（歯の）エックス線所見に関連する錯視

補足説明付の動画バージョン

https://www5.dent.niigata-u.ac.jp/~nisiyama/illusion-movie.mp4

主として参考とした図書
Newton別冊・脳はなぜだまされるのか？
「錯視完全図解」・監修：北岡明佳

歯学科3年生　講義資料　新潟大・歯・西山秀昌
初版：2013.11.14、　最新版：2022.1.14

濃淡の錯視

明暗が接している場合

明はより明に、暗はより暗になる。

視神経の側抑制によるもの

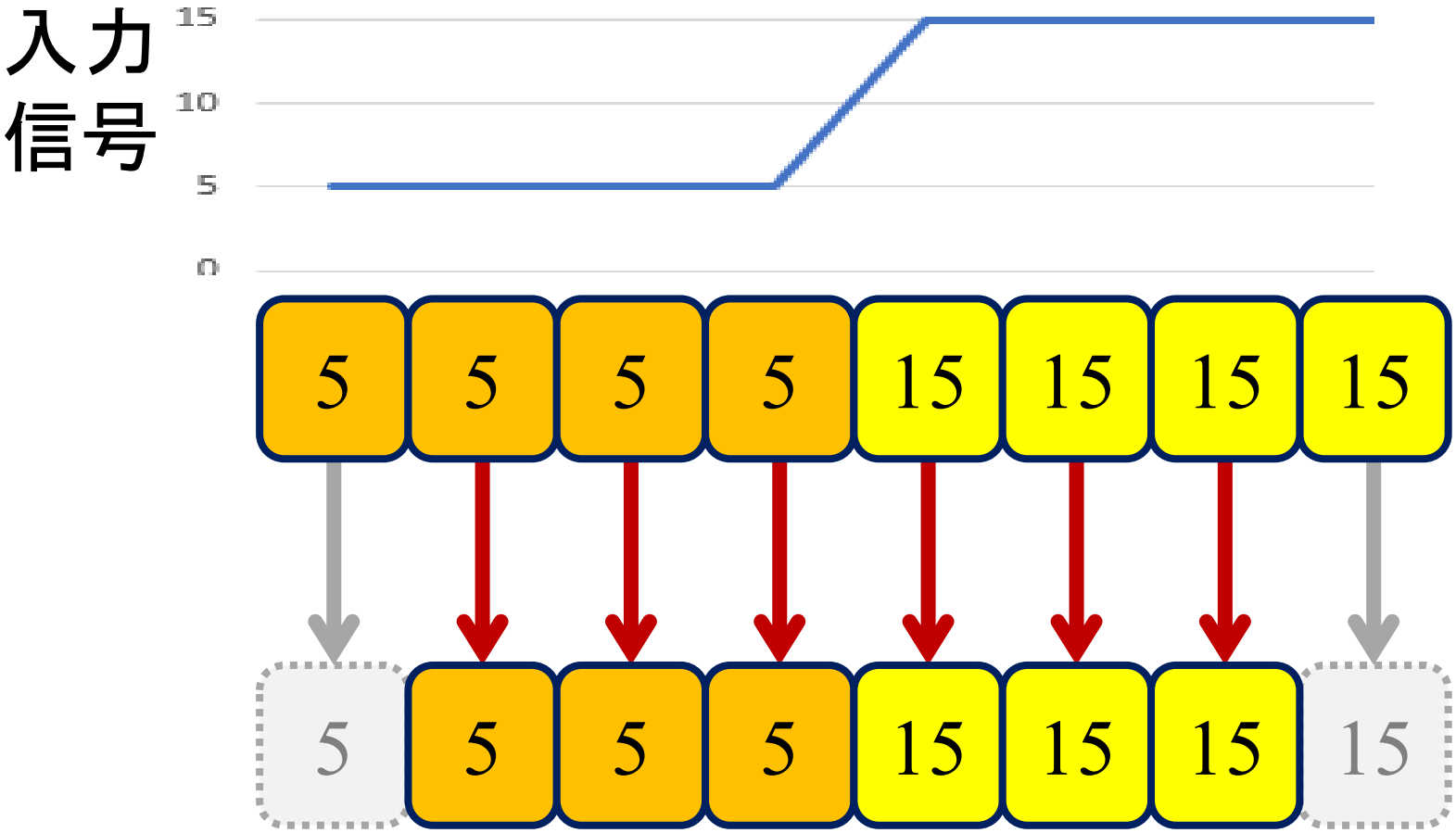
側抑制による境界認識については下記等を参照

https://www.jstage.jst.go.jp/article/senshoshi1960/42/12/42_12_811/_pdf/-char/ja

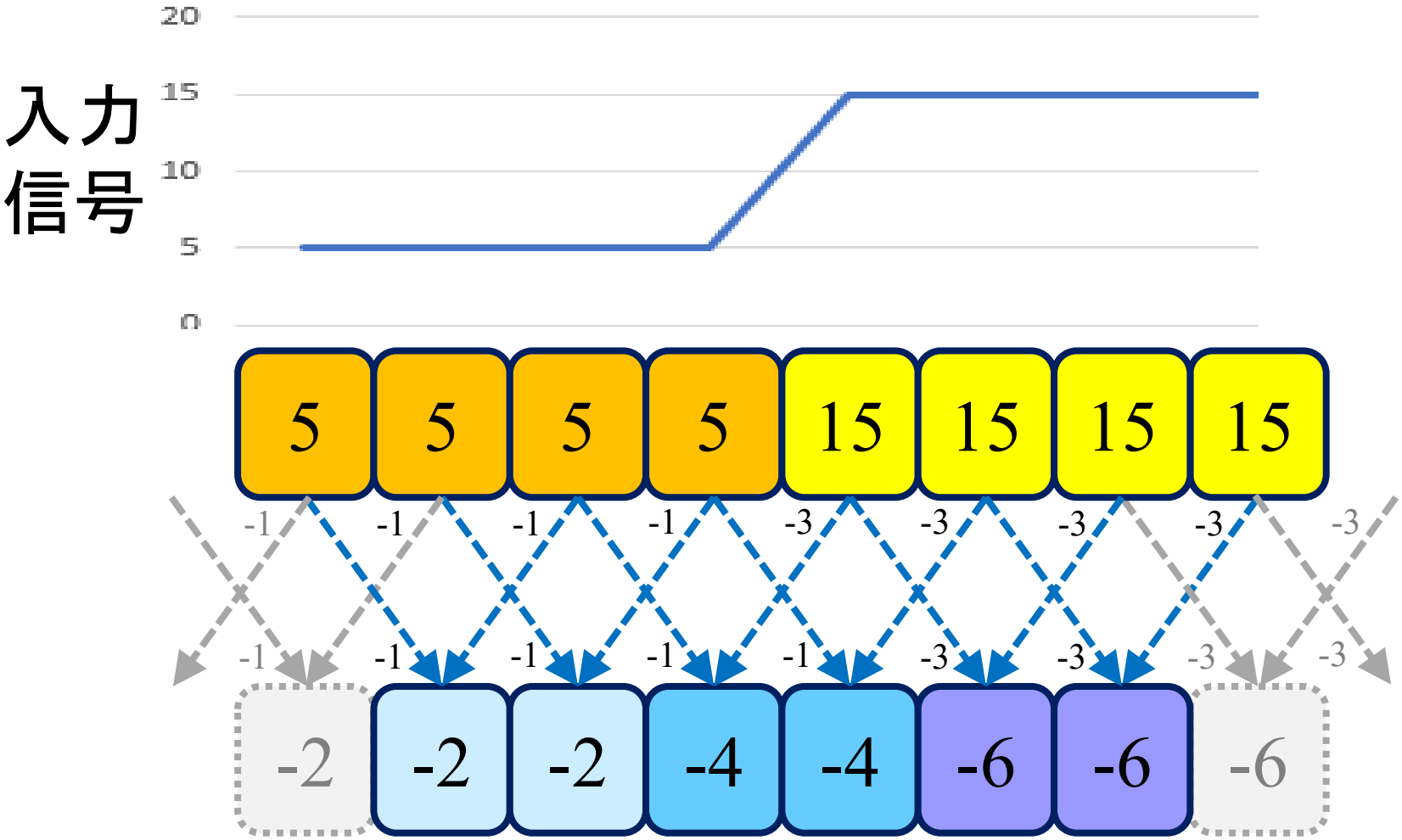
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicejl1962/41/10/41_10_702/_pdf

半透明な明暗（濃度差）が複数重積することで形成されている
エックス線写真では、最も注意すべき錯視

視覚における側抑制と輪郭強調

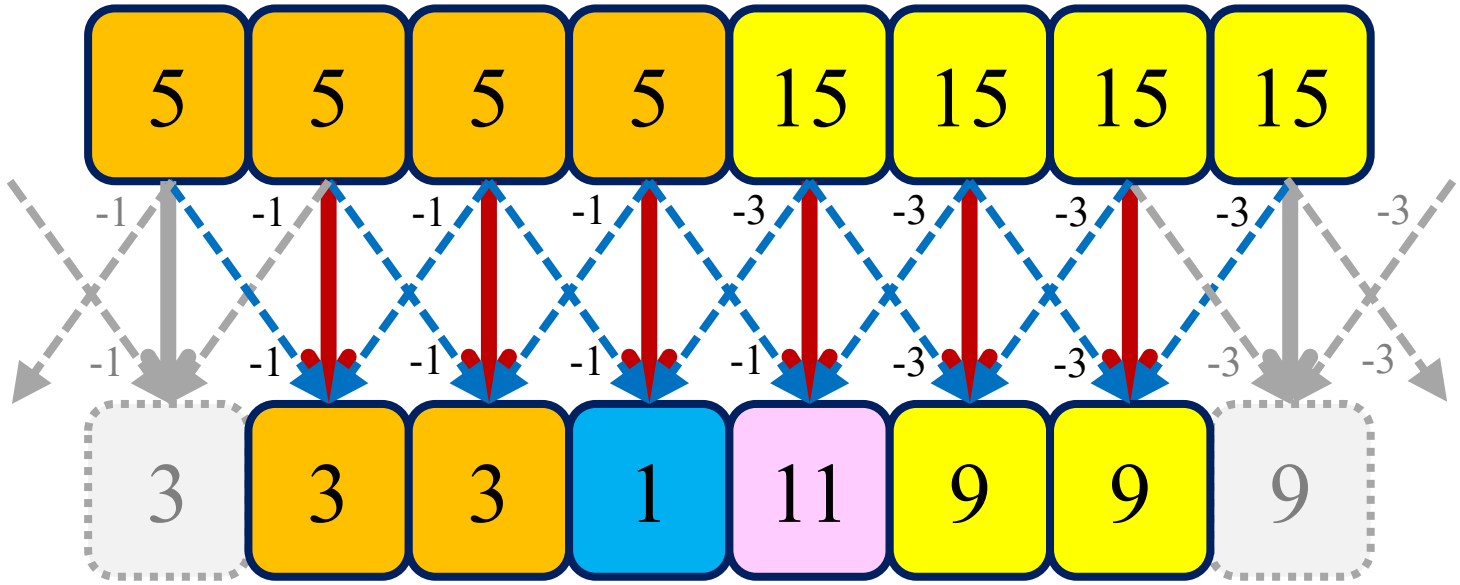


例えば、入力信号として「5」という値と「15」という値が隣接している場合

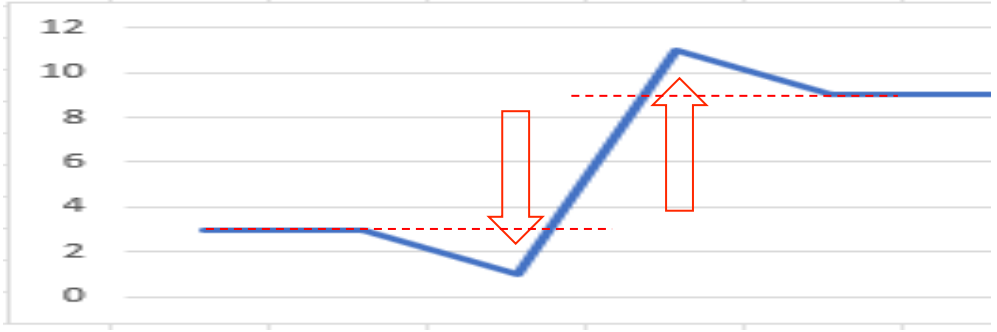


例えば、入力信号の20%で
側抑制した場合の抑制値

入力
信号



最終的な
出力信号



一般的には「畳み込みフィルタ」

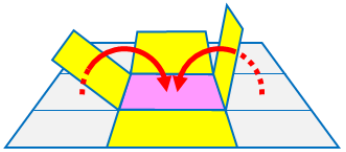
2D Convolution filter → 深層学習の画像認識で良く用いられる

$$X = s \times \sum_{i,j=1}^{n} \left(P_{i,j} \times Q_{i,j}\right) + t$$

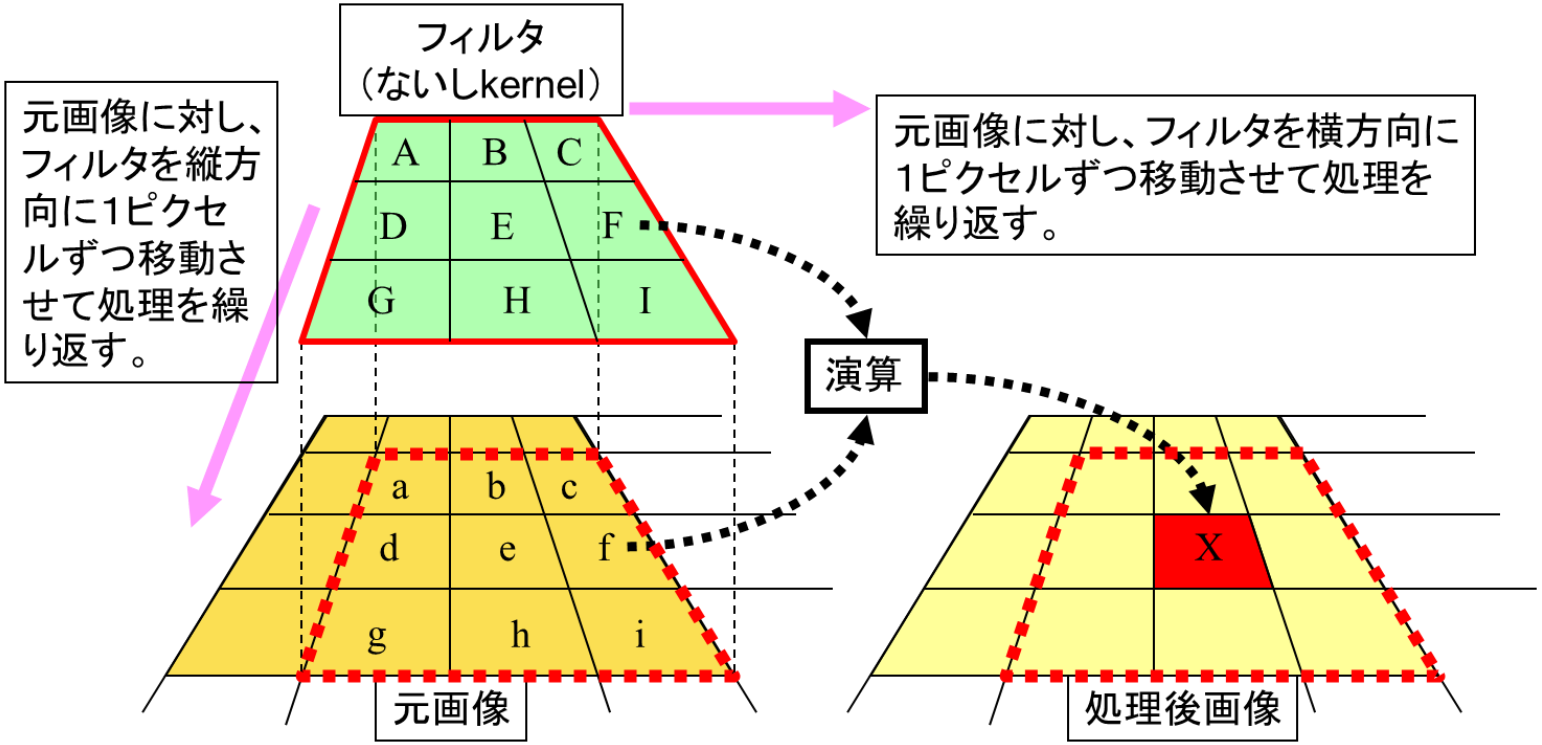
通常は、$X = s \times \sum_{i,j=1}^{n} P_{i,j} = 1,\ t = 0$

$P_{i,j}$：$n \times n$ 行列フィルタ（ないしkernel）の i 行 j 列目の値

$Q_{i,j}$：画像データ内でフィルタ（ないしkernel）を適応する$n \times n$ 行列部分のi 行 j 列目の値



畳み込んでくるイメージ



$$X = s \times (A \times a + B \times b + C \times c + D \times d + E \times e + F \times f + G \times g + H \times h + I \times i) + t$$

Chevreul（シュブルール）効果

明暗の境界にて、相互に明暗を引っ張り合って強調する

※マッハ効果とは異なるので注意！！

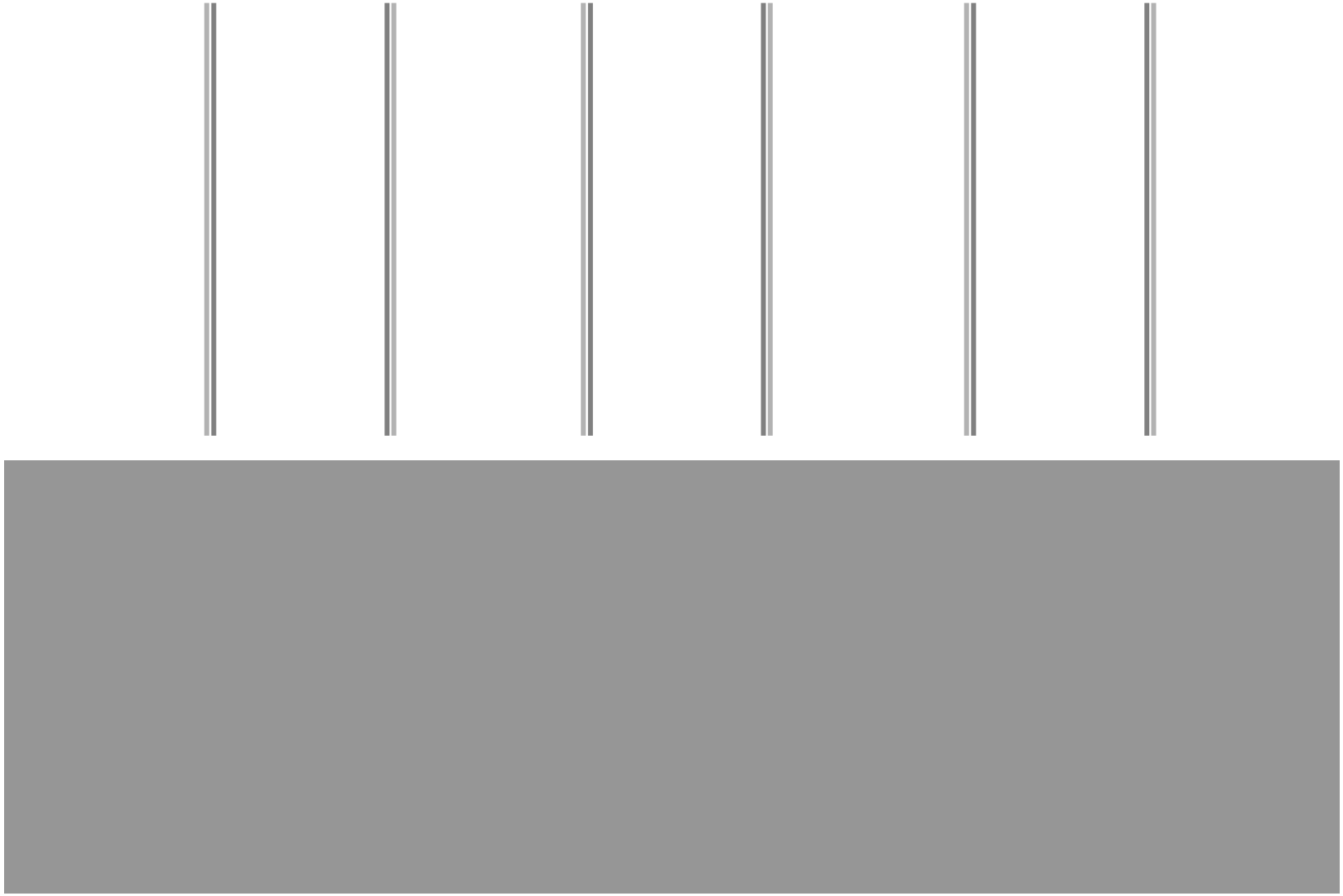
Chevreul（シュブルール）効果

明暗の境界にて、相互に明暗を引っ張り合って強調する

※マッハ効果とは異なるので注意！！

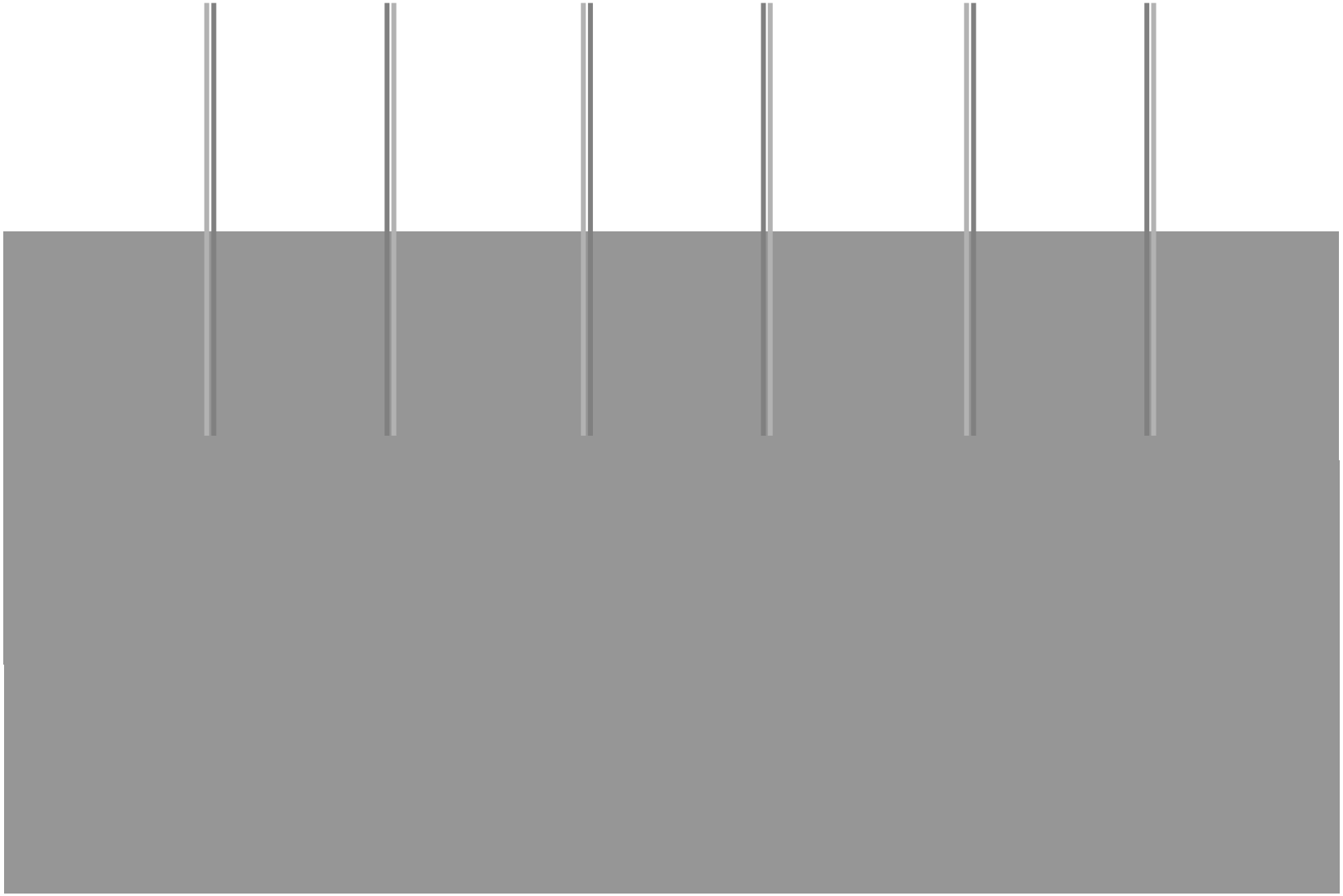
Craik-O‘Brien-Cornsweet
（クレイク・オブライン・コーンスウィート）効果

濃淡の異なる2対の線を入れることで、異なる明暗に分かれる。



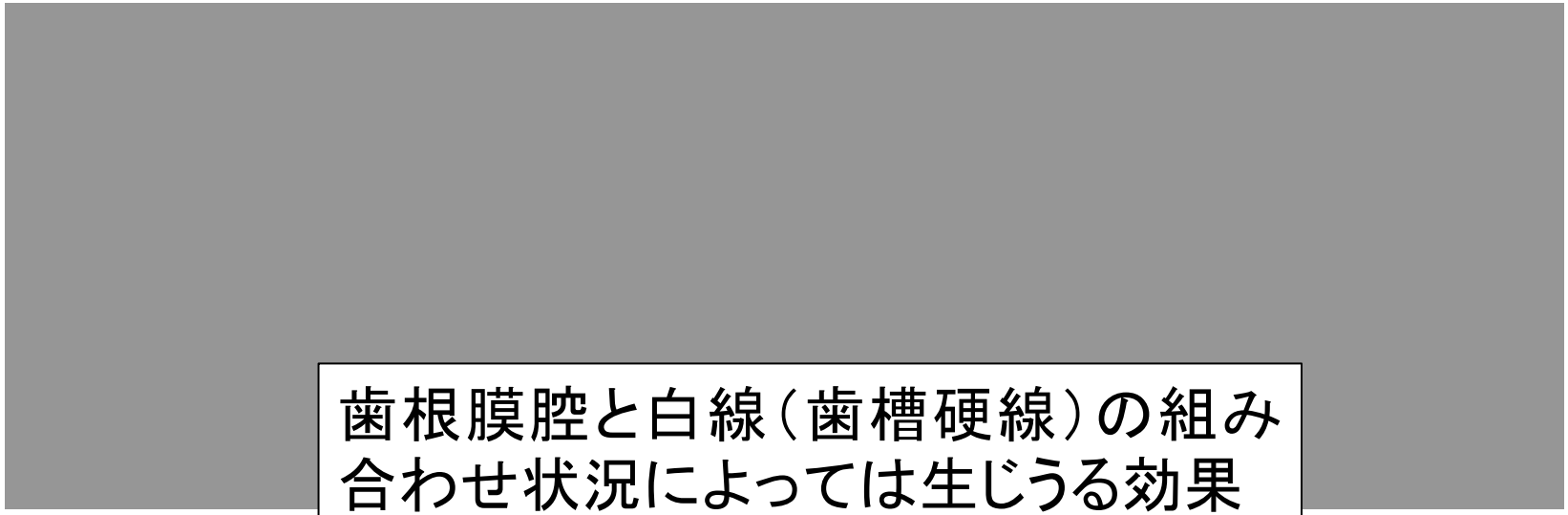
Craik-O‘Brien-Cornsweet
（クレイク・オブライン・コーンスウィート）効果

濃淡の異なる2対の線を入れることで、異なる明暗に分かれる。



Craik-O‘Brien-Cornsweet
（クレイク・オブライン・コーンスウィート）効果

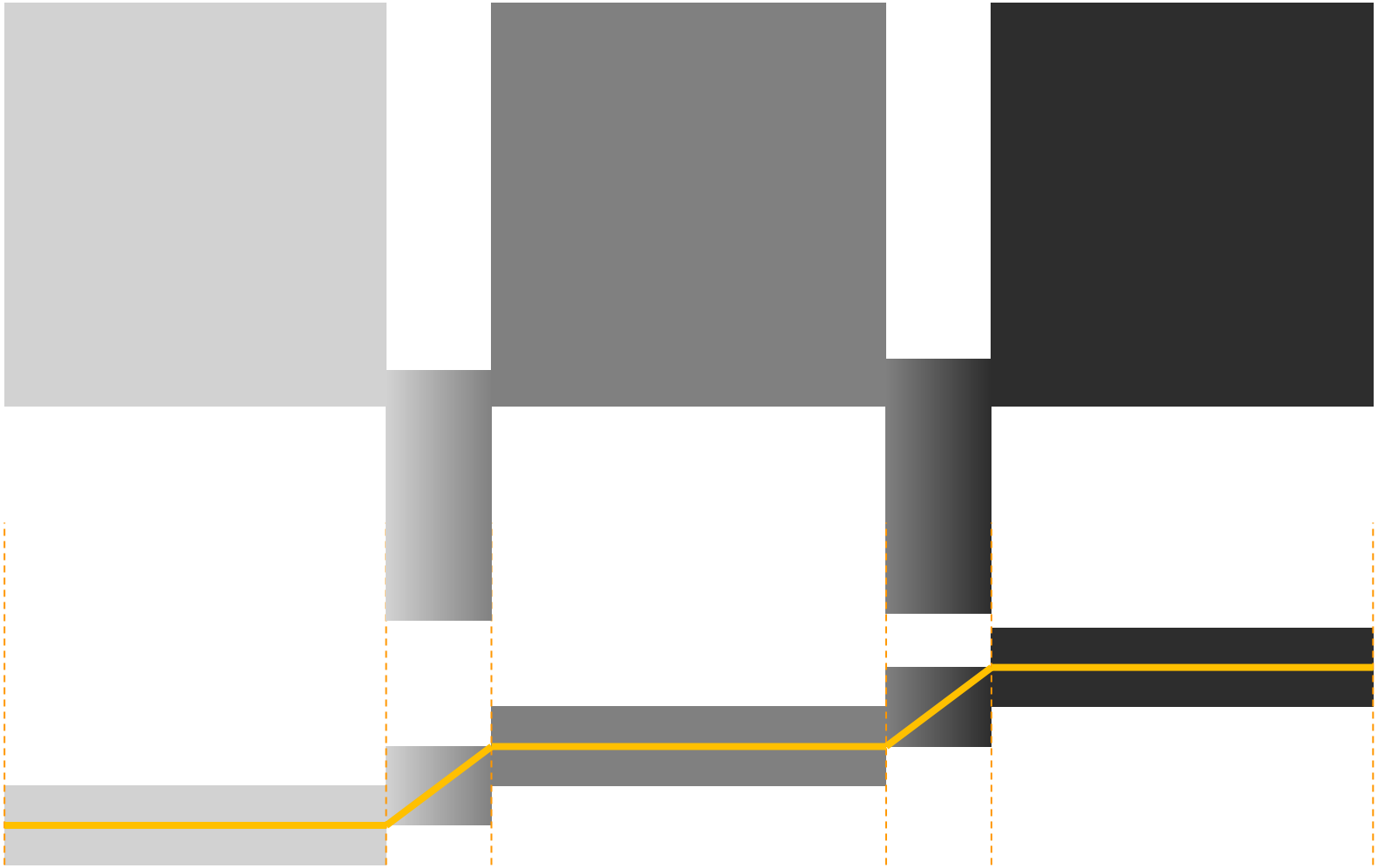
濃淡の異なる2対の線を入れることで、異なる明暗に分かれる。



歯根膜腔と白線（歯槽硬線）の組み合わせ状況によっては生じうる効果

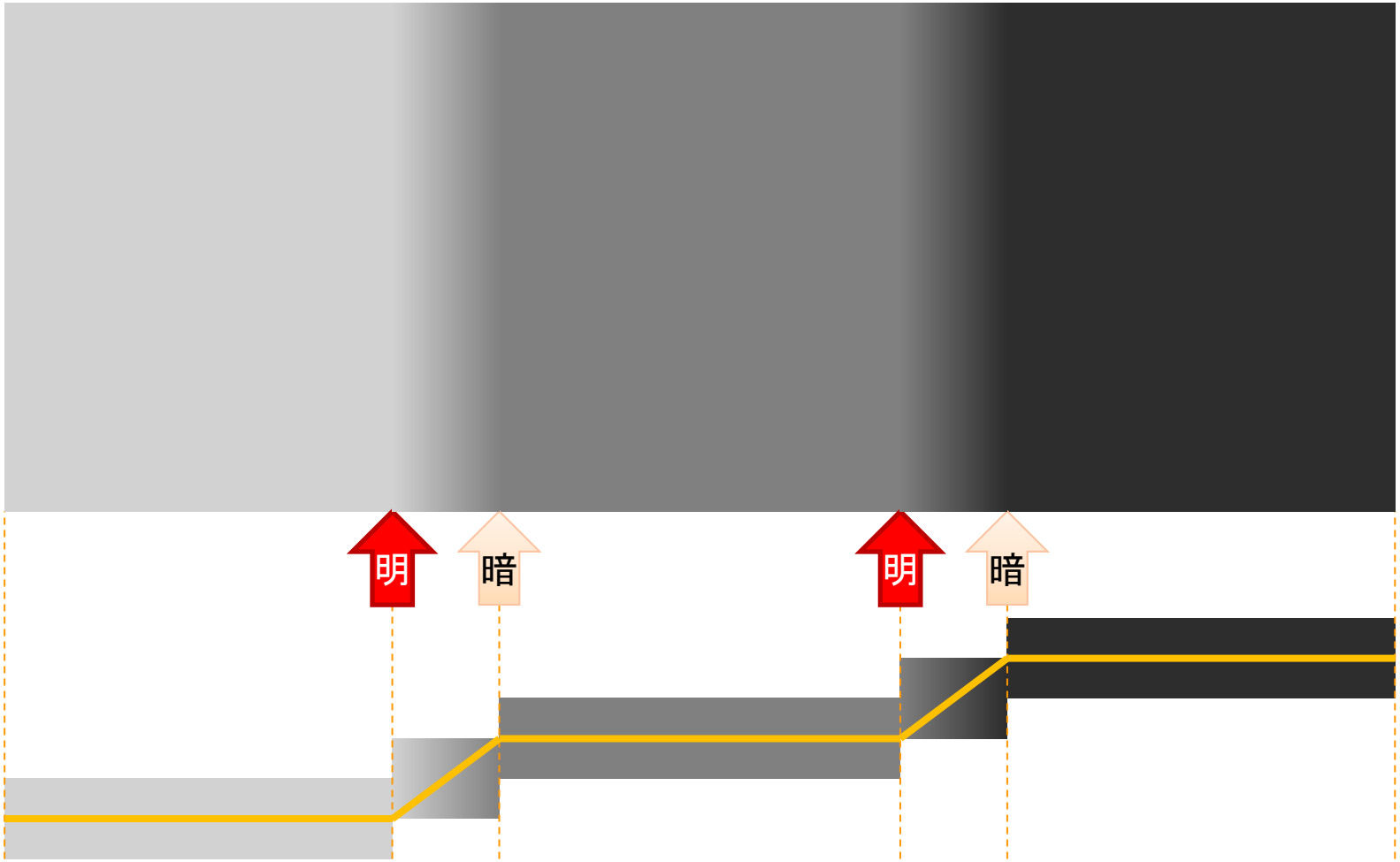
Mach band（マッハバンド）

均一な濃度の間に一定の割合で変化する濃度勾配領域が介在するとき、境界部分に存在しない濃度勾配を知覚する。



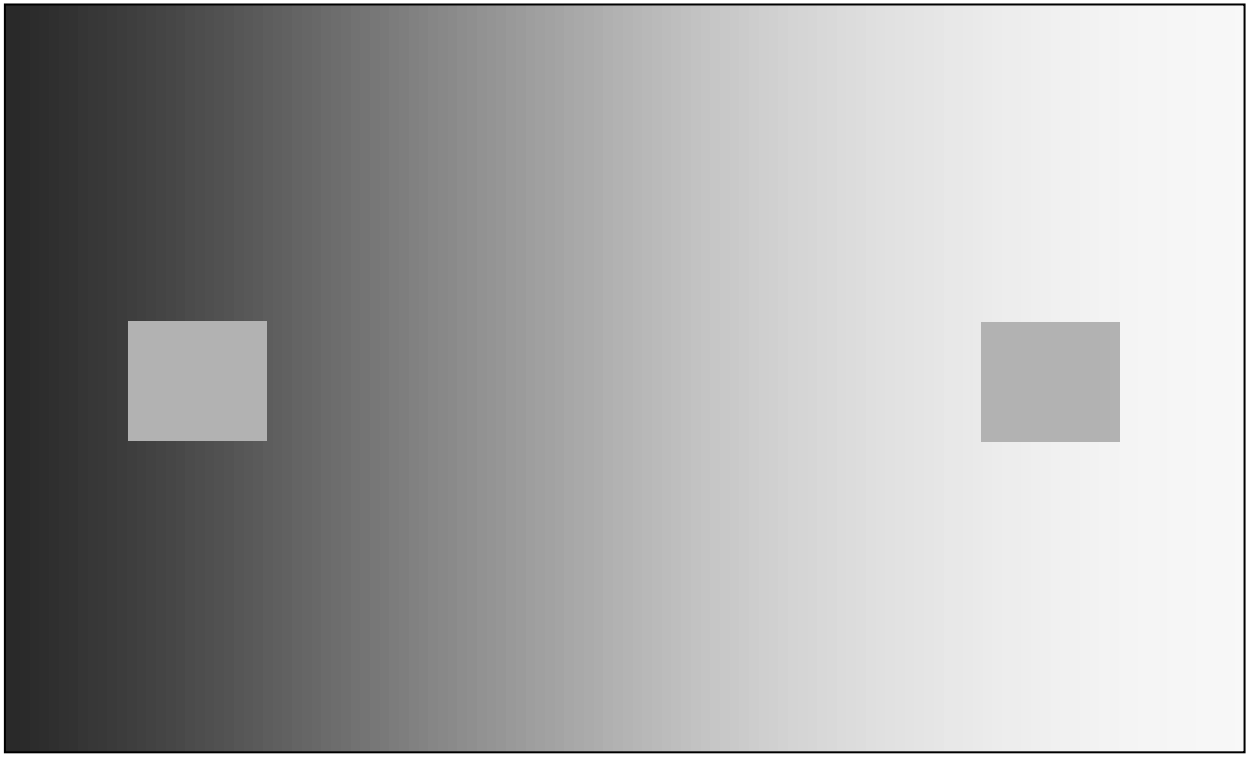
Mach band（マッハバンド）

均一な濃度の間に一定の割合で変化する濃度勾配領域が介在するとき、境界部分に存在しない濃度勾配を知覚する。



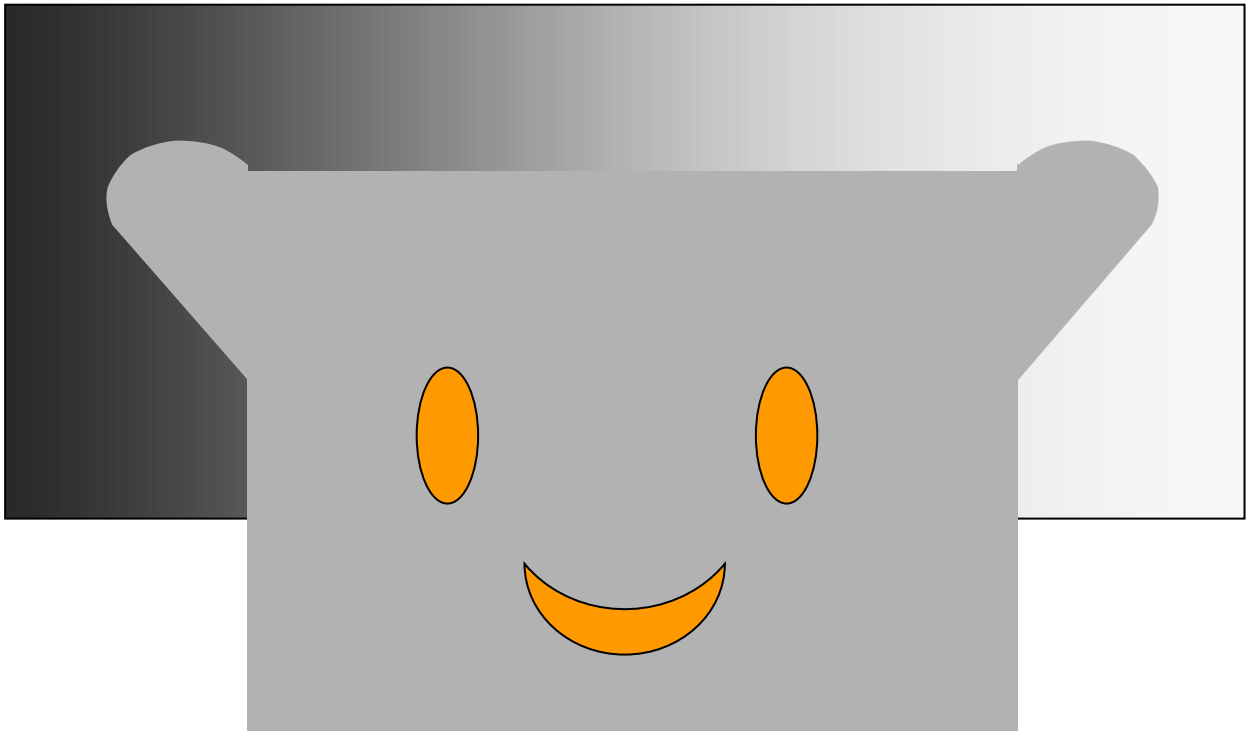
グラデーションによる「明るさの対比」

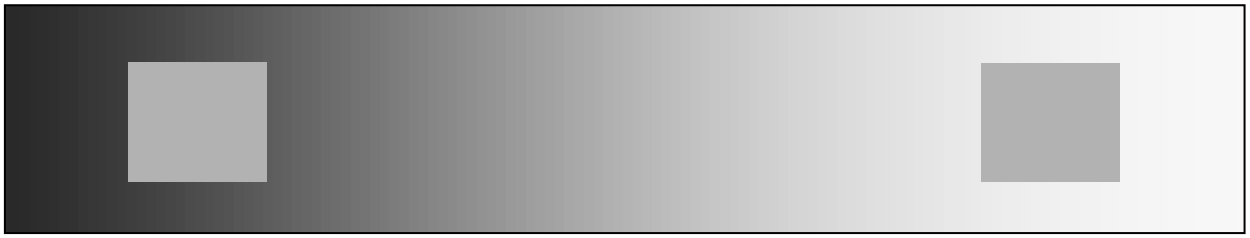
Kitaoka, Gyoba and Sakurai, 2005を改変



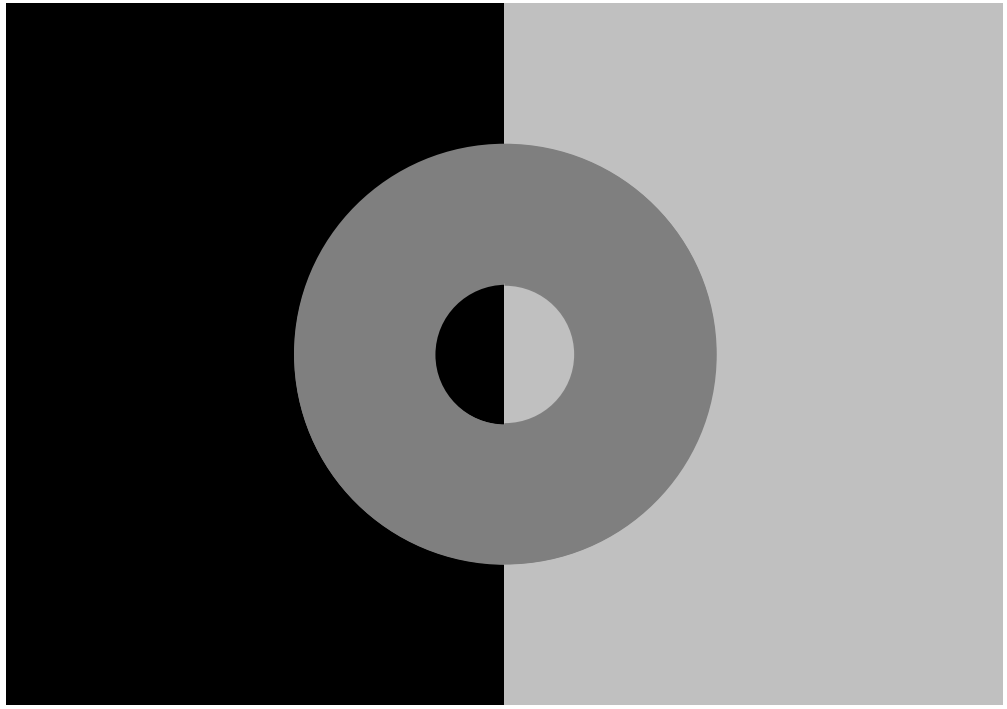
グラデーションによる「明るさの対比」

Kitaoka, Gyoba and Sakurai, 2005を改変

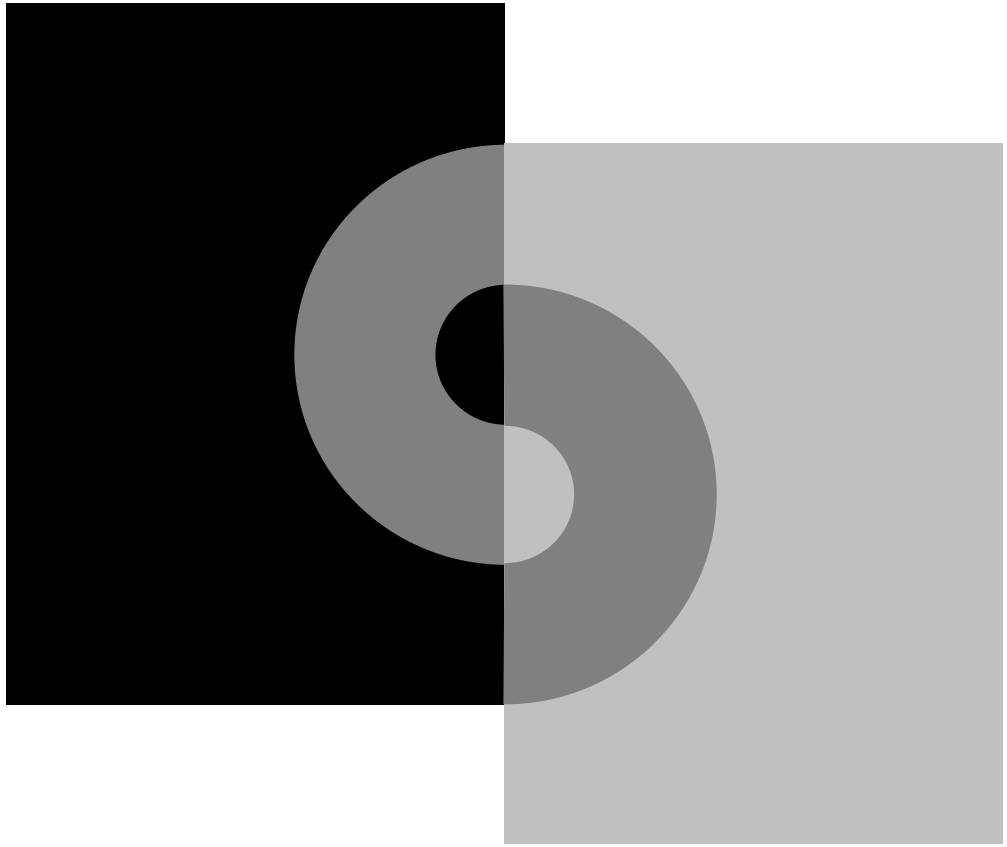




Koffka ring by Adelson（エーデルソンのコフカの環）

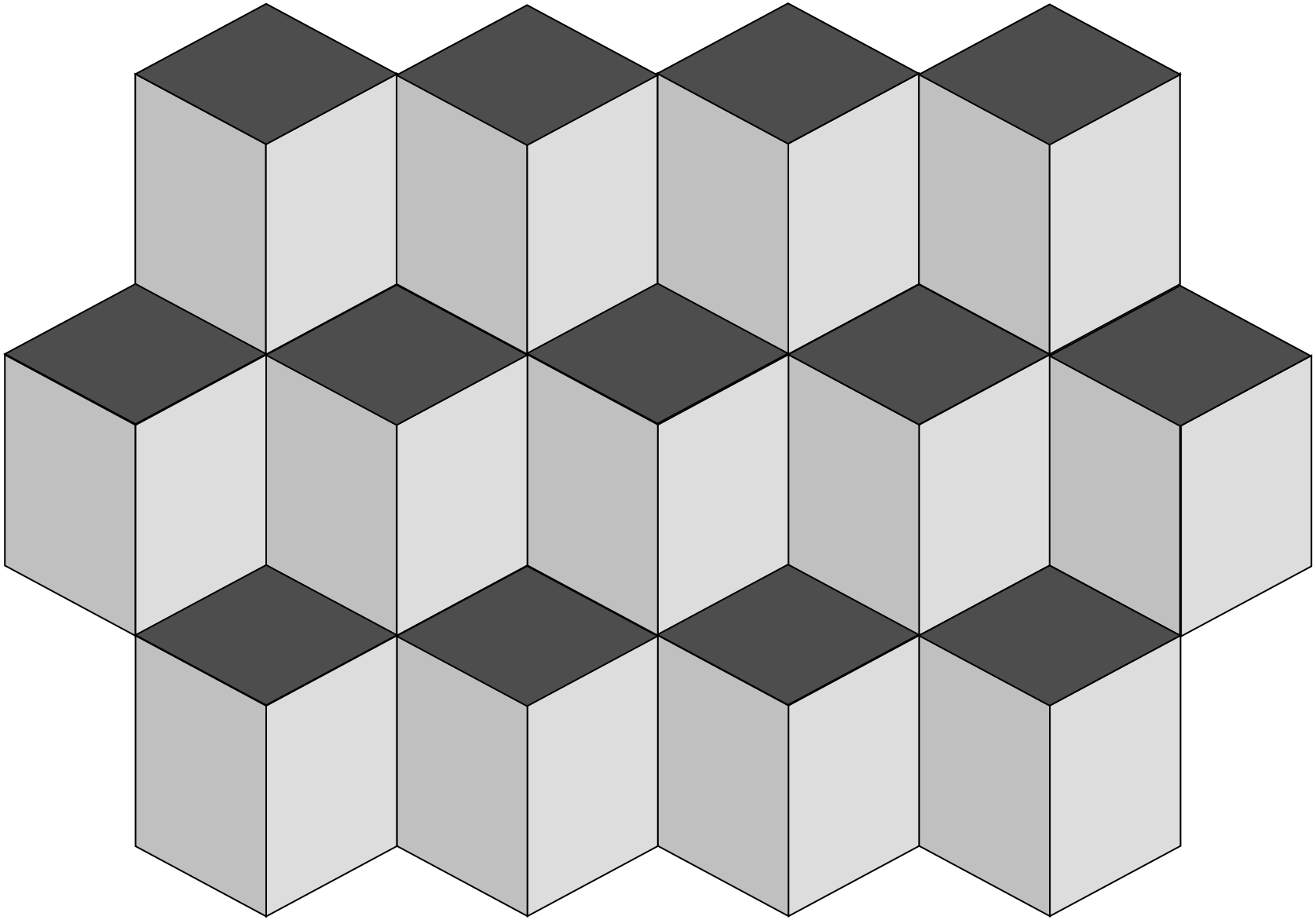


Koffka ring by Adelson（エーデルソンのコフカの環）



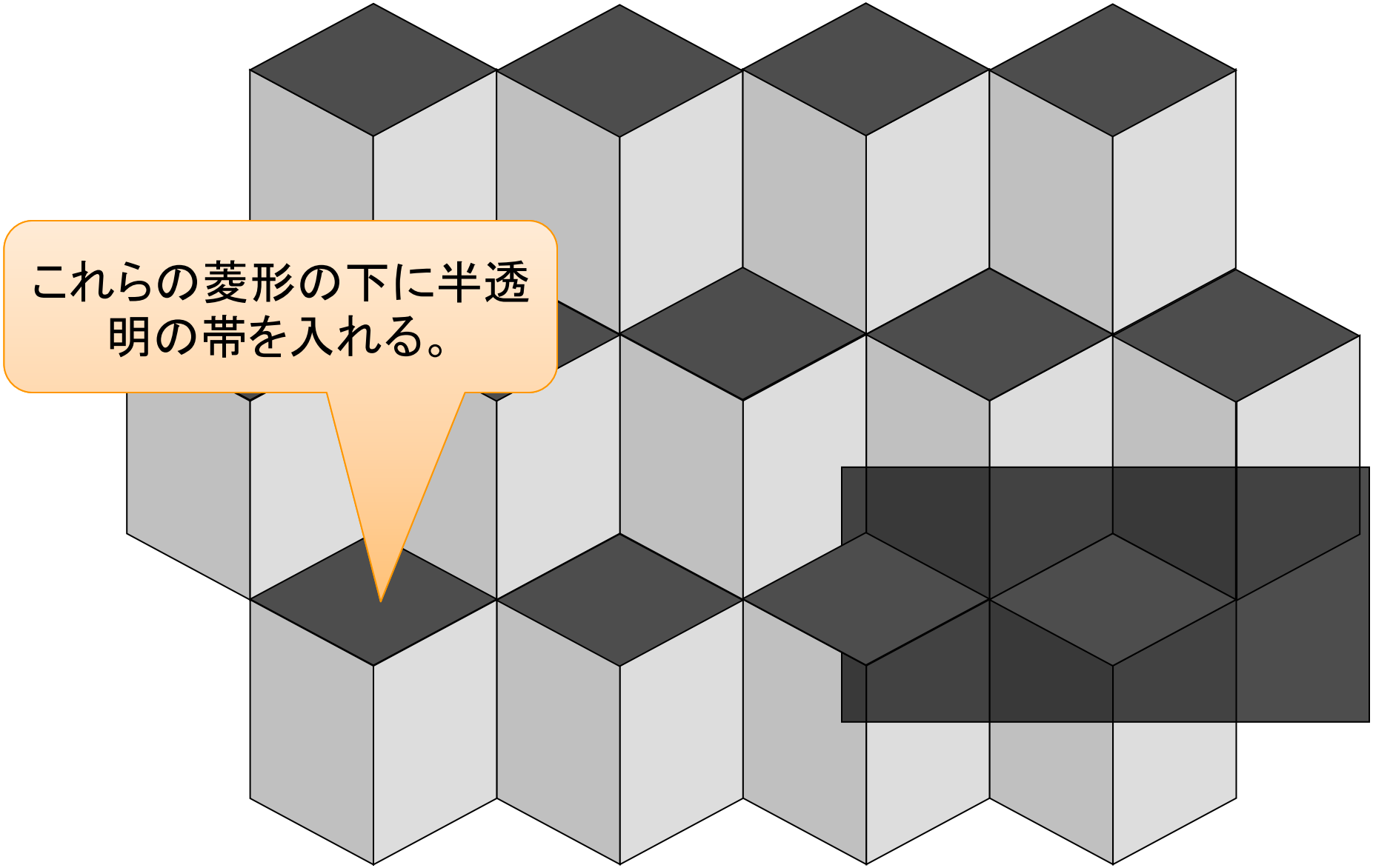
Adelson のタイル錯視

影の知覚（透明感の知覚）による強調



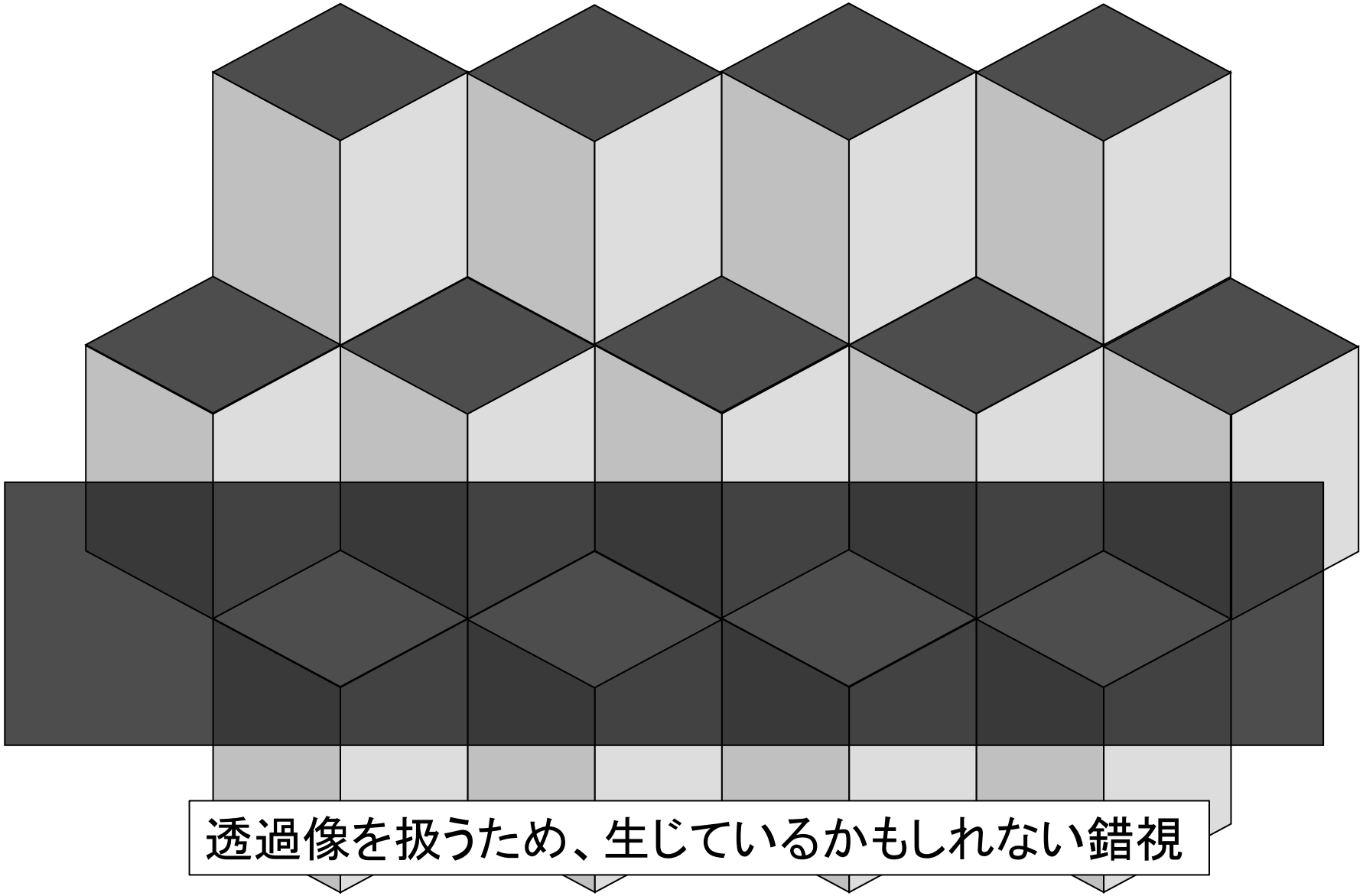
Adelson のタイル錯視

影の知覚（透明感の知覚）による強調



Adelson のタイル錯視

影の知覚（透明感の知覚）による強調

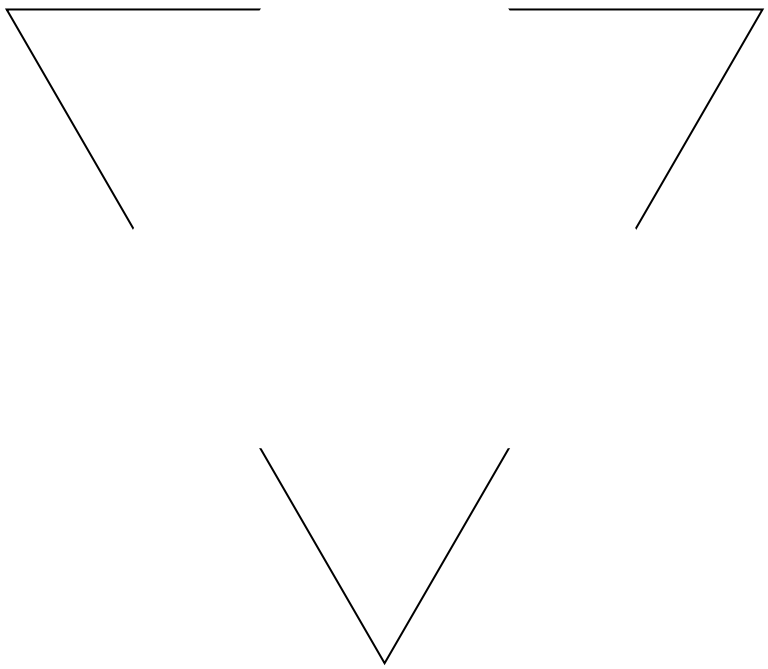


透過像を扱うため、生じているかもしれない錯視

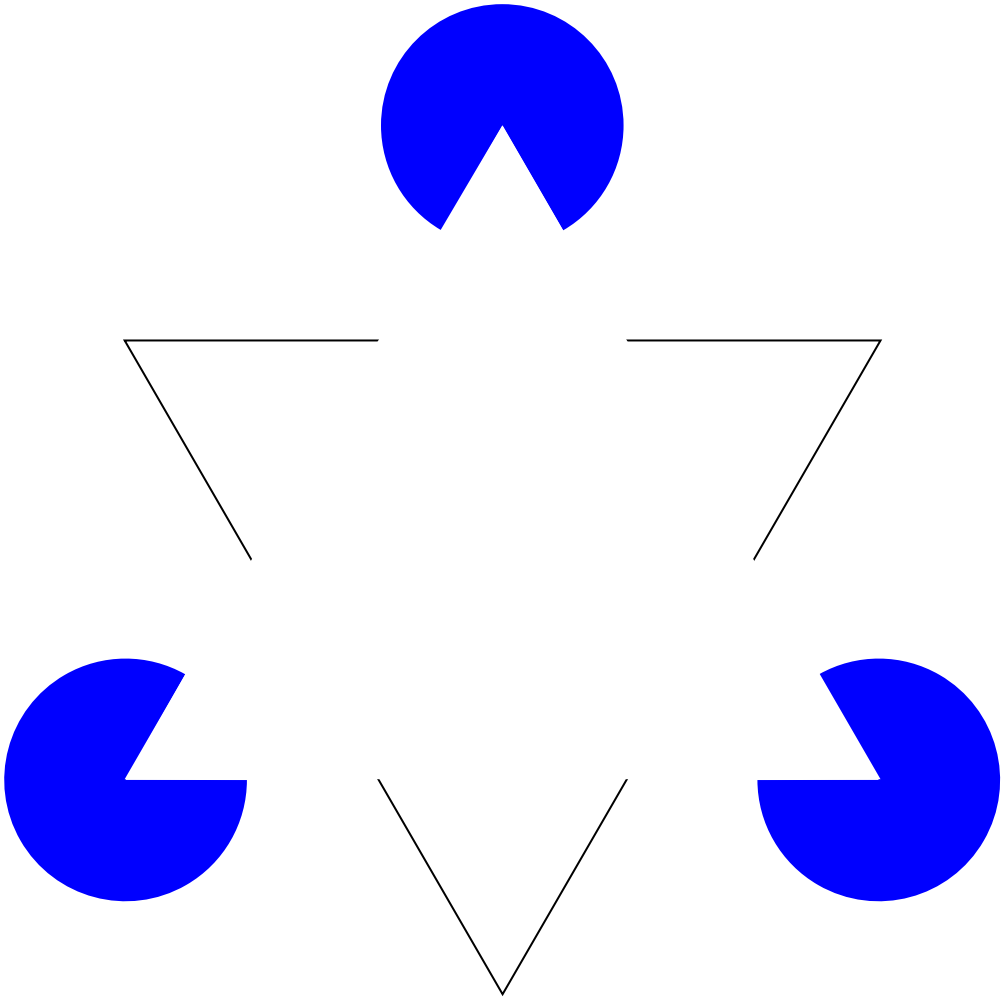
形の錯視

接線効果や重積効果で出現する境界線を認識するときに、気を付けるべき錯視。

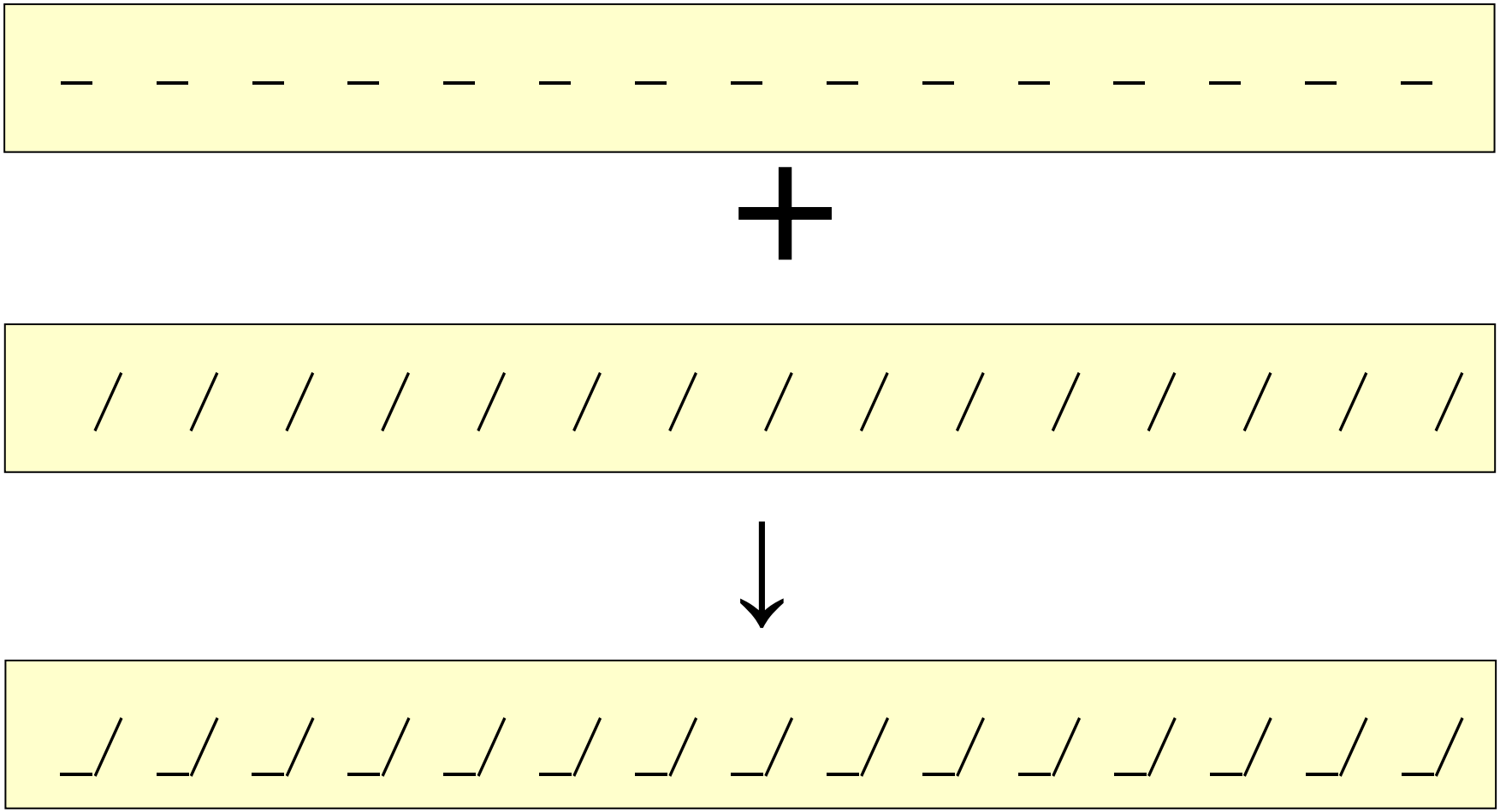
Kanizsa（カニッツァ）図形
視覚的補完



Kanizsa（カニッツァ）図形
視覚的補完



メール等でよく使われる視覚的補完



文字列の傾き錯視

- 金土木月金土木月金土木月金土木月金土木月
- 金土木月金土木月金土木月金土木月金土木月

- 月木土金月木土金月木土金月木土金月木土金
- 月木土金月木土金月木土金月木土金月木土金

- 金土木月金土木月金土木月金土木月金土木月
- 金土木月金土木月金土木月金土木月金土木月

文字列の傾き錯視

- 金土木月金土木月金土木月金土木月金土木月
- 金土木月金土木月金土木月金土木月金土木月

- 月木土金月木土金月木土金月木土金月木土金
- 月木土金月木土金月木土金月木土金月木土金

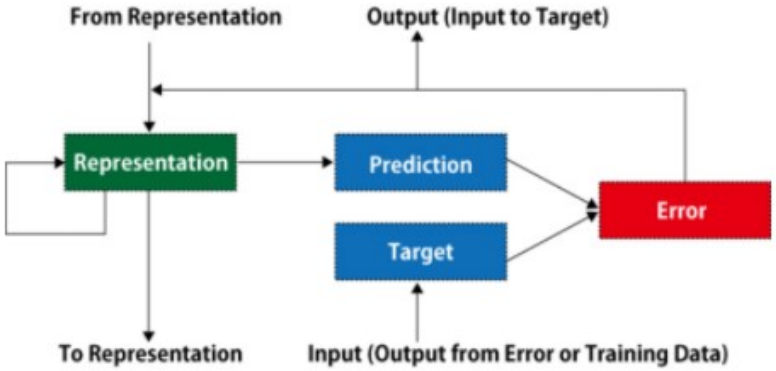
- 金土木月金土木月金土木月金土木月金土木月
- 金土木月金土木月金土木月金土木月金土木月

AIも錯視をする！？

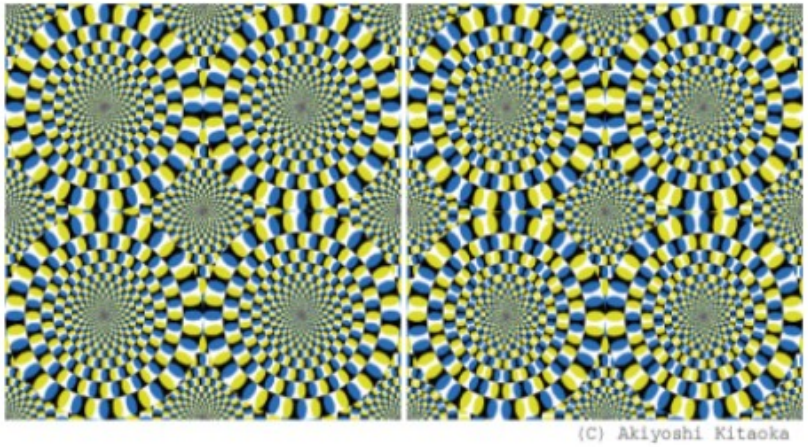
- 深層学習によって「蛇の回転錯視」の知覚再現に成功（大学共同利用機関法人　自然科学研究機構　生理学研究所）
https://www.nips.ac.jp/release/2018/03/post_362.html
- 予測符号化理論にて、一般的な動画を5時間分学習させるだけで、「動きの予測」を学習し、止まっている画像の「動き」を予測した。
- これによって人間が錯視することで有名な北岡明佳博士考案の蛇の回転錯視の回転を検出した。

大学共同利用機関法人　自然科学研究機構　生理学研究所

https://www.nips.ac.jp/release/2018/03/post_362.html

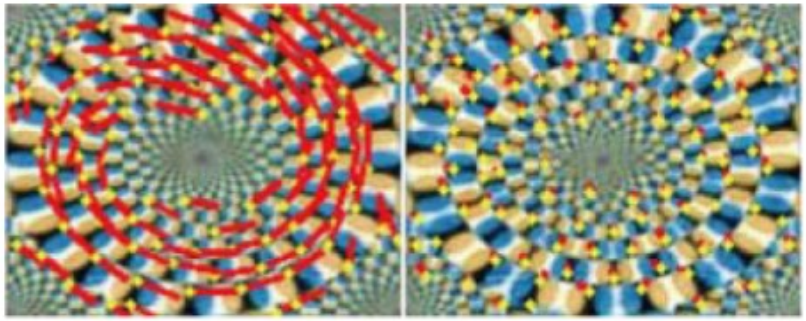


［図１］予測符号化理論を組み込んだ深層学習機の概念図（Lotter et al. 2016の図１を改変）。一層だけを概念的に示してあります。「Representation」領域のニューロン群はリカレント回路を持つLSTM（メモリーセル）であり、Errorニューロンからの誤差情報、上位層のRepresentationニューロンからの情報、再帰的情報を元にして予測を作り出します（Prediction）。下層からの入力（Target）と予測から誤差情報が作られ（Error）、誤差情報は同一層及び上位層に伝搬されます。本研究では４層のネットワークを使用しており、トレーニングではバックプロパゲーション法によって誤差を最小化させるように学習を進めます。



［図４］北岡明佳博士考案の蛇の回転錯視（左図）。右図は回転しないネガティブコントロール。より強い錯視を体験したい方は北岡博士のホームページ（次のURL）を参照下さい。
http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/

［図２］深層学習機のトレーニングに使用された動画。帽子上のカメラから撮影した動画を約五時間分使用しました。約５３万ビデオフレームに相当します。写真はそのうち２フレーム分を切り出して示しました。出典は以下のURL。
First-Person Social Interactions Dataset: http://ai.stanford.edu/~alireza/Disney/



［図５］蛇の回転錯視（左図は左回転、右図は無回転）の運動知覚が深層学習機によって再現されました。連続した二枚の予測画像からオプチカルフローを検出し、ベクトルとして表現した（黄色の点がベクトルの始点、赤い線がベクトルの方向と大きさを示しています。

参考資料

- 参考図書
  - Newton別冊・脳はなぜだまされるのか？「錯視完全図解」・監修：北岡明佳
- Edward H. Adelsonのサイト
  - http://persci.mit.edu/people/adelson
  - http://persci.mit.edu/gallery
  - 様々な錯視を見ることができます
- 立命館大学・北岡明佳の錯視のページ
  http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/catalog.html