

# 空間自己回帰(SAR)モデル



第一部 地理情報システム(GIS)と Stata - 東京都の地価データを地図上に表示

第二部 空間自己回帰モデル - 失業率と大学卒業率の関係をモデル化



くうLightStone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

# 第一部 地理情報システム(GIS)と Stata - 東京都の地価データを地図上に表示

はじめに

 ● 地理情報システム(GIS: Geographic Information System)とは、「地理的位置を手がかりに、 位置に関する情報を持ったデータ(空間データ)を総合的に管理・加工し、視覚的に表示 し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術」です。

出典)国土地理院 https://www.gsi.go.jp/GIS/whatisgis.html

- Stata 15 以降のバージョンは地理情報システム(GIS)を正式にサポートしています。地 図データのインポートと加工、グラフ化、空間自己回帰(SAR:spatial autoregressive) モ デルのためのコマンドが用意されています。
- 地図情報としては一般的に「シェープファイル」がよく利用されます。シェープファイルは図形情報と属性情報を持った地図データファイル群で、政府機関などのウェブサイトで配布されています。
- この例題では、東京都の地価データを地図上に表示する方法を紹介します。メニュー操作を基本としていますが、一部コマンド操作のものもあります。do ファイル part1.do に全ての操作のコマンドをまとめています。
  - 1. 地価データの準備
  - 2. 地図データの準備
  - 3. グラフ作成



Light Stone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

# 1. 地価データの準備

Step 1: 東京都の地価データのシェープファイルをダウンロードする

 ● こちらのページから令和2年の東京都の地価公示データをダウンロードします。これ は各年1月1日時点の全国の標準地について、位置(点)、公示価格、利用現況、用途 地域、地積等をGISデータとして整備したものです。 https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L01-v2\_5.html



ダウンロードしたファイル L01-20\_13\_GML.zip を現在の作業フォルダにコピーします。 また、「データフォーマット(符号化)」欄にある「**シェープファイルの属性について**」 の Excel ファイルをダウンロードします。これはシェープファイルの属性名の対応表で す。



Light Stone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

Step 2: シェープファイルを Stata 形式に変換する

● ダウンロードしたシェープファイルを解凍(展開)します。Stata を起動し、メニュー から「統計 > 空間自己回帰モデル」を選択します。「空間解析コントロールパネル」で 次のように設定します。

Sp - 空間解析コントロ-	ルパネル	>
	Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	●標準形式のシェーブファイルをSpデータに変換する、またはSpデータを統合する ○メモリ内のデータセットをSp空間データ(シェーブファイルなし)に設定する	
グ <del>ラ</del> フ	<ul> <li>●標準形式のシェーブファイルをSpデータセットとシェーブファイルに変換する</li> <li>&gt;メモリ内のデータをSpデータセットと統合する</li> <li>&gt; Sp設定の_D支数を新たな数値変数に変更する(任意)</li> </ul>	シェープファイルの解凍
空間行列	国 unzipfile - zip内のファイルとディレクトリの解凍 ディスク上のシェーブファイ ディスク上のzipファイル名:	
モデル	C:¥Users¥watabe¥Documents¥L01-20_13_GML:zip	参照
ユーティリティ	□ 既存のSpデータセット ? C	, 適用
		適用
	データ: none 空間単位ID: none 座標: none リング済みジェーブ ファイル: none	
C		閉じる

結果画面に解凍結果が表示されます。

```
inflating: L01-20_13_GML/KS-META-L01-20_13.xml
inflating: L01-20_13_GML/L01-20_13.dbf
inflating: L01-20_13_GML/L01-20_13.geojson
inflating: L01-20_13_GML/L01-20_13.shp
inflating: L01-20_13_GML/L01-20_13.shx
inflating: L01-20_13_GML/L01-20_13.xml
```

successfully unzipped C:\Users\watabe\Documents\L01-20\_13\_GML.zip to current directory
total processed: 7

```
skipped: 0
```

```
extracted: 7
```

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

😑 Sp - 空間解析コントローノ	レパネル	- 🗆 X
	Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	●標準形式のシェーブファイルをSpデータに変換する、またはSpデータを統合する ○メモリ内のデータセットをSp空間データ(シェーブファイルなし)に設定する	
グラフ	●標準形式のシェーブファイルをSpデータセットとシェーブファイルに変換する ○メモリ内のデータをSpデータセットと統合する ○Sp設定の_ID変数を新たな数値変数に変更する(任意)	シェーブファイルの解凍
空間行列	ディスク上のシェーブファイル(*.shpまたは*.dbf):  C:¥Users¥watabe¥Documents¥L01-20_13_GML¥L01-20_13.shp	参照
モデル	□ Spデータセットと Stata形式シェーブファイルを次の名前で保存する:	
⊐- <b>ד</b> וּוּדּו	□ ¤ff@spr-ゲゼットCStatanb=(0)JI-) JP1   ルを迫さ思える	
		適用
	デーダ: none 空間単位D: none 座標: none リンク済みシューブァイル: none	
? C		閉じる

```
(importing .shp file)
(importing .dbf file)
(creating _ID spatial-unit id)
(creating _CX coordinate)
(creating _CY coordinate)
```

file L01-20\_13\_shp.dta created file L01-20\_13.dta created

● 作成された Stata 形式のシェープファイル L01-20\_13.dta には日本語が含まれているため、適切なエンコードを設定して変換します。(コマンド操作のみ)



Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

```
(using Shift_JIS encoding)
(Directory ./bak.stunicode created; please do not delete)
File summary (before starting):
    1 file(s) specified
    1 file(s) to be examined ...
File L01-20_13.dta (Stata dataset)
    all variable names okay, ASCII
    all variable names okay, ASCII
    all data labels okay, ASCII
    all variable labels okay, ASCII
    all characteristic names okay, ASCII
    all characteristic contents okay, ASCII
    11 str# variables okay, ASCII
    0 str# variables okay, already UTF-8
    19 str# variables translated
```

File successfully translated

```
File summary:
all files successfully translated
```

- メニューから「ファイル > 開く」を選択して、L01-20\_13.dta を開きます。
- データの内容を確認します。メニューから「データ > データの内容表示 > メモリ/フ ァイル内のデータの内容表示」を選択して、次のように設定します。

🔚 describe - データの内容を表示	-		×
- データの内容表示 ・データの内容表示 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・			
変数: (全ての場合は空欄)			~
- オブション ② 変数名のみ表示する ③ 概要のみ表示する ③ 変数名を省略しない ③ 変数名と共に変数番号を表示する ③ メモリにあるデータをデータ内容レポートで置換する ③ メモリからデータセットをクリア			
? C 🗈 OK ++	ンセル	J	適用

次のように結果が表示され、非常に多くの情報(シェープファイルの属性)が含まれている ことがわかります。先頭の\_ID は空間 ID、\_CX は X 座標、\_CY は Y 座標です。storage type 欄より、これらは数値変数としてインポートされていることがわかります。その他の変数は

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

文字列変数(str)としてインポートされています。

Contains	data	from C:\U	lsers\watab	e\Document	s\L01-20_13.dta
obs:		2,602			
vars:		133			10 Mar 2021 09:46
		storage	display	value	
variable	name	type	format	label	variable label
_ID		int	%12.0g		Spatial-unit ID
_CX		double	%10.0g		x-coordinate of area centroid
_CY		double	%10.0g		y-coordinate of area centroid
L01_001		str3	%9s		L01_001
L01_002		str3	%9s		L01_002
L01_003		str3	%9s		L01_003
L01_004		str3	%9s		L01_004
L01_005		str4	%9s		L01_005
L01_006		str8	%9s		L01_006
L01_007		str1	%9s		L01_007
L01_008		str5	%9s		L01_008
		str5	0/		LP1

データの1行目の内容を確認します。メニューから「データ > データの内容表示 > デ
 ータの一覧表示」を選択します。「by/if/in」タブで次のように設定します。

📧 list - 変数の値の一覧表示		_		×
メイン by/if/in オプション サマリー 上級設定				
グループごとにコマンドを実行する				
グループ変数:				_
				$\sim$
観測値の制限				
条件式:			14 - 19	_
			作成	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
<ul> <li>✓ 観測値の範囲を指定する</li> <li>範囲:</li> <li>1 → ~ 1 →</li> </ul>				
? C 🗈	OK	キャンセル	·	適用

次のように結果が表示されます。

Solutione<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

1.	_ID 1	139.	_CX .74481	35	_CY .69014	L0:	1_001 000	L01	_002 001	L01_0 0	003 000	L01_00 00	)4 )1	L01_005 2020	5 L01_006 3160000	
	L01_(	007 1	L01_00 fals	)8 se	L01_0 fal:	89 se	L01_( fai	010 lse	L01_ fa	011 alse	L0:	1_012 False	Le	01_013 false	L01_014 false	
	L01_015 L01_016 false false		L01_0: fal:	17 se	L01_( fai	018 lse	L01_ fa	019 alse	L0: +	1_020 False	Le	01_021 13101	L01_022 千代田			
	東京	ð f	代田区:	三番日	L01_( 町 6 素 2	823 5	L01_0	824 969	住字	.01_025 その他	5	L01_026 共同住宅		L01_027 SRC10	L01_028 true	

Step 1 でダウンロードした「シェープファイルの属性について」の Excel ファイルを使用して、対応番号と属性名を確認します。今回は L01\_006 の公示価格(円/m<sup>2</sup>)、L01\_021 の標準地行政コードを使用します。

※2021 年 3 月 10 日現在、対応表の内容に誤りがある様子のため、データの内容から判断 して対応付けを行いました。

使用する変数(属性)に分かりやすい名前を付けます。メニューから「データ > デー
 タユーティリティ >変数のグループ名を変更」を選択して、次のように設定します。

=== rename - 変数名の変更	—		$\times$
リネーム方法の内容 ● リストで指定する変数名を変更する ○ 一連の変数名の大文字小文字を変更する ○ 変数名の接頭語を追加/変更する ○ 変数名の接尾語を追加/変更する ○ 上級設定			
既存の変数名: L01_006 L01_021 新しい変数名: price code			
□石間を友史ビッにレホートだけ衣木する			
? C E OK 4	キャンセル	適	用

LightStone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

 ● code と price を文字列変数から数値変数に変換します。メニューから「データ > デ ータの作成または変更 > その他の変数変換コマンド > 文字列変数から数値変数に変 換」を選択し、次のように設定します。

E目 destring - 文字列変数を数値変数に変換		_	□ ×
変換する文字列変数: (全ての変数の場合は空根 price code	f)		~
○ 新規数値変数を作成する:			
● 指定した既存の変数を数値に変換する(元の)	)文字列は失われます	<sup>†</sup> )	
- オブション			
● 毎効なUnicodeも全て削除する			
□ 文字列をパイト列として扱う			
✓ 数字でない文字列は欠損値に変換する			
□ 数値変数を単相度で1760の3			
□ カンマを小数点として扱う			
? C	OK	キャンセル	適用

● 今回は島嶼部のデータを除きます。島嶼部の標準地行政コードは 13361 以降のため、
 code が 13361 以上のものを削除します。メニューから「データ > データの作成また
 は変更 > 観測値の削除」を選択し、次のように設定します。

😑 drop - 観測値の削除		_		×
メイン by				
観測値を維持または削除する <ul> <li>         ・ 削除する観測値を指定する         ・         ・         ・</li></ul>	5			
削除する観測値				
条件式: code >= 13361			作成…	
□ 指定した範囲の観測値を削 範囲: 1 → ~ [	l除 2602 ►			
? C	OK	キャンセル	適	用

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

📧 xtile - 分位点に基づいたカテゴリ変数の作成	_		×
メイン if/in 加重			
新しい変数名: 式: price4 = price		作成…	
- オプション ●4 ● 分位点の数			
○変数の値を節点として使用する:			
□ パーセント分位点を計算する他の式			
? C 🗈 OK 🗤	ンセル	適	Ħ

● 作成した price4 の内容を確認します。メニューから「データ > データの内容表示 > 記述統計量」を選択し、「メイン」タブと「by/if/in」タブで次のように設定します。

😑 summarize - 記述統計量 🛛 🗌 🗙 🖌	😑 summarize - 記述統計量 🛛 📃 🗙 🗙
メイン by/if/in 加重	メイン by/if/in 加重
変数: (全ての場合は空欄) price     ・・・       例:     yr*       「yr」から始まる全ての変数       xyz-abc     xyzとabcの間にある全ての変数	<ul> <li>✓ グループごとにコマンドを実行する</li> <li>グループ変数: price4</li> <li>観測値の制限</li> </ul>
オプション <ul> <li>●標準の表示</li> <li>○追加の統計量を表示する</li> <li>○特に表示なし(平均の表示のみ)</li> <li>□変数の表示形式を使用する</li> <li>5 計 指定の変数の数ごとに分離線を挿入する(挿入しない場合の)</li> <li>因子変数レポートオブション</li> </ul>	条件式: 「 観測値の範囲を指定する 範囲: 1 ↓ ~ 2584 ↓
OK         キャンセル         適用	? C 国 OK キャンセル 適用

結果は次のようになります。price4 = 1~4の最小値と最高値がわかります。

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

-> price4 = 1 Variable 0bs Mean Std. Dev. Min Max price 648 157297.7 57053.52 918 252000 -> price4 = 2 Variable 0bs Std. Dev. Min Mean Max price 648 343248.5 55242.96 253000 444000 -> price4 = 3 Variable 0bs Std. Dev. Min Mean Max price 642 603686.9 105790 445000 817000 -> price4 = 4 Variable 0bs Mean Std. Dev. Min Max price 646 818000 5.77e+07 3573573 6183768

● price4 の値ラベルを作成します。ニューから「データ > 変数マネージャ」を選択し、 次のように設定します。この値ラベルは後程カラーマップの凡例として使用されます。

	ःः 変数⊽ネ-ジ	þ					-		×
	変数名フィルタをノ	カ							
	Drag a columr	header here to group by th	at column.		^	変数プロパティ			ņ
	# 名前 👻	ラベル	保存形式	フォーマット	-	名前:			
	price4	4 quantiles of price	byte	%20.0g		price4			_
	price	公示価格(円/m2)	long	%10.0g		ラベル:			_
	値ラベルの管理			X		4 quantiles of price			_
	-					保存形式:	-		
三 ラベルを作成する			5/	いを作成する		byte	<u></u>		
			5/	ベルを編集する		フォーマット:		12-c+	_
ラベル名:			5/	いを除外する		7620		1 F/23	
label						値ラベル:		<b>#第</b> 7日	
値 ラベル		値:	ſ	直を追加する				E-1	- 1
1 918 - 252	,000	4	ſ	直を編集する		メモ:		管理	
2 253000 -	444,000	ラベル:	ſ	直を削り除する				8-1	
3 445,000 -	817,000	818,000 - 57,700,000	^ I I I	25140	~	< > リセ:	<i>۱</i> ۲	適用	
4 818,000 -	57,700,000				>				
1 AL 2001	CONCEPT?			閉じる		変要	茨: 134	CAP N	JM
新規 削除			変更						
備考:データセットに変更	更を適用するにはOK	をクリックしてください。							
		<u>ОК</u> ++7/1	ยน 						

株式会社ライトストーン

Light Stone<sup>®</sup>

空間データを扱うにあたって、どの変数を空間の ID とするか設定する必要があります。
 Stata 形式のシェープファイルを作成した際に自動で設定されますが、後から変更することも可能です。現在の設定を確認するには、メニューから「統計 > 空間自己回帰モデル」を選択して「空間解析コントロールパネル」を開きます。

📧 Sp - 空間解析コントロー	ルパネル	– 🗆 X
	Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	●標準形式のシェーブファイルをSpデータに変換する、またはSpデータを統合する ○ Xモリ内のデータセットをSp空間データ (シェーブファイルなし) に設定する	
グラフ	<ul> <li>●標準形式のシェーブファイルをSpデータセットとシェーブファイルに変換する</li> <li>○メモリ内のデータをSpデータセットと統合する</li> <li>○Sp設定の_ID変数を新たな数値変数に変更する(任意)</li> </ul>	シェーブファイルの解凍
空間行列	ディスク上のシェーブファイル(*.shpまたは*.dbf):	参照
モデル	□ SpデータセットとStata形式シェーブファイルを次の名前で保存する: □ 既存のSpデータセットとStata形式のシェーブファイルを置き換える	
ב-דַּרוּדַּר		
		適用
	データ: cross sectional 空間単位IDID (equal to _ID) 座標: _CX, _CY (planar) リング済みシェーブ ファイル: 101-20_13_shp.dta	
? C		閉じる

● デフォルトでは、座標は上記の通り平面(planar)単位に設定されます。元のシェープフ ァイルは緯度経度で記録されているため、座標単位の設定を変更します。

<u>ョ</u> Sp - 空間解析コントロ・	-ルパネル ー □ >
	Sp設定を表示する Sp設定の変更
設定	<ul> <li>● 標準形式のシェーブファイルをSpデータに変換する、またはSpデータを統合する</li> <li>○ メモリ内のデータセットをSp空間デー</li> <li>□ spset - Sp空間データのセットアップ</li> </ul>
グラフ	<ul> <li>● 標準形式のシェーブファイルをSpi ○ Xモリ内のデータをSpデータセット社 ○ Sp設定の_ID変数を新しい数値変数に変更する ● 座標系を変更する ○ E標を変更する</li> </ul>
空間行列	<ul> <li>○ 座標を削除する</li> <li>ディスク上のシェーブファイル (*.shpā</li> <li>○ Stata形式のシェーブファイルとのリンクを解除する</li> <li>○ Stata形式のシェーブファイルとのリンクを再確立する</li> </ul>
モデル	□ SpデータセットとStata形式シェー □ Sp設定を解除して_ID、_CX、_CYを削除する □ 設定
ユーティリティ	<ul> <li>□ 既存のSpデータセットとStata形ま</li> <li>○ 座標を平面に設定する</li> <li>④ 座標を確度と経度として設定する</li> <li>④ 距離をキロメートルで報告する</li> <li>○ 距離をマイルで報告する</li> </ul>
	OK         キャンセル         適用           適用         適用
	データ: cross sectional 空間単位D: _[D (equal to _]D) 座標: _CY, _CX (latitude-and-longitude, kilometers) リック済みシェブ 77 /k: _L01-20_13_shp.dta
C	同じる

12

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

● メニューから「ファイル > 保存」を選択してデータを保存します。以上で地価データの準備は完了です。

## 2. 地図データの準備

Step 1: 東京都の行政区域データのシェープファイルをダウンロードする

● こちらのページから令和 2 年の東京都の行政区域データをダウンロードします。これ は都道府県名、支庁・振興局名、郡・政令都市名、市区町村名、行政区域コード等を GIS データとして整備したものです。

https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-v2\_4.html



ダウンロードしたファイル N03-20200101\_13\_GML.zip を現在の作業フォルダにコピー します。

Step 2: シェープファイルを Stata 形式に変換する

地価データと同様に、シェープファイルの解凍(展開)から空間設定までの作業を行います。ここではコマンド操作のみ記載します。do ファイル part1.do 内の『地図データの準備』をご確認ください。



Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン



● 東京都の地価データを地図上に表示します。空間データ用のグラフ作成コマンド grmap を使用します。do ファイル part1.do 内の『グラフ作成』をご確認ください。

シンプル版

現在 Stata で読み込んでいる地図データ(N03-20\_13\_200101.dta)上に、地価データ(L01-20\_13.dta)をポイント表示し、price4 の値によって色分けしたカラーマップで表現します。

Do-file Editor - part1.do × ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 言語 プロジェクト(P) ツール(T) D 🝯 🗄 📮 🔍 💥 🗈 👘 🦘 🗢 💷 📭 🖳 🗸 × Ŧ 102 ٨ 103 \*グラフ作成\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* 104 \*東京都の地価データを地図上に表示 105 106 107 \*シンブル版 grmap, point(data("L01-20\_13.dta") xcoord(\_CX) ycoord(\_CY) by(price4)
fcolor(Y10rRd)) 108 Ģ 109 行:108,列:86 CAP NUM OVR



Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

カスタム版

地図の枠線の色を変更、凡例と背景色を追加します。





◆ グラフエディタ機能

グラフウィンドウからグラフエディタを起動して、作成済みのグラフを編集できます。 グラフ上の編集したい箇所(背景やプロットなど)をクリックすると編集メニューが表 示されます。



Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

第二部 空間自己回帰モデル - 失業率と大学卒業率の関係をモデル化

はじめに

- 経済や医学的な状況は、隣接する地区では相互に強い影響を及ぼします。空間自己回帰 モデルは他のモデル推定とは異なり、地理的な位置情報付きのデータに対してモデル をフィットします。
- 地図情報としては一般的に「シェープファイル」がよく利用されます。シェープファイルは図形情報と属性情報を持った地図データファイル群で、政府機関などのウェブサイトで配布されています。
- シェープファイルを用いた空間自己回帰モデル分析は次の手順で行います。

Step 1	シェープファイルをダウンロードする
Step 2	シェープファイルを Stata 形式に変換する
Step 3	データセットと Stata 形式のシェープファイルをマージする
Step 4	空間自己回帰モデル分析を行う

● この例題では、アメリカ合衆国テキサス州の失業率と大学卒業率の関係をモデル化します。メニュー操作を基本としていますが、一部コマンド操作のものもあります。do ファイル part2.do に全ての操作のコマンドをまとめています。

# データの準備

Step 1: アメリカ合衆国のシェープファイルをダウンロードする

こちらのページからシェープファイルをダウンロードします。
 <a href="https://catalog.data.gov/dataset/tiger-line-shapefile-2016-nation-u-s-current-county-and-equivalent-national-shapefile">https://catalog.data.gov/dataset/tiger-line-shapefile-2016-nation-u-s-current-county-and-equivalent-national-shapefile</a>



Light Stone<sup>®</sup>株式会社ライトストーン

ダウンロードしたファイル tl\_2016\_us\_county.zip を現在の作業フォルダにコピーします。

Step 2: シェープファイルを Stata 形式に変換する

ダウンロードしたシェープファイルを解凍(展開)します。Stataを起動し、メニューから「統計 > 空間自己回帰モデル」を選択します。「空間解析コントロールパネル」で次のように設定します。

	Sp設定を表示する Sp設定の変更
設定	<ul> <li>● 標準形式のシェーブファイルをSpデータに変換する、またはSpデータを統合する</li> <li>○ メモリ内のデータセットをSp空間データ (シェーブファイルなし) に設定する</li> </ul>
グラフ	<ul> <li>●標準形式のシェーブファイルをSpデータセットとシェーブファイルに変換する</li> <li>&gt;メモリ内のデータをSpデータセットと統合する</li> <li>○ Sp設定の_ID変数を新たな数値変数に変更する(任意)</li> </ul>
空間行列	I III unzipfile - zip内のファイルとディレクトリの解凍 ー 日
モデル	ディスク上のzipファイル名:       C:¥Users¥watabe¥Documents¥tl_2016_us_county.zip       一既存の解凍後ファイルを置き換える
ユーティリティ	C III OK キャンセル 適用
	這用
	データ: none 空間単位D: none 座標: none

結果画面に解凍結果が表示されます。

```
inflating: tl_2016_us_county.cpg
inflating: tl_2016_us_county.dbf
inflating: tl_2016_us_county.prj
inflating: tl_2016_us_county.shp
inflating: tl_2016_us_county.shp.ea.iso.xml
inflating: tl_2016_us_county.shp.iso.xml
inflating: tl_2016_us_county.shp.xml
inflating: tl_2016_us_county.shx
```

```
extracted: 8
```

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

📧 Sp - 空間解析コントロール	パネル	- 🗆 X
	Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	●標準形式のシェーブファイルをSpデータに変換する、またはSpデータを統合する ○メモリ内のデータセットをSp空間データ(シェーブファイルなし)に設定する	
グラフ	●標準形式のシェーブファイルをSpデータセットとシェーブファイルに変換する ○ メモリ内のデータをSpデータセットと統合する ○ Sp設定の_ID変数を新たな数値変数に変更する(任意)	シェーブファイルの解凍
空間行列	ディスク上のシェーブファイル (*.shpまたは*.dbf) : C¥UJsers¥watabe¥Documents¥tl_2016_us_county.shp	参照
モデル	□ SpデータセットとStata形式シェーブファイルを次の名前で保存する:	
ユーティリティ	□ は行いSpT-クセットとStataがスロッジェーノファイルを直さ換える	
		適用
	データ: none 空間単位(D: none 座標: none り29済みジェーブ フィル: none	
? C		閉じる

(importing .shp file) (importing .dbf file) (creating \_ID spatial-unit id) (creating \_CX coordinate) (creating \_CY coordinate)

file tl\_2016\_us\_county\_shp.dta created
file tl\_2016\_us\_county.dta created

● メニューから「ファイル > 開く」を選択して、tl\_2016\_us\_county.dta を開きます。

株式会社ライトストーン

Light Stone<sup>®</sup>

 データの内容を確認します。メニューから「データ > データの内容表示 > メモリ/フ ァイル内のデータの内容表示」を選択して、次のように設定します。

😑 describe - データの内容を表示	_		$\times$
データの内容表示 ● メモリ内 ○ ディスク上のファイル			
変数: (全ての場合は空欄)			×
オプション ② 変数名のみ表示する ③ 概要のみ表示する ③ 変数名を省略しない ③ 変数名と共に変数番号を表示する ⑤ メモリにあるデータをデータ内容レポートで置換する			
メモリからデータセットをクリア       ? C        OK	ャンセル	Ĩ	如用

Contains data from tl\_2016\_us\_county.dta obs: 3,233 vars: 20 29 Oct 2020 13:40 display value storage label variable name format variable label type \_ID int %12.0g Spatial-unit ID \_CX double %10.0g x-coordinate of area centroid \_CY double %10.0g y-coordinate of area centroid STATEFP STATEFP str2 %9s COUNTYFP str3 %9s COUNTYFP COUNTYNS str8 %9s COUNTYNS GEOID str5 %9s GEOID NAME NAME str21 %21s NAMELSAD NAMELSAD str33 %33s LSAD str2 %9s LSAD CLASSFP str2 %9s CLASSFP MTFCC MTFCC str5 %9s CSAFP str3 %9s CSAFP CBSAFP str5 %9s CBSAFP METDIVFP str5 %9s METDIVFP FUNCSTAT str1 %9s FUNCSTAT ALAND double %14.0f ALAND AWATER double %14.0f AWATER INTPTLAT str11 %11s INTPTLAT INTPTLON str12 %12s INTPTLON

Sorted by: \_ID

Light Stone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

● データの 1,2 行目の内容を確認します。メニューから「**データ > データの内容表示 >** データの一覧表示」を選択します。「by/if/in」タブで次のように設定します。

□ list - 変数の値の一覧表示		_		×
メイン by/if/in オプション サマリー 上級設定				
ログループごとにコマンドを実行する				
グループ変数:				
			~	/
観測値の制限				
条件式:				
			1FRA-	
<ul> <li>✓ 観測値の範囲を指定する</li> <li>範囲: 1 → ~ 2 →</li> </ul>				
? C 🗈	)K +7	ンセル	適	ŧ

1.	_ID 1	-96	_CX 5.7874	41.916	_CY 5403	STATE	FP 31	COUNT	YFP 039	COI 008	JNTYNS 335841	GEOID 31039
	Cı	NAME uming	Cur	NAMEI ning Cou	LSAD unty	LSAD Ø6	CL	ASSFP H1	MTF G46	=CC 020	CSAFP	CBSAFP
	METI	DIVFP	FUN	CSTAT A	14	ALANI 7789581:	) 1	AWATER INTPTLAT 10447360 +41.9158651				TPTLAT 158651
						INTI -096.788	PTLO 8516	N 8				

2.	_ID 2	-123	_CX 43347	46.29	_CY 1134	STATE	=р 53	COUNT	YFP 069	COL 015	JNTYNS 513275	GEOID 53069
	Wahk:	NAME Lakum	Wahkia	NAME akum Co	LSAD unty	LSAD Ø6	CL	ASSFP H1	P MTFCC 1 G4020		CSAFP	CBSAFP
	METI	DIVFP	FUN	CSTAT A	68	ALANI 80956787	) 7	Al 6158	VATEI 88406	R 5	IN +46.29	TPTLAT 946377
						INTF 123.424	PTLO 1458	N 3				

20

LightStone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

● 変数 STATEFP は州を表す2桁のコード、変数 COUNTYFP は州内の群を表す3桁のコードです。これらを組み合わせて、個々の群を表す5桁のコードの数値型変数 fips を作成します。メニューから「データ > データの作成または変更 > 新規変数の作成」を選択し、次のように設定します。real()関数は文字列を数値に変換します。

😑 generate - 変数の新規作成	_		$\times$
メイン if/in			
変数の型: 変数名: long ~ fips			
<ul> <li>値または式を指定する</li> <li>real(STATEFP + COUNTYFP)</li> </ul>		作成	
○ 欠損値で埋める			-
新たな変数の位置:			
データセットの最後に追加する ~			
□ 指定した値ラベルを適用する: ~			
? C 🗈 OK 👫	ャンセル	通	퇘

 新しい変数 fips が観測値を一意に識別できているか確認します(コマンド操作のみ。 /\*\*/で囲まれたコメントは入力しません)。assert はそれに続く式が正しいかどうかを 確認するコマンドで、正しくない場合は"assertion is false"のメッセージが表示 されます。結果が正しければ何も表示しません。 \_N は Stata のシステム変数です(help \_variables を参照)。

**bysort fips: assert N==1**/\*fips の各観測値に値が1つだけ存在することを確認\*/

assert fips != ./\* fips に欠損値がないことを確認\*/

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

空間データを扱うにあたって、どの変数を空間の ID とするか設定する必要があります。
 Stata 形式のシェープファイルを作成した際に自動で設定されますが、後から変更する
 ことも可能です。メニューから「統計 > 空間自己回帰モデル」を選択して「空間解析
 コントロールパネル」を開き、先程作成した fips を指定します。

📧 Sp - 空間解析コントロ-	ールパネル	x
設定	Sp設定 ●標準形式のシェーブファイルをSpデータに変換する、またはSpデータを統合する ○メモリ内のデータセッ ■ spset - Sp空間データのセットアップ	を表示する Sp設定の変更 ×
グラフ	<ul> <li>●標準形式のシェー</li> <li>● Sp設定の_ID変数を新しい数値変数に変更する</li> <li>○ Sp設定の_ID変数</li> <li>○ 医標系を変更する</li> <li>○ 医標系を変更する</li> <li>○ 広標系で変更する</li> </ul>	アイルの解凍
空間行列	<ul> <li>         ・</li></ul>	参照
モデル	□ SpデータセットとS □ Sp設定を解除して_ID、_CX、_CYを削除する 設定 □ 既存のSpデータセ □ ID変数:	
ユーティリティ	fips	
	? С ок +	マンセル 適用 適用
	データ: cross sectional 空間単位ID: _IO (equal to fips) 座標: _CX, _CY (planar) リク済みジェブ ファイル: tl_2016,us_county_shp.dta	
? C		閉じる

22

株式会社ライトストーン

Light Stone<sup>®</sup>

● デフォルトでは、座標は平面(planar)単位に設定されます。元のシェープファイルは緯 度経度で記録されているため、座標単位の設定を変更します。

🖅 Sp - 空間解析コントロールパネル	ŀ			– 🗆 X
			Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定 ○	) 標準形式のシェーブフ ) メモリ内のデータセッ	ファイルをSpデータに変換する、またはSpデータを約 三回 spset - Sp空間データのセットアップ	売合する	×
777 (	<ul> <li>●標準形式のシェー</li> <li>○ Xモリ内のデータを</li> <li>○ Sp設定の_ID変換</li> </ul>	<ul> <li>○ Sp設定の_ID変数を新しい数値変数にま</li> <li>● 座標系を変更する</li> <li>○ 血標系を変更する</li> </ul>	変更する	アイルの解凍
空間行列	ディスク上のシェープフ C:¥Users¥watabe¥	<ul> <li>         ・ 」 座標を削除する         ・         ・         ・</li></ul>	解除する 再確立する	参照
モデル [	□ SpデータセットとSt	○ Sp設定を解除して」D、_CX、_CYを削除 設定 ○ 広博を平面に設定する。	3	
ユーティリティ	□既行のSpテータゼ	<ul> <li>○ 生味を1 ねこしたり</li> <li>◎ 座標を 確度と経度として設定する</li> <li>○ 距離をキロメートルで報告する</li> <li>④ 距離をマイルで報告する</li> </ul>		
		? C	<b>)K</b> キャンセル ji	適用
	空間単 リンク済みシェーブ	デーク: cross sectional 単位ID: _ID (equal to fips) 座標: _CX, _CY (planar) ファイル: tl.2016.us, county_shp.dta		
? C				閉じる

● メニューから「ファイル > 保存」を選択してデータを保存します。以上で地図データの準備は完了です。

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

Step 3: データセットと Stata 形式のシェープファイルをマージする

● テキサス州の失業率と大学卒業率のデータを使用します。メニューから「ファイル >
 例題データセット」を選択して、次のように操作します。

Viewer - help dta_contents	– 🗆 X	
ファイル(F) 編集(E) 履歴 ヘルプ(H)		
← → C 🖶 Q help dta_conter	nts Q,*	
help dta_contents 🗙	<b>v</b>	
+	Viewer - help dta_manuals	– 🗆 X
Title	ファイル(F) 編集(E) 履歴 ヘルプ(H)	Viewer - help q sp
[U] 1.2.2 Example datasets	$\leftarrow \rightarrow \mathcal{C} = \mathbb{Q}$ help dta_manuals	- ファイル(F) 編集(E) 履歴 ヘルプ(H)
	help dta_manuals 🗙	$\leftarrow \rightarrow C = Q$ help q_sp
Description	+	help g sp 🗙
Example datasets installed w	Power, Precision, and Sample-Size Reference Manual [P	+
This page contains links	Programming Reference Manual [P]	
	Reporting Reference Manual [RPT]	Datasets for Stata Spatial Autoregressive Model
Stata 16 manual datasets	Spatial Autoregressive Models Reference Manual [SP]	Datasets used in the Stata Documentation were s Stata. Some datasets have been altered to expl
This page provides web a	Structural Equation Modeling Reference Manual [SEM]	use these datasets for analysis.
	Survey Data Reference Manual [SVY]	estat moran
	Survival Analysis Reference Manual [ST]	homicide1990.dta use   describe homicide1990_shp.dta use   describe
	Time-Series Reference Manual [TS]	Intro 4
	Treatment-Effects Reference Manual [TE]	project_v.dta use   describe project_panl.dta use   describe
	User's Guide [U]	Intro 7
		texas_ue.dta use   describe

データが開き、その内容が表示されます。個々の群を表す5桁のコード **fips** が含まれています。

Contains data obs: vars:	254 4			10 Feb 2019 12:36
variable name	storage type	display format	value label	variable label
fips college income unemployment	float float long float	%9.0g %9.0g %12.0g %9.0g		FIPS Percent college degree Median household income Unemployment rate

Sorted by: fips

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

Stata 形式のシェープファイル tl\_2016\_us\_county.dta と共通の変数 fips を用いて、2つのファイルをマージします。メニューから「データ > データセットの統合 > 2 データセットのマージ」を選択して、次のように設定します。

😑 merge - データセットをマージする —	-		×
メイン オプション 結果			
<ul> <li>マージの種類</li> <li>● キー変数に関して1対1</li> <li>○ キー変数に関して9対1 (ディスクデータのキー変数をユニークとする)</li> <li>○ キー変数に関して1対多 (メモリデータのキー変数をユニークとする)</li> <li>○ キー変数に関して9対多</li> <li>○ 観測値ごとに1対1</li> </ul>			
キー変数: (マッチ変数) fips ディスクのデータヤットのファイル名:			~
C:¥Users¥watabe¥Documents¥tl_2016_us_county.dta		参照	
? C 🗈 OK キャンセル	b -	適	用

(note: variable fips was float, now double to accommodate using data's values)

Result	# of obs.	
not matched	2,979	
from master from using	0 2,979	(_merge==1) (_merge==2)
matched	254	(_merge==3)

変数 \_merge が作成されます。テキサス州のデータとマッチしたものは \_merge==3 と 識別されています。

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

 マッチしなかった観測値を削除します。メニューから「データ > データの作成または 変更 > 観測値の削除」を選択して、次のように設定します。2,979の観測値が削除され ます。

😑 drop - 観測値の削除	_		×
メイン by			
観測値を維持または削除する			
● 維持する観測値を指定する			
維持する観測値			
条件式: merge == 3		作成…	
<ul> <li>□ 指定した範囲の観測値を維持し、その他を削除する</li> <li>範囲: 1 → ~ 2602 →</li> </ul>			
? C 🗈 OK 🕈	ャンセル	適	用

● 今後、変数 \_merge は使用しないため削除します。メニューから「データ > 変数マネ ージャ」を選択して、次のように操作します。

□□ 変数マネージャ					- 0	×
変数名フィルタを入力						
グループ化する項目	ヨヘッダーをここにドラッグ		^	変数プロパティ		д
# 名前	ラベル	保存形式 71-3	マット	名前:		
NAMELSAD	NAMELSAD	str33 %33s		_merge		
LSAD	LSAD	str2 %9s		<u>ラベル:</u>		
CLASSFP	CLASSFP	変数のプロパティを編集				
MTFCC	MTFCC	選択した変数のみ維持				
CSAFP	CSAFP	選択した変数を削除		byte 🗸		
CBSAFP	CBSAFP	通知した恋歌のメエカ笑理	1	7+		
METDIVFP	METDIVFP	選択した変数の入せを管理		%23.0g	(°E)	戎
FUNCSTAT	FUNCSTAT	テーダセットのメモを官理		/#= «".1.		
ALAND	ALAND	変数リストをコピー	Ctrl+C			Œ
AWATER	AWATER	すべて選択	Ctrl+A		<u> </u>	I
INTPTLAT	INTPTLAT	コマンドウィンドウに変数リス	(トを送る	メモ:	Jacker og	ŦĦ
INTPTLON	INTPTLON	印刷	Ctrl+P	>t/30	E1	¥
_merge	キクリック	byte %23.0	)g		36	新田
<			>	V C91	10	2/13
準備完了				変数	: 25 CAP	NUM

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

● データセットの内容を確認します。メニューから「データ > データの内容表示 > メモ リ/ファイル内のデータの内容表示」を選択して、「メモリ内」のみ選び OK を押します。

Contains data	from texa	as_ue.dta		
obs:	254			
vars:	24			29 Oct 2020 15:43
				(_dta has notes)
	storage	display	value	
variable name	type	format	label	variable label
fips	double	%9.0g		FIPS
college	float	%9.0g		<u>*</u> Percent college degree
income	long	%12.0g		Median household income
unemployment	float	%9.0g		Unemployment rate
_ID	long	%12.0g		Spatial-unit ID
_CX	double	%10.0g		x-coordinate of area centroid
_CY	double	%10.0g		y-coordinate of area centroid
STATEFP	str2	%9s		STATEFP
COUNTYFP	str3	%9s		COUNTYFP
COUNTYNS	str8	%9s		COUNTYNS
GEOID	str5	%9s		GEOID
NAME	str21	%21s		NAME
NAMELSAD	str33	%33s		NAMELSAD
LSAD	str2	%9s		LSAD
CLASSFP	str2	%9s		CLASSFP
MTFCC	str5	%9s		MTFCC
CSAFP	str3	%9s		CSAFP
CBSAFP	str5	%9s		CBSAFP
METDIVFP	str5	%9s		METDIVFP
FUNCSTAT	str1	%9s		FUNCSTAT
ALAND	double	%14.0f		ALAND
AWATER	double	%14.0f		AWATER
INTPTLAT	str11	%11s		INTPTLAT
INTPTLON	str12	%12s		INTPTLON
				* indicated variables have notes

Sorted by:

LightStone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

fips college income unemployment \_ID \_CX \_CY NAME

Ⅲ 変数マネージャ				- 🗆 X
変数名フィルタを入力				
グループ化する項目	ヘッダーをここにドラッグ		^	· 変数プロパティ
# 名前	ラベル	保存形式 フォー	-マット	名前:
fips	FIPS	double %90	Ja	<8個の変数を選択済>
college	Percent college dec	変数のプロパティを編集		ラベル:
income	Median household	選択した変数のみ維持		
unemployment	Unemployment rate	選択した変数を削除		保存形式:
_ID	Spatial-unit ID		哩	×
_CX	x-coordinate of are	データセットのメモを管理.		
_CY	y-coordinate of are	変数リストをコピー	Ctrl+C	作成
STATEFP	STATEFP	オバア選択	Ctrl+A	/ <b>*</b> = «".1.
COUNTYFP	COUNTYFP		CuitA	
COUNTYNS	COUNTYNS	コマンドウインドウに変数リ	ストを送る	С Б <sup>3</sup> ±…
GEOID	GEOID	印刷	Ctrl+P	メモ: 
NAME		w / str21 %21	s	管理
NAMELSAD	NAMELSAD	str33 %33	s	
ICAD	ICAD	ete2 %0e	×	<ul><li>リゼット 適用</li></ul>
			>	
準備完了				変数: 24 CAP NUM

変数 NAME の名前を countyname に変更します。「適用」をクリックして変数マネージ ャを閉じます。

□□ 変数マネージャ					– 🗆 X
変数名フィルタを入力					
Drag a column he	ader here to group by that colu	ımn.			変数プロパティ <b>4</b>
# 名前	ラベル	保存形式	フォーマット	値	名前:
fips	FIPS	double	%9.0g		countyname
college	Percent college degree	float	%9.0g		ラベル・
income	Median household income	long	%12.0g		NAME
unemployment	Unemployment rate	float	%9.0g		保存形式:
_ID	Spatial-unit ID	long	%12.0g		str21 V
_CX	x-coordinate of area centroid	double	%10.0g		
_CY	y-coordinate of area centroid	double	%10.0g		ノオーマット:
NAME	NAME	str21	%21s		11223
					値ラベル:
					✓ 管理…
					yモなし 管理
					< > リセット 適用
<				>	
準備完了					変数: 8 CAP NUM

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン 

● データセットを保存します。例題データセットは上書き保存ができないため、メニュー から「ファイル > 名前を付けて保存」を選択して、texas\_ue.dta という名前で保存しま す。以上でデータの準備は完了です。

# Step 4: テキサス州のデータの分析

これまでの操作で、texas\_ue.dta を空間自己回帰モデルで使用する準備が整いました。
 改めてデータセットの内容を確認します。メニューから「データ > データの内容表示
 >メモリ/ファイル内のデータの内容表示」を選択して、「メモリ内」のみ選び OK を押します。

#### Contains data from texas\_ue.dta

obs:	254			
vars:	8			29 Oct 2020 15:52
				(_dta has notes)
	storage	display	value	
variable name	type	format	label	variable label
fips	double	%9.0g		FIPS
college	float	%9.0g		<u>*</u> Percent college degree
income	long	%12.0g		Median household income
unemployment	float	%9.0g		Unemployment rate
_ID	long	%12.0g		Spatial-unit ID
_CX	double	%10.0g		x-coordinate of area centroid
CY	double	%10.0g		y-coordinate of area centroid
countyname	str21	%21s		NAME
-				<pre>* indicated variables have notes</pre>

Sorted by:

Light Stone<sup>®</sup>株式会社ライトストーン

● 失業率の記述統計量を求めます。メニューから「統計 > 要約/表/検定 > 要約と記述統
 計量 > 記述統計量」を選択して、次のように設定します。

😑 summarize - 記述統計量 — 🗌 🗙
メイン by/if/in 加重
変数: (全ての場合は空欄) unemployment
例: yr <sup>*</sup> 「yr」から始まる全ての変数 xyz-abc xyzとabcの間にある全ての変数
オプション <ul> <li>●標準の表示</li> <li>○追加の統計量を表示する</li> <li>○特に表示なし(平均の表示のみ)</li> <li>□変数の表示形式を使用する</li> <li>5 → 指定の変数の数ごとに分離線を挿入する(挿入しない場合の)</li> <li>因子変数レポートオプション</li> </ul>
? C E OK キャンセル 適用

結果は次のようになります。失業率の範囲は1.5%から12.4%であることがわかります。

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Мах
unemployment	254	4.731102	1.716514	1.5	12.4

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

● texas\_ue.dta は空間データとして設定されており、シェープファイルを含むため、コロ プレスマップを作成できます。メニューから「統計 > 空間自己回帰モデル」を選択し て、「空間解析コントロールパネル」で次のように設定します。

🔚 Sp - 空間解析コントロール/	(ネル			- 🗆 X
			Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	1/1 if/in			
グラフ	定数: unemployment			
空間行列				
	オプション	twowayオプション		
モデル				
7-7/17/				
191971				
				適用
	データ: cro 空間単位ID: _ID	ss sectional (equal to fips)		
	座標: _CY リンク済みシェープ ファイル: tl_2	, _CX (latitude-and-longitude, n 016_us_county_shp.dta	niles)	
? С				閉じる
(5.4,12.4] (4.4,5.4] (3.6,4.4] [1.5,3.6]		J J		

グラフから、失業率が高い群はクラスター化しているように見えます。これは、郡間に 波及効果があることを示唆しています。

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

通常の線形回帰が適切であるか検定する

- このデータセットは空間分析と非空間分析の両方に使用できます。
- 大学卒業率を説明変数として、失業率の線形回帰を実行します。
- 回帰を実行した後、モデルの残差が空間的に相関しているかどうかを判断します。
- 線形回帰を実行します。メニューから「統計 > 線形モデル他 > 線形回帰」を選択して、 次のように設定します。

□= regress - 線形回帰	_		×
モデル by/if/in 加重 SE/ロバスト レポート			
従属変数: 独立変数: unemploymer ✔ college		~	
<ul> <li>定数の扱い</li> <li>□ 定数項を利用しない</li> <li>□ ユーザ定義の定数を利用する</li> <li>□ 定数項付き総平方和(上級)</li> </ul>			
? C E OK ++	ッンセル	適	Ŧ

Source	SS	df	MS	Numl	per of obs	=	254
				- F(1	, 252)	=	57.92
Model	139.314746	1	139.314746	o Prol	) > F	=	0.0000
Residual	606.129539	252	2.40527595	R-so	quared	=	0.1869
			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	- Adj	R-squared	=	0.1837
Total	745.444285	253	2.9464201	Root	t MSE	=	1.5509
unemployment	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Co	nf.	Interval]
college _cons	1008791 6.542796	.0132552 .2571722	-7.61 25.44	0.000 0.000	126984 6.03631	2 6	0747741 7.049277

結果から、この過度に単純化されたモデルは、大学卒業率によって失業率が著しく減少 することを示しています。

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

- 残差が空間的にクラスター化されているかどうかを調べます。Moran 検定を使用して、 通常の線形回帰でフィットされたモデルの残差が近くの残差と相関しているかどうか を判断します。
- 検定を行うために「近く」を定義する必要があります。spmatrix コマンドで空間重み 行列を定義します。
- 「近く」を「境界を共有する」と定義して、₩という名前の隣接行列を作成します。メ ニューから「統計 > 空間自己回帰モデル」を選択して、「空間解析コントロールパネル」 で次のように設定します。

📧 Sp - 空間解析コントロール	レパネル		-		×
	Sp設定を表示する		Sp設定の	)変更	
設定	コマンド: 「				
グラフ	<ul> <li>マニークから重み付け行列を作成する</li> <li>デークから重み付け行列を提供する</li> <li>(1) 重み付け行列のインボートとエクスポート</li> </ul>				
空間行列	メイン if/in				
モデル	<ul> <li>         ・連続行列を作成する         <ul> <li>             ご生距離行列を作成する             ご見北の方法:</li></ul></li></ul>	~			
ユーティリティ	<ul> <li>□ 取行の空間重め175%を含くなる</li> <li>□ 頂点のみを共有する領域を近傍として扱わない</li> <li>□ 2次近傍にの以外を割り当てる</li> <li>1</li> <li>位</li> <li>□ 1次近傍に0 (デフォルトは1) を割り当てる</li> </ul>				
				適用	
	データ: cross sectional 空間単位ID: _ID (equal to fips) 座標: _CY, _CX (latitude-and-longitude, miles) リンク済みシェーブ ファイル: tl_2016_us_county_shp.dta				
? C				問	ເຈ



Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン



-== estat - regress推定後の分析	_		$\times$
結果および統計量: (括弧内はサブコマンド名)			
不均一分散の検定 (hettest)			~
情報行列検定 (imtest)			
残差の空間依存性の検定 (moran) 開落変数のParmany PESET検定 (autost)			
広治友致のKallisey RESET使走 (Ovtest) デュム ハットレーキュー・マック IE (- + ムーロ・・・・)			~
中国:肥美の≒だ₁.			
w ~			
空間誤差のラグ2:			
空間誤差のラグ3:			
~			
? С 🗈 ОК	キャンセル	適	用

帰無仮説	モデルの残差が独立で一様分布している(i.i.d.)
対立仮説	モデルの残差が、₩ で定義される近くの残差と相関している

Moran test for spatial dependence Ho: error is i.i.d. Errorlags: W

> chi2(1) = 94.06 Prob > chi2 = 0.0000

結果から、帰無仮説が棄却されます。

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

線形回帰の結果を空間自己回帰で再現する

- 空間自己回帰のコマンドは spregress です。spregress は、空間重み行列 W で定義される、観測値が独立でないモデルをフィットします。
- 先に行った通常の線形回帰(regress コマンド)では、各郡が独立であるという仮定の もとモデルをフィットしました。spregress でも同じモデルをフィットして同じ結果 を得ることができます。
- spregress で一般化空間二段階最小二乗法を使用する場合、メニューから「統計 > 空間自己回帰モデル」を選択して、「空間解析コントロールパネル」で次のように設定します。

📧 Sp - 空間解析コントロールパネル			- 🗆 🗙
		Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定 推定コマンドを選択してGo 空間自己回帰モデル 内生変数を含んだ空間目	を押してください: ここ回帰モデル	Go>	
グラフ	27年モナル == spregress - 空間自己回帰モデル モデル ::cc- ccrp.(コレレナル		×
空間行列	tr/in SE/U/(スト レ//-ト     推定量     ・      ・     ・       ・      ・       ・       ・       ・       ・       ・       ・        ・         ・	★ 一 一 一 一 一 一 元 一 元 一 元 一 元 一 元 一 元 二 一 元 二 一 元 二 元 一 元 二 元 二	
<ul> <li>一推定したモデルを分析す</li> <li>予測、マージン、直接お</li> <li>推定後の分析</li> </ul>	従属変数: 独立変数: unemployment ✓ college □定数項を	利用しない	<b>v</b>
ユーティリティ	4.7592 従属変数の空間ラグ: 誤差項の空間ラグ:		作成
	- 独立変数の空間ラグ	作成	作成
デ 空間単位 リンク済みシェーブ フ:		編集 無効化 有効化	
? C	作成をクリックして独立変数の空間ラ	グを指定します	
	<ul> <li>□ 誤差項を分散不均一として扱う</li> <li>□ 強制的に空間重み行列を推定サン:</li> <li>2 → 操作変数の近似のオーダー</li> </ul>	プルにマッチさせる -	
	? C	OK	キャンセル 適用

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

(254 observa (254 observa	ations) ations (place:	s) used)					
Spatial autor	egressive mode	el		Number	of obs	=	254
GS2SLS estimates				Wald chi2(1) =			58.38
				Prob >	chi2	=	0.0000
				Pseudo	R2	=	0.1869
unemployment	Coet.	Std. Err.	Z	P> z	[95%	Cont.	Intervalj
college _cons	1008791 6.542796	.0132029 .2561577	-7.64 25.54	0.000 0.000	1267 6.040	563 736	075002 7.044856

 フィット結果の係数は通常の線形回帰(regress コマンド)の結果と同じですが、標準 誤差がわずかに異なります。また、regress ではF統計量が報告されているのに対し、 spregress ではZ統計量とカイ二乗統計量が報告されています。spregress は regress と異なり、有限標本調整を行いません。これは、適切な状況で調整が行われることを想 定していないためです。

株式会社ライトストーン

....

Light Stone<sup>®</sup>

#### 被説明変数の空間ラグでモデルをフィットする

失業率の空間ラグを追加して、空間自己回帰モデルをフィットします。モデルは次の通りです。

# $y_{ue} = \beta_0 + \beta_1 X_{cr} + \beta_2 W y_{ue} + \epsilon$

y <sub>ue</sub>	失業率(使用データセット中の変数 unemployment)
X <sub>cr</sub>	大学卒業率(使用データセット中の変数 college)

- モデルにはβ<sub>2</sub>Wy<sub>ue</sub>項が含まれます。失業率は近くの群から波及すると想定します。このようなモデルには実際の理論があり、失業率の高い群の労働者は周囲の群で雇用を 探すと期待されます。
- 空間自己回帰モデルには二通りのフィット方法があります。
  - 1. 一般化空間二段階最小二乗法
  - 2. 最尤法
- 誤差が正規分布しているとき、最尤法は一般化空間二段階最小二乗法よりも統計的に 効率的です。一方、一般化空間二段階最小二乗法は、正規性の違反に対して堅牢です。 最尤法と一般化空間二段階最小二乗法のどちらを選択するかは、正規性の仮定に依存 します。
- 最尤法でも標準誤差の種類に「ロバスト」を選択(コマンド操作の場合は vce(robust) オプション)すれば、正規性の違反に対して堅牢になります。
- さらに、最尤法は一般化空間二段階最小二乗法に比べて実行に時間がかかり、観測数が 増えるほど計算時間が長くなります。この例題では今後一般化空間二段階最小二乗法 を使用します。

Light Stone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

● 被説明変数の空間ラグでモデルをフィットします。「空間解析コントロールパネル」で 次のように設定します。

🖅 Sp - 空間解析コントロールパネル		- 🗆 X
	Sp設定を表示する Sp	設定の変更
<ul> <li>設定</li> <li>推定コマンドを選択してGoal</li> <li>空間自己回帰モデル</li> <li>内生変数を含んだ空間自じ パネルデータの空間自己回回</li> </ul>	押してください: こ回帰モデル 帰モデル	
757	Image: Spregress - 空間自己回帰モデル	×
空間行列	セデル     if/in     SE/ロバスト     レポート     最適化     最大化       推定量     ・     ・     ・     ・     ・       ・     ・     ・     ・     ・     ・       ・     ・     ・     ・     ・     ・       ・     ・     ・     ・     ・     ・	
推定したモデルを分析する モデル 予測、マージン、直接およ 推定後の分析	従属変数: 独立変数: unemployment ✓ college □ 定数項を利用しない	<b></b>
ユーティリティ	従属変数の空間ラグ: dvarlag(W) 誤差項の空間ラグ:	作成
	- 独立変数の空間ラグ 作成 運転	11 0
空間単位 座 リング済みジェーブ ファ	無効化	
? C	作成をクリックして独立変数の空間ラグ	×
	□ 誤差項を分散不均一として扱う □ 強制的に空間重み行列を推定サンプ 2 → 操作変数の近似のオーダー 2 → 操作変数の近似のオーダー 空間重み付け行列:	
	? C · · ·	OK キャンセル

Light Stone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

(254 observations) (254 observations (places) used) (weighting matrix defines 254 places)

Spatial autoregressive model GS2SLS estimates				Number Wald ch Prob > Pseudo	of obs i2(2) chi2 R2	= = =	254 67.66 0.0000 0.1453
unemployment	Coef.	Std. Err.	Z	P> z	[95%	Conf.	Interval]
unemployment college _cons	0939834 5.607379	.0131033 .5033813	-7.17 11.14	0.000 0.000	1196 4.620	5653 9769	0683015 6.593988
W unemployment	.2007728	.0942205	2.13	0.033	.016	5104	.3854415
Wald test of	spatial terms:		chi2(1) =	4.54	Prob	> chi	2 = 0.0331

- β<sub>0</sub>とβ<sub>1</sub>の係数は通常の線形回帰(regress コマンド)の結果と似ていますが、これは偶然です。通常、波及効果が大きい場合、他のパラメータが変化します。
- 一方、 $\beta_2$  (Wy<sub>ue</sub>の係数) は有意であることがわかりますが、正確には推定されていま せん。 $\beta_2$ の信頼区間は [0.02, 0.39] となっています。
- 表の下に Wald 検定の結果が表示されています。ここでの帰無仮説は「モデルの空間ラ グ項の係数がゼロである」です。結果から、帰無仮説が棄却されているため、モデルに 空間ラグ項を追加した意味があると考えられます。

Light Stone<sup>®</sup>

株式会社ライトストーン

#### 被説明変数の空間ラグを使用したモデルの解釈

 β<sub>1</sub>を大学卒業率の直接効果、β<sub>2</sub>を波及効果と考えることはできません。これらの効果の 再帰的計算の要素です。

$$y_{ue} = \beta_0 + \beta_1 X_{cr} + \beta_2 W y_{ue} + \epsilon$$

- $X_{cr}$ が増加すると、 $y_{ue}$ が $\beta_1$ 減少し、 $y_{ue}$ の減少が波及して、 $\beta_2$ Wの $y_{ue}$ がさらに減少し、 その減少が波及して、 $y_{ue}$ がさらに減少します。
- 推定後の分析として、estat impact コマンドを使用して、平均的な効果を求めること ができます。「空間解析コントロールパネル」で次のように設定します。



40

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

progress :100%

Average impact	Number	of obs	= 254			
	dy/dx	Delta-Method Std. Err.	Z	P> z	[95% Co	nf. Interval]
direct college	0945245	.0130576	-7.24	0.000	12011	70689321
indirect college	0195459	.010691	-1.83	0.068	040	5 .0014081
total college	1140705	.0171995	-6.63	0.000	147780	80803602

この表は、大学卒業率が1パーセントポイント増加した場合の平均変化を示しています。微分した値が報告されていますが、結果を1単位の変更として解釈することができます。

直接効果(direct)	波及効果を無視した郡内の変化の効果。郡内の直接効果によ
	り失業率は 0.09 パーセントポイント減少します。
間接効果(indirect)	波及効果。大学卒業率が1パーセントポイント増加すると失
	業率が減少し、それが波及して失業率がさらに減少します。
	結果として失業率は 0.02 パーセントポイント減少します。
総効果(total)	直接効果と間接効果の合計。-0.09 + (-0.02) = -0.11

● 効果の解釈には、必ず estat impact を使用して直接効果、間接効果、および総効果を 求めます。空間自己回帰の結果の係数をそのまま解釈することはできません。この検証 のために、失業率を 100 倍した結果を見てみましょう。

#### Summary of **spregress** results

### Regression of unemployment and 100\*unemployment

#### on college and W\*unemployment

	unemployment	100*unemployment
college	-0.094	-9.4
W*unemployment	0.201	0.201

Notes: Column 1 from spregress output above.

Column 2 from:

```
generate ue100 = 100*unemployment
```

LightStone

spregress ue100 college, gs2sls dvarlag(W)

株式会社ライトストーン

 失業率を 100 倍したモデルでは間接効果と直接効果の比率が小さくなると思われるか もしれません。しかし estat impact を実行すると、元のモデルでの estat impact の結果をすべて 100 倍したものが報告され、間接効果と直接効果の比率は変化しない ことがわかります。

. estat impact

progress :100%

Number of obs Average impacts 254 = Delta-Method dy/dx Std. Err. P>|z| [95% Conf. Interval] z direct college -9.452455 1.30576 -7.24 0.000 -12.0117 -6.893213 indirect college -1.954593 1.069105 -1.83 0.068 -4.05 .1408134 total -11.40705 1.719946 -14.77808 -8.036016 college -6.63 0.000



Light Stone<sup>®</sup>株式会社ライトストーン

説明変数の空間ラグでモデルをフィットする

● これまで、被説明変数の空間ラグを使用したモデルについて解説しました。

$$y_{ue} = \beta_0 + \beta_1 X_{cr} + \beta_2 W y_{ue} + \epsilon$$

説明変数の空間ラグを使用してモデルをフィットすることも可能です。

# $y_{ue} = \beta_0 + \beta_1 X_{cr} + \beta_2 W X_{cr} + \epsilon$

● フィットを実行します。「空間解析コントロールパネル」で次のように設定します。

😑 Sp - 空間解析コントロール	レパネル		- 🗆 X
		Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	推定コマンドを選択してGoを 空間自己回帰モデル 内生変数を含んだ空間自己	甲してください: 「回帰モデル モエデル	
グラフ		a spregress - 空間自己回帰モデル	×
空間行列		モデル     if/in     SE/D/(スト     レポート     最適化     最大化       推定量     ●     一般化空間二段階最小二乗法     ○ 最尤法	
モデル	一推定したモデルを分析する 予測、マージン、直接およ 推定後の分析	従属変数: 独立変数: unemployment v college □ 定数項を利用しない	v
ユーティリティ		オフション 従属変数の空間ラグ:	作成
			作成
	デ- 空間単位 座 リンク済みシェーブ 77	- <sup>振</sup> 集 (元) (北) (北)	
? C		ivarlag(W: college)	
		□ 誤差項を分散不均一として扱う □ 強制的に空間重み行列を推定サン  □ 空間ラグ1	
		2 → 操作変数の近似のオーダ- 空間重み付け行列: W ✓	
		? C 変数: college	···
		C	OK キャンセル

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

(254 observations)
(254 observations (places) used)
(weighting matrix defines 254 places)

Spatial autoregressive model				Number	of obs	=	254
GS2SLS estimat	tes		Wald chi2(2)		=	81.13	
		Prob > chi2		=	0.0000		
				Pseudo	R2	=	0.2421
unemployment	Coef.	Std. Err.	Z	P> z	[95%	Conf.	Interval]
unemployment							
college	077997	.0138127	-5.65	0.000	1050	ð695	0509245
_cons	7.424453	.3212299	23.11	0.000	6.794	4854	8.054053
W							
college	0823959	.0191586	-4.30	0.000	119	9461	0448458
Wald test of	spatial terms:		chi2(1) =	18.50	Prob	> chi	2 = 0.0000

44

LightStone<sup>®</sup>株式会社ライトストーン

# 説明変数の空間ラグを使用したモデルの解釈

● 被説明変数の空間ラグを使用したモデルと同様に、estat impact を使用して説明変数 の直接効果・間接効果をみることができます。「空間解析コントロールパネル」で次の ように設定します。

😑 Sp - 空間解析コントロール	パネル		- 🗆 X
		Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	推定コマンドを選択してGoを押してくださ 空間自己回帰モデル 内生変数を含んだ空間自己回帰モデ	まし): 」 リレ	
<i>グ</i> ラフ	ハイルテーダの空間目こ回帰モテル		
空間行列		■ 推定後の分析セレクタ	- • ×
モデル	推定したモデルを分析する 予測、マージン、直接および間接効 推定後の分析	推定後の分析コマンド: □- 限界効果、推定平均、相互作用、 □- 検定、コントラスト、パラメーク推定値の比較 <u> 直接、間接、および全体的なインパクト</u> パラメーク推定値の線形な検定 パラメータ推定値の非線形な検定	開く
ユ <del>- テ 1</del> リティ		estat - spregress推定後の分析	- • ×
? C	データ: cross 空間単位ID: _ID (e 座標: _CY, _ リンク済みシェーブ ファイル: tl_20	<ul> <li>メイン if/in VCE</li> <li>結果および統計量:(括弧内はサブコマンド名)</li> <li> <b>直径、間接、および全体約なインパクト(impact)</b></li></ul>	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
		? C	OK         キャンセル         適用

Light Stone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

progress :100%

Average impacts				Number	of ot	os =	254
	dy/dx	Delta-Method Std. Err.	Z	P> z	[9	95% Conf.	Interval]
direct college	077997	.0138127	-5.65	0.000	1	1050695	0509245
indirect college	0715273	.0166314	-4.30	0.000	1	1041243	0389303
total college	1495243	.0170417	-8.77	0.000	1	1829255	1161231

● 上記の表は、大学卒業率が 1 パーセントポイント増加した場合の平均変化を示してい ます。

直接効果(direct)	波及効果を無視した郡内の変化の効果。郡内の直接効果に
	より失業率は 0.078 パーセントポイント減少します。
間接効果(indirect)	郡全体の波及効果。失業率は 0.072 パーセントポイント減
	少します。
総効果 ( <b>total</b> )	直接効果と間接効果の合計。-0.078 + (-0.072) = -0.15

## ● 詳細

- 大学卒業率の直接効果はβ<sub>1</sub>X<sub>cr</sub>
- 大学卒業率の間接効果はβ<sub>2</sub>WX<sub>cr</sub>
- ▶ すべての郡でX<sub>cr</sub>が1増加したときの直接効果は、

$$\Delta y_{ue} = \beta_1 (X_{cr} + 1) - \beta_1 X_{cr} = \beta_1 1$$

ここで、1は1のN×1ベクトル

- 直接効果は、各郡でyueがβ<sub>1</sub>ずつ増加すること
- ▶ 間接効果も同様にして、

$$\Delta y_{ue} = \beta_2 W(X_{cr} + 1) - \beta_2 WX_{cr} = \beta_2 W1$$

- この結果は、郡 iでyueが (β<sub>2</sub>W1)i だけ増加することを示しています。
- 各郡がそれぞれ隣接する群の影響を受けるため、郡ごとに異なる影響があります。
- 郡全体の平均効果はβ<sub>2</sub>W1の平均です。

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン

#### 空間自己回帰誤差でモデルをフィットする

● これまで、被説明変数の空間ラグを使用したモデルと説明変数の空間ラグを使用した モデルについて解説しました。

$$y_{ue} = \beta_0 + \beta_1 X_{cr} + \beta_2 W y_{ue} + \epsilon$$
$$y_{ue} = \beta_0 + \beta_1 X_{cr} + \beta_2 W X_{cr} + \epsilon$$

誤差項の空間ラグを使用してモデルをフィットすることも可能です。

$$y_{ue} = \beta_0 + \beta_1 X_{cr} + (I - \rho W)^{-1} \epsilon$$

● フィットを実行します。「空間解析コントロールパネル」で次のように設定します。

Sp - 空間解析コントロー,	ルパネル		– 🗆 🗙
		Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	推定コマンドを選択してGoを排 空間自己回帰モデル 内生変数を合いた目白回帰	してください: 回帰モデル エデリ・	
グラフ		ET IV IIII spregress - 空間自己回帰モデル	×
		モデル if/in SE/ロパスト レポート 最適化 最大化	
空間行列		<ul> <li>推定量</li> <li>● 一般化空間二段階最小二乗法</li> </ul>	最尤法
	一推定したモデルを分析する	従属変数: 独立変数:	
モデル	予測、マージン、直接およひ 推定後の分析	このになっていたい	<u></u>
ユーティリティ		☆オブション 従属変数の空間ラグ:	<b>作った</b>
		誤差項の空間ラグ:	(F - 2)
		erronag(W) 独立変数の空間ラグー	TF/X
	データ	(作) 編	<b>戎</b> 集
	空間単位旧 座標		νη
C	777777777777777777777777777777777777777	作成をクリックして独立変数の空間ラク空間重み付け行列	<u>]:</u>
		□ 誤差項を分散不均一として扱う □ 強制的に空間重み行列を推定サンプ	]:
		2 🚽 操作変数の近似のオーダー 空間重み付け行列	 J:
			~
		? C	OK キャン・

Light Stone<sup>®</sup>株式会社ライトストーン

(254 observations) (254 observations (places) used) (weighting matrix defines 254 places) Estimating rho using 2SLS residuals: initial: GMM criterion = .71251706 alternative: GMM criterion = .04381608 rescale: GMM criterion = .02453154 Iteration 0: GMM criterion = .02453154 Iteration 1: GMM criterion = .00420723 Iteration 2: GMM criterion = .0002217 Iteration 3: GMM criterion = .00021298 GMM criterion = .00021298 Iteration 4: Estimating rho using GS2SLS residuals: Iteration 0: GMM criterion = .00566696 Iteration 1: GMM criterion = .00486118 GMM criterion = .00486066 Iteration 2: Iteration 3: GMM criterion = .00486066 Spatial autoregressive model Number of obs 254 GS2SLS estimates Wald chi2(1) 37.76 = Prob > chi2 0.0000 = Pseudo R2 0.1869 Coef. Std. Err. P>|z| [95% Conf. Interval] unemployment z unemployment college -.0759125 .0123532 -6.15 0.000 -.1001243 -.0517008 6.292997 .2968272 0.000 5.711227 6.874768 \_cons 21.20 W e.unemploym~t .7697395 .0690499 11.15 0.000 .6344043 .9050748 chi2(1) = 124.27Prob > chi2 = 0.0000 Wald test of spatial terms:

- 空間自己相関パラメータρの推定値は、表の一番下の行に示されており、大きくて有意であると推定されています。

   *ρ* = 0.77
- *ρ*は自己相関パラメータと呼ばれ、相関係数といくつかの特性を共有しています。自己 相関パラメータの理論上の範囲は [-1, 1] で、*ρ* = 0は自己相関が 0 であることを意味 します。

Light Stone<sup>®</sup>

株式会社ライトストーン



📧 Sp - 空間解析コントロール/	パネル		– 🗆 X
		Sp設定を表示する	Sp設定の変更
設定	推定コマンドを選択してGoを押してくだる 空間自己回帰モデル 内生変数を含んだ空間自己回帰モデ	ระเง: ไม	
グラフ	ハイルノーンの空間日に回帰モデル		
空間行列		三国 推定後の分析セレクタ	x
モデル	推定したモデルを分析する 予測、マージン、直接および間接効 推定後の分析	推定後の分析コマンド:	鼠
ユーティリティ		- バラメータ推定値の非線形な検定 estat - spregress推定後の分析 メイン if/in VCE	×
	データ: cross 空間単位D: _lD (e 座標: _CY, _ リンク済みシェーブ ファイル: tl_2O	結果および統計量: (括弧内はサブコマンド名) <u> 直接、間接、および全体的なインパクト (impact)</u> 情報量現準 (ic) 推定サンブルの要約統計量 (summarize) 推定量の分散共分散行列(vce) 変数:	
? C		<ul> <li>●計算の進捗ログを表示する</li> <li>○計算の進捗ログを表示しない</li> </ul>	V
		? C 🗈	OK きャンセル 適用

Light Stone<sup>®</sup> 株式会社ライトストーン

progress :100%

Average impacts				Number	of obs	= 254
	dy/dx	Delta-Method Std. Err.	z	P> z	[95% Con	f. Interval]
direct college	0759125	.0123532	-6.15	0.000	1001243	0517008
indirect college	0	(omitted)				
total college	0759125	.0123532	-6.15	0.000	1001243	0517008

- 被説明変数または説明変数のラグがない場合に estat impact を実行すると、このような結果になります。
- 波及効果はありません。空間相関誤差は、共変量に波及効果を及ぼしません。

3種類すべての空間ラグ項を含めることが可能

- 1つのモデルに複数種類の空間ラグ項を含めることも可能です。
- estat impact を使用して、被説明変数のラグ、説明変数のラグ、あるいはその両方の 共変量の効果を推定します。
- 空間相関誤差項を含める場合は、推定されたpの大きさと有意性を確認します。

Light Stone<sup>®</sup>株式会社</sub>ライトストーン