第4期国定教科書「尋常小学算術」における図形

―― 図形の対称性およびその意義 ――

前　田　輪　音
（北海道大学大学院教育学研究科修士課程1年）

1　課題と方法

1－1　第4期国定教科書尋常小学算術

第4期国定教科書「尋常小学算術」（―以下「緑表紙」と略す―1935年より使用開始）[1]は，「算数教科書史上画期的なものである」[2]といわれたものであった。それは「児童中心主義の新教育思想を反映」し，「当時の世界的な数学教育改造運動の影響」を受けて，それまでの国定教科書を修正したのではなく，全く新しく編集されたものであった。そこでは「論理的・抽象的な数学教育を改め」，「数量については関数関係および実験実測を重んじ，数量のほか空間観念を重視して，方向・位置・形について取り扱」っている[3]。さらにそれまでは教師用書しかなかった第1・2学年に児童用書が編集され，各学年とも上下2冊となった。外見は，色刷りで（第1学年～第3学年），「今日の多色刷りの小学校教科書の先駆をなすものであ」[4]った。

なかでも特に注目すべき点として，国定教科書において初めて，小学校（低学年）から図形教材が導入された，ということがある。それ以前の第3期国定教科書改定版（1925年より使用開始）までは，算術の教科書に「長さ」，「面積」，「体積」以外の図形教材は扱われていなかったのである。

緑表紙が目指した図形教育はどのようなものだったのだろうか。大まかなものを学年別に見る[5]。

1～2年		マッチ棒，色板，ひご，積み木などを用いた平面図形及び立体の構成と観察
	［用　語］	シカク，マシカクの程度
3年	［平面図形］	三角形，四角形，矩形，正方形，正三角形，円，角
	［立　体］	直方体
	［方向，位置］	八方位，位置（方位と距離で）
	［用　語］	上記の外，三角定木，直線，角，対角線，半径，直径，ヒロゲタ図など
4年	［平面図形］	三角形の内角の和，正方形・矩形の求積，菱形・平行四辺形・梯形の性質と求積，正多角形，縮図
	［立　体］	直方体，立方体の展開図と求積
	［方向，位置］	水平面，鉛直，垂直，直線や平面の平行・垂直関係
	［用　語］	鉛直ナ線，水平ナ面，平行線，直角三角形，面，稜，頂点，内法，容積，底辺，高さ，上底，下底など

（以下，用語は注目されるものだけにとどめる）

5年　［平面図形］　円（円周率）の求積
［立　体］　角柱，円柱，角すい，円すいなどの性質，展開図，求積，球の表面積と体積
［用　語］　正六角柱，正八角柱，側面，底面，測量，底面積，扇形，母線等

6年　・対称形，回転体
・相似形の性質と面積比・体積比
・直線と平面との角，太陽の高さ，光源と物の影の関係，勾配，建物の高さや河幅などの測定，地球の自転・公転と暦など
［用　語］　対称，位置，直線ニツイテ対称，回転ノ軸，大円，小円，対応，相似形，勾配，基線

図形の「素材」，つまり取り扱われている図形そのものに関しては，現行教科書と比較するならば，ほぼ同等の量をカバーしていると判断できるだろう。さらに，「それ以前の『尋常小学算術書(いわゆる黒表紙)』にくらべると感性的経験を重視するという点では大きい改善となって」[6]いた。しかし，経験的なものに依拠したその配列には，明確な系統性を見いだすことはできず，「内容の論理的連関という点では大きな欠陥があり，ある意味で終戦直後の生活単元学習と似通った面も少なくな」[7]いものであった。

緑表紙の図形は，「直観幾何」[8]と名付けられた。この「直観幾何」という名称はそもそもどのようなものをさしているのだろうか。これは，当時の中等学校においての幾何教育の前段階として尋常小学校に組み入れられたものである。前段階とはつまり，中等学校で教えられているユークリッド幾何を即座に教えるのではなく，その素材（図形）を具体的な模型によって感覚的にわかりよく覚えさせるという段階であり，それからユークリッド幾何につなげようという計画によるものであった。「『幾何図形』を並べてそれを眺めさせ，そうしてこの辺とこの辺とは長さが等しいとか，この図形には頂点がいくつ，面がいくつあるとか，あるいはどの面とどの面が平行だとか，どの角が何度だとかいうようなことを調べさせるだけ」のものあった。[9]それはユークリッド幾何学の教授法の変更にすぎず，「図形観，幾何観とも言うべきものにおいては，少しも従来のものとは変わっていない」[10]ものであった。

しかし緑表紙の図形を「ユークリッド的直観幾何」，すなわち中等学校におけるユークリッド幾何の前段階の直観幾何であると，結論付けることができるだろうか。それ以外の図形の扱い，隠された「図形観」（教科書の内容において）は見られないのだろうか。

1－2　幾何教育の在り方

本論文では幾何教育の目標を「ユークリッド空間における図形の基本性質を教えること」[11]におき，その方法を，F. Kleinの「エルランゲン・プログラム」[12]に端を発する「変換の幾何学」に求める。ここで，ユークリッド幾何学の立場を取らずに変換の幾何学を指示する理由は，現時点でいくつかあげることができる。ユークリッド幾何学においては，その公理系が子供の興味を存分に引き出すものとは思えない，論理的構造に問題がある，その前段階においての「ユークリッド的直観幾何」では何を教えるべきかということが確立されていない，などの点である。対する変換の幾何学においては，「変換群」という一つのすじ（—系統性）をもち，その「変換群」のなかでの「対称変換群」（ユークリッド空間の基本概念である）が，幾何教育において有効な働きをすること(たとえば対称性と合同変換との関係が明らかになる，など)，他の幾何学

への発展の可能性を含んでいること，などをあげることができる。

変換の幾何でユークリッド空間を学ぶ方法はいくつかあり，那須俊夫は「関数概念を図形領域に拡大（し）—中略—初等幾何学に変換の考えを持ち込」[13]み，H．S．M．Coxeter[14]は主として総合幾何的に，坪郷勉は主として座標や行列を用いた解析的な方法で，[15]変換による幾何学を展開している。

このような変換幾何学の種々の体系をふまえたうえで，本論文では「ユークリッド空間における図形の基本性質を教えるために，等長変換による新しい幾何教育体系を構築する」という目標をおく。この目標においては，図形の対称性が非常に重要な問題となる。等長変換によって保存される基本性質が，自己対称性及び相互対称性（合同）なのである。

よって，緑表紙における隠された「図形観」，つまり「空間における図形の取り扱い（図形の論理）」はどのようなものかを対称性で分析し，本論文の目標とする「幾何教育の在り方」に対してどのような意義をもつかを検討する。

1－3　分 析 法

ある図形が「対称である」というときには，[16]「その図形を変えずに部分だけ置換するような等長変換，すなわち，対称変換をほどこす余地がある」ということをさす。変換とは全空間の自分自身との1対1対応のことであり，その部分群として等長変換（すなわち長さを変えない特別の変換）がある。対称変換はこの「等長変換」がもとになり，鏡映対称，回転対称，併進対称により構成される。

先にあげた一覧表を見るならば，正三角形，円，長方形，正方形，円錐，角錐，球などの図形には対称性を見だすことができる。たとえば，正三角形を取り上げてみるならば，その「内心」(外心，重心)を回転の中心とした120°Nの回転対称な図形であるし，各頂点から向かい合う辺に下ろした垂線3本が，鏡映軸である。そして，等長変換——鏡映，回転，併進は，相互に関連させた見方が可能になる（たとえば，“2つの平行な直線を軸とする2つの鏡映の積は，軸の間隔の2倍だけの併進になる”など)。これらの図形のもつ対称性を検討することは意義のあることであろう。なぜなら教材の客観的構造が明らかになるからである。しかし本稿では，教育内容の文脈に組み込まれた対称性に焦点をあてたい。教材は常になんらかの課題を担っているが，課題解決において実際に用いられるであろう対称性が何であるかを検討する。

さて，分析の際，鏡映・回転・併進対称を，それぞれ「自己対称」と「相互対称」に分類する。鏡映対称は本来，「自己対称」と「相互対称」に区別されている。回転・併進対称についても「自己対称」と「相互対称」の概念を用いることができるだろう。

なお，対称性の観点で分析するに際し，先にあげた一覧表以外の図形も取り上げる。分析のなかでの緑表紙の引用は，旧仮名遣いを現代仮名遣いに改めて引用する。

2　第4期国定教科書「尋常小学算術」図形分析[17]

鏡映対称—自己対称

■　第1学年下（P 14）

「1枚の半紙で，旗を2つこしらえようと思います。どう切ったらよいでしょう」

これは，半紙—すなわち長方形から，四角形，あるいは三角形を2枚づつ作り出す問題であ

る。四角形の場合は，もとの長方形（半紙）の向かいあう２辺の中心を結んでできる１本の対称軸に沿って分割すると，左右（あるいは上下）に四角形が２つ出来上がる。この場合，長方形の鏡映対称性を用いている。

■ 第３学年上（P 28）

直角二等辺三角形を２つに分解し，それらで正方形を形づくる問題である。

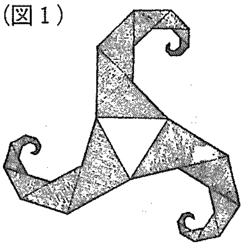
これは，直角二等辺三角形の鏡映軸で分解されてできた２つの直角二等辺三角形で正方形を構成することができることをさす。つまり，正方形の鏡映対称性を扱っている。

■ 第６学年下（P 77）

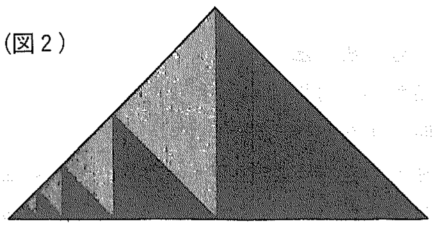
（表紙の絵を取り上げて―図１）

「三角形がどんな大きさの順に並んでいるか。その並べ方にしたがって，次第に小さい三角形を限りなく付け加えていったとすると，三角形の面積の和はどうなるであろうか。これを，次の図（―図２）について考えよ」

（図１）



（図２）



直角二等辺三角形を対称軸で二等分し，さらにその半分の直角二等辺三角形を対称軸で２分し，さらに…というように，無限に対称軸で２等分しつづけ，図のように並べる。並べてできた図形は，回転対称な図形である。鏡映対称性と「無限級数」を結びつける，つまり，空間と量を結びつけて考えるという高度な内容を含んだ教材である。

■ 第３学年上（P 2）

「紙を折って直角を作ってごらんなさい」

紙をまず半分に折り，さらに折った辺どうしを重ね合わすようにもう一度折り合わせると「直角」ができる。これは，平面の直交する鏡映軸２本によってできる角度である。

■ 第１学年下（P 78）

「良夫さんの右手の方を，なんといいますか。左手の方をなんといいますか，後の方をなんといいますか」

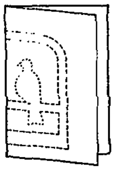
登場人物の「ヨシオ」が，両手を左右にのばし東に向かって大の字型に立っている挿し絵がでている。両方の手が向いている方角，後ろの方角が何かを考える。人間のからだの鏡映対称性と，東西南北の方角の鏡映対称性を重ね合わせて扱っている。

■ 第６学年上（P 31・P 32）

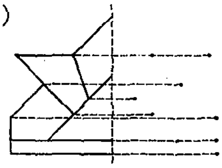
「対称形」の定義に引き続き（＊これは，後述の鏡映対称―相互対称参照）３次元図形の鏡映対称形，紙を２つに折って２次元の鏡映対称形を作る方法（図３），２次元図形の鏡映対称形の作図法（図４），鏡映対称な図形の鏡映軸の探索を扱っている。

(図３)

(4) 紙を二ツに折って、右の点線のような絵を書き、その線にそって紙を切り抜くと、どんな形が出来るか。
面白い対称形を切りぬいてみよう。



(図４)



(5) 左の図は、対称形を書く仕方を示したものである。この仕方にならって

鏡映対称―相互対称

■ 第６学年上（P 31）

（お宮の正面図をさして）「お宮は，左右が同じ形である。このような形を対称形という。二つのこま犬は，ちょうど相対している。この時，こま犬は対称の位置にあるという」ここでは，対称性のうちの「鏡映対称」およびその定義を扱っている。

回転対称―自己対称

■ 第３学年下（P 1）

４本の線分が１点で交わっており，その点を中心として中心角 360° を８等分するように配置され，その先にそれぞれ八方位の名称がかかれている。

「北と東とのちょうど真ん中の方位を，北東といいます」

「北と北西との間の角（北東と北西との間の角・北東と南東との間の角）は，どんな角ですか」

これらは，回転対称性を扱ったものである。

■ 第３学年上（P 4）

図のようなものを厚紙で作り，２つの円の部分に穴をあけ(図５)，これを使って円を作図する。

これはコンパスの原型であり，円の回転対称性を用いた道具である。

(図　５)

■ 第３学年上（P 6）

円を中心角 120° の扇形３つに分けて，そのうちの１つが黒く塗られた図があり，

「円を１とすると，黒いところは，どれだけでしょう。白いところはどれだけでしょう」

黒い扇形を「３分の１」，白い扇形を「３分の１＋３分の１＝３分の２」というように，円の回転対称性を用いて分数の概念を扱っている。

■ 第４学年上（P 27）

「石井君」の一日の時間割りを書き込んである円グラフが示されており，さらに自分の一日の時間割りも円グラフで作成するように指示されている。

一日 24 時間であることから，円を 24 等分し，時間毎の項目を書き込む。円グラフは円の回転対称性を用いたものである。

■ 第６学年上（P 44）

太陽を中心とした地球の１年の軌道―春分，立春，冬至，立冬，秋分，立春，夏至，立夏における太陽を中心とした地球の位置を示すため，太陽を中心として 45° づつに分割した円周にそれぞれの時期の地球の位置が記入された図が提示されている。これは，地球の軌道の回転対称

性を扱っている。

■　第4学年下（P 27）

（平行四辺形の面積の求め方を扱った後，梯形の面積の求め方の一つとして）

（平行四辺形を）「切って，同じ梯形を2つ作ってごらんなさい」

平行四辺形の，2つの対角線の交点を中心とする回転対称性を扱っている。

これは，扱いにくかったのであろうか―回転の中心が見付かりにくい―，第5期国定教科書においては，同じ「形と面積」の該当箇所で「2つの合同な梯形を組み合せて平行四辺形を作成する」というものに取って代っている。

■　第1学年下（P 14）

「1枚の半紙で，旗を2つこしらえようと思います。どう切ったらよいでしょう」

これは，長方形から三角形を2枚づつ作り出す問題である（同じ問題で，四角形2枚を作り出すのは，鏡映対称―自己対称で扱った）。三角形の場合は，もとの長方形（半紙）の向いあう頂点を結んでできる対角線で切って，2つの合同な直角二等辺三角形に分割される。長方形の回転対称性を扱っている。

■　第2学年下（P 25）

同じ長さのひごを5本使って，正五角形を作る問題。

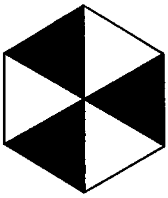
これは，合同な直線5本を互につなぎあわせることにより作製される正五角形の回転対称性を扱っている。さらに1本15 cmのものを5等分するという2位数―1位数の割り算の問題である。

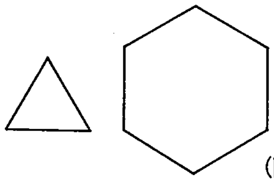
■　第2学年上（P 69）

「三角を並べて，六角を7つつくろうと思います。三角がいくついるでしょう」

黄色と赤の正三角形が交互に6枚正六角形に並べられた図がある（図6）。

正六角形（あるいは六角形）が，正三角形の6つ（この場合，赤3つ，黄色3つ）でしきつめられること，つまり，正六角形の回転対称性を扱っている。さらにこれは，「6×7＝？」という1位数どうしの掛け算問題である。


（図 6）


（図 7）

■　第3学年下（P 87）

（1辺の長さが互いに同じ正三角形と正六角形が図に表示され一図7）

「六角形の広さ（まわりの長さ）は，三角形の広さ（まわりの長さ）の何倍でしょう。三角形の広さ（まわりの長さ）は六角形の広さ（まわりの長さ）のどれだけでしょう」

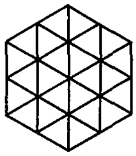
正六角形の回転対称性を扱っている。さらに，正三角形と正六角形を比較して，互いに広さと長さが何倍づつであるか，という掛け算・割り算の問題でもある。

■　第4学年下（P 28）

正三角形を6つつかって正六角形を作り，辺や角について調べさせ，正多角形の概念を知らせるものである。正六角形の回転対称性を扱っている。

■　第4学年下（P 29）

「この図には，正六角形がいくつあるでしょう。正三角形はいくつあるでしょう」回転対称性と鏡映対称性を用いて，効率よくそれぞれの数を数えることができる（図８）。



（図　8）

■　正多角形の作図法―第４学年下

正六角形，正八角形，正五角形などを円を媒介にしながら正多角形の回転対称性を用いた作図法を扱っている。

■　第２学年上（P 76）

「紙風船は，どんな形をした紙をつぎあわせて作ってありますか」

球に近い多面体の構成法―合同な紡錘形を８枚つなぎあわせてつくる方法を提示している。

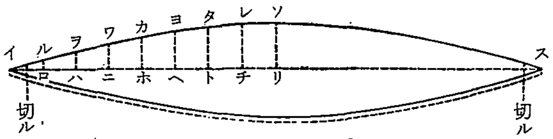
これは，この図形の回転対称性を扱ったものである。さらに１位数どうしの掛け算の問題である。挿し絵に紙風船が５つあり，「これだけの紙風船には  のような形をした紙が何枚ありますか」という掛け算を扱った問題にもなっている。

■　第５学年下（P 5）

（つぎしろのついた合同な紡錘形を12枚作らせ）

「この12枚を，つぎしろでつぎ合わせて，紙風船を作れ」（図９）

球に近い多面体の構成法で，その図形の回転対称性を扱っている。さらにこの問題のあと，表から読み取れる数値を用い（シンプソンの公式の利用を意味する），この紙風船の表面積を求めさせる。



イ ヌ	ロ ル	ハ ヲ	ニ ワ	ホ カ	ヘ ヨ	ト タ	チ レ	リ ソ
314	5	10	15	19	22	24	26	26
ツギシロの幅　4					単　位　mm			

（図　9）

■　第６学年上（P 33）

「こまは，心棒の周りにどれだけ回しても同じ形に見え，心棒の方向から見ると円に見える。このような形を回転体といい，こまの心棒にあたるものを回転の軸という」

「回転対称」な図形のうち，３次元の回転対称図形およびその定義を扱っている。１次元，２次元に関しては取り上げられていない。円柱，円錐，球が回転体であり，回転の軸の探索を扱っている。

回転対称―相互対称

相互鏡映対称が扱われているのに対し，相互回転対称は扱われていない。現行教科書では，相互回転対称の一つ「点対称」が扱われていることとの相違点である。

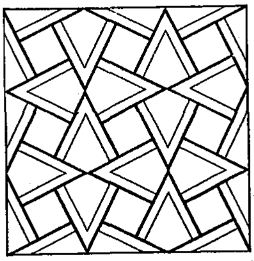
併進対称—自己対称

■　第2・3学年および第6学年下（P 74）

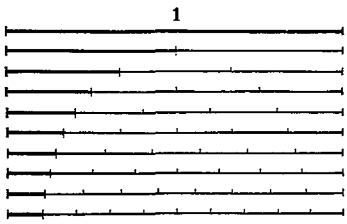
しきつめ図は，自己併進対称性を用いたものである。四角形や，三角形，または3次元図形で立方体などを複数用いてしきつめている。主に四角形や円などの数を求めさせるという掛け算の問題に用いられている。

第6学年では，しきつめに直接注目させる扱いをしている。

「どんな図がもとになっているか，この模様の書き方を考えよ」（第6学年下）（—図10）として，2種以上の多角形で平面をしきつめることができること（ペンローズの図形）を扱っている。



(図 10)



(図 11)

■　数の幾何的表現である数直線は，6学年通してほとんどないといってよい。数直線に近い領域では，第4学年下（P 62）での「約分と通分」で目盛りを入れた線分（図11）を扱っていることであろう。ただし，棒グラフなどのグラフは低学年から扱われてきている。現行教科書と比較すると著しい相違点である。

併進対称—相互対称

■　第1学年では，長方形の枠のなかに規則的に，個物（ex. りんご，チューリップ，桑の葉 etc）や図形を一直線に等間隔に並べた図が，頻繁に用いられている。これは併進対称性を用いた個物・図形の配置が，数概念形成を助ける，という有効性を認め，用いたものであろう。現在では，当然のもとして用いられているが，第3期国定教科書までに用いられていなかったものとして注目に値する。

■　図形の構成要素の平行関係

「長方形の向い合う2辺の平行性」（第4学年上— P 28），梯形の定義；「向かい合っている辺の一組は平行で，他の一組は平行でない四角形を梯形といいます」（第4学年上— P 32），直方体，立方体における「互いに平行な稜」や「互いに平行な面」（第4学年下— P 2）などや，「円柱の二つの底面はまったく等しい円で，平行している」（第5学年上— P 69）など。

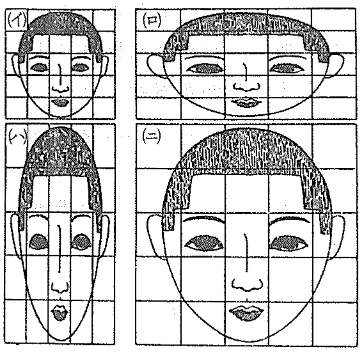
等長変換に含まれないいくつかの概念

■　相似変換

第6学年上「相似形」（P 63～68）

図12を用いて，気のついたことをあげさせてから，2次元図形（地図，三角形，四角形など）の拡大図，縮図，面積比を扱い，相似形の定義を述べ，3次元図形（直方体，円柱，円錐）の相似形の体積比，などを考えさせている。

「相似形」の定義の前に，第5学年から「比」の問題で2次元図形・3次元図形の相似形を「同じ形」として扱っている。さらに，第6学年上では相似の中心を決めることにより多角形の縮図の作図が可能になることを扱っている。



(図 12)

相似変換では，第6学年下「電燈」(P 33・34）もあげることができる。天井から下がった電燈と障子との間に，平行に丸い板が天井から下がっている挿し絵があり，「板の影を障子にうつすと，影はどんな大きさにうつるか」[18]

さらに，同じ相似変換を扱っているのだが，第6学年下（P 76）では，次のようなものもある。

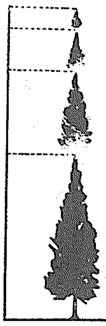
「あるところに一本の木が生えた。最初の一年に高さが1メートルとなり，次の一年に50 cmのび，その次の一年に25 cmのびるというように，毎年その前年にのびた長さの半分だけのびるものとすると，この木はどこまでのびるであろうか」(図 13)

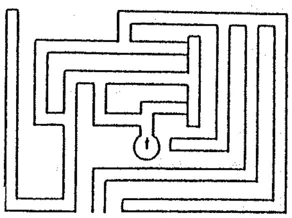
これは，相似変換と「無限級数」を結びつける，つまり，空間と量を結びつけて考えるという高度な内容を含んだ教材である。

■ 第3学年上「まよい道」(P 63)

「どの道を通ると外へでられるでしょう」

位相の概念が含まれている（図 14)。


(図 13)


(図 14)

3 おわりに

緑表紙の「ユークリッド空間」における「図形の扱い」を，対称性により分析し，各学年において対称性の概念が駆使されていることが明らかになった。このことから，緑表紙の幾何教育が,「ユークリッド的直観幾何」の枠ではおさまりきらないもの，つまり中等学校のユークリッド幾何学の準備としての幾何教育とは異なる原理，すなわち変換の幾何学展開の可能性をもっている，ということがいえる。緑表紙は，クラインから始まった変換の幾何学の影響，および変換幾何教育の可能性を含んでいるということが，言えるであろう。

しかし一方で，対称性の系統立てた扱いがなされていない，という問題点がある。唯一，緑表紙が"対称性"として取り上げているのは，第6学年上における「対称形」での鏡映対称（鏡

映相互対称•鏡映自己対称）のみである。この項目のみが，“対称性”としてある程度の系統性をもって構成されており，他の，回転対称，併進対称は，対称性としては捉えていない。緑表紙の対称性の扱いの特徴といえる。

初めて図形教材を尋常小学校で使用する国定算数教科書に導入するにあたり，対称性を扱っていることは評価に値し，国定教科書における「対称性による変換の幾何への萌芽」ともいえよう。これは，本稿において目標とする幾何教育の在り方「ユークリッド空間における図形の基本性質を教えるために，等長変換による新しい幾何教育体系を構築する」において，重要な意義をもつものである。

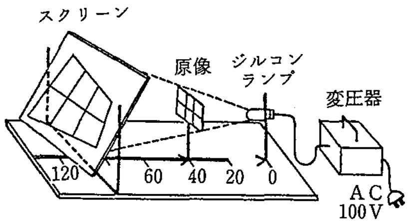
本稿の目標とする幾何教育の在り方において，この緑表紙と現行教科書との比較などは，さらなる課題であろう。

注

1） 海後宗臣編纂　日本教科書体系近代編第14巻算数(五)P 94　講談社　1964
「算数教科書総目録」では，「第一学年児童用上」は昭和9年12月25日に印刷され，教師用書は昭和10年2月16日発行—というように，児童用書，教師用書ともに学年をおって，順に発行されたことが明示されている
2） 海後宗臣編纂　日本教科書体系近代編第14巻算数(五)P 14　講談社　1962
3） 同(1)「算数教科書総解説」P 186
4） 尋常小学算術　復刻版「復刻にあたって」啓林館
5） 文部省　算数指導資料「図形の指導」P 46,47　1982
6） 遠山啓「教師のための数学入門　関数・図形編」P 129　国土社 1965
7） 前掲書　P 129
8） 遠山啓・長妻克亘編「小学校図形の指導入門上巻」P 21　国土社　1964
（緑表紙の図形に関して）「『空間観念の養成が必要だ』ということで，小学校から，ある程度図形の性質を明らかにすることが考えられ，この段階を直観幾何とよぶようになりました。ところで，小学校の直観幾何で，図形の性質を教えてしまうと，中学校の幾何は，もはや図形の性質を明らかにする，という目的がなくなってしまいます。そこで，論理的思考を養う，という目的が正面に登場し，論証幾何という名のものが，直観幾何と並んで考えられるようになりました」
9） 前田隆一「算数教育論」P 213　金子書房　1979
10） 前掲書　P 213
11） 須田勝彦・久蔵宏幸・岡野勉　授業書「鏡による図形の移動」と授業記録
「教授学の探究」第8号　P 70　北海道大学教育学部教育方法学研究室発行　1990
12） F. Klein「エルランゲン・プログラム」大阪英孝・大西正男訳　共立出版　1970
13） 那須俊夫「変換幾何入門」—まえがき　共立出版　1990
14） H. S. M. Coxeter「幾何学入門」銀林浩訳　明治図書　1965
15） 坪郷勉「変換の幾何学」槇書店　1977
16） 同(14)　P 31
17） 第4期国定教科書「尋常小学算術」分析のなかで，図は，日本教科書体系近代編第13巻算数(四)「第4期国定教科書　尋常小学算術」より複写し，分析における色彩の検討は，「尋常小学算術」復刻版　啓林館—を用いている。
18） 電灯は相似変換指導の際に有効な働きをするが，若干の装置を加えることによりさらに様々な変換を表す

ことができる。たとえば，図の様な変換装置では，ランプの光を点光源にし，原像とスクリーンを平行にすれば，相似変換になり，スクリーンを傾斜させると射影変換がみられる。スクリーンとして湾曲させた白ボール紙を用いると位相変換をみることができる。さらにジルコンランプに凸レンズをかけることにより，光は平行光線になり，アフィン変換をみることができる。

遠山啓　他編　現代化数学指導法辞典　P 213～　明治図書　1971 より



(図 15)