

IV-12 表定速度と鉄道技術の重層段階的發展に関する研究

北海道大学大学院 学生員 今 尚之
北海道大学工学部 正 員 五十嵐日出夫

1. はじめに

明治13(1880)年、手宮－札幌間の開業をその始めとする北海道の鉄道の歴史は、現在110余年を数え、北海道の主要都市間あるいは本州各地と北海道を結ぶ動脈として、人々の生活に欠くことのできないものとなっている。

この様な鉄道が今後21世紀にかけて、北海道の重要な交通機関として、その役目を果してゆくためには、現状を維持するのみならず、さらに進んだ高い水準の鉄道整備を行う必要がある。そのためには、過去の鉄道發展の在り方を歴史に探り、そこから見い出される鉄道發展のメカニズムを把握し、今後の鉄道整備の指針を定めることが重要である。

さて、本研究が対象とする鉄道は、施設・設備や車両などのハードウェアと列車の運用や建設・運転に関する法制度などのソフトウェアそれぞれが組み合わさり、相互に関係し合いながら發展してきたシステムである。したがって、鉄道の發展を考察する際には、ハードウェア、ソフトウェア両者の發展を総合的に考察する必要がある。しかしながら、従来の鉄道史研究では、ハードウェアあるいはソフトウェアのみの歴史的な変遷を別個に研究するものがほとんどであり、鉄道技術をトータルシステムの發展として分析し、モデル化する試みはほとんどなされていない。

そこで、本研究では、鉄道システム技術の総合的な發展指標として表定速度を採用し、表定速度の変遷から、①鉄道というトータルシステム發展の歴史学的数理モデルの構築。②鉄道發展に関する歴史学的な考察を行うために重要な時代区分の、モデルからの設定。③鉄道のハードウェア、ソフトウェア両技術それぞれの發展とその相互関係の考察。④その中で特に、土木技術の發展が果たした役割を評価し、今後の鉄道整備の在り方についての論考を行うことを目的としている。

2. 鉄道技術の發展指標としての表定速度

2-1. システムとしての鉄道

本研究が対象とする鉄道は、施設・車両などのハードウェア、運用・法制度などのソフトウェアそれぞれが組み合わされたシステムである。したがって、鉄道の發展を考察する際には、ハードウェア、ソフトウェア両者の發展を総合的に考察する必要がある。

従来、交通機関は、その要素として、①通路、②運搬具、③動力の三要素から成り立っており、交通機関の発達は、この三要素が相互に有機的な関係を保ちながら発達したことによるとされている。例えば、東海道新幹線の実現には、①通路として、ロングレールの採用やATC、CTCなどの列車制御システムの開発、②運搬具として、高速度運転に耐えうる台車や集電装置の開発、③動力として、25000V交流電源利用による車両の全軸駆動など、各要素の技術の發展があつて初めて可能となったものである。

しかしながら、従来の研究に見られるように、この観点から交通機関を考察すると、ハードウェアに関する考察が主となる。しかし、実際の交通機関では通路や運搬具などのハードウェアのみならず、交通機関の組織やそこで実際の事業に携わる人々などソフトウェアに関する要素も存在し、それらハードウェア、ソフトウェア両者が互いに密接な関係を持ち、システムとして機能している。したがって、交通機関の発達を考察するには上述の三要素ではなく、①通路、②運搬具、③動力、④交通労働、⑤情報の五要素それぞれの発達と相互の関係を複眼的に考察する必要がある。

例えば、鉄道では、施設・設備が通路に相当し、車両が運搬具、動力に相当する。また、そこで働く人々の労働や施設・設備、車両の運用などが交通労働に相当し、さらに、鉄道の建設、運行に必要な法制度は、情報に相当する。

このように、交通機関はシステムとして機能しており、鉄道の発達を考察するためには、システムの要素ひとつひとつのより深い探求もさることながら、要素それぞれの関係を明らかにする必要がある。

*A study on railway technology and specified speed accumulative developing stage.
by Naoyuki KON, Hideo IGARASHI*

2-2. 表定速度と最高速度

通常、列車速度を表すには、最高速度、表定速度、平均速度の三種類の速度が用いられている。最高速度は、線区・区間の線路の強度(レールの大きさ・枕木の使用本数・道床の厚さ)と車両の走行性能とによって決定され、列車の種別(例えば特急列車、貨物列車など)によって、細かく規定されている速度である。また、表定速度は、線区・区間における列車の運転距離を、途中の停車駅における停車時分を含めた所要時間で割った平均速度である。したがって、線区・区間の線路の強度、線形、車両の走行性能、列車の運用などによって決まる速度である。さらに、平均速度は、線区・区間における列車の運転距離を、停車時分を除いた所要時間で割った速度である。

従来の研究では、鉄道技術の発展指標として、最高速度を取り上げることが多かった。しかし、最高速度は、条件の良い一部区間で得られる場合もあり、列車の運用など、ソフトウェアを考慮して得られるものではない。鉄道がシステムである限り、ハードウェア、ソフトウェア両者のシステムとして、その発展を評価できる指標を用いる必要がある。

現在、日本における在来線鉄道の最高速度は130km/h(特例として、津軽海峡線の青函トンネル部において140km/hが認められている)である。最高速度が130km/hの線区・区間は、函館本線(札幌－旭川間136.8km)、常磐線(上野－日立間152.7km)、湖西線(山科－近江塩津間74.1km)、鹿児島本線(博多－八代間154.1km)、長崎本線(鳥栖－長崎間125.3km)などであり、これらの線区・区間が日本の在来鉄道の中で最も高い技術が投入されていると考えられる。

しかしながら、最高速度で走行できる区間は、対象としている線区・区間すべてでないことが多い。第1表は距離がほぼ等しい都市間を結ぶ列車の最高速度と所要時間、表定速度を比較したものである。この表に示したように、例えば、上野－日立間、博多－長崎間を比べると両区間とも最高速度は130km/h、距離は約150kmと同じ条件であるが、所要時間に30分もの差が生じている。この原因は、上野－日立間は複線区間であり、また平坦な地形であるのに対し、博多－長崎間は約2/3が単線区間で、曲線も比較的多く、常時130km/h走行ができないことにある。

第1表 距離がほぼ等しい都市間を結ぶ列車の、最高速度、所要時間、表定速度の比較

列車名	区間	距離	最高速度	所要時間	表定速度
スーパ－ひたち	上野－日立	149.1	130	1:25	105.2
ハルカ－かもめ	博多－長崎	154.0	130	1:55	80.3
つばめ	博多－西鹿児島	317.1	130	3:44	84.9
北 斗	函館－札幌	318.7	120	3:29	91.5

※) JR時刻表1992年7月号より作成

これらの例からわかるように、最高速度は線区・区間全体の技術水準、特に軌道などの施設・設備の整備水準や列車の運用などを含めて評価することが困難である。

一方、表定速度は、起点から終点までの距離を、その間を走行するのについでした時間で割ることから、途中の徐行や列車待避など、速度低下の原因となっている諸要因を考慮した速度である。したがって、表定速度は、対象とした区間に対して投入された鉄道システム技術の水準を速度の面から評価するのに有効な指標である。

3. 北海道における表定速度の変遷と時代区分

本研究では、その対象を札幌と北海道の主要都市を連絡する線区・区間とした。札幌と主要都市間を連絡する線区・区間を対象としたのは、それらの線区・区間には、新しい鉄道システム技術が積極的に投入されたと考えられることによる。

なお、今回は、札幌－函館間を調査対象として取り上げた。これは、函館が北海道において第三番目の人口を有しているだけでなく、札幌－函館間が明治37(1904)年の開通以来、北海道対本州の大動脈として利用され、重点的に整備されてきた経緯による。

3-1. 本研究における表定速度の調査対象区間(札幌－函館間)の概要

現在、札幌－函館間を連絡する鉄道路線は、小樽、俱知安を経由する函館本線経由の路線(旅客営業キロ286.3km、以下山線)と千歳、室蘭を経由する千歳線、室蘭本線経由の路線(旅客営業キロ318.7km、以下海線)との2路線がある。この2路線のうち札幌－函館間の定期直通列車や本州と北海道を結ぶ旅客列車、貨物列車が運行されているのは、海線経由の路線のみである。海線経由の路線は、山線経由の路線より32.4kmほど遠回りとなっているが、地形が平坦であり列車を高速に走らせること

ができることや室蘭、苫小牧、千歳など人口の多い主要都市を経由するため、札幌－函館間の幹線として利用されている。

しかしながら、札幌－函館間を連絡する鉄道路線としては、山線経由の路線の開通の方がはるかに早い。小樽中央(現小樽)－函館間に鉄道が開通したのは明治37(1904)年であり、翌38年小樽中央－住吉(現南小樽)間が開通し、すでに開通していた手宮－住吉－札幌間の鉄道(北海道炭鉄鉄道会社により営業)と合わせ、札幌－函館間が鉄道で結ばれることとなった。なお、住吉－函館間は、北海道鉄道株式会社による私鉄として開業した。その後、明治39(1906)年3月に公布された法律第17号鉄道国有法により、翌40(1907)年7月政府に買収された。なお、手宮－札幌間は同法により、すでに39年10月に買収されている。

札幌－函館間を結ぶこの路線は、大幅な改修工事が国有化されてからまもなく始められ、それは大正時代初期にかけて行われた。これは、札幌－函館間の中でも特に小樽－函館間の施設・設備の水準が低く、本州と北海道を連絡する幹線として、その役目を果し得なかったためである。施設・設備の水準が低かった原因には、私鉄として建設されたため工事費を極力少なくする必要と、建設時期が日露戦争と重なり、戦争遂行のために工事が急がれたことが存在する。その後、この路線は、昭和30年代まで、札幌など道央地域と道南地域の連絡のみならず、本州と北海道を連絡する主要幹線として利用された。

一方、現在、札幌－函館間の幹線となっている海線経由の路線であるが、千歳線の開通は大正15(1926)年、室蘭本線(長輪線)の全線開通は昭和3(1928)年である。しかし、これらの線区を利用した直通列車の運転は、第2次世界大戦後の昭和36(1961)年まで行われなかった。このことは、大正15年に開業した千歳線は、昭和18(1943)年に国有化されるまで北海道鉄道会社による私鉄経営であったことと、昭和30年代までは山線経由の路線の沿線人口の方が多かったことなどが原因としてあげられる。

昭和36(1961)年、全国規模の列車ダイヤ改正が行われ、北海道にも初めて特急列車が設定され、新製の特急用気動車が函館－旭川間を運行することとなった。この時から、海線経由の路線にも札幌－函館間の直通列車が設定され、その割合は年々多くなった。この間、海線は複線化などが積極的に進められ幹線としての整備が進んだが、山線の整備はあまり行われず、昭和62(1987)年にはすべての直通列車が海線経由となり現在に至っている。

3-2. 本研究における表定速度調査の対象年代

本研究では、調査の対象年代は明治40(1907)年～平成2(1990)年までとし、その間の時刻改正時の時刻表などから表定速度を算出した。第2表は、表定速度を調査した時刻改正年とその内容を記載した時刻改正年表である。

第2表 表定速度を調査した時刻改正年とその内容

改正年	改正内容	改正年	改正内容
1907	小樽－函館間国有化に伴う列車体系変更	1947	急行列車の復活
1909	道内幹線長距離列車増発	1950	経済復興による需要増のため列車増発
1913	滝川－富良野間開通による列車体系変更	1956	列車の増発
1922	長距離列車の速度変更	1961	列車ダイヤ白紙改正、道内初の特急設定
1924	急行列車の増発	1968	列車ダイヤ白紙改正、特急列車の増発
1926	青函連絡船設備改良と接続列車速度変更	1972	近代化車両の大量導入とネットダイヤの設定
1928	長輪線開通による列車体系の変更	1978	都市間優等列車の整備、保守間合確保
1931	道内長距離列車体系の整備	1981	石勝線開通による列車体系の変更
1932	急行列車の速度変更	1986	都市間優等列車体系の変更
1933	経済活況による列車増発	1987	国鉄分割民営化に伴うダイヤ改正
1942	戦争のため道内長距離急行列車体系変更	1988	青函トンネル開通による列車体系の変更
1943	函館－稚内間急行列車の増発	1990	特急増発、都市間優等列車体系の整備
1946	生活必需品、貨物列車優先ダイヤの設定		

※) 鉄道院年報、鉄道省年報、北海道鉄道百年史、鉄道ヒストリアルNo.541より作成

3-3. 札幌－函館間における表定速度の変遷

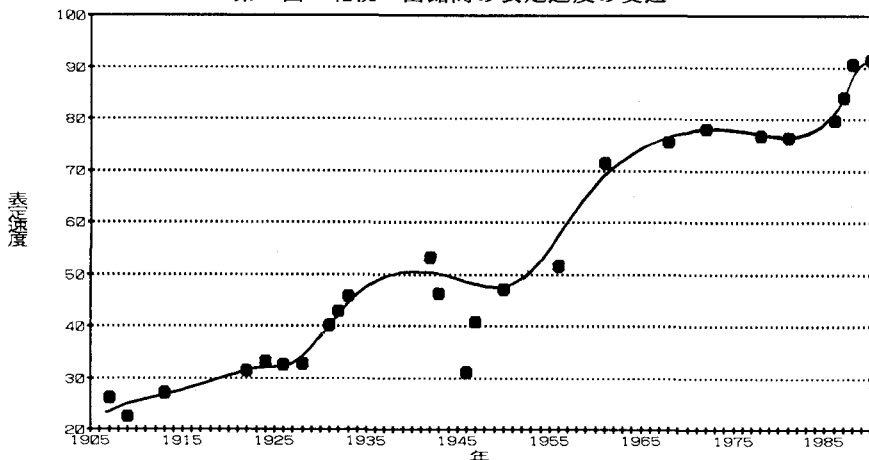
第1図は、明治40(1907)年から平成2(1990)年までの札幌－函館間における表定速度の変遷を示したグラフである。時代とともに、表定速度が向上していることが分かる。なお、従来の研究では、速度が向上する度に階段状の線で結んでいたが、本研究では、表定速度の変化の傾向をより把握しやす

くし、巨視的な観察の手掛りとなるように、それらを滑らかな線で結ぶことを試みた。

その結果、表定速度の変化は、単調な増加曲線ではなく、成長曲線モデルに似た曲線を示し、それを4回繰り返しながら変化していることが見られた。

また、昭和20年前後に表定速度の落ち込みが見られるが、これは、戦争による混乱が原因である。また、昭和30年代、40年代における表定速度の変化は他の時期に比べて非常に大きく、さらに、各時代とも、表定速度が向上した後、その伸びが安定するか若干落ち込む傾向を示している。

第1図 札幌－函館間の表定速度の変遷



3-4. 表定速度の変遷から見た札幌－函館間における鉄道システム発展の時代区分

成長曲線モデルは、時間の経過に伴い諸事象がいかに生成・成長・安定・衰退するか、それらの過程の記述を目的とするモデルである。成長曲線モデルは、一般に、1)初期始動期、2)発展成長期、3)安定減衰期の3段階に分けて説明されている。

さて、表定速度は、鉄道システム技術の水準を評価するのに適した指標である。したがって、表定速度の変化が成長曲線モデルに類似した曲線で結ぶことができるのは、鉄道システム技術が時代の進展とともに単純な発展をしているのではなく、鉄道システム技術を構成しているハードウェア、ソフトウェアそれぞれの技術が相互に関係しあいながら発展していることを示しているものと考えられる。このことより、鉄道システム技術の発展を成長曲線の3段階に合せると、それぞれの段階が持つ意味は以下となる。

- 1) 初期始動期：鉄道システムを構成する各技術が未成熟であるか、鉄道システムを構成する技術の一部分だけが進んでも他の技術が追従できずに効果を現せない時期。
- 2) 発展成長期：鉄道システムを構成する各技術の成熟度が高まり、それが相互に影響を与え合う時期。例えば高速走行に耐える施設・設備が設けられたと同時に高速走行が可能な車両が開発される。その結果、規制等が緩和され速度の向上が見られる時期。
- 3) 安定減衰期：鉄道システムを構成する各技術が成熟しきるか、一部技術の発展が停滞し、他の技術もそれによって停滞を余儀なくされ、さらなる発展が見られなくなる時期。また、鉄道システムを構成している要素以外（例えば経済不況や戦争等の社会的な変動）の影響を受ける事により停滞することもありうる。

さらに、成長曲線モデルは、事象の生成・成長・安定・衰退の過程の記述を目的とすることから、その事象のライフサイクル（時代）を表しており、時代区分を行うときの手掛りとなる。表定速度が成長曲線モデルに類似した変遷をしていることから、表定速度から鉄道システム技術のライフサイクルを判断することができ、それより時代区分を行うことができる。第1図では4つの成長曲線が見られるので、札幌－函館間における明治から現在までの鉄道システム技術の発展は、第3表に示した4期に区分できる。

また、第1図においてⅡ～Ⅳ期の初期始動期は、Ⅰ～Ⅲ期の安定減衰期と連続している。このことは、鉄道システム技術の発展が連続性を持ち、重層段階的に発展していることを意味しているものと

考えられる。

第3表 札幌－函館間における明治から現在までの鉄道システム技術発展の時代区分

期	年 代	内 容
I	鉄道国有化期 (1907～1926)	鉄道国有法により買収され、北海道と本州を結ぶ幹線として整備された時期。
II	昭和戦前期 (1926～1945)	全国的に鉄道網の整備が進められた時期で前半では表定速度の変化は小さいが、戦時下となってから変化が大きくなった時期
III	昭和戦後期 (1945～1985)	戦後の高度経済成長とともに新技術が投入され、特急列車の運転等が行われるなど陸上輸送の主役であったが、モータリゼーションなどの進展により斜陽化を迎えた時期。
IV	分割民営化期 (1985～1990)	国鉄の分割民営化に伴い、組織や制度、鉄道に対する考え方が大きく変化した時期で、再び表定速度が成長を始めている。

4. 札幌－函館間における表定速度の変遷と鉄道システム技術の発展

表定速度向上の主な要因は、①施設・設備の改良、②車両の改良、③運用、法制度であり、それぞれの要因が相互に影響しあい向上するものである。また、①～③の表定速度向上の主要因は、より具体的に見ると第4表に示したものを挙げることができる。

本研究では、札幌－函館間の表定速度の変遷に対し、①～③までの各要因が与えた影響について考察を行ったが、それらの各要因のうち、①施設・設備の改良として、複線化、停車場・信号場の設置を調査し、②車両の改良として、新製された機関車、気動車の導入時期を、③運用、法制度の変更として、列車の運転に関する規程の改正時期とその内容について調査を行い、考察を加えた。

第2図は、札幌－函館間における表定速度の変遷と複線化率の変化、停車場の新設、新製車両の導入を示したものである。なお、図中の縦軸は、新製車両の導入年を示したものである。また、第5表は、札幌－函館間における主要な新製車両の導入年表であり、第6表は、列車の運転に関する規程などの変遷年表である。

第2図において、戦後表定速度が著しく向上している時期にキハ82系特急気動車が導入されている。従来からの指摘通り、列車の気動車化が速度向上に果たした役割が大きかったことの現れであるが、この時期はまた、複線化も著しく進展した時期である。特急気動車の導入後も表定速度の向上が続いていることの背景には複線化するなかで施設・設備の改良が引き続き進められていたことが存在しているといえよう。

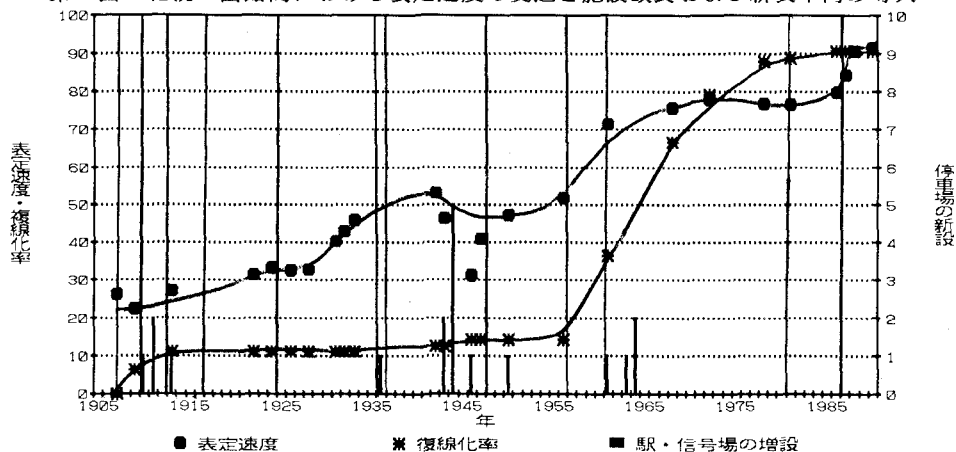
また、1930～40年代にかけて、複線化や停車場の増設は見られず、新製車両は昭和10(1935)年とある程度発展が終ってから導入されているが、かなり表定速度が向上している。この背景には、大正時代の施設・設備改良によってある程度の水準にまで整備されていたこと、大正13(1924)年に車両の種類や施設・設備の状態によって最高速度を明示した規程類が制定され、合理的な運転が可能となったこと等が存在する。さらに、この時期は、満州事変、日中戦争の勃発そして太平洋戦争の開戦と戦時下となり、本州、特に東京と札幌や陸軍の師団が存在した旭川、さらには樺太を短時間で結ぶ必要が強くなり、運転時刻の見直しが積極的にはかられ表定速度が向上したことも存在しよう。

さらに、1970年代後半から80年代前半では新製車両が導入されているが表定速度の向上は見られない。この時期は、国鉄の経営状態が悪化した時期とも一致しており、施設・設備や新技術への投資が難しい時期であった時期でもある。一方、新会社に移行してからは、他の交通機関に対する競争力を、従来よりもつけるために、積極的な新技術導入を行っていることが表定速度の向上原因と考えられる。

第4表 鉄道における速度向上の主要因

施設・設備の改良	軌道の強化	車両の改良	機関車出力の向上
	勾配緩和		ブレーキ・台車などの改良
	曲線改良	運用、法制度の変更	軽量化、電車・気動車化
	停車場の新設		客貨分離
	複線化		優等列車の設定
	信号や保安設備の改良		規程・規則などの改正

第2図 札幌－函館間における表定速度の変遷と施設改良および新製車両の導入



第5表 札幌－函館間における主要な新製車両の導入年表

導入年	形 式	導入年	形 式
1907	7800形式蒸気機関車他	1936	D51形式蒸気機関車
1909	9200形式蒸気機関車他	1947	C57形式蒸気機関車
1912	9580形式蒸気機関車他	1956	C62形式蒸気機関車
1916	9600形式蒸気機関車他	1961	キハ82系特急気動車
1924	9900形式蒸気機関車	1980	キハ183系特急気動車
1935	C55型蒸気機関車他	1986	キハ183系500番台特急気動車

※) 北海道鉄道百年史、新日本鉄道史、鉄道ビジュアルNo.541より作成

第6表 運転に関する規則、規程等の変遷

年	規 程	概 要
1873	鉄道寮汽車運輸規程	最高速度について具体的な指示なし
1900	鉄道運転規程制定	最高速度について具体的な指示なし
1901	列車運転及信号取扱心得制定	運転規程の具体的な補足。同上
1909	列車運転及信号取扱心得改正	国有化による規程の整備。同上
1924	国有鉄道運転規程、運転取扱心得制定	車両種類、曲線、勾配により最高速度を明示
1947	国有鉄道運転規程、運転取扱心得改正	線路種別による最高速度が付加される
1948	運転取扱心得改正	電車、気動車に関する最高速度が付加される
1955	日本国有鉄道運転規則(運輸省令第5号)制定	国有鉄道運転規程と国有鉄道信号規程の統合
1964	運転取扱基準規程制定	運転取扱心得の全面改正
1987	鉄道運転規則(運輸省令第15号)制定	分割民営化に伴う規則の改正

※) 日本国有鉄道百年史各巻、鉄道技術発達史Ⅶ巻、注解鉄道六法より作成

5. まとめ

本研究で明らかとなった点は以下の6点である。

- ① 鉄道をシステムとして捉えるとき、その発展を表す指標として表定速度が適していること。
- ② 北海道において、札幌と函館を結ぶ列車の表定速度が、時代とともに成長曲線に類似した曲線を描きながら変化していること。
- ③ その曲線は、鉄道の開通時から現在まで単一なものでなく、幾度か繰り返しをしていること。
- ④ 表定速度の変遷図より、鉄道システム技術発展の時代区分ができることを指摘し、札幌－函館間の鉄道システム技術の発展を4つの時代に区分したこと。
- ⑤ 表定速度が成長曲線に類似した曲線を描きながら変化する理由は、鉄道がシステムであるため、施設・設備、車両、運用、法制度の主要四要素が相呼応して発展していること。
- ⑥ 表定速度の変遷は、④に示したように主要四要素お互いの関係で決るものであるが、特に施設・設備(通路)の発達が重要な役割を果たしていること。