

## 「動く襖絵」に内在する錯視のメカニズム

山田 憲政

“Moving pictures on sliding doors” date back to the Edo Era in Japan. These pictures were called moving pictures because they seem to move when they are viewed while moving. The aim of this study was to determine the mechanism underlying this illusionary phenomenon. For that purpose, photographs of a “moving picture” on sliding doors were taken using a digital camera, and the characteristic points on each image were digitized and stored in a computer. Then changes in perception of the picture with movement of the viewpoint of the observer were computed by using a coordination transformation technique. The results of calculation revealed that the picture had been painted from a bird’s-eye view and that the illusionary motion is seen when the observer views the picture from an oblique angle while moving along the length of the sliding doors. When viewing the picture from an oblique angle while moving, distances from points on the picture to the observer’s viewpoint change, and these changes in distances give rise to the illusionary motion of the picture. Thus, the mechanism by which the picture is perceived as moving is motion parallax.

Keywords: pictures (絵画), sliding doors(襖), illusionary motion (錯視性の運動), observer (観察者), motion parallax (運動視差)

### 1. はじめに

我々の身体は多くの場合移動や運動をしているので、視知覚も基本的には身体運動の中で生じる動的なものといえよう。これまでに身体運動を考慮した視知覚の代表的なものとして、視空間の立体視との関係で検討されてきた運動視差がある。

立体空間を移動観察することによって生じるこの運動視差は、平面に描かれた絵画の観察では生じないと考えられてきた (Solso, 1994)。しかし近年、遠近の大小を遠近法のそれと逆転させる「逆遠近法」(辻, 1996)を用いた絵画を移動観察することによって、運動視差が原因となり絵が観察者を追従する錯覚が生じることが明らかにされている (Cook, Hayashi, Amemiya, Suzuki, & Leumann, 2002;

Wade & Hughes, 1999)。絵を移動して観察することは一般的な絵の鑑賞方法と大きく異なるので、このような状態で生じる視知覚は非常に特殊なものとして考えられるかもしれない。しかし、日本には古くからこの移動観察に基づく視知覚を利用した絵画が伝承されてきているのである。

その代表的なものとして「八方にらみ」(西田, 1938, 1992)がある。「八方にらみ」は寺社の襖などに描かれた人や動物を移動観察すると、それら絵の生き物から常に睨まれていると感じることから命名された絵である。この「八方にらみ」の観察で「あれ、不思議だ」と違和感を覚えるのは、身体の移動により絵に描かれた生き物の視線から外れることを期待する知識としての視覚的な情報と、実際にその移動観察で生じる絵に描かれた眼の歪みの視覚情報に齟齬が生じるからである (図1参照)。

さて、「八方にらみ」と同様に絵の移動観察に基づく古典的絵画に、江戸時代に狩野洞雲 (1625-1694)によって京都・毘沙門堂に描かれた「動く襖絵」と

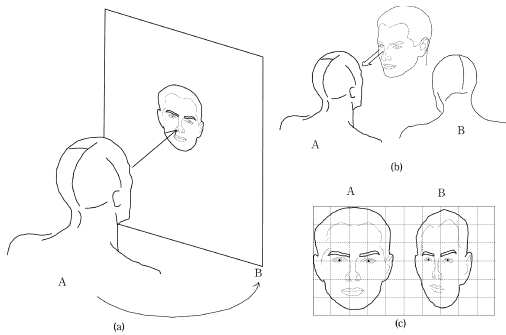


図1 八方にらみの原理

(a) 観察者が正面性の強い絵画を観察している。(b) その絵画に描かれた人の視線から外れようとして A から B へ移動する。ここでは絵に描かれた人物をあたかも実際の人として考え、この移動により人物の視線から外れることを予測している。(c) しかしその移動で顔全体や眼や鼻が歪んで見える(実際の視覚情報)だけであり、依然として絵の人物は観察者を向いているように見える。つまり「八方にらみ」の観察では、観察者の知識に基づき生成される予測した視覚的情報と実際の視覚情報に齟齬が生じるため違和感が生じる。

呼ばれる襖絵がある。この「動く襖絵」は古くから一部の宗教・美術関係者に不思議な絵として知られてきたが、一般に知られるようになるのはこの寺院が昭和 58 年に一般公開されてからである。その後 NHK や各種テレビ局の番組で紹介されることによって、広く注目を浴びるようになってきたが、その不思議な視知覚を錯視現象として科学の俎上で検討した研究は行われていない。そこで本研究では、「動く襖絵」を移動観察に基づく視知覚を利用した絵画として認知科学誌に紹介すると同時に、その襖絵が動いて見えるメカニズムを明らかにする。

## 2. 「動く襖絵」とは

「動く襖絵」の作者・狩野洞雲は江戸時代初期の徳川幕府の御用絵師の一人である。11 歳の時に当時画家の最大派閥であった狩野家の頭首である探幽の養子となり、その後独立し表絵師筆頭格の駿河台狩野を起こした。さらに晩年には絵師としての最高位・法印に次ぐ法眼の位に叙されている。したがって、洞雲は相当の実力を持つ絵師として当時評価されていたと言える。その洞雲が 1665 年頃に京都・毘沙門堂に描いた一群の襖絵の中で「動く襖絵」として古くから採り上げられるのは、香山九老の間と呼ばれる一室に描かれた襖絵であり、その構図は大きな机を二人の老人が取り囲むというものである。

この襖絵が動くというのは、画中に描かれた机に着目して座敷内を移動していくと、自らの動きに呼応してあたかも机が動いているように知覚されることからきている。

図 2 (左) は、「動く襖絵」がある座敷の模式図である。この図中に示された p1, p2, p3 の 3 つの位置からカメラの光軸が絵の机の中央を貫くように撮影した 3 枚の写真が右図である。この写真から、斜めからの視線で絵を観察すると絵の机が歪み、さらにその歪み方が観察位置の違いによって異なることが分かる。このことから、この絵の歪み方が仮想的な動きに関与していると考えられる。そこで、この絵の歪みが生じる原因を明らかにし、動いて見えるメカニズムを検討していく。

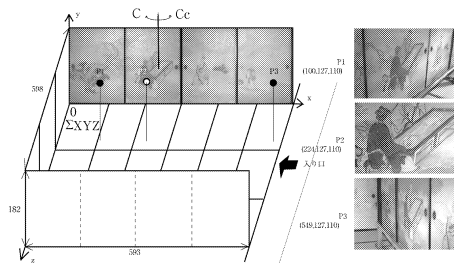


図2 動く襖絵とその座敷の概略図

座敷は 18 畳でそれを取り囲むように襖絵が描かれており、そのうちの机の絵が描かれた面のみに写真を貼付してある。図中の p1 (100,127,110), p2 (224, 127,110), p3 (549,127,110) は、座敷の左奥を原点とした座標系  $\Sigma XYZ$  における観察位置を表しており(単位は cm), その 3 カ所からカメラの光軸が絵の机の中央を貫くように撮影した 3 枚の写真が右側に示されている。

## 3. 「動く襖絵」が動いて見えるメカニズム

### 3.1 動きの再現

ここではまず、「動く襖絵」の机が歪んで見え、それが仮想的な動きを生じさせていることを、画像のシミュレーションで再現する。その方法として、襖絵をデジタルカメラを用いて撮影し、その画像上の机の各頂点などの特徴点をデジタル化してコンピューターに取り込み、観察位置変化に伴う変化をアフィン変換と透視変換を用いて以下の手順で計算する(記号は図 3 参照)。

- 1) 絵の机の中心部から視点へ向かうベクトルの単位ベクトル(視線ベクトルと省略)  $\bar{n}$  を以下の式で求める。ここで、 $\bar{Q}$  は慣性座標系  $\Sigma XYZ$

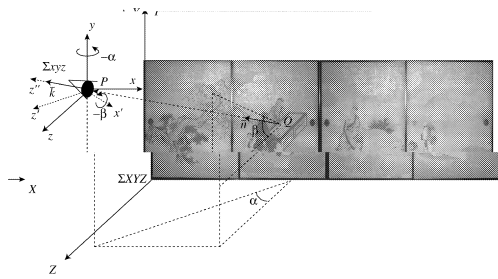


図3 襖の座標系と観察者の座標系の関係

における机の中心部の位置ベクトル、 $\bar{P}$  は視点の位置ベクトルを表す。

$$\bar{n} = \frac{\bar{P} - \bar{Q}}{|\bar{P} - \bar{Q}|} \quad (1)$$

- 2) 視線ベクトル  $\bar{n}$  と視点座標系  $\Sigma xyz$  の  $z$  方向を示す単位ベクトル  $\bar{k}$  が一致するように、 $y$  軸まわりの回転角  $\alpha$  と  $x$  軸まわりの回転角  $\beta$  を視点と絵の机の中心部の関係から算出し、回転マトリックス  $\mathbf{R}$  (Rogers & Adams, 1976) を求める。
- 3) 座標の奥行きに比例して縮小する透視変換マトリックスを  $\mathbf{S}$  とする。
- 4) 上記の回転マトリックスと透視変換マトリックスを用いて、襖上の座標  $\mathbf{u}$  は、以下の (2) 式により視点座標系の  $\mathbf{u}'$  に変換される。

$$\mathbf{u}' = \mathbf{uRS} \quad (2)$$

(2) 式を用いて襖絵の机の変化を計算した結果の一例が図4である。この計算例で視点は、当時の成人男性の平均身長から推定される眼の高さ(145cm)で襖から1m離れ、机の中央を見下ろしながら襖に対して平行に移動するように設定した。この図から、図2の写真と同様に左右斜めかからの観察で絵が歪むことが再現されていることが分かる。さらに左への移動観察では、机の中心部を貫く軸を時計まわり(図2に示した矢印ではC方向)に回転しながら左方向へ伸びるように連続的に変形することが分かる。逆に右への移動では反時計まわり(図2に示した矢印ではCc方向)に回転するように連続的に変形している。

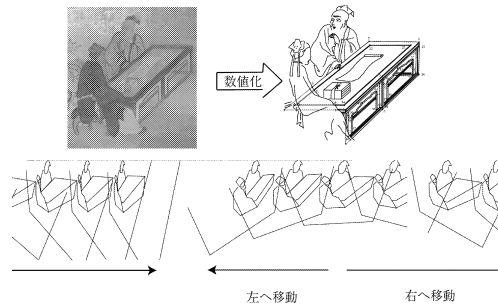


図4 絵に描かれた机の各頂点などの特徴点をデジタル化し、アフィン変換と透視変換を用いて、観察位置移動に伴う絵の歪み方を計算した連続変化図。

### 3.2 仮想の動きを生じさせる原理

上記のシミュレーションは写真で見られた絵の歪みを再現し、さらにその歪みを連続的に示すことができた。よって、その絵の歪みの計算原理から、仮想の動きは観察者と絵の机の各頂点との距離が法的に変化することによる連続的な画像の歪みが原因であることが分かる。つまり、絵の変形は観察座標系と襖絵の座標系の間で生じる回転と透視変換によって生じ、観察者の移動に伴いその連続的な座標変換が行われることになり絵も連続的に変形する。そして、その連続的な絵の変形が仮想の動きの知覚を生じさせているといえる。しかしこの座標変換は数学的な計算であり、その座標変換の原理から絵の動きの原理を推定できるが、実際の絵の歪みと仮想の動きの関係が把握しづらい。そこで次に、この観察者と絵の距離変化によっていかに絵が変形して見えるかを簡単な例を用いて示し、動く襖絵の仮想的な動きが生じるメカニズムを検討する。

図5は、平面に描かれた正方形図形をその図形の左辺・中央・右辺の前方から視線がその図形の中央を貫くように見下ろした時の見え方を、コンピューターグラフィックスを用いて作成した一例である。まず中央から観察すると、観察点から図形の上辺と下辺までの距離が下辺の方が長いので、下辺が上辺より短縮して見える。そしてその短縮に伴い、左辺と右辺が平行ではなくその延長線が下方の消失点で交わる関係になっており、正方形の図形が台形として歪んで見える。さらに観察点が左右に移動した場合は、中央からの観察で生じる上辺と下辺の観察点との距離差に加え、左辺と右辺にも観察点との距離

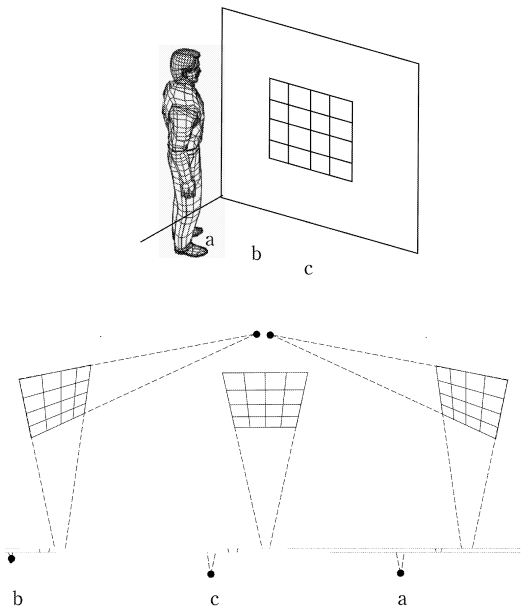


図5 平面に描かれた正方形を、左辺・中央・右辺の前方上方から観察した際の絵の歪み方。

差が生じる。すなわち、左からの観察では左の方が観察点に近くなり右辺が左辺より短縮し、右からの観察ではその逆となる。そのために、上辺と下辺も平行ではなく、その延長線が一点で交わる関係となる。このように、絵の斜めからの観察では、観察点と図形の各部分に距離差が生じるために図形が歪んで見えることが分かる。

では、「動く襖絵」の場合はどうであろうか。この歪み方は(2)式を用いて正確に計算しなければならないが、上記の簡単な絵の歪みの原理のように、図6に示す絵の机の上辺・下辺と観察点の位置関係から簡易的に考えることができる。まず、襖に描かれた机は近位の下辺から遠位の上辺に対して約40度右に傾いてほぼ射投影法によって描かれている。このような立体の描き方は俯瞰法あるいは鳥瞰図法と呼ばれ(下店, 1942)、日本では西洋画の影響によって対象を正対して遠近法を用いて捉える絵画が描かれる以前の特徴的なものである(矢代, 1943)。図7には、奥村政信らによって創始された浮絵と呼ばれる日本で最も初期に描かれた遠近法の影響を受けた絵画と、その政信によって描かれた従来の標準的な絵画を示す。2つの絵は同一絵師による歌舞伎の場内を描いたものであるが、日本絵画で用いられてきた俯瞰法では、対象を斜め上方から捉え遠近を強調

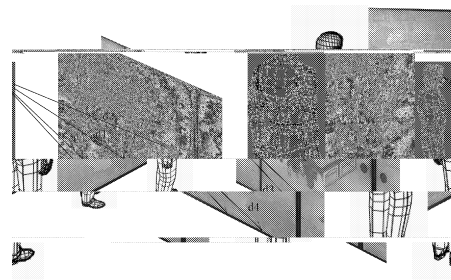


図6 「動く襖絵」の左上方からの観察例。

せず(あるいはつけずに)描く事が特徴であり、遠近法の影響を受けた浮絵は厳密ではないものの絵中央の消失点に向かって平行線が収束し遠近が強調して描かれていることが分かる(岸, 1994)。

このような特徴がある俯瞰法で描かれた「動く襖絵」を図6のように左へ移動して斜め上から見ると、元々近位である下辺より遠位である上辺が遠方に位置することになる(左図,  $d_2 > d_1$ )。その結果、遠位の上辺が相対的に縮小して見えるため机の遠近が強調され机が伸びるように見える。またこの机の伸び方であるが、襖そのものも遠方(左図,  $d_4 > d_3$ )になるほど縮小して見えるので襖の下部のラインは右上がりに見えることになり(右図)、襖下部に対する机の傾きが相対的に減少し、机の中央を貫く軸の時計まわり(図2で示したC方向)に回転しながら伸びていくように見えるのである。次に逆の右への移動では、遠位である上部が近くで近位である下部が遠くに位置し、さらに襖の下部のラインが右上がりになるので、机は軸の反時計まわり(図2で示したCc方向)に回転しながら短縮していくように見える。そのため右へ移動するほど机の傾きが徐々に大きく見え、p3の位置(図2右の写真下)ではついに机の傾きが90度を超え、逆方向を向いているように見える。

以上をまとめると、俯瞰法で描かれた立体の中心部を見下ろすように移動観察すると、その絵の立体の上部と下部で運動視差が生じ、移動方向に追従する回転が知覚される。この観察者の移動による運動視差が、動く襖絵に内在する仮想の動きを生じさせるメカニズムといえる。

このように仮想の動きの原因が明らかにされると、逆にそこから次のような疑問が生じる。すなわち、俯瞰法を用いてきた多くの日本画が「動く絵」

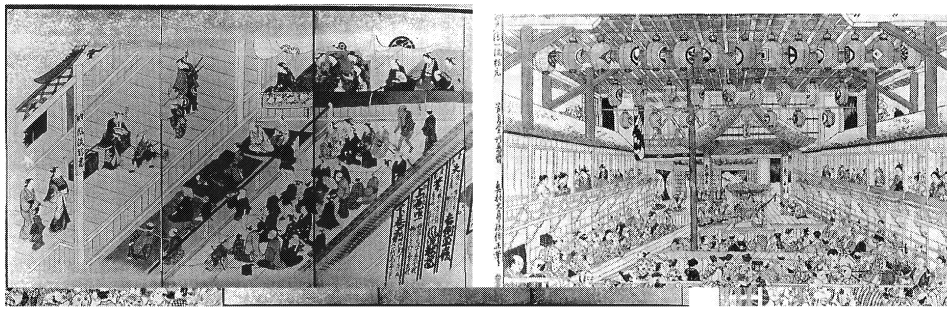


図7 浮絵の創始者・奥村政信による俯瞰図法（左）と遠近法（右）を用いた歌舞伎場内の絵

としての条件を備えていると言うことができる。さらに前述のように当時の日本画には見られないが、直方体を斜め上方から線遠近法を用いても描いても、上辺と下辺の位置がずれるため「動く襖絵」と同様な仮定の動きが生じる条件を備えていると言うことができる。それにも関わらず、毘沙門堂が所有する益信の襖絵が特に「動く絵」として注目を浴びて伝承されてきたのはなぜだろうかということである。それは、図2・図6に示したように、襖に描かれた机が、標準の日本人の身体サイズよりやや大きい襖の一面に、ちょうど立位で見下ろせるように大きく描かれているからと考えられる（老人が机を取り囲むという構図の襖絵は多数あるが、これほど大きく机が描かれているのは見当たらない）。つまり、この机のサイズと共に運動視差で生じる仮定の動きの距離は比例して増加するので、「動く襖絵」では身体の移動と同じくらいの仮定の動きが生じることになる。よって、この襖絵が立位で見下ろせる位置に俯瞰法で描かれ、かつその絵のサイズが大きいことから、鑑賞中の身体の移動と同様な大きな仮定の動きが生じることになり、そのことが古くから「動く襖絵」として注目されてきた一因であると考えられる。

#### 4. 観察方法からみた絵画の視知覚

最後に、絵に正対し静止観察する一般的な絵の観察と「動く襖絵」における移動観察の違いから、「動く襖絵」についての若干の考察を加える。

前節で考察したように、「動く襖絵」の仮定の動きの原理が明らかになったことから逆に、なぜ益信の襖絵だけが特に「動く絵」として着目されてきたかの疑問が生じた。そして仮定の動きが身体の移動と同様なほど大きいことが一因ではないかと推察し

たが、これは既に絵を移動観察するという前提の基での考察である。しかし、現代の我々にとって、絵を斜めから見ることや移動しながら見ることはそれほど一般的ではない。レオナルド・ダ・ヴィンチも手記（杉浦、1954）の中で記しているように、絵画の鑑賞は絵に設定された消失点に正対して静止することが原則であり、その西洋絵画（線遠近法絵画）に慣れ親しむ現代の我々も絵を鑑賞する際は同様に絵の真正面に立ち静止して鑑賞するからである。さらに黒田（1992）が述べるように、たとえ斜めから絵画を見ても、その画像の歪みは知覚の恒常性（形の恒常性）によって現代の我々はそれにほとんど気付かないし、またそれを利用しようとは思わないであろう。実際にこの「動く襖絵」に初めて直面した現代の我々の多くは、その絵がなぜ動くのかは分からなく、襖の横に書かれている「机を見ながら向こう端の方へ静かにお進みください。机が動くように変形して見えます」という説明文を見て、それを何度か繰り返す内に次第に動いて見えてくるのである（これは毘沙門堂の住職が多くの拝観者を見てきた経験であり、著者らの経験でもある）。

では、遠近法絵画の受容によって絵の鑑賞方法も変わってしまう以前の日本ではどうだったであろうか。ここに興味深い記述がある。円山応挙研究の第一人者である佐々木・佐々木（1996）によれば、当時は、座敷内の上座と下座、入り口と奥というように、その空間内の意味が非常に重要であり、そこからの風景および絵画の見え方や、その間の移動に伴う見え方の変化も意味があったと考えられ、実際に円山応挙（1733-1795）は座敷の様々な鑑賞場所からの絵の見え方を考慮して襖絵を作成したという。応挙は近代絵画の原点とも呼ばれるように、遠近法絵画を習得し日本画に写実性を導入した画家である

ことから美術史では最も重要な画家の一人(佐々木・佐々木, 1996)であるが, 知覚という観点からも静止観察に基づく絵の知覚という一視点の知覚の基盤をつくった重要な人物と言えると考えられる. その応挙が, 観察視点を考慮した絵画を描いているということは, 近代化の進行形の中で生きた応挙の時点では, 現代の我々のように絵に対して正対して得られる画像ばかりでなく, 「動く襖絵」のように斜めからの視線によって変形して得られる画像も一般的な視知覚であったと考えられる. そのような絵の鑑賞法の基で生まれた毘沙門堂の「動く襖絵」が, 前節の考察のようにその描かれた位置と大きさによって仮想の動きが目立つことから, 特に「動く絵」として古くから伝承されてきたのではないだろうか.

## 5. まとめ

「動く襖絵」と呼ばれる絵画を紹介し, その動くメカニズムを検討した. その結果, この視知覚は一般に立体空間を移動観察する際に生じる運動視差が原因となっていることが明らかになった. またこの襖絵が「動く襖絵」として古くから注目を浴びてきたのは, その運動視差によって生じる仮想の動きが鑑賞中の身体の移動と同等なほど大きいものであることが一因であると考えられた.

## 文 献

- Cook, N. D., Hayashi, T., Amemiya, T., Suzuki, K., & Leumann, L. (2002). Effects of visual-field inversions on the reverse-perspective illusion. *Perception*, **31**, 1147-1151.
- 岸 文和 (1994). 『江戸の遠近法 — 浮絵の視覚 —』. 東京: 勁草書房.
- 黒田 正巳 (1992). 『空間を描く遠近法』. 東京: 彰国社.
- 西田 正秋 (1938). 八方にらみの一考察. 『画説』, **18**, 525-540.
- 西田 正秋 (1992). 八方にらみの原理. 『人体美学・上』. 東京: 現代社.
- Rogers, D. F. & Adams, J. A. (1976). *Mathe-*

*matical elements for computer graphics*. New York: McGraw-Hill.

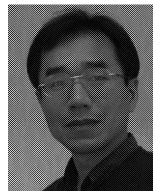
- 佐々木 丞平・佐々木 正子 (1996). 『円山應挙研究』. 東京: 中央公論美術出版.
- 下店 静市 (1942). 俯瞰法の研究. 『画説』, **68**, 531.
- Solso, R.L. (1994). *Cognition and the visual arts*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 杉浦 明平 (1954). 『レオナルド・ダ・ヴィンチの手記 (上)』. 東京: 岩波書店.
- 辻 茂 (1996). 『遠近法の発見』. 東京: 現代企画室.
- Wade, N. J. & Hughes, P. (1999). Fooling the eyes: trompe l'oeil and reverse perspective. *Perception*, **28**, 1115-1119.
- 矢代 幸男 (1943). 『日本美術の特質』. 東京: 岩波書店.

## 謝 辞

「動く襖絵」を紹介して下さいました北海道大学大学院教育学研究科の保延光一助教授, 「動く襖絵」の撮影許可と貴重な資料の提供をして下さいました毘沙門堂門跡の大森行隼執事長と石田潔様に感謝致します.

(Received 11 June 2004)

(Accepted 22 April 2005)



山田 憲政 (正会員)

1960年生. 1985年筑波大学大学院体育研究科修了. 現在, 北海道大学大学院教育学研究科身体運動科学研究グループ助教授. 博士(教育学). 1992年カナダウォータールー大学客員助教授, 1998-1999年アムステルダム自由大学人間運動科学部客員研究員. 身体運動の生成メカニズム, 身体運動の時空的構造と他者への伝達, そして自己運動と知覚の関係などを研究している. *Human Movement Science* 誌 (Elsevier) 編集委員, 日本バイオメカニクス学会会員.

E-mail: yamada@edu.hokudai.ac.jp