土木学会第43回年次学術講演会（昭和63年10月）

Ⅳ-112　ノードの通過距離を考慮した最短経路問題について

神戸大学工学部　正員　森津秀夫

1．はじめに

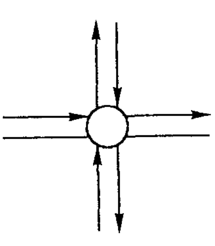
交通ネットワークの問題を考えるとき、最短経路や最短距離を求める必要のあることが多い。これを求めるには、最短経路問題の解法が用いられる。しかし、これらの解法は必ずしも交通ネットワークを扱うことを想定して開発されたものではない。このため、我々が交通ネットワークにおける問題で最短経路を求める場合には、不便なことがある。たとえば交差点をノードとした道路ネットワークで、ノードの通過に距離を与えることが必要なことがある。この場合、ネットワークの表現方法を工夫すればリンクにのみ距離を与える方法で最短経路を求めることが可能である。従来はそのようにしていたのであるが、ネットワークが複雑で規模が大きくなるという欠点を持っていた。そこで、ここではノードの通過距離を考慮した最短経路問題について考察し、これに適した最短経路問題の解法を示す。

2．交通ネットワークの表現とノードの通過距離を考慮した最短経路問題

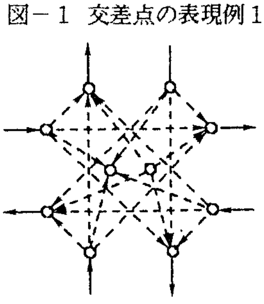
道路網に交通配分などを行う場合、その目的によって表現方法が異なる。詳細に考えるときには、交差点をノードとし、交差点間をリンクで表す。そしてこのような場合には、交差点内の自動車の走行挙動を無視できないことが多い。すなわち、従来のネットワークの扱いではリンクの接続点にすぎないノードの通過に、距離が必要なのである。あるいは、右左折の禁止などの表現が必要なこともある。交通配分に右左折の抵抗を考えなければ、非現実的な経路が選択されることもあり得る。また、鉄道やバスの公共交通機関のネットワークでも、ノードとする駅での乗り換えを表すことが必要になる。このように、交通ネットワークを扱う場合にはノードの通過に関する諸条件を何等かの形で考慮しなければならないことが多いと言える。

いま、２本の道路が交わる交差点を考えてみる。交差点内部の挙動を考慮する必要がなければ、これは図－１で表せる。しかし、交差点を通過するとき、直進、右左折によって遅れは異なる。従来の最短経路の探索方法ではノードの通過に距離は考えていない。そのため、これを忠実に表すには、図－２に示すようにダミーノードやダミーリンクを設けて表さなければならない。このような表現方法が従来から使われていたのである。図－２では、この交差点が交通配分を行うときのトリップの起終点となる発生集中ノードでもあるとしている。その結果、交差点内部の表現にダミーノードが10個、ダミーリンクが20本必要になっている。すなわち、ネットワークの規模が大きくなることがこの方法の欠点である。

一般にノードやリンクの数が多くなると、最短経路探索に要する計算量が大きくなる。計算量はノード数の２乗ないし３乗に比例するとされている。ここでの場合のノード数の増加にこれがそのまま当てはまることはないであろうが、交差点内部の表現のために計算量が極めて増加することは免れない。



図－１　交差点の表現例１



図－２　交差点の表現例２

3．ノードの通過距離を考慮した最短経路問題の解法

ノードの通過距離を考慮した問題の最短経路探索を効率化するには、このネットワークの特徴を利用することが考えられる。そこで、図－２のネットワークについて見ると、次の特徴がある。

① 発生ノードを終点とするリンクはなく、発生ノードを始点とするのはリンクの始点を終点とするダミーリンクだけである。

② 集中ノードを始点とするリンクはなく、集中ノードを終点とするのは

リンクの終点を始点とするダミーリンクだけである。

③　あるリンクの始点を出るリンクは他になく、そのノードを終点とするのは発生ノードか他のリンクの終点を始点とするダミーリンクだけである。

④　あるリンクの終点へ入るリンクは他になく、そのノードを始点とするのは集中ノードか他のリンクの始点を終点とするダミーリンクだけである。

これから、最短経路問題の解法として最も効率的であるとされるダイクストラ法を用いてリンクの終点までの距離を計算したとき、それに接続するダミーリンクの終点までの距離が計算できることがわかる。すなわち、そのリンクを経由して集中ノードあるいは他のリンクの始点に達したときの距離が求められる。そして、最短距離が求められたノードとして選択するのは、各リンクの始点を表すノードのいずれかにすることができる。したがって、ダミーノードやダミーリンクを含まない図－１のようなネットワークを対象に次のアルゴリズムを用いれば、無駄な計算処理を省くことができる。ただし、その始点に到る最短経路が求められているリンクの集合を集合Ｌ1 、始点に到る少なくとも１本の経路が求められているリンクの集合を集合Ｌ2 、始点に到る経路が求められていないリンクの集合を集合Ｌ3 とする。またノードにおけるリンクの接続を接続関係とし、その接続によるノードの通過距離を接続距離とする。

初期値として、最短経路を求める起点のノードｓの距離は０とし、他のノードまでの距離は無限大とする。すべてのリンクはＬ3 に属するものとする。そして、ノードｓを始点とするリンクに到る距離も０として、それらのリンクをＬ2 に移し、以下のステップを繰り返す。

①　Ｌ2 に属するリンクの中で、始点に到る距離が最短のものを選び、リンクｋとする。このリンクｋの始点に到るさらに距離の短い経路が見つかることはない。そこで、リンクｋをＬ1 に移す。もしＬ2 に属するリンクがなければ、計算を終える。

②　最後にＬ1 に移したリンクｋの始点までの距離にリンクｋの長さを加え、その終点に到る距離を求める。その距離がリンクｋの終点のノードｊまでの現在の距離よりも短ければ、それをノードｊまでの距離とし、リンクｋをｊに到る経路として記憶する。

③　リンクｋからの接続関係を持つすべてのリンクａに対し、リンクｋの終点までの距離に接続距離を加えてその始点までの距離を求める。リンクａがＬ2 に属するときは、すでに見つかっている始点までの距離とリンクｋを通る経路の距離を比較する。もし、リンクｋからの距離が短ければ、その距離をリンクａの始点までの距離とし、リンクｋをリンクａに到る経路として記憶する。リンクａがＬ3 に属するときは、求めた距離をリンクａの始点までの距離、リンクｋをリンクａに到る経路として記憶し、リンクａをＬ2 に移す。

この解法は、ダイクストラ法を特殊なネットワークのために修正したものである。どのリンクからの接続かによってリンクの始点までの距離が変わることを考慮し、始点までの最短距離が求められたリンクを順に探すことが特徴である。しかし、計算の内容はダイクストラ法と同じであり、このネットワークの場合に必要な部分のみを抽出したものである。それぞれのノードにおいてすべてのリンク間の接続があり、その接続距離が０ならば、ダイクストラ法と変わらない結果が得られる。

４．おわりに

ここではノードの通過距離を考慮した最短経路問題について考察し、この問題に適した解法を提案した。計算例においては、従来の方法に比べて短い計算時間で解を求められることが確かめられた。さらに、この解法を使えば、ダミーノードやダミーリンクを用いてネットワークを直さなくても、ノードにおける接続関係を記述するだけでよい。したがって、実際の道路網との対応関係もわかりやすくなる。そのため、計算時間の短縮ばかりでなく、ネットワーク作成作業の繁雑さをなくすことにも役立つ。