こどもの論理を科学の論理
―力と運動の素朴概念に対

神戸市立塩屋中学

はじめに

新学習指導要領で求められている「主体的・対話的で深い学び」を，子どもの学びを中心とする構成主義的学習観として捉えると，生徒の自然認識や教師が予測する生徒の考え，教師自身の考えを把握する必要がある．生徒は科学的とは異なる自然認識を持って授業に臨んでおり，特にMotion Implies a Force(以下MIF)(物体の運動方向に力がはたらいている)素朴概念は力と運動の概念理解を妨げるといわれている．これまでに実施した生徒と教師への力と運動の概念調査を実施し「MIF素朴概念」を保持している中学生は「慣性概念」や「力と運動の概念」を理解できていないことを明らかにし，それらの共通の課題から「力の原理」に始まり「力と運動の概念」に至る学習の必要性を主張した．これらを踏まえ，力の原理から力と運動の概念を学ぶ教材を考案し実践した結果を報告する．

研究の目的

力の原理から「慣性の概念」や「力と運動の概念」を獲得できるという仮説から，考案した教材を使った実験結果について検証することを目的とする．

実験教材の考案

この実験は，物体の運動を水平方向(実験Ⅰ)と鉛直方向(実験Ⅱ)に分けて2つの実験教材を考案した．それぞれの教材では，力の原理から慣性の法則や運動の法則を理解することを目的としている．それぞれの実験教材の考え方と予想される効果を説明する．

a. 水平方向の運動の実験(実験Ⅰ)

実験Ⅰはつりあいの原理から慣性の法則や運動の法則を学ぶ実験である．自動車の等速度運動や台車の加速度運動は，いずれも水平方向の運動であることから図1の実験装置を用いると表1に示すように理解できると考えた．

図1　水平方向の実験教材

表1　実験内容と学習内容

初速／合力	物体は静止している $v=0$	物体を持って左に動かす $v\neq 0$
合力＝0	静力学，力の原理Ⅰ (ア) A＝B，　静止したまま 初速度０における慣性の法則	動力学 (イ) A＝B，　速さは一定 ３個の速度計がほぼ同じ値を示す 慣性の法則（等速度運動）
合力≠0	動力学，力の原理Ⅱ (ウ) A＞B，左に動き出す 初速度０における運動の法則	動力学 (エ) A＞B，　加速する 速度計の値がだんだん大きくなる (オ) A＜B，　減速する 速度計の値がだんだん小さくなる 運動の法則

b. 鉛直方向の運動の実験(実験Ⅱ)

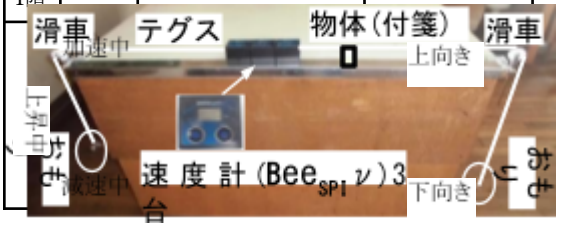
実験Ⅱは重力も関わる鉛直方向における慣性の法則や運動の法則を学ぶ実験である．投げ上げたボールにはたらく力は，鉛直方向に運動する物体なので，校舎内のエレベータを使った実験を考案した．図2の教材を用いると表2に示すように理解できると考えた．



図2

表2　実験内容と学習内容

	運動状態	電子天秤の値	合力の向き
1階	停　止	100.0	はたらいていない



		加 に転じて100.0に近づく	
4階	停　止	100.0	はたらいていない

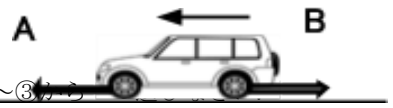
結果と考察

両実験授業は2020年1～2月(3学期)の期間に公立中学2年生（力と運動の単元は未履修）18人に対してそれぞれ1時限で実施した.

a. 実験Ⅰ

実験の直前直後に図3と図4の調査問題を実施した. 結果は, 生徒の回答に有意差はみられなかった. その原因として, 生徒らの実験時の反応から物体にはたらく力の向きや速さ, 左右のおもりの重さの関係と結果から因果関係を理解できなかったと考えられる.

自動車が左方向に同じ速さでまっすぐ走っている時，AとBの力は，どのような関係か。



次の①～③から

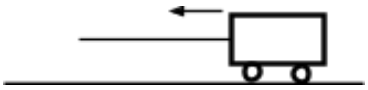
A　車の前向きにはたらく力

B　車の後向きにはたらく力（空気抵抗やまさつ力など）

①　A＜B　　②　A＝B　　③　A＞B

図3「慣性の概念」の問題

摩擦の無い台車を，同じ大きさの力で引き続けたら，その間，台車はどうなるか。



次の①～③から選びなさい。

①ずっと一定の速さで動く

②はじめのうち速くなり，すぐ一定の速さになる

③　どんどん速くなる

図4 「力と加速度の概念」の問題

b. 実験Ⅱ

実験の直前と直後に調査問題(図5)を実施し, その結果を表3に示した. 表3より実験前の正答者数は3人で, 実験前に↑(上向き)と答えた8人が実験後に↓(下向き)と答え, 正答者数は11人になった. この人数が実験前よりも多いかどうかをみるために Fisher's exact testを行ったところ、有意差(p＜.05)が認められた.したがって実験後に正
答した人数は実験前よりも多かったといえる.

上昇するボール	実験後	計

にはたらく力の向き		↑上向き	↓下向き	その他	
実験前	↑上向き	3(17)	8(44)	3 (17)	14(78)
	力ははたらかない	1(5)	0(0)	0(0)	1(5)
	↓下向き	0(0)	3(0)	0(0)	3(17)
計		4(22)	11(61)	3(17)	18(100)

表3 実験前後の生徒の回答

成果と課題

水平方向の実験では, 実験教材を力と運動の理解に生かすには, 生徒が教材の因果関係をよく理解する学習が必要であることがわかった. 鉛直方向の実験では, 運動する物体にはたらく力の向きへの生徒の考えが実験前後に変わったことからMIF素朴概念変容の有効性が認められた. しかし複数の生徒が, 実験結果で電子天秤の値の大小を正しく書けているがペットボトルにはたらく力の向きを逆に書いていた. 考えられる理由として, 下向きにはたらく力が大きくなることで, 通常天秤の値が大きくなるのに対して, 実験では天秤がエレベータと共にペットボトルを上向きに押し上げる力によって値が大きくなったことを理解できなかったのではないか. この反省を踏まえて実験前に実験と同じ状態をつくり確認する学習を取り入れたい. 以上の改善を加えて実践し, より効果的な教材と指導法に高めたい.

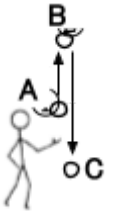


図5 調査問題