2000年度日本オペレーションズ・リサーチ学会
秋季研究発表会

東京道路網における道路距離と理論的距離

01107680　　慶應義塾大学　　栗田　治　KURITA Osamu

1. はじめに

都市内の道路交通を分析するに当たっては，多くの場合，移動距離の定義が必要となる．本研究は，特に解析学的なモデルを作る上で不可欠な理論的距離に焦点を当て，その適合度を東京道路網で実証する．先行研究[1]は道路距離(道路上の最短距離)と直線距離の間の線型関係を茨城県の道路網を用いて実証し，道路距離を直線距離の定数倍で推定することの妥当性を述べた．本研究では，理論的な距離として直線距離のみならず，都市解析研究において多用される放射・環状距離，直交(Recti-Linear)距離をも取り上げる．

実証分析に用いたのは図1の道路網データである．これは国道に地方道を加えたものであり，高速道路ならびに有料道路は含まない．同図には皇居を中心点とする半径5km毎の同心円，ならびに東京湾にほぼ対応する中心角$\pi/2$の扇形が描き込まれている．今回は半径30kmの内部の4分の3円盤を分析対象領域として取り上げる．この4分の3円盤上で移動の起・終点が一様に分布するものと想定する．そして，起・終点間の道路距離と，前出の理論的距離の間の線形関係がどの程度安定しているかを幾つかの方法で観察した．

2. 3種類の理論的距離

4分の3円盤上の3つの理論的距離を図2－(i),(ii),(iii)に示す．図2－(ii)は中心を発端とする無限に稠密な放射状道路と，同心円状の無限に稠密な環状道路を想定している．また図2－(iii)は，東西および南北の無限に稠密な格子状道路を想定している．各々の場合で経路1は東京湾の影響を受けないトリップを，経路2は東京湾の影響によって中心点を通らねばならないトリップを意味する．

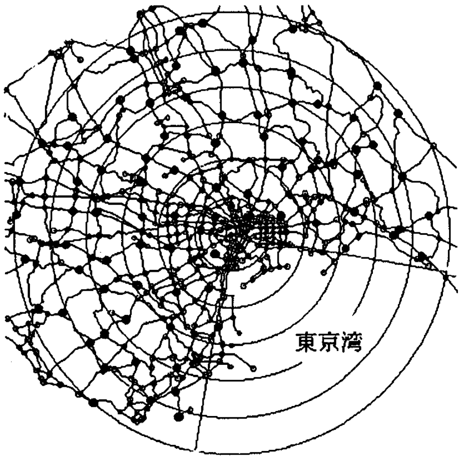


図1　東京30km圏の道路網データ(中心角$\pi/4$の東京湾)ならびに82個のほぼ一様な起・終点．

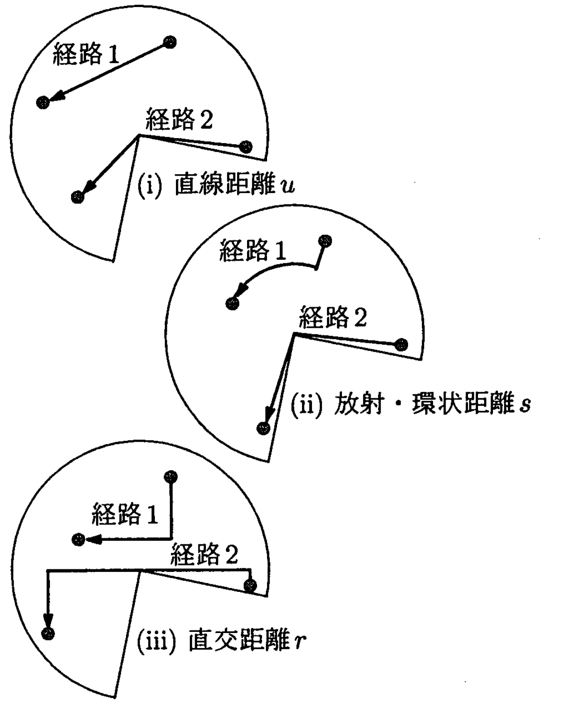


図2　4分の3円盤都市における3種類の理論的距離．

3. 精度の実証

4分の3円盤上で一様な2点間の道路距離と理論的距離を比較したい．そのために図1のように(30km圏域に)82個のトリップ端点を設定した．これは5km間隔の格子点に最寄りの交叉点を選んだものである(すなわちほぼ一様な点)．この端点(黒丸)から2つを採る全てのペア間で1度ずつのトリップが発生する(3321トリップ)ものと想定する．

道路距離(道路上の最短経路の距離)が理論的距離の定数倍(c倍)で推定されるものと考えよう：

$$(\text{道路距離}) = c \times (\text{理論的距離}). \qquad (1)$$

この関係が安定したものであれば，理論的距離に実践的な意味があるものと考えられる．さらに定数cが1に近いほど，現実の道路網パターンが，理論的距離が想定する仮想的道路網パターンに近しいものと推測される．一体，東京の現実の道路網を上手く再現する理論的距離は，3つの内のどれであろうか？これを明らかにするために，先ず比例定数cの求め方として，次の4通りを設定する：

1. 切片ゼロの(原点を通る)直線回帰の回帰係数をcとする．
2. (道路距離)/(理論的距離)の平均値をcとする．

3. $c\times$(理論的距離)の道路距離からの絶対誤差の平均を最小化するcを求める[1].

4. $c\times$(理論的距離)の道路距離からの相対誤差を求め，その絶対値の平均を最小化するcを求める[2].

3つの理論的距離毎に4つの方法でcを計算した(表1). 表1で，$\bar{e}$ならびにσ_eは絶対誤差の平均値ならびに標準偏差である．また$\bar{\varepsilon}$ならびにσ_εは相対誤差の絶対値の平均値ならびに標準偏差である．また理論的距離を横軸に道路距離を縦軸にプロットするのが図3－(i),(ii),(iii)である(図3中には直線回帰(方法1)の結果と平均相対誤差の最小化(方法4)による結果を付す). 表1のR^2などの情報や図3から次が判明した：

- 東京30km圏では，道路距離は大まかに言うと直線距離の1.2倍であり，放射・環状距離の1.1倍である(直交距離の場合，あまり安定していない).
- どの方法でcを求めようとも，$c\times$(理論的距離)による推定精度がもっとも良いのは放射・環状距離である．次に良いのは直線距離である．直交距離による精度は明らかに劣っている．
- 東京の道路網は放射・環状の基軸パターンをもつものと判断される．

表1　理論的距離別・算出方法別の比例定数c.

距離種類	方法	比例定数c	R^2	$\bar{e}$ [km]	σ_e [km]	$\bar{\varepsilon}$ [%]	σ_ε [%]
(i) 直線距離	1	1.200	0.976	1.77	1.43	6.50	5.83
	2	1.236	0.971	1.91	1.59	6.75	5.60
	3	1.199	0.976	1.76	1.42	6.51	5.84
	4	1.208	0.975	1.77	1.43	6.48	5.73
(ii) 放射環状距離	1	1.111	0.981	1.57	1.26	6.42	6.39
	2	1.108	0.981	1.57	1.27	6.39	6.35
	3	1.109	0.981	1.57	1.26	6.40	6.36
	4	1.100	0.980	1.59	1.29	6.35	6.24
(iii) 直交距離	1	0.942	0.935	2.83	2.36	9.92	7.64
	2	0.985	0.924	3.09	2.55	10.52	7.48
	3	0.936	0.935	2.83	2.38	9.94	7.74
	4	0.942	0.935	2.83	2.36	9.92	7.63

算出方法　1：直線回帰　2：比の平均値　3：絶対誤差の平均値の最小化　4：相対誤差の平均値の最小化

謝辞

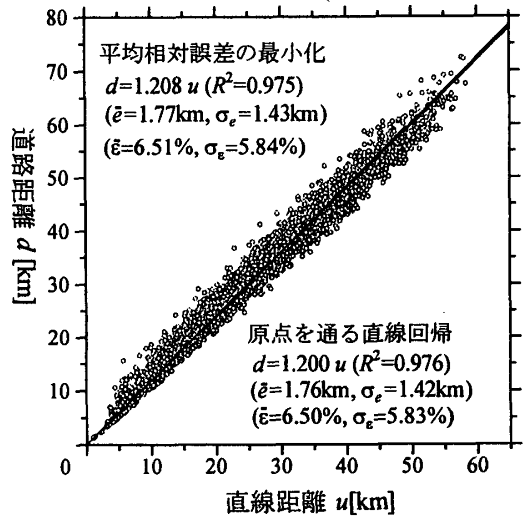
比例定数cの意義についてご助言下さった柳井　浩先生(慶應義塾大学)に感謝致します．本研究は文部省科学研究費基盤研究(B)(1)「都市の施設配置および交通に関する数理的並びに定量的研究」(課題番号：11480091)の補助を受けました．伏見正則先生(研究代表者，南山大学)並びに大山達雄先生(政策研究大学院大学)・腰塚武志先生(筑波大学)・田口　東先生(中央大学)・李　明哲先生(福岡大学)・三浦英俊先生(明海大学)の貴重なコメントに謝意を表します．

参考文献

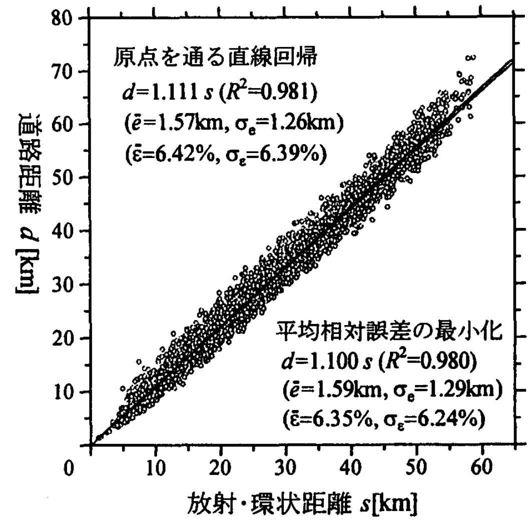
[1] 腰塚武志・小林純一(1983)：道路距離と直線距離，第18回日本都市計画学会学術研究発表会論文集 pp.43－48.

[1] $(1/n)\sum_{j=1}^{n}|c\times(\text{理論的距離})_j-(\text{道路距離})_j|$を最小化する$c$を求める訳である($n$はトリップ数3321).

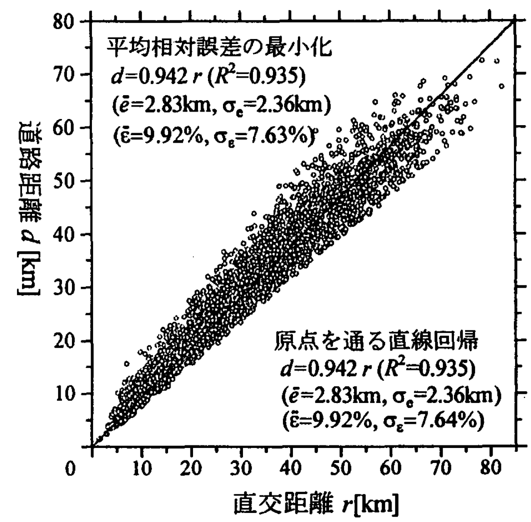
[2] $(1/n)\sum_{j=1}^{n}|c\times(\text{理論的距離})_j-(\text{道路距離})_j|/(\text{道路距離})_j$を最小化する$c$を求める訳である．



(i) 直線距離uと道路距離dの関係



(ii) 放射・環状距離sと道路距離dの関係



(iii) 直交距離dと道路距離dの関係

図3　理論的距離と道路距離の関係.