



第14回
サイエンス研究会

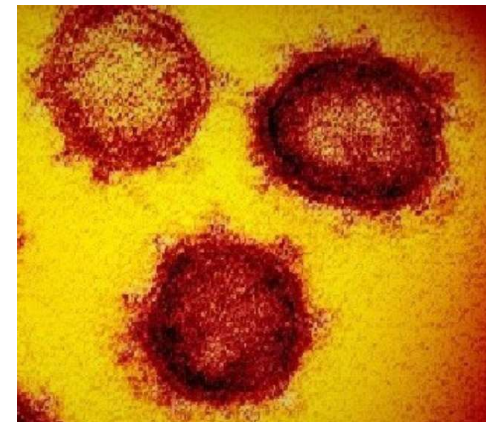
新型コロナ 年代別死者数統計に基づく 感染の広がりの推定

2021年3月17日

西元

今日のお話

- ① 背景と狙い …… 感染の広がりが見えない不気味さを何とかしたい
- ② 感染の広がりの推定方法 …… 恣意的な感染者数 \rightarrow 死者数 / 致死率
…… 第1回抗体検査を境界条件として反映
- ③ 推定結果 …… 致死率の範囲の見極め \rightarrow ラッキーにも推定範囲が狭まった
…… 感染の広がりの推定 \rightarrow 公表の8~13倍ものサイレント感染者？
- ④ 検証 …… クルーズ船データによる検証 \rightarrow よく符合した！
…… 第2回抗体検査による検証 \rightarrow 符合！まぐれ？
- ⑤ まとめ …… 本論で分かったこと、各界の専門家より賛否戴く



今日のお話

- ① 背景と狙い …… 感染の広がりが見えない不気味さを何とかしたい
- ② 感染の広がりの推定方法 …… 恣意的な感染者数 \rightarrow 死者数 / 致死率
…… 第1回抗体検査を境界条件として反映
- ③ 推定結果 …… 致死率の範囲の見極め \rightarrow ラッキーにも推定範囲が狭まった
…… 感染の広がりの推定 \rightarrow 公表の8~13倍ものサイレント感染者？
- ④ 検証 …… クルーズ船データによる検証 \rightarrow よく符合した！
…… 第2回抗体検査による検証 \rightarrow 符合！まぐれ？
- ⑤ まとめ …… 本論で分かったこと、各界の専門家より賛否戴く

① 背景と狙い…何が人々を不安に？

ウイルスの蔓延 ➡ 「不安」の蔓延 ➡ 人々の気持ちの萎縮
➡ 経済活動の停滞

「不安」の背景：感染がどこまで広がっているか見えにくいこと

* 尾身副座長：「(実際の感染者が)10倍か15倍か、誰にも分らない」(20.5.11)

* 中川医師会長：「誰もが感染している可能性がある」(20.12.8)



感染の広がりの見える化が急務

* 小田垣九大名誉教授：SIR標準モデルに隔離(Q)を追加したSIQRモデルで、公表の約10倍の市中サイレント推定。但し、感染初期のみに適用可。

今日のお話

- ① 背景と狙い …… 感染の広がりが見えない不気味さを何とかしたい
- ② 感染の広がりの推定方法 …… 恣意的な感染者数 \rightarrow 死者数 / 致死率
…… 第1回抗体検査を境界条件として反映
- ③ 推定結果 …… 致死率の範囲の見極め \rightarrow ラッキーにも推定範囲が狭まった
…… 感染の広がりの推定 \rightarrow 公表の8~13倍ものサイレント感染者？
- ④ 検証 …… クルーズ船データによる検証 \rightarrow よく符合した！
…… 第2回抗体検査による検証 \rightarrow 符合！まぐれ？
- ⑤ まとめ …… 本論で分かったこと、各界の専門家より賛否戴く

② 感染の広がりの推定方法 (1) 対象とする統計データ

新型コロナ: 主に高齢者の流行り病 → 年代別の統計に着目

厚労省・コロナ報道発表資料の奥深くに、
年代別の公表感染者数と死者数のデータベースが眠っている。

<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/index.htm>

	年代	10歳未満	10歳代	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳代	70歳代	80歳代～	合計
第1波 (2/1～6/10)	公表感染者数	288	424	2,895	2,643	2,723	2,827	1,933	1,734	1,828	17,295
	公表死者数	0	0	1	4	14	33	100	268	556	976
第2波 (6/11～9/23)	公表感染者数	1,651	3,650	19,632	11,306	8,517	7,118	4,268	3,533	3,183	62,858
	公表死者数	0	0	1	2	4	20	63	164	417	671
第3波(前半) (9/24～12/16)	公表感染者数	2,472	7,261	24,037	16,757	16,542	15,142	9,795	8,092	7,446	107,543
	公表死者数	0	0	0	5	17	55	165	507	1,423	2,174

表 厚労省の公表データ (死者数は3週間後れで感染者数に対応させている)

② 感染の広がりの推定方法 (2) 死者数の浮動小数点化

感染の広がり: 本来はPCR検査で測定する(補助的に抗原検査、抗体検査)

しかし、日本では厚労省の歪んだ方針で検査母集団が限定的

致死率の定義: $\text{致死率} = \frac{\text{死者数}}{\text{感染者数}}$ \rightarrow $\text{感染者数} = \frac{\text{死者数}}{\text{致死率}}$ \sim 感染の広がり

ここで、死者数は医師の死亡診断によるもので一応、信頼がおける。

各波ごとに死者数の年代依存性をみると、指数関数近似出来ることが分かった。

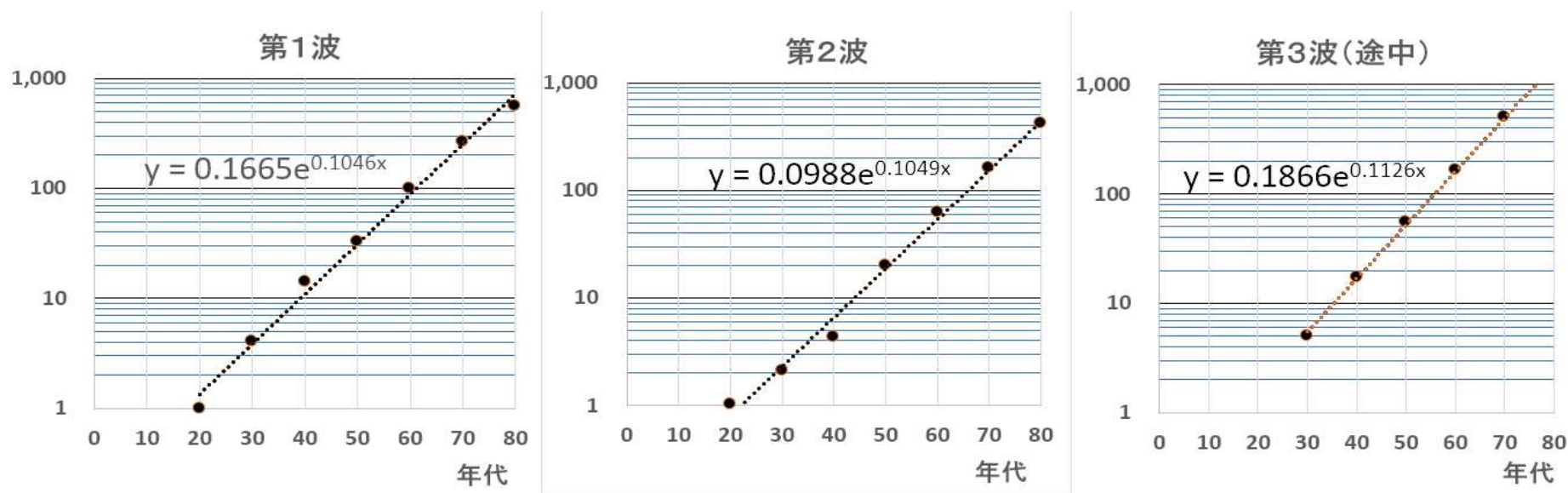


図1 各波の死者数の年代依存性

② 感染の広がりの推定方法 (3) 致死率の定式化

コロナの致死率の年代依存性はもちろん未知・・・

* 一般には、致死率はウイルスと免疫力で決まり、
免疫機能は加齢と共に指数的に低下する。

* 2009年に流行した新型インフルエンザの致死率が
国立感染研で詳細に調査され、参考になる。

* 致死率は、免疫機能が未確立な乳幼児を除き、
年代に指数関数的に依存することが分かる。

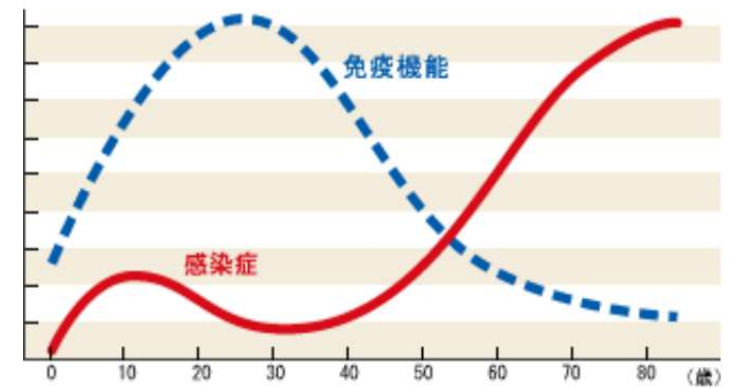


新型コロナウイルスの致死率も、未定定数 α 、 β を用いて、

$$\text{致死率} = \alpha \cdot \exp(\beta(x-80)) \quad (\text{年代 } x \geq 10)$$

とおける。致死率は第1～3波で共通と仮定。

α 、 β を推定する方法はあるのだろうか？



参考：「からだと免疫のしくみ」日本実業出版

図 2 免疫力の年代依存と感染症リスク

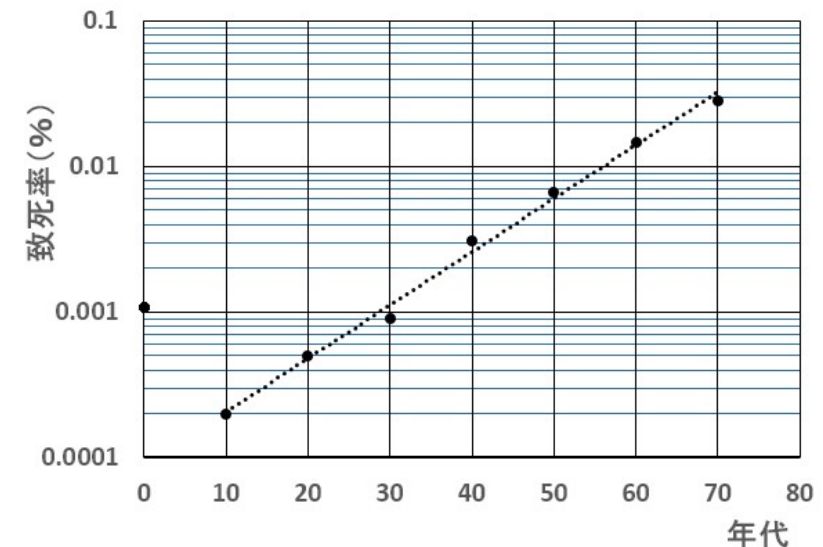


図 3 インフルエンザ致死率の年代依存

② 感染の広がりの推定方法 (4) 第1回抗体検査の反映

第1回抗体検査:

2020年6月1週、東京、大阪、宮城の7,950名の無作為抽出者を対象に実施。

結果、陽性者は2名、5名、1名で、抗体保有率は0.10%、0.17%、0.03%

どんぶりでの標本期待値 $p=8名/7,950名=0.101\%$

➡稀な現象なのでポアソン分布に従い、95%信頼区間は、[0.043%, 0.198%]

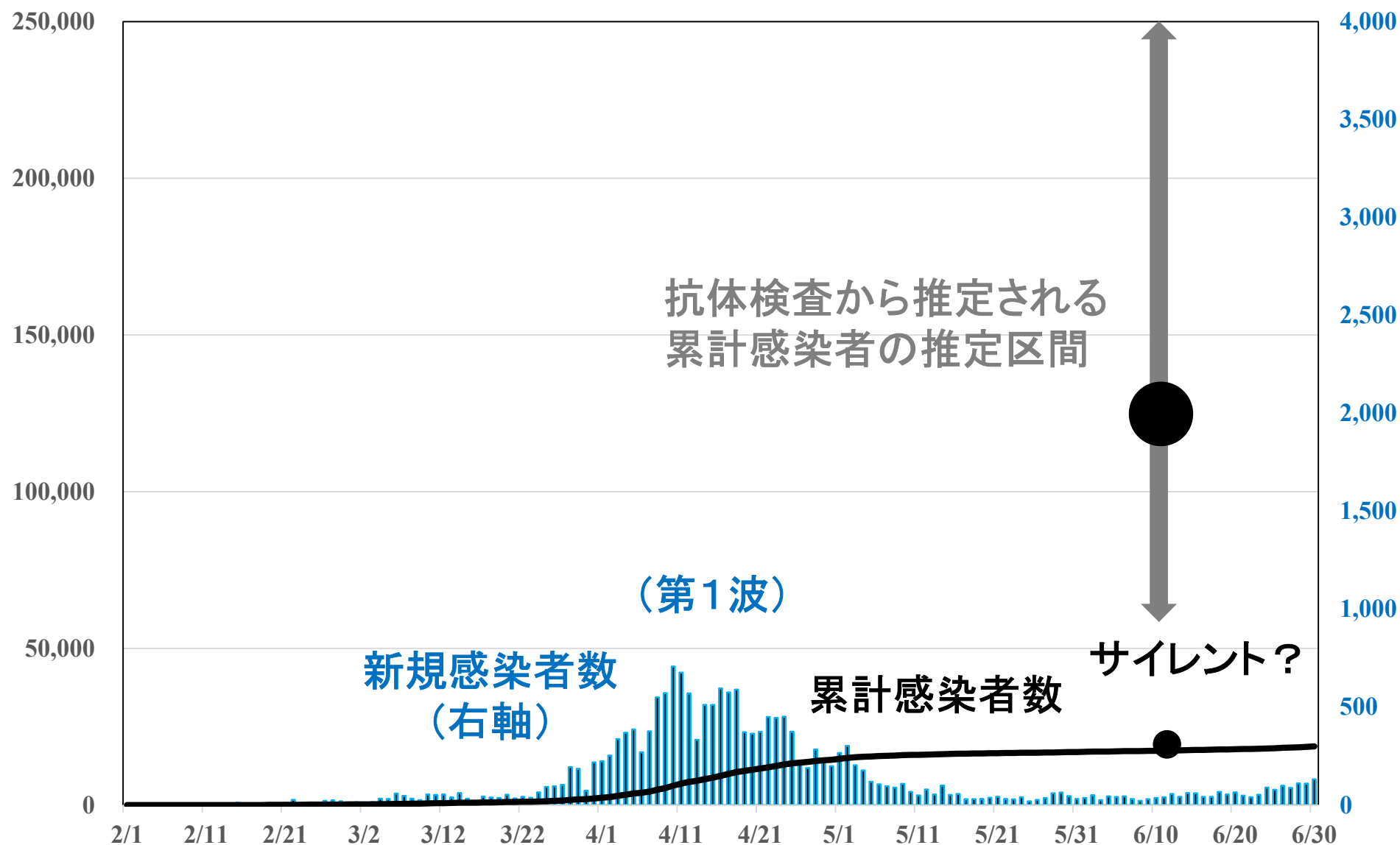
➡6月1週末の累計感染者数(第1波の感染者累計)Sは、[54,700人, 249,000人]

同時点の公表感染者数は、17,295人 ➡サイレント感染者の存在を示唆

境界条件(1) $54,700人 \leq S(\text{累計感染者数} = \frac{\text{死者数}}{\text{致死率}}) \leq 249,000人$

(2) 各年代のサイレント感染者 ≥ 0

② 感染の広がりの推定方法 (5) 第1回抗体検査の概況



今日のお話

- ① 背景と狙い …… 感染の広がりが見えない不気味さを何とかしたい
- ② 感染の広がりの推定方法 …… 恣意的な感染者数 \rightarrow 死者数 / 致死率
…… 第1回抗体検査を境界条件として反映
- ③ 推定結果 …… 致死率の範囲の見極め \rightarrow ラッキーにも推定範囲が狭まった
…… 感染の広がりの推定 \rightarrow 公表の8~13倍ものサイレント感染者？
- ④ 検証 …… クルーズ船データによる検証 \rightarrow よく符合した！
…… 第2回抗体検査による検証 \rightarrow 符合！まぐれ？
- ⑤ まとめ …… 本論で分かったこと、各界の専門家より賛否戴く

③ 推定結果 (1) 致死率の範囲の見極め

α, β は一意に決まらず、領域を隈なくスキャン

累計感染者の
推定区間

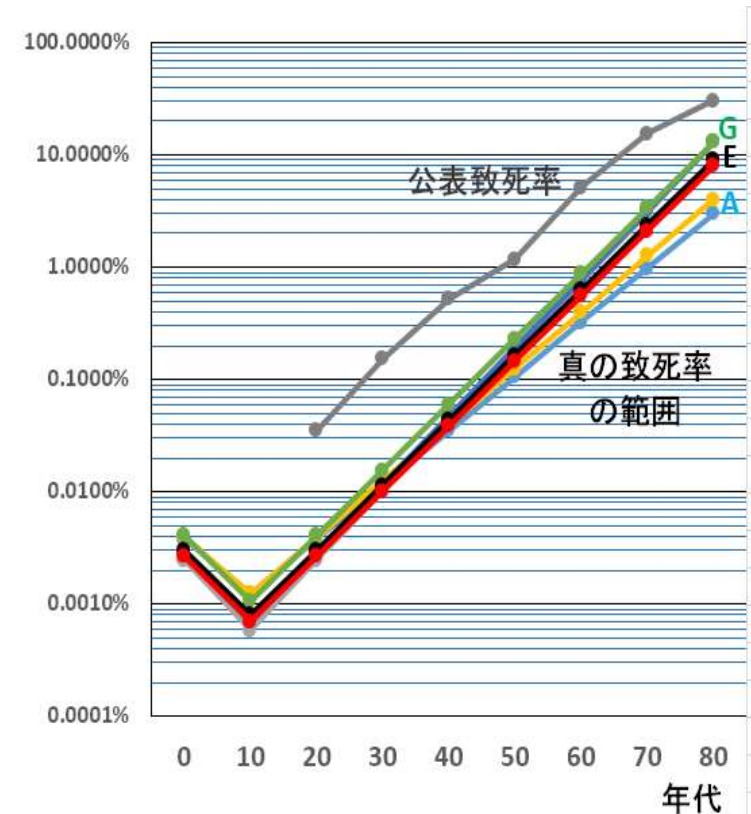
上限
249,000

最低限
161,000

下限
54,700

S	β	α	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
249,000 (上限)	0.10		A												
	0.11		0.45%												
	0.12		0.45%		0.43%		B			C					
	0.13		0.45%		0.44%		0.45%			C					
	0.14		0.44%		0.44%		0.44%			0.45%					
	0.15		0.44%		0.44%		0.44%			0.44%					
220,000	0.10		D												
	0.11		D												
	0.12		0.51%		0.50%		0.50%			E					
	0.13		0.50%		0.50%		0.51%			F					
	0.14		0.51%		0.51%		0.51%			0.49%					
	0.15		0.51%		0.51%		0.51%			0.49%					
190,000	0.10		0.59%												
	0.11		0.59%												
	0.12		0.58%		0.58%		0.59%			0.60%					
	0.13		0.58%		0.58%		0.59%			0.59%					
	0.14		0.59%		0.59%		0.59%			0.57%					
	0.15		0.59%		0.59%		0.59%			0.57%					
161,000 (最低限)	0.10		G												
	0.11		G												
	0.12		G												
	0.13		G												
	0.14		G												
	0.15		0.69%												

(表中の%は当該 α, β で決まる致死率)



真の致死率の範囲が、公表致死率と
識別可能に推定出来た！

③ 推定結果 (2) 第1波の各指標の推定

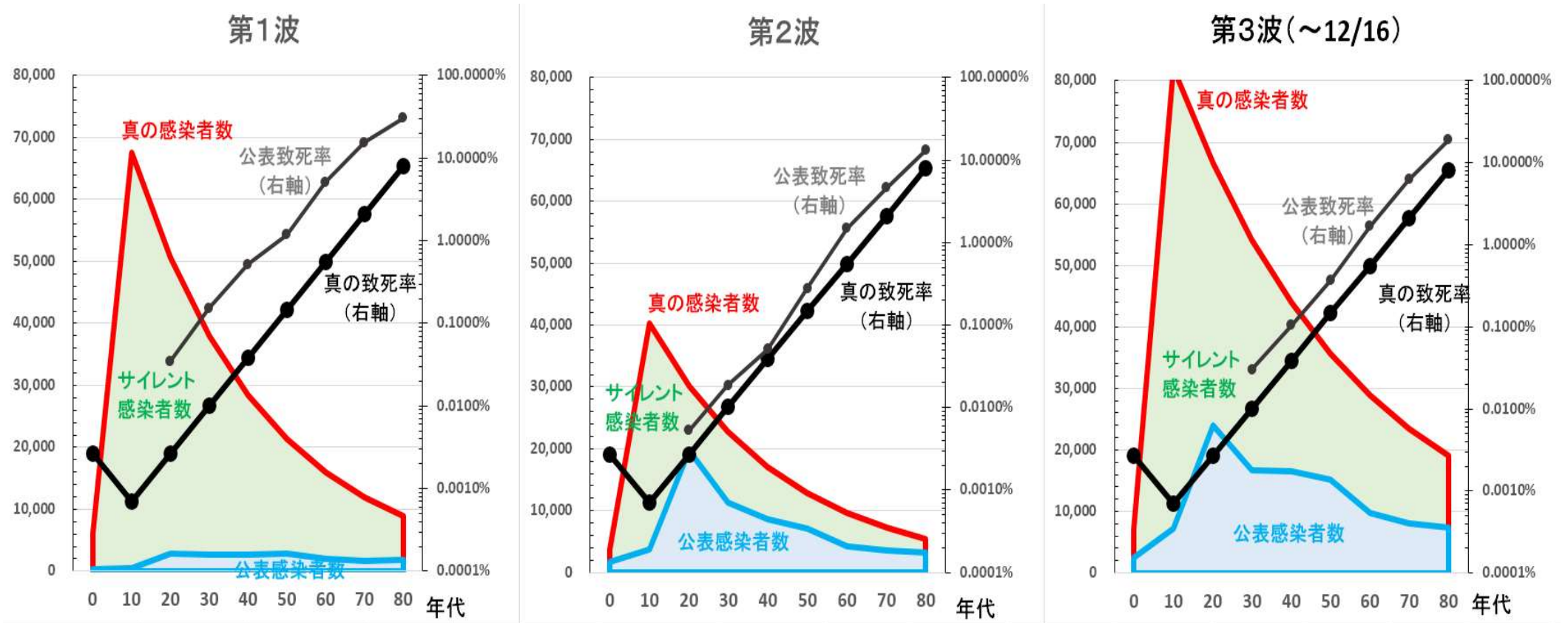
		感染者数	致死率	サイレント	サイレント／公表
推定	上限	249,000	0.44%	231,705	13.4 倍
	最低限	161,000	0.69%	143,705	8.3 倍
公表		17,295	5.64%	—	—

表 第1波の各指標の推定範囲 (は推定)

		年代	10未満	10歳代	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳代	70歳代	80代超	計
第1波	公表感染者数		288	424	2,895	2,643	2,723	2,827	1,933	1,734	1,828	17,295
	真の感染者数		6,250	67,562	50,628	37,938	28,429	21,303	15,964	11,962	8,964	249,000
	サイレント数		5,961	67,138	47,733	35,295	25,706	18,476	14,031	10,229	7,136	231,705
	公表死者数		0	0	1	4	14	33	100	268	556	976
	真の死者数		0	0	1	4	11	31	89	252	717	1,105
	公表致死率		0.00%	0.00%	0.03%	0.15%	0.52%	1.18%	5.16%	15.45%	30.41%	5.64%
	真の致死率		0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.04%	0.15%	0.55%	2.11%	8.00%	0.44%

表 上限の点B ($\alpha = 0.08$, $\beta = 0.13$) の時の第1波の各指標

③ 推定結果 (3) 上限での第1～3波の概況



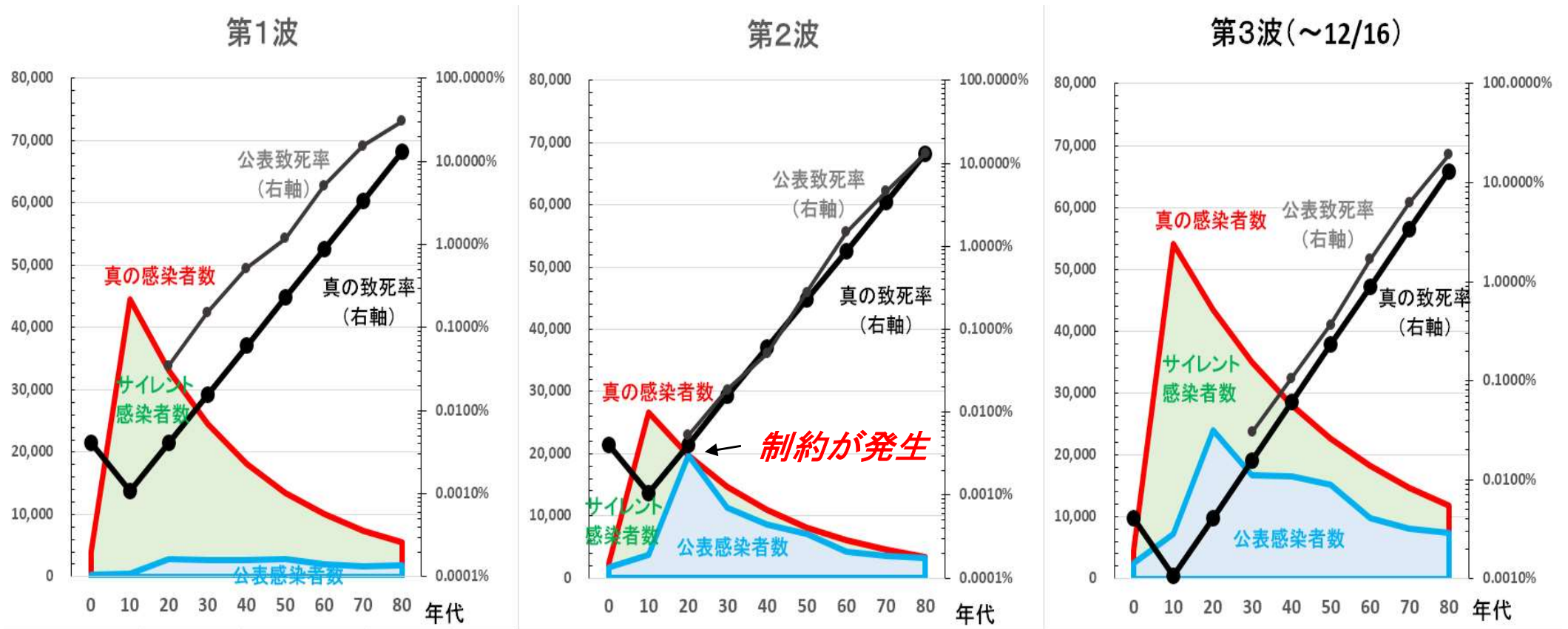
- * PCR検査が絞られた
- * 若者層で膨大なサイレント
- * 致死率を高め受け留め

- * PCR検査が改善
- * サイレント減少
- * 致死率も真値に近づく

- * PCR検査改善が追い付かず
- * サイレントが再び増加

図 上限の点B ($\alpha = 0.08, \beta = 0.13$)に対応した1～3波の各指標

③ 推定結果 (4) 最低限での第1～3波の概況



* 20歳代で公表感染者＝真の感染者
つまり、サイレント＝0 となっている。
「最低限」という制約に符合(たまたま)

図 最低限の点G($\alpha = 0.13, \beta = 0.14$)に対応した1～3波の各指標

③ 推定結果 (5) 感染の広がりの推定

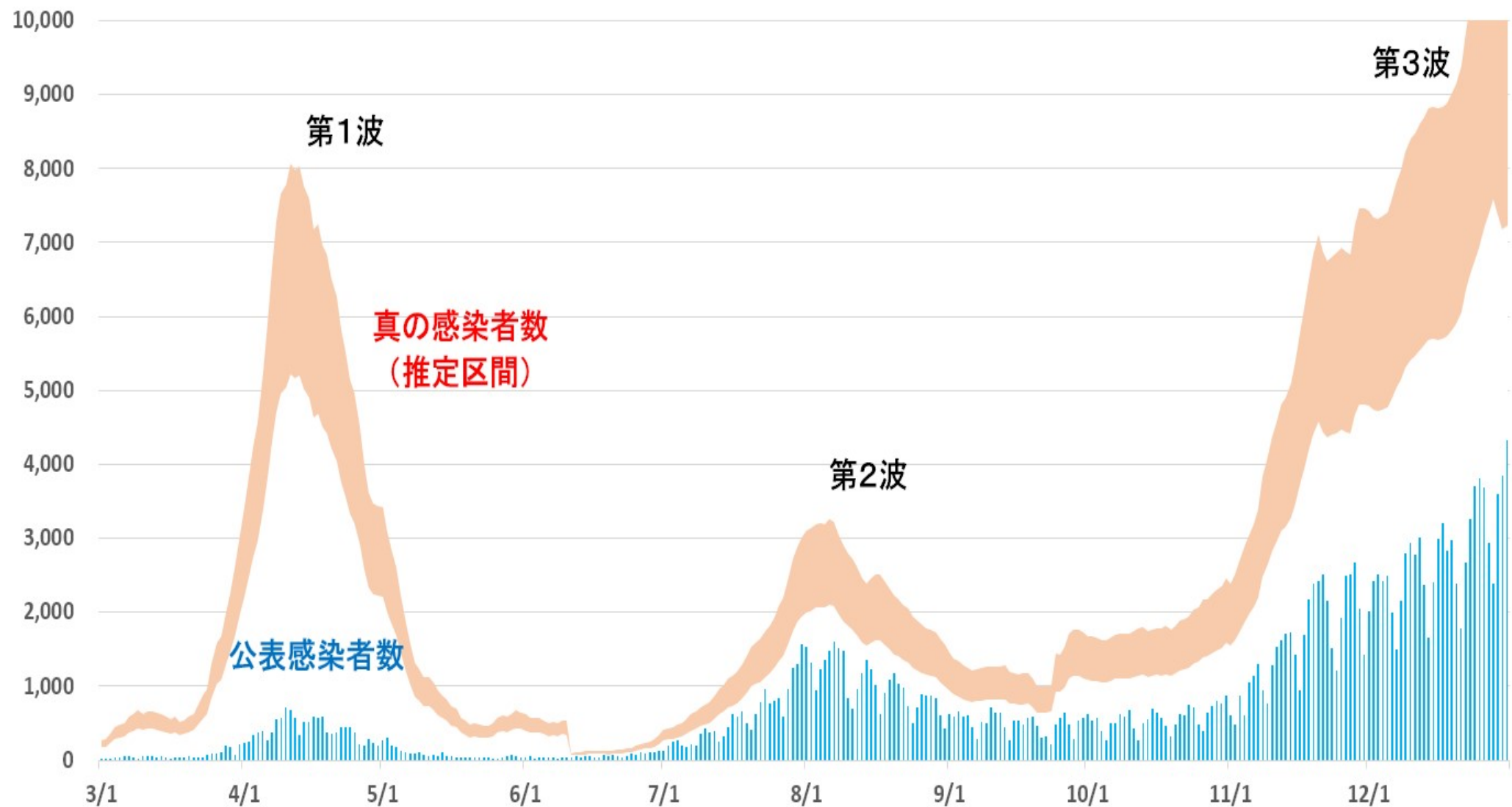


図 第1～3波における公表感染者数と真の感染者数(推定区間)の関係

今日のお話

- ① 背景と狙い …… 感染の広がりが見えない不気味さを何とかしたい
- ② 感染の広がりの推定方法 …… 恣意的な感染者数 \rightarrow 死者数 / 致死率
…… 第1回抗体検査を境界条件として反映
- ③ 推定結果 …… 致死率の範囲の見極め \rightarrow ラッキーにも推定範囲が狭まった
…… 感染の広がりの推定 \rightarrow 公表の8~13倍ものサイレント感染者？
- ④ 検証 …… クルーズ船データによる検証 \rightarrow よく符合した！
…… 第2回抗体検査による検証 \rightarrow 符合！まぐれ？
- ⑤ まとめ …… 本論で分かったこと、各界の専門家より賛否戴く

④ 推定の検証 (1)クルーズ船データ

クルーズ船では全員がPCR検査されたため、サイレントはおらず、公表感染者＝真の感染者で、
 「致死率＝死者数／公表感染者」で求め、本論の真の致死率の検証に使える。

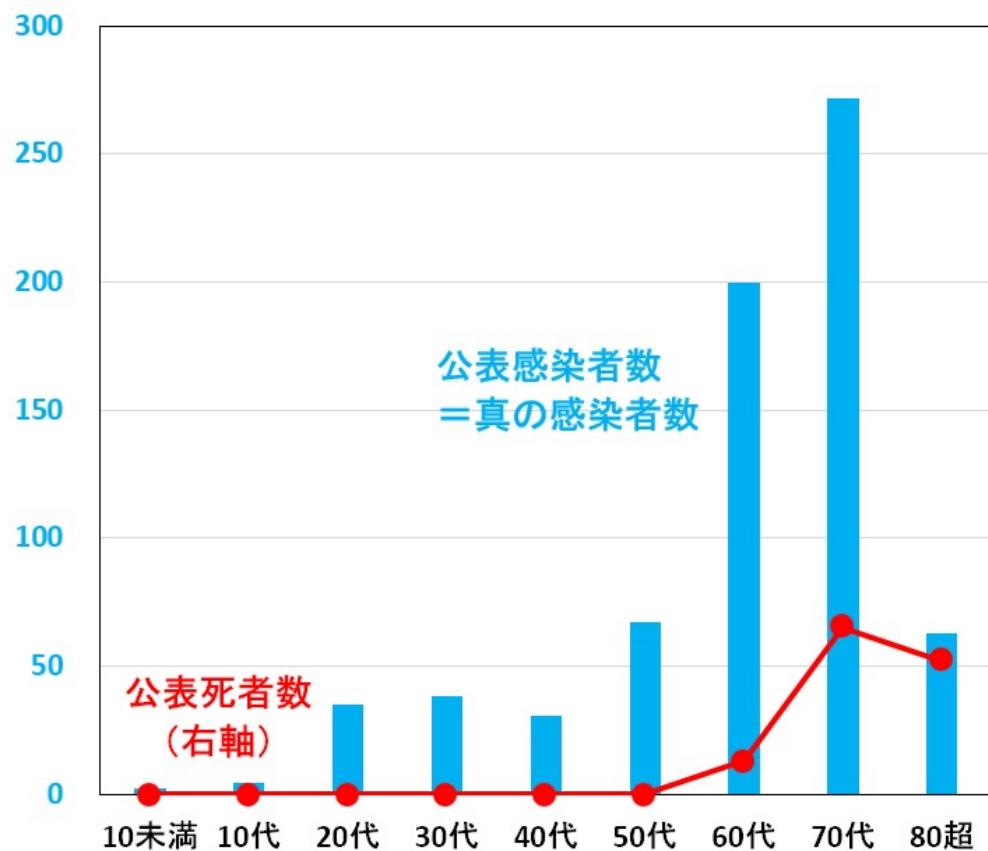


図 クルーズ船の感染者と死者の年代分布
 (厚労省・報道発表資料 2020.2)

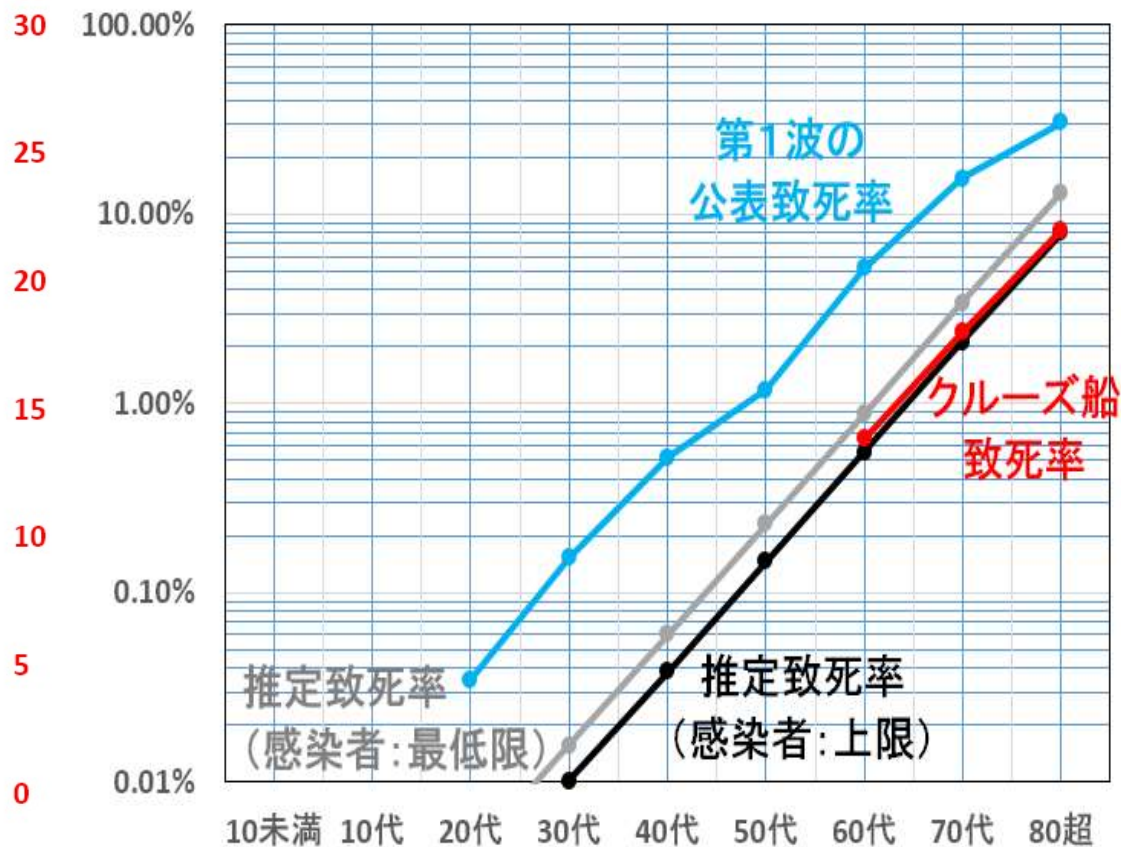


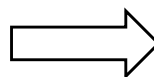
図 左図から求めたクルーズ船の致死率と小論での致死率の比較

④ 推定の検証 (2) 第2回抗体検査

第2回抗体検査の予測:

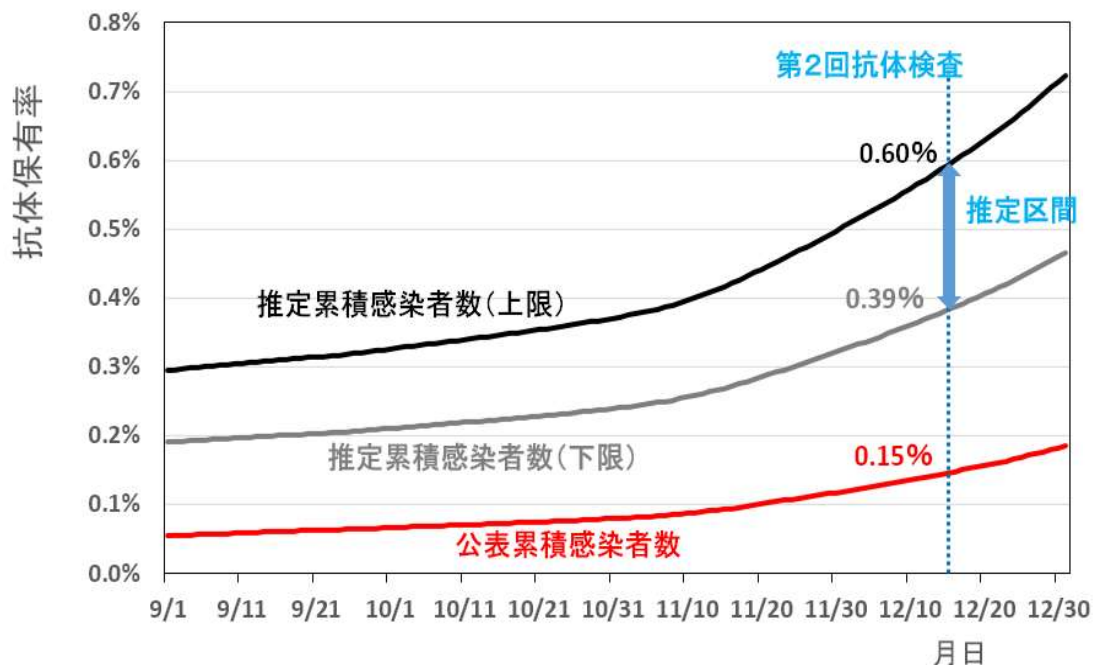
本論では、12/16時点での推定区間から
下表のように予測していた。

2/1~12/16の感染者		累計	抗体保有率
真(推定)	上限	756,013	0.60%
	最低限	488,014	0.39%
公表値		187,696	0.15%



第2回抗体検査の結果(2021.2.5公表):

	検査者	抗体保有者	抗体保有率
東京	3,399	31	0.91%
大阪	2,746	16	0.58%
愛知	2,960	16	0.54%
宮城	2,860	4	0.14%
福岡	3,078	6	0.19%
計	15,043	73	0.49%
正規分布 95%信頼区間		上限	0.60%
		下限	0.38%



予測した抗体保有率:0.39%~0.60%が
2/5に公表された結果:0.38%~0.60%と
ほぼ符合した。まぐれ?

今日のお話

- ① 背景と狙い …… 感染の広がりが見えない不気味さを何とかしたい
- ② 感染の広がりの推定方法 …… 恣意的な感染者数 \rightarrow 死者数 / 致死率
…… 第1回抗体検査を境界条件として反映
- ③ 推定結果 …… 致死率の範囲の見極め \rightarrow ラッキーにも推定範囲が狭まった
…… 感染の広がりの推定 \rightarrow 公表の8~13倍ものサイレント感染者？
- ④ 検証 …… クルーズ船データによる検証 \rightarrow よく符合した！
…… 第2回抗体検査による検証 \rightarrow 符合！まぐれ？
- ⑤ まとめ …… 本論で分かったこと、各界の専門家より賛否戴く

⑤ まとめ (1) 本論で分かったこと

- 1) 第1波ではPCR検査が限定されたため、公表の8~13倍の「サイレント感染者」が市中に留まり、第2波以降に繋がっていったと見られる。
- 2) 第1波では、致死率が、真値比、10倍近くも大きく公表されたようで、「怖い感染症」として国民の不安を煽ってしまった可能性が高い。
- 3) その後、検査が拡充され、第2波では致死率は真値に近づいたが、第3波(途上)で再び乖離し、サイレント感染者増が危惧される。
- 4) 本論で推定した致死率は、全員検査のクルーズ船のデータと符合し、第2回抗体検査の結果も正確に予測出来ており、妥当性が高まった。

⑤ まとめ (2) 各界の専門家の賛否

1) 医療関係

- (関電病院副院長)死者数だけからこのような結果を出されたことにはただただ感心。
mRNAワクチンの副反応が未知。各年代の損得を考える上で正確な致死率は重要。
- (神鋼病院理事長)コロナは行きつくところメンタル問題、ぜひ論文投稿を薦める。
- ×(慶大医学部教授)数学的パラメータ手法で人間の不安を軽減するのは無理がある。

2) アカデミア関係

- △(阪大理学部教授)致死率共通の根拠は？医療現場の努力で改善の声を聞く。
- ×(元気象研究所長)若年層で誤差が拡大するが、推定全体への影響はないのか？
- (九大名誉教授)そこらの大学教授連中よりずっときちんとした解析だな。

3) ビジネス・政治関係

- (日本総研・部長)示唆に富む論文。実感に合い、もっと広く読まれたい。引用したい。
- (元代議士)人々を安心させるために、当論文は貢献できるものと評価します。



ご安全に！