

やわらかい動作とかたい動作 ～パワーアシスト・リハビリテーション考～

むらかみ としゆき
村上 俊之
(理工学部教授)

少子高齢化が社会問題として注目され始めてから多くの年月が経ちますが、残念ながらその進行が緩和されている傾向は未だ見ることができません。こうした中で、思い切った社会システムの変革が求められていることは間違いなく、その状況は徐々に深刻になることが予想されています。日本国内では、2060年までに65歳以上人口の比率が全人口の40%を超えるとされています。また、平均寿命の伸び率に比べ健康寿命の伸び率の小さいことも指摘されています。これは介護を要する高齢者の人数が年々増加する傾向にあることを意味し、このような傾向を緩和するために、要介護者への対応および要介護者の人数を増やさないためのライフイノベーションが近年盛んに取り上げられています。実用的な機械システムの高齢化社会への導入は、高機能な福祉機器、パワーアシスト機器等として、ライフイノベーションに寄与できる重要事項と考えています。少子化対策としての機械システムの導入は、育児に貢献できるロボットを想定したとしても、残念ながら非常に難しい面があると思われます。昨今の悲しい事件を目にすると、愛情たっぷり育児を助けてくれるロボットが誕生してくれると、どんなに良いか？と思うところですが、幼児の様々な状況変化に物理的に対応できる賢い適応機能を持つロボットの実現には未だかなりの時間を要すると考えられます。

さて、高齢者のための福祉機器にはどのようなことが求められるのでしょうか。これは、人の動きがどのように決められているかが重要なポイントになります。人は概ね30～50の自由度をもつと言われています。言い換えますと、筋肉から構成される30～50個のモータを使って人の動きは作られています。こうした動きは、コンプライアンスと呼ばれる物理パラメータで特徴付けられます。コンプライアンスが非常に大きな場合、その動きを“やわらかい動作”、コンプライアンスが小さな場合、その動きを“かたい動作”と位置付けています。人はこのコンプライアンスを適切に調整することで適宜巧みな動作を行なっていると考えることができます。例えば、手でものを扱う動作の場合、腕全

体に力を込める人は少なく、手首まではコンプライアンスが低めのかたい動作とし、掌、指の動作はコンプライアンスが高めのやわらかい動作で対応していると考えられます。すなわち、異なるコンプライアンスの動作が直列的に組合せられています。この例からも、人の動作支援等、人と物理的に接触する可能性のある機器では、コンプライアンスの調整が適切なアシストを行うためのキーテクノロジーになると考えています。こうしたやわらかい動作、かたい動作は、機械システム（ロボット技術）では重要な概念になります。かたい動作（理想的にはコンプライアンスが零）では、位置決めを緻密に行う動作となり、工場で行われている産業用ロボットの位置制御がこれに相当します。また、やわらかい動作（理想的にはコンプライアンスが無制限大）では、力を適切に調整する動作となり、従来のロボットが苦手とする力制御がこれに相当します。やわらかい動作は、ある意味で繊細な動作を含むため、より難しい制御技術が必要になりますが、人の動作を物理的に支援する機械システムでは、この力制御が必要不可欠です。人物評価でも、“かたい人”と言いますと、まじめ、信頼できるという良い面がある一方、融通が利かないといった悪い面がありますが、位置制御についても同じことが言えます。どんな状況でも屈せず目標とする位置に到達しようとするため、環境適応性が乏しい制御になります。一方で、“やわらかい人”と言いますと、優柔不断と言った悪い面がある一方、融通が利くといった良い面があります。力制御も同じような側面をもっており、位置制御における緻密さは得られませんが、状況（外力）に準じた応答となることから、環境変化に適切に対応することが可能です。

人の動作支援では、こうした環境適応機能は必須と考えられ、安全・安心を優先した制御とするには力制御を基本とし、位置制御を適切に組合せることで、“やわらかい動作”と“かたい動作”の適応的調整が可能となり、高機能なパワーアシスト、リハビリテーションへも貢献し得るものになると信じております。