



矛盾を内包するシステムの両義性

西山, 雄大

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2012-03-25

(Date of Publication)

2012-09-11

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲5585

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1005585>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



要旨

(氏名：西山雄大 NO.1)

A rule is usually separated from the objects, and the rule is not changed by each object. But living things can change their own behavioral rules, and this contributes to resolve problems and maintain them. The robustness of living things may be caused by intrinsic discrepancies of the open-ended rule.

An animal aggregation is a system consisting of individuals that interact one another. Many models of a collective behavior employed interaction rules that an agent determines its own movements by observing movements of the other neighboring agents. Then an agent and its neighboring agents are discriminated, and the system does not include discrepancies. Recently, a model based on a mutual anticipation was introduced. Each agent has multiple potential transitions except a principal vector. An agent and its neighboring agents are connected via popular sites. Then there is indiscernibility between part and whole. According to this model, when cohesive and definite bounded swarms fuse together, the velocity of united swarm is summation of the velocities of each swarm. Moreover swarms are robust because individuals generate the swarm without discrimination of external perturbation from inherent noise, namely potential transitions. This model implemented two interesting collective behaviors, namely hourglass and logical gate.

In Chapter 2, we implemented hourglass and logical gate by real soldier crabs.

Section 2.2. is about crabs' hourglass. An hourglass is a closed corridor, six hundred millimeters long and a hundred millimeters width. We found regular oscillation in the conditions of various numbers of crabs. When a property of animal group differ from that of individuals, we can regard it as the emergent property that self-organization underlies. Both of a solitary crab and swarm oscillated in our experimental arena. But the periods of oscillation of large swarm obey the law of large number unlike those of solitary individuals or small swarm. So the oscillation of swarm would be emergent property. Recent model based on a mutual anticipation satisfied the property of oscillation. This mechanism differs from a marching locust band based on escape-and-pursuit behavior regarding cannibalism and inherent noise of swarm contributes to generate collective behavior. The long term staying in either end of arena implies the presence of reservoir for concentration.

Section 2.3. is about crabs' logical gate. Collision-based computing schemes are implemented using propagating and interacting localisations. When two or more travelling localisations collide they may reflect or merge into a new localisation. Presence/absence of a localisation in a specified site of a physical space represent True/False values of Boolean variables. Incoming trajectories symbolise input and outgoing trajectories are outputs. Logical gates are implemented by collisions between the localisations. We demonstrate how primitives of the collision-based computing can be implemented using swarms of soldier crabs in laboratory experiments. Soldier crabs, *Mictyris guinotae*, exhibit coherent collective behaviour on an intertidal flat at a daytime low tide period. The soldier crabs' swarm often moves with amorphous but definite boundary in natural environments. We utilize swarms of soldier crabs to implement Boolean logic gate. The gate has two inputs and three outputs. Values of the inputs and outputs are represented by population or proportion of crabs in the input/output channels. We demonstrate that the gate performs logical conjunction and negation.

For human beings, a sense that I own my body seems most fundamental. Such sense is regarded as a precondition to act

freely. So it is considered that one never lost one's own body, even if external object is incorporated into one's body image. But we are usually unaware of an ownership of our own bodies like example of above walking. Thus we demonstrate that a sense of ownership about a hand can be lost. Then a sense of moving a hand is not lost. This implies that the intrinsic discrepancy is exposed as the ambiguity, namely the hand is I but not mine.

In chapter 3, we introduce a brand new experiment regarding bodily self-consciousness, namely indefinite arm illusion (IAI). And we discuss about discrepancy and coordination between sense of ownership and sense of agency.

Background: Although the acquisition of the sense of ownership (SoO) and/or sense of agency (SoA) for external objects has been studied through the experiments of rubber hand illusion and/or out-of-body experience, the relationship between SoO and SoA has not been studied especially on the loss of SoO.

Methodology/Principal Findings: In this study, a person sees real-time motion images of one side of their own upper body through head mounted display. He sees a hand as if it came out from his own chest since he was instructed to hide the upper arm and elbow behind his own body. Most of participants feel the loss of SoO despite keeping SoA. The result on SoO showed significant difference compared to the control experiment ($P < 0.001$, $t = 4.91$).

Conclusion/Significance: Our findings show that SoO can be lost under a synchronous visuo-proprioceptive condition while SoA can be maintained. It demonstrated that SoA and SoO do not coexist without precondition. They negotiate with each other while there is a discrepancy between them. The feeling of SoO or SoA alone has been noted in deafferented and/or schizophrenia patients, and our findings relating to healthy persons' self-consciousness can contribute to expanding the knowledge about these patients.

The IAI is fundamentally important because it provides the first experimental condition of SoA without SoO. In the passive condition, RHI and OBE reveal that multi-sensory synchronous interaction (Sense of being acted upon; So-be-A) can produce SoO. Conversely, it is reported that SoO can produce So-be-A. Thus, under the passive condition, SoO is equivalent to So-be-A. Since SoO and SoA are relevant to the distinction between you and me in terms of neuroactivity, investigation of the dynamical relation of SoO and SoA is necessary. The feeling of SoO or SoA alone has been noted in deafferented and/or schizophrenia patients, and our findings relating to healthy persons' self-consciousness can contribute to expanding the knowledge about these patients.

Even if a system has intrinsic discrepancies, it can appear not to change any further due to humdrum simplicity of its global behavior. In implementation of crab's hourglass, the swarm revealed a simple oscillation. But a recent model demonstrated that the swarm with inherent turbulent implemented the hourglass. The simulated swarm is robust because it does not separate inherent noise and external one. The hourglass and logical gate implemented by real crabs might be robust. How can a robustness of system be empirically verified? A bodily self-consciousness would provide a clue. Bestowing an assignment of extended body on an external object results from a complementary interaction between multimodalities, and we can find redundant body. Unlike this, depriving own body of the assignment co-occurs with consciousness acting, and we can find ambiguous body. Former and later conditions would lead to stability and robustness respectively.

氏名	西山 雄大		
論文題目	矛盾を内包するシステムの両義性		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	郡司 幸夫
	副査	教授	中川 義次
	副査	教授	兵頭 政幸
	副査		

印

要 旨

矛盾を内包しながら、それを先送りして存続し続けるシステムは、枚挙にいとまがない。従来そのようなシステムの様相は隠蔽され、無視されてきたが、近年さまざまな分野で、矛盾を内包した様相が暴きだされつつある。たとえば経済活動は、個別の相対取引や、そこに認められる活動担体の視野・合理性・働きかけに関する限界の関係を無視し、需要と供給の間で価格が確定されるマクロ経済学を確立してきた。しかし、ひとたび相対取引の限界を考慮するとき、三つの限界の複雑な関係性があらわになる。視野の限界は、可視領域と不可視領域との明瞭な区別を意味するものではなく、両者の区別と識別不能性を同時にもたらす。むしろ判断に関する合理性の限界によって視野の限界や働きかけの限界を補完する。この原動力となる機構が、混同すると矛盾する二つの様相を媒介し、無自覚に混同させる媒介的装置である。

本研究は、この媒介的装置を生命システムに見出し、混同すると本来矛盾するような二つの様相が、区別されながらも、接続されるという両義性を示していること、それが変容し続けるシステムの普遍的構造であることを示すものである。そのため、ここでは二つのシステムを題材にしている。第一のシステムは西表島に生息するミナミコメツキガニの群れであり、第二のシステムは人間の認知的身体イメージである。

第一章は矛盾を内包するシステム一般を、システムとシステムを駆動する操作の非分離性に求めて論じている。歩行は自然に無意識に行われる行動であるが、それは文脈によって微妙に、無自覚に変化する。ひとつの例が停止したエスカレーターに見出される。我々は通常、エスカレーターに十分慣れており、作動中のエスカレーターに足を止めることなく踏み出すことができる。このとき身体は、床から動いているエスカレーターという状況の変化を無意識のうちに検知し、それに合わせて歩き方を変えている。この事実とは、逆に、停止しているエスカレーターに足を踏み出した際の違和感によって知覚される。上昇するステップを予期して踏み込まれた足は、停止したエスカレーターに瞬時に適応できない。もしくは、上昇するステップがいまや停止していることを意識して足を踏み込むとき、身体は状況の変化に過剰適応し、停止以上に停止したエスカレーターを想定してしまう。こうして身体は、予期されるものと実現されるものとの齟齬と調停の継起によって、運動を進行させる。矛盾は隠蔽され遅延されるが、決して隠蔽しきれず、時に表出する、というわけだ。

第二章では、矛盾を内包するシステムとして、西表島に生息するミナミコメツキガニの群れをとりあげている。ここで俎上に載せられる二つの様相とは、個体の自由な運動と群れとしての全体保持を実現する運動である。従来、動物の群れは、ボイドや自己推進モデルによって説明できるとされてきた。ボイドと呼ばれるエージェントは、固定された半径の近傍を持ち、近傍内の他エージェントと速度を合わせ（定向）、エージェント間の距離が近すぎるときには互いに衝突を避け（衝突回避）、エージェント間が離れているときには全体の重心に接近する（群れ中心化）という三つの規則に従う。この規則だけから、定向性を有すること密度の高い群れが実現される。自己推進モデルは、ボイドにおける定向規則のみを採用したモデルである。特に、これに外部揺らぎを結合したモデルは揺らぎの大きさに対して相転移を示し、幅広い揺らぎのパラメータ領域で、高い定向性を有した群れが実現可能である。

しかし近年、画像処理技術の進歩によって、大規模なムクドリなどの解析が可能となり、

氏名	西山雄大		
動物の群れは、ボイドや自己推進モデルが説明するように、規則的な振る舞いをするものではないことが判明しつつある。或る場合には、近傍が、固定された半径によって定義されるのではなく、モニターされる他個体の数によって定義されると判明し、或る場合には揺らぎベクトルの相関領域が群れの大きさに比例するという特徴が示された。また群れの中では定向性が低く、高度なミキシングが行われていることも報告されている。いわばボイドや自己推進モデルでは、一個の全体という群れの性格と、各個体レベルとは矛盾しないように統合される。その結果、一個の群れは一様な方向性によって可能とされるわけだ。これに対して、近年の結果は、各個体が運動の多様性を実現する一方、群れ全体としては一個の全体性が保持されるという両者の接続があり、ここには矛盾を先送りした構造が示唆される。			
このような群れを現実の大きな群れで詳細に解析するため、西山氏を含む当該研究室では、平面に分布して運動するミナミコメツキガニをモデル生物として選び、野外観察と画像解析を行ってきた。その結果、ミナミコメツキガニの群れにおいて、定向配列性は低く、むしろ個体の運動多様性を維持し、各個体が乱雑にミキシングされながら、全体として群れを壊さず、塊状構造を成して運動する状態が判明してきた。西山氏は、この、矛盾と考えられる内的ゆらぎを担保したまま進行していく群れにあって、内的ゆらぎが隠蔽しきれない状況になると群れが壊れ、再度集合することによって群れが速やかに形成されることを予測し、これを用いた、集合・離散の反復によるカニ時計の実装を企図した。実際この群れが、閉域で振動する可能性を確かめるため、楕円状（長軸方向60cm・単軸方向10cm）に配置された壁の中に20〜30匹のカニをいれ、その運動をビデオ撮影し、挙動を解析した。閉域に投入されたミナミコメツキガニは、速やかに壁際により、群れとなって楕円長軸上に沿って歩行する。その後、長軸方向の先端に溜まると、群れは離散し、反対方向へと移動を開始する。こうして対面先端に溜まると、再度離散を始める、といった運動を繰り返すことが判明した。領域を3つの区間に分割して各区間に位置するミナミコメツキガニ個体数時系列を調べた結果、70〜80s周期の振動が、1〜2時間に渡って持続するという結果が得られた。これは、群れの振動が内的ゆらぎの封じ込めと開放によって生成されることを示唆するものである。			
大きな内的ゆらぎを有するにもかかわらずその封じ込めによって維持される群れは、内的ゆらぎと外的ゆらぎが区別できないため、自然状態では、外的振動に強い頑健な群れを形成する。そこでミナミコメツキガニの群れボールを用いて衝突計算型の論理ゲートを実装する試みがなされた。2箇所の入力場所が入力値xとyを表し、各々カニの群れボール（20個体）を配置する。計算では、カニの群れボールが一定数以上を維持していれば論理値1、そうでなければ0とみなす。群れボールの衝突を実現する通路を設計し、運動の向きを坂の勾配や天敵を連想させる板の挿入などによって実装するとき、ANDゲートおよびNOTゲートが作動するという結果を得た。またORゲートも簡単に構成できるため、ミナミコメツキガニの群れを用いて任意の論理回路が設計できることが示された。矛盾の封鎖と開放によって構成されるパターンは外的ゆらぎに極めて強く、またボールの衝突による合成など、生物の群れに特異的な現象を用いるため、生物計算の設計において、重要な寄与があると考えられる。			
第三章では、混同すると矛盾する二つの様相として、認知的身体所有感と操作感とを考えている。人間の認知的身体にとって重要な感覚は、確かに自らの意思が原因となって身体を操作しているという、操作感と、この身体が私に帰属している感じる所有感である。操作感、操作対象の総体として身体スキーマを開示し、所有感、身体を一個の全体なる身体イメージとして開設する。テニスのラケットが腕の延長であるかのように振られるとき、ラケットは身体スキーマに組み込まれた、ということができよう。しかしそこに所有感はなく、ラケットは身体イメージには属さない。このようにどんなに慣れた道具であっても決して所有感を獲得するにはいたらない。しかし最近の脳科学、認知科学によって、視覚刺激と触覚刺激が同期するとき、外部の対象（例えばゴム製の腕）に対しても人間は身体所有感を持つことが判明し、これは全身にまで拡張できることがある。西山君は、これに対して、被験者が自らの姿を横方向から立体視できるシステムを考案し、肘を隠した状態で自分の手を胸や腹の陰から突き出して見せると、手は身体操作感を持ちながら所有感を失うことになる現象を発見した。このことは、所有感と操作感が絶えずその齟齬を隠蔽した形で認知的身体をダイナミックに形成しているがゆえに、時としてその齟齬が明瞭になることを示すものである。			
第四章は結論であり、先送りされた矛盾が創り出す運動の普遍性が唱えられている。本研究は矛盾がもたらす生命システムの挙動について、その具体例をミナミコメツキガニや認知的身体に求め研究したものであり、矛盾がもたらすパターンの頑健性やダイナミックな様相について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、学位申請者の西山雄大は、博士（理学）の学位を得る資格があると認める。			