

GIS を活用した輸送計画支援システムの構築に関する研究

A STUDY FOR TRANSPORTATION PROGRAMMING SUPPORT SYSTEM BY USING GIS

三雲是宏*・保田敬一**・古田均***

Yukihiro MIKUMO, Keiichi YASUDA and Hitoshi FURUTA

*（株）ニュージェック 総合計画・環境部（〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-20-19）

**工博（株）ニュージェック 総合計画・環境部（〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-20-19）

***工博 関西大学教授 総合情報学部（〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1）

In case, Ground transportation of Bridge parts requires the optimized operation plan, because of the complex constraints like as width of road, condition of traffic cross over point, time regulations, length of bridge parts, weigh of bridge parts, etc. In this study, the authors developed the optimal transportation programming support technique by using GIS application.

Key Words : GIS, Transportation Programming, Bridge Parts, Installation, Ground Transportation

1. はじめに

工場で作成された橋梁の部材を架設現場に輸送するためには、大別して①陸上自動車輸送、②海上船舶輸送、③鉄道貨車輸送の方法があり、製作工場から架設現場までの状況によって、場合によってはこれらの方法の組み合わせで実施されることがある。輸送方法の選定にあたっては、部材の大きさ、重量、経済性、現地の架設条件、架設工法との関係など、様々な要因を十分に考慮しなければならないのが常であり、そこでの検討の必要性は多くの場合で指摘されている。近年は、道路網の整備、車両の大型化、多様化などにより、陸上自動車輸送の比率が高くなってきている。また、部材の大型化、大ブロック架設架設工法などの採用により、海上船舶輸送も増加傾向にあるのに対して、鉄道貨車輸送は近年ほとんどその実績がない。

陸上自動車輸送の場合、車両制限令、道路運送車両保安基準および道路交通法などの法的制約を受けるので、輸送部材長や輸送重量、使用車両、許認可、道路状況（幅員、交差点状況、通行時間規制、高さ制限、重量制限など）などから最適な輸送計画を立案することが求められる。

橋梁を分割輸送する場合、その分割数はできるだけ少ない方が一般的に経済的である。この分割数が多くなると、添設箇所が多くなり、添設による部材の重量増や輸送回数の増加など全体の工費増加につながる。しかし、輸送部材長や輸送重量などは工場から架橋地点までのルートによって変化するため、最適な輸送計画を立案することは不可欠となっている。計画・設計した橋梁が実際に運搬できな

いような場合、添設位置の変更などが生じ、大幅な設計変更につながる事が考えられる。そのために、設計の前に輸送部材長や輸送重量などを決定するための事前調査が行われることが多い。これは、現状では架設や輸送の専門家が実際に工場から架橋地点まで、数種類のモデルルートを設定し、実際に走行して道路に関わる回転半径、アンダーパス、歩道橋、架線および法規制など種々のありとあらゆる制約条件について現地調査することで決定されている。

しかしながら、橋梁の設計は多くの場合、前調査時期と実際の輸送時期とはスペック等が異なっており、場合によっては輸送時期が相当期間後にずれこむことも少なくない。その一方で、最近の道路交通状況は頻繁に変わっており、新しい道路ができた場合や道路規制が変わった場合などは輸送ルートの変更が生じる可能性が高い。こういった現状下では、輸送計画には柔軟かつ迅速な対応が求められる。このような場合、想定される輸送ルートでのトレーラーの回転半径のチェック、道路上に散在するアンダーパス、電力架線および歩道橋などによって規定される高さ制限や重量制限等について、事前に照査することがGIS上でできれば、より実状に即した輸送計画が正確かつ迅速にたてられることが期待できると考えられる。このような観点から、本研究では状況に対処するため、想定する輸送ルートで回転半径のチェックや重量制限の照査などをGIS上で行い、より実状に即した輸送計画の立案を支援するための手法を開発した。

2. 輸送計画策定の現状と問題点

陸上自動車輸送は、部材を架設現場に直接運搬輸送できること、設計の自由度が大きいことなどの利点がある。一般に最も経済的な方法である。ただし、その計画、運行にあたっては、①道路法の既定に基づく車両制限令、②道路運送車両法に基づく道路運送車両の保安基準、③道路交通法および同施工令などの法的規制を受ける。輸送計画を実施するフェーズは橋梁詳細設計段階が多い。輸送計画は橋梁予備設計段階でも実施される場合もあるが、それは大規模な橋梁の場合や、輸送架設費用が全体工費に占める割合が大きいと考えられる場合である。例えば、架橋地点が山間部などの場合、部材輸送ルートが限定されるケースも生じたり、部材長や部材重量に制限が出る場合もあり、設定した部材長や部材重量が変更になった場合は橋梁形式にまで影響が出ることもある。現実には地図を見ながら、現地へ行って、幅員や曲線半径、重量制限などをチェックし、必要に応じて軌跡などを照査する方法がとられている。これらの輸送計画は、主に工場から架橋地点までの輸送ルートの仮定、軌跡図の作成による運行の照査であり、現状では手作業が主で非効率なものとなっている。また、輸送ルートの道路条件が変化した場合には、現地調査を含めて再度輸送ルートの検討を行わなければならない非効率である。

輸送計画は橋梁設計の前に実施されるが、部材輸送時期になって、事前に想定した輸送ルートに条件の変更が生じているようなケースも考えられる。このように、頻繁に道路状況が変化する場合には輸送ルートの選定システムの必要性が高く、机上で、GIS をベースにした輸送ルートの選定を行うことができれば、輸送ルートの変更などにも柔軟に対応できると考えられる。

3. GIS を用いた輸送計画システムの構築

3.1 システム構成

(1) 入力と出力

入力項目としては、輸送部材長、部材高さ、部材幅、重量、トレーラ種別、輸送始点、輸送終点を考える。また、出力としては、①輸送可能ルート全ての画面表示、②輸送ルートを入力した場合、そのルートで可能かどうかの判断結果（回転半径、軸重など）を考慮する。

(2) 使用 GIS ソフト

使用 GIS ソフトとしては、英国 CadCorp 社製の「SIS MapModeller」を用いた。

(3) 入力する属性

道路幅員、歩道の幅員、センターラインの位置、高架、橋梁その他道路の通行制限の情報、と(1)入力で示されている項目などである。道路の情報としては、大阪市橋梁現況地図（平成 11 年 3 月現在）および大阪市横断歩道橋管理地図（平成元年 4 月現在）より、橋梁および横断歩道橋諸元を抽出した。また、道路と鉄道との交差箇所

については、道路と鉄道との交差箇所調書（平成 10 年 3 月作成）から交差データを抽出した。

(4) 幅員と交差点情報

道路幅員はゼンリン Zmap Town II のデータから抽出した。その前に、Zmap Town II 上での幅員と大阪市の道路台帳（ $s=1/500$ ）の幅員とを比較し、道路台帳（ $s=1/500$ ）と Zmap Town II とはほぼ同じであることを確認した。また、車両が通行できるかどうかを判定するには、幅員の他にも、交差点の隅切りの情報も必要となる。この交差点の隅切りの情報についても Zmap Town II のデータから抽出した。

3.2 車両走行軌跡

車両が走行できるかどうかについては、特に交差点において問題になる。従来は、車両の諸元と輸送部材寸法などから車両走行軌跡の作図を行ってから走行可能かどうかを判定していた。この軌跡の照査をシステム上でできれば GIS ルート探索システムで利用できると考えられる。本研究では、GIS ルート探索システム上での利用を考えた場合、車両走行軌跡作図システムを別プログラムで構築した方が、汎用性という観点からも望ましいと考えられる。別途作成した走行軌跡判定プログラムの入力には、車種とその諸元（最小回転半径など）、始点、終点、コーナー（位置入力）、旋回方法（停止旋回、バックして旋回など）、流入／流出幅員（コーナー毎に入／出の幅員を入力）で、出力としては、入力データから計算した軌跡図（DXF 出力可）や入力データと計算結果の印刷ができる。

3.3 輸送計画

本システムの流れを図-1 に示す。まず、輸送開始する

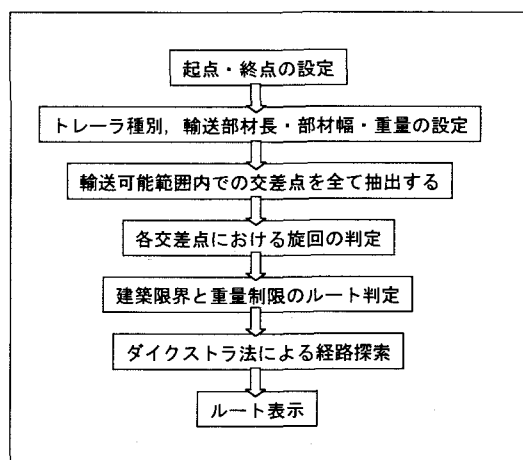


図-1 システムの流れ

起点と橋梁架橋地点である終点を入力する。そして、起終点を含む領域内における交差点（ノード）を抽出し、各交差点ごとに一方通行の判定や車両の旋回の判定を行う。また、建築限界や重量制限にかかるルートは削除

する。これで条件に合致するルートを選定した後、最短距離になるルートをダイクストラ法により算出した。この方法は、各ノードへの最短距離を、スタートノードの周辺から1つずつ確定して徐々に範囲を広げていき、最終的に全てのノードへの最短距離を求めるものである。

3.4 ダイクストラ法

輸送道路に存在する種々の制約の条件下で、最短経路を導き出す方法としては、前述のとおりダイクストラ法を用いる。ダイクストラ法とは各ノードへの最短距離を、スタートノードの周辺から1つずつ確定して徐々に範囲を広げていき、最終的に全てのノードへの最短距離を求める手法で、オランダ出身のダイクストラにより発案された。ダイクストラ法における具体的なアルゴリズムを次に説明する。

①スタートノードと連結されているノードとの間の距離を求め、最小の値を持つノードに印をつけて確定する。

②印をつけたノードと連結されているノードとの間の距離を求め、この時点で計算されている(印のついていない)ノードの距離の中で最小の値を持つノードに印をつけて確定する。

③これを全てのノードに印がつくまで繰り返す。最終的に各ノードに対して得られた値が、スタートノードからの最短距離になる。

ダイクストラ法による、具体的な最短経路の探索方法の手順を図-2に示す。

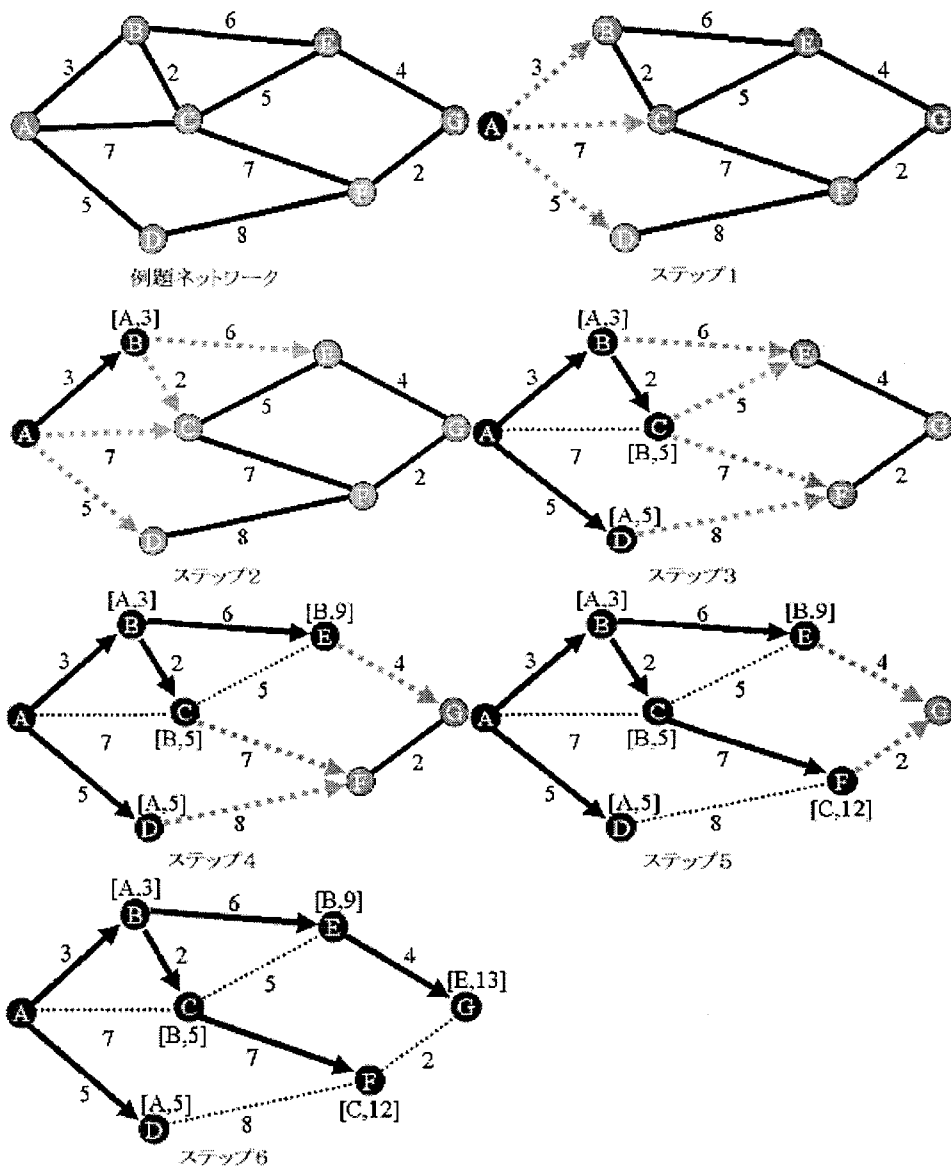


図-2 ダイクストラ法のプロセス

3.5 実証実験

本システムを用いて実証実験を行った。起点を大阪南港、終点を淀川としてルート探索を行った。図-3 に示す GIS 上でのルート表示結果より、数多く存在するル

ートの中から条件に合致する最短ルートを選定することができた。

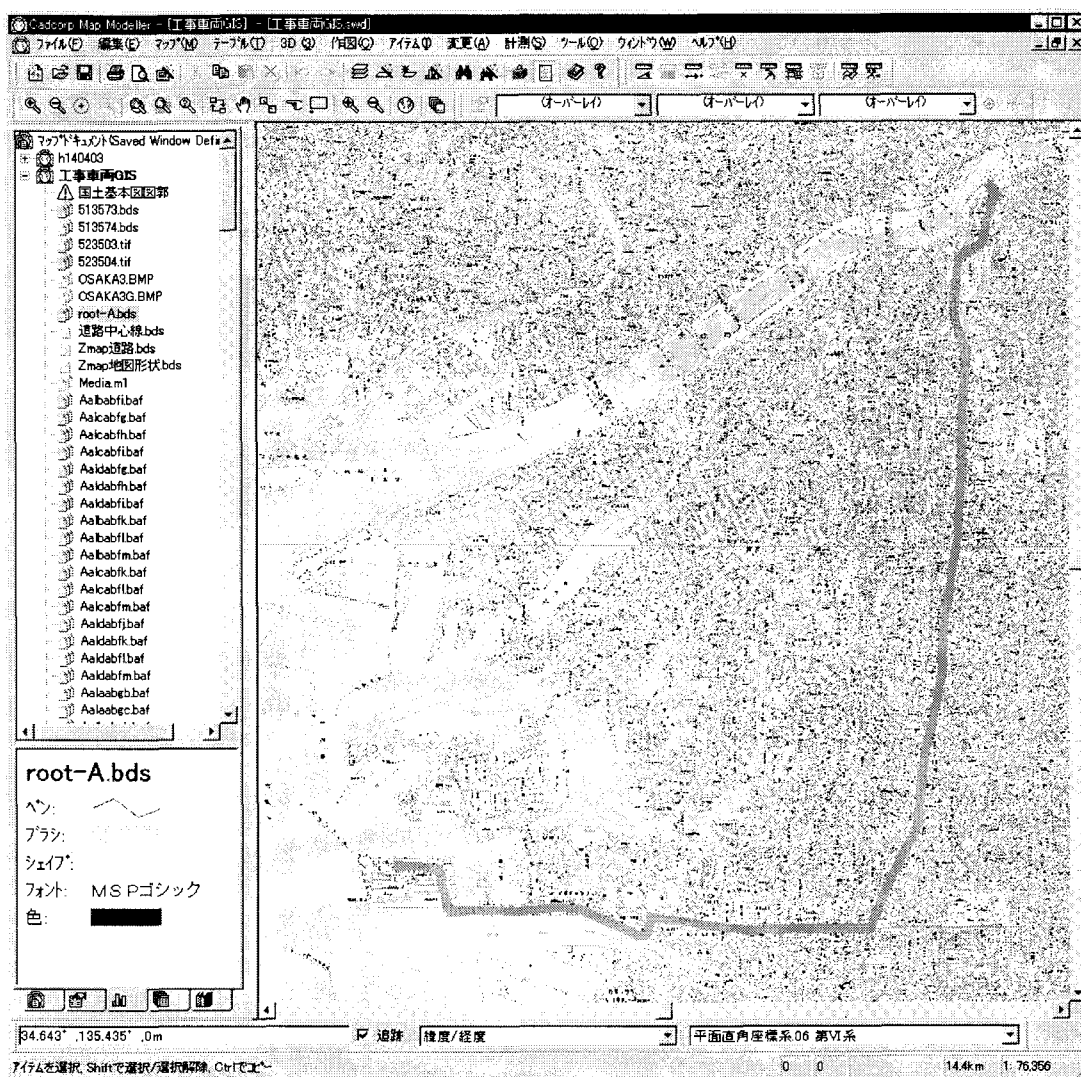


図-3 GIS 上でのルート表示

4. おわりに

ルート探索に関するプログラムについては、市販のものも含めて数多く出回っているが、橋梁部品のような大型部材をトレーラ輸送によって行うようなルート探索システムはまだ存在しない。道路状況が頻繁に変更になるような場合にはこのようなシステムは有効であり、また、机上で概略のルート検討が行えるので、輸送計画のための現地調査回数を低減することが可能になると考えられる。本研究での課題としては、道路幅員や隅切り形状などの交差点情報を既存の地図から紙出力したものからスケールアップで算出したが、これらの作業を自動化できれば道路状況の変化への対応が容易になり、更に効率化が図れるものと考えられる。本システムに関する今後の展望については、防災計画、緊急車両の最短経路検索、緊急車両の進入不可道

路探索などへの応用が考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会: 土木工学ハンドブック, 第四版, pp.1242-1244, 1990.4
- 2) (財)高速道路調査会: セミトレーラの旋回軌跡, 1971.3.
- 3) 大阪府土木部道路課: 自動車の走行軌跡図集 (S=1:300), 1972.3.
- 4) 日本道路協会: 道路構造例の運用と解説, pp.216-223, pp.330-335, 1983.2.
- 5) 大阪市建設局: 道路と鉄道との交差箇所調書 (内部資料), 1998.3.
- 6) 大阪府土木部: 自動車の走行軌跡とすみ切り, 1974.10.