

2. オランダ実験教科書「影と奥行き」を見る

橋本 是浩
大阪教育大学

1. はじめに

オランダの現在のフロイデンタール研究所の前身であった研究グループ OW & OC で作られた実験教科書「影と奥行き (SHADUW EN DIEPTE)」を取り上げる。この研究グループ OW & OC は、フロイデンタールの思潮「現象から数学を作る」の下で研究活動を行い、「Realistic Mathematics Education」へと結実している。

実験教科書「影と奥行き」は、次の3章からなっている。

1. 影を映す (p.1 - p.28)

- 1-1. いろいろな影 1-2. 壁に写った影 1-3. 方向 1-4. ほかの影
- 1-5. 影をつかもう 1-6. 街灯の影 1-7. 円を作るポスト 1-8. 2つの壁
- 1-9. 穴があるテーブル 1-10. 距離 1-11. 正方形の影の形
- 1-12. さらに、立方体の影の形 1-13. 光のあたるところ
- 1-14. ネコとネズミと太陽の光 1-15. 逆光 1-17. 月面

2. 平行 (p.29 - p.40)

- 2-1. まっすぐ 2-2. 教室の中にある平行線 2-3. 平行線とロボット
- 2-4. 敷きつめと平行線 2-5. グラフ用紙上の平行線

3. 奥行きを見る (p.41 - p.70)

- 3-1. 平らである、そうでない 3-2. 写真はどれだけほんとうなのかな
- 3-3. これは写真かな、絵かな 3-4. 中世から 3-5. 窓を使って
- 3-6. 棒を描く 3-7. 棒で作る階段 3-8. 君もできるよ
- 3-9. 遠方で消えてゆく 3-10. どのくらい高いところから見ているのか
- 3-11. 立方体をかく

そして、裏表紙には著者から生徒達への要望が記されている。

この本では、図を描いたり、字を書いたり、色を塗ったりします。
次のものを準備しましょう。

シャープペンシル 定規
はさみと のり 消しゴム

多くの問題をみんなで取り組みましょう。同じ班の他の人が描いたり、書いたりしているものを見てみましょう。

あなたがなぜ違っているのかを教えてください。

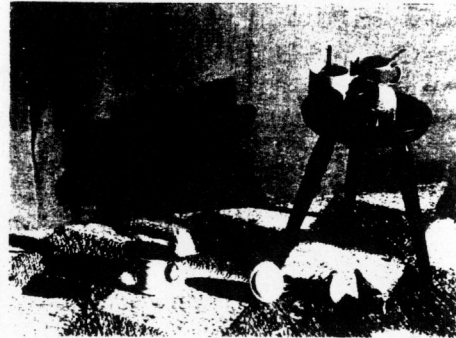
この教科書が実験的に使われたのか、あるいは案の段階で終わったのかは、わからないが、現在、フロイデンタール研究所が出版しているオランダの学校で使用されている教科書の作成とおおいに関係があることは間違いないことであろう。

以下で、空間と関連した課題のいくつかを取り上げる。

1. 影をうつす

1-1. いろいろな影

- ≫ 1 光がなければ何も見えません。
この写真ではどの方向から光が当たっていますか。
どのように言えばよいでしょう。



- ≫ 2 この写真のすべての影を調べなさい。

たぶん、何かを加えたり、何かを取り去る必要があるでしょう。

- ≫ 3 下の絵を見なさい。
とても大きな影と小さな影があるのはなぜでしょう。



- ≫ 4 晴れた日に外で自分の影を見てください。
あなたの足の影は何にくっついてありますか。
あなた自身よりあなたの影長さを長くできていますか。それはいつですか。
影を最も細くするためには、どのように立てばよいでしょう。

どの部分の影が最もこいでしょう。

どの部分がよりぼんやりしていますか。

手をつき出すと5本の指の影ができます。
その影をより濃くするにはどうすればよいでしょう。

1-2. 壁に写った影

明るいランプを使って壁にすべての種類の影を映すことができます。
例をあげてみましょう。

- ≫ 5 リスの目を作るにはどうすればよいでしょう。

どの指を尾にしていますか。

そして、耳はどのようにして作りますか。



- ≫ 6 家で、壁にいくつかの影絵を作ってみましょう。

また、学校でもそれを見せてみましょう。

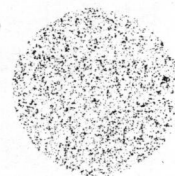
いくつ作れるかな、その絵を描いておきましょう。

1-5. 影をつかもう

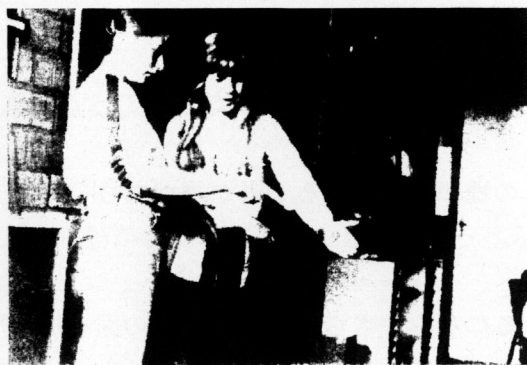
さあ、今度は、光と影について考えてみよう。

太陽が照っているとよいのですが、そうでなければ、はっきりとした影を作ることができる明るい電灯でもよいでしょう。

- ≫ 17 窓ガラスに小さな紙の円をテープで貼り付けなさい。
これくらいの大きさ（注：半径2cm）のものを。



もし、太陽が輝いていないならば、明るい電灯から
2m 離して紙の円を持ちなさい。



窓に近づけて、あなたの手のひらに円の影を映しなさい。
その影が手のひらからはずれないように注意して、床まで影を動かさなさい。

空中で動いたあなたの手はどんな形になりますか。

- ≫ 18 あなたの手をどのように動かしたか、その図を描きなさい。
太陽（あるいは、電灯）と紙の円も描き入れなさい。

- ≫ 19 あなたの手を光の中に置き、壁の影を見なさい。
あなたの手を動かすと、影は壁の上を滑るように進みます。

壁の影の大きさが変わらずように手を動かすこともできます。
どのようにすればそのようにできますか。

≫ 20 こんどは、影から手をどんどん離していきます。
どこで影が映らなくなるでしょう。

≫ 21 少なくとも2人で一緒にしなさい。

おたがいにふれることなく、握手をしなさい。

それを影の握手と言いましょう、影はおたがいにふれているから。

どのように3本の手を光の中におけば、影の握手をすることができますか。

1-11. 正方形の影の形

≫ 40 ボール紙から、1辺の長さが6cmの正方形を切り取りなさい。

それを使って地面にどれだけ多くの種類の影を作ることが調べなさい。

見つけたらその図を描きなさい。

形がたくさん見つけることができるのなら、さらに紙のそれらの図を描きなさい。

≫ 41 正方形の影をつくるためには、ボール紙の正方形と地面との関係をどのようにすればよいですか。

どのようにしたのかを言葉で説明するか、その図を描きなさい。

≫ 42 あなたがつくることのできる最も長い影は何ですか。

1-12. さらに、立方体の影の形

≫ 43 立方体の形にものをさがすか、作りなさい。

それでどんな影の形をつくることができますか。

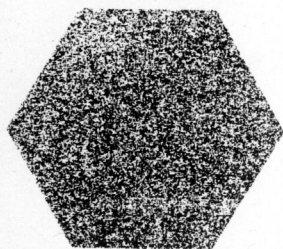
≫ 44 その立方体を使って紙の上に正方形の形の影をつくることができますか。

紙も動かすことができることを忘れないように。

太陽や電灯に対してどのように紙と立方体を持っていけばよいですか。

図をかいて、どのように上手にしたかを分かるように説明しなさい。

≫ 45 この形も、また、立方体の影の形になるかどうか調べなさい。



そのような影をつくるには、立方体をどのように持てばよいのかを、説明しなさい。

≫ 46 立方体を使って正五角形の形の影を作ってみましょう。
作ることができたら、説明をしなさい。

1-13.光のあたるところ

≫ 47 立方体を持ち、それを日に当てなさい。
立方体を動かさずにそのままして、いっぺんに、いくつの面に光があたっているかを調べましょう。

また、一度に立方体の面をいくつ見ることができますか。

≫ 48 四面体、六面体、三角柱など他の立体についても調べてみなさい。

下の表を埋め、さらに続けなさい。

	一度に見える面の数	一度に光の当たる面の数
立方体		
六面体		

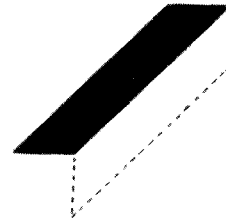
➤ 49 どんなことに気づきましたか。説明しなさい。

3. 奥行きを見る

3-1. 平らかな、そうでないかな

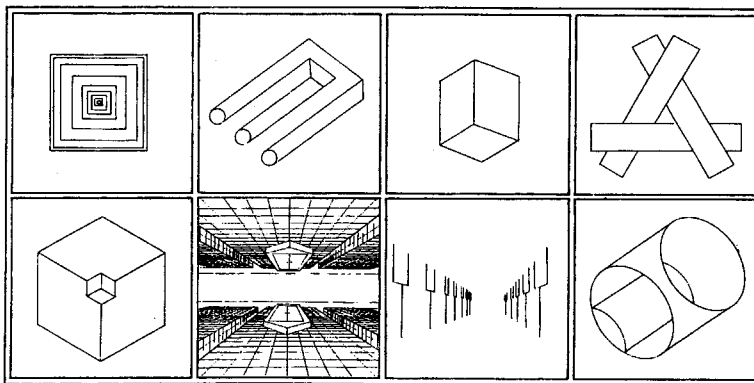
➤ 84 グレーのその図を厚紙から切り取りなさい。

それを紙の上にかき、そして、図のように点線の所で折りなさい。
さらに5回折り、その図をかきなさい。



奥行きのある図を、いま、かきました。あなたにはそれがどのようなものに見えますか。

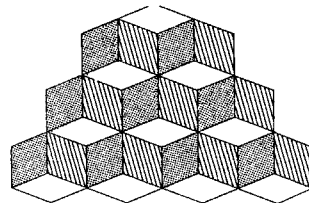
➤ 85 下の平面にかかれた図は、空間的などんなものに見えますか。



➤ 86 紙は平らかなままですが、空間的な物をイメージすることができます。
ところで、だれもが同じ物をイメージしていましたか。

➤ 87 立方体が積み上げられています。
いくつあるでしょう。

➤ 88 本を上と下を逆さまにして、ひっくり返しなさい。
そして、もう一度、数えてみましょう。

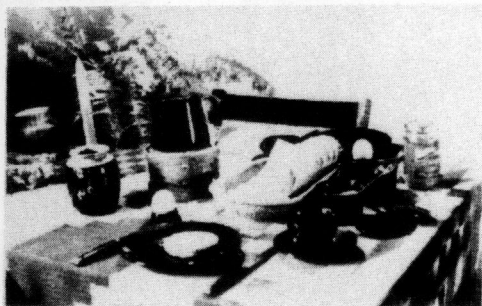


数えることができましたか。

- ≫ 89 左側の端にある立方体に赤い色をつけなさい。
本を上と下にひっくり返し、右側の端にある立方体に青い色を付けなさい。

問題 88 の答を覚えていますか。

3-2. 写真はどのくらい本当なのかな



- ≫ 90 このテーブルの上にあるほとんどの物が丸い形をしています。

写真のお皿に紙をあて、その形を写し取ってみましょう。

どんなことに気づきましたか。

- ≫ 91 うしろにある高い建物が前の橋よりもほんとうに低い、と思いますか。

この写真を見て、なぜそのように考えましたか。

- ≫ 92 電気機関車の幅が3メートルだとすると、列車の長さは何メートルになりますか。

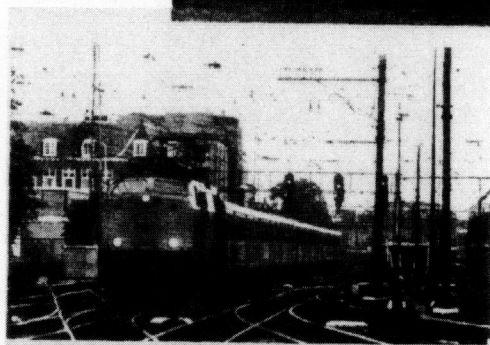
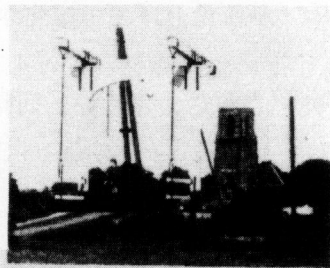
そして、それは本当にそうだと思いますか。

- ≫ 93 写真ではすべてのものが、それが見えるように、写っています。
それは、本当だと思いますか。

- ≫ 94 右のものは写真ですか、絵ですか。

- ≫ 95 どのようにして見分けますか。

どんなことがおかしいと見つけることができましたか。



3-4. 中世から

≫ 96 見えるように正確に何かを描くは容易なことではありません。

例として、中世のこのモザイクを見てみましょう。

右側に描かれている教会はどうか、上から見下ろしたように見えますか。それとも、下たから見上げたように見えますか。



≫ 97 今度は、天使の後ろにある建物を見てみましょう。

上から見下ろしてありますか、それとも、下たから見上げてありますか。

≫ 98 これらの建物を、同時に、上からも下からも見ることが‘実際に’できると思いますか。

3-5. 窓を使って

≫ 100 この絵をよく見てみましょう。

これは奥行きを描き方についての古い本の中にあつたものです。

ふたりの人がテーブルの左端にある楽器のリユートを描こうとしています。

キャンバスが窓枠とちょうつがい
で固定されています。そして、ふ
たりは一本の弦を使っている。



いま、ふたりはリユートのどこを調べていますか。

弦についている、右はしにあるおもりは何でしょう。

座っている人が窓枠の中のある一点を決めようとしています。

その人は手にチョークを持っている。

ピンと張った弦を使い、どのようにしてその点を見つけるのでしょうか。

キャンバスを動かしている座っている人より、なぜ、立っている人は窓側に立っているのでしょうか。

キャンバスを動かし閉じてから、座っている人はキャンバスに、チョークで正確に、印をつける。
その印は何を示していますか。

≫ 101 しばらくして、ふたりはこのようにしてリュートをすべて描き終わるでしょう、

あなたはこの部屋のある所からリュートを見ているかのようです。
それはどこ。
説明してみましょう。

≫ 102 こんどは、教室で同じことをしてみましょう。

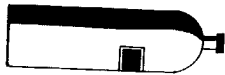
ちょうつがいのついたキャンバスのかわりに動かすことのできる小黒板を使いましょう。そして、リュートのかわりに椅子を使います。

椅子の絵を描きましょう。

その後で、どんなことがあったかを書き留めなさい。

≫ 103

この瓶の形を厚紙に写し取り、それを切り取りなさい。



次のページに、テーブル、キャンバス、弦を通すための輪の形をした金具があります、すべて横から見た図ですが。

テーブルのAの所にピンを置きなさい、そして、ピンの上と底を通る弦の図を描きなさい。

キャンバスに描かれたピンの高さはどれほどですか。
また、ピンについているラベルの上の端はどれだけ高いですか。

≫ 104 今度はピンをBの所に置きなさい。

青い線を描き入れなさい。
ラベルの上の端について調べましょう。

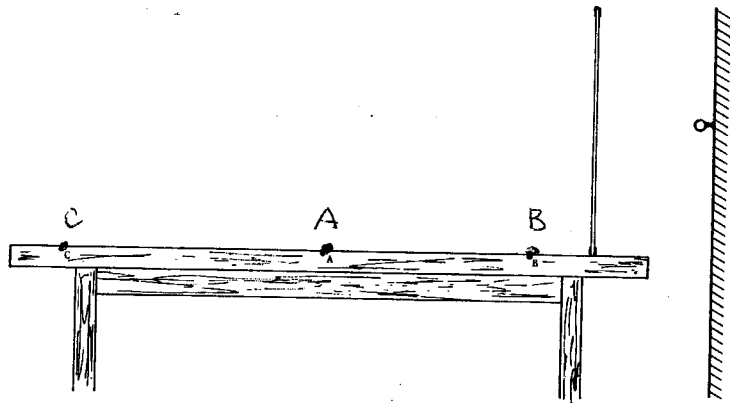
≫ 105 最後にCの所に、赤い線を描き入れなさい。

≫ 106 問題 103、104、105 で、三回、キャンバスにピンの図を描きました。

3つの図のピンは同じ大きさではありません。なぜでしょう。

≫ 107 キャンバスにピンのラベルを三度描きましたが、どんなことに気づきましたか。

それはなぜでしょう。

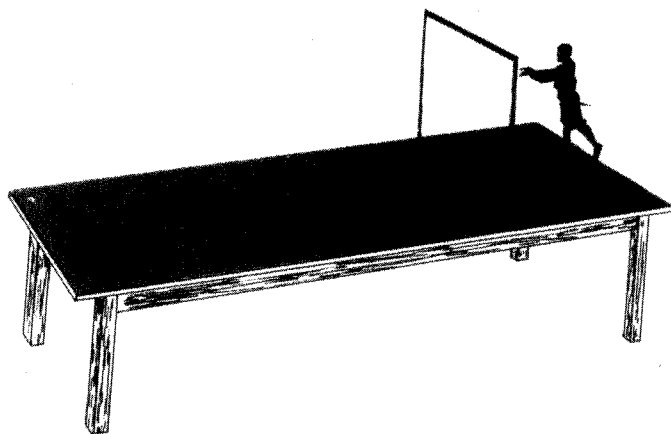


棒を描く

≫ 108 テーブルの上に小さな人がいて、4本の棒を見えています。

どの棒がその人にとってもっとも長く見えますか。

そして、どれがもっとも高く見えますか。



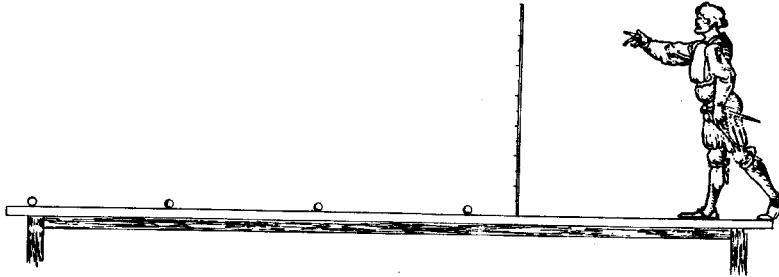
それぞれの棒がその人にどのように見えているかを‘正確に’解こうと思います。

問題111までは、これの続きです。

必要なときにいつでも見返し、比べてみなさい。

≫ 109 横から見た図です。

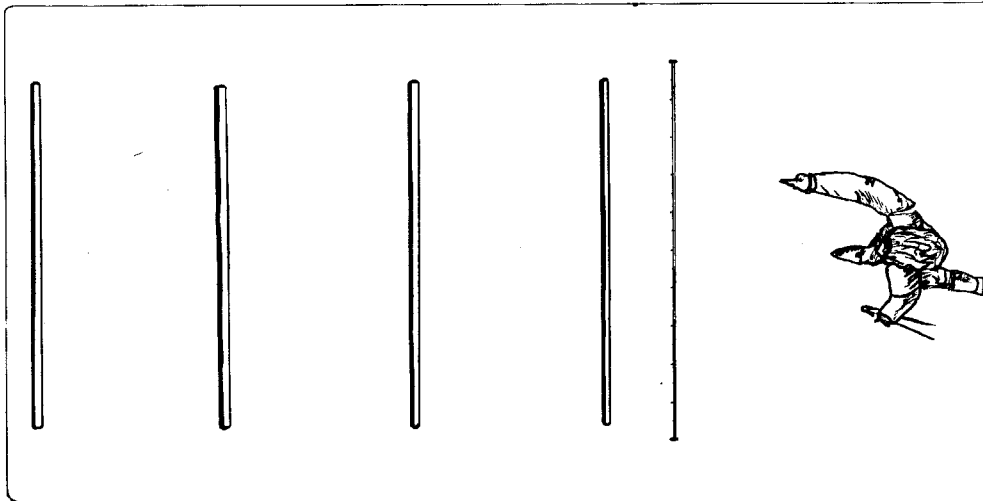
キャンバスに描かれた棒それぞれは、テーブルからどれだけ高いですか。
必要があれば線を描き入れその高さを見つけてみましょう。



- 1 番近い棒の高さは
- 2 番目に近い棒の高さは
- 3 番目の棒の高さは
- 4 番目の棒の高さは

≫ 110 同じ場面を上から見た図です。男の人の目の位置を正しく取りなさい。

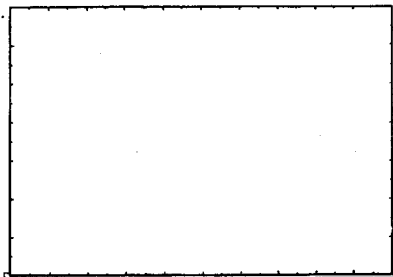
キャンバスに描かれた棒の長さは、それぞれ、どれだけですか。



- 1 番近い棒の長さは
- 2 番目に近い棒の長さは
- 3 番目の棒の長さは
- 4 番目の棒の長さは

» 111 前の二つの問題で見つけた棒それぞれの長さ高さから、キャンバスを通して見えるものを、正確に描くことができるでしょう。

ここに、その男の人の前にあったキャンバスと同じものがあります。それぞれの棒を描いてみましょう。それらは本物らしく見えますか。



参考文献

Goodijn, A. : SHADUW EN DIEPTE, Vakgroep OW & OC, 1980

Streefland, L. : Realistic Mathematics Education in Primary School, Freudenthal Institute, 1991