Pythonによるマクロ経済分析

１．はじめに

2020年度から小学校でプログラミング的思考を育成する学習指導要領が実施され，中学校では2021年度から，高校では2022年度からプログラミング授業が必修化された。また2025年の大学入学共通テストからはプログラミングの科目である「情報I」が追加される予定である。この新たな政策は，政府だけではなく社会全体がプログラミングの重要性を強く認識している証と言える。

この流れに沿うように，神戸大学経済学部と経済学研究科でもRやStata，Matlab, Pythonを使う授業が提供されてきた。今後更に，プログラミングに基づく授業が拡充されると期待される。

一方，プログラミングを学んだことがない学生にとって，「どのようなものなのか？」，「何ができるのか？」と疑問に感じることだろう。本稿では，マクロ経済学における重要な概念であるオークンの法則を使い，Pythonの使い方を説明し，上の問いに答えるのが目的である。紙面に限りがあるため，掘り下げた説明はできないが，読者が「こういうものか」というイメージを抱くことはできれば幸いである。詳細な説明は参考文献を参照することを勧める。

では，なぜPythonなのか？プログラミング言語は無数に存在し，それぞれ様々な特徴があり，お互いに影響し合い進化している。その過程で，広く使われ出す言語もあれば廃れていく言語もある。その中でPythonは近年注目を集める言語となっている。人気の理由は，（１）無料，（２）高い汎用性（機械学習，科学的数値計算，ゲーム，画像処理など），（３）低い学習コストが挙げられる。特に，（３）に関して付け加えると，Pythonのコードは英語を読む・書く感覚と近いだけではなく，頻繁に出てくるコードの中で日本語の助詞「の」や動詞「実行する」と対応する箇所もある。

PythonはIT産業だけではなく金融・コンサルティング・保険・医療などの幅広い分野で使われている。経済学部の大多数の卒業生は幅広い産業で働くことになるが，社会全体で注目され，今後より多くの産業で使われることが予想されるプログラミング言語を学ぶことは経済学部生にとって非常に有意義ではないだろうか。

本稿で使うデータやコードは全て参考文献に挙げるGitHubのレポジトリーで公開している。また，以下ではコードをブロック毎に説明するが，Jupyter Notebookのコード・セルで実行することを想定している。[i]

２．オークンの法則

マクロ経済学で重要な概念にオークンの法則があり，次式で与えられる。

$$\frac{Y_t - \bar{Y}_t}{\bar{Y}_t} = -b \times (u_t - \bar{u}_t), \qquad b > 0 \qquad (1)$$

Y_tは GDP，$\bar{Y}_t$は GDP のトレンド（ここでは潜在的 GDP と解釈する），u_tは失業率，$\bar{u}_t$は失業率のトレンド（ここでは自然失業率と解釈する）。従って，左辺は GDP のトレンドからの乖離率（%）であり，右辺は失業率のトレンドからの乖離（%ポイント）を表している。式(1)は両変数に負の関係があることを示しており，労働者が生産投入に使われることを考えると，負の関係は直感的に理解できるだろう。例えば，失業率が上昇しトレンドからの乖離が大きくなると，雇用者数が減少することになり，GDP も長期的トレンドを下回ることになる。では失業率の乖離が 1%ポイント上昇した場合，GDP は平均でトレンドから何%乖離するのだろうか。この問いに答えるためにはパラメータbを推定する必要がある。以下では，日本の 1994 年 Q1 から 2021 年 Q4 の四半期データを使い，回帰分析をとおしてパラメータbを推定す流。

３．データの読み込み

使用するデータはインターネット上に準備してあり，次のコードで読み込むことができる。

```
1. import pandas as pd
2. from statsmodels.formula.api import ols
3.
4. url = 'https://bit.ly/3NkpZhQ'
5. df = pd.read_csv(url,index_col='index',parse_dates=True)
```

Python には機能を拡張するための「プラグイン」のようなものがあり，それらはパッケージ，サブパッケージ，モジュールなどの名前で呼ばれる。サブ・パッケージとはパッケージの一部であり，モジュールはさらに細分化された一部と思えば良いだろう。上のコードの 1 行目では，エクセルのようにデータを扱うための pandas というパッケージを pd として（as）読み込んでいる（import）。コードを英語のように読むことができることに気付くのではないだろうか。2 行目では，回帰分析に使う statsmodels というパッケージを読み込む。この行を理解するために「.」を助詞「の」に読み替えると分かりやすくなる。「statsmodels のサブ・パッケージである formula のモジュール api から（from）ols を読み込む（import）。」ols は名前が示すように，最小二乗法（Ordinary Least Squares）の自動計算をおこなう関数である。「神戸大学」のような単なる文字列を作る場合は，‘’又は“”で囲む必要があるが，この方法を利用して，4 行目はファイルがあるウェブ・アドレスを文字列として変数 url に割り当てている。「=」は右辺を左辺の変数に「割り当てる」という意味である。5 行目は，pd（pandas）の関数 read_csv()を使いウェブ上にある.csv ファイルを読み込み，データ

を変数 df に割り当てている。この関数には「オプション」の役割をする引数と呼ばれるものが追加されている。index_col=index は.csv ファイルにある index という列を df の行ラベルに指定しており,その行ラベルを時系列データ用に設定する引数が parse_dates=True である。

変数 df には次の２変数が含まれており，エクセルのスプレッド・シートを想像すれば良いだろう。

- gdp_kairi：実質 GDP のトレンドからの乖離率（%）であり，式(１)の被説明変数に使う。
- u_kairi:失業率の変化(%ポイント)であり,式(１)の説明変数に使う。

df の内容を確認するには次のコードが便利である。

```
df.head()
```

index	gdp_kairi	u_kairi
1980-03-31	0.752303	-0.087693
1980-06-30	-0.736446	-0.109084
1980-09-30	0.324628	-0.047087
1980-12-31	1.275978	0.031755
1981-03-31	1.122977	0.004260

df の最初の 5 行を表示するコードであり，右の出力となる。index の下にある行ラベルは毎四半期の最後の日付となっている。

４．図示と簡単な計算

「Python の全てはオブジェクトである」と言われる。オブジェクトとは様々なデータや関数から構成される集合体であり，正確には，この場合の関数はメソッドと呼ばれる。df を使って説明すると，標本の観測値だけではなく，変数の数や標本の大きさ等がデータである。メソッドの例としては，上で使った head()がある。head は「最初の５行の表示」を意味し，()の部分は「実行する」と理解すれば良いだろう。

メソッドのもう１つの例として mean()があり平均を簡単に計算できる。

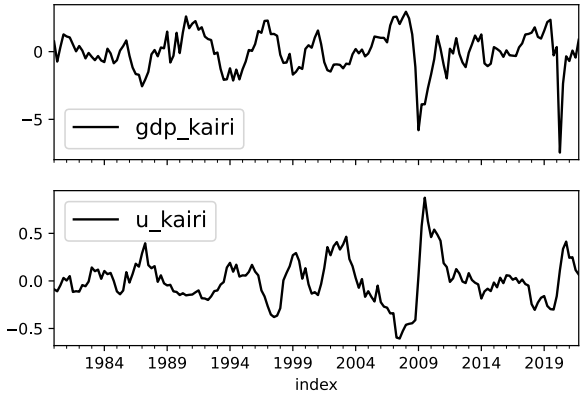
```
df.mean()
```

```
gdp_kairi    -7.119104e-03
u_kairi       4.695293e-14
```

右の出力となるが，e-03 は10^{-3}を，e-14 は10^{-14}を表す科学表記である。つまり，失業率の正と負の乖離は相殺し，平均は概ね 0 だということである。GDP の乖離率も同様の動きがあることが言える。

また図示するためのメソッド plot()も非常に便利である。

```
df.plot(subplots=True)
```



引数の subplots=True は図を上下に配置することを指定しており，２段の図となる。

２つの図を比べると２変数は概ね逆に動いていることに気付くだろう。これを確かめるために,df にのメソッド corr()を使い相関係数を計算してみよう。

```
df.corr()
```

右上もしくは左下の値が２変数の相関係数となる。値は約−0.63 であり，逆相関が確認できる。

	gdp_kairi	u_kairi
gdp_kairi	1.000000	-0.630428
u_kairi	-0.630428	1.000000

また上の図から持続性と呼ばれる特徴も確認できる。持続性とは，正（もしくは負）であれば正（もしくは負）の期間が続く傾向を指しており，自己相関係数を使い数値化することができる。df を使って計算してみよう。まず１つの変数を選択し，メソッド autocorr()を使う。

```
df['u_kairi'].autocorr()
```

df の後に['u_kairi']を追加することにより，その変数名がある列を選択することができる。列ラベルは‘’又は“”で囲み文字列で指定する。このコードは「df の列 u_kairi の相関係数を計算する」と読める。結果は約 0.876 であり，図でも数値でも持続性が確認できる。同様に gdp_growth の相関係数を計算すると約 0.691 となる。

５．最小二乗法による推定

次に回帰分析をおこなうが，４つのステップに分けて説明する。

ステップ１：推定式の設定

推定式は次の構文に沿って書き,‘’又は“”で囲み文字列として設定する。

‘非説明変数 ~ 定数項以外の説明変数’

定数項は自動的に挿入される。また定数項以外の説明変数が複数ある場合は半角の「+」でつなげるだけである。今回は単回帰となるため，次のコードを実行し推定式を変数 formula に割り当てることにする。

```
formula = 'gdp_kairi ~ u_kairi'
```

ステップ２：自動計算の準備

ols 関数を使い計算する対象を準備し，変数 model に割り当てる。

```
model = ols(formula, data=df)
```

ols の中に２つ引数があるが，１つ目は推定式である formula を指定し，２つ目は推定に使うデータ（data）に df を指定する。

ステップ３：自動計算

変数 model には多くのメソッドが備わっており，その 1 つが fit()である。これを使うことにより様々な計算を一瞬で行うことが可能となる。

```
result = model.fit()
```

右辺は model の fit()を使い計算した結果を返し，それを左辺の変数 result に割り当てている。

ステップ 4 ：結果の表示

result は計算結果が詰まったオブジェクトであり，その中にメソッド summary()が用意されている。これを使うことにより，推定結果の基本的な情報を表示することができる。

```
result.summary()
```

コードを実行すると，3 つのセクションから構成される表 1 が表示される。

表 1

OLS Regression Results

Dep. Variable:	gdp_kairi	R-squared:	0.397
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.394
Method:	Least Squares	F-statistic:	109.5
Date:	Wed, 18 May 2022	Prob (F-statistic):	5.34e-20
Time:	17:57:45	Log-Likelihood:	-260.10
No. Observations:	168	AIC:	524.2
Df Residuals:	166	BIC:	530.4
Df Model:	1		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P>|t|	[0.025	0.975]
Intercept	-0.0071	0.088	-0.081	0.936	-0.182	0.167
u_kairi	-4.0174	0.384	-10.464	0.000	-4.775	-3.259

Omnibus:	98.256	Durbin-Watson:	1.085
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	847.180
Skew:	-1.976	Prob(JB):	1.09e-184
Kurtosis:	13.267	Cond. No.	4.35

上段　中段　下段

- 上段には基本的な情報が表示される。例えば，左側にある Dep. Variable は被非説明変数の変数名，右にある R-squared は決定係数を意味する。
- 中段の coef は，定数項（Intercept）と u_kairi の係数である b の推定値を指す。また t 値，p 値（P>|t|）と信頼区間が表示されている。
- 下段には様々な検定統計量が並んでいる。例えば，右にある Durbin-Watson はダービン・ワトソン検定統計量である。

表 1 から次のことがわかる。第一に，定数項の推定値は非常に小さい。また p 値は大きく，通常の有意水準では「定数項の値はゼロ」の帰無仮説を棄却できない。即ち，失業率の乖離がゼロの場合、GDP の乖離率もゼロになることを示しており，定数項がない式(1)と整合的であることがわかる。

第二に，パラメータbの推定値は負であり，式(1）と整合的である。定数項をゼロとすると，失業率が長期的トレンドを上回る（下回る）場合，平均で GDP 乖離率は負（正）に転じることが確認できる。またp値の値は非常に小さく，通常の有意水準では「bの推定値はゼロ」の帰無仮説を棄却できない。第三に，bの推定値は約−4.02 である。1980 年～2021 年の間，失業率がトレンド（ここでは自然失業率と解釈）から 1 %ポイント乖離すると，平均で GDP はトレンド(ここでは潜在的 GDP と解釈)から絶対値で 4%乖離したことがわかる。最後に，Durbin-Watson 比は 1.085 であり誤差項に正の自己相関が疑われる。

６．おわりに

オークンの法則を例として Python の使い方を説明した。簡単なコードで，データの特徴を調べ，回帰分析をおこなうことができる。本稿を執筆する上で使った次のファイルは参考文献に挙げた GitHub のレポジトリーからダウンロード可能となっている。

① 実質 GDP と失業率のデータが含まれる 3 つの csv ファイル（内閣府のサイトからダウンロード)。
② 実質 GDP の乖離率と失業率の乖離のデータが含まれる csv ファイル（①のデータを使って作成)。
③ ②のデータを作成するための Python コードと本稿で説明したコードが含まれる Jupyter Notebook。

この機会に是非 Python にチャレンジしてはどうだろう。

参考文献

[1] 春山鉄源：『経済学のための Python 入門』, https://py4basics.github.io
[2] 春山鉄源:『Python で学ぶ計量経済学』, https://py4etrics.github.io
[3] 春山鉄源：『Python で学ぶマクロ経済学（中級＋レベル）』, https://py4macro.github.io
[4] GitHub のレポジトリー（関連ファイルのダウンロード用）：https://github.com/Haruyama-KobeU/arukikata2022

[i] Python と Jupyter Notebook のインストールには Anaconda を勧める。https://www.anaconda.com/products/individual からダウンロードできる。また Jupyter Notebook の基本的な使い方の説明は，インターネットで検索すると多くのサイトが出てくるので，そちらに譲ることにする。