

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?

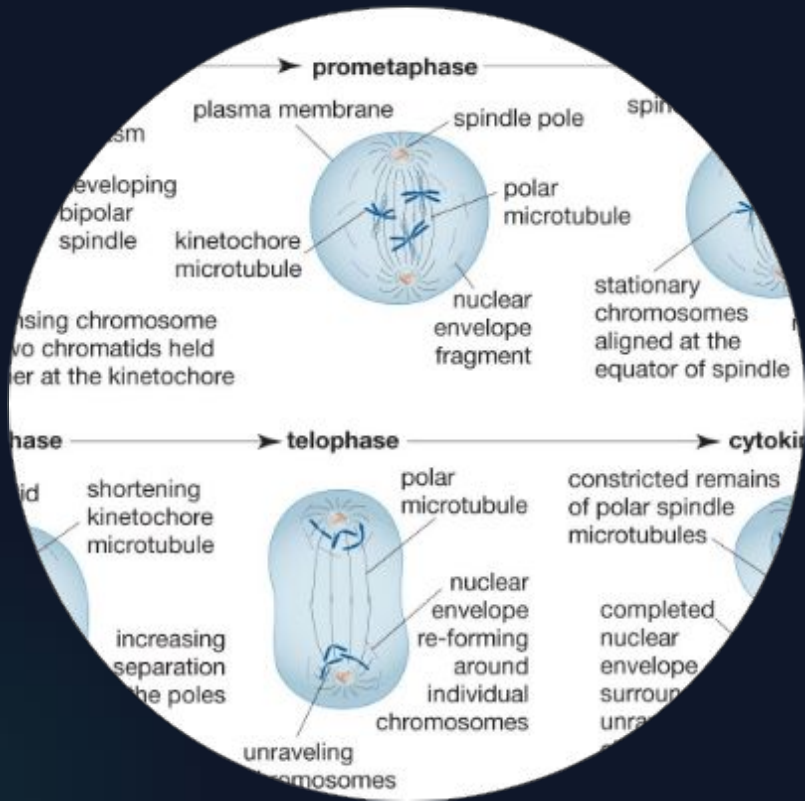
컴퓨터가 생물학적 또는 물리적 현상을 이해할 수 있도록 해당 현상을 수학적으로 묘사하는 과정입니다.

## 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 분열**합니다.
- 정상 세포는 보통 **24시간 주기**로 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 = 2400일 때, 속도는 100 cell/h

## 2.1 지수적 성장 (Exponential Growth)

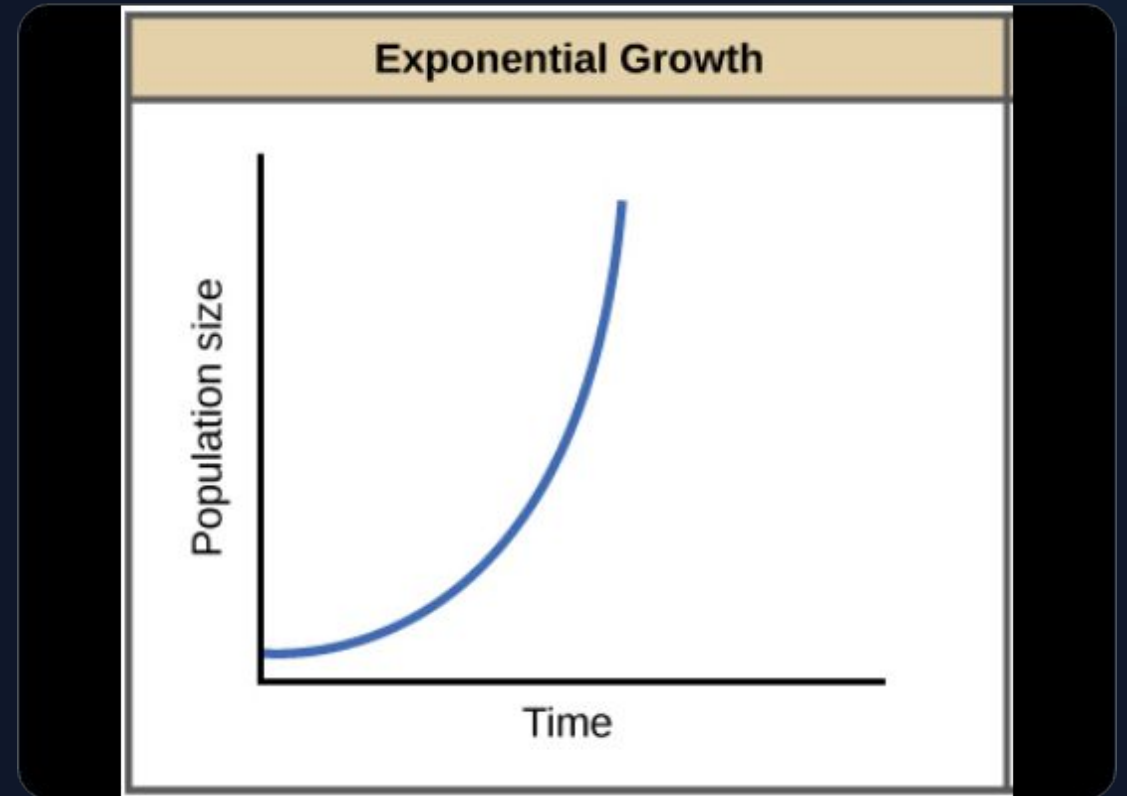
### 미분방정식의 적분

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)

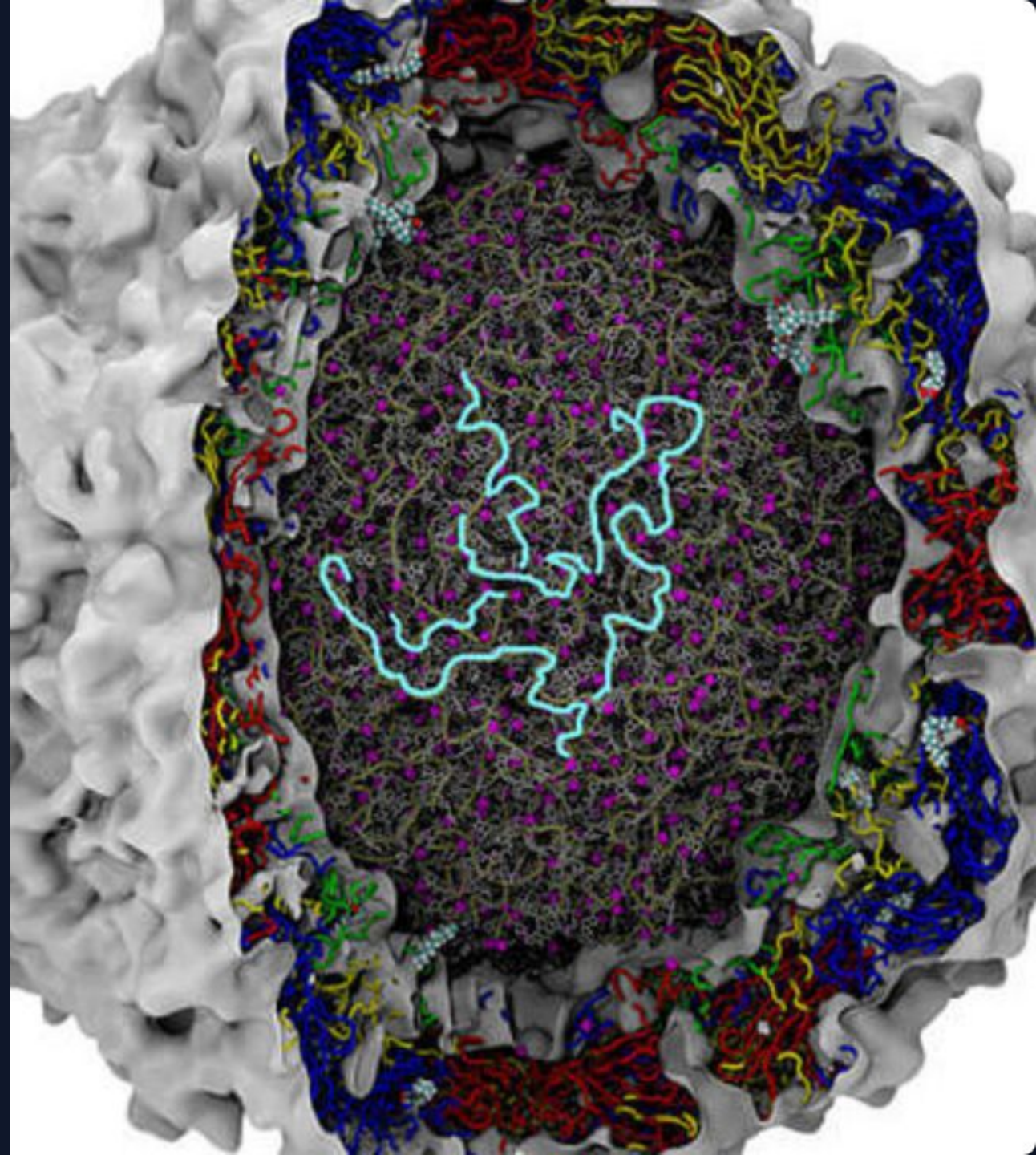


## 3.1 감염 모델링

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.

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

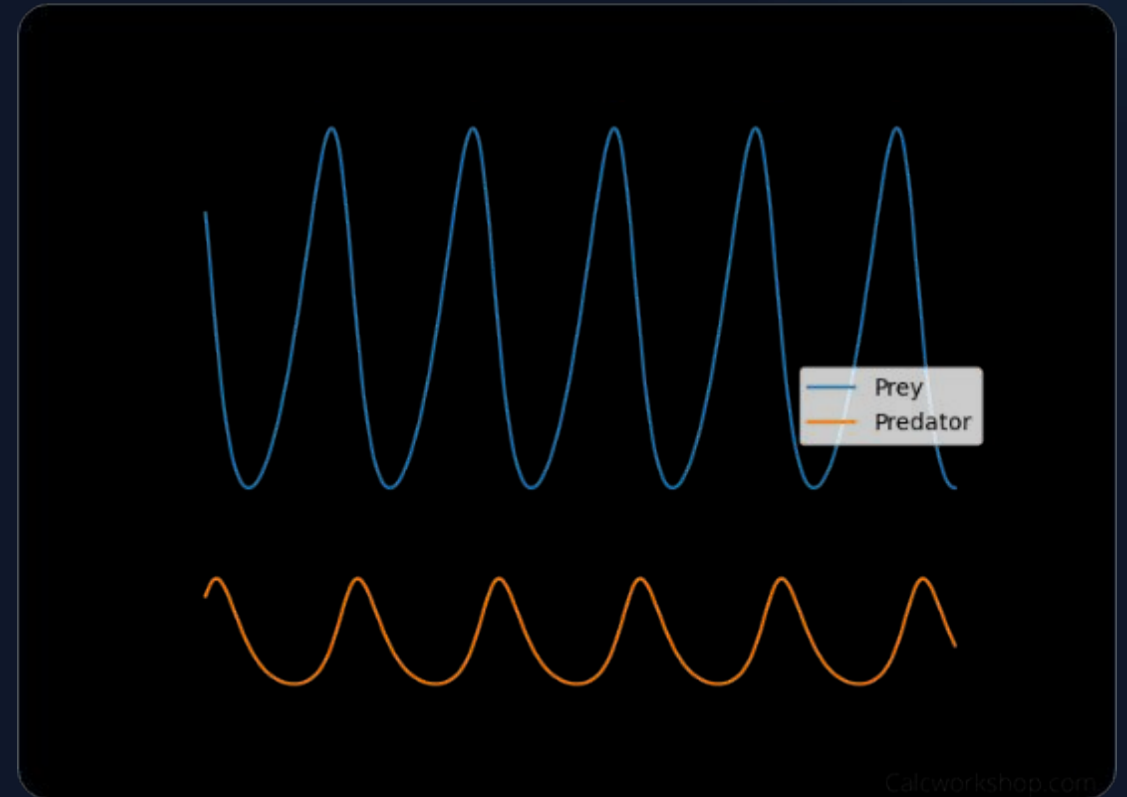
## 3.2 시뮬레이션의 필요성

### 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.

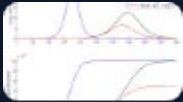


# Questions?

Thank you for listening.

# Image Sources

---



[https://www.mdpi.com/mathematics/mathematics-11-00506/article\\_deploy/html/images/mathematics-11-00506-g001.png](https://www.mdpi.com/mathematics/mathematics-11-00506/article_deploy/html/images/mathematics-11-00506-g001.png)

Source: [www.mdpi.com](https://www.mdpi.com)

---



Thumbnail for

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

Source: [www.britannica.com](https://www.britannica.com)

[www.britannica.com](https://www.britannica.com)

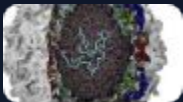
---



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

Source: [www.khanacademy.org](https://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](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://www.cancer.gov)

---



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

Source: [calcworkshop.com](https://calcworkshop.com)