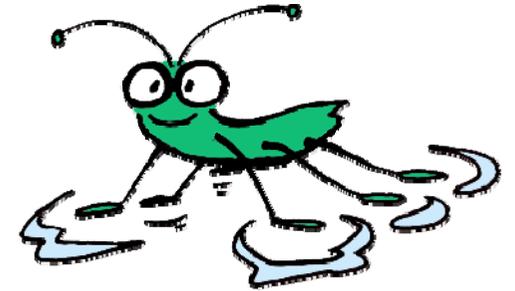


親子で取り組むTRIZ

アメンボは
なぜ水面に浮き
水面で自由に動けるのか？



夏休み自由研究「アメンボ」へのTRIZ活用

宮西 太一郎 (金沢市立 兼六中学校2年 / 長男)

○ 宮西 克也 (/ 父親)

2008/09/10



北陸の金沢からやってきました…

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

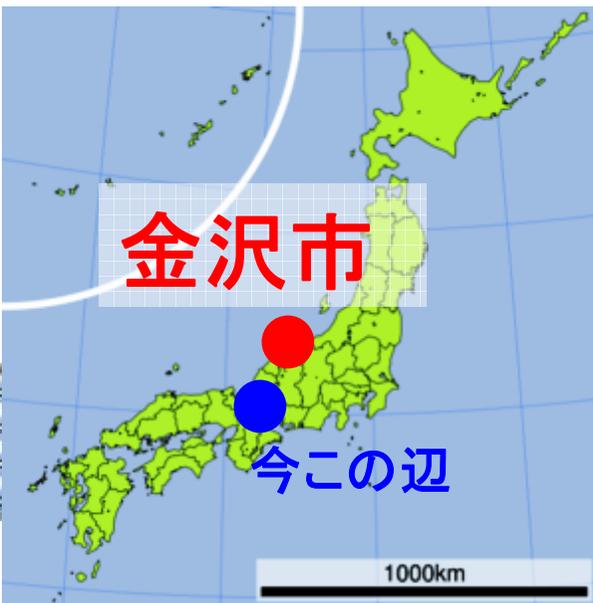
最後



父親 克也(私)

息子
太一郎

(現在) 金沢市立
兼六中学校2年生



長町



東山



金沢城



兼六園



始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

最後

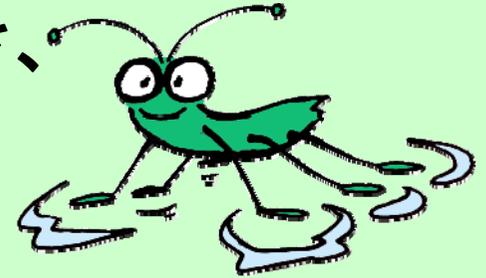


息子

中学1年
(当時)

去年の夏休み・・・

「アメンボはなぜ水面に浮き、
また水面で自由に
動けるのか？」を調べて、
夏休みのレポートにしたい。



着眼点は良いが、
図書館で調べて
レポートを書くだけなら
小学生レベル！



父親(私)



始めに

目論見

仮説立案

○○○○

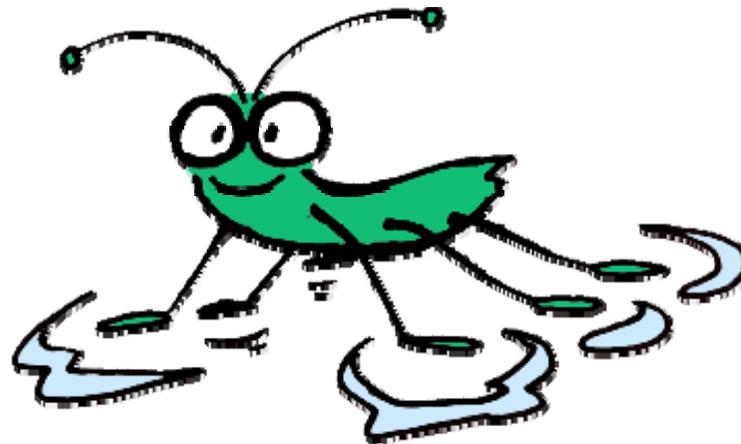
確認

実証実験

父親

最後

アメンボはなぜ水面に浮き、 また 水面で自由に動けるのか？



- まず謎の仮説を自分でたてて、正しいか検証しよう
- 原理モデルをつかって実証実験をしてみよう



始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

最後



TRIZ思考を活用

目論見を立てる



謎の仮説を立てる



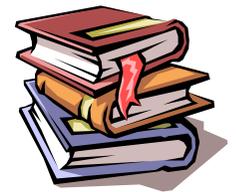
仮説を確認する



実験で検証する

まず
自分で
考える

ここで
調べる





TRIZ思考を活用

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

最後

目論見をたてる

なぞの仮説を立てる

実践

手段の洗い出し

グループ分け、ツリー化

手段の膨らまし、抜け漏れ補充

手段の分析、仮説候補選定

仮説推論づくり

調査で仮説を確認する

実験で検証する(原理モデル)

父親編(原理検証)

目的目標、アウトプット
評価者/評価尺度

なぜと聞かないなぜなぜ展開

親和図法

シーン展開、MECEチェック

強み弱み分析

評価、アイデア結合

プロダクト分析

SFR

物理矛盾優先による原因分析
リバースTRIZ (Larry Ball氏)



マネジメント (目的目標設定、アウトプットの目論見)

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

最後

最初にあるべき姿(Goal・アウトプット)を目論んだ!

29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

日程表



やりたいこと,目的

なぜアメンボは水面に浮き,移動できるのか

(できれば) 同じ原理で浮くアメンボを作る

目標

自宅にあるもので 5~6cmの模形を作る

同じ原理で浮くことを見せよう (進んでよし)

他の宿題と合わせて20日まで終わらせる

進めかた

やりたいこと,目的,目標

なぜなぜ展開

自分の推理

調べる

考察をやる

アメンボに近いものさかし 世の中

→ 身近にあるもの

→ 模形に使えるものを選び

設形図

作

実験

成果物 仮-ジ (レポート,模形)

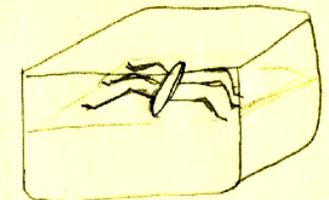
レポート

A4
7177711

目標
20ページ



模形



実験結果の考察

(改良する)(再実験)

まとめ+感想



手段の洗い出し

始めに

目論見

仮説立案

●○○○

確認

実証実験

父親

最後

なぜなぜ展開 (発散)

水に浮くには？

水面を移動するには？

体内にガスをためて浮ける (ガスを出して進む)	表面張力を使っている	熱気球と同じ原理	ガスを ^{体から出す} 出して進む (ガスをためて進む)	蓮の葉にのっている	スクリューぼいのか ついている
とてつね軽い気体が入っている	水より軽い液体が入っている	プロペラっぽいで 下に風を送ろう	足の水につくところに 足を動かす	プロペラっぽいのか ついている	水に流される
広がろうとする					
物体					
足					
足に					
水より					
おきかえて空気を吸いこむ	体の ^横 に空気がたまって 水面には空気をためてういてる	足の毛で水を ^{毛の間の} 毛の間で	つねに足から油を出して その上をすべっている	水上にでてるひれで あおいでる	水をかき回りにどりする
足のうらに油がついている	足の先から水を出して いる	足の下に舟っぽいのがある	体の側面、後ろにある穴から 空気を ^{出す} 出して 進むと方向を変える	水面を飛んでるから	ほで風をうけて進む

まず、出来るだけたくさん手段を出す！

- ・アメンボにとらわれない
- ・概念の大小にとらわれない
- ・すぐに付箋に書き留める
- ・母親や弟にも一部協力してもらい衆知を集める



グループ分け、ツリー構造化

始めに

目論見

仮説立案

○○○○

確認

実証実験

父親

最後

なぜなぜ展開 (収束)

- ・親和図法でグルーピング
- ・ツリー構造化

水に浮くには？

上位概念

下位概念

体内に水より軽い物が入っている

グルーピング

足に空気が入ってる

とてつぬ軽い気体が入ってる

水より軽い液体が入ってる

体内にガスをためて浮ける
(ガスを出して進む)

水面を移動するには？

上位概念

下位概念

水をかき削りに削りする

グルーピング

足で水をかいている

スクレーパーのこが
ついている

足の水につくるところに
ひれがついている

キーワードの連鎖発想で手段を膨らませる

始めに

目論見

仮説立案

確認

実証実験

父親

最後

体内に水より軽い物が入っている

- 足に空気が入っている
- とて軽い気体が入っている
- 水より軽い液体が入っている
- 体内にガスを貯めておける (ガスを出した後)

連想

飛行船

風船

連想

連想例

ジェット風船

(@阪神甲子園球場)

ジェット風船

類比発想による手段の膨らまし (再展開)

体から何か出す圧力で移動する

下位 (別手段)

水を出す

上位概念

ガスを出し移動

ガスを出し浮く

足の先から空気を出している

ガスを出して進む (ガスを貯めて浮く)

連想



川や湖などの水辺の様子を思い浮かべる

「水辺」のシーン展開による手段の補充

日常生活シーン・環境・行動の洗い出しで新たな気付きを与える

始めに

目論見

仮説立案

○○○

確認

実証実験

父親

最後

水辺のシーン想像

手段に置換え

シーン例1

水切り



水面をジャンプ

水面を飛んでるから

シーン例2

コバンザメ



他のものに乗る

他の物にのる
ことで 泳 + 移動

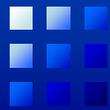
シーン例3

アイススケート



水を足で凍らせ滑る

水を足で凍らせて滑る
その上を滑る



強み弱み分析

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

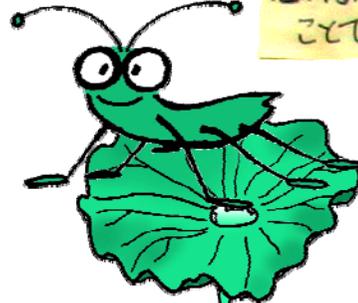
確認

実証実験

父親

最後

各手段の強み弱みを客観分析

水面でのあらゆる浮上手段、移動手段 なぜなぜロジックツリー	その原理を 使っているもの	強み弱み分析	
		長所	短所
<p>足の先から水を出している 体下の空洞にあたる穴は足の下(裏側)から水を出して浮いている</p> <p>プロペラ回すので下に風を送って浮く</p> <p>表面張力を使っている</p> <p>広くてうすい足で浮く</p> <p>他の物にのることで浮く+移動</p> <p>水を足でポンプにこらせてその上をすべる</p> <p>蓮の葉にのっている</p> <p>別の生物が足のうらで泳いでいる</p> <p>つねに足の油を出していてその上をすべっている</p> 	<p>ヘリコプター-竹とんぼ</p> <p>コバンザメ</p>	<p>水はたぐりあがるから出しっぱなし</p> <p>バランスがとれやすい</p> <p>バランスがとれやすい</p> <p>自分とはたぐりあがる</p>	<p>赤い付箋</p> <p>ものすごいいきおいで出しっぱなし</p> <p>バランスがとりにくい</p> <p>他の物にひかかると落ちる</p> <p>進みたい方向に進めない</p> <p>足をとられる</p>
		青い付箋	赤い付箋



仮説原理(手段)候補の選定、結合

始めに

目論見

仮説立案



確認

実証実験

父親

最後

なぜアメンボは水面に浮き、移動できるのか

なぜアメンボは水面に浮き、移動できるのか	その原理をなぜゼロジックツリーを使っているもの	強み弱み分析	長所	短所	判
なぜ浮けるか	飛行船 風船	絶対浮ける 絶対浮ける	特殊な材料		
なぜ移動できるか	コバンザメ	自分自身で泳ぐ	進み、方向に進む	足もとられる	
なぜ移動できるか	モーター 魚 せん	移動する手段2つ			
なぜ移動できるか	ジェット風船 ヤゴ	移動する手段2つ			
なぜ移動できるか	ヨット かさ舟				
その他	トビウオ 水きり				

アメンボとして必要な条件

- 軽くなければいけない
- 体も小さく細いので複雑な構造はない
- 自由に移動方向を変えることができる

浮く手段2つ(1つに統合)

移動する手段2つ

強み弱みの網羅的な俯瞰により候補手段に投票

投票用紙

合わせる、毛の間の空気と強くた水をはく力で浮かせようだから

2つの手段の結合



自分なりの仮説類論づくり

始めに

目論見

仮説立案



確認

実証実験

父親

最後

水に浮くには？

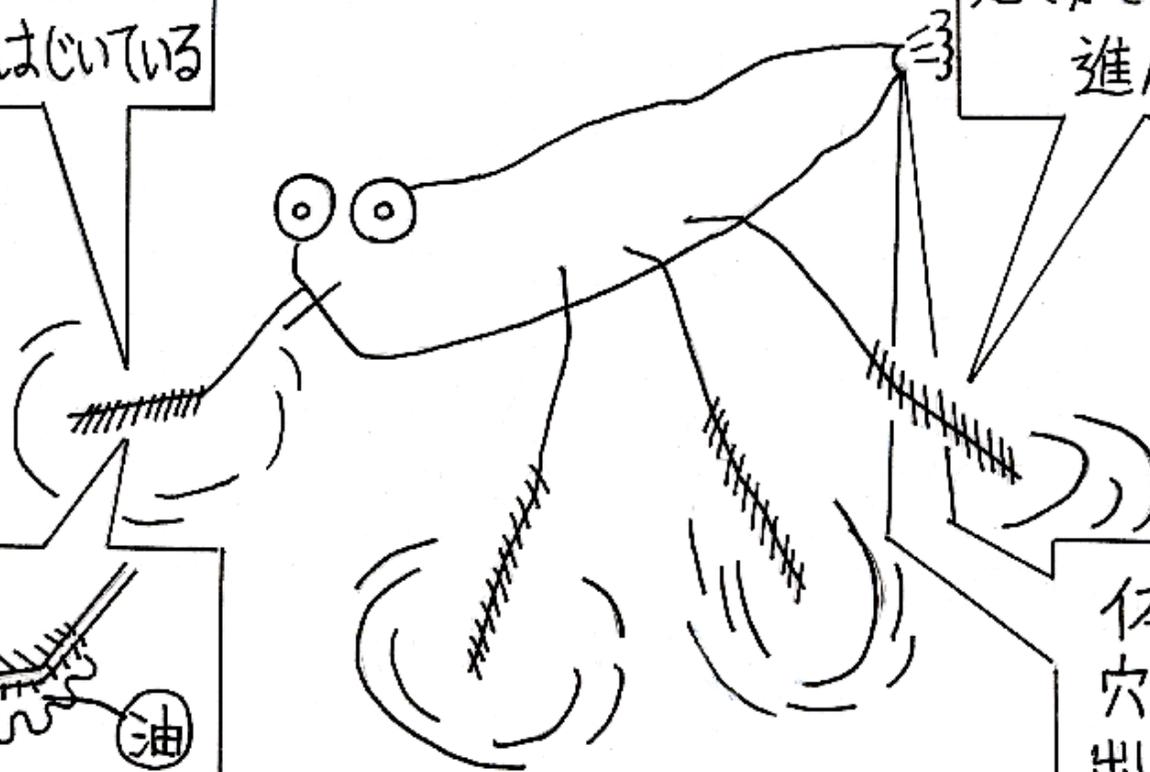
① 足の毛で水をはじいている

② 油もついている

水面を移動するには？

① 足で水をかいて進んでいる

② 体に空いている穴から空気を出して進んでいる





本当の原理を確認

始めに

目論見

仮説立案

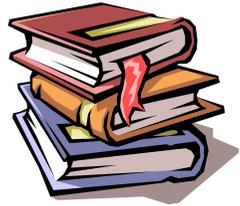
〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

最後



ここで初めて、図書館で事実を調べた

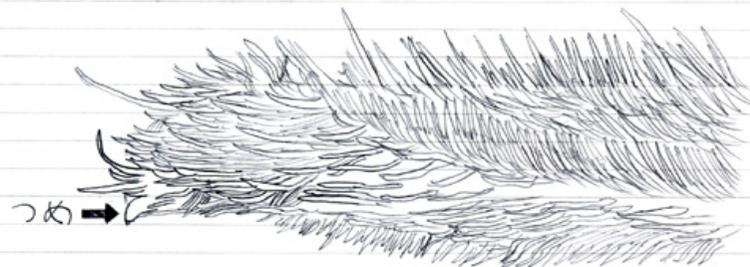
水に浮くには？

- ・足に細かい毛が生えている
- ・足から油が出ている
- ・とても軽く、約40mgしかない

だから表面張力をこわさないので
水面に立つように浮くことができる

(図1)

アメンボの足図



つめが足先からましくまれているので、表面張力をこわさずにいられる

水面を移動するには？

- ・中足をボートのオールのように動かしている
- ・左右の後ろ足の広げかたを変えて
進む向きを調整する

(図2)

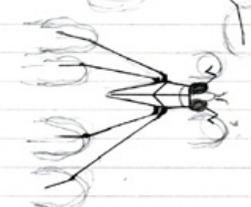
アメンボの進む手順

1



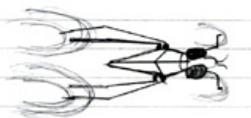
・中足を、横に大きく広げる

2



・中足でオールのように
水を後ろにかく

3



・中足をまっすぐ後ろまで
かくと、体が前に進む



自分で考えた仮説推論を確認

始めに

目論見

仮説立案

○○○○○

確認

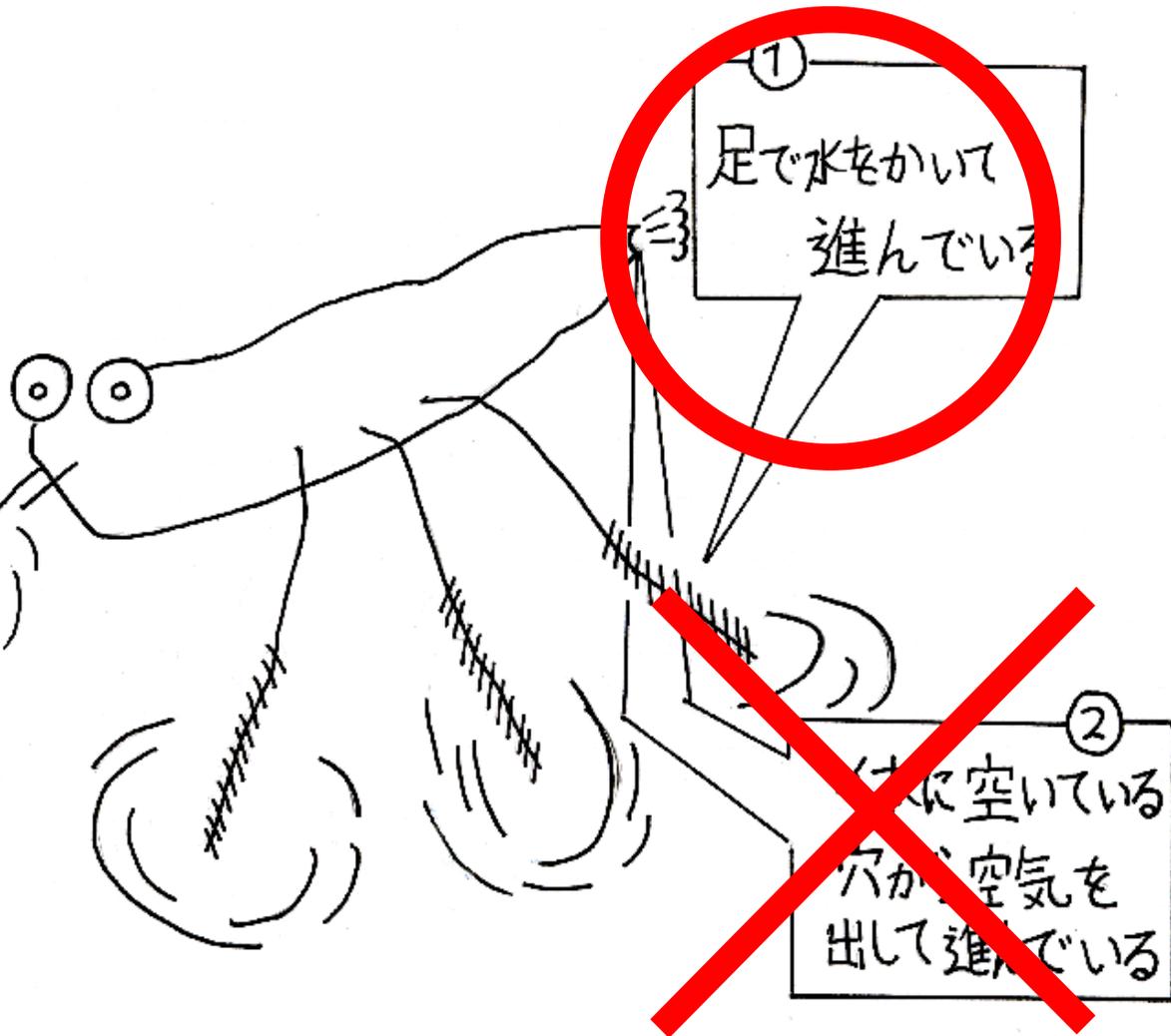
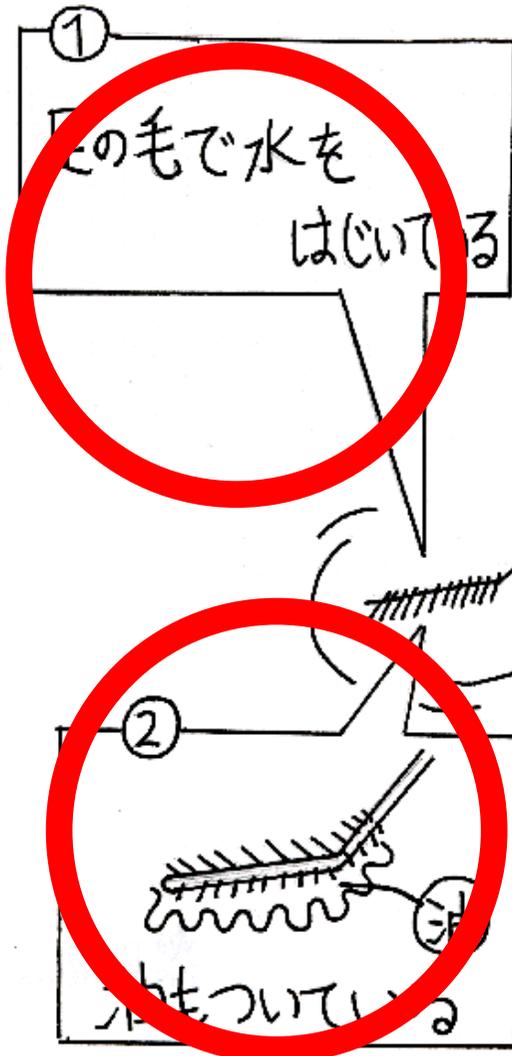
実証実験

父親

最後

水に浮くには？

水面を移動するには？





なぜなぜ展開 ロジックマップの全体

始めに
目論見
仮説立案 ○○○○
確認
実証実験
父親
最後

評価基準

水に浮く手段

なぜなぜ展開

水上移動の手段

なぜアメンボは水面に浮かぶ移動できるのか

アメンボとして必要な条件
軽くなければいけない 浮く力も必要 自由に移動できるようにする必要がある

なぜなぜ展開	その原理も使っているもの	強み弱み分析	自分の推論	調査結果
なぜ浮かぶか		長所	短所	判定理由
飛行船	飛行船	絶対浮かぶ	特殊な燃料	正解
風船	風船	絶対浮かぶ	たいていやりしらすかきかたはいい	正解
コバンザメ	コバンザメ	自分も泳ぐ	泳力がある	不正解
モーターボート	モーターボート	泳力がある	泳力がある	不正解
魚	魚	泳力がある	泳力がある	不正解
風船	風船	泳力がある	泳力がある	不正解
水上に浮かぶ	水上に浮かぶ	泳力がある	泳力がある	不正解
体から何かを出して移動する	体から何かを出して移動する	泳力がある	泳力がある	不正解
水の流れる	水の流れる	泳力がある	泳力がある	不正解
その他	その他	泳力がある	泳力がある	不正解

MAP全体写真

強み弱み分析

強み内容
弱み内容

最良の仮説への投票とその理由

投票用紙

真の原理と説明

真の原理

仮説の確認

正解
不正解



原理メカニズムの深い分析と理解

アメンボの「プロダクト分析」を実施

始めに

目論見

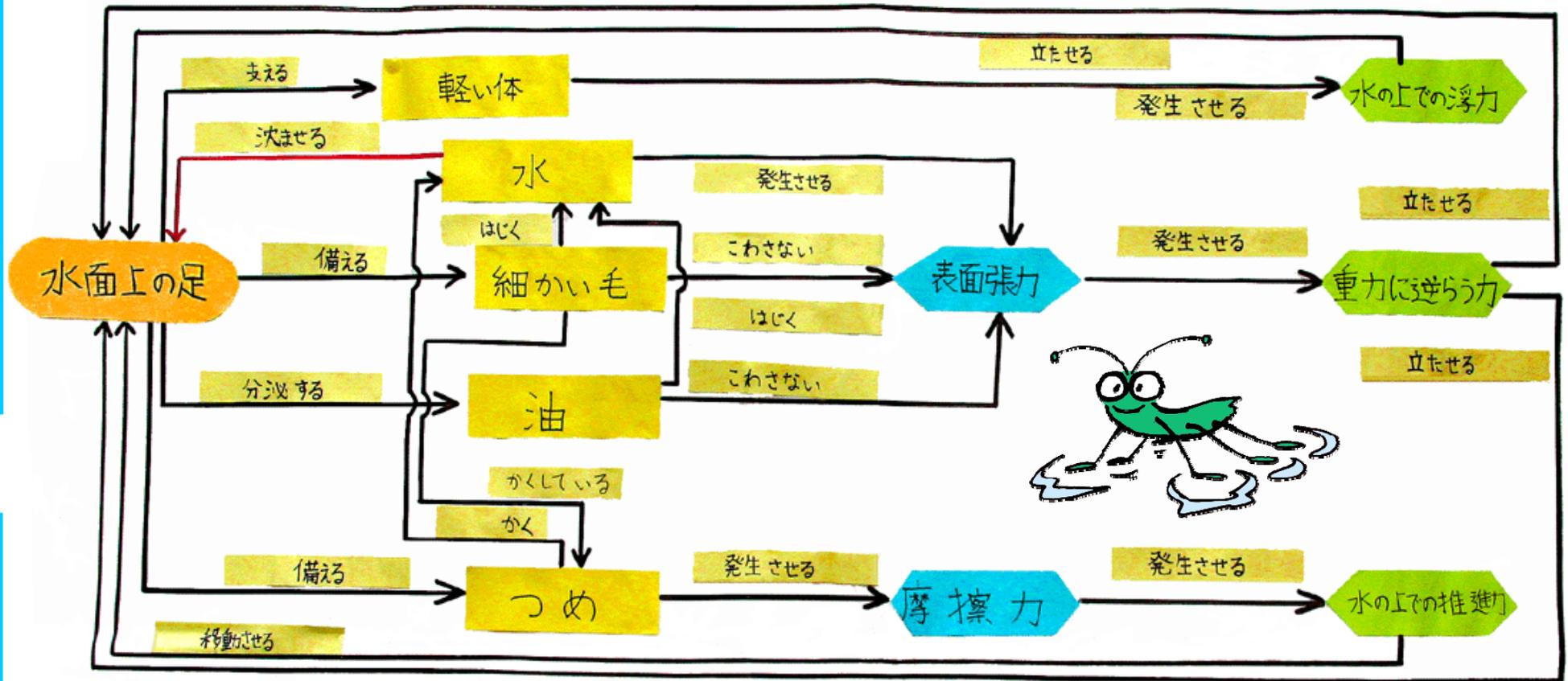
仮説立案 ○○○○

確認

実証実験

父親

最後



アメンボのプロダクト分析



試作のためのリソース洗い出しと選定

始めに

目論見

仮説立案

○○○○

確認

実証実験

父親

最後

SFRで、身近な試作材料をリストアップ 父子の投票で材料を決定

- 身近にありタダで今すぐ手に入るもの
- うち、材料として活用は難しそうなもの
- 子(太一郎)が良いと思った材料
- 親(克也)が良いと思った材料

条件	材料							
浮力を発生させる 軽い体重 → 軽い物	● 発泡スチロール	綿	● 紙	● ストロー	● スターチスのドライフラワーの くき			
	● バルサ材	● ビニール	● スポンジ	● アルミホイル	● レース			
表面張力をこわさない 細か毛 → 細かい毛がはえる もの	● シヤトル	● モール	● 歯ブラシ	● はたき	● トウモロコシ	● ねこじゃらし	アザミの 葉っぱ	
	● 桃の表面の毛	● アオちゃん(インコ) の毛(羽根)	● 毛糸	● ぬいぐるみ	● 羽根ぼうき	● 筆	● コップで洗ったガラス	
表面張力をこわさない 油 → 油のついてるもの	● 防水スプレー	● お刺身の トレイ	● フッ素					
体をまえる軽くて 丈夫な足	● モール	● 導線	● ストローを切ったもの	● マツの葉				
	● ブラシの毛 (1本だけ抜く)	● ストロー	● 羽根ぼうきの くき(骨)の部分	● 細かい針金				

試作材料のリソース(使えるもの)洗い出し
(タダで今すぐ手に入るもの・身近にあるもの)

● (身近にある)
タダで今すぐ手に入るもの

● 自分かいいと思ったもの

● 父かいいと思ったもの



原理モデルの設計

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

最後



息子

選んだ材料で設計図づくり

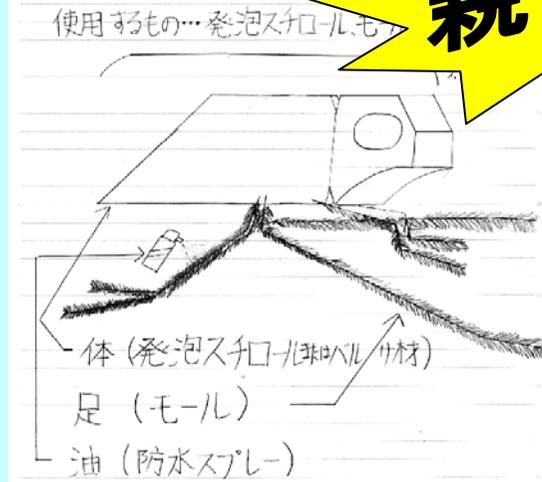


父親

親子対決!



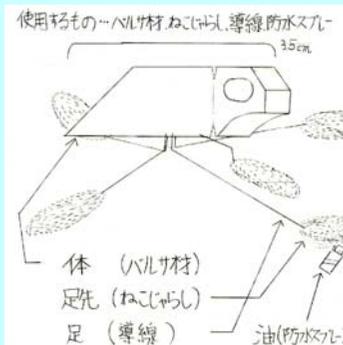
- 発泡スチロール
- モール
- モール
- 防水スプレー



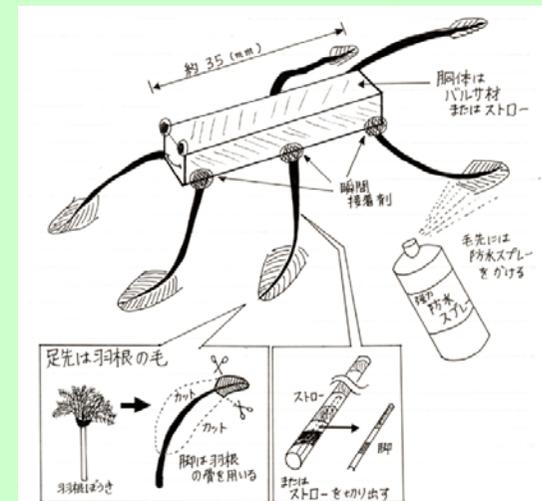
第1案

第2案

- ハルサ材
- 導線
- ねこじらし
- 防水スプレー



- ハルサ材
- 羽根ぼうき
- 羽根ぼうきのくき(骨)の部分
- 防水スプレー





水に浮くか？ 実験！

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

最後



息子に軍配！

息子



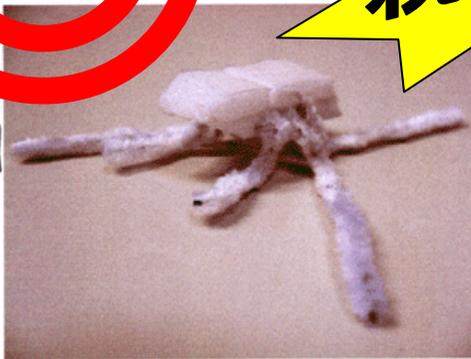
父親

親子対決！

太一郎作 No.

表面張力を利用していることが、水のまわりのへこみからできる影でよく分かった。

横から見ても、水面に立っているように見えた。また長時間浮いられなかった。ワモっぽい体は別として、バランスがいいので気に入っている



は発泡スチロール

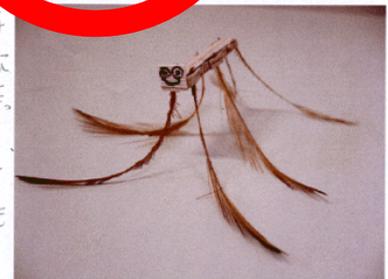


うまく浮いた

※ 第2案は「ねこじゃらし」固定困難で断念

父がバルサ材(発泡スチロールのような木材)を体に羽根ぼうきを足にして作った。足が長すぎて、僕の作った2つと比べると背がとても高い。そのためバランスがとても悪く、30秒ほどでものすごくかたむく。アメンボにはバランスも必要なことははっきり分かる作品だ。

僕は顔がへんなので、あまり気に入っていない。



流れかたむきバランスの悪い状態のアメンボ



そこそこ浮いた



イジワル実験による原理確認

始めに

目論見

仮説立案

○○○○

確認

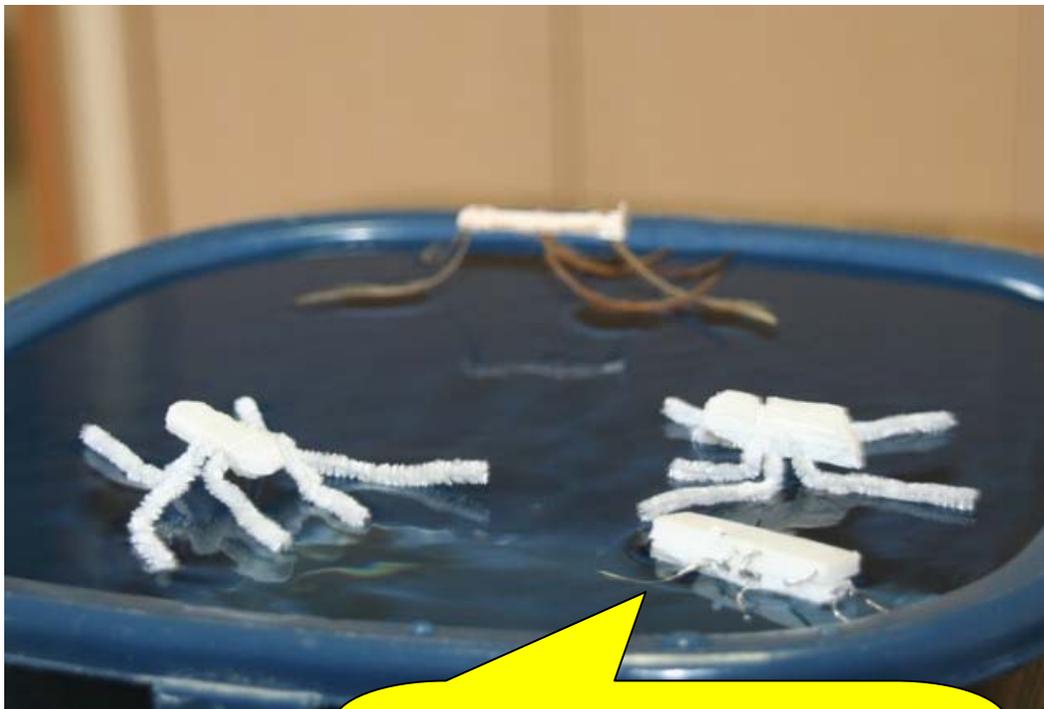
実証実験

父親

最後

本物と同じ原理で浮いている事を確認

Q) 本当に毛が無いアメンボは
水面に浮けないのか？



Right

足に毛の無いアメンボ
モデルだけは、水面に
立つことができない

Q) 表面張力を壊すと
アメンボは沈むか？



中性洗剤を少量垂らす

Right

立っていた
アメンボモデルも
沈んでしまう

物理矛盾優先による原因分析

新たな気づき(良い水質が必要)が得られた

始めに

目論見

仮説立案

確認

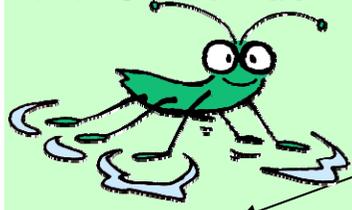
実証実験

編

父親

最後

(1)原因分析



水面上に上手く立てない

技術的矛盾(TC)

新たな気づき

物理的矛盾(PC)

上手く立てるようにする

悪化するもの

足の体積(面積)が小

足の体積(面積)が大

体の大きさが大

支える体重(比重)が重い

支える体重(比重)が軽い

撥水性が低い

撥水性が高い

体のつくりが複雑になる

表面張力が弱い

水の表面張力が強い

水の綺麗さ(不純物)

(2)実際の解決策

比重で浮くのではなく、表面張力で突っ張る

体重は約40mgと大変軽い

毛を生やす
油を分泌する

水質の良い水辺に生息する

(New)

(出展) 「Hierarchal TRIZ Algorithms」 Larry Ball (Honetwell, USA), 第3回TRIZシンポジウム2007 論文集 P.77

リバースTRIZのための問題のモデル化

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

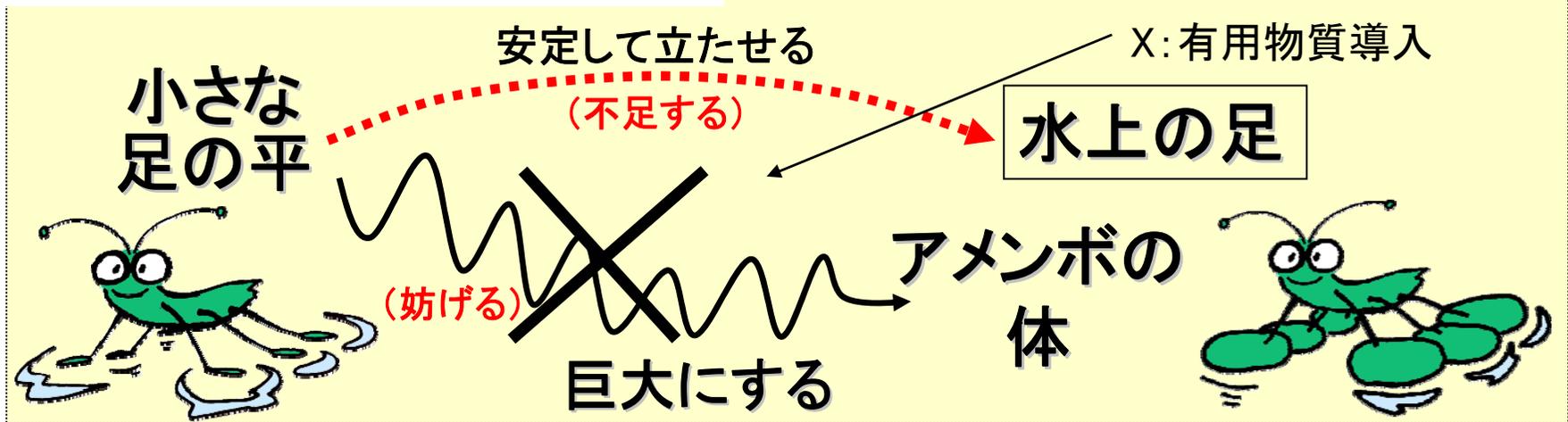
実証実験

父親編

最後

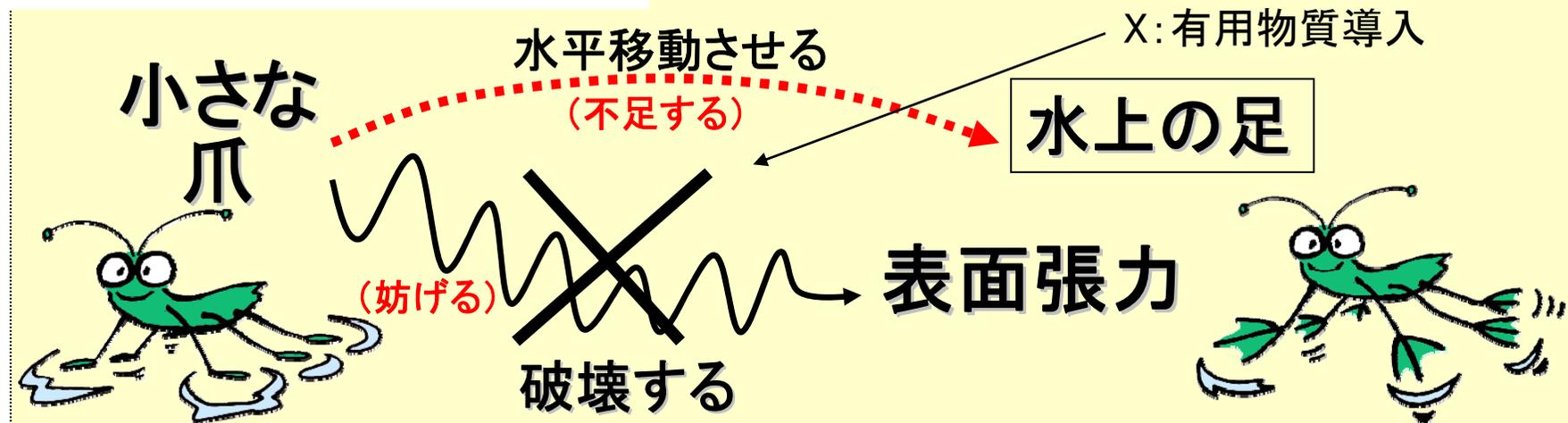
モデル-1 (水面に立つ)

足先を大きくして、浮き輪にして浮かぶ

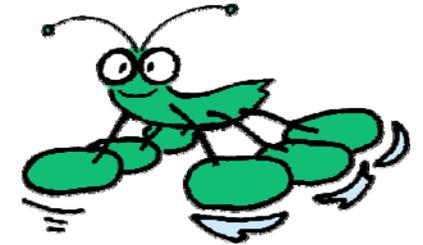


モデル-2 (水面移動)

足先にヒレ(爪)をつけて水面をかく



なぜアメンボは水面に立てるのか？



始めに

【改善したいこと】

足で水の上に安定して立ちたい

【簡単なアプローチ】

足先を大きくして、浮き輪にして浮かぶ

目論見

EC1

改善すること

足や体を小さくできる

悪化すること

安定し水に浮けない

7 移動物体の体積

27 信頼性

14. 曲面原理

1. 分割原理

足先構造を、毛レベルまで細分化する。

40. 複合材料原理

足先に毛を生やす。

11. 事前保護原理

油を分泌し、毛の撥水性をより高める。

EC2

改善すること

安定して水に浮ける

悪化すること

足先が巨大になる

27 信頼性

7 移動物体の体積

3. 局所性質原理

着水する足先に毛を生やして、撥水性を高める。

24. 仲介原理

足(爪)が水の表面張力を壊さない様に、足と水の間、毛と油を利用する。毛と毛の間にある空気も利用する。

仮説立案

確認

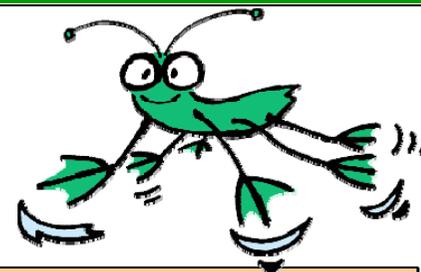
実証実験

父親編

最後

実際の『立つ原理』は、TRIZ発明原理から証明できる

なぜアメンボは水面で移動できるのか？



始めに

【改善したいこと】

足を使って水の上で水平移動したい

【簡単なアプローチ】

足先にヒレ(爪)をつけて水面をかく

目論見

EC1

EC2

改善すること

表面張力を壊さない

悪化すること

上手く進めない

改善すること

上手く進める

悪化すること

表面張力が壊れる

11 応力または圧力

15 移動物体の動作時間

15 移動物体の動作時間

11 応力または圧力

19. 周期的作用原理

中足をオールのように後ろに掻いて進む。

3. 局所性質原理

毛先に隠れた爪が、水面の表面張力を破壊することなく水をかく。

27. 「高価な長寿命より安価な短寿命」の原理

?????

なんだ？
これは？

3つ目の発明原理は何を意味するか？

仮説立案

確認

実証実験

父親編

最後

なぜアメンボは水面で移動できるのか？

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親編

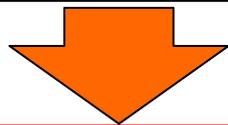
最後

MIT が、この3番目の原理の謎を解明していた！

(マサチューセッツ工科大学)

(右記ホームページより抜粋)

As the insect rests on the surface, the tips of its thin legs create miniscule valleys. It sculls the middle set of its three pairs of legs like oars, causing the water behind those legs to propel it forward as the surface of the valley rebounds like a trampoline.



27. 「高価な長寿命より安価な短寿命」の原理

足が水面を押す時の水の窪みの反動をトランポリンの様に利用して、移動する。

<http://web.mit.edu/newsoffice/2003/robostrider.html>

massachusetts institute of technology

MIT news

Go advanced search

news

recent
research
campus
by topic
events
archives
in the news

subscribe

about us
news office info
MIT background
contact



MIT leaps to solution of walking-on-water mystery

August 6, 2003

CAMBRIDGE, Mass.--MIT researchers report in the Aug. 7 issue of Nature that they now understand how the insects known as water striders skim the surface of ponds and oceans.

...ad...ed Robostrider, a mechanical water dynamics to move, although not as natural counterpart.

...e locomotion of these (erridae and others) is poorly ... associate professor of mathematics ... addition to water striders, he ... to other surface

...ider ... a 1993 problem known as Denny's paradox ... been thought that water striders moved by creating waves that push ... forward. Stanford University marine biologist Mark W. Denny pointed out that, theoretically, baby water striders could not swim because their legs weren't fast enough to create waves. But in fact, newly hatched water striders row across the surface just as well as adults.

"Denny's Paradox called out for a careful experimental investigation," Bush said.

Using mathematics, high-speed photography and a variety of flow visualization techniques, Bush, mathematics graduate student David L.

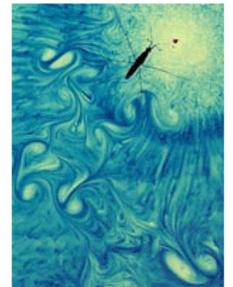


Photo / John Bush, David Hu, Brian Chan

A water strider passes over a layer of water that has been dyed blue and lit from below, illuminating the stopping vortices shed during the deceleration phase of the strider's motion.

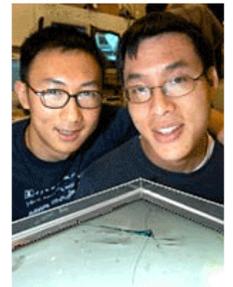


Photo / Denny Soyars



実際の『移動原理』も、TRIZ発明原理から証明できる



息子と父の言い分 ..!?

始めに

目論見

仮説立案

○○○○

確認

実証実験

父親

最後

「批判厳禁!」なので、
いつもより優しく習えた…?!

最先端の手法を使って
自由研究ができた!
おかげで
賞も受賞できた!

息子の取組み成果を
発表に使える!

「課題さえあれば、
中学1年生(の宿題)にも
TRIZは上手く使える」
と仲間に言うことができる!



win
win





まとめ、提案

始めに

目論見

仮説立案

〇〇〇〇

確認

実証実験

父親

最後



**TRIZは
課題さえあれば
どんな事にも活用できる！**

**形式にこだわらず
もっと柔軟な活用をしよう**



**好奇心
探究心
考えるちから！**

**TRIZに触れさせよう
小中学校の時代から**





太一郎(第1筆者)からのご挨拶



始めに

目論見

仮説立案
○○○○

確認

実証実験

父親

最後

