

## VTRで見る物理の映像

阿部龍蔵

### § 1. まえがき

過去の記録を調べると、私は物性夏の学校で

1963年 (野沢温泉)	講義「フェルミ面」
1965年 (野沢温泉)	ゼミナール「超流動」
1972年 (白馬)	講義「グリーン関数」
1976年 (白馬)	講義「臨界現象の展開理論」

といった講師を務めさせていただいた。私は1930年生まれだから、30歳台、40歳台のころ、夏の学校で物性物理学者としての得意技はすべて出し尽くしたという感じである。正直いって70歳台になってまたお呼びがかかろうとは夢にも思わなかった。

私は1991年に東京大学、2001年に放送大学を定年退職し、現在では物性研究の第一線から引退した人間である。そのような人間が夏の学校で何を話したらよいだろう。たまたま私の担当するサブゼミBは、8月11日から始まる2003年度夏の学校の最後ということになる。多分皆様お疲れのことと拝察するので、肩のこらない（場合によっては初等的過ぎるかもしれない）VTRを紹介したいと思っている。気楽な気持ちで映像を楽しんでいただければ幸いである。

### § 2. 放送大学の紹介

本サブゼミで紹介するVTRは放送大学での講義から引用するので、最初に放送大学について簡単に説明しておこう。いまだにNHKと放送大学との区別のつかない人がいるが、両者には密接な関係があるものの全く別な組織である。放送大学は1985年に学生を受け入れ、放送による授業を開始した。当初、テレビ、ラジオともに電波の到達範囲は関東地方だけに限られていた。管理・運営の形式は放送大学学園という特殊法人の下に大学がおかれ、現在話題となっている国立大学の法人化をいわば先取りした形である。私が放送大学に赴任したころから全国化の動きがあり、各都道府県に最低1カ所の学習センターを設立し、そこでビデオを流して、物理の場合でいえば実験、演習などもこのセンターで行うようにした。単位認定試験もこのセンターを拠点に行われている。1998年にCSデ

デジタル放送による全国放送が始まり、放送大学が設立当初からモットーとしてきた「いつでも、どこでも、だれでも」が高等教育を受けられるという態勢が実現した。現在学生数は約10万人を数えるにいたっている。私が退官した直後大学院が設置されたが、大学院に入学するときには適当な選抜試験があるものの、放送大学に入学するのは無試験である。放送大学の学部は教養学部だけである。放送授業は共通科目と専門科目にわかれ、物理の場合、共通科目として「物理の世界」、「実験科学の方法」、専門科目として「運動と力」、「エネルギーと熱」、「光と電磁場」、「相対論」、「量子力学」、「物性物理学入門」が設けられている。これらはテレビあるいはラジオで放送され、少々前は「現代物理学」の科目もあり素粒子論の講義なども含まれていたが、放送枠の関係で廃止となり、現在この方面の話題は「量子力学」で取り上げられている。このような放送授業とは別に、各学習センターで「日常の物理」、「物理の考え方」という面接授業が行われ、集中面接授業では物理のやや専門的な講義が実施されている。これらは教室あるいは実験室で行われ、通常の大学の授業に近いものである。1つの放送授業は全部で15回の部分から構成され、各部分は45分にわたって講義される。単位認定試験に合格すれば、放送授業には2単位が与えられる。各授業科目のビデオはビデオ教材として放送大学教育振興会から1セット15巻 300,000円という高額で販売されている。また、印刷教材も同振興会から販売されているが、このテキストブックは通常の書籍並の価格である。

放送授業の寿命は原則として4年と決められている。放送大学の教員には任期が課せられているので、同一講師による講義は原則として2回まで、時間にすると8年と限られている。私自身、前述の科目の内、「物理の世界」、「運動と力」、「エネルギーと熱」、「光と電磁場」、「量子力学」を担当したが、「運動と力」は2001年度から講義が始まったので、2004年度まで継続される予定である。多くの場合、放送授業は何人かの主任講師が担当する。私の場合、「物理の世界」では遠山紘司氏（当時文部省教科書調査官、現在神奈川工科大学教授）、「運動と力」、「エネルギーと熱」では堂寺知成氏（放送大学助教授）、「量子力学」では川村清氏（慶応義塾大学理工学部教授）に講義を分担していただいた。

### § 3. VTRインサート

テレビで行う物理（あるいは広く自然科学関係）の講義は、教室での講義と違い、関係資料をVTRで紹介できるというメリットをもっている。専門用語でこの種のVTRをインサートという。インサートは主として次のような方法で作られる。

既に存在する資料のコピーを利用することで、例えばNHK教育テレビ、英国の公開大学などの映像が使われてきた。放送大学で物理関係の放送授業のテープを作成する責任者（ディレクター）は主としてNHKの科学番組を担当してきた方なので豊富な経験を持ち、講義の内容にふさわしいインサートを準備してくれた。ただし、この場合、関係機関に使用料を支払う必要がある。簡単なのは講義担当者自身が手持ちの資料をそのまま利用することで、そのような例をいくつか講義のさい紹介したい。

映像を担当するスタッフ（場合によっては講義担当者を含む）がロケに出掛け必要な映像を撮っている。放送大学ではこの種のロケは広く行われていて、科目によっては海外ロケが実施されている。他の科目の海外ロケの映像を自分の担当する科目で使用する機会もしばしばある。

講義担当者あるいはその協力者がスタジオの内外でデモンストレーションの実験を行うことがあり、視覚に訴えるという点でコンピューター・グラフィックス（CG）もよく利用される。私の場合、CGの具体的な制作は外注したが、堂寺氏は容器中の気体分子の運動によるピストンの動きまでを考慮しCGを自作した。その映像は講義のさい紹介する予定である。

その方面の専門家をお願いし、映像を作っていただき、場合によってはその映像に関する講義を行ってもらうことである。

#### § 4. インサートの例

放送大学に奉職中、「物理の世界」、「運動と力」、「エネルギーと熱」、「光と電磁場」、「量子力学」の講義を行ったが、自分の担当した回のインサートを各科目別に簡単に説明しよう。講義のさい、これらのVTRを紹介する予定である。

##### ◎ 物理の世界（1999～2002）

###### 第1回 乗り物の物理

- 乗り物の映像（自転車レース、新幹線、飛行機などの映像）
- 富士川をわたる新幹線（直線コースとして有名なところである）
- 自動車事故のモデル実験
- 曲芸飛行

###### 第2回 スポーツの物理

- カーリング、陸上競技、ボートのエイト、水泳などの映像

- ゴルフの競技風景
- 野球のホームラン（ダイエーの選手）
- 弓矢（私は55年程前に弓の練習をしていた関係上、ディレクターは私に弓のデモンストレーションを行うよう希望したが、古い話なので辞退した。）
- ハイジャンプ（背面飛び）
- ハンマー投げ（室伏選手）
- タックルマシン（仕事の説明）
- 力学的エネルギー保存則を表す映像（スケートボード、スキージャンプ）

#### 第5回 温度と熱の物理

- マンチェスター科学博物館（1997年に英国の公開大学を訪問したが、そのときの写真。残念ながらビデオカメラは持参しなかった。）
- サーモグラフィ
- ごみ焼却炉（熱電対の応用）
- 太陽と星の映像，高温と低温
- 超流動と超伝導（浮き磁石）

#### 第6回 水と空気の物理

- 空気鉄砲，シャンパン
- 高圧プレス映像（油圧プレス機）
- 気体の分子運動のCG（ピストンが可動）
- 熱機関の簡単な例
- SL（大井川鉄道）

#### 第11回 家庭の電気

- ジュール熱を利用した家電製品（電気炊飯器，電気ジャー）
- 電子レンジ（マイクロ波の応用）

電子レンジは第二次世界大戦中に発達したレーダーに利用されたマグネトロンの平和的利用である。この利用はアメリカの電気工学者スペンサーにより開発された。

- モーターを利用した家電製品（ビデオデッキ，ワープロ，電気洗濯機など）

#### ◎ 運動と力（2001～2004）

#### 第3回 単振動・強制振動・減衰振動

- タコマの落橋（アメリカのタコマにある吊り橋が風との共振で落下する有名

第5回 仕事と力学的エネルギー

- 轆馬 (ばんば) の調教
- ジェットコースター

第6回 運動量と力積

- 自動車の衝突実験
- 富士山の大沢くずれ
- ビリヤードの映像

第10回 万有引力

- ニュートンのりんご (小石川植物園のロケ)

第11回 惑星の運動

- 惑星運動のシミュレーション
- 惑星探査機 (ボイジャー) からの映像 (木星, 土星, 海王星の画像)

第12回 相対運動

- 動く歩道
- メリーゴーランド (回転座標系)
- 台風13号 (1986年) の映像 (コリオリ力2 (×) と風向き)

第13回 剛体と慣性モーメント

- SLの動輪の運動
- カーリング (円板の運動)
- ボーリング (球の運動)

第14回 剛体の運動

- 剛体の運動の例 (ゴルフボールのスライスあるいはフック, 投手の投げるフォークボール)

第15回 重力場中の対称こま

- いろいろなこま
- こまの歳差運動と眠りこま

◎ エネルギーと熱 (1998~2001)

第1回 各種のエネルギー

- ワットの蒸気機関 (バーミンガム科学産業博物館でのロケ)
- 熱機関の例 (ロケットの映像)

- ホタルの発光
- ごみ焼却・地熱による発電
- 太陽光発電 (宮古島での発電風景, 自動販売機への応用)

第2回 力学的エネルギー

- ジェットコースターの映像

第5回 熱力学第二法則 (1)

- 流星花火の爆発 (不可逆過程に関する映像)
- S Lの映像 (不可逆サイクルの例)

第6回 熱力学第二法則 (2)

- 南極の氷のVTR (氷が融解して水になるときのエントロピー増加)

第9回 統計力学の基本的な考え方

- エルゴード仮説に対するワイルの玉突きのCG

第12回 相転移の熱力学

- 氷点降下 (アイススケートの映像)

第13回 気相-液相の相転移

○ 格子気体の映像 (格子気体上の分子運動を数十枚の紙上に描き, それをビデオ化したもの, 簡単なアニメ)

- イジング模型 (二次元) のCG

第14回 量子統計力学入門

- 熱放射 (溶鉱炉の映像)

第15回 理想フェルミ気体と理想ボース気体

- 送電線の映像 (伝導電子の存在)
- 音波のVTR (除夜の鐘)

◎ 光と電磁場 (1996~2000)

第1回 光と光線

- 磁場の演示実験 (地下鉄切符, カードなどの磁化)
- X線の例 (人体のX線による検診, CTスキャン)
- 針千本の画像

第2回 波の性質 (1)

- 水面波のVTR (波の映像, 波紋の広がり)
- 放送大学本部のアンテナ (白赤の色彩)

### 第3回 波の性質 (2)

- 波に関する実験のVTR (水波投影機)
- 波の屈折
- 波の干渉, 回折
  - 光の干渉実験 (レーザー光の干渉, 同心円状の回折像)

右手と左手の指を密着し, その間から外部を見ると回折像が観測される.

- 薄膜による光の干渉 (シャボン玉の着色)

### 第4回 光と電磁波

○ 東京タワーの映像 (放送大学の当時の状況, 全国化の計画, 現在はCSで全国放送が実現)

- 電磁波の発生に関するCG
- カーナビ
- 分光器の原理 (量子力学での映像と重複している)
- レーザー光の映像 (ディスクの様子)

### 第5回 電流

- オレンジから作られる電池 (亜鉛と銅の電極)

### 第6回 電荷と電場

- 静電気の応用 (吸塵とか煙草の煙の除去)
- 電気力線の例 (4つの点電荷があるときのCG)

### 第7回 電位

- 等電位面に関する演示実験
- 静電誘導に関する演示実験

### 第10回 磁石と磁場

- 磁力線 (シリコンオイル中の棒磁石)
- 磁力線, 磁束線に対するCG

### 第11回 電流と磁場

- 直流モーターの映像
- 電流の回りに生じる磁場

### 第12回 時間変化する電磁場

- 電磁誘導の演示実験
- 東京電力富津火力発電所 (オーバーホールの際の映像)
- 手回し発電機

第14回 電磁波の性質

- 軸の正方向に進む正弦波のCG
- 電磁波に関する実験 (電波の直進, 反射, 屈折)
- 入射波, 反射波, 透過波のCG

第15回 電磁場のエネルギー

- コンデンサーのもつエネルギーに関する演示実験

◎ 量子力学 (1997~2000)

第1回 量子力学はなぜ必要か

- 日本物理学会誌の表紙とニュートンの記念切手
- $\alpha$ 粒子の散乱のCG
- 水素原子のスペクトル
- 光電効果の演示実験

第2回 波と粒子の二重性

- 光の干渉縞
- 浜松ホトニクス製の光子の映像 (光電子増倍管の応用)
- 電子顕微鏡と蛤のえらの繊毛の映像

第4回 シュレーディンガー方程式 (2)

- 古典力学における因果律 (ニュートンの記念切手 3 4 p)
- 水素原子中の電子分布のCG

第7回 量子力学と古典力学

- 波束のCG

第8回 水素原子

- 1s, 2s, 2p状態のCG