

# 映画館の快適な座席はどこか？

明治大学付属明治高等学校 3年 水戸岡 拓海

## 1. 研究の動機

先日、映画を見たときに、とても席が混んでいた時があった。その時に、座った席の居心地がとても悪かった。背もたれにもたれかかると見づらくなり、かといってずっと背もたれを使わないと首が痛くなり、結果的に映画に集中することが出来なかった。逆に、ほとんど席が混んでいない時もどこにしていかが悩んでしまう。

真ん中の席が最も快適なのは自明だけれど、その分その周辺の座席は直ぐに埋まってしまう。だからこの機会に座席からの視野角や映画館のサイズ、音響などから、どこの座席に座れば映画を快適に見ることが出来るか調べようと考えた。

## 2. 研究の方法

[1] 初期条件の決定 (映画館のサイズ、座席数、座席のサイズなど)

[2] 座席の変化による視野角について

I. [1]の映画館の場合

II. 映画館のサイズを変えた場合

[3] 音響について

場所を 5箇所指定しておき、その場所での音の聞こえ具合から快適な座席を見つける。

## 3. 研究の結果

[1] 初期条件の決定

劇場建設において、通路の幅や勾配など様々な基準がある。以下、その基準から検証に必要なものを抜粋する。(建築基準法に関すること 豊中市/建築基準法 附則・取扱集)

◆劇場等に関する技術基準

### 第4 客席の構造

#### 1 いすの前後間隔

客席がいす席の場合のいすの前後間隔 (前席いすの最後部と後席いすの最前部の間で通行に使用できる部分の間隔をいう。以下同じ。) は、水平投影距離で 35 センチメートル以上としなければならない。

## 第5 客席部の通路

### 1 屋内の客席部の通路等

#### (2) 通路の幅員

イ 横通路の幅員は、1メートル以上とし、かつ、当該横通路において想定される通過人数1人につき0.6センチメートル以上とすること。

### 3 傾斜路等の制限

(2) ア 階段状とする場合は、けあげを18センチメートル以下とし、踏面を26センチメートル以上とすること。

これらの基準と一般的な座席の寸法から、今回の検証で使用する中サイズの映画館を下図(図1)のように定める。

総座席数 160席

映画館の大きさ 縦10m 横10m

座席の前後間隔 45cm

座席の座面 縦45cm 横50cm

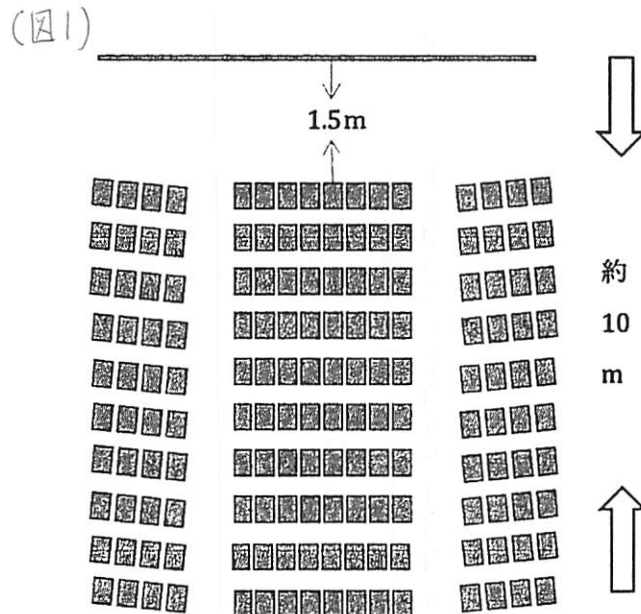
座席の背面 高さ80cm

最前列からスクリーンまでの距離 1.5m

横通路 1m

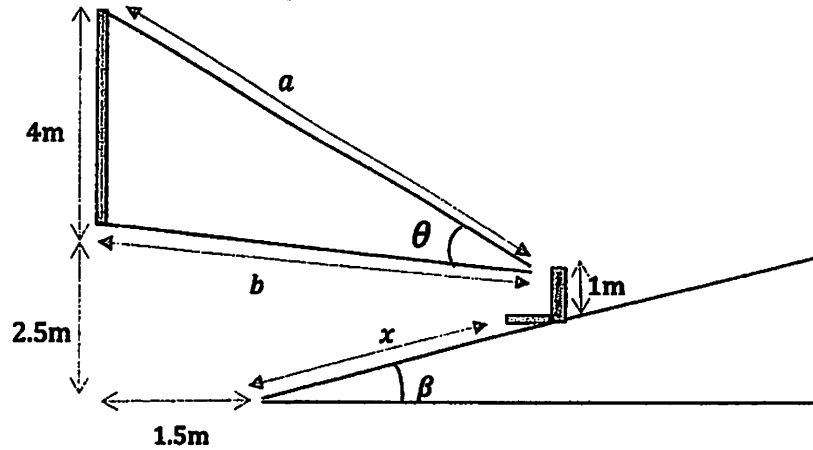
スクリーンの大きさ 縦4m 横9m

床からスクリーンまでの高さ 2.5m



[2] 座席の変化による視野角について

I. [1]の映画館の場合 (図2)



検証をするために上図のような映画館を考える。(図2)

これから最大視野角 $\theta$ を計算によって求め、どの座席が最も視野角が大きいのか調べることにする。

まず、上図の三角形で余弦定理を使う。(図2)

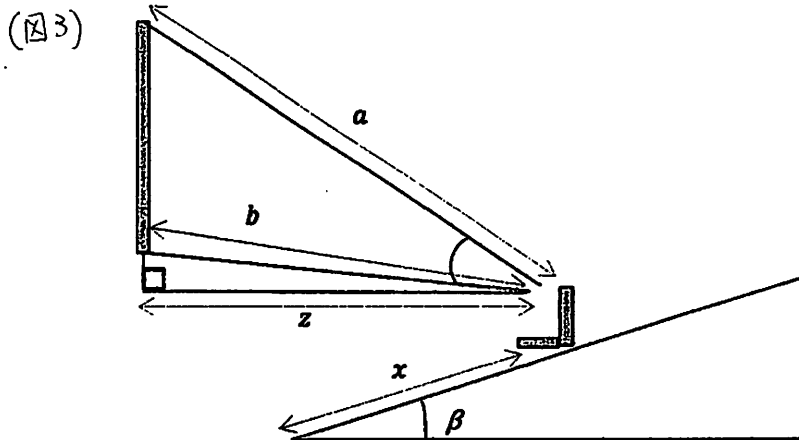
$$4^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta$$

$$2ab \cos \theta = a^2 + b^2 - 16$$

$$\cos \theta = \frac{a^2 + b^2 - 16}{2ab}$$

$$\theta = \arccos \left( \frac{a^2 + b^2 - 16}{2ab} \right)$$

ここで上図の三角形を下図のように2つの直角三角形に分ける。(スクリーンの大きさなどの数字については上図のものをそのまま使用するものとする。)(図3)



この2つの直角三角形はいずれも底辺が

$$z = 1.5 + x \cos \beta$$

ピタゴラスの定理より

$$a^2 = (1.5 + x \cos \beta)^2 + (6.5 - 1 - x \sin \beta)^2$$

$$b^2 = (1.5 + x \cos \beta)^2 + (2.5 - 1 - x \sin \beta)^2$$

整理して

$$a^2 = (1.5 + x \cos \beta)^2 + (5.5 - x \sin \beta)^2$$

$$b^2 = (1.5 + x \cos \beta)^2 + (1.5 - x \sin \beta)^2$$

$$\beta = 30^\circ \text{より } \cos \beta = \cos 30^\circ = 0.8660254 \approx 0.87$$

$$\sin \beta = \sin 30^\circ = 0.5$$

よって

$$a^2 = (1.5 + 0.87x)^2 + (5.5 - 0.5x)^2$$

$$b^2 = (1.5 + 0.87x)^2 + (1.5 - 0.5x)^2$$

ここで  $\theta(x) = \arccos\left(\frac{a^2+b^2-16}{2ab}\right)$  とする。

そして、 $x$ を代入していき、その時の $\theta(x)$ を求める。

(I)  $x = 0$ のとき  $a^2 = 32.50$   $b^2 = 4.50$   $a = 5.70$   $b = 2.12$

$$\theta(x) = \arccos 0.869 = 29.66$$

(II)  $x = 1$ のとき  $a^2 = 30.62$   $b^2 = 6.62$   $a = 5.53$   $b = 2.57$

$$\theta(x) = \arccos 0.747 = 41.67$$

(III)  $x = 2$ のとき  $a^2 = 30.75$   $b^2 = 10.75$   $a = 5.55$   $b = 3.28$

$$\theta(x) = \arccos 0.700 = 45.57$$

(IV)  $x = 3$ のとき  $a^2 = 32.89$   $b^2 = 16.89$   $a = 5.73$   $b = 4.11$

$$\theta(x) = \arccos 0.717 = 44.19$$

(V)  $x = 4$ のとき  $a^2 = 37.05$   $b^2 = 25.25$   $a = 6.09$   $b = 5.02$

$$\theta(x) = \arccos 0.752 = 41.24$$

(VI)  $x = 5$ のとき  $a^2 = 43.22$   $b^2 = 35.22$   $a = 6.57$   $b = 5.93$

$$\theta(x) = \arccos 0.801 = 36.77$$

(VII)  $x = 6$  のとき  $a^2 = 51.81$   $b^2 = 47.81$   $a = 7.20$   $b = 6.91$

$\theta(x) = \arccos 0.840 = 32.86$

(VIII)  $x = 7$  のとき  $a^2 = 61.61$   $b^2 = 61.61$   $a = 7.85$   $b = 7.85$

$\theta(x) = \arccos 0.870 = 29.54$

(IX)  $x = 8$  のとき  $a^2 = 73.82$   $b^2 = 83.82$   $a = 8.59$   $b = 9.16$

$\theta(x) = \arccos 0.900 = 25.84$

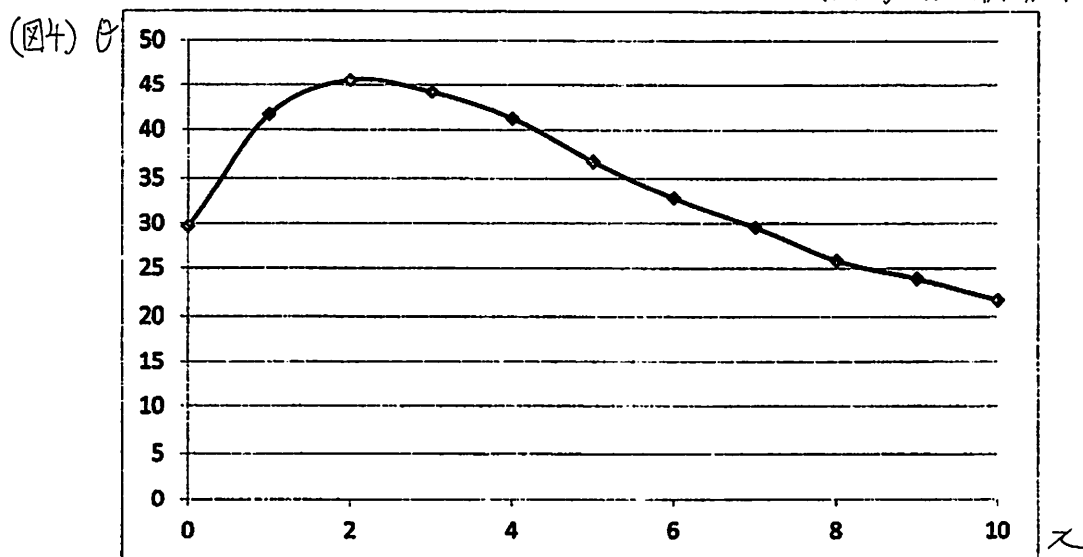
(X)  $x = 9$  のとき  $a^2 = 88.05$   $b^2 = 96.05$   $a = 9.38$   $b = 9.80$

$\theta(x) = \arccos 0.914 = 23.94$

(XI)  $x = 10$  のとき  $a^2 = 104.29$   $b^2 = 116.29$   $a = 10.21$   $b = 10.78$

$\theta(x) = \arccos 0.929 = 21.72$

以上の計算より、この条件下での視野角は下図のようになる。(図4) (x: 距離,  $\theta$ : 最大視野角)



よって  $x = 2$  付近、つまり最前列から 3 列目付近で最大視野角となる。

## II. 映画館のサイズを変えた場合

この検証で使用した映画館のサイズは比較的小さいサイズだったので最大視野角は 3 列目付近だったが、これを次のような大きめのサイズに変えると、 $\theta(x)$  の値は次ページの表のようになる。(図5)

座席の列数 15 列

最前列からスクリーンまでの距離 3m

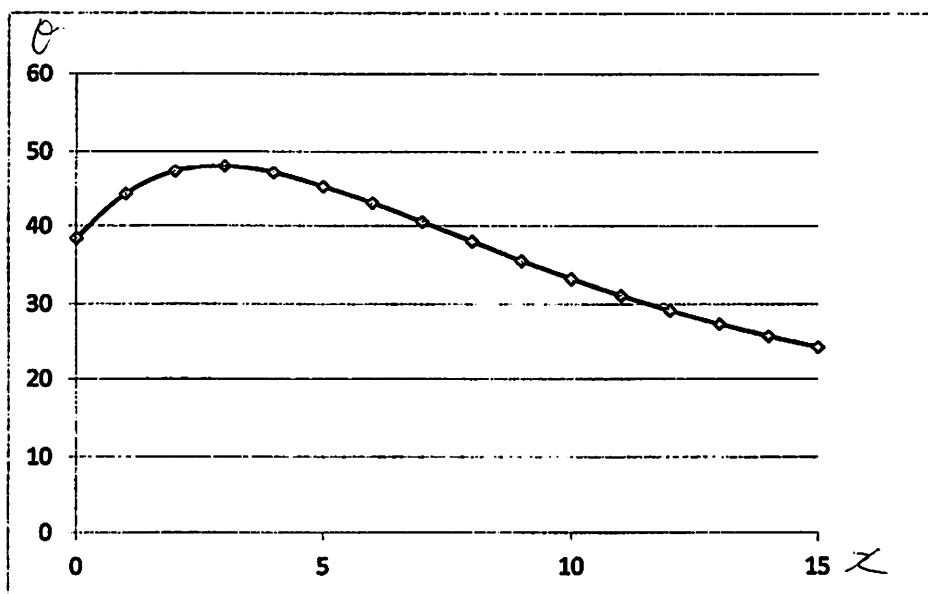
スクリーンの大きさ 縦 7m

床からスクリーンまでの高さ 2m

(図5)

$x$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\theta$	38.37	44.36	47.39	48.09	47.23	45.33	43.11	40.54	38.00	35.51	33.28
$x$	11	12	13	14	15						
$\theta$	31.13	29.19	27.38	25.71	24.22						

上の表をグラフにすると以下の通りになる。(図6)



よって $x = 3$ 付近、つまり最前列から4列目付近で最大視野角となる。

### [3]音響について

映画館での音響は、鑑賞中の快適さを左右する大きな1つの要素である。最近の映画館の基本音響システムは5.1chと呼ばれるもので、これは右・左・中央・右後、左後の計5チャンネル分のスピーカーと低音専用の1チャンネル分のサブウーファーがある音響システムだ。大きな映画館では、7.1chや9.1chを使うことでサラウンドスピーカーの数を増やし、臨場感を高める効果を狙っているところもある。

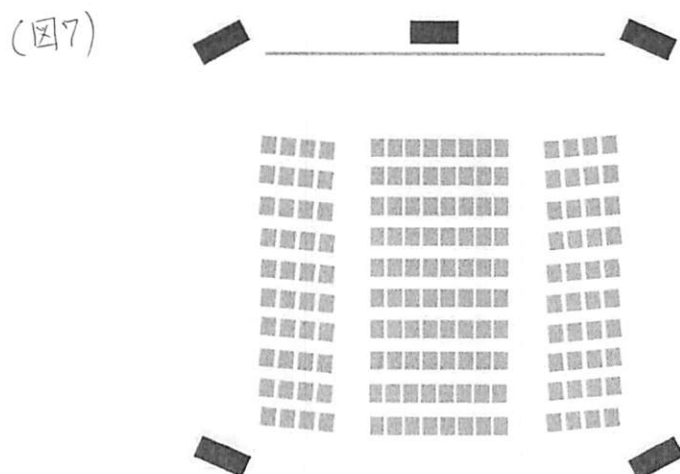
今回の検証では、5.1chを使うことにする。(サブウーファーについては考えない。)そして、映画館のサイズは最初に定めた中サイズのものとする。

#### 手順

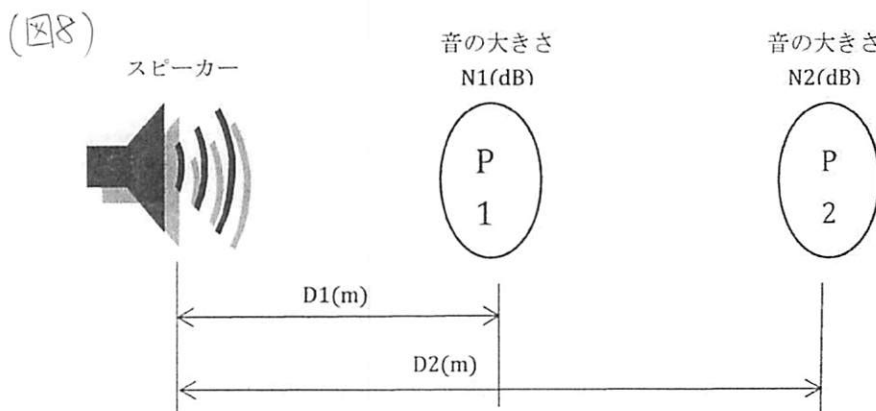
- ① スピーカー位置の決定。
- ② スピーカーから出る音の大きさが距離によってどの程度変わるかを調べる。

③ ②の結果を用いて、5箇所固定した位置での時間による音の聞こえ具合を計算によって調べる。

① スピーカーの位置は以下の図の通りである。(図7)



② スピーカーから出る音の大きさの変化については、距離減衰の公式を使って求める。まず一つのスピーカーから出る音の大きさを 85dB とする。そして、距離減衰の公式を使うためにスピーカーから 0.1m の所では音の大きさの変化はないものとする。なお、考えるのは一つのスピーカーのみであり、他のスピーカーからの影響は考えない。計算をする前に、以下の図のように N1、N2、D1、D2 を定める。(図8)



スピーカーと P1,P2 における音の大きさ、スピーカーからのそれぞれの距離から以下の関係式が成り立つ。

$$20 \times \log_{10} \left( \frac{D2}{D1} \right) = N1 - N2$$

D1 = 0.1 N1 = 85とすると

$$20 \times \log_{10} \left( \frac{D2}{0.1} \right) = 85 - N2$$

$$20 \times (\log_{10} D2 - \log_{10} 0.1) = 85 - N2$$

$$20 \times (\log_{10} D2 + 1) = 85 - N2$$

よって  $N2 = 65 - 20 \log_{10} D2$  という関係式が導き出せる。

この式の D2 に距離を代入していき求める。

(I) D2=1 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 1 = 65.0$$

(II) D2=2 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 2 = 65 - 6.02 = 58.98 \approx 59.0$$

(III) D2=3 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 3 = 65 - 9.54 = 55.46 \approx 55.5$$

(IV) D2=4 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 4 = 65 - 12.04 = 52.96 \approx 53.0$$

(V) D2=5 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 5 = 65 - 13.98 = 51.02 \approx 51.0$$

(VI) D2=6 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 6 = 65 - 15.56 = 49.44 \approx 49.4$$

(VII) D2=7 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 7 = 65 - 16.9 = 48.10 = 48.1$$

(VIII) D2=8 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 8 = 65 - 18.06 = 46.94 \approx 46.9$$

(IX) D2=9 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 9 = 65 - 19.08 = 45.92 \approx 45.9$$

(X) D2=10 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 10 = 65 - 20 = 45.00 = 45.0$$

(XI) D2=11 のとき

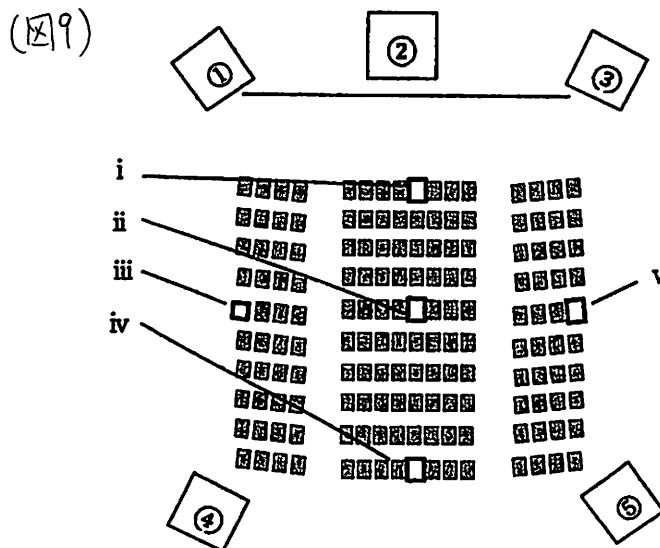
$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 11 = 65 - 20.8 = 44.20 = 44.2$$

(XII) D2=12 のとき

$$N2 = 65 - 20 \log_{10} 12 = 65 - 21.6 = 43.40 = 43.4$$



- ③ ②の計算結果を用いて、5箇所席を固定しどの席が最も5つのスピーカーからの音を均等に聞くことができるかを調べる。1つのスピーカーは劇場内全体に音を響かせることができるものとする。固定する席は下図の通りである。(図9)



(図10)

	①からの距離	②からの距離	③からの距離	④からの距離	⑤からの距離
i	5.2m	1.5m	4.7m	9.5m	9.3m
ii	7.1m	5.1m	6.8m	6.7m	6.4m
iii	5.1m	7.1m	11.2m	4.5m	11.0m
iv	10.8m	9.6m	10.6m	5.0m	4.5m
v	11.2m	6.8m	5.1m	11.0m	4.5m

ここから②で求めた距離による音の大きさをそれぞれに当てはめていき、どの座席が最も5つのスピーカーからの音を均等に聞くことができるかを調べる。(図10)

(小数点以下の扱いについては、 $x$ を小数点以下の値として、前後の値の差をとってその差を $\frac{x}{10}$ 倍して、それを引いて計算することにする。)

(図11)

	①からの距離	②からの距離	③からの距離	④からの距離	⑤からの距離
i	50.7dB	62.0dB	51.6dB	45.5dB	45.6dB
ii	48.0dB	50.8dB	48.4dB	48.5dB	48.9dB
iii	50.8dB	48.0dB	44.0dB	52.0dB	44.2db
iv	44.4dB	45.4dB	44.5dB	51.0dB	52.0dB
v	44.0dB	48.4dB	50.8dB	44.2dB	52.0dB

以上より、音を均等に聞くことができる順番は  $ii > iv > iii = v > i$  になった。  
つまり、音響に関して言えば最も良い席は真ん中、次は最後列、そして左右の端、最前列  
という結果になった。(図11)

#### 4.研究のまとめ

視野角と音響の 2 つの研究を組み合わせて考えると最も良い席は真ん中という結論にな  
った。しかし、視野角だけを重視する場合は真ん中より少し前が良かったり、音響を重視  
する場合は後ろの方が良かったりと、見る人が何を求めているかによって、その人にと  
つての最も快適な座席は変わるということが分かった。また、この研究は映画館のサイズを  
固定して行っているものなので、映画館のサイズが変わると、この研究の通りにいかな  
くなる場合もあると考えられる。

#### 5.研究の感想

今回の研究で分かった、最も快適な座席が真ん中というのは予想通りだったけれど、実  
際に研究してみて、どの座席に座ると何が満たされて、逆に何が満たされなくなるのかを  
理解することができた。次に映画を見に行くときは真ん中より少し前の席を選ぼうと思う。

そして、座席を選ぶ基準はまだまだあるはずなので、これからはそれを知ってもっと研  
究をして、自分にとっての本当の最も快適な座席を見つけたい。

#### その他.参考文献

オスカー・E.フェルナンデス (2016) 『微分、積分、いい気分。』 富永 星 訳 岩波書店

[https://www.city.toyonaka.osaka.jp/machi/kenchiku\\_kaihatsu/kentiku\\_kijunho.files/kijun.pdf](https://www.city.toyonaka.osaka.jp/machi/kenchiku_kaihatsu/kentiku_kijunho.files/kijun.pdf)  
(2017/7/18)

<http://www.skklab.com/archives/5444> (2017/7/19)

<http://daydream2006.hatenablog.com/entry/2016/09/03/162340> (2017/7/19)