

Virtual Chopsticks

北村 喜文

高橋 大輔

岸野 文郎

大阪大学大学院情報科学研究科

1. はじめに

我々は、日常生活の中で、さまざまな道具を工夫しながら使用している。人が新しい道具を使いこなせるようになるためには、その道具についての内部モデルを獲得する必要があると言われていたが、最近の脳科学の研究によれば、この内部モデルは、小脳の中の系統発生的に比較的新しい部分に構築されるとの実験結果が示され、その詳しい認知科学的メカニズムの解明が期待されている[1]。

最近では、道具の概念を導入したユーザインタフェースの例も多い。道具を提示することによってユーザに特定の機能を連想させ、その機能によって目のさまざまな種類の情報の処理方法を的確に選択させようという考え方である。このような場合、こうした道具を実際に作るのではなく、それを Virtual 化することで、さまざまな種類の道具をグローブ型手形状入力装置など比較的標準的なデバイスを用いて実装することができる。こうすることで、パラメータをソフト的に変更することによってさまざまな種類の道具を容易に作り出すことができるため、実世界に存在しないような新奇な道具も含めて、バリエーションに富んだ道具の操作性などを幅広く試すこともできる。

このように、道具は認知科学的にもユーザインタフェース的にも興味深い対象であるが、本稿では、その中から最も日常的な道具である箸を例としてとりあげ、Virtual Chopsticks を実現する方法とその応用例について述べる。

2. Virtual Chopsticks の実現

Virtual 空間での箸を実現するため、一般的な手形状入力装置を用いて、ユーザが箸を操作する際の手指の動きを計測し利用することにする。ここで、計測されたユーザの各手指の曲げ角度を、それに対応した手

形状モデルの各関節に 1:1 に対応づけて曲げることによって手指動作のアニメーションを生成すると、用意されている手形状モデルと実際のユーザの手形状の骨格構造の差異や、曲げ角度センサの計測誤差などにより、一般には、Virtual 空間での箸の動きは、ユーザの実際の手指の動作を忠実に反映したものにはならない。そのため、利用者がイメージする動作（メンタルモデル）とアニメーションとして描画される動作（システムの振舞い）は一致しなくなり、その結果、インタフェースとして利用する場合の直感性は高まらず、使い辛いものになってしまう傾向があった。更に、実際に正しく箸が使えない人は Virtual 空間でも箸を正しく使うことができないという点や、多くの関節の手指曲げ角度を計測するためのセンサの数が多くなれば、それだけキャリブレーションは面倒で時間がかかってしまうという問題もあった。

そこで我々は、ユーザの手指の動作と Virtual 空間での箸の動きを重回帰式を用いて関連付ける方法を提案している[2]。重回帰分析は、説明変数 x_1, x_2, \dots と目的変数 y の関係を

$$y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + b$$

のように表すものであり、ここでは、計測される各指間曲げ角度を説明変数、箸を開閉する際の箸先間距離を目的変数とする。 a_1, a_2, \dots, b は偏回帰係数である。入力される変数の数が多い場合も、動作中の分散値が小さい変数を除去するなどして、ユーザごとに、数個の説明変数による重回帰式を自動的に生成する。



図 1: Virtual Chopsticks を使用している様子

Virtual Chopsticks

Yoshifumi Kitamura, Daisuke Takahashi, and Fumio Kishino.
Osaka University
kitamura@ist.osaka-u.ac.jp
<http://www-human.ist.osaka-u.ac.jp/VirtualTools>

本手法では、ユーザが実際に正しく箸操作ができるかどうかにかかわらず、自分が正しい箸操作だとイメージする手指運動をすれば、その動きが Virtual 空間での正しい箸の動きに対応付けられる。すなわち、ひとたび重回帰式ができあがると、ユーザのメンタルモデル通りの箸操作を Virtual 空間で実行することができる (図 1)。また、骨格構造が異なるユーザに対しても厳密なキャリブレーションが不必要であり、誰でも簡単に Virtual Chopsticks を利用することができる。

3. 新しい道具

本手法では、グローブ型手形状入力装置という標準的なデバイスをインタフェースとして用いながら、パラメータをソフト的に変更することによって、さまざまな新しい種類の道具を容易に作り出すことができる。たとえば、作成された重回帰式をそのまま利用した場合は、そのユーザにとってはメンタルモデル通りの使いやすい箸であるが、この重回帰式を少し変更してやるだけで、容易に、異なった動作特性を持つ箸 (=新しい道具) を作り出すことができる。図 2(a) は、作成された重回帰式をそのまま利用した基本箸であるが、同図(b)は開閉関係を逆転させた反転箸、(c)は指の変位を箸先の移動速度に対応付けた例、(d)は同様に加速度に対応付けた例である。これらの例では、ユーザにとっての操作は(b)(c)(d)の順に難しくなっている。

このように作成した難易度の異なる複数の道具を用いて、人が新しい道具を与えられた時に、その使用方法を学習してゆく過程を詳しく調べることができる。こういった学習過程は、従来は、作業効率やエラー率の時間的変化を観察することによって調べるだけであったが、図 3 のように fMRI 中の被験者の脳活動を計測することにより、脳内の活動部位の変化などの観察結果を利用して、学習過程をより深く多面的に調査することが可能となる[3]。このようなアプローチは、ユーザインタフェースと脳科学の研究分野を結ぶ新しい研究として期待される。

4. おわりに

本稿では、Virtual Chopsticks の実現方法と、これを基にして新しい道具を作成する応用例について述べた。箸以外にも、ピンセットやはさみなど、他の道具についても同様の枠組みで利用可能である。

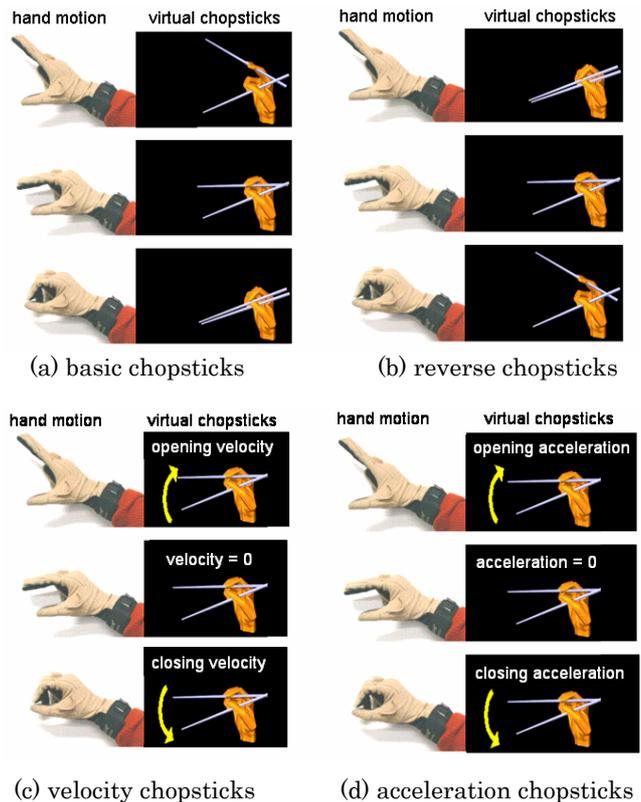


図 2: 4 種類の Virtual Chopsticks

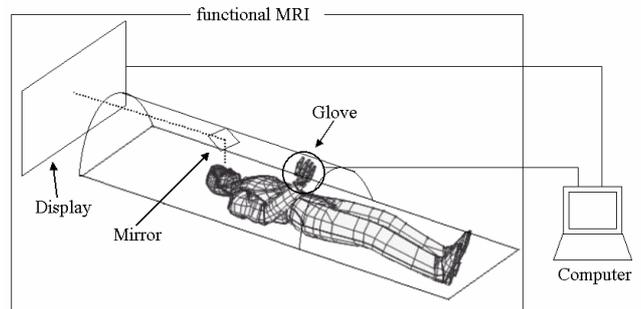


図 3: fMRI を用いた Virtual Chopsticks 実験装置

謝辞 本研究は、科学技術庁の科学技術振興調整費による「ヒトを含む霊長類のコミュニケーションの研究」の一環として行ったものであり、一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム (研究拠点形成費補助金) の研究助成によるものである。

参考文献

- [1] 今水寛. “運動学習と道具の使用”, 認知科学の新展開 3 運動と言語, 第 1 章, 岩波書店. 2001.
- [2] 北村喜文, 飯田貴幸, 日下志友彦, 岸野文郎. “重回帰分析による状態推定と DP マッチングを用いた手動作アニメーションのインタラクティブな生成”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J-86 D-II, No. 10, pp. 1450-1459, 2003.
- [3] Yoshifumi Kitamura, Yoshihisa Yamaguchi, Hiroshi Imamizu, Fumio Kishino, and Mitsuo Kawato. “Things happening in the brain while humans learn to use new tools,” *Human Factors in Computing Systems (Proceedings of ACM CHI 2003)* pp. 417-424.

