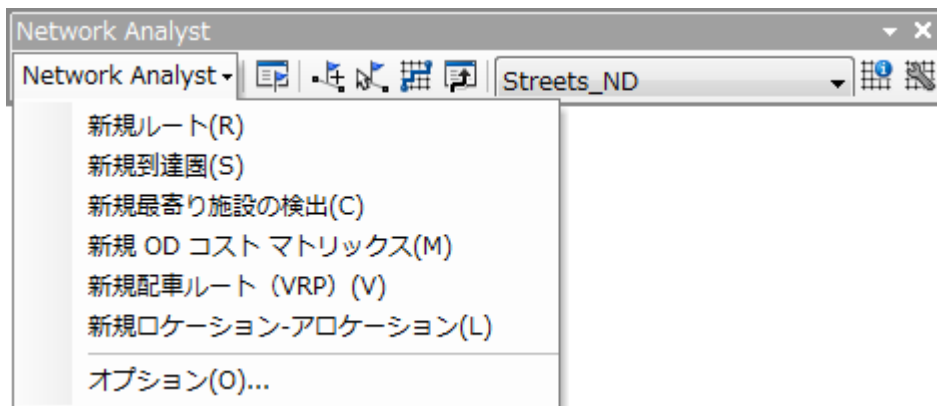


ネットワーク分析による地理学的思考



担当教員 村山祐司

TA

LIU Kai

*Division of Spatial Information Science,
Graduate School of Life and Environmental Science,*

筑波大学
University of Tsukuba



● ネットワーク分析の定義

日常生活において、出発地から目的地に対し最適かつ最短なルートを検索したい時、また乗り換え案内が必要な場合に、カーナビゲーション・システムやGoogleマップなどのアプリケーションを使用することが多いだろう。

実際このようなナビゲーション・システムの裏では、最短経路問題というグラフ理論の問題を解くアルゴリズムが動き、計算が行われている。グラフ理論とは、ノードの集合とエッジ（リンクと呼ぶこともある）の集合で構成されるグラフの性質を分析する数学の一分野である。たとえば、バスの路線図をグラフで表現すると、ノードがバス停、エッジが路線で、太さがバスの本数である。グラフ理論に基づいて、事象をグラフとして抽象化される。グラフの構造を分析する手法は**ネットワーク分析**と呼ばれ、社会ネットワーク分析やWebページの検索システム、マーケティングの意思決定、交通ネットワーク分析など、多くの分野・場面で活用されている。

<https://www.esri.com/gis-guide/spatial/network-analysis/>を参考

● 講義の要旨

つくば市を事例に、ArcGIS Network Analystに実装されている解析ツールについて、ネットワーク分析の有用性を概説する。

※ GISに関する初級知識が必要。

※※ ESRI社のArcGIS Resource Centerが出典元である画像や文章等については、出典を明示。

第 I 部 最短ルートの検索

出発地から、経由地、目的地までの最短ルートを検索する機能。例えば、家を出て、郵便局に向かい手紙を出す。次に友達の家を訪ね、家に戻る。散策ルートを考慮せず、一番効率的かつ最短ルートを地図上で知りたい場合には、Arcmapで用意された「ルート検索」の機能が使える。

● Step1: データの用意

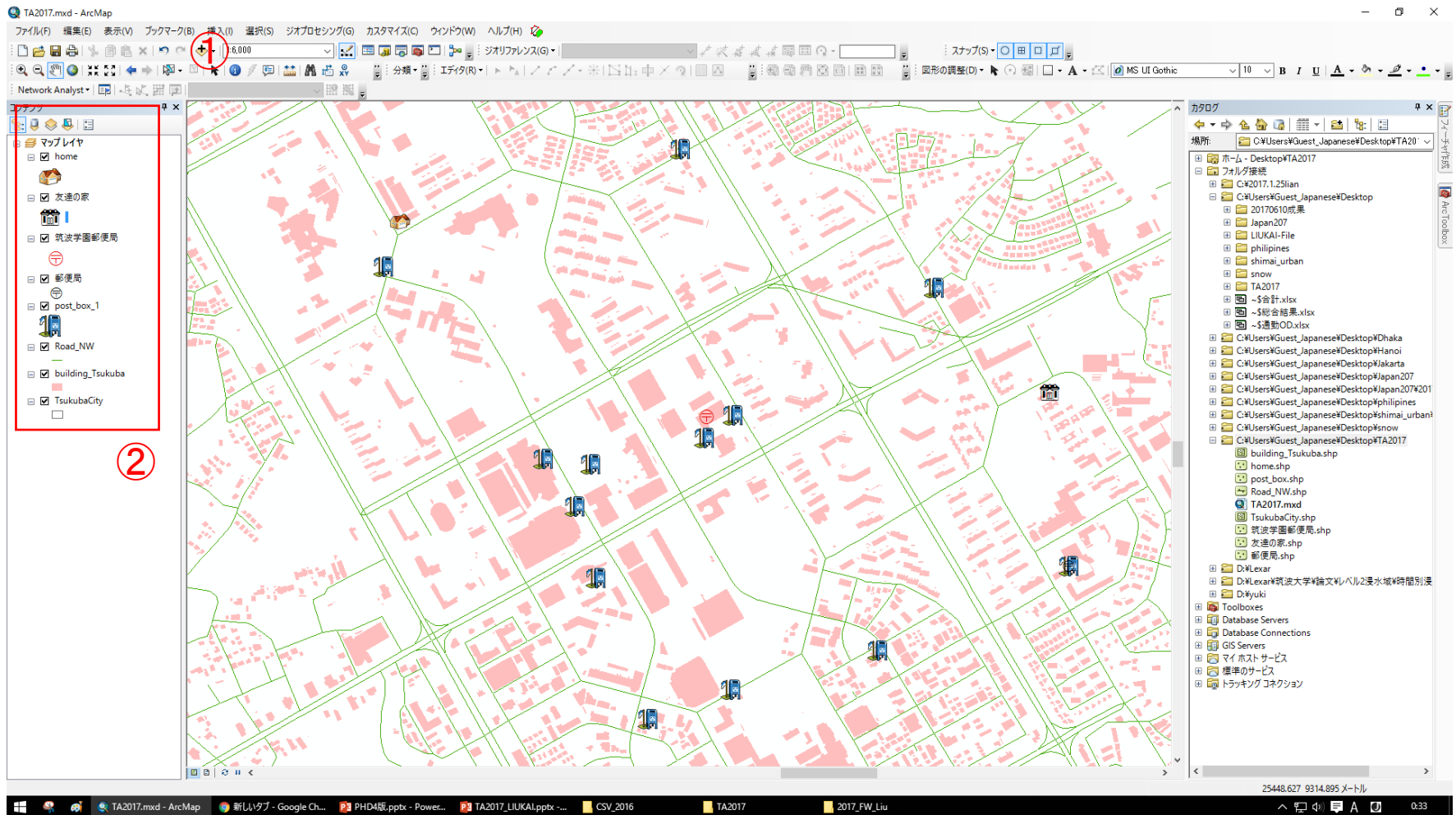
shpデータが、国土数値情報から無償でダウンロードが可能である。今回はつくば市中心部の道路ネットワークデータ(SIS研究室のデータ)を使用する。データの準備・加工の手間を省くために、Google driveのURLにアクセスして、データセットを一括ダウンロードする。

Google drive URL

<https://drive.google.com/open?id=0B5Mos4-mk2dsMkZ4LVh6Q3NsQ00>

● Step2: 基礎データの追加

① レイヤを追加してデータを②を確認する。今回の演習では、説明のために、ポイントレイヤとラインレイヤの表示アイコンを変更する。



● Step3: 新規ネットワークデータセットのビルド

① カタログを起動し、ワークスペースを確認

② ネットワーク構築したいラインデータの SHPを右クリック

③ 「新規ネットワークデータセット」を選択

26142.366 9529.208 メートル

21:11

● Step4: 各種の設定

新規ネットワークデータセット

このウィザードにより、ネットワーク データセットを構築します。ネットワーク データセットは、ネットワーク ソースとして、ネットワークを結合する接続性ポリシーと属性を持つフィーチャクラスから構築されます。

ネットワーク データセット名を入力 (N):

① ネットワークデータの名称を入力

② 次へ

< 戻る(B) **次へ(N) >** キャンセル

新規ネットワークデータセット

このネットワークでターンをモデルリングしますか？

☒ はい(Y) ☐ いいえ(N)

ターン ソース:

< 左折・右折・ターン >

③ ターンの設定は「はいえ」を選択

④ 次へ

< 戻る(B) **次へ(N) >** キャンセル

新規ネットワークデータセット

ネットワーク データセットの接続性のデフォルト設定では、データセット構築処理時にラインの端点が一致するところだけを接続します。

その他の接続性の設定を行いたい場合は、[接続性] ボタンをクリックしてください。これにより、接続性の設定を変更することができます。ネットワーク データセットの作成後に変更することもできます。

接続性(C)...

⑤ 接続性を無視して「次へ」

< 戻る(B) **次へ(N) >** キャンセル

新規ネットワークデータセット

ネットワーク フィーチャのエレベーション モデルを選択

☒ なし(N) ☐ジオメトリの Z 座標値を使用 (Z) ☐ エレベーション フィールドを使用 (F)

ソース	End	フィールド
Road_NW	From End	
Road_NW	To End	

エレベーション フィールドに設定するフィールド カラムをクリックしてください。

⑥ 「なし」を選択して次へ

< 戻る(B) **次へ(N) >** キャンセル

これらの設定は、使用できるデータと分析の目的に応じて変更する。Esri社の道路ネットワークデータ製品では、「接続性」と「ターン」と「エレベーション」などの情報は整備済み。

● Step5: コストの追加と他の設定

新規ネットワーク データセット

ネットワーク データセットの属性を指定してください

名前	使用タイプ	単位	データタイプ	追加(D)...
長さ	コスト	メートル	Double	

① 追加をクリック

削除(R) すべて削除(M) 名前の変更(E) 複製(L) 参照(S)... パラメータ(P)... エバリュエータ(V)...

< 戻る(B) 次へ(N) > キャンセル

新規ネットワーク データセット

ネットワーク データセットの属性を指定してください

名前	使用タイプ	単位	データタイプ	追加(D)...
長さ	コスト	メートル	Double	

新規属性の追加

名前(N): Meters OK キャンセル

使用タイプ(T): コスト

単位(U): メートル

データタイプ(D): Float

複製の使用法(R): ☒ デフォルトとして使用(E)

② 名前:Metersを入力
使用タイプ:Costを選択
単位:メートルを選択
データタイプ:Floatを選択

削除(R) すべて削除(M) 名前の変更(E) 複製(L) 参照(S)... パラメータ(P)... エバリュエータ(V)...

< 戻る(B) 次へ(N) > キャンセル

新規ネットワーク データセット

ネットワーク データセットの属性を指定してください

名前	使用タイプ	単位	データタイプ	追加(D)...
長さ	コスト	メートル	Double	
Meters	コスト	メートル	Float	

③ エバリュエータをクリック

エバリュエータ

属性(B): Meters

属性値

ソース	方向	イベント	種類	値
Road_NW	From-To	エッジ	フィールド	Shape
Road_NW	To-From	エッジ	フィールド	Shape

④ 種類:フィールド;値:Shape

ネットワーク エバリュエータについて

OK キャンセル 適用 キャンセル

新規ネットワーク データセット

このネットワーク データセットにルート案内の設定を行いますか?

☒ はい(Y) ☐ いいえ(N)

デフォルトのルート案内設定を使用する、または「ルート案内」ボタンをクリックして設定を指定することができます。これにより、ルート案内設定を変更することができます。ネットワーク データセットの作成後に変更することもできます。

ルート案内(D)...

⑤ ルート案内の設定は「いいえ」を選択。次へ

< 戻る(B) 次へ(N) > キャンセル

新規ネットワーク データセット

サマリ

名前: Tsukuba_Road_NW
タイプ: シェープファイルベース ネットワーク データセット

ソース
エッジ ソース
Road_NW

接続性:
グループ: 無
エッジの接続性:
Road_NW (End Point)

エlevation モデル: なし

属性:
長さ
使用タイプ: コスト
データタイプ: Double
単位の種類: メートル
デフォルトの使用: False
ソース属性エバリュエータ:
Road_NW (From-To): フィールド
言語: VBScript
集約式: (Shape)
Road_NW (To-From): フィールド
言語: VBScript
集約式: (Shape)
デフォルトの属性エバリュエータ:
デフォルト エッジ 定数: 0
デフォルト ジャンクション 定数: 0

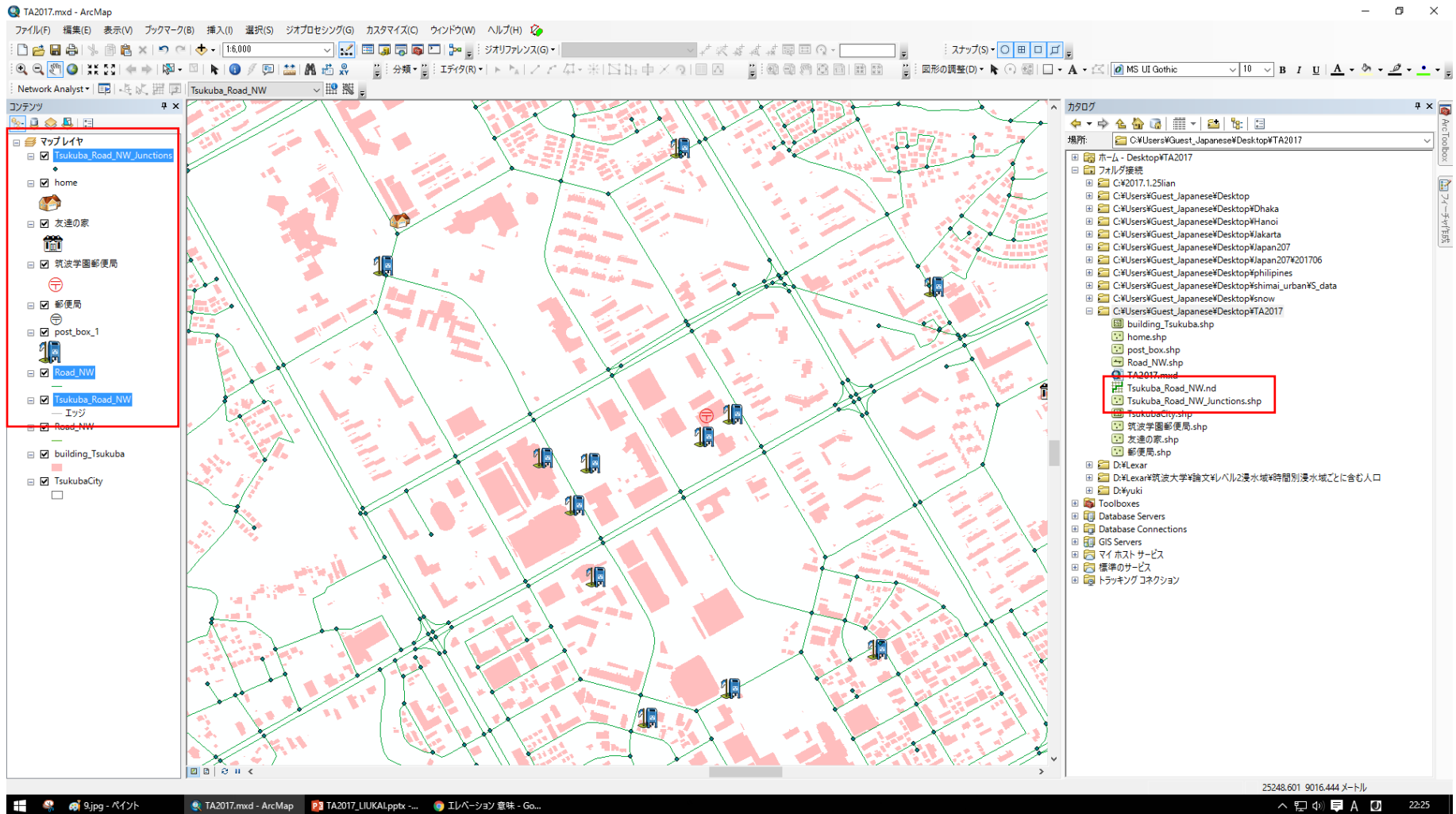
Meters:
使用タイプ: コスト
データタイプ: Float
単位の種類: メートル
デフォルトの使用: False
ソース属性エバリュエータ:
Road_NW (From-To): フィールド
言語: VBScript
集約式: (Shape)
Road_NW (To-From): フィールド
言語: VBScript

⑥ 確認場面。「完了」を押す。メッセージが出たら、「はい」を選択。

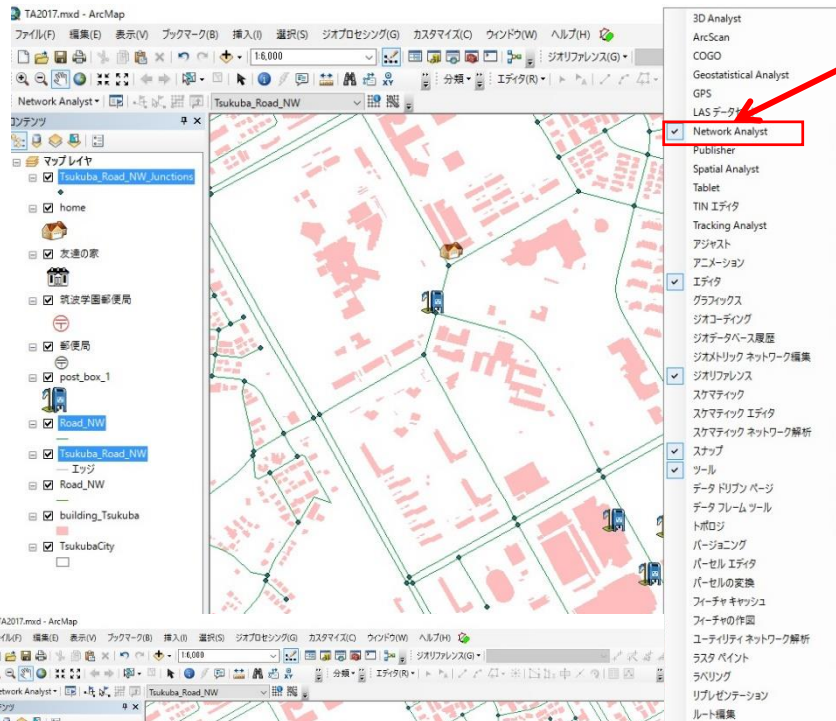
< 戻る(B) 完了(F) キャンセル

● Step6: ネットワークデータの完成

ビルドしたネットワークデータを確認。名称.NDと名称_Junctions.shp(ノード)の2ファイルが追加された。

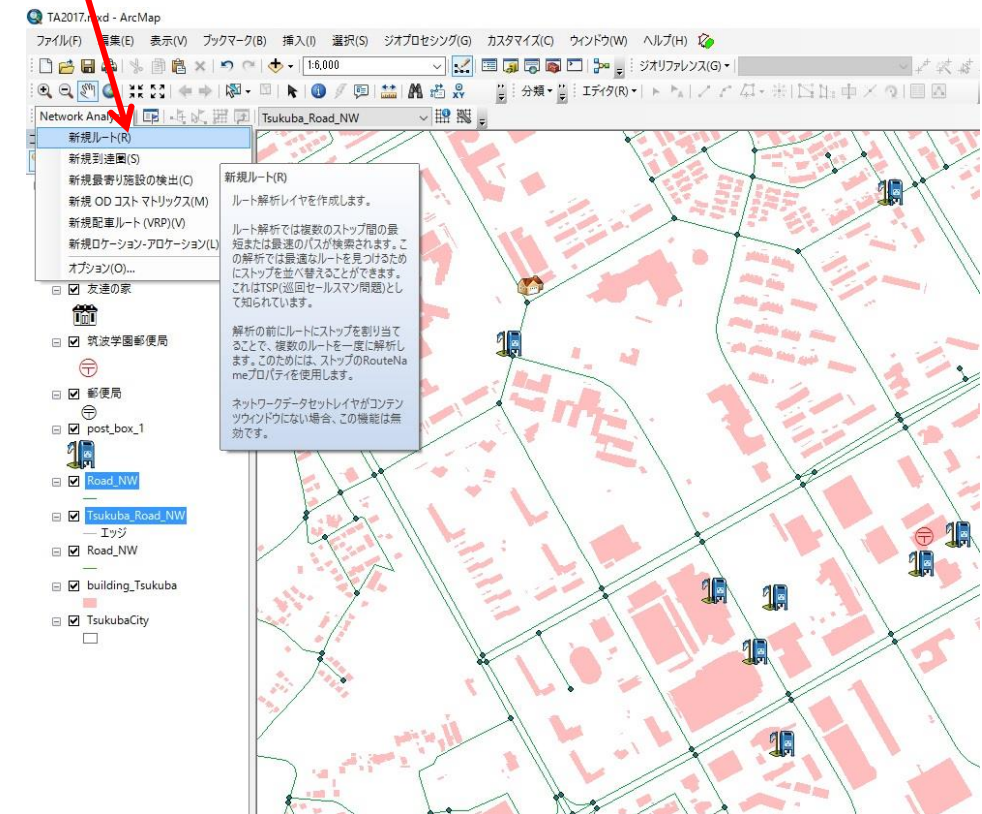


● Step7: 最短経路検索ツール

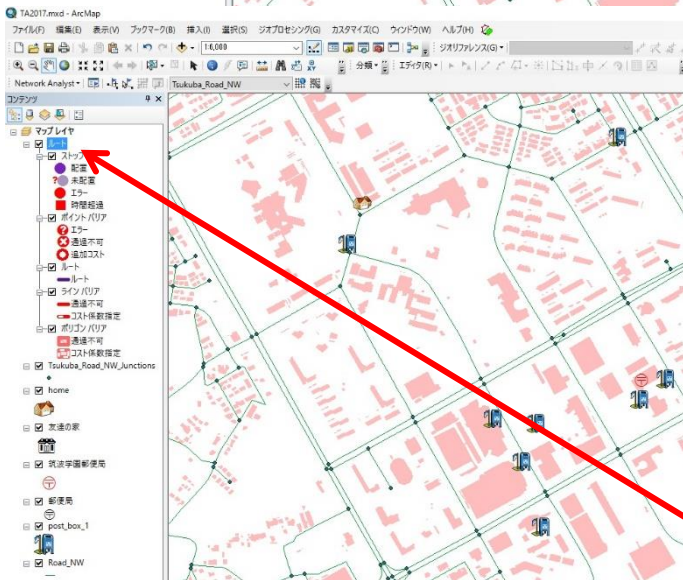


①「Network Analyst」のツールボックスを追加。ツールバーの空白部分で右クリック。

②「Network Analyst」→「新規ルート」を選択。



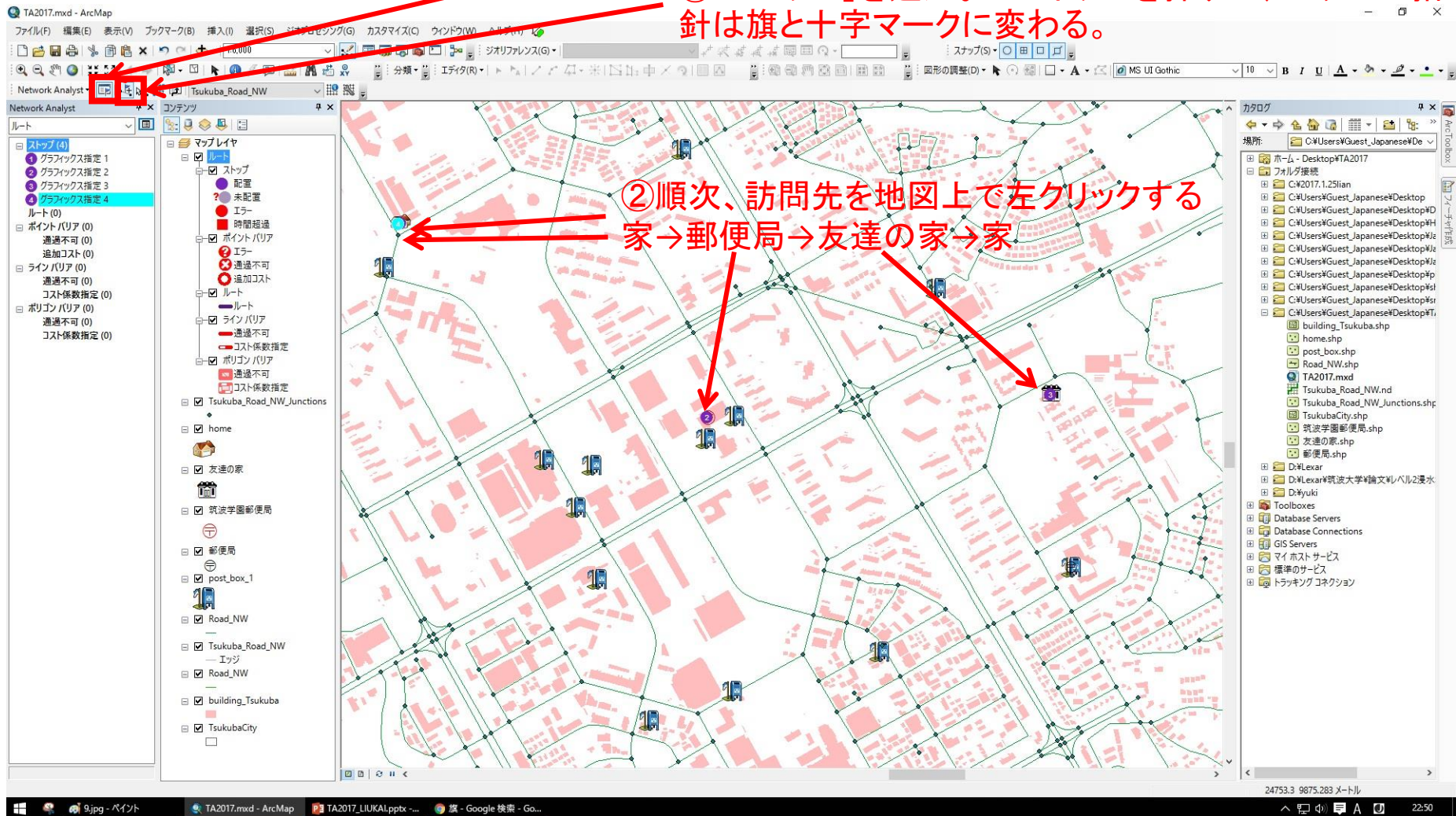
③コンテンツウィンドウで「ルート」レイヤが追加されることを確認。



● Step7: 最短経路検索ツール

①「Network Analyst」ウィンドウを表示

②「ストップ」を追加。このボタンを押すと、マウスの指針は旗と十字マークに変わる。

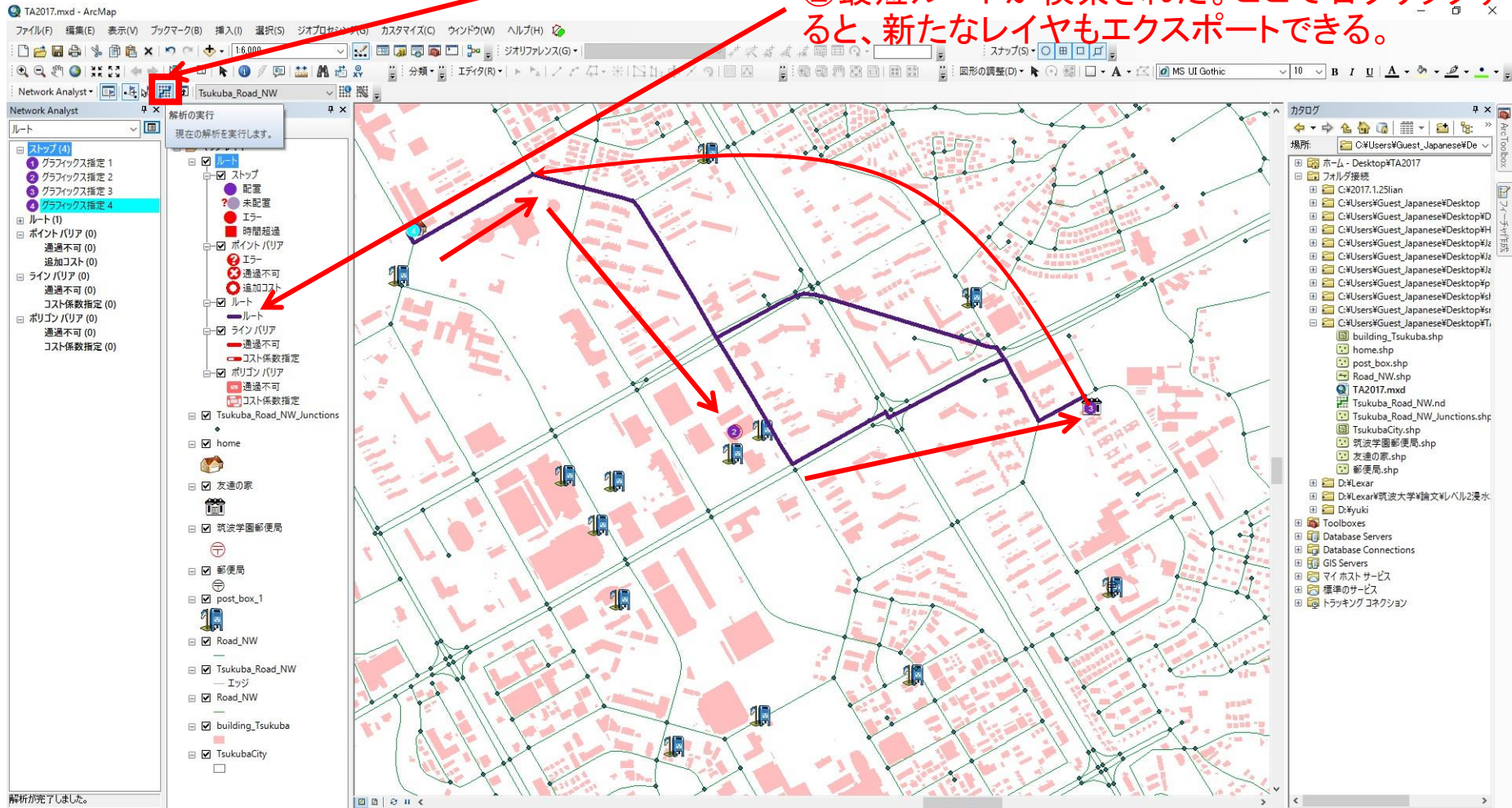


訪問先を変えたり、訪問先の数を増やしたり、コースプランを変えても構わない。

● Step8: 解析結果

①解析の実行

②最短ルートが検索された。ここで右クリックすると、新たなレイヤもエクスポートできる。



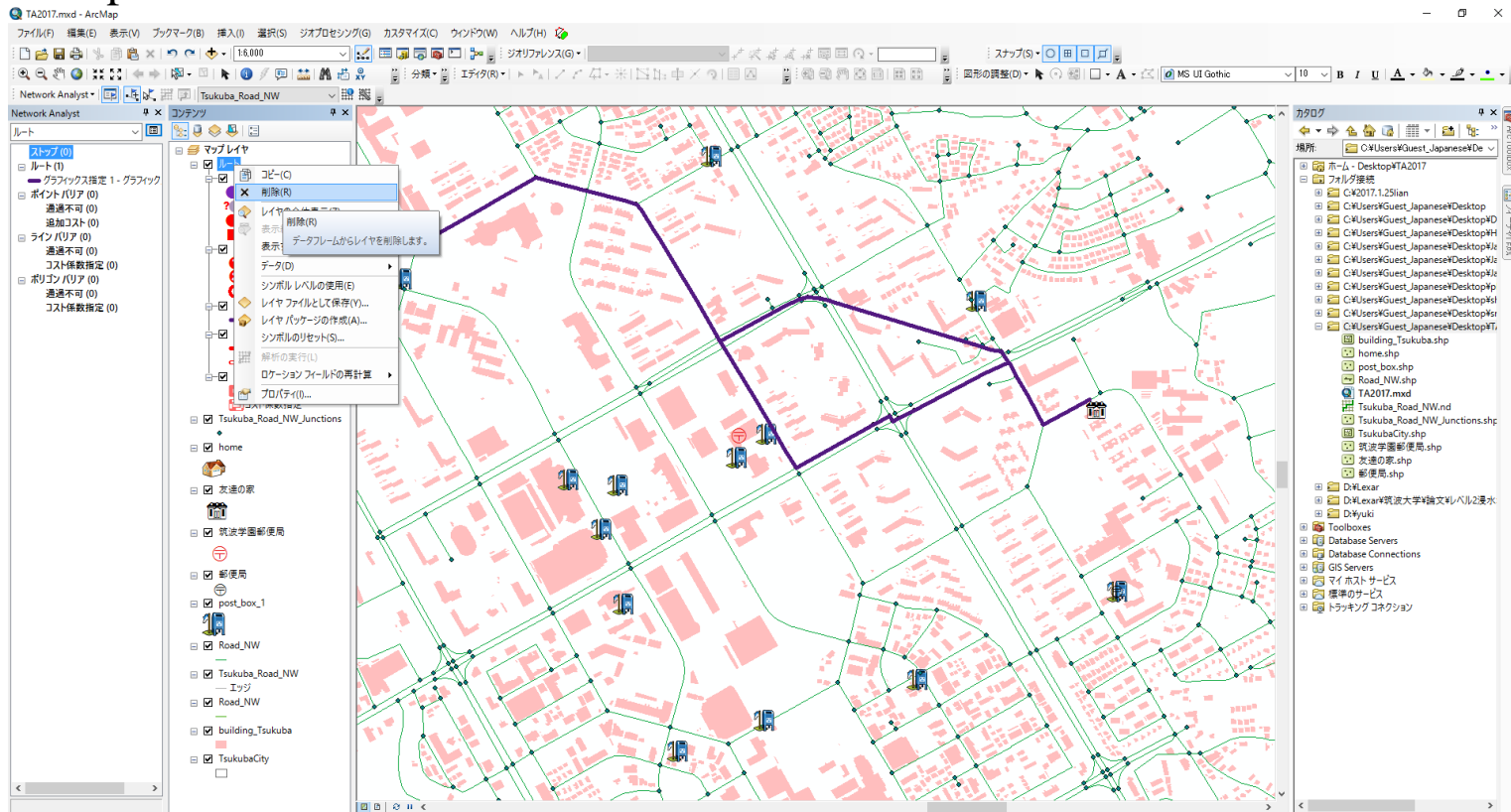
訪問先を変えたり、訪問先の数を増やしたり、コースプランを変えても構わない。

第Ⅱ部 最適化巡回ルート検索

複数の経由地を通過する最短ルートを検索する際に、経由地を通過する順番を最適に並べ替える機能。例えば、つくば市におけるすべての郵便ポストに対して、郵便局の運転手はどのように巡回して手紙を収集すれば一番効率的だろうか？

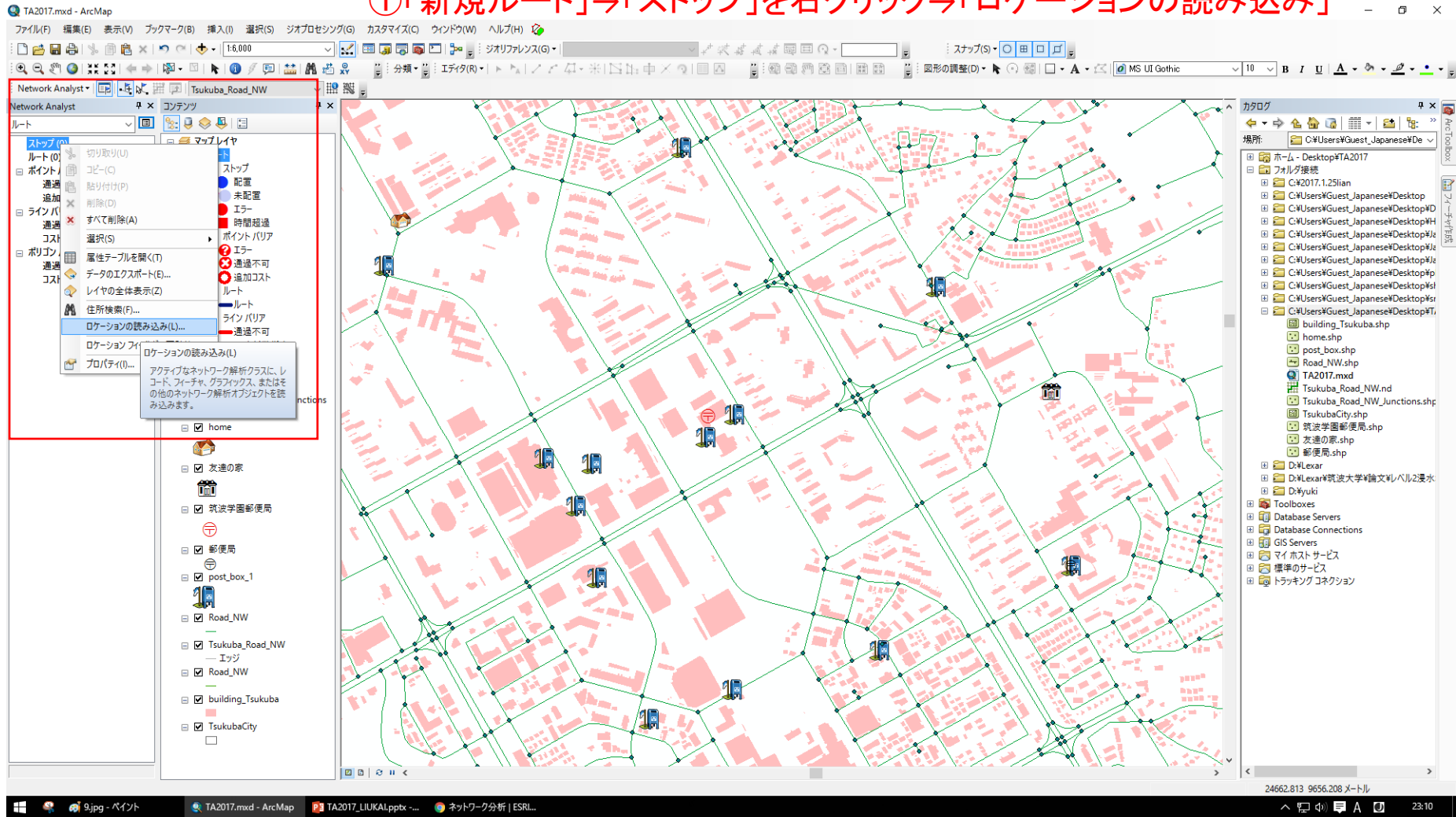
● Step1: データの準備

shpデータとネットワークデータセットは第Ⅰ部のままに引き継いで使用。



● Step2: 「ストップ」の読み込み

①「新規ルート」→「ストップ」を右クリック→「ロケーションの読み込み」



● Step3: 「ロケーション」の読み込み

① 「読み込み」に郵便ポストのSHPを選択

② 選択フィーチャーのみの選択が可能。郵便ポストの番号を区分するために事前にIDを定義することが必要。

TA2017.mxd - ArcMap

Network Analyst

コンテンツ

ルート

ストップ (0)

ルート (0)

ポイントバリア (0)

通過不可 (0)

追加コスト (0)

ラインバリア (0)

通過不可 (0)

コスト係数指定 (0)

ポリゴンバリア (0)

通過不可 (0)

コスト係数指定 (0)

ルート

ラインバリア

通過不可

コスト係数指定

ポリゴンバリア

通過不可

コスト係数指定

Tsukuba_Road_NW_Junctions

home

友達の家

筑波学園郵便局

郵便局

post_box

Road_NW

Tsukuba_Road_NW

エッジ

Road_NW

building_Tsukuba

TsukubaCity

カタログ

場所: C:\Users\Guest_Japanese\Desktop

フォルダ接続

C:\2017.1.25\ian

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\ID

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\H

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\H

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\H

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\H

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\H

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\H

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\H

C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\H

building_Tsukuba.shp

home.shp

post_box.shp

Road_NW.shp

TA2017.mxd

Tsukuba_Road_NW.nd

Tsukuba_Road_NW_Junctions.shp

TsukubaCity.shp

筑波学園郵便局.shp

友達の家.shp

郵便局.shp

D:\Lear

D:\Lear\筑波大学\論文\レベル2\要水

D:\kyuki

Toolboxes

Database Servers

Database Connections

GIS Servers

マイ ホスト サービス

標準のサービス

トラッキング コネクション

ロケーションの読み込み

読み込み(L): post_box

ポイント レイヤーのみ表示

選択レコードのみ読み込み(S)

並べ替えフィールド(O): ID

ロケーション解析プロパティ

プロパティ	フィールド	デフォルト値
Name	住所	
RouteName		
TimeWindowStart		
TimeWindowEnd		
CurbApproach		車道の両側
Attr_長さ		0
Attr_メートル		0

ロケーション位置

ジオメトリを使用(G)

検索許容値(T): 5000 メートル

ネットワーク ロケーション フィールドを使用(N)

プロパティ	フィールド
SourceID	
SourceOID	
PosAlong	

高度な設定(A)...

ロケーションの読み込みについて

OK

キャンセル

③ 「OK」をクリック

24664.4 9514.92 メートル

9.jpg - ペイント

TA2017.mxd - ArcMap

TA2017_LIUUKA.pptx - ...

ネットワーク分析 | ESRI...

23:13

● Step4: レイヤプロパティと解析設定

①「レイヤプロパティ」をクリック

② 筑波学園郵便局収集エリア内における133個の郵便ポストが追加された。

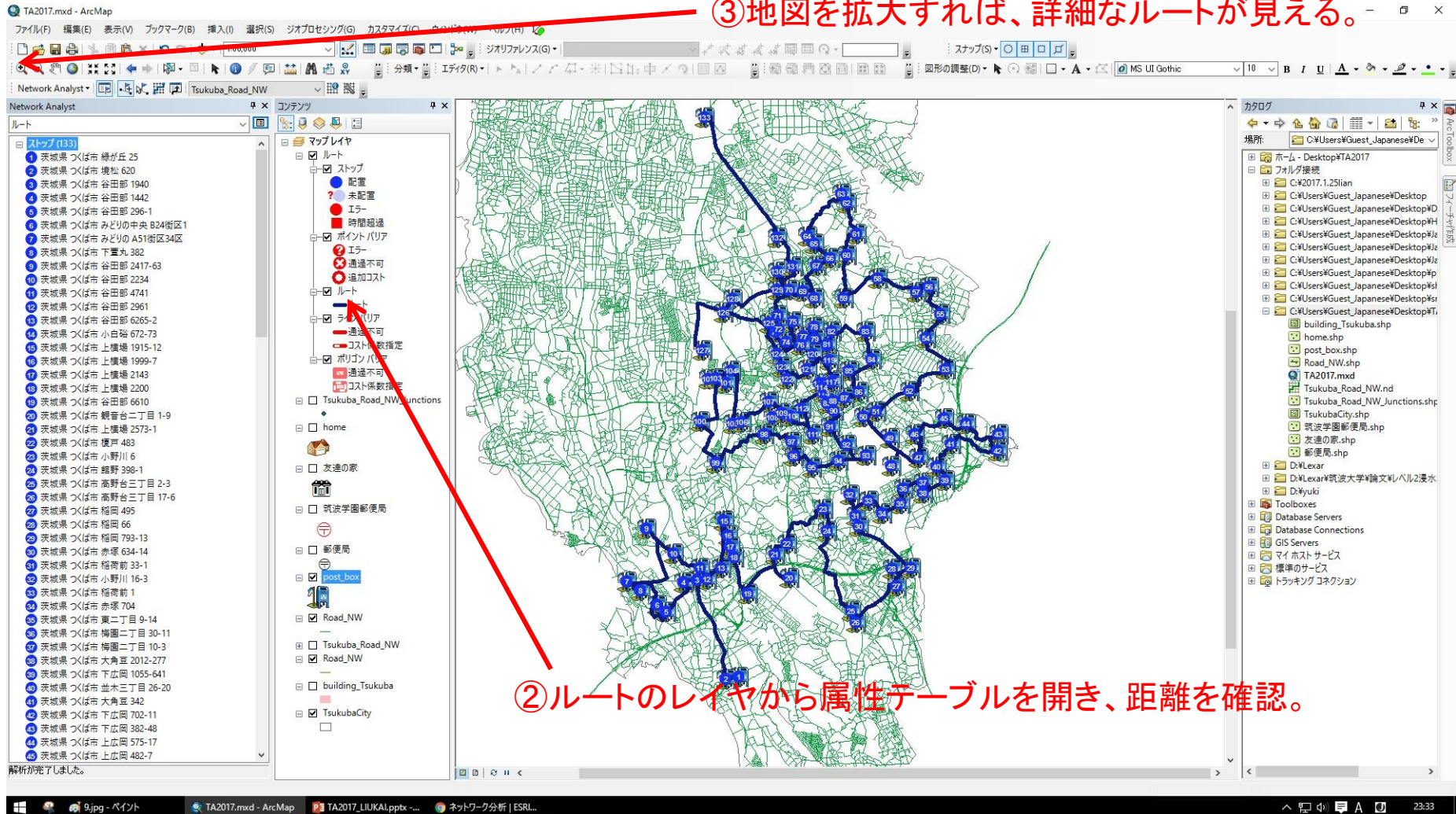
③ 「解析設定」タブを選択。ストップ順序の入替を指定。最初と最後のストップも特定できないように設定（プログラムに任す）。

④ OKを押して、解析実行。

● Step5: 完成結果

①最短巡回ルートが現れる。

③地図を拡大すれば、詳細なルートが見える。



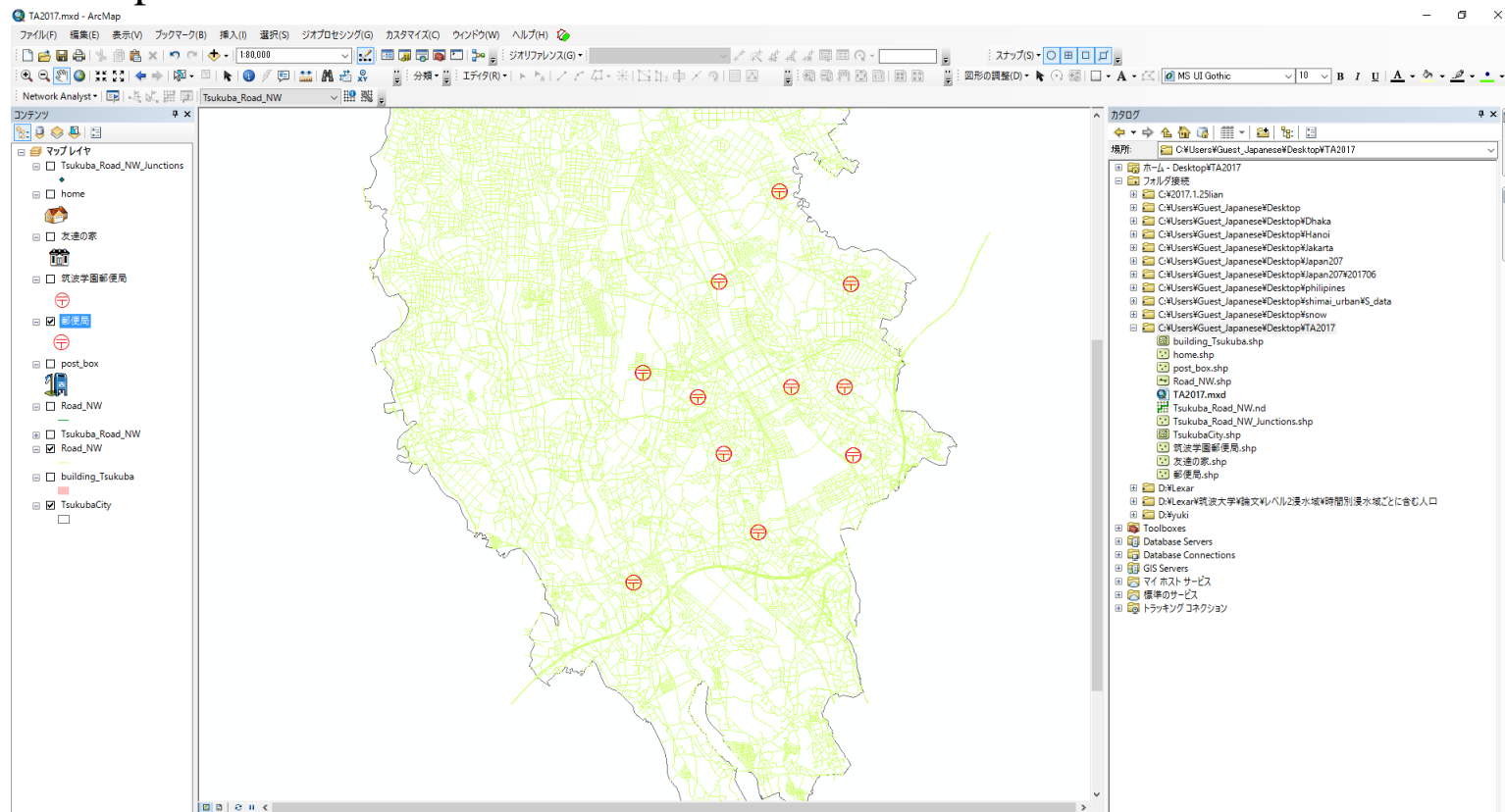
②ルートのレイヤから属性テーブルを開き、距離を確認。

第Ⅲ部 到達圏ツール

ある地点から指定した時間や距離内で到達可能なエリアを出力する機能。商圈分析などによく利用される。例えば、つくば市におけるすべての郵便局の到達圏を見出したい場合、到達圏がカバーできる人口が推計でき、郵便局へのアクセシビリティの優劣度も評価できる。

● Step1: データの準備

shpデータとネットワークデータセットは引き継いで使用。



● Step1: 新規到達圏ツール

①ツールを読み出す

②到達圏レイヤが追加された。

The screenshot shows the ArcMap interface with the Network Analyst extension loaded. The 'Network Analyst' toolbar is visible, and the 'New Route' (新規ルート) and 'New Arrival Area' (新規到達圏) options are highlighted. The 'New Arrival Area' option is selected, and a red arrow points to it. The map displays a network of roads in green, with several red circular buffers (arrival areas) centered on specific points. The 'Catalog' window on the right shows the project files, including 'Tsukuba_Road_NW' and 'Tsukuba_Road_NW_Junctions'.

Network Analyst

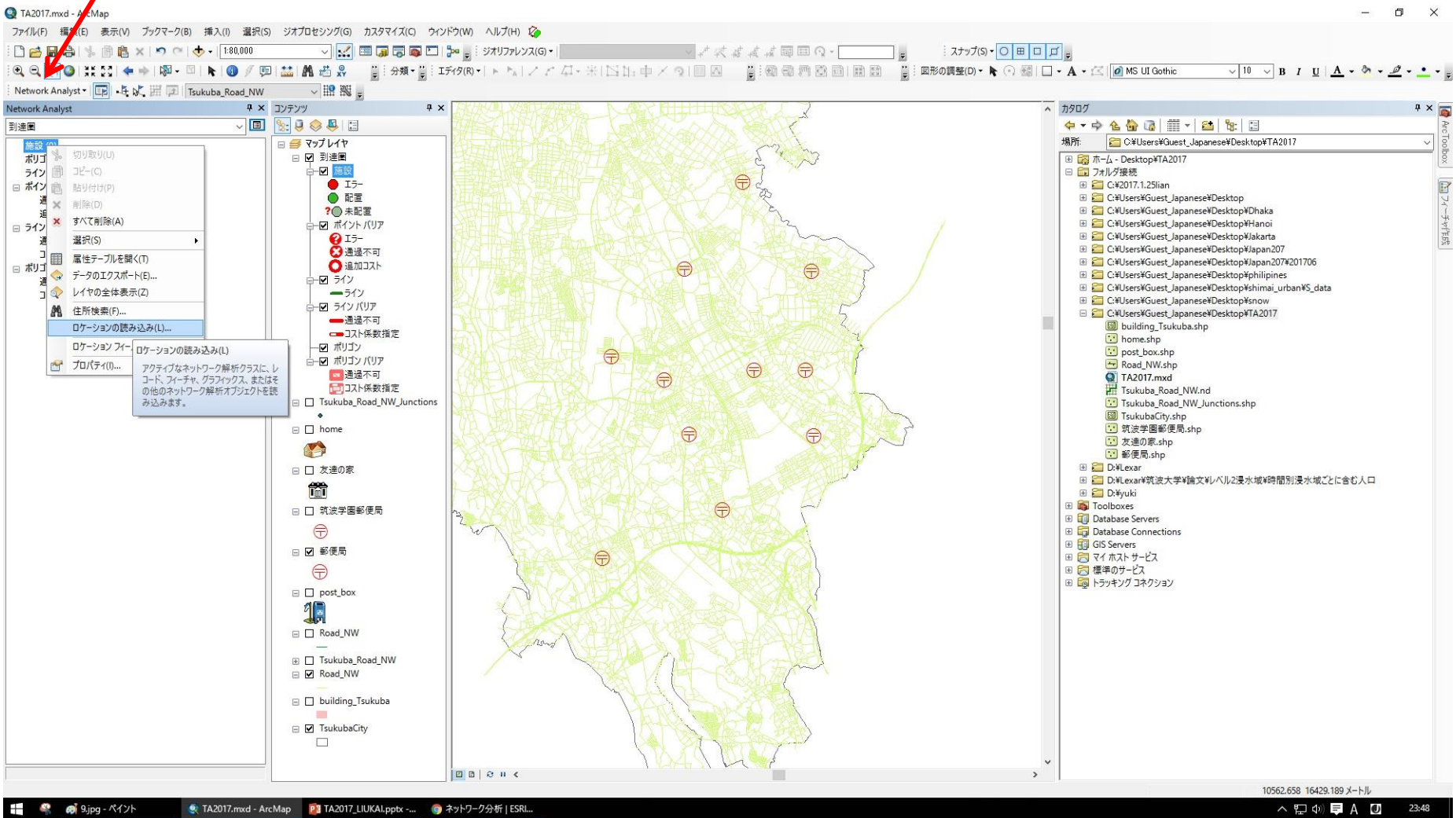
- 新規ルート(R)
- 新規到達圏(S)
- 新規到達圏(S)
- 新規到達圏(S)
- 到達圏解析レイヤを作成します。
- 到達圏解析では、施設からの指定距離、移動時間、またはその他のインピーダンス単位の範囲内のすべてのエッジを取り囲むポリゴンまたはラインが生成されます。
- ネットワークデータセットレイヤがコンテンツツウィンドウにない場合、この機能は無効です。
- ラインバリア
 - 通過不可
 - コスト係数指定
- ポリゴンバリア
 - 通過不可
 - コスト係数指定
- Tsukuba_Road_NW_Junctions
- home
- 友達の家
- 筑波学園郵便局
- 郵便局
- post_box
- Road_NW
- Tsukuba_Road_NW
- Road_NW
- building_Tsukuba
- TsukubaCity

カタログ

- ホーム - Desktop#TA2017
- フォルダ接続
 - C:\2017.1.25\lan
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\DHaka
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\Hanoi
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\Jakarta
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\Japan207
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\Japan207\201706
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\Philippines
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\Shimai_urban\KS_data
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\Snow
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop\TA2017
 - building_Tsukuba.shp
 - home.shp
 - post_box.shp
 - Road_NW.shp
 - TA2017.mxd
 - Tsukuba_Road_NW.nd
 - Tsukuba_Road_NW_Junctions.shp
 - TsukubaCity.shp
 - 筑波学園郵便局.shp
 - 友達の家.shp
 - 郵便局.shp
- D:\Lexar
- D:\Lexar\筑波大学\論文\ハル2漫水域\時間別漫水域ごとに含む人口
- D:\yuki
- Toolboxes
- Database Servers
- Database Connections
- GIS Servers
- マイホストサービス
- 標準のサービス
- トラッキングコネクション

● Step2: ロケーションの読み込み

「施設」を右クリックして、「ロケーションの読み込み」を選択。



到達圏を作成するレイヤを指定。今回は郵便局。



※区分IDを選択。

ロケーションの読み込み

読み込み(L):

☐ ポイント レイヤのみ表示

☐ 選択レコードのみ読み込み(S)

並べ替えフィールド(O): ID

※区分IDを選択。

ロケーション/解析プロパティ

プロパティ	フィールド	デフォルト値
Name	住所	
CurbApproach		
Attr_長さ		車両の両側
Attr_Meters		0
Breaks_長さ		0
Breaks_Meters		

ロケーション/位置

☒ ジオメトリを使用(G)

検索許容値(T):

☐ ネットワーク ロケーション フィールドを使用(N)

プロパティ フィールド

- SourceID
- SourceOID
- PosAlong

高度な設定(A)... [ロケーションの読み込みについて](#)

● Step4: 解析の設定

①11個の施設(郵便局)が追加された。

②レイヤプロパティを開く

③「解析の設定」タブを選択

④到達圏ポリゴンを区切る距離を設定。
今回は「500,1000」を入力。500mと1km
の到達圏を一括して作成する。

The screenshot displays the ArcMap interface with the Network Analyst extension. The 'Network Analyst' window shows a map of Tsukuba with various layers. The 'Layers' list on the left includes 'Tsukuba_Road_NW', 'Tsukuba_Road_NW_Junctions', 'home', '友達の家', '筑波学園郵便局', '郵便局', 'post_box', 'Road_NW', 'Tsukuba_Road_NW', 'building_Tsukuba', and 'TsukubaCity'. The 'Analysis Settings' dialog box is open, showing the 'Analysis Settings' tab. The 'Distance' field is set to '500,1000'. The 'Time' field is set to '8:00'. The 'Date' field is set to '2017/06/21'. The 'Direction' field is set to 'From (W)'. The 'Junction' field is set to '許可'. The 'Analysis Settings' dialog box also includes a 'Facilities' list on the right, which contains 11 facilities (郵便局).

● Step6: 完了

解析の実行を押すと、結果が現れる。

The screenshot shows the ArcMap interface with the Network Analyst extension loaded. The 'Network Analyst' toolbar is visible, and a red arrow points to the 'Solve' button (represented by a green circle with a white dot). The 'Contents' pane on the left shows the 'Network Analyst' layer selected, with a red box highlighting the 'Solve' button. The 'Catalog' pane on the right shows the project files, including 'TA2017.mxd' and 'Tsukuba_Road_NW'. The main map area displays a network of roads and green polygonal areas representing service areas or catchment areas.

Network Analyst
現在の解析を実行します。

コンテンツ

- マッピングレイヤ
 - 到達性
 - エラー
 - 配置
 - 未配置
 - ポイントバリア
 - エラー
 - 通過不可
 - 追加コスト
 - ライン
 - エラー
 - 通過不可
 - 追加コスト
 - ラインバリア
 - 通過不可
 - 追加コスト
 - コスト係数指定
 - コスト係数指定
 - ポリゴン
 - 500
 - 1000
 - ポリゴンバリア
 - 通過不可
 - コスト係数指定
- Tsukuba_Road_NW_junction
- home
- 友達の家
- 筑波学園郵便局
- 郵便局
- post_box
- Road_NW
- Tsukuba_Road_NW
- Road_NW
- building_Tsukuba
- TsukubaCity

タタログ

場所: 郵便局2.shp

- ホーム - Desktop*TA2017
- フォルダ接続
 - C:\2017.1.25\lan
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*Dhaka
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*Hanoi
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*Jakarta
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*Japan207
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*Japan207*201706
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*Philippines
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*Shimai_urban*5_data
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*Snow
 - C:\Users\Guest_Japanese\Desktop*TA2017
 - building_Tsukuba.shp
 - home.shp
 - post_box.shp
 - Road_NW.shp
 - TA2017.mxd
 - Tsukuba_Road_NW.nd
 - Tsukuba_Road_NW_junctions.shp
 - TsukubaCity.shp
 - 筑波学園郵便局.shp
 - 友達の家.shp
 - 郵便局.shp
- D:\Lexar
- D:\Lexar\筑波大学*論文*レバ2*浸水域*時間別浸水域ごとに含む人口
- D:\yuki
- Toolboxes
- Database Servers
- Database Connections
- GIS Servers
- マイホストサービス
- 標準のサービス
- トラッキングコネクション

解析が完了しました。

20754.428 11592.596 メートル

9.jpg - ペイント TA2017.mxd - ArcMap TA2017_LIUkai.pptx - ネットワーク分析 | ESRI...

参考文献

ESRIジャパン株式会社(2013):『ArcGIS for Desktop逆引きガイド』.

詳しくは、SIS研究室のホームページをご覧ください！

The screenshot displays the SIS (Spatial Information Science) website, which is part of the University of Tsukuba. The main content area is titled "GIS マニュアル・資料" (GIS Manual & Materials). It lists several resources:

- フィールドワークGeoWeb初めての使い方ガイド** (Fieldwork GeoWeb First-time User Guide): An open-source guide for using GeoWeb.
- ドローンを利用した次世代測量技術スタートアップ ガイド** (Drone-based Next-generation Surveying Technology Start-up Guide): An open-source guide for drone measurement workflows and image analysis.
- Survey123 for ArcGIS スタートアップ ガイド** (Survey123 for ArcGIS Start-up Guide): An open-source guide for installing and updating Survey123 for ArcGIS.
- QuantumGIS のインストール、設定マニュアル** (QuantumGIS Installation and Configuration Manual): An open-source guide for installing and updating QuantumGIS.
- ArcGIS操作マニュアル～初めて使う人へ～** (ArcGIS Operation Manual for First-time Users): A guide for using ArcGIS software, published by ESRI Japan.

A sidebar menu on the right lists various categories:

- GISソフトウェア (GIS Software)
- GISマニュアル・資料 (GIS Manual & Materials)
- WebGIS
- GISデータ (GIS Data)
- ブックレビュー (Book Reviews)
- SIS関連リンク集 (SIS Related Link Collection)

The bottom of the page shows a list of recent publications or resources, including titles like "An Introduction to Urban Land Use Change (ULUC) Models" and "GIS in Evaluating Built Environment".