

東京都立大学工学部 学生員 ○戸塚昌久

東京都立大学工学部 正員 小泉 明

東京都立大学工学部 正員 川口士郎

1. はじめに

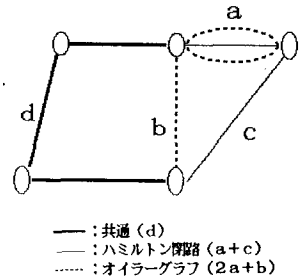
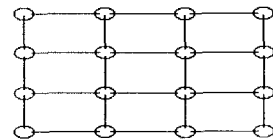
都市ゴミの収集輸送計画において、ゴミ処理施設の数、位置、及び規模の決定（ロケーション問題¹⁾）がなされた後、ゴミ収集車がゴミ発生地点並びにゴミ集積場を能率よく巡回するためのルートを決定するルーティング問題²⁾がある。本研究では、後者の問題を「グラフ理論」の視点から分析し、ハミルトン閉路と最適収集ルート（収集に要する総距離が最小であるルート）の関係を説明する。さらに参考文献²⁾で提案したルーティング問題の解法（従来の解法と呼ぶ）をより実用的に発展させた方法についても述べることにする。

2. ハミルトン閉路と最適収集ルートの関係

従来の解法によれば、収集ルートは全てのノード（点）の次数が2もしくは2以上の偶数であり、しかも連結であるグラフ（すなわちオイラーグラフ）であると定義されている。グラフ理論によれば、ハミルトン閉路は与えられたグラフの全てのノードを1度だけ通過する閉路であり、収集ルートにノード及びリンク（辺）の2重通過を認めないものがハミルトン閉路となる。よって、収集ルートの中から最適収集ルートを決することは、ハミルトン閉路を見つけ出すことであると考えられる。図1 ハミルトン閉路とオイラーグラフ

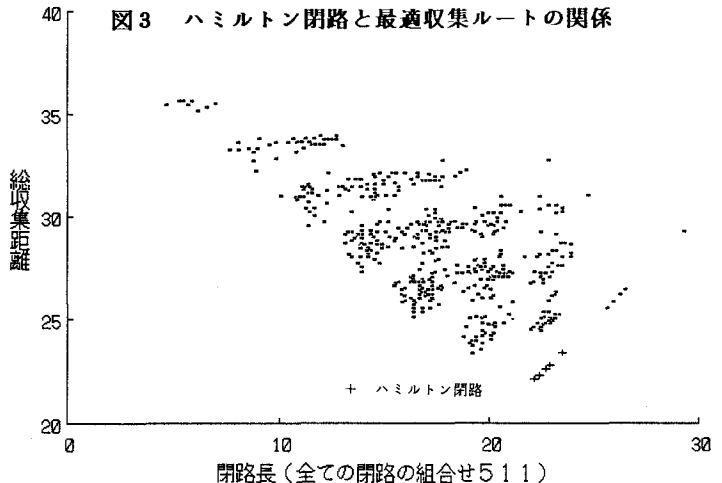
このことは、ハミルトン閉路がオイラーグラフよりも総収集距離が小さいことを示すことであるから、図1により説明することができる。つまり、ハミルトン閉路とオイラーグラフの距離の差は $\delta = a + b - c$ である。従って、リンクが直線で平面上にあれば三角形の2辺の和は他の一辺よりも大きいという定理より、ハミルトン閉路の方がオイラーグラフよりも収集距離が短くなることは明かである。

図2 ネットワークの例



以上のことを確かめるため、図2に示すネットワークを用いて検討する。リンク長をランダムに設定し、その一例として、総収集距離と閉路長の関係をプロットしたところ図3を得た。これより対象とする収集区域の最適収集ルートを求める問題は、リンクがすべて直線であれば最小のハミルトン閉路を見つけ出すことに帰着される。しかしながら、実際にはハミルトン閉路が必ずしも存在するとは限らず、リンクが直線でない場合もある。そこで、3では上述の場合を考慮した実用的な解法を示す。

図3 ハミルトン閉路と最適収集ルートの関係



3. 実用的な解法

従来の解法では、対象とするネットワークGにおける全ての閉路の組合せを考え、次に閉路をノードとした新たなネットワークG'に最小の木を張るというプロセスの後、総収集距離が最小なものを見つけ出すものであった。このためネットワークにおける閉路の数が増加するにつれ、計算に長時間を要するという問題があった。そこで、以下では計算時間の短縮を考え、より実用的な方法を提案する。

ネットワークGの総収集距離は、閉路をノードとしてネットワークG'に変換することにより、①式で求めることができる。

$$TD = CD + 2 \times BD \dots\dots\dots ①$$

ただし、TD：総収集距離、CD：ネットワークGの閉路長、BD：ネットワークG'の枝長である。

ここで、ネットワークの枝長は次のようにも表すことができる。

$$BD = (\text{ネットワークG'を張る最小の木の枝の数}) \times (\text{枝の平均長}) \dots\dots ②$$

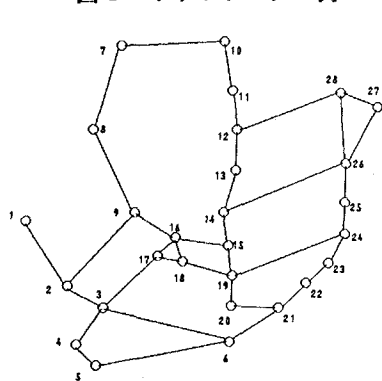
枝の平均長を求めることができれば良いわけだが、本稿では種々の検討を行った結果、枝の平均長の概算値として③、④の平均値を用いるものとする。

$$AVE = \text{ネットワークG'で枝として採用できるリンクの平均距離} \dots\dots ③$$

$$MIN = \text{ネットワークG'で枝として採用できるリンクの最小距離} \dots\dots ④$$

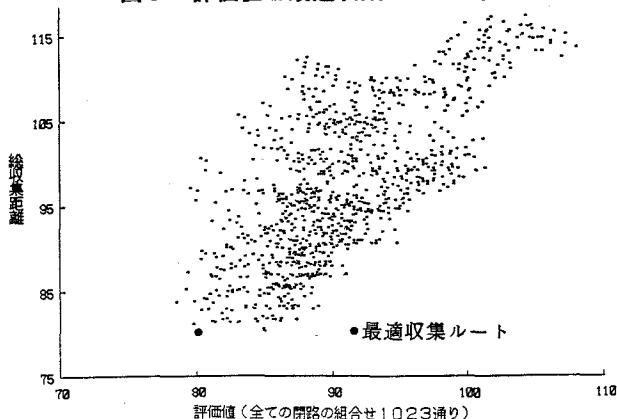
この様にして、①式を用いて総収集距離を求めたものを収集ルートの評価値とする。ケーススタディとして図4に示すネットワークを対象に計算を行ってみる。このネットワークで考える全ての閉路の組合せ1023通りに対して、評価値を用いて全ての総収集距離との関係を示したものが図5である。図5より、最適収集ルートは評価値の上位8番目に位置している。これより、評価値の上位の閉路の組合せについてのみを考慮すれば良いことが分かる。つまり、最適収集ルートでないことが自明である閉路の組合せについては、最小の木を張り収集距離を求めるというプロセスを省略できることであり、より実用的な解法といえよう。この解法は対象とするネットワークが大きくなった際に有効であると考えられる。

図4 ネットワークの例



ノード	長さ(m)
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	9
9	10
10	11
11	12
12	13
13	14
14	15
15	16
16	17
17	18
18	19
19	20
20	21
21	22
22	23
23	24
24	25
25	26
26	27
27	28
28	29

図5 評価値と最適収集ルートの関係



4. おわりに

本研究では、ゴミ収集車がゴミ発生地点並びにゴミ集積場を能率よく巡回するためのルートを決する問題の中で、リンクが全て直線であれば最適収集ルートを決する問題は最小のハミルトン閉路を見つけ出すことに帰着できることを示した。また、ハミルトン閉路が存在しない場合及び、リンクが直線とは限らない場合を考慮し、計算時間を短縮させることができる実用的な解法を提示することができた。

〔参考文献〕

- 小泉・堤・川口：都市ゴミの収集輸送計画に関する研究-ロケーション問題の解法-都市清掃, 第No158号, 1987
- 小泉・堤・川口：都市ゴミの収集輸送計画に関する研究-ルーチング問題の解法-都市清掃, 第No160号, 1987