

양자정보학 개론*

스콧 애론슨[†], 2018년 가을

번역: 김태원

2023년 8월 1일

*원문: <https://www.scottaaronson.com/qclec.pdf>

[†]코리 오스트로브와 파울로 알브스의 큰 도움을 받았다.

차 례

차 례	2
제 1 장 강의 개요 및 확장 처치-튜링 논제	3

제 1 강

강의 개요 및 확장 처치-튜링 논제

- ▶ 양자정보학은 천성이 간학문적인 분야다. (물리학, 전산학, 수학, 공학, 철학)
- ▶ 양자정보학은 단지 유용한 장치나 알고리즘의 발명만이 아니라 양자역학적 작용의 명료화에 관한 것이기도 하다.
 - 양자역학으로 할 수 있느냐 없느냐는 물음을 던지기 위한 것이자
 - 양자역학 자체의 본성에 대한 더 나은 이해를 독려하기 위한 것이다.
- ▶ 애론슨 교수는 양자정보학 연구의 이론적인 극단에 헌신한다.
- ▶ 이론가들은 실험가들이 만드는 것을 알리고 이는 다시 이론가들의 질문에 영향을 미친다.

오늘은 물리적 세계에 관해 “자명한” 진술들을 명시한다. 그런 다음 양자역학이 이들 진술 가운데 몇몇만 놔두고 나머지는 뒤엎어 버리는 광경을 목도할 텐데, 이들 진술 간의 차이란 종종 아주 미묘하다! 우선...

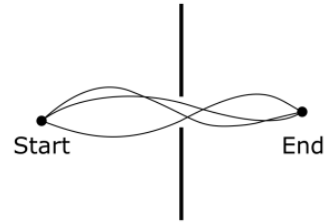
확률 ($P \in [0, 1]$)는 세상의 불확실성을 나타내는 표준적인 방법이다. 확률은 아래 같은 일련의 공리를 따라야 한다.

- ▶ 상호배타적이며 포괄적인 사건 mutually exclusive exhaustive events n 개의 집합에 대해 확률들의 합은 $P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1$ 을 만족한다.
- ▶ 임의의 사건에 대한 확률은 $P_i \geq 0$ 을 만족한다.

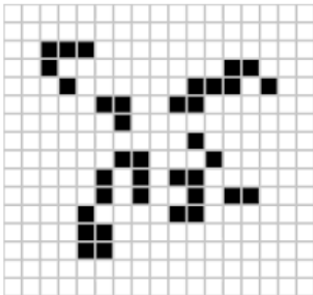
•
•
•

“확률은 전부 우리 손 안에 있다”는 관점이 존재한다. 우주에 관해 전부 (요컨대 태양계 속 모든 원자의 위치/속도를) 안다면, 방정식들을 처리해서 뭐가 일어나는지 아닌지 보기만 하면 그만이라는 뜻이다.

슬릿 하나를 지닌 장벽이 두 점을 구분하고 있다고 하자. 우리는 입자가 한 점에서 다른 점으로 이동하는 확률을 측정하고자 한다. 경로를 늘리면 (다시 말해 또 다른 슬릿을 개방하면) 다른 쪽에 도달할 가능성이 증가, 아니 적어도 감소하지는 않을 것은 분명하다. 확률이 단조monotone라는 말로 이런 성질을 가리킬 수 있다.



국소성Locality 사물은 우주를 가로지를 때 오직 특정 속도로 전파할 수 있을 따름이다. 공간의 조각 하나의 상태를 갱신할 때는 그 부분을 둘러싸는 주변부에 대한 지식만이 요구되어야 할 것이다. 이에 적절한 모델은 콘웨이의 생명게임Game Of Life이다. 계system에 일으키는 변화는 계에 영향을 미칠 수 있다. 하지만 각 칸이 상호작용하는 대상은 가장 가까운 주변부 뿐이다. 그리하여 변화는 오직 특정 속도로 전파한다.



국소성은 물리학에서 자연스럽게 모습을 드러낸다. 아인슈타인의 특수상대성이론 덕분인데 이는 어떤 신호도 빛의 (유한한) 속력보다 빠르게 전파할 수 없다는 암시를 지니는 원리다. 이 간단한 원리는 다수의 물리 현상을 설명할 수 있다. 특수상대성이론에 따르면 광속보다 빠르게 이동하는 것들 전부 다 어떤 관찰자의 관점으로는 실상 시간을 역행하고 있다.

국소적 실재론Local Realism 멀리 떨어진 사건에 대해 이루어지는 지식의 갱신을 전부 무작위 변수의 상관관계로 설명할 수 있다는 원리다. 당신은 오스틴, 친구는 샌프란시스코에 있고 둘 다 동일한 신문을 구독한다고 하자. 이제 당신은 아침에 신문을 펼쳤다. 그러자 당신의 지식은 즉각 붕괴한다. 바로 샌프란시스코 친구가 지니는 신문의 헤드라인에 관한 지식이었다. 붕괴의 자리에 당신이 지금 손에 쥔 신문의 헤드라인이 들어선다. 아침에 신문을 집기 전이라면 당신이 지니는 지식은 확률 분포로 가장 잘 서술될 테다. 하지만 그 결과가 완벽하게 상호연관되어 있기에 신문 헤드라인 학습의 바로 그 순간 즉각 친구의 신문도 동일한 헤드라인을 지닌다고 안다.

어떤