

3.1 時系列分析による定量分析

本節では、VAR モデルを用いた定量分析で用いるデータセットについての詳細と、その加工方法について述べた後に、VAR (ベクトル自己回帰) モデルを用いた分析方法について述べる。

まず、VAR モデルを構築する前段階として、次の 5 つの変数、「100 万人あたりの超過死亡数」、「ワクチン接種数 (ブースター接種を含む)」、「ブースター接種数」、「コロナ感染者数」、「コロナ死者数」がどのように推移しているかについて確認する。各変数の日次データ (超過死亡数のみ週次データのまま) を用いて、デルタ株、オミクロン株が流行したコロナ禍第 5 波～第 7 波を含む、2021 年 4 月 1 日～2023 年 2 月 28 日の期間を対象に、それらの変数の変動を表す時系列推移グラフを作成した。その際、時系列データとしては、短期的な変動の影響が小さくなるよう前後 7 日間の移動平均を取ったものを使用する。

次に、その時系列推移を確認した上で VAR モデルを構築する。そして、そのモデルにおいて、1 つの変数が外性的なショックを与えられることにより急激に増加した場合、他の変数がどのような反応を示すか、すなわちインパルス応答を時系列的に示す。これにより、超過死亡がどの要因により増加するのかについて、定量的に評価することが可能になる。

以下、具体的に VAR モデルを用いた定量分析の手法について概要を述べる。

分析手法としては、VAR モデルを用いる。VAR モデルを構築することにより、複数の時系列データの相互関係を定量的に分析し、因果関係やショックの影響を把握することができる。本研究では、わが国における下記の時系列データに対して VAR モデルを構築し、それぞれのデータに関するインパルス応答を示した。

分析には以下の 5 つの時系列データを用いた (全て週次データ)。

- ・ 100 万人あたりの超過死亡数
- ・ 100 万人あたりのワクチン接種数 (ブースター接種数も含む)
- ・ 100 万人あたりのブースター接種数
- ・ 100 万人あたりのコロナ感染者数
- ・ 100 万人あたりのコロナ死者数

超過死亡数に関しては、感染研が公開するオープンデータより超過死亡数のデータを取得し、各年の人口に基づいて、100 万人あたりの値を算出した。ワクチン接種数およびブースター接種数、コロナ感染者数 (100 万人あたり) に関しては、Our World in Data にあるデータをそのまま用いた。コロナ死者数に関しては、厚生労働省が公開するオープンデータよりコロナ死者数のデータを取得し、各年の人口に基づいて、100 万人あたりの値を算出した。

4.1 VAR モデルを用いた定量分析

まず、VAR モデルを用いた時系列分析を行った。

VAR モデルを構築する前に、各変数がどのように推移しているかを確認する。3 章で述べたように、国立感染症研究所が公表するデータから超過死亡数の週次データを取得し、Our World in Data からワクチン接種数、ブースター接種数、コロナ感染者数の日次データを取得、そして、厚生労働省が公開するオープンデータからコロナ死者数の日次データを取得し、それらの時系列推移をグラフ化したものが、図 4-1 である。

超過死亡数、感染者数、ワクチン接種数はほとんど同時期に増加し、ピークを迎えるが、波によって少しずつタイミングが異なり、感染者数とワクチン接種数と、どちらが超過死亡数に影響しているのか、この図 4-1 だけでは判断が難しい。

時系列推移（日本）

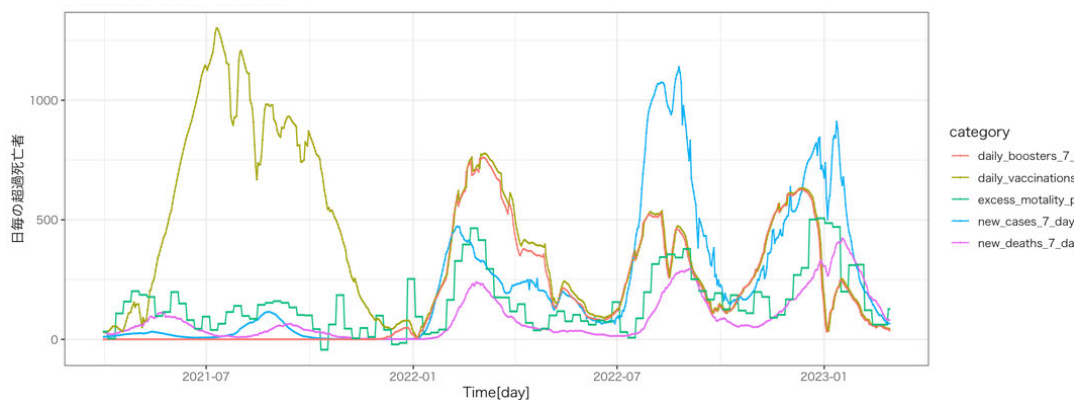


図 4-1 日本の各時系列データの推移

次に、VAR モデルを用いた分析方法を示す。変数は全て週次データで、下に示す二つのデータセットを用いて、二回に分けて分析を行った。

データセット①

- ・ 100 万人あたりの超過死亡数
- ・ 100 万人あたりのワクチン接種数（ブースター接種を含む）
- ・ 100 万人あたりのコロナ感染者数
- ・ 100 万人あたりのコロナ死亡者数

データセット②

- ・ 100 万人あたりの超過死亡数
- ・ 100 万人あたりのブースター接種数
- ・ 100 万人あたりのコロナ感染者数
- ・ 100 万人あたりのコロナ死亡者数

まず、各変数の原系列に対して差分をとる必要性の有無について検証するために、単位根検定（本研究では KPSS 検定）を実行する。KPSS 検定を実行した結果、原系列は両データセットとも、全ての変数において定常でなかったため、全ての変数に対し、一階差分をとった。次に各変数に対し、1 期ラグから 10 期ラグまでを調べると、両データセットとも、AIC（赤池情報量基準）が最小になるのは 4 期ラグであった。したがって、超過死亡、ワクチン接種数（またはブースター接種数）、コロナ感染者数、コロナ死者数（すべて差分）に対し、4 期ラグの VAR モデルを構築し、インパルス応答関数をグラフ化したものが、図 4-2、図 4-3、図 4-4、である。ただし、データセット①とデータセット②では、出力結果の傾向がほとんど同じであったため、グラフ化して載せるのは、データセット①の時の結果のみとする。この結果より、以下の知見が得られた。

- ・ ワクチン接種数（dv）が増加すると超過死亡数（de）は約 3 週後に増加する（図 4-2）
- ・ 感染者数（dc）が増加すると超過死亡数（de）は約 1 週後に増加するが、約 10 週後に低下する（図 4-3）
- ・ ワクチン接種数（dv）が増加すると、コロナ感染者数（dc）はその週と約 5 週後に増加する（図 4-4）
- ・ コロナ感染者数（dc）の増加に対して、ワクチン接種数（dv）は有意な反応を示さなかった（図 4-3）

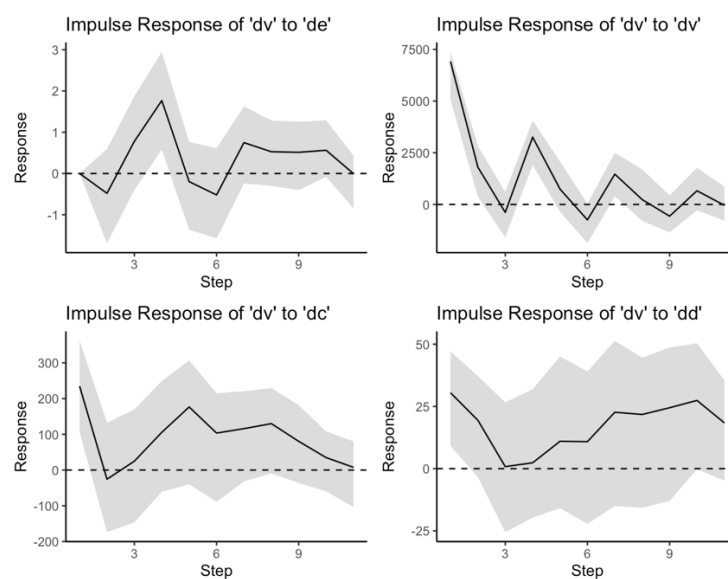


図 4-2 ワクチン接種数の差分(dv)から全ての変数の差分へのインパルス応答

左上：ワクチン（dv）から超過死亡（de）

右上：ワクチン（dv）からワクチン（dv）

左下：ワクチン（dv）からコロナ感染者数（dc）

右下：ワクチン（dv）からコロナ死者数（dd）

※ワクチン接種は、コロナ感染やコロナ死と似たような時期にピークを迎えていたため、ワクチン接種数が増えたのと同時期に感染者数や死者数も増えるが、その影響は長続きするものではない。

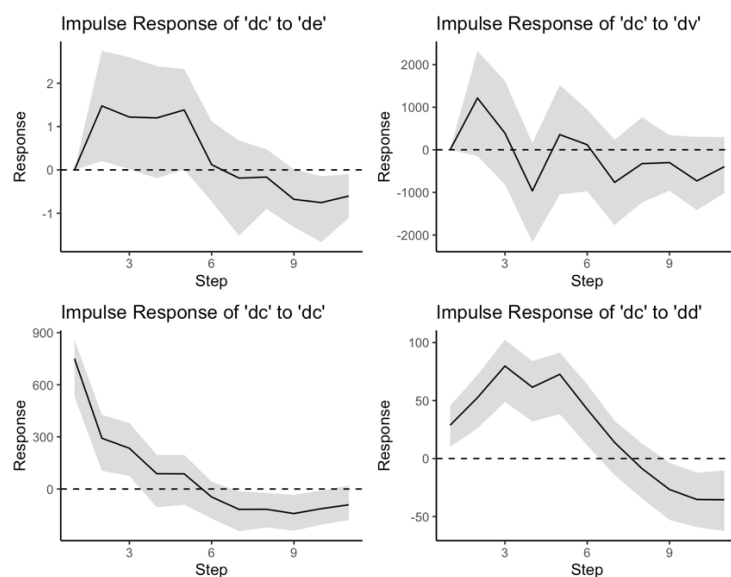


図 4-3 感染者数の差分（dc）から全ての変数の差分へのインパルス応答

左上：感染者（dc）から超過死亡（de） 右上：感染者（dc）からワクチン（dv）
 左下：感染者（dc）から感染者（dc） 右下：感染者（dc）から死者数（dd）
 ※感染が増えるとその後しばらく死者が増え、さらに時間が経つと感染も収まり、死者も減っていくことが表現できている

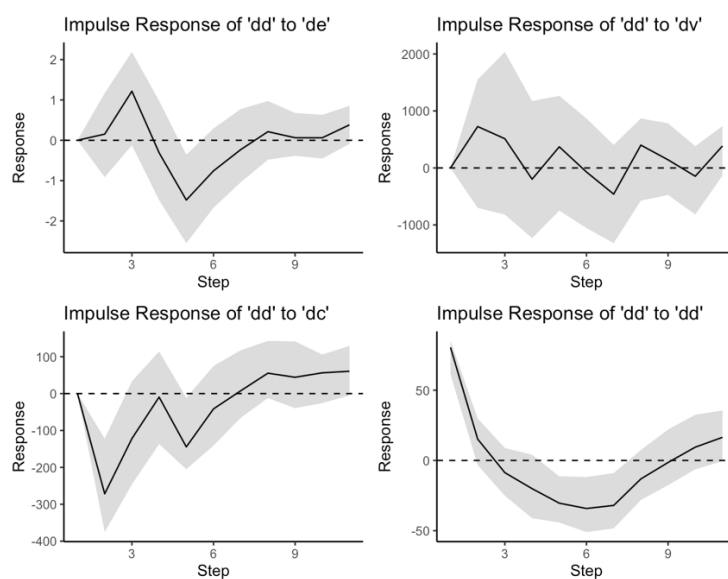


図 4-4 コロナ死者数の差分（dd）から全ての変数の差分へのインパルス応答

左上：コロナ死（dd）から超過死亡（de） 右上：コロナ死（dd）からワクチン（dv）
 左下：コロナ死（dd）から感染者（dc） 右下：コロナ死（dd）からコロナ死（dd）
 ※コロナ感染からタイムラグがあってコロナ死が増え、コロナ感染はそのうちにピークアウトするため、コロナ死増加の後にはコロナ感染者が減るのは合理的である

次に、インパルス応答の推移を、インパルス側の変数の攪乱項（ショック）の標準偏差を基にスケール調整したグラフを作成した。その際、データセットは以下のように調整したものを使用する。

- ・ 100 万人あたりの超過死亡数(de)
- ・ 100 人あたりのワクチン接種数(ブースター接種数を含む)(dv)
- ・ 100 人あたりのコロナ感染者数(dc)
- ・ 100 人あたりのコロナ死亡者数(dd)

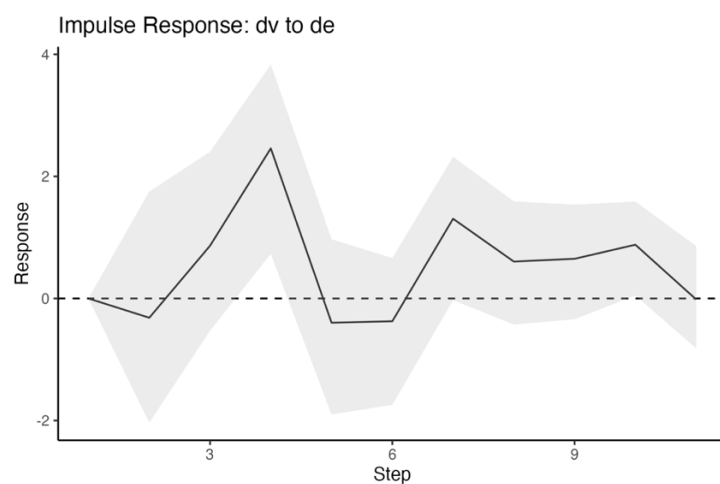


図 4-5 ワクチン接種数(dv)から超過死亡(de)のインパルス応答

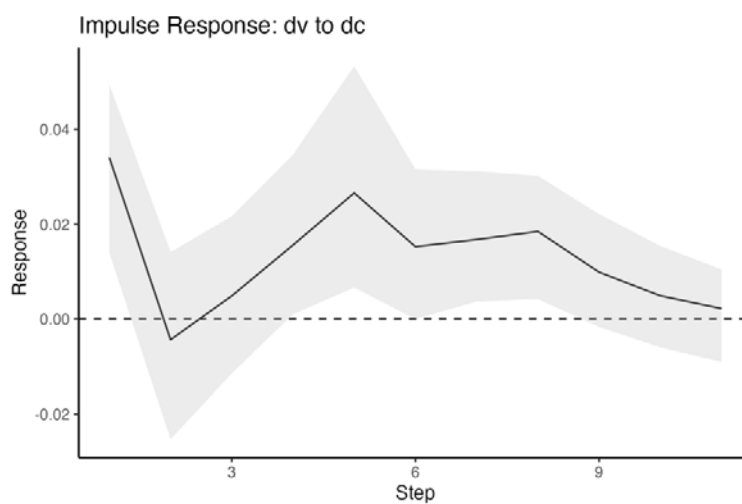


図 4-6 ワクチン接種数(dv)からコロナ感染者数(dc)のインパルス応答

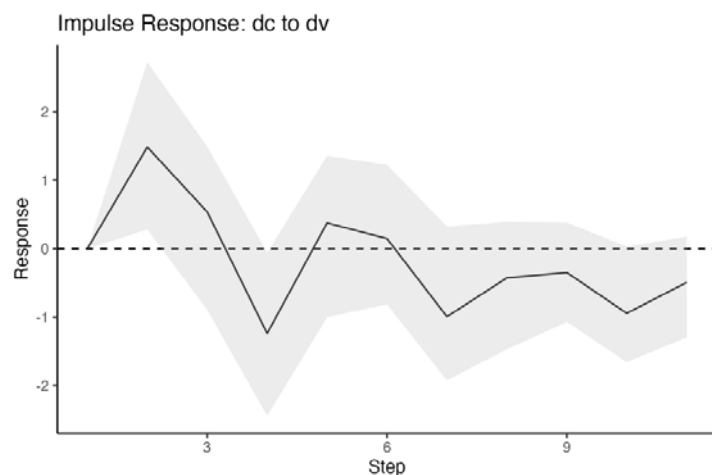


図 4-7 コロナ感染者数(dc)からワクチン接種数(dv)のインパルス応答



図 4-8 コロナ感染者数(dc)から超過死亡(de)のインパルス応答

図 4-5 から図 4-8 より，以下の知見が得られた。

- 100 人あたりのワクチン接種数(dv)が 1 増加すると，3 週後に，100 万人あたりの超過死亡数(de)は 2.46 増加する(信頼区間は 0.73~3.83)。 (図 4-5)
→ ワクチンを 1 万回接種すると，3 週後に，超過死亡は 2.46 人増加する
- 100 人あたりのワクチン接種数(dv)が 1 増加すると，その週と，3 週後，4 週後，6 週後，7 週後に，100 人あたりのコロナ感染者数(dc)が約 0.01 から 0.03 にかけて増加する。 (図 4-6)
- 100 人あたりのコロナ感染者数(dc)が 1 増加すると，1 週後に，100 人あたりのワクチン接種数(dv)が 1.49(信頼区間は 0.28~2.72)増加する。 (図 4-7)
- 100 人あたりのコロナ感染者数(dc)が 1 増加すると，1 週後，3 週後，4 週後に 100 万人あたりの超過死亡数(de)は約 18 増加する。 (図 4-8)