

除雪計画作成のためのコンピュータ支援システムに関する基礎的研究

金沢大学工学部 正員 木保 昇
名古屋工業大学工学部 正員 山本幸司
星稜女子短期大学 正員 ○竹村 哲

1. まえがき

車社会の加速化にともなう、降雪地域では、道路除雪への要求が増大してきている。しかし、除雪機械やそのオペレータの数、さらには除雪予算には当然制約があり、行政側が全ての道路を完全に除雪するというわけにはいかない。従って、住民の協力の下で、道路の社会的順位に従って、効率的な分担除雪を行うことが肝要となる。

降雪地域の各自治体は、毎年道路除雪計画書を作成し、社会的要請に答えるべく努力してきている。しかし、不満やトラブルは依然として多い。これらを解消するためには、住民参加をもっと進め、住民の要求を満たし、かつ機能合理的な除雪計画が作成できる、より開かれた計画システムの研究が必要となる。このような計画システムの確立には、

1) 除雪道路の社会的順位を決定するための住民参加型システム

2) この社会的順位と除雪機械系の合理的使用を考慮した除雪路線構成システム

3) 作成された除雪計画案の総合評価システム

の研究が基本課題となる。本論文では、このような除雪計画システムの基本構成と、1)と2)の支援システムの開発を中心に報告する。

まず、1)については、著者らは、住民参加の下で、いろいろな要因を考慮して、道路の除雪順位を決定するための支援システムの開発を試みてきている³⁾。本論文では、このシステムをより実用の高い支援システムにするために、フィードバックのための判断情報の提示機能と、フィードバック機構の強化に関する改良について報告する。

2)については、新たに、イメージスキャナーを介して取り入れた対象道路地図上に、上述したシステムの出力である各道路の社会的順位をカラー区分で表示するシステムをまず開発する。そして、次にこのシステムをサブ・システムとし、社会的順位と除雪機械系の動きを考慮した除雪路線構成システムの開発を試みる。最後に、金沢市を対象とする適用研究を行い、これらのシステムの有効性と、実用化のための今後の課題について考察する。

2. 道路除雪計画案作成プロセスのシステム化

現代社会は、好むと好まざるとにかかわらず車社会となっている。それは雪国でも同じであって、道路除雪は、雪国の諸社会活動に多大の影響を与える重要な課題となっている。また、その計画は多くの要因によって制約されている。そこで、道路除雪計画の作成に際しては、これらの要因とそれらの間の関係をできるだけ総合的に把握しておくことが重要となる。それには、システム的方法の適用が望ましい。本節では、このような考え方にに基づき、道路除雪計画案作成プロセスとして、図1に示すような3つのプロセス、除雪道路の社会的順位決定プロセス、除雪道路の路線構成プロセス、および除雪計画案の評価プロセスよりなるシステム化を提案する。

道路除雪は社会活動に種々の影響を与える。本システム化では、まず第一のプロセスで、そのような影響をできるだけ総合的に検討し、その結果を踏まえて、サンプル道路を使用して、各道路の除雪に関する社会的順位を決定する数理モデルの作成を行う。その具体的内容については、次の3.で詳述する。

一方、都市内舗装道路の除雪には、主にVブラウ

やブレード付の除雪トラックと除雪グレーダが、単独あるいはセットで使用される。これらの機械系の走行を考えると、経済性の面からも安全性の面からも、除雪作業はできるだけ連続した道路順になされることが望まれる。ところが、第一のプロセスで決定される社会的順位には、道路間の連続性は、アプローチ機能として間接的に考慮されているだけである。そこで、第二のプロセスでは、この点を補完して、社会的順位と技術的順序の両者をできるだけ満たす除雪路線を構成することを考える。

第三の計画案評価プロセスでは、このようにして作成された除雪計画案を、社会活動の面から設定される制限時間や除雪費用といった観点からできるだけ総合的に評価する。そして、その結果を第二のプロセスにフィードバックすることにより、よりよい計画案の作成を目指すというのが、このシステム化の基本構造である。

図1は、これら主要プロセスの入出力と相互間の関係の基本形を提示したものである。この図は、また、以下に論じる支援システムの位置付けを与えるものでもある。即ち、本論文では、この3つのプロセスで住民参加をできるだけ進めることを考え、第一のプロセスの支援システムの改良と、第二のプロ

セスの支援システムの開発について議論する。

3. 除雪路の社会的順位決定システムの改良

3.1 システムの基本フローの概説

著者らは、図1の第一のプロセス、即ち道路の除雪に関する社会的順位決定プロセスとして、図2に示すような3つのサブ・プロセスよりなるシステム化を考え、その支援システムの開発を試みてきた³⁾。この節では、まず、このプロセスと支援システムの概要について述べる。

第一のサブ・プロセスは、道路除雪に関連する諸要素とそれらの間の関係を把握することにより、道路の除雪順位を決定するに際して考慮すべき「規定要因」を選定することを目的としている。ここでは、要素間の関係の把握を支援するために、ISM法のもつ「階層構造グラフ」化機能に着目し、それを視覚型、対話型化したVISMSと呼ばれるシステム²⁾を開発し、使用している。

第二のサブ・プロセスは、選定された「規定要

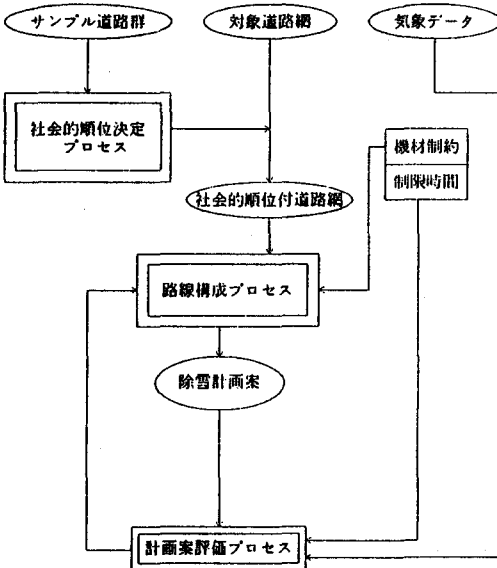


図1 除雪計画案作成プロセスのシステム図

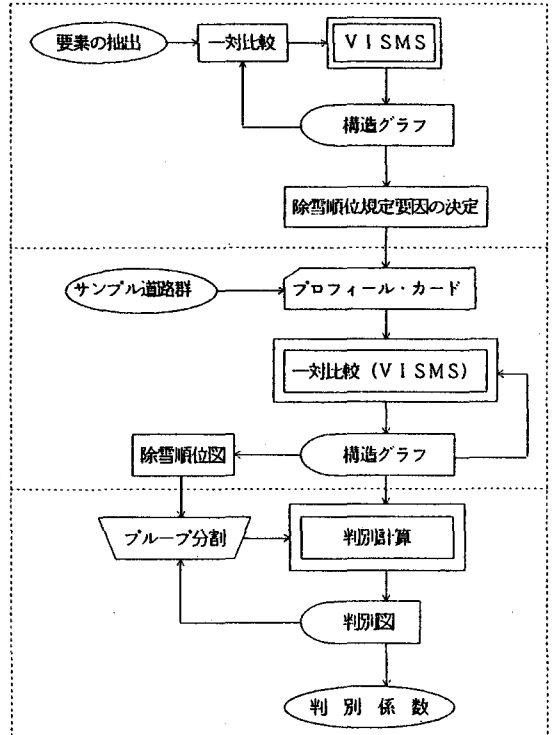


図2 社会的順位決定システムの基本フロー

因」によってそのプロフィールがベクトル的に表現されている「サンプル道路」を用いて、それらの間の「除雪優先順位図」の作成を行うことを目的としている。優先順位の評価は、「規定要因」で表現されている道路の種々の側面を総合して行う必要がある。従って、計画者であれ、住民にであれ、評価主体にこの絶対評価を求めるのは難しい。著者らは、相対評価でしかも全体の順位が決定できる方式が望ましいと考え、ここでもISM法による支援を導入したシステム化を工夫している。さらに、「サンプル道路」間の一対比較の負担を軽減するために、プロフィール比較画面による評価方式を採用している。

第三のサブ・プロセスは、第二のサブ・プロセスによって作成された「サンプル道路」間の「除雪優先順位図」の客観性の評価と、その一般化のためのプロセスである。即ち、第二のサブ・プロセスによって作成された「順位図」は、図2に示されているように、何度もフィードバックを繰り返し、検討されるが、そのプロセスの説明からもわかるように、評価主体の主観的判断によるものである。従って、別の何らかの方法でその客観性の度合いを数値的に評価しておくのが望ましい。また、他の道路群に対しても適用性を持つデータとするためにも、数値化が必要となる。本システムでは、三群判別関数を適用して、行政側が直ちに除雪すべき道路 (G_1)、行政側が次に除雪すべき道路 (G_2)、および住民の協力の下で除雪すべき道路 (G_3) に分類することを目的とし、誤判別なしで数値的に再分類できることを目指す。

以上が著者らのシステムの概要である。

3.2 改良システムの概要

上述のシステムの適用については、24本の「サンプル道路」を用い、表1に示す8つの「規定要因」を設定した場合、数度のフィードバック後に誤判別なしの結果が得られたことを文献[3]に報告している。しかし、上で述べたように、このシステムの特徴は、評価主体の主観的判断に基礎を置くものであり、判別関数による数値的再分類は、そのある種の客観性を評価する手段にすぎない。従って、判別後も十分な検討を行うという用心深さが必要となる。

そこで、われわれは、図3に示すように、誤判別の有無にかかわらず再検討を実施するステップを設定し、このステップの支援を強化することによって、このプロセスをより容易に行える改良を行った。

主体は、誤判別があれば、その原因を究明して、修正を試みる。この改良システムでは、この過程を支援するために、図3の「メニュー」に示されているような情報サービスが受けられる。例えば、誤判別が「順位図」のどの位置にある道路で発生しているのか、その道路を巡る一対比較は妥当であったか、などを知ることができれば、修正行動としては、8

表1 規定要因一覧表

要 因	要 因
道路幅員	自動車交通量
バス交通量	融雪装置
勾 配	防災的性格
降 雪 量	アプローチ機能

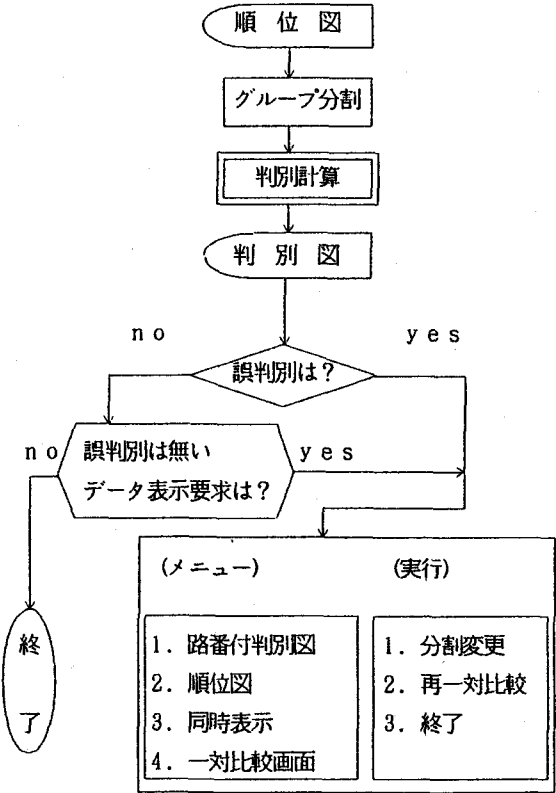


図3 改良システムの基本フロー

グループへの分割レベルの訂正を試みるべきか、または一対比較まで戻って、「順位図」の作成からやり直すべきか、等を判断し易い。図3の”メニュー”は、このような考えに基づいて用意したものである。図4にその事例画面を示す。

図4の(1)は、「順位図」と「判別図」の同時表示画面である。この場合、一応誤判別は無となっているが、NO.3の道路は、「判別図」の第二象限と

第三象限の境界線の非常に近くにある。「順位図」を参照すれば、この道路はレベル8にあり、レベル9にはNo.1と6の2つの道路あり、これらとの優先順位を再検討すれば、より客観性の高い結果が得られるだろう。図4の(2)は、プロフィールの「一対比較画面」と再考結果の表示画面であり、再実行の結果が前回の結果と異なっていることが示されている。即ち、もう一度一対比較にまで戻って再検討

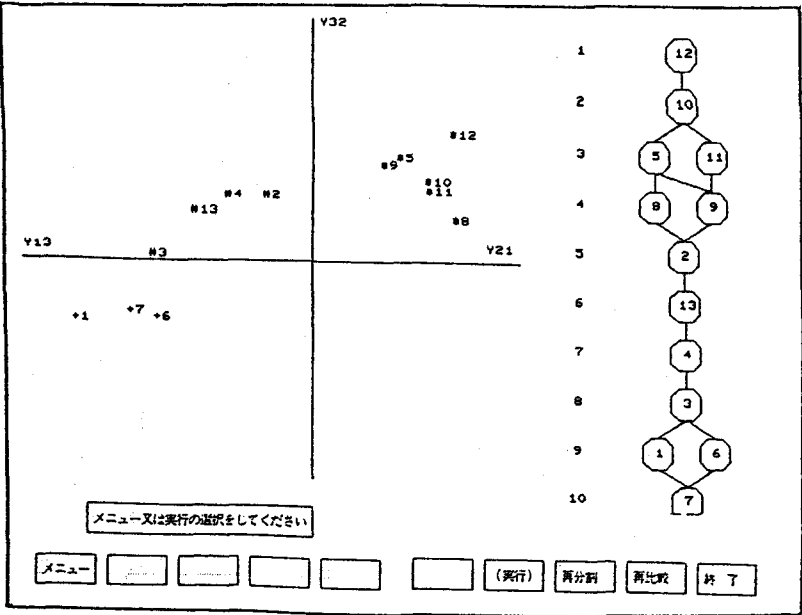


図4 (1) 順位図と判別図の同時表示画面

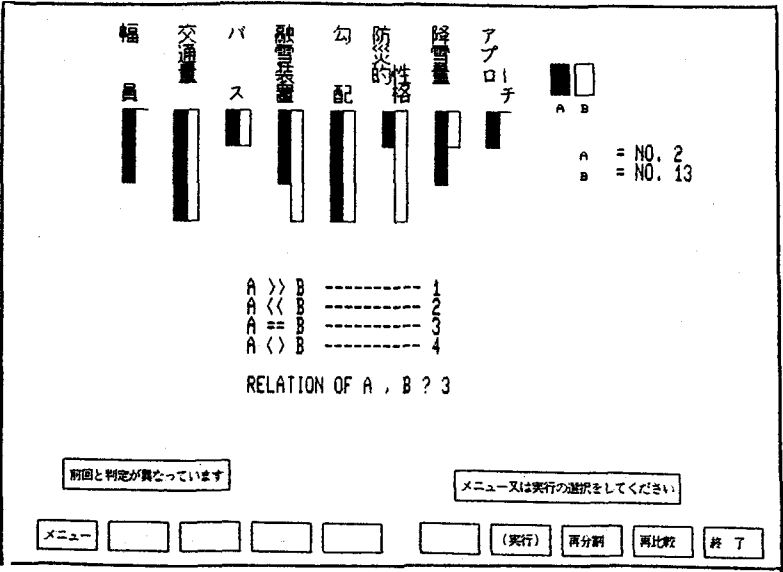


図4 (2) プロフィールの一対比較画面

する必要があるかも知れないことを示唆している。

また、何れの画面にも、「メニュー又は実行の選択をしてください」というメッセージが下端に表示されている。利用者は、これらの画面を見た後、さらに検討を続けたければ”メニュー”を、検討の結果、何らかの修正行動が決定されれば”実行”を選択すればよい。この選択は、ファンクション・キーで実行される。この改良により、一対比較に際しての利用者の負担は大幅に軽減され、より気楽に使用できるシステムになったのではと考えている。

4. 除雪路線構成システムの開発

4.1 社会的除雪順位付道路地図表示システム

3. のプロセスの説明で述べたように、上の社会的順位決定システムでは、道路間の連結具合は直接には考えられていない。それは、当システムの結果が任意の地域の除雪計画にも適用できる一般性を持つこと、図2の第二のサブ・プロセスにおける一対比較がかなりの負担になること、連結性は具体的な地域が特定されて始めて定まるものであることなどを考慮して、対象地域とは切り離された、24,5本の

「サンプル道路群」を想定し、普遍的な順位付けを与え、連結性は、除雪計画への具体的な適用に際して考慮するのが良いと考えたからである。

図1に示した第二のプロセスが、この部分に対応する。連結性を考慮する理由は、これも2. で述べたように、合理的な除雪計画案を作成するためには、社会的順位のみではなく、除雪機械系の動きをも考慮する必要があるからである。道路間の連結性を判断するには、当該地域の道路地図を参照するのが最も有効である。われわれは、そこで、図5に示すように、道路地図をイメージスキャナーを介して採り入れ、それに社会的順位決定システムからの出力である各道路の社会的順位をカラー区分で表示するシステムを開発した。本節では、まず、このシステムについて説明する。

まず、対象地域の地図をイメージスキャナーで読み取る。そして、その拡大図をCRT上に表示させ、各道路のプロフィール・データの採取を行う。具体的には、各道路について、まず、路番を付し、その地図座標をマウスでトレースし登録する。そして、図6に示すような画面を利用し、右欄の要因に関するデータを地図情報と他のデータ・ベースより採取し、プロフィール・データファイルに登録する。これらの要因の中で、融雪装置の設置率、消火栓の有無、防災的性格、アプローチ機能などは、直接地図情報より採取できる。このデータは、次節で述べる「除雪路線構成システム」で使用される。そのため、われわれは、各道路が交差点単位で文節できるようにファイルを設計するとともに、地図座標の採

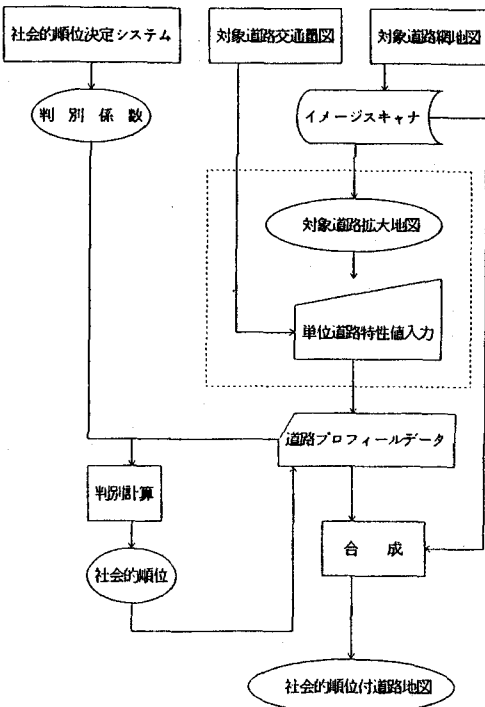


図5 社会的順位付道路地図表示システム

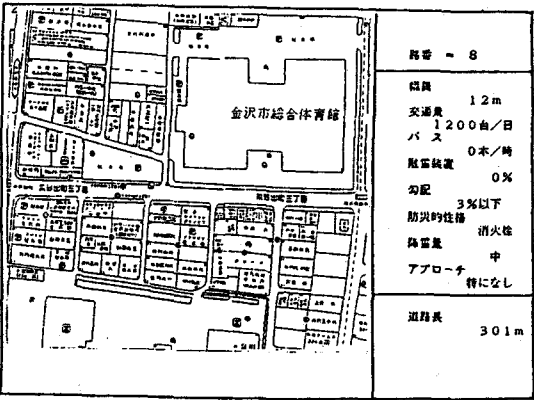


図6 イメージスキャナーによるデータ作成画面

取にも工夫を行っている。

次に、前節で述べた「社会的順位決定システム」からの出力情報である判別係数と、上で作成した対象道路の「プロフィール・データ」を用いて、その社会的順位の判別計算を行い、 G_1 、 G_2 、 G_3 への判別結果をファイルに登録する。そして、最後に、それらのデータを用いて、図7に示すように、各道路の社会的順位区分をカラー別に表示した「社会的順位付道路地図」としてCRTに出力する。この図では黒実線で示したものが G_1 、黒破線で示したものが G_2 、白線が G_3 の道路であるが、実際の画面では、 G_1 は赤で、 G_2 は青で表示されるようになっている。計画者は、この画面を見ることによって、道路の除雪順序を決定するに際して、社会的順位と技術的順序である道路の連結性を同時に考慮することが可能となる。次節では、この出力を利用した除雪路線順位の決定法について考察する。

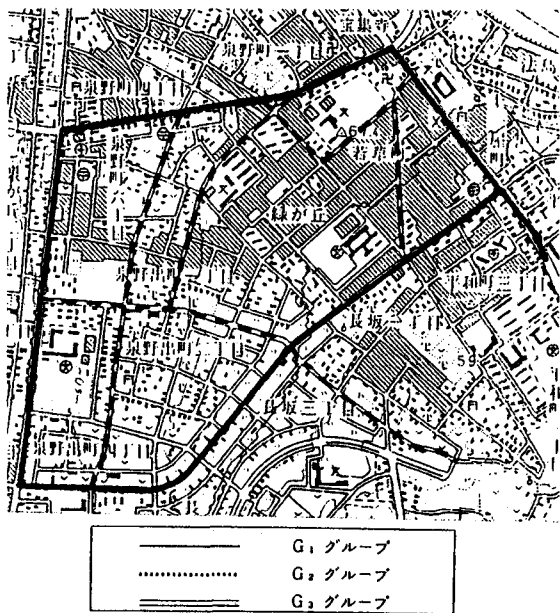


図7 社会的順位付道路地図表示例

4.2 除雪路線構成システムの基本プロセス

図1に示したように、除雪路の路線順序の決定には、社会的順位、道路の連結性、および投入除雪機械系の数を考慮しなければならない。前二者については、4.1で説明したように、「社会的順位付道路地図」により判断できる。われわれは、図8に示すように、投入除雪機械系の数より並行作業路線数を想定し、その数に応じた作業開始地点を、「社会的順位付道路地図」上に設定することから始める。次に、社会的順位と技術的順序である道路の連結性を考慮して、各開始地点より出発して、路線を構成する道路とその除雪順序を決定することを考える。

著者らは、そのために、除雪機械系による除雪作業の一種のシミュレーションを、4.1で開発した「社会的順位付道路地図」上をマウスで、開始点より出発し、除雪順に移動させるという形でトレースすることによって実行することを考えた。この場合、トレースされた道路を、社会的順位とは別の路線カラーで表示するとともに、社会活動との関連で設定される除雪完了時間制約を考慮するために、累積距離が、参考のためにトレースにともなって表示されるようにした。また、トレースされた各道路には、前述したファイルを参照して、交差点単位で名前が

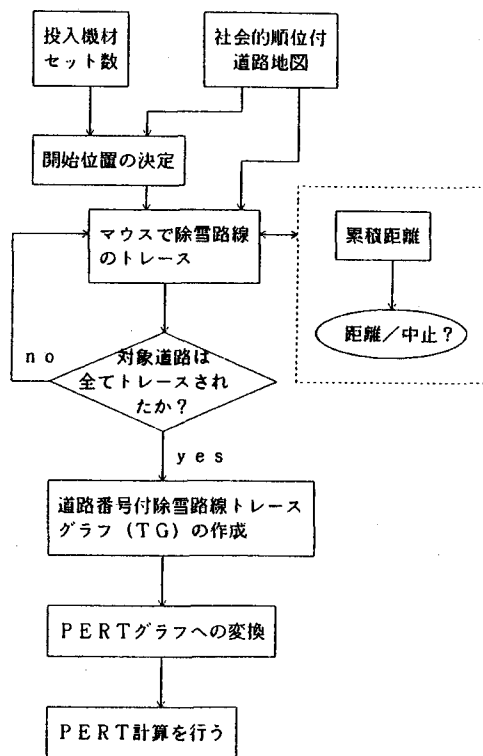


図8 路線構成システムの基本フロー

付与される。

開始点を変更して、同様の路線構成作業を行う。このとき、既に表示されている路線カラーがトレースを規定するもう一つの情報となる。対象地域の除雪対象道路が全て組み入れられたかどうかは、 G_1 、 G_2 を示す赤と青が路線カラーを示す色に変わっているかどうかで容易に判断できる。

全ての道路が路線に組み入れられれば、図9の(1)に示すような道路番号付の除雪路線のトレース・グラフ(TG)を作成する。このグラフでは、並行作業数だけの路線が、始点ノードと終点ノードの間に並列している。このグラフには、社会的順位もカラーで表示される。図9では、太線で示されているのが G_1 に属する道路で、CRT上では赤で表示される。また、各路線に対して、構成道路の重複の有無を調べ、後出の道路に対しては、その作業は「移動」として、破線で表示するようにしている。

次に、他の路線との重複の有無を調べ、重複するものがあれば、どちらかをやはり「移動」にする。そして、その重複部に注目して、他路線との順序関係を考慮した図9の(2)のようなPERTグラフを作成し、作業終了時間の計算を行う。

以上が、社会的順位と技術的順序を考慮した除雪路線構成システムの基本フローである。このシステムの援用によって、かなり容易に、数多くの代替案を作成することが可能となる。現在のところは、まだ、汎用アルゴリズムの確立までには到っていないが、基本アルゴリズムはできており、3地点からの開始であれば、実行可能なプログラム開発を終えて

いる。

4.3 適用事例と考察

われわれは、金沢市泉野町近辺を対象として、本システムの適用研究を行った。4.1の図7に示したものが、実はこの地域の「社会的順位付道路地図」である。ここでは、 G_1 に属する道路延長は、4.7 km、 G_2 に属する道路延長は4 kmとなっている。これを3台の除雪トラックで30 cmの新雪除雪を行う場合について検討してみる。

図8のフローに従って、まず、開始地点を3点とし、その位置の決定を行った。そして、図7の「社会的順位付道路地図」上をマウスでトレースすることによって、各開始地点に対応する3本の除雪路線

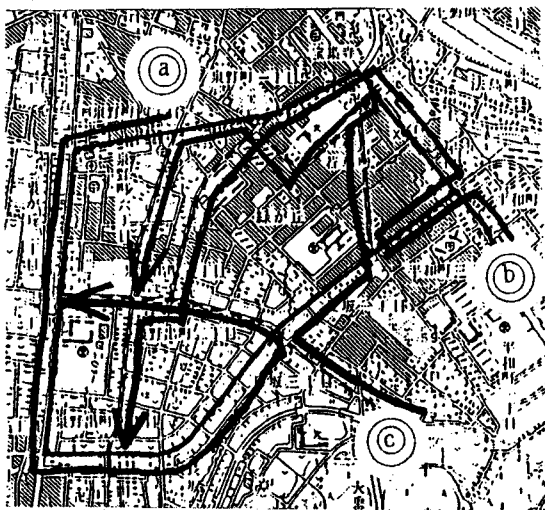


図10 開始点とトレース例

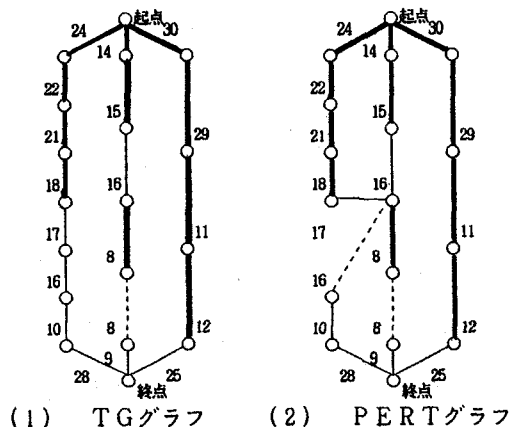


図9

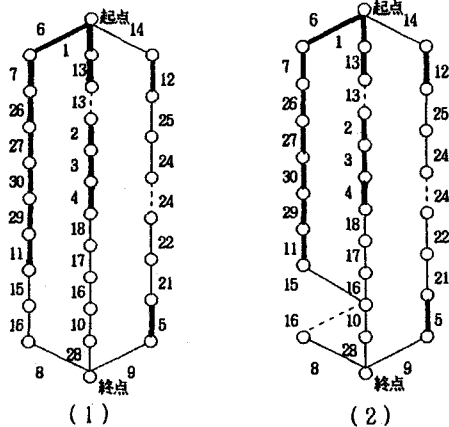


図11 代替案の例

の構成を試みた。図10に、3つの開始点の位置と、トレース案の一つを示す。

図11の(1)、(2)は、計算機で作成されたこのトレースに対応するTGグラフとPERTグラフである。まず、図11のグラフより、この代替案では、路線(a)と(b)はG₁ランクの道路を、路線(c)はG₂ランクの道路を中心とする除雪となっていることが、一目で分かる。次に、路線(b)と(c)には、重複する道路があり、後出のものが”移動”として、破線にされている。また、路線(a)と(b)の間にも重複する部分があり、路線(a)の方を”移動”とし、両者に順序関係を入れて、PERTグラフに変換されていることが分かる。

この計画案に対して、標準的な除雪能力表から各道路の除雪作業時間と移動時間を設定し、PERT時間計算を実施した。その結果、2時間31分で終了という結果になり、十分に夜間除雪が可能であることが分かった。また、この計画案では、G₁ランクの道路の除雪は、1箇所を除きいずれの路線でも前半に含まれている。計画者は、この箇所の検討を行って、さらに望ましい案の探索を続けることになる。

ここでは1例を示したが、著者らは、同様の作業を幾つか行った。そして、本システムを使用することによって、計画者も住民も比較的容易にこのような作業ができそうなことを確認した。

5. あとがき

著者らは、現代社会における除雪計画への要求の増大化を背景にして、各道路の社会的除雪順位と、除雪機械系の動きを規定する技術的順序をとともに考慮できる、住民参加型の除雪計画案作成システムの研究が必要であるとした。そして、本論文では、そのような計画システムの基本構成を示すとともに、その2つのプロセス、社会的順位決定プロセスと除雪路線構成プロセスの計算機支援システムについて報告した。

前者については、著者らが開発してきたISM法と三群判別関数を導入した支援システムの改良について報告した。著者らは、フィードバックのための情報機能の強化によって、住民参加型のシステムとして実用的に使用できるレベルに近づいてきたので

はと考えている。後者については、新たにイメージスキャナーを使用した視覚的な除雪路線構成システムの開発を行った。そして、それが社会的順位と技術的順序を考慮した代替案を、比較的容易に、しかも数多く作成するのに有効に機能することを示した。しかし、このシステムの方は未完成であり、実用化にはまだまだ検討すべき問題点や課題が多い。

例えば、除雪機械系の作業パターンは、系の構成と道路の幅員によって異なる。現在のトレース・システムには、この点が十分には反映されていない。各道路には、プロフィール・データがファイルされており、その中には道路幅員のデータも含まれている。トレースに際して、このデータを活用するようにすれば、この点の改良も可能であるだろう。これが第一の課題である。また、4.2でも指摘したが、TGグラフからPERTグラフへの変換の汎用アルゴリズムの開発も残されている。さらに、本論文では、ほとんど取り上げなかった「除雪作業時間の算定システム」の開発も重要な課題である。今後は、このような課題について検討し、より実用性の高いシステム化を目指したいと考えている。

参考文献

- 1) 金沢市：耐雪都市推進対策調査報告書，I，1982
同II，1983.
- 2) 木俣 昇：視覚型、対話型情報処理システム、VISMSの開発について、金沢大学工学部紀要 13-1, 9-18, 1980.
- 3) 木俣 昇：除雪路の順位決定のための参加型システムに関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，3，57-64，1986.
- 4) 小堀為雄：都市及び社会構造の変遷にともなう耐雪都市構想策定のための基礎的研究，科研補助金（総合A）成果報告書，1985.
- 5) 日本建設機械化協会：新道路除雪ハンドブック 森北出版，1972.
- 6) 日本建設機械化協会北陸支部：道路除雪オペレータの手引，三盛館，1986.