

生きてる！動いて感動！iPS心筋シート

宮崎市立 大塚小学校

5年 大曲 悠歌

1 研究のきっかけ

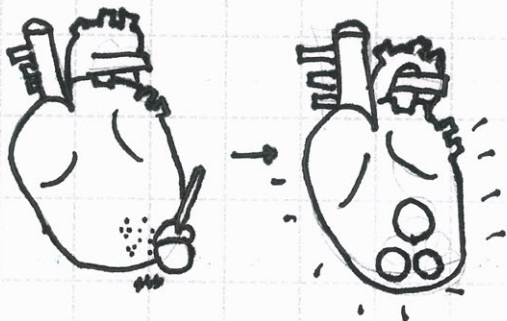
私は夏休み大阪・関西万博へ行きました。大阪ヘルスケアパビリオンで心筋シートを実際に見てきました。動いている姿に感動し、生きていると実感。とてもかわいいと思いました。

1



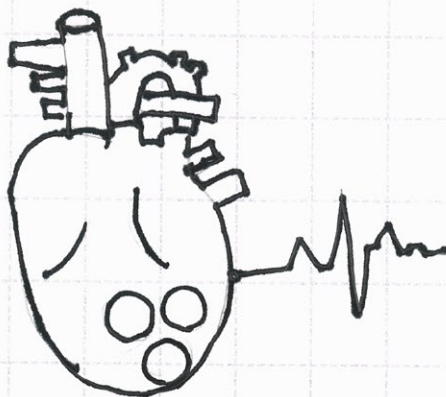
i P S細胞を培養して増やし、心筋細胞に成長させます。数億個の心筋細胞から、細胞シート技術で直径数センチ・厚さ0.1ミリの心筋細胞を作ります。

2



弱った心臓に、心筋シートを1回の移植で**3枚貼り付け**心臓の拍動を助けます。

3



心筋シートが心臓の動きを回復させます。

【参照 8月1日大阪ヘルスケア内の展示パネル】

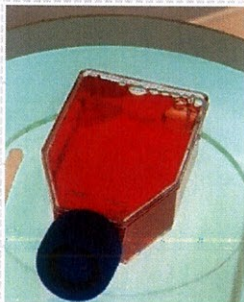
心筋シートの展示は三つありました。心筋シートはそれぞれ違う動きをしていました。心筋シートを1回の移植で3枚貼り付け心臓の拍動を助けます。と書いてありました。違う動きをしている心筋シートを貼ったときにどのようなのか不思議に思い、観察・研究をしたいと思いました。

2 研究内容・方法

- ① 実際に撮影してきた心筋シートの拍動の間隔や様子を観察
- ② インターネット上にある心筋シートの動画をみて拍動の間隔や様子を観察
- ③ 家族の心拍数を調べ、心筋シートの動きと比べる
- ④ 心筋シートや心筋シートの動きについてインターネットで調べる。
- ⑤ 心臓と心筋シートの動きをフワフウドームで飛んでみて観察、体感する。

①

a.

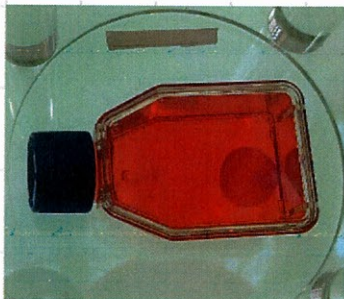


a.8月1日14時29分 19秒間撮影 6回拍動

	1回	2回	3回	4回	5回	6回
秒後	1	4	7	10	13	16
拍動の間隔	-	3	3	3	3	3

両端がくっつくくらい元気に動く、羽ばたいているように動くので時々浮く

b.

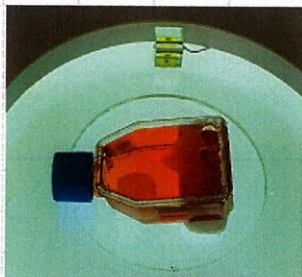


b.8月1日14時30分 17秒間撮影 5回拍動

	1回	2回	3回	4回	5回
秒後	4	8	11	14	17
拍動の間隔	-	4	3	3	3

動く間隔はaとほぼ一緒ですが、動きかたがaより少ない

c.



c.8月1日14時31分 12秒間撮影 2回拍動

	1回	2回
秒後	3	11
拍動の間隔	-	8

動く間隔がa.bに比べて倍以上の間隔になっている。bよりも動きが弱い、動く間隔が倍になったのではなく、動きが小さく観察できなかったのかもしれない

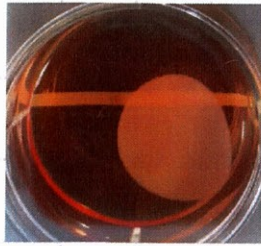
【大阪ヘルスケアパビリオン内にて撮影】

①で観察した三つの心筋シート(a.b.c)を比べると、それぞれ動きの違いや、拍動の間隔の違いがあることがわかりました。a.bの拍動の間隔は3～4秒くらいでした。cの拍動の間隔は8秒でした。もともとの違うのか、寿命みたいなものがあるのか、環境によってちがうのかなど動きの違いがきになりました。

②

d.

d .27秒間の動画で12回拍動

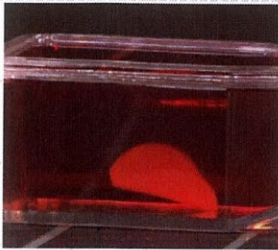


	1回	2回	3回	4回	5回	6回	7回	8回	9回	10回	11回	12回
秒後	1	3	5	7	9	12	14	16	18	20	22	23
拍動の間隔	-	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1

【クオリプス株式会社 <https://cuorips.co.jp/technology/>】

e.

e.35秒間の動画(動画内3:03~3:38まで)で23回拍動



	1回	2回	3回	4回	5回	6回	7回	8回	9回	10回	11回	12回
秒後	0	1	3	4	6	8	9	11	13	14	16	17
拍動の間隔	-	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1



	13回	14回	15回	16回	17回	18回	19回	20回	21回	22回	23回
秒後	19	20	22	23	25	27	28	30	31	33	35
拍動の間隔	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2

【自らピクピクと…なぜ動く?“世界初”iPS細胞「心筋細胞シート」で心臓の機能回復
開発者がスタジオ解説「第一歩が踏み出した」news23 | TBS NEWS DIG
<https://youtu.be/HymomQ2nV6s?si=Wt0DgHCrsxsRNpc1>】

②拍動の間隔はdがおよそ2.25秒、eがおよそ1.52秒でした。動きもよく動くたびに浮く様子が見ることができました。①と②を比べても、それぞれ違う動きをしていることがわかりました。実際の心臓の拍動がどのくらいなのか気になりました。

③ 家族の心拍数を調べました。

70代男性	心拍数	73(安静時62)	安静時	0.97	秒間隔
70代女性	心拍数	84(安静時67)	安静時	0.90	秒間隔
50代男性	心拍数	96(安静時70)	安静時	0.86	秒間隔
40代男性	心拍数	67(安静時70)	安静時	0.86	秒間隔

家族の心拍数の間隔は1秒未満でした。心筋シートは早くても1秒を超えていました。弱った心臓の拍動を助けると書いてあったので心臓より心筋シートの拍動の間隔が短いと思っていましたが、家族の心拍数は心筋シートより間隔が短いことがわかりました。弱った心臓というのは、拍動の間隔だけではわからないのかも知れないと思いました。

- ④ 心筋シートは自然に心臓に接着し、わずか10～15分で固定されます。移植から約6時間後には、患者さんの心臓の表面からシートの中に血管が伸びていきます。すると、今度はシート側からも治癒に役立つ物質が放出され、相互に助け合うかたちで心臓の回復が進みます。心臓は、無数の心筋細胞がリズムよく一体となって動くことで、全身に血液を送り出しています。実は、心筋細胞は一つひとつが自発的に拍動する力を持っていますが、集まると、最も強い電気信号を出す細胞のリズムに合わせて、まるでオーケストラのように協調して動く性質があります。この仕組みを体の外で再現したのが、「心筋細胞シート」です。

【クオリプス株式会社 <https://cuorips.co.jp/technology/>】

④で心筋シートが同期することが書いてありました。協調して動く性質のものが他にはないのか算数(数式)で表せないか探してみました。

「同期現象」とは

周囲の影響を受けながら、徐々に足並みが揃う現象

同期現象を説明する代表的な「蔵本モデル」

現象の例	初夏の夜にホテルが一斉に点滅する様子
	メトロノームが同じタイミングで揺れ始める
	観客の拍手
	心臓の細胞がリズムを合わせて拍動する動き

「蔵本モデル」

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N \sin(\theta_j - \theta_i) \quad i=1, \dots, N$$

【<https://mattyuu.hatenadiary.com/entry/2017/01/08/211848>】

【https://nttdocomo-developers.jp/entry/2024/12/08/090000_1】

心臓も心筋シートも、それぞれが違うリズムで拍動しています。しかし、心筋シートを心臓に貼ることで、これらの振動子（心筋シートと心臓）は互いに信号を送り合います。位相差を徐々にゼロに近づけるように働き、最終的にすべての振動子が同じリズムで拍動する「同期」という現象を引き起こすことがわかりました。同期現象を数式で表せることはわかりましたが数式を理解することはできなかったのが、心臓と心筋シートのように別々の動きを同期するというのを体感できないか考えました。

⑤



1回目

	7秒後	8秒後	9秒後	10秒後	11秒後	12秒後	13秒後	14秒後	15秒後	16秒後	17秒後	18秒後	19秒後	20秒後	21秒後	22秒後
ゆうか	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓
たまき	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓

2回目

	7秒後	8秒後	9秒後	10秒後	11秒後	12秒後	13秒後	14秒後	15秒後	16秒後	17秒後	18秒後	19秒後	20秒後	21秒後	22秒後
ゆうか	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓
たまき	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓
	23秒後	24秒後	25秒後	26秒後	27秒後	28秒後	29秒後	30秒後	31秒後	32秒後	33秒後	34秒後	35秒後	36秒後	37秒後	38秒後
ゆうか	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑
たまき	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↑

3回目

	23秒後	24秒後	25秒後	26秒後	27秒後	28秒後	29秒後	30秒後	31秒後	32秒後	33秒後	34秒後	35秒後	36秒後	37秒後	38秒後
ゆうか	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓
たまき	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓
げんと	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

2人の場合は2～3秒で同期し、3人の場合は同期するのに6～10秒かかりました。「無意識に相手の感覚をつかんでしまう」「違うリズムにしようとしても同じになってしまう」

3 研究の感想

今回の研究で、心臓や心筋シートの動きが、算数や数学で説明できるという発見は、私にとって大きな喜びでした。これからも、もっと算数や数学を学び、今回理解できなかった数式をいつか解き明かしたいです。そして、将来は、心筋シートのように人の命を救うような研究に、算数や数学の力を活かしたいと強く思うようになりました。