

慣性の法則の概念形成を目指した探究的な学びの実践

等速直線運動の実現を題材として

○桑子 研¹, 河野 勉¹, 吉本 一紀²

Ken KUWAKO, Tsutomu KONO, Kazunori YOSHIMOTO

¹千葉大学教育学部附属中学校, ²千葉市教育センター

【キーワード】慣性の法則, 等速直線運動, 探究的な学び, デジタル記録タイマー

1. 研究の背景および目的

等速直線運動の実験において、水平面上で力学台車の運動などによって再現しようとする、摩擦や空気抵抗の影響により少しずつ減速してしまう。このことを単なる誤差として形式的に処理することは、生徒の科学的思考力を育成する観点から必ずしも適切ではない。また、日常生活における等速直線運動の多くは、力が全く働かない状態で成立しているのではなく、複数の力が作用した結果として合力が 0 となる。しかし、生徒にとって「合力が 0 であること」と「等速直線運動」とを関連付けて理解することは容易ではない。

そこで本研究では、理想状態と実験結果の乖離を単なる問題点として扱うのではなく、「どのようにすれば真正な等速直線運動を実現できるのか」という問いを設定した。目的は、慣性の法則および力のつり合いに関する本質的な理解を促すことである。問いは教師が設定する一方、それ以外の探究の過程は生徒自身に委ねる「導かれた探究」(Bell, 2005 ; 松原, 2023)として構成した。

2. 研究の内容と結果

本研究では、デジタル記録タイマー（記録タイマー-d, C15-1708, ナリカ）を活用し、 $v-t$ グラフを即時に確認できる環境を整備した。これにより、生徒が授業時間内に「仮説—実行—改善」のサイクルを何回も反復できるようにした。

第 1 時では、水平面上を運動する台車が実際には減速していることをデータに基づいて認識させ、課題「等速直線運動を実現させよう」を設定した上で、生徒に実験計画を立案させた。続く第 2 時では、生徒たちは理科室の備品や持ち込み物品を用いて試行錯誤を行った。そのアプローチは、サラダ油、氷などを用いて摩擦を可能な限り低減しようとする「抵抗力の低減」と、斜面や送風機を用いて摩擦力と逆向きの力を加える「外力の付加」の二つに大別された。

実験の結果、緩やかな斜面を利用して重力の分力と摩擦力をつり合わせた班が、最も理想的な等速直線運動を示すグラフを得ることに成功した。第 3 時の考察では、生徒は各班の工夫を「力」の観点から整理し、いずれのアプローチも最終的には「合力をゼロにする」という物理学的原理に集約されることを確認した。

事前・事後アンケートの分析からは、生徒の等速直線運動に対する理解が、受動的な定義の暗記にとどまる段階から、「条件を制御して合力がゼロとなる状態を作り出す」という能動的かつ関係的な理解へと質的に深化したことが示された。

項目	事前アンケート (N=32)	事後アンケート (N=35)
理解の深さ	記号的・静的理解 「速さが一定」「グラフが直線」といった定義の暗記に留まる。	動的・関係的理解 複数の力が作用し合う中での「力のつり合いの結果（合力がゼロ）」として等速直線運動を捉えている。
実験手法	受動的・阻害要因 摩擦があるから等速直線運動にはならない。摩擦を減らす必要がある。	能動的・制御対象 「摩擦を外力で打ち消す」等、条件制御への意識。
力の概念	「動いているものは、動いている方向への力が必要」等の素朴概念が散見。	「合力がゼロ」という条件を実験の実感として記述。

失敗した試行に対しても、論理的な原因究明を行う態度が見られ、静止状態と等速直線運動を「力がつり合っている状態」として連続的に捉える概念的統合に至ったことが確認された。

引用文献

- Bell, R.L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. The science teacher, 72 (7), 30-33.
- 松原憲治 (2023) 「教科等横断的な視点から拡張する探究レベルに関する予備的考察」日本科学教育学会研究会研究報告, 37 (5), 65-70.