



# COVID-19 감염병 모델링

이노아  
강재형  
금지현

2020.11.26

Copyright©. Saebyeol Yu. All Rights Reserved.

# 1. 주제 선정 배경

주요 사건

2020. 03  
대구 신천지발 지역감염

2020. 01  
국내 첫 확진자 발생

2020. 05  
이태원 클럽발 집단 감염

2020. 08  
수도권 사회적 거리두기 2단계 격상

2020. 11  
화이자 백신 개발



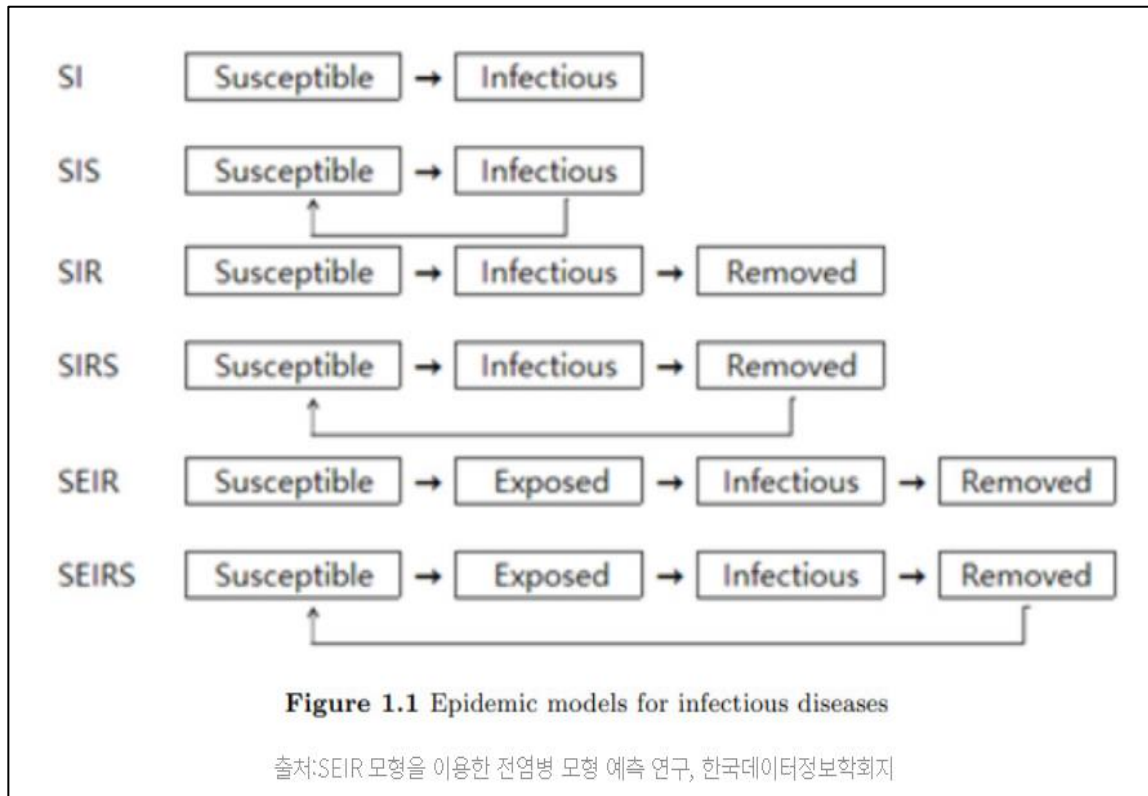
<https://www.bbc.com/korean/news-55039913>



<https://www.donga.com/news/Society/article/all/20201115/103969560/1>

## 2. 연구동향

문헌연구



SIR ~ SEIRS 모델 : 수리적 모델링

**결정적**  
(Deterministic)

- 미분 방정식(ODE) 활용
- 질병의 확산 => '결정적'
- 모수값에 따라서 결정

**확률적**  
(Stochastic)

- 집단별 변화의 마르코프 연쇄
- 질병의 확산 => '확률적'
- 현실과 더 유사 (randomness)

Gillepsie, MCMC 시뮬레이션, 등...

## 2. 연구동향

문헌연구: Baseline

Estimating the reproductive number and the outbreak size of COVID-19 in Korea , Ki Moran

그림 2. 코로나19 전파 결정론적 SEIHR 모델

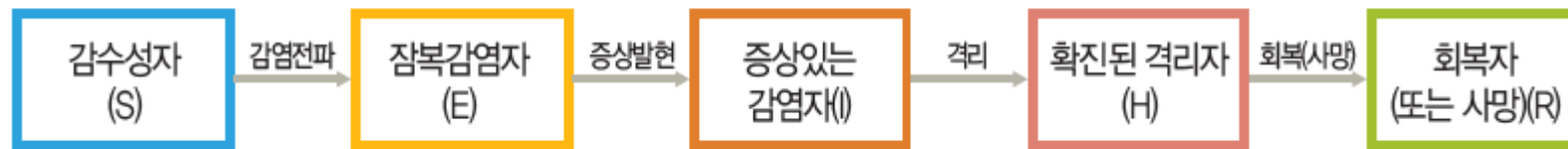
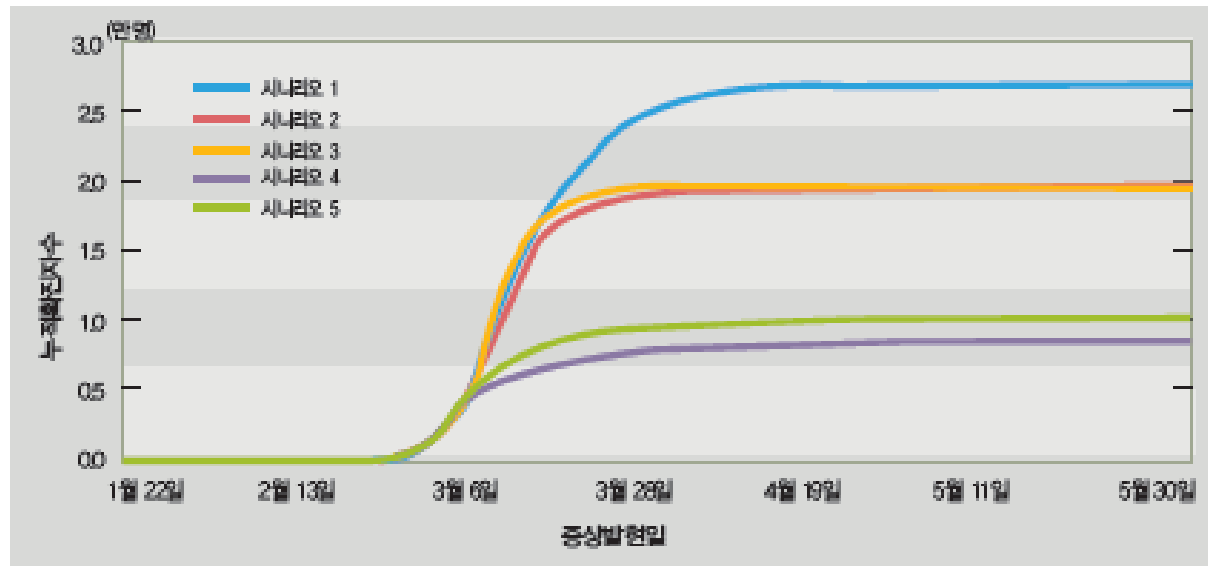


그림 7. 대구와 경북 지역의 시나리오별 코로나19 누적 확진자수



주: 시나리오는 표 2 참조

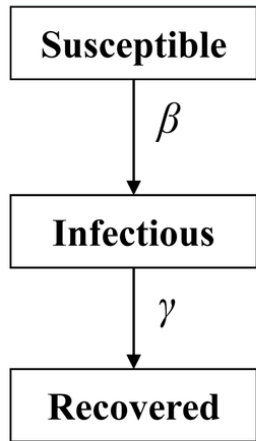
### 주요 결론

- 1) 한국의 초기유행 전파율은 0.1389, 감염재생산지수(R)는 0.5555
- 2) 대구·경북 지역 감염재생산지수(R)는 3.4831 시작 증가 후 하락

⇒ 이런 간단한 모형으로도 정교함은 떨어져도 전염병 초기에 중요한 요소에 대한 분석들이 가능  
 ⇒ 기존 연구 재현 & 연장

### 3. 모형 및 분석

SIR Model



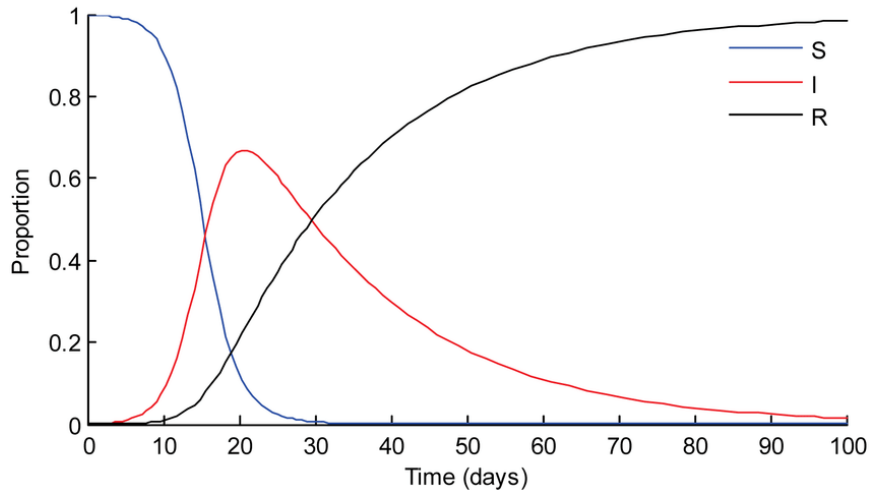
$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

1/ 평균회복 기간 (=1/14)

전파율 (추정모수)



#### 기본 모형의 가정

- ① 인구의 출생과 자연 사망은 고려하지 않음.
- ② 잠복기 감염과 무증상 감염 전파는 고려하지 않음.
- ③ 확진 후 격리되어 치료하는 동안은 질병을 전파시키지 않음.
- ④ 회복된 사람은 재감염되지 않음.

상당히 **naïve**한 가정들...

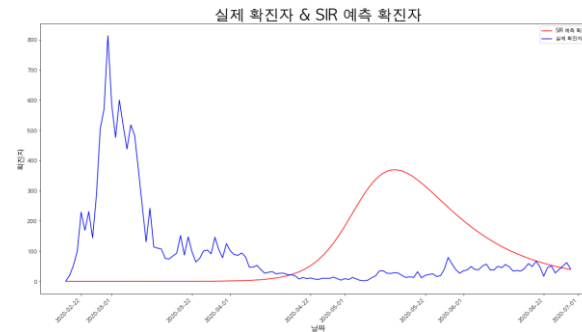
# 3. 모형 및 분석

Grid Approximation of LSE

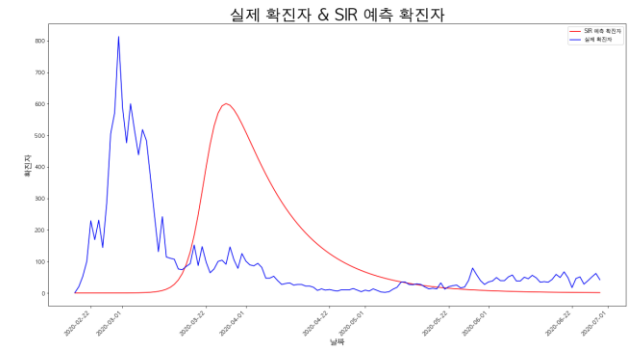
```
# The SIR Model
def SIR(INT, t):
    '''The main set of equation'''
    Y=np.zeros((3))
    X = INT # S0, I0
    Y[0] = -beta*X[0]*X[1]
    Y[1] = beta*X[0]*X[1] - gamma*X[1]
    Y[2] = gamma*X[1]
    return Y # for scipy.odeint
```

```
# finding lse approximation utilizing grid approximation
for b in np.linspace(0,1,1000):
    beta = b
    SIR_samp= spi.odeint(SIR, Input, t)
    y_hat = SIR_samp[:,1]*N
    sq = sum((ytrue - y_hat)**2)
    if (sq < min_sq):
        min_sq = sq_0
        beta_lse = beta
print('Beta hat : %.3f' %(beta_lse))
print('R : %.3f' %(beta_lse*14))
print('Minimum SS : %.3f' %(min_sq))
```

When  $\beta = 0.000$



0.250



0.500



0.750

1.000

$$\hat{\beta} = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}}(\text{Squared Error})$$

### 3. 모형 및 분석

SIR의 감염재생산지수

감염재생산지수(R):

□ 감염환자 한 명이 감염기 동안 전염시키는 사람 수

- $R > 1$ : 유행 발생
- $R < 1$ : 감소세

□  $R \propto p \times c \times d$

- 감염확률(p)를 줄이기 위해서 마스크 착용
- 환자와의 접촉(c)을 줄이기 위해 '사회적 거리두기' 실시
- 환자를 빨리 진단하여 격리시키면 감염 전파 기간(d) 감소

SIR 모델:  $R_0 = \frac{\beta}{\gamma} = 2.52$

국내 코로나 신규확진 현황



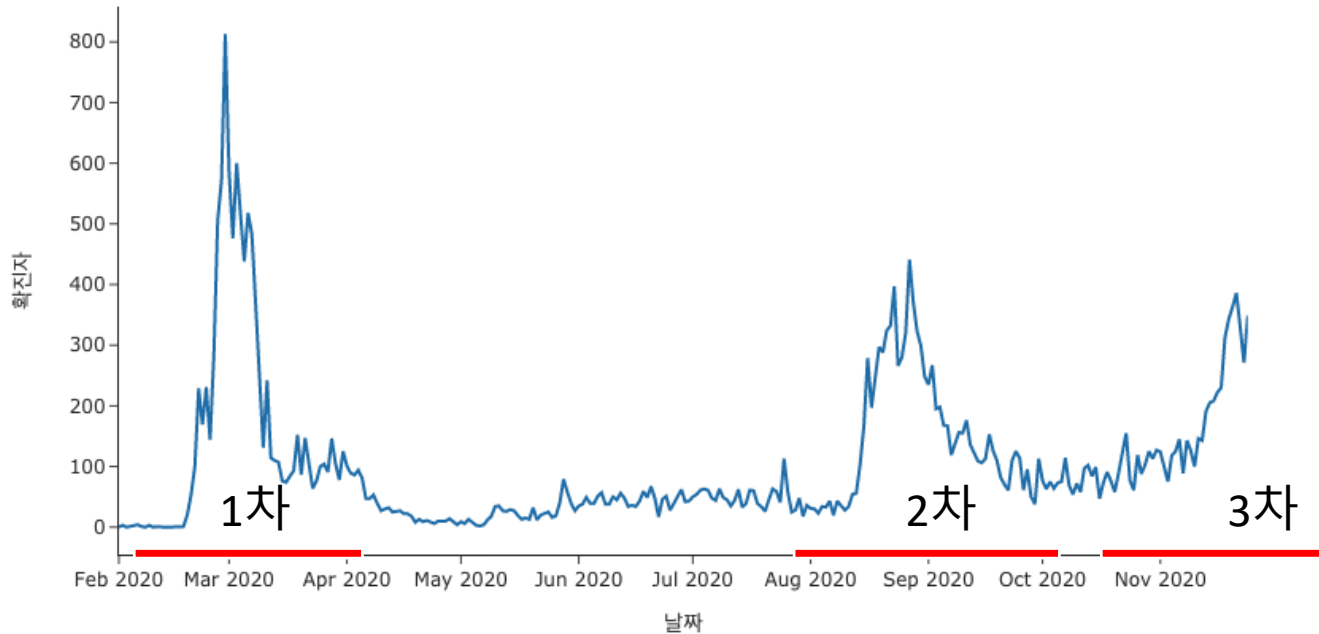
### 3. 모형 및 분석

SIR 적합

과연 전체 기간에 대해서 단순SIR적합을 통해 유의미한 결과를 얻을 수 있을까?

=> 전체 유행기간(1월~현재) 전파율 0.08 정도 (확진자 적은 구간에서 영향을 많이 받음)

국내 코로나 신규확진 현황



대유행기간?

시작: 신규확진자 100명 이상 5일 연속 발생 2주전

종료: 신규확진자 100명 이하 5일 연속 발생 시

3개의 대유행 시기에 각각 SIR 모형 적합하면 어떨까?

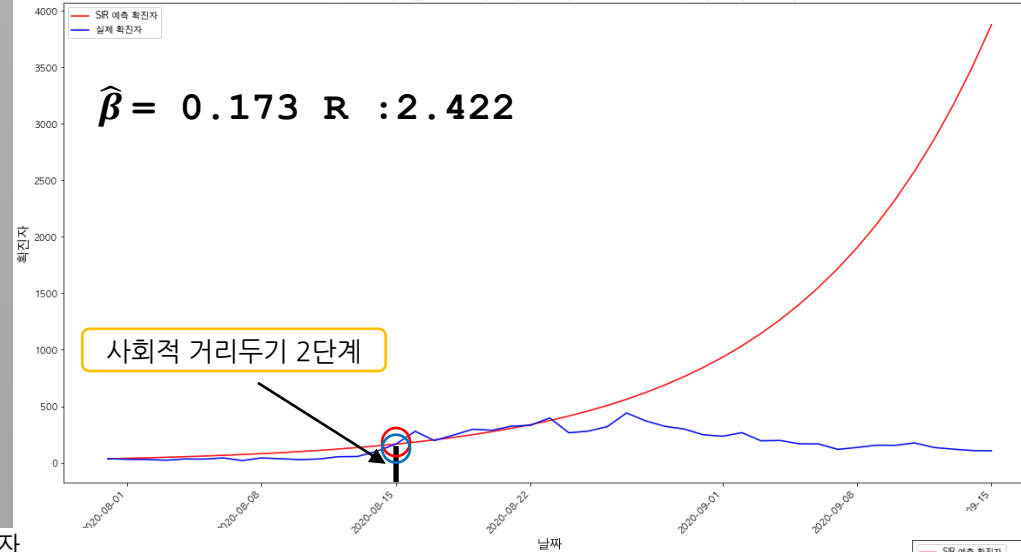
(단, 시작 ~ 정부정책 시점까지 적합)



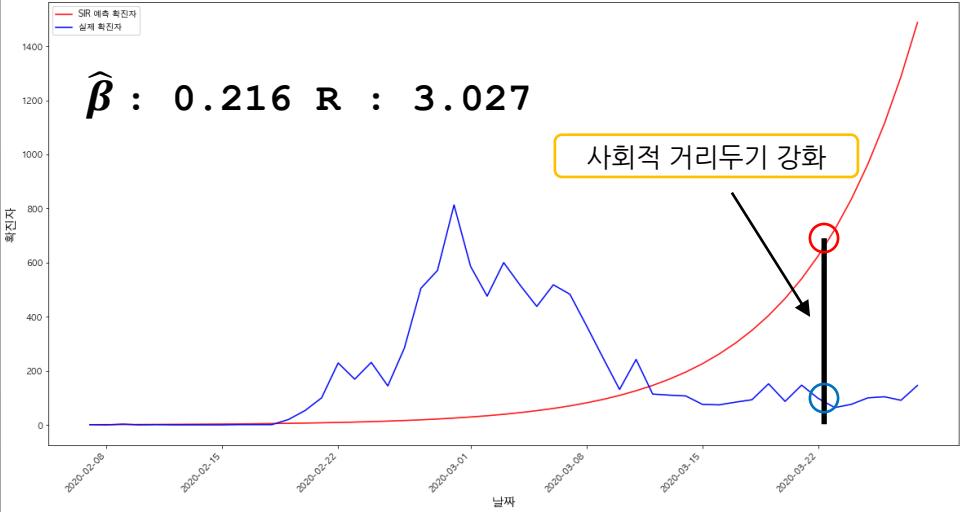
### 3. 모형 및 분석

1~3차 대유행 개별 SIR 적합

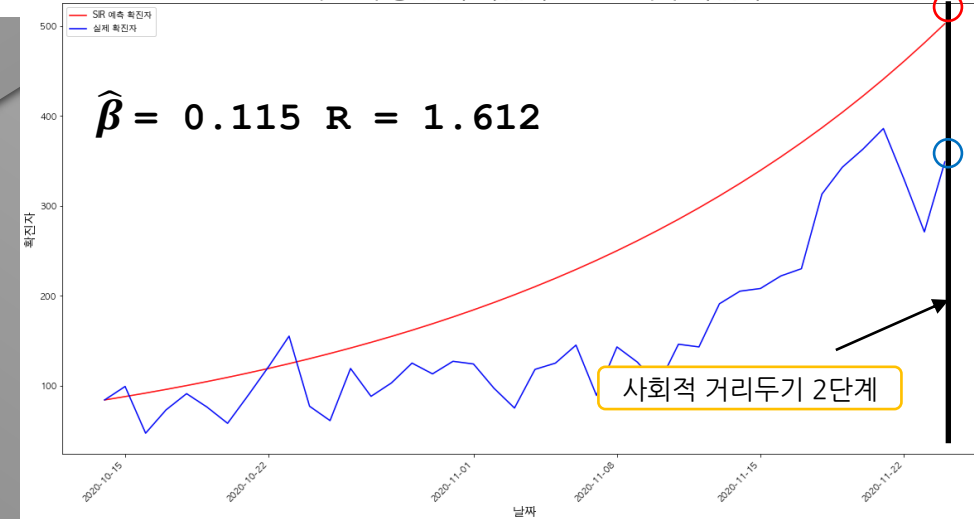
2차 대유행 실제 확진자 & SIR 예측 확진자



1차 대유행 실제 확진자 & SIR 예측 확진자



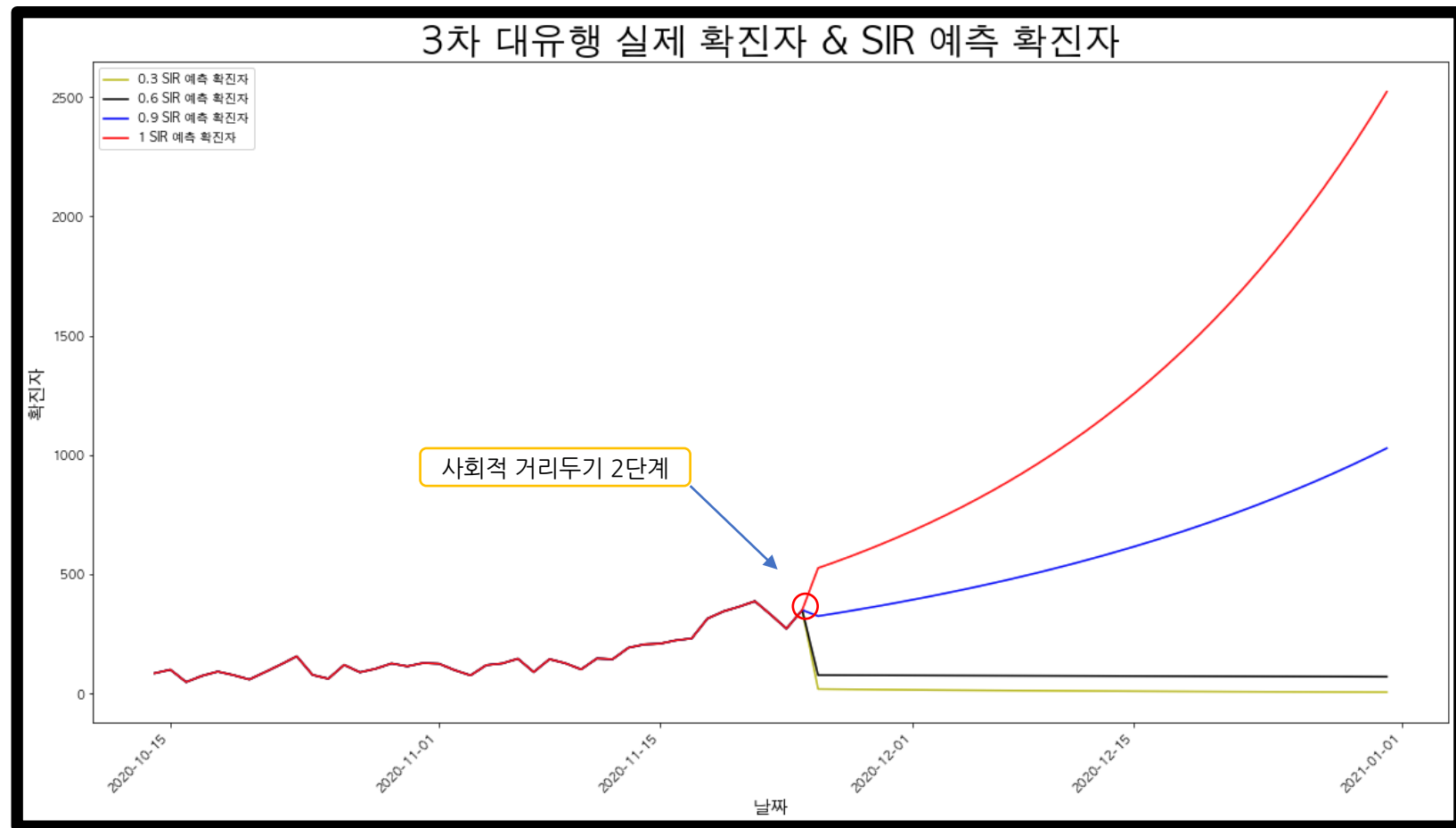
3차 대유행 실제 확진자 & SIR 예측 확진자



### 3. 모형 및 분석

3차 대유행 시뮬레이션

현 거리두기 시행의 기대효과 전파율 감소율 => 0%, 10%, 40%, 70%



## 4. 한계 및 의의

### ❑ 결정적 모형의 단순성

- 다양한 변수에 대한 연관성 무시
- 전파율이 상수로 결정

### ❑ SIR모형의 가정

- 재감염 가능성 고려 X
- 출생과 자연사망 고려 X
- 방역조치 효과 및 시민의식에 대한 정보 고려 X
- 잠복기 감염과 무증상 감염 전파 고려 X

### BUT

### ❑ 예측보다는 질병에 대한 특징을 얻기 위함

(감염 기간, 감염 추세, 전파 속도, 잠복기, 감염 이후의 면역성, 등)  
=> 이에 따른 예방 대책 마련

### ❑ 정부 정책의 실효성에 대해서 검증은 안되지만 실효성에 따른 신규확진자 추세 비교

### ❑ 향후 예측에 있어서 다양한 전파율 값에 따른 전염병 시뮬레이션이 가능함



QnA