

「力のモーメント」の指導について

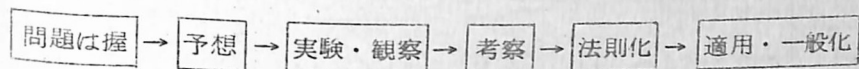
西蒲原郡黒埼村立黒埼中学校教諭 広川 信

I 主題について

2年の「力と仕事」の単元は、生徒にとって理解しにくい内容を含んでいる。理解を高めるためには指導過程を検討し、問題をなげかけ、思考させることが大切だと考える。そこでこの単元で5つの生徒実験をとりあげ、ここではとくに力のモーメントについて、帰納的な指導と演えきのな指導を比較研究し、どのように指導したら効果的、能率的かを考えてみた。

II 研究の経過

帰納的な指導過程として、下記のような過程でおこなうことにした。



これと、演えきのな指導を比べ、その指導過程に見られる問題点や、指導前後の調査問題などについて考察をおこなった。以下、研究方法の概略を記述する。

- (1) 生徒のレデネスとして、小学校で学習したことが、どの程度理解されているかを2年A組を対象として調査問題で調べた。実施時期は「力と仕事」の単元にはいる1週間前である。
- (2) 生徒実験器具は、ねらいに合った結果が明確に出ること、実験誤差ができるだけ少ないこと、時間がかかりすぎないこと、生徒のグループ実験に適したもの、危険でないこと、できるだけ構造が簡単でわかりやすいこと、などの条件が要求される。「力と仕事」の生徒実験は既成器具と自作の物を組み合わせて、種々のくふうをし、できるだけ上述の条件に合わせた。
- (3) 帰納的な指導を2年A組(男21人女20人)、演えきのな指導をB組(男21人女20人)で実施した。その後この2つの指導過程について比較検討をおこなった。
- (4) 授業の3週間後に同一の調査問題をA、B両組に実施し、結果を考察した。

III 研究の結果と考察

1 小学校の学習内容について

中学校での学習は、小学校で学習したことを基礎として成立しているもので、小学校で学習した、てこ、輪軸、滑車が、どの程度理解されているかA組で調査をした結果について調べてみた。これは、力のモーメントを学習する基礎として大切な問題を選んだ。

- (1) 調査問題

問題1 図をみてつぎの問いに答えよ。

- ① 1図でBに何このおもりをつるすとつりあうか。
- ② 2図で、おもりの重さが1と20gだとすると、ばねばかりは、何gをしめすか。

問題2 3図のりんじくの車の半径は3cm, 6cm, 12cmである。おもりの重さは1個20gである。

つぎの問いに答えよ。

- ① ①のところに何個のおもりをつるすとりんじくはつりあうか。
- ② ①のところに何gのおもりをつるすとりんじくはつりあうか。

問題3 かつ車の図をみて、つぎの問いに答えよ。ただしばねばかりの重さは考えない。

- ① 4図のばねばかりのめもりは何gをしめすか。
- ② 5図で、かつ車の重さを10gとすると、ばねばかりのめもりは何gをしめすか。

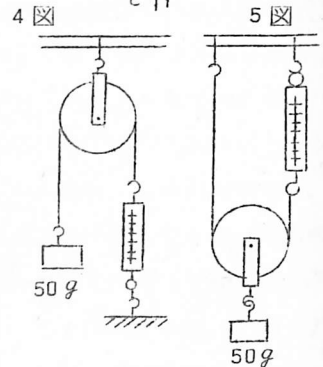
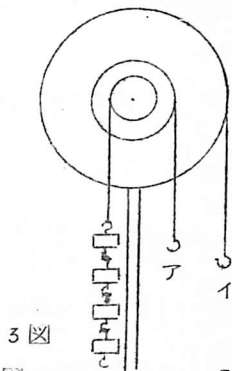
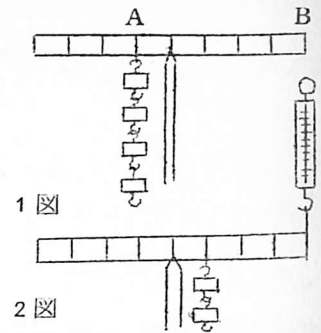
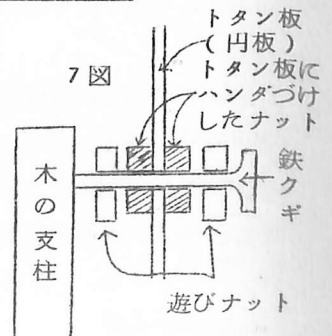
(2) 調査結果の考察

下表は各問題の正解の百分率を示す。問題1②は支点が作用点の外にある場合で、できがよくない。問題3②は動滑車の問題でこれも、問題3①の定滑車に比較すると約半分のできである。問題1①は最も単純なこの問題であり、問題2①②は輪軸の基礎的な問題である。この両方とも約6割程のできで、ここから力のモーメントの学習を展開できると考えられる。

| | 問題 1 | | 問題 2 | | 問題 3 | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 正解 | ① 1個 | ② 10g | ① 2個 | ② 20g | ① 50g | ② 30g |
| A組 | 60.9% | 21.9% | 68.3% | 56.0% | 73.2% | 36.7% |

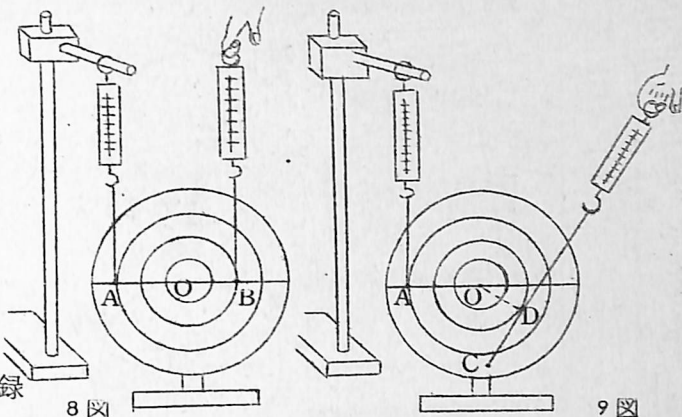
2 力のモーメント実験器について

6図のような形のもので、厚手のトタン板を半径15cmの円板に切り自作した。円板には半径1cmごとに同心円がふちまで書いてある。中心より12cmの所にA点、8cmの所にB点、端に近い所にC点があり、それぞれ小



さいクギが円板にハンダづけしてある。
この3点より先に小さい輪を作った糸が
つけてある。円板にはA, Bを通過して直
線が引かれ、これにA, Bから上方に垂
線が引いてある。

7図は円板の軸の部分を示したもので
ある。使うには8図, 9図のようにスタ
ンド, ばねばかりを使用する。



3 力のモーメントの授業記録

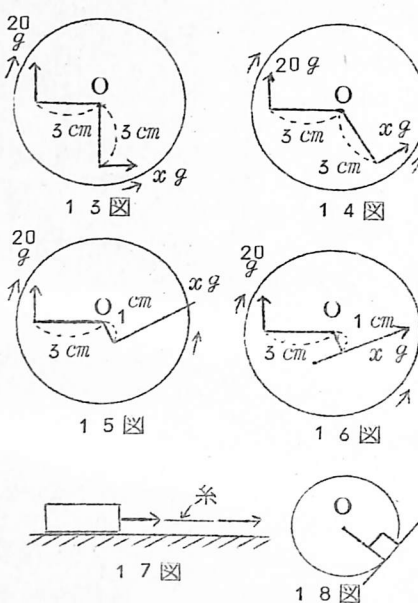
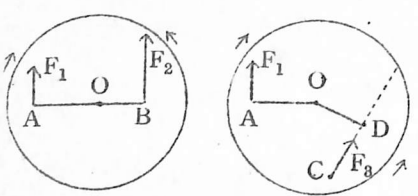
(1) 指導目標

- 1 物体を回転させるはたらきは力のモーメントによることを理解させる。
- 2 1つの物体にはたらく2つのモーメントのつりあう条件を理解させる。

(2) 指導の記録

1 帰納的な指導

| | 教師の指導 | 生徒の反応 |
|----------|---|--|
| 問は 題握 | ○とびらを指で、軸の近くや遠くを押し、回転させるはたらきに関係するものを考えさす。くぎぬきもとびらと同様に考えさす。 | ○力のほかに軸からの距離が関係している。 |
| 予 想 | <p>○力のモーメント実験器を示し、2力が互いに逆方向に回転させようとしているとき、力の関係がどのようなとき回転しないか。</p> <p>○2つの力のモーメントのつりあいを段階的に考えさせる。最初にうでの長さの等しい10図について、xgの値はどうか。</p> <p>○次にうでの長さの異なる11図のxgの値はどうか。</p> <p>○一方の力が12図のように斜めに働いた場合について、円板がどのような時につりあうか考えさせる。</p> <p>12図を保留しておき、思考を進展させるために13図~16図で段階的に予想させた。</p> | <p>○2力が円板を回転させる働きが同じで、回転方向が逆になる場合である。</p> <p>10図, 11図はてこから考えていることが、理由についての応答からわかった。</p> <p>○10図……$20g$</p> <p>○11図……$60g$</p> <p>○中心からの長さが関係していることは、理解しているが、OCかODか、そのほかのものなのか、ぱく然とした感じである。</p> <p>12図のまま純理論的に考えるのは無理だ。</p> |

| | | |
|---|--|--|
| <p>予想</p> <p>○ 13図の xg の値はどうか。</p> <p>○ 14図の xg の値はどうか。</p> <p>○ 15図の xg の値はどうか。</p> <p>○ 16図の xg の値はどうか。</p> <p>○ 16図の予想のために力の移動を思い出さず。17図を示し同一直線上で、力を移動したとき働きはどうか。</p> <p>○ 15図、16図を比較し、16図の xg の値はどうか。○力が働くとき中心からの距離は力に対してどんな関係だと思いか。○円板は右まわり、左まわりの力がそれぞれ距離とどんな関係のときつりあうと思いか。</p> |  <p>13図</p> <p>14図</p> <p>15図</p> <p>16図</p> <p>17図</p> <p>18図</p> | <p>○ 20g だと思ふ。(多数の応答)</p> <p>○ 20g だと思ふ。(多数の応答)</p> <p>○ 60g (多数の応答)</p> <p>○ 応答がにぶった</p> <p>○ 移動しても働きは同じだ (斜面で力の移動についてはすでに学習している)</p> <p>○ 60g だと思ふ</p> <p>○ 力に対して垂直の距離 (今までの予想や教師の発問などから気づく)</p> <p>○ 距離と力の積が同じとき</p> |
| <p>実験</p> <p>○ 予想したことを実験によりたしかめる。</p> <p>力のモーメント実験器の使用説明、18図のように円の接線は接点の半径と垂直になる。</p> |  <p>19図</p> <p>20図</p> | <p>○ バネばかりの目もりがぶらつき生徒には目もりが読みずらかったと思ふ。同心円が多いため、引く糸の方向に迷っている者があつた</p> <p>実験結果は $F_1 \times OA$ が常に 1200, $F_2 \times OB = 1200$ が 7つの班, $F_3 \times OD (10cm) = 1200$ が 4つの班, 他はほとんどが 1200 に近い数値になつた</p> |
| <p>法則化</p> <p>$F_1 \times OA$ が $F_2 \times OB$ とどんな関係になっているか。</p> <p>$F_1 \times OA$ が $F_3 \times OD$ とどんな関係になっているか。</p> <p>軸から力のはたらく方向に引いた垂線を「うで」という。</p> <p>(力の大きさ) × (うでの長さ) = (力のモーメントの大きさ)</p> <p>g cm g cm</p> <p>Kg m Kg m</p> <p>2つの力のモーメントのつりあいについてまとめる</p> | | <p>[8班編成]</p> <p>実験結果の板書で、両者の力と距離の積が同じになる場合につりあうことを理解する</p> |

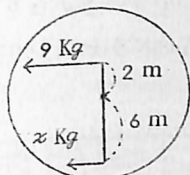
○力のモーメントは回転運動するものについて考えると役にたつ。力のモーメントの定着をはかるため練習問題をさせる。

○21図の x Kg の値

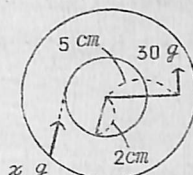
はいくらか。

○22図の x g の値

はいくらか。



21図



22図

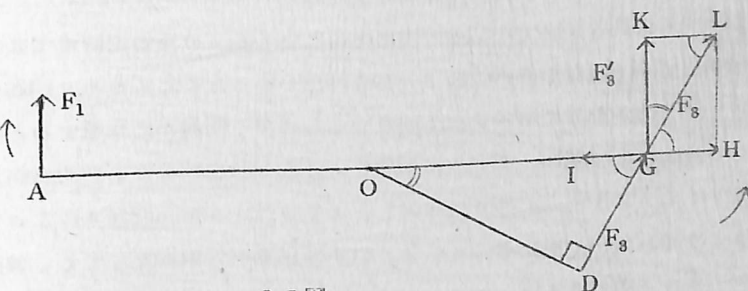
○21図は 3 Kg

○22図は 75 g

(本時の学習の次に、てこ、定滑車、動滑車、輪軸について、力のモーメントの考え方を生かして学習が進められるので、次時でさらに思考、定着化がなされる)

2 演えきのな指導

B組は力のモーメントの演えきのな指導を実施した、問題は握ののち2つの力のモーメントは大きさが等しく方向が反対のときつりあうことを説明した。次に23図で $F_1 \times OA = F_3 \times OD$ のときなぜつりあうか段階をおって理論的



23図

に考えさせた。DGの F_3 はもとの位置でこれをGLに移動し F_3' としても働きは同じである。 F_3' を2方向に分解し、KGとGHにする。GHは円板の軸Oの所で、反作用として力GIを受ける。従ってGHとGIは大きさが等しく方向反対の2力になり、回転させるはたきに関係なくなる。従ってGHとGIは大きさが等しく方向反対の2力になり、回転させるはたきに関係なくなる。従って $\triangle ODG$ と $\triangle KLG$ は相似である。従って $OG : OD = GL : GK$ 、これより $OG \times GK = OD \times GL$ となり $OG \times F_3' = OD \times F_3$ となる。この事から $F_1 \times OA = F_3' \times OG = F_3 \times OD$ の関係が明らかになる。以上の思考過程で発問や説明により理解させたあと、実験器を使ってA組と同じ実験をした。

4 力のモーメントの調査問題と実施結果

(1) 調査問題

問題1 24図の x

cmの値を求めよ。

問題2 25図の x

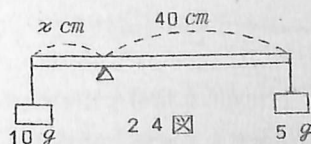
cmの値を求めよ。

問題3 26図は力

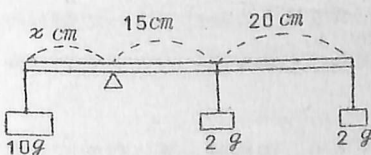
のモーメント実験器

で、Oを中心に自由

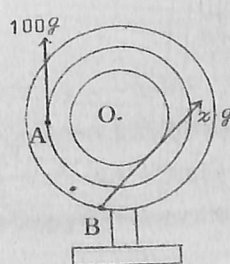
に回転する。円の半



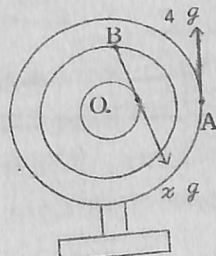
24図



25図



26図



27図

径は小さい方から 8 cm , 12 cm , 14 cm である。26図のようにA点を 100 g の力で矢印の方向に引いたとき、B点を矢印の方向に引いて、つりあわせるには $x\text{ g}$ の値をいくらにしたらよいか。

問題4 27図も力のモーメント実験器で、円の半径は小さい方から 5 cm , 15 cm , 20 cm である。A点を矢印の方向に 4 g で引いたとき、B点を矢印の方向に引いてつりあわせるには $x\text{ g}$ の値をいくらにしたらよいか。

(2) 調査結果の考察

問題の正解率を百分率にしてまとめたのが右表である。問題1は力のモーメントの最も基礎的な問題で80%に近いできである。これと同じような内容で、この単元の授業前に実施した

| | 問題1 | 問題2 | 問題3 | 問題4 |
|----|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 正解 | 20 cm | 10 cm | 150 g | 16 g |
| A組 | 78.0% | 34.2% | 53.6% | 46.3% |
| B組 | 75.6% | 31.7% | 48.8% | 43.9% |

小学校内容の調査問題では、前の表にあるごとく約60%の正解率であった。このことからこの問題に関しては、授業のあとに約20%の伸びがあったことになる。問題2は左まわりのモーメントに対して、右まわりのモーメントが2つあるので、問題1に比較するとむずかしくなっている。

30%強のできで低い。問題3は輪軸などの場合に比べると、作用点がかわった位置にあるので約50%のできである。これは予想したよりも低かった。問題4になるとさらに、むずかしく、問題3より少し低い結果になっている。以上の結果から単純な、てこ、輪軸の問題に比し、3つの力のモーメントのつりあい、力のモーメントで、うでが同一直線上にない場合の問題のできが、50%以下のできである所に問題点がある。A組とB組の差はわずかで、似た様な結果になった。

5 帰納的な指導と演えきの指導の比較

A組での帰納的な指導と、B組での演えきの指導の調査問題による結果の比較からわかるように、大差がなく、同じような傾向がみられた。

ここで実施した帰納的な指導は、できるだけ多くの生徒が、能率よく段階的に思考が進められるように考えたものである。わりあいスムーズに授業が運んだのだが、その反面、生徒がいろいろと思考をめぐらす場面がすくなかった。演えきの指導ではややむずかしい思考過程が要求された。普通の場合、A組でやった帰納的な指導過程が、力のモーメントの場合、指導しやすいと思う。

おわりに

「力と仕事」の単元で、力のモーメントについて、帰納的な指導を中心に述べたが、教材によっては、演えきの指導の方が、かえて生徒に適した思考をさせることのできる場合もあると思う。どの教材は、どの指導と固定したものではなく、さまざまな条件によって変わってくる。どのような指導が置かれている条件のなかで最も思考を練り、理解を高めるかを考えてゆくことが大切と思う。

参考文献 理科の教育 46.92, 46.153, 46.180 中野栗夫著 科学的思考力育成の実際