

ファビアン・ハンスマン | ウォルフガング・ネメツ | リチャード・スプールス

軌道を知り、軌道に乗る

KEEPING TRACK OF TRACK GEOMETRY

ドイツ、オーストリア、スイス、イギリスにおける鉄道軌道のあり方をたどる

[序文] 徳岡 研三

[訳文] 山本 泰子

文献情報:

書誌情報はドイツ国立図書館(Deutsche Nationalbibliothek)が発行しています。
ドイツ国立図書館は、本書をドイツ国立文献目録に掲載しています。詳しい書誌情報は、
<http://dnb.de> でご覧いただけます。

発行所	GRT Global Rail Academy and Media GmbH Werkstättenstraße 18 D-51379 Leverkusen
ハンブルク支店	Frankenstraße 29 D-20097 Hamburg Phone: +49 (0) 40 228679 506 Fax: +49 (0) 40 228679 503 Web: www.pmcmedia.com E-mail: office@pmcmedia.com
発行者/CEO	Silvia Goronzy
発行者/COO	Detlev K. Suchanek
制作	Dr. Bettina Guiot, Alexandra Schöner
配本	Sabine Braun
翻訳	Dr. Yasuko Yamamoto
表紙デザイン	Pierpaolo Cuozzo (TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf)
グラフィックデザイン	Peter Hartmann, Sonja Tschabuschnig-Fallmann (Designbüro Wienerwald)
印刷所	TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf

© 2021 PMC Media

1st Edition 2021

ISBN 978-3-96245-242-1

本書の全部あるいはその一部は、著作権により保護されています。発行者による許可なき複製・転載等は、著作権法上での使用を除き禁じられています。これはまた、あらゆる形態の複製、翻訳、マイクロフィルム化、電子システムへの組み込み・処理にも適用されます。

徹底的な調査にもかかわらず、出所を特定できない画像があります。画像の掲載に関して問題がある場合は、発行所にお問い合わせください。

A publication by



PMC Media is the publishing brand of
GRT Global Rail Academy and Media GmbH.

日本語版の「まえがき」

この度、ファビアン・ハンスマン、ヴォルフガング・ネメツ、リチャード・スプールス三氏の著作として、DACH諸国（ドイツ、オーストリア、スイス）およびイギリスの保線技術を詳述した日本語版の技術書『軌道を知り、軌道に乗る』が出版される運びとなり、大変喜ばしく感じています。この技術書により、日本においても欧州主要国における最新の保線技術に関する情報に触れることが可能となることに対し、お三方のご尽力はもちろん、ブラッサー&トイラー社を始めとする関係各社のご協力に心より敬意を表します。

旧国鉄時代においては、多数の保線技術者がフランス政府に給費留学生として渡欧し欧州諸国の進んだ保線技術を体得されていまして、これらの先輩方から欧州の情報をよくお伺いしていた記憶があります。当時の欧州関係の代表的な保線技術書としては、フランスのアリアス著『La Voie Ferrée(鉄道軌道)』、ドイツのシュラム著『Permanent Way Technique and Permanent Way Economy(鉄道軌道の技術および経済)』ならびに『British Railway Track(イギリスにおける鉄道軌道)』を挙げることができ、いずれの書籍にも当時の日本とは異なる保線技術が紹介されていて、例えばロングレール関係作業で用いられる「レール緊張器」の開発に当たっては『British Railway Track』から得られた情報が活用されています。

民営化後は、オランダのエスフェルト著『Modern Railway Track(現代鉄道軌道)』、オーストリアのリヒトベアガー著『軌道総覧』(徳岡訳)ならびにEN(欧州規格)、UICリーフレット、TSI(「相互直通運転を実現するための技術的な仕様」)、INNOTRACKガイドラインなどから多岐にわたる欧州の情報を入手し関係する鉄道各社等との共有に努めており、日本の保線技術と比較したうえで貴重な情報として活用しているところです。欧州の技術情報には日本とは異なる視点、観点到に立脚しているものが数多く存在していますので、とすれば日本という狭い国の中で保線という専門性の高い系統の内部意識に凝り固まってしまうがちになるといった同系交配的な弊害に対し、異系統間の境界領域で生まれる知的な刺激にも似た一種の学際的な効果を期待することができます。それ故、日本の保線技術の改革、改善に役立つ貴重なヒントが得られる可能性が大いにあり、これはこれまでの実績からも明らかです。こうした流れの一環として、最新の保線技術情報を存分に盛り込み詳述している本技術書によってもたらされる貢献は非常に大きなものになるという想定に疑いを差し挟む余地はなく、本書を十分に読み込むことで新たな技術的視点が得られ、これが将来における日本の保線技術の改革、改善に間違いなく繋がっていくことになると確信している次第です。

この技術書が、全国で鉄道保線をご担当されている皆様方に貴重かつ有用な参考書として親しまれ、以て鉄道の発展に寄与されんことを願ってやみません。

2021年10月

徳岡 研三

目次

日本語版の「まえがき」	3
はじめに	5
1 鉄道関係法令と技術基準	11
1.1 主なテーマ	11
1.2 鉄道と鉄道に関する規則・基準	11
1.3 技術基準の変遷 統一性から相互直通運転へ	12
1.3.1 技術基準の統一	13
1.3.2 法的基盤	14
1.3.3 相互直通運転	17
1.4 国境を越えた標準化	20
1.5 鉄道業界のガイドライン	21
1.6 結び	22
2 線路の基本的なしくみ	23
2.1 主なテーマ	23
2.2 システムとしての鉄道	23
2.3 車両限界と建築限界	23
2.4 軸重とその分布	29
2.4.1 上下方向の力とたわみ	29
2.4.2 横圧	32
2.4.3 軸圧	32
2.5 線路の分類	35
2.6 線路とその構成要素	37
2.6.1 レール	38
2.6.2 まくらぎ	48
2.6.3 レール締結装置	57
2.6.4 軌道の分類コード	63
2.6.5 道床	64

2.6.6	下部構造	71
2.7	分岐器	73
2.7.1	基本的なしくみ	74
2.7.2	用語について	76
2.7.3	主な構成部材	76
3	軌道線形的设计	79
3.1	主なテーマ	79
3.2	物理的な原理	79
3.3	鉄道路線の構成要素	84
3.4	限度値と標準値	86
3.5	緩和曲線とカントの逡減	89
3.5.1	緩和曲線とカントの直線逡減	91
3.5.2	緩和曲線とカントの曲線逡減	93
3.5.3	カント不足とカント超過	98
3.6	最小長さ	100
3.7	急激な曲率の変化を伴う反方向曲線(プロペラ曲線)	101
3.8	鉄道車両緩衝器のかみ合わせの不具合	102
3.9	軌道位置調整 軌道中心間隔のさまざまな寸法	103
3.10	勾配変化	104
3.11	結び	106
4	軌道変位と整正量の決定	107
4.1	主なテーマ	107
4.2	軌道変位	107
4.2.1	定義とその内容	107
4.2.2	軌道変位の種類	108
4.2.3	イギリスにおける軌道変位の測定	110
4.2.4	周期的高低変位	111
4.2.5	保守限度	112
4.2.6	軌道変位を整正する保守方法	114
4.3	形状測定の基本原理	115

4.4	絶対基準法	118
4.4.1	高低測定	118
4.4.2	通り測定	131
4.4.3	高低・通りの測定システム	136
4.5	相対基準法	145
4.5.1	4点手法 既知の路線パラメーターを用いずに行う相対基準測定	145
4.5.2	3点手法 既知の路線パラメーターを用いて行う相対基準測定	147
4.5.3	電子機器を用いた相対基準測定	148
4.6	局所的な変位の整正(スポットタンピング)	149
4.7	保守作業の一環としての軌道位置の上げ越し	151
4.8	結び	152
5	軌道線形の整正	153
5.1	主なテーマ	153
5.2	軌道保守の基本	153
5.3	マルタイを用いた形状整正	155
5.3.1	マルタイの種類	155
5.3.2	イギリスで主に使用されている機械の種類	158
5.3.3	マルタイの作業ユニット	158
5.3.4	持続可能なタンピング工程に向けた準備作業	162
5.3.5	軌道線形データの入力	163
5.3.6	タンピング作業の確認とそのパラメーター	167
5.3.7	スポットタンピング	170
5.3.8	協調タンピング	170
5.4	道床安定作業車とコンパクター	171
5.5	バラスト散布・整理機	172
5.6	結び	174
6	検収と品質保証	175
6.1	主なテーマ	175
6.2	検収	175
6.2.1	予備検収	175
6.2.2	最終検収	176
6.2.3	工事の品質証明	176

6.2.4	EN 13231-1による仕上がり限度	176
6.2.5	イギリスにおける仕上がり限度	177
6.3	仕上がり確認の流れ	177
6.4	イギリスにおける軌道更新作業の仕上がり確認.....	178
6.5	DB、ÖBB、SBB、NRが採用しているタンピング作業の仕上がり確認基準	178
6.6	車上記録システム	187
参考文献		195
著者紹介		207
略語一覧		209

1 鉄道関係法令と技術基準

ファビアン・ハンスマン

リチャード・スプールス

1.1 主なテーマ

本章では、DACH諸国とも呼ばれるドイツ語圏の3か国、ドイツ（ドイツ鉄道傘下のDBネットツェ社／DB Netze）、オーストリア（オーストリア連邦鉄道傘下のÖBBインフラストラクチャー社／ÖBB Infrastruktur）、スイス（スイス連邦鉄道／SBB）と、イギリス（ネットワークレール社／Network Rail, NR）で適用されている鉄道関係法令と技術基準の概要を紹介します。特に以下の点について取り上げていきます。

- これらの国々にはどのような鉄道インフラ整備関連の法規があるのか
- 国境を越えた技術基準はどのようなものが存在し、どの程度の法的拘束力を持っているのか
- ヨーロッパ共通の鉄道技術基準TSI(Technical Specifications for Interoperability)はインフラについてどのような内容を規定しているのか
- ISO規格とCEN規格の違いは何か
- DB、ÖBB、SBB、NRの路線網には、どのような技術上の規則と基準が適用されているのか

1.2 鉄道と鉄道に関する規則・基準

19世紀初頭に蒸気機関車による鉄道が開通すると、ヨーロッパ各国はこの「危険な」新しい輸送手段の利用を管理するために、さまざまな規則を設けました。イギリスでは1883年までに約130社の私有鉄道が設立されており、主に列車の安全な運行について規定した独自の規則集を持っていました。

1879年、ドイツ帝国最高裁判所は損害賠償請求をめぐる訴訟で、鉄道会社というものを以下のように定義しました。

「ある程度の距離にわたる人や物の移動を、金属製の基礎の上を通ってくり返し行うことを目的とする企業で、その基礎の材質、構造および平滑度は、重量物の輸送運動もしくは比較的高速の輸送速度の達成を可能にするものとなっており、その結果こうした特性は、輸送運動を生成するための自然の力（蒸気、電気、動物または人間の筋肉活動、傾斜地では輸送容器の自重と積載物の重量等）と相まって、企業活動において比較的強力な作用（状況によっては目的達成のためにのみ有効であったり、人命を奪い、人間の健康に被害を及ぼしたりする）をもたらしうる[1]」

ここまで詳しい鉄道会社の定義は、どちらかというと大げさに聞こえますが、当時は新しい輸送手段に対し、一般的に警戒心が強かったことがうかがえます。

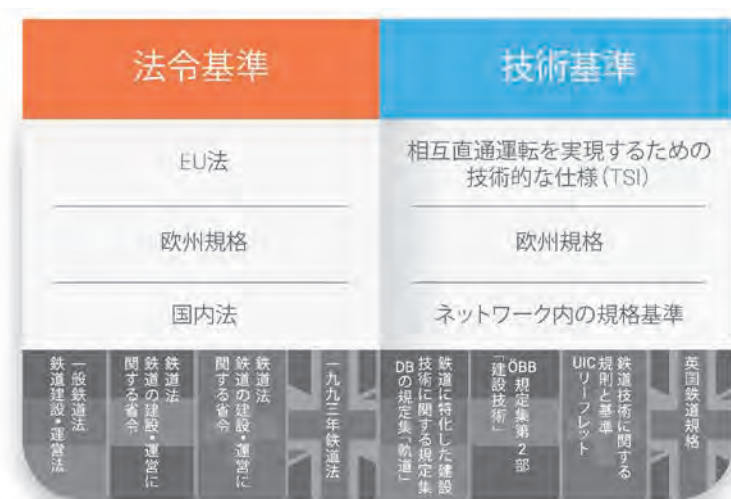
それにしても、「鉄道」という概念には一体どのような意味が込められているのでしょうか。

ドイツ語の場合、この「鉄道」という概念を明確に定義することは重要です。日常では曖昧な意味で用いられており、そのことが法的・技術的枠組み条件において大きく影響するためです。そうしたことから、ドイツ語圏の鉄道について論じる際には以下2つの側面を考慮する必要があります。

1. 自動車のような他の交通手段とは違い、鉄道は本来、資産の構築と運営のためのものであった。2001年になって、欧州連合（EU）がようやくこの元来の意味から切り離して考えることで、インフラへの自由なアクセスに向けた基礎を築こうとした[2]。今日では、鉄道インフラ管理者と鉄道事業者は、はっきりと区別されている。

2. 規則や基準を適用する際には、それぞれシステムのどの部分に適用するかに注意する必要がある。国によっては普通鉄道、路面電車、地下鉄などについて、異なるガイドラインを設けている場合がある。

鉄道に関する法律や規則、ガイドライン、作業要領は数多く存在するためその概要を全て把握することは困難です。本章の以下の節では、先に挙げた4か国の法令と技術基準の基本的な相関関係を解説します(図表1-1)。その際、鉄道インフラに関連する問題に焦点を当てていきます。



図表1-1 鉄道関係法令と技術基準

1.3 技術基準の変遷 統一性から相互直通運転へ

鉄道網は当初、いずれも自己完結型のネットワークとして作られ、それに関する規則や基準は個々に定める規格が中心でした[3, p. 20]。

規格とは「合意に基づいて作成され、公認機関によって承認された文書を指し、一般的もしくは反復的な適用に向けて活動またはその産物に関する規則やガイドライン、特性を規定するものである。その最終的な目的は、特定の文脈において可能な限り最高レベルの秩序を実現することである」[4, p. 25]。

1843年、ドイツのアーヘンとベルギーのリエージュを結ぶ鉄道が開通し、国境を越えた初の鉄道路線が誕生しました。その当時から、鉄道会社が公営であれ民営であれ、技術的な枠組み条件の統一が必要であると考えられるようになりました。しかし、鉄道網がそれぞれ非常に異なるシステムを持ち、軌間を統一する動きが見られなかったことから、国境を越えた鉄道運行という経済面でのニーズはなかなか満たされませんでした。その一方で、各国の軍当局は戦略的な関心から、国境を越えた往来をできる限り制限・管理しようとしてきました。今日でもヨーロッパ各地で異なる軌間が採用されているのはその名残です(図表1-2)。



図表1-2 軌間の違いに見られる鉄道の戦略的役割

1.3.1 技術基準の統一

軍当局が懸念を示していたにもかかわらず、ドイツ、フランス、イタリア、オーストリア、ハンガリー、スイスは1882年から1886年の間に**鉄道規格統一会議**(Conférence internationale pour l'unité technique des chemins de fer)の基礎を築きました。それは、国境を越えた往来に向けて鉄道史上初めて軌間・軸距・連結器などの重要なパラメーターについて定義した国家条約でした。この条約は、1938年にはヨーロッパ全土で効力を持つようになっていました。EUが誕生し、「相互直通運転」という概念が注目されるようになるよりもずっと前のことです。条約は20世紀末まで破棄されずに存続し、その文言は現在のヨーロッパの規則や基準のところどころに見られます。イギリスでは、軌道に関する法律が初期の議会制定法の1つとして1846年に制定され[5]、イギリス本土で4 ft 8 ½ in (1,435 mm)、アイルランドで5 ft 3 in (1,600 mm)の標準軌間の採用が義務づけられました。これに伴い、グレート・ウエスタン鉄道は以後、7 ft 0 ¼ in (2,140 mm)の広軌を敷設することができなくなりました。

ヨーロッパでは、1922年10月17日に**国際鉄道連合**(Union internationale des chemins de fer, UIC)がパリで設立されました。鉄道システムの建設・運営の標準化と改善を目指し、29か国51団体によって発足した団体です。今や全世界から企業やサプライヤー200団体が参加しています。もはや鉄道会社だけの組織ではなくなり、鉄道分野の代表的な業界団体として世界中で高い評価を得ています。ヨーロッパの鉄道網の統合を目指すEUの「鉄道パッケージ」や指令により、UICは著しく重要性を失いましたが、さまざまなテーマを取り上げたUICリーフレット(ロングレールの敷設とメンテナンスに関するUIC規格720など)を現在も数多く発行し続けています。中でも軌道敷設に関しては、特に作業部会71と72のリーフレットが重要です。こうしたリーフレットは広く受け入れられているにもかかわらず、法的拘束力を持つのは契約上の合意がある場合に限られています。いずれも徐々に新たな「国際鉄道ソリューション(International Railway Systems, IRS)」として発行されたり、これに置き換えられたりすることが計画されています。