

# 千歳科学技術大学の力学教育

福田誠 (Makoto FUKUDA)

千歳科学技術大学理工学部

Tel & Fax: 0123-27-6089 E-mail: m-fukuda@photon.chitose.ac.jp

本稿では、千歳科学技術大学における力学に関する教育について、設立期（1998～2007年度）、3学科体制期（2008～2015年度）、理工学部期\*（2016年度～）の3つの期間に分けて紹介する。 \*理工学部への学部名変更は2015年4月、カリキュラム変更は2016年4月

## 1. 設立期の力学教育

千歳科学技術大学は、1998年（平成10年）4月に光科学を専門とする公設民営の大学として北海道千歳市に設立された。大学設立に際して、光科学部のもと物質光科学科と光応用システム学科の2学科が設置された。光科学は、理工学の中でも総合的な学問分野であることから、それを究めるためには、数学、物理学、化学、情報科学などのさまざまな知識が必要である。そこで、どちらの学科に所属しても学生の個性に応じて複数の入り口から光科学にアプローチできるようにとの考えで、カリキュラムを編成した<sup>[1]</sup>。その中で、物理学は光科学を学ぶために主要な科目であるから、力学、電磁気学および熱力学を1年生の必修科目として設置した。

表1 物理学A、物理学Bの内容

教科書の章番号	タイトル	内容
第1章	運動の記述	ベクトル、内積、外積、ベクトルの微分、いろいろな座標系で表した速度と加速度
第2章	運動法則	ニュートンの運動法則、いろいろな力、異なる座標系での運動方程式、運動量と力積、角運動量
第3章	ポテンシャル	仕事、線積分、保存力、ポテンシャル、中心力のポテンシャル、エネルギー保存則、等ポテンシャル面、可動範囲
第4章	振動	単振動、エネルギー積分、単振動のエネルギー、減衰振動、強制振動、連成振動、
第5章	質点系の力学	自由度、質点系の運動方程式、外力と内力、質点系の角運動量、重心、重心座標系、質量が変化する物体の運動
第6章	剛体の力学	剛体の運動方程式、剛体の釣り合い、固定軸周りの運動、慣性モーメント、剛体の回転エネルギー、剛体の平面運動、衝撃運動
第7章	ラグランジュの方程式	ラグランジュ方程式、1次元運動のラグランジュ方程式、極座標系でのラグランジュ方程式、連成振動、

本稿の主題である力学に関する科目としては、1年生春学期の「物理学 A (2 単位)」および「物理学 A 演習 (1 単位)」、1年生秋学期の「物理学 B (2 単位)」および「物理学 B 演習 (1 単位)」をすべて必修科目として設置した。学生は、表 1 に示す古典力学の内容を 1 年間かけてじっくり学び、物理的な考え方を身につけられるように授業を行った。これらの授業では、表 1 の項目を各章とする教科書 (最終版は A4 版 215 ページ) および演習問題を自作して学内で印刷して学生に配布し、オーバーヘッドプロジェクター (OHP) と黒板を用いて、2 クラスずつ講義を行い、演習は 1 クラスごとに小教室で実施した。

これらの授業では、ベクトルおよび微積分を用いて本格的に力学の解説を行っていたが、開学当初は、落ちこぼれる学生はそれほど多くはなかった。開学 3 年目あたりから数学や物理学の知識が十分ではない学生が目立つようになってきたことから、微積分の知識を補うために、「数学的予備知識」(最終版は A4 版で 125 ページ) の冊子を作成して学生に配布し、その中の練習問題を課題として提出させた。また、それと平行して南千歳駅前のオフィスアルカディアにおいて「力学基礎」と称する補習授業も実施した。

このような形式における力学の授業は、2 学科体制の期間である 2007 年度 (平成 19 年度) まで実施した。

## 2. 3 学科体制での力学教育

学習指導要領の改訂に伴う高等学校のカリキュラムの変更によって、高等学校における数学や理科の履修パターンが大きく変化した。この頃から、理工系をめざす受験生であっても、基礎的な物理学のみを履修した生徒も多く見られるようになった。その結果、本学の「物理学 A」および「物理学 B」を難しいと感じる学生が多くなってきた。2008 年 (平成 20 年) 4 月に実施された光科学部から総合光科学部への改組によって、これまでの 2 学科体制から、バイオ・マテリアル学科、光システム学科、グローバルシステムデザイン学科の 3 学科体制へと移行した。それに伴って、力学に関する科目は 1 年生の春学期における「総合科学 A1 (必修、1.5 単位)」と 1 年生秋学期の「力学 (選択必修、2 単位)」に再編された。

必修科目である「総合科学 A1」の授業をデザインするに際して、それまでの「物理学 A」および「物理学 B」に比べて基本的な内容に絞り込むが、内容のレベルは落とさず、「光科学もしくは理工学を専門とするために必要な物理的な考え方を学ばせる。」という目標は堅持した。「総合科学 A1」は 1 年生春学期の科目であることから、学生の数学的な知識が不足していることは当初から明らかであった。そのため、物理数学の基礎も全体の 3 分の 1 ほどの分量で盛り込んだ。また、「総合科学 A1」では一話完結方式とし、一回の授業でひとつの項目について学習させる方式とし、授業時間の 1/3~1/2 を演習とした。以上を考慮した 15 回分の授業内容を表 2 に示す。教材として、A4 版 4 ページ分の内容を B4 版 1 枚の両面刷りの授業プリントとして配布した。また、前記の「数学的予備知識」の冊子も副読本として配布し、春学期の課題として練習問題を学習させてノートを提出させた。

表 2 総合科学 A1 の内容

授業回数	タイトル	内容
第 1 回	数式	基本的な数式の計算法、部分分数展開
第 2 回	微分法	初等関数の微分法、積の微分法、合成関数の微分法
第 3 回	三角関数	弧度法、三角比、三角関数のグラフ、三角関数の基本公式
第 4 回	マクローリン展開	マクローリン展開の求め方、オイラーの公式の導出
第 5 回	ベクトル	ベクトルの基本事項、内積、外積
第 6 回	速度、加速度	$xy$ 平面での速度、加速度の求め方
第 7 回	円運動	等速円運動、2次元極座標
第 8 回	力	重力、張力、バネの弾性力、摩擦力、万有引力、静電力
第 9 回	運動方程式	ニュートンの運動法則、 $xy$ 平面での運動方程式の立て方
第 10 回	微分方程式	微分方程式とは、変数分離型微分方程式の解法
第 11 回	重力場の運動	自由落下および放物線運動の解法
第 12 回	滑車、斜面	滑車および斜面による運動の解法
第 13 回	単振動	単振動の運動方程式、微分方程式の線形性、線形微分方程式の解法
第 14 回	振動・波動の解析	フーリエ級数展開の基礎
第 15 回	まとめ	講義のまとめ、総合演習

表 3 力学の内容

授業回数	タイトル	内容
第 1 回	線積分	$xy$ 平面内での仕事の求め方
第 2 回	保存力	保存力であるための条件、保存力の判定、ストークスの定理
第 3 回	ポテンシャル	ポテンシャルエネルギーの定義、ポテンシャルの求め方
第 4 回	力学的エネルギー保存	力学的エネルギー保存による重力場とバネ振動の解法
第 5 回	単振動	指数関数を用いた単振動の運動方程式の解法
第 6 回	連成振動	3つのバネにつながれた2質点の連成振動のモード
第 7 回	単振動のエネルギー	エネルギー積分による単振動の解析、エネルギーの時間平均の求め方
第 8 回	振動の初期値、微小振動	初期値による振動定数の求め方、微小振動の解法
第 9 回	波動方程式	ひもの波に関する波動方程式の導出
第 10 回	運動量と力積	運動量変化と力積の関係、運動量保存則
第 11 回	重心	剛体の重心座標の定義およびその求め方
第 12 回	慣性モーメント	剛体の慣性モーメントの定義およびその求め方
第 13 回	剛体の釣り合い	力のモーメント、剛体の釣り合いに関する問題
第 14 回	剛体の運動	剛体の回転に関する運動方程式、ジャイロスコープ、歳差運動
第 15 回	まとめ	講義のまとめ、総合演習

秋学期の選択必修科目である「力学」では、古典力学の基礎を「総合科学 A1」に引き続いて講義した。表 3 に「力学」の内容を示す。「力学」では、古典力学の内容を中心として、物理的な考え方を解説することに注力した。授業形態は、「総合科学 A1」に準じた。

両科目の成績評価は期末試験によって行った。図 1 に 2010～2015 年度における「総合科学 A1」の期末試験における学生の得点分布のグラフを示す。いずれの年度も平均点は 60 点台であるが、年度が進むにしたがって分布の様子が変化している。2013 年度以降は、得点分布が低得点の側に広がっており、2014 年度のグラフの曲線で示したように、低得点側にも分布のピークが見られるようになった。このことから、「総合科学 A1」および「力学」の授業内容の見直しが必要となり、上記の「総合科学 A1」と「力学」による授業形態は 2015 年度で終了となった。

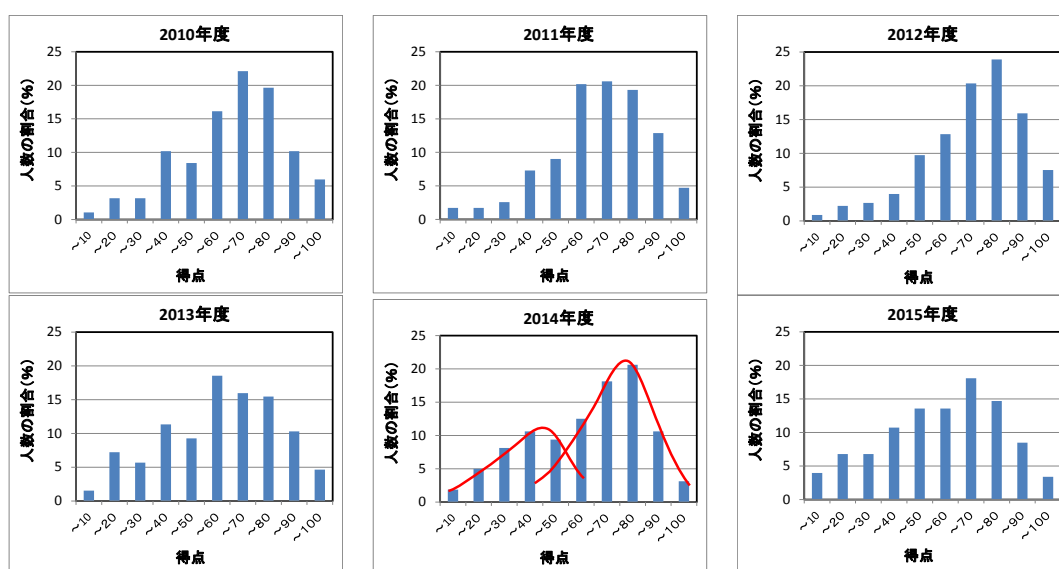


図 1 総合科学 A1 期末試験の得点分布

1 年生秋学期の「力学」は、選択必修科目であることから、1 年次に履修せずに進級する学生も想定された。そこで、光システム学科では 2 年次の選択科目として「力学基礎」を設置し、2 年次でも力学が学べるようにした。ただし、1 年生の秋学期で「力学」の単位を取得していないことを、「力学基礎」の履修条件とした。授業の内容は、表 2 および表 3 の項目を 15 回分に再編して、古典力学の基礎的な内容を習得できるようにした。

### 3. 理工学部における力学教育

2015 年 4 月の総合光科学部から理工学部への改組および 2016 年 4 月の情報システム工学科の設置に伴い、2016 年 4 月からカリキュラムが改変された。力学を含む授業科目として、1 年生春学期の「初歩の物理学（選択、2 単位）」、1 年生秋学期の「物理学入門（必修、2 単位）」および 2 年生春学期の「力学（選択必修、2 単位）」が設置された。

「初歩の物理学」では、物理現象を実際に学生に見せて、物理学への興味関心を喚起す

るための授業を目標としている。また、修学支援室を設置し、非常勤の教員を配置して授業時間外での学生の指導も行っている。さらに、修学支援室には「初歩の物理学」および「物理学入門」の授業で使用する物理実験器具を常備した。配備した実験器具は表4に示すとおりである。これらの実験器具を用いて、学生に対して実験のデモンストレーションを行うことにより、物理現象を視覚的、直感的に理解させる授業を展開している。

表4 物理学実験器具の一覧

大型電気振り子、発電棒、はく検電器、滑車装置、3力のつり合い実験セット、真空落下実験器、スピードガン、共振なべ、圧力体感実験器、ドップラーロケット、マジックミラー、慣性実験器、モンキーハンティング、実験用ハーフミラー、二面鏡実験器、水飲み鳥、発電棒回転台、力学台車セット、光の屈折実験セット、光ファイバー原理説明、モノコード、共鳴おんさ、同時落下実験器、誘導コイル、水平すだれ式波動実験器、実験用てこ、輪軸、交流用タイマー、ジャイロスコープ、力学的エネルギー保存法則実験器、スターリングエンジン ほか
--

表5 物理学入門の内容

授業回数	タイトル	内容
第1回	ガイダンス	科学史、いろいろな力の作用、力の釣り合い
第2回	運動の表し方	速度、加速度
第3回	運動量と力積	衝突、運動量保存
第4回	ニュートンの法則	運動方程式
第5回	力と仕事	仕事、運動エネルギーとポテンシャルエネルギー、エネルギー保存
第6回	単振動	円運動、振幅、角速度、周波数、位相、周期
第7回	波動	正弦波
第8回	熱エネルギー	熱量、熱力学の第1法則
第9回	気体の分子運動	理想気体の状態方程式
第10回	静電場、回路	電界、電位、オームの法則、キルヒホッフの法則
第11回	電流と磁場	電磁誘導
第12回	電磁波	電磁波、光子、光電効果、量子、レーザー
第13回	原子核	原子核、崩壊、核分裂、放射能
第14回	総合演習	総合演習
第15回	まとめ	講義のまとめ

これまでの「総合科学 A1」では、力学を中心に授業が組み立てられていたが、「物理学入門」では、力学、熱力学、電磁気学、近代物理学にわたって基礎的な内容を解説することになった。表5に「物理学入門」の授業の内容を示す。本科目をデザインするにあたり、「学生が理解できる授業」、「基本事項を何度でも説明する授業」を目指して授業方法を検討し

た。授業では、市販の教科書「ファースト・ステップ 物理学入門」高重 正明（著）裳華房を使用し、別途 A3 版両面刷りのプリント 1 枚を作成し、授業プリントとして配布している。プリントの構成は、①用語、②確認、③演習とし、①では教科書内の太字で記されている基本用語の意味を記述させ、②ではパワーポイントと黒板を用いて内容の解説を行っている。③の演習問題は復習用としている。授業の最後に、その日の授業で分かったことを 3 つ、質問、感想をフィードバックシートに書かせて提出させ、学生の理解の度合いをチェックするとともに、質問に対しては次回の授業で回答している。成績の評価は、2 回の小テストと期末テストの合計で総合的に評価することとした。

以上、千歳科学技術大学における力学に関する科目について振り返った。今後、2016 年度に本学が採択された大学教育再生加速プログラム（AP）と連動して、物理学の授業にもアクティブラーニングなどの導入を検討し、授業改善を行っていくことになる。

#### 参考文献

[1]千歳科学技術大学における光教育、福田 誠、三戸慶一、レーザー研究、Vol.35、No3(2007)