第９回　基礎ゼミ

福田研究室　修士2年
小林　巴奈

OUTLINE

1. 非日常交通（復習）

2. マルコフ連鎖モデル

3. 沖縄調査のデータ分析
   (プログラミング)

1．非日常交通（復習）

■ 非日常交通の特性

❖ **意思決定上の自由度が高い**

非日常交通	日常交通
交通の自由度が高い （目的地、活動時間、日程が選択可能）	交通の自由度が低い （目的地、活動時間、日程が選択不可能）
買い物交通、レジャー交通、観光交通	お稽古事、業務交通、通勤・通学交通

❖ **選択肢集合が多様**

意思決定自由度が高いため、選択肢集合の範囲が膨大になりうる。

❖ **個人の嗜好の異質性**

意思決定の制約が少ないため、個人の嗜好の異質性が大きく現れる。

1．非日常交通（復習）

■ 非日常交通の特性

❖ **分析の時間及び地域フレーム**

制約が小さいため、時間的および地理的な分析範囲の多様性を持つ。

（広域での観光目的地選択と、観光地内での周遊行動のように、トリップの長さに着目して段階的に分析することも多い）

日常生活圏	都市圏レベル	都市圏外
・買い物交通（最寄品） ・身近な娯楽活動	・都市型観光交通 ・買い物交通（買い回り品）	・広域観光交通 ・海外旅行

❖ **行動の時間・情報依存性**

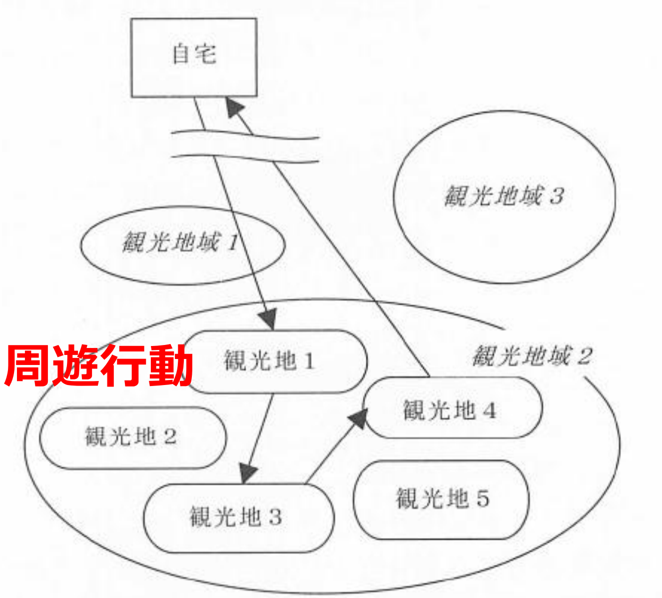
意思決定者の過去の経験や持っている情報といった要因が大きな影響を及ぼす。

1．非日常交通（復習）

■ 観光交通分析

・80年代より生活の質に重点を置いた価値観を持つ人が増加し、観光の重要度も増加
・観光地への幹線道路や観光地域内の道路の渋滞や駐車場不足の顕在化

☞非日常交通のなかで最も分析が進む



❑ 観光交通を対象とした行動分析は、周遊行動を対象としたものが多い。
☞周遊性を考慮した観光施設整備による観光地域の魅力向上

❑ 魅力度評価、選択肢集合特定化についての研究もなされる

選択肢集合が膨大になる
という問題がある

マルコフモデルを適応！！

2．マルコフ連鎖モデル

■マルコフ過程とは（9章）

「次に起こる事象jの確率が、現在の状態に至るまでの経過とは関係なく、現在の状態によってのみ決定される確率過程のこと」

$$P(X_{n+1} = j \mid X_1, X_2 \ldots \ldots . X_n) = P(X_{n+1} = j \mid X_n)$$

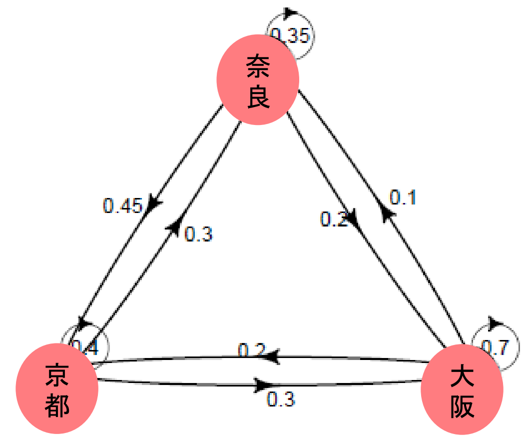
マルコフ連鎖：
マルコフ過程のうち、とりうる状態が離散的なもの

2．マルコフ連鎖モデル

- マルコフ連鎖の具体例 ＜近畿観光＞

- 次の移動は、今いる地域にのみ影響される。
- 近畿観光は、大阪・京都・奈良のみとする。
- 以下の確率で観光客が移動する。

今いる場所		**次に訪れる場所**
大阪	→	大阪 0.70, 京都 0.20, 奈良 0.10
京都	→	大阪 0.30, 京都 0.40, 奈良 0.30
奈良	→	大阪 0.20, 京都 0.45, 奈良 0.35



状態空間は、S=｛大阪、京都、奈良｝＝｛1，2，3｝
t 回目の移動でいる場所をX_tとする。

例）t 回目に大阪、 t+1 回目に大阪にいる確率は、

$$P(X_{t+1} = 1 | X_t = 1) = 0.7$$

t回目に奈良、 t +1回目に京都にいるの確率は

$$P(X_{t+1} = 2 | X_t = 3) = 0.45$$

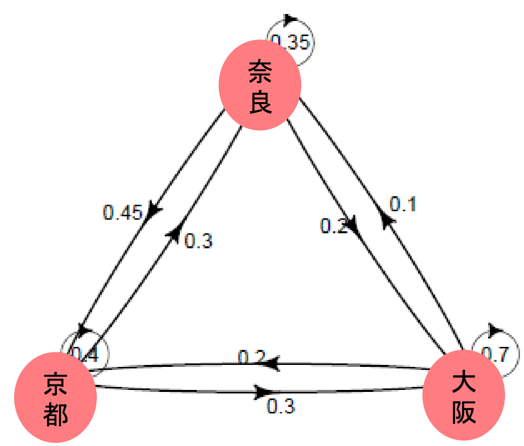
2．マルコフ連鎖モデル

■ マルコフ連鎖の具体例＜近畿観光＞

遷移確率行列：ij成分に iからjに遷移する確率を入れたもの

今回の場合、遷移確率行列Pは、

$$P = \begin{pmatrix} 0.70 & 0.20 & 0.10 \\ 0.30 & 0.40 & 0.30 \\ 0.20 & 0.45 & 0.35 \end{pmatrix}$$



・遷移確率行列の各要素は、０以上１以下
・遷移確率行列の各行の和は、１

2．マルコフ連鎖モデル

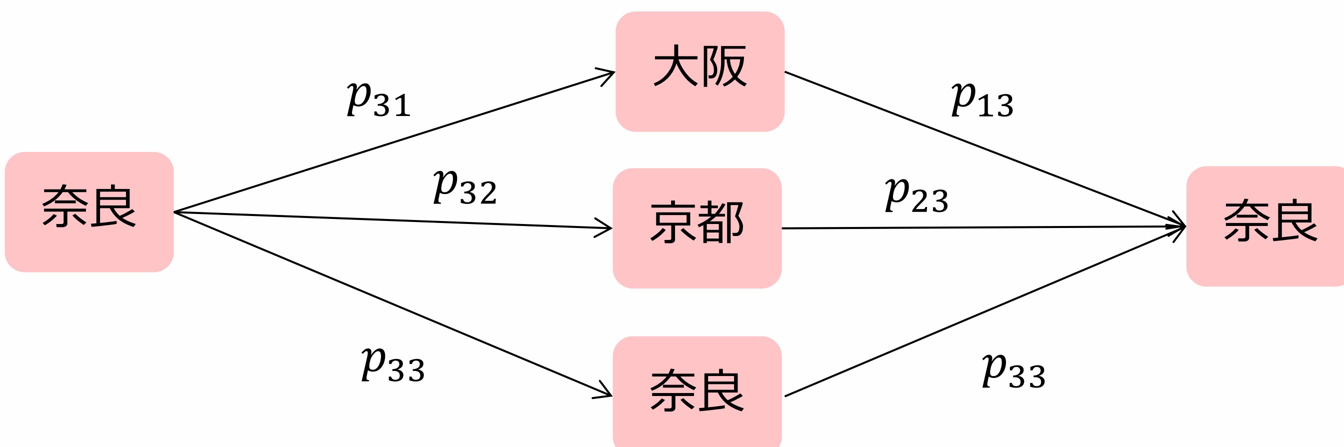
■ マルコフ連鎖の具体例＜近畿観光＞

例）今、奈良にいて、2回目の移動後にまた奈良にいる確率

$$
\begin{aligned}
P(X_2 = 3|X_0 = 3) = {} & P(X_2 = 3|X_1 = 1)P(X_1 = 1|X_0 = 3) \\
& + P(X_2 = 3|X_1 = 2)P(X_1 = 2|X_0 = 3) \\
& + P(X_2 = 3|X_1 = 3)P(X_1 = 3|X_0 = 3)
\end{aligned}
$$

＝0.1*0.2+0.3*0.45+0.35*0.35

=0.278



2．マルコフ連鎖モデル

■ マルコフ連鎖の具体例＜近畿観光＞

遷移確率行列の性質①

iからmステップでjにマルコフ遷移する確率

$$P^m(i,j) = P(X_{n+m} = j \mid X_n = i)$$

は、遷移確率行列Pのm乗で表される。

（遷移確率行列のm乗と、m回の遷移の確率が対応する）

☞m回移動した後の、各地点における存在確率が分かる

2．マルコフ連鎖モデル

■ マルコフ連鎖の具体例＜近畿観光＞

遷移確率行列の性質②

遷移確率行列が正則であれば、Nが無限大になると、
P^Nは極限行列Wに収束する。

$$\lim_{N\to\infty} P^N = W$$

Wを定常分布といい、以下の式の解である。

$$\boldsymbol{w}P=\boldsymbol{w}$$
$$\sum_{i\in S} w_i = 1,\ 0\leq w_i \leq 1$$

近畿観光の例の場合、定常分布ｗは
ｗ＝｛0.4636，0.3181，0.2181｝となる。

3.沖縄調査のデータ分析

■沖縄調査の背景・目的

・主要観光地を訪れた観光客に、周辺観光地を適切に観光してもらうためのバックデータが必要

・観光客のスマートフォンからのWi-Fiデータから，旅行者の回遊行動や施設滞在行動を明らかにする.

3.沖縄調査のデータ分析

■沖縄Wi-Fi調査の概要

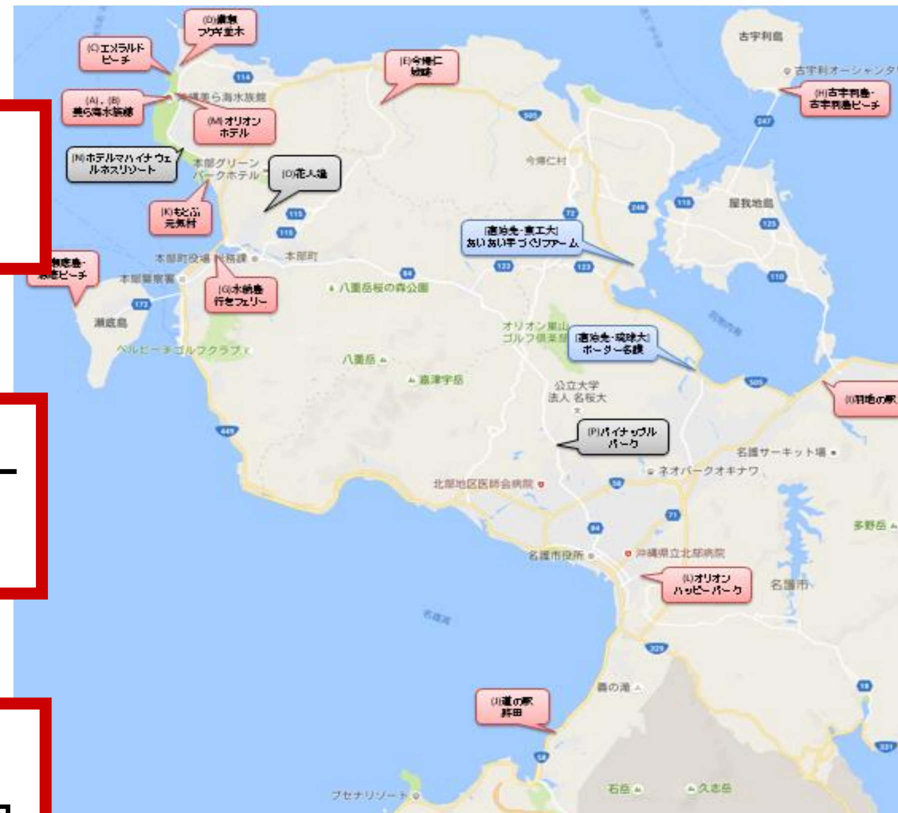
指定の場所にWi-FiScannerを設置する

▼

スマートフォンからのWi-Fiデータとアンケートデータを収集する

▼

Wi-Fiデータとアンケートデータ、モバイル空間統計データを活用して本部地域における観光客の目的地選択行動を分析する



沖縄県本部半島
(2016/8/26～2016/8/28)

3.沖縄調査のデータ分析

■Wi-Fiデータ

- 各Wi-Fi Scannerには、MACアドレスが受信された時刻が記録される
- 複数地点で同一のMACアドレスが観測された場合は、観光客が周遊しているとみなすことができる
- それぞれの地点のデータを合わせることで、観光客の周遊を把握する
- <u>個人属性等のデータは含まれていない</u>

受信時刻　　Macアドレス

A2　2016/7/1 15:34:16

	A	B	C	D	E
1	datetime	ch	type	dB	mac
2	34:16.2	2427	11b	-79dB	0c:74:c2:63:9b:f1
3	34:18.1	2432	11b	-79dB	0c:74:c2:63:9b:f1
4	34:18.1	2432	11b	-79dB	0c:74:c2:63:9b:f1
5	34:19.9	2442	11b	-55dB	3c:ab:8e:ca:40:7d
6	34:20.2	2442	11b	-75dB	4c:bb:58:a6:18:be
7	34:20.2	2442	11b	-75dB	4c:bb:58:a6:18:be
8	34:20.4	2442	11b	-79dB	0c:74:c2:63:9b:f1
9	34:20.4	2442	11b	-81dB	0c:74:c2:63:9b:f1
10	34:21.2	2447	11b	-57dB	78:31:c1:78:84:18
11	34:21.3	2447	11b	-83dB	94:39:e5:be:52:9f
12	34:21.3	2447	11b	-85dB	94:39:e5:be:52:9f
13	34:21.3	2447	11b	-87dB	94:39:e5:be:52:9f
14	34:23.4	2452	11b	-85dB	94:39:e5:be:52:9f
15	34:23.8	2457	11b	-85dB	28:a0:2b:9a:27:18
16	34:24.4	2457	11b	-75dB	0c:74:c2:63:9b:f1
17	34:24.4	2457	11b	-75dB	0c:74:c2:63:9b:f1
18	34:26.3	2462	11b	-79dB	0c:74:c2:63:9b:f1
19	34:26.3	2462	11b	-79dB	0c:74:c2:63:9b:f1
20	34:30.1	2412	11b	-69dB	f4:b7:e2:8e:bc:6b
21	34:30.1	2412	11b	-77dB	f4:b7:e2:8e:bc:6b
22	34:30.4	2417	11b	-77dB	f4:b7:e2:8e:bc:6b
23	34:30.4	2417	11b	-75dB	f4:b7:e2:8e:bc:6b
24	34:31.8	2422	11b	-57dB	c0:ce:cd:58:50:87
25	34:36.5	2437	11b	-77dB	0c:74:c2:63:9b:f1
26	34:36.5	2437	11b	-75dB	0c:74:c2:63:9b:f1
27	34:36.8	2437	11b	-45dB	c0:ce:cd:58:50:87
28	34:39.5	2452	11b	-47dB	78:31:c1:78:84:18

3.沖縄調査のデータ分析

■Wi-FiデータからOD表を作成

MACアドレス毎にトリップチェイン列を作成し、
各地点間のトリップ数を求める。
今回は、簡略化のため、主要スポット5箇所にのみ着目する。

O/D	churaumi	nakizin	kouri	motobu	orion
churaumi	414	240	1342	288	201
nakizinn	219	55	50	4	5
motobu	310	2	334	70	17
orion	279	12	25	9	65

（※今回Wi-Fiデータからは、同じ地点間の移動は計測できないため、
適当な値を用いた。churaumi→churaumi等）

3.沖縄調査のデータ分析

■ Rを用いて、沖縄調査データの分析を行う

目的

Wi-FiデータによるOD表とモバイル空間統計による滞在交通量から
マルコフ連鎖モデルを用いて、観光客の周遊パターンを把握する

～プログラミング～

1） OD表の読み込み

```
#1-----------------------------------------------------------------
##ODデータの読み込み
setwd(“ファイルの保存場所")
OD<-read.csv("OD_okinawa.csv",header=TRUE,row.names=1)
#１行目を列名、１列目を行名
```

3.沖縄調査のデータ分析

2) 遷移確率行列の計算

O/D	churaumi	nakizin	kouri	motobu	orion
churaumi	414	240	1342	288	201
nakizinn	219	55	50	4	5
motobu	310	2	334	70	17
orion	279	12	25	9	65

	churaumi	nakizin	kouri	motobu	orion
churaumi	0.167	0.097	0.540	0.116	0.081
nakizin	0.658	0.165	0.150	0.012	0.015
kouri	0.778	0.034	0.167	0.011	0.011
motobu	0.735	0.005	0.055	0.166	0.040
orion	0.715	0.031	0.064	0.023	0.167

遷移確率行列Pの要素p_{ij}は、ゾーンiからゾーン j への遷移確率であり、

$$\sum_i p_{ij} = 1$$

（※今回は、OD表内の5箇所の観光スポットのみを周遊すると仮定）

```
#2-----------------------------------------------------------------
##遷移確率(transitionprobability)の算出
OD_sum<-apply(OD,1,sum)#各行の和
P<-as.matrix(OD/OD_sum)
```

3.沖縄調査のデータ分析

3) 発生交通量Tの読み込み

モバイル空間統計データの各ゾーンの滞在人口から、発生交通量Tを得る

└→ ドコモの携帯電話ネットワークを使用して作成される人口の統計情報

（※各地点に滞在している人々は皆周遊行動をすると仮定し、滞在人口を発生交通量とみなす）

観光客が現地点を出発して、第一回目のトリップを終了したとき、
各地点に吸収されるトリップ数は、

$$T^{(1)} = TP$$

```
#3----------------------------------------------------------------------
##発生交通量の算出
#滞在交通量の読み込み
T<-as.matrix(read.csv("population.csv",header=TRUE,row.names=1))

#第一回目のトリップ終了後
T_1<-c(T)*P
T_1_POP<-floor(c(T)%*%P)#整数への切り捨て
```

3.沖縄調査のデータ分析

3) 発生交通量Tの読み込み

n=0

place	population
churaumi	1009
nakizin	26
kouri	374
motobu	14
orion	18

遷移確率Pで周遊 →

n=1

place	population
churaumi	499
nakizin	115
kouri	613
motobu	124
orion	89

n-1回目のトリップ終了後の滞在人口は、

$$T^{(n-1)} = T^{(n-2)}P = T\ P^{(n-1)}$$

☞この状態遷移がn=∞回行われ、１つの値に収束する定常状態を求める

3.沖縄調査のデータ分析

4) 定常状態の導出

状態遷移を行い続け、状態遷移の変化を見る。

```
#4-----------------------------------------------------------------
##定常状態の導出
#行列の累乗の定義
"%^%" <- function(S, power)
  with(eigen(S), vectors %*% (values^power * solve(vectors)))

#40回状態遷移を行う
f<-function(mchain,initial,n) {
  out<-data.frame()
  for (i in 0:n){
    iteration<-c(initial)%*%(mchain%^%(i))
    out<-rbind(out,iteration)
  }
  out<-cbind(n=seq(0,n),out)
  return(out)
}
T_n<-f(mchain=P,initial=T,n=40)
T_n
```

Rには、行列の累乗を求めるコマンドがない

n回遷移後の滞在人口を求める繰り返し文

f(遷移確率、初期発生交通量、繰り返し回数)

3.沖縄調査のデータ分析

5) 定常分布の導出

n	churaumi	nakizin	kouri	motobu	orion
21	682.1009	101.655	473.2564	104.6583	79.32943
22	682.1081	101.6543	473.2515	104.6573	79.3288
23	682.1038	101.6547	473.2544	104.6579	79.32917
24	682.1063	101.6545	473.2527	104.6576	79.32895
25	682.1049	101.6546	473.2537	104.6578	79.32908
26	682.1057	101.6545	473.2531	104.6576	79.329
27	682.1052	101.6546	473.2534	104.6577	79.32905
28	682.1055	101.6546	473.2532	104.6577	79.32902
29	682.1053	101.6546	473.2534	104.6577	79.32904
30	682.1054	101.6546	473.2533	104.6577	79.32903
31	682.1054	101.6546	473.2533	104.6577	79.32903
32	682.1054	101.6546	473.2533	104.6577	79.32903
33	682.1054	101.6546	473.2533	104.6577	79.32903
34	682.1054	101.6546	473.2533	104.6577	79.32903
35	682.1054	101.6546	473.2533	104.6577	79.32903

❖ n=30あたりで定常状態に達する

よって、定常分布を求めると、

```
#5---------------------------------------------
##定常分布の導出
P_steady<-P%^%40
T_steady<-c(T)*P_steady
T_steady_pop<-floor(c(T)%*%P_steady)
```

3.沖縄調査のデータ分析

6) 数学的に定常分布を導く

定常分布$\boldsymbol{w}$は、以下の式の解である。

$$\boldsymbol{w}P = \boldsymbol{w}$$
$$\sum_{i \in S} w_i = 1,\ 0 \leq w_i \leq 1$$

以上の式を解くためには、①連立方程式の解を求める方法、
②固有値・固有ベクトルを用いる方法、
③零空間を用いる方法などがある。

今回は、**②固有値・固有ベクトル**を用いて解く。

→固有値１のときの固有ベクトルを標準化したものが定常分布$\boldsymbol{w}$となる

3.沖縄調査のデータ分析

6) 数学的に定常分布を導く

```
#6------------------------------------------------------------
##数学的に定常分布を導く
e<-eigen(t(P))#固有値・固有ベクトルの計算
first<-e$vectors[ ,1]#固有値1の固有ベクトル
e_steady<-first/sum(first)#標準化

P_steady[1,];e_steady
```

```
>P_steady[1,];e_steady
 [1] 0.47335559 0.07054446 0.32842006 0.07262851 0.05505137
 [1] 0.47335559 0.07054446 0.32842006 0.07262851 0.05505137
```

同じ値となる

定常状態となったマルコフ連鎖では、

$$T^{(\infty)} = \lim_{N \to \infty} T^N = \mathbf{w}\,T$$

よって、定常状態における任意のゾーンiの発生交通量は、そのゾーンの集中交通量に等しい。
時間的に均一な有限状態マルコフ連鎖で、全てのp_{ij}で正ならば定常分布は常に存在する。

3.沖縄調査のデータ分析

7)パッケージを利用

```
#7--------------------------------------------------------------------
##パッケージを使う
install.packages("markovchain")
library("markovchain")
PP <- new("markovchain", transitionMatrix = as.matrix(P), byrow = TRUE)
steadyStates(PP)
```

#“markovchain”のパッケージを使うと、steadyStates()で定常分布を得ることができる。

＊まとめ＊

- 様々な方法で、定常分布を算出した
- この定常分布は、沖縄本部半島観光客の周遊パターンとなる
- モデルに用いるデータを人為的に変化させることによって、観光地内における施策などが及ぼす影響を検討することができる。

（観光施設整備→魅力増大→来訪者数増加→遷移確率変化→定常分布も変化→周遊行動の変化）