하며 기능에 대한 관점주의를 채택한다, 또 코엘로 몰로(Coelho Mollo, 2018)은 피치니니(Piccinini, 2015)의 메커니즘적 접근에서 상정된 계산적 설명이 기능적 측면과 구현적 측면으로 구분되어야 한다고 말한다.

> 메커니즘은 시작 또는 최초 조건에서부터 끝 또는 최종 조건에 이르는 규칙적인 변화를 만들어내는 방식으로 조직화된 존재자(entitiy)와 활동(activity)이다. (Machamer et el., 2000)

> 어떤 작동(behavior)에 대한 메커니즘은 여러 부분의 상호작용에 의해 그 작동을 산출하는 복합 시스템으로, 이 부분들 사이의 상호작용은 직접적이고, 불변하며, 변화와 관련된 일반화에 의해 특징지어질 수 있다. (Glennan, 2002)

> 메커니즘은 그것의 구성 부분, 구성 작동, 그리고 이것들 간의 조직화에 의해 기능을 수행하는 구조이다. 메커니즘의 잘 조직된 기능은 하나 혹은 그 이상의 현상의 원인이다. (Bechtel and Abrahamsen, 2005)

각각은 세부적인 부분에서 조금씩 다르지만, 공통적인 핵심내용을 공유한다. 간단히 말해, 메커니즘은 그것을 구성하는 컴포넌트와 컴포넌트의 활동의 조직화에 의해 특정 기능을 수행하는 것이다. 듀허스트와 코엘로 몰로는 이러한 메커니즘의 이론틀 안에 계산과 계산적 설명의 개념을 안착시킴으로써 메커니즘 이론틀의 이론적 자원을 인지과학에 적용하고자 한다. 이는 인지과학이 인지신경과학으로 발전해가는 오늘날의 흐름(Boone & Piccinini, 2016a)에 대해 철학적 기반을 제공하려는 시도로 이해될 수 있다.

듀허스트 (Dewhurst, 2018a)와 코엘로 몰로(Coelho Mollo, 2018)는 내재주의를 옹호하며, 물리 시스템의 인과적 관계를 통해 계산을 개별화하고자 한다. 전자는 물리적 상태값을 추상화하지 않고 계산 개별화를 하는 반면, 후자는 물리적 상태값을 추상화하여 계산 개별화를 한다는 점에서 차이를 보인다. 먼저 듀허스트의 대응을 살펴보자.

듀허스트(Dewhurst, 2018a)는 계산적 구조를 구문론적 구조가 아닌,

내재적인(instrinsic) 물리적 구조로 봄으로써 계산의 다수성 문제를 피하려 한다. 여기서 물리적 구조란, 3.2절에서 살펴본 [표 1]에 기술된 것과 같은, 물리 시스템이 가지는 물리적 입출력값 사이의 인과적 관계(전이 관계, 함수적 관계) [13]를 말한다. 듀허스트의 제안대로 계산을 물리적 구조로 본다면, 시스템의 내재적인 물리적 속성에 의해 계산은 완전히 결정되므로 계산의 다수성 문제는 발생하지 않는다.

듀허스트의 제안은 계산의 다수성 문제를 간단히 해결하는 것처럼 보이지만 이러한 대응은 문제를 미룬 것에 불과하다. 왜냐하면 듀허스트의 제안은 계산 개별화의 수준을 논리적 수준에서 물리적 수준으로 낮춘 것에 불과하며, 논리적 수준에서 어떤 작동(operation)이 수행되는지를 결정할 자원을 제공하지 않기 때문이다. 섀그리어의 계산 다수성 논증에서 계산 개별화는 논리적 수준에서 이루어지는 것으로 전제된다. 계산 다수성 논증은 계산 시스템이 구현하는 여러 논리게이트 중(예를 들어, AND게이트 혹은 OR게이트) 어떤 계산이 실제로 수행되는지를 결정하기 위해 물리적 상태값이 가지는 표상적 내용에 호소해야 한다는 것이었다. 뿐만 아니라 일반적으로도 계산은 물리적 수준 상위 수준인 논리적 수준 혹은 물리적 수준의 작동으로 이해된다.

듀허스트 자신도 물리 시스템이 수행하는 논리적 작동이 내재적인 물리적 속성만으로는 결정될 수 없음을 인정한다.(Dewhurst, 2018a, p.114) 그러면서도 그는 논리적 구조가 계산적 구조라는 관습적인 전제를 거부해야 한다고 주장한다. 이러한 주장에 대해 그가 제시하는 이유는 계산을 물리적 구조로 이해해야만 계산을 메커니즘적 이론틀에 위치시킬 수 있기 때문이다. 그는 인지과학에서의 메커니즘적 설명에 대한 최근 과제들을 언급하며, 메커니즘적 설명[14]이 물리적 구성요소 사이의 조작화된 상호작용을 통해 목표 현상을 분해하는 것이라고 말한다. 이렇게

---

[13] 논자에 따라 이 관계를 인과적 관계, 기능적 관계, 전이 관계라고 한다. 각 용어마다 강조하는 측면이 조금씩 다르지만, 입력된 물리적 상태와 그에 따라 출력되는 물리적 상태 사이의 관계를 의미한다는 점에서 큰 차이는 없다.

[14] 5.2 절에서 메커니즘 설명에 대해 좀 더 자세히 다룬다.

인지과학에서 메커니즘적 설명을 제공하려면, 계산을 물리적 구조로 이해해야 할 것이다. 두 번째 이유는 첫 번째 이유와 연관된 것으로, 계산을 물리적 구조로 봄으로써 객관성을 획득할 수 있다는 것이다. 듀허스트는 표상적 내용에 호소하는 것이 주관적이라고 말한다. 표상적 내용에 대한 호소가 주관적이라는 주장은 내용 귀속에 대한 객관적인 이론이 아직 제시되지 않았다는 사실[15]에 일차적으로 기인할 것이다. 반면 그에 따르면 물리적 구조는 적어도 표상적 내용 귀속에 비해 객관적이다.

물리적 상태값을 그룹화하는 것은 실제 물리 시스템이 어떻게 작동하는지에 영향을 주지 않는다. 그의 제안을 받아들인다면 계산 개별화는 내재적인 물리적 구조에 의해 이루어진다. 한 계산 시스템은 다수의 논리적 구조를 가질 수 있지만, 시스템이 수행하는 계산은 내재적인 물리적 구조에 의해 하나로 결정된다.

듀허스트의 제안은 그가 제시한 두 가지 이유들에 반박함으로써 거부될 수 있다. 먼저, 메커니즘적 설명이 물리적 구성요소들 간의 조직화를 통해 목표 현상을 설명한다는 이유로 계산적 구조를 물리적 구조로 보아야 한다는 주장을 살펴보자. 이에 대해서는 세 가지 문제를 지적할 수 있다. 첫째로, 인지과학의 설명은 그가 생각하고 있는 종류의 메커니즘적 설명이 아닌 다른 종류의 설명도 제공한다. 피치니니(Piccinini, 2007a)가 계산적 설명이 메커니즘적 설명이라고 했을 때 그가 의도한 것은 추상화를 포함하는 메커니즘적 설명이지, 듀허스트가 의도한 추상화를 포함하지 않는 메커니즘적 설명이 아니다. 일반적으로 인지 과학에서 계산적 설명은 추상화를 포함하는 설명으로 간주된다. 두번째 문제는, 첫번째 문제와 관련있는 것으로 듀허스트의 제안을 통해 얻어진 추상적이지 않은 계산은 다수 실현가능성을 가지지 못한다. 다수 실현가능성은 계산 개념의 중요한 동기이기 때문에 이를 포기한 계산에 대한 이론은 옹호되기 어렵다. 세번째 문제는, 물리적 구조를 계산적 구조로 보는 경우 설명의 목표가 되는 현상을 설명하지 못한다. 목표 현상이 논리적 작동 혹은 인지 작동이라고 한다면, 물리적 구조만으로는 이를 설명하지 못한다.

---

[15] 계산에 대한 의미론적 접근의 옹호자들도 내용에 대한 합의된 이론을 제시하지 못하고 있다.

왜냐하면 논리적 수준 혹은 수학적 수준에서 수행되는 작동은 물리적 구조에 의해 미결정적이기 때문이다. 듀허스트는 논리적 수준에서의 미결정성이 관찰자 의존적인 해석에 의해 해결될 수 있고, 이러한 관찰자 의존적인 요소는 어느 과학에서나 존재하기 때문에 계산의 경우라고 해서 특별히 더 문제가 되지 않는다고 말한다.(Dewhurst, 2018a, p.111) 특히 메커니즘을 다루는 과학 분야에서는 이러한 종류의 관점주의 (perspectivalism)를 수용한다. (Craver, 2013; Dewhurst, 2018b) 그러나 이러한 관점주의의 수용은 결국 목표 현상을 설명하기 위해 표상적 내용을 도입해야 한다는 귀결을 낳는다.[16] 목표현상을 설명할 수 없는 계산은 공허한 개념일 뿐이다.

듀허스트가 제시한 두 번째 이유는 그의 제안이 계산의 객관성을 확보하게 한다는 것이다. 그러나 바로 앞에서 살펴보았듯이, 듀허스트의 대안을 받아들인다면 계산은 설명력을 갖지 못하게 되기 때문에 공허한 개념이 된다. 계산이 설명력을 갖지 못한다면, 계산이 객관적이라고 한들 아무런 의미를 갖지 못한다.

이제 코엘로 몰로의 내재주의적 대응을 살펴보자. 코엘로 몰로의 제안은 듀허스트의 제안과 매우 유사하다. 그는 듀허스트의 제안이 갖는 한 가지 반직관적인 문제를 해결할 수 있는 대안을 내놓는다. 그가 관심을 가진 문제는 듀허스트의 제안이 어떠한 두 계산도 서로 동일할 수 없음을 함축한다는 사실이다. 왜냐하면 어떠한 두 물리적 대상도 서로 완전히 동일하지 않기 때문이다. 이러한 함축은 분명 반직관적이다. 우리는 주판과 전자식 계산기가 모두 덧셈 계산을 수행한다고 말한다. 심지어 듀허스트의 주장을 받아들인다면, 동일한 모델의 두 계산기는 서로 다른 계산을 수행한다. 듀허스트는 계산의 다수성 문제를 메커니즘적 근법 안에서 해결하기 위해 이러한 함축을 견뎌야 한다고(bite the bullet) 말한다.

코엘로 몰로(Coelho Mollo, 2018)는 듀허스트의 주장이 갖는 이러한 함축을 거부하며 계산의 다수성 문제에 대한 또다른 대안을 제시한다. 그는 계산의

---

[16] 크레이버(Craver, 2013)의 관점주의는 무해한(innocuous) 관점주의이지만, 이러한 관점주의를 계산의 맥락에 도입해서 얻어지는 관점주의가 무해한 것인지에 대해서는 추가적인 논의가 필요하다. 관련하여 다음(Coelho Mollo, 2020)을 참고하라.

개별화가 기능적 프로파일(functional profile)에 의해 이루어진다고 말한다. 그가 말하는 기능적 프로파일이란, 두 계산 시스템의 입출력값의 유형의 수와 입력값에서 출력값으로의 전이규칙이다. 두 시스템이 동일한 기능적 프로파일을 갖는다면, 두 시스템은 계산적으로 동일하다. 다음의 시스템 D1, D2에 대한 예시를 통해 듀허스트와 코엘로 몰로의 계산 개별화 방식을 비교해보자.

Input 1	Input 2	Output
0 – 5V	0 – 5V	0 – 5V
0 – 5V	5 – 10V	0 – 5V
5 – 10V	0 – 5V	0 – 5V
5 – 10V	5 – 10V	5 – 10V

[표 4] 시스템 D1

Input 1	Input 2	Output
0 – 7V	0 – 7V	0 – 7V
0 – 7V	7 – 10V	0 – 7V
7 – 10V	0 – 7V	0 – 7V
7 – 10V	7 – 10V	7 – 10V

[표 5] 시스템 D2

Input 1	Input 2	Output
EC1	EC1	EC1
EC1	EC2	EC1
EC2	EC1	EC1
EC2	EC2	EC2

[표 6] 두 시스템의 기능적 프로파일(Coelho Mollo, 2018, p.3494)

계산 개별화와 관한 듀허스트의 제안에 따르면, 두 장치는 상이한 물리적 구조를 가지고 있기 때문에 다른 계산을 수행한다. 그러나 두 장치는 입출력값의 종류의 수와 그것의 변환규칙이 동일하다는 점에서 동일한 기능적 프로파일을 갖는다. 이는 두 장치의 기능적 프로파일을 표현한 [표 8]에서와 같이 표현될 수 있다. 코엘로 몰로의 제안대로 계산을 기능적 프로파일을 통해 이해한다면, 두 시스템은 계산적으로 동일하다. 이렇게 계산의 동일성이 확보될 수 있다는 점에서, 코엘로 몰로의 제안은 듀허스트의 제안보다 좀 더 발전된 형태의 대안이라고 할 수 있다.

결과적으로 코엘로 몰로는 듀허스트와 마찬가지로 계산의 다수성 문제가 애초에 발생하지 않는다고 말한다. 이들은 계산 개별화가 이루어지는 수준을 바꿈으로써 동일한 시스템이 여러 계산을 구현한다는 주장을 거부한다. 듀허스트의 제안의 경우 계산 개별화는 내재적인 물리적 수준에서 이루어지는 한편, 코엘로 몰로의 제안의 경우 계산 개별화는 내재적인 기능적 프로파일에 의해 이루어진다. 그러나 두 경우 모두 계산 개별화가 이루어지는 수준이 논리적 수준이 아니라는 점에서 한계를 가진다. 다시 말해, 이들의 제안에는 옳은 그룹화 방식을 결정할 자원이 존재하지 않는다. 하나의 시스템이 AND게이트와 OR게이트를 동시에 구현하는 경우, 시스템이 실제로 어떤 작동을 수행하는지를 결정할 수 없는 것이다. 이러한 한계는 계산적 설명과 관련하여 큰 문제를 낳는다. 이들의 방식대로 개별화된 계산이 계산적 설명과 무관해보이기 때문이다. 내재적인 물리적 구조 또는 기능적 프로파일을 통해 개별화된 계산은 시스템의 인지역량에 대한 설명항을 구성하지 못한다. 이러한 귀결은 계산적 설명을 구성하는 설명적 자원을 제공하려는 계산 개별화의 핵심적인 동기를 놓치게 만든다. 듀허스트와 코엘로 몰로의 계산 개별화 방식은 계산 개별화의 수준을 바꿈으로써 비의미론적인 계산 개별화를 가능하게 만들지만, 계산 개별화의 핵심적인 동기를 놓치기 때문에 공허하다.

3.4 비의미론적 관점의 반박 II - 외재주의적 대응

외재주의에 따르면, 계산을 개별화하기 위해서는 시스템과 시스템을 둘러싼 맥락 사이의 상호작용을 반드시 고려해야 한다. 계산 다수성 논증은 외재주의에 기반한 논증이다. 피치니니(Piccinini, 2008)는 외재주의를 옹호하지만, 계산 다수성 논증은 거부한다. 그는 넓은 기능을 통해 비의미론적인 방식으로도 계산 개별화에 충분한 외부 맥락을 도입할 수 있다고 주장한다.

대부분의 비의미론적 접근의 옹호자들이 내재주의를 옹호하는 것과 달리 피치니니는 외재주의를 옹호한다. 피치니니는 계산 개별화를 위해 시스템의 내재적인 물리적 속성을 아는 것만으로는 부족하며 외재적인 요소의 도입이 필요하다고 주장한다. 그렇지만 그는 의미론적 요소가 필요하다고 주장하지 않는다. 그는 비의미론적이면서도 외재적인 넓은 기능(wide function)에 호소함으로써 비의미론적인 외재주의적 계산 개별화 방식을 옹호한다. 하지만 피치니니는 넓은 기능에 의한 계산 개별화가 어떻게 이루어지는지에 대한 구체적인 사례를 제시하지는 않았기 때문에, 그의 제안이 성공적인지는 다소 불분명한 상태로 남아있었다.

피치니니는 일반적으로 메커니즘의 기능적 속성이 넓게 결정된다고 말한다. 다음 인용문을 살펴보자.

> "메커니즘은 많은 내재적 속성을 가지지만, 그 중 일부만이 기능적으로 유관하다. 어떤 내재적 속성이 기능적으로 유관한지를 알려면, 메커니즘과 그것을 둘러싼 맥락의 상호작용을 고려하는 것이 필요할 수 있다. 예를 들어 식물은 여러가지 종류의 전자기장을 흡수하고 방출하는데, 대부분은 기능적 중요성이 없다. 그러나 식물이 특정 주파수의 전자기장이 특정한 특수화된 분자에 닿으면, 그것은 광합성을 야기한다. 광합성은 큰 기능적 중요성을 가지는 사건이다. 어떤 외부사건이 특정 내부사건을 야기하는지 및 어떤 내적 사건이 외부적인 결과를 야기하는지를 모르고서는 한 메커니즘의 기능적으로 유관한 속성이 무엇인지 구분해내는 것이 매우 어렵다. 결과적으로, 과학이론들은 일반적으로 메커니즘의 기능적 속성을 넓게 개별화 한다." (Ibid.,

220, 강조는 인용자)

주어진 메커니즘의 기능을 알기 위해서는 그것을 둘러싼 맥락 사이의 상호작용 방식(어떤 외부 사건에 의해 어떤 내부 사건이 야기되고, 어떤 내부 사건이 어떠한 외부 결과를 야기하는지)을 알아야 한다. 여기서 맥락은 메커니즘 바깥의 외재적인 환경 뿐만 아니라 주어진 메커니즘을 포함하는 포함 메커니즘, 포함 메커니즘이 아니지만 상호작용하는 다른 메커니즘(포함 메커니즘 내의 다른 컴포넌트)을 포함한다.

피치니니에 따르면 계산 시스템[17]도 마찬가지다. 시스템의 어떤 속성이 시스템의 계산적 기능과 유관한지 알기 위해서는 시스템과 맥락의 상호작용 방식을 고려해야 한다. 물리 시스템의 계산 기능은 먼저 (1)물리 시스템(메커니즘)이 갖는, 계산과 유관한 물리적 상태(계산적 운반자[18])가 무엇인지 확정한 후에, (2)계산 기능적으로 동질적인 것끼리 물리적 상태값을 그룹화하는 것이었다. 섀그리어는 (1)이 이루어진 상황을 전제한 후, 오토마타 다수성 현상을 지적하면서 (2)를 하기 위해 표상적 내용이 필요하다고 말했다. 반면 피치니니는 시스템과 시스템을 둘러싼 맥락과의 상호작용 방식을 고려함으로써 (1)과 (2)를 할 수 있다고 주장한다.

먼저 (1)에 대해 살펴보자. 계산의 다수성 논증이 계산과 유관한 물리적 상태가 주어졌다고 전제하는 것과는 달리, 무엇이 계산과 유관한 물리적 상태인지 모르는 경우를 생각해보자. 만약 주어진 신경 시스템의 어떤 속성이 계산적 기능과 유관한지를 조사하고자 한다면 다음과 같은 방식의 조사가 필요하다. “신경 스파이크가 계산적 운반자(computational vehicle)인지 알려면, 감각 수용기가 스파이크를 생산하고 신경 스파이크가 근수축을 야기하는지 관측해야 한다.”(Piccinini, 2020, p.154) 이때 스파이크의 생성여부, 세기, 세기의 변화율이 계산적 운반자일 수 있다.

---

[17] 현재 맥락에서 시스템과 메커니즘의 개념은 큰 차이가 없는 것으로 이해한다.

[18] 경우에 따라 계산적 운반자는 올바르게 그룹화된 물리적 상태, 즉 계산적 상태와 동일시된다. 여기서는 계산과 유관하지만 그룹화되지 않은 물리적 상태를 계산적 운반자라고 규정한다.

다음으로 (2)를 살펴보자. 물리적 입출력값들 사이의 함수적 관계가 정해졌다면, 이제 그룹화를 어떻게 할지를 결정해야 한다. 이 단계에서 계산 다수성 문제가 발생한다. 피치니니는 그룹화 문제에 대해서도 마찬가지로 넓은 기능을 통해 문제를 해결할 수 있다고 말한다. 주어진 메커니즘과 맥락과의 상호작용 방식이 옳은 그룹화 방식을 알게 한다. 이를테면, 주어진 메커니즘의 입출력값이 0-2.5V, 2.5-5V, 5-10V의 값을 가지는데, 이 메커니즘을 포함하는 상위 메커니즘은 주어진 메커니즘이 0-2.5V와 2.5-5V값을 가질 때 동일한 방식으로 반응하고, 5-10V에 대해서는 다른 방식으로 반응한다. 그런 경우에 옳은 그룹화 방식은 0-2.5V와 2.5-5V를 하나로 묶는 것이다. 피치니니는 이러한 방식을 통해 비의미론적으로도 계산 다수성 문제를 해결할 수 있다고 말한다. 아래 [표 7]는 섀그리어(Shagrir, 2018)[19]가 제시한 것으로 출력값(Output)은 동일한 운동 출력값(Motor output)을 갖는 것끼리 그룹화함으로써 계산이 개별화될 수 있음을 보여준다. [표 7]에 따르면 'M'은 'H'가 아닌 'L'과 그룹화되어야 하는데, 그 이유는 'M'과 'L'이 동일한 운동출력값('No movement')를 가지기 때문이다.

Input 1	Input 2	Output	Motor output
H	H	H	Movement
H	M	M	No movement
H	L	M	No movement
M	H	M	No movement
M	M	M	No movement
M	L	M	No movement
L	H	M	No movement
L	M	M	No movement
L	L	L	No movement

[표 7] 넓은 기능(운동출력)에 의한 계산 개별화 (Shagrir, 2020, p.4102)

[19] 피치니니(Piccinini, 2008)가 구체적인 예시를 제시하지 않았기 때문에, 피치니니의 넓은 개별화 방식은 다소 모호한 상태로 남아있었다. 섀그리어는 넓은 기능에 의거한 개별화를 비판하려는 목적으로 넓은 기능 개별화가 어떻게 이루어지는지 예시를 통해 명료히 했다.

피치니니의 제안에 대해 다음과 같은 우려가 제기될 수 있다. “넓은 기능에 의한 개별화 방식도 어찌되었든 메커니즘 바깥의 어떤 것과 공변하는 것을 통해 계산적 개별화를 하는 것인데, 이것이 표상적 내용을 외재적인 요인으로 갖는 것과 다른가?”(Piccinini, 2008, p.221) 이에 대한 피치니니의 답변은 넓은 기능이라 하더라도 표상적 내용처럼 넓지는 않다는 것이다. 외부 맥락과 바로 인접한 경계까지의 외재성으로도 계산 개별화를 하기에 충분하다. 피치니니는 다음과 같은 예시를 든다. “컴퓨터의 경우 키보드에 가해지는 힘과 컴퓨터 내부 장치 사이의 상호작용이면 충분하고, 신경계의 경우 감각수용기 및 근섬유까지에만 도달하는 것으로 충분하다. … 신경계의 경우 계산적 (기능적) 속성은 유기체가 속한 환경까지는 가지 않으며, 이 정도의 넓음으로도 계산 개별화를 하기에 충분하다.”(Ibid.) 만약 피치니니의 주장처럼 시스템과 바로 인접한 맥락과의 상호작용 방식을 통해 계산을 개별화할 수 있다면, 제기된 우려는 더이상 문제가 아닐 것이다.

넓은 기능에 호소하는 피치니니의 대응은 비의미론적 접근을 옹호하는 가장 영향력있는 입장으로 현재까지 유일하게 제시된 외재주의적 대응이다. 섀그리어(Shagrir, 2020)는 피치니니의 외재주의적 대응에 대해 반박한다. 4장에서 이 반박에 대해 살펴보고 비판한다. 4장으로 넘어가기 전에 3.5절에서 비판의 사전작업으로서 계산 다수성 논변에 의해 특징지어진 의미론 논쟁을 분석한다. 이 분석에서 나는 계산 다수성 논변의 숨겨진 전제를 지적하고 그것을 섀그리어에 대한 비판의 출발점으로 삼는다.

3.5 의미론 논쟁 분석

지금까지의 논의를 정리해보자. 먼저 계산 개별화에 관한 의미론적 접근과 비의미론적 접근이 무엇인지에 대해 살펴보았다. 의미론적 접근은 계산 개별화를 하기 위해 표상적 내용이 필요하다는 입장이고, 이를 거부하는 입장, 즉 계산 개별화를 하기 위해 표상적 내용이 필요하지 않다는 입장을 비의미론적 접근이라 한다. 섀그리어는 의미론적 접근을 옹호하기 위해 계산 다수성 논증을 제시하였다. 계산 다수성 논증은 하나의 물리적 시스템이 그룹화 방식에 따라 서로 다른 여러 오토마타를 가지기 때문에, 계산을 개별화하기 위해서는 내재적인 물리적 속성 이외에 표상적 내용과 같은 외재적 제약의 도입이 필요하다고 결론내린다. 3.3 절과 3.4 절에서 이에 대한 내재주의자(코엘로 몰로, 듀허스트) 및 외재주의자(피치니니)의 대응을 살펴보았다. 내재주의자들은 계산 개념을 하위 수준에서 정의함으로써 문제를 해결하고자 했지만 이러한 대응은 계산 개념의 설명력을 박탈하기 때문에 옹호되기 어렵다. 외재주의자인 피치니니는 '넓은 기능'이라는 비의미론적 외재적 속성을 도입함으로써 비의미론적 접근을 옹호했다. 다음 장에서 피치니니의 주장에 대한 섀그리어의 반박을 살펴본다. 4 장으로 넘어가기 전에 계산 개별화에 관한 의미론 논쟁이 어떻게 이해되어야 하는지에 대해 섀그리어와 피치니니 사이의 논의를 중심으로 좀 더 자세히 살펴보자.

섀그리어가 정식화한 계산 다수성 논변은 다음과 같다.

[섀그리어의 계산 다수성 논변]

(1) 물리적 시스템은 동시에 여러 다른 오토마타 S1, S2, S3, … 을 구현할 수 있다.

(2) 물리적 시스템의 계산 구분(computational taxonomy)은 어떤 맥락에서는 Si로, 다른 맥락에서는 Sj로 고려(take into account)될 수 있다.

(3) 주어진 맥락에서 계산 구분에 의해 어떤 오토마타가 고려되는지를 결정하는 제약이 있어야 한다. (1과 2로부터)

(4) 이 제약은 (적어도 부분적으로는) 의미론적 특징(feature)이다. 즉, 물리적 시스템에 속한 상태들의 내용이다.

(결론) 따라서 물리적 시스템의 계산 구분은 의미론적 속성에 영향을 받는다.

섀그리어는 시스템이 그것의 물리적 운반자를 그룹화하는 방식에 따라 여러 다른 잠재 계산을 가지는 오토마타 다수성 현상으로부터, 시스템의 내재적인 물리적 속성만으로는 계산을 개별화할 수 없으며 추가적인 외재적 제약의 도입이 필요함을 이끌어냈다.[20]

혹자는 외재적 제약의 도입이 필요함을 보인 지점에서 섀그리어가 이미 의미론적 접근을 충분히 옹호한 것으로 생각할 수도 있다. 이러한 판단은 외재적인 요소를 의미론적 속성과 동일시하는 전통적인 견해를 전제한다. 이러한 견해에서는 계산 개별화를 위해 외재적 속성의 도입을 요구하는 것이 곧 의미론적 속성의 도입을 요구하는 것으로 이해된다. 하지만 계산 개별화를 위해 외재적 제약의 도입이 필요하다는 사실에 의해 의미론적 속성이 필요하다는 것이 따라나오지 않는다. 계산 개별화에 요구되는 외재적 제약이 비의미론적일 수 있기 때문이다. 피치니니가 고려하는 상황이 이에 해당한다. 피치니니는 외재적인 것을 의미론적인

[20] 그가 정식화한 계산 다수성 논변의 전제 1('물리적 시스템은 동시에 여러 다른 오토마타 S1, S2, S3, … 를 구현할 수 있다.')과 전제 2('물리적 시스템의 계산 구분은 어떤 맥락에서는 Si 로, 다른 맥락에서는 Sj 로 고려될 수 있다.')로부터 전제 3('주어진 맥락에서 계산 구분에 의해 어떤 오토마타가 고려되는지를 결정하는 제약이 있어야 한다.')을 이끌어낸 것이 이에 해당한다.

것으로 간주하는 전통적인 도식을 거부한다. 그는 '넓은 기능'이라는 비의미론적이면서 외재적인 요소를 도입함으로써 계산 개별화가 가능함을 주장했다.

이렇게 비의미론적인 외재적 제약이 존재할 가능성을 고려한다면, 의미론자들은 계산 개별화를 위해 외재적 제약이 필요함을 보이는 것에 더해 그러한 외재적 요소가 의미론적 속성임을 보여야 할 것이다. 섀그리어는 그가 정식화한 계산 다수성 논변의 전제 4 -'이 제약은 (적어도 부분적으로는) 의미론적 특징이다. 즉, 물리적 시스템에 속한 상태들의 내용이다.'에서 계산 개별화에 필요한 외재적 요소가 의미론적 속성이라고 주장한다. 섀그리어는 물리적 상태(운반자)에 귀속된 내용(의미론적 속성)을 고려하면 시스템이 구현하는 계산을 결정할 수 있다고 주장한다. 이상의 논의를 바탕으로 섀그리어의 계산 다수성 논변을 다음과 같이 재구성할 수 있다.

[계산 다수성 논변 재구성]

[STEP 1] 계산 개별화를 위해 외재적 요소의 도입이 필요하다. (섀그리어가 정식화한 계산 다수성 논변의 전제 1, 2, 3)

[STEP 2] (시스템의 내재적인 물리적 속성이 주어진 상황에서) 의미론적 특징이 계산을 결정한다. (섀그리어가 정식화한 계산 다수성 논변의 전제 3,4)

[C] 따라서 계산 개별화를 위해 필요한 외재적 요소는 의미론적 요소다. (결론)

[STEP 1]은 오토마타 다수성 현상을 인정한다면 거부하기 쉽지 않다. 앞서 논의했듯이 섀그리어와 피치니니 모두가 [STEP 1]을 참으로 받아들인다. 주목해야할 것은 [STEP 2]다. 여기서 섀그리어는 시스템이 가지는 여러 오토마타 중 시스템이 구현하는 계산이 무엇인지 결정하는 제약이 의미론적 요소라고 주장한다. 즉, 의미론적 요소를 고려하면 계산이 개별화된다는 것이다. 이러한 주장은 일견 의미론적 속성이 계산 개별화의 충분조건임을 의미하는 것으로 보인다. 그러나 면밀히 살펴보면, 의미론적 속성이 계산 개별화를 위한 충분 조건임을 요구하지 않음을 알 수 있다. [STEP 2]가 말하는 것은 물리적 상태 간의 전이관계나 시스템이

가지는 오토마타의 집합과 같은 시스템의 내재적인 물리적 속성이 주어진 상황에서 의미론적 속성이 고려될 때 계산이 결정된다는 것이다. 다시 말해, 내재적인 물리적 속성과 의미론적 속성을 합쳐 계산 개별화에 대한 충분조건을 구성한다는 것이다.

재구성된 계산 다수성 논변과 관련하여 다음으로 주목해야 할 것은 STEP1, STEP2 에 의해 결론 C 가 논리적으로 따라나오지 않는다는 점이다. 내재적인 속성과 의미론적 속성의 도입이 계산 개별화의 충분 조건을 구성한다고 하더라도, 그로부터 의미론적 속성이 계산 개별화에 필요조건임이 따라나오지 않는다. 만약 피치니니의 주장처럼 내재적인 속성과 넓은 기능과 같은 비의미론적 속성이 계산 개별화의 충분 조건을 구성한다면, 의미론적 요소는 계산 개별화의 필요조건으로 볼 수 없다. 의미론자가 STEP1, STEP2 를 따라 계산 개별화에 의미론적 요소가 필요하다는 결론에 이르려면 위 STEP1, STEP2 에 더해 다음과 같은 추가적인 전제 STEP 3 가 필요하다.

[계산 다수성 논변 재구성*]

[STEP 1] 계산 개별화를 위해 외재적 요소의 도입이 필요하다. (섀그리어가 정식화한 계산 다수성 논변의 전제 1, 2, 3)

[STEP 2] (시스템의 내재적인 물리적 속성이 주어진 상황에서) 의미론적 속성은 계산을 결정한다. (섀그리어가 정식화한 계산 다수성 논변의 전제 3, 4)

[STEP 3] 비의미론적 속성만으로 계산을 결정할 수 없다.

[C] 따라서 계산 개별화를 위해 필요한 외재적 요소는 의미론적 요소다. (결론)

여기서 말하는 비의미론적 속성이란 시스템에 내재적인 물리적인 속성 뿐만 아니라, 넓은 기능과 같이 외재적인 비의미론적 속성까지 포함한다. 만약 STEP 3 이 참이라면, 내재적인 물리적 속성과 의미론적 속성에 의한 계산 결정은 유일한 계산 개별화 방식이 된다. 그렇다면 내재적인 물리적 속성과 의미론적 속성의 도입은 계산 개별화를 하기 위한 필요조건일 것이다. 결론적으로 내재적인 물리적 속성과 의미론적 속성 각각은 계산 개별화를 위한 필요조건이면서 두 필요조건이 합해져

계산 개별화를 위한 충분조건을 구성할 것이다. 결국 섀그리어가 계산 다수성 논변을 통해 의미론적 접근을 옹호하려면 의미론적 속성을 고려했을 때 계산이 결정된다는 사실([STEP 2]) 뿐만 아니라, 비의미론적 방식의 계산 개별화 방식이 불가능하다는 것([STEP 3])을 보여야 한다.

반대로 피치니니와 같은 비의미론자는 비의미론적 속성만으로 계산을 개별화할 수 있음을 보임으로써 [STEP 3]을 거부해야 한다. 다시 말해, 내재적인 비의미론적 속성(시스템의 물리적 속성)과 외재적인 비의미론적 속성(e.g. 넓은 기능)을 합쳐 계산 개별화의 충분조건을 구성함을 보여야 한다.

섀그리어와 피치니니 두 논자를 중심으로 진행된 계산 개별화에 관한 의미론 논쟁은 계산 개별화를 위해 외재적 요소가 필요한지를 따지는 것에 그치지 않는다. 이들은 모두 외재적 요소가 필요하다는 점에 동의한다. 하지만 그러한 외재적 요소가 무엇인지에 대해 의견을 달리하며, 이 논쟁을 위해 자신이 제시한 외재적 요소가 시스템의 물리적 상태의 전이관계와 더해졌을 때 시스템이 구현하는 계산을 결정한다고 말한다. 다시 말해, 의미론 논쟁에 참여한 논자는 계산 개별화에 요구되는 외재적 제약이 시스템에 내재적인 물리적 속성과 함께 계산 개별화에 대한 충분조건을 구성함을 보여야 한다. 섀그리어와 피치니니 모두 이를 보이고자 했다. 섀그리어는 “물리적 시스템에 속한 상태들의 내용”이 고려될 때 계산이 개별화된다고 주장하며 그러한 외재적 제약이 의미론적이라고 주장한다. 반면 피치니니는 그러한 외재적 제약이 넓은 기능이라고 주장한다. 시스템에 내재적인 속성에 더해 넓은 기능이 고려되면 계산이 충분히 개별화된다는 것이다.

섀그리어는 시스템의 물리적 상태의 전이관계와 함께 넓은 기능이 계산 개별화를 위한 충분 조건을 구성하지 않음을 보임으로써 피치니니의 주장을 반박하고자 한다. 또 물리적 상태의 전이관계와 함께 물리적 상태에 귀속된 내용이 계산 개별화를 위한 충분 조건을 구성한다는 점을 보임으로써 의미론적 접근을 옹호하고자 한다. 이에 대해 다음 장에서 자세히 살펴본다.

4. 섀그리어의 반박과 그에 대한 비판

3.5절에서 계산 개별화에 관한 의미론 논쟁에서 의미론자가 보여야 하는 것이 무엇인지 살펴보았다. 의미론자가 자신의 입장을 성공적으로 옹호하기 위해서는 두 가지 과제를 해야 한다. 첫번째 과제는 의미론적 요소의 도입에 의해 계산이 결정됨을 보이는 것이다. 두번째 과제는 비의미론적 속성만으로 계산을 개별화할 수 없음을 보이는 것이다. 4장에서는 두 과제를 위주로 섀그리어(Shagrir, 2018)의 의미론적 접근에 대한 옹호를 비판적으로 검토한다. 내재주의적 방식의 비의미론적 접근 옹호가 실패한 현재 상황에서 섀그리어가 반박해야 할 비의미론적 접근은 피치니니의 넓은 기능 개별화 방식이다. 섀그리어는 가상의 사례를 들어 넓은 기능 개별화 방식이 실패하고 물리적 상태에 귀속된 내용에 의한 개별화가 성공하는 상황을 보이고자 한다. 나는 이러한 섀그리어의 시도가 성공적이지 못하며, 그 이유가 넓은 기능 개별화 방식이 실패함을 보이기 위해 사용한 논리가 물리적 상태에 귀속된 내용에 의한 개별화 방식에 동일하게 적용될 수 있기 때문이라고 주장한다. 섀그리어가 넓은 기능 개별화 방식이 실패한다고 주장한다면 마찬가지로 그의 내용에 의거한 개별화 방식도 실패한다. 이를 주장하기 위해 나는 계산 개별화에 관한 필요조건을 제시한다.

4.1 섀그리어의 반박

4.1절에서는 그룹화 문제에 대한 피치니니의 대응에 대한 섀그리어의 반박을 중점적으로 다룬다. 섀그리어는 구체적인 가상의 사례를 통해 피치니니의 넓은 기능에 의한 개별화가 그룹화 문제를 해결하지 못함을 보이고자 한다. 다음의 [표 8]과 [표 9]를 보자. [표 8]과 [표 9]는 3.4절에서 제시한 문제상황과 동일한 상황인데, 다만 높은 물리값인 5-10V는 ‘H’, 중간 물리값인 2.5-5V는 ‘M’, 낮은

물리값인 0-2.5V는 'L'와 같이 기호화 하였다. 3.4절에서 살펴본대로 'M'을 어떤 값과 그룹화하는지에 따라 시스템은 다른 계산을 한다. 'M'과 'H'를 그룹화한 경우 AND 계산을, 'M'과 'L'을 그룹화한 경우 OR 계산을, 그룹화하지 않은 경우 [표 9]처럼 세 가지 종류('H', 'M', 'L')의 입출력 사이의 전이관계를 보이는 연산(이후 세가지-값 연산)을 한다. 즉 이 시스템은 총 세 가지의 오토마타(AND, OR, 세가지-값 연산)를 가진다.

Input 1	Input 2	Output
5–10 V (H)	5–10 V (H)	5–10 V (H)
5–10 V (H)	2.5–5 V (M)	2.5–5 V (M)
5–10 V (H)	0–2.5 V (L)	2.5–5 V (M)
2.5–5 V (M)	5–10 V (H)	2.5–5 V (M)
2.5–5 V (M)	2.5–5 V (M)	2.5–5 V (M)
2.5–5 V (M)	0–2.5 V (L)	2.5–5 V (M)
0–2.5 V (L)	5–10 V (H)	2.5–5 V (M)
0–2.5 V (L)	2.5–5 V (M)	2.5–5 V (M)
0–2.5 V (L)	0–2.5 V (L)	0–2.5 V (L)

[표 8] 물리값으로 특징지은 물리적 시스템 (Shagrir, 2020, p.4091)

Input 1	Input 2	Output
H	H	H
H	M	M
H	L	L
M	H	M
M	M	M
M	L	L
L	H	L
L	M	L
L	L	L

[표 9] 기호화한 물리값으로 특징지은 물리적 시스템 (Shagrir, 2020, p.4092)

이러한 오토마타 다수성 현상으로부터 계산 개별화를 하기 위해 추가적인 외재적 제약이 필요함을 알 수 있다. 피치니니는 그러한 외재적 제약이 넓은 기능이라고 주장한다. 넓은 기능은 시스템과 시스템을 둘러싼 맥락과의 상호작용을 말하며 보다 구체적으로는 시스템의 출력값(Output)과 운동 출력값(Motor Output) 사이의 관계를 의미한다. 넓은 기능 개별화 방식에 따르면, 동일한 운동 출력값을 가지는 시스템 출력값은 계산적으로 동일한 역할을 하기 때문에 하나의 계산적 상태로 그룹화되어야 한다. 이렇게 동일한 운동 출력값을 가지는 것끼리 그룹화하여 얻은 계산적 상태의 전이관계가 바로 시스템이 구현하는 계산이다. 사례를 통해 좀 더 자세히 알아보자.

Input 1	Input 2	Output	Motor output
H	H	H	Movement
H	M	M	No movement
H	L	M	No movement
M	H	M	No movement
M	M	M	No movement
M	L	M	No movement
L	H	M	No movement
L	M	M	No movement
L	L	L	No movement

[표 7] 넓은 기능(운동출력)에 의한 계산 개별화

섀그리어가 제시한 [표 7]과 같이 시스템과 맥락 사이의 상호작용 방식이 주어진다면, ‘M’과 ‘L’을 하나로 그룹화 해야한다. 왜냐하면 ‘M’, ‘L’ 두 시스템 출력값에 대해 움직임이 발생하지 않은(No movement) 반면, ‘H’ 값에 대해서는 움직임(Movement)이 발생하기 때문이다. 즉, 출력값 ‘M’과 ‘L’은 ‘No movement’라는 동일한 운동 출력값을 가지며 이는 물리적 상태 ‘M’과 ‘L’이 계산적으로 동일한 상태임을 의미한다. ‘H’는 ‘Movement’를 운동 출력값으로 가지기 때문에 ‘M’ 및 ‘L’과는 계산적으로 이질적인 상태이다. 따라서 ‘M’과 ‘L’을 그룹화하여 하나의 계산적 상태(‘0’ 할당)를 만들고, ‘H’를 이 계산적 상태와는 다른 계산적 상태(‘1’ 할당)로 만들어 정리하면 다음과 같은 계산적 상태의 전이관계를 얻을 수 있다.

Input1	Input2	Output
1	1	1
1	0	0
1	0	0
0	1	0
0	0	0
0	0	0
0	1	0
0	0	0
0	0	0

⇨ 중복값 정리

Input1	Input2	Output
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

[그림 1] 중복값 정리

넓은 기능에 의거한 계산 개별화 방식을 통해 시스템이 수행하는 계산(AND 계산)을 결정했다. 일련의 과정에서 어떠한 의미론적 요소도 도입되지 않았다. 즉 비의미론적 요소만으로도 계산을 개별화하였다. 이처럼 넓은 기능에 의거한 계산 개별화 방식이 성공적이라면 의미론 논쟁에서 비의미론적 접근을 옹호해야 할 것이다.

이제 이에 대한 섀그리어의 반박을 살펴보자. 섀그리어는 아래의 [표 10]로 표현되는 시스템을 제시함으로써 넓은 기능에 의한 계산 개별화가 실패함을 보이고자 한다. [표 7]과 비교할 때 [표 10]가 가지는 차이점은 시스템이 세 가지 운동출력값을 가진다는 점이다. [표 10]의 시스템은 High movement, Medium movement, No movement 세 종류의 운동 출력값을 가진다. 이 경우 'M'은 'H'와 'L'중 어떤 것과 그룹화되어야 하는가? 넓은 기능만 고려한다면 이 물음에 답하기 어려워 보인다. 왜냐하면 'M'과 동일한 운동 출력값을 가지는 시스템 출력값이 존재하지 않기 때문이다. 이때 섀그리어는 시스템의 각 출력값이 가지는 내용에 의거해서 계산을 개별화할 수 있다고 말한다.

Input 1	Input 2	Output	Motor output
H	H	H	High movement
H	M	M	Medium movement
H	L	M	Medium movement
M	H	M	Medium movement
M	M	M	Medium movement
M	L	M	Medium movement
L	H	M	Medium movement
L	M	M	Medium movement
L	L	L	No movement

[표 10] 넓은 기능(운동 출력)에 의해 그룹화할 수 없는 경우 (Shagrir, 2020, p.4103)

이를테면, 시스템 출력값의 'M'과 'L'이 바나나를 내용으로 가지고, 'H'가 사과를 내용으로 가진다면 동일한 내용을 가지는 'M'과 'L'을 그룹화하여 계산을 개별화할

수 있다. 넓은 기능에 의해서는 불가능했던 계산 개별화가 의미론적 속성에 의거해 가능하게 된 것이다. 이 사례를 통해 섀그리어는 비의미론적 개별화 방식이 실패하고 의미론적 개별화 방식이 성공함을 보임으로써 의미론적 접근을 옹호한다.

이에 대해 비의미론자가 할 수 있는 즉각적인 대응은 [표 10]가 그자체로 계산 개별화가 완료된 상황이기 때문에 추가적인 그룹화가 필요하지 않다는 것이다. 이에 대해 섀그리어가 할 수 있는 반박은 첫째로, 출력값이 가지는 내용에 의해 추가적인 그룹화가 가능하다면, 계산 개별화가 완료된 상황으로 볼 수 없다는 것이다. 넓은 기능 개별화 방식을 따르게 되면 계산 개별화가 완료되지 않은 상황을 완료된 것으로 간주하는 오류를 저지르게 된다. 가능한 두 번째 대응은 운동 출력값의 종류가 3가지를 초과하는 경우를 생각해보라는 것이다.(Sharir, 2020, p.4102) 이 경우 운동출력값에 의거하더라도 시스템 출력값을 그룹화할 수 없기 때문에 계산 개별화에 실패하는 반면, 시스템 출력값이 가지는 내용에 의거한다면 계산을 개별화할 수 있다.

섀그리어가 위 사례를 제시함으로써 보이고자 한 것은 두 가지이다. 첫째 넓은 기능에 호소하더라도 계산 개별화가 불가능한 경우가 존재한다는 점, 둘째 물리적 상태가 가지는 내용에 의거한다면, 넓은 기능에 의거했을 때는 계산 개별화가 불가능한 경우 뿐만 아니라 시스템이 계산을 하는 모든 경우에 계산 개별화가 가능하다는 점이다. 이는 3.5절에서 재구성한 의미론 논쟁에서 요구되는 비의미론적 방식의 계산 개별화의 실패([STEP3])와, 의미론적 방식의 계산 개별화의 성공([STEP 2])과 대응한다. 이러한 섀그리어의 비의미론적 접근에 대한 반박이 성공적이라면 계산 개별화에 관련해 의미론적 접근을 수용해야 할 것이다.

4.2 계산 개별화를 위한 필요조건

4.2 절에서는 섀그리어의 반박에 대해 본격적으로 검토하기 전에 계산 개별화가 실패하는 일반적인 조건에 대해 살펴본다. 나는 계산 개별화를 위한 필요조건으로 함수적 관계 조건을 제시하고, 이 조건을 위배할 때 계산 개별화가 실패한다고 주장한다.

> **[함수적 관계 조건]** 시스템의 출력변수가 가지는 값의 집합을 O, 준거 변수가 가지는 값의 집합을 R 이라고 할 때, 임의의 원소 $o \in O$ 에 대해 그에 대응하는 원소 $r \in R$ 가 유일하게 존재한다.

여기서 준거 변수란 계산을 개별화하기 위해 시스템의 출력을 그룹화할 때 준거로 삼는 변수를 의미한다. 이를테면 넓은 기능 개별화 방식에서 준거 변수는 운동 출력 변수이고, 의미론적 개별화 방식에서는 물리적 상태가 가지는 표상적 내용이 준거 변수다. 앞서 우리는 시스템의 입출력 변수 중 동일한 준거 변수값을 가지는 것을 그룹화함으로써 시스템이 수행하는 계산을 결정한 사례들을 살펴보았다.

단순하게 말해, 함수적 관계 조건이 요구하는 것은 동일한 시스템 출력값에 대해 동일한 준거 변수값이 산출되어야 한다는 것이다. 다음 예시를 살펴보자.

Input1	Input2	Output	Reference
H	H	H	C
H	M	M	B
H	L	M	A
M	H	M	A
M	M	M	A
M	L	M	A
L	H	M	A
L	M	M	A
L	L	L	A

[표 11] 함수적 관계 조건을 위배하는 예시

위 표에서 시스템 출력값이 'M'인 대부분의 경우 준거 변수값 'A'가 산출된다. 하지만 Input1, Input2 가 각각 'H', 'M'인 경우, 준거 변수값 'B'가 산출된다. 동일한 시스템 출력값 'M'에 대해 두 가지 준거 변수값이 산출된 것으로 함수적 관계 조건을 위배한다. 이 경우 'M'과 'L'이 동일한 준거 변수값 'A'를 가지는 경우가 있다고 하더라도 'M'과 'L'을 하나로 그룹화할 수 없고 따라서 준거 변수에 의거해 계산을 개별화할 수 없다. 'M'은 'A' 뿐만 아니라 'B'를 준거 변수값으로 가지기 때문에 'L'과 계산적으로 동일한 역할을 한다고 볼 수 없기 때문이다. 이처럼 함수적 관계 조건을 위배하는 경우 계산 개별화가 불가능하기 때문에 함수적 관계 조건은 계산 개별화를 하기 위한 필요조건이다.

한 가지 주의해야할 점은 섀그리어가 넓은 기능 개별화 방식이 실패함을 보이기 위해 제시한 사례에서 함수적 관계 조건이 위배되지 않는다는 점이다. 아래 [표 10]을 다시 살펴보자.

Input 1	Input 2	Output	Motor output
H	H	H	High movement
H	M	M	Medium movement
H	L	M	Medium movement
M	H	M	Medium movement
M	M	M	Medium movement
M	L	M	Medium movement
L	H	M	Medium movement
L	M	M	Medium movement
L	L	L	No movement

[표 10] 넓은 기능(운동 출력)에 의해 그룹화할 수 없는 경우 (Shagrir, 2020, p.4103)

이 표에서 한 종류의 출력값에 대해 동일한 종류의 운동출력값(준거 변수)이 산출된다. 시스템의 출력값 'H'에 대해 'High movement', 'M'에 대해 'Medium movement', 'L'에 대해 'No movement'가 산출된다. 즉 이 경우 함수적 관계 조건을 만족한다. 하지만 섀그리어는 이 사례가 계산 개별화에 실패한 것으로 간주하고 계산을 개별화하기 위해서는 표상적 내용의 도입이 필요하다고 말한다.

섀그리어의 주장을 그대로 받아들인다면 함수적 관계 조건은 계산 개별화의 필요조건이라고 볼 수 없을 것이다. 하지만 이같은 섀그리어의 주장은 개별화된 계산에 대한 특정한 입장을 전제하고 있다. 이 입장에 따르면, 개별화된 계산의 자유도는 3 이상일 수 없다. 여기서 자유도(degree of freedom)란 어떤 변수가 가질 수 있는 값의 개수를 의미한다. 이를테면, [표 7]에서 시스템의 입출력 변수는 'H', 'M', 'L' 의 세 가지 값을 가지기 때문에 자유도가 3 이고, 운동출력 변수는 'Movement', 'No movement'의 두 가지 값을 가지기 때문에 자유도가 2 이다. 반면, 섀그리어는 [표 10]의 상황에서 개별화된 (잠재) 계산의 자유도가 3 이기 때문에 그자체로 계산이 완료된 것이라 간주하지 않고 추가적인 그룹화가 필요하다고 말한다. 이러한 입장을 견지하는 이유는 아마도 가장 기본적인 계산으로 간주되는 AND 나 OR 같은 논리 연산이 자유도 2 인 시스템에서 정의되기 때문일 것이다. 섀그리어(Shagrir, 2001)가 계산 다수성 논변을 제시하기 위해 고려한 문제 상황도 자유도가 2 인 시스템에서 정의되는 기본적인 논리연산 AND, OR, XOR 중에서 시스템이 구현하는 계산을 결정하는 문제였다. 하지만 개별화된 계산의 자유도가 2(혹은 2 이하)이어야 한다는 입장을 견지할 정당한 근거가 없다. 기본적인 논리연산이 자유도가 2 인 시스템에서 정의된다는 사실은 개별화된 계산의 자유도가 2 이어야 한다는 입장에 대한 정당한 근거가 될 수 없다. 만약 개별화된 계산의 자유도를 2 이하로 한정시킨다면, 정당한 근거없이 계산의 범위를 축소하는 결과를 낳을 것이다.

섀그리어는 기본적으로 개별화된 계산의 자유도가 3 이상인 상황을 허용하지 않기 때문에 [표 10]의 상황이 계산 개별화가 완료되지 않음을 전제하고 논지를 전개하지만, 개별화된 계산의 자유도가 3 이상인 상황도 마찬가지라고 말한다. (Shagrir, 2020, p.4102)[21] 그에 따르면, 어떤 입장을 선택하는지에 상관없이 넓은

[21] 그는 비의미론자가 [표]의 상황이 그룹화가 필요없는 경우라고 반박할 수 있기 때문에 개별화된 계산의 자유도가 3 이상인 경우를 허용하는 상황에 대해서도 넓은 기능의 계산 개별화가 실패함을 보이고자 했다.

계산 개별화 방식이 실패함을 보일 수 있다. 이를테면 운동출력값의 자유도가 4 이상인 경우 개별화된 계산의 자유도가 3 이상인 경우를 허용하더라도 넓은 기능에 의거한 개별화는 실패한다. 아래의 예시를 살펴보자.

Input1	Input2	Output	Reference
H	H	H	D
H	M	M	C
H	L	M	B
M	H	M	A
M	M	M	A
M	L	M	A
L	H	M	A
L	M	M	A
L	L	L	A

[표 12] 자유도 3 이상을 허용할 때 함수적 관계 조건을 위배하는 예시

이 예시에서 시스템의 자유도는 3 이고(시스템은 'H', 'M', 'L'값을 가진다.), 준거 변수의 자유도는 4 이다. (준거 변수는 'A', 'B', 'C', 'D'값을 가진다.) 이 예시는 자유도가 3 이상인 경우를 허용하더라도 넓은 기능 개별화 방식이 실패하는 경우로, 섀그리어는 이러한 사례를 염두에 두고 개별화된 계산의 자유도가 3 이상이 되는 상황을 허용하는지 여부가 의미론 논쟁에 본질적이지 않다고 말한다.

이러한 계산 개별화 실패의 예시는 함수적 관계 조건에 의해 포섭될 수 있다. 예시는 함수적 관계 조건을 위배했기 때문에 계산 개별화에 실패한 것이다. 동일한 'M' 출력값에 대해, 다른 준거 변수 출력이 산출되는 경우가 존재한다. Input1 과 Input2 가 각각 'H', 'M'인 경우, 'H' 'L' 인 경우, 그 외의 경우 준거 변수 출력값은 각각 'C', 'B', 'A'로 상이하다. 이렇게 함수적 관계 조건을 위배하기 때문에 예시는 계산 개별화에 실패한다. 결과적으로 개별화된 계산의 자유도가 3 이상인 것을 허용한다면, 함수적 관계 조건을 계산 개별화의 필요조건으로 간주할 수 있을 것이다.

앞서 계산 개별화의 실패 사례가 함수적 관계 조건에 의해 포착됨을 보았다. 그렇다면 왜 함수적 관계 조건을 위배하면 계산이라고 볼 수 없는가? 다시 말해, 왜

함수적 관계 조건은 계산 개별화의 필요조건인가? 그 이유는 우리가 일반적으로 가정하고 있는 세계(특히 과학에서 가정하는 세계)가 규칙적이기 때문이다. 우리가 가정하는 세계에서 모든 유관한 조건이 동일할 때, 동일한 상황(입력)에 대해 동일한 결과(출력)가 산출된다. 우리를 둘러싼 세계가 만약 동일한 상황에 대해 동일한 결과가 산출되지 않는 비규칙적 세계라면, 우리는 어떤 현상에 대해서도 예측과 설명을 제공하지 못할 것이다. 마찬가지로 계산이 세계에 실제로 존재하는 것이라면, 모든 유관한 조건이 동일할 때, 동일한 입력에 대해 동일한 출력을 산출하는 것이어야 한다. 함수적 관계 조건을 위배하는 (잠재) 계산은 설명력을 가질 수 없다.

지금까지 살펴본 함수적 관계 조건을 바탕으로 다음 4.3 절에서 섀그리어의 넓은 기능 개별화 방식에 대한 반박을 비판적으로 검토한다.

4.3 섀그리어의 반박에 대한 비판

계산 개별화에 관한 의미론 논쟁에서 의미론적 접근을 옹호하기 위해서는 넓은 기능 개별화 방식이 실패하고, 물리적 상태가 가지는 내용에 의거한 개별화 방식이 성공함을 보여야 한다. 섀그리어는 [표 10]와 같은 가상의 사례를 제시함으로써 이 두 가지 과제를 하고자 했다. 나는 다음 논변을 통해 이러한 접근이 실패한다고 주장한다.

[섀그리어의 반박에 대한 비판 논변]

(P1) 섀그리어는 함수적 관계 조건을 위배하는 가상의 사례를 제시함으로써 넓은 기능에 의거한 개별화 방식을 거부한다.

(P2) 섀그리어의 의미론적 개별화 방식에 대해 함수적 관계 조건을 위배하는 가상의 사례를 제시할 수 있다.

(C) 그렇다면 (동일한 이유에서) 의미론적 개별화 방식은 거부되어야 한다.

먼저 P1 에 대해 살펴보자. P1 에 따르면, 섀그리어는 함수적 관계 조건이 위배되는 가상의 사례를 제시함으로써 넓은 기능 개별화 방식이 실패함을 보이고자 했다. 아래 [표 10]을 다시 살펴보자.

Input 1	Input 2	Output	Motor output
H	H	H	High movement
H	M	M	Medium movement
H	L	M	Medium movement
M	H	M	Medium movement
M	M	M	Medium movement
M	L	M	Medium movement
L	H	M	Medium movement
L	M	M	Medium movement
L	L	L	No movement

[표 10] 넓은 기능(운동 출력)에 의해 그룹화할 수 없는 경우 (Shagrir, 2020, p.4103)

[표 10]에 제시된 상황이 계산 개별화가 완료되지 않은 상황이라고 주장한다면, 이는 개별화된 계산의 자유도가 2(혹은 2 이하)이어야 한다는 입장을 전제한 것이다. 하지만 앞에서 지적한 것처럼 그러한 입장은 정당한 근거에 기반하지 않는다.

한편, 비의미론자는 위 표와 같은 상황이 그자체로 개별화가 완료된 상황이며, 시스템이 세가지-값 계산을 한다고 대응할 수 있다. 이에 대해 섀그리어는 운동 출력이 4 개 이상의 값을 가지는 경우 그룹화가 불가능하다는 사실을 들어 대응하였다. 이러한 대응은 함수적 관계 조건이 위배함을 이유로 넓은 기능 개별화 방식을 거부한 것이다. 이를테면 아래 표에 제시된 상황을 고려할 수 있다.

Input1	Input2	Output	Motor Output
H	H	H	Movement
H	M	M	Medium Movement
H	L	M	Low Movement
M	H	M	Low Movement
M	M	M	Low Movement
M	L	M	Low Movement
L	H	M	Low Movement
L	M	M	Low Movement
L	L	L	No Movement

[표 13] 함수적 관계 조건에 의거한 넓은 기능 개별화 거부

이 경우 시스템의 출력 변수는 시스템은 (‘H’, ‘M’, ‘L’) 세 가지 값을 출력값으로 가지기 때문에 자유도가 3 이다. 운동 출력은 (‘High movement’, ‘Medium movement’, ‘Low movement’, ‘No movement’) 4 가지 값을 가지기 때문에 자유도가 4 이다. 동일한 출력값 ‘M’에 대해 다른 운동 출력값(‘Medium movement’, ‘Low movement’)을 가지는 경우가 존재하기 때문에 함수적 관계 조건을 위배한다. 이상에서 섀그리어가 함수적 관계 조건이 위배되는 가상의 사례를 제시함으로써 넓은 기능에 의거한 개별화 방식을 거부함을 알 수 있다.(P1)

이제 P2 를 검토해보자. P2 에 따르면, 섀그리어의 의미론적 개별화 방식에 대해서도 함수적 관계 조건이 위배되는 가상의 사례를 제시할 수 있다. 세 가지 사례를 검토해보자. 여기서 내용 출력 변수(Semantic Output)는 시스템의 출력값

상태가 가지는 내용을 의미한다. 섀그리어의 의미론적 개별화 방식은 동일한 내용을 가지는 물리적 상태끼리 그룹화하는 것이다. 먼저 아래 첫번째 사례의 경우 시스템 출력값 'M'과 'L'은 'Orange content'를 가지고, 'H'는 'Banana content'를 가진다. 그렇다면 의미론적 개별화 방식에 따라 동일한 내용을 가지는 'M'과 'L'을 그룹화하여 하나의 계산적 상태로 삼고, 'H'를 그것과 구분된 계산적 상태로 삼아 계산을 개별화할 수 있을 것이다. 즉 이 사례에서 물리적 상태가 가지는 내용에 의거해 계산이 개별화된다.

Input1	Input2	Output	Semantic Output
H	H	H	Banana content
H	M	M	Orange content
H	L	M	Orange content
M	H	M	Orange content
M	M	M	Orange content
M	L	M	Orange content
L	H	M	Orange content
L	M	M	Orange content
L	L	L	Orange content

[표 14] 의미론적 속성에 의해 계산이 개별화되는 경우

다음 두 번째 사례를 살펴보자. 시스템 출력변수는 'H', 'M', 'L' 세 가지 종류의 값을 가지므로 자유도가 3 이다. 또 준거변수인 내용 출력 변수는 'Banana content', 'Orange content', 'Apple content' 세 가지 종류의 값을 가지므로 자유도가 3 이다. 개별화된 계산의 자유도가 2 라는 섀그리어의 입장을 전제한다면 이 경우는 계산 개별화에 실패한 것이다. 만약 자유도가 3 이상인 경우를 허용한다면, 계산 개별화가 완료된 것으로 볼 수 있다.

Input1	Input2	Output	Semantic Output
H	H	H	Banana content
H	M	M	Orange content
H	L	M	Orange content
M	H	M	Orange content
M	M	M	Orange content
M	L	M	Orange content
L	H	M	Orange content
L	M	M	Orange content
L	L	L	Apple content

[표 15] 의미론적 속성에 의해 그룹화를 할 수 없는 경우 (자유도 3 이상을 허용하는 경우 개별화 완료)

이제 세번째 사례를 살펴보자. 먼저 자유도를 살펴보면, 시스템 출력 변수의 자유도가 3 인 반면 내용 출력 변수의 자유도는 4 이다. 내용 출력이 4 가지 값을 가지기 때문이다. 이 경우 함수적 관계 조건을 위배한다. 함수적 관계 조건에 따르면 동일한 출력 변수값에 대해 동일한 준거 변수값이 산출되어야 한다. 하지만 출력 변수값이 'M'인 경우 'Grape content', 'Orange content' 두 종류의 값을 가질 수 있기 때문에 함수적 관계 조건을 위배한다. 세번째 사례는 함수적 관계 조건을 위배하기 때문에 계산 개별화에 실패한다.

Input1	Input2	Output	Semantic Output
H	H	H	Banana content
H	M	M	Grape content
H	L	M	Orange content
M	H	M	Orange content
M	M	M	Orange content
M	L	M	Orange content
L	H	M	Orange content
L	M	M	Orange content
L	L	L	Apple content

[표 16] 의미론적 속성에 의거했을 때 함수적 관계 조건을 위배하는 경우

[표 15]와 [표 16]에서 볼 수 있듯이 의미론적 속성에 의거한 계산 개별화 방식이 실패하는 가상의 사례가 존재한다.[22] 함수적 관계 조건을 위배하는 사례를

[22] 준거변수 출력값에 영향을 미치는 모종의 숨겨진 변수가 있을 때 이러한 결과가 나올 수 있다.

제시함으로써 얼마든지 그러한 가상의 사례를 만들 수 있다. 이상에서 섀그리어의 의미론적 개별화 방식에 대해 함수적 관계 조건이 위배되는 가상의 사례를 제시할 수 있음을 알 수 있다.(P2)

이제 P1과 P2로부터 의미론적 개별화 방식을 거부해야 한다고 결론을 내릴 수 있다. 섀그리어가 함수적 관계 조건을 위배하는 사례를 들어 넓은 기능에 의거한 개별화가 실패할 논리적 가능성을 보이고 이를 거부한다면, 의미론적 속성에 의거한 개별화 방식도 실패할 논리적 가능성이 존재하므로 같은 이유에서 거부되어야 할 것이다. 만약 섀그리어가 내용에 의거한 계산 개별화가 성공한다고 주장한다면 그 경우는 적어도 함수적 관계 조건을 만족하는 특수한 종류의 의미론적 속성에 의거한 계산 개별화방식이다. 이렇게 특수한 경우를 통해 의미론적 속성에 의거한 계산 개별화 방식 전반을 옹호할 수는 없다. 이런 방식의 옹호를 허용한다면 동일한 논리에 의해 넓은 개별화 방식도 실패하지 않는다. 넓은 개별화 방식을 함수적 관계 조건을 만족하는 것으로 한정하고, 이 방식을 통해 계산을 개별화한다고 주장할 수 있기 때문이다.

섀그리어에 대한 나의 비판 논변에 대해 제기될 수 있는 문제를 고려해보자. 혹자는 P2 를 검토하면서 제시했던 [표 16]과 같은 경우가 애초에 계산 개별화가 불가능한 상황이며 이와 같은 경우에서 의미론적 속성에 의한 계산 개별화가 실패하더라도, 다른 사례를 통해 넓은 기능 개별화 방식이 실패하지만 의미론적 속성에 의한 개별화 방식이 성공함을 보일 수 있다면 여전히 의미론적 접근을 옹호할 수 있다고 주장할 수 있다. 이를테면 다음 [표 17]는 준거 변수를 운동 출력 변수(Motor Output)로 삼으면 계산 개별화가 불가능하지만, 내용 변수로 삼는 경우 계산 개별화가 가능하다. 의미론자는 계산 개별화가 가능한 경우로 한정했을 때 의미론적 속성에 의한 계산 개별화는 항상 가능하지만, 비의미론적 속성에 의한 계산 개별화는 그렇지 않기 때문에 의미론적 접근을 옹호해야 한다고 주장할 수 있다.

Input1	Input2	Output	Motor Output	Semantic Output
H	H	H	Movement	Banana content
H	M	M	Medium Movement	Orange content
H	L	M	Medium Movement	Orange content
M	H	M	Medium Movement	Orange content
M	M	M	Medium Movement	Orange content
M	L	M	Medium Movement	Orange content
L	H	M	Medium Movement	Orange content
L	M	M	Medium Movement	Orange content
L	L	L	No Movement	Orange content

[표 17] 비의미론적 속성에 의거한 계산 개별화는 실패하고, 의미론적 속성에 의거한 계산 개별화는 성공하는 경우

하지만 이러한 비판은 실패한다. 다음 [표 18]와 같이 의미론적 속성(Semantic Output)에 의거한 계산 개별화가 실패하고, 비의미론적 속성(Motor Output)에 의거한 계산 개별화 방식이 성공하는 사례를 만들 수 있기 때문이다.

Input1	Input2	Output	Semantic Output	Motor Output
H	H	H	Banana content	Movement
H	M	M	Orange content	No Movement
H	L	M	Orange content	No Movement
M	H	M	Orange content	No Movement
M	M	M	Orange content	No Movement
M	L	M	Orange content	No Movement
L	H	M	Orange content	No Movement
L	M	M	Orange content	No Movement
L	L	L	Apple content	No Movement

[표 18]비의미론적 속성에 의거한 계산 개별화는 성공하고, 의미론적 속성에 의거한 계산 개별화는 실패하는 경우

제기될 수 있는 또다른 비판은 다음과 같다. 시스템이 내용 변수를 준거 변수로 삼는 경우와 운동 출력 변수를 준거 변수로 삼는 경우 모두 함수적 관계 조건을 만족하지만 상이한 그룹화 방식을 야기한다면 어떤 것을 택해야 하는가? 섀그리어는 인지과학의 피설명항이 의미론적 과제임에 동의한다면 내용 변수를 준거 변수로 삼는 경우를 택해야 한다고 말한다. 또 피치니니를 포함하여 우리가 인지과학의 피설명항이 의미론적 과제임에 동의할 것이라고 말한다.(Shagrir, 2020,

p.4104-4105) 하지만 인지과학의 목표가 의미론적 과제를 설명하는 것이라고 하더라도, 그로부터 위와 같은 상황에서 의미론적 개별화 방식을 선택하는 것이 정당하다는 사실이 따라나오지 않는다. 섀그리어의 주장을 정리하면 다음과 같다.

[전제] 계산을 통해 설명하려는 과제는 의미론적 과제다.

[결론] 따라서 물리적 상태가 가지는 내용에 의거하여 계산을 개별화해야 한다.

이 논증에서 전제로부터 어떻게 결론이 따라나오는지 불분명하다. 한 가지 고려할 수 있는 방식은 물리적 상태가 가지는 내용에 의거하여 개별화한 계산만이 의미론적 과제를 설명한다고 전제하는 것이다.

[전제 1] 계산을 통해 설명하려는 과제는 의미론적 과제다.

[전제 2] 물리적 상태가 가지는 내용에 의거하여 개별화한 계산만이 의미론적 과제와 설명적 관계를 맺는다.

[결론] 따라서 물리적 상태가 가지는 내용에 의거하여 계산을 개별화해야 한다.

혹은 비의미론적 개별화 방식에 의해 개별화된 계산이 설명력을 가질 수 없다고 가정하는 [전제 2]가 너무 강한 요구라면, 의미론적 개별화 방식에 의해 개별화된 계산이 비의미론적 개별화 방식에 의해 개별화된 계산보다 더 좋은 설명을 제공한다는 전제를 통해 논증을 재구성할 수도 있다.

[전제 1] 계산을 통해 설명하려는 과제는 의미론적 과제다.

[전제 2*] 물리적 상태가 가지는 내용에 의거하여 개별화한 계산이 넓은 기능에 의거하여 개별화한 계산보다 의미론적 과제를 더 잘 설명한다.

[결론] 따라서 물리적 상태가 가지는 내용에 의거하여 계산을 개별화해야 한다.

문제는 [전제 2]나 [전제 2*]를 참으로 보아야 할 정당한 이유가 없다는 점이다. 먼저 지적할 것은 [전제 2]나 [전제 2*]에 대한 참 거짓 판단이 내용을 귀속하는 방식에 의존한다는 점이다. 물리적 상태에 내용을 어떻게 귀속하는지에 따라 계산과 의미론적 과제가 설명적 관계를 맺거나 맺지 않을 수 있다. 하지만 내용 귀속에 대한 합의된 방식이 존재하지 않을 뿐만 아니라, 섀그리어가 이 지점에서 별도의 언급을 하지 않기 때문에 그가 고려하는 내용 귀속 방식이 무엇인지 불분명하다. 만약 '올바른 내용이 귀속된 경우'를 가정한다면, 이는 논점 선취의 오류다. '올바른' 이라는 것은 귀속된 내용에 의해 개별화된 계산이 의미론적 과제와 설명적 관계를 가진다는 것을 의미하기 때문이다. 마찬가지로 계산과 의미론적 과제 사이의 설명적 관계를 확인한 후 사후적으로 내용을 귀속하는 방식도 논점 선취의 오류이므로 고려하지 않는다.

고려할 만한 내용 귀속 방식은 상관관계에 의해 내용을 귀속하는 정보적 내용 귀속 방식이다. 문제는 상관관계는 다소 모호하고 허용적이기 때문에 이 방식에 따르면 물리적 상태는 다양한 대상을 내용으로 가질 수 있다는 점이다. 따라서 정보적 방식으로 귀속된 내용이 항상 계산과 의미론적 과제가 설명적 관계를 맺게 한다고 볼 수 없다. 뿐만 아니라 어떤 대상과 상관관계를 맺을 때 계산이 의미론적 과제를 설명하는지도 분명하지 않다. 피설명항 의미론적 과제는 경계 감지, 깊이 감지, 강화 학습, 색 지각과 같은 선이론적 피설명항이다. 의미론적 과제가 이렇게 다소 모호하게 정의되기 때문에 과제와 설명적으로 유관한 내용이 무엇인지 판단하는 것은 쉽지 않다. 따라서 물리적 상태가 가지는 내용에 의거해 개별화된 계산이 주어진 의미론적 과제와 항상 설명적 관계를 가진다고 볼 수 없고, 또 설명적 관계를 가진다고 하더라도 그것을 알기가 쉽지 않다.

반면 넓은 기능 개별화 방식은 시스템이 *인접한* 외부 맥락과 맺는 *인과적* 관계를 통해 계산을 개별화한다. 다시 말해, 시스템의 전이관계를 통해 인접한 외부 맥락에 무엇이 야기되는지에 의거해 계산이 개별화된다. 적어도 이러한 개별화 방식은 상관관계에 의해 귀속된 내용에 의거한 개별화 방식보다 더 허용적이지 않다. 왜냐하면 인접한 외부 맥락에 미치는 인과적 영향은 상대적으로 더 분명히 파악할

수 있기 때문이다. 그렇다면 넓은 기능에 의해 개별화된 계산이 의미론적 속성에 의해 개별화된 계산보다 의미론적 과제를 더 잘 설명하는가? 현재로서는 이 물음에 대해 그렇다고 답할 근거가 없다. 하지만 적어도 지금까지의 논의를 통해 [전제 2]나 [전제 2*]에 대한 정당한 이유가 없고, 따라서 의미론적 과제를 설명한다는 이유로 의미론적 개별화 방식을 선택해야 한다는 섀그리어의 비판이 실패한다고 결론내릴 수 있다.

4 장에서는 섀그리어의 넓은 기능 개별화 방식에 대한 반박을 살펴보고 이를 비판했다. 섀그리어는 넓은 기능에 의거한 방식이 실패하지만 의미론적 속성에 의거한 개별화 방식이 성공하는 사례를 들어 의미론적 접근을 옹호하고자 했다. 이에 대해 나는 먼저 계산 개별화의 필요조건으로 함수적 관계조건을 정식화함으로써 주어진 계산 개별화 방식이 실패하는 일반적인 조건을 찾고자 했다. 다음으로 이 일반적인 조건을 수단으로 섀그리어의 반박을 비판하였다. 섀그리어는 함수적 관계 조건이 위배되는 가상의 사례를 제시함으로써 넓은 기능에 의거한 개별화 방식을 거부했다. 한편 의미론적 속성에 의거한 개별화 방식에 대해서도 함수적 관계 조건을 위배하는 가상의 사례가 존재한다. 이 두 가지 사실로부터, 나는 섀그리어가 넓은 기능에 의거한 개별화 방식을 거부한다면 같은 이유에서 의미론적 개별화 방식도 거부해야 한다고 주장했다.

다음 장으로 넘어가기 전에 4 장의 논의를 바탕으로 다음 두 가지 소결을 내린다. 첫째, 계산 개별화에 관한 의미론 논쟁에서 어떤 한 입장이 다른 입장보다 우세하다고 할 수 없으며 논쟁의 여지가 여전히 남아 있다. 둘째, 의미론 논쟁과 관련한 섀그리어의 접근은 잘못된 접근이다. 섀그리어는 사례를 통해 비의미론적 개별화 방식이 실패하고 의미론적 개별화 방식이 성공하는 논리적 가능성을 들어 자신의 입장을 옹호하고자 했다. 하지만 살펴본 바에 따르면, 반대의 경우도 얼마든지 가능하기 때문에 이러한 접근은 논쟁을 해결하지 못한다.

그렇다면 의미론 논쟁에 어떻게 접근해야 하는가? 마지막 부분에서 살펴본 섀그리어의 비판에서 한 가지 힌트를 얻을 수 있다. 그는 의미론적 과제에 대한 설명력에 호소하여 의미론적 개별화 방식을 옹호하려 했다. 여기서 문제는 두

개별화 방식이 중 어떤 방식이 더 나은 설명력을 가진다고 할 근거가 없었다는 점이다. 나는 다음 장에서 계산 개별화 문제를 계산의 설명력에 의거해 해결하는 것이 올바른 접근방식이라는 설명주의를 정교화하여 제시한다. 또 이러한 접근방식 하에서 비의미론적 개별화 방식을 옹호한다.

5. 계산 개별화에 관한 의미론 논쟁 재고

4장에서 의미론 논쟁에 대한 섀그리어의 접근이 적절하지 않다고 주장했다. 5장에서는 의미론 논쟁에 관한 대안적인 접근을 모색한다. 나는 계산 개별화에 관한 설명주의를 주장하고 이에 기반하여 의미론 논쟁을 명료화함으로써 의미론 논쟁에 대한 대안적 접근을 제시한다.

5.1 계산 개별화에 관한 설명주의

5.1절에서는 계산 개별화에 관한 설명주의를 주장한다. 계산 개별화에 관한 설명주의란, 시스템이 가지는 오토마타 중에서 주어진 맥락에서 가장 설명적으로 유관한 오토마타가 시스템이 구현하는 계산이라는 입장이다.

계산 개별화에 관한 설명주의(이하 설명주의)를 왜 받아들여야 하는가? 이 물음에 대한 나의 답변을 제시하기에 앞서 섀그리어와 피치니니가 설명주의를 견지하고 있다는 점을 먼저 보이고자 한다. 먼저 피치니니에 의해 정식화된 계산 다수성 논변을 살펴보자. 피치니니(Piccinini, 2015, p.40)는 섀그리어의 계산 다수성 논변을 다음과 같이 정식화한다.

[피치니니가 정식화한 계산 다수성 논변]

(1) 동일한 계산 시스템 M은 다수의 오토마타[1] $C_1,\cdots,C_n$을 동시에 구현한다.

(2) M이 수행할 수 있는 어떤 과제(task)에 대해, M의 해당 과제에 대한 수행을 <u>설명하는</u> 유일한 $C_i \in \{C_1,\cdots,C_n\}$가 존재하고, C_i는 주어진 어떤 맥락에서 M에 의해 수행된 그 과제에 의해 결정된다.

(3) 과제는 의미론적으로 개별화된다.

---

(4) 그러므로, 주어진 어떤 맥락에서 C_i는 (부분적으로) 의미론적으로 개별화된다.

(5) 그러므로, 계산이 주어진 어떤 맥락에서 시스템에 의한 과제의 수행을 설명하는 한, 계산은 (부분적으로) 의미론적으로 개별화된다.

피치니니가 정식화한 논변의 전제 (2)에서 C_i 는 주어진 맥락에서 시스템 M이 가지는 계산 구조로, 다시 말해 개별화된 계산이다. 원래 C_i 는 시스템 M이 가지는 오토마타 중 하나였을 뿐이지만, C_i 가 주어진 맥락에서 시스템 M이 수행하는 특정 과제를 설명하기 때문에 C_i 는 주어진 맥락에서 시스템 M이 구현하는 계산 구조로 결정된다. 만약 C_i 가 과제에 대해 설명력을 가지지 않았다면 C_i 는 시스템 M이 구현하는 여러 다른 오토마타들과 다를 바 없을 것이며, 그러한 C_i 를 주어진 맥락에서 시스템 M이 구현하는 계산이라고 결정할 수 없을 것이다. 즉 오토마타가 가지는 과제에 대한 설명력으로 인해 시스템이 구현하는 계산으로 결정된 것이다. 피치니니는 그가 정식화한 계산 다수성 논변에 대해 명시적으로 (2)를 참이라고 말한다.[23] (Piccinini, 2015, p.42) 즉, 피치니니는 설명주의를 견지하고 있다.

한편, 섀그리어가 정식화한 계산 다수성 논변은 다음과 같다.

[섀그리어의 계산 다수성 논변]

(1) 물리적 시스템은 동시에 여러 다른 오토마타 S1, S2, S3, … 을 구현할 수 있다.

(2) 물리적 시스템의 계산 구분(computational taxonomy)은 어떤 맥락에서는 Si로, 다른 맥락에서는 Sj로 고려(take into account)될 수 있다.

(3) 주어진 맥락에서 계산 구분에 의해 어떤 오토마타가 고려되는지를 <u>결정하는 제약</u>이 있어야 한다. (1과 2로부터)

(4) 이 제약은 (적어도 부분적으로는) 의미론적 특징(feature)이다. 즉, 물리적 시스템에 속한 상태들의 내용이다.

(결론) 따라서 물리적 시스템의 계산 구분은 의미론적 속성에 영향을 받는다.

피치니니의 정식화와는 달리 섀그리어의 정식화에서는 설명과 관련한 명시적인 언급이 없다. (3)에서 여러 오토마타 중 주어진 맥락에서의 고려되는 계산을 결정하기 위해 추가적인 '제약'이 필요하다고 하고, (4)에서 그러한 제약이 물리적

[23] 그가 계산 다수성 논변에서 거부하는 전제는 (3)과 그로부터 도출된 결론 (4), (5)이다.

상태가 가지는 내용과 같은 의미론적 특징이라고 할 뿐이다. 왜 섀그리어는 의미론적 특징, 다시 말해 물리적 시스템에 속한 상태들의 내용이 계산 구분을 결정하는 충분한 제약이 될 수 있다고 생각했을까? 이에 답하기 전에 먼저 (4)에 대한 섀그리어의 정당화를 살펴보자. 그는 다음과 같은 가상의 센서를 생각해보라고 한다.

> "두 오토마타 S1, S2를 동시에 구현하는 센서를 생각해보자. 이제 S1을 위한 특정 입출력값(e.g. '0')이 물리적 속성 L, M과 상관관계를 가지고, 다른 S1을 위한 다른 입출력값(e.g. '1')이 H와 상관관계를 가진다고 하자. 나아가 S2을 위한 특정 입출력값(e.g. '0')이 물리적 속성 L 과 상관관계를 가지고, 다른 S2을 위한 다른 입출력값(e.g. '1')이 M, H와 상관관계를 가진다고 하자. 만약 L, M이 동일한 내용을 가지는 경우, S1이 S2에 비해 선호될 것이다. 따라서 나는 물리적 속성 L, M, H와 상관관계를 맺는 내용이 계산 개별화 유관한 오토마톤을 부분적으로 결정한다고 제안한다."(강조 및 입출력값 예시는 인용자) (Shagrir, 2021, p.211)

전제 (4)를 정당화하기 위해 언급한 가상의 사례에서 S1을 선호해야 한다는 주장은 일견 타당해보인다. 그러나 여기서 한발 더 나아가 왜 S1이 S2에 비해 선호되는지 묻는 경우 그가 어떤 대답을 할 수 있을지 분명치 않다. 만약 그가 '동일한 내용을 가지는 물리적 상태끼리 묶었더니 S1과 같은 구조를 가지더라. 그래서 S1이 선호된다.'고 답변한다면 '왜 동일한 내용을 가지는 물리적 상태끼리 그룹화해야 하는가?'하고 되물을 수 밖에 없다. 이에 대해 섀그리어가 어떠한 답변을 염두에 두고 있을까? 섀그리어가 이 물음에 명시적으로 답한 적은 없지만 그가 어떤 답변을 염두에 두고 있을지를 짐작하게 하는 대목이 있다.

섀그리어(Shagrir, 2020)에서 그는 동일한 시스템에 대해 넓은 기능에 의한 개별화와 내용에 의거한 개별화한 결과가 다른 경우 어떤 것을 시스템의 계산으로 선택해야 하는가에 대해 다음과 같이 말하고 있다.

> “ (내용에 의거한 개별화 결과는 OR, 넓은 기능에 의한 개별화 결과는 AND인 상황에서) 우리가 의미론적 과제, 즉, 시스템이 자극을 사과와 오렌지로 분류하는 방법을 설명하고 싶다면, AND가 아닌 OR을 취한다는 것에 동의할 것이라고 생각한다. OR은 시스템이 특정 자극을 사과로 분류하고 다른 자극을 오렌지로 분류하는 방법을 설명하는 데 도움이 된다. AND의 상태는 사과-내용 및 오렌지-내용의 운반자들과 일치하지 않기 때문에 설명과 무관하다. (Shagrir, 2020, p.4104)
> (강조는 인용자)

여기서 섀그리어는 넓은 기능에 의한 개별화 방식이 아니라 내용에 의거한 개별화 방식을 선호해야 한다고 말하며, 그 이유가 내용에 의거한 개별화 방식이 의미론적 과제를 설명하기 때문이라고 주장한다. 시스템이 구현하는 여러 오토마타 중에서 주어진 맥락에서 시스템이 구현하는 계산을 결정하기 위해, 오토마타의 과제에 대한 설명여부를 기준으로 삼은 것이다. 나아가 의미론자로서 그는 의미론적 과제를 피설명항으로 삼아야 하고, 의미론적 과제를 피설명항으로 삼는 경우 내용에 의거해 개별화된 계산이 과제에 대해 설명력을 갖기 때문에 내용에 의거한 개별화 방식이 선호되어야 한다고 말한다. 이상에서 그가 설명주의를 견지하고 있음을 알 수 있다.

계산 개별화 문제와 관련한 주요 논자들이 설명주의를 견지하고 있다는 사실과 별개로 설명주의를 수용할 좋은 이유가 있다. 첫째, 현재 논의의 대상인 계산은 계산주의와 유관한 계산이다. 계산주의에 따르면 인지는 계산이고, 인지적 역량은 계산적으로 설명된다. 그러므로 계산주의와 유관한 계산은 인지역량에 대한 설명력을 가지는 계산이다. 따라서 의미론 논쟁에 포함된 계산 개념은 계산주의와 유관한 계산, 즉 인지 역량(과제)에 대한 설명력을 가지는 것으로 한정된다.

둘째, 설명주의를 받아들이는 경우 계산에 규범성을 부여함으로써 오계산을 설명할 수 있다. 특정 맥락에 있는 시스템이 수행해야 할 계산이 무엇인지 어떻게 결정할 수 있을까? 우리는 시스템이 수행하는 과제를 설명하는 계산이, 주어진 맥락에서 시스템이 수행해야 할 계산임을 자연스럽게 받아들일 수 있다. 설명적 관계에 의존하지 않고 계산의 규범성에 대해 말하는 것은 쉽지 않아 보인다. 가령

설명주의를 받아들이지 않는 내용에 의거한 개별화 방식을 생각해보자. 시스템이 정상 상태가 아닌 경우, 즉 내용 귀속이 잘못되어 오계산을 하는 경우에도, 설명적 관계에 호소하지 않는다면 그것이 오계산이라고 판단할 이론적 자원이 없다.

셋째, 유관 과학분야의 실천과 부합한다. 계산 개별화에 관한 설명주의는 최선의 설명에의 추론(Inference to the best explanation, 이하 IBE) 원리에 호소하는 것으로 이해될 수 있다. 이 원리에 따르면, 최선의 설명을 제공하는 계산에 대해 존재론적 개입을 하는 것이 정당하다. 인지과학과 같은 유관 과학의 실천에서 IBE는 매우 중요한 역할을 하며, "IBE를 거부하면 인지과학을 인도하고 그것의 실천과 결과를 정당화할 것이 거의 남아 있지 않게 된다."(Sprevak, 2013) 따라서 설명주의를 수용하는 것은 유관 과학의 실천을 고려했을 때 자연스러운 결과이다.

설명주의를 고려했을 때 피치니니와 섀그리어가 의미론 논쟁에서 주장한 바는 결국 자신이 제시한 개별화 방식(e.g. 넓은 기능에 의거한 개별화 방식, 상태가 가지는 내용에 의거한 개별화 방식)에 따라 얻어진 오토마타가 최선의 설명력을 가지기 때문에 계산이라는 것이다. 이 주장이 설득력을 얻으려면 자신이 제시한 계산 개별화 방식을 옹호하기 위해서는 그 방식에 의해 얻어진 오토마타가 주어진 맥락에서 항상 최선의 설명력을 만족시킨다는 것을 보여야 할 것이다. 이를테면, 넓은 기능에 의한 개별화 방식에 따라, 동일한 운동 출력값을 가지는 시스템의 출력값끼리 그룹화한 결과가 시스템이 구현하는 계산이라고 주장하려면, 그러한 방식으로 얻은 오토마타가 항상 최선의 설명력을 가진다는 점을 보여야 한다. 마찬가지로 동일한 내용값을 가지는 시스템의 출력값끼리 그룹화한 결과가 계산이라고 주장하려면, 그러한 개별화 방식에 의해 얻은 오토마타가 항상 최선의 설명력을 가진다는 점을 보여야 할 것이다. 하지만 두 논자들은 각자의 방식에 의해 얻은 오토마타가 설명력을 가지는가에 대한 물음에 답하지 않았다.

이러한 지적에 대해 논자들은 자신의 개별화 방식이 항상 설명력 조건들을 만족시키는 방식으로 계산을 개별화한다고 대응할 수 있다. 내용에 의거한 개별화 방식을 중심으로 이 대응을 검토해보자. 내용에 의거한 개별화 방식에 대해 다음과 같이 물을 수 있다. '왜 동일한 내용을 가지는 물리적 상태끼리 묶어야 하는가?'

섀그리어는 동일한 내용을 가지는 물리적 상태끼리 묶는 것이 그러한 방식으로 개별화된 계산의 설명력을 보장하기 때문이라고 답할 것이다. 그렇다면 내용에 의거해 개별화된 계산은 왜 설명력을 보장하는가? 그가 할 수 있는 유일한 답변은 물리적 상태가 가지는 내용이 맥락이나 피설명항 과제에 대한 정보가 이미 반영되어 있기 때문에, 내용에 의거해 구분한 계산은 주어진 맥락에서의 시스템의 과제 수행을 설명할 수 있다는 것이다. 하지만 이는 논증되지 않은 주장이다. 특히 섀그리어는 내용을 귀속하는 방식을 구체적으로 제시하지 않은 채 상관관계에 의해 내용이 귀속된다고 말한다. 추가적인 제약이 없는 느슨한 상관관계에 의해 귀속된 내용에 의거하여 개별화된 계산이 항상 설명력을 가지는지에 대해 그는 논증을 통해 추가적으로 보여야 한다.

혹 섀그리어는 그가 제시한 과일 센서 사례(Shagrir, 2020)에서 상관관계에 의해 물리적 상태에 귀속된 내용에 의거한 계산 개별화가 센서의 과제를 설명하며, 이 사실을 의미론적 속성에 의한 계산 개별화가 설명력을 담보하는 증거라고 주장할 수 있다. 하지만 과일 센서 사례에서 의미론적 속성에 의한 개별화 방식이 설명력을 부여하는 것처럼 보이는 이유는 센서의 과제가 시스템의 물리적 상태와 시스템이 감지하는 대상(즉, 귀속되는 내용) 사이의 직접적인 상관관계에 의해 특징지어지는 특수한 상황이기 때문이다. 다시 말해, 과제가 시스템에 과일을 갖다 댔을 때 그것이 무엇인지 산출하는 것이고, 내용 귀속방식도 시스템에 과일을 갖다 댔을 때 산출되는 물리적 상태에 그 과일 내용을 귀속하기 때문에 이같은 내용 귀속방식에 의해 개별화된 오토마톤은 과일 감지 과제를 설명한다. 하지만 과제가 이같이 외부 대상과의 직접적인 상관관계에 의해 특징지어지지 않는 복잡한 경우라면, 상관관계에 의해 귀속된 내용에 의한 개별화 방식은 설명력을 보장하지 못할 것이다.

이처럼 추가적인 논증없이는 섀그리어와 피치니니가 제시한 계산 개별화 방식에 의해 얻어진 오토마톤이 최선의 설명력을 가진다고 말할 수 없으며, 그렇기 때문에 이들이 제시한 계산 개별화 방식은 옹호될 수 없다. 섀그리어는 물리적 상태가 가지는 내용에 의거하여 물리적 상태를 그룹화하면, 그 결과로 얻은 오토마톤이 시스템이 구현하는 계산이라고 주장한다. 설명주의에 따르면, 주어진 오토마톤이

최선의 설명을 제공한다면, 그 오토마톤이 시스템이 구현하는 계산이다. 섀그리어의 주장이 설득력을 가지려면, 물리적 상태가 가지는 내용에 의거하여 물리적 상태를 그룹화하면, 그 결과로 얻은 오토마톤이 최선의 설명을 제공한다는 숨은 전제가 필요하다. 만약 이 전제가 참이라면, 계산 개별화를 위해 의미론적 속성이 필요하다고 결론내릴 수 있다. 하지만 이 전제가 참인지는 논증되지 않았다.

더 중요한 문제는 현재의 의미론 논쟁의 구조 하에서는 설명력에 대한 판단이 애초에 불가능하다는 점이다. 왜냐하면 설명력은 피설명항에 상대적인 개념인데, 피설명항이 주어지지 않았기 때문이다. 이러한 관찰은 계산 개별화 문제에 관해 다음과 같은 중요한 함축을 가진다. *설명주의를 받아들이는 경우, 계산 개별화 문제는 피설명항이 주어진 것으로 설정되어야 한다.* 설명주의를 받아들이는 경우, 계산 개별화 문제는 시스템의 오토마타 집합의 원소 중 시스템이 수행하는 과제를 설명하는 것을 집어내는 문제로 이해된다. 이때 피설명항 과제가 주어지지 않는다면 오토마톤의 설명력 여부를 판단할 수 없을 것이고, 결과적으로 계산 개별화 여부를 판단할 수 없게 될 것이다. 따라서 설명주의를 받아들이는 한 계산 개별화 문제는 피설명항 과제가 주어진 상황을 전제해야 한다.

섀그리어와 피치니니는 설명주의를 견지하면서도 설명력을 판단하지 않았다. 이들은 자신의 개별화 방식이 그 방식에 의해 얻은 오토마톤의 설명력을 담보한다고 논증없이 전제할 뿐이다. 설명주의를 견지하면서도 피설명항이 주어진 상황을 전제하지 않기 때문에 이들이 제시한 계산 개별화 방식은 설득력을 가지기 어렵다. 설명주의에 따라 결국 계산 개별화 문제를 풀기 위해 오토마톤의 설명력에 호소해야 한다면, 피설명항이 반드시 주어져야 한다.

5.3절에서 설명주의의 함축을 고려하여 계산 개별화 문제와 의미론 논쟁을 명료화한다. 이 작업을 하기에 앞서 설명주의가 설명적 유관성을 판단한다고 할 때, 그 설명은 어떤 종류의 설명이며, 무엇에 대한 설명인지 명료화 할 필요가 있다. 이어지는 5.2절에서 이러한 물음에 답하고자 한다.

5.2 무엇에 대한, 어떤 종류의 설명인가?

5.1절에서 나는 계산 개별화에 관한 설명주의를 주장하였다. 이때 설명주의에서 고려되는 설명이 무엇인지 아직 구체적으로 살펴보지 않았다. 설명주의에서 요구되는 설명이 무엇인지는 그 설명이 어떤 종류의 설명인지, 또 무엇에 대한 설명인지에 답함으로써 명료화될 수 있다.

먼저 무엇에 대한 설명인지 살펴보자. 계산 개별화 문제의 맥락에서 설명은 주어진 맥락에서 시스템이 수행하는 과제(task)에 대한 설명이다. 계산은 설명항이고 과제는 피설명항이다. 계산은 과제와 설명적으로 유관하다. 이때 과제는 구체적으로 무엇인가? 우선 각 논자들이 과제라고 했을 때 무엇을 염두에 두었는지 살펴보자. 피치니니에 따르면, "계산 시스템의 과제는 특정 기능(함수)을 계산하는 것이다." (Piccinini, 2015, p.42). 한편, 섀그리어에 따르면, "과제는 시스템이 수행하는 역량이나 기능으로 생각될 수 있다. 단순성을 위해 우리는 과제가 입력-출력 맵핑함수로 기술될 수 있다고 가정할 수 있다."(Shagrir, 2021, p.209) 이들의 규정에서 과제는 함수적 관계에 의해 특징지어진다. 과제는 입력값과 출력값 사이의 관계를 기술한 표로 주어지거나 방정식으로 주어질 수 있다. 이때 입출력값은 계산적 상태를 의미한다. 이 계산적 상태에 해석이 부여될 수도 있고 부여되지 않을 수도 있다. 의미론자는 계산 개별화를 위해 계산적 상태에 해석이 부여되어야 한다고 주장할 것이다. 이에 반해, 비의미론자는 해석없이도 계산 개별화가 가능하다고 주장할 것이다. 과제가 무엇인지 규정하는 현재 맥락에서 중요한 것은 과제가 함수적 관계에 의해 특징지어진다는 점이다.

설명주의의 맥락에서 과제를 규정하는 것과 관련해 주의해야 할 점은 고려하는 과제가 주어진 시스템을 *포함하는 시스템이 수행하는 기능을* 의미한다는 점이다. 앞서 계산과 과제의 관계가 설명적 관계이며, 계산이 설명항이고 과제가 피설명항이라고 규정했다. 만약 과제가 포함 시스템이 아닌 주어진 시스템이 수행하는 계산을 하는 것을 의미한다면, 과제와 계산 사이의 설명적 관계가

사소해질 것이다. 이를테면, 과제가 주어진 시스템이 수행하는 계산을 하는 것을 의미한다면, 주어진 시스템이 수행하는 계산이 'AND 연산'일 때 과제는 'AND 연산을 하는 것'이 된다. 이때 계산과 과제 사이에 설명적 관계가 성립한다면 그 설명적 관계는 사소하다. AND 연산을 하는 것(과제)의 AND 연산에 의해 설명은 동어반복에 지나지 않기 때문이다. 설명주의의 맥락에서 피설명항 과제는 주어진 시스템 자체가 수행하는 계산이 아니다. 과제는 계산에 의해 설명되는, 주어진 시스템을 포함하는 시스템의 계산이다. 이를테면, 포함 시스템이 $y = ax1 + bx2 + cx3 + d$ 와 같은 연산을 한다고 할 때, 이 포함 시스템에 속한 한 부분 시스템이 $x1 = pt1 + pt2$ 와 같은 계산을 한다고 하자. 그렇다면 이 부분 시스템이 수행하는 연산(계산)은 포함 시스템의 연산(피설명항 과제)과 설명적 관계를 가진다.

다음으로 설명주의에서 고려되는 설명이 어떤 종류의 설명인지 살펴보자. 본격적인 논의에 앞서 한 가지 주의해야 할 점은, 설명주의에서 계산 개별화를 하기 위해 요구되는 것이 계산이 과제를 설명하는 것이 아니라 설명적 유관성을 가지는 것이라는 점이다. 설명하는 것과 설명적으로 유관하다는 것은 구분되어야 한다. 어떤 것이 설명적으로 유관하다는 것은 설명항의 하나로 포함된다는 것으로, 설명은 설명적으로 유관한 여러 설명항에 의해 이루어질 수 있다. 따라서 설명적 유관성의 요구는 설명하기를 요구하는 것보다 약한 조건이다. 설명주의를 견지하더라도, 계산을 개별화를 하기 위해 오토마톤이 과제를 완전히 설명할 것이 요구되지 않는다. 요구되는 것은 과제에 대한 설명적 유관성이다. 가장 설명적으로 유관한 오토마톤을 시스템이 구현하는 계산으로 집어냄으로써 계산을 개별화할 수 있기 때문이다.

계산이 과제에 설명적으로 유관하다고 할 때 고려되는 설명은 어떤 종류의 설명인가? 나는 이 설명이 메커니즘 설명으로 이해되어야 한다고 주장한다. 메커니즘 설명은 시스템이 수행하는 피설명항 과제를 시스템의 구성요소, 구성요소의 활동, 또 그것들의 조직화에 의거해 설명하는 방식이다.(Bechtel and Richardson, 1993; Machamer et al, 2000; Glennan 2002) 이를테면, 심장의 혈액 공급이라는 피설명항을 이를 구성하는 동맥 및 정맥(구성요소)의 움직임(구성요소의 활동)의 조직화를 통해 설명할 수 있다.

여기서 중요한 것은 메커니즘적 설명이 인과적 측면과 구성적 측면을 가지고 있다는 점이다. 인과적인 측면은 시스템의 구성요소가 구체적인(concrete) 대상인 점, 또 그러한 구성요소들의 활동이 인과적 영향을 미친다는 점을 의미한다. 또 구성적인 측면은 피설명항 과제가 구성요소와 구성요소의 활동 간의 조직화에 의해 구성된다는 점을 의미한다. 메커니즘 설명의 이러한 인과적 측면과 구성적 측면은 피설명항이 *실제로* 어떻게 이루어지는지를 기술함으로써 설명력을 갖는다.

왜 계산의 과제에 대한 설명이 메커니즘적 설명이어야 하는가? 나는 계산 개별화에 관련해 요구되는 설명이 메커니즘 설명일 때, 시스템이 *실제로* 개별화된 계산을 구현할 개연성이 높기 때문이라고 주장한다. 계산이 실재할 개연성은 메커니즘적 설명에서 요구되는 대상의 구체성, 인과적 측면, 구성적 측면에 의해 확보될 수 있다. 이러한 관점은 메커니즘 설명의 옹호자들(Craver, 2006; Kaplan, 2011)이 모형의 종류를 How-possibly 모형과 How-actually 모형으로 구분하고, How-actually 모형에 의한 설명이 설명력이 높기 때문에 추구되어야 한다고 주장한 것과 궤를 같이 한다. 이들은 How-actually 모형이 되기 위해서는 메커니즘에 대한 기술이 필요하다고 주장한다. 다시 말해, 메커니즘 설명에서 요구되는 대상의 구체성, 인과적 측면, 구성적 측면에 의해 모형의 실재성을 확보할 수 있다는 것이다.

혹자는 메커니즘적 설명이 계산이 실재할 가능성을 높인다는 점을 받아들인다 하더라도, 왜 애초에 계산 개념에 실재성이 요구되어야 하는가 하고 물을 수 있다. 이에 대해 다음 두 가지 이유로 답할 수 있다. 첫째, 계산 개별화 문제에서 계산의 실재성이 요구되지 않는다면, 계산주의는 존재론적으로 진지한 입장이 될 수 없기 때문이다. 계산주의는 우리의 인지 시스템이 실제로 계산적인지, 계산적이라면 실제로 어떤 계산을 수행하는지에 대한 논제이다. 어떤 시스템에 대해 개별화된 계산이 있을 때, 그 계산은 시스템이 실제로 수행하는 계산일 때만 이를 바탕으로 계산주의를 판단할 수 있다. 둘째, 계산의 실재성이 확보된 경우 계산적 설명은 높은 설명력을 가진다. 계산적 설명은 계산에 의거해 시스템의 과제 수행(역량)을 설명하는 것이다. 메커니즘적 설명을 통해 계산의 실재성을 확보해야만, 그러한 계산을 하는 시스템에 개입하거나(e.g. 문제가 생겼을 때 고치기. 다른 방식으로 조작하기) 시스템을 만들 수

있을 것이다. 시스템의 실제 동작에 대한 이해 없이는 시스템에 개입하거나 시스템을 만들 수 없을 것이다. 만약 행성의 공전궤도를 계산적 모형화에 의해 방정식으로 기술하는 것처럼, 시스템의 과제 수행을 계산적 모형화에 의해 계산적으로 기술하는 경우 예측을 가능하게 한다는 점에서 어느 정도의 설명력이 있다고 할 수는 하겠지만, 그러한 설명력은 실재성이 확보된 계산에 의한 설명력보다 약할 것이며, 시스템에 대한 개입이 불가능할 것이다.

이제 계산 개별화의 맥락에서 계산의 피설명항 과제에 대한 설명이 일종의 메커니즘 설명으로 이해될 수 있는지 예시를 통해 살펴보자. 위에서 제시된 사례를 다시 살펴보자. 포함 시스템의 $y = ax1 + bx2 + cx3 + d$ 연산(과제)은 그것의 부분 시스템으로 $x1 = pt1 + pt2$ 연산(계산)을 하는 하위 시스템을 가진다고 하자. 즉 부분 시스템의 계산은 과제 연산을 구성한다. 또 이렇게 방정식으로 기술된 하위 시스템의 계산은 계산적 상태 간의 전이관계를 통해 기술될 수 있다.[24] 이 계산적 상태는 물리적 상태들을 동일한 계산적 역할에 따라 그룹화한 것이기 때문에 물리적 대상에 기반한다. 같은 방식으로 x2, x3, d에 대해서도 구성요소와 활동 및 조직화로 분석이 가능하고, 이러한 분석을 통해 $y = ax1 + bx2 + cx3 + d$ 연산이 무엇에 의해 어떻게 조직화되어 구성되는지를 보임으로써 설명할 수 있다. 구성요소, 구성요소의 활동과 그것들의 조직화를 통해 피설명항을 구성하여 설명하기 때문에 이러한 설명은 메커니즘적 설명이다.

계산 개별화와 관련 있는 설명의 종류가 메커니즘 설명임을 받아들일 때, 이제 남은 작업은 메커니즘 설명에서 설명적 유관성이 무엇을 의미하는지 살펴보는 것이다. 앞서 살펴보았듯이 메커니즘적 설명은 피설명항 과제를 구성요소, 구성요소의 활동, 이것들에 대한 조직화에 의거해 설명한다. 즉 설명항은 구성요소, 구성요소의 활동, 이것들에 대한 조직화로 볼 수 있다. 그렇다면 설명적 유관성은 곧

[24] 방정식은 결국 입력과 출력 계산적 상태 사이의 전이관계를 요약한 것이기 때문이다.

구성적 유관성을 의미한다고 볼 수 있다.(Craver, 2007)[25]

지금까지의 논의를 정리해보자. 계산 개별화에 관한 설명주의에 따르면, 주어진 시스템이 가지는 오토마타 중 주어진 피설명항 과제에 가장 설명적으로 유관한 것이 시스템이 구현하는 계산이다. 이때의 설명은 메커니즘 설명을 의미하고, 설명적 유관성은 구성적 유관성을 의미한다.

설명주의를 토대로 의미론 논쟁을 명료화하기 이전에 섀그리어가 설명에 대한 나의 규정을 수용할 수 있을지 검토할 필요가 있다. 섀그리어가 설명주의를 받아들인다고 하더라도 설명주의에서 요구되는 설명이 무엇인지에 대해 서로 합의하지 않는다면 설명주의를 기반으로 하여 의미론 논쟁을 명료화하는 작업이 성립할 수 없기 때문이다.

계산 개별화 문제는 시스템이 *실제로* 구현하는 계산을 결정하는 문제로, 계산이 실재할 개연성은 메커니즘적 설명에 의해 확보될 수 있다. 관련하여 먼저 언급할 사항은 현재 맥락에서 논의되는 설명이 계산 개별화를 위한 설명이라는 점이다. 계산적 설명과 관련하여 다양한 이론이 제시되었다.(Bechtel and Shagrir 2015; Shagrir, 2018; Chirimuuta 2014; Egan 2017; Weiskopf 2011) 나는 맥락에 따라 다양한 종류의 계산적 설명이 존재할 가능성을 부정하지 않는다. *다만 계산 개별화를 위한 설명과 다른 종류의 계산적 설명을 구분하고, 계산 개별화를 위한 설명이 메커니즘적 설명이라고 주장한다.* 어떤 설명이 계산 개별화를 위한 설명이라고 하려면, 이 설명을 통해 주어진 과제와 설명적으로 유관한 오토마톤이 시스템이 *실제로* 구현하는 계산이라고 할 수 있어야 하기 때문이다. 앞서 메커니즘 설명이 계산이 실재할 개연성을 높이는 종류의 설명이라고 주장했다. 메커니즘 설명은 구체적 대상에 기반한 구성요소, 구성요소의 활동, 이 활동들의 조직화를 통해 피설명항을 설명하며, 이때의 인과적 측면과 구성적 측면이 계산의 실재할

---

[25] 크레이버(Craver, 2007)은 구성적 유관성에 대한 조건으로 상호 조작가능성(mutual manipulability)을 제시하였다. 계산 개별화의 맥락에서 상호 조작가능성 없이도 구성적 관계를 확인할 수 있기 때문에 따로 다루지 않는다. 계산 개별화의 맥락에서의 구성적 관계에 대해서는 다음 절에서 다룬다.

개연성을 높인다. 설명에 의해 어떤 오토마톤이 시스템이 실제로 구현하는 계산이라고 하려면, 입력과 출력 사이의 함수적 관계로 기술된 과제가 주어졌을 때, 입력에서부터 출력값에 이르는 인과적 과정을 메커니즘적으로 기술해야 한다.

이상으로 설명주의에서 설명이 무엇을 의미하는지 구체적으로 살펴보았다. 다음 절에서는 이러한 설명주의를 토대로 계산 개별화 문제와 의미론 논쟁이 무엇을 의미하는지 명료화하고, 이를 바탕으로 비의미론적 접근을 옹호한다.

5.3 설명주의에 의한 의미론 논쟁 재고

지금까지의 논의를 정리해보자. 4장에서 나는 가상의 사례를 통해 넓은 기능에 의한 계산 개별화가 실패하고 의미론적 속성에 의거한 개별화 방식이 성공하는 논리적 가능성을 보임으로써 의미론적 접근을 옹호하려는 섀그리어의 접근을 비판했다. 이후 설명주의에 기반한 계산 개별화에 관한 대안적 접근을 보이기 전에 설명주의가 무엇인지 구체화했다. 설명주의는 주어진 피설명항 과제와 설명적으로 유관한 오토마톤이 주어진 맥락에서 시스템이 실제로 구현하는 계산이라는 입장이다. 설명주의 하에서 의미론적 접근을 옹호하려면 의미론적 개별화 방식에 의해 얻어진 오토마톤이 주어진 피설명항 과제에 항상 설명적으로 유관함을 보임과 동시에 비의미론적 개별화 방식이 그렇지 않음을 보여야 한다. 한편 설명주의 하에서 비의미론적 접근을 옹호하기 위해서는 비의미론적 개별화 방식에 의해 얻어진 오토마톤이 주어진 피설명항 과제에 항상 설명적으로 유관함을 보이기만 하면 된다.[26] 섀그리어나 피치니니는 설명주의를 견지한다. 문제는 이들이 설명주의를 견지함에도 불구하고 자신의 개별화 방식에 의해 얻은 오토마톤이 항상 주어진 피설명항 과제에 설명적으로 유관한지 보이지 않았다는 점이다. 이때문에 둘 중 어떤 한 입장이 우세하다고 할 수 없다. 5.3절에서는 계산 개별화 문제와 이에 대한 의미론 논쟁을 설명주의를 수용한 입장에서 명료화하고, 명료화한 논쟁의 틀에서 비의미론적 접근을 옹호한다. 먼저 계산 개별화 문제에 대해 살펴보자. 비교를 위해 설명주의에 의해 명료화되기 이전의 정식화와 비교해보자.

---

[26] 이같은 비대칭성은 의미론적 접근이 계산 개별화에 의미론적 속성이 필요하다는 입장이기 때문에 발생한다.

[계산 개별화 문제]

주어진 맥락에서 시스템이 구현하는 계산이 어떤 계산인지 결정하는 문제.

[(명료화한) 계산 개별화 문제*]

주어진 맥락에서 물리적 시스템이 구현하는 오토마타 중 *주어진 피설명항 과제와 가장 설명적으로 유관한* 오토마톤을 집어내는 문제.

이제 계산 개별화에 관한 의미론 논쟁은 다음과 같이 정식화될 수 있다.

[계산 개별화에 대한 의미론 논쟁]

주어진 맥락에서 시스템이 구현하는 계산이 어떤 계산인지 결정하기 위해 의미론적 속성이 필요한지에 대한 논쟁.

[(명료화한) 계산 개별화에 대한 의미론 논쟁*]

주어진 맥락에서 물리적 시스템이 구현하는 오토마타 중 *주어진 피설명항 과제와 가장 설명적으로 유관한* 오토마타를 집어내기 위해 의미론적 속성이 필요한지에 대한 논쟁

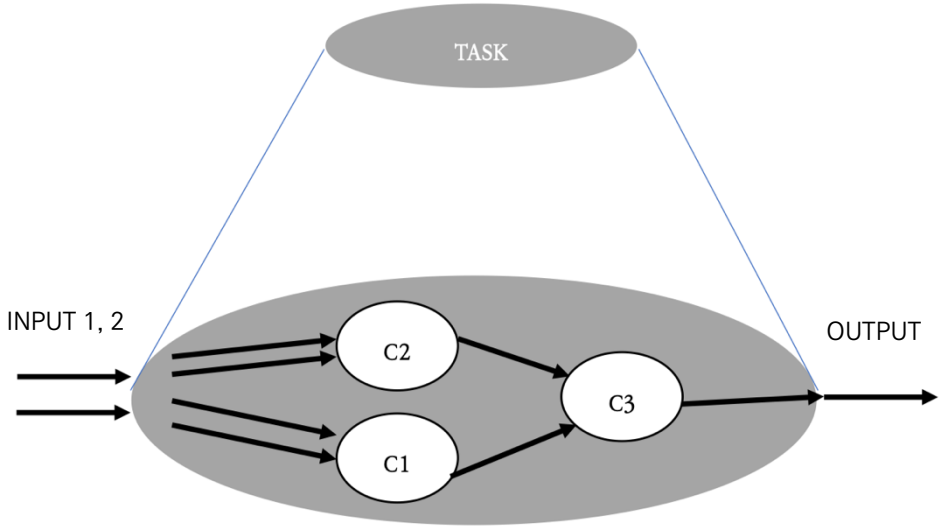
명료화 전후의 차이에 대해 살펴보자. 첫째, 명료화 이후에는 피설명항 과제가 주어진 상황을 전제한다는 점이다. 이는 설명적 유관성을 판단하기 위해서는 피설명항이 주어져야 한다는 설명주의의 함축에서 비롯한다. 둘째, 명료화 이후 설명적 유관성에 의해 계산을 개별화한다는 점이다. 이는 설명주의에 해당한다. 또한 앞서 설명적 유관성이 구성적 유관성을 의미한다고 주장했다.

이제 설명주의 하에서 의미론 논쟁이 어떤 문제인지 이해할 수 있다. 만약 주어진 맥락에서 물리적 시스템이 구현하는 오토마타 중, 주어진 피설명항 과제와 가장 설명적으로 유관한 오토마타를 집어내기 위해 의미론적 속성이 필요하다면 의미론적

접근이 수용될 것이고, 반대로 필요하지 않다면 의미론적 접근이 거부되고 비의미론적 접근이 수용될 것이다.

이렇게 명료화한 계산 개별화에 관한 의미론 논쟁의 틀에서 나는 비의미론적 접근을 옹호한다. 의미론 논쟁은 결국 피설명항 과제와 설명적으로 유관한 오토마톤을 집어내기 위해 의미론적 요소의 도입이 필요한가에 대한 문제다. 나는 의미론적 속성없이 피설명항 과제와 설명적으로 유관한 오토마톤을 집어낼 수 있다고 주장한다. 이것이 가능한 이유는 첫째, 의미론 논쟁에서 피설명항 과제가 주어진 상황을 가정하고 둘째, 임의의 시스템이 가지는 오토마톤의 개수는 유한개이기 때문이다. 유한한 개수의 오토마타를 주어진 피설명항과 비교함으로써 설명적 유관성을 판단할 수 있는데, 이 과정에서 의미론적 속성의 도입이 필요하지 않다.

다음의 예시를 살펴보자.



[그림 2] 설명주의에 기반한 계산 개별화 사례 – 메커니즘의 구조

위 그림 1은 C1, C2, C3을 구성요소로 포함하는 포함 시스템(메커니즘)의 구조를 나타낸 그림이다. 'TASK'라고 적힌 위의 타원은 포함 시스템의 과제 수행을 의미한다.

포함 시스템은 두 가지의 입력값('INPUT 1', 'INPUT 2')을 받아 과제 연산을 수행한 후 출력값('OUTPUT')을 산출한다. 여기서 과제 연산은 다음 표와 같이 주어진다.

Input1	Input2	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

[표 19] 포함 시스템이 수행하는 과제

포함 시스템의 과제는 구성요소 C1, C2, C3의 활동과 그 조직화에 의해 수행된다. 포함시스템으로 입력된 두 가지 입력값이 모두 C1, C2로 입력된다. 입력받은 값으로부터 C1과 C2는 고유한 계산을 수행하고, 각각 하나의 출력값을 산출한다. C3에서는 C1과 C2에서 산출된 출력값을 차례로 입력값으로 받아 계산을 수행한 후 하나의 출력값 'OUTPUT'을 산출한다. 일련의 과정을 통해 포함 시스템은 위 과제 표에서 제시된 것과 같은 방식으로 2개의 입력을 받아 1개의 출력을 산출한다.

여기서 우리에게 주어진 것은 각 구성요소들의 물리적 상태로 특징지어진 입력값에 대한 출력값 관계와 피설명항인 과제 뿐이다. 이제 C1을 개별화 해보자. 세가지-값 연산을 허용하지 않는다고 가정했을 때, C1은 'L'과 'M'을 그룹화하여 얻은 오토마타(a1)와 'M'과 'H'를 그룹화하여 얻은 오토마타(a2)를 가진다. 설명주의에 따르면 이 두 오토마톤 중에서 피설명항 과제와 설명적으로 유관한 오토마톤이 C1이 실제로 구현하는 계산이다. 먼저 주목해야 할 것은, C1이 가지는 오토마타의 개수가 유한 개라는 점이다. 또한 피설명항 과제가 주어졌기 때문에 각 오토마타가 과제와 얼마나 설명적으로 유관한지 비교할 수 있다. 만약 C1이 무한한 수의 오토마톤을 가진다면, 설명적 유관성 비교를 통해 계산 개별화를 할 수 없다. 다음 오토마톤이 설명적으로 더 유관할 가능성이 항상 존재하기 때문이다.

물리적 상태의 전이관계로 특징지어진 포함 시스템의 구성요소를 살펴본 후, 차례로 두 오토마톤 a1, a2을 살펴보자.

[그림 3] 포함 시스템의 각 구성요소의 물리적 상태의 전이관계

Input

Input1	Input2
L	L
L	M
L	H
M	L
M	M
M	H
H	L
H	M
H	H

C2

Input1	Input2	C2-Output
L	L	M
L	M	H
L	H	H
M	L	H
M	M	L
M	H	L
H	L	H
H	M	L
H	H	L

C1

Input1	Input2	C1-Output
L	L	L
L	M	M
L	H	M
M	L	L
M	M	H
M	H	H
H	L	L
H	M	H
H	H	H

C3

C1-Output	C2-Output	Output
L	M	M
M	H	H
M	H	H
L	H	M
H	L	L
H	L	L
L	H	M
H	L	L
H	L	L

Output
M
H
H
M
L
L
M
L
L

* 포함 시스템의 입출력값 관계

Input1	Input2	Output
L	L	M
L	M	H
L	H	H
M	L	M
M	M	L
M	H	L
H	L	M
H	M	L
H	H	L

[그림 4] 오토마타 a1 : ‘L’과 ‘M’을 그룹화한 경우

Input

Input1	Input2
0	0
0	0
0	1
0	0
0	0
0	1
1	0
1	0
1	1

C2

Input1	Input2	C2-Output
0	0	0
0	0	1
0	1	1
0	0	1
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	0	0
1	1	0

C1

Input1	Input2	C1-Output
0	0	0
0	0	0
0	1	0
0	0	0
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	1

C3

C1-Output	C2-Output	Output
0	0	0
0	1	1
0	1	1
0	1	0
1	0	0
1	0	0
0	1	0
1	0	0
1	0	0

Output
0
1
1
0
0
0
0
0
0

*** 포함 시스템의 입출력값 관계**

Input1	Input2	Output
0	0	0
0	0	1
0	1	1
0	0	0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	0	0
1	1	0

중복값 제거 →

Input1	Input2	Output	
0	0	0	
0	**0**	**1**	**(함수적 관계 조건 위배)**
0	1	0	
0	**1**	**1**	**(함수적 관계 조건 위배)**
1	0	0	
1	1	0	

[그림 5] 오토마타 a2 : ‘M’과 ‘H’를 그룹화한 경우

Input

Input1	Input2
0	0
0	1
0	1
1	0
1	1
1	1
1	0
1	1
1	1

C2

Input1	Input2	C2-Output
0	0	1
0	1	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0
1	1	0
1	0	1
1	1	0
1	1	0

C1

Input1	Input2	C1-Output
0	0	0
0	1	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1
1	1	1
1	0	0
1	1	1
1	1	1

C3

C1-Output	C2-Output	Output
0	1	1
1	1	1
1	1	1
0	1	1
1	0	0
1	0	0
0	1	1
1	0	0
1	0	0

Output
1
1
1
1
0
0
1
0
0

*** 포함 시스템의 입출력값 관계**

Input1	Input2	Output
0	0	1
0	1	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0
1	1	0
1	0	1
1	1	0
1	1	0

중복값 제거 →

Input1	Input2	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

두 오토마타 중 어떤 것이 피설명항 과제와 설명적으로 유관한지 판단할 수 있다. 'L'과 'M'을 그룹화한 오토마타 a1 의 경우, 이로부터 얻은 두 입력값 Input1, Input2 와 출력값 Output 사이의 함수적 관계는 피설명항 과제의 함수적 관계와 일치하지 않는다. 뿐만 아니라, 여러 곳에서 함수적 관계 조건을 위배한다. 따라서 오토마타 a1 은 피설명항 과제를 구성하지 않고 설명적으로 유관하지 않다. 한편 'M'과 'H'을 그룹화한 오토마타 a2 의 경우, 이로부터 얻은 두 입력값 Input1, Input2 와 출력값 Output 사이의 함수적 관계는 피설명항 과제의 함수적 관계와 정확히 일치한다. 따라서 오토마타 a2 는 피설명항 과제를 구성하며, 설명적으로 유관하다. 이 포함 시스템에 속한 C1 은 오토마타 a1, a2 중 어떤 것을 구현하는가? 답은 자명해보인다. 피설명항 과제와 가장 설명적으로 유관한 오토마타 a2 를 구현한다.

설명주의에 따라 계산을 개별화한 일련의 과정에서 어떠한 의미론적 요소도 도입되지 않았다. 그 이유는 시스템이 구현하는 오토마타의 개수가 유한하기 때문이다. 계산을 개별화하기 위해 필요한 것은 과제에 대해 각 오토마톤을 대입해 설명력을 비교해보고, 설명을 가장 잘 하는 오토마톤을 집어내는 것이다. 만약 시스템이 구현하는 오토마타의 집합이 열린 집합이라면, 설명력이 가장 좋은 오토마톤을 집어낼 수 없기 때문에 의미론적 요소와 같은 추가적인 요소를 도입해야 할 수도 있을 것이다. 하지만 C1 이 가지는 오토마타의 집합은 닫힌 집합이므로 의미론적 요소와 같은 추가적인 요소의 도입없이도 계산 개별화를 할 수 있다. 이상에서 과제를 설명하는 기능을 집어내기 위해 의미론적 요소의 도입이 필요하지 않음을 알 수 있다.

이제 몇 가지 제기될 수 있는 비판에 대해 살펴보자. 제기될 수 있는 첫번째 비판은 피설명항 과제를 시스템에 귀속시킨 것에 대해 그것이 의미론적 속성을 도입한 것이 아니냐는 것이다. 이에 관해 먼저 지적할 점은 시스템에 귀속시킨 피설명항 과제는 계산 개별화의 맥락에서 의미론적 속성이라고 여겨지는 것이 아니라는 점이다. 계산 개별화의 맥락에서 의미론적 속성이라고 하는 것은 물리적 상태가 가지는 내용을 의미한다. 따라서 피설명항 과제를 귀속한 것에 대해 계산 개별화를 위해 의미론적 속성을 도입한 것이라고 볼 수 없다. 뿐만 아니라 피설명항이 의미론적 과제라고 하더라도 그것이 함수적 관계에 의해 기술될 수 있다면, 비의미론적으로 이 과제와

설명적으로 유관한(구성적으로 유관한) 함수를 집어낼 수 있다. 섀그리어는 계산적 설명의 피설명항이 의미론적 과제라고 주장한다.(Shagrir, 2020, p.4105) 섀그리어는 계산적 설명의 피설명항이 의미론적 과제라고 주장하면서(Shagrir, 2020, p.4105), 동시에 "과제가 시스템이 수행하는 역량이나 기능으로 생각될 수 있다. 단순성을 위해 우리는 과제가 입력-출력 맵핑함수로 기술될 수 있다고 가정할 수 있다."(Shagrir, 2021, p.209)고 한다. 즉, 그가 고려한 의미론적 과제는 입력-출력 맵핑함수에 의해 기술될 수 있다. 계산 개별화를 하기 위해 해야할 것은 이 함수와 구성적으로 유관한 연산을 찾는 것이다. 이 함수를 구성하는 입출력값이 내용을 가진다고 하더라도, 이 함수와 구성적으로 유관한 연산을 찾기 위해 의미론적 속성을 고려할 필요는 없다. 단순히 함수적 관계에만 의존해서 구성적으로 유관한 연산을 집어낼 수 있다. 이를테면, 섀그리어가 염두에 두고 있는 의미론적 과제는 $y = ax1 + bx2 + cx3 + d$ 에서 각 항이 해석된 것으로 이해될 수 있다. 중요한 것은 이 과제와 구성적으로 유관한 오토마톤을 집어내는데 각 항에 부여된 해석이 아무런 역할을 하지 않는다는 점이다. 그렇다면 피설명항 과제가 의미론적이라 하더라도 그러한 사실이 의미론적 계산 개별화를 함축하지 않을 것이다.

두번째 가능한 비판은 피설명항 과제 이외의 추가적인 제약이 계산 개별화를 하는데 도입되었다는 점이다. 이를테면, 위와 같은 계산 개별화 방식에서 포함 시스템의 구성요소, 구성요소의 활동, 조직화와 같은 구조가 고려되었다. 이러한 지적은 타당하다. 하지만 이러한 사실은 현재 쟁점이 되고 있는 의미론적 요소의 도입과 관련해서는 무관하다. 3.5 절에서 살펴보았듯이 의미론 논쟁에 관해 대립하는 두 진영 모두 계산 개별화를 위한 외재적인 요소의 도입을 허용하고 있기 때문이다. 쟁점은 그러한 외재적인 요소가 의미론적인가 하는 것이었다. 계산 개별화를 위해 얼마나 많은 외재적 요소를 도입하는지는 의미론 논쟁에 본질적이지 않다. 포함 시스템의 메커니즘 구조에서 물리적 상태에 어떠한 내용도 귀속시키지 않았기 때문에 의미론적 요소는 도입하지 않은 것으로 결론내릴 수 있다.

세번째 가능한 비판은 설명주의에 따라 피설명항 과제를 도입하여 비의미론적으로 계산을 개별화를 할 수 있다는 점은 인정하더라도, 피설명항 과제를 모르거나 잘못

도입한다면 계산 개별화에 실패한다는 지적이다. 이러한 물음은 계산 개별화에 대한 실천적인 차원의 문제로 지금까지 다루었던 것과는 다른 문제다. 지금까지의 논의는 존재론적 차원에서 계산 개별화 문제를 다룬 것이다. 피치니니와 섀그리어가 모두 설명주의를 받아들인다면, 각 논자가 자신이 제시한 개별화 방식이 항상 설명력을 담보한다는 점을 보이지 않는 이상, 계산 개별화의 문제는 피설명항 작업이 주어진 상황을 전제해야 한다. 원리적으로 피설명항 과제를 도입하는 것이 불가능함을 보이지 않는 이상, 실천적인 차원에서 제기한 이러한 지적은 원리적인 차원의 문제와 크게 상관이 없어 보인다.

비판자들은 원리적으로 피설명항 과제를 도입하는 것이 불가능하다고 주장할 수 있다. 주어진 시스템의 계산을 결정하기 위해 포함 시스템의 계산 기능을 고려해야 한다면, 그 포함 시스템의 계산 기능은 어떻게 결정되는가? 포함시스템을 포함하는 더 큰 시스템의 계산 기능에 호소해야 할 것이다. 이러한 방식은 반복적인 퇴행을 야기한다. 문제를 해결하려면 더 큰 맥락으로의 퇴행을 어느 순간 멈추어야 한다. 퇴행은 어디까지 이루어지며 또 어떻게 멈출 수 있는가? 최상위 수준에서는 더 큰 맥락에 호소하지 않는 방식으로 계산 기능이 결정되어야 할 것이다. 먼저 퇴행이 멈추는 최상위 수준은 인지 주체가 수행하는 인지역량을 함수적 관계로 특징짓는 수준이다. 결국 주어진 시스템의 계산은 인지 주체가 수행하는 인지 역량에 기여하는 것이다. 주어진 시스템은 인지 주체의 특정 인지 시스템의 일부분을 다른 세부 시스템과 함께 구성하며 인지 주체가 특정 인지 역량을 가질 수 있도록 한다. 인지역량은 대개 경계 감지(edge detection), 강화 학습, 색 지각 등과 같은 선이론적 피설명항으로 주어지고 이는 인지과학의 모형화 실천에 의해 함수적 관계로 규정되고 정교화된다. 인지과학자들은 특정 인지역량에 대한 모형을 세우고 정교화한다. 이러한 모형을 하위 시스템의 계산 개별화를 위한 출발점으로 삼을 수 있다.

이때 주의해야할 점은 모형으로 주어진 계산 기능이 잠재 기능이라는 점이다. 인지과학자가 특정 인지 역량에 대해 모형을 제시한다고 하더라도 그러한 모형이 주어진 시스템을 포함하는 최상위 포함 시스템의 기능이라고 확정할 수 없다. 모형은 어디까지나 잠재적 기능이며 그것이 하위 시스템들의 조직화에 의해 구성될 수

있는지에 의거해 조정된다. 또 조정된 잠재적 기능에 의거해 하위 시스템의 계산에 대한 개별화를 시도할 수 있다. 이런 방식의 양방향적 조정을 통해 잠재 기능과 주어진 시스템의 계산을 결정할 수 있다. 이러한 양방향적 조정은 어떤 시스템의 기능을 메커니즘적으로 탐구하는 과학 실천에서 일반적인 것이다. 뿐만 아니라 미지의 시스템이 포함된 시스템에 피설명항 과제를 귀속시킴으로써 미지의 시스템이 수행하는 계산에 대해 탐구하는 방식은 인지를 탐구하는 과학 분야의 하향식 실천양식에 부합한다. 이를테면 인지 신경과학에서는 연구대상인 인지역량에 대한 모형을 만들고, 이 모형이 신경계에 어떤 방식으로 구현되어 있는지 탐구한다. 이러한 하향식 접근을 인정한다면, 피설명항 과제를 귀속시키는 계산 개별화 방식을 거부할 이유는 없을 것이다.

이상의 논의를 정리해보자. 나는 의미론 논쟁에서 비의미론 접근을 옹호한다. 의미론 논쟁은 피설명항 과제를 설명하는 기능을 집어내기 위해 의미론적 요소의 도입이 필요한가에 대한 문제인데, 시스템이 구현하는 오토마타의 집합이 닫힌 집합인 점, 또 주어진 과제에 대한 오토마타 간 설명력 비교가 가능하다는 점으로 인해 의미론적 요소의 도입 없이도 계산을 집어낼 수 있기 때문이다.

7. 결론

본 논문에서 나는 계산 개별화에 관한 설명주의에 기반하여 의미론 논쟁을 명료화하고 비의미론적 접근을 옹호했다. 먼저 의미론 논쟁과 관련하여 수용된 견해로 간주되는 섀그리어의 계산 다수성 논변을 비판했다. 계산 다수성 논변에 따르면, 계산 개별화를 위해 외재적 요소의 도입이 필요하고, 이때의 외재적인 요소가 의미론적 속성이다. 외재적 요소의 도입이 필요함을 받아들인다 해도 그로부터 의미론적 접근의 옹호가 함축되는 것이 아니다. 왜냐하면 넓은 기능이라는 외재적인 비의미론적 요소가 존재하기 때문이다. 결국 계산 다수성 논변이 성공하기 위해 섀그리어는 넓은 기능에 의한 계산 개별화 방식이 실패하며, 의미론적 요소의 도입에 의한 계산 개별화가 성공함을 보여야 한다. 섀그리어는 가상의 사례를 제시함으로써 이를 보이고자 했다. 나는 이러한 섀그리어의 접근이 적절하지 않다고 다음과 같이 비판했다. 먼저 계산 개별화의 필요조건으로 함수적 관계 조건을 제시함으로써 계산 개별화가 실패하는 일반적인 조건을 찾고자 했다. 나아가 섀그리어의 반박이 넓은 계산 개별화 방식이 함수적 관계 조건을 위배함을 지적한 것임을 보이고, 섀그리어가 제시한 개별화 방식도 이러한 비판에서 자유롭지 않음을 보임으로써, 가상의 사례를 통해 의미론적 접근을 옹호하려는 섀그리어의 접근을 비판했다.

다음으로 나는 계산 개별화에 대한 설명주의를 주장했다. 설명주의에 따르면, 시스템이 가지는 오토마타 중 피설명항 과제에 가장 설명적으로 유관한 것이 시스템이 구현하는 계산이다. 설명주의는 계산 개별화 문제에서 피설명항 과제를 주어진 것으로 설정해야 한다는 함축을 가진다. 설명적 유관성은 피설명항에 상대적인 것이기 때문에 피설명항이 주어지지 않으면 판단될 수 없기 때문이다. 피설명항을 주어진 것으로 상정하지 않고 문제를 해결하려면, 특정 계산 개별화 방식이 항상 설명력을 담보함을 보여야 할 것이다. 의미론 논쟁의 주요 논자인 피치니니와 섀그리어는 모두 설명주의를 견지하고 있음을 문헌적 근거를 통해

보였다. 문제는 이들이 설명주의를 견지하고 있으면서 피설명항을 주어진 것으로 문제를 설정하거나 자신의 계산 개별화 방식이 항상 설명력을 담보함을 보이지 않았다는 점이다. 나는 설명주의를 토대로 계산 개별화 문제에 관한 의미론 논쟁을 명료화했다. 명료화된 의미론 논쟁에서 쟁점은 주어진 피설명항과 최선의 설명적 관계를 맺는 오토마톤을 집어내기 위해 의미론적 요소가 필요한지 여부이다. 이에 대해 나는 시스템이 구현하는 오토마타의 집합이 유한 개의 원소를 가진다는 점과, 각 오토마타가 피설명항 과제에 대해 갖는 설명력의 비교가 의미론적 요소의 도입없이 가능하다는 점을 들어 비의미론적 접근을 옹호했다.

결국 계산 개별화를 위해 우리가 해야하는 것은 물리적 시스템이 가질 수 있는 오타마타의 집합을 확정하고, 각 오토마타가 주어진 피설명항 과제, 다시 말해 포함 메커니즘이 수행하는 기능을 구성하는지 판단하는 것이다. 이 구성적 관계를 통해 오토마타는 주어진 피설명항 과제와 설명적 관계를 맺는다. 설명주의에 따르면 이렇게 주어진 피설명항 과제와 설명적 관계를 맺는 오토마타가 바로 시스템이 구현하는 계산이다. 이러한 계산 개별화 방식에서 물리적 상태가 가지는 내용과 같은 의미론적 속성이 전혀 고려되지 않기 때문에 계산은 비의미론적으로 개별화된다.

참고 문헌

Bechtel, W., & Abrahamsen, A. (2005). Explanation: A mechanist alternative. Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, 36(2), 421-441.

Boone, W., & Piccinini, G. (2016a). The cognitive neuroscience revolution. Synthese, 193(5), 1509-1534.

_____ (2016b). Mechanistic abstraction. Philosophy of Science, 83(5), 686-697.

Burge, T. (1986). Individualism and psychology. The Philosophical Review, 95(1), 3-45.

Chalmers, D. J. (2011). A computational foundation for the study of cognition. Journal of Cognitive Science, 12(4), 325-359.

Chirimuuta, M. (2014). Minimal models and canonical neural computations: The distinctness of computational explanation in neuroscience. *Synthese*, *191*(2), 127-153.

Coelho Mollo, D. (2018). Functional individuation, mechanistic implementation: The proper way of seeing the mechanistic view of concrete computation. Synthese, 195(8), 3477-3497.

_____ (2019). Are There Teleological Functions to Compute? Philosophy of Science, 86(3), 431-452.

_____ (2020). Against computational perspectivalism. The British Journal for the Philosophy of Science.

Copeland, B. J. (1996). What is computation? Synthese,108(3), 335-359.

Craver, C. F. (2007). Explaining the brain: Mechanisms and the mosaic unity of neuroscience: Oxford University Press.

_____ (2013). Functions and mechanisms: A perspectivalist view. In Functions: Selection and mechanisms (pp.133-158): Springer.

Craver, C. F., & Kaplan, D. M. (2020). Are more details better? On the norms of

completeness for mechanistic explanations. The British Journal for the Philosophy of Science, 71(1), 287-319.

Cummins, R. (2000). How does it work?" versus" what are the laws?": Two conceptions of psychological explanation. Explanation and cognition, 117-144.

Dewhurst, J. (2018a). Individuation without representation. The British Journal for the Philosophy of Science, 69(1), 103-116.

_____ (2018b). Computing mechanisms without proper functions. Minds and Machines, 28(3), 569-588.

Dietrich, E. (1989). Semantics and the computational paradigm in cognitive psychology. Synthese, 79(1), 119-141.

Egan, F.(1992). Individualism, computation, and perceptual content. Mind, 101(403), 443-459.

_____ (1995). Computation and content. The Philosophical Review, 104(2), 181-203.

_____ (2010). Computational models: A modest role for content. Studies in History and Philosophy of Science Part A, 41(3),253-259.

_____ (2012). Metaphysics and computational cognitive science: Let's not let the. tail wag the dog. Journal of Cognitive Science, 13(1), 39-49.

_____ (2017). Function-theoretic explanation. In Explanation and integration in mind and brain science (pp. 145-163): Oxford University Press.

Elber-Dorozko, L., & Shagrir, O. (2019). Integrating computation into the mechanistic hierarchy in the cognitive and neural sciences. Synthese, 1-24.

Fodor, J. A. (1980). Methodological solipsism considered as a research strategy in cognitive psychology. Behavioral and brain sciences, 3(1), 63-73.

Fodor, J. A. (1981). “The Mind-Body Problem.” Scientific American 244 (January 1981). Reprinted in J. Heil, (Ed.) (2004a), Philosophy of Mind: A Guide and Anthology (168–82). Oxford: Oxford University Press.

Garson, J. (2003). The introduction of information into neurobiology. Philosophy of Science, 70(5), 926-936.

_____ (2013). The functional sense of mechanism. Philosophy of Science, 80(3), 317-333.

Glennan, S. (2002). Rethinking mechanistic explanation. Philosophy of Science, 69(S3), S342-S353.

Haimovici, S. (2013). A problem for the mechanistic account of computation. Journal of Cognitive science, 14(2),151-181.

Kaplan, D. M. (2011). Explanation and description in computational neuroscience. Synthese, 183(3), 339.

Lee, J. (2018). Mechanisms, wide functions, and content: Towards a computational pluralism. The British Journal for the Philosophy of Science.

Machamer, P., Darden, L., & Craver, C. F. (2000). Thinking about mechanisms. Philosophy of Science, 67(1), 1-25.

Maley, C. J., & Piccinini, G. (2017). of Teleological Functions for Psychology and Neuroscience. Explanation and integration in mind and brain science, 236.

Marr, D. (1982). Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information: MIT press.

Miłkowski, M. (2011). Beyond formal structure: A mechanistic perspective on computation and Implementation. Journal of Cognitive Science, 12(4), 361-383.

_____ (2013). Explaining the computational mind: Mit Press.

Piccinini, G. (2004). Functionalism, computationalism, and mental contents. Canadian Journal of Philosophy, 34(3),375-410.

_____ (2006). Computational explanation in neuroscience. Synthese, 153(3), 343-353.

_____ (2007a). Computing mechanisms. Philosophy of Science, 74(4), 501-526.

_____ (2007b). Computational modelling vs. Computational explanation: Is everything a Turing Machine, and does it matter to the philosophy of mind? Australasian Journal of Philosophy, 85(1), 93-115.

_____ (2007c). Computational explanation and mechanistic explanation of mind. In Cartographies of the Mind (pp. 23-36): Springer.

_____ (2008). Computation without representation. Philosophical studies, 137(2), 205-241.

_____ (2015). Physical computation: A mechanistic account: OUP Oxford.

_____ (2020). Neurocognitive Mechanisms: Explaining Biological Cognition: Oxford University Press.

Piccinini, G., & Craver, C. (2011). Integrating psychology and neuroscience: Functional analyses as mechanism sketches. Synthese,183(3), 283-311.

Piccinini, G., & Scarantino, A. (2011). Information processing, computation, and cognition. Journal of biological physics, 37(1), 1-38.

Rescorla, M. (2012). Are computational transitions sensitive to semantics? Australasian Journal of Philosophy, 90(4), 703-721.

_____ (2013). Against structuralist theories of computational implementation. The British Journal for the Philosophy of Science, 64(4), 681-707.

_____ (2015). The computational theory of mind. In E.N. Zalta (Ed.) The stanford encyclopedia of philosophy. https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/computational-mind/

Searle, J.R. (1992). The rediscovery of the mind: MIT press.

Shagrir, O. (2001). Content, computation and externalism. Mind, 110(438), 369-400.

_____ (2018). The brain as an input–output model of the world. Minds and Machines, 28(1), 53-75.

_____ (2020). In defense of the semantic view of computation. Synthese, 197(9), 4083-4108.

_____ (2021). *The nature of physical computation*. Oxford University Press.

Shagrir, O., & Bechtel, W. (2017). Marr's computational level and delineating phenomena. Explanation and integration in mind and brain science, 190-214.

Sprevak, M. (2010). Computation, individuation, and the received view on. representation. Studies in History and Philosophy of Science Part A, 41(3), 260-270.

Weiskopf, D. A. (2011). Models and mechanisms in psychological explanation. Synthese, 183(3), 313-338.

Abstract

In Defense of the Non-semantic View of Computation

Do Kyungbo
Program in History and Philosophy of Science
The Graduate School
Seoul National University

The present study focuses on the debate about the relationship between the notion of computation and representational content. The semantic view of computation, which is the received view, says that computations are individuated at least in part by their representational content. Shagrir (2001) suggested the phenomenon of computational multiplicity, in which multiple types of computation are derived from a single system according to how physical states of the system are grouped. He then argued that computations cannot be individuated only with the system's intrinsic properties, which in turn requires representational content for computations to be individuated. On the other hand, showing computations can be individuated without representational content by wide functions, Piccinini (2008) defended the non-semantic view, according to which representational content does not play an essential role in the individuation of computation. In his response, Shagrir rejected Piccinini's argument on the grounds of toy examples which cause individuation with wide functions to fail but with representational content to succeed.

I present two main arguments regarding this debate on computational individuation. First, I claim that Shagrir's counterargument against the non-semantic view, which is based on toy examples, falls short. I point out that his counterargument was to show that wide functional individuation violates a necessary condition for individuation: the functional relation condition.

However, computational individuation appealing to representational content also has the possibility to not satisfy the condition, which implies that if non-semantic individuation fails, then semantic individuation would fail for the same reason.

Second, I offer an alternative approach on the disputation, the explanatory view, to defend the non-semantic view. The explanatory view is the claim that the automaton of a system, which is the most explanatorily relevant to the explanandum task, is the computation that the system implements. This approach entails that an explanandum task must be given when you individuate the computation of a system. With this explanatory view in hand, I clarify the debate over computational individuation, according to which the debate now asks whether semantic properties are needed to single out the automaton having the most relevant explanatory relation to the given explanandum. I continue to defend the non-semantic view regarding the clarified problem for two reasons that the set of automata of a system has a finite number of elements, and that the explanatory relevance of each automaton of a system to the explanandum task can be compared without involving representational content.

Keywords : Computationalism, Computation, Cognition, Representation, Individuation, Implementation, Externalism, Computational explanation, Mechanistic explanation, Piccinini, Shagrir

Student Number : 2019-29701