

# ドイツの幹線鉄道網発達に伴う 主要都市間の移動時間変化

波床 正敏<sup>1</sup>・吉村 晟輝<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 大阪産業大学教授 工学部都市創造工学科(〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1)  
E-mail: hatoko@ce.osaka-sandai.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 コーナン商事株式会社 (〒593-8324 大阪府堺市西区鳳東町6丁637-1)

ドイツでは高速新線NBSの開通にあわせて1991年にICEが運行開始され、在来線の改良区間も活用しながら、現在ではほとんどの主要都市に対してICEのサービスが提供されている。本研究では、ドイツにおける高速新線の建設および幹線鉄道改良に伴う影響などについて分析するため、日本の東海道新幹線開業とほぼ同時期の1963年以降概ね10年ごとに2015年までの6年次について、主要都市間の各種所要時間指標を計測し、その特徴を考察した。

その結果、広域的には東西ドイツの統一が都市間の所要時間変化に大きな影響を与えていること、東西ドイツ統一以前は速度向上と運行頻度や乗継ぎ利便性向上がともに行われていたが、近年は運行頻度や乗継ぎ利便性向上が重点的に実施されていることがわかった。

*Key Words : Germany, trunk railway, stayable time, expected value of traveling time, major cities*

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景

ドイツでは全土的なICEサービスの提供が行われているが、日本とは異なり、必ずしも新幹線の線路のような新線建設が大量に行われているわけではない。この背景としては、日本では在来線と新幹線とでは軌道のゲージが異なっているのに対し、ドイツでは在来線であっても標準軌が採用されるとともに曲線の少ない線形が採用されていることが関係している。

必ずしも直接的に同様の方法を採用できるわけではないが、ドイツにおけるこのような在来線改良を含めた高速鉄道網の拡大過程について分析を行うことは、我が国の今後の幹線鉄道整備のあり方を考えてゆく上でも重要な意義があると考えられる。

### (2) 本研究の目的

ドイツにおける初期の高速鉄道導入は、1960年代の日本の新幹線開業後に、一部のTEE(=Trans-Europe Express)が200km/h運転を開始したことが最初である。そこで、本研究では1960年代以降の幹線鉄道整備からICEの運転開始を経てネットワーク拡大に至るまでの過程について、ドイツ主要都市間の鉄道利用による移動時間の特徴を定量的な面から明らかにすることを目的と

し、主要都市間の所要時間の頒価を計測することとした。

## 2. ドイツの幹線鉄道網

### (1) ICEのネットワークとNBS

図-1は現在のICEの運行系統図であり、高速新線NBS(=Neubaustrecke)を経由する部分については薄い黄色で示している。ドイツのICEのネットワークは全土に広がっているものの、必ずしも新幹線のような新線が全土に建設されているわけではなく160km/hないし200km/h以上での運転が可能なABS(=Ausbaustrecke)へと在来線改良を行うことで全土的な高速鉄道サービスの展開を図っている。

### (2) ドイツの高速鉄道整備の概要

旧西独では1957年に国際特急であるTEE(=Trans-Europe Express)が運転を開始し、1967年には一部のTEEが200km/h運転を開始している。国内特急としては1971年にはIC(Inter City)が営業を開始している。1973年の「第一次連邦交通路計画」において、他の輸送機関に対する競争力確保の観点から、高速新線の建設が謳われ、同年にはMannheim-Stuttgart間(105km)のNBSが着工されるとともに、1976年にはHannover-Würzburg間(330km)のNBSも着工されている。1988年にはこれらの

NBSが完成し、在来線列車が乗入れを始めた。同時期に、試験車両であるICE-VがHannover-Würzburg間で406.9km/hに達して当時の世界記録となった。翌年、量産車両ICE-1が完成している。

1990年に東西ドイツが再統一され、分断されていた幹線鉄道網の修復が開始されたが、旧東独の鉄道は多年にわたり改良の手が加えられていなかったため、単線区間や非電化区間が多く残っており、列車の高速運転ができない状態であった。そこで、東独側は新線建設よりも既設路線の改良に重点が置かれた。特に統一ドイツの首都であるBerlinと旧西独地域との高速鉄道網構築が急がれた。

1991年にHannover-Würzburg間、Mannheim-Stuttgart間のNBSが本格開業し、ICEが最高速度250km/hで営業運転を開始した。1992年には2010年を目標年次として「1992年連邦交通路計画」が策定され、200km/h以上で運転できる区間を3,200kmとすることが目指された。これにより、東西間の輸送力強化を目指してFrankfurt(M)-Berlin間でNBSの建設や、160km/hないし200km/h以上での運転が可能なABSへと在来線改良が開始された。1998年にはHannover-Berlin間、2002年にはKöln-Frankfurt(M)間、2006年にはNürnberg-München間のNBSがそれぞれ開業している。開業当初のICEは250km/h運転であったが、現在は一部のNBSで300km/h

運転も行われている。

### 3. 本研究の分析方法

#### (1) 分析指標について

本研究では、都市間の所要時間指標として、滞在可能時間、期待所要時間、仮想最速所要時間の3つを使用して分析する。これら指標および後述の実運転時損失時間の4つが表現しうる項目について、表-1に示す。

滞在可能時間とは、ある都市を一定時刻(例えば午前6時)以後に出発し、一定時刻(例えば深夜12時)以前に帰着する場合における目的地での滞在できる時間数のことで、実際の乗り継ぎ経路に沿って計測する。実際のダイヤに沿って算出することで、乗継ぎの良否や乗車時間などについても考慮でき、都市間の空間的抵抗を表す指標の1つとして用いることができる。ただし、朝夕の往復に用いられた便のみが考慮対象である。計算が簡易であるものの、所要時間指標としては後述の期待所要時間に近い表現力がある。本研究では、上記の時間帯設定を用いて計算する。

期待所要時間とは、都市間交通で運行されている便ごとの所要時間や乗り継ぎ等を考慮でき、各便の所要時間が小さく、運行頻度が高いほど指標値が小さくなり、また各便の所要時間や運行本数が同じ場合でも、団子運転のような実質的な利便性が低くて実質的に利用できる便が限られる場合などには指標値が大きくなる。実際のダイヤに沿って算出することで、乗継ぎの良否についても考慮できる。すなわち、移動時間の総合指標である。本研究では、朝6時から夜21時までの15時間の間に出発する場合についてこの指標を計算する。

一方、実際には乗り継ぎできないにもかかわらず、区間ごとの最速便が乗り継げることを仮定して地点間の所要時間が計算されることもあり、行政等においてインフラ整備のための検討の際などにおいてしばしば用いられている。この指標を本研究では仮想最速所要時間と定義する。仮想最速所要時間は列車の乗車時間そのものの合計と考えて差し支えない。この仮想最速所要時間と期

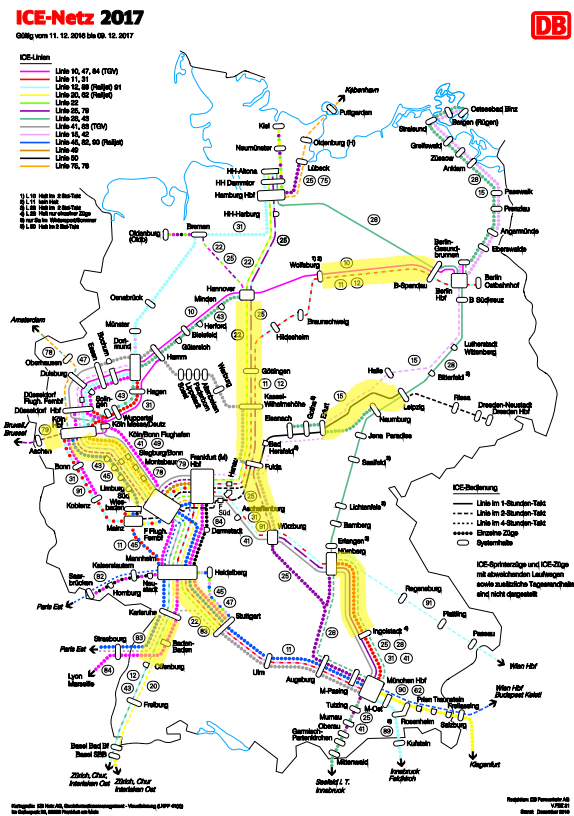


図-1 ICEのネットワーク(2017年現在)

	(a)	(b)	(c)	(d)
考慮事項	滞在可能時間	期待所要時間	仮想最速所要時間	実運転時損失時間
乗車時間	列車速度に起因	朝夕便のみ	全便考慮	最速便のみ
待ち時間	経路変更や運転速度変化による増減	朝夕便のみ	全便考慮	-
備考	運行頻度に起因	朝夕便のみ	全便考慮	全便考慮
	乗り継ぎ時の接続待ち	朝夕便のみ	全便考慮	全便考慮
		Mixedモード対応		(b)と(c)の差

待所要時間との差（以下、実運転時損失時間と呼ぶ）は、次の各要素により構成される。

- a) 先行列車や単線運転の対向列車、駅ホームの制約等により、列車の走行時間を延ばさざるを得なくなる損失（経路変更に伴う迂回等含む）
- b) 出発時利用路線の運行頻度の大小に伴う、列車の平均的な待ち時間に関する損失
- c) 乗継ぎ時の接続待ちに伴う時間的損失

**(2) 分析対象都市について**

本研究ではドイツの国内主要都市間の各種指標を計測するが、対象都市はドイツの16の州の州都（表-2）または人口50万人以上の都市(Köln, Essen, Dortmund, Frankfurt(M), Nürnberg, Leipzig)（表-3）の計22の都市

表-2 ドイツの州と州都 <sup>3)</sup>		
州名	州都	No.
Baden-Württemberg	Stuttgart	18
Bayern	München	17
Berlin	Berlin	16
Brandenburg	Potsdam	15
Bremen	Bremen	14
Hamburg	Hamburg	13
Hessen	Wiesbaden	12
Mecklenburg-Vorpommern	Swerin	11
Niedersachsen	Hannover	10
Nordrhein-Westfalen	Düsseldorf	9
Rheinland-Pfalz	Mainz	8
Saarland	Saarbrücken	7
Freistaat Sachsen	Dresden	6
Sachsen-Anhalt	Magdeburg	5
Schleswig-Holstein	Kiel	4
Freistaat Thüringen	Erfurt	3

表-3 人口50万人以上の都市 <sup>4)</sup>		
都市名	人口(万人)	No.
Berlin	350	16
Hamburg	180	13
München	141	17
Köln	104	20
Frankfurt(M)	70	19
Stuttgart	61	18
Düsseldorf	59	9
Dortmund	58	21
Essen	57	22
Bremen	55	14
Leipzig	53	1
Hannover	52	10
Dresden	52	6
Nürnberg	51	2

とした。各都市の位置を図-2に示す。図の赤い線は旧西独と旧東独の境界である。また赤字で示した番号は旧東独の都市である。図中の各都市を示す番号は表-2や表-3の番号と同一である。

**(3) 分析対象年次について**

本研究での分析対象年次は、1957年にTEEが営業運転を開始した後かつ日本の東海道新幹線開業前の1963年、国内特急ICの営業運転開始後の1975年、ICEの営業前の1985年、東西ドイツ再統一後かつICEの営業運転開始後の1995年、ICE網が拡大しつつある2005年、近年の2015年、以上の計6年次とする。使用資料は表-4に示した。この資料を用い、平日に運行されている列車を分析対象とした、週末運転の列車や特定日だけ運転される列車は対象外とした。

**4. 各所要時間指標の推移**

**(1) 滞在可能時間の推移について**

図-3は滞在可能時間の推移を示したもので、図では初めて滞在可能時間が8時間以上となった年次を示している

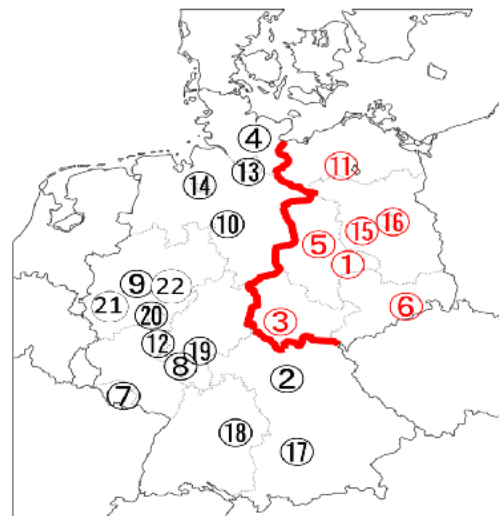


図-2 分析対象都市の位置

表-4 使用した資料		
年次	資料名	出版社等
1963	Thomas Cook Continental Timetable, May 26-June 30 1963	Thomas Cook & Son Limited
1975	Thomas Cook Continental Timetable, May 1-31 1975	Thomas Cook Limited
1985	Thomas Cook Continental Timetable, June 1985	日本語版, ダイヤモンド社
1995	Thomas Cook European Rail Timetable, Summer 1995	日本語版, ダイヤモンド社
2005	Thomas Cook European Rail Timetable, Summer 2005	日本語版, ダイヤモンド社
2015	European Rail Timetable, Summer 2015	日本語版, ダイヤモンド社

る。(1963年…■, 1975年…▲, 1985年…●, 1995年…△, 2005年…×, 2015年…○) 図はOD形式になっており、左側に示した都市が出発側、上部に示した都市が訪問先の都市である。黄色で示した都市は旧東独の都市である。計測条件は朝6時に出発、深夜24時着するという条件である。滞在可能時間が8時間以上とは、片道あたりの移動時間が5時間に相当する。

1963年時点ではドイツは東西に分断されており、東西それぞれの域内では滞在可能時間8時間以上となる都市の組合せは存在するが、東西国境をまたぐ組合せで滞在可能時間が8時間以上になるものは存在しない。これは東西ドイツ間の国境を越える直通列車は国境駅で検問(通関、パスポートコントロール)を受ける必要があったために東西ドイツ都市間の所要時間が増加し、アクセスが極端に悪かったためである。だが、そもそも所要時間以前に、国民が自由に国境を通過できる社会環境ではなかった。西独内の組合せでは、滞在可能時間が8時間以上となっている箇所は多く、特にFrankfurt(M)ではMünchen, Bremen, Hamburg, Kielを除く都市で8時間以上の滞在が可能となっている。また、Köln, Essen, Düsseldorf, Dortmundなどのルール工業地域内でも8時間以上滞在できる組み合わせは多い。一方、München, Nürnbergなど他都市との距離が大きい都市や、使用できる路線が少なく主要都市から離れているKielでは8時間以上滞在できる都市は少ない。一方、東独内の組み合わせ

せではLeipzig発着の組み合わせで8時間以上滞在できる都市が多いものの、Berlinは必ずしも利便性が高いわけではなかった。

1975年ではICの営業運転やTEEの200km/h運転が開始されるなどの変化があり、東独、西独それぞれの域内において滞在可能時間が8時間を超える組み合わせが増加するなどの改善が見られた。しかし、依然として東西国境をまたぐ組合せで滞在可能時間が8時間以上になるものは存在しない。

1985年時点ではまだNBSは工事中であり、滞在可能時間の拡大は限定的であった。しかし、この年次において初めて東西ドイツ間の都市の組合せで滞在可能時間が8時間を超えるケースが登場している。Berlin-Hannover間およびBerlin-Hamburg間である。東独内では特にSwerin, Berlinを発着地とするODで滞在可能時間8時間を超えてきている都市が増えている。西独ではSaarbrückenを発着地とするODで滞在可能時間8時間を超えてきている都市が増えている。

1995年は東西ドイツ再統一後であるとともにNBSの開通に伴ってICEが営業運転を開始している。これにより、旧東西ドイツの都市間において滞在可能時間8時間を超える組合せが増えている。Hannover-Würzburg間、Mannheim-Stuttgart間のNBSが開通することでICEが運転開始されているが、Hannover-München, Hannover-Nürnbergといった都市の組合せにおいて滞在可能時間が

○\D	Frankfurt(M)	München	Nürnberg	Stuttgart	Saarbrücken	Mainz	Wiesbaden	Köln	Essen	Dortmund	Düsseldorf	Hannover	Bremen	Hamburg	Kiel	Leipzig	Dresden	Erfurt	Magdeburg	Swerin	Berlin	Potsdam
Frankfurt(M)	-	▲	▲	■	■	■	■	■	■	■	■	■	△	△		△	×	△	△		×	×
München	▲	-	■	■	○	▲	▲	○	○	○	○	○	○			○	×	○				
Nürnberg	■	■	-	■	○	■	▲	●	×	○	×	△	△	△		△		△	×		○	
Stuttgart	■	■	■	-	○	■	■	▲	●	×	●	△	○			△		△	○			
Saarbrücken	■	■	●	○	-	■	■	▲	△		●											
Mainz	■	▲	▲	■	■	-	■	■	■	■	■	▲	△	△		△		△	×		○	
Wiesbaden	■	▲	▲	■	■	■	-	■	■	■	■	■	△	△		○		△	○		○	
Köln	■		●	▲	●	■	■		■	■	■	■	▲	●				×	×		○	
Essen	■		●	▲	●	■	■	■	-	■	■	■	▲	×				×	×		×	○
Dortmund	■		○	●	●	■	■	■	■	-	■	■	▲	▲	×			×	×	×	×	○
Düsseldorf	■		●	▲	●	■	■	■	■	■	-	■	▲	▲				×	×		○	
Hannover	■	△	△	△		▲	▲	■	■	▲	■	-	■	▲	▲	△	×	△	△	△	△	△
Bremen	●	△	△			×	×	▲	■	▲	■	■	-	■	▲	△		×	△	×	△	×
Hamburg	●		△			●	●	▲	■	▲	▲	■	■	-	■	△	○	△	△	△	△	△
Kiel									×	○		▲	▲	■	-			×	△	×	○	
Leipzig	△		×							△		△	△	△		-	■	■	■	▲	▲	▲
Dresden												×	×			■	-	▲	▲	●	▲	△
Erfurt	△		△	×		△	△	×			○	△	○	○		■	▲	-	▲	●	△	△
Magdeburg	×		×					×	△	△	×	△	△	△	○	■	▲	▲	-	●	▲	■
Swerin										○		△	△	△	×	▲	▲	▲	■	-	●	●
Berlin	×					○	○		×	×		●	△	●	×	■	■	△	●	●	-	●
Potsdam												△	×	△		△	●	△	▲	×	●	-

※ 滞在可能時間が8時間以上となった年次  
 ■…1963年 ▲…1975年 ●…1985年 △…1995年 ×…2005年 ○…2015年

図-3 ドイツ主要都市間の滞在可能時間の推移

8 時間以上となっている。さらにこの N B S を通る Nürnberg-Hamburg, Nürnberg-Bremen の組合せについても滞在可能時間が 8 時間以上となった。

2005 年では N B S の既開業間である Hannover-Würzburg 間の他、1998 年には Hannover-Berlin 間の一部、2002 年には Köln-Frankfurt(M) 間でも NBS が開業するとともに在来線改良区間である ABS も増え、多くの都市の組合せで滞在可能時間が大幅に増加している。また、旧東西ドイツ間の都市の組合せでも滞在可能時間が 8 時間を越えるケースが増えている。一方、利便性があまり良くなっていない地域もある。例えば、K i e l, Dresden, Swerin といった都市は国土の辺縁付近に位置することもあり、これら都市を発着する場合は滞在可能時間が 8 時間未満となる組合せが多い。

2015 年時点では、2006 年の Nürnberg-Ingolstadt 間の NBS 完成で Nürnberg-München の組合せで滞在可能時間が増加した。このほか、在来線の改良が多くの区間で進むなどして、例えば首都の Berlin を発着する各都市などで滞在可能時間が拡大している。しかし、Dresden, Swerin といった都市を発着する場合は依然として滞在時間が 8 時間未満の場合が多い。

(2) 仮想最速所要時間の推移について

図-4 は仮想最速所要時間（区間ごとの最速便が乗り継ぎ可能であった場合の仮想的な所要時間）の推移を示し

たもので、図では初めて仮想最速所要時間が 5 時間以下となった年次を示している。（1963 年…■, 1975 年…▲, 1985 年…●, 1995 年…△, 2005 年…×, 2015 年…○）図は OD 形式になっており、左側に示した都市が出发側、上部に示した都市が訪問先の都市である。黄色で示したのは旧東独の都市である。

1963 年時点では、旧東西ドイツそれぞれにおいて域内相互の都市間において仮想最速所要時間、すなわち乗車時間そのものは片道あたり 5 時間を切っている組合せが多い。旧西独内では München や Nürnberg, Kiel など辺縁部に近い都市を発着する場合は 5 時間以上の場合もあるが、それらを除くと大半の組合せで仮想最速所要時間が 5 時間以内であった。旧東独内でも多くの都市の組合せで片道 5 時間以内になっている。このように、幹線鉄道の列車そのものはすでにこの時期にある程度の速度で運行されていたことがわかる。

1975 年では旧西独内で IC の営業運転や TEE の 200km/h 運転が開始されるなどの変化があり、旧東西ドイツそれぞれの域内都市間相互において仮想最速所要時間が 5 時間を切る組合せが増加している。また、旧東西ドイツ国境をまたぐ都市間の組合せにおいても仮想最速所要時間が 5 時間を切る場合が見られるようになった。

1985 年では、旧東西ドイツ国境をまたぐ組合せ、特に Berlin や Swerin を発着する場合において仮想最速所要時間の改善が大きかった。旧西独内では Hamburg, Kiel を

O\D	Frankfurt(M)	München	Nürnberg	Stuttgart	Saarbrücken	Mainz	Wiesbaden	Köln	Essen	Dortmund	Düsseldorf	Hannover	Bremen	Hamburg	Kiel	Leipzig	Dresden	Erfurt	Magdeburg	Swerin	Berlin	Potsdam
Frankfurt(M)	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	▲	●	●	△	▲	▲	●	●	●
München	■	-	■	■	▲	■	■	△	×	×	×	●	△	○	×	△	×	△	○	×	×	×
Nürnberg	■	■	-	■	■	■	■	■	▲	▲	■	▲	▲	●	×	△	×	▲	△	×	×	×
Stuttgart	■	■	■	-	■	■	■	■	■	▲	■	▲	▲	●	●	△	●	△	△	×	×	×
Saarbrücken	■	▲	■	■	-	■	■	■	■	■	■	▲	●	●	●			△	○		×	
Mainz	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■	▲	●	●	△	▲	●	●	●	●
Wiesbaden	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■	■	■	▲	●	●	△	▲	●	●	●	●
Köln	■	△	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■	■	▲	△	△	●	▲	●	●	●	●
Essen	■	△	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■	▲	△	×	▲	▲	●	●	●	×
Dortmund	■	△	■	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■	▲	△		▲	▲	●	●	△
Düsseldorf	■	△	■	■	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■	▲	△	×	△	▲	●	●	△
Hannover	■	▲	▲	▲	▲	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■	▲	▲	▲	■	▲	▲	■
Bremen	■	△	▲	▲	▲	■	■	■	■	■	■	■	-	■	■	▲	▲	▲	▲	▲	▲	●
Hamburg	▲	△	▲	●	●	●	●	■	■	■	■	■	■	-	■	●	×	▲	■	▲	▲	●
Kiel	▲		△			●	●	▲	●	■	▲	■	■	■	-	○	×	○	▲	▲	●	×
Leipzig	△	△	△	△		△	△	×	△	△	△	▲	▲	●	×	-	■	■	■	▲	■	■
Dresden	△		△			×	×	×	×	×	×	▲	×	×	×	■	-	■	■	▲	■	▲
Erfurt	■	△	▲	▲	△	●	▲	△	△	▲	△	▲	▲	▲	×	■	■	-	■	▲	■	■
Magdeburg	▲	△	△	△		●	△	●	▲	▲	▲	■	■	■	●	■	■	■	-	■	■	■
Swerin	△		△			△	△	●	●	●	●	▲	▲	■	▲	▲	●	▲	■	-	▲	■
Berlin	△		△	○		△	△	●	△	▲	△	■	▲	■	●	■	■	■	■	▲	-	▲
Potsdam	△		△			×	×	×	△	△	△	■	■	●	●	△	■	▲	■	■	▲	-

※ 仮想最速所要時間が 5 時間以上となった年次

■…1963 年 ▲…1975 年 ●…1985 年 △…1995 年 ×…2005 年 ○…2015 年

図-4 ドイツ主要都市間の仮想最速所要時間の推移

発着する場合での改善が見られるなどした。

1995年になると東西ドイツが再統一されるとともにICEが営業運転を開始している。旧東西ドイツ国境をまたぐ組合せで仮想最速所要時間が5時間以下となるケースが多くなっている。旧東独地域では在来線の改良が進んだことが寄与しているものと考えられる。旧西独内ではMünchenから旧西独の各都市間への仮想最速所要時間が改善している。これはHannover-Würzburg間、Mannheim-Stuttgart間のNBSの開通とそれに伴うICEの営業開始が大きく影響している。

2005年までにはHannover-Berlin間の一部、Köln-Frankfurt(M)間でもNBSが開業しており、引き続き旧東西ドイツ国境をまたぐ組合せで改善が見られる。特に旧東独のDresden発着のケースや、旧西独地域ではMünchen発着のケースでの改善が進んだ。

2015年までにNürnberg-Ingolstadt間のNBSが完成するとともに在来線改良が進行しているが、Erfurt-Leipzig間のNBSは2015年夏時点ではまだ営業を開始していない。旧東西ドイツ国境をまたぐ組合せで仮想最速所要時間が5時間以内となるケースが増えているが、1990年代や2000年代と比べると改善の幅は小さい。旧東独ではLeipzig, Berlin, Erfurt, Magdeburgを発着する組合せで仮想最速所要時間が5時間以内となるケースが増加しているほか、旧西独では新たにMünchen-Hamburg間が仮想最速所要時間5時間以内となった。

(3) 期待所要時間の推移について

図-5は期待所要時間（移動時間の総合指標であり、乗車時間だけでなく運行頻度、乗継ぎの良否などを反映した指標）の推移を示したもので、図では初めて期待所要時間が5時間以下となった年次を示している。（1963年…■, 1975年…▲, 1985年…●, 1995年…△, 2005年…×, 2015年…○）図はOD形式になっており、左側に示した都市が出發側、上部に示した都市が訪問先である。黄色で示したのは旧東独の都市である。

1963年では、ほぼ乗車時間を表現する仮想最速所要時間に比べ、期待所要時間が5時間以内の都市の組合せは非常に少ない。旧西独内では比較的近距离区間で期待所要時間が5時間以内となっているものの、München, Kielなど他都市との距離が大きい都市を発着する場合は期待所要時間が大きい。旧東独内では、期待所要時間が5時間以内であるのはごく一部であった。東西ドイツ間の国境をまたぐ都市間では仮想最速所要時間の点では13組で5時間以内であったが、期待所要時間を示した図-5では5時間以内となったケースは皆無であった。このように、1963年時点ではTEEなどの特急列車の運行は始まっているものの、乗継ぎ利便性が低かったり運行本数が少なかったりしたことが総合的な利便性である期待所要時間の値を大きくしてしまっていた。

1975年では1963年と同じく東西ドイツ間の国境をま

○\D	Frankfurt(M)	München	Nürnberg	Stuttgart	Saarbrücken	Mainz	Wiesbaden	Köln	Essen	Dortmund	Düsseldorf	Hannover	Bremen	Hamburg	Kiel	Leipzig	Dresden	Erfurt	Magdeburg	Schwerin	Berlin	Potsdam
Frankfurt(M)	-	▲	■	■	■	■	■	■	■	■	■	▲	△	△		△		△	△		○	
München	●	-	■	■	○	△	△	○			○	○	△	△		△		△	×			
Nürnberg	■	■	-	■	△	■	■	●	×	○	×	△	△	○		△		△	×			
Stuttgart	■	■	■	-	●	■	■	●	△	×	△	△						△				
Saarbrücken	■			●	-	■	■	●			△	△										
Mainz	■	△	■	■	■	-	■	■	■	■	■	●	△	△		×		△				
Wiesbaden	■	×	■	■	■	■	-	■	■	■	■	△	△					△				
Köln	■		×	△	●	■	■	-	■	■	■	▲	▲	●				×	×			
Essen	■		○	△	×	■	■	■	-	■	■	▲	■	▲					△		×	
Dortmund	▲			×		■	■	■	■	-	■	▲	■	▲	×				△	×	×	
Düsseldorf	■		×	●	●	■	■	■	■	■	-	▲	▲	■				×	△			
Hannover	●		△	△		●	●	■	▲	▲	■	-	■	■	▲	△		△	△	△	△	△
Bremen	●					△	△	▲	■	■	■	■	-	■	▲	○		△	△	△	×	×
Hamburg	△		△			△	△	●	▲	▲	▲	■	■	-	■	×		△	△	△	△	×
Kiel										×		▲	▲	■	-			×	△	×	×	○
Leipzig	△		×									△	×	×			▲	■	■		△	●
Dresden												○				■	-	●	▲		■	×
Erfurt	△		△	△		×	△					△				■	▲	-	▲		△	×
Magdeburg	△								△	△	△	△	△	△		■	▲	▲	-	▲	●	■
Schwerin												△	△	△	×			▲	-	×	×	×
Berlin	×								×	×	○	△	×	△	×	△	■	×	●	×	-	●
Potsdam										×		△	×	×		△	×	×	▲	×	●	-

※ 期待所要時間が5時間以下となった年次

■…1963年 ▲…1975年 ●…1985年 △…1995年 ×…2005年 ○…2015年

図-5 ドイツ主要都市間の期待所要時間の推移

たぐ都市間で期待所要時間が5時間以内となったケースは存在せず、依然として乗り継ぎ利便性と運行本数が小さかったことが影響している。しかし、旧西独内ではICの営業運転やTEEの200km/h運転が開始されるなどの変化があり、指標にも改善が見られた。Hannover, Bremen, Hamburgなどを発着するケースを中心として期待所要時間が5時間以内になってきている。東独内でもDresdenやMagdeburg発着のケースにおいて多少の改善が見られる。基本的な傾向は滞在可能時間と大きな違いは無かった。

1985年においても、旧東西ドイツ間の国境をまたぐ都市間で期待所要時間が5時間以内となったケースは存在せず、依然として実際の利便性は低い。旧西独内、旧東独内では、それぞれ多少の改善が見られる。

1995年になると東西ドイツが再統一されるとともに旧西独ではICEが営業を始めたが、旧東独は旧西独に比べて鉄道インフラの整備が不十分であったため、新線建設よりも在来線改良が優先された。この年次以降、旧東西ドイツ間の国境をまたぐ都市間において期待所要時間が5時間以内となるケースが大幅に増加した。東西ドイツ統一による国境検問の廃止や乗継ぎ利便性改善、運行本数増などが影響している。旧西独内相互の場合でも期待所要時間の改善が見られるとともに、旧東独内でも小規模だが改善が見られる。

2005年までにはHannover-Berlin間の一部、Köln-Frankfurt(M)間でもNBSが開業しており、旧東西ドイツ間の国境をまたぐ都市間で期待所要時間が5時間以内となったケースが増えた。旧西独内相互や旧東独内相互の都市でも、改善が見られた。

2015年までにNürnberg-Ingolstadt間のNBSが完成するとともに在来線改良が進行しているが、仮想最速所要時間の場合と同様に1990年代や2000年代と比べると改善の幅は小さい。このように、東西ドイツ再統一後の急速なインフラ整備が完成に近づいたことで改善の幅が鈍化しているものと考えられる。

## 5. 路線網整備の特徴分析

### (1) 本章での分析方法

前章の分析によって、ドイツ主要都市間の幹線鉄道の発達において、主に速度面での利便性改善を表現できると考えられる仮想最速所要時間(VFTT=Virtual Fastest Travelling Time)を用いた分析と、乗継ぎ等を含めた総合的な利便性を表現できると考えられる期待所要時間(EVTT=Expected Value of Travelling Time)を用いた分析とでは改善の傾向が異なっていた。そこで、本章では期待所要時間の改善を速度面(乗車時間)の改善とそれ

以外の乗継ぎ等の改善とに分離して分析する。実運転時損失時間(ROLTime = Real Operation Loss Time)という主として乗継ぎ等の利便性を表現する指標を以下のように定義する。

$$ROLTime = EVTT - VFTT \quad (1)$$

以下、これら指標を用いて分析する。各指標は概ね10年ごとに計測されているが、鉄道政策の結果を分析するには細かすぎるため、1963年から1985年にかけての高速新線NBSの整備を伴わない整備の時期と、1985年から2015年にかけてのNBSの整備と在来線改良のABSが併用され、さらに東西ドイツの再統一が行われた時期に分けて分析する。

### (2) 1963年から1985年にかけての変化

図-6は横軸に実運転時損失時間(ROLTime)の1963年から1985年にかけての改善量(減少量)をとり、縦軸に仮想最速所要時間(VFTT)の改善量をとって全ODについてプロットしたものである。定義上、両者を加算したものが期待所要時間(EVTT)(の改善量)になるので、図の右上にプロットされたODほど総合的な利便性が改善されたと言える。また、上方ほど速度が向上(乗車時間が短縮)しており、下方ほど速度が低下している(NBSが整備されると旧線に比べて線形が直線に近くなるため、距離自体が多少短くなることもあるが、広義の速度向上と解釈し、以下、単に速度向上などと表現する)。さらに右方ほど乗継ぎや運行頻度等の速度以外の面での改善が大きく、左方ほど速度以外の面での利便性が悪化している。

この期間については、NBSの開業はなかったが、TEEやICの運転が旧西独内で開始されている。日本とは異なり、在来線であっても標準軌であるとともに曲線は少なく、一部列車は200km/h運転が始まっている。東西ドイツ分断状態下であるが、全ODペアの約98%で期待所要時間が改善している。また、仮想最速所要時間の改善の方が大きかった全ODペア数と実運転時損失時間の改善の方が大きかった全ODペア数はほぼ同数であった。すなわち、この期間における改善の特徴は在来線改良や車両の高性能化などによる速度向上に加えて運行頻度の向上と乗継ぎ改善が大きな役割を果たしたと言える。

### (3) 1985年から2015年にかけての変化

図-7は図-6と同様の作図方法であるが、1985年から2015年にかけての変化を示したものである。

この期間には前述のように多数のNBSが開業するとともに在来線改良区間であるABSの整備も進み、さらに東

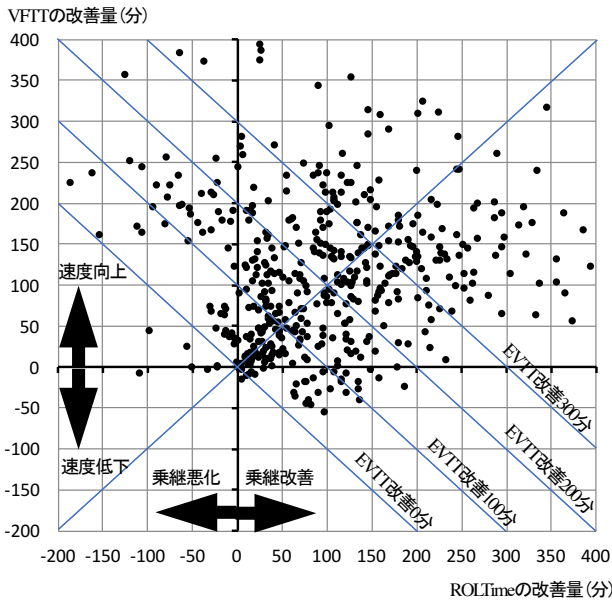


図-6 期待所要時間変化の構成(‘63→’85)

西ドイツ統一もあり、全土にわたってICEサービスが展開されている。全ODペアの約90%で期待所要時間が改善されており、総合的な利便性の向上は続いている。仮想最速所要時間の改善量が実運転時損失時間の改善量よりも大きいODペアは全体の約18%だけであり、この期間における改善は、ICEなどの高速列車の運転開始が目につくが、実は速度向上よりは運行頻度の向上と乗継ぎ改善が総合的な利便性向上の主体であったといえる。全ODペアの約17%の区間では仮想最速所要時間が悪化しているにもかかわらず、期待所要時間が改善していた。

## 6. おわりに

### (1) 既存の研究における結果との比較考察

ドイツの幹線鉄道網について分析した本研究の分析結果として、NBSの開通や東西ドイツの再統一以前の1985年までについては在来線改良や車両の高性能化などによる速度向上に加えて運行頻度の向上と乗継ぎ改善が大きな役割を果たし、ほぼ全ODで総合的な利便性改善が見られた。1985年以降についても多くのODで総合的な利便性改善が見られたが、ICEなどの高速列車の運転開始が目につくものの、速度向上よりも運行頻度の向上と乗継ぎ改善が利便性向上の主体であった。

一方、フランスの幹線鉄道網について分析した研究<sup>5)</sup>の結果、最初のTGVが開通した直後の1985年以前では速度向上と乗継ぎ利便や運行頻度の改善の両方が実現することで期待所要時間で表現される総合的な利便性が大きく向上したが、1985年以後のTGVサービスの全国展開期においては速度面では改善したものの運行頻度や乗継ぎ利便性の面では悪化することも多く、期待所要時間の改

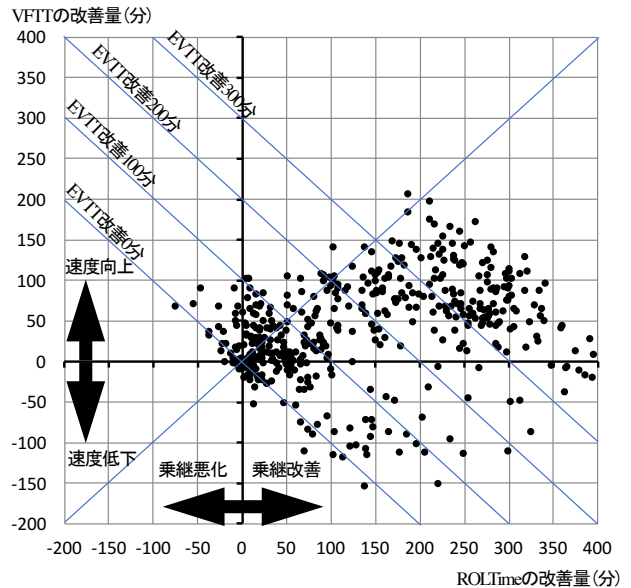


図-7 期待所要時間変化の構成(‘85→’15)

善は小さかった。

さらに、本研究と同様の分析手法でスイスの鉄道政策 Rail 2000について分析した研究<sup>2)</sup>では、期待所要時間の改善には乗継ぎ改善が有効であったことが確認されている。

これらの研究結果から明らかとなるのは、幹線鉄道政策を実施する際には、単に仮想最速所要時間で表現されるような列車の速度向上を目指すだけでなく、運行頻度の改善を含む乗継ぎ利便性向上を図ることで、期待所要時間で表現されるような総合的な利便性を効果的に改善できる可能性が高いということである。

### (2) 今後の課題

日本では実現していないが、近年ではドイツやフランスでは幹線鉄道ネットワークと航空ネットワークが主要空港を結節点として一体化されつつある。また、日本でも一部の都市間では高速バスが鉄道網と結合しているところもあり、これら異種モードを含めての研究も今後の課題である。

### 参考文献

- 1) 天野光三, 中川大, 加藤義彦, 波床正敏: 都市間交通における所要時間の概念に関する基礎的研究, 土木計画学研究論文集, Vol.9, pp.69-76, 1991.
- 2) 波床正敏, 中川大: 幹線鉄道におけるハブシステム構築の効果と意義に関する研究 -スイスの鉄道政策Rail 2000の効果分析を踏まえて-, 都市計画論文集, No.41-3, pp.839-844, 2006.
- 3) 山本健兒, 平川一臣: 朝倉世界地理講座 中央・北ヨーロッパ, 朝倉書店, pp.146, 2014.



- 4) 大阪・神戸ドイツ連邦共和国総領事館：Bundesrepublik Deutschland（ドイツ連邦共和国－概略），ドイツ連邦共和国 州別地図，<http://www.japan.diplo.de/contentblob/3618626/Daten/2685075/infosheetgakusei.pdf>，2017年7月23日取得. (2017. 7. 31 受付)
- 5) 波床正敏：TGVネットワーク展開期におけるフランス

主要都市間の移動時間の特徴分析，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.72，No.5，(土木計画学研究・論文集第33巻)，p.I\_809-I\_820，2016.

AN ANALYSIS OF TRAVELLING TIME AMONG GERMAN CHIEF CITIES  
ACCOMPANIED BY THE DEVELOPMENT OF GERMAN RAILWAY NETWORK

Masatoshi HATOKO AND Seiki YOSHIMURA