

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：17601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22790562

研究課題名（和文） ヒトとヒトの接触行動を考慮した学級閉鎖等の最適な開始基準と
実行期間の検証研究課題名（英文） Evaluating the start criteria and implementation period of the class
closure considering with the human contact behavior

研究代表者

竹内 昌平（TAKEUCHI SHOUHEI）

宮崎大学・医学部・助教

研究者番号：80432988

研究成果の概要（和文）：

本研究では、個人ベースのシミュレーションモデルを用い、またヒトとヒトの接触行動を考慮した上で、学級閉鎖による感染症流行の抑制の効果を検証し、学級閉鎖の最適な開始基準と実行期間を探ることを目的とした。

研究の成果としては、ヒトとヒトの接触行動の特徴をつかむことができたこと、学級閉鎖はコミュニティ全体の感染症流行の最終規模を下げるだけでなく、流行のピーク時の新規感染者数を抑えることが挙げられる。また、学級閉鎖は可能な限り早く開始した方が良いことが示された。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study was evaluating the effect of the class closure on the infectious disease epidemic considering with the human contact behavior using the individual based model simulation.

The result indicated that 1) the sex and marriage status did not associated with the No. of human contact behavior and 2) the class closure decreased the final size of the epidemic and the No. of the newly infected people at the peak of epidemic.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：公衆衛生学・健康科学

キーワード：疫学

1. 研究開始当初の背景

季節性、または新型のインフルエンザは、日本を含め世界中で毎年流行しており、その重要な公衆衛生学的な対策の1つとして、集団を対象とした感染経路対策が挙げられる。日本では感染経路対策として、学校閉鎖・学年閉鎖・学級閉鎖や、職場閉鎖、集会の禁止

などが行われている。このような公衆衛生学的アプローチは、インフルエンザの種類によらず実施可能なため、非常に重要な役割を持っているといえる。感染者から他の生徒を隔離するという形態から経験的に感染経路対策として行われており、感染症予防の効果が期待されていたが、本来の目的が「授業の進

度を揃える事」(井上、2000)であるため、感染症の予防対策としては正式に認められてこなかった。また、若年層同士は特に密な接触を繰り返し、感染症の流行に対し大きな影響を与えることが知られ始めたため、学級閉鎖等はこういった結果からもそのインフルエンザ予防の効果の大きさが想像される。しかし、現在これらの対策に対し科学的な根拠に基づいた明確な基準はなく、自治体等により実施方法が異なることも多い。

現在までに、学級閉鎖等の基準について明言されていない理由の一つとして、統計的に効果を推定するために、精緻にデータを収集し交絡因子の影響を除去することが非常に難しいことが挙げられる。また過去にも、学級閉鎖の効果を定量するためのシミュレーション研究が行われている (Shibata et al, 1960) が、コンピュータの制約などにより、非現実的な二項連鎖モデルを用いたものであった。現在では、より明示的な評価をするために、より洗練された方法を用いる必要がある。その1つとして個人ベースのシミュレーションモデルが挙げられる。個人ベースのモデルでは、1人1人を区別して扱うため、ヒトとヒトの接触行動のデータを加味することができる。しかし、海外でこのようなヒトとヒトの接触行動を調べた研究 (Wallinga, 2006) はあっても、日本におけるヒトとヒトの接触行動の研究はほとんどない。研究代表者である竹内が宮崎県で行っている約 3000 名を対象としたパイロット調査において、海外で発表されている接触の様子と異なる様子も見られ (未発表データ)、感染症の流行について議論するにはより詳細な地域特性も含めた日本人の行動データを集める必要があると考えられる。

2. 研究の目的

そこで本研究では、感染症の流行に関わるヒトとヒトの接触に関する行動を1万人規模の対象集団において調査し、そこで得られた結果を元に数理モデルを用いて「学校閉鎖・学年閉鎖・学級閉鎖の効果」を具体的に数値化し、「最適な開始基準と実行期間」について検討することを目的とし、先行研究によく用いられている妥当性のある数理モデルを元にしたシミュレーションを行う。シミュレーションは、学校、学年、学級を別々に定義した数万人規模の集団で、離散的確率的な個人ベースのシミュレーションを行う。個人ベースのシミュレーションは、その特徴として、解析により得られる結果が、より現実的で、さらに他の研究の結果とも直接比較、検討が可能なこと (稲葉、2008) が挙げられるため、適切な政策の提言を行うことも目的とする。

3. 研究の方法

(1) インフルエンザ流行モデルに必要なパラメータ、特にヒトの接触行動に関するデータの収集

感染にかかわるヒトの接触行動についてデータを収集する。これは専門学校の学生とその家族などの協力を得て行うこととする。

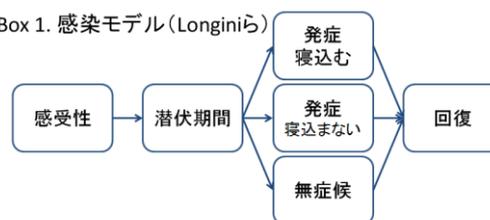
(2) 現実の学級閉鎖の様子データの収集
実際に学級閉鎖を行った際の欠席者数などを収集する。

(3) 数万人規模の人口を想定したインフルエンザ流行のシミュレーションモデルの作成

インフルエンザのシミュレーション研究によく使われているモデル (Box. 1) を採用し妥当性を保つ。この際、潜伏期間は最低 0.5 日で平均 1.48 日となるワイブル分布

(Ferguson et al, 2005)、感染性期間は平均 4 日となる γ 分布を採用する。学級閉鎖等に焦点をあてるため、ヒトの接触は少なくとも「クラス内」と「クラス外」における。シミュレーションの単位時間は1時間とし、対象となる個人がクラス内にいるのか、クラス外 (その他のエリア) にいるのかは、時間による行動の変化や学級閉鎖の実施により規定する。このとき、クラス内では同年齢グループ内 (同級生) のみの接触を考慮し、クラス外では年齢グループ間の接触も考慮する。これはクラス内外における感染者と感受性の接触を現実的に再現し、妥当性のある遷移確率 (状態が変化する確率) を仮定することが可能となる。

Box 1. 感染モデル (Longiniら)



感染状態	無症候	発症、寝込む	発症、寝込まない
7歳未満	1/3	8/15	2/15
7歳以上19歳未満	1/3	1/2	1/6
19歳以上	1/3	1/3	1/3

(4) 現在の学級閉鎖等の行われ方に合わせたセッティングを用いたシミュレーションと感度分析

学級閉鎖等の現状に合わせたシミュレーションと感度分析を行い、開始基準と実行期間について検討し、もっとも効果の大きくなる組み合わせを探す。この際、どのようなパラメータが学級閉鎖等の効果に影響を与えるのかを検討し、適切な開始基準と実行期間を様々なシチュエーションで判断できるような指標を作る。また、逆に開始が遅れてし

まった場合にどのようなことが起こるのかも同時に検討する。

(5) 最適な開始基準や期間を用いた学級閉鎖等の効果の発表

シミュレーションと感度分析により見つけられた「最適な開始基準と実行期間」における学級閉鎖・学年閉鎖・学校閉鎖の効果とその違いについて発表する。この際、実際の学級閉鎖等の様子との比較を行い、モデルの妥当性を検証し、その上で学級閉鎖により損なわれる授業数をコストとして考慮に入れる。

(6) 政策の提言

新しい開始基準や、他の介入との連携を含めたもっとも効果的な学級閉鎖のあり方を発表し、その有効な利用法について政策提言を行う。

4. 研究成果

(1) 現実の学級閉鎖の様子のデータ収集

感染症の流行を予測するシミュレーションモデルを作成するに先だて、実際の学級閉鎖の様子のデータを収集した。図 1a, b は、その 1 例として 2006~2007 年シーズンの学級閉鎖の様子と欠席者数、感染者数の様子を示すものである。

流行が起こると指数増加的に累積学級閉鎖数や累積欠席者、累積感染者が増加するのがわかる。

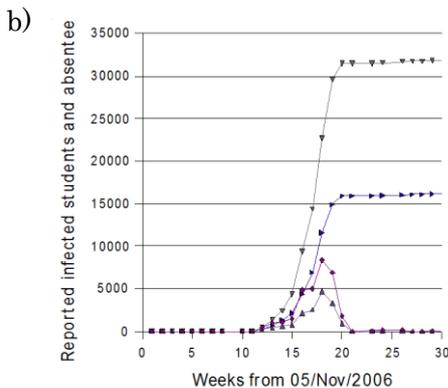
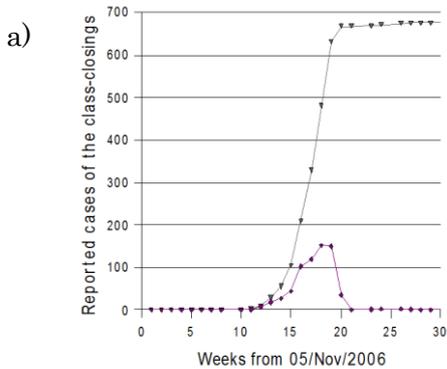


図 1. 学級閉鎖とその際の欠席者、感染者の様子

a) は累積学級閉鎖数と新規学級閉鎖数、b) は累積感染者数・欠席者数と新規感染者数・欠席者数を表す。

(2) シミュレーションモデルの作成

シミュレーションモデルは、学級閉鎖の効果を検証することが目的なので、学校とコミュニティという二つの場所を作成し、時間や学級閉鎖によって、個人が属する集団を変化させることとした。

具体的には、休日であればどの年齢層もコミュニティに属し、逆に平日昼間のスクーリングタイムであれば、学童は学校のクラスに属する。ただし、欠席している学童や、学級閉鎖中のクラスの学童はコミュニティに属するものとする。

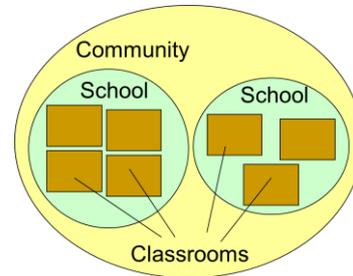


図 2. 本シミュレーションモデルの構造

感染は、コミュニティ内または学校内ではクラスごとに均一に起こるものとし、以下に示す確率過程に従うこととした。

コミュニティ内

$$P_{co} = 1 - \prod_{j=0}^6 \exp\left(\frac{-\beta m_j l w_j}{N_j}\right) \times \prod_{j=0}^6 \exp\left(\frac{-\beta m_j l c_j}{N_j}\right) \times \prod_{j=0}^6 \exp\left(\frac{-0.5 \beta m_j l a_j}{N_j}\right)$$

- P_{co} : probability of infection in the community in age group i
- m_j : the # of contacts of the individuals in age group i to the individuals in age group j
- β : probability of infection per contact
- $l w_j$: the No. of individuals (ill and withdrawal) in age group j
- $l c_j$: the No. of individuals (ill and circulating) in age group j
- $l a_j$: the infected individuals (asymptomatic) in age group j
- N_j : the population size of age group j
- $l w_j$ is including the absentees.

クラス内

$$P_{cl_k} = 1 - \exp\left(\frac{-\beta m_k l w_k}{N_k}\right) \times \exp\left(\frac{-\beta m_k l c_k}{N_k}\right) \times \exp\left(\frac{-0.5 \beta m_k l a_k}{N_k}\right)$$

- P_{cl_k} : probability of infection for the student in the class k
- m_k : the # of contacts between students in the class k
- β : probability of infection per contact
- $l w_k$: the No. of students (ill and withdrawal) in the class k but not absentees¹
- $l c_k$: the No. of students (ill and circulating) in the class k
- $l a_k$: the No. of students (asymptomatic) in the class k
- N_k : the No. of students in the class k

また、学級閉鎖は、欠席している学生の人数がクラスの中で一定の割合を超えた場合、休日を含み一定期間休みとするものと定義した。ここで欠席している学生とは、平日の朝8時の段階で発症し寝込んでいる学生を指す。

(3) シミュレーションと感度分析

本研究では、収集したヒトとヒトの接触行動のデータはまだ発表されていないため、すでに公表されているデータを用いたシミュレーションを結果の一例として図3に示す。これは、基本再生産数 R_0 を2.6とし、学級閉鎖を開始する基準を欠席している学生が1割～3割、学級閉鎖を継続する期間を2日～4日と変化させた際の流行の様子を示している。

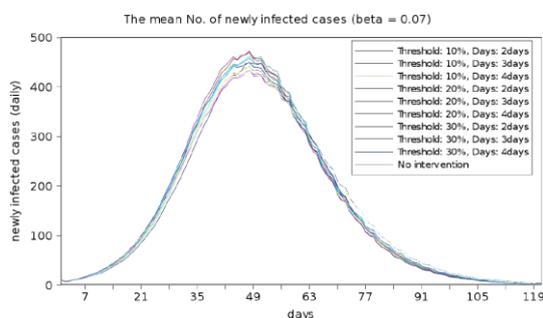


図3. 基本再生産数 R_0 を2.6とした際の流行曲線
学級閉鎖を開始する基準を欠席している学生が1割～3割、学級閉鎖を継続する期間を2日～4日と変化させている。

このシミュレーションの結果と感度分析より、学級閉鎖は、学級閉鎖をしない場合に比べ、欠席している学生の割合を1割にすることで、流行の最終規模、流行のピーク時の感染者数を有意に減少させることが示された。

(4) ヒトとヒトの接触行動のデータ

ヒトとヒトの接触行動のデータの概観を図4に示す。このデータを解析したところ、性別や配偶者の有無と行った属性は特に接触回数に影響していなかった。

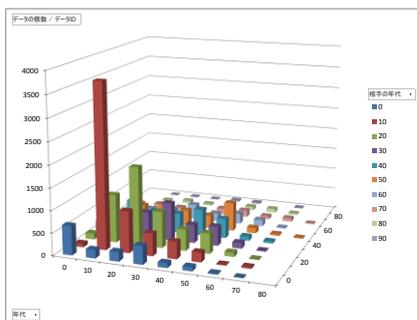


図4. ヒトとヒトの接触行動の概観

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計4件)

1. 竹内昌平, 山内武紀, 黒田嘉紀: 新型インフルエンザの基本再生産数を活用するために ～県単位の基本再生産数の推定～, 第84回日本産業衛生学会, 2011年5月5月20日, 東京
2. 竹内昌平, 黒田嘉紀: 感染症の流行に関するヒトとヒトの接触行動の研究 (シンポジウム), 日本数理生物学会, 2010年9月14日, 北海道
3. 竹内昌平, 黒田嘉紀: 感染症の流行に関するヒトとヒトの接触行動 -接触回数と接触時間について-, 日本産業衛生学会九州地方会学会, 2010年6月18日, 福岡
4. 竹内昌平, 黒田嘉紀: 感染症の流行に関するヒトとヒトの接触行動の研究, 第80回日本衛生学会, 2010年5月11日, 宮城

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 昌平 (TAKEUCHI SHOUHEI)
宮崎大学・医学部・助教
研究者番号: 80432988

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: