

黒板の反射を無くすには？

中3 黒板の反射無くし隊！

1. 研究の要約

学校の授業中、教室の黒板が太陽の光を反射することで席によっては板書が写せないことがあり、どの席からでも平等に見えるようにしたいと考えた。そこで、カーテンの閉め具合、黒板に書く位置、席の位置という3つの条件に加え、照度を計測して調べた。その結果、カーテンの閉め具合を工夫し黒板の照度を調整することで、黒板の反射はある程度防げることがわかった。また、曇りの日はカーテンを全て閉めた状態が一番見やすく、晴れの日にはカーテンを前から1/4閉めた状態が一番見やすいことに加え、照度が400～1400ルクス程度が一番見やすいことも得られた。黒板の左1/3までに書かれた文字であれば、廊下側の端の席からでも見えることがわかった。これらのことから、晴れの日にはカーテンを前から1/4閉め、曇りの日にはカーテンを全て閉めること、窓側の上部には板書しないことが、黒板の反射を緩和する方法だと私たちは推測した。

2. 研究の動機と目的

一番の動機は、授業中に一部の席の人が光の反射の影響を受け、板書が見えないことがしばしばあったことだ。そこで、どうすればクラス全員が黒板を正確に見ることが出来るのか検証してみようと思った。去年齋藤が行った研究では、よい結果が得られなかった。理由は、実際にチョークを用いずに文字をペンで書いた紙を黒板に貼って測ったことや、根拠のない予想を基に計測する座席を決めていたこと、1人の目で、見える見えないを判断していたことなど、データのとり方の不備によるものだと推察できる。このような失敗を活かし、今年はより精度の高い結果を得て良いレポートを作るべく、試行錯誤しながらこの研究をスタートした。また、偶然席替えで自分たちが特に見えにくいとされている席になったこともあり、この研究の重要性を改めて認識した。今年は、黒板に直接文字を書くことで誤差を減らす、一度全ての席からデータをとりそれを根拠に詳しく調査する席を決定する、私たち以外の人にも見てもらうなどデータの正確性を上げる工夫をした。他にも、チョークの色やフロアを変えて調べる案などもあったが、今回は反射にフォーカスすることとした。このような経過を経て、データのとり方を決めた。

3. 方法

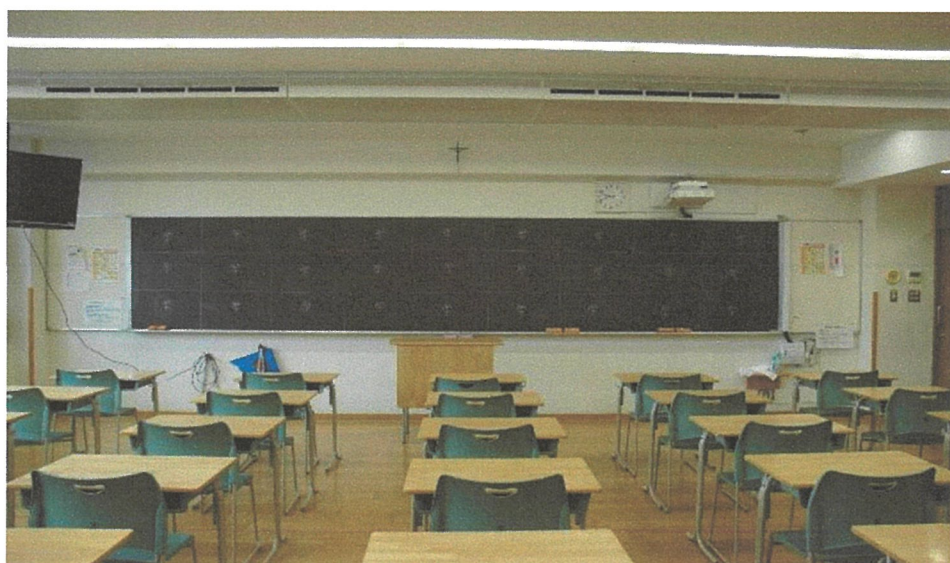
☆はじめに

- ・黒板に書く筆圧は【写真1】程度で書くこととする。
- ・【写真2】の教室でデータをとった。教室の位置は三階で、写真左手の窓は南向きである。
- ・黒板を縦を40 cmごとに3分割、横を65 cmごとに9分割して27マスに分け、【図1】のように番号を振る。
- ・各マスの中央部に、「学」という文字を13cm四方で書く。

↓【写真1】筆圧の濃さ



↓【写真2】データをとった教室

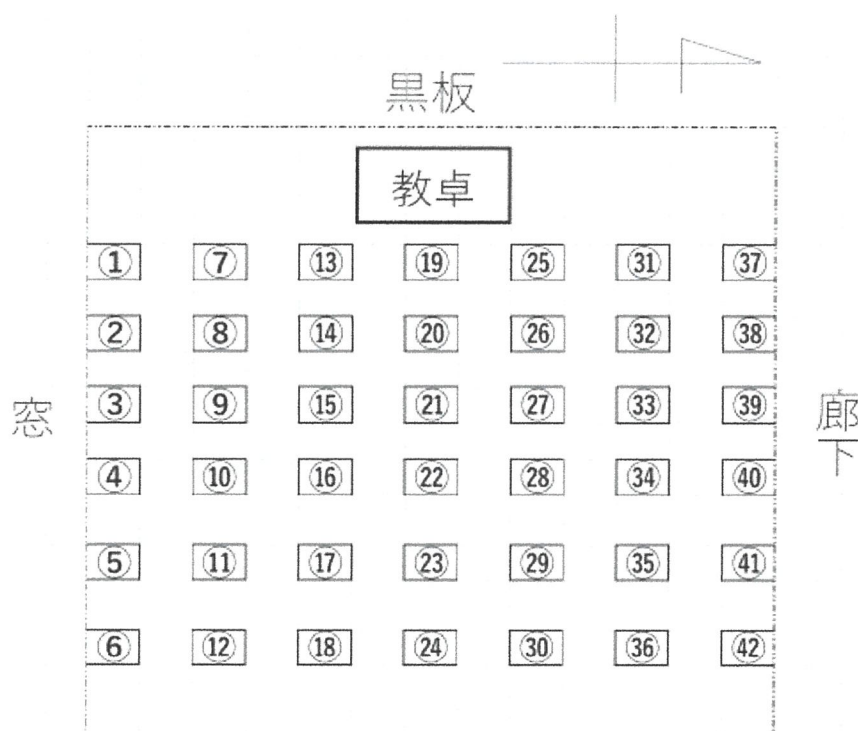


↓【図1】黒板の番号

A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1
A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	I2
A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	I3

- ・【図2】のように、座席に①～④の番号を振る。
- ・カーテンを全て開けた状態を0、閉めた状態を1として、【写真3】のように0に加え1/4、1/2、1と閉めていく。(ex.半分閉まっている→1/2) 以下、0、1/4、1/2、1と表記する。

↓【図2】座席番号



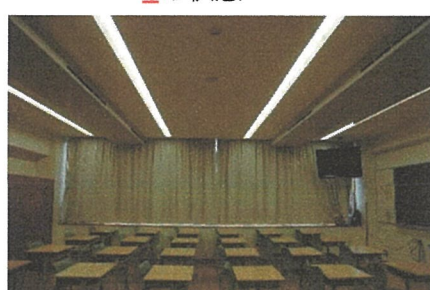
↓【写真3】カーテンの閉め具合 0の状態



1/2の状態



1の状態



【実験1：カーテンと黒板の反射の関係】

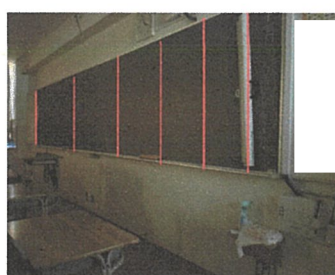
カーテンの閉め具合により黒板の反射が防げるかどうかを知るために、以下の実験を行った。

1. 教室と廊下の電気を全て消し、カーテンを全て閉めた状態に加え窓を段ボールでふさぎ、【写真4】のように光を完全に遮断した。（【写真4】は段ボールを写すために、少し光を入れた状態で撮影したが、実際は廊下からの光も遮断した。）
2. 30cmずつ後ろから開けていき、24枚の写真を撮った。それぞれ、カーテンの閉め具合により、1/24のように表記する。（後ろから1/4開けた状態→18/24 後ろから半分開けた状態→12/24）
3. 下の【写真5】のように、撮った写真に6つの区切り線を書いた。

↓【写真4】光を遮断した教室



↓【写真5】左上から、24/24、12/24、0/24



【実験2：黒板の照度と見えにくさの関係】

黒板の照度と、各席からの見えにくさの関係をj知るために、以下の実験を行った。

- ①～④の各席から、A1～I3に書いた文字を、カーテンを0、1/4、1/2にしてそれぞれ撮影する。
- A1～I3の照度を照度計を用いてそれぞれ計測する。(照度計:FUSO LM8000)
- A1～I3のそれぞれに書かれている文字が見えていない席数を写真をもとに算出する。

【実験3：カーテンの閉め具合による、全ての席からの見え方の関係】

カーテンの閉め具合によって、それぞれの席からの見え方がどのように変わるのかを知るために、以下の実験を行った。晴れ(9月26日)と曇り(8月25日)の2日間データをとった。

- 「学」という文字を13cm四方の大きさで、A1～I3までの中央部に書いた。
- 【図2】の①～④それぞれの席からカメラで写真を撮った。
- 撮った写真を目視で確認し、見えている数を記録した。
- カーテンは、全て開けた状態(0)に加え、【写真4】のように1/4、1/2、1と閉めていった。(9月26日の調査では、カーテンを全て閉めた状態は天候の影響を受けないものとして0、1/4、1/2のみを行った)

【実験4：50人への標本調査】

ここから、黒板の反射について重点的に調べることにした。【実験3】の結果から、左右とも端の列(特に前方)が見えにくいことがわかったが、窓側の方は角度の問題で見えず、反射の問題ではないと考えられた。よって、廊下側の方をメインに計測することにした。

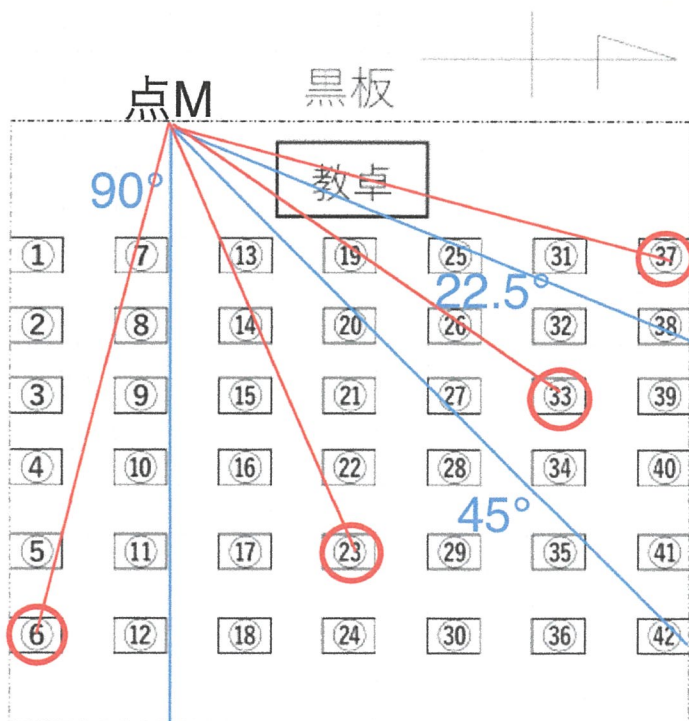
- 黒板のA1～C3の範囲に絞り、【図3】のように点Mを打った。
- 点Mから575センチの距離の席、⑥、②③、③⑦の4つを【図4】のように選んだ。575cmにした理由は、点Mを始めとして、廊下側の教室の端まで水平に測ったところ575cmだったため、この長さを0°かつ基準としたからである。また、反射のみを測定するため、黒板との距離を一定にした。長さを正確に示した座席表で計測したところ、黒板と、点Mと席を結ぶ線が作る角度はそれぞれ104°、65.7°、35°、15°であった。そこで、22.5°ごとに補助線を引き90°を8分割し、⑥は90°以上、②③は45°～90°、③⑦は22.5°～45°、③⑦は0°～22.5°と単純化して考えることとする。
- 11月21日～26日偶然会った教室に現れる50人のクラスメイトを標本とし、調査して回った。4つの席から撮った写真を見せ、「自分が板書を写せるかどうか」を基準に、見えていない場所を聞いた。

↓【図3】点Mの場所

A1	B1	C1
A2	B2	C2
A3	B3	C3

M

↓【図4】点Mと選んだ席の関係



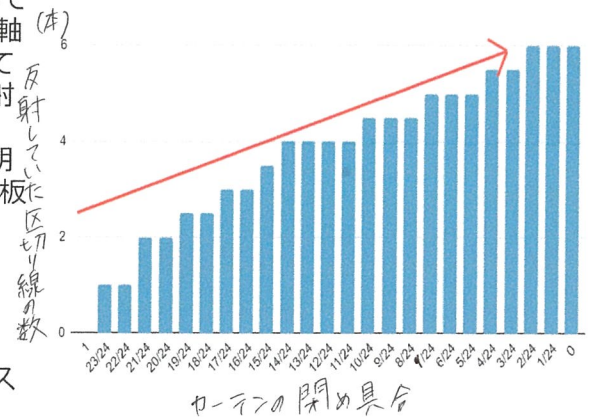
4. 結果と考察

【実験1：カーテンと黒板の反射の関係】について

・カーテンを後ろから徐々に開けていった際の明るさの推移について【図5】のグラフに表した。時刻は11月18日16時ごろだ。また、横軸はカーテンを30cmごとに24分割したものの閉め具合を分数で示しており（方法を参照）、縦軸は黒板を6つに区切ったうちどこまで反射しているのかを示している。

・【図5】よりカーテンを開けていくにつれ、矢印のように黒板が明るくなることがわかった。よって、カーテンの閉め具合によって黒板の反射が防げるものとして、研究を進めた。

↓【図5】カーテンと黒板の照度



【実験2：黒板の照度と見えにくさの関係】について

・全座席数の25%以上から見られていない場合を見えにくい場所とする。

・下図はいずれも黒板の模式図を示しており、A1～G3までの27マスに区切られている。

・8月25日（曇り）の0、1/4、1/2、1それぞれのデータをもとに、【図6】【図7】を作成した。【図6】はそれぞれのマスが見えていない座席数を示しており、色が濃くなるほど見えにくい。【図7】は黒板の照度を示しており、青くなるほど暗く、黄色になるほど明るい。

↓【図6】見えない席数

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

0、見えない席数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	11	7	4	4	2	1	5	11	12
2	12	8	7	4	3	3	1	9	9
3	10	7	3	3	1	1	1	9	9

1/4、見えない席数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	3	2	1	1	1	1	0	16	14
2	2	2	2	4	3	1	0	5	11
3	2	2	1	1	1	1	0	5	11

1/2、見えない席数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	23	15	8	2	2	1	6	23	23
2	24	14	14	8	7	4	5	9	14
3	21	12	12	3	3	1	5	7	12

1、見えない席数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	9	3	1	0	0	0	0	11	6
2	9	3	2	0	0	0	0	2	2
3	8	4	2	0	0	0	0	2	2

↓【図7】黒板の照度

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000
1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000

0、照度

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1565	1365	1270	1196	1145	1041	942	778	779
2	1983	1632	1488	1373	1230	1111	1029	945	866
3	215	193	1652	1455	1262	1127	994	915	847

1/4、照度

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	900	1049	1023	1020	963	903	847	659	717
2	1024	1159	1165	1166	1079	995	942	863	795
3	1050	1221	1247	1010	785	1064	922	892	782

1/2、照度

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	691	755	748	729	729	704	653	521	588
2	684	719	724	790	787	739	746	679	601
3	580	671	740	649	613	724	707	664	579

1、照度

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	518	568	564	553	552	547	479	408	442
2	520	545	566	568	554	557	543	537	507
3	488	434	498	481	500	470	437	435	453

・カーテンが0の時、A1、A2、H1、I1が見えにくい。この時の照度計の数値は、A1：1565、A2：1983、H1：778、I1：779であった。左側は照度が高く、右側は照度が低くなっていることに伴い、見えない数も増えてい

る。

- ・カーテンが $\frac{1}{4}$ の時、H1、I1、I2、I3が見えにくい。この時の照度計の数値は、H1 : 695、I1 : 717、I2 : 795、I3 : 782であった。
- ・カーテンが $\frac{1}{2}$ の時、A1、A2、A3、B1、B2、B3、C2、C3、H1、I1、I2、I3が見えにくい。この時の照度計の数値は、A1 : 691、A2 : 684、A3 : 580、B1 : 755、B2 : 719、B3 : 671、C2 : 724、C3 : 740、H1 : 521、I1 : 588、I2 : 601、I3 : 579であった。
- ・全体的に、黒板の真ん中の部分では、照度も比較的安定しており、見えない数も少なかった。一方で、カーテンが0や $\frac{1}{4}$ の時は黒板の左側が照度が高く、右側が照度が低く、いずれも見えない数が多かった。
- ・カーテンが1の時、H1が見えにくい。この時の照度計の数値は、H1 : 408であった。

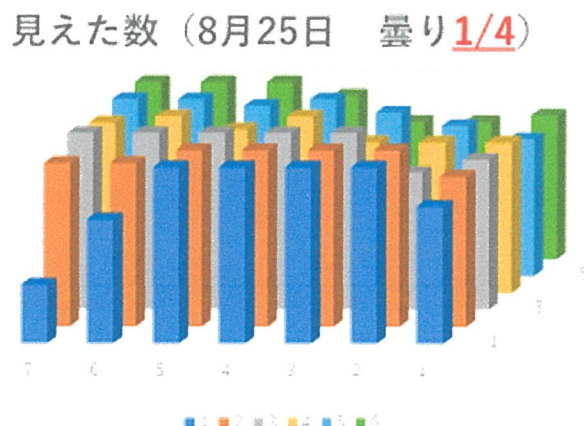
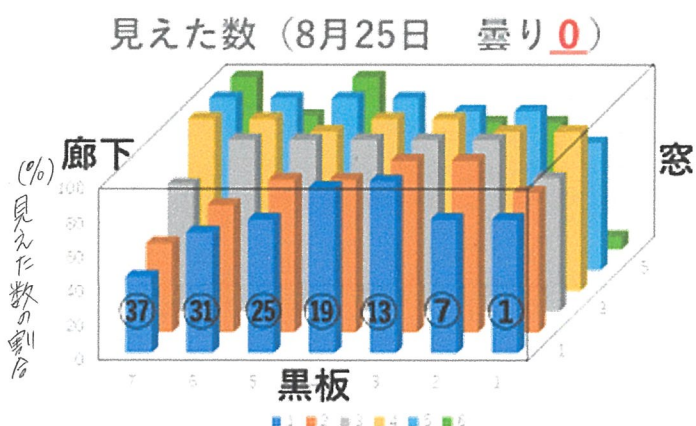
→明るさが明るすぎる（ 以上）または暗すぎる（ 以下）であると見えにくいことがわかった。

- ・この実験の結果より、照度の影響で黒板が見えにくくなりやすいA1～C3(黒板の左1/3)に文字を書いて、詳しく調べることにした。（関連：【実験4】）

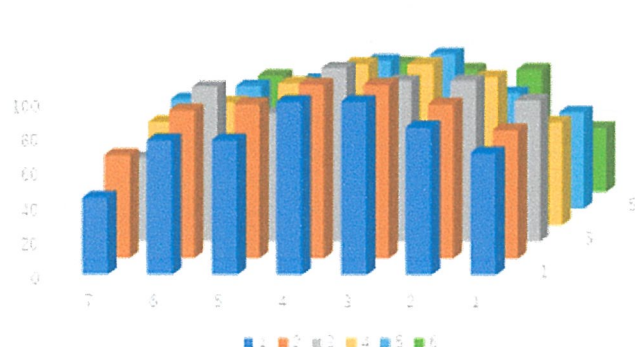
【実験3：カーテンの開め具合による、全ての席からの見え方の関係】について

- ・8月25日（曇り）、9月26日（晴れ）の2回同じ調査を行った。
- ・教卓から見た時の座席の位置に、見えた数のグラフを示した。
- ・8月25日（曇り）の0、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、1のグラフを【図8】に、9月26日（晴れ）の0、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ のグラフを【図9】のように作成した。

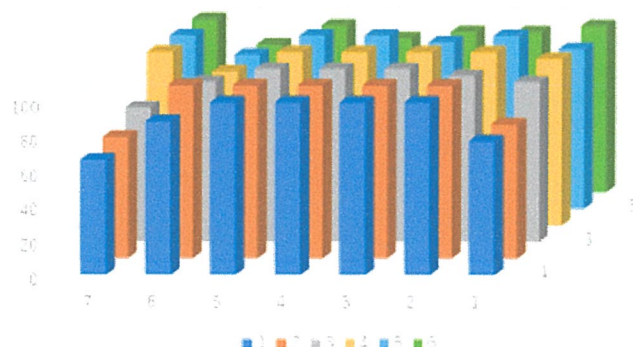
↓【図8】 8月25日



見えた数（8月25日 曇り $\frac{1}{2}$ ）



見えた数（8月25日 曇り 1）



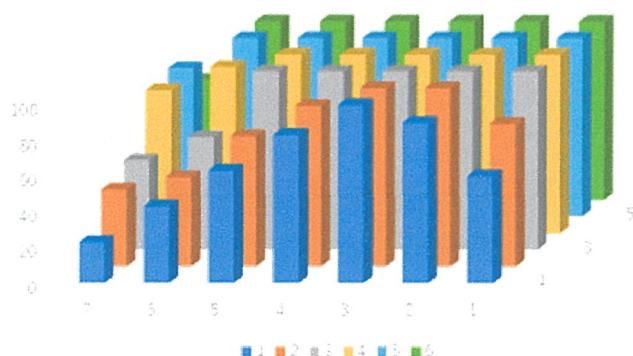
〔8月〕

- ・カーテンの条件によらず、グラフの窓側と廊下側はへこむ傾向で、山型になっているものが多い。
- ・中央は、反射の影響や、黒板との距離に関わらず、ほぼ同じ結果が得られた。
- ・廊下側前方の席が特に見えにくいですが、カーテンを全て閉めることによってある程度緩和されることがわかった。

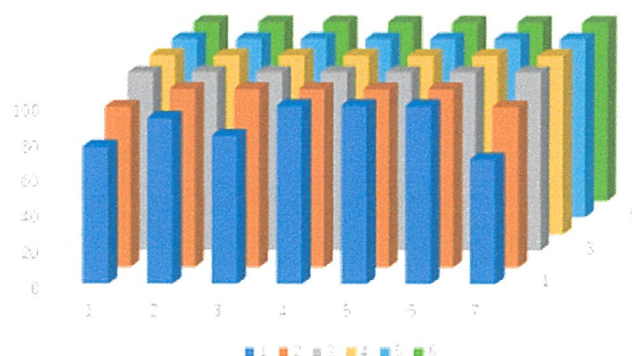
- ・カーテンは、0、1/2、1/4の違いがあまり見られず、全ての席が50%以上見えるのは1のみという結果となった。
- ・また、全体の傾向として、1/2よりも1/4の方が見えやすかった。
- ・特に見えにくい、③⑦、③⑧、③⑨のうち、③⑦、③⑧については、カーテンが1の時に特に見えにくかった。

↓【図9】 9月26日

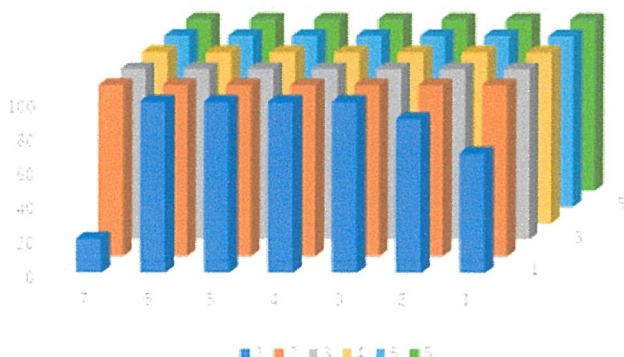
見えた数（9月26日、快晴0）



見えた数（9月26日、快晴1/4）



見えた数（9月26日、快晴1/2）



〔9月〕

- ・カーテンが閉まっていない時には、廊下側が窓側より大きくへこんでいる山型になっているものが多い。
- ・カーテンが閉まっている時には、A1～I3の全ての文字が見えた座席数が増えており、カーテンが1/4の時の方が1/2の時よりも僅かながら全ての文字が見えた座席数が多かった。
- ・37の席では、カーテンが1と1/2閉めた時の見える数が変わらず、1/4閉めた時のみ約80%見えていたことがわかった。

〔まとめ〕

- ・雨天の日はカーテンによる影響があまりなく、廊下側と窓側のどちらも黑板と座席の角度の関係で見えにくいと考えられるものの、快晴の日はカーテンの影響が大きく、廊下側は反射により見えにくいと考えられる。
- ・8月25日（曇り）に比べ、9月26日（晴れ）は全体的に見えやすい傾向にあった。特に後方の席は晴れの方が圧倒的に見えやすい。ここから、黑板から距離が離れると、黑板を見るのにある程度の明るさが必要であることが推測できる。
- ・ここまで、撮った写真を齊藤と鶴田の二人で確認していたが、見えるか見えないかの判断は二人の見方だけでなく、より多くの人を見え方を調査をすることで、より信憑性が増すのではないかと感じ、他の人にも見てもらうことにした。

【実験4：50人に標本調査を行う】について

- ・アンケート結果をもとに、9個の文字がそれぞれ4席から何人の人が見えたのかを集計し、百分率に直して、下の【図10】にまとめた。

↓【図10】 席ごとに黒板が見えている割合

座席番号 ⑥

	A	B	C
1	96%	100%	100%
2	100%	100%	100%
3	100%	100%	100%

座席番号 ②③

	A	B	C
1	100%	100%	100%
2	100%	100%	100%
3	100%	100%	100%

座席番号 ③③

	A	B	C
1	68%	96%	98%
2	78%	82%	86%
3	94%	98%	100%

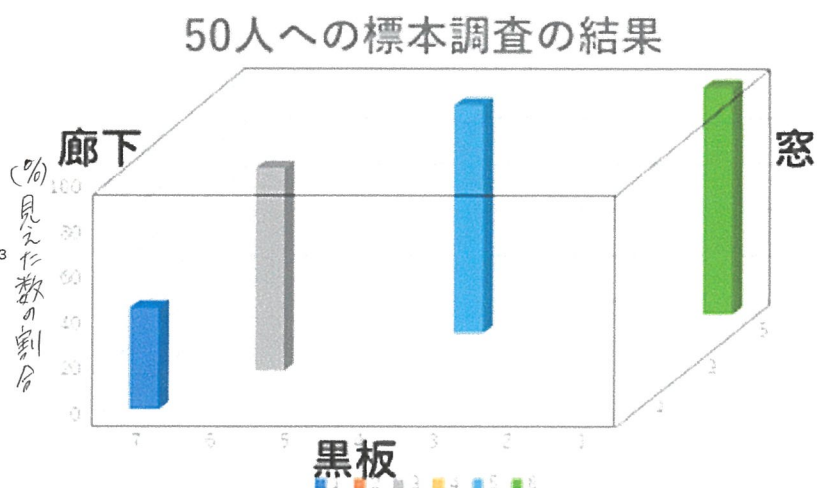
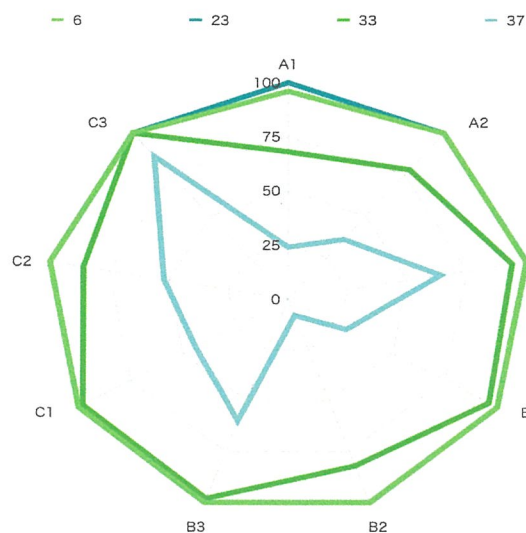
座席番号 ③⑦

	A	B	C
1	24%	28%	44%
2	36%	8%	52%
3	64%	60%	86%

- ・【図10】をより視覚的に捉えるため、以下の【図11】と【図12】で表した。

↓【図11】 4つの席の見えやすさの関係

↓【図12】 標本調査の結果



- ・⑥、②③の席からはほとんどの人が9個全ての文字を確認することができていた。
- ・③③の席では、A3とB1～C3の文字は比較的多くの人が見えていたが、A1とA2の文字、つまり黒板の左端の上は見えにくいことがわかった。
- ・③⑦の席からは、A1～B3のほぼ全ての文字が見えにくく、特に黒板の上部が下部に比べて見えにくいことがわかった。
- ・【図11】より、A1、B2が特に凹んでおり、見づらいことがわかる。一方、A3、B3、C3は突出しており、黒板下部は反射の影響を受けづらいことがわかる。

〔列ごとの比較〕

- ・この実験では、全ての席が点Mから575cmの距離にあることから、座席のどこの列から見えにくいのが推測できる。
- ・まず、⑥と②③の席ではほぼ全ての文字が見えていたことから、①～②④の窓側4列は反射によって影響が出るとは考えにくい。なお、②⑤～③⑩の席について、場合によっては左端の文字を見る時に影響が出る可能性もあるが、比較的文字は見やすいと推測できる。

- ・③の席ではA1、A2が見づらいことから、③①～③⑥の列ではA1～C3に書かれた文字を見るときにはやや影響があると考えられる。
- ・⑦の席ではC3を除き、ほとんどの文字が見えていないことから、⑦①～⑦④の列ではA1～B3の文字を読む時に反射の影響をかなり大きく受けることが推測される。
- ➡この実験を通し、③①～③④の廊下側2列が反射の影響を受けやすいことがわかった。

〔点Mと座席の角度の比較〕

- ・⑥、③より、黑板と、点Mと座席の中心を結ぶ線との角度が45°以上であれば反射による問題は起きづらいと考えられる。
- ・③、⑦より、45°を切ると次第に黑板上部から見えにくくなり、22.5°を切ると黑板の左1/3の文字はほぼ読めないことが推測できる。

5. 結論と今後の課題及び感想

1) 結論

実験から得られた結論を以下の項目に分けて述べる。

①カーテン

- ・カーテンを後ろから開けていった【実験1】より、カーテンによって黑板の反射が防げることがわかった。
- ・そこから一番良い閉め具合を調べたところ、天気が晴れの日、カーテンが1/4の時、曇りの日はカーテンが1の時が一番見やすいという結果が得られた。

②照度

- ・黑板の照度については、普段の生活ではあまり計測しないものの、見やすい条件としては400～1400ルクス程度だとわかった。
- ①、②より、照度を400～1400ルクス程度にするためには、カーテンを1/4にすると良いと考えられる。

③黑板に書く位置

- ・全ての席からの見え方を調査した結果、晴れの日と曇りの日共に、③⑦、③⑧つまり席側から見て右端前方の席が、黑板の反射の影響を強く受けることがわかった。
- ・黑板のA1からC3、つまり席側から見て黑板の左側の1/3を重点的に調べたところ、上記と同様に、右端前方の席では左1/3はほぼ見えないことがわかった。
- 全ての席から見えるようにするためには、A1～C3に文字を書かないようにすることが特に反射が起こりやすい晴れの日には必要だと考えられる。
- ・しかし、標本調査した実験では、カーテンを全て開けた状態で写真を撮ったため、実際にはカーテンを1/4閉めた状態では、反射の影響が緩和されると考えられる。
- カーテンの条件を①カーテンのように調節することで、左1/3より少し窓側に書いても影響は少ないだろう。
- ・黑板上部よりも下部の方が反射の影響を受けにくい傾向にあった。
- 窓側に板書する場合は上部を避けた方がよいと推測できる。

2) 今後の課題

今回反射を重点的に調べたが、より正確なデータをとるためにできることとして次のことが挙げられる。

- ①時間帯ごとにカーテンの条件を変える
- ②角度の問題で見えない窓側の席から黑板を見えるようにする
- ③人や障害物によって影響を受けないための条件を確定する
- ④見えやすいチョークの色を調査する

①については、今回は一日中調査できる環境が無かったため断念したが、時間帯ごとに光の差し込む角度は異なるので、さらに具体的なカーテンの結果を得られると予想される。②～④については、反射以外でも黑板が見えない要因はあるため、より多くの人が黑板を見えるようにするために、実験する必要があると考えられる。

3) 感想

二人で作業して行く中で、条件を試行錯誤する際など、多面的な意見を取り入れることができた。今回黑板の見え方に着目して調査を行って、予想と同じ結果になったり、新たな発見があったりして、身近な問題でも深く追究することができることに気づいた。今回の結果は、まだ改善の余地があるところや、他の視点から考察できるところなども多々あり、そのヒントを得るには、一回この条件を用いて実際に授業を全員に受けてもらうことが必要だと思う。これらの結果が一人でも多くの学生に役立つことを願いたい。以上、黑板の見え方を調査することで、即時、授業に活かせることがいくつか見つけられた。そこで、カーテンを天候に合わせて得られた結果のように閉めてもらうことや黑板の左1/3には文字を書かないことなどを留意してもらうようお願いすることとした。今後は、実際に先生方へのインタビューも踏まえて研究を継続することとする。

※付録

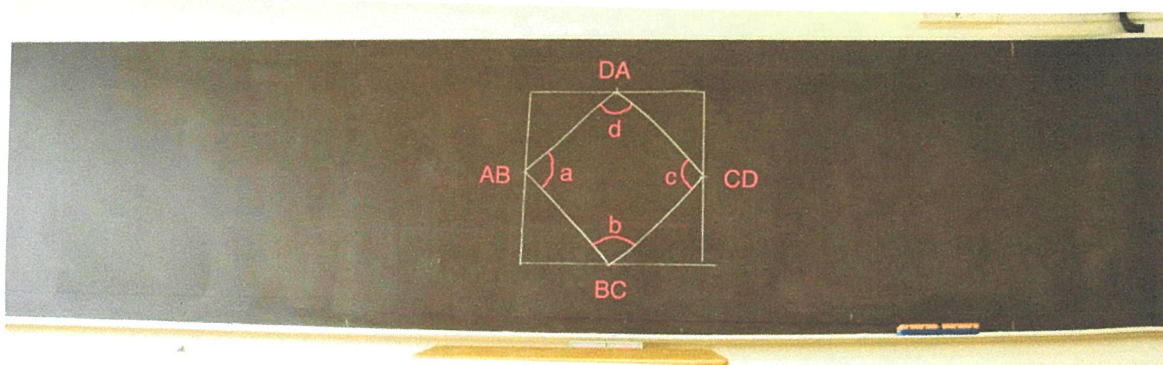
【実験5：図形の見え方と席の角度の関係】

補足的な実験として行ったものをここに載せる。

数学の授業などでよく板書される図形だが、座席による見え方の違いがかなり発生する。それがどれほどの違いなのかを知るために、このような実験を行った。

まず、黒板に【写真6】のような図形を書き、角度はそれぞれ 90° とする。また、文字も以下のように設定した。そして、黒板からの長さが同じ5つの席（①，⑧，②①，③②，③⑦の席）から写真を撮り、それらの角度、長さの違いを測った。

↓【写真6】



【実験5：図形の見え方と席の角度の関係】

・21番から撮った写真を基準に、各写真の辺の長さの割合と角度の増減を下の【図13】に表した。

↓【図13】 辺の長さの割合と角度の増減

	辺AB	辺BC	辺CD	辺DA		角a	角b	角c	角d
①	96%	47%	83%	47%		+ 35	-40	+ 40	-35
⑧	106%	81%	94%	79%		+ 10	-20	+ 20	-10
⑪	100%	100%	100%	100%		0	0	0	0
⑫	91%	74%	104%	104%		+ 20	-20	+ 10	-10
⑯	79%	45%	104%	45%		+ 40	-30	+ 40	-30

- ・①では、辺BCとDAの変化が激しく、縦が長い長方形になっており、中の正方形は縦長になっていた。
- ・⑧では、長さについては比較的大きな差は見られなかったが、中の正方形はやや縦長だった。
- ・⑫では、辺BCの長さの変化が大きかったものの、全体的には長さは等しくなっていて、中の正方形はやや縦長だった。
- ・⑯では、辺AB、BC、DAの変化が激しく、少しいびつな形で見え、中の正方形は縦長になっていた。
- ・端の席ほど、長さや角度の変化が大きく、正方形を書いた時には、縦長の長方形になり、中の正方形の角度も横に広がる傾向が見られた。



