

素人向けゴルフスイングの効率的指導ポイントの発見

An Important point of golf swing instruction for armature golfers

嶋津恵子¹

Keiko Shimazu¹

¹慶應義塾大学 大学院システムデザイン・マネジメント研究科

¹Keio University, Graduate School of System Design and Management

- **Abstract:** Private lessons from a pro golfer and kinesthetic practice mechanical tools have been introduced for improving golf swing. Although, these costs are high and these are also given time to bear fruit. On the other hand, it can be noticed, according to analyze related works, that there is the critical point of modification of posture for naïve amateur golfers. In other words, they may improve their swing-forms in comparative shorter period. We tried to execute experimental study of inspecting golfers swing using a motion-capture system.

1. はじめに

一般に、ゴルフは他のスポーツと比べ、始めるのに敷居が高いと言われ、また上達の困難さも指摘されている。さらに、素人を対象にした有料の個人指導がこれほど定着しているものは少なく、継続のためのコストも話題に上る。

そこで、本研究では、素人が比較的安価に短期間でゴルフスイングを改善するための方策を検討する。これに当たり、従来研究とは異なり、ゴルフスイングをシステムとしてモデル化する。

研究成果は、手軽に扱えるツールに展開し、利用促進を目指す予定である。

本書は次の構成を採る。2章に先行研究を示し、3章に我々の主張を述べる。すなわち、ゴルフスイングをシステムとした時の基本アーキテクチャ (3.1節) と、動作させた時の時系列フェーズ (3.2節) について示す。特に3.1節に基づく3.2節の特定のフェーズの最適化がスイングの全体最適化に最も影響している可能性があることを説明する。4章に3章で述べた内容を確認する実験の内容と結果を示し、5章に考察を述べる。6章にまとめを記す。

2. 先行研究

ゴルフスイングを工学的に分析し、モデル化する研究は、1930年に、写真技術を用いて状態を記録することから始まった[1]。これによると、正しいゴルフスイングは、クラブヘッドと両手首とボールは、常に平面上に存在し、これは体型や飛球の種類に影響を受けない。さらに1940年に、光跡写真法を利用

して、この平面が円であることが解明された。これはその後のゴルフスイングのモデル化の基礎となり、1957年に、「クラブヘッド軌道(円周)によってできる円盤状の平面」の概念が完成する[2]。その後、このモデルに従っていても熟練者と初心者で、ショットに差が出ることに注目し、詳細化モデル(二次元モデル)が提案された[3]。このモデルが、現在、よく目にするスイングロボットに利用されている。ただし、このモデルは、腕以外の体の動きや状態を表現していない。

国内の研究は2000年前後に開始している。三浦らは、ゴルフスイングのインパクト(クラブがボールに当たった瞬間)に注目し、その状態の速度と回転数による表現を試みている[4]。そして、同じ状態を各種の角度の幾何学的量で表現し、素人に研究成果を利用できる可能性を示した[5]。

また、長尾らは、プロ選手と素人のスイングの差を、5つの属性値すなわち、球初速とダウンスイングに要する時間と、クラブヘッドの速さと、グリップ部の速さと、そしてフォロースルーでの蔵具シャフトの角度変化で観察した。その結果、すべての項目で、約20%程度プロ選手が上回っている[6]。さらにMacCloyは、アイアン3種(3番, 5番, 7番)とピッチング・ウェッジに関し、ハンディキャップ0レベルの選手がいわゆるナイスショットを打った時の特徴を、インパクト時における5つの属性値、すなわちクラブヘッドの打ち出し角度 (Clubhead Angle of attack) と、クラブ速度 (Clubhead Velocity) と、ボール速度 (Ball Velocity) と、クラブ速度とボール速度の比 (Velocity Ratio) と、ボール打ち出し角度 (Launch Angle) と、バ

ックスピン回転率 (Spin Rate) のそれぞれの値で特定した[7]. これらを計測するシステムの代表が、ハリウッドの映画製作会社が開発したゴルフスイング解析用モーションキャプチャー装置である[8].

さらに、植田らは、記録されたスイングのどのシーンに注目すべきかを検討し、12の時系列に並ぶフェーズを特定した. これに対し、前掲のゴルフスイング解析用モーションキャプチャー装置では、これら12のうちの7つのフェーズを採用することで十分だとしている[8].

一般に、ゴルフスイングは、身体の複数の部分と、それらの異なる動きを複雑に組み合わせることで構成されている[9]. そしてこの複雑性を解析することをめざし、最近ではこれらの各部分の動きをモデル化した研究が開始した. つまり、ゴルフスイングの研究は、主に物理学と人間工学に立脚してきた.

そして、教授法に関しては、指導者それぞれの経験に基づくものが多く、指導者に依存した内容がほとんどである. つまり、再利用性の高い汎用的なフレームワークとして成立しているものは、ほとんど無い.

これらに対し、本研究では、ゴルフスイングをシステムとしてとらえ、システムズエンジニアリングの立場から、全体最適化を実現する重要箇所を発見し、そこに焦点を置いた支援ツールを開発することを目指している.

3. ゴルフスイング・システム

3.1 アーキテクチャとシステム統合のタイミング

ゴルフスイングをシステムとして観察すると、そのアーキテクチャは、2つのコンポーネントとそれらをつなぐインタフェースから成る. すなわち、(1)ゴルファー自身の身体と、(2)ゴルフクラブと、両者をつなぐ(3)ゴルファーの両手である. (1)は、インパクト時にエネルギーが最大になるような円運動を(2)に起こさせる装置であり、(3)はこのエネルギーを無駄なく(2)に渡す役割を担う. ゴルフスイングを構成する部分のモデリング研究が、この3視点のそれぞれで行われていることから、このアーキテクチャイメージは、妥当性があると考えられる.

一方、このシステムは、コンポーネントの一つとして人間が用いられていることから、機械システムとは異なり、常時統合されてはいない. インパ

クト時をゴールとし、一定の短い時間だけ密な接続が保たれる. そして、結合された状態(両手の位置等)は、この短い時間内で、変化することはほとんどない. つまり、最初に結合された瞬間の良し悪しが、このシステムの目的であるスイング結果に大きく影響する可能性がある.

この結合のタイミングを推定できるのが、溝口の報告である[10]. これは、インタフェース部分である両手がゴルフクラブをどの程度強く握っているかを計測した報告である. これによると、"Mid Back"の状態が最大であった.

このことから、この状態のときに、システムとして結合されたととらえることができ、この状態が最適化されていることがシステムとして品質の高さに大きく影響すると考えることができる. この着目は、従来ゴルフスイングのトップと言われる状態が重視されていた教授法に対する、本研究の特徴と言える点である.

3.2 ゴルフスイングの最適性判定基準

本書では、ゴルフスイングの最適性を判断する時系列からなるフェーズ群を先行研究に倣い、

"Mid Back"を含む7つを採用する[6]. そしてそれぞれの最適なフォームを、2章に示した先行研究から、表1のように特定した. ここで、シャフトラインは、フェーズが address である時、これを飛球線後方から見たときの、ゴルフクラブシャフトが示す直線である. またスイングラインは、同様にこのフェーズを飛球線後方から見たときの、ボールと首の付け根を結んだ直線である.

本研究では、3.1節に述べたように、Mid Downの状態の重要性に注目している. そこで、このフェーズの最適状態とナイスショットとの関係を調べる実験を行った. 次章でその内容を述べる.

表 1 ゴルフスイングのフェーズ毎の
最適なフォーム仕様
Table 1 Appropriate Golf Swing Forms
for each Phase

フェーズ No.	フェーズ名	最適なフォーム仕様
1	Address	飛球線後方から見て、両肩を結んだラインと両つま先を結んだラインが平行であること
2	Mid Back	飛球線後方から見たとき、背中のラインとリーディングエッジのラインが平行であること
3	Transition	飛球線後方から見て、クラブヘッドが両手と同じ位置、もしくは左にあること
4	Mid Down	アドレス時のシャフトラインと同スイングラインの、2つの線の間にクラブヘッドがあること
5	Impact	右足の踵が地面と接着していること
6	Mid Through	後方から見たとき、クラブヘッドが左肩より左にあること
7	Finish	正面から見たとき、右肩と左足が一直線上にあること

4. ゴルフショットの各フェーズの状態の最適性とナイスショットの関係 確認実験

ハンディキャップ 16 前後の素人のゴルファー 3 人を被験者として、ゴルフショットの各フェーズの状態の最適性とナイスショットの関係を調べる実験を行った。このレベルのゴルファーを被験者として採用したのは、一般的にナイスショットとミスショットを同程度に生産するためである。[6]の環境を利用し、1 打席で獲得できるすべてのデータ属性値を 1 レコードとして記録した。3 人の被験者は、それぞれ 6 球、13 球、13 球を打ち、25 レコードを収集した。属性の値を参照し、3.2 節に示した 7 つのフェーズの最適性と、その時にナイスショットを生産したかどうかを調べた(図 1)。ナイスショットの判定は、の報告に従い、インパクトにおける クラブ速度 (Clubhead Velocity) とボール速度 (Ball Velocity) とボール打ち出し角度 (Launch Angle) のそれぞれの値を採用した (表 2)。ここで、先行研究におけるこれらの値は、ハンディキャップ 0 レベルのゴルファーを対象に観察した結果である。そこで、[2-7]を参照し、すべての基準値を 20% 下げ、そのすべてに合致する記録をナイスショットとした。

表 3 に、表 1 の 3 列目の各セルに示した 7 つのフェーズごとに、フォームが最適であったかどうかと、その時ナイスショットであったかどうかの関係を、精度と再現率で示す。このとき、精度は、(ナイスショットであり、かつ当該フェーズのフ

ォームが最適であったレコード数/ナイスショットであったレコード数) で求め、再現率は、(当該フェーズの状態が最適であり、かつナイスショットであったレコード数/当該フェーズの状態が最適であったレコード数) で求めた。

その結果、Mid Back のスイングの状態が最適であったことと、ナイスショットであることとの関係は、精度 1.000 で再現率は 0.440 であった。精度に関し、ナイスショットであることに対し高い数値を示したのは、Mid Back に続き Mid Down の 0.818 であった。そして、再現率に関し、最も高い数値を示した Transition の 0.500 であり、Mid Back はこれに続いている。一方、最も低い精度と再現率は、前者が 0.455 の同値で Transition、Mid Through、Finish であり、そして後者は 0.263 の Mid Through であった。



図 1 本実験で使用したゴルフスイング解析用モーションキャプチャー装置

Figure 1 Motion Capturing System for Golf Swing

表 2 ナイスショット判定基準
Table 2 Metorix of "Nice Shots"

ナイスショット判定要素	ナイスショットの基準
Clubhead Velocity (m/s)	≥ 30.3
Ball Velocity (m/s)	≥ 41.0
Launch Angle (degree)	$\geq 16.3, \leq 20.9$

3つの属性の値がいずれも基準内であるデータを、ナイスショットとして特定

表 3 各フェーズで最適なフォームだったかどうかと、ナイスショットを生産したかどうかの関係

Table 3 Relationships between Appropriate Formes and Nice shots

		精度	再現率
Adress	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.545	0.333
Mid Back	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	1.000	0.440
Transition	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.455	0.500
Mid Down	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.818	0.429
Impact	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.545	0.400
Mid Through	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.636	0.368
Finish	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.455	0.333

精度 = (ナイスショットであり、かつ当該フェーズのフォームが最適であったレコード数) / (ナイスショットであったレコード数)

再現率 = (当該フェーズの状態が最適であり、かつナイスショットであったレコード数) / (当該フェーズの状態が最適であったレコード数)

5. 考察

実験の結果、Mid Back のスイングの状態が最適であったことと、ナイスショットであることとの関係は、精度 1.000 で再現率は 0.440 であった。精度に関し、ナイスショットであることに対し高い値を示したのは、Mid Back に続き Mid Down の 0.818 であった。そして、再現率に関し、最も高い数値を示した Transition の 0.500 であり、Mid Back はこれに続いている。一方、最も低い精度と再現率は、前者に関し 0.455 の同値で Transition, Mid Though, Finish であり、後者に関しては 0.263 の Mid Though であった。

我々は、ゴルフスイングをシステムとして観察すると、時系列にならぶ 7 つのフェーズの中で、Mid Back の状態の時、システム統合が実施されたとみなすことができると考えた。従ってこの状態のフォームの最適化状況が、このシステムが最終的にナイスショットを生産できるかどうか大きく影響する可能性がある。4 章は、これを確認するために、おこなった検証実験である。

実験は、時系列に並ぶ Mid Back を含む 7 つのフェーズのそれぞれが、最適なフォームであったかどうかと、その時ナイスショットを生産したかどうかの関係を求める方法でおこなった。関係性は、精度の再現率の 2 つの値で求めた。

実験の結果、Mid Back が最適なフォームであったかどうか、ナイスショットの生産に大きく関係していることがわかった。特に精度は、1.000 であり、必ずこの状態が満たされていることがわかる。再現率の値を考慮に加えても、本実験では、我々の想定通りの結果がえられたといえる。

これに続く高い値を見ると、Mid Back から

その一方で、今回の実験は考察を行うには、データ数が十分ではない。また、被験者が素人としては中程度以上のスキルを有していたことも検討すべき点である。このレベルのゴルファーは、自身のフォームがある程度固定されており、従って、ナイスショットを生産するときとそうでないときのフォームに優位と判断できる差が（プロ選手ほどではないが）発生しにくい。本研究の動機が、素人初心者のゴルフの上達に寄与することを目指している点からも、被験者のスキルに関しては再考を要すると考えられる。

我々は、データの量と質の両面から再検討し、再度実験を行う。

6. まとめ

一般にゴルフの技術を取得する方法として、専門講師によるレッスンの受講や、高機能の練習器具の利用があるが、コストが高く効果が現れるまでに時間を要する。一方、いくつかの先行研究を整理すると、ゴルフスイングのモデルを構成する時系列フェーズの特定個所に集中して矯正することで、初心者ゴルファーが、比較的短期間で技術習得が出来る可能性があることを発見した。具体的には、ゴルフスイングを時系列に並ぶフェーズで区切った時、Mid Back として特定される状態の最適化である。このフェーズのフォームが最適化されているかどうか、ナイスショットを生産できるかどうか強く影響している可能性を、システムとして検討することで、事前に想定した。さらに、実際に素人のゴルファーを被験者とし、ゴルフスイング解析用のモーションチャプター装置を使った実験を行った。この結果から、事前の想定がある程度有効性がある可能性を確認した。今後、データ数を有効値まで増やして検証を行うことと、それらの結果を利用した素人初心者向けゴルフスイング矯正用ツールを開発する予定である。

謝辞

本報告は、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科修士 2 年生の中濱正宜君の修士研究の一部である。

参考文献

- [1] Duncan J.: Natural golf, G.P. Puntnam's sons, pp.80,86,95, (1931)

- [2] ホーガン,B(水谷準訳): モダン・ゴルフ, ベースボールマガジン社, (1958)
- [3] Coleman S.G.S., Ritchie S.: Mathematical Comparison of Swing Planes With and Without the Explanar® Trainer, Science and Golf V, AZ:Energy in Motion, p263-p269, (2008)
- [4] Miura K, and T Naruo.: Use of mapping of launching to understand golf ball trajectory, 4th international Conference on the Engineering of Sport, Kyoto, (2002)
- [5] 三浦 公亮: ゴルフインパクトの「左手の法則」とインパクトの補正, symposium on human dynamics, Vol. 2003, pp.73-78, (2003)
- [6] 長尾愛彦, 体力とスイングの軌跡について, 学術研究紀要第10号 (1993年9月)
- [7] McCloy, Alex J., Eric S. Wallace, and Steve R. Otto. "Iron Golf Club Striking Characteristics for Male Elite Golfers." The Engineering of Sport 6. Springer New York, pp. 353-358. (2006)
- [8] [2-9] CENTER OF EXCELLENCE.: THE MAT-T EXPERIENCE, <http://www.experiencetaylorlormade.eu/coe/mat-t>, (2013年9月20日参照)
- [9] [2-11] 赤池 弘次: モデリングの技 : ゴルフスイングの解析を例として(<特集>モデリング-広い視野を求めて-), オペレーションズ・リサーチ : 経営の科学, Vol. 50, No. 8, pp. 519-524, (2005)
- [10] 溝口正人, ゴルフスイングにおけるグリップ力の測定, ジョイント・シンポジウム講演論文集 : スポーツ工学シンポジウム : シンポジウム:ヒューマン・ダイナミックス : symposium on sports engineering : symposium on human dynamics, pp. 84-87, 2003-11-0 (2003)

バットスイングの加速度とバット-ボール衝突後の打球初速度の 関係に関する考察

奥野敬丞 吉永崇 有田大作 (九州先端科学技術研究所/ISIT)

1. はじめに

家庭へ導入が期待されている生活支援ロボットは、人間と共有する道具を効率よく使用する方法を学習する機能がある事も重要である。このために人間の道具使用に関する研究をする事は重要である。本稿では、例としてバットのスイングと打球の初速度に関する知見を得る事を目的にする。

Brody[1] や Nathan[2] 等の研究が、打撃の理論的な支えとなり議論されている。ボールとバットが衝突する時のバット速度にのみ、衝突後の打球初速度が依存している結論している。Brody の実験 [1] から、ボールを打撃する時のバットの振動特性は、グリップを固定された時に観測される振動の特徴ではなく、自由物体として宙に吊るした状態のバットにボールを衝突させて時に観測される振動の特徴が観測される。Nathan の研究 [2] により、衝突後のボールの初速度は、ボールとバットが衝突するバットの部位の速度と質量とボールの弾性特性にのみ依存する事が示されている。つまり、ボールとバットが衝突するバットの部位以外の質量、バットの弾性特性、身体からの力は打球の初速度に影響を及ぼさないとされている。なぜならば、ボールとバットの衝突後にバットや体が生み出す力がボールに伝わる前に、ボールがバットから離れるからである。

しかし、これらの研究ではボールとバットの衝突時以降の議論がされていない。また、ボールとバットの衝突時には、バットに加速度が無い状態、等速運動をしている物と仮定して衝突後の打球の初速度を議論している。つまり、衝突以前に身体を適切に動かす事で、打球方向に対して衝突時のバットに正の加速度を生じさせる事が、打球の初速度にどのように影響するかに関して議論をしていない。

一流プロ野球選手である西武ライオンズの中村剛也選手は、統一球が初めて導入された2011年に一人だけ以前と同様のホームラン数44本を残している。インタビューで以下のような興味深い発言をしている。「バットにボールがくっついて、右手でしっかり押し込む感じがあった」、「右手で押し込む感覚をつかめたんです。...ボールがバットに長くくっついてる感じがですね」、「どれだけゆっくり振れるかがテーマです」。この発言は単なる、感覚的なものとして見過ごしてはいけなく考える。なぜならば、ある分野で一流の人の経験に基づいた発言からは、身体知に関する有意義な知見を得るとっかりになるはずであるからである。以降の章にて、Nathan のモデルを説明して、そのモデルで見過ごされている点を議論し、本発表で取り扱うスコープを定義して、回転モデルという定説の再検証を試みる。

2. 関連研究と本稿のアプローチ

本稿のアプローチとして、図1に示されたNathanの論文[2]で結論され紹介されているバットとボール

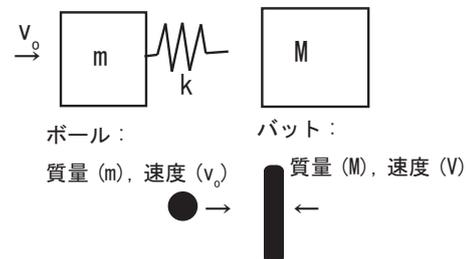


図1 論文 [2] の toy-model . m はボールの質量, M はボールとバットが衝突する部位の質量, k はボールの弾性特性を表す係数, v_0 はバットに対するボールの相対速度

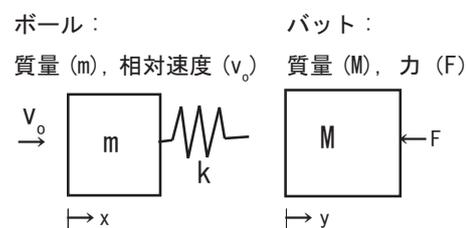


図2 論文 [2] の toy-model と同一のモデルにバットスイングの加速度を加味したモデル. m はボールの質量, M はボールとバットが衝突する部位の質量, k はボールの弾性特性を表す係数, v_0 はバットに対するボールの相対速度, F はバットスイングの加速度によるバットに加えられる力

の衝突に関する、本質を抽象した toy-model (Fig.17) をベースとして用いた。ここでの条件は、系に外力が加わらない、等速直線運動を仮定している。言い換えると、バットの振動周期の半分以下の時間内でボールがバットから離れてしまう。つまり、バットの弾性特性には依存せず、ボールの弾性特性とボール・バットの相対速度にのみ打撃後の打球の初速度が依存する。一方、本稿で提案するモデルは、バットスイングの速度以外にバットスイング加速度を考慮したモデル (図2) である。提案モデルと図1のモデルとの差分は、バットスイングに加速度に起因する外力を考慮している点のみである。

図2に示された系の運動方程式は、 $x''m = yk - xk$ と、 $y''M = xk - yk - F$ となる。Nathanの論文で使用されてり条件、 $v_0 = 71[m/s]$, $m = 0.145[kg]$, $M = 0.265[kg]$ を用いた。ただし、本稿ではボールの弾性特性を示すヒステリシス曲線ではなく、完全弾性の直線近似、 $k = 13900[N/m]$ を用いた。この近似値はある程度は妥当と考える。理由は、 $F = 0$ の時の計算結果から得られるバットとボールの衝突時間と打球初速度の値が、概ね Nathan の結果と一致するからであ

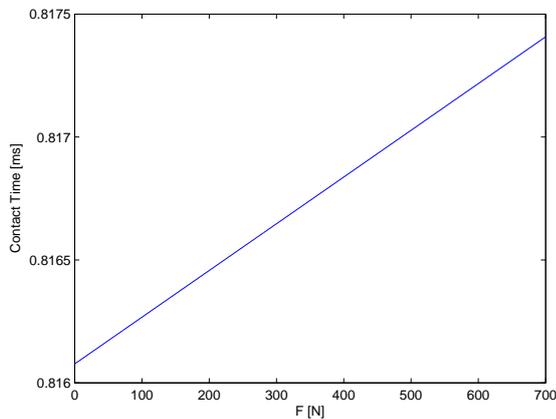


図3 外力に対するボールとバットの接触時間. x 軸: 外力 $F[N]$, y 軸: 接触時間 $t[s]$

る. 以上の式, 条件を用いてバットとボールの衝突後の打球の初速度, v_f , を異なる F の値を用いて求めた.

3. 結果

図3に示すように700[N]の外力がある場合, ボールとバットの衝突時間が約 $1.0 \times 10^{-6}[s]$ 増加. 従来のモデルでは, ボールとバットの短い衝突時間では力はバットからボールに伝わらないとされていた. 理由として, バットとボールの衝突時間が小さくて, バットからの力はボールに伝わらない事であった. バットが加速度運動をすると, ボールとバットが接触している間は, バットからボールに力が伝わる. その結果, 図4に示されるように, バットに約700[N]の力を加えた場合, v_f は外力が無い場合と比較して約1.8%増加した. 初速度が1.8%増加すると, 理想的な条件化での飛距離は約3.6%飛距離が増加する. 100[m]の飛距離が約103.6[m]の飛距離, 120[m]が約124.4[m]になる違いである. これは, それぞれ, ポール際, バックスクリーンのフェンス際まで打球が届いた時に, フライアウトになるか, ホームランになるかの違いを十分に生み出す違いである. 700[N]とは, 慣性センサ(センサ内のXYZ軸における加速度・地磁気・角速度を計測できる9軸ワイヤレスモーションセンサ(ロジカルプロダクト社)を使用した著者自身のスイングの計測で十分に観測されえる値である.

4. 議論と今後

以上の計算結果から, バットの速度以外に加速度が考慮する事が, 打球の初速度に影響がある事が定性的にいえると考える. ただし, 本稿でのボールの弾性特性を表す式は, Nathanの論文のヒステリシス曲線ではなく, 完全弾性の直線近似を用いている. 数%の違いを議論をするにあたり, より精度の高いモデルを用いて, バットの加速度の打球の初速度への影響を調べる必要がある. また, 打撃時のグリップは衝突時のバット加速度を増加する効果があると予想する. さらに, 加速度運動下のバットの弾性特性を考慮したモデルを検討する事が必要と考える. 加速度運動をしれているバットは, ある程度しなった状態にある可能性があるからである. 高度なスキルの知見を得るには, 人間にとって実現可能な最適化された速度と加速度の組み合わせ

バットに加えた力に対する打球の初速度

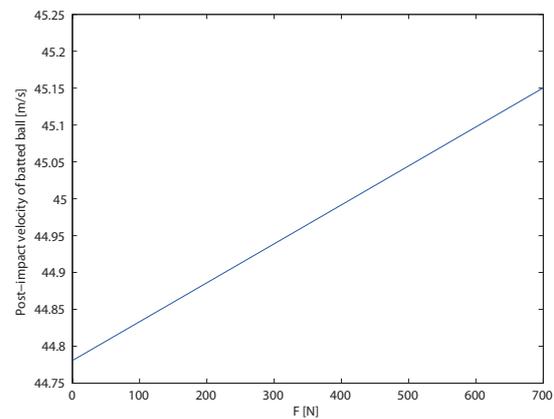


図4 衝突時のバットに異なる力 (F) を加えて, それに対する打球の初速度 (v_f) の変化を示したグラフ. x 軸は $F[N]$, y 軸は $v_f[m/s]$

の研究が重要と考える. どのような身体の動きをする事で, 最適化されたバットの速度と加速度の組み合わせを生成する動きを実現できるの研究には, ヒューマノイドロボットの制御等の知見を用いた詳細な筋骨格モデルを用いたシミュレーションが有用であると考えられる. バットの加速度が打球の初速度に影響する事を詳細なモデルで定量的に評価できれば, 打撃理論の見直し, 子供が練習方法の見直し, 道具開発時の見直しを促すと考える.

5. まとめ

本論文で, 打球の初速度に関して, 今までに考慮されていなかったスイングの加速度の影響を議論した. 広く認められたNathanのモデル[2]に, バットの加速度を加味した運動方程式を数値シミュレーションを用いて解を求めた. 結果, 打球の飛距離が約3~4%伸びる事を確認した. 今後はボールの弾性特性を示すヒステリシス曲線を厳密にモデル化して議論を進める. ヒューマノイドロボットや人間の詳細な筋骨格モデルを用いて, スイングの速度と加速度の最適な組み合わせを実現する動作に関して身体性を考慮した研究に取組む予定. そして, 著者が行ってきた動作学習者のパフォーマンスに応じて動的に提示動作を修正して提示する研究[3]と統合していく予定.

参考文献

- [1] Howard Brody. Models of baseball bats. *American Journal of Physics*, Vol. 58(8), pp. 756-758, Aug. 1990.
- [2] Alan M. Nathan. Dynamics of the baseballbat collision. *American Journal of Physics*, Vol. 68(11), pp. 979-990, Nov. 2000.
- [3] Keisuke Okuno and Tetsunari Inamura. Motion coaching with emphatic motions and adverbial expressions for human beings by robotic system -method for controlling motions and expressions with sole parameter-. In *Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 3381-3386, 9 2011.

リズム運動の次元：不変量による協調運動の分析

Characterizing Rhythmic Coordination in Human Movements with Invariances

日高 昇平¹

Shohei Hidaka¹

¹北陸先端科学技術大学院大学

¹Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract: 本研究では、身体運動をある種の力学系とみなし、その不変的構造の重要性を指摘する力学的不変量仮説(日高, 2013)の立場から、人の複雑なリズム運動の解析を行った。力学的不変量仮説では、身体運動を本質的にある種の力学系とみなし、その座標不変な性質の推定が主たる運動の計算処理であるとする。この観点からは、力学系の不変量の一つであるアトラクターのハウスドルフ次元は、運動の特徴付けとして重要な役割を果たすことが予測される。これを検討するため、人のリズム運動時の速度データの時系列解析を行った。その結果、複数の演奏者や運動速度条件に関わらず、リズム運動を行う手先や楽器部に特徴的な次元が推定された。この結果は、人の運動の特徴付けに不変量が有効であることを示唆し、力学的不変量仮説を支持する新たな知見であるとみなせる。

1. 身体運動の計算論

川人(1996)は、身体運動の計算理論として、筋骨格系の動力学的な滑らかさを制約とする最適制御理論を提案している。川人によれば、身体運動の主要な計算理論は、筋骨格系の動力学的空間(関節角、筋肉の出力・収縮など)と、運動の目標が与えられる作業空間(実3次元空間)上の対応づけの問題である。作業空間上の端点の軌跡が3次元上の点列であるのに対し、それを実現する身体自由度がそれよりも大きいために、本質的に不良設定問題(解が一意ではない)になる。例えば、到達運動時の手の先端のある軌道は各時点で3次元であるが、肩・肘・手首など少なくとも身体には7自由度があり、冗長であるため動力学的な変数は一意に定まらない。従って、川人らは目標軌道の生成および、その実現のための運動制御をある種の最適化による不良設定性の解消が必要であるとした。具体的には、関節まわりのトルクを最小化することを制約とするトルク最小原理、筋緊張最小原理や運動指令最小原理などを提案し、動力学的に滑らかな軌道の生成を身体運動の計算理論として提案している(Uno, Kawato, Suzuki, 1989; Flash & Hogan, 1985)。

この運動制御の最適化理論の一つの問題点は、フィードバックのある大自由度の身体に適用する際に、運動の逆モデルの計算コストが膨大になりえる点である。特に複数の身体部位を協調して行う複雑な動作の場合、その数に応じて無数の組み合わせの変換が必要になる。さらに、運動の観察学習を行うには、

視覚と運動の表現あるいは自己と他者の身体表現の間で変換を行う必要がある(Wolpert, Doya, & Kawato, 2003)。従って、制御理論に基づく従来のロボット工学的手法では、模倣的な行動の学習は困難であると考えられている(Breazeal & Scassellati, 2001)。

本研究では、身体運動の生成と理解を統一的に説明する枠組みの提案を行い、その実証的な検討を行う。提案する理論的枠組みでは、身体運動を神経・筋・骨格からなる大自由度系の適切な制御により構成された、低次元のアトラクタとみなす(Turvey, 1998; Hidaka, 2012; Hidaka & Fujinami, 2013; Shaw et al., 1996)。この枠組みにおいて、身体運動の学習は、特定のアトラクタを安定的に制御するために、軌道が通るべき特定の相空間の領域(「コッ」)を探索・発見し、それを実現することに当たる。また、身体技能の理解は身体運動の知覚から、そのアトラクタを再構成し、その不変的性質を認識することに相当する。

本研究では運動の表現として、再構成された相空間そのものではなく、アトラクタの位相的構造(座標変換に不変な性質)を扱う。相空間を直接計算しないため、無数に存在しうる座標の取り方によらず、複数の身体部位や、運動の実行系と知覚系などの違いを超えた表現が可能になる。提案する仮説の要点は以下のとおりである。(1) 身体運動は神経系・筋

骨格系・環境の相互作用の時間発展として記述できる。つまり、身体運動をある種の力学系とみなす。

(2) ある運動に固有な力学系の性質は、座標によらない不変量によって記述でき、またそれが運動制御に本質的であるとする。(3) 不変量の計算は本質的に座標系のとり方によらないため、異なる座標系の間に対応付けの問題が本質的に無くなる。(4) 不変量の計算には、いくつかの条件が必要であり、その一つは身体運動が滑らかである事によって十分に満たされる。従って、不変量の計算は、従来の滑らかさ制約による最適化理論を一つの条件に含むより上位の計算理論とみなせる。上記の要点(1)は、仮説の中心的な前提、(2)は(1)の前提から可能となり、(3)により身体の不具合設定問題を最適化をせずに解消できる。要点(4)は、本仮説が既存の計算理論のパラダイムに直接対立せず、むしろそれを取り入れた上位の計算理論である事を含意する(仮説の詳細については日高(2013)を参照のこと)。

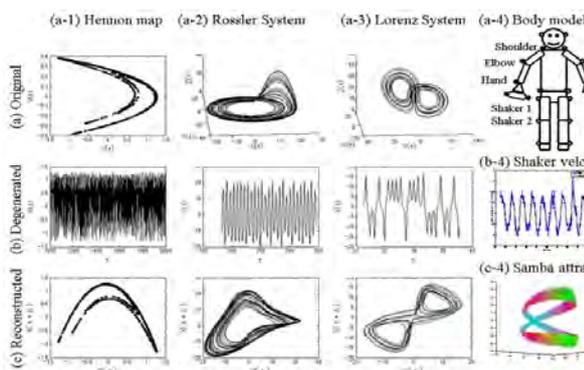


図 1：アトラクタの再構成 (a)Henon 写像, (b)Rossler 系, (c)Lorenz 系, (d)楽器演奏運動

2. 力学的不変量による運動表現

2.1 力学的不変量

本仮説では、身体運動の時間発展を記述する体系として、非線形力学系の理論を採用する。つまり、身体運動を、末梢・中枢神経系、筋骨格系、そして身体に置かれた環境との間の相互作用として捉え、その状態の系列として記述する。ある時点の身体はある次元で表現された状態空間(相空間)のある一状態(一点)として、また一連の身体運動は点を結んだ軌跡として捉えられる。こうした身体運動を力学系として捉える立場では、軌道のアトラクタの構造を分析する。アトラクタとは十分に長い時間で見て軌道がその近傍に無限に回帰するような部分空間の集合である。

理想的には、運動を記述するのに十分な神経、身体、環境の状態が得られる。しかし、実際にはこの仮定はほとんどの場合成り立たない。つまり、我々の観測できる状態は限られており、また本来は観測対象でないものの影響(ノイズ)が含まれる。特に、身体運動の記述に本来必要な要因の観測が失われている場合、これを観測データから再構成を行うのが実践的な時系列分析における常套手段となっている。相空間再構成の一つの方法は、時間遅れ座標への埋め込みである(Takens, 1981)。埋め込みとは縮退した軌道(つまり、軌道の交差などの特異点の存在する相空間)をある高次元空間へ写像する事で、特異点の無い滑らかな軌道に変換する操作である。

アトラクタ再構成の具体例を図1に示す。図1の上段にはアトラクタの例として、左からエノン写像、レスラー系、ローレンツ系を、中段にはその1次元写像を、下段には、その1次元時系列の時間遅れによる2次元埋め込み空間を示している。上段のアトラクタの例はいずれも2または3次元の相空間に描かれ、アトラクタ次元はいずれも1より大きい。従って、これらの1次元射影(図1中段)は一般に縮退している。この縮退した1次元時系列 $X(t)$ に対し、適当な時間遅れ δ を用いて $(X(t), X(t+\delta))$ を2次元空間とみなして埋め込んだのが図1下段である。

2.2 力学的不変量仮説に基づく予測

複数の身体部位の協調により成立する多間接運動において、異なる部位が異なる動力学的な自由度を持っている(図1)。そのため、最適化理論では、異なる部位間の変換も一つの不良設定問題となる。一方、本研究で提案する力学的不変量に基づく計算理論では、異なる身体部位であっても、それらが同一力学系に含まれている場合(i.e., 複数身体部位の協調的運動)、それらの表面上の自由度とはほとんど無関係に、同一の位相的性質を持ったアトラクタによって記述できる。つまり、最適化理論によれば、同じ自由度でない空間の間の直接の対応付けが困難であると考えのに対し、本仮説ではそれが問題にならないどころか、むしろ同じ性質を持つ可能性も示唆する。この点で、両仮説は決定的に異なる。従って、二つの仮説は、ある局所的な身体部位のみに着目した運動では、ほとんど違いがないが、特に、複数の身体部位をうまく協調する事が求められる複雑な運動の際にその違いが顕著となると予測される。具体的に、本研究で分析を行うサンバ演奏などを含むリズム運動では、運動の中心となる楽器部(リズムを規定する運動)と、それに関連する他の部分は、同等の自由度を持つものと予想される。従って、運動中の各身体部位の自由度を分析することで、複雑なリズム運動における力学的不変量仮説を検討する。

2.3 ハウスドルフ測度・次元およびその推定

アトラクタが、自己相似性をもつフラクタル集合によって表現できるとき、特にストレンジアトラクタ

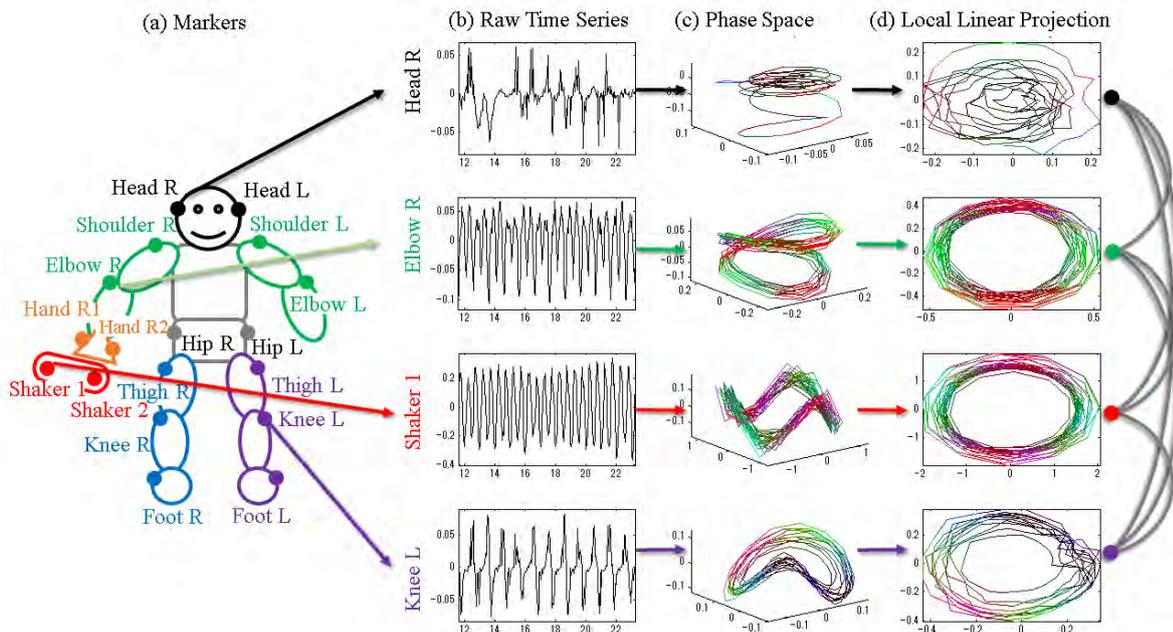


図 2: 実験データおよび分析手続き (a) 18 マーカーの位置, (b) 運動速度, (c) 高次元位相空間, (d) 位相空間の 2 次元局所線形写像。各マーカーの運動速度またはアトラクタ (d) の間の位相同期分析を行った。

一と呼ばれる。フラクタル集合の一つの特徴は、ルベグ測度ゼロ、つまり非整数次元を持つことである (フラクタルおよびストレンジアトラクターの定義は複数ある。詳しくは Cutler (1993) などを参照)。従って、一般にフラクタル集合の“大きさ”は、ルベグ測度によっては捉えられず、それを一般化したハウスドルフ測度 (Hausdorff, 1918) によって捉えられる。ある距離空間上の集合に含まれる点の近傍に対し、縮退しないハウスドルフ測度を与える指数はただ一つ存在し、その指数をハウスドルフ次元 (点次元) と呼ぶ。

ハウスドルフ測度の定義には、極限および任意の有限開被覆上の最小化が含まれているため、一般の集合に対して、これを厳密に計算することは困難である (Cutler, 1993)。そのため、従来の非線形力学系の研究においては、ハウスドルフ測度の下限を与えるものとして、相関次元 (Grassberger & Procaccia, 1983) などの効率的に計算可能な量の分析が行われてきた。ただし、相関次元およびその一般化である一般化相関次元は、本来は計算を簡便化し、実用性を持つものとして提案されたが、実際には、様々な応用上の問題点が指摘されている (総説として Theiler, 1990; Kantz & Schreiber, 1997 などを参照)。例えば、相関次元はハウスドルフ次元と一致する特殊な場合を除けば滑らかな座標変換 (Bi-Lipschitz map) に対して“不変ではない” (Ott, Withers, & Yorke, 1984)。従って、本研究の目的に沿って力学的不変量を分析するためには、相関次元は不十分である。

従って、我々は新たなハウスドルフ点次元の推定法の開発を行った (Hidaka & Kashyap, in preparation)。この推定法では、推定すべきハウスドルフ点次元および測度のスケール (密度) が、各点の近傍で定義され (Alhor's condition)、この測度に応じたポアソン過程によって、 n 番目の最近傍点が与えられると仮定する。こうした仮定に基づき、点次元の集合全体での測度 (次元分布) を階層ベイズモデルの事後分布として推定する。 n -最近傍距離のデータからハウスドルフ次元分布を推定するため、こうして推定された次元を n -最近傍次元 (分布) と呼ぶ。理論上、上記のポアソン過程によるサンプリングなどの仮定が成立する場合、 n -最近傍次元は、ハウスドルフ次元分布に一致し (almost surely)、また、その平均次元は一般化相関次元 ($q=n$) に一致する。従って、十分に密で、上記の仮定を満たす独立なデータが与えられた場合、 n -最近傍次元分布は、任意の滑らかな座標変換に対する不変性を持つ。実際に、著者らの行った数値実験においても、推定された n -最近傍次元の非線形変換やノイズに対する頑健性が確認されている。従って、 n -最近傍次元により、力学系としての不変量の性質を分析した。

3. 力学的不変量仮説の検討

3.1 リズム運動のデータ収集

提案仮説の予測を検討するために、本研究ではサンバ演奏における振りの動作について全身 18 箇所の運動を計測したデータを再分析した (Matsumura

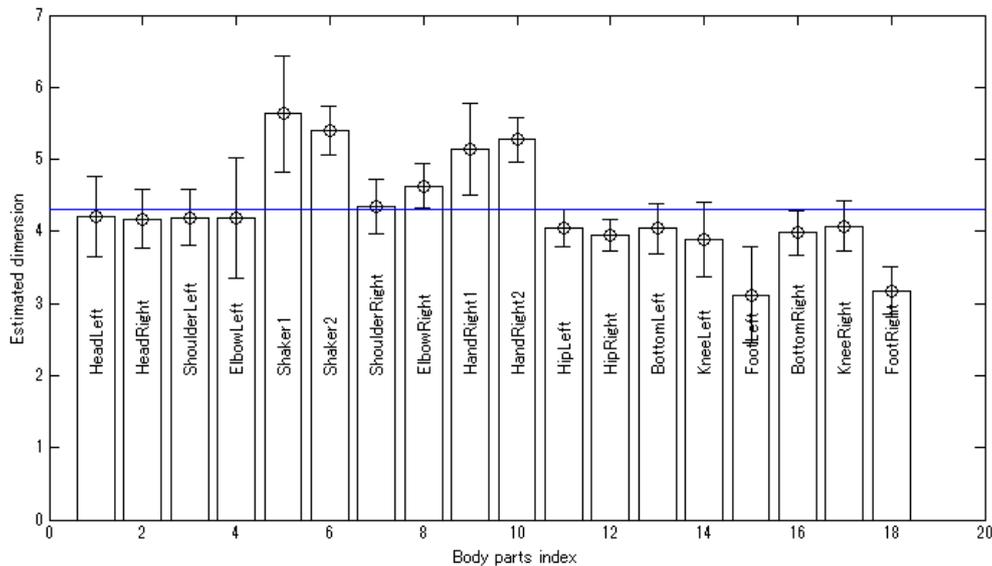


図 3: 18 の身体部位ごとの平均のアトラクタ次元(それぞれ 5 演奏者・5 運動条件の平均)

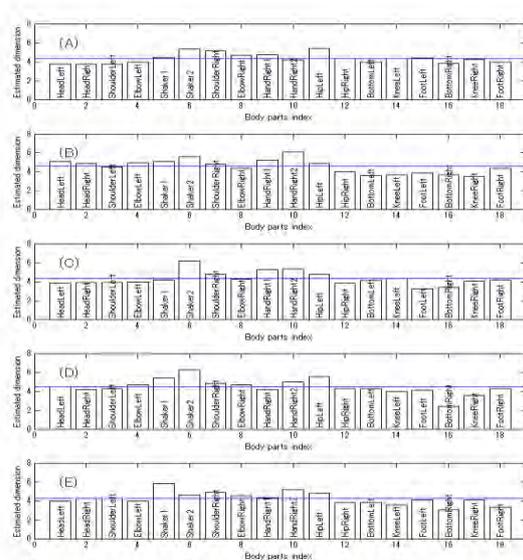


図 4: 各演奏者・身体部位の平均アトラクタ次元

et al., 2011; Yamamoto, Ishikawa, & Fujinami, 2006; Yamamoto & Fujinami, 2008)。先行研究では、リズム運動の熟達度の違いを分析するためにデータの収集が行われた。実験では 5 人の演奏者を対象として、サンバの基本的なリズムで楽器(シェイカー)を振る動作をモーションキャプチャ装置によって計測した。各演奏者は 5 つの異なる運動速度条件をメトロノームによって与えられた(60, 75, 90, 105, 120 BPM (beats per minute), 各条件の平均の演奏

時間は約 97.4 秒)。演奏中の動作は、全身 16 箇所および楽器 2 箇所に取り付けられたマーカー(図 2(a))によって、86.1Hz のサンプリングレートで計測された(図 1a-4)。

3.2 分析手続き

分析では、ノイズ除去のため、運動開始直後のデータ(250 データ点、5.91 秒相当)を除き、46.05Hz のレートで各条件 3190 データ点の運動速度の時系列(74.1 秒間)を用いた(図 2(b)に代表的な例を示す)。各マーカーの時系列ごとに、46 ミリ秒の遅れにより 31 次元の遅延座標系への埋め込み(Takens, 1981)を行った(図 2(c)に位相空間の 3 次元主成分写像を示す)。元のデータは計測上のデジタル化の影響でノイズが含まれているため、埋め込み座標上で非線形ノイズ処理(Sauer, 1992; Kostelich & Schreiber, 1993)を行った。ノイズ処理前と後の時系列の一例として、図 1(b-4)にある代表的な演奏者(A)の楽器の動きを示している。こうして得られた 31 次元の遅延座標系上の 3220 点を状態空間の遷移とみなし、アトラクタの 2-最近傍次元の推定を行った。最近傍次元の推定法の詳細は Hidaka & Kashyap (in preparation)を参照のこと。

4. 結果・考察

5 人の演奏者、各 5 つのテンポのそれぞれの組み合わせにつき、18 の運動計測を行った位置の速度データのそれぞれにたいしアトラクタの再構成を行った(図 2)。そのアトラクタの最近傍

次元の推定結果を図3に示す。図3は、各身体部位について5演奏者・5条件の平均次元(エラーバーは標準偏差)を示している。この結果は、演奏の中である楽器、それを持つ右手を除いて、他の多くは4次元程度の次元を持っており、楽器やそれに直接関連する身体部位では5次元以上の比較的高い次元を持つ事を示している。また、この結果は、5演奏者間でも一貫しており、演奏者ごとの平均次元でも類似した結果が得られた(図4)。加えて、演奏者ごとの結果では、個人差はあるものの腰の一部(HipLeft)にも楽器部と同程度の高い次元が見られた。従って、身体全体における最近傍次元の分布は、演奏条件や演奏者によらず、サンバ演奏と言う運動の種類に固有のものである可能性が示唆される。

サンバ演奏の運動の性質上、楽器や楽器をもつ手が特徴的な次元を持つ事が期待され、実際に、より高い最近傍次元を持つ事がわかる。一方、楽器とは物理的には距離のある腰部でも、楽器部と同様の高い最近傍次元が推定された。これは、単純に楽器に直接繋がっている身体部だけではなく、腰の動きがリズム運動を構成するのに本質的であることを示唆している。この結果は、演奏者の観点からは、“自然である”と解釈ができる。つまり、従来より、経験的に実践家の間では、サンバ演奏などのリズム運動には、下半身、特に腰部の動きが重要であることは指摘されていた。従って、その意味では、ごく当然の結果であるとも言える。しかし、なぜ“腰の動き”がリズム運動に必須なのか、実践家の直観以上にそれを裏付ける知見は現在のところ乏しいといわざるを得ない。この意味で、演奏者の直観を裏付ける形で、腰の動きの特性を、アトラクターの次元として定量化できることを示した点は重要であると考えられる。

5. 総合討議

本研究で採用した力学的不変量仮説では、身体運動の主たる計算過程は、その力学的性質の推定であるとする。この仮説の立場からは、特に運動の特徴付けのひとつとして、力学的な不変量が有効であることが予想される。従って、一つの事例としてサンバ演奏を対象とし、リズム運動における力学的不変量の分析を行った。具体的には、Hausdorff次元分布および一般化相関次元(Hentschel & Procaccia, 1983)と同等の量分布をより高い精度で計算する方法(Hidaka & Kashyap, in preparation)を用いて、各演奏者、各運動速度条件のそれぞれで全身18箇所(箇所)の運動についてアトラクター次元の推定を行った。この結果、事前に予想されたとおり、サンバ演奏の中心である楽器およびその持ち手において特徴的な比較的高い次元が見られた。さらに、これに加え、腰部でも、楽器部とほぼ同程度の高い次元が見られた。こうして推定されたアトラクター次元は、複数の演奏者および条件で一貫しており、サンバ演奏におけるリズム運動に固有のパターンを特徴付けていると考えられる。

この結果は、サンバ演奏とはどのようなものかドメイン固有の知識を持つ演奏者の立場からは、“自明”な結果である。つまり、明らかにサンバ演奏時には楽器の運動が中心的な役割を果たしており、また、ダンスを起源とするサンバでは、腰の動き

の重要性は古くから指摘されてきた経験則である。一方、実践者の立場ではなく、サンバの運動に対する事前知識を前提とせず、それを解析する研究者の立場からは、演奏者の内観を越えて、腰の動きが実際に演奏に特徴的な構造を持っているのか、は必ずしも自明ではない。本研究の解析結果の示していることは、サンバ演奏者の持つ直観や経験則が正しいことを裏付けている。つまり、腰の動きはどの被験者でも一貫して、他の体の部分と異なり、むしろ楽器の演奏と同程度の次元を持つ事を定量的に示している。この結果は、アトラクター次元の解析により、運動の種類判別や、ある運動時に重要な身体部位を定量的に特定できる可能性を提示している点で興味深い。

最後に、ここで得られたアトラクター次元の意味について、現時点で著者の持つ推測を交えて考察してみたい。理論的に、同じ系に含まれる部分要素から推定されるアトラクターは、理論的には観察方法によらず同一の不変量を持つ。したがって第一に、次元の解釈として、異なる次元を持つ身体部位間は、同じ系(強い相互作用を持つ系)にあるとは考えにくい。したがって、本研究で対象としたサンバ演奏という文脈では、楽器より有意に低い次元をもつ部位は、楽器との協調性・相互作用が弱かったのではないかと推測できる。次に、もう一つのより踏み込んだ(必ずしも正しくはない)解釈としては、同じ次元を持つ身体部位は、同じ系の一部である可能性がある(これは「同じ系⇒同じ次元」の逆なので、論理的には必ずしも成り立たない事に注意)。この意味で、サンバ演奏時には、楽器・その持ち手と、腰部の動きが強い相互作用をもち、同一の系の一部としてみなせる可能性を示している。また、一般にアトラクター次元は、その系の複雑性の一側面を表す指標である。理論上、アトラクター次元は、アトラクター多様体上の局所的な座標系の(アトラクター上の測度の意味で)平均的な次元を意味する(Cutler, 1992)。この意味で、楽器部および腰部の運動における相対的に高い次元は、他の部分に比べて、より複雑な動きであるといえる。今後の研究では、より詳細な分析により、この比較的高い次元が見られる各部での相互作用や、またアトラクター分類などの研究を進めることを計画している。

本研究で採用した力学的不変量仮説(Hidaka & Fujinami, 2013; 日高, 2013)は、Marr(1982)以来、認知科学、認知神経科学の分野で支配的な考えであった最適化による計算理論を越えて、力学系に基づく運動表現を中心に据えるものである。本研究の結果は、この仮説を支持する経験的な知見の一つとみなせる。この観点からは、今後、サンバ運動以外の特に非周期的な運動を調べる事で、この仮説の一般化可能な範囲を調べる事が重要である。

謝辞

本論文の執筆に多くのご助言をいただいた藤波努先生に感謝申し上げます。本研究の一部は科学研究費補助金(基

盤 B: 2330009, 挑戦的萌芽研究: 25560297)、NPO 法人ニューロクリアティブ研究会の助成による。

参考文献

- [1] Breazeal, C. & Scassellati, B. (2002). Robots that imitate humans., Trends in Cognitive Sciences, 6 (11), 481-487.
- [2] Cutler, C. D. (1993). A Review of The Theory and Estimation of Fractal Dimension. Tong, H. (Ed.). (1993). *Dimension estimation and models* (Vol. 1). World Scientific.
- [3] Flash, T., & Hogan, N. (1985). The coordination of arm movements: an experimentally confirmed mathematical model. *The journal of Neuroscience*, 5(7), 1688-1703.
- [4] Grassberger, P., & Procaccia, I. (1983). Measuring the strangeness of strange attractors. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 9(1), 189-208.
- [5] Hausdorff, F. (1918). Dimension und äußeres Maß. *Mathematische Annalen*, 79(1-2), 157-179.
- [6] Hentschel, H. G. E., & Procaccia, I. (1983). The infinite number of generalized dimensions of fractals and strange attractors. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 8(3), 435-444.
- [7] Hidaka, S. (2012) Identifying Kinematic Cues for Action Style Recognition. In *Proceedings of The Thirty Fourth Annual Meeting of Cognitive Science Society*, 1679-1684.
- [8] Hidaka, S. & Fujinami, T. (2013). Topological Similarity of Motor Coordination in Rhythmic Movements., In *Proceedings of The Thirty Fifth Annual Meeting of Cognitive Science Society*.
- [9] Hidaka, S. & Kashyap, N. R. (in preparation). Estimating Hausdorff Dimension Distribution Through Nearest Neighborhood.
- [1 0] Kantz, H., & Schreiber, T. (1997). *Nonlinear time series analysis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [1 1] Kostelich, E. J., & Schreiber, T. (1993). Noise reduction in chaotic time-series data: a survey of common methods. *Physical Review E*, 48(3), 1752.
- [1 2] Matsumura, K., Yamamoto, T., & Fujinami, T. (2011). The role of body movement in learning to play the shaker to a samba rhythm: An exploratory study. *Research Studies in Music Education*, 33(1), 31-45.
- [1 3] Marr, D. (1982). *Vision*. W.H.Freeman & Co Ltd.
- [1 4] Ott, E., Withers, W. D., & Yorke, J. A. (1984). Is the dimension of chaotic attractors invariant under coordinate changes?. *Journal of Statistical Physics*, 36(5-6), 687-697.
- [1 5] Sauer, T. (1992). A noise reduction method for signals from nonlinear systems. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 58(1), 193-201.
- [1 6] Shaw, R. E., Flascher, O. M., & Mace, W. M. (1996). Dimensions of event perception. *Handbook of perception and action*, 1, 345-395.
- [1 7] Takens, F. (1981). Detecting strange attractors in turbulence., In D. A. Rand and L.-S. Young. *Dynamical Systems and Turbulence, Lecture Notes in Mathematics*, vol. 898. Springer-Verlag. pp. 366-381.
- [1 8] Theiler, J. (1990). Estimating fractal dimension. *JOSA A*, 7(6), 1055-1073.
- [1 9] Uno, Y., Kawato, M., & Suzuki, R. (1989). Formation and control of optimal trajectory in human multijoint arm movement – minimum torque-change model. *Biological Cybernetics*, 61, 89-101.
- [2 0] Turvey, M. T. (1998). Dynamics of effortful touch and interlimb coordination. *Journal*
- [2 1] Wolpert, D. M., Doya, K., & Kawato, M. (2003). A unifying computational framework for motor control and social interaction. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 358, 593-602.
- [2 2] Yamamoto, T., & Fujinami, T. (2008). Hierarchical organization of the coordinative structure of the skill of clay kneading. *Human Movement Science*, 27(5), 812-822.
- [2 3] Yamamoto, Y., Ishikawa, K., & Fujinami, T. (2006). Developmental stages of musical skill of samba. *Journal of biomechanics*, 39, S555.
- [2 4] 川人光男(1996). 脳の計算理論. 産業図書.
- [2 5] 日高昇平 (2013). 力学的不変量仮説: 運動制御の最適化理論の上位原理として., 第 15 回身体知研究会予稿集, 9-15.

我々の前に立ち現れる現象について

On Phenomena Emerging before Us

小笠原 義仁* 大石 進一
Yoshihito Ogasawara Shin'ichi Oishi

早稲田大学理工学術院
Faculty of Science and Engineering, Waseda University

Abstract:

The purpose of this study is to answer an essential question "What is phenomena emerging before us?", with the aid of the notion of primitive chaos and a mathematical method, topology. Here, the primitive chaos is closely related to fundamental problems such as determinism, causality, free will, and irreversibility. By exploring conditions for the guarantee of existence of the primitive chaos, we can see the emergence of infinite varieties of events and causalities, including the relation between whole and part, the methods of recognizing phenomena, and the notions of self-similarity, coarse graining, and logic.

1 はじめに

本発表は、「我々の前に立ち現れる現象とは何か？」という問題に対して、primitive chaos と呼ばれる概念とトポロジーを用いて迫る事を目的とした研究の報告である。

ここで primitive chaos とは、決定論、因果律、自由意志、時間といった問題 [1-60] と密接に関わる概念である。又、トポロジーは「形態の概念」についての議論として理解出来るが、本研究においては「概念の形態」についての議論としても解釈されている [61, 62]。

2 Primitive Chaos からの創発

テント写像 $\varphi : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $x \mapsto \min\{2x, 2(1-x)\}$, パンこね写像 $\varphi : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $x \mapsto 2x$ ($0 \leq x \leq 1/2$), $2x-1$ ($1/2 \leq x \leq 1$), ロジスティック写像 $\varphi : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $x \mapsto 4x(1-x)$ といった基本的なカオス写像は、次の特徴的な性質を持つ。

- (A) 任意の無限列 $\omega_0, \omega_1, \omega_2, \dots$ に対して, $\varphi(x_0) \in \omega_1$, $\varphi(\varphi(x_0)) \in \omega_2, \dots$ を満たすような初期値 $x_0 \in \omega_0$ が存在する。但し, 各 ω_i は $A = [0, 1/2]$ か $B = [1/2, 1]$ である。

この性質は次のような意味で興味深い [63, 64, 65]。今, コイン投げにより表が出たら A として裏が出たら

B とすると, A, B からなる記号列を確率論的・非決定論的に得る事が出来るが, 上の性質 (A) は, そのように非決定論的に得られた記号列を, 必ず決定論的に記述する事が出来る事を主張している。従ってこの性質は, 「決定論とは何か？」という問題を孕んでいる。

あるいは, 記号 A, B をより一般的に, 事象 A, B からなる時系列によって表現されている現象であると解釈するならば, 性質 (A) はそのような意味において, 任意の現象が単純な法則 φ によって記述出来る事を主張している。従ってこれは, 「法則あるいは因果律とは何か？」という問題に我々を導く。

又, 我々の人生を選択の歴史であるとして, 各選択肢に対して, Yes ならば A で No ならば B であるとするならば, A, B からなる記号列は選択の歴史, すなわち我々の人生として解釈される事になるが, 性質 (A) は我々が自由意志によってそれを選んだつもりであっても, 単純な法則のもとにそれは始めから定まっていたものである事を主張する。従ってこの性質は, 「自由意志とは何か？」という問題も孕んでいる。

さらに, ω_n を現在であるとするならば, 性質 (A) はどのような過去 $\omega_1, \dots, \omega_{n-1}$ も理解する事が出来る一方で, 直後の未来 ω_{n+1} ですら予想出来ない事を意味する。これは, 時間の非対称性の問題, あるいは不可逆性の問題に我々を導く。

しかしこのような考察を踏まえるならば, 性質 (A) は条件が制限され過ぎている。実際, 記号 A, B は事象や選択肢を意味しているが, それが A, B の2つしかないという状況は単純化し過ぎである。又, A, B は点 $1/2$ において交わっているが, この1点において交わって

*連絡先: 早稲田大学理工学術院
〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1
E-mail: ogasawara@aoni.waseda.jp

いるという事実にも特別な意味はない。さらには、そもそも記号 A, B は閉区間 $[0, 1/2]$ と $[1/2, 1]$ の事であったが、この具体的意味にも上記の考察とは直接関係がない。

以上の議論を考慮に入れるならば、性質 (A) は次に示される primitive chaos の概念へと一般化される [63]。

定義 集合 X , 部分集合族 $\{X_\lambda; \emptyset \neq X_\lambda \subset X, \lambda \in \Lambda\}$, 写像族 $\{f_{X_\lambda} : X_\lambda \rightarrow X, \lambda \in \Lambda\}$ が性質 (P) を満たす時, $(X, \{X_\lambda, \lambda \in \Lambda\}, \{f_{X_\lambda} : X_\lambda \rightarrow X, \lambda \in \Lambda\})$ を primitive chaos と呼ぶ。

(P) 任意の集合列 $\{\omega_i\}_{i=0}^\infty \subset \{X_\lambda, \lambda \in \Lambda\}$ に対して初期値 $x_0 \in \omega_0$ が存在して,

$$f_{\omega_0}(x_0) \in \omega_1, f_{\omega_1}(f_{\omega_0}(x_0)) \in \omega_2, \dots$$

が成り立つ。

なお, primitive chaos に基本的な条件を付加する事により, 非周期軌道の存在, 任意の自然数 n に関する素周期 n の周期点の存在, 稠密な軌道の存在, 周期点の稠密性, 初期値鋭敏性, 位相推移性といった, カオスの特徴づける性質が現れる [66]。従って, そのような意味において primitive chaos は文字通り「原初的なカオス」である。

そして, この primitive chaos を保証する条件として次の命題が用意されている [63]。但し, 可算コンパクト空間とは, 任意の可算な開被覆が有限部分被覆を持つ事であり, 従って任意のコンパクト空間は可算コンパクトである。

命題 X は可算コンパクト空間であり, $\{X_\lambda, \lambda \in \Lambda\}$ は閉集合族であるとして, 各 f_{X_λ} が連続全射とするならば, 性質 (P) は満たされる。

さらに, この命題で必要とされている連続全射の存在を保証する条件の探求により, nondegenerate Peano continuum の概念を得る事が出来る [63]。ここで, nondegenerate Peano continuum とは 2 点以上を含む局所連結な連続体の事であり, 連続体とは連結なコンパクト距離空間の事である。

定理 1 X を nondegenerate Peano continuum とすると, 任意の $\varepsilon > 0$ に対して, 直径が ε 未満の nondegenerate Peano subcontinuum からなる X の被覆 $\{X_1, \dots, X_n\}$ が存在する。そして各 i について, 任意の m^i 個の点 $x_1^i, \dots, x_{m^i}^i \in X_i$ と $y_1^i, \dots, y_{m^i}^i \in X$ に対して, 連続全射 $f_{X_i} : X_i \rightarrow X$ が存在して $f_{X_i}(x_1^i) = y_1^i, \dots, f_{X_i}(x_{m^i}^i) = y_{m^i}^i$ が成り立ち, 性質 (P) が満たさ

れる。

そして, 連続全射の存在を保証する条件への異なる探求により, Cantor set の概念を得る事も出来る [64, 65, 67]。但し, Cantor set とは Cantor middle-third set と同相な空間の事であり, 0 次元で完全なコンパクト距離空間として特徴付けられる。

定理 2 X を Cantor set とすると, 任意の自然数 n に対して, 閉かつ開なる集合による X の直和分割 $\{X_1, \dots, X_n\}$ が存在して, 連続全射 $f_{X_i} : X_i \rightarrow X, i = 1, \dots, n$ が得られて, 性質 (P) が満たされる。

すなわち, primitive chaos を保証する条件の探求により, トポロジカルな概念である nondegenerate Peano continuum と Cantor set が現れてくる様子を見る事が出来る。

そして, 定理 1 における正数 ε , 点 $x_1^i, \dots, x_{m^i}^i \in X_i, y_1^i, \dots, y_{m^i}^i \in X$ の任意性と, 定理 2 における自然数 n の任意性により, nondegenerate Peano continuum と Cantor set が事象 (選択肢) や因果律 (法則) を, 無限の多様性をもって保証している様子を見る事が出来る [68, 69]。

さらにこの結果は, 我々が現象を理解する際に用いる, 連続性 (連続体) と離散性 (0 次元) という対照的なものの見方に関する示唆を与えており [70], 全体と部分の関係や, 自己相似性, 粗視化, 論理といった概念が現れてくる様子も見る事が出来る [65, 66]。

3 むすび

primitive chaos をトポロジカルな観点から探求する事により, 事象や因果律が無限の多様性をもって現れてくる様子を見る事が出来る。そこには, 我々が現象を理解する際に用いる対照的なものの見方についての示唆が与えられており, 全体と部分の関係や自己相似性, 粗視化, 論理といった概念が現れてくる様子も見る事が出来る。

謝辞

本研究は JST CREST の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] A. Aspect, P. Grangier, and G. Roger: Phys. Rev. Lett. **47** (1981) 460.
- [2] A. Aspect, P. Grangier, and G. Roger: Phys. Rev. Lett. **49** (1982) 91.

- [3] A. Aspect, J. Dalibard, and G. Roger: Phys. Rev. Lett. **49** (1982) 1804.
- [4] S. Augustine: *Confessionum*.
- [5] J. S. Bell: Physics **1** (1964) 195.
- [6] H. Bergson: *Essai sur les données immédiates de la conscience* (Presses Universitaires de France, Paris, 1948) [in French].
- [7] N. Bohr: Phys. Rev. **48** (1935) 696.
- [8] D. Bohm: Phys. Rev. **85** (1952) 166.
- [9] D. Bohm: Phys. Rev. **85** (1952) 180.
- [10] D. Bohm: *Fragmentation and Wholeness* (Van Leer Jerusalem Foundation, Jerusalem, 1976).
- [11] D. Bohm: *Wholeness and the Implicate Order* (Routledge & Kegan Paul, London, 1980).
- [12] H. Butterfield: *The Origins of Modern Science: 1300-1800* (Bell, London, 1949).
- [13] H. Y. Carr and E. M. Purcell: Phys. Rev **94** (1954) 630.
- [14] R. Colbeck and R. Renner: Nat. Phys. **8** (2012) 450.
- [15] J. Conway and S. Kochen: Found. Phys. **36** (2006) 1441.
- [16] J. H. Conway and S. Kochen: Not. Am. Math. Soc. **56** (2009) 226.
- [17] P. Coveney and R. Highfield: *The Arrow of Time: A Voyage Through Science to Solve Time's Greatest Mysteries* (W.H. Allen, London, 1990).
- [18] P. C. W. Davis: *The Physics of Time Asymmetry* (Surrey University Press, London, 1974).
- [19] D. C. Dennett: *Freedom Evolves* (Penguin, London, 2004).
- [20] P. Duhem: *La Theorie Physiqu: son Objet, sa Structure* (Librairie Philosophique J. Vrin, Paris, 1993) [in French].
- [21] S. A. Eddington: *The nature of the physical world* (J. M. Dent & Sons Ltd., London, 1928).
- [22] S. A. Eddington: *The philosophy of physical science* (University Press, Cambridge, 1939).
- [23] A. Einstein: Ann. der Phys. **17** (1905) 891.
- [24] A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen: Phys. Rev. **47** (1935) 777.
- [25] H. Everett, III: Rev. Mod. Phys. **29** (1957) 454.
- [26] Paul Feyerabend: *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* (Humanities Press, London, 1975).
- [27] R. P. Feynman: *The Character of Physical Law* (The Modern Library, New York, 1994).
- [28] J. Ford: Phys. Today **36** (1983) 40.
- [29] J. W. Gibbs: *Elementary Principles in Statistical Mechanics* (Yale Univ. Press, New Haven, 1902).
- [30] N. R. Hanson: *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1958).
- [31] M. Heidegger: *Sein und Zeit* (M. Niemeyer, Tübingen, 1984) [in German].
- [32] M. Jammer: *The Philosophy of Quantum Mechanics* (John Wiley & Sons, Inc., New York, 1974).
- [33] S. Kierkegaard: *Sygdommen til Døden* (C.A. Reitzels, Kjøbenhavn, 1849) [in Danish].
- [34] S. Kochen and E. P. Specker: J. Math. Mech. **17** (1967) 59.
- [35] T. S. Kuhn: *The Structure of Scientific Revolutions* (University of Chicago Press, Chicago, 1970).
- [36] 九鬼周造「偶然性の問題」岩波書店, 1935.
- [37] I. Lakatos: *The Methodology of Scientific Research Programmes*, ed. J. Worrall and G. Currie (Cambridge University Press, Cambridge, 1978).
- [38] P. S. Laplace: *Essai Philosophique sur les Probabilités* (Mme. Ve. Courcier, Paris, 1814) [in French].
- [39] H. S. Leff and A. F. Rex: *Maxwell's Demon: entropy, information, computing* (A. Hilger, Bristol, 1990).
- [40] B. Libet: *Mind Time: The Temporal Factor in Consciousness* (Harvard University Press, London, 2005).
- [41] K. Mainzer: *Der Kreative Zufall: wie das neue in die welt kommt* (Verlag C. H. Beck oHG, München, 2007) [in German].
- [42] J. C. Maxwell: *Theory of heat* (Longmans, London, 1921).
- [43] N. D. Mermin: Phys. Today **38** (1985) 38.
- [44] N. D. Mermin: Rev. Mod. Phys. **65** (1993) 803.
- [45] J. Monod: *Le Hasard et la Nécessité: Essai sur la Philosophie Naturelle de la Biologie Moderne* (Éditions du Seuil, Paris, 1970) [in French].
- [46] R. Morris: *Time's Arrows* (Simon and Schuster, New York, 1984).
- [47] 西田幾多郎著, 野家啓一編「『科学哲学』論文集」燈影舎, 1998.
- [48] R. Penrose: *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics* (Oxford University Press, Oxford, 1989).
- [49] R. Penrose: *Shadows of the Mind: a Search for the Missing Science of Consciousness* (Oxford University Press, Oxford, 1994).
- [50] I. Prigogine: *From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences* (W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1981).
- [51] I. Prigogine and I. Stengers: *Order Out of Chaos* (Bantam books, New York, 1984).

- [52] I. Prigogine (in collaboration with I. Stengers): *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* (Free Press, New York, 1997).
- [53] W. V. O. Quine: *From a Logical Point of View: 9 Logico-Philosophical Essays* (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1953).
- [54] W-K. Rhim, A. Pines, and J. S. Waugh: Phys. Rev. B **3** (1971) 684.
- [55] D. Ruelle: *Chance and Chaos* (Princeton University Press, Princeton, 1991).
- [56] J. R. Searle: The Behavioral and Brain Sciences **3** (1980) 417.
- [57] E. Schrödinger: *Mind and Matter* (Cambridge University Press, Cambridge, 1958).
- [58] V. Ž. Vulović and R. E. Prange: Phys. Rev. A **33** (1986) 576.
- [59] E. P. Wigner: Communications on Pure and Applied Mathematics **XIII** (1960) 1.
- [60] A. Zeilinger: Nature **438** (2005) 743.
- [61] K. Lewin (translated by F. Heider and G. M. Heider): *Principles of topological psychology* (McGraw-Hill Book Company, New York, 1936).
- [62] 小笠原義仁「ものの見方としての位相空間論入門」培風館, 2011.
- [63] Y. Ogasawara: J. Phys. Soc. Jpn. **79** (2010) 15002.
- [64] Y. Ogasawara and S. Oishi: RIMS Kôkyûroku **1833** (2013) 98.
- [65] Y. Ogasawara and S. Oishi: J. Phys. Soc. Jpn., submitted.
- [66] Y. Ogasawara and S. Oishi: J. Phys. Soc. Jpn. **81** (2012) 103001.
- [67] Y. Ogasawara and S. Oishi: arXiv:1203.0087v1.
- [68] 西田幾多郎「善の研究」岩波書店, 1921.
- [69] V. Weizsäcker: *Der Gestaltkreis: Theorie der Einheit von Wahrnehmen und Bewegen* (Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1940).
- [70] C. S. Peirce, 伊藤邦武「連続性の哲学」岩波書店, 2001.
- [71] Y. Ogasawara, S. Oishi: J. Phys. Soc. Jpn. **80** (2011) 67002.
- [72] S. B. Nadler Jr., *Continuum theory* (Marcel Dekker Inc., New York, 1992).
- [73] A. Illanes, S. B. Nadler Jr., *Hyperspaces*, Marcel Dekker Inc., New York, 1999.

言語の生物学的構造 — チョムスキーの生得説とピアジェの獲得説は、ピアジェ説が正しいのではないか

The Biological Structure of Language – Of Chomsky’s Innate Theory and Piaget’s Construction Theory, Piaget Theory seems to be Correct.

得丸公明 Kimiaki Tokumaru

衛星システム・エンジニア Satellite System Engineer

Abstract: The 19th International Congress of Linguists was held in July 2013 at Geneva, where the author presented two posters on the Origin and Mechanism of Human Language, the Digital Linguistics. There he encountered “Language and Learning: The Debate between Jean Piaget and Noam Chomsky” held in Paris in 1975. Having investigated the debate between Piagetian constructionism and Chomskyan innatism, he concluded that Chomsky is based on Mind-Body Dualism, and that the author’s original Digital Linguistics can terminate the debate with the victory of Piaget.

1 はじめに：音声言語のデジタル性

1.1 デジタルへの気づきと究明

筆者は地球環境問題をひき起こした人類とは何者かに興味をもち、2007年4月に最古の現生人類遺跡クラシーズ河口洞窟を訪問した。インド洋に面した海岸段丘の海拔20m地点にある洞窟は、外敵や風雪から身体を保護するのみならず、音響シェルターとして外部の音を遮断し、内部の音を外に洩らさず、夜間は漆黒の闇となって音声コミュニケーションの発達を促す空間であることがわかった。

東アフリカの熱帯サバンナの地下トンネル内で一生を過ごすハダカデバネズミは、皮膚も毛も薄い裸の哺乳類で、晩成動物で、階級をもつ真社会性動物であり、音声コミュニケーションが高度に発達している。しかしハダカデバネズミの語彙(音声記号)数は17しかなく、ヒトに比べて3~4桁も少ない。

ハダカデバネズミは同じ鳴き声を繰り返すのに対して、ヒトは離散的な音節によって一次元状に組み立てられたメッセージを交換する。単語は音節の重複順列によって組み立てられるから語彙数が多い。ヒトの言語はデジタル通信ではないかと思いついた。

それを2009年1月と5月に情報処理学会に論文として提出したところ、二度とも査読で落ち、書き直しの余地すらなかった。そこで2009年10月の電子情報通信学会思考と言語研究会を皮切りに、情報処理学会・人工知能学会の研究会で70回強、その他の学会・研究会・学会誌・自主研究会で30回弱の発表・投稿を続け、音声言語のデジタル性を究明してきた。

1.2 第19回国際言語学者会議への参加

国際言語学者会議(ICL)ときくと、1962年に開かれた第9回国際言語学者会議で、チョムスキーが「チョムスキーの難題」を発表したことが記憶にある。現在は5年に一度開催されていて、第19回国際言語学者会議は2013年7月にジュネーブ大学で開催された。筆者はアブストラクトを2本提出したところ、2本ともポスター発表として採択された。

1.2.1 ネットワーク物理層の信号生成装置

ひとつは「論理的音節が運用するデジタル言語-ヒト言語の起源とメカニズム」(“The Digital Language operated by Logical Syllables”, 図1)である。

動物(ヒト以外の)とヒトの音声コミュニケーションの違いは、同じ鳴き声を繰り返すアナログ方式か、有限個の離散信号を一次元状につむぐデジタル方式かの違いである。いつ、どこで、ヒトに固有の離散信号が生まれたのかについて人類史を振り返ってみると、最古の現生人類遺跡があり最古の言語コイサン語が使われている南アフリカのインド洋沿いの一帯にたどりつく。これはミトコンドリアDNAの突然変異解析の結果とも整合する。

この地には、7万7千年前から7万年前に栄えたスティルベイ(Still Bay, SB)新石器文化と、6万6千年前から5万8千年前に栄えたより高精度の石器やダチョウの卵の柄付けを生み出したホイソンズプールト(Howiesons Poort, HP)新石器文化がある。この2つ

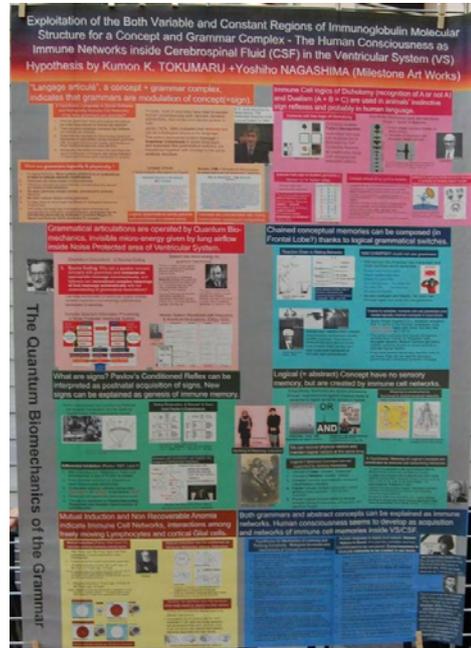
の新石器文化を、コイサン語に特有のクリック子音が音素として獲得された時期、そして喉頭降下が起きて母音のアクセントをもつ音節を獲得した音素進化として解釈する。その結果、母音のアクセントのおかげで音声は波形をもつようになった。

ない。リンパ球は自由に動き回るので、直接的な接触か、あるいは彼らが放出する抗体分子によって相互に作用する。」リンパ球は移動アドホックネットワーク神経細胞と呼ぶのがより適切である。免疫細胞は進化した神経細胞なのだ。



概念の分子構造

図 1



文法の量子生力学

図 2

言葉(概念)の記憶は波形として、脳室内の脳脊髄液中中の B リンパ球がもつ免疫グロブリンの抗原結合領域(Fab: Fragment Antibody Binding)の形状に写し取られ、その形状にもとづいた免疫ネットワークが意識であるという仮説で、副題を「概念の分子構造(The Molecular Structure of the Concept)」とした。

脳室脳脊髄液中中の B リンパ球の抗原結合領域、脳幹網様体の CSF 接触ニューロンと、大脳皮質のグリア細胞がもつであろう抗原インデックスのパターン認識(二分法ネットワーク)により、ヒトの意識は構築できる(図 9)。記号の記憶が免疫細胞の記憶であるというのはパブロフ(Pavlov)が行なった犬の条件反射実験の結果、パブロフがどうしても解明できなかった「分化抑制」(第 7 講)と「相互誘導」(第 11 講)の実験結果とも整合する[2]。分化抑制は、免疫抗体の二次応答時の体細胞超変異、相互誘導は脳脊髄液中中の免疫抗体同士のネットワークとして説明可能だ。

1.2.2 ネットワーク論理層の符号化方式

もうひとつはナガシマヨシホ氏との共著で「概念文法複合体のための免疫グロブリンの可変部分と不変部分の分子構造の利用-ヒトの意識は脳室脳脊髄液中中の免疫ネットワーク仮説 (Exploitation of the Both Variable and Constant Regions of Immunoglobulin Molecular Structure for a Concept and Grammar Complex)」である。(図 2)

これまで大脳皮質、神経細胞、シナプス接続、電気パルスによって説明のつかなかった言語現象は、イェルネの免疫ネットワーク理論によって説明できる[1]。リンパ球は、ニューロンと同じ二分法と二元論の論理をもつ。二分法は A であるか A でないかというパターン認識を行い、二元論は二種類の入力に対して一つの答えを出す。ニューロンはシナプス接続を必要とするのに対して、「リンパ球はネットワークを構成するために繊維による結びつきを必要とし

1.2.3 文法の量子力学現象

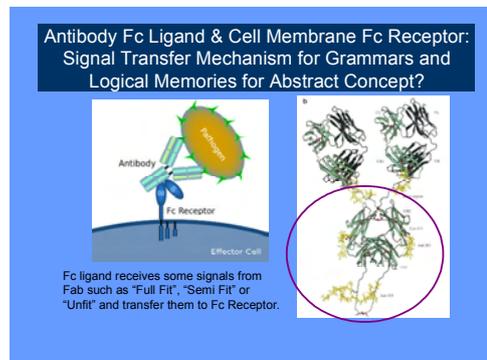


図 3 Fc リガンドと膜 FcR(Fc 受容体), 抗体不変部(Fc)

一方、ティンバーゲン(Tinbergen)が実験で示したように、動物の記号反射は、記号そのもののパターン認識と、記号の運動ベクトル成分の二元論によって起きる[3]。二元論とは、[記号のパターン認識]+[記号の運動ベクトル成分]=[危険信号を出す行為]という論理回路がつくられるということだ。

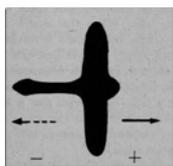
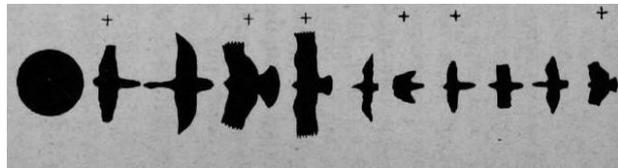


図4: 反射を生んだ形状(+),
図5: 反射を生んだベクトル(+)と生まなかつたベクトル(-) [3]より

文法もこの二元論理によって処理されているのではないか。文法は、記号の運動ベクトル処理能力を論理ベクトルに転用したのではないかと、橋本進吉文法にある日本語の「文節」構造や、フランス語の *langage articulé* が「概念記号+文法的変調」を意味の最小単位とすることから思いついた。1~2歳の幼児がわずかなあやしに敏感に反応するのに、4~5歳になるとそれが失われることは、傍証である。

日本語の「文節」構造、フランス語の *langage articulé* (概念語の前に前置詞・代名詞・冠詞を必ずつけて表現する)はそれぞれ「概念+文法」、「文法+概念」の複合体を構成する。概念に付属する文法語が、運動ベクトル処理機能を論理ベクトル処理機能に高めて、文法処理は行なわれている。その分子構造は、不変部分の Fe リガンドではないか。ポスター副題は「文法の量子生力学」とした。

2本とも採択されたのは日本で積み重ねた研究会活動のおかげである。あらためて3学会の研究会幹事・参加者の皆様に感謝申し上げたい。

2 国際言語学会議に参加して

2.1 ポテブニャ言語学からの刺激

会議は7月21日から26日まで6日間にわたって、ジュネーブ大学の UniMail キャンパスを中心に、1000名以上が参加し、多いときには同時に15程のセッションとワークショップが開催された。会場と講演内容を記した案内が毎日配布され、それを片手に講演単位で部屋を移動していた人も多かった。ポスターセッションも三日間開催され、説明時間は夕方方の1時間だけだったが、掲示は正午から翌日正午まで24時間であり、場所は早い者勝ち、壁に余裕が

あれば同じものを二枚貼らせてくれ、寛大だった。

いろいろな国の言語学者と面と向って話ができただことは大きい。1週間もいると、同じ学者と何度も顔を合わせて意見を交換することになるが、とくにロシアの言語学者 Sabina NEDBAILIK とは、唯物論的心理学者ヴィゴツキー(L. Vygotsky)の話題で盛り上がり、その延長で19世紀ウクライナの言語学者ポテブニャ(A.A. Potebnya)の存在を覚えてもらった。

帰国後もメールのやり取りをさせていただいているが、ポテブニャの主張は非常に興味深い。メールの一部を紹介する。「ポテブニャは『言語と思考』の中で、言語とは論理であり、言語を論理カテゴリーの上部構造と考えているベケット(K. Bekket)を批判した。ポテブニャの考えでは、まず言語が登場し、その後で思考が形成される。言語なくして論理もありえない。論理カテゴリーと文法カテゴリーはまったく異なっていて、お互いに完全に独立している。文法的に間違っている表現が、論理的には完全に正しいこともある。」(Nedbailikからの私信)

このポテブニャの指摘は西欧論理学への根源的懐疑になりうるが、まず言葉の記憶が学習され、それが脳内の他の記憶と接触すること(思考の二元論理操作)によって意識のなかに体系づけられるという点で5に後述するピアジェの主張とも一致する。

文法と論理が両立しないのは、ひとつの分子にひとつしか二元論理がないからではないか。二元論理を文法に使うと論理的思考ははたらかず、文法や思考に気をとられると、身体の反射機能を喪失する。

筆者はかつて感情は論理的に生まれることを検討した[4]。感情は「よい記憶」、「悪い記憶」という記憶に照らした刺激のパターン認識と、その刺激の運動ベクトル成分「近づく」、「遠ざかる」の2x2の論理の結果として、喜怒哀楽が生まれると考えた[5]。感情も論理的に作用するから感情的になると論理的に考えられなくなるのであり、感嘆詞は文法的な活用をもたないのではないか。

	記憶	良い	悪い
刺激			
近づく		喜び	怒り
遠ざかる		哀しみ	楽しみ

表1 喜怒哀楽の二元論理

2.2 ピアジェとの再会

21日月曜日の朝一番に行なわれた基調講演は、グラフィ(Giorgio GRAFFI)の「言語学の歴史における言語学と心理学(Linguistics vs psychology in the history of linguistics)」で、ブント(Wundt)とチョムスキーを

比較して論じ、言語学の研究に心理学はあまり役立たないというきわめて悲観的な結論であった。

基調講演は心理学と言語学を論じているのに、どうしてピアジェ(Piaget)とヴィゴツキーが取り上げられてないのかと疑問に思った。筆者は内言や思考や意識形成について、ピアジェの「知能の心理学」とヴィゴツキーの「思考と言語」から得るところが非常に大きかったからだ[6][7]。

ピアジェが在籍したジュネーブ大学で開催され、講演会場のひとつ上の階にある大学図書館にはピアジェ文庫(Archive Jean Piaget)もある。そこで開かれた会議の冒頭で、心理学を論じながらピアジェを論じないのはあまりに失礼ではないかと、ジュネーブ市民を代表したつもりになり、ピアジェをどう評価するのかと質問したところ、「言語学者はピアジェを認めていない」という。すかさず『知能の心理学』は読んだのか」と追加質問したら「No」であった。

筆者の4年間の研究会活動において、ピアジェの著作は最大の収穫のひとつであり、2010年3月と10月の人工知能学会知識ベースシステム研究会(KBS)では、さまざまな記憶が相互に関係付けられながら意識が集合論的に形成される過程を論じたピアジェの説を解説を試みる発表を行なった[8][9]。

2.3 チョムスキーとの再会

一方チョムスキーは2011年5月の情報処理学会自然言語処理研究会(NL)で、「生成文法」と呼ばれるものを理解するために取り上げ、結果的に批判的な考察が得られた[10]。デカルト派言語学を自認するチョムスキーが提起した難題「ヒトは状況に応じて新しい文を作ることができ、それをたった一度発話するだけで、聞き手がただちにそれを理解できるのはなぜか」には、チョムスキー自身答えていない。

この問題が未解明であるのは、ブルームフィールドら構造主義が用いた「形態素」・「遺伝子型/表現型」概念と似て非なる「語形成素」・「深層構造/表層構造」という定義の不明確な概念(切れ味の悪い、有効性よりも弊害が大きなツール)を用いるためではないか。そして言語のメカニズムは社会科学でも自然科学でもなく、情報理論・符号理論として取り扱うべきではないかと深く思った。

今回はじめてICLに参加して、参加者の多くを占めるチョムスキー派の発表や講演における概念の使い方に対して違和感を覚えたのは、2年前に彼の著作を引用文献も含めて読んでいた影響もあるようだ。

2.4 「言語と学習」との出会い

金曜日にピアジェ文庫で日本語訳の「現代科学論 人間科学と学際的研究」を取り出して冒頭を読んでいると、ピアジェが1970年以前からチョムスキーは「文法を理性に従属させるという古い伝統に戻った」と批判していたことがわかった。[11]

「変形文法とは、チョムスキーによれば、生得的と考えられる「一定の核文」から厳密な変形規則に合致する形で(また、「単位的半群」の序列的・連合的構造と合致する形で)、無数の陳述を派生させることを可能にするものである。また彼によれば「生得的に固定された核文」は理性それ自身に帰属するわけであるが、これは実証主義的な言語学の立場(ブルームフィールドなど)とまったく逆な考え方である。」[11] これを読んだ後、ピアジェ文庫の下のほうの棚にあった”Language and Learning: The Debate between Jean Piaget and Noam Chomsky”が目に入り手にとった[12]。1975年10月に二人はパリで論争していた。

3. 1975年の構築説と生得説の論争

3.1 『ことばの理論 学習の理論』

3.1.1 langue と langage の怪しい一元化

1975年10月10日から13日にかけてパリで行なわれたピアジェとチョムスキーの論争は、日本語版は1986年に『ことばの理論 学習の理論』として出版されている[13]。これはフランス語版の”Théories du Langage, Théories de l'Apprentissage”(1979, Seuil)を底本としている。筆者がピアジェ文庫で手にしたのは英語版であった[12]。英仏版は多少構成も違って、どちらかが原書というわけではない。

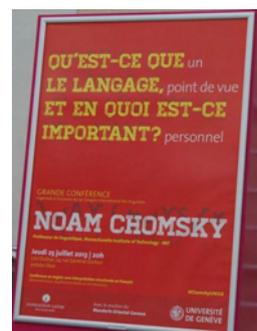


図6 会場に貼ってあったチョムスキー講演ポスター

Langage(仏)が language(英)に対応しているがこれでよいのか。langueのほうが languageに近くはないか。フランス人が langue と langage を使い分けても、英語版にそれが反映されない。このため langage articulé の実態がフランス語圏以外の研究者にずっと理解されずにきたのであり、ソシユールの”langue,

language, parole”という概念分けを現代の言語学者が議論しなく(できなく)なったのではないか。

この翻訳法は今も続いており、7月25日のチョムスキーの講演は英語では“What is language, and why does it matter?”, 仏語では“Qu'est-ce que le langage, et en quoi est-ce important?”となっている。Langue と language を同じ language に訳すとソシュールの議論を認識できなくなる。ちなみに時枝誠記は、langue を言語, langage を言語活動, parole を言と訳した[14]。

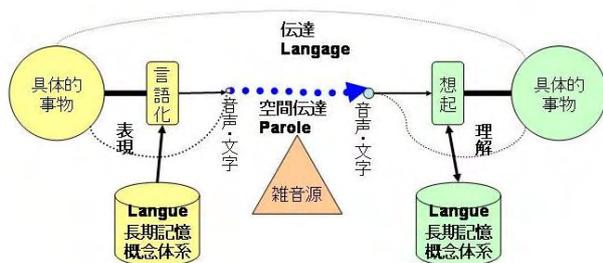


図7 時枝の図に雑音源・長期記憶を加えモデル化した[15]

3.1.2 学際的論争

この論争を開いたのはロワイヨール人間科学研究センターで、当時理事長をつとめていたのはジャック・モノー(パスツール研究所長, 1965年ノーベル医学賞)である。それもあってか、フランソワ・ジャコブ(パスツール研究所分子生物学部門主任, 1965年ノーベル医学賞), ジャン=ピエール・シャンジュール(パスツール研究所神経生物学研究所長)ら自然科学者が参加したほか、グレゴリー・ベイトソン, ヒラリー・パトナムといった哲学者も参加している。

一般に学際的討論は理解しづらい。そもそもこの論争は何が問題なのかを理解することも簡単ではない。ひとつには筆者の読解能力の不足による。会議参加者は専門分野を越えて積極的な議論をしていたが、あえて常に対立を明確にする努力が払われていたというわけでもなく、獲得と生得の間の妥協や第三の道も議論に上っていた。

討論は自然科学的というよりは、哲学的なものであり、言語の獲得性・生得性といっても、そもそも何が生得で、どう獲得するのかという分子レベルのメカニズムを論じていたわけではない。

3.1.3 論争の事後評価

本論争をめぐってさまざまな書評や解説が存在する。論争の組織者であるマッシモ=ピアテリ・パルマリーニが1994年に書いた「言語と学習以来: ピアジェ-チョムスキー論争への補足」は注目に値する。[16]

冒頭の梗概で「最近の生成文法の発展と言語獲得についての新たなデータ(特に生来聴覚障害児による代名詞の獲得)は、チョムスキーの擁護した『言語の特異性』説を裏付ける。これらのデータや理論的精密化は、言語は感覚運動スキーマの抽象化であるとするピアジェ仮説の反証となる。さらに、現代進化学理論に照らせば、ピアジェの基本的な想定である認識・言語・学習の生物学的基礎には根拠がないことが明らかになった。」とパルマリーニはいう。

しかしその結論ではだいぶ論調が変わっていて、「私はチョムスキーが論争のいちばん最後に言ったこと、今日我々が仮説としていることは長期的にみればほとんど何も残らないであろうというのに心底同意する。これから25年、50年すればより深くよりよい洞察力が得られ、現在の理論の有効性はほとんどないだろう。大事なことはそれらの仮説や説明が、正しい方向にあること、正しい種類であることだ。私が示そうとしたように、論争についてそのようなことがおきている。

この意味において、この意味においてのみ、私は『勝者』と『敗者』と口にした。勝負は依然として未来にあるのであり、私が提示したのはこれからやってくる競争のようなものに役立つ議論である。」

そしてピアジェへの長いオマージュとともに論争は終わる。梗概と結論で論調が大きく異なる。ピアジェ理論に根拠がなく、チョムスキー説が勝利したかのような梗概と、結論は対照的である。

一方、ピアジェは本書の「最後の指摘」のなかで、自らの勝利を宣言している。

「(チョムスキーとフォーダー)にとって、認知のメカニズムの解釈は、すべてか無か、つまりラディカルな生得説か行動主義的経験論かという問題」で行なわれている。「それに反して私は、構成説の方向にそって、作用を及ぼすすべての要因、すなわち出発点の生得性、論理的数学的構成の内生的性格、対象の認識に対する科学実験の要求、しかし観察可能なものに到達するために新たに内生的な枠組みにそれらを同化する必然性、などを考慮する義務を負っている。したがって私は、すべてか無かに決断をくだそうとは少しも望まないが、状況の識別を望み、自分をあらゆる面での勝者だと考える率直さだけをもっている・・・」[13]

この論争の問題は何だったのか。本当の勝者はどっちだったのだろうか。

3.2 チョムスキーは心身二元論

表面的にはピアジェの獲得説とチョムスキーの生得説の対立は、言語能力は、「個体が環境と接触する

なかで内的発展をともしつつ獲得していく」(ピアジェ)ものか、それとも「あらかじめ人間の脳内に言語能力の核を外要因とは関係なくもっている」(チョムスキー)ものかにある。

ピアジェは教育心理学・発達心理学のさまざまな実験を長年続けており、こどもがどのように知能を獲得・発展させるかを観察していたので、ごく自然に獲得説になったと考えられる。しかし、細胞レベル、分子レベルでの獲得・発展のメカニズムが明らかになっていなかったために、自説を決定的に裏付ける科学的・生理学的根拠を示せなかった。

一方、チョムスキーの生得説は脳内の不変の核の存在を示していないし、それを見つけ出そうという試みも行っていない。ただ、こどもが言語を自然に習得するメカニズムはまだ誰も説明できていないので、それは生得でないとはいきれないという論調である。ピアジェはこの論調を「すべてか無か」と批判した。

「言語の学習と呼ぶものは、たまたま機能するある特殊化したハードウェア、もしくは特殊化したシステムの発達を、実際に包含しているというのがいたって説得的である」(p89)というチョムスキーの発言に対して、ベイトソンは「あなたは言語を器官だと考えているのか」(p92)と質問したが、チョムスキーはイエスともノーとも答えず、「われわれがメタファーによって語る範囲では、このメタファーはすでに使用されたものより、さらに優れていると私は考える。(もちろん、身体的に範囲を定めうる意味での器官ではないが)、しかし私は、この能力の生長は、諸器官の生長のもつ一般的特質を所有していると考えます。・・・」とやや錯綜的に答えている[12]。

このあいまいな言説は、言語の複雑なメカニズムは解明されていないから、未解明な部分をまとめてブラックボックス器官として扱うというに等しい。

畢竟二人の対立は、人間は「コトバを使う動物」なのか、「神の造りしもの」という科学と神学の対立といえる。ピアジェは、ヒトは動物だが言葉によって人間になると考え、チョムスキーは、言語はヒト固有だから、動物とは種が全く違うとするカルテジアン(デカルト主義)の立場である。

チョムスキーは1966年に「デカルト派言語学」を書いた。これは人間と動物の魂は別のものであるというキリスト教的価値観を前提とした議論であり、方法序説第五部の最後の部分、狂人でも文法が使えるのに、動物が文法を使えないのは、動物に理性がないことを示しており、「動物の魂とわれわれの魂がどれほど異なっているかを知ると、われわれの魂が身体にまったく依存しない本性であること、したがって身体とともに死すべきものではないことを証明

する諸理由がずっとよく理解される」とあるのをそのまま肯定的に引用している[17]。

そしてチョムスキーは1986年3月にニカラグアの首都マナグアで講義を行い、デカルトの難題の解明を「人間の知的能力の範囲外」であり、「神の介在なしにはあり得ない」と述べている[18]。

チョムスキーが言語獲得装置と呼ぶのは神の人間への恩寵、ヒトだけがもつ魂のことだったのだ。つまり言語獲得装置はデカルト以来の心身二元論を別の言葉で言い換えたにすぎない。心と呼ばれる現象を身体メカニズムとして一元的に解明しない限り、生得説は否定しきれないことになる。

4. デジタル言語仮説による解決

4.1 脳幹網様体でのリンパ球の賦活

これまで脳神経学・脳科学者は言語記号の作動メカニズムを、ニューロン、シナプス接続、電気信号、大脳皮質によって説明づけようとして誰一人成功していない。じつは言語の記憶は大脳皮質に存在しないことを、ペンフィールドが実験で確かめている。

ペンフィールドは、電極を用いて750人以上の患者の大脳皮質を刺激して、患者が何を思い出すかを記録した[19]。そして結論として、「皮質の刺激によって患者が話したすということもなかったし、特定の言葉を思い出すということもなかった。しかし、患者は人々が話をするのを聞くし、人々がしゃべる内容も理解する。[19]」言葉の記憶は大脳皮質に保存されていないとするとどこにあるのか。

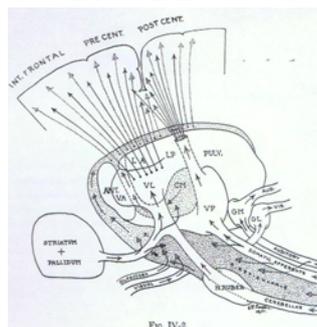


図8 求心性経路。視床外側腹側核(VL)と網様体[19]

彼はまた網様体の統合的役割と位置を論じている。「中脳および間脳にある網様体システムは、図IV-2で図式的に示すように求心性システムからのさまざまな刺激を視床に達する前に受け入れる。インパルスはさまざまな皮質下構造からも統合するネットワークに受け入れられる。」「この経路に沿って、呼吸、心臓血管、胃腸機能を司る部位、中心、神経核があり、姿勢や体の調子全体を司る。(とくに前庭、脳橋、赤核、黒質)しかしながら脳幹の下部の広い部分は

そのような特定の機能と結びつけられておらず、特定システムの活動と関連した重要な統合機能を補助していると考えられている。[19]

網様体の下部で機能が特定できていない領域において、脳脊髄液接触ニューロン(CSF-CN)が記号の刺激を提示し、脳脊髄液中にあって記号刺激への抗体をもつBリンパ球が賦活を受けて、脊髄反射が起きているのではないかと。CSF-CNは介在ニューロンであり、感覚入力に対して運動出力が出されるが、そのスイッチを入れるのはCSF内部に浮遊しているBリンパ球ではないか[20].

免疫細胞は、移動アドホックネットワーク神経細胞と呼ぶべきだと先述したが、イェルネは1984年の講演「免疫システムの生成文法」の中で、免疫細胞が生成できる抗体分子は1000万種類以上あり、言語の語彙数を二桁も上回ることを、抗体は抗原と作用するのみならず抗体同士でも作用すること(言葉が言葉と作用するように)、まったく新しい抗原に対しても抗体が作られることなどを論じている[21].

免疫細胞の抗体分子は概念記号を表現できる。音声言語の記号刺激は、概念語と文法語を含めた音声の波形が記号の物理的形狀となっているのだろう。

ペンフィールドは皮質下の統合的な役割は理解していたものの、神経細胞と電気現象にしか興味をもたなかった。また彼は、脳室蓋のスケッチを残しているが、脳室には関心を示していない。脳室は解剖前は脳脊髄液で充満しているが解剖すると液は失われる。そのため脳幹下部が脳脊髄液と接触している事実が見過ごされたのではないかと。

4.2 脳室内免疫ネットワークが意識を形成

Memory Type	Activation	Structure	Location	Biology	Mobility
Sensed Stimuli	Active	Epitope Presentation ▽	Btaste in Ret. Format.	CSF Contact-Neurons	Fixed
Word / Sign Memory	Active / Passive	Paratope ▽ / Idiotope ▽	Float In VS/CSF	B-Lymphocytes	Mobile
Sensory Memory	Passive	Embedd Epitope ▽	Temporal Lobe	Glial Cells	Fixed
Reference Memory	Passive	Embedd Epitope ▽	Prefrontal Cortex	Glial Cells	Fixed

表2 脳内免疫ネットワーク要求解析

記号反射が大脳皮質上のシナプス接続では説明しきれないことは、前述したようにパブロフの条件反射実験からも読み取れる。

免疫細胞が記号記憶として脳室(VS)内を満たす脳

脊髄液(CSF)中で自由に移動できれば、感覚刺激・記号記憶・五官記憶が相互にネットワークを形成する。これが意識であり、これまで「魂」や「心」と呼ばれてきたものの分子レベルの実体ではないか。

言葉の記号刺激が抗体(凹)として獲得されると、それは感覚刺激(Sensed Stimuli, 凸)と相互認識するのみならず、五官から得られた感覚記憶(Sensory Memory, 凸)や参照記憶(Reference Memory, 凸)、さらには記号記憶(凸/凹)同士でも相互認識する。

4.3 動物の運動反射を文法と思考に転用

ティンバーゲンの「本能の研究」は、記号反射が記号のパターン認識とその記号の運動ベクトル解析の二元的処理であることを示す[3]。一方、橋本進吉博士が指摘する日本語の文節構造や、フランス語の *langage articulé* は、概念と文法が結合して意味の最小単位を構成することを示す。この「概念+文法複合体」が、概念のパターン認識とその論理ベクトル成分である文法の二元処理として脳内で処理されているのではないかと。その信号伝達に携わるのは、免疫グロブリンの可変部(VR)の抗原結合領域(Fab)から不変部(Fc)リガンドへの信号伝達経路ではないか。

だから文法を覚えたこどもは運動刺激に対して反応が鈍くなる。二元処理メカニズムは、ひとつの分子にひとつしか存在していないから、それが思考や感情に使われるときは文法が手薄になる。免疫グロブリンの論理装置はひとつしかないから、思考、文法、感情、運動反射のどれかにしか対応できず、これらはトレードオフの関係にあるのではないかと。

5 むすび：ヒト言語の学習と思考

脳室内の神経=免疫相互作用、脳室内の免疫細胞ネットワークが言語の意味のメカニズムを担うとするデジタル言語仮説はまだ証明されていないが、ひとつの可能性ある全体像を示すほか、ピアジェを含むさまざまな研究成果や教えと整合する。

ポテブニャは、まず言語記憶が生まれて、その後で論理操作によって論理記憶が生まれるというのが、きちんとこの過程を経ないと、言葉は正しく使うことはできない。新しく獲得された言葉は、意識の上で他の言葉との論理操作を通じて、はじめて意味が確立されて使用可能となる。

ポテブニャの主張は孔子の教えとも結びつく。筆者は、孔子の論語にある「学びて思わざればくらし、思いて学ばざればあやうし」を焚書坑儒の後に生まれた誤植だととらえており、「思いて学ばざればくらし、学びて思わざればあやうし」が孔子の教えだっ

たとえる。学ぶとは、新しい言葉を覚えることであり、思うとは思考操作を通じてその言葉の意味を正規化することだと理解するとすっきりする。

ピアジェは「論理が思考の鏡であって、その逆ではない」という[7]。言語以前の生命の論理装置が我々には備わっていて、その論理メカニズムにしたがって思考が生まれ、その記憶が意識を構成する。

「どんな人も、各自の心の中に、分類、系列化、説明体系、自分一個だけの空間、時間、価値尺度など」をもっていて、「事物がでてくればそれを分類し、比較し、(同じか、ちがうかの双方)、時間および空間の中に秩序だて、説明し、目的と手段とを評価し、計画し、等々のことをやって」、その人の一生を通じて心の中にある群や群性体の操作を行なっている。

ポテブニャが指摘するように、文法と論理性が両立しないことから、思考も免疫グロブリンの二元論理装置を使っていると推定できる。

まず学習によって言語の記憶を脳室内免疫細胞の抗体分子として作り出した後で、(免疫グロブリンの Fab→Fc リガンド間の分子構造として存在する)二元論理を使って思考を行い、他の概念や記憶との整合性を確認し、意識の適切な位置に配置して、はじめに言葉は正しく使うことができる。

言語記号と記憶の自律的相互作用が分子レベルで解明され、脳室内免疫ネットワーク説がピアジェ獲得説の生理学的根拠となれば、チョムスキーの生得説や心身二元論が存在する余地はなくなる。ヒトを特別視する独善的な人間中心主義から脱却し、自然の一部としてヒトを位置づけた上で、人類だけがもつ言語を正しく使うことが、人類に求められている。

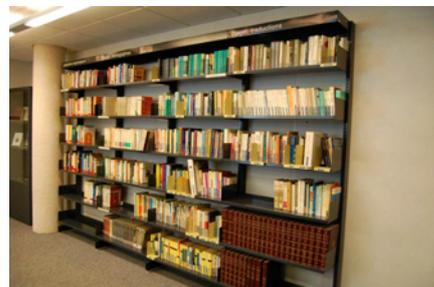
イェルネ説を継承発展したデジタル言語学を主張しているのは、世界的にもまだ筆者の他にいない。ピアジェに多くを学んだデジタル言語学が、ピアジェ説の勝利を証明できればこの上ない喜びである。

参考文献

- [1] Jerne, N.K. (1974) Toward a Network Theory of Immune System, *Ann Immunol (Paris)*. 125C(1-2) :373-89
- [2] パプロフ I.P. 1927 大脳半球の働きについて 条件反射学, 川村浩訳, 岩波文庫 1975
- [3] ティンバーゲン本能の研究, 三共出版 1975
- [4] 得丸 自然言語の論理と感情, 信学技報, TL2010-35, pp. 31-36, 2010年10月
- [5] 得丸 進化を生みだすデジタル情報, 信学技報, IBISML2010-60, pp.1-12
- [6] Vygotsky, L. 柴田義松訳 思考と言語, 明治図書出版, 1962
- [7] Piaget, J. La psychologie de l'intelligence 1947 知能の心理学 波多野・滝沢訳みすず書房 1967
- [8] 得丸(2010) ヒトの知能構築メカニズムならびに

ネットワークのデジタル通信モデル JSAI-KBS89, KBS-A904-10

- [9] 得丸(2010) 概念体系構築と概念操作を行なう生命のブール代数 JSAI-KBS B001-06
- [10] 得丸(2011) チョムスキーに「生成文法」という幻想をいだかせた神経細胞のデジタル・ネットワーク・オートマタにもとづく「二重符号化文法」情報処理学会. 自然言語処理研究会報告 2011-NL-201(16)
- [11] ピアジェ 現代科学論, 福村出版 1980
- [12] Piatelli-Palmarini, M (Ed.), *Language and Learning: The Debate between Jean Piaget and Noam Chomsky*. London: Routledge and Kegan Paul, 1980, pp. 409
- [13] パルマリーニ, ことばの理論学習の理論, 思索社, 1986
- [14] 時枝誠記 国語学言論(上), 岩波文庫 2007, p79
- [15] 時枝誠記 国語学言論続篇, 岩波文庫 2008, p45
- [16] Piatelli-Palmarini, M Ever since language and learning afterthoughts on the Piaget Chomsky debate, *Cognition* 50, 1994, pp. 315-346
- [17] チョムスキー, N. デカルト派言語学, 川本茂雄訳, 東京・みすず書房, 1976
- [18] チョムスキー, N. 言語と知識, マナグア講義録(言語学編), 田窪行則・郡司隆男訳, 東京・産業図書, 1989
- [19] Penfield, W., Jasper, H. *Epilepsy and the functional anatomy of the human brain*, Boston Little 1954
- [20] Vigh (1983) *The System of Cerebrospinal Fluid-Contacting Neurons* (日本組織学記録 46:4)
- [21] Jerne, N.K. (1984) *The Generative Grammar of the Immune System (The Nobel Lecture)*



ジュネーブ大学図書館のジャン・ピアジェ文庫の蔵書の一部(上)、研究協力者たちの写真(中)、若き日のピアジェ一家(下) (著者撮影)

読書行為の熱中過程

—読書中の映像分析による熱中状態変遷の観察

Absorbed in Reading - the Measurement of Absorbed States in Reading by Analysis of Movies while Reading

布山美慕^{1*} 諏訪正樹²
Miho Fuyama¹ Suwa Masaki²

¹ 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

¹ Graduate School of MEdia and Governance, Keio University

² 慶應義塾大学環境情報学部

² Faculty of Environment and Information, Keio University

Abstract: We analyzed features of the reader absorbed in reading by recording states of reading from the start to the end. As a result, from changes of stability of the reading speed and bodily features, the state where it was gradually absorbed in reading was observed.

1 序論

小説などの文学作品を読み進めるにつれて、熱中し、思わず我を忘れてしまう、という経験は多くの人々が持っている。このように、読書行為へ熱中し我を忘れる経験は、現実世界とは異なる物語世界の深い体験・理解に伴い、読書固有のやり方で読者自身を変える可能性を持っており、重要だと考えられる。この読書への熱中や忘我は、近年、transportation や absorption, engagemnet, involvement などとして注目され、研究されている [Green 2011, Busselle 2008, など]。また、これまで、読書研究の中心であった内容理解に関連しても、読者の感情過程が物語理解に関係することが示されている [米田 2005, など]。

これら先行研究は、主として実験心理学的的方法を用いて行われている。例えば、transportation の測定には質問紙が用いられており、感情過程と物語理解の関係を調べるには読解時間が測定されている。しかしながら、質問紙による測定は、読書後など、ある一時点での熱中度合いの測定である。また多くの実験で使用されるテキストの多くは、数文か、長くても 100 文程度の短い物語である。これらの方法では、実際の読書中の熱中が、どのように起こり、変化するのか、経時的に捉えることは難しい。

そこで、本研究では、長編を中心に小説 9 作品を用いて、その読み初めから読み終りまでの読者の姿を録

画し、その映像を分析することで、熱中状態の変化を観察した。被験者は第 1 著者自身が担当し、この読書後の映像分析の際に自らの状態を振り返り、身体的動作の意味付けも試みた (一人称研究については [諏訪 2013a] などに詳しい)。これらの方法を用いることで、1 つの作品を読み切るまでの、徐々に熱中して行く様子や、我に返る様子など、読者の状態の変化が観察でき、その要因を推察することができる。さらに、9 作品に対する読書状態の変化を比較することで、作品内容と読書状態の関係についても考察できる。具体的には、本論文では、ページ単位の読む速度とその標準偏差の変化、読書中の身体動作に注目して、分析を行った。

その結果、読む速度の標準偏差の変化から、読書中の熱中状態が段階的に起こる様子が観察され、それぞれの段階に特徴的な動作が同定された。さらに、読者 (第 1 著者) の読書時に抱いていた感情や思考の記憶から、特徴的動作の持つ意味が推察された。

また、9 作品に対する読む速度の標準偏差変化の比較から、使用した作品が 2 群に分けられることがわかった。この 2 群は Busselle [Busselle 2008] の提示した “external realism” と “narrative realism” に対応する軸で捉えることができ、読書状態の違いと作品内容の関係が確認された。

2 実験方法

以下に述べるように、日常的な読書に近い条件で被験者が読書をし、その様子を録画する。

*連絡先：慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

E-mail: miho02@sj9.so-net.ne.jp

2.1 被験者

被験者は、第1著者1名である。

2.2 読書対象

芥川賞、直木賞を中心として、受賞経歴のある日本の作家の作品の中から、約200ページ～400ページの長編作品を選んだ(図1)。比較のため、中編5作品を集めた中編集である『なめらかで熱くて甘苦しくて』[川上 2013]と、海外作家の短編集である『移動祝祭日』heminguも選び、計9作品を対象とした。

2.3 読書方法

被験者は、読書対象の1つの作品を1日の中で読み切る。途中、昼食等の休憩や、トイレに行く、飲み物を取りに行く、洗濯物を取り込むなどの日常的行動も被験者は自由に行う。これらの行動による読書の中断は通常の読書でも起こることであり、中断による読書状態の変化も分析対象である。よって他の行為を禁止するなどの読書条件のコントロールは行わなかった。なお、『移動祝祭日』のみ、複数日での読書となっている。

被験者は、読書を、被験者自宅の自身の机で椅子に坐って行う。日頃から同じ場所で椅子に坐って本を読むため、そのようにした。椅子を回す、足を組む、などの身体動作は自由に行う。つまり、日常的に読書を部屋で行うのと同じ条件で本実験において読書を行った。

2.4 映像録画方法

録画は、webカメラ2台をPCに接続して行った。カメラは、2台で被験者をほぼ完全に捉える位置に設置した。webカメラを用いたのは、カメラ本体が小さく、視界に入っても気にならないこと、長時間の録画が可能のためである。なお、初回の実験(『色彩を持たない多崎つくると彼の巡礼の年』[村上 2013])では、実験都合上別のカメラを用いたが、サイズや撮影機能が同一と見なせ、実験条件および分析結果には影響しない。

3 分析と結果, 考察

録画した読書映像を用いて、2つの分析を行った。まず、読む速度の変化を求め、その変化傾向から読書状態の変化を予想した(分析1)。その次に、分析1の結果を受けて、読書状態の各段階に特徴的な動作を同定した(分析2)。分析1, 2それぞれの分析方法と結果、考察について順に述べ、最後に節を改めて総合考察を行う。

3.1 分析1

3.1.1 分析1の方法

分析1では、2ページを読む速度と、その標準偏差の変化を求める。

はじめに、読書の録画映像を見て、被験者がページを捲る動作から、読み始めてからどの時間に、どのページを(捲る動作からページの同定を行うため、見開き2ページ単位での同定となる)読んでいたかのデータを得た。

このデータから、各見開き2ページを読むのにかかった時間を求めた。例えば、100ページを読み始めた時間が作品を読み始めてから100分後、102ページを読み始めた時間が102分後であれば、100ページ～101ページの見開き2ページを読むのにかかった時間は2分となる。この見開き2ページを読むのにかかった時間を、全てのページに対して求めた(偶数ページの最初から次の奇数ページの最後までを読む時間を求めていく)。このデータを、2ページを読む速度のデータとする。

次に、この2ページを読む速度の安定性の変化を知るため、標準偏差を求めた。本研究では、20ページ間の標準偏差を、1～20ページ、3～22ページというように、2ページずつ標準偏差を求める範囲をずらしながら、全ページにわたって求めた。

読みの安定性の変化が、読書状態の変化に対応すると仮定し、これらの読む速度の変化、および読む速度の標準偏差の変化から、読書状態の変化を分析した。

3.1.2 分析1の結果

2ページを読む速度(かかった時間)のデータからは、読書状態の変化は明確にならなかった。そのため、全データは提示せず、データ例として『色彩を持たない多崎つくると、彼の巡礼の年』のグラフを図1に示す(以下、全ての図は本文の後に提示している)。グラフ中には、10区間の移動平均も示した。なお、今後、長い書名は省略し、頭の何文字かを取って記することとする(例:『色彩を持たない多崎つくると、彼の巡礼の年』は『色彩...』と記す)。データのうち、中断した箇所や、章の切れ目など、特別な要因で読む時間が長短しているデータ点は除いている。また、『移動祝祭日』のデータは、実験が複数日に及んだこともあり、分析に不適と判断した。よって以降の分析には用いない。

次に、この速度のデータから、20ページごとの標準偏差を求めた結果を図2～9に示す。グラフの各点は、その点の前20ページ間の標準偏差を示している(例:40ページの点は、21～40ページ間の標準偏差を示している)。各グラフには、標準偏差の平均値も示している。

No	書名	書籍情報	ページ数(ページ)	読書日	読書を行った時間
1	色彩を持たない多崎つくると、彼の巡礼の年	村上春樹、2013、文藝春秋	370	4月8日	1時半～6時前(休憩1時間)
2	移動祝祭日(文庫)	ヘミングウェイ、福田隆太郎訳、1990、岩波書店	276	6月23日～7月13日	複数日
3	神様が殺してくれる	森博嗣、2013、幻冬舎	314	8月13日	9時～12時半
4	なめらかで熱くて甘苦しくて	川上弘美、2013、新潮社	189	8月22日	10時半～13時
5	天地明察	沖方丁、2009、角川書店	474	8月24日	8時半～15時(途中1時間程休憩)
6	沈黙博物館	小川洋子、2000、筑摩書房	309	8月31日	9時～13時20分(途中1時間昼食)
7	光	三浦しをん、2008、集英社	297	9月6日	9時～12時20分
8	くちぬい	坂東眞砂子、2011、集英社	309	9月13日	9時～12時半
9	みずうみ	よしもとばなな、2005、フォイル	206	9月17日	14時～15時半

表 1: 読書対象の文学作品と読書日時

3.1.3 分析1の考察

図2～9から、まず、全てのデータで、読み始めてすぐに、標準偏差が落ちることが分かる。これは、読み始めでは登場人物の名前などの基礎的なデータの取得の為に読む時間が不安定になることに起因し、熱中状態には関係しないと考えられる。

この読み始め部分を除き、標準偏差の値が、平均値よりも大きい期間と小さい期間に大きく分けられ、その標準偏差の大小間での変化が比較的急峻な事例が、3事例あった。『色彩...』(図2)、『沈黙博物館』(図6) [小川 2000]、『みずうみ』(図9) [よしもと 2005]である。大小の各期間の具体的なページは下記で示す。以降、この標準偏差が急峻で不連続的な変化をした3事例を不連続型、それ以外を連続型と呼ぶ。不連続型は、読みの安定性がある時点で大きく変化した読書事例だと言える。連続型にも、一見不連続型に類する変化をしている事例もあるが、下記で1事例ずつ標準偏差の変化を考察しつつ、連続型/不連続型の別をした理由を示す。

はじめに、連続型の事例について述べる。

『神様...』(図3) [森 2013] は、標準偏差が平均値付近を変位する、典型的な連続型と言える。作品序盤の100ページでの標準偏差の増加は、新情報の提示による一時的な増加である。また、作品終盤の300ページあたりでも標準偏差が増加しているが、これは本作品が推理小説で、該当部分においてアクションと謎解きが行われ、テンポよく読むページと、被験者が考え込むページが混在し、読む速度の変化が大きくなったことが要因である。このように、標準偏差の値がクライマックスで大きく増加することは他の作品でも見られる。

『なめらかで...』(図4) は、本論では連続型に入れたが、他の連続型とは異なり、変化の解釈が難しい事例である。標準偏差の大きな変化が掴めないことから連続型に入れたが、作品途中で幾度も急峻な標準偏差の変化が見られ、むしろ不連続型の変化系と捉える方が正確かもしれない。中編5編が入っていること、内容が難解なことが要因だと考えられる、この事例の分析は今後の課題である。

『天地明察』(図5) [沖方 2009] は、読み始め以降は、小刻みな変化はあるものの、平均値付近でほぼ安定し

た標準偏差を示し、典型的な連続型である。

『光』(図7) [三浦 2008] は、読み始めて一度標準偏差が減少したあと、70ページ付近で再度標準偏差の増加が見られる。これは、1章のみ子供の頃の話で、2章(66ページ)以降が成人後と、場面に大きな断絶があり、言わばもう一度読み始め、物語世界の構築をやりなおしているためと考えることができる。

『くちぬい』(図8) [坂東 2011] も、読み始めて標準偏差が落ちたあと、再度増加している。これも『神様...』同様新しい知識の提示が要因である。標準偏差は、それ以降は平均値付近で安定しており、連続型である。

以上のように、連続型での標準偏差は、平均値付近で推移し、増加があっても変化は一時的で、かつ作品内容から直接説明できる。

次に、不連続型事例での、標準偏差の変化について述べる。

『色彩...』(図2) は、200ページ付近で標準偏差が一気に減少しており、この200ページ以前を標準偏差が大きい期間、それ以降を小さい期間と捉えることができる。この2つの区間で、読書状態が変化していることが推測できる。作品内容からこの標準偏差の変化要因を考えると、200ページの少し前から主人公が問題解決に臨んでいくことに対応する、と解釈することもできるが、連続型のように明確な要因を示すことは難しい。これは、標準偏差の増加(読みの不安定化)がある要因で説明できるのに対し、減少は1つの要因では説明できないことにも起因する。大局的には、200ページまでに、物語の構造を被験者が掴み、物語世界の構築がほぼ終わり、その上で安定した読書を行ったと推測することができる。

『沈黙博物館』(図6) は、130ページ付近で標準偏差が急増し、180ページ付近で急激に減少している。この事例は、『くちぬい』のように途中で標準偏差が増加しているため、一見連続型に類似している。本事例を不連続型に分類した理由は、読み始めから急増するまでの期間が長いこと、増加後の標準偏差の大きい時期が連続型に比べて長く、一時的な変化ではないことである。読む速度のデータから急増の要因を考えると、読む時間が、132～133ページで特に短く、138～139、158～

159 ページで特に長かったことが原因である。しかし、対応するページの作品内容を確認すると、これら特定ページの内容に要因（具体的な新情報の提示など）があるというよりも、これらのページ周辺の内容が全体として、それまでの物語と異なる物語世界を提示していると思われる。本作品は、いくつもの筋が絡まり合いつつ進む物語であり、この急増を一つの筋の内容変化に帰することは難しい。全体として、この130～180ページの期間に、それらの筋間の関係性も含めて、読者が物語世界の再構築をおこなったと考えることが妥当である。つまり、本事例は、連続型と異なり、1つの具体的な作品内容の変化を要因とする一時的な読書状態の変化に留まらず、一定期間読書状態が変化していたと考えられることから、不連続型とした。

『みずうみ』（図10）は、110 ページ付近を変化点として、それより前を標準偏差が大きい期間、以降を小さい期間と捉えることができる。この作品は1 ページあたりの文字数が少ないことから、他のグラフよりも標準偏差の変化が見づらい。しかし、『色彩...』に非常に類似した変化傾向を示しており、不連続型と判断した。『色彩...』同様、下降要因は不明確であるが、物語世界の構築が前半でなされたと判断できる。一方、100 ページ辺りと、176 ページ辺りの一時的増加は、主人公が象徴的な場所である「みずうみ」に行くシーンであり、この増加は連続型と同様に、単一の要因で説明することができる。

以上をまとめると、次のようになる

- 読み始めの標準偏差の減少は、物語の大枠を掴んでいくことに対応する。
- 主として連続型で見られる、標準偏差の一時的増加は、作品内容に直結しており、内容から明示的に説明可能である。
- 不連続型の標準偏差の減少や、比較的長期間の増加は、作品内容から直接的に説明することが困難である。
- 不連続型の標準偏差の減少や、比較的長期間の増加は、物語世界の構築に関わると推察される。標準偏差の増加時期や大きい時期は、物語世界の構築が行われている時期であり、小さい時期は構築が一段落した安定期だと考えられる。

これらの結果と、熱中状態の関係は次のように考えられる。連続型では、明確な段階が無いため不明瞭だが、不連続型では、標準偏差が大きい時期と小さい時期では読書状態が異なると推察できる。標準偏差が大きい時期は、物語世界を構築している途中なので、物語に入り込むことができず、試行錯誤しつつ読んでいる状態である。この時期には、物語に入れないため、現

実世界を思い出したり、気が散る。一方で、標準偏差が小さい時期は、安定した読書を行っている時期であり、物語に入り込みうる。読書への熱中は、この、物語世界が構築された後の、安定した段階で起こると考えられる。つまり、物語世界の構築の後、安定した読書が行われ、その段階で熱中が起こるという読書状態の段階的变化が推測できる。

3.2 分析 2

3.2.1 分析 2 の方法

分析 2 では、分析 1 で求められた読む速度やその標準偏差の変化から、異なる読書状態にあると考えられる期間ごとに、読書中の身体動作（手の動きや姿勢の変化など）の回数を求める。もし、読書状態の違いで動作が異なるならば、その差が確認できる。分析対象は、分析 1 で読書状態の変化が明確であった不連続型の読書事例とした。

まず、分析 1 と同じ読書の録画映像を見て、次に示すような読者の動作を書き出す。これによって、読み始めてからどの時間に、どのページを、どんな動作をして、読んでいたかのデータを得る。書き出した動作内容は、手の動き、姿勢の変化を中心に、映像を見て気がついた動きである。具体的には、手の動きとしては、顔や髪や足にさわると、手でリズムをとる、口を覆う、頬杖をするなどである。姿勢の変化としては、坐り直す、向きを変える、足を組み直すなどである。さらに、それ以外の動作として、飲み物を飲む、あくびをする、ページを戻すなどがある。

このデータをもとに、熱中状態が異なると想定した期間ごとに各動作回数を導出し、動作内容・回数の比較を行う。

3.2.2 分析 2 の結果

対象とした不連続型の 3 事例で、読む速度の標準偏差が大きい期間と小さい期間に分けて、それぞれ身体動作の内容と回数を求め、グラフ化した。図10～12に示す。動作のうち、どちらの期間でも 2 回以下の動作については、グラフから除いた。また、グラフの横軸に示した動作内容は、対象のみ書かれている項目（足、髪、首、メモ、カメラなど）は手がそれら対象にさわったことを示し、動詞のみ書かれている項目（めくる、動かす）などは（足）の記載が無い限り手の動きを示す。

分析 1 で述べたように、『色彩...』では、200 ページ前後（ほぼ 11 章の終り）で読む速度の標準偏差が大きく減少したため、11 章までを標準偏差が大きい期間、それ以降を小さい期間、とした。本事例が最も明確に標準偏差の値が二つに分かれたため、分析の中心とし、

各動作の共起分析まで行った。『沈黙博物館』では、60ページまでと138～178ページを標準偏差が大きい期間、それ以外を小さい期間とした。『みずうみ』では、102ページより前を標準偏差が大きい期間、それ以降を小さい期間とした。

分析の結果、次のことがわかった。

『色彩...』では、動作回数の合計が11章以前に比べ、12章以降は少ない。しかし、12章以降に、「頬杖」、「いじる」（親指と中指など指同士でさわる動作）、「眼鏡」、「口を覆う」、「胸の前」（右手を胸の前に置く動作）、「時計を確認」の回数が11章までに比べ増加している。このうち、眼鏡は途中からかけた為、除外する。これらの動作を章をバスケット単位として共起分析した。その結果、「頬杖」「口を覆う」「胸の前」はそれぞれ共起関係にあった（jaccard係数 >0.75 ）。「いじる」「時計を確認」も元々の回数が少ないため、不確かだが、上記の3つの動作とそれぞれ共起傾向にある（jaccard係数 >0.5 ）。つまり、12章以降に特徴的な動作は、一連の流れとして行われている。

『沈黙博物館』では、標準偏差が小さい期間に、「机」（机の上に手を置いたり、机を押す動作を示す）が突出して増加している。ついで「一瞬戻る」「捲る準備」「胸の前」「リズム」（指がリズムをとる動作）が増えている。

『みずうみ』では、標準偏差が小さい期間に、「リズム」、次いで「胸の前」の増加が見られる。「飲み物」も増加しているが、前半と後半で同じように飲み物が机にあったわけではないので、対象外とした。

3.2.3 分析2の考察

分析2の結果は、分析1の考察結果を、身体動作から支持すると考える。

まず、詳しく分析した『色彩...』について、考察する。『色彩...』の読書において、標準偏差が小さい時期に特徴的な動作のうち特に多いものは、「頬杖」「口を覆う」「胸の前」であった。これらの動作が起こった箇所を映像で再確認すると、「胸の前」、「頬杖」、「口を覆う」の順に集中が高まっていくように見られる。「胸の前」では、腕が胸の前に置かれ、上半身がやや前傾する。「頬杖」も同様に前傾、もしくは顔が下を向く。これらを前後として、「口を覆う」動作が出ることが多い。特に、「口を覆う」という動作は、被験者本人の意識でも、特別なシーン、特に深く物語を感じていたと記憶されているシーンで行っていたという自覚があった。そこで、再度、「口を覆う」動作前後の映像を見つ、作品の内容を確認したところ、「口を覆う」箇所は、暴力などの残酷な内容、若しくは、重大な秘密の開示や決断に関係するシーンを読んでいることがわかった。

以上から、「口を覆う」という動作の意味は次のように推測できる。これまでの考察から、『色彩...』の読書

では、200ページまでに読者の中に物語世界が構築され、安定した読書が行われる基礎ができたと考えられる。この基礎のもと、集中して読書をする。そして、読者が重要だと感じるシーンで、前傾姿勢をとってさらに物語に入り込む。しかし、残酷な内容や、これまでの物語世界の構造に危機をもたらすような秘密の開示、決断の内容は、簡単には受け入れられないため、拒否の姿勢、もしくは防御の姿勢として、「口を覆う」という動作をとる。この拒否・防御は、読者自身の感情的拒否・防御であるが、一方で、物語の危機に対する拒否・防御と捉えられる。例えば、主人公の生活がうまくいっていた物語で、その幸福が崩れるシーンが次に来ることが予想されて、思わず読み進める手を止めてしまうことはないだろうか？これらの拒否や防御は、自分の中で物語が出来ているからこそ、起こる反応である。つまり、単純に、残酷なシーンの想像が辛いから拒否・防御するのではなく、構築してきた物語の中にそれを位置づけることがためらわれるために、拒否・防御するのである。この2つの解釈は、総合考察で述べるように関係しており、読書による読者自身の変化の可能性を示している。

『色彩...』以外の2作品についても、「胸の前」は同様に前傾姿勢を示すものであり、物語に入り込む姿勢と言える。それ以外の動作に関しては、現在分析を進めている。

4 総合考察

分析1によって、本研究で扱った読書事例は、連続型と不連続型に分けられた。この型の違いは、Busselleの提示した、External realismとNarrative realismの概念を用いて説明することができる。External realismは“the extent to which fictional content is consistent with the actual world”，Narrative realismは“the extent to which there is consistency among logic, motivations, and events within a fictional narrative”とされる[Busselle 2008, 267]。被験者である第1著者は、連続型の作品は、不連続の作品に比較して、軽く、エンタテインメント性が高く、すらすらと読めるように感じた。これは連続型の作品が、Narrative realism、即ち物語固有のリアリティの構造が単純で、External realismとの齟齬も少なかったためと考えられる。一方で、不連続型は、非科学的な内容や、現実世界とは異なる物語固有の論理構造の存在を感じた。例えば、現実には起こるとは思えないことが、物語世界の中では強固なリアリティを持って感じられた。このような作品ではNarrative realismが物語のリアリティの大きな部分を占めていると考えられる。これまで、物語世界の構築と記してきた内容は、この物語のリアリティを、External

realism と Narrative realism によって構築していくことと同型と考えることができるから、不連続型の特徴的標準偏差の変化は、この Narrative realism の変化によると考えることができる。External realism は、読者の知識ベースに依存するが、Narrative realism は物語固有である。知識ベースは、読書中に大きく変化することは考えにくいだが、一方で、物語固有の Narrative realism は読書中に大きく変化する可能性がある。このことが、不連続型での、標準偏差の大きな変化の要因と考えることができるだろう。

さらに、External realism によっている物語が、常に現実世界を参照する度合いが強いのにに対し、Narrative realism による物語は、物語固有のリアリティに読者をひき込むため、深い熱中が起こる可能性が高い、被験者である第1著者も、これら不連続型の3つの作品の読書中により深い熱中を感じた。さらに、不連続型の作品の読書によって、現実世界とは異なるリアリティを強く体験する経験は、読者自身を変える可能性を持つ。それは、単に読書において他者経験をすることに留まらず、現実世界のリアリティを捉え直す契機であると言える。『色彩...』において、「口を覆う」動作は、物語世界の防御であると同時に、読者自身の防御であると述べた。これは、物語世界のリアリティの変化が、それを深く経験している読者自身の変化を引き起こすためである。このように、物語世界に深く熱中する中で、物語固有のリアリティの経験をするには、読者自身を変化させる可能性があると言えるだろう。

今後の課題は、『色彩...』以外の作品での動作分析、さらに多くの作品での実験、映像以外の心拍数等の身体データの分析によって、読書中の読者の状態をより定性的・定量的に解明することである。また、読者自身の変化と読書への熱中の関係についても、研究が必要である。これまでの読書研究では、読者自身の変化はあまり研究されず、固定された読者がどのように物語を理解し、感じるか、という問題に焦点化されてきた。しかし、読書によって、人が変わることは、読書行為の大きな価値であり、この点の研究は必須と言えよう。

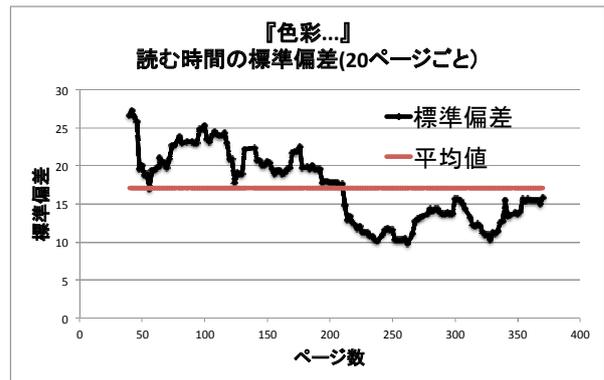


図 2: 『色彩...』 読む時間の標準偏差

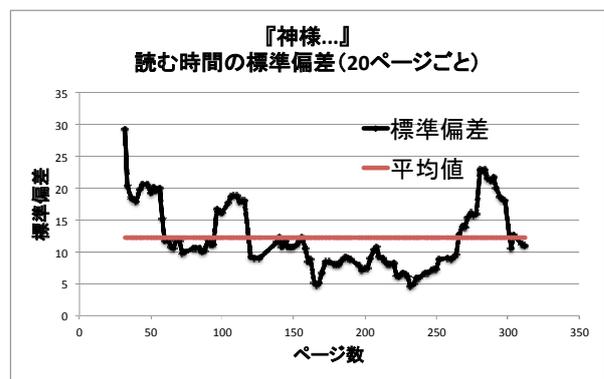


図 3: 『神様...』 読む時間の標準偏差

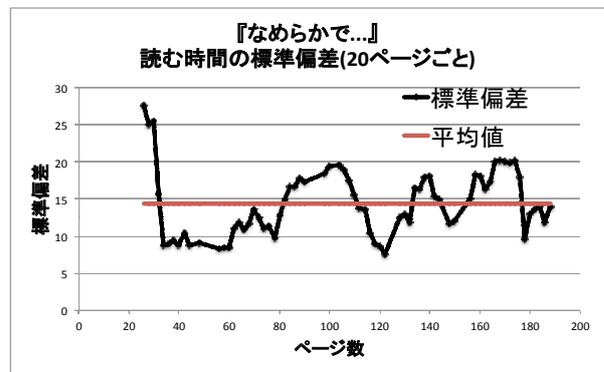


図 4: 『なめらかで...』 読む時間の標準偏差

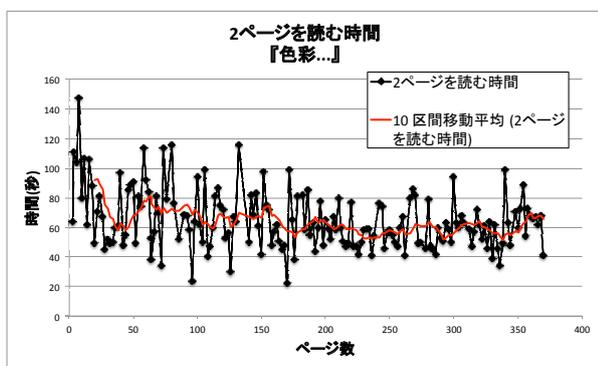


図 1: 『色彩...』 2 ページを読む速度

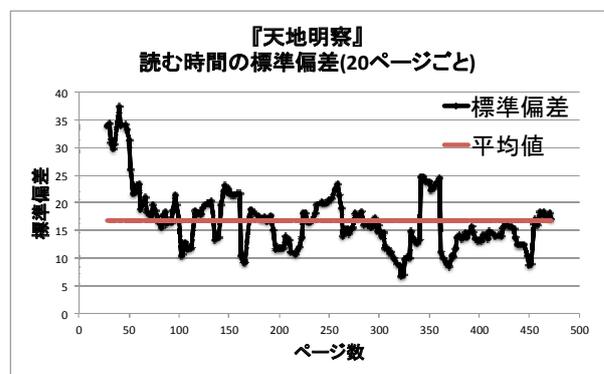


図 5: 『天地明察』 読む時間の標準偏差

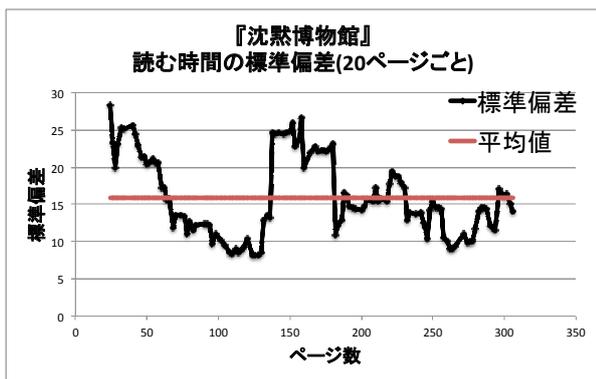


図 6: 『沈黙博物館』 読む時間の標準偏差

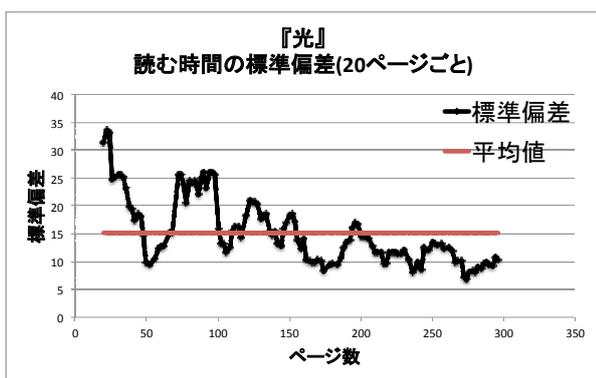


図 7: 『光』 読む時間の標準偏差

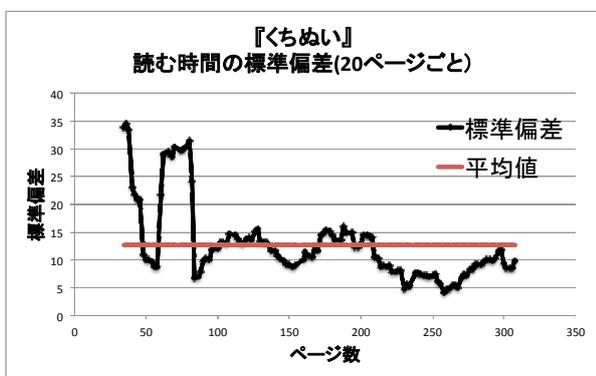


図 8: 『くちぬい』 読む時間の標準偏差

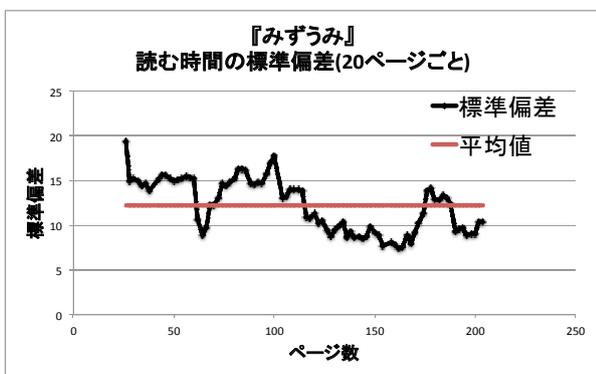


図 9: 『みずうみ』 読む時間の標準偏差

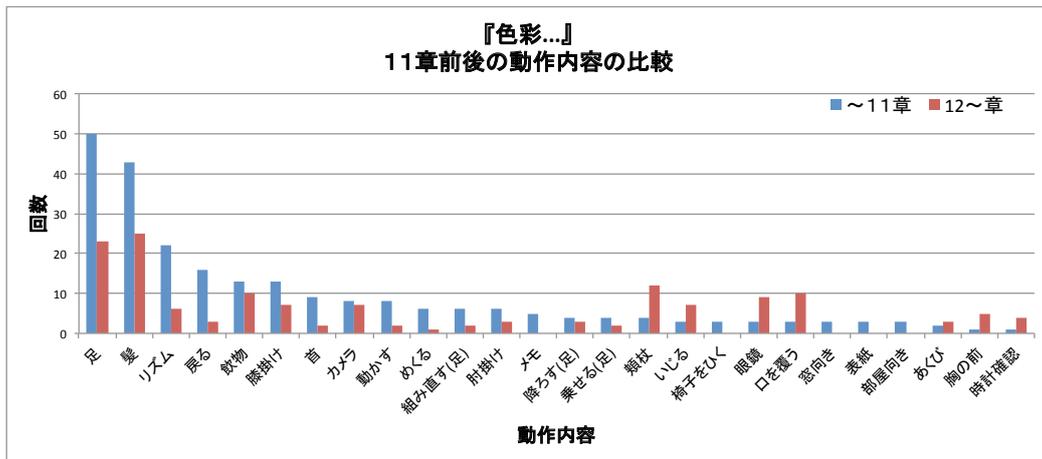


図 10: 『色彩』標準偏差大小期間での動作比較

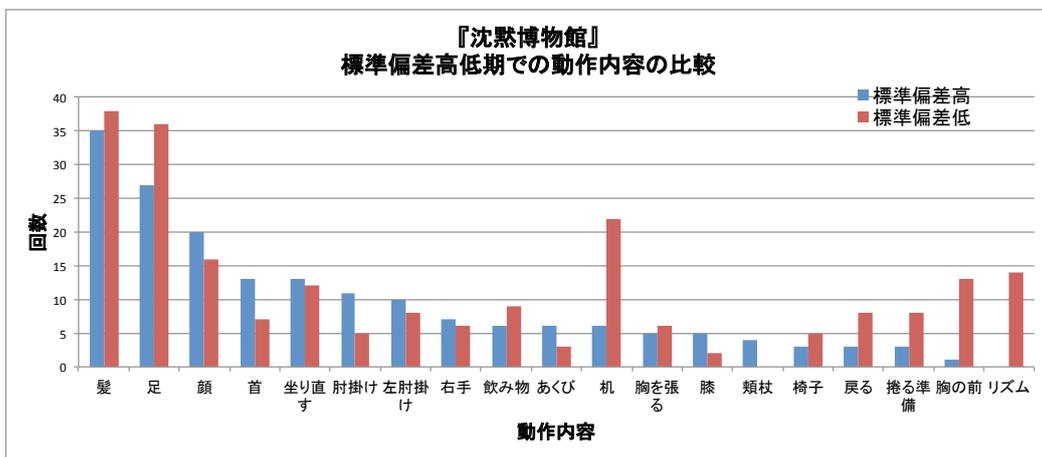


図 11: 『沈黙博物館』標準偏差大小期間での動作比較

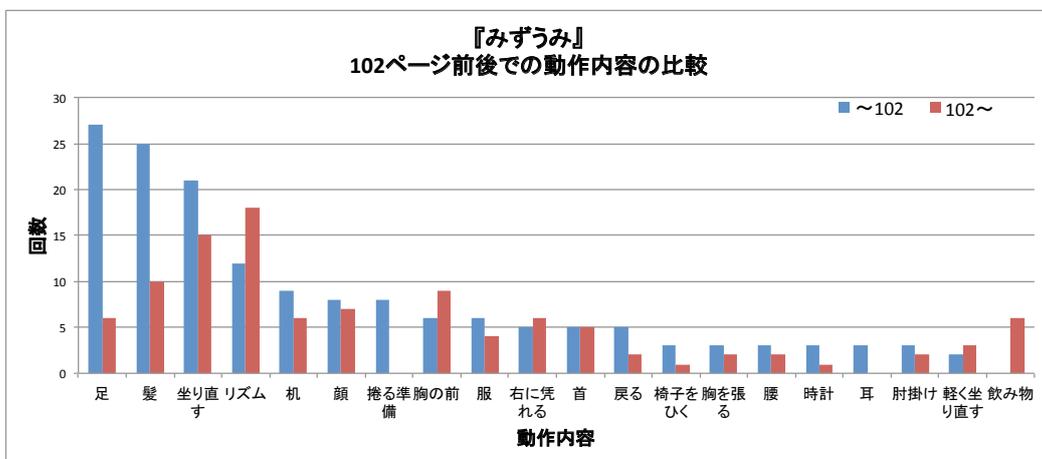


図 12: 『みずうみ』標準偏差大小期間での動作比較

参考文献

- [坂東 2011] 坂東真砂子: くちぬい, 集英社 (2011)
- [Busselle 2008] Busselle,Rick., Bilandzic,Helena.: Fictionality and Perceived Realism in Experiencing Stories: A Model of Narrative Comprehension and Engagement, *Communication Theory*, Vol. 18, pp. 255–280 (2007)
- [Green 2011] Green, M.C., Carpenter, J.M. : Transporting into narrative worlds: New directions for the scientific study of literature, *Scientific Study of Literature*, Vol. 1, No. 1, pp. 113–122 (2011)
- [ヘミングウェイ 1990] ヘミングウェイ: 移動祝祭日, 岩波書店 (1990)
- [川上 2013] 川上弘美: なめらかで熱くて甘苦しくて, 新潮社 (2013)
- [米田 2005] 米田英嗣, 仁平義明, 楠見孝: 物語理解における読者の感情—予感, 共感, 違和感の役割—, *心理学研究*, Vol. 75, No. 6, pp. 479–486 (2005)
- [三浦 2008] 三浦しをん: 光. 集英社 (2008)
- [森 2013] 森博嗣: 神様が殺してくれる, 幻冬舎 (2013)
- [村上 2013] 村上春樹: 色彩を持たない多崎つくると、彼の巡礼の年, 文藝春秋 (2005)
- [諏訪 2013a] 諏訪正樹, 堀浩一 編: 特集「一人称研究の勧め」にあたって, *人工知能学会誌*, Vol. 28, No. 5, pp. 668(2013)
- [諏訪 2013b] 諏訪正樹: 見せて魅せる研究土壌—研究者が学びあうために—, *人工知能学会誌*, Vol. 28, No. 5, pp. 695–701(2013)
- [諏訪 2013c] 諏訪正樹, 堀浩一, 中島秀之, 松尾豊, 松原仁, 大武美保子, 藤井晴行, 阿部明典: 一人称研究にまつわる Q&A, *人工知能学会誌*, Vol. 28, No. 5, pp. 745–753(2013)
- [小川 2000] 小川洋子: 沈黙博物館, 筑摩書房 (2000)
- [沖方 2009] 沖方丁: 天地明察, 角川書店 (2009)
- [よしもと 2005] よしもとばなな: みずうみ, フォイル (2005)

毎日の「音 essay」執筆活動による感性開拓を試みる

Finding Out the Roles of Sounds One Makes with Composing “Sound essay”

浦上咲恵¹ 諏訪正樹² 井出祐昭³

Sakie Uragami¹, Masaki Suwa², and Hiroaki Ide³

¹慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

¹Graduate School of Media and Governance, Keio University

²慶應義塾大学 環境情報学部

² Faculty of Environment and Information Studies, Keio University²

³井出 音 研究所

³ Ide Sound Institute

Abstract: There are so many sounds we encounter everyday that most of them are ignored, especially the sounds one makes, since they are considered as just a result of our life movements. However, those sounds can be one of a tool to make your life scene better. In this paper, we suggest “Sound essay” to pick up how the sound one makes can play an role to your everyday life scene. The composing form of essay brings you to find out new role of your sound constantly.

1 はじめに

シェーファーは、サウンドスケープ[1]という言葉を用いて、あらゆる空間で鳴る音の集合が生活様相や文化を紐解く切り口になると主張した。更に、音を手段に空間体験をデザインするサウンドデザイン及びサウンドスケープデザインの提案は、多くの研究者による音のデザイン活動に拍車を掛けた。それはサイン音など音そのもののデザイン[2]から、空間全体へのデザイン[3]まで幅広く行われている。

しかし浦上は、それらがデザイナーからの一方的な施しに留まっていることを指摘し、生活者自身が鳴らす音による生活環境デザインを新たに提案した[4]。生活者ひとりひとりが日常の中で出会う様々なシーンに対応するための音のデザインが為されない限り、生活環境デザインとは言えないはずである。しかしながら、その際重要となってくる音の活用手法及び役割は具体的に指摘されておらず、毎日多くのシーンであふれる生活における汎用性は示されていないことが課題であった。

本研究では生活者自身がそれぞれの体験に根付いた事例をもとに音の役割を見出す手法「音 essay」を提案する。また、その一例として筆者自身が取り組んだ事例をもとに生活音が担う役割を具体的に示す。

2 音による生活デザイン

2.1 私が鳴らす音で生活をデザインする

筆者は生活環境デザインの手段として生活者自身の鳴らす「音」が有用であると考え[4]。例えば、リップグロスを塗った後ふたを閉めるカチッという音で女らしさを出す、試験中にページを大げさにめくることで周りの人に圧力をかけることなどができると、生活音には生活を豊かにする素質が十分に潜んでいるのである。

それを活かすべく、生活者自身が鳴らす音を使ってサウンドスケープを能動的にデザインする行為 My サウンドスケープデザインが提案された。あらゆるシチュエーションの認識、そこで鳴らすべき音の判断過程を記録するツールによりデザイン行為を進化させる取り組みが行われた。

2.2 生活における音の役割を探る

従来、生活者自身が鳴らす音は、聞き逃されてきた。足音であれば歩行の結果として、キャップを閉める音であればペンが乾かないように遂行する任務の結果として鳴る副産物に過ぎないためである。

しかし、シチュエーションや自身の心的状況により、キャップを鳴らすのが魅力的に思える瞬間がある。普段はなんでもない音だけれど、大事な人への手紙を書いた後であれば、書ききった達成感を現わす音、手紙を書いた相手との関係性を振り返るための音に

なる。

このように、普段聴き捨てている音は、時と場合によって重要な役割を担う。同じ音を鳴らすたびに発揮する効果ではないが、その役割を見過ごしてはいけない。筆者は、生活者自身がそれぞれの体験に根付いた事例をもとに、音の役割を追求すべきであると考えている。

3 執筆活動によるからだメタ認知

中島らは、新しいものごとが世に誕生するプロセスの一般的構造をFNSダイアグラムにより説明した[5]。ある目標を实践し、生まれた現象の認識による新しい目標の想像過程である。目標（未来ノエマ：NF）をもとに環境に対し何らかの行為を実行し（C1）、現象を構成（ノエシス：A）すると、環境（E）との思わぬインタラクションが起きる。生じた現象を捉え（C2）、現象に対する認識（現在ノエマ：NC）を持つことにより、新しい目標が生成される（C3）。あらゆる創造行為がこれらの繰り返しで進む。

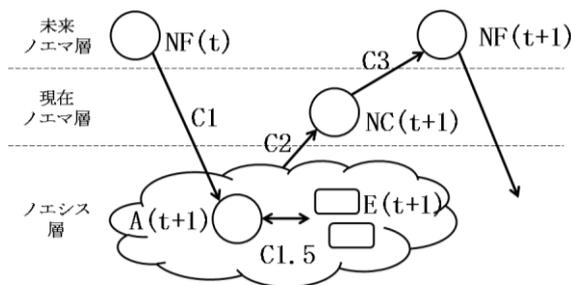


図1 FNSダイアグラム

創造行為を進化させるためには図1のC2を積極的に行う必要がある。日々の何気ない現象から自らの疑問を得、それにまつわる思考の産物を得る行為としてからだメタ認知[6]が有用である。からだメタ認知とは、身体と環境との間で生成される現象を言語化などによって外的表消化し、そのインタラクションを進化させる行為である。その際、言語化の手法や内容により、からだメタ認知の効果は異なる色を見せると考えられる。

本研究では、生活者が自身の生活を舞台に音の役割を見出す想像行為のために「エッセイ」という手法を提案する。「日記」を比較材料として取り上げ、その有用性の差異を検証する。

4 音 essay とは

4.1 音 essay

音 essay とは、筆者が自身の生活の中で気付いた音と自身にまつわるエピソードを書き綴ったエッセ

イである。内容や文体に規制は設けておらず、分量は1000文字以内に収まっている。

実践は継続中であるが、本論文で分析対象となる事例は2013年7月30日及び同年8月1日～9月21日の53日間分、53事例である。論文末付録にタイトル及び概要一覧を一部記載する。図2で事例を紹介する。

「コンタクトレンズのケースが落ちちゃう音」

毎日の朝の時間で、私がコンタクトレンズを入れるのは、外出する直前。
家でつけるほど視力が悪くないということと、コンタクトを入れた直後から保たれる「シャキッと感」を、なるべく外出時に近づけたいためである。

朝。

全ての支度を終え、さあコンタクトを入れようと、鏡の前にあるコンタクトレンズのケースを手にかける時間。ケースの右側のふたを開け、右目分のレンズをすくい取るとすぐ、ケースをもとの位置に戻す。

このとき、いつも、ケースを落としちゃう。
いつも。

鏡前のすこしの淵に収まりきれなかったケースがバランスを失って、蛇口にあたってと思ったら洗面台の中で一踊り。「タ、キキ、ココココ」って。

静かな朝に、一人騒がしく踊るこのケースに対し、私はたまにイラっとする。

一方で、「よしよし、落ちちゃったか、しょうがねいねえ」って、すんなりスルーできる日もある。

コンタクトレンズのケースを落とすだなんて、そんな些細な失敗の音。

そんなでも私は心が振り回されてしまうみたい。

毎日だからこそ、寝起きの朝だからこそ、時間に余裕のない外出直前だからこそ、

この小さな失敗の音が私の今日の心の揺れ具合を測る音になるんだってね。

タイミングいいのか悪いのか、今日、右目が腫れちゃったから、当分コンタクトはできない。

来週の月曜日かな。

それまではこの音ともご無沙汰しちゃう予定。

2013年8月1日

図2 音 essay 一例（2013年8月1日執筆）

4.2 比較対象：音半日記

本論文で提案する音 essay の有用性を実証するために、比較対象として「音半日記」[4]を取り上げる。音半日記は、自身の生活の中での音に対する疑問や問題意識、思い入れ等を自由に綴る日記である。1日に2回時間を設け、1日2話の頻度で執筆している。分量は200字程度である。実践期間は2012年11月31日～12月31日、総事例数は55である。

図3にて事例を紹介する。この事例では、研究室（文中“308”）が徐々に独り言が言えてしまう空間になっていくことに疑問を持ち、自身の温度と思わず声が出てしまう現象とを結び付けた思考を記録している。

独り言が言える空間。今日308はそうだった。じっとしてるときはあんま言わないけれど、歩きまわったりするうちに鼻歌とか独り言が多くなる。広い空間を味わっていくと段々肌が慣れてくるのかなー？
自分の温度になっていくから……。思わず声が出てしまう空間ってなんだろうね。

図3 音半日記事例（2012年12月24日執筆）

4.3 音 essay にみえる特徴

音 essay ないし音半日記は、日々の生活で起きている状況を自分なりに認識する(図 1:C2)ことから始まる。それにより疑問や違和感を持ち、執筆活動に移ると考えられる。その産物(図 1:NC)がエッセイや日記にあたる。

言語化という点では同様の手法を使っているが、音 essay と音半日記は異なる役割を果たす。執筆する際に意識すること、及び結果として文面に現れる内容に相違点が見られる。以下、上記の側面における音 essay と音半日記の相違点を議論する。

執筆する際に意識することの相違点として、音 essay は読者を意識した、他者の理解度を意識した文面に調整される一方で、音半日記は自身が理解できればよい口調のままであることが挙げられる。更に、音 essay はひとまとまりの作品として一度完成させる必要があるが、音半日記はまとまりのない発散的な内容のまま問題がない。

上記の結果として音 essay には、「仮説」が多く含まれるのではないかと考える。生活を舞台に執筆された文章は、具体的に起きた内容を指す「出来事」、それを受けて感じた「感想」、その上で実感した「違和感」、それをもとに持った「疑問」、そしてその疑問を解消するための「仮説」で構成されると考えら

れる。

音半日記では他者の理解を促す必要も、自身の中でまとまっている必要もないため、「出来事」「感想」「違和感」までの文面が多く見受けられる。音 essay は読者がいることそして作品としてのまとまりを意識せざるを得ないため、自分なりの「仮説」を記述しているはずである。

また、音 essay は自己表現の場でもある。取りあげる話題や、文章に書き記す自身の情報や考えに他者からの見え方を意識しないはずはない。よって、表現したい自身の側面も内容に含まれているはずである。

上記の特徴を前提に、次章から分析を行う。

5 分析

5.1 音の役割生成分析

本分析は、音 essay 内から抽出された音の役割を分類すること、及びその生成過程の特徴を考察するためである。全53の音 essay の内容を読み返し、自身がエッセイ内で与えた音の役割を抽出した。それらを分類したものが表1である。

表1 音 essay より音の役割分類一覧

略	役割名	役割内容
A	思い出	思い出を呼び起こす
B	鏡	生活、事情などを映す
C	波	周期に気付かせる
D	気分測定器	精神状態を判定する
E	ボーダー	空間を分割する
F	ことば	コミュニケーションツールになる
G	敵	まとわり逃さず追う
H	話し相手	話し相手になる
I	うそつき	うそをつく
J	警告	警告する
K	応援隊	応援する
L	気分変換器	精神状態を変える
M	めざまし	目を覚ます
N	ミキサー	空間と溶け込ませる
O	アクセサリー	演出する
P	ゲーム機	遊ぶ
Q	合図	変化を知らせる

一方、音半日記の方では役割の生成が見受けられなかったため、独自の分類による分析を行った。以下は、音半日記で取り上げられていた話題の概要を分類したものである。

表2 音半日記より話題概要の分類

略	話題名	話題内容
A	音は人それぞれ	人それぞれ鳴らす音に特徴がある
B	音の使い方	音を使い分けるコツがある
C	うずうずする、私と身体	身体の感覚と音を出す感覚について
D	身体が知ってる音の感覚	自覚できていないけど身体は分かっているような感覚について
E	聴くこととからだの関係	からだが感じている感覚と聴こえ方の共通点について
F	空間によって違う音	空間によって、鳴らしたくなる音が違うことについて
G	音の文化	懐かしい音について
H	音は誰かがいる証拠	音と人の存在の関連について
I	音と不安	音のせいで不安になる
J	音と仲が悪い	嫌いな音について
K	音と中がいい	好きな音について
L	音に参っちゃう	音に参っちゃうことについて
M	音と距離感	音が作る距離感について
N	音が作ったリズム	いつの間にか作られている音のリズムについて

以上の分類をもとに、各役割が見出された推移を追う。図4に音半日記の話題推移、図5に音 essay における役割生成推移を記す。図4の縦軸は音半日記の話題概要分類、横軸は事例番号である。図5の縦軸は音 essay より抽出した音の役割分類、横軸は事例番号である。

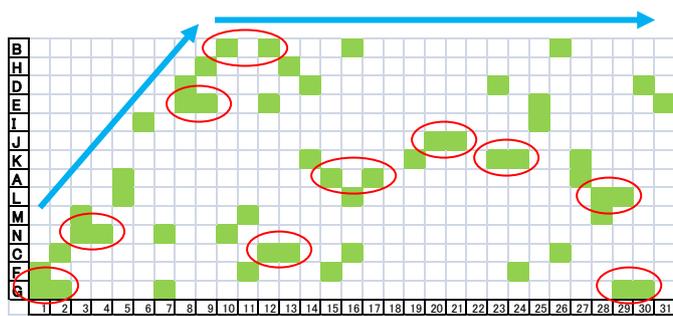


図4 音半日記の話題推移

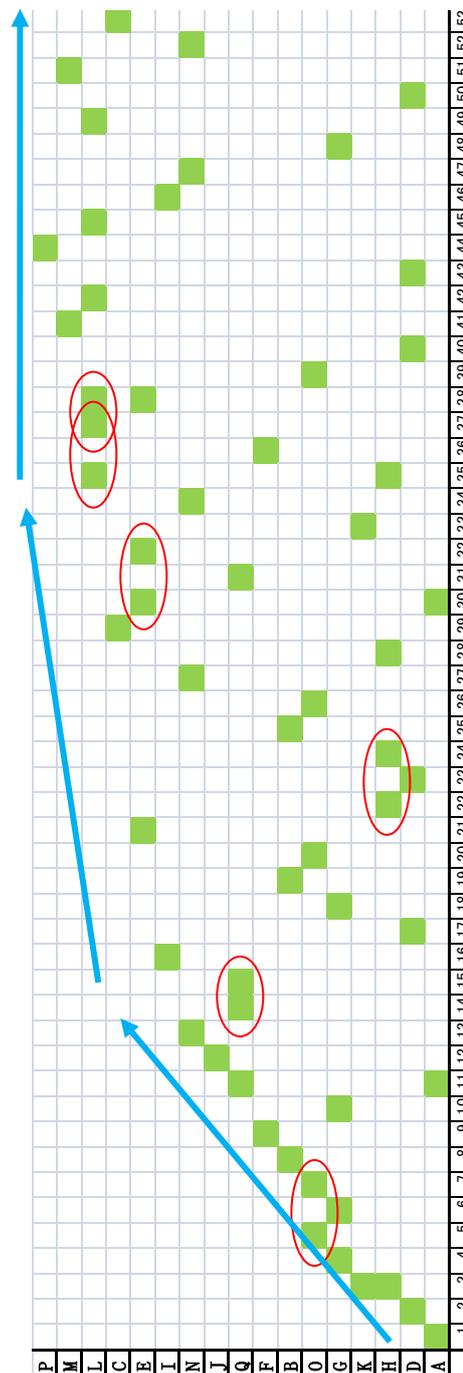


図5 音 essay における音の役割生成推移

5.2 音の役割生成分析考察

(1) 新規役割の生成推移の特徴

音 essay では、最初の13日間、毎日何かしら新しい役割を見出すことが達成されていた。その後、長期にわたり新規役割の生成頻度が衰えたが、終盤に向かい着実に、増え続けている様子が分かる(図5:

青矢印)。音半日記の話題の推移と比較してみれば、その違いがより顕著に見受けられる。音半日記では、最初の10日間のみ新規話題が生成されており、その後は指摘済みの話題に留まる(図4:青矢印)。

(2) 同役割の連続出現頻度

音 essay における音の役割の生成特徴として、2日連続して語られている役割が少ないことが挙げられる。音半日記のグラフを見ると、連続でももしくは3日以内に同話題で執筆している箇所が、全31事例(隣接関係30点)中10つも上げられた(図4赤丸)。これは隣接関係にある点全体の30%を占める。一方、音 essay の音の役割生成推移グラフによると、同役割を連続もしくは3日以内に執筆している箇所は全53事例(隣接関係52点)中7つしか上げられなかった(図5赤丸)。全体の13%ほどである。

以上2つの考察はいずれも、音 essay に「仮説」が含まれることから説明できると考えられる。違和感や疑問のみではなく、仮説や結論に至るまでを執筆することで、前日書いた内容に引きつられずに、あらゆる出来事・現象に目を向けることができる。つまり、図1でいうC3が強力なものではないため、次の日の行動や観察視点への影響力が少なくなるのである。その結果、連続して同じ役割を執筆することは容易になくなり、継続的に新規役割が生成されるのである。

しかし、構成的な役割生成においてはC3が生まれ新たな関係性が観察できることが望ましいため、一通り役割が生成されたところに中盤に見えるようなネタ詰まりが起きる可能性は高まることは危惧しなければならない。昔書いた音 essay を振り返り、そこで語られていた内容と今自分を取り囲む出来事との関連を見出すことができたときに、さらなる新規役割が生まれるのであろう。

5.3 筆者特徴分析

音 essay は一種の自己表現の場であるという考えから、その文面に筆者自身が他者に見せたい自身の姿が反映されていると考えられる。自身の生活をベースに、自身の視点・判断により音に役割を与える取り組みである以上、自身の内面的特徴との関連性は無視してはならない。

そこで、全事例から、筆者自身が当時見せたいと思っていた自分の特徴を抽出し、整理した。文面に直接書いてある特徴及び、自身が振り返ってそうだと判断したものを合計している。

表3は、音 essay 内に表現されていた筆者の特徴を分類したものである。

表3 音 essay に表現された筆者の特徴分類一覧

大分類名		
略	小分類名	具体例
話題を知らせたい		
A	過去の話	家族との昔の思い出
B	現在の話	一人部屋事情
勢いを見せたい		
C	強さ	サークルの代表だったこと
D	反発	文句を言うこと
E	順応	空間に溶け込んでいくこと
F	ポジティブ	自分と向き合おうとすること
表現したい		
G	身体	歯のタップでリズムをとること
H	演奏者	声の出し方を考えること
着飾りたくない		
I	さらっと	自分の音に酔わないこと
J	素	隠したい恋愛をさらけ出せること
幼稚でいたい		
K	子ども	簡単に騙されちゃうこと
L	だらしない	さぼりやすいこと
M	非常識	地元を最近知ったこと
色っぽくいたい		
N	女	マニキュアにこだわること
O	魔性	惑わす人が好きなこと
P	隙見せ	寂しがりやなこと
外れていたい		
Q	異常	ガラスを口で割っちゃうこと
R	縛られない	音を水だと思えること
S	見つけたがり	文房具を工夫していること
地味でいたい		
T	地味	手間を大事にすること
U	暗い	反省していること
V	壊れやすい	情緒不安定になること

5.4 筆者の特徴分析考察

これら特徴が音 essay 内で引き出されていった推移は以下のようなになる。縦軸が筆者の特徴分類、横軸が事例番号である。

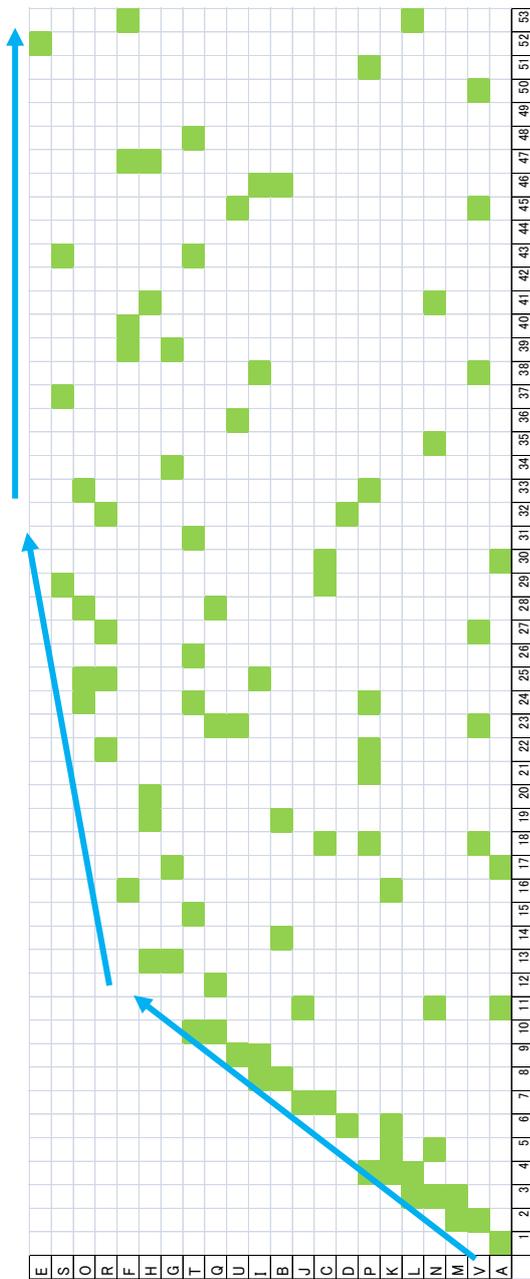


図5 音 essay における筆者の特徴生成推移

音の役割生成推移と形状が似ていることが見受けられる。しかし終盤では新規特徴の出現が1か所のみ見られるだけであるため、着実に生成が行われているとは言い難い。

その原因は以下が考えられる。音 essay という自己表現の場を通じ、自身の特徴を開拓・自覚していく行為を促すには長い年月が必要であること、及び自覚していても他者には見せたくない特徴を表現できずにいる場合もあることである。

これらを打破する手立て、及び音の役割分析との関連はまだ見つかっていないため、今後の課題としたい。

6 結論

本研究では、生活者が自身の生活に基づいて音の役割を見出していく手法として「音 essay」を提案し、その効用を明らかにした。音にまつわる「仮説」が毎日更新されることが新規役割の生成につながることで、またエッセイは自己表現の場であることから他者に見せたい自分の姿が整理できた。

自身の生活をベースに、自身の視点・判断により音に役割を与える取り組みである以上、自身の内面的特徴との関連性は無視してはならないと筆者は考えるが、両者の関係をより細かく分析すること、また長期的に音 essay を執筆し続けることが今後の課題である。

謝辞

本研究の指導者である諏訪正樹教授、音 essay の方向性に助言をくださった井出祐昭様、及び生活関係者の皆様と音に心から感謝申し上げます。

参考文献

- [1] R.マリー・シェーファー,鳥越けい子,小川博司,庄野泰子,田中直子,若尾裕訳:世界の調律-サウンドスケープとはなにか-,平凡社,569p,2006.
- [2] 岩宮眞一郎,『音のデザイン-感性に訴える音をつくる-』,九州大学出版会,176pp,2007.
- [3] 小松正史,日本京都タワー展望室の音環境デザイン・プロジェクト(3)-リニューアル前後における意識調査-一人の生活と自然/文化,京都精華大学紀要第三十五号,京都精華大学,2009.
- [4] 浦上咲恵,諏訪正樹.私が鳴らす音で生活をデザインする-My サウンドスケープデザインの実践・記録方法の提案-.人工知能学会第27回全国大会, 1B4-6 (CDROM), 2013.
- [5] 中島秀之,諏訪正樹,藤井晴行:構成的情報学の方法論からみたイノベーション,情報処理学会論文誌 Vol. 49 No. 4 pp.1508-1514, 2008..
- [6] 諏訪正樹,赤石智哉:身体スキル探究というデザインの術. 認知科学, Vol.17, No.3, pp.417-429.2010.

付録: 音 essay のタイトル及び概要一覧 (No.42 まで)

日付	No.	タイトル	概要
7月30日	1	お風呂の栓を抜く音	お風呂の栓を抜くと、その音で兄弟がいない生活の寂しさを思う。家族の変化を確認する。
8月1日	2	コンタクトレンズのケースが落ちちゃう音	いつも落としちゃうコンタクトケースのレンズ。些細な失敗の音にどう気持ちが変わるかで自分のコンディションを確認する
8月2日	3	化粧下地たちをお試しする音	自分が暮らしているまちで買った化粧品たちに愛着をもった。お直しをする音で、明日からよろしくねと声を掛ける。
8月3日	4	機械が動く音	機械の音は、一緒に頑張ってくれている気分になれる。音を忘れたところにさぼっちゃったりすると、見られていた気がしちゃう。音に人の存在を感じる。
8月4日	5	色をまとった指先の音	指先に似るマニキュアの色で、鳴る音の印象が変わる。この音で今週の自分の気分を表現しているし、支配されてもいる。
8月5日	6	食べる音	食べる音は、口の中の状態を示す恥ずかしい音であり息苦しくもあるけど、密着しているからこそ一体感を与えてくれる。
8月6日	7	ビニール袋で飾る音	一人で外泊する夜。安っぽいビニール袋の音によって、飾り気のない自分を出せたと、初めてなのに日常のように感じた。
8月7日	8	オールフリー生活な音	我が家がオールフリー生活になってから、乾杯の音が毎日同じじゃないことに気付いた。家族のどうでもいい事情が現れている音。
8月8日	9	「ごめんねっ」の音	電車で寝ちゃったとき隣の人に寄りかかってたかもしれない。「ごめんねっ」をきさくに伝えるために足と床が軽く触れ合う音を、テンポ良く。
8月9日	10	塗りがたて危険の音	マニキュア塗りがたての指は安易に動かすと危険。不器用にしかならせない数少ない音が愛おしい。調子にのらないようにね。
8月10日	11	イヤリングの不意打ち音	電話を掛けながら歩く帰り道。去年の夏色気を出すためにつけていたイヤリングの存在を思い出し、ある人に電話したくなっちゃった。
8月11日	12	口元でコップが割れる音	一生にもう二度と聴かないであろう音。口元でグラスが割れる音。「やっちゃえ」に歯止めをかけてくれるシンボルサウンドになるかも。
8月12日	13	口の中で演奏する音	喉づかいをなぞったり、口を閉じながら発音してみたり、歯のタップでリズムをとったり。音楽を聴くだけじゃなくて、簡単な音で参加。
8月13日	14	新しい夜習慣の音	最近部屋の電気を消すリモコンが壊れて、ドアまで消しに行かなきゃなのが不便。でも寝る前に鳴らす音のサイクルができたみたい。
8月14日	15	iPhone の操作音を ON にした	iPhone の操作音を ON にすると、その他の音にも耳が行く。ちょっとしたことをいじることでいろんな音に気付くんだね。
8月15日	16	騙された音	CDをたくさん取り込む日。認識する音は全部同じに聞こえるのに、反応がある時とない時と。騙された気分。いつか聴き破ってやる
8月16日	17	3人の声、5人の声	3人の時と5人の時と、声の大きさを自然と変えている。テンションがそれに伴う。些細なことが、自分の気分を整えている。
8月17日	18	心臓の音	心臓の音を聴くと安心してた高校時代とは一変、今は聴くのが怖い。動悸がするから。聴きたくなかった音。またいつか好きになれるかな
8月18日	19	日常を映す音	私の家では、歌が絶えないせいか、原曲とは違う声で脳内再生されてしまう曲もある。ふと頭を流れる曲と一緒に過ごしたことがある人の存在が映る。
8月19日	20	自己表現をそその音	カラオケでは、選曲や声づかいで自分の思いを伝える。生活音でもそういうのある。でもまだまだ足りない。表現したいって思えるのはなぜ。
8月20日	21	一緒にいるような音	宇多田ヒカルのラジオの日。彼女が聴いている音を一緒に聴けることで「一緒にいる」感覚を得ている。動きが伝わってうれしすぎる。
8月21日	22	お茶とひそひそ話した	お茶を飲むときに気付いた、お茶のばちばち。口元から少し見えるコップ内の狭い空間から。ひそひそ話してるみたい。

8月22日	23	正常に動いていない時	きっと身体はずっと動いていて、私もその音を聴いているはず。今日はその音が一瞬止まった。すると周りの音に圧倒されて、怖い。
8月23日	24	お茶と会話できなかった	今日は長細いグラスのコップでお茶を飲んだら、ひそひそ話できなかった。音に出会えない不意打ちは、さみしい。だから好きなのかも。
8月24日	25	パソコンから、水の音	無言の中流れる Skype 通話中の相手のキーボード音は、相手との関係を反映しているよう。気を許している証拠？
8月25日	26	ペットボトルの音	ペットボトルで水を飲む、なんて誰にでもできること。誰にでも鳴らせる音。でもそれを意味があるように見せつけられる人はカッコいい！
8月26日	27	雨の音って何の音？	ちっちゃいちっちゃいいろんな音が、広範囲にわたって聴こえていて結果同じ音が共有できているのが「雨の音」なんだね。
8月27日	28	深夜の息の音	深夜に口ずさんでみた。その時の息の音は、普段と違って、大切に思える。オシャレに聞こえる。歌ってはいけない深夜に、一緒にひっそり口ずさんだ仲間。
8月28日	29	電車のリズム	電車の走行音の変化、ドアの音、人の音・・・電車にはリズムがある。寝ながらも、私はそのリズムと周期を捉えていたみたい。最寄駅でね過ごさずにすむね。
8月29日	30	合宿お風呂	後輩ばかりの合宿。お風呂は一人。合宿はいつも複数人で入るから、不思議。院生だからかな、優遇されてるのかな。そういえば今までいろいろあったな。色々な意味を持っている音。
8月30日	31	変わった、君の音	冷蔵庫から取り出したばかりの固いシャーベットの音が、少しずつ端っこから融けてきた音に変わってきた。私の手のぬくもりが生んだ音。音は変化の証
8月31日	32	ひとくりの音	普段は車で鳴っている音をひとくりにしている。自分が聴きたい音とそれ以外って感じ。でも今日はそれができなかった。細かく聞き分けるよりも、上手くくれるほうがすごいじゃない。
9月1日	33	通知音パレード	さみしがりがやが発動する夜は、連絡が来る時になる通知音を複数鳴らす。携帯とPC。受信速度の違いが生むずれも楽しい。もっともっと私を呼んで。聴いていたい音を知ることは大事。
9月2日	34	なぞる快感	脳内で鳴っている音楽に合わせて、私の身体が動いている気がする。音楽をなぞるように音を鳴らすと気持ちいい！快感。
9月3日	35	シーツの音	夜眠れない時は、シーツの音を聴くといいよ。薄くてさりげないこの音は、私が動くたびに反応をくれる。なでてくれる。音が気になって眠れない時でも、シーツだけなら大丈夫。
9月4日	36	いっせーの一せ	講義中配布資料を皆で一齐にめくる音、信号が変わって皆で一步踏み出す音。見ず知らずの人と一緒に動き出す時、ちょっとしたずれをさりげなく聴くと、通じあえたみたいで楽しいよ。
9月5日	37	机に向かうための音セット	机に向かって勉強するときは、高校生の時みたいにルーズリーフを使う。机と直接触れ合う紙の上を滑らせるペンの音が、私が机に向かうための音セット。懐かしい集中力。
9月6日	38	居場所選びは音で(序章?)	ちょっとまちで時間がある時の居場所を選ぶときは、音の遮断について考えて。音の距離は、自分と周りとの精神的距離に上手くバランスを取ってくれるから。
9月7日	39	イミテーション・サウンド	あこがれの音を自覚すると、その動作をするのが楽しくなるみたい。その音を真似してみたい、その音を鳴らしている人に私もなりたい、て。
9月8日	40	息の音・・・	息の音にも種類がある。今の心の状態は、息の音で判断できる。コントロールしきれない息だからこそ、素直に体調が現れる。難しかったら心地いい音楽の息を聴いてみて。
9月9日	41	サイレント目ざまし	家族が活動している中、寝る。そのうち家族が仕事に出て行って、音がなくなったそのしずけさで起きる。刺激だけがめざましじゃないね。
9月10日	42	億劫はチャンス	ドライバーは億劫。でも案外いろんな音がなってるんだね。この音をベースに、いろんな音を鳴らしちゃえ。演奏すれば、なんたって楽しい。