空中で任意方向に牽引感覚を提示できる手持ち型デバイスの構成方法

北海道大学
大学院情報科学研究院　情報科学専攻
助教　小水内　俊介

2022年10月4日

新技術の概要

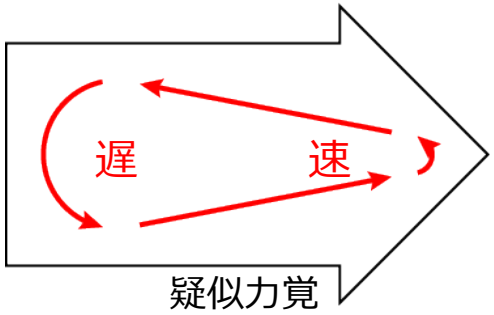
一方向（1自由度）の牽引感覚提示技術を
効果的に6自由度化する機構・構成方法の提案です.

牽引感覚の提示技術

※これは新技術ではありません

原理：

おもりを振動（往復運動）させるとき往復運動の両端で加速度が異なると，両端で生じる慣性力も異なり，人の知覚は小さい力より大きい力を受け入れやすいこと（知覚の非線形性）から，速いほうに引っ張られるように感じるとされています．物理的な力が作用しているわけではないと考えられるため“疑似”力覚とも呼ばれます．



6自由度(6DoF)とは

3次元空間において物体の状態(運動)を決めるには
6個のパラメータが必要です.

位置(並進運動):x, y, z

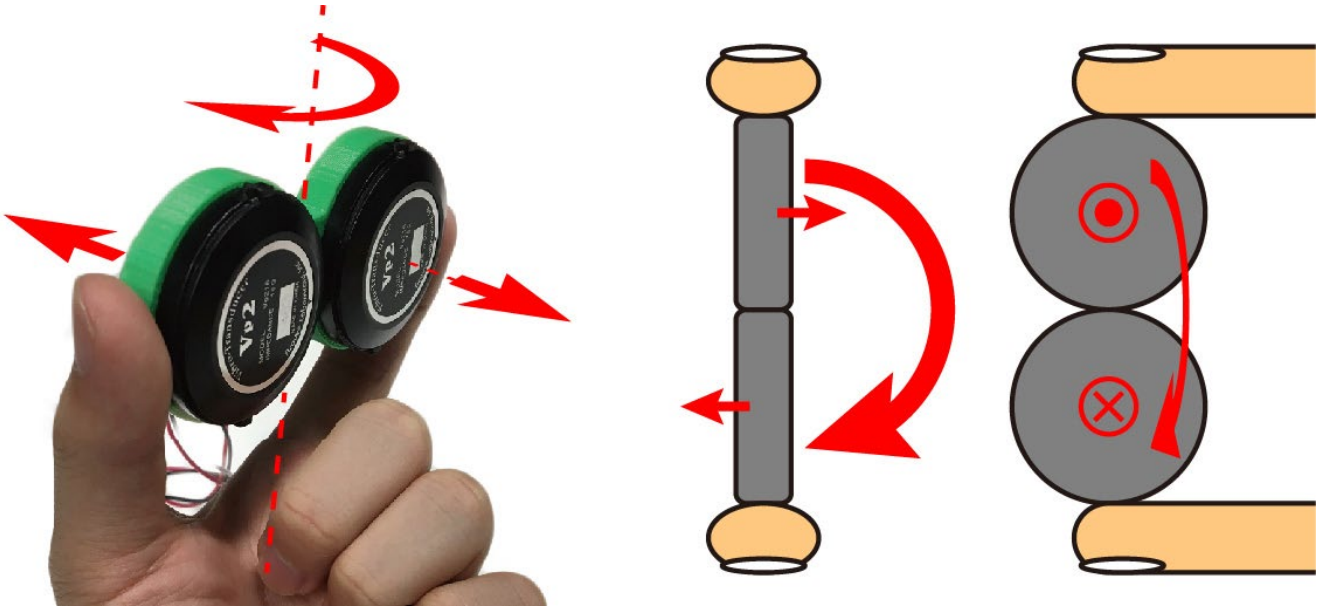
姿勢(回転運動):φ, θ, ψ

手持ち型デバイスで
任意方向へ牽引感覚(力覚)を提示するには
まず6方向へ独立に力覚提示できることが必要です.

2自由度(2DoF)構成の考え方

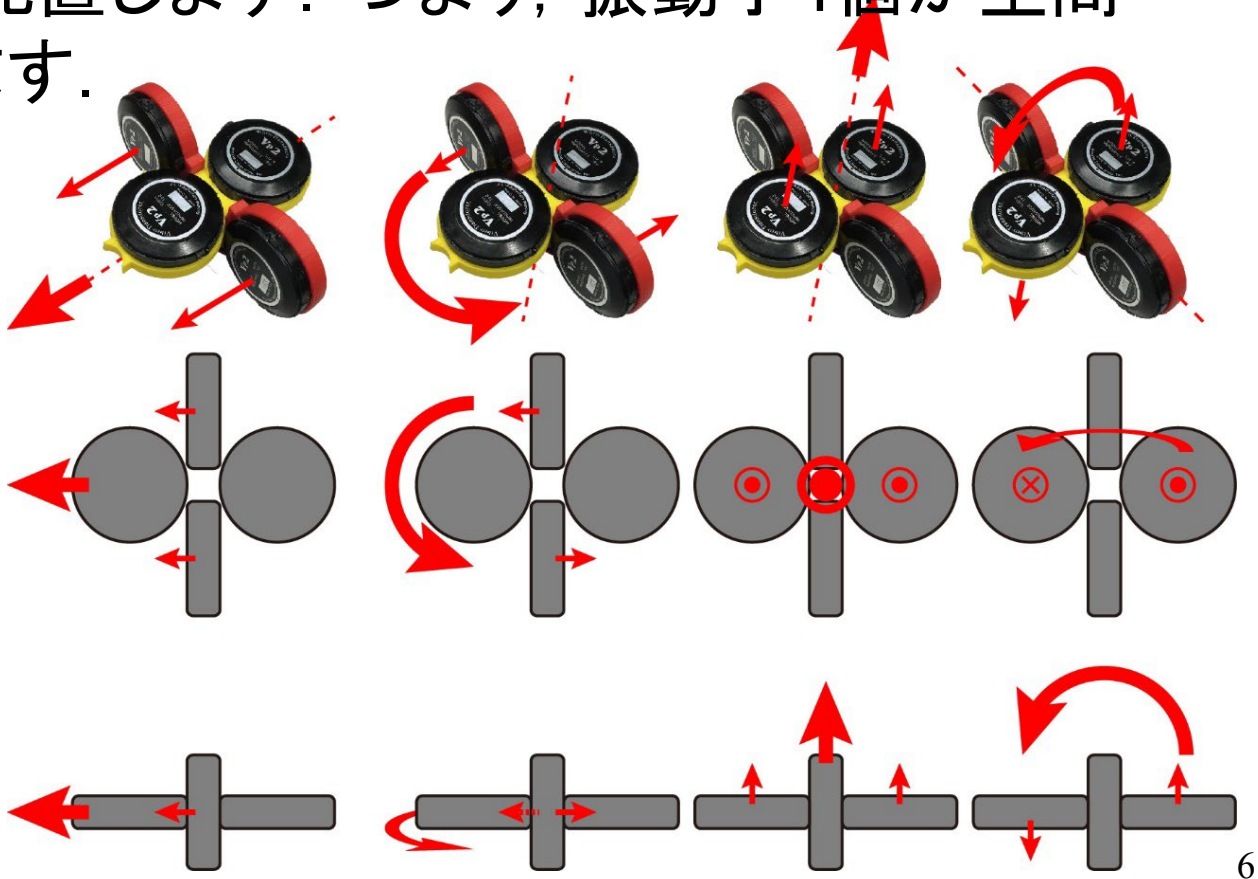
振動子一つで一方向の牽引感覚が提示できます.

振動子を二つ並べると, 一方向の並進と, 一軸周りの回転の力覚が提示できるようになります.



自由度を増やす際の課題（4DoFの場合）

4DoF構成とするには，理屈としては，振動子2個を並べた組を，並進の軸が直交するように配置します．つまり，振動子4個が空間的に配置された装置となります．



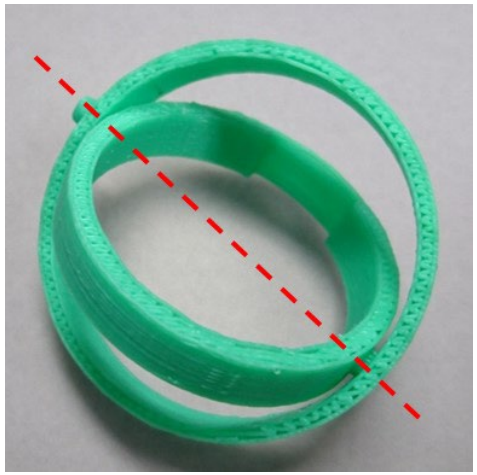
自由度を増やす際の課題（6DoFの場合）

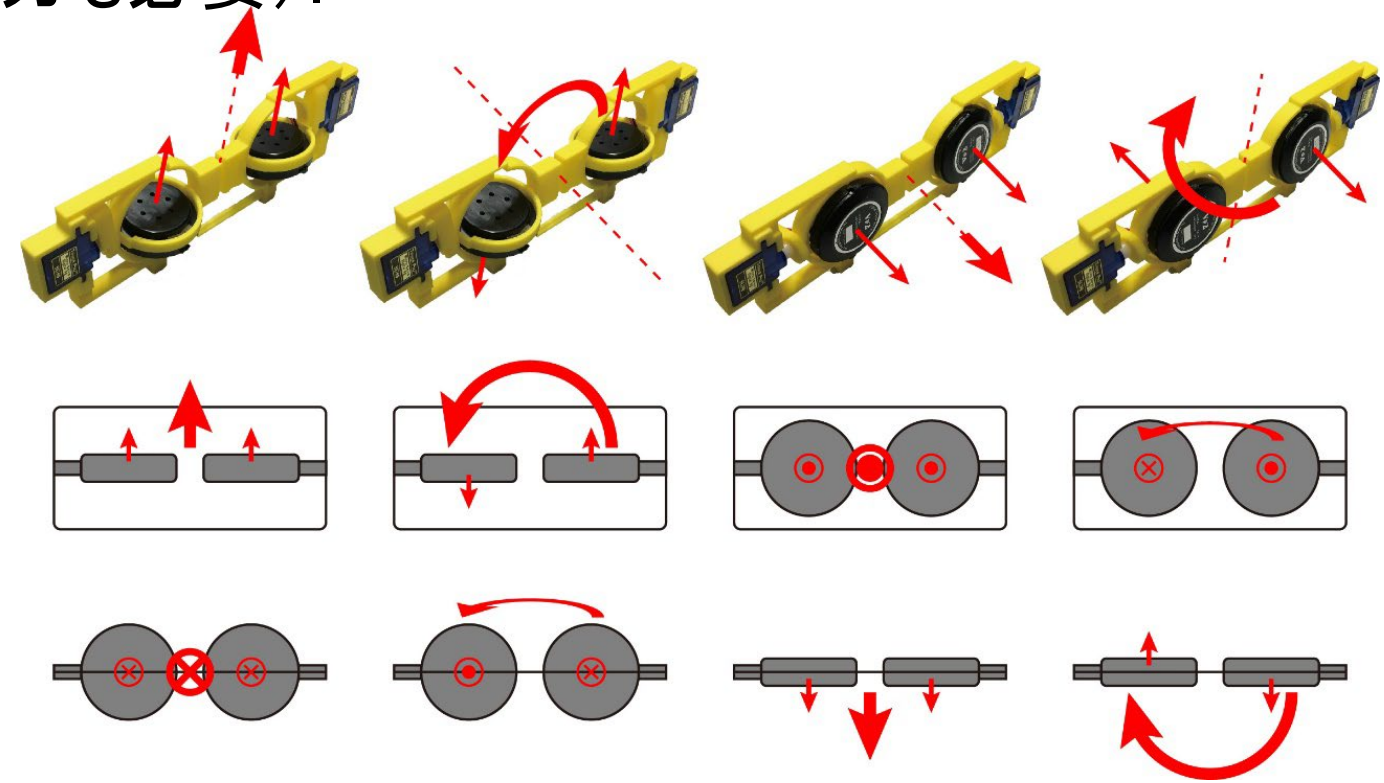
6DoF構成とするには，理屈としては，振動子2個を並べた組を，並進の3軸が直交するように配置します．つまり，振動子6個が空間的に配置された装置となります．

各振動子の振動を知覚するため，この振動子全てに指が触れるように持つことが必要となりますが，それは困難です．

効果的に自由度を増やす方法（新技術）

振動子の向きを（±90°）変える機構を提案します．ユーザが把持する外枠と，振動子を保持する内枠を，1軸周りに回転させる仕組みです（回転用の動力も必要）．

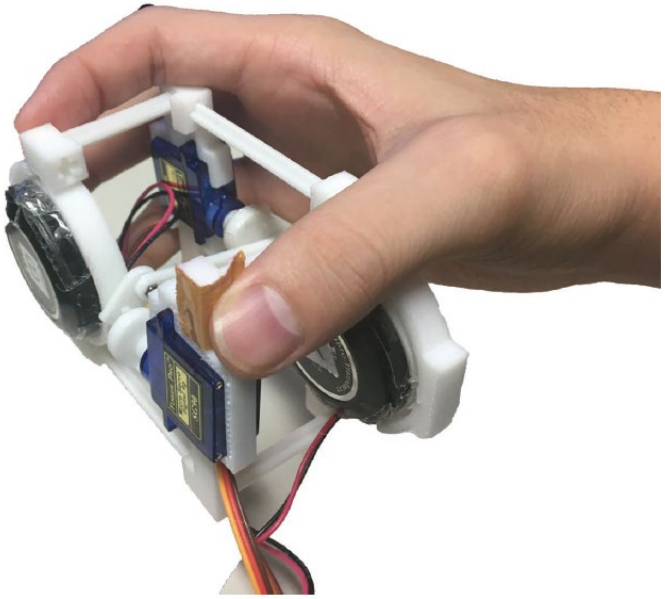


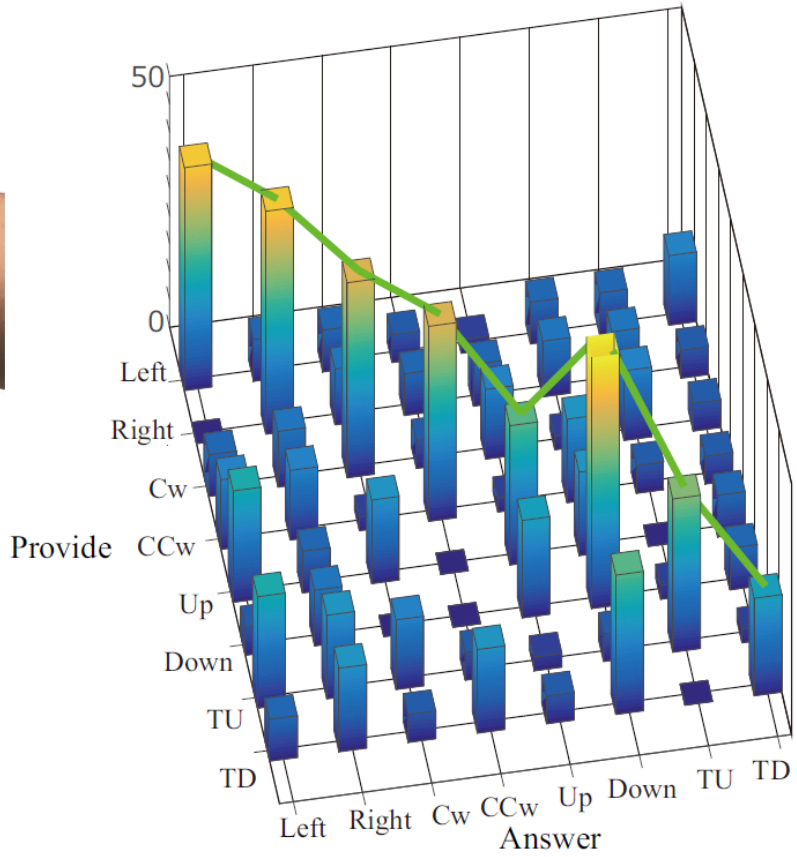


新技術による4DoF構成の性能

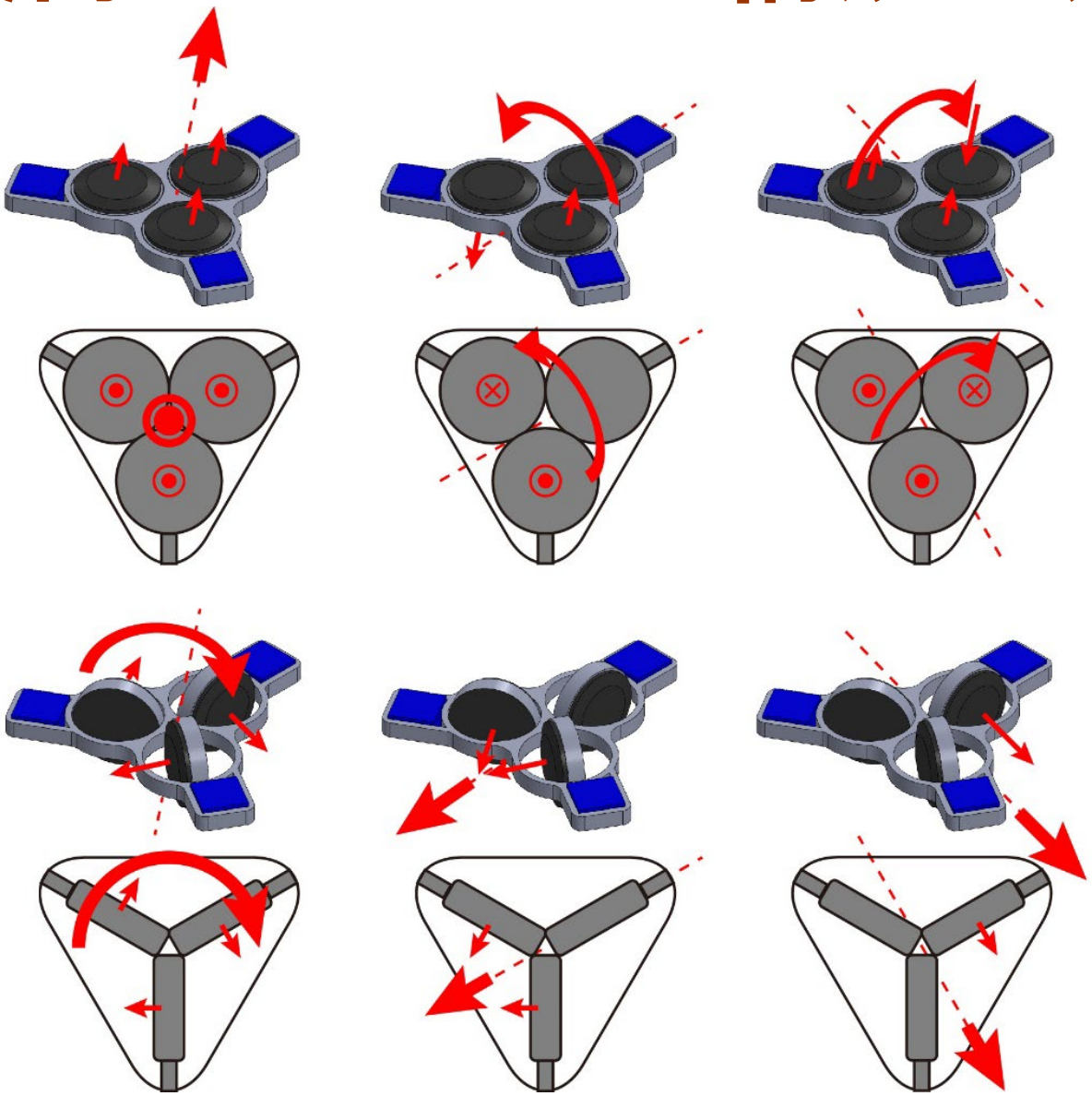
ユーザ評価（被験者5名，ブラインド）の結果，「装置の力覚提示の向き」と「ユーザが感じた牽引力の向き」の正答率は40%ほどでした.

Left	:左方
Right	:右方
Cw	:時計回り（水平）
CCw	:反時計回り（水平）
Up	:上方
Down	:下方
TU	:時計回り（壁掛け時計）
TD	:反時計回り（壁掛け時計）

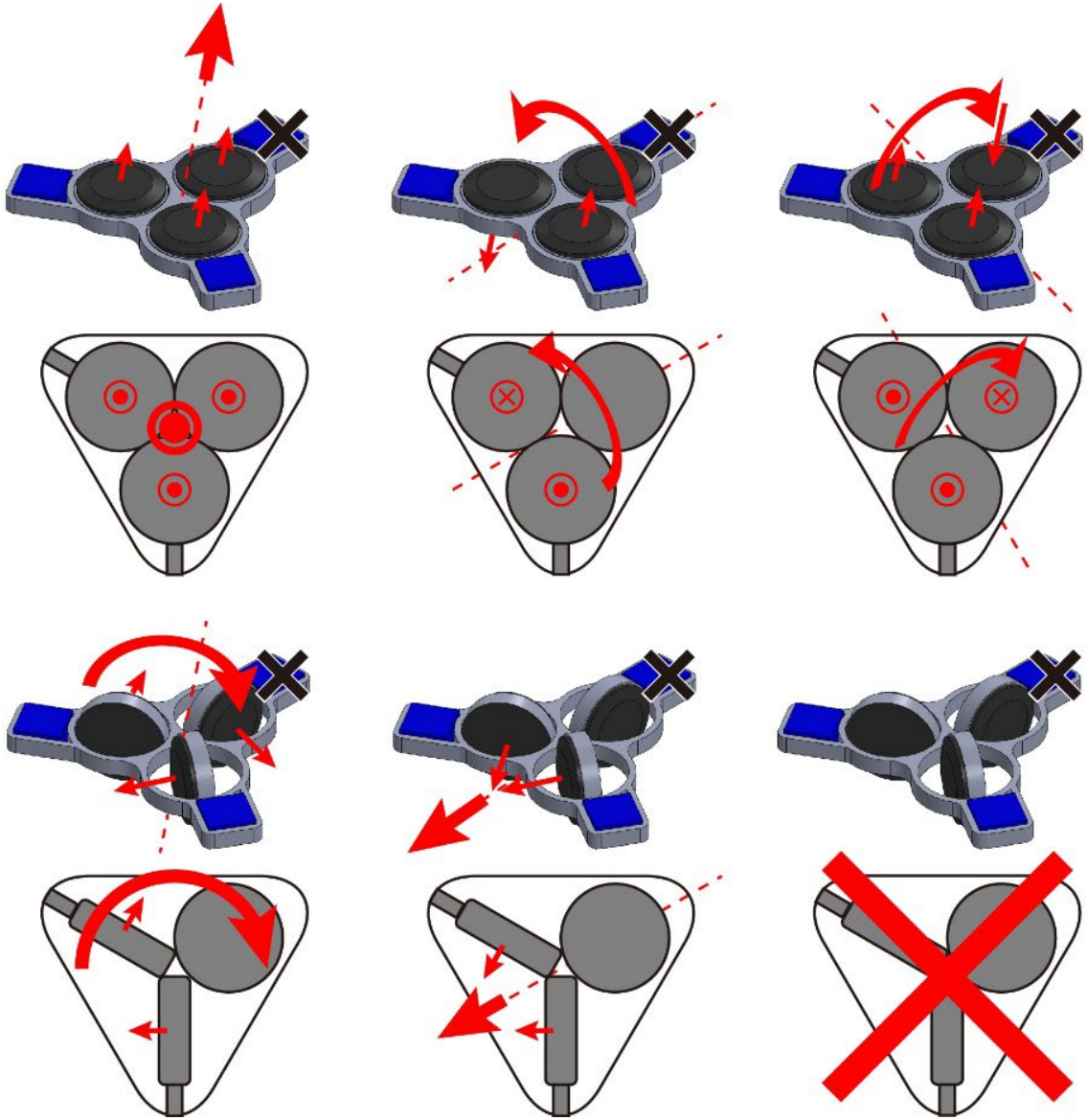




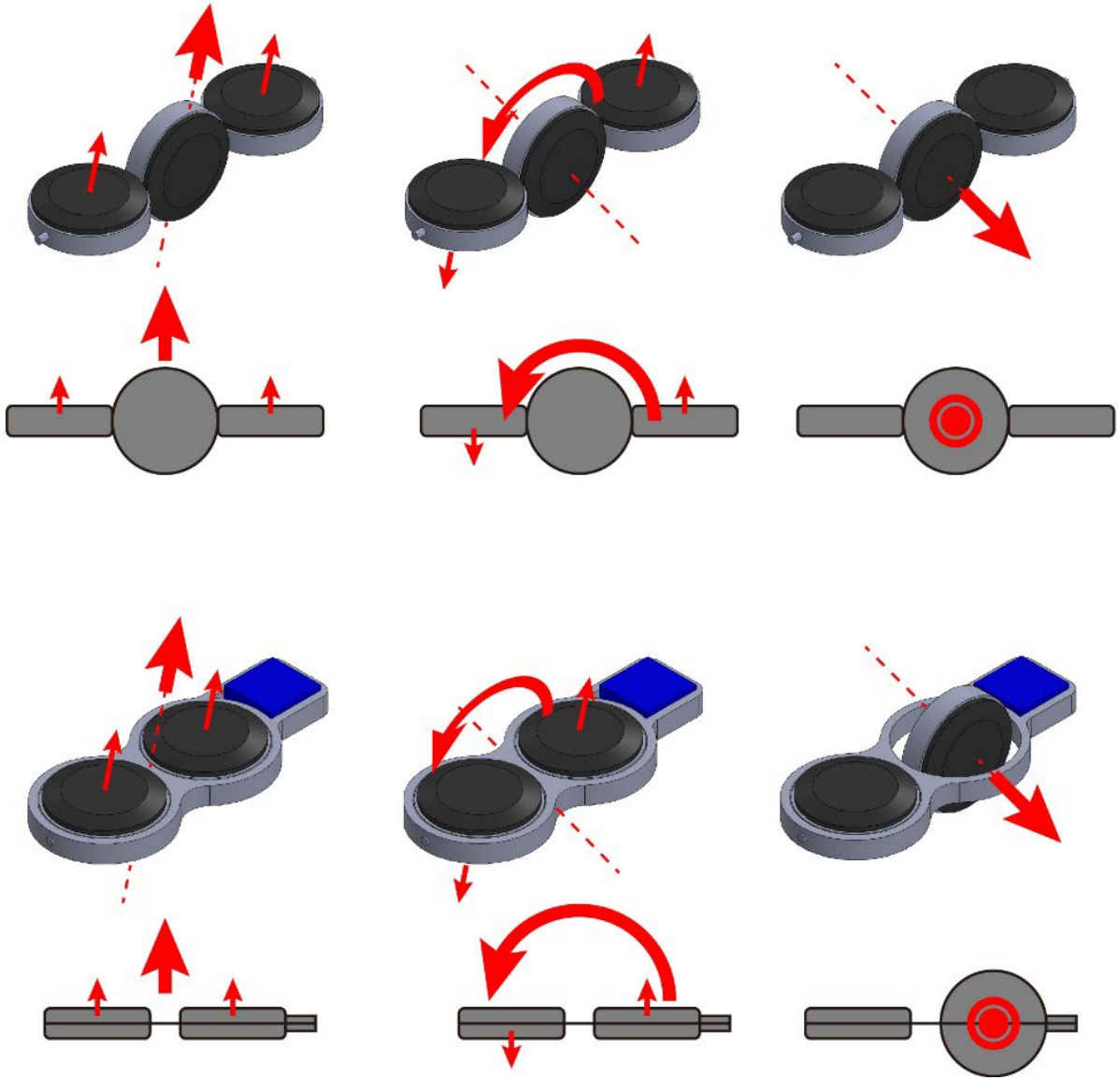
新技術による6DoF構成の方法



新技術による5DoF構成の方法



新技術による3DoF構成の方法



新技術の効果

新技術を利用することで，6DoF構成に必要な振動子は3個となり，全ての振動子に触るように装置を把持することは可能となります．

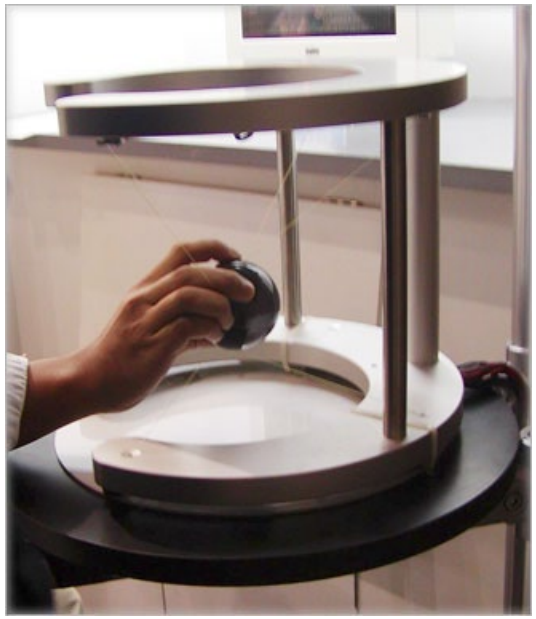
また，6DoF以下の任意の自由度構成も実現可能です．

6DoF構成でもユーザ評価を実施中です．並行して，力覚提示方向の弁別性を向上しうる部品配置，設計精度，持ち方などを模索中です．

空間における力覚提示の従来技術

空間において任意方向に力覚提示する従来技術は，環境に固定設置された土台とユーザの手をロボットアームやワイヤーで接続し，アームやワイヤの動きを制御することで，実現されてきました．したがって，ユーザの行動範囲に制限がありました．

CyberForce（ Virtual Technologies, Inc.）

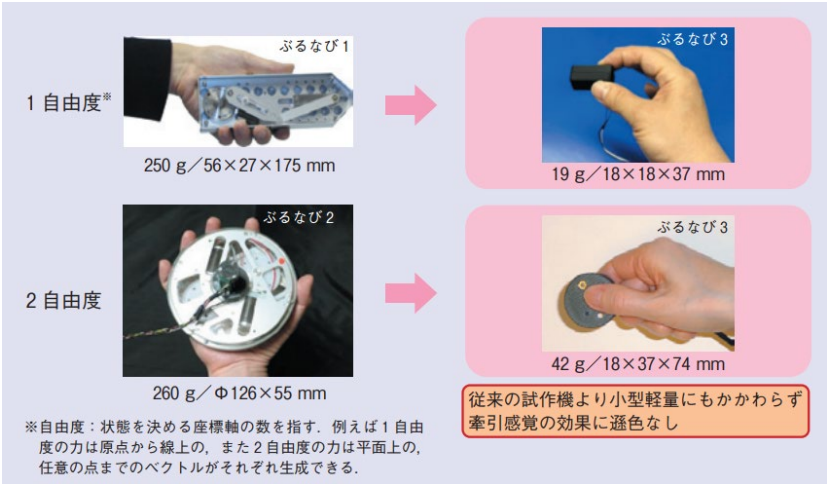


SPIDAR（東大）

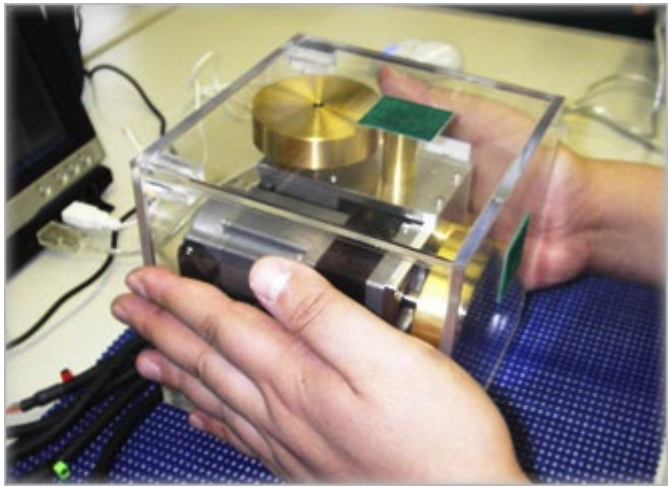
疑似力覚提示の従来技術

非設置型装置（手持ち型装置）による疑似力覚提示の従来技術には，6DoFを実現しているものは無く※，多自由度化の試みは見られるものの，その方針で6DoF化するとすれば手持ち型装置としては大型化は避けられないものでした．

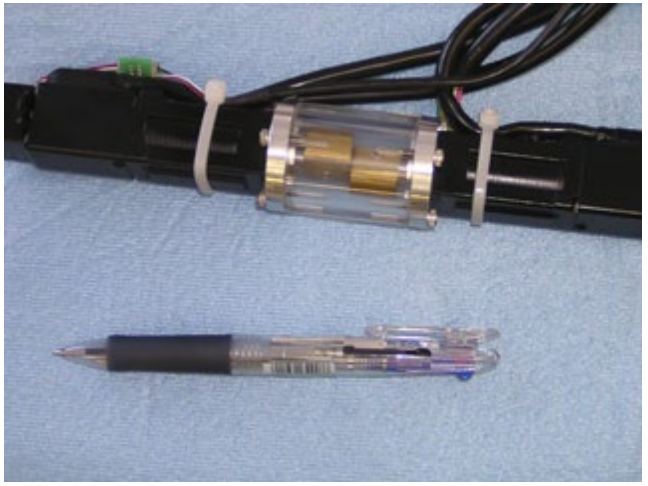
※本新技術の特許出願時点



ぶるなびシリーズ，NTT



GyroCube，産総研



GyroCubeSensuous，産総研

想定される用途

- 本技術は力覚提示装置としての利用を念頭にしており，VR/AR等を含むHCI分野において体験の質の向上に寄与しうると考えます．
- 応用の一例として，振動子ではなくダクテッドファンを用いることで，例えば水中ロボットの全方向推進機構としても利用可能と思われます．

実用化に向けた課題

- 現在，コンセプト通り動作する試作機および制御アルゴリズムは開発済みです．
- しかし，ユーザ評価における正答率が低めなのが課題です．
- 今後，実用化に向けて，正答率の向上に寄与する部品配置，設計精度，持ち方などを模索していきます．

企業への期待

- 振動子による疑似力覚に拘らず，エア噴射などによる推力が許容される用途であれば，ユーザインタフェースとしての導入を模索される企業との共同研究を希望します．
- 応用の一例ですが，水中ロボットなどの全方向推進機構としての利用を検討される企業には，共同研究にご協力できればと思います．

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 力覚発生装置
- 出願番号 : 特願2018-566778
- 出願人 : 北海道大学
- 発明者 : 小水内俊介，奥田悠斗

お問い合わせ先

北海道大学　産学・地域協働推進機構
産学協働マネージャー　岩村 相哲

産学・地域協働推進機構　ワンストップ窓口
https://www.mcip.hokudai.ac.jp/about/onestop.html