

Elizabeth Swinbank 博士の講演会とワークショップの報告

京都女子高等学校 笠 潤平

1 はじめに

8月19日に、京都女子高等学校において、物理教育国際会議の全体講演者として来日されていたイギリスのYork大学のElizabeth Swinbank博士を招いて、「日常的社会的コンテキストにもとづいて『物理の概念と法則』を教える英国の高校物理コース開発に関する講演会とワークショップ」と題する催しを行った。参加者は35名であった。同博士は、生徒の日常的・社会的な興味・関心を基礎として、物理の世界に高校生たちをいざなう物理コースの代表例である英国の高校物理コース「サルターズ物理」(Salters Horners Physics というのが本来の名称だが、ここでは簡単のため「サルターズ化学」に準じて「サルターズ物理」と呼ぶ、Salters と Horners は、それぞれ塩と角の流通販売で財をなした数百年の歴史を持つ組織で、現在はそれぞれ化学産業とプラスチック産業に関係を持つ慈善・教育事業団体として、このコースの開発と運営に財政援助をしている)の開発責任者である。同コースは、力学から波動、電磁気、原子核、宇宙物理、素粒子に至るまでの内容を、生徒の興味を惹く実際のトピックを核としながら教えていくカリキュラムとなっている。当日は、イギリスの理科カリキュラム開発の環境とサルターズ物理の特徴についての講演、同コースのユニークな実験・実習、そしてコースワークのレポートと教師による採点の実例の紹介がなされた。

2 企画と準備

この催しは、平成17年・18年科研費補助金「特定領域研究」新世紀型理数科系教育の展開研究『『アドバンシング物理』を用いた高大連携による新しい高校物理コースの開発』(課題番号:17011045 A02 研究代表者:村田隆紀)および平成18年度科研費補助金 基盤研究(C)「中等教育と大学教育の連携による物理教育の相互接続の改善」(課題番号18500654(研究代表者:覧具博義))の援助を得て行われた。Swinbank博士との交渉やプログラムについての意見交換は、国際会議の準備と平行しながら進めた。当日は、午前中から、Swinbank博士とともに、京都の研究会のメンバー数名で会場設営や実験装置の準備などを行った。

3 当日のプログラム

以下当日のプログラムに沿って、この講演とワークショップの催しについて簡単に報告する。はじめに、主催者を代表して、アドバンシング物理研究会(京都・和歌山)の村田隆紀先生が講師の紹介と歓迎の挨拶をされ、続いて、Swinbank博士の講演に移った。

3.1 講演1「サルターズ物理について」と質問(要旨)

サルターズ物理は、2年間の物理コースで、対象は16歳から19歳の生徒である。生徒たちは、すでにある程度の物理を学んでいる。これはイングランドの6つのAレベルコースのう

表 当日のプログラム

時間

15.00 - 15.10	挨拶 村田隆紀 (京都教育大学名誉教授)
15.10 - 15.30	講演「サルターズ物理について」と質問 スインバンク博士 (ヨーク大学)
15.30 - 16.30	サルターズ物理の実験 (サーカス形式) バンジージャンプ Bungee jump 太陽電池 Solar cells 抵抗探査 Resistive survey 食べ物を描写する Describing food 伸びるお菓子 Stretchy sweets 振動数はいくらか? What's the freq? ゼリーファイバー Jelly fibre
16.30 - 16.40	休憩
16.40 - 17.10	講演「コースワークと教師による採点について」 スインバンク博士
17.10 - 17.50	グループ作業 コースワークを採点してみよう
17.50 - 18.20	討論 サルターズ物理と日本の物理カリキュラムの比較 全体についての質問
18.20 - 18.30	まとめと閉会の辞 覧具博義 (東京農工大教授)

ちの1つである。コンテキストを軸とした構造を持っているコースだが、生徒たちは伝統的なコースと同じ物理の諸概念と諸原理を学ぶ。コンテキストを用いる理由は、第1に生徒の興味とモチベーションを高めるためである。そのほかに、コンテキストを用いることによって、教育・学習上の構造が与えられる、新しい実験・実習および他のアクティビティを開発することができる、将来のさまざまな職業の可能性を紹介することができる、「らせん構造のカリキュラム」が可能になるなどの長所がある。サルターズ物理で用いたコンテキストは、スポーツ、宇宙技術、音楽、考古学、食品産業、手術、鉄道運輸、遠距離通信、素粒子物理学、ビル設計、天文学である。たとえば、**スポーツ**は、運動のグラフと等式、放物体、力・質量・加速度、運動エネルギーと位置エネルギーなどの学習のコンテキストとして用いられている。今日は、このユニットから「バンジージャンプ」のアクティビティを紹介する。つぎの**宇宙技術**では、電気の供給と温度制御の2つの技術のコンテキストを通じて、直流回路、電流、起電力、電力、抵抗、内部抵抗、最大転換電力と、エネルギーと温度変化、温度と抵抗についての学習が行われる。今日は、このユニットからは「太陽電池」のアクティビティを紹介する。**考古学**では、発掘現場調査、埋蔵工芸品の分析、年代測定の3つの話題が取り上げられ、それぞれ直流と抵抗率、電磁スペクトルと回折・重ね合わせ、そして熱発光、電子エネルギー準位、光電効果などが学習される。とくに、**宇宙技術**で登場した電流についての学習がここでも再度取り上げられ、より高度になっている。今日は、このユニットから、「抵抗調査」のアクティビティを紹介する。**食品産業**では、食品の製造と試験の話題の中で、液体の流れ、固体の機械的性質、光の屈折と偏光の学習が行われる。今日は、「食品を描写する」というアクティビティと張力を加えたときのスイートレースというお菓子の振る舞いを探究するアクティビティを紹介する。**遠距**

離通信では、デジタル信号とアナログ信号、コンデンサー、ファイバー光学、信号減衰、電場、磁場などについての学習を行う。今日は、アナログ信号のサンプリングのアクティビティと、ゼリーを用いた光ファイバー中の信号減衰のモデル実験を紹介する。

講演後、短い質疑応答の時間を持った。教える順序は決まっているかおよびコース内のすべての章を教師は教えるのか、選択に委ねられた部分はあるのかという質問に対しては、3章ごとにまとめた試験ユニット内では順序は自由だが、さまざまな章に物理的学習内容が周到に置かれている構造上、コース全体で省略してよい章はなく、全章を教えることになっているとのことだった。また、このコースは他のコースよりもよいという生徒の達成度は高いということが実証されているかという質問に対しては、他の伝統的なコースに比べて、少なくとも大学進学後の出来が悪くない(多少よい)という調査結果を持っているとのことだった。

3.2 実験・実習

つづいて、7つの実験台に事前に用意された以下の7つのアクティビティを、参加者全員が生徒役となって試した。まず自分が座った実験台の実験に取り組んだ後、サーカス形式で各自が動いて見て回れるようにした。

バンジージャンプ Bungee jump バンジージャンプは、第1ユニット「より高く、より速く、より強く」の第4節にあるアクティビティである。質量のわかっている人形とゴムひもおよびそのゴムひものカー伸びグラフか、エネルギー伸びグラフが与えられ、生徒に、どの高さで踏み切り台を置いて落下させると、地面すれすれまで伸びてもどるかを、計算で予測させ、実際にやってみさせるというものである。教科書ではカー伸びグラフの面積からゴムに蓄えられる弾性エネルギーをもとめる方法が書かれているが、今回のアクティビティではエネルギー伸びグラフが与えられていた。(人形とゴムはイギリスから Swinbank 博士が持参。)

太陽電池 Solar cells 第2ユニット「宇宙技術」の中にあるアクティビティで、太陽電池を、直流回路中の電流、電圧、抵抗に関する基本的な観念を復習するのに用いる。電圧は照射量にどのように依存するか、より高い電圧の供給のためにはどのように太陽電池をつなげるべきかなどを探究する。(太陽電池のキットはイギリスから Swinbank 博士が持参。)

抵抗探査 Resistive survey 第4ユニット「考古学」にあるアクティビティで、地中の2点間の抵抗値を調べて壁が地下に埋まっているかどうかを調べる遺跡の抵抗探査をモデル化したもの。グリッドの交点に穴が開いている板紙の下に隠されている導体紙の形を、2点間の抵抗値の測定を繰り返すことで推定する。(グリッドの交点に穴が開いている板紙はイギリスから Swinbank 博士が持参。)

食べ物を描写する Describing food 第5ユニット「食品産業」のアクティビティで、いくつかのお菓子について、sticky・brittle・chewy・smooth・grainy・crunchy・sweet・hardの8つの属性に照らして数値化して、スパイダーダイアグラム(レーダーチャート)を作



太陽電池の実験(於京都女子高校)

り、互いに交換してどれがどの菓子のチャートかを当てるなどする。お菓子の製造会社では実際にこのようなチャートを用いているそうである。(各種のお菓子はイギリスから Swinbank 博士が持参。)

伸びるお菓子 Stretchy sweets 「食品産業」の中で、固体の物理的性質を学ぶアクティビティで、スイートレースというイギリスの非常に長く伸びる甘いお菓子におもりをつりさげ、重さに対する伸びのグラフを描き、言葉を用いて結果を描写する。クリーブ現象も見られる。(このお菓子はイギリスから Swinbank 博士が持参。)

振動数はいくらか? What's the freq? これは、B5～A4 程度の 1 枚の用紙にある振動数の波形を描き、同じ大きさの用紙で横軸上に等間隔にスリットを引いた用紙を重ねて、元の波の各点での変位をサンプリングし、元の波形を再現してその振動数を求めるアクティビティである。アナログ信号のサンプリング頻度は、元の波の振動数の 2 倍以上である必要があることを学ぶための導入的な実習。アライアス現象にも言及されている。「アドバンシング物理」の第 3 章シグナリングにある「サンプリング・ゲーム」と似ているが、コース開発の順序から言えばこちらが先であろう。(スリットの開いた厚紙はイギリスから Swinbank 博士が持参。)

ゼリーファイバー Jelly fibre これは第 8 ユニット「遠距離通信」のアクティビティで、赤外線発光ダイオードから出る赤外線を、長く(ようかんの長いもののように)切ったゼリーの中を通して、検知器に受けさせて、ゼリーの長さによる検知器側での強度の変化を調べ、指数関数的減少の関係を見るものである。光ファイバー中での信号の減衰のモデル実験である。とても楽しい。(赤外線の発光器と検知器はイギリスから Swinbank 博士が持参。)



ゼリー・ファイバーの実験 (於京都女子高校)

3.3 講演 2 「コースワークと教師による採点について」と質問 (要旨)

サルターズ物理のコースワークは 3 つあり、1 年目の AS コースにある**実験技能** (A レベルの成績の 12%) と**訪問** (同 4.7%) および 2 年目の A2 コースで行う各自の**実験プロジェクト** (同 10%) である。**実験技能**については、実験室での 2 回の実験・実習で、計画 (6 点)、実行 (4 点)、観察と記録 (4 点)、解釈と評価 (8 点) の 4 つの面を評価する。(生徒には教師から実験テーマが与えられる。通常はクラスじゅう同じテーマである。) 太陽電池の内部抵抗、蜂蜜の粘性、ポリスチレンのヤング率、色による屈折率の変化などが実験テーマの例である。**訪問**は、「サルターズ物理」独特のコースワークで、物理が実際に使われているところを訪問し、そのレポートを書くものである。評価は、物理の目的を発見する (4 点)、物理の説明 (8 点)、そして表現能力 (4 点) についてなされる。訪問先の例としては、ビスケット工場、人工衛星の製作工場、病院、セメント工場、プール、発電所、映画館、大学の研究所の実験室などがある。**実験プロジェクト**は、個人が自分で選んだテーマについて、2 週間かけて (探究的な) 実験を行い、レポートを書くものである。事前調査と理由付け (8 点)、計画 (8 点)、実行 (6 点)、観察

と記録(6点)解釈と評価(6点)、表現能力(6点)の6つの側面について評価される。生徒が行った実際の例としては、水はどのように紫外線を吸収するか、渦電流ブレーキ、登山ロープの強度に影響するファクター、航空機の翼の揚力、糸電話の振動数応答などがある。これらのコースワークの採点は各学校の教師自身によってなされる。その運営のために、コースの詳しい規定の文書が、採点の規則を定めている。また、コースワークの手引きも教師にアドバイスと例を与えるために用意されている。そして、教師は、研修コースに出ることができ、また試験機関にトピックについてのアドバイスを求めたり、採点に関するフィードバックを送ったりすることができる。また、各学校で教師は互いの採点をチェックし、試験機関が各学校から送られてきた採点済みのレポートのサンプルをチェックする。教師はトピックの選択と採点の正確さについてフィードバックを得る。時には、試験機関が教師たちの採点結果を訂正する。そして、採点者間の少々の採点の違いは問題ないとみなされている。なぜなら、生徒に最終的に与えられ、進学などに使われるのはコース全体としてのA、B、Cなどのグレードによる成績であるからである。(このコースワークの採点のシステムについては懇切丁寧な説明が行われた。)

3.4 コースワークと教師による採点の実例を見る

つづいて、Swinbank博士が持参したコースワークのレポートの実例について参加者による採点の実習を行う予定だったが、語学力の壁と時間不足のため、実現が難しいため、生徒レポートと教師の採点例の大部の資料のコピーを参加者全員に配布し、つぎの全体討論に移った。

3.5 全体討論(要旨)

この後、サルターズ物理と日本のカリキュラムについての全体討論を行った。サルターズ物理に先行するコンテキスト主導型の物理カリキュラムはあるのかという質問に対しては、サルターズ化学とサルターズ科学(GCSE段階)があるが、物理のカリキュラムにはないということだった。サルターズ物理の開発に、サッチャー政権下での大学教育の危機は関係していたのかという質問に対しては、直接の関係はないという答えだった。また、コンテキストはどのように選んだのかという質問に対しては、その質問は大変嬉しい、同僚と私2名が責任者だったが(多くの教師と話し合いいろいろな研究所や会社を訪ねてコンテキストの候補を探していくなど)コンテキストを選んでコースを作っていく過程は非常に面白かったという前置きしながら、20ほどのコンテキスト候補を得た後に、その中から、1)音楽のような生徒にとって身近なもの、宇宙開発などの応用、そして素粒子のような最先端の物理など、生徒の関心を呼ぶものを選んだ、2)コンテキストは面白くても必要な物理的説明の内容が難しすぎるものはあきらめた、3)そのトピックの中で扱える物理の内容が狭すぎるものもあきらめた、などの点を丁寧に説明された。また、コンテキストが古くなることをどう考えるか、今後の見直しの計画はあるかという点については、2008年にAレベル物理の内容と試験システムの変更があるので、それに向けて見直しが行われる、またコンテキストが古くなるという問題があることは意識している、たとえば「サルターズ物理」では音楽についてはCDをコンテキストに用いているが、今ではそれが最新の技術とは言えないだろうとのことだった。また、コンテキスト中心のカリキュラム構成はどの学年にも可能だと考えるか、日本では戦後、小学校・中学校段階で

コンテキスト重視のカリキュラム（生活単元学習）が導入され失敗に終わったのだがと言う質問に対しては、コンテキスト主導のカリキュラムはどの学年にも可能であると思うと述べたうえで、「サルターズ物理」は、個々のコンテキストについて教えるということを目的にしているのではなく、物理の概念や法則を教える上でコンテキストを用いている、その点が大事なのであるということ述べた。

3.6 まとめ

最後に、覧具博義先生が、まとめにかえて、国際会議の成果について、見事にまとめられた報告をされた。そのあと Swinbank 博士を囲んで参加者で記念撮影をした。

4 終わりに

Swinbank 博士は、実験・実習を含めることはできるか、コースワークとその採点の実例について見ながら説明を受けたいというこちら側からの要請に応じて、非常に盛り沢山の意欲的なワークショップの計画を立て丁寧なパワーポイントを準備された上、遠路イギリスから多くの資料と実験装置を持参してくださった。（「サルターズ物理」のポスターも3枚持参され、当日自ら貼られた。）案内・宣伝が遅くなったこととアドバンシング物理研究会の会員自体の参加が少なくなりそうだったので、あまり多くの参加者は期待できないと思っていたが、これまでいろいろな機会に関わりがあった方々が東京からの4名（覧具、岸沢、増子、高橋和光の先生方）を始め、新潟、愛媛、神戸など遠方からも含めて参加してくださったのと京都教育大と京大の学生が数名、谷口・内村両氏の呼びかけに応じて来てくれたために予想以上の盛況となり、その後の懇親会も含めて大変活気のある会になった。思うに、「サルターズ物理」のコンテキスト主導型のカリキュラム開発とそのコースワークと自体がやはり関心と呼んだのだと思う。本報告の末に、資料として参加者アンケートの集計結果を付したが、そこからも講演とワークショップの各内容についての関心がいずれも非常に高かったことがわかる。参加者の満足度も非常に高かったこともうかがえる。博士自身も帰国後、京都のこの催しについて日本の教師の皆さんと議論ができて大変よかったというメールをくださった。（参加者35名の内訳は、大学関係者12名、中高教員16名、学生6名、その他1名。）

コンテキスト主導型のカリキュラム開発という取り組み自体が日本ではほとんど知られてこなかった。世界的には70年代に開発されたオランダのPLONという先例があつて1986年の東京の物理教育国際会議でも紹介されたが、それを摂取する取り組みはあまりなかった。とくに、サルターズ物理について、その内容が日本で詳しく紹介されたのは今回が初めてだろう。その点で今回の催しは意味があつたと思う。

また「サルターズ物理」は、学習する物理の内容や観点は、「アドバンシング物理」ほど革命的でなく、ある意味でわれわれ日本の物理教師にとって、その教科書の具体的な内容や実験および授業展開を部分的に参考にしやすいという面がある。そのことに気づくことができたのも、われわれとしては（副産物ではあるが）成果であつたし、今後、紹介したいと思う。（京都の研究会では、この秋に少し「サルターズ物理」の検討を継続することになった。）

追記

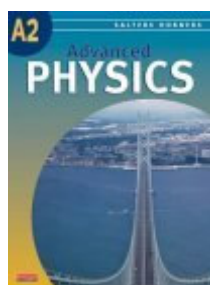
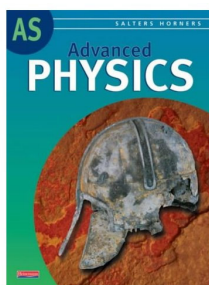
翌々日、1日博士を案内して京都を回ってよもやま話しをする中で、博士のもう一つの大きな仕事である、英国物理学会（IoP）の下での現代物理（素粒子物理と宇宙物理）を高校生に教える教材の開発について話を聞くことができた。日本での物理Ⅱの入試での取り扱いについての物理教育学会を中心とした緊急措置の説明をした上で、逆に現代物理分野を高校生にどう教えるかの検討が早急に必要となっていることを述べたところ、帰国したら、自分たちの仕事の資料を送ると約束してくれた。先日早速それが届いた。

サルターズ物理の website の URL は以下の通り。

<http://www.york.ac.uk/org/seg/salters/physics/index.html>



8月19日 Swinbank 博士の講演とワークショップ記念撮影（於京都女子高校）



Salters Horners Advanced Physics AS・A2のテキスト（アマゾンで入手できる。）

資料

スインバンク博士 講演会とワークショップのアンケート まとめ				
(回収数18名)				
	はい	←	→	いいえ
【1】講演について	4	3	2	1
(1)内容をよく理解できましたか?	12	4	2	
(2)自分の教育実践の参考になりましたか?	13	4	1	
(3)今回の内容についてさらに学んでみたいですか?	15	3		
	はい	←	→	いいえ
【2】ワークショップ前半のアクティビティについて	4	3	2	1
(5)内容をよく理解できましたか?	11	8		
(6)自分の教育実践に取り入れてみたいですか?	11	5	1	
(7)今回の内容についてさらに学んでみたいですか?	12	5		
	はい	←	→	いいえ
【3】ワークショップ後半のコースワークの採点について	4	3	2	1
(9)内容をよく理解できましたか?	8	7	3	
(10)自分の教育実践に取り入れてみたいですか?	6	7	3	
(11)今回の内容についてさらに学んでみたいですか?	12	3	2	
【4】今後のアドバンス物理研究会の活動について、何を期待されますか?	◎	○	計	
すぐに使えるような実験書等の発行	1	7	8	
理論的研究を中心とした書籍の発行	1	5	6	
教員対象のワークショップの開催	4	5	9	
生徒・学生対象の公開講座の開催	3	4	7	
ミニシンポジウム(討論会)の開催	2	4	6	
学会等への積極的な研究発表	1	1	2	
その他				
	満足	←	→	不満足
【6】最後に、「参加した満足度」を5点満点で評価してください。	5	4	3	2
	14	3		1
※アンケート回答者 18名の所属内訳	大 学	中 高	学 生	他
	7	7	3	1

★ アンケート自由記述欄のコメント

【1】講演について

- ・コンテキストの意味、コンテキストを用いる理由が印象に残った。
- ・コンテキストの選定の仕方に非常に興味を持った。
- ・context から物理の論理に入っていくのは大変興味があります。
- ・特にコンテキストの流れに沿った教材開発をしてみたいです。
- ・物理 I の教科書の最初の部分にある生活の中の電気をふくらませたような内容ではとおもいました。英語の講演なので理解しにくいですが、大体の様子がわかった気がします。

【2】ワークショップ前半のアクティビティについて

- ・抵抗探査、食べ物を描写する、伸びる菓子に興味を持った

【3】ワークショップ後半のコースワークの採点について

- ・評価の採点方法が参考になった。
- ・marking grid に慣れるまでかなり時間を要すると感じました。
- ・入試システムとの関連について不明な点が多い。
- ・資料が参考になりました。よくわからなかったことが多かったのでだいぶ疑問がクリアになりました。

【5】本日の企画全体をとおして、何かコメント等があれば書いて下さい。

- ・訪問にとっても興味をもちました。
- ・企画運営ご苦労様でした。参加できてよかったです。今後さらに勉強してみたいテーマです。
- ・初めてこういう会合に参加して大変参考になりました。Context-led education in Physics が日本の中で、その日本の伝統とからめて吸収、発効することが求められていると思います。
- ・スタッフの皆さんのご努力に感謝いたします。
- ・大変行き届いた準備でスインバンク先生の丁寧な講演はもちろん組織された方に厚く感謝いたします。大学の教育にも取り入れたいです。
- ・とても参考になりました。よくわからなかったモヤモヤがだいぶ拭い取ることができてよかったです。
- ・数学や物理の体系だった基礎概念の学習をカリキュラムの中でどのように組み込んでいくのか知りたかった。海外のカリキュラムを知れたのは大変役に立ちました。ありがとうございました。