

点 点 点

vol.2

盲目のブランクーシのはなし

銀塩写真について、フィルムの中の電子の振る舞い

コイズミアヤ

銀塩写真について、フィルムの中の電子の振る舞い

臭化銀AgBrとは、銀イオンAg⁺と臭素イオンBr⁻が電気的にくっついた状態で、「イオン結合」という。原子の中には電子を失いやすかったりもらいやすかったりする性質のものがある。電子を失ってプラス、または電子をもらってマイナスに帯電することを「イオン化」という。銀イオンAg⁺は銀原子の時よりマイナスの電子が1個少なく、臭素イオンBr⁻は1個多い。イオン化した原子が足りない電子を得たり、余分な電子を手放して元の原子に戻ることを「還元」という。

原子が帯電しやすい性質かどうかは電子配置によって決まっているようだ。そこで、原子とその中の電子の振る舞いについて勉強してみた。

原子の大きさはおおよそ 0.0001 μ m (マイクロメートル) (= 1Å オングストローム、例えば銀原子は半径が 1.44Å)。その原子の中の原子核には、陽子と中性子が入っていて、陽子の数は原子番号に示されている。陽子はプラスの電荷を持っていて、マイナスの電荷を持っている電子は、陽子と釣り合うように同じ数あって原子核のまわりに存在している。つまり、原子番号の数がその原子の持つ電子の数ということ。

原子の中で電子がおさまる場所は決まっていて、原子核の外側には「殻」とよばれるもの、(今わかっている範囲では) K、L、M、N、O、P、Q 殻が 1~7 重に重なっている。電子がおさまる数は内側から順番に n 番目の電子殻には最大 2n²個という法則があって、原則として内側の電子殻から外側の電子殻へと電子が配置されていく。そして最も外側の電子殻には最大 8 個までしか収容されないというルールがある。

さらにそれぞれエネルギーの低い順に s,p,d,f ……と軌道が細かく分類されている。軌道と聞くと、天体の運行のように決まったルートを外れることなく電子が回っているようなイメージを持つが、これはだいぶ違って、ミクロの世界のはなしなので確率統計的な分布の様子になっている。ここの軌道はこのあたりに電子が瞬間的に居る、というある程度の形を持った雲の塊のような範囲のことを示している。s軌道は1つの球形、p軌道はダンベル型が方向違いで3種類、d軌道やf軌道はもっと複雑な形で種類も多い。

銀の原子番号は 47。電子殻 K、L、M、N、O にそれぞれ 2, 8, 18, 18, 1 個、合計 47 個の電子を持つ。電子配置としてはエネルギーの低い軌道から順に詰まるルールがあるので、1s に 2 個、2s に 2 個、2p に 6 個、3s に 2 個、3p に 6 個、4s に 2 個、3d に 10 個、4p に 6 個、5s に 1 個、4d に 10 個おさまっている。(エネルギー差が小さなところは例外が起きる。銀も例外が起きて 5s に 1 個で 4d に 10 個入ってる。) 臭化銀の銀のお相手、臭素 Br は原子番号 35 で 35 個の電子を持っている。

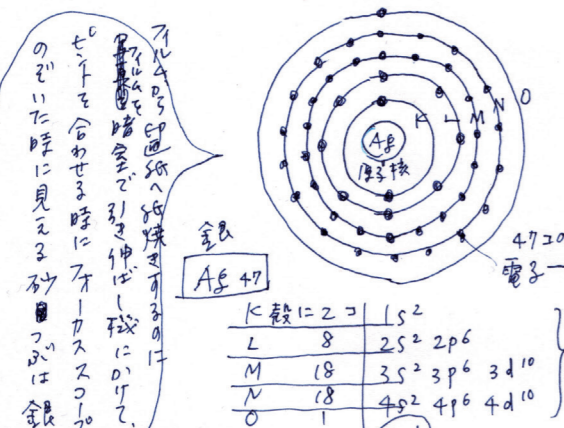
余談だが、電子配置の記法では、銀の電子配置は [Kr] 4d¹⁰ 5s¹ と書く。[Kr] はクリプトンの意味で、銀はクリプトンの電子配置の外側に、4d¹⁰ 5s¹ の電子が並んでいるという意味で、以下 Kr クリプトンの電子配置: [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁶、Ar アルゴンの電子配置: [Ne] 3s² 3p⁶、Ne ネオンの電子配置: [He] 2s² 2p⁶、He ヘリウムの電子配置: 1s² というように、入れ子みたいに表記される。

ここから銀塩写真のはなしに戻る。

臭化銀がフィルムに精密に塗布されている。乳剤の中の臭化銀の粒子は、一辺を 1 μ m だとすると約 200 億個の銀イオンが含まれていることになる。

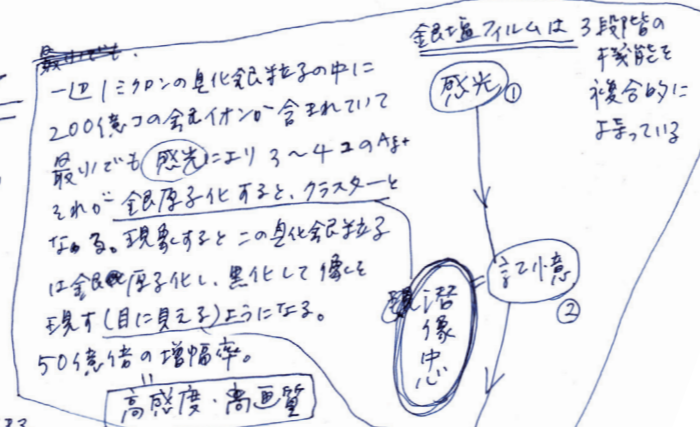
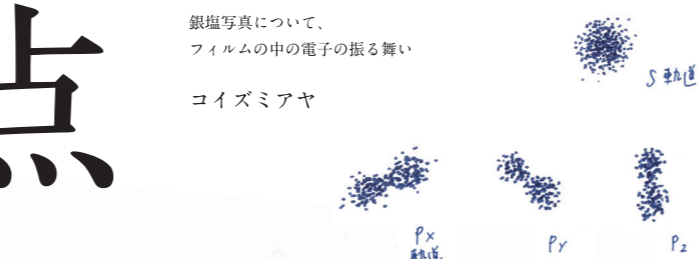
感光すると、その臭化銀粒子の中の例えば最小で 3~4 個の銀イオンが電子を得て銀原子化する(左図「最初の銀原子のでき方」を参照)。これを「潜像核」とか「潜像中心」と呼ぶ。つまり、いづれ像が現れる状態を潜ませ記憶している状態。たった 3~4 原子なので目に見えない。

現像とは、感光した(潜像状態の)フィルムを現像液に浸して還元を行う行為で、現像液がフィルムに電子を供給する。すると潜像中心が触媒となって、残り約 200 億個の銀イオンの銀原子化を進める。粒子、そしてその集まりの像が姿を現す。単純計算で 50 億倍の増幅率となる。



K 殻	2	1s ²
L 殻	8	2s ² 2p ⁶
M 殻	18	3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰
N 殻	18	4s ² 4p ⁶ 4d ¹⁰
O 殻	1	5s ¹

電子の軌道
*s軌道は球形で電子が観測しやすい
*p軌道は方向性がある
*d軌道は複雑な形

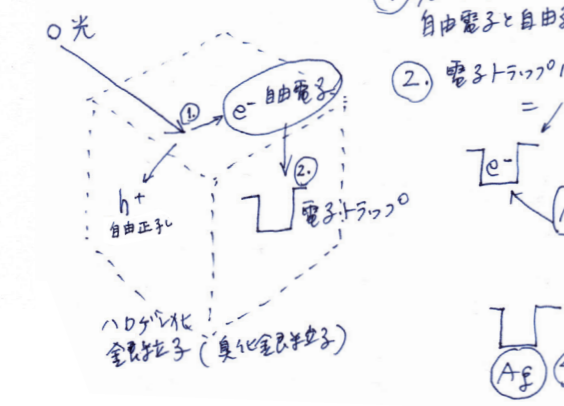


デジタルCCDは画素数を上げると感度が悪くなる。感度を悪くしようとすると、画素数が減ると感度が悪くなる。

フィルムは印画紙へ現像するのには、セリトを合わせる時にフォーカスコープで、のぞいた時に見える砂つぶは銀の粒子だった。

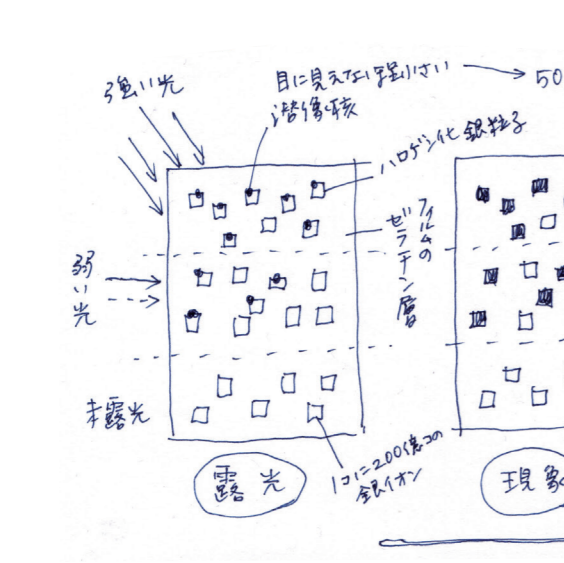
フィルムの中のセリテン層には、臭化銀が塗布されている。

K 殻	2	1s ²
L 殻	8	2s ² 2p ⁶
M 殻	18	3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰
N 殻	7	4s ² 4p ⁵



このフリーペーパーは、美術家のコイズミアヤがブランクーシを「盲目の」彫刻家だと勘違いしたことからはじまったものです。これをきっかけに、どんなともぼちぼちやりとりが出来たら幸いです。

点点 (ぼちぼち) vol.2 盲目のブランクーシのはなし
銀塩写真について、フィルムの中の電子の振る舞い
2021年1月1日発行 著/発行 コイズミアヤ
coizumi@s17.so-net.net.jp https://twitter.com/coappi



1. 光が入ると自由電子と自由陽子の対が生成される。
2. 電子トラップは自由電子をつかまえておく。電子は Ag⁺ に還元されて Ag 原子を形成する。
3. ハロゲン化銀の結晶の中で、一部 p 殻間を通して電荷が伝わり、それが Ag⁺ と結合してトラップに落ちる。
4. トラップは電子をつかまえておく。電子は Ag⁺ に還元されて Ag 原子を形成する。

潜像核の形成は、Ag⁺ と電子が結合して Ag 原子を形成する。この Ag 原子が触媒となり、残りの Ag⁺ が Ag 原子化され、大きな銀粒子が形成される。

付録

「彫刻家のカメラ・アイ ブランクーシの写真展」

1982/4/29～7/14 高輪美術館 図録

序論 イザベル・モノフォンテース、マリエル・タバール より

コイズミの一部要約及び「」内は抜き書き

1905年にはブランクーシは写真を撮り始めていた。

1920年代からアトリエに写真を蓄えはじめる。

1957年に国立近代美術館に遺贈された写真資料は、ネガ原板（大部分がガラス板）が560枚、プリントは1,250枚。すべてブランクーシ自身によって焼き付けられたもの。時に、複数枚の紙焼きをサイズや枠組みを変えながら制作している。

進行中の作品をコントロールしたり、他の作品との間に置いて《検討してみる》手段。

作品とその環境、つまりアトリエのヴィジョンを得る手段。

制作のドキュメントとして、連続的な段階を通して残している。完成した作品の周囲に習作群を配置したものもある。アトリエに離ればなれにあったものが、変更されて結合されていく制作過程など。

独立した作品を組み合わせて校正するように撮られた写真もある。

台座を試してみる手段ともなっている。絶えず作品を台座から移動し、比較検討する道具としてカメラの助けを借りて様々な配置の仕方を試していた。台座自体が組み合わされることも。

「写真のおかげで彫刻は色々な場所に、そして同時にいくつもの台座の

上にあるという偏在性を持つことができた。作品はアトリエの端から端まで移動され、魔法のように集められたり、対立し、或いは孤立させられたりした。彫刻を撮影することによって、ブランクーシはそれらをもうひとつの空間、ロンサン袋小路のアトリエの物理的な空間よりもさらに広く支配し、展開できる空間へと存在させたのである。」

「互いにわずかに異なる連続的な紙焼きを選択できるよう、短いシーケンスの映画フィルムも利用していた。」

作品の配置は、他の作品との関係と、周囲の環境との関連について考えられている。同じ形態の異なる素材による制作など、ヴァリエーションを対照的に示されている。コンポジション、視覚的な抽象。

動きの変化や照明による演劇的な方法も用いられている。アトリエの配置におけるほんのわずかな移動や取り替えをシリーズとして。夜から昼へなど。

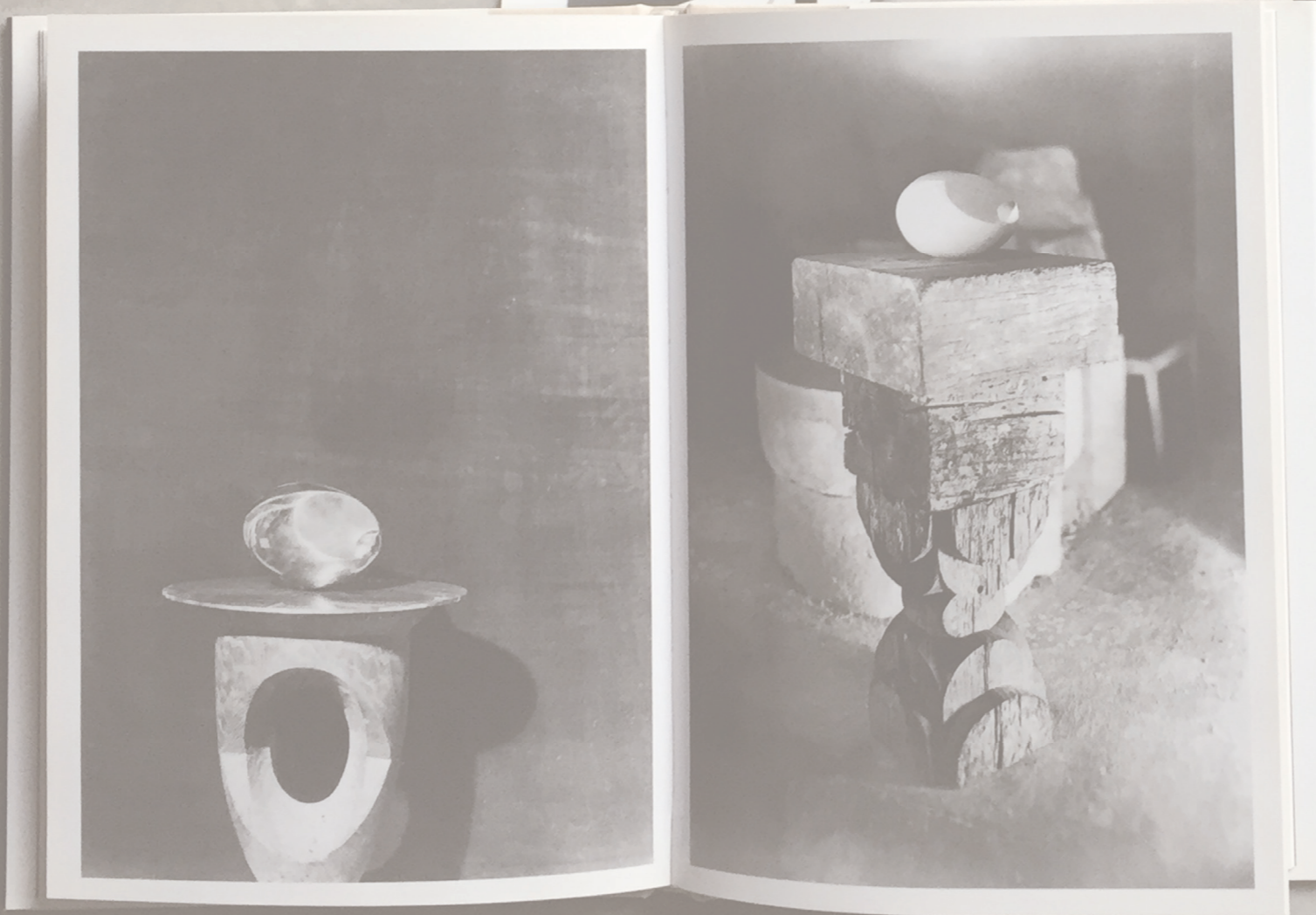
「ブランクーシがアトリエを飽くことなく眺め、驚きにみちた気持ちにとらえられながら、あらゆる角度からアトリエを考察し、自分の思うとおりに構成し続けていたということである。」

写真は、コイズミが学生時代に園分寺某所を撮影し、紙焼きしたもの、

写真集「BRANCUSI PHOTOGRAPHS」のページ

The Newborn II, bronze, c. 1933

The Newborn II, mable, c. 1920



進記

見えない世界と見ている世界を 具体的につないでくれているみたいだ。

世界や空間は見えているものだけで立ち上がっているわけではない。今号のことだけをとつても、興味を持たなかったら知らなかった電子の軌道の様子、原子の雲のような姿があり、具体的にイメージするのは難しくても、いま見えているもの以上のものが目の前にあるのがわかる。「見える」ということの特権性はだいぶ下がって、それ以外の情報量が低く見積もられていたことに気付く。「見ている」「見えている」ことの外に、実は多くを負っているという状況に意識を向けてみる。

12/14 数日前から夜中に空が割れるような大きな雷、「雪おろし」が鳴っていた。朝から今季初雪、積雪。前年雪のない異常な冬だったので、随分と久しぶりに感じる。雪の降る様子の中で過ごすようになって、空間観が変容し、世界が水没しているように感じていたはずの自分の感覚が薄らいでいたところに、急に世界が具体的な体積を持って帰って来たように感じる。車を運転していて、前を走る車のタイヤが跳ね上げる水の量が路面の水量より多く見える。見えているよりも多くの水がこの空間に蓄えられていると実感する。

ブランクーシは、スティーグリッツが撮影した彼の作品写真を完璧で美しいと評しながらも、自作をどのように撮影したらよいかを知っているのは自分自身だけだと言ったように、つまり、「私が見ているようには誰も見えない」のである。それはそうなのだ、当たり前のことなのだ。作品に現れてくるものごととはそういうものだ。時におどろき、畏れ、傷つき、孤独で、豊かでもある。

ここまで書いて、以前読んで心を打たれた文章のことを思い出した。それを引用して今号を終わりにします。

— 2015 年慶應義塾大学アート・スペースで開催された「同時代の眼 V ブリンキー・パレルモ展」の冊子、渡部葉子さんによる「パレルモ・断章」より

「パレルモは既にあるもの、彼がこの世界の中で感じ取っているものを示しているに過ぎないのだ（その意味で本質的な風景画家と言えよう）。それは我々には知覚できないとしても。例えば、宇宙線が存在していてもそれを観察し、証明する方法が見出されるまで、存在していても知られていなかったように。パレルモの絶望はそこにあるのだ。しかも科学的に証明できるものではない。自分が見ているものと同じものを誰も見てはいない。自分だけがとらえ得たものに形を与えて、残して逝ったのである。」

Special Thanks

今回の専門的な内容について、写真のことはBOOKS f3の小倉快子さんに物理分野は富井貴志さんにご助言いただきました。ありがとうございましたそれから、こまごました質問につきあってくれた理学部3年の娘の日十子に、いつもどうもありがとう

「銀塩写真について、電子の振る舞い」参考資料

「銀塩写真の撮像機能の動向」谷 忠昭（日本写真学会誌 1992）https://www.jstage.jst.go.jp/article/photogrst1964/55/5/55_5_338/_pdf
「光と放射線による銀塩写真の感光の原理」久下 謙一（日本写真学会誌 2016）https://www.jstage.jst.go.jp/article/photogrst/79/1/79_65/_pdf

「質問コーナー Q213★銀の性質について。」<http://kinki.chemistry.or.jp/pre/a-213.html>

「銀のさびはどうして黒いのですか?」<http://www.kiriya-chem.co.jp/q&a/q75.html>

「化学【5分でわかる】電子配置の書き方と一覧（周期表）」<https://brain.vicolla.jp/2018/09/06/electron-configuration/>

「電子配置・電子殻・軌道を徹底解説!【化学選択者向け】」<http://www.jukenmemo.com/chemistry/theory/electron-configuration/>

「原子の電子配置表」<https://japanknowledge.com/contents/common/electronconfig.html>

「誤解してない? 電子の軌道は“軌道”ではない」<https://www.chem-station.com/blog/2020/08/orbital.html>

『フインマン物理学 I力学』フインマン、レイトシ、サンズ著 坪井忠二 訳（岩波書店 1967）