形の科学会誌 第 27 巻 第 2 号 (2012)

目　次

【交流】
かたちシューレ「2012 ニセコ秋の学校」報告
小川直久 …… 79
【シンポジウム予稿】
第 74 回 形の科学シンポジウム「機械・乗物の形　―過去・現在・未来―」
プログラムと予稿 …… 81
【会告】
第 73 回形の科学シンポジウム討論記録 …… 164
事務局からのニュースメール …… 168
会告 …… 169
形の科学会誌の原稿募集 …… 174
『形の科学会誌』論文投稿の案内 …… 175
形の科学会入会案内 …… 177

かたちシューレ「2012 ニセコ秋の学校」報告

小川直久
北海道工業大学・創成工学部，札幌市手稲区前田７条 15-4-1

今の大学に移って１０年。

「この大学の良いところは、ニセコに山荘があるところだ」と、かねがね思っている。いかにも北海道らしい広々とした草原、畑、蝦夷富士と呼ばれる羊蹄山、その中を流れる川。

そんな中に，居心地の良い山荘がある。私は疲れてくると､札幌からJRに乗っては、ここに来て釣りをして過ごす。

ニセコ駅から歩いて３０分､スキー好きにはたまらないアンヌプリの山に向かって歩いた途中に山荘がある。

山荘までの行程にあるのは、広々とした高原、はるか彼方まで続くジャガイモ畑。

山荘には２階に個室が二つ。あとはオープンスペースのベッドが並んでいる。

一階は広々としたキッチンとダイニング。

かねてからイメージしてはいたが、今回、ここでようやく「かたちシューレ」を開くこととなった。

山荘の庭には、日本の清流で知られる、尻別川の支流、支流と言っても川幅１m程度の小川。ここに３０ｃｍを超える虹鱒がいる。 北海道での釣りには､ほとんどの川で入漁料はいらない。本流には、ヤマメ、イワナ、ニジマス、そして幻のイトウも生息する。

今回の参加者は宣伝の効果が不十分だったためかもしれないが、会員が８名、私の大学関係者が２名、函館高専から１名、小学生４名、さらには赤ちゃん１名という人数の少なさではあったが、ゆっくりと話が出来てよかったのでないだろうか。会員の参加者は、種村正美さん、山口喜博さん、本多久夫さん、前畑謙次さん、松浦執さん、海野啓明さん、手嶋吉法さんと私である。松浦執さんには無理を言って、お子さん連れで来て頂いた。

ここは子供が来てはじめて本領発揮するところなのである。日中はあくまで「遊ぶ」ことにして、夕食後からの研究会。

お話の内容は、本多さんが「遺伝子から形態への道筋ができた」というタイトルで理論生物学の話、山口さんが「面積保存系におけるカオス」について、海野さんが「4 次元折り紙とその性質」について話され、続いて前畑さんから短いながらも、最近の活動の話をお聞きした。心ゆくまで質問し、秋の夜長にじっくりと、話し合う場がもてたことは参加者全員にとって有意義であったのではないかと思う。

子供たちは勝手に遊び、我々も日中に釣った虹鱒を焼いて食い、おやつにはニセコ特産のジャガイモをゆでて食べた。帰りには、取れたてのジャガイモやとうもろこし、メロンをお求めになった方もおり、さらには皆、温泉に浸かり、北国の短い秋をエンジョイして頂けたのなら、とても嬉しい限りである。

本来いらっしゃる予定だった、中央大学の徳永さんが急な病のために来られなかった。ぜひ、元気になって、かたちシューレといわず、ここを訪れて頂きたいと願っている。

場所：〒048-1522　北海道虻田郡ニセコ町字曽我 598 番地　北海道工業大学芦原ニセコ山荘
　　電話(0136) 44-1031　ＪＲニセコ駅下車 徒歩 30 分、 タクシー5 分
　　http://www.hit.ac.jp/~dosokai/service/villa.html
プログラム：
９月８日（土）
集合時間　14:00
14:10-14:20　　開校の挨拶
14:20-14:50　　口頭発表（全員）
14:50-18:30　　自由時間＋夕食
（夕食は各自）
18:40-19:40　　レクチャー１「遺伝子から形態への道筋ができた」本多久夫氏（兵庫大学健康科学部）
20:00-21:00　　レクチャー2 「面積保存系におけるカオス」山口喜博氏（帝京平成大学情報学研究科）
21:10-22:10　　レクチャー3 「4 次元折り紙とその性質」海野啓明氏（仙台高等専門学校）
9 月 9 日（日）
8:30　　朝食
9:00　　掃除
9:30　　閉会

（以上）

第 74 回　形の科学シンポジウム
「機械・乗物の形　–過去・現在・未来–」

【主催】形の科学会
【会期】2012 年 11 月 16 日(金)，17 日(土)，18 日(日)
【会場】東京農工大学 小金井キャンパス 11 号館 5 階　〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
交通アクセス : http://www.tuat.ac.jp/basic_information/access/index.html（JR 東小金井駅より徒歩 10 分）
【世話人】平山修（代表世話人），佐野理　〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16　東京農工大学工学府
【参加費】会員・非会員とも一般 3000 円，学生 1500 円
【懇親会】2012 年 11 月 17 日（土）18:00　エリプス 3 階
【懇親会費】一般 5000 円，学生 3000 円

プログラム

11 月 16 日（金）
8:30 受付開始
9:00-9:15　開会の辞

機械・乗物の形　招待講演
9:15-10:15　人体とロボットの形と機能
水内郁夫（東京農工大学）

（10:15-10:25　休憩）

機械・乗物の形
10:25-10:45　壁・天井面移動ロボット支持機構のための適切な摩擦・支持力を発揮するゴム形状
坂梨菜津子，水内郁夫（東京農工大学）

10:45-11:05　ノイズを利用したゾウリムシロボットの探索行動
石渡信吾，岡駿資，倉本真（横浜国立大学工学部）

（11:05-11:15　休憩）

形の科学一般／形と知
11:15-11:35　マイクロマシン活用を目的としたゾウリムシの行動制御
難波俊介[1]，石渡信吾[2]，和田正義[1]，平山修[1]（[1]東京農工大学工学府，[2]横浜国立大学）

11:35-11:55　アバダーとエージェントによる web システムでの学習活動の可視化
藤本祥子[1]，松浦執[1]，内藤求[2]（[1]東京学芸大学教育学部，[2]（株）ナレッジシナジー）

11:55-12:15　パチクリ EQG いろいろ
蛭子井博孝（卵形線研究センター）

（12:15-13:15　昼休み）

機械・乗物の形　招待講演
13:15-14:15　飛行機とパラシュートの形
新井紀夫　（東京農工大学）

（14:15-14:30　休憩）

機械・乗物の形
14:30-14:50　パラシュートの形状特性の研究
美濃部貴幸，高橋俊，新井紀夫　（東京農工大学）

14:50-15:10　羽ばたき航空機に向けた翼に関する研究
山手瑞貴，田近義宏，高橋俊，新井紀夫　（東京農工大学）

（15:10-15:25　休憩）

形の科学一般
15:25-15:45　バイパス術治療による脳動脈瘤内流れに関する研究
西田梨奈，馬場拓真，高橋俊，新井紀夫　（東京農工大学）

15:45-16:05　固体球の流体衝突による界面不安定性
桂木洋光（名古屋大学大学院環境学研究科）

16:05-16:25　粘性流による粒状体中の半球形空洞の崩壊過程
山田悠平，佐野治翔，佐野理（東京農工大学工学府）

16:25-16:45　渦輪の衝突による粒状体表面へのパターン形成
吉田隼也，佐野理（東京農工大学工学府）

（16:45-17:00　休憩）

17:00-17:20　鉛直加振による粒状体のUndulation形成の研究
　土勢督史，佐野理（東京農工大学工学府）

17:20-17:40　砂漣形成の初期条件依存性
　石井一輝，佐野理（東京農工大学工学府）

17:40-18:00　水平アクリル円筒における粒状体の回転偏析の実験
　大沼誠，佐野理（東京農工大学工学府）

18:00-18:20　内部に高粘度の液体を含む円筒の斜面上の回転落下運動と液面形状
　栗川連，平山修（東京農工大学工学部）

11 月 17 日（土）
8:30 受付開始

形の科学一般
9:00-9:20　小突起物を貼付した物体のスティックスリップ運動とマグニチュード分布
　石井雄基[1]，見上聡彦[1]，川崎祐樹[2]，平山修[2]（[1]東京農工大学工学部，[2]東京農工大学工学府）

9:20-9:40　カワセミ *Alcedo atthis* の構造色　1. 羽枝の海綿体状組織とその形態計測
　小作明則，宮本潔（獨協医科大学医学総合研究所）

9:40-10:00　3D ゲノムユニバースの開発：様々な生物種ゲノムの３次元空間へ投影・可視化の試み
　相田拓洋[1]，西垣功一[1,2]（[1]埼玉大学大学院理工学研究科，[2]埼玉大学工学部機能材料工学科）

（10:00-10:15　休憩）

10:15-10:35 バッキーボール式殻孔枠配列の外層殻をもつ中生代放散虫 *Pantanellium*
　松岡篤[1]，吉野隆[2]，岸本直子[3]，石田直人[1]，栗原敏之[1]，木元克典[4]（[1]新潟大学，[2]東洋大学，[3]摂南大学，[4]（独）海洋研究開発機構）

10:35-10:55　莢がねじれて藤の実がはぜる
　本多久夫（兵庫大学）

10:55-11:15　樹木１本の小枝の太さの対数正規分布
　小山耕平，才木真太朗，奥野匡哉，石田厚（京都大学生態学研究センター）

展示
11:15-11:20　ウシの石刻絵画のスタイルとウシの役割の関係
　髙木隆司[1]，出原立子[2]，水野慎士[3]（[1]神戸芸術工科大学，[2]金沢工業大学情報学部，[3]愛知工業大学情報科学部）

11:20-11:25　液滴・液流の形
　加藤雅貴[1]，河野健吾[2]，新井田恵美[3]，原田新一郎[4]（[1]埼玉県立浦和東高校，[2]工学院大学工学部，[3]東洋大学大学院社会学研究科，[4]目白大学保健医療学部）

11:25-11:30　フィボナッチらせんを構成する点配置の優良格子点法の点配置への適用
　根岸利一郎，関口久美子（埼玉工業大学）

11:30-11:35　*Aspergillus* 属が形成する同心円パターン
　平良和大[1]，高田宗樹[2]，渥美龍男[1]（[1]岐阜医療科学大学保健科学部放射線技術学科，[2]福井大学大学院工学研究科）

（11:35-13:00　昼休み）（運営委員会）

機械・乗物の形
13:00-13:30　繊維機械について
　壁矢久良（元東京農工大学）

13:30-15:00　東京農工大学　科学博物館見学ツアー

機械・乗物の形　招待講演
15:15-16:15　カー・ロボティクス–ぶつからないクルマの形–
　ポンサトーン・ラクシンチャラーンサク（東京農工大学）

（16:15-16:30　休憩）

16:30-16:50　アクティブ操舵と制駆動力配分を用いた車線追従制御の理論解析
　平尾基裕，ポンサトーン・ ラクシンチャラーンサク（東京農工大学）

16:50-17:10　ドライビングシミュレータを用いた危険予測運転支援システムの開発
　江澤和浩，ポンサトーン・ラクシンチャラーンサク（東京農工大学）

17:10-17:30　秋田県角館町飾山の形からわかること
　久保光徳[1]，坪郷英彦[2]，北村有希子[1]，田内隆利[1]（[1]千葉大学大学院，[2]山口大学人文学部）

17:30-17:50　滑らかに転がる多面体の研究
　手嶋吉法（千葉工業大学工学部機械サイエンス学科）

18:00　懇親会　エリプス 3 階

11 月 18 日（日）
9:00 受付開始

機械・乗物の形　招待講演
9:30-10:30　ライト兄弟から宇宙船まで
　須藤正道（東京慈恵会医科大学宇宙航空医学研究室）

（10:30-10:45　休憩）

10:45-11:05　一人乗り太陽熱宇宙船の設計について
　阿竹克人（株式会社 阿竹研究所）

11:05-11:25　水上翼船の夢
　髙木隆司（神戸芸術工科大学）

（11:25-11:35　休憩）

形の科学一般／形と知
11:35-11:55　津波避難の数理モデル
　栗田治（慶應義塾大学理工学部）

11:55-12:15　個体差と気象条件を考慮した搾乳量と乳成分率のモデリング
　矢野真知子[1]，島津秀康[2]，遠藤敏喜[1]（[1]自由学園最高学部，[2]School of Biology, University of St. Andrews）

（12:15-13:15　昼休み）

形の科学一般／形と知
13:15-13:35　可積分系とスメールの可逆馬蹄をつなぐ連結写像
　山口喜博（帝京平成大学）

13:35-13:55　Aha の体験－アルキメデスの求積 3 題
　杉本剛（神奈川大学）

13:55-14:15　多面体筒（ダイヤカット缶）の数理
　三浦公亮（JAXA 宇宙科学研究所）

14:15-14:35　Edge-to-Edge タイル張り可能な凸五角形タイルと非周期的 Edge-to-Edge タイル張り可能な凸多角形
　杉本晃久（科学芸術学際研究所 ISTA）

（14:35-14:50　休憩）

形の科学一般／形と知
14:50-15:10　多角形で鶴を折る
　横田至明（TAMA 市民塾）

15:10-15:30　文字教育と書写教育
　沓名健一郎（静岡大学教育学部）

15:30-15:50　詩 - 音楽 - 映像における表現の相互関係
　渡辺泰成[1,2]，柴崎謙一[2]（[1]千葉工大総合研究所，[2]NPO・科学芸術学際研究所ISTA）

15:50-15:55　閉会の辞

人体とロボットの形と機能

水内郁夫
東京農工大学、東京都小金井市中町 2-24-16、mizuuchi@cc.tuat.ac.jp

Shape and Function of Human and Robot

Ikuo Mizuuchi
Tokyo Univ. of Agri. & Tech., 2-24-16 Nakacho, Koganei, Tokyo

Abstract: This paper introduces various robots developed by the author and the colleagues. A major design concept is replicating the musculoskeletal structure of human beings. We have studied and designed multiple-jointed flexible spines, *reinforceable* muscle units, knee-joint structures with rotating contact, ball-and-socket crotch-joint structures with asymmetric moveable ranges, shoulder-joint structures with bladebone and collarbone, and so on.

Keywords: musculoskeletal humanoid, biologically inspired robot, humanoid

1. 人体の構造に学ぶロボット身体構成法

人体を模すということは、たくさんの側面がある。構成要素（粘弾性・筋出力・感覚器など)、機械的な構造面、脳神経系と運動制御の関連などである。本稿では、人体の骨格の構造と筋による駆動を再現してみたいということを動機の一つとして、筆者が取り組んできた様々な筋骨格型ロボットの形と機能を、人体構造との対応を含めて紹介する。

筆者は 1998 年頃から人体を模した腱駆動ロボットの研究を始めた。当初は、人体の中でもとりわけ多関節な骨格構造である脊椎（背骨）に着目し、その構造を持つことの効果・特徴や制御法に関し研究を進めた（図 1）[1]。その後「筋骨格型ヒューマノイド」という言葉を提唱し、全身型へと研究を進めている（図 2）[2,3]。本発表では、多節構造の脊椎、増強可能な筋ユニット、転がり関節から成る膝、球関節を用いた股関節や肩関節、肩甲骨と鎖骨を持つ肩構造などを例にとり、形と構造と制御に関する研究を紹介する。

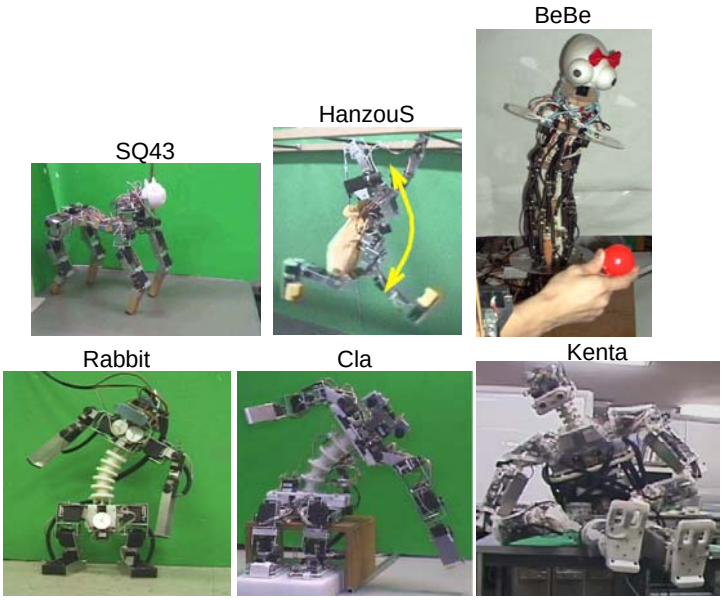


図 1：ロボットにおける柔軟な脊椎の研究[1]

図 2：筋骨格型ヒューマノイド
小太郎[2](左)と小次郎[3](右)

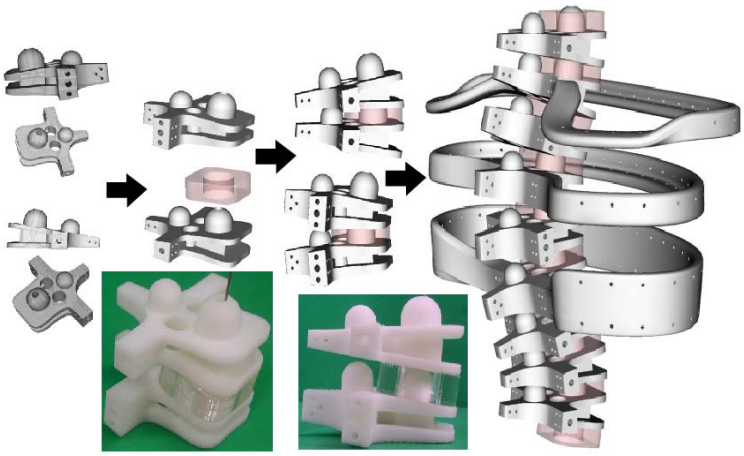


図 3：腱太の脊椎（10 節 30 自由度）

図 4：大腿骨頸部を持つ大腿部

図 5:転がり関節の膝関節(腱次)

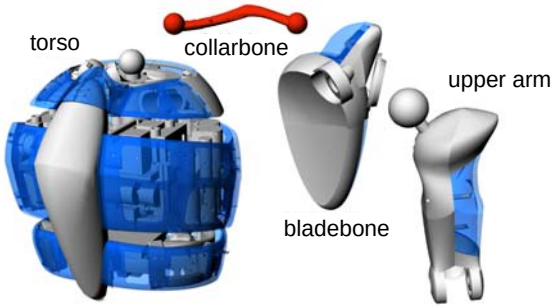


図 6：肩甲骨と鎖骨を持つ肩構造（小太郎）

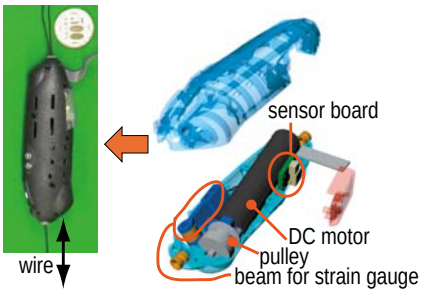


図 7：増強可能な筋ユニット

2. 人体構造に学んだ具体例

筆者らは、解剖学の教科書[4]から人体の形状と機能を把握し、それを再現すべく 3D モデラを用いて 3 次元複雑形状を設計してきた。図 3 は各節が球関節(3 自由度)から成る 10 節の脊椎であり、椎間板に相当するシリコンゴムを節間に挟み、横突起・棘突起間を靭帯に相当するバネで接続することで、人体の脊椎のしなやかさも再現した。図 4 は人体模型とロボットの大腿骨を並べた写真である。球関節は軸周りのみ可動範囲が広いが、その動きを最も可動範囲の必要な方向に配分すべく軸が斜め横向きになっている。図 5 の転がり膝関節は上からの衝撃に強いという特長や、回転中心が進展に伴い移動するため筋駆動の場合に屈曲状態ではトルクが大きく伸展状態では速度が速いという利点がある。図 6 は小太郎の肩構造である。肩甲骨が胸郭表面を移動することで肩関節の回転中心が移動し、手先の届く範囲が広がる。図 7 は張力センサを内蔵した筋ユニットで、力不足の関節の増強やより力を出したい方向に配置換えすることなどが容易であり、トレーニングによって筋肉を鍛えることに相当することが可能である。

参考文献

[1] 水内郁夫: 柔軟性可変な脊椎構造を有する多自由度全身行動ロボットシステム, 東京大学博士論文, 2002.

[2] I.Mizuuchi, et al.: Development of Musculoskeletal Humanoid Kotaro, IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.82-87, 2006.

[3] I.Mizuuchi, et al.: An Advanced Musculoskeletal Humanoid Kojiro, IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pp.294-299, 2007.

[4] I.A.Kapandji: カパンディ関節の生理学 I,II,III, 医歯薬出版, 1986.

壁・天井面移動ロボット支持機構のための適切な摩擦・支持力を発揮するゴム形状

坂梨菜津子，水内郁夫
東京農工大学
東京都小金井市中町 2-24-16
sakanashi@mizuuchi.lab.tuat.ac.jp

The Shape of Rubbers to Exert Relevant Frictional and Supporting Forces for a Climbing Robot

Natsuko Sakanashi, Ikuo Mizuuchi
Tokyo University of Agriculture and Technology
2-24-16 Naka-cho, Koganei-shi, Tokyo

Abstract: This paper presents the shape of rubbers to obtain relevant direction of contact forces and magnitude of restoring forces for mobile robots climbing uneven ceilings and walls. To obtain them, the stretched shape, the direction of restoring forces and the friction of rubbers should be taken into account.

Keywords: climbing robot, rubber, friction, restoring forces, uneven surface

1. 緒言

室内高所へのアクセスや倒壊家屋探査などを想定し壁・天井面移動ロボットの研究が行われており、分子間力、空気圧、磁力など様々な支持方法が提案されている[(1)]。

本研究では壁・天井面の凹凸を能動的な摩擦力により把持する機構を提案する。ゴムの復元力とアクチュエータの力を利用した支持機構を検討しており、本稿では特に復元力を適切に支持力に充てるためのゴム形状について述べる。

2. ゴム形状

2.1. 復元力

図 1 のように天井の凹凸面へ波形状を持つゴムで支持することを考える。接触点 i にはゴム復元力の反力 F_{Ri} が働く。支持のために F_{Ri} と重力 F_G が次の条件を満たす必要がある。

$$\sum_i F_{Ri} \sin\varphi_i = F_G \qquad (1)$$

可搬重量を決める F_G 増加のため、F_{Ri} の増加を考える。F_{Ri} は最大伸び率 $\alpha_{\max}$ を安全率 S_f で除した伸び率の復元力とする。$\alpha_{\max}$ と同時に、F_{Ri} を決める最大発揮力を重視する。以上から伸び率を決めるが、厚みのある部位は引張力に対し伸びが少ない点を考慮する。

2.2. 摩擦力と復元力の方向

ゴムが滑り出さないために、F_{Ri} の凹凸面に水平な方向成分である摩擦力 R_i と垂直な成分である垂直抗力 N_i、最大静止摩擦係数 μ より以下の条件を満たす必要がある。

$$R_i \le \mu N_i \qquad (2)$$

μ は大きいほど良いが、一般に μ が大きいと最大発揮力が小さい傾向にあり、適切な選択が必要である。(2)式により μ の許容値は $1/\tan\theta_i$ に由る。(1)式より、可搬重量増加のため φ_i を増やすと、θ_i が 0 に向かい、大きな μ が必要となるので φ_i、θ_i のバランスを考慮する必要がある。

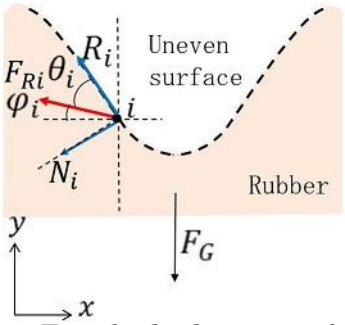


Fig.1 Free body diagram of a rubber

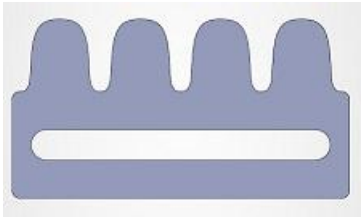
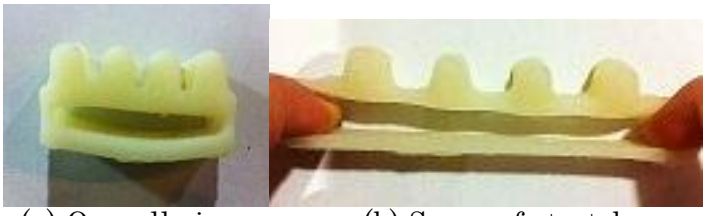


Fig.2 Rubber Rev.1 (CAD)



(a) Overall view (b) Scene of stretch

Fig.3 Rubber Rev.1 (Prototype)

Fig.4 Rubber Rev.2

Fig.5 Rubber Rev.3

Fig.6 Rubber Rev.4

2.3. 軽量化

重量を抑えるため、復元力に寄与しない部位を削り、単純化・軽量化を行う。

2.4. 伸長機構との接続部

伸長機構の接続部は引張力を直接受ける箇所であるので、応力集中を防ぐため急激な形状変化を抑え、厚みを設けると供に重量の増加に繋がらない形状にする必要がある。

3. ゴムの試作・設計

2 章の検討を元に図 2 に示すゴム形状を製作した。支持実験の結果、天井・壁面を支持することが出来ず、幾種類かのゴムは破断してしまった。原因として、厚みによる伸びの違いが想定より大きかったこと、伸長機構との接続部形状が薄く弱かったことが挙げられる。以上の問題点と、2 章各項目の更なる検討・試作のため図 4～図 6 形状の設計を行った。

図 4 では、厚みがあり伸びの少ない山部を拡大。伸長部機構との接続部を厚く、円弧上にし、軽量化のため復元力に寄与しない波形状両端を削った。加えて、図 5 は復元力の方向を変化させること、摩擦力のため接触面積の増加を目指し谷部を深く湾曲させた。図 6 では軽量化と、単純化により引張力を効率良く伸縮に利用することを考え上下供に波形状に成形した。

4. 今後の予定

今後、図 4～図 6 の試作・実験により復元力を適切に支持力に充てることが出来る形状について検討を進める。

文献

(1) Domenico Longo, Giovanni Muscato. Adhesion Techniques for Climbing Robots: State of the Art and Experimental Considerations. 11th International conference CLAWAR 2008, 2008.

ノイズを利用したゾウリムシロボットの探索行動

○石渡 信吾，岡 駿資，倉本 真
横浜国立大学工学部，〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5
E-mail: s-iswt@ynu.ac.jp

Searching behavior of paramecium robot utilizing noise

Shingo Ishiwata, Syunsuke Oka, Makoto Kuramoto
Yokohama National University, Yokohama, Kanagawa 240-8501, Japan

We have developed an autonomous searching robot modeled thermotaxis of paramecium based on stochastic resonance(SR). SR is phenomena that can enhance weak periodic signals with the help of noise. We demonstrate that the paramecium robot can search a suitable temperature by regulating the frequency of directional change.

Key Words: paramecium, thermotaxis, stochastic resonance, noise, searching robot

1. はじめに

ゾウリムシは体長 0.2㎜ 程度の単細胞生物である。その特徴的な行動として走性行動がある。走性は生物が食べ物や化学物質、温度や光といった環境の中で好みの方向に移動する性質である。ゾウリムシでは餌となるバクテリア（の分泌物）濃度の高いところに集まる化学走性や適温に集まる熱走性がよく知られている。ゾウリムシは体表に生えている数千本の繊毛を使って泳ぐ。その泳ぎは直進と不規則な方向変換から成り、これを繰り返すうちに適温やバクテリア濃度の高いところに集まる。温度や濃度の情報によりわずかに偏ったランダムウォークをしているのである。しかも絶えず変動する環境の中で、ローカルミニマムに陥ることなく、常に適した環境を探索している。脳や神経系を持たない単細胞生物の限られた情報処理能力でこのような探索行動を可能にしている動作原理を理解したいという目的で、我々はゾウリムシの走性行動をモデル化した自律探索型のロボットを開発してきた。

2. ゾウリムシの走性行動と確率共鳴

ゾウリムシの走性行動の研究は、1970 年代に大沢文夫らのグループによって精力的に行われた[1]。ゾウリムシは細胞表面にある化学受容器や温感センサーからの刺激によって、細胞内の電位（膜電位）がある閾値を越えると、繊毛の一部が逆打ちして方向変換を行う。しかし、ゾウリムシの体長に対して体の前後の濃度差や温度差は小さすぎる。泳ぐことによって数㎜の間の濃度や温度の勾配を検出していると考えられている。ゾウリムシは体内で積極的にノイズを生成し、膜電位は大きく揺らいでいる。この内部ノイズによって、環境変化がなくても、自発的に方向変換がランダムに引き起こされている。熱走性について言えば、ゾウリムシの適温に集まる方法は、**周囲の温度変化に応じて方向変換の頻度を調節する**ことである。移動時の温度変化が適温から遠ざかる傾向にあるときは方向変換の頻度を上げ、適温に近づく傾向にあるときは変換頻度を下げる。この方向変換頻度の調節だけで確率的に適温に集まるのである。

我々は大沢らの結果に基づいて、ゾウリムシの走性行動を確率共鳴の観点からモデル化した。確率共鳴は閾値応答素子が、ノイズに埋もれた微弱信号に対して、ノイズを逆に利用して、その信号に確率的に同期する現象である。閾値応答素子に閾値以下の信号が入力された場合は何の応答も得られないが、これに適度な強度のノイズを加えると、信号に重畳したノイズが閾値を越える。信号がノイズに比べて緩やかに変化するなら、ノイズの応答確率は信号によって変調され、信号の山で応答確率は高く、谷で低くなる。このように信号を反映した応答確率を得ることができる。確率共鳴の特徴は入出力の相関にノイズ強度の最適値が存在することである。K. Wiesenfelt らがザリガニの尾の感覚毛でこの現象の存在を示して以来[2]、様々な生物の感覚系で確率共鳴由来の現象が見つかっている。

3. 走性行動のモデル化と結果

ゾウリムシの熱走性をモデル化するにあたって、適温探索の条件は以下の通りである。

(1) ゾウリムシのサイズでは１点の温度しかわからない。

(2) ノイズ環境下でわずかな温度変化を検出しなければならない。

(3) 限られた情報処理能力しか持たない。

１点の温度しかわからないということは、止まっていては適温の方向を定められないということであり、どちらでも構わないからまず動いて周囲の温度を探索する必要がある。それでも数 mm の間の温度変化は小さく、環境ノイズに埋もれる程度であると考えられる。ここで確率共鳴の原理を導入する。ゾウリムシの膜電位応答は神経細胞の刺激応答と同様に単安定系の閾値応答である。ロボットに実装する制御回路には単安定回路を用いる（図１）。移動に伴う温度変化を微分回路を介して単安定回路に入力する。しかしこの入力信号では単安定回路は応答しないようにセンサー感度を調整しておく。次に入力信号にノイズを加算する。ノイズ強度はノイズのみで一定の応答頻度が得られるように選ぶ。ロボットが適温に近づくときに入力信号が下がり、適温から遠ざかるときに入力信号が上がるように設定し、ロボットの駆動系を単安定回路の応答パルスによって方向変換するように構成すれば、ゾウリムシの熱走性を模擬できる。ここでは温度センサーの代わりに光センサーを用いて、環境設定しやすい“光走性”のロボットを試作した。ロボットの概観と走行実験の結果のみを示す(図２，３)。

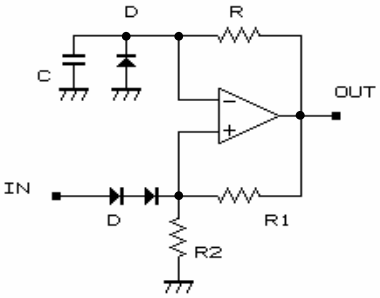


図１　OP アンプを用いた単安定回路

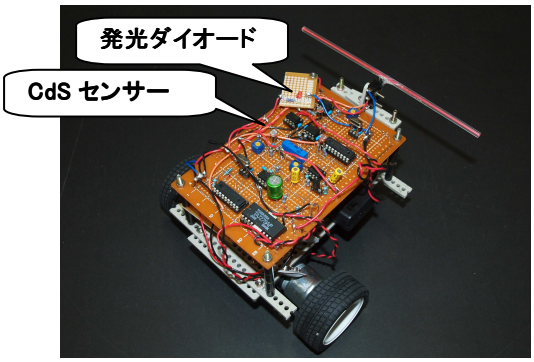


図２　ゾウリムシロボットの概観

光センサーは CdS を用いた。ロボットには暗がりでの目印に発光ダイオードを付けている。

図３　走行実験におけるロボットの軌跡

1m×2m のフィールドでの走行実験。左下隅に光源を置き、右上の暗がりからスタートさせる。ロボットは不規則に動きながら次第に光源に近づいていく。図中の赤線がロボットの軌跡。

4. まとめ

ゾウリムシは限られた情報処理能力で、周囲の環境ノイズに加え自ら内部ノイズを生成し、これらのノイズを積極的に利用して、微弱な温度変化の検出とローカルミニマムを乗り越える探索行動を同時に実現している。本モデルはノイズに強いシステムの構築の可能性を与える。一方、我々は実際のゾウリムシを顕微鏡で観測し、温度勾配下でゾウリムシの軌跡や方向変換の分布を計測した[3]。しかし確率共鳴の存在を示す証拠はまだ得られていない。

参考文献

[1] 大沢文夫,「細胞の適応を探る」, *日経サイエンス* 1994 年 5 月号

[2] K. Wiesenfeld and F. Moss, *Nature* **373**,33-36 (1995)

[3] S. Shinohara, T. Akiyama, S. Ishiwata, O. Hirayama, *Forma*, **20**, 19-38 (2005)

マイクロマシン活用を目的としたゾウリムシの行動制御

難波　俊介[1], 石渡　信吾[2], 和田　正義[1], 平山　修[1]
[1]東京農工大学工学府　〒184-8588　東京都小金井市中町 2-24-16
[2]横浜国立大学工学研究院　〒240-8501　横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5
E-mail:50011648026@st.tuat.ac.jp

Motion control of paramecia as a micro-machine

Shunsuke NAMBA[1], Shingo ISHIWATA[2],Masayoshi WADA[1], Osamu HIRAYAMA[1]
[1]Graduete School of Tokyo University of Agriculture and Technology, Naka-cho 2-24-16,Koganei,Tokyo 184-8588,JAPAN
[2] Yokohama National University, Tokiwadai 79-5,Hodogaya-ku,Yokohama,Kanagawa 240-8501,JAPAN

Abstract: The objective of this study is the efficient motion control of high density Paramecia group using Electrotaxis. Temporal evolutions of paramecia positions under the alternative elective field ware examined and the its frequency distribution was clarified.

Keywords: Paramecium, Electrotaxis, movement control, High density group

1, 緒言

近年，マイクロマシンの研究が拡大されているが, 自律・独立型のマイクロマシン開発には小型化や組立作業, 原動力供給などにおいて問題が山積している. そこで微生物集団の走電性を利用してその行動を制御し，マイクロマシンとして活用しようとする研究が見られるようになった[1]. これらのマイクロマシンとしての有用な能力を持つゾウリムシの実用化の可能性を検討することが, 本研究の大きな目標である. 一定の向きに一定の電位勾配を設けた場合のゾウリムシの空間分布については先行研究が存在するが[2], 今回は 4 方向電極[2]を用いて電場の向きを周期的に変えることによってゾウリムシ集団に周回運動行わせること, およびその集団運動の解析法を確立させること, 往復制御を利用して詳細な行動特性の把握を目的とする.

2, 実験方法

アクリル板上に直径 0.5mm の炭素棒 4 本で 9.0mm×7.0mm×0.5mm の観察区水槽を作り, 炭素棒に電圧をかけることで電場発生装置とする[1]（図 1）. ゾウリムシ集団を観察水槽に入れた後，電源装置により電圧を印加し，3［V/cm］の交流電場を発生させる. 観察水槽内をＣＣＤカメラで撮影し, 得られた画像から各個体の位置を求める. 実験装置の概念図を図 2 に示す.

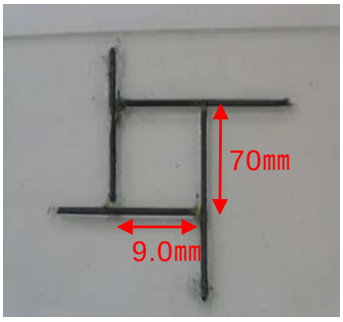


図 1　4 方向電極観察水槽

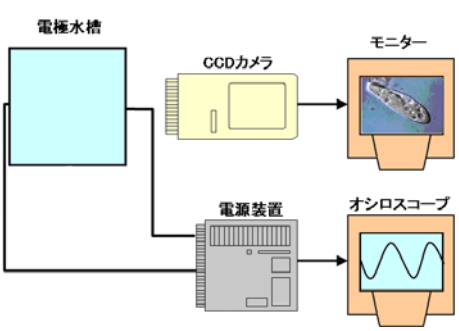


図 2 実験装置概念図

3, 回遊制御

前記した実験装置を用いて，ゾウリムシ集団の回遊制御の実験を行った．

電圧印加開始時刻を t=0s と定め，その後一定時間ごとに時計回りに負極方向を変化させ，ゾウリムシの回遊運動と空間分布を撮影した．なお撮影は，電極方向切り替えを画面上方向から開始し，時計回りに 2 周した後，電圧印加を停止してゾウリムシが定常状態に復帰するまで行った．

電極切り替えの概念図を図 3 に，回遊制御時の静止画像及び，密度分布等高線図の一例を図 4 に示す．

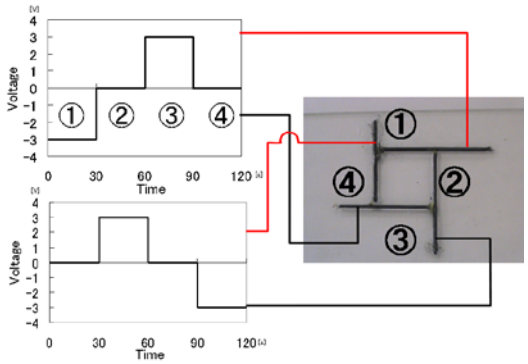


図 3　電極切り替え概念図

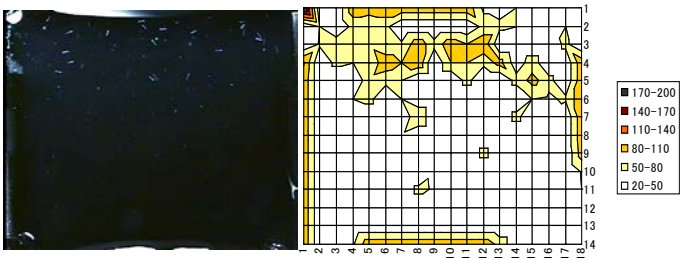
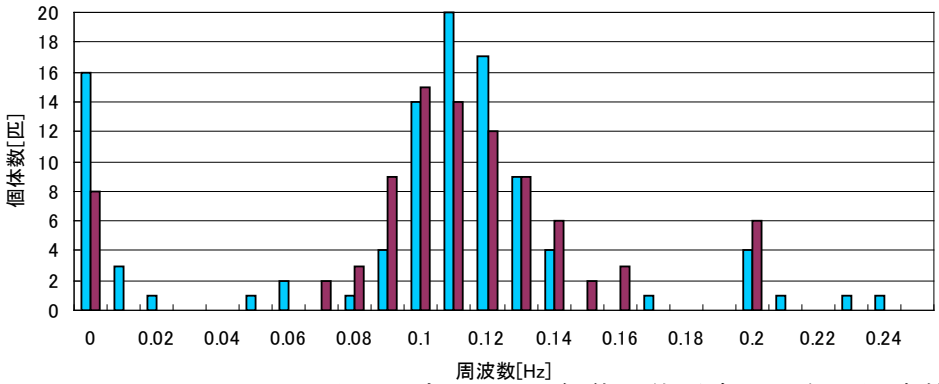


図 4 静止画像及び，密度分布等高線図

4, 往復制御による行動解析

回遊制御ではゾウリムシの集団としての振る舞いの解析に重点を置いたが，今回の解析ではゾウリムシのより詳しい行動特性を明らかにするために，回遊制御より単純な往復制御の場合について，個体ごとに解析を行い，電場に対しての周波数ずれや位相遅れ，集団効果などを求め，考察を行った．ゾウリムシの行動特性の解析結果の一例として，0.1Hz の矩形波電圧を印加した場合のゾウリムシの位置変化の主要周波数の分布を図 5 に示す．

なお、周波数の平均，標準偏差の算出には主要周波数が 0.01～0.19Hz の個体を用いた．



	周波数[Hz]	
	平均	標準偏差
低密度	0.106 (77匹)	0.029
高密度	0.109 (75匹)	0.022

図 5 ゾウリムシ個体の位置変化の主要周波数分布

参考文献

[1] Kiyonori Takahashi：Organized Motion Control of lot of Microorganisms Using Visual Feedback, Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation , (2006)1408-1413

[2]平山修，中井俊介，石渡信吾：「走電性下でのゾウリムシの個体数分布」形の科学会誌，23(2009)295-303.

アバターとエージェントによる web システムでの学習活動の可視化

藤本祥子[1]，松浦執[1]，内藤求[2]
[1]東学大・教育，東京都小金井市貫井北町 4-1-1
[2]（株）ナレッジシナジー

E-mail: shumats0@gmail.com

Visualization of Learning Activities on a Web System, Using Avatar and Agent.

Shoko Fujimoto[1], Shu Matsuura[1], Motomu Naito[2]
[1]Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukui-kita, Koganei, Tokyo,
[2]Knowledge Synergy inc.,

Keywords: Learning portal, Avatar-agent interface.

Abstract: We created an avatar-agent interface on a learning portal site to change it from a static link-based system to a dynamic story making system.

1. 静的学習ポータルから動的ポータルへ

e-Learning は、学習者にとって時と場所を選ばす利用でき、学習履歴に基づく学習サポートが可能であるとともに、学習者同志や教師とのオンライン・コミュニケーションが可能である。学習ポータルは、このような e-Learning の利点を生かしながら、学習者個別に多様なやり方で利用できる、学習形態を制限しないシステムを目指すものである。

本研究では、理科を中心としつつ、関連分野を横断的に学習することを可能にする、学習ポータル http://tm.u-gakugei.ac.jp/epw/ の構築を行っている。2009 年から 2011 年にかけて、情報の整理技術である Topic Maps 技術に基づいて、基本的な構造の構築を行い、2011 年からは推奨機能の基本機能の設定などを行っている。

このような学習システムのインタフェースは、更新・変化はあるものの、基本的に情報資源へのリンクのリストである。この点で多くの web サイトと同様に静的な資源と言えよう。これに対し、個々の学習者の活動を相互評価、自己評価とともにすべて記録していく e ポートフォリオが近年注目されている[1]。e ポートフォリオは、利用者自らが作り上げて行く一つの物語であり、資源そのものが利用者によって時間とともに構築されていき、またそれが利用者の活動の動機付けとなる、動的資源と言えるのではないか。

我々はこのような動的性質を有した学習ポータルの実現を目指したい。それは e ポートフォリオのように利用者の産物が全体をなすわけではないが、利用者の活動を擬似的に表現することで、利用者に寄り添い運動する仮想世界を表出したい。

2. アバターの導入

本研究 2011 年段階では、学習者個別および全体について、コンテンツの利用状況およびドリル学習履歴に基づくドリルの理解度を表示して、学習、再学習を推奨する機構を導入した。学習リソースへのリンクに利用者自身の状況を反映するものである。

一方、利用者自身を表現するために導入されるのがアバター（化身）である。すでに、

アバターを表示する e-Learning の実例もある[2]。オンラインゲームでは参加者の表現としてアバターが用いられ、仮想空間内の活動主体として表現される。

アバターはポイントシステムと共に用いられる。利用者の活動をポイントに数値化することによって、種々の活動の蓄積を別種の活動や表現に換算、もしくは反映することができる。しばしば、ゲームや学習の成果をアバターの図像表現の変化や所有物、権利などに変換して、アバターを育成したり、ゲームを進めるために必要なアイテムを得る。

アバターのポイント変換モデルとしては、①学習などの本来活動と、キャラクタの表現や所有権獲得などのアバター活動とを独立させる包括的ポイント化モデルと、②本来活動を分類して、それぞれの活動の特徴と対応するアバター活動に変換する区分ポイント化モデルが考えられる（図 1）。e-Learning で前者の方式を取る場合には、アバター育成が過剰に目的化しないように工夫されている。後者ではアバターの世界の自由度が限定されるものの、本来活動から物語性を浮き彫りにする目的に適うものと考え、本研究で採用する。

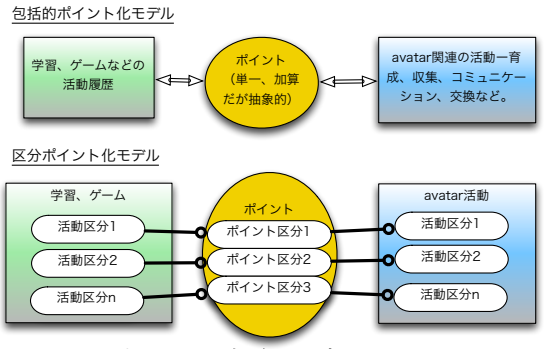


図 1. ポイント変換モデル

3. エージェントの導入

アバターは、変化する情報環境と相互作用して、一つの物語を形成する。個々のアバターにとって、利用するコースウエアや利用履歴によって情報環境は異なる。このように多様かつ変化する存在としての情報環境の化身をここではエージェントと呼ぶ[3]。

情報科学で研究されてきたエージェントは、利用者の代理として情報環境を探索して、利用者が必要なものを提供する独立した存在である。本研究では利用者の代理人ではなく、利用者が活用する情報環境の化身としてのエージェントを考える。このエージェントは、情報空間の本来活動を表現するアバターと組になることで、意味をもつ存在となる。

4. 実装と使用

2010, 11 年に「物理学概論」授業の授業時間外学習用に任意に活用するシステムとして適用し、学習推奨システムの有無による比較を行った。その結果、推奨システムの導入効果は見出せなかったが、学習頻度と回数により利用様式を分類できることが示唆された。これから、利用リソースの種別（静的）だけでなく、利用の仕方（動的）のタイプを反映したアバター表現が可能と推察した。2012 年春学期はアバターページを付加し、区分ポイント化モデルによって利用者個別の利用状況の特徴をアバターにより表現した。利用者全体の利用状況もアバター表現し、アバター同士が互いの学習状況を覗き合えるようにした。ここまでは、学習成果をアバターページで確認する形式である。現在は、アバターとエージェントのメッセージから個別の学習に入る動的ポータルモデルへの変換を試みている。

参考文献

[1] 森本康彦“高等教育における e ポートフォリオの最前線”システム/制御/情報 vol. 55, No. 10, pp. 425-431(2011)

[2] 日本将棋連盟オンライン将棋スクール http://www.online-shogi.jp/ （サービス終了）

[3] 上田完次『創発とマルチエージェントシステム』培風館(2007)

パチクリ　EQG　いろいろ

蛭子井博孝
卵形線研究センター
hirotaka.ebisui@clear.ocn.ne.jp

1. はじめに

pachikuri と EQG についての定義は、前回、全体報告した。ここでは、形の科学として、パチクリ EQG の思惟的数学表現の恣意性[1] を（いろいろを）報告しようとして,その後、思惟的考察[2] し、その恣意性が,若干把握できた。ものの思惟的形の本質も、恣意的であるが、それが、思惟的にとらえられたとき、それは、発見であり、発見は、意識の飛躍である。ぱちくり EQG の PG による表出のなかに、Equation と GRAPHIC の相互関係性が見えてくると、そのパチクリ性はなくなるが、形を科学し、正確に再表現でき、一つの成果であろう。ここに、パチクリ EQG の恣意性の、数学的把握も合わせ報告する。言い換えると、愛するという心理学的意識、花を愛する人に捧げようとする行為が、思惟的形を生んだともいえる。

2. パチクリ　EQG　涼花

ものの形の発見は、多くのものの中に、特異なものを発見し,そこをクロ-ズ UP して、つまり、顕微鏡でものを観察するようにしてはじめて、本質的なものが見えてくる。
涼花と名付けた人工花の形は、次のようなものである。１０００種ぐらい一日で作成できるようになったが,いや、種は、まだ数種で、種族が、数１００花かもしれないが、その生成生物的考察一助として、ここに、２，３の EQG を掲載しておく。

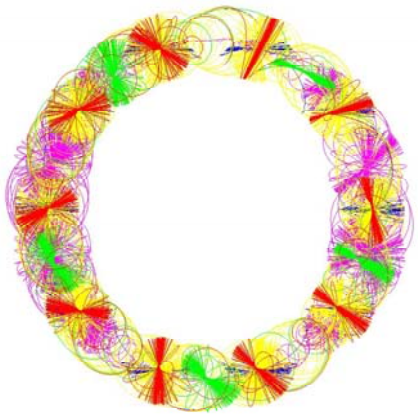


Fig. 1．EQG の初めてのカラー化

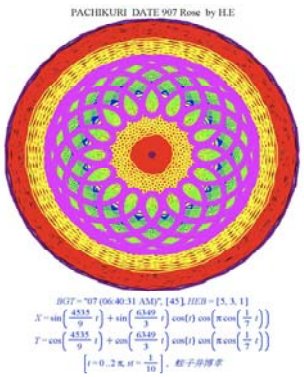


Fig. 2　EQG の花柄

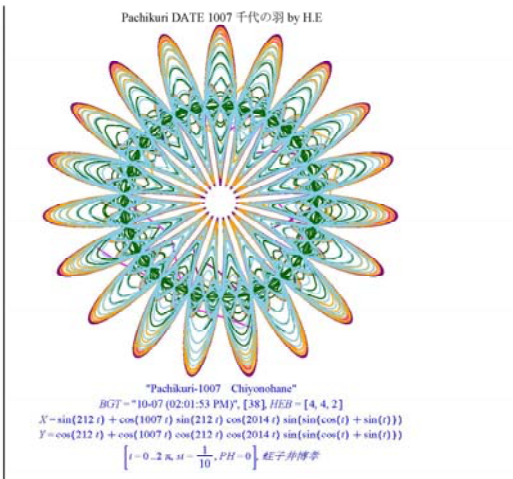


Fig.3. EQG の恣意性

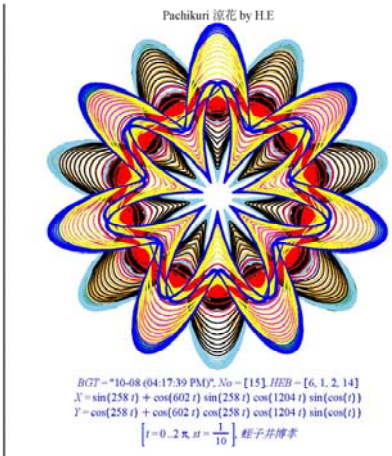


Fig.4. EQG の個性の把握

パチクリ EQG の x、y の特徴は何か、ご覧ください。
一枚から、１０００種、千輪の花が描けるでしょう。

3.むすび

形の恣意性と恣意性を思惟的にとらえることの違いが、報告できることに感謝します。
なお、会場では、昨日【10 月 11 日】完成したＰＧ【2400EQG 作成】と、これを書いた時点後の考察をＰＧの実行 DEMO する予定です.

謝辞

ＰＡＣＨＩＫＵＲＩ　ＴＶＤや、パチクリ本を見ていただき、パチクリ EQG を享受してくれた皆さんに感謝します。

参考文献

１．蛭子井博孝；”ものの形について”；バイオメカニズム学会誌、Vol.29,No.2（2005）
２．蛭子井博孝；"支持関数による卵形およびその他の携帯の媒介変数表示とそのＣＧ”；形の科学会誌,Vol.15,No.2,1999；

飛行機とパラシュートの形

新井紀夫
東京農工大学機械システム工学専攻、東京都小金井市中町 2-24-16
arai@cc.tuat.ac.jp

Design of Airplane and Parachute

ARAI, Norio
Tokyo Noko University, 2-24-16 Naka-machi, Koganei, Tokyo

Abstract: In order to design the configuration of flying vehicles like an airplane and a parachute, what is the basic idea? Which is the important thing, symmetry and/or asymmetry? Basic concepts are shown.

Keywords: Airplane, Parachute, Oblique wing

１．　飛行機

飛行機やパラシュートの形は，人間が鳥のように空を飛びたいという素朴な欲求から生まれた．その思考の流れから当然のことながら最初は鳥を真似たものとなり，有名なリリエンタールの航空機が例として挙げられる．しかし上手く飛行できなかったようである．

1895 年 6 月 29 日にベルリン近郊のリッターフェルデで行われた飛行実験（http://ja.wikipedia.org/wiki/）

一方日本においては,ライト兄弟より早く飛行機を飛ばした日本人として二宮忠八がおり，1891 年４月２９日に飛行に成功している．しかし，残念なことに有人ではなく模型飛行機のようなものであった．そのためであろうか，残念ながら世界初の飛行とは認められていない．

カラス型模型飛行器
（http://chuhachi.netcrew.co.jp/cyuhachi/）

現実的な有人による飛行機は有名な 1903 年 12 月 17 日ノースカロライナ州キティホークにおける 12 馬力エンジン搭載のライトフライヤー号の登場を待つしかなかった.

（https://www.google.co.jp/search?q=ライト兄弟）

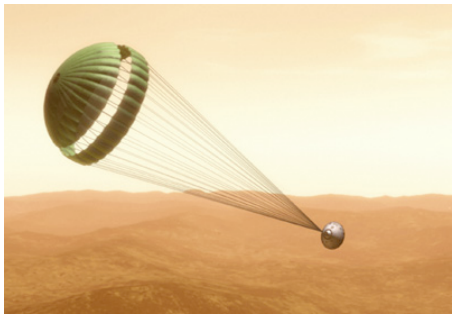
２．　パラシュート

飛行機は第一次世界大戦で飛躍的に発達したが,まだまだ主要な手段とは言い難かった.その後，運搬手段としてその地位を確立していく過程において搭乗者の救出，搭載物の降下等に関連し，パラシュートも発達してきた.

ここでは，その過程を省き現在のパラシュートの置かれている位置，今後の課題等について最近の話題を元に話をする.

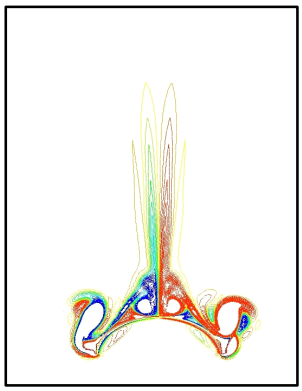
パラシュートの適用速度範囲は広範囲に渡り，超音速から数 m/s 程度の低速までその目的に応じて広く使用されている．超音速の場合の典型例としては衛星を地上に回収する際のもの，低速の例としては人間の降下手段としてのパラシュート，等々がある．当日は典型的な事例を元にその意義について説明する.

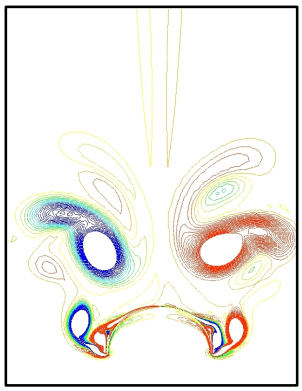
航空機の着陸後の減速



惑星探査機の大気圏突入

人間や物資の地上への投下





パラシュートの開傘過程
（数値計算）

詳細は当日色々な例を示しつつ説明する.

パラシュートの形状特性の研究

○美濃部貴幸，高橋俊，新井紀夫
東京農工大学、東京都小金井市中町 2－24－16
minobe0518@gmail.com

Study of Parachute Geometry

Takayuki Minobe, Shun Takahashi, Norio Arai
Tokyo University of Agriculture and Technology, Nakacho 2-24-16, Koganei, Tokyo, 184-8588, Japan

Abstract: Parachutes are used for various purposes and in wide speed range as one of the small storage space, the light weight and excellent drag-to-weight ratio. However, there are still many unknown things because of the complicated interaction between the flowfield and a parachute. Although there are various geometries in real parachutes, it is not so clear how the geometry affects to the performance of parachute. Therefore, the characteristics of parachute geometry are focused in the present study.

Keywords: Parachute, CFD, Coupled Simulation, Aerodynamic

1. はじめに

パラシュートは収納スペースが小さく，軽量でありながら，開傘後は非常に大きな抗力を発生するという利点を有するため，航空宇宙工学分野における空力的減速手段の一つとして，Fig. 1 に示すように人間や物資の地上への降下や，航空機の着陸時の減速，惑星探査機の惑星大気圏突入など，多岐にわたり用いられている[(1)]．しかし，実用においてはパラシュート構造が持つ柔軟性やパラシュート自身の軽さに起因するさまざまな課題が存在している．

Fig. 1 Usage of Parachute

2. 研究目的

パラシュートに関わる現象については比較的古くから研究が行われているものの，その現象の複雑さから未だ不明な点が多い．また形状にも様々なものがあり，中でも通気孔の配置や傘体部の形状がパラシュートの性能に影響は詳細には知られておらず，形状による特性を検証することは安全に降下させること，落下軌道を予測する上でとても重要であると考える．そこで本研究では，柔軟性を排除し，剛体近似した様々な形状のパラシュートを流体・運動連成解析を行って自由落下させ，パラシュートの形状特性について調べることを目的とする．

3. 計算対象と数値計算法

本研究では大気中を自由落下するラウンドシュート型のパラシュートやディスクギャップバンドパラシュートなどを単純化したモデルを用いた．パラシュートが流体力により運動する流れ場について解析するために移動物体適合格子を用い，レギュラー格子を用いた差分法による 3 次元数値計算を行う．

本研究では静止空間の中をパラシュートが降下することを模擬している．物体が降下する方向(鉛直方向上向き，主流方向)を慣性座標系のX軸とし,主流方向に対して垂直な方向をY軸Z軸とする．　計算で用いるパラシュートモデルの例をFig.3.1に示す．パラシュートの円の中心からペイロードまでの距離を R_0としている．パラシュート重量はペイロードの5分の1とした．ディスクギャップバンドはギャップ幅Gを変化させている．

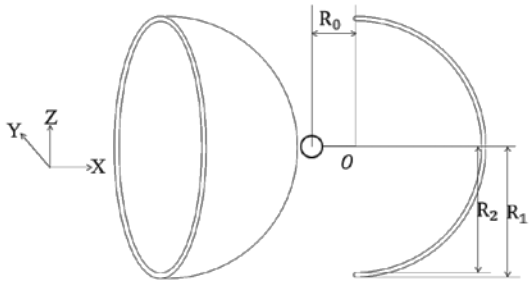


Fig. 3.1 Parachute Model (Round Chute)

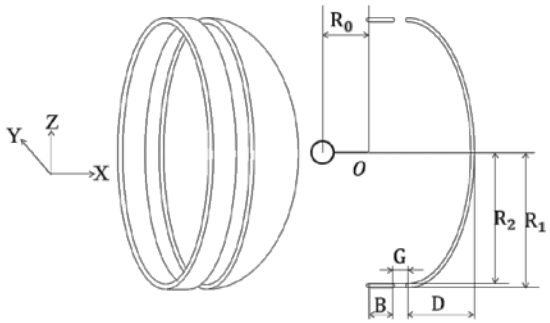


Fig. 3.2 Parachute Model (Disk-Gap-Band)

4. 計算結果

本研究では流体物体共に完全に静止した状態からパラシュートを自由落下させた．落下方向のパラシュートの速度の時間履歴をFig.4.1に示す．また，ディスクギャップバンドの流れ場において大気圧を 0[Pa]としたときの圧力値が-3.8[Pa]の等値面をFig.4.2に示す．圧力の等値面は一様流より低圧になっている領域を示しており，剥離渦の領域に相当している．Fig.4.1 よりディスクギャップバンドの方がラウンドシュートよりも終端速度が速くなっている．Fig.4.2 よりパラシュートエッジ部及びギャップ部から渦輪状に剥離が生じていることが分かる．またパラシュートは一度運動する方向が決まるとその方向に運動し続ける傾向が見られ，これは過去の研究結果ともよく一致している．

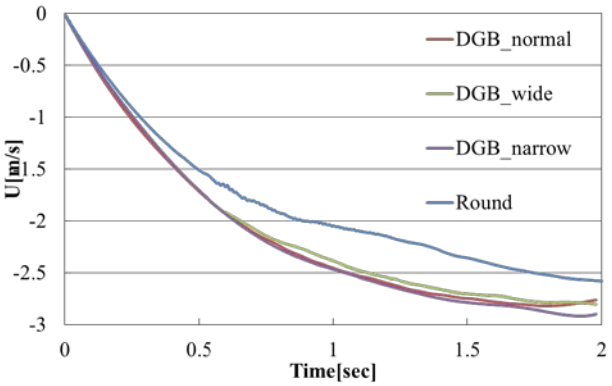


Fig. 4.1 Time History of Descent Velocity

Fig. 4.2 Disk-Gap-Band 0.96[sec]

5. 結論

・パラシュートを静止状態から落下させるとエッジ近傍から流れが渦輪状に剥離する

・パラシュートが一定方向に動き始めるとそのまま同じ方向に運動し続ける傾向がある．

参考文献

1) 三好理也，森浩一，中村佳朗，“Immersed Boundary 法を用いたパラシュート開傘過程の流体・構造連成シミュレーション Numerical Simulation of Parachute Inflation Process by IB Method”，日本航空宇宙学会論文集，Vol. 57，No. 670，pp. 419-425，2009.

羽ばたき航空機に向けた翼に関する研究

○山手瑞貴，田近義宏，高橋俊，新井紀夫
東京農工大学、東京都小金井市中町 2-24-16
50011643067@st.tuat.ac.jp

Study of Wing for Development of Flapping Vehicle

Mizuki Yamate, Yoshihiro Tajika, Shun Takahashi, Norio Arai
Tokyo University of Agriculture and Technology、2-24-16, Nakacho, Koganei-shi, Tokyo

Abstract: The flow characteristics around flapping wings are quite different from conventional fixed wings from the point of aerodynamics. In this study, flowfields around a flapping wing are studied by using 3D incompressible flow simulations to investigate the relationship between vortices and fluid forces.

Keywords: Flapping Wings, VTOL aircraft, CFD

１．はじめに

羽ばたき飛行は，失速しない，ホバリングが可能である，外乱に強い等の特徴を持っており，これらの特徴から羽ばたき翼を用いた航空機を実現できれば，現在の固定翼や回転翼による飛行とは異なる性能を持つ航空機が期待できる．

本研究では，単純な羽ばたき運動を行う飛翔体の翼設計を行うために，3 次元流体解析を用いたパラメータスタディを行い，その特性を把握する．そして，より単純で効率のよい羽ばたき運動を見つけ，最終的には垂直離着陸性を有した羽ばたき航空機を実現する．

２．羽ばたき航空機の設計

本研究では，Fig. 1 に示すように翼が進行方向に対して水平な状態から，式(1)，式(2)のような三角関数で回転と平行運動を行う羽ばたき航空機の翼設計を行う[1)]．ただし，式中の A は平行移動の振幅，ω は角速度，α_{max} は最大回転角である．

$$x = -A\cos(\omega t) \quad (1)$$

$$\alpha = \alpha_{\max}\sin(\omega t) \quad (2)$$

羽ばたき翼の場合，翼の速度と回転角度が時々刻々と変化するため，平行移動の運動の周期 T，密度 ρ，揚力係数 C_L，平行移動速度 U，基準面積 S を用いて一周期の平均揚力を見積もると式(3)のようになる．これを本研究における平均速度 v_{ave} を周波数 f と振幅 A で表すと式(4)のようになり，基準面積 S は α_{max}，翼弦長 c と翼スパン長 l を用いて式(5)のように表せる．このときに得られる揚力は式(6)で表すことができる．ただし，$\overline{C}_L$ は平均揚力係数である．

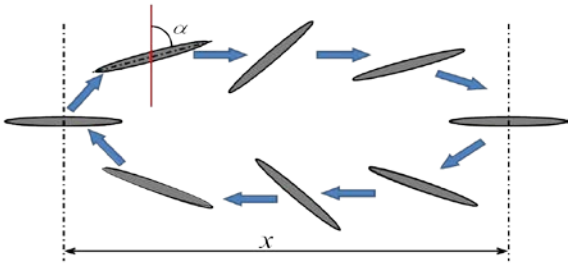


Fig. 1 Schematic of present wing motion

$$L = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{1}{2}\rho C_L(t)U(t)^2 S(t)dt \quad (3)$$

$$v_{ave} = \frac{2}{\pi}A\omega = 4fA \quad (4)$$

$$S = 2cl\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_{\max}\right) \quad (5)$$

$$\overline{L} = \frac{1}{2}\overline{C}_L\rho(v_{ave})^2 S \quad (6)$$

３．流体解析手法

本研究ではBFC格子を用いた3次元流体解析を行う.支配方程式は 3次元非圧縮性Navier-Stokes方程式として ALE 法により解く．方程式は Fractional-step 法で段階化する．対流項は 3 次精度風上差分，粘性項は 2 次精度中心差分で近似し，これらの項は Crank-Nicolson 法を用いて SOR 法により解く．圧力の Poisson 方程式は 2 次精度の中心差分法を用いて離散化している．

４．流体解析結果

本解析では，翼断面には楕円形を用いており，静止流体中を運動する剛体翼周りの解析を行った．計算条件を Table 1 に格子を Fig. 2 に示す．境界条件は，外部境界で速度は滑り条件，圧力にディリクレ条件を用いている．得られた結果より，翼上面から見た渦度の絶対値の等値面を Fig.3 に示す

Table 1 Flow and flapping parameters

密度[kg/m^3]	1.2
粘性係数[Pa･sec]	1.8×10^{-5}
α_{max} [deg]	45
コード長[m]	3.0×10^{-1}
翼厚[m]	3.0×10^{-2}
スパン長[m]	5.0×10^{-1}
振幅[m]	5.0×10^{-1}
周波数[Hz]	4.0

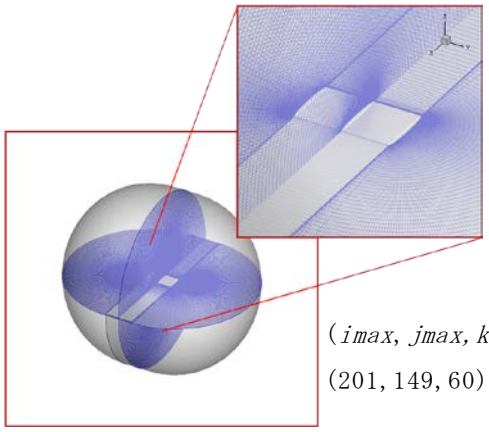


Fig. 2 Computational grid

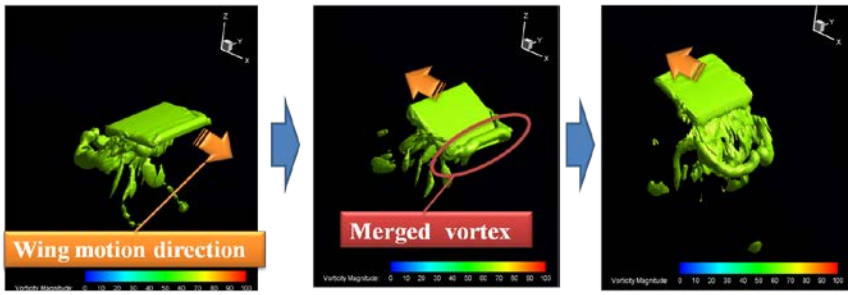


Fig.3 Vorticity magnitude isosurface

Fig. 3 より，翼の運動方向が切り替わる直前に前縁渦として発生していたものが，進行方向が切り替わることによって後縁渦として成長して翼端渦と繋がり，翼の運動と共に翼の下面に流れて行っており，この渦が翼の下面方向に流れていくことで翼の迎角が小さくなっているときにも揚力が生まれているものと考えられる．このことからも生物の羽ばたき飛行のメカニズム同様，本研究のような羽ばたき運動においても揚力発生には効果があると考えられる．

５．結論

翼を羽ばたき運動の方向に対して水平な状態から運動させた場合でも，今回の運動翼パラメータであれば十分な揚力が発生することがわかった．今後より昆虫等の飛行メカニズムに近い，8 の字の運動軌道とも合わせて，より効率的な翼の運動について検証を行っていく．

後縁から剥離した渦は翼端渦と繋がり，翼の下面に流れていき揚力発生に効果があることが確認された．これについても生物由来とどのように違いがあるのかを検討していく．

参考文献

1) Sumita, T. et al., “Development of Vertical Takeoff and Landing Vehicle with Flapping Wings”,AIAA Paper 2012-3336, 2012

バイパス術治療による脳動脈瘤内流れに関する研究

西田梨奈　馬場拓真　高橋俊　新井紀夫
東京農工大学　〒184-8588　東京都小金井市中町 2-24-16
50011643049@st.tuat.ac.jp

Investigation of Flow in the Cerebral Aneurysm with Bypass Surgery

Rina NISHIDA　Takuma BABA　Shun TAKAHASHI　Norio ARAI
Tokyo University of Agriculture and Technology
2-24-16 Nakacho Koganei-shi Tokyo, 184-8588

Abstract: An aneurysm is blood disease that is caused by blowing up of the artery wall. There is high probability of death if it is ruptured. Bypass surgery may be used when it is difficult to treat aneurysms by conventional treatment, for example when the aneurysm is located near ophthalmic artery that should keep the blood flow. There is not so much investigation about the bypass surgery from the point of the flow characteristics. Therefore, the purpose of this study is to investigate the flow-field within the aneurysm by visualization experiments.

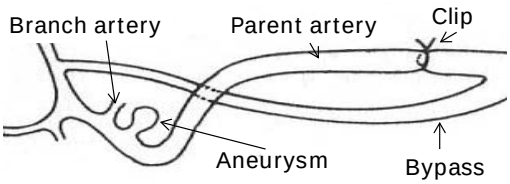
Keywords: Cerebral Aneurysms, Bypass Surgery, Visualization experiments

１．背景・目的

クモ膜下出血は脳動脈瘤の破裂が原因で多く発症する．動脈瘤とは，動脈壁が何らかの原因で血管外へ向け拡張する疾患である[(1)]．脳動脈瘤治療に対する技術は進歩しているが，瘤形状や発生部位によってはこれまでの治療が困難な場合が存在し，そのような場合にはバイパス術が用いられる．バイパス術とは図１に示すように，動脈瘤のある親血管とは別に迂回路を形成し，親血管の流量を減少させることにより瘤内への流入を抑制すると同時に，瘤近傍に位置する分枝血管への流量を確保するという方法である．バイパス術治療による瘤や瘤近傍の流れ場への影響を調査した研究はそれほど多くないため，本研究では分枝血管近傍に瘤が発生した場合についての形状を単純化したモデルを作成し，可視化実験を用いてバイパス術前後における瘤内や分枝血管の流れ場の詳細を解明し，手術を行う際の指標となりうる条件を調査することを目的とする．

２．可視化実験

実験装置及び動脈瘤モデルを図２に示す．本実験では血液を非圧縮性のニュートン流体とみなし，また拍動周波数が非常に小さくなることから，レイノルズ数(管内の平均流速と管直径を基準)のみをパラメータとして定常流により実験を行った.平均レイノルズ数は親管と分枝管からの流出体積流量の合計を計測することにより Re＝840 に設定した[(2)]．トレーサ粒子にはローダミン B 水溶液を用い，YAG レーザを主流と平行方向に照射して瘤部の可視化した流れ場をカメラで撮影した.動脈瘤モデルは内径 14mm のアクリル製円管を親管とし，分枝径は内径 3.1，4.0，5.6，7.0mm の 4 種類の塩ビチューブを用いた．瘤形状はアスペクト比 AR(h/n)1.6 以上の瘤が破裂の危険性が高いとされるため，頸部直径 n=15mm,高さ h=15mm，瘤直径 d=23mm とすることで AR=2.0 とした形状を用いた．



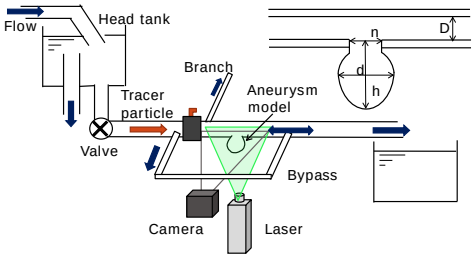
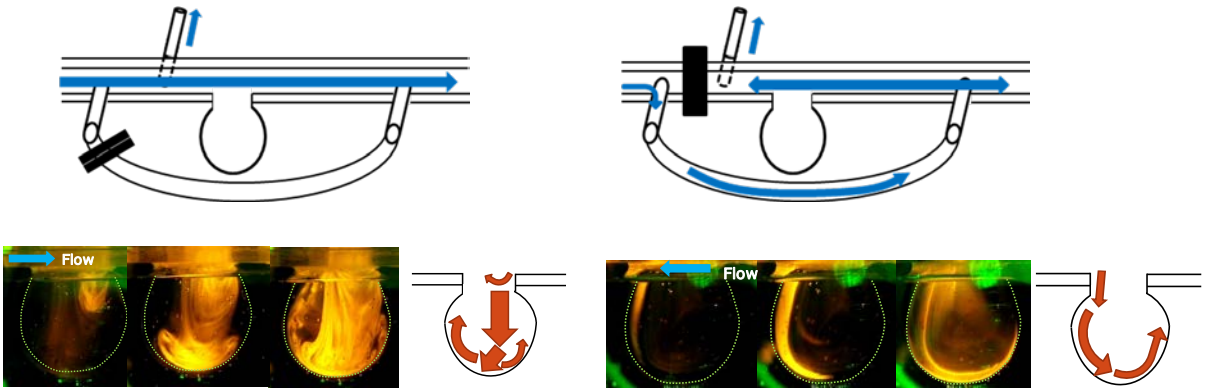


Fig. 1　Schematic of bypass surgery　　Fig. 2 Experimental set up and aneurysm model

瘤近傍の流路模式図と瘤の可視化実験結果を図 3 に，分枝管からの流出量の平均値を表 1 に示す．可視化結果より，バイパスの有無によらず瘤内へは瘤の下流側より流入する様子が確認された．バイパスが無い場合は瘤のネック部で小さな渦を形成しながら流入し，時計回りに進む流れが見られた．一方バイパスが有る場合は，乱れはなく下流側の壁面に沿って比較的低速で流入する様子が見られた．これによりバイパスを繋ぐことで瘤内への流入量が抑えられバイパスの効果を確認することが出来た．また表 1 より，分枝径の違いにより，バイパス術前後で分枝からの流出量の変化率に違いが生じることが確認された．



(a) no bypass　　(b) with bypass

Fig.3 Flow pattern and Experimental result

Table1 Flow rate measurement result　(average flow rate[ml/40sec])

branch diameter		3.1mm	4.0mm	5.6mm	7.0mm
branch pipe	no bypass	36.3	34.2	36.4	36.9
	with bypass	35.4	27.3	43.9	49.4
	rate	−2.5%	−20.2%	+20.7%	+33.9%

3．結言

脳動脈瘤が分枝血管近傍に発症した場合に用いられるバイパス術を対象に，単純化したモデルを用いて可視化実験と分枝管の流出量計測を行った．その結果，バイパスを繋げることにより瘤内への流入を抑えることが出来ることを確認した．またバイパスの有無や分枝径により分枝の流出量が変化する様子が見られた．今後は瘤内の可視化に加え分枝近傍の可視化実験を行うと同時に，三次元流体解析を行い，より詳細な流れ場の解明を目指す．

参考文献

(1)大島まり，ながれ 21　pp. 122-128，(2002)

(2)前田信治，日本生理学雑誌 66(7) pp. 234-244，(2004)

固体球の流体衝突による界面不安定性

桂木洋光
名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻
〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
katsurag@eps.nagoya-u.ac.jp

Instability of splashing surface by a solid sphere impact to a fluid pool

Hiroaki Katsuragi
Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University
Furocho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan

Abstract: Splashing by a solid sphere impact to a fluid pool is studied experimentally. Size of the sphere, viscosity of the target fluid, and the impact speed are varied, and the fingering instability of splashing surface is measured. Number of fingers made by the impact is counted and characterized by dimensionless numbers such as Reynolds number, Weber number, and impact Reynolds number.
Keywords: fluid impact, milk-crown, instability

はじめに

ミルクの滴がミルクの層に衝突したときに作られるミルククラウン形状は，その美しさから一般にも良く知られている．液滴の衝突現象は近年の計算機能力や高速撮影技術の飛躍的向上により，活発に研究されるようになった[1]．液滴の衝突変形のダイナミクスは，超撥水界面への衝突や粉体層[2]への衝突現象等[3]によっても研究されている．液滴を固体壁に衝突させた際に生じるフィンガリング不安定性についてもいくつかの研究事例があり，無次元数による解析[4]やレイリー・テイラー不安定性に立脚した解析[5]などが行われている．これらの研究により，液滴の衝突力学や界面不安定性等は徐々に明らかにされつつある．

一方，探査機はやぶさが小惑星イトカワより持ち帰ったサンプルの解析により，イトカワの微粒子の表面に多くのナノ・クレーターが存在することが分かった．それらのナノ・クレーターには，ミルククラウンを想起させる形状が見られるが，その成因等は解明されていない[6]．流体に見られるミルククラウン形状は一瞬の構造であり，すぐに姿を消してしまうが，イトカワの微粒子ではあたかもその形状が凍結されているかのように見える．流体の衝突により誘起される流体界面不安定性によりイトカワ微粒子のナノ・クレーターの起源を直接議論することは難しいが，流体の挙動を深く知ることは何らかの手がかりを与えてくれるかもしれない．

衝突による流体界面不安定性の研究のほとんどは，これまで液滴の衝突により行われてきた．そこで，本研究では，固体弾を流体に衝突させ，それにより誘起される流体界面不安定性にいついて実験的に調べることとした．

実験系

実験系としてはシンプルな鉄球の流体プールへの自由落下衝突系を用いた．直径 d=3,6.35, 8 mm の鉄球を高さ h=10-600 mm から流体プール（40×40×25 mm^3）へ自由落下衝突させた．標的流体としては水，もしくはシリコンオイル（動粘性係数ν=0.65-200 cSt）を用いた．衝突の様子は高速度カメラ（Photron SA-5）により，5,000 fps のフレームレートで撮影された．撮影された画像より，衝突スプラッシュにフィンガリング不安定性が見られた場合はそのフィンガー数を測定した．

結果

実験により得られたクラウン形状の一例を図１に示す．図１の実験条件は，d=6.35 mm, h=160 mm であり，標的流体は水を用いた．衝突スプラッシュの界面にフィンガー構造が見られる．このフィンガー構造は，時間的に変化し，最終的には完全に緩和される．本研究では，衝突による不安定性に注目するため，合体等で緩和される前のフィンガー数を数え上げた．フィンガー数はレイノルズ数の 1/2 乗とウェーバー数の 1/4 の積として定義される衝突レイノルズ数[4]と固体弾と流体の密度比の積により定量化できることが分かった．

無次元数によるフィンガー数の定量化などの結果について講演で詳しく議論する．

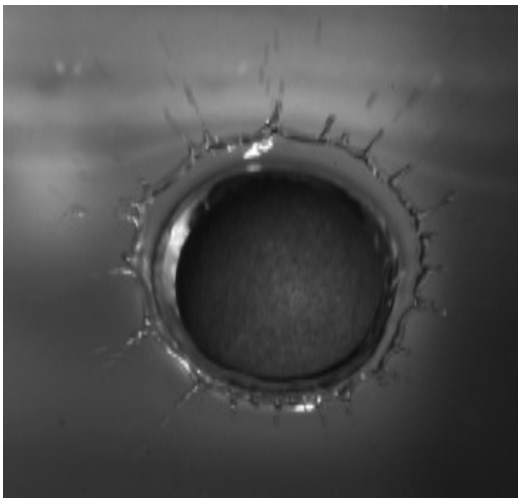


図１：鉄球と水の衝突による形成されるスプラッシュ界面の不安定性構造

まとめ

固体弾と流体の衝突により誘起されるスプラッシュ界面のフィンガリング不安定性について実験的研究を行った．固体弾や標的流体の物性，衝突速度等を系統的に変化させ，フィンガリング不安定性により生成されたフィンガー数をカウントした.得られた結果より，計測したフィンガー数と衝突レイノルズ数などの無次元数との関係を求めた．

参考文献

[1] A.L. Yarin, *Annu. Rev. Fluid Mech.* **38**, 159 (2006).

[2] K. Okumura et al., *Europhys. Lett.* **62**, 237 (2003).

[3] H. Katsuragi, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 218001 (2010); *J. Fluid Mech.* **675**, 552 (2011).

[4] H. Marmanis and S.T. Thoroddsen, *Phys. Fluids* **8**, 1344 (1996).

[5] R. Bhola and S. Chandra, *J. Mater. Sci.* **34**, 4883 (1999).

[6] E. Nakamura et al., *PNAS* **109**, E624 (2012).

粘性流による粒状体中の半球形空洞の崩壊過程

山田 悠平,　佐野 治翔,　佐野 理
東京農工大学工学府, 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
E-mail: ymd1325@gmail.com

Experimental Study on the Collapse of a Semispherical Cavity in a Granular Material Due to Viscous Flow

Yuhei Yamada and Naoto Sano and Osamu Sano
Tokyo University of the Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan

Abstract: In a granular material like a soil, a macroscopic cavity induces a flow concentration. The latter causes increase of stress on the cavity region. If the cavity boundary is disturbed by a flow, the direction of the stream changes, which enhances further collapse of the cavity. In this process, the solid phase changes into fluid phase, and the fluidized region grows upstream direction. In this research, we aim at establishing the method to elucidate the process of collapse of the semispherical cavity by measuring the intensity of transmitted light.

Keywords: granular material, non-uniform permeability, flow concentration, semispherical cavity

1　はじめに

粒状体群をはじめとする多孔性媒質に空洞があると, 媒質中の流れは空洞の影響を受ける. 空洞の部分は周囲に比べて流体が流れやすいため, 流れが集中する傾向がある. この効果により空洞境界には流れが集中し, 強い浸透力が作用する. さらに, 流速がある臨界値を超えると応力平衡が崩れて空洞の崩壊が起きる可能性がある. 崩壊した上流側の空洞境界は流動化して下流に流されるとともに, この流動化した領域は上流側へと成長していく. これが空洞崩壊にみられる現象である.

円柱状空洞が 2 次元流によって崩壊する過程を観測する実験は, これまで数多く行われてきた [1] [2]. 本研究ではこれを拡張し, 半球形空洞が 3 次元流によって崩壊する過程の観測を目的とする.

2　実験装置および方法

本研究で用いた実験装置を図 1 に示す. 厚さ 15 mm のアクリル板でできた 200 mm × 600 mm × 100 mm の直方体内部に, 図 1 の左右両端から等距離の位置に透水性の良い仕切りを設け, これをテストセクションとした. そのサイズは 400 mm × 200 mm × 100 mm である. その内部に標準砂に近いいびつ型ガラスビーズを充填し, テストセクション上面には, 直径 100 mm のアクリル製の円形窓が設置されており, この窓から半球形空洞を作製した.

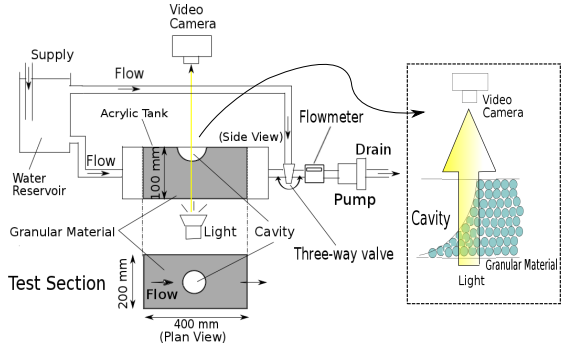


図 1: 実験装置概略図

流れを発生させるポンプは変圧器により制御可能であり, 流速は流量計を用いて測定した. また, 粒状体の観測方法として, テストセクション下面に配した光源から上面に鉛直に透過する光の強度をビデオカメラを用いて観測した.

3　実験結果

図 2 は, テストセクション内の空洞領域の輝度の時間変化を各流速ごとに示したものである. ここで, 縦軸は崩壊前の空洞領域の輝度で, 横軸は粒状体中の流体が空洞の大きさを移動する時間で無次元化している. 図 2 より, 時間経過に伴い空洞領域が埋められ, 輝度が減少していく様子がわかる.

図 3 は取得した動画から画像の差し引きにより可視化した流動化領域で、白い部分が移動しているガラスビーズである. これより, 流動化は空洞境界から起こり上流側に向かって成長し，最終的には空洞部分を覆っていることが分かる.

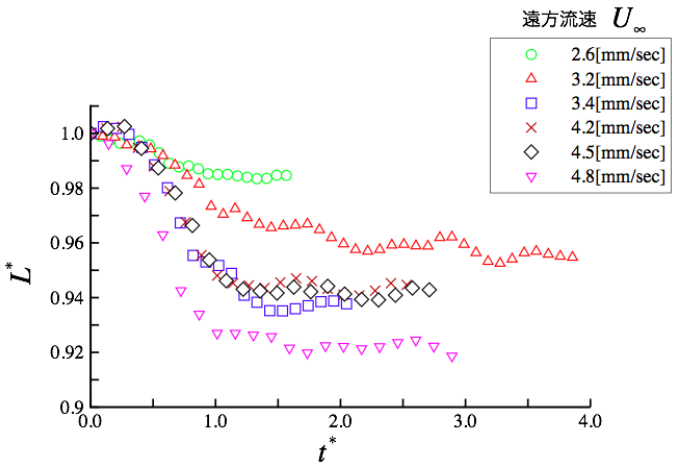


図 2: 空洞領域の輝度の時間変化

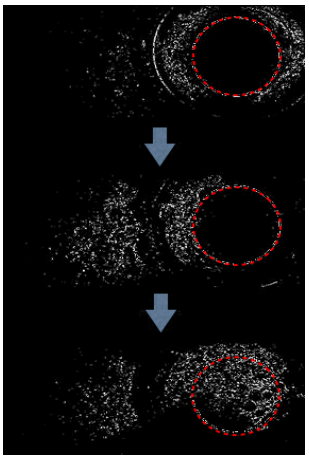


図 3: 流動化した領域 (白色)

4　今後の予定

輝度変化から得られる空洞領域, および流動化領域の時間変化を過去の円柱状空洞の崩壊実験と比較する. さらに, 球形空洞に特徴的な幾何学的崩壊過程を明らかにするために, テストセクション側面の 2 方向から光を透過させ, 空洞境界の 3 次元的な変化を捕える実験を行う予定である.

参考文献

[1] Y. Kaneko and O. Sano, Phys. Fluid 17 (2005) 033102

[2] O. Sano and Y. Nagata, Phys. Fluid 18 (2006) 121507

渦輪の衝突による粒状体表面へのパターン形成

農工大・工・物理　　吉田隼也，佐野　理

Pattern Formation in the Collision of a Vortex Ring on a Granular Layer

Dept.Appl.Phys.,Tokyo Unv.Agri.Tech
Junya Yoshida, Osamu Sano

Vortex ring is a kind of fluid motion and shows many interesting phenomena. Here, an experimental study was made on the pattern which is formed by the collision of the vortex ring on a granular layer.This pattern is formed by the interaction between the vortex ring and the granular layer, and depends on the property of the vortex ring and the property of the granular layer.

Keywords : vortex ring, granular material, pattern formation,circular crater,dimple.

【背景・目的】

渦輪は流体中で渦度を持った領域がリング状になったものであり，自らの生み出す速度場によって並進運動し，またその過程で不安定化を起こすなどの興味深い現象を内包している．なかでも，渦輪と固体/流体境界との衝突に関しては，境界面上での二次渦輪の発生や一次渦輪との相互作用など，多くの現象が報告されている [1]．近年，渦輪と粒状体との衝突に関する研究も行われており，渦輪の運動状態に応じて特有の衝突痕が残されることが報告されている [2][3]．この衝突痕形成過程は，粒状体表面に衝突する一次渦輪及び粒状体表面に形成される二次渦輪によるものと推測されている．本研究では，渦輪の運動状態や粒状体物性を変化させた場合の衝突痕形成過程及び衝突痕形状の変化を目的として実験を行った．

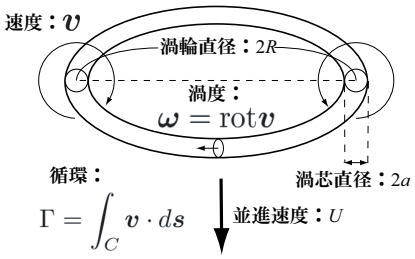


図 1: 渦輪の概念図

【実験方法】

本研究に用いた実験装置を図 2 に示す．コンピューターによって制御されたモーターでピストンを動かし，流体（水）をノズル（内径 $D = 23.6$mm) から押し出すことにより渦輪を形成させる．ピストンが流体を押し出す速度を変化させ，形成される渦輪の並進速度を変化させることができる．流体中での慣性力と粘性力の比である Reynolds 数は $Re = 2UR/\nu$（U：渦輪並進速度，R：渦輪半径，ν：水の動粘性率）として定義した．粒状体層は粒径 0.06mm，0.1mm，0.2mm の 3 種類のガラスビーズ (比重 2.40) 及び粒径 0.08mm のナイロンビーズ (比重 1.03) を使用して設定し，ノズル先端から粒状体層までの距離（衝突距離）は $z_0 = 100$mm とした．

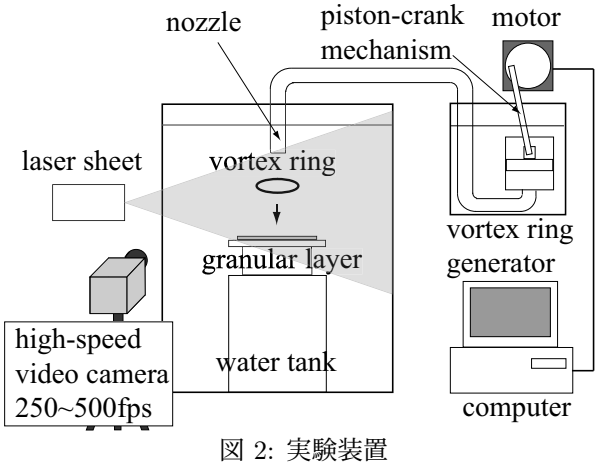


図 2: 実験装置

【結果】

図 3 は $Re = 5200$ の渦輪が粒状体表面に衝突した場合の，衝突後の渦輪の変形と粒状体表面への衝突痕形成過程である．粒状体表面は粒径 0.1mm のガラスビーズによって構成されている．上段は蛍光色素（フルオロセインナトリウム）によって可視化した渦輪を側面から撮影した画像であり，中段は粒状体表面上に散布したナイロン粒子によって可視化した二次渦輪の形成と変形を上方から撮影したもの，下段は粒状体表面への衝突痕形成過程である．図 4 より，粒状体表面に衝突した渦輪（一次渦輪）は半径を増大させつつ粒状体表面を掘削し，円形のクレーター（*circular crater*）を形成する．また，粒状体表面上では二次渦輪が発生し，ヘアピン状に変形しながら一次渦輪内部に巻き込まれていく．この二次渦輪が円形クレーターの外周部を掘削し，花弁状の窪み（*dimple*）が形成される．粒状体の材質によって衝突痕形成に必要な Reynolds 数に変化がみられた．また，渦輪の Reynolds 数に応じて衝突痕形状に差異が認められた（図 4）．

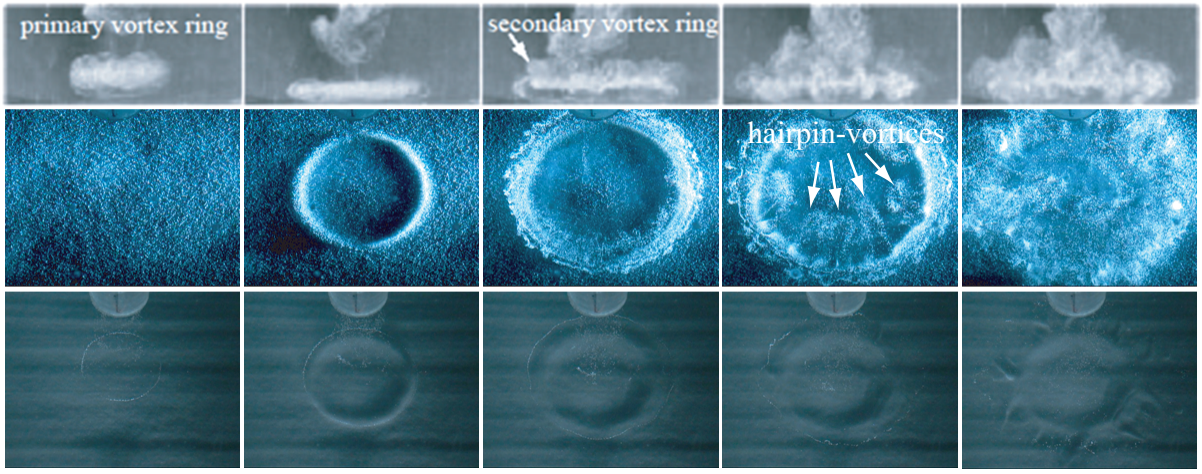


図 3: 渦輪の変形と衝突痕形成過程 ($Re = 5200$，ガラスビーズ 0.1mm）

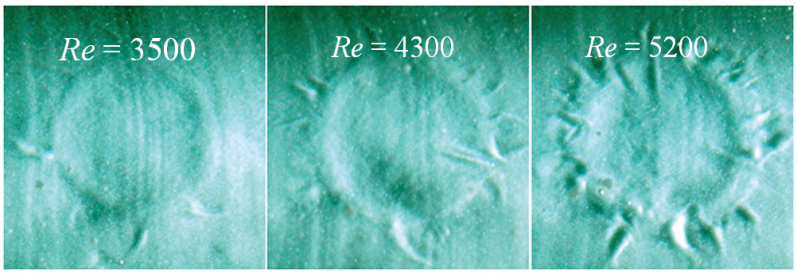


図 4: 渦輪形状の変化（ガラスビーズ 0.1mm）

【まとめと結論】

渦輪が粒状体表面に衝突する際の粒状体表面上の衝突痕形成過程について実験的に研究を行った．渦輪による衝突痕形成過程は，衝突直後，一次渦輪が半径を拡大しつつ粒状体表面を掘削することで *circular crater* が形成され，二次渦輪がヘアピン状に変形しつつ粒状体表面を掘削することで外周部に *dimple* が形成されると考えられる．また，衝突痕形成の有無及び衝突痕形状は粒状体の物性や渦輪の Reynolds 数に依存することが確認された．

参考文献

[1]K.Shariff : *Ann.Rev.Fluid Mech.***24** (1992) 235-279.

[2]N.Masuda,J.Yoshida,B.Ito,T.Furuya,and O.Sano : *Fluid Dyn.Res.***44**(2012)015501 __ 1-20.

[3]J.Yoshida,N.Masuda,B.Ito,T.Furuya,and O.Sano : *Fluid Dyn.Res.***44** (2012)015502 __ 1-18.

鉛直加振による粒状体の Undulation 形成の研究

土勢督史, 佐野理
東京農工大学 工学府 物理システム工学専攻, 〒 184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
E-mail: 50012644021@st.tuat.ac.jp

Formation of Undulation in Vertically Vibrated Granular Layer

Yoshihito DOSE and Osamu SANO
Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan

Abstract : We performed an experiment on the formation of undulations in a vertically vibrated quasi-two-dimensional granular layer. Dependence of the aspect ratio of the wavelength to the height of arch of undulation on the frequency f and amplitude a of the external forcing were elucidated. We found that the quantity fa is much more appropriate than the quantity $\Gamma \equiv 4\pi^2 f^2 a/g$, where g is the acceleration of gravity. Based on the experimental findings, we propose a theoretical model of undulation.
Keyword : undulation, buckling, granular layer, aspect rario

1. はじめに

鉛直に加振した準二次元的な粒状体層の振る舞いとして, ひとつの塊として撓んでアーチの連なりとなるパターン (undulation) や, 表面にさざ波が立ったようなパターン (ripple) が観測されており (Fig.1), undulation は外部振動周期 T の 2 倍, ripple は 2 倍, あるいは 4 倍の周期で山と谷が入れ替わることが知られている [1~3]. このような粒状体の挙動の解明は土砂崩れや液状化現象などの自然災害のメカニズムの解明に役立つと期待されている.

本実験では前掲の撓み波 (undulation) に着目し, その挙動や, undulation の支配的な物理量を検討し, その発生のメカニズムを解明することを目的とする.

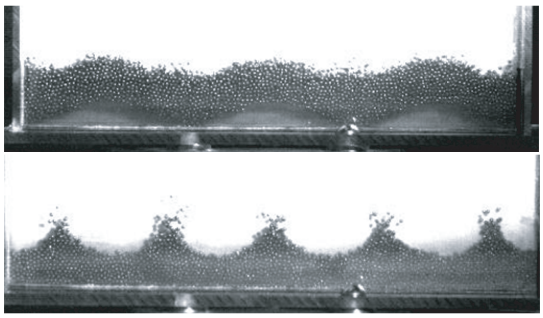


Fig. 1: 粒状体の二次元パターン
(上：undulation, 下：ripple)

2. 実験装置および方法

アクリル製の直方体容器 (長さ L=140mm, 高さ H=90mm, 奥行き W=5mm) に鉛のビーズ (粒径 d =1mm) を 10 層ほど敷き詰めたものを鉛直に加振し, 現れた undulation を容器側面からハイスピードビデオカメラで撮影した (Fig.2). その後、撮影画像を解析し, アーチ状の粒状体最下層の最大変位 δ と波長 λ を計測した (Fig.3).

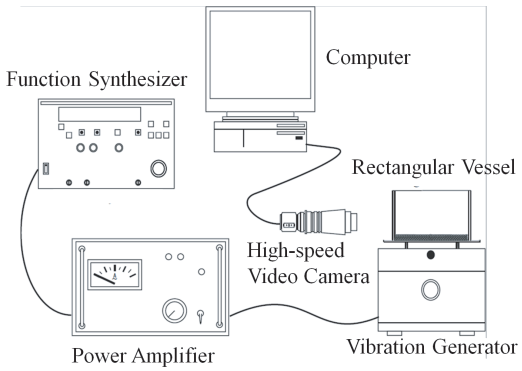


Fig. 2: 実験装置概略図

3. 実験結果

最大変位 δ については外部振動数 f, 容器振幅 a それぞれに対して依存性が見られた. 振動数が低く振幅が大きい場合に変位は大きくなり, 振動数が高く振幅が小さい場合は変位は小さくなっている. 一方, 波長 λ に関しては振動数, 振幅に対しての明確な依存性は確認できなかったが,undulation のアーチの数に依存することが確認された.

次に, アスペクト比 $\delta^*(=\delta/\lambda)$ の無次元加速度 Γ ($\equiv 4\pi^2 f^2 a/g$) および fa 依存性を Fig.4, Fig5 に示す. Fig.4 は δ^* が Γ=6～10 の範囲に分布することを示しているが, Γ に対する明確な依存性は認められない. 他方, Fig.5 は, δ^* と fa との間に直線的な依存性があることを示している.

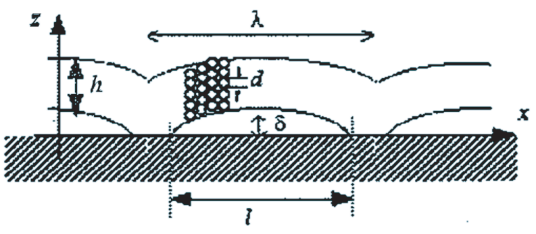


Fig. 3: 測定模式図

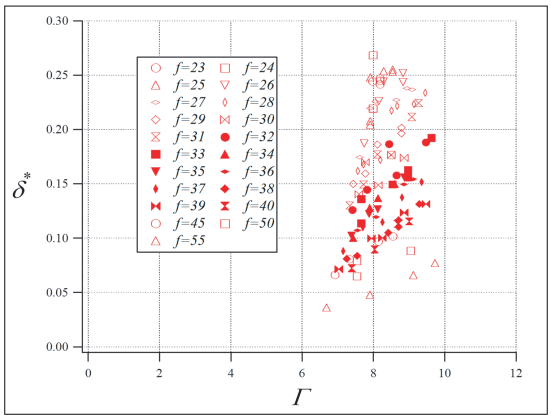


Fig. 4: δ^* と Γ の関係

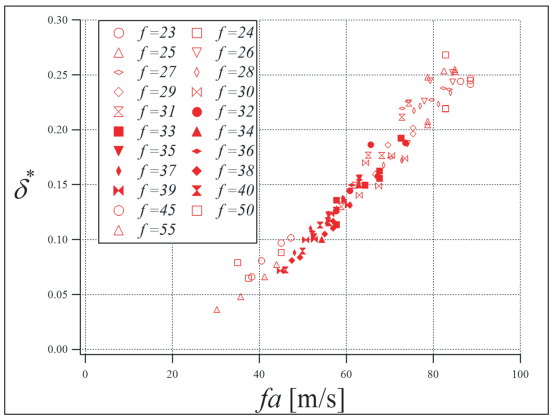


Fig. 5: δ^* と fa の関係

4. 理論モデル

これらのことを踏まえ, また, undulation では粒状体の層が弾性体と類似の挙動を示すので, その発生のモデルとして座屈を考える. 座屈の曲線を決める方程式は,

$$\frac{d^2\theta}{ds^2} = -\alpha^2 \sin\theta, \quad \left(\alpha^2 = \frac{F_x}{E^* I}\right)$$

で与えられる. ここで, E^* は実効ヤング率, I は幾何学的慣性モーメント, F_x は粒状体に水平方向から加わる力である. Fig.6 に粒状体層と容器底面との衝突のタイミングを示した. 粒状体層の容器底面との衝突による運動量変化から, F_x を以下のように見積もる.

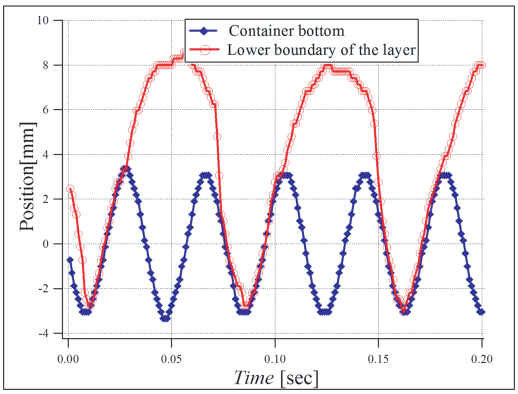


Fig. 6: 衝突タイミング
(f=26[Hz],a=3.05[mm])

$$F_x = \frac{2\pi c\sigma^*\rho^* LhW\cos\phi_0 fa}{\Delta t}.$$

ここで, σ^* は実効ポアソン比, ρ^* は実効密度, Δt は衝突に要した時間, ϕ_0 は位相差, c は浮き上がりに伴う係数, h は粒状体層厚である. これらを解くと,

$$\delta^* = C_1\left\{1 + \frac{[fa - (fa)_c]}{2(fa)_c}\right\}$$

を得る. ただし

$$C_1 = \frac{2}{\pi}\sqrt{\frac{2\pi c\sigma^*\rho^* L\cos\phi_0 (fa)_c}{E^*\Delta t}}$$

である. この結果から δ^* はある区間で fa に比例することが示せた. つまり, この理論モデルは, 定性的には実験データを説明しうると考えられる.

5. 結論および考察

undulation 形成に支配的な物理量は, 加振振動数 f と振幅 a の積 fa であることがわかった. また, undulation の発生には fa の臨界値 $(fa)_c$ があり, undulation の波長 λ とアーチの最大変位 δ によって定義されるアスペクト比 δ^* は

$$\delta^* \equiv \frac{\delta}{\lambda} = \alpha + \beta(fa - (fa)_c)$$

の形の実験式でほぼ近似できることが示された. これらを踏まえ, undulation のモデルを提案した.

参考文献

1)S.Douady, S.Fauve, and C.Laroche : *Europhys.Lett.***8**(1989)621.

2)F.Melo, P.B.Umbamhowar, and H.L.Swinney : *Phys.Rev.Lett.***75**(1995)3838.

3)O.Sano :*Phys.Rev.***E72**(2005)051302.

砂漣形成の初期条件依存性

石井　一輝,　佐野　理
東京農工大学工学府,　〒184-8588　東京都小金井市中町 2-24-16
E-mail : 50011644203@st.tuat.ac.jp

Dependence of the initial conditions of formation sand ripples

Kazuki Ishii , Osamu Sano
Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan

Abstract: An experimental study was made on the formation and evolution of sand ripples in a viscous flow between two concentric cylinders of finite depth. The velocity field was measured, which revealed that the vertical velocity profile is quite different from the linear shear flow. In this study, the dependence of the onset and growth of sand ripples on the initial conditions was examined in order to elucidate the sand ripple formation mechanism.

KEYWORD: sand ripple, annular channel, uni-directional flow

1.　はじめに

砂面の上を流体(空気や水など)が流れるとき，ある条件下ではその表面に巨視的な凸凹の起伏(「風紋」や「砂漣」と呼ばれる)が形成される．なかでも砂漣は河川の河床変動や流砂現象を解明する上で重要であり，古くから多くの研究が行われてきた[1]．近年，同心二重円筒型装置を用いた砂漣発生の研究も数多く行われており，レイノルズ数やシールズ数に応じた粒状体表面が知られている．しかし，砂面の初期条件が砂漣形成にどのような影響を及ぼすかについては相反する結果も報告されている[2]-[4]．砂面の初期形態が変わることによって，砂粒が流体から受ける力が変化して，砂漣の発生や成長に大きな影響を与えることが予想される．そこで，本実験では様々な形状や位置に初期窪みを作って，初期条件と砂漣の発生と成長の関係を調べ，砂漣形成のメカニズムを明らかにすることを目的とした．講演ではこれらについて詳細に報告する予定である．

2.　実験装置および方法

実験で用いた同心二重円筒装置を図 1 に示す．2 種類のアクリル製の円環(直径 80.0±0.2cm, 55.0±0.1cm, 高さ 12cm)を中心軸が一致するように設置し，その間をテストセクションとしている．幅 W は 11.0±0.3cm である．テストセクション内を水で満たし，底面に粒状体(ガラスビーズ)を敷いた．水面に接したアクリル製円環をモーターにより一定の角速度Ωで回し，水流を作った．粘性の影響で水面から粒状体底面に到るまで速度分布をもった流れが作られている．どのような初期窪みが砂漣の成長に支配的なのかを調べるため, 1cm 立方の基本セルを順に並べた後に 抜き取ることで窪みを作った．

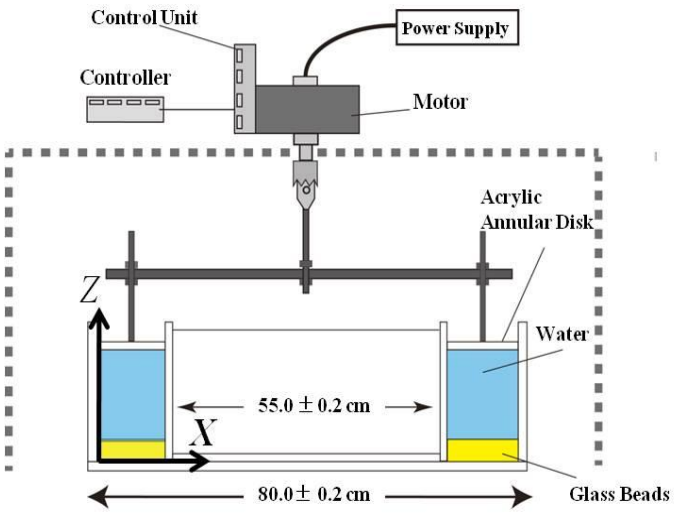
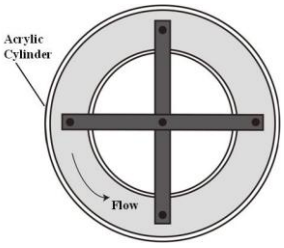


図 1. 同心二重円筒型実験装置

初期窪みについては窪みの幅を一定として，

窪みの外壁からの位置 X/d ,奥行きの幅 L/d, 深さ h_g/d の順に変化させ，形成される砂漣を観測した．図 2 は実際に観測された砂漣の成長過程である．初めに ripple1 が形成され，その前方に次々と ripple の形成される様子が認められる．これらを順に ripple2, 3, 4 と名前を付ける．各 ripple の時間変化について調べ，砂漣形成においてもっとも支配的な初期窪みを決定した．さらに，テストセクション内のレイノルズ数 Re と砂の動きやすさを示すシールズ数 θ を変化させ，砂漣の発生について調べた．



上空からの様子

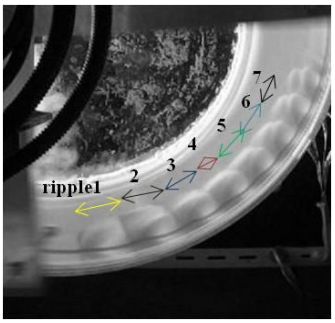


図 2. 形成される砂漣の様子

3. 実験結果および考察

初期窪みの位置を変化させた場合の, ripple 間隔 λ/d と ripple 発生までの特徴的な時間で無次元化したグラフを図 3 に示す．X/d = 50 や壁際の場合と比べて, X/d = 25 の場合の方が ripple の発生と成長がはやいことが確認できた．これは最大速度を与えるX/d = 25 で ripple の発生時期は早くなるためと推測できる．また図 4 は，初期窪みがある場合と，ない場合についての ripple の発生をまとめたものである.シールズ数 θ が 4 以上で ripple が発生することが確認できた．これは砂面表面に突き出た粒子が動き出すシールズ数について過去に報告された値よりも大きい．初期窪みの有無で変化するのは，ガラスビーズが流体から受けるせん断応力が変化することが大きな要因だと考えられる．

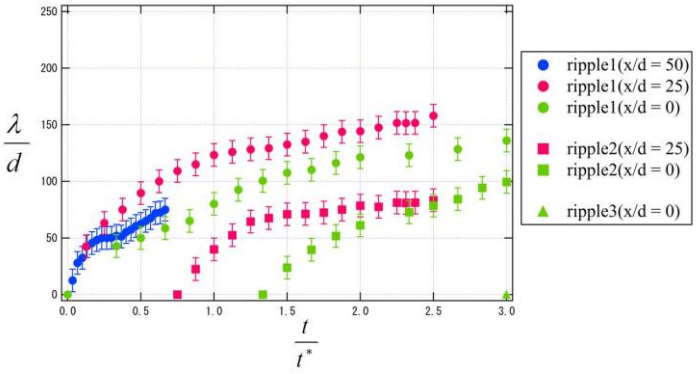


図 3. 初期窪みの依存性(位置について)

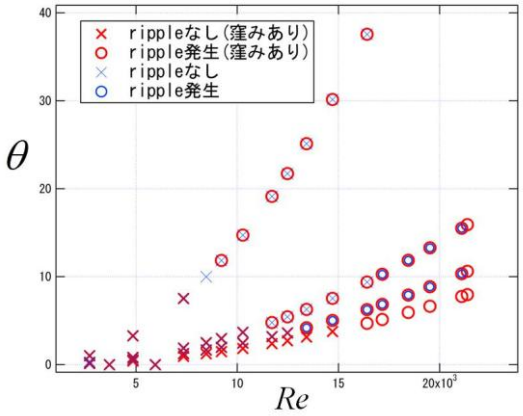


図 4. 砂漣の発生について

4. 今後の予定

初期窪みの大きさによって，砂漣成長の関係について共通の規則を明らかにしたい．そのために砂面付近の流速を詳細に測定し，せん断応力と砂の移動の関係を調べる．その結果を受け，初期窪み，レイノルズ数，シールズ数と砂漣形成・成長の関係を明らかにする．

参考文献

[1]R. A.Bagnold(金崎肇訳)：飛砂と砂丘の理論，創造社(1963)

[2] A.Betat, V.Frette, and I. Rehberg: Phys.Rev.Lett. **83**(1999) 88.

[3] F.Charru, H. Mouilleron, and O. Eriff: J. Fluid. Mech. **519**(2004) 55.

[4] N.Hori, A. Yamada, Y. Oshiro, and O.Sano: J.Phys. Soc.Jpn. **76**(2007)024401

水平アクリル円筒における粒状体の回転偏析の実験

大沼 誠, 佐野 理
東京農工大学工学府, 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
E-mail: 50012644008@st.tuat.ac.jp

Experiment on the segregation of granular materials by the rotation in a horizontal acrylic cylinder

Makoto Ohnuma and Osamu Sano
Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan

Abstract: When granular materials with different sizes and friction constants are vibrated or rotated, they are sometimes separated. This phenomenon is called segregation. Here, an experimental study was made on the segregation of granular materials in the rotating horizontal acrylic cylinder. We use fluorescent beads to elucidate the internal movement of the particles.

Key Word: segregation, granular materials, rotating cylinder, fluorescent beads

1. 背景

一般に液体をかき混ぜると，それらを構成する分子は拡散し一様に分散する．それに対して，粒状体は均一に混合することが難しい．大きさ，密度，形状，摩擦係数などの性質が異なる粒状体の混合物に振動や回転を与えると，これらは一様に混じらず偏って分布する現象が見られる．これを偏析という[1]．薬剤の調合やコンクリート等の混合において，異なる種類の粒状体を均一に混ぜ合わせることは重要な意味を持つ．特に家畜飼料のような低付加価値材料を扱う産業では，生産コストを圧迫してしまうので，偏析を防ぐ高度な技術を用いることができない[1]．したがって，偏析が生じる原因，メカニズムを解明することは，粒状体の分離，混合において様々な分野で大きな意味を持つ．

2. 目的

水平に設置したアクリル円筒に 2 種類の粒状体を入れ，円筒を回転させる．その際，粒状体内部での粒子の移動の様子を観測し，回転偏析のメカニズムや法則性を探る．

3. 実験装置

実験装置は粒状体を入れるために用いるアクリル製の円筒容器（全体の長さ 300mm，テストセクションの長さ 270mm，外径 60mm，内径 50mm，容積約 520ml）と円筒を水平に支えるためのアクリルケース，円筒を回転させるモーターの 3 つで構成されている(図 1)．偏析が生じる際に粒子が内部でどのように移動するかを観測するために，粒状体として蛍光粒子を用いた場合にはブラックライトによる照明装置を使用した．また、モーターの回転速度は約 16rpm に設定した．

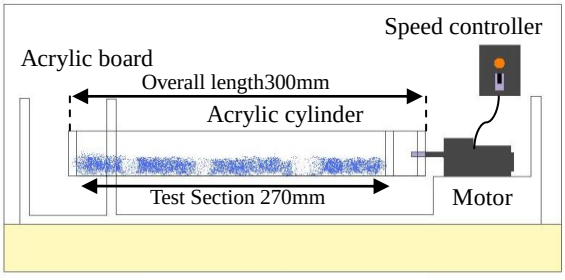


図 1 実験装置概略図

4. 実験方法および結果

(1)無着色の粒径 0.1mm ガラスビーズとアクリルラッカースプレーで赤く着色した粒径 0.4mm ガラスビーズをそれぞれ 100ml ずつアクリル円筒に入れ水平に設置した後，モーターで長時間回転させた．回転を加えた直後は粒径の大きな粒状体が表面の大部分を占め，その後粒径の小さい粒状体が縞となって出現した(図 2)．時間経過とともに，次第に縞の本数が減少し，最終的には縞の数は一定数に収束するような挙動をみせた．

(2)偏析が生じる際の内部のガラスビーズの挙動を調べるために，緑の蛍光スプレーで着色した粒径 0.1mm ガラスビーズと透明色のつや消しスプレーで塗装した粒径 0.8mm ガラスビーズを用いた場合，粒径 0.8mm のガラスビーズによる縞の内部で粒径 0.1mm の蛍光色ガラスビーズが回転軸方向に 1 本の芯のような形で集まっているのが観測された(図 3)．

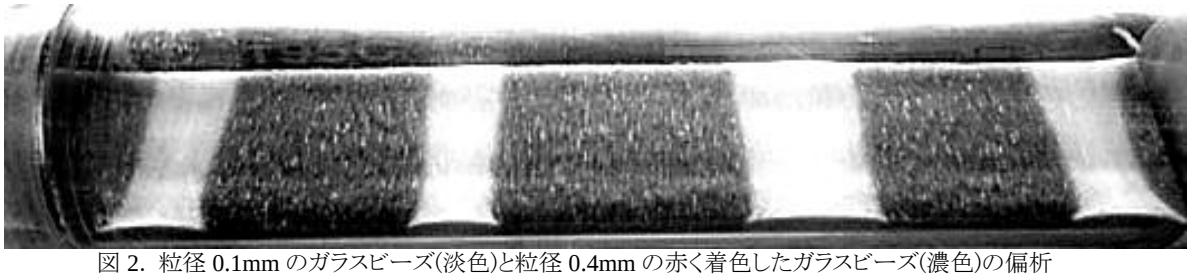


図 2. 粒径 0.1mm のガラスビーズ(淡色)と粒径 0.4mm の赤く着色したガラスビーズ(濃色)の偏析

（斜め前方から観測）

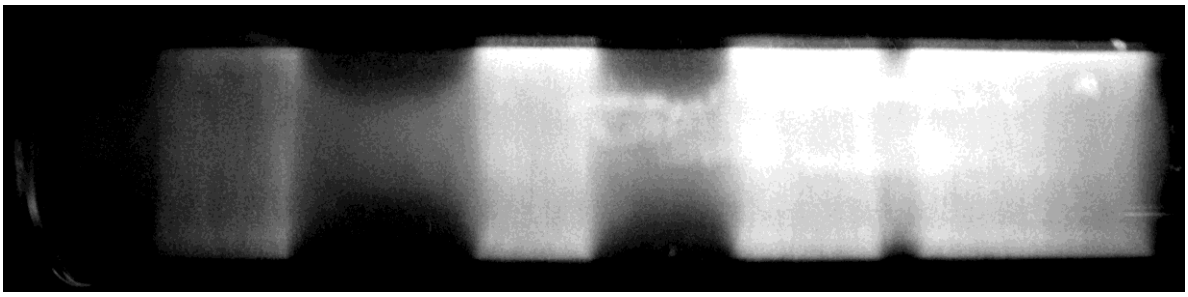


図 3. 粒径 0.1mm 蛍光色ガラスビーズ(淡色)と粒径 0.8mm つや消し塗装のガラスビーズ(濃色)の偏析

（斜面に垂直な方向から観測）

5. 結論と考察

性質の異なる 2 種類の粒状体を用いて回転による偏析の実験を行った．はじめにサイズの大きい粒状体がサイズの小さい粒状体を包み込む形になる．その後小さい粒状体が表面に浮き上がって縞状になり、縞の本数は急速に増加する．ある程度の数まで増加した後は次第に減少して一定の本数に収束する. Nakagawa[2]の実験では長時間の実験で縞の本数は最終的に3本に収束すると報告されているが，本実験では最終的に 7 本に収束した．この本数は装置と粒子の組み合わせによるものと思われる．また、縞状に偏析した際にサイズの大きい粒状体の内部にはサイズの小さい粒状体が芯のような形で集まっている．我々の知る限り，この結果は粒子の内部移動を初めて直接的に観測したものである．今後はデータをさらに集めて円筒内の粒状体が回転によって偏析するメカニズムを解明すること，力学モデルの構築が今後の課題である．

参考文献

[1] J･デュラン(中西　秀，奥村　剛　訳):「粉粒体の物理学」，(吉岡書店, 2002)

[2] M. Nakagawa: *Chem*. Eng. Sci. **49**, 2540 (1994).

内部に高粘度の液体を含む円筒の斜面上の回転落下運動と液面形状

栗川連，平山修
東京農工大学工学部,〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
E-mail:50009255052@st.tuat.ac.jp

Rotational motion of a drum on a slope with inner highly viscous fluid and shape of liquid surface

Ren Kurikawa, Osamu Hirayama
Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo, 184-8588, Japan

Abstract: Rotational motion of a drum on a slope with inner honey and the shape of liquid surface were examined experimentally. It was clarified that the motion of the drum and the surface shape are strongly affected by the temperature of the honey.

Keywords: a circular cylinder, slop, viscosity, surface shape, honey

1.はじめに

円筒状の形状の剛体が斜面上を回転落下する運動は初等的な力学の問題として結果がよく知られている．また，内部に粉粒体を含む円筒の斜面上の回転落下運動については文献 1)のような研究が存在する．一方，内部に粘性流体を含む円筒の運動については，アルミ缶の内部に入れる水の量によってアルミ缶の運動がどう変化するかを調べた文献 2)の研究が存在するが，液体の粘度の違いが円筒の運動に与える影響については詳しく調べられていない．

本研究では，アクリル円筒にハチミツを入れ，ハチミツの温度を自由に設定することで様々な粘度の液体を含む円筒を斜面上で回転落下させ，その運動及び内部の液体の形状を調べる．このデータを解析し，液体の粘度が円筒の回転落下運動に与える影響を明らかにすることを目的とし，以下にその内容を報告する．

2.実験方法

アクリル円筒(直径 100mm，幅 36mm)内の半分をハチミツで満たしたもの及びハチミツを入れたビーカーを用意し，湯または水の入った浴槽に入れる．ビーカー内のハチミツの温度を測定し，所定の温度となったところでビーカー内のハチミツの粘度を測定する．次にアクリル円筒をアルミ製のガイドレール上で回転落下させる．斜面角 θ は 5.25° とする．その様子をモノクロハイスピードカメラで撮影して画像解析を行い，円筒中心速度 Vを算出する．

3.結果・考察

はじめに，ハチミツの温度と粘度の関係を図 1 に示す．50℃付近では約 500cP(=0.5Pa・s)，0℃付近では約 300000cP と粘度の幅が広く，様々な粘度が得られる．また，20℃以下になると粘度が急激に大きくなる．

次にハチミツの温度を 25℃(約 6200cP)，40℃(約 1100cP)とした場合の円筒中心速度の時間変化を図 2 に示す．どの条件でも，転がりはじめの約 0.4 秒において円筒は同じような加速を示す．40℃の場合，その後も円筒は加速し続けるが，25℃の場合，円筒は一度減速し，8 秒を越えるところで急激に加速する．

円筒の加速度を決める要素として，液体の重心位置が考えられる．液体が低粘度の場合は，円筒の回転によって液体の重心は後方へと移動するが，液面に沿った流れが常に生じることで，重心が前方へと移動する．その結果，円筒に働くトルクは前向きに保たれ，円筒は加速し続ける．一方液体が高粘度の場合，液体の自由表面角が大きくなっても液面に沿った流れはほとんど生じず，円筒の回転に伴い液体のバルク部は後方に移動し，液体の重心も後方へ移動する．その結果，逆向きのトルクが発生し，円筒は減速すると考えられる．その後，円筒の上部及び前方に形成された薄膜に働く重力によって前向きのトルクが発生し，2 つのトルクはほぼつり合っていると考えられる．最終的にバルク部が上部に移動したところで前向きのトルクが急激に大きくなり，円筒は一気に加速する．

今後はそれぞれの粘度における各時刻ごとの液面形状を求め，薄膜や湾曲部などの形成理由や液面形状が運動に与える影響についてより詳細に調べる予定である．

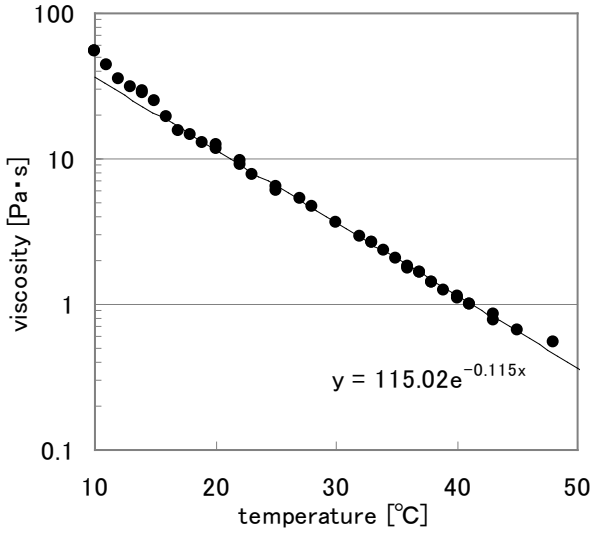


図 1．粘度-温度グラフ

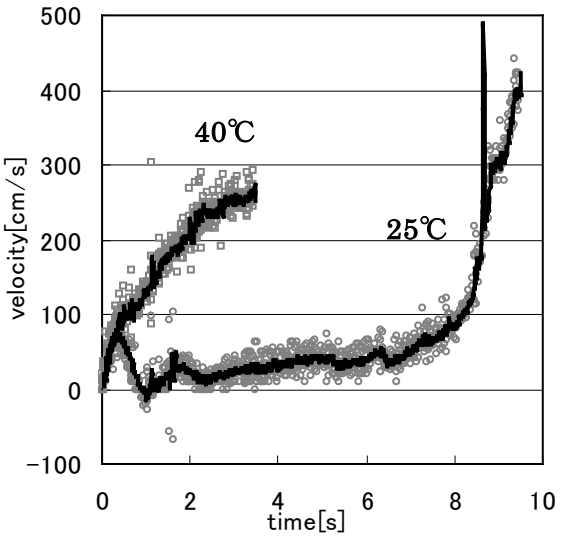


図 2．円筒中心速度の時間変化

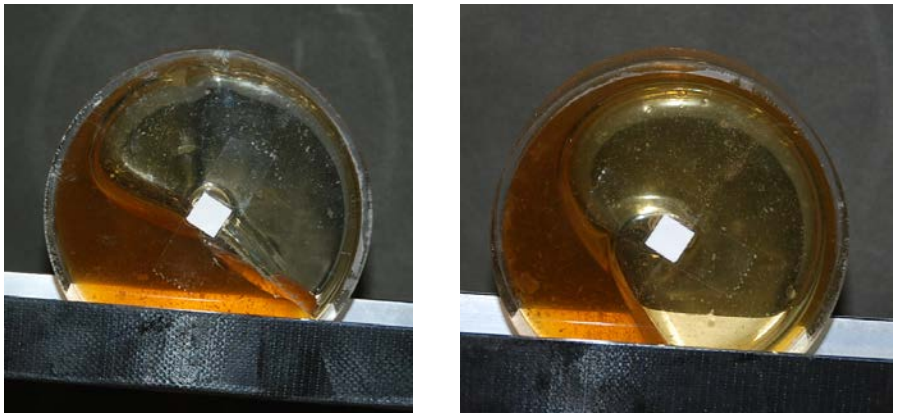


図 3．円筒内の液面形状の例

4．参考文献

1） 平山修，遅成軍，宮澤達也，内部で粉粒体なだれが起こる円筒の斜面上の回転落下運動，形の科学会誌 第 26 巻，2011

2) Jon Rosch， The Effects of Fluid in a Can Rolling Down an Incline， The College of Wooster， 2006

小突起物を貼付した物体のスティックスリップ運動とマグニチュード分布

石井雄基，　見上聡彦，　川崎祐樹，　平山修
東京農工大学工学部，〒184-8588　東京都小金井市中町 2-24-16
E-mail：50009255014@st.tuat.ac.jp

Research on stick slip motion and magnitude distribution of the object with small protruding things

Ishii Yuki,　Mikami Satohiko, Kawasaki Yuki, Hirayama Osamu
Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan
Abstract: It is known that earthquakes are stick-slip motion between the plates. We consider the new model representing earthquakes, which consists of conveyor belt, a spring, and a single block arranged in a straight line.　Protruding things are attached to the surface of the conveyor belt and the block.　The magnitude distributions obtained by this model were compared with those by Burridge-Knopoff model and real earthquakes.
Keywords: stick slip motion, magnitude, single block, Burridge-Knopoff model

１．はじめに

地震はプレート間などに生じるスティックスリップ運動であると知られている[1]が，プレート間地震の場合，プレート全体の大きなスリップ運動とプレート間に存在する無数の微小な接触部の剥離・破砕・再付着などによる小さなスティックスリップ運動からなると考えられる．この状況を表すモデルとして，プレート間の接触部を多数のブロックで表した Burridge-Knopoff モデル[2]が有名であるが，本研究ではプレートの湾曲部を１つのブロックで他方のプレートをベルトコンベアで表し，両者の接触部分をブロックおよびベルトコンベア表面に貼付した小突起物で表すモデルを考える．このモデルを用いてさまざまなスケールのスリップイベントについて実験的にマグニチュード分布などの統計的な性質を調べた内容を報告する．

２．実験方法・解析方法

今回考察したモデルは，ブロックが駆動ばねで静止した天井に連結されており，ベルトコンベアが一定速度で運動するとブロックがスティックスリップ運動をする仕組みになっている．今回の実験では，ブロックとベルトコンベアの接触面に直径が 2～4mm のプラスチック性の球体を小突起物として貼付する．実験装置の概略図を Fig.1 に示す．各タイムステップのブロックの位置変化より速度を算出する．ブロックの速度を v，ベルト速度を w としたとき $v < w - \varepsilon$ の関係を満たす場合をスリップ状態，それ以外の場合をスティック状態と判定する．なお ε の値はセンサー装置の誤差を考慮して 0.2mm/s とした．マグニチュードは次式で定義する．

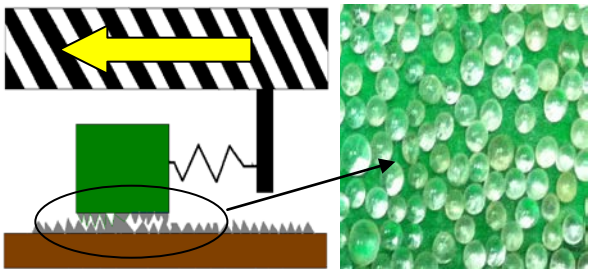


Fig.1　Experimental set up

$$M = \log_{10}\left[\frac{\text{滑り距離}}{\mu_{\max} mg / k}\right]$$

３．実験結果及び考察

Fig.2 にばね定数 450N/m，ブロック質量 428ｇ，測定時間 1500 秒とした実験で得たブロックの位置変化，Fig.3 に 4 回の実験の積算のマグニチュード分布を示す．この結果からブロックは不規則なスティックスリップ運動をしていて滑り距離は広範囲にわたって存在することがわかる．また，マグニチュード分布を見てみると，マグニチュードが-1.0～-2.3 の区間で右下りのほぼ直線状の分布を示し，マグニチュードが－１以上では BK モデルによく見られるこぶのような分布を示す．これよりマグニチュードの低サイズ域と高サイズ域では発生原因が異なることがわかる．また比較対象として 2 次元 BK モデル（ばね定数比５，ブロック質量 225ｇ，測定時間 2600 秒）での実験結果を Fig.4 に示す．ブロック・ベルトコンベア間の摩擦は，貼付された小突起物のかみ合いによって引き起こされる．小さなスリップイベントはかみ合い部分の剥離などに関係し，大きなスリップイベントはブロックが平均化された摩擦力による伸びから一気に解放されることに対応すると考えられる．Fig.5 に小突起物を貼付した表面のいくつかの剥離された部分の剥離量の時間変化を示す．これより，小突起物の剥離は実験回数に伴って増加する場合と，剥離部分に小突起物が再付着し剥離量が減少する場合がある．

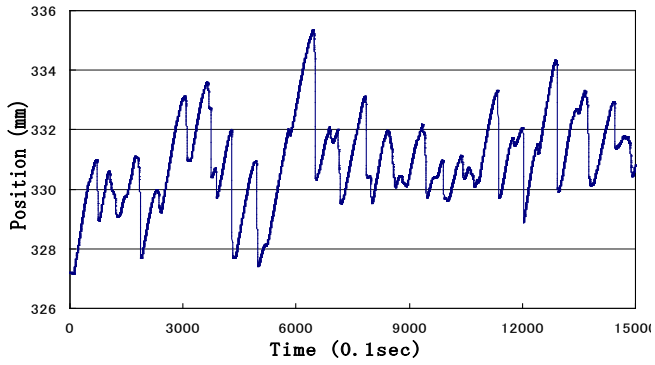


Fig.2 Temporal evolution of block position

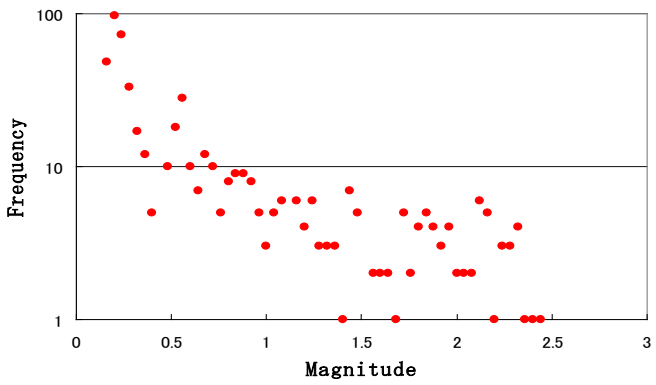


Fig.3 Magnitude distribution obtained by the present model

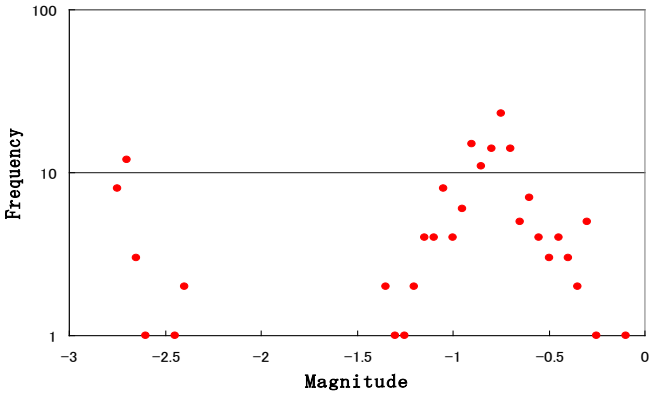


Fig.4 Magnitude distribution obtained by two-dimensional B-K model

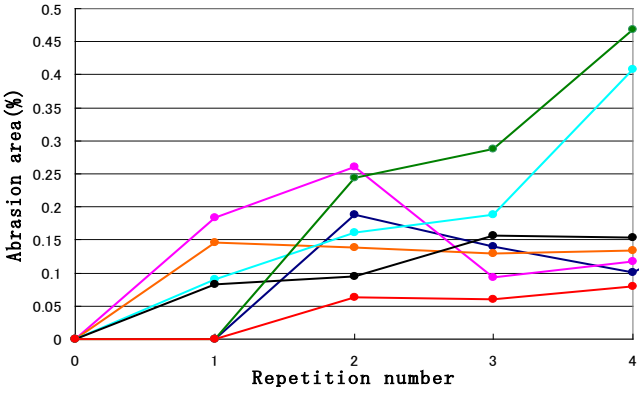


Fig.5 Relationship between the abrasion area and repetition number of experiment

講演では，これらの結果を詳細に報告し，今回の考えた新しいモデルの結果と従来から行っていた 1 次元 BK モデルおよび 2 次元 BK モデルの結果を比較し，議論する予定である．

４．参考文献

[1]宇津徳治：地震学（第 3 版），共立出版株式会社，(2007).
[2]平山修：Burridge-Knopoff モデルのシミュレーションおよび実験によるマグニチュード分布，トライボロジスト　第 54 巻　第 11 号（2009).

カワセミ *Alcedo atthis* の構造色
1. 羽枝の海綿体状組織とその形態計測

小作明則、宮本 潔
獨協医科大学医学総合研究所 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880
E-mail:kosaku@dokkyomed.ac.jp

Structural color of Common Kingfisher, *Alcedo atthis*
1. Sponge-like tissue of the wing barb and its morphometry

Akinori Kosaku and Kiyoshi Miyamoto
Institute of Medical Science, Dokkyo Medical University Tochigi, Japan

１．はじめに

カワセミは日本全国の平地から山地及び平地の沼沢、川に広く分布する小型の鳥類で、背部羽枝に構造色による鮮やかな青色の羽枝を持つことで知られている。カワセミ羽枝の青色構造色については松宮ら［１］による SEM 画像に基づいた報告がある。我々は SEM 像の結果に加え TEM を用いた薄切標本像における形態量の計測をおこなった。これらの計測はフォトニクス結晶モデルを構築するための基本的データとなる。

２．材料と方法

標本作成はカワセミ背部羽枝をまず 25%（リン酸バッファーで希釈）パーマ液（チオグリコール酸アンモニウム）に 30 分間浸し軟化させた。その後 2.5%グルタールアルデハイド、2 時間、四酸化オスミウム、2 時間の 2 重固定をおこなった後、エタノールにより脱水処理を行った。①TEM 用標本はエポン樹脂に包埋し薄切観察標本を作成した。②SEM 用標本は液体窒素中で凍結し、割断処理を行った後、臨界点乾燥器により乾燥し、金蒸着を行い標本とした。

３．カワセミ羽枝の微細構造

カワセミ羽枝の青色部分の TEM 横断面と縦断面の観察で、羽枝は表面をクチクラの外殻で覆われ、その内部はスポンジ状の網目構造と骨梁のような構造で構成されていることが観察できる。横断面のスポンジ状の部分の網目構造は外殻内を一様に満たしている。縦断面では青色に発色した羽枝の表側、褐色の裏側とが区別され、裏側の褐色はメラニンと思われる顆粒が豊富に存在する。小羽枝内はメラニン顆粒で満たされており、羽枝のようなスポンジ状構造は確認されない。

スポンジ状の構造が青色の発色に関係するならば羽枝裏側と小羽枝のメラニン顆粒はバッキングとして働き、青色を目立たせる効果を担っているのであろう。このスポンジ状の構造は羽枝が羽軸から分かれたばかりの部分から存在すると思われるが、羽枝の根本近く

で白色なのは外殻の厚さが増していることによると考えられる。

４．ステレオロジーによる計測

スポンジ状の構造の TEM による横断像と縦断像について、二次元平面における計数値から３次元的な計量を推定するステレオロジー計測をおこなった。計測により得られた結果は表−１に示すとおりであった。まず、写真（図−２）に試験格子を載せ、電子密度の高い（灰色）場所に落ちた格子数（P）を計数、全格子点の数（P_T）との比（P / P_T）を求めた。この比は体積密度（Vv）の推定値である。次に、半円（直径 d）で構成される試験線が電子密度の高い部分と交差する数（I）を計数した。この計数値を試験線の全長（157d）で割ると、単位長さ当たりの交点数（I_L）となり、その２倍は表面積×密度（$S_V = 2 I_L$）の推定値である。

謝辞

試料に用いたカワセミ羽枝は立教大学理学部研究員、森本元氏並びに埼玉県立川の博物館研究員、石井克彦氏に提供を受けた。

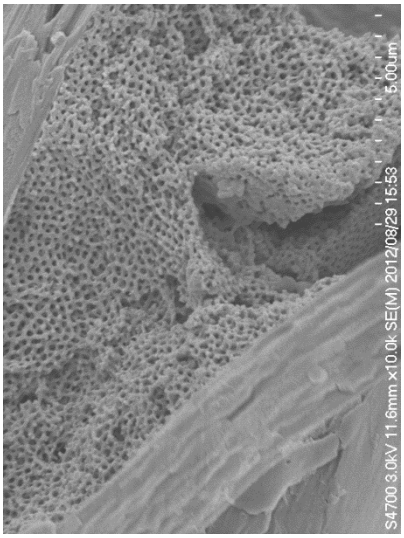


図１　カワセミ羽枝の凍結割断像

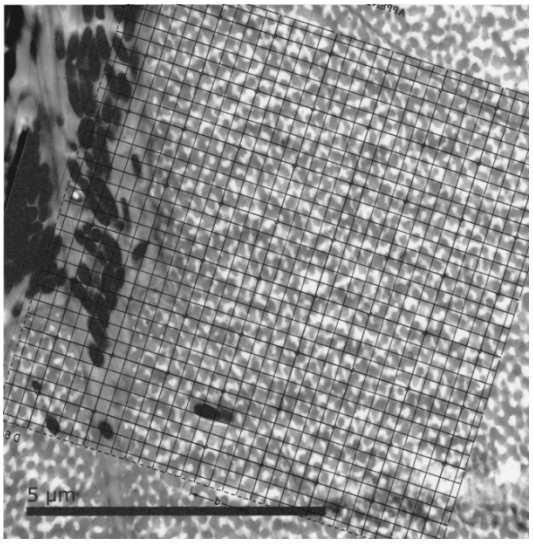


図２　TEM 写真に格子を重ねたところ

表１　スポンジ状構造のステレオロジー推定値

	横断切片	縦断切片
体積密度　V_V	0.56	0.66
表面積密度　S_V	10.1　μm^{-1}	12.2　μm^{-1}

文献

［1］松宮智恵子、吉岡伸也、木下修一,（2004）．第 59 会日本物理学会年次大会

シンポジウム予稿　　形の科学会誌　第27巻　第2号 (2012)

３Ｄゲノムユニバースの開発：様々な生物種ゲノムの３次元空間へ投影・可視化の試み

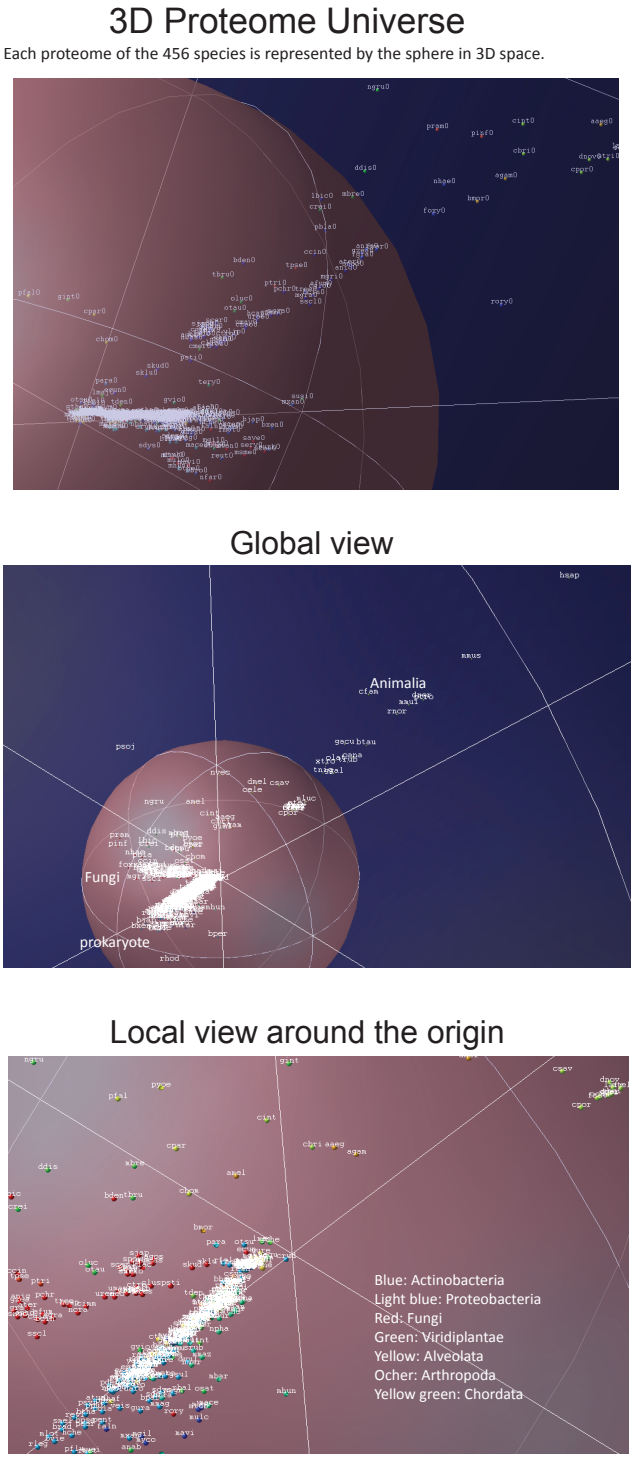
相田拓洋[1]、西垣功一[1,2]

[1] 埼玉大学大学院　理工学研究科; [2] 埼玉大学工学部　機能材料工学科

近年のＤＮＡ配列解読技術の進歩のおかげで、今日までに多数の生物種のゲノムＤＮＡ配列が解読されてきた。本研究は、様々な生物種のゲノム配列の特徴を抽出し、それらの特徴を３次元空間に投影・可視化することを試みている。ここでの特徴は（１）ゲノムにコードされている各種タンパク質立体構造の出現頻度、（２）ミトコンドリアゲノムに含まれる文字列（７文字：例、”ATGCTAC”など）の出現頻度、をそれぞれ多次元ベクトルとして表現したものである。それら多次元ベクトルを視覚的に把握するために、独自の方法で３次元空間に投影・可視化してみた。その投影法は（Ａ）「原点からの距離がゲノムのサイズ（配列の長さ）を表す」、（Ｂ）「３次元ベクトル間の角度が多次元ベクトル間の角度に相関する」の２つのルールに従い、最適な３次元ベクトルを求める方法である。

バクテリアから人間までの４５６種類の生物種ゲノムに関して、特徴（１）の３次元空間への投影の結果を右図に示す。図中の各点（タグ付き）が各生物種ゲノムに対応する。中央の大きな球は極座標を表す。このマップは、生物種のプロテオーム（タンパク質の総体）の”宇宙のような景観”であるので「３Ｄプロテオーム・ユニバース」と名付けた。このマップから「同じ”門（Phylum）”に属する生物種は互いに近くに配置され、クラスターを形成する」ことが分かる。

特徴（２）のミトコンドリアについても、同様な投影・可視化を行った。その結果、動物、植物、菌類では、それぞれ独自の”天の川”のような特徴的な構造を形成することが分かった。我々は、それら”天の川のような構造”が形成される数学的な理由を解明した。その理由はミトコンドリアの進化に関して示唆を与えるものである。



バッキーボール式殻孔枠配列の外層殻をもつ中生代放散虫 *Pantanellium*

松岡 篤[1], 吉野 隆[2], 岸本直子[3], 石田直人[1], 栗原敏之[1]木元克典[4],
1) 新潟大学, 2) 東洋大学, 3) 摂南大学, 4)（独）海洋研究開発機構
matsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp

Mesozoic radiolarian *Pantanellium* with a cortical shell of Buckyball type pore frame configuration

A. Matsuoka[1], T. Yoshino[2], N. Ishida[1], T. Kurihara[1], N. Kishimoto[3] and, K. Kimoto[4]
1) Niigata Univ., 2) Toyo Univ., 3) Setsunan Univ., 4) IORGC/JAMSTEC

Keywords: *Pantanellium*, radiolaria, shell, X-ray micro CT, Buckyball

はじめに

Pantanellium は，中生代トリアス紀新世に出現し，白亜紀古世まで生息した放散虫の１属である．X 線マイクロ CT 技術と積層造形法により *Pantanellium* のシリカ（SiO_2）骨格の実体モデルを作成し，詳細な形態の把握に努めてきた．これまでに外層殻（cortical shell）にみられる殻孔枠（pore frame）の数とその配列様式についての検討や，分類形質についての評価を行ってきた[1]．既報の４個体の *Pantanellium* については，外層殻の殻孔の数は 27 個（１個体）ないし 28 個（３個体）であった．新たに作成した拡大模型に 32 個の殻孔数をもつ個体がみつかった．展開図を示すとともに，殻孔枠の数および配列の規則性について予察的な見解を示す．本研究は，新潟大学コア・ステーション「形の科学研究センター」が進める分野横断型共同研究の一部である．

32 個の殻孔枠をもつ *Pantanellium*

32 個の殻孔枠をもつ *Pantenellium* は，バッキーボール式の多角形配列を呈すると予想していた．すなわち，図１に展開図を示すように，12 個の５角形のすべてが５個の６角形に囲まれる形式の配列である．今回拡大模型を作成した個体には，まさに予想どおりの５角形と６角形の配列がみられた．図２は，主棘（primary spine）の位置と赤道面に配列する殻孔枠を示した展開図である．殻孔枠は *Pantenellium* の外層殻に５帯に分かれて分布し，その数は片方の主棘からもう一方の主棘に向かって 3-8-10-8-3 となっている．

Pantanellium の殻孔枠配列の規則性

これまでに知られている 28 個の殻孔枠をもつ個体のうち，２個体は５角形のペア６つそれぞれを６個の６角形が取り囲むように配列している．バッキーボールでは，12 個の５角形のすべてが５個の６角形に囲まれる配列となっている． ５角形がペアをなすのか単独であるのかが，殻孔数が 28 個か 32 個かの違いになっている．拡大模型の作製数が少ないなかで，28 個の殻孔枠をもつ個体が３個体も得られているのは，28 が出現しやすい“マジックナンバー”になっている可能性が考えられる．バッキーボール式の殻孔配列を示す 32 を含め，“マジックナンバー”がところどころに出現するらしい．その出現は，多角形の配列に関係すると予想している．

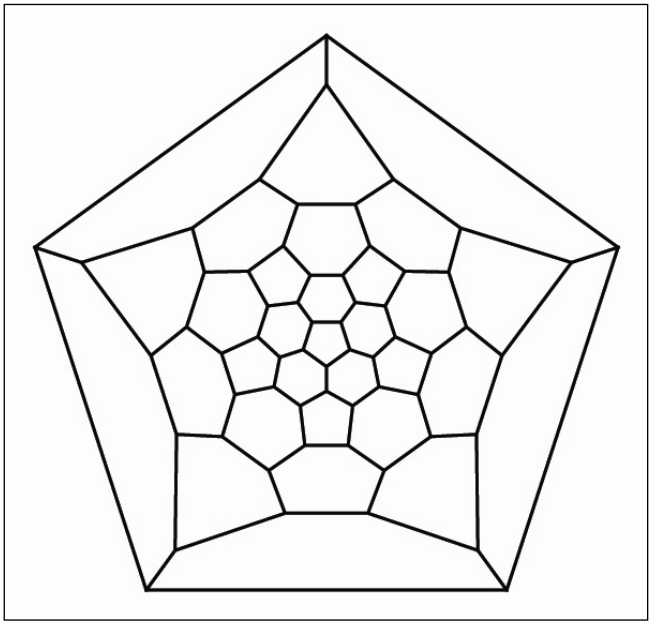


図１　バッキーボールの展開図.

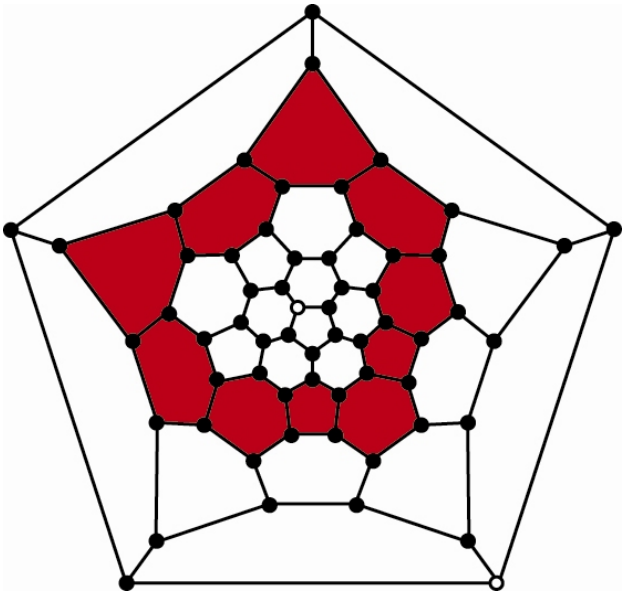


図２　主棘の位置（白丸）と赤道面の多角形を塗色した展開図.

文献

[1] Matsuoka, A, Yoshino, T., Kishimoto, N., Ishida, N., Kurihara, T., Kimoto, K., Matsuura, S., Exact number of pore frames and their configuration in the Mesozoic radiolarian *Pantanellium*: an application of X-ray micro-CT and layered manufacturing technology to micropaleontology. Marine Micropaleontology, 88-89, 36-40, 2012.

莢がねじれて藤の実がはぜる

本多久夫（兵庫大学）

Burst mechanism of wisteria pods scattering beans

HONDA Hisao

(Hyogo University, *hihonda@hyogo-dai.ac.jp*)

藤の実がはぜることを知ったのは、奥村昭雄先生のご著書 [1]を読んでだった。凍てつく冬の夜更け、山荘のそばで「パン」という乾いた、驚くような大きな音がするという。折を見て、通勤途中の雑木林から藤の実を採って部屋にぶらさげた。確かに忘れた頃に激しい音がして実がはじけた。学生が窓ガラスに小石を投げたのかと思うような音だった。

実をほおって置いているのに、このような力学エネルギーが溜まるとはどういうことなのかという興味深い問題があるが、ここでは、はぜた後、種子をおおっていた莢は著しくねじれているのだが、このねじれの機構は何なのかを考える。

はじめは緑色のビロードでおおったような莢が、やがて乾燥して褐色になり縮む。ねじれるのは収縮に部位差があるためだろう。はぜて大きくねじれた莢は水にもどすと、ふやけて平たい形にもどる。乾燥した部屋に置くと再びねじれる。ねじれ中の莢の先端と基部間の直線距離 D および２つの側線の長さ L_1、L_2を測定した（図１）。また側線に囲まれた面積 S を、面を三角形に分割して測定しその総計を求めた（ねじれが進むと隣りあった三角形の並びは同じ平面ではなくなり、三次元的に凸凹になる）。面積の対数 Log Sを、側線長（２側線の平均値）の対数 Log L に対してプロットすると、図２に示すように収縮による変形は勾配２よりも急激に変化した。莢の形は相似的には収縮していない（面積が長さの２乗に比例して変化するのではない）。

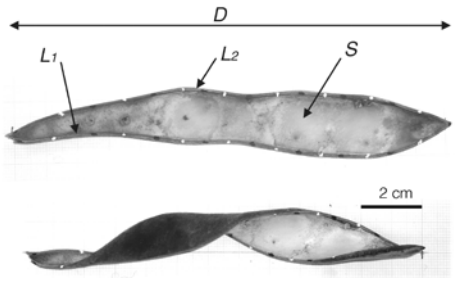


図１

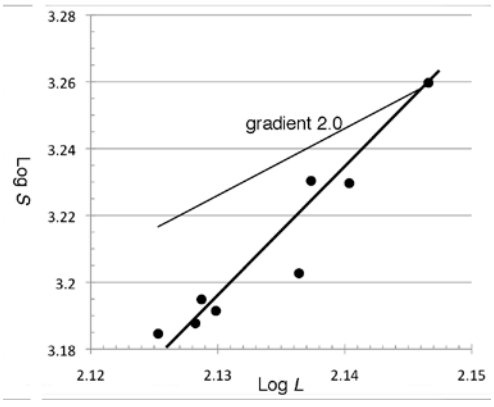


図２

細長い短冊の矩形を考えよう（図３）。この面積が上下間の距離が短くなって収縮すると考える。この時、図３のようにねじれれば、左右の側線は収縮しないで一定長を維持できることになる。この図形はヘリコイドを想起させる [2]。ヘリコイドの x, y, z 座標はパラメーター(u,v)を使って(a*v*cos u, a*v*sin u, b*u)と表せ

る。これを 3D グラフィックスで描画し（図３）、上下間距離と側線長、曲面の面積を計算した。側線長を不変のまま上端と下端が 360° ねじれたとき、面積は縮し 84.1%になった。矩形の枠の長さは固定したまま矩形の面積を小さくするとねじれるのである！

茨の実測では、側線長は一定でなくわずかだが縮小していた(95.2%)。先端基部間距離の縮小は 89.1%であった。実物には相似的な縮小と、面の側線長に対する相対的な縮小（これによってねじれがおこる）とが混在しているのだ。この両者が同時に起こったとしたときのグラフィックスを図４に示す（相似的収縮がない場合を薄い線で示した)。ヘリコイドがこのように変形したとすると面積は計算上縮小して 86.8%になる（実測による面積の縮小はさきに述べたように 84.1%であった)。

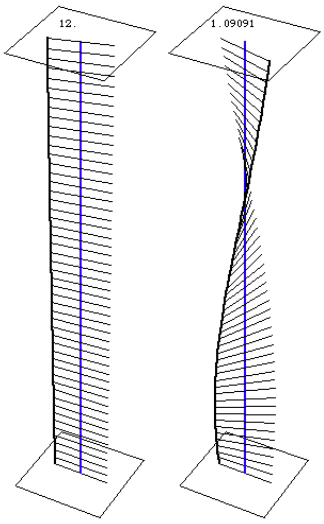


図３

【結論】面がねじれるためには複雑な機構を想定してしまうところだが、枠とそれに囲まれた面で材質が違って、**乾燥による変形により枠の長さよりも囲まれた面の方が大きく収縮する。これによりねじれは自発的に起こると考えてよいようである。**

【考察】一対の茨で互いにねじれの向きが逆であるから、２つの茨が反り返って実がはぜる。植物組織学によるとフジなどの豆類の花では、ひとつの心皮とよばれるものが筒状になって雌しべになり、雌しべが受粉のあと茨に成長すると考えられている。心皮の右側の縁と左側の縁が融合して筒になる。対をなす２つの茨はそれぞれ心皮の右半分と左半分からつくられていることになる。ここで一つの茨が右ねじれを起こすなら、他は左ねじれになるのだろう。実証のために、茨を構成している繊維の走行の観察が必要である。

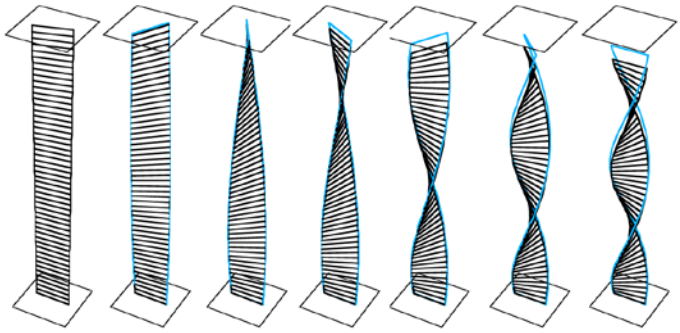


図４

【謝辞】この研究にあたり八田洋章博士（国立科学博物館名誉研究員）に多大なご教授をいただいた。

[1] 奥村昭雄『時が刻むかたち』農文協 2003.

[2] A.グレイ『Mathematica 曲線と曲面の微分幾何学』トッパン 1996

ウシの石刻絵画のスタイルとウシの役割の関係

高木隆司[1]、出原立子[2]、水野慎士[3]

[1]神戸芸術工科大学，連絡先：〒192-0371 八王子市南陽台 3-3-13，jr.takaki@iris.ocn.ne.jp
[2]金沢工業大学情報学部，〒921−8501 石川県石川郡野々市町扇が丘, izuhara@neptune.kanazawa-it.ac.jp
[3]愛知工業大学情報科学部，〒470−0392 豊田市八草町八千草，　s_mizuno@aitech.ac.jp

Relation of Styles of Petroglyphs of Bulls and Roles of Bulls in Ancient Ages

Ryuji Takaki, Ritsuko Izuhara, Shinji Mizuno

Abstract: A correlation of styles of petroglyphs of bulls (oxen or aurochs) and their roles in ancient ages is studied by the use of image analysis techniques. It is shown that bulls related to hunting and those playing central roles in animal groups were drawn with figures of complex shapes with inner structures.

Keywords: Petroglyph, Central Asia, bull, style of drawing

筆者らが 2010-2012 年の期間で受けている科学研究費（挑戦的萌芽研究）では、石刻絵画にこめられたメッセージを探ることを目的にしている。その方法として、絵画のスタイルに多くの様式があるウシ（野牛、家畜のウシを含む）を調査の対象として、そのスタイルを分類し、スタイルの複雑さと線画で描く傾向を定量化した。そして、これらの指標が、当時の社会でのウシの役割（絵画を見て習慣によって判断した）とどのように関連しているかを調べた。図１は、ウシのスタイルの違い、および社会での役割についてのいくつかの例をである。示す。

図 1. ウシの絵画スタイルと、社会における役割。左から、シルエット（群れの一部）、シルエット（宗教的役割）、複雑な構造（群れの中心）、線画に近い構造（狩りの対象）、シルエット（労働の役割）

単純なシルエットか複雑な構造かの違いは、画像の全輪郭の長さ（TL)と外側の輪郭の長さ（CL)の比（図 2 の縦軸）で表した。線形性の程度は、TL と画像の面積の平方根の比（横軸）で表した。図 2 は、ウシのかいがについて、これらの値、スタイル（プロットする記号の形で表す）および社会における役割（記号の色で表す）を示したものである（色は、展示したポスターを参照されたい)。

これから、狩りの対象、および群れで中心的な役割をもつウシは、内部構造をもつ複雑な形で描かれる傾向があることがわかる。

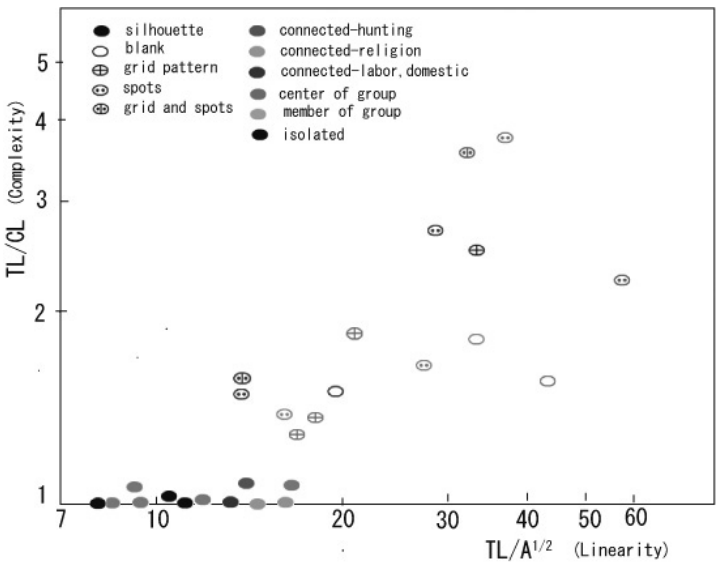


図２．ウシの石刻絵画の線形性と複雑さ、および社会における役割の関係。

液滴および液流の形

加藤将貴[1]　河野健吾[2]　新井田恵美[3]　原田新一郎[4]
[1]埼玉県立浦和東高等学校 〒336-0976 埼玉県さいたま市緑区寺山 365, [2]工学院大学工学部 〒192-0015 東京都八王子市中野町 2665-1, [3]東洋大学大学院社会学研究科 〒112-8606 東京都文京区白山 5-28-20, [4]目白大学保健医療学部 〒339-8501 埼玉県さいたま市岩槻区浮谷 320　　E-mail: ssharada@jb3.so-net.ne.jp

Form of Droplets and Jets

Masataka KATO[1], Kengo KONO[2], Emi NIIDA[3], Shinichiro HARADA[4]
[1]Saitama Prefectural Urawa-Higashi High School, [2]Faculty of Engineering, Kogakuin University, [3]Graduate School of Sociology, Toyo University, [4]Faculty of Health Sciences, Mejiro University

Abstract: We report our investigations on the form and behavior of droplets and jets. An antibubble is a liquid-droplet which is surrounded by the thin film of air. Antibubbles can be formed in water, silicone oil, ethylene glycol, etc. Thin film of air is stable when the liquid is moving. And we found experimentally that water bounce off the surface of water, when we pour a thin stream of water.

Keywords: Antibubble, Bouncing Jet, Surfactant, Surface Tension

液体中に同一液体の液滴が形成されることがある。この液滴は周囲を空気薄膜で覆われているためバルクと合体しない。シャボン玉と逆の構造をしているのでこの液滴を Antibubble とよぶ。希薄洗剤溶液、シリコンオイル、エチレングリコール、キャノーラオイル中に Antibubble の形成を確認した。

希薄洗剤溶液

シリコンオイル

渦中の Antibubble

Antidome

Antibubble の分割

Antibubble をつくる簡便な方法は、ストローに含ませた希薄洗剤溶液を同一溶液のバルク表面に落とすことである。静止状態の Antibubble は数秒ないし 60 秒程度で崩壊するが、鉛直加振や溶液の揺さぶりなどで動的状態におくと崩壊しにくくなり、物理的に分割することも可能となる。水面直下で半球状に沈み込んだ液滴（Antidome とよぶ）も動的状態で安定化し分割も可能となる。また、ストローとバルクの電位差を 1.0Ｖ以上にすると Antibubble は形成されなくなる。Antibubble の空気薄膜厚測定を水上置換法と液滴上昇法によって行ったところ、1～5μm であった。

シリコンオイル、エチレングリコール、キャノーラオイルなどのバルク表面に同じ液体の液流を衝突させると、液流がバルクと合体することなく沈み込んだあと再び液流が水面上に出てくる現象が観察される。これを Bouncing Jet とよぶ。この現象は液流表面に空気薄膜が形成されるため、液流とバルクの合体が妨げられるためと考えられる。Bouncing Jet は少量の界面活性剤を添加した水でも形成されることを見出した。

シリコンオイルの Bouncing Jet

希薄洗剤溶液の Bouncing Jet

Aspergillus 属が形成する同心円パターン

平良和大[1]、高田宗樹[2]、渥美龍男[1]

[1]岐阜医療科学大学保健科学部放射線技術学科、501-3892 岐阜県関市市平賀字長峰 795-1
[2]福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻、910-8507 福井市文京 3-9-1

e-mail atsumi@u-gifu-ms.ac.jp

Concentric Circle Pattern in Agar Medium

Kazuhiro Taira[1], Hiroki Takada[2], Tatsuo Atsumi[1]

[1]Department of Radiological Technology, School of Health Science, Gifu University of Medical Science, 795-1 Nagamine Ichihiraga, Seki, Gifu 501-3892, JAPAN
[2] Graduate School of Engineering, University of Fukui, Fukui 910-8507, JAPAN

Abstract: It is known that *Aspergillus* spp. create concentric circles and other patterns on nutrient agar, and forms of the apical growth patterns in fungal mycelia have been analyzed in molecular biology. We are interested in the relationship between the macroscopic and microscopic forms. We successfully recorded the pattern formation process in open air, under cool and dark conditions. In the next step, we observe forms of the pattern under some conditions and employ two-dimensional analyses to describe the phase transition.

Keywords: *Aspergillus*, Concentric Circle Pattern, circadian rhythm

方法：普通寒天培地（蒸留水 1L あたり、ポリペプトン（大五栄養）10 g、酵母粉末エキス（オリエンタル）2 g、硫酸マグネシウム七水和物 1 g、寒天（米国ディフコ社）15 g を高圧蒸気滅菌、混合後に直径 90 mm 高さ 15 mm のプラスチック滅菌シャーレにまき、自然冷却凝固し使用）に爪楊枝で植菌し、室温、暗所で放置した。パターンの形成過程を、時間を追ってデジタルカメラで撮影した。

結果と考察：形成された同心円パターンを図 1 に示した。ここには示していないが、植菌初期には 1 日にリングが 1 つできるため何らかの日周を反映している可能性がある。現在、恒温においてもパターンが形成されるか実験中である。

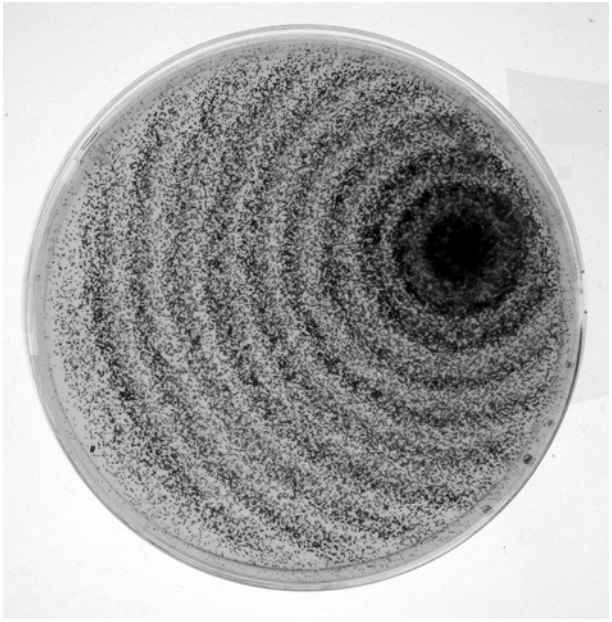


図 1. 植菌後 19 日後の様子。右斜め上に植菌し、室温、暗所で放置した。

カー・ロボティクス～ぶつからないクルマの形～

ポ ンサトーン・ラクシンチャラーンサク
東京農工大学、〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16
pong@cc.tuat.ac.jp

Car Robotics -- A Form of Zero-Crash Automobile --

Pongsathorn Raksincharoensak
Tokyo University of Agriculture and Technology, 2-24-16 Naka-cho Koganei Tokyo

Abstract: This paper describes the system architecture and the control system for autonomous collision avoidance system based on car robotics technology by using a system platform on a micro electric vehicle. As one of the system functionalities, the system decides to brake or steer depending on the position of a forward obstacle and the vehicle speed.

Keywords: Car Robotics, Active Safety, Control, Autonomous Driving, Environment Perception

１．はじめに

本研究では、移動の知能化による交通事故防止を研究のゴールとし、自動制御技術を適用した自動車の安全運転支援・事故回避システムの開発を目的とする。最近では，低速領域ではあるが前方車への追突を避ける自動ブレーキが実用車で実現しており、「ぶつからない車」に向けた本格的な研究開発が進められることが望まれる。具体的に、自動車技術とロボット技術(RT)を融合させた「カー・ロボティクス」により、超小型電気自動車の運動制御、自動運転、運転支援の開発プラットフォームを構築し、高精度の外界認識・予測、危険判断、自動運転制御による事故回避性能の高い自動車の知能化の研究を行っている。

２．　自動車の制御技術

本研究では、電気自動車の駆動源であるインホイールモータの分散配置を利用した車両運動制御系、さらには、電動モータによるアクティブ操舵系を開発し、車両運動性能を向上させ、ドライバの運転を支援する超小型電気自動車を開発している。図 1 に示す電気自動車を用いて、操作系をすべて電子化する X-バイワイヤ車両を製作し、自動車の基本運動性能を向上させ、環境認識センサであるカメラ、レーザレーダ等を用いて自車の周辺状況を取得し、安全かつ運転者に優しい操作支援技術を開発している。最近では、低速域自動運転システムの研究の一環として、危険な走行状況を外界センサで認識し、その障害物との衝突を回避するあるいは、走行レーンからの逸脱防止、交差点出合い頭事故防止のための危険回避システムを開発している。さらに、見

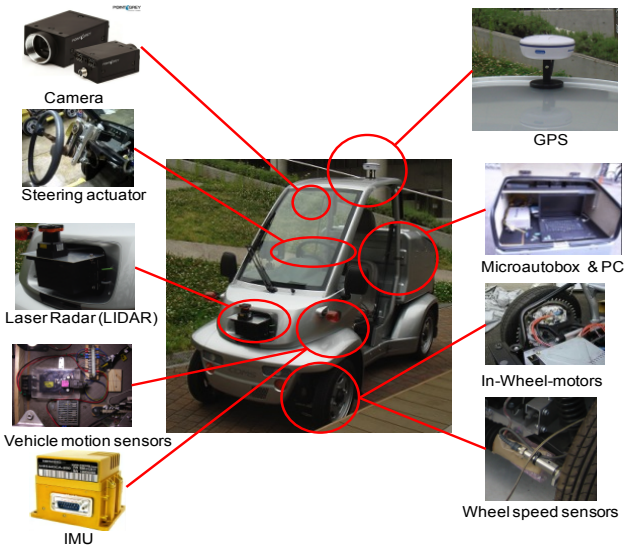


図 1 カー･ロボティクスプラットフォーム

通しの悪い場所において、熟練ドライバのように、急な飛び出しに対する危険予測を模擬した自動運転の研究を行っている。

３．車線自動追従制御システム

車線逸脱事故を防ぐため、目標コースからのずれを小さくするための車両運動制御が必要不可欠である。目標コースからのずれを検出する手法として、車載カメラを使った車両前方の白線検知やレーザレーダのスキャンデータによって得られた前方の道路境界識別等がある。目標コースからのずれに応じて操舵アクチュエータの修正操舵量を加えることにより、車線自動追従走行または車線逸脱防止を実現する(図 2)。

４．自律型歩行者衝突回避システム

車両前方の障害物飛び出し場面に対する事故回避システムの開発事例を紹介する。車両前方に取り付けられたレーザレーダ(LIDAR)を用いて、自車と障害物との距離を測定し、車両の走行速度状態等、衝突リスクを予測し、回避の必要性と回避手法を判断する。図 3 は、駐車車両の陰から前方の歩行者が飛び出した際の自動操舵回避の結果を示している。

図 2　車線自動追従制御

図 3　歩行者衝突回避自動操舵・制動制御

５．おわりに

最近の交通事故統計によると、交通事故死者の半数程度が 65 歳以上の高齢者であり、また歩行者や自転車といった交通弱者が交通事故死者の約半数を占めている。超高齢化という人口問題を抱えながら安全安心な交通社会を実現するには、誰もが安心して利用できる移動手段や交通システムを提供する必要がある。自動車技術とロボット技術が真に融合して、新たなモビリティを実現しようとする「カー・ロボティクス」が、体系的な学問領域として発展していくことを期待したい。

参考文献

[1]　永井正夫、ﾎﾟﾝｻﾄｰﾝ･ﾗｸｼﾝﾁｬﾗｰﾝｻｸ、カー・ロボティクス、ZMP パブリシング、2010.

[2]　林隆三、磯谷十蔵、藤田峻平、ﾎﾟﾝｻﾄｰﾝ･ﾗｸｼﾝﾁｬﾗｰﾝｻｸ、永井正夫、超小型電気自動車のインホイールモータと操舵制御を用いた前方障害物自動回避システムの開発、自動車技術会論文集、Vol.42、No.1、pp.87-93、2011.

アクティブ操舵と制駆動力配分を用いた車線追従制御の理論解析

平尾　基裕，ﾎﾟﾝｻﾄｰﾝ・ﾗｸｼﾝﾁｬﾗｰﾝｻｸ
東京農工大学
東京都小金井市中町 2-24-16
50011648028@st.tuat.ac.jp

Theoretical Analysis of Lane Keeping Control System by Using Active Steering Control and Longitudinal Force Distribution

Motohiro HIRAO,Pongsathorn RAKSINCHAROENSAK
Tokyo University of Agriculture and Technology
2-24-16 Naka-cho,Koganei,Tokyo,Japan

Electric vehicle is able to be equipped more advanced control system than conventional vehicle, but cruising distance is critical issue. This paper proposes electric power consumption model of longitudinal force control system and steering angle control system using electric motor. Finally, active front steering control and direct yaw moment control is analyzed by using computer simulations.

Keywords: Automobile, Lane Keeping Control, Active Chassis Control, Active Front Steering, Direct Yaw Moment Control

1. 緒言

電気自動車は高い制御性を持つため，ガソリン制御では実現できなかった高度な安全制御が期待され，注目されている(1)．しかし，電気自動車はガソリン車に比べて航続距離が短いことが普及の障害となっている．

そこで本研究は，死亡事故率の高い車線逸脱事故(2)に着目し，航続距離延長のために電力消費も考慮した車線追従制御システムの開発を目的とする．なお，本稿では，駆動力制御系および操舵角制御系の電力消費モデルを提案し，車線追従走行シミュレーションによって制駆動力配分制御によるダイレクトヨーモーメント制御（以下 DYC）とアクティブ前輪操舵制御（以下 AFS）について理論解析を行った結果について述べる．

2. 車線追従制御システム

シミュレーションで用いる車線追従制御システムの概要を図 1 に示す.本システムは，まず，車両の理想の運動状態と実際の運動状態から最適レギュレータによって理想の運動状態にするための制御入力を算出し，駆動力制御系または操舵角制御系による制御で車線逸脱を防ぐ．なお，今回のシミュレーションでは車両モデルは前後方向，横方向，旋回方向を考慮した 3 自由度モデルとし，タイヤモデルは線形モデルを用いた．

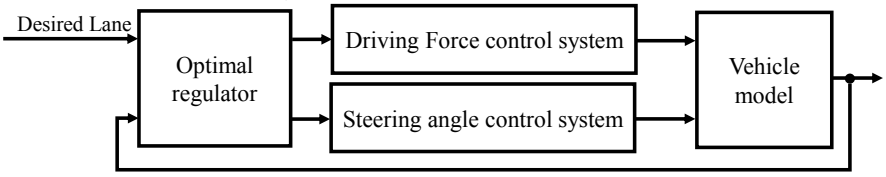


Fig. 1 Schematic diagram of lane keeping control system

3. 電力消費モデル

3.1 駆動力制御系モデル

本システムで使用するインホイールモータは DC ブラシレスモータである．そこで，DC モータをインホイールモータのモデルとすると，インホイールモータの出力トルク T_{mw} は式(1)で表される．なお，K_{tw} はトルク定数，u_{mw} は電源電圧，u_{ew} は逆起電力，L_{mw} はインダクタンス，R_{mw} はモータ内部抵抗をそれぞれ示す．

$$T_{mw}(s)=\frac{K_{tw}\left(u_{mw}(s)-u_{ew}(s)\right)}{L_{mw}s+R_{mw}} \tag{1}$$

3.2 操舵角制御系モデル

操舵系の運動方程式およびサーボモータの回路方程式より，前輪舵角δ_fは式(2)で表される．なお，Nはステアリングギヤ比，K_{ts}はトルク定数，I_{ms}はモータ電流，ξはタイヤのトレール，C_fは前輪のコーナリングパワー，l_fは重心から前輪軸までの距離，Vは車体速度，γはヨーレイト，βは車体横すべり角，J_sは操舵系の慣性モーメント，C_sは操舵系の減衰係数をそれぞれ示す．

$$\delta_f(s)=\frac{NK_{ts}I_{ms}(s)+2\xi C_f\left(\frac{l_f}{V}\gamma+\beta\right)}{J_s s^2+C_s s+2\xi C_f} \tag{2}$$

4. 車線追従走行シミュレーション

これまで述べた電力消費モデルを用いて図 2 に示すコースで車線追従走行シミュレーションを行った．なお，初期車体速は 30km/h と 60km/h の場合で行い，その結果を比較した．

シミュレーション結果を図 3，図 4 に示す．図より，DYC はモータの駆動力によって車両の姿勢を制御するためにヨーレイトの応答が速く，AFS に比べて速度の上昇に対する横偏差の増加量が小さいことがわかる．また，電力消費量は AFS の方が少ないことがわかる．以上より，車線追従性能の観点からは DYC が，電力消費の観点からは AFS が有利であるといえる．

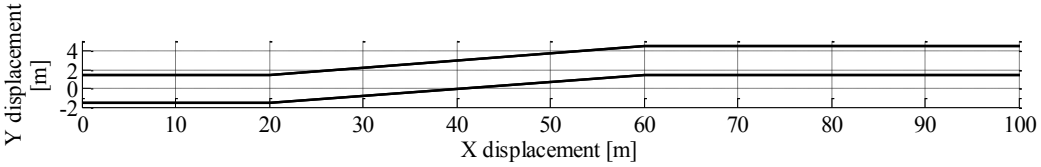


Fig. 2 Course of simulation

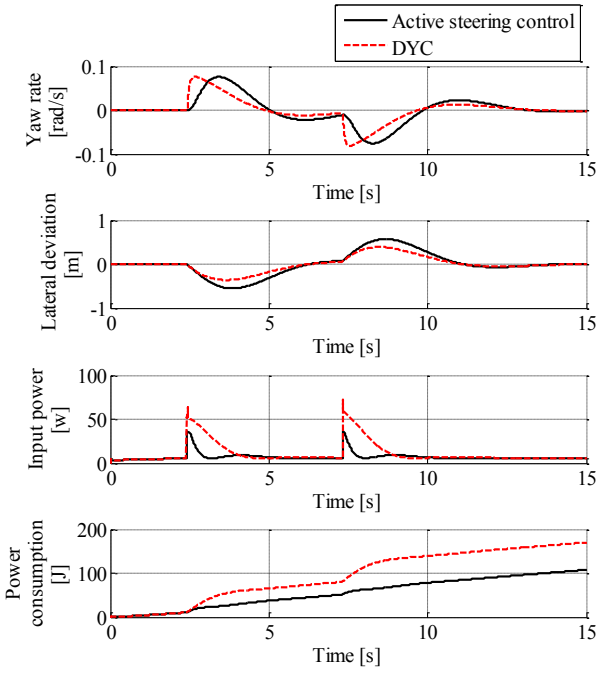


Fig. 3 Results of simulation (30km/h)

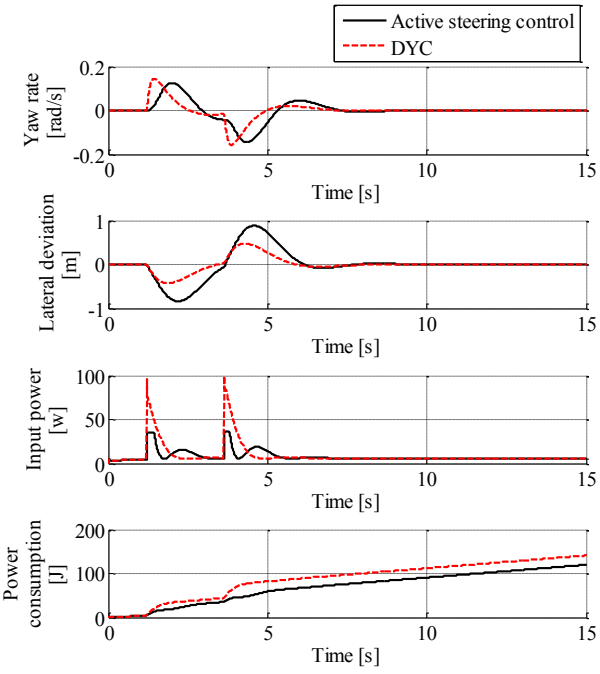


Fig. 4 Results of simulation (60km/h)

5. 結言

本稿では，電力消費を考慮した車線追従制御システムの開発の一環として，車線追従走行シミュレーションによって DYC と AFS の理論解析を行った．その結果，車線追従性能の観点から DYC が有利で，電力消費の観点から AFS が有利であることがわかった．

6. 参考文献

(1) 堀洋一：電気と制御で走る近未来車両に関する研究，FED レビュー，vol.3,(2004)
(2) 交通事故総合分析センター：ｲﾀﾙﾀﾞ・ｲﾝﾌｫﾒｰｼｮﾝ，No.80,(2009)

ドライビングシミュレータを用いた危険予測運転支援システムの開発

○ 江澤和浩，ポンサトーン・ラクシンチャラーンサク
東京農工大学，東京都小金井市中町 2-24-16
50012643011@st.tuat.ac.jp

The Development of the Hazard-Anticipatory Driving Assistance System by using a Driving Simulator

Kazuhiro Ezawa, Pongsathorn Raksincharoensak
Tokyo Univ. of Agri. And Tech. 2-24-16 Nakacho Koganei-shi, Tokyo

Today, though collision avoidance system which enables reduce traffic accidents is being popularized, it is not enough to avoid the collision in the case that pedestrians dashing to roadways. To improve its performance, it is required to predict the hazard. This paper describes the evaluation of the assistance system by using a driving simulator with reconstructed near-miss incident scenario with pedestrian.

Keywords: Active Safety, Driving Simulator, Driving Behavior, Hazard-Anticipatory Driving

1. 緒言

近年，自動車乗車中における死亡事故の減少率の高さに対し，歩行中における死亡事故の減少率は低い傾向にある [1]．現在，歩行者を検知して自動衝突回避を行う予防安全技術が実用化されているが，これらのシステムは衝突の 1.4 秒前に作動するため衝突を回避できない場合がある．また，衝突回避できた場合であっても，危険なニアミスになってしまう．そこで，本研究の目的を対歩行者事故防止のための危険予測運転支援システムの構築とする．本論文では，ドライビングシミュレータを用い，危険予測運転支援システムの評価実験の結果について述べる．

2. 危険予測運転支援システムの設計

危険予測運転支援システムのブロック線図を図 1 に示す．このシステムは，見通しの悪い無信号交差点における歩行者飛出しによる危険を予め考慮し，自動減速制御介入を行うものである．システムは交差点進入 3.5 秒前から制御介入を開始し，自車速度 V と目標速度 V_{int} の偏差によりブレーキペダルストロークを算出し，車両制御計算機へ出力する．制御介入中はドライバのアクセル操作を無効化し，目標速度到達後に制御介入は終了する．また，目標速度到達前においても，ドライバによるブレーキ操作がシステムの指令値より大きい場合，ドライバのブレーキ操作が車両制御計算機へ出力される．

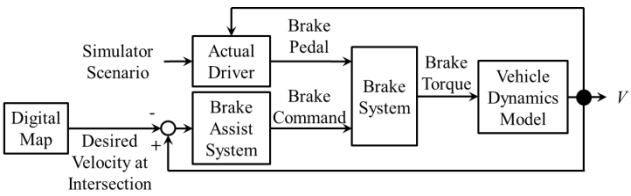


Fig. 1 Block diagram of auto brake system

Fig. 2 Driving simulator and Incident scene

3. 危険予測運転支援システムの実験的検討

ドライビングシミュレータを用い，歩行者飛び出しによる危険場面を再現し，危険予測運転支援システムを適用した場合と適用しない場合における一般ドライバの運転行動を取得・分析し，危険予測運転支援システムの評価を行う．ドライビングシミュレータと，再現した歩行者飛び出し場面を図 2 に示す．歩行者は，ヒヤリハットデータベースの分析結

果を基に,衝突余裕時間 T_{tc} が約 1.5 秒となる時刻にドライバの視界に入るよう設定した．自車と歩行者の位置関係のパラメータ説明を図 3 に，T_{tc} の算出式を式(1)に示す．また，歩行者の飛び出し速度は 2.2 m/s とした．被験者は危険予測運転支援システムを適用する(ID1~5)場合と適用しない場合(ID6~10)でそれぞれ 5 名の計 10 名とした．

$$T_{tc} = \frac{x_{ped}}{V} \tag{1}$$

4. 実験結果

実験により取得した速度データを図 4 に示す．実線がシステムを適用した場合を示し，破線がシステムを適用しない場合を示す．横軸は時間とし，歩行者がドライバの視角に入った時刻を基準とした．図 4 より，システムにより歩行者飛出し前から徐々に減速している様子がわかる．各被験者の最短衝突余裕時間を図 5 に示す．図 5 において，システムを適用しなかった ID2，ID4，ID5 は歩行者との衝突を回避できなかったため，値が 0 となっている．一方，システムを適用した場合，最短衝突余裕時間 $T_{tc(\min)}$が全員 1.5 秒以上となり,予め減速することで歩行者と十分な距離を保ち衝突回避できていることが確認できる．

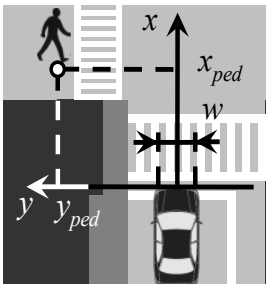


Fig. 3 Definition of parameters of location

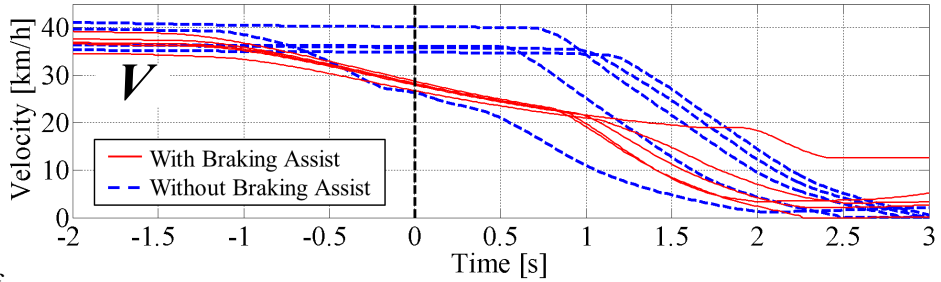


Fig. 4 Result of experiment

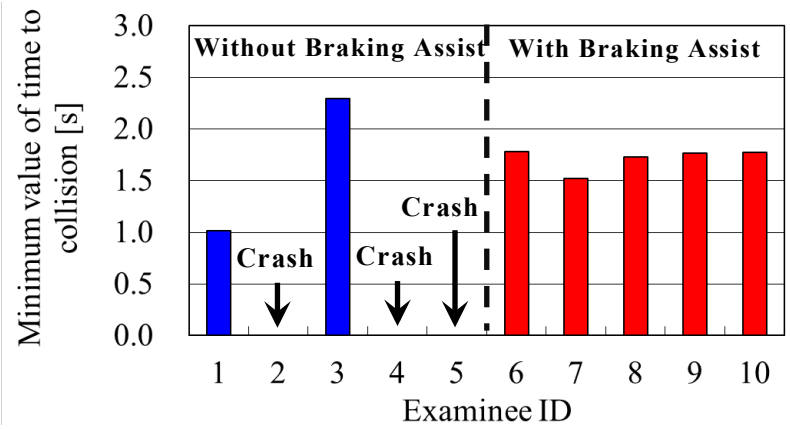


Fig. 5 Results of analysis of minimum value of time to conflict point

5. 結言

本論文では，ドライビングシミュレータを用い，無信号交差点歩行者飛び出しシーンを再現し，熟練ドライバの速度プロファイルに基づき，対歩行者危険予測運転支援システムを設計し，システムの有効性を検証した．その結果，システムが介入することにより，歩行者との距離を十分保って衝突回避を行えることが確認できた．

文献

[1] 警察庁 : 統計，安全・快適な交通の確保に関する統計等，平成 23 年中の交通事故の発生状況(2012).

[2] 長谷川大悟，ポンサトーン・ラクシンチャラーンサク，道辻洋平，運転指導員の行動データに基づく危険予測運転モデルの構築,日本機械学会 第 20 回 交通・物流部門大会講演論文集, No.11-59(2011), 35-38.

秋田県角館町飾山の形からわかること

久保光徳*，坪郷英彦**，北村有希子*，田内隆利*
*:千葉大学大学院,千葉市稲毛区弥生町 1－33，mkubo@faculty.chiba-u.jp
**:山口大学人文学部，山口市吉田 1677-1，hide.tsu@yamaguchi-u.ac.jp

Investigation to the Form of the Kakunodate-machi Decorated Float in Akita

Mitsunori KUBO*, Hidehiko TUSBOGOH**, Yukiko KITAMURA* and Takatoshi TAUCHI*
*: Graduate School of Engineering, Chiba University, 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Japan
**: Yamaguchi University Faculty of Humanities, 1677-1, Yoshida, Yamaguchi-shi, Japan

Abstract: A decorated float CAD model was constructed with the sketches of Akita Kakunodate-machi Decorated Float and structural analysis by using FEM was applied to the model in order to simulate the dynamic behavior of the float if it would be in collision. As a result, it was suggested that this decorated float could be divided into a superstructure and an understructure and the structures could be seemed to have a flexible structure mechanism which might save the musical accompaniments boarded in the float from strong shock in the collision in the festival. Moreover, this knowledge obtained from the analysis was compared with the descriptions in a historic Edo and Meiji era figures representing the old Kakunodate decorated float and with hearing investigation to the present persons concerned to the float. Finally, it was confirmed that the structural characteristics of the float estimated by the structural analysis seemed to match the historical descriptions and the hearing investigation to the persons.

Keywords: Decorated Float, Structural Analysis, Dynamic Behavior, CAD, FEM

1. はじめに

秋田県角館町の飾山囃子（おやまばやし）では，ヤマと呼ばれる山車を各町内から出し，町内を曳き廻し，ぶつけ合う。この祭りは江戸時代から今に続く，歴史的な祭りであり，ゲーム性がある祭りの一つであることで知られている。毎年角館では，町内ごとにヤマへの工夫がなされ，町の大工を中心に形に改良が加えられると同時に，木材の在来工法と鍛冶屋（鉄工所）の技術の範囲内でマイナーチェンジを繰り返してきている。本報告では，この歴史的な時間を掛けて作り出されて来た形の一つとしてのこの飾山のスケッチを元に，CAD モデルの構築，FEM による衝突シミュレーションを行い，その形が持つ構造力学的特徴の解明の結果を報告するとともに，その解析結果と江戸時代から明治時代にかけての飾山の特徴を示す「角館町飾山古図」および現代の飾山囃子への調査結果との比較を行い，読み取れた形の特徴の妥当性について考察する。

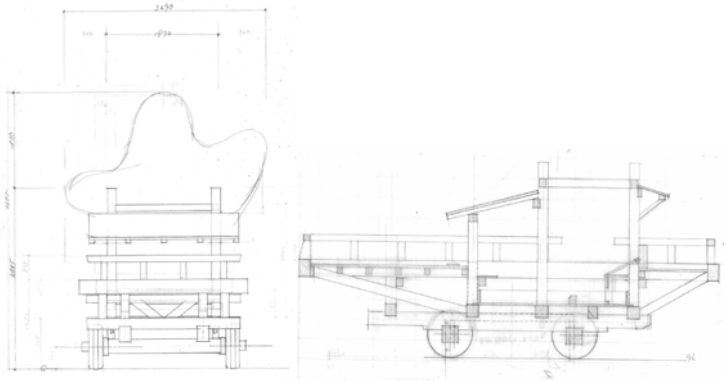


図 1　秋田県角館町飾山スケッチ

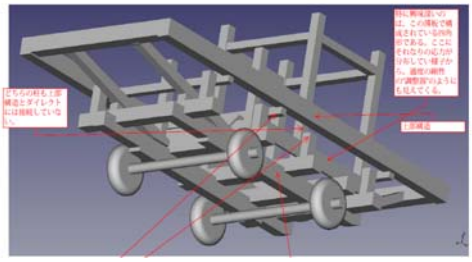


図 2 飾山 CAD モデル

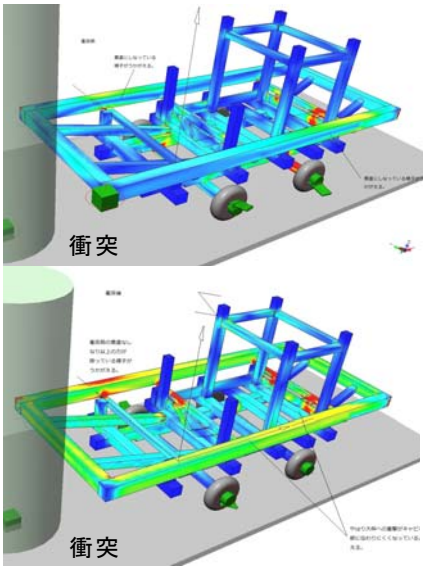


図 3 衝突シミュレーション

2. 飾山スケッチから CAD モデルへ

図 1 に示すスケッチをもとに図 2 の CAD モデルを得た。このモデル制作を通して，現在使用されている飾山の構造が上部構造と下部構造に分けられていて，その両構造が外見上十分な強度を持って接合されていないことが確認された。このモデルを用いて，飾山囃子祭りでのぶつかり合いを想定した衝突シミュレーションを FEM に従って実施した（図 3)。その結果，衝突時に車軸に応力が集中している以外は，下部の外枠矩形フレームと前後に配置された斜めフレームに比較的均等に応力が分布していることがわかる。さらに，囃子が搭乗する上部構造においてはその応力が，あえて直結されていない接合構造部において，吸収されている様子が伺えることもわかる。このことから，飾山は囃子，飾りが搭載される上部構造と車輪が取り付けられたシャーシの下部構造，に明確に分けられて設計されていることが予測できる。そして，そのぶつかり合いによる下部構造への衝撃は，上部構造には伝わりにくくする構造が工夫されていることが予測できると思われる。

3.「角館町飾山古図」，現状調査結果との比較

前述の飾山が上部と下部の二部構造に分けられるとする予測は，図 4 に示されるようにもともと人に担がれていた飾山が時を経て台車に載せられるようになって来ている史実とも一致する。さらに時が進み，囃子を載せながらも，この飾山を激しくぶつけ合い，お互いの車輪の車軸を破断させることで勝敗を競うゲーム性の向上にも対応するように，「大工，鍛冶屋による創意工夫がなされてきている」との事実とこの二部構造が持つ衝撃緩衝機構，柔構造とも言える形態は，この祭りの歴史的な推移を見事に映し出しているとも言えそうである。

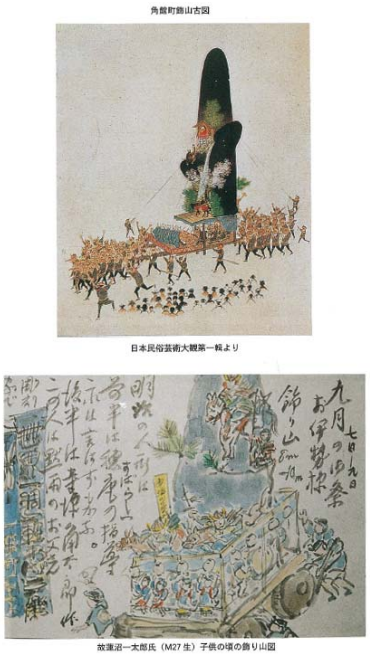


図 4 角館町飾山古図
（角館祭りのやま行事報告書，平成 9 年角館町）

4. おわりに

この報告では，飾山の形のみに対する形態力学的な解釈を行った後にその形の歴史的な意味，現状との照合を実施し，その解釈の妥当性について検討した。この形を通しても，時間をかけて生まれてきた形態が示す知の深さに驚嘆するばかりである。

滑らかに転がる多面体の研究

手嶋　吉法
千葉工業大学　工学部　機械サイエンス学科、〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1
yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Research on polyhedral structures which can roll smoothly

Yoshinori TESHIMA
Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba, 275-0016, Japan

Abstract: We start a research on roll of polyhedra. Each of the regular and semi-regular polyhedra can not roll smoothly. We focus on Boerdijk-Coxeter helix which is a linear stacking of regular tetrahedra.

Keywords: roll of polyhedron, Boerdijk-Coxeter helix, 1D quasicrystal

多面体の転がり方に関する研究

多面体の運動についての研究を開始する際、多面体の中で基本的な位置を占める正多面体や準正多面体の転がり方を調べることは最初に取り組むべき課題の１つと筆者は考える。しかし、過去にこのことをまとめた文献は見当たらない様である。

図１：　正多面体 5 種と準正多面体 16 種
（正４面体：左下隅、ねじれ 12 面体：右上隅）

図１に示した写真は、筆者らの立体模型プロジェクト（2006～2009 年度、科研費基盤(A)）で作成した多面体であり、正多面体 5 種類と準正多面体 16 種類を含んでいる[1]。これらそれぞれを水平な板の上に置き、板の傾斜角度を 0° から 90° まで徐々に大きくしていく実験を考える。転がり始めた角度によって、これらの種類の多面体を「最も転がり易い多面体」から「最も転がり難い多面体」へと順序付けすることが出来るであろう。

この実験自体はまだおこなっていないが、多面体を水平面上で実際に転がすことにより、転がり易さを大まかに把握できる。図１の左下隅の正４面体は、正多面体の中で面数最少であり、面角が鋭角である。これは、最も転がり難い多面体の候補の１つである。図１の右上隅のねじれ 12 面体は、準正多面体の中で面数最多の 92 面体であり、面角は鈍角で、外形は球に近く、転がり易い。これは、この中で最も転がり易い多面体の候補の１つである。しかし、ねじれ 12 面体ですら、滑らかな転がりとは程遠い。正多面体や準正多面体の中には、滑らかに転がることの出来る多面体は無い。

正４面体を面連結した構造の転がり方

最も転がり難い多面体の１つと言える正４面体であるが、同じサイズの正４面体を複数用意し、面同士を貼り合せて連結することを考える（棒状に伸びるように貼り合せる)。２つの正４面体を貼り合せた構造（２連結）は、やはり転がり難い。３連結の構造も転がり難い。しかし、10 連結の構造は、だいぶ転がり易くなる。さらに 20 連結、30 連結の構造を作って転がしてみると、非常に滑らかに転がる。対照的に、同様の連結を立方体で実行すると、どれだけ個数を増やしても、正４角柱の長さが長くなるだけで、一向に転がり易くはならない。

正４面体を棒状に面連結させた構造は、Boerdijk-Coxeter helix と呼ばれる[2][3]。水戸市のアートタワーがまさにこの構造である。正４面体の連結個数を無限にし、無限の長さを考えたとしても、正４面体の角度は全て違った角度を持つ。つまり、この構造は軸方向に関する並進対称性を持たない（１次元の準結晶)。この性質が、連結個数を増やせば増やすほど滑らかに転がることの本質的理由と考えられる。

Boerdijk-Coxeter helix に含まれる正４面体の個数と転がり易さの関係について、過去にこれをまとめた研究は見当たらない。本講演では、筆者らの調査の現状報告をする予定である。

Boerdijk-Coxeter helix は、正４面体の面連結によって得られるが、その表面形状に関しては、正３角形を平面上で連結させた帯状の展開図からも生成可能である（図２)。この展開図アプローチにより、Boerdijk-Coxeter helix の周辺に別の「滑らかに転がる棒状多面体」が潜んでいる可能性があり、探索中である。

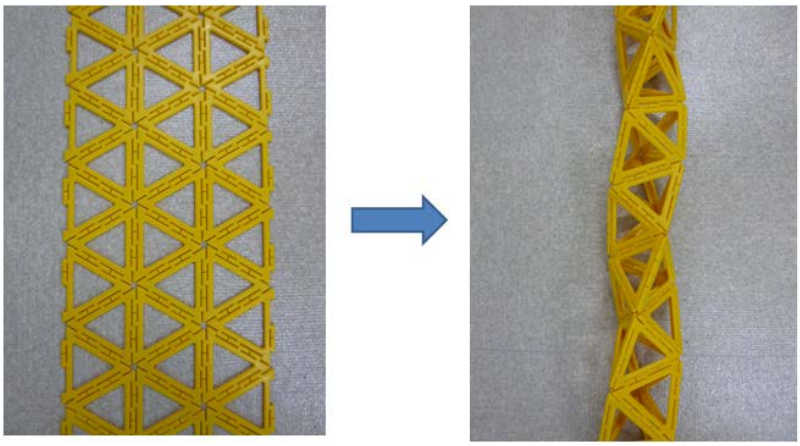


図２： 展開図からの Boerdijk-Coxeter helix の構成

参考文献

[1] 手嶋吉法ほか、多面体および空間充填結晶構造の模型、第 68 回形の科学シンポジウム（獨協医科大学、2009 年 11 月）予稿

[2] A.H. Boerdijk, Philips Res. Rep., 7 (1952) 303.

[3] H.S.M. Coxeter, Can. Math. Bull., 28 (1985) 385.

ライト兄弟から宇宙ステーションまで

須藤　正道
東京慈恵会医科大学 宇宙航空医学研究室
〒105-8461 東京都港区西新橋 3-25-8
sudoh@jikei.ac.jp

The changes in the shapes of flying vehicles: from the Wright brothers' airplanes to the International Space Station

Masamichi Sudoh
Division of Aerospace Medicine, The Jikei University School of Medicine
3-25-8, Nishi-shimbashi, Minato-ku, Tokyo 105-8461, Japan

Abstract: Since the Wright brothers succeeded inventing and building the world's first airplane, and making the first controlled, powered and sustained human flight in 1903, the "shapes of the flying vehicles" have been modified as fit its needs, especially depending on the outer environment. For example, human beings developed the space transportation systems, and nowadays astronauts fly into space and they can stay in the International Space Station for several months. We are expecting the space transportation systems will be widely open to the public, so anyone will be able to experience space tour, in the near future. The future advanced transportation systems will take us to the "new world", such as space. I will introduce the Aerospace Medicine which is now under developing for humans/animals to adapt to the space environment where the nearest-new-world to the humans.
Keywords: Wright brothers, Airplane, Rocket, International Space Station, Aerospace Medicine

1903 年、ライト兄弟が世界で初めて有人動力飛行に成功した。以来空を飛ぶ乗り物の形は様々に変化してきた。ライト兄弟の「ライトフライヤー1 号」は、主翼が上下に 2 枚ある複葉機であった。この飛行機はエンジンが非力(48 馬力)で速度が遅く(48km/h)、機体を飛ばすのに必要な揚力を得るために翼面積を大きくする必要があった。しかし当時の翼は布張り木製で強度がなく、短い翼を上下に配置することにより翼面積を大きくして動力飛行に成功した。

その後出力の大きいエンジンが作られるようになり、翼が 1 枚の現在の飛行機の形になった。旅客機はさらに大型化し、ワイドボディになっていった。「ジャンボジェット」の愛称で知られるボーイング 747 型機は、燃料消費率があまりよくないため日本の航空会社から姿を消したが、その初フライトは 1969 年である。ライト兄弟が「ライトフライヤー1 号」を飛ばしてから、66 年で 500 人以上の乗客を乗せる大型機が誕生したことになる。

宇宙船はロケットの先端にヒトが乗る部分を取り付けた形である。空気のある対流圏や成層圏も飛ぶため空気抵抗が減るように、球形や円錐形のものが多い。しかし宇宙空間では空気抵抗がないので、宇宙空間のみを飛行する月着陸船や宇宙ステーションは飛行機や

ロケットのような流線型は必要なく、どんな形をしていてもかまわない。

宇宙へ行くための乗り物は、1961 年にガガーリンが球形の宇宙船「ボストーク 1 号」で有人宇宙飛行をしたことに始まる。その後円錐形のアポロ宇宙船と月着陸船による人類初の月着陸は 1969 年、ライト兄弟初飛行から 66 年で達成した。そして宇宙への行き来は飛行機のような形をしたスペースシャトル「オービタ」へと変わっていった。スペースシャトルは初飛行から 30 年、135 回の飛行を経て 2011 年引退した。

2011 年はガガーリン人類初の宇宙飛行から 50 年、スペースシャトルのラストフライトと記念の年であった。

スペースシャトル後の宇宙船は再び円錐形に近い形に戻り、「ドラゴン宇宙船」が 10 月 8 日打ち上げられ、宇宙ステーションにドッキングした。現在は貨物輸送のみの飛行であるが、将来は有人宇宙船として使われる予定である。これからの宇宙ステーションへの行き来はロシアの「ソユーズ」とアメリカの「ドラゴン」になる。今後さらに火星までの有人飛行も計画されている。

ライト兄弟の複葉機からジャンボジェット、宇宙船、宇宙ステーションまで、空を飛ぶ乗り物の形は様々に変化してきた。形状の変化とともに、乗り物の中の環境の変化、その環境に暴露されるヒトの体の変化について宇宙航空医学を交えて説明する。

一人乗り太陽熱飛行船の設計について

阿竹 克人
株式会社 阿竹研究所　〒468-0068 名古屋市天白区表台 15
atake@atake-i.com

About the design of an one person riding solar-heated airship

Katsuhito ATAKE
Katsuhito Atake Institute co., ltd. Omotedai 15 Tenpaku-ku Nagoya 468-0068

Abstract: As a small-scale system of the solar-heated airship which could be considered large-scale deployment in the stratosphere, the one-seater airship and also the hybrid flier with a hang glider were considered.

Keywords: airship solar-heated steam solar-cell glider

1.はじめに

飛行機の航続距離や信頼性が不足している時代に長距離旅客飛行といえば飛行船であった。1937 年のヒンデンブルグ爆発炎上事故で終焉を迎えるが、近年低環境負荷技術として見直す動きがある。

安全のため浮上用ガスとしてヘリウムを使うが、ガスが高価なうえに透過性が高く浮体膜にガスバリア性が求められるため建造費運用費ともに高額になる。

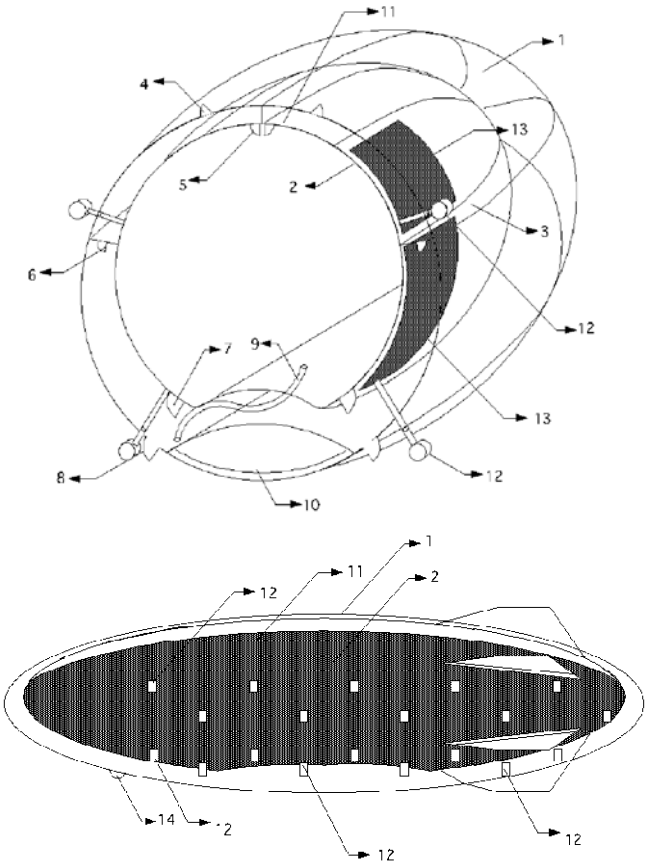
そのためスポーツ用には熱気球や熱飛行船が使われる。これは比較的安価で、すぐにたためるなどの利点があるが、化石燃料を消費し航続距離も短いため実用的な運用には適していない。

2.太陽熱水蒸気飛行船とは

ヘリウム飛行船の低環境負荷と熱飛行船のコストパフォーマンスや利便性を併せ持つ技術として提唱されているのが太陽熱水蒸気型飛行船である。

これは赤外線透過膜と吸収膜の多重膜で断熱層を確保したバルーン内部に水蒸気を封入して浮力を確保する飛行船で、動力源としては太陽電池駆動のモーターが適していると考えられる。

太陽電池では比較的短波長の光線を電力に変換するが、残った光線はすべて熱源として利用できるからである。



太陽光透過膜１ と吸収膜２ を組合せた熱飛行船、１２は推進機(分散配置) １３は太陽電池

図-1 太陽熱飛行船概念図

この技術はヘリウムの補給という問題がないため､大型化と高高度での半永久的運用に向いていると思われ､成層圏の電波基地やさらに巨大化して地球を偏西風に乗って移動する宇宙空港やフェリーとしてネットワークを構築できると考えられる。

3.一人乗り太陽熱飛行船の設計

このように大規模にすればするほど有利なシステムであるが、実現に向けては
1.外膜の断熱性の確保、2.集熱膜面から内部気体への熱伝導、3 集熱膜面の耐熱性
といった課題が考えられ、小規模なものから実験してこれらをクリアしていくことが必要である。

さしあたりの開発テーマとしては造形の自由さを生かしたアドバルーンや、一人乗りサイズの飛行船の開発が考えられる。

乗用の場合、車輪のような着陸装置を持つと航空機とみなされ、法規上の問題が生じるのでハンググライダーのように人が足で立つ形の飛行船を考える。

一人乗りで全備重量として 240kg を設定すると、外部気温１５℃１気圧では長さ 21m 直径 7m の回転楕円体に 80 度の飽和水蒸気を満たすことで相当の浮力が得られる。

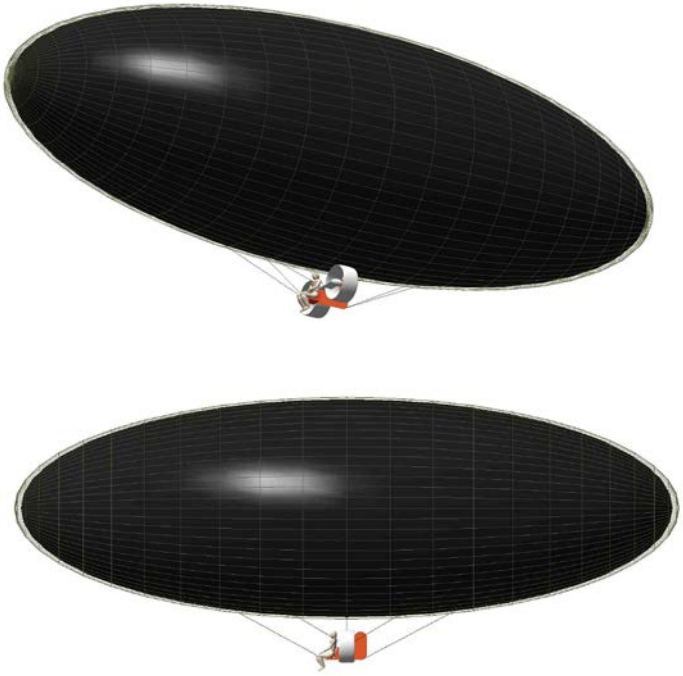


図-2 一人乗り太陽熱飛行船

全面に薄膜太陽電池を張れば発電効率 10%として 9kw(12.5Ps)程度の出力が得られるので、時速 30km 以上の飛行が可能と考えられる。

4.ハイブリッドフライヤー

耐熱性に関しては太陽風ヨットなどにも使われたポリイミドフィルムを使えば 300℃程度の蒸気にも耐えられるので、最初から相当の高温水蒸気を封入して打ち上げ上空で熱を失うと同時に液化減圧することを前提としたシステムも考えられる。

この場合最初の浮力が大きくなるので半分程度の体積で十分な浮力が得られる。

液化減圧後浮体膜面を回転させハンググライダーの翼形状に変形させて、滑空して地上に帰ることも考えられる。

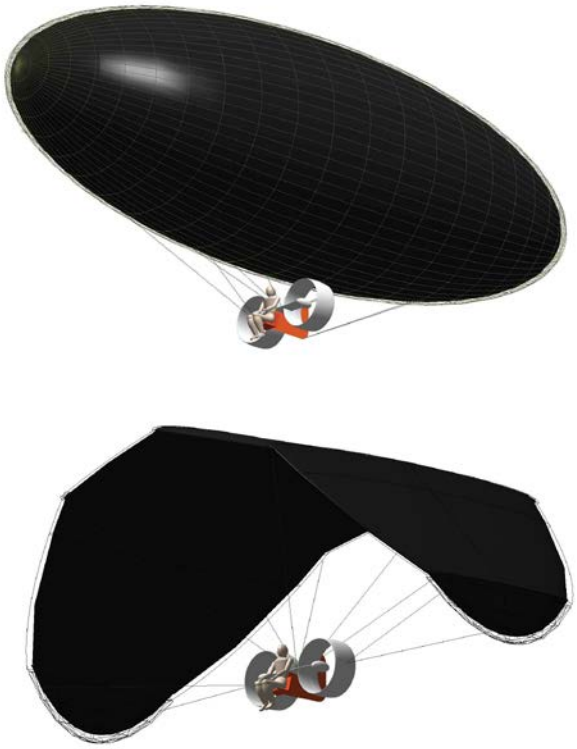


図-3 ハイブリッドフライヤー

上昇は飛行船、下降はハンググライダーとして飛行することが出来、液化した 80kg 程度の水を適宜放出することで、バランサーとして有効利用することが考えられる。

参考文献
「太陽熱飛行船の可能性について」
阿竹克人　ブイヤント航空 VOL37 No.1
「成層圏都市の可能性について」
阿竹克人　形の科学会誌 VOL25 No.2

水 上 翼 船 の 夢

高木　隆司
神戸芸術工科大学，連絡先：〒192-0371 八王子市南陽台 3-3-13，jr.takaki@iris.ocn.ne.jp

Dream of an Aerofoil Ship

Ryuji Takaki

Abstract: The aerofoil ship means a ship driven by a screw in the water and sustains its main body by an aerofoil above the water surface. It does not exist yet, but had been developed to a certain degree by the present author and his students when he belonged to Tokyo University of Agriculture and Technology. The object was to develop a transportation tool on the sea with high speed (more than 200km/h) and high performance of energy consumption. Its basic idea and tentative result is reported.
Keywords: Aerofoil ship, high-speed transportation, energy consumption

1.　はしがき

現代では様々な交通機関が発達し、それらが輸送距離と所要時間に応じて使い分けられている。図１は、現在の代表的な交通機関を、巡航速度とエネルギー効率によって位置づけたものである。いずれも点線で示した限界線の左上に位置している。その上側では、速度が 300-600km/h、エネルギー効率が点線の近くにくる交通機関が欠如している。この領域は、移動距離 500-1000km（中距離）に対応する。

もし磁気浮上の鉄道が普及すれば、この領域がうまることになる。しかし、海上交通ではやはり空白のままである。本研究は、この領域をある程度うめるような海上交通機関を提案することを目的としていて、筆者が東京農工大学の機械システム工学科に所属していたとき、1998 年頃から卒業研究のテーマとして学生たちと行ってきたものである。その交通機関は、全機体を空中で維持し、推進は水中のプロペラで行うというものである。しかし、残念ながら、筆者が定年退職するまでに完成しなかったので、ここでは、基本的な考え方と達成度について報告する。

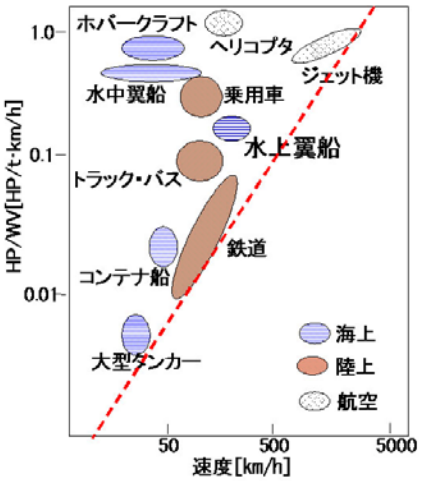


図１．交通機関の速度（横軸）と単位重量単位速度あたりのエネルギー消費（縦軸）。水上翼船のデータは、予想目標値である。

２．類似する既存の交通機関と水中翼船のアイデア

海上交通で比較的高速で走行するものに、水中翼船と地面効果艇がある。水中翼船（図 2 上）は、水中のスクリュウで推進し、100km/h の速さが出せるが、水中翼の抵抗のためにそれ以上にはならない。地面効果艇（図 2 下）は、基本的には飛行機と同じであり、350km/h 以下の低速で水面（あるいは地面）近くを飛ぶものであり、水面からの反作用で揚力を大きくできるので、エネルギー効率が高くなる。しかし、空気を押して推進するので、効率は水中のスクリュウには劣る。水上翼船のアイデアは、これら２つの乗り物の長所を組み合わせることから生まれた。

水上翼船の走行形態は、図３に示すような３種類を選べるようにする。始動時、あるいは低速で航行するときは、フロート（船の船体にあたる）を着水させ、その浮力によって機体を維持する。ある程度速くなると、機体下部に取り付けたサーフボードのよう

図２．水中翼船（上）と地面効果艇（下）

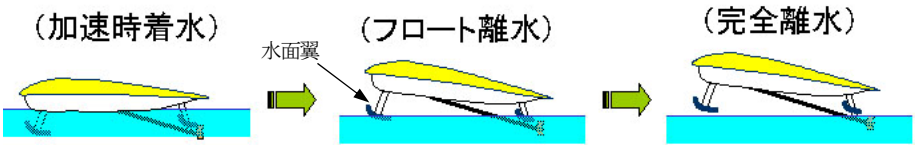


図３．水上翼船の３種類の走行形態。左の状態から徐々に速度をあげていく。完全離水では機体と水面翼が空中にうかび、スクリュウだけが水面下にある。

な板（水面翼と名づけた）で水面を滑りながら進む。さらに速くなると、大きな翼にはたらく揚力によって水面翼が離水し、スクリュウだけが水中にとどまったままで進む。

このような走行では、いくつかの問題が生じることが予想される。第一に機体の姿勢の安定性をうまく維持できるか、第二に 200km/h 程度の速度でスクリュウが効率よく機能するか、第三に機体が何かの理由で水面に接触したときどんな損傷を受けるか、などの問題がある。それは後で考えることにして、取りあえずはモデル実験でうまくいくかどうかを調べようとした次第である。

３．製作したモデルと実験結果

図４に、最終年度の 2003 年に製作したモデルの写真を示す。図５は、後方水面翼の３種類の取りつけ方を示す。前方の水面翼は、常に前端を上方に傾けた。一方、後端は上方、下方の両方を試した（後述）。

図４．水上翼船のモデル（全長：約 60cm)。前方部中央の窓の中に、ラジコン電波の受信機があり、エンジンの回転を制御する。スクリュウは、両側のフロートの位置に１個づつ付いている。左は、実験３におけるフロート離水の走行。

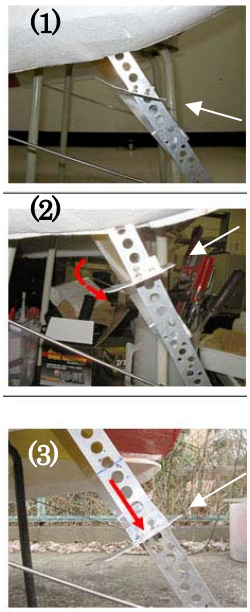


図５．上から、実験 1,2,3 における水面翼の配置。矢印はとりつけ角度を示す。

実験の結果、後方の水面翼の取り付け方が重要であることがわかった。機体を浮かせるためには、飛行機の離陸時のように翼に迎え角をつけて揚力を増す必要があり、機体後方を下げなければならない。そのためには、後方の水面翼を図５(3)に示すように下方を向くように設置するとよいことがわかった。それによって、図４に示すようにフロート離水の状態で走行する段階まで行くことに成功した。このときの速度は、最高で 8.7m/s であった。ただし、その先の完全離水までは達しなかった。

完全離水が実現しなかった理由として、50m プールでの実験であり、助走距離が足りなかったこと（揚力の公式を適用すると、完全離水には 9.5m/s が必要)、フロート離水の状態で翼の迎え角を制御する工夫をしていなかったこと、などが考えられる。これらの結果は、１度だけ発表したことがある[1]。今後、このような交通機関の開発に興味をもつ人々が現れることを期待している。

[1] 高木隆司、畑田憲史、北岡裕子、松田一宏、「元気の出る卒業研究」、21 世紀に向けた境階層遷移徹底討論会、2001.1.29

津波避難の数理モデル

栗田　治
慶應義塾大学理工学部　〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1
kurita@z6.keio.jp

Mathematical Models of Tsunami Evacuation

Osamu Kurita
Faculty of Science and Technology, Keio University
3-14-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, 223-8522 Japan

Abstract : This study is concerned with tsunami evacuation model. Assuming the Euclidean distance, the evacuation limit for the inhabitants becomes one of the three conic sections which depends on the attributes of the tsunami and the evacuation speed. The evacuation acomplishing porobability is derived by some stochastic models in this paper. The location models of the evacuation towers are also proposed in this study.

Keywords : Tsunami, Evacuation, Spatial Poisson Distribution, Location Model

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は，東北地方の沿岸市街地に甚大なる津波被害をもたらした．そして，これと同等以上の津波が日本列島を襲った痕跡が，彼方此方で発見されつつある [1,2]．これから襲来するかもしれない巨大津波から住民を守るために何をなすべきかを科学的に考えることが必要である．

これまでの津波対策においては，防波堤に大きな信頼が寄せられていた．しかし 3.11 津波では，その建設に 24 年の歳月と 1200 億円の巨費を投ぜられた釜石港の超弩弓防波堤が脆くも崩れてしまった．これほどの防波堤でも万全でないとすれば，とにかく住民を安全な場所に避難させる，という作戦に焦点を当て直さねばならない．そのための対策として注目を浴びているのが津波避難ビルである [3]．

本研究では (1) 避難限界領域が円錐曲線となることを示し，(2) 津波避難塔がポアソン分布にしたがう場合の避難成功確率を求めた．口頭発表では (3) 避難塔の配置計画立案のための簡便なソフトウェアも提案する．

2. 津波避難モデル

時刻ゼロに海底地震に起因する津波が発生する．この津波は図 1 のように先端部が直線であって，c 時間後に当該市街地の海岸のラインに到達する．津波の進行方向を y 軸で与え，それと直交する x 軸をなるべく海岸線をなぞるように設ける．津波は海岸線に到達して以降は一定の速さ v で y 軸に沿って進む．

前段の仮定の下で，位置 A の住民が時刻 s に避難を開始し，ある向きに速さ w で直線に沿って避難する (図 2)．この住民が津波に飲まれる地点を P とすると，避難距離 $\overline{\mathrm{AP}}$ と津波の進む距離 $\overline{\mathrm{BP}}$ に関して次が成立する：

$$s+\overline{\mathrm{AP}}/w=c+\overline{\mathrm{BP}}/v \quad\Rightarrow\quad (v/w)\overline{\mathrm{AP}}=\overline{\mathrm{BP}}+v(c-s) \quad\Rightarrow\quad k\overline{\mathrm{AP}}=\overline{\mathrm{BP}}+\beta \tag{1}$$

ただし $k=v/w$ と $\beta=v(c-s)$ を定義した．これにより直ちに，(i) $k=1$(つまり住民が津波と同じ速さで逃げる) のとき，避難限界曲線 (無事に逃げられる限界) が放物線となることが分かる．次に (ii) $k>1$(つまり $v>w$) のとき，避難限界曲線は楕円となる．この楕円の面積は $S(y)=\alpha_1(y+\beta)^2$ と求められる．ただし，$\alpha_1=\pi k/(k^2-1)^{2/3}$ を定義した．最後に (iii) $k<1$(つまり $v<w$) のとき，避難限界曲線は双曲線となる．

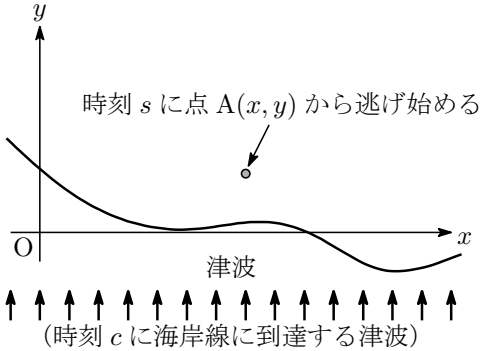


図 1　押し寄せる津波と避難開始地点 A(x,y)

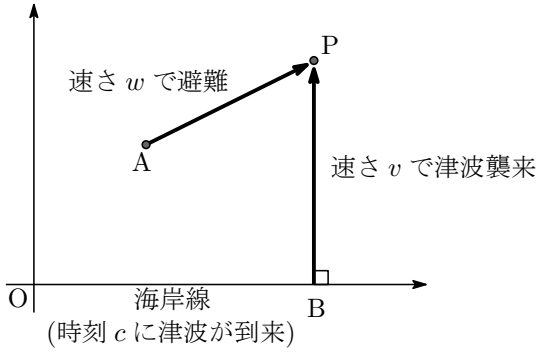


図 2　点 A から逃げて点 P で飲み込まれる

なお，スマトラ島沖地震津波 (2004 年) における計測結果や 3.11 津波での推定値を見ると，陸上での津波速度 v は 20〜28km/h 程度である [1,4]．避難速度 w の方は，国土交通省の調査結果を勘案すると高々4km/h とすればよく，老人や子供そして歩行困難者の場合は，さらに下目 (例えば 1.7km/h 程度) に設定すべきであることが分かる．つまり，徒歩避難を前提とすると明らかに $w < v$ だから，避難限界曲線は楕円となる．

一方，津波到来時刻 c はもちろん一概には言えないが，内閣府が 2012 年 3 月末に公表した「南海トラフ」地震の震度と津波の想定結果によれば,「東海から九州地方にいたる太平洋沿岸の地域では，ほとんどの場所で 10 分以内，あるいは 20 分以内に，1m 以上の津波が押しよせてくる可能性がある」と記述されている [4].

3. 避難成功確率のモデル

市街地における避難塔の密度 (ρ とする) が住民の避難成功確率に寄与する様子を知りたい．そのために市街地を奥行きの長さが L の矩形で与え，住民が均一に分布するものと仮定する (図 3)．この矩形は十分に大きいものとし，任意に与えた面積 S の領域に n 棟の避難塔が含まれる確率をポアソン分布 $p(n,S) = \frac{(\rho S)^n}{n!}e^{-\rho S}$ $(n = 0, 1, \cdots)$ で与える．津波は $y = L$ の地点まで到達するものと想定する．

図 3 に示す避難限界楕円の中に少なくとも 1 つの避難塔が含まれていれば，この住民は津波に巻き込まれる前に避難塔に逃げ込むことができる．その確率を $q(y)$ とすると

$$q(y) = 1 - p(0, S(y)) = 1 - e^{-\rho S(y)} = 1 - e^{-\rho\alpha_1(y+\beta)^2} \tag{2}$$

と求められる．住民が一様なのだから，y が $[0, L]$ の一様分布に従うものとして $q(y)$ の期待値を求めたものを Q とする．Q はランダムに選んだ住民が避難に成功する確率 (津波に巻き込まれることなく避難塔に逃げ込める確率) である (式中の $\mathrm{erf}(\cdot)$ は誤差函数 $\mathrm{erf}(\xi) = \dfrac{2}{\sqrt{\pi}}\displaystyle\int_0^{\xi} e^{-u^2}\,\mathrm{d}u$ である)：

$$Q = \frac{1}{L}\int_0^L q(y)\,\mathrm{d}y = 1 - \frac{\sqrt{\pi}\left[\mathrm{erf}\left((L+\beta)\sqrt{\rho\alpha_1}\right) - \mathrm{erf}\left(\beta\sqrt{\rho\alpha_1}\right)\right]}{2L\sqrt{\rho\alpha_1}} \tag{3}$$

避難開始時刻 s が成功確率 Q に与える影響を図 4 に例示する．同図では避難塔の密度を 1〜9 塔 /km^2 と 9 通りに与えた．避難開始時刻を早めることによる避難成功確率の増大効果は，避難塔密度が低いほど顕著である．

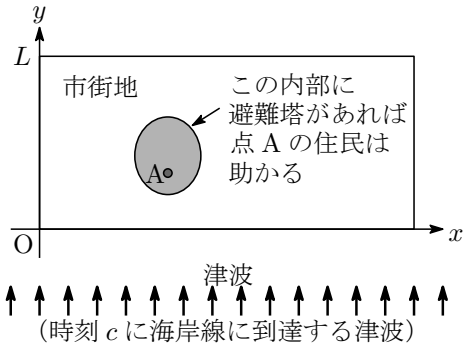


図 3　避難塔が密度 ρ でランダムに分布する市街地と点 A を起点とする避難限界領域

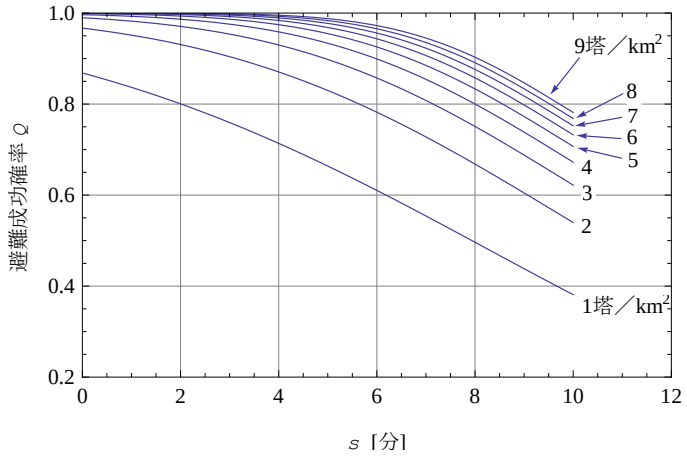


図 4　避難開始時刻 s が避難成功確率に与える影響（9 通りの避難塔密度）
(パラメタ設定：$c = \frac{10}{60}$h，$v = 20$km/h，$w = 3$km/h，$L = 5$km)

4. おわりに

本モデルは，住民が津波に近づかない向きにのみ逃げる場合や，避難開始時刻にバラツキがある場合にも，直ちに拡張可能である．また，避難塔の配置問題は興味深いカバリング問題となる．

参考資料

[1] 首藤伸生ほか編集 (2007)：『津波の事典』，朝倉書店．　**[2]** 日本放送協会 (2012 年 4 月 8 日放送)：NHK スペシャル『MEGAQUAKE II 津波はどこまで巨大化するのか』．　**[3]** 津波避難ビル等に係るガイドライン検討会，内閣府政策統括官 (防災担当)(2005)：『津波避難ビルに係るガイドライン』．　**[4]** MSN 産経新聞ニュース (2012 年 2 月 5 日 16 時 49 分)：『宮古市の津波は秒速 8 メートルか 筑波大など分析』，http://sankei.jp.msn.com/science/news/120205/scn12020516530000-n1.htm．　**[5]** 赤谷拓和 担当，阿部勝征・纐纈一起 協力 (2012)：最新想定 西日本 M9 と首都直下地震，*Newton*，2012 年 6 月号，pp. 50 − 61.

個体差と気象条件を考慮した搾乳量と乳成分率のモデリング

矢野真知子[1]，島津秀康[2], 遠藤敏喜[1]

[1] 自由学園最高学部 〒 203-8521 東京都東久留米市学園町 1-8-15
E-mail: {yano, end}@prf.jiyu.ac.jp
[2] School of Biology, University of St Andrews, East Sands, St Andrews, Fife KY16 8LB, UK
E-mail: hs50@st-andrews.ac.uk

Abstract In general, it is observed a decrease in cow milk yield and its composition ratios during the summer period as cows are considered to be sensitive to heat. There have been a number of studies discussing how the weather and dairy barn conditions affect the milk production, but rather few study undertaken from a modelling perspective. We have developed a non-linear model to describe the effect of those factors, accounting for the individual difference in cows. Our model is fitted to the data observed from Jiyugakuen Nasu Farm in Tochigi Prefecture. It shows that the effect of weather condition can differently be involved depending upon individuals.

Keywords milk production, milk composition ratio, individual difference, weather condition, non-linear models.

1 はじめに

一般的に牛は暑さに弱いとされており，搾乳量と乳成分率（乳脂肪・無脂固形量・たんぱく質) は夏低冬高となる．これまで国内外で牛舎環境や気象条件が乳量に与える影響について研究がなされてきたが，いずれも，これらの影響は線形との強い仮定にもとづく議論がほとんどである [1, 2, 3]．また，先行研究 [4, 5] によると，乳量・乳成分率には気象条件よりも，年齢や分娩後日数などの牛個体の条件が大きく関係しており，またその影響には個体ごとに違いがあることが指摘されている．本研究では，栃木県にある自由学園那須農場で観測された気温のデータと同農場の牛群検定成績表のデータを用いて牛の個体差と気温，両者の影響を考慮した非線形モデルを構築し，乳量・乳成分率への影響を検討した．結果，それぞれの要因は非線形に作用しており，特に気象条件の影響は牛の各個体によって異なることがモデルから明らかになった．本報告では乳量と乳脂肪率のモデルについて述べる．

2 データとモデル

気温のデータは栃木県にある自由学園那須農場の農場員によって 1989 年から 1998 年の 10 年間観測された最高気温のデータを使用した．牛個体の条件のデータは同期間に（社) 家畜改良事業団により検定・発行された同農場の牛群検定成績表から，乳量・乳脂肪率・無脂固形率・たんぱく質率・月齢・産次・分娩後日数・DMI (乾物摂取量)・濃厚飼料給与量の 9 項目を用いた．

モデルは，乳量と乳脂肪量を目的変量とし，最高気温と牛個体の条件を説明変量とする回帰モデルを構築した．

得られたモデルは次の通りである．$y_{i,t}$ を個体 i の t 時点での乳量，$z_{i,t}$ を個体 i の t 時点での乳脂肪量，$x_{j,t}$ を t 時点での j 番目の牛個体の条件，w_t を t 時点での最高気温とするとき，

$$y_{i,t} = \sum_j \alpha_j s(x_{j,t}) + (\alpha_i + a_i w_t) + \varepsilon_{i,t}, \qquad z_{i,t} = \sum_j \beta_j s(x_{j,t}) + (\beta_i + b_i w_t) + \xi_{i,t}.$$

各 α, a, β, b は個体ごとの違いを調整する．乳脂肪率は $z'_{i,t} =$ 乳脂肪量/乳量 であるが，それぞれ対数をとってモデル化することで

$$\log(z'_{i,t}) = \exp\left\{ \sum_j \gamma_j s(x_{j,t}) + \gamma_i + r_i w_t + \eta_{i,t} \right\}$$

を得る．

ただし s は平滑化関数，$\varepsilon_{i,t}, \xi_{i,t}, \eta_{i,t}$ は残差で，$\gamma_j = \beta_j - \alpha_j, \gamma_i = \beta_i - \alpha_i, r_i = b_i - a_i$ である．

3　結果と議論

モデルが捉えた乳脂肪率と各説明変量の関係を図 1 に示す．r_i の正負によって気象条件に各個体がどう反応しているかが分かる．また，図 2 に示すように、γ_i と r_i の間には負の相関があることが分かった．このことから，乳量・乳成分率が多い個体ほど，最高気温の上昇により乳量・乳成分率が減る傾向にあることが判明した．非線形モデルにより，牛個体の条件と気象条件が乳量・乳脂肪率に与える影響を明確に表すことができた．また，個体により気象条件の影響の受け方が異なることを確認できた．

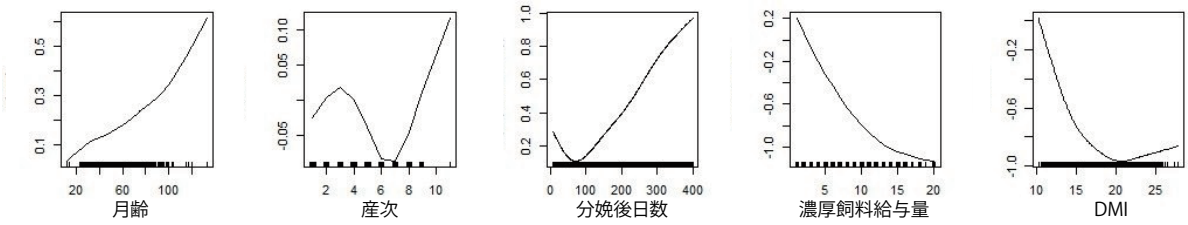


図 1：乳脂肪率と各説明変量の関係

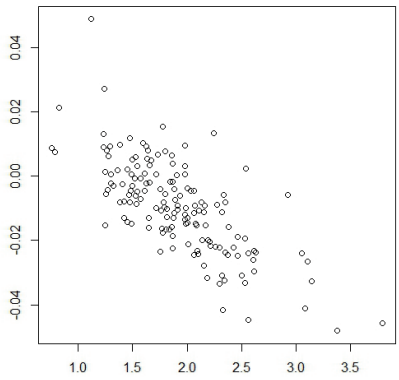


図 2：γ_i と r_i の負の相関

参考文献

[1] J. Bohmanova, I. Misztal, and J. B. Cole, Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress, J. Dairy Sci. 90 (2007), 1947–1956.

[2] R. Bouraoui, M. Lahmar, A. Majdoub, M. Djemali and R. Belyea, The Relationship of Temperature-Humidity Index with Milk Production of Dairy Cows in a Mediterranean Climate, Anim. Res. 51 (2002), 479–491.

[3] S. Dikmen, and P. J. Hansen, Is the Temperature-Humidity Index the Best Indicator of Heat Stress in Lactating Dairy Cows in a Subtropical Environment?, J. Dairy Sci. 92 (2009), 109–116.

[4] B. J. Hayes, M. Carrick, P. Bowman and M. E. Goddard, Genotype×Environment Interaction for Milk Production of Daughters of Australian Dairy Sires from Test-Day Records, J. Dairy Sci. 86 (2003), 3736–3744.

[5] 林孝・長嶺慶隆・佐藤博, 熱損失モデルを含む複合モデルによる気象条件の乳量に及ぼす効果の評価, 日本畜産学会報 59 号 (1988), 628–636.

可積分系とスメールの可逆馬蹄をつなぐ連結写像

山口喜博（帝京平成大学:290-0193 千葉県市原市うるいど南 4-1）
chaosfractal@me.com

Connecting map from an integrable system to the reversible Smale horseshoe

Y.Yamaguchi (Teikyo Heisei Univ.:Uruido-Minami, Ichihara, Chiba 290-0193, Japan)

Abstract:We propose the connecting map from a complete integrable system to the Smale horseshoe. The conditions satisfying the connecting map are discussed.
Keywords:Reversible Smale horseshoe, integrable system, connecting map.

面積保存系のカオスを調べるときにどのような写像を利用しているだろうか. いままで写像に関して真剣に考えて研究をスタートしただろうか. エノンが導入したというだけでエノン写像をそのまま利用しているのではないだろうか.

面積保存系の写像の中で可逆性 (正確にはバーコフの意味での可逆性) をもつ写像を考えるのは自然である. 以下の議論では可逆性をもつ写像に限定する.

カオスを理解するためには２つの方向性がある. ひとつの方向性は, ポアンカレによって発見された安定多様体と不安定多様体の交差の構造を調べることである. もうひとつの方向性は周期軌道とカオスの関係を調べることである. この研究のスタートになっているのはポアンカレ·バーコフの定理である. スメールの馬蹄は両方向の研究に大きな影響を与えた. つまり完全可積分系から完全にカオスである可逆スメールの馬蹄の出現までの過程を理解することが研究目的となったのである. 出発点と到着点は既知の系である. 面白い現象があるのは途中の過程であることを強調しておきたい.

カオス研究を山登りに例えてみよう. 可逆スメールの馬蹄世界は山の頂上である. 一方, 完全可積分系は山の裾野にあたる. 山の裾野から単調に標高を上げていくように登山道を作りたい. どのような方法で山の裾野から登山道を造り頂上に向かえばよいのだろうか. そのためには出発する山の裾野である完全可積分系を理解しておく必要がある. 次に３つの写像をもとにこの問題を考える.

最初にエノンが導入した面積保存方向保存写像 T_{H} を調べてみよう.

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= y_n - ax_n^2, \\ y_{n+1} &= -x_n. \end{aligned}$$

a は正の分岐パラメーター. 議論を簡単にするため定数項をゼロにしたので, 原点 $(0,0)$ が不動点になる. 非線形項の強さを表現しているパラメーター a を 0 にする. 線形解析を行うと原点の周りの回転数は $1/4$ であることが分かる. つまり完全可積分系は一様回転系である. ところが a をいくら大きくしても可逆スメールの馬蹄は現れない. 理由は簡単である. 可逆スメールの馬蹄にあるはずの周期軌道がこの系では存在しないことを示せば良い. この系には回転数 $1/4$ より大きな周期軌道が存在しない. つまり, T_{H} は完全可積分系と可逆スメールの馬蹄をつなぐ連結写像にはなっていない. いままで多くの研究者は何を考えてこの写像を研究してきたのかという疑問が生じる. 可逆スメールの馬蹄へ至る経路の途中の状況を調べるという問題意識とはそぐわない写像である. 強いて言うと, 回転するまわりに存在する不変曲線がどのように崩壊するのかという問題を扱うには適当かもしれない.

第２の例としてダリン-ミース-スターリング (DMS) による面積保存方向保存写像 $T_{\rm DMS}$ を見てみよう.

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= y_n, \\ y_{n+1} &= -x_n - k + y_n^2. \end{aligned}$$

k は分岐パラメーターで $k \geq -1$ を満たす. $k < -1$ では運動は有界でない. DMS は第１の例のエノン写像を批判しているが, この写像も完全可積分系との対応がはっきりしない奇妙な写像である. $k < -1$ では不動点が存在しない写像であり, 完全可積分系のイメージとはかけ離れている. $k > -1$ でサドル不動点と楕円型不動点が存在する. k の増大とともに楕円型不動点が回転分岐を生じ, 最後に周期倍分岐が生じる. $k \geq 5.69931\cdots$ で可逆スメールの馬蹄が存在する.

第３の例として我々が使用している写像 T を紹介する.

$$\begin{aligned} y_{n+1} &= y_n + a(x_n - x_n^2), \\ x_{n+1} &= x_n + y_{n+1}. \end{aligned}$$

a は正の分岐パラメーター. $a = 0$ では, 原点 $(0, 0)$ は不動点である. $y > 0$ の領域は右方向に等速度で移動する. $y < 0$ の領域は左方向に等速度で移動する. 完全可積分系は等速並進運動系である. $a > 0$ で, 楕円型不動点が $(1, 0)$ に生じる. a の増大とともに楕円型不動点が回転分岐を生じ, 最後に周期倍分岐が生じる. $a \geq 5.17660\cdots$ で可逆スメールの馬蹄が存在する. これら性質は $T_{\rm DMS}$ の性質と同じである.

我々は以下の条件を満たす写像を連結写像とすることを提唱したい.
(1) 連結写像は可逆な解析的写像である. そして連結写像は面積保存性と方向保存性を満たす. サドル型不動点 P が原点 $(0, 0)$ にある. 楕円型不動点 Q は $(1, 0)$ にある.
(2) パラメーターを一つ含む. このパラメーター a は正とする.
(3) $a = 0$ の系は, 等速並進運動する完全可積分系である.
(4) パラメーターに関する単調性. パラメーター a の増加に伴い, Q の回転の仕方が単調に速くなる.
(5) $a \geq a_c^{\rm RSH}$ において可逆スメールの馬蹄が存在する.

$T_{\rm H}$ は, (3) の条件の等速並進運動する完全可積分系という条項に反し, (5) の条項にも反する. $T_{\rm DMS}$ は, (3) の条件の等速並進運動する完全可積分系という条項に反する. T は, すべての条項を満たす.

下記の条項を追加すれば, 連結写像の性質を更に簡単になる.
(6) Q から離れるにしたがって回転の仕方が遅くなるという回転に関する単調性.

現状として (6) を満たす写像があるのかどうか分かっていない. 回転の単調性が破れる現象は, 山登りの途中で下りがありまた登り始めるという現象である. (6) を満たさないパラメーター区間があれば無視しても問題は生じない.

条項 (1) で解析的写像という条項は外せない. 関数形として折れ線を使用すると解析が簡単になると思うかもしれない. しかし, 折れ線に起因する奇妙な現象に悩まされることになる.

[1] M.Hénon, Quart. Appl. Math. 27 (1969), 291.
[2] H.R.Dullin, J.D.Meiss and D.G.Sterling, SIAM J. App. Dyn. Sys. 4 (2005), 515.
[3] Y.Yamaguchi and K.Tanikawa, Prog. Theor. Phys. 122 (2009), 569.

Aha の体験――アルキメデスの求積３題

杉本　剛
神奈川大学：〒221-8686 横浜市神奈川区六角橋 3-27-1
sugimt01@kanagawa-u.ac.jp

The Experience of Aha: Three Pieces of Archimedes' Quadrature

Takeshi Sugimoto
Kanagawa University, 3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa Ward, Yokohama 221-8686

Abstract: Lucidity, *i.e.*, the experience of 'Aha,' is essential for laypersons to get an overview of geometrical discourses. To understand three pieces of Archimedes' quadrature physical models are introduced to carry out the experiments: the method of exhaustion about the bow and a spaghetti-marshmallow tetrahedron to materialise the related geometric-series; the method of mechanics about the bullet and its lever model; the method of indivisibles about the hoof and the related container-models.

Keywords: Lucidity, Method of Exhaustion, Method of Mechanics, Method of Indivisibles

１．いとぐち

全体視の力がものをいう形の理解では、「体得(Aha の体験)」が必要であることについては論を俟たない。稀代の大数学者アルキメデスの求積は時代をはるかに超えていたが、とくに重要な３題を「体得」するツールのデザインをお披露目する。

２．求積 3 題を理解するデザイン

2.1 弓形の求積と埋め尽くしの方法（スパゲティとマシュマロによるモデル化）

放物線と弦で区切られる弓形を図 1 に示す。内接する三角形のうち、その頂点が「中央」にあるものと放物線との隙間は、再び弓形であり、その隙間を同様の三角形で埋めることを考え、これをひたすら繰り返して求積することを埋め尽くしの方法という(高木の関数とかかわりがあり、奥は深いが、それは措く)。求積の際、幾何級数の計算をする必要があるが、初学者にその理解を求めるにあたっては、スパゲティ(辺の材料)とマシュマロ(接着剤)を使った「作図」が有用である。図の 2 にその展開例を示す。詳細は実演する。

2.2 弾頭形の求積と力学の方法（天秤による実体化）

弾頭形(回転放物体)の容積を求めるには、「てこ」の原理が有用である。詳細は、本誌第 24 巻第 1 号 76 ページにて解説した。今回は、図 3 にステレオ写真にて紹介する。

2.3 爪形の求積と不可分量の方法（給水器によるモデル化）

円柱を内包する正方形柱を、底面の中央と上底の一辺を含む平面で切断してできる爪形（日本人には角松の半裁で OK）の求積は、「体積＝面の和」を理解の前提としたトポロジー変換＝不可分量の方法（の魁）で解決する。この原理は、爪形容器に入れた水 6 杯で正方形柱の容器が満たされることを示す給水モデルで、「体得」できる(図４)。

３．まとめ

アルキメデスの求積３題を「体得」するツールのデザインをお披露目した。形についての根源的な理解には、「体得」する実験が重要である。

図１．放物線と弦で囲まれる弓形と内接する三角形との面積比＝４：３

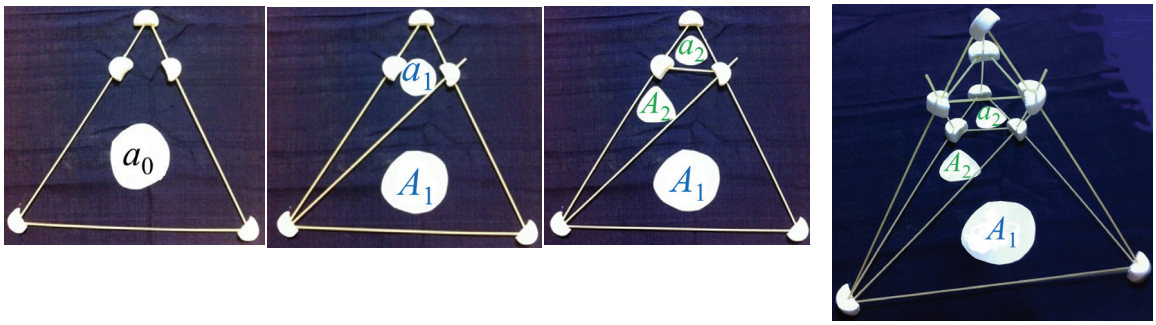


図２．正三角形の区分と漸化式（$a_0 \to A_1 + a_1 \to A_1 + A_2 + a_2$）　そして　正四面体化
(スパゲティとマシュマロを使った作図)

図３．弾頭形（回転放物体）とその外接円柱との容積比＝１：２（ステレオ写真）

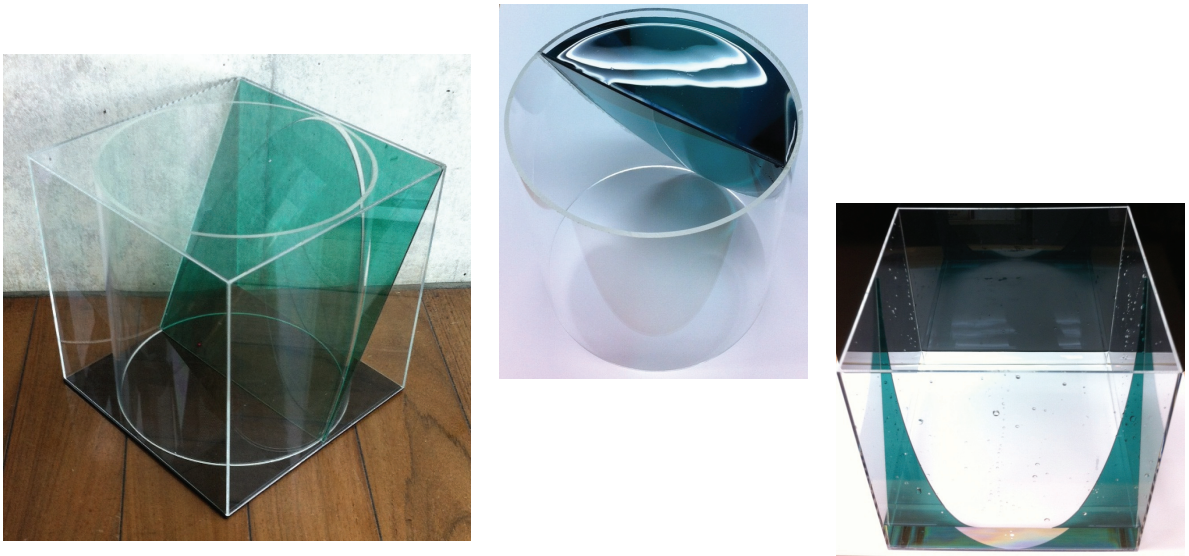


図４．爪形とその定義に要する正方形柱との容積比＝１：６（給水モデル）

多面体筒（ダイヤカット缶）の数理

三浦公亮
JAXA 宇宙科学研究所、神奈川県相模原市
miurak@gakushikai.jp

Theoretical Base of Dia-Cut Beverage Cans

Koryo Miura
ISAS, JAXA, Sagamihara

Abstract: The concept of Dia-Cut Beverage can design is based on the hypothesis that the post-buckling cylindrical shape known as the Yoshimura-pattern produces a structural concept of highly stiffened shell for external pressure environments.

Keywords: polyhedra, Yoshimura-pattern, buckling, structural concept, PCCP shell.

はじめに

通称ダイヤカット缶とよばれる多面体筒は、飲料缶として今日日常的に使われている。その形のデザインは、はじめから計画したものではなく、半世紀も前に行われた別の分野での基礎研究からはじまり、幸いな偶然や出会い、優れた技術力によって、現実のものとなった。今ここで、理論から実現までの流れを示す一事例として、紹介する。

Karman, Tsien, Yoshimura 等による円筒殻の座屈の研究

最初のきっかけは、1940~50 年代に航空関係の著名な学者達によってなされた、円筒殻の軸圧縮の座屈の研究であった。当時実験と理論が全く違うというこの難題に、一つの方向を示したのが、Karman-Tsien の、論文（R-1）で、これを代表するグラフを F-1 に示す。横軸は軸方向の歪、縦軸は軸荷重を代表する。グラフの最高値は、提灯型に座屈する場合で、いわゆる理論値である。現実はその最高荷重の半分位で座屈して、変形は、F-2 のように、規則的なパターンとなる。後日、Yoshimura（R-2）によって、その究極は不伸長変形の多面体であることが示された（F-3)。

Miura による構造のフォルムの創生

1966-67 年に著者が NASA Langley 研究所で行った仕事は、曲率の一様でない柱殻の座屈であった。シャトル等の極超音速の飛翔体の、胴体として楕円形断面の可能性を検討するためであった。当然その座屈形状は、Yoshimura-pattern の拡張を意味する。著者は航空研究所で吉村先生の後輩の地位にあり、吉村理論には通じていた。よって、研究そのものは難しくなかった。しかし、研究の過程で作ったモデル、要するに破壊のモデルが異常に頑丈な事が、その後も非常に気になっていた。

F-1 の荷重－歪図を詳細に観察すると、座屈後の最小値から、再び増加する傾向にある。その傾斜つまり剛性は、理論値にいたる直線よりは小さいが、1/2~1/3 位あるから、座屈した形ではあるが、まだかなり頑張っている。その上、軸と直交方向の剛性は、円筒よりはるかに増加していることが明らかとなった。いわば破壊した形状が、他の荷重環境では、より優れた剛性を発揮できることであり、Miura (R-3)による PCCP (Pseudo-Cylindrical Concave Polyhedral) shell の提案となった。

PCCP shell の力学的性質

PCCP shell の力学的性質は、Tanizawa (R-4)によると、外圧を受ける筒の壁面 F-4 の、主面内応力 F-5 と、主曲げ応力 F-6 となる。明らかに、面内応力、曲げ応力ともに折り目に集中している。PCCP shell では、折目に沿った部分が、等価の補強材を形成し,トラス状に壁面を覆っていると説明できる。その結果、外圧による座屈荷重は、円筒を１とすると、周方向の波数が８で約６倍、波数が１２で約３倍という高い座屈強度を示す。因みに、ダイヤカット缶では、波数は１１、と１３である。

海中構造物への利用

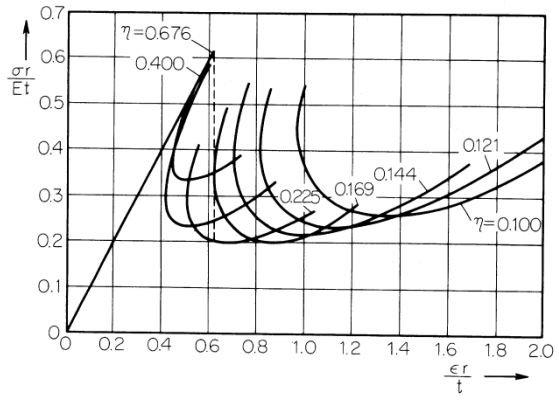
この高い座屈強度に注目して、ハワイ大学の Knapp (R-5) は PCCP shell を、外圧を受ける海中構造物に利用する研究を行ってきた。F-7, F-8 は、それぞれ外殻と内部構造を示す。

東洋製罐による飲料缶（ダイヤカット缶）の製造

コーヒーなどの飲料缶の構造としての第一の条件は、やはり外圧にたいする座屈強度である。コン

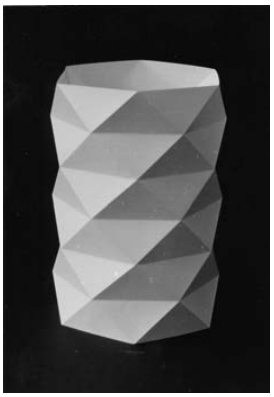
テンツの腐敗を防ぐために、陰圧としているからである。PCCP shell を使えば缶素材を薄くすることが理論上は可能である。しかしながら、高速で連続運転される完成されたラインに、このような新規な形状の加工ユニットを挿入するとは、著者の想像を超えるものであった。そこには、単なる technology とは言えない、”motivated technology” のようなものを感じた（F-9)。

アルコール飲料に用いる陽圧缶の場合は、座屈強度は問題ではないので、ダイヤカット缶を適用する必然性はない。しかし、アルミニューム缶に適用し、充填すると、内圧によりほぼ円筒になり、開くとプシュー音とともに、多面体に変身する（F-10)。これはまるで Yoshimura の不伸長座屈理論の実証実験を見る様である。プロダクト・デザインには、そのような遊び心があって良いかもしれない。

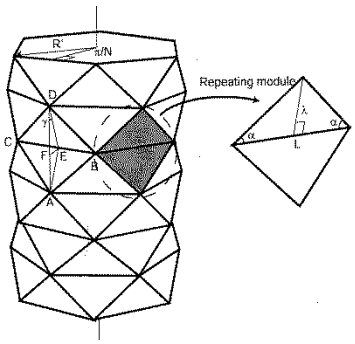


F-1

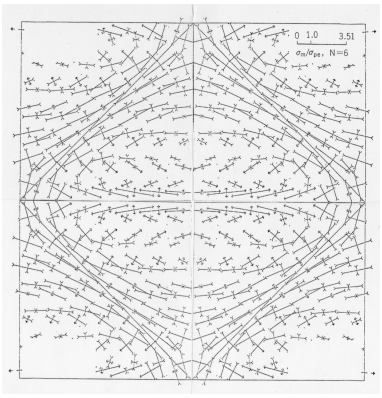
F-2



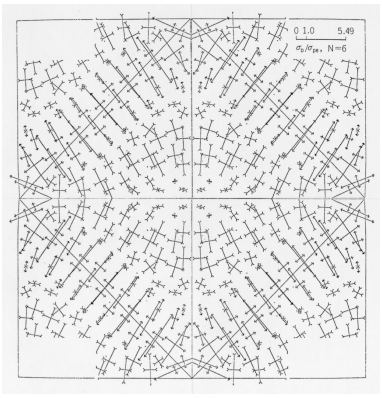
F-3



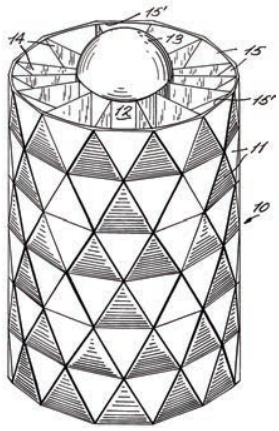
F-4



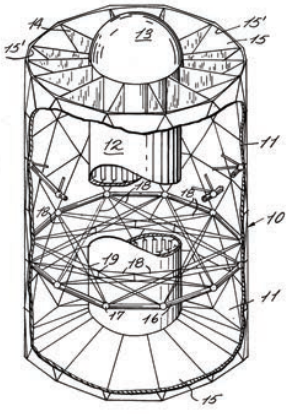
F-5



F-6



F-7



F-8

F-9

F-10

References

1. Karman, T. von. & Tsien, H-S. (1941)　J. Aeronautical Sciences, Vol. 8, No. 6.
2. Yoshimura, Y. (1955) NACA Technical Memorandum 1390.
3. Miura、K. (1970)　IASS Sym. Folded Plates & Prismatic Structures, Wien.
4. Tanizawa, K & Miura, K. (1975) ISAS Report No. 523, University of Tokyo.
5. Knapp, R.H. & Le, T.T. (1977) Int. Offshore and Polar Engineering Conf., Honolulu.

Edge-to-Edge タイル張り可能な凸五角形タイルと 非周期的 Edge-to-Edge タイル張り可能な凸多角形

杉本晃久
科学芸術学際研究所 ISTA，〒351-0036　朝霞市北原 2-5-28 鈴木第 2 ビル 211
ismsugi@gmail.com

Convex Pentagonal Tiles That can Generate Edge-to-Edge Monohedral Tilings and Convex Polygons That can Generate Edge-to-Edge Aperiodic Tilings

SUGIMOTO, Teruhisa
The Interdisciplinary Institute of Science, Technology and Art, Suzukidaini-building 211,
2-5-28 Kitahara, Asaka-shi, Saitama, 351-0036, Japan

Abstract: We find that convex pentagons that can generate edge-to-edge monohedral tilings of the plane can be classified into exactly 8 types. Using this results, it is also proved that without matching conditions other than `edge-to-edge,' no single convex polygon can be an aperiodic prototile..
Keywords: Tiling, Tile, Monohedral, Edge-to-edge, Convex Pentagon, Aperiodic Tiling

1　はじめに

平面のタイル張りとは，タイルと呼ばれる集合の集まりで平面を隙間や（タイルの境界を除いて）重なり無く被覆することである．タイリング内の全てのタイルが同じサイズで同じ形状の場合，そのタイリングをmonohedralと呼び，そしてmonohedralタイリング内の多角形をmonohedralタイリングのプロトタイル，もしくは多角形タイルと呼ぶ [3,7,8]．凸五角形タイルは現在14種類のtypeに分類されているがこれ以外ないかどうかは確定していなく，凸多角形タイルの分類問題において五角形の場合だけが未解決である [2,3,4,5,6,7,8,10]．タイリング内の任意の2つの凸多角形が互いに素か1つの頂点あるいは1つの辺全体を分け合うような場合，その凸多角形によるタイリングをedge-to-edgeと呼ぶ [3,6,7]．凸五角形タイルのタイリングは，edge-to-edgeな場合とそれ以外（non-edge-to-edge）の場合が混在している．既知の14のtypeのうち，type 4, type 5, type 6, type 7, type 8, type 9の少なくともどれか1つに属す凸五角形タイルは，edge-to-edgeタイリングを生成できる．type 1またはtype 2に属す凸五角形タイルを用いたタイリングは，一般にはnon-edge-to-edgeで示されているが，特別な場合にedge-to-edgeタイリングを生成できる [6,7].

本研究では，edge-to-edgeタイル張り可能な凸五角形タイルに注目する．また，edge-to-edgeタイリング内で，n個のタイルが1点に会する点を価数nのnodeと呼ぶことにする [6,7]．凸五角形タイルによるedge-to-edgeタイリングは，価数3のnodeと価数4以上のnodeを備えている必要がある [6].

2　Edge-to-Egdeタイル張り可能な凸五角形タイル

我々はこれまでedge-to-edgeタイル張り可能な凸五角形タイルのtypeの網羅を目指して研究を進めてきた [6,7].（なお，凸五角形タイルのtypeの分類問題と五角形タイリングの分類問題は異なる.）これまでも何度か形の科学シンポジウムにてその研究結果を発表してきたが，ついにedge-to-edgeタイル張り可能な凸五角形タイルのtypeの網羅することに成功したので，その結果を

報告する [1,6,7,8,9]．その結果をまとめると，以下の定理として表せる．

定理 1　凸五角形がedge-to-edge monohedral タイリングを生成出来る場合，それは（既知の）8つのtypeの1つに属する．

本発表では，定理1の証明の概要を説明する．

3　非周期的Edge-to-Edgeタイル張り可能な凸多角形

平面のタイル張りが周期的であるとは，ある方向にそのタイル張り全体を平行移動すると自分自身にかさなるような方向が 2 つ存在することである．プロトタイルの集合が非周期的（aperiodic）であるとは，プロトタイルのどれかと合同なコピーを用いて平面をタイル張りすることが無数に異なる方法でき，かつ，そのどのタイル張りも周期的でないことを言う [3,4].

よく知られれているペンローズ・タイリングは，付き合わせ条件（matching condition）を持った 2 つのプロトタイルで作られた非周期的タイリングである [3,4].

非周期的タイル張りに関して，既知のものとは本質的に異なる非周期的タイル集合を見つけることが課題としてあげられており，特に次のような 2 つの問題が示されている [4].

(i) 1 個の要素からなる非周期的集合（付き合わせ条件があっても，なくてもよい）があるか？

(ii) 凸多角形状の 3 つのタイルからなり，各タイルの辺に付き合わせ条件が課せられていない，非周期的な集合が存在するが，そのような集合で 2 個以下の凸多角形からなるものはあるか？

上記の(ii)の問題の凸多角形状の 3 つのタイルからなり各タイルの辺に付き合わせ条件が課せられていない非周期的な集合とは，1 種類の凸六角形と 2 種類の凸五角形で構成されているが，実はこれらを用いて作られたタイリングはペンローズ・タイリングをベースにしている [3].

我々は定理 1 から，

定理 2　Edge-to-edge 以外の付き合わせ条件を持たない凸多角形タイルには，非周期的集合がない．

ということが主張できると気づいた [8].

参考文献

1. Bagina, O. (2011) Tilings of the Plane with Convex Pentagons (in Russian), *Vestnik KemGU*, **4(48)**, 63–73
2. Gardner, M. (1975) On tessellating the plane with convex polygon tiles, *Scientific American*, July, 112–117.
3. Grünbaum, B. and Shephard, G. C. (1987) *TILINGS AND PATTERNS*, W. H. Freeman and Company, New York, pp.15–35 (Chapter 1), pp.113–134 (Chapter 3), pp.471–487, pp.492–497, and pp.517–518 (Chapter 9), pp.531–549 and pp.580–582 (Chapter 10).
4. Hallard T. C., Kenneth J. F. and Richard K. G. (1995) *Unsolved Problems in Geometry* (*Problem Books in Mathematics / Unsolved Problems in Intuitive Mathematics*), Springer-Verlag, pp.79-80, pp.95-96 (C14), and pp.101-103 (C18).
5. Kershner, R. B. (1968) On paving the plane, American Mathematical Monthly, 75, 839–844.
6. Sugimoto, T. and Ogawa, T. (2006) Properties of Tilings by Convex Pentagons, *Forma*, **21**, 113–128.
7. Sugimoto, T. (2012) Convex Pentagons for Edge-to-Edge Tiling, I, *Forma* (accepted).
8. Sugimoto, T. (2012) Classification of Convex Pentagons That can Generate Edge-to-Edge Monohedral Tilings of The Plane, *Forma* (submitted to).
9. Sugimoto, T. (2012) Convex Pentagons for Edge-to-Edge Tiling, II, *Graphs and Combinatorics* (submitted to).
10. Wells, D. (1991) *The Penguin Dictionary of Curious and Interesting Geometry*, London: Penguin Books, pp.177–179.

多角形紙で鶴を折る

横 田　至 明
TAMA 市民塾、東京都八王子市明神町 2-12-15
e-mail：origmiken@gmail.com

FOLD POLYGONAL PAPER INTO CRANE.

Yoshiaki Yokota
TAMA college for citizen

Abstract: We can fold square paper into regular crane, rhombus into long winged crane, trapezium into irregular crane, isosceles triangle into crane without tail, pentagon into two headed crane, hexagon into two headed and two tailed crane.

１．　はじめに

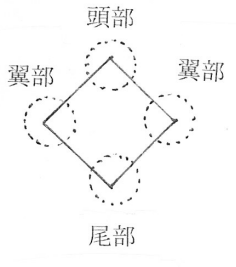
「折鶴は正方形の紙」という思い込みがある.ために,さまざまな鶴を折り楽しむことができない.そこで,こうした固定観念の払拭を期し,この論を展開することにした.

まず,(折鶴を開いた)正方形と折鶴とを調べよう.正方形の四隅は,頭(首)の先,両翼の先,尾の先（図-１）となって,それぞれの長さは等しい.　もし,ここで,

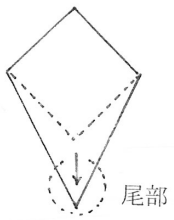
１）**尾を長く**しようと思えば,正方形の尾部を下に長く伸ばす（図-２）,つまり**凧形**の紙に替えるというイメージが湧く.

２）**両翼を長く**しようと思えば,正方形の翼部を左右に長く伸ばす（図-３）,つまり**菱形**の紙を折るというイメージが湧く.

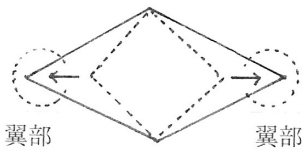
そこで,凧形,菱形の紙を作り,折ってみると,イメージ通りの鶴が完成する.



（図－１）



（図－２）



（図－３）

２．多角形紙の折鶴

１）３角形紙の折鶴／尾なし鶴

３角形(図-４)は,４辺形(図-１,図-２,図-３)の下半分,つまり尾部が欠落している.従って,３角形紙は尾なし鶴のイメージである.３角形紙を折ると,イメージ通り,「尾なし鶴」が現われる.

さて,鶴は両翼を等しくするため,いずれの多角形であれ,線対称形の紙を折る.３角形では等辺３角形を用い,等角部を翼とする.その際,頂角が首の長さの決め手となる.

頂角の小さいほど３角形は高くなり,首も長くなる.

２） ５角形紙の折鶴／双頭(または双尾)の鶴

５角形(図-５)は,正方形の１端をカットした形で示すと分かりやすい.頭部が２つあるイメージである.

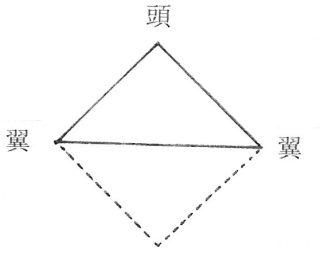
５角形紙を折ると,イメージ通り「双頭の鶴」が現われる.

３） ６角形紙の折鶴／比翼の鶴

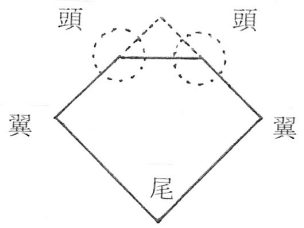
６角形(図-６)は,正方形の両端をカットした形で示されるように,頭,尾が２つある.これは,長恨歌に出てくる比翼の鳥のイメージである.

６角形紙を折ると,イメージ通り「比翼の鶴」が現われる.

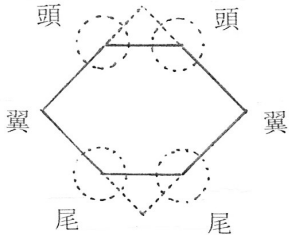
さて,ここで問題が生じる.正 n 角形の値が３,４,５までは,首,翼,尾が背(体高)より高いが,n=6 で等しくなり,７以上になると,体に隠れるほど低くなってしまうことだ.この解決策は２つある.１つは背を低くするため,背の部分を凹ませて折り,器状にすること,もう１つは多角形紙を星形にすることである.



(図－４)



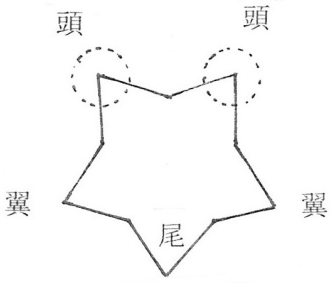
(図－５)



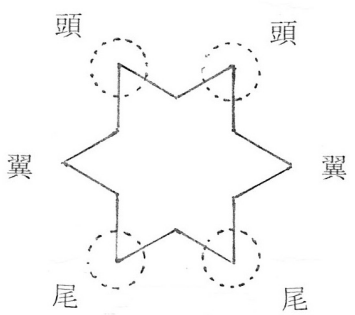
(図－６)

３．星形正多角形紙の折鶴

星型正５角形(図-７),星形正６角形(図-８)の紙を折ると,首,翼,尾が高くなり,イメージ通り,安定した形の鶴が現われる.



(図－７)



(図－８)

４．おわりに

2012「青少年のための科学の祭典」東京大会 in 小金井（2012 年 9 月 9 日）に,「多角形で鶴を折る」体験教室を開いた.４辺形紙と正多角形紙を用意して折り方の指導をした.そこに小学生とおぼしき熱心な男の子が現われ,５角形の鶴に挑戦した.できあがると,再度挑戦する.時間をかけて,自分の工夫を加え,ついに２足両翼１頭の怪獣を折り上げた.

「鶴を教えて鶴を脱した」瞬間である.

これは,また,折鶴の固定観念が払拭された(と実感した)瞬間でもあった.

３次元の体感による新しい書写指導の実践的研究

沓名健一郎
静岡大学教育学部,〒422-8529 静岡市駿河区大谷 836
kutsuna@shobunka.com

Practical Study of the New SHOSHA Guidance by a 3D Virtual Physical Feeling

Kenichiro KUTSUNA
Faculty of Education, Shizuoka University,
836 Oya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529 Japan

Keywords: Chinese character, education, 3D, Physical feeling

１．はじめに

書写は小中学校国語科の〔伝統的な言語文化と国語の特質に関する事項〕に属する教科として、主に学習指導要領では、小学校【丁寧に整えて書く】中学校【字形や調和を理解して読みやすく速く書く】ことを指導の主眼とすると定めている。看板や賞状などの公共の眼に触れる書き文字に対しては学びを実践する場と考えられるが、テストや家庭学習においては書写が活かされていないとの批判が提起され、書写の日常化が叫ばれている。即ち読みやすく整えて速く書くことによって時間や労力の効率化を図りながら、読み手に正しく伝わる書き文字を学ぶということである。読みやすく整えて速く書くことに対して書写として求められるのは、字源的な字形の成り立ちなどの文字の本質的な捉え方から、文字の形の意義にまで迫ることである。書き文字は書きやすさや速さを目的に字形の変化を遂げてきたのであり、文字の書き方の背景をもとに指導することが理にかなった方法である。本稿では、文字の形を字源的にとらえることによって「読みやすく整えて早く書く」を目指す書写の、最新の授業実践を報告する。

２．実験

横書き速書きにおいて発生する平仮名の損傷[*1]を防ぐ方策として､次の文字へのつながり(＝字間）時のストロークを立体的に認知して筆記するトレーニングの有効性[*2]を提起した。図１のようにペンタブレットにより筆圧と次へのつながりの意識が確認できた。今回はそれに加えて「①筆記時のストロークを立体的に体感する３Ｄテレビ②速度と太さとの関係を体感するiPad」を実験に取り入れ、横書き速書きのスキルアップのための指導方法策定をめざし、静岡大学教育学部附属島田中学校において実践を行った。対象は１年生３クラス 125 名である。

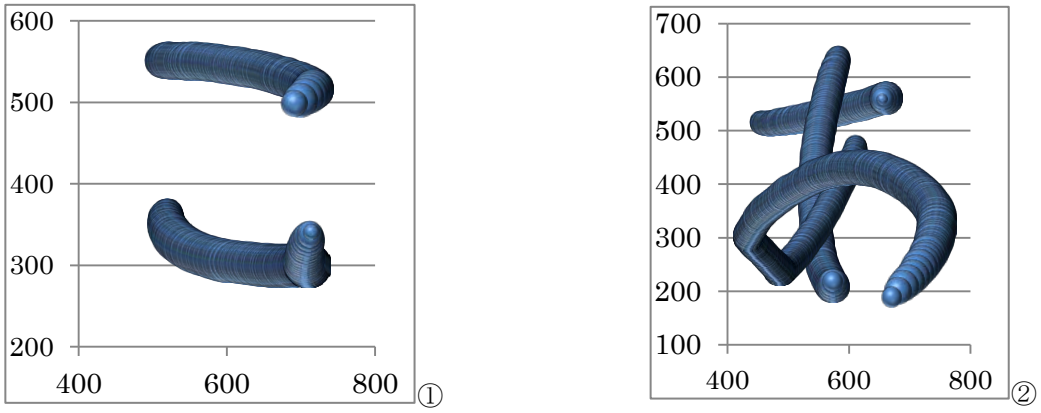


図１　ペンタブレットによる書字のデータ例
縦横軸はドット数を表す。丸の大きさは筆圧。次へのつながりを意識して書かせている。

図 2, 3D テレビを使った体感的な授業の様子

先生が手を取って筆使いを指導するのは教師の指導力を問われる。3D テレビを用いることで、容易に体感的な授業が可能となる。

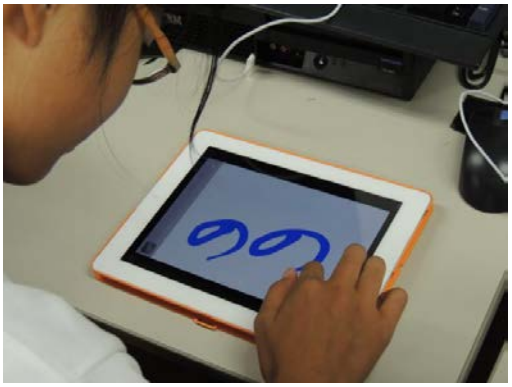
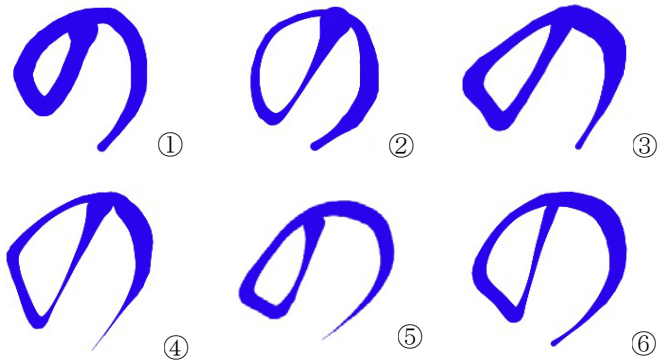


図 3，iPad を使った授業の様子

筆でいうところのバネ、スピード、太さを意識させることで、字形や払いの形、字間ストロークが整う。



①最初は、太さが一定＝筆圧の強弱が無く、次の文字へのつながりはスムーズにならない。②強弱の意識を働きかけた直後。全体に速い。払い出しの直前だけ太くなってしまい、こじるような筆づかい。③④折れに意識を向けさせた結果、角張った形になって払い出しが整わない。⑤全体をうまくまとめようと意識している。払いだけ見るとスムーズ。⑥形がとても整った。

図 4，iPad に書かれた画像の例

①3D ビデオカメラで撮影したものを 3D 液晶テレビで表示させ、専用の 3D メガネで視聴する方法で行った（図 2)。字形の損傷において、筆記時の経路を原因とする字形の崩れは、筆のいわゆる筆触（タッチ）が 2 次元的に知覚されやすく、筆記の着地時と浮上時の違いの意味が認識されにくいことから起こると仮定した。立体的な筆記具の経路を認識する方法として、3D テレビを利用し、実際にその場で手指を使って空中で筆記する「空なぞり」を行わせた。

②iPad のアプリ「Henpitsu」（無料）を用いた（図 3)。ゆっくり書くと太くなり、速く書くと細くなる。iPad は触れたかどうかのみを感知するが筆圧は感知しないため、スピードを筆圧ととらえる必要がある。iPad を与えて最初に試書をさせると、図 3 および図 4①のように、収筆（最終部分）の払いだけが細くなるが、他はゆっくりと筆圧を加えて書くため、太さが一定の文字となる。紙面に触れること、折れを正しく認識すること、速さの変化、太くする部分へのゆっくりとした筆記の意識付け、バネの意識による次への文字・字間への意識をつけさせることで、図 4⑥のように見事な書きぶりとなった。非常に高度な技術であるが、体感的に学習することによって、難しい概念を一つずつ獲得せずに自ら学びとることが可能である。

【参考文献】

*1，小竹光夫「横書き書字における平仮名の字形的損傷について」『書写書道教育研究』18，全国大学書写書道教育学会，2004

*2，杉﨑哲子、沓名健一郎「横書きにおける「平仮名」の速書き指導に関する基礎的研究」『書写書道教育研究』24，全国大学書写書道教育学会，63-72，2009

詩-音楽-映像における表現の相互関係

渡辺泰成[(1),(2)]、柴崎謙一[(2)]
wistajp@yahoo.co.jp
(1)千葉工大総合研究所、(2)NPO・科学芸術学際研究所 ISTA

はじめに

人は自己の主張、心情などの主観的な概念や、科学における真理などの客観的な概念を伝える手段として言語や記号を使ってきた。しかし人は単に概念を伝達する手段として、言語や記号に満足することなく、それらの様々な態様表現を独創的に編み出して、いわゆる、表象芸術（事象を表現する芸術）と呼ばれる絵画、彫刻、工芸、デザイン、音楽、詩などのジャンルを確立した。歴史的には、それぞれの芸術は独自の発達を遂げたが、いずれも時代の背景に強い影響を受けて変容してきた。文化的なジャンル間相互の影響も見逃せない。ここでは、表象芸術を、表題音楽、映像（写真・絵画などのメディアアートを含む）および定型詩あるいは散文詩の３つのジャンルに分け、創作者のメッセージに対する受け手側の反応としての他のジャンルの創作例を示して相互関係を議論したい。

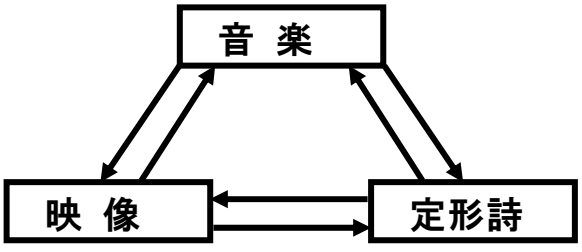
ジャンル間の共有概念

ここで扱うどのジャンルもスートリー（筋書きのようなもの）があっても良いが、それは重要ではなく表象に絞って考える。ジャンルの相互関係とは、それぞれが独立して創作されているが、同じ概念をジャンル間で共有されるだろうか。音楽なら事象を象徴するリズム、メロディー、ハーモニー（和音）によって、詩なら言葉や定型詩の韻、リズム感によって、映像ならモチーフの表現、色彩、明暗、空間配置などによって制作者が意図した概念が共有されるかという問題である。実際にはこの概念が受け手によって共有されているかどうかが意識されることは少ないが、多くの場合は受け手側の共感という形で、制作者の意図がある程度受け入れられる場合が多いであろう。それは作品の解釈・批評という観点から評論家が筆を取っていることからも分かる。したがって科学の世界では証明され確立された真実は万人によって共有されるが、芸術の世界では共有概念は科学に比べて曖昧である。特に表題があったりストーリーが背後にあったりする場合は、受け手側は表題などに強い影響を受け、その印象が作品に反映するであろう。

ここで、強調したいことは、前述のような問題があるにもかかわらず、作品に接して感動した受け手側が、自己の印象を率直に、自由に制作者とは異なるジャンルで表象することは興味深い。

３つのジャンルの相関の定義

ます一般論として、３つのジャンルの制作者と受け手の制作者の関係を簡単に図示する。一例として、それぞれのジャンルの制作者を音楽：作曲家、映像：画家、作家：詩人のように定義する。ここで音楽について、オペラにアリア、歌曲などのように、作曲家と作詞家が共同して一つの作品を制作するような目的を持って制作された事例は扱わない。各ジャンルの受け手が感じた印象を独立に表現した作品。矢印の始点は表象芸術の制作者であり、先端は受け手の制作者である。



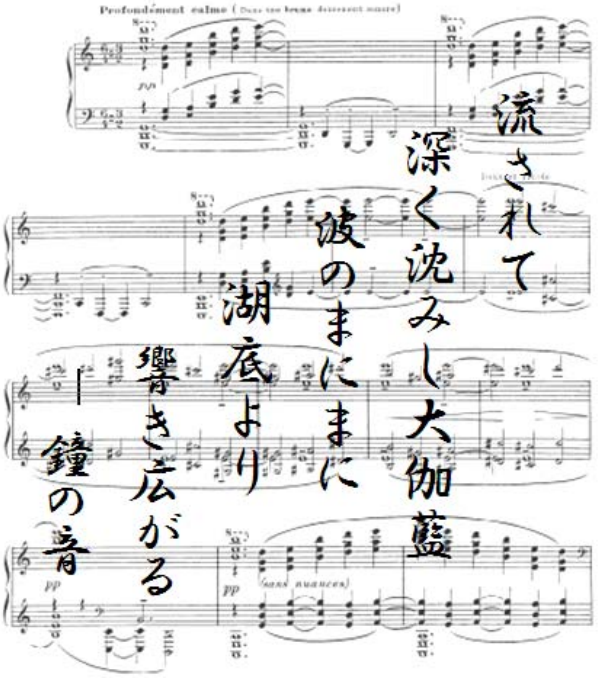
定型詩の形式

制作例として二つの事例を紹介する。いずれも受け手側は定型詩という形式で印象表現を行った。定型詩の形式は、日本古来の俳句・和歌の形式を参考にしたが、他のジャンルとの共有概念を求めて、俳句を（５・７・５）から２つの俳句を７文字で結ぶ、（５・７・５）・７・（５・７・５）の形式を考えた。これは（５・７）（５・７）（５・７）・５とも表現でき、三つの繰り返し構造があるためにリズム感が出る。最後を体言止めで締め括る。

ジャンル相関と制作例

第一の相関例は、音楽を聞いて制作した定型詩である。

音楽 → 定型詩



音楽はドビュッシーのピアノ曲である前奏曲集から「沈める寺」を用いた。元々表題音楽でケルトの伝説にある湖底に沈んだ寺院から響く鐘の音と僧侶のミサの声で一瞬寺院が湖上に浮かぶという幻想的な曲であるが、出だしに寺院の鐘の音が大変美しい和音で表現され、さらのミサの祈りの声が三連符で続き次第に大きなうねりとなって寺院が浮かび上がる。

このケースは筆者である受け手の印象から、できるだけ「沈める寺」の場面を再現すべく言葉を選んで定型詩を書いた。

第二の相関例は、音楽の印象から作成された映像（写真）と元の音楽とを聞いて制作した定型詩である。

音楽 → 映像 → 定型詩

音楽はショスタコヴィッチのピアノ協奏曲第二番第二楽章アンダンテ曲想は哀愁が漂うが美しい第一主題と三連符が主体となる葉が落ちる動きや山奥深く散策する足取りを表現する第二主題からなる。映像は、ロシアのアンドリュー・ケーネフが音楽の印象から、深まる秋の哀愁感を紅葉から落葉への変化に対応する写真で表現した。筆者はこれを受けて、深まる秋を森深く散策し、与えられた画像の言葉による表現と自然の無常観と輪廻を織り込んで定型詩にまとめてみた。第一例も第二例も背景に東日本大震災の犠牲者への祈り、自然の無常観と共に力強い再生力を表現した。

参考資料

http://www.youtube.com/watch?v=kRASjN4Gims&feature=related

第 73 回 形の科学シンポジウム「サイバネティックスと形」

【主催】形の科学会
【会期】2012 年 6 月 15 日（金）～17 日（日）
【会場】福井大学　アカデミーホール
【代表世話人】高田宗樹（福井大学大学院工学研究科）
〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学大学院工学研究科
Tel:0776-27-8795（内線 4824）Fax:0776-27-8420　E-mail: takada@u-fukui.ac.jp
【世話人】平田隆幸（福井大学大学院工学研究科）
【参加費】会員・非会員ともに一般 3000 円、学生 1500 円
【懇親会】2012 年 6 月 16 日（土）18:30～　アカデミーホール
【懇親会費】一般 5000 円、学生 3000 円

討論記録（記録の残るもののみ掲載しています）

6 月 15 日（金）

サイバネティックスと形

姿勢変化が高齢者の自律神経機能に及ぼす影響

木下史也[1], 松浦康之[2], 平田隆幸[1], 高田宗樹[1]（[1]福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻、[2]福井大学産学官連携本部）

Q: 1.胃のペースメーカーは形態的にどのようなものであるか？
2.胃を取り出した（切除した）場合、ペースメーカーはどのように機能するのか？（福井善治）
A:
Q: 1.循環器よりも消化器の方が遅れて機能が亢進した理由はどのように考えているか？（杉浦明弘）
A: 1.循環器は消化器よりも生命維持に直結しているため反応速度が早いものと理解している

アルコール摂取時における座位および立位姿勢制御の比較

谷口慎一[1], 雨森正起[2], 松浦康之[3], 平田隆幸[1], 高田宗樹[1]（[1]福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻, [2]福井大学工学部知能システム工学科, [3]福井大学産学官連携本部）

Q: 同じ傾向を示す指標を複数測定している理由は何か？先行研究が少ないのでとりあえず全部測定してみたという認識で良いか？（大日方 圭）
A: それで良いと思う。

長時間の立体映像曝露が平衡機能に及ぼす影響

吉川一輝[1], 雨森正起[2], 松浦康之[3], 平田隆幸[1], 高田宗樹[1]（[1]福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻, [2]福井大学工学部知能システム工学科, [3]福井大学産学官連携本部）

Q: 20 分視聴のあとで 1 分の測定をしていますが、視聴している 20 分の計測を行わない理由を教えてください（吉野隆）
A: データのサイズなどが理由です。
Q: 1.視聴時の周辺影響についてどのように考えているか
2.3D 映像にはどのようなものを使用したか（杉浦 明弘）
A: 1.映像サイズ、周辺の明るさなどで酔いの程度が変化していくとい考えているので今後検討していきたい
2.パイレーツオブカリビアン（戦闘シーンも多く臨場感があるため）

サイバネティックスと形/形の科学一般

人間になじむシステムの形

高木隆司 1, Beth Cardier2, Ted Goranson3
（1 神戸芸術工科大学芸術工学研究科,
2University of Melbourne, Australia,
3Earl Research, USA）

C: 私が所属している福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻が取り扱っている内容（Human interface の研究は知能システム工学専攻の topic の 1 つです）と非常に関係した発表であり、興味深く聞かせていただきました.また、先生がお話された Watson の例などでも機会学習が使われており、専攻のメンバーが研究しています.ぜひ「形の科学」と知能システム工学専攻が協力して、相互作用を起こすとおもしろい結果が出ると思います.以上、質問というよりも感想に近いものになってしまいましたが、今後ともいろいろお教えください。（平田隆幸）

多点同時計測による剣道面打ち運動の解析と熟練度

原田晋作[1], 砂田治弥[2], 横山清子[2],松川剛司[3], 松浦康之[1], 高田宗樹[1], 平田隆幸[1]（[1]福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻, [2]名古屋市立大学, [3] 愛知工業大学 情報科学部）

Q: 1.高段者の面打ちのテストは、試合で「1 本」をとる場合と同じと考えてよいか？
2.そうすると、面打ちで「1 本」を取る場合と取らない場合がある.その違いの根拠が本研究で得られるか？（高木隆司）
A: 1.その通りです
2.そのように期待している
Q: 高段者は打突直後に力を出している意外に無駄にならない範囲の筋電が常に一定量あるように見える.すばやい打突などのために適切な筋力が働いているのだろうか.（松浦 執）
A: 高段者は常に素早い動きが開始できるよう、一般者よりも準備的な筋力が働いているのだと考えている.
Q: 1.高段者とその他の被験者の実力差はどの程度」あるのか？
2.筋電図計測で、高段者は打ち終えた後で力が入っていて、その他の人とそのデータは大きく異なる。余計な力が入っているなら、前後で観察されそうだが、実際は前にしか観測されない。それはどういう理由か？（大日方 圭）
A: 1.試合で触らせてもらえない位は差がある。
2.先に力が入っていて打ち終えたら力が抜けてしまっていると考えられる

マルチ CPU 化による群ロボットの処理能力向上の可能性

高井裕紀, 波田邦彦, 高田宗樹, 平田隆幸（福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻）

Q: 1.ローカルな摂食によってどのような情報を交換するのか？
2.本物のアリの行っている探索機能以外のことをしているのではないか？（平山 修）

A: 1.自分が探索した区域の情報（これはすでに探索したなど）についてである.
2.アリの探索方式を見本にしてそれをさらに進化させたロボットを作ることを目指している.

群ロボットによる目的地探索 ―方位センサを搭載したロボットを導入した効果―
波田邦彦, 高井裕紀, 高田宗樹, 平田隆幸（福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻）

形の科学一般
関連事項の集合で記事を特徴づける wiki サイトの開発
松浦執[1], 内藤求[2], 豊田弘巳[3], 小松由[1] （[1]東京学芸大学教育学部, [2]（株）ナレッジシナジー, [3]本町田東小学校）
Q: 関連付けのキーワードと WHO の（国際生活機能分類児童版）ICF-CY と関係はどのようになっているのでしょうか？（平田隆幸）
A: WHO の ICF-CY とかと関係づけたほうが良いかもしれませんが、現在は先生の直感を大切にしている。
Q: 関連づけを投稿者自身の主観でのみ行うと類似性が低くなるように思われた。客観的な関連づけを行う機能が必要なのでは？（北岡裕子）
A: 実験をして検証する必要がある。

放散虫の多節骨格とその意味
松岡 篤（新潟大学理学部/形の科学研究センター）
Q: 白亜紀・ジュラ紀は多様化が進んだ一方で、止まってしまったものも多い。全体として、現世に向けて多様性は消滅していくように見えるが、この先はどうだろうか？（松浦執）
A: 現世では、多節性が衰退している。塔状ではあるが、多節という形態はこのままいくと消滅していきそうに見える。
Q: ・放散虫の運動様式について
・遺伝学的な系統分類と系統連続性について（小西慶幸）
A: ・浮遊生活であり、運動性はない。
・形態的分類に従っている。連続性はあるものとわからないものが混在している。

Carapace surface ornamentation and its applications in fossil clam shrimp （Crustacean） taxomomy
Gang Li [1], Atsushi Matsuoka[2] （[1]State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, [2] Graduate School of Science and Technology, Niigata University
Q: 貝エビは食用になるか？なるとしたら、ヒトと共に中国から日本に移動した可能性はあるか？（北岡裕子）
A: 食用になる。ヒトよりも鳥が運んだ可能性が高い。

形の科学一般
内部に液体を含む円筒の斜面上の回転落下運動と液面の形状
平山 修, 栗川 連（東京農工大学工学部）
Q: 粉粒体を入れる昔の実験では回転角速度が振動する現象が起きていた。液体を入れる場合はどうか？（高木隆司）
A: 水の場合にわずかな振動が起きる。水面に波動が起きているようだ。
Q: 粘性の変化など個別のパラメーターを変化させるのではなく、複雑な材料を用いたのはなぜか。（小西慶幸）
A: 教育上身近なものから始めた。粘性の影響については今後調べる。

リンゴの皮むきと正多面体の展開図について
海野啓明, 阿部雄大, 千葉春樹, 矢島邦昭（仙台高専広瀬キャンパス）
Q: 正 120・600 多胞体の皮むきはできることは証明されているのか？（大日方 圭）
A: されていないが、リンゴの皮むきのアナロジーになるので、できると考えている。
Q: 1.皮むき曲線モデルで球を切っていた帯はどんな形ですか？
2.超球の場合はどうなりますか？（吉野 隆）
A: 1.円錐のすそ
2.円錐局面のすそ
Q: 正多面体（立方体）の皮むき展開図の次元拡張性において、立方体→正方形列・・・この手法は
４次起立方体→立方体列
５次元→起立方体列
に応用できますか（蛭子井博孝）
A: 考察してみる

パチクリ関数 sin（tan（t））による EQG
蛭子井博孝（卵形線研究センター）
Q: パラメータを実数に拡張できないか？（北岡裕子）
A: やってみる。

形の科学一般
周期倍分岐同周期分岐再考
山口喜博（帝京平成大学）
Q: 1.周期倍分岐現象はフラクタル構造が見られるが、この研究対象にもあるか
2.提案の式は過積分系で非過積分系をつなぐ式というが、周期倍分岐現象の見える系に特徴的か（根岸利一郎）
A: 1.あると思われるが、まだ調べていない
2.研究当初

機械式セルオートマトンの局所解析
大日方圭[1], 竹田康彦[1], 加藤直彦[1],元廣友美[1,2] （[1]株式会社 豊田中央研究所, [2]豊田工業大学）
Q: 機械式セルオートマトンにすることによって表れる興味深い現象はあるのですか？（平田隆幸）
A: バネ等によって非線形相互作用を変えられるところがおもしろい。

一般 X 線画像における固定雑音除去法の考案
杉浦明弘[1], 横山清子[2],高田宗樹[3],井堀亜希子[1], 安田成臣[1] （[1]岐阜医療科学大学, [2]名古屋市立大学, [3]福井大学）
Q: 今回のノイズ除去は透視画像についてのものだが、MRI や CT のようなトモグラフィー画像についても応用可能か？（中島善人）
A: 可能である。
Q: 固定雑音の除去は提案手法で除去可能だが、固定雑音でないものは量子雑音で、統計平均をとらないかぎり除去できないのではないか？とすると、被曝線量が増加するがその点はどうか？ （植田 毅）
A: たしかに、線量を増やすと、雑音レベルが低下する量子雑音の統計性は分かっているので、考えていきたい。
Q: 胸部単純 X 線画像の場合、システム由来雑音よりも、人体摘生物の重畳が診断にとって大きな障害になるのではないか（北岡裕子）
A: 胸部の場合はそうである。

6 月 16 日（土）

形の科学一般

巻貝殻形態における陸上環境への適応と不連続分布
　岡嶌亮子（明治大学研究知財戦略機構）
Q: 1.支点に具体的なものがあるか
2.水平面よりたて面の方がバランスを取りにくいと思うが、バランスの値の大きさはどうなっているか(本多久夫)
A: 1.ない。軟生部全体からみて殻軸筋の端から最短の点としている
2.水平面での方がバランスを示す値は高い。貝は垂直面では水平面より生活しにくいが、仕方なしにそうしている

試料の 3 次元形状計測ツールとしてのＸ線ＣＴ装置
　中島善人（産業技術総合研究所）
Q: シンクロトロン CT（Spring-8）は、万能だとおっしゃられましたが、ビームを動かすことが困難なのでサンプルを動かすことが必要だと思います。
大きなサンプルを計測するのは難しいのではないでしょうか（平田隆幸）
A: 今ビームを広げる改良を行って、大きなものを計測できるようになっている

対象画像に応じた画素分散
　根岸利一郎, 関口久美子, 袴塚恵輔（埼玉工業大学）
Q: 画素が不均一に分散すると明るさの分布に、むらが出る恐れがある。人間の眼は明るさ分布に非常に敏感なので、その点の問題点が発生するかもしれない。
最初に人間の眼の構造上周辺は荒くても良いと説明があった。偏りが多少あったとしても中央に集まっていれば質としては良くなるのではないか。（高木隆司）
A: 最初に中央を表示して先に認識させたほうが良く、そういったことも考えている。今のところはそこまで進んでいない。

楕円と双曲線には主通径しかない・・・
　杉本　剛（神奈川大学）

4D 肺モデラー Lung4Cer ＣＦＤバージョンの紹介
　北岡裕子（(株) ＪＳＯＬ）
Q: 1.デモランの FEM の要素数はどのくらいか
2.示しているモデルで実用的な精度を出すためにはどのくらいの要素が必要か（植田 毅）
A: 1.デモランは全く正確ではない。少ない要素数です
2.デモランの１０倍は必要。しかし、デモランでもそれほど悪くない解を与える

フォノグラム解析
　小野田智之, 広国善紀（名城大学大学院理工学研究科数学専攻）
Q: 1.異なる閉曲線毎に、異なる音になっているのか
2.また、物理的に音のどのような要素が異なっているのか（平山 修）
A: 1.閉曲線毎に異なる音である
2.人の耳で聞いた感じが異なっている。物理学的な音のどのような要素が異なっているのかを言うことは難しい

展示

自然の景観を模したコンパクトシティについて
　阿竹克人（(株) 阿竹研究所）

仮想石刻絵画の試み
　高木隆司[1], 出原立子[2], 水野慎士[3]（[1]神戸芸術工科大学, [2]金沢工業大学情報学部, [3]愛知工業大学情報科学部）

ストローと割りばしで作るガリガリトンボ
　工藤　清（福井県こども歴史文化館, 手づくりおもちゃの科学館）

招待講演

神経細胞の形づくりの機構－分子細胞生物学的視点から
　小西慶幸（福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻）
Q: 培養流中の培養だと細胞が動いたり、細胞同士の位置関係が変わったりしてしまいそうに感じるが、実験的にどうしてるのか教えてほしい（大日方 圭）
A: 3 次元的に培養する方法もあるが、今回は 2 次元的に固定されるように培養している
Q: 微小管上を両方向に物質が移動するということだが、同時に両方向に移動することはあるのか（松岡 篤）
A: あります。両方向に移動する様子が顕微鏡で観察できる。
Q: マイクロチュービルにチロシンがつくとキネシンの動く方向が決まるというわかりよい話でした。他の方向はどうでしょうか。（本多久夫）
A: マイクロチュービルにグルタミン酸がつくと、ダイニンの動きを支配していることも知られている。
Q: 神経細胞の極性維持にキネシンによる物質輸送が重要な役割を荷っており、その制御に軸索のチロシン等による修飾が関わっているというお話でしたが、ではその修飾自体の調節を行っているメカニズムはわかっているのでしょうか？（西垣功一）
A: 今のところわかっておりません。ただモデルとしては修飾軸索の偏在や活性調節を支配するものがあること、又は軸索自体の状態が変わる（何らかの結合で遮蔽されている）ことが考えられます。
チューブリンの重合初期には元々、チロシン化されており、迅速な重合過程にあるチューブリンには、脱チロシンの反応を十分に受けておらず、従ってキネシン輸送を妨げないことが考えられます。

形の科学一般

少数個の点による球面上の最適配置について （II）
　種村正美（統計数理研究所）
Q: 球面調節法で、多面体の最適配置を求めた時に多面体を構成する五角形の数が常に 12 なのはなぜか(西垣功一)
A: 説明を省きましたが、オイラーの多面体定理があり、その式に従えば導かれます
Q: 前半で説明のあった調節法で、点を面積が変わらないように動かすときの面積は平面か曲面か（本多久夫）
A: 曲面の面積です
Q: DM が最小の最適点配置が点間距離の平均が小さいことか（根岸利一郎）
A: DM と点間距離が関連ないので他指標を使って評価した
Q: 構造指数を構成する多角形の種類の数は、点の数（ｎ）の変化と何らかの規則性を持つのか（松岡 篤）
A: ｎが偶数の方が多角形の種類の数が少ないようだ

線形に連結された van der Pol 振動子における同期現象
　吉野　隆（東洋大学理工学部）
Q: 1.振動子の個数依存性はどうか
2.同期がどう起こるのかを見たければ 2、3、4～と変化させていくべきでは（植田 毅）

A: 1.ほとんど、100 個以外では計算していない。50 個では 100 個の場合とほとんど変わらない
2.力学的にはそうだけれども、自分は統計性に興味を持っている
Q: 結合定数を変えた時、x 及び の範囲は同じか （大日方 圭）
A: 軌跡は変わらないが、同期がずれる
Q: 1.数値計算のスキームは、その影響はないか
2.k が大きい時に同期がなくなることについての物理的な理由は（平山 修）
A: 1.Mathematical にさせている、自動的に精度を調整している
2.物理的な理由の説明が欲しいがまだ判っていない
Q: μ■のμを２つの独立した係数として扱うと、流体の滑？性に相当すると思われるが、どうか （北岡裕子）
A: いろいろな係数の考え方がある。今回はリミットサイクルになる条件として同じ係数を用いた

毛糸の玉の数理
　柳井　浩（慶応義塾大学）
Q: 大円がハミルトン経路に沿って動いていくといきなり 108° 曲がることにならないのか（阿竹克人）
A: ハミルトン経路に沿って動くのは大円そのものではなく大円の軸なのでスムーズに移行できる
Q: タイトルは「毛糸の玉の数理」ですが、"物理"ではないかと思います。つまり、毛糸を相当いい加減に巻いても球体に経験上なります。毛糸のテンションが球の中心方向に引っ張る力を作り、地球が重力により球体になるように、丸くなるのではないでしょうか（宮本 潔）
A: アドバイスありがとうございます。おっしゃるとおりのようにも思いますが、検証の手立てありません

形と知
姿勢と持ち方による書字形の変化
　沓名健一郎, 杉崎哲子（静岡大学教育学部）
Q: 横書きが難しいということであれば、楷書等のような従来の書体に対して、横書きに適する書体を作り上げたらどうか（高木隆司）
A: ひらがなでは作ることが出来ると考えて進めています。しかし、漢字は画数が多く横書きに適した書き方を構築するのは困難だと考えています。

近世日本の図のビジュアルデータベース構築と形態分類
　出原立子, 森田広基（金沢工業大学）
C: 意欲的な試みで、感服した。
なお、形象系、領域系、などの概念をしっかり考えておくことが必要と思う。（高木隆司）

16:40-17:00 なぞり学習の字形認識効果について
　杉崎 哲子, 沓名健一郎（静岡大学教育学部）
Q: 「紙面上のなぞり」と「画面上のなぞり」では文字の大きさがかなり違う。大きな字でも「紙面上のなぞり」に障害があるのか？あるとすれば、書字に限らず、空間知覚運動状態全般に問題がある可能性があるように思われる。（北岡裕子）
A: 大きな文字でも紙面なぞりに障害がある。全般的な問題がある可能性がある。
C: 大人の文字学習のために iPhone や iPad のアプリを開発していただきたいです。（吉野 隆）

6 月 17 日（日）

特別講演
生体信号が持つ多様な側面と応用可能性について
　松浦康之（福井大学産学官連携本部）
Q: 1.症状に対して、外的、内的なストレスが大きな要因となっているのではないか
2.ストレスが原因の場合にはその元を押さえるのが先か（工藤 清）
A: 1.その可能性もある
2.そのような治療も行っている
Q: 胃電図の信号波形と胃の動きとの、どこまで分かっているのでしょうか（平田隆幸）
A: 過去には調べられたのですが、最近は被爆の倫理的な問題もあり、あまり調べられていない。

こども歴史文化館における手作り科学おもちゃ教室について
　工藤　清（福井県立こども歴史文化館, 手づくりおもちゃの科学館）

事務局からのニュースメール

本記事は形の科学会ニュースメールの内容抜粋です。（問合せ：事務局松浦執 shumats0@gmail.com）

2012 年 7 月 3 日

○「かたちシューレ 2012」の開催のご案内（締め切り 8 月 6 日（月）

形の科学会 研究会「Niseko Autumn School」
ニセコの大自然の中で、秋のさわやかな風を感じてみませんか？大学所有のニセコ山荘を借りることができました。宿泊代＋シーツ代＋お菓子､お茶代など =2000 円（食事なし・個室ではありません）最大 20 人限定！（先着順）ですので、お早めにお申し込みください。
（参加申込締切：８月６日（月））
【内容】参加者の中から数名に、ご自身の専門分野について１時間ほどの素人向けのレクチャーを行ってもらい、みなさんの他分野への理解を深めたいと思います。（環境があまりに良いので、レクチャーは３名に絞ります。）注意：レクチャー中は随時、質問可能とします。
【開催概要】会場：芦原ニセコ山荘 費用：2000 円
日程：平成２４年９月８日（土）～９日（日）
参加申込締切※：平成２４年８月６日（月） ※但し、先着順ですので定員人数（20 名）に達した時点で締め切らせていただきます。
世話人： 小川直久（北海道工業大学）ほか
【プログラム（仮）】
９月８日（土） 集合時間 14:00 （14 時以降でないと山荘に入れません） 部屋割りに従って、ベッドに荷物を置いてください。 なお、大学所有の山荘のため、ご自身でベッドメイクをお願いいたします。
14:10-14:20 開校の挨拶
14:20-14:50 口頭発表（全員）
14:50-18:30 自由時間＋夕食(夕食は各自でお取りください)
18:40-19:40 レクチャー１
20:00-21:00 レクチャー2
21:10-22:10 レクチャー3
９月８日（日） 朝食は各自でお取りください。
9:00 全員で掃除します。
9:30 閉会の挨拶
【口頭発表】自己紹介を兼ねた参加者の研究紹介・近況報告：１人２分程度の発表時間となっております。演題名を､参加申込時にエントリーをお願い致します。
【周辺情報】ニセコ駅前に温泉があります。車で３０分ほどのところに温泉郷あります。山荘には温泉ありませんが、普通の風呂があります。
【申込方法】参加希望者は、メールにて代表世話人・小川直久 ogawanao@hit.ac.jp まで以下通り連絡をお願いします。
１．名前 大学名 専門分野 口頭発表演題名 メールアドレス 電話番号
折り返し、振り込み先を連絡します。また、レクチャー希望者は題名と要旨についてご記入をお願いします。
２．宿泊代・諸経費 2000 円 の振り込み。
以上をもって受付完了とします。
【申込にあたっての注意事項】先着順とします。 キャンセルは１週間前までで、それ以降は一切、返金できません。レクチャー希望者が多い場合は、担当者（小川）の独断で決めさせて頂きます。また、レクチャーの希望者が少ない場合には、参加者の中から私が依頼します。
【開催場所】〒048-1522 北海道虻田郡ニセコ町字曽我 598 番地 北海道工業大学芦原ニセコ山荘
(0136)44-1031 ＪＲニセコ駅下車 徒歩３０分、 タクシー５分
【開催場所に関する注意事項】食事できるところまでは、徒歩３０分以上必要。（レンタカーでいらっしゃるのが便利です）寿司の出前や自炊は可能。夕食、朝食含めて各自ご準備ください。お酒を飲む方は各自で、酒、つまみなど、お持ちください。（近所に酒屋はありません。夜は真っ暗です。そのため、出歩く際には、懐中電灯が必要です。）

2012 年 8 月 27 日

○第 74 回形の科学シンポジウム「機械・乗物の形 ―過去・現在・未来―」講演募集のご案内

ダイムラーやベンツが初期のガソリン自動車を作ったのが 1885 年,ライト兄弟が初めて飛行機を飛ばしたのが 1903 年,チャペックが戯曲 RUR でロボットの造語を作ったのが 1921 年. それから概ね 1 世紀が経ち，これらの機械や乗り物はその機能を飛躍的に発展させるとともに,形も大きく進化させました. また,近年では,効率や機能の向上のみでなく，人間の感性への働きかけや環境への配慮といった面も重視されるようになりました. 今回のシンポジウムでは，これらの機械や乗り物の形を取り上げ，過去と現在を俯瞰しながら，将来への展望へと思いを馳せたいと思います. 会場キャンパス内の博物館見学ツアーなども検討しております. 講演申込、予稿原稿送付、参加申込は学会 web サイトでお願いします。http://katachi-jp.com/sympo74
【講演申込締切日】 2012 年 9 月 28 日（金）
http://katachi-jp.com/moushikomi-kouen
【予稿原稿提出締切日】 2012 年 10 月 12 日（金）
http://katachi-jp.com/moushikomi-yokou
【参加申込締切日】 2012 年 11 月 9 日（金）
http://katachi-jp.com/moushikomi-sanka
【会期】2012 年 11 月 16 日(金),17 日(土),18 日(日)
【会場】東京農工大学小金井キャンパス 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16（車での入構はご遠慮ください）【主催】形の科学会
【世話人】平山修（代表世話人）、佐野理
〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16 東京農工大学工学研究院 tel&fax:042-388-7200
E-mail:hrym@cc.tuat.ac.jp
【参加費】会員･非会員ともに一般 3000 円､学生 1500 円。【懇親会】 2012 年 11 月 17 日（土）夕方【懇親会費】検討中

○新入会の皆様(敬称略)

今里 悟之　　九州大学人文科学研究院地理学研究室
西垣 重臣　　(株)まざらん

○新入会の皆様のご紹介(敬称略)

このコーナーでは，交流の促進を目的として，新入会の皆様の「主要研究分野」(**A** と略記)と「形の興味」(**B** と略記)，もしくは，お寄せいただいたご自身によるプロフィール記事(**C** と略記)を掲載します．

今里 悟之　　九州大学人文科学研究院地理学研究室

A: 人文地理学　　**B:** 農山漁村の集落空間における、①物理的形態、②住民が認知する世界観、③社会構造、という三者の相互関係。上記の①や②にみられるかもしれない普遍性と、地域的・文化的個別性

西垣 重臣　　(株)まざらん

A: 無人化施工(土木工事おける建設機械の遠隔操作分野)　　**B:** 土質・岩級などの識別

○2012 年度第 1 回形の科学会運営委員会議事録

日時 ：2012 年 6 月 16 日(土) 12:20~ 13 :40
場所：福井大学文京キャンパス アカデミーホール　〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9 番 1 号
出席者（敬称略）: 市村豊、植田毅、海野啓明、沓名健一郎、高木隆司、高田宗樹、種村正美、西垣功一、平田隆幸、平山修、本多久夫、松浦執、松浦康之、松岡篤、宮本潔、山口喜博
議題：
(1) 会員関係報告: 2012 年 6 月 16 日現在 418 名．　（2011 年 6 月 17 日現在 429 名）
(2) 2012,13 年度運営委員信任投票結果が報告された。
会員の信任投票で 113 票の有効投票があり、29 名の運営委員候補者全員が信任された。
(3) 2012,13 年度形の科学会会長が選出された。
会長　統計数理研究所・名誉教授　種村 正美 氏
メールによる会長候補の信任投票が行われ、運営委員 29 名中の 24 票の有効票があり、全票信任であった。以上により運営委員の 3/4 以上の信任が得られ、種村氏が会長に選出された。
(4) 2011 年度の活動について次のように報告された。
・2011 年度のシンポジウムを次のように開催した。
第 71 回：千葉大学「形、模様、画像の時間変化の科学と応用」2011 年 6 月 17 日（金）～19 日（日）（世話人：植田毅。共催：千葉大学総合メディア基盤センター、および千葉市科学館）を開催した。
第 72 回：鹿児島大学「運動と形」2011 年 12 月 9 日（金）～11 日（日）（世話人：宮崎修次、秦浩起。9,10 日の招待講演は鹿児島大学理学部物理学科懇談会講演を兼ねた。11 日午後に高校生セッションを行った）を開催した。
・形の科学会誌第 26 巻 1～3 号を刊行した。
・FORMA Vol.26 を刊行した。
・2011 年度かたちシューレを国民宿舎四万ゆずりは荘（〒377-0601 群馬県吾妻郡中之条町四万 4345）（2012 年 3 月 3 日（土）～4 日（日） http://www.yuzurihasou.jp/）で企画中。世話人：根岸利一郎（埼玉工業大学）、高田宗樹、松浦康之（福井大学））にて開催した。
(5) 2011 年度決算報告、平山修監査による監査報告が行われ、承認された。

(6) 2012 年度の活動計画について次のように報告された。
・シンポジウムは次のように開催する。
第 73 回 :「形とサイバネティックス」福井大学 2012 年 6 月 15、16、17 日（世話人：平田隆幸、高田宗樹、松浦康之)。
第 74 回 :「機械と乗物の形―過去・現在・未来―」東京農工大学 2012 年 11 月 16、17、18 日（世話人：平山修、佐野理))。
・会誌第 27 巻 1～3 号を刊行する。
・FORMA Vol.27 を刊行する。
・2012 年度形の科学談話会「かたちシューレ　- Niseko Autumn School-」北海道工業大学芦原ニセコ山荘 2012 年 9 月 8 日、9 日（世話人：小川直久)。
(7) 2012 年度予算案が報告され、承認された。
(8) 2012 年度学会賞選考結果が宮本潔学会賞選考委員長により報告され、承認された。2012 年度功労賞は西垣功一氏に授与される。
(9) その他
- 茨城大学「五浦の六角堂」修復に寄付し、茨城大学から経過報告をいただいた。
- 横幹連合、日本地球惑星連合に引き続き加入して情報交換している。
- 会誌の目次を web に公開する予定である。
- FORMA にて Special Issue “Key Concepts of Science on Form - Biological and Medical Sciences-“を編集中である。

○2012 年度形の科学会総会議事録

日時 ：2012 年 6 月 16 日(土) 17:30~ 18 :00
場所：福井大学文京キャンパス アカデミーホール　〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9 番 1 号
議題：(総会委任状 53 通 定足数 418×1/15=28 名　定足数以上の出席および委任状により総会は成立)
(1) 会員関係報告: 2012 年 6 月 16 日現在 418 名.　（2011 年 6 月 17 日現在 429 名）
(2) 2012,13 年度運営委員信任投票結果が報告された。
会員の信任投票で 113 票の有効投票があり、29 名の運営委員候補者全員が信任された。
(3) 2012,13 年度形の科学会会長として、統計数理研究所・名誉教授　種村 正美 氏 の就任が承認された。
(4) 2011 年度活動報告（下記）が承認された。
・2011 年度シンポジウム開催
第 71 回 : 千葉大学「形、模様、画像の時間変化の科学と応用」2011 年 6 月 17 日（金）～19 日（日）(世話人 : 植田毅。共催 : 千葉大学総合メディア基盤センター、および千葉市科学館)。
第 72 回 : 鹿児島大学「運動と形」2011 年 12 月 9 日（金）～11 日（日）(世話人 : 宮崎修次、秦浩起。9,10 日の招待講演は鹿児島大学理学部物理学科懇談会講演を兼ねた。11 日午後に高校生セッションを行った)。
・形の科学会誌第 26 巻 1～3 号を刊行した。
・FORMA Vol.26 を刊行した。
・2011 年度かたちシューレを国民宿舎四万ゆずりは荘（〒377-0601 群馬県吾妻郡中之条町四万 4345）(2012 年 3 月 3 日（土）～4 日（日） http://www.yuzurihasou.jp/）で企画中。世話人：根岸利一郎（埼玉工業大学)、高田宗樹、松浦康之（福井大学)) にて開催した。
(5) 2011 年度決算報告、監査報告が行われ、承認された。
(6) 2012 年度活動計画が次のように報告され、承認された。

・シンポジウム開催
第 73 回 :「形とサイバネティックス」福井大学 2012 年 6 月 15、16、17 日（世話人：平田隆幸、高田宗樹、松浦康之)。
第 74 回 :「機械と乗物の形―過去・現在・未来―」東京農工大学 2012 年 11 月 16、17、18 日（世話人：平山修、佐野理))。
・会誌第 27 巻 1～3 号の刊行。
・FORMA Vol.27 の刊行。
・2012 年度「かたちシューレ」を開催する。
(7) 2012 年度予算案の報告が行われ、承認された。
(8) 2010 年度学会賞選考結果が宮本潔学会賞選考委員長により報告され、承認された。2012 年度功労賞は西垣功一氏に授与される。
(9) その他報告
- 茨城大学「五浦の六角堂」修復に寄付し、茨城大学から経過報告をいただいた。
- 横幹連合、日本地球惑星連合に引き続き加入して情報交換している。
- 会誌の目次を web に公開する
- FORMA にて Special Issue “Key Concepts of Science on Form – Biological and Medical Sciences-“を編集中である。

○2011 年度決算, 2012 年度予算報告

平成 23 年度決算 平成 24 年度予算

（平成 24 年 6 月 16 日総会）

収入の部		
	平成 23 年度決算	平成 24 年度予算案
前年度より繰越	2,635,482	2,247,045
賛助金	0	0
会費	1,835,790	1,850,000
出版助成金	0	0
雑収入（合本等販売）（銀行振込）	67,566	60,000
受取利息	40	170
シンポジウム参加費	517,000	530,000
シンポジウム展示等	0	0
懇親会費	328,000	330,000
合計	5,383,878	5,017,215

支出の部		
	平成 23 年度決算	平成 24 年度予算案
出版・校正費（和文誌）	863,230	760,000
人件費	145,500	280,000
通信費	91,428	85,000
交通費・宿泊費	189,480	200,000
振込手数料	23,905	25,000
諸雑費（事務用品等）	215,687	200,000
会場費	14,000	30,000
講演準備費	160,000	160,000
会合費（懇親会）	343,603	330,000
英文誌出版費 内訳:	1,050,000 学会分担金 (1,050,000) 出版助成金 (0)	1,050,000 学会分担金 (1,050,000) 出版助成金 (0)
学会賞賞金	40,000	20,000
合計	3,362,445	3,140,000

	平成 23 年度決算	平成 24 年度予算案
収支差引残高	2,247,045	1,877,215

○2012 年度かたちの科学会学会賞報告

平成２４年６月１２日

平成２４年（2012 年）度　形の科学会賞選定報告

形の科学会　学会賞選定委員長
獨協医科大学　宮本　潔

形の科学会賞規則により２０１２（平成２４）年度の学会賞選定委員会（会長、幹事１名、名誉会員１名、委員２名）が、松岡　篤（会長)、渡辺泰成（名誉会員)、平田隆幸（委員)、千場良司（委員)、宮本　潔（幹事）をメンバーとして平成２４年３月に発足した。
今年度の学会賞についての応募状況は、功労賞の推薦が１件のみで、論文賞ならびに奨励賞の該当者はなかった。当推薦を受けて、学会賞選定委員会は３月２６日から４月７日の間審議した。その結果、本委員会は被推薦者が功労賞の趣旨に沿うものと認め、全員一致で２０１２（平成２４）年度の学会賞に選定した。

選定委員会としては、形の科学会学会賞候補者として下記の者を推薦したい。

記

功労賞：　西垣功一　氏
理由：氏は、埼玉大学で開催された第５２回形の科学シンポジウムの開催、その成果を纏めた「進化・情報・かたち“生命知”のパースペクティブ」（培風館 2006）を編纂し、形の科学の活動を広く長期間にわたって伝えた。また、研究面でも、生物種同定のためのゲノムプロファイリング（ＧＰ）法の開発により、ゲノムのプロフィールを２次元パターンで表現できるようにした。生物学における形の研究の重要性がいま復元されつつある。よって本委員会は、氏の形の科学への多大なる貢献により功労賞に推薦する。

形の科学会誌の原稿募集

本誌は、”かたち ”に関連した研究を促進するため、high quality な論文の発表、及び、できるかぎり自由に意見を発表できかつ討論できる場を提供することを目的として、原稿を募集しています。

原著論文 (original paper)、解説論文（review paper)、速報（rapid communications)、討論 (commentary)、講座（単発および連載)、エッセイ、交流、ニュースなどを掲載し、形の科学会の会員は本誌に投稿することができます。本誌に投稿された論文 (original paper, review paper) は、査読過程を経てから掲載することを原則とします。また、速報、討論、講座、エッセイ、交流、ニュースなどに関しては、より自由な発表場所を提供することを旨とし査読過程を経ずに掲載しますが、編集委員会で掲載が不適当であると判断された場合は、改訂を求めること、あるいは掲載をお断りすることがあります。

本誌の論文を論文中で引用される時は、日本語論文の場合は、形の科学会誌、**11**、(1997)、1-2. 欧文論文の場合は、Bulletin of Society for Science on Form, **11**, (1997), 1-2. というように引用してください。

本誌は、シンポジウムの予稿原稿も掲載しています。本誌のシンポジウム要旨を論文中で引用される時は、形の科学会誌、**12**、(1997)、1-2（シンポジウム要旨)、欧文論文の場合は、 Bulletin of Society for Science on Form, **12**, (1997), 1-2 (Extended Abstract of 39th symposium). というように引用してください。

『形の科学会誌』論文投稿の案内

1 Editorial Board

編集委員長（Chief Editor）	平田隆幸	
副編集委員長 (Sub-chief Editor)	清水祐樹	（物理学・地球惑星科学）
編集委員 （Editor)	高木隆司	（物理・美術）
	渡辺泰成	（数学・幾何学）
	種村正美	（数学・幾何学）
	本多久夫	（生物）
	鳥脇純一郎	（工学）
	宮本 潔	（医学）

2 原稿投稿先

形の科学会誌への投稿論文（original paper, review paper, 講義ノートなど）の宛て先は、編集委員長・副編集委員長・編集委員とする（宛先は下記参照）。

平田隆幸 910-8507 福井市文京 3-9-1, 福井大学 工学部 知能システム工学科
Phone: 0776-27-8778, Fax: 0776-27-8420, Email: d970062@icpc00.icpc.fukui-u.ac.jp

清水祐樹 480-1195 愛知県長久手市岩作雁又 1-1, 愛知医科大学 医学部 生理学講座
Phone: 0561-62-3311(内 2212), Fax: 0561-63-9809, Email: yuuki@aichi-med-u.ac.jp

高木隆司 192-0371 八王子市南陽台 3-3-13
Phone: 042-675-0222, Fax: 042-675-0222, Email: jr.takaki@iris.ocn.ac.jp

渡辺泰成 290-0171 市原市潤井戸字大谷 2289-23, 帝京平成大学 情報システム学科
Phone: 0436-74-5979, Fax: 0436-74-3659, Email: watanabe@cn.thu.ac.jp

種村正美 233-0002 横浜市港南区上大岡西 3-5-3-307
Phone: 03-3446-1501, Fax: 03-3446-1695, Email: tanemura@ism.ac.jp

本多久夫 675-0101 加古川市平岡町新在家 2301, 兵庫大学 健康科学部
Phone: 0794-24-0052, Fax: 0794-26-2365, Email: hihonda@hyogo-dai.ac.jp

鳥脇純一郎 470-0393 豊田市貝津町床立 101, 中京大学 生命システム工学部 身体システム工学科
Phone: 0565-46-6633, Fax: 0565-46-1299, Email: jtoriwak@life.chukyo-u.ac.jp

宮本潔 321-0207 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880, 独協医科大学 総合研究施設
Phone: 0282-87-2271, Fax: 0282-86-5678, Email: miyamoto@dokkyomed.ac.jp

3　投稿論文の処理過程

1）編集委員は、投稿論文を受け取った時点で、論文の種類・受付日を付加してオリジナル原稿１部を副編集委員長に送る。

2）編集委員は、original paper, review paper に関しては、査読者１名を決めて依頼し、修正等の過程を経て受理決定をおこなう。受理原稿は、受理日をつけて副編集委員長に送る。

3）編集委員が却下 (reject) と判断した論文は、編集委員が、意義申立をする権利があることを付記して著者に返却する。再投稿された論文は、元の、あるいは新たな査読者に依頼し、同様に受理・却下を決定する。その結果として却下の場合は、編集委員は書類一切を編集委員長、および（必要な部分をコピーして）副編集委員長へ送る。編集委員長がその後の処理を決める。

4）編集委員に送られた論文が、自分の専門分野外と判断された場合は、副編集委員長に論文を転送する。副編集委員長は、もっとも適当な編集委員に論文を転送する。（しかし、形の科学の広い立場から、なるべく査読を引き受けてください）

5）査読を必要としないもの（エッセイ、交流等）に関しては、別に査読者を決めず、編集委員の判断で著者に修正を依頼したり、受理の決定をする。受理原稿は、副編集委員長に送る。なお、編集委員が、形の科学会誌の原稿として不適当であると判断した場合は、original paper, review paper の処理に準じて、編集委員長がその後の処理を決める。また、シンポジウム予稿原稿もこれに準じる。

6）副編集委員長は、各号の内容の編集をおこなう。

7）当面、受理原稿の掲載号は次のように決める。原稿が、次回の形の科学シンポジウム開催日の１ヶ月前までに副編集委員長に届けば、会誌の次号に掲載する。なお、著者の特別な申し出がないかぎり、原稿の著作権は形の科学会に帰属するものとする。

原稿作成要領

オリジナル原稿、およびコピー原稿２部の計３部を投稿してください。写真製版可能な原稿のみを受け付けます。投稿された原稿はそのまま印刷されますので、以下の点に注意してください。

1）上下左右それぞれ約 2.5 cm のマージンを残す。

2）１頁４０ー４５行程度、１行４０字程度。原著論文、解説論文等は刷り上がり１０頁、速報は刷り上がり４頁以内を原則とします。

3）図や表は、本文中に張り込み、図の下に必ずキャプションを付けてください。

4）最初の頁には、タイトル、氏名・所属（できれば電子メールアドレスも）・英文 Keywords (５個以内) をお書きください。英文のタイトルおよび所属を併記してください。独立した英文の abstract をつけることを歓迎します。

5）タイトル、氏名・所属と本文の間（英文 abstract がある場合は英文 abstract の前）には、受付日と受理日を印刷するため、上下 2.0 cm のスペースを開けてください。

6）引用文献は、本文の最後に「文献」という見出しとともに出現順に記してください。

7）ページ番号は印刷せず、原稿の右上に鉛筆で１から通し番号をつけてください。

8）以上の作成要領と大きく異なる場合は、改訂をお願いすることがあります。

入 会 案 内

会員の特典

- 形の科学会員は、**形の科学会誌**および論文誌 FORMA の配布をうけ、それらに投稿することができます。
  (FORMA への投稿は会員以外でもできます)
- シンポジウムの開催案内をうけ、講演の申し込みができます。
- 画像データベース等、情報の配布を受けることができます。
- **賛助会員**については、正会員と同じ権利を持ち、かつ、賛助会員年会費を支払っていれば、その 1 年間は会誌に無料で広告を掲載できます。
- **団体会員**は学会出版物を定期購読でき、シンポジウムの案内などの学会からの通知を受け取ることができます。団体の連絡担当者を1名決めていただきます。
  本会の刊行物の定期購読を希望する団体(企業、研究所、研究室、その他)は、団体会員として登録することを勧めます。

形の科学会への入会

- 入会資格は、形の科学的研究に興味を持つことです。
- 会員登録カードに必要事項を記入し、会長または事務局あてお送りください。(形の科学会誌に綴じ込んであります。必要な方は会長または事務局へご請求ください)
- 入会に際しては、下記の年会費をお支払いください。入金後、会員の登録をいたします。
- 賛助会員、団体会員についても、同様の入会手続き、ならびに会費の送金をしてください。
- 現住所、所属機関等、登録カードの記載事項に変更があった場合は、ただちに書面でご連絡下さい。
- 会員の個人情報は、会員の交流および研究を促進する活動のために事務局が連絡先として用います。

会費

- **正会員** 8,000 円/年
- **学生会員**(学生およびそれに準ずる者) 4,000 円/年(学生証のコピーを同封のこと)
- **賛助会員** 38,000 円/年
- **団体会員** 10,000 円/年

下記の口座に最寄りの郵便局からご送金ください。

- 口座番号: 00330－9－30953
- 加入者名: 形の科学会

会　員　登　録　カ　ー　ド　（記入：　　年　　月　　日）

会員記号番号：＿＿＿＿＿＿　会員状態：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　会費：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

フリガナ：　　生年月：西暦　　年　　月

氏　　名：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　連絡先選択：　□勤務先　□自宅　□出張先

勤務先　：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

〒：＿＿＿＿＿＿宛先：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

電話：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　FAX：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

E-mail：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

自宅　〒：＿＿＿＿＿＿宛先：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

電話：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　FAX：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

主要活動分野（20字以内）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

形関係の興味（個条書き，各20字以内）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

備考　　：（出張先宛て先、etc.）

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

複写権委託済み表示の変更(2009 年 11 月 20 日)

形の科学会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社) 学術著作権協会により許諾を受けてください。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター((社) 学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体) と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません (社外頒布目的の複写については、許諾が必要です)。

権利委託先　　一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052　東京都港区赤坂 9-6-41　乃木坂ビル 3F
FAX : 03-3475-5619　　E-mail : info@jaacc.jp

複写以外の許諾 (著作物の引用、転載、翻訳等) に関しては、(社) 学術著作権協会に委託致しておりません。直接、形の科学会へお問い合わせください。

形の科学会誌　Vol. 27　No. 2　(2012，11 月)

発行：　形の科学会
会長：　松岡　篤
〒950-2181 新潟市西区五十嵐２の町 8050
新潟大学理学部地質科学教室
phone/fax：025-262-6376
E-mail：matsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp
編集委員長：平田隆幸
〒910－8507 福井市文京 3-9-1　福井大学工学部
phone：0776－27－8778　fax：0776－27－8420
E-mail：d970062@icpc00.icpc.fukui-u.ac.jp
副編集委員長&編集事務局：清水祐樹
〒480-1195　長久手市岩作雁又 1-1
愛知医科大学医学部 生理学第 2 講座
phone：0561－62－3311（内線 2272）　fax：0561－63－9809
E-mail：yuuki@aichi-med-u.ac.jp