

## 二項重力モデルによる東北地方の通話構造の分析

01108452 東北芸術工科大学 \*古藤 浩 KOTOH Hiroshi  
東北芸術工科大学 長谷川文雄 HASEGAWA Fumio

### 1. はじめに

情報や人・物の交流の活発さの度数は距離に従い急減することが知られている。一般にはこの減衰傾向の説明には指数減衰型のいわゆる重力モデルが使われている。しかし情報の交流を表す地域間の通話回数のデータを見ると、重力モデルでは十分説明できない。本研究では東北地方の地域間の通話回数のデータを対象とし、その傾向を説明する二つの項による重力モデルを提示し、適用例を示す。

### 2. 通話回数のデータの概要

本研究で用いるデータはNTTの単位料金区域（以後MA(*i.e.*; Message Area)と書く）間の1992年一年間の通話回数の100回単位のデータである。東北地方は66のMAによってカバーされており、MAの組み合わせは内々も含め、2135通りになる。またこの地方内で最も多い通話回数が記録されているのは仙台MA内々の65000万回である。また一般にMA内々の通話回数が全体に占める割合が非常に高く、平均してに70%程度を占める。

人や物の動きと大きく相違する点として、MA<sub>i</sub>からMA<sub>j</sub>への通話回数（以後Call<sub>ij</sub>と書く）と、その逆Call<sub>ji</sub>の回数が一般に異なることがあり、たとえば山形MAと久慈MA間の通話回数は50倍もの差がありその様相は非常に複雑である。本研究では、通話の特徴として一度つながってしまえばどちらからかけても本質的には同じ状況になることに注目し、両方向の通話回数の合計C<sub>ij</sub>=Call<sub>ij</sub>+Call<sub>ji</sub>を分析する。

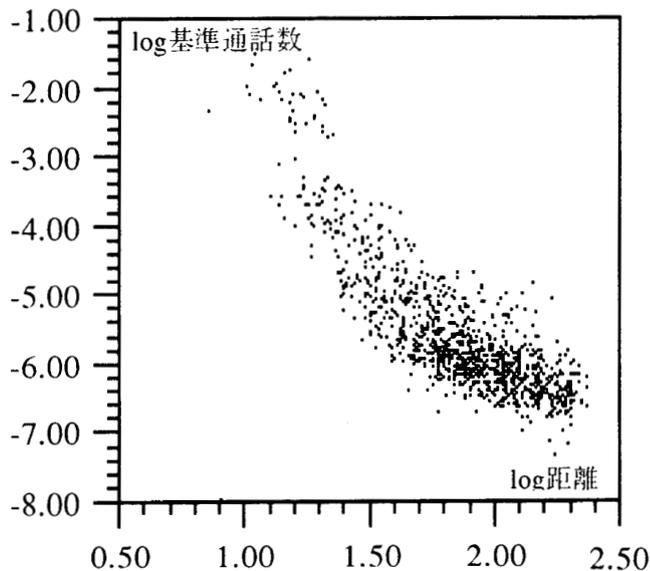


図1 通話回数の減衰傾向 (log-log平面)

### 3. 重力モデルの適用結果

MA<sub>i</sub>の人口をp<sub>i</sub>、MA<sub>i</sub>-j間の距離をd<sub>ij</sub>と書くと、典型的な重力モデルによる地域ij間の通話回数は係数a, u>0によって

$$C_{ij} = p_i p_j u d_{ij}^{-a} \quad (1)$$

と書ける。ここでp<sub>i</sub>p<sub>j</sub>は通話の可能組合せ数を表すので、C<sub>ij</sub>/p<sub>i</sub>p<sub>j</sub>を考えればそれは一つ一つの組み合わせ数に対する通話の回数を表す。そこでこれを基準通話数y<sub>ij</sub>(=C<sub>ij</sub>/p<sub>i</sub>p<sub>j</sub>)とおく。データを重力モデルに適用するのに最も簡便なのは式(1)の両辺のlogをとるとa, uに関して線形になることを利用する方法であり、それはy<sub>ij</sub>を使って書き直せば、

$$\log(y_{ij}) = \log(u) - a \cdot \log(d_{ij}) \quad (2)$$

となる。そこで東北地方のデータについて距離のlogをとったものを横軸に、基準通話数のlogをとったものを縦軸にして図1に表示すると、点分布の傾きから重力係数aがわかる。また係数uは距離0での基準通話数を表す。図1からデータはある程度重力モデルに合致する傾向があるがデータの分布が弓なりなことで、データの幅がかなり広いことに気付く。

次にMA仙台、秋田及び石巻に注目し、log-log平面でデータを表すと図2になり、地域によって重力係数が異なるように感じられる。そこで全MAについて個別に重力係数を求めると、1.5から3.5まで様々であり、地域に関わらず重力係数が同じという仮定は現実と合っていないのが分かる。本研究はこれらの傾向を説明する方法として新しい重力モデルを提示する。

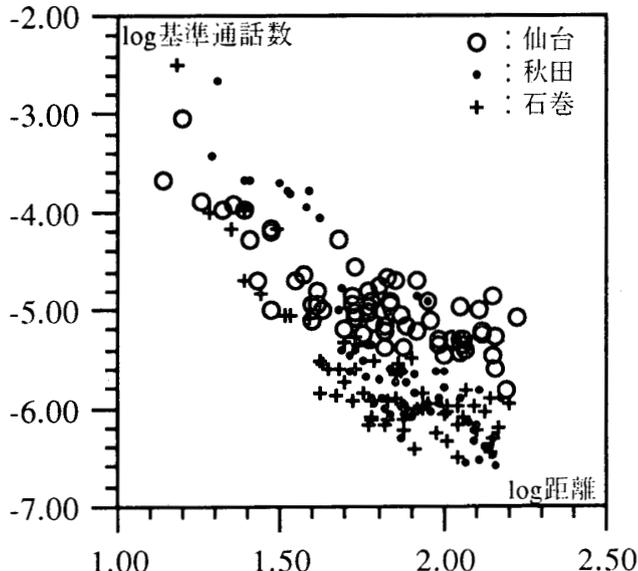


図2 3都市の通話回数の減衰傾向 (log-log平面)

#### 4. 二項重力モデル

前章から単純な形の重力モデルでは通話回数を十分説明できないことが明らかになった。そこで本研究では、以下の考察から新しいモデルを構築する。

まず通話の主体をミクロに考えると、ある面で等質な集団ならば、重力モデル的な傾向に従っているかもしれない。一方個人、地方企業、全国規模企業、同業種の企業、のように集団を分けて考えるとそれぞれの集団間で同じ重力係数の重力モデルに従って通話活動をしているとは考えられない。このような考察から様々な重力係数の重力モデルの積分による新しい重力モデルが考えられる。本研究では更にモデルとしての意味の考え易さや扱い易さも追求し、重力係数を二種類だけに限定した。そして通話の減衰傾向は二種類の重力係数それぞれに関わる主体の通話に占める比率によって決まるとした。

MA<sub>i</sub>に関する通話量の減衰は二つの重力係数を  $a > b > 0$ 、係数  $a$  に従う人数の比率を  $r_i$ 、MA<sub>i</sub>に関する発信総数に関わる係数  $u_i$  をとにおいて

$$y_{ij} = u_i (r_i d_{ij}^a + (1-r_i) d_{ij}^b) \quad (3)$$

という式を得た。この式で  $a, b, r_i, u_i$  を適当に与え、式を log-log 平面で描くと図3のようになり、図1の傾向が説明できる。なお重力係数  $a, b$  はMAに関わらず共通とした。一方図2で見たように地域によって重力係数は同じとは言えない。そこで、これはMAによって比率  $r_i$  と  $u_i$  が異なるためと考え、それを合わせ、MA<sub>ij</sub>間の通話量を以下のように与えた。

$$y_{ij} = u_i (r_i d_{ij}^a + (1-r_i) d_{ij}^b) + u_j (r_j d_{ij}^a + (1-r_j) d_{ij}^b) \quad (4)$$

式(4)による分析は未知数が従来の重力モデルよりはるかに多いので、あてはまりは当然良くなるが、このモデルによって係数  $u_i, r_i$  をMA間で比較すると発信の質、すなわち遠距離のMAへの発信の性向やMAの発信の強さを分析できる。

#### 5. データへの適用結果

ここでは式(4)に従い非線形の最小2乗法によって係数を求めた結果を議論する。最小化の目的関数は  $n$  をMAの数として

$$\min S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left\{ y_{ij} - u_i (r_i d_{ij}^a + (1-r_i) d_{ij}^b) - u_j (r_j d_{ij}^a + (1-r_j) d_{ij}^b) \right\}^2$$

という形で与えた。計算は準ニュートン法で行った。

その結果重力係数は、 $a=0.91, b=3.02$  となった。重力が小さい、すなわち遠距離への影響力が大きいMAは仙台、福島などJR東北本線沿いのMAに多く、 $u_i$  が大きい、すなわち求心性が強いMAには会津山口、むつなど、交通の便が悪いところが挙がった。なおデータは人口の積であらかじめ割っているため、県庁所在地など人口が集中しているところが必ずしも挙がるとは

限らない。これらをまとめて図4に示すと、通話の減衰傾向は実際に移動するときの便が大きく関連しているらしいことが読みとれた。

#### 参考文献

- 1)長谷川文雄、中村有一、出石宏彦(1983):情報の受発信と都市構造に関する研究—通話を例にして—、第18回日本都市計画学会学術研究発表会論文集、pp. 67-72.
- 2)中村有一、長谷川文雄(1992):単位料金区域から見た通話トラフィックの基本特性に関する研究、平成3年度情報通信学会年報、pp.106-119.
- 3)高嶋裕一(1994):MA間電話トラフィックデータを用いた通話圏の識別、InfoCom REVIEW, Vol.1.

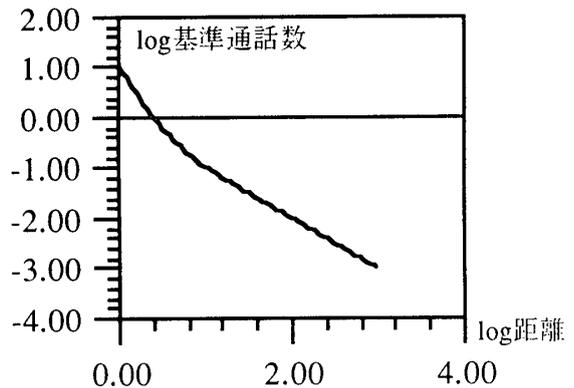


図3 二項重力曲線 (log-log平面)  
( $a=1, b=3, u_i=11, r_i=9.1\%$ )

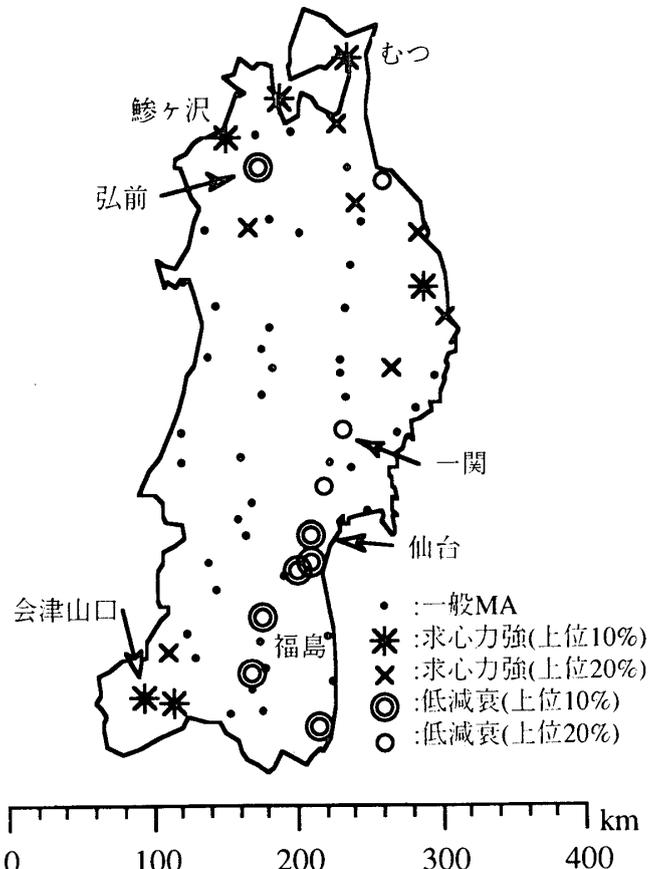


図4 係数推定結果