

教室の照度分布 — 桐朋学園(男子部)の調査報告 —

谷口正弘

§1. はじめに

照明技術の発達により、人工照明が広く普及しているが、経済的な見地から、学校建築ではまだまだ自然照明に頼ることが多い。従来の学校建築の特徴である片廊下型の教室では、窓面から遠くなるにつれて照度は著しく低下する。すなわち、照度分布に大きな差が生じている。

桐朋学園男子部新校舎(昭和38年3月竣工)の教室の設計には、こうした従来の欠点を除くため、北面にも採光窓を設け、照度分布の一様化への考慮を図った(付図-1, 付図-2参照)。

この調査は、その設計意図が生かされたか否かを裏付け確認する目的で行なった。確認の方法としては、教室における照度分布の実測例が少ないので、新校舎と旧木造校舎との比較によることにした。

§2. 測定状況

2.1 測定日ならびに状況

昭和38年8月2日(金) 快晴

新校舎は同校敷地(約78,000 m²)内のほぼ中央の位置に建ち、その北側に木造2階建の旧校舎、東側に小森があり、南面には約10m幅のコンクリート造テラスがあり、さらに運動場が続いている。

2.2 測定器

- (1) 光電照度測定装置: LV1A (東芝製)
光電子増倍式 測定範囲 0.0001~100,000(Lx)
- (2) ルックスメーター: LM-1 (島津製)
光電池式 測定範囲 0~5,000(Lx)

2.3 昼光率

室外の昼光照度は、太陽高度の変化、天候などによって変動する。これにともない、室内の昼光照度も同様に

変動するので、採光設計においては、ある一時点の絶対照度を示しただけでは、明るさの表示としては一般性がない。

室外昼光照度の変動に関係なく、明るさの一般的な表示として、昼光率(Daylight factor)がある。これは室内のある点の照度 E と、その点を取り囲む総ての障害物を取り除き、しかも太陽光の直射をささぎったときの水平面照度 E_s (全天空照度)との比を百分率で表わしたものである。

$$\text{昼光率}(D) = \frac{E}{E_s} \times 100 \quad (\%)$$

2.4 測定方法

測定器数、測定員数の都合で、下記の方法を採用した。

まず屋上で、直射光が測定器受光面に入射しないように遮蔽(大きさ約40×60cmの白色スチルフォームを用い、受光面と太陽を結ぶ線上に、受光面から約2m離して設置)を施して、測定器(1)で全天空照度(E_s)を、同時に、教室窓台位置での室内昼光照度(E_{wo})を測定器(2)で測り、その比 E_{wo}/E_s を求めた。この比は測定中常に一定であると仮定する。

つぎに、測定器(1)を窓台位置に移し、そこでの照度(E_{wt})と教室内各机上面照度(E_i)を測定器(2)で、同時に測定した。

上記 E_{wo}/E_s , E_{wt} , E_i により、全天空照度に対する室内昼光照度分布、すなわち昼光率が求まる。

$$\text{昼光率}(D) = \frac{E_{wo}}{E_s} \times \frac{E_i}{E_{wt}} = \frac{E_{wt}}{E_{st}} \times \frac{E_i}{E_{wt}} = \frac{E_i}{E_{st}}$$

ただし、 $\frac{E_{wo}}{E_s} = \frac{E_{wt}}{E_{st}}$ と仮定する。

(E_{st} は各机上面照度測定時の全天空照度)

2.5 測定点

図-1に矢印の付してある位置の1~3階の、上下に重なる1教室ずつを選び、それぞれの照度分布を、また3階教室については、①9:45、②11:30、③13:45の3

時刻の照度分布を調査した。すなわち、階数による照度分布の相違（大地の反射等によるもの）と昼光率の意味（全天空照度が変わっても、照度分布の様子は不変であるということ）を確認する意図で行なったものである。

なお、本調査は校舎竣工後約4カ月である。

また、旧校舎（木造2階建、片廊下型）の照度分布の資料がないので、2階自習室について測定を行なった。

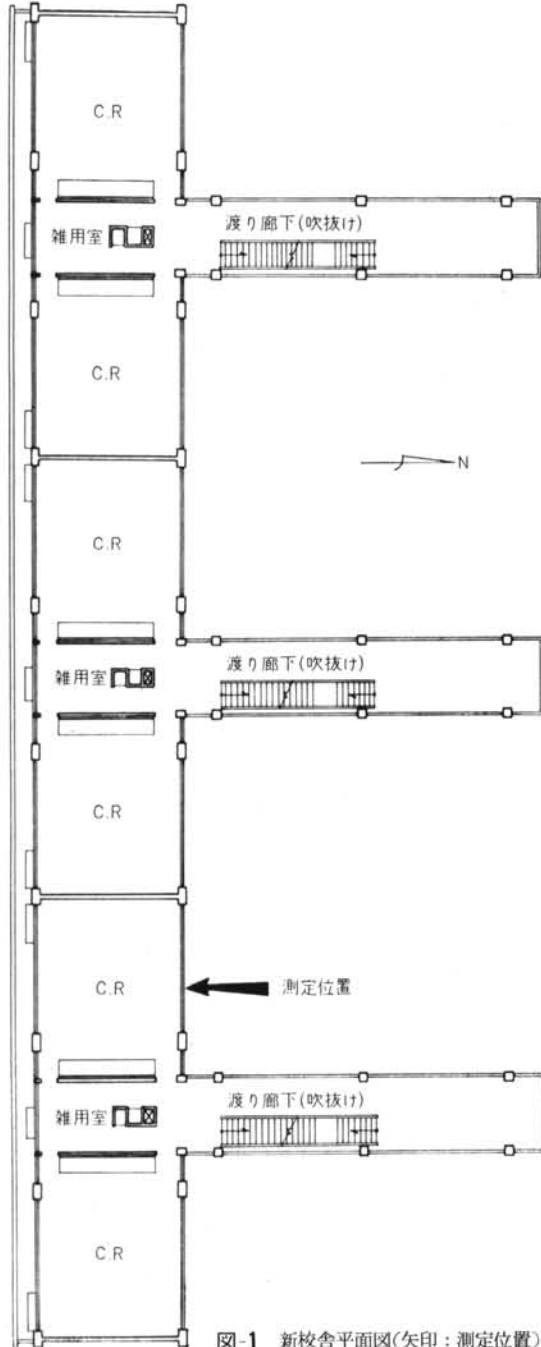


図-1 新校舎平面図(矢印：測定位置)

測定点は、新校舎の教室では図-2、旧校舎の自習室については図-3に示すとおりである。高さは総て机上面で床より約75cmである。

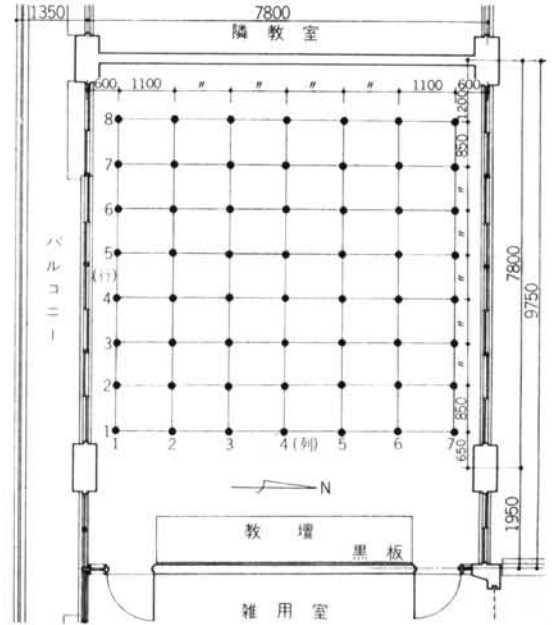


図-2 新校舎教室照度測定点(●印：測定点)

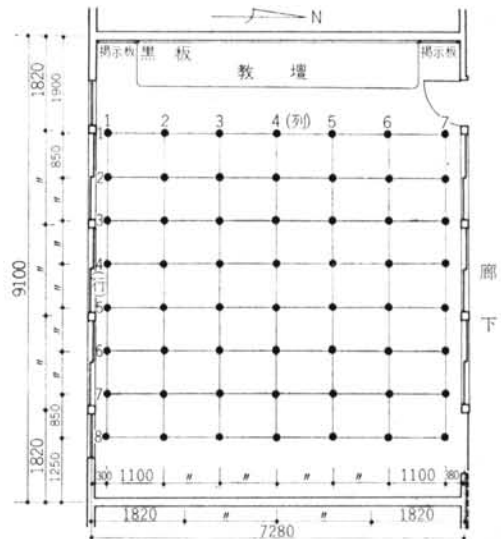


図-3 旧校舎2階自習室照度測定点(●印：測定点)

§ 3. 測定結果

表-1~6 に示した。上段の数値が机上面照度(E_t)、下段の数値が同測定時刻の窓台照度(E_{wi})である。

列 行	1	2	3	4	5	6	7
8	4750	2100	1050	700	680	780	220
	7200	7290	7310	7590	7610	7620	7610
7	4850	2500	1280	900	800	900	245
	7200	7290	7350	7570	7630	7670	7600
6	6500	2800	1450	1000	850	1000	245
	7200	7280	7390	7560	7670	7690	7580
5	6360	2400	1520	960	850	1000	270
	7200	7240	7400	7530	7690	7700	7540
4	6650	2600	1500	900	850	980	250
	7220	7220	7400	7510	7700	7700	7520
3	4900	2700	1500	900	800	950	260
	7240	7220	7400	7510	7710	7200	7500
2	6700	2600	1300	900	780	900	250
	7230	7220	7420	7500	7720	7200	7500
1	4200	1950	1100	780	750	800	260
	7210	7220	7460	7470	7720	7700	7500

測定時刻 13:00～ 全天空照度 (E_g) 40500 (Lx)
 $E_{wo}/E_g: 0.119$ 同上測定時刻の窓台照度 (E_{wo}) 4800(Lx)

表-1 1階教室の照度分布 (Lx)

列 行	1	2	3	4	5	6	7
8	3200	1500	1050	700	550	420	340
	4820	4700	4700	4670	4670	4740	4740
7	3500	1650	1100	800	600	450	330
	4820	4710	4700	4670	4670	4740	4730
6	3600	1700	1100	800	550	440	320
	4810	4710	4700	4680	4670	4740	4730
5	3600	1700	1100	750	600	440	310
	4810	4720	4700	4680	4660	4740	4740
4	3400	1600	850	700	500	430	290
	4800	4750	4700	4680	4660	4740	4740
3	3400	1600	950	700	480	390	300
	4800	4730	4700	4690	4660	4740	4720
2	3350	1300	800	550	420	345	270
	4780	4750	4690	4690	4670	4740	4720
1	1150	900	700	500	350	310	280
	4770	4760	4690	4690	4670	4740	4730

測定時刻 9:45～ 全天空照度 (E_g) 21300 (Lx)
 $E_{wo}/E_g: 0.202$ 同上測定時刻の窓台照度 (E_{wo}) 4300 (Lx)

表-3 3階教室の照度分布 (Lx)

列 行	1	2	3	4	5	6	7
8	3300	1600	900	600	720	640	290
	5700	5700	5710	5700	5700	5700	5500
7	3550	1700	900	700	600	600	300
	5750	5750	5750	5690	5680	5700	5470
6	3700	1800	1000	800	660	700	280
	5810	5740	5780	5680	5680	5700	5470
5	3500	1700	1000	700	700	640	270
	5810	5740	5780	5680	5680	5700	5470
4	3600	1100	900	700	650	640	265
	5800	5720	5790	5640	5640	5700	5500
3	3400	1550	950	700	600	600	275
	5810	5720	5800	5620	5630	5690	5630
2	3500	1400	800	600	600	600	260
	5820	5750	5800	5620	5640	5680	5680
1	2200	1100	700	600	500	420	235
	5850	5760	5790	5620	5630	5640	5670

測定時刻 10:30～ 全天空照度 (E_g) 25000 (Lx)
 $E_{wo}/E_g: 0.176$ 同上測定時刻の窓台照度 (E_{wo}) 4400(Lx)

表-2 2階教室の照度分布 (Lx)

列 行	1	2	3	4	5	6	7
8	3550	1500	1000	700	500	420	250
	4310	4310	4290	4290	4210	4200	3810
7	3900	1700	1060	800	560	450	240
	4310	4310	4290	4290	4220	4200	3830
6	3900	1750	1150	820	600	460	220
	4310	4310	4290	4290	4230	4180	3880
5	3700	1840	1160	820	620	440	240
	4310	4300	4290	4290	4230	4180	3930
4	3500	1500	900	800	630	440	240
	4370	4320	4300	4290	4250	4170	4010
3	3700	1800	1050	780	600	410	290
	4310	4300	4300	4290	4260	4160	4030
2	3900	1500	900	700	580	370	290
	4310	4300	4300	4280	4270	4140	4090
1	2000	1150	800	600	480	350	320
	4310	4300	4300	4280	4270	4120	4110

測定時刻 11:30～ 全天空照度 (E_g) 28900 (Lx)
 $E_{wo}/E_g: 0.128$ 同上測定時刻の窓台照度 (E_{wo}) 3700 (Lx)

表-4 3階教室の照度分布 (Lx)

列 行	1	2	3	4	5	6	7
8	3600	1500	900	700	600	450	300
	5400	5390	5350	5340	5260	5250	5170
7	4000	1700	1100	800	650	450	300
	5400	5390	5340	5350	5270	5230	5180
6	4400	1800	1150	850	700	450	300
	5400	5390	5340	5330	5280	5220	5190
5	4300	1400	1200	850	750	450	300
	5420	5380	5340	5320	5280	5220	5190
4	4200	1900	1300	850	750	500	300
	5560	5380	5360	5320	5280	5220	5190
3	4200	1900	1250	800	750	450	350
	5470	5380	5360	5320	5290	5210	5190
2	4600	1700	1100	800	650	450	350
	5470	5380	5370	5300	5300	5200	5200
1	3150	1400	1000	800	600	400	350
	5450	5380	5370	5300	5300	5200	5200

測定時刻 13:45～ 全天空照度 (E_g) 37000 (Lx)
 $E_{wa}/E_g: 0.124$ 同上測定時刻の窓台照度 (E_{wa}) 4600 (Lx)

表-5 3階教室の照度分布 (Lx)

列 行	1	2	3	4	5	6	7
1	3500	900	550	180	100	90	50
	4210	4190	3440	3470	4000	4020	3400
2	3900	1150	550	210	120	125	65
	4200	4160	3480	3510	4000	4000	3400
3	2900	1100	600	210	140	130	70
	4200	4110	3500	3560	3980	3950	3390
4	3400	1250	700	220	160	125	80
	4200	4080	3510	3610	3930	3910	3390
5	3100	1100	600	220	140	115	65
	4400	4010	3520	3630	3910	3890	3400
6	4100	1250	550	220	120	110	30
	4200	3950	3570	3680	3900	3850	3430
7	3400	1200	500	190	105	100	25
	4180	3870	3590	3760	3870	3800	3490
8	3300	900	370	150	110	60	25
	4160	3780	3680	3790	3820	3780	3520

測定時刻 14:45～ 全天空照度 (E_g) 25000 (Lx)
 $E_{wa}/E_g: 0.200$ 同上測定時刻の窓台照度 (E_{wa}) 5000 (Lx)

表-6 旧校舎2階自習室の照度分布 (Lx)

§4. まとめ

4.1 本調査の問題点として、測定器と測定方法があげられる。

測定器に関する問題点は、2.2項で述べた2つの測定器が、測定機構、精度において、互いに異なっているということである。

この2種の測定器の相互の関係を明らかにするための設備がなかったので、本調査ではこの点について検討を加えていない。

また、測定方法に関しては、2.4項で述べたような事情により、2段階の手順を踏んだため、余計な誤差の入り込むことが予想される。

以上の問題点を解決するには、同一測定機構の測定器を用いるべきであり、測定方法としては、この場合、全天空照度 (E_g) 対机上面照度 (E) の関係を求めることにあるから、その関係を直接測定すべきである。

したがって、本調査結果は、一般性という点では不十分であるが、しかし新旧両校舎には共に同一測定器を用いたので、比較検討の資料にはなり得よう。

4.2 表-1～表-6に得た資料に対して、測定方法の項で述べた昼光率の計算を行ない、机配列の横列方向の昼光率変化を求め、新校舎の結果の一部を図-4に、旧校舎の結果を図-5に示した。

さらに、これらの結果から、各教室の等昼光率線を求め、図-6-1～図-6-5、図-7に示した。(図中の破線個所は推定値。ただし、図-6-1の破線は机上面に直射光が差していたため他と区別した。)

これらの図から、次のことがいえる。

- (1) 南窓より2mまでの範囲では、当然ながら、昼光率の変化が大きい。
- (2) 旧校舎(木造、片廊下型)教室の測定結果と比べると、新校舎の北面高窓の効果が、北面から教室中央部まで現われていると思われる。
- (3) 各階の教室の照度分布状態は、(1)の範囲を除けば、2、3階に対して1階が悪い。
- (4) 3階教室について時刻別にみた場合、昼光率にほとんど相違が認められない。

このことから、昼光率が照度分布を一般的に表わしていると確認できよう。

- (5) 図-6-2において、2%曲線が他の結果と比べて著しい相違を示しているが、昼光率変化(2%～1.5%)の度合がきわめて小さいことから、測定誤差とも考えら

れ、特に意味があるものとは思われない。

4.3 以上の結果から、次のような結論が得られる。

(1) 片廊下型の旧教室に対して、新教室では明らかに照度分布が向上している。窓ぎわと教室中央部との昼光率の比で示すと、おおよそ、

旧教室 15 : 1
新教室 5 : 1

となっている。

(2) 北面から教室中央部までの昼光率の増大は、北面高窓の効果によるものと考えられる。

(3) 建築学会設計計画パンフレット「教室の設計」で述べられている、2%の昼光率を最低の基準としたいという点からすれば、新教室の場合でも、北面高窓を設けるだけではその直下の照度に対して不十分である。

(4) 一方、南窓ぎわでは、机1列奥へ入ると、照度が半分近く落ちていくように、照度分布の変化がきわめて大きい。

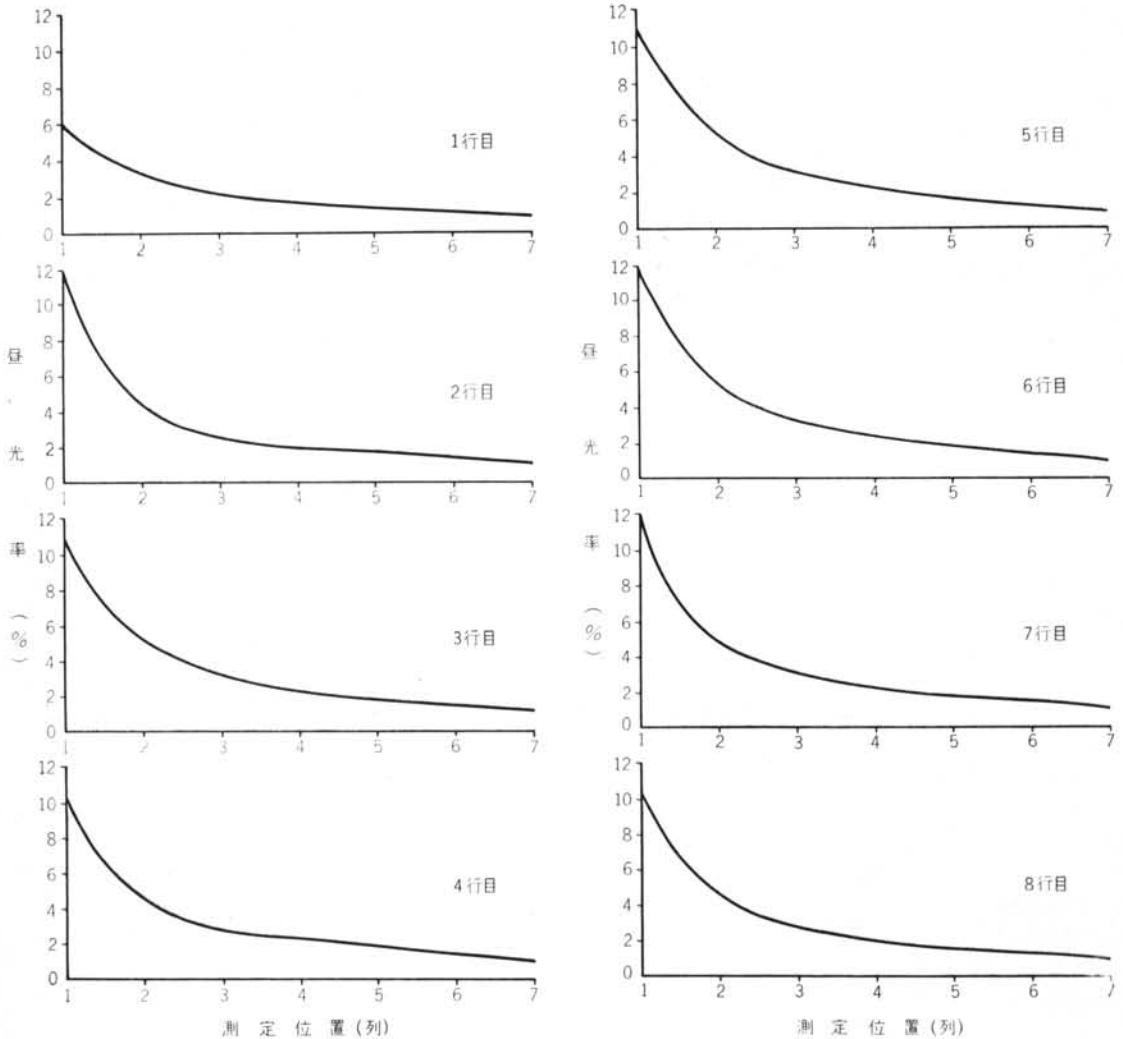


図-4 新校舎3階1-B教室の昼光率変化(横断面内)

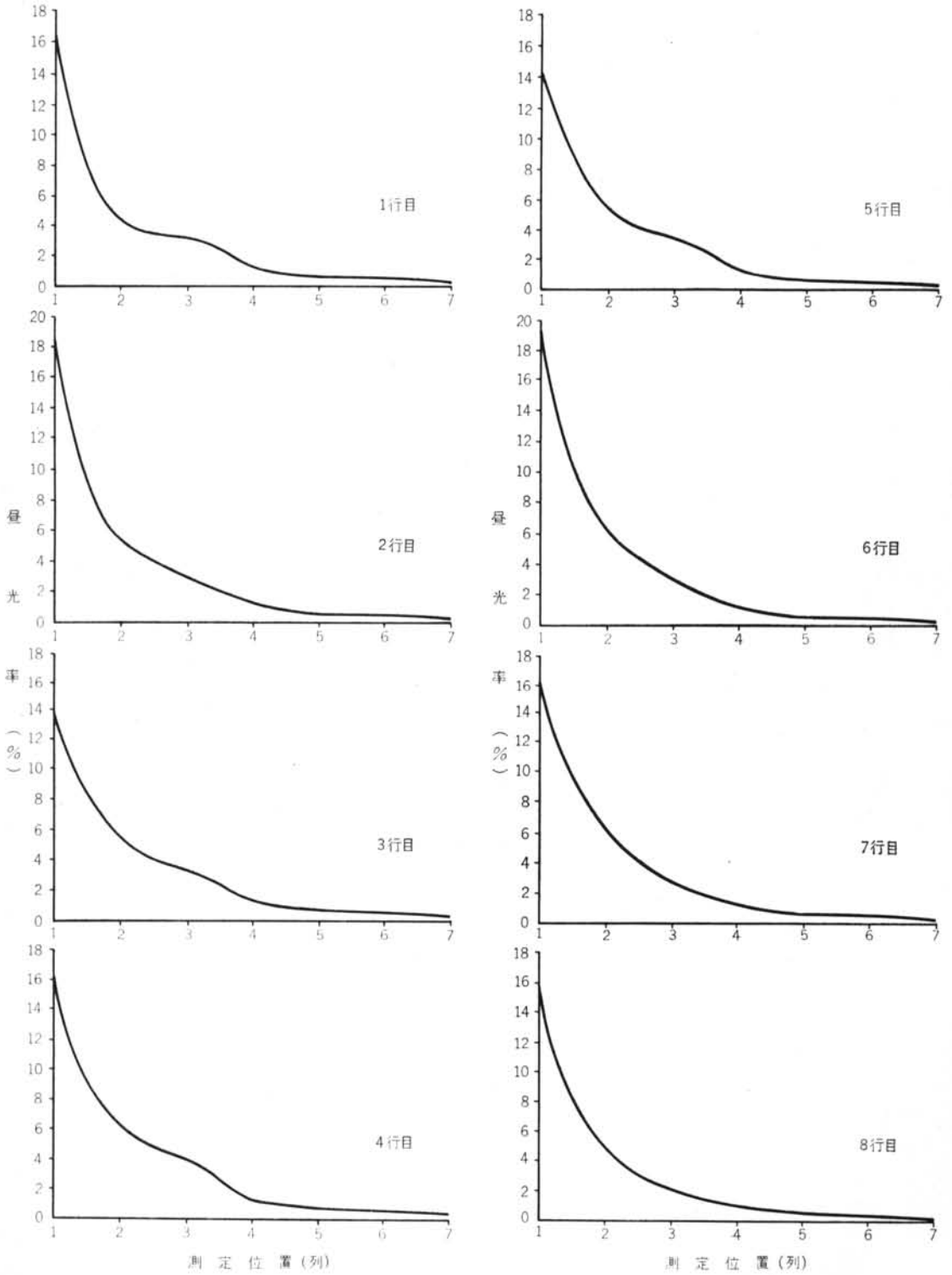
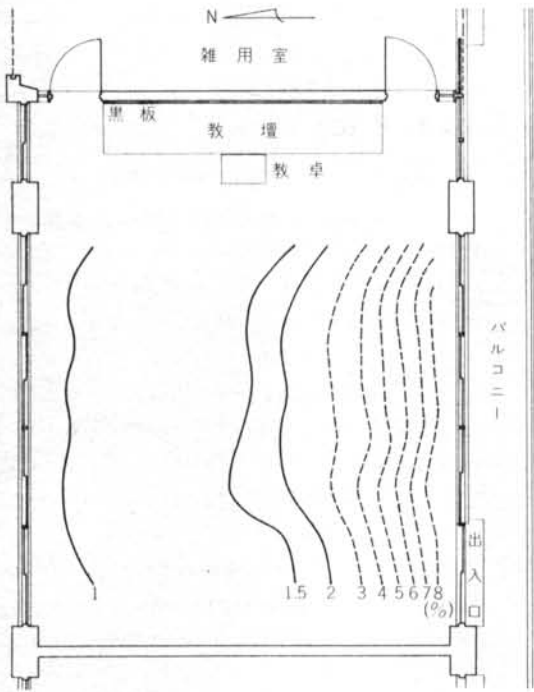
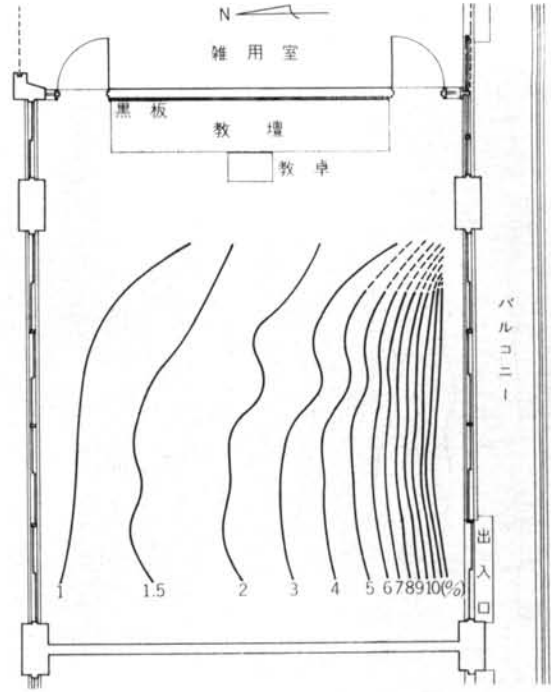


図-5 旧校舎2階自習室の昼光率変化(横断面内)



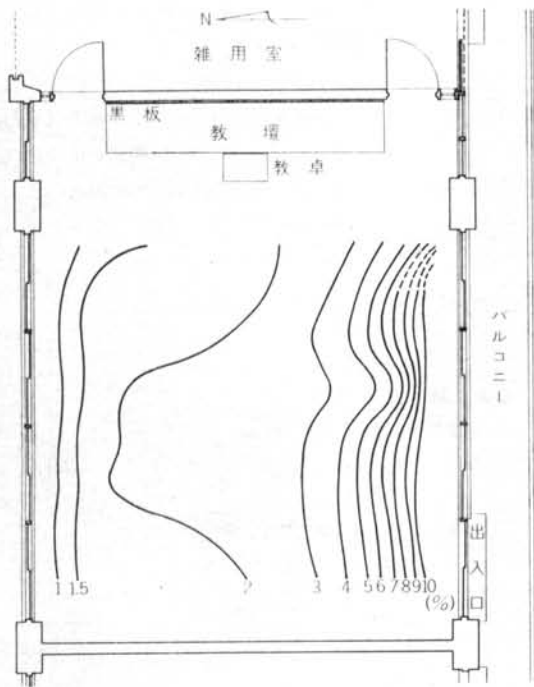
1階1-F教室 測定時刻 13:00~

図-6-1 新校舎教室の等昼光率線図



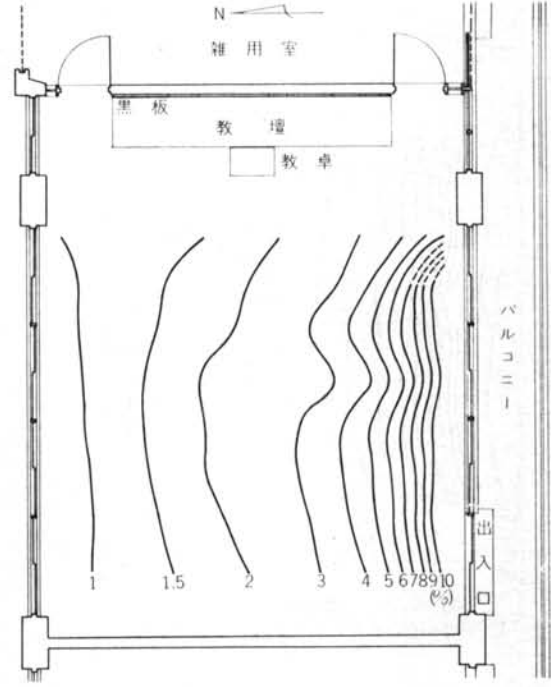
3階1-B教室 測定時刻 9:45~

図-6-3 新校舎教室の等昼光率線図



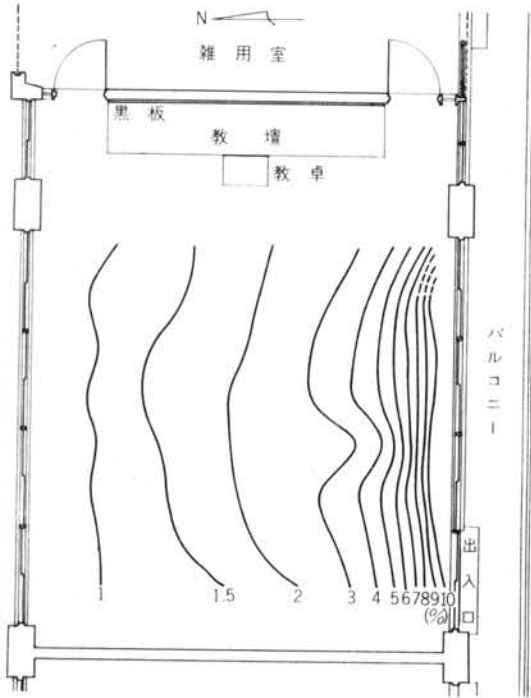
2階1-D教室 測定時刻 10:30~

図-6-2 新校舎教室の等昼光率線図



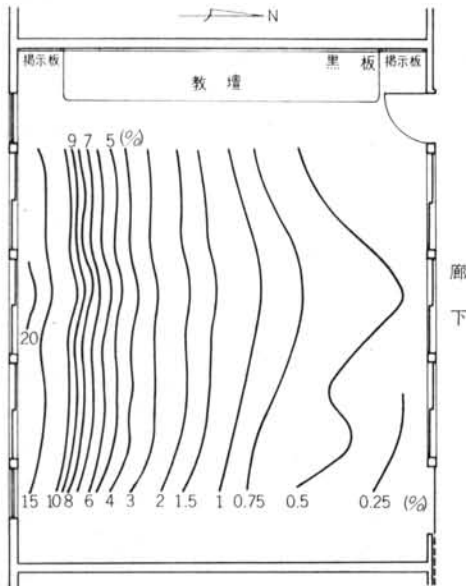
3階1-B教室 測定時刻 11:30~

図-6-4 新校舎教室の等昼光率線図



3階1-B教室 測定時刻 13:45~

図-6-5 新校舎教室の等昼光率線図



2階自習室 測定時刻 14:45~

図-7 旧校舎教室の等昼光率線図

§5. おわりに

5.1 この新校舎は、従来の旧校舎の片廊下型より向上はしているが、南面側の照度分布のむらの大、北側昼光率の不足等については改善の余地があろう。

前者に対しては、水平ルーバー、ガラスブロック、ベネシャンブラインド等により、拡散かつ直射光の遮蔽をするような工夫が、また後者においては、拡散ガラス、フィン等によって、北面高窓からの入射光を一旦天井へ上げ、その反射を利用する等の工夫が必要である。

加えて、室内仕上げ、特に天井の仕上げは、上記の効率を高めるために十分考慮しなければならない。

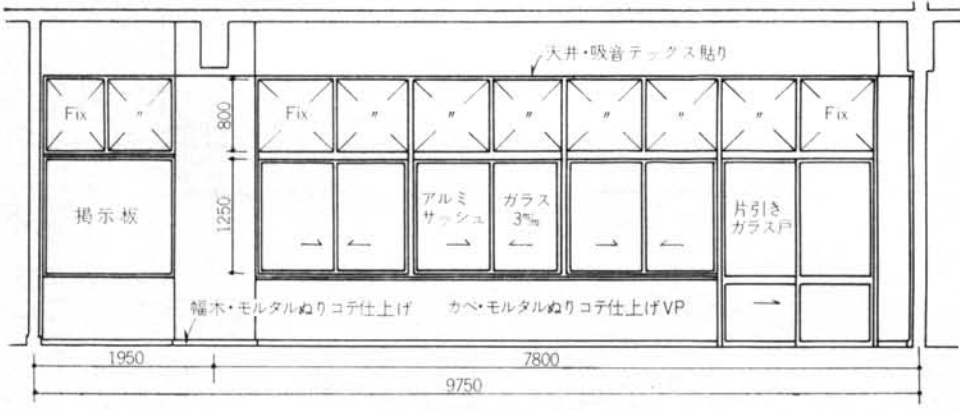
5.2 今後の課題として、次の点があげられる。

- (1) 本調査は、その目的が新旧両校舎の照度分布の比較により、設計意図による改善がどの程度行なわれたかを確認することにあつたため、快晴時のみとしたが、この調査は、天空状態が曇天空と快晴の各条件の下で測定するのが望ましいとされているので、同一教室における両状態での測定、ならびに比較検討。
- (2) 室内仕上げ（材料、色彩、配置等）の影響、北面高窓の効果等の定量的な分析。

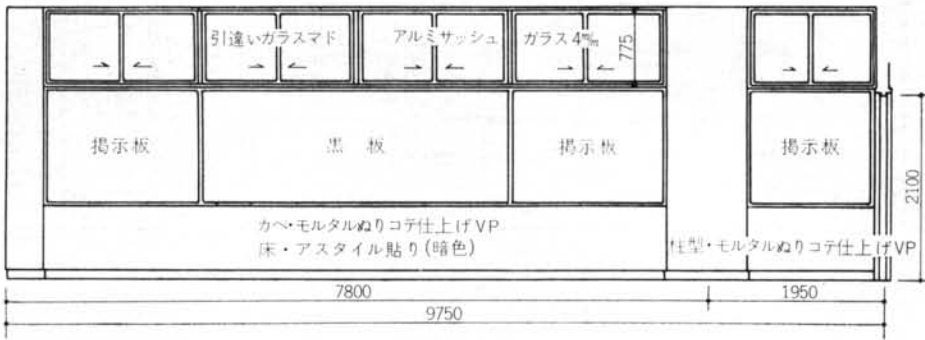
5.3 おわりに、この測定にあたり、桐朋学園の好意ある配慮とご協力をいただいたこと、また測定および報告書作成において、当研究所の太田利彦、久保田喜八郎、小西康之、足羽洋保の各氏の協力ならびにご指導をいただいたことに感謝の意を表します。

<参考文献>

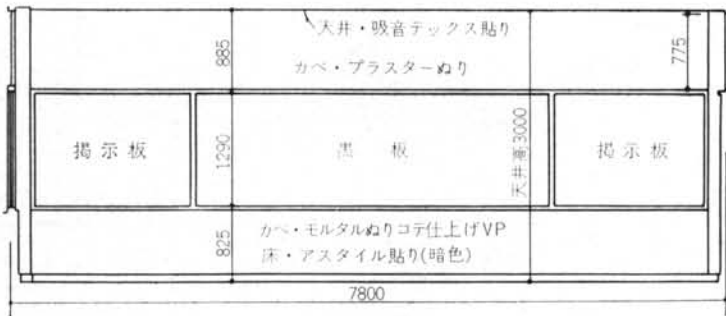
- 1) 建築計画原論 1: 渡辺要 編
- 2) 設計パンフレット: 日本建築学会編, 11 教室の設計, 16 採光設計
- 3) 建築学大系 22: 室内環境計画: 平山嵩 他



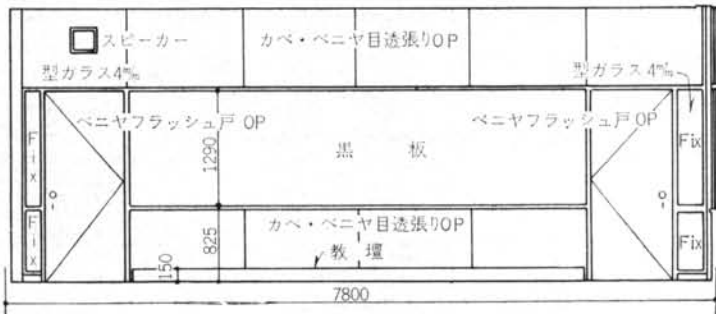
南面展開図



北面展開図

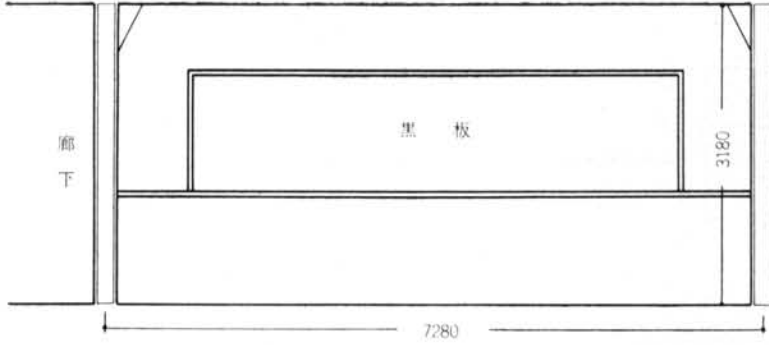


西面展開図

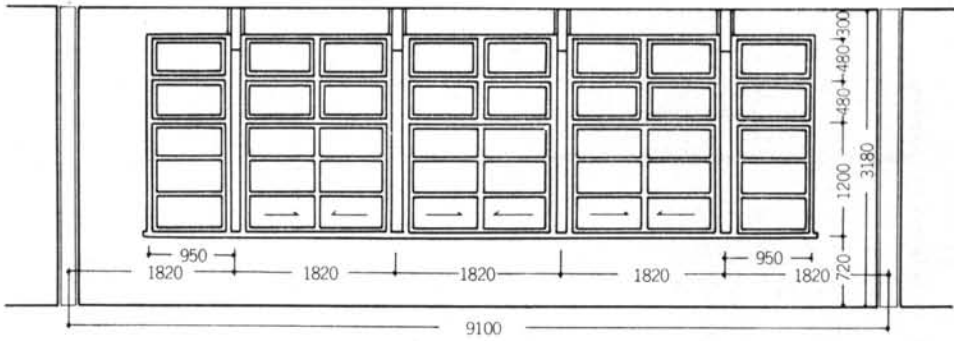


東面展開図

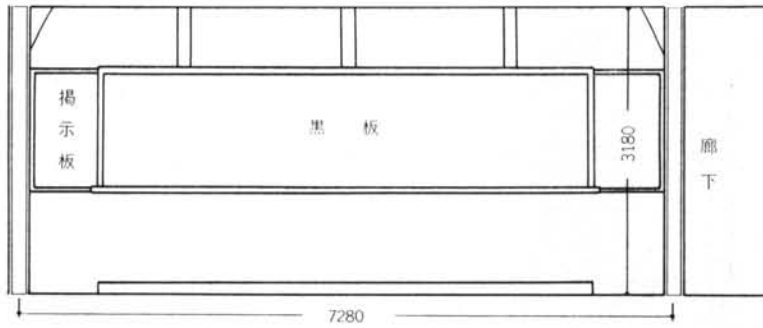
付図-1 新校舎教室の展開図



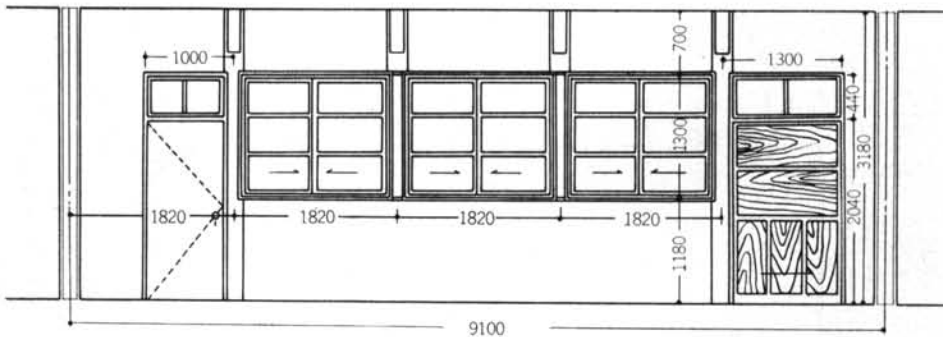
東面展開図



南面展開図



西面展開図



北面展開図

付図-2 旧校舎教室の展開図