

予測により感覚運動の遅延は補償される

身体の運動を正確にフィードバック制御するためには、現在の状態（例えば、身体の各部位の位置と速度）に関する情報が必要である。しかし、末梢からの感覚フィードバックは、ノイズが多く、かつ遅い。遅れた情報は身体と外界の現在の状態を反映していないため、フィードバックの遅れは運動中に問題を引き起こすおそれがある。そのような遅れを補い、運動中の感覚フィードバックの精度を上げるための戦略が2つある。1つは間欠的な運動であり、もう1つは運動による身体状態の変

化の予測である。衝動性眼球運動や手の追跡運動についてみてきたように、間欠的な運動では、運動はときどき休止する。この休止の間隔が感覚運動ループの遅延時間より大きい場合は、運動を間欠的にすることで、より正確な感覚フィードバックが可能になる。

予測はよりよい戦略であり、状態推定のおもな要素となる。感覚シグナルは身体について必要な情報を提供するが、運動指令もまた有益な情報を提供する。現時点の身体状態と下行性運動指令の両方がわかれば、身体のつぎの状態を推定することができる。この推定は、身体が運動指令に応答してどのよ

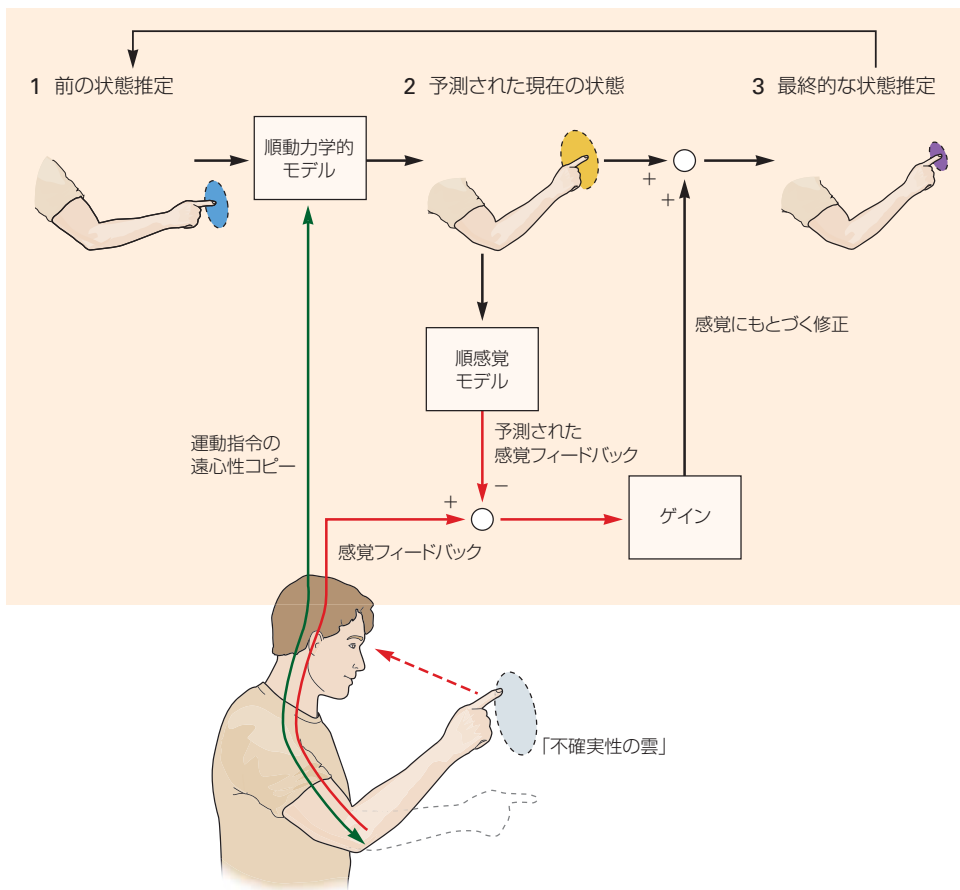


図 33-15 観測器モデル

腕を動かしている間に指の位置がどのように推定されるかを示す。前に推定された指の位置の分布 (1) が、新しい推定 (2) の基礎となる。この推定には、運動指令の遠心性コピーと動力学的モデルが用いられる。新たに推定される指の位置の分布 (「不確実性の雲」) は、前の推定よりも大きい。このモデルは、この新しい指の位置での感覚フィードバックを予測し、予測と実際の感覚フィードバックとの誤差を使って、現時点

での指の位置の推定を修正する。この修正は、感覚の誤差を状態の誤差に変換するとともに、遠心性コピーと感覚フィードバックの相対的な信頼性を決定する。その結果、現時点での指の位置の最終的な推定 (3) の不確実性は小さくなる。この推定は、つぎの運動にとっての「前の状態推定」となり、一連の操作は何度も繰り返される。図をみやすくするため、補償すべき感覚フィードバックの遅延は示していない。