7

ユーザーサポート

連絡先

東京商船大学　流通システム 久保研究室

e-mail kubo@ipc.tosho-u.ac.jp

Tel. Fax. 03-5245-7390

電子メイルかFaxでご連絡下さい．

6.5 移動時間データ (移動時間.csv)

地点 (顧客 , デポ , 主要インターチェンジ) の間の移動距離および移動時間を保持します .

1 行目 : 地点間の情報の総数および二行目以降のデータの説明

2 行目以降 : 道路の始点 , 終点 , 移動距離 , 時間 , 費用

データ項目は以下の通りです .

枝のインデックス (未使用)

枝の始点の番号 (整数変数)

枝の始点に対応する顧客またはインター名 (文字列変数)

枝の終点の番号 (整数変数)

終点に対応する顧客またはインター名 (文字列変数)

枝の距離 (長整数変数)

枝の時間 (整数変数)

枝の費用 (トラックの種類に無関係な部分) (長整数変数)

M_Edge_Cost4&(i): 4 トントラックの場合の費用 (長整数変数)

M_Edge_Cost10&(i): 10 トントラックの場合の費用 (長整数変数)

道路距離は , 電子地図を用いて計測しました . この数字は , 実測値に変更可能です .

6.6 ルートデータ (route.csv, r(ルート番号).csv)

METRO を用いて算出したルートの情報を保持します .

route.csv は , ルートの数と総距離を保持します .

各ルートは , r(no).csv に保存されています . ここで , (no) には , ルートの番号が入ります .

時間枠 (迄): 顧客上でのサービス開始の最遅時刻

注 : 数字の入力は全て半角でして下さい . 荷物の重量および容量はデポ発・デポ着のものを記入します . 積込積降時間の単位は分です . 時刻 (~) および時刻 (迄) は , 到着時刻の枠を指定します .

6.3　トラックデータ (truck.csv)

トラックの情報を保持します .

1 行 1 列目 : トラックの台数

2 行目 : それぞれのデータの説明

3 行目以降 : トラックの情報

データ項目は以下のとおりです .

車輌番号 (整数変数)

最大積載重量 (整数変数)

最大積載容量 (実数変数)

稼動時間の上限　(整数変数 : 単位は分)

ルートへの顧客の初期割当 (顧客番号を入力)

発時刻 (時刻型: バリアント型)

注: ここで , 訪問顧客番号は , 割当法で用いられるもので , トラックがどの顧客を必ず訪問するかを表します . 他の解法 (ルート合併法 , タブーサーチ) では使いません .

6.4　インターチェンジデータ (inter.csv)

途中で経由する高速のインターチェンジのデータを保持します .

1 行 1 列目 : インターの総数

2 行目 : それぞれのデータの説明

3 行目以降 : インター番号 , 名前 , および乗り降りに要する時間 , 経度 , 緯度

注: インターの番号は 100 番からはじめて下さい .

Figure 6.1　Excel 上でのデータ管理メニュー

顧客関連のデータ項目は以下のとおりです．

顧客番号 (整数変数)

顧客名 (文字列変数)

郵便番号 (文字列変数)

住所 (文字列変数)

電話番号 (文字列変数)

経度 (文字列変数)　経度・緯度は電子地図を用いて計測できます．

緯度 (文字列変数)

需要量(重量ベース) (整数変数)

需要量(容量ベース) (実数変数)

顧客上での作業時間 (整数変数)

顧客に乗り入れ可能なトラックのトン数の上限(整数変数)

時間枠(~)：顧客上でのサービス開始の最早時刻

6

データの入力方法

6.1　データ形式

データは全てcsvファイル(カンマに区切られたテキストファイル)とし，vrpのディレクトリの下に置いてください.データは,顧客(顧客.csv),トラック(truck.csv)，インター(inter.csv)，移動時間(移動時間.csv)，ルートデータ(route.csv, r(ルート番号),csv)から構成されています．

この他にも費用配分の機能によって出力された配分.csvやベンチマーク問題関連のデータ，画面表示用のデータがあります．

METROでは，データはEXCELのVBAの機能を用いて総合的に管理します．

お試し版をご利用の方は，書き換えには適当なエディタ，またはExcelやLotus 123などの表計算ツールをご使用下さい．

6.2　顧客データ(顧客.csv)

デポを含む全ての顧客の情報を保持します．

1行1列目：顧客の総数(デポも含めて)．顧客数を変えたときには，この数を修正するのをお忘れなく．

2行目：それぞれのデータの説明

3行目：必ずデポ(配送センター)．

4行目以降：顧客データ．

http://dmawww.epfl.ch/~rochat/rochat_data/solomon.html で配布されています．

5.9 画面出力

メイン画面上部のプルダウンメニューのベンチマークの画面出力をクリックすることによって，Postscript ファイルに顧客およびデポの点とルートを出力します．Postscript ファイルは各種のドローツールによって読み込みが可能で，それ上で加工ができます．

から他の顧客 (および経由するインター) へのネットワーク上での最短路を表す木が表示されます . この機能を用いることによって , 入力データの妥当性の検証が容易にできます .

5.7　地図表示・非表示

メイン画面上部のプルダウンメニューのオプションの地図表示をクリック下さい . メイン画面に関連する地図が読み込まれます . 地図を消去するときには , メイン画面上部のプルダウンメニューのオプションの地図消去をクリックします .

Figure 5.1　地図表示

5.8　ベンチマーク問題

METRO では , 標準的なベンチマーク問題に対するテストルーチンも含まれています . メイン画面上部のプルダウンメニューのベンチマークのベンチマーク問題読み込みをクリック下さい . ベンチマーク問題を読み込むことができます . 今回配布したベンチマーク問題は Solomon の時間枠付きのベンチマークデータの一つで , `c101.txt` と呼ばれる顧客数 100 の例題です . 他のベンチマーク問題は ,

黄: 100円から1000kg未満．

青: 100kg未満．

5.3　縮小モード・原寸に戻す

縮小モードのボタンをオンにするとメイン画面上のマウスの形状が変わります．このとき，画面上で拡大したい地点の左上端と右下端をクリックすることによって，対応する地点が拡大して表示されます．また，もとの大きさに戻したいときには，原寸に戻すのボタンを押します．

5.4　顧客名表示・非表示

顧客名表示のボタンをオンにすると，描画の際に顧客名をメイン画面上に表示します．これは，次の描画から有効になるので，すぐに表示された顧客名を見たい場合には，原寸に戻すのボタンを押してください．

5.5　顧客割り当て

顧客へのトラックへの初期割り当てによって，得られる解が変わってくる場合があります．顧客割り当てでは，顧客へのトラックの割り当てを手動で変更するための操作を行います．

メイン画面上部のプルダウンメニューのオプションの顧客割当てをクリックして下さい．すると，メイン画面上でのマウスのポインタが変化します．それから，メイン画面上の顧客で各トラックに割り振りたいものを順にクリックしていきます．全てのトラックに割り振りが終了すると，マウスのポインタが再びもとに戻ります．これで顧客のトラックへの割り当てが終了しました．

割当法で得た解を見ながら，適切な割り当てを行うことによって，割当法でもある程度良好な解を得ることができます．

5.6　最短経路表示

メイン画面上部のプルダウンメニューのオプションの最短経路データをクリック下さい．その後で，メイン画面上の顧客をマウスでクリックすると，その顧客

5

その他の操作

ここでは，METRO の様々なオプション機能について記述します．

5.1 費用配分

費用配分のボタンを押すことによって，ルートの総費用を各顧客に合理的に配分することができます．現在使われている費用の配分方法は，総費用を各顧客に往復輸送をしたときの費用に比例するように配分する方法と各ルートごとの費用を往復費用に比例させて配分する方法です．

配分費用の大きさによってメイン画面上の顧客の色および大きさが変化して表示されます．顧客を表す円の大きさが費用の大きさを表し，色は，赤，黄，青の順に小さくなることを意味します．

また，配分費用を顧客データをともにファイルに出力できます．デフォールトのファイル名は 配分.csv です．

5.2 荷量分析

荷量分析のボタンを押すことによって，荷量の重量を示す情報がメイン画面上に表示されます．顧客を表す円の大きさが重量の大きさを表し，色の意味は以下のとおりです．

赤: 1000kg 以上．

のクラスターの度合に応じて変化させる必要があります．一応の目安として，クラスターを多く含んでいるときには，このパラメータを大きめにとっておくことが推奨されます．

タブー率: 0 以上 1 以下の二つの実数．推奨値は 0.1 から 0.3．ある点を近傍操作によって移動させた後，もとのルートに何イテレーション程度の間戻さないかを決めるパラメータです．二つの値を入力し，顧客数にこの値を乗じた数の間の一様乱数によって，点を移動させるのを禁止するイテレーション回数を決定します．この値が小さすぎると探索は同じ解に何度も戻ってしまい，大きくすると総費用が改善されにくくなります．

重量オーバー，容量オーバー，時間オーバーペナルティ: トラックの重量の上限を破っている場合には，破っている　重量 (単位はトン) に重量オーバーペナルティを乗じて費用の変化量に加えることによってペナルティ関数にしています．この値は重量オーバーが変更周期回破ったときには，増幅値倍され，逆に変更周期回満たしているときには増幅値分の一にされます．容量オーバー，時間オーバーについても同様のメカニズムによって探索が制御されます．一般に，重量・容量・時間のスケールが大きいときにはペナルティを小さめに設定し，逆にスケールが小さいときにはペナルティを大きめに設定します．

長期メモリペナルティ: 実数変数でデフォールト値は 0.1．短期的な巡回はタブー率を適当に定めることで回避できますが，長期的な巡回を避けるためには長期メモリが必要になります．この値が大きいほど長期的な巡回を避けるように探索をしますが，逆に大きすぎると費用の改善が疎外されます．

巡回路改善周期: 整数変数でデフォールト値は 10．Tabu Search では顧客を別のルートに移動させることによる近傍操作を繰り返しますが，一つのルート内の点の順序の改善を陽的には考慮していません．各々のルート内の順序の改善を，巡回セールスマン問題に対する Local Search(2-opt) を巡回路改善周期回に一回適用することによって行います．

4.4 探索・最良解に戻す (Tabu Search)

解を改善するためのルーチンであり，ユーザーとの対話によって種々の有望な解を探索します．解の改善を開始するには探索開始のボタンを押します．すると，探索の途中の解が画面上でアニメーション表示されると同時に，ルート情報画面にルートに付随する総費用，重量超過量，容量超過量，移動時間超過量が表示されます．

探索の際には，制約を破っている度合によって総費用が異なる色で表示されます．色の意味は以下のとおりです．

赤: 重量，容量，時間の全てを破っている

青: 重量のみ破っている．

深紅色 (マジェンダ色): 容量のみ破っている．

緑: 時間のみ破っている．

探索の途中で得られた最も良いルートに戻りたいときには，最良解に戻るのボタンを押してください．するとルート選択ウインドウ が開きます．ルート選択ウインドウには，重量超過の有無，容量超過の有無，稼働時間超過の有無が異なる 8 つの解が保存されています．その中から最も良いものを選択し，再び探索開始のボタンを押すことによってルートをさらに改善します．

各トラックは，最初に訪問する顧客の最早開始時刻 (サービスを開始することができる最も早い時刻) にあわせてデポを出発します．トラックの出発時刻を訪問する顧客上での待ち時間を最小にするように調節するには 出発時刻調整 のボタンを押して下さい．

さらに，探索のパラメータを変えることによって，さらに良い解を得ることができます．

Tabu Search の主要パラメータは以下のとおりです．

近接点数: 1 以上の整数変数．推奨値は 10．この値を大きくすれば 1 イテレーションあたりの計算時間が増大しますが，その替わりに得られる解の精度が向上します．この値はある程度大きくとっておけば得られる解に与える影響はなくなるので，通常は 5 から 20 までの間の値に設定しますが，点の分布

とによって，再現することができます．

注: メニュー内で最適化という言葉を用いていますが，これは操作手順を分かりやすくするためで，実際には最適化は行われていません．ここで採用している方法は，Tabu Search と呼ばれるメタヒューリスティックで，最適解の 1%から 3%の精度の準最適解を高速に求める方法です．

以下では，各操作の詳細について順を追って説明します．

4.2 往復輸送

いわゆるピストン輸送です．デポと顧客の間の往復のみで輸送を行います．この方法だけでは意味のあるルートは生成できません．後述する解の改善法 (Tabu Search) で解を改善するための初期ルートとして用いられます．

4.3 確率的合併法

セービング法の拡張版です．基本となるのは GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) と呼ばれるメタヒューリスティックです．GRASP に含まれる種々のパラメータを制御することによって，比較的良好な初期解を算出します．

パラメータ変更ボタンを押すとパラメータ変更画面が出てきます．一番下の枠にあるのが確率的合併法用のパラメータで，それぞれ次のような意味を持ちます．

上位選択個数: 1 以上の整数．推奨値は 5 程度．改善量の上位何個までを保持するかを表すパラメータ．この値を大きくすると探索の幅が広がって良い解が得られる可能性が高まるが，計算時間は増大する．

上位選択確率: 0 以上 1 以下の実数．推奨値は 0.5 から 0.7．この値が 1 に近いほど，改善量の大きい候補が選択され易くやるので解の期待値は良くなるが，一方同じ解ばかりを繰り返し算出してしまう可能が出てきる．

繰り返し回数: 1 以上の整数．推奨値は 10．繰り返し回数であり，応答時間と得られる解の良さのトレードオフを考慮して決められる．

パラメータを色々変えて試して，問題に合ったパラメータを見つけて下さい．

4

基本操作

ここでは，METROを用いて良好なルートを探索するための基本操作について記述します．また，探索をより効率的にするためのパラメータの設定法についても記述します．
注: ここで細かく説明するパラメータは，一般のユーザの方は必ずしも使う必要はありません．実際にお使いになる典型的なデータをもとに，事前にパラメータをチューニングしてお渡しいたします．

4.1 基本操作の流れ

METROによるルート生成の基本手順は以下のとおりです．

1) 顧客データと書かれたボタンをマウスで押すことによって，全ての関連データを読み込みます．
2) 初期ルート生成の枠で囲まれたボタン(往復輸送，確率的合併法)の何れかを押すことによって初期ルートを生成します．
3) 最適化の枠に囲まれたボタンから探索開始および最良解に戻す(または出発時刻調整，パラメータ変更)を適宜押すことによってルートを改善していきます．
4) 満足する解が得られたらルート保存のボタンを押すことによって，得られたルートを保存します．このルートは後でルート読み込みボタンを押すこ

稼動時間の上限です．ルート情報画面にはスクロールバーがついているので，上下・左右に広げて見ることができます．

3.3　ルート詳細画面

ルート情報画面上で，詳細を見たいルートをマウスで押すことによって，ルートの詳細を表す画面（ルート情報詳細画面）が開きます．また，それと同時にメイン画面上で対応するルートが表示されます．

ルート詳細画面では，そのルートでの顧客の訪問順序，着時間，発時間，各顧客から出発するときの積載重量(および最大積載量との比率)，積載容量(および最大積載容量との比率)，積み替え時間，パレット数などが表示されます．

3.4　顧客情報画面

メイン画面上で，マウスで顧客（およびデポ）を表す点をクリックすることによって，顧客情報画面が開きます．

顧客情報画面では，顧客番号，顧客名，住所，電話番号，緯度・経度をもとにした座標値，時間枠，荷量など様々な情報を表示します．

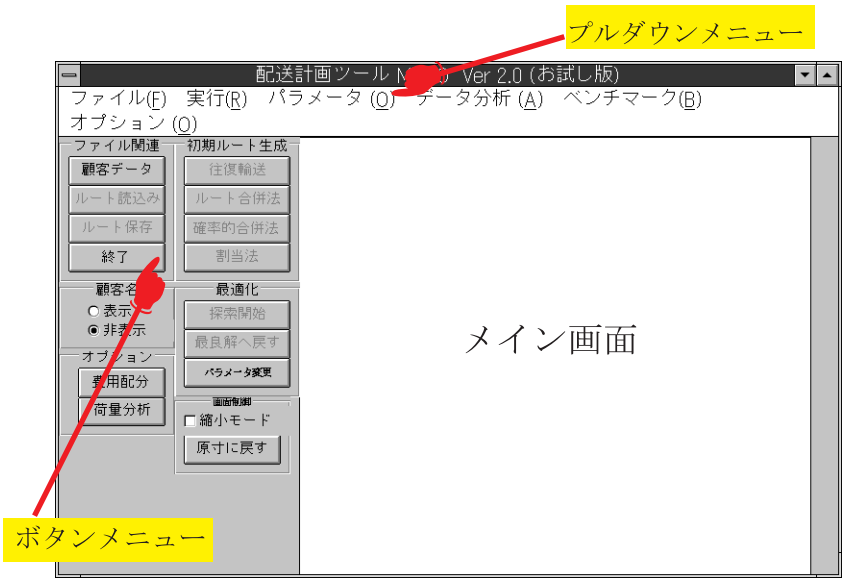

Figure 3.1　メイン画面

ルート情報画面の左側にはルート全体の評価値が表示されています．総費用は通常黒で表示されていますが，後述の Tabu Search による探索の際には，制約を破っている度合によって異なる色で表示されます．色の意味は以下のとおりです．

赤:　重量，容量，時間の全てを破っている

青: 重量のみ破っている．

深紅色 (マジェンダ色): 容量のみ破っている．

緑: 時間のみ破っている．

積載重量超過量 (トン)，積載容量超過量 (m^3)，稼動時間超過量 (分) もルート全体の評価のために表示されています．実際には，稼動時間を多少超過した解も残業という形で実施できるので，これらの評価値を見ながらユーザーがルートの選択をします．

ルート情報画面の右側の表には，各ルートに割り振られた顧客需要の重量，容量の合計とルートの稼動時間，ルートの費用，走行費用 (高速料金を除いた費用) および高速費用が表示されています．重量，容量，稼動時間の右に表示されている括弧の中の数字は，各ルートに割り振られたトラックに付随する重量，容量，

3

画面構成と関連操作

METROは複数の画面から構成されており，それらの画面が必要に応じてモニター上に表示されます．ここでは，画面の構成とそれに付随する操作について記述します．

3.1 起動画面

METROの起動画面（メイン画面）は図3.1のようになっています．

画面右半分を占めるのはメイン画面です．この画面に顧客やルートが描画されます．

上部にあるメニューをプルダウンメニュー，左側にあるメニューをボタンメニューと呼びます．ほとんどの基本操作はボタンメニューだけでできます．プルダウンメニューは高度な機能に用いられます．

プルダウンメニューを使っても同じ操作ができますが，以下では主にボタンメニューを用いた方法について解説します．

3.2 ルート情報画面

ルートを読み込むか，もしくは各種解法でルートを生成すると，メイン画面上部にルート情報画面にルート情報が表示されます．

2

インストールから起動まで

2.1 インストール手順

フロッピーディスクからMETROをインストールする手順は次のとおりです．

1) Windows 95を起動した画面で，3枚のフロッピーディスクの内の1枚目の配布ディスクをフロッピーディスクドライブ(例ではAドライブ)に入れます．
2) スタートボタンをを押してファイル名を指定して実行 (**R**)] を選択します．
3) `a:  setup` と入力し，[**Enter**] キーを押します．すると，インストール用のダイアログボックスが表示されます．
4) セットアップシステムの指示に従ってボタンを押していくことによって，自動的にMETROに必要なファイルがシステムにコピーされ，プログラム内にアイコンを登録します．インストール先はProgram Files内のmetroのディレクトリです．

2.2 METROの起動

METROを起動するには，プリオグラム内のMETROのアイコンをダブルクリックするか，エクスプローラーでMETRO.EXEをダブルクリックします．

METROでは，ルートの生成，ルートの改善，ルートの保存，ルートの読み込みの他に，荷量分析，費用配分などが行えます．

以下順を追って，これらの機能を説明します．

(a) 重量，(高速)料金などの属性が異なる複数の種類のトラックの考慮

(b) 顧客上でサービスを開始する時刻の最早時刻と最遅時刻の指定(時間枠条件)

(c) 高速および通常道路から成るネットワークを保持し，道路選択を地点間の移動時間および移動費用(含トラックの種類によって異なる高速料金)を考慮して決める機能

(d) 積載量条件として重量(トン： t)および容量(リューベイ: m^3)の両者を考慮

(e) 一日の稼動時間の上限の考慮

(f) 運搬車と顧客の相性の考慮(例えば，10トントラックが入れない顧客や，ある種類のトラックでないと訪問できない顧客の考慮)

(g) 協力ゲームの理論を用いて総費用を顧客に公平に配分する機能

7) OR-Lib. [1] で配布されているような積載量条件付き配送計画問題に対する標準的なベンチマーク問題や時間枠付き配送計画問題に対するSolomonのベンチマーク問題[2] に対しても，良好な解を短時間で算出するように設計かつチューンアップされています．

[1] OR-Lib. に関する情報は o.rlibrary@imperial.ac.uk に info のメッセージを入れて電子メイルを出すか，http: //mscmga.ms.ic.ac.uk/ またはftp: mscmga.ms.ic.ac.uk から得られます．

[2] `http://dmawww.epfl.ch/ ~ rochat/rochat_data/solomon.html` で配布されています．

1

METROとは

METRO (MEta Truck Routing Optimizer: メトロ) は，配送計画問題 (運搬経路問題: vehicle routing problem) を効率的に解くためのシステムです．

本システムを動かすためには，IBM PC互換パソコン，NEC 98シリーズ互換パソコン上で，日本語環境が使える Microsoft Windows 95もしくはNT 3.51以上のバージョンがハードディスク上にインストールされている必要があります．

METROは以下の特徴を持ちます．

1) 安価な環境 (Microsoft Windows 95もしくはNT 3.51以上) で動作します．
2) システムの名前 (METRO :*MEta* Truck Routing Optimizer) から連想されるように，幾つかのメタヒューリスティック (meta-heuristics) を導入しています．
3) 得られたルートを画面上に表示するので，スケジューラーとの視覚的対話が可能です．
4) 現場のスケジューラーの意見を取入れた，極めて単純で使い易いインターフェィスを持ちます．
5) 適用される現場の状況に応じて千差万別である付加条件を，最小限の手間でツールに組み込めるように設計されています．
6) 標準装備でも，幾つかの事例から抽出した付加条件を考慮しています．現在のバージョンで加味されている条件としては，以下のものがあげられます．

5.5 顧客割り当て 12
5.6 最短経路表示 12
5.7 地図表示・非表示 13
5.8 ベンチマーク問題 13
5.9 画面出力 14

6 データの入力方法 15
6.1 データ形式 15
6.2 顧客データ (顧客.csv) 15
6.3 トラックデータ (truck.csv) 17
6.4 インターチェンジデータ (inter.csv) 17
6.5 移動時間データ (移動時間.csv) 18
6.6 ルートデータ (route.csv, r(ルート番号).csv) 18

7 ユーザーサポート 19

目 次

1 METROとは **1**

2 インストールから起動まで **3**

2.1 インストール手順 3

2.2 METROの起動 3

3 画面構成と関連操作 **4**

3.1 起動画面 4

3.2 ルート情報画面 4

3.3 ルート詳細画面 6

3.4 顧客情報画面 6

4 基本操作 **7**

4.1 基本操作の流れ 7

4.2 往復輸送 8

4.3 確率的合併法 8

4.4 探索・最良解に戻す (Tabu Search) 9

5 その他の操作 **11**

5.1 費用配分 11

5.2 荷量分析 11

5.3 縮小モード・原寸に戻す 12

5.4 顧客名表示・非表示 12

ご注意

1) このソフトウエアの著作権は，東京商船大学久保研究室にあります．
2) このソフトウエアおよびマニュアルの一部または全部を無断で複製することはできません．
3) このソフトウエアおよびマニュアルを運用した結果の影響については，一切責任を負いかねますのでご了承下さい．
4) このマニュアルに記載されている事柄は，将来予告なしに変更することがあります．

Windows, Windows NT, Windows 95，Excel, Visual Basic は，米国 Microsoft Corporation の商標です．Adobe および Postscript は，米国 Adobe Systems の登録商標です．Lotus および 123 は，米国 Lotus Development Corporation の商標です．

配送計画支援システム
METRO (MEta Truck Routing Optimizer) Ver. 2.2
ユーザーズガイド