

# 「脳」で変身 ぱちんこ店 「みんなの健康広場」に

諏訪東京理科大学教授  
日遊協理事

篠原菊紀

第12回

図1 朝日新聞記事 損を避けたがる傾向とノルアドレナリン再取り込み口

## 「ギャンブル脳」特徴発見

ギャンブルにはまりやすい人の脳の特徴を、京都大の高橋英彦准教授（精神医学）らが見つけた。ストレスを受けたときに出て、ドキドキさせる脳内の情報伝達物質を回収してしまう「取り込み口」が多かった。ギャンブル依存症の予防などに役立つと期待される。米神経科学誌で21日発表した。

高橋准教授らは、確率が五分五分のコイントスで、勝った場合の利益額と負けた場合の損失額を変えて、どの額なら参加するかを問う実験を男性19人で試した。その結果、利益額が損失額の8倍でないに参加しない慎重な人から、同額に近くても参加する人まで差が出た。

## 京大准教授ら ドキドキ物質 短い効果



次に、脳内の神経のつなぎ目（シナプス）から分泌された情報伝達物質「ノルアドレナリン」を回収する取り込み口の密度を、脳の画像診断装置で調べたところ、慎重でない人は高く、「同額ほどで

も参加する人」は、「8倍でない」と参加しない人」の約2倍だった。

ノルアドレナリンはストレスを受けたときなどに出て、心拍数や血圧を上げて覚醒や集中を促す。ところが、その取り込み口が多いと分泌されてもすぐに減り、その効果が続かないと考えられるという。

普通の人にはギャンブルをする場合、損することにハッとしたり、ドキドキしたりして慎重になるが、取り込み口が多い人ではそうならないようだ。高橋准教授は「ギャンブル依存症になりやすいかの評価や治療薬開発に使えるのではないか」としている。

（鍛冶信太郎）

# 「はまりやすさ」と関わる 数種の脳内物質と遺伝と

今年の2月22日、「ギャンブル脳」の特徴発見（図1）といった記事が新聞各紙に掲載されました。京都大学高橋准教授を中心に、カ

リフォルニア工科大学、日本医科大学、慶應義塾大学、早稲田大学が放射線医学総合研究所の脳内物質の受容体密度を調べるPETス

キャン技術を使って調べた研究です。この記事について日遊協はじめ各所から内容を簡単に説明してほ

人は損を避けたがる傾向を持つ。たとえばコイントスのような五分五分のギャンブルなら、典型的には獲得額が損失額の3-4倍に達しないとギャンブルに参加したと見なされる。しかし、中には獲得額と損失額が同額でもギャンブルに参加する人がおり、その人たちは脳の視床という情報の中継点でノルアドレナリンを再取り込みする口の数が多いたことが分かった。ノルアドレナリンはストレスやドキドキ感、慎重さにかかわるので、その物質が即座に再取り込みされるとその効果が持続せず、勝負に慎重でなくなるのではないかと考えられた。



しい、見解を聞かせてほしいといった問い合わせがありました。朝日新聞の記事は研究結果を非常に単純化して説明しており、この記事以上の簡単な説明は不可能と言ってもいいのですが、これまでこの連載で触れてきたカーネマンの価値曲線、確率加重関数などにも触れながら、プレーヤーがパチンコやスロットを好きになっっていくプロセスや、やみつきになるプロセス、依存にいたってしまうプロセスについて、これまでの連載も含めまとめてみたいと思います。

## 同率のカケなのに 損をより意識する

さて朝日の記事ですが、みなさんは、たとえば硬貨の表裏で勝負を決めるコイントスの勝負の場合、「表が出たら1万円もらえ、裏が出たら1万円とられる」という条件ならばこの勝負に参加するでしょうか？

高橋准教授らは健康な男性19名を対象に、どういう条件なら50%—50%勝負のコイントスに参加するかを調べました。表が勝ち、裏が負けで、表が出た時にもらえる金額(利得額)と、裏が出た時にとら

れる金額(損失額)をさまざまに変えて、その条件で勝負に参加するかどうかを聞くのです。たとえば「表が出たら5千円もらえ、裏が出たら2千円失う」「表が出たら3万円もらえ、裏が出たら2万円失う」「表が出たら千円もらえ、裏が出たら2千円失う」などと利得額と損失額のさまざまな組合せを示し、その勝負に参加するかしんかを被験者に決めてもらうのです。

実はこのタイプの調査は高橋らの研究が初めてというわけではなく、カーネマン、トヴェルスキーを始めこれまでも行動経済学や神経経済学の分野で盛んに研究されており、一般に人は損に重きを置く傾向があることが知られています<sup>(2)</sup>。勝ちでももらえる金額より負けで失う金額の方が多ければ勝負に参加しようとは思われないのは当然にして

も、たとえば「表が出たら1万円もらえ、裏が出たら2万円とられる」のように利得と損失が同額の条件でも、一般には勝負に参加しない人が大多数になるのです。計算上の期待値は±0であるので従来の経済学の考え方なら半分の人が勝負を選択してもおかしくはないはずですが、人は損の方が気になっ

## 得3損1の比率で やっと勝負に参加

て勝負を避けるのです。もちろん、「表が出たら2万円もらえ、裏が出たら1万円とられる」といった損より利得の方が多い条件になってくれば、勝負しよ

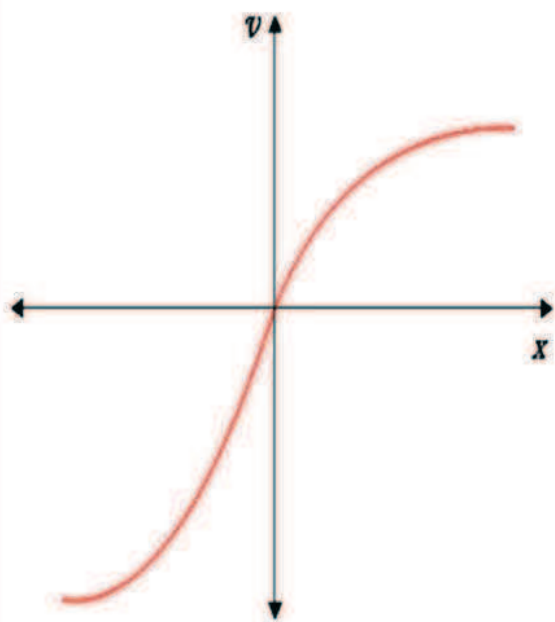
うと思う人が増えていきます。その判断のありようを示したのが図2で、この連載では以前にも紹介したカーネマン(2002年ノーベル経済学賞受賞)の価値曲線です。

高橋らの実験でもやはり同額の利得と損失の可能性がある場合には、損失に比重を高く置いて勝負に参加しないひとが多く、平均的にはある損失金額に対して少なくともその約3〜4倍の利得が見込まれないと勝負に参加しようと思わないことが示されました。「表で3万もらえ、裏で1万とられる」といった条件でようやく半分の人が勝負に参加しようと判断したわけ

## 個人差が大きい 損失忌避の傾向

このように利得より損失に重きを置く傾向を「損失忌避性」と呼びます。実際、fMRIでやる気や意欲にかかわる脳の線条体と前頭前野腹内側部の活動を調べた研究では、同じ利得額と損失額では、利得での脳活動の上昇幅より損失での脳活動の低下幅の方が大きいことが示されています。つまり損

図2 カーネマンらの価値曲線



Xは利益または損失、Vは主観的な価値  
正の領域に比べて、負の方がダメージを大きく評価される



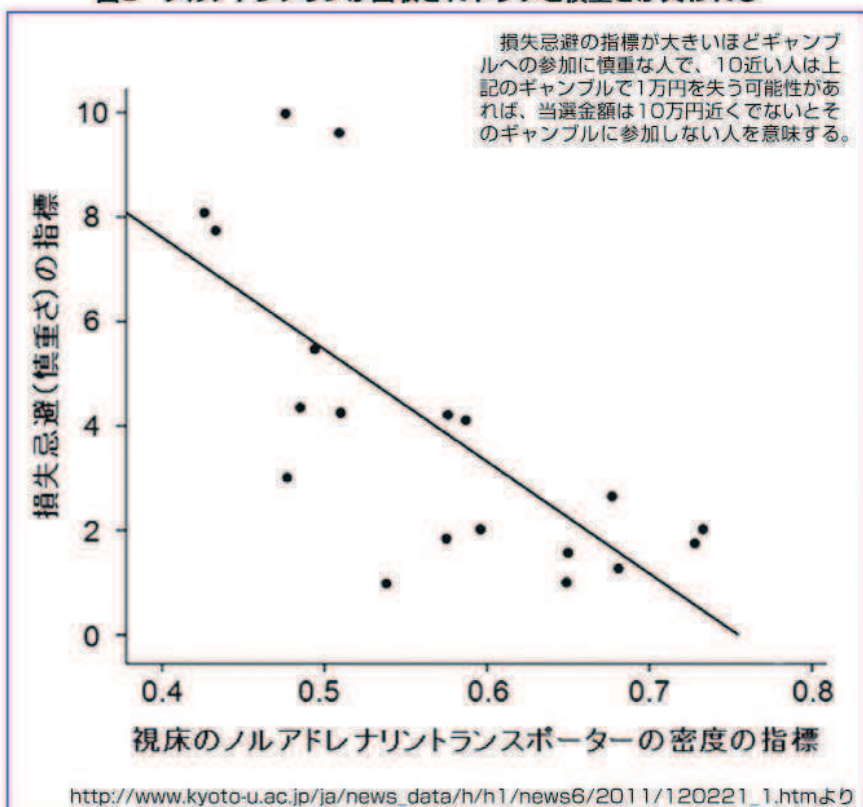
失忌避性はやる気や意欲にかかわる脳の線条体などの活動として現れるのです<sup>(3)</sup>。

ならば、平均的な期待値がゼロにすらならずマイナスになる公営ギャンブルやぱちんこなどは避けられて（忌避されて）当然ですが、この損失忌避性が低かったり、後に述べるように実際は低確率の勝負でも勝てる気がしてワクワクできたりするのも一般的なので、人は公営ギャンブルやぱちんこをするのです。また、ぱちんこの様々な演出によって線条体などの活動が高まるので、損失忌避性を越えて勝負を楽しめるのです。

ところで、みなさんの中には、「3〜4倍の利益が見込まれないと勝負に出ない」という平均的な結果が信じられないという人もいます。 「俺は損と得が五分五分なら勝負する」「五分五分はいやだが勝ちで2万、負けで1万五千ならGOだ」と思う方もいます。

実際、京都大の研究でも利得金額が損失金額の何倍以上なら勝負に参加するのには大きな個人差がありました。図2のグラフの形

図3 ノルアドレナリンが回収されやすいと慎重さが失われる



[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news\\_data/h/h1/news6/2011/120221\\_1.htm](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news6/2011/120221_1.htm)より

## 勝負態度に影響 ノルアドレナリン

さて、この研究のキモはここか

は人それぞれで、「同額なら勝負」という勝負好きもいれば、「8倍でない」と勝負しない」という慎重派もいたわけです。損のダメージ（図2では負のダメージ）が大きい人もいれば、さして堪えないダメージの小さい人もいます。

らです。この研究では被験者にPETスキャンを受けてもらっています。このPET検査は脳内のノルアドレナリン・トランスポーターの密度を調べることが出来る（S、S）、「18F」FME NE R-D2という薬剤を用いたものです。

その結果、脳の視床という部位のノルアドレナリン・トランスポーターの密度が低い人ほど損失をいやがる傾向（損失忌避性）が高く、ノルアドレナリン・トランスポーターの密度が高い人ほど損失忌避性が小さくなって

いきました。つまり勝負に大胆になっていました（図3）。

## 勝負に走る人への 治療薬になり得る

視床は五感の情報がいったんここに集まり大脳新皮質などに向かっていく場所、情報の中継点です。またノルアドレナリンはストレスやドキドキ感、慎重さにかかわります。トランスポーターというのは再取り込め。一度放出されたノルアドレナリンを回収する口で、この再取り込めが少なければノルアドレナリンはなかなか回収されずその効果が持続して、ストレスが高まりやすく慎重になりやすいわけです。なかなか勝負に出ない一方での再取り込めが多ければノルアドレナリンは速やかに回収されてしまいその効果が持続せず大胆、勝負好きになりやすいというわけです。朝日新聞ではこれを「ギャンブル脳」の特徴のひとつだとしているわけです。

ならば勝負好きの人のノルアドレナリン・トランスポーターをふさいでしまえば、勝負に慎重になるのではないか。ギャンブル好きを抑えられるのではないかと考えられるわけです。

実際、うつ病の薬は同じような



発想で作られています。うつ病の治療薬として用いられているフルボキサミン(デプロメール、ルボックス)、パロキセチン(パキシル)などの抗うつ剤は選択的セロトニン再取り込阻害剤(SSRI)と呼ばれ、セロトニン・トランスポーター(セロトニン再取り込口)をふさぎシナプス(ニューロンとニューロンの隙間)ここで電気信号が

化学物質に置き換えられ情報が伝達される)のセロトニン濃度を高めます。こころの安定や癒し感にかかわるセロトニンの不足がうつ病とかかわるので、セロトニンの



しのはら ● きくのり

1960年生まれ。長野県茅野市出身。

東京大学教育学部卒業、同大学院教育学研究科修了。現在は、諏訪東京理科大学共通教育センター教授、学生相談室長、東京理科大学総合機構併任教授。専門は脳神経科学、応用健康科学で、アミューズメント、教育、電子技術産業など多数の共同研究を手がけている。1月から日遊協理事。マスコミへの登場も多く、著書も多数。

トランスポーター(再取り込口)にはまり込みセロトニンの再吸収を抑えればいいのではないかという発想でSSRIは生み出され、実際効果があろううつ病の第一選択薬になっていきます。

同じくうつ病の第四世代治療薬(SSRIは第三世代治療薬と呼ばれます)として用いられるミルナシプラン(トレドミン)、ヴェンラファキシン(エフェクサー)、デユロキセチン(サインバルタ)、ネファゾドン(サーゾン)などはセロトニンのみならずノルアドレナリンの再取り込みを阻害する薬(SNRI)で、ノルアドレナリンのトランスポーターをふさいでノルアドレナリンの効果を持続させてくれます。ですから、この京都大学の研究はやたらに勝負に走りたがる人の治療薬としてSNRIが有効である可能性も示唆するわけです。

## お客様の信頼感が病的賭博の予防に

もともとSSRIやSNRIは「うつ」(うつも病的賭博の一要因です)の他、強迫的に行動を繰り返すのを抑える効果があり、強迫

的にギャンブルに走る病的賭博の治療に用いられるケースがありますが、この研究は、その作用機序を別な(別でないかもしれませんが)ルートで示しているわけです。また、このPETスキャン技術によって病的賭博に陥りやすいプレイヤーをあらかじめチェックするスクリーニングが可能になるかもしれないわけです。

余談ですが、セロトニンの働きを強めることによる病的賭博の予防は重要です。わかりやすい言い方をすれば、こころが安定し癒されていれば破綻に突っ走るリスクは下がるわけです。実は、お店とプレイヤーの信頼感が高まると、プレイヤーの安心感、癒され感が高まり、セロトニン分泌などが増しますから、お店のホスピタリティを高めることがプレイヤーの強迫的な行動を抑え、病的賭博の予防になる可能性もあるわけです。

## 快感や意欲に直結ドーパミンの多少

ところで、この研究チームは「ギャンブル脳」にかかわるもうひとつの重要な研究を2010年に報告しています<sup>(4)</sup>。

先ほど少し触れましたが、わたしたちはたとえば宝くじのように当たりそうもない低い確率を高く見積もってワクワクでき、ほぼ当たり確実な高い確率でも不安になってハラハラする傾向があります。この傾向と線条体のドーパミンD1受容体の密度が関係する、密度が低いほどこの傾向が強くなるというのがこの研究チームの報告です。

ドーパミンは中枢神経系に存在する神経伝達物質で、運動調節・認知機能・ホルモン調節・感情・意欲・学習などに関与します。特に快感や意欲にかかわります。受容体というのはこのドーパミンがシナプスで放出されたものを後ろのニューロンが受け取る口です。ドーパミンの受容体にはD1、D2、D3、D4、D5の5種類があり、特にD1受容体は先を見越した知的客観的判断にかかわると考えられています<sup>(5)</sup>。

またドーパミンは脳内の線条体と呼ばれる部位において多く認められます。線条体は脳の奥、大脳基底核の主要な構成要素のひとつで、ドーパミンが豊富な部位です。運動機能への関与が最もよく知られていますが、報酬系の一部で心



地よい感情や意志決定など情動や認知過程にも関わりと考えられています。

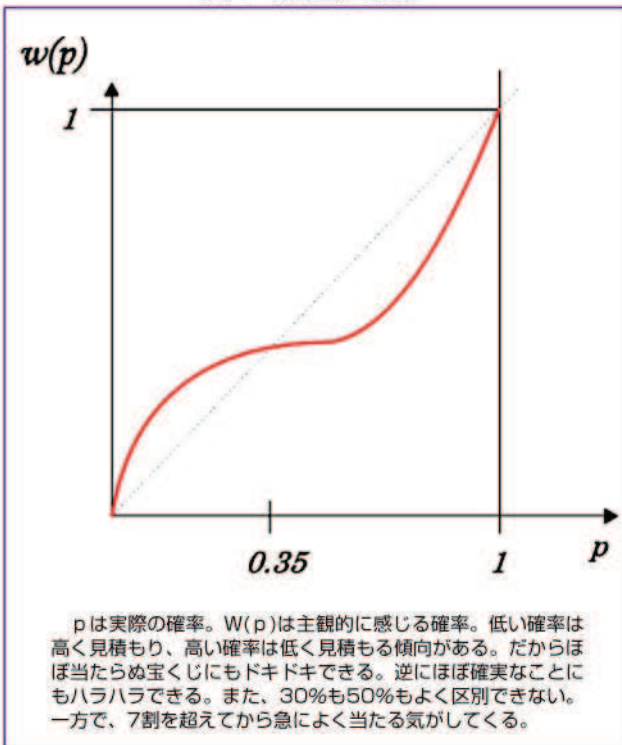
## D1受容体の密度で 予防・治療の役割

さて、高橋准教授らは健常男性を18名ずつの2つのグループに分け、それぞれに同じ意思決定課題に参加してもらいました。いろいろな当選確率と当選金額をさまざまに組み合わせた複数の宝くじを、それぞれいくらなら買ってよいか答えてもらう課題です。

この課題もカーネマンらによって盛んにおこなわれてきた課題で、横軸を実際の確率、縦軸を「いくらなら買ってよいか」から計算した主観的な確率とすると、このグラフは直線にならず図4のように、下で上に凸、上で下に凸のグラフになることが知られています(2)。つまり私たちは低い確率でワクワクする傾向があり、相当に高い確率でもハラハラすることが出来るわけです。高橋らの研究でも2つのグループとも同様の結果でした。

次に両グループにPETスキャ

図4 確率加重関数



ンを受けてもらい、一方のグループはドーパミンD1受容体の密度を調べられる薬剤(「11C」SCH 23390)を用い、もう一方のグループはドーパミンD2受容体の密度を調べられる薬剤(「11C」raclopride)を使ってPETスキャンを行っています。その結果、線条体のD1受容体の密度が低い人ほど、当たりそうもない低い確率を高く見積もってワクワクでき、ほぼ確実な高い確率でも不安になってハラハラする傾向が強くなっていました。

D1受容体の密度が低ければD1受容体を介した情報伝達が行いにくくなり、D1受容体は長期的な快感予測や知的な判断にかかわりますから、D1受容体の密度が高い人は、客観的な確率情報に基づいて冷静な意思決定をしやすと考えられるわけです。その一方で、線条体のD1受容体の密度が低い人は、先を見越した意思決定をしにくくより感情に影響されやすく、低確率を高めに見積もってワクワクしたり、また高確率を低く見積もってハラハラしたりする傾向がある。だからギャンブルにハマりやすいというわけです。

この結果から、ノルアドレナリン・トランスポーターと同じようにドーパミンD1受容体の線条体での密度を調べれば、病的賭博のスクリーニングが出来る可能性もあるわけです。また、D1受容体の働きを促進する薬(アゴニスト)によって、D1受容体の働

## 病的賭博の遺伝率 50%程度に及ぶ

きが高まれば、その密度が低くとも予防的・治療的な役割を果たす可能性もあるわけです。さらに、ワーキングメモリーレーニング(いわゆる脳トレ)でD1受容体の密度増が起ることも指摘されています(5)、プロバグループの行っている「遊びで元気になるうキャンペン」(6)やマルハン千葉北店での健康ぱちんこの試みが病的賭博の予防的な試みにもなりうるわけです。

さてここまでストレスやドキドキ感、慎重さにかかわるノルアドレナリン、快感や意欲にかかわるドーパミン、こころの安定や癒し感にかかわるセロトニンという神経伝達物質が出てきました。そしてこれらが「ギャンブル脳」にかかわると。確かに勝負事への慎重さが小さく、低確率を高く見積もり、こころが不安定で強迫的になりやすければ病的賭博のリスクは高まるでしょう。そうなりやすい脳をギャンブル脳と言えなくもないでしょうし、前々回紹介したように病的賭博の遺伝率は50%程



度ありますから<sup>(7)</sup>、こういう研究が積み重なっていけばいずれ病的賭博の遺伝的リスクの本体が明らかになっていくでしょう。

そればかりではありません。これらの研究が明らかにしているのは、人はいかにしてその行動を好きになり、その行動をよくするようになるのか、趣味にしていくなのか、やみつきになっていくのかのメカニズムです。ある行動をよくするようになっていく学習を正の強化学習と呼びますが、正の強化学習にはここまで取り上げてきたドーパミン、セロトニン、ノルアドレナリン、それから認知症の治療薬にも用いられ学習にかかわるアセチルコリンが強くかかわると考えられています<sup>(8)</sup>。

その中核がやる気や意欲にかかわる線条体で、ここが行動と快感を結び付けてその行動の頻度を高めます。そしてここでよく働くドーパミンが報酬の予測にかかわり、ワクワク感を高めます（リーチ、予告、ステップアップ、疑似連などはこの予測による快の増幅の仕掛けです）。あるいは直当たりのように予測を超えた快感に打ち震えたりするのもドーパミンの働き

ですし、バトルモードでピンチで立ち上がったりの危機を回避できた快感にもドーパミンがかかわります。あらゆるばちんこ演出はこれら予測の快などを生み出していくための演出とも言えます。

## セロトニンの分泌が「待てる」気持ち生む

しかしこの快感を追い求めるだけでは、人はその行動を安定的に繰り返すようにはなりません。次の報酬がなかなか来なければ行動を強化することなく、その行動をやめてしまいますし、快感のインフレーションは次々に報酬が与えられないとがまんできない渴望感を生み、強迫的なめりこみを引き起こしてしまいます。

それを防ぐのがセロトニンです。セロトニン神経はギャングブル的な条件で縫線核での発火を高め、次の報酬がくるまで安定して待てることを生み出します<sup>(9)</sup>。別な言い方をすれば、ホッとする、落ち着く、癒される快が、待てることを生み、強迫性を抑えてくれるのです（だからセロトニン分泌を高めるような店のホスピタリティ強化が強迫的なめりこみを抑える

可能性があるわけです）。

一方、ノルアドレナリンはストレスやドキドキ感、慎重さにかかわります。脳を覚醒させシャキッとさせるのです。突然現れる演出、直当たりなどはドーパミンとあいまって快感を増幅します。また危機回避の快にもノルアドレナリンがかかわるわけです。

もうひとつ学習の快感が重要です。予告の組み合わせで信頼度を覚えたり、目押しを習得したり、私たちに何を知った快感、学んだ快感は大きなものです。またそれを教える快感、さらにスキルアップしていく快感は人ならではの快感で、これにかかわるのがアセチルコリンです。D1受容体も学習の快にかかわってきます。

## 「四つの快感」が「バランスを崩すと

まとめて言えば、わたしたちは「ワクワクする快感」「ホッとする快感」「シャキッとする快感」「学習の快感」によってある行動を繰り返すようになり、やみつきになっていく。病的賭博はこの強化学習の極端化した状態、バランスを崩した破綻状態だと考えられ

るわけで、ここに遺伝の影響が5割程度あるわけです。

そして病的賭博に遺伝的な影響が半分程度あること、さらに今回紹介した研究のようにノルアドレナリン・トランスポーターやドーパミンD1受容体の密度など生物学的な要素（これも遺伝的かもしれませんが）があることは、遺伝的生物学的で比較的变化が少ないとされる「気質」とこの四つの快感がかかわることを示唆します。

というわけで、次回はアンケートで調べられるような気質と四つの快感の関係についてお話します。

### 参考文献

- (1) H Takahashi, S Fujie, C Camerer, R Arakawa, H Takano, F Kodaka, H Matsui, T Ideno, S Okubo, K Takemura, M Yamada, Y Eguchi, T Murai, Y Okubo, M Kato, H Ito and T Suhara. Norepinephrine in the brain is associated with aversion to financial loss. *Mol Psychiatry advance online publication*, February 21, 2012; doi:10.1038/mp.2012.7
- (2) Kahneman, D. and Tversky, A. Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica* 47, 263-291 (1979)
- (3) Tom, S.M., et al., The neural basis of loss aversion in decision-making under risk. *Science* 315, 515-518 (2007)
- (4) Takahashi, H., et al. Dopamine D1 receptors and nonlinear probability weighting in risky choice. *J Neurosci*. 2010 Dec 8;30(49):16567-72.
- (5) MacNab, F. et al. Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science* 323, 800-802.(2009).
- (6) 磯原菊紀、認知機能を落とさない その予防効果に自信を、脳で変身ばちんこ店 みんなの健康広場に 第8回、日遊協11-12月号、40-45、2011
- (7) Slutske WS, Zhu G, Meier MH, Martin NG. Genetic and Environmental Influences on Disordered Gambling in Men and Women. *Arch Gen Psychiatry*. 2010;67(6):624-630
- (8) Doya, K. : Metalearning and Neuromodulation. *Neural Networks*, 15(4). (2002)
- (9) Miyazaki K, Miyazaki KW, Doya K. Activation of dorsal raphe serotonin neurons underlies waiting for delayed rewards. *J Neurosci*. 2011 Jan 12;31(2):469-79.