

ドイツの専門上級学校における物理教育の変遷

－新旧教科書の比較考察－

田中 賢二 ・ 田中 啓太

ドイツの職業教育諸学校の一つ、専門上級学校に焦点を当て、新旧物理教科書の比較考察に基づき、物理教育の変遷を明らかにしてきた。技師学校、高等専門学校の専門大学への昇格とともに、準備校として、職業上構学校などから創られてきた40年程度の伝統を有する専門上級学校用の新旧物理教科書において、物理教育の概念・構造が大きく異なっている。旧では、力ではじまり電気などを経て原子でおわるが、新では力と電気だけという範囲に違いがあること、重複（共通）している索引の割合は、旧では5%程度、新では30%程度であることなどは、学校の創生期（多様な生徒）からの隔りなどを経てきた、独自性の確立であり、また、単位系移行からの完了などが背景といえる。

Keywords：ドイツ、専門上級学校、物理教育、変遷、教科書比較

I. はじめに

ドイツ語圏における物理教育の概念・構造はどのように変わってきたのであろうか。職業教育を行う学校、ドイツの専門上級学校では、どのようなものであろうか。

既に、筆者の一人は、ドイツについては第二次世界大戦以前において世界をリードしてきた物理学の伝統を背景にもつ（西）ドイツにおける物理教育の現代化¹⁾など一連の研究を行ってきた。ほぼ40年を経て、東ドイツ（ドイツ民主共和国 Deutsche Demokratische Republik）は、邦（Land）を復活し、西ドイツ（ドイツ連邦共和国 Bundesrepublik Deutschland）に編入する形で、ドイツ統合（1990）に至った。いわゆる西ドイツ化のもと、この旧東ドイツ地区のチューリンゲン邦に、更に、チューリンゲン邦の東隣に位置しているザクセン邦に焦点を当て、8年制ギムナジウムの物理教育の現状^{2, 3)}を、明らかにした。

オーストリア（Republik Österreich）の後期中

等教育段階における物理教育については、8年制普通教育中等学校の上級段階（通算呼称で第9～12学年）との比較などを通じて、5年制職業教育中等学校（通算呼称で第9～13学年）における物理教育の現状⁴⁾を、更に、8年制普通教育中等学校における物理教育の変遷⁵⁾も、明らかにした。

スイス（Schweizerische Eidgenossenschaft）については、ドイツ語圏ベルン邦（Kanton）に焦点を当て、ギムナジウム（通算呼称で第9～12学年）における物理教育の現状⁶⁾を、明らかにした。

加えて、オーストリアとスイスとに挟まれたドイツ語を公用語とするミニ国家・リヒテンシュタイン（Fürstentum Liechtenstein）については、初等・中等教育段階における科学教育の現状⁷⁾も、明らかにしてきた。

かつて、（西）ドイツにおける物理教育の現代化に関する一連の研究の中で、普通教育と職業教育との統合という観点から注目しに値するバーデン＝ヴュルテンベルク邦の職業ギムナジウムの物理教育に焦

岡山大学大学院教育学研究科自然教育学系理科教育講座 700-8530 岡山市北区津島中3-1-1

The Changes in Physics Education at the Fachoberschule (Vocationally-oriented Upper Secondary School) in Germany - Comparative Study between the Old and the New Textbook -

Kenji TANAKA

Department of Science Education, Division of Natural Science Education, Graduate School of Education, Okayama University, 3-1-1 Tushima-naka, Kita-ku, Okayama 700-8530

津市立久居西中学校 514-1253 三重県津市久居一色町940

Keita TANAKA

Hisainishi Junior High School, 940 Hisai-itusiki-cho Tu 514-1253

点を当て、普通教育ギムナジウムと比較考察⁸⁾してきている。

引き続き、本稿の具体的な目的は、ドイツの職業教育諸学校の一つ、専門上級学校に焦点を当て、新旧物理教科書^{9, 10)}の比較考察に基づき、物理教育の変遷を明らかにすることである。

並行して、ドイツ・バイエルン邦の職業教育諸学校に焦点を当て、いわば学校教育法、同施行規則、学習指導要領などを手がかりにし、普通教育諸学校との対比などから物理教育を、共同して整理している¹¹⁾。「(ドイツ・バイエルン邦の)学校は、中等教育段階が分岐するフォーク型の普通教育諸学校と中等教育段階に属する多様な職業教育諸学校などに、峻別されている。中等教育段階に属する普通教

育諸学校には教科物理があるが、職業教育諸学校ではなかったり、多くの授業時間数が配当されているなど多様であり、教科物理がある職業教育諸学校の学校種・科などでも、熱、原子、光、天文などを扱わないという偏りがあった。」が、要旨である。

II. 枠組み

II. 1. 職業教育諸学校

ドイツにおいて社会に出る主要な経路は、図1¹²⁾のようになっている。社会における職業活動の区分は、あたかも中等学校の3分岐（ギムナジウム、レアールシューレ、ハウプトシューレ）と対応しているように、3区分で把握される。

ドイツにおける後期中等教育段階に属する普通教

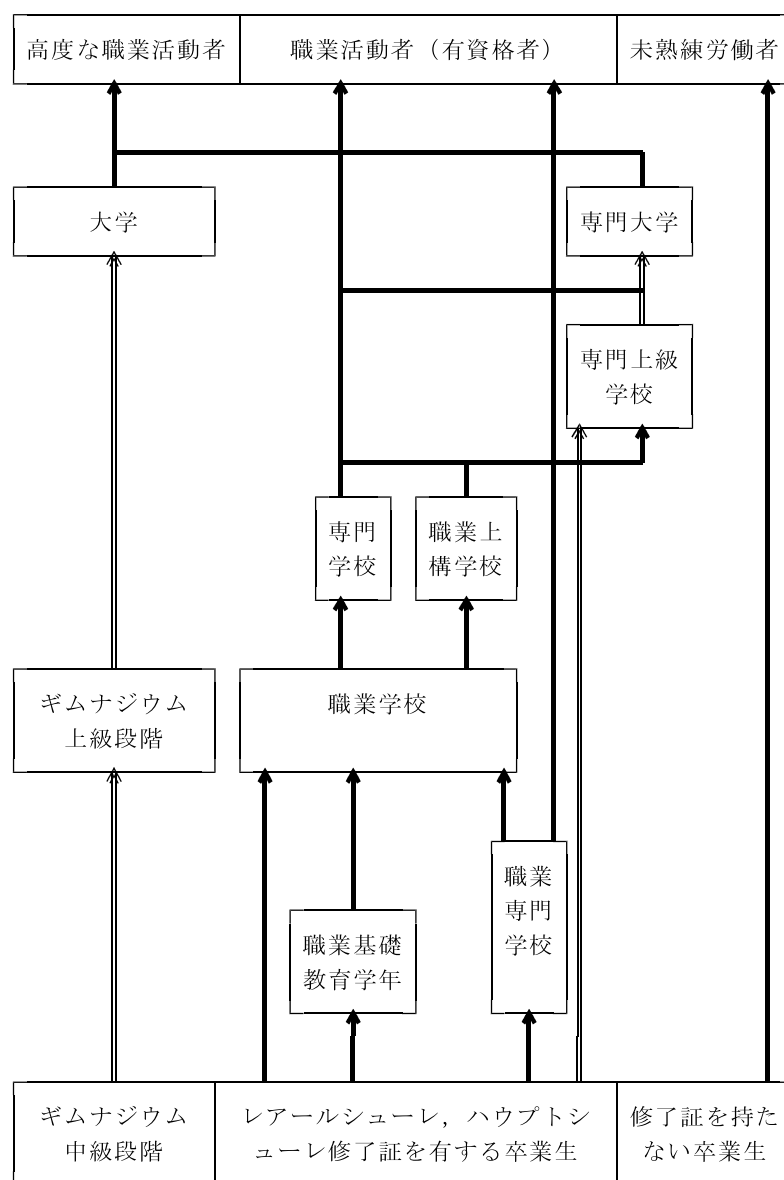


図1 社会に出る主要な経路

但し、大学ないし専門大学を経る主要な経路は、**=====>**で加筆している。

育学校は、(普通教育)ギムナジウムの上級段階(通算して11~13学年)である。一方、職業教育学校の種類は少なくない。

ドイツ(連邦共和国)においては、教育の管轄権が邦(Bundesland: Staat)にあることを、ドイツ憲法である基本法(第7条)によって確認でき、また、職業教育学校制度も、各邦によって少しづつ違っており、多様性を特徴としている。

II. 2. 専門上級学校

ドイツには、大学(Hochschule)と専門大学(Fachhochschule)とがあり、大きな違いは博士学位授与権(Promotionsrecht)と大学教授資格付与権(Habilitationsrecht)を有するか、いないかである。

かつては、高等教育段階の様々な機関は、学術大学(Wissenschaftliche Hochschulen)、教育大学(Pädagogische Hochschulen)、教員試補研修所(Studienseminare)、芸術大学(Kunsthochschulen)、技師学校(Ingenieurschulen)、高等専門学校(Höhere Fachschulen)などに区別されていた。

これらの内、技師学校、高等専門学校を前身として、1970年頃から、諸邦で専門大学が創設(学校から大学への昇格)され、その専門大学への入学準備段階に、職業教育学校に数えられている専門上級学校が準備されてきた。

例えば、バイエルン邦の職業教育諸学校を含む学校制度と専門上級学校に関する定め(第6, 16条)¹³⁾が、表1である。

表1 バイエルン邦の学校制度と専門上級学校(バイエルン邦学校教育法 第6, 16条)

<p>学校制度の構成 第6条 (1) 学校は、普通教育諸学校と職業教育諸学校とに分かれる。独自の使命と同等の使命とを有している。 (2) 以下の学校種がある。 1. Allgemeinbildende Schulen: 普通教育諸学校 a) die Grundschule, 基礎学校 b) die Mittelschule, ミッテルシューレ(ハウプトシューレ) c) die Realschule, レアールシューレ d) das Gymnasium, ギムナジウム e) die Schulen des Zweiten Bildungswegs: 第二の道の学校(生涯教育) aa) die Abendrealschule, 夜間レアールシューレ bb) das Abendgymnasium, 夜間ギムナジウム cc) das Kolleg (Institut zur Erlangung der Hochschulreife); コレーク(大学入学資格証取得機関) 2. Berufliche Schulen: 職業教育諸学校 a) die Berufsschule, 職業学校 b) die Berufsfachschule, 職業専門学校 c) die Wirtschaftsschule, 経済学校 d) die Fachschule, 専門学校 e) die Fachoberschule, 専門上級学校 f) die Berufsoberschule, 職業上級学校 g) die Fachakademie; 専門アカデミー 3. Förderschulen (Schulen zur sonderpädagogischen Förderung): 特別支援学校(特殊教育の支援を行う学校) a) allgemeinbildende Förderschulen, 普通教育をする特別支援学校 b) berufliche Förderschulen; 職業教育をする特別支援学校 4. Schulen für Kranke, 病弱者のための学校 ...</p> <p>第16条 Die Fachoberschule 専門上級学校 (1) 普通教育, 専門理論かつ実践的教育を授ける。 (2) 中級学校修了証の上に接続する。11と12学年からなり、11学年では、授業に、専門実践的な実習が加わる。 (3) 以下のような科が準備される。 1. Technik, 工業 2. Agrarwirtschaft, Bio- und Umwelttechnologie, 農業・生物テクノロジー・環境テクノロジー 3. Wirtschaft und Verwaltung, 経済・行政 4. Sozialwesen, 厚生 5. Gestaltung, 造形</p>
--

* 大学入学資格には、すべての大学タイプとすべての専門分野に入学することができる「一般大学成熟証」(allgemeine Hochschulreife), すべての大学タイプの特定の専門分野にのみ入学できる「専門分野大学成熟証」(fachgebundene Hochschulreife), 専門大学にのみ入学できる「専門大学成熟証」(Fachhochschulreife)に区分される。通常、大学成熟証はギムナジウム(かつては、通算呼称第13学年)で、専門大学成熟証は専門上級学校(通算呼称第12学年)で、取得する資格である。

なお、バーデン＝ヴュルテンベルク邦では専門上級学校はなく、その代わりに、専門大学成熟証をもたらす職業コレクという学校がある。

専門上級学校で、造形、経済・行政（各15邦）、工学（14邦）、農業、栄養・家政、厚生（各10邦）、健康・社会（8邦）のような職業関係の学科が準備され、バイエルン邦では、5学科：工業、農業・生物テクノロジー・環境テクノロジー、経済・行政、厚生、造形である。

定評のある職業教育を行うドイツの諸学校の内、40年程度の伝統を有する専門上級学校に焦点を当て、ドイツ語圏における物理教育の概念・構造はどのように変わってきたのかを見ていきたい。「専門上級学校用（für Fachoberschulen）」と銘打った新旧物理教科書を、手がかりにしていこう。

Ⅲ. 新旧教科書比較

Ⅲ. 1. 比較資料：新旧教科書

表2が、比較検討資料：専門上級学校用新旧物理

教科書で、35年程度の隔たりを有している。

頁数、装丁、サイズ、掲載実験数、索引数、章節構成など、様々な違いがある。しかし、小節当たりの頁数はほぼ同じ（2.4=512/213, 2.7=351/132）である。

新教科書は「専門上級学校用」だけでなく、「職業上級学校用（für Berufsoberschulen）」と「工業学科用（für Technik）」と併記されている。これは、例えば、バイエルン邦などの職業教育学校の発展において、専門上級学校と職業上級学校とを包括する新しい動きに対応している。

旧教科書の奥付には、「職業上構学校と専門上級学校用として省認可（Ministeriell genehmigt für den Gebrauch an Berufsaufbau- und Fachoberschulen）」と明記されている。例えば、バイエルン邦では1968年9月に検定済みである。実際に扱った旧教科書は、第4版（1974）で、第1版（1971）と若干の変化がある。表3が、旧教科書の第4版（1974）の序である

表2 比較検討資料：専門上級学校用新旧物理教科書

	旧物理教科書	新物理教科書
教科書名	Physik für Fachoberschulen	Physik für Fachoberschulen/Berufsoberschulen Technik
著者	Höfling, Oskar und Heinrich Kühme	Hans Scheiderer
出版年	1971	2007
頁数	512	351
出版社	Dümmler	Bildungsverlag EINS
装丁	ハードカバー・単色	ペーパーバック・多色
サイズ	145*205mm	170*240mm
ISBN	3427412539	978-3-8237-7993-3
掲載実験数	401	70
索引延数	1676（人名&事項索引、単位もある）	296（単位はあるが人名索引なし）
章節構成	3階層：10章47節213小節	4階層：8章（補章2を含む）49節132小節91小小節*

*一部、5階層目、1,3.2.A) a)・b)、1,3.2.B) a)・b)もある。

表3 専門上級学校用旧物理教科書第4版（1974）序

第1版の序

本書は、第2の教育の道における二つの非常に新しい学校種、専門上級学校（職業上構学校の後身）、及び、教育内容と目標において専門上級学校の第10学年に相当する2年制・全日制の実業職業専門学校（gewerbliche Berufsfachschule）（実業学校Gewerbeschule）、の生徒を念頭においている。専門上級学校の生徒は、様々な経済的・社会的背景と職業を有している。教育歴が非常に違っている；国民学校（ハウプトシューレ）卒、かつてのオーベルシューレ・レアルシューレ卒、年齢も専門も異なる徒弟や職人である。

このような多様性から内容の提示に問題点が幅広く生じる。容易に理解できる様式と簡単に明快な語彙、多くの実験や挿絵を使うことは、物理・技術的思考を容易にし、支援することを助ける。

内容は専門上級学校の目標に即している。物理教育で達成可能な目標は、学年の構成に従い違ったものになり得る。それ故に、本書では、内容分野の広さがある。深くかつ広範に扱うことが可能な適切な箇所を工夫する可能性を、教員に与えている。

第3・4版の序

第3版では、1970年にともに実施された「測量単位法」「同施行規則」による単位が適用されている。但し、距離の略記号 s との混乱を避けるために、秒という単位には略記 sec が使われている。

第4版は第3版から変更されていない。

同僚教員諸氏の活用、示唆、提案には、感謝を表したい。

著者

序の冒頭で触れている第2の教育の道 (Zweiter Bildungsweg) とは働きつつ学ぶ勤労青少年などの進学の道であり、この袋小路を開く1970年頃に行われた学校制度改革があり、職業上構学校から発展した専門上級学校、その前段階の学校の一つとしての職業専門学校が作られたこと、これら用の教科書は、多様な前歴・年齢の生徒用であることを確認できる。

更に、S I 単位系を基礎にした法定単位 (gesetzliche Einheiten) が、ドイツで実施されていく過渡的処置 (完全実施1978年) に対応させていることも、確認できる。旧教科書では、504頁に、例えば、圧力では、Torr, atm, at (kp/cm^2), Pa (N/m^2) など、換算表がある。単位系移行期であることを物語っている。

なお、新教科書には、序はない。

Ⅲ. 2. 目次

物理教育の概要を知ることができる教科書の目次などから、順序・範囲などの変化を、読みとっていく。

それぞれ、内容構成の第1段階、章を、表4で対比的に示した。

旧と新とでは、範囲で大きく異なっている。新は力と電気だけである。旧では力が静力学と動力学に分かれ、その間に磁気、電気などが配置され、最後に原子で終わっている。ただ、力で始まることは、新旧で同じ、変わらないといえる。

更に、学習内容の全体像、要素などを知ることができる索引に注目する。

Ⅲ. 3. 索引

新旧教科書で索引数は非常に違っている。表5に示したように、頁数、頁面積だけを考えれば、ほぼ同じ分量の教科書であるが、しかし、旧教科書の索引 (実) 数は新に比べて、5.14 (=1435/279) 倍であり、索引の密度 (頁当たりの索引数) も大きい ($2.80=1435/512 > 0.79=279/351$)。

索引には、「を見よ」や「をも見よ」によって相互参照を指示したり、本文中で「などと呼ばれる」として、同一概念に対して複数の語が存在すること

表4 新旧教科書の目次 (章)

	旧物理教科書	新物理教科書
教科書名	Physik für Fachoberschulen	Physik für Fachoberschulen/Berufsoberschulen Technik
	序	目次
	目次	(導入: 始めに, 基礎)
第1章	測定	運動とエネルギー
第2章	力学	力学的振動
第3章	熱学	重力
第4章	振動と波	電場
第5章	光 (光学)	磁場と誘導
第6章	磁気	交流回路における素子
第7章	電気	補章「重力場」
第8章	動力学	補章「点対称電場」
第9章	エネルギーと機械	(解答)
第10章	原子の世界	(事項索引)
	(人名・事項索引)	

表5 新旧教科書における頁サイズ（面積）の違いを考慮した時の分量（頁数×頁面積）

	旧教科書	新教科書	
出版年	1971	2007	比率（新／旧）
頁数	512	351	0.69
サイズ（cm）	14.5*20.5	17.0*24.0	
頁面積（平方cm）	297.25	408.00	1.37
頁数×頁面積	152192	143208	0.94

表6 新旧教科書索引における重複の有無別索引数とそれぞれの割合, 重複索引1組に属する索引数, 索引の実数・延べ数

	重複の無い索引数	重複の有る索引数	重複組数	重複1組当たりの索引数	実数(重複無+重複組数)	延数(重複無+重複有)
旧	1221 (72.9%)	455 (27.1%)	214	2.1 (455/214)	1435	1676
新	264 (89.2%)	32 (10.8%)	15	2.1 (32/15)	279	286

	延数(重複無+重複有)	実数(重複無+重複組数)	延べ/実数	頁数	実数/頁数	延べ/頁数
旧	1676	1435	1.17	512	2.80	3.27
新	296	279	1.06	351	0.79	0.84

を明示することで、重複索引が存在する。表6が、それらの状況をまとめて示している、つまり、新旧教科書索引における重複の有無別索引数とそれぞれの割合, 重複索引1組に属する索引数, 索引の実数・延べ数である。

重複の有る索引数（割合）が、新教科書より旧教科書の場合が大きい（27.1% > 10.8%）。なお、それらの重複1組当たりの索引数は同じ、変わらない（2.1=2.1）。

図2が、新旧教科書索引のベン図である。なお、要素数の比を面積の比に対応するように作図している。

重なりに注目し、旧において「94.3%が消えた：5.7%が残った。」、新において「29.4%が変わらな

かった：70.6%が加わった。」、旧で9割5分程度が消え、新では7割程度が更新（加わった）されたと言える。重複（共通）している索引の割合は、旧では5%程度、新では30%程度である。学習内容が、大きく変わったことを示している。

図3は、教科書索引の3（旧, 新, 重複）グループ別における学習分野別割合(索引数)の比較である。

3グループとも電気と力が同じような割合である。（電気～力）

新旧でその他が電気や力と同じような割合である。（電気～力～その他）

しかし、新では、既に目次から電気と力だけが範囲であることが判ったように、索引からも確認でき

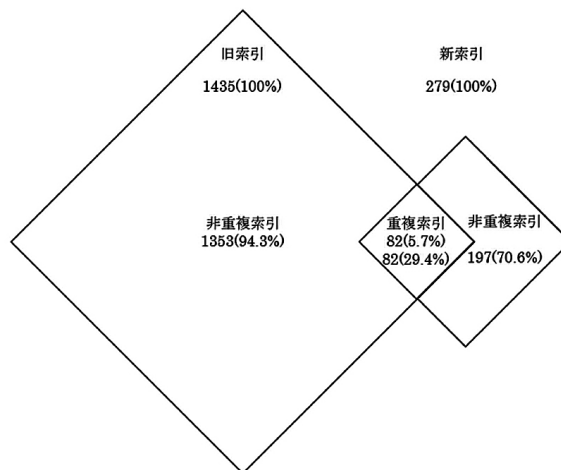


図2 新旧教科書索引のベン図

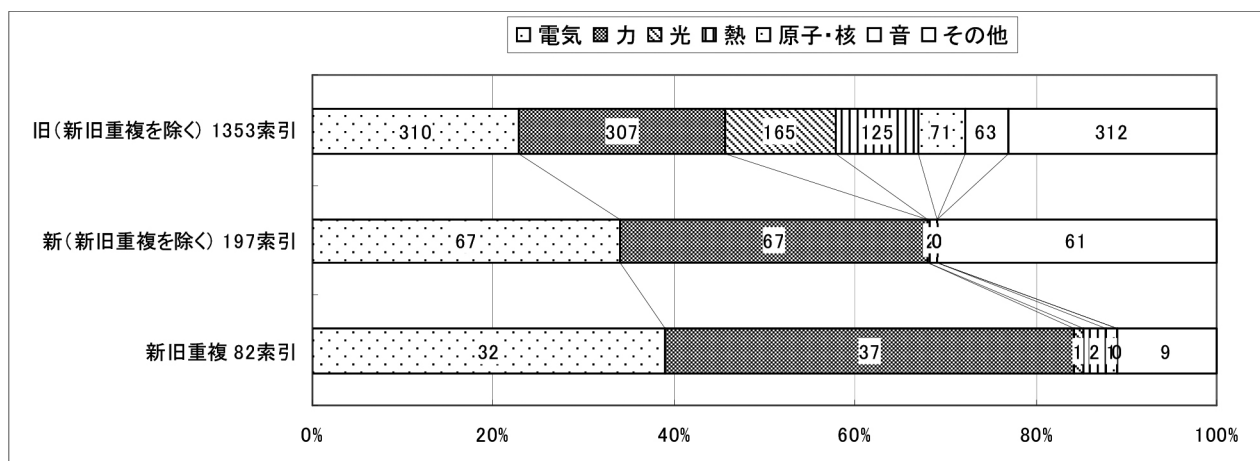


図3 教科書索引の3（旧，新，重複）グループ別における学習分野別割合（索引数）の比較

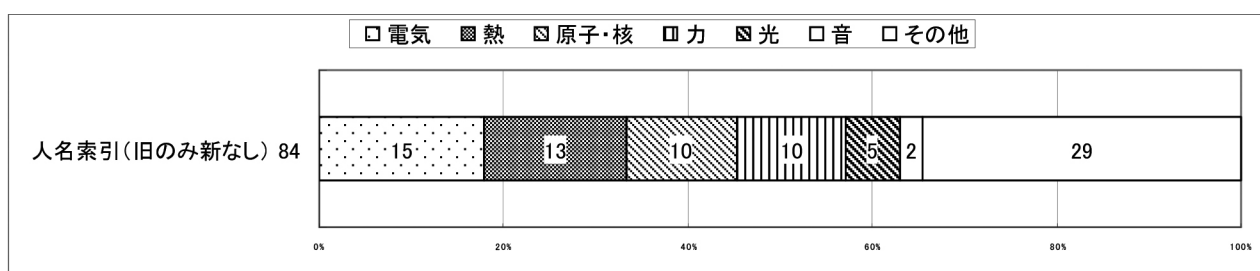


図4 人名索引（旧教科書のみ新教科書なし）の学習分野別割合（索引数）

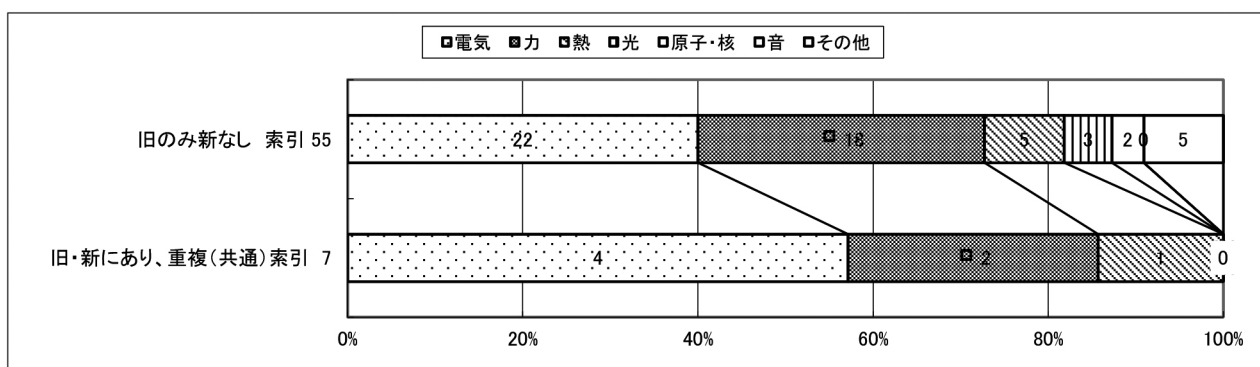


図5 単位に関する索引（新教科書のみは、なし）の学習分野別割合（索引数）

る。旧では、電気、力から原子・核まで一通りカバーしている。

また、旧のその他には、道具（写真機、腕時計、竿秤、レター秤、眼鏡、橋天秤、デービー安全灯、スライドプロジェクター、…）、楽器（金管楽器、木製縦笛フルート、ホルン、クラビネット、楽器、オーボエ、弦楽器、トランペット…）、人体（脈絡膜、目、眼球、目の水晶体、チン小帯、屈折異常、黄斑、硝子体、…）に関する索引があるのに対して、新のその他には、数学（スカラー積、ベクトル外積、ベクトル図、位置ベクトル、弧度、単位ベクトル、微分方程式、直交座標系、…）、天文（ケプラーの定数、ケプラーの法則、衛星、近日点、月の落下計算…）

に関する索引があることで、対比的である。

量だけでなく、質的にも、学習内容が、大きく変わったことを示している。

図4は、人名索引（旧教科書のみ新教科書なし）の学習分野別割合（索引数）である。

新教科書では人名索引はないが、旧ではその他も少なくない。技術者、発明家、企業家、事業家など（バッハ、C.F. ベンツ、クリストファー・コロムブス、カーティス、ダイムラー、ダルトン、ディーゼル、グスタフ・テオドル・フェヒナー、…）を挙げているからである。

人名索引からも、学習内容が、大きく変わったことを、垣間見ることができる。

図5は、単位に関する索引（新教科書のみは、なし）の学習分野別割合（索引数）である。

新旧ともにある単位に関する索引は、7クーロン、ヘンリー、ヘルツ、ジュール、ニュートン、テスラ、ウェーバしかない。

旧でなく新のみである単位に関する索引はない。一方、新でなく旧のみである単位に関する索引は、MKS単位でないもの、接頭語を含む単位もあげら

れ、非常に多くなっている。

単位に関する索引からも、学習内容が大きく変わったことを、垣間見ることができる。

Ⅲ. 4. 事例

最後に、目次、索引ではなく、具体的な事例、それぞれの教科書の最初（表7）と最後（表8）の節を見ていきたい。

表7 新旧教科書の最初の節

旧：§ 1 物体の空間占有と状態S.13-14
<p>我々の感覚器官で認識できるもの全ては、例えば、石、植物、動物、人間を、物理学では物体という。机、本、自動車、飛行機も、物理学的な意味で、物体である。多様性に拘わらず、身のまわりの物体は共通の特性を有している。つまり、特定の空間を有している。全ての物体のこの特性は、空間占有性と称されている。物体を占める空間の枠内は、形や内実（Form oder Gestalt）を決める。物体の占める空間の大きさが、容積や体積（Rauminhalt oder Volumen）である。</p> <p>他の物体がある所に、持つてこようとすれば、それを前もって遠ざけたり、押しのけたりするにちがいない。そして、どの物体も空間を満たし、決して、同時に同一場所に2つの物体が存在できない。それ故に、どの物体も他の物体の排除で、一定の抵抗に出会う。この抵抗を克服して、その物体を追いやる。</p> <p>実験1： 水の入った桶には紙切れbを立てたコルク板が浮かばせてある、ビーカーCを水の入った桶に逆さまに入れ、沈めよう（図1）。</p> <p>図1. 水はビーカー内に少ししか入らない、というのはビーカーの内部空間は空気を満たされているからである。</p> <p>実験2： 漏斗とコックで開閉可能なガラス管とが、コルクを通じてピンに挿入されている（図2）。コルクを閉じ漏斗に水をいっぱいに入れ、観察する。次に、コルクを開ける。</p> <p>図2. ピンに入っている空気は水が更に入ってくることを妨げる：コックを開き空気を動くようにすれば、すぐに、水は入っていく。</p> <p>実験1, 2から、空間を占有している気体状の物体に何が起きているかを考えよう。この現象が実際の役割をどこで起きているかを指摘しよう。（漏斗によるピンへの液体注入、潜水鐘）</p> <p>物理学において気体液体固体を区別し、3つの状態、集合状態を問題にする。これらの容積や体積を変えることを試みれば、様々な物体で違った抵抗であることがわかる。つまり、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 固体は変化に対して大きな抵抗を示す 2. 液体は体積変化には大きい、形態変化には小さい 3. 気体は体積・形態変化に対して抵抗が少ない。 <p>例えば、鍛造（たんぞう, forging）とは、金属加工の塑性加工法の一つ。金属をハンマー等で叩いて圧力を加える、流体圧、酸素ボンベ内の気体。</p> <p>他の事例を挙げなさい。</p>
新：始めにS.13
<p>身の回りの自然科学現象の概観できないほどの多さは、規則性なしに進展しているのではなく、合法性の影響下にある。自然科学としての物理学は、自然法則の探究を、問題にする。その際、観察、実験、測定に、依存している。</p>

起原は古代までに立ち戻る。既に、古代ギリシャの人間は力学と光学とを問題にしている。(アルキメデスは、紀元前250年頃、テコの法則、浮力についての法則を発見した。アリストテレスは紀元前384-322年におそらく最初だろうが物体の運動の基礎的な考察に着手した。その見解が、ほぼ2000年の永きにわたり、正しいものとされ、大学で教えられてきた)

ギリシャ文化の滅亡が物理研究の大きな中断をもたらした。17世紀に初めて、力学と光学の分野で研究の再建に至った。ガリレオ(1564-1642)が、学術的真理への接近として実験を自然科学へ持ち込み、それによって近代物理学の創始者になった。ガリレオは、アリストテレスとは違って、我々の感覚の前でなされるような、複雑な自然現象を、直接合法則で把握することを、目的に合った実験でもって先ず、簡単な特殊例で探究し、その後、徐々に、決して観察不可能な理想例を問題にした。この特殊事例から法則を見だし、逆に、観察可能な世界の複雑な現象を推論していた。

同世紀に、ニュートン(1643-1723)は重力の法則を発見し、それでもって、惑星の動きを予言できるようになった。次の世紀に、力学が更に展開され、成功裏に、数多くの分野に適応された。同時期に、最初の電気現象の発見が、19世紀の研究の第一線にあった熱理論とともに、なされた。熱とエネルギー、電流と磁気に関連、また、電磁波の発見が、革新的な研究分野であった。

20世紀の物理学研究は、大雑把には2つの方向、微小と巨大構造(原子、高エネルギー、天体物理学・・・)に分けられる。

表8 新旧科書の最後の節

<p>旧：§ 213 原子力発電 S.502-503</p>
<p>今日、様々の原子炉があり、課題も様々である。研究炉ではとりわけ測定が実施されている。その上に、特定の放射性同位体を作るのに、使われている。研究炉で特定の元素に中性子を当て、寿命が短い放射性元素を得て、医学・生物学研究・産業で利用している。</p> <p>図587 原子力発電の図解</p> <p>研究炉に加えて、今日では、多くの商業用原子炉があり、課題は核反応で得られたエネルギーを今日の経済生活に利用することである。そのような商業用原子炉の発展したものが、いわゆる原子力発電所である。図587では、原子力発電の原理が示されている。判るように、まず、ウランの核分裂で開放された核エネルギーが冷却材によって熱エネルギーの形で反応炉から取り出される。熱交換器が、第2の体系部分で、高压の蒸気を作る。大きな蒸気タービンが回り、発電機が電流を作り、そして配電網につながる。</p> <p>ドイツ連邦共和国では、今日既に、7基の原子力発電の原子炉が稼働しており、世界で80基を超えている。更に数多くの原子力発電所が建設あるいは計画中であり、この数は加速している。</p> <p>図588 グンドレンミンゲン原発</p>
<p>新：8.1.4 2点間のポテンシャル差(電位) S.329-330</p>
<p>電場の任意の2点を検討すれば、以下のような関連が誘導される。つまり、</p> <p>出発点は電場内の移動の仕事である。以下が有効である。つまり、「閉じた経路で遂行された仕事はゼロである」。</p> <p>無限遠のポテンシャル基準点をAとすれば、ポテンシャルエネルギーは以下となる。</p>

$$W_{A:P1} + W_{P1:P2} + W_{P2:A} = 0 \Leftrightarrow W_{P1:P2} = -W_{A:P1} - W_{P2:A}$$

$$W_{A:P2} = -W_{P2:A} \text{ であるので, } \Rightarrow W_{P1:P2} = W_{A:P2} - W_{A:P1}$$

ポテンシャルエネルギーの定義を使えば、以下となる。

$$W_{P1:P2} = E_{\text{pot}P2} - E_{\text{pot}P1} = \Delta E_{\text{pot}}$$

電場内における 2 点のポテンシャルエネルギー差は、ポテンシャルエネルギーの基準点には依存しない。

重力場	電場
$(V_{P2} - V_{P1}) = W_{P1:P2} / m$	$(\phi_{P2} - \phi_{P1}) = W_{P1:P2} / q$
$W_{P1:P2} = \Delta E_{\text{pot}} = m \cdot (V_{P2} - V_{P1}) = m \cdot \Delta V$	$W_{P1:P2} = \Delta E_{\text{pot}} = q \cdot (\phi_{P2} - \phi_{P1}) = q \cdot U_{P2:P1}$

電場内の 2 点 P_2 と P_1 間の電位差を、この 2 点間のポテンシャル差 $(\phi_{P2} - \phi_{P1})$ で理解する。

$$U_{P2:P1} = (\phi_{P2} - \phi_{P1}) = W_{P1:P2} / q$$

電位の単位：[U] = V (ボルト)

備考：

- 2 点間の電位は基準点には依存しない。
- 電位に対して特別の記号 U が定義されるので、名称 $\Delta \phi$ は使われるべきでない。
- 重力場では、ポテンシャル差に対して独自の物理量が定義されていない。

はじめでは、旧が物理学の学習対象（物体）と簡単な実験、新が物理学の研究特性・歴史（先端を含む）に触れている。

おわりでは、旧が原子力発電の実験炉から商業用炉運転開始時期、新が重力場と電場との対比・統一的理解である場の理論に触れている。

教科書の最初、最後の内容でも、それぞれ、旧で扱われている内容は新で扱われていないし、新で扱われている内容は旧で扱われていない。いわば、ある学習内容は、中核でなく、一方で基礎であり、他方で発展であるかのように、大きく変わったことを物語っている。

IV. おわりに

ドイツの職業教育諸学校の一つ、専門上級学校に焦点を当て、新旧物理教科書の比較考察に基づき、物理教育の変遷を明らかにしてきた。

そもそも、専門上級学校は、技師学校、高等専門学校、専門大学への昇格とともに、専門大学への準備校として、職業上構学校などから創られてきた 40 年程度の伝統を有する職業教育諸学校の一つである。

35 年程度の隔たりを有している専門上級学校用新旧物理教科書において、目次、索引などから、順序・範囲、全体像、要素の違い・変化を読み取ってきた。

同じ、変化無しといえる事柄は、次のようなことであった。

1. 頁数、頁面積だけを考えれば、ほぼ同じ分量の

教科書である。

2. 力で始まることは、新旧で同じ、変わらないといえる。
3. 重複 1 組当たりの索引数は同じ、違わない (2.1=2.1)。
4. その他が新旧で電気や力と同じような割合である。(電気～力～その他)
5. 新旧そして重なりでも、電気と力が同じような割合である。(電気～力)

一方、異なる、変化といえる事柄は、次のように多くを見いだすことができた。

 1. 旧と新とでは、範囲で大きく異なっている。新は力と電気だけである。旧では力が静力学と動力学に分かれ、その間に磁気、電気などが配置され、最後に原子で終わっている。
 2. 旧教科書の索引数は新に比べて、 $5.14 = 1435/279$ (旧/新) 倍であり、索引の密度 (頁当たりの索引数) も大きい。
 3. 重複の有る索引数 (割合) が、新教科書より旧教科書の場合が大きい。
 4. 重複 (共通) している索引の割合は、旧では 5% 程度、新では 30% 程度である。学習内容が、大きく変わったことを示している。
 5. 新では、既に目次から電気と力だけが範囲であることが判ったように、索引からも確認できる。旧では、電気、力から原子・核まで一通りカバーしている。

6. 旧のその他には、道具、楽器、人体に関する索引があるのに対して、新のその他には、数学、天文に関する索引あることで、対比的である。
7. 新教科書では人名索引はないが、旧ではその後も少なくない。技術者、発明家、企業家、事業家などを挙げている。
8. 旧でなく新のみである単位に関する索引はない。一方、新でなく旧のみである単位に関する索引は、MKS単位でないもの、接頭語を含む単位もあげられ、非常に多くなっている。
9. 教科書の最初、最後の内容でも、それぞれ、旧で扱われている内容は新で扱われていないし、新で扱われている内容は旧で扱われていない。

結局、職業教育を行う学校、ドイツの専門上級学校における物理教育の概念・構造が大きく異なっている、つまり、変わってきたといえる。そして、その理由は、学校の創生期（多様な生徒）から40年程度の隔たりであり、単位系移行中という移行期からの隔たりであり、独自性の確立であるといえる。

なお、本論文は、平成25年度日本理科教育学会東北支部大会（平成25年11月9日（土）・盛岡市・岩手大学）において、田中啓太・田中賢二が、口頭発表した内容を、再編・加筆したものであり、加えて、本研究の一部は、平成23～25年度 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金（基盤研究（C））課題番号23501068「ドイツ語圏における物理教育の概念・構造に関する研究」（研究代表者：田中賢二）によって、支援を受けている。

文献

- 1) 田中賢二、ドイツにおける物理教育の現代化に関する研究、風間書房、1996年2月、430頁。
- 2) 田中賢二、中等教育学校における物理教育－ドイツ・チューリンゲン邦の8年制ギムナジウムの場合－、日本物理教育学会・物理教育、49巻6号（2001）、565－575頁。
- 3) 田中賢二、ドイツ－ザクセン邦－のギムナジウムにおける物理教育、岡山大学大学院教育学研究科・研究集録、147号（2011）、81－94頁。
- 4) 田中賢二、オーストリアの職業教育中等学校の物理カリキュラム、日本物理教育学会・物理教育、58巻2号（2010）、98－105頁。
- 5) 田中賢二、オーストリアの8年制普通教育中等学校における物理カリキュラムの改訂、岡山大学大学院教育学研究科・研究集録、153号（2013）、115－126頁。
- 6) 田中賢二、スイス－ドイツ語圏ベルン邦－のギムナジウムにおける物理教育、岡山大学大学院教育学研究科・研究集録、144号（2010）、93－104頁。
- 7) 田中賢二、リヒテンシュタインにおける初等中等教育段階の科学教育、岡山大学教育学部研究集録・133号（2006）、91－102頁。
- 8) 田中賢二、ドイツ連邦共和国の職業教育学校における物理教育、広島大学教育学部紀要、第2部第39号（1991）、95－102頁。
- 9) Höfling, Oskar und Heinrich Kühme, Physik für Fachoberschulen, Dümmler, 1971.
- 10) Hans Scheiderer, Physik für Fachoberschulen/Berufsoberschulen Technik, Bildungsverlag EINS, 2007.
- 11) 田中賢二・田中啓太、ドイツ－バイエルン邦－の職業教育諸学校における物理教育、岡山大学大学院教育学研究科・研究集録、155号（2014）、67－78頁。
- 12) Das Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland, rororo, 1979, S.179.
- 13) Bayerisches Gesetz über das Erziehungs- und Unterrichtswesen (BayEUG).

