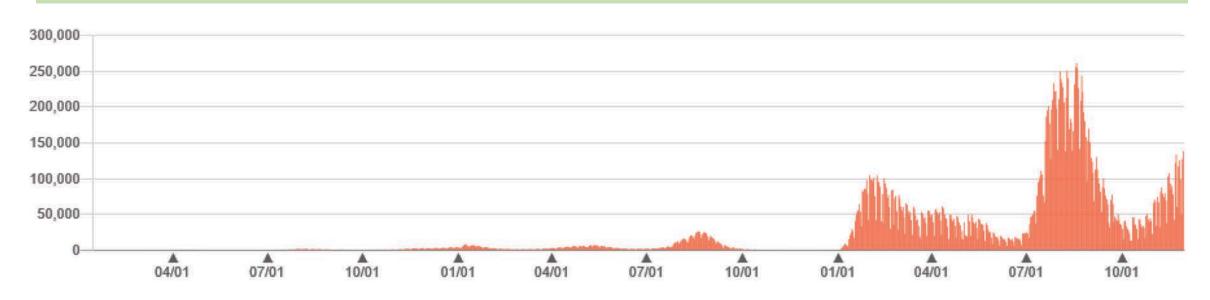
2022年12月10日 MIMS研究会(online) 社会物理学とその周辺

COVID-19の 新しいコンパートメントモデル



小田垣 孝 科学教育総合研究所·九州大学

目次

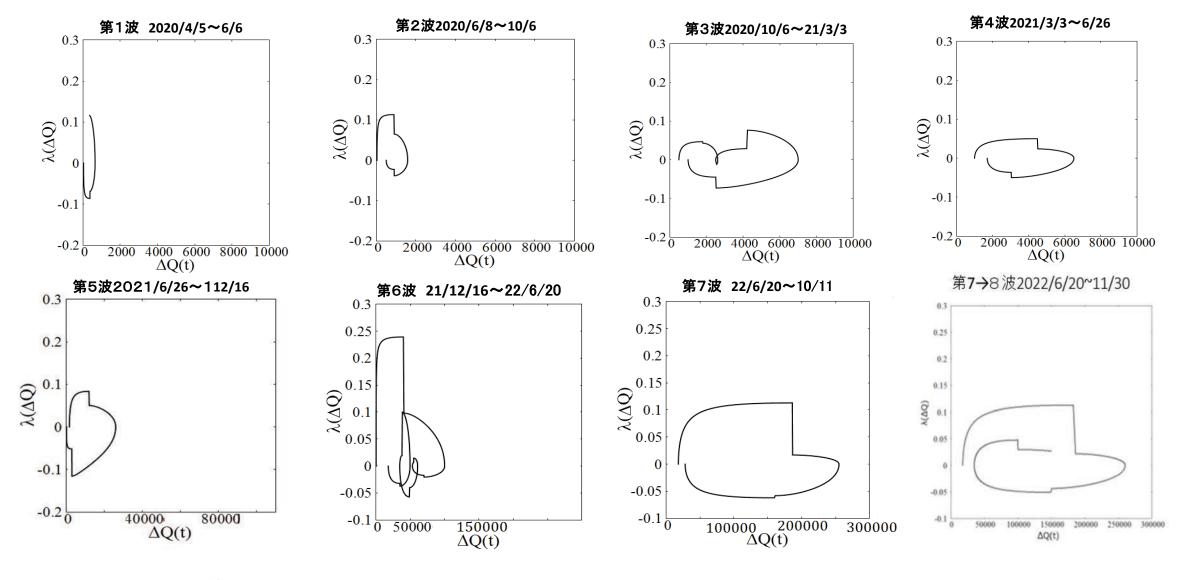
1.日本の現状とCOVID-19の特徴

2.これまでのコンパートメントモデル

3.新しいコンパートメントモデル

1. 日本の現状とCOVID-19の特徴

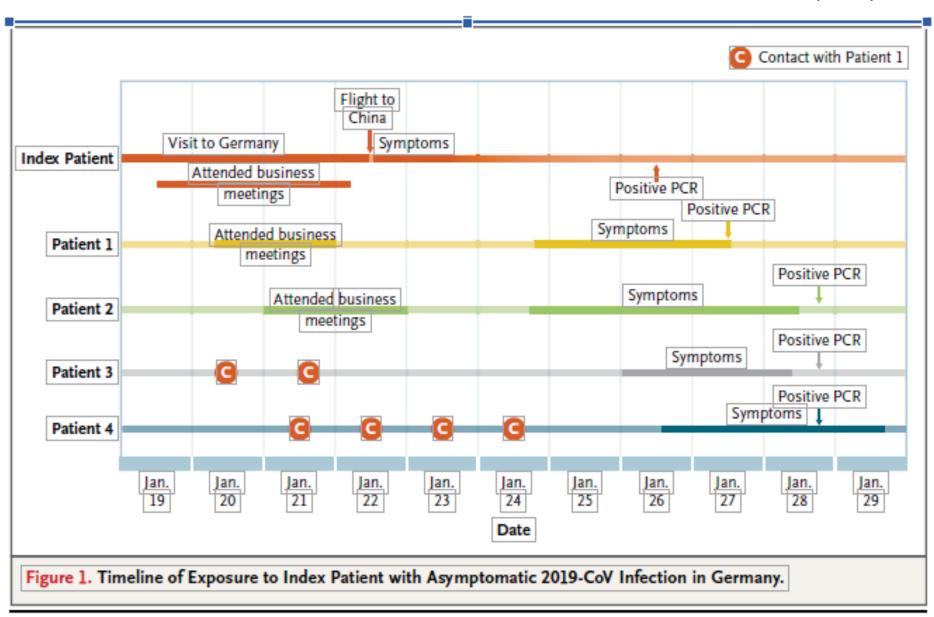
日本の感染状況図第1波~第8波

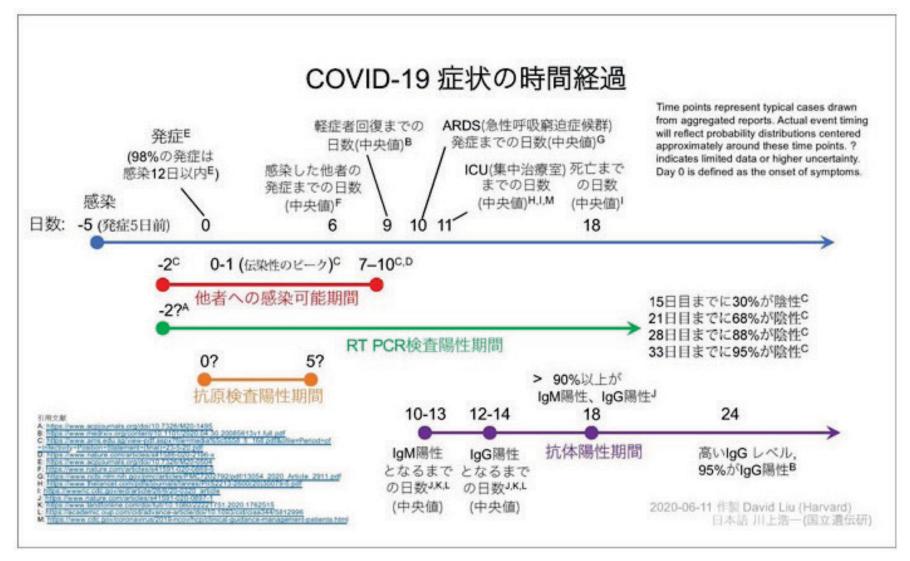


第5波以外は 波の終点での新規感染者数>波の始点での新規感染者数

無症状状態での感染の最初の例

C Rother etal, NJM 382,970 (2020)

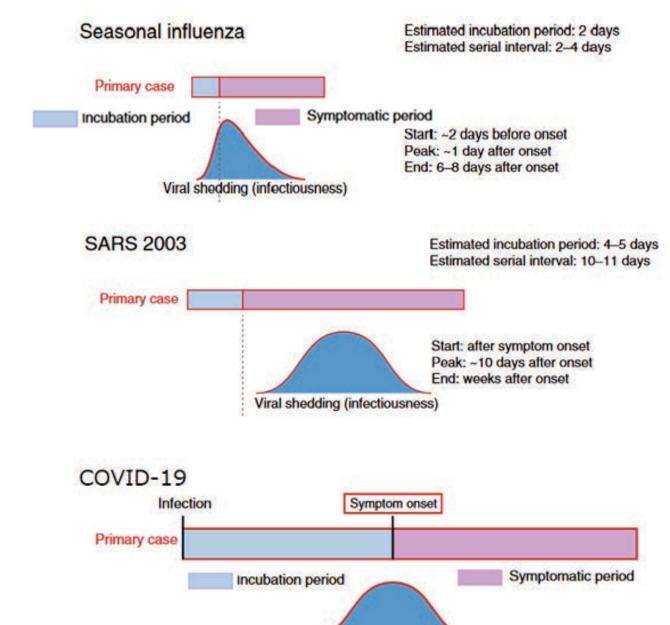




David R. Liu on Twitter 川上浩一(国立遺伝研)訳

感染期間の比較

From He X etal (2020) Nature Med 26, 672



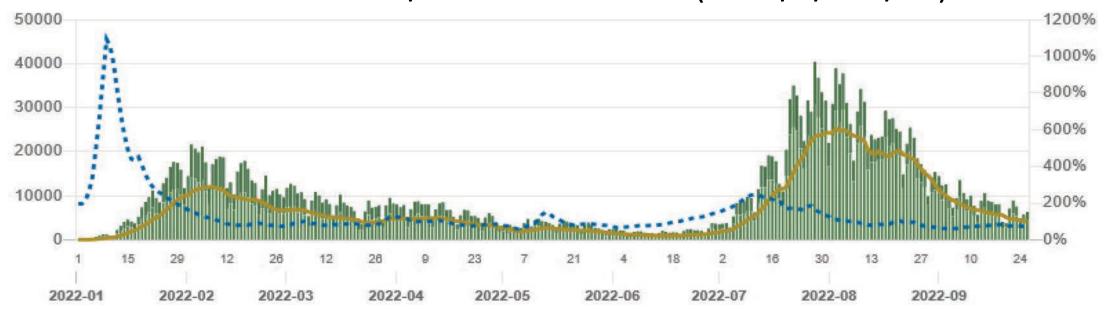
Distribution of onset of infectiousness

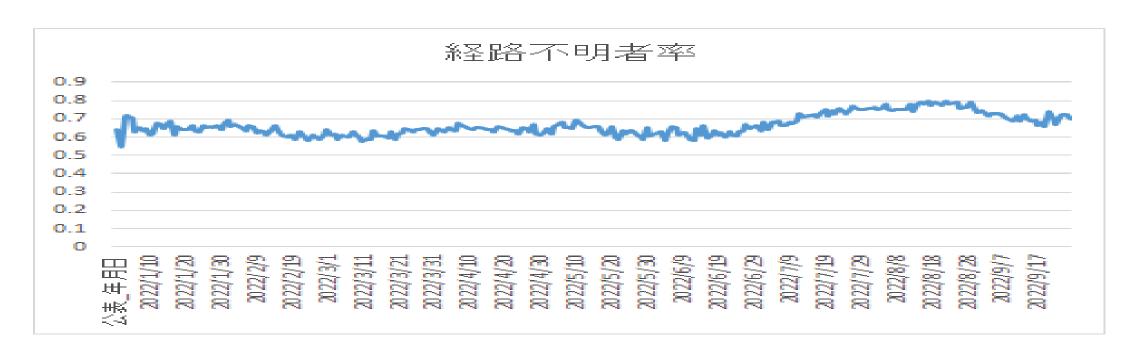
Oxford University

Presymptomatic	46%
Symptomatic	38%
Asymptomatic	10%
Other	6%

From Ferretti L et al (2020) Science 368,6491

感染経路判明者/不明者数 東京都(2022/1/1~9/26)





COVID-19 の特徴

- 1. 発症前に感染力をもつ
- 2. 発症する人と、全く発症しない人がいる
- 3. 無症状感染者も感染力をもつ
- 4. 症状にかかわらず検査で感染を判別できる
- 5. 感染経路不明者が一定の割合で存在する

2. これまでのコンパートメントモデル

SIRモデル

(日本他多くの国で用いられている)

S 未感染者

感染•発症•感染力

R 治癒=免疫 死亡

- > 隔離感染者と市中感染者を区別しない
- ▶ 発症前には感染させない
- > 無症状者は感染させない
- > 日毎陽性者数と市中感染者数の関係は不明
- ▶ 発症率などはパラメーターとならない

これらのモデルではCOVID-19

の特徴を捉えられない

SEIR モデル

潜伏期間の人を別の区分にする

S 未感染者

E 感染者

発症・感染力

R 治癒=免疫 死亡

感染率の変化としてSIRモデルに取り込める

SIQR モデル

T.O: IDM **5**, 691(2020)

Physica A 564, 125564 (2021)

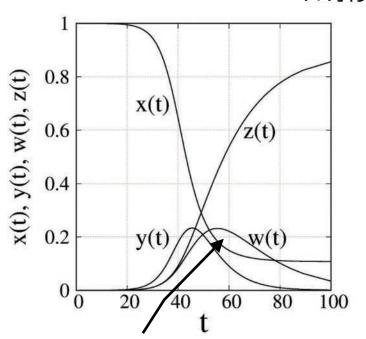
隔離された人は感染させない

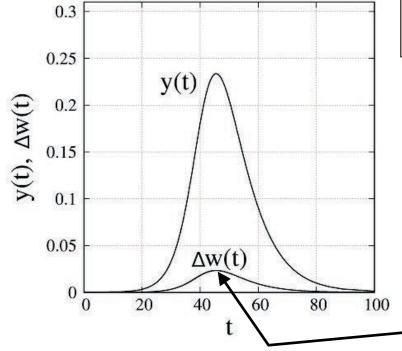
PCR検査

 S
 隔離者
 治癒=免疫

 未感染者
 I
 死亡

日毎陽性者数と市中感染者数の関係が分かる





感染経路不明者 を捉えられない

$$\beta = 0.4, q = 0.1,$$

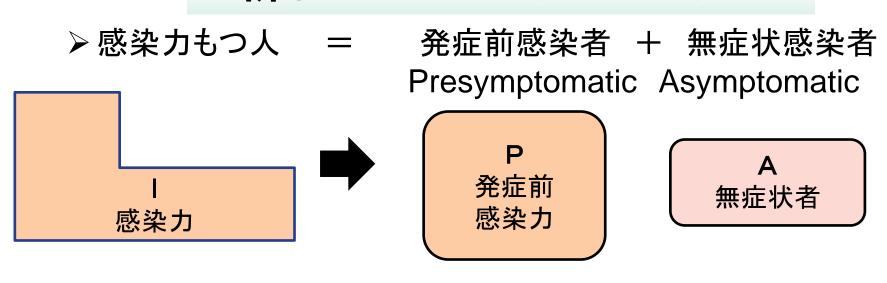
 $\gamma = \gamma' = 0.06$

感染者数は日ごと陽性 者数の 1/q 倍多い

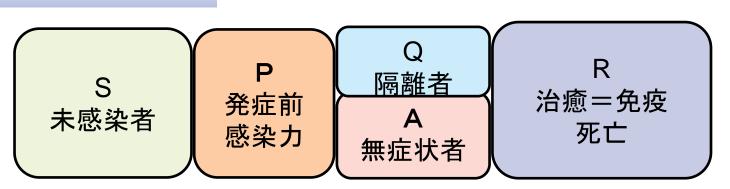
感染者数と入院者数のピークがずれる

3. 新しいコンパートメントモデル

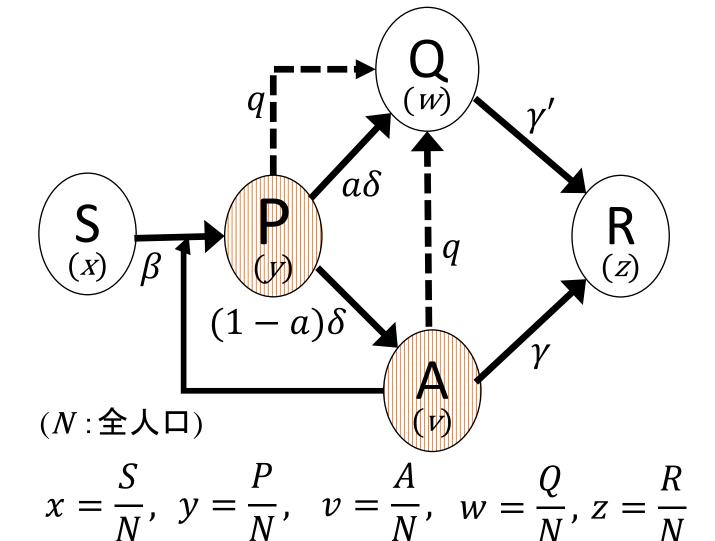
新しいコンパートメント モデル



SPAQR モデル



感染経路不明者数と発症率・市中感染者数の関係が分かる



β	感染係数	q	発症前/無症状者検査隔離率
δ	P->A•Q 遷移率	γ	無症状者治癒率
а	発症率	γ'	隔離者治癒率

Basic equations

$$\frac{dx}{dt} = -\beta x(y+v)$$

$$\frac{dy}{dt} = \beta x(y+v) - qy - \delta y$$

$$\frac{dv}{dt} = (1-a)\delta y - qv - \gamma v$$

$$\frac{dw}{dt} = a\delta y + qy + qv - \gamma' w$$

$$\frac{dz}{dt} = \gamma v + \gamma' w$$

$$x + y + v + w + z = 1$$

日毎新規隔離
$$\Delta Q/N = a\delta y + qy + qv$$

者数

パラメータ

$$a = 0.75$$

感染者数

感染力を持つ $\Im/N = y + v \equiv \mathcal{F}\Delta Q/N$

$$\beta = 0.2 \sim 0.4$$

隔離者数

$$\gamma = 0.13$$

感染経路不 明者の割合

$$f = \frac{(1-a)y+v}{v+v}$$

$$\gamma' = 0.1$$
 $\delta = 0.2$

$$q = 0 \sim 0.2$$

初期条件

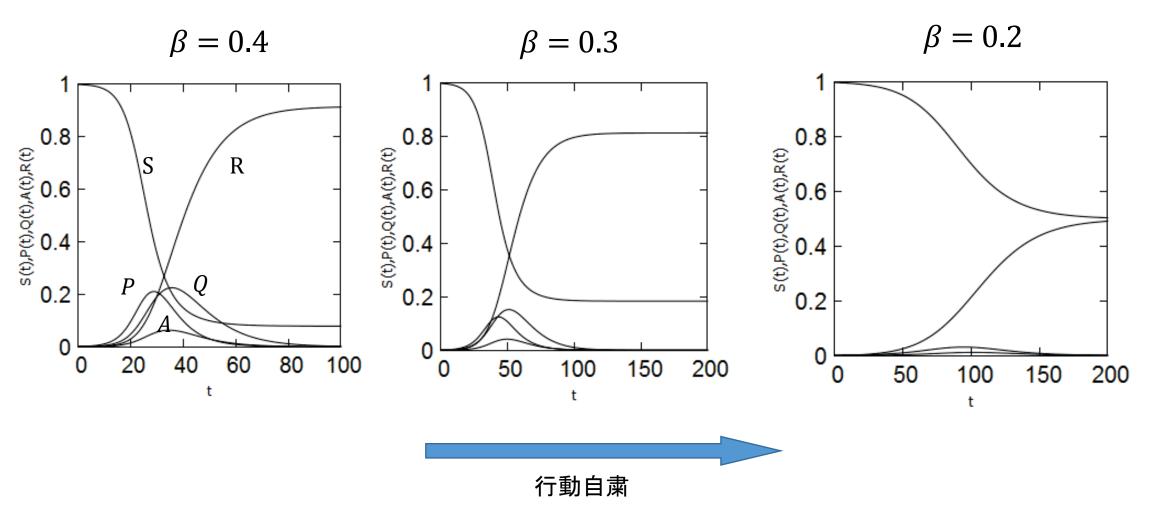
$$x = 0.999$$

 $y = 0.001$

$$v=w=z=0$$

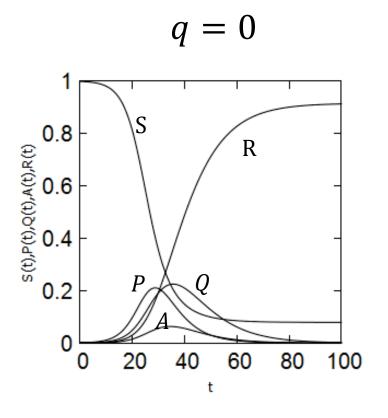
感染曲線

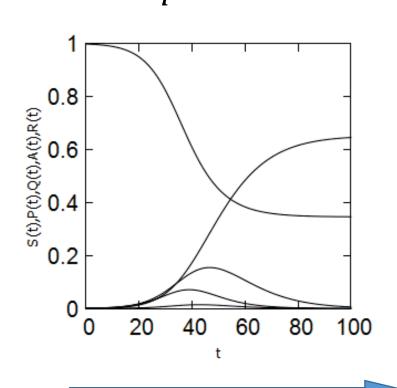
q=0 対策としてのPCR 検査なし

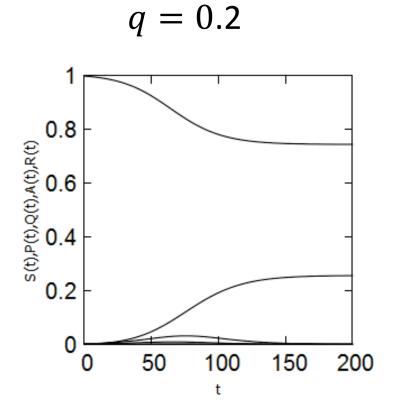


感染曲線

eta=0.4 弱い行動自粛q=0.1





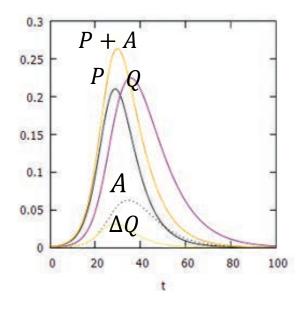


PCR 検査強化

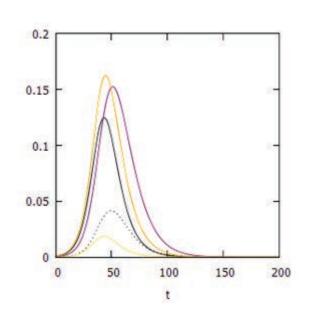
感染者数

q=0 対策としてのPCR 検査なし

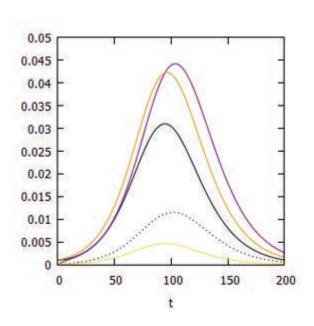
$$\beta = 0.4$$



$$\beta = 0.3$$



$$\beta = 0.2$$

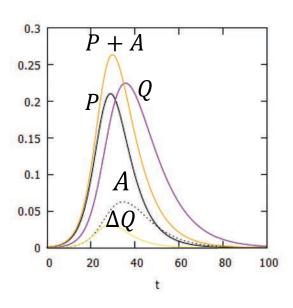


行動自粛

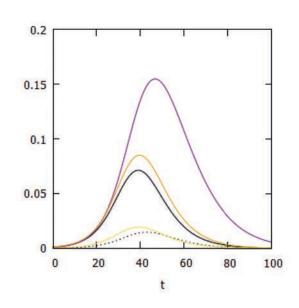
感染者数

$$eta=0.4$$
 弱い行動自粛

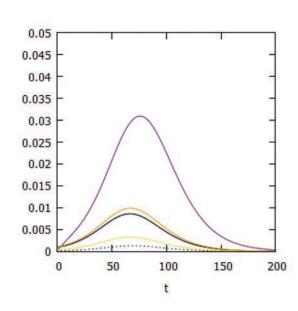
$$q = 0$$



$$q = 0.1$$



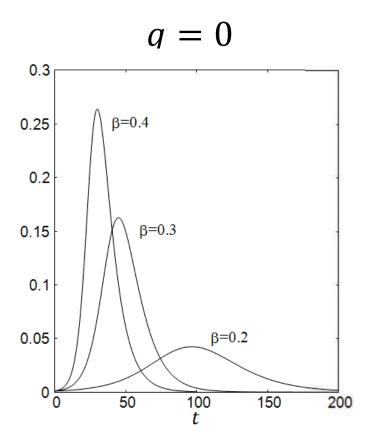
$$q = 0.2$$

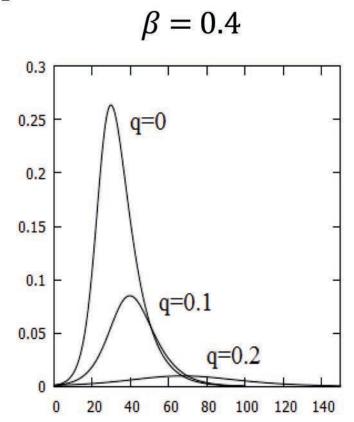


PCR 検査強化

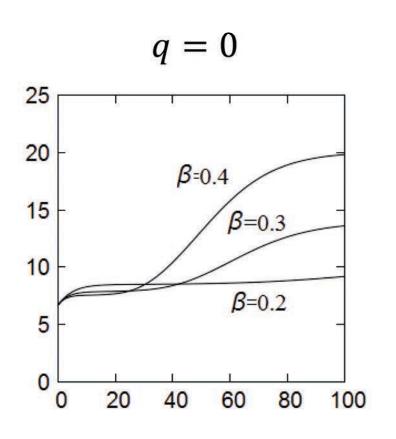
市中感染者数

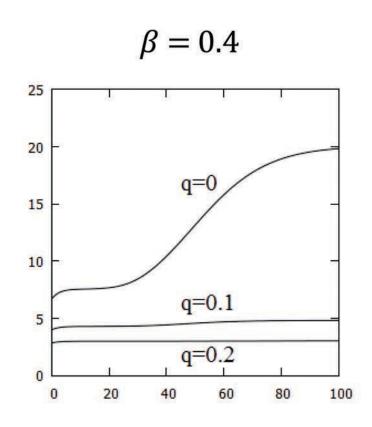
P + A



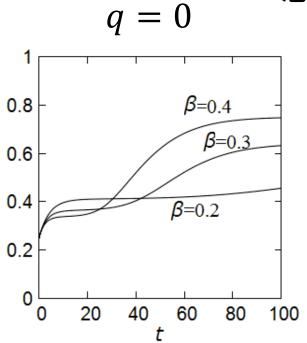


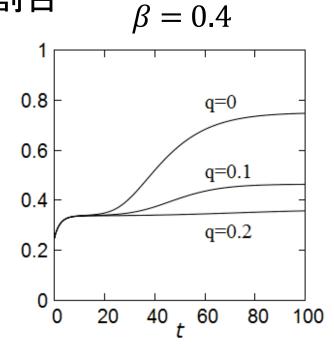
市中感染者数/日每新規隔離者数





感染経路不明者の割合







結 論

1. q は感染を抑える効果大発症前/無症状感染者の検査による発見・隔離が重要 □ 日本では、検査は主に有症状者がコロナに感染しているかどうかの判断するために用いられ、パンデミック対策としては用いらていない。

2. 感染経路不明者の割合の活用 発症率や市中感染者と新規陽性者数の関係が推定で きる

(2022年3月26日MIMS研究会で発表)

感染症対策

- 1. 自然免疫を待つ 有史以前(初期のスウェーデン型)
- 2. 発症者の隔離 ローマ時代から
- 3. 都市封鎖 中世ヨーロッパ以来(中国型)
- 4. 行動制限+重症者対策+ワクチン接種(日本型) 感染させない・しない効果があればよいが
- 5. 無症候者を検査で発見・行動制限

第3の政策

おわり

有り難うございました



モデルでひもとく 社会の構造とダイナミクス

> 小田垣 孝·佐野幸恵 山崎義弘·山本 健

