

Cross Nested Logit モデル(CNL)-経路選択モデルの説明

ここでは、経路選択モデルと CNL モデルについて簡単に説明したうえで、CNL のパラメータ推定コードの説明を行います。

1 経路選択モデルとは

経路選択モデルとは、文字通り、出発地から目的地までの利用経路の選択行動を同定するためのモデルです。例えば、図 1 のようなケースでは、O から D に行く際に利用可能性のある経路として、Path1, 2, 3 の 3 つの経路候補があります。利用者が実際にどの経路を利用するかを同定するためのモデルが経路選択モデルです。

経路選択モデルの構築にあたり、それぞれの経路コストの算出が必要です。ここでは、経路間の空間的重複を考慮した CNL モデルを用いて、経路コストパラメータを推定する方法を説明します。また、経路コストパラメータを求めることで、ネットワーク配分に利用することもできます。

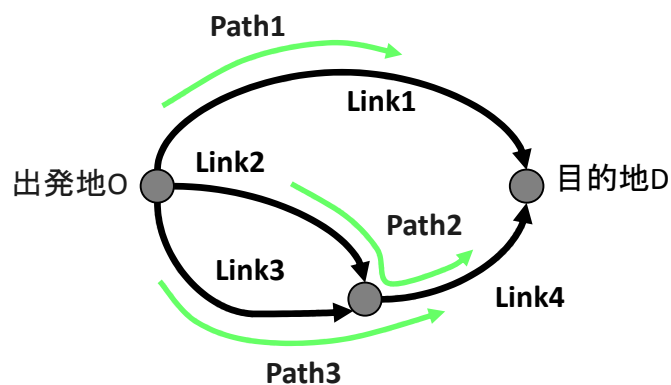


図 1 経路選択のイメージ ※ 山川佳洋, 羽藤英二(2008)を参考に作成

2 CNL モデルとは

経路選択モデルの構築を MNL モデルを用いて行うことも可能です。しかし、その場合は、同じリンクをもつ経路を選択肢集合の中に含んでいる場合は IIA 特性の問題が生じます。IIA 特性を緩和するために CNL モデルを導入します。

まず、CNL モデルの式を説明します。経路 n の選択確率は式(1)になります。

$$P(n) = \sum_m P(n|m) \cdot P(m) = \sum_m \frac{(\alpha_{nm} e^{V_n})^{1/\mu}}{\sum_l (\alpha_{ml} e^{V_l})^{1/\mu}} \cdot \frac{\left(\sum_n (\alpha_{nn} e^{V_n})^{1/\mu} \right)^\mu}{\sum_b \left(\sum_n (\alpha_{bn} e^{V_n})^{1/\mu} \right)^\mu} \quad (1)$$

$$\alpha_{nm} = \left(\frac{L_m}{L_n} \right) \delta_{nm} : 0 \leq \alpha_{nm} \leq 1, \quad \sum_m \alpha_{nm} = 1, \quad \forall n \quad (2)$$

n : 経路(path)

m : リンク

V_n : 経路コスト

μ : スケールパラメータ

α_{nm} : アロケーションパラメータ

δ_{nm} : 経路 n とリンク m の包含(n に m が含まれていれば 1, それ以外は 0)

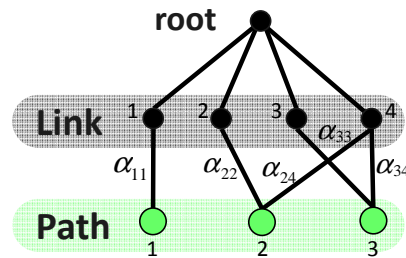


図 2 ネスト構造 ※ 山川佳洋, 羽藤英二(2008)を参考に作成

$P(n|m)$ はリンク m を選択したときに経路 n を選択する条件付き確率, $P(m)$ はリンク m を選択する周辺確率を示します。アロケーションパラメータ α_{nm} は、リンク m が経路 n に属する割合であり、(2)式の通り、経路長さ L_n とリンク長さ L_m の比で表します。図 2 に示すように、CNL モデルではリンクが上位ネストとなっています。アロケーションパラメータはリンクの経路 n への寄与度を示しており、経路 n に属する全てのリンク m の和は 1 となります。条件付き確率 $P(n|m)$ は経路 n の効用 V_n とアロケーションパラメータ α_{nm} を掛けて、算出します。

つづいて、パラメータ推定コードの説明です。

3 サンプルデータと推定準備

入力データのうち、経路選択結果を示す"map-path.csv"は、マップマッチング結果のうち、102ゾーン(横浜市桜木町駅南側・山手エリア)の経路選択結果です。また、この選択経路データについて、経路とリンクの所属関係を示す表が"map-path-link.csv"、経路とリンクのアロケーションパラメータを表す表が"map-allo.csv"です。

選択経路データのODそれぞれについて、K番目経路探索のプログラムを用いて、列挙した選択経路候補が"k-path.csv"です。K番目経路探索プログラムにおいて、経路距離1.5倍まで、上限列挙数2000で列挙したうえで、経路距離がばらつくように10本の選択経路候補を取り出しています(元々の列挙数が10本未満の場合は列挙した全ての経路を候補としている)。選択経路候補の経路-リンク対応表は"k-path-link.csv"、アロケーションパラメータは"k-allo.csv"です。なお、入力データの凡例の詳細は凡例.txtを確認ください。

サンプルデータの読み込みが15行目まで、16-43行目まででは選択経路候補が列挙されなかった経路を除外しています。45行目から50行目では、交通手段が私有自動車のもののみを抽出しています。52行目から71行目まではパラメータ推定で確率計算を行う際に用いる関数を定義しています。

4 パラメータの宣言と効用関数の設定

```
# パラメータの宣言
# 定数項
dis <- x[1]      # 距離
main <- x[2]     # 幹線比率
turn <- x[3]     # 右左折比率
sc <- x[4]       # スケールパラメータ

# 経路の効用関数
ut <- function(d){ # 計算用の関数
  as.numeric(dis*log(d[5]) + main*d[7] + turn*(d[9]/d[8]))
}
util <- rep(0, nrow(Data))
for(i in 1:nrow(Data)){
  util[i] <- ut(Data[i,])
}
util <- exp(util)
```

まず、パラメータを宣言します。CNLではスケールパラメータが必要になります。スケールパラメータは0以上1以下であることが必要です。

説明変数としては、経路距離・幹線道路比率・右左折比率を用います。経路距離は対数とし、右左折比率は(右左折回数)/(交差点回数)としています。

5 選択確率の算出

```
# リnkを選択した際の経路の条件付き選択確率P(n|m)
# 分子の計算
vnm <- matrix(0, ncol=ncol(alloc), nrow=nrow(alloc))
for(i in 1:ncol(alloc)){
  vnm[,i] <- alloc[,i]*util
}
vnm <- (vnm)^(1/sc)
# 確率の計算
p.nm <- matrix(0, ncol=ncol(vnm), nrow=nrow(vnm))
p.p <- matrix(0, ncol=ncol(vnm), nrow=nrow(vnm))
for(i in 1:nrow(data.m.rm)){
  ai <- data.m.rm[i,2]==Data[,2]
  avnm <- vnm[ai,]
  sum.avnm <- colSums(avnm)
  p.nm[ai,] <- colper(avnm, sum.avnm) # 条件つき確率

  sc.sum.avnm <- sum.avnm^sc
  p.m <- sc.sum.avnm/sum(sc.sum.avnm) # 周辺確率
  p.p[ai,] <- ppmul(p.nm[ai,], p.m) # 確率
}
p <- rowSums(p.p)[1:nrow(data.m.rm)]
```

P(n|m)の分子部分

選択経路候補の抽出

P(n|m)

P(m)

P(n)

選択結果のみの P(n)-ベクトル

選択結果の効用、選択候補の効用を用いて、条件付き確率 $P(n|m)$ 、周辺確率 $P(m)$ 、選択確率 $P(n)$ を計算します。選択確率ベクトルは選択経路・選択候補経路の順に並んでおり、前から選択経路数の分を抽出し、対数尤度を求めます。(以降は、MNL、NL の場合と変わりません)

6 パラメータ推定結果

```
> ## 初期尤度
> print(L0)
[1] -100.3931
> ## 最終尤度
> print(LL)
[1] -32.87251
> ## $\rho^2$ 値
> print((L0-LL)/L0)
[1] 0.6725622
> ## 修正済 $\rho^2$ 値
> print((L0-(LL-length(b)))/L0)
[1] 0.6327188
> ##パラメータ推定値
> print(b)
[1] 7.777384938 0.003931174 -13.040240681 0.525055190
> ## t値
> print(tval)
[1] 3.4866956 0.3116792 -3.0142324 1.9258181
```

パラメータ推定結果は上記の通りです。距離と右左折比率は1%有意、スケールパラメータは10%有意となっています。スケールパラメータの値は0以上1以下の条件を満たしています。右左折比率パラメータはマイナスとなっており、右左折の少ない経路を選びやすいことを示しています。距離パラメータはプラスとなっており、距離が長い経路ほど選びやすいことを意味しています。これは、k番目経路列挙で作成した選択候補経路の経路距離が選択経路と比較的に短いものが多かったためです。実際の経路選択モデルでは、選択枝集合をどのように作成するかが重要です。