

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19370028

研究課題名（和文）受精時における精子運動能・受精能の調節機構の解明

研究課題名（英文）Study on sperm motility and fertility

研究代表者

吉田 学（YOSHIDA, Manabu）

東京大学・大学院理学系研究科附属臨海実験所・講師

研究者番号 60301785

研究成果の概要：

受精の過程において精子の運動能・受精能が調節されるメカニズムについて解明することを目的とし、本課題においては、主に精子走化性運動調節機構、及び精漿による精子の受精能調節機構の2点に研究内容を絞って研究を推進した。そして、精子走化性においては精子誘引物質による精子鞭毛内 Ca^{2+} 濃度上昇が鞭毛運動の変化となり、走化性運動に顕著な方向転換となっていること、マウス精子の受精能獲得は精漿タンパク質 SVS2 が精子表面のガングリオシド GM1 と結合することで抑制されること、ヒト精子の受精能抑制は精漿タンパク質 Sg と Zn^{2+} により制御されていることなどが明らかとなった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,000,000円	2,400,000円	10,400,000円
2008年度	5,900,000円	1,770,000円	7,670,000円
年度			
年度			
年度			
総計	13,900,000円	4,170,000円	18,070,000円

研究分野：生殖生物学、動物生理化学

科研費の分科・細目：生物系／生物学／基礎生物学／動物生理・行動

キーワード：受精、精子活性化・誘引物質、精子受精能阻害物質、精子走化性、受精能獲得、カタユレイボヤ、マウス

1. 研究開始当初の背景

精巣内で形成された精子は、運動能・受精能を持たず、機能的には未熟である。この未熟な精子は精巣上体で運動能を獲得し、放精の際に運動を開始する（精子運動開始）。さらに多くの動物では、卵由来の物質によって活性化され（精子運動活性化）、卵へ走化性運動（精子走化性）を行う。この過程において、卵や雌性生殖器分泌因子により精子の最

終成熟が起こり、受精能を得る（受精能獲得）。そして卵周辺部において先体胞の開口分泌が起き（先体反応）、受精に至る。また哺乳類をはじめとした一部の動物では、この受精過程において精漿に含まれる因子が精子の運動能や受精能に対して抑制的に働くことが判っている。この卵由来物質や精漿といった、精子の外部環境因子による精子機能の制御は、受精において必要不可欠な現象であり、注目されている研究分野である。

卵由来物質による精子活性化は古くより数多くの報告があり、精子活性化物質もいくつかの種でとられている。一方、卵への精子走化性は現象としては多くの動物で知られているが、そのメカニズムは今もってほとんど何もわかっていないというのが現状であった。一方、精子鞭毛運動は細胞内 Ca^{2+} 濃度によって制御されることが古くから知られており、精子活性化や走化性の際に精子内 Ca^{2+} の変動があると考えられていた。しかし精子は運動速度が速いために蛍光測定が困難であり、実際の精子細胞内の Ca^{2+} 動態の解明が待ちこがれていた。

一方、受精能獲得は主に哺乳類精子において見られ、さらに精漿には精子の受精能獲得を抑制する因子（受精能抑制因子）が存在することが知られている。そして、前立腺や精巣上体から、受精能抑制因子の受精能抑制因子の幾つかの候補が示されている。一方、副生殖腺の一つである精囊中からも精子運動抑制因子が同定されている。しかし、未だに受精能獲得とは何か、受精能抑制因子の生理的作用が何かはわかっていなかった。

我々の研究グループはこの受精時における精子機能調節の研究にあたり、特に精子運動調節機構の分野で数多くの成果を挙げた。しかし、哺乳類精子は受精能獲得により精子の運動様式が大幅に変化するため、受精能獲得機構の理解なしには走化性等の運動調節機構の研究もあり得ないと感じるに至った。そこで、これまでの研究成果を土台として受精能獲得機構と精子運動調節機構の研究を有機的に結びつけ、精子の機能調節を統合的にとらえた研究を推し進める必要があると考え、本研究課題を開始した。

2. 研究の目的

受精の過程において精子機能が外来因子によって調節されるメカニズムを統合的に理解することを最終目標とした。具体的には、受精能獲得機構と精子運動調節機構の研究を個々に進めつつ、両者を有機的に結びつけながら解析することを目指した。

3. 研究の方法

受精の過程において精子機能が外来因子によって調節されるメカニズムを統合的に理解することを目指し、本課題の実施期間においては精子走化性と受精能抑制機構に研究内容を絞り、精子活性化・誘引物質 SAAF によるカタユウレイボヤ精子運動調節機構、及び精囊由来の精漿成分 SVS2 によるマウス精子の受精能調節機構の 2 点に研究内容を絞

り、研究をすすめることとした。具体的には以下の通りである。

(1) 卵由来物質 SAAF によるカタユウレイボヤ精子運動調節機構の解明

我々は尾索動物カタユウレイボヤの精子誘引物質 SAAF を同定し、ある程度の精子活性化・走化性におけるシグナル伝達機構の解析を進めている。そこでこのカタユウレイボヤを主に用い、これまでの成果を基に精子活性化・走化性のシグナル伝達機構の解明を分子生物学的・生理学的手法を用いて行った。

特に、精子の鞭毛運動調節に必須であると考えられている Ca^{2+} が、実際に精子内で変動しているか、それがどのように精子運動を調節しているかと言う点に着目し、精子内 Ca^{2+} イメージング法の確立を目指した。

また、ホヤの他種及びマウス等を用いて同様に解析し、精子活性化・走化性機構の種特異性と共通性を探り、受精成立の効率化について検討を行った。

(2) 精漿由来物質による哺乳類精子の受精能調節機構の解明

我々の研究により、マウスにおいては精囊由来成分が精子の受精能獲得を抑制することが示され、その受精能抑制因子として、腔栓形成タンパク質 SVS2 が働く可能性を見いだしていた。そこで、まず実際に精囊分泌タンパク質 SVS2 が受精能抑制因子として働きうるか、分子細胞生物学的手法により検討した。さらに精子上に存在すると考えられる SVS2 受容体を探索し、それを足がかりに分子機構の解明を試みた。

また、研究分担者である吉田薫を中心に、ヒト精囊由来精漿タンパク質 semenogelin (Sg) が精子受精能抑制因子として働きうるか、分子生物学的・生理学的に検討を行った。

4. 研究成果

(1) 卵由来物質 SAAF によるカタユウレイボヤ精子運動調節機構の解明

カタユウレイボヤ精子走化性運動時のカルシウム動態

我々は高速運動している精子の鞭毛波形とその中の Ca^{2+} 動態を正確に捉えるため、発光ダイオード (LED) を用いたストロボ照明装置を蛍光顕微鏡に組み込んだ高速度イメージングシステムを構築し、露光時間 500 μsec という微小時間での蛍光測定を行うことが可能とした。その結果、走化性運動時の鞭毛運動と精子鞭毛内 Ca^{2+} 変化を同時に捉えることに世界で初めて成功し、走化性運動

時には鞭毛波形の変化が見られる直前に精子鞭毛内 Ca^{2+} が一過的に上昇する (Ca^{2+} バースト) ことが明らかとなった。これまでは、除膜モデルを用いた実験より、精子鞭毛打の対称性は細胞内 Ca^{2+} 濃度と相関すると考えられてきた。しかし、走化性運動時に見られる一過的な鞭毛波形変化においては、その波形変化に沿った鞭毛内 Ca^{2+} の変化は観察されず、 Ca^{2+} バーストによって鞭毛波形が非対称型 ~ 対称型と連続的にモーダルシフトすることでおこることが示唆された。

さらに、精子がどのように誘引物質を感知しているのかを明らかにするため、誘引物質濃度勾配中において Ca^{2+} バーストがどこで起こるかを調べた。すると、精子は常に誘引源から最も離れたときに反応していることが明らかとなった。以上のことから、精子は SAAF の濃度変化を常にセンサーし、誘引物質濃度が減少から上昇に変わる点 (濃度変化の極小値) を検出し、 Ca^{2+} バーストが生じることで鞭毛波形を瞬時に変化させ、遊泳方向の転換を行っていると思われる。

卵における SAAF の分泌調節機構

精子走化性機構の研究において、卵側からの精子誘引物質放出機構に関する研究は皆無である。そこで、SAAF の輸送に関わる卵内の分子の解析を行い、SAAF の放出メカニズムの検討を行った。まず、カタコウレイボヤの卵成熟過程から受精後までの一連の SAAF の放出パターンを明らかにするため、未成熟な卵母細胞から、成熟後、放卵後、受精後までの精子誘引活性の測定を行ったところ、SAAF は卵成熟による卵核胞崩壊後に合成もしくは活性化され、さらに放出が開始すること、受精後には SAAF 放出が停止することが明らかとなった。

次に、SAAF の卵内輸送や卵外へ放出に関わる候補分子の探索を、プロテオミクスの手法を用いて行った。卵細胞膜タンパク質画分に対してビオチン及び光親和性プローブで標識した SAAF を UV によって架橋し、二次元電気泳動法で分離した後に標識タンパク質をアビジン-HRP で検出することにより、SAAF と相互作用する候補タンパク質を検出し、これを MALDI-TOF/MS によるペプチドマスフィンガープリント法によって同定した。その結果、SAAF と特異的に結合するいくつかのタンパク質が同定され、そのうち分子シャペロンである VCP/p97 が最も顕著なタンパク質として検出された。さらに VCP/p97 の卵内での局在を解析したところ、VCP/p97 は未成熟な卵では卵核胞および細胞質中にほぼ均一に VCP/p97 存在するが、卵核胞崩壊後には細胞質中の小胞体周辺および卵膜直下に局在が変化することが明らかと

なった。

(2) 精漿由来物質による哺乳類精子の受精能調節機構の解明

マウス精漿由来物質 SVS2 の精子に対する作用

一般的に哺乳類精子は射精された直後は卵子へ侵入することができない。しかし雌の生殖道内を通過することによって精子は先体反応を誘起し卵子へと侵入可能となる。この現象は精子の受精能獲得と呼ばれており、さらに精漿には精子の受精能獲得を抑制する作用があるが存在することが知られていた。そこで我々は、マウスを用いて精漿中に存在する受精能獲得抑制因子の探索を行ったところ、マウス精漿由来の腔栓形成タンパク質 SVS2 が *in vivo* において受精能抑制因子として働くことが明らかとなった。さらに SVS2 の精子上の受容体の探索を行ったところ SVS2 は精子膜上のガングリオシド GM1 と選択的に結合することが明らかとなった。SVS2 の受精能獲得抑制作用は GM1 と特異的に結合する物質であるコレラ毒素 B サブユニットによっても mimic 出来るため、GM1 が SVS2 受容体として働いている可能性が高いと思われる。

ヒト精漿由来物質 semenogelin (Sg) の精子に対する作用

哺乳類精子が受精に至るには受精能獲得が必須である。受精能獲得した精子では細胞膜の過分極による細胞内 Ca^{2+} の上昇により先体反応が可能になると考えられている。実際にヒト精子においても、Sg は添加後 1 分で膜電位を過分極させ、この作用は濃度依存적であった。また、Sg 処理後に Sg を洗浄除去すると膜電位は元に戻り、その作用が可逆的であることが示された。

ところで、Sg は高濃度で精子運動を完全に抑制するが、低濃度では超活性化状態に至る経路をより強く抑制するため、受精能獲得の抑制因子と考えられる。そこで Sg の精子に対する作用機構を調べたところ、 Zn^{2+} がその作用に重要な役割を果たしていることが判った。高濃度 Sg (2.5-10 mg/ml) において Zn^{2+} の添加は Sg を凝集させ、精子運動を抑制する。また低濃度 Sg (0-1 mg/ml) では Zn^{2+} の添加が Sg 凝集なしに精子運動を促進する。QCM による分子間相互作用測定で、精子膜抽出物存在下で Sg に対する Sg の結合が Zn^{2+} 添加により促進されることが示された。低濃度の Sg 存在下での Zn^{2+} による運動促進は Sg による特異的な作用ではなくタンパク質成分の精子への非特異的な作用が精子運動に

影響を与えていること、また、高濃度の Sg 存在下での Zn^{2+} の添加は Sg の凝集を引き起こすが、これには精子膜成分が重要な役割を担っていることが示された。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 13 件)

- (1) Kawano, N. & Yoshida, M. Seminal vesicle protein, secretion 2 (SVS2) controls mouse sperm fertility. *Biol. Reprod.* 76, 353-361 (2007) 査読有
- (2) Matsuno, H., Yoshida, K., Ochiai, A., & Okamoto, M. Requirement of methotrexate in combination with anti-tumor necrosis factor-alpha therapy for adequate suppression of osteoclastogenesis in rheumatoid arthritis. *J. Rheumatol.* 34, 2326-2333 (2007) 査読有
- (3) Yamakawa, K., Yoshida, K., Nishikawa, H., Kato, T., & Iwamoto, T. Comparative analysis of interindividual variations in the seminal plasma proteome of fertile men with identification of potential markers for azoospermia in infertile patients. *J. Androl.* 28, 858-865 (2007) 査読有
- (4) Yoshida, K., Kawano, N., Yoshiike, M., Yoshida, M., Iwamoto, T., & Morisawa, M. Physiological roles of semenogelin and zinc in sperm motility and semen coagulation at ejaculation in human. *Mol. Hum. Reprod.* 14, 151-156 (2008) 査読有
- (5) Kowalski, R.K., Shiba, K., Yoshida, M. & Glogowski, J. Prostaglandins in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* WALBAUM, 1792) sperm biology – searching for answers. *J. Appl. Ichthyol.* 24, 487-491 (2008) 査読有
- (6) Yoshida, M., Kawano, N., & Yoshida, K. Control of Sperm Motility and Fertility: Diverse factors and common mechanisms. *Cell. Mol. Life Sci.* 65, 3446-3457, (2008) 査読有
- (7) Kondoh, E., Konno, A., Inaba, K., Oishi, T., Murata, M., & Yoshida, M. Valosin-containing protein/p97 interacts with sperm-activating and sperm-attracting factor (SAAF) in the ascidian egg and modulates sperm-attracting activity. *Dev. Growth Differ.* 50, 665-673 (2008) 査読有
- (8) Yoshida, M., Yoshida, K., Shiba, K., Tsuchikawa, H., Ootou, O., Oishi, T. & Murata, M. Ascidian sperm activating and attracting factor: Importance of sulfate groups for the activities and implication of its putative receptor. *FEBS Lett.*, 582, 3429-3433 (2008) 査読有
- (9) Kawano, N., Yoshida, K., Iwamoto, T. & Yoshida, M. Ganglioside GM1 mediates decapacitation effects of SVS2 on murine spermatozoa. *Biol. Reprod.* 79, 1153-1159 (2008) 査読有
- (10) Shiba, K., Baba, S., Inoue, T., & Yoshida, M. Ca^{2+} bursts occur around a local minimal concentration of attractant and trigger sperm chemotactic response. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 19311-19316 (2008) 査読有
- (11) Cherr, G.N., Morisawa, M., Vines, C.A., Yoshida, K., Smith, E.H., Matsubara, T., Pillai, M.C., Griffin, F.J., & Yanagimachi, R. Two egg-derived molecules in sperm motility initiation and fertilization in the Pacific herring (*Clupea pallasii*). *Int. J. Dev. Biol.* 52, 743-752 (2008). 査読有
- (12) Yoshida, K., Krasznai, Z.T., Krasznai, Z., Yoshiike, M., Kawano, N., Yoshida, M., Morisawa, M., Tóth, Z., Bazsáné, Z.K., Marian, T., & Iwamoto, T. Functional implications of membrane modification with semenogelins for inhibition of sperm motility in humans. *Cell Motil. Cytoskeleton* 66, 99-108 (2009). 査読有
- (13) Kawano, N., Ito, J., Kashiwazaki, N., & Yoshida, M. Phosphorylation of the MAPK pathway has an essential role in the acrosome reaction in miniature pig sperm. *Reprod. Dom. Animal.* (2009) in press. 査読有

[学会発表](計 36 件)

- (1) 尾川順子, 石川貴彦, 奥寛雅, 柴小菊, 吉田学, 石川正俊. 高速ビジュアルフィードバックを用いたホヤ精子のトラッキング 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2007 秋田 2007 年 5 月 10-12 日
- (2) 吉田学, 柴小菊, 近藤江里, 馬場昭次. カタユレイボヤ精子走化性の解析 第2回ホヤ研究集会 下田 2007 年 5 月 7-8 日
- (3) 吉田学. 海産無脊椎動物の精子運動と受精 第2回東京大学の海研究シンポジウム「海から未来を考える」 東京 2007 年 7 月 4 日
- (4) 吉田薫, 吉池美紀, 野澤資亜利, 岩本

- 晃明・ヒト精囊分泌タンパク質 Semenogelin が swim-up 後の精子運動に及ぼす影響 **日本アンドロロジー学会第 26 回学術大会** 浦安 2007 年 7 月 5-6 日
- (5) Yoshida, M., Na⁺/Ca²⁺ exchanger modulates the flagellar wave pattern for the regulation of motility activation and chemotaxis in the ascidian spermatozoa. **Gordon Research Conference: Fertilization and the Activation of Development**, Plymouth, NH, USA. 2007.7.15-20.
- (6) Shiba K, Baba, S.A., and Yoshida, M., Sperm chemotactic behavior regulated by intracellular Ca²⁺ changes in the ascidian, *Ciona intestinalis*. **Gordon Research Conference: Fertilization and the Activation of Development**, Plymouth, NH, USA. 2007.7.15-20.
- (7) Kawano, N., Yoshida, K., and Yoshida, M., Semen coagulating protein, SVS2, in mouse seminal plasma controls sperm fertility. **Gordon Research Conference: Fertilization and the Activation of Development**, Plymouth, NH, USA. 2007.7.15-20.
- (8) 吉田 薫, 山川克典, 西川裕之, 加藤智啓, 岩本晃明. 精漿タンパク質における無精子症マーカー探索 **日本ヒトプロテオーム機構第 5 回大会** 東京 2007 年 7 月 30-31 日
- (9) 吉田 学. ホヤ精子の運動調節機構 **東大海洋研シンポジウム「三陸と海：その魅力と生物学」** 大槌 2007 年 8 月 20-22 日
- (10) Kowalski, R.K., Yoshida, M., Shiba, K. and Glogowski, J. Prostaglandins in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* WALBAUM, 1792) sperm biology – searching for answer. **The 1st International Workshop on the Biology of Fish Sperm**, Vodnany, Czech Republic. 2007.8.29-31.
- (11) 近藤江里, 稲葉一男, 大石 徹, 村田道雄, 吉田 学. カタユレイボヤ精子誘引物質の放出に関わる卵細胞膜タンパク質の探索 **日本動物学会第 78 回大会** 弘前 2007 年 9 月 20-22 日
- (12) 柴 小菊, 馬場昭次, 吉田 学. カタユレイボヤ精子走化性における細胞内カルシウムと鞭毛運動制御 **日本動物学会第 78 回大会** 弘前 2007 年 9 月 20-22 日
- (13) 丸山虎徹, 柴 小菊, 吉田 学. カタユレイボヤ精子走化性における Na⁺/Ca²⁺ exchanger の役割 **日本動物学会第 78 回大会** 弘前 2007 年 9 月 20-22 日
- (14) 平館裕希, 吉田 学, 泉水 奏, 渡邊明彦, 森澤正昭. スジキレボヤ卵由来精子活性化誘引物質の部分精製 **日本動物学会第 78 回大会** 弘前 2007 年 9 月 20-22 日
- (15) 水野克俊, 柴 小菊, 笹倉靖徳, 吉田 学, 稲葉一男. GFP-Calaxin を導入したトランスジェニックホヤ精子の解析 **日本動物学会第 78 回大会** 弘前 2007 年 9 月 20-22 日
- (16) 泉水 奏, 吉田 学, 立花和則. ホヤ卵受精時の Ca²⁺ オシレーションにおける MAPK 活性の必要性とサイクリン B による調節 **日本動物学会第 78 回大会** 弘前 2007 年 9 月 20-22 日
- (17) 吉田 薫, 吉池美紀, 野澤資亜利, 岩本晃明. ヒト精漿タンパク質 Semenogelin が精子運動に及ぼす影響 **日本動物学会第 78 回大会** 弘前 2007 年 9 月 20-22 日
- (18) 吉池美紀, 吉田 薫, 野澤資亜利, 寺井一隆, 岩本晃明. 精子無力症患者における精子への SPMI の結合性-透過型ならびに走査型電顕を用いた局在の検討- **第 52 回日本生殖医学会** 秋田 2007 年 10 月 25-26 日
- (19) 河野菜摘子, 吉田 薫, 吉田 学. マウス受精能破壊因子 SVS2 の受容体はガングリオシド GM1 である **第 30 回日本分子生物学会年会・第 80 回日本生化学会大会合同大会** 横浜 2007 年 12 月 11-15 日
- (20) 柴 小菊, 丸山虎徹, 馬場昭次, 吉田 学. カルシウムによるカタユレイボヤ精子走化性時の鞭毛運動制御 **生体運動合同班会議** 仙台 2008 年 1 月 7-9 日
- (21) 朱 麗紅, 近藤江里, 吉田 学, 稲葉一男. Characterization of VCP/p97 and its roles in the activation of sperm motility in *Ciona intestinalis*. **生体運動合同班会議** 仙台 2008 年 1 月 7-9 日
- (22) R. K. Kowalski, 吉田 学, J. Glogowski. Prostaglandins level of the seminal plasma and testes of XY, YY, and XX rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / ニジマス XY, YY, XX 雄の精漿及び精巢のプロスタグランジンの比較 **日本動物学会関東支部第 60 回大会** 駒場 2008 年 3 月 22 日
- (23) 柴 小菊, 奥 寛雅, 尾川順子, 石川正俊, 吉田 学. 高速ビジュアルフィードバックを用いたトラッキング顕微鏡によるホヤ精子運動の長時間長距離観察 **日本動物学会関東支部第 60 回大会** 駒場 2008 年 3 月 22 日
- (24) Kondoh, E., Konno, A., Inaba, K., Oishi, T., Murata, M., and Yoshida, M., Valosin containing protein VCP/p97 binds to the sperm

attractant SAAF and may control its release from the ascidian egg. **41st Society for the Study of Reproduction Annual Meeting**, Kailua-Kona, HI, USA, May 27-30, 2008.

(25) Yoshida, M., Shiba K., and Baba, S.A., Ca^{2+} Dynamics and Chemotactic Behavior of the Ascidian Sperm. **41st Society for the Study of Reproduction Annual Meeting**, Kailua-Kona, HI, USA, May 27-30, 2008.

(26) 吉田 薫, 吉池美紀, 吉田 学, 森沢正昭, Zoltan Krasznai, Terez Marian, 岩本晃明. 精囊分泌タンパク質 semenogelin の精子膜電位および膜透過性への影響 **日本アンドロロジー学会第 27 回学術集会** 京都 2008 年 7 月 4-5 日

(27) Oku, H., Ogawa, J., Shiba, K., Yoshida, M. and Ishikawa, M., How to Track Spermatozoa using High-Speed Visual Feedback. **30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24, 2008.

(28) 柴 小菊, 馬場昭次, 吉田 学. カタユウレイボヤ精子の誘引物質濃度変化感知機構 **日本動物学会第 79 回大会** 福岡 2008 年 9 月 5-7 日

(29) 丸山虎徹, 柴 小菊, 吉田 学. カタユウレイボヤ精子走化性運動における精子内 Ca^{2+} 濃度の制御機構 **日本動物学会第 79 回大会** 福岡 2008 年 9 月 5-7 日

(30) R. K. Kowalski, 吉田 学. メダカの生殖における COX 阻害剤の効果 **日本動物学会第 79 回大会** 福岡 2008 年 9 月 5-7 日

(31) 荒木直也, 吉田 学, 森沢正昭. イトマキヒトデ *Asterina pectinifera* 精子の運動開始機構 **日本動物学会第 79 回大会** 福岡 2008 年 9 月 5-7 日

(32) Kowalski, R.K., Peixinho, J., Shiba, K., Yoshida, K., Sarosiek, B., and Yoshida, M., Sperm subpopulation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – CASA results and derived phenomenological criteria. **Aquaculture Europe 08**, Krakow, Poland, September 15-18, 2008.

(33) Kowalski, R.K., Glogowski, J., Yoshida, K., Shiba, K., and Yoshida, M., Bovine serum albumin prevents calcium influx induced by ionomycin and progesterone in rainbow trout sperm cells. **Aquaculture Europe 08**, Krakow, Poland, September 15-18, 2008.

(34) Kowalski, R.K., Yoshida, M., Yoshida, K., Morisawa, M., Shiba, K., Cejko, B.I., and Glogowski, J., Effect of albumin, casein and

hemoglobin on short-term preservation of rainbow trout sperm. **Aquaculture Europe 08**, Krakow, Poland, September 15-18, 2008.

(35) 柴 小菊, 宮代大輔, 上村慎治, 吉田 学. ホヤ精子走化性実測データに基づく精子誘引物質感知機構のシミュレーション解析 **日本生物物理学会第 46 回年会** 福岡 2008 年 12 月 3-5 日

(36) 柴 小菊, 宮代大輔, 上村慎治, 馬場昭次, 吉田 学. カタユウレイボヤ精子走化性における誘引物質感知機構 **生体運動合同班会議** 東京 2009 年 1 月 9-11 日

〔図書〕(計 1 件)

(1) Oku, H., Ogawa, N., Shiba, K., Yoshida M., and Ishikawa, M. How to Track Spermatozoa using High-Speed Visual Feedback. in *“Conference Proceedings of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 2008”*, pp.125-128.

〔その他〕

(1) ホームページ

<http://www.mmbs.s.u-tokyo.ac.jp/research/Yoshida/index.html>

(2) 論文のプレスリリース(東京大学大学院理学系研究科の web サイト内)

<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/press/press-2008-25.html>

(3) 新聞記事

「卵から遠ざかると精子、方向を転換 東大が解明」 日経産業新聞 2008 年 11 月 19 日朝刊 11 面

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 学 (YOSHIDA Manabu)
東京大学・大学院理学系研究科・講師
研究者番号：60301785

(2) 研究分担者

吉田 薫 (YOSHIDA Kaoru)
桐蔭横浜大学・先端医用工学センター・助教
研究者番号：70398973

(3) 連携研究者

なし