

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 1 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500208

研究課題名（和文）視覚と触知覚の錯覚現象のメカニズムの解明及び人間上肢運動に及ぼす影響の基礎検討

研究課題名（英文）Investigation of the influence of human upper limb movement on visual/force illusion

研究代表者

黄 健 (HUANG JIAN)

近畿大学・工学部・准教授

研究者番号：10282956

研究成果の概要（和文）：

本研究では、大きさ重さ錯覚現象に注目し、人間の力感覚の獲得と上肢運動の関連を測定した。錯覚実験から、持上げ運動を行う際に利き手と比べると非利き手の方が錯覚発生率の上昇傾向が確認され、さらに持上げ高さを低くした場合には、錯覚発生率の低下傾向を確認できた。また、実空間での挙錘運動を行い、マグニチュード推定法によって運動距離や関節抑制の有無などの提示条件を与え、上肢運動と力感覚の獲得の関係を調べた。

研究成果の概要（英文）：

In this study, measurements of size-weight illusion in real environment have been made with using a real time multi-camera system. Results of the lifting height, velocity and acceleration of the bottles are computed and an interesting relationship between the motion information and the rate of illusion occurrence are analyzed. In the weight lifting experiments, subjects evaluated their perceptions of the lifted weight by the magnitude estimation method. Psychometric and psychophysical magnitude functions were computed according to subject's evaluation results. The slope of the psychometric function and the modality characteristic exponent were quantitatively analyzed for our experimental conditions. The results indicate that these quantities increase proportionally to lifting height. The results of this study demonstrate that weight perception in human is closely related to the motion of the upper limb.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2009年度 | 2,500,000 | 750,000   | 3,250,000 |
| 2010年度 | 500,000   | 150,000   | 650,000   |
| 2011年度 | 500,000   | 150,000   | 650,000   |
| 年度     |           |           |           |
| 年度     |           |           |           |
| 総計     | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性情報，上肢運動，視覚と上肢運動，力感覚と上肢運動，運動の冗長性

## 1. 研究開始当初の背景

これまでの研究では、申請者はバーチャルリアリティ技術を用いて力感覚提示装置を構築し、さらにこの装置を用いて人間の大きさ重さ錯覚現象を取り上げ、そのメカニズム

を検討した。この錯覚現象は、対象物の大きさと重さのミスマッチという静的なイメージが原因と説明されていたが、人間は単なる視覚のミスマッチではなく、対象物に力を印加した時の対象物の運動を予測し、予測結果

と観測された対象物の動きとの差異によって錯覚が生じるというダイナミクス仮説の知見を上記の研究成果から得た。

一方、人間上肢の運動制御の問題については、高度な冗長性をもつ人間の体が多数の関節の運動をどのように決めるかという運動制御の不良設定問題であり、ベルンシュタイン問題として知られている。しかしながら、従来に提案された運動モデルは、人間上肢の目標運動軌道を生成するアルゴリズムに注目したものであり、視覚情報と触知覚の情報が人間の肢体運動との関連を考慮しておらず、異なる感覚器からの情報の役割、そして肢体の運動制御に及ぼす影響について従来の運動モデルによって説明できない。

## 2. 研究の目的

本申請は、これまでの研究成果を発展させるものであり、視覚と力覚の錯覚現象のメカニズムと発生条件などの基礎問題を検討し、さらにと上肢運動における身体感覚器の錯覚現象の影響を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1)実空間における大きさ重さ錯覚実験

一般に、人間は物体を手に乗せて静止させた場合よりも、随意に動かすことで物体の重量をより正確に知ることができる。このことから、能動的な運動によって生まれる加速度、あるいは速度、もしくはそれらが複雑に関係した感覚器の働きによって、人間は重さをより知覚しやすくするメカニズムを有していると推測できる。

従来の研究を踏まえて、本実験は大きさ重さ錯覚時の手部の能動的な運動に注目する。錯覚実験では、事前に重さ調整済みのペットボトルを使用しており、ボトルの運動を画像計測することによって、その運動特徴と重さ知覚の関連を測定する。また、重さの評価結果と手先の運動情報を解析することによって大きさ重さ錯覚現象における手部運動の影響を明らかにする。

### (2)重さの知覚と上肢運動の関連の解明

本実験では、マグニチュード推定法を用いて力感覚を測定する。マグニチュード推定法は、被験者が心理的に生じた感覚の大きさを具体的な数値で表現でき、この定量評価の結果から直接的に感覚の尺度を求めるという手法である。この手法を用いると、提示された刺激と、その刺激で発生した感覚を関数にすることができる。この関数の形から、我々の感覚がどのように情報伝達されているのかについて議論することができる。

実験では、マグニチュード推定法を用いて力感覚の関数を求め、刺激の提示環境と感覚

の関係を調べることを目的とする。提示環境として、上肢運動の移動距離を変化させる。また、随意運動と運動が限定される環境の比較を行うために、肘の関節運動を抑制した状況も測定する。これらの実験から、上肢運動と力感覚の関連を調べる。

### (3)多指ハンドを有するアームロボットの運動制御

人間の上肢は、肩、肘、腕、手、指の部分から構成されており、高度な冗長自由度を有しているが、作業を行うときに必要に応じて使い分けを自然的に行う。申請者は、これまで運動しやすさを表す可操作度というパラメータに注目し、フィンガ1本を有するアームの運動生成法を提案してきた。この制御手法は人間をイメージすると突き指をしないような状態を維持し、突発的な外力にも対応できる。本研究では、1本の指から2本の指、すなわちマルチフィンガへの拡張を目差したものである。マルチフィンガに拡張する場合、各々の指の可操作度をどのように保障すれば良いかという問題を検討して行く。

## 4. 研究成果

### (1)実空間における大きさ重さ錯覚における上肢運動の影響

#### ①目的

大きさ重さ錯覚現象とは、同じ重さであっても、体積の大きなものほど軽く感じ、小さなものほど重く感じるという知覚の錯覚現象のことである。従来に操作者が画面に提示された映像を見ながらハプティックデバイスを受動的に動かし、重さ感覚を評価するという実験を行ってきた。しかし、操作者が力感覚提示装置を能動的に持ち上げる実験において手先の運動と力感覚の関連については、まだ明らかになっていない。

一般に、実環境において人間は物体を能動的に振ることによって物体の重量を知覚する。著者らは、従来の研究を踏まえて人間が実環境で大きさ重さ実験を行うときの能動的な運動に注目し、ボトルの運動特徴を画像計測することによって、その運動特徴と力知覚の関連を測定した。本研究では、ボトルの持ち上げ作業、持ち下ろし作業においての手先運動の考察を深め、さらにボトルを持ち上げる高さの変化や持ち上げる手の変化と重さ知覚の関連を調べた。

#### ②実験

実験では、20、10、0.50の大きさの異なる3種類の総数60個のペットボトルを用意した。ボトルには水を入れて、重さを調節した。各重さにおいて、外見が20タイプと10タイプ、20タイプと0.50タイプ、10タイプと0.50タイプでのペアを用意した。なお、ボトルには中身の視認が不可能なようにテープでマ

スクをしてある。さらに、ボトル先端のキャップ部分には、画像計測をするために、反射マーカーが貼付されている。

シャルパンティエ効果を知らない健常者の男性 10 人（平均 21 歳）を被験者とし、実験条件と実験環境は以下のように設定した。被験者には、「基準ボトル」、「比較ボトル」の順番に指定の作業を行ってもらう。作業直後には口頭で、「基準ボトル」に対して、「比較ボトル」の重さの感想を 5 段階で評価してもらう。評価は 1 試行ごとに毎回答えてもらうものとし、25 回の試行は 5 回毎に 10 秒ほどの間を持たせ、連続で行う。

### ③測定結果

「基準ボトル」が大きい場合、すべての被験者の評価値がほとんど 3 以上であり、また表 3 に示すように「基準ボトル」が小さい場合、被験者全員の評価値がほとんど 3 以下であるため、ほとんどの組み合わせにおいては大きさ重さ錯覚効果がほぼ被験者全員に確認されたことが分かった。

モーションキャプチャ画像計測システムを用いてボトルの運動を測定した。ボトルの持ち上がり高さの結果を図 1(a)に、上下方向の最大速度を図 1(b)に、上下方向の最大加速度を図 1(c)に示す。図 1(a)に示すようにボ

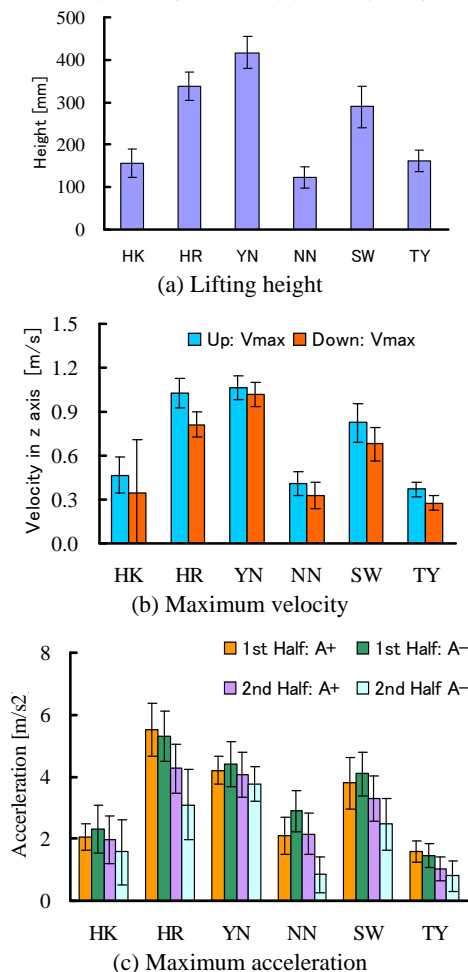


Fig.1 Averaged motion information of the bottles

トルの持ち上がり高さは被験者によってばらばらであったが、被験者全員でのボトル持ち上がり速度がボトル下ろし速度より大きいことが図 1(b)により分かった。

また、加速度のデータについては、前半の持ち上げ運動と後半の下ろし運動のそれぞれの段階における加速・減速のように分けて加速度をまとめた。図 1(c)に示すように、ほぼ全員の結果において前半の持ち上げ運動時の加減速が後半の下ろし運動時の加減速より大きいことがあり、下ろし運動が慎重に行われた傾向を示唆す。

### ④主な結論

実験では全被験者において錯覚現象を確認できた。また、持ち上げ運動を行う際に利き手と比べると非利き手のほうが錯覚発生率は上昇した傾向が確認され、持ち上げ高さを低くした場合には、錯覚の発生率が低下する傾向を確認できた。さらに実験結果から持ち上げ運動と持ち下げ運動において錯覚率の差が現れたという興味深い結果が得られた。これは、物体の重力によって上下運動時に腕に掛かった負荷の違いによるものと推測しているが、今後さらに検証していく。

## (2) 重さの知覚と上肢運動の関連の解明

### ①目的

マルチメディアは、情報のデジタル化による統合であり、情報の規則、規格の確立が不可欠である。しかしながら、現在の力提示技術には、力提示の評価基準が存在しない。そのため、マルチメディアに加わるどころか、定量化することも難しい。そこで本研究は、人間の上肢運動と、その運動で引き起こされた力感覚について、そのメカニズムを明らかにすることを目的に実験を行った。

感覚知覚のシステムが、刺激が入力で、感覚が出力だとすれば、感覚系への入力となる物理刺激の関数として、感覚が決定できれば理想である。しかしながら感覚の変化は刺激の変化と 1 対 1 の関係にないし、線形でもない。それは生物であるがために有機的な過程が影響しているからである。感覚と刺激の関係は、理論で導くことが困難であるため、実験によって決定されなければならない。

本実験では、一対比較のマグニチュード推定法により重さの心理尺度を測定した。運動条件として上肢の運動距離や、関節抑制の有無を与え、上肢運動と重さ感覚の関係について調べた。

### ②測定実験

本実験では、主観的な重さの尺度をマグニチュード推定法によって構成する。被験者に与える刺激は円筒容器 (φ 70×100mm) に粘土を詰めたもので、これを試験物体とする。標準となる重さ刺激は 250g。比較となる重さ刺激は、等差数列的に 175g から 325g までを

5g 刻みで 31 個使用する。被験者には標準刺激から受ける主観的な感覚量の数値を 100 とするとき、比較刺激から受ける主観的な感覚量がいくつになるのかを自由な数値で報告させる。31 個の比較刺激はランダムに 3 回ずつ提示した。

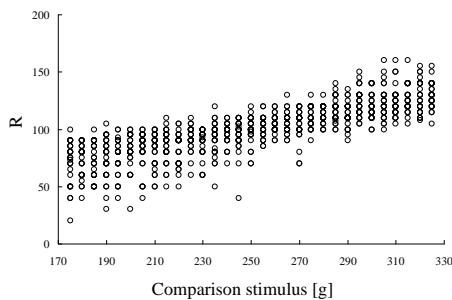
また、運動範囲による反応の違いを調べるために、拳錘運動の運動距離を、被験者の腰の高さを原点に、10cm から 50cm まで 10cm 区切りで条件として与え測定を行った。さらに、重さ知覚と運動関節の関連性について検討するため、上肢に拘束をかけていない随意的な屈曲運動 (multiple joints motion; MJM) と、肘関節を拘束具で固定し肩関節を中心とした屈曲運動の実験 (shoulder joint motion; SJM) の 2 つの環境を条件として与えた。

### ③測定結果

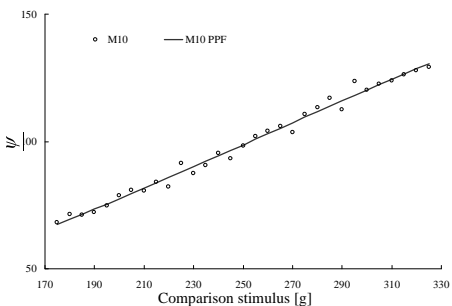
本実験で得られた評価値は最小 10、最大で 200 が測定された。M10 を例に結果を図 2(a) に示し、算出された M10 の心理物理量関数の結果を図 2(b) に示す。これらの結果は、評価結果と重さ刺激とほぼ線形関係であることを示した。

また、システムの感度 SPF についての結果を図 3 に示す。MJM では、運動距離 10cm~40cm において、運動距離に比例して、SPF が上昇するようである。SJM では、運動距離 10cm~50cm において、同様の傾向が表れている。

また、様相特性指数を導いた結果を図 4 に示す。図 4 に示すように、様相特性指数の大小関係に、上肢の移動距離との関係が見られた。重要なことは M10~M50, S10~S50 で様相特性指数の値が同じではないことである。



(a) Numerical report in M10



(b) Psychophysical magnitude function in M10

Fig.2 Results obtained in M10

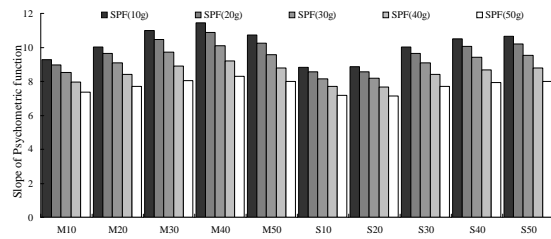


Fig.3 Results of SPF

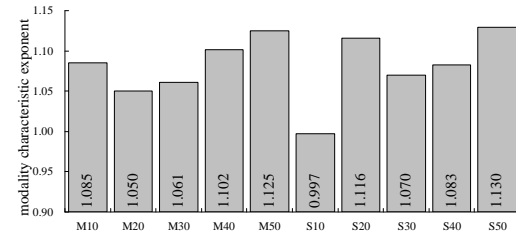


Fig.4 Modality characteristic exponent

本実験で刺激を提示した対象が、重さという同じ感覚モダリティであるとするならば、結果が示すのは運動範囲という提示条件によって、重さ感覚の特性が異なるということに他ならない。また、図 4 からは M10, S20 を除けば運動範囲と比例して様相特性指数は大きくなる傾向があるのが見取れる。

### ④主な結論

マグニチュード推定法によって、運動距離や関節抑制の有無などの刺激提示条件を与え、力感覚を測定し、上肢運動と力感覚の獲得についての関係を調べた。得られた評価値を、心理物理量関数の線形性、システム感度、様相特性指数について解析を行った。その結果、運動距離 10cm を境界に、心理物理量関数の線形性は傾向が異なることが明らかとなった。運動距離については、運動距離が大きくなるにつれ、システム感度が高くなる傾向が得られただけでなく、様相特性指数に関しても、運動距離によって比例して大きくなる傾向が得られ、運動距離と力感覚に関連性が考えられた。

### (3) 多指ハンドを有するアームロボットの運動制御

人間の四肢は指や腕の高い自由度を活かし、対象とする動作や目的に合わせて、指や腕を上手く使い分けているが、従来の冗長ロボットの制御手法ではマクロ部とマイクロ部それぞれの特徴を活かせておらず、人との協調作業を考える上で効果的な手法があるとはいえない。

従来の我々の提案手法は、1本のフィンガとアームから構成されるフィンガアームロボットシステムにおいて、フィンガの可操作度を保障しながら、アーム部の協調運動を用いてフィンガ部のアドミッタンス制御およびインピーダンス制御空間の拡大を実現す

るものである。本研究では、1本の指から2本の指、すなわちマルチフィンガへの拡張を目指したものである。マルチフィンガに拡張する場合、各々の指の可操作度をどのように補償すれば良いかという問題となる。2本の指の可操作度の評価手法として、可操作度の低い指の可操作度を向上させるように制御するミニマックス法と両者の指の可操作度の平均値を向上させる平均化手法を提案した。提案手法は、可操作度を向上させるアルゴリズムとして、頂点探索法と局所最適化法を拡張し、マルチフィンガの可操作度を補償しながら、アドミッタンス制御を実現するものである。さらに、本手法を用いてインピーダンス制御を行い、その有効性を実証した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- [1] 和田一記, 谷野徹也, 友國伸保, 黄健, 異なる減速機構を用いたハプティックデバイスの力感覚提示の評価, 近畿大学工学部研究報告, Vol. 45, pp. 103-106, (2011-12). (査読無)
- [2] J. Huang, T. Hori, N. Toyoda and T. Yabuta, Admittance Control of a Multi-Finger Arm Based on Manipulability of Fingers, International Journal of Advanced Robotic System, Vol. 8, No. 4, 18-27, (2011-10). (査読有)
- [3] 堀貴之, 佐野嘉則, 黄健, 豊田希, 藪田哲郎, フィンガとマニピュレータの個別アドミッタンス制御におけるタスク実行時のフィンガ可操作度補償効果, 日本機械学会論文集(C), Vol. 77 No. 776, pp. 196-207, (2011-4). (査読有)
- [4] 谷野徹也, 黄健, 友國伸保, 実環境における大きさ重さ錯覚現象と手先運動の画像計測, 近畿大学工学部研究報告, Vol. 44, pp. 103-106, (2010-12). (査読無)
- [5] 堀貴之・山田大輔・黄健・杉内肇・藪田哲郎, 複数可操作度総合評価によるマルチフィンガ・アームロボットのアドミッタンス制御, 日本機械学会論文集(C), Vol. 76, No. 763, pp. 655-664, (2010-3). (査読有)
- [6] Huang, J., Yamada, D., Nakamura, Y., Hara, M., Yabuta, T., Cooperative Impedance Control of a Finger-Arm Robot by Regulating Finger's Manipulability, JSME Journal of System Design and Dynamics, Vol. 3, No. 5, pp. 756-767, (2009-11). (査読有)
- [7] 芦高直哉, 原正之, 反保紀昭, 黄健, 藪田哲郎, 遠隔力感覚コミュニケーションにおける基礎的なシステム構成法と感覚面からの基本評価, 日本機械学会論文集(C), Vol. 75 No. 752, pp. 1000-1008, (2009-4). (査読有)

[学会発表] (計 26 件)

- [1] 谷野徹也, 黄健, 和田一記, 友國伸保, 上肢関節の運動状態と重さ知覚との関連の解明, 日本機械学会中国四国支部第50期講演会論文 CD-ROM 804, (2012-3-8, 広島大学・広島市).
- [2] 松井英樹, 綿谷卓真, 友國伸保, 黄健, 指先トレーシング運動と接触力の制御との関連の測定, 日本機械学会中国四国支部第50期講演会論文 CD-ROM 915, (2012-3-8, 広島大学・広島市).
- [3] 綿谷卓真, 松井英樹, 友國伸保, 黄健, 指先の運動と力の制御における錯視情報の影響, 日本機械学会中国四国支部第50期講演会論文 CD-ROM 914, (2012-3-8, 広島大学・広島市).
- [4] 谷野徹也, 和田一記, 友國伸保, 黄健, 実環境における重さ知覚と上肢運動の測定, 2011日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 CDROM, 2P2-M06, (2011-5-28, 岡山コンベンションセンター・岡山市).
- [5] 松井英樹, 綿谷卓真, 友國伸保, 黄健, 人間指先トレーシング運動における運動情報と接触力の測定, 2011日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 CDROM, 2P2-Q13, (2011-5-28, 岡山コンベンションセンター・岡山市).
- [6] 和田一記, 谷野徹也, 友國伸保, 黄健, ハプティックデバイスを用いた重さ知覚の測定, 2011日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 CDROM, 2A2-013, (2011-5-28, 岡山コンベンションセンター・岡山市).
- [7] 谷野徹也, 下山晋祐, 砂内貴博, 和田一記, 友國伸保, 黄健, 実環境における重さ知覚と上肢運動の測定, 日本機械学会中国四国支部第49期講演会論文集, pp. 47-48, (2011-3-5, 岡山理科大学・岡山市).
- [8] 和田一記, 谷野徹也, 友國伸保, 黄健, 異なる減速機構を有する1軸アームによる力感覚の測定, 日本機械学会中国四国支部第49期講演会論文集, pp. 11-12, (2011-3-5, 岡山理科大学・岡山市).
- [9] 綿谷卓真, 松井英樹, 佐藤和哉, 友國伸保, 黄健, 人間指先トレーシング運動の画像計測, 日本機械学会中国四国支部第49期講演会論文集, pp. 35-36, (2011-3-5, 岡山理科大学・岡山市).
- [10] Toyoda, N. Yamamoto, R., Huang, J. and

- Yabuta, T., Analysis of Eye Movement during Generation of a Trajectory using Human Upper Limb, Proc. of The 2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2010), pp.85-91, (2010-12-15, 日航ホテル, 中国・天津市)
- [11] 谷野徹也・下山晋祐・砂内貴博・和田一記・友國伸保・黄健, 実環境における重さ知覚の計測, 第19回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集, pp.134-135, (2010-11-28, 島根大学・松江市).
- [12] 松井英樹・綿谷卓真・佐藤和哉・友國伸保・黄健, モーションキャプチャと圧力センサを用いた上肢リーチング運動の計測, 第19回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集, pp.132-133, (2010-11-28, 島根大学・松江市).
- [13] Huang, J., Hori, T., Toyoda, N. and Yabuta, T., Admittance Control of a Multi-Finger Arm Robot Using Manipulability of Fingers, Proc. of The 8th edition of France-Japan and 6th Europe-Asia Congress on Mechatronics, pp.399-404, (2010-11-23, 慶応義塾大学, 日本・横浜市).
- [14] 谷野徹也・石川貴大・畠田尚輝・黄健, 実環境における大きさ重さ錯覚現象と手先運動の画像計測, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 CDROM 1A2\_F24, (2010-6-15, 旭川大雪アリーナ・旭川市).
- [15] 谷野徹也, 渋谷彰拓, 石川貴大, 黄健, 力感覚提示装置をもいた重さ知覚の計測, 日本機械学会中国四国支部第49期講演会論文集, pp.285-286, (2010-3-5, 広島工業大学・広島市).
- [16] 石川貴大, 谷野徹也, 畠田尚輝, 黄健, 画像計測を用いた重さ知覚運動の解析, 日本機械学会中国四国支部第49期講演会論文集, pp.289-290, (2010-3-5, 広島工業大学・広島市).
- [17] 崔仁沢, 緒方慎也, 谷野徹也, 黄健, 上肢リンクモデルを用いたリーチング運動の画像計測, 日本機械学会中国四国支部第49期講演会論文集, pp.321-322, (2010-3-5, 広島工業大学・広島市).
- [18] 黄健・谷野徹也・石川貴大・畠田直輝, 実環境における重さ知覚運動の画像計測, 第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文 CDROM 1C2-1, (2009-12-24, 芝浦工業大学・東京都).
- [19] 堀貴之・山田大輔・黄健・豊田希・藪田哲郎, 複数可操作度を総合的に評価したマルチフィンガ・アームロボットのアドミッタンス制御, 第27回日本ロボット学会学術講演会講演論文 CDROM, 3A1-02, (2009-9-17, 横浜国立大学・横浜市).
- [20] 山田大輔・堀貴之・黄健・豊田希・藪田哲郎, 可操作度保持型マルチフィンガ・アームロボットのアドミッタンス制御の枠組, 第27回日本ロボット学会学術講演会講演論文 CDROM, 3A1-01, (2009-9-17, 横浜国立大学・横浜市).
- [21] 原正之・小坂翔・山本健悟・黄健・藪田哲郎, Muller-Lyer 錯視下の上肢到達運動と視線運動, 第27回日本ロボット学会学術講演会講演論文 CDROM, 2L1-04, (2009-9-16, 横浜国立大学・横浜市).
- [22] 黄健・谷野徹也・石川貴大, モーションキャプチャを用いた実環境での大きさ重さ錯覚現象の画像計測, 第27回日本ロボット学会学術講演会講演論文 CDROM, 3L1-06, (2009-9-17, 横浜国立大学・横浜市).
- [23] J. Huang, D. Yamada, T. Hori, M. Hara and T. Yabuta, Integration of Impedance Control and Manipulability Regulation for a Finger-Arm Robot. Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2009), pp.4006-4012, (2009-5-16, 神戸国際会議センター, 日本・神戸市).
- [24] 山田大輔・堀貴之・黄健・藪田哲郎, 可操作度を考慮したマルチフィンガ・アームロボットのアドミッタンス制御の枠組, 2009 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 CDROM 2P1-H03, (2009-5-26, 福岡国際会議場・福岡市).
- [25] 堀貴之・山田大輔・黄健・藪田哲郎, 複数可操作度を総合的に評価したフィンガ・アームロボットのアドミッタンス制御, 2009 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 CDROM 2P1-G15, (2009-5-26, 福岡国際会議場・福岡市).
- [26] 反保紀昭・原正之・黄健・藪田哲郎, 異なる減速機構を用いたハプティックデバイスにおける力感覚の評価, 2009 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 CDROM 1A1-B06, (2009-5-25, 福岡国際会議場・福岡市).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

黄健 (HUANG JIAN)  
近畿大学・工学部・准教授  
研究者番号: 10282956

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし