

# ハプティックデバイス開発のあれこれ

## SPIDER VS. SPIDAR

東京工業大学  
精密工学研究所  
佐藤 誠

2016.3.25 3Dフォーラム第115回研究会

# S/Space Interface Device for Artificial Reality

## SPIDAR

1984 - 2016



(2002)

### 講演の内容

1. SPIDAR vs. SPIDER	アラクノフォビア	
2. SPIDAR-One	キムラグモ	生きている化石
3. SPIDAR-Human scale	ズダカグモ	最大のクモの巣
4. SPIDAR-Eight	ナヤグモ	器用な巣作り
5. SPIDAR-Grip	オオツチグモ	最強のクモ
6. SPIDAR-Inner strings	トタテグモ	地中生活するクモ
7. SPIDAR-AHS	サバクアシダカグモ	変形するクモ
8. SPIDAR-Wearable	コモリグモ	子育てクモ
9. SPIDAR-Single string	ナゲナワグモ	ミニマルなクモ
10. SPIDAR-ABC	アラクノマニア	

### 講演の内容

<b>1. SPIDAR vs. SPIDER</b>	<b>アラクノフォビア</b>	
2. SPIDAR-One	キムラグモ	生きている化石
3. SPIDAR-Human scale	ズダカグモ	最大のクモの巣
4. SPIDAR-Eight	ナヤグモ	器用な巣作り
5. SPIDAR-Grip	オオツチグモ	最強のクモ
6. SPIDAR-Inner strings	トタテグモ	地中生活するクモ
7. SPIDAR-AHS	サバクアシダカグモ	変形するクモ
8. SPIDAR-Single string	ナゲナワグモ	ミニマルなクモ
9. SPIDAR-Wearable	コモリグモ	子育てクモ
10. SPIDAR-ABC	アラクノマニア	

### 講演の内容

1. SPIDAR vs. SPIDER	アラクノフォビア	
<b>2. SPIDAR-One</b>	<b>キムラグモ</b>	<b>生きている化石</b>
3. SPIDAR-Human scale	ズダカグモ	最大のクモの巣
4. SPIDAR-Eight	ナヤグモ	器用な巣作り
5. SPIDAR-Grip	オオツチグモ	最強のクモ
6. SPIDAR-Inner strings	トタテグモ	地中生活するクモ
7. SPIDAR-AHS	サバクアシダカグモ	変形するクモ
8. SPIDAR-Wearable	コモリグモ	子育てクモ
9. SPIDAR-Single string	ナゲナワグモ	ミニマルなクモ
10. SPIDAR-ABC	アラクノマニア	

## キムラグモ ハラフシグモ Heptathela kimurai

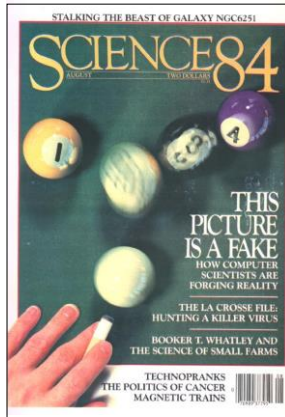


日本蜘蛛学会

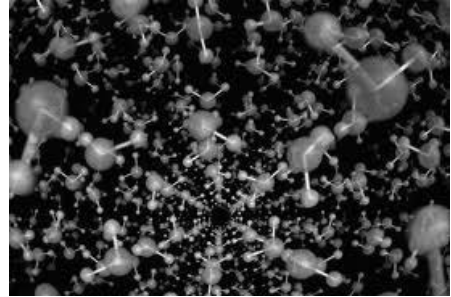
ハラフシグモ科のクモたちは大昔の体の特徴をいまだに身につけている“生きている化石”

## SIGGRAPH1984

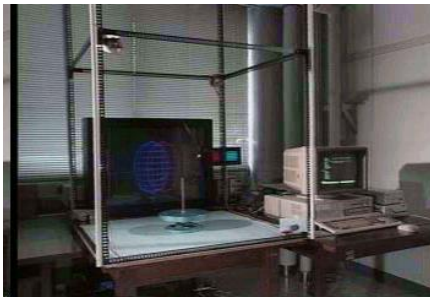
Distributed Ray Tracing  
Robert L. Cook, Thomas Porter,  
Loren Carpenter  
July 1984



## 科学万博つくば '85 ザ・ユニバース 富士通館 1985



## SPIDAR-One



## SPIDAR-Double



### 講演の内容

- |                              |              |                |
|------------------------------|--------------|----------------|
| 1. SPIDAR vs. SPIDER         | アラクノフォビア     |                |
| 2. SPIDAR-One                | キムラグモ        | 生きている化石        |
| <b>3. SPIDAR-Human scale</b> | <b>ズダカグモ</b> | <b>最大のクモの巣</b> |
| 4. SPIDAR-Eight              | ナヤグモ         | 器用な巣作り         |
| 5. SPIDAR-Grip               | オオツチグモ       | 最強のクモ          |
| 6. SPIDAR-Inner strings      | トタテグモ        | 地中生活するクモ       |
| 7. SPIDAR-AHS                | サバクアシダカグモ    | 変形するクモ         |
| 8. SPIDAR-Wearable           | コモリグモ        | 子育てクモ          |
| 9. SPIDAR-Single string      | ナゲナワグモ       | ミニマルなクモ        |
| 10. SPIDAR-ABC               | アラクノマニア      |                |

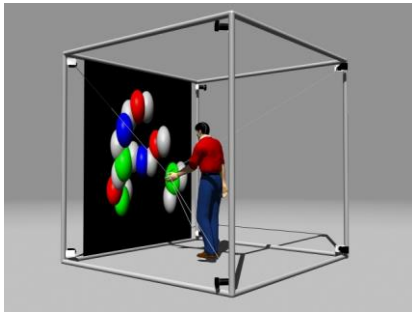
## ダーウィン ズダカグモ

Darwin's Bark spider *Caerostris darwini*

- 2010年にマダガスカル東部のトアマシナにあるアンダシベ・マンタディア国立公園(英語版)で発見された
- 『種の起源』出版から150周年目に発見されたことに因んでこの名がつけられた
- コガネグモ科に分類されるクモ
- これまでに知られている生物が生成する物質の中では最も頑丈で、同じサイズのケブラーの約10倍の強度である。
- 網の幅はおよそ25メートル、面積は2.8平方メートルにおよぶ
- クモ一匹が造る網としては世界最大である



### SPIDAR-Human scale



### SPIDAR-H



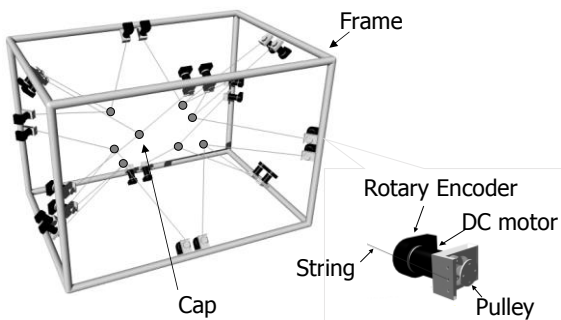
### SIGGRAPH97 Human-scale Haptic Interaction



#### 講演の内容

- |                         |             |               |
|-------------------------|-------------|---------------|
| 1. SPIDAR vs. SPIDER    | アラクノフォビア    |               |
| 2. SPIDAR-One           | キムラグモ       | 生きている化石       |
| 3. SPIDAR-Human scale   | ズダカグモ       | 最大のクモの巣       |
| <b>4. SPIDAR-Eight</b>  | <b>ナヤグモ</b> | <b>器用な巣作り</b> |
| 5. SPIDAR-Grip          | オオツチグモ      | 最強のクモ         |
| 6. SPIDAR-Inner strings | トタテグモ       | 地中生活するクモ      |
| 7. SPIDAR-AHS           | サバクアンダカグモ   | 変形するクモ        |
| 8. SPIDAR-Wearable      | コモリグモ       | 子育てクモ         |
| 9. SPIDAR-Single string | ナゲナワグモ      | ミニマルなクモ       |
| 10. SPIDAR-ABC          | アラクノマニア     |               |

### SPIDAR-Eight



### SPIDAR-8



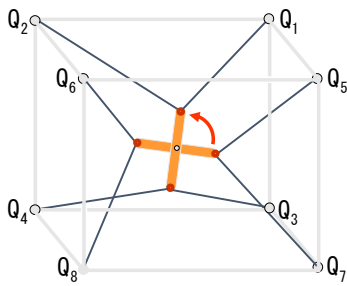
## Virtual Rubik Cube



## 講演の内容

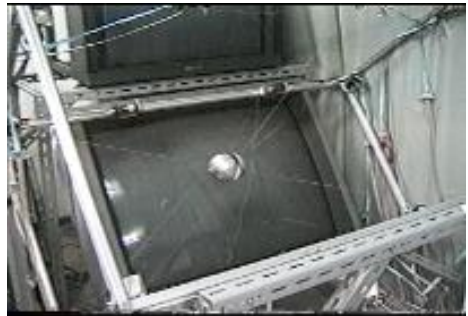
- |                         |               |              |
|-------------------------|---------------|--------------|
| 1. SPIDAR vs. SPIDER    | アラクノフォビア      |              |
| 2. SPIDAR-One           | キムラグモ         | 生きている化石      |
| 3. SPIDAR-Human scale   | ズダカグモ         | 最大のクモの巣      |
| 4. SPIDAR-Eight         | ナヤグモ          | 器用な巣作り       |
| <b>5. SPIDAR-Grip</b>   | <b>オオツテグモ</b> | <b>最強のクモ</b> |
| 6. SPIDAR-Inner strings | トタテグモ         | 地中生活するクモ     |
| 7. SPIDAR-AHS           | サバクアシダカグモ     | 変形するクモ       |
| 8. SPIDAR-Wearable      | コモリグモ         | 子育てクモ        |
| 9. SPIDAR-Single string | ナゲナワグモ        | ミニマルなクモ      |
| 10. SPIDAR-ABC          | アラクノマニア       |              |

## SPIDAR-Grip



7自由度操作 併進+回転+把持

## SPIDAR-G



## SPIDAR-G + 物理エンジン



Comparing 6DOF Haptic Interfaces for Application in 3D Assembly Tasks, K. Akahane, M. Sato Eurohaptics 2006

## ストリング型ハプティックデバイスの研究課題

- どのように糸を張るか  
力覚提示の効率  
姿勢計測の精度
- どのように糸を制御するか  
張力分配 2次計画法  
制御周期 > 1000Hz

### 講演の内容

- |                                |                  |                 |
|--------------------------------|------------------|-----------------|
| 1. SPIDAR vs. SPIDER           | アラクノフォビア         |                 |
| 2. SPIDAR-One                  | キムラグモ            | 生きている化石         |
| 3. SPIDAR-Human scale          | ズダカグモ            | 最大のクモの巣         |
| 4. SPIDAR-Eight                | ナヤグモ             | 器用な巣作り          |
| 5. SPIDAR-Grip                 | オオツチグモ           | 最強のクモ           |
| <b>6. SPIDAR-Inner strings</b> | <b>トタテグモ</b>     | <b>地中生活するクモ</b> |
| <b>7. SPIDAR-AHS</b>           | <b>サバクアシダカグモ</b> | <b>変形するクモ</b>   |
| 8. SPIDAR-Wearable             | コモリグモ            | 子育てクモ           |
| 9. SPIDAR-Single string        | ナゲナワグモ           | ミニマルなクモ         |
| 10. SPIDAR-ABC                 | アラクノマニア          |                 |

## 1. どのように糸を張るか

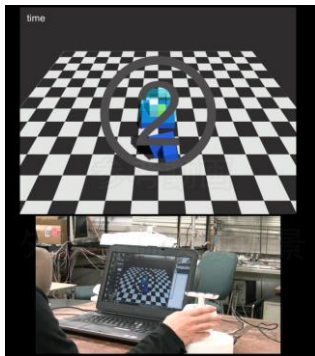
### SPIDARの最適構造



### SPIDAR-Inner type



### SPIDAR-I 実験風景



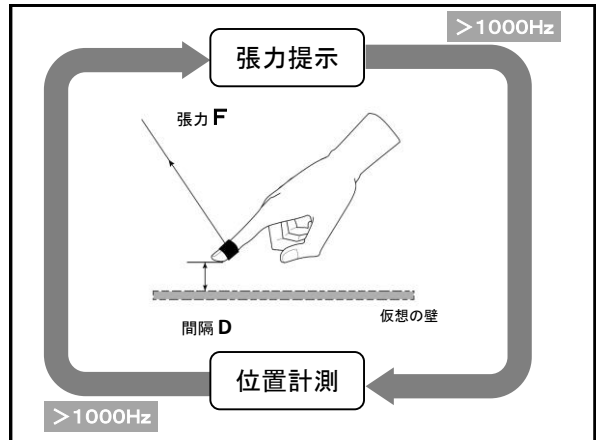
### トタテグモ

Trap-door spider Ctenizidae

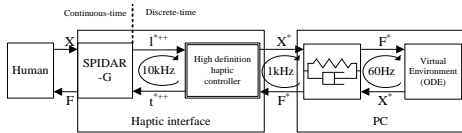




## 2. どのように糸を制御するか



## SPIDAR Advanced Haptic System



10kHz高解像度力覚レンダリング



SPIDAR AHS Controller  
K. Akahane (2009)

## サバクアシダカグモ

Wheel spider (Carparachne aureoflava)

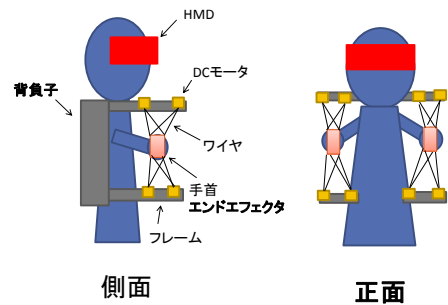


砂漠のトランスフォーマ

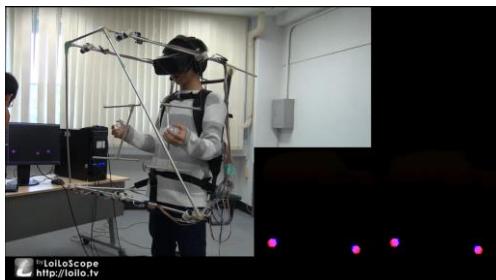
## 講演の内容

- |                           |              |              |
|---------------------------|--------------|--------------|
| 1. SPIDAR vs. SPIDER      | アラクノフォビア     |              |
| 2. SPIDAR-One             | キムラグモ        | 生きている化石      |
| 3. SPIDAR-Human scale     | ズダカグモ        | 最大のクモの巣      |
| 4. SPIDAR-Eight           | ナヤグモ         | 器用な巣作り       |
| 5. SPIDAR-Grip            | オオツチグモ       | 最強のクモ        |
| 6. SPIDAR-Inner strings   | トタテグモ        | 地中生活するクモ     |
| 7. SPIDAR-AHS             | サバクアシダカグモ    | 変形するクモ       |
| <b>8. SPIDAR-Wearable</b> | <b>コモリグモ</b> | <b>子育てクモ</b> |
| 9. SPIDAR-Single string   | ナゲナワグモ       | ミニマルなクモ      |
| 10. SPIDAR-ABC            | アラクノマニア      |              |

## HMDのためのウェアラブル力覚提示デバイス



## SPIDAR-Wearable



サイエンスZERO 2016.3.27 放映予定

### 講演の内容

- |                                |               |                |
|--------------------------------|---------------|----------------|
| 1. SPIDAR vs. SPIDER           | アラクノフォビア      |                |
| 2. SPIDAR-One                  | キムラグモ         | 生きている化石        |
| 3. SPIDAR-Human scale          | ズダカグモ         | 最大のクモの巣        |
| 4. SPIDAR-Eight                | ナヤグモ          | 器用な巣作り         |
| 5. SPIDAR-Grip                 | オオツチグモ        | 最強のクモ          |
| 6. SPIDAR-Inner strings        | トタテグモ         | 地中生活するクモ       |
| 7. SPIDAR-AHS                  | サバクアシダカグモ     | 変形するクモ         |
| 8. SPIDAR-Wearable             | コモリグモ         | 子育てクモ          |
| <b>9. SPIDAR-Single string</b> | <b>ナゲナワグモ</b> | <b>ミニマルなクモ</b> |
| 10. SPIDAR-ABC                 | アラクノマニア       |                |

## SPIDAR-Single string/for Smart device



### 講演の内容

- |                         |                |          |
|-------------------------|----------------|----------|
| 1. SPIDAR vs. SPIDER    | アラクノフォビア       |          |
| 2. SPIDAR-One           | キムラグモ          | 生きている化石  |
| 3. SPIDAR-Human scale   | ズダカグモ          | 最大のクモの巣  |
| 4. SPIDAR-Eight         | ナヤグモ           | 器用な巣作り   |
| 5. SPIDAR-Grip          | オオツチグモ         | 最強のクモ    |
| 6. SPIDAR-Inner strings | トタテグモ          | 地中生活するクモ |
| 7. SPIDAR-AHS           | サバクアシダカグモ      | 変形するクモ   |
| 8. SPIDAR-Wearable      | コモリグモ          | 子育てクモ    |
| 9. SPIDAR-Single string | ナゲナワグモ         | ミニマルなクモ  |
| <b>10. SPIDAR-ABC</b>   | <b>アラクノマニア</b> |          |

## SPIDAR-ABC

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| SPIDAR- AHS           | SPIDAR- Networked       |
| SPIDAR- Bimanual      | SPIDAR- One             |
| SPIDAR- C type        | SPIDAR- Pen             |
| SPIDAR- Double        | SPIDAR- Quad type       |
| SPIDAR- Eight fingers | SPIDAR- Rotary frame    |
| SPIDAR- Full fingers  | SPIDAR- Single string   |
| SPIDAR- Grip          | SPIDAR- Tablet          |
| SPIDAR- Human scale   | SPIDAR- U type          |
| SPIDAR- Inner strings | SPIDAR- V type          |
| SPIDAR- J type        | SPIDAR- Wearable        |
| SPIDAR- Kit           | SPIDAR- for eXperiments |
| SPIDAR- Large size    | SPIDAR- Y type          |
| SPIDAR- Mouse         | <b>SPIDAR- Zero</b>     |

ご清聴ありがとうございました