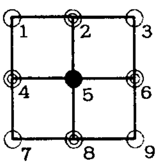
Ⅳ－382　最大ＯＤ交通量からみた格子状道路網構成の分析

京都大学工学部　正会員　飯田恭敬
京都大学大学院　学生会員　李　燕

１．はじめに

地価高騰，財政不足などの問題とからんでいる交通問題を解決するために，交通ネットワークを効率よく計画するとともに，土地利用を交通ネットワークが効率的に利用できるように誘導する必要がある．この時，ある建設費用のもとで，最大の交通量が発生できる道路網形状およびリンク容量構成，そして道路網に整合するようなＯＤパターンを知ることは交通計画と土地利用計画にとって重要な意義をもっている．本稿では，格子状道路網について，建設費用一定の下で，道路網において円滑な状態，および最大限の混雑を許容する状態の２つの場合の最大ＯＤ交通量を用いて道路網構成を比較するとともに，最大交通量を与えるノードの発生・集中交通量を求め，土地利用計画に対する知見を考察しようとする．ここで，道路網構成とは道路網におけるリンク容量の大きさの関係を意味する．

２．対象道路網の設定



図－1　対象道路網

図１のような格子状道路網を対象とする．簡単のため，往復リンクの容量および対称な位置にあるリンク容量が同じで，すべてのリンクの長さがＬであるとする．図に●，◎，○で示したノードをそれぞれ中心，中間，周辺ノードと呼ぶ．中心ノードを起点あるいは終点とするリンクを内部リンク（A），その他のリンクを外部リンク（B）と呼び，容量をそれぞれC_A，C_Bで表す．リンク走行時間はBPR関数で与えられるとし，自由走行時間は10と仮定する．道路網の建設費用Ｇはリンクの建設費用の和であるとし，リンクの建設費用は単位容量単位延長の道路建設費用δを用いて，δ×リンク容量×リンク長と計算されるものとする．対象道路網の構成は内部リンク容量と外部リンク容量の比η（C_A／C_B）を用いて表す．現実性を考えて，ηが0.5～2.8の道路網構成を対象とする．また，簡単のために，δ=1.0，Ｌ=1.0，Ｇ=96,000とする．

３．最大ＯＤ交通量

最大ＯＤ交通量は利用者の交通需要関数を仮定したうえで，計画者が許容するリンク混雑度を超えないような，道路網全体として受け入れ可能な最大トリップ数である．以下のように定式化されている[1]．

主問題　Max : $\sum_i X_i$　……(1)

Subject to

$$\sum_i\sum_j X_i h_{ij} p^a_{ij} \le \mu_a C_a \quad \cdots\cdots(2)$$

$$0 \le X_i \le X^*_i \quad \cdots\cdots(3)$$

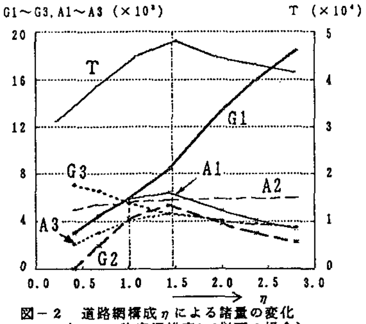
子問題

$$h_{ij}=\frac{c_{ij}A^\beta_j f(t_{ij})}{\sum_j c_{ij}A^\beta_j f(t_{ij})} \quad \cdots\cdots(4)$$

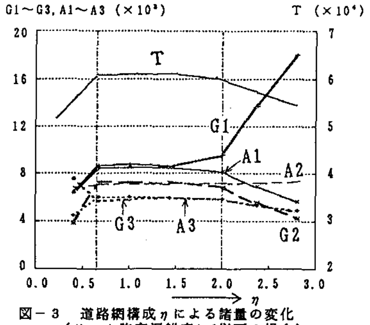
$$F=B(\mu_a,\ t_a) \quad \cdots\cdots(5)$$

主問題において，式(1)は各ゾーンの発生交通量（X_i）の和を最大化するという目的関数である．式(2)はリンクの交通量が許容する混雑度μ_aとなる交通量以下でなければならないことを表す．h_{ij}は目的地選択確率，p^a_{ij}はリンクの利用率であり，両者とも子問題によって求められる．式(3)はゾーンの発生交通量の可能範囲の制約条件である．したがって，主問題はリンク容量を十分に利用するような各ゾーンの発生交通量を求める問題である．本研究では，道路網構成だけについて検討するので，ノードの発生交通量上限値X^*を無限大とする．

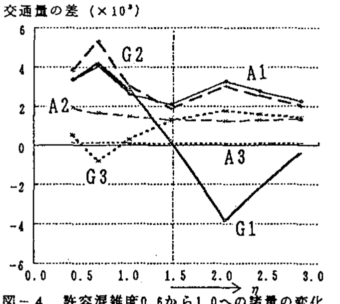
子問題において，式(4)は重力モデルから導かれた目的地選択確率である．本研究では，修正係数C_{ij}を1.0，ゾーンｊの吸引力A_jの影響を表すβを0.0，$f(t_{ij})=t_{ij}^{-1.2}$とする．t_{ij}はｉからｊへの所要時間である．式(5)は利用者の経路選択行動がリンク混雑度μ_aに応じて変化することを表し，p^a_{ij}を与えるものである．$\mu_a \leqq 0.6$であれば，リンク走行時間は一定とし，利用者は最短経路を選択すると仮定する．混雑度が0.6を超えたリンクが出現した場合，利用者が完全情報の下で，交通費用を最小にするように迂回交通が起こり，最終的には均衡状態になると仮定する．前者はＬＰ問題，後者は２レベル最適化問題として解けるが[1]，その具体的な解法については省略する．本研究では，$\mu_a \leqq 0.6$と$\mu_a \leqq 1.0$の２つの場合の最大ＯＤ交通量を求める．前者は道路網の円滑状態，後者は最大限の混雑を許した状態を意味する．



図－２　道路網構成ηによる諸量の変化（リンク許容混雑度0.6以下の場合）



図－３　道路網構成ηによる諸量の変化（リンク許容混雑度1.0以下の場合）



図－４　許容混雑度0.6から1.0への諸量の変化（＋増加，－減少）

４．格子状道路網最大ＯＤ交通量の分析

道路網構成ηを変化させて計算した結果を，$\mu_a \leqq 0.6$と$\mu_a \leqq 1.0$の２つ場合について最大ＯＤ交通量（Ｔ）および中心，中間，周辺ノードの発生交通量の上限値（それぞれG1, G2, G3で表す），集中交通量の上限値（それぞれA1, A2, A3で表す）の変化として図－２，３に示す．以下のことが分かる．

1)すべてのリンクが円滑な状態にある場合（$\mu_a \leqq 0.6$），ηの増加，つまり，内部リンクの容量が相対的に大きくなることにつれて，最大ＯＤ交通量はまず増加し，ηが1.4付近でピークになり，そしてだんだん減少していく傾向がみられる（図－２）．ηが小さすぎると，内部道路が相対的に小さくなり，中心ノードおよび中間ノードの交通量の発生（集中）を制限するボトルネックになる．逆に，ηが大きすぎると，周辺ノードおよび中間ノードの交通量の発生（集中）を制限するボトルネックになる．これは道路網構成ηが中間の1.4付近で最大なＯＤ交通量が獲得できることの理由となる．

2)すべてのリンクに最大限の混雑が許された場合（$\mu_a \leqq 1.0$），図－３のように，最大ＯＤ交通量が依然としてη=1.4付近で最大であるが，ηが0.7〜2.0の間において，最大ＯＤ交通量がほぼ同じ値になっている．つまり，内部道路と周辺道路の容量比がこの区間であれば，最大ＯＤ交通量の面からみれば，ほぼ同じ効果が獲得できる．これは格子状道路網が迂回交通に対して経路の代替性が高いからである．例えば，ノード2からの交通量を見てみると，ノード1, 3, 5, 8への交通量には代替経路がないが（対称性質から，2→3の交通と6→3の所要時間はすでに等しいので，2→5→3の迂回交通ができない），他のＯＤ交通は道路網の構成によって，容量の高いリンクを通ることができる．このように，2→1, 3, 5, 8の代替経路がないＯＤ交通量さえ保証できれば，内部道路の容量と外部道路の容量が相対的に変化しても交通が同じように流れる．

3)$\mu_a \leqq 0.6$の場合（図－２），中心，中間，周辺ノードの発生交通量G1, G2, G3から道路網構成に適合するＯＤ分布をみれば，ηが1.0より小さい場合では周辺ノードの発生交通量が高いＯＤ分布が望ましく，ηが1.0より大きい場合，中心ノードの発生交通量が高いＯＤ分布が望ましい．中心，中間，周辺ノードの集中交通量A1, A2, A3は目的地選択確率が重力モデルに決められ，ある程度保証されるので，その上限値はより均等になっている．

4)$\mu_a \leqq 1.0$の場合において，ノードの発生・集中交通量が等しくなり，ηによる変化もより緩やかになっている．最適な道路網構成ηの範囲0.7〜2.0において，中心，中間，周辺ノードの順で高→中→低のＯＤパターンが適合することが図－３から分かる．

リンク混雑度の増加によるノードの発生・集中交通量の上限値の変化をみるために，リンク許容混雑度が0.6以下の場合と1.0以下の場合との発生・集中交通量の差を図－４で示している．ここから，ηが1.4以上の道路網構成で中心ノードの発生交通量の上限値がリンク混雑度の増加につれて減少することと，周辺ノードの集中交通量の上限値がほとんど変わらないことは土地利用計画にとって注意すべきことである．

４．おわりに

本研究では，最大ＯＤ交通量の視点から，格子状道路網の容量構成について比較した．今後は，多くの視点から，他の道路網形状をも取り上げ，多形状道路網構成の比較を行う予定である．

【参考文献】

1)飯田・李：重力モデルに基づいた道路網の最大ＯＤ交通量に関する考察，土木計画学研究・講演集，No. 15(1), 1992年11月．