# 보이지 않는 코로나 확산 현황, 어떻게 파악할 수 있을까?

봄은 추위를 깨고 꽃이 피며 사람들의 마음을 설레게 만든다.   
그러나, 감염병(코로나 바이러스)은 화창한 날씨에도 우리를 집 밖에 나서지 못하게 한다. 무증상 잠복기로 인해 누가 감염자인지 알 수 없으며, 백신도 아직 개발되지 않았다.

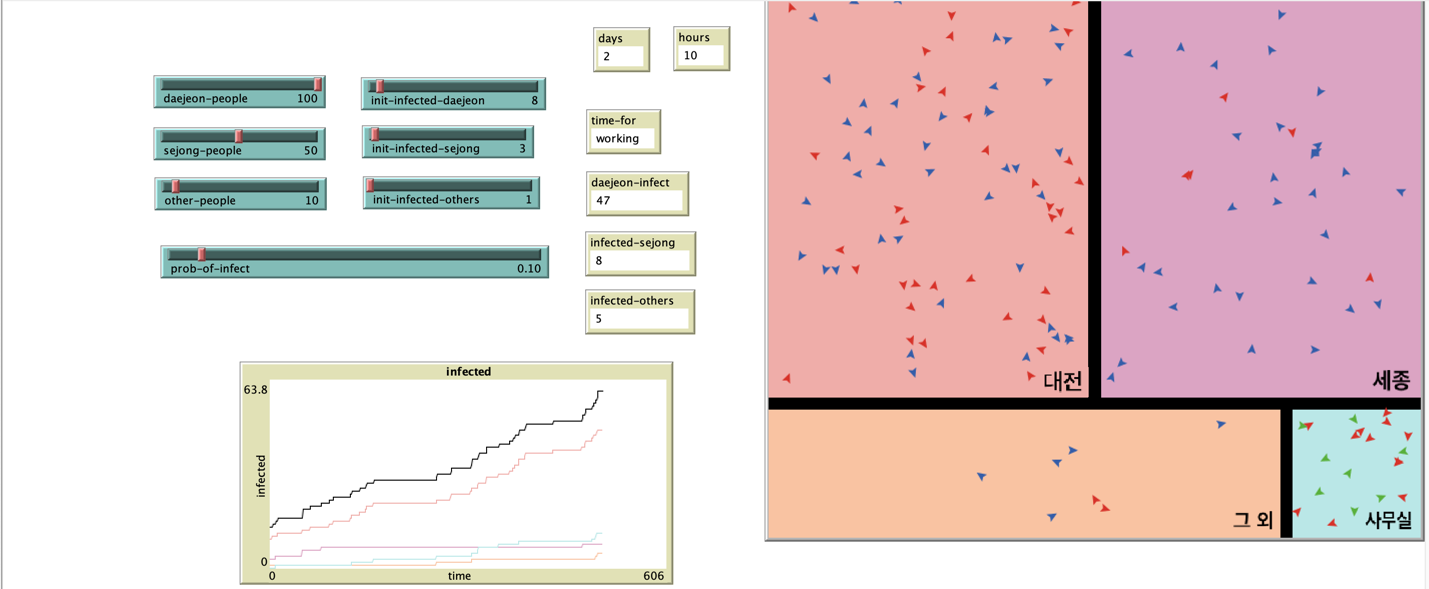
코로나-19 사태가 장기화 되면 우리 사회는 어떤 변화를 겪게 될까?   
지금까지 한번도 경험하지 못한 상황을 섣불리 판단하기 전에,   
현재 우리가 겪고 있는 상황을 보다 근사하게 가늠해 보려고 한다.

## Netlogo를 이용한 간단한 실험

감염병 문제를 해결하기 위해서는 어떤 특성을 가지는지 알아볼 필요가 있다.   
어떤 전파 양상을 띄는지, 언제 얼마나 많은 사람들이 감염될 지를 가늠하게 되면 그에 대한 적절한 대응이 가능하다.   
향후 전개될 복잡한 상황을 가늠해 보기 위해서는 현재까지 확보한 데이터를 기반으로 모형을 만들고 다양한 시나리오에 대해 **시뮬레이션**을 수행할 수 있다.

먼저 “스마트시티연구소에 코로나 바이러스가 도착하기까지” 를 시뮬레이션해 보았다. ABM(Agent Based Modeling)을 사용하여, 미시적 행위자(사람들)의 상호작용으로 거시적 결과(전체 감염자 수, 바이러스의 전파 양상)가 어떻게 나타나는지 확인하였다.

Netlogo로 시뮬레이션을 수행하였다. 연구소에 출근하는 직원들의 거주지는 대전이 가장 많았기에 대전, 세종, 그 외 지역으로 사람들의 속성을 나누었다. 감염률은 단순하게 “감염자 열 명을 만나면 한 번은 걸린다” 는 가정으로 0.1로 설정하였다.



단순하게 설정한 시뮬레이션으로, 불과 이틀 만에 절반에 가까운 직원이 감염되었다. 이 모형을 통해 **감염자 수가 늘어날 수록 전체 감염자 수가 증가하는 속도가 빨라진다**는 것을 확인할 수 있었다.

## STEM을 이용한 실험

STEM(Spatio-Temporal Epidemiological Modeler)은 IBM에서 개발하고 현재는 Eclipse 재단에서 관리하고 있는 오픈소스 소프트웨어로 “*시공간 기반 역학 모델러”* 다.

여기서의 역학(Epidemiology)은 전염병의 원인과 전염 과정에 대해 연구하는 학문을 의미합니다.

이해하기 쉽게 풀면, STEM은 감염병의 전염 과정을 시간과 공간에 기반한 모형으로 표현하고 시뮬레이션할 수 있는 도구다.

### STEM의 주요 요소

STEM에서 사용한 컴포넌트 중 주요한 몇가지를 들면 다음과 같다.

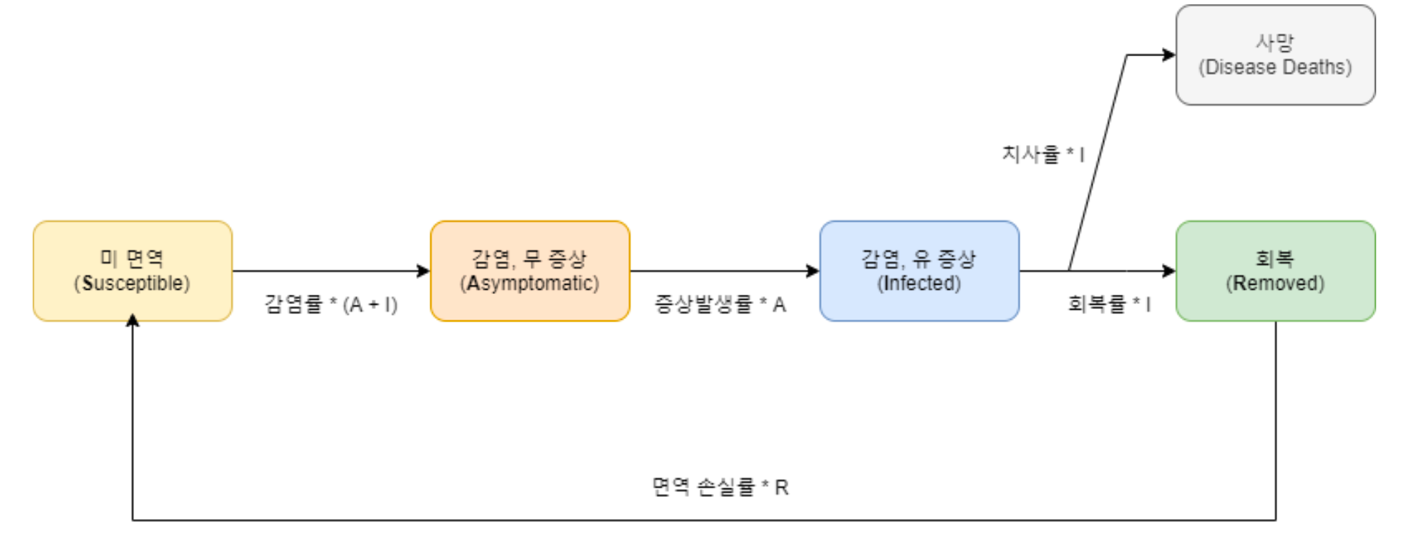
* Disease Model
  + 전염병의 진행 과정(상태)과 그것의 속성을 표현하는 가장 중요한 모델 중 하나다.
  + STEM에서는 SIR, SEIR 모델 등 Multi Compartment Model을 기반으로 다양한 확장형 모델을 제공한다.
* Disease infector, initializer
  + 전염병의 시작을 표현하는 모델이다. 위치(노드)와 초기 감염자 숫자(혹은 비율) 등을 지정할 수 있다.
* Transportation Model
  + 인접 지역 간 인구의 이동을 표현하는 모델이다.
  + 공통 경계를 가진 인접한 두 지역의 인구가 단위 시간마다 얼마나 이동하는지를 표현한다.
* Trigger, Predicator, Modifier
  + 특정 시간 혹은 특정 조건을 만족할 때(predicate) 모델의 변수를 수정할 수 있다.
  + Trigger 안에 Predicator와 Modifier를 넣어 세 개의 요소를 한 쌍의 형태로 묶어 사용한다.

STEM은 국가의 지도와 지역 별 인구, 항공편 이동 등을 그래프 형식으로 표현한 모형을 제공한다. 위에 작성한 요소들만 적절히 이용하면 어렵지 않게 시뮬레이션을 구현할 수 있다.

### 코로나-19의 모형

국내에서는 코로나로 인한 사망률이 다른 나라에 비해 높지 않다. 높은 수준의 의료 체계와 의료계 종사자 분들의 발 빠른 대처가 더해진 결과다.   
코로나-19의 두려운 점은 잠복기가 있고 잠복기 중에도 전염성을 가진다는 것이다. 이 코로나 바이러스의 전염 모형을 수학적으로 어떻게 표현할 것인가?

잠복기가 존재한다는 점은 감염가능군(Susceptible), 잠복기(Exposed), 감염군(Infected), 회복군(Recovered)로 표현되는 SEIR 모형과 유사하다. 기존의 SEIR 모델은 잠복기인 사람이 감염가능군에 있는 사람을 감염시킬 가능성이 없지만, 코로나는 잠복기인 사람도 전염성을 가진다. 또한, 회복되었던 사람이 재 감염된 사례도 있다.



다른 상태(구획)로 전이하는 데 영향을 미치는 주요 변수(parameter)는 아래와 같다.

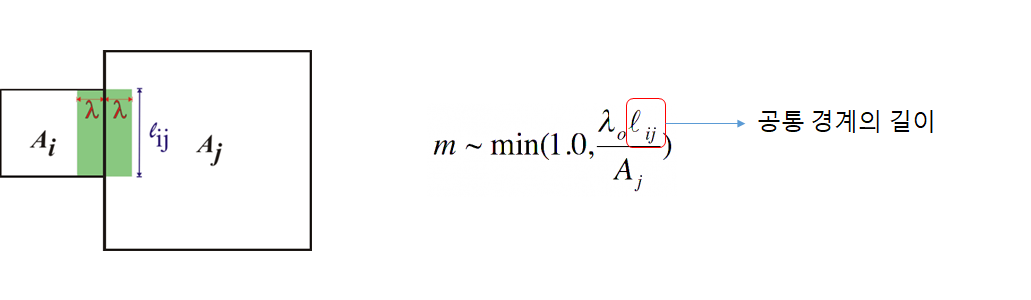
* 감염률
* 증상 발생(발현)률
* 회복률
* 치명률
* 면역 손실률

상기 변수들은 전염병의 각 상태 간의 전이를 표현하는 중요한 요소들이다. 공식적으로 발표된 자료가 없고 단순 통계자료만으로는 파악이 어렵기 때문에 우선 임의로 설정하고 다음 단계로 넘어간다.

### 대구, 경북 지역의 자발적 봉쇄

대구 신천지 집회 사건은 대량의 집단 감염을 초래했고 이 탓에 대구, 경북지역의 많은 감염자가 발생했다. 이에 대구, 경북 시민들은 다른 지역으로 확산하는 것을 막고자 자발적 지역 봉쇄를 하기 시작했고 해당 지역 인구의 타 지역 이동이 최소화 되었다.

이것을 시뮬레이션에 반영하기 위해서는 우선 STEM에서 인구 이동을 어떻게 표현되는 지 알아야 한다. 앞서, STEM의 주요 요소에서 언급한 Transportation Model이 인구 이동을 표현하는 모델이다.

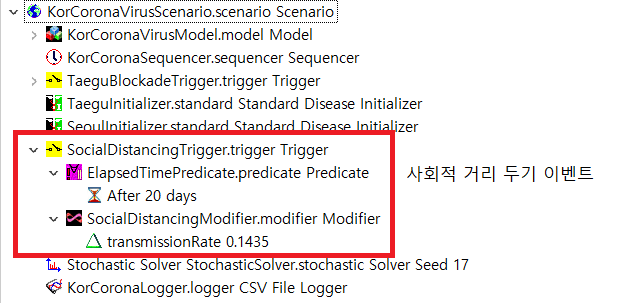


한 지역에서 인접한 다른 지역으로 이동하는 인구는 현재 있는 지역의 면적에 반비례하고, 평균 혼합 길이(람다)와 공통 경계의 길이에 비례한다는 것을 알 수 있다. 평균 혼합 길이는 최적화되어 제공되는 계수를 사용했고 공통 경계의 길이를 일정 비율로 줄여서 대구, 경북의 자발적 봉쇄를 표현하였다.

### 사회적 거리 두기의 표현

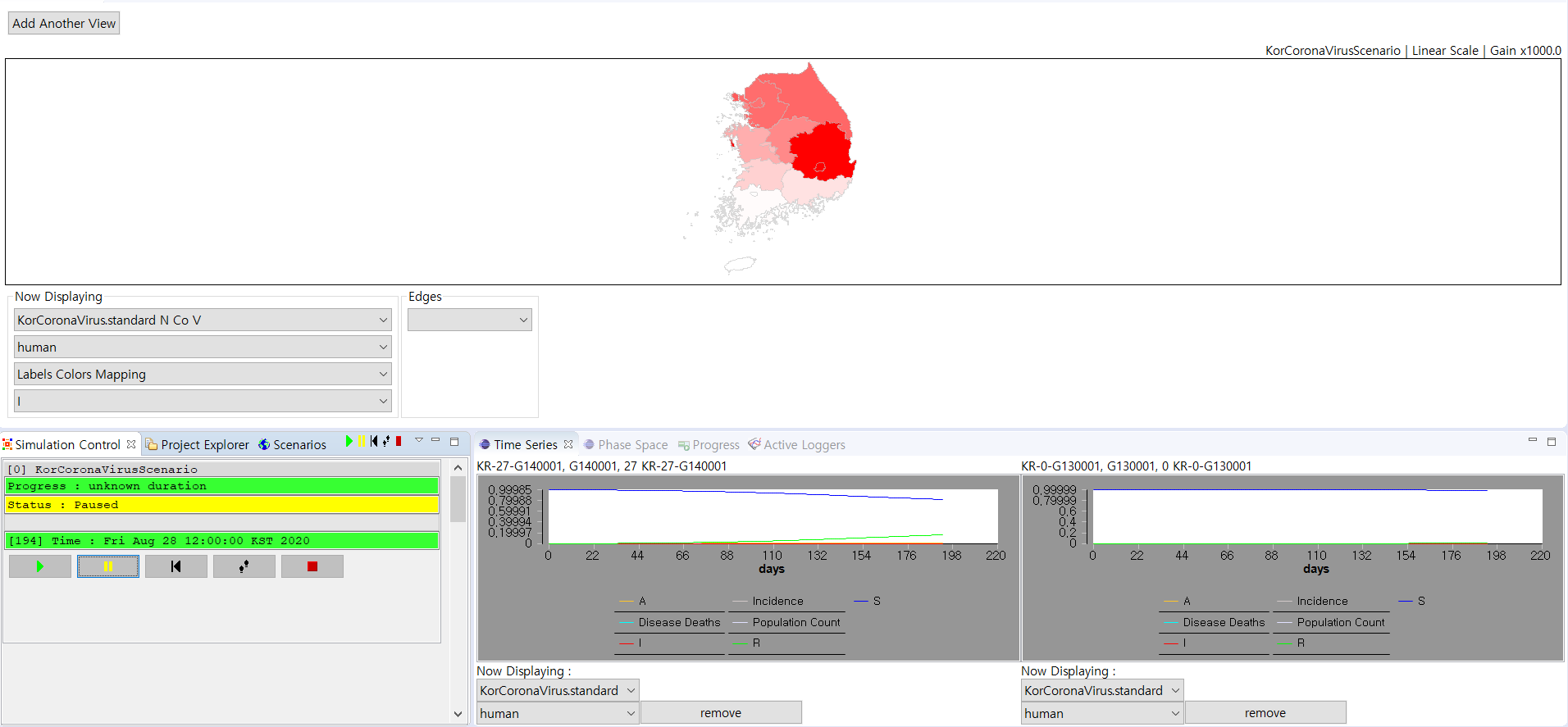
사회적 거리 두기는 감염이 걸린 사람과 감염되지 않은 사람 사이의 접촉 가능성을 감소시켜 질병의 전파를 늦추는 것을 목표로 하는 방법이다. 이러한 활동은 사람과 사람이 접촉할 확률 자체를 줄여주며, 직접적인 감염률의 감소로 이어진다.

우리 나라는 3월부터 본격적으로 강력한 사회적 거리 두기를 장려하며 코로나 확산을 늦추고 있다. 특정 시기(3월) 부터 감염률을 직접적으로 낮추는 이벤트를 만들어 시나리오에 반영하였다.



## 시뮬레이션 결과

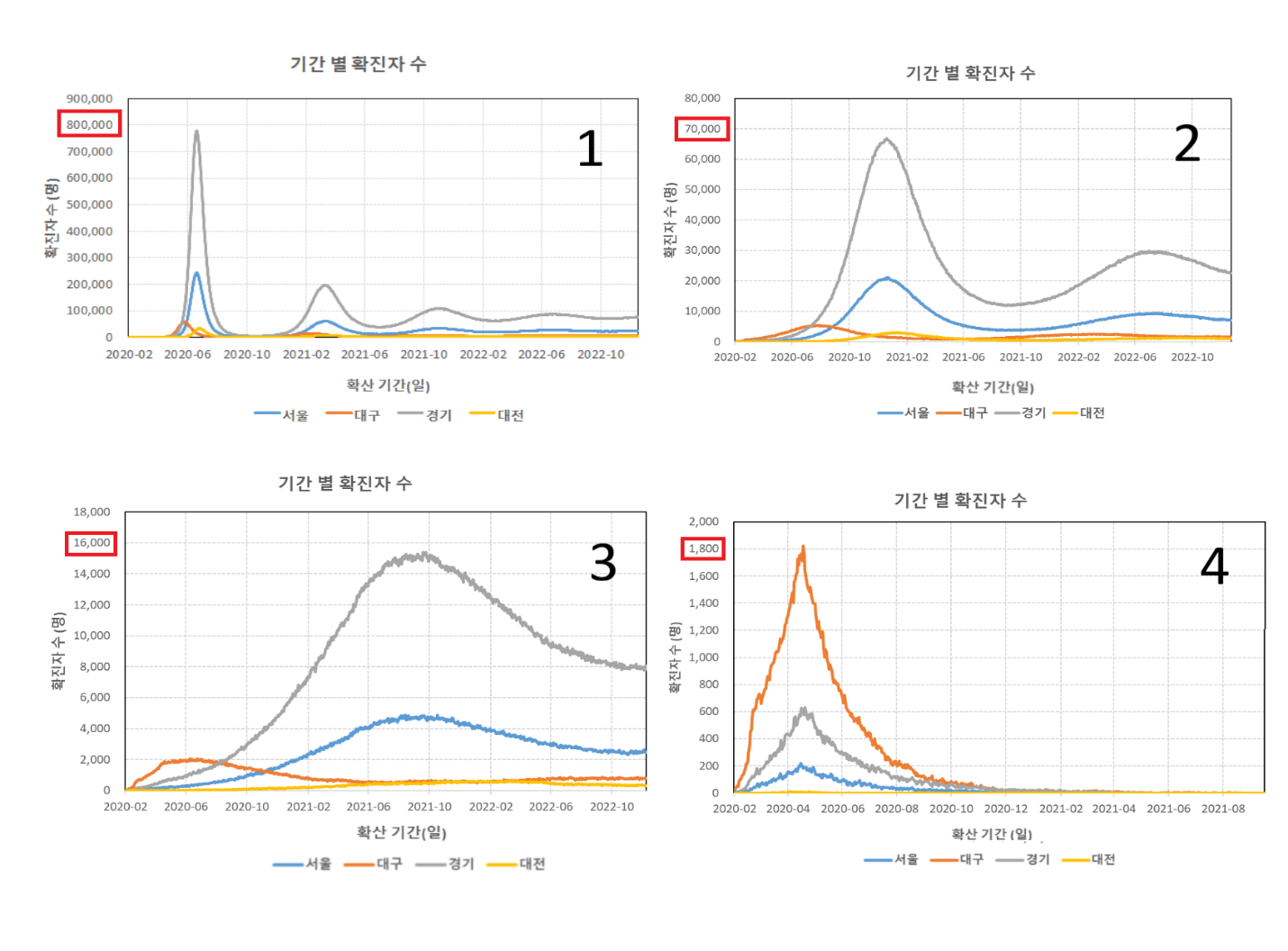
이번 시뮬레이션은 신천지 사건 이후에 일어날 일을 보기 위해 작성한 것이다. 때문에 본격적으로 확진자가 증가하기 시작하는 2월 17일을 기준으로 대구를 감염원으로 설정했다.



지역별 감염자(I 구획)의 수가 많아질수록 해당 지역이 붉은 색에 가까워진다. 원하는 지역별로 구획 간 비율을 관측할 수 있는 그래프도 제공한다.

여러 번 시뮬레이션을 실행하면서 4월 7일 기준 질병관리본부의 통계자료와 유사한 결과가 나올 때까지 이벤트와 코로나 모델의 변수들을 조정하는 과정을 거쳤다. 지도로 보이는 결과를 통해 대구와 경북 지역의 자발적 봉쇄가 반영된 시뮬레이션임에도 불구하고 타 지역으로 감염이 시작되면 타 지역 역시 확산을 막을 수 없다는 것을 확인할 수 있었다.

아래는 약 1000일 정도 시뮬레이션을 진행했을 때 확산 기간 별 확진자 수를 지역별로 나타낸 그래프이다..



1번 : 사회적 거리 두기를 중간에 그만두는 경우

2번 : 사회적 거리 두기를 현재 강도로 지속하는 경우

3번 : 사회적 거리 두기를 조금 더 강화하는 경우

4번 : 사회적 거리 두기를 대폭 강화하는 경우

1번에서 3번으로 갈 수록 가장 높게 치솟는 구간의 수치가 낮아지고 옆으로 퍼지는 현상을 확인할 수 있다.

위 결과를 통해 아래와 같은 인사이트를 도출할 수 있었다.

1. (지도로 보이는 결과를 통해) 대구와 경북 지역의 자발적 봉쇄에도 불구하고 타 지역으로 감염이 시작되면 지역 확산을 막기 어렵다.

2. 사회적 거리 두기와 같은 활동들을 통해 확진자의 증가 시기를 늦추며 확진자의 수를 현저히 감소시킬 수 있다.

3. 일정 수치 이하로 감염률이 떨어지면 확산의 종식도 가능하다.

## 개선점

시뮬레이션을 통해 한 차례 결과를 얻고 보니 개선해야 할 점을 많이 느꼈다.

첫 번째는 환자의 격리 상태 표현이다. 우리 나라는 코로나 사태에 대한 대처가 세계적으로 가장 잘 된 나라 중 하나이다. 높은 수준의 의료 체계와 격리 치료가 덕분에 신천지 집단 감염 사건이 있었음에도 불구하고 상대적으로 낮은 치사율과 높은 격리 해제율을 보여주고 있다. 격리된 환자는 감염 모델에서 다른 구획으로 분리하여 미 감염군이 감염될 확률에 영향을 미치지 못하도록 모델을 개선할 필요가 있다고 생각한다.

두 번째는 교통 정보 반영이다. STEM에서 기본으로 제공하는 지역 간 그래프와 인구 이동 모델은 우리 나라의 특성을 반영하기에는 부족한 점이 있다. 특히, 위성 도시에서 대도시로 출퇴근 하는 인구가 굉장히 많기 때문에 수도권의 확진자 비율이 대구와 경북 다음으로 높아야 한다. 그러나 STEM 시뮬레이션의 결과에서는 강원도와 비슷하게 확진자 비율이 나타나고 있다. 교통 정보를 반영한 한국의 모형을 만든다면 현실과 가까운 환경에서 시뮬레이션을 할 수 있다고 생각한다.

세 번째는 인구 그룹의 특성 반영이다. 현재 확진자를 연령대 별로 나누면 20대가 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 그러나, 치사율은 70대 이상의 고령의 인구가 가장 높다. 또한 신천지와 같은 고 위험군 감염 그룹을 분리하여 변수를 별개로 설정하는 것도 중요하다. 연령을 비롯해 치사율이나 감염률에 영향을 주는 그룹을 식별하여 반영한다면 정교한 시뮬레이션이 가능할 것이라고 생각한다.

## 결론

지금도 강도 높은 사회적 거리 두기를 하고 있지만 여전히 확산이 되고 있기 때문에 백신이 개발되지 않는다면 확산을 종식시키에는 어렵다고 생각한다. 하지만 단기간에 확산되지 않게 함으로써 충분한 의료자원 확보와 백신 개발까지의 시간을 벌 수 있으므로 지금의 상태를 지속하는 것이 옳다고 생각한다.

각 분야의 전문가들이 코로나 바이러스 사태를 해결하기 위해 노력을 아끼지 않고 있다. 스마트시티 연구소 역시 해결을 위한 노력을 계속할 예정이다.

조속히 사태가 마무리되어 2020년의 봄을 만끽할 수 있기를 바라며 글을 마무리한다.