

ード数以上に極めて膨大な計算時間を要することとなる。このことから、時刻表データを直接、ネットワークとして扱った最小所要時間の探索は現実的ではない。

3. 今回開発した探索手法

(1) 概要

今回開発した経路探索手法は、最短経路探索と時刻表を用いた最小所要時間検索を分離して計算を行うものである。まず、STEP1として、各々の路線リンクに対し標準的な所要時間、各々の乗換リンクに対し標準的な乗換時間を設定したネットワーク上で最短経路を探索する。次にSTEP2として、探索された最短経路上において、時刻表探索を行い、最小所要時間となる列車の組合せを検索する(図-2)。

(2) STEP1: 経路探索手法

経路探索手法はダイクストラ法とした。鉄道ネットワークデータとして、路線リンクデータ及び乗換リンクデータを作成し、優等列車と普通列車のリンクは別個に作成した。

ここで、時刻表での所要時間や乗継時間は、標準的に設定された時間とは異なるため、時刻表上の最小所要時間となる経路が経路探索より得られた経路と一致しない場合がある。幹線鉄道は都市鉄道に比べ列車頻度が少ないことから、列車の乗車時間に比べ待ち時間のばらつきは大きい。このため、乗換回数が多いほど、あるいは列車の頻度が少ないほど、経路が一致しない可能性は大きくなる。

従ってここでは図-2のように、各々のODに対し経路を複数探索・設定し、各々の経路に対し、時刻表探索を行い最小所要時間を計算し、そのうち最小所要時間の小さいものをOD間の所要時間とした。なお、列車の乗車時間については、待ち時間に比べばらつきが小さいと考え、優等列車と普通列車とにリンクを別個に作成した上で、標準的な所要時間を設定した。

経路探索手法 : 待ち時間を重視した探索

本手法では乗換時間も含めた総所要時間の小さい経路を探索する。ここでは、乗換時の待ち時間を次式のように設定した。

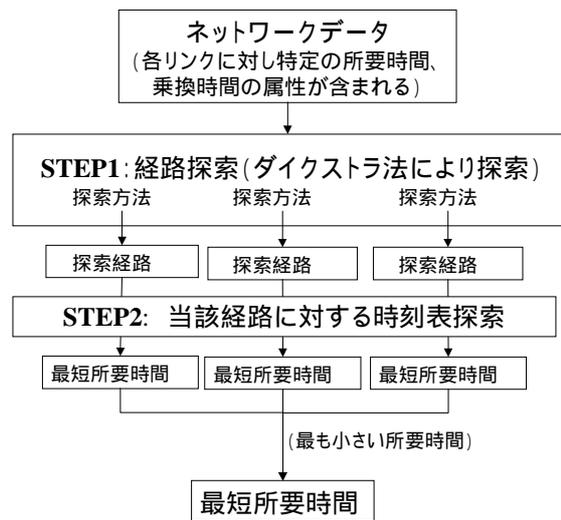


図-2 最小所要時間算出フロー

$$\text{待ち時間} = (22 - 6) \div \text{運行本数} \div 2$$

列車の運行時間は、6~22時と仮定した。

列車相互間の接続は考慮されていないという前提で、待ち時間は運行間隔の半分とした。ただし、運行本数が極めて少ない場合を考慮し、待ち時間の上限を20分と設定した。

経路探索手法 : 乗車時間を重視した探索

本手法では乗車時間が短い経路を主に探索する。列車の運行間隔が完全にランダムであれば、待ち時間の期待値は運行間隔の半分であるが、実際にはダイヤ設定において、列車同士に適切な接続時間が設定されているケースが多い。本手法では、標準乗換時間を設定した上で、経路を探索する。

経路探索手法 : 乗換回数を重視した探索

列車の乗換回数が多い場合には前述のように所要時間のばらつきが大きいいため、本手法では、乗換回数が少ない経路を主に探索する。本手法では、乗換時の待ち時間を一律60分とし、待ち時間を含めた総所要時間の最も小さい経路を探索する。

(3) STEP2 時刻表による最小所要時間の探索

時刻表探索においては、経路内を運行する全ての列車を検索することで、3つの最短経路それぞれに対し、最小所要時間となる列車の組合せを検索する。そして、3つの経路における最小所要時間のうち最小のものを本システムで算出された最小所要時間とする。

ここで用いた手法による最小所要時間探索結果の確認を手作業で行った限りでは、システムで算出された最小所要時間より短い所要時間となる経路と列車の組合せは手作業では確認されず、今回開発した経路探索手法の精度が高いことが確認できた。

4. ケーススタディ

ここで、3種類の経路探索手法がどのような位置付けのものであるかを確認することを目的に、東京駅から、主にJRの4192駅への最小所要時間を算出し、結果の分析を行った。

探索手法 ~ について、目的地までの所要時間別に、最小所要時間経路の探索が成功した比率を表 - 1 及び図 - 3 に示す。最小所要時間経路の探索が最も成功した手法は手法 1 であった。所要時間別にそれらの探索状況を見ると、手法 1 では、成功率は所要時間と関係は少ないが、手法 2 では、所要時間が小さいものほど成功率が高く、一方、手法 3 では、所要時間が大きいものほど成功率が高かった。このように、本計算結果においてはそれぞれの手法の特性がよく表現される結果となった。

また、各々の探索手法について、その手法だけが最小所要時間経路の探索が成功した駅数は手法 1 においてもっとも高かった。これは、ダイヤ設定において、適切な乗り継ぎ時間が設定されているケースが多いことが理由として挙げられる。

なお、図 - 3 に示すように、手法 1 のみで大半の最小所要時間経路が探索される一方で、手法 2、手法 3 は、手法 1 の探索を補完する意味で重要な役割を演じていることがわかる。

5. 本システムの活用例

ここで、本システムの活用方法の一つとして東京駅から等時間到達圏分布図について紹介する。図 - 4 は、東京駅からの3時間以内及び6時間以内に到達可能な路線の分布図、図 - 5 は、新幹線駅から1時間以内に到達可能な路線の分布図である。

到達の可否は基本的にノード（駅）

表 - 1 最小所要時間経路の探索が成功した比率（所要時間帯別）

所要時間	手法	所要時間帯別	
		上段：成功した比率	下段：当該手法だけが成功した比率
0～180分 (1557件)	手法 1	1296件 (83.2%)	98件 (6.3%)
	手法 2	1266件 (81.3%)	118件 (7.6%)
	手法 3	1106件 (71.0%)	66件 (4.2%)
181～360分 (1833件)	手法 1	1524件 (83.1%)	165件 (9.0%)
	手法 2	959件 (52.3%)	164件 (8.9%)
	手法 3	1387件 (75.7%)	93件 (5.1%)
360分～ (802件)	手法 1	701件 (87.4%)	24件 (3.0%)
	手法 2	392件 (48.9%)	46件 (5.7%)
	手法 3	695件 (86.7%)	41件 (5.1%)

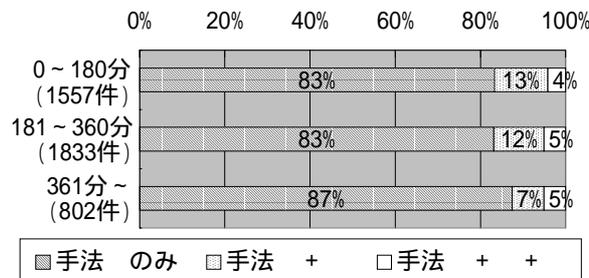


図 - 3 最小所要時間経路の探索が成功した比率（所要時間帯別、手法 1 から順に探索した場合）

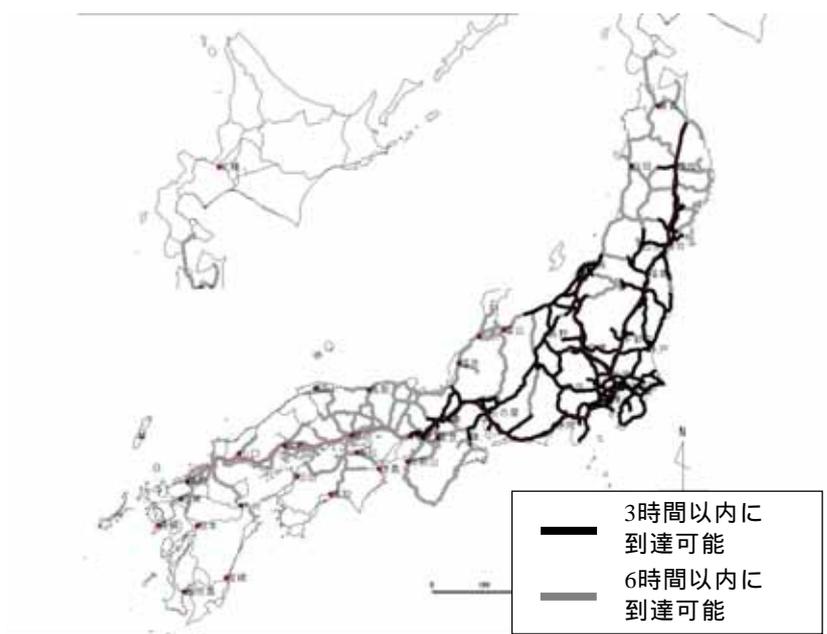


図 - 4 東京駅から3時間及び6時間到達圏図

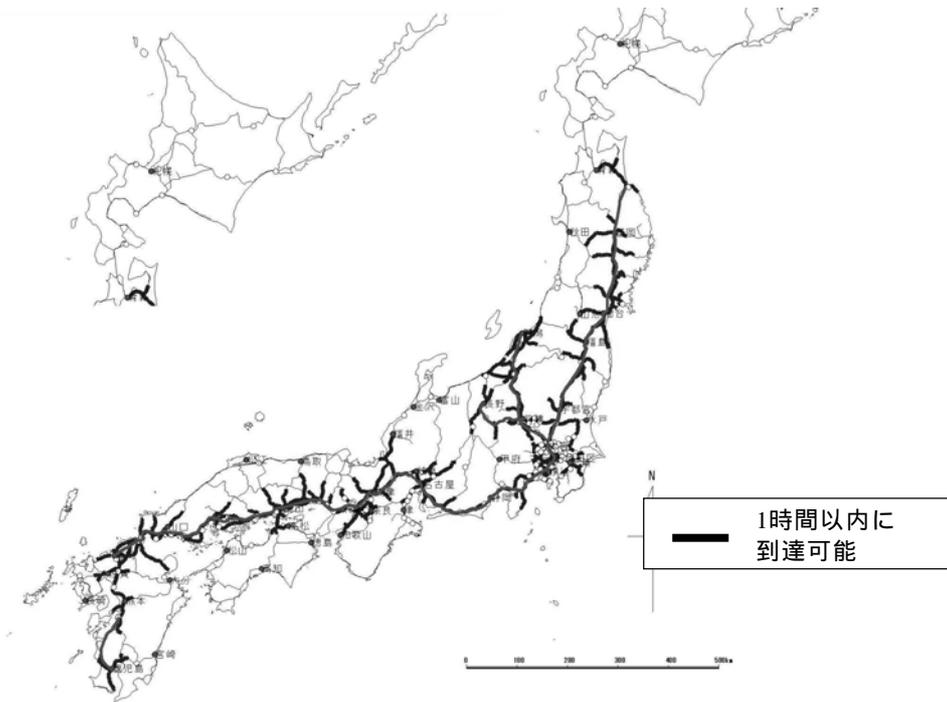


図 - 5 新幹線駅から1時間到達圏図

に対して判定される。このため、到達可能な優等列車停車駅より東京に近い駅で到達可能でない場合があるが、ここでは等時間到達圏内の駅より起点方の駅については、到達圏内として取り扱った。

6. おわりに

本稿では、時刻表を用いることで利用実態に即した到達圏域の分析システムの構築方法について述べてきた。開発したシステムにより、時刻表を考慮した到達圏探索について、経路探索と最小所要時間探索にわけることによって、効率的にかつ高い精度で行うことができるようになった。この知見は、幹線鉄道に限らず、都市鉄道やその他の交通モードの分析でも有効である。

なお、はじめに述べたように本システムは、これまで開発を続けてきたGRAPEに組み込んでいることから、カスタマイズによりGRAPEの評価機能を用いた多様な分析が可能となっている。

実質的な日帰り行動圏域の分析

発地における出発時間帯及び到着時間帯を指定することで、各地域における日帰り可能圏及び滞在可能時間の分析・評価が可能となる。

到達圏域の各種社会指標の集計

駅のノードデータとゾーンデータを適切にリン

クさせることで、等時間到達圏域や上記日帰り行動圏域における各種社会指標（人口、面積、GDP等）面での分析・評価が可能になる。（大都市圏や新幹線駅からの任意の到達時間可能圏域の人口カバー率・面積カバー率、工業出荷額カバー率等）

また、時刻表の取りこみを行ったことで、以下のような分析も容易に行いうる。

任意の駅間（例：主要駅間）や任意の都市間（例：大都市と地方都市間）における、最速列車の速達性（表定速度）や、運行頻度に関する分析・評価

任意の駅間（例：主要駅間）や任意の都市間（例：大都市と地方都市間）における、新幹線、在来特急、在来線との乗り継ぎ（接続）も考慮した、幹線鉄道としての速達性（表定速度）や運行頻度に関する分析・評価

新幹線・在来特急・在来線間の、接続ダイヤ面でのサービスレベルの分析・評価

今後も、これからの時代のニーズに適切に応えられるよう、利用実態に即した、利用者や社会にとってのサービスの分析・評価が柔軟に行えるシステムの構築を行っていきたいと考えている。