

物理チャレンジ2022 第2チャレンジ 理論コンテスト問題と講評



理論問題部会長
岡部 豊

はじめに

2022年の第2チャレンジ理論試験はアクリエひめじ(姫路)で8月24日に行った。第1チャレンジで選考されたチャレンジャーの中で当日参加した者は101名。試験時間は5時間で、問題冊子は表紙を除いて23ページ、解答用紙は17ページであった。

昨年11月より理論問題部会委員で議論を重ね、広い意味の力学、電磁気学、熱学、現代物理の分野から全4問の大問題を出題した。出題範囲は基本的に高校物理であるが、それを超える場合もある。物理的なイメージを持って解答できるように、やさしい導入問題から始めるように工夫した。かなり高度な内容を含んだ問題もある。

各問の出題

第1問は、広い意味の力学として、「津波の物理」を扱った。水深が浅い海水の波動の伝搬について、エネルギー保存などを議論した。津波が海岸に近づき深さが浅くなったときに、伝搬速度、波高、海水の流速を計算した。

第2問は電磁気学で、「2つの導体球を繋ぐ」という、電場と電位の関係や電気回路など、電磁気学の基礎を総ざらいする問題である。2つの導体球を抵抗、あるいはコイルを介して繋いだときの電荷の時間変化を、微分方程式を用いて解析し、エネルギー保存則を確かめた。

第3問は、「水の蒸発と蒸気圧(海水温上昇と降水量)」という、熱学の問題である。まず、気液平衡を起こす物質でカルノーサイクルを考えることで、クラウジウス・クラペイロンの式を導く。応用として、海水の温度上昇による、上空の水蒸気量の増加を議論した。実際の気象問題を考える上で熱力学は重要な理論となることを味わってほしいという出題意図である。

第4問は、「主系列星の光度と表面温度」という天文分野の問題である。図1は、ヘルツシュプルング・ラッセル図(HR図)と呼ばれる、個々の星の表面温度と光度の関係を示したものである。左上から右下にかけての系列を主系列と呼ぶが、その物理的意

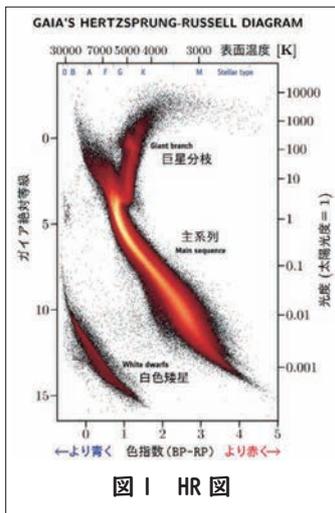


図1 HR図

味を考える。簡単な仮定のもと、星から発せられる放射エネルギー(星の光度)と星の表面温度の関係を求める。

全体の講評

理論各問の採点結果を表に示すが、全体の平均点は180.3点(約60%)で、昨年度の約51%より高かった。第1問、第2問の、力学系、電磁気学系の問題については、丁寧な設問を設定したので、出来がよかった。一方、天文系の第4問の後半の問題など、考えさせる問の得点率が低くなったが、予想の通りであった。

	第1問	第2問	第3問	第4問	合計
配点	80	80	70	70	300
平均点	57.0	49.9	37.6	35.8	180.3
得点率	71.3%	62.3%	53.5%	51.2%	60.1%

得点分布を図2に示すが、ほぼ正規分布で、最高点は297点であった。

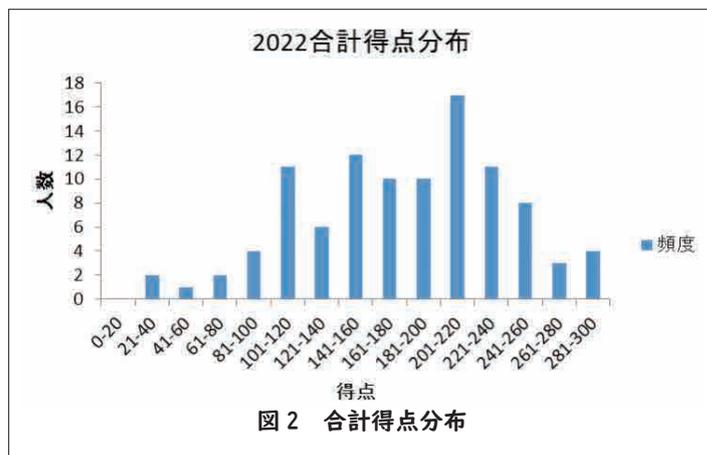


図2 合計得点分布

アンケートによると、各問の難易度については、第1問がやや易しく、第4問がやや難しいという評価であるが、得点と対応していて、生徒の自己評価がよくできていると言える。一方、内容については、第4問がとても興味深いという回答が一番多かったのは、生徒が周辺分野、最新の研究課題に興味をもっていることを示している。

なお、採点は、現地とオンラインのハイブリッド形式で行った。2年間のオンライン採点の経験もあり、手順も整理してきたので、今後の採点の形式となると思われる。