

Modeling and Simulation

Cell Division & Growth Rate Calculus

미분방정식을 활용한 세포 증식 모델링

관련 소스코드 : [세포감염_Simulation.ipynb](#)

강의 개요 (Course Overview)



과목명

Modeling &
Simulation
(모델링 및 시뮬레이션)



주요 주제

생물학적 현상의
수리 모델링 및 예측



학습 목표

미분방정식 이해,
기하급수적 성장,
복잡계 시뮬레이션

1.1 수리 모델링의 정의

수리 모델링이란?

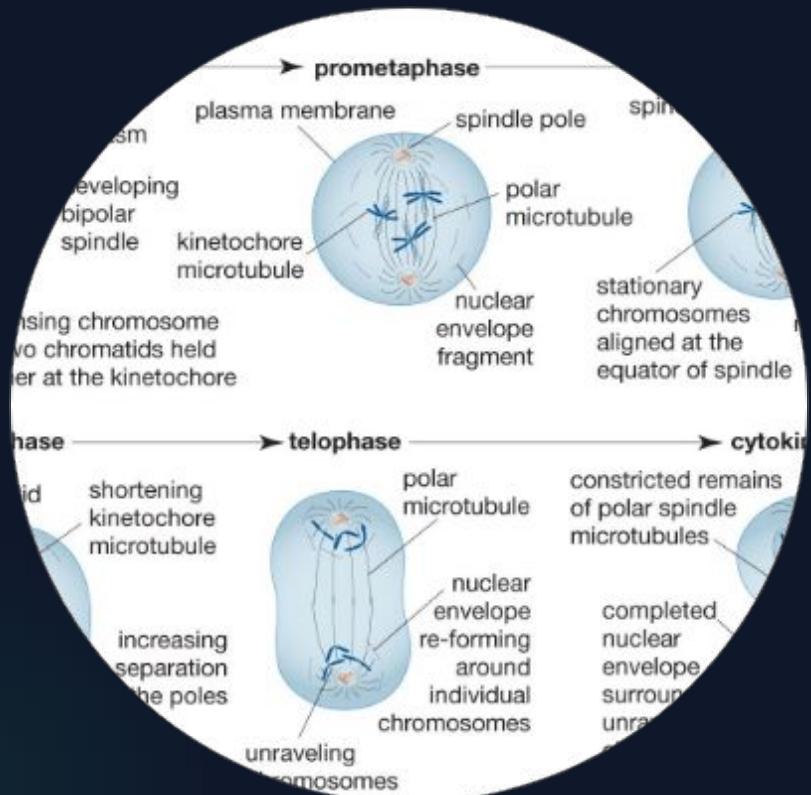
컴퓨터가 생물학적 또는 물리적 현상을 이해할 수 있도록 해당 현상을 수학적으로 묘사하는 과정입니다.

컴퓨터와 미분

컴퓨터는 미분과 적분 연산에 최적화되어 있습니다. 현상을 미분식으로 표현하면 컴퓨터는 미래를 예측할 수 있습니다.



1.2 세포 증식의 생물학적 이해



세포 분열 (Cell Division)

- 아메바나 인체 세포는 일정 크기로 성장하면 **2개로 분열합니다.**
- 정상 세포는 보통 **24시간 주기로** 분열합니다.

시간 분배:

준비 기간 (90%) vs 분열 기간 (10%)

1.3 증식 속도의 수학적 표현

증식 속도 (Rate)

속도는 "늘어난 세포의 수 / 걸린 시간"으로 정의됩니다.

세포가 많을수록 분열하는 개체수도 늘어나므로, 증가 속도는 현재 세포 수(X)에 비례합니다.

미분방정식 (Differential Equation)

24시간마다 분열한다면, 변화율은 다음과 같습니다.

$$\frac{dX}{dt} = \frac{X}{24}$$

$X = 2400$ 일 때, 속도는 100 cell/h

2.1 지수적 성장 (Exponential Growth)

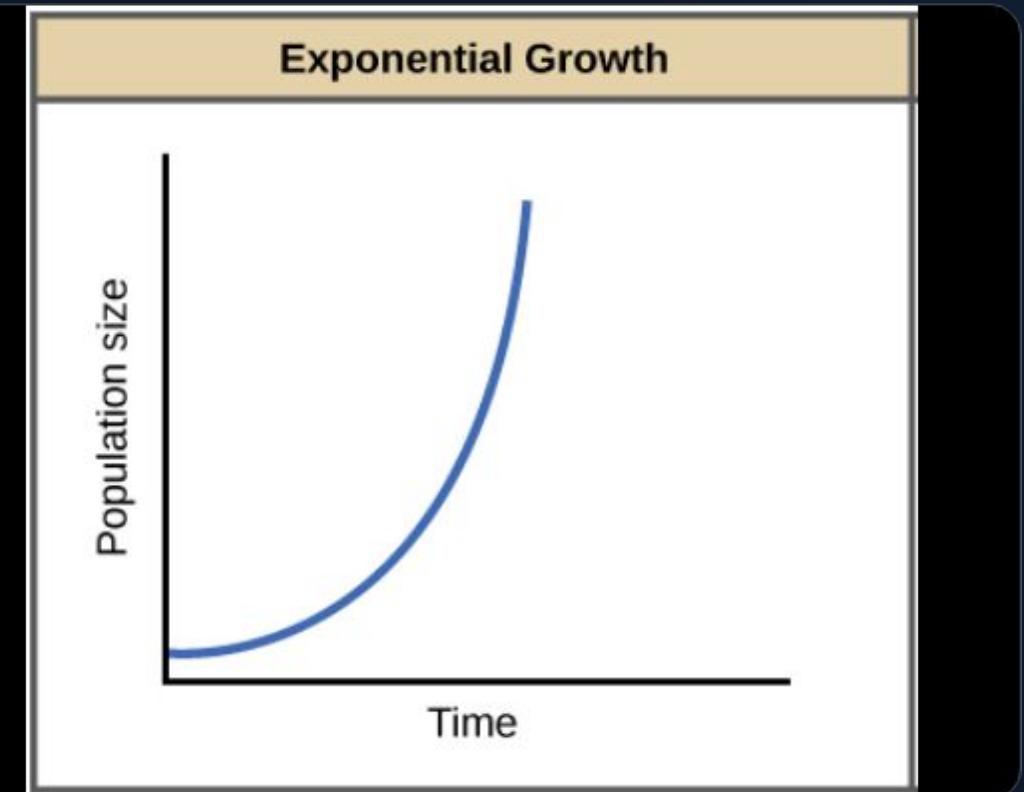
미분방정식의 적분

변화율 식을 적분하면 시간에 따른 세포 수를 예측할 수 있습니다.

$$X_t = X_0 e^{t/24}$$

X_0 초기 세포 수

e 자연상수 (약 2.718)



2.2 기하급수적 증가의 의미

2.71

자연상수 e

8

단순 2배가 아닙니다

24시간 후 세포 수는 2배가 아니라 약 2.7배가 됩니다.

세포 수가 늘어남에 따라 증가 속도가 **실시간으로 가속**되기 때문입니다. 이를
기하급수적(Geometric) 증가라고 합니다.

Module 3

복잡한 상호작용 모델

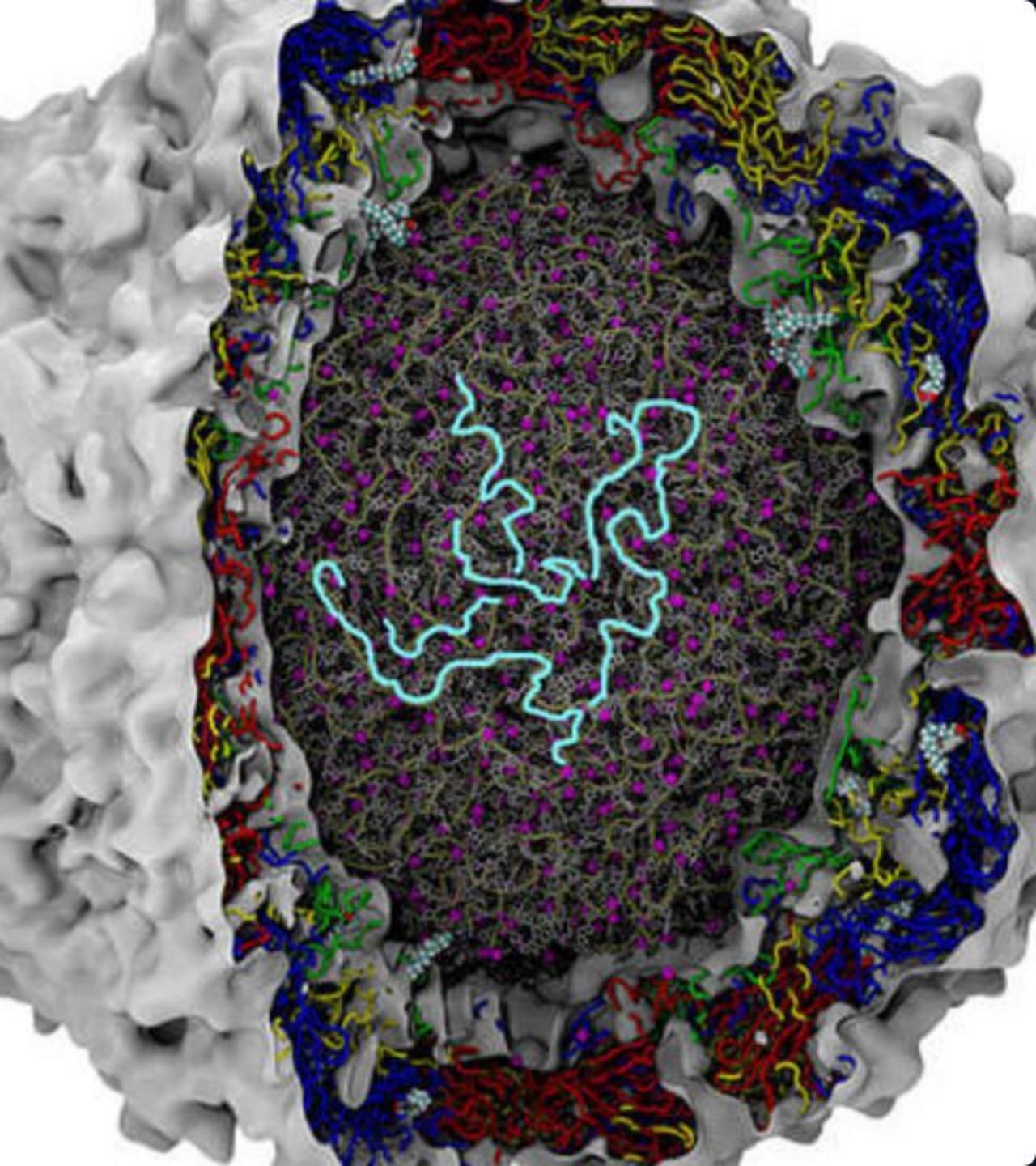
(Complex Interaction Models)

3.1 감염 모델링

현실의 생명 시스템은 단순히 혼자 성장하지 않습니다.

정상 세포(X)와 감염 세포(Y)가 서로 상호작용하는 상황을 가정해 봅시다.

- **k**: 감염 속도 상수
- **d**: 감염 세포 사멸 속도



연립 미분방정식 (Coupled ODEs)

정상 세포 (X)의 변화

증식하지만, 감염되어 줄어듭니다.

$$\frac{dX}{dt} = \frac{X}{24} - kXY$$

감염 세포 (Y)의 변화

감염으로 늘어나고, 사멸하여 줄어듭니다.

$$\frac{dY}{dt} = kXY - dY$$

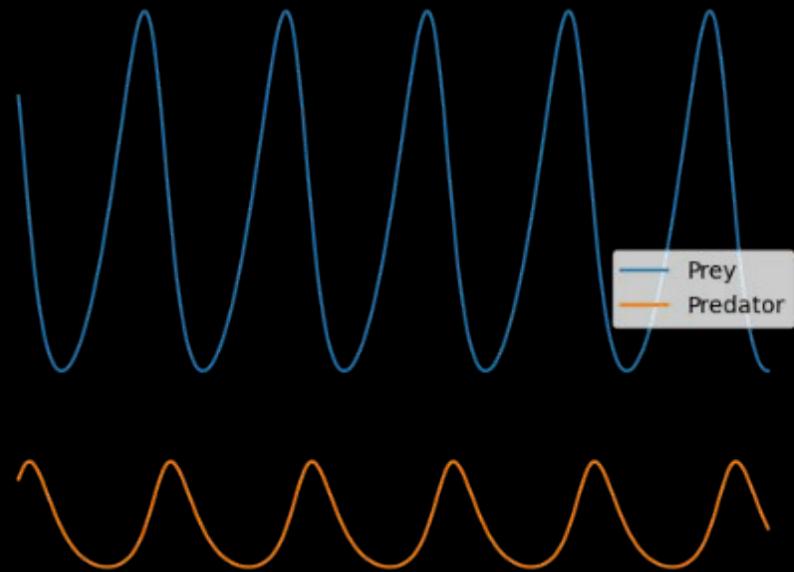
3.2 시뮬레이션의 필요성

예측 불가능한 패턴 (Oscillation)

이러한 연립 방정식은 손으로 풀기 매우 어렵습니다.

컴퓨터 시뮬레이션을 통해 주기적인 증감(Oscillation)
패턴을 확인할 수 있습니다.

예: COVID-19 확진자 수의 파동과 유사한 양상을 보입니다.



Questions?

Thank you for listening.

Image Sources



https://www.mdpi.com/mathematics/mathematics-11-00506/article_deploy/html/images/mathematics-11-00506-g001.png

Source: www.mdpi.com



<https://cdn.britannica.com/60/53060-050-E3A48FD7/process-cell-division-mitosis.jpg>

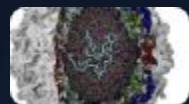
Source: www.britannica.com

www.britannica.com



<https://cdn.kastatic.org/ka-perseus-images/7edbd1ab380efb207cf72aa25850838ef6c05824.png>

Source: www.khanacademy.org



https://www.cancer.gov/sites/g/files/xnrzdm211/files/styles/cgov_social_media/public/cgov_image/media_image/100/600/6/files/polio-virus-article.jpg

Source: www.cancer.gov



<https://calcworkshop.com/wp-content/uploads/lotka-volterra.png>

Source: calcworkshop.com