

IV - 3

周遊観光交通における旅行者の行動分析

秋田大学 正 員 清水浩志郎

秋田大学 正 員 木村 一裕

秋田大学 学生員 ○荒本 貴司

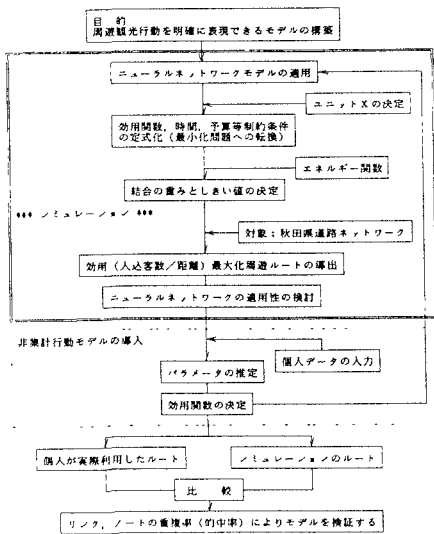
1. はじめに

これまで周遊観光交通において、非集計行動モデルによる分析が多くなされている。しかしミクロに観光地を捉えたとき、選択肢集合の設定の困難さや、膨大な計算時間からくる諸問題が発生する。

本研究では、最短経路探索問題等のある種の最適化問題を極めて短時間で有効に解くことのできるニューラルネットワークモデルの”ホップフィールドモデル”を用いることで、それら諸問題の解決が可能と考える。そこで、本研究では周遊観光交通におけるニューラルネットワークモデルの適用性を検討することを目的としている。

2. 研究の概要

本研究のフローを図-1に示す。



本研究は、非集計行動モデルで効用関数を導出し、その効用関数をニューラルネットワークモデルに適用することで、個人が選択したルートを再現することを目的としている。なお今回の報告では、二重線に囲まれた部分について考察を行なっている。つまり、観光地の魅力や距離等をニューラルネットワークモデル内に適用した場合、短時間で魅力の大きい観光地を周遊するかどうか、その挙動を確認するこ

とで、ニューラルネットワークの周遊観光についての適用の妥当性を検討している。

3. ニューラルネットワークモデルの適用

適用するモデルは、エネルギー関数が最小となるように、自発的にニューロン（ユニット）が変化するように、ホップフィールドモデルと呼ばれる。したがって、以下に示す目的関数は、最小化理論に基づいて、設定している。

(1) 制約条件および目的関数

目的関数を導出する前に、各制約条件を設定する。制約条件は以下の通りである。

- 1) ある都市から出発し、出発した都市に戻ってくる経路である。
- 2) 訪れる都市は、最高1回である。
- 3) 同時に2つ以上の都市を訪れることはない。
- 4) 予算、時間が最小となるルートをとる。
- 5) 効用が最大となる行動である。

ユニットを i (or j :都市名)、および k (or l :訪問順番) の2次元のマトリックスとし、 X_{ik} と表す。そして以下に各制約条件の定式化を行う。

まず、制約条件2)3)について考える。1度訪れた都市へは2度と行かないということは、各行において、その和の最小化と考えることができる。したがって、都市 i については以下の式が最小となるときとして定義できる。

$$X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + \cdots + X_{in}$$

これがすべての都市に成立するから、 i について総和をとって、

$$\phi_a = \frac{A}{2} \sum_i \sum_k X_{ik} X_{i1}, \quad k \neq 1 \quad \cdots \text{eq1}$$

ここで、 $k \neq 1$ は、 X_{ik} と X_{i1} の意味から都市 i が同時に、すなわち k 番目と1番目に訪問されることはないことを表している。

列についても同様に、

$$\phi_b = \frac{B}{2} \sum_i \sum_k X_{ik} X_{j1}, \quad i \neq j \quad \cdots \text{eq2}$$

しかし上記の式は、すべてのユニットが発火しない場合、すなわちすべての X_{ik} が0の場合でも、こ

これらの式は最小値を持つ。そこで、すべてのユニットの出力の総和がM個のとき最小となるような評価式を付加する。それは、以下のような式となる。

$$\phi_c = \frac{C}{2} (\sum_{ik} X_{ik} - M)^2 \quad \cdots \text{eq3}$$

次に、制約条件5)を考える。いま、移動における予算を観光地間の距離に比例するものとし、都市iと都市jを移動する間に使用する予算をC_{ij}で表す。都市iにk番目に訪問したと仮定すると、都市jには、その次のk+1番目に訪問する場合と、その前のk-1番目に訪問する場合の2通りがある。C_{ij}が意味を持つのは、それらの2通りのいずれである。

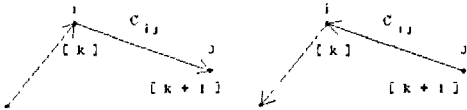


図-2 観光地間の予算の考え方

つまり、(C_{ij}X_{ik}X_{j,k+1}+C_{ij}X_{ik}X_{j,k-1})で表される量が全行程にわたって合計したものが、最小となることを制約条件4)は要求している。したがって、以下の式のように表される。

$$\phi_d = \frac{D}{2} \sum_{ikj} C_{ij} X_{ik} (X_{j,k+1} + X_{j,k-1}) \quad \cdots \text{eq4}$$

また、時間制約、効用についても同様である。

$$\phi_e = \frac{E}{2} \sum_{ikj} T_{ij} X_{ik} (X_{j,k+1} + X_{j,k-1}) \quad \cdots \text{eq5}$$

$$\phi_f = \frac{F}{2} \sum_{ikj} X_{ik} (U'_{ij} X_{j,k+1} + U'_{ij} X_{j,k-1}) \quad \cdots \text{eq6}$$

ここで、U'_{ij}はiからjに行くことによって得られる効用U_{ij}の逆数、C_{ij}はi-j間移動による交通費、t_{ij}はi-j間移動時間を表し、Mは訪問都市数、係数A,B,C,D,E,F,G,Hは収束状態を改善するためパラメータを表す。以上をまとめ、目的関数φは以下の式となる。

$$\phi = \phi_a + \phi_b + \phi_c + \phi_d + \phi_e + \phi_f \quad \cdots \text{eq7}$$

(2) 総合の重みとしきい値の決定

エネルギー関数Eとする。ここでユニットの状態の変化をデジタルコンピュータでアナログとしてシミュレートするには困難なため、漸化式としてu_{ik}, X_{ik}が与えられる。以後、前項で示した目的関数を展開することで、総合の重みW_{ik,jl}, しきい値h_{ik}が決定される。

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{ikjl} W_{ik,jl} X_{ik} X_{jl} - \sum_{ik} h_{ik} X_{ik}$$

$$u_{ik} = \sum_j \sum_l W_{ik,jl} X_{jl} + h_{ik}$$

$$X_{ik} = \frac{1}{2} (1 + \tanh(u_{ik}/0.1))$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & (i=j) \\ 0 & (i \neq j) \end{cases} \quad (\delta: \text{クロネッカーのデルタ})$$

$$\begin{aligned} W_{ik,jl} = & -A \delta_{ij} (1 - \delta_{kl}) \\ & -B \delta_{kl} (1 - \delta_{ij}) \\ & -C \\ & -D [\delta_{i,l+1} C_{ji} + \delta_{i,k-1} C_{ij}] \\ & -E [\delta_{i,l+1} T_{ji} + \delta_{i,k-1} T_{ij}] \\ & -F [\delta_{i,l+1} U'_{ji} + \delta_{i,k-1} U'_{ij}] \quad \cdots \text{eq8} \end{aligned}$$

$$h_{ik} = 2M \quad \cdots \text{eq9}$$

4. シミュレーション結果

3章の(eq8)(eq9)をエネルギー関数等の各式に代入し、シミュレーションを行った。対象の道路ネットワークは、秋田県の代表観光地である30ノードを結ぶ道路網とし、その中から、6地点のノードを周遊する最大効用ルートの選出を行った(図3)。

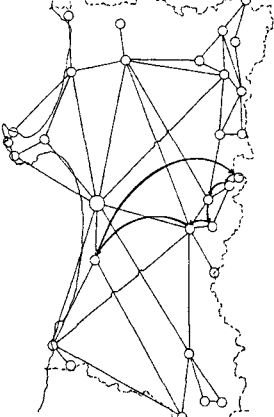


図-3 シミュレーション結果

5. むすび

今回のニューラルネットワークの適用では、経験的に最も妥当な結果が選出されたと考えられる。これまでの周遊観光分析においては、ミクロに観光地を捉えることが難しかったが、ニューラルネットワークモデルの利用で、それが容易となった。しかし、一般に今回のような複数の目的関数での適用は、収束しにくいといわれている。今後さらに多くのノードを考慮するためには、観光効用を1つの効用関数で表現できる手法(非集計モデル)との組合せにより、制約条件を削ることで、収束を容易にし、今回よりさらにミクロに観光地を捉えることが可能になることが予想され、より現実的な分析が期待できる。